

測

量

學

測 量 學

---

李海觀編著

世界書局印行

## 沈 序

測量之學，爲一切工程學之基本科學，其效用之宏大，蓋已無待贅述。曩近由歐西輸入新法，各工程學校，遂視爲必修之課。惜所採用者，皆係西籍教本，非精於西文者，終覺有所隔膜，殊足引爲憾事！然測量之學術，固日新而月異，儀器之構造，亦迭進而加良，學理固屬重要，經驗尤所必需，此豈率爾操觚者所能成書，坊間之乏中文善本，蓋非無故也。吳縣李君海觀，寢饋於斯學，計十有餘年，茲本其經驗所得，撰測量學一書，引例設喻，至詳且明。重理論，尤重實驗，可坐言，即可立行。其中以地形測量，及水文測量，更多獨到之處。我知此書一出，不第學校可得一良善教本，俾講受之間，相與契澈，卽已從事於測量工作者，以之參考，亦可獲益不少，其嘉惠於士林，豈淺鮮哉！

中華民國二十三年六月

沈百先



3 1760 6056 8

## 楊 序

鄉人李海觀君於役工程界有年往余從鳳凰熊公秉  
三沽上創設順直水利委員會君自南來佐理閱時十餘年  
凡華北之山陵川澤雨雪水量等測量大都本其所肄躬與  
勘測今更於公餘萃平生學識經驗所得者撰述測量學一  
書冀爲後學津梁殺青甫竟復以其稿問序於余余自維行  
水半生碌碌無所建樹益以賦性疏慵自甘頹廢不復重思  
聞達於世更何敢舞文弄墨自誤誤人哉顧李君與余相與  
有年夙所欽許今覩是書恍然舊跡陳編歷歷心目不覺欣  
然色喜爰不避構陋爲之序曰夫測量一科爲各項工程之  
基本要素工程之良窳當視測量之確否爲轉移故致力工  
學者必先自肄業測量始比年以來政府方亟亟以建設是  
圖而省市之工程行政亦復銳意精進日新月異於是測量  
一科應時勢之需求益爲當今不可須臾或緩之急務矣然  
環顧吾國各專門學校之以測量爲課者其教本類皆採諸  
歐美重理論而疏專實利於彼而忽於此求其適合國情裨  
助實際言行不悖體用兼賅足爲教學之資勘測之助者是  
書外恐無較善之本矣吾知後之學者手此一編其於肄習  
測量如獲終南捷徑蒙益之鉅夫豈淺鮮其有功於世者寧  
有涯涘耶余故樂爲序而歸之二十三年六月古吳楊豹撰

## 自序

測量爲一切工程建設之基本工作，又爲整理土地之唯一技術。吾國今日既急需建設及清丈土地，則造就測量人才，自屬要圖，無待贅言。余從事斯道十餘年來，未嘗或輟，故對於各項測量技術，不無所得，爰本下列原因，草擬是稿：

(一) 吾國今日流行之測量書籍都爲西文本，欲習斯術，必先諳西文，未免事倍而功半，故中文之測量教本甚爲需要。

(二) 我國有所謂測工或稱測伕者，其薪資遠較歐美之任同樣職務者爲低，故本國測量隊之組織，每較歐美爲大，工作速率亦過之。中外情形既異，可知歐美書籍不能完全適用於我國。

(三) 測量以儀器爲主體，儀器之精，以德意志及瑞士二國近數年來各種新品爲最。吾國今日所用測量書籍，以英美出版者居最多數，其所述各種儀器，自僅以英美出品爲限，而國內各方面現已漸漸樂用德瑞新器，故英美書籍之不能完全適用於今日之中國，尤無疑義。余既根據上述原因而撰是稿，遂有二大願望：一曰能切實用，維余學識經驗有限，果能遂願否，固猶不能自信也。茲姑略述其內容如下。

1. 本書所述，大別之爲陸地測量及海洋測量。陸地測量之認地面爲弧面者，曰大地測量，其範圍有所限制者，曰平面測量。本書所述關於陸地方面者，爲平面測量，爲一般工程建設及土地清丈所需用。

2. 本書共分五編。第一編述平面測量之基本方法，及各種儀器之用法。第二編述特種測量，如路線測量，土地測量，城市測量，河海測量等。第三編述水文測量，包含雨量，蒸發量，水位，流量，河流挾沙量等。第四編述繪算工作。凡各種計算方法及鉛筆圖稿畫法，已散見於前各編中，與野外工作，順次連帶敘述，以期貫串。本編所述者，僅為所餘之約算通則，土方計算，及上墨，摹繪，藍曬等室內工作。第五編述各種儀器之校正，愛護，及修理。此編本屬第一編範圍以內者，但為講授便利計，宜於最後述之，蓋學生必先知儀器之用法，始可與談校正，未經實習之前，對於儀器用法，尚難完全明瞭，若校正與用法同時講授，必致茫然不解。故當實習之時，宜由教師先將儀器校正完善，然後令學生用之，待其習知用法之後，再從事於校正方法之講解與實習。

3. 本書理論與實驗並重。平面測量之理論至淺，凡習過普通算學中之代數，幾何，三角及普通物理學者，即能閱讀本書。雖有一二處涉及微積分，僅為公式之證明，及儀器之原理，即略去不讀，亦屬無傷；至關於經驗上之指示，則不厭求詳。故本書可充學校課本，兼供實地從事測量者參考之用，而尤期其對於初從事斯道者，更能有所裨益也。

4. 德國及瑞士近數年來所製新式儀器，最為精巧便利，而又準確可恃。如德國蔡司廠之水準儀，經緯儀，斷面平板儀等，皆獨具優點，迥非舊式儀器可比。本書對於各種最新儀器述之頗詳，而英美儀器簡單堅實，且為一般所習用，故亦詳述之。

5. 余見一般從事測量者，往往不敢貿然拆卸其儀器，

致內部積垢不除，周轉不靈。其故或因一般測量書籍對於拆卸儀器之法，皆略而不述。本書特爲述之。

6. 一般測量書籍敘述地形測量，余每病其不詳。地形測法不一，以余個人經驗，覺經緯儀視距測繪法爲最佳。此法爲美國測量 Baltimore 城時所創用；本國首先用之者，厥爲前順直水利委員會之白河流域地形測量。今已漸漸流行於各處，而一般測量書籍竟無述及之者，寧非怪事？本書敘述地形測量綱要之外，特闢專章以詳述其一切實施方法。明乎此，則其他各種地形測法，莫不迎刃而解矣。

7. 各種方法，莫善於設例以明之。本書舉例頗多，以期易於明瞭。

8. 一項工作有數種不同之方法者，本書彙述之後，更比較之。但過於陳舊或不適實用者，皆不備述，以節篇幅。

9. 本書對於差誤之原因及其避免之法，討論似覺頗詳。

10. 本書中之專門名詞，均爲國內各技術機關所通用者。

11. 國內各處測量，現已皆用公尺制，本書設例及各種應用圖表，亦皆採用公尺制，以適應之。

12. 顧世禔先生爲本書校訂第三編水文測量各章；林保元先生校訂第一編第二十三、二十四及二十六三章；而所有插圖，皆由萬筱泉先生繪製；德製儀器之銅版，皆承德國蔡司公司惠假，以付印刷。凡此均深有裨於本書，特書此以誌謝忱。

13. 本書除經顧林二先生校訂一部分外，其餘均由著

者自行校對，雖反復三四次，而錯誤或猶有存者。希望讀者賜以指正，俾得於再版時修正之，至深感禱。通訊可由世界書局轉交著者。

民國二十三年六月

李海觀



# 目 次

緒 論 .....	1
1. 何謂測量 2. 測量之效用 3. 平面測量與 大地測量之區別 4. 平面測量效用之限制 5. 測量之分類 6. 測量之手續 7. 單位 8. 測量之精確度 9. 測量之速度	
第一編 平面測量之基本方法 .....	5
第一章 差誤 .....	5
10. 差誤 11. 差誤之原因 12. 三種差誤 13. 集 積差及消滅差 14. 較差 15. 常差之消除 16. 差誤之預防及消除 17. 各種差誤重要性之比 較	
第二章 距離量法 .....	9
18. 鋼尺及其附屬物 19. 前測手及後測手 20. 平地距離之量法 21. 釘樁及樁號 22. 斜坡上 量水平距離 23. 鋼尺與標準長度之比較 24. 距離之精密量法 25. 距離之約估	
第三章 用鋼尺量距離之差誤 .....	15
26. 差誤之原因 27. 鋼尺長度不準之差誤 28. 溫度變遷之差誤 29. 鋼尺不水平之差誤 30. 瞄線不直之差誤 31. 垂曲差 32. 拉力不勻之	

差誤 33.標誌鋼尺長度之差誤 34.讀零數不準之差誤 35.普通錯誤 36.鋼尺量距離之精確度

第四章 測量儀器之主要部分.....18

37.水準管 38.指南針 39.遊尺 40.透鏡之原理 41.透鏡成像之理 42.遠鏡之構造 43.遠鏡之成像 44.遠鏡之四要點 45.遠鏡擴大力之測驗 46.正像遠鏡與倒像遠鏡之比較 47.三足架

第五章 水準測量之儀器 .....30

48.水準儀 49.活鏡水準儀 50.定鏡水準儀 51.蔡司水準儀 52.水準尺 53.觇牌 54.地釘 55.手水準儀

第六章 水準測量之原理及術語 .....35

56.水準測量之目的 57.水準高度及水準基面 58.水準標點 59.水準測量基本方法 60.後視前視及視線高 61.水準測量之公式 62.中間點及轉點 63.雙轉點法

第七章 水準測量實施方法 .....38

64.水準測量隊之組織 65.水準測量隊之用具 66.定鏡及活鏡水準儀之安平法 67.蔡司水準儀之安平法 68.使用遠鏡 69.水準尺之讀法 70.水準尺之持法 71.施測概況 72.轉點之重要 73.視線之長 74.安置水準儀地點之選擇 75.轉點之選擇 76.水準線過河 77.設立水準標點 78.水準測量之校對 79.水準測

量之速度	80.	水準記載簿	81.	水準計算之校對	82.	釘斜坡樁	83.	用斜視線法釘斜坡樁											
<b>第八章</b>		<b>水準測量之差誤</b>							<b>49</b>										
84.	儀器之差誤	85.	使用儀器之差誤	86.	讀數不準確之差誤	87.	儀器及水準尺位置變動之差誤	88.	天然差誤	89.	個人差誤	90.	讀水準尺之錯誤	91.	記載及計算之錯誤	92.	水準測量差誤之限度		
<b>第九章</b>		<b>氣壓水準</b>																	<b>53</b>
93.	原理	94.	氣壓計	95.	從氣壓計讀數計算高度	96.	溫度改正數												
<b>第十章</b>		<b>羅盤儀及其用法</b>																	<b>56</b>
97.	羅盤及羅盤儀	98.	方向角	99.	方向角之讀法	100.	羅盤儀之用法	101.	羅盤儀之用途										
<b>第十一章</b>		<b>經緯儀</b>																	<b>58</b>
102.	經緯儀之用途	103.	經緯儀之構造	104.	蔡司經緯儀	105.	經緯儀應具之條件												
<b>第十二章</b>		<b>經緯儀之讀角法</b>																	<b>62</b>
106.	上盤與下盤之關係	107.	度盤之劃分法	108.	讀角之步驟	109.	度盤之讀法	110.	經緯儀上之遊尺	111.	遊尺讀法	112.	遊尺讀法示例	113.	蔡司經緯儀之讀角法				
<b>第十三章</b>		<b>經緯儀之測角法</b>																	<b>69</b>
114.	垂球	115.	經緯儀之安平法	116.	使用遠鏡	117.	後視及前視	118.	水平角測法——用普通經緯儀	119.	水平角測法——用蔡								

司經緯儀	120.	用複轉法測水平角	121.	水平角精測法	122.	標誌一水平角於地上	123.	用複轉法標誌水平角於地上	124.	引長一直線	125.	垂直角測法	126.	標桿之持法																																	
第十四章	測角之差誤											76																																			
127.	差誤之原因	128.	儀器安平欠完善之差誤	129.	照準之差誤	130.	天然差誤	131.	差誤之消除	132.	測角精確度之審核	133.	測角差誤之限制																																		
第十五章	導線測法											80																																			
134.	測站	135.	測線	136.	折線	137.	導線	138.	施測導線所包括之事項	139.	左角及右角	140.	折角	141.	方位角	142.	導線測量隊之組織	143.	導線測量隊之用具	144.	指揮旗及指揮記號	145.	導線角度之各種測法	146.	用左角施測導線法	147.	用折角施測導線法	148.	用方位角施測導線法	149.	用方向角施測導線法	150.	四種測法之比較	151.	精密導線	152.	導線過河	153.	讀磁方向角之必要	154.	閉塞導線及閉塞差	155.	導線距離與角度之精確度須相稱	156.	導線記載簿		
第十六章	導線之計算											91																																			
157.	方向角算法	158.	縱距及橫距	159.	縱橫距之算法	160.	縱橫距之正負號	161.	導線之計算	162.	折線表	163.	縱橫距圖解法																																		

164. 閉塞差之計算	165. 閉塞差之分配	
<b>第十七章 導線之繪法</b> .....		<b>99</b>
166. 畫角法之類別	167. 用分角器畫角	168. 正切法畫角
169. 弦線法畫角	170. 導線畫法之類別	171. 用方向角畫導線
172. 用坐標畫導線法	173. 導線各種畫法之比較	
<b>第十八章 小三角測量</b> .....		<b>107</b>
174. 三角測量之基本原理	175. 三角測量之分類	176. 三角點及三角網
177. 三角點之選擇	178. 標誌及標架	179. 基線之量法
180. 量角	181. 角之改正	182. 歸心計算
183. 求邊	184. 三角測量之差誤	185. 三角測量與精密導線之比較
<b>第十九章 視距法</b> .....		<b>115</b>
186. 視距法	187. 視距線	188. 視距尺
189. 視距原理	190. 儀器常數	191. 視距常數
192. 斜視線公式	193. 斜視線公式之應用	
194. 視距表	195. 視距圖	196. 視距計算尺
197. 三種視距計算法之比較	198. 用視距法測距離	199. 用視距法測高度
200. 視距導線	201. 視距法之效用	
<b>第二十章 視距法之差誤</b> .....		<b>124</b>
202. 視距尺長度及分格不準確之差誤	203. 持尺不垂直之差誤	204. 讀數不準確之差誤
205. 折光差	206. 高度之差誤	207. 視距常數之差誤
208. 計算上之差誤	209. 讀視	

距尺之錯誤	210.	用視距法測兩點間距離之精確度	211.	用視距法測兩點間高度差之精確度	212.	視距導線之距離閉塞差	213.	視距導線之高度閉塞差
<b>第二十一章 平板儀測量</b> .....131								
214. 平板儀之構造	215.	平板儀測量	216.	平板儀之安平法	217.	測法概說	218.	輻射線法
219.	交線法	220.	導線法	221.	截線法	222.	三點法概說	223.
224.	白塞爾法	225.	李門法	226.	李門別法	227.	平板儀與標架位置之關係	228.
229.	二點法	230.	各種方法之比較	231.	用平板儀測高度	232.	蒙圖紙於圖板之法	233.
平板儀測量之效用								
<b>第二十二章 小平板儀</b> .....151								
234.	小平板儀之構造	235.	小平板儀測方向線	236.	小平板儀測高度差	237.	小平板儀測距離	238.
小平板儀之效用								
<b>第二十三章 地形測量綱要</b> .....154								
239.	何謂地形測量	240.	設立控制點	241.	測繪地形	<u>地面上各項物體之測定</u>		
242.	地面上應測之物體			243.	地形點	244.	地形點位置之測法	
245.	測定一物體之位置			246.	取點之多寡			
247.	測量物體之高度			<u>等高線之測繪</u>				
248.	等高線概說			249.	等高線之性質			
250.	等高線之測法			251.	等高線控制點			

之選擇 252. 等高線之畫法 253. 等高距之選擇 施測地形方法 254. 施測地形方法 255. 經緯儀視距測記法 256. 經緯儀視距測繪法 257. 平板儀視距法 258. 三種測法之比較

## 第二十四章 經緯儀視距測繪法.....168

259. 引言 260. 經緯儀之選擇 261. 圖板及三足架 262. 圖板之安置 263. 分角器 264. 公尺 265. 三點法 266. 視距導線測法 267. 視距導線畫法 268. 視距導線之記載 269. 水平遠鏡測視距導線高度之法 270. 司經緯儀之任務及其應注意點 271. 繪圖者之任務及其應注意之點 272. 持尺者之任務及其應注意之點 273. 地形點遇障礙時之測法 274. 指揮旗及指揮記號 275. 縮尺與測法 276. 例一 277. 例二 278. 例三

## 第二十五章 橫斷面及縱斷面測量.....181

橫斷面測量 279. 何謂橫斷面 280. 施測橫斷面之目的 281. 橫斷面施測概要 282. 施測橫斷面之儀器, 283. 用水準儀或經緯儀施測橫斷面 284. 用手水準儀測橫斷面 285. 橫斷面記載簿 286. 橫斷面畫法 287. 斷面平板儀與視距尺之構造 288. 用斷面平板儀施測橫斷面 289. 斷面平板儀之優點 縱斷面測量 290. 何謂縱斷面 291. 縱斷面測量之目的 292. 縱斷面測法 293. 縱斷面畫法

## 294. 縱斷面與等高線

## 第二十六章 天體觀測 .....187

295. 概說 296. 定義 297. 天文三角形 時  
 298. 時 299. 視時 300. 平時 301. 恆星  
 時 302. 恆星時與平時之關係 天體仰角之  
 改正 303. 空氣折光改正數 304. 視差 305.  
 太陽半徑 星 306. 概說 307. 上下中天及  
 東西離 308. 恆星之上中天時刻 309. 恆星  
 之極距與方位角 310. 北極星 緯度之觀測  
 311. 觀測目的與所需精確度 312. 緯度之  
 簡易觀測法 313. 緯度之計算 經度之觀測  
 314. 觀測目的與所需精確度 315. 經度簡  
 易測法 時之觀測 316. 觀測目的 317. 觀  
 測方法 318. 計算方法 真方位角之觀測  
 319. 觀測目的與所需精確度 320. 任何時觀  
 測真方位角 321. 真方位角之計算 322. 近  
 東(或西)離時觀測真方位角 323. 計算  
 324. 總結

## 第二編 特種測量 .....211

## 第二十七章 路線測量 .....211

325. 概說 勘測 326. 勘測之性質 327. 勘  
 測所用儀器與方法 328. 勘測之目的 初測  
 329. 初測之性質 330. 測量隊之組織 331.  
導線點之選擇 332. 導線 333. 水準 334.  
 地形 335. 縱斷面圖 定線測量 336. 圖上



- 定線 337. 定線測量之性質 338. 測量隊之組織 339. 直線之敷設 340. 關於曲線之定義及公式 341. 計算示例 342. 曲線敷設法 343. 縱曲線 344. 釘邊樁

## 第二十八章 土地測量……………226

345. 土地測量與地形測量之區別 346. 用鋼尺或布尺測量土地界址 347. 用導線測量土地界址 348. 土地清丈 計算面積 349. 面積之單位 350. 計算面積之公式 351. 計算面積普通方法 352. 從圖上求面積 353. 面積計 354. 面積計之原理 355. 面積計之用法 356. 從支距計算面積 357. 用倍子午距計算面積 劃分面積 358. 概說 359. 自界線上一定點作一直線劃分多邊形地一部分等於已知面積 360. 作一已知方向之直線劃分多邊形地一部分等於已知面積 361. 取直界線

## 第二十九章 城市測量……………241

362. 概說 測製城市地形圖 363. 控制 364. 水準 365. 地形 敷設城市建築物 366. 儀器 367. 釘市街線樁 368. 弧形市街之圓角 369. 釘市街斜坡樁 370. 縱曲線 371. 市街橫斷面 372. 設置陰溝 373. 釘橋樁 374. 設置房屋線板

## 第三十章 河海測量……………254

375. 概說 376. 河道橫斷面 377. 河道縱斷

- 面 378. 河岸線 379. 湖岸線 380. 海岸線  
 381. 全流域地形測量 六分儀 382. 六分  
 儀 383. 六分儀之原理 384. 六分儀測水平  
 角 385. 使用六分儀應注意之點 386. 用人  
 造地平面測垂直角 水深測量 387. 水底高  
 度 388. 測深桿及測深錘 389. 測量水深之  
 差誤 390. 定測深點之位置 391. 用已知時  
 間定測深點 392. 用繩橫過河面測深 393.  
 用視距法定測深點 394. 用一方向線及岸上  
 測一角以定測深點 395. 舟中讀二角以定測  
 深點 396. 岸上讀二角以定測深點 397. 在  
 二方向線交點上測深 398. 測深隊之組織  
 399. 定水流方向

### 第三編 水文測量.....267

#### 第三十一章 雨量 .....267

400. 定義 401. 雨量計 402. 自記雨量計  
 403. 雨量計之設置 404. 雨量記載法 405.  
 雨量成績之審核 406. 雨量成績之統計

#### 第三十二章 蒸發量 .....275

407. 概說 408. 蒸發皿 409. 蒸發皿之設置  
 410. 蒸發皿及量杯之用法 411. 蒸發量之  
 記載 412. 蒸發量之改正 413. 蒸發量成績  
 之審核 414. 蒸發量成績之統計

#### 第三十三章 水位 .....280

415. 概說 416. 水標之分類 417. 直接水標

418. 設立水標地點之選擇	419. 水標零點高度及水準標點	420. 水標觀讀次數及記載表式樣	421. 冰凍期內觀測水位	422. 水標站圖說	423. 水位成績之審核	424. 水位曲線	425. 自記水標	426. 自記水標之裝置
<b>第三十四章 流量測法</b> .....209								
427. 概說	428. 河道橫斷面面積	429. 斷面內各點流速之不同	430. 測量一垂線內之平均流速	<u>用浮標施測流速</u>	431. 浮標	432. 浮標測流法	433. 流速記載及流量計算	434. 用浮標測流之優點及缺點
435. 浮標測流之差誤	<u>用流速計施測流速</u>	436. 流速計	437. 潑拉斯流速計	438. 沃脫流速計	439. 流速計之用法	440. 施測流速之憑藉物	441. 施測垂線內平均流速法	442. 流速計測流法
443. 流速記載及流量計算	444. 流速計測流之優點及缺點	445. 流速計測流之差誤	<u>用水面斜坡法計算流速</u>	446. 方法概說	447. 定水面傾斜度	448. 橫斷面積	449. 水半徑	450. 系數 C
451. 滿寧及福煦海墨公式	452. 反求 $n$ 值	453. 用水面斜坡法計算流速之得失	454. 洪水期內施測流量	455. 冰凍期內施測流量	456. 施測潮水河流量	457. 橫斷面地點之選擇	458. 流率曲線	459. 垂直接流速曲線
460. 流量站圖說								
<b>第三十五章 河流挾沙量</b> .....318								

461. 引言 462. 試驗挾沙量應用器具 463.  
 汲取水樣之法 464. 試驗水樣之法 465. 試  
 驗水樣之次數

## 第四編 繪算 .....321

### 第三十六章 計算概說 .....321

466. 校對 467. 計算之秩序 468. 計算之速  
 度 469. 簡捷算法 470. 刪除不需要之數字  
 471. 有用之表 472. 圖解 473. 用機械計  
 算

### 第三十七章 計算土方 .....333

474. 何謂土方 475. 土工之橫斷面 476. 橫  
 斷面面積之計算 477. 計算體積之公式 用  
底面公式計算體積 478. 水平斷面 479. 二  
 斜線斷面 480. 不規則斷面 棱柱體改正數  
 481. 三角形棱柱體改正數 482. 水平斷面  
 棱柱體改正數 483. 二斜線斷面棱柱體改正  
 數 484. 不規則斷面棱柱體改正數 485. 山  
 坡上之土工

### 第三十八章 繪圖儀器及用品 .....348

486. 鉛筆 487. 直線尺 488. 丁字尺 489.  
 三角板 490. 公尺 491. 分角器 492. 直線  
 筆 493. 曲線筆 494. 兩腳規 495. 圓規  
 496. 曲線板 491. 縮放儀 498. 繪圖紙 499.  
 摹圖紙及摹圖布 500. 方格紙 501. 藍曬紙  
 502. 繪圖墨水

第三十九章 製圖概說 .....	354
503. 圖之種類	504. 製圖各步手續
505. 繪製圖稿	506. 上墨
507. 摹圖	508. 蓋曬
509. 太陽紙	510. 圖上字體及註字之法
511. 保持圖之清潔	
第四十章 地形圖之完成 .....	359
512. 地形圖上應備具各項	513. 標題
514. 縮尺	515. 子午線
516. 圖框	517. 圖例
518. 各色墨水之應用	519. 水準基面
520. 圖之擦拭	521. 圖之編號
第五編 儀器之校正愛護及修理 ...	367
第四十一章 儀器之校正 .....	367
522. 校正儀器之重要	523. 校正儀器之通則
524. 反轉法	525. 經緯儀之校正
<u>橫線之校正</u>	<u>縱線之校正</u>
526. 蔡司經緯儀之校正	
527. 活鏡水準儀之校正	528. 木椿校正法
529. 定鏡水準儀之校正	530. 蔡司水準儀
之校正	531. 羅盤儀之校正
532. 平板儀之校正	533. 六分儀之校正
534. 流速計回轉	
數與流速關係之重行檢定	
第四十二章 儀器之愛護 .....	390
535. 愛護儀器之重要	536. 儀器出箱及入箱
時應注意之點	537. 安平儀器時應注意之點
538. 搬移儀器時應注意之點	539. 去螺絲
縫中之垢	540. 經緯儀之拆卸及內部擦拭

541. 水準儀之拆卸及內部擦拭 542. 透鏡之  
愛護 543. 磁針之愛護 544. 儀器帽及箱套  
545. 鋼尺之愛護 546. 流速計之愛護

第四十三章 儀器之修理.....394

547. 引言 548. 接合斷鋼尺 549. 磁針加磁  
550. 配製螺釘 551. 重裝水準管 552. 重  
裝十字線或視距線

附表.....1—107

1. 對數表 2. 正弦餘弦對數表 3. 正切餘切  
對數表 4. 正弦餘弦真數表 5. 正切餘切真  
數表 6. 平方立方平方根立方根及倒數表  
7. 視距表 8. 空氣折光改正數表 9. 化度爲  
時表 10. 化時爲度表 11. 化平時爲恆星時表  
12. 化恆星時爲平時表 13. 弧面與折光總改  
正數表 14. 用氣壓計讀數求高度差表 15. 氣  
壓計溫度訂正表

# 測 量 學

## 緒 論

1. 何謂測量 測量為應用科學之一種技術，其術係用各種儀器與方法，以定地面上各點之位置，及各點間之高度差。更以相當之縮尺，將各點移於紙上，用簡單之記號，繪製成圖。故質言之，測量者，製圖之技術也，而其逆，則為將圖上諸點，移於地上。以上所述，為陸地測量。更有所謂水文測量者，乃測知水底形勢，水量多寡，及水之循環變化之跡之技術也。

2. 測量之效用 各項土木工程之計畫，莫不以測量為根據；其實施，又須測量，以確定建築物之位置於地上。他如整理土地，佈置軍事，及繪製普通地圖，以供民間日用等事，又皆有賴於測量。

3. 平面測量與大地測量之區別 陸地上有平面測量 (Plane surveying) 與大地測量 (Geodetic surveying) 之別。地面本為球面，而非平面。在大地測量中，係認地面為球面，其方法與儀器較精。在平面測量中，則假定地面為平面，其方法與儀器較粗。此為平面與大地測量之異點。本書所述，僅

限於平面測量。

4. 平面測量效用之限制 平面測量既假定地面爲平面，其間必有差誤。差誤之生，實由於假定地球上經緯線各爲平行直線之故。假定緯線爲平行直線者，其差誤尙微；若假定經線爲平行直線者，其差誤則甚大，蓋二經線在赤道上相距  $180^\circ$  者，乃在南北二極，各相交於一點也。在平面測量中，因假定其爲平行而生差誤，面積愈大者，此差誤亦愈大，故平面測量之效用，應有所限制也。今舉一例，以明差誤之大小。設有一圖，其南邊緯度爲  $+30^\circ$ ，北邊爲  $+30^\circ 10'$ ，東西包含經度亦爲  $10'$ 。若用平面測量法繪之，爲一長方形；若用大地測量法繪之，則北邊應較南邊短 13.6 公尺。<sup>\*</sup> 該圖之面積，約爲 200 平方公里。13.6 公尺之差誤，在普通縮尺之圖上，已頗能辨別，故平面測量之效用，一般皆以 200 或 300 平方公里爲限。面積之大於此，而結果又須有相當之精確度者，宜用大地測量法爲之。所幸土木工程中，除測量河道流域，面積常爲甚大，須用大地測量法外，其他一切局部工程，大都均可應用平面測量法。即鐵路、公路之路線，長至數百或數千公里者，因其不須閉塞，（見第 154 節）故亦屬於平面測量範圍以內者。

5. 測量之分類 測量以範圍之大小而異其技術之精粗者，既有大地與平面之分，其以工程種類不同而分者，則建築鐵路或公路，有路線測量，與辦市政工程，有城市測量，與辦水利工程，有河海測量。凡路線、城市、河海等項測量，常須若干組人員，用各種儀器，分工合作而成。於是以儀器爲

<sup>\*</sup> 係按多圓錐投影計算。



主體而分類者，又有所謂經緯儀測量，水準測量，平板儀測量，視距測量等。以上皆陸地測量也。更有測量河道流量及研究水之循環變化之跡者，則曰水文\* 測量。本書皆分別詳論之。

6. 測量之手續 無論何種測量，其手續大抵有四：曰踏勘，曰實測，曰計算，曰製圖。

### 7. 單位

(1) 長度之單位 吾國之尺度，長短不一，漫無標準，故測量中在昔都用英美制，以英尺為單位。近年來國內各技術機關皆傾向於公尺制，以公尺為單位，故本書設例及各種應用圖表皆用公尺制。

(2) 角度之單位 角度以度，分，秒計之，以度為單位。全圓周分作 $360^\circ$ ，每度分作六十分，每分分作六十秒。度分秒之簡單記號為 $^\circ$ 、 $'$ 、 $''$ 。

(3) 時之單位 時間以時，分，秒計之，以日為單位。每日分為二十四時，每時分為六十分，每分分為六十秒。時分秒之簡單記號為 h m s。

8. 測量之精確度 測量固貴乎精確，但精確之程度應視測量之目的或地價之貴賤而殊，而地勢不平，時間短促，人手稀少，儀器粗陋，天氣惡劣等，亦足以減低測量之精確度。故精確之限度，宜隨情形而異，不能一概而論。從事一項測量之前，須先本個人經驗及良好前例，以規定所須之精確度，然後施測時始有所遵循。若不顧一切，一概以最精密

---

\* 水文測量為本國新有名辭，其內容包含 Hydrometric Survey 及 Hydrology 二者。

之方法從事者，未爲得也。不特此也，在同一工作之中，亦須有精粗之別。凡主幹部份，其精粗足以影響全局者，其精確度宜較高。凡非主幹部份，其精粗僅能影響局部者，則不妨較低也。又在同一主幹部份或非主幹部份，其量角與量距離，貴能相稱。若僅精密其一端者，亦屬徒勞耳。

9. 測量之速度 測量之速度，全繫於個人之經驗。凡決定方法，選擇儀器，指揮工作，規定精確度等，皆與工作速度有密切之關係。同一工作，在不同之人爲之，其遲速相差不止倍蓰者，是則經驗之可貴也。

## 第一編 平面測量之基本方法

本編所述者，爲平面測量之基本方法。所謂基本方法者，不外乎測定距離、角度、高度三者，以繪製地形圖及縱橫斷面圖爲最後目的。至於各種儀器結構之大概及其用法，於每述一種測法之前述之。

### 第一章 差誤

10. 差誤 測量之結果，永無絕對真確者。所得結果與真確值之差，名曰真差。因真確值既莫能測得，故真差亦無從知之。然則將何所憑，以判別成績之優劣乎？此則討論差誤之主要問題也。

11. 差誤之原因 (1) 屬於天然的，如溫度、風、空氣折光等  
(2) 屬於儀器者，如儀器製造及校正 (Adjustment) 之欠完善，各部之膨脹收縮，與夫其他一切變遷。

(3) 人爲的，如觀測及使用儀器時之欠審慎，與夫一切意外之錯誤。

12. 三種差誤 (1) 錯誤，(2) 常差 (Constant error)，(3) 偶差 (Accidental error)。設所量結果較其真確值爲大者，其差誤爲正號；較其真確值爲小者爲負號。測量結果之總差誤，決非由於一種單純之原因，而爲由各種原因所生種種差誤之代數和。

錯誤亦爲差誤之一種，乃關於個人神經上者，如三加四誤以爲八之類是也。

常差者，其發生之原因，甚為明顯，而可以設法消除之。偶差為除去錯誤及常差外，尚有留存之差誤。

偶差可為正號，亦可為負號，而常差則在同樣情形之下，其符號及數量，均無變更。例如，設有一尺，因為溫度過高，較其標準長度長五公釐。此為常差，蓋因在同樣情形之下，（即同樣溫度時）該尺常嫌太長，其差誤常為五公釐。苟情形變更，（即溫度降低）該尺可反嫌太短，而差誤之符號即變。此例釋明常差之由於一定原因而生者，其符號可正亦可負，但在同樣情形之下，其符號不能有所變更。又設以尺量度二點間之距離，因讀尺不甚準確，而發生一差誤，其值甚微，致不為測量者所覺察。此偶差之符號，可正亦可負，即使重量之，亦易發生類似之差誤，其符號之為正為負，仍無一定。

設某項工作，在同樣情形之下，經多次之量度，其每次之常差必相等，且符號亦必相同。即將各次量得之結果平均之，其常差依然存在，且毫無變更。反之，各次所量結果中之偶差，則可正可負，且各次平均數，常較任何一次中之偶差為小。以理論言，倘在完全相同之情形下，測量之次數若增至無窮大，則其平均結果中之偶差可以完全消除，而常差則依然存在。

13. 集積差及消滅差 消滅差 (Compensating error) 者，其符號不同，有互相抵消之可能。而集積差 (Accumulative error) 者，其符號相同，不能互相抵消，且隨量度之次數而俱增，雖每次差誤甚微，而累積之後，其值可觀，對於測量結果，影響最為重大。凡偶差常為消滅差，而在同樣情形下之常差，則

爲集積差。

14.較差 一距離經二次量度之差數，名曰較差 (Discrepancy)。較差過大者，其間必有錯誤，但較差甚小者，不能遂認二次量度均甚精確。蓋較差僅爲二次量度之差數，實與差誤有別。二次量度中，各含有鉅大差誤者，其較差儘可甚微，此點每爲一般所忽視。例如一距離之真長爲 500 公尺，一鋼尺較其標準長度短五公分，而測量者不知也。用此鋼尺初次量得該距離爲 500.65，第二次爲 500.59，其較差僅爲 0.06，表面上似無鉅大差誤存於其間，但第一次之真差爲 0.65，而第二次爲 0.59 也。

15.常差之消除 上節所設例中，兩次量度之較差，並非真差，蓋因鋼尺長度上之常差，在同樣情形之下，無論量度若干次數，總不能覺察之也。測量者應預知其所用鋼尺短五公分，而將所量結果，加以相當之改正，然後始能就較差之大小，以判別成績之優劣。由是觀之，從事實測之前，其第一要務，厥爲察知其所用儀器及方法中所包含之常差。常差及錯誤既經除去之後，其所留餘者僅爲偶差，此偶差可採用各次之平均值以消滅之。

16.差誤之預防及消除 發覺錯誤之法，厥爲有秩序之校對。校對工作在測量中實占重要之位置。其方法可將所測結果與已知條件相比較，以察其有無不合之處。例如將三角形之三內角相加，其和應爲  $180^\circ$ 。

常差一部份可藉有秩序之野外工作以預防或消除之，一部份可藉計算以改正之。例如水準儀校正未完善者，可令前後視線之長相等；（見第 84 節）經緯儀有離心差

誤者，可兼讀二遊尺以消除之。（見第 121 節）。

偶差雖無法消除，但若將同一量複測數次而平均之，亦可大為減少。

**17. 各種差誤重要性之比較** 由以上各節觀之，我人可知常差及集積差概較偶差及消滅差為重要，而同一量之施測次數愈多者，其平均值中所含之偶差愈微。除此以外，亦復難定任何概括之論。任何顯著之差誤，常須防免或改正之，然顯著二字，亦屬相對之詞，往往在某種情形下稱為顯著者，在他種情形下即不復顯著。例如鋼尺因溫度變遷而生差誤，苟須用寒暑表以適應所求之精確度者，其差誤甚為顯著；若不須用寒暑表者，其差誤尋常即並不以為顯著。又如平面測量中微細之差誤，一般皆略而不計者，在大地測量中乃認為十分重要。總之，從事測量者須審察情形，本其學識經驗，規訂測法，以得適當之精確度。

## 第二章 距離量法

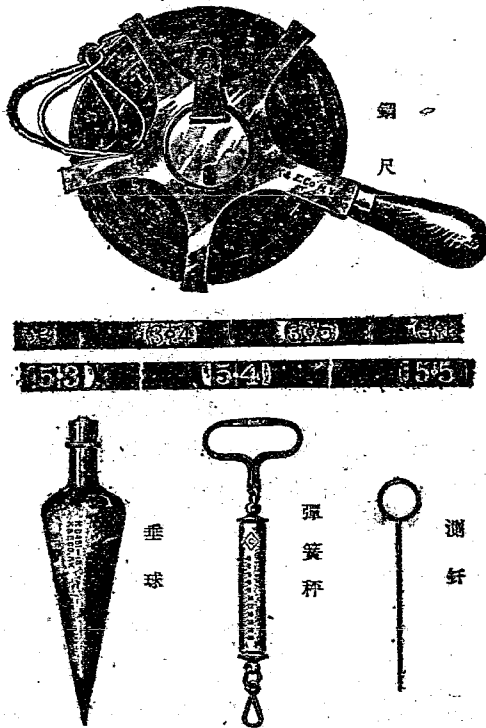
18. 鋼尺及其附屬物 鋼尺 在鋼尺 (Steel tape) 尙未盛行之前,皆用測鍊 (Chain) 以量距離。測鍊係以鐵條與小鐵環相間連綴而成。以其運用不便,且易生鉅大差誤,現已擯棄不用,而以鋼尺代之。鋼尺 (第 1 圖) 寬約七公釐,長度自 1 公尺至 100 公尺不等。一般測量,以用 50 公尺長者,最爲適宜。鋼尺質輕而堅,使用便利。又有以鎳與鋼之合金製造者,名曰鎳鋼尺 (Invar tape),質地尤輕,且脹率\* 極微,最精密之測量宜用之。

測釘 測釘 (Marking pin) 爲長約三公寸,徑約半公分之鋼釘。上端彎成小環,繫以紅白布條,俾在草地上易於望見。下端尖銳,以便插入土中。通常以十枝爲一組,其用途有二:(1)插入土中,爲鋼尺量度時起迄之標誌,(2)用以記鋼尺量度之次數,例如所用鋼尺爲 50 公尺長者,若插去七釘,即知所量距離爲 350 公尺。(第 1 圖)

標桿 量度二點間之距離,必須依直線方向進行。標桿 (Ranging pole) 爲瞄直線所用之目標,以木製之。其橫斷面作圓形或多角形,長自二公尺至四公尺不等。下端削尖,

---

\* 鋼尺脹率通常爲每度 ( $F^{\circ}$ )  $0.0000645$ , 鎳鋼尺脹率約爲鋼尺之  $\frac{1}{25}$  至  $\frac{1}{30}$ 。



第1圖 鋼尺及其附屬物

包以鐵，以便插入土中。全部分成若干節，每節長25或50公分，以漆髹之，其色紅白相間，以利視望。

垂球 在斜坡上量距離，須用垂球。垂球為銅或鐵製，中實以鉛。下端尖銳，上端以線懸之。普通麻線，頗不耐用，以粗弦線最為適宜。  
(第1圖)

19. 前測手及後測手 用鋼尺量距離時，以二人各執一端，在前者名曰前測手，在後者名曰後測手。前測手之重要任務有二：(1) 以適當之力，將鋼尺拉緊。(2) 將測釘之中心，比準鋼尺之零點，而將釘插入土中。後測手之重要任務有四：(1) 使前測手所持之標桿直立於測線之上，而不稍偏。(在較精密之工作，亦有由司經緯儀者瞄準之者) (2) 當前測手拉緊鋼尺時，令鋼尺之終點比準測釘之中心。(3) 當前測手將第二釘插



妥後，將第一釘拔起而執於手中，滿十釘後，交還於前測手。

20. 平地距離之量法 如第 2 圖，A 爲起點，B 爲測線之他端，各有一木樁爲誌。

A 處常設有經緯儀，B

處則立有標桿。後測手



第 2 圖 用鋼尺量距離

持標桿一根，執鋼尺之終端，立於 A 處。前測手執鋼尺他端，帶十測釘及一標桿向 B 前進。後測手俟前測手行至相當地點時，呼曰『好』，前測手即止步。後測手俟三標桿成一直線時，呼曰『好』，前測手即用標桿之尖，在地上錐一小孔，將標桿移於一側，踞一足，將鋼尺置於孔之中央，用相當之力拉緊。俟後測手將鋼尺終點比準 A 處木樁上小釘中心而呼曰『好』時，前測手即比準零點而插一測釘於 a。於是五十公尺之距離（假定鋼尺長五十公尺）即已量定。前測手插釘後，應即前進；後測手執鋼尺隨之而行。同樣插一測釘於 b，再行前進。後測手俟收齊十釘後，交還前測手，即知所量距離爲五百公尺矣。（插完十釘，通常即釘一木樁，若不釘樁者，則須備十一測釘）末段 m B 之距離常不足一鋼尺之長。設爲 33.67 公尺，則第二線 B C 上之第一釘應插於距 B 16.33 公尺處之 n 上。

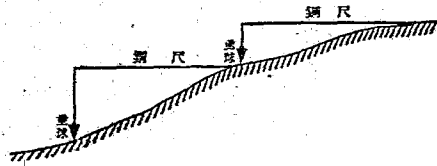
21. 釘樁及標號 A, B, C 等轉向之處，通常釘一大木樁，以便安置經緯儀，以測角度。其他每隔五百及一千公尺處，釘一較小之木樁，以便施測地形時作爲起點及終點之用。以上各樁之長，自半公尺以至八公寸不等，或方或圓，或方圓兼用，以資識別。樁頂宜略與地面齊平，頂上皆釘一小釘，以示測點之位置。其餘每隔五十或一百公尺，有釘一小扁

概者，則以備水準測量測定各該點高度之用也。

設  $AB=1433.67$  公尺， $BC=925.16$  公尺，則 A 點樁號為  $0+000.00$ ，B 點樁號為  $1+433.67$ ，C 點樁號為  $2+358.83$ 。樁號常不用 A, B, C 等字母，而以各樁與起點之距離表之者，以便一望即知測程也。同樣，中間各樁概亦各以其距起點之距離為樁號。

**22. 斜坡上量水平距離** 在斜坡上量水平距離有二法：第一法，鋼尺必須成水平，用垂球懸於鋼尺離地之一端，以得該端之水平投影

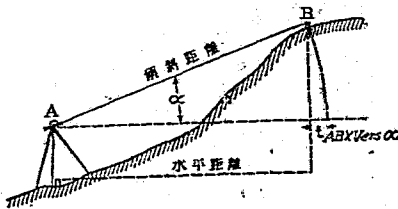
於坡上。（第 3 圖）若鋼尺兩端地面高低相差太大者，須將距離分成數段，逐段用垂球量之。此法苟



第 3 圖 斜坡上量水平距離

無相當經驗，難期準確。一般通病，在下坡之尺端太低，致不能確成水平，而上坡較下坡為尤難，蓋下坡時可將鋼尺後端置於地上，將前端高舉，使之相平，而上坡時與下坡相反，

後測手須懸空執尺，當前測手拉緊時，其身軀每不易穩定。



第 4 圖

**第二法 量傾斜距離**，及角度或二點間之高低差，以便算出水平距離，如第 4 圖，用經緯儀測角，（測角法見後）用鋼尺

量傾斜距離  $AB$ ，則

$$\text{水平距離} = \text{傾斜距離} - \text{傾斜距離} \times \text{Vers } \infty \dots [1]$$

若不測角，可測定 A B 兩點高度差，（其法見後）則

$$\text{水平距離} = \sqrt{(\text{傾斜距離})^2 - (\text{高度差})^2} \dots [2]$$

倘傾斜度甚小者，為計算簡便起見，上式可變為

$$\text{水平距離} = \text{傾斜距離} - \frac{(\text{高度差})^2}{2 \times \text{傾斜距離}} \dots [3]$$

**23. 鋼尺與標準長度之比較** 鋼尺每因溫度變遷，拉力不同，而改變其長度。歐美各國皆備有標準，以資比較。例如在美國，可將鋼尺送往標準局比較之。由局出具證書，說明三點。(1) 該鋼尺合於標準長度時之溫度。(2) 該鋼尺之脹率。(3) 比較時所用之拉力。既得此曾經比較之鋼尺，即可用以與其他鋼尺相比較。

**24. 距離之精密量法** 前述量度距離之法，對於溫度，拉力，及鋼尺本身長度之差誤，均未計及。但倘欲得較精密之結果，須用曾經比較之鋼尺，加一彈簧秤（第 1 圖）於其一端，由前測手執而拉之。所用拉力，須與該鋼尺比較時所用者相同。又須備一寒暑表，以記施測時鋼尺本身之溫度。用下式以計算溫度改正數。

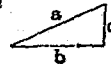
$$\text{溫度改正數} = l \times k \times (t - t_0) \dots [4]$$

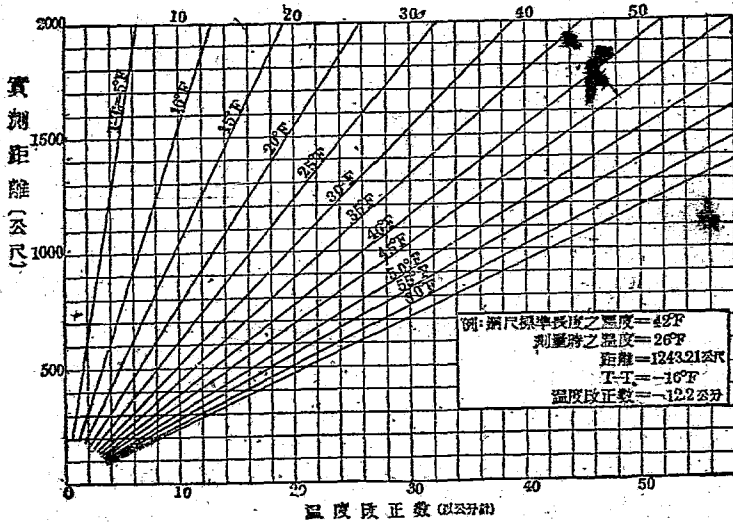
上式中  $l$  為所量之距離， $k$  為鋼尺之脹率， $t$  為施測時鋼尺之溫度， $t_0$  為該鋼尺合於標準長度時之溫度。實際

$$[註] \quad c^2 = a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

於第一括弧內假定  $a=b$ ，則  $c^2 = 2a(a-b)$

$$\text{即} \quad b = a - \frac{c^2}{2a}$$





第 5 圖 鋼尺溫度改正數圖解

應用時，常用圖解法，以求簡捷。如第 5 圖，即係用上式繪製者。求溫度改正數之例，已載明於圖中，茲不復詳。

25. 距離之約估 約估距離，常足為實測之助，其法有二。  
 (1) 目估。從事測量稍次者，類能用目力估計距離。惟此項技術，全恃經驗，並無方法可述。  
 (2) 步估。較目估為準確。從事測量者，應自知其在平地上每步之長，俾可按其步數，以計行程。常人在平地上每步之長約為八公尺。

### 第三章 用鋼尺量距離之差誤

#### 26. 差誤之原因

(1) 鋼尺長度不準及刻劃不勻。

(2) 溫度變遷。

(3) 施測不合法,例如,鋼尺不水平,拉尺不緊,拉力不勻,及標誌鋼尺長度不準等。

27. 鋼尺長度不準之差誤 此為集積差,甚為重要,其符號之為正或為負,一視鋼尺之過長或過短而異。鋼尺過短者,所量得之距離太長,其差誤之符號為正。反之,鋼尺過長者,所量得之距離太短,其差誤之符號為負。因鋼尺之長短與溫度變遷有密切關係,若施用溫度改正數者,此種差誤可以連帶消除。

28. 溫度變遷之差誤 此屬集積差,亦甚重要。鋼尺溫度低於其標準溫度(即長度合於標準時之溫度)時,其差誤之符號為正;高於其標準溫度時,其符號為負。今設用一五十公尺長之鋼尺,量一長 1500 公尺之距離,一年中溫度之最大差數為  $70^{\circ} F$ , 則冬夏二季所量結果,用第 24 節之方法計算之,可差至 0.68 公尺之鉅。故測量之經過四季,而欲求精確者,不可不按照溫度變遷,而隨時改正其所量之距離。

29. 鋼尺不水平之差誤 此為正號集積差,甚為重要,須

用第22節之方法消除之。

30. 瞄線不直之差誤 此亦爲正號集積差,但甚易覺察之。不甚精密之工作,普通卽由後測手瞄線;若用儀器瞄線者,此種差誤,不難完全消除。

31. 垂曲差 鋼尺中部懸空,卽下宕而生垂曲 (Sag), 其影響使所量距離太長,故爲正號集積差。普通皆用適當拉力,使垂曲爲肉眼所不能見爲止。若用曾經比較之鋼尺者,其比較時所用之拉力, ( 50<sup>m</sup> 鋼尺,普通約用12公斤之拉力 ) 卽能抵消垂曲差。

32. 拉力不勻之差誤 設拉力常太大或常太小,其差誤爲集積差;否則可爲消滅差。用慣彈簧秤之測手,常能用約12公斤之均勻拉力拉之。

33. 標誌鋼尺長度之差誤 一鋼尺之長度,既用測釘標誌於地上,若前測手不將測釘中心比準尺之零點,或後測手不將鋼尺比準測釘中心,皆足以發生差誤,而尤以在斜坡上用垂球標誌鋼尺長度者,最難準確。此雖屬消滅差,而其性質甚爲重要。

34. 讀零數不準之差誤 不足一鋼尺長之距離,須讀零數,普通讀至公分或公釐。此爲消滅差,比較最不重要。

### 35. 普通錯誤

(1) 誤認零點 鋼尺之零有在柄之極端處者,亦有距柄數公寸者,必須認清之。

(2) 多計或少計一鋼尺之長 前測手所記之距離,必須與後測手所收之釘數相核對。

(3) 顛倒計算公尺數,例如35公尺誤作15公尺,或47公

尺誤作53公尺，蓋鋼尺零端有由前測手執之者，亦有由後測手執之者，初無一定，必須認清此點。

(4) 錯易數字位置，例如 17.48 誤作 17.84，或倒讀數字，例如誤以 9 爲 6，或誤以 86 爲 98。

(5) 誤讀一公尺數。

36. 鋼尺量距離之精確度 量度距離之精確度，普通以兩次量度之較差與距離之比表之。例如距離爲 725 公尺，較差爲 0.05 公尺，則其精確度爲  $\frac{1}{14500}$ 。用鋼尺量距離，欲求精確度不遜於  $\frac{1}{5000}$ ，甚爲易易；但欲求  $\frac{1}{10000}$  以上者，宜用寒暑表，彈簧秤，並須由儀器瞄直線。

## 第四章 測量儀器之主要部分

37. 水準管 測量儀器上大都均裝有水準管(Level tube), 以驗各部是否水平。管以玻璃爲之, 其裏面之縱斷面, 須爲圓弧形。其中實以液質, 而留一氣泡。凡圓弧之彎曲度愈均勻者, 氣泡之行動亦愈均勻; 圓弧之半徑愈大者, 氣泡愈爲靈動。精密之工作, 必賴有靈動之氣泡也。

玻璃管內所用之液質普通爲酒精或以脫(Ether), 純粹之酒精不若以脫易於流動, 而既動後又不易靜止。但以脫遇氣溫變遷, 伸縮太劇, 故有將二者混合用之者。無論用何種液質, 氣泡之長常隨溫度而變, 溫度太高而氣泡縮短太甚者, 即嫌呆滯而失其效用。又設管之一端較他端爲熱, 則氣泡即趨向較熱之一端。

管內圓弧中點之切線名曰水準管軸線。當此軸線成水平時, 氣泡即居於管之中央。若軸線稍爲傾斜, 則氣泡即趨向管之較高一端, 其移動之多少, 與軸線之傾斜度(即軸線與水平線所成之角)成正比。

玻璃管上面普通皆劃分爲細格, 每格長2公釐或0.01英尺。水準管之精確度, 以氣泡每移動一格時, 水準管軸線傾斜度之變遷表之。例如一分水準管者, 其氣泡每移動一格時, 軸線傾斜度改變一分; 二十秒水準管者, 其改變爲二十秒是也。



二水準管互成直角，同置於一平面之上，若二管中之氣泡各居中央，則該平面完全水平。但爲求簡單起見，有用一圓水準盒以代二水準管者。

測驗水準管精確度之法 假定所測驗者爲遠鏡下之水準管。於數十公尺外，直立一水準尺，（見第52節）量定其與儀器間之水平距離。當氣泡偏離二或三格時，照準尺上讀一數。旋動遠鏡，令氣泡移至對側，亦偏離二或三格時，再照準尺上而讀一數。前後二讀數之差，以距離除之，是爲二視線所夾之角之正切。以一秒之正切（.00000485）除該正切，即得該角之秒數，更以氣泡移動之格數除秒數，即得該水準管每格之角值。

**38 指南針** 指南針一名磁針 (Magnetic needle)，爲具有磁性之鋼針，能指示南北方向，裝於羅盤盒內，爲測量方向之利器。茲將關於磁針各要點述之如下：

(1) 磁針一端之下沉 磁針中點支於樞軸之上，在未加磁性之前，其兩端能平衡者，加磁之後，其向地球南極或北極之一端，即受地心吸力而下沉。譬如在北半球，愈近北極者，其北端被吸下沉愈多。爲平衡起見，常以細銅絲繞於磁針之他端，因下沉之勢，隨地而殊，可移動銅絲以平衡之。

(2) 磁針偏差 磁針雖能指示南北方向，但其所指者爲磁子午線，而非通過地球兩極之真子午線。此磁子午線與真子午線相夾之角名曰磁針偏差 (Magnetic declination)。磁針偏差或東或西各處不同，而偏差之大小更隨時隨地而異。

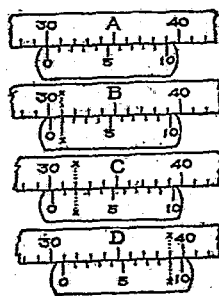
在一定時期內，經過磁針偏差相同各地點而作多數

曲線，\* 以表示各處磁針偏差之量者，曰磁針偏差圖 (Isogonic lines)。圖中一曲線所經之處，其磁針偏差皆相同。吾國各處之磁針偏差曾經測定者尙少，故尙未能繪製磁針偏差圖。

(3) 若地下有鐵管、鐵礦，或附近有鋼鐵建築物，衣袋中有鐵質物件等，均足以使磁針失其效用，故測量時宜避免或除去之。

39. 遊尺 Vernier 爲 Pierre Vernier 所發明，所以量度尺上最小分格之小數者。其制用二尺相並，且相密接，一爲固定不動者名曰主尺，一則可以與主尺平行移動，名曰遊尺。遊尺上之一小格與主尺上之一小格並不相等，通常遊尺上之十小格等於主尺上之九小格。設主尺上之一小格爲一公釐，則遊尺上之一小格爲 0.9 公釐，較主尺少 0.1 公釐，故主尺最小格僅能讀至公釐者，若用遊尺，即能讀至 0.1 公釐。茲更以圖明之如下。

如第 6 圖，爲最簡單之遊尺。A 爲主尺之一部份，其小格爲一公釐，其旁附有一遊尺。B, C, D 亦然，惟遊尺已移動其位置。在 A 尺上，遊尺之零點係在主尺之 30 公釐處，由圖上可見遊尺之十格適等於主尺之九格。若遊尺向右移動，至其第一線與主尺之 31 公釐處相對，(如 B) 則遊尺零點，必與主尺 30 公釐處相距 0.1 公釐。依此類推，若遊尺之第九線，適與



第 6 圖 遊尺原理

\* 此種曲線之繪法與等高線相同，參閱第 248, 249, 252 等節。

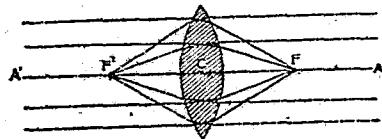
主尺之39公釐處相對，(如D)則遊尺之零點必與主尺30公釐處相距0.9公釐。

由此可知當遊尺零點介於主尺兩線之間時，欲讀主尺之小數，可觀察遊尺之第幾線適與主尺上之一線相對。設相對之線在遊尺上為第 $n$ ，則該小數即為 $n$ 也。

遊尺多裝於測量及繪圖儀器上，用以量直線距離或角度。其用以量角者，主尺與遊尺皆為圓弧，其狀雖異，其理則同也。

**40.透鏡之原理** 欲明各種測量儀器上遠鏡(Telescope)之構造，必須先知透鏡(Lenses)之性質。遠鏡中所常用之各種透鏡為：(1)雙凸透鏡；(兩面俱凸) (2)平凸透鏡；(一面平一面凸) (3)凹凸透鏡。(一面凹一面凸)此種透鏡絕無單獨用之者，至少須用二種配合，以免缺點。關於透鏡之各條原理，此處無須一一臚列；僅須將光線經過雙凸透鏡後之作用述之已足。

**雙凸透鏡** 雙凸透鏡之二面俱為球面之一部份。經過兩球中心之直線名曰光軸(Optical axis)。設此二球面之半徑相等，則光心(Optical centre)與透鏡中心相密合。又設透鏡甚薄，則任何一光線經過該透鏡中心後，可假定為不起屈折之作用。凸透鏡之主焦點(Principal focus)者，為光軸上之一點；凡與光軸平行諸光線經過透鏡後，皆折而聚於主焦點之上。普通雙凸透鏡之二主焦點均在光軸之上，其與光心之距離彼此相等。如第7圖，A A'



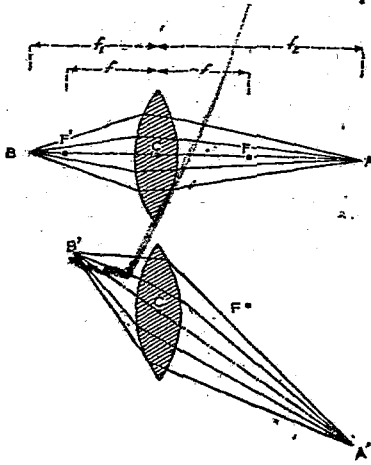
第 7 圖

爲光軸， $C$  爲光心， $F$  及  $F'$  爲二主焦點， $FC$  之長等於  $F'C$ ，各稱焦點距。任何一透鏡各有其一定不變之焦點距。焦點距視透鏡之半徑而變，與透鏡之大小無關，但透鏡較大者，其半徑較長，其焦點距自亦較遠也。

[原理一] 從任何一主焦點所發出諸不平行光線，射於雙凸透鏡後，則屈折而成平行於主軸之諸光線，反之，平行於主軸之諸光線，穿過雙凸透鏡後，則屈折而聚於主焦點上。

如第 7 圖，諸實線經過透鏡後，皆聚於  $F$ ，諸虛線皆聚於  $F'$ 。

[原理二] 設物體上一點與光心之距離，大於透鏡之焦點距，則從該點發出之諸光線射於透鏡後，屈折而約略聚成真焦點。



第 8 圖

如第 8 圖， $A$  爲主焦點  $F$  外之任何一點，從  $A$  所發出之諸光線經過透鏡後，會聚於一點  $B$ ，此  $B$  點在對側之主焦點  $F'$  之外。反之，從  $B$  點發出之諸光線則聚於  $A$ 。

共軛焦點 設從任何一點所發出諸光線，經過透鏡後，聚於第二點，又設從第二點所發出諸光線，回聚於第一點，則此二

點名曰共軛焦點 (Conjugate foci)。如第 8 圖, A, B 及 A', B' 均爲共軛焦點, 凡聯共軛焦點之直線必經過光心, 若共軛焦點不在主軸上, 則聯該共軛焦點之直線名曰副軸, 如 A'B'。設  $f_1, f_2$  爲共軛焦點至光心之距離, 則從光學原理可得下式:

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots [5]$$

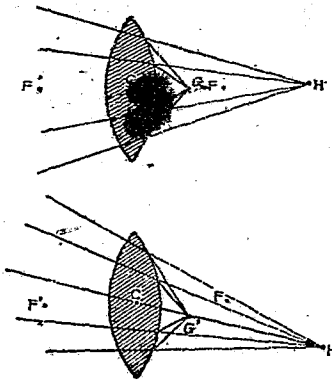
由上式可知  $f_1$  及  $f_2$  必大於焦點距  $f$ 。

[原理三] 設發光點在主焦點與光心之間, 則從該點所射出之諸光線, 經過透鏡後, 繼續作輻射狀, 一若光線係從該點背後另一點 (所謂假焦點) 而來者。

如第 9 圖, G' 爲介於焦點與光心間之一點, 從 G 射出之諸光線, 經過透鏡後, 依然作輻射狀, 惟因稍向內屈折, 故望之似非從 G 處來, 而一若從 G 後一點 H 處來者。

41. 透鏡成像之理 一發光點經過透鏡後能相聚於一點,

(共軛焦點) 則多數發光點經過透鏡後自能聚成多數共軛焦點。物體既爲多數發光點所積成, 故物體上各點所發之光線, 經過透鏡後所成之各點, 自亦能相銜接而成像。光線經過透鏡後所聚之點爲真, 則所成之像爲顛倒之真像; 所聚之點爲假, 則所成之像爲直立之假像。至像之大小, 自與物體



第 9 圖

至光心之距離成正比例也。

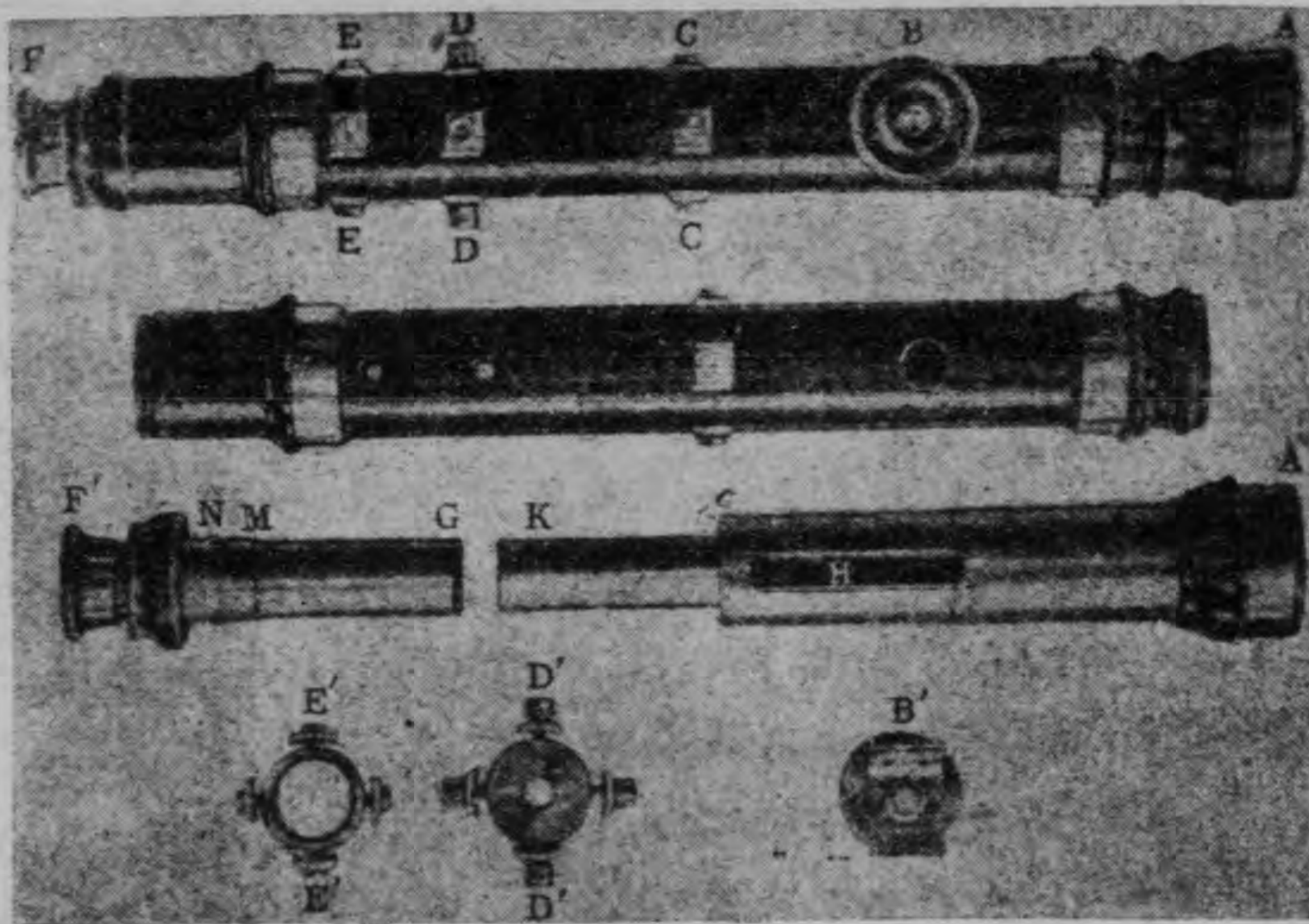
從原理(三),可知物體若在透鏡與主焦點之間者,其像爲直立之假像,且較物體爲大。凡顯微鏡及遠鏡中之目鏡(Eyepiece)皆本此原理。

從原理(一),可知物體若適在主焦點上,則無像可成,蓋因光線經過透鏡後,皆成平行線,而不能聚成共軛焦點也。

從原理(二),可知物體若在主焦點之外,其像爲顛倒之真像,像之位置,在透鏡之對側,且在主焦點之外。遠鏡上之物鏡(Object glass)即本此原理。

從公式[5],若物體與透鏡之距離小於焦點距之二倍,則所成之像大於該物體,其與透鏡之距離亦較大。設物體與透鏡之距離適爲焦點距之二倍,則物體與其像大小相等,且與透鏡之距離亦彼此相等。設物體與透鏡之距離大於焦點距之二倍,則所成之像小於該物體,像與透鏡之距離,小於焦點距之二倍。在此三種不同情形之下,物與像均各在透鏡之一側,且皆爲顛倒之真像。物距透鏡愈遠,則像距透鏡愈近。物與透鏡之距離至無窮大時,像適在主焦點之上。

42. 遠鏡之構造 各種測量儀器上之遠鏡,構造相同,均可分爲三部份:即物鏡,目鏡與十字線(Cross hair)是也。此三者皆裝置於鏡筒之內。如第10圖所示者,爲各種測量儀器上遠鏡之普通式樣。物鏡(在A處)收集物體所發之光線而成一倒像於十字線之平面DD上。從F至E爲目鏡,所以放大此倒像及十字線者也。遠鏡有成正像者,亦有



第 10 圖 遠 鏡

成倒像者,此乃關係於目鏡構造之不同,當於下節述之。

圖中 F'G 為目鏡從鏡筒內取出後之形狀。當其在鏡筒內時, G 端係套於一環內,以便移動。圖中 E'E' 表示此環之狀,環上有四螺釘,用以與鏡筒相連繫。若旋轉此螺釘,並能使目鏡之 G 端居於適當之位置。圖中所示之目鏡係成正像者,共有透鏡四片,一在 F', 一在 G, 其餘二片,居於 F'G 之間。倒像目鏡,僅有透鏡二片。N 處有一斜縫,若將 F' 處旋轉, F' 處之透鏡,即可或出或進,使十字線明晰可見。

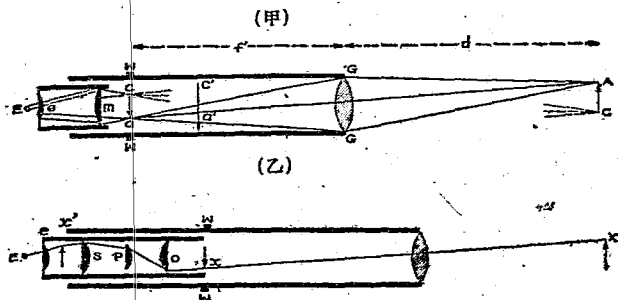
A'K 為物鏡,其透鏡在 A 處; K 端套於一環 C C 內,以便移動,與 E E 相同。B 處螺旋裏端,有一小齒輪 B'。若旋轉螺旋,可以推動齒條 H,而使物鏡或進或出,俾所窺測之物體明晰可見。

D'D'爲裝置十字線之環,環上有四螺釘,皆穿過鏡筒上之四孔。若旋轉上下二螺釘,可使十字線上下移動;旋轉左右二螺釘,可使十字線左右移動。十字線在美國通常用蛛絲,黏於環上之細縫內;在歐洲則通常用一薄玻璃片,鑲於環內,而將十字線刻於此玻璃片之上。蛛絲受震動時易斷,玻璃片較爲堅固也。

上述之遠鏡,爲較舊之式樣,新式儀器之物鏡固定不動,而十字線之環可以前後移動,以便對光。C, D, E等螺釘皆包藏不露。

43. 遠鏡之成像 今依據第40節所述各條原理,將遠鏡成像及擴大之理詳細述之如下。

如第11圖(甲)爲倒像遠鏡,(乙)爲正像遠鏡。今先就倒像遠鏡述之。令 G G 爲物鏡, A C 爲所窺測之物體。



第11圖 遠鏡之成像

從 A 所發出諸光線輻射於物鏡後,屈折而聚於 a。(第40節原理二) 同樣,從 C 發出諸光線聚於 c, 而該物體各點所發出諸光線皆聚於 a c 之間。於是該物體之顛倒而甚小之像即成於 a c。(參閱第40節成像之理)



$d$  及  $f'$  爲透鏡至兩共軛焦點之距離,均大於物鏡之焦點距。 $d$  若變大,則  $f'$  變小;反之, $f'$  變小,則  $d$  變大。換言之,即物體愈遠,則此倒像離物鏡愈近也。(見公式[5]) 因  $a$   $c$  平面必須與十字線平面 ( $WW$ ) 相密合,然後像與十字線能同時窺望清晰,故  $f'$  必須隨物體遠近而變。物體遠,則將物鏡旋之使進;物體近,則旋之使出。若物鏡爲固定不動者,可移動十字線以適合之。物體距物鏡在 3 至 10 公尺內時, $f'$  之變遷最大;物體若遠至數十公尺以外時, $f'$  之變遷即屬極微矣。

倒像  $a$   $c$  係介於目鏡及其主焦點之間,故從第 40 節原理(三), $a$   $c$  之像較  $a$   $c$  爲大,而光線一若從  $a$   $c$  後之  $a'$   $c'$  處而來者。

在正像目鏡中,多用透鏡二片,其目的在令十字線上之像未及放大,即再被倒轉而成正像。如圖中從  $x$  發出之光線聚於十字線平面上  $x$  後,被目鏡中之諸透鏡再行倒轉,而另成一正像於  $x'$ 。最後此  $x'$  像入於觀測者之目,而由  $e$  處之透鏡放大之。

44. 遠鏡之四要點 良好之遠鏡須具備下列四要點:(1)物像清晰;(2)物像明顯;(3)視界廣大;(4)擴大力 (Magnifying power) 強。茲分別述之如下。

(1)物像模糊而不清晰者,有礙觀測。其所以然者,或因透鏡磨琢不精,或因裝置時物鏡及目鏡中各透鏡之光軸不相密合之故。

(2)物像雖已清晰,而有時暗淡而不明顯者,僅因鏡筒中光線不足耳。大抵鏡筒粗而短者,物像較爲明顯。

(3)由遠鏡中所能窺及之圓面積名曰視界。視界之大小與物鏡之大小無關。凡物鏡與目鏡之距離近者，目鏡大者，擴大力弱者，其視界均較廣。廣大之視界，雖與精確度無關，但足以增進工作之速度，蓋視界寬廣，則目標易於用遠鏡覓見也。

(4)擴大力約略等於物鏡焦點距與目鏡焦點距之比，故普通即以此比值表之。例如，物鏡焦點距為30公分，目鏡焦點距為一公分，則擴大力為30。普通經緯儀之擴大力自20至25不等，而水準儀需要較強之擴大力，故常自30至36，亦有大至50者。

45.遠鏡擴大力之測驗 於四十或五十公尺外，立一粗格之水準尺，對光後照準之。一目由鏡筒中窺之，一目循鏡筒外觀之。鏡筒內所見之一格，若等於肉眼所見數格之長，此比值約略即等於擴大力。

46.正像遠鏡與倒像遠鏡之比較 美國儀器用正像遠鏡者居多，歐洲出品則多屬倒像。初用倒像儀器者，對於物像之上下左右與實際相反，自不免稍感不便，但一經用慣之後，絕無不便之處，而其擴大力實勝於正像儀器，蓋因目鏡較短，在一定長度之鏡筒內，可用焦點距較長之物鏡，以增加其擴大力也。美國水準儀之遠鏡既屬正像，而同時又須有強大之擴大力，致鏡筒不得不加長，搬移與運用時諸感不便也。

47.三足架 儀器上之三足架(Tripod)一般每忽視之，不知其對於工作之精確度及速度均有相當之關係。三足架須輕便堅固，支開後尤須穩定而無絲毫搖動。

美國儀器三足架架首有一圓形鐵版，版緣有螺旋，儀器之基座即旋於其上。三腿上端各有一元寶螺旋，施測時將其旋緊，儀器與三足架即能穩定，絕不搖動。搬移時將其旋鬆，則三腿即能收束於一起。

德瑞諸國新式三足架架首裝一三角形鐵版，版之中央有一圓孔，儀器基座置於鐵版上，另以一螺旋（第30圖中之Z，第14圖中之V）從下面穿入孔中，以與基座相旋緊而連繫之。

蔡司經緯儀三足架架首三角形鐵版三角下面各有一六角螺旋，當其鬆緊適宜時，三足架與儀器可絕不搖動，而搬移時三腿又能收束於一起。

蔡司水準儀稍異於是，係用一圓管（第14圖中之螺旋V穿過此管）穿入三角形鐵版之圓孔內，管上有螺旋能與鐵版旋緊。當其鬆緊適宜時，三足架與儀器可絕不搖動，而搬移時三腿又能收束於一起。

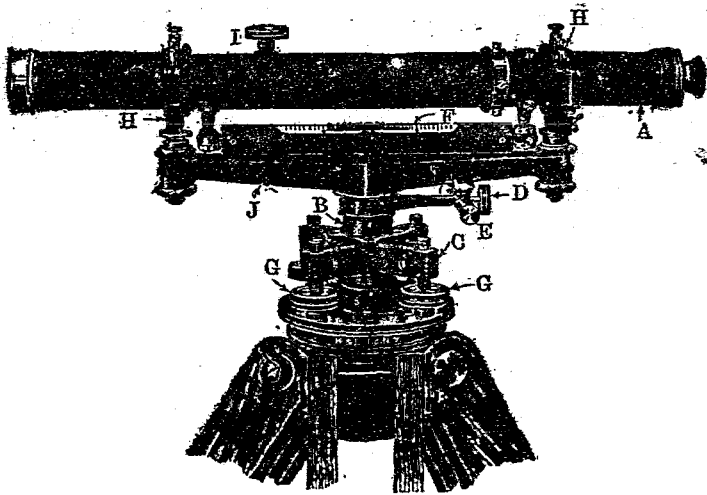
上述鬆緊適宜之度能維持頗久，倘或木質因天氣乾燥而收縮，金屬與木料間致有鬆動時，可旋緊架首鐵夾版上之六個六角形螺旋，（見第14,30圖）以恢復其鬆緊適宜之度，此節經緯儀與水準儀相同。

美國與蔡司三足架下端均包有鐵皮，並有踏腳以便將其踏入土中。

美國三足架頗稱堅實，維不若德製輕便，且其與儀器基座連繫之裝置亦較拙也。

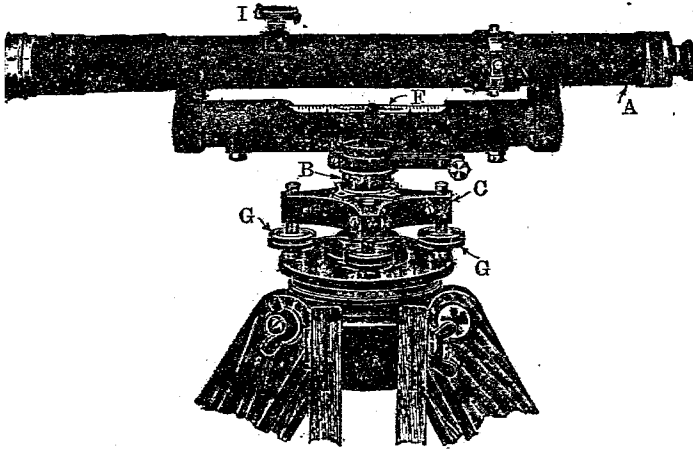
## 第五章 水準測量之儀器

48. 水準儀 水準儀為測量地勢高低之主要儀器，現今所通用者共有三種：曰定鏡水準儀 (Dumpy level)，曰活鏡水準儀 (Y level)，曰蔡司水準儀。<sup>\*</sup> 此三種形式上雖略有不同，而大概可分三部份：(1) 遠鏡，(2) 縱軸，(3) 基座。遠鏡 (第 12, 13 圖之 A) 與縱軸 (第 12, 13 圖之 B) 或可分離，或連成一體。縱軸插於基座 (第 12, 13 圖之 C) 中，基座則裝於三足架之上。縱軸上有止動螺旋 (第 12 圖之 D) 及微動



第 12 圖 活鏡水準儀

<sup>\*</sup> 德國蔡司公司所製造，尙有瑞士出品與此相類似。



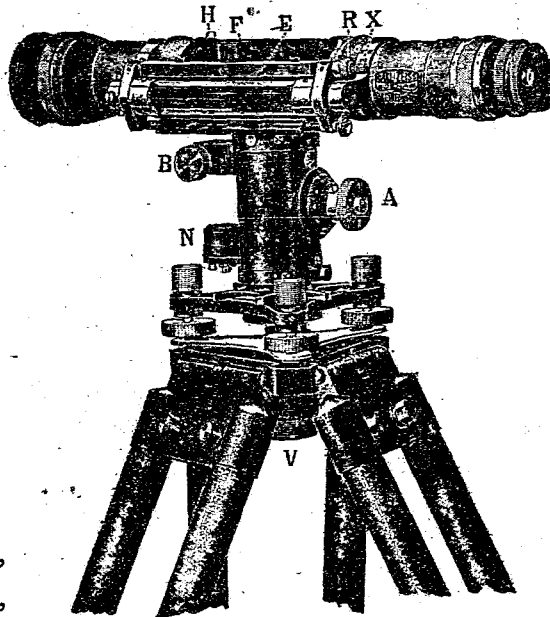
第 13 圖 定鏡水準儀

螺旋 (E)。將止動螺旋旋緊，縱軸即不能轉動，但可用微動螺旋使之徐徐旋轉。若止動螺旋鬆開，則縱軸能在基座中旋轉  $360^\circ$ ，而遠鏡亦隨軸而轉。讀者須注意者，微動螺旋必須俟止動螺旋旋緊後，始能發生效用。遠鏡與縱軸互成直角，當水準管中氣泡居中時，縱軸成垂直而視線（聯透鏡光心與十字線交點之直線曰視線 [Line of sight]）成水平。至氣泡之移動，由基座螺旋（Leveling screw 如第 12, 13 圖之 G）司之。以上所述為一般水準儀之構造概況，茲更將三種水準儀分別述之如下。

**49. 活鏡水準儀** 第 12 圖為活鏡水準儀，其遠鏡係支於二鏡叉 (H) 上。若將鏡叉上半部扳開，則遠鏡可在鏡叉中繞其本身之軸線旋轉  $360^\circ$ ，並可取出重置之，使兩端互易其位置。所以如此裝置者，在求校正（儀器必須校正後始能應用，校正之法見第 41 章）之便利，但不如他種水準儀

爲堅實也。

50.定鏡水準儀 第13圖爲定鏡水準儀,其遠鏡係固着於縱軸之上,不能分離,亦不能繞其本身之軸而旋轉。於校正時,較爲費事,但構造簡單而堅實,校正完妥後,能支持較久。



第14圖 蔡司水準儀。

51.蔡司水準儀 蔡司新式水準儀不止一種,其構造大致相同。本節所述者爲二號蔡司水準儀,爲一般測量所適用者。如第14圖,遠鏡與縱軸平常不能分離,縱軸與基座以星狀之輪連繫之,將其旋鬆,儀器即可從基座上取下。基座與三足架以大螺旋(V)連繫之,將其旋鬆,基座可從三足架上取下。遠鏡下面有一扳頭(H),將其捺下後,遠鏡可向左右旋轉。向左稍轉遇阻時,十字縱線始成垂直;向右旋轉遇阻時,是爲已轉 $180^\circ$ 。此種構造在校正時甚爲便利。(見校正章)水準管在遠鏡之旁,玻璃上無刻劃,若折光鏡(F)內上下二半圓形氣泡像互相吻合時,即爲視線已成水平。

(假定業已校正) N 爲圓水準盒,所以使縱軸垂直者,但遠鏡之俯仰,可另用微動螺旋(A)司之,不必動基座螺旋,以免變更遠鏡之高低。換言之,即視線與縱軸不必互成直角,縱軸雖不垂直,而視線亦可水平。此爲其構造上最大優點之一。總之,蔡司水準儀具有定鏡式及活鏡式之長,而無其短,其優點甚多,茲述其最著者如下:

(1) 用基座螺旋使圓水準盒中之圓氣泡居中,甚爲易,故安平儀器迅速異常。

(2) 遠鏡指任何方向時,氣泡像若不吻合,可用微動螺旋 A 以吻合之,不必使用基座螺旋,故儀器之高不變,所測結果,自必較他種水準儀爲準確。

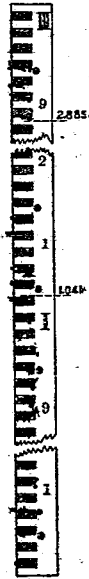
(3) 校正迅速而又準確,(見後)既校正後,可以支持甚久。

(4) 觀測者立於目鏡前,即能藉折光鏡察看二氣泡像是否吻合。若無折光鏡,則須轉身至水準管前,始能觀察氣泡,故此折光鏡頗有價值也。

(5) 儀器與三足架均甚輕,使用便利。

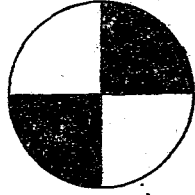
(6) 塵沙雨點不易侵入儀器內部。

52. 水準尺 水準尺爲測量高低所用之尺,以乾透之松木爲之。其長普通爲三公尺,更長則持之不易穩定。其劃分普通以一公分爲最小之格,如第 15 圖,爲普通式樣。其前面四週宜有隆起之邊,以減少尺面被污損之機會。水準尺有分節以便折合者,固便於攜帶,而不甚堅挺,且接合處易生差誤。



第 15 圖  
水準尺

53. 規牌 水準尺上有裝規牌(Target)者, (第16圖) 持尺者依觀測者之指示, 將規牌上下移動, 至適當位置時, 讀規牌中線所示之水準尺讀數。此法費時太多, 極有礙於工作速度, 故通常皆不用之, 而由觀測者從遠鏡中自行讀數。雖然, 規牌亦有一用處, 當視線過長, (例如測線過河) 遠鏡擴大力不及時, 則當用之。



第16圖 規牌

54. 地釘 地釘 (Foot plate) 可插入土中, 以承墊水準尺。其式樣普通為三角形鐵版一塊, 折其三角向下, 以便插入土中。上面中央須有一半球形之小頂, 以支承水準尺, 如是則與尺底僅接觸於一點, 雖尺面移轉方向而高低不變也。



第17圖 手水準儀

55. 手水準儀 手水準儀 (Hand level) 為一長約十五公分之銅管, (如第17圖) 裝於一木桿上, 用以測短距離而粗草之水準高度, 甚為簡便。銅管中置一返光鏡, 占銅管橫斷面積之半, 與管之縱軸成  $45^\circ$  角。管之一端有一小孔, 從孔中窺之, 見氣泡像為返光鏡之中線平分時, 銅管即已水平。



## 第六章 水準測量之原理及術語

56. 水準測量之目的 水準測量之目的有二：

(1) 測知地面上二點或數點間高低之差數。

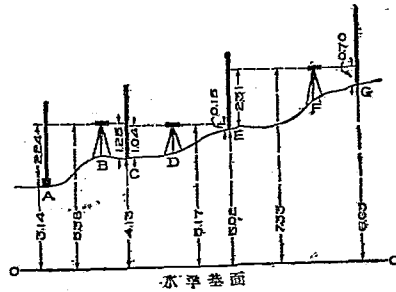
(2) 標誌一點或數點於地上，使各該點適合於所規定之高度。——為(1)之反。

57. 水準高度及水準基面 各測點高低之比較，必須以一共同之零點為根據。含有此零點之平面名曰水準基面 (Datum plane)。各測點與此水準基面之垂直距離名曰水準高度 (Elevation)，以下簡稱高度。普通皆以平均海平面為水準基面，其高度假定為零，其他各點之高度皆由此起算。但局部小測量或距海較遠之處，亦有任意假定一平面為水準基面者。一國之測量應有一共同之基面，然後各地高度皆能有所比較。我國北部測量以大沽口之潮位為零點，長江流域以吳淞口潮位為零點，南部則以珠江海面為零點，尚未聯接以臻統一也。

58. 水準標點 水準標點 (Bench mark) 為一有已知高度之固定不動點，其效用有二：(1) 由此水準標點以推測其他各點之高度。(2) 保留之以備他項測量之比較。設立水準標點之法見第77節。水準標點之簡寫為 B.M.。

59. 水準測量基本方法 水準測量必先從水準標點測起，如第18圖，A 為水準標點，其高度為 3.14。今欲測知 C, E,

G 諸點之高度，可置水準儀於 B，立水準尺於 A 及 C。設視線水平時，測得 A 尺讀數為 2.24，C 尺讀數為 1.25，則由圖可見 C 點高度為  $3.14 + 2.24 - 1.25 = 4.13$ 。移儀器於 D，測得 C 點



第 18 圖

讀數為 1.04，E 點讀數為 0.15，則由圖可見 E 點高度為  $4.13 + 1.04 - 0.15 = 5.02$ 。再移儀器於 F，而測得 G 之高度為 6.63。如是迭移儀器，可推測至於無窮。

60. 後視前視及視線高 水準儀視線成水平時，其高度曰視線高 (Height of instrument)，如第 18 圖之 5.38，5.17 及 7.33。視線高之簡寫為 H. I.。

照準有已知高度點上水準尺讀一數，以與已知高度相加而得視線高者，名曰後視 (Back sight)。照準未知高度點上水準尺讀一數，從視線高減去之，以得該點之高度者，名曰前視 (Fore sight)。例如第 18 圖中，儀器在 B 時，照準 A 點為後視，而 C 點為前視。儀器在 D 時，照準 C 點為後視而 E 點為前視。後視之簡寫為 B. S.，前視為 F. S.。

61. 水準測量之公式 由前二節所述，可得一公式如下：

$$\text{高度} + \text{後視讀數} = \text{視線高} \dots\dots\dots [6]$$

$$\text{視線高} - \text{前視讀數} = \text{高度} \dots\dots\dots [7]$$

換言之，即欲測定一點之高度，有二步手續：(1) 先測後視以與該點之高度相加，而得視線高；(2) 再測前視，從視線

高減去之，而得該點之高度。

62. 中間點及轉點 凡一點之上，兼有前視及後視者，名曰轉點 (Turning point)，如第 18 圖之 C 及 E。凡一點之上，祇有前視而無後視者，名曰中間點 (Intermediate point)。如第 18 圖，儀器在 B 時，除前視於 C 之外，尙可前視於其他附近各點，以測定其高度。此附近各點，即爲中間點。

63. 雙轉點法 欲精密測定兩點之高度差，可用雙轉點法 (Reciprocal leveling)。先置儀器於一點之近處，測兩點之水準尺讀數，再移儀器於他點之近處，而測二點之讀數。儀器在前後二位置所測得兩點高度差之平均數，即爲該兩點之高度真差，蓋種種差誤皆因是而消除也。(參閱第 76 節)

[例] 如第 19 圖，先置儀器於近 A 處，測得

A 尺讀數	2.05
B 尺讀數	<u>1.49</u>
高度差	0.56

再移儀器於近 B 處，測得

B 尺讀數	0.86
A 尺讀數	<u>1.44</u>
高度差	0.58

	<u>0.56</u>
	2) <u>1.14</u>
兩點高度真差	= 0.57



第 19 圖 雙轉點法

## 第七章 水準測量實施方法

64. 水準測量隊之組織 最簡單之水準測量隊為持水準尺及司水準儀者各一人。若路程較遠之測量須用五人：計司儀器者一人，持尺者二人，設立水準標點者一人，搨儀器及掌傘者一人。我國習慣，除司儀器者為工程師或測量員外，其他職務，皆以測工任之。

### 65. 水準測量隊之用具

持尺者應攜之件 水準尺一枝，斧一把，地釘一個。

司儀器者應攜之件 水準儀一具，及記載簿，鉛筆，橡皮，警笛等。

掌傘者應攜之件 傘，食具等。

設立水準標點者應攜之件：斧，鑿各一件，紅漆一罐，毛筆一枝，大釘若干枚，小羅盤一個，皮尺一盤，記載簿，鉛筆。

66. 定鏡及活鏡水準儀之安平法 定鏡及活鏡水準儀之安平法相同。儀器安平後，遠鏡指於任何方向時，氣泡須常居正中，俾縱軸旋轉 $360^\circ$ 而視線能成一水平面。除此之外，並須注意二點：(1) 三足架須深入土中，以免儀器下沉。(2) 遠鏡之高低，宜適合於觀測者之體高。茲將安平之法述之如下：

(1) 支開三足架，安置於地上，踏三足下端之鐵踏腳，使之深入土中。同時須注意架首是否約略水平，此可用肉眼

察之。然後旋緊三足上端之元寶螺旋。倘在斜坡上，應令一足居上側，二足居下側，以期穩定。

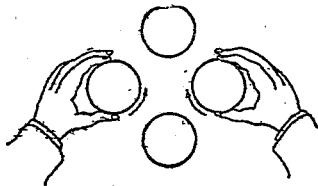
(2) 旋去架首之圓蓋。從箱中取出儀器，置於三足架上，鬆開縱軸之止動螺旋，將基座旋於三足架上。務須旋緊，以免脫開。倘為活鏡式，另取遠鏡裝於鏡叉上。

(3) 先令各基座螺旋皆處於上下適中之位置。基座螺旋為四個者，(美國式) 令水準管平行於二對角螺旋；為三個者，(歐洲式) 平行於任何二螺旋。轉動此二螺旋，使氣泡移至中央。乃將縱軸旋轉  $90^\circ$ ，若氣泡不復居中，可用其他二對角螺旋或第三螺旋以旋平之。上述手續，常須重複一二次，始能完善。最後之目的，在遠鏡旋轉  $360^\circ$  時，氣泡處處不離中央。使用基座螺旋應知下列各點：

(4) 二螺旋宜同時動作，兩手須同向內轉，或同向外轉。(如第20圖) 若一手向內，他手向外，則其作用適相抵銷。

(5) 氣泡常居於水準管較高之一端，常隨左手拇指動作之方向而移動。

(6) 四個基座螺旋不若三個易於穩定，務使皆與其下之圓盤頂緊，以免儀器搖動。



第20圖 使用基座螺旋

(7) 倘螺旋轉動不靈，或因三足架首太不水平，或因螺旋中有積垢，或因各螺旋高低相差太鉅。宜加以相當之處置，不可使用大力，以防螺旋線受損。

67. 蔡司水準儀之安平法 將三足架深深插入土中後，從箱中取出基座，置於架上，令基座螺旋之下端，嵌入架首

之縫內。取大螺旋 V, (第 14 圖) 從下面插入架首圓孔中, 旋緊之, 則基座即與三足架連繫。取出遠鏡, (連縱軸) 將縱軸插入基座中, 旋緊星狀之輪, 則縱軸即與基座相連繫。倘三足鬆動, 可旋緊架首圓孔中之螺旋管。

使用三基座螺旋, 令圓氣泡居於正中。使用基座螺旋之法與上節同。

捺開遠鏡下之扳頭, 令遠鏡向左旋轉, 至被阻時, 十字縱線即成垂直而橫線成水平。旋轉水準管下之玻璃鏡, 令折光鏡內之氣泡像明顯。至此安平之手續已畢, 儀器即可待用。

68. 使用遠鏡 (1) 旋轉鏡筒上之大螺旋, (第 12, 13 圖之 I) 使物鏡進出或十字線前後移動, 至物像最清楚時為止。(2) 次乃旋轉目鏡, 令十字線清晰可見。以上二項手續名曰對光 (Focusing)。(3) 欲遠鏡照準一目標, 可先循鏡筒之上面看去, 使遠鏡約略在視線內, 然後從遠鏡內窺視, 則目標必在視界之內。(4) 不可執活鏡水準儀之遠鏡以旋轉, 僅可執鏡筒下之橫桿 J。(第 12 圖)

69. 水準尺之讀法 讀水準尺有二法: (1) 用規牌, 持尺者依觀測者之指示, 上下移動其規牌。觀測者俟遠鏡中之中橫線 (遠鏡中有三道橫線, 測水準必須用中間一道) 對準規牌之中心而示以手勢。持尺者即將規牌中心所示水準尺上之讀數記入簿內, 或報告於觀測者。此法費時甚多, 除非偶遇視線太長, 不能由儀器中窺清尺上讀數時, 尋常不宜用之。(2) 不用規牌。由觀測者窺清中橫線所示尺上之讀數, 自行記載。此為通用之法, 進行既可迅速, 而以精密言,

亦必不遜於前法。

70. 水準尺之持法 持水準尺以穩定及垂直為要，並不可使手指遮蔽尺面。尺向左右傾時，觀測者甚易覺察之；若向前後傾，則常使讀數過大，而觀測者又無從覺察之，持尺者不可不注意於此。持水準尺共有四法：

- (1) 人立於尺後，雙手扶持之，使其左右前後皆不傾斜。
- (2) 人立於尺之一側，使尺無前後傾之弊。
- (3) 人立於尺後，將尺向前後徐徐搖動而取其最小之讀數。
- (4) 裝一圓水準盒（第21圖）於水準尺上，觀測時使氣泡居中，則尺即垂直。

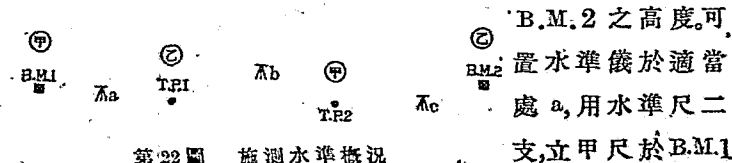


第 21 圖

第一法須有經驗方能可恃，第二法固佳，然風大時不易穩定，第三法費時太多，第四法最為可取，多用一小小水準盒，所費甚微也。

71. 施測概況 施測水準有二種情形：(1) 祇求測定兩地水準標點之高度差，其間距離及中間各處之高度無庸計及。(2) 沿地上已定之測線進行，將線上有定距離各點（普通以小木橛標誌之）之高度悉行測定。以上二種施測方法大致相同，維在(1)各點皆為轉點而無中間點，在(2)則兼有轉點與中間點。

如第22圖，B.M. 1 之高度為已知或假定者，今欲測知



B.M. 2 之高度可置水準儀於適當處 a，用水準尺二支，立甲尺於 B.M. 1

之上，立乙尺於 T.P. 1. (轉點之簡寫爲 T.P.) 旋平水準管，照準甲尺，將所得後視讀數記入簿內。旋轉遠鏡，照準 T.P. 1. 上之乙尺，將所得前視讀數記入簿內。然後移儀器於 b，同時移甲尺於 T.P. 2，留乙尺於 T.P. 1. 後視於 T.P. 1. 前視於 T.P. 2，亦將所得讀數記入簿內。再移儀器於 c，同時移乙尺於 B.M. 2，留甲尺於 T.P. 2. 後視於 T.P. 2. 前視於 B.M. 2. 則其高度即可用公式(6)及(7)算出。

(2) 地上已有測線，須將各點之高度均行測定。令一尺專司轉點，他尺專司觀測中間點，以免紊亂。但亦有視情形之便利，而不規定者。凡大樁之頂，係與地平，宜將尺置樁頂上，以得樁頂之高度，備地形測量或他種用途。中間小扁槓之頂，常高出地面少許，不可置水準尺於槓頂，應直接置於槓旁地上，以得地面高度，以備畫縱斷面之用。(見第292節)

轉點之前後視及大樁之前視通常讀至公釐，即三位小數，扁槓之前視，祇須讀至公分，即二位小數。

72. 轉點之重要 中間點讀數若有差誤，僅影響及於其本身，與他點無關。轉點若有差誤，則以後各點莫不受其影響。故觀測者及持尺者對於轉點必須特加注意。讀畢一數，記入簿內後，宜重讀一次，以驗有無錯誤，並須觀察氣泡是否仍在中央。轉點必須應用地釘，以免水準尺下沉。或有利用線上木樁以代地釘者，亦非所宜，蓋因樁頂有時難免傾斜，前後視之間，尺面移轉方向後，不免變更其高低也。地釘因有圓頂，可免此弊。

73. 視線之長 水準視線之長，視儀器之擴大力，水準尺分格之粗細，與夫地勢天氣之適宜與否而定。在地勢平坦，



天氣良好（譬如無風且陰）時，若水準尺之最小分格為公分，而擴大力在30以上者，視線可達一百公尺。視線過長或過短皆非所宜，通常以介於三十與一百公尺之間者為佳。無論長短如何，轉點後視之長與次一轉點前視之長須約略相等，以消除差誤。（見第84節）

**74.安置水準儀地點之選擇** 安置水準儀，選擇地點時須：(1)無車輛行人之攪擾；(2)土質堅實；(3)與前後二轉點距離約略相等。在斜坡上，向下之視線可遠長於向上視線，用長水準尺者尤然，但為避免差誤計，仍須令前後視距離約略相等。其法可勿置儀器於兩轉點之一直線內，而置於一相當之地點，此點可稍低於較高之一轉點，其與二轉點之距離仍約略相等。

在峻坡上，缺乏經驗者每為欲求視線能長，致上坡時視線太高，切不到在下之尺，下坡時視線太低，切不到在上之尺。結果必須重移儀器，反耗時間。然在有經驗者為之，常能於下坡時將視線約略切於尺底，上坡時約略切於尺頂。

**75.轉點之選擇** 由前兩節觀之，可見轉點之位置須由視線之長短及儀器之位置而定，而總以擇於土質堅實之處為宜。倘在市街上不能使用地釘時，宜擇平處用油筆或粉筆作記號以為誌。

**76.水準線過河** 水準測量前進時，難免不遇河流橫阻，若河寬不過數十公尺者，自可照常進行，不生問題。若河面寬至一百公尺以上者，則將發生三問題：(1)視線太長，不易準確，且水準尺上之細格亦難辨清。(2)因視線既長，地球弧面差（見第88節）之影響即形顯著，其結果使水準尺上

讀數太大。(3)考得近地面之視線，因空氣折光之故，常微向下彎，而略成一圓弧。此種現象在水面上更爲顯著，其結果使水準尺讀數太小，然又不能與(2)項相抵銷。

第(1)項可用觚牌由持尺者讀數，第(2),(3)兩項之差誤可用雙轉點法以消除之。

77. 設立水準標點 施測水準，通常必須設立水準標點。(甲)水準標點可在永久性質之建築物上用鑿刻一記號(如 $\square$ )爲誌，而以紅漆書 B.M. NO. ( ) 字樣於該建築物上。所謂永久性質之建築物者，如階石，市街人行道之轉角上，石碑或石柱之座及橋墩等是也。

倘附近無是項建築物，可將水準標點做於大樹上。其法於近根處砍去樹皮一片，上端較薄，下端較厚。更於其下端平切一刀，釘一釘於其上，以誌置尺之點，如第23圖。

水準標點亦有用石標者。石標長約八公寸，露出地面之部份爲正方形柱，每邊長約一公寸半。埋入土中之部份略大，以不加修鑿爲佳。頂部宜嵌一圓頂小金屬柱，用錫釘之，以便置尺。

(乙)水準標點以穩固不易毀滅，且容易尋見爲要。因其須留備日後他人應用，故須詳細說明其位置，且須加繪草圖，表示其四圍情形，俾能容易覓獲，且免誤認或疑惑。此種草圖可繪之於水準記載簿之右頁(如第80節)或另紙繪之。



第23圖 樹上之水準標點

又置放水準尺之點，尤須有明

確標誌。如石標上之金屬小柱，樹上之釘，建築物上之刻痕，皆不可少。常見水準標點之設於建築物上者，僅以紅漆塗一記號而不刻鑿，日久剝落，即難覓得其確實之位置，此亦不可不注意者。

(丙)各水準標點間之距離視情形而異。在城市中，每隔數百公尺即須設立一點，若在野外，普通約隔一公里設立一點。

**78. 水準測量之校對** 水準測量野外工作常須校對之，以免錯誤。可於每日工畢之前回測一次，擇其水準標點而校對之。倘為大規模測量，宜另組一隊，專司校對之責。

**79. 水準測量之速度** 凡地勢，天氣，儀器，經驗等項與水準測量速度皆有關係，而平地與山地之速度相差尤多。大概言之，一日能施測七公里以上者，即不得謂之遲慢。

**80. 水準記載簿** 水準記載簿雖有數種式樣，而大同小異。茲舉其最清楚而適用者如次頁。

說明 記載表中 24.068 為 B.M. 1 之高度，1.745 為後視於 B.M. 1 之讀數，0.612 為 0+000 之前視。於是依照公式(6)及(7)，得 0+000 之高度 =  $24.068 + 1.745 - 0.612 = 25.201$ 。

表中轉點與中間點之前視所以分列兩行者，為便於校對計算也。倘僅有轉點而無中間點者，則可將其併為一行。

**81. 水準計算之校對** 將後視之和與轉點前視之和相減，其差數應等於本段起首 B.M. 與最後 B.M. 高度之差。最後 B.M. 雖無後視，亦應將其前視加入計算。但此僅為校對轉點計算上有無錯誤，至於中間點高度之計算，須另行逐

## 水準記載簿

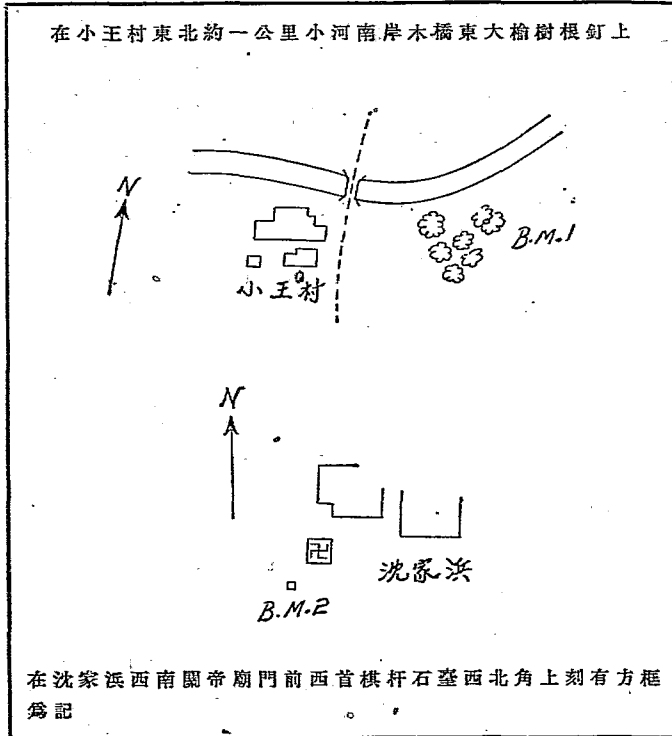
(左頁)

地點:		水準儀號數:		觀測者:		天氣:	
民國 年 月 日							
測 點	後 視	視線高	前 視		高 度	備 註	
			轉 點	中間點			
B. M. 1	1.745	25.813			24.068		
0+000.000				0.612	25.201		
+100				0.45	25.36		
+200				0.17	25.64		
T. P.	3.149	28.430	0.532		25.281		
+300				1.45	26.98		
+400				1.26	27.17		
+500				1.07	27.36		
+524.415				1.076	27.354		
+600				1.25	27.18		
T. P.	1.008	27.714	1.724		26.706		
+700				2.00	25.71		
+800				1.85	25.86		
+900				1.49	26.22		
1+000				1.234	26.480		
+100				2.06	25.65		
+198.040				2.943	24.771		
B. M. 2			2.125		25.589		
	5.902		4.381				
	4.381						
	1.521✓						
						25.589	
						24.068	
						1.521✓	

一校對之。

82.釘斜坡樁 一段地面,經人工填挖後,成一均勻之傾斜度者,名曰斜坡(Grade)。釘斜坡樁者,釘樁於地上,以標示該點須填高或挖深若干,然後始能適合於所規定之斜坡也。凡建築道路,埋設陰溝管等項工程,均須先釘斜坡樁,然後方能破土開工。既後視於附近之水準標點而得視線高,而所規定斜坡上某一點應達之高度,亦可從縱斷面圖上

(右頁)



量得，則該點之前視讀數或稱斜坡讀數 (Grade rod) 即可算出。其手續蓋與尋常測定一點高度相反也。釘斜坡樁有下列各法：(1) 使各樁頂之高度皆適合於預定之斜坡。此法純為理想的，平常每不適用，蓋樁頂或將在地面之下，或高出地面太多也。(2) 使各樁頂高於或低於預定斜坡之數為 0.5, 1.0 或其他任何整公尺數。此為通用之法。(3) 使各樁頂之高度約略適合於預定之斜坡，然後在樁之一面畫一橫

線，令此橫線或適合於預定之斜坡，或令高於或低於斜坡之數為整公尺數。當甚難使樁達適當高低時可用之。(4)任意釘樁，測知各樁頂高度後，將其應填或應挖之數標明於樁上。此法須由工人量度小數，易生錯誤。(5)任意釘樁，將應填或應挖之數標明於樁上，而此應填或應挖之數，概由原來地面算起。此法不甚精密，僅適用於粗草之工作。但亦有先用此法填挖至約略與預定斜坡適合時，再用第一法以完成其工作。

無論用何法釘樁，每點應達之高度，必須預知。宜在室內先從縱斷面圖查明每一斜坡兩端之高度，依其差數與距離算出中間各點之高度，記入水準簿中，攜往野外使用。

樁之一面標明樁號，而對面則標明應填或應挖之數。若應填或應挖之數由樁上橫線算起者，如  $\sqrt{2^m}$  表明應填二公尺，如  $\sqrt{2^m}$  表明應挖二公尺。

83. 用斜視線法釘斜坡樁 斜視線法 (Method of shooting in) 之要旨，在令視線不成水平，而與預定之斜坡相平行，以期各中間點之斜坡讀數可以不變。至於儀器，則水準儀或經緯儀皆可應用，而以經緯儀為尤便。其法於斜坡兩端各釘一樁，樁頂高度皆適合於預定之斜坡。置儀器於一樁之上，量遠鏡中心至樁頂之垂直距離，即為斜坡讀數。立水準尺於他一樁上，俯仰遠鏡，令視線在尺上所指讀數等於斜坡讀數，則視線即與預定之斜坡相平行。而中間各點之前視等於此斜坡讀數者，其點必在預定之斜坡上。此法雖頗簡捷，但地面高低起伏頗甚者，不能適用，故僅適用於有比較均勻傾斜度之地面。

## 第八章 水準測量之差誤

### 84. 儀器之差誤

(1) 校正不完善之差誤 此雖屬偶差而最爲重要。施測時倘能使前視與後視距離相等，此種差誤即可消除。校正水準儀之目的，在安平儀器後，視線旋轉能成一水平面；若校正不完善，則視線不與水準管軸線相平行，而視線旋轉時將不爲水平面而爲以垂線爲軸之圓錐體之面。故水準尺至儀器之距離若相等，則各該尺將被圓錐體之有同等高度之底所截，而視線不成水平面所生差誤由是消除。

(2) 因氣泡呆滯所生之差誤雖屬偶差，但難得準確之結果。普通宜用 $20''$ 或 $30''$ 之水準管。

(3) 水準尺分格不準 此爲偶差。每一水準尺初次使用時必須加以校對。水準尺可以摺合者，其聯接處易生鉅大之常差，宜注意之。

85. 使用儀器之差誤 (1) 觀測時觸動儀器之任何部份，均能使氣泡移動，故讀畢轉點之前視及後視後，必須覆驗氣泡是否仍在中央。設視線長一百公尺，水準管每格二公釐之角值爲 $20''$ ，則氣泡每移動一格，讀數約差一公分，其影響不可謂不鉅也。

用活鏡或定鏡水準儀者當讀畢後視，旋轉遠鏡以讀前視時，氣泡若有移動，須用基座螺旋使其還歸中央。斯時

遠鏡之高度已變，差誤即隨之而生。維蔡司水準儀可用微動螺旋 A（第 14 圖）以旋平水準管，不須轉動基座螺旋，故無此弊。

(2) 水準尺若向前或向後傾斜，均使讀數太大，可用第 70 節之方法避免之。

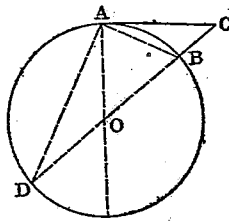
86. 讀數不準確之差誤 視線太長時，觀測者之身軀稍有搖動，讀數即見差異。風大時身軀更難穩定。此雖屬偶差，但欲求結果準確，視線之長以不逾一百公尺為妥。風大時尤宜縮短之。

87. 儀器及水準尺位置變動之差誤 (1) 在讀畢後視與未讀前視之間，儀器如果下沉，常使以後各點之高度太高。此屬集積差，在鬆土或凍土始融時，其影響尤為顯著。避免之法，維有 (1) 將三足架深深插入土中，(2) 勿踏三足附近之土，(3) 讀畢後視，速讀前視，然後再測中間點。

(2) 儀器被車輛行人所震動，易生差誤。為穩妥起見，宜將三足架之二足置於測線之平行方向內。

(3) 轉點在已測前視未測後視之間而下沉，常使以後各點之高度太高，亦為集積差。避免之法，維有使地釘深入土中。

88. 天然差誤 (1) 氣泡受日光曬照後，常向受熱較甚之一端移動，而發生差誤。夏季日光劇烈時，氣泡常易縮至甚短。如此情形，欲求準確，殆不可能。故晴天儀器上宜常以傘遮之，搬移時宜以套覆之。



第 24 圖



(2) 弧面差 地面為弧面而視線則為直線。如第24圖，儀器在A，立尺於B。假定A，B兩點高度相等，視線依切線方向截水準尺於C點，而生差誤BC。此差誤名曰弧面差，蓋前視讀數太大，使B點之高度太低，故其符號為正，可計算之如下。

$$CD : AC = AC : BC,$$

$$\therefore AC^2 = CD \times BC = (DB + BC) BC,$$

因實際上BC甚小，故可假定AC = 兩點之距離 = D，又令R = 地球半徑，E = BC = 弧面差，代入上式得

$$D^2 = (2R + E)E = 2RE + E^2,$$

因R與E相差甚鉅，故E<sup>2</sup>可棄而不計，於是

$$D^2 = 2RE, \quad E = \frac{D^2}{2R}$$

即弧面差與距離之平方成正比是也。

今設R = 6366738公尺，D = 100公尺，則

$$E = 0.0008 \text{ 公尺，或 } E = 1 \text{ 公釐（弱）}。$$

由此觀之，視線若長至一百公尺，弧面差幾及一公釐。即使視線縮短至七十或八十公尺，於水準讀數，亦難免不生影響。欲避免此種差誤，可使前視與後視距離相等。

(3) 折光差 陸地上折光差約為弧面差之七分之一，其符號為負，與弧面差相反，可減少弧面差之影響，尋常皆略而不計。（參閱第76節）。

89. 個人差誤 個人每因習慣已成自然而發生一種差誤，例如讀數常微嫌太大或太小，故往往尺與儀器雖皆不動，而二人所讀之數，未必一定相同，每次安平儀器時，若能

常使其遠鏡距地有一定之高度，個人差誤可冀其於前後視之間互相抵消。

**90. 讀水準尺之錯誤** 讀水準尺最易致之錯誤，為多或少一公尺，次則誤讀公寸數。故讀尺之順序，應先定公尺數，次及公寸公分，最後乃估讀公釐數，而記入簿中。若為轉點，記畢後應重讀一遍。

**91. 記載及計算之錯誤** 計算之錯誤，常可用第81節之法校對而更正之，而記載若有錯誤，則無從發現之。致誤之因雖非一端，而其最著者為：(1) 將數字顛倒，如 1.345 誤作 1.435。(2) 後視誤入前視行內，或前視誤入後視行內。(3) 忘記後視。凡此諸端，務宜注意。

**92. 水準測量差誤之限度** 自一水準標點起測而仍還至該水準標點，謂之水準線之閉塞。閉塞時之差誤，名曰閉塞差 (Error of closure)，可用下式計算之。

$$\text{閉塞差} = C \sqrt{K} \dots\dots\dots [8]$$

上式中  $K$  為水準線全長之公里數。 $C$  為公釐數，在普通水準測量之習慣上，其值規定不得超過 6 公釐或 7 公釐。閉塞差則以公尺計。

[例] 某水準線全長 49 公里，起首水準標點之高度為 13.408，閉塞時則為 13.454。求  $C$  值。

$$\text{閉塞差} = 13.454 - 13.408 = 0.046 \text{ 公尺}$$

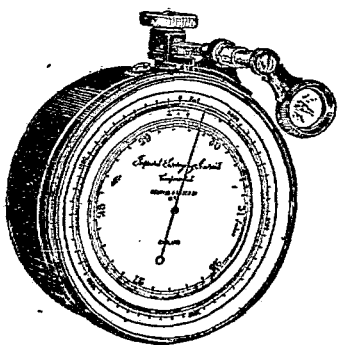
$$C = \frac{0.046}{\sqrt{49}} = 6.6 \text{ 公釐}$$

## 第九章 氣壓水準

93.原理 地勢愈高,空氣壓力愈小,其關係適成反比,故既知兩地氣壓之差,即可推知兩地之高度差。因氣壓計爲測知氣壓之儀器,故亦可用以測量水準高度。約略言之,海面上之平均氣壓等於 760 公釐,嗣後地面每升高 12 公尺,氣壓降落約一公釐。

設空氣密度之減小,恰與地面高度成反比,又設在一定地點,空氣壓力永久無所變更,則氣壓水準必甚可恃。

94.氣壓計 氣壓計有二種:曰水銀氣壓計 (Mercury barometer), 曰真空氣壓計 (Aneroid barometer)。前者之主要部份爲一玻璃管,約長八十餘公分,外包以銅管,下端插入玻璃小缸中。缸中水銀受空氣壓力而上升,入於玻璃管中。



第 25 圖 真空氣壓計

於管之上端裝一遊尺,以讀水銀柱上升或降落之數。真空氣壓計之構造大異於是。如第 25 圖,爲一圓盒,直徑自數公分至十餘公分不等。其中有一真空之金屬小盒,此盒極薄,當空氣壓力變遷時,其上面即起動作。此動作藉槓桿,彈簧等而傳至於一針。此針依其樞軸旋轉,其

一端在盒之圓周上所指之數，即為相當於水銀柱高之公釐數或英寸數。盒之圓周上另一圈更刻有相當於氣壓之高度。水銀氣壓計雖較精確，但攜帶不便，且水銀極易漏出，玻璃又易破碎，僅適於室內使用。野外測量，普通皆用真空氣壓計。

95. 從氣壓計讀數計算高度 相當於氣壓之高度，雖可從氣壓計直接讀得，但若欲求準確，須用公式計算之。此類公式甚多，以拉撥來斯公式 (Laplace's formula) 最為通用，其式如下：

$$D = 18400 (\log h - \log H) \dots\dots\dots [9]$$

上式中  $h$  為較低測點之氣壓讀數，(以公釐計)  $H$  為較高測點之氣壓讀數，(亦以公釐計)  $D$  為二點間之高度差。(以公尺計) 維此高度差尙未計及氣溫等之改正數。

有根據上式製表 (如本書附表 14) 以求相當於各種氣壓計讀數之高度者，甚便實用。表中所列為各氣壓計讀數之  $18400 \times \log h$  (或  $H$ ) 之值。表中所查得二值之差數，即為所求之  $D$  值，維尙待加以溫度改正數也。

96. 溫度改正數 氣壓因空氣溫度，地心吸力等變遷而生差異，故氣壓計上所讀得之數，須加以各種改正數，以得兩地比較準確之高度差。維真空氣壓計本非精密之儀器，故僅須加以溫度訂正一項，其他均可從略。

假定兩地施測時氣溫之平均數，即為沿線之平均氣溫，則第 9 式之  $D$  須以下式乘之，

$$1 + 0.00367t \dots\dots\dots [10]$$

上式中  $t$  爲以攝氏寒暑表度數計之沿線平均氣溫。  
爲簡便計亦有製表以便檢查者,如第15表。

[例] 甲地氣壓爲 543.0 公釐,溫度爲  $9.4^{\circ}\text{C}$ 。乙地氣  
壓爲 719.0 公釐,溫度爲  $8.6^{\circ}\text{C}$ 。求兩地高度差。

(1) 自第14表求高度差

$$18400 \log 719.0 = 4763.8$$

$$18400 \log 543.0 = \underline{2520.3}$$

$$\text{兩地高度差} = 2243.5 \text{ 公尺}$$

(2) 自第15表求溫度改正數

$$\text{平均氣溫} = (9.4 + 8.6) \div 2 = 9.0^{\circ}$$

$$2000 \text{ 公尺之溫度改正數} = 66.0$$

$$200 \text{ 公尺之溫度改正數} = 6.6$$

$$\underline{43.5 \text{ 公尺之溫度改正數} = 1.4}$$

$$2243.5 \text{ 公尺之溫度改正數} = 74.0$$

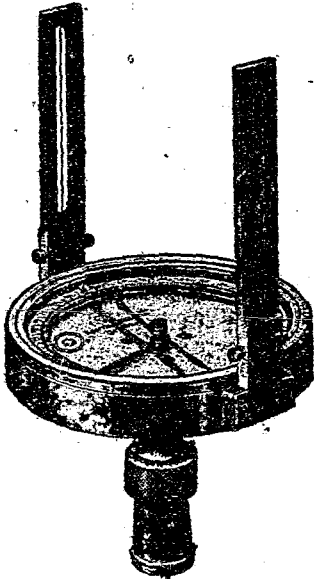
$$\underline{2243.5}$$

$$\text{改正兩地高度差} = \underline{\underline{2317.5}} \text{ 公尺}$$

## 第十章 羅盤儀及其用法

97. 羅盤及羅盤儀 羅盤爲一小圓盒或長方形盒，盒周刻有度數及 N, S, W, E 字母，以誌方向。盒之中心有一樞軸，

軸上裝一磁針，以測方向。



第 26 圖 羅盤儀

羅盤上有特種裝置（如水準管等）並支於一桿或三足架以利測量者，曰羅盤儀。如第 26 圖，爲羅盤儀之普通式樣。其上有一圓水準盒，南北二端，各裝有覘版一塊，版上各有一縫，以便窺測，其下裝一木桿。

98. 方向角 測線與子午線所成之角，名曰方向角 (Bearing)。

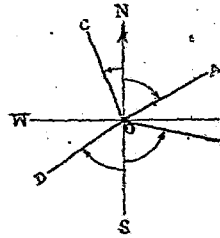
測線向北進行者，其方向角爲

北偏東

或北偏

西，記如

N E 或 N W。測線向南進行者，其方向角爲南偏東或南偏西，記如 S E 或 S W。測線向正南或正北進行者，其方向角爲  $0^\circ$ ；向正東或正西進行

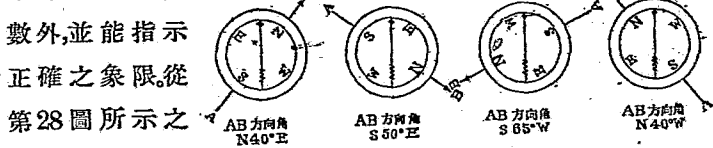


第 27 圖 方向角

者為  $90^\circ$ 。故方向角可從子午線之北端或南端起算，而非從東西線上起算。其度數可自  $0^\circ$  增至  $90^\circ$ ，而不能超過  $90^\circ$ 。如第 27 圖， $OA$  線之方向角為  $N62^\circ00'E$ ， $OB$  為  $S78^\circ10'E$ ， $OC$  為  $N21^\circ40'W$ ， $OD$  為  $S55^\circ12'W$ 。

測線與磁子午線所成方向角，名磁方向角 (Magnetic bearing)，與真子午線所成方向角，名真方向角 (True bearing)。

99. 方向角之讀法 羅盤上所讀之角為磁方向角。羅盤上所刻度數，係將全圓四等分，各以南及北為  $0^\circ$ ，東及西為  $90^\circ$ 。但磁針係固定於南北向內，而分度圈則隨視線而旋轉，故分度圈上  $E$  及  $W$  二字母之位置須相反，始磁針除指示方向角之度



第 28 圖 磁方向角讀法

數外，並能指示正確之象限。從第 28 圖所示之磁針位置及方向角，可得一讀法要訣如次：當羅盤北端指向欲讀方向角之點時，用磁針北端讀之。當羅盤南端指向欲讀方向角之點時，用磁針南端讀之。

100. 羅盤儀之用法 羅盤盒邊上有一止動螺旋，不用時須將其旋緊，俾磁針不能轉動；用時將其旋鬆，置羅盤儀於測線之一端，令氣泡居中。由二規版縫中窺準測線他端之標誌，(如標桿之類)即可依前節之法讀該測線之方向角。至於距離，可用布尺或鋼尺量之。

101. 羅盤儀之用途 羅盤儀為簡單而欠準確之儀器，僅適用於小面積極草率之測量。

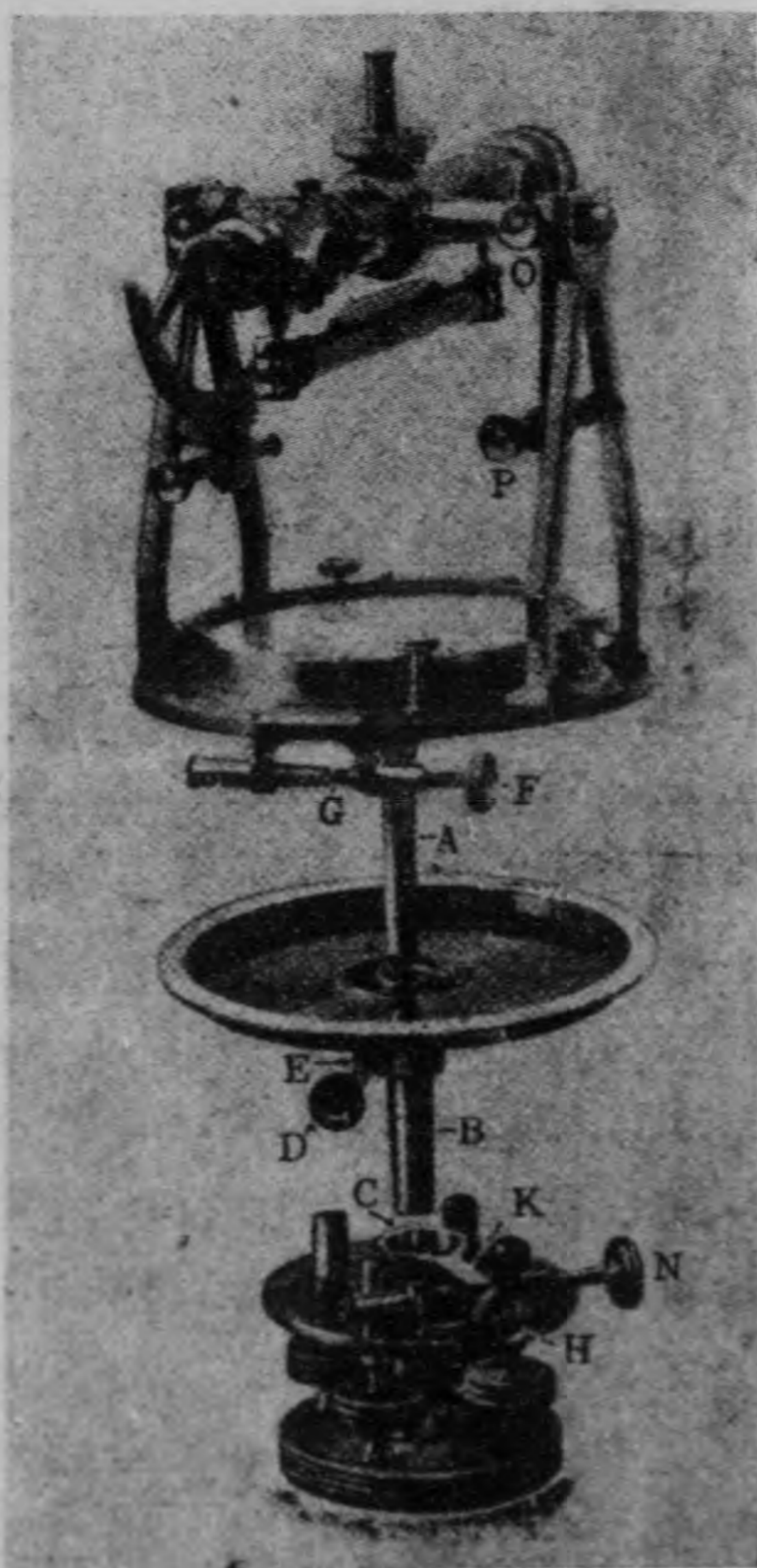
## 第十一章 經緯儀

### 102. 經緯儀之用途

經緯儀 (Transit) 為測量水平角,垂直角,方向及距離之儀器。若高度不求十分精確者,並可用以代替水準儀,實為用途最廣之測量儀器也。

### 103. 經緯儀之構造

各國所製之經緯儀,雖各有不同之處,而其所根據之原理,及構造上之主要部份,實大同小異。第29圖為普通測量所用之經緯儀,為敘述便利起見,可將其分為三大部份:即(1)上盤 (Upper plate);(2)水平度盤 (Horizontal limb) 或稱下盤;(3)基座 (Leveling head)。這鏡橫支軸之兩端,裝於兩遠鏡架上,此遠鏡架則



第29圖 緯經儀



固着於上盤。當遠鏡左右旋轉時，上盤亦隨之而轉，故此可視爲不可分開之一部份。裏軸 A 係套入外軸 B 之中，外軸 B 則套入基座中一窩 C 之內。因有裏外二軸，故上下二盤可各個分別旋轉，不致互相牽動。當經緯儀安平後，基座固着於三足架上，而上下二盤皆成水平。若將上下二盤用螺旋扣緊，則裏軸不能轉動，而可藉外軸旋轉於基座之上；若更將下盤與基座用螺旋扣緊，則上下二盤均不能動，而遠鏡亦不能左右旋轉矣。今若使上盤與下盤鬆開，則下盤雖仍固着於基座之上，不能轉動，而上盤連遠鏡便能依裏軸旋轉任何角度。上盤裝有遊尺，遊尺之零點隨遠鏡旋轉而移動，不啻爲指示遠鏡位置之標誌，故名曰指標 (Index)。下盤之緣鑲以銀質，其上刻有度數，爲測量水平角之用。基座上有大螺旋三個 (歐洲式) 或四個 (美國式) 名曰基座螺旋 (Leveling screw)，爲旋平度盤之用。

D 爲上盤與下盤間之止動螺旋 (Set screw)，F 爲微動螺旋 (Tangent screw)。若將 D 旋緊，則上盤即不能轉動，但可用微動螺旋使其徐徐轉動。然止動螺旋鬆開時，微動螺旋即失其效用。

H 爲度盤與基座間之止動螺旋，N 爲其微動螺旋。若將 H 旋緊，則度盤即不能轉動，但可用 N 使其徐徐轉動。

O 爲遠鏡之止動螺旋，若將 O 旋緊，則遠鏡不復能俯仰，但可用微動螺旋 P 使其徐徐上下移動。

其他附着於經緯儀上之物件，尚有下列數種：

水準管 遠鏡上一個，用以測高度。度盤上二個，互成直角。二管中氣泡均在中央時，上下盤即成水平。

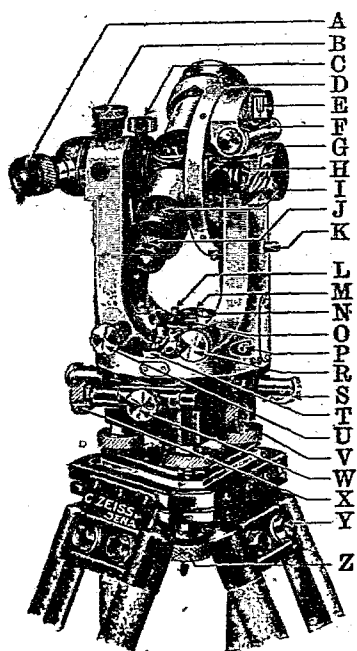
羅盤 裝於度盤中央，亦有用長方形羅盤盒裝於遠

鏡架上者。

垂直度盤 用以測垂直角度,但亦有不為全圓而僅為一弧者。垂直度盤與遠鏡相連,故當遠鏡俯仰時,常隨之動作。有一遊尺,固着遠鏡架上。當遠鏡水平時,遊尺應指 $0^{\circ}$ 。

垂球 懸於縱軸下端之鈎上,用以驗儀器中心是否對準測點。

104. 蔡司經緯儀 第30圖為德國蔡司公司最新式三號經緯儀,大體與美國經緯儀相同,其各部之名稱及作用已註明於圖上。茲將其與普通經緯儀特異各點述之於下。



- A 二度盤之公用顯微鏡
- B 測微計
- C 遠鏡止動螺旋
- D 裝置圓形羅盤盒之扣針
- E 水準管氣泡之折光鏡
- F 垂直度盤水準管
- G 顯明氣泡像之鏡
- H 顯明垂直度盤之鏡
- I 移動十字線之集焦環
- J 移動目鏡之環
- K 裝置長方羅盤盒之扣針
- L 圓水準盒之校正螺旋
- M 圓水準盒
- N 水準管之校正螺旋
- O 水準管
- P 顯微鏡之校正螺旋
- R 垂直度盤遊尺之微動螺旋
- S 顯明水平度盤之鏡
- T 司上下盤離合之機紐
- U 遠鏡之止動螺旋
- V 縱軸與基座連繫之螺旋
- W 象管上下盤之止動螺旋
- X 象管上下盤之微動螺旋
- Y 夾緊三足架之螺旋
- Z 連繫基座與三足架之螺旋

第30圖 蔡司經緯儀

度盤 水平度盤及垂直度盤，皆藉返光之作用，由一公用之顯微鏡 A 讀之。垂直與水平度盤之直徑相等，劃分相同，故垂直角與水平角之精確度亦相等，而英美儀器之垂直度盤常小於水平度盤也。

機紐 T 普通經緯儀有止動及微動螺旋上下二副，已如前節所述。蔡司新式經緯儀則僅有一副，可兼管上下盤之動作。另於上盤裝一機紐，將其向下扳，則上盤與下盤互相扣緊，可共同旋轉於基座之上。更將其向上扳，則下盤與基座相扣緊，而上盤與下盤分離。其測角時之用法，詳見第 119 節。此種裝置，計有二優點：(1) 因祇有一副止動 (W) 及微動螺旋 (X)，鬆開及扣緊上下盤時，可免誤動螺旋之弊，用複轉法測水平角時（見後）尤稱便利。(2) 因機紐係裝於上盤，無論遠鏡指何方向，其位置常在觀測者之胸前，不若平常儀器之下止動螺旋無一定之位置。

水準管 上盤有圓水準盒及水準管各一個，度盤水平時，其氣泡各居中央。遠鏡架上亦有一水準管 (F)，其動作由微動螺旋 (R) 司之，與遊尺有連帶之關係。此水準管氣泡由折光鏡 (E) 中見之，與蔡司水準儀相同。遠鏡上如需用水準管者，可另裝之。

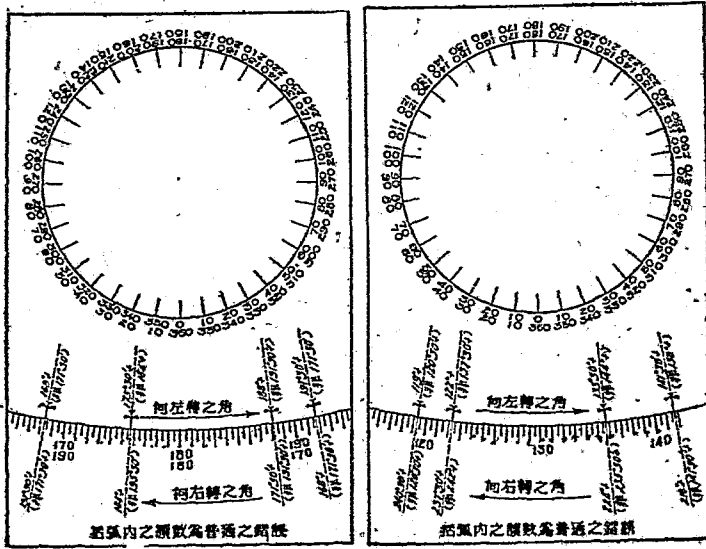
105. 經緯儀應具之條件 無論何種經緯儀，必須備具下列諸緊要條件：

- (1) 外軸必須與度盤之平面確成直角。
- (2) 裏軸與外軸間，外軸與基座間，皆須互相密接；旋轉時又須靈動而不呆滯。
- (3) 刻度須精細均勻。
- (4) 儀器及三足架務須輕便堅實。

## 第十二章 經緯儀之讀角法

106. 上盤與下盤之關係 第 103 節已述明經緯儀有上下二盤,上盤刻有遊尺而下盤則刻有度數,又因上盤與遠鏡有連帶之動作,當遠鏡旋轉時,上盤之指標(即遊尺之零)即隨之而在下盤上旋轉角度。

107. 度盤劃分法 度盤普通皆分刻為三百六十度,每隔十度註有數字,註字及每度再行細分之法,有下列數種:



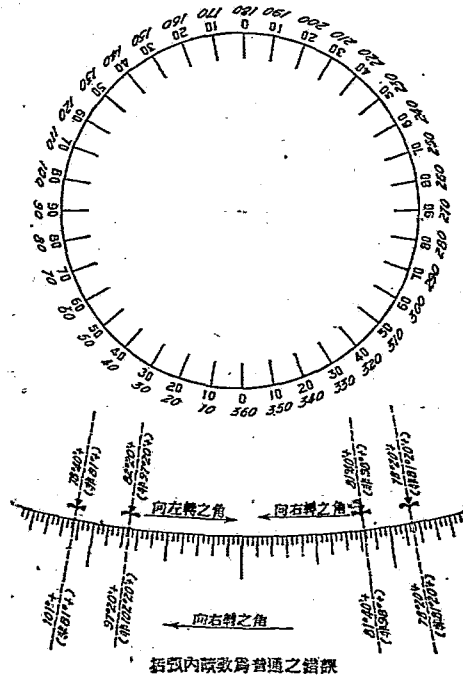
第 31 圖 度盤讀法示例

第 32 圖 度盤讀法示例

(甲) 度盤註字之各種方法

- (1) 全圓,  $0^{\circ}$  至  $360^{\circ}$ ;
- (如第31圖)
- (2) 半圓,  $0^{\circ}$  至  $180^{\circ}$ , 然後回至  $0^{\circ}$ ;
- (第32圖)
- (3) 象限, 兩個  $0^{\circ}$  相距  $180^{\circ}$ , 各自  $0^{\circ}$  向左右遞增至  $90^{\circ}$ 。(第33圖)

度盤上之數字, 普通有內外二圈, 內圈與外圈各成一種註法。每種註法雖各有其便利之點, 要以第一種最為通用。



指以內環數為普通之錯誤

第33圖 度盤讀法示例

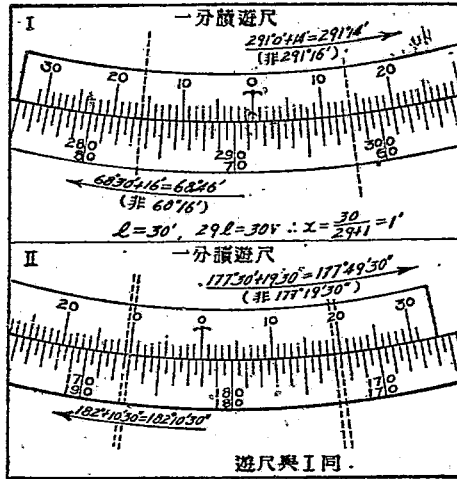
(乙) 每度之細分 (1) 分作二份, 每份  $30'$ ; (2) 分作三份, 每份  $20'$ ; (3) 分作四份, 每份  $15'$ ; (4) 分作六份, 每份  $10'$ 。

108. 讀角之步驟 (1) 讀度盤, (2) 讀遊尺, (3) 將前二項相加。

109. 度盤之讀法 刻有指標之上盤無論向何種方向旋轉, 每個角度皆有二讀數: (1) 為順時針方向而旋轉之角度, (2) 為反時針方向而旋轉之角度。二者之和恆為  $360^{\circ}$ 。

上列第31至33圖指示度盤劃分及註字之三種方法。

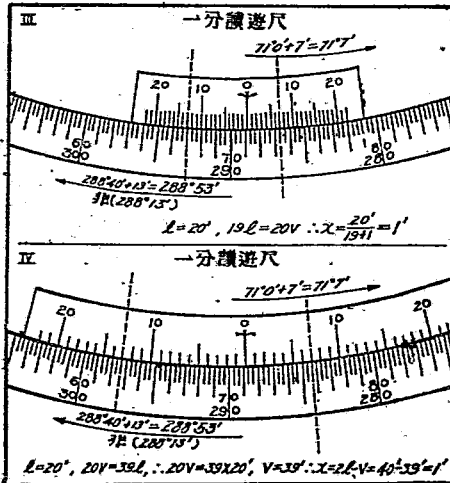
四個箭頭指示指標之四種位置，箭頭下所註讀數在圓弧之上者為順時針方向之度數，在圓弧之下者為反時針之方向度數，括弧內之讀數為最普通之錯誤，特表而出之。觀該三圖，讀者對於度盤之讀法當可明瞭矣。



第 34 圖 遊尺讀法示例

110. 經緯儀上之

遊尺 經緯儀上之遊尺與第 39 節所述者原理相同，僅易



第 35 圖 遊尺讀法示例

直線為圓弧，易十進之尺度為若干等份之角度耳。若遊尺二數字間分為相等之十格，(如第 34, 35 圖) 則通常讀至分數，雖每格之地位幾與度盤之半度相等，而讀數則為一分也。若每格更細分為二小格，則每小格為三十秒；(第 36 圖) 若細分

爲三小格，則每小格爲二十秒；（第37圖）若細分爲六小格，則每小格爲十秒。（第38圖）

遊尺最小格之讀數，雖如上述，可由觀察得之，但初次應用某一遊尺時，宜用計算以證明之。

令  $l$  = 度盤最小格，

$v$  = 遊尺最小格，

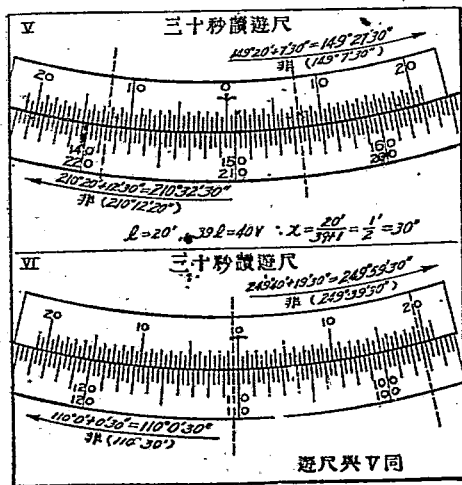
根據遊尺原理，得遊尺最小讀數爲。

$$x = l - v$$

又設度盤上之  $n$  格相當於遊尺上之  $(n+1)$  格，則

$$nl = (n+1)v, \quad v = \frac{nl}{n+1},$$

於是  $xl = l - v = l - \frac{nl}{n+1} = \frac{l}{n+1}$  ..... [11]



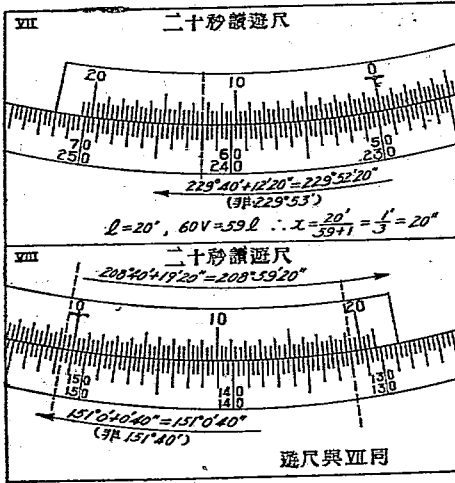
第36圖 遊尺讀法示例

上式中  $n$  及  $l$  皆可從儀器上觀察得之，故  $x$  之值即可算出。

### 111. 遊尺讀法

既知遊尺最小格讀數，則讀遊尺即非難事。若遊尺之零點（即指標）適對準度盤上任何一線，則讀角無須遊尺，否則須觀察遊尺上第幾

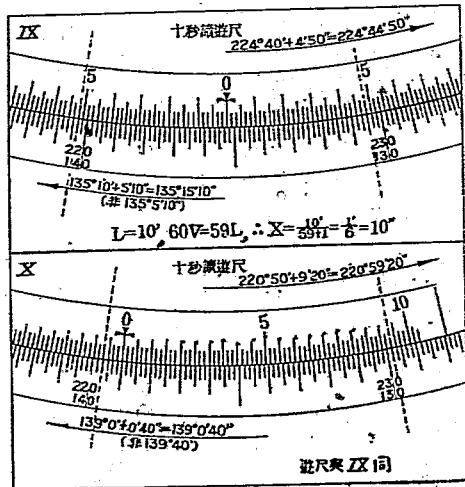
線與度盤上一線相對準。遊尺上爲第  $n$  線，即遊尺讀數爲



第 37 圖 遊尺讀法示例

n 分,而度盤之線次,可以不問。度盤讀數可依照第 109 節之例示另行定之,最後與遊尺讀數相加,以得一角度之值。

讀遊尺須注意下列數點:(1)指標左右通常各有一遊尺,在左者用以讀順時針方向之角,在右者用以讀反時針方向之角,但習慣上通常皆讀順時針方向之角,故右邊之遊尺,不常用也。(2)讀度盤時先約估分數,然後在此分數附近觀察之,便能迅速發見上下針對之一線,並可免巨大之錯誤。(3)用劃分較細之儀器時,常見上下針對者每不止一線,設似有三線相對者,取其中線讀數,二線相對者,取兩讀數平均之,



第 38 圖 遊尺讀法示例



如此一分之經緯儀即可讀至半分，十秒者即可讀至五秒。(4)使指標對準度盤零度或任何角度時，亦宜同樣審察左右相鄰之線，以期準確。(5)經緯儀上有 A, B 二指標，相距一百八十度，於測角時，通常使指標 A 先對準度盤之零，讀角時亦讀 A 而不讀 B；但為精確計，宜兼讀之，如不相符，應將二數平均之。(6)度盤上如未裝有顯微鏡者，宜另用一小顯微鏡以讀遊尺。

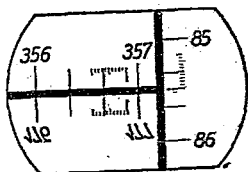
**112. 遊尺讀法示例** 上列五圖（第34至38圖）詳示各種粗細遊尺之讀法，讀角之三步驟，遊尺最小讀數之算法，及讀角致誤之原因等。讀者細觀之，對於遊尺之讀法，當能明瞭矣。

**113. 蔡司經緯儀之讀角法** 前數節所述之讀角法皆用遊尺，為歐美各國所通用者，獨德國最近所出蔡司儀器不用遊尺而用分微尺 (Micrometer scale) 或分微計 (Micrometer drum)。水平角及垂直角可從同一顯微鏡（如第30圖之 A）中讀之，如第39及40圖，為被顯微鏡放大之垂直及水平度盤之像，縱者用以讀垂直角，橫者用以讀水平角，二者大小相等。

(1) 用分微尺讀角 如第39圖，每度分作三格。粗線之上下各有一分微尺，此分微尺隨遠鏡而旋轉，與遊尺相類似。分微尺之十細格等於度盤上之一格，即二十分，故分微尺上每小格為二分，可以估讀至 0.2 分，即十二秒。分微尺上較長之一線是為指標，相當於遊尺上之零點。若上下二指標皆讀時，可假定度盤每格為十分，分微尺每小格為一分，將上下讀數相加，即為平均讀數。第39圖指標讀數如下：

水平角: 指標 I.  $356^{\circ}26.7'$   
 指標 II.  $26.6'$   
 平均:  $356^{\circ}53.3'$   
 $= 356^{\circ}53'18''$

垂直角  
 第二次:  $85^{\circ}14.7'$   
 $14.8'$   
 $85^{\circ}29.5'$   
 $= 85^{\circ}29'30''$

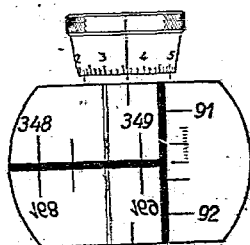


第 39 圖

(2)用分微計讀角 讀水平角不用分微尺而用分微計者,其結果更為精密。如第40圖,分微計上每二數字間為二分,每小格為二十秒,而可以估讀至二秒,較分微尺精密六倍。讀角時須旋轉分微計,以移動雙直線,度盤之劃分線居於雙直線中間時,度數與十分數直接從度盤上讀之,十以內之分數及秒數則統由分微計上讀之。度盤上讀數與分微計讀數之和為所測之角度。遠鏡正置(第116節)時讀分微計上之白色數字,倒置時讀紅色數字。茲將第40圖之讀數列之於下:

水平角: 分微計

I.	$348^{\circ}20'$	$\left. \begin{matrix} 3' 34'' \\ 3' 35'' \end{matrix} \right\} 7' 09''$
II.	$348^{\circ}20'$	
平均:	$348^{\circ}47' 09''$	



第 40 圖

## 第十三章 經緯儀之測角法

114. 垂球 經緯儀之中心藉垂球以與測點（通常以木樁上小釘為誌）相對準，垂球用粗弦線懸於縱軸下端之鉤上，宜作活結，以便上下移動，如第41圖。

115. 經緯儀之安平法 安平經緯儀除度盤水平外，更須垂球對準測點，故較安平水準儀為難。同時更須注意三足架是否穩定，無下沉及搖動之虞。茲將安平之法述之如下。



第41圖

(1) 兩手各執三足架之一足，令第三足先着地，其與樁之距離視土質及觀測者之體高而定，土質鬆軟及軀幹高者距離應較近。

(2) 然後執二足左右移動，至垂球略對木樁，同時度盤略近水平時，乃將此二足着地。

(3) 將三足依次踏入土中，若垂球尚稍偏於一側，可更踏對側之一足或二足，使其對準。若係活動基座 (Shifting head)，可徐徐推移之，以免更踏三足架。

(4) 若用美國儀器，當垂球對準測點後，勿忘旋緊三足上端之元寶螺旋。

(5) 不宜置三足架之一足於測線方向之內，以免妨礙鋼尺之進行。

(5) 令上盤上一水準管平行於兩對角螺旋（四個基座螺旋者）或任何二螺旋（三個基座螺旋者）而旋平之，更用他兩對角螺旋或他一螺旋旋平其他一水準管。然後將上盤旋轉一百八十度，若氣泡稍有偏移，再用基座螺旋使其還歸中央。以上手續有時須重演一二次，最後務使遠鏡指任何方向時，二氣泡總在中央。

使用基座螺旋之法與水準儀同。

116. 使用遠鏡 除第68節所述者外，更須知下列四點：

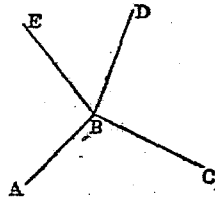
(1) 常雙手握上盤或下盤之緣使之旋轉，切勿執遠鏡之一端以旋轉。

(2) 若二點高低相差甚多者，循鏡筒上面以照準目標後，更俯仰鏡筒，則目標即在視界之內。

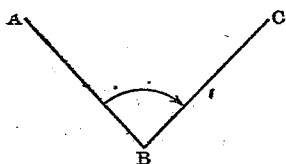
(3) 照準標桿時，須將十字線交點對準標桿下尖；倘被遮蔽，則令縱線平分標桿全部。

(4) 當遠鏡上之水準管在鏡筒之下時，遠鏡之位置謂之正置；在上時，謂之倒置。較精密之工作常須兼用倒置遠鏡觀測。（見後）

117. 後視及前視 設經緯儀在 B 點，（第42圖）欲量  $ABC, ABD, ABE$  等角。若先照準 A 點，則 B A 名曰後視，A 點名曰後點，其餘 B C, B D, B E 等視線名曰前視，C, D, E 等點名曰前點。凡儀器在一測點上祇能有一後視，而前視則可以無限。



118. 水平角測法 —— 用普通經緯儀  
置經緯儀於 B 點，（第43圖）既安平



第 43 圖

後，(即垂球對準測點而度盤四面皆平)如欲測水平角  $ABC$ ，須依照下列順序。

(1) 上下盤皆鬆開，將遊尺  $A$  之指標約略對準  $360^\circ$ 。旋緊上止動螺旋，用相關之微動螺旋，使之完全對準。

(2) 以  $A$  為後點。旋轉下盤，(斯時上下盤已相扣緊，可共同旋轉)使十字縱線約略照準  $A$  點上之標桿。旋緊下止動螺旋，用相關之微動螺旋使視線完全照準後點  $A$ 。

(3) 旋鬆上止動螺旋，旋轉上盤，使視線約略照準前點  $C$ 。旋緊上止動螺旋，用相關之微動螺旋，使視線完全照準標桿。

(4) 照普通習慣，依時針方向讀角。

注意：後視時切不可攪動上止動及微動螺旋，前視時切不可攪動下止動及微動螺旋。

### 119. 水平角測法——用蔡司經緯儀

(1) 放鬆機紐 ( $T$ ) 及止動螺旋 ( $W$ )，使指標 (用分微尺) 或雙直線 (用分微計) 約略對準水平度盤之零。旋緊止動螺旋，用微動螺旋使其完全對準。

(2) 將機紐向下捺，使上下盤互相扣緊。放鬆止動螺旋，旋轉度盤，(斯時上下盤共同旋轉) 約略照準後點。旋緊止動螺旋，用微動螺旋使其完全照準。斯時指標或雙直線依然對準零度，無所變更，蓋機紐扣緊時雖轉微動螺旋而上盤不能單獨轉動也。

(3) 將機紐向上扳，旋轉上盤，(斯時下盤固定不動)

約略照準前點，用微動螺旋使其完全照準。

(4) 照第 113 節之法讀角。

120. 用複轉法測水平角 倘欲精密測定一水平角，可用複轉法 (Method of repetition) 多測幾次，以次數除之而取其平均數。其法如下。

設經緯儀在 B，後點為 A，測量 A B C 角。(第 43 圖) 依照前二節方法，測得此角為  $30^{\circ}01'$ 。勿動上盤，令指標仍指  $30^{\circ}01'$ ，旋轉下盤，後視 A 點，再測此角一次。於是指標讀數將為  $60^{\circ}02'$ ，以 2 除之，仍為  $30^{\circ}01'$ ，與第一次同。但假設為  $60^{\circ}03'$ ，則兩次之平均數應為  $30^{\circ}01'30''$ ，此數較第一次為精密矣。仍令指標指於  $60^{\circ}03'$  處，測量此角三次。設讀數為  $90^{\circ}04'$ ，則三次之平均數將為  $30^{\circ}01'20''$ ，此數非一分經緯儀所能直接讀出也。如是所測次數可以隨意增加，此法非特可得較精細之讀數，並可消除因刻劃不均勻而生之差誤。

121. 水平角精測法 儀器製造難期完善，如度數刻劃不勻，兩遊尺相距非為  $180^{\circ}$ ，遊尺之圓心與度盤圓心不相密合等，皆為不能完全避免之差誤。又儀器使用前雖必加以校正，(見第 41 章) 但因種種關係，亦難保其絕對無誤。故欲精密測定一角，須用下列方法：

(1) 用複轉法取其平均數。

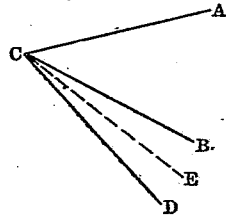
(2) 用正置遠鏡及倒置遠鏡各測若干次，而取其平均數。

(3) 兼測餘角；原角與餘角之和倘不為  $360^{\circ}$ ，取其差數平均分配之。

(4)兼讀兩遊尺或分微尺,如有不符,取其平均數。

122. 標誌一水平角於地上 此為測量一水平角之反。令指標對準  $360^\circ$ , 視線對準後點。旋緊下止動螺旋, 鬆開上盤, 令指標指於所欲標誌之度數上。令標桿立於視線內, 依觀測者之指示, 左右徐徐移動, 待對準視線後, 將標桿移去, 而易以一木樁釘入土中。再立標桿於樁上, 對準視線後, 利用標桿下尖, 錐一小孔於樁上, 而釘一小釘於孔中以為誌。

123. 用複轉法標誌水平角於地上  
此與用複轉法測水平角相反。今設經緯儀在 C, 後點 A, 欲標誌  $30^\circ 01' 30''$  之角於地上, 經緯儀讀至一分。



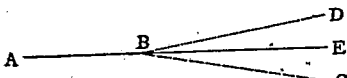
第 44 圖

置指標於零度, 後視於 A, (第 44 圖) 旋轉遠鏡, 移指標於  $30^\circ 01'$ , 於地上得一點 B。不動指標, 再後視於 A, 旋轉遠鏡, 移指標於  $30^\circ 02'$ , 於地上得一點 D。所求之點為與 B 及 D 等距離之 E。

124. 引長一直線 設擬將 A B 延長至 E, (第 45 圖), 茲述其方法如下:

- (1) 安平儀器於 B。
- (2) 遠鏡照準後點 A, 旋緊上下盤, 因不須量角, 故指標不須對準零度。

- (3) 倒轉遠鏡, (即目鏡與物鏡互易其位置) 令標桿對準視線。若儀器校正完善絕無差誤者, 標桿即在 A B 之引長線上如 E, 否則標桿



第 45 圖 引長一直線

將在另一點如 C。

(4) 旋鬆上盤或下盤，旋轉之，使視線照準 A，( 斯時遠鏡仍屬倒置 ) 再倒轉遠鏡，( 回復正置原狀 ) 令標桿對準視線而得 D 點。

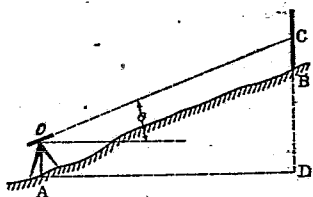
(5) CE 必等於 DE，故祇須用短尺或紙量得中點 E。

(6) 照第 122 節之手續在 E 點上釘一木樁，並釘一釘以爲誌。

(7) 實施時可在 DEC 上橫置一木樁，用標桿之尖錐三小孔於樁上，以誌三點之位置。

125. 垂直角測法 凡測量兩點間之垂直角者，其目的在求該兩點之高度差。今設欲求 A, B 兩點之高度差，其法如下：( 第 46 圖 )

(1) 置儀器於 A，( 或從 B 向下測，其理及法相同 ) 旋平度盤。



第 46 圖

(2) 用司遠鏡俯仰之止動及微動螺旋，使遠鏡上之水準

管氣泡居中。審察指標是否正指垂直度盤之零；如果不然，或將遊尺加以校正，( 第 525 節 ) 或記其相差之數曰指標差 (Index error) 者，以與測得之垂直角相加或相減。凡指標當遠鏡水平時及測角後，均在零度之一側者相減，不在一側者相加。

(A) 實際上每因度盤未能真正水平，遊尺雖經校正而指標差有時仍難消除，故有於遊尺上另裝一微動螺旋 ( 如第 30 圖之 R ) 者，當遠鏡水平後，可將遊尺旋動，使其正指



於零，以便隨時可以消除指標差。

(4)量遠鏡中心與樁頂之垂直距離，名曰儀器高。俯仰遠鏡，令十字線交點所示 B 處尺上之數，等於此儀器高，即  $CB = OA$ 。

(5)讀垂直度盤上之角度，(與水平角讀法同)以與指標差相加減或否，即為所欲測之角  $\theta$ 。因  $CB = OA$ ，故  $BAD$  角等於  $\theta$ ，而  $AB$  或  $AD$  必有一為已知，則  $BD$  即可藉三角學之理算出。

(6)若垂直度盤為全圓者，遠鏡亦可倒轉以測垂直角。取正置及倒置讀數平均之，可得較準確之結果。

126. 標桿之持法 持標桿應有一定之姿勢。其尖端須對準樁上之釘，兩足左右張開，以穩定身軀。兩臂環拱，以指尖扶持之，使其直立，不可傾斜。

## 第十四章 測角之差誤

### 127. 差誤之原因

(1) 儀器製造上之缺點 如二遊尺之指標相距非爲  $180^\circ$ ，遊尺與度盤之圓心不相密合，度盤與縱軸不成直角，度盤劃分不勻等。

(2) 儀器校正未完善。

(3) 使用儀器欠審慎 如三足架下沉，螺旋暗中鬆弛，在三足架近旁踐踏致生搖動，及轉動各部失之粗暴等。

(4) 讀角錯誤 見第 34 至 38 圖。

(5) 安平儀器欠完善 如度盤不平，及垂球不對準測點。

(6) 照準時之差誤。

(7) 天然差誤。

測角差誤之原因至爲複雜，非可一一用學理討論之，而其中最關重要者，厥維校正一項，其法見第 525 節。儀器必須經精密校正之後，方可應用。至於儀器製造上之差誤，一部份可用第 121 節之法消除之，近日製造日精，新式儀器，如蔡司公司出品，頗少差誤也。第(3)項維有審慎從事，以求無誤。第(4)項可細閱第 34 至 38 各圖以期避免錯誤。茲就(5)、(6)、(7)三項討論之於後。

128. 儀器安平欠完善之差誤 所謂儀器安平不完善

者，計有二端：(1)垂球之尖不對準測點；(2)上盤水準管氣泡不在中央。垂球倘能完全對準測點固佳，如遇困難，稍偏亦屬無妨。今設所用儀器為一分經緯儀，視線僅長三十公尺，則垂球偏差在五公釐以內者，對於水平角之影響不及一分。視線較長者，其影響且更微。尋常視線總在三十公尺以上，故垂球偏差不及五公釐者，大概可以不生若何影響也。至於氣泡之影響較此為大，在山地尤甚，故務求其完全常居中央為要。以上二種差誤，在測角時，視線愈長者，影響愈微；然若標誌一水平角於地上，則適得其反。

**129. 照準之差誤** 設視線僅長三十公尺，水平角每差一分，視線偏差約為九公釐。反言之，即偏差須達九公釐，始足以使水平角差誤一分。在稍有經驗者扶持標桿，類能直立不斜，欲令視線對準之又屬甚易，故此項差誤甚易避免。視線愈長者其影響愈微；但若標誌一角於地上，則適得其反。

**130. 天然差誤** 例如大風足以使遠鏡不能穩定，霧足以限制視線之長度，烈日亦足以使氣泡縮短。凡此種種，均有礙於精密工作之進行，故最適宜之氣候，為無風之陰天也。

**131. 差誤之消除** 錯誤。(1)心中牢記讀角最易致誤之點，如第34至38圖所標出者。(2)養成以肉眼估計角度之習慣。(3)用磁針校對。(4)有時有二測點約略在同一方向之內，照準時不可有誤。(5)未讀前視之前，不可誤鬆下盤。

常差 角度讀數成雙者，皆為消除常差之良法。例如一角用正置及倒置遠鏡施測而取其平均數者，可免遠鏡

上之差誤，兼讀二遊尺者，可免離心之差誤。第 121 節所述之方法，皆所以消除常差者。

偶差 可施測多次而取其平均數，並藉各角間之幾何學關係，將差誤平均分配於各角之間。

132. 測角精確度之審核 測角之精確度可用下列二法審核之：(1) 比較同一角度分別施測所得諸結果。(2) 審察有關係各角，是否適合於幾何定理。

第一法 一角需要校對者，尋常皆用複轉法施測二次或多次。假定儀器本身上絕無差誤，則各次較差愈微者，其精確度愈高。

第二法 設一多角形之諸內角均經施測，其各角之差誤雖不可知，而諸角之和之真差則可得而知之。同樣，若干角有一公共角頂者，諸角之和應為三百六十度，故諸角之和之真差亦可知之。真差較微者，各角自必較為準確，但亦不能即據此以斷定各角之精確度，蓋其間差誤容有互相抵消之可能。例如用  $10''$  經緯儀施測三角形之三內角，其和常難恰為一百八十度，而用一分經緯儀施測者，其真差反易為零。若論精確度，自當以前者為高也。

133. 測角差誤之限制 差誤之限制，通常皆視測量之目的而定。即在同一測量之中，各角亦有不需同等精確度者。今假設量度距離之精確度業經規定，而欲測角之精確度與之相稱，即有一問題發生：即每角中差誤之最大限度為何？下表所列為由於角度差誤而生之測點位置之差誤，（以公尺計）其視線之長計有五種：即 100 公尺，500 公尺，1000 公尺，1500 公尺，及 5000 公尺。

第一表

差 誤	100	500	1000	1500	5000	比 例
1'	0.0291	0.1454	0.2909	0.4363	1.4544	1:3440
30"	0.0145	0.0727	0.1454	0.2182	0.7272	1:6880
20"	0.0097	0.0485	0.0970	0.1454	0.4848	1:10300
10"	0.0048	0.0242	0.0485	0.0727	0.2424	1:20600
6"	0.0029	0.0145	0.0291	0.0436	0.1454	1:34400
4"	0.0019	0.0097	0.0194	0.0291	0.0970	1:51600
2"	0.0010	0.0048	0.0097	0.0145	0.0485	1:103100

- 上表有二用：(1)在某種比值下查出可許之角度差誤。  
 (2)既知視線之長及角之差誤，即可知測點位置之差誤。

## 第十五章 導線測法

134. 測站 安置經緯儀之點，謂之測站 (Station)，普通以木椿上之小釘爲誌。測站之須保留永久者，宜用石標爲誌。

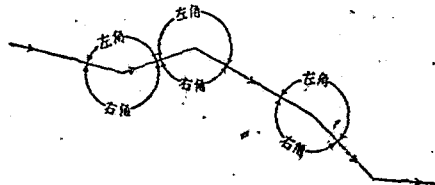
135. 測線 聯二測站之假想直線，名曰測線。

136. 折線 若干不同方向之測線連接而成折線 (Traverse)。

137. 導線 折線之具有控制作用而爲全部測量之骨幹者，名曰導線 (Main line)。所謂骨幹者，卽以該導線爲根據，而測定其他各點之位置之謂也。

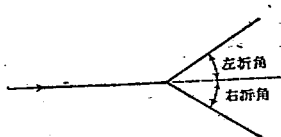
138. 施測導線所包括之事項 施測導線可分三部工作：(1)用羅盤或觀測天體以定第一測線之方向，並校對其後各測線之方向。(2)量前後二測線所夾之角，或測線與子午線所夾之角。(3)量測線之長。第(1)項見第十及二十六章第(3)項見第二章，本章所述者，以導線角度測法爲主。

139. 左角及右角 每一測站上，必有二角，在測線進行方向之左者曰左角；在右者曰右角。左角及右角，統稱曰夾角，見第47圖。



第47圖 左角及右角

140. 折角 一測

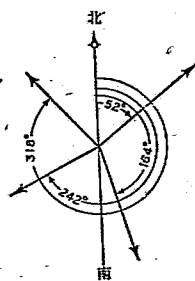


第48圖 折角

線與其前一測線之延長線所成之角，名曰折角 (Deflection angle)。折角可向左，或可向右，故度數之後，更須添註『左』，『右』字樣，

以資區別。(第48圖)

141. 方位角 一測線與子午線所成之角，為該測線之方位角 (Azimuth)。方位角自子午線之北端，依時針方向而旋轉；其值從零度起，至三百六十度為止。方位角與方向角有別，蓋方位角祇依一個方向（時針方向）旋轉，並祇能從子午線之一端（北端）起算也。一線之方位角介於 $0^{\circ}$ 與 $90^{\circ}$ 之間者，即可知該線之位置係在東北象限之內；介於 $90^{\circ}$ 與 $180^{\circ}$ 之間者，在東南象限之內；介於 $180^{\circ}$ 與 $270^{\circ}$ 之間者，在西南象限之內；介於 $270^{\circ}$ 與 $360^{\circ}$ 之間者，在西北象限之內。(第49圖) 故觀方位角



第49圖 方位角

之度數，即可知該線之方向，不必另加任何記號，其記法實較方向角為便利也。

又一測線可有二方位角，在測線後端所量者，為該線之前方位角；在前端所量者，為其後方位角。因方位角常依時針方向量之，故後方位角常等於前方位角加 $180^{\circ}$ 。設其和逾 $360^{\circ}$ 者，減去 $360^{\circ}$ 。普通僅稱方位角者，皆指前方位角而言。

142. 導線測量隊之組織 較完備之導線測量隊，須有司經緯儀及記錄角度者一人，司指揮旗者一人，持傘及攜

雜物（如儀器之空箱及食具等）者一人，持前後標桿者各一人，挑木椿及打椿者一人，此測角所需者也。屬於量距離者，更需四人：計鋼尺前後測手各一人，記錄及司垂球者一人，挑扁槓及沿線插扁槓者一人。本國習慣上，司經緯儀及記載者，為工程師或測量員，其他職務，均以測工任之。

#### 143. 導線測量隊之用具

(1) 屬於測角者 經緯儀一架，長標桿二根，傘一柄，指揮旗二面，警笛數個，大木椿若干，大木錘一個，小釘若干，帆布袋數個，對數表一本，記載簿若干本，鉛筆橡皮及其他文具紙張。

(2) 屬於量距離者 鋼尺一盤，測釘一組，垂球三個，短標桿二根，布尺一盤，記載簿及鉛筆等，斧二柄，帆布袋數個，小扁槓及油筆各若干。倘距離須用精密量法，另加彈簧秤及寒暑表。

144. 指揮旗及指揮記號 導線之在野外者，其前後二測站每相距甚遠，言語既難傳達，手勢亦難望見，故非用指揮旗不可。指揮旗以細竹為桿，高約一公尺半，旗約八公寸見方，紅白各一，通常以紅旗指揮前點，白旗指揮後點。測量用之旗語甚為簡單，茲述之如下。

將旗高舉不動，表示欲測。

將旗向左右劇揮，表示測畢。

將旗向左揮，表示標桿須向左移；向右揮，則須向右移。揮之緩者欲令移動少；急者欲令移動多。

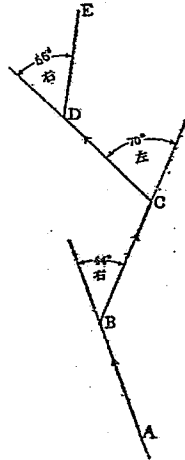
將旗向前揮，表示使遠；揮作圓圈，表示使近。

145. 導線角度之各種測法 導線之角度通常有四種



測法：(1)夾角；(2)折角；(3)方向角；(4)方位角。

146. 用左角施測導線法 此法僅須將各測站之左角或左右兩角測定。測左角固以前一測站為後視，而測右角則宜以次一測站為後視，皆順時針方向而讀數。尋常皆僅測左角，若欲求精密，可左右二角兼測。每角或僅測一次，或用複轉法施測多次，視所需精確度而定。



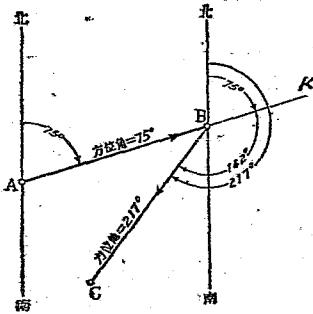
第 50 圖

用折角施測導線

147. 用折角施測導線法 此法不直接以前一測站為後視，而用前一測線之延長線為後視，故須將遠鏡倒轉。如第 50 圖，安平經緯儀於 B 點，將指標對準零度，後視 A 點，旋緊下盤，倒轉遠鏡，鬆開上盤，前視 C 點，則度盤上之度數，即為 B 點之折角，更按其所折之方向，而添註『右』字於度數之後。此法須用二半圓註數之度盤；(第 32 圖) 否則即不便利。

148. 用方位角施測導線法 用方位角施測導線，可分二法：(1)後視時遠鏡為倒置，前視時遠鏡為正置。第一次安平儀器時，指標對準零度後，以後不復再需此項手續。(2)無論前視或後視時，遠鏡常為正置；每次安平儀器，必須將指標對準一定度數。然無論在何法中，當遠鏡指北時，指標必對零度。

(1)儀器首次安平於 A，(第 51 圖)，令指標對準零度，藉磁針使遠鏡指北，即以磁子午線之北端為後視也。旋緊下盤，鬆開上盤，照準 B 點。設指標讀數為  $75^\circ$ ，則此以磁北

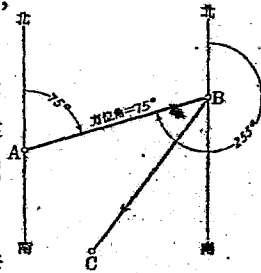


第 51 圖

用方位角測導線第一法

為後視,而向右旋轉之  $75^\circ$  角,即為  $AB$  線之方位角。勿動上盤,令指標仍指於  $75^\circ$ , 移儀器至  $B$ , 倒轉遠鏡,而後視於  $A$ 。既照準後,再將遠鏡倒轉,斯時遠鏡又為正置,且在  $AB$  延長線  $BK$  之方向內。 $AB$  之方位角既為  $75^\circ$ ,  $BK$  之方位角當然亦為  $75^\circ$ 。且因指標位置並未移動,故若將遠鏡指北,則指標讀數必為零度。若將遠鏡照準任何測站  $C$ , 則指標讀數必為  $BC$  之方位角。再移儀器於  $C$ , 以後各測線之方位角,皆可同樣測定之。

(2) 第一線  $AB$  (第 52 圖) 方位角之測定,與第一法無異。儀器移至  $B$  點時,遠鏡並不倒置,但須將指標移指於  $AB$  之後方位角上,即  $255^\circ$  ( $180^\circ + 75^\circ$ ) 處是也。如是既後視於  $A$  後,將指標旋轉至零度時,遠鏡必定指北。若照準任何一點  $C$  時,則指標之讀數,即為  $BC$  之方位角。



第 52 圖

用方位角測導線第二法

149. 用方向角施測導線法 此法施測手續上與方位角法無異,所不同者,易方位角而為方向角耳。因此之故,下盤度數須分作四象限,各自  $0^\circ$  至  $90^\circ$ 。(見第 33 圖)

150. 四種測法之比較 導線角度四種測法野外工作之繁簡,無甚差別。折角法因須倒轉遠鏡,若儀器校正稍欠

完善，即生差誤，且角度須添註『左』，『右』字樣，既多手續，復易致誤，實屬弊多而利少。方向角法須有羅盤式之刻度盤方能適用。總之以上二法尋常絕少用之者，通用之法，厥維方位角及夾角法二者。方位角法因能直接測得方位角，繪算之手續可以較省，最適用於視距測量，（見第十九章）而尤以其第二法不須倒轉遠鏡者為準確，夾角法為極自然之測法，無論何種導線皆適用之，而能用複轉法以得精密之結果，尤為特殊之優點，為他法所不及。

**151. 精密導線** 導線之須較高精確度者，其距離及角度須用精密之方法量之。

(1) 距離 照第24節方法用彈簧秤量之，而施以溫度改正。每一距離量度一次，或二次而取其平均數，視所需精確度而定。

(2) 角度 每一測站之左角及右角均用複轉法量之。最普通之量法，為用正遠鏡量左角複轉六次，乃倒轉遠鏡，以次一測站為後點，量右角亦複轉六次，共計十二次。第一次及第六次二指標順時針方向之讀數，均記入簿中。依理論言，照上法複轉十二次後，指標應回復至零度，而左右二角之和，應為 $360^\circ$ 。如其不然，則最後指標讀數與最初指標讀數（通常為零度但亦有為任何度數者）之差，即為所有之集積差。用同一儀器並在相似情形之下，苟觀測審慎，則從經驗上得知該集積差幾為一不變之常數。故左角及右角各以此集積差之半改正之後，由各種原因所生之差誤，幾可完全消除。（參閱156節導線記載簿第四式）

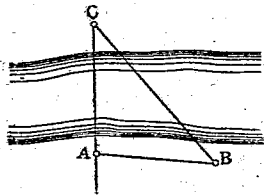
上述測角方法中須注意者，上盤及度盤均宜依時針

方向旋轉；角度亦悉順時針方向讀之；左角右角各複轉六次，共十二次，而遊尺（或分微尺）之指標僅須對準零度（或任何度數）一次；二遊尺（或分微尺）均須讀之，以消除度盤離心差誤。

上述左右角各複轉六次，共十二次，名曰一組 (Set)。每一角有僅量一組或量二組者，視距離如何量法而定。（見第 155 節第 2 表）

(3) 方向 起首第一線方向角，宜照第二十六章方法測定之。倘導線甚長者，以後每隔三十或數十公里，再觀測天體一次，以資校對，即採用新值，以推算以後各方向角。

152. 導線過河 導線進測時，倘遇河流橫阻，鋼尺不能跨越時，可在岸邊釘二樁 A, B, (第 53 圖) 在對岸釘一樁 C, 成一三角形。量 A B 之距離及三角形之三角，則 A C 之長，即可用三角法算出。



第 53 圖 導線過河

153. 讀磁方向角之必要 無論用何種方法施測導線，必須讀各測線之磁方向角，其用有二：(1) 與推算之方向角（見第 157 節）相比較，以驗測角或計算有無錯誤。(2) 與真方向角相比較，以便繪製磁針偏差圖。

154. 閉塞導線及閉塞差 導線之成一多邊形者，名曰閉塞導線。閉塞導線之起點，亦即其終點。理論上起點與終點之位置，經推算後，（見第 161 節）應相符合，但事實上因角及距離皆不能無差誤，故起點與終點之位置，常難符合。此差誤名曰閉塞差 (Error of closure)。導線之精確度，即

以閉塞差表之，閉塞差則常以分數表之。如  $\frac{1}{1000}$  者，表示導線每 1000 公尺，其閉塞差為一公尺； $\frac{1}{10000}$  者，表示導線每 10000 公尺，其閉塞差為一公尺也。

155. 導線距離與角度之精確度須相稱 導線之精確度，固視測量之目的而定，但其距離與角度之精確度，須各相稱。相稱之測法，雖難按學理精密規定，而大概亦有足述者。茲依據經驗及第一表，將約略相稱之測法，及其比塞差約數，列如第二表。

第 二 表

	距離量法	所用儀器	角度測法	所用儀器	閉 塞 差
1	視 距 法	視距離及視距尺	方 位 角 或 左 角 一 次	一分經緯儀	$\frac{1}{500}$ 至 $\frac{1}{1500}$
2	量 一 次	鋼 尺	左 角 一 次 或 二 次	一分經緯儀 或蔡司三號 經緯儀	$\frac{1}{3000}$ 至 $\frac{1}{5000}$
3	用一定拉力 施溫度改正 量一次	鋼尺彈簧秤 及寒暑表	複轉法量 一組	十或二十秒 經緯儀或蔡 司三號經緯 儀	$\frac{1}{5000}$ 至 $\frac{1}{10000}$
4	用一定拉力 施溫度改正 量二次	鋼尺彈簧秤 及寒暑表	複轉法量 二組	十秒經緯儀 或蔡司三號 經緯儀	$\frac{1}{10000}$ 以上

導線之精確度，關係甚為複雜，凡地勢天氣及測量人員之經驗等，均極有影響，上表所列者，不過略示梗概而已。

156. 導線記載簿 導線記載簿以簡單而易於明瞭爲尙,其中必須載明者有下列各項:(1)距離;(2)角度;(3)角之頂點;(4)前點及後點;(5)地點;(6)觀測日期;(7)觀測及記載者姓名;(8)儀器號數;(9)天氣。茲將通用各種格式列舉如下。

導線記載簿——第一式

(用左角施測)

.....省.....縣		經緯儀第.....號				
民國.....年.....月.....日		鋼尺第.....號				
天氣.....		觀測者.....				
測 站	距 離	左 角		方 向 角		備 註
		指 標 A	指 標 B	推 算	磁 針	
0+000.00						
	764.25				N39°25' E	
0+764.25		164°26'	344°26'			
	760.84			N23°51' E	N25°45' E	
1+525.09		179°41'	359°40'			

導線記載簿——第二式

(用方位角施測)

.....省.....縣		經緯儀第.....號		
民國.....年.....月.....日		鋼尺第.....號		
天氣.....		觀測者.....		
測 站	距 離	方 位 角	磁 方 向 角	備 註
0+000.00				
	1475.89	34°25'	N34°25' E	
1+475.89				
	533.92	167°17'	S 12°50' E	
2+009.81				

導線記載簿——第三式

(用折角施測)

.....省.....縣		經緯儀第.....號				
民國.....年.....月.....日		鋼尺第.....號				
天氣.....		觀測者.....				
測站	距離	折角		方向角		備註
		左	右	推算	磁針	
0+000.00						
	1249.72				N32°40' W	
1+249.72		16°25'				
	610.16			N49°05' W	N48°55' W	
1+859.88			28°47'			

導線記載簿——第四式

(用複轉法施測)

.....省.....縣		經緯儀第.....號					
民國.....年.....月.....日		觀測者.....					
天氣.....		記載者.....					
儀器在 9+745.682							
遠鏡	複轉數	指標 A	B	平均	複轉角度	平均角度	遠鏡照準
正	0	0° 00' 00"	00"	00"			7+450.618
	1	123 28 10	20	15			12+759.094
	6	20 49 40	40	40	123°28' 16.7"		”
倒	0	20 49 40	40	40			”
	6	0 00 10	10	10	123°28' 15.0"	123°28' 15.8"	7+450.618

第一式為記載簿之左頁,其右頁通常皆劃成小方格,以備勾繪草圖。距離與方向角記於兩測站之間,左角與測

站同行。如  $164^{\circ}26'$  爲  $0+764.25$  處之左角，其後點爲  $0+000.00$ ，而前點爲  $1+525.09$ 。式中又須兼載磁方向角以資校對。

第二式適用於用方位角施測者。若用方向角施測，表式與此相類似，僅須將第三行之『位』字，易爲『向』字即可。

第三式適用於折角測法，與第一式相似，不過易左角爲折角而已。

第四式適用於複轉法測線之距離，可另用一記載簿記之。此第四式中正遠鏡所測之六次爲左角，倒遠鏡所測之六次爲右角，共十二次，適爲一組。

導線距離記載簿可列『測站』，『距離』，『溫度』，『溫度改正數』，『改正距離』五行。若量度二次者，可添『平均距離』一行，而於右頁附繪草圖。他如鋼尺號數，前後測手及記載者之姓名，及所用拉力等項，則記於表之上端。



## 第十六章 導線之計算

157. 方向角算法 計算各測線之方向角,爲計算導線之初步手續。欲計算方向角,可先將其方位角算出,然後依照第 141 節之定義,將其變成方向角,甚爲易易。

$$Z = Z_1 + L \dots\dots\dots [12]$$

上式中  $Z$  爲所求之本線方位角,  $Z_1$  爲前線之後方位

測站	左角	方向角	
A			60°.....A B 之方位角 180°
			240°.....A B 之後方位角 ( $Z_1$ ) 140°.....L
		N60°E	380° 360°
B	140°		20°.....B C 之方位角即 N20°E 180°
		N20°E	200°..... $Z_1$ 50°.....L
C	50°		250°.....C D 之方位角即 S70°W 180°
		S70°W	430°..... $Z_1$ 330°.....L
D	330°		760° 720°
		N40°E	40°.....D E 之方位角即 N40°E 180°
E	300°		220°..... $Z_1$ 300°.....L
		S20°E	520° 360°
F	50°		160°.....E F 之方位角即 S20°E 180°
		N30°E	340°..... $Z_1$ 50°.....L
G			390° 360°
			30°.....F G 之方位角即 N30°E

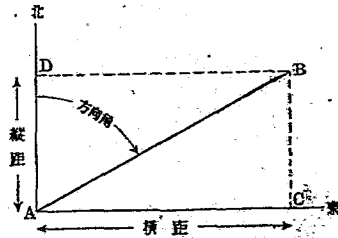
註 第 [12] 式之幾何的關係,甚爲簡單,讀者可作圖以證明之。

角，即前線之方位角加  $180^\circ$  是也， $L$  爲左角。上式中  $\Sigma L$  之值如超過  $360^\circ$  者，須減去  $360^\circ$ 。茲舉計算之例如上。

上述算法，須先求出方位角，似覺多費手續，但不須顧及各角之正負號，可省腦力不少。且實地工作時， $180^\circ$  及  $360^\circ$  之加減，均可心算，不必如本例之陳列許多數字也。故本節算法，實較一般普通算法爲便。\*

158. 縱距及橫距 每一測線必有一縱距 (Latitude) 及一橫距 (Departure)。設在一測線之一端作一南北線及一東西線，則該測線他端至東西線之垂直距離名曰縱距，至南北線之垂直距離名曰橫距。

如第54圖， $AD$  爲  $AB$  之縱距， $AC$  爲  $AB$  之橫距。



第54圖 縱橫距

159. 縱橫距之算法 計算導線之第二步，爲計算各測線之縱橫距。如第54圖， $BAD$  爲  $AB$  之方向角，則按三角學之理得，

$$\left. \begin{aligned} \text{測線之縱距} &= \text{測線長} \times \cos \text{方向角} \\ \text{測線之橫距} &= \text{測線長} \times \sin \text{方向角} \end{aligned} \right\} \dots\dots [13]$$

160. 縱橫距之正負號 縱橫距之正負號，視方向角之字母而定。凡方向角爲北者，其縱距爲正，爲南者，縱距爲負；方向角爲東者，橫距爲正，爲西者，橫距爲負。故方向角之第一字母定縱距之符號，第二字母則定橫距之符號也。

161. 導線之計算 計算導線之目的，在確知各測站相

\* 普通算法無公式，係直接算出方位角，頗費腦力，其法任何測量書中均載之。

關之位置,以便將其繪於圖上,或計算其閉塞差,(見第164節)或計算其所包含之面積。(見第357節)各測線之縱距及橫距既經算出之後,由各測線縱距之代數和,可知任何一測站在其他任何一測站之南或北若干距離;由各測線橫距之代數和,可知任何一測站在其他任何一測站之東或西若干距離。

各測線縱距之代數和名曰測站之縱坐標,橫距之代數和名曰測站之橫坐標。

由此可知欲計算各測站相關之位置,有三大步驟:(1)用公式[12],由第一測線之方向角及其次各測線間之左角推算各測線之方向角,(2)用公式[13],由各測線之方向角及其長度計算各測線之縱距及橫距,(3)計算縱橫坐標。

以上三步手續,通常皆列表用對數計算,茲舉例如下。

下列導線計算表中前三行為導線之記載,係從記載簿中抄錄者,第六行為計算縱橫距之對數,其中L為縱距,P為橫距,D為測線之長,此表可與第62圖相對照,茲將計算時應注意各點述之如下。

(1)方向角之前後字母須特別注意。

(2)各對數之首數,及由對數表查出之縱橫距小數點之位置,均須特別注意。

(3)查對數表時,宜按數值之大小,順次查之,以免亂翻頁次,多耗時間。

(4)起點之縱橫坐標,可任意假定,但普通皆假定為零。若閉塞後始行計算者,可假定最西一測站之橫距為零,一測站之縱距為零,如是各測站之縱橫坐標皆為正免正負混淆之弊。

導 線 計 算 表

測 站	測 距 長	起 角	方 位 角	方 向 角	對 數	經 距	緯 距	橫 坐 標
0+000.00	325.41		64°35'	N64°35' E	Log. L = 2.14609 Log. cos = 0.63295 Log. D = 2.51243 Log. sin = 0.95578 Log. P = 2.40822	+283.91 (+189.74)	+130.66 (+0.08)	+283.91 (+283.91)
0+845.63	518.12	91°03'	32°-07'	N32°37' E	Log. cos = 0.92546 Log. D = 2.71443 Log. sin = 0.73160 Log. P = 2.44603	+279.27 (+0.13)	+438.41 (+0.13)	+673.18 (+672.97)
1+254.06	411.13	158°30'	303°40'	N63°20' W	Log. L = 2.35777 Log. cos = 0.75379 Log. D = 2.91398 Log. sin = 0.99227 Log. P = 2.55255	-342.18 (-0.11)	+227.91 (+0.11)	+231.00 (+230.89)
3+609.37	354.71	102°12'	280°10'	N79°50' W	Log. L = 1.79695 Log. cos = 0.21677 Log. D = 2.64857 Log. sin = 0.95935 Log. P = 2.65830	-249.14 (-0.09)	+62.61 (+0.09)	+860.59 (+867.00)
2+374.40	765.03	161°35'	202°22'	S 22°22' W	Log. L = 2.94971 Log. cos = 0.99008 Log. D = 2.88308 Log. sin = 0.58439 Log. P = 2.40407	-291.12 (-0.20)	-707.48 (+0.20)	+159.11 (+169.72)
2+300.61	625.11	72°33'	183°57'	S 3°07' W	Log. L = 2.70483 Log. cos = 0.99897 Log. D = 2.70509 Log. sin = 0.83813 Log. P = 1.63403	-43.06 (-0.16)	-623.63 (+0.16)	-464.52 (-463.75)
2+527.40	638.09	91°40'	76°30'	N76°30' E	Log. L = 2.09504 Log. cos = 0.36619 Log. D = 3.73065 Log. sin = 0.98783 Log. P = 2.71868	+623.21 (-0.14)	+125.61 (+0.14)	-388.91 (-388.00)
3+823.67 = 0+000.00	345.07		348°10'	N11°41' W	Log. cos = 0.98001 Log. D = 2.53790 Log. sin = 0.30643 Log. P = 1.84633	-60.88 (-0.00)	+337.32 (+0.00)	-0.99 (+0.01)

162. 折線表 前節所述為用對數詳細計算縱橫距之法;若導線不甚精密者,可用折線表 (Traverse table) 以查出各測線之縱橫距,時間可大為減省。折線表者,僅為正弦及餘弦之真數表,其角度自零度至九十度,各度數之正弦及餘弦,均以 1, 2, 3……10 乘之,而詳細者可自 1 至 100。簡單之折線表,僅每 15' 列一值,實不敷用;詳細者每分皆列有相當之值,頗為有用。一測線之長度有若干位數字者,若欲查得其縱橫距,可先查得各位數字之縱橫距,確定其小數點之位置後,將各數字之縱距相加,而得該測線之縱距,將各數字之橫距相加,而得該測線之橫距。

[例] 下表為錄自折線表之一部分,縱僅自 1 至 5,其 6 至 9,通常在對頁,茲不具錄。

度	1		2		3		4		5	
	縱距	橫距	縱距	橫距	縱距	橫距	縱距	橫距	縱距	橫距
30°	0.866	0.500	1.732	1.000	2.598	1.500	3.464	2.000	4.330	2.500

設有一測線,其方向角為 N30° E,其長為 4 公尺,則其縱距為 3.464 公尺,橫距為 2.000 公尺。若此測線為 40 公尺,則其縱橫距應為 34.64 公尺,及 20.00 公尺。若其長為 400 公尺,則縱橫距應為 346.4 及 200.0 公尺矣。

更設有 A B 及 C D 二測線,其長度及方向角如下:

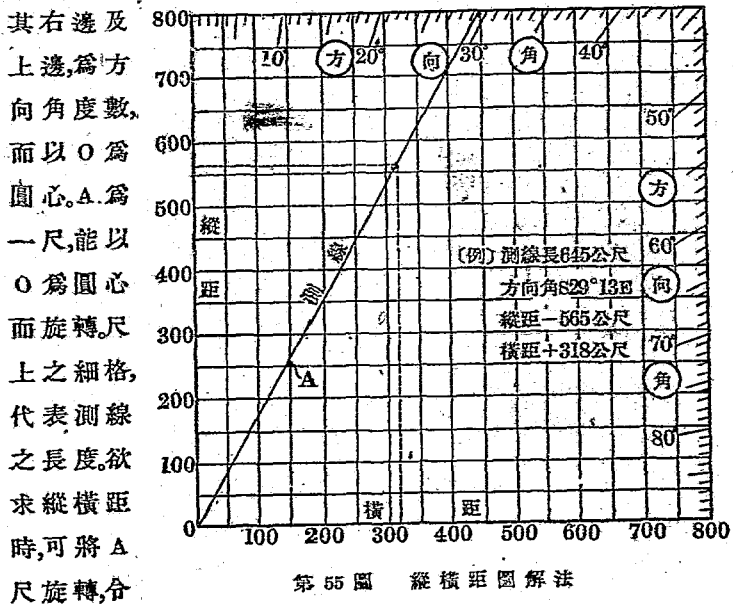
A. B 長度 = 542.3 公尺, 方向角 = N30° W

433.00		250.00
34.64		20.00
1.73		1.00
0.26		0.15
縱距 = +469.63 公尺		橫距 = -271.15 公尺

C D 長度 = 503.1 公尺, 方向角 =  $S 30^{\circ} W$

433.00	250.00
00.00	00.00
2.60	1.50
0.09	.05
-----	-----
縱距 = -435.69	橫距 = -251.55

163. 縱橫距圖解法 縱橫距更可以圖解法求之,如第 55 圖縱橫距可用適當之縮尺,畫於方格紙之左邊及下邊。



其刻畫之邊,切於方向角度數上。由尺上代表測線長度之一點至下邊之垂直距離,是為縱距,至左邊之垂直距離,是為橫距。例已見於圖上,茲不復詳。此法雖不如計算精密,而頗為便利,市上有用賽璐珞製者出售,攜往野外,尤為適用。

164. 閉塞差之計算 凡閉塞導線之縱距之代數和應為零，橫距之代數和亦應為零。若不為零，即有差誤，此差誤名曰閉塞差(Error of closure)。今以縱距及橫距之代數和為直角三角形之兩邊，則閉塞差為其弦，故依幾何學理，得一公式如下：

$$\text{閉塞差} = \sqrt{(\text{縱距代數和})^2 + (\text{橫距代數和})^2} \dots\dots [14]$$

[例] 第 161 節計算表所載導線之閉塞差，可用上式計算之如下：

$$\text{閉塞差} = \sqrt{0.99^2 + 1.01^2} = 1.41 \text{ 公尺}$$

因導線之總長為 3,882.67 公尺，閉塞差若以分數表

之，則為  $\frac{1.41}{3,882.67}$ ，或約為  $\frac{1}{2750}$ 。

165. 閉塞差之分配 導線之閉塞差甚小者繪在圖上不覺顯著，可無須將其分配於各測線。若閉塞差較大者，必須先行分配之，然後繪圖。分配之目的，在令正號縱距之和等於負號縱距之和，正號橫距之和等於負號橫距之和。其結果，閉塞差為零。

令  $E_1$  = 縱距之總差誤       $e_1$  = 縱距之改正數  
 $E_2$  = 橫距之總差誤       $e_2$  = 橫距之改正數  
 $P$  = 導線之總長           $S$  = 縱距或橫距之長

$$\text{則 } \left. \begin{array}{l} \frac{E_1}{P} = \frac{e_1}{S} \\ \frac{E_2}{P} = \frac{e_2}{S} \end{array} \right\} \text{或 } \left. \begin{array}{l} e_1 = \frac{E_1}{P} \times S \\ e_2 = \frac{E_2}{P} \times S \end{array} \right\} \dots\dots [15]$$

[例] 第 161 節導線計算表中之縱距總差 = -0.99，橫距總差 = +1.01，今將其分配於各縱橫距如下。

$$\frac{E_1}{P} = \frac{0.99}{3,882.67} = \frac{1}{3900}$$

$$\frac{E_2}{P} = \frac{1.01}{3,882.67} = \frac{1}{3900}$$

第一線	$325 \times \frac{1}{3900} = 0.08$	$325 \times \frac{1}{3900} = 0.08$
第二線	$518 \times \frac{1}{3900} = 0.13$	$518 \times \frac{1}{3900} = 0.13$
第三線	$411 \times \frac{1}{3900} = 0.11$	$411 \times \frac{1}{3900} = 0.11$
第四線	$355 \times \frac{1}{3900} = 0.09$	$355 \times \frac{1}{3900} = 0.09$
第五線	$765 \times \frac{1}{3900} = 0.20$	$765 \times \frac{1}{3900} = 0.20$
第六線	$625 \times \frac{1}{3900} = 0.16$	$625 \times \frac{1}{3900} = 0.16$
第七線	$538 \times \frac{1}{3900} = 0.14$	$538 \times \frac{1}{3900} = 0.14$
第八線	$345 \times \frac{1}{3900} = \frac{0.09}{1.00}$	$345 \times \frac{1}{3900} = \frac{0.09}{1.00}$

本例因縱距總差與橫距總差適幾相等，故縱距與橫距之改正數亦相等。第 161 節計算表中最後二行括弧內之數，即為已加改正之縱橫坐標。其結果非恰為零者，乃計算上微細之差誤耳。

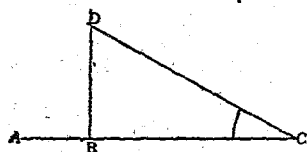


## 第十七章 導線之繪法

166. 畫角法之類別 畫角通用之法，計有三種：(1) 用分角器；(2) 正切法 (Tangent method)；(3) 弦線法 (Chord method)。

167. 用分角器畫角 使用分角器之法，甚為簡易，為一般所習知，故無須詳述。惟普通分角器，僅分刻至半度，頗不準確，銅製分角器之附有遊尺者較佳。

168. 正切法畫角 如第56圖，AC為角之一邊，C為角頂。從C量一適宜之距離BC，(以10或20公分為宜)從

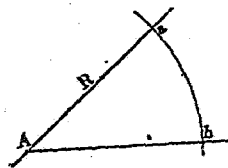


第56圖 正切法畫角

B作一直線，垂直於AC。從真數表查出所欲作之角之正切，而以BC乘之，量BD使等於所乘得之積。聯CD，則ACD即為所欲

作之角。倘大於 $45^\circ$ 者，其正切太大，可作其補角( $90^\circ$ —本角)；倘所欲作之角大於 $90^\circ$ 或 $180^\circ$ 者，可減去 $90^\circ$ 或 $180^\circ$ ，而作其剩餘之角度。

169. 弦線法畫角 如第57圖，在定直線上，量任何適宜距離As，(以20或30公分為宜，更短則難準確)以A為圓心，作ab弧。從弦表查出aAb角之弦長ab，用尺量得b點，聯Ab，即得所欲作之角。



若弦表不可得，可用真數正切表

第57圖 弦線法畫角

及下式以求得弦長  $a$  及  $b$ 。

$$ab = 2 \times R \times \sin \frac{A}{2}$$

若畫角甚多者，可先將各弦長悉行算出，列成一表，以便應用。

170. 導線畫法之類別 相當於施測導線之四種導線繪法如下：

- (1) 用左角            (2) 用折角  
(3) 用方向角        (4) 用方位角

除此四法之外，尚有一法，即 (5) 坐標法。

前四種方法雖皆可用，且每種皆可用分角器或正切法或弦線法畫角，而用尺量定其距離，但用左角及折角畫導線者，皆以前一測線為後視，一角有差誤，悉影響及於其後各測線之方向，而生集積差，愈往後，差誤愈大，故實際上絕不可用。用方向角畫導線者，可免此弊。用方位角之畫法，與方向角相同，不須另述。用坐標法畫導線，不須畫角，最為準確。故實際上常用者，厥維方向角及坐標法二種。茲詳述此二種繪法於後。

171. 用方向角畫導線 無論用何種方法畫角，均須先將導線畫成一縮小之圖樣，以便在圖紙上定第一測線之適宜位置，此縮小之圖樣無須準確，縮尺亦僅須十萬分一或五萬分一，可用分角器畫其左角。

(甲) 用分角器畫角 第一測線在圖紙上之位置既參照縮小圖樣而選定之後，經過起點作一子午線，用分角器作第一測線之方向角，用尺按所規定之比例量定測線

之長，而得第二測站。經過第二測站，再作一子午線，如法得第三測站。嗣後經過每測站，均須作一子午線。

諸子午線雖相平行，而不宜推平行線，宜從同一基線作諸垂直線，以免集積差。諸垂直線可用圓規或三角板或丁字規（見第三十八章）作之。

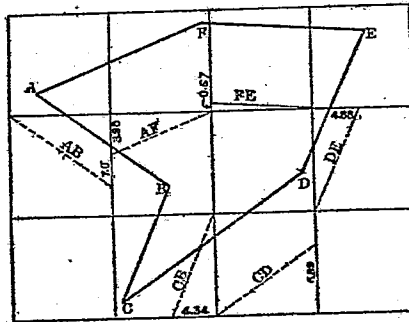
(乙) 正切法畫角 先將圖紙分成多數正方形，其邊長以十公分為宜。正方形之縱邊，作為子午線。因子午線與圖邊相平行，或否，須視導線形狀及圖紙大小而定，故正方形在圖上可正亦可斜。在正方形之一邊上，量一線段，等於方向角正切之十倍，即可定一測線之方向於圖上，再推平行線以達該測線之適當位置。茲舉例以明之如下。

[例] 第58圖為用方向角正切法畫成之導線，圖中虛線為各測線之平行線，表中第四行為測線之方向角或其補角。讀者對照圖表，即能明瞭其繪法。

測線	測線長	方向角	所作之角	正切
AB	404	S 55° 0' E	E 35° 0' S	.7002
BC	312	S 23° 30' W	S 23° 30' W	.4348
CD	550	N 55° 26' E	E 34° 34' N	.6890
DE	386	N 26° 02' E	N 26° 02' E	.4884
EF	407.8	N 86° 10' W	W 3° 50' N	.0670
FA	454.2	S 68° 16' W	W 21° 44' S	.3986

上述各步手續中，以畫方格為最難，所畫導線之準確與法，悉本於此，故方格之畫法，亦有足述者。

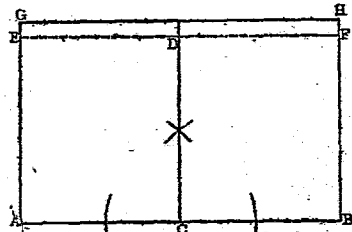
繪圖儀器中有鋼製之直線尺者，專為畫



第58圖 用方向角正切法畫導線

直線之用，其緣比他種直線尺為直，然亦須加以試驗，（試驗之法見第 487 節）方能應用。除此之外，尚須用精密之公尺一枝，大圓規一件，5 H 鉛筆一枝，針一枚，（末端可黏以火漆）以備穿細孔之用。茲將畫法述之如下。

如第 59 圖，於近圖之下邊作一基線  $AB$ ，在  $AB$  線之近中央處，用圓規作一中線，與  $AB$  成直角。在中線上量一點  $D$ ，使  $CD$  約略等於圖框之縱邊。經  $D$  作一輔助線，與  $CD$  成直角；在此輔助線上，量  $ED$  及  $DF$ ，各等於圖框橫邊之半。同樣在  $AB$  上量  $AC$  及  $CB$ ，亦各等於圖框橫邊之半。聯  $AE$  及  $BF$ 。量



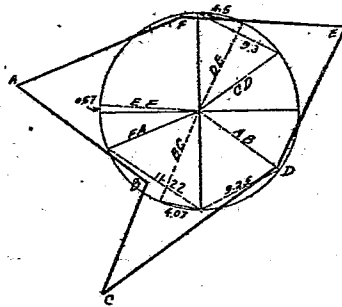
第 59 圖 方格畫法

$AG$  及  $BH$ ，各等於圖框之縱邊。聯  $GH$  而擦去  $EF$ ；於是長方形  $GHBA$  為圖之外框。外框既成，其中之方格，即易畫矣。對角線  $AH$  及  $GB$ ，理應相等，可作為校對之一助，並宜用 3-4-5 法，（即勾三股四弦五）以校對各角是否確為直角。

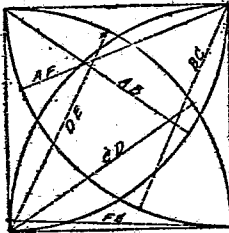
（丙）弦線法畫角 (1) 在圖之中央用桿狀圓規（見第 495 節）作一大圓，其半徑視圖之大小而定，普通以 20 公分為宜。(2) 經過圓心作一南北線及一東西線，此二線須互成直角。(3) 四弦線應各相等，其長為 35.35 公分，可資校對。(4) 預備一表，以便據以繪圖。(5) 在相當之象限內，用方向角之弦線長，畫各測線之方向。(6) 推平行線，使各測線達於適當之位置。茲更舉例說明之如下。

測線	測線長	方向角	所作之角	折半	正弦	弦長
AB	404	S 55° 0' E	S 55° 0' E	27° 30'	.4617	9.23
BC	312	S 23° 30' W	S 23° 30' W	11° 45'	.2036	4.07
CD	550	N 55° 26' E	N 55° 26' E	27° 43'	.4651	9.30
DE	386	N 26° 02' E	N 26° 02' E	13° 01'	.2252	4.50
EF	407.8	N 86° 10' W	W 3° 50' N	1° 55'	.0334	0.67
FA	454.2	S 68° 16' W	S 68° 16' W	34° 08'	.5611	11.22

[例] 第60圖爲用方向角弦線法就20公分半徑之圓畫成之導線,圖中虛線半徑爲各測線之平行線,所列之表係從正弦真數表算出之弦線長,讀者對照圖表,即能明瞭其畫法。



別法 設20公分半徑 第60圖 用方向角弦線法畫導線之圓超出圖紙範圍而又不喜用較小半徑之圓者,可作一20公分之正方形,以其邊長爲半徑,四角爲圓心,作四弧,如第61圖,以代表四象限,而就該四弧作各方向角之弦。照前法推平行線以達各測線之適當位置。



第61圖 用方向角弦線法畫導線別法

172. 用坐標畫導線法 此法係任意選擇一測站爲原點,其坐標爲零,其他任何一測站之縱坐標,爲該測站與原點間各測線之縱距之代數和,其橫坐標爲該測站與原點間各測線之橫距之代數和,各測站在圖上之位置,可用各該測站之縱橫坐

標定之，故不須畫角。

坐標在原點之北及東者爲正號，在南及西者爲負號。若以極西一測站之橫坐標爲零，則所有各測站之橫坐標可皆爲正號；若以極南一測站之縱坐標爲零，則其餘各測站之縱坐標可皆爲正號。何站爲極西，固了然於測量者之胸中，但倘由他人繪圖而不相接洽，繪圖者亦可設法以求得極西之一測站。其法有二：(1)用分角器作一縮小圖樣，一目即可了然。(2)審察各測線之方向角，設有前後二測線，其方向角由西轉變爲東時，該二測線間之一測站，必爲極西。但在同一導線中，若屢遇此種情形者，不如繪一縮小圖樣爲便。求極南一測站之法與此相似，可以類推。

茲將用坐標畫導線之各項步驟詳述如下：

(1)列表計算各測站之縱橫坐標，如第 161 節之計算表。

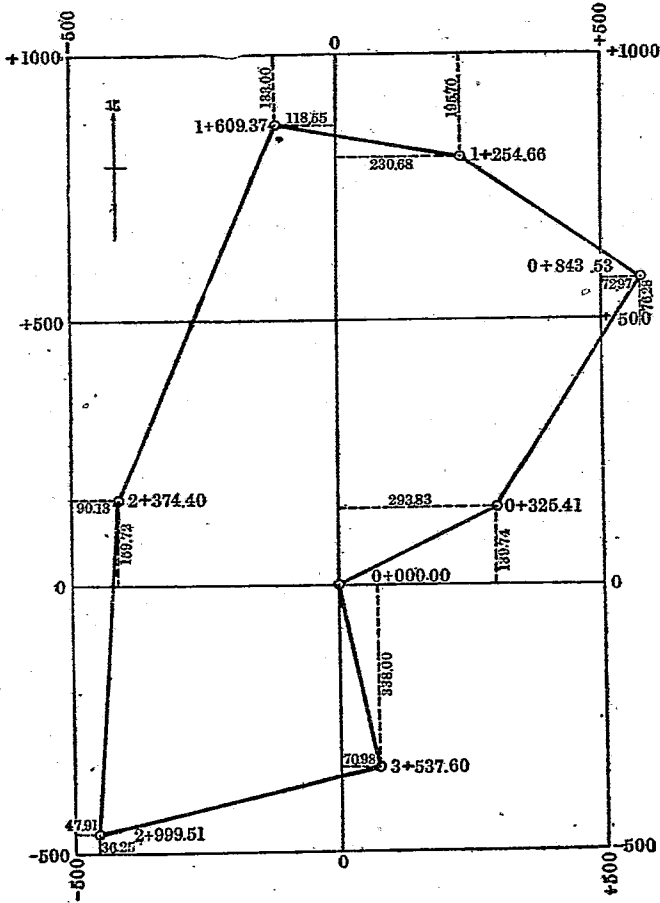
(2)定圖框之大小 最大正號縱坐標與最大負號縱坐標之數學和，爲圖框之縱邊；最大正號橫坐標與最大負號橫坐標之數學和，爲圖框之橫邊。

(3)既知圖框之大小，可略放大之，以湊成整數，然後用所規定之縮尺，依第 171 節之法，作一長方形。將其分成若干正方形，其邊長本無一定，普通以十公分爲宜。在圖框四週，註明坐標之數，如第 62 圖。

(4)在最近之正方形邊上，量得測站之縱橫坐標，推二平行線，其交點即爲測站之位置。然後聯各測站爲直線，即成導線。各測站之樁號及整公里樁之位置，均須於線上標明之。

(5)校對 用尺量各測站間之距離,察其是否與測量所得者相等。更用分角器校對各夾角,以察有無鉅大差誤。

[例] 第62圖爲由第161節之計算表所繪成之導線,



第 62 圖 用 坐 標 繪 導 線

讀者可將圖與表對照之。

173. 導線各種畫法之比較 用夾角或折角畫導線最不準確，既如前述，而方向角與方位角法，實際又無所差別，今僅就方向角法及坐標法二者比較之。

方向角用分角器畫者，固難期準確，若用正切法或弦線法者，即可得到相當之精確度。維導線之閉塞者，若在圖上發生閉塞差時，將無從判別其由繪圖所生，抑由測量所生，且無法將此閉塞差分配於各測線之間以消除之。用坐標法則不然，可先算出其閉塞差，以確知其精確度，將其分配後，再行繪圖。雖手續較繁，而最為準確。且一測站位置雖有畫錯，與其他各測站無關，絕對可免集積差。

視距導線之須在野外隨測隨繪者，（見第 200 節）宜用分角器畫方向角，或用縱橫距圖解法，以期迅速。導線之用鋼尺施測而不閉塞者，（如公路或鐵路測量）可用正切或弦線法以繪方向角。導線之用鋼尺施測而且閉塞者，宜用坐標法畫之。

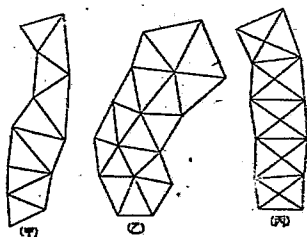


## 第十八章 小三角測量

174. 三角測量之基本原理 在任何三角形中,有一邊及二角爲已知,則其餘各邊及角可用正弦定律計算而得。此爲三角測量之基本原理,故實施時第一步爲先量三角形之一邊,名曰基線 (Base line), 繼乃量三內角,以算出其他二邊。此計算而得之二邊,又可作爲其餘三角形之基線,如此可推廣至於相當之範圍。

175. 三角測量之分類 三角測量有一等二等三等之分。一等三角必認地面爲球面,測法及計算,非常精密,應於大地測量學中討論之,非本書範圍所及。本章所述者,爲三等三角測量,亦名小三角測量,其計算係假定地面爲平面者。小三角測量之精確度,可相當於第 151 節所述之精密導線,皆用以直接控制地形測量者。其角之量法,與精密導線相同,惟基線之量法,視精密導線之距離尤爲審慎。

176. 三角點及三角網 三角形之角頂,名曰三角點 (Triangulation station), 連綴多數三角形而成三角網 (Triangulation net)。三角網之形狀不一,有作單行三角形者,如第 63 圖之(甲);有作六邊形者,如(乙);有作四



第 63 圖 三角網

邊形者，如(丙)。其中以(甲)最爲簡單省事，(丙)最爲準確。本章所述，既爲小三角測量，倘無特別情形，用單行三角形足矣。

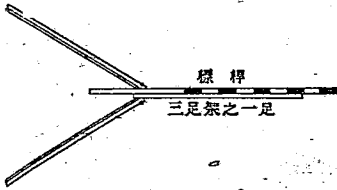
**177. 三角點之選擇** 選擇三角點時，應注意下列各項：(1)三角形以三內角約略相等者爲佳；實地上即使有所窒礙，亦應避免小於三十度之角，其理由見第 184 節。(2)三角形之三點，須均能互相望見。(3)便於施測地形，例如便於測繪最多數之地形點，及便於導線之出線及閉塞。(4)地質堅實，便於安置儀器。(5)視線之長，能適合於遠鏡之擴大力。

大概言之，三角點之選於山頂上者，最爲適宜；若在地且多樹林之處，選點最感困難；若在城市中，每將三角點選於高屋之頂，以利遠望。

**178. 標誌及標架** 三角點通常用石柱或混凝土柱，埋入土中，以爲標誌。柱之形狀及大小，與水準標點相同。柱頂可刻一十字或嵌一小釘，以誌三角點之正確位置。

標架爲立於標誌上之三足架，架首高植一標桿，以利遠望。標架之長度，視視線之長短及障礙物之高低而異，普通自四至六公尺爲度，以一公尺見方或圓形之木爲之。三足架木料之粗細，略與標桿相同，宜用綁木六條連繫之，三條用以連結標桿下端與三足架，其他三條，用以增加三足架之強度。標桿與三足架上端之間，係用大螺釘連繫之。標桿下端，離地約二公尺許，以便置放儀器。標桿並須與三角點在同一垂直線之內，藉垂球或用經緯儀使之垂直。

設立標架之法，係將三足架及標桿平置地上，在架首以大螺釘貫穿四木，如第 64 圖。其兩足之下端，約略卽爲其



第64圖 標架未舉前

最後之位置；然後將架首舉起，兩足不動，而移動第三足，以達適當之位置。斯時標桿之巔，尙未離地，可將標桿下端之繩向下拉之，則標桿繞螺釘而旋轉，上端即行升高。

至將近垂直時，以綁木一根，釘於標桿下端及一足上。俟標桿垂直且對準三角點後，再釘其他二綁木，然後用垂球驗之。最後之更正，可將一足截短少許，或挖去少許之土，使該足再入土少許。

標架須設法使之固着於地，以免爲大風移動或竟吹倒，山巔風狂，尤不可忽。三足架在巖石上者，可用大螺釘鑽入石中，以維繫之。在泥土上者，入土宜深，在三足周圍，可堆置石塊以固護之。

標架設妥之後，應作說明，並繪草圖以明示其位置。

179. 基線之量法 (1) 擇一平坦空曠之地，於基線之兩端，各埋一石樁或混凝土樁，其距離視所選定之三角點位置而定。在小三角測量，基線之長，有一公里即足。(2) 在一直線內，每隔五十公尺釘一大木樁，高出地面約七或八公分，以便在樁頂上量度距離。兩大木樁之間，更加釘一或二小樁，以支承鋼尺，免其中部下宕。(3) 用水準儀測定各樁頂之高度，截去樁頭，使各樁頂高度相等，或成一均勻之傾斜度，迨量畢後再將其化爲水平距離。(4) 用曾經比較之鋼尺或鍍鋼尺，按規定之拉力，在樁頂上量之，以鉛筆作線，誌其起迄，以代測釘。將寒暑表繫於鋼尺之上，讀其每次始量及量

畢時之溫度而平均之，以計算溫度改正數。量度小三角之基線，雖與精密導線之量法大致相同，但須更加審慎。倘二次量度之差數，不超過  $20^{\text{mm}}\sqrt{K}$ （ $K$  為基線長之公里數）者，可取其平均數用之；若超過之，必須重量，至不逾限度為止。換言之，即小三角基線之最低精確度為  $\frac{1}{10000}$  也。

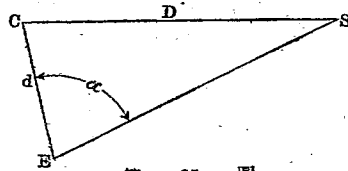
180. 量角 小三角之角，可用尋常十秒或二十秒經緯儀量之，或用有機紐之蔡司經緯儀如第30圖所示者，尤為便利。三角形之三內角，均須用複轉法量之。其法與精密導線完全相同，維至少宜量二組，至多亦僅須四組，其記載簿格式亦同。

181. 角之改正 在理論上，三角形三內角之和，應為一百八十度，而實測之結果，常有數秒之差誤，故必須改正之。改正之法，在大三角測量，須用最小二乘方法，但小三角測量不必引用如此繁密之計算，僅須將差誤平均分配於三內角中，以得改正角度。

182. 歸心計算 有時儀器不能置於三角點之上，而僅能置於其旁。（例如三角點為塔尖或高屋尖頂）此附近安置儀器之點，名曰離心點（Eccentric station）。設離心點之角，依同樣精確度測定後，正點至離心點之距離及方向亦經測定，而離心點至所照準之三角點之距離近似值亦為已知，則正點處之角，即可精密計算之，此名曰歸心計算。遠之精確值雖不可知，但不難求得其近似值；用近似值以從事歸心計算，其精確度已無不足之虞。

從事歸心計算時，改正各邊之方向，較直接改正各角為便利，換言之，即先將各三角點之方向按離心之影響改

正之後,然後依據其改正方向,以算出各三角點間之改正角度。如第65圖, C 爲不能達到之三角點, E 爲離心點, S 爲所觀測三角點之一。先



第 65 圖

以 EC 之方向爲  $0^\circ$ , 計算所觀測各三角點之方向。此後從 C 向右旋轉, 測得次一三角點之角度 ( $\alpha$ ), 此即爲該三角點之方向。其餘各三角點之方向, 可依次遞加各三角點間之角度而得。於是 CE 與每一三角點各成一三角形 CES。在此三角形中,

$$\frac{\sin S}{\sin E} = \frac{CE}{CS}, \text{ 或 } S'' = \frac{d \sin \alpha}{D \sin 1''} (\text{極近似}) \dots [16]$$

上式中, S 角以秒數計, \* D 爲三角點間之距離, d 爲離心距離, 可以鋼尺設法量得之。S 角爲各三角點所測方向與真方向之差, 用以與 ES 之方向相加或相減, 以得各邊之真方向。各邊之真方向之差, 即爲 C 處之真角度。

歸心計算示例

$$d = 1.342 \text{ 公尺}, \log d = 0.12775$$

$$\text{colog } \sin 1'' = 5.31443$$

$$\text{常數之對數} = 5.44218$$

所量之角: 中心至 A =  $42^\circ 14' 20''$ ; A 至 C =  $62^\circ 33' 10.1''$ ; B 至 C =  $58^\circ 45' 31.0''$ ; C 至 D =  $56^\circ 22' 36.1''$ ; D 至 E =  $43^\circ 59' 57.4''$ 。

\* 化一角之正弦真數爲秒數, 本應以  $1''$  之弧值 ( $= 0.00004848$ ) 除之, 但因該弧值前十六位數字與  $\sin 1''$  之值相同, 故爲便利計, 普通即以  $\sin 1''$  除之。

各三角點對於中心之方向既經推算之後，即可用公式 [16] 列表計算 S 之值如下：

三角點	A	B	C	D	E
方向 ( $\alpha$ )	42°14'20"	46°01'59.1"	104°47'30.1"	161°10'06.2"	205°10'03.6"
log sin	9.8275	9.8572	9.9853	9.5090	0.6286
colog D	6.1052	6.1025	6.0640	6.2672	6.0909
常數之 log	5.4422	5.4422	5.4422	5.4422	5.4422
log S	1.3749	1.4019	1.4915	1.2184	1.1617
S"	+23.7"	+25.2"	+31.0"	+16.5"	-14.5"
改正方向	42°14'43.7"	46°02'24.3"	104°48'01.1"	161°10'22.7"	205°09'49.1"

於是改正角度爲：A 至 C = 62°33'17.4"；B 至 C = 58°45'36.8"；C 至 D = 56°22'21.6"；D 至 E = 43°59'26.4"。

183. 求邊 三內角既經改正後，即可用其改正值及一邊之長，依正弦定律\* 算出其他二邊之長。茲舉例如下。

[例] 基線 A B 長 1256.467 公尺，三內角爲 A = 42°45'25.7"，B = 59°11'48.5"，C = 78°02'48.8"。求 A C 及 B C 邊之長。

$$A = 42^{\circ}45'25.7''$$

$$B = 59^{\circ}11'48.5''$$

$$C = 78^{\circ}02'48.8''$$

$$\text{三內角之和} = 180^{\circ}00'03.0''$$

$$\text{三內角各減去一秒得 } A = 42^{\circ}45'24.7''$$

$$B = 59^{\circ}11'47.5''$$

$$C = 78^{\circ}02'47.8''$$

$$\text{三內角之和} = 180^{\circ}00'00''$$

計算宜列表爲之，表式之最醒目者如下：

\* 正弦定律 (Sine law) 之公式爲  $\frac{a}{b} = \frac{\sin A}{\sin B}$ 。

三角點	所測角度	改正數	改正角度及距離	對數
A 至 B			1256.467	3.0991511
C	78°02'48.8"	-1"	78°02'47.8"	0.0095206
A	42°45'25.7"	-1"	42°45'24.7"	9.8317985
B	59°11'48.5"	-1"	59°11'47.5"	9.9339572
B 至 C	180°00'03.0"	-3"	180°00'00.0"	2.9404702
C 至 A			871.907	3.0426289
			1103.136	

184. 三角測量之差誤 差誤之原因有三：(1) 三邊長短相差太甚。在三角測量中，小於 30° 或大於 120° 之角皆應避免，此非謂測角有難易之別，蓋因小於 30° 或大於 120° 之角之每秒正弦差數甚大，用遞較法 (Interpolation) 以求邊長，致有不準確之虞也。故最佳之三角形，宜三邊約略相等。

(2) 量基線所生之差誤 基線中之差誤，影響於全部三角網中每三角形之每邊，故量基線必須十分審慎。三角網進展至若干里程（二或三十公里）後，常須量一新基線，以與推算之邊長相比較，其差誤不得遜於  $\frac{1}{10000}$ 。

(3) 量角所生之差誤 用複轉法量角，可使差誤減至極小，複轉數愈多者，差誤愈小，但通常祇須二組已足。每個三角形三內角之總差誤，不得大於六秒。

185. 三角測量與精密導線之比較 三角測量與精密導線，同為測量之骨幹，用以控制地形者。美國最近將三角與導線各按其精確度而分為四等，其一等導線相當於一等三角，二三四等導線各相當於二三四等三角。本書第151節所述精密導線之精確度，約略相當於其二三等導線；本

章所述之小三角之精確度，則約略相當於其二三等三角。然則二者既可期得同等之精確度，究以採用何法爲宜乎？是則須視地形而定。大概山地以用三角爲便，平原多障礙物者，以用導線爲宜。本國白河流域之地形測量，是其極好例證。最初前順直水利委員會本擬辦三角測量，嗣經踏勘，見測區內盡屬平原，每隔數華里必有一村，村外必有高樹，障蔽視線。欲辦三角測量，須造甚高之標架，所費不貲。且地勢十分平坦，量度距離，甚爲容易。遂決定用精密導線。其法用十秒經緯儀，每角復轉二組；距離則用二鋼尺，以三十磅拉力，分別量之，加以溫度改正，而取其平均數。其所規定之精確度，不得遜於  $\frac{1}{10000}$ ，而結果良佳。



## 第十九章 視距法

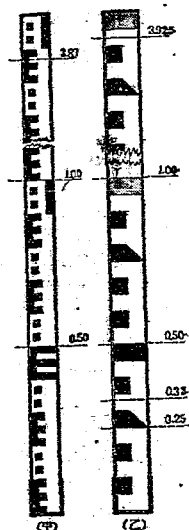
186. 視距法 視距法 (Stadia method) 爲藉光學之理以測距離之法。設欲測量兩點間之距離，可安置儀器（如經緯儀或水準儀等）於一點之上，而立一尺於他點。凡儀器遠鏡中十字線橫線之上下，各有一等距離之平行線。由遠鏡中窺之，則見尺上兩平行線間所截之部分，與尺之遠近有關。尺愈遠者，所截之部分愈長。由此所截之部分，以算出兩點間之距離，是即視距法之大要也。

187. 視距線 上節所述用於視距法之二平行線，名曰視距線 (Stadia line)。視距線與十字線，通常係同在一平面之內。十字線爲蛛絲者，視距線亦爲蛛絲；十字線刻於玻璃片上者，視距線亦刻於玻璃片上。凡經緯儀，水準儀，平板儀（見第二十一章）上，皆有視距線之裝置。

188. 視距尺 視距法所用之尺，名曰視距尺 (Stadia rod)。視距尺與水準尺相似，其劃分之粗細，應視所測距離之長短而異。凡距離在一百公尺以內者，尺上最小格宜爲一公分，或即可以水準尺代之。距離在一百與三百公尺之間者，尺上最小格宜爲二公分，如第66圖之(甲)；距離在三百公尺以外者，尺上最小格宜爲五公分，如(乙)。

尺面畫法甚多，測量者每喜自行設計圖樣。第66圖之(甲)，爲本國各處所通用之式樣，係白地而塗以紅或黑漆

之E字及小正方形。其(乙)爲著者所擬者,亦係白地,圖中畫平行線之部分爲紅色,餘皆黑色。無論何種畫法,欲求觀測清楚,必須簡單而有充分之白地。有於整公尺處註以數字者,用於遠距離時,常難窺清。凡齊腰附近爲一公尺,齊目附近爲一公尺半,有此天然記號,實亦無須註字也。

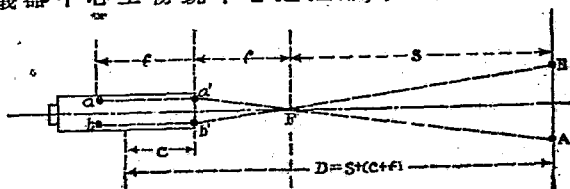


第66圖 視距尺

189. 視距原理 視距法之原理,係根據幾何學定理『兩相似三角形之相當邊及高,互成比例』。如第67圖, a, b 代表上下二視距線之位置, A B 爲二視距線當視線成水平時,在視距尺上所截得之一段。從 A 處所發出而經過焦點 F 之一

光線,經過透鏡後,將與光軸平行。(第40節之原理)因從 A 所射出諸光線,經過透鏡後,皆集合於 a, (A 與 a 爲共軛焦點) 故可視爲一單線 A F a' a。同樣從 B 所射出諸光線,經過透鏡後,集合於 b, (B 與 b 爲共軛焦點) 亦可視爲一單線 B F b' b。

令 a' b' 爲斜光線折而成平行光線之點,又令 c 等於儀器中心至物鏡中心之距離, (此距離當物鏡進出以對



第67圖 視距原理

光時,數有變動,但若物鏡爲固定而移動十字線以

對光者，即爲常數)  $f$  等於焦點距。從相似三角形  $a'Fb'$  及  $AFB$  中得

$$a'b' : f = AB : S$$

或 
$$S = \frac{f}{a'b'} \times AB$$

$a'b'$  (=  $ab$ ) 爲兩視距線間之距離，以  $i$  代之， $AB$  爲視距尺上之讀數，以  $R$  代之，則上式變爲

$$S = \frac{f}{i} R$$

因任何一遠鏡自有其一定不變之焦點距(第40節)及視距線距離，故  $\frac{f}{i}$  爲常數。由此可知無論視距尺遠近如何，距離  $S$  常等於視距尺上讀數與該常數相乘之積。但所求者爲視距尺至儀器中心之距離  $D$ ，於是

$$D = \frac{f}{i} R + (f+c) \dots\dots\dots [17]$$

上式名曰視距公式 (Stadia formula)。

190. 儀器常數 第 [17] 式中之  $(f+c)$  名曰儀器常數 (Instrumental constant)。  $f$  之值確爲常數。遠鏡對光時，移動十字線者， $c$  亦確爲常數；對光時移動物鏡者， $c$  值微有變動，但其差數常在二十五公釐以內，尋常無關緊要。

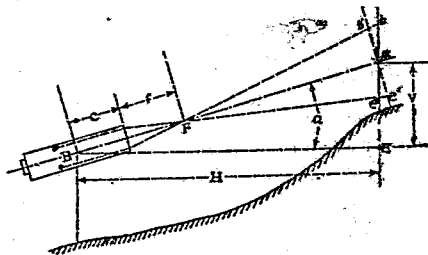
儀器常數常載明於儀器說明書上，或可自行求之如下：(1) 立視距尺於適宜距離之處，例如一百公尺，從事對光。(2) 量儀器中心至物鏡中心之距離，以定  $c$  之值。(3) 量物鏡中心至十字線之距離，以定  $f$  之值。(因遠鏡對光後，視距線即在主焦點平面上，而物鏡前後兩主焦點距離必相等，見第40節)  $f+c$  之值，通常自 0.23 至 0.38 公尺，隨各儀器

而變，與  $R$  之值無關。維蔡司新式儀器在構造上令  $f+c$  值為零，甚為便利。

191. 視距常數 第 [17] 式中之  $\frac{f}{i}$  名曰視距常數 (Stadia constant)。製造儀器時，物鏡既經選定後，其焦點距 ( $f$ ) 即隨之而定。但二視距線間之距離 ( $i$ )，可與焦點距離配合，使  $\frac{f}{i}$  之值為一適宜之數，以便利計算。普通皆令視距常數為 100，故視距尺讀數為一公尺，則該尺至儀器中心之距離為  $(100+f+c)$  公尺；讀數為二公尺，則該尺至儀器中心之距離為  $(200+f+c)$  公尺，其餘依此類推。

192. 斜視線公式 公式 [17] 僅適用於水平視線。若在山地，則視線每須傾斜，遂有下列二種改正：(1) 所得距離為斜距離，必須將其變為水平距離。(2) 視距尺普通皆垂直於水平面，而不垂直於傾斜之視線，故二視距線在尺上所截得之一段，必較視距尺垂直於視線者為長。此不準確之視距讀數 ( $R$ )，必須加以更正。此二種更正，皆視垂直角之大小而異。

如第 68 圖，令視線之垂直角為  $a$ 。假設視距尺垂直於視線，則由視距讀數  $b'e'$ ，用公式 [17] 算出之距離為  $Bm$ 。 $Bm \times \cos a$ ，即為所求之水平距離  $BH$ 。但通常皆令視距尺垂直於水平面，如此



第 68 圖 視距原理

則尺上讀數  $b e$ , 將大於真確讀數  $b' e'$ 。  $b b' m$  角極近似於直角, 而  $b m b' = a$ , 故  $b' e' = b e \cos a$ , (極近似) 即尺上讀數必須乘以  $\cos a$ , 以得  $F m$ 。所以

$$B m = F m + (f + c) = \frac{f}{i}(b e \cos a) + (f + c) \dots \dots \dots (a)$$

但  $B E = B m \cos a$ , 故

$$B E = \frac{f}{i} b e \cos^2 a + (f + c) \cos a \dots \dots \dots (b)$$

設以  $R$  代讀數  $(\frac{f}{i} b e)$ , 則 (b) 式變為:

$$\text{水平距離: } H = B E = R \cos^2 a + (f + c) \cos a \dots \dots \dots [18]$$

若欲求兩點間之高度差, 則當求垂直距離  $E m$ 。從圖,

$E m = B m \sin a$ , 從 (a) 式得

$$E m = V = \frac{f}{i} b e (\cos a \sin a) + (f + c) \sin a$$

從三角法公式,  $\cos a \sin a = \frac{1}{2} \sin 2a$ , 代入上式得

$$\text{高度差: } V = R \frac{1}{2} \sin 2a + (f + c) \sin a \dots \dots \dots [19]$$

**193. 斜視線公式之應用** 實地上求水平距離及高度差時, 並不直接用公式 [18] 及 [19] 計算, 係用根據該二公式所製之視距表, 視距圖, 視距計算尺等, 以省時間, 茲分別述之如下。

**194. 視距表** 斜視線之水平距離及高度差, 可用視距表 (Stadia reduction table) 查得之。本書附表第七, 於每度之下, 列 [18] 及 [19] 二式右邊第一項  $R \cos^2 a$  及  $R \frac{1}{2} \sin 2a$  之值。  $a$  角之值自  $0^\circ$  至  $27^\circ$ , 實際上已足敷應用;  $R$  之值為 100。至該二式右邊第二項  $(f + c) \cos a$  及  $(f + c) \sin a$  之值, 各依

( $f+c$ ) 之三種數值而列於各行之下端。茲設例以明此表之用法如下：

[例] 垂直角( $a$ )= $8^{\circ}12'$ , 視距尺上被二視距線所截之一段為 2.14 公尺,  $f+c=0.30$  公尺。求水平距離及高度差。

$$\text{水平距離} = 97.97 \times 2.14 + 0.30 = 210.0 \text{ 公尺}$$

$$\text{高度差} = 14.12 \times 2.14 + 0.04 = 30.22 \text{ 公尺}$$

195. 視距圖 若將[18],[19]二式右邊第二項( $f+c$ ) $\cos a$ 及( $f+c$ ) $\sin a$ 棄去,而將( $f+c$ )包括於 $R$ 內,一併計算,其差誤甚微。(於第二十章討論之)故該二式可變為:

$$\text{高度差} = (R+f+c) \frac{1}{2} \sin 2a \dots\dots\dots [20]$$

$$\text{水平距離} = (R+f+c) \cos^2 a$$

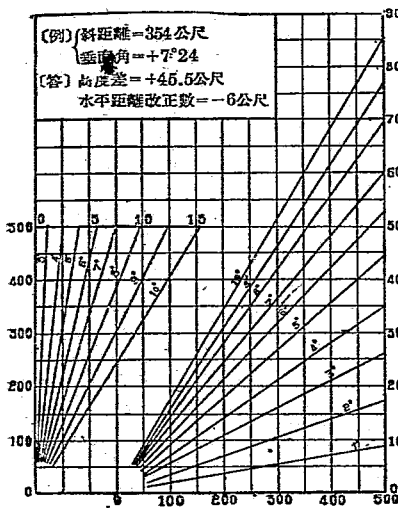
$$= (R+f+c) - (R+f+c) \sin^2 a$$

$$\text{或水平距離改正數} = -(R+f+c) \sin^2 a \dots\dots\dots [21]$$

由[20],[21]二式,可見若 $a$ 角不變,高度差及水平距離改正數,皆與視距讀數( $R+f+c$ )成正比,故根據此二式所作之視距圖,皆為直線。

現成之視距圖,市上雖有出售,但其距離及垂直角之限度,或不能適合當地情形,故測量者每喜自製視距圖,以便應用。視距圖式樣不一,其最簡單易製者,係在同一紙上,分別繪製二圖:(1)求高度差者;(2)求水平距離改正數者。茲分述其作法如下。

(1)求高度差圖 先估計實地上可以遇到之最長視線及最大垂直角,以定高度差之極限。今假定最長視線為五百公尺,最大垂直角為十度,則高度差之極限約為九十



第 69 圖 視距圖

公尺。如第 69 圖，在方格紙下標明視距讀數，（即斜距離）右邊標明高度差。從視距表中查得視距讀數 500，垂直角  $10^\circ$  之高度差為 85.5 公尺，即在右邊 85.5 處，截取一點，以與 0 點聯為直線。同樣從表中查得 500 公尺視線之其他各種垂直角之高度差，（至少宜每五分查出一高度差）在右邊上截得各點後，均與 0 點聯成直線，而將各垂直角度數註明於各該直線之上。

(2) 求水平距離改正數圖 在圖之左邊標明視距讀數，（即斜距離）上邊標明水平距離改正數。從視距表查得視距讀數 100 公尺，垂直角  $10^\circ$  之水平距離為 96.98 公尺，從 100 減去之，得 3.02 公尺，再以 5 乘之，得 15.1 公尺，為 500 公尺之水平距離改正數。即在上邊 15.1 公尺處，截取一點，以與 0 點聯為直線。同樣從表中查得 500 公尺視線之其他各種垂直角之水平距離改正數，（宜每度查出一數）在上邊截得各點後，皆與 0 點聯成直線，而將各垂直角度數註明於各該直線之上。圖之用法，已載明於圖中，茲不復詳。

196. 視距計算尺 視距計算尺 (Stadia slide rule) 亦係

根據  $H = (R + f + c) \cos^2 a$ ，及  $V = (R + f + c) \frac{1}{2} \sin 2a$  二式而製者，尺爲木製，中間雕一槽，槽中嵌一可以左右推移之尺。市上所售者，尺面膠以白色賽璐珞一層，頗精緻，而價值頗昂。如自製，可於尺面貼紙，於紙上劃分之。如第 70 圖，共有 a, b, c, d 四行。a, d 二行相同，皆爲視距讀數  $(R + f + c)$  之對數。b 行爲  $\frac{1}{2} \sin 2a$  之對數。c 行星點以左，係接續 b 行，星點以右爲  $\cos^2 a$  之對數。

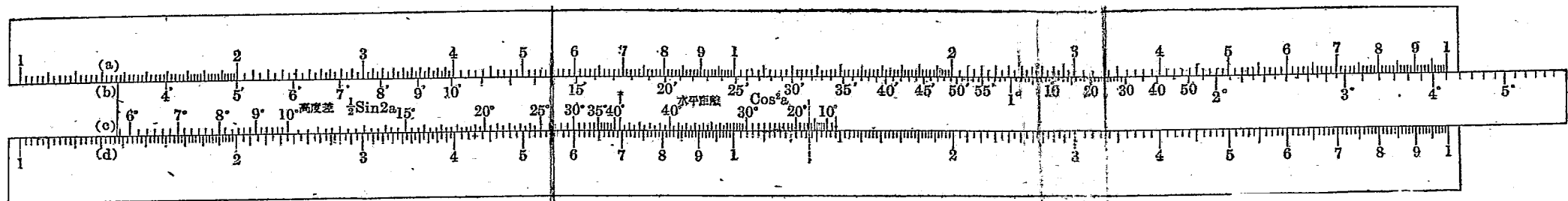
使用時令 b 行之零對準 a 行之視距讀數，則 b (或 c) 行上垂直角之劃分線與 a (或 d) 行相對之數，即爲所求之高度差。若欲求水平距離，可令 c 行星點以右之箭頭對準 d 行之視距讀數，則 c 行星點以右垂直角之劃分線與 d 行相對之數，即爲所求之水平距離。第 70 圖所示者爲斜距離 137 公尺，垂直角  $1^\circ 24'$  之例，其答數已載於圖上，茲不復詳。

197. 三種視距計算法之比較 視距表最爲準確，宜用以計算重要之點，(如視距導線) 維費時較多。若不甚重要之點，宜用視距圖或計算尺，以省時間。二者皆甚迅速，惟視距圖因有風之影響，不甚適用於野外工作，計算尺則室內與野外皆適用之。

### 198. 用視距法測距離

(1) 水平視線 測平地兩點間水平距離時，理論上應使視線水平，讀上下兩視距線而算出其差數，以 100 乘之，再加儀器常數，以得水平距離。如此較爲費事，且事實上窒礙良多，蓋距離稍遠者，上視距線有時在尺頂之上，或下視





例. 斜距離=137公尺 垂直角=1°24'  
 高度差=335公尺

例. 斜距離=137公尺 垂直角=16°41'  
 水平距離=127公尺

第 70 圖 視距計算尺

距線有時在尺底之下也。習慣上常用遠鏡之微動螺旋，使一視距線截於任何整公尺處，而讀他一視距線所示之數，以與整公尺數相減，而得視距讀數。遠鏡雖不絕對水平，但其傾斜甚微，故差誤亦極微，儘可略而不計。

(2) 斜視線 測高低不同兩點間之水平距離時，理論上應使十字線交點所示尺上讀數，等於儀器之高，（遠鏡中心距樁頂之高）乃讀上下二視距線而算出其差數。但為便利起見，亦可使任何一視距線截於任何整公尺處，而讀他一視距線，並照下節方法，兼讀垂直角，以便求水平距離。

若視距尺長度不敷觀測時，無論水平視線或斜視線均可讀介於任何一視距線與十字橫線間之一段，即讀其半間距是也。其結果須以 2 乘之。

讀距離時，勿令十字縱線切在尺上，以免遮蔽細格，致不易窺讀清楚。可令縱線偏於尺之一側。

199. 用視距法測高度 先量儀器高，令十字橫線切於尺上之數，等於儀器高。然後讀垂直角及距離，以計算兩點間之高度差。（參閱第 125 節）

200. 視距導線 用視距法測量距離之導線名曰視距導線。視距導線之角度，可用方位角，方向角，左角，或折角施測，而以用方位角最為便利，蓋地形測量中之視距導線，每與地形點同時施測，並須隨測隨繪者也。

201. 視距法之效用 本章所述為視距法之原理及基本方法。視距法多用於地形測量，以測視距導線及定各地形點之位置與高度。其實施方法，詳見第二十四章。

## 第二十章 視距法之差誤

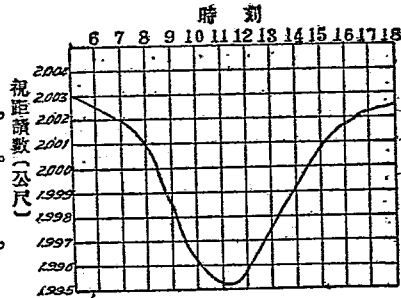
202. 視距尺長度及分格不準確之差誤 與水準尺相同，初用時宜試驗之。

203. 持尺不垂直之差誤 常使讀數太大，為常差，甚為重要。故持尺者須有相當之經驗。

204. 讀數不準確之差誤 讀數不準確之原因甚多：(1) 視線太長。(2) 遠鏡擴大力不強。(3) 視距尺分格粗細與距離遠近不相適合。分格太細者，不適用於遠距離，太粗者，不適用於近距離。(4) 天氣不良。測量時認為良好天氣者，厥為無風無霧之陰天，他如強烈之日光，或風沙等，皆有礙觀測，難期準確。(5) 視距線太粗。總而言之，視距尺上之細格，因上述各種原因，不易讀清者，難得良好結果，其差誤雖非一定集積，而有時為數甚大。理想上雖能用大而明晰之視牌，以期觀測清楚，無奈耗時太多，不切實用。故欲求減少差誤，維有縮短視線。

205. 折光差 我人常覺同一距離，在早晚及近午所測得之結果，每不相同。早晚所測者恆較長，近午時測之，則每較短。此乃空氣折光不同之故，實為一種常差。英人斯密司 (L. S. Smith) 屢經實驗之後，考得近地面約一公尺內之空氣密度，較其上層空氣密度為大。上午七時與九時間，下午二時半與七時間，上下各層密度相差尚微，對於視距測量，

尙不致有甚大影響。若在上午九時與下午二時半之間，最下層空氣之密度，隨地面溫度而向上增加。此密度較大之空氣層之深度，隨時刻及季節而變，而終不超過 1.2 公尺。光線經過此層之上者，不受



第 71 圖

鉅大影響，光線穿過此層者，輒向上屈折，故尺上被上下二視距線所截之一段，在旁午較短而早晚較長。第 71 圖為斯密司氏實驗之結果，由圖可見二百公尺之距離，早晚讀數與中午讀數約差 0.7 公尺之多。欲避免此種差誤，雖有令上線切於尺頂，庶幾下線或可避免切在一公尺以下，但視線長者，仍不能免。

206. 高度之差誤 高度差係由距離及垂直角算出，故除距離之差誤外，尙有垂直角差誤之原因三種：(1) 垂直度盤不精確；(2) 折光差；(3) 弧面差。

(1) 垂直度盤 水平角差誤一分，其影響於測點之位置尙微，垂直角若差誤一分，其影響及於高度則大。故垂直度盤之直徑至少宜與水平度盤相等，而一般每嫌太小。且有作弧形而非全圓者，重要之點，遂不能兼用正倒遠鏡施測，以求精密。

(2) 折光差 視線因空氣折光而微向下彎，(指視線之離地一公尺以上者) 恆使所測仰角太大，而俯角太小，實為一種常差。欲求避免，可置儀器於甲點，以測乙點之仰

(或俯)角,再移儀器於乙點,以測甲點之俯(或仰)角,取兩次之數平均之。

(3) 弧面差 因地爲弧面,常使所測仰角太小,俯角太大,故爲常差,可照第88節計算得之。避免之法,與本節(2)相同。

由是可知折光差與弧面差之符號相反,但其值不同,不能互相抵消。本書末附表13爲二者合併之總改正數。實際上能採用前後視之平均數以避免差誤爲最佳;若不能時,可用該附表以改正之。(參閱第230節)

207. 視距常數之差誤 視距常數 $(\frac{f}{i})$ 雖製造時令其爲100,而差誤在所不免。此種差誤爲集積性質,其值隨各儀器而變。今假定爲百分之一,則每十公里之差誤,可達一百公尺,其影響何等重大!故每一儀器初次應用時,對於其視距常數,必須加以精密之試驗而改正之,其法如下。

擇一平坦之地,於一直線之內,每隔二十五公尺,(用鋼尺量定之)釘一木樁。置儀器於第一樁後相距 $(f+e)$ 公尺之處,立視距尺於各樁上,依次讀尺上被上下兩視距線所截之距離,更讀上視距線及下視距線與中橫線間之距離,以與鋼尺所量者相比較,而定視距常數之改正數。

視距常數之差誤,更因受空氣折光之影響而變,而空氣折光,復隨季節及時刻而異。換言之,即冬季試驗所得之改正數,不適用於夏季,早晚試驗所得之改正數,不適用於午間。由此可知測量之須閱寒暑者,一年之中,須試驗若干次,每次又分早晚及午間二種,以適應施測時之天氣。此種手續,雖屬繁複,而切不可忽。至於不甚重要之地形點,自可

不必加以改正也。

### 208. 計算上之差誤

(1)  $(f+c)$  之討論 公式 [17] 中之  $(f+c)$  值約在二至四公分之間，爲常差距離須讀至公寸數者，必須將其加入計算；距離僅讀至公尺者，可棄而不計。

(2)  $(f+c)\sin a$  之討論 此爲公式 [19] 之右邊第二項，其值視垂直角而變，與視距讀數無關。若棄去此項而用近似公式 [20]，以求高度差，其差誤甚微。今設  $(f+c)=0.3$  公尺，垂直角  $=30^\circ$ ，（此爲尋常最大限度）則  $(f+c)\sin a=0.15$  公尺， $(f+c)\frac{1}{2}\sin 2a=0.13$  公尺。由此可知用近似公式 [20] 以求高度差者，其最大差誤約爲二公分，垂直角在  $10^\circ$  以下者，（爲尋常最易遇到者）此差誤不及一公釐。

(3)  $(f+c)\cos a$  之討論 此爲公式 [18] 之右邊第二項，其值亦與視距讀數無關。若棄去此項而用近似公式 [21] 以求水平距離，其差誤亦屬甚微。垂直角雖大至  $30^\circ$ ，此差誤可不逾四公分，尋常儘可略而不計。

(4) 水平距離改正數之討論 垂直角及距離不大者，斜距離常可視作水平距離，而無須加以改正。設  $a=5^\circ 44'$ ，改正數適爲百分之一；若百分之一之差誤可以略而不計者，則六度以下之斜距離，可以無須加以改正。

209. 讀視距尺之錯誤 讀視距尺最普通之錯誤爲：(1) 視距讀數錯一公尺或一公寸。(2) 上或下視距線與中橫線間之讀數，忘以 2 乘之。欲求避免此種錯誤，可用目力估計距離，以資約略校對。

210. 用視距法測兩點間距離之精確度 今假定觀測

時不受折光影響，且視距常數絕對無誤，則二點間距離在一百公尺以內，用劃分至一公分之視距尺施測者，尺上一公釐之差誤，尙易辨別。二點間距離在三百公尺以內，用劃分至二公分之視距尺施測者，尺上二公釐之差誤尙易辨別。二點間距離在四百公尺以內，用劃分至五公分之視距尺施測者，尺上十公釐之差誤尙易辨別。然而空氣不能無折光，試驗視距常數時與實行施測時之折光情形，不能完全相同，因此尺上雖能辨別至一、二及十公釐，實際距離差誤常不止 0.1、0.2 及 1.0 公尺也。由是可知單獨一視線之精確度，究屬如何，亦復難言。大概言之，視線長一百公尺，差誤可達三公寸；長二百公尺者，可達七公寸；長四百公尺者，可達三公尺。清晨及陰天，差誤較微，日光強烈時，差誤較大，此亦折光不同之故也。

211. 用視距法測兩點間高度差之精確度 兩點間高度差之差誤，由於：(1) 垂直角之差誤；(2) 距離之差誤。今設  $\theta$  爲垂直角之差誤， $r$  爲視距讀數之差誤，則兩點間之高度差，受下列二差誤之影響。

$$\text{視距讀數} \times \sin \theta \text{ (近似),}$$

$$r \times \sin \text{垂直角.}$$

兩點間高度差之差誤，爲上二式結果之代數和。實地上距離之差誤既如前節所述，垂直角之差誤，尋常可不逾三分。今設視距讀數爲三百公尺，其差誤爲 +1.00 公尺，垂直角爲  $+10^\circ$ ，其差誤爲  $+1'$ ，則高度差之差誤爲：

$$0.00029 \times 300 + 0.1736 \times 1 = +0.26 \text{ 公尺}$$

垂直角差誤對於高度差之影響，不如視距讀數差誤

之影響爲大,而垂直角在 $3^\circ$ 以內者,高度差誤尙微,逾此卽激增。

212. 視距導線之距離閉塞差 視距導線之距離閉塞差,固有一部分屬於經緯儀測角之差誤,而以視距差誤之影響爲大。大抵視線較短者,結果較佳。茲將若干先例列表如下,以供參考。

導線數	平均導線測程 (公尺)	平均視線長 (公尺)	平均閉塞差	每公里之平均 方向角差誤
29	3856	253	$\frac{1}{550}$	1' 55"
40	5729	357	$\frac{1}{780}$	1' 04"
28	10380	438	$\frac{1}{810}$	0' 43"
12	11946	580	$\frac{1}{790}$	0' 37"
11	4505	275	$\frac{1}{1520}$	0' 21"
18	2090	255	$\frac{1}{1450}$	0' 53"

凡測線方向,對於閉塞差雖有相當影響,而最大之影響,厥爲視線之長度。依著者實驗,凡視線長於三百公尺者,因既不易窺測清晰,而折光之影響又復甚大,所測導線之閉塞差,每在 $\frac{1}{1000}$ 以下。觀上表亦然,最後二組導線之平均視線,皆在三百公尺以下,其閉塞差皆在 $\frac{1}{1000}$ 以上。其第一組導線之平均視線雖在三百公尺以下,而結果不佳者,或因方向角差誤太大之故耳。

213. 視距導線之高度閉塞差 用垂直角以測導線各點之高度時,垂直角愈大或視線愈長者,高度之差誤亦愈大。茲將若干先例,列表如下,以供參考。

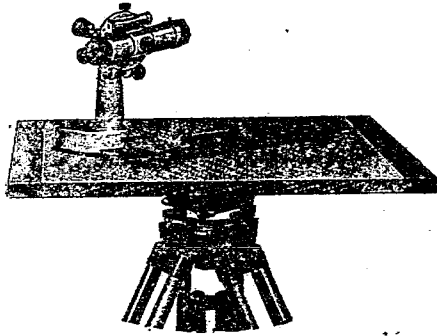


導線數	平均導線測程 (公尺)	平均垂直角	每公里平均 高度閉塞差 (公尺)
14	13070	0°24'	0.053
55	6148	1°59'	0.111
28	6658	3°43'	0.150
17	6590	6°05'	0.181

## 第二十一章 平板儀測量

214. 平板儀之構造 平板儀 (Plane table) 可分二部分:  
(1) 圖板與三足架; (2) 照準儀 (Alidade)。

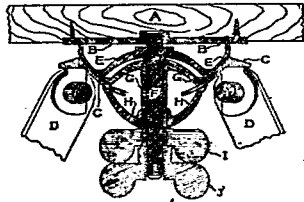
(1) 圖板與三足架 圖板以乾透之松木數塊拼合而成, 四邊另鑲木框, 以防撓曲。縱約七十餘公分, 寬約六十公分, 厚約二公分, 亦有作正方形者。



第72圖 蔡司平板儀

蔡司平板儀 (第72圖) 之圖板與三足架之連繫, 與其經緯儀及水準儀相同。美國出品則藉一種機件, 此機件除支承圖板外, 並能使圖

板旋轉自如。第73圖之 A 爲圖板; B 爲圖板下之墊板; C 爲三足架之架首, 作碗形而無底; D 爲三足架之腿; E 爲定方向之盤, 與縱軸 F 相連, 其動作以螺旋 J 司之; G, H 爲定水平之盤, 其動作以螺旋 I 司之。當 I, J 二螺旋皆鬆時, 圖板可以轉



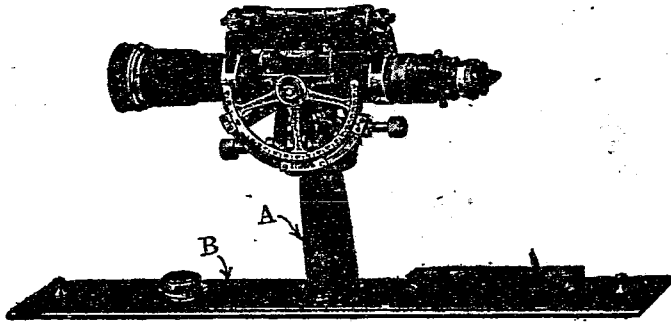
第73圖 圖板與三足架之連繫

動。如圖板四邊皆已水平，可旋緊 I，則 G, H 皆與 C 貼緊，圖板左右兩邊即不能上下移動。如圖板已經對準方向，可旋緊 J，則 E 與 C 貼緊，圖板即不能旋轉。此種裝置為美國通用者，但亦有用基座螺旋及止動與微動螺旋者。



第 74 圖  
圖板與三足架之連繫

(2) 照準儀 照準儀上之遠鏡能隨意俯仰，而不能左右旋轉。如第 75 圖，遠鏡架下連一高約十公分之金屬柱 A，柱下連一金屬直線尺 B，長約三十公分，寬約六公分。此直線尺與柱成直角，其邊與遠鏡之視線相平行。因遠鏡不能



第 75 圖 照 準 儀

在架上左右旋轉，欲其指定一方向時，必須將照準儀整個移動。直線尺之邊既與視線相平行，故沿直線尺所畫之線，即能表示視線之方向。直線尺上常附有一長方形之羅盤，以為定磁北向之用，又有二水準管或一圓水準盒，可用以驗圖板之是否水平。遠鏡上並裝有水準管及垂直度盤，為測量高度之用。

**215. 平板儀測量** 平板儀雖不適用於精密之測量，但用以測繪地形，則頗便利。地面上各種物體如房屋、橋梁、道路等，皆可用此儀器以測定其位置及高度。其特點在測與繪能當場同時進行。其法以圖紙蒙於圖板之上，照準儀可任意移於圖上各處。遠鏡照準地上任何一點時，沿直線尺之邊作一鉛筆直線，則視線方向即已表示於圖上。其距離可用尺量得之，而用視距法為普通。更依規定之縮尺畫於圖上。如此逐步進行，即可將圖繪成。其詳細方法說明於後。

**216. 平板儀之安平法** 安平平板儀有三目的：(1)使圖上代表儀器位置之點對準地上之測點；(2)使圖板成水平；(3)定圖板之方向 (Orienting)。

(1)圖上代表平板儀位置之點，每不在板之中央。欲使此點對準地上之測點，可用垂球懸於曲臂以定之。若圖之縮尺甚小者，常可將整個圖板視作一點，則雖不對準測點，其差誤在圖上並不顯著。

(2)平板儀位置既定之後，即應使圖板水平。如有基座螺旋者，可照安平經緯儀或水準儀之法為之。倘係如第73圖之裝置者，可用手按圖板，當其幾成水平時，可以指輕扣板之一邊，使氣泡完全居中，然後旋緊螺旋 I。

(3)可使長方形羅盤之邊與圖上南北線密合，旋轉圖板，至磁針指零度時，將圖板旋緊，使不復動。若圖上已有測線者可置平板儀於線之一端，令照準儀之直線尺與該線密合，旋轉圖板，至遠鏡照準線之他端時，圖板之方向即定。

**217. 測法概說** 設 B 為平板儀所在之點，其在圖上之位置為 b。當直線尺貼於 b 點時，遠鏡先照準遠處一點 A，

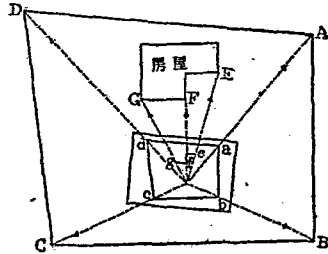
作一直線，又照準遠處一點 C，亦作一直線。設圖板水平，則圖上所作二直線間之角，即能代表地上之 A B C 角，故不須讀度數而角已繪於圖上，此為平板儀測法之概要。蓋照準儀之直線尺，實相當於經緯儀之水平度盤也。至於距離可用尺量之，而普通以視距法為便。平板儀各種測法如下

- (1) 輻射線法 (Radiation)。
- (2) 交線法 (Intersection)。
- (3) 導線法 (Traversing)。
- (4) 截線法 (Resection)。
- (5) 三點法 (Three point problem)。
- (6) 二點法 (Two point problem)。

218. 輻射線法 置平板儀於一適宜之處，俾應測各點皆能望見。安平後，旋緊圖板，使不能轉動。在圖上擇一適宜之處，插一針以代表儀器之位置。使直線尺緊貼於針，遠鏡依次照準應測各點，同時沿直線尺作諸線，皆輻輳於針。所測各點至儀器之距離，皆按規定之縮尺，在圖上量定之。

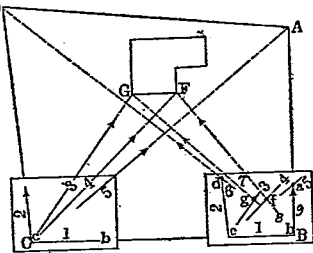
如第76圖，所測之點為場地之四角 A, B, C, D 及房屋之三角 E, F, G。各點至平板儀之距離，一俟直線畫出之後，應隨即在該線上量出。針之位置，務須適當，以免所測之點落於圖外，或偏於一側。至房屋之其他三角，可用布卷尺從其已測之角量定之。

219. 交線法 此法之理實與三角測量相同：即已知一距



第76圖 平板儀輻射線法

離，無須再量其他各距離也。平板儀安平後，首先須定圖板之方向。其法將直線尺貼於圖上之二已知點，其一須為代表平板儀位置之點，其他則為地上任何一點。然後旋轉圖板，至視線照準其他任何一點後，將圖



第 77 圖 平板儀交線法

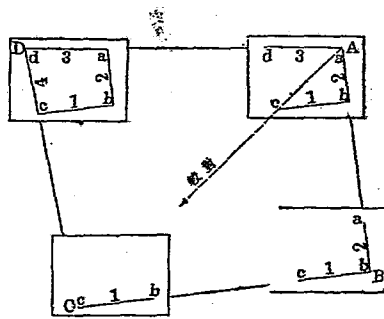
板旋緊，使不復動，此猶經緯儀測量中之對準後點也。圖板方向既定後，即可照準應測各點，作多數輻射線，皆會於代表儀器位置之一點。移置儀器於他點後，再照準應測各該點，作輻射線。每二相當輻射線之交點，即為各該點在圖上之位置，故無須測量距離也。

如第 77 圖，平板儀首先安平於 C，量 C B，畫 e b。照準 D, G, F, A 諸點，依次作 2, 3, 4, 5 諸線。移儀器於 B，定圖板方向後，作 6, 7, 8, 9 諸線，以得交點 d, g, f, a。設尚有其他應測各點不能從 C 處望見，而能從 B 及 A 處望見者，可以 a b 為基線，照樣測得各交點。照此進行，所有應測各點，皆可一一繪於圖上。

用交點法施測者應知：(1) 兩線所成之角太小者，交點位置不易確定。(2) 兩線之交點，可用第三線校對之。(3) 地面上尖銳之物，如塔尖，高樹之杪，或其他特殊之物，均可時常觀測之，以資校對。

**220. 導線法** 用導線法施測時，儀器可以任意移置。儀器既安平後，首先即應定圖板之方向。今設欲將界線 A B C D 畫出，(第 78 圖) 可置儀器於任何一角，如 C，在圖上

定一點  $c$ ，以代表地上之  $C$ 。 $c$  與  $C$  最好能同在一垂線之內。遠鏡照準  $B$ ，作  $cb$ ，測量  $C$  與  $B$  之距離，依所定縮尺，在  $cb$  線上量出，以確定  $b$  點之位置。移儀器於  $B$ ，使直線尺貼於  $bc$  線，旋轉圖板，使視

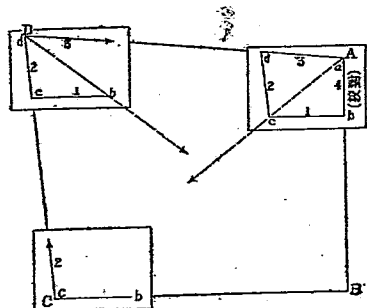


第 78 圖 平板儀導線法

線照準  $G$ ，乃將圖板旋緊，於是圖板之方向遂定。照準  $A$ ，作  $ba$  線，測距離  $BA$ ，而量得  $a$  點於圖上。移儀器於  $A$ ，照前法以直線尺貼於  $ac$  線，照準  $B$ ，以定圖板之方向，更照準  $D$ ，作  $ad$ ，測量距離  $AD$ ，而量得  $d$  點於圖上。照此進行，任何多邊形皆可繪成。第 78 圖中各線上之數目字表示各該線繪之次序。

用導線法施測者，應知：(1) 設所測面積甚小，所用縮尺甚大，則地上之點與其圖上之位置，應在同一垂線之內。(2) 第一線  $cb$  在圖上之位置務須適當，以免其後各點落於圖外，或偏於圖之一側。(3) 儀器在  $A$ ，既定圖板之方向後，若將直線尺貼於  $ac$ ，則視線應照準  $C$  點。此種校對，宜時常為之。(4) 房屋或其他物體，可從最近便之測站用輻射線法或交線法測定之。(5) 設界線角上不能安置儀器，可沿界內或界外另釘木樁，以便安置儀器，而界線各角，可用輻射線法或交線法測定之。

**221. 截線法** 交線法中所得之交點，為所欲測物體上之點，而截線法中所得之交點，則為平板儀在圖上之位置，



第79圖 平板儀截線法

此其異點也。設地上三已知點之位置已繪於圖上，若將平板儀置於任何地點，祇須同時能望見該三點，則平板儀在圖上之位置，即可用截線法求得之。用截線法施測時，首先須量一基線，與交線法相同。

如第79圖，安平儀器於C，照準B，量CB，畫cb線，用規定之縮尺以量得b點。照準D，畫2線。移儀器於D，貼直線尺於2線，照準C，以定圖板之方向，貼直線尺於b點，照準B，畫一線，截2線於d，即為D點在圖上之位置。照準A，畫3線。移儀器於A，貼直線尺於3線，照準D，以定圖板之方向。照準C，畫一線，截3線於a，即為A點在圖上之位置。若欲校對測繪是否準確，可使直線尺貼於a點，照準B點，以視直線尺之邊是否經過b點。

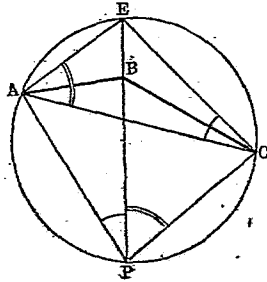
**222. 三點法概說** 設A, B, C為三已知點，a, b, c為該三點在圖上之位置。今置平板儀於能同時望見該三點之處P，欲求儀器在圖上之位置P，可用三點法為之。三點法不止一種，茲述其最通用者如下。

**223. 影印法** (1)用摹圖布或摹圖紙（見第499節）一方，置於圖上，勿令移動，並在布上作一點，以代表平板儀之位置。(2)貼直線尺於布上之點，順次照準A, B, C三點，作三直線。(3)移動摹圖布，至三直線各經過圖上a, b, c三點時，布上之點，即為P點在圖上之位置，可用鉛筆戳布上之

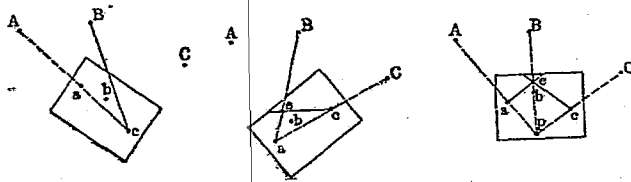


點,透其痕跡於圖紙上。(4)使直線尺貼於 a P,照準 A,以定圖板之方向。更貼直線尺於 b,照準 B,貼於 c,照準 C,以資校對。設二線不經過 P,可稍旋轉圖板,使 A, B, C 三視線皆會於一點。

224. 白塞爾法 (Bessel's method) 第80圖 A, B, C 為地上三已知點, P 為平板儀之位置。設經過 A, P, C 作一圓, 聯 B P, 交圓周於 E。依幾何理: 內接四邊形一邊與一對角線所成之角, 等於對邊與他一對角線所成之角, 故  $\angle APB$  角 =  $\angle ACE$  角,  $\angle BPC$  角 =  $\angle CAE$  角。實施時, 可旋轉圖板, 依次照準各相當目標, 以得交點 E 及 P。第81圖為平板儀在同一測點上圖板之三種位置, 各相當於實測時之三步手續。A, B, C 為地上三點, a, b, c 為其在圖上之位置。其測法如下。



第80圖 白塞爾三點法



第81圖 白塞爾三點法

第一步 (1)貼直線尺於 c, 旋轉圖板, 照準 A, ( a 點向 A ) 旋緊圖板。(2)貼直線尺於 c, 照準 B, 作一直線, 則此直線與 a c 線所成之角, 極近似於  $\angle APB$  角。(圖板與測區面積比較, 極小, 故可假定其為一點)

第二步 (1)放鬆圖板,貼直線尺於  $a$  及  $c$ ,旋轉圖板,使其照準  $C$ ,( $c$  點向  $C$ )旋緊圖板。(2)貼直線尺於  $a$ ,照準  $B$ ,作一直線,則此直線與  $a c$  線所成之角,極近似於  $B P C$  角。前後二直線之交點  $e$ ,即為地上之假想點  $E$ 。

第三步 (1)聯  $e b$ ,放鬆圖板,貼直線尺於  $b c$ ,旋轉圖板,令  $b$  點向  $B$ ,而照準之,並旋緊圖板。(2)貼直線尺於  $a$ ,照準  $A$ ,作一直線,交  $e b$  於  $p$ ,即為平板在圖上之位置。(3)貼直線尺於  $p$ ,視  $c$  與  $C$  是否在一直線上,以資校對。

225. 李門法 (Lehmann's method) 平板儀在圖上之位置,係試求得之,其手續為:(1)在圖上作一磁子午線,用羅盤以定圖板之方向。(2)旋緊圖板,依次貼直線尺於  $a, b, c$ ,照準  $A, B, C$ ,作三截線。(3)設圖板方向正確,則三截線可交於一點,即為平板儀在圖上之位置。否則三線相截,成一小三角形,名曰示誤三角形 (Triangle of error),或二截線幾相平行,與第三截線相截。於是參照本節後述之幾何關係,可約略估得  $P$  點之位置。重定圖板方向,再照準三點,而作三截線,則所成之示誤三角形必較前為小。如是反復為之,可使示誤三角形愈縮愈小,終於變成一點。初用此法時,或不免稍感困難,但熟習之後,尋常僅須試求二次,即能得  $P$  點之準確位置。此法最為便捷而又準確,實施時須記憶下列三項定理,以為迅速求得  $P$  點位置之助。

定理(1)—— $P$  點至三截線之距離,與平板儀至地上三點之距離,各成正比例,且在三截線之同側。†(註見141頁)

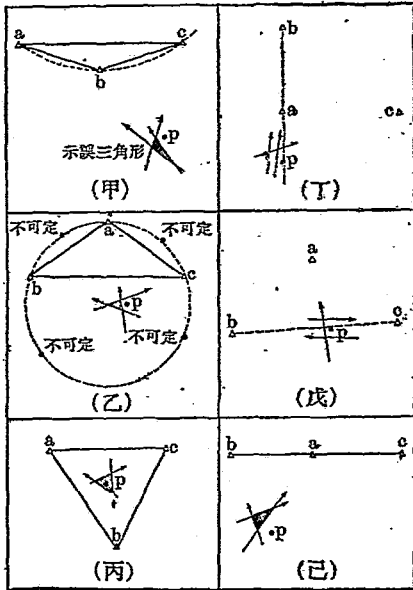
凡平板儀在  $A, B, C$  三角形內者,圖上所求得之  $P$  點,必在示誤三角形之內,此為證明定理(1)之最簡單事實。

藉定理(1)以求 P 點之位置,固已足用,而增加下列二定理,更足以爲迅速求得 P 點之助。

定理(2)——如 P 點在 a b c 圓之外,其位置與二截線之交點,同在從最遠一點所作截線之一側。(第 82 圖之甲)

定理(3)——如 P 點在 a b c 圓與 a b c 三角形所成任何一月形之內,則從中點所作之截線,介於 P 點與其他二截線交點之間。(第 82 圖之乙)

定理之應用——  
 實行施測時,應首先觀察 P 點與三已知點位置之關係,——即是否在 a b c 三角形之中,抑在任何一月形之內,抑在 a b c 圓之外。其次先決定 P 點位置係在一截線之何側。倘在一月形之內者,可用定理(3)決定之;在 a b c 圓之外者,可用定理(2)以決定之。然後依定理(1)可知 P 點在他二截線之何側,最後估計平板儀至地上三標架之距離,按其比例,以定 P 點對於三截線之位置。



第 82 圖 李門三點法

[例一] 如第82圖(甲), P點在圓之外, b及c二截線之交點,在a截線之右。(a為最遠點)依定理(2), P點必在a截線之右,且(定理1)亦必在b, c二截線之右。P點之位置,即可用定理(1)以估得之。

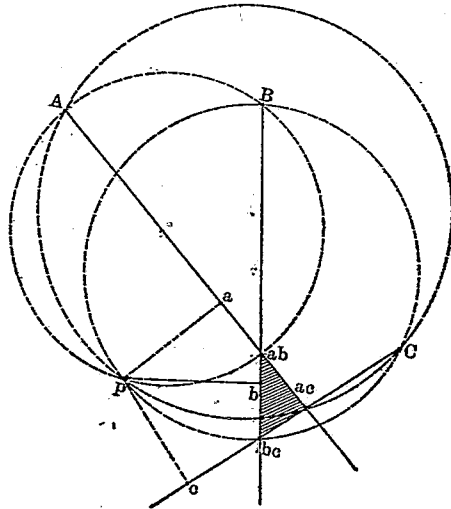
[例二] P點若在abc三角形一邊之延長線上,或貼近該延長線,則必在二平行截線之外,且在該邊較近一端之截線之近側,從第82圖(丁),知P點必在a, b二平行截線之右外側,且亦必在c截線之右。(定理1)

[例三] P點若在abc圓周之上,則無論圖板處何方向,三截線必可交於一點,即P點之位置為不可定,須移平板儀於其他適宜之處。

[例四] 如第82圖(乙), P點在一月形之內,而從中點

\* 設經過ab二點及Aa, Bb二截線之交點,作一圓, (第83圖) P點必在此圓周上。(因經過ab所作任何二截線所成之角皆等於APB角) 同樣P點必在經過a, c及Aa, Cc二截線之交點所作之圓周上。由此可知此二圓(名曰位置圓)之交點,即為P之正確位置,而第三位置圓亦必經過第一二位置圓之交點。更從P作三截線之垂直線,則依相似三角形之理,得  $pa:pb = pA:pB$  或  $pb:pc = pB:pC$ 。

† 即P點若在一截線之左側,亦必在他二截線之左側;若在一截線之右側,亦必在他二截線之右側。



第 83 圖

a 所作截線在 b, c 二截線交點之右, 則 ( 定理 3 ) p 點必在 a 截線之右, 並且 ( 定理 1 ) 亦在 b, c 二截線之右, 可用定理 (1) 以定 p 之位置。

[例五] p 點若在 abc 三角形一邊之上, 或密近該邊, 則 p 之位置必在二平行截線之間, 始能適合定理 (1), 其位置與第三截線之關係, 亦可用定理 (1) 定之。如第 82 圖 (戊), p 在 b, c 二截線之中間, 且在該二截線之右, 故 p 亦在 a 截線之右。

[例六] 若 p 點在 abc 三角形之中, 則必在示誤三角形之內, ( 第 82 圖丙 ) 否則不能適合定理 (1)。

[例七] abc 三點成一直線。在此種情形下, abc 三點可認為在一無窮大半徑之圓周上, 而 p 點常在一月形之內, 故其求法與 [例四] 同。

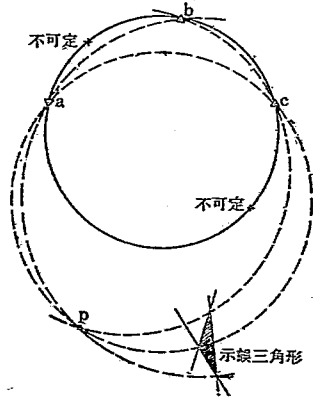
以上七例均為實際上常遇之情形, 圖板之方向, 皆假定偏右。若將各圖反看, 即為圖板偏左時之情形矣。

覆驗——p 點在圖上之位置既引用各定理估得之後, 應重定圖板方向, 再作三截線, 若均能經過 p 點, 則可知圖板方向及 p 點位置皆無差誤。若三截線又成一新示誤三角形, 即為尚有差誤存在; 上述各項手續, 必須重複之。

226. 李門別法 從定理 (1) 註解中, 見二位置圓之交點, 即為 p 點之位置, 此項幾何關係, 可用以代替定理 (2) 及 (3)。若實行作二位置圓之弧, 固可得 p 之正確位置, 惟須攜帶大圓規, 且耗時亦嫌較多。有經驗者, 類能目估以定 p 之位置。圖板約略對準方向後, 所成示誤三角形常為甚小, 而 p 點必與之密近, 故僅須作極短二弧, 以得其交點。因每一弧

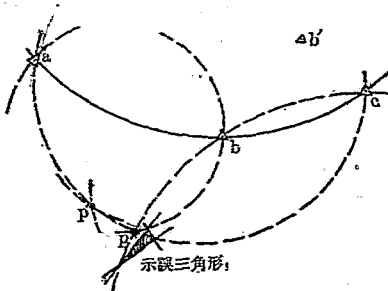
必須經過示誤三角形一相當頂點，實為一良好控制，故短弧之位置不難用目力估得之。既用鉛筆輕輕勾得二短弧，其交點往往即為 P 點之位置，而不須二次試求。目估短弧位置稍具經驗後，即可省去鉛筆所勾之弧，而直接藉目力估得 P 之位置。

227. 平板儀與標架位置之關係 三位置圓相交處之角度太小者，所定平板儀在圖上之位置較難準確，故平板儀與三已知點相關之位置，對於精確度頗有影響。平板儀在 A B C 三角形內者，位置圓之交點最易確定，故 P 點位置，最為準確。平板儀若在 A B C 三角形之外，則有若干種位置，頗不適宜。左右二標架之視線所夾之角甚小，而中間一標架至平板儀之距離，又較左右二目標為遠者，結果最不準確，其例



第 84 圖

見第84圖。若平板儀介於 A B C 圓與 A B C 三角形之間者，平板儀愈近中間標架愈佳。設平板儀近於 A B C 圓之中心，其結果遠較第84圖之情形為佳，但終不如在三角形之內。設中間標架距儀器較左右二標架為近者，(如第85圖)結果良佳，儀器距中間標架愈近者愈佳。第85圖中 P 點係用位置圓求得者，其交點頗為確定。但設中間標架不在 b 而在 b'，則示誤三角形之大小形狀及位置雖無變更，而位置圓將相交於 P'，其角度



第 85 圖

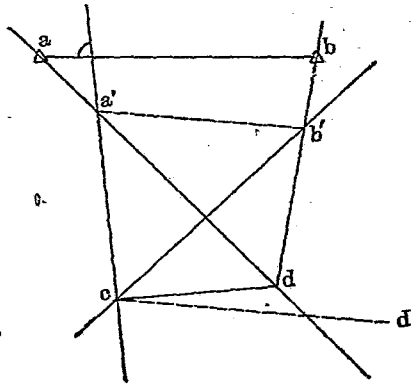
較小,交點之位置亦較不確定。設 P 在 a b 線上或密近該線,而從 c 所作截線不與 a b 線成銳角者,結果亦佳,設 P 在 a b 之延長線上或密近該延長線,而該延長線比較 a b 線甚短者, P 點位置亦頗

準確。又設 a, b, c 成一直線,而 P 距該直線不過遠者,亦可準確定其位置,倘平板儀適在 a b c 圓周上,或貼近該圓周,則無論圖板處何方向,三位置圓必相密合,而 P 點位置即無從定之。由是觀之,用三點法時平板儀之位置有選擇之必要。

228. 二點法 有時平板儀位置有所限制,致僅能望見地上二點,則須用二點法以定儀器在圖上之位置。

設 A, B 為地上二點, a, b 為各該點在圖上之位置。今置平板儀於任何適宜之處 C, 欲定其在圖上之位置 c。

第一法 選一第四點 D, 其位置宜令各交線間之角不致太小。置儀器於 D, 安平後, 用羅盤以定其大概方向。



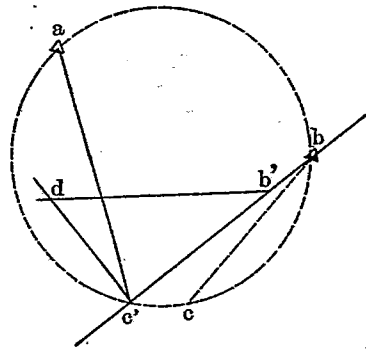
第 86 圖 二點法

貼直線尺於  $a, b$ , 各照準  $A$  及  $B$ , 作二截線, 相交於  $d$ 。(第 68 圖) 貼直線尺於  $d$ , 照準  $C$ , 作一直線, 然後移儀器於  $C$ , 約估  $CD$  之距離, 在  $dC$  線上假定一點  $e$ , 以代表平板儀之位置。貼直線尺於  $c, d$ , 旋轉圖板, 照準  $D$ , 旋緊圖板, 則平板之方向與在  $D$  時相同。貼直線尺於  $c$ , 照準  $A$  及  $B$ , 作  $cA$  及  $cB$ , 交  $dA$  及  $dB$  於  $a', b'$  二點, 則  $a'b'cd$  四邊形與代表  $ABCD$  之四邊形相似, 惟大小方向則不同。

$a, b$  與  $a', b'$  所成之角為方向之差誤。從  $c$  作  $c'd'$ , 使其與  $cd$  所成之角等於  $a, b$  與  $a', b'$  所成之角。貼直線尺於  $c, d'$ , 旋轉圖板, 照準  $D$ , 則平板儀之方向即無差誤。貼直線尺於  $a$ , 照準  $A$ , 貼直線尺於  $b$ , 照準  $B$ , 作二截線, 所得交點, 即為  $C$  在圖上之真位置。

若不作  $c, d'$ , 可貼直線尺於  $a', b'$ , 在視線內立一標桿, 復貼直線尺於  $a, b$ , 旋轉圖板, 照準標桿, 則  $a, b$  即與  $A, B$  平行, 而圖板之方向以定。

第二法 置儀器於  $C$ , 安平後, 用羅盤以定圖板之大概方向。貼直線尺於  $a$  及  $b$ , (第 87 圖) 照準  $A$  及  $B$ , 作二截線相交於  $c'$ , 則  $a, c', b$  角必等於  $ACB$  角。依幾何理, 平板儀在圖上之位置, 必在  $a, b, c'$  圓周上。作  $a, b, c'$  圓, 在  $b, c'$  之左或右垂直或約略垂直方向內, 設一點  $D$ ,  $D, C$  之



第 87 圖 二點法



距離,至少宜等於  $CB$  距離之半。貼直線尺於  $c'$ ,照準  $D$  點,作  $c'd$  線。移平板儀於  $D$ ,貼直線尺於  $d$ ,照準  $C$  點,則圖板之方向與在  $C$  點時相同。貼直線尺於  $d$ ,照準  $B$ ,作一線,交  $c'b$  於  $b'$ ,則  $c'b'$  爲  $CB$  二點之距離。以  $b$  爲圓心,  $b'e'$  爲半徑,作一弧,交  $ab'c'$  圓於  $e$ ,即爲  $C$  點在圖上之位置。

第三法 若能置平板儀於  $AB$  直線之內,則甚易得  $C$  點在圖上之位置,其法如下。

置平板儀於  $AB$  線內任何一點,貼直線尺於  $ab$  線,旋轉圖板,照準  $A$  或  $B$ ,以定圖板之方向,此乃圖板之正確方向也。照準  $C$  點,沿直線尺作一線。移儀器於  $C$ ,而留一標桿於前所置放儀器之處。貼直線尺於前所作之線,旋轉圖板,照準所立之標桿,則圖板之方向與在標桿處相同,即其方向爲正確也。於是依次貼直線尺於  $a$  及  $b$ ,照準  $A$  及  $B$ ,作二截線,相交於  $e$ ,即爲  $C$  點在圖上之位置。

229. 各種方法之比較 (1) 輻射線法及交線法爲測繪地上任何各點之法,而導線,截線,三點,二點諸法,則專爲定平板儀位置於圖上者。

(2) 輻射線與交線法之比較 輻射線法最稱便捷而準確,爲測繪地形最通用之法。若遇甚遠或不易達到之點,則可偶以交線法代之。交線法除基線外,不須再量距離,固屬便利,但交線角度太小者,或所測物體無尖銳之目標者,皆不易得準確之交點,而圖上交線太多時,更易致混亂。故一圖上之點,每可純用輻射線法繪成之,而不能純用交線法也。

(3) 導線法,截線法,三點法,二點法之比較 導線法相

當於經緯儀之施測導線，各測點必須均能達到，方能將儀器依次由一測站移至次一測站。各測站間之距離，必須逐一量得之，用鋼尺量度，既費時間，用視距法則視線之長每有所限制，因此之故，常須安置儀器於無點可測之處，而有虛耗時間之弊。

截線法僅須起首量一基線，其後不須再量距離，祇須能同時望見基線兩端之標誌，即可置儀器於任何適宜之處，藉截線以定其位置於圖上。其法實較導線法為便利，三點法即係脫胎於此者。

三點法之優點有三：(1)不須置平板儀於三角點或導線測站上，並不須量任何距離。(2)可置儀器於任何適宜之處，以測繪最多數之點，且各儀器點儘可相距甚遠，不受任何限制，故可免安置儀器於無點可測處之弊。(3)各儀器點在圖上位置之差誤，不相關連，可免集積差。以上三項優點，皆為導線法所不具者。

倘不能同時望見地上三點，則三點法不能適用，可用二點法以濟其窮，維手續較為繁複，且無法以資校對。

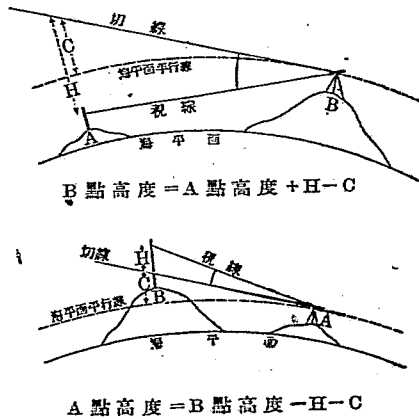
(4)三點法各法之比較 本書所述三種三點法中，以影印法最為簡捷，亦頗準確，維風大時摹圖布常被吹動，頗感不便。白塞爾法理論雖佳，但設遇  $e, b$  二點（第81圖）相距太近時， $e, b$  延長線之方向甚難確定，且交點  $o$  每落於圖板之外，實為一大缺點。李門法在生手為之，固不免困難，但積有相當經驗後，即覺便捷而又準確，最通用之方法也。

230. 用平板儀測高度 一板儀遠鏡上裝有水準管及

垂直度盤,可用以測水準高度。若測區甚小,縮尺甚大者,平板儀常置於有已知高度之測點上,或接近水準標點之處,故可用水準測法或測視距垂直角以得儀器之視線高。然在廣大測區用小縮尺製圖時,儀器常置於任何地點,其位置及高度,均為未知,且附近每無水準標點。在此種情形下,須用下法以定儀器所在點之高度。

法以十字線交點照準標桿之巔,或三足架之頂,或其他定點上,讀一垂直角。因標桿頂或標架上其他任何定點之高度為已知,而儀器至標架之距離,可從圖上量得,故以水平距離乘垂直角之正切真數,即得儀器點與標架上一定點之高度差。更測他二標架之垂直角,可資校對。若遠鏡能繞其本身軸線旋轉者,可取二垂直角讀數平均之,或垂直度盤為全圓者,亦可取正倒二讀數平均之,以消除差誤。

因儀器與標架每相距甚遠,弧面差與折光差必須計及。本書末附表13為弧面差與折光差之總改正數,每百公尺列一數。凡仰角之高度差應加入改正數,俯角之高度差應減去改正數,或常將改正數加入所測得之高度中亦可。其理見第88圖即



第 88 圖

可明瞭。圖中H為未加改正之二點高度差,C為弧面差與

折光差之總改正數。

[例] 置儀器於  $x$ , 其位置用三點法測定後, 得各點之垂直角如下:

照準 A, 標桿巔,  $+7^{\circ}12'$ , 指標差  $-1'$

照準 B, 三足架頂,  $+2^{\circ}34'$ , 指標差  $+5'$

照準 C, 標桿巔,  $-0^{\circ}55'$ , 指標差  $0'$

圖上量得距離,  $x A = 521$  公尺

$x B = 2268$  公尺

$x C = 3597$  公尺

三角點高度: 照準點高於三角點之公尺數

A. 277.9                      A. 8.75

B. 321.6                      B. 4.76

C. 154.5                      C. 9.33

高度差爲

A.  $521 \times \tan 7^{\circ}11' = 65.66$

B.  $2268 \times \tan 2^{\circ}39' = 104.96$

C.  $3597 \times \tan 0^{\circ}55' = 57.55$

弧面與折光總改正數爲

A.  $+0.02$

B.  $+0.34$

C.  $-0.86$

改正高度差爲              A. 65.68

B. 105.30

C. 56.69

從 A 測得  $x$  之高度  $= 277.9 + 8.75 - 65.68 = 220.97$

從 B 測得  $x$  之高度  $= 321.6 + 4.76 - 105.30 = 221.06$

從 C 測得  $x$  之高度  $= 154.5 + 9.33 + 56.69 = 220.52$

平均  $= 220.85$

遠鏡距地高  $= 1.42$

地面高度  $= 219.43$

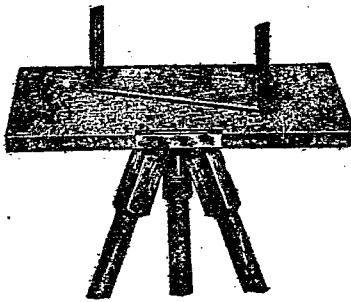
**231. 蒙圖紙於圖板之法** 圖紙與圖板必須處處緊貼，可用溼布使圖紙反面（裱稀布之一面）受潮，然後將其四邊反摺於圖板之下，每邊以圖釘十餘枚釘之，或用銅夾夾之。乾後圖紙收縮甚大，即能緊張於圖板之上。然後繪三角點或導線於其上，以備攜往野外使用。

**232. 圖紙之伸縮** 圖紙伸縮足以損害測量之精確度，實為最難解決之問題。大捲圖紙切成小張後，反面宜裱以細薄之布一層。更有兩紙重疊，使其紋路縱橫相交，中間夾以布一層者。為論如何，圖紙裱就後，須置於潮溼之處，使之伸脹，然後曝乾，再溼再曝，以減少其伸縮。凡用溼潤之紙，蒙於圖板上，待乾透後再畫三角點或導線者，較諸先行繪就，然後蒙於圖板者為佳。

**233. 平板儀測量之效用** 本章所述為平板儀測量之原理與基本方法。平板儀為地形測量通用之儀器，他如局部小測量，亦可用以測製平面圖，雖不如經緯儀為準確耳。

## 第二十二章 小平板儀

234. 小平板儀之構造 小平板儀之圖板，較大平板儀為小，約為四十公分見方，其上嵌有矩形羅盤，與板面相齊平。

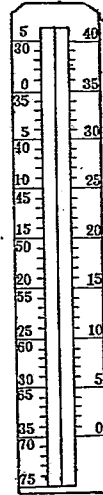


第 89 圖 小平板儀

照準儀之直線尺有銅製或木製二種，長約二十公分至三十公分，其斜邊上刻有尺度，每格為一公釐。直線尺上更嵌有水準管一個。照準儀上無遠鏡，而以規孔版與分割板代之，見第 89 圖。

分劃板 為銅製，在直線尺之一端，能與之相垂直。中間有一直縫，縫中嵌一細絲，兩邊等分為若干格，每格等於二版間水平距離之百分之一，見第 90 圖。

規孔版 規孔版中間部分可向上伸拔，名曰伸拔版。伸拔版有上中下三細孔。當未伸拔時，上孔與分劃板左邊之零或右邊之 35 等高，中孔與左邊之 15 或右邊之 20 等高，下孔與右邊之零或左邊之 70 等高。故用下孔與分劃板右邊之格數，可仰測  $\frac{40}{100}$  之傾斜度，用上孔與左邊之格數，



第 90 圖  
分劃版

可俯測  $\frac{35}{100}$  之傾斜度。伸拔版之反面，亦刻有格數，由下向上，自 40 至 75 爲止，其每格與分劃版相等。拔足後，其 40 與分劃版右邊之 40 處相齊。故用上孔與分劃版左邊之格數，可俯測  $\frac{75}{100}$  之傾斜度，用分劃版下端之細孔及伸拔版之格數，可仰測  $\frac{75}{100}$  之傾斜度。

235. 小平板儀測方向線 小平板儀既安平後，可由覘孔版之細孔窺測。移轉直線尺，至分劃版中間之細線照準目標後，沿直線尺作一線，即爲所欲繪之方向線。凡大平板儀之各種測法，如輻射線法，導線法，交線法，三點法，二點法等，皆可適用於小平板儀。

236. 小平板儀測高度差 儀器安平後，先量覘孔高出地面之距離。由上（或下）孔窺測之，視線切在視距尺上之數，等於覘孔高時，此視線切於分劃版上之格數，以 100 除之，即爲傾斜度，亦即俯（或仰）角之正切。再以兩點間之水平距離乘之，即爲兩點間之高度差。若以公式表之，則得

$$H = L \times \frac{n}{100} \dots\dots\dots [22]$$

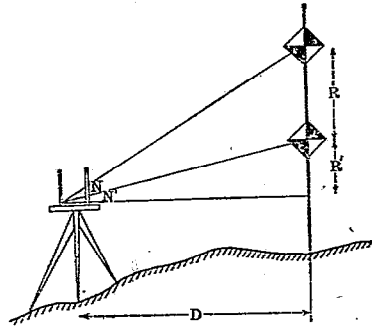
式中  $H$  = 高度差， $L$  = 水平距離， $n$  = 分劃版格數。

例如二點間之水平距離先已測得爲 125 公尺，由下孔仰窺，視線切得之格數爲 16.5，則兩點間之高度差爲  $125 \times \frac{16.5}{100} = 20.63$  公尺。

實施時，可依據公式 [22] 製成圖或表，以省計算。

237. 小平板儀測距離 用視距尺，或用竹竿，上裝覘牌

二個，上下二規牌間之距離，可令其為二或三公尺。如欲測二點間之水平距離，可置儀器於一點上，植桿或尺於他點上。圖板安平後，由任何一孔窺測之。由孔至上下二規牌中心之二視線所包含分割版之格數，既經讀得後，以此格數除上下二規牌間之距離，以 100 乘之，即為二點間之水平距離。如第 91 圖，可得二式如下。



第 91 圖 小平板儀測距離

$$\frac{N+N'}{100} = \frac{R+R'}{D}$$

又 
$$\frac{N'}{100} = \frac{R'}{D}$$

由上二式得 
$$D \times \frac{N}{100} = R$$

$$\therefore D = \frac{100R}{N} \dots\dots\dots [23]$$

式中 D = 兩點間之水平距離，

R = 上下兩規牌間之距離，

N = 上下二視線所包含分割版之格數。

公式 [23] 亦可製為圖表，以供計算。

238. 小平板儀之效用 小平板儀之精確度，較大平板儀尤遜，故僅能用於最草率之測量。



## 第二十三章 地形測量綱要

239. 何謂地形測量 地形測量之目的,在繪製地圖,蓋集合經緯儀,水準,視距等測量於一起,而為其最後之成果也。大之如測繪全國地圖,小之如數畝之地,皆為地形測量也。其手續有二:(1)設立控制點(Controlling points),如三角點或導線測站;(2)測繪地形,如測繪道路,房屋,河道,橋梁等一切建築物,各區域界線,以及等高線。(見後)

### 240. 設立控制點

(1) 位置之控制 測繪地形之前,必先布置三角網或導線,以作測繪之根據。範圍甚廣者,(如一省或數省)恆須設立大三角網,而以小三角網或導線分布於其間。如猶不足,可施測視距導線以補之。

(2) 高度之控制 除位置控制外,更須有高度之控制,以為測繪等高線及測知其他各地形點高度之根據。故各三角點及導線測站之高度,須以水準測量測定之。更須在各三角點間或沿導線設置水準標點,以便施測地形時隨處可以接測或校對。

241. 測繪地形 測繪地形之工作,可區分為二:(1)測定地面上各項物體之位置及高度;(2)測繪等高線。

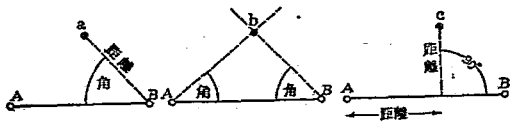
### 地面上各項物體之測定

242. 地面上應測之物體 凡房屋,道路,河道,橋梁,山洞,棧道,電線,湖泊,池塘,樹林,坟墓,牌坊,井,海岸,堤防等一切建築物,皆應繪入圖中。過去數十年中洪水所及之高度,對於工程設計,頗關重要,而本國絕少是項記載。故施測地形時,須隨地向老人多方探詢各次洪水所及之處,而測定其高度。其發生之年月,亦須記明於圖上。年代不遠者,建築物上每留有水痕可識。

本國鄉間識字者尙少,而且方言各處不同,欲得正確之地名,每感困難,最好以縣誌爲憑。

243. 地形點 地形測量中除三角點,導線測站,及視距導線測站外,其餘所測各物體及地面上之點,皆名地形點。

244. 地形點位置之測法 地面上任何一點之位置,可用下列各法測定之:(1)極坐標法 (Polar coordinate method 即平板儀測量中之輻射線法) 即以一角及一距離定之,如第92圖之 a 點;(2)直角坐標法 (Rectangular coordinate method) 係以所測點至導線之垂直距離,及垂直線與導線交



第92圖 定一點之位置

點至導線一端之距離定之,如第92圖之 c; (3)交線法,係以二視線之交點定之,如第92圖之 b。

以上三法中,第一,三兩法可用經緯儀或平板儀以定角度,而用視距法或鋼尺或布尺以測距離;第二法不須儀器,可用鋼尺或布尺量之。第一法爲最有用之法,無論城市郊外,皆適用之,準確而又便捷。任何地形圖,每可全用此法

以繪成之，維偶遇窒礙時，（如不能達到之點）則用第二法代之。（參閱第 219 節）第三法僅能用於城市中，但若有儀器，仍以採用第一法為便。

**245. 測定一物體之位置** 地面上任何物體之位置，皆可用前節所述任何一法，測量該物體上若干點，以定之。所用儀器，不外經緯儀或平板儀，其距離以視距法定之為便。測定一物體之位置者，測定其外邊也。外邊之為直線者，測其兩端，為曲線者，測其兩端及中間若干點，而聯接之。地面上各種物體，不外乎直線體與曲線體二種，茲分述其測法如下。

(1) 直線體 可以房屋代表之，測定房屋之位置，僅須測其屋角。有須全測所有之角者，亦有僅須測扼要數角，而憑目估以勾繪其餘之角者，視所需精確度及縮尺而定。

(2) 曲線體 可以河道及湖泊代表之，較直之處，取點可以較稀，曲折較多之處，取點則宜加密。

**246. 取點之多寡** 圖之縮尺小者，物體形狀之有規則者，圖在野外就地繪製者，取點恆可較少，反之則須較多。點數愈多者，自愈精確，但時間亦成問題。生手每嫌其取點太多，致進行遲慢。迨有相當經驗後，常能藉目估之力，以少數之點，成同樣準確之圖。目估勾繪之術 (sketching)，在地形測量中極關重要，繪製縮尺較小之圖者尤然。地形測量技術之優劣，蓋可視其目估勾繪之是否可恃以為判也。

**247. 測量物體之高度** 地面上物體除位置外，有時並須測知其高度。例如平地上村莊之地基有填高以防水淹者，若測得該地基之高度，即可約知該地之最高洪水位。他

如橋樑、鐵路等建築物之高度，亦常須測得之，以供他項工程設計之參考。

在平地上可用水平視線照水準儀測法，以測兩點間之高度差，如此既省手續，又易準確。至此法不能應用時，始用垂直角與視距法測之。

### 高等線之測繪

248. 等高線概說 等高線 (Contour lines) 者，為聯地面上高度相等諸點之曲線，所以顯示地面形狀者也。今設有一孤島，屹立於水中，則水面截此島表面所成之線，即為一等高線。設水面高度為五公尺，則此線為五公尺等高線，若為十公尺，則此線為十公尺等高線，餘類推。二等高線間之垂直距離名曰等高距 (Contour interval)，等高距普通皆令其為 0.5 公尺之倍數，如 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 …… 50.0, 100.0 等。

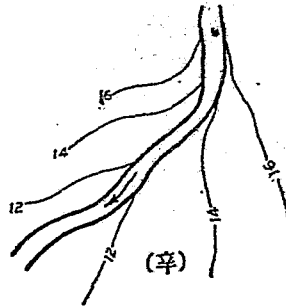
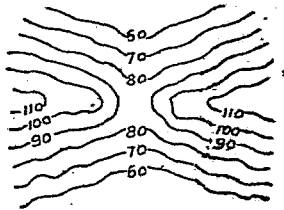
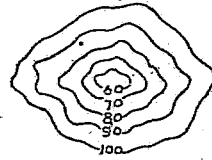
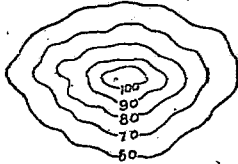
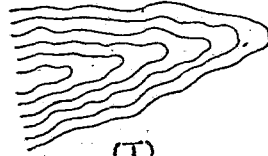
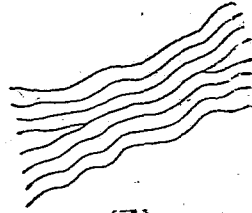
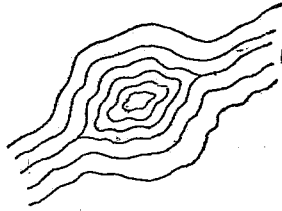
等高線為不規則曲線，其形狀隨地勢而變，欲知其如何能顯示山谷之高低及形狀，當先明其性質。茲詳述如下。

249. 等高線之性質 根據等高線之定義，得下列各條：

(1) 在同一等高線上諸點之高度必相等。

(2) 因大陸或島四面濱海，故每一等高線必自成一圈，如環之無端。此所成之圈，或在一圖範圍之內，或跨越多數圖而成一大圈。此大圈可從圖之一邊入，至他邊出，而斷無中止於圖內者。

(3) 一等高線不能岐為二線，如第 93 圖之 (甲)，二等高線不能相交或併為一線，如第 93 圖 (乙)。但遇懸崖，二等高



第 93 圖

等 高 線

線即能相交,其交點必成雙,如第93圖(丙);遇絕壁,二等高線即有一部份重疊。

(4)等高線密者,表示峻坡,疏者表示坦坡。各線間之水平距離相等者,表示均勻之傾斜度。

(5)等高線經過一點,必與該點最陡斜坡之方向成直角,由是可知嶺上之分水線,必與諸等高線成直角。

(6)凡在圖中成圈之等高線,包含較高之圈於其內者,為山峯,如第93圖之(戊);包含較低之圈於其內者,為無出路之窪地或湖泊,如第93圖之(己)。

(7)山脊或谷底之等高線,在圖中非自行閉塞即成雙,不能有單線,因若為單線,則山脊將薄如刃,而谷底將窄如一線,無此狀態也。

(8)不能僅有一單線介於較高或較低二等高線之間,——從(7)推而言之。

(9)一組等高線如第93圖(丁)所示者,或為山足之突出部份,或為山谷,如為山足,等高線之高度向外遞減;如為山谷,則等高線高度向外遞增。

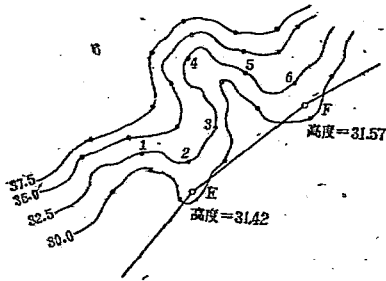
(10)合四組於一起,如第93圖(庚)所示者,表示馬鞍狀之山,其相對之二組為山足,他相對之二組,表示谷之盡處。凡道路之過嶺處,及溪流之發源處,都作此狀。

(11)等高線不能逕行橫過河道。等高線將近岸時,徐徐折向上遊,沿岸前進,至與岸線重疊而止。(因河邊較兩旁平地為低也)然後在上遊越過河底,至他岸逐漸離岸而趨向下游前進,如第93圖(辛)。

250. 等高線之測法 測等高線有二法:(1)選測等高線

上之點，例如欲測十五公尺之等高線者，令持尺者試置尺於十五公尺高度之處，而測定其位置。測得多數點後，即可經過諸點而作一等高線。(2) 選取地面上轉變方向或坡度諸扼要點，測定其位置及高度。依諸點間距離及高度差之比例，而插繪等高線於諸點之間。此法所測得諸點，大都不在所欲測等高線之上。

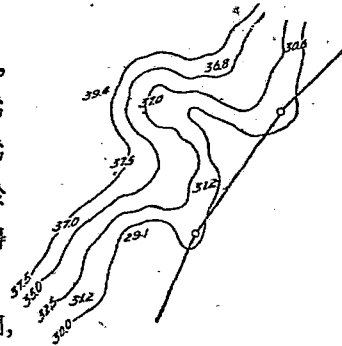
第一法示例 如第94圖，E F 為導線，其高度業經測定，如圖所示。經緯儀或平板儀置在 E 處，量得儀器之高為 1.45，與 E 站高度相加，得視線高為 32.9。今設欲測 32.5 之等高線，可置覘牌於水準尺或視距尺之 0.4 處，旋平遠鏡後，由觀測者指示持尺者或



第 94 圖

高或低，至 1 點處，視線適切於覘牌中心，則該點即為 32.5 等高線所經之點，於是測定 1 點之位置。依同樣方法，測得 2, 3, 4 諸點之位置，其高度均為 32.5。聯 1, 2, 3……6 諸點，即為 32.5 之等高線。更移儀器於較高之處，依同樣方法，可測得 35.0, 37.5 諸等高線。

定，如圖所示。經緯儀或平板儀置在 E 處，量得儀器之高為 1.45，與 E 站高度相加，得視線高為 32.9。今設欲測 32.5 之等高線，可置覘牌於水準尺或視距尺之 0.4 處，旋平遠鏡後，由觀測者指示持尺者或



第 95 圖

第二法示例 如第95圖，31.2, 39.4, 30.6……等皆為扼

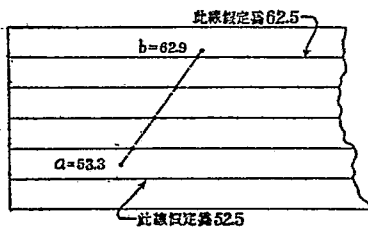
要之點,其位置及高度,可用經緯儀或平板儀測定之。其距離通常用視距法測之,高度可將水準管旋平測之。兩點高低相差太甚者,則用垂直角測之,以免頻移儀器之繁。各點既測定後,可用第 252 節之法插繪之。

第一法不能用垂直角,且所欲測之點,須試求得之,故雖較第二法為準確,而需時太多,僅適用於區域甚小之測量。普通之地形測量,皆用第二法以期迅速,倘扼要之點無所遺漏,而取點不太少者,亦並無精密不足之虞也。

251. 等高線控制點之選擇 凡山峯之最高點,谿谷之最低點,山坡改變傾斜度之處,山坡與平地相交之處,山足及山坡突然轉向之處,皆為等高線之控制點,蓋以其能控制等高線之位置也。無論用何法施測時,此等控制點不可有所遺漏。

252. 等高線之畫法 (1)用第 250 節第一法施測者,所測之點皆為等高線所經過之點,祇須參照第 249 節各條,將高度相等各點,聯成曲線,即為所欲畫之等高線。

(2)用第 250 節第二法施測者,所測之點非為等高線所經過之點,故須按兩點間之高度差及等高距,以計算其間應有之等高線數,更按兩點間之高度差及水平距離,依比例以計算各等高線經過之點之位置。然計算太費時間,可用圖解法以代之。其法用透明布一方,作多數等距離之平



第 96 圖 用透明布插繪等高線



行線。如第96圖上 a, b 二點之高度爲 62.9 及 53.3 公尺, 今欲每隔 2.5 公尺作一等高線。先計算出二點間應有等高線四條, 並假定透明布上每二平行線之高度差爲 2.5 公尺。覆透明布於圖上, 先使 a (或 b) 點依距離及高度之比例, 處於任何二平行線間適當之處, 用硬鉛筆尖指定 a (或 b) 點, 旋轉透明布, 使 b (或 a) 點亦處於他二平行線間適當之位置, 而令 a b 二點間之平行線爲四條。則 a b 直線與四平行線之交點, 卽爲四等高線所經過之點, 可用鉛筆尖戳透明布, 透四交點之痕跡於圖紙上, 而註明其高度。依同樣方法, 將圖上每相鄰二點間等高線所應經之點, 悉行點出, 然後依等高線之性質, 聯高度相等諸點爲曲線。

此法係假定每二點間有均勻之傾斜度而插繪, 費時猶嫌太多, 僅適用於室內, 故必須有一野外就地勾成之等高線草圖以資參證。

(3) 等高線通常須在野外隨測隨繪, 以迅速爲尙, 故透明布法, 不甚適用。當在野外繪得一部份地形點之後, 應卽審察當地形勢, 先將最高最低及中間整數等高線, (如十或二十公尺之等高線) 繪於圖上, 其曲折疏密, 須合乎實地情形; 然後乃將中間各線插入之。倘爲時間所限, 不能在野外完全繪畢, 中間各線不妨俟歸隊後補繪之。

在野外勾繪等高線, 初似頗難, 積有相當經驗後, 卽能將陵谷起伏之狀, 以疏密曲折之線顯示之。

(4) 等高線如 10, 50, 100 等整公尺數者, 宜以較粗之線繪之, 而將高度註明於線上。中間細線之高度, 或註或否, 均無不可。下表列各種等高距粗線之高度, 可見二粗線間之

細線數普通皆為四,維 2.5 公尺之等高距,祇能有三。

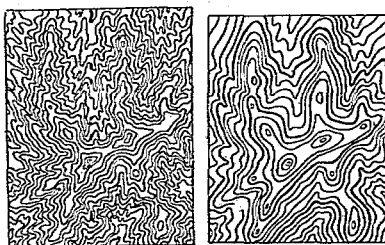
第 三 表

等高距	粗 線 高 度				
0.5	0.0	2.5	5.0	7.5	10.0.....
1.0	0	5	10	15	20 .....
2.5	0	10	20	30	40 .....
5.0	0	25	50	75	100 .....
10.0	0	50	100	150	200 .....
20.0	0	100	200	300	400 .....

(5)繪等高線除不背第 249 節所述各條之外,並須曲折自然,疏密相當,以確切表現實在地形;若直僵呆滯,或轉向處具有尖角者,既為實地情形所鮮有,在圖上亦毫無美觀之足言,茲特設例以比較其優劣,如第 97 圖之(甲)為勾繪佳良之等高線,(乙)為同一圖而出諸生手者。

253. 等高距之選擇

選擇等高距,須視地面傾斜度,圖之縮尺,及測量之目的而定,初無一定標準,可資導循。例如城市或平



(甲) (乙) 第 97 圖

原測量,每用 0.5 或 1.0 公尺之等高距,山地則常須 5 或 10 公尺之等高距,而一省或一國之總圖,可用 100 或 200 公尺之等高距。總之二等高線間之水平距離,能顯示於圖上者,宜用最小之等高距,以期精密。又或一圖之中有山地亦有平地者,不妨選用二種或二種以上之等高距也。

施測地形方法

## 地 形 記 載 簿

(左頁)

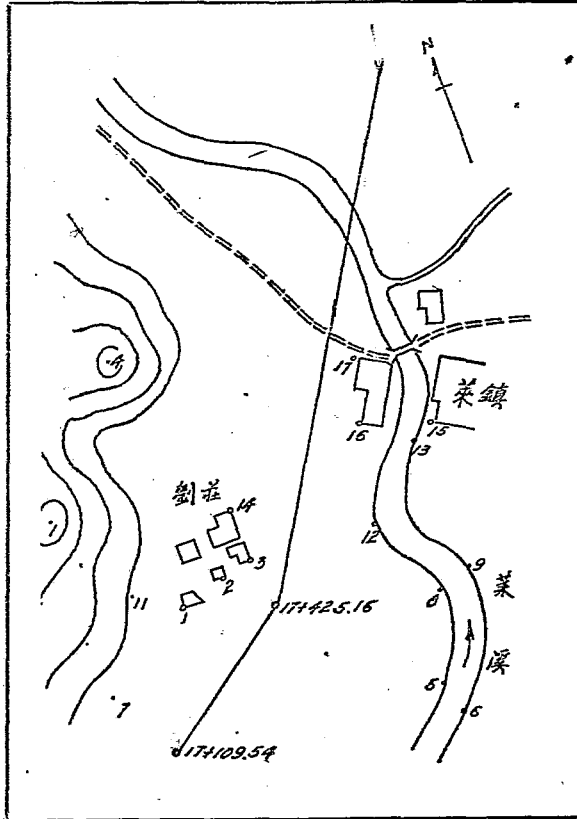
(經緯儀視距測記法)

點 次	左 角	距 離	垂 直 角	高 度 差	高 度	水 準 視	備 註
	儀器在 17+425.16		高 度 = 24.48				
	儀器高 = 1.43		視 線 高 = 25.91				
17+109.54	0°-00'	316			25.35	0.56	B.S
1	60-20	120			25.2	0.7	劉莊西南角
2	89-00	65			25.0	0.9	劉莊南面
3	121-00	62			25.3	0.6	劉莊東南角
4	122-40	426 -6	+6-27	+47.5	72.0		土山頂
5	285-20	324			24.2	1.7	萊溪左岸
6	270-30	355			24.2	1.7	萊溪右岸
7	50-25	286	+0-32	+2.7	27.2		山 腳
8	234-40	304			25.3	0.6	萊溪左岸
9	233-20	332			23.9	2.0	萊溪右岸
10	79-30	407 -6.5	+7-13	+50.7	75.2		土山頂
11	78-00	285	+0-34	+2.8	27.3		山 腳
12	225-15	214			24.3	1.6	萊溪左岸
13	200-30	267			24.5	1.4	萊溪右岸
14	123-10	144					劉莊東北角
15	194-30	299					萊溪西南角
16	190-30	234			23.9	2.0	萊溪西南角

254. 施測地形方法 本節所述施測地形方法,乃指三角點或導線業經繪於圖上以後之工作。羅盤儀,經緯儀,大小平板儀,雖皆可用以施測地形,而最通用之方法有三:(1)經緯儀視距測記法;(2)經緯儀視距測繪法;(3)平板儀(大

地形記載圖

民國 21 年 4 月 18 日 觀測者： 某某 (右頁)



平板) 視距法。

255. 經緯儀視距測記法 以一人司經緯儀,一人司記載,或僅一人兼司測與記。每一地形點之讀數有三,即距離,水平角,及垂直角(或遠鏡水平時之前視讀數)是也。每

讀畢一數，即將其記入簿中，而附繪草圖於右頁，以供歸隊後製圖之參證。

此法中之勾繪草圖一項，極為重要，蓋圖係歸隊後繪製，或由他人繪製，悉憑草圖以勾繪等高線及他項物體。草圖若有錯誤，或欠詳明，則繪圖時若發生問題，或因未目睹當地情形，或雖目睹而閱時不免遺忘，勢將疑竇叢生，束手無策。繪製草圖，頗非易易，非積有相當經驗不為功。茲將記載格式及草圖，附列於上，草圖中之小圈，表示所測之點，圈旁數目字，為記載表中之點次。

256. 經緯儀視距測繪法 用經緯儀一架，圖板連三足架一副，（與平板儀之圖板相同，但無照準儀。）以一人司經緯儀，一人司繪圖。讀得一點之角度，距離，垂直角（或水準讀數）三項後，司繪圖者隨即將該點之位置，用分角器及尺，點於圖上，並註明其高度，當場製成鉛筆圖稿。除視距導線外，不需任何記載。

257. 平板儀視距法 以一人兼司測與繪，用三點法或導線法以定平板之位置於圖上，用輻射線法或交線法以測各地形點。隨測隨繪，當場製成鉛筆圖稿，完全不須記載。

### 258. 三種測法之比較

- |        |   |
|--------|---|
| 平板儀視距法 | (1) 當場製圖，謬誤較少。<br>(2) 不須記載，室內工作甚少。<br>(3) 測繪僅須一人。 |
| 之優點：   |   |
| 其缺點：   |   |

經緯儀視距測繪法之優點：
 

- (1) 當場製圖，謬誤較少。
- (2) 不須記載，室內工作甚少。
- (3) 準確。
- (4) 迅速。

其缺點：
 

- (1) 測與繪須二人合作。
- (2) 雨天不甚適用。

經緯儀視距測記法之優點：
 

- (1) 準確。
- (2) 迅速。
- (3) 小雨天亦可適用。

其缺點：
 

- (1) 不在當場製圖，謬誤較多。
- (2) 多一番記載手續，室內工作甚多。
- (3) 僅適用於狹長地帶（如路線測量）或小區域測量而不適用於滿幅之地形圖，因所測之點與圖邊之距離，當場不得而知也。

經緯儀測繪法，實為測記法與平板儀法之混合工作。其較平板儀為準確，讀者當無疑問；其所以較平板儀為迅速之原因有二：(1) 測與繪由二人分任；(2) 照準儀在圖紙上旋轉，不無呆滯，不若經緯儀遠鏡之旋轉靈便，照準迅速，或者以為平板儀不須讀水平角，可省一項手續，殊不知讀地形點之水平角，不須遊尺，亦不必用微動螺旋，讀角僅須一瞬，並不耗費時間也。總之經緯儀視距測繪法可適用於任何地形測量，實為最佳之法，特開專章以詳述之於後。其中有他二方法可以共同適用者，皆逐節標明之，庶幾其他二法，可不須另加詳述矣。

## 第二十四章 經緯儀視距測繪法

259. 引言 經緯儀視距測繪法，為美國 Baltimore 城市測量所創用。該項測量，先用經緯儀視距測記法，各項建築物在室內繪就後，再攜圖赴測區，就地勾繪等高線；繼乃用平板法，均未能得滿意之成績。最後乃用經緯儀視距測繪法，以測竟所餘全城四分之三之面積。但美國測量書籍，對於此項測法，均無詳細敘述，頗以為憾。我國之首先採用此法者，厥維前順直水利委員會之白河流域地形測量。嗣後各技術機關，相率仿效，咸認為最善之法。

260. 經緯儀之選擇\* 凡經緯儀之有垂直度盤，遠鏡水準管，及視距線者，皆可用以施測地形。惟最適用者，須備具下列各項條件。

- (1) 宜用簡單輕便之一分經緯儀，或蔡司三號經緯儀。
- (2) 水平度盤之刻法，宜順時針方向從 $0^{\circ}$ 至 $360^{\circ}$ 。
- (3) 垂直度盤之直徑須大，最好能與水平度盤相等。
- (4) 垂直度盤之遊尺上，宜裝一微動螺旋，以便隨時可以消除指標差。
- (5) 垂直度盤宜全圓，以便兼用正倒遠鏡，施測垂直角。
- (6) 宜用倒像遠鏡，以得較強之擴大力。
- (7) 遠鏡上之水準管，務須靈動，俾在平地時，可用以代

---

\* 此節亦適用於測記法。

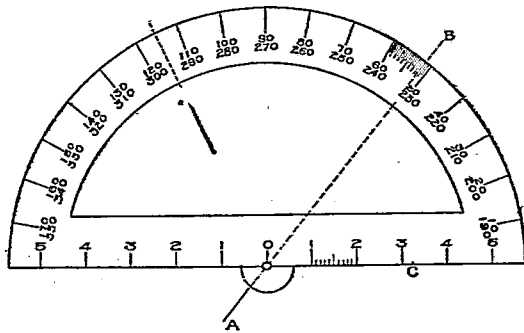
替水準儀，以測各點之高度。

261. 圖板及三足架 可仿照平板儀製造。圖板大小，視圖幅而定。板與三足架之連繫，可較簡單，祇須能旋緊圖板，不須水平裝置。可於板之下面正中裝一螺旋桿，以便插入三足架首孔中。桿之下端，裝一元寶式螺旋，以便將板旋緊。

262. 圖板之安置 圖板宜置於經緯儀之近旁。風大時宜置於下風之一側，以免繪圖者誤聽讀數。圖板雖不必水平，而方向則須約略估定之。

263. 分角器\* 地形點通常皆用角與距離測定，故須用分角器畫之。此項分角器，宜作半圓形，如第98圖。其度數宜分內外二行刻畫，一行自 $0^{\circ}$ 至 $180^{\circ}$ ，他行自 $180^{\circ}$ 至 $360^{\circ}$ 。以賽璐珞製者為最佳。市上所售者，其直線上每無尺度，即有亦不定能適用於所規定之縮尺，故不如以堅硬之紙自製為佳。其角度宜劃分至半度，而將所規定之縮尺，畫於左右二直線之上，

各以圓心為零。其圓心處須裝一半圓形洋鐵薄片，而穿一細孔於圓心上，以便插針旋轉。



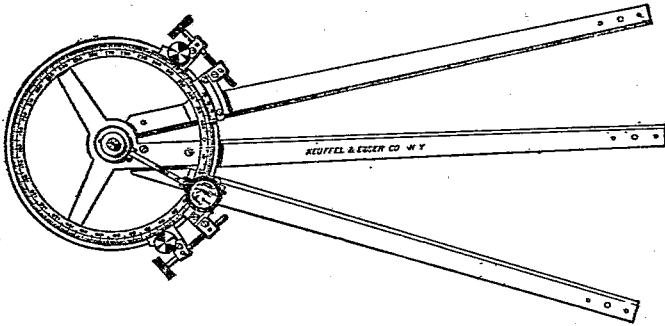
第98圖 地形用分角器

#### 264. 公尺†

\* 用測記法在室內繪圖者亦適用此種分角器。

† 此節亦適用於測記法及平板法。





· 第 99 圖 三 臂 分 角 器

分角器直線上之縮尺，每不甚準確，故僅能用以繪地形點。若繪視距導線，宜另備精細之公尺一枝。其橫斷面作梯形，而斜邊上劃分至半公釐者，最為適用。

265. 三點法\* 經緯儀與平板儀測量相同，亦可用三點法以定儀器在圖上之位置。其法置儀器於同時能望見三標架之任何適宜地點，測三點間之二水平角，用三臂分角器 (Three arm protractor 如第 99 圖) 繪之。或將二水平角用尋常分角器繪於透明紙上，照第 223 節之法為之。

266. 視距導線測法\* 三點法不能適用時，須測視距導線，以直接控制地形點。(1) 視距導線必須閉塞；(2) 宜與地形點同時施測；(3) 宜用方位角施測。

267. 視距導線畫法 視距導線須隨測隨繪，故以迅速為尚。第 171 節所述之各法，皆可應用，而縮尺較小（例如 1:10000）者，以用分角器畫方位角，最為簡便。若圖上本有方格者，可用圖解之縱橫距，以坐標法繪之，準確而又便捷。

\* 此二節亦適用於測記法。

268. 視距導線之記載 視距導線須記載於簿，以備查考，或計算其閉塞差。記載簿格式與第 255 節之地形記載簿相同，而無地形點及草圖。

269. 水平遠鏡測視距導線高度之法† 用垂直角以測高度，差誤恆大；若二點間高度相差不大者，宜用水平遠鏡測之，準確而又省計算。因安置儀器之樁頂高度，恆為已知，可置經緯儀於甲樁上，既旋平後，量遠鏡中心與樁頂之垂直距離，與甲樁高度相加，得視線高。旋平遠鏡，前視於乙樁，將讀數從視線高減去之，以得乙樁之高度。乃移儀器於乙樁，量儀器高，以與乙樁高度相加，得視線高。前視甲樁，以得甲樁高度。設此高度較甲樁原來高度高若干，應從乙樁高度減去此差數之半，或低若干，則加此差數之半，以得乙樁之正確高度。如此則因儀器校正不完善，及弧面差與折光差所生之差誤，均可消除。此種測法之精確度，遠勝於用垂直角。以著者在河北平原之經驗，因彼處折光強烈之故，前後視高度之差誤，每達一二公寸，在一時期內，其符號常為一律。但逐站改正之後，結果往往甚佳。視距導線測程在十公里以內，視線常達五百公尺，用經緯儀所測水準閉塞差，恆可不逾十公分，尋常總不過三四公分而已。

270. 司經緯儀之任務及其應注意點\* 司經緯儀任務有三：(1) 將每點水平角、距離，及垂直角（或水準讀數）三項讀數，依次報告繪圖者。(2) 指揮持尺者。(3) 詢地名及物名。

其應注意點如次：(1) 視距常數準確否；(2) 儀器是否校

†此節亦適用於測記法及平板儀。

\*此節除任務第(1)項外，餘皆適用於測記法。

正完善；(3)持尺者所選之點，扼要否；(4)應測之點，有無遺漏。

**271. 繪圖者之任務及其應注意之點** 任務：(1)繪視距導線及地形點；(2)計算各點高度；(3)製圖；(4)修整地形圖。

應注意各項：(1)分角器及公尺是否準確；(2)圖紙伸縮如何；(3)所畫視距導線，須校對之；(4)視距導線高度計算，須校對之；(5)必須望見每一測點上之視距尺，以便按照目擊形狀，勾繪等高線及各項物體，並藉目力之估計，以校對觀測有無鉅大錯誤；(6)應測之點，有無遺漏；(7)視距導線之位置，是否適宜；(8)不因任務之繁重而耽誤野外工作之時間。

**272. 持尺者之任務及其應注意之點\*** 任務：(1)選擇最適宜之視距導線測站；(2)選擇等高線及他項物體之控制點；(3)勾繪草圖。繪圖者對於地面上各項物體之詳細形狀，每因距離較遠，不能瞭望清晰，維賴持尺者勾製草圖，以供參證及採用。

應注意各項：(1)立尺之處，須能望見儀器，庶觀測者亦能望見視距尺。(2)立定後不可遊目閒眺，或蹲坐地上，須常注視儀器所在之處，號旗一舉，應速即立正，以待觀測。(3)測畢一點，移步欲行時，仍須注視號旗，以觀有無其他命令。(4)在障礙衆多之處，立定後，久不見觀測者，或係視線障蔽之故，應吹警笛，以示己身之所在。(5)手指不可遮蔽尺面。(6)距離較遠者，宜稍令尺面向陽，以受日光，俾易於觀測清楚。

**273. 地形點遇障礙時之測法\*** 本節所述為視距尺被障礙時之測法。(1)視距尺如被樹葉遮蔽，可將尺左右徐徐

†此節除應注意各項中之第(1)、(5)、(8)三項外餘皆適用於平板儀法。

\*此二節亦適用於測記法及平板儀法。

搖動，即可隱約窺見尺上格數。(2) 視距尺下部被遮蔽時，可將尺高舉。(3) 以上兩法無效時，可待水平角讀畢後，將尺向左或右移若干公尺，以避去障礙。所讀得距離之差誤，在縮尺較小之圖上不致有何影響。(4) 讀垂直角時，若十字橫線切於尺上之數，適被遮蔽，可向上多切一或二公尺，算得高度後，照數減去之。(5) 遠鏡水平時，中橫線若遇障礙，可讀上橫線，減去距離讀數之半，以得中橫線之讀數，或讀下橫線，而加距離讀數之半。若中橫線高於尺頂或低於尺底不多者，亦可與此相似之法，以得中橫線之讀數。

274. 指揮旗及指揮記號\* 施測地形，常用長視線者，宜用旗語。指揮旗與導線所用者相同，可在竹竿上刻一尺度，以便量儀器之高。持尺者應各認定一種旗色，如一紅旗，或一白旗，或紅白並舉，或紅在上而白在下，或白在上而紅在下，共可得六種記號，已足敷應用。至於旗語，亦與導線所用者相同，倘不敷應用，可隨意增添之。

275. 縮尺與測法\* 以上本章各節所述，為測繪各種縮尺之圖所共同適用者，但詳細測法，每隨縮尺而微有不同。凡規劃一項地形測量，應首先親赴測區履勘一過，乃按測量之目的，規定圖之縮尺。縮尺既定，然後乃可規訂等高距，視線最長限度，施測細則，測隊組織，以及應用物品等項。其詳細情形，莫善於設例以明之。茲就大中小三種縮尺，各設一例如下。讀者得此，對各種地形測量，當可窺見其梗概矣。

276. 例一 今有地一區，南北約長 250 公尺，東西約長 300 公尺，擬築一小公園，欲先行測製一圖，以供設計之用。

\* 此二節亦可適用於測記法及平板儀法。

(1)縮尺 此類圖上,須能辨別公寸,故通常皆用  $\frac{1}{200}$  至  $\frac{1}{500}$  之縮尺。今假定用  $\frac{1}{500}$  者,若繪成一圖,其圖紙約寬 0.6 公尺,長 0.8 公尺。此項尺寸,尙屬適宜,故不妨採用之。

(2)控制 因測區甚小,可用視距導線爲控制。

(3)等高距 測區內有土阜數處,假定其坡之傾斜度爲  $30^\circ$ , (此爲普通之值) 今設用半公尺等高距,則每二等高線在圖上之水平距離約爲二公釐,尙不太密,故可用半公尺等高距。

(4)視線最長限度 視線愈長者,差誤愈大。依據第 210 節所述,用劃分至一公分之視距尺,視線長一百公尺者,距離差誤可達三公寸。此三公寸之差誤,在  $\frac{1}{500}$  之圖上,約爲半公釐,尙不甚顯著,且圖紙有伸縮,此差誤事實上亦難避免。故無論視距導線或地形點,視線長宜以一百公尺爲限。

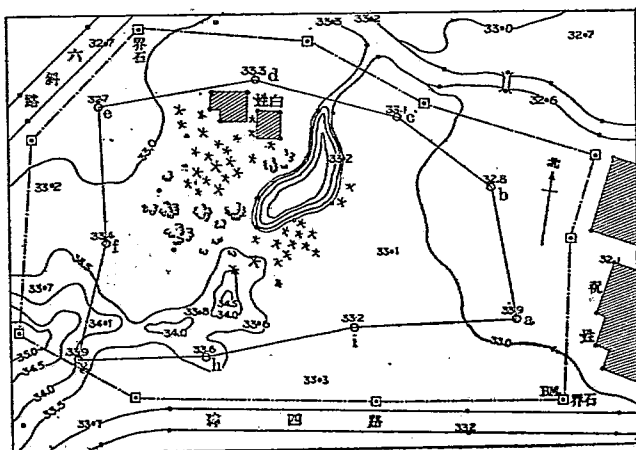
(5)水平角讀數 畫地形點所用之分角器,普通皆劃分至半度,五分以內之差誤,甚難辨別。故地形點水平角讀數差誤在五分以內者,皆可容許。今設視線長一百公尺,水平角差誤五分,其對於地形點位置之差誤,祇有七公分,在圖上絕不顯著。故讀水平角,祇須用目力估計,不必讀遊尺,且視線僅須約略對準視距尺,不必用止動與微動螺旋。至於視距導線之水平角,則須精密測之,精密讀之。

(6)測隊組織 觀測,製圖,持尺者各一人,或測與繪由一人兼任亦可,因測區甚小,速度可無須計及也。

(7)儀器及用品 經緯儀一架,視距尺一枝,圖板一副,圖紙一張,記載簿一本 (記載視距導線用) 分角器,公尺,

三角板, 5H 鉛筆, 砂紙, 橡皮, 圖釘, 視距表, 視距計算尺, 針, 火漆, 木椿, 斧, 鑿等。

(8) 施測概況 如第 100 圖, 沿界址內側, 與界址相距約七八十公尺, 擇適宜地點, 釘 a, b, c……i 諸木椿, 作為視距導線之測站。若附近無水準標點, 可任擇一界石, 於其頂上刻一記號, 作為水準標點, 並假定其高度。以距水準標點最近之椿 (如 a) 為起點, 安平儀器於其上, 置圖板於其旁, 以磁北為後視, 測定第一線 a b 之方位角。將此線繪於圖上適宜之處, 其位置須能使界線均在圖內, 且不偏於任何一側。乃令持尺者環繞儀器一週, 用極坐標法測畢 a 處能測諸點, 及次一測站 b。然後移儀器於 b, 以 a 為後視, 照樣測畢 b 處能測諸點及 c。依次置儀器於其餘各測站, 以測畢全部地形, 同時繪製成圖。



第 100 圖 地形圖

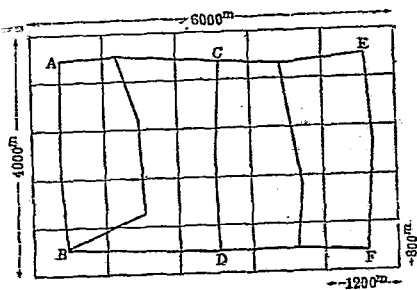
277. 例二 有地一區，東西約長 7000 公尺，南北約長 4500 公尺，欲闢作新城，試先行測製一詳細地形圖，以資規劃各項市政工程。

(1) 縮尺 此種測量，差誤在一公尺以內者，尚可容許。今設用  $\frac{1}{2000}$  之縮尺，則一公尺之差誤，在圖上為半公釐，尚能辨別，故可採用  $\frac{1}{2000}$  之縮尺。

(2) 控制 此種測量，宜用導線為控制，其精確度須在  $\frac{1}{5000}$  以上。今設圖幅為  $40 \times 60$  平方公分，則每圖面積為 0.96 方公里，全區域約需圖三十三幅。宜將全區分測二導線，如第 101 圖之 A B C D 及 C D E F。每導線中央更測一縱線，如此每一圖上皆有導線一條，用以控制地形，蓋已足用，而如此佈置，似最省線。

(3) 等高距 平地可用半公尺等高距，有山部份可用 2.5 或 5.0 等高距，視傾斜度如何而定。同一圖中，兼有平地與山地者，亦不妨用二種不同之等高距也。

(4) 視線最長限度 據第 210 節所述，用劃分至二公分之普通視距尺，視線長二百公尺者，距離差誤可達七公分。此七公分差誤，在  $\frac{1}{2000}$  縮尺圖上，僅為 0.35 公釐，故可規定視線之長以 250 或 300 公尺為限。視距導線宜更縮短。



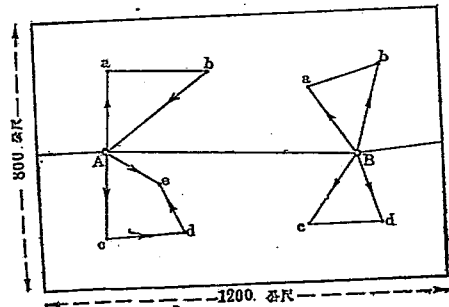
第 101 圖

(5) 水平角讀數 與第一例相同。

(6) 測隊組織 司經緯儀及繪圖者各一人,持尺者二人,如需要可另加雜役一人,是為一組。全部測量同時所需之組數,須視情形而定。

(7) 儀器及用品 經緯儀一架,圖板一副,標桿二根,視距尺二枝,布捲尺一盤,指揮旗二面,傘二柄,圖筒二個,油布白布(蓋圖用)各一方,三角板一副,其他針,火漆,砂紙,鉛筆,橡皮,圖釘,記載簿,警笛,小扁槌等稱是。

(8) 施測概況 每張圖上常須施測視距導線,以補鋼尺導線之不足。視距導線之布置,固須視情形而變,不能有一定之法則,但若地形簡單,障礙稀少者,可略如第 102 圖所示之佈置。每圖測四導線,每導線僅須三或四邊。先置儀器於 A,測定 a, b, c, e 四視距測站。移儀器於 b 及 a,更置於 c 及 d,於儀器之左右二側,各置一視距尺,以測竟左半部之地形。倘遇障礙,可於視距導線或鋼尺導線上支出一點或二點,以便安置儀器,而補測被障礙之物體。右半部之地形可用同樣方法測繪之。若圖中祇有南北導線而無東西導線者,可在其左右二側各測一視距導線。



第 102 圖

第 102 圖中之箭頭,表示視距導線進行之方向。

278. 例三 測量一省或全國之地形。



(1) 縮尺 此種大區域地形測量,普通皆用  $\frac{1}{10000}$  之縮尺製圖,本國白河流域地形測量亦然,故本例亦用此種縮尺。

(2) 控制 此種大規模地形測量,普通皆用大三角網爲總控制,其間復以小三角或精密導線聯絡之。若爲小三角,圖上至少宜有三點,以便應用三點法施測;若爲導線,至少宜有東西線一條。至此項控制點之繪算,須用大地測量術,非本書範圍所及。本例所述者,僅爲控制點業已繪於圖上後之工作。

(3) 等高距 因測區廣大,地勢各處不同,等高距宜隨地形而變,自 0.5 至 10 公尺皆可應用。同一圖中,若兼有山地與平地者,亦不妨用不同之等高距也。

(4) 圖格及圖幅 大區域地形圖中之縱橫線,係代表地球上之經緯線;每格通常代表經緯度各一分,故圖格不爲正方形,而約略作長方形。經緯線之畫法,見大地測量學,本書從略。 $\frac{1}{10000}$  縮尺野外所製原圖,普通包含緯度二分半,經度五分。在本國版圖內,每圖南北約長 4.5 公里,東西長自約六公里至約 8.7 公里,面積自二十七平方公里餘至約四十平方公里,均隨緯度而變。

(5) 視線最長限度 依據第 210 節所述,視線長達四百公尺者,距離之差誤可以達三公尺。若差誤爲五公尺,在  $\frac{1}{10000}$  縮尺之圖中,亦不過半公釐,尙非顯著,故視線之長,不妨達六百公尺也。但視距導線,則宜以三百公尺爲限。

(6) 水平角讀數 今設地形點視線長 600 公尺,水平



角差誤五分,其位置之差誤約爲 0.9 公尺,在圖上尙不顯著,故五分以內之差誤,仍可容許也。至於視距導線,則自須用遊尺讀至一分。

(7) 測隊組織 司經緯儀及繪圖者各一人,司前後標桿兼持尺者各一人,持尺者三人,司指揮旗,肩圖板,攜雜物者各一人,共十人,是爲一組。全部測量同時所需之組數,視情形而定。

(8) 儀器及用品 較第二例增添視距尺三枝,餘皆相同。

(9) 施測概況 有三標架能同時望見者,可置經緯儀於任何適宜之處,用三點法以定其位置。若不能利用三點法或二點法時,須測閉塞視距導線。每一圖上所需導線數,須視障礙物之多寡,及地形之繁簡而定。每導線全長宜以數公里爲限。其邊長宜約爲六百公尺,可置儀器於每邊之中間,讀二距離而取其和數。測視距導線時,應同時施測地形,共分五線進行:視距導線居中,一側置一遠尺及一近尺,他側亦如之。(其一近尺以司後點者兼之)

## 第二十五章 橫斷面及縱斷面測量

### 橫斷面測量

279. 何謂橫斷面 將長形物體橫切之，其被切之平面謂之橫斷面 (Cross-section)。

280. 施測橫斷面之目的 橫斷面為用至廣，凡建築工程計算土方，(見第三十七章) 研究或考察現存建築物之狀況，以及計算河道流量 (見第 433 節) 等，均須施測橫斷面。

281. 橫斷面施測概要 (1) 橫斷面必須與建築物成正交，此正交方向，尋常僅以目力估定之。(2) 如無特殊緣故，各橫斷面間之距離皆為相等，如 20, 25, 50 或 100 公尺，視所需精確度而定。(3) 在每個斷面內，於建築物之一側，定一起點，通常以木樁為誌。(4) 用水準儀測定各起點樁頂之高度。(5) 擇斷面內改變傾斜度各點，測定其與起點之水平距離，及其高度，以定各該點之位置，而備聯成橫斷面圖。

282. 施測橫斷面之儀器 凡能測高度之儀器，如水準儀，手水準儀，經緯儀等，皆可用以施測橫斷面。其水平距離可用視距法或布尺量之。用以上各種儀器者，通常皆將所測結果，記入簿中，歸後製圖。維用蔡司新式儀器名曰斷面平板儀 (Sectioning alidade) 者，能以一人隨測隨繪，不需記

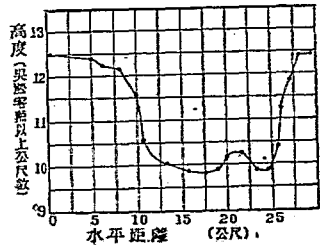
載,甚稱便利。茲分別述之於後。

283. 用水準儀或經緯儀施測橫斷面 用目力估得與建築物成直角之斷面方向後,置儀器於起點上,量儀器之高,或後視於附近之水準標點,以得視線高。用一水準尺或視距尺,在該垂直方向內,擇改變傾斜度之點,測定其高度及起點距,逐一記入簿中。亦有用布尺量距離者,不如視距法為迅速。用經緯儀者,亦可用垂直角以定高度。若為河道之橫斷面,除水面以上之部份外,並須測定水面高度及水深, (水深測量見第 387 節) 從水面高度減去水深,即得河底高度。

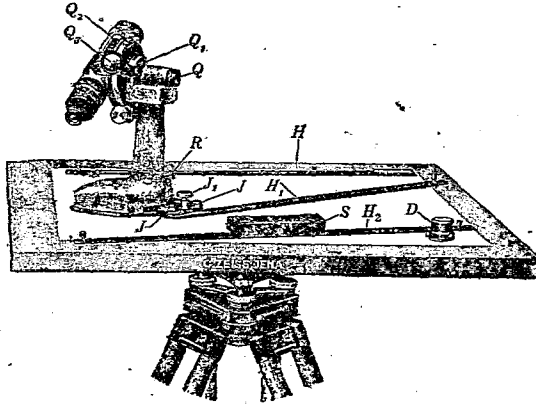
284. 用手水準儀測橫斷面 裝手水準儀於木桿上,桿長普通為 1.4 或 1.5 公尺。另備水準尺或視距尺一枝,以測高度,布尺一盤,以量距離。此法雖簡便,但不甚準確,且因不能用視距法,故亦並不迅速。

285. 橫斷面記載簿 不用垂直角測高度者,可照水準記載簿式樣而添列『起點距』一行;用垂直角施測者,須添列『垂直角』,『高度差』,及『起點距』三行。

286. 橫斷面畫法 在方格紙 (見第 500 節) 橫線上畫起點距,縱線上畫高度,將所測斷面內各點點於圖上後,以曲線聯之,即成橫斷面圖。(如第 104 圖) 倘為河道,須將施測時之水面一併繪入。距離與高度之縮尺不必相同,後者普通用 1:50 或 1:100,而距離之縮



第 104 圖 橫斷面圖



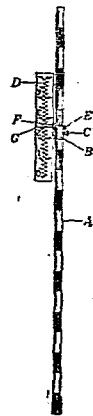
第105圖 断面平板儀

尺則較小。

287. 断面  
平板儀與視  
距尺之構造  
断面平板  
儀與普通平  
板儀無甚差  
別,其式樣如  
第105圖。當  
螺旋Q未緊,  
及銅栓R未

擦下之前,直線尺 $H_1$ 可在圖紙上左右轉動。若遠鏡俯仰動作,直線尺即藉縱柱內部聯動機(Gear)之作用,而隨之轉動,其轉動所成之水平角,等於遠鏡之仰角或俯角。直線尺共有三枝: $H_2$ 係以中央為零,向兩端劃分,適用於較短之断面; $H_1$ 及 $H$ 係以一端為零,一向左,一向右劃分,適用於較長之断面。若將螺旋Q旋緊,銅栓R擦下之後,直線尺即固定不動,變成普通之平板儀,可用以施測地形。

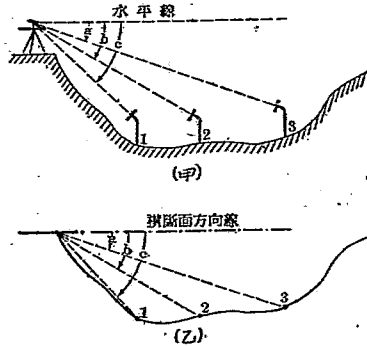
第106圖為視距尺,長五公寸。用橫軸E與圓管B相連,而圓管B能在標桿A上移動,其位置則用螺旋C鉗定之。視距尺更能依橫軸E旋轉,施測時尺與視線必須成直角,可從視標F驗之。



第106圖  
断面平板儀  
之視距尺

288. 用断面平板儀施測橫断面 用断面平  
板儀施測橫断面時,可置儀器於断面之一端或

中間，在圖上適宜之處作一直線，名曰中線。貼直線尺於中線，旋轉圖板，至視線與建築物成直角時，固定圖板，放鬆螺旋 Q，拔起銅栓 R。持尺者立尺於應測之點，置橫軸 E 於與儀器等高之處，用視標 F 對準遠鏡，使視距尺與



視線成直角，如第107圖(甲)。第107圖 用断面平板儀施測断面觀測者乃切中橫線於視距尺中線 G，斯時直線尺亦在紙上移動，成一水平角，等於遠鏡之垂直角。若依直線尺作一線，即代表斜視線。更讀上下二視距線在尺上所截之一段，以 100 乘之，是為斜視線之長。在圖上斜視線上，用相當縮尺，截取此長度，即得断面內一點之位置。同樣測得諸點，聯為曲線，即成橫断面圖，如第 107 圖(乙)。圖中各點與中線之垂直距離，即為各該點與置儀器處之高度差。

上述測法與普通測法之異點如下(1)断面內各點之位置，係用極坐標繪於圖上，——即斜距離與垂直角。(2)雖測垂直角而不須讀角。(3)不須計算高度差。(4)斜距離不須變成水平距離。(5)隨測隨繪。

289. 断面平板儀之優點 (1)當場製圖，減少室內工作，故費用較尋常測法為省。(2)當場製圖，錯誤易於發見，且断面內之小曲折，可以按照實地情形，隨手勾出。(3)雖當場製圖，而野外工作之速度，不亞於普通測法，長約四十公尺之断面，至多十五分鐘足以了之，若以八小時工作計，每日可

測畢四十斷面也。(4)距離之精確度,與普通視距法相同;高度差與用水準儀測得者相較,其差至多不過十公分,平均則約為三公分,此種精確度,已精密有餘。

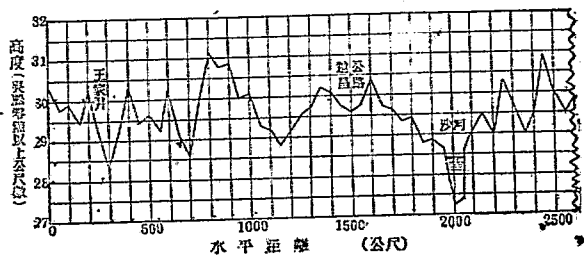
### 縱斷面測量

290. 何謂縱斷面 將長形物體縱切之,其被切之平面,謂之縱斷面 (Profile)。

291. 縱斷面測量之目的 縱斷面測量之目的,在顯示地面或建築物之傾斜度。例如在地面上,循一方向,每隔若干距離,測定一點之高度,即可顯示該方向內地面之傾斜度是也。又如沿路面或堤頂,每隔若干距離,測定一點之高度,亦可顯示該路面或堤頂之傾斜度。凡建築道路或開闢河道,以及其他各種工程,均須施測縱斷面。

292. 縱斷面測法 縱斷面測量,即是水準測量,別無特殊之測法。例如在地面上,循一大概方向,測一導線,每隔若干距離,釘一小樑,用水準儀測定樑旁地面之高度,即得該方向內之地面縱斷面是也。欲測他項建築物,如堤岸或道路之縱斷面者,亦僅須循堤頂或路面測一水準線而已。

斷面  
平板儀雖  
亦可以施  
測縱斷面,  
但距離長  
者,不如水  
準儀為準



第 108 圖 縱斷面圖



確。

**293. 縱斷面畫法** 在方格紙橫線上畫距離，縱線上畫高度，將所測各點點於圖上，以線聯之，即成縱斷面圖，如第108圖。高度縮尺普通用1:50或1:100，與橫斷面同；距離之縮尺則恆較小。凡水準線所經過之城村，及各項建築物如鐵路公路河道等，均須將其名稱註明於圖上相當距離之處。

**294. 縱斷面與等高線** 在地形圖上，任意作一直線或曲線，則該線與諸等高線交點之高度為已知；各交點間之距離，可從圖上量得之。故地面之縱斷面圖，亦可從地形圖繪製之，雖不若實測者為準確耳。

## 第二十六章 天體觀測

295. 概說 測量中所需之天體觀測，計有四項：(1) 緯度；(2) 經度；(3) 時刻；(4) 真子午線。經緯度之精密觀測法，手續極繁，且非特製儀器不可，其詳見大地測量學書籍中；本章所述者，為適用於普通測量之簡便觀測法，可用蔡司三號經緯儀或十秒讀他種經緯儀為之。

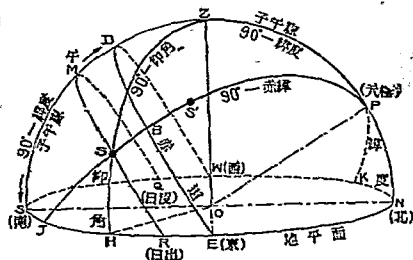
### 296. 定義

(1) 天體 太陽及星統稱天體，太陽為恆星之一，地球為太陽系衛星之一。

(2) 天球 (Celestial sphere) 以地心為中心，地心至某一天體之距離為半徑之假想球，是為該天體之天球。天球之半徑無定，視天體與地心之距離而變。第 109 圖為太陽之天球。

(3) 天極 (Celestial poles) 將地球之軸引長，其與天球之交點，名曰天極，如第 109 圖之 P。在南者曰南天極，在北者曰北天極。

(4) 天頂 (Zenith) 若將地心至地面上任一點之直線引長之，其與天球之交點，為該



第 109 圖 天球及天文三角形

點之天頂。故各測點各有其天頂，而天極則祇有兩個，各處共之。如第 109 圖，Z 爲 O 處之天頂。

(5) 地平面 (Horizon) 於某點與地球相切之平面，爲該點之地平面，如 S E N W。

(6) 天球赤道 (Celestial equator) 地球赤道之平面與天球相截所成之大圓，名曰天球赤道，如 E B D W。

(7) 子午圈 (Meridian) 經過天極與觀測點之天球大圓，是爲該觀測點之子午圈，亦名子午線，如 S Z N。

(8) 時圈 (Hour circle) 經過二天極之大圓，名曰時圈，如 P B S J。子午圈者，經過觀測點天頂之時圈也。

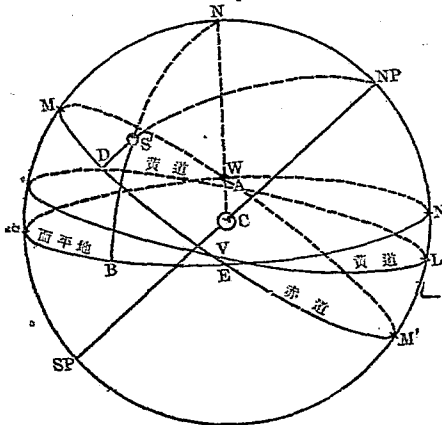
(9) 時角 (Hour angle) 介於子午圈與時圈間之天球赤道之弧，名曰時角。時角慣例皆自子午線向西計之，例如  $360^\circ - DB$ 。(即  $360^\circ - Z P S$  角)

(10) 黃道 (Ecliptic) 地球繞日而轉之軌道名曰黃道，

如第 110 圖之 V L A。

(11) 春分點 (Vernal equinox) 黃道與赤道有二交點，太陽自南而北經過赤道之點，名曰春分點，如第 110 圖之 V。

(12) 赤經 (Right ascension) 一天體之赤經者，爲介於春分點以東與經過該天



第 110 圖 天球

體之時圈以西之赤道之弧，如第 110 圖之  $V M' M D$  爲天體  $S'$  之赤經，赤經相當於地球上之經度，爲便利起見，普通以時分秒計之。

(13) 赤緯 (Declination) 一天體之赤緯者，爲介於赤道與該天體間時圈上之弧，如第 109 圖， $S'$  之赤緯爲  $B S'$ ， $S$  之赤緯爲  $B S$ 。赤緯在赤道北者爲正號，在南者爲負號，蓋相當於地球上之緯度也。地球上一點之位置，既可以經緯度定之，故天體之位置，普通以赤經與赤緯定之。

(14) 極距 (Polar distance) 從  $90^\circ$  減去赤緯，謂之極距。

297. 天文三角形 天極，天頂，天體三者所成之弧三角形，名曰天文三角形 (Astronomical triangle)，如第 109 圖之  $S Z P$ 。天體觀測中各問題，均可由天文三角形解答之。在一定之觀測點， $Z P$  之值常不變，而其他二邊則時時變異。 $Z S$  隨天體之仰角而變， $P S$  則隨赤緯而變，由圖及定義可得下列三式：

$$Z P = 90^\circ - \text{緯度};$$

$$Z S = 90^\circ - \text{仰角};$$

$$P S = 90^\circ \pm \text{赤緯} = \text{極距}.$$

上式中之仰角  $H S$  可用經緯儀測定之，赤緯  $B S$  可從天文年曆中檢得之。(1) 觀測地點之緯度  $P N$  若爲已知即可從天文三角形求  $S Z P$  角，此角等於  $N O H$  角，即所測天體之方位角也。故若測線與所測天體間之水平角爲已知，即可推知測線之方位角。(2) 天文三角形中之  $Z P S$  角，名曰時角。若所測爲太陽，則因地球每二十四小時自轉  $360^\circ$ ，即每小時自轉  $15^\circ$ ，故既得太陽之時角，即可推算觀

則之時刻,以與時錶相比較,而知時錶之差誤。(3)既得準確之觀測時刻,又可與已知經度處之時刻相比較,而知觀測點之經度。(4)又設時角,赤緯,仰角三者爲已知,即可求天文三角形之 Z P 邊,以知觀測點之緯度 P N。

### 時

298. 時 天文學上通常所用之時,共有三種:視時 (Apparent solar time), 平時 (Mean solar time), 及恆星時 (Sidereal time) 是也。時之天然單位爲日,乃天體兩次經過同一子午線所歷之時間也。日之二十四分之一謂之時,時之六十分之一謂之分,分之六十分之一謂之秒。

299. 視時 地球繞日之軌道爲橢圓,其距日有遠近之別,黃道與赤道之交角,又有大小之變,故太陽行度有盈縮,而日有長短之異。且太陽之光線有屈折,凡觀測所得之太陽位置,乃其視位置 (Apparent place) 而非其真位置。故兩次經過同一子午線所歷之時間,乃太陽視位置所經過之時間,逐日長短不齊,謂之視太陽日 (Apparent solar day), 除以 24, 得視太陽時,或簡稱爲視時。

300. 平時 視太陽日時之不齊一,乃大不便事,天文家遂取周年視太陽日之實數而平均之,謂之平太陽日,除以 24, 得平太陽時,或簡稱平時。凡鐘錶所指,皆平太陽時也。

時差 (Equation of time) 乃平太陽與視太陽相距之時角,亦即平時與視時之差。若以式表之則爲:

$$\left. \begin{array}{l} \text{時差} = \text{視時} - \text{平時} \\ \text{平時} = \text{視時} - \text{時差} \end{array} \right\} \dots\dots\dots [24]$$

凡天文年曆中皆載有時差,中央研究院天文研究所之天文年曆所載者,乃按東經 120° 地方逐日子正推算。其前之正負號,乃用以與表中所列視赤經相加減以得平赤經者。如求他時間之時差,可用遞較法 (Interpolation) 推算。

301. 恆星時 春分點兩次經過同一子午線所歷之時間,謂之恆星日,除以 24,謂之恆星時。在一定子午線上之恆星時,即為春分點之時角。故既測得星之時角,即可用下式求其恆星時。(參閱第 111 圖)

$$S = R + T \dots\dots\dots [25]$$

上式中 S = 恆星時  
R = 星之赤經  
T = 星之時角

第 25 式係根據定義成立,無待解釋。今就第 110 圖中 W 點而論,可得下列關係:

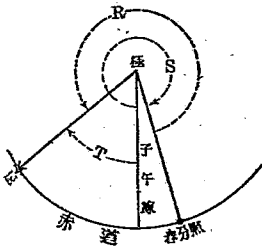
$$MWV = \angle EM'W + MW$$

上式與第 25 式實相符合也。

當星經過子午線時,因  $T=0$

故  $S = R \dots\dots\dots [26]$

即星之赤經,等於當該星經過子午線時之恆星時。



第 111 圖 恆星時,赤經及時角之關係

302. 恆星時與平時之關係  
平太陽 (Mean sun) 行天一週,歷三百六十五日有奇,而春分點過子午線,則三百六十六次,故平太陽日長於恆星日。以數言之為:

366.2422 恆星日 = 365.2422 太陽日

或 1 恆星日 = 0.99726957 太陽日

又 1 太陽日 = 1.00273791 恆星日

恆星日既較太陽日為短,則其每分每秒,亦必較短。今設有一恆星時錶 (Chronometer), 報恆星時,又有一太陽時錶,報太陽時。恆星時錶必較快,每小時可快 9.8565 秒,每日快 3 分 56.5554 秒。根據此關係,逐分逐秒推之,可製成恆星時與平時換算表,以利計算,如附表 11 及 12。

換算法 恆星時既為春分點之時角,而平時則從子正起算,(在子午線之對側)故二者可從下式換算之。

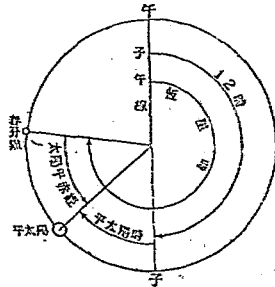
S = R\_s + 12^h + T\_s ..... [27]

上式中 S 為恆星時, R\_s 為太陽之平赤經, T\_s 為從子正起算之太陽時角,即平時也。上式係按照定義列成,觀第 112 圖自明。太陽之平赤經,在三月二十二日為 0°, 嗣後逐日遞增約 4 分。(或 1°) 東經 120° 地方逐日子正之太陽視赤經,可從天文年曆檢得之,加或減時差,即得平赤經。但第 27 式中所欲求者,為 T\_s 時之恆星時,而從天文年曆中所檢得者,為子正之太陽平赤經,故第 27 式中應加一改正數而變為:

S = R\_s + 12^h + T\_s + C ..... [28]

上式中之 C 為 T\_s 時間中所增加之太陽平赤經, C 值可從天文年曆或本書附表 11 檢得之。

[例一] 求中華民國二十一



第 112 圖 恆星時與太陽時之關係

年,東經  $120^\circ$  地方,十月十日太陽平時15時31分45秒之相當恆星時。

從天文年曆檢得  $R_s + 12^h = 1^h 12^m 12.7^s$  ( $12^h 59^m 29.7^s + 12^m 43^s + 12^h - 24^h$ ), 從本書附表11檢得  $15^h 31^m 45^s$  之  $C$  值  $= 2^m 33^s$ 。

$$R_s + 12^h = 1^h 12^m 12.7^s$$

$$T_s = 15 \ 31 \ 45.0$$

$$C = \quad \quad 2 \ 33.0$$

$$\text{所求相當恆星時} = S = 16^h 46^m 30.7^s$$

注意——所求得之恆星時,若超過24時,應減去24時。

設已知恆星時,欲求其相當之平太陽時,則

$$\text{從子正起算之恆星時間} = S - (R_s + 12^h)$$

$$\text{或} \quad \quad \text{平太陽時} = T_s = S - (R_s + 12^h) - C' \dots\dots [29]$$

上式中之  $C'$ , 爲變  $S - (R_s + 12^h)$  爲平太陽時間之改正數,即  $S - (R_s + 12^h)$  恆星時間內所增加之  $R_s$  也。 $C'$  之值可從天文年曆或本書附表12檢得之。

[例二] 求中華民國二十一年,東經  $120^\circ$  地方,十月十日恆星時  $16^h 46^m 30.7^s$  之相當平太陽時。

$$S = 16^h \ 46^m \ 30.7^s$$

$$R_s + 12^h = \quad \quad 1 \ 12 \ 12.7$$

$$\text{從子正起算之恆星時間} = 15 \ 34 \ 18.0$$

$$\text{從附表 12, } C' = \quad \quad 2 \ 33.0$$

$$\text{所求平太陽時} = T_s = 15 - 31 - 45.0$$

注意——設  $R_s + 12^h$  大於恆星時,則恆星時須加24時,



然後相減。

本國天文年曆之太陽表，係按東經  $120^\circ$  地方推算者；若欲換算他地之時刻，可按兩地經度相差之數，先將當地恆星時（或平時）變成東經  $120^\circ$  地方之恆星時，（或平時）然後照前例計算東經  $120^\circ$  地方之平時，（或恆星時）最後仍按兩地經度差，推算當地之平時。（或恆星時）

[例三] 求北平民國二十一年十月十日恆星時  $16^h 46^m 30.7^s$  之相當平太陽時。（北平經度 = 東經  $116^\circ 28' 13''$ ）

$$\text{北平恆星時} = 16^h 46^m 30.7^s$$

$$\text{經度差(時數)} = \underline{14 \quad 7.1}$$

$$\text{東經 } 120^\circ \text{ 地方之恆星時} = 17 \quad 00 \quad 37.8$$

$$\text{東經 } 120^\circ \text{ 地方子正之 } R_s + 12^h = \underline{1 \quad 12 \quad 12.7}$$

$$\text{從東經 } 120^\circ \text{ 地方子正起算之恆星時間} = 15 \quad 48 \quad 25.1$$

$$C' = \underline{2 \quad 35.4}$$

$$\text{東經 } 120^\circ \text{ 地方之平太陽時} = 15 \quad 45 \quad 49.7$$

$$\text{經度差} = \underline{14 \quad 7.1}$$

$$\text{北平平太陽時} = 15 \quad 31 \quad 42.6$$

### 天體仰角之改正

303. 空氣折光改正數 天體所發出之光線，經過地球空氣層時；即向下屈折，致所測得之仰角，較實在仰角為大，故無論何種仰角，均須減去折光改正數，以得實在之仰角。本書附表 18 為按華氏氣溫  $50^\circ$ ，氣壓 29.6 英寸而計算之折光改正數；若在他種氣溫及氣壓觀測者，稍有不同，但其

差甚微，可以略而不計。

[例] 某星之仰角爲  $66^{\circ}32'22''$ ，求其實在仰角。

從表中查得折光改正數爲  $25''$ ，

故實在仰角  $= 66^{\circ}32'22'' - 25'' = 66^{\circ}31'57''$ 。

304. 視差 在地面所觀測之天體仰角，恆較在地心所觀測者略小，此差誤名曰視差 (Parallax)。恆星距地球極遠，其視差極微，可略而不計；若觀測太陽系內之天體，必須加以視差之改正。太陽仰角爲零度時之視差爲九秒，仰角愈增，視差愈減，其公式爲：

$$S = 9'' \cos h \dots\dots\dots [30]$$

上式中  $S$  = 所求之視差，以秒數計， $h$  = 仰角。所求得之視差常爲正號，須與太陽仰角相加。

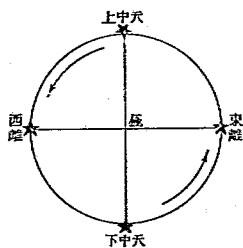
305. 太陽半徑 觀測太陽，不易照準其中心，可照準其最高（或最低）點。測得仰角後，減（或加）太陽之半徑。（以分秒計）太陽半徑可從天文年曆中檢得之，其值約爲16分。

## 星

306. 概說 太陽或他恆星皆可以供觀測，而以觀測恆星較爲準確。凡觀測時刻者，宜用時星 (Time star)。時星者，近赤道諸星也。凡觀測緯度及方位角者，宜用近北極諸星之赤緯在  $75^{\circ}$  以上者。欲認識諸星，須觀星圖，可向坊間購買。

307. 上下中天及東西離 因地球自轉之故，一若諸恆星皆繞北極而轉。凡星之近北極者，其旋轉之圈小，近赤道者其圈大。凡恆星在正南北向內時，即其通過子午線之時。

諸星一日通過子午線兩次，一次在北極之上，而由東向西通過子午線，一在北極之下，則由西向東通過子午線。當星達圈之最高點時，名曰上中天 (Upper culmination)；達最低點時，名曰下中天 (Lower culmination)；在圈之最西點時，名曰西離 (West



第 113 圖

elongation)；在最東點時，名曰東離 (East elongation)，見第 113 圖。圖中之箭頭，表示我人所見之旋轉方向。

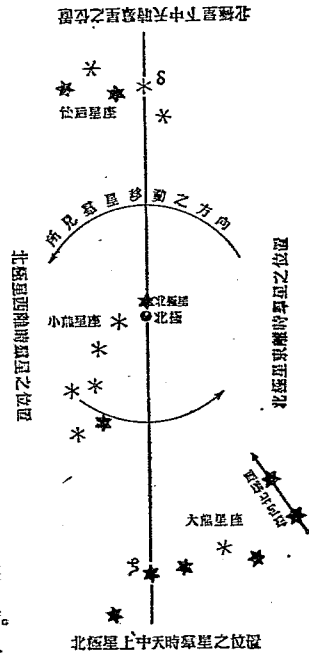
308. 恆星之上中天時刻 因地球自轉一週，歷時約 23 時 56.1 分，(恆星時) 故恆星到達上中天或軌道上其他任何一定點之時刻，逐日遞早約四分。各星到達上中天時刻之差，等於各該星赤經之差。恆星上中天時刻之計算法，見第 313 節。

309. 恆星之極距與方位角 因地球之自轉所見恆星繞極而轉之圈之半徑，(以角度表之) 即為恆星之極距，( $90^\circ - \text{赤緯}$ ) 可從天文年曆中檢得之。極距逐年變異，例如北極星極距之最初紀錄為  $12^\circ$ ，至民國二十一年時則減至約  $1^\circ 03'$ ，至民國 191 年為北極星最近北極之時，其極距僅為  $27' 37''$ ，過此以往，又將逐年遞增矣。

照準恆星之視線與子午線所成之水平角，名曰恆星之方位角，其意義與第 141 節所述者相同。在赤道上，當恆星在東離或西離時之方位角，等於極距；若在赤道以北觀測，方位角恆大於極距，愈北則愈大，而極距則不隨緯度而變。

310. 北極星 北極星 (Polaris or  $\alpha$  Ursae Minoris) 以甚近北極故名。在近北極諸星中，最為明亮而易於認識，且供計算之資料，在天文年曆中記載獨詳，故為最適宜於觀測之星。吾人仰觀北天，見有七大明星，其狀如勺者，是謂北斗七星，又名大熊星座。(第114圖) 又有五大明星，其狀如西文字母W者，是名仙后星座。介於大熊仙后二星座間最明亮之一星，即為北極星，而北極即在其近旁。北極星附近尚有六小星其狀亦如勺者，是為小熊星座。北極星為小熊星座中之一星，而處於勺柄之極端。

北極星因甚近北極之故，其仰角約等於觀測點之緯度，倘北極星確處於北極，則其仰角適等於觀測點之緯度。



第114圖 北極星之位置

緯度之觀測

311. 觀測目的與所需精確度 觀測緯度所需之精確度，視觀測之目的而異。其目的有二：(1) 為製圖之用，例如欲將三角點之位置，按經緯度繪於圖上，因緯度每秒之直線距離約為三十公尺，其結果須精密至  $\frac{1}{100}$  秒，非普通儀器所能奏效。(2) 為供觀測並計算時刻與方位角之用。苟無相

當之圖可以量得經緯度，即須實地觀測。由第36式觀之，顯見欲求方位角精確至一秒，緯度僅須精確至一分，此則可用尋常儀器及簡單方法為之。

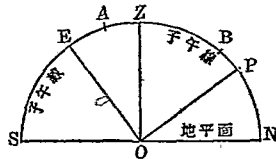
312. 緯度之簡易觀測法 算得星之上中天或下中天時刻後，置經緯儀於觀測點上，提前約十分鐘開始觀測。令視線追逐星之行動；在上中天時，星向西行，在下中天時，則向東行。迨星達最高點時，讀其仰角。

尋常經緯儀，都無電燈設備，可在物鏡處裝一白紙套筒，另備一電筒或燈，將光線射入鏡筒內，始能窺見十字線。

### 313. 緯度之計算

(1) 上或下中天之時刻 從天文年曆中查出所觀測之星之赤經，從公式 [26] 求該星在上或下中天之恆星時，再化為平太陽時。

(2) 計算緯度之公式 如第115圖，半圓為子午圈， $S N$  為地平面， $O E$  為赤道， $P$  為天極， $Z$  為天頂。因  $O E$  與  $O P$  成直角， $O Z$



第 115 圖

與  $O N$  亦成直角，故  $P N = E Z$ 。但  $P N$  為天極之仰角， $E Z$  為觀測點之緯度，故天極之仰角，等於觀測點之緯度。

子午線上一點之仰角，及其赤緯與觀測點之緯度三者之關係，可從第 115 圖求得之，令  $A$  為子午線上一點，則

$$E Z = \text{緯度} = L$$

$$E A = \text{赤緯} = D$$

$$S A = \text{仰角} = h$$

$$Z A = \text{天頂距} = Z$$

從圖可見  $ZA = EZ - EA$

或  $Z = L - D$

又  $h = 90^\circ - (L - D) \dots\dots\dots [31]$

設該點近於天極,例如在 B,則其關係如下:

$$PN = BN - BP$$

或  $L = h - P \dots\dots\dots [32]$

上式中 P 爲 B 點之極距,即  $90^\circ - D$ 。設 B 點在天極之下,則

$$L = h + P \dots\dots\dots [33]$$

[例] 民國二十一年六月十七日測得北極星在上中天時之最高仰角爲  $32^\circ 45' 18''$ , 觀測點之經度爲東經  $116^\circ 25'$ , 求緯度。

從二十一年天文年曆中檢得東經  $120^\circ$  地方六月十七日北極星在上中天之赤經爲  $1^h 37^m 13^s$ , 即北極星上中天之恆星時也。

$$\begin{array}{r}
 \text{東經 } 120^\circ \text{ 地方恆星時} = 1^h 37^m 13^s \\
 \text{R}_0 + 12^h = \underline{17 \ 38 \ 49} \\
 \text{從子正起算之恆星時間} = 7 \ 58 \ 24 \\
 \text{G}' = \underline{1 \ 19} \\
 \text{東經 } 120^\circ \text{ 地方平時} = 7 \ 57 \ 05 \\
 \text{經度差} = \underline{14 \ 20} \\
 \text{觀測點北極星上中天平時} = \underline{7^h 43^m 45^s} \\
 \text{仰角} = 32^\circ 45' 18'' \\
 \text{折光差} = - \ 1' 29'' \\
 \text{改正仰角} = \underline{32^\circ 43' 49''}
 \end{array}$$

$$\text{北極星赤緯} = +88^{\circ}56'14''$$

$$\text{北極星極距} = 1^{\circ}03'46''$$

$$\begin{aligned} L = h - P &= 32^{\circ}43'46'' - 1^{\circ}03'46'' \\ &= 31^{\circ}40'00'' \end{aligned}$$

### 經度之觀測

314. 觀測目的與所需精確度 目的分裂圖與計算天體觀測二種，與緯度相同。僅供計算者，精確度僅須至一分。

315. 經度簡易測法 香港，小呂宋，日本東京及上海徐家匯無線電臺，均按一定時刻，逐日用無線電授時。觀測地點倘有無線電設備者，可先行按照第 317 節方法，測得當地時刻後，與無線電所報之時相比較，其差數即為兩地之經度差。無線電授時所用之各種記號，及說明，見天文年曆。

觀測地點無無線電設備者，可先行測得當地之時刻，然後攜錶往有已知經度地方，測定其時刻。先後所測得之時錶差誤之較差，即為兩地經度差。此法係假定兩地先後觀測所歷時間內，時錶並不發生差誤，但若時錶不甚準確而知其快慢之數者，應將差誤列入計算。

### 時之觀測

316. 觀測目的 凡觀測天體，須有準確之時刻，以便求知時錶之差誤。

317. 觀測方法 時之觀測法不止一種，最簡便者，莫如觀測時星或太陽之仰角。每隔約二分鐘，讀仰角一次，用正置及倒置遠鏡各讀二或三次而平均之。每次照準之時刻，

均須記載之，取其平均數，作為觀測之時刻。

星或太陽之仰角在  $20^\circ$  以下者，折光改正數甚不確定，故應避免；近午觀測太陽者，因其仰角變遷甚緩，亦難準確，故觀測太陽之時刻，以上午八時至十時，或下午二時至四時最為適宜。

太陽之像甚大，欲照準其中心，甚為難事。不如令十字橫線切於其上緣，減去太陽之半徑，以得其仰角。若切於其下緣者，加其半徑。

觀測太陽時須用深色玻璃片，遮蓋目鏡，以蔽強烈之光。若加於物鏡上亦無不可，維苟玻璃片非為真正平面或兩面不相平行者，照準上將發生差誤耳。倘未備顏色玻璃片而遠鏡為正像者，可取白紙片置於目鏡前數公分處，旋轉目鏡及物鏡，（或十字線環）令太陽及十字線之像皆顯於紙上。旋轉遠鏡，至十字線交點居於太陽像正中時，即已照準，蓋因紙片上之太陽像甚小，故不難照準其中心也。

### 318. 計算方法

$$\tan \frac{1}{2} T = \sqrt{\frac{\cos S \sin(S-h)}{\sin(S-L) \cos(S-P)}} \dots \dots \dots [34]$$

上式係根據弧三角公式而來，其中  $t$  = 時角， $h$  = 仰角，

$$P = \text{極距}, L = \text{觀測點之緯度}, S = \frac{L+h+P}{2}.$$

$t$  若為星之時角，可用公式 [25] 計算恆星時，再化為平太陽時；若為太陽之時角，是為視太陽時。

[例一] 參宿四 ( $\alpha$  Orionis) 在西之平均仰角 =  $34^\circ 25' 12''$ ，平均觀測時刻 =  $7^h 00^m 34^s$ ，日期：民國二十一年十一月十日，觀測點緯度 =  $32^\circ 18' 26''$  N，經度 =  $118^\circ 03' 25''$  E，求時錶差。



從天文年曆查得參宿四之赤經 =  $5^h 51^m 33^s$

其赤緯 =  $+7^\circ 23' 59''$

$P = 82^\circ 36' 01''$

平均仰角 =  $24^\circ 25' 12''$

折光差 = 2 05

$h = 24\ 23\ 07$

$L = 32^\circ 18' 26''$

$h = 24\ 23\ 07$

$P = 82\ 36\ 01$

2) 139 17 34

$S = 69\ 38\ 47$

$S - L = 37^\circ 20' 21''$

$S - h = 45\ 15\ 40$

$S - P = 12\ 57\ 14$

$\text{Log cos } S = 9.5413459$

$\text{Log sin}(S-h) = 9.8514552$

9.3928011

9.7716583

2) 9.6211428

9.8105714

$\text{Log sin}(S-L) = 9.7828538$

$\text{Log cos}(S-P) = 9.9888045$

9.7716583

$\frac{1}{2} T = 32^\circ 52' 58.2''$

$T = 65^\circ 45' 56'' = 4^h 23^m 04^s$

赤經 = 5 51 33

恆星時 = 10 14 37

經度差 = 7 46

東經  $120^\circ$  地方恆星時 = 10 22 23

$R_s + 12^h =$  27 14 26

從東經  $120^\circ$  地方子正起算之恆星時間 = 7 07 57

$G' =$  1 10

東經  $120^\circ$  地方平太陽時 = 7 06 47

經度差 = 7 46

觀測點平太陽時 = 6 59 01

觀測時刻 = 7 00 34

時錶差誤(太快) = 1^m 33^s

[例二] 太陽下緣平均仰角 =  $22^{\circ}34'18''$ ，平均觀測時刻 =  $8^h54^m21^s$ ，日期：民國二十一年二月二十二日，觀測點緯度 =  $+41^{\circ}21'28''$ ，經度 =  $+116^{\circ}40'48''$ 。求時錶差。

$$\text{經度差} = 120^{\circ} - 116^{\circ}40'48'' = 3^{\circ}19'12'' = 13^m17^s$$

$$\text{故在東經 } 120^{\circ} \text{ 地方之觀測時刻爲 } 8^h54^m21^s + 13^m17^s = 9^h07^m38^s$$

從天文年曆查得太陽在觀測時之視赤緯 =  $-10^{\circ}41'33''$

$$\therefore P = 100^{\circ}41'33''$$

$$\text{太陽下緣仰角} = 22^{\circ}34'18''$$

$$\text{太陽半徑} = \underline{16\ 12}$$

$$\text{太陽中心仰角} = 22^{\circ}50'30''$$

$$\text{折光差} = -\ 2\ 15$$

$$\text{視差} = +\ \underline{8}$$

$$h = 22^{\circ}48'23''$$

$$L = 41^{\circ}21'28''$$

$$h = 22\ 48\ 23$$

$$P = 100\ 41\ 33$$

$$\underline{2)164\ 51\ 24}$$

$$S = 82^{\circ}25'42''$$

$$S - L = 41^{\circ}04'14''$$

$$S - h = 59^{\circ}37'19''$$

$$S - P = -18^{\circ}15'51''$$

$$\text{Log cos } S = 9.1198038$$

$$\text{Log sin } (S-h) = 9.9358635$$

$$\underline{9.0556673}$$

$$\underline{9.7951079}$$

$$\underline{2)9.2605594}$$

$$9.6302797$$

$$\text{Log sin } (S-L) = 9.8175573$$

$$\text{Log cos } (S-P) = 9.9775506$$

$$\underline{9.7951079}$$

$$\frac{1}{2}T = 23^{\circ}06'55.5''$$

$$T = 46^{\circ}13'51''$$

$$= 3^h04^m55^s$$

$$\text{觀測時刻} = 8^h55^m05^s$$

$$\text{錶上時刻} = 8^h54^m21^s$$

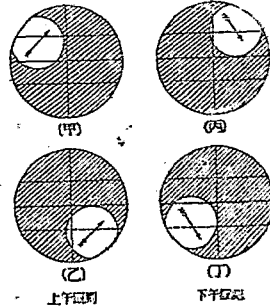
$$\text{時錶差誤(太慢)} = 0^h00^m44^s$$

## 真方位角之觀測

319. 觀測目的與所需精確度 小三角及精密導線,常須用真方位角繪算,實測結果,須準確至秒數。

320. 任何時觀測真方位角 欲測定一測線之真方位角,可置經緯儀於測線之一端,以他端為後視。用正遠鏡每隔二或三分鐘,測天體與測線間之水平角及天體之仰角一次,共二或三次。更倒轉遠鏡,同樣亦測二或三次。取各次讀數平均之,以得平均水平角及平均仰角。每次照準之時刻,亦須記載之,以得平均觀測時刻。最後乃照準後點,以驗儀器在觀測時間內有無移動。若指標讀數大於 $360^\circ$ ,須將平均水平角減去此差數之半,小於 $360^\circ$ ,則加此差數之半。

凡近赤道諸星或太陽皆可以供觀測。觀測太陽者,因其像甚大,不易照準其中心,可照下法測之。如在上半,用上盤之微動螺旋令十字縱線常切於日像之右邊,橫線則割日像下緣之一部,如第 116 圖(甲)。斯時太陽逐漸上升,待升至其下緣與橫線相切時,停止縱線之移動,而讀水平角及垂直角,並記其時刻。次乃用遠鏡之微動螺旋令十字橫線常切於日像之上邊,縱線則割日像左邊之一部,如(乙)。斯時太陽逐漸西移,待其左緣與縱線相切時,停止橫線之移動,而讀水平角及垂直角,並記其時刻。是為一次,為求精確計,可用正遠鏡及倒遠鏡各測二或三次,而取其



第 116 圖

平均數。倘在下午觀測，則日像位置應如(丙)及(丁)所示。其記載表式樣如下：

觀測太陽真方位角記載表

太陽	遠鏡	水平角		垂直角	時刻	
		A	B			
+	正					
+	正					
+	倒					
+	倒					

(下午觀測)

若用白紙片者，其照準之法，與時刻觀測法中所述者相同。

321. 真方位角之計算 測得天體之仰角後，可用下式計算該天體在觀測時之方位角，然後從天體之方位角，及天體與測線間之水平角，推算測線之方位角。

$$\tan \frac{1}{2} Z = \sqrt{\frac{\sin(S-L)\sin(S-h)}{\cos S \cos(S-P)}} \dots\dots\dots [35]$$

上式係弧三角公式，其中 Z = 天體方位角，L = 觀測點緯度，h = 天體仰角，P = 天體極距， $S = \frac{L+h+P}{2}$ 。

[例一] 參宿四與測線之平均水平角為 171°45'32"，照第 318 節 [例一] 求測線之方向角。

Log sin(S-L) = 9.7828538	
Log sin(S-h) = 9.8514552	
	9.6343090
	9.5301504
	2) 0.1041586
	0.0520793

Log cos S = 9.5413459
Log cos(S-P) = 9.9888045
9.5301504

$$\frac{1}{2}Z = 48^{\circ}25'38''$$

$$Z = 96^{\circ}51'16''$$

平均水平角 =  $171^{\circ}45'32''$  後點

測線方向角 =  $N74^{\circ}54'16''W$

[例二] 太陽與測線之平均水平角為  $305^{\circ}55'28''$ ，照第 318 節 [例二] 求測線之方向角。

Log sin (S-L) =	9.8175573
Log sin (S-h) =	9.9358635
	9.7534208
	9.0973544
2) 0.6560664	0.3280332

$$\frac{1}{2}Z = 64^{\circ}49'59.2''$$

$$Z = 129^{\circ}39'58''$$

平均水平角 =  $305^{\circ}55'28''$

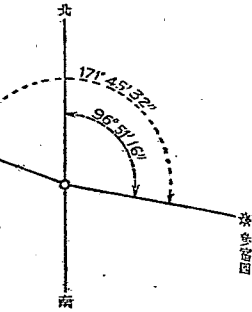
$176^{\circ}15'30''$

$180^{\circ}$

測線方向角 =  $S 3^{\circ}44'30''W$

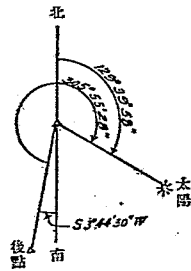
322. 近東(或西)離時觀測真方位角 凡北極近星近東(或西)離時,其左右移動甚緩,故適

於觀測方位角。儀器校正之須完善,使用之須審慎,自無待言,而時刻之準確與否,影響於結果者,尤為重大。未觀測前,須先行算出東(或西)離之準確時刻,並在當日下午或黃昏先行觀測太陽或星,以知時錶所指之東(或西)離



第 117 圖

Log cos S =	9.1198038
Log cos(S-P) =	9.9775506
	9.0973544



第 118 圖

時刻在舉行觀測方位角一小時前，務須先將儀器安置妥當，燈火等一切準備就緒。在東（或西）離前約十分鐘，開始觀測。每隔約二分鐘，用正遠鏡測星與測線間之水平角一次，共四或五次，迨東（或西）離時刻過後，乃用倒遠鏡測星與測線間之水平角，亦每隔約二分鐘照準一次，共四或五次。另由一人記載每次照準之時刻，及水平角。其記載式樣如下：

近東（或西）離觀測方位角記載表

儀器在 A 後 視 B 民國二十一年三月二十七日		經緯儀第 號 觀測者： 記載者：			
星及其他計算資料	遠鏡	水 平 角		平均水平角	時 刻
		A	B		
星：北極星	正	127°-42'-68"	62"	127-43-05	18 <sup>m</sup> -45 <sup>m</sup> -40 <sup>s</sup>
赤經= 1 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	正	64	62"	03	47 -34
赤緯= 88°56'33"	正	63	58"	00	50 -06
經度= 119°54'24"	正	57	53"	127-42-55	50 -41
緯度= 43°13'25"	正	56	52"	54	52 -23
時錶差= -13 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>	倒	307 -42 -48	45"	47	19 -00 -46
西 離	倒	40	44"	46	00 -54
	倒	49	44"	46	02 -29
	倒	49	45"	47	04 -19
	倒	50	45"	47	05 -42

223. 計算 觀測前之計算為(1)用公式 [37] 計算星在東（或西）離之時角，(2)計算在東（或西）離之時刻。觀測後之計算為(3)用公式 [38] 列表計算近東（或西）離時水平角與在東（或西）離時水平角之差，(4)用公式 [36] 計算星在東（或西）離時之方位角，(5)由改正水平角與星之方位角推算測線方位角。

$$\sin Z_e = \frac{\cos d}{\cos L} \dots\dots\dots[36]$$

$$\cos T_e = \cot d \tan L \dots\dots\dots[37]$$

$$Z_e - Z = C \tan Z_e (T_e - T)^2 \dots\dots\dots[38]$$

以上各式中  $Z_e$  = 星在東或西離之方位角

$T_e$  = 星在東或西離之時角

$T$  = 觀測時刻

$d$  = 星之赤緯

$L$  = 觀測點緯度

$Z_e - Z$  = 以秒數計之水平角改正數,其符號在東離時爲正,西離時爲負。

$T_e - T$  = 東或西離時刻與觀測時刻之差,其單位以分數計。

$C (= 112.5 \times 3600 \times \sin 1'')$  爲常數,  $C \tan Z_e$  之值可從第 4 表檢得之。

第 4 表—— $C \tan Z_e$  之值

$Z_e$	$C \tan Z_e$	$Z_e$	$C \tan Z_e$	$Z_e$	$C \tan Z_e$
1°00'	.0343	1°20'	.0457	1°40'	.0571
01	.0348	21	.0463	41	.0577
02	.0354	22	.0468	42	.0583
03	.0360	23	.0474	43	.0589
04	.0366	24	.0480	44	.0594
05	.0371	25	.0486	45	.0600
06	.0377	26	.0491	46	.0606
07	.0383	27	.0497	47	.0611
08	.0388	28	.0503	48	.0617
09	.0394	29	.0508	49	.0623
10	.0400	30	.0514	50	.0629
11	.0406	31	.0520	51	.0634
12	.0411	32	.0526	52	.0640
13	.0417	33	.0531	53	.0646
14	.0423	34	.0537	54	.0651
15	.0428	35	.0543	55	.0657
16	.0434	36	.0548	56	.0663
17	.0440	37	.0554	57	.0669
18	.0446	38	.0560	58	.0674
19	.0451	39	.0566	59	.0680

[例] 依前節記載,計算北極星西離時刻及測線方向。

(1) 西離時刻之計算

北極星赤經 =	$1^h 36^m 32^s$	cot d =	8.2661937
	$T_e = 5\ 56\ 01$	tan L =	9.9730532
西離恆星時 (東經 $120^\circ$ ) =	$7\ 32\ 33$		$8.2392469$
$R_s + 12^h$ (東經 $120^\circ$ ) =	$12\ 15\ 32$		$T_e = 89^\circ 00' 21''$
子正起算之恆星時間 (東經 $120^\circ$ ) =	$19\ 17\ 01$		$= 5^h 56^m 01^s$
	$C' = 3\ 10$		
西離平太陽時 (東經 $120^\circ$ ) =	$19\ 13\ 51$		
	經度差 =		22
觀測點西離平太陽時 =	$19\ 13\ 29$		
	時錶差 (太慢) =		$- 13\ 15$
時錶所指觀測點西離時刻 =	$19^h 00^m 14^s$		

(2) 改正水平角之計算

遠鏡	平均水平角	$T_e - T$	$(T_e - T)^2$	$Z_e - Z$	改正水平角
正	$127^\circ 43' 05''$	$+ 14^m 34^s$	213	$- 11''$	$127^\circ 42' 54''$
正	43 03	$+ 12\ 40$	161	$- 8$	55
正	43 00	$+ 10\ 08$	102	$- 5$	55
正	42 55	$+ 9\ 33$	91	$- 5$	50
正	42 54	$+ 7\ 51$	62	$- 3$	51
倒	307 42 47	$- 0\ 32$	1	$- 0$	47
倒	42 46	$- 0\ 40$	1	$- 0$	46
倒	42 46	$- 2\ 15$	5	$- 0$	46
倒	42 47	$- 4\ 05$	17	$- 1$	46
倒	42 47	$- 5\ 28$	30	$- 1$	46

平均改正水平角 =  $127^\circ 42' 50''$

(3) 測線方向角之計算

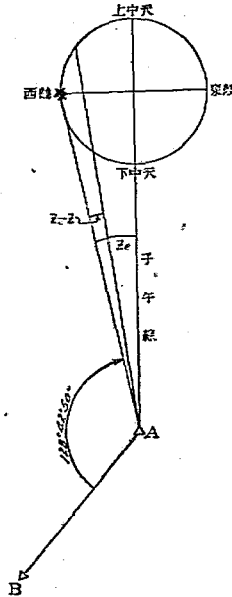
$\cos d = 8.2661198$	平均改正水平角 =	$127^\circ 42' 50''$
$\cos L = 9.8625407$	$Z_e =$	$1^\circ 27' 05''$
$8.4035791$		$129^\circ 09' 55''$
$Z_e = 1^\circ 27' 05''$		$360$
	A B 線方位角 =	$230^\circ 50' 05''$
	A B 線方向角 =	$S 50^\circ 50' 05'' W$



324. 總結 (1) 在非大地測量中, 經緯度及時刻觀測所需精確度, 常可較方向觀測為低。

(2) 觀測太陽不如觀測恆星為準確, 但較為便利。

(3) 在任何時觀測恆星以定線之真方向角者, 不如在近東 (或西) 離時觀測北極近星為準確。其故蓋因前者須讀垂直角, 因而引起兩種差誤之原因: 1. 垂直度盤之直徑, 普通皆嫌其太小。2. 折光改正數之不準確。在近東 (或西) 離時觀測北極近星者, 可不須讀垂直角, 故結果較為準確。



第 119 圖

(4) 近東 (或西) 離時觀測北極近星定真方向之差誤, 大概不過數秒; 觀測太陽者, 倘儀器校正完善, 使用審慎, 其差誤普通亦可不逾一分。

(5) 小三角或精密導線之方向, 宜於近東 (或西) 離時觀測北極近星定之; 普通導線之方向, 可觀測太陽以定之。

## 第二編 特種測量

第一編各章所述者，爲陸地測量之原理及基本方法，大率以儀器爲主體而分類者。本編則分述各項特種測量，蓋常須集合導線、水準、地形、断面等組，而組織一混合測量隊以從事。其所用儀器，雖不外第一編所述各種，而測法則因目的不同，而各有其特殊之點。茲分章述之於後。

### 第二十七章 路線測量

325. 概說 路線測量 (Routine survey) 者，乃建築鐵路、公路、開鑿河道溝渠，以及安設水管等項工程所需之測量也。其目的在測製一狹長地帶之地形圖，及縱橫断面圖，俾得在地形圖中選擇一最適宜之路線，並依據縱断面圖以規定建築物之傾斜度 (Grade)，依據橫断面圖以計算土方。其步驟大概有三：即勘測 (Reconnaissance)，初測 (Preliminary survey) 及定線 (Location) 是也。

#### 勘測

326. 勘測之性質 勘測爲極迅速之測量，其目的在決定初測之範圍。歐美各國都有全國地形圖，以供規畫一般工程之用。路線應經之範圍，即可從此項地形圖中約略規定。勘測一項手續，往往可以省免。我國因甚鮮現成之圖，故常須先行勘測，然後進行初測。

327. 勘測所用儀器與方法 高度通常用氣壓計定之，方向用羅盤儀定之，距離用步數計 (Pedometer) 或輪轉計

(Odometer) 定之。

步數計形如時錶，可懸於腰間，以計步數，由步數以約略推知距離，徒步進行時可用之。

輪轉計係裝於車輪上，以計其轉數，由輪轉之數以約略推知距離，乘車進行時可用之。

倘不用上述各項零星儀器，可用輕便經緯儀一具，視距尺二枝，高度，距離，方向三者，皆可用經緯儀約略測得之。視線之長可達一公里，兩旁遇有緊要地形，可測取一二扼要之點，佐以草圖，以成簡要之勘測圖。設遇山川橫阻，其最適宜於通過路線之地點，謂之控制點，以其能控制該一段路線之位置也。控制點周圍之地形，應詳細測量，以資研究。

328. 勘測之目的 以下各條，為選擇鐵路，公路，運河，灌溉渠等路線時所共有之目的：(1) 考察兩點間有無適宜之路線，所謂適宜路線者，彎曲較少，傾斜度較小，俾建築時土方可以較少，且鮮山洞，棧道，大橋等難工者。（凡鐵路公路灌溉渠皆有須用此項建築者）(2) 同時有數路線可用者，應詳細比較之，以選定最佳之一線。(3) 約略規定路線上所不可避免之最大傾斜度。用氣壓計或經緯儀測得兩控制點之高度差，並測得其間距離後，即可約略算出其傾斜度。(4) 考察所經地段之地質。(5) 調查所經地段之礦產。以上五條，為勘測報告中所必須陳述而不可脫略者。

### 初測

329. 初測之性質 勘測完畢，即繼以初測，目的在就勘測範圍內，詳細測繪一狹長之地形圖，以便確定路線位置

330. 測量隊之組織 局部小工程所需之初測隊人員，可以較少，並無一定之組織；若路線長數十公里以上之築路或鑿河初測隊，其組織普通如下：隊長一人，導線組測員二人，水準及校對水準組各一人，地形組二人，繪圖員一二人，事務員一人，其他測工雜役等稱是。

331. 導線點之選擇 隊長攜帶望遠鏡，羅盤儀，勘測圖，審察地形，選擇導線之測站，選定之後，釘一大木樁以為誌，樁旁植一高竹竿，並綴一紅旗，以利覘望。

332. 導線 導線組應緊隨隊長之後，按所釘之樁，施測導線。其測法普通皆依照第二表第二項，或稍加變更。其方向通常用磁針定之，但亦有觀測太陽以定真南北向者。此類導線，普通皆用正切法或弦線法繪於長卷圖紙之上。在平地上，通常皆沿導線每隔五十公尺釘一小扁橛，以便水準組測量橛旁地面高度，而繪製縱斷面圖；若在山地，應在改變傾斜度之處，加釘小扁橛，以求縱斷面圖之詳確。

333. 水準 水準組應緊隨導線組之後施測，其一為主要水準，一為校對水準。主要水準除測量縱斷面外，凡導線經過之溝底，堤頂及他種建築物之高度，及洪水位等，亦須測之。路線較長者，每一公里須設水準標點一個。校對水準組司校對各點之高度。

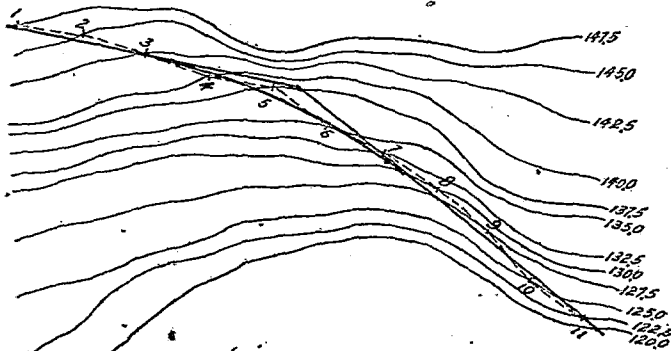
334. 地形 地形組應緊隨水準組之後，用經緯儀視距測記法，施測導線兩側之地形。其每側應測之寬度，初無一定。例如導線循谷中進行，兩側均有高山，則應測範圍，為地形所限，僅須測至相當高度之山坡上為止；若在平地，則每側宜測四五百公尺之地形，俾定線時，可得較寬廣之選擇。

地形圖通常用 1:2000 或稍小縮尺繪製,凡地形測量中應測繪之物,均須一一繪入,極重要而最爲一般忽略者,厥爲最高洪水位及平常洪水位,(即平常夏秋間之洪水位)蓋路或灌溉工程之高度,至少須在平常洪水位之上。

335. 縱斷面圖 初測之結果,除地形圖外,更須依照第 293 節之法,繪製縱斷面圖,以便規定建築物之傾斜度。每日測得水準線後,應當日即將其製成縱斷面圖,俾發見傾斜度如有超過所規定之傾斜度時,次日即可改變路線。

#### 定線測量

336. 圖上定線 在初測所成地形圖上,選擇傾斜度最小,彎曲最少之處,作諸直線,於其相交處,以適當半徑之圓弧與之相切,而聯接之,此種手續,名曰圖上定線 (Paper location)。圖上所定之線,即爲建築物之中線也。



第 120 圖 圖上定線

初測完成後,首先按縱斷面圖,以約略決定各段(譬如數公里)之傾斜度,乃展開兩腳規,使兩尖端之距離,以

傾斜度之百分數乘之之後，須等於等高距。例如等高距為 2.5 公尺，傾斜度為 2%，則

$$\text{距離} \times \frac{2}{100} = 2.5$$

$$\text{或 距離} = 2.5 \times \frac{100}{2} = 125 \text{ 公尺}$$

然後令兩腳規相距 125 公尺，（依照圖之縮尺）一尖端固定於一已定之點上，如第 120 圖之 1，作一弧，交次低（假定為下降斜坡）一等高線於 2，更以 2 為圓心，作弧得 3，同樣得 4, 5, 6……諸點。若嚴密遵依此法為之，而遇有山溝時，路線將循溝曲繞，而成陡彎，亦不適宜，則祇可徑行越溝以取直之。斯時欲保持原有之傾斜度者，可令兩腳規之距離展開兩倍或三倍，以與第二或第三較低（或高）等高線相截。聯此諸交點之虛線之傾斜度，幾與原定之傾斜度完全相符，其填土或挖土之工，幾可為零。此虛線常成不規則之曲線，雖不能即為最後之路線，但知路線愈逼近此虛線者，其土工愈少。故若約略經過 1, 2, 3……諸點中間作一直線或圓弧，即為最省土工之路線也。諸交點約略成一直線者，宜經諸點間先定一直線，次乃以曲線聯接之。諸交點約略成曲線者，宜先定一曲線，次乃以直線聯接之。定曲線可用鐵路曲線板 (Railway curves)，係瓷瑯瑯或木製，各板半徑不同，可逐塊試之，取其半徑適合於地形者，以繪一圓弧於圖上。若不用鐵路曲線板，可用各種不同半徑作諸圓弧於透明布或透明紙上以代之。此項直線及圓弧，先用軟鉛筆繪之，俟稍加更改，最後決定之後，用紅墨水繪之。紅線與初測導線交點之位置，及二線所夾之角，須從

圖上量得之，以備實地上之校對。若差誤太大時，可將路線稍加更改。

**337. 定線測量之性質** 圖上所定之路線，為多數直線與曲線相切聯接而成。用儀器及木樁將此直線與曲線移於地上，是謂定線測量。

**338. 測量隊之組織** 初測工作完畢後，即從事整理圖冊，紙上定線等工作。一切就緒後，乃以原隊人員，從事定線測量，故組織無所變更，各人職務，亦一仍其舊。縱導線組因須敷設曲線，其進行較初測為慢，最好增加一人以輔助之，則全隊速度，可為之增進也。

**339. 直線之敷設** 將各直線之長度，方向角，或夾角從圖上量得後，即可用經緯儀及鋼尺，將其敷設於地上。每五十公尺釘一小樁，每逢半及整公里釘一大樁。二直線之交點，則以大圓樁誌之，其周圍並須另釘大方樁三四個，量定其與圓樁之距離，而註明於記載簿中，俾圓樁即有遺失，仍可於原處補設之。此類參證樁不宜距交點太近，須在挖土範圍之外，以免被挖去或被土覆沒。至於曲線之起迄處，亦須加釘木樁，標明其樁號及曲線之向左或向右。

甚長直線（例如三公里以上）之兩端，每不能互相望見，須分段敷設而引長之。欲其真成一直線而不稍偏折，頗非容易，宜按照第 124 節所述引長一直線之法，審慎為之。

水準組應緊隨導線之後，測定各樁及路線所經各項建築物之高度，以便繪製縱斷面圖。

**340. 關於曲線之定義及公式\*** 曲線為圓弧，如第 121

---

\* 關於曲線尚有多數問題見鐵路專書中。

圖, A V, B V 爲二直線, 亦名切線, 其間聯以圓弧 A B.

$$A V = B V = \text{切線長} = T,$$

$$\angle A V K = \angle A O B = \text{圓心角} = I,$$

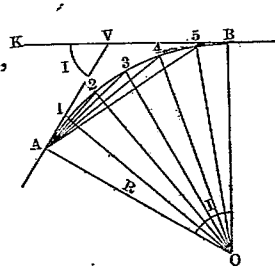
$$A O = B O = \text{半徑} = R,$$

$$A-1 = 1-2 = 2-3$$

$$= \text{定長之弦} = C,$$

A = 曲線起點,

B = 曲線終點.



第 121 圖

曲線度數 曲線之彎度, 有以半徑標明之者, 亦有以曲線度數 (Degree of curve) 標明之者。凡一定長之弦所對之圓心角, 名曰曲線度數。用英尺制者, 此定長之弦普通皆爲一百英尺, 用公尺制者, 普通爲二十或五十公尺。如第 121 圖, A-1, 1-2 爲定長之弦 A O 1, 1 O 2……等角, 卽爲曲線度數。凡曲線度數爲 1° 者, 該曲線卽名曰 1° 曲線, 曲線度數爲 2° 或 3° 者, 該曲線卽名曰 2° 或 3° 曲線。標明曲線之法, 在歐洲多用半徑, 而美國則習用曲線度數也。曲線度數以 d 代表之。

偏角 偏角 (Deflection angle) 爲弦與切線所夾之角, 其值等於圓心角之半。如第 121 圖之  $\angle V A 1, \angle V A 2 \dots \angle V A B$

爲偏角, 其值各等於  $\frac{1}{2} \angle A O 1, \frac{1}{2} \angle A O 2 \dots \frac{1}{2} \angle A O B$ 。偏角

以 D 代表之。

依幾何及三角理, 可得下列諸公式:

已知 R 與 I 求 T 
$$T = R \tan \frac{I}{2} \dots \dots \dots [39]$$



已知 I, D 及 C 求 T 
$$T = (C \tan \frac{I}{2}) \div 2 \sin D \dots\dots[40]$$

已知 I, T 及 C 求 D, 
$$\sin D = (C \tan \frac{I}{2}) \div 2T \dots\dots[41]$$

已知 R 及 C 求 D 
$$\sin D = \frac{C}{2} \div R \dots\dots[42]$$

已知 D 及 C 求 R 
$$R = \frac{C}{2} \div \sin D \dots\dots[43]$$

已知 D, C, 及 I 求曲線長\* L, 
$$L = \frac{I}{d} \times C \dots\dots[44]$$

341. 計算示例 圖上定線時所規定者,僅為曲線之半徑或曲線度數;其他已知者,為二切線交點(V)之樁號及圓心角 I。所求者為曲線起迄樁號,與各偏角。

[例] 設有一  $3^{\circ}24'$  之曲線,其圓心角(I)為  $38^{\circ}54'$ ,切線交點(V)之樁號為  $49+325.64$ ,敷設曲線所用之弦為 20 公尺,試求各站之偏角。

$$\text{曲線長} = \frac{38^{\circ}54'}{3^{\circ}24'} \times 20 = 228.82 \text{ 公尺}$$

$$\begin{aligned} \text{切線長} = T &= \left( 20 \tan \frac{1}{2} \times 38^{\circ}54' \right) \div 2 \sin \frac{3^{\circ}24'}{2} \\ &= 119.02 \text{ 公尺} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 49+325.64 \\ - 119.02 \\ \hline \text{曲線起點樁號} = 49+206.62 \\ + 228.82 \end{array}$$

$$\text{曲線終點樁號} = 49+435.44$$

因起點及終點樁號不為 20 之倍數,故曲線兩端之弦皆不足 20 公尺,起點處之弦為 13.38 公尺,終點處之弦,為

\* 曲線長習慣上皆沿弦量之而非為弧之長。

15.44 公尺,此二弦所對之圓心角 ( $d'$  及  $d''$ ) 可計算之如下。

$$R = \frac{20}{2} \div \sin 1^\circ 42' = 337.04 \text{ 公尺}$$

$$\sin \frac{d'}{2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 13.38}{337.04} \quad \frac{1}{2} d' = 1^\circ 08'$$

$$\text{又} \quad \sin \frac{d''}{2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 15.44}{337.04} \quad \frac{1}{2} d'' = 1^\circ 19'$$

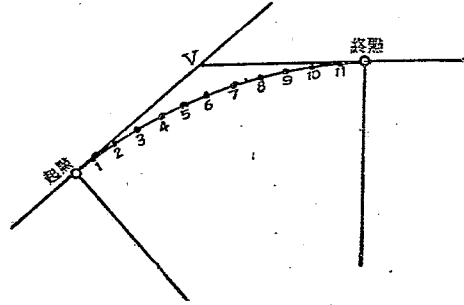
茲計算各站偏角列表如下:

測 站	偏 角	測 站	偏 角
49+206.62	0°00'	49+320	9°38'
+220	1 08	340	11 20
+240	2 50	360	13 02
+260	4 32	380	14 44
+280	6 14	400	16 26
+300	7 56	420	18 08
		435.44	17 27 (×2=33°54')

上列計算,頗為費時,鐵路專書中,列有各種計算用表,以備檢查,本書從略。

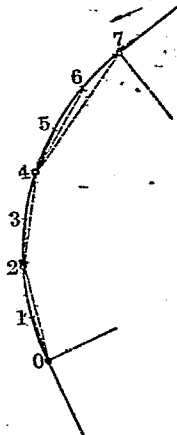
342. 曲線敷設法 在切線上量得曲線起點及終點後,置經緯儀於起點上,使指標為零度,以交點 V 為後視,放鬆上盤,使指標指於第一偏角之度數,即前例中之  $1^\circ 08'$ 。另以二人執鋼尺,一端比準起點上之釘,令他端之標桿處於視線之內,在 13.38 公尺處,釘一木樁,即為曲線上之一站,如第 122 圖之 1,其樁號則為 49+220。更置指標於第二偏角之度數上,即前例中之  $2^\circ 50'$  令鋼尺一端比準 1 站,移動他端,至在視線內時,在 20 公尺處釘一樁,即為 49+240 站,

(如 2)。同樣敷設 3, 4, …… 11 諸站。最後置指標於  $19^{\circ}27'$  處, 從 11 站量 15.44 公尺, 得曲線之終點。此位置與原有之終點樁, 雖甚難符合, 但差誤過大者, 應重測之。



第 122 圖 敷設曲線

有時視線被障礙, 曲線上各站不能完全由起點測定, 或曲線太長, 為求準確起見, 在起點上測定數站後, 其餘諸站可從終點或曲線中部敷設之。儀器可置於任何一站, 後視於任何一站。(在此種情形下, 樁上須釘小釘) 後視時應令指標所指度數, 等於後點之偏角, 然後倒轉遠鏡, 令指標讀數等於所欲敷設之站之偏角。若指標讀數等於儀器點之偏角時, 視線即與曲線相切。總之遠鏡照準前後任何一站時, 指標讀數必為所照準點之偏角。在障礙較多之處, 可任意擇一可以望見之站而照準之, 以驗其偏角是否與計算之原值相符。茲更設例以明之。今設有一  $4^{\circ}$  之曲線, 其圓心角為  $28^{\circ}$ 。第 0, 2, 4, 7 各站為安置儀器之點, (第 123 圖) 設定 1, 2 二站後, 移儀器於 2, 置指標於 0 站之偏角  $0^{\circ}$  處, 乃後視於 0 站。1 站之讀數應為  $2^{\circ}$ ; 設讀數為  $4^{\circ}$ , 視線即與曲

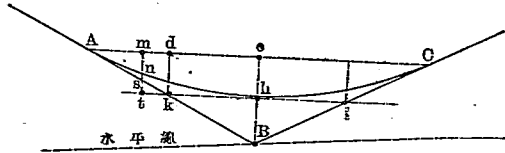


第 123 圖 敷設曲線

線相切，然後置指標於 $6^\circ$ ，而得3站，於 $8^\circ$ 而得4站。移儀器於4；置指標於 $4^\circ$ 而後視於2。當讀數為 $8^\circ$ 時，視線即與曲線相切，倒轉遠鏡後，依次置指標於 $10^\circ$ ， $12^\circ$ 及 $14^\circ$ 處而得5, 6, 7等站。儀器移至7站時，若指標讀數為 $14^\circ$ ，視線應與地上之切線相密合。

343. 縱曲線 鐵路或市街改變傾斜度之處，須插入縱曲線，以消除其角。縱曲線普通為拋物線，取其計算便利也。

如第124圖，A, G為縱曲線之起迄點，二切線AB, CB相等。



第124圖 縱曲線

e為AC之中點，B e交縱曲線於h，是為拋物線之頂點。中分AB, CB於k, l，聯kl，必與AC相平行，且必經過h。設n為縱曲線上任何一點，則依拋物線定理得

$$sn : eh (= hB) = \frac{Am^2}{Ae^2}$$

或  $sn = eh \frac{Am^2}{Ae^2} \dots \dots \dots [45]$

實際上，路面之傾斜度甚小，不若圖中所示之大，故若假定mt, eB諸線垂直於AB或BC，於計算上可不發生顯著之差誤。令r = AB, BC二傾斜度百分數之代數差，則

$$\widehat{CAB} = \frac{1}{2}r$$

又令l = AC線之長，實際上可視為等於AC二點之水平距離，由是得

$$B_e = \frac{1}{2}l \times \frac{1}{2}r$$

$$B_h = \frac{1}{8}lr$$

代入 [45] 式得

$$s_n = \frac{lr}{8A_e^2} \times \overline{Am^2} \dots\dots\dots [46]$$

上式中  $l, r, \overline{Am^2}$  均為已知之常數, 故以此常數乘  $\overline{Am^2}$ , 即得  $s_n$ .

[例] 設改變傾斜度處 (B) 之樁號為 17+325, A B 之傾斜度為  $-0.5\%$ , B C 之傾斜度為  $+0.7\%$ , B 之高度為 224.60 公尺,  $l=600$  公尺, 試求縱曲線上每 100 公尺之高度。

$$r = 0.7 - (-0.5) = 1.2$$

$$\therefore \frac{lr}{8A_e^2} = \frac{6 \times 1.2}{8 \times 300 \times 300} = \frac{1}{100000}$$

$$A \text{ 之樁號} = 17,325 - 300 = 17+025$$

$$C \text{ 之樁號} = 17,325 + 300 = 17+625$$

$$A \text{ 之高度} = 224.60 + 0.5 \times 3 = 226.10$$

$$C \text{ 之高度} = 224.60 + 0.7 \times 3 = 226.70$$

17+100 站之曲線高度, 等於斜坡  $s$  處之高度加  $s_n$ ,

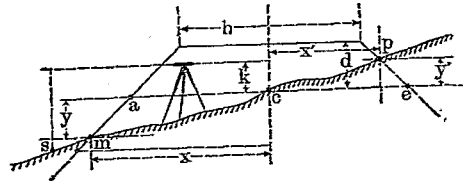
由是縱曲線上各站之高度可計算如下:

A = 17 + 025	224.60 + (0.5 × 3)	= 226.100
+ 100	226.10 - (0.5 × $\frac{3}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 75^2$	= 225.781
+ 200	226.10 - (0.5 × 1 $\frac{3}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 175^2$	= 225.531
+ 300	226.10 - (0.5 × 2 $\frac{3}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 275^2$	= 225.481
B = 17 + 325	226.10 - (0.5 × 3) + $\frac{1}{100000} \times 300^2$	= 225.500
+ 400	226.70 - (0.7 × 2 $\frac{1}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 225^2$	= 225.631
+ 500	226.70 - (0.7 × 1 $\frac{1}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 125^2$	= 225.981
+ 600	226.70 - (0.7 × $\frac{1}{4}$ ) + $\frac{1}{100000} \times 25^2$	= 226.531
C = 17 + 625	224.60 + (0.7 × 3)	= 226.700

縱曲線上各站之高度既經算出後，即可用水準儀依照釘斜坡樁之法，以釘曲線上之各樁。

344. 釘邊樁 在開始挖土或填土之前，必須先釘邊樁 (Slope stake)，方能着手。邊樁者所以誌斷面側坡與原來地面之交點者也，如第 125 圖之  $m$  及  $p$ ，其位置視中心樁填高或挖深之數 ( $d$ ) 而變。圖中  $c$  為中心樁，邊樁與中心樁之水平距離，在低側為  $x = -\frac{1}{2}b + s(d+y)$ ，在高側為  $x' = \frac{1}{2}b + s(d-y')$ 。式中  $s$  為兩側斜坡之傾斜度，即橫與縱之比也。在上式中， $x$  及  $y$  皆為未知數，故邊樁之位置須試求得之。初試時假定地面為水平，則  $x = \frac{1}{2}b + sd$ 。在斜坡上填土，則上坡  $x$  之值，小於此數，下坡  $x$  之值，大於此數，而距離之差，應為  $s$  與高低之差之積。今設一例以示測定邊樁之法如下。如第 125 圖，用水準儀或經緯儀測得  $c$  處地

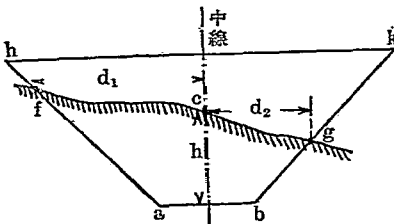
面之水準讀數爲  
 0.95公尺,  $d=1.42$ ,  
 故視線低於基面  
 $1.42-0.95=0.47$ .  
 $s=1.5:1=1.5$ ,  
 $b=6.0$ , 故平地邊



第 125 圖 釘邊樁

樁之位置 ( a 點 ) 與 c 之距離爲  $x = \frac{1}{2} \times 6 + 1.5 \times 1.42 = 5.13$ . 在距離中心樁 5.13 公尺處, 用目力估得約低於 c 一公尺, 但邊樁與此點之距離當不止  $1.5 \times 1$ , 因 m 更低也. 初試時可立水準尺於距 c 8 公尺處, 測得水準讀數爲 2.50.  $2.50 + 0.47 = 2.97$ , 爲該點低於基面之數, 亦即  $d+y$  也. 於是  $x = \frac{6}{2} + 1.5 \times 2.97 = 7.46$ , 故知 m 與 c 之距離, 當小於 8 公尺. 第二次立尺於 7 公尺處, 測得水準讀數爲 2.17, 即低於基面 2.64, 代入公式得  $x = \frac{6}{2} + 1.5 \times 2.64 = 6.96$ , 此數與 7 甚爲近似, 故第二次立尺之處, 即可釘一邊樁. 實際上經二次試求後, 大概即可得邊樁之位置.

釘邊樁常與測橫斷面同時爲之, 上述試求之法, 總嫌



第 126 圖

其耗時太多. 若用斷面平板儀測橫斷面者, 可用白鐵或硬紙依照所規定之基面 (如第 126 圖之 a b, 此基面或爲河道溝渠之底或爲道路隄防之面) 寬度, 及

兩旁坡之傾斜度，切成一梯形，如  $h k a b$ 。因中心樁 ( $c$ ) 處應填之高度或應挖之深度 ( $h$ )，可從縱斷面圖量得之，故爲已知數。置梯形於斷面上，令其中線與經過中心樁之縱線相密合，並令  $a b$  與  $c$  之距離等於  $h$ 。依梯形斜邊作二鉛筆線，交天然地面於  $f$  及  $g$ ，即爲邊樁之位置。從圖上量得其與  $c$  之距離  $d_1$  及  $d_2$  後，即可將邊樁釘定，無須試求也。



## 第二十八章 土地測量

345. 土地測量與地形測量之區別 土地測量 (Land surveying) 所用各項儀器，與地形測量相同，而控制點之測法，亦無殊異。所不同者計有三點：(1) 須調查地主所有地之界址而測定之；(2) 須計算各起地之面積；(3) 圖上不一定須繪等高線。

346. 用鋼尺或布尺測量土地界址 所測之地，普通皆為不規則之多邊形。若其面積甚小而無儀器時，可單用鋼尺或布尺以量定其界線。其法將全部分成若干三角形，而量得其各邊之長；其不成直線之處，可用直角坐標法量定之。

347. 用導線測量土地界址 面積甚小之地，或無障礙者，固可置儀器於中間一點，以測定全部界線，但面積廣大者，每須施測導線。因界線普通或為不規則之曲線，或以牆為界，或多障礙，故所測導線不能適與界線密合，非在其內，即在其外。遇此情形時，界線轉彎各點，常須另用直角坐標或極坐標法測定而聯接之。

導線可用經緯儀或平板儀測之，距離可用鋼尺或視距法量之，視所需精確度而定。

348. 土地清丈 清丈土地業務有二：(1) 調查地主，地目及界址；(2) 繪製清丈圖。其所用儀器，不拘一種，如平板儀，經

緯儀,皆可使用;在地價較低處,更有用小平板儀者。其測法亦視地價高低而變;在城市須用經緯儀與鋼尺;普通田地,用平板儀與布尺或竹尺;山地或荒地,則用平板儀視距法。

江蘇省土地清丈之原圖,(即用小平板在野外製就之圖)爲東西五十公分,南北四十公分。縮尺有下列數種:  
 (1)鄉鎮區域內普通田地用 1:1000; (2)城市區域得酌用 1:250 或 1:500; (3)地價特昂區域得酌用 1:50 或 1:100; (4)山地,荒地,灘地等得酌用 1:2000 或 1:4000 之縮尺。

清丈圖中所繪者,爲各起地之界線,以及房屋,河道,池沼等物;地主之姓名亦須註明於各起地之中。

土地之分類,稱曰地目,如水田,旱田,沙田,鐵道附屬地等項,均須調查清楚後,於清丈圖中,分別註明之。茲舉所有地目如下:

地目 簡稱	水田 (水田)	旱田 (旱田)	沙田 (沙田)	鹽田 (鹽田)	蕩田 (蕩田)	灘田 (灘田)	蘆田 (蘆田)
地目 簡稱	牧場 (牧場)	園圃 (圃)	竹林 (竹)	公園地 (公園)	寺觀地 (寺)	教會地 (教)	宅地 (宅)
地目 簡稱	鐵道附屬地 (鐵道用)	池落 (池)	水管線路 (水管線)	桑林 (桑)	林園 (林)	操場 (操)	學校地 (學)
地目 簡稱	衙署地 (衙)	船塢地 (船)	水管用地 (水管用)	隄防 (隄)	蔗林 (蔗)	荒地 (荒)	墳墓地 (墓)
地目 簡稱	局會地 (局)	軍營地 (營)	碼頭地 (碼)	礦地 (礦)	城堞 (城)	茶林 (茶)	雜地 (雜)
地目 簡稱	祠廟地 (祠)	善堂地 (善)	礮臺地 (礮)	溝渠 (溝)	江河 (河)	道路 (道)	

### 計算面積

349. 面積之單位 我國計算面積之單位為畝,但畝之大小,各處不同,並無一定之標準。近來內政部頒布一種標準畝,名曰市畝。

$$1 \text{ 市畝} = 6000 \text{ 平方市尺} = 666.67 \text{ 平方公尺}$$

350. 計算面積之公式

(甲) 幾何公式

- (1) 三 角 形 = 底邊 × 高 ÷ 2 .....[47]
- (2) 平行四邊形 = 底邊 × 高 .....[48]
- (3) 梯 形 = 兩平行邊相加折半 × 高 .....[49]
- (4) 無法四邊形 = 三角形 + 三角形 .....[50]
- (5) 正多邊形 = 周界長 × 中心至邊之垂直  
距離之半 .....[51]
- (6) 圓 =  $\pi$  半徑<sup>2</sup> .....[52]
- (7) 扇 形 = 弧長 × 半徑 ÷ 2 .....[53]
- (8) 弓 形 = 扇形 - 三角形 .....[54]
- (9) 橢 圓 = 長軸 × 短軸 × 0.7854 .....[55]
- (10) 拋 物 線 = 底邊 ×  $\frac{2}{3}$  高, 或  $\frac{2}{3}$  × 外切矩形 .....[56]

(乙) 三角公式

(11) 正三角形

已知

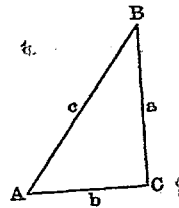
弦及一銳角  $(c^2 \sin 2B) \div 4$  .....[57]

角及對邊  $(b^2 \cot B) \div 2$  .....[58]

角及鄰邊  $(b^2 \tan A) \div 2$  .....[59]

弦及勾或股  $a\sqrt{(c+a)(c-a)} \div 2$  .....[60]

勾及股  $ab \div 2$  .....[61]



(12) 斜三角形 (已知三邊)

$$\text{面積} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \dots\dots\dots [62]$$

上式中 a, b, c 為三邊,  $s = (a+b+c) \div 2$ 。

(13) 斜三角形 (已知二邊及夾角)

$$\text{面積} = \frac{1}{2} ab \sin C \dots\dots\dots [63]$$

$$(14) \text{扇形面積} = \frac{R}{2} (L - C \times \cos \frac{1}{2} I) \dots\dots\dots [64]$$

上式中 R = 圓半徑, C = 弦長, I = 圓心角, L = 弧長。

$$(15) \text{切線與弧間之面積} = R (T - \frac{L}{2}) \dots\dots\dots [65]$$

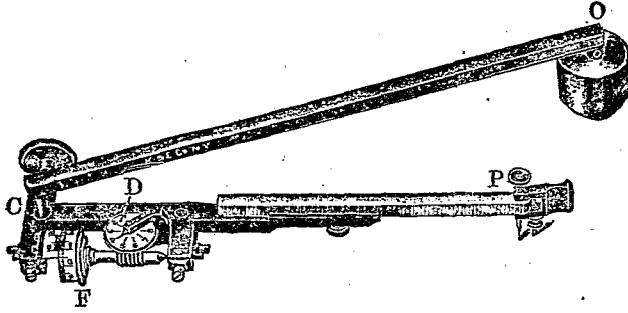
351. 計算面積普通方法 (1) 從圖上量得數種距離而計算之,或用面積計 (Planimeter) 量之。(2) 直接從記載簿計算,不須畫圖。第一種方法常較簡捷,第二種方法則較準確。

352. 從圖上求面積 (1) 將面積分成若干三角形,矩形,正方形,梯形等,從各形中,量得計算所需各項,如底邊高等。

(2) 畫縱橫線,將圖分成多數相等正方形,或將界線畫於方格紙上,完全在界線內諸正方形之面積之和,即為所求面積之一大部分;為界線所割諸正方形在界線以內之部分,恆可假定其為三角形或梯形,其面積可照(1)法求之。

353. 面積計 面積計為量各種圖形面積之儀器,其式樣不止一種,最通用者名曰恩斯勒定極面積計 (Amsler polar planimeter), 下文簡稱面積計。

此種面積計如第 128 圖所示,有二臂 CO 及 CP。CO 名曰極臂,其長度為固定者;O 端下面有一針,用以插於圖上,使不移動,此針端名曰定極;其 C 端用一樞軸與 CP 相



第 128 圖 面積計

連。C P 名曰描跡臂 (Tracing arm), P 端亦有一針,名曰描跡點 (Tracing point), 用以循圖形界線而移動。C P 之長,可以伸縮,視圖之縮尺而定。轉輪 F 之軸,與 C P 相平行,輪周劃成一百等分,由轉輪讀數,可知圖形之面積。

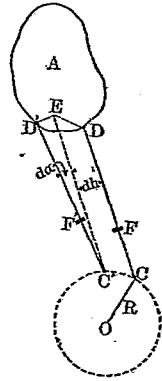
由是可知面積計之支點有三:即定極,描跡點,與轉輪之緣是也。當描跡點循圖之界線而移動時,轉輪亦隨之移動,其軸或轉或不轉,隨前進之方向而異。描跡點若繞界線一周而還至起點,輪周始終二讀數之差,即表示所量之面積。尚有一小圓盤 D,藉轉軸上之聯動機而旋轉,盤上劃成十等分,每等分表示轉輪旋轉一週。讀圓盤,轉輪及其遊尺三者,可得四位數字。

因極臂為定長, O 為定點,故樞軸 C 旋轉成一圓弧,其圓心為 O,半徑 (R) 為 C O。但轉輪前進之跡,並不成圓。

若兩臂間所成之角,常使轉輪平面通過定極者,描跡點前進時,轉輪絕不繞軸而轉,僅在紙上拖動,故其讀數不變。所以可令描跡點描一完全圓周,當其回至起點時,輪周讀數,必無改變,此圓名曰基圓 (Zero circle)。

354. 面積計之原理 如第 129 圖, A 爲所量之面積, O 爲極臂, O 爲定極; C D 爲描跡臂, 爲一定長之直線, 其一端 D 常在 A 之界線上移動, 他端 C 移動成一圓弧 C C'。(因 O 點不動而 O C 爲定長, 故爲圓)

令 C D 及 C'D' 爲描跡臂之前後二位置, 今欲求描跡臂由 C D 至 C'D' 移動所成之微小面積, 此移動可分爲二步: 其一由 C D 平行移動至 C'E, 其二由 C'E 旋轉至 C'D'。前者成一平行四邊形 C D E C', 後者成一扇形 C'E D'。



第 129 圖

- 令  $dA'$  = 微小面積  $CDD'C'$ ,
- $L$  = C D 之長,
- $dh$  = 平行四邊形之寬,
- $da$  = 旋轉所成之微小角,

$$\text{則 } dA' = L \cdot dh + \frac{1}{2} L^2 \cdot da \dots\dots\dots(a)$$

今設 F 處固着一轉輪, 其平面與 C D 成直角。當 C D 移動時, 轉輪隨之而旋轉, 其 F 點移動之方向, 常與 C D 成直角。若 F 點在 C D 方向內移動, 則輪雖移動而不轉。設  $d\theta$  爲轉輪由 F 至 F' 時繞輪軸旋轉所成之角,  $r$  爲轉輪之半徑, 則  $r d\theta$  爲 F 點在紙上所經過之路線, 此路線等於  $dh + L'da$  弧 (令  $CF = L' = C'F'$ )。

$$\therefore r \cdot d\theta = dh + L'da \dots\dots\dots(b)$$

若轉輪在 D C 之延長線上則

$$r \cdot d\theta = dh - L'da$$

消去 (a)(b) 兩式之  $dh$  得

$$dA' = r \cdot L \cdot d\theta + \left(\frac{L^2}{2} - LL'\right) d\alpha \dots\dots\dots(c)$$

$$\int dA' = \int r \cdot L \cdot d\theta + \int \left(\frac{L^2}{2} - LL'\right) d\alpha \dots\dots(d)$$

設 D 點繞 A 之界線移動一週, dA 依移動之向左或向右而分正負號, 有下列二種情形:

(甲) C C' 弧在面積 A 之外。(但並不包括 A 在內)

$\int dA'$  之代數和, 等於正號微小面積和與負號微小面積和之差, 亦即等於面積 A。

$$\int r \cdot L \cdot d\theta = r \cdot L \cdot \theta$$

$$= L \cdot u \quad (u = r \cdot \theta = \text{轉輪在紙上所經路線之代數和})$$

$\int d\alpha = 0$ , (因 CD 回復原位, 並不繞 O 而成一圓, 可用面積計實驗之)

故將 (d) 式積分之得  $A' = A = L \cdot u$

(乙) C C' 弧在面積 A 之內。(第 130 圖) CD 欲回復原位, C 點必繞 O 而成一圓, 而  $\int d\alpha = 2\pi$ , 並且面積

$$A = \int dA' + \text{以 } OC \text{ 為半徑所成之圓面積}$$

將 (d) 式積分之得

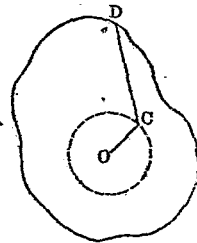
$$A' = L \cdot u + 2\pi \left(\frac{L^2}{2} - LL'\right)$$

$$A = A' + \pi R^2$$

$$= L \cdot u + \pi(L^2 - 2LL' + R^2)$$

$$= L \cdot u + \text{以 } \sqrt{L^2 - 2LL' + R^2}$$

為半徑之圓面積



第 130 圖

當轉輪在描跡點與定極之間時,  $2LL'$  為負號, 否則

為正號。

此圓名曰基圓，其值可用面積計量包含  $OC'$  弧之已知圓，或任何已知面積而得之。

當轉輪平面通過定極時， $DFO$  角為直角，故

$$\begin{aligned} DO &= \sqrt{(DC - CF)^2 + OC^2 - CF^2} \\ &= \sqrt{L^2 \pm 2LL' + R^2}, \end{aligned}$$

即基圓半徑為轉輪平面通過定極時，描跡點與定極之直線距離。

設  $C =$  轉輪圓周

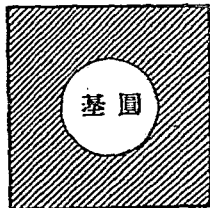
$n =$  轉輪旋轉次數

則  $L \cdot n = L \cdot n \cdot C$

設  $L$  及  $C$  以公分計，面積  $A$  之單位為平方公分。若改變之長，則轉輪旋轉一週 ( $n=1$ ) 所得之面積  $A$ ，亦隨之而異。若所量面積欲以平方公分計，普通常伸縮  $L$ ，使轉輪旋轉一週所得之面積為 10 平方公分。

設定極在所量面積之外，因  $A = L \cdot n \cdot C$ ， $L$  為任何定長時， $A$  與  $n$  成正比。故  $L$  可為任何未知長度，從已知面積  $A'$  (譬如圓或長方形) 求  $n'$  則  $\frac{A}{A'} = \frac{n}{n'}$ 。定極在所量面積之內者，此法自不適用。

求基圓面積時，儀器所示者，僅為基圓與已知面積之差。若界線完全在基圓之外，(第 131 圖) 儀器讀數所示者，僅為畫平行線之部分，此部分從已知面積減去之，即得基圓面積。若已知面積不完全在基圓之外，則基圓面積大於已知面積者，須將儀器讀數與已知面積相加；小於已知面積者，須從



第 131 圖



已知面積減去儀器讀數。

**355. 面積計之用法** 將定極之針，深深插於紙上。圖形不甚大者，定極宜在圖形之外。描跡點自界線上一點起，起點之位置，最好令兩臂約略成直角。記明輪周讀數，乃令描跡點確循圖形界線，徐徐移動，繞一匝而回至起點，再視輪週讀數。前後二讀數之較，即為圖形之面積，其單位視描跡臂之長短而定。

描跡臂有為定長而不能伸縮者，所量得面積之單位皆同，(例如平方公分)但多數面積計之描跡臂皆能伸縮，臂上刻有各種縮尺，伸縮描跡臂令指標指於與圖相同之縮尺後，轉輪每轉一週，即代表面積若干。(見儀器說明書)

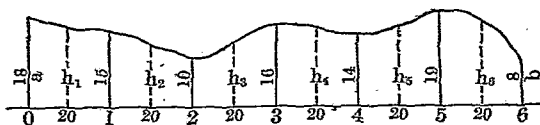
量較大圖形而欲省免加減基圓面積者，可將圖形分成若干部分，分別量之，而取其和。然若定極處於面積之內者，必須依照前節將基圓面積併入計算。

描跡臂之長短雖不計及，面積計亦可使用。可作一每邊長十公分之正方形，或一適當半徑之圓形，用面積計量若干次，每次改變定極之位置，取若干次之平均讀數，以已知面積之平方公分數除之，得每一平方公分之輪週讀數。既得此數，任何圖形之平方公分數，即能由所量得之輪周讀數求得，再按圖之縮尺以求得面積。

欲求結果準確，至少須量二次，每次宜改變定極之位置。所量得之結果宜用他法約略校對之，以免巨大錯誤。除面積太小者外，面積計之差誤，常可不逾百分之一。

**356. 從支距計算面積** 此法係假定全面積為多數梯形合成，各支距 (Offset) 間之距離若不相等，須分別計算

各梯形面  
積而求其  
和。各支距  
間距離相



第 132 圖 從支距計算面積

等者,以用公式計算為便。如第 132 圖,支距之次序自 0 至 6, a 及 b 為首尾二支距之長,  $y_1, y_2, \dots, y_6$  為中間支距, d 為各支距間之公共距離, S 為中間各支距 ( a, b 除外 ) 之長之和。

梯形公式: 面積 =  $\frac{d}{2}(a+2S+b)$ .....[66]

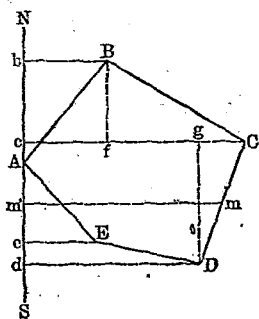
[例]  $1740 = \frac{20}{2}(18+148+8)$

又一公式: 面積 =  $d\Sigma h$ .....[67]

式中  $\Sigma h$  為中縱距  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_6$  之和

[例]  $1740 = 20(16.5+12.5+13.0+15.0+16.5+13.5)$

357. 用倍子午距計算面積 界線用閉塞導線施測者, 導線所包含之面積,可用倍子午距計算之。其界線與導線



第 133 圖

間之部分,另用面積計或第 352 或 356 節之法求之,以與導線所包含之面積相加或相減,視導線在界線之內或外而定。導線之須計算縱橫距者,祇須增加少許工作,即能算出其所包含之面積。

倍子午距 經過導線最西一測站,作一子午線,各測站至子午線之垂直距離,為各該測站之

子午距，其符號皆為正。如第 133 圖之  $bB$ ，為  $B$  之子午距， $cC$  為  $C$  之子午距，餘類推。從測線中點至子午線之垂直距離，為該線之子午距，如  $m'm$  為  $CD$  線之子午距。測線之倍子午距為該線子午距之雙倍數，亦即該線兩端子午距之和，如  $cC+dD$  為  $CD$  線之倍子午距。

如第 133 圖  $ABCDE$  之面積為

$$\begin{aligned} A &= bB C D d b - Ab B A E D d \\ &= cb B C + c C D d - Ab B - Ae E - e E D d \\ &= \frac{bB+cC}{2} \times Bf + \frac{cC+dD}{2} \times gD - \frac{Ab \times bB}{2} \\ &\quad - \frac{Ae \times eE}{2} - \frac{eE+dD}{2} \times ed \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2A &= (bB+cC)Bf + (cC+dD)gD - Ab \times bB \\ &\quad - Ae \times eE - (eE+dD)ed \dots\dots\dots [68] \end{aligned}$$

觀上式，右邊之數皆為各測線之倍子午距及縱距，如第一項  $bB+cC$  為  $BC$  之倍子午距，而  $Bf$  為其縱距；第二項  $cC+dD$  為  $CD$  線之倍子午距，而  $gD$  為其縱距；第三項  $bB$  為  $AB$  線之倍子午距，(即  $bB+0$ ) 而  $Ab$  為其縱距，餘類推，由是可知

多邊形之倍面積，等於各測線倍子午距與其縱距相乘之積之代數和。

倍子午距之求法如下：

(1) 第一線 (以最西點為起點) 之倍子午距，等於該線之橫距。

(2) 其次各線之倍子午距，等於前一線之橫距，前一線之倍子午距，及本線之橫距三者之代數和，(子午距皆為

正號,而橫距有正負之別)

(8) 末一線之倍子午距,等於該線之橫距,但須改變其符號。

用倍子午距計算面積有下列各項步驟:

(1) 照第 161 節之法,列表計算各測線之縱橫距。

(2) 表中增添二行,一爲『倍子午距』,一爲『倍面積』,後者又分作正負二行。

(3) 尋出最西一測站,並定經過最西測站二線中任何一線爲首線。

(4) 求出各測線之倍子午距,填入表中。

(5) 校核末一線之倍子午距,是否等於該線之橫距。

(6) 以各線之縱距乘該線之倍子午距。凡縱距向北者,將其乘積列入正號倍面積行內;向南者列入負號倍面積行內。

(7) 將正號倍面積相加而得其和,將負號倍面積亦相加而得其和,兩和之較,以 2 除之,即爲所求之面積。

茲將第 161 節計算縱橫距之例,計算面積,列表於次。

### 劃分面積

358. 概說 劃分地面者,依某種條件,將一區地分作二區或數區,而每分區須等於一定之面積。雖不外乎引用幾何三角定理,以資推算,而情形各有不同,問題幾無窮盡,欲一一述之,勢有所不能。茲故僅擇比較繁複而常遇者,設數例於下,其他簡單之問題,讀者固不難應用算學之理以解之也。

## 面積計算表

(用倍子午距)

測 站	經 距	橫 距	倍子午距	倍 面 積	
				正	負
2+999.51	+ 125.75	+ 523.07	523.07	65776.1	
3+537.60	+ 338.01	- 69.97	976.17	329955.2	
0+000.00	+ 139.74	+ 293.83	1200.03	167692.2	
0+325.41	+ 436.54	+ 279.14	1773.00	773985.4	
0+843.53	+ 228.02	- 342.29	1709.85	389880.0	
1+254.66	+ 62.70	- 349.23	1018.33	63849.3	
1+609.37	- 707.28	- 291.32	377.78		267196.2
2+374.40	- 623.47	- 43.22*	43.24		26958.8
2+999.51					

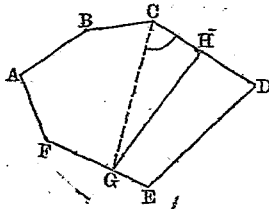
1791138.2 294155.0

294155.0

2)1493933.2

面積 = 748491.6 平方公尺

359. 自界線上一定點作一直線劃分多邊形地一部分等於已知面積 如第 134 圖, 多邊形 A B C D E F 之面積已經算出, 從界線上一定點 G, 作一直線 G H, 所分成之 D E G H 須等於已知面積。

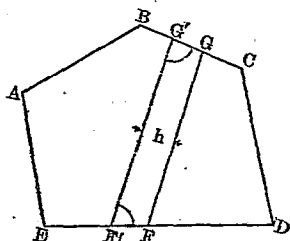


第 134 圖

[解法] (1) 作 G C 線, 因 G 既為定點, E G 之長及方向, 應為已知, 而 C D, D E 亦為已知數。(2) 從 C 與 G 之總距差及橫距差, 可算出 C G 之長及方向角。(3) 算出 C D E G 之面積, 其與所規定 D E

\* 此數與橫距不相符者即係由於第 161 節計算表中 0.1 之差誤。

G H 面積之差數，即為三角形 G C H 之面積。(4) 三角形 G C H 之面積，既為已知數，C G 及 G C H 角（從 G C 及 C D 之方向角算出）又為已知，則 C H 之長，即可算出，而 H 點之位置以定。



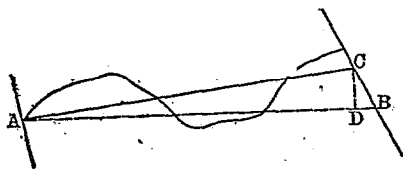
第 135 圖

360. 作一已知方向之直線劃分多邊形地一部分等於已知面積 如第 135 圖，多邊形 A B C D E 之面積已經算出，欲作已知方向之 G F 線，使所分之 C D F G 等於已知面積。

[解法] (1) 先約略估計 G F 之位置，在圖上作 F' G' 線與 F G 之方向相平行。量 C G' 及 D E' 之距離。(2) 照前節方法計算 F' G' 之長及 C D F' G' 之面積。(3) C D F' G' 之面積與已知面積之差數，是為梯形 F G G' F' 之面積。(4) 梯形 F G G' F' 之面積既為已知，G' 及 F' 之角又為已知，（可從 B C, D E 及 F G 之方向角推算）則

$$\begin{aligned} \text{面積 } F G G' F' &= \frac{1}{2} (F G + F' G') \times h \\ &= \frac{1}{2} [F' G' - h(\cot G' + \cot F') + F' G'] \times h \end{aligned}$$

從上式可求出梯形之高 h，以定 F G 線之位置。



第 136 圖 取直界線

361. 取直界線，相鄰二區地界線有時作弧形，或犬牙相錯之狀。若欲取直之而面積不變者，可循界線測定一

直線  $AB$ , (第 136 圖) 量其距離, 及  $A, B$  二角, 並量多數支距, 算出直線與二側原界線包含之面積。若所割二側面積不平均, 則令其差數等於三角形  $ABC$ 。在此三角形中, 面積及底邊  $AB$  既為已知, 其高  $CD$  即可算出。在直角三角形  $BCD$  中,  $CD$  及  $BCD$  角既為已知, 即可算出  $CB$  之長, 而  $C$  點之位置遂定。  $AC$  線即為所求之界線。

## 第二十九章 城市測量

362. 概說 城市中之測量可分二類：(1)測製城市地形圖，以供規劃各項工程或供居民普通之用。(2)敷設各項城市建築物所需之測量。

### 測製城市地形圖

363. 控制 普通用三角網（見第十八章）為總控制，更沿主要街道佈置導線，以直接控制地形。導線用普通方法或精密方法測之，視城市之大小，及所需之精確度而定。

364. 水準 水準可依照第七章方法施測，宜多設水準標點，俾敷設各項建築物時隨處可以接測或校對。

365. 地形 以用經緯儀視距測繪法最為適宜。美國測製 Baltimore 城地形圖時，先用經緯儀視距測記法，繼用平板儀視距法，最後乃用經緯儀視距測繪法，以測畢所餘面積之四分之三。其所用圖板為 18 吋 × 24 吋，縮尺為 1:2400。

### 敷設城市建築物

366. 儀器 敷設各項建築物之位置時，以用一分或蔡司三號經緯儀最為適宜，距離以用鋼尺量度為便。高度可用水準儀定之，或經緯儀遠鏡上裝有水準管者，常可以用以代替水準儀，以定一般建築物之高度。

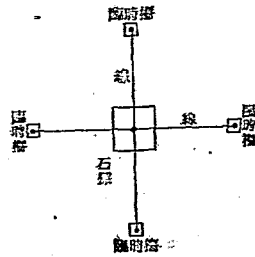


**367. 釘市街線樁** 創建新城市,或擴大舊城市,常須釘市街線樁,即將地形圖上所定之市街線,移於地上之工作也。其性質實與敷設鐵路時之定線測量相同。其法每隔十或二十公尺,先釘市街之中心樁一列,從中心樁起,每側再按市街之寬量出若干距離,再釘邊樁二列,以定人行道側石 (Curb stone) 之位置。此項邊樁若釘於相距一公尺餘外側另一副線上,挖土時可免攪動或被土覆沒。十字路口及市街線轉變方向處,均須埋設石標,以垂永久。石標可埋於市街之邊線上,或埋於中線上,或埋於人行道上。

石標若埋於二市街中線之交點上,即可定二市街之位置,但此點係在十字路口之街心,易為車輛所攪動,且日後修理市街時,亦多所妨礙,故通常皆不設於此處,而設於十字路口之一角上,若為圓角,則設於圓弧之起點及終點上。兩市街相交之四轉角上,不必全設石標,祇須設於一角上,即可定二市街之邊線,因街寬既屬已知,其相對之二邊線即易定之。直線市街更不必每逢十字路口皆設石標。

石標之長約為一公尺,自十五至二十公分見方,頂上鑿有記號,以確定其位置。埋入土中之部分,無須鑿光,愈不整齊者,埋入土中後愈不易攪動。

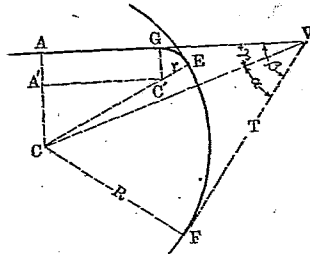
應設石標之點,必先有木樁。更換石標之前,可在木樁周圍釘臨時樁四個,如第 137 圖。樁頂各釘一小釘。此四臨時樁之位置,須能使張於相對二臨時樁上之二線之交點,對準木樁上之小釘,然後拔起木樁,易以石標,使石標



第 137 圖 埋石標

頂上之記號對準二線之交點。

368. 弧形市街之圓角 兩市街相交，其轉角處常作弧形。兩市街俱為直線者，此小圓弧甚易敷設之；若有一市街為曲線者，則須稍加計算，可分二種情形如下：



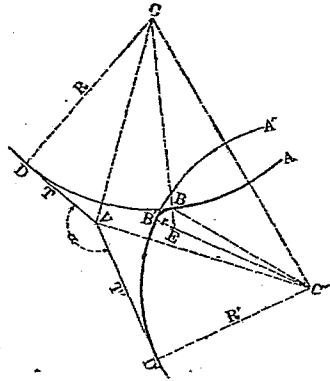
第 138 圖 弧形市街之圓角

(1) 一市街為直線而他一市街為曲線。如第 138 圖，圓弧市街線  $GEF$  與直市街線  $AV$  相交，在相交處用一小圓弧  $GE$ ，使成圓角。 $C'$  為小圓弧  $GE$  之圓心， $r$  為其半徑。今欲敷設此小圓弧  $GE$  於地上。在實地上從曲線上任何一已知點  $F$ ，敷設一切線  $FV$ ，交  $AV$  之延長線於  $V$ 。用經緯儀量  $\beta$  角，用鋼尺量  $FV$  距離。在直角三角形  $CFV$  中， $CF$  與  $T$  為已知，可算出  $\alpha$  角及  $CV$  之長。在直角三角形  $CAV$  中， $CV$  及  $r$  為已知，可算出  $CA$  及  $AV$ 。 $CA' = CA - r$ ， $CC' = r - r$ 。在直角三角形  $CA'C'$  中， $CA'$  及  $CC'$  為已知，可算出  $A'C'$ ，且  $A'CC'$  角 =  $GCE$  角， $ACF$  角 =  $180^\circ - \beta$ ， $ECF$  角 =  $ACF$  角 -  $A'CC'$  角。由是  $EF$  弧之長，即可算出，以知  $E$  點之位置。又  $VG = AV - A'C'$ ，由此式可定  $GE$  弧上之  $G$  點，而  $GE$  弧即可照敷設曲線之法定之。

因半徑  $C'E$  常屬甚小，弧心可從  $G$  或  $G, E$  二點確定於地上。取一繩，其長等於半徑  $C'E$ ，即可依弧心作一弧於地上。

(2) 二市街線皆為曲線。如第 139 圖，二圓弧市街線  $BD$  與  $A'B'D'$  相交，在相交處作一小圓弧  $BB'$ ，其半徑為

$r$ , 其圓心爲  $E$ 。今欲敷設小圓弧  $B B'$  於地上。在實地上從二線之已知點  $D, D'$  作二切線, 相交於  $V$ , 量  $\alpha$  角及距離  $T, T'$ 。在直角三角形  $C D V$  中,  $R$  及  $T$  爲已知, 可算出  $C V D$  角及距離  $C V$ 。同樣在  $C' V D'$  三角形中, 可算出  $C' V D'$  角及距離  $C' V$ 。在



第 139 圖

在  $C V C'$  三角形中  $C V, C' V$  及  $C V C'$  角 ( $=360^\circ - \alpha - C V D - C' V D'$ ) 爲已知, 可算出  $C C', C C' V$  角及  $C' C V$  角。在  $C C' E$  三角形中,  $C E = R + r, C' E = R' - r$ ; 又  $C' C$  爲已知, 可算出  $C' C E, C C' E$  及  $C' E C$  諸角。 $D C B$  角  $= D C V + V C C' - C' C E$ , 從此式可算出  $D B$  弧。同樣  $D' C' B'$  角  $= D' C' V + V C' C - C C' E$ , 從此式可算出  $D' B'$  弧。由是  $B B'$  弧之起點及終點可確定於地上, 而全弧即可照前法敷設之。

**369. 釘市街斜坡樁** 建築市街, 常先立人行道側石, 然後築路基及鋪路面。所需釘之斜坡樁共計三列, 即兩旁側石斜坡樁各一列, 及中線斜坡樁一列是也。

**釘側石斜坡樁** 經緯儀用作水準儀最爲適宜。在側石線上尋得二已知點後, 沿側石線每隔十或二十公尺釘一木樁, 各樁入土少許, 用斜視線法, (第 83 節) 使樁釘成

所定之斜坡。若不能用斜視線法，則釘樁之前，須先行計算各點之斜坡讀數，然後照第82節其他方法釘樁。

側石既經設立之後，路基與側石相交之線，可用紅漆塗一橫線於側石側面上，以為標記。每個標記相距以十或二十公尺為宜。更沿路基中線每隔十或二十公尺，另釘斜坡樁一列，以表明路基中心之斜坡。

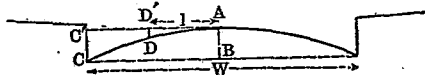
370. 縱曲線 市街線改變傾斜度之處，宜插入縱曲線，以利車輛行駛。維市街縱曲線不若鐵路縱曲線之長，通常自十公尺至七十公尺為限。縱曲線上每點高度可照第343節之法計算之，或畫一拋物線而量得之。其釘樁之法與直線斜坡相同，維不能用平行視線法耳。

371. 市街橫斷面 路面因需排水，常使中心高於二側，其橫斷面遂成圓弧或拋物線。實際上二者幾相同，而以拋物線之計算較為簡便，故普通皆採用拋物線。

建築此拋物線形之路基有二法：(1)中心樁與側石間增釘斜坡樁三列，各列間之距離皆相等。(2)照斷面之形狀，製一木架，橫置於中心樁及側石之間。無論用何法，測量者均須計算拋物線上各點之縱距。

各種斷面橫坡傾斜度之平均數通常  $= \frac{\text{街心拱度}}{\text{路面半寬}}$   
 $= \frac{1}{30}$ 。(街心高於側溝之數名曰街心拱度如第140圖之C'C)

(1)二側溝高度相等者 第140圖為一市街及人行道之橫斷面，街心拱度A B，係由路寬及橫坡傾斜度算出。



第 140 圖

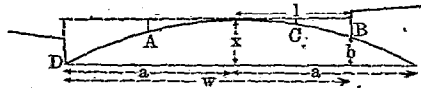
拋物線切線上各點之支距，與各該點至切點之距離之平方成正比例，故

$$D'D = \frac{l^2}{\left(\frac{W}{2}\right)^2} \times C'C$$

但  $C'C = AB$ ，故設  $D$  為街心至側石適中之一點，則

$$D'D = \frac{AB}{4}$$

(2) 二側溝高度不相等者 設一側溝高於他側溝，而又須適合於普通之橫坡傾斜度者，可計算之如下。如



第 141 圖

第 141 圖最大縱

距  $x$  與較低側溝之距離為  $a$ ，先從下式求得  $a$  值。

$$a = \frac{\frac{1}{2}w}{1 - \frac{b}{2wS}}$$

\* 此式之證明如下：

令橫坡傾斜度  $S = \frac{x}{a}$

$$l = w - a$$

依拋物線定理  $\frac{x-b}{x} = \frac{l^2}{a^2}$

$$a^2x - a^2b = l^2x = (w-a)^2x$$

$$a^2x - a^2b = w^2x - 2awx + a^2x$$

$$2awx - w^2x - a^2b = 0$$

$$x = Sa$$

$$2a^2wS - Sa^2 - a^2b = 0$$

$$2awS - Sw^2 - ab = 0$$

$$(2wS - b)a = Sw^2$$

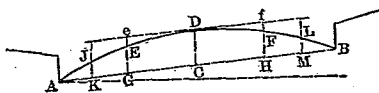
$$a = \frac{w^2S}{2wS - b}$$

$$a = \frac{\frac{1}{2}w}{1 - \frac{b}{2wS}}$$

以  $2wS$  除之

因  $\frac{x}{a}$  = 橫坡傾斜度,故  $x$  即可求得。其他各支距,均可照(1)之法求之,在 A 處支距 =  $\frac{x}{4}$ , 在 B =  $x-b$ , 在 C =  $\frac{x-b}{4}$ 。

(3)二側溝高度不相等,而路面最高點仍在街心 此種橫斷面之橫坡傾斜度較普通為大。如第 142 圖,街心 D 及二側溝 A, B 之高度



第 142 圖

為已知,則 D C 甚易算出,因 e E, f F 均等於  $\frac{D C}{4}$ , 街心與側溝間之適中點 E 及 F 即可依照(1)之方法求之。

$$E \text{ 點高度} = G \text{ 點高度} + \frac{3 D C}{4}$$

$$F \text{ 點高度} = H \text{ 點高度} + \frac{3 D C}{4}$$

$$J \text{ 點高度} = K \text{ 點高度} + \frac{7 D C}{16}$$

$$L \text{ 點高度} = M \text{ 點高度} + \frac{7 D C}{16}$$

372. 設置陰溝 先釘溝之中線樁一系列,以便開始挖土。每段挖至相當程度後,令包工者每隔十或二十公尺,橫置一厚五公分之木板,板之一邊向上,兩端插入岸中,與地面相平。於每一板之上邊,釘一約五公分寬之木條,此項木條之一邊,即同在陰溝之中線上,可用經緯儀為之。此經緯儀並即用以定陰溝底線之斜坡,此斜坡應標明於木條上。法於木條一側,橫釘一釘或刻橫痕一道,無論為管或砌築之陰溝,此釘或痕高出陰溝底線, (即陰溝裏面最低之線)

常爲一整數。

茲將記載簿格式及各步測量手續詳述如下：

某某路陰溝		民國 年 月 日			
測 站	後 視	視 線 高	斜 坡 讀 數	高 度	挖 深
B.M. 40.023 0-00.40	1.136	50.164	3 1.539	45.625	
-0.40 0			3 1.541	45.623	3, .36, 2.64
8.14 0+08.14			3 1.500	45.664	3, .29, 2.71
10.07 +18.21			3 1.450	45.714	3, .20, 2.50
9.85 +28.06			3 1.401	45.763	3, .47, 2.53
10.04 +38.10			3 1.351	45.813	3, .50, 2.50
9.97 +48.07			3 1.301	45.863	3, .30, 2.70
10.02 +58.09			3 1.251	45.913	3, .31, 2.69
10.01 +68.10			3 1.201	45.963	3, .36, 2.64
9.81 +77.91			3 1.151	46.012	3, .34, 2.66
9.83 +87.84			3 1.101	46.061	3, .28, 2.72
10.06 +97.90			3 1.053	46.111	3, .27, 2.73
6.64 1+04.34			3 1.021	46.143	3, .30, 2.70

從藍圖得升降口中心（即 0 站）之陰溝底線高度爲 45.623 公尺，上游 104.35 公尺處陰溝底線高度爲 46.143，二點間斜坡爲一直線，其傾斜度約爲 0.5%。（因  $0.52 \div 1.04 = 0.5$ ）

(1) 包工者橫跨所挖之溝置放木板，各板相距約爲十公尺。工程師用經緯儀使板上直立之木條均在一直線之內。因升降口（0 站）不能釘木條，故退後 0.4 公尺處釘一木條（-0.4 公尺）

(2) 用鋼尺量各木條間之距離,如 8.14, 10.07, 9.85……等,將此距離用較小數字記入第一行內。

(3) 將各距離相加,以得各木條之樁號,如  $0+08.14, 0+18.21$ ……如是填畢第一行。

(4) 將各木條間距離以  $\frac{0.5}{100}$  乘之,將其積用較小數字記入第五行內,如  $8.14 \times \frac{0.5}{100} = 0.041$ 。

(5) 以第五行之積,加於前一站底線高度,而得次站之底線高度,如  $45.623+0.041=45.664$ ,如是填畢第五行。

(6) 後視於水準標點,以得視線高。將水準標點之高度 49.028 及後視讀數 1.136 均記入前二行,而將其和 50.164 記入第三行。

(7) 從視線高減去第五行之高度,而得斜坡讀數,記入第四行,如  $50.164-45.623=4.541$ 。

(8) 立水準尺於木條之旁,上下移動,至視線切於斜坡讀數時,(如 1.539, 1.541) 依水準尺底作一橫線於木條上,或釘一釘,則此釘或橫線與陰溝底線之高度差為 3 公尺。將 1.539, 1.541 及 3 字記入簿中,以完畢第四行。並將『3』字書於釘或橫痕之下。

(9) 末行每站應填之數有三,例如 0 站應填之三數為 3 公尺,即釘或橫痕高出於陰溝底線之數; .36 公尺,是為釘或橫痕高出於地面之數; 2.64 (3-.36) 即該站實挖之深度。末行標明各站挖土之深度,並可用以繪陰溝之縱斷面圖。

(10) 凡陰溝之式樣及大小,溝中之土質,以及其他地下



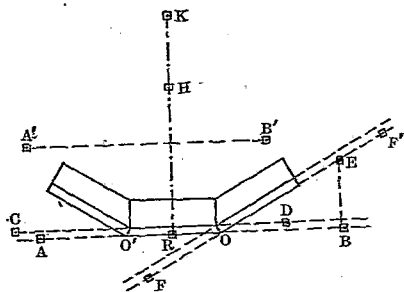
建築物，如自來水管，煤氣管，與陰溝之交點等，均須作簡單說明，附註於記載簿之右頁。

### 373. 釘橋樁

(甲) 橋座 (Abutment)

第 143 圖為橋座之翼牆 (Wing wall)，所欲定

者為若干重要之翼牆址樁，宜先從牆之正面着手，如 A B 線是也。



第 143 圖 釘橋座樁

(1) 在橋之中線上釘 R 樁。

(2) 置經緯儀於 R，釘 A，B 二樁，並定 O，O' 二點。

(3) 置經緯儀於 O，依翼牆之角度，(普通為  $30^\circ$ ) 旋轉遠鏡，在視線內釘一樁於 E。置儀器於 O'，同樣亦釘一樁。

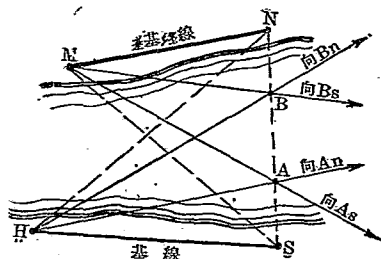
倘工事已開始者，A，B 二點或可誌於水中大木樁上，或圍堰 (Coffer dam) 之上。倘水中無圍堰或樁，可在 O O' 之平行方向內，釘 A'，B' 二樁。A' B' 與 O O' 之距離，宜為整公尺數，並在樁上標明之。

倘不能釘 R 樁或 R 處不能安置儀器，可在橋之中線內釘 H，K 二樁，包工者即能延長之，以便着手打樁，建築圍堰及他項工事。倘河面窄者，其中一樁可釘於對岸。

倘 O 處不能安置儀器，可照 E O B 角之正切，計算 B E 之長，從 A B 線作垂直線，以得 E 點，或從平行線 A' B' 作垂直線亦可。B 處垂直角可用 3-4-5 法定之。因 O 處不能釘樁，可在對岸釘 F 樁，或在本岸釘 F' 樁。

最後將以上各樁，易以線板，（見次節）以標明位置及高度。

（乙）橋柱（Peir） 橋柱完全在水中，其與岸上定點之距離，常不能用鋼尺量度，故須用三角測量定之。先用三角法測定橋樑中線上兩岸二樁間之距離，乃用交線法測定各橋柱中心點之位置。



第 144 圖

如第 144 圖，A 及 B 為所欲定之二橋柱之中心點。

(1) 在南岸設一基線 SH，交中線於 S；同樣於北岸亦設一基線 NM。

(2) S, H, N, M 四樁與現存建築物相關之位置，須詳細量定之，以資參證。

(3) 照第 179 節之法量度基線。

(4) 照第 180 節之法量三角形 MSN 及 NSH 之各角。

(5) 從三角形 MSN 及 NSH 計算 SN 之長，計算所得二值之較差，須不逾所規定之限度  $\left(\frac{1}{20000}\right)$ 。

(6) 計算 BHS, AHS, BMN 及 AMN 諸角。

(7) 製一藍圖，顯示各量得之角與距離，及各算得之角與距離。

(8) 用經緯儀旋轉 BHS, AHS, BMN 及 AMN 諸算出之角，所得交點 A, B，可由 S 照準 N 以校對之。每角宜

旋轉十二次。

(9) 在北岸設立  $A_n$  及  $B_n$  二觚標, 在南岸設立  $A_s$  及  $B_s$  二觚標, 俾以後定交線時, 不須再轉角度。

基線之位置以下述二種爲宜。

(1) 於兩岸各測一基線, 二基線或同在橋之上游, 或同在其下遊。

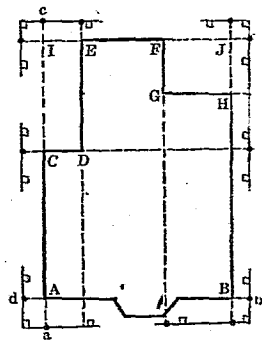
(2) 於同一岸上測二基線, 一在橋之上游, 一在其下遊。

基線宜與中線約略成直角, 其長亦宜與中線約略相等, 俾交角不致過大或過小。

374. 設置房屋線板 造屋或其他磚石混凝土建築, 常須挖去鬆土, 以築基礎。因基址各角之木樁, 當挖土時, 不復能存在, 故須於基址外, 另設線板 (Batter boards) 以代木樁。

第 145 圖爲造屋之線板, 其設置方法與他種建築類似, 讀者舉一反三可也。工程師第一步精密釘定 A B C D

E F G H 諸樁, 以確定房屋之位置。I, J 處雖非屋角, 亦須各釘一樁, 俾可量對角線 A J 與 I B, C E 與 I D 等, 以資校對。然後設立線板之柱, 其位置至少須在房屋界線外一公尺, 俾砌牆時不致有所妨礙。柱之尺寸普通爲 5 公分  $\times$  10 公分, 約 2.5 公分厚之線板即橫釘於柱上。釘板時工程師須用儀器, 使諸線板之上邊, 一律等於房屋地板或其他特殊部分之高度。



第 145 圖

屋角之樁挖去後，其位置可從兩對面線板上側之釘拉線相交以定之，而釘之位置則用經緯儀定之。置經緯儀於屋角一樁如 A，照準 C，以定線板上之 c，釘一小釘以誌之。倒轉遠鏡而得 a。遠鏡照準 B 而得 b 及 d。同樣諸線板上之釘均可釘定。

## 第三十章 河海測量

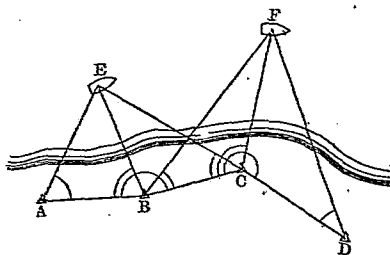
375. 概說 河海測量 (Hydrographic survey) 可分二部：(1) 在陸地；(2) 在水上。在陸地之初步工作為測量河道之縱橫斷面，及河、湖、海岸線之形狀。推而廣之，則為測量河道全流域之地形，以為計劃一切水利工程之張本。水上測量之初步工作為測量水深，以便繪製河道縱橫斷面圖，或水底等高線圖。但尚有水位升降，流量變遷，雨量分佈等項，總名曰水文測量，其門類繁多，非本章範圍所能詳述，特另闢一編於後。

376. 河道橫斷面 河道橫斷面在水面以上部分之測法，與尋常橫斷面相同；其水面以下之部分，須測水面高度及斷面內各點水深。從水面高度減去水深，乃得河底高度。水深測量見第 387 至 397 節。河道橫斷面之起點，習慣上恆定在面向下游時之左岸上。

377. 河道縱斷面 河道縱斷面圖至少須有四線，即河底，左右岸，及洪水位是也。若兩岸有堤者，須增二線，以示左右堤頂之傾斜度。堤與岸之縱斷面測法見第 292 節。維河底縱斷面，不能直接測量，蓋因彎曲處之最深點，往往偏於一邊，若以河底居中之點繪製縱斷面圖，每不能表示河底之實在傾斜度，故非用斷面內最深之點不可。此最深之點，須先測橫斷面始能得之。

378. 河岸線 普通皆沿河之一岸施測導線,用經緯儀視距測記法以測定兩岸諸點。若河寬在六七百公尺以上者,用視距法以測對岸之點,難期準確。宜沿兩岸各測一導線,每隔若干公里,測對岸測站之方向,成一三角形,以資校對,或跨越兩岸布置三角網,則更為準確也。

379. 湖岸線 湖岸線可環湖測導線以定之。湖濱多山者,不如用三角測量為便。美國『大湖測量』係沿岸布置



第 146 圖

三角網,諸三角形底邊皆在岸上,而頂點則在湖上。因湖上無障礙物,故定點較易。如第 146 圖, A, B, C, D 為岸上之三角點。A B 之距離為已知,欲定 C 及 D 之位置。E 為船上目標,可從 A, B, 及 C 點望見之。於 A, B, C 各置一經緯儀,同時照準 E, 以警笛或炮聲為號,同時測定其角度。所測之三角為一組,可測若干組以獲所需之精確度。從每組中可由 A B 計算 B E 之長,再從 B E 計算 B C 之長,故可從各組算得 B C 各值而平均之。俟船移至 F 處,可照同樣方法測角,而從 B C 計算 C D 之長。若湖上有堅冰可載人者,可免用船。此法精確度不亞於正式三角測量云。

380. 海岸線 通常以平均高潮 (Average high tide) 所到之處為海岸線,即等於平均高潮之等高線也。故欲確定海岸線之位置,須先測定平均高潮位。在海灘上測若干高度等於平均高潮之點後,即可聯成海岸線。

測定海岸線最便利之法，爲用經緯儀一架，視距尺二枝，旋平遠鏡上之水準管，試得一點其高度等於平均高潮位者，即可將該點之方向角及距離測定並記載之。

381. 全流域地形測量 欲研究一河道之治本方法，必須詳細測製該河道全流域地形圖，然後計劃始有根據。此與普通地形測量並無別異，唯對於下列各項，須特加注意。

(1) 橫斷面 河道測量最重要者爲河身及堤防之橫斷面，施測地形時，應兼及此。通常每隔一或半公里，施測橫斷面一個。

(2) 洪水位 過去數十年間之洪水位，亦爲河道測量中最重要記載之一，須調查其年月，測定其高度，標明於地形圖上。

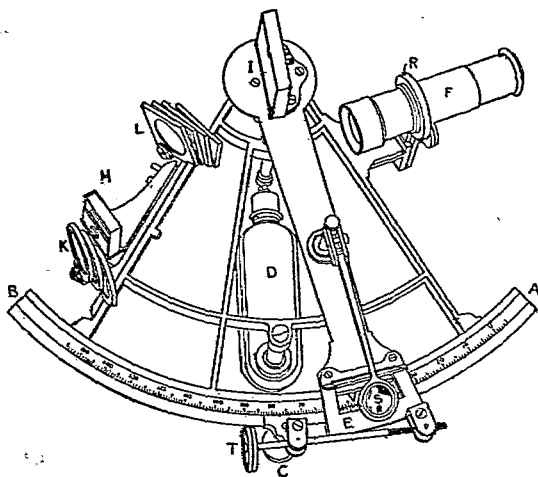
(3) 水庫地點 水庫 (Storage reservoir) 爲治河重要工程之一。測量地形時，在上游山谷中遇有谷口甚窄，谷內容積甚大，可利用之以建築水庫者，應在有築壩可能地點另行測製較大縮尺（如 1:500）地形詳圖，並詳測谷口橫斷面，以供研究及設計。

(4) 現存建築物 測量地形時，遇有橋、閘、壩、堤等一切水利建築物，須量其各部尺寸，繪成平面、側面及斷面圖，以供新建築物設計時之參考。

### 六分儀

382. 六分儀 六分儀 (Sextant) 爲測量水平角、垂直角或傾斜角之儀器。藉二平面玻璃鏡之返光作用，可在同一時刻，由遠鏡中窺見兩物體，並測定其間所夾之角。他種儀

器必須穩定不動，方能準確；六分儀則不用支架，僅以手執之，雖觀測者在搖動之舟中，亦能得準確之結果，故為水上測量之利器，而陸地亦可適用之。



第 147 圖 六分儀

如第 147 圖為六分儀之普通式樣，A B I 為銅製之架，其下裝有木柄 D。指臂 (Index arm) I E 可繞 A B 弧之圓心 I 而旋轉；指臂之他端，則裝有遊尺 V，以便在 A B 弧上讀角。I 處之玻璃鏡，名曰指鏡 (Index glass)，固着於指臂之上，而與架之平面成直角。又一玻璃鏡 H，名曰地平鏡 (Horizon glass)，固着於架上，並與之成直角。遠鏡 F 旋入於 R 環中，此環亦固着於架上；遠鏡常與地平鏡相對。地平鏡下半部為鏡，而上半部則可透光。從 D 處 (第 148 圖) 射來之光線，透過地平鏡上半部，經遠鏡而入於觀測者之目；(在 O 處) 從 C 處來之視線，射於 I，折至 H，亦經過遠鏡而入於觀測者之目。故從遠鏡中同時可以窺見二物體。將 I V 移轉，則指鏡亦隨之移轉，其所反射之像，自必有與 D 吻合之機會。兩像吻合時遊尺在 A B 弧上所指度數，即為所欲測之角。



指臂之長，通常自五至八英寸。袖珍六分儀之指臂，僅長二英寸，用於踏勘性質之測量，甚為便利。

六分儀通常備有三遠鏡，一為擴大力較高者，用以觀測天體，一為平常之擴大力，又一為無透鏡之銅管。第 147 圖中 L 及 K，為顏色玻璃片，觀測太陽時用以遮強烈之光。

383. 六分儀之原理 六分儀係根據光學原理：『設一光線被兩平面鏡連續反射後，其在同一平面內二光線始末二方向所成之角，等於二平面鏡所成之角之二倍』。

第 148 圖 I 為指鏡，H 為地平鏡，O 為目，C O 及 H O 為 C 處射來一光線之始末二位置，O 為 H O 與 C I 延長線所成之角，V 為兩平面鏡所成之角， $\alpha$ 、 $\beta$  為二平面鏡上之射入及射出角，P I 及 P H 為二垂線。

$$O = \widehat{C I H} - \widehat{I H O} = 2(\alpha - \beta)$$

$$V = \widehat{G H I} - \widehat{H I V} = (90^\circ - \beta) - (90^\circ - \alpha) = \alpha - \beta$$

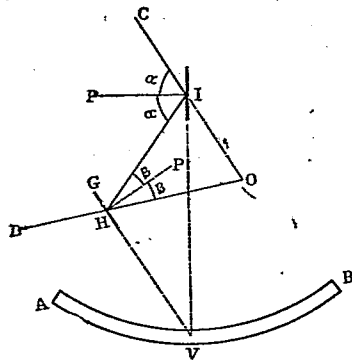
$$\therefore O = 2V$$

當二平面鏡平行時，V 角等於零，則 O 角亦等於零。

言之，即光線 C I 與 D H 相平行。分度圈上之刻度，即以此時為零，由此向左增至  $120^\circ$ ；但實際上分度圈僅為  $60^\circ$ ，蓋以一度之地位，刻作二度也。

### 384. 六分儀測水平角

如第 148 圖，C、D 為所測之二點，O 為觀測者之目。欲測 C O D 角，可 (1) 以右手執木



第 148 圖 六分儀原理

柄，使分度圈與目及所測二物體約略在同一平面內。(2)由地平鏡透明部分窺 D 點，移動指臂 I V，則 C 像即隨之移動，待其折至 H 鏡之下半部，再折入鏡筒內，與 D 相重疊而止。(3)旋緊遊尺，用微動螺旋使二像完全吻合。(4)讀遊尺。

在未熟用六分儀者，欲使二像吻合，或稍感困難，而在搖動之舟中尤甚。可除去鏡筒，置目於環中，而窺測目標，如是所測得之角，仍無不精密之虞。又設有時在右之目標不甚顯著，其返光之像，一時難以窺見，則可倒執六分儀，使地平鏡在左而指鏡在右，直接窺測晦暗之目標，而使顯著之目標折入鏡筒內。

**385. 使用六分儀應注意之點** 除非觀測者之目及二目標在同一水平面內時，讀者須知所測之角，乃斜面內之角，而非真正水平角，所幸相差甚微，在六分儀測量中，尋常可略而不計。又所測角頂點之位置，隨角之大小而變。由第 148 圖可見若  $C O D$  角逐漸變小，則 O 點距儀器漸遠；若所測之角極小，則角頂必遠在觀測者之後。觀測日星，因其距離極遠，故可假定角頂與觀測者在同一點上，而無顯著之差誤，然若觀測地面上之點，則二目標間之角，不宜過小，非特因角頂不與觀測者在同一點上，且因二線所成之角太小者，其交點亦難以確定於圖上也。凡欲精密測定角頂位置者，不宜用六分儀施測。用尋常尺寸之六分儀施測者， $20^\circ$  角頂約在儀器後十三公分， $5^\circ$  角頂約在儀器後六十分， $1^\circ$  角頂約在儀器後三公尺。

**386. 用人造地平面測垂直角** 觀測天體時，常須測其仰角。若在陸地不見海面時，可用人造地平面以代之。人造

地平面，係用盤盛水銀爲之。今欲測天體仰角，則天體與其水銀中之像，爲觀測之二目標。所測得之角，以 2 除之，卽爲該天體之仰角。觀測時可使分度圈處於垂直面內，從地平鏡透明部分窺水銀中之天體像，移轉指臂，至玻璃鏡與水銀中之二像互相吻合時，卽可讀遊尺，而以 2 除之。若測近處物體之仰角，儀器須逼近水銀盤，方能準確。

### 水深測量

**387. 水底高度** 凡計劃一切水中建築及航行事業，須知水底之高度，以便繪成水底等高線圖。欲知水底高度，須測水深，從水面高度減去水深，乃得水底高度。故測水深時，又須兼讀水標，以知水面高度。（見第 417 節）測量水深之點，名曰測深點（Sounding point），其位置可用後述各法定之。

**388. 測深桿及測深錘** 測深桿（Sounding rod）爲測量水深之桿，其橫斷面或爲圓形，或長方形，或長方形而一邊作楔形，以殺水勢。桿長三或四公尺，可細分至公分。桿之下端，宜裝一圓形鐵板，以阻桿陷入鬆軟之河底中。測深桿僅適用於較淺之水中，若深水中，須用測深錘。

測深錘以鉛爲之，底部宜略大，以免達河底而下陷，並宜有一窩，俾河底如有小磚石塊者，可以嵌入窩內，以期量得正確之水深。鉛錘更須有充分之重量，以免爲水流沖動。繫錘之繩，以伸縮小者爲佳，尋常麻繩不可用。最好用特製之金屬鍊，倘不可得，可用電燈上之皮線，或將花線之二股解開，拉直之，使不復有伸縮。然後以白布條結於線上，每公尺爲一節，逢半公尺處，繫紅布條區別之，每逢整公尺處，更

以較大紅布條分別之。

**389. 測量水深之差誤** (1)由測深桿或測深錘長度不準確而生之差誤 此爲常差,極重要。

(2)測深桿或測深錘不垂直而生之差誤 此爲常差,極重要,結果每使所測水深太大。

(3)測深桿或錘陷入河底淤泥而生之差誤 亦爲常差,頗重要。

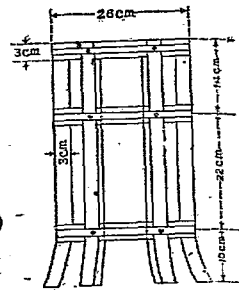
(4)讀數不準確之差誤 此爲偶差,影響不甚重大。若從高處測深,譬如人在橋上,用繩沈入水中,因高低相距甚遠,不易看清水面讀數,可於測深錘觸水面時,記明正對橋上一定點之繩上讀數,迨達水底後,再記明正對該定點之繩上讀數,二讀數之差,卽爲水深。

(5)天然差誤 天然差誤,厥爲風浪,既足以使測深讀數不易準確,復足以影響水面之高低。凡風向與流向相反者,能使水面擡高。

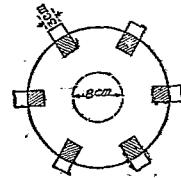
**390. 定測深點之位置** 定測深點位置之法,共有九種:  
(1)船依已知方向及均勻速度前進,並記載測深之時刻,由時間及船之速率,以知距離。(2)用繩橫過河面,依繩上記號測深。(3)視距法。(4)船依已知方向前進,在岸上或舟中讀一角。(5)在舟中讀二角。(6)在岸上讀二角。(7)在二方向線交點上測深。

**391. 用已知時間定測深點** 岸上植二標桿,舟循二標桿之直線方向依等速度前進。記其開船及每次測深之時刻,由船之速度及時間,以定測深點之位置。此法須用汽船,雖簡便而難準確。

392. 用繩橫過河面測深 繩宜用細鉛絲組成者,可纏於絞關之上。絞關式樣及尺寸如第 149 圖,與帆船上所用者相同,須以硬木爲之。在河之正交方向內,兩岸各植一木樁。以鉛絲繩一端(零端)套於左岸樁上,(是爲起點)將絞關套於右樁上,另用木棍穿入絞關,將繩絞緊,至不見下宕爲止。於是依繩上所結布條處測深。此法最爲簡便準確,河面寬在一百公尺以內者,皆適用之。若更寬則繩難緊張,差誤即大。



側面

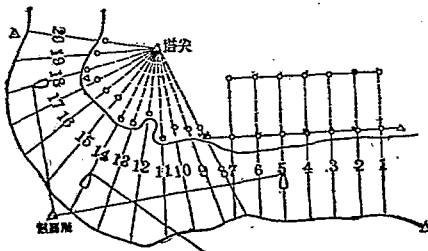


俯視面

第 149 圖 絞關

393. 用視距法定測深點 將經緯儀或水準儀置於岸上,視距尺置於船上。儀器與船,若常能向在一直線方向內,可免測角。此法在靜水中施測,甚爲便利,但舟身不能穩定或舟距岸太遠者,觀測距離,不易準確。

394. 用一方向線及岸上測一角以定測深點 在岸上釘二樁,樁上各植一標桿,以設立一方向線,俾測舟得依此方向前進。倘岸上無地位以容二樁時,可在岸上釘一樁,水中置一浮標,以作方向線。樁及浮標之位置,須



第 160 圖 用一方向線及岸上測一角以定測深點

先測定之。測舟常依方向線前進，置經緯儀於岸上適宜地點，以已知點或磁北為後視，每測水深一點，即照準測深桿或繩一次，而讀一水平角。藉方向線與視線之交點，以定測深點之位置。讀角以迅速為要，故不須用微動螺旋及遊尺，差誤在五分之內者，皆可容許。

如第 150 圖，右部分之方向線，互相平行；左部分利用現存建築物而方向線作輻射狀。因視線與方向線所成之角，不宜太小，故儀器須頻易其位置。

某某湖測深點位置記載簿

( . 年 月 日 )

時 刻	旗 色	角 度	點 次
儀器在 B, 後視於 A			
h m s		° ' "	
8 40 25 (起)	紅	29 40	1
.....	白	27 20	2
.....	白	28 50	3
.....	紅	30 15	4
.....	黑	31 35	5
.....	白	33 05	6
.....	紅	34 50	7
.....	紅	36 15	8
.....	白	37 55	9
.....	黑	39 25	10
8 52 10 (止)	黑	40 35	11
9 05 24 (起)	紅	40 20	12

(經緯儀記載) 記載者:

## 某某湖水深測量

( 年 月 日 )

時 刻	旗色	水 深	水 位 <sup>*</sup>	湖底高	點次	備 誌
循第一方向線南行						東南風,和
h m s						
起 8 40 25	紅	1.05	8.04	6.99	1	
.....	.....	1.05	.....	6.99	.....	
.....	.....	1.07	.....	6.97	.....	
.....	.....	1.21	.....	6.83	.....	
.....	白	1.30	.....	6.74	2	
.....	.....	1.86	.....	6.18	.....	
.....	.....	2.17	.....	5.87	.....	
.....	.....	2.46	.....	5.58	.....	
8 42 30	白	2.70	.....	5.34	3	
.....	.....	3.04	.....	5.00	.....	
.....	.....	3.24	.....	4.80	.....	
.....	.....	2.75	.....	5.29	.....	
8 51 25	黑	2.04	.....	6.00	10	
.....	.....	2.00	.....	6.04	.....	
.....	.....	1.92	.....	6.12	.....	
止 8 52 10	黑	1.86	8.04	6.18	11	
循第二方向線北行						
起 9 05 24	紅	2.02	8.05	6.03	12	
.....	.....	2.14	.....	.....	.....	

(舟中記載)

由以上記載,可見測深點位置,並非逐點用儀器定之,係每隔數點,測定一點,其中間各點之位置,即可估得之。

船上舉旗,則岸上讀角,故雙方均須記載所舉旗之顏色,以資對照。

\* 水位為水面之高底,見第415節。

本節所述方法，無論大河、大湖或海港中，皆適用之。

**395. 舟中讀二角以定測深點** 若完全不用方向線，而岸上有三已知點可以同時望見者，可在舟中同時讀二角，以定測深點之位置，此即三點法也。舟中須備六分儀二隻，以二人同時測岸上中點與左點間，及中點與右點間之二角。所測之角太小者，難以確定交點之位置。在海中常因波浪，致舟身搖蕩不定，測角須求迅速。尋常皆除去遠鏡筒，逕從遠鏡之環中窺測，以期迅速。此法全部人員皆在舟中，指揮較為便利。

**396. 岸上讀二角以定測深點** 測舟若不易循一方向線前進時，可在岸上置二經緯儀。（或六分儀）每次測深時，由船上舉旗為號，二經緯儀同時讀角。分別記載時刻、角度、旗色三者，與第 394 節記載表相同。於是二視線之交點，即為測深點之位置。置儀器之點，或為三角點，或為導線測站，或臨時釘二樁，量其距離，以後再根據已知點以測定其位置。此法用者亦廣。岸上仍宜設立方向線，俾測舟得約略循一方向前進；但此種方向線，不必用儀器測定之。

**397. 在二方向線交點上測深** 設或須在某一定點時常測量水深，以察河底有無變遷者，（如挖泥工作等）可在岸上設立二方向線，將測舟停於其交點上測深。

**398. 測深隊之組織** 測深隊之人數，視測法而異。船上至少須有隊長一人，測深者一人，船夫一二人。有時或須增測角者及司記載者。若在岸上測角，舟中即不須測角者。若在有潮汐之處，尚須有一人專司讀水標（見第 420 節）之職。



399. 定水流方向 欲知港口潮流或大河中之水流方向,可用浮球或浮桿放入水中,隨流移動。用第 396 節之法,測定其起點,終點及中間各點之位置。繪於圖上,即得潮流或水流之方向。更有一法,係用小汽船跟蹤浮球或浮標前進,每隔若干距離,用第 395 節方法,測定測舟之位置,亦可得其經行之跡。至於施放浮球或浮桿之數,視施測範圍或河之寬窄而定。

若兼誌浮標或浮桿起迄之時刻,以時間除其所經距離,可得水流之速度。

## 第三編 水文測量

水文資料亦爲一切工程設計之根據，而對於水利工程，關係尤爲密切。水文測量，即所以爲徵集是項資料而作也。

水文測量所包含之範圍甚廣，凡雨量、蒸發量、水位、流量、河流挾沙量等項，均在討論之列。

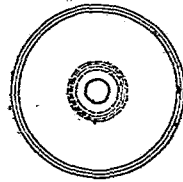
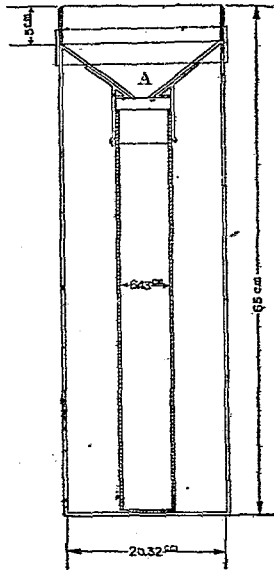
水文測量之性質與陸地測量迥不相同。陸地測量以迅速完成爲貴，而水文測量則有持續性，其目的在求得最高最低之紀錄。觀測固不容有間斷，而觀測之時期愈久者，其價值愈高。凡觀測十年而得一最高或最低紀錄，若延長至二十年三十年以至百年，必有更高或更低之紀錄可得。歐美各國所集水文資料有繼續逾百年者，而我國除少數地點由外人代辦雨量及水位紀錄達數十年外，政府機關之從事觀測者，率不過十餘年之久耳。

### 第三十一章 雨量

400. 定義 雨量 (Rainfall) 不僅指雨一項，實包括雪、霜、雹等一切天空降水量而言。一月總雨量名曰月雨量 (Monthly rainfall)；一年總雨量名曰年雨量 (Annual rainfall)。以降雨時數除雨量而得一小時內之雨量名曰雨率 (Intensity of rainfall)。在短時期內（例如一日或二日）降落多量之雨水名曰暴雨 (Storm rainfall)，暴雨有一日暴雨二日暴雨以至數日暴雨之別，亦有以五分，十分，及一小時，二小時，以計極短時間內之暴雨量者。

401. 雨量計 本國各處通用之雨量計，與美國氣象局

之八吋直徑標準式雨量計相同，其構造可分三部：(1) 漏斗狀之承雨蓋，(第151圖)內直徑為20.32公分，其緣銳而向外削，俾緣上雨點不致向內濺。(2) 量雨管，內直徑為6.43公分，其橫斷面積為漏斗面積之十分之一。(3) 外筒，其中置量雨管，其上以承雨蓋蓋之。量雨計可用 $\frac{1}{32}$ 英寸厚之白鐵自製，量雨管及漏斗宜鑲以 $\frac{1}{10}$ 英寸厚之黃銅邊，以防變形。量雨計外，更須備量雨尺一枝，宜以柎木或紅木為之，用黑色繪圖墨水或黑漆劃分之。



第151圖 雨量計。

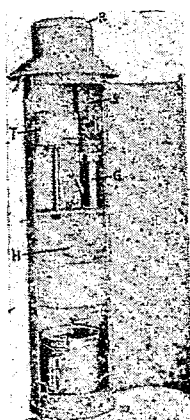
雨點降於漏斗中，經小孔(A)而入於量雨管中。將量雨尺插入管中，察其水痕所在，即為雨量。因量雨管之橫斷面積等於漏斗面積之十分之一，故所量得之雨量為實在雨量之十倍。<sup>\*</sup> 例如水痕在二十五公分處，雨量為二十五公釐是也。設雨量逾五十公釐，則管中之水即溢入外筒中，可俟管中之水量定傾去後，再將外筒中之水注入

<sup>\*</sup> 量雨尺在管中須占去若干容積，致比例並不恰為十分之一，所幸差誤甚微，可以略而不計。

管中，如法量之。

降雪時須將漏斗及量雨管取去，僅留外筒為承雪之具。雪止後用已知容量熱水注入筒內，使筒中之雪溶化為水；然後搃去所加熱水之量，將雪水注入量雨管中，如法量之。

402. 自記雨量計 夜間降雨之起迄時刻，往往難以測知；用自記雨量計，可免此弊。且從自記紙上可以察知任何時間內降雨之多寡，用以計算雨率之大小，最為精確。自記雨量計式樣不一，如第152圖為比較簡單之一種。雨水入承雨蓋(R)後，下注於量雨管(G)內；量雨管中水滿，則藉虹吸管(H)自然洩出。量雨管中之水面，藉其中浮標之升降，以達於自記紙(T)上。裝自記紙之圓筒直徑為133公釐，每二十四小時旋轉一週。



第152圖 自記雨量計

自記雨量計每易損壞而失其效用，其旁仍須置一普通雨量計，以便按時校對。

403. 雨量計之設置 無論自記或普通雨量計均須置於空曠處所；其與牆垣或他種建築物之距離，至少須等於該項物體之高之1.5倍；否則斜雨將受障蔽，而不能完全入於雨量計中。或雖空曠而有樹林蔭庇，亦非所宜。雨量計又宜置於地面上，不宜置於高處，蓋因高處風大，容易被吹散，不能完全入於雨量計中。據實驗所得，雨量計高出地面十四公尺者，其所受雨量為平地之75%；高出地面二十六公

尺者，爲平地之64%；高出地面60公尺者，爲平地之58%。<sup>\*</sup>

404. 雨量記載法 雨量通常以公釐爲單位，記小數一位。若用普通雨量計，須兼記降雨起迄時刻。爲觀測便利起見，降雨日期不必以半夜分界，而以上午九時分界；九時以前之雨記入前一日行內，九時以後之雨，始記入本日行內。故降雨連日不止者，至少須於上午九時量一次，並記明其起迄時刻；若爲夏季陣雨，則每次雨止時即須量而記之，以便求得最大雨量。

下列爲雨量月報表式樣，一切統計皆以此表爲根據<sup>o</sup>

雨量月報表

測站.....

民國 年 月

日	雨量 (公釐)	降雨起迄時刻	降雨時間		風向	氣溫 (華氏)	備註
			時	分			
1		至			SE	62°	
2	34.6	10:20 至 18:25	8	5	SW	68°	
3					NE	61°	
29		至			NE	59°	
30	14.9	14:00至次日 9:00	19	09	SE	65°	
31	20.5	9:00 至 21:40	12	40	SW	64°	
本月總雨量 =164.4公釐		一日內最大雨量 =34.6公釐		一次最急之雨 {公釐: 30.1 時間: 1:20			

405. 雨量成績之審核 雨量記載稍有忽略，即失真相，非嚴加審核，不足徵信。審核之前，須先明瞭雨量與氣象及地形之關係。按地面各處之雨量多寡不同，大抵近海之地較內陸爲多；在山系迎海風之面，必較背風之面爲多；自臨

<sup>\*</sup> 見 Meyer's Elements of Hydrology.



## 雨量測驗表

民國 年 月份

測 站	月雨量 公釐	降雨 日數	一日內最大之雨			一次最急之雨			備 註
			日期	公釐	時間	日期	公釐	時間	

2. 倘位置相鄰,地形相似各站雨量大致相同,獨有一站特大或特小,則該站記載容有錯誤,應加以研究。

3. 各站降雨日數是否大致相同?

4. 凡發生疑問各站之記載,寧可割棄,不宜列入統計。

406. 雨量成績之統計 雨量成績審核後,認為可用者,應即加以統計。統計之目的在求其變化消長之極限,並確知其普遍折衷之情形。統計之項目至少應有下列七種。

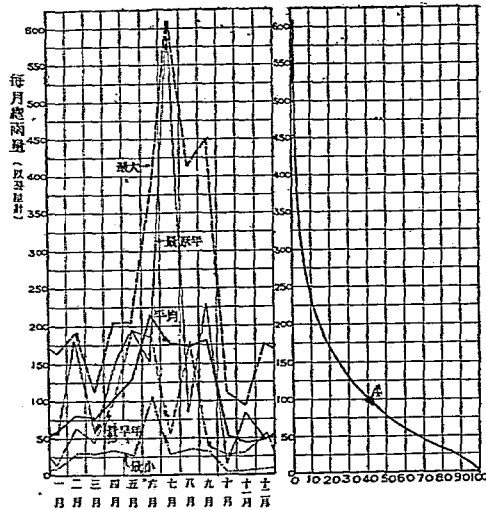
(1) 平均年雨量 取歷年來各站之年雨量平均之,將各平均數註於簡單地圖上,聯成等雨線,名曰平均年雨量圖。凡記載時期愈長者,其平均數愈近於真值。

(2) 最大年雨量 取各站歷年來最大年雨量註於簡單地圖上,聯成等雨線,名曰最大年雨量圖,可以指示各處將來可以遇到之最大年雨量。

(3) 最小年雨量 取各站歷年來最小年雨量註於簡單地圖上,聯成等雨線,名曰最小年雨量圖,可以指示各處

將來可以遇到之  
最小年雨量。

(4)各月雨量  
之狀況 將一站  
歷年來各月份最  
大月雨量,最小月  
雨量,平均月雨量,  
及雨水最多一年  
中各月雨量,最少  
一年中各月雨量  
共繪於一圖,如第  
153 圖。



第 153 圖

(5)暴雨 將

各站一次(一日或數日)暴雨之總數註於簡單地圖上,聯成等雨線,名曰暴雨圖。研究時應注意雨率之大小,時間之久暫,所及面積之廣狹。此三者與洪水之大小有密切之關係。凡暴雨之量甚大,為時甚暫,(例如二日或三日)而所及面積又甚廣者,必釀成最大之洪水。

(6)常率 雨量遭遇之機會,即每隔若干年或若干月,可有大雨或小雨一次,名曰降雨之常率(Frequency),可用曲線表之。例如欲繪某地月雨量之常率曲線,可將若干年來之總月數化作百分數後,作為橫坐標,而以月雨量為縱坐標,從記載表中查出滿若干公釐之月雨量共有幾月,占總月數之百分之幾,即將此月雨量及百分數為總橫坐標,點於方格紙上,聯多數點而成曲線,即為月雨量常率曲線。



如第 153 圖曲線上之 A 點，即表明 100 公釐之月雨量，每 40 個月中可遇一次也。他如年雨量或暴雨均可同樣繪成常率曲線，以明遭遇之頻偶，對於預防旱潦，設計水中建築物極為有用。

(7) 降雨日數 一年中降雨日數，及歷年來平均降雨日數，亦應加以統計，以明各季雨量分佈之狀況。

以上七種統計，以記載時期愈久者，價值愈高；若僅有數年之紀錄，絕不足恃。又因應用之目的不同，而重視之程度亦各異。例如計劃灌溉工程者，須重視平均年雨量，最小年雨量，及各月雨量之狀況。計劃給水工程者，必特別重視最小年雨量，及長久之無雨時期，而最大雨量，反無關緊要。注意航運問題者亦然，皆不患水之多而患水之涸也。維築堤防洪，疏浚水道者則適相反，所注意者，為最大年雨量，而尤注意短期內之暴雨；至於最小雨量及乾旱時期，則非所研究。維測驗雨量時，雖或因其有特殊之目的，不妨偏重於所需要之資料，但普通多以能兼及上述七種為宜，蓋所增之工作有限，而記載之價值則愈增。且日後之利用，難以預定，安知不及其他工程苟不早為之備，則時機一失，無從追求矣。

## 第三十二章 蒸發量

407. 概說 地面之水受熱化氣，謂之蒸發。蒸發本包括水面蒸發及陸地蒸發，此二者謂之直接蒸發。又水為植物吸收，由枝葉化氣，謂之間接蒸發。除水面蒸發續繼不絕，可以設法實測外，陸地蒸發因土地燥溼不同，且時有間歇，而間接蒸發為量既微，又因植物種類各異，皆不易測驗。本章專述水面蒸發量之觀測，記載、審核及統計。凡計劃給水灌溉等項工程，必須計及水面蒸發量。

408. 蒸發皿 蒸發量可用特製小巧蒸發計測驗，或用實驗公式計算，但皆不準確，不如用蒸發皿直接實測為妥。蒸發皿甚為簡單，可用二十二號白鐵製之，其狀或方或圓，而以圓形較為普通，其邊與底成直角。於底之中心，直立一鐵針，其尖端作為水面升降之標準。但若選用尺量之，難期準確，故須另製一白鐵量杯，使其容量適當皿中水深一公釐之體積。設用一公尺直徑之蒸發皿，其量杯應為直徑十公分高十公分之圓柱體。量杯裏面並可劃分為十等分，則每等分相當於十分之一公釐。

蒸發皿之大小深淺與所測結果頗有影響。較小較淺之皿，每使皿中水溫較高，蒸發較易，與天然湖泊之蒸發量相差太鉅，而較大之皿，製造不易，搬運亦難。通用之尺寸為深四至六公寸，直徑自一至二公尺。

409. 蒸發皿之設置 測驗蒸發量之目的,本在求知天然湖泊或廣大蓄水池之水面蒸發量,故蒸發皿最好浮於湖泊或池沼中,俾皿中水溫與天然水溫相等。且其他有關於蒸發之氣象要素如氣壓,風速,溼度等亦不相差異。維管理及使用諸多不便,為變通起見,蒸發皿可置於陸地適宜之處。另製一較大之套盆,浮皿於盆中,而置盆於木架之上。如是則皿中水溫,即不致過於受氣溫及地溫之影響。

蒸發皿旁更須附設一雨量計,以供雨天測驗之用。故設置蒸發皿之地點,除須適宜於雨量計外,並須能終日受到日光。但亦有須終日不受日光者,則為設計有蓋蓄水池之資料也。

410. 蒸發皿及量杯之用法 蒸發皿設置妥當後,即注水於其中,使水面與鐵針尖端齊平。設注水時為上午九時,至翌日上午九時,水面因蒸發之故,必降至尖端之下。此時可用量杯滿盛清水,注入皿中,加至水面仍與尖端齊平為止。凡加水一量杯而齊平,則蒸發量為一公釐;十量杯而齊平,則蒸發量為十公釐。祇須記清所加杯數及最後一杯之零數,即得蒸發量矣。在降雨之日,若水面仍在鐵尖之下,應將所加水量之公釐數加以雨量之公釐數,始得蒸發量。若水面已高出鐵尖,則用量杯挹出若干杯,使水面仍與鐵尖齊平。此挹出水量之公釐數從雨量之公釐數內減去之,即為蒸發量。依照上述,可列成三個公式如下:

$$\text{晴天: 蒸發量} = \text{注入水量} \dots\dots\dots [69]$$

$$\text{小雨天: 蒸發量} = \text{雨量} + \text{注入水量} \dots\dots\dots [70]$$

$$\text{大雨天: 蒸發量} = \text{雨量} - \text{挹出水量} \dots\dots\dots [71]$$

冬季皿中結冰，無法測量，維有待其自然融解後，量其冰期內之總蒸發量，以冰凍日數除之，得冰期內之逐日平均蒸發量。

411. 蒸發量之記載 蒸發量至少須每日記載一次，以上午八時或九時為宜。能於上午及下午各記載一次尤佳。每日記載一次者，記入前一日行內；記載二次者，上午之數為隔日夜間之蒸發量，下午之數為本日晝間之蒸發量，應分別記載之。

蒸發量記載表可規定每月一張，其式如下。因氣溫與蒸發量關係最切，故必須記載之，其他如氣壓，風速，溼度等雖亦有相當關係，但非簡單測站所能一一觀測，故不妨從略，但苟能附記之，則尤佳耳。

蒸發量記載表

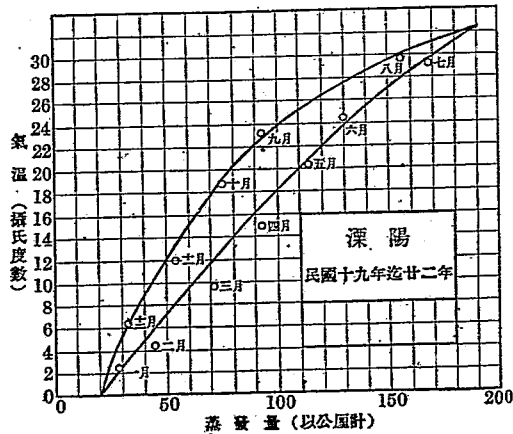
測站 長興		蒸發皿面積 = 7854 公分 <sup>2</sup>		皿中水深 = 30 公分		記載時候： 上午九時	
民國 年 月							
日	雨量 (公釐)	注入水量 (公釐)	拋出水量 (公釐)	蒸發量 (公釐)	氣溫 (攝氏)	天氣概況	備註
1		4.4		4.4	19.2	晴	
2	5.0		4.7	0.3	14.0	雨	
3	0.5	0.5		1.0	16.0	雨	
4		3.3		3.3	17.8	晴	
29		3.0		3.0	21.1	晴	
30		4.0		4.0	24.9	晴	
31							
總數 或平均	181.0	50.9	163.5	68.4	19.5°		

412. 蒸發量之改正 因上述測驗法所得並非深廣水面之蒸發量,與實際比較,常嫌太大,須乘一係數以改正之,此係數視皿之面積,深度及設置情形而變,其值可自 0.6 至 0.8。

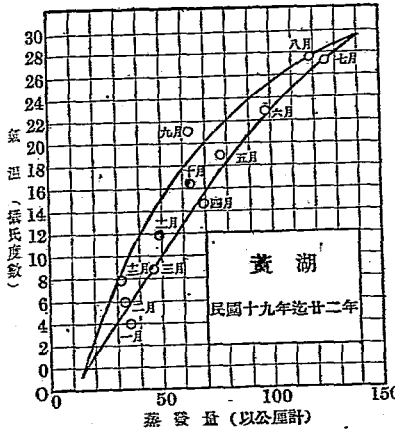
413. 蒸發量成績之審核 蒸發量成績必須加以審核,擇其可信者存之,以作統計;可疑者寧割棄之。審核之先,須知蒸發量之大小與空氣之溫度,壓力及風之強弱均有關係。凡氣溫高則蒸發量大;氣壓高則蒸發量小,風速大則蒸發量亦大,而尤以氣溫之影響為著。故考核一站蒸發量成績時,應按月將各項記錄繪成曲線於同一紙上,以便參閱。此乃各站各個的考核,其各站成績之比較,亦不可忽略。須知在同樣氣象狀況下,各站一月內之總蒸發量,逐日之蒸發量,以及一月內最大最小蒸發量,均應大致相同。

414. 蒸發量成績之統計 一站蒸發量之統計,可分下列數端:(1)歷年來各月份蒸發量之平均數。(2)一年總蒸發量之平均數。(3)一月蒸發量最大數。(4)一日蒸發量最大數。(5)逐月平均蒸發量及氣溫之關係。

蒸發量因



第 154 圖 蒸發量與氣溫之關係



第 155 圖 蒸發量與氣溫之關係

與各種氣象要素均有關係,故錯綜複雜,變化甚多。普通僅以逐月平均蒸發量與平均氣溫製成圖表,以資研究。第 154 及 155 圖為溧陽(江蘇)及黃湖(浙江餘杭屬)之平均蒸發量與平均氣溫關係圖,惜其記載時期未久,尚未十分準確耳。

觀以上二圖,在相同氣溫時而春季蒸發量較盛於秋季者,蓋因春季氣溫逐漸增高,致常遇大風及高氣壓也。

### 第三十三章 水位

415. 概說 水位爲水面之高度,例如高出於吳淞零點(吳淞口之水準基面,普通名之爲吳淞零點)若干公尺是也。一地水位之最高或最低紀錄,對於計劃水利以及他種工程都極關重要,然而水深測量,流速測量等亦皆以水位爲其標準。例如測量水深,必須先知水位,然後始知河底高度;施測流速,亦必兼記水位,然後成績始有所依據而資比較。

416. 水標之分類 水標爲測量水位之設備,可分二類:即自記水標與非自記水標是也。後者又可分爲直接水標及間接水標二類。間接水標設備較爲複雜,且易損壞,不若直接水標爲簡單而耐用。故本章所述,僅限於直接水標及自記水標二種。

417. 直接水標 此種水標僅爲一尺,釘之於水中建築物或直立之木柱上,以讀取其水面升降之數。尺或以木板爲之,或以搪瓷鐵片爲之,而以後者不易模糊,較爲耐用。搪瓷鐵片寬約六七公分,長爲一公尺,接合若干片而成一水標。最小格爲一公分,其劃分法可與水準尺相同,以簡單清楚爲主。

水標之釘於木柱上者,其所用木柱之直徑,至少須有十五公分。夯入河底,則愈深愈佳。土質堅硬處,入土至少須

達到一公尺半；鬆軟處則須更深。能將木樁附着於穩固之建築物上，或在其周圍加植護樁並以橫檔聯之，則較為穩固。

若將尺度刻於石或混凝土之建築物上，亦足以充當水標之用。維須在小水時爲之，更須預將尺之零點定在水面下有充分深度之處，以便於水漲時可以向下展刻。此種辦法較僅用一木樁孤立於水中者爲穩固，維日久即模糊，須常洗刷之。

或因地勢上之便利，且防爲行船撞倒起見，有不設垂直水標而設傾斜水標者，其尺度概以垂直爲準。尺度之劃分，須用水準儀爲之。

**418. 設立水標地點之選擇** 選擇設立水標之地點時必須注意下列各點：(1) 水標須能讀到最高及最低之水位。維在實際上往往不易辦到，或因高低水位相差過鉅，水標長度即不敷觀測，或因低水岸線與高水岸線相距太遠，觀讀不便。如遇此等情形時，可在同一斷面內分級設立水標，每級長一或二公尺，其高低須用水準儀測準，使各級互相銜接。如是最高最低水位皆能讀到，雖將一水標分作數段，而零點則祇有一個。(2) 水標宜設於不易爲行船所衝撞之處。(3) 水標宜設於觀測便利之處。(4) 水標離觀測員所在地亦不可過遠，以免因憚往返奔走之勞，而生捏造讀數之弊。(5) 若設水標於水中建築物上，不可設在向上游之一面，蓋恐水面因衝激而增高，讀數即嫌太大；若設於下游之一面可免此弊。(6) 水標應設於河道較直之處，若不得已而設於灣處，則應兩岸各設一水標，同時讀之而取其平均數，蓋因



河面遼闊，水勢洶湧之處，凹岸水面常高出於凸岸水面甚多也。

**419. 水標零點高度及水準標點** 水標之零對於某水準基面之高度，名曰水標零點高度。將水標讀數與零點高度相加，可算得水位。若其水標零點位於水準基面之下，則其高度為負數，須從水標讀數中減去之，以得水位。同一河流各段水標之零點高度，須根據同一水準基面，然後上中下游之水位，方能有所比較。全國水標，倘能根據同一水準基面尤佳。

每一水標附近，至少須設立水準標點二個，其高度可用水準儀自附近水準線上之水準標點接測之。此種水準標點之作用有二：(1)設立或重設水標時，可就近資以測定水標零點高度。(2)事實上常有水準線尚未測到，而先行設立水標，從事觀測者。其旁亦須設置一水準標點，先行測得水標零點與該水準標點之高度差，待日後水準標點測定時，水標零點高度即可推算而得。否則若水標在水準線尚未測到之前，已經失去，其零點高度即無法補測，而所有記載，遂成廢紙。

**420. 水標觀讀次數及記載表式樣** 每日觀讀水標次數，應視河流情形而定。水位漲落甚微者，僅須按一定時刻觀讀一次或三次，若水位漲落較劇者，須每小時或每十分鐘觀讀一次。

水位記載表式樣視觀讀次數而異，茲將每小時觀讀一次之式樣介紹於下頁。次數之多於此或少於此者，皆可依此而略加以變更。

水位記載表

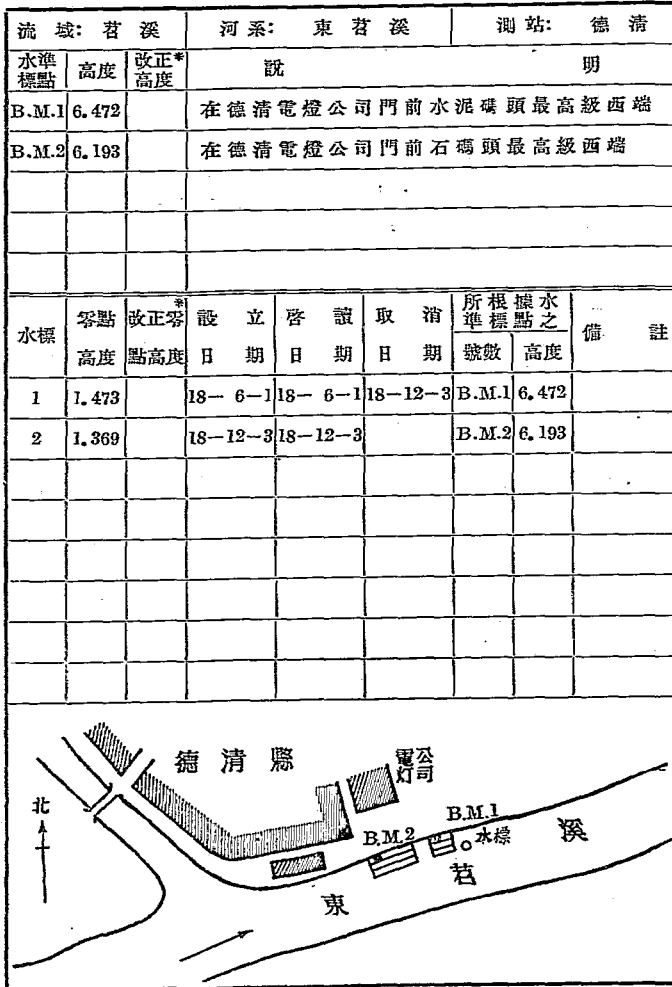
流域		河系						測站	
自民國 年 月 日起至 日止									
水標記號:					零點高度 =				
時	日	水尺讀數	流向	水尺讀數	流向	水尺讀數	流向	水尺讀數	流向
	0								
1									
2									
-----									
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								
	23								
	24								
平均讀數									
平均水位									
最高水位									
最低水位									
備註									

記載者

校核者

上表每五日用一張,每月用六張或七張。除此之外,尚須每月製總表一張,列逐日之最高,最低及平均水位,名曰水位記載總表,表之下端列一月統計,即全月中之最高,最低及平均水位是也。

水 標 站 圖 說



\* 此二行為最後改正值,在水準線尚未改正前,可以勿填。

421. 冰凍期內觀測水位 河面結冰時,不應記冰面讀數,而仍須記水面讀數。其法可於水標附近在冰上穿一小孔,將冰面讀數減去冰厚,即為水面讀數。

422. 水標站圖說 水標站必須有圖說以資考證,其作用有五:(1)指示水標及水準標點之位置。(2)顯示水標附近之地形。(3)載明水標零點高度。(4)載明接測水標所根據水準標點之號數及其高度,俾該水準標點高度更改時,零點高度亦可隨之改正。(5)載明各水標觀讀起迄日期。水標站圖說之式樣如上頁。

423. 水位成績之審核 水位記載與他項水文記載相同,彙齊後亦必加以審核。審核之前,須知(1)凡一河流之高低水位差數,上游恆較下游為大,而近海有潮汐影響者,則愈近海口,其差數愈大。(2)水位之漲落,上游常較下游為速,蓋因近山處水位受雨量之影響較平原為捷也。(3)水位與風向及風速有關。風向與流向相反者,能使水位增高;風速愈大者,其影響愈甚。

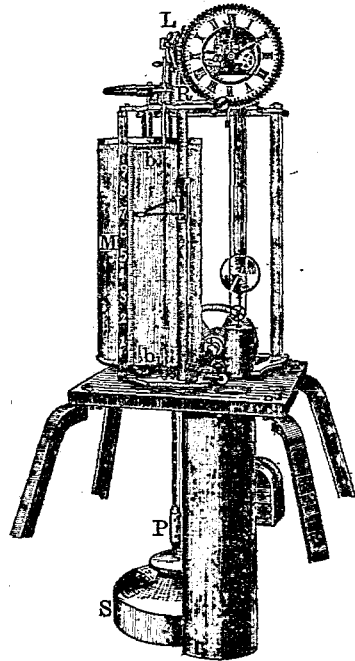
審核之法,可就各河道分別為之。將每一河道上中下游之水位繪成曲線於同一紙上,察其水面傾斜度是否合理。若以一站之逐日水位與雨量繪於同一紙上,可以研究該處雨量與水位之關係。

424. 水位曲線 以一站之水位為縱坐標,日期為橫坐標,將逐日水位繪成曲線,名曰水位曲線(Water level curve)。得此曲線,某時期中水位消長之狀況,一目即可瞭然,應用時甚為便利。

水位曲線宜用特製之方格紙繪之,紙質須堅結而半

透明,以便藍曬。(見後)細格爲一公釐見方,印刷以橙黃色爲宜。普通每站每年一張,每細格代表一日,按月份之大小而定各月之格數。日之逢五逢十及月底以較粗線分別之,而註明日期於粗線之上下端。方格紙縱佔二十餘公分,按一年中最高最低水位差數而定適當之比例。每張上之水位曲線普通有三線,以分別顯示逐日之最高最低及平均水位。

425. 自記水標 用自記水標記載水位,晝夜不息,最稱便利,有潮汐影響之河流尤宜用之。其主要部份有四:(1)浮標(第156圖S)及平衡錘;(2)機械;(3)圖紙(M);(4)時鐘(L)。圖紙捲於一圓筒上,圓筒藉時鐘之機械動作,依均勻之速度,每二十四小時或一星期旋轉一週。浮標藉水面升降而上下移動,其動作藉聯動機傳達於一鉛筆或墨水筆,在圖紙旋轉之垂直方向內往來移動,遂在紙上畫成曲線,線上每點之



第156圖 自記水標

縱坐標爲水位,橫坐標爲時間。但亦有筆之動作司於時鐘,紙之動作司於浮標者,其結果相同。自記水標式樣不一,第156圖爲直立式,通用於歐洲,在美國則通用橫臥式。

浮標底部面積大者，其隨水面漲落而上下之動作較為靈敏，自記水標之準確與否實係於此。

圖紙之寬等於捲紙圓筒之長，其長等於圓筒之圓周。如第 156 圖所示者，其圓筒之直徑為 187 公釐，紙寬可記四公尺之水位差。

以上所述之儀器，其水位與時間係用曲線表明者，但尚有一種儀器，係每隔一定時間，（例如十分鐘）將水位用數目鉛字打印於紙上，不啻一自動之打字機也。至每隔若干時間打一數字，可隨意配合機件以定之。紙寬僅寸許。因祇有數字而無圖，故紙之伸縮與水位之精確度無關，此其優點也。

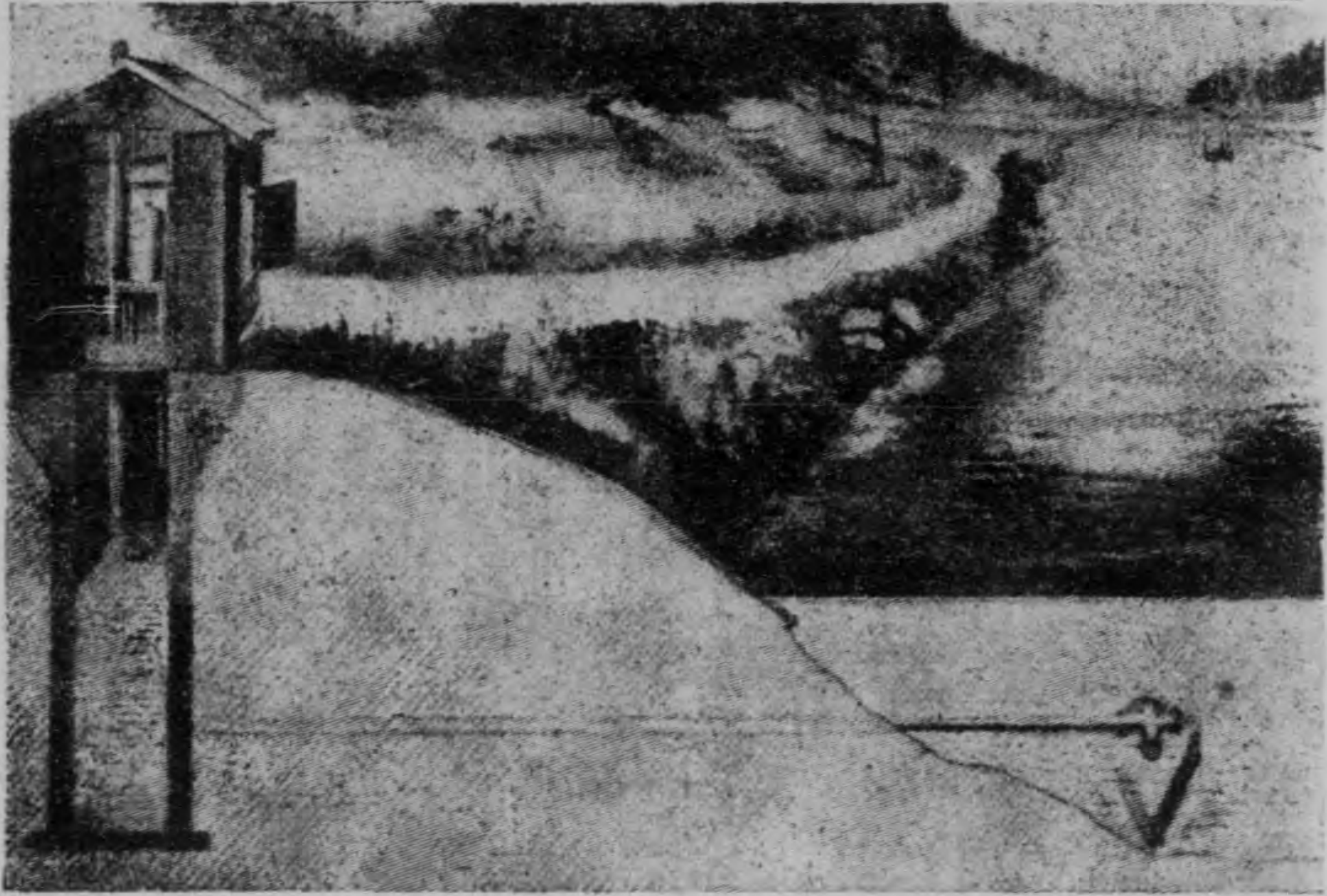
426. 自記水標之裝置 裝置一自記水標須具有下列四項設備：(1)安置水標之小屋；(2)井；(3)水管；(4)附屬水標。第 157 圖為自記水標裝置之概況。

(1) 小屋 自記水標須築小屋以庇之，其材料視地方情形而定。如氣候無定，時有風浪，或潮汛劇大，深水之處離岸頗遠，則其房屋須力求堅固，宜用混凝土或鋼筋混凝土為之。其大小須能容一人周旋於其間，並須有窗以透光線。

小屋最好設在岸上，以期穩定。若有碼頭直達深水處，則可用木料構小屋於其盡頭處之旁，費用可以大減。維遇大風浪時，不免有震撼之虞，或竟使時鐘停擺，而失其效用。

(2) 井 小屋設在岸上者，其下須鑿一井，井中之水，藉水管與潮相通，俾內外水面相平。井之作用所以載浮標並使水面靜止不波。

在氣候較寒之處，井宜設於較高之岸邊或離岸較遠



第 157 圖 自記水標及吊架

處，俾井中水面至少在冰凍線一公尺以下；否則井中須有防止冰凍之設備，如通電或置煤油燈於其中。

井宜寬大，須能容一人周旋於其中。四壁可用磚砌，或用木板或混凝土均可。壁間宜嵌踏腳，以便視察者之升降。

(3) 進水管 進水管所以導河水入井內，俾內外水面永久相平。其位置須在最低水位之下。河流多泥沙者，進水管至少須有二個，以期不致同時淤塞。其進水之口須裝一鐵篩，以阻魚類或他物混入其中。管之直徑普通約為十公分，在泥沙甚多之河流有用三十公分直徑者。生鐵水管之壽命約為十五年，熟鐵鑄者可達四五十年。

(4) 附屬水標 每一自記水標站須裝二非自記水標，一在井中，一在河中，約與自記水標在同一橫斷面之內。按時讀之，以資校對，則水管一有淤塞，即可覺察矣。

## 第三十四章 流量測法

427. 概說 一切水利工程設計，幾莫不需要悠久之流量成績以作根據。施測流量之法，大別之可分二類：一曰水堰法 (Weir method)，一曰面積流速法 (Velocity-area method)。前者須建築水堰，斷絕交通，諸多不便，故普通皆用面積流速法。本章所述，亦以此為限。面積流速法之大要為測定橫斷面面積及每秒鐘之流速，以二者相乘而得每秒之流量。

橫斷面可照第三十章所述各法施測，其施測流速之普通方法，又可分為三種：(1)用浮標施測，(2)用流速計施測；(3)水面斜坡法。

428. 河道橫斷面面積 斷面內測深點之疏密，視河面寬度，河底情形，及所需之精確度而定。倘無特別緣故，凡河寬在五十公尺以下者，可每隔二公尺半測一點；在五十至一百公尺間者，可每隔五公尺測一點；在一百公尺以上者，可每隔十公尺測一點。但各點間之距離，亦無須一定相等。第三十章所述定測深點位置各法，幾皆可適用於此處，而尤以張繩於兩岸間或視距法最為便利。

既量得各點水深及各測深點與起點之距離後，每二測深點間之面積可視為一梯形，故二測深點間之距離與二點之平均水深相乘，即為該梯形面積，或稱部分面積。諸部分面積之和，即為全斷面之面積。



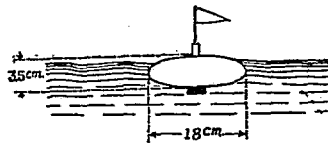
429. 斷面內各點流速之不同 斷面內從此岸至彼岸，其間流速每不相等，而最大之流速並不一定在河之中央，乃在水流最深之處。在一垂線之內，自水面以至河底，其間各點流速復不相等。近河底處因磨阻力之影響，其流速最小，向上依次遞增，但水面因有空氣磨阻力，故最大流速常在水面稍下之處。自水面向下當全深十分之二與十分之八處流速之平均數，極近似於該垂線內之平均流速；又十分之六處之流速亦可視為與該垂線內之平均流速相等。此皆為多數實驗之結果，而認為大致無誤者，見第 171 圖。

430. 測量一垂線內之平均流速 流速測量之要旨，在測知各垂線內之平均流速。其法有四：(1) 測量水面流速，乘以係數，以得平均流速。(2) 測量十分之二及十分之八深處之流速而平均之。(3) 測量十分之六處之流速。(4) 自水面起，向下每隔一或二公寸測流速一點，至河底為止，取各點之流速平均之，作為垂線內之平均流速。

### 用浮標施測流速

431. 浮標 浮標可分三種：(1) 水面浮標 (Surface float)；(2) 雙浮標 (Double float)；(3) 浮桿 (Rod float)。皆用以置於水中，隨水流動以測流速。

(1) 水面浮標 任何浮物皆可利用之為水面浮標，惟其受風之面積以小為佳。如第 158 圖為最佳之水面浮標，作扁球狀，直徑 18 公分，厚 3.5 公分。上

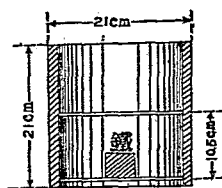


第 158 圖 水面浮標

面插一小旗，俾流行時易於望見；下面加一重物，其重量宜使浮標整個沒於水面之下，以避風之影響。

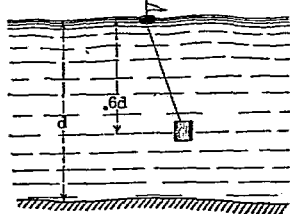
用水面浮標僅能測得水面流速，較平均流速為大。結果須乘以係數，其值自 0.85 至 0.95 不等，可視風向而定。但結果終難準確，故僅可適用於初次試探性質之測量，或於洪水時期，他法不能適用時，不得已而用之。

(2) 雙浮標 雙浮標為上下二浮標以線聯合而成，如



A 下浮標

第 159 圖 (A)。上浮標式樣與水面浮標同，係用以指示下浮標之位置者。下浮標置於水深十分之六處，係用以量



B 雙浮標

平均流速者，其式樣如第 159 圖 (B)，普通為白鐵製中空之圓柱體，高與直徑均為二十公

第 159 圖

分。近底處平置一十字架，架上繫一重量，約三公斤。中部亦平置一十字架，以便繫線與上浮標相連，線之長短須能伸縮，俾在深淺不同之處，下浮標皆能浮於十分之六深之處。

用雙浮標測得之結果較水面浮標為準確，而較諸浮桿則遜。

(3) 浮桿 浮桿為測量平均流速之浮標，於其下端加以重量，使其直立水中。近上端加一短橫條，略如十字架，橫條以上為露出水面之部份。浮桿可以竹竿或木桿為之，其

長（橫條至下端）宜標明於桿上，俾測得水深後，可選取長短適宜之桿用之。桿之下端雖不可與河底接觸，但距河底宜以三四公寸為限。

倘浮桿能上抵水面下達河底，則其所量得者為準確之平均流速，無奈事實上不能與河底相接觸，致最下最小之流速不能測得，故其結果微嫌太大，須用法蘭昔斯公式 (Francis formula) 以改正之。

$$C = \frac{V_m}{V_t} = 1 - 0.116 \left[ \sqrt{\frac{d-d'}{d}} - 0.1 \right] \dots\dots\dots [72]$$

上式中 C = 改正系數

$V_m$  = 平均流速

$V_t$  = 實測流速

d = 水深

$d'$  = 浮桿沒入水中之長

用浮桿施測流速，一般皆認為準確可恃，美國密西昔必河所用浮桿有長至四十六英尺者，維河底須比較整齊，浮桿經行之間無淺灘等阻礙者，始能應用。

#### 432. 浮標測流法

(1) 要旨 在河道上設立二橫斷面，量定其間距離，擲放浮標誌其經過二斷面所需之時間，以時間除距離而得流速，以流速乘上下二斷面之平均面積而得流量。

(2) 水標 施測流量，必須兼記水位，以作依據而資比較。故在上下二斷面之中間，須設一水標，其零點高度由最近之水準標點接測之。當施測流速之始及終，各讀水標一次，取其平均數記載之。

(3) 斷面 無論用何種浮標施測流速，須擇河身直處測橫斷面二個。在每個斷面左岸（面向下游）最高水位不及處釘一樁，以作斷面之起點。上下二起點樁與岸邊距離，以相等為佳。復於河流之正交方向內，在對岸亦釘一樁，並植標桿以利覘望。水深及各測深點與起點之距離，可於施放浮標之前或同時測定之。

(4) 上下二斷面之距離 上下二斷面起點樁間之距離，須以鋼尺量準。浮標經行路線，雖未必與通過二起點樁之直線相平行，但通常即以浮標經過上下二斷面之時間除二起點樁之距離，作為流速，故二起點樁間距離之準確與否，直接影響於所測之流速。

二起點樁相距較遠者，所測流速之差誤可以較少，但有時為地形所限，不能過遠，而流速甚小者，亦無須過遠。通常至少一百公尺，至多不必過三百公尺。

(5) 浮標之施放 浮標宜在上斷面之上游數十公尺處放入水中，不可即在上斷面內施放。上遊適宜距離處有橋者，可在橋上施放，最為便利；否則須備一船。

用雙浮標者，每放一標，須先測該處水深，以定繫上下二浮標之線長。但施放處與上下二斷面之水深未必相等，其差誤無法避免。用浮桿者亦然，非先測水深，無從選用適當長途之浮桿。

一斷面內應施放若干浮標，須視河寬而定。例如河寬為五十公尺者，可施放約十個；一百公尺者，可施放十餘個；一百公尺以上者，可每隔約十或數十公尺施放一個。

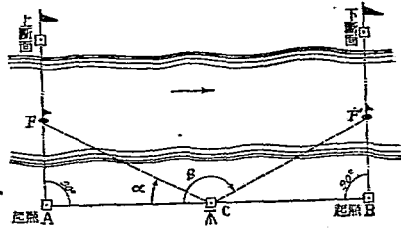
(6) 時間 浮標經過上下二斷面之時間，宜用記秒錶

(Stop watch) 記之。上斷面立一人，見浮標經過斷面時，急鳴警笛為號。立於下斷面內之人即捺錶使針旋動，及見該浮標經下斷面時，復捺錶使其停止，而記其分秒及秒之小數。

(7) 浮標之起點距 浮標經過上下斷面時，其與岸上起點之距離，必須設法量得之，以資計算。凡河寬不逾一百公尺者，可用二斷面索緊張於二斷面上以測之；若河面較寬者，可用下法定之。

如第 160 圖在 A, B 二起點之直線內，選定一點 C，釘一樁，量 AC 及 BC，能相等則最佳。置經緯儀於 C，以 A (或 B) 為後視，令視線追

逐浮標，至其經過上斷面而聞警笛聲時，即停止遠鏡之旋轉，而讀  $\alpha$  角，記入簿中。復使視線追逐浮標，至其經過下斷面時，照樣讀  $\beta$  角而



第 160 圖 定浮標起點距

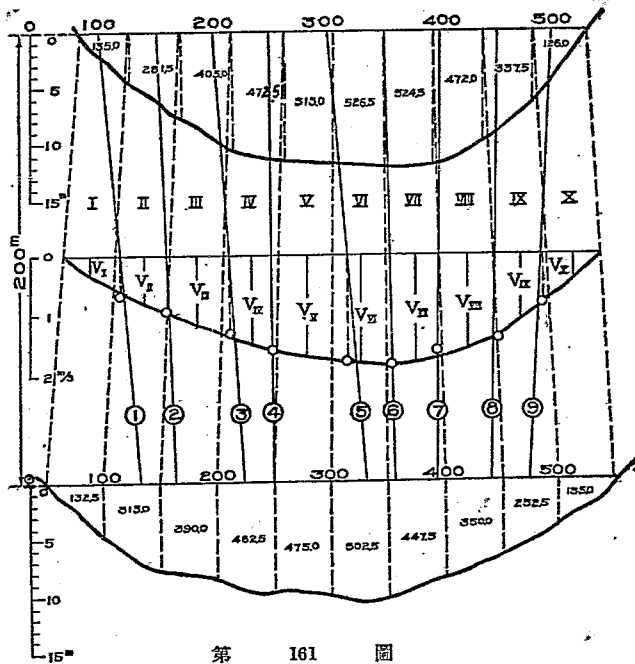
記之。於是從直角三角形 A F C 及 B F' C 計算二起點距 A F 及 B F'，同樣測得各浮標之起點距。若流速甚大，使用經緯儀須特別敏捷，可由另一人司記載角度之事，或竟令視線循鏡筒外追逐浮標，亦不致有鉅大差誤。遠鏡及度盤之止動與微動螺旋，均可勿用，讀角亦無須遊尺，以期迅速。

433. 流速記載及流量計算 下表上部分為浮標測流之記載，係適用於用水面浮標或浮桿施測者。若用雙浮標者，流速行下之『實測』及『垂直平均』二行相同。根據此記載，即可計算流量，其方法不止一種，而以 Unwin 之圖

解法較為合理,\* 今介紹於下。

流 速 記 載						
浮 標 號	起 點 距		浮 標 所 經 路 程 (公 尺)	時 間 (秒)	流 速	
	上 斷 面 (公 尺)	下 斷 面 (公 尺)			實 測 (公 尺/秒)	垂 直 平 均 (公 尺/秒)
1	100	135	200	294.0	0.68	0.62
2	150	166	200	188.8	1.06	0.95
3	200	225	200	137.0	1.46	1.31
4	250	256	200	112.2	1.78	1.60
5	300	333	200	98.5	2.03	1.83
6	350	356	200	94.8	2.11	1.90
7	400	392	200	107.5	1.86	1.67
8	450	442	200	125.8	1.59	1.43
9	500	475	200	220.0	0.91	0.82
流 量 計 算						
部 分 號	面 積			部 分 平 均 流 速 (公 尺/秒)	部 分 流 量 (公 尺 <sup>3</sup> /秒)	
	上 斷 面 (公 尺 <sup>2</sup> )	下 斷 面 (公 尺 <sup>2</sup> )	平 均 (公 尺 <sup>2</sup> )			
I	135.0	132.5	133.8	0.31	41.5	
II	281.5	315.0	298.2	0.82	244.5	
III	405.0	390.0	397.5	1.21	481.0	
IV	472.5	462.5	467.3	1.51	705.6	
V	513.0	475.0	494.0	1.72	849.7	
VI	526.5	502.5	514.5	1.86	959.0	
VII	524.5	447.5	486.0	1.85	899.1	
VIII	472.0	350.0	411.0	1.64	674.0	
IX	337.5	252.5	295.0	1.18	348.1	
X	126.0	135.0	130.5	0.45	58.8	
總計	3793.0	3462.5	3627.8		5259.3	

\* 見中國水利工程學會刊物『水利』第三卷第三、四期顧世楫所著『應用水面浮標施測洪水流量方法』



先以適當比例繪成上下二斷面圖，如第 161 圖。各依其水面寬分成若干等分，例如十等分。各於分點作垂直線，分斷面為十小部分。乃於圖上量出各點之水深，照梯形計算其各小部分面積。復於距二斷面水面線等距離處，作 A B 線，與水面線相平行。繼以虛線聯上下斷面各分點，分 A B 線為相同之等分。復將標誌各浮標上下斷面起點距各點用實線相連，以表示其經行之路線，於此路線與 A B 線相交之各點，用比例繪出各浮標之垂直平均流速，成一全斷面之流速曲線。今欲求各小部分之平均流速，可於 A B 線上每小部分之中點量至此曲線而得之。以每小部分之

平均流速乘上下二斷面相當各小部分之平均面積，即得各小部分之流量。以此相加，遂得全斷面之總流量。今舉一實例如上表之下部分，無論何種浮標，皆可用此法計算也。

434. 用浮標測流之優點及缺點 各種浮標皆有其共同之優點及缺點，茲述之如下。

浮標之優點	浮標之缺點
直接測量流速	河底不整齊者不能適用（專指浮桿）
大小河道皆可適用	流速太低者不能適用，因受風之影響，流速太大有時竟被吹向上游而行
不受水草或泥沙之影響	須用較多之人手
製造容易價值便宜	河面結冰時不能適用

#### 435. 浮標測流之差誤

(甲) 屬於橫斷面積者 (1) 測深之差誤。見第 389 節。(2) 測深點位置之差誤。為常差或偶差，視所用測法而定。例如用繩橫過河面者，每因其不緊張而生常差；用視距法者，其差誤見第 210 節。(3) 計算面積之差誤。假定各小部為梯形乃屬常差，常使結果太大，所幸影響甚微。

(乙) 屬於流速者 (4) 水面浮標所採用之系數極難準確，且為常差，最為重要。(5) 用雙浮標者，下浮標之位置不能望見，僅以上浮標指示之，其間必生差誤，且下浮標所量得者未必確為垂直平均流速。(6) 用浮桿者，用法蘭昔斯公式計算時不免發生差誤，幸屬偶差。(7) 無論何種浮標皆受風之影響，且屬常差，至關重要。(8) 上下二斷面間距離之差誤。上下二斷面之距離，係在岸上量度，未必恰能代表各個浮標經行之路線，其差誤或為常差，或為偶差。(9) 時間之差誤。由於使用時計者為偶差；由於時計本身者為常差，影響

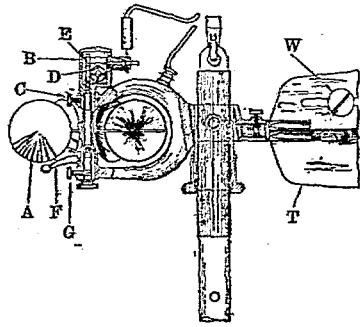


皆微。(10) 計算之差誤。假定相鄰二垂直平均流速之平均數，即為小部斷面內之平均流速，其間實有差誤，幸屬偶差。上述各項中，通常以(1),(2),(4),(7)四項影響最大。

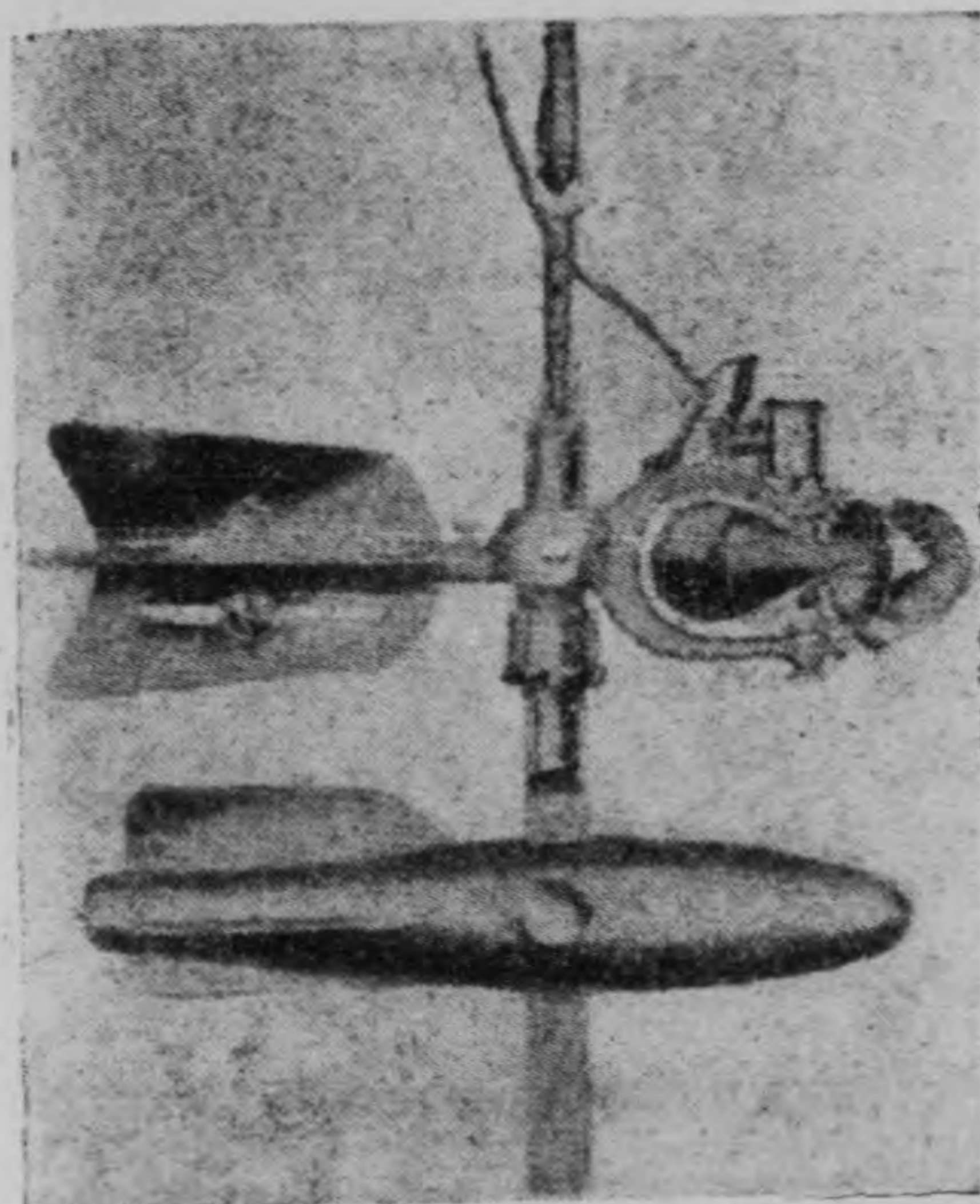
### 用流速計施測流速

436. 流速計 流速計為置於水中測量流速之儀器，其主要部分有二：(1)置於水中待水流推動之轉輪，(2)記轉輪旋轉次數之器。流速計式樣繁多，不勝枚舉，大別之可分二類。第一類之轉輪為若干金屬螺旋葉，裝於一水平軸上；第二類之轉輪為若干金屬尖底杯，裝於一垂直軸上。第一類通行於歐洲各國，其最著者為沃脫流速計 (Ott current meter)；第二類通行於美國，其最著者為撥拉斯流速計 (Price current meter)。茲將此二種述之，以概其餘。

437. 撥拉斯流速計 撥拉斯流速計之轉輪共有六尖底杯，皆固着於一縱軸之上。(第 162 圖) □形架之下端裝一堅鋼小尖樞，用以支承縱軸而便旋轉；□形架之上端裝一小圓盒，名曰接觸盒 (B)，盒內裝一金屬絲縱軸 (E) 上端穿入接觸盒內，下端有一小圓窩，支於尖樞上。其轉輪每轉一週，縱軸上端與金屬絲接觸一次，接觸時藉電流及耳機以傳聲於觀測者之耳。計其響數及時間，即可求得水流之速率。(見下節)



第 162 圖 撥拉斯流速計



第163圖 馮拉斯流速計

F 爲機紐，儀器閒置時用以防止轉輪作無謂之旋轉者。

舊式儀器具有接觸盒二個，其一每響表示轉輪旋轉一週；又其一每響表示轉輪旋轉五週。前者適用於水流較緩之處，若在急流之中，須更換每響五轉之接觸盒。新式者僅有接觸盒一個，一轉及五轉，

(D) 之接觸物俱備於

一盒之內，應用時僅須移改電線之接觸點即可。

電線一端與耳機及電瓶相連結，他端與接觸盒上之螺旋(C)及U形架上任何一點相連結。

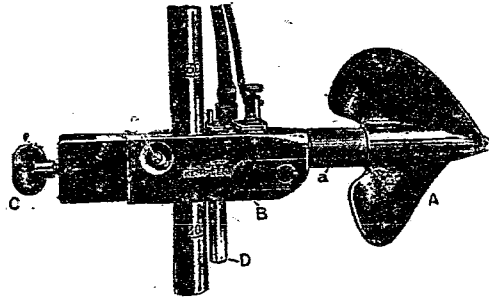
T 爲流速計之尾，其作用有二：(1) 平衡轉輪等之重量。(2) 使儀器常與水流方向相平行。尾上之小重物 W 可前後移動以平衡首尾。

流速計之下可裝鉛魚一尾或二尾，以便在急流中保持儀器之垂直位置。

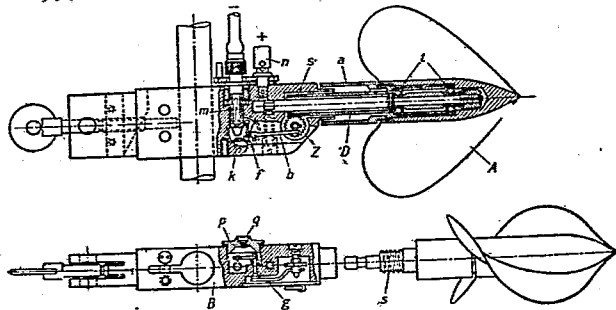
438. 沃脫流速計 沃脫流速計之 A a 部分(第 164 及 165 圖)包括螺旋葉及橫軸。B 爲一盒，其中藏有接觸機件。儀器從箱中取出待用時，僅須將 a A 插入 B 中。

沃脫流速計不用尖樞，其螺旋葉與橫軸係在滾珠(t)

上旋轉，故不若尖樞之易於磨耗。橫軸旋轉之動作由 B 盒中之齒輪 (Z) 槓桿 (b) 以傳達於接觸器 (K)，每五轉或十轉通電流一次而使耳機傳聲，更有誌倒流之響聲者。



第 164 圖 沃脫流速計



第 165 圖 沃脫流速計

439. 流速計之用法 潑拉斯或沃脫流速計在淺水中可裝於銅桿上；在深水中則須懸以繩，並裝鉛魚。未入水之前，須察其轉輪是否十分靈活，耳機中聽得之音，是否清晰而短促。如不然，須將接觸部分，電線，電瓶及耳機四者分別檢驗，以察知其病之所在。以剪刀或其他項金屬物同時磨擦電瓶上之二螺旋，若不生小火花者，是電瓶已失其效用，而電纜之分岔處最易暗中折斷，其接觸處生鏽，亦能阻電，必須除去之。原來電線若不復能用，可以電燈上之花線代之。

440. 施測流速之憑藉物 用流速計施測流量,可憑藉下列三項建築物爲之,(1)橋;(2)吊架;(3)船。

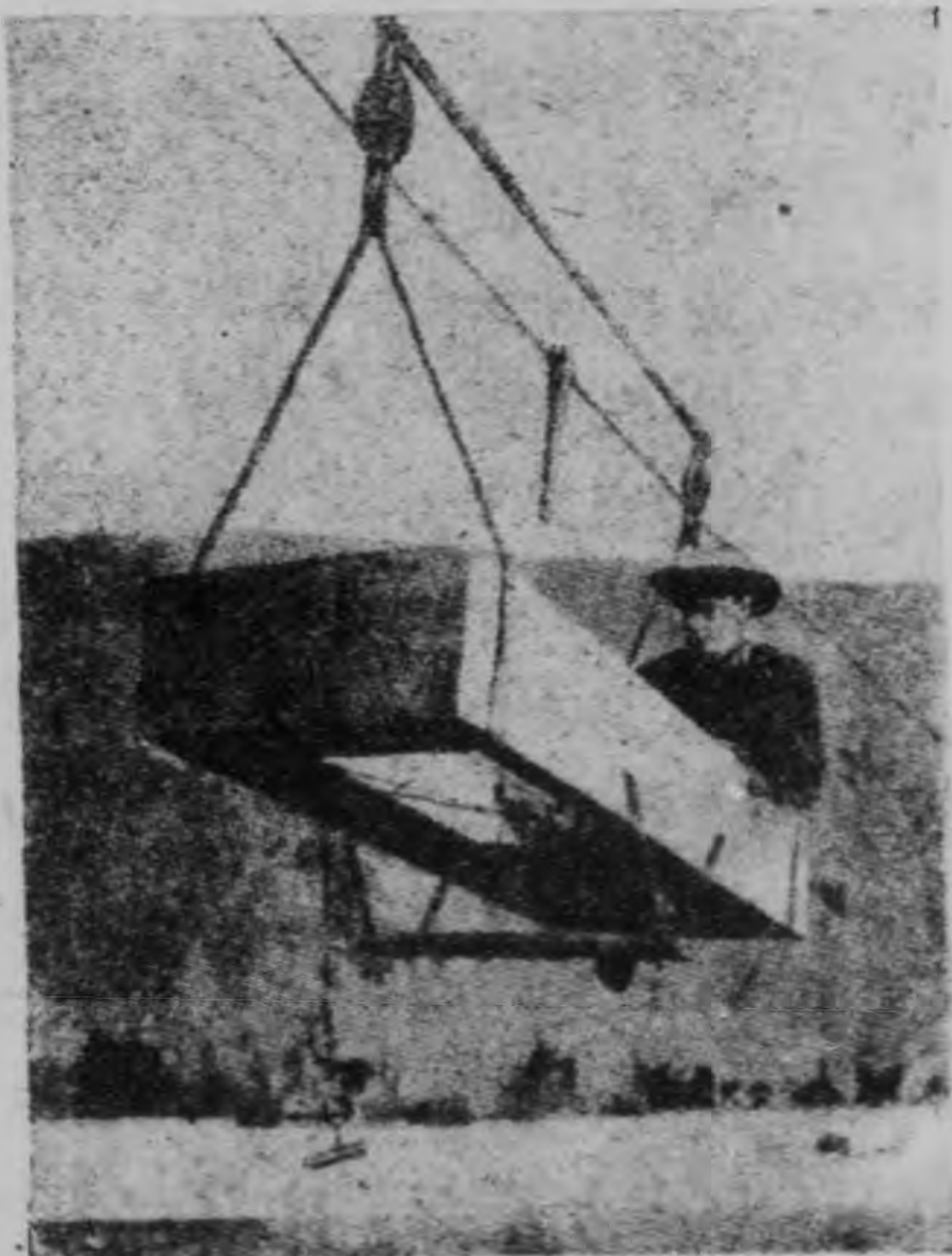
(1)從橋上用流速計施測,最爲便利,但須中間無橋柱者方佳;石建拱橋因其橋孔太小,不宜利用之。

(2)若無橋樑可利用而河面不太寬者,可建吊架,從懸籃中施測流速及水深,如第 157 及 166 圖。每座吊架包括鋼絲索,兩岸之架及懸籃三部分。

鋼絲索通常爲六股組成,每股用塗亞鉛之純鋼絲七條,中心以麻實之。河寬在 120 公尺以下者,鋼絲索之直徑爲十六公釐;在 120 至 200 公尺之間者,須二十公釐之直徑。

吊架之構造視其高度而變,低架及河面狹者,僅須用一 25 至 30 公分直徑之木柱,深埋土中即足。若架高達四公尺者,須用二主柱(20 公分 × 25 公分)植於土中,相向作人字形,其根相距 3 至 4.5 公尺,其巔相距約 0.6 至 1.5 公尺,用橫檔三級及斜檔聯繫之。吊架並須用鉅索與鉅樁或大樹相繫,以免向岸邊傾側。

懸籃以木製之,其長約 1.8 公尺,寬約 0.6 公尺,深約



第 166 圖 從懸籃中施測流速

0.4 公尺。無底而有一坐位。其上藉二滑車在鋼絲索上移動。(第 166 圖)

鋼絲索不免中部下宕，須另用一細索橫過河面以誌測深點之起點距。

(3) 從船中施測流量，亦甚便利，但須在船頭上裝一桿，一端附有滑車，使流速計伸出約一公尺，船身宜與水流方向平行，以免阻遏水流。但流速急者，尋常小船極難穩定，頗不易得準確之結果。

**441. 施測垂線內平均流速法** 欲得一垂線內之平均流速，可用下列各法施測：(1) 多點法；(2) 二點法；(3) 一點法。

(1) 多點法 (Vertical velocity curve method) 者，在水面及近河底處各測一點流速外，將全深分作十等分，每等分測一點，即每一垂線施測十一點，而取其平均數。此法理想上當然最為準確，惟全斷面須測點不知凡幾，耗時太多，除研究工作外，尋常多不用之。

(2) 二點法 從水面向下計，當全深十分之二及十分之八處各測一點，而取其平均數。此法甚為通用，惟流速太緩者，(例如每秒三公寸以下) 其近水面處受風之影響太大，近河底處流速太微，不易準確，故反不如一點法為佳。

(3) 一點法 當全深十分之六處測一點，即作為平均流速，甚為簡便，且不受風之影響，惟河水頗深而水流不弱者，宜用二點法施測。

**442. 流速計測流法** 用流速計測流者，斷面與流速常同時施測，即每測畢一點水深，並得其起點距後，即將流速計沈達適當深度，以測流速。故施測流速之垂線數與測深

點數相同,至斷面內應測垂線若干,可參閱第 428 節。

測定轉輪之旋轉次數與時間有二法:(1)在一定之時間內測定其旋轉次數,(2)預定一旋轉次數,測定其所需之時間。後者常以旋轉數爲整數(如十轉或二十轉)而以記秒錶計其時間。因轉輪每回轉一次,或需時數秒,而回轉次數又無法記其小數,故第二法實較爲準確也。

回轉數與時間之關係既得,即可從流速檢查表中查出各測點之流速。此種流速檢查表係經審慎之試驗而製就者,(見第 534 節)每新購一儀器,必附表一張,以資應用。

**443. 流速記載及流量計算** 本節所附流量計算表中第一二兩行爲斷面測量記載;第三四五行爲流速測量記載;自第六行至第十二行爲計算斷面積及流量之用。其流量之算法與用浮標施測者相同,亦係將全斷面分成若干小部分,以小部分內之垂直平均流速乘其面積,得部分流量,以各部分流量相加,而得全斷面內之總流量。以總流量除總面積,得全斷面平均流速,記於表之下端。

#### 444. 流速計測流之優點及缺點

- 優點:
- (1) 祇須一個斷面。
  - (2) 施測較浮標爲迅速。
  - (3) 所需人手較少。
  - (4) 貼近河底及岸邊之流速亦可量得。
  - (5) 大小河流均可適用。
- 缺點:
- (1) 多水草者足以阻礙轉輪之旋轉。
  - (2) 購置儀器需費甚昂。
  - (3) 儀器時有損壞之虞。

## 流速檢查表

適用於 Price 式流速計第 617, 621, 及 623 號

迴轉 秒數	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	流速 以每秒公尺計										
40	0.09	0.18	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.69
41	0.09	0.17	0.34	0.50	0.66	0.83	0.99	1.16	1.32	1.49	1.66
42	0.09	0.17	0.33	0.49	0.65	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	1.62
43	0.09	0.17	0.32	0.48	0.63	0.79	0.95	1.11	1.26	1.42	1.58
44	0.09	0.16	0.31	0.47	0.62	0.77	0.93	1.08	1.23	1.39	1.54
45	0.09	0.16	0.31	0.46	0.61	0.76	0.91	1.06	1.20	1.36	1.51
46	0.09	0.16	0.30	0.45	0.59	0.74	0.88	1.03	1.18	1.33	1.48
47	0.08	0.15	0.30	0.44	0.58	0.73	0.87	1.01	1.16	1.30	1.45
48	0.08	0.15	0.29	0.43	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41
49	0.08	0.15	0.28	0.42	0.56	0.70	0.83	0.97	1.11	1.25	1.38
50	0.08	0.14	0.27	0.41	0.55	0.68	0.81	0.95	1.09	1.22	1.36
51	0.08	0.14	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.06	1.20	1.33
52	0.08	0.14	0.27	0.39	0.52	0.66	0.78	0.91	1.04	1.17	1.30
53	0.07	0.14	0.26	0.39	0.52	0.64	0.77	0.90	1.02	1.15	1.28
54	0.07	0.13	0.26	0.38	0.51	0.63	0.75	0.88	1.01	1.13	1.26
55	0.07	0.13	0.25	0.38	0.50	0.62	0.74	0.86	0.99	1.11	1.23
56	0.07	0.13	0.25	0.37	0.49	0.61	0.73	0.85	0.97	1.09	1.21
57	0.07	0.13	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.83	0.95	1.07	1.19
58	0.07	0.13	0.24	0.36	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.05	1.17
59	0.07	0.13	0.24	0.35	0.46	0.58	0.69	0.80	0.92	1.04	1.15
60	0.07	0.12	0.24	0.34	0.45	0.57	0.68	0.79	0.91	1.02	1.13
61	0.07	0.12	0.23	0.34	0.45	0.56	0.67	0.78	0.89	1.00	1.11
62	0.06	0.12	0.23	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.87	0.99	1.09
63	0.06	0.12	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.75	0.86	0.97	1.08
64	0.06	0.12	0.22	0.32	0.43	0.53	0.64	0.74	0.84	0.96	1.06
65	0.06	0.11	0.22	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.83	0.94	1.05
66	0.06	0.11	0.21	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.03
67	0.06	0.11	0.21	0.31	0.41	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91	1.02
68	0.06	0.11	0.21	0.31	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
69	0.06	0.11	0.20	0.30	0.40	0.49	0.59	0.69	0.78	0.89	0.98
70	0.06	0.11	0.20	0.30	0.39	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.97

流速記載及流量計算表

測站		瓶窰(浙江餘杭)		流域			茗 溪			河名			東 茗 溪		
觀測者 某某							流速計號數 C <sub>15</sub>								
風向 N-E							水標設數, 初 4.00 終 4.08								
流向 E							平均水位 5.06 公尺(吳淞零點)								
民國 23 年 3 月 29 日 14:20 時 起 訖 16:00 時															
起點距 (公尺)	水 深 (公尺)	測點深 (公尺)	旋 轉 數	時 間 (秒)	流 速 (每秒公尺)			部 分 面 積 (公尺 <sup>2</sup> )	平均 水深 (公尺)	水 平 距 (公尺)	部 分 流 量 (公尺 <sup>3</sup> /秒)				
					測 點	垂 直 平 均	部 分 平 均								
5.1	0	0	0		0	0									
							0.24	2.06	0.71	2.90	0.49				
8.0	1.41	0.28 1.13	40 40	55.0 60.5	0.50 0.45	0.48									
							0.60	5.40	1.80	3.00	3.24				
11.0	2.18	0.44 1.74	50 40	43.0 43.5	0.79 0.63	0.71									
							0.81	11.55	2.31	5.00	9.36				
16.0	2.44	0.49 1.95	70 50	46.0 45.0	1.03 0.76	0.90									
							0.92	12.95	2.59	5.00	11.91				
21.0	2.73	0.55 2.18	70 50	45.0 41.5	1.06 0.82	0.94									
							1.07	14.85	2.97	5.00	15.89				
26.0	3.20	0.64 2.56	100 70	57.0 40.0	1.19 1.19	1.19									
							1.21	16.00	3.20	5.00	19.36				
31.0	3.20	0.64 2.56	100 70	55.0 40.0	1.24 1.19	1.22									
							1.17	15.75	3.15	5.00	18.43				
36.0	3.10	0.62 2.48	100 100	60.5 62.0	1.12 1.10	1.11									
							1.08	15.75	3.15	5.00	17.01				
41.0	3.19	0.64 2.55	100 90	63.0 61.0	1.03 1.00	1.04									
							1.06	15.85	3.17	5.00	16.80				
46.0	3.14	0.63 2.51	100 90	60.8 59.5	1.12 1.02	1.07									
							1.02	17.20	3.44	5.00	17.54				
51.0	3.75	0.75 3.00	100 90	67.0 69.0	1.02 0.89	0.96									
							0.95	18.45	3.69	5.00	17.53				
53.0	3.64	0.73 2.91	100 50	68.2 40.0	1.00 0.85	0.93									
							0.84	16.95	3.39	5.00	14.24				
61.0	3.14	0.63 2.51	80 40	61.5 46.4	0.88 0.59	0.74									
							0.65	11.30	2.26	5.00	7.35				



## 流速檢查表

適用於 Price 式流速計第 617, 621, 及 623 號

迴轉 秒數	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
數	流速 以每秒公尺計										
40	0.09	0.18	0.34	0.51	0.68	0.85	1.02	1.19	1.36	1.53	1.69
41	0.09	0.17	0.34	0.50	0.66	0.83	0.99	1.16	1.32	1.49	1.66
42	0.09	0.17	0.33	0.49	0.65	0.81	0.97	1.13	1.29	1.45	1.62
43	0.09	0.17	0.32	0.48	0.63	0.79	0.95	1.11	1.26	1.42	1.58
44	0.09	0.16	0.31	0.47	0.62	0.77	0.93	1.08	1.23	1.39	1.54
45	0.09	0.16	0.31	0.46	0.61	0.76	0.91	1.06	1.20	1.36	1.51
46	0.09	0.16	0.30	0.45	0.59	0.74	0.88	1.03	1.18	1.33	1.48
47	0.08	0.15	0.30	0.44	0.58	0.73	0.87	1.01	1.16	1.30	1.45
48	0.08	0.15	0.29	0.43	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41
49	0.08	0.15	0.28	0.42	0.56	0.70	0.83	0.97	1.11	1.25	1.38
50	0.08	0.14	0.27	0.41	0.55	0.68	0.81	0.95	1.09	1.22	1.36
51	0.08	0.14	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.06	1.20	1.33
52	0.08	0.14	0.27	0.39	0.52	0.66	0.78	0.91	1.04	1.17	1.30
53	0.07	0.14	0.26	0.39	0.52	0.64	0.77	0.90	1.02	1.15	1.28
54	0.07	0.13	0.26	0.38	0.51	0.63	0.75	0.88	1.01	1.13	1.26
55	0.07	0.13	0.25	0.38	0.50	0.62	0.74	0.86	0.99	1.11	1.23
56	0.07	0.13	0.25	0.37	0.49	0.61	0.73	0.85	0.97	1.09	1.21
57	0.07	0.13	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.83	0.95	1.07	1.19
58	0.07	0.13	0.24	0.36	0.47	0.59	0.70	0.82	0.94	1.05	1.17
59	0.07	0.13	0.24	0.35	0.46	0.58	0.69	0.80	0.92	1.04	1.15
60	0.07	0.12	0.24	0.34	0.45	0.57	0.68	0.79	0.91	1.02	1.13
61	0.07	0.12	0.23	0.34	0.45	0.56	0.67	0.78	0.89	1.00	1.11
62	0.06	0.12	0.23	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.87	0.99	1.09
63	0.06	0.12	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.75	0.86	0.97	1.08
64	0.06	0.12	0.22	0.32	0.43	0.53	0.64	0.74	0.84	0.96	1.06
65	0.06	0.11	0.22	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.83	0.94	1.05
66	0.06	0.11	0.21	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.03
67	0.06	0.11	0.21	0.31	0.41	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91	1.02
68	0.06	0.11	0.21	0.31	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
69	0.06	0.11	0.20	0.30	0.40	0.49	0.59	0.69	0.78	0.89	0.98
70	0.06	0.11	0.20	0.30	0.39	0.49	0.59	0.68	0.77	0.87	0.97

測站		瓶窰(浙江餘杭)			流域 苕 溪			河名 東 苕 溪			
觀測者 某某					流速計號數 C15						
風向 N.E.					水標讀數, 初 4.00 終 4.08						
流向 E					平均水位 5.06 公尺(吳淞零點)						
民國 23 年 3 月 29 日 14:20 時 起 訖 16:00 時											
起點距 (公尺)	水 深 (公尺)	測 點 深 (公尺)	旋 轉 數	時 間 (秒)	流 速 (每秒公尺)			部 分 面 積 (公尺 <sup>2</sup> )	平均 水 深 (公尺)	水 平 距 (公尺)	部 分 流 量 (公尺 <sup>3</sup> /秒)
					測 點	垂 直 平 均	部 分 平 均				
5.1	0	0	0		0	0					
							0.24	2.06	0.71	2.90	0.49
8.0	1.41	0.28 1.13	40 40	55.0 60.5	0.50 0.45	0.48					
							0.60	5.40	1.80	3.00	3.24
11.0	2.18	0.44 1.74	50 40	43.0 43.5	0.79 0.63	0.71					
							0.81	11.55	2.31	5.00	9.36
16.0	2.44	0.49 1.95	70 50	46.0 45.0	1.03 0.76	0.90					
							0.92	12.95	2.59	5.00	11.91
21.0	2.73	0.55 2.18	70 50	45.0 41.5	1.06 0.82	0.94					
							1.07	14.85	2.97	5.00	15.89
23.0	3.20	0.64 2.56	100 70	57.0 40.0	1.19 1.19	1.19					
							1.21	16.00	3.20	5.00	19.36
31.0	3.20	0.64 2.56	100 70	55.0 40.0	1.24 1.19	1.22					
							1.17	15.75	3.15	5.00	18.43
36.0	3.10	0.62 2.48	100 100	60.5 62.0	1.12 1.10	1.11					
							1.08	15.75	3.15	5.00	17.01
41.0	3.19	0.64 2.55	100 90	63.0 61.0	1.03 1.00	1.04					
							1.06	15.85	3.17	5.00	16.80
46.0	3.14	0.63 2.51	100 90	60.8 59.5	1.12 1.02	1.07					
							1.02	17.20	3.44	5.00	17.54
51.0	3.75	0.75 3.00	100 90	67.0 69.0	1.02 0.89	0.96					
							0.95	18.45	3.69	5.00	17.53
53.0	3.64	0.73 2.91	100 50	68.2 40.0	1.00 0.85	0.93					
							0.84	16.95	3.39	5.00	14.24
61.0	3.14	0.63 2.51	80 40	61.5 46.4	0.88 0.59	0.74					
							0.65	11.30	2.26	5.00	7.35
66.0	1.38	0.28 1.10	40 30	44.6 41.8	0.61 0.49	0.55					
							0.28	2.76	0.69	5.00	0.77
70.0	0	0	0		0	0					

断面總面積 = 176.8 平方公尺  
 断面平均流速 = 0.93 每秒公尺

總流量 = 169.9 每秒立方公尺

計算者: 某某

校對者: 某某

## 445. 流速計測流之差誤

(甲) 屬於橫斷面積者 完全與浮標測流相同。

(乙) 屬於流速者 (1) 流速計本身差誤, 例如尖樞磨耗, 則回轉數與流速之關係即隨之而變, 此乃常差, 甚為重要, 故流速計須閱時加以試驗 (見第 534 節)。(2) 由使用流速計而生之差誤, 例如鉛魚重量不足, 流速計首尾不平衡, 或過於貼近船邊等情。

## 用水面斜坡法計算流速

446. 方法概說 用水面斜坡法計算流速須先知:(1) 河道平均橫斷面積;(2) 平均水半徑 (Hydraulic radius); (3) 水面傾斜度;(4) 河底粗糙程度, 以便選定一適當之粗糙系數。以上四項既得後, 即可用啓捷公式 (Chezy formula) 以計算斷面內平均流速; 以平均流速乘橫斷面面積, 即得流量。啓捷公式係由實驗而成立者, 其式如下:

$$V = C \sqrt{R S} \dots\dots\dots [73]$$

上式中  $V$  為全斷面內平均流速;  $C$  為一系數, 與河底之粗糙程度, 水半徑及水面傾斜度均有關係;  $R$  為水半徑, 等於水面下橫斷面積被除於河底着水線所得之商 (Wetted perimeter);  $S$  為水面傾斜度。

447. 定水面傾斜度 擇河道整直部份, 上下游各設一水標, 用水準儀精密測定其零點高度, 以二水標間距離除二水標同時讀得之水位差, 即為水面傾斜度。二水標間之距離, 宜用鋼尺沿岸量定之, 以長為佳, 通常約自三百至五百公尺。但河底須有均勻之傾斜度, 故宜每隔五十公尺測

一橫斷面,以察河底傾斜度是否均勻。

448. 橫斷面積 於上下二水標處各測一橫斷面,復測一中央橫斷面,用三者之平均面積計算流量。

449. 水半徑 將上中下三橫斷面繪於方格紙上,量得其水面下之面積及河底着水線長,以河底着水線除橫斷面積,得水半徑,將上中下三水半徑平均之,以資計算。

450. 系數 C 計算 C 之實驗公式名曰克脫公式如下:

第 5 表 天然河槽之 n 值

適用於克脫,滿寧及福煦海墨\*公式

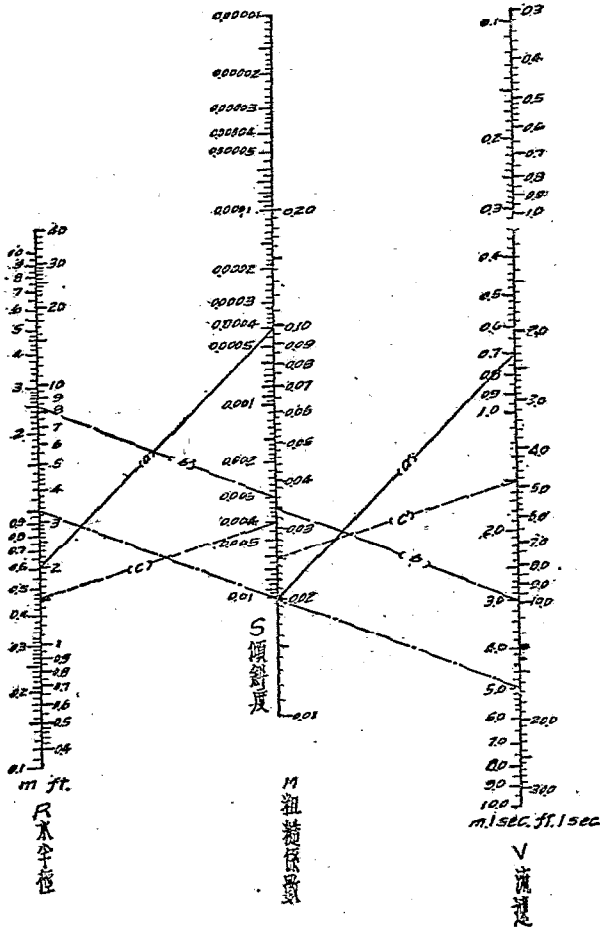
區 別	情 形	甚佳	佳	平常	劣
(1)	河牀整潔平直水滿無淺灘及深潭者	0.025	0.0275	0.030	0.033
(2)	與(1)相同但有少許水草及亂石者	0.030	0.033	0.035	0.040
(3)	河牀整潔彎曲略有深潭及沙洲者	0.033	0.035	0.040	0.045
(4)	與(3)同但水淺傾斜度及斷面不甚適合者	0.040	0.045	0.050	0.055
(5)	與(3)同但有少許水草及亂石者	0.035	0.040	0.045	0.050
(6)	與(4)同但河牀係多亂石者	0.045	0.050	0.055	0.060
(7)	河流迂緩多水草或深潭者	0.050	0.060	0.070	0.080
(8)	極多水草者	0.075	0.100	0.125	0.150

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{\left( \frac{23 + 0.00155}{S} \right)^n} \dots\dots\dots [74]$$

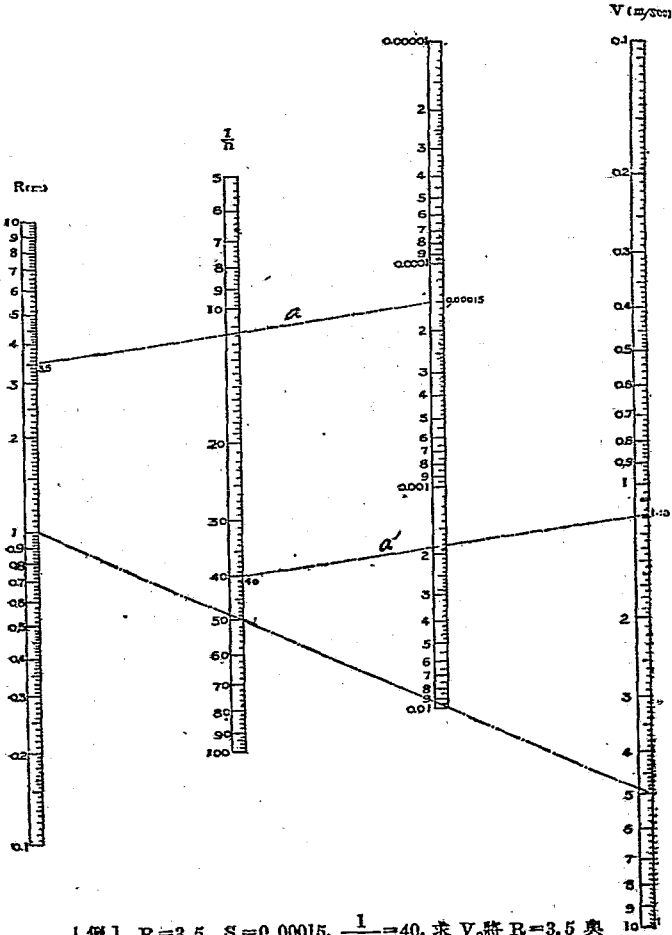
$$1 + \frac{\quad}{\sqrt{R}}$$

上式中之 R 爲水半徑,以公尺計, S 爲水面傾斜度,均可測量而得, n 爲粗糙系數,須視河底情形而定,茲將霍敦 (Horton) 試驗所得爲一般所通用之 n 值列如第五表。

\* Kutter, Manning, Forcheimer.



第 167 圖 組裝圖



【例】 $R=3.5$ ,  $S=0.00015$ ,  $\frac{1}{n}=40$ , 求  $V$ 。將  $R=3.5$  與  $S=0.00015$  之二點相連成一直線  $a$ ; 再自  $\frac{1}{n}=40$  點作一直線  $a'$ , 與  $a$  相平行, 交  $V$  尺於一點, 得  $V=1.18$  公尺/秒。

第 168 圖 福煦海墨公式圖解法

451. 滿寧及福煦海墨公式 克脫公式計算頗繁,應用不便,近年歐美工程界中復屢經試驗,倡為簡單公式,在美有滿寧,在德有福煦海墨,二者大致相同,今舉如下:

$$\text{滿寧公式: } V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots [75]$$

$$\text{福煦海墨公式: } V = \frac{1}{n} R^{0.7} S^{0.5} \dots\dots\dots [76]$$

上二式中之  $n, R, S$  與克脫公式同,用此二式計算之結果,與克脫公式亦相差甚微,而簡單則遠過之,故克脫公式現已不為一般所樂用。

上二式若用圖解法求之,尤稱便捷。如第 167 圖為已知滿寧公式中任何三數求其餘一數之用,\* 其用法之簡便,為任何圖表所勿逮。尺之左邊適用於公尺制,右邊並可適用於英尺制,使用時祇須備三角板一副,以備推平行線之用。茲舉例如下:

已知  $R=0.6$  公尺,  $S=0.0004$  及  $n=0.02$ , 試求  $V$  值。

今將  $R=0.6$  公尺與  $S=0.0004$  之二點相連,成一直線  $a$ ; 再自  $n=0.02$  點作一直線  $a'$ , 與直線  $a$  平行,交  $V$  尺於一點,得  $V=0.71$  公尺/秒。

第 168 圖為福煦海墨公式圖解法,其用法與第 167 圖相同,例已載於圖中,茲不復詳。

452. 反求  $n$  值 河底粗糙系數  $n$  之值最難確定,今欲求知某一河道之  $n$  值,可先測知其水面傾斜度  $S$ , 並用流速計或浮標實測其流量,以斷面積除之而得平均流速  $V$ , 更由斷面算出水半徑,即可用第 167 或 168 圖以求  $n$  之

\* 見水利月刊四卷一,二期顧世禔所著『滿寧公式之另一圖解法』

值。S, R, V 各值均隨水位而變，故須經各級水位之實測與還原計算，將結果平均之，始能得  $n$  之近似值。

453. 用水面斜坡法計算流速之得失 用公式計算流量，其精確度較諸實測者，自必遠遜，蓋因  $n$  之值最難確定，其他如 S 之值亦不易準確，故此法僅能供校對之用，或洪水期內無相當設備，（如吊架）他種方法不能適用或應用失敗時，萬不得已而用之。但若照前節方法求得  $n$  之近似值者，自可得較佳之結果。

454. 洪水期內施測流量 一河流之最大流量為工程設計之重要資料。維盛漲之時，水流每甚湍急，若無橋樑或吊架者，須用船施測。汽船固比較容易使其在急流中穩定，而有時無汽船可用，或為情形所不許，則欲令扁舟穩定於狂流怒濤中，實為難事。遇此種情形時，欲用流速計從容施測，以求精確結果，實不可能。維有於盛漲之前，先將斷面測定之，俟漲足時，由兩岸擲放水面浮標，用第 432 節之法，測定浮標經行之跡，然後照尋常方法計算流量。擲放浮標雖不易均勻分佈於斷面之內，但亦須約略分配，務求能測到中泓流速。如此辦法，固可得到流速之近似值，但對於斷面積，有時仍不免發生問題，蓋河底鬆軟者，經過一次盛漲後，斷面往往為之大變，用預先測定之斷面以計算流量，其差誤必大。同時施測斷面，又因船身不能穩定，測深幾不可能。或用水面斜坡法以計算流量，亦因斷面有變遷而生同樣之困難。如此情形，實無良法可施，維有設立吊架，方能從容施測。

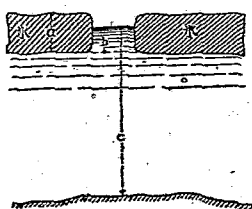
455. 冰凍期內施測流量 永久測站施測流量常終歲



無所間斷，而最小之流量又每在冰凍期內，故冰期施測流量之法不可不述。

冰凍期內除流速計外，他法皆不適用，而冰堅足以載人者，在冰上施測甚為便利。

水面流速所以遠大於河底者，蓋因空氣阻力遠較河底阻力為小之故，河面結冰之後，則冰之阻力必大於空氣阻力，故垂線內各點流速勢必為之變更。未冰前垂線內平均流速之位置，我人已知其在水深十分之六處，而結冰後則據實驗之結果，垂線內平均流速之位置有二：



第 169 圖

較見第 171 圖。

施測時先在斷面內每隔相當距離鑽一冰孔，須記載 (1) 冰厚，(2) 冰底與水面距離，(3) 水面至河底距離。流速計應沉達之深度可計算如下：

$$0.13 \text{ 深度} = (c-b) \times 0.13 + b;$$

$$0.71 \text{ 深度} = (c-b) \times 0.71 + b.$$

至於記載可仍用第 443 節之表式，而添『冰厚』一行。

456. 施測潮水河流量\* 根據水力學原理，凡河槽內順流之水，水位高度不變，流率（每秒之流量名曰流率）亦

\* 節錄『水利月刊』第二卷五，六期顧世楫所著『施測潮水河流量方法之商榷』

不變，因此流量與水位恆有一定之關係，而施測流量之目的，即為確定在各種水位高度時之相當流率，用以繪成流率曲線。（見第 458 節）但在潮水河內，水流之性質與此不同。蓋當潮至之時，水位因受潮力頂托而擡高，流速反轉微弱，甚至倒流者亦有之。且在施測時間內，每一部分之面積及流速，均有顯著之差異，故於計算流率，出入甚鉅，不得不另定方法。

但欲施測潮水河之流量，仍不外應用面積流速法之原則。維須按時計算其斷面面積，及施測其水流速率，不若在普通河道內之假定施測時間內之流率為不變也。至其施測斷面及流速之手續，亦無大異，維其計算方法，則有不同，且其所得結果，非為每單位時間之流率，而為全潮或某一時間內之總流量。茲將斷面、流速及計算三項分別述之如下：

(1) 斷面面積 - 施測潮水河流量時，斷面面積應先行測定。宜於前一日在潮將退盡時，照尋常測深法按點施測，並測定各測深點之起點距，然後繪成標準斷面圖。

在斷面圖上，約略假定施測流量時可有之水位變遷差度，定一假設之中水位線。依據此線計算斷面面積，然後分之為若干等分。實際上各部分之面積，未必能完全相等，但使其近於相等可耳。

所以必分全斷面為若干等分者，蓋欲在每一部分中從事流速測量也。部分之多寡，視河面寬窄而定，但過少不甚準確，過多則設備不易，普通以三部分至五部分為度。

每一部分之面積，為分部計算流量之張本，故將分部

線定出後，即應計算各分部各不同水位高度時之相當面積，列成分部面積表，或繪成分部面積曲線圖，以備應用。面積曲線圖恆以水位為縱坐標，面積為橫坐標。

(2) 流速測量 前述斷面分部線，係將中水位時之全斷面面積，分為若干等分，僅在斷面圖上表示之。施測流速時，應在每分部內水平距離之中點，泊船一隻，其起點距先行推算定之，然後用測量斷面定起點距之法，確定其同一斷面線上之位置。

各船之位置定妥後，於是開始作流速測量。因潮水河斷面內之流速，隨時不同，故須按一定時間施測之。為求精確計，須每隔十五分鐘施測流速一次，但若實際上有所窒礙，則可改為每隔三十分鐘施測一次。

在每次施測流速之前，應就泊船處指定之垂直線內測深一次，然後將流速計依次置於全深十分之二及全深十分之八處，而記其回轉數及時間。

施測潮水流速，本應以二全潮為一週期，但夜間工作，頗不便利，故不妨先行施測一個全潮，平均約經十二小時有零。

潮汐漲落既與月之盈虧有關，故一月內宜按朔望上弦下弦各日施測數次，以便確定大小汛流量之差異。

各船施測流速之時刻，應歸岸上一人指揮確定之，以免參差不齊。施測時岸上應每隔十五分鐘，觀讀水標一次。

(3) 流量計算 根據上述施測方法，以計算潮水河之流量，應先有下列之假定。

1. 測時水深十分之二及十分之八兩處流速之平均

潮水河分部流量計算表

流域.....		河系.....		測站.....			
部分數.....		部分號.....		施測日期.....年.....月.....日			
時	水位 (公尺)	面積 (公尺 <sup>2</sup> )	平均流速 (公尺/秒)	流 率 (公尺 <sup>3</sup> /秒)	平均流率 (公尺 <sup>3</sup> /秒)	所經時期 (秒)	總流量 (公尺 <sup>3</sup> )

數,即為該點垂直線內之平均流速。

2.在各分部中點垂直線內之平均流速,即作為該分部之平均流速。

3.各分部之面積與其平均流速相乘,即為該分部之流率。

4.每一分部內經過某時間之總流量,即為此時間內之平均流率與時間相乘之積。

依此假定,即可將施測所得之結果,分部列表計算之,名曰潮水河分部流量計算表。維其中資料,完全根據於按時之水位記載,以及斷面面積計算,流速測量之成果而得。表中最右一行,為每一小單位時間內之流量數,將其相加,即得所測時間內之總流量。再將各分部之總流量合併之,遂得全斷面之總流量,以所經時間除之,可得全斷面內之平均流率。

457. 橫斷面地點之選擇 橫斷面地點之適宜與否,影響於流量頗大,無論在何種情形或用何種方法施測,當選擇橫斷面地點時,須注意下列各項:

(1) 河身,必須整直,上下游皆不宜有陡灣,整直部分至

少須有三百公尺。

(2) 斷面附近各段河寬不可相差太遠,深淺亦應約略相同。

(3) 凡有漩渦急流之處,皆應避去。

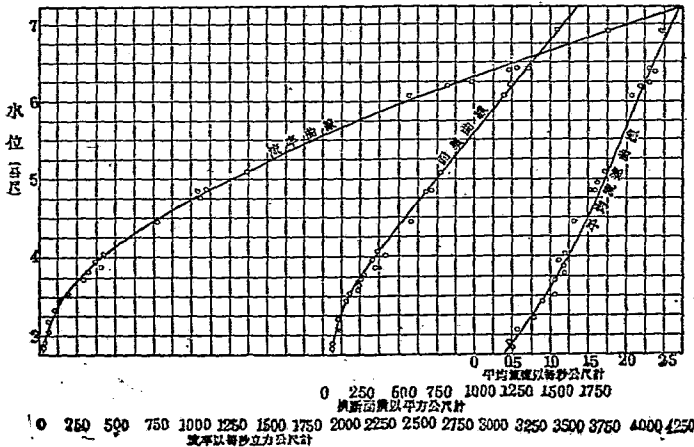
(4) 河底必須整齊,不可中心高起,以免低水時分成兩槽。

(5) 斷面上下游不宜有閘壩等影響水流之物。

(6) 斷面不宜設於附近橋樑之處。設於橋樑下游者,較上游為宜。

(7) 凡在二河匯流處設立斷面,應距匯流處略遠,以免有交流斜流等現象。

458. 流率曲線 以水位為縱坐標,流率為橫坐標,將各次所測流率之結果,悉行點於方格紙上,經過諸點中間作一平滑曲線,名曰流率曲線 (Station rating curve), 如第 170



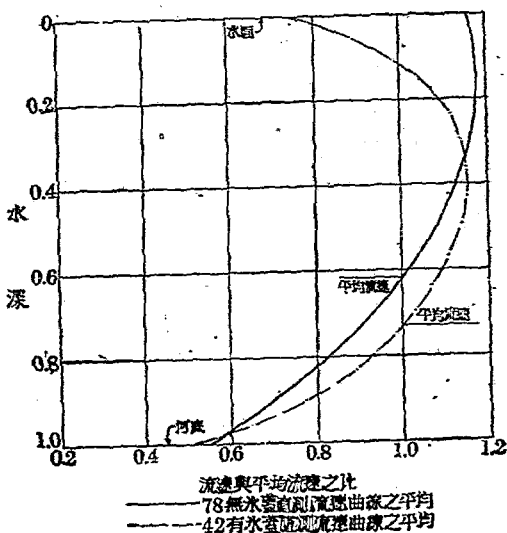
第 170 圖 流率,面積及平均流速曲線

圖。凡河槽穩定少變遷，且無潮汐影響者，流率恆隨水位而俱增，其間恆有一定之關係，故既知水位，即可從曲線上約略推知其相當之流率，此流率曲線之效用也。但河槽時有變遷，或有潮汐影響者，水位與流率之關係，亦時時隨之而變，同水位之流率，即不相等，而流率曲線遂失其效用。維有隨時實測以得各水位之相當流率。

流率曲線，通常皆附繪面積曲線及平均流速曲線，皆以水位為縱坐標，如第 170 圖。

459. 垂直接流速曲線 用流速計測得某點垂直線內自水面至河底間各點之流速後，以水深為縱坐標，流速為橫坐標，將所測結果點於方格紙上，聯成曲線，名曰垂直接流速曲線 (Vertical velocity curve)，

如第 171 圖。前文已述及垂線內平均流速之位置，在水深十分之六處。此係指一般河道而言，倘河道有特殊情形者，此深度不能無所出入。如欲確知一河道平均流速之位置，須經長



第 171 圖 垂直接流速曲線

時期實驗繪成多數垂直流速曲線，以水深除曲線所包含之面積，而得平均流速，乃從圖上量出平均流速位置與水面之距離。河流若有特殊情形者，平均流速之平均位置，或不在水深十分之六處，故永久流量站應在各級水位時，測製多數垂直流速曲線，以確定該河平均流速之位置。

460. 流量站圖說 最完備之流量站須設橫斷面五個，居中者名曰標準斷面，為流速計測流之用，左右二個為浮標測流之用，左右較遠二個所以測水面傾斜度，以推算流速者。更須設三水標，其一在標準斷面內，其二在左右較遠之二斷面內。此等斷面，水標以及水準標點之位置，用儀器測定後，應繪明於流量站平面圖中。標誌斷面之兩岸石樁或木樁，須量定其與若干固定點（如屋角大樹等）之距離，而繪明於平面圖中，以備樁誌或有遺失時，可以按圖補設。至於測站附近之地形，自亦應詳細繪明。說明中除關於水標與水準標點者照水標站圖說載明外，並須載明設站日期，設站人員姓名，施測方法，及施測情形等。

## 第三十五章 河流挾沙量

461. 引言 凡整理河道之設計,必須顧及河流挾沙之多寡;否則決難得良好之結果。故試驗河流挾沙量,亦為水利工程基本工作之一。此項工作,每與施測流量同時為之,故水文測量中亦應述及之。本章所述,僅為試驗沙與水重量之比例,以表示變化消長而已。若欲施諸實用,須測定沙泥每單位容積之重量,及成塊沙泥之空隙,其餘若沙泥粗細之成分,及洗澱之速率等,亦當在研究之列。維須另備儀器,且手續亦甚繁複,不在流量站工作範圍之內,茲姑從略。

### 462. 試驗挾沙量應用器具

(1) 汲水器 汲取水樣,可用大玻璃瓶,瓶上附一重物,塞上繫一線。候沈達適當深度時,引線去塞,計已灌滿後,即可提瓶出水。

(2) 量杯 所汲水樣,須用量杯定其容積。量杯為一玻璃圓筒,其上劃分普通為每格一立方公分,以能量五百立方公分者為合用。

(3) 濾紙 量定水樣後,須分析其中泥沙之重量,故須用濾紙濾去水分。中國皮紙或他種可透水之紙,雖皆可用,但濾水不若藥用濾紙為速,維後者價值頗昂耳。

(4) 權重之具 泥沙濾乾後,須權其輕重,以定沙重與水重之比。倘未備天平者,可即用戥子秤之,然後再化為公



分(Gram)數。惟本國戥子並無一定標準，須將其與天平比較後，方可應用。

**463. 汲取水樣之法** 水樣宜在測畢流量後即行汲取之。沙量與流速有關，故隨水之深淺而異。為簡便計，可於水面，半深及河底三處，各取一瓶，分別試驗之，而平均其結果，作為該垂線內之平均挾沙量。更須將河面分作數等分，於每等分中汲取水樣三瓶，以便求得全斷面內之平均挾沙量。

**464. 試驗水樣之法** 水樣既得後，即應試驗之，以定沙與水之重量百分比。法以水樣經過濾紙，連紙與附着之泥沙曬乾之，然後權之，得沙與紙之共重，再減去紙重，而得沙

挾沙量記載表

流域		河名		測站							
自民國 年 月 日起迄 月 日											
水樣號	月,日,時	水樣位置		水樣容量 (立方公分)	沙之淨重 (公分)	水重與沙重百分比	全斷面平均挾沙量	斷面內總平均流速 (公尺/秒)	水位 (公尺)	水勢	備註
		深度	起點距 (公尺)								
1	3,7,9	上	24	500	4	0.8	1.5	1.09	12.49	漲	
2	3,7,9	中		500	6	1.2					
3	3,7,9	下		500	7	1.4					
4	3,7,9	上	50	500	6	1.2					
5	3,7,9	中		500	9	1.8					
6	3,7,9	下		500	10	2.0					
7	3,7,9	上	75	500	7	1.4					
8	3,7,9	中		500	10	2.0					
9	3,7,9	下		500	10	2.0					
10	3,7,9	上	100	500	5	1.0					
11	3,7,9	中		500	6	1.2					
12	3,7,9	下		500	7	1.4					

之淨重。(以公分計)因每一立方公分之水,重量適爲一公分,故以水樣容積之立方公分數除沙重,再乘以 100,即得沙重與水重之百分比。

465. 試驗水樣之次數 大汛期內,可流挾沙量恆較枯水期內爲多,但雨勢有緩急,沖刷情形有不同,故在同水位或等流速時,所挾沙量,未必相同,其間關係,亦頗複雜,須經長時期之試驗,始能得近似之結果。在枯水期內,可每閱數日試驗一次;在洪水期內,每測流量一次,即須汲水試驗一次。

## 第四編 繪算

計算與繪圖爲測量中之內業，但並不限定爲繪圖室內之工作，倘爲事實上便利計，儘有若干繪算工作由測量隊任之者，例如平板儀測量，即須在野外製圖稿，而導線之縱橫距，有時亦須由測量者自行計算之，以便製圖。本書每述一種方法，自預備工作迄最後手續，皆一氣呵成，故許多計算及製圖方法，已散見於前各章中，本編所述者，不過補充不足而已，非全璧也。

### 第三十六章 計算概說

466. 校對 計算不能免錯誤，故必須校對之。自行復算，猶不易發見其錯誤，蓋致誤之覆轍，不免有重蹈之可能，故計算必須以他人校對之。校對後倘猶有錯誤發現，則其責任當完全由校對者負之，故每校對一項計算，慎勿輕易簽名於計算紙上也。

校對之方法計有多種：(1) 逐步校對。(2) 用已知之幾何學條件，例如校對三角形之三內角者，可核其總數是否爲 $180^\circ$ 。(3) 用另一算法校對之，例如直角三角形之弦，用三角法計算者，可自乘其勾股以校對之。(4) 約略之校對，雖不足以發見微細之差誤，但足以確知其間無重大之錯誤，故有時亦頗爲有用。例如面積之計算，可用面積計約略校對之；尚未閉塞之導線之縱橫距計算，可將該導線用簡便之法繪出，以約略校對其線長及夾角；精密之計算，均可用計算尺約略校對之。

**467. 計算之秩序** 計算貴有秩序；有秩序之計算，非但可以縮短時間，且能減少致誤之機會。各種計算皆宜排列成表，以醒眉目。如計算縱橫距，計算面積，計算三角網，計算流量等，本書皆列有適宜之表式，且為國內各技術機關所通用者。所謂計算之秩序者，不外下列三項：(1)從記載簿中將所需之記載，一一抄入計算表中。(2)此項抄錄一有錯誤，則所有計算，莫不皆誤，故着手計算之前，必須將抄錄之數細心校對一過。校對抄錄之重要性，尤在各種校對之上也。(2)同類之計算，宜併類為之，俾工作機械化，如是既省腦力，又可減少錯誤。

**468. 計算之速度** 增進計算之速度，除用一定之表式，以成有秩序之工作，如前節所述者外，尚有下列各法：(1)用簡捷算法；(2)刪除不需要之數字；(3)查表；(4)圖解；(5)用機械。

**469. 簡捷算法** 乘、除、平方、開方中有多數簡捷算法，其足以減省時間，有意想不到之功效，宜熟習而慣用之。

(甲)簡單心算 二數相加減，固甚易利用心算，即乘法中乘數之為複因數者，亦可分解之，用心算以得各因數之積。至於除法，僅為乘法之反耳。

$$(1) 180^\circ - 42^\circ 15' 26'' = 137^\circ 44' 34''$$

$$(2) 180^\circ + 42^\circ 15' 26'' = 222^\circ 15' 26''$$

$$(3) 32 \times 28 = 16 \times 8 \times 7 = 896$$

$$(4) 32 \times 27 = 16 \times 6 \times 9 = 864$$

倘乘數為 100 之因數，可先以 100 乘之，再以適當之數除之，如

$$(5) 68 \times 25 = 6800 \div 4 = 1700$$

$$(6) 98 \times 50 = 9800 \div 2 = 4900$$

$$(7) 76 \times 75 = 3800 + 1900 = 5700$$

$$(8) 41 \times 150 = 4100 + 2050 = 6150$$

$$(9) 864 \div 27 = (864 \div 9) \div 3 = 96 \div 3 = 32$$

(乙) 多位乘法,每可用一部分心算以縮簡之。

$$(1) \begin{array}{r} 2875 \\ \underline{273} \\ 8625 \\ \underline{77625} \\ 784875 \end{array}$$

解釋 8625 以 9 乘之,因  $27 = 9 \times 3$  也。

$$(2) \begin{array}{r} \text{圓周} = 2468 \\ \underline{0.3183} \\ 7404 \\ \underline{44424} \\ 7404 \\ \hline \text{直徑} = 785.5644 \end{array}$$

解釋 先以左端之 3 乘之,然後以 6 乘 7404, 因  $18 = 6 \times 3$  也。

(3)  $265894 \times 497328$  可將乘數六位減為四位,因  $32 = 4 \times 8$ , 又  $49 = 7 \times 7$  也。

由以上三例觀之,可知乘數中若有相鄰二數字之值,為又一相鄰數字之倍數者,能縮減乘數之位數。

(丙) 多位除法 多位除法之除數,若能分解為二因數,而其值各不大於 12 者,可用簡捷算法如下:

$45926 \div 63$  可分二次除之,祇須十六個數字,若用常法,至少須二十九個數字。

$$\begin{array}{r} 7)48926 \\ \underline{9)6989.4} \\ 776.6 \end{array}$$

(丁) 倘二數相乘之積,規定祇須若干位者,可用簡捷算法以定之。(1) 倒置乘數中各數字之次序,書於被乘數之下。(2) 乘時亦係自右而左,維乘數中每個數字乘被乘數時,不從被乘數最右一數字起,而從上下相對之數字起,但須顧及被乘數中右鄰一數字,以便四捨五入。如是所得各行乘積之最右一數字,須書於同一直行之內;小數點之位置,則須觀察以定之。

[例] 以 52.13 乘 140.66, 結果須小數一位,茲將常法及簡捷算法,並列如下:

$\begin{array}{r} 140.66 \\ 52.13 \\ \hline 421\ 98 \\ 1406\ 6 \\ 28132 \\ \hline 70330 \\ \hline 7332.6058 \end{array}$	$\begin{array}{r} 140.66 \\ 31.25 \\ \hline 703\ 30 \\ 28\ 13 \\ 1\ 41 \\ \hline 42 \\ \hline 7332.6 \end{array}$
--	---

觀上式以 1 乘時,結果為 141, 而非 140, 蓋 0.6 進位為 1 也。

倘結果須  $n$  位數字者,可置乘數中最右一數字於被乘數第  $n+1$  位之下。下列二例為五位 (即三位小數) 及四位 (即二位小數) 數字之結果。

$\begin{array}{r} 48.6678 \\ 1.0623 \\ \hline 146\ 0034 \\ 973\ 356 \\ 29200\ 68 \\ \hline 486678 \\ \hline 51.69980394 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.66\ 78 \\ 32\ 60.1 \\ \hline 48\ 66\ 8 \\ 2\ 92\ 0 \\ 9\ 7 \\ \hline 1\ 4 \\ \hline 51.69\ 9 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.6\ 678 \\ 326\ 0.1 \\ \hline 48\ 6\ 7 \\ 2\ 9\ 2 \\ 1\ 0 \\ \hline 1 \\ \hline 51.7\ 0 \end{array}$
--	--	--

(戊) 簡捷除法者,每除一次,刪去除數一位,而被除數

中數字,不須一一移下。

$  \begin{array}{r}  3.1416)41.689348(13.27 \\  \underline{31\ 416} \\  10\ 2733 \\  \underline{9\ 4248} \\  84854 \\  \underline{62832} \\  220228 \\  \underline{219912} \\  316  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  3.1416)41.689348(13.27 \\  \underline{31\ 416} \\  10\ 273 \\  \underline{9\ 425} \\  848 \\  \underline{628} \\  220 \\  \underline{220}  \end{array}  $
--	--

觀上式可見除數中數字雖逐次刪除,而商與除數相乘時,仍須顧及被刪之數字,以便進位。

(己)乘法之校對 從(1)被乘數,(2)乘數,(3)積,剔除9或9之倍數,(3)之結果須等於(1)與(2)之結果之積。

上述之法,名曰棄九法,即從一數中減去該數所包含之9之倍數是也。其法可將某數中所有各數字相加,從其和數中減去所包含之九之倍數,但更有一法,尤為便利,即先劃去所有9字及數字之和為9或9之倍數者,然後將剩餘之數字相加,茲舉例如下:

$  \begin{array}{r}  2875 = 4 \\  \underline{273} = 3 \\  784875 = 12 = 12  \end{array}  $		$  \begin{array}{r}  2468 = 2 \\  \underline{3183} = 6 \\  7855644 = 21 = 12 \\  3 = 3  \end{array}  $
$  \begin{array}{r}  14066 = 8 \\  \underline{5213} = 2 \\  73326058 = 16 = 16  \end{array}  $		$  \begin{array}{r}  488678 = 3 \\  \underline{10623} = 3 \\  5169980394 = 0 = 9  \end{array}  $

設任何一因數中之剩餘數字為0,即不必從他一因數中剔除9數,祇須審察積之剩餘數字是否為0,蓋以0乘任何數,其積必為0也。

乘九法並非絕對可恃之法，蓋偶遇二錯誤互相抵銷時，即無從發見之。例如乘積中一數字多 1，而他一數字少 1 者，此積雖誤，而其各數字之和，則與不誤者相同。

(庚) 除法之校對 從(1)被除數，(2)除數，(3)商數，(4)除不盡之餘數中，剔除 9 或 9 之倍數，以(3)之結果乘(2)之結果，再加(4)之結果，此最後之結果，須與(1)之結果相等。此法與(己)之手續相反。

取(戊)之例題演算如下：

$$\begin{array}{r}
 \text{被除數} \quad 41.689348 = 7 \\
 \text{除數} \quad \quad 3.1416 = \quad 6 \\
 \text{商} \quad \quad \quad 13.27 = \quad \frac{4}{6} \\
 \text{餘數} \quad \quad \quad 316 = 1 + 24 = 7
 \end{array}$$

(辛) 簡單之自乘 (1) 以一數  $n$  與已知數相加，或從已知數減去  $n$ ，使其結果為 10 之倍數。(2) 從該已知數減去  $n$  或加  $n$ 。(3) 以(1)與(2)之結果相乘而加  $n^2$ 。

$$84^2 = 80 \times 88 + 16 = 7056$$

$$48^2 = 50 \times 46 + 4 = 2304$$

$$\left(8\frac{1}{2}\right)^2 = 8 \times 9 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 72\frac{1}{4}$$

$$\left(8\frac{1}{4}\right)^2 = 8 \times 8\frac{1}{2} + \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 68\frac{1}{16}$$

倘自乘之數為 5 之倍數者，上述方法尤為便利。

$$(25)^2 = 20 \times 30 + 25 = 625$$

$$(45)^2 = 40 \times 50 + 25 = 2025$$

(壬) 簡單之開方 下列開方簡法所得結果，雖係近似值，而尋常已足精密。其法係以一數除已知數，該數之自



乘，須最近似該已知數；然後以商及除數相加折半，即為已知數之方根。若以代數式表之，則為

$$\sqrt{N} = \left( \frac{N}{r} + r \right) \div 2 \dots\dots\dots [77]$$

式中  $N =$  已知數， $r$  之自乘為最近似於已知數者。

$$\sqrt{84} = \left( \frac{84}{9} + 9 \right) \div 2 = (9.33 + 9) \div 2$$

$$= 9.17 \text{ (確數為 } 9.1652)$$

$$\sqrt{47} = \left( \frac{47}{7} + 7 \right) \div 2 = (6.71 + 7) \div 2$$

$$= 6.86 \text{ (確數為 } 6.8557)$$

位數較多之數，亦可照上法開方，但須備一開方表。公式 [77] 用於大數時，可變作更便利之式如下：

$$\sqrt{N} = r + [(N - r^2) \div 2r] \dots\dots\dots [78]$$

$$\sqrt{32200} = 179 + [(32200 - 32041) \div 2 \times 179]$$

$$= 179.444 \text{ (確數為 } 179.44358)$$

$$\sqrt{175440} = 419 + [(175440 - 175561) \div 2 \times 419]$$

$$= 418.856 \text{ (確數為 } 418.85558)$$

$r^2$  之值，係從開方表查得。此法非但較正式開方手續大簡，且所得結果，常可準確至三位小數，有時可至四位。若用簡捷除法，手續尤省。

470. 刪除不需要之數字 計算中所用數字位數之多寡，須視測量之精粗而定。若測量本屬粗略，而計算力求精密，於其結果中，排列許多不需要之數字，不知者猶以為其測量必非常精密，是非但虛耗時間，實反足發生誤會，其失基大也。

(甲) 今設有四測線,第一線量至公尺爲止,其長爲 3216 公尺;第二線量至公寸爲止,其長爲 321.6 公尺;第三線量至公分爲止,其長爲 32.16 公尺;第四線量至公釐爲止,其長爲 3.216 公尺。以上四數中,末一數字,皆非確實,而前三位皆爲確實數字。各線之相對精確度(Relative precision)皆爲  $\frac{5}{32160} = \frac{1}{6432}$ 。可知小數點之位置,與相對精確度並無關係,故以計算結果之小數愈多爲愈精確者,實屬錯誤之觀念。

(乙) 計算所需之精確度,應依測量所得確實數字之位數定之。欲知測量所得確實數字之位數,須明瞭測量之情形。例如 5600 公尺中,可含有一或二或三位確實數字,視野外工作係量至 100 或 10 或 1 公尺而定。在測量記載中,倘無特別說明者,普通皆認末一數字爲非確實,而其餘各位皆爲確實數字。但小數點後 0 之作用,僅爲表示小數點位置者,不能認爲確實數字。例如 0.00043 之確實數字,僅有一位,而非四位,然小數點後之最右一位爲 0 者,係表示測量之精確度,如 0.000430,則有二位確實數字矣,此等處之 0,不可略去。

(丙) 測量所得不確實數字,對於計算結果之影響,可說明如下:今有實測四數爲 6843.2 公尺, 253 公尺, 282.42 公尺,及 1200 公尺。其中 1200 公尺一數,係量至 100 公尺爲止,故含有三位不確實數字,而其餘三數中之不確實數字,則各僅一位。今欲求四數之和及一二兩數之積。茲用較小數字代表不確實數字而解答如下:

$\begin{array}{r} 6843.2 \\ 25^3 \\ \hline 282.4^2 \\ 1^{200} \\ \hline 8^{578.62} \end{array}$	$\begin{array}{r} 6843.2 \\ 25^3 \\ \hline 20529.6 \\ 3421^{60} \\ \hline 13686^4 \\ \hline 17^{31329.6} \end{array}$	$\begin{array}{r} 684 \\ 25 \\ \hline 28 \\ 1^{20} \\ \hline 8^{570} \end{array}$	$\begin{array}{r} 6843.2 \\ 352 \\ \hline 136^9 \\ 34^2 \\ \hline 17^{310.00} \end{array}$
---	---	---	--

觀上列演算中，可知測量所得不確實數字，足使和及積中許多數字，皆不確實。故用簡捷算法所得之結果 8570 及 1731000，實較 8578.62 及 1731329.6 為佳，蓋因後者表面上雖似精密，但去實際甚遠也。計算結果中之不確實數字，通常祇用一位，其有偶用二位者，僅以表示其前一位雖非確實而去確實甚近耳。故上列之結果，通常皆寫作 8600 公尺及 1,730,000 平方公尺。

計算結果中留有二位以上之不確實數字者，非特足以引起誤會，且足見計算者之拙也。

由上列之例，可得二定理如下：

I. 在加法或減法中，其結果之精確度總不能超過相加或相減中任何一數之第一位不確實數字。

II. 在乘除中，積或商之相對精確度總不能超過任何一因數之相對精確度。

(丁) 簡縮計算示範 簡縮計算，雖無成法可守，倘能

定理 (I) 甚易明瞭，無須解釋。定理 (II) 亦甚易證明之。令  $a$  及  $b$  為  $A, B$  二數之差誤，則  $\frac{a}{A}$  為  $A$  之相對精確度， $\frac{b}{B}$  為  $B$  之相對精確度。 $(A+a)(B+b) = AB + Ba + Ab + ab$ 。刪去甚微之數  $ab$ ，則該乘積之差誤為  $Ba + Ab$ ，而二數之積之相對精確度為  $\frac{Ba + Ab}{AB} = \frac{a}{A} + \frac{b}{B}$ ，故積之相對精確度，實際等於二因數之相對精確度之和，故小於任何一因數之相對精確度。

善師下列各法，計算時大可節省時間，而不致損及結果之精確度。

乘 (1) 在未演算之前，先觀察各因數中孰含確實數字最少，名此含有最少確實數字之因數曰限制因數 (Limiting factor)。(2) 以限制因數為乘數，顛倒其數字之次序，設其確實數字為  $n$  位，置最右一數字於被乘數自左至右第  $(n+1)$  位之下，用簡捷乘法計算之，如此所得結果中之確實數字，較限制因數中之確實數字，至多增加一位，尋常則恆相等。其不確實數字，恰祇一位。(參閱第 469 節)

加減 (1) 各數中第一位不確實數字在最左者，是為限制數，如 (丙) 中之 1200。(2) 排列各數時，刪除各數中在限制數第二位不確實數字以右之各數字。

除 用簡捷除法，並藉觀察以定結果中不確實數字之位數。

總之無論加減乘除，計算時須知下列二項：(1) 各步計算中，宜保留二位不確實數字，以冀最後結果中第一位不確實數字，免受因刪除數字而生之影響。(2) 每刪除一數字，須恪遵四捨五入之例。

(戊) 定理之應用 我人從事計算之前，常先知結果所需之精確度，或我人欲使計算結果與實測之數，有同等之精確度者，均可應用前述之定理計算之。下列各例中除有特別說明者外，其餘實測各數中末一數字，皆認為僅有之不確實數字。

[例一] 長方形地二邊之長，為 626.8 公尺及 73.2 公尺，求面積。

因限制因數 73.2 祇有二位確實數字，故結果中至多祇有二位確實數字。顛倒 73.2 之次序，置 7 於 626.8 之第三位數字下，用簡捷乘法得面積 45880。因後三位為不確實數字，該結果可寫作 45900 平方公尺。如用正式乘法，則  $626.8 \times 73.2 = 45881.76$ ，其中後五位，皆為不確實數字，故所求得結果，未必較前為準確。

[例二] 圓之半徑為 21.84 公尺，求圓周。

因答數中祇應有三位確實數字，故  $2\pi$  之值，祇須四位。用簡捷乘法  $6.283 \times 21.84 = 137.22$  公尺，其中後二位為不確實數字。倘  $\pi$  之值，多用一位小數，並用正式乘法，則  $2 \times 3.1416 \times 21.84 = 137.225088$ ，其中祇有三位確實數字，故未必較前為準確。

[例三] 直角三角形之勾為 428.63 公尺，其鄰角為  $44^\circ 24'$ ，係量至一分為止，問股長若干？

$44^\circ 24'$  之正切真數為 0.97927， $44^\circ 25'$  之正切真數為 0.97984。因角度之最大差誤為  $30''$ ，正切真數之第四位，約可差 3。其最後結果之確實數字，可知祇有三位。於是刪去 428.63 之末一數字，用簡捷乘法，得  $428.6 \times 0.9793 = 419.72$ 。但因祇有三位確實數字，故結果為 419.7。倘照勾長原有數字，並用正式乘法，則  $428.63 \times 0.97927 = 419.7445001$ ，其中祇有三位數字為確實，其結果為 419.7，與前相同。

[例四] 設前例中之角度係量至  $10''$  者，則正切之差數為  $\frac{1}{6} \times 0.00057$ 。或 0.00009，故正切之前四位，為確實數字，而勾長及正切之五位數字，皆應保留。用簡捷乘法，得  $428.63 \times 0.97927 = 419.744$ 。因其中有四位確實數字，故勾長

爲 419.74 公尺。

[例五] 設前例中勾長爲 428 公尺,係量至公尺爲止者,結果中祇應有二位確實數字,故正切數祇須用三位數字,用簡捷乘法得  $428 \times 0.979 = 419$  公尺。

(己) 真數表及對數表 用真數表或對數表計算普通習見之問題者,適用下列二條。

1. 結果應有二位確實數字者,用三位對數或真數表;應有三位確實數字者,用四位對數或真數表;有四位確實數字者,用五位對數或真數表,倘計算須分若干步以求得最後結果者,宜用多一位數字之表。

2. 倘角度量至一分者,用四位對數或真數表;量至一分以下十秒或十秒以上者,用五位對數或真數表;量至十秒以下者,用七位表。

471. 有用之表 用表查數,常可遠較計算爲迅捷,而尤以對數表之效用爲最大,其他如視距表,折線表,乘方及立方表,土方表,流速檢查表等等,皆爲便利而有用者。

472. 圖解 圖解法亦遠較計算爲迅速,並可得有相當精確度之結果,例如水平曲線,可先繪之,然後以尺量其各項距離;傾斜度及直立曲線,亦可用同樣方法定之;面積可從圖上量得之;等高線可用圖解法繪之。

許多有用之表,常可用圖解法以代之,例如視距圖,縱橫距圖,滿寧公式圖解法等。

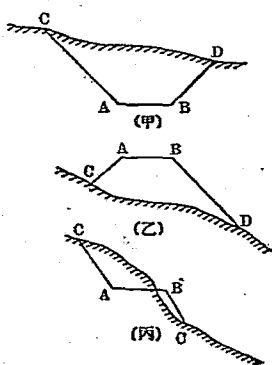
473. 用機械計算 計算所用機械之最普通者,如計算尺,面積計等,而我國之算盤,亦大有用處。

## 第三十七章 計算土方

474. 何謂土方 凡開河築路等項工程,皆須動土;窪者填之,高者挖之,以適合於所規定之高度。所填或所挖之土之體積,以方數計,名曰土方。土方為我國舊有名詞,以長廣各十尺,深一尺之土為一方,即一百立方尺也。維我國之營造尺,素無標準,各處頗有參差,測量絕少用之者。測量通用之尺度為公尺或英尺,故土工普通以立方公尺計,或以英方計,即一百立方英尺是也。最近內政部所頒布之市尺,等於公尺之三分之一,將來土工,當必有以市方計者。

475. 土工之橫斷面 欲計算土方,必先測量橫斷面。如第 172 圖,CD 為原有地面,AB 為土工基面。AC 及 BD 之傾斜度,視土質而定。(甲)為挖土,(乙)為填土,(丙)為半填半挖,維峻坡上有之。

476. 橫斷面面積之計算 計算一段土方,必先求該段內若干橫斷面之面積。上節所舉三種橫斷面中之基面,在一段之內,恆為常數。其橫坡傾斜度視土質而定,普通多為 1.5:1 (即橫 1.5 與縱 1 之比) 或 2:1, 在一段內,普通



第 172 圖 土工橫斷面

亦為常數。維天然地面，甚少平整者，其平整與否，影響於計算之繁簡者甚大。計算中常見之橫斷面，計有三種：(1)地面成水平者，斷面成一梯形，名曰水平斷面 (Level section)，如第 175 圖，凡平地上之土工，每作此狀。(2)地面成二斜線者，斷面成一五邊形，名曰二斜線斷面 (Three level section)，如第 176 圖，山坡上之土工，每作此狀。(3)按照地面之不規則形狀計算者，名曰不規則斷面 (Irregular section)。

至於各種斷面面積之求法，或藉計算，或藉表，或用圖解法，而以圖解法最為便捷。各種斷面之各種解法，見第 478 至 480 節。

477. 計算體積之公式 計算土方所常用之公式有二，茲列舉於下：

$$V = \frac{l}{2} (A_1 + A_2) \dots\dots\dots [79]$$

$$V = \frac{l}{6} (A_1 + 4A_m + A_2) \dots\dots\dots [80]$$

[79] 式中之  $V$ ，為一段土工之體積， $A_1$  及  $A_2$  為該段二端之橫斷面面積， $l$  為二斷面間之水平距離。[80] 式中除  $V$ ， $A_1$ ， $A_2$  及  $l$  與 [79] 式相同外，其中  $A_m$  為  $A_1$  與  $A_2$  中間之橫斷面面積，即  $A_m$  與  $A_1$  及  $A_2$  等距離是也。但  $A_m$  非為  $A_1$  與  $A_2$  之平均數，而為由  $A_1$ ， $A_2$  各相當邊之平均值算出之面積。

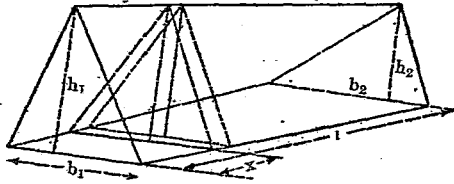
公式 [79] 為底面公式 (End area formula)，公式 [80] 為棱柱體公式 (Prismoidal formula)。底面公式，計算便利，雖未能十分精確，而一般皆樂用之。棱柱體公式，因計算  $A_m$  頗費手續，故甚少用之者。或有先用底面公式算出土方後，再加



以棱柱改正數 (Prismoidal correction) 者,見第 481 至 484 節。

棱柱體之定義如下:棱柱體者,爲一立體,其兩端爲互相平行之任何邊數相等而不必相似之多邊形,其各側面或爲平面或爲曲面。任何棱柱體,可分解爲若干三角形斷面之棱柱體,故棱柱體公式,即爲三角棱柱體之公式。茲述其原理如下:

如第 173 圖,爲一三角棱柱體,其兩端之三角形,在平行之二平面內。因兩三角形之



第 173 圖

各相當角,並不相等,故該三角棱柱體,至少必有二側面爲曲面。設有一斷面與該兩三角形相平行,其與一端之距離爲  $x$ ,則該橫斷面之面積爲

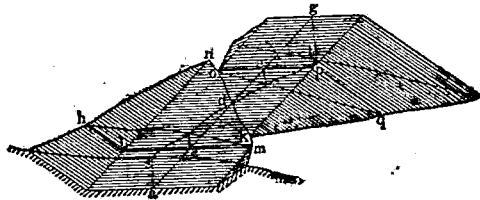
$$A_x = \frac{1}{2} b_x h_x = \frac{1}{2} \left[ b_1 + (b_2 - b_1) \frac{x}{l} \right] \left[ h_1 + (h_2 - h_1) \frac{x}{l} \right]$$

於是極短一段之體積爲  $A_x \cdot dx$ , 而該三角棱柱體之全體積,可用積分法求之如下:

$$\begin{aligned} \int A_x \cdot dx &= \frac{1}{2} \left[ b_1 + (b_2 - b_1) \frac{x}{l} \right] \left[ h_1 + (h_2 - h_1) \frac{x}{l} \right] dx \\ &= \frac{1}{2} \left[ b_1 h_1 x + (b_2 - b_1) h_1 \frac{x^2}{2l} + b_1 (h_2 - h_1) \frac{x^2}{2l} \right. \\ &\quad \left. + (b_2 - b_1) (h_2 - h_1) \frac{x^3}{3l^2} \right] \Big|_0^l \\ &= \frac{1}{2} \{ b_1 h_1 l + [(b_2 - b_1) h_1 + b_1 (h_2 - h_1)] \frac{l}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + (b_2 - b_1)(h_2 - h_1) \frac{l}{3} \} \\
 & = \frac{l}{2} \left[ \frac{1}{3} b_1 h_1 + \frac{1}{6} b_1 h_2 + \frac{1}{6} b_2 h_1 + \frac{1}{3} b_2 h_2 \right] \\
 & = \frac{l}{6} \left[ \frac{1}{2} b_1 h_1 + \frac{1}{2} b_1 (h_1 + h_2) + \frac{1}{2} b_2 (h_1 + h_2) \right. \\
 & \quad \left. + \frac{1}{2} b_2 h_2 \right] \\
 & = \frac{l}{6} \left[ \frac{1}{2} b_1 h_1 + 4 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \right. \\
 & \quad \left. + \frac{1}{2} b_2 h_2 \right] \\
 & = \frac{l}{6} [A_1 + 4A_m + A_2]
 \end{aligned}$$

上式中之  $h_2$  若為 0，則三角形變成一線，而三角棱柱體變成楔體 (Wedge)。又或  $h_2$  及  $b_2$  均為 0，則三角形變成一點，而三角棱柱體變成角錐體 (Pyramid)。故楔體及角錐體，亦為棱柱體之一種。凡土工由填高變成挖深，或由挖深變成填高之處，常作楔體或角錐體也。例如第 174 圖，表示由挖土變至填土之普通斷面。a……g 為土工之斜坡線 (Grade line)，而 d 為其由挖變填之分界點，s d t 為原來地面之縱斷面。設地面平整者，在斷面任何一旁坡首先交地面之點（如圖中之 m）之橫斷面，常為三角形。另



第 174 圖

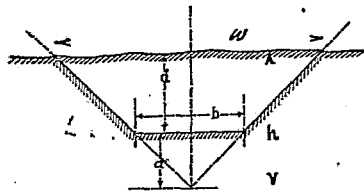
一傍坡交地面於 O, 在 O 處亦須測一三角形橫斷面。由是可知挖土工及填土工之終迄處, 常為二角錐體。在第 174 圖中, 角錐之頂點, 為 n 及 k, 其底部為 l h m 及 o p q。挖土工之基面, 因有洩水溝之故, 常較填土工之基面為寬, 故斷面 l h m 及其高 l n, 較斷面 o p q 及其高 p k 為大。設基面與天然地面之交線 (n o d k m) 與基面中線 a g 相正交, 則角錐體即變成楔體矣。

用底面公式計算體積

478. 水平斷面 在平地上斷面內之地平線, 常可認為一水平直線, 於是斷面成爲一梯形, 如第 175 圖。

$$(1) \text{ 計算 梯形面積} = (a+d) \cdot S - \frac{ab}{2} \dots\dots\dots [81]$$

上式中 b 爲土工底寬, d 爲應挖深度, S 爲旁坡傾斜度,  $a = \frac{b}{2S}$ 。



第 175 圖

以相鄰二斷面間之水平距離, 乘二斷面之平均面積, 即得體積。設各斷面間之距離相等, 以 l 表之, 則任何長一段土工之體積爲

$$\frac{l}{2} [A_0 + 2(A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}) + A_n] \dots\dots\dots [82]$$

[例] 已知各站中心樁應挖(或填)之數如下表所列, 各斷面間之距離爲 20 公尺, 土工基面寬 18 公尺,  $S = 1.5:1 = 1.5$ , 求體積。

測 站	中心填挖 (d)	(a+d)	(a+d) <sup>2</sup>	(a+d) <sup>2</sup> S	面 積
11+050	2.9	8.9	79.21	118.81	118.81
11+100	4.7	10.7	114.49	171.74	$\left. \begin{array}{l} 343.48 \\ 491.52 \\ 939.86 \\ 312.12 \\ 86.64 \end{array} \right\} \times 2 =$
11+150	6.8	12.8	163.84	245.76	
11+200	11.7	17.7	313.29	469.93	
11+250	4.2	10.2	104.04	156.06	
11+300	1.6	7.6	57.76	86.64	

$$\frac{ab}{2} = \frac{6 \times 18}{2} = 54$$

$$\begin{array}{r} 2292.43 \\ 10 \times 54 = 540 \\ \hline 1752.43 \\ \times 10 \end{array}$$

總體積 = 17524 立方公尺

上表中第四行之平方,可用平方表求之;第五行之積,可用計算尺算之。

(2) 土方表 水平斷面之體積,可用土方表檢得之,較計算為便捷。土工旁坡傾斜度(S),普通為 1:1, 1.5:1, 及 2:1 三種。按每種傾斜度製成一表,表中列各種中心樁挖深或填高數,及土工基面寬。所檢得者為 100 公尺(或任何單位)長一段之體積,若相鄰二斷面間距離,非為 100 公尺者,須將總結果按比例改正之。

### 土方表 (S=1.5:1)

100 長之立方數

挖深或 填高數 (d)	基 面 寬 (b)					
	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						

土方表有單行本可購,上列者爲其普通式樣也。

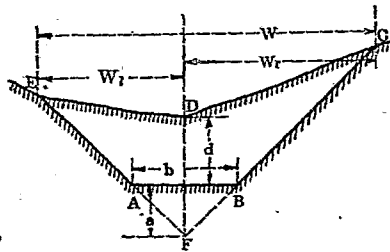
(3)圖解 以  $\frac{b}{2s}$  之值代  $a$ , 則公式 [81] 變成

$$A = d(b + Sd)$$

在同一種土工中,基面寬及旁坡傾斜度均有定值,故  $b$  及  $S$  爲常數而上式中之面積  $A$  祇隨  $d$  而變。以  $d$  爲縱坐標,  $A$  爲橫坐標,將相當於  $d$  之各  $A$  值,點於方格紙上,聯成曲線,則橫斷面面積,即可按圖一索而得。既得面積後,即可用底面公式列表計算體積如下。

斷 面 距 離	面 積	體 積	
		填	挖

479. 二斜線斷面 土  
 工中中心樁與邊樁(旁  
 坡與天然地面之交點)  
 之高度,恆爲已知。中心樁  
 至邊樁間,倘地面尙屬平  
 整者,恆可假定爲一直線,  
 於是成二斜線之斷面,如



第 176 圖 二斜線斷面

## 第 176 圖。

(1) 計算 所求之橫斷面面積，乃為  $A B C D E$ ，即從  $E A F B C D$  四邊形中，減去三角形  $A F B$  是也。

四邊形之面積為

$$\begin{aligned} & \frac{W_l}{2}(a+d) + \frac{W_r}{2}(a+d) \\ &= \frac{W_l + W_r}{2}(a+d) = \frac{W_l + W_r}{2} \left( \frac{b}{2S} + d \right) \end{aligned}$$

三角形之面積為  $\frac{ab}{2} = \frac{b^2}{4S}$

故所求橫斷面面積為

$$A = \frac{W_l + W_r}{2} \left( \frac{b}{2S} + d \right) - \frac{b^2}{4S}$$

令  $W =$  邊樁總距  $= W_l + W_r$ ，則上式變為

$$A = \frac{W}{2} \left( \frac{b}{2S} + d \right) - \frac{b^2}{4S} \dots\dots\dots [83]$$

上式雖可用計算尺計算，或製表以資檢查，但均不若圖解法為簡便，茲述圖解法如下。

(2) 圖解 二斜線斷面舊有圖解法，皆不免失之繁複；本節所介紹之圖解法，\* 係根據諾謨術 (Nomogram) 製圖，其法非特便捷異常，而且準確可恃。

公式 [83] 可分二部求之，用第 177 圖以求  $\frac{b}{2S}$  及三角形面積  $\frac{b^2}{4S}$ ，用第 178 圖以求四邊形面積，從四邊形減去三角形，即得所求之橫斷面面積。茲設例以明該圖用法如下：

\* 製圖之原理及方法，見中國工程雜誌第五卷第一號趙國華所著

『土方工程之圖表算法』

〔例〕  $b=6.00$  公尺;  $S=2:1=2$

第一斷面之中心樁挖深 (或填高) 數  $=1.04$  公尺

第一斷面之邊樁總距  $=9.32$  公尺

第二斷面之中心樁挖深 (或填高) 數  $=2.31$  公尺

第二斷面之邊樁總距  $=12.31$  公尺

二斷面間之距離  $=20$  公尺, 求二斷面間之體積。

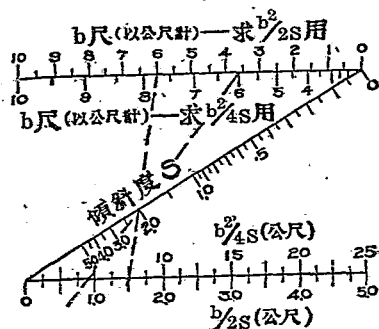
1. 使三角板之一邊,

經過第 177 圖之  $b$  線上之 6 及  $S$  線上之 2, 則該邊交  $\frac{b}{2S}$  線上之 1.50, 即為

$\frac{b}{2S}$  之值。

2. 用第 177 圖同樣

求得  $\frac{b^2}{4S} = 4.50$  平方公尺。



第 177 圖

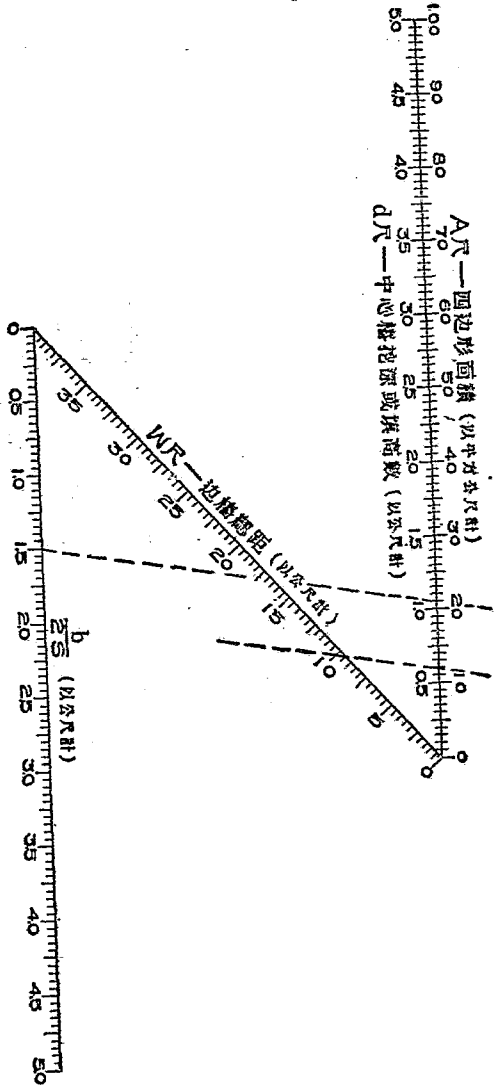
3. 在第 178 圖上, 使三角板之一邊經過  $\frac{b}{2S}$  線上之 1.50, 並經過  $d$  線之 1.04, 於是推平行線, 使該邊經過  $W$  線之 9.32, 則該邊交  $A$  線於 12.00, 即為四邊形之面積。

4.  $12.00 - 4.50 = 7.50$  平方公尺, 即為第一斷面之面積。同樣求得第二斷面面積為  $23.20 - 4.50 = 18.70$  平方公尺。

故二斷面間之體積為  $\frac{20}{2}(7.50 + 18.70) = 262$  公尺<sup>3</sup>。

480. 不規則斷面 地面起伏太甚, 不能假定為二斜線斷面者, 是謂不規則斷面。

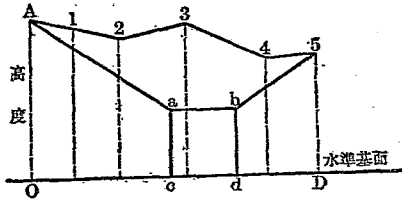
(1) 計算 如第 179 圖,  $Aa b 5$  為所求之面積。1, 2, 3



第 178 圖



各點之高度,及與起點之距離,均已測得。a, b 二點之高度,則係規定者。A O D 5 為若干虛線梯形之和,名曰原有斷面; A O D 5 b a 為



第179圖 不規則斷面

若干實線梯形之和,名曰設計斷面。二者宜分別列表計算之。從原有斷面減去設計斷面,即為所求之面積。

不規則斷面面積計算表 第 頁

斷面數	點次	起點距	高度	平均高度	部分距離	部分面積	合計面積
3+450	0	0	19.3	17.9	6.7	119.9	346.2
	1	6.7	16.5				
	2	14.7	14.9	13.8	7.3	100.7	
	3	22.0	12.6				
3+500							

(原有斷面或設計斷面均可適用)

(2) 圖解 若不列表計算,可將斷面繪於方格紙上,用面積計或計算方格數以求得面積。

### 棱柱體改正數

481. 三角形棱柱體改正數 由第 477 節見用棱柱體公式計算之三角棱柱體體積為

$$\frac{l}{6} \left[ \frac{1}{2} b_1 h_1 + 4 \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{b_1 + b_2}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} \right) + \frac{1}{2} b_2 h_2 \right]$$

用底面公式計算之三角棱柱體體積為

$$\frac{l}{2} \left[ \frac{1}{2} b_1 h_1 + \frac{1}{2} b_2 h_2 \right]$$

以上二式相減，得改正數為

$$\frac{l}{12} [(b_1 - b_2)(h_2 - h_1)] \dots\dots\dots [84]$$

由上式可見(1)若二斷面之高或底邊(即  $h$  或  $b$ )有一相等，則改正數為零。(2)若二斷面約略相似，(實際上因二斷面間之距離甚近，故大抵約略相似)則改正數為負號。換言之，即用底面公式所算得之體積，常嫌太大也。

若有一底邊成一點，則該棱柱體變成三角形角錐，於是  $b_1$  及  $h_1$  皆為零，而改正數變為  $\frac{l}{12} (-b_2)(h_2) = -\frac{l b_2 h_2}{12}$ 。

但三角形角錐之體積為三分之一高乘底之面積，即  $\frac{l}{3} \left( \frac{1}{2} b_2 h_2 \right) = \frac{l}{6} b_2 h_2$ 。又用底面公式計算該角錐之近似體積為  $\frac{l}{2} \left( \frac{1}{2} b_2 h_2 + 0 \right) = \frac{l}{4} b_2 h_2$ 。故遇此等極端情形時，改正數為近似體積之三分之一，或真確體積之二分之一。故用底面公式計算填挖交界處角錐或楔體之體積時，須知該體積雖屬不大，而改正數則比較甚大也。

482. 水平斷面棱柱體改正數 真正水平斷面，實際上甚為少見；天然地面之近於水平者，遂假定其為水平，以省計算。其由假定而生之差誤，常較棱柱體改正數為大，故水平斷面鮮有用改正數者。

水平斷面既為梯形，其改正數等於兩個三角形之改正數之差。引用公式 [84]，參照第 175 圖得

$$\text{改正數} = \frac{l}{12} (W_1 - W_2)(h_2 - h_1) - \frac{l}{12} (b_1 - b_2)(a_2 - a_1)$$

$$= \frac{l}{12} (W_1 - W_2) (h_2 - h_1) - 0$$

但  $W_1 - W_2 = 2S (h_1 - h_2) = -2S (h_2 - h_1)$

由是 改正數  $= -\frac{ls}{6} (h_2 - h_1)^2 \dots\dots\dots [85]$

上式中無論  $h_2 - h_1$  之值為正或為負,其乘方必為正,故改正數必常為負號,換言之,即用底面公式計算水平斷面體積者,常失之於過大也。

483. 二斜線斷面棱柱體改正數

(1) 計算 二斜線斷面,可分為左右二部分,各成三角形,用公式 [84], 並參照第 176 圖,得左邊之改正數為

$$\begin{aligned} & \frac{l}{12} [(a+d') - (a+d'')](W_i'' - W_i') \\ & = \frac{l}{12} (d' - d'')(W_i'' - W_i') \end{aligned}$$

同樣,得右邊之改正數為

$$\frac{l}{12} (d' - d'')(W_r'' - W_r')$$

故總改正數為

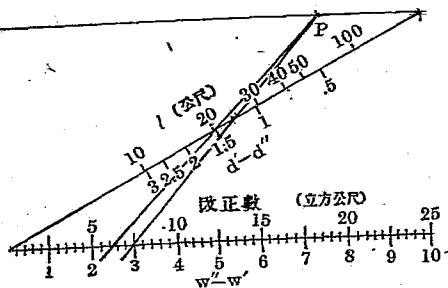
$$\begin{aligned} & \frac{l}{12} (d' - d'') \{ (W_i'' + W_r'') - (W_i' + W_r') \} \\ & = \frac{l}{12} (d' - d'')(W'' - W') \dots\dots\dots [86] \end{aligned}$$

- [例] 第一斷面中心挖深(或填高)數 = 1.04 公尺
- 第一斷面邊樁總距 = 9.32 公尺
- 第二斷面中心挖深(或填高)數 = 2.31 公尺
- 第二斷面邊樁總距 = 12.31 公尺
- 二斷面間距離 = 20 公尺

將以上各數代入 [86] 式,得改正數爲

$$\frac{20}{12}(1.04-2.31)(12.31-9.32)=6.3 \text{ 公尺}^3$$

(2) 圖解 公  
式 [86] 亦可用諸  
謨術圖解之。如第  
180 圖\* 共有四  
尺,爲二斷面間之  
距離,二斷面中心  
挖深或填高數差  
( $d'-d''$ ), 邊樁總



第 180 圖

距差 ( $W''-W'$ ), 及改正數四者。仍用前例得

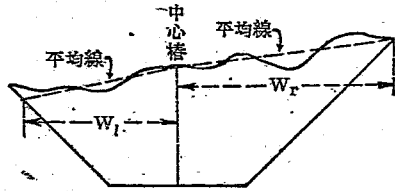
$$d'-d'' = -1.27, \quad W''-W' = +2.99$$

使三角板一邊經過 ( $W''-W'$ ) 尺之 2.99 處, 及 ( $d'-d''$ ) 尺之 1.27 處, 而交 A 線於一點 P。旋轉三角板, 使該邊經過 P, 及 L 尺之 20 點, 交改正數尺於 6.3 處, 即爲所求之改正數。其正負號視  $d'-d''$  及  $W''-W'$  之正負號而定。圖解所得之結果, 雖與計算所得者, 微有出入, 而實際上已足敷應用。

484. 不規則斷面棱柱體改正數 不規則斷面之棱柱體改正數, 甚難計算, 但若視其爲二斜線斷面, 而借用公式 [86], 以計算改正數, 亦無顯著之出入。或在斷面圖上, 從中心樁起, 左右各作一平均線, (即填挖相等) 使不規則斷面變成二斜線斷面, 而面積不變, 如第 181 圖。於是量得  $W_1$

\* 見中國工程雜誌第五卷第一號趙國華所著『土方工程之圖表算法』。

及  $W_r$ , 代入公式 [86], 以得不規則斷面之改正數。倘不規則斷面面積, 係繪圖以量得者, 此法僅須多作二平均線, 並不增加許多繪圖手續也。



第 181 圖

485. 山坡上之土工  
 山坡上之土工, 有時為半填半挖, 如第 172 圖之 (丙) 者, 其斷面可視為二個三角形所合成。可分別用公式 [84] 以計算其改正數。

## 第三十八章 繪圖儀器及用品

486. 鉛筆 製圖宜用細膩鉛筆。天氣乾燥時，宜用較硬者，如 6H；潮溼時宜用較軟者，如 4H。一端可削成尖銳圓錐形，以便作點寫字及畫曲線；他端宜削成楔形，以便畫直線。鉛之露出部分，至少須長一公分，可用細砂紙磨之。

487. 直線尺 直線宜用直線尺畫之，長者約二公尺，其一邊傾斜作楔形。以木、賽璐珞，或鋼製之，而以鋼製者為最佳。

每一直線尺，初次應用時，必須試驗其線是否處處確成直線。其法用鉛筆緊貼斜邊，作一甚細之直線，乃倒轉直線尺之兩端，置尺於鉛筆線之他側，再作一直線。須二線處處吻合，該尺始能應用。

488. 丁字尺 丁字尺可用以作平行直線。使用時須注意：(1) 照上節方法，試驗其線是否筆直。(2) 除非確知其二邊完全平行者，祇能專用其上邊，不宜用其下邊。(3) 常將尺頭緊貼圖板之左邊；倘用左手畫線，則貼於圖板之右邊。(4) 不宜令尺頭貼於圖板之上邊或下邊，以作正交之線，蓋因普通圖板之相鄰二邊，鮮有真成直角者也。凡精密之圖，不宜使用丁字規。

489. 三角板 三角板可用以推平行線，畫短直線，畫若干種角度，及作垂直線等。以賽璐珞製者為最佳。每副三角

板初次應用時，必須照第 487 節之法，試驗其各邊是否筆直，並須試驗其各角度是否準確。每副三角板計分二塊，其一之角度為  $45^\circ + 45^\circ + 90^\circ$ ，又其一為  $30^\circ + 60^\circ + 90^\circ$ 。(1) 直角之試驗。緊貼直角之一邊於直線尺，用其他邊作一垂直線，翻轉三角板，使原邊仍緊貼直線尺。若直角不準確，則垂直之他邊，不能與垂直線相密合。(2)  $60^\circ$  角之試驗。用圓規作一等邊三角形，則其各角皆為  $60^\circ$ ，即可將三角板與之相比較。(3)  $30^\circ$  及  $45^\circ$  之角，亦可作圖以比較之。

490. 公尺 現時測量皆用公尺制，故製圖亦用公尺。長為三十公分，其兩邊應成斜坡。精緻者於斜坡上膠以白色賽璐珞一層，於其上刻成半公釐之小格。

491. 分角器 地形用之分角器，見第 263 節。更精密者，以銅製之，附有遊尺。普通則皆用賽璐珞製者。

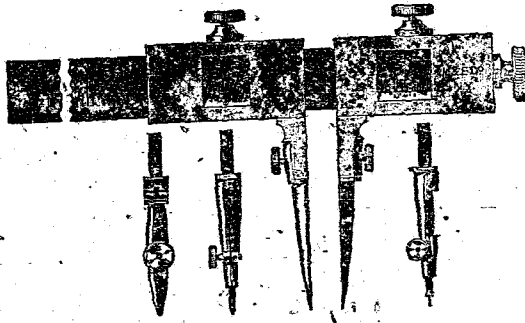
492. 直線筆 直線筆為注墨水作直線之儀器。正式畫線之前，須用另紙試之，以察所作之線，是否光潤勻淨。執筆宜直而微向右傾，其螺旋須向外。筆尖着紙宜輕，貼於直線尺或三角板而徐向右移動。每次用畢，須將筆中餘墨揩淨。

493. 曲線筆 曲線筆與直線筆相似，惟其筆頭可以旋轉，以便於畫曲線。但有經驗之繪圖者，多喜用鋼筆尖，以畫等高線及他種細曲線，不喜用曲線筆也。

494. 兩腳規 兩腳規可用以等分一直線，或用以量圖上之距離，但如欲移尺上之距離至圖上時，不可用兩腳規，因其既慢而又不準確也。

繪圖兩腳規 (Proportional divider) 者，可用以移距離至較大或較小縮尺之圖上。譬如欲將原圖縮小或放大三分

之一,可旋轉螺  
旋,俾一端二尖  
腳間之距離,與  
他端二尖腳間  
之距離成三與  
一之比。

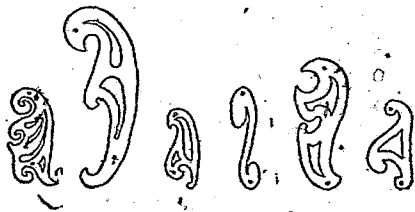


第 182 圖 桿狀圓規

495. 圓規  
圓或圓弧,可用  
圓規畫之,用時

須將其兩腳向內屈折,使筆及針皆與紙面近於垂直。圓規  
之小者,可畫直徑小於一公釐之小圓;圓弧之甚大者,則須  
用桿狀圓規 (Beam compass) 作之,如第 182 圖。

496. 曲線板 曲線板共有三種:(1)鐵路曲線板 (Rail-  
road curves), 為畫鐵路,公路等圓弧之用,每副有數十塊,半  
徑大小不等,以木或賽璐珞或金屬製之。(2)雲形板 (French



第 183 圖 雲形板

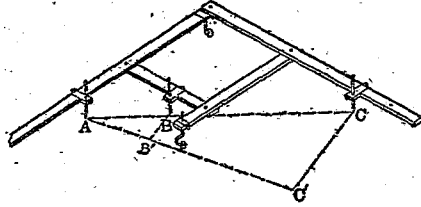
第 183 圖。(3)軟曲線板,  
係金屬所製,可任意屈  
曲之,以適合各種形狀  
之曲線。

497. 縮放儀 縮放  
儀 (Pantograph) 為繪圖

所用之儀器,係用金屬或硬木四條,構成一平行四邊形。A,  
B, C 三點 (第 184 圖) 中之一點為固定,其他二點可以  
移動,其餘各支點,僅為支持儀器之用。二移動點中之一為

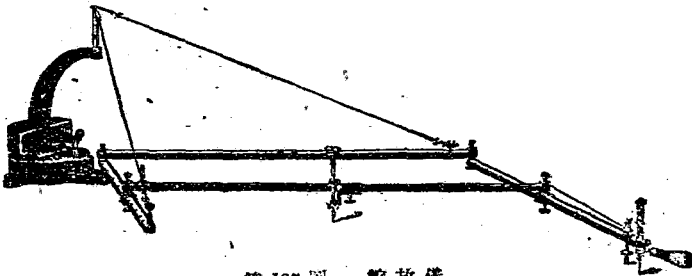


鉛筆，一為描圖之針。因其相互間之位置有一定之配合，故所描成之圖，與原圖處處相似，其縮尺或與原圖相同，或放大較小，均無不可。



第184圖 縮放儀

縮放儀雖有各種形狀，而其所本之原理則一。其結構之主要條件，為 A, B, C 三點必須在一直線內，且每點必須各在平行四邊形三邊之一或其延長線之上。三點中可令其任何一點為固定，如第 184 圖，A 為固定點，A B C 為一直線，將 C 移至 C'，則 B 移至 B'。因平行四邊形形狀雖變，而 A B' C' 仍為一直線，故  $BB':C'G = AB:BC$ 。由是可知若將 A, B, C 各點在桿上移動，以變其相互間之位置，祇須保持三點仍在一直線內，任何縮尺之圖，皆可謄就。儀器之四桿上，各刻有數字，自 1:1 至 1:10 不等。設將 A, B, C 三點各移至 1:3 處，則三點仍成一直線，而所謄之圖，較原圖縮小三倍；反之，若將描圖針與鉛筆互易其位置，則所謄之圖較原圖放大三倍。



第185圖 縮放儀

第 184 圖爲最簡單之木製縮放儀,第 185 圖爲金屬精製縮放儀,使用時須置一水準管於銅桿上,以驗各桿是否皆成水平。

498. 繪圖紙 繪製地形原圖所用之紙,務須十分堅實,經硬橡皮措擦後,用紅墨水試之,須着紙不滲散者乃可,蓋因紅墨水着紙最易滲散也。

499. 摹圖紙及摹圖布 摹圖紙 (Tracing paper) 以堅實透明爲尙,除舶來品外,我國摹帖所用之油紙,亦可應用,維質脆易裂耳。

凡圖須保存較久者,宜用摹圖布 (Tracing cloth) 繪之,摹圖布爲半透明質,其伸縮較紙爲小。

500. 方格紙 方格紙亦以堅結爲尙,有厚薄二種,薄者爲半透明,可供藍曬。其最小方格,尋常皆爲一公釐見方,色以橙黃爲宜,可供繪製縱橫斷面及各種曲線之用。

更有一種扁格紙,名曰縱斷面紙 (Profile paper), 專供繪製縱斷面之用。

501. 藍曬紙 藍曬紙 (Blue print paper) 爲藉光印圖最通用之紙,市上可以購得,自製亦甚容易,其法係用下列二種溶液:

第一種溶液	}	檸檬酸鐵 (Citrate of Iron and Amonia)	1 份 (以重量計)
		清水	5 份 (以重量計)
第二種溶液	}	赤血鹽 (Red-Prussiate of Potash)	1 份 (以重量計)
		清水	5 份 (以重量計)

以上二種溶液之量，宜各相等。混合後，在暗室中，用排筆蘸之，塗於道林紙或他種堅結白紙之一面。宜縱橫塗之，使之勻淨。待乾後，卷而密封之，使不透光，即可備用。

用如此配合藥品所製之藍曬紙，暴於日光中，須三五分鐘，即能成圖。如更須縮短時間，可略增加檸檬酸鐵之成分。

502. 繪圖墨水 畫圖墨水，裝於小瓶中，有黑、紅、綠、藍、棕各色。宜有燥性，俾着紙易乾。繪製成圖後，受水須不沾污。或以爲本國之黑墨研成汁後，可代黑色墨水，其實並不適宜，蓋因其着紙頗不易乾，受水又不免污損，且其性膠滯，用以注於直線筆中畫線，尚可應用，若用小鋼筆蘸之以畫線或寫字，則非嫌筆畫太細，即嫌不能勻淨也。

## 第三十九章 製圖概說

503. 圖之種類 凡測量中之圖，可分三類：(1) 地形圖。(2) 斷面圖。更可分為縱斷面圖及橫斷面圖二種。(3) 雜圖，如水位曲線圖，等雨線圖，及各種計算用圖等。

504. 製圖各步手續 製圖第一步手續，為繪製鉛筆圖稿，其次上墨，其次摹繪，再後藍曬。茲依次述之如下。

505. 繪製圖稿 圖之準確與否，全繫於圖稿，即以美觀論，亦極關重要。譬如圖稿上之等高線，如果呆滯而乏流利之姿勢，着墨時雖有依樣畫之，無從增進其美觀也。製稿須用硬鉛筆，作點要小，畫線要細，畫曲線要流利。

地形圖，斷面圖，及多數雜圖之底稿繪法，已散見於前各章中，茲不重述。

506. 上墨 (1) 圖稿尙未全部畫成之前，不可上墨。(2) 畫線太細者，既不醒目，復傷美觀，初從事繪圖者，每蹈此弊。(3) 畫直線易，畫曲線難，而不用器具，僅用一鋼筆畫不規則曲線為尤難。常見老於繪事者，每畫一不規則曲線時，凝神屏息，每長約一二公分，即稍行停頓，逐段延長之。妙在銜接處，毫無痕跡，而全線粗細均勻，光潤異常。若一氣繪成一長段，勢難佳也。(4) 每次蘸墨水後，瓶蓋須塞緊之，以防墨水易壞，且免潑翻於圖上。

507. 摹圖 (1) 摹圖之目的，大抵係備藍曬。無論用透明

紙或透明布，全圖以用黑色墨水爲宜，俾藍圖可以清晰。紅色尙可藍曬，若藍黃等淺色，皆易透光，不適於摹圖之用。(2)透明布之二邊，須撕去之，然後蒙於圖上，方能平整。(3)透明布正面光滑，反面粗糙，二面均可畫圖，極細之圖，以用正面爲宜，因曬成藍圖，較爲清晰也。(4)無論何面，均須先灑白粉少許，抹勻後，再用布抹去之，然後方能受墨。(5)畫線宜較原圖稍粗，太細則曬成藍圖，模糊難辨。(6)圖上如有擦改，宜先用硬橡皮輕擦之，再用軟橡皮擦之，最後用滑石磨擦之，以恢復布面光亮，並免重畫時墨汁有滲散之虞。(7)摹圖布伸縮頗大，重要之線，最好於一日中畫畢之。

**508. 藍曬** 在較暗處將繪就於透明布或透明紙上之圖及藍曬紙，納入玻璃鏡框中，使圖之正面貼於玻璃，藍曬紙塗藥之一面貼於圖，最後以氈覆之，乃旋緊鏡框背後之螺旋，令圖紙與玻璃相貼緊。置日光中曬之，玻璃宜與太陽光線成正交，而其上不可有任何物影。經相當時間後，將藍曬紙自玻璃框中取出，勿令感光。速入清水中蕩漾之，俟所塗之藥，完全洗去，而現出白色圖樣後，取出掛於陰處待乾。

藍曬所需之時間，因藥品之性質與分量，摹圖紙之透明程度，及日光之強弱而異。尋常有數分鐘即足。如未確知其所需時間者，可切片紙試驗之。凡藍曬時間不足者，字畫雖白而紙之藍色太淡；時間過久者，紙現深藍色，而字畫亦微帶藍色或黃色。最佳之藍圖，爲紙現美麗之藍色，而字畫雪白清楚。

陰天或強烈燈光下，亦可曬圖，惟所需時間較久，須先試驗以確定之。

用薄道林紙或半透明紙曬圖者，所需時間，亦須較久。

509. 太陽紙 藍曬之法與攝影相似，透明圖相當於攝影用之底片，因透明紙圖為正圖，故所曬成之圖乃為負圖 (Negative prints)，即藍底而白線也。太陽紙 (Vandyke solar paper) 者，為一種容易感光之曬圖用紙，可以使曬成之圖為正圖 (Positive prints)，即白底而黑線或棕色線或藍線是也。用太陽紙曬圖之法，與藍曬法相似，雖並不直接以透明圖為底片，而用透明圖在太陽紙上另製一負的底片，再用此負的底片在太陽紙或藍曬紙上曬成白底正圖。

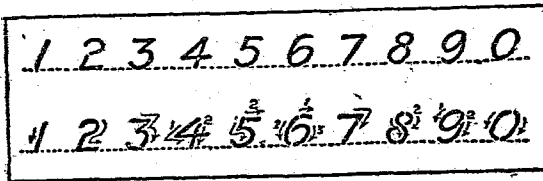
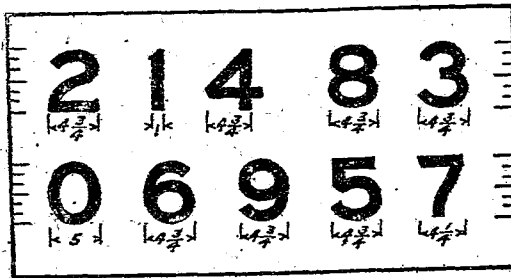
(甲) 用太陽紙製底片之法 將透明圖及太陽紙納入鏡框中，使圖之正面貼於太陽紙，而反面貼於玻璃。移置日光中曬之，閱數分鐘，迨太陽紙露出於透明圖外之部分變深濃之褐色為止。(未感日光之太陽紙本為淡黃色) 乃取出，用清水沖洗之，至少五分鐘，則其色漸淡。再以十四公分之磷氧鈉 (Hyposulphite of Soda) 溶於一公斤清水中，將紙浸於此溶液中，歷相當時間，至線成白色，紙變深棕色為止；過久則起斑點，非所宜也。或用排筆蘸上述溶液刷洗之亦可。無論沈浸或刷洗，最後終須用清水漂之，約歷二十分鐘，取出掛於暗處，乾透即成底片。用此底片以代透明圖，可曬成無數白底色線之正圖。

(乙) 將太陽紙底片及普通藍曬紙置入鏡框中，使棕色之一面與藍曬紙塗藥之一面相貼，太陽紙之他一面則與玻璃相貼。置日光中曬之，與尋常藍曬相同。如此曬成之圖，為白底藍線；倘喜白底棕色線者，可用太陽紙代藍曬紙。

(丙) 用太陽紙底片曬圖，有優於尋常藍曬者三點：

(1) 透明圖一俟太陽紙底片製成後，即不需用，可收而藏之，以免損壞。(2) 倘曬圖甚多者，可製底片數張，俾可用多數鏡框，同時曬之，以省時日。(3) 曬成之圖，因係白底，可用任何顏色之鉛筆或墨水在其上修改或註字，尋常藍圖，則非用白色膠不顯也。

510. 圖上字體及註字之法 圖上之文字及數字，必須端正美觀。若繪圖甚精而字跡惡劣，則該圖即大為遜色，故寫字與繪圖，有同等之重要性也。



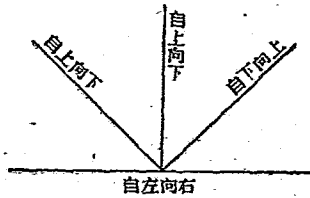
第 186 圖

圖上通用之字體，有正楷，宋體，隸書三種。正楷及隸書二種，繕寫較為省時，雖不易工整。作宋體字，須先畫方格，用最小筆尖描寫，習之數

月即工。

除文字外，尚有數目字，其寫法及式樣如第 186 圖。凡較大之數字，宜先打方格，然後用小鋼筆徐徐描寫，每字縱占六格，橫占格數，須視數字之寬窄而定，如第 186 圖。較小之數字，不須方格，僅須作上下二平行線，用鋼筆繕寫，普通皆作斜體。

在線上註字,有一定之方式;凡線係橫者,應自左向右;線係縱者,自上向下;線在右上及左下方向內者,自下向上;在左上及右下方向內者,自上向下,如第 187 圖。



第 187 圖 註字之法

511. 保持圖之清潔 製圖稿及上墨時應注意下列各項,以求圖之清潔:(1)三角板直線尺等,於應用前,必須拂拭之;有時尚須入水洗滌之。(2)手指必須乾淨。(3)時常拂拭圖紙。(4)除正在繪畫之一部分外,其餘已成之部分,須用紙或布覆蓋之。(5)每日工作完畢後,全圖須用布蓋之。



## 第四十章 地形圖之完成

512. 地形圖上應備具各項 地形圖上,除控制點,房屋,道路等一切建築物及等高線外,尚須備具下列各項,始告完成:(1)醒目之標題;(2)縮尺;(3)子午線;(4)測量日期及測繪者姓名;(5)簡單之圖框;(6)說明;(7)圖例;(8)水準基面。

513. 標題 標題最宜位置於圖之右下角,蓋欲從一疊圖中檢出一圖,以翻右下角爲最便也。但右下角倘無地位者,可書於其他適宜之空處。

標題須能完全標明本圖之意義,而文字又忌冗長,以簡潔明瞭爲主。

字體之大小,初無一定,須視圖幅之大小,空間之寬窄,字數之多少而定。直寫不如自左向下橫寫爲佳,蓋因縮尺常繪於標題之下也。

大區域之地形圖,張數甚多,其標題通常僅於總圖中有之。

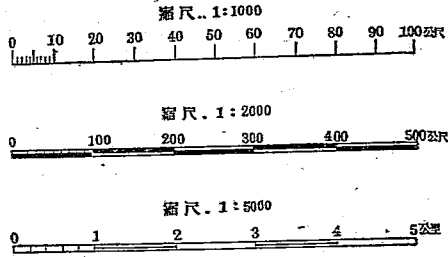
514. 縮尺 縮尺須以數字標明,其寫法如

縮尺: 1:2000

或 縮尺:  $\frac{1}{2000}$

或有寫作 1 公分 = 20 公尺者,未免有背數學原理,殊非所宜。

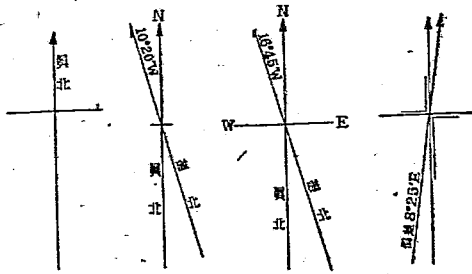
縮尺除以數字標明外，宜更繪一尺於下，如第 188 圖。圖上距離可用兩腳規在此縮尺上量之，因其隨紙伸縮，可比用他尺量者為準確也。



第 188 圖 縮尺

縮尺之位置常在標題之下。

515. 子午線 子午線可位置於圖之任何空處。用磁針方向者，須於其北端標明『磁北』二字；用真方向者，須畫二線，各於其線上標明『真北』及『磁北』字樣，並註明



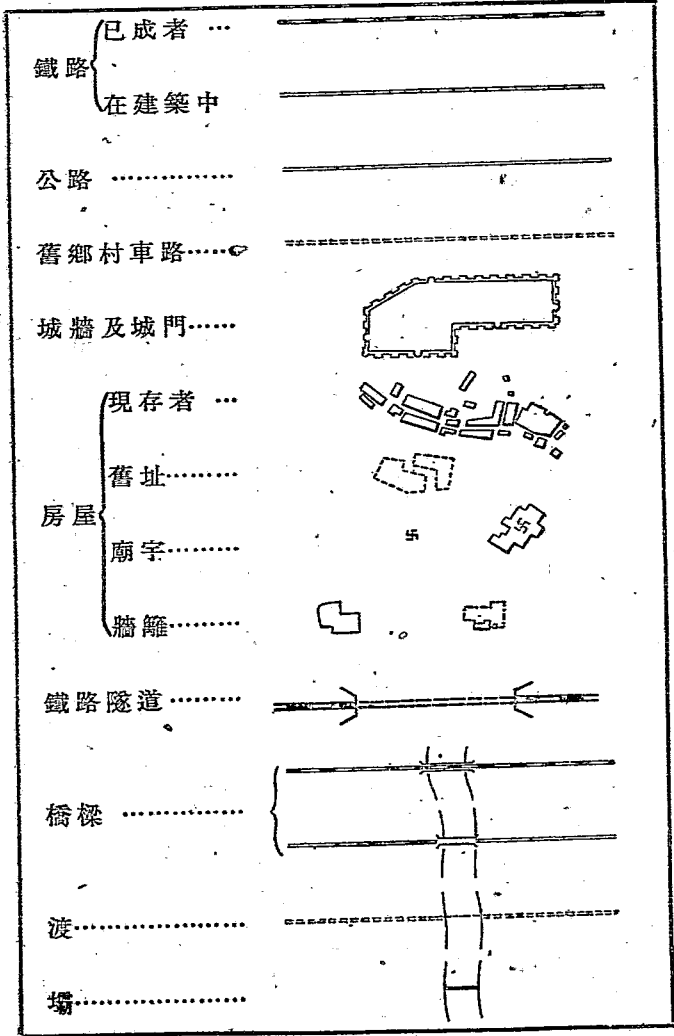
第 189 圖

磁針偏差。子午線之畫法，以簡單為佳，如第 189 圖。

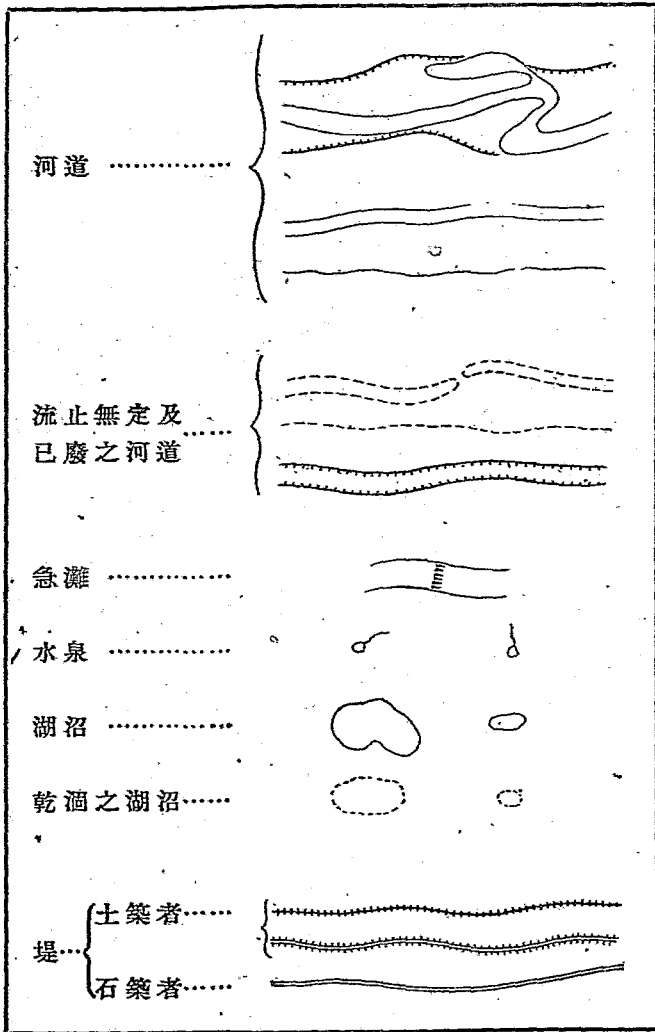
佈置圖稿時，不必定使子午線與圖之左右二邊相平行；但廣大區域之地形圖，常為整幅之圖，佈置圖稿時，恆以圖之上下二邊為正東西線，故恆不另繪子午線。

516. 圖框 圖框以簡單為尚，僅須約一公釐之粗線一條，至多於其內側加一細線。或有將圖框畫成極繁複之花紋者，非特虛耗時間，而且反涉纖巧，不足取也。

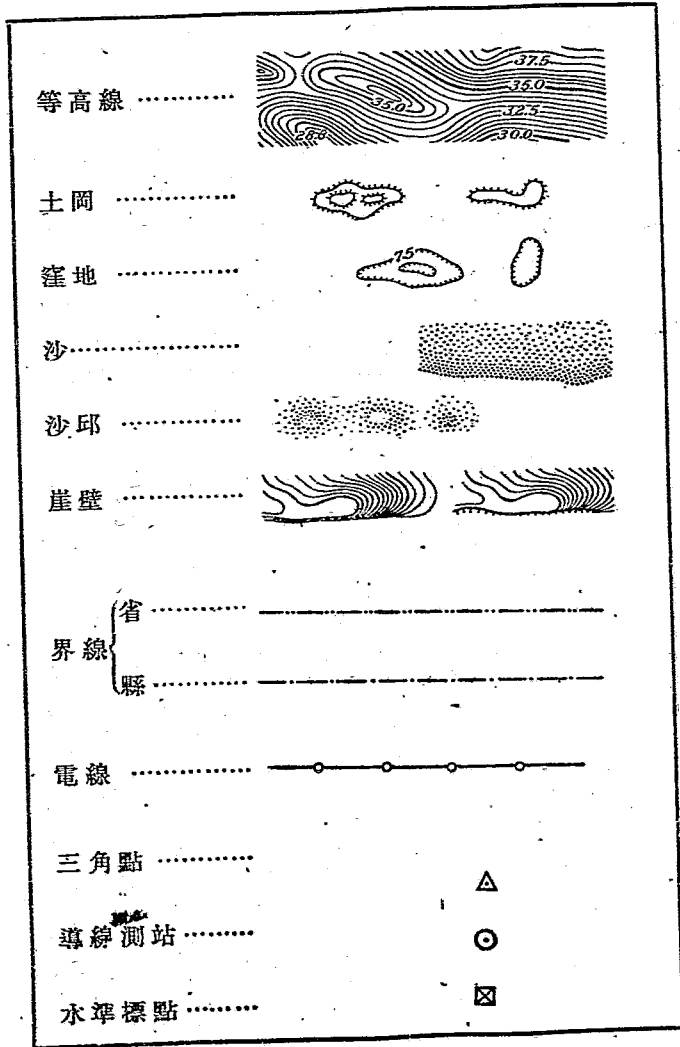
517. 圖例 圖例為地形圖中之各種記號，所以代表地



第 180 圖 圖例



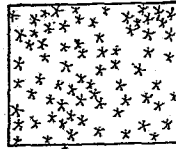
第 191 圖 圖 例



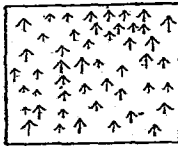
第 192 圖 圖例



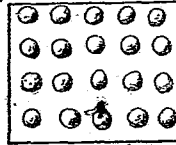
落葉樹



常綠樹



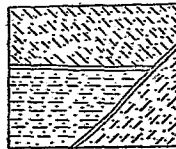
竹林



公園



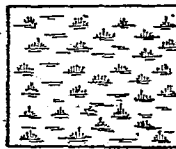
普通草地



濕地



鹽灘



灣

第 193 圖 圖 例

形以及各種建築物者。通用之圖例如第 190 至 193 圖。

圖例宜繪於圖之右下角或左下角。

518. 各色墨水之應用 地形圖上各物宜用一定顏色之墨水繪之。普通三角點或導線用紅色，等高線及其高度數字用棕色，水線用藍色，沙灘用棕色，其他一切之畫與字用黑色。

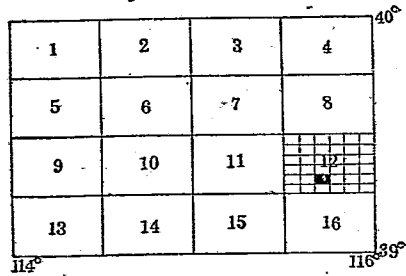
519. 水準基面 等高線高度所根據之水準基面，須註明於圖上。此項說明之位置，可在圖例之下，或在縮尺之下，或在

下邊圖框之外，均無不可。

520. 圖之擦拭 上墨之後，所有鉛筆線及紙上污垢，宜用軟橡皮或乾麪包擦去之。摹圖布繪竣之後，可用軟細布蘸汽油抹之，則污垢及鉛筆線盡去，而圖不傷。

521. 圖之編號 地形圖之張數多者，必須編號，以便檢

茲將前順直水利委員會之地形圖編號方法介紹於下。其地形原圖，每張包括經度五分，緯度二分半。合三十六張原圖為一總圖，合十六張總圖為一區。故每區包含經度二度，緯度



第 194 圖 地形圖之編號

一度。每張原圖之圖號，共有四數：(1)區之右下角之經度，(2)區之右下角之緯度，(3)區之號數，(4)原圖號數。例如第 194 圖為一區，其中塗黑之一原圖之完全圖號為  $116^{\circ}-39'-12-27$  是也。此號數宜註於原圖邊框外之右下角，及反面左右二邊上，以便檢查。





## 第五編 儀器之校正愛護及修理

### 第四十一章 儀器之校正

522. 校正儀器之重要 儀器失於校正 (Adjustments) 者,測法無論如何精密,觀測無論如何審慎,終不能得精確之結果,且往往引起鉅大之錯誤,致所有工作,悉等於零。故校正儀器,實為測量中第一重要工作。下列信條,凡從事測量者,必須遵守之。

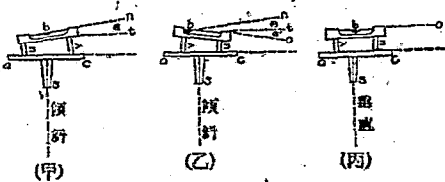
凡一儀器,初次到手,無論其為新自廠家購來,或由他人移交,絕對不可信其為無誤,無論如何,必須逐步檢驗之,發見有誤,精密校正之。

523. 校正儀器之通則 下列各條,為一般測量儀器 (流速計除外) 之校正通則: (1) 每一儀器,常有若干部分需要校正;每一部分之校正,包含二步手續,即檢驗與撥正是也。(2) 儀器各部之校正,須依本書敘述之次序為之,不可先後顛倒。(3) 撥正常用撥針,以轉動螺釘。針之粗細,宜與螺旋頭之孔大小相稱。撥針過細者,容易使孔擴大。又每一儀器,僅備撥針一枚,每易遺失。補製須以堅鋼為之,或以小鋼釘代之亦可。(3) 倘儀器各部差誤甚大者,每一部分,第一次僅須約略校正之,毋庸過事精密,蓋當校正一部時,往往足以影響其他業經校正各部,故常須反復為之,逐次改正少許,以臻完善。最後一步重要手續,為依次精密檢驗各部是

否皆已校正完善。(4)螺釘太鬆者，各部容易走動，故校正後，應注意各螺釘是否旋緊。(5)十字線環上有上下左右四螺釘。欲使十字線向左右移動者，必須先鬆上下二螺釘，然後用撥針轉動左右二螺釘，至縱線達適當位置而止；欲使十字線向上下移動者，必須先鬆左右二螺釘，然後用撥針轉動上下二螺釘，至中橫線達適當位置而止。若不先鬆一對螺釘，他一對螺釘不易轉動；若加以大力，則螺釘每致折斷。(6)校正儀器時，宜以傘遮之，以免氣泡受日光而兩端膨脹不均。此影響對於水準儀尤為重大。

524. 反轉法 無論何種校正，皆藉反轉法 (Method of reversion) 以發見差誤。詳言之，即將儀器之某部反轉之，則所見差誤為真實差誤之二倍，蓋未反轉前，差誤在此側者，反轉後此差誤即移至對側，而其值不變，故所見之差誤，遂為真實差誤之二倍也。茲以水準管之反轉釋明之如下。

如第 195 圖 (甲)，氣泡居中，其軸  $b n$  必為水平。但二支柱  $u, v$  之長短不等，故  $a c$  面不為水平， $a$  端高於  $c$  端，因  $u$  短於  $v$  也。今設欲使  $u, v$  相等，而令  $b n$  與  $a c$  相平行。換言之，即令  $b n$  處於  $b t$  位置，而與  $a c$  面有同樣之傾斜度  $e$ 。此所欲改正之差誤  $e$ ，係在  $b t$  線之上面。令  $a c$  面固定不動，取去水準管，反轉置之，使兩端互易其位置，如 (乙)。因支柱為連結於水準管者，且不變其長短，故水準管反轉後之軸線  $b o$ ，仍與  $a c$  及  $b t$  成



第 195 圖 反轉法

e 角,但不復在 b t 之上而在其下矣。換言之,即反轉法乃僅使差誤在此側者,移至對側,而總差誤  $e + e' = 2e$ , 等於確實差誤之二倍。改正之法,可變更  $u$  及  $v$  之長短,至氣泡回至中央一半,則 b o 與 b t 密合,而  $u$  與  $v$  等長。今若令 a c 面爲水平,則氣泡將回至中央,而軸線 b o 成水平。

今設用螺釘  $u, v$  以聯結水準管於 a c 平面,又令此平面可在 S 軸上旋轉。苟軸線與 a c 平面相垂直,則當旋轉時, a c 之傾斜度不變。又設 a c 平面旋轉  $180^\circ$ , 則水準管兩端將互易其位置,與取去後反轉置之者相同。此蓋與上文所述之理由及結論不背也。讀者須注意當未校正前, (甲及乙) S 軸爲斜者,既校正後, S 軸即成垂直矣 (丙)。

525. 經緯儀之校正 經緯儀應校正各部之主要線有五: (1) 視線; (見第 48 節) (2) 水平度盤上水準管之軸線; (3) 遠鏡支軸線; (4) 儀器縱軸線; (5) 遠鏡上水準管之軸線。

主要之校正共有五種,前三種無論如何,不可缺略,後二種除經緯儀須用以測垂直角或用以代替水準儀外,可以從略。五種校正如下:

(甲) 校正水平度盤上之水準管,俾二氣泡居中時,度盤確爲水平。

(乙) 校正十字線,俾遠鏡俯仰時,視線旋轉成一平面。

(丙) 校正遠鏡架,俾前二項校正完成及度盤旋平後,視線俯仰成一垂直平面。

(丁) 校正遠鏡水準管,俾氣泡軸線與視線相平行。

(戊) 校正垂直度盤,俾視線水平時,其游尺讀數爲零。

以上五種校正中之 (甲), 在無論何種經緯儀測量中

均甚重要；(乙)於施測水平角時，各測線長短不等者，頗有出入，而遠鏡須倒轉者，尤為重要；(丙)量高低懸殊之二點間水平角者，甚為重要；(丁)經緯儀須用以代替水準儀者，不可忽略；(戊)雖非必要，但足以增加觀測垂直角之速度。

#### (甲) 度盤上水準管之校正

目的 使二水準管軸線，皆與水平度盤平行，俾二氣泡居中時，度盤確成水平。

檢驗 將二水準管各別檢驗之。有三基座螺旋者，令一水準管與二基座螺旋相平行，固定下盤，旋動此二基座螺旋，使氣泡居中。將上盤旋轉 $180^\circ$ ，仍令水準管與該二原螺旋相平行，維此時水準管之兩端，已互易其位置。倘氣泡不復居中，此水準管必須撥正之。他一水準管，可同樣檢驗之。若有四基座螺旋者，可令一水準管與二對角螺旋相平行，照同樣方法檢驗之。

撥正 (1)轉動水準管一端下之螺釘，令氣泡趨向中央，至半途而止，即撥正一半是也。(2)其他一半，可旋動基座螺旋以改正之，令氣泡確居中央。(3)將度盤旋轉 $180^\circ$ ，以察氣泡是否仍在中央，否則再行撥正之。大概撥正二三次後，即可完成。(4)其他一水準管，可照同樣方法撥正之。(5)將度盤旋轉 $360^\circ$ ，須二氣泡處處不離中央，始稱完善。

原理 上述校正法，即根據第 524 節之原理。

(乙) 十字線之校正 十字線之校正有二：(1)橫線之校正；(2)縱線之校正。前者僅影響及於垂直角或水準讀數，後者則對於各種經緯儀測量，皆有影響，而遠鏡須倒轉者尤甚。

在分別校正縱橫線之前，宜先行試驗縱線是否垂直。可以線懸垂球，浸垂球於水桶中，使之靜止；然後旋平度盤，照準此線，以驗其是否能處處與縱線相密合。更有一法，於旋平度盤後，照準高處一顯著之點，（如塔尖）將遠鏡徐徐下俯；若該點或離縱線，即為縱線並不垂直之故。可旋鬆十字線環上之四螺釘，握螺釘頭以旋轉十字線之環，至縱線垂直為止。然後仍將四螺釘旋緊之。

### 橫線之校正

此種校正，僅於測垂直角或水準時需要之。

目的 使橫線處於物鏡光心移動之平面內；倘橫線不在光心移動之平面內，則對光時視線不免隨之微有變異。

檢驗 (1)於經緯儀附近處釘一樁，立一水準尺於其上，照準之，並使視線略與一百公尺內之地面相平行，讀水準尺上之數而記之。(2)不動遠鏡而讀一百公尺外第二樁上之水準尺而記其讀數。(3)倒轉遠鏡，旋轉度盤，使此倒遠鏡照準近處樁上之尺，切與第一次相同之讀數。將遠鏡固定之，倘橫線在第二尺上之讀數與第一次不同，則該橫線須校正之。

撥正 保持遠鏡於第二次照準遠尺時之位置。將遠尺上前後二讀數平均之；旋轉十字線環上之上下二螺釘，使橫線切於此平均數上。旋轉螺釘之法見第 523 節。此種檢驗及撥正，恆須重複二三次，始克臻完善。其所根據之原理，為反轉法，即遠鏡倒轉一次，發見差誤二倍也。

## 縱線之校正

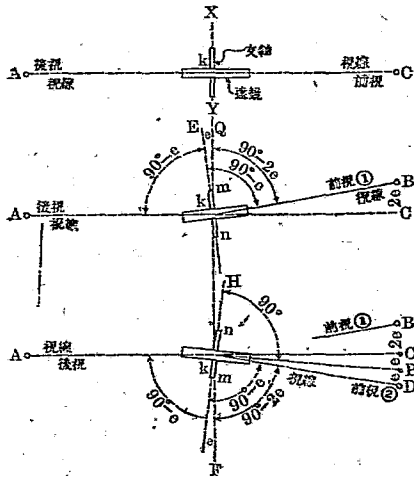
目的 使視線與遠鏡支軸成直角，俾遠鏡倒轉時，視線旋轉成一平面；若不成直角，則不成一平面，而成一圓錐體之面，對於施測導線、三角及引長一直線，皆將發生差誤。

檢驗 (1) 擇一平坦之地，至少約長 200 公尺，安平經緯儀於中間。(2) 在一百公尺外，插一測釘於地上，或擇一固定點，以作後點。(3) 照準後點，倒轉遠鏡，在視線內橫置一大木椿，使之嵌入土中，不能移動，於是在視線內用鉛筆作第一點於椿上。(4) 仍令遠鏡倒置，旋轉度盤，照準後點，反轉遠鏡，（此時已正置）於椿上作第二點。若此二點不相密合，則須將縱線撥正之。

撥正 (1) 用尺量二點間之距離，四分之，作第三點。此第三點與第二點之距離，須等於第一與第二點間距離之四分之一。(2) 旋轉十字線環上左右二螺釘，至縱線照準第三點為止。〔參閱第 523 節之(5)〕仍將四螺釘旋緊之。(3) 再檢驗而撥正之，務使第一與第二點完全密合。

原理 上述方法，名曰二次反轉法 (Method of double reverse)，反轉一次，所見差誤為真實差誤之二倍，反轉二次則四倍也。今解釋其理如下：

如第 196 圖，(上圖)  $XY$  為遠鏡之支軸，設  $AKX$  為直角，則視線校正無誤，蓋因後視於  $A$ ，倒轉遠鏡，視線將旋成一平面，而在  $KC$  之位置，與  $AK$  成一直線。但假令視線未經校正，其差誤為  $e$ 。換言之，即  $AKB$  角 (中圖) 不為直角，而為  $90^\circ - e$ 。當遠鏡倒轉時，視線將旋成一圓錐體



第 196 圖

之面，而在  $K B$  之位置。從圖觀之，見  $Q K B = 90^\circ - 2e$ ，故  $\angle B K C = 2e$ 。仍令遠鏡倒置，旋轉度盤，再後視  $A$  點，（注意下圖支軸兩端  $m n$  之位置）倒轉遠鏡，視線在  $K D$  位置，而  $\angle D K C = 2e$ 。校正儀器時， $C$  點固不能見，但  $B K D$  角則等於  $4e$ ，故從  $D$  點起，於  $B D$  四分之一距離

處標誌一點  $P$ ，移動十字線，使照準  $P$  點，則  $H K P$  成一直角，而視線之校正遂成。

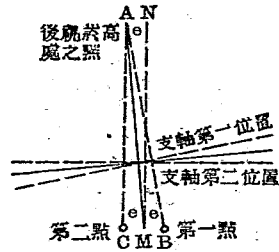
(丙) 遠鏡架之校正

目的 十字縱線之校正，為使視線旋轉成一平面，而校正遠鏡架之目的，則在當度盤旋平時，令此平面為垂直。換言之，即使兩遠鏡架等高，俾支軸與度盤相平行是也。

檢驗 (1) 旋平度盤，照準高處一顯著之點。旋緊上下盤，以免左右移動。使遠鏡俯下，誌第一點於地上。(2) 倒轉遠鏡，旋轉度盤  $180^\circ$ 。以倒置之遠鏡，再照準高處之點。俯下遠鏡，誌第二點於地上。倘二點不相密合，遠鏡架須校正之。

撥正 (1) 在一二兩點正中，標誌第三點。(2) 照準第三點後，使遠鏡仰窺高處之點，則該點勢必偏於十字線交點之左或右。(3) 升高或降低支軸之一端，以使十字線交點與

高處之點相密合。手續上應先鬆遠鏡架頂上之螺釘，然後放鬆或旋緊支軸一端下之左右二螺釘，至十字線交點與高處之點密合爲止。最後仍將遠鏡架頂上之螺釘旋緊。此項校正，亦須反復數次，始能完善。



第 197 圖

原理 因遠鏡僅倒轉一次，故爲一次反轉法，而所見差誤爲確實差誤之二倍。如第 197 圖，當支軸在第一次位置時，其右端較高。後視於 A，俯下遠鏡後，十字線交點落於 B 點。旋轉度盤  $180^\circ$ ，則支軸較高之一端移至左邊，故第二點落於 C。若支軸水平，則視線應經過 B, C 中點 M 密近之處。換言之，即 A 與 M 同在一垂直平面內。但從理論言之，第 197 圖不能確切表示校正之法，且除數種情形外，M 點並不在 B 與 C 之正中。視線所旋成二斜面，以 AC 及 AB 表之，尙未確切。故此問題須用投影幾何解之。但實際上 B 與 C 相距極近，假定 M 爲 B, C 之中點，而令應改正之數爲  $e = CM = NA$ ，可使支軸漸近於水平。經數次改正後，即能完全無誤。

(丁) 遠鏡水準管之校正 經緯儀須用作水準儀或用以測垂直角者，遠鏡上之水準管須校正之。

目的 令水準管軸線與視線相平行。

檢驗及撥正 遠鏡固着於遠鏡架，不能取下者，可用木樁校正法 (Peg method) 改正之，見第 528 節。遠鏡可從遠鏡架取下者，其檢驗及校正法，與活鏡水準儀相同，見第



## 527 節。

(戊)垂直度盤遊尺之校正。此項校正,足以影響於一點與水平面間之垂直角,但對於任意二點間之垂直角,並無影響。

目的 假定經緯儀其他各部均已校正完全,而度盤已經旋平,當視線水平時,令垂直角讀數爲零。

檢驗 旋平遠鏡,令氣泡確處中央。審視垂直度盤之零與遊尺之零是否針對。

撥正 旋鬆遊尺上之螺釘,轉動遊尺,使讀數爲零。經緯儀之遊尺,有並不固定於遠鏡架上,而特裝一微動螺旋,專供此項校正之用者,甚爲便利。

526. 蔡司經緯儀之校正 蔡司新式經緯儀,如二號三號,其校正法大致相同。本節所述者,爲三號之校正法。

(甲)水平度盤上水準管及圓水準盒之校正 水平度盤上有水準管及圓水準盒各一個,而基座螺旋之數爲三。其校正方法,與前節所述者,微有不同之處。

檢驗 轉動儀器上盤,使水準管平行於二基座螺旋,旋平之。次將上盤旋轉九十度,而以第三基座螺旋使氣泡趨至中央。更將上盤旋轉 $180^\circ$ ,若氣泡不復居中,則須將該水準管校正之。

撥正 一半用基座螺旋改正之,他一半用校正螺旋  $N$  (第30圖)改正之。此項校正亦須反復爲之,至完全正確而後已。

經過以上改正後,儀器縱軸即成垂直。圓水準盒之圓氣泡,若不居中,可用校正螺旋  $L$  (第30圖)撥正之。

(乙) 水平度盤顯微鏡之校正 由顯微鏡中所見水平度盤橫線上下二讀數，應相差 $180^\circ$ ；否則須旋轉校正螺旋 P，(第30圖)以改變橫線上部之讀數。須先行旋鬆一螺釘，而旋緊其他一螺釘。當上下二讀數相差確為 $180^\circ$ 時，二螺釘皆須旋緊之。

(丙) 十字線之校正 目的及檢驗，與前節(乙)所述者相同。維撥正時須先將集焦環(第30圖 I)向左旋轉至遇障礙為止，即露出一光滑黑環。將此黑環旋轉卸下，然後始露出十字線環上之四螺釘，可照前節方法撥正之。

(丁) 垂直度盤水準管之校正 第30圖中垂直度盤上之水準管(F)之動作與指標相連，而以微動螺旋(R)操之。

目的 使垂直度盤上水準管軸線與度盤讀數為 $90^\circ$ 時之視線相平行。換言之，即當垂直度盤水準管旋平時及遠鏡水平時，垂直度盤讀數應為 $90^\circ$ 。(此 $90^\circ$ 相當於他種儀器之 $0^\circ$ )

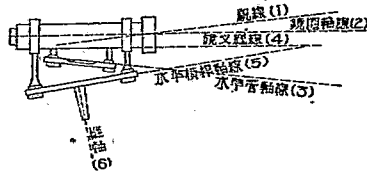
撥正 用微動螺旋 R，使垂直度盤上水準管氣泡居中。用正遠鏡照準不甚高之一定點，而記其垂直角，今設為 a。倒轉遠鏡，仍令垂直度盤上氣泡居中。用倒遠鏡照準該定點而記其讀數，今設為 b。以 b 與  $360^\circ$  之差，與 a 相加折半，而得一平均數。用正遠鏡照準原定點，旋轉微動螺旋 R，使垂直度盤讀數等於上述之平均數。此時氣泡不復居中乃轉動水準管上之螺釘，至氣泡移至中央為止。

注意 當氣泡移至中央後，應將其螺釘旋緊。同時指標應適在十字線交點上，而角度應等於所求得之平均數。

原理 正遠鏡所讀之  $a$  角，爲天頂距。 $\frac{a+(360^\circ-b)}{2}$  則爲不含差誤之天頂距。故正遠鏡讀數等於此不含差誤之天頂距時，視線即成水平。其所根據之原理，仍爲一次反轉法。

527. 活鏡水準儀之校正 活鏡水準儀應校正之線有五：(1)視線；(2)鏡圈軸線；（鏡筒上鑲有二圓圈，以與鏡叉內部相接觸，聯二圈中心之線，是爲鏡圈軸線）(3)水準管軸線；(4)鏡叉底線；（即聯支承鏡圈之二鏡叉內側最低點之線）(5)水準橫桿軸線。（即支承鏡叉之橫桿之軸線）以上各線，統見第 198 圖。

各項校正之目的，在使(1),(2)二線相密合，然後令五線皆相平行。因水準橫桿製造時本與儀器縱軸成直角，故亦即五線皆垂直於儀器之縱軸。第 198 圖表示未經校正前之各線。三項主要校正爲：



第 198 圖 活鏡水準儀之五線

第 198 圖表示未經校正前之各線。三項主要校正爲：

(甲) 十字線之校正 所以使視線與鏡圈軸線相密合，此可移動十字線環以完成之。

(乙) 水準管之校正 所以令其軸線平行於鏡叉之底，而與兩鏡圈是否大小相同無關。此可轉動氣泡管兩端之螺釘以完成之。水準儀構造精良者，其鏡圈應爲正確之圓，大小相等，且各與鏡叉內側相密接。於(甲)，(乙)二項校正完成之後，鏡叉底線，鏡圈軸線，視線，及水準管軸線四者悉相平行。

(丙) 鏡叉之校正 所以使水準管軸線平行於水準橫桿之軸線。此校正可使二鏡叉高低相等。於是各線應皆與縱軸相垂直，此乃校正之真正目的也。

(甲) 十字線之校正

目的 令視線與鏡圈軸線相密合。

檢驗 (1) 照準視線於一定點上，而旋緊止動螺旋，使儀器不能左右旋轉。(2) 拔去鏡叉上之栓，令遠鏡在鏡叉中旋轉  $180^\circ$ ，至水準管居於遠鏡之上為止。若十字線交點不復在該定點之上，十字線應即加以校正。校正後再試驗之，當遠鏡徐徐旋轉  $360^\circ$  時，十字線交點應常在定點之上。

撥正 倘十字縱橫線均離開定點，應各改正一半，此可移動十字線環以完成之。轉動環上之上下二螺釘，使橫線移動；轉動左右二螺釘，使縱線移動。檢驗與撥正，應反復為之，至完全正確為止。

原理 此為一次反轉法。

(乙) 水準管之校正 此項校正可分二步，但不免互為影響。

第一步

目的 令水準管軸線與鏡圈軸線處於同一平面內。

檢驗 (1) 有三個基座螺旋者，令遠鏡平行於任意二基座螺旋而鉗緊之。如為四基座螺旋者，平行於二對角螺旋，然後旋平水準管。(2) 去鏡叉上之栓，令遠鏡在鏡叉中旋轉若干度，(並非二端倒置) 於是氣泡不復在鏡筒之下。倘氣泡不復居中，應將水準管校正之。校正後再試驗之，當遠鏡任向何側旋轉時，氣泡應常居中央。

**撥正** 旋轉水準管一端（普通在物鏡之一端）之絞盤頭螺釘，令氣泡完全移至中央。

**原理** 因試驗時未將遠鏡倒轉，故所見差誤即為確實差誤，並非為其二倍，故應改正全部。

### 第二步

**目的** 令水準管軸線平行於鏡叉底線。

**試驗** 令遠鏡平行於二基座螺旋或二對角基座螺旋而鉗緊之。旋平水準管，拔去鏡叉上之栓，取出遠鏡，再倒轉置入鏡叉中，使兩端互易其位置。若氣泡不復居中，應將水準管校正之。

**撥正** 旋轉水準管一端之上下二絞盤頭螺旋，（普通在目鏡之一端）將氣泡改正一半；其他一半，用基座螺旋改正之。反復數次後，須遠鏡任意倒置而氣泡終能不離中央，始稱完善。

**原理** 一次反轉法。

### （丙）鏡叉之校正

**目的** 令水準管軸線平行於水準橫桿軸線，俾水準儀上各主要線皆垂直於縱軸。此項校正，實際上乃令二鏡叉高低相等。

**檢驗** (1) 令遠鏡平行於二基座螺旋或二對角基座螺旋，將水準管旋平之。(2) 令儀器縱軸旋轉 $180^\circ$ ，於是遠鏡兩端互易其位置。倘氣泡不復居中，應將鏡叉校正之。校正後須再試驗之，遠鏡任指何向時，氣泡應常在中央。

**撥正** 轉動橫桿兩端之絞盤頭螺旋，使鏡叉改變其高低，氣泡趨向中央一半為止，其他一半用水準螺旋改正

之。此項檢驗及撥正，亦須反復數次，至縱軸旋轉  $360^\circ$  而氣泡能常不離中央乃可。

原理 一次反轉法。

### 522. 木樁校正法

目的 令視線與水準管軸線相平行。

檢驗 (1) 擇一平坦之地，釘 A, B 二木樁，(第 199 圖) 其間距離以約 100 或約 150 公尺為宜。用布尺或鋼尺量得 AB 之中點(C)。

置儀器於 C 點上。

(2) 旋平望鏡，讀 A,

B 二樁上水準尺

之讀數  $R_1, R_2$ 。因

儀器至二樁距離

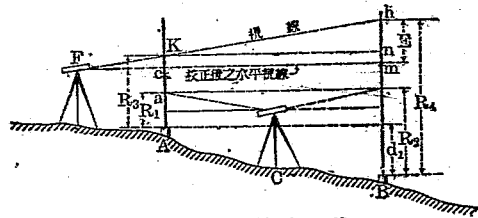
相等，故無論儀器差誤若干，此二讀數之差，必為二樁高度之真差。移儀器於一樁附近之處如 F，(距樁約二公尺且宜與 AB 在一直線內) 再讀 A, B 樁上之水準尺。設第二次二讀數之差，與第一次二讀數之差相等，則儀器無誤。

差誤 若儀器有誤，令  $R_3, R_4$  為儀器在 F 時之水準讀數。儀器若無誤，則視線應在 m，故差誤為  $hm = E$ 。從相似三角形得  $E = \frac{Fm}{Cm} \times hn = \frac{Fm}{Cm} (d_2 - d_1)$ ，式中  $d_1 = R_2 - R_1$ ， $d_2 = R_4 - R_3$ 。

撥正 撥正之法有二：(1) 撥正十字線；(2) 撥正水準管。

撥正十字線 從上式算出 E，不動氣泡，而旋轉十字線環上下二螺釘，令橫線切於尺上之數等於  $(R_4 - E)$ 。\*

\* 在第 199 圖中視線係向上斜，若向下斜，則 h 將在 m 之下，而 E 須加於  $R_4$ 。



第 199 圖 木樁校正法

於是視線已在  $F_m$  之位置，而氣泡仍在中央，故水準管軸線遂與視線相平行。

撥正水準管 (1) 算出  $E$ 。(2) 轉動基座螺旋，令視線切於  $B$  尺上之數等於  $(R_4 - E)^*$ ，斯時氣泡將不復在中央。(3) 旋轉水準管一端之絞盤頭螺旋，使氣泡回至中央。

復驗 移儀器於任意一點，距一樁較近，他樁較遠，取二樁上之水準讀數相減，其差數如不等於  $d_1$ ，須重行校正一次。通常須經二三次之校正，始能復驗無誤。

木樁校正法 (The peg adjustment) 又名直接校正法，而前節所述者則名曰間接校正法。木樁校正法多用以校正定鏡水準儀及經緯儀遠鏡上之水準管。活鏡水準儀能用便利之間接校正法，是其優點。但如儀器製造上本有缺點，(例如鏡圈大小不等) 用間接法試驗時，不能發見其差誤。故活鏡水準儀既用前節之法校正後，宜再用木樁校正法以復驗之，俾臻妥善。

木樁校正法因用二木樁以支承水準尺故名，但若用二地釘以代木樁尤佳，蓋因地釘上端有圓頂也。

529. 定鏡水準儀之校正 定鏡水準儀之遠鏡，固着於遠鏡架上，不能取下，故較活鏡水準儀少去二線，即鏡圈軸線及鏡叉底線是也。至其餘各線與活鏡水準儀相同。既令十字縱線確成垂直之後，校正之步驟有二：

(甲) 十字線與水準管之校正

目的 令水準管軸線與視線相平行，可完全用木樁校正法檢驗及撥正之。

---

見上頁註文。

## (乙) 遠鏡架之校正

目的 令視線及水準管軸線皆平行於水準橫桿軸線，亦即垂直於縱軸。檢驗及撥正與活鏡水準儀(丙)項校正法相同。維定鏡水準儀之操升高或降低遠鏡架之螺旋，常在水準橫桿之下面，須用楔子轉動之。

若定鏡水準儀之遠鏡架為固定而不能校正者，須變更校正之次序如下：

(1) 先令水準管軸線與儀器縱軸成直角。

檢驗及撥正 令遠鏡繞縱軸旋轉 $180^\circ$ 。若氣泡不復居中，可轉動水準管一端之絞盤頭螺釘，以改正其一半；其他一半則用基座螺旋改正之。

(2) 次乃令視線與水準管軸線相平行。可用木椿校正法檢驗之，但撥正時祇可動十字線而不可動水準管。

530. 蔡司水準儀之校正 校正蔡司水準儀僅有一簡單之目的，即令視線與水準管軸線相平行是也。

檢驗 安平儀器後，於七八十公尺外釘一地釘或木椿，直立一水準尺於其上。將遠鏡置於四不同位置而讀四數，每次讀數時，返光鏡中二半圓氣泡像須相密合。若四讀數不相同，則須將水準管校正之。遠鏡四位置之區別如下：

(1) 目鏡在尋常位置，水準管在遠鏡之左。

(2) 目鏡在尋常位置，水準管在遠鏡之右。——即將遠鏡繞其本身之軸向右旋轉 $180^\circ$ 。

(3) 目鏡與物鏡互易其位置，水準管在遠鏡之左。——旋鬆目鏡下之螺釘，取去目鏡，將儀器箱中另備之一目鏡裝於物鏡上。將儀器縱軸旋轉 $180^\circ$ ，於是物鏡處於目鏡之



位置。從事配光，使十字線及水準尺皆甚清晰。斯時返光鏡轉向水準尺，須將其旋回 $180^\circ$ 。

(4) 目鏡之位置與(3)同，水準管在遠鏡之右。——即將遠鏡繞其本身之軸向右旋轉 $180^\circ$ 。

撥正 令遠鏡回至第一位置。旋轉微動螺旋，(第14圖之A)令中線切於水準尺上之數等於四讀數之平均數。是時氣泡像不復密合，可轉動水準管一端之上下二螺釘，以密合之。然後復驗，或再行校正之，至完全無誤而後已。

縱軸上圓水準盒，理論上無校正之必要。但若校正之，可使運用更爲便捷。若縱軸旋轉 $360^\circ$ ，圓氣泡不能常在中央，可轉動盒上螺釘，以改正其差誤之半，而用基座螺旋以改正其餘之一半。

531. 羅盤儀之校正 羅盤儀之校正計有三項：(甲)水準管；(乙)規縫；(丙)磁針。

#### (甲) 水準管之校正

目的 令水準管軸線垂直於縱軸。

檢驗及撥正 與經緯儀度盤上水準管之檢驗及撥正相同。維氣泡經改正一半後，其餘一半在經緯儀可用基座螺旋改正之；在不具基座螺旋之羅盤儀，則祇能推移球形接榫(Ball-and-socket joint)以改正之。羅盤儀之具有基座螺旋者，其校正法與經緯儀完全相同。

#### (乙) 規縫之校正

目的 令規縫垂直於圓盤。

檢驗 以繩懸垂球，浸球於水桶中，以免搖曳。旋平羅盤儀，照準懸繩。若繩不在規縫之中央，須將規縫校正之。二

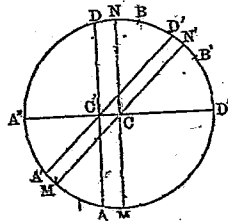
規縫可照同樣方法檢驗之。

改正 將規版底部一端銼去少許,或在他端下墊紙一層。此項校正尋常不甚重要,規縫即不恰在垂直平面內,亦屬無妨,蓋羅盤儀本非精密儀器也。

### (丙) 磁針及樞軸之校正

目的 (1)令磁針筆直,俾其二端及中點同在一垂直平面內。(2)令樞軸處於分度圈之中心。

圓盤旋平後,若磁針二端所指度數不相符合,其故或因磁針不直,或因樞軸離心,或二者兼而有之。旋轉圓盤,磁針二端在分度圈上各處所指度數之差<sub>不</sub>變者,是為磁針不直,而樞軸則在分度圈之中心。若差數處處不同者,是為樞軸離心,而磁針或直或不直。假定磁針為直,而樞軸離心,其在分度圈上各部所生差誤之區別,可由第 200 圖表明之。圖中 C 為正確之中心, C' 為樞軸之位置。當磁針在 A D 而垂直於 C C' 時,其差誤為最大。



第 200 圖

設 B 點與 A 點相差  $180^\circ$ , 則磁針二端讀數之差為 B D。當磁針在 A' D' 時,其差誤為 B' D', 較小於 B D。當磁針在 C C' 線內時, (即在 A'' D'' 之位置) 二端讀數常相符。

檢驗磁針直否 旋平圓盤,放鬆磁針之止動螺旋,令其自由轉動。揭去玻璃蓋,以火柴梗或牙釘之屬撥磁針,使其南端對準一顯著之度數, (如  $0^\circ$  或  $90^\circ$ ) 而讀其北端所指之度數。將磁針旋轉  $180^\circ$ , 令其北端對準該顯著之度數而讀其南端所指之度數。若二讀數不相符,須將磁針伸直

之。

**伸直磁針** 將磁針從樞軸上取下，依適當之方向，將磁針輕輕彎之，使所彎者約略等於讀數之差之半。因此係估計而得，須再行試驗並改正之。彎磁針時，宜勿令其與手指相接觸，以免減損磁性；可用小鉗以代手指。磁針中部甚為柔軟，彎之甚易。

**檢驗樞軸是否適中** 圓盤旋平後，徐徐旋轉之，讀磁針二端在分度圈上各部所指之數，若兩端讀數處處皆不相符，可記明差數最大時磁針之位置，以便撥正其樞軸。

**撥正樞軸** 磁針兩端差數最大時之位置，既經誌明，可將磁針卸下，用小鉗將樞軸在此位置之直角方向內彎過差數之一半。再裝上磁針，重行試驗之，以察兩端讀數是否相符。否則再彎之，至兩端讀數在任何位置時，皆相符合為止。樞軸下端，甚為柔軟，彎之甚易。

**582. 平板儀之校正** 平板儀各部之校正法，與經緯儀水準儀相當部分之校正法相同，故不必詳細複述，茲撮要述之如下：

(甲) 水準管之校正 將水準管置於圖板中央，動圖板，使氣泡居中。倒轉置之，使管之兩端互易其位置，而不動圖板。若氣泡不復居中，可改正其一半，而其餘一半，可動圖板以改正之。無論氣泡管係裝於直線尺上或單獨者，校正之法相同。

(乙) 圖板須垂直於縱軸 置照準儀於圖板上，旋平遠鏡水準管。將圖板旋轉 $180^\circ$ ，而不移動照準儀。在圖板與三足架之間，以物墊之，以改正其差誤之半。將照準儀旋轉

90°，如法再檢驗之。

(丙) 遠鏡之校正 視線須與遠鏡支軸成直角，支軸須與圖板平行。此二項與經緯儀(乙)，(丙)二項校正法相同。

(丁) 遠鏡水準管 與經緯儀(丁)之校正法相同。

(戊) 垂直度盤 與經緯儀(戊)之校正法相同。

### 533. 六分儀之校正

(甲) 指鏡之校正

目的 使指鏡與刻度圈平面成直角。

檢驗 執六分儀於手中，使刻度圈之圓心向胸。固定遊尺於刻度圈之中部。舉六分儀齊目，置目於指鏡右側斜窺之，須同時能見刻度圈之本身，及其映於指鏡中之像之一部分。二者若不相銜接成一連續之弧，指鏡與刻度圈平面，即不互成直角。指鏡向前傾者，刻度圈像在其本身之上；向後傾者，像在本身之下。

改正 旋鬆指鏡底部之螺釘，以紙片墊於其下。再檢驗之，至指鏡與刻度圈平面成直角為止，然後將螺釘旋緊。

(乙) 地平鏡之校正

目的 當遊尺指零度時，令地平鏡與指鏡相平行。

檢驗 指鏡校正完畢後，固定遊尺於零度。從遠鏡中窺視空中一顯著之點；(如星)若地平鏡透明部分所見之該點及下半部玻璃鏡中之映像，不能完全密合，須將地平鏡校正之。

改正 地平鏡底部有校正螺釘，可轉動之。若地平鏡不具此項螺釘，致不能校正者，可移動指臂之位置。當具體

與像完全密合時，誌明遊尺讀數，是為儀器之指標差 (Index error)。實施測量時，所讀角度加或減此指標差，即為正確之角度。

### (丙) 遠鏡之校正

目的 六分儀遠鏡中有縱橫線各二，於遠鏡中央相交成一正方形。此正方形之中心與物鏡光心相聯之線，即為視線。校正之目的，在使視線平行於刻度圈之平面。

檢驗 置六分儀於水平之桌（或他物）上，而令遠鏡指向七八公尺外之牆上。製二小木條，使其長等於遠鏡中心高出刻度圈之距離。直立此二木條於刻度圈之兩端，沿二木條上端規之。視線觸於牆上之點，則以鉛筆誌之。更從遠鏡中窺視，視線觸於牆上之點，亦以鉛筆誌之。牆上二點高低若不相等，須校正之。

改正 轉動裝遠鏡之環上之螺釘，使牆上二點高低相等，但實際上此項校正並不重要也。

### 534. 流速計回轉數與流速關係之重行檢定

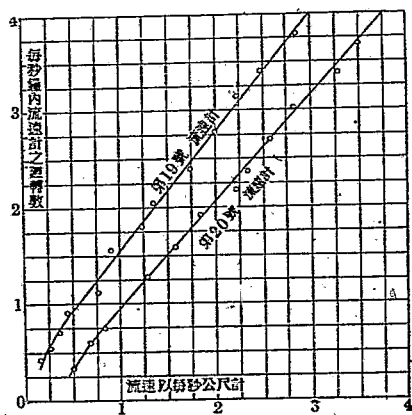
目的 新購得之流速計，備有流速檢查表一張。測得每秒鐘迴轉次數後，即可從該表查得每秒鐘之流速。但流速計使用日久後，流速與迴轉次數之關係，難免變遷，原表即不適用，故須重行試驗 (Rating)，另製新表，以資應用。

試驗 試驗之要旨，為令流速計以均勻之速度，在靜水中進行，而誌其每趟之迴轉總次數。以所歷時間除迴轉總次數，得每秒回轉次數。以所歷時間除流速計進行之路程，得每秒之流速。於是得一趟之結果。試驗須分多趟為之，各趟用不同之速度，使流速計前進，自纔能轉動回轉輪之

低速度起，至每秒二三公尺止。欲舉行此種試驗，須有專門之設備。其最要者為一水槽，長約數十公尺，寬至少 1.3 公尺，槽深至少 1.5 公尺。於槽之兩邊，敷設輕軌條 (Rail)，以便行車。流速計懸於車下，沈入水中，以在水面下半公尺為宜。流速計使用時擬懸於繩或裝於桿者，試驗時亦應用繩或桿以適應之。車以機械或人力用均勻速度推動之。

流速檢查曲線 表示回轉次數與流速關係之曲線，名曰流速檢查曲線 (Meter rating curve)。流速計經過一定距離時，無論進行之速度如何，其回轉次數在理論上應為一定不變，即該線應為一直線。惟事實上因回轉輪之惰性，樞軸等處之阻力諸原因，在各種速度時，該項關係不能完全不變。但流速檢查曲線除極低速度之部分外，其餘部分實際上大可認為直線。流速檢查曲線，不能經過縱橫坐標之原點，蓋因流速計有惰性及阻力等原因，非有相當之流速，回轉輪不能轉動也。

繪製流速檢查曲線，通常以每秒回轉次數為縱坐標，每秒流速為橫坐標，將各趟試驗之結果，點於方格紙上。並將各趟試驗之平均值，亦點於方格紙上。凡流速在每秒 0.15 公尺以上者，該曲線極近似於直線。故經過各次試



第 201 圖 流速檢查曲線

驗平均值之一點及其他散布各點中間,作一直線,即爲流速檢查曲線,如第 201 圖。

流速檢查表 製流速檢查表之最簡易方法,即從流速檢查曲線查出每秒回轉次數及速率,再改算每五轉,十轉,十五轉……所需之時間及其相當速率,排列成表,如第 443 節所列者。

## 第四十二章 儀器之愛護

535. 愛護儀器之重要 愛護公物，爲人之美德。測量儀器，大都爲公家所備，價值頗昂。若善用之，其壽命可達數十年；不善用之，不數年已零件散失，百病叢生，或竟有到手即壞者。試一啓儀器之箱，其中往往塵垢不除，儀器本身，既污且銹，而各螺釘皆旋轉不動，尤爲一般通病。且儀器非特僅須保持其外部之清潔，其內部亦須按時加以擦拭，以去積垢。凡不知愛護儀器者，半由於缺乏愛護公物之道德，半由於缺乏測量之經驗，不敢拆卸儀器，致內部積垢不除，縱軸呆滯，各螺釘旋轉不動。儀器如此，而欲求工作準確而迅速，殆不可能。由是可知，能用儀器，能校正儀器，而不知愛護之法者，猶未足也。

536. 儀器出箱及入箱時應注意之點 儀器自箱中取出時，不可提遠鏡，遠鏡架，或遠鏡支軸等，宜握其堅實部分，如經緯儀之下盤等處。儀器入箱之前，須用刷將塵沙拭去；各螺絲縫中，尤須注意其清潔。雨天則將雨點抹乾。物鏡加蓋，各螺旋旋緊，然後握其堅實部分，置入箱中。倘箱蓋不能閉合，不可用強力按之，宜將儀器重行取出，俟安置合拍後，箱蓋自能閉合，然後鎖之。

537. 安平儀器時應注意之點 安平儀器時，三足架着地宜輕，萬不得已而置儀器於光滑地上時，須特別審慎，以



防三足架散開，儀器撲地。置儀器於通衢或多觀衆之處，其旁須常有人守之，不可或離。各基座螺旋高低不等，致旋轉不動時，不可施用大力，以防螺旋損壞；須令各基座螺旋高低約略相等，然後旋之。

538. 搬移儀器時應注意之點 (1) 將搬移儀器，先旋緊各螺旋，以免各部間之磨耗；但亦不可太緊，俾受震動時，各部之間有相讓之餘地。(2) 在空曠之地，宜置三足架於肩上；經過樹林或逼窄之處，宜挾三足架於腋下，而令儀器在前面，以免碰撞。(3) 搬移儀器，經過長距離（如數公里）時，宜置儀器於箱中。(4) 火車、汽車、人力車固可安放儀器，但切不可置於鄉間之驢車或獨輪車上，以免受劇烈之震動。

539. 去螺絲縫中之垢 浸螺絲於肥皂水中。此螺絲上之垢，可用牙刷去之，上鐘錶油或三一油 (3-in-1 oil) 少許，再抹乾之。欲去母螺絲中之垢，可取軟木一小片，削薄其兩邊如刃，蘸油入螺絲中旋轉之，其垢自去。

540. 經緯儀之拆卸及內部擦拭 經緯儀上盤或下盤旋轉不靈時，大概係因內部積有塵垢之故。須拆卸之，以便擦拭與上油。第 103 節述及經緯儀可分上中下三部，其拆卸之順序如下：(1) 將上盤止動螺旋、微動螺旋，及基座下縱軸末端之大螺旋取下。扳開上盤微動螺旋之彈簧，一手握遠鏡架，向上一提，則上盤即與下盤分離。(2) 將下盤之止動及微動螺旋取下，扳開彈簧，則下盤即可與基座脫離。於是儀器分成三部，即可上鐘錶油或三一油少許，以指抹之，使垢浮起，用軟細布擦之，至光亮潔淨後，再上油少許而裝合之。

蔡司經緯儀亦可分為三部，欲分離上下盤，可旋去上盤上面之四螺釘。欲分離下盤與基座，可旋鬆基座一側之大螺旋。（第30圖之V）

541. 水準儀之拆卸及內部擦拭 水準儀旋轉不靈活時，大抵亦因縱軸間積垢之故。可取去止動螺旋，微動螺旋，及基座下縱軸末端之大螺旋。扳開微動螺旋之彈簧，則縱軸即可與基座分離。照前節之法上油擦拭之。

蔡司水準儀旋轉不靈活時，可旋鬆縱軸外殼右邊一螺旋，並取去止動及微動螺旋，則縱軸即可抽出，以便上油擦拭。接觸縱軸上端之圓窩中，可用細棒捲布蘸油擦之。

542. 透鏡之愛護 透鏡不宜擦拭太勤，多擦則玻璃易生細紋，較之斑點，尤礙觀測。透鏡必須擦拭時，可用柔軟且乾之羚羊皮或細軟之舊布，不宜用絲織物。倘鏡面甚污，或生翳障，可將目鏡取下，用酒精或清水洗之，暴乾後再行裝上。而物鏡非萬不得已，不宜輕易取下。目鏡上污點，障礙觀測，較物鏡為甚，故洗刷次數，常較物鏡為多。有時物鏡之冕號玻璃 (Crown glass) 及鉛玻璃 (Flint glass) 之夾層中，發生薄膜，而此薄膜僅為水氣所形成者，可置遠鏡於日光中或火爐旁，藉蒸發以除去之。若除去目鏡，（以布包此空端，以免灰塵浸入）則鏡筒中之溼氣，更易蒸發。

543. 磁針之愛護 儀器搬移時或不用時，須將磁針之止動螺旋旋緊，以免無謂之擺動。

544. 儀器帽及箱套 儀器帽宜用雨衣料製之，儀器置於地上不用時或搬移時，用以套於其上，以遮日光或雨點。儀器木箱之外，宜以棉絮布套包護之，其功用有二：(1) 保護

木箱之漆澤，(2)增加彈性，俾儀器箱小有碰撞時，儀器不致受損。

**545. 鋼尺之愛護** (1)二人各執鋼尺一端前行時，不宜任其中部着地磨擦。(2)鋼尺結圈部分，不可拉之，以防折斷。(3)不可任人踐踏。(4)宜常用煤油洗擦之，以免生鏽。

**546. 流速計之愛護** 流速計因浸水之故，每次用畢後，須加擦拭，或浸於煤油中，以去泥沙而免生鏽。

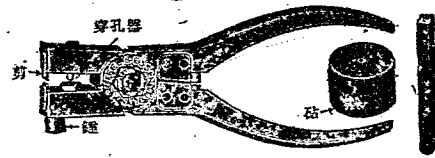
**潑拉斯流速計之愛護** (1)接觸盒中難免有水侵入，每次用畢後，須旋去其蓋，將盒內各部擦拭乾淨，然後注油少許。(2)縱軸下端之小窩內，須常擦拭乾淨，並注油少許。(3)儀器不用時，須常將機紐 F (第 162 圖) 扳緊，以免轉輪作無謂之旋轉。

**沃脫流速計之愛護** (1)每次用畢後，宜將螺旋葉卸下，注稀薄之油於其中。(2)接觸盒宜常以濃厚之油 (如礦油，石腦油) 充滿之，而將蓋旋緊。(3)水流挾沙多者，裝置齒輪之門，宜以火漆密封之，以防透水。其中不可入油，但如有泥沙滲入，每次用畢後，宜用清水灌洗之。

## 第四十三章 儀器之修理

547. 引言 在窮鄉僻壤從事測量,若儀器忽遭損壞,送至廠家修理,費時必多,工作勢必停頓,故能用儀器,能校正儀器外,更須略諳修理儀器之法。透鏡,水準管之破裂,或縱軸彎曲等項修理,須有相當之設備,固非廠家不可,但有若干種最易損壞而可以自行修理者,從事測量者固不可不知也。

548. 接合斷鋼尺  
折斷之鋼尺,可用第 202 圖所示之鉗接合之。鉗上裝有穿



第 202 圖

孔器,剪及錘。鉗外另附一小鐵砧,並鋼片,小鉚釘若干。斷處二側,宜各用小鉚釘二枚。

549. 磁針加磁 磁針失其磁性時,可將其取下,以一指按住其中點,取磁條擦之。須用磁條之南端,自磁針之中點向北端擦之;以磁條之北端,自磁針之中點,向南端擦之。自兩端回復至中央時,磁條須離高磁針數寸,以免攪亂磁性。

550. 配製螺釘 儀器上之小螺釘,倘遭折斷,可用螺絲版自製螺釘。螺絲版為鋼製,有各號螺旋孔。以粗細適當之銅條裝於扶鑽上,入螺旋孔中鑽之,即成螺釘。

551. 重裝水準管 水準管係以石膏粉膠於銅管之內。

倘或鬆動或須另易水準管時，可將銅管取下，去其兩端之蓋，浸於清水中，待石膏粉軟後，取細木條將石膏粉徐徐剔出。取出水準管時，務須審慎，以防玻璃破碎。

552. 重裝十字線或視距線 十字線或視距線爲蛛絲者，倘遭折斷，可捉活蛛卵一枚，抽出其絲。蛛絲置鏡筒中被透鏡擴大後，每嫌太粗，須將一絲分析成若干條，而取其一。以竹爲小弓，以蛛絲爲弦，將絲嵌於十字線環上之縫內，以大蒜頭搗爛成汁膠之。或以蛛絲緊張於兩腳規上亦可。蛛絲必須緊張於環上，寬弛則空氣潮溼時，即顯見彎曲。

## 附 表

# 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	00000	00043	00087	00130	00173	00217	00260	00303	00346	00389
1	0432	0475	0518	0561	0604	0647	0689	0732	0775	0817
2	0860	0903	0945	0988	1030	1072	1115	1157	1199	1242
3	1284	1326	1368	1410	1452	1494	1536	1578	1620	1662
4	1703	1745	1787	1828	1870	1912	1953	1995	2036	2078
5	2119	2160	2202	2243	2284	2325	2366	2407	2449	2490
6	2531	2572	2612	2653	2694	2735	2776	2816	2857	2898
7	2938	2979	3019	3060	3100	3141	3181	3222	3262	3302
8	3342	3383	3423	3463	3503	3543	3583	3623	3663	3703
9	3743	3782	3822	3862	3902	3941	3981	4021	4060	4100
110	04139	04179	04218	04258	04297	04336	04376	04415	04454	04493
1	4532	4571	4610	4650	4689	4727	4766	4805	4844	4883
2	4922	4961	4999	5038	5077	5115	5154	5192	5231	5269
3	5308	5346	5385	5423	5461	5500	5538	5576	5614	5652
4	5690	5729	5767	5805	5843	5881	5919	5956	5994	6032
5	6070	6108	6145	6183	6221	6258	6296	6333	6371	6408
6	6446	6483	6521	6558	6595	6633	6670	6707	6744	6781
7	6819	6856	6893	6930	6967	7004	7041	7078	7115	7151
8	7188	7225	7262	7298	7335	7372	7408	7445	7482	7518
9	7555	7591	7628	7664	7700	7737	7773	7809	7846	7882
120	07018	07954	07960	08027	08063	08099	08135	08171	08207	08243
1	8279	8314	8350	8386	8422	8458	8493	8529	8565	8600
2	8636	8672	8707	8743	8778	8814	8849	8884	8920	8955
3	8991	9026	9061	9096	9132	9167	9202	9237	9272	9307
4	9342	9377	9412	9447	9482	9517	9552	9587	9621	9656
5	9691	9726	9760	9795	9830	9864	9899	9934	9968	10003
6	10037	10072	10106	10140	10175	10209	10243	10278	10312	10346
7	10380	10415	10449	10483	10517	10551	10585	10619	10653	10687
8	10721	10755	10789	10823	10857	10890	10924	10958	10992	11025
9	11059	1093	1126	1160	1193	1227	1261	1294	1327	1361
130	11394	11428	11461	11494	11528	11561	11594	11628	11661	11694
1	1727	1760	1793	1826	1860	1893	1925	1959	1992	2024
2	2057	2090	2123	2155	2189	2222	2254	2287	2320	2352
3	2385	2418	2450	2483	2515	2548	2581	2613	2646	2678
4	2710	2743	2775	2808	2840	2872	2905	2937	2969	3001
5	3033	3066	3098	3130	3162	3194	3226	3258	3290	3322
6	3354	3386	3418	3450	3481	3513	3545	3577	3609	3640
7	3672	3704	3735	3767	3799	3830	3862	3893	3925	3956
8	3988	4019	4051	4082	4114	4145	4176	4208	4239	4270
9	4301	4333	4364	4395	4426	4457	4489	4520	4551	4582
140	14613	14644	14675	14706	14737	14768	14799	14829	14860	14891
1	4922	4953	4983	5014	5045	5076	5106	5137	5168	5198
2	5229	5259	5290	5320	5351	5381	5412	5442	5473	5503
3	5534	5564	5594	5625	5655	5685	5715	5746	5776	5806
4	5836	5866	5897	5927	5957	5987	6017	6047	6077	6107
5	6137	6167	6197	6227	6256	6286	6316	6346	6376	6406
6	6435	6465	6495	6524	6554	6584	6613	6643	6673	6702
7	6732	6761	6791	6820	6850	6879	6909	6938	6967	6997
8	7026	7056	7085	7114	7143	7173	7202	7231	7260	7289
9	7319	7348	7377	7406	7435	7464	7493	7522	7551	7580
150	17609	17638	17667	17696	17725	17754	17782	17811	17840	17869

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
150	17609	17638	17667	17696	17725	17754	17782	17811	17840	17869
1	7898	7925	7955	7984	8013	8041	8070	8099	8127	8156
2	8184	8213	8241	8270	8298	8327	8355	8384	8412	8441
3	8469	8498	8526	8554	8583	8611	8639	8667	8696	8724
4	8752	8780	8808	8837	8865	8893	8921	8949	8977	9005
5	9033	9061	9089	9117	9145	9173	9201	9229	9257	9285
6	9312	9340	9368	9396	9424	9451	9479	9507	9535	9562
7	9590	9618	9645	9673	9700	9728	9756	9783	9811	9838
8	9866	9893	9921	9948	9976	20003	20030	20058	20085	20112
9	20140	20167	20194	20222	20249	0276	0303	0330	0358	0385
160	20412	20439	20466	20493	20520	20548	20575	20602	20629	20656
1	0683	0710	0737	0763	0790	0817	0844	0871	0898	0925
2	0952	0978	1005	1032	1059	1085	1112	1139	1165	1192
3	1219	1245	1272	1299	1325	1352	1378	1405	1431	1458
4	1484	1511	1537	1564	1590	1617	1643	1669	1696	1722
5	1748	1775	1801	1827	1854	1880	1906	1932	1958	1985
6	2011	2037	2063	2089	2115	2141	2167	2194	2220	2246
7	2272	2298	2324	2350	2376	2401	2427	2453	2479	2505
8	2531	2557	2583	2608	2634	2660	2685	2712	2737	2763
9	2789	2814	2840	2865	2891	2917	2943	2968	2994	3019
170	23045	23070	23096	23121	23147	23172	23198	23223	23249	23274
1	3300	3325	3350	3376	3401	3426	3452	3477	3502	3528
2	3553	3578	3603	3629	3654	3679	3704	3729	3754	3779
3	3805	3830	3855	3880	3905	3930	3955	3980	4005	4030
4	4055	4080	4105	4130	4155	4180	4204	4229	4254	4279
5	4304	4329	4353	4378	4403	4428	4452	4477	4502	4527
6	4551	4576	4601	4625	4650	4674	4699	4724	4748	4773
7	4797	4822	4846	4871	4895	4920	4944	4969	4993	5018
8	5042	5066	5091	5115	5139	5164	5188	5212	5237	5261
9	5285	5310	5334	5358	5382	5406	5431	5455	5479	5503
180	25527	25551	25575	25600	25624	25648	25672	25696	25720	25744
1	5708	5732	5756	5780	5804	5828	5852	5876	5900	5924
2	6007	6031	6055	6079	6102	6126	6150	6174	6198	6221
3	6245	6269	6293	6316	6340	6364	6387	6411	6435	6458
4	6482	6505	6529	6553	6576	6600	6623	6647	6670	6694
5	6717	6741	6764	6788	6811	6834	6858	6881	6905	6928
6	6951	6974	6998	7021	7045	7068	7091	7114	7138	7161
7	7184	7207	7231	7254	7277	7300	7323	7346	7370	7393
8	7416	7439	7462	7485	7508	7531	7554	7577	7600	7623
9	7646	7669	7692	7715	7738	7761	7784	7807	7830	7852
190	27875	27898	27921	27944	27967	27989	28012	28035	28058	28081
1	8103	8126	8149	8171	8194	8217	8240	8262	8285	8307
2	8330	8353	8375	8398	8421	8443	8466	8488	8511	8533
3	8556	8578	8601	8623	8646	8668	8691	8713	8735	8758
4	8780	8803	8825	8847	8870	8892	8914	8937	8959	8981
5	9003	9025	9048	9070	9092	9115	9137	9159	9181	9203
6	9226	9248	9270	9292	9314	9336	9358	9380	9403	9425
7	9447	9469	9491	9513	9535	9557	9579	9601	9623	9645
8	9667	9689	9710	9732	9754	9776	9798	9820	9842	9863
9	9885	9907	9929	9951	9973	9994	30018	30038	30060	30081
200	30103	30125	30146	30168	30190	30211	30233	30255	30276	30298



1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30103	30125	30146	30168	30190	30211	30233	30255	30276	30298
1	30320	0341	0363	0384	0406	0428	0449	0471	0492	0514
2	0535	0557	0578	0600	0621	0643	0664	0685	0707	0728
3	0750	0771	0792	0814	0835	0856	0878	0899	0920	0942
4	0963	0984	1006	1027	1048	1069	1091	1112	1133	1154
5	1175	1197	1218	1239	1260	1281	1302	1323	1346	1366
6	1387	1408	1429	1450	1471	1492	1513	1534	1555	1576
7	1597	1618	1639	1660	1681	1702	1723	1744	1765	1785
8	1806	1827	1848	1869	1890	1911	1931	1952	1973	1994
9	2015	2035	2056	2077	2098	2118	2139	2160	2181	2201
210	32222	32243	32263	32284	32305	32325	32346	32366	32387	32408
1	2428	2449	2469	2490	2510	2531	2552	2572	2593	2613
2	2634	2654	2675	2695	2715	2736	2756	2777	2797	2818
3	2838	2858	2879	2899	2919	2940	2960	2980	3001	3021
4	3041	3062	3082	3102	3122	3143	3163	3183	3203	3224
5	3244	3264	3284	3304	3325	3346	3366	3385	3405	3425
6	3445	3465	3486	3506	3526	3546	3566	3586	3606	3626
7	3646	3666	3686	3706	3726	3746	3766	3786	3806	3826
8	3846	3866	3885	3905	3925	3945	3965	3985	4005	4025
9	4044	4064	4084	4104	4124	4143	4163	4183	4203	4223
220	34242	34262	34282	34301	34321	34341	34361	34380	34400	34420
1	4439	4459	4479	4498	4518	4537	4557	4577	4596	4616
2	4635	4655	4674	4694	4713	4733	4753	4772	4792	4811
3	4830	4850	4869	4889	4908	4928	4947	4967	4986	5005
4	5025	5044	5064	5083	5102	5122	5141	5160	5180	5199
5	5218	5238	5257	5276	5295	5315	5334	5353	5372	5392
6	5411	5430	5449	5468	5488	5507	5526	5545	5564	5583
7	5603	5622	5641	5660	5679	5698	5717	5736	5755	5774
8	5793	5812	5832	5851	5870	5889	5908	5927	5946	5965
9	5984	6003	6021	6040	6059	6078	6097	6116	6135	6154
250	36173	36192	36211	36229	36248	36267	36286	36305	36324	36342
1	6361	6380	6399	6418	6435	6455	6474	6493	6511	6530
2	6549	6568	6586	6605	6624	6642	6661	6680	6698	6717
3	6736	6754	6773	6791	6810	6829	6847	6866	6884	6903
4	6922	6940	6959	6977	6996	7014	7033	7051	7070	7088
5	7107	7125	7144	7162	7181	7199	7218	7236	7254	7273
6	7291	7310	7328	7346	7365	7383	7401	7420	7438	7457
7	7475	7493	7511	7530	7548	7566	7585	7603	7621	7639
8	7658	7676	7694	7712	7731	7749	7767	7785	7803	7822
9	7840	7858	7876	7894	7912	7931	7949	7967	7985	8003
240	38021	38039	38057	38075	38093	38112	38130	38148	38166	38184
1	8202	8220	8238	8256	8274	8292	8310	8328	8346	8364
2	8382	8399	8417	8435	8453	8471	8489	8507	8525	8543
3	8561	8578	8596	8614	8632	8650	8668	8686	8703	8721
4	8739	8757	8775	8792	8810	8828	8846	8863	8881	8899
5	8917	8934	8952	8970	8987	9005	9023	9041	9058	9076
6	9094	9111	9129	9146	9164	9182	9199	9217	9235	9252
7	9270	9287	9305	9322	9340	9358	9375	9393	9410	9428
8	9445	9463	9480	9498	9515	9533	9550	9568	9585	9602
9	9620	9637	9655	9672	9690	9707	9724	9742	9759	9777
250	39794	39811	39829	39846	39863	39881	39898	39915	39933	39950

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	39794	39811	39829	39846	39863	39881	39898	39915	39933	39950
1	9967	9985	40002	40019	40037	40054	40071	40088	40106	40123
2	40140	40157	0175	0192	0209	0226	0243	0261	0278	0295
3	0312	0329	0346	0364	0381	0399	0415	0432	0449	0466
4	0483	0500	0518	0535	0552	0569	0586	0603	0620	0637
5	0654	0671	0688	0705	0722	0739	0756	0773	0790	0807
6	0824	0841	0858	0875	0892	0909	0926	0943	0960	0976
7	0993	1010	1027	1044	1061	1078	1095	1111	1128	1145
8	1162	1179	1196	1212	1229	1246	1263	1280	1296	1313
9	1330	1347	1363	1380	1397	1414	1430	1447	1464	1481
260	41497	41514	41531	41547	41564	41581	41597	41614	41631	41647
1	1684	1681	1697	1714	1731	1747	1764	1780	1797	1814
2	1830	1847	1863	1880	1896	1913	1929	1946	1963	1979
3	1995	2012	2029	2045	2062	2078	2095	2111	2127	2144
4	2160	2177	2193	2210	2226	2243	2259	2275	2292	2308
5	2325	2341	2357	2374	2390	2406	2423	2439	2455	2472
6	2488	2504	2521	2537	2553	2570	2586	2602	2619	2635
7	2651	2667	2684	2700	2716	2732	2749	2765	2781	2797
8	2813	2830	2846	2862	2878	2894	2911	2927	2943	2959
9	2975	2991	3008	3024	3040	3056	3072	3088	3104	3120
270	43136	43152	43169	43185	43201	43217	43233	43249	43265	43281
1	3297	3313	3329	3345	3361	3377	3393	3409	3425	3441
2	3457	3473	3489	3505	3521	3537	3553	3569	3584	3600
3	3616	3632	3648	3664	3680	3696	3712	3727	3743	3759
4	3775	3791	3807	3823	3838	3854	3870	3886	3902	3917
5	3933	3949	3965	3981	3996	4012	4028	4044	4060	4075
6	4091	4107	4122	4138	4154	4170	4185	4201	4217	4232
7	4248	4264	4279	4295	4311	4326	4342	4358	4373	4389
8	4404	4420	4436	4451	4467	4483	4498	4514	4529	4545
9	4560	4576	4592	4607	4623	4638	4654	4669	4685	4700
280	44716	44731	44747	44762	44778	44793	44809	44824	44840	44855
1	4871	4886	4902	4917	4932	4948	4963	4979	4994	5010
2	5025	5040	5055	5071	5086	5102	5117	5133	5148	5163
3	5179	5194	5209	5225	5240	5255	5271	5286	5301	5317
4	5332	5347	5362	5378	5393	5408	5423	5439	5454	5469
5	5484	5500	5515	5530	5545	5561	5576	5591	5606	5621
6	5637	5652	5667	5682	5697	5712	5728	5743	5758	5773
7	5788	5803	5818	5834	5849	5864	5879	5894	5909	5924
8	5939	5954	5969	5984	6000	6015	6030	6045	6060	6075
9	6090	6105	6120	6135	6150	6165	6180	6195	6210	6225
290	46240	46255	46270	46285	46300	46315	46330	46345	46359	46374
1	6389	6404	6419	6434	6449	6464	6479	6494	6509	6523
2	6538	6553	6568	6583	6598	6613	6627	6642	6657	6672
3	6687	6702	6716	6731	6746	6761	6776	6790	6805	6820
4	6835	6850	6864	6879	6894	6909	6923	6938	6953	6967
5	6982	6997	7012	7026	7041	7056	7070	7085	7100	7114
6	7129	7144	7159	7173	7188	7202	7217	7232	7246	7261
7	7276	7290	7305	7319	7334	7349	7363	7378	7392	7407
8	7422	7436	7451	7465	7480	7494	7509	7524	7538	7553
9	7567	7582	7596	7611	7625	7640	7654	7669	7683	7698
300	47712	47727	47741	47756	47770	47784	47799	47813	47828	47842

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	47712	47727	47741	47756	47770	47784	47799	47813	47828	47842
1	7857	7871	7885	7900	7914	7929	7943	7958	7972	7986
2	8001	8015	8029	8044	8058	8073	8087	8101	8116	8130
3	8144	8159	8173	8187	8202	8216	8230	8244	8259	8273
4	8287	8302	8316	8330	8344	8359	8373	8387	8401	8416
5	8430	8444	8458	8473	8487	8501	8515	8530	8544	8558
6	8572	8586	8601	8615	8629	8643	8657	8671	8686	8700
7	8714	8728	8742	8756	8770	8785	8799	8813	8827	8841
8	8855	8869	8883	8897	8911	8926	8940	8954	8968	8982
9	8996	9010	9024	9038	9052	9066	9080	9094	9108	9122
310	49136	49150	49164	49178	49192	49206	49220	49234	49248	49262
1	9276	9290	9304	9318	9332	9346	9360	9374	9388	9402
2	9415	9429	9443	9457	9471	9485	9499	9513	9527	9541
3	9554	9568	9582	9596	9610	9624	9638	9651	9665	9679
4	9693	9707	9721	9734	9748	9762	9776	9790	9803	9817
5	9831	9845	9859	9872	9886	9900	9914	9927	9941	9955
6	9969	9982	9996	50010	50024	50037	50051	50065	50079	50092
7	50106	50120	50133	0147	0161	0174	0188	0202	0215	0229
8	0243	0256	0270	0284	0297	0311	0325	0338	0352	0365
9	0379	0393	0406	0420	0433	0447	0461	0474	0488	0501
320	50515	50529	50542	50556	50569	50583	50596	50610	50623	50637
1	0651	0664	0678	0691	0705	0718	0732	0745	0759	0772
2	0786	0799	0813	0826	0840	0853	0866	0880	0893	0907
3	0920	0934	0947	0961	0974	0987	1001	1014	1028	1041
4	1055	1068	1081	1095	1108	1121	1135	1149	1162	1175
5	1188	1202	1215	1228	1242	1255	1268	1282	1295	1308
6	1322	1335	1348	1362	1375	1388	1402	1415	1428	1441
7	1455	1468	1481	1495	1508	1521	1534	1548	1561	1574
8	1587	1601	1614	1627	1640	1654	1667	1680	1693	1706
9	1720	1733	1746	1759	1772	1786	1799	1812	1825	1838
330	51851	51865	51878	51891	51904	51917	51930	51943	51957	51970
1	1983	1996	2009	2022	2035	2048	2061	2075	2088	2101
2	2114	2127	2140	2153	2166	2179	2192	2205	2218	2231
3	2244	2257	2270	2284	2297	2310	2323	2336	2349	2362
4	2375	2388	2401	2414	2427	2440	2453	2466	2479	2492
5	2504	2517	2530	2543	2556	2569	2582	2595	2608	2621
6	2634	2647	2660	2673	2686	2699	2711	2724	2737	2750
7	2763	2776	2789	2802	2815	2827	2840	2853	2866	2879
8	2892	2905	2917	2930	2943	2956	2969	2982	2994	3007
9	3020	3033	3046	3058	3071	3084	3097	3110	3122	3135
340	53148	53161	53173	53186	53199	53212	53224	53237	53250	53263
1	3275	3288	3301	3314	3326	3339	3352	3364	3377	3390
2	3403	3415	3428	3441	3453	3466	3479	3491	3504	3517
3	3529	3542	3555	3567	3580	3593	3605	3618	3631	3643
4	3656	3668	3681	3694	3706	3719	3732	3744	3757	3769
5	3782	3794	3807	3820	3832	3845	3857	3870	3882	3895
6	3906	3920	3933	3945	3958	3970	3983	3995	4008	4020
7	4033	4045	4058	4070	4083	4095	4108	4120	4133	4145
8	4156	4170	4183	4195	4208	4220	4233	4245	4258	4270
9	4283	4295	4307	4320	4332	4345	4357	4370	4382	4394
350	54407	54419	54432	54444	54456	54469	54481	54494	54506	54518

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
350	54407	54419	54432	54444	54456	54469	54481	54494	54506	54518
1	4631	4643	4655	4668	4680	4693	4705	4717	4729	4741
2	4654	4667	4679	4691	4704	4716	4728	4741	4753	4765
3	4777	4790	4802	4814	4827	4839	4851	4864	4876	4888
4	4900	4913	4925	4937	4949	4962	4974	4986	4998	5011
5	5023	5035	5047	5060	5072	5084	5096	5108	5121	5133
6	5145	5157	5169	5182	5194	5206	5218	5230	5242	5254
7	5267	5279	5291	5303	5315	5328	5340	5352	5364	5376
8	5388	5400	5413	5425	5437	5449	5461	5473	5485	5497
9	5509	5522	5534	5546	5558	5570	5582	5594	5606	5618
360	55630	55642	55654	55666	55678	55691	55703	55715	55727	55739
1	5751	5763	5775	5787	5799	5811	5823	5835	5847	5859
2	5871	5883	5895	5907	5919	5931	5943	5955	5967	5979
3	5991	6003	6015	6027	6038	6050	6062	6074	6086	6098
4	6110	6122	6134	6146	6158	6170	6182	6194	6205	6217
5	6229	6241	6253	6265	6277	6289	6301	6312	6324	6336
6	6348	6360	6372	6384	6396	6407	6419	6431	6443	6455
7	6467	6478	6490	6502	6514	6526	6538	6549	6561	6573
8	6585	6597	6608	6620	6632	6644	6655	6667	6679	6691
9	6703	6714	6726	6738	6750	6761	6773	6785	6797	6808
370	56820	56832	56844	56855	56867	56879	56891	56902	56914	56926
1	6937	6949	6961	6972	6984	6996	7008	7019	7031	7043
2	7054	7066	7078	7089	7101	7113	7124	7136	7148	7159
3	7171	7183	7194	7206	7217	7229	7241	7252	7264	7276
4	7287	7299	7310	7322	7334	7345	7357	7368	7380	7392
5	7403	7415	7426	7438	7449	7461	7473	7484	7496	7507
6	7519	7530	7542	7553	7565	7576	7588	7600	7611	7623
7	7634	7646	7657	7669	7680	7692	7703	7715	7726	7738
8	7749	7761	7772	7784	7795	7807	7818	7830	7841	7852
9	7864	7875	7887	7898	7910	7921	7933	7944	7955	7967
380	57978	57990	58001	58013	58024	58035	58047	58058	58070	58081
1	8092	8104	8115	8127	8138	8149	8161	8172	8184	8195
2	8206	8218	8229	8240	8252	8263	8274	8286	8297	8309
3	8320	8331	8343	8354	8365	8377	8388	8399	8410	8422
4	8433	8444	8456	8467	8478	8490	8501	8512	8524	8535
5	8546	8557	8569	8580	8591	8602	8614	8625	8636	8647
6	8659	8670	8681	8692	8704	8715	8726	8737	8749	8760
7	8771	8782	8794	8805	8816	8827	8838	8850	8861	8872
8	8883	8894	8906	8917	8928	8939	8950	8961	8973	8984
9	8995	9006	9017	9028	9040	9051	9062	9073	9084	9095
390	59106	59118	59129	59140	59151	59162	59173	59184	59195	59207
1	9218	9229	9240	9251	9262	9273	9284	9295	9306	9318
2	9329	9340	9351	9362	9373	9384	9395	9406	9417	9428
3	9439	9450	9461	9472	9483	9494	9506	9517	9528	9539
4	9550	9561	9572	9583	9594	9605	9616	9627	9638	9649
5	9660	9671	9682	9693	9704	9715	9726	9737	9748	9759
6	9770	9780	9791	9802	9813	9824	9835	9846	9857	9868
7	9879	9890	9901	9912	9923	9934	9945	9956	9966	9977
8	9988	9999	60010	60021	60032	60043	60054	60065	60076	60086
9	60097	60108	0119	0130	0141	0152	0163	0173	0184	0195
400	60206	60217	60228	60239	60249	60260	60271	60282	60293	60304

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	60206	60217	60228	60239	60249	60260	60271	60282	60293	60304
1	0314	0325	0336	0347	0358	0369	0379	0390	0401	0412
2	0423	0433	0444	0455	0466	0477	0487	0498	0509	0520
3	0531	0541	0552	0563	0574	0584	0595	0606	0617	0627
4	0638	0649	0660	0670	0681	0692	0703	0713	0724	0735
5	0746	0756	0767	0778	0788	0799	0810	0821	0831	0842
6	0853	0863	0874	0885	0895	0906	0917	0927	0938	0949
7	0959	0970	0981	0991	1002	1013	1023	1034	1045	1055
8	1066	1077	1087	1098	1109	1119	1130	1140	1151	1162
9	1172	1183	1194	1204	1215	1225	1236	1247	1257	1268
410	61278	61289	61300	61310	61321	61331	61342	61352	61363	61374
1	1384	1395	1405	1416	1426	1437	1448	1458	1469	1479
2	1490	1500	1511	1521	1532	1542	1553	1563	1574	1584
3	1595	1606	1616	1627	1637	1648	1658	1669	1679	1690
4	1700	1711	1721	1731	1742	1752	1763	1773	1784	1794
5	1805	1815	1826	1836	1847	1857	1868	1878	1888	1899
6	1909	1920	1930	1941	1951	1962	1972	1982	1993	2003
7	2014	2024	2034	2045	2055	2066	2076	2086	2097	2107
8	2118	2128	2138	2149	2159	2170	2180	2190	2201	2211
9	2221	2232	2242	2252	2263	2273	2284	2294	2304	2315
420	62325	62335	62346	62356	62366	62377	62387	62397	62408	62418
1	2428	2439	2449	2459	2469	2480	2490	2500	2511	2521
2	2531	2542	2552	2562	2572	2583	2593	2603	2613	2624
3	2634	2644	2655	2665	2675	2685	2696	2706	2716	2726
4	2737	2747	2757	2767	2778	2788	2798	2808	2818	2829
5	2839	2849	2859	2870	2880	2890	2900	2910	2921	2931
6	2941	2951	2961	2972	2982	2992	3002	3012	3022	3033
7	3043	3053	3063	3073	3083	3094	3104	3114	3124	3134
8	3144	3155	3165	3175	3185	3195	3205	3215	3225	3236
9	3246	3256	3266	3276	3286	3296	3306	3317	3327	3337
430	63347	63357	63367	63377	63387	63397	63407	63417	63428	63438
1	3448	3458	3468	3478	3488	3498	3508	3518	3528	3538
2	3548	3558	3568	3579	3589	3599	3609	3619	3629	3639
3	3649	3659	3669	3679	3689	3699	3709	3719	3729	3739
4	3749	3759	3769	3779	3789	3799	3809	3819	3829	3839
5	3849	3859	3869	3879	3889	3899	3909	3919	3929	3939
6	3949	3959	3969	3979	3989	3998	4008	4018	4028	4038
7	4048	4058	4068	4078	4088	4098	4108	4118	4128	4137
8	4147	4157	4167	4177	4187	4197	4207	4217	4227	4237
9	4246	4256	4266	4276	4286	4296	4306	4316	4326	4335
440	64345	64355	64365	64375	64385	64395	64404	64414	64424	64434
1	4444	4454	4464	4473	4483	4493	4503	4513	4523	4532
2	4542	4552	4562	4572	4582	4591	4601	4611	4621	4631
3	4640	4650	4660	4670	4680	4689	4699	4709	4719	4729
4	4738	4748	4758	4768	4777	4787	4797	4807	4816	4826
5	4836	4846	4855	4865	4875	4885	4895	4904	4914	4924
6	4933	4943	4953	4963	4972	4982	4992	5002	5011	5021
7	5031	5040	5050	5060	5070	5079	5089	5099	5108	5118
8	5128	5137	5147	5157	5167	5176	5186	5196	5205	5215
9	5225	5234	5244	5254	5263	5273	5283	5292	5302	5312
450	65321	65331	65341	65350	65360	65369	65379	65389	65398	65408

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
450	65321	65331	65341	65350	65360	65369	65379	65389	65398	65408
1	5418	5427	5437	5447	5456	5466	5475	5485	5495	5504
2	5514	5523	5533	5543	5552	5562	5571	5581	5591	5600
3	5610	5619	5629	5639	5648	5658	5667	5677	5686	5696
4	5706	5715	5725	5734	5744	5753	5763	5772	5782	5792
5	5801	5811	5820	5830	5839	5849	5858	5868	5877	5887
6	5896	5906	5916	5925	5935	5944	5954	5963	5973	5982
7	5992	6001	6011	6020	6030	6039	6049	6058	6068	6077
8	6087	6096	6106	6115	6124	6134	6143	6153	6162	6172
9	6181	6191	6200	6210	6219	6229	6238	6247	6257	6266
460	66276	66285	66295	66304	66314	66323	66332	66342	66351	66361
1	6370	6380	6389	6398	6408	6417	6427	6436	6445	6455
2	6464	6474	6483	6492	6502	6511	6521	6530	6539	6549
3	6558	6567	6577	6586	6596	6605	6614	6624	6633	6642
4	6652	6661	6671	6680	6689	6699	6708	6717	6727	6736
5	6745	6755	6764	6773	6783	6792	6801	6811	6820	6829
6	6839	6848	6857	6867	6876	6885	6894	6904	6913	6922
7	6932	6941	6950	6960	6969	6978	6987	6997	7006	7015
8	7025	7034	7043	7052	7062	7071	7080	7089	7099	7108
9	7117	7127	7136	7145	7154	7164	7173	7182	7191	7201
470	67210	67219	67228	67237	67247	67256	67265	67274	67284	67293
1	7302	7311	7321	7330	7339	7348	7357	7367	7376	7385
2	7394	7403	7413	7422	7431	7440	7449	7459	7468	7477
3	7486	7495	7504	7514	7523	7532	7541	7550	7560	7569
4	7578	7587	7596	7605	7614	7624	7633	7642	7651	7660
5	7669	7679	7688	7697	7706	7715	7724	7733	7742	7752
6	7761	7770	7779	7788	7797	7806	7815	7825	7834	7843
7	7852	7861	7870	7879	7888	7897	7906	7916	7925	7934
8	7943	7952	7961	7970	7979	7988	7997	8006	8015	8024
9	8034	8043	8052	8061	8070	8079	8088	8097	8106	8115
480	68124	68133	68142	68151	68160	68169	68178	68187	68196	68205
1	8215	8224	8233	8242	8251	8260	8269	8278	8287	8296
2	8305	8314	8323	8332	8341	8350	8359	8368	8377	8386
3	8395	8404	8413	8422	8431	8440	8449	8458	8467	8476
4	8485	8494	8503	8511	8520	8529	8538	8547	8556	8565
5	8574	8583	8592	8601	8610	8619	8628	8637	8646	8655
6	8664	8673	8681	8690	8699	8708	8717	8726	8735	8744
7	8753	8762	8771	8780	8789	8797	8806	8815	8824	8833
8	8842	8851	8860	8869	8878	8886	8895	8904	8913	8922
9	8931	8940	8949	8958	8966	8975	8984	8993	9002	9011
490	69020	69028	69037	69046	69055	69064	69073	69082	69090	69099
1	9108	9117	9125	9135	9144	9152	9161	9170	9179	9188
2	9197	9205	9214	9223	9232	9241	9249	9258	9267	9276
3	9285	9294	9302	9311	9320	9329	9338	9346	9355	9364
4	9373	9381	9390	9399	9408	9417	9425	9434	9443	9452
5	9461	9469	9478	9487	9496	9504	9513	9522	9531	9539
6	9548	9557	9566	9574	9583	9592	9601	9609	9618	9627
7	9636	9644	9653	9662	9671	9679	9688	9697	9705	9714
8	9723	9732	9740	9749	9758	9767	9775	9784	9793	9801
9	9810	9819	9827	9836	9845	9854	9862	9871	9880	9888
500	69897	69906	69914	69923	69932	69940	69949	69958	69966	69975

## 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	69897	69906	69914	69923	69932	69940	69949	69958	69966	69975
1	9984	9992	70001	70010	70018	70027	70036	70044	70053	70062
2	70070	70079	0038	0096	0105	0114	0122	0131	0140	0148
3	0157	0165	0174	0183	0191	0200	0209	0217	0226	0234
4	0243	0252	0260	0269	0278	0286	0295	0303	0312	0321
5	0329	0338	0346	0355	0364	0372	0381	0389	0398	0406
6	0415	0424	0432	0441	0449	0458	0467	0475	0484	0492
7	0501	0509	0518	0526	0535	0544	0552	0561	0569	0578
8	0586	0595	0603	0612	0621	0629	0638	0646	0655	0663
9	0672	0680	0689	0697	0706	0714	0723	0731	0740	0749
510	70767	70766	70774	70783	70791	70800	70808	70817	70825	70834
1	0842	0851	0859	0868	0876	0885	0893	0902	0910	0919
2	0927	0935	0944	0952	0961	0969	0978	0986	0995	1003
3	1012	1020	1029	1037	1046	1054	1063	1071	1079	1088
4	1096	1105	1113	1122	1130	1139	1147	1155	1164	1172
5	1181	1189	1198	1206	1214	1223	1231	1240	1248	1257
6	1265	1273	1282	1290	1299	1307	1315	1324	1332	1341
7	1349	1357	1366	1374	1383	1391	1399	1408	1416	1425
8	1433	1441	1450	1458	1466	1475	1483	1492	1500	1508
9	1517	1525	1533	1542	1550	1559	1567	1575	1584	1592
520	71600	71609	71617	71625	71634	71642	71650	71659	71667	71675
1	1684	1692	1700	1709	1717	1725	1734	1742	1750	1759
2	1767	1775	1784	1792	1800	1809	1817	1825	1834	1842
3	1850	1858	1867	1875	1883	1892	1900	1908	1917	1925
4	1933	1941	1950	1958	1966	1975	1983	1991	1999	2008
5	2016	2024	2032	2041	2049	2057	2066	2074	2082	2090
6	2099	2107	2115	2123	2132	2140	2148	2156	2165	2173
7	2181	2189	2198	2206	2214	2222	2230	2239	2247	2255
8	2263	2272	2280	2288	2296	2304	2313	2321	2329	2337
9	2346	2354	2362	2370	2378	2387	2395	2403	2411	2419
530	72428	72436	72444	72452	72460	72469	72477	72485	72493	72501
1	2509	2518	2526	2534	2542	2550	2558	2567	2575	2583
2	2591	2599	2607	2616	2624	2632	2640	2648	2656	2665
3	2673	2681	2689	2697	2705	2713	2722	2730	2738	2746
4	2754	2762	2770	2779	2787	2795	2803	2811	2819	2827
5	2835	2843	2852	2860	2868	2876	2884	2892	2900	2908
6	2916	2925	2933	2941	2949	2957	2965	2973	2981	2989
7	2997	3006	3014	3022	3030	3038	3046	3054	3062	3070
8	3078	3086	3094	3102	3111	3119	3127	3135	3143	3151
9	3159	3167	3175	3183	3191	3199	3207	3215	3223	3231
540	73239	73247	73255	73263	73272	73280	73288	73296	73304	73312
1	3320	3328	3336	3344	3352	3360	3368	3376	3384	3392
2	3400	3408	3416	3424	3432	3440	3448	3456	3464	3472
3	3480	3488	3496	3504	3512	3520	3528	3536	3544	3552
4	3560	3568	3576	3584	3592	3600	3608	3616	3624	3632
5	3640	3648	3656	3664	3672	3679	3687	3695	3703	3711
6	3719	3727	3735	3743	3751	3759	3767	3775	3783	3791
7	3799	3807	3815	3823	3830	3838	3846	3854	3862	3870
8	3878	3886	3894	3902	3910	3918	3926	3933	3941	3949
9	3957	3965	3973	3981	3989	3997	4005	4013	4020	4028
550	74036	74044	74052	74060	74068	74076	74084	74092	74099	74107

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	74036	74044	74052	74060	74068	74076	74084	74092	74099	74107
1	4115	4123	4131	4139	4147	4155	4162	4170	4178	4186
2	4194	4202	4210	4218	4225	4233	4241	4249	4257	4265
3	4273	4280	4288	4296	4304	4312	4320	4327	4335	4343
4	4351	4359	4367	4374	4382	4390	4398	4406	4414	4421
5	4429	4437	4445	4453	4461	4468	4476	4484	4492	4500
6	4507	4515	4523	4531	4539	4547	4554	4562	4570	4578
7	4586	4593	4601	4609	4617	4624	4632	4640	4648	4656
8	4663	4671	4679	4687	4695	4702	4710	4718	4726	4733
9	4741	4749	4757	4764	4772	4780	4788	4796	4803	4811
560	74819	74827	74834	74842	74850	74858	74865	74873	74881	74889
1	4896	4904	4912	4920	4927	4935	4943	4950	4958	4966
2	4974	4981	4989	4997	5005	5012	5020	5028	5035	5043
3	5051	5059	5066	5074	5082	5089	5097	5105	5113	5120
4	5128	5136	5143	5151	5159	5166	5174	5182	5189	5197
5	5205	5213	5220	5228	5236	5243	5251	5259	5266	5274
6	5282	5289	5297	5305	5312	5320	5328	5335	5343	5351
7	5358	5366	5374	5381	5389	5397	5404	5412	5420	5427
8	5435	5442	5450	5458	5465	5473	5481	5488	5496	5504
9	5511	5519	5526	5534	5542	5549	5557	5565	5572	5580
570	75687	75695	75703	75710	75718	75726	75733	75741	75748	75756
1	5694	5671	5679	5686	5694	5702	5709	5717	5724	5732
2	5740	5747	5755	5762	5770	5778	5785	5793	5800	5808
3	5815	5823	5831	5838	5846	5853	5861	5868	5876	5884
4	5891	5899	5906	5914	5921	5929	5937	5944	5952	5959
5	5967	5974	5982	5989	5997	6005	6012	6020	6027	6035
6	6042	6050	6057	6065	6072	6080	6087	6095	6103	6110
7	6118	6125	6133	6140	6148	6155	6163	6170	6178	6185
8	6193	6200	6208	6215	6223	6230	6238	6245	6253	6260
9	6268	6275	6283	6290	6298	6305	6313	6320	6328	6335
580	76343	76350	76358	76365	76373	76380	76388	76395	76403	76410
1	6418	6425	6433	6440	6448	6455	6462	6470	6477	6485
2	6492	6500	6507	6515	6522	6530	6537	6545	6552	6559
3	6567	6574	6582	6589	6597	6604	6612	6619	6626	6634
4	6641	6649	6656	6664	6671	6678	6686	6693	6701	6708
5	6716	6723	6730	6738	6745	6753	6760	6768	6775	6782
6	6790	6797	6805	6812	6819	6827	6834	6842	6849	6856
7	6864	6871	6879	6886	6893	6901	6908	6916	6923	6930
8	6938	6945	6953	6960	6967	6975	6982	6989	6997	7004
9	7012	7019	7026	7034	7041	7048	7056	7063	7070	7078
590	77085	77093	77100	77107	77115	77122	77129	77137	77144	77151
1	7159	7166	7173	7181	7188	7195	7203	7210	7217	7225
2	7232	7240	7247	7254	7262	7269	7276	7283	7291	7298
3	7305	7313	7320	7327	7335	7342	7349	7357	7364	7371
4	7379	7386	7393	7401	7408	7415	7422	7430	7437	7444
5	7452	7459	7466	7474	7481	7488	7495	7503	7510	7517
6	7525	7532	7539	7546	7554	7561	7568	7576	7583	7590
7	7597	7605	7612	7619	7627	7634	7641	7648	7656	7663
8	7670	7677	7685	7692	7699	7706	7714	7721	7728	7735
9	7743	7750	7757	7764	7772	7779	7786	7793	7801	7808
600	77815	77822	77830	77837	77844	77851	77859	77866	77873	77880



## 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
600	77815	77822	77830	77837	77844	77851	77859	77866	77873	77880
1	7887	7885	7902	7909	7916	7924	7931	7938	7945	7952
2	7960	7967	7974	7981	7988	7996	8003	8010	8017	8025
3	8032	8039	8046	8053	8061	8068	8075	8082	8089	8097
4	8104	8111	8118	8125	8132	8140	8147	8154	8161	8168
5	8176	8183	8190	8197	8204	8211	8219	8226	8233	8240
6	8247	8254	8262	8269	8276	8283	8290	8297	8305	8312
7	8319	8326	8333	8340	8347	8355	8362	8369	8376	8383
8	8390	8398	8405	8412	8419	8426	8433	8440	8447	8455
9	8462	8469	8476	8483	8490	8497	8504	8512	8519	8526
610	78533	78540	78547	78554	78561	78569	78576	78583	78590	78597
1	8604	8611	8618	8625	8633	8640	8647	8654	8661	8668
2	8675	8682	8689	8696	8704	8711	8718	8725	8732	8739
3	8746	8753	8760	8767	8774	8781	8789	8796	8803	8810
4	8817	8824	8831	8838	8845	8852	8859	8866	8873	8880
5	8888	8895	8902	8909	8916	8923	8930	8937	8944	8951
6	8958	8965	8972	8979	8986	8993	9000	9007	9014	9021
7	9028	9035	9043	9050	9057	9064	9071	9078	9085	9092
8	9099	9106	9113	9120	9127	9134	9141	9148	9155	9162
9	9169	9176	9183	9190	9197	9204	9211	9218	9225	9232
620	79239	79246	79253	79260	79267	79274	79281	79288	79295	79302
1	9309	9316	9323	9330	9337	9344	9351	9358	9365	9372
2	9379	9386	9393	9400	9407	9414	9421	9428	9435	9442
3	9449	9456	9463	9470	9477	9484	9491	9498	9505	9511
4	9518	9525	9532	9539	9546	9553	9560	9567	9574	9581
5	9588	9595	9602	9609	9616	9623	9630	9637	9644	9650
6	9657	9664	9671	9678	9685	9692	9699	9706	9713	9720
7	9727	9734	9741	9748	9754	9761	9768	9775	9782	9789
8	9796	9803	9810	9817	9824	9831	9837	9844	9851	9858
9	9865	9872	9879	9885	9893	9900	9906	9913	9920	9927
630	79934	79941	79948	79955	79962	79969	79975	79982	79989	79996
1	80003	80010	80017	80024	80030	80037	80044	80051	80058	80065
2	0072	0079	0085	0092	0099	0106	0113	0120	0127	0134
3	0140	0147	0154	0161	0168	0175	0182	0188	0195	0202
4	0209	0216	0223	0229	0236	0243	0250	0257	0264	0271
5	0277	0284	0291	0298	0305	0312	0318	0325	0332	0339
6	0346	0353	0359	0366	0373	0380	0387	0393	0400	0407
7	0414	0421	0428	0434	0441	0448	0455	0462	0468	0475
8	0482	0489	0496	0502	0509	0516	0523	0530	0536	0543
9	0550	0557	0564	0570	0577	0584	0591	0598	0604	0611
640	80618	80625	80632	80639	80645	80652	80659	80665	80672	80679
1	0685	0693	0699	0706	0713	0720	0726	0733	0740	0747
2	0754	0760	0767	0774	0781	0787	0794	0801	0808	0814
3	0821	0828	0835	0841	0848	0855	0862	0868	0875	0882
4	0889	0895	0902	0909	0916	0922	0929	0936	0943	0949
5	0956	0963	0969	0976	0983	0990	0996	1003	1010	1017
6	1023	1030	1037	1043	1050	1057	1064	1070	1077	1084
7	1090	1097	1104	1111	1117	1124	1131	1137	1144	1151
8	1158	1164	1171	1178	1184	1191	1198	1204	1211	1218
9	1224	1231	1238	1245	1251	1258	1265	1271	1278	1285
650	81291	81298	81305	81311	81318	81325	81331	81338	81345	81351

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
650	81291	81298	81305	81311	81318	81325	81331	81338	81345	81351
1	1358	1365	1371	1378	1385	1391	1398	1405	1411	1418
2	1425	1431	1438	1445	1451	1458	1465	1471	1478	1485
3	1491	1498	1505	1511	1518	1525	1531	1538	1544	1551
4	1558	1564	1571	1578	1584	1591	1598	1604	1611	1617
5	1624	1631	1637	1644	1651	1657	1664	1671	1677	1684
6	1690	1697	1704	1710	1717	1723	1730	1737	1743	1750
7	1757	1763	1770	1776	1783	1790	1796	1803	1809	1816
8	1823	1829	1836	1842	1849	1855	1862	1869	1875	1882
9	1889	1895	1902	1908	1915	1921	1928	1935	1941	1948
660	81954	81961	81968	81974	81981	81987	81994	82000	82007	82014
1	2020	2027	2033	2040	2046	2053	2060	2066	2073	2079
2	2086	2092	2099	2105	2112	2119	2125	2132	2138	2145
3	2151	2158	2164	2171	2178	2184	2191	2197	2204	2210
4	2217	2223	2230	2236	2243	2249	2256	2263	2269	2276
5	2282	2289	2295	2302	2308	2315	2321	2328	2334	2341
6	2347	2354	2360	2367	2373	2380	2387	2393	2400	2406
7	2413	2419	2426	2432	2439	2445	2452	2458	2465	2471
8	2478	2484	2491	2497	2504	2510	2517	2523	2530	2536
9	2543	2549	2556	2562	2569	2575	2582	2588	2595	2601
670	82607	82614	82620	82627	82633	82640	82646	82653	82659	82666
1	2672	2679	2685	2692	2698	2705	2711	2718	2724	2730
2	2737	2743	2750	2756	2763	2769	2776	2782	2789	2795
3	2802	2808	2814	2821	2827	2834	2840	2847	2853	2860
4	2866	2872	2879	2885	2892	2898	2905	2911	2918	2924
5	2930	2937	2943	2950	2956	2963	2969	2976	2982	2988
6	2995	3001	3008	3014	3020	3027	3033	3040	3046	3052
7	3059	3065	3072	3078	3085	3091	3097	3104	3110	3117
8	3123	3129	3136	3142	3149	3155	3161	3168	3174	3181
9	3187	3193	3200	3206	3213	3219	3225	3232	3238	3245
680	83251	83257	83264	83270	83276	83283	83289	83296	83302	83308
1	3315	3321	3327	3334	3340	3347	3353	3359	3366	3372
2	3378	3385	3391	3398	3404	3410	3417	3423	3429	3436
3	3442	3448	3455	3461	3467	3474	3480	3487	3493	3499
4	3506	3512	3518	3525	3531	3537	3544	3550	3556	3563
5	3569	3575	3582	3588	3594	3601	3607	3613	3620	3626
6	3632	3639	3645	3651	3658	3664	3670	3677	3683	3689
7	3696	3702	3708	3715	3721	3727	3734	3740	3746	3753
8	3759	3765	3771	3778	3784	3790	3797	3803	3809	3816
9	3822	3828	3835	3841	3847	3853	3860	3866	3872	3879
690	83885	83891	83897	83904	83910	83916	83923	83929	83935	83942
1	3945	3954	3960	3967	3973	3979	3985	3992	3998	4004
2	4011	4017	4023	4029	4036	4042	4048	4055	4061	4067
3	4073	4080	4086	4092	4098	4105	4111	4117	4123	4130
4	4136	4142	4148	4155	4161	4167	4173	4180	4186	4192
5	4198	4205	4211	4217	4223	4230	4236	4242	4248	4255
6	4261	4267	4273	4280	4286	4292	4298	4305	4311	4317
7	4323	4330	4336	4342	4348	4354	4361	4367	4373	4379
8	4385	4392	4398	4404	4410	4417	4423	4429	4435	4442
9	4448	4454	4460	4466	4473	4479	4485	4491	4497	4504
700	84510	84516	84522	84528	84535	84541	84547	84553	84559	84566

## 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
700	84510	84516	84522	84528	84535	84541	84547	84553	84559	84566
1	4572	4678	4584	4690	4597	4603	4609	4615	4621	4628
2	4634	4640	4646	4652	4658	4665	4671	4677	4683	4689
3	4696	4702	4708	4714	4720	4726	4733	4739	4745	4751
4	4757	4763	4770	4776	4782	4788	4794	4800	4807	4813
5	4819	4825	4831	4837	4844	4850	4856	4862	4868	4874
6	4880	4887	4893	4899	4905	4911	4917	4924	4930	4936
7	4942	4948	4954	4960	4967	4973	4979	4985	4991	4997
8	5003	5009	5016	5022	5028	5034	5040	5046	5052	5058
9	5065	5071	5077	5083	5089	5095	5101	5107	5114	5120
710	85126	85132	85138	85144	85150	85156	85163	85169	85175	85181
1	5187	5193	5199	5205	5211	5217	5224	5230	5236	5242
2	5248	5254	5260	5266	5272	5278	5285	5291	5297	5303
3	5309	5315	5321	5327	5333	5339	5345	5352	5358	5364
4	5370	5376	5382	5388	5394	5400	5406	5412	5418	5425
5	5431	5437	5443	5449	5455	5461	5467	5473	5479	5485
6	5491	5497	5503	5509	5516	5522	5528	5534	5540	5546
7	5552	5558	5564	5570	5576	5582	5588	5594	5600	5606
8	5612	5618	5625	5631	5637	5643	5649	5655	5661	5667
9	5673	5679	5685	5691	5697	5703	5709	5715	5721	5727
720	85733	85739	85745	85751	85757	85763	85769	85775	85781	85788
1	5794	5800	5806	5812	5818	5824	5830	5836	5842	5848
2	5854	5860	5866	5872	5878	5884	5890	5896	5902	5908
3	5914	5920	5926	5932	5938	5944	5950	5956	5962	5968
4	5974	5980	5986	5992	5998	6004	6010	6016	6022	6028
5	6034	6040	6046	6052	6058	6064	6070	6076	6082	6088
6	6094	6100	6106	6112	6118	6124	6130	6136	6141	6147
7	6153	6159	6165	6171	6177	6183	6189	6195	6201	6207
8	6213	6219	6225	6231	6237	6243	6249	6255	6261	6267
9	6273	6279	6285	6291	6297	6303	6308	6314	6320	6326
730	86332	86338	86344	86350	86356	86362	86368	86374	86380	86386
1	6392	6398	6404	6410	6415	6421	6427	6433	6439	6445
2	6451	6457	6463	6469	6475	6481	6487	6493	6499	6504
3	6510	6516	6522	6528	6534	6540	6546	6552	6558	6564
4	6570	6576	6581	6587	6593	6599	6605	6611	6617	6623
5	6629	6635	6641	6646	6652	6658	6664	6670	6676	6682
6	6698	6694	6700	6705	6711	6717	6723	6729	6735	6741
7	6747	6753	6759	6764	6770	6776	6782	6788	6794	6800
8	6806	6812	6817	6823	6829	6835	6841	6847	6853	6859
9	6864	6870	6876	6882	6888	6894	6900	6906	6911	6917
740	86923	86929	86935	86941	86947	86953	86958	86964	86970	86976
1	6982	6988	6994	6999	7005	7011	7017	7023	7029	7035
2	7040	7046	7052	7058	7064	7070	7075	7081	7087	7093
3	7099	7105	7111	7116	7122	7128	7134	7140	7146	7151
4	7157	7163	7169	7175	7181	7186	7192	7198	7204	7210
5	7216	7221	7227	7233	7239	7245	7251	7256	7262	7268
6	7274	7280	7285	7291	7297	7303	7309	7315	7320	7326
7	7332	7338	7344	7349	7355	7361	7367	7373	7379	7384
8	7390	7396	7402	7408	7413	7419	7425	7431	7437	7442
9	7448	7454	7460	7466	7471	7477	7483	7489	7495	7500
750	87506	87512	87518	87523	87529	87535	87541	87547	87552	87558

# 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
750	87506	87512	87518	87523	87529	87535	87541	87547	87552	87558
1	7664	7670	7676	7681	7687	7693	7699	7704	7710	7716
2	7622	7628	7633	7639	7645	7651	7656	7662	7668	7674
3	7679	7685	7691	7697	7703	7708	7714	7720	7726	7731
4	7737	7743	7749	7754	7760	7766	7772	7777	7783	7789
5	7795	7800	7806	7812	7818	7823	7829	7835	7841	7846
6	7852	7858	7864	7869	7875	7881	7887	7892	7898	7904
7	7910	7915	7921	7927	7933	7938	7944	7950	7955	7961
8	7967	7973	7978	7984	7990	7996	8001	8007	8013	8018
9	8024	8030	8036	8041	8047	8053	8058	8064	8070	8076
760	88061	88067	88073	88078	88104	88110	88116	88121	88127	88133
1	8138	8144	8150	8156	8161	8167	8173	8178	8184	8190
2	8195	8201	8207	8213	8218	8224	8230	8235	8241	8247
3	8252	8258	8264	8270	8275	8281	8287	8292	8298	8304
4	8309	8315	8321	8326	8332	8338	8343	8349	8355	8360
5	8366	8372	8377	8383	8389	8395	8400	8406	8412	8417
6	8423	8429	8434	8440	8446	8451	8457	8463	8468	8474
7	8480	8485	8491	8497	8502	8508	8513	8519	8525	8530
8	8536	8542	8547	8553	8559	8564	8570	8576	8581	8587
9	8593	8598	8604	8610	8615	8621	8627	8632	8638	8643
770	88649	88655	88660	88666	88672	88677	88683	88689	88694	88700
1	8705	8711	8717	8722	8728	8734	8739	8745	8750	8756
2	8762	8767	8773	8779	8784	8790	8795	8801	8807	8812
3	8818	8824	8829	8835	8840	8846	8852	8857	8863	8868
4	8874	8880	8885	8891	8897	8902	8908	8913	8919	8925
5	8930	8936	8941	8947	8953	8958	8964	8969	8975	8981
6	8986	8992	8997	9003	9009	9014	9020	9025	9031	9037
7	9042	9048	9053	9059	9064	9070	9076	9081	9087	9092
8	9098	9104	9109	9115	9120	9126	9131	9137	9143	9148
9	9154	9159	9165	9170	9176	9182	9187	9193	9198	9204
780	89209	89215	89221	89226	89232	89237	89243	89248	89254	89260
1	9235	9271	9276	9282	9287	9293	9298	9304	9310	9315
2	9321	9326	9332	9337	9343	9348	9354	9360	9365	9371
3	9376	9382	9387	9393	9398	9404	9409	9415	9421	9426
4	9432	9437	9443	9448	9454	9459	9465	9470	9476	9481
5	9487	9492	9498	9504	9509	9515	9520	9526	9531	9537
6	9542	9548	9553	9559	9564	9570	9575	9581	9586	9592
7	9597	9603	9609	9614	9620	9625	9631	9636	9642	9647
8	9653	9658	9664	9669	9675	9680	9686	9691	9697	9702
9	9708	9713	9719	9724	9730	9735	9741	9746	9752	9757
790	89763	89768	89774	89779	89785	89790	89796	89801	89807	89812
1	9818	9823	9829	9834	9840	9845	9851	9856	9862	9867
2	9873	9878	9883	9889	9894	9900	9905	9911	9916	9922
3	9927	9933	9938	9944	9949	9955	9960	9966	9971	9977
4	9982	9988	9993	9998	99004	99009	99015	99020	99026	99031
5	99037	99042	99048	99053	99059	99064	99069	99075	99080	99086
6	99091	99097	99102	99108	99113	99119	99124	99129	99135	99140
7	99146	99151	99157	99162	99168	99173	99179	99184	99189	99195
8	99200	99206	99211	99217	99222	99227	99233	99238	99244	99249
9	99255	99260	99266	99271	99276	99282	99287	99293	99298	99304
800	90309	90314	90320	90325	90331	90336	90342	90347	90352	90358

## 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	90309	90314	90320	90325	90331	90336	90342	90347	90352	90358
1	0363	0369	0374	0380	0385	0390	0396	0401	0407	0412
2	0417	0423	0428	0434	0439	0445	0450	0455	0461	0466
3	0472	0477	0482	0488	0493	0499	0504	0509	0515	0520
4	0526	0531	0536	0542	0547	0553	0558	0563	0569	0574
5	0580	0585	0590	0596	0601	0607	0612	0617	0623	0628
6	0634	0639	0644	0650	0655	0660	0666	0671	0677	0682
7	0687	0693	0698	0703	0709	0714	0720	0725	0730	0736
8	0741	0747	0752	0757	0763	0768	0773	0779	0784	0789
9	0795	0800	0806	0811	0816	0822	0827	0832	0838	0843
810	90849	90854	90859	90865	90870	90875	90881	90886	90891	90897
1	0902	0907	0913	0918	0924	0929	0934	0940	0945	0950
2	0956	0961	0966	0972	0977	0982	0988	0993	0998	1004
3	1009	1014	1020	1025	1030	1036	1041	1046	1052	1057
4	1062	1068	1073	1078	1084	1089	1094	1100	1105	1110
5	1116	1121	1126	1132	1137	1142	1148	1153	1158	1164
6	1169	1174	1180	1185	1190	1196	1201	1206	1212	1217
7	1222	1228	1233	1238	1243	1249	1254	1259	1265	1270
8	1275	1281	1286	1291	1297	1302	1307	1312	1318	1323
9	1328	1334	1339	1344	1350	1355	1360	1365	1371	1376
820	91381	91387	91392	91397	91403	91408	91413	91418	91424	91429
1	1434	1440	1445	1450	1455	1461	1466	1471	1477	1482
2	1487	1492	1498	1503	1508	1514	1519	1524	1529	1535
3	1540	1545	1551	1556	1561	1566	1572	1577	1582	1587
4	1593	1598	1603	1609	1614	1619	1624	1630	1635	1640
5	1645	1651	1656	1661	1666	1672	1677	1682	1687	1693
6	1698	1703	1709	1714	1719	1724	1730	1735	1740	1745
7	1751	1756	1761	1766	1772	1777	1782	1787	1793	1798
8	1803	1808	1814	1819	1824	1829	1834	1840	1845	1850
9	1855	1861	1866	1871	1876	1882	1887	1892	1897	1903
830	91908	91913	91918	91924	91929	91934	91939	91944	91950	91955
1	1960	1965	1971	1976	1981	1986	1991	1997	2002	2007
2	2012	2018	2023	2028	2033	2038	2044	2049	2054	2059
3	2065	2070	2075	2080	2085	2091	2096	2101	2106	2111
4	2117	2122	2127	2132	2137	2143	2148	2153	2158	2163
5	2169	2174	2179	2184	2189	2195	2200	2205	2210	2216
6	2221	2226	2231	2236	2241	2247	2252	2257	2262	2267
7	2273	2278	2283	2288	2293	2299	2304	2309	2314	2319
8	2324	2330	2335	2340	2345	2350	2355	2361	2366	2371
9	2376	2381	2387	2392	2397	2402	2407	2412	2418	2423
840	92428	92433	92438	92443	92449	92454	92459	92464	92469	92474
1	2480	2485	2490	2495	2500	2505	2511	2516	2521	2526
2	2531	2536	2542	2547	2552	2557	2562	2567	2572	2578
3	2583	2588	2593	2598	2603	2609	2614	2619	2624	2629
4	2634	2639	2645	2650	2655	2660	2665	2670	2675	2681
5	2686	2691	2696	2701	2706	2711	2716	2722	2727	2732
6	2737	2742	2747	2752	2758	2763	2768	2773	2778	2783
7	2788	2793	2799	2804	2809	2814	2819	2824	2829	2834
8	2840	2845	2850	2855	2860	2865	2870	2875	2881	2886
9	2891	2896	2901	2906	2911	2916	2921	2927	2932	2937
850	92942	92947	92952	92957	92962	92967	92973	92978	92983	92988

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
850	92942	92947	92952	92957	92962	92967	92973	92978	92983	92988
1	2993	2998	3003	3008	3013	3018	3024	3029	3034	3039
2	3044	3049	3054	3059	3064	3069	3075	3080	3085	3090
3	3095	3100	3105	3110	3115	3120	3125	3131	3136	3141
4	3146	3151	3156	3161	3166	3171	3176	3181	3186	3192
5	3197	3202	3207	3212	3217	3222	3227	3232	3237	3242
6	3247	3252	3258	3263	3268	3273	3278	3283	3288	3293
7	3298	3303	3308	3313	3318	3323	3328	3334	3339	3344
8	3349	3354	3359	3364	3369	3374	3379	3384	3389	3394
9	3399	3404	3409	3414	3420	3425	3430	3435	3440	3445
860	93450	93455	93460	93465	93470	93475	93480	93485	93490	93495
1	3500	3505	3510	3515	3520	3526	3531	3536	3541	3546
2	3551	3556	3561	3566	3571	3576	3581	3586	3591	3596
3	3601	3606	3611	3616	3621	3626	3631	3636	3641	3646
4	3651	3656	3661	3666	3671	3676	3682	3687	3692	3697
5	3702	3707	3712	3717	3722	3727	3732	3737	3742	3747
6	3752	3757	3762	3767	3772	3777	3782	3787	3792	3797
7	3802	3807	3812	3817	3822	3827	3832	3837	3842	3847
8	3852	3857	3862	3867	3872	3877	3882	3887	3892	3897
9	3902	3907	3912	3917	3922	3927	3932	3937	3942	3947
870	93952	93957	93962	93967	93972	93977	93982	93987	93992	93997
1	4002	4007	4012	4017	4022	4027	4032	4037	4042	4047
2	4052	4057	4062	4067	4072	4077	4082	4086	4091	4096
3	4101	4106	4111	4116	4121	4126	4131	4136	4141	4146
4	4151	4156	4161	4166	4171	4176	4181	4186	4191	4196
5	4201	4206	4211	4216	4221	4226	4231	4236	4240	4245
6	4250	4255	4260	4265	4270	4275	4280	4285	4290	4295
7	4300	4305	4310	4315	4320	4325	4330	4335	4340	4345
8	4349	4354	4359	4364	4369	4374	4379	4384	4389	4394
9	4399	4404	4409	4414	4419	4424	4429	4433	4438	4443
880	94448	94453	94458	94463	94468	94473	94478	94483	94488	94493
1	4498	4503	4507	4512	4517	4522	4527	4532	4537	4542
2	4547	4552	4557	4562	4567	4571	4576	4581	4586	4591
3	4596	4601	4606	4611	4616	4621	4626	4630	4635	4640
4	4645	4650	4655	4660	4665	4670	4675	4680	4685	4689
5	4694	4699	4704	4709	4714	4719	4724	4729	4734	4738
6	4743	4748	4753	4758	4763	4768	4773	4778	4783	4787
7	4792	4797	4802	4807	4812	4817	4822	4827	4832	4836
8	4841	4846	4851	4856	4861	4866	4871	4876	4880	4885
9	4890	4895	4900	4905	4910	4915	4919	4924	4929	4934
890	94939	94944	94949	94954	94959	94963	94968	94973	94978	94983
1	4988	4993	4998	5002	5007	5012	5017	5022	5027	5032
2	5036	5041	5046	5051	5056	5061	5066	5071	5075	5080
3	5085	5090	5095	5100	5105	5109	5114	5119	5124	5129
4	5134	5139	5143	5148	5153	5158	5163	5168	5173	5177
5	5182	5187	5192	5197	5202	5207	5211	5216	5221	5226
6	5231	5236	5240	5245	5250	5255	5260	5265	5270	5274
7	5279	5284	5289	5294	5299	5303	5308	5313	5318	5323
8	5328	5332	5337	5342	5347	5352	5357	5361	5366	5371
9	5376	5381	5386	5390	5395	5400	5405	5410	5415	5419
900	95424	95429	95434	95439	95444	95448	95453	95458	95463	95468

## 1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
900	95425	95429	95434	95439	95444	95448	95453	95458	95463	95468
1	5472	5477	5482	5487	5492	5497	5501	5505	5511	5516
2	5521	5525	5530	5535	5540	5545	5550	5554	5559	5564
3	5569	5574	5578	5583	5588	5593	5598	5602	5607	5612
4	5617	5622	5626	5631	5635	5641	5646	5650	5655	5660
5	5665	5670	5674	5679	5683	5689	5694	5698	5703	5708
6	5713	5718	5722	5727	5732	5737	5742	5746	5751	5755
7	5761	5766	5770	5775	5780	5785	5789	5794	5799	5804
8	5809	5813	5818	5823	5828	5833	5837	5842	5847	5852
9	5856	5861	5866	5871	5875	5880	5885	5890	5895	5899
910	95904	95909	95914	95918	95923	95928	95933	95938	95942	95947
1	5952	5957	5961	5966	5971	5976	5980	5985	5990	5995
2	5999	6004	6009	6014	6019	6023	6028	6033	6038	6042
3	6047	6052	6057	6061	6066	6071	6076	6080	6085	6090
4	6095	6099	6104	6109	6114	6118	6123	6128	6133	6137
5	6142	6147	6152	6156	6161	6166	6171	6175	6180	6185
6	6190	6194	6199	6204	6209	6213	6218	6223	6227	6232
7	6237	6242	6246	6251	6256	6261	6265	6270	6275	6280
8	6284	6289	6294	6298	6303	6308	6313	6317	6322	6327
9	6332	6336	6341	6346	6350	6355	6360	6365	6369	6374
920	96379	96384	96388	96393	96398	96402	96407	96412	96417	96421
1	6426	6431	6435	6440	6445	6450	6454	6459	6464	6468
2	6473	6478	6483	6487	6492	6497	6501	6506	6511	6515
3	6520	6525	6530	6534	6539	6544	6548	6553	6558	6562
4	6567	6572	6577	6581	6586	6591	6595	6600	6605	6609
5	6614	6619	6624	6628	6633	6638	6642	6647	6652	6656
6	6661	6666	6670	6675	6680	6685	6689	6694	6699	6703
7	6708	6713	6717	6722	6727	6731	6736	6741	6745	6750
8	6755	6760	6764	6769	6774	6778	6783	6788	6792	6797
9	6802	6806	6811	6816	6820	6825	6830	6834	6839	6844
930	96848	96853	96858	96862	96867	96872	96876	96881	96886	96890
1	6895	6900	6904	6909	6914	6918	6923	6928	6932	6937
2	6942	6946	6951	6956	6960	6965	6970	6974	6979	6984
3	6988	6993	6997	7002	7007	7011	7016	7021	7025	7030
4	7035	7039	7044	7049	7053	7058	7063	7067	7072	7077
5	7081	7086	7090	7095	7100	7104	7109	7114	7118	7123
6	7128	7132	7137	7142	7146	7151	7155	7160	7165	7169
7	7174	7179	7183	7188	7192	7197	7202	7206	7211	7216
8	7220	7225	7230	7234	7239	7243	7248	7253	7257	7262
9	7267	7271	7276	7280	7285	7290	7294	7299	7304	7308
940	97313	97317	97322	97327	97331	97336	97340	97345	97350	97354
1	7359	7364	7368	7373	7377	7382	7387	7391	7396	7400
2	7405	7410	7414	7419	7424	7428	7433	7437	7442	7447
3	7451	7456	7460	7465	7470	7474	7479	7483	7488	7493
4	7497	7502	7506	7511	7516	7520	7525	7529	7534	7539
5	7543	7548	7552	7557	7562	7566	7571	7575	7580	7585
6	7589	7594	7598	7603	7607	7612	7617	7621	7626	7630
7	7635	7640	7644	7649	7653	7658	7663	7667	7672	7676
8	7681	7685	7690	7695	7699	7704	7708	7713	7717	7722
9	7727	7731	7736	7740	7745	7749	7754	7759	7763	7768
950	97772	97777	97782	97786	97791	97795	97800	97804	97809	97813

1. 對 數 表

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
950	97772	97777	97782	97786	97791	97795	97800	97804	97809	97813
1	7818	7823	7827	7832	7836	7841	7845	7850	7855	7859
2	7864	7868	7873	7877	7882	7886	7891	7896	7900	7905
3	7909	7914	7918	7923	7928	7932	7937	7941	7946	7950
4	7955	7959	7964	7968	7973	7978	7982	7987	7991	7996
5	8000	8005	8009	8014	8019	8023	8028	8032	8037	8041
6	8046	8050	8055	8059	8064	8068	8073	8078	8082	8087
7	8091	8096	8100	8105	8109	8114	8118	8123	8127	8132
8	8137	8141	8146	8150	8155	8159	8164	8168	8173	8177
9	8182	8186	8191	8195	8200	8204	8209	8214	8218	8223
960	98227	98232	98236	98241	98245	98250	98254	98259	98263	98268
1	8272	8277	8281	8286	8290	8295	8300	8304	8308	8313
2	8318	8322	8327	8331	8336	8340	8345	8349	8354	8358
3	8363	8367	8372	8376	8381	8385	8390	8394	8399	8403
4	8408	8412	8417	8421	8426	8430	8435	8439	8444	8448
5	8453	8457	8462	8466	8471	8475	8480	8484	8489	8493
6	8498	8502	8507	8511	8516	8520	8525	8529	8534	8538
7	8543	8547	8552	8556	8561	8565	8570	8574	8579	8583
8	8588	8592	8597	8601	8605	8610	8614	8619	8623	8628
9	8632	8637	8641	8646	8650	8655	8659	8664	8668	8673
970	98677	98682	98686	98691	98695	98700	98704	98709	98713	98717
1	8722	8726	8731	8735	8740	8744	8749	8753	8758	8762
2	8767	8771	8776	8780	8784	8789	8793	8798	8802	8807
3	8811	8816	8820	8825	8829	8834	8838	8843	8847	8851
4	8856	8860	8865	8869	8874	8878	8883	8887	8892	8896
5	8900	8905	8909	8914	8918	8923	8927	8932	8936	8941
6	8945	8949	8954	8958	8963	8967	8972	8976	8981	8985
7	8989	8994	8998	9003	9007	9012	9016	9021	9025	9029
8	9034	9038	9043	9047	9052	9056	9061	9065	9069	9074
9	9078	9083	9087	9092	9096	9100	9105	9109	9114	9118
980	99123	99127	99131	99136	99140	99145	99149	99154	99158	99162
1	9167	9171	9176	9180	9185	9189	9193	9198	9202	9207
2	9211	9216	9220	9224	9229	9233	9238	9242	9247	9251
3	9255	9260	9264	9269	9273	9277	9282	9286	9291	9295
4	9300	9304	9308	9313	9317	9322	9326	9330	9335	9339
5	9344	9348	9352	9357	9361	9366	9370	9374	9379	9383
6	9388	9392	9396	9401	9405	9410	9414	9419	9423	9427
7	9432	9436	9441	9445	9449	9454	9458	9463	9467	9471
8	9476	9480	9484	9489	9493	9498	9502	9506	9511	9515
9	9520	9524	9528	9533	9537	9542	9546	9550	9555	9559
990	99564	99568	99572	99577	99581	99585	99590	99594	99599	99603
1	9607	9612	9616	9621	9625	9629	9634	9638	9642	9647
2	9651	9655	9660	9664	9669	9673	9677	9682	9686	9691
3	9695	9699	9704	9708	9712	9717	9721	9726	9730	9734
4	9739	9743	9747	9752	9756	9760	9765	9769	9774	9778
5	9782	9787	9791	9795	9800	9804	9808	9813	9817	9822
6	9826	9830	9835	9839	9843	9848	9852	9856	9861	9865
7	9870	9874	9878	9883	9887	9891	9896	9900	9904	9909
8	9913	9917	9922	9926	9930	9935	9939	9944	9948	9952
9	9957	9961	9965	9970	9974	9978	9983	9987	9991	9996
1000	00000	00004	00009	00013	00017	00022	00026	00030	00035	00039



## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	0°		1°		2°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	0	10.00000	8.24186	9.99993	8.54222	9.99974	60
1	6.46373	00000	24903	99993	54642	99973	59
2	76476	00000	25609	99993	54959	99972	58
3	94085	00000	26304	99993	55374	99972	57
4	7.06379	00000	26988	99992	55705	99972	56
5	10270	00000	27661	99992	56054	99971	55
6	24183	00000	28324	99992	56400	99971	54
7	30882	00000	28977	99992	56743	99970	53
8	36682	00000	29621	99992	57084	99970	52
9	41797	00000	30255	99991	57421	99969	51
10	7.46373	10.00000	8.30879	9.99991	8.57757	9.99962	50
11	50512	00000	31495	99991	58092	99968	49
12	54291	00000	32103	99990	58419	99968	48
13	57787	00000	32702	99990	58747	99967	47
14	60985	00000	33292	99990	59072	99967	46
15	63982	00000	33875	99989	59395	99967	45
16	66784	00000	34450	99989	59715	99966	44
17	69417	9.99999	35018	99989	60033	99966	43
18	71900	99999	35578	99989	60349	99965	42
19	74248	99999	36131	99989	60662	99964	41
20	7.76475	9.99999	8.36678	9.99988	8.60973	9.99964	40
21	78594	99999	37217	99988	61282	99963	39
22	80615	99999	37750	99988	61689	99963	38
23	82545	99999	38276	99987	61894	99962	37
24	84393	99999	38795	99987	62196	99962	36
25	86166	99999	39309	99987	62497	99961	35
26	87870	99999	39818	99985	62795	99961	34
27	89509	99999	40320	99986	63091	99960	33
28	91088	99999	40816	99985	63385	99960	32
29	92612	99998	41307	99985	63678	99959	31
30	7.94064	9.99998	8.41792	9.99985	8.63968	9.99959	30
31	95508	99998	42272	99985	64256	99958	29
32	96887	99998	42746	99984	64543	99958	28
33	98223	99998	43216	99984	64827	99957	27
34	99520	99998	43680	99984	65110	99956	26
35	8.00779	99998	44139	99983	65391	99956	25
36	02002	99998	44594	99983	65670	99955	24
37	03192	99997	45044	99983	65947	99955	23
38	04350	99997	45489	99982	66223	99954	22
39	05478	99997	45930	99982	66497	99954	21
40	8.06578	9.99997	8.46366	9.99982	8.66769	9.99953	20
41	07850	99997	46789	99981	67039	99952	19
42	08696	99997	47226	99981	67308	99952	18
43	09718	99997	47650	99981	67575	99951	17
44	10717	99996	48069	99980	67841	99951	16
45	11693	99996	48485	99980	68104	99950	15
46	12647	99996	48896	99979	68367	99949	14
47	13581	99995	49304	99979	68627	99949	13
48	14495	99995	49708	99979	68886	99948	12
49	15391	99995	50108	99978	69144	99948	11
50	8.16258	9.99995	8.50504	9.99978	8.69400	9.99947	10
51	17128	99995	50597	99977	69654	99946	9
52	17971	99995	51287	99977	69907	99946	8
53	18768	99995	51673	99977	70159	99945	7
54	19510	99995	52055	99976	70409	99944	6
55	20407	99994	52434	99976	70658	99944	5
56	21189	99994	52810	99975	70905	99943	4
57	21958	99994	53183	99975	71151	99942	3
58	22713	99994	53552	99974	71395	99942	2
59	23456	99994	53919	99974	71638	99941	1
60	24189	99993	54282	99974	71880	99940	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		89°		88°		87°	

## 2. 正弦餘弦對數表

	3°		4°		5°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	8.71830	9.99940	8.84358	9.99834	8.94030	9.99834	60
1	72120	99940	84539	99893	94174	99833	59
2	72379	99939	84718	99892	94317	99832	58
3	72537	99938	84877	99891	94461	99831	57
4	72694	99938	85076	99891	94603	99830	56
5	72849	99937	85252	99890	94740	99829	55
6	72993	99936	85429	99889	94877	99828	54
7	73135	99936	85605	99888	95023	99827	53
8	73277	99935	85780	99887	95170	99825	52
9	73417	99934	85955	99886	95310	99824	51
10	8.74226	9.99934	8.86128	9.99885	8.95450	9.99823	50
11	74454	99933	86301	99884	95539	99822	49
12	74680	99932	86474	99883	95728	99821	48
13	74906	99932	86645	99882	95917	99820	47
14	75130	99931	86816	99881	96105	99819	46
15	75353	99930	86987	99880	96293	99817	45
16	75575	99929	87156	99879	96480	99816	44
17	75795	99929	87325	99879	96667	99815	43
18	76015	99928	87494	99878	96853	99814	42
19	76234	99927	87661	99877	97039	99813	41
20	8.76451	9.99926	8.87829	9.99876	8.96225	9.99812	40
21	76567	99926	87995	99875	97220	99810	39
22	76783	99925	88161	99874	97405	99809	38
23	77007	99924	88326	99873	97589	99808	37
24	77230	99923	88490	99872	97773	99807	36
25	77452	99923	88654	99871	97956	99806	35
26	77673	99922	88817	99870	98139	99804	34
27	77893	99921	88980	99869	98322	99803	33
28	78112	99920	89142	99868	98504	99802	32
29	78330	99920	89304	99867	98686	99801	31
30	8.78568	9.99919	8.89464	9.99866	8.98157	9.99800	30
31	78774	99918	89625	99865	98869	99798	29
32	78979	99917	89784	99864	99081	99797	28
33	79183	99917	89945	99863	99292	99796	27
34	79383	99916	90102	99862	99503	99795	26
35	79583	99915	90260	99861	99713	99793	25
36	79789	99914	90417	99860	99923	99792	24
37	79990	99913	90574	99859	10003	99791	23
38	80189	99913	90730	99858	10214	99790	22
39	80388	99912	90885	99857	10422	99788	21
40	8.80565	9.99911	8.91040	9.99856	8.99450	9.99787	20
41	80782	99910	91195	99855	10637	99786	19
42	80978	99909	91349	99854	10854	99785	18
43	81173	99909	91502	99853	11070	99783	17
44	81367	99908	91655	99852	11286	99782	16
45	81560	99907	91807	99851	11501	99781	15
46	81752	99907	91959	99850	11716	99780	14
47	81944	99906	92110	99849	11931	99778	13
48	82134	99904	92261	99848	12145	99777	12
49	82324	99904	92411	99846	12359	99776	11
50	8.82513	9.99903	8.92561	9.99845	8.99704	9.99775	10
51	82701	99902	92570	99844	12572	99773	9
52	82888	99901	92679	99843	12785	99772	8
53	83075	99900	92787	99842	13000	99771	7
54	83261	99899	92895	99841	13213	99769	6
55	83445	99898	93001	99840	13427	99768	5
56	83630	99898	93108	99839	13640	99767	4
57	83813	99897	93214	99838	13854	99765	3
58	83996	99896	93320	99837	14067	99764	2
59	84177	99895	93425	99836	14281	99763	1
60	84358	99894	93530	99834	14494	99761	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		81°		82°		83°	

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	8°		T /		8°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.01023	9.99761	9.08589	9.99675	9.14356	9.99775	80
1	02043	99760	06632	99674	14445	99674	59
2	02163	99759	06795	99672	14635	99672	58
3	02283	99757	06897	99670	14824	99670	57
4	02402	99756	06999	99669	15014	99669	56
5	02520	99755	07101	99667	15203	99668	55
6	02639	99753	07202	99665	15392	99666	54
7	02757	99752	07304	99664	15580	99665	53
8	02874	99751	07405	99663	15769	99664	52
9	02992	99749	07506	99661	15957	99663	51
10	9.03109	9.99748	9.08606	9.99659	9.15245	9.99557	50
11	03225	99747	07607	99658	15333	99556	49
12	03342	99745	07697	99657	15421	99554	48
13	03458	99744	07797	99655	15508	99552	47
14	03574	99742	10006	99653	15596	99550	46
15	03690	99741	10105	99651	15684	99548	45
16	03805	99740	10203	99650	15770	99546	44
17	03920	99738	10301	99648	15857	99545	43
18	04034	99737	10402	99647	15944	99543	42
19	04149	99736	10501	99645	16030	99541	41
20	9.04262	9.99734	9.10589	9.99643	9.16116	9.99539	40
21	04376	99733	10607	99642	16203	99537	39
22	04490	99731	10705	99640	16289	99535	38
23	04603	99730	10803	99638	16374	99533	37
24	04715	99728	10900	99637	16460	99532	36
25	04828	99727	11007	99635	16545	99530	35
26	04940	99725	11104	99633	16631	99528	34
27	05052	99724	11201	99632	16716	99526	33
28	05164	99723	11307	99630	16801	99524	32
29	05276	99721	11414	99629	16886	99522	31
30	9.05386	9.99720	9.11570	9.99627	9.16970	9.99520	30
31	05497	99718	11666	99625	17055	99518	29
32	05607	99717	11761	99624	17139	99517	28
33	05717	99716	11857	99622	17223	99515	27
34	05827	99714	11952	99620	17307	99513	26
35	05937	99713	12047	99618	17391	99511	25
36	06046	99711	12142	99617	17474	99509	24
37	06155	99710	12237	99615	17558	99507	23
38	06264	99708	12331	99613	17641	99505	22
39	06372	99707	12425	99612	17724	99503	21
40	9.06481	9.99705	9.12519	9.99610	9.17807	9.99501	20
41	06589	99704	12512	99608	17890	99499	19
42	06696	99702	12603	99607	17973	99497	18
43	06804	99701	12709	99605	18055	99495	17
44	06911	99699	12802	99603	18137	99494	16
45	07018	99698	12895	99601	18220	99492	15
46	07124	99696	13078	99600	18302	99490	14
47	07221	99695	13171	99598	18383	99488	13
48	07327	99693	13263	99597	18465	99486	12
49	07442	99692	13355	99595	18547	99484	11
50	9.07548	9.99690	9.13447	9.99593	9.18628	9.99482	10
51	07653	99689	13439	99591	18623	99480	9
52	07758	99687	13530	99589	18709	99478	8
53	07863	99686	13622	99588	18791	99476	7
54	07968	99684	13712	99586	18871	99474	6
55	08072	99683	13804	99584	18952	99472	5
56	08176	99681	13894	99582	19033	99470	4
57	08280	99680	14055	99581	19113	99468	3
58	08383	99678	14175	99579	19193	99466	2
59	08485	99677	14296	99577	19273	99464	1
60	08589	99675	14356	99575	19353	99462	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	83°		82°		81°		

## 2. 正弦餘弦對數表

	9°		10°		11°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.19433	9.99462	9.23957	9.98335	9.28060	9.99195	60
1	19513	99460	24039	98333	28125	99192	59
2	19592	99458	24110	98331	28190	99190	58
3	19672	99455	24181	98328	28254	99187	57
4	19751	99454	24253	98326	28319	99185	56
5	19830	99452	24324	98324	28384	99182	55
6	19909	99450	24395	98322	28448	99180	54
7	19988	99448	24466	98319	28512	99177	53
8	20067	99446	24536	98317	28577	99175	52
9	20145	99444	24607	98315	28641	99172	51
10	9.20223	9.99442	9.24677	9.98313	9.28705	9.99170	50
11	20302	99440	24748	98310	28769	99167	49
12	20380	99438	24818	98308	28833	99165	48
13	20458	99436	24888	98306	28896	99162	47
14	20535	99434	24958	98304	28959	99160	46
15	20613	99432	25028	98301	29024	99157	45
16	20691	99429	25098	98299	29087	99155	44
17	20768	99427	25168	98297	29150	99152	43
18	20845	99425	25237	98294	29214	99150	42
19	20922	99423	25307	98292	29277	99147	41
20	9.20999	9.99421	9.25376	9.98290	9.29340	9.99145	40
21	21076	99419	25445	98288	29403	99142	39
22	21153	99417	25514	98285	29466	99140	38
23	21229	99415	25583	98283	29529	99137	37
24	21306	99413	25652	98281	29591	99135	36
25	21382	99411	25721	98278	29654	99132	35
26	21458	99409	25790	98276	29716	99130	34
27	21534	99407	25858	98274	29779	99127	33
28	21610	99404	25927	98271	29841	99124	32
29	21685	99402	25995	98269	29903	99122	31
30	9.21761	9.99400	9.26063	9.98267	9.29966	9.99119	30
31	21835	99398	26131	98264	30028	99117	29
32	21912	99396	26199	98262	30090	99114	28
33	21987	99394	26267	98260	30151	99112	27
34	22063	99392	26335	98257	30213	99109	26
35	22137	99390	26403	98255	30275	99106	25
36	22211	99388	26470	98252	30338	99104	24
37	22285	99385	26538	98250	30400	99101	23
38	22359	99383	26605	98248	30462	99099	22
39	22433	99381	26672	98245	30524	99096	21
40	9.22509	9.99379	9.26739	9.98243	9.30582	9.99093	20
41	22583	99377	26806	98241	30644	99091	19
42	22657	99375	26873	98238	30706	99088	18
43	22731	99372	26940	98236	30768	99085	17
44	22805	99370	27007	98233	30829	99082	16
45	22878	99368	27073	98231	30891	99079	15
46	22952	99366	27140	98229	30952	99077	14
47	23025	99364	27206	98226	31013	99074	13
48	23098	99362	27273	98224	31074	99072	12
49	23171	99360	27339	98221	31135	99070	11
50	9.23244	9.99357	9.27405	9.98219	9.31189	9.99067	10
51	23317	99355	27471	98217	31250	99064	9
52	23390	99353	27537	98214	31310	99062	8
53	23463	99351	27603	98212	31370	99059	7
54	23535	99348	27668	98209	31430	99056	6
55	23607	99346	27734	98207	31490	99054	5
56	23679	99344	27799	98204	31549	99051	4
57	23752	99342	27864	98202	31609	99048	3
58	23823	99340	27929	98200	31668	99046	2
59	23895	99337	27995	98197	31727	99043	1
60	23967	99335	28060	98195	31785	99040	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		80°		70°		78°	

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	12°		13°		14°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.31788	9.99040	9.32209	9.98672	9.32638	9.98290	60
1	31847	99038	32263	98669	32683	98281	59
2	31907	99035	32318	98667	32749	98284	58
3	31966	99032	32373	98664	32819	98281	57
4	32025	99030	32427	98661	32870	98278	56
5	32084	99028	32481	98658	32920	98276	55
6	32143	99026	32536	98655	32970	98273	54
7	32202	99023	32590	98652	33021	98270	53
8	32261	99021	32644	98649	33071	98266	52
9	32319	99018	32698	98646	33121	98262	51
10	9.32378	9.99013	9.32752	9.98243	9.32871	9.98259	50
11	32437	99011	32806	98240	33171	98256	49
12	32495	99008	32860	98237	33221	98252	48
13	32553	99005	32914	98234	33271	98249	47
14	32612	99002	32968	98231	33321	98246	46
15	32670	99000	33022	98228	33371	98243	45
16	32728	98997	33075	98225	33420	98240	44
17	32787	98994	33129	98222	33470	98236	43
18	32844	98991	33182	98219	33520	98233	42
19	32902	98989	33236	98216	33570	98230	41
20	9.32960	9.98985	9.33220	9.98213	9.33369	9.98227	40
21	33018	98983	33282	98210	33419	98223	39
22	33075	98980	33335	98207	33467	98220	38
23	33133	98978	33389	98204	33517	98217	37
24	33190	98975	33442	98201	33566	98214	36
25	33248	98972	33495	98198	33615	98211	35
26	33305	98969	33548	98195	33664	98207	34
27	33362	98967	33600	98192	33713	98204	33
28	33420	98964	33653	98189	33762	98201	32
29	33477	98961	33706	98186	33811	98197	31
30	9.33534	9.98953	9.33819	9.98283	9.33860	9.98294	30
31	33531	98953	33771	98183	33909	98194	29
32	33587	98952	33824	98180	33958	98191	28
33	33644	98950	33876	98177	40006	98188	27
34	33701	98947	33928	98174	40055	98185	26
35	33758	98944	33981	98171	40103	98182	25
36	33814	98941	34033	98168	40152	98179	24
37	33871	98938	34085	98165	40200	98176	23
38	33927	98936	34137	98162	40249	98173	22
39	34043	98933	34189	98159	40297	98170	21
40	9.34100	9.98930	9.34341	9.98263	9.40346	9.98261	20
41	34159	98927	34243	98156	40394	98167	19
42	34213	98924	34295	98153	40442	98164	18
43	34268	98921	34347	98150	40490	98161	17
44	34324	98919	34399	98147	40538	98158	16
45	34380	98916	34450	98144	40586	98155	15
46	34435	98913	34502	98141	40634	98151	14
47	34491	98910	34553	98138	40682	98148	13
48	34547	98907	34604	98135	40730	98145	12
49	34602	98904	34656	98132	40778	98141	11
50	9.34658	9.98901	9.34753	9.98222	9.40825	9.98228	10
51	34713	98906	34709	98129	40873	98225	9
52	34769	98906	34760	98126	40921	98221	8
53	34824	98903	34811	98123	40969	98218	7
54	34879	98900	34862	98120	41016	98215	6
55	34934	98897	34913	98117	41063	98211	5
56	34989	98894	34964	98114	41111	98208	4
57	35044	98891	35015	98111	41158	98205	3
58	35099	98888	35066	98108	41205	98201	2
59	35154	98885	35117	98105	41252	98198	1
60	35209	98882	35168	98102	41300	98194	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	77°		78°		79°		

2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	15°		16°		17°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.41900	9.98494	9.44034	9.98284	9.46594	9.98000	60
1	41347	98491	44078	98281	46835	98053	59
2	41394	98488	44122	98277	46876	98052	58
3	41441	98484	44166	98273	46917	98048	57
4	41488	98481	44210	98270	46958	98044	56
5	41535	98477	44253	98266	46999	98040	55
6	41582	98474	44297	98262	47041	98036	54
7	41628	98471	44341	98259	47082	98032	53
8	41675	98467	44385	98255	47123	98029	52
9	41722	98464	44428	98251	47164	98025	51
10	9.41768	9.98460	9.44472	9.98248	9.47005	9.98021	50
11	41815	98457	44516	98244	47145	98017	49
12	41861	98453	44559	98240	47186	98013	48
13	41906	98450	44602	98237	47227	98009	47
14	41954	98447	44646	98233	47268	98005	46
15	42001	98443	44689	98229	47309	98001	45
16	42047	98440	44733	98226	47349	97997	44
17	42093	98436	44776	98222	47390	97993	43
18	42140	98433	44819	98218	47430	97989	42
19	42186	98429	44862	98215	47471	97985	41
20	9.42232	9.98426	9.44905	9.98211	9.47411	9.97982	40
21	42278	98422	44948	98207	47452	97978	39
22	42324	98419	44992	98204	47492	97974	38
23	42370	98415	45035	98200	47533	97970	37
24	42416	98412	45077	98196	47573	97966	36
25	42461	98409	45120	98192	47613	97962	35
26	42507	98405	45163	98189	47654	97958	34
27	42553	98402	45206	98185	47694	97954	33
28	42599	98398	45249	98181	47734	97950	32
29	42644	98395	45292	98177	47774	97946	31
30	9.42690	9.98391	9.45334	9.98174	9.47814	9.97942	30
31	42735	98388	45377	98170	47854	97938	29
32	42781	98384	45419	98166	47894	97934	28
33	42826	98381	45462	98162	47934	97930	27
34	42872	98377	45504	98158	47974	97926	26
35	42917	98373	45547	98155	48014	97922	25
36	42962	98370	45589	98151	48054	97918	24
37	43008	98366	45632	98147	48094	97914	23
38	43053	98363	45674	98144	48133	97910	22
39	43098	98359	45716	98140	48173	97906	21
40	9.43143	9.98356	9.45753	9.98136	9.48213	9.97902	20
41	43188	98352	45801	98132	48252	97898	19
42	43233	98349	45843	98129	48292	97894	18
43	43278	98345	45885	98125	48332	97890	17
44	43323	98342	45927	98121	48371	97886	16
45	43367	98338	45969	98117	48411	97882	15
46	43412	98334	46011	98113	48450	97878	14
47	43457	98331	46053	98110	48490	97874	13
48	43502	98327	46095	98106	48529	97870	12
49	43546	98324	46136	98102	48568	97866	11
50	9.43591	9.98320	9.46178	9.98098	9.48607	9.97862	10
51	43585	98317	46201	98094	48647	97857	9
52	43630	98313	46262	98090	48686	97853	8
53	43674	98309	46303	98087	48725	97849	7
54	43719	98306	46345	98083	48764	97845	6
55	43763	98302	46386	98079	48803	97841	5
56	43807	98299	46428	98075	48842	97837	4
57	43851	98295	46469	98071	48881	97833	3
58	43894	98291	46511	98067	48920	97829	2
59	43939	98288	46552	98063	48959	97825	1
60	44034	98284	46594	98060	48998	97821	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		74°		73°		72°	

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

1	18°		19°		20°		2
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.48098	9.97821	9.51264	9.97567	9.53405	9.97289	60
1	49037	97812	51901	97563	53440	97284	59
2	49076	97812	51838	97558	53475	97289	58
3	49115	97808	51874	97554	53509	97285	57
4	49153	97804	51811	97550	53544	97280	56
5	49192	97800	51847	97545	53578	97276	55
6	49231	97796	51884	97541	53613	97271	54
7	49269	97792	51920	97536	53647	97266	53
8	49308	97788	51957	97532	53682	97262	52
9	49347	97784	51993	97528	53716	97257	51
10	9.49385	9.97779	9.51629	9.97523	9.53751	9.97252	50
11	49424	97775	51666	97519	53785	97248	49
12	49462	97771	51702	97515	53819	97243	48
13	49500	97767	51738	97510	53854	97238	47
14	49539	97763	51774	97506	53888	97234	46
15	49577	97759	51811	97501	53922	97229	45
16	49615	97754	51847	97497	53957	97224	44
17	49654	97750	51883	97492	53991	97220	43
18	49692	97746	51919	97488	54025	97215	42
19	49730	97742	51955	97484	54059	97210	41
20	9.49768	9.97738	9.51991	9.97479	9.54093	9.97206	40
21	49806	97734	52027	97475	54127	97201	39
22	49844	97729	52063	97470	54161	97196	38
23	49882	97725	52099	97466	54195	97192	37
24	49920	97721	52135	97461	54229	97187	36
25	49958	97717	52171	97457	54263	97182	35
26	49996	97713	52207	97453	54297	97178	34
27	50034	97708	52242	97448	54331	97173	33
28	50072	97704	52278	97444	54365	97168	32
29	50110	97700	52314	97439	54399	97163	31
30	9.50148	9.97696	9.52350	9.97435	9.54433	9.97159	30
31	50186	97691	52385	97430	54468	97154	29
32	50224	97687	52421	97426	54500	97149	28
33	50261	97683	52456	97421	54534	97145	27
34	50298	97679	52492	97417	54567	97140	26
35	50336	97674	52527	97412	54601	97135	25
36	50374	97670	52563	97408	54635	97130	24
37	50411	97666	52598	97403	54668	97126	23
38	50449	97662	52634	97399	54702	97121	22
39	50486	97657	52669	97394	54735	97116	21
40	9.50523	9.97653	9.52705	9.97390	9.54769	9.97111	20
41	50561	97649	52740	97385	54802	97107	19
42	50598	97645	52775	97381	54836	97102	18
43	50635	97640	52811	97376	54869	97097	17
44	50672	97635	52846	97372	54903	97092	16
45	50710	97632	52881	97367	54936	97087	15
46	50747	97628	52916	97363	54969	97083	14
47	50784	97623	52951	97358	55003	97078	13
48	50821	97619	52986	97353	55036	97073	12
49	50858	97615	53021	97349	55069	97068	11
50	9.50896	9.97610	9.53056	9.97344	9.55102	9.97063	10
51	50933	97606	53092	97340	55136	97059	9
52	50970	97602	53125	97335	55169	97054	8
53	51007	97597	53159	97331	55202	97049	7
54	51043	97593	53194	97326	55235	97044	6
55	51080	97588	53228	97322	55268	97039	5
56	51117	97584	53263	97317	55301	97035	4
57	51154	97580	53297	97312	55334	97030	3
58	51191	97576	53336	97308	55367	97025	2
59	51227	97571	53370	97303	55400	97020	1
60	51264	97567	53405	97299	55433	97015	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		71°		70°		69°	

## 2. 正弦餘弦對數表

	21°		22°		23°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.55433	9.97015	9.57358	9.96717	9.59188	9.96403	60
1	55496	97010	57389	96711	59218	96397	59
2	55499	97005	57420	96706	59247	96392	58
3	55532	97001	57451	96701	59277	96387	57
4	55564	96996	57482	96696	59307	96381	56
5	55597	96991	57514	96691	59336	96376	55
6	55630	96986	57545	96686	59366	96370	54
7	55663	96981	57576	96681	59396	96365	53
8	55695	96976	57607	96676	59425	96360	52
9	55728	96971	57638	96670	59455	96354	51
10	9.56761	9.96966	9.57669	9.96665	9.59484	9.96349	50
11	55793	96962	57700	96660	59514	96343	49
12	55826	96957	57731	96655	59543	96338	48
13	55858	96952	57762	96650	59573	96333	47
14	55891	96947	57793	96645	59602	96327	46
15	55923	96942	57824	96640	59632	96322	45
16	55956	96937	57855	96634	59661	96316	44
17	55988	96932	57885	96629	59690	96311	43
18	56021	96927	57916	96624	59720	96305	42
19	56053	96922	57947	96619	59749	96300	41
20	9.56965	9.96917	9.57978	9.96614	9.59778	9.96294	40
21	56113	96912	58008	96608	59808	96289	39
22	56150	96907	58039	96603	59837	96284	38
23	56182	96903	58070	96598	59866	96278	37
24	56215	96898	58101	96593	59895	96273	36
25	56247	96893	58131	96588	59924	96267	35
26	56279	96888	58162	96582	59954	96262	34
27	56311	96883	58192	96577	59983	96256	33
28	56343	96878	58223	96572	60012	96251	32
29	56375	96873	58253	96567	60041	96245	31
30	9.56408	9.96828	9.58284	9.96562	9.60070	9.96240	30
31	56440	96823	58314	96556	60099	96234	29
32	56472	96818	58345	96551	60128	96229	28
33	56504	96813	58375	96546	60157	96223	27
34	56536	96808	58406	96541	60186	96218	26
35	56568	96803	58436	96535	60215	96212	25
36	56599	96798	58467	96530	60244	96207	24
37	56631	96793	58497	96525	60273	96201	23
38	56663	96788	58527	96520	60302	96195	22
39	56695	96783	58557	96514	60331	96190	21
40	9.56727	9.96818	9.58588	9.96509	9.60359	9.96185	20
41	56759	96813	58588	96504	60388	96179	19
42	56790	96808	58618	96498	60417	96174	18
43	56822	96803	58648	96493	60446	96168	17
44	56854	96798	58679	96488	60474	96162	16
45	56886	96793	58709	96483	60503	96157	15
46	56917	96788	58739	96477	60532	96151	14
47	56949	96783	58769	96472	60561	96145	13
48	56980	96778	58799	96467	60589	96140	12
49	57012	96772	58829	96461	60618	96135	11
50	9.57044	9.96767	9.58869	9.96456	9.60346	9.96129	10
51	57075	96762	58859	96451	60645	96123	9
52	57107	96757	58889	96445	60704	96118	8
53	57138	96752	58919	96440	60732	96112	7
54	57169	96747	58949	96435	60761	96107	6
55	57201	96742	58979	96429	60789	96101	5
56	57232	96737	59009	96424	60818	96095	4
57	57264	96732	59039	96419	60846	96089	3
58	57295	96727	59068	96413	60875	96084	2
59	57326	96722	59098	96408	60903	96079	1
60	57358	96717	59128	96403	60931	96073	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		65°		67°		65°	



## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	24°		25°		26°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.60931	9.96073	9.62505	9.95728	9.64184	9.95366	60
1	60960	96067	62623	95722	64210	95360	59
2	60988	96062	62649	95716	64236	95354	58
3	61016	96056	62676	95710	64262	95348	57
4	61045	96050	62703	95704	64288	95341	56
5	61073	96045	62730	95698	64313	95335	55
6	61101	96039	62757	95692	64339	95329	54
7	61129	96034	62784	95686	64365	95323	53
8	61158	96028	62811	95680	64391	95317	52
9	61187	96022	62838	95674	64417	95310	51
10	9.61914	9.96117	9.62865	9.95668	9.64442	9.95304	50
11	61242	96011	62892	95663	64468	95298	49
12	61270	96005	62918	95657	64494	95292	48
13	61298	96000	62945	95651	64519	95286	47
14	61326	95994	62972	95645	64545	95279	46
15	61354	95988	62999	95639	64571	95273	45
16	61382	95982	63026	95633	64596	95267	44
17	61411	95977	63052	95627	64622	95261	43
18	61439	95971	63079	95621	64647	95254	42
19	61468	95965	63106	95615	64673	95248	41
20	9.61494	9.95960	9.63133	9.95609	9.64698	9.95242	40
21	61522	95954	63159	95603	64724	95236	39
22	61550	95948	63185	95597	64749	95230	38
23	61578	95942	63212	95591	64775	95223	37
24	61606	95937	63239	95585	64800	95217	36
25	61634	95931	63266	95579	64826	95211	35
26	61662	95925	63292	95573	64851	95204	34
27	61690	95920	63319	95567	64877	95198	33
28	61717	95914	63345	95561	64902	95192	32
29	61745	95908	63372	95555	64927	95185	31
30	9.61773	9.95902	9.63398	9.95549	9.64953	9.95179	30
31	61800	95907	63425	95543	64978	95173	29
32	61828	95901	63451	95537	65003	95167	28
33	61856	95895	63478	95531	65029	95160	27
34	61883	95889	63504	95525	65054	95154	26
35	61911	95883	63531	95519	65079	95148	25
36	61939	95878	63557	95513	65104	95141	24
37	61966	95872	63583	95507	65130	95135	23
38	61994	95866	63610	95500	65155	95129	22
39	62021	95860	63636	95494	65180	95122	21
40	9.62049	9.95844	9.63662	9.95488	9.65205	9.95116	20
41	62076	95839	63689	95482	65230	95110	19
42	62104	95833	63715	95476	65255	95103	18
43	62131	95827	63741	95470	65281	95097	17
44	62159	95821	63767	95464	65306	95090	16
45	62186	95815	63794	95458	65331	95084	15
46	62214	95810	63820	95452	65355	95078	14
47	62241	95804	63846	95446	65381	95071	13
48	62268	95798	63872	95440	65406	95065	12
49	62296	95792	63898	95434	65431	95059	11
50	9.62323	9.95786	9.63924	9.95427	9.65456	9.95052	10
51	62350	95780	63950	95421	65481	95046	9
52	92377	95775	63976	95415	65506	95039	8
53	62405	95769	64002	95409	65531	95033	7
54	62432	95763	64028	95403	65556	95027	6
55	62459	95757	64054	95397	65580	95020	5
56	62486	95751	64080	95391	65605	95014	4
57	92513	95745	64106	95384	65630	95007	3
58	62541	95739	64132	95378	65655	95001	2
59	62568	95733	64158	95372	65680	94995	1
60	62595	95728	64184	95366	65705	94988	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	65°		64°		63°		

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	27°		28°		29°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.65705	9.94688	9.67161	9.94583	9.68557	9.94182	60
1	65729	94682	67185	94587	68590	94175	59
2	65754	94675	67208	94580	68603	94168	58
3	65779	94669	67232	94573	68625	94161	57
4	65804	94662	67256	94567	68648	94154	56
5	65828	94655	67280	94560	68671	94147	55
6	65853	94649	67303	94553	68694	94140	54
7	65878	94643	67327	94546	68716	94133	53
8	65902	94636	67350	94540	68739	94126	52
9	65927	94630	67374	94533	68762	94119	51
10	9.65952	9.94623	9.67398	9.94526	9.68784	9.94112	50
11	65976	94617	67421	94519	68807	94105	49
12	66001	94611	67445	94513	68829	94098	48
13	66025	94604	67468	94506	68852	94090	47
14	66050	94598	67492	94499	68875	94083	46
15	66075	94591	67515	94492	68897	94076	45
16	66099	94585	67539	94485	68920	94069	44
17	66124	94578	67562	94479	68942	94062	43
18	66148	94571	67586	94472	68965	94055	42
19	66173	94565	67609	94465	68987	94048	41
20	9.66197	9.94558	9.67632	9.94458	9.69010	9.94041	40
21	66221	94552	67656	94451	69032	94034	39
22	66246	94545	67680	94445	69055	94027	38
23	66270	94539	67703	94438	69077	94020	37
24	66295	94532	67728	94431	69100	94012	36
25	66319	94525	67751	94424	69122	94005	35
26	66343	94519	67775	94417	69144	93998	34
27	66368	94513	67798	94410	69167	93991	33
28	66392	94506	67820	94404	69189	93984	32
29	66416	94499	67843	94397	69212	93977	31
30	9.66441	9.94493	9.67866	9.94390	9.69234	9.93970	30
31	66465	94486	67890	94383	69256	93963	29
32	66489	94479	67913	94376	69279	93955	28
33	66513	94473	67936	94369	69301	93948	27
34	66537	94467	67959	94362	69323	93941	26
35	66562	94460	67982	94355	69345	93934	25
36	66586	94453	68005	94349	69368	93927	24
37	66610	94447	68029	94342	69390	93920	23
38	66634	94440	68052	94335	69412	93912	22
39	66658	94434	68075	94328	69434	93905	21
40	9.66682	9.94427	9.68098	9.94321	9.69456	9.93898	20
41	66706	94420	68121	94314	69479	93891	19
42	66731	94414	68144	94307	69501	93884	18
43	66755	94407	68167	94300	69523	93876	17
44	66779	94400	68190	94293	69545	93869	16
45	66803	94394	68213	94285	69567	93862	15
46	66827	94387	68237	94278	69589	93855	14
47	66851	94380	68260	94271	69611	93847	13
48	66875	94374	68283	94264	69633	93840	12
49	66899	94367	68305	94257	69655	93833	11
50	9.66922	9.94360	9.68328	9.94252	9.69677	9.93825	10
51	66948	94354	68351	94245	69699	93819	9
52	66970	94347	68374	94238	69721	93811	8
53	66994	94340	68397	94231	69743	93804	7
54	67018	94334	68420	94224	69765	93797	6
55	67042	94327	68443	94217	69787	93789	5
56	67066	94320	68466	94210	69809	93782	4
57	67090	94314	68489	94203	69831	93775	3
58	67113	94307	68512	94196	69853	93768	2
59	67137	94300	68534	94189	69875	93760	1
60	67161	94293	68557	94182	69897	93753	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	62°		61°		60°		

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	30°		31°		32°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.69697	9.93763	9.71184	9.93307	9.72421	9.92842	60
1	69619	93746	71245	93299	72441	92834	59
2	69241	93738	71226	93291	72461	92826	58
3	68863	93731	71247	93284	72482	92818	57
4	69984	93724	71263	93276	72502	92810	56
5	70005	93717	71289	93269	72522	92803	55
6	70028	93709	71310	93261	72542	92795	54
7	70050	93702	71331	93253	72562	92787	53
8	70072	93695	71352	93246	72582	92779	52
9	70093	93687	71373	93238	72602	92771	51
10	9.70115	9.93680	9.71395	9.93230	9.72622	9.92763	50
11	70137	93673	71414	93223	72643	92755	49
12	70159	93665	71435	93215	72663	92747	48
13	70180	93658	71456	93207	72683	92739	47
14	70202	93650	71477	93200	72703	92731	46
15	70224	93643	71498	93192	72723	92723	45
16	70245	93636	71519	93184	72743	92715	44
17	70267	93628	71539	93177	72763	92707	43
18	70288	93621	71561	93169	72783	92699	42
19	70310	93614	71581	93161	72803	92691	41
20	9.70332	9.93606	9.71602	9.93154	9.72823	9.92683	40
21	70353	93599	71622	93146	72843	92675	39
22	70375	93591	71643	93138	72863	92667	38
23	70396	93584	71664	93131	72883	92659	37
24	70418	93577	71685	93123	72902	92651	36
25	70439	93569	71705	93116	72922	92643	35
26	70461	93562	71726	93108	72942	92635	34
27	70482	93554	71747	93100	72962	92627	33
28	70504	93547	71767	93092	72982	92619	32
29	70525	93539	71788	93084	73002	92611	31
30	9.70547	9.93532	9.71809	9.93077	9.73022	9.92603	30
31	70568	93525	71829	93069	73041	92595	29
32	70590	93517	71850	93061	73061	92587	28
33	70611	93510	71870	93053	73081	92579	27
34	70633	93502	71891	93045	73101	92571	26
35	70654	93495	71911	93038	73121	92563	25
36	70675	93487	71932	93030	73140	92555	24
37	70697	93480	71952	93022	73160	92546	23
38	70718	93472	71973	93014	73180	92538	22
39	70739	93465	71994	93007	73200	92530	21
40	9.70761	9.93457	9.72014	9.93000	9.73219	9.92522	20
41	70782	93450	72034	92991	73239	92514	19
42	70803	93442	72055	92983	73259	92506	18
43	70824	93435	72075	92976	73278	92498	17
44	70846	93427	72096	92968	73298	92490	16
45	70867	93420	72116	92960	73318	92482	15
46	70888	93412	72137	92952	73337	92473	14
47	70909	93405	72157	92944	73357	92465	13
48	70931	93397	72177	92936	73377	92457	12
49	70952	93390	72198	92929	73396	92449	11
50	9.70973	9.93382	9.72218	9.92921	9.73416	9.92441	10
51	70994	93375	72238	92913	73435	92433	9
52	71015	93367	72259	92905	73455	92425	8
53	71035	93359	72279	92897	73474	92416	7
54	71056	93352	72299	92889	73494	92408	6
55	71079	93344	72320	92881	73513	92400	5
56	71100	93337	72340	92874	73533	92392	4
57	71121	93329	72360	92866	73552	92384	3
58	71142	93322	72381	92858	73572	92376	2
59	71163	93314	72401	92850	73591	92367	1
60	71184	93307	72421	92842	73611	92359	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		59°		58°		57°	

## 2. 正弦餘弦對數表

°	33°		34°		35°		°
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.7611	9.9239	9.7476	9.9187	9.7339	9.9136	60
1	73630	92351	74775	91849	75777	91328	59
2	73650	92343	74794	91840	75805	91319	58
3	73669	92335	74812	91832	75832	91310	57
4	73689	92326	74831	91823	75859	91301	56
5	73708	92318	74850	91815	75887	91292	55
6	73727	92310	74869	91806	75914	91283	54
7	73747	92302	74887	91798	75941	91274	53
8	73765	92293	74906	91789	75968	91265	52
9	73785	92285	74924	91781	76001	91257	51
10	9.73805	9.92277	9.74943	9.91772	9.76039	9.91248	50
11	73824	92269	74961	91763	76057	91239	49
12	73843	92260	74980	91755	76075	91230	48
13	73863	92252	74999	91746	76093	91221	47
14	73882	92244	75017	91738	76111	91212	46
15	73901	92235	75036	91729	76129	91203	45
16	73921	92227	75054	91720	76146	91194	44
17	73940	92219	75073	91712	76164	91185	43
18	73959	92211	75091	91703	76182	91176	42
19	73978	92202	75110	91695	76200	91167	41
20	9.73997	9.92194	9.75128	9.91686	9.76218	9.91158	40
21	74017	92186	75147	91677	76235	91149	39
22	74035	92177	75165	91669	76253	91141	38
23	74055	92169	75184	91660	76271	91132	37
24	74074	92161	75202	91651	76289	91123	36
25	74093	92152	75221	91643	76307	91114	35
26	74113	92144	75239	91634	76324	91105	34
27	74132	92136	75258	91625	76342	91096	33
28	74151	92127	75276	91617	76360	91087	32
29	74170	92119	75294	91608	76378	91078	31
30	9.74189	9.92111	9.75313	9.91599	9.76395	9.91069	30
31	74208	92103	75331	91591	76413	91060	29
32	74227	92094	75350	91582	76431	91051	28
33	74246	92085	75368	91573	76448	91042	27
34	74265	92077	75386	91565	76466	91033	26
35	74284	92069	75405	91556	76484	91023	25
36	74303	92060	75423	91547	76501	91014	24
37	74322	92052	75441	91538	76519	91005	23
38	74341	92044	75459	91530	76537	90996	22
39	74360	92035	75478	91521	76554	90987	21
40	9.74379	9.92027	9.75496	9.91512	9.76572	9.90978	20
41	74398	92018	75514	91504	76590	90969	19
42	74417	92010	75533	91495	76607	90960	18
43	74436	92002	75551	91486	76625	90951	17
44	74455	91993	75569	91477	76642	90942	16
45	74474	91985	75587	91469	76660	90933	15
46	74493	91976	75605	91460	76677	90924	14
47	74512	91968	75624	91451	76695	90915	13
48	74531	91959	75642	91442	76712	90906	12
49	74549	91951	75660	91433	76730	90897	11
50	9.74563	9.91942	9.75678	9.91425	9.76747	9.90887	10
51	74587	91934	75696	91416	76765	90878	9
52	74606	91925	75714	91407	76782	90869	8
53	74625	91917	75733	91398	76800	90860	7
54	74644	91908	75751	91389	76817	90851	6
55	74662	91900	75769	91381	76835	90842	5
56	74681	91891	75787	91372	76852	90833	4
57	74700	91883	75805	91363	76870	90824	3
58	74719	91874	75823	91354	76887	90815	2
59	74737	91866	75841	91345	76904	90806	1
60	74756	91857	75859	91336	76922	90797	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	56°		55°		54°		

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	35°		37°		38°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0.	9.76922	9.90796	9.77946	9.90235	9.78934	9.89653	60
1	76939	90787	77953	90225	78950	89643	59
2	76957	90771	77970	90216	78967	89633	58
3	76974	90755	77987	90206	78983	89624	57
4	76991	90739	78013	90197	78999	89614	56
5	77009	90720	78030	90187	79015	89604	55
6	77026	90701	78047	90178	79031	89594	54
7	77043	90731	78063	90168	79047	89584	53
8	77061	90722	78080	90159	79063	89574	52
9	77078	90713	78097	90149	79079	89564	51
10	9.77095	9.90704	9.78113	9.90139	9.79095	9.89554	50
11	77112	90694	78130	90130	79111	89544	49
12	77130	90685	78147	90120	79128	89534	48
13	77147	90676	78163	90111	79144	89524	47
14	77164	90667	78180	90101	79160	89514	46
15	77181	90657	78197	90091	79176	89504	45
16	77199	90648	78213	90082	79192	89495	44
17	77216	90639	78230	90072	79208	89485	43
18	77233	90630	78246	90063	79224	89475	42
19	77250	90620	78263	90053	79240	89465	41
20	9.77268	9.90611	9.78280	9.90043	9.79256	9.89455	40
21	77285	90602	78296	90034	79272	89445	39
22	77302	90592	78313	90024	79288	89435	38
23	77319	90583	78329	90014	79304	89425	37
24	77336	90574	78346	90005	79319	89415	36
25	77353	90565	78362	89995	79335	89405	35
26	77370	90555	78379	89985	79351	89395	34
27	77387	90546	78395	89976	79367	89385	33
28	77405	90537	78412	89966	79383	89375	32
29	77422	90527	78428	89956	79399	89364	31
30	9.77439	9.90518	9.78445	9.89947	9.79415	9.89354	30
31	77456	90509	78461	89937	79431	89344	29
32	77473	90499	78478	89927	79447	89334	28
33	77490	90490	78494	89918	79463	89324	27
34	77507	90480	78510	89908	79478	89314	26
35	77524	90471	78527	89898	79494	89304	25
36	77541	90462	78543	89888	79510	89294	24
37	77558	90452	78560	89879	79526	89284	23
38	77575	90443	78576	89869	79542	89274	22
39	77592	90434	78592	89859	79558	89264	21
40	9.77609	9.90424	9.78609	9.89849	9.79573	9.89254	20
41	77626	90415	78625	89840	79589	89244	19
42	77643	90405	78642	89830	79605	89233	18
43	77660	90396	78658	89820	79621	89223	17
44	77677	90386	78674	89810	79637	89213	16
45	77694	90377	78691	89801	79653	89203	15
46	77711	90368	78707	89791	79668	89193	14
47	77728	90358	78723	89781	79684	89183	13
48	77744	90349	78739	89771	79699	89173	12
49	77761	90339	78756	89761	79715	89162	11
50	9.77778	9.90330	9.78772	9.89752	9.79731	9.89152	10
51	77795	90320	78788	89742	79746	89142	9
52	77812	90311	78805	89732	79762	89132	8
53	77829	90301	78821	89722	79778	89122	7
54	77846	90292	78837	89712	79793	89112	6
55	77862	90282	78853	89702	79809	89101	5
56	77879	90273	78869	89693	79825	89091	4
57	77896	90263	78886	89683	79840	89081	3
58	77913	90254	78902	89673	79856	89071	2
59	77930	90244	78918	89663	79872	89060	1
60	77946	90235	78934	89653	79887	89050	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	53°		52°		51°		

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	39°		40°		41°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.79887	9.89050	9.80807	9.88425	9.81694	9.87778	60
1	79903	89040	80822	88415	81709	87677	59
2	79915	89030	80837	88404	81723	87666	58
3	79934	89020	80852	88394	81738	87655	57
4	79950	89009	80867	88383	81752	87644	56
5	79965	88999	80882	88372	81767	87633	55
6	79981	88989	80897	88362	81781	87622	54
7	79996	88978	80912	88351	81796	87611	53
8	80012	88968	80927	88340	81810	87600	52
9	80027	88958	80942	88330	81825	87589	51
10	9.80043	9.88948	9.80957	9.88319	9.81839	9.87608	50
11	80058	88937	80972	88308	81854	87597	49
12	80074	88927	80987	88298	81868	87586	48
13	80089	88917	81002	88287	81882	87575	47
14	80105	88906	81017	88276	81897	87564	46
15	80120	88896	81032	88265	81911	87553	45
16	80136	88886	81047	88255	81925	87542	44
17	80151	88876	81061	88244	81940	87530	43
18	80166	88865	81076	88234	81955	87519	42
19	80182	88855	81091	88223	81969	87508	41
20	9.80197	9.88844	9.81106	9.88212	9.81983	9.87507	40
21	80213	88834	81121	88201	81998	87496	39
22	80228	88824	81135	88191	82012	87485	38
23	80244	88813	81151	88180	82026	87474	37
24	80259	88803	81166	88169	82041	87463	36
25	80274	88793	81180	88158	82055	87451	35
26	80290	88782	81195	88148	82069	87440	34
27	80305	88772	81210	88137	82084	87429	33
28	80320	88761	81225	88126	82098	87418	32
29	80336	88751	81240	88115	82112	87407	31
30	9.80351	9.88741	9.81254	9.88105	9.82126	9.87406	30
31	80366	88730	81269	88094	82141	87395	29
32	80382	88720	81284	88083	82155	87384	28
33	80397	88709	81299	88072	82169	87372	27
34	80412	88699	81314	88061	82184	87361	26
35	80428	88688	81328	88051	82198	87350	25
36	80443	88678	81343	88040	82212	87338	24
37	80458	88668	81358	88029	82226	87327	23
38	80473	88657	81372	88018	82240	87316	22
39	80489	88647	81387	88007	82255	87305	21
40	9.80504	9.88636	9.81402	9.87996	9.82269	9.87304	20
41	80519	88626	81417	87985	82283	87292	19
42	80534	88615	81431	87975	82297	87281	18
43	80550	88605	81445	87964	82311	87270	17
44	80565	88594	81461	87953	82325	87258	16
45	80580	88584	81475	87942	82340	87247	15
46	80595	88573	81490	87931	82354	87236	14
47	80610	88563	81505	87920	82368	87225	13
48	80625	88552	81519	87909	82382	87214	12
49	80641	88542	81534	87898	82396	87202	11
50	9.80656	9.88531	9.81549	9.87887	9.82410	9.87201	10
51	80671	88521	81563	87877	82424	87209	9
52	80686	88510	81578	87866	82439	87198	8
53	80701	88499	81592	87855	82453	87187	7
54	80716	88489	81607	87844	82467	87175	6
55	80731	88478	81622	87833	82481	87164	5
56	80746	88468	81636	87822	82495	87153	4
57	80762	88457	81651	87811	82509	87141	3
58	80777	88447	81665	87800	82523	87130	2
59	80792	88436	81680	87789	82537	87119	1
60	80807	88425	81694	87778	82551	87107	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
		50°		49°		49°	

## 2. 正 弦 餘 弦 對 數 表

	42°		43°		44°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	9.82551	9.57107	9.83378	9.84413	9.84177	9.85993	60
1	82566	87096	83392	84401	84190	85981	59
2	82579	87085	83405	84389	84203	85969	58
3	82593	87073	83419	84377	84216	85957	57
4	82607	87062	83432	84366	84229	85945	56
5	82621	87050	83446	84354	84242	85932	55
6	82635	87039	83459	84342	84255	85920	54
7	82649	87028	83473	84330	84269	85908	53
8	82663	87016	83486	84318	84282	85896	52
9	82677	87005	83500	84306	84295	85883	51
10	9.82691	9.86993	9.83513	9.83295	9.84308	9.85871	50
11	82705	86982	83527	83283	84321	85859	49
12	82719	86970	83540	83271	84334	85847	48
13	82733	86959	83554	83259	84347	85834	47
14	82747	86947	83567	83247	84360	85822	46
15	82761	86935	83581	83235	84373	85810	45
16	82775	86924	83594	83223	84385	85797	44
17	82788	86913	83608	83211	84398	85785	43
18	82802	86902	83621	83200	84411	85773	42
19	82816	86890	83634	83188	84424	85760	41
20	9.82830	9.86879	9.83648	9.83176	9.84437	9.85748	40
21	82844	86867	83661	83164	84450	85736	39
22	82858	86855	83674	83152	84463	85724	38
23	82872	86844	83688	83140	84475	85711	37
24	82885	86832	83701	83128	84488	85699	36
25	82899	86821	83715	83116	84502	85686	35
26	82913	86809	83728	83104	84515	85674	34
27	82927	86798	83741	83092	84528	85661	33
28	82941	86786	83755	83080	84540	85649	32
29	82955	86775	83768	83068	84553	85637	31
30	9.82969	9.86763	9.83781	9.83056	9.84566	9.85624	30
31	82982	86752	83795	83044	84579	85612	29
32	82996	86740	83808	83032	84592	85600	28
33	83010	86728	83821	83020	84605	85587	27
34	83023	86717	83834	83008	84618	85574	26
35	83037	86705	83848	82996	84630	85562	25
36	83051	86694	83861	82984	84643	85550	24
37	83065	86682	83874	82972	84656	85537	23
38	83078	86670	83887	82960	84669	85525	22
39	83092	86659	83901	82948	84682	85512	21
40	9.83106	9.86647	9.83914	9.82936	9.84694	9.85500	20
41	83120	86635	83927	82924	84707	85487	19
42	83133	86624	83940	82912	84720	85475	18
43	83147	86612	83954	82900	84733	85462	17
44	83161	86600	83967	82888	84745	85450	16
45	83174	86589	83980	82876	84758	85437	15
46	83188	86577	83993	82864	84771	85425	14
47	83202	86565	84006	82851	84784	85412	13
48	83215	86554	84020	82839	84796	85400	12
49	83229	86542	84033	82827	84809	85387	11
50	9.83242	9.86530	9.84046	9.82815	9.84822	9.85374	10
51	83256	86518	84059	82803	84835	85362	9
52	83270	86507	84072	82791	84847	85349	8
53	83283	86495	84085	82779	84860	85337	7
54	83297	86483	84098	82766	84873	85324	6
55	83310	86472	84112	82754	84885	85312	5
56	83324	86460	84125	82742	84898	85300	4
57	83338	86448	84138	82730	84911	85287	3
58	83351	86436	84151	82718	84923	85274	2
59	83365	86425	84164	82706	84936	85261	1
60	83378	86413	84177	82693	84949	85249	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	47°	46°	45°	44°	43°	42°	

3. 正切餘切對數表

	0°		1°		2°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	∞	∞	8.24192	11.76808	8.64308	11.45692	60
1	6.46373	13.53627	24910	75090	54669	45331	59
2	76476	23524	26616	74384	55027	44973	58
3	94085	06915	26312	73688	55382	44618	57
4	7.06579	12.93421	26996	73004	55734	44266	56
5	16270	83730	27669	72331	56083	43917	55
6	24188	75312	28332	71663	56429	43571	54
7	30882	69118	28986	71014	56773	43227	53
8	36832	63918	29639	70371	57114	42885	52
9	41797	58903	30283	69737	57452	42549	51
10	7.46373	12.53627	8.30838	11.69112	8.57782	11.42212	50
11	50512	49488	31505	69195	58121	41879	49
12	64291	45709	32112	67888	58461	41549	48
13	57767	42233	32711	67289	58779	41221	47
14	60986	39014	33302	66698	59105	40895	46
15	63982	36018	33886	66114	59428	40572	45
16	66785	33215	34461	65539	59749	40251	44
17	69418	30582	35029	64971	60063	39932	43
18	71900	28100	35590	64410	60384	39616	42
19	74248	25762	36143	63857	60693	39302	41
20	7.76476	12.23524	8.36839	11.63311	8.61009	11.38991	40
21	78395	21405	36729	63271	61319	38981	39
22	80616	19385	37282	62238	61626	38374	38
23	82546	17454	37829	61711	61931	38069	37
24	84394	15606	38309	61191	62234	37766	36
25	86167	13833	38923	60677	62535	37465	35
26	87871	12129	39532	60168	62834	37166	34
27	89510	10490	40334	59666	63131	36869	33
28	91089	08911	40830	59170	63428	36574	32
29	92613	07857	41321	58679	63718	36282	31
30	7.94086	12.03914	8.41807	11.58193	8.64009	11.35991	30
31	93570	04990	42287	57713	64293	35702	29
32	96889	03111	42762	57298	64585	35415	28
33	98225	01775	43222	56768	64870	35130	27
34	99322	00478	43696	56304	65154	34846	26
35	8.00781	11.99219	44166	55844	65435	34565	25
36	62004	97996	44611	55389	65715	34285	24
37	03194	96806	45061	54939	65993	34007	23
38	04353	95647	45507	54493	66269	33731	22
39	05481	94519	45948	54052	66543	33457	21
40	8.06581	11.93419	8.46385	11.53815	8.66816	11.33184	20
41	07653	92347	46317	53183	67057	32913	19
42	08700	91300	47245	52755	67366	32644	18
43	09722	90278	47689	52331	67684	32376	17
44	10720	89280	48089	51911	67999	32110	16
45	11696	88304	48505	51495	68314	31846	15
46	12651	87349	48917	51083	68617	31583	14
47	13585	86415	49325	50675	68918	31322	13
48	14500	85500	49729	50271	69216	31062	12
49	15395	84605	50130	49870	69513	30804	11
50	8.16273	11.83727	8.50527	11.49473	8.69453	11.30547	10
51	17133	82867	50620	49080	69703	30292	9
52	17976	82024	51310	48690	69962	30038	8
53	18804	81196	51695	48304	70214	29786	7
54	19616	80384	52079	47921	70465	29535	6
55	20413	79587	52453	47541	70714	29284	5
56	21195	78805	52835	47165	70962	29038	4
57	21964	78036	53205	46792	71208	28792	3
58	22720	77280	53578	46422	71453	28547	2
59	23462	76538	53945	46055	71697	28303	1
60	24192	75803	54308	45692	71940	28060	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	89°		88°		87°		



### 3. 正切餘切對數表

	3°		4°		5°		
	Tan	Cot	T	Cot	Tan	Cot	
0	8.71840	11.28060	8.84464	11.15536	8.94185	11.05815	60
1	72181	27819	84646	15354	94540	05959	59
2	72420	27580	84826	15174	94455	05915	58
3	72659	27341	85006	14994	94380	05870	57
4	72896	27104	85185	14815	94317	05827	56
5	73132	26868	85363	14637	94257	05785	55
6	73366	26634	85540	14460	94200	04940	54
7	73600	26400	85717	14283	94145	04798	53
8	73832	26168	85893	14107	94094	04656	52
9	74063	25937	86069	13931	94046	04514	51
10	8.74292	11.25708	8.86243	11.13757	8.95627	11.04373	50
11	74521	25719	86417	13783	94767	04233	49
12	74748	25522	86591	13609	94808	04092	48
13	74974	25325	86763	13437	94851	03953	47
14	75199	25131	86935	13265	94897	03815	46
15	75423	24937	87106	13094	94945	03678	45
16	75645	24745	87277	12923	94994	03543	44
17	75867	24553	87447	12753	95044	03408	43
18	76087	24363	87616	12584	95095	03274	42
19	76306	24174	87785	12415	95147	03141	41
20	8.76525	11.23475	8.87953	11.12047	8.97013	11.02987	40
21	76742	23953	88120	11890	97150	02850	39
22	76958	23742	88287	11713	97285	02715	38
23	77173	23527	88453	11547	97421	02579	37
24	77387	23313	88618	11382	97558	02444	36
25	77600	23100	88783	11217	97697	02309	35
26	77811	22889	88948	11052	97835	02175	34
27	78022	22678	89111	10889	97975	02041	33
28	78232	22468	89274	10726	98115	01908	32
29	78441	22259	89437	10563	98255	01775	31
30	8.78649	11.21251	8.90588	11.10402	8.98358	11.01642	30
31	78855	21145	89760	10240	98390	01510	29
32	79061	20939	89920	10079	98522	01378	28
33	79266	20734	90080	9920	98653	01247	27
34	79470	20530	90240	9760	98784	01116	26
35	79673	20327	90399	9601	98915	00985	25
36	79875	20125	90557	9443	99045	00855	24
37	80078	19924	90715	9285	99175	00725	23
38	80277	19723	90872	9128	99305	00595	22
39	80476	19524	91029	8971	99434	00464	21
40	8.80674	11.19325	8.91185	11.08815	8.99662	11.00338	20
41	80872	19123	91340	8860	99591	00200	19
42	81058	18932	91495	8750	99719	00081	18
43	81264	18735	91650	8640	99846	00000	17
44	81459	18541	91803	8530	99973	00000	16
45	81653	18347	91957	8420	10000	00000	15
46	81846	18154	92110	8310	00000	00000	14
47	82038	17962	92262	8200	00000	00000	13
48	82230	17770	92414	8090	00000	00000	12
49	82420	17580	92565	7980	00000	00000	11
50	8.82610	11.17390	8.92716	11.07284	9.00930	10.99070	10
51	82799	17301	92866	7870	01055	98945	9
52	82987	17113	93016	7760	01179	98821	8
53	83175	16925	93165	7650	01303	98697	7
54	83361	16739	93313	7540	01427	98573	6
55	83547	16553	93462	7430	01550	98450	5
56	83732	16368	93609	7320	01673	98327	4
57	83916	16184	93756	7210	01796	98204	3
58	84100	15999	93903	7100	01918	98082	2
59	84282	15815	94049	6990	02040	97960	1
60	84464	1563	94195	6880	02162	97838	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	85°		85°		84°		

### 3. 正切餘切對數表

	6°		7°		8°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.02162	10.97838	9.08914	10.91086	9.14780	10.85220	60
1	02289	97717	09019	90981	14872	85128	59
2	02404	97596	09123	90877	14963	85037	58
3	02525	97475	09227	90773	15054	84946	57
4	02645	97355	09330	90670	15145	84855	56
5	02766	97234	09434	90566	15236	84764	55
6	02885	97115	09537	90463	15327	84673	54
7	03005	96995	09640	90360	15417	84583	53
8	03124	96876	09742	90258	15508	84492	52
9	03242	96758	09845	90155	15598	84402	51
10	9.03361	10.96639	9.09947	10.90053	9.15688	10.84312	50
11	03479	96621	10049	89951	15777	84323	49
12	03597	96403	10150	89850	15867	84233	48
13	03714	96285	10253	89748	15956	84144	47
14	03832	96168	10353	89646	16046	84054	46
15	03948	96052	10454	89546	16135	83965	45
16	04065	95935	10555	89445	16224	83876	44
17	04181	95819	10655	89344	16312	83788	43
18	04297	95703	10756	89244	16401	83699	42
19	04413	95587	10856	89144	16489	83611	41
20	9.04528	10.95472	9.10858	10.89144	9.16577	10.83423	40
21	04643	95475	11055	89044	16576	83525	39
22	04758	95362	11155	88945	16665	83427	38
23	04873	95242	11254	88846	16753	83329	37
24	04987	95123	11353	88748	16841	83231	36
25	05101	94999	11453	88648	16929	83132	35
26	05214	94878	11551	88548	17016	83034	34
27	05328	94762	11649	88451	17103	82937	33
28	05441	94650	11747	88353	17190	82840	32
29	05553	94547	11845	88255	17277	82743	31
30	9.05666	10.94334	9.11943	10.88057	9.17450	10.82550	30
31	05778	94422	12040	87960	17363	82646	29
32	05890	94310	12138	87862	17452	82548	28
33	06002	94198	12236	87765	17540	82450	27
34	06113	94087	12332	87668	17628	82352	26
35	06224	93976	12428	87572	17716	82254	25
36	06335	93865	12525	87475	17803	82156	24
37	06445	93755	12621	87379	17891	82058	23
38	06556	93644	12717	87283	17978	81960	22
39	06666	93534	12813	87187	18065	81862	21
40	9.06775	10.93225	9.12909	10.87091	9.18306	10.81624	20
41	06885	93422	13004	86996	18151	81764	19
42	06994	93306	13099	86901	18237	81666	18
43	07103	92897	13194	86806	18322	81568	17
44	07211	92789	13289	86711	18407	81470	16
45	07320	92680	13384	86616	18492	81372	15
46	07428	92572	13478	86522	18577	81274	14
47	07536	92464	13573	86427	18662	81176	13
48	07643	92357	13667	86333	18747	81078	12
49	07751	92249	13761	86239	18832	80980	11
50	9.07858	10.92142	9.13854	10.86146	9.19146	10.80854	10
51	07864	92138	13848	86142	18917	80880	9
52	08071	91929	14041	85959	19002	80782	8
53	08177	91823	14134	85866	19087	80684	7
54	08283	91717	14227	85773	19172	80586	6
55	08389	91611	14320	85680	19257	80488	5
56	08495	91505	14412	85588	19342	80390	4
57	08600	91400	14504	85496	19427	80292	3
58	08705	91295	14597	85403	19512	80194	2
59	08810	91190	14688	85312	19597	80096	1
60	08914	91086	14780	85220	19682	80000	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	83°		83°		81°		

### 3. 正切餘切對數表

	9°		10°		11°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.19971	10.80029	9.24632	10.75368	9.28865	10.71135	60
1	20053	79947	24706	75294	28933	71067	59
2	20134	79866	24779	75221	29000	71000	58
3	20216	79784	24853	75147	29067	70933	57
4	20297	79703	24926	75074	29134	70866	56
5	20378	79622	25000	75000	29201	70799	55
6	20459	79541	25073	74927	29268	70732	54
7	20540	79460	25146	74854	29335	70665	53
8	20621	79379	25219	74781	29402	70598	52
9	20701	79299	25292	74708	29468	70532	51
10	9.20782	10.79218	9.25385	10.74635	9.29535	10.70465	50
11	20862	79138	2537	74563	29601	70399	49
12	20942	79058	25510	74490	29668	70332	48
13	21022	78978	25582	74418	29734	70265	47
14	21102	78898	25655	74345	29800	70200	46
15	21182	78818	25727	74273	29866	70134	45
16	21261	78739	25799	74201	29932	70068	44
17	21341	78659	25871	74129	29998	70002	43
18	21420	78580	25943	74057	30064	69936	42
19	21499	78501	26015	73985	30130	69870	41
20	9.21578	10.78422	9.26086	10.73914	9.30195	10.69805	40
21	21657	78423	26158	73842	30261	69739	39
22	21736	78344	26229	73771	30326	69674	38
23	21814	78264	26301	73699	30391	69609	37
24	21893	78187	26372	73628	30457	69543	36
25	21971	78109	26443	73557	30522	69478	35
26	22049	78031	26514	73486	30587	69413	34
27	22127	77952	26585	73415	30652	69348	33
28	22205	77873	26655	73345	30717	69283	32
29	22283	77794	26726	73274	30782	69218	31
30	9.22361	10.77639	9.26797	10.73203	9.30846	10.69154	30
31	22438	77662	26867	73133	30911	69089	29
32	22516	77584	26937	73063	30976	69025	28
33	22593	77507	27006	72992	31040	68960	27
34	22670	77429	27076	72922	31104	68896	26
35	22747	77353	27145	72852	31168	68832	25
36	22824	77276	27215	72782	31232	68767	24
37	22901	77199	27284	72712	31297	68703	23
38	22977	77123	27353	72643	31361	68639	22
39	23054	77046	27422	72573	31425	68575	21
40	9.23130	10.76870	9.27496	10.72504	9.31489	10.68511	20
41	23195	76974	27566	72434	31552	68448	19
42	23263	76877	27635	72365	31616	68384	18
43	23330	76781	27704	72296	31679	68321	17
44	23397	76685	27773	72227	31743	68257	16
45	23464	76590	27842	72158	31806	68194	15
46	23531	76494	27911	72089	31870	68130	14
47	23598	76399	27980	72020	31933	68067	13
48	23664	76303	28049	71951	31996	68004	12
49	23731	76208	28117	71883	32059	67941	11
50	9.23857	10.76113	9.28186	10.71814	9.32192	10.67878	10
51	23862	76038	28184	71746	32185	67815	9
52	23927	75963	28253	71677	32248	67752	8
53	24002	75888	28321	71609	32311	67689	7
54	24076	75814	28389	71541	32373	67627	6
55	24151	75739	28457	71473	32436	67564	5
56	24225	75665	28525	71405	32498	67502	4
57	24300	75590	28592	71338	32561	67439	3
58	24374	75516	28660	71270	32623	67377	2
59	24448	75442	28728	71202	32685	67315	1
60	24522	75368	28795	71135	32747	67253	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	80°		70°		78°		

### 3. 正切餘切對數表

°	12°		13°		14°		°
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.39747	10.67253	9.36336	10.63664	9.39677	10.60323	60
1	32810	67190	36394	63606	39731	60269	59
2	32872	67128	36452	63548	39785	60215	58
3	32933	67067	36509	63491	39838	60163	57
4	32995	67005	36566	63434	39892	60108	56
5	33057	66943	36624	63376	39945	60055	55
6	33119	66881	36681	63319	39999	60001	54
7	63180	66820	36738	63262	40052	59948	53
8	33242	66758	36795	63205	40105	59894	52
9	33303	66697	36852	63148	40159	59841	51
10	9.33365	10.66635	9.38909	10.61091	9.40212	10.59788	50
11	33426	66634	36906	63094	40266	59734	49
12	33487	66573	37023	63037	40319	59681	48
13	33548	66512	37090	62980	40372	59628	47
14	33609	66451	37137	62923	40425	59575	46
15	33670	66390	37193	62867	40478	59522	45
16	33731	66329	37250	62810	40531	59469	44
17	33792	66268	37306	62754	40584	59416	43
18	33853	66207	37363	62697	40638	59364	42
19	33913	66147	37419	62641	40691	59311	41
20	9.33974	10.66026	9.37476	10.62524	9.40742	10.59258	40
21	34034	66085	37532	62468	40795	59205	39
22	34095	66025	37588	62412	40847	59153	38
23	34155	65965	37644	62356	40900	59100	37
24	34215	65905	37700	62300	40952	59048	36
25	34276	65844	37756	62244	41005	58995	35
26	34336	65784	37812	62188	41057	58943	34
27	34396	65724	37868	62132	41109	58891	33
28	34456	65664	37924	62076	41161	58839	32
29	34516	65604	37980	62020	41214	58786	31
30	9.34576	10.65424	9.38025	10.61965	9.41266	10.58734	30
31	34636	65545	38081	61909	41318	58682	29
32	34695	65485	38137	61853	41370	58630	28
33	34755	65425	38192	61798	41422	58578	27
34	34814	65365	38247	61743	41474	58526	26
35	34874	65305	38303	61687	41526	58474	25
36	34933	65245	38358	61632	41578	58422	24
37	34992	65185	38413	61577	41629	58371	23
38	35051	65125	38479	61521	41681	58319	22
39	35111	65065	38534	61466	41733	58267	21
40	9.35170	10.64830	9.38589	10.61411	9.41784	10.58216	20
41	35229	64971	38644	61366	41836	58164	19
42	35288	64912	38699	61301	41887	58113	18
43	35347	64853	38754	61246	41939	58061	17
44	35405	64794	38808	61192	41990	58010	16
45	35464	64735	38863	61137	42041	57959	15
46	35523	64676	38918	61082	42093	57907	14
47	35581	64617	38972	61028	42144	57856	13
48	35640	64558	39027	60973	42195	57805	12
49	35698	64500	39082	60918	42246	57754	11
50	9.35757	10.64242	9.39136	10.60864	9.42297	10.57703	10
51	35815	64445	39190	60810	42348	57702	9
52	35873	64387	39245	60755	42399	57651	8
53	35931	64329	39299	60701	42450	57600	7
54	35989	64271	39353	60647	42501	57549	6
55	36047	64213	39407	60593	42552	57498	5
56	36105	64155	39461	60539	42603	57448	4
57	36163	64097	39515	60485	42653	57397	3
58	36221	64039	39569	60431	42704	57346	2
59	36279	63981	39623	60377	42755	57295	1
60	36336	63924	39677	60323	42805	57245	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	77°		76°		75°		

### 3. 正切餘切對數表

	15°		16°		17°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.42805	10.57195	9.45760	10.54250	9.48534	10.51466	60
1	42853	57144	45797	54203	48579	51421	59
2	42906	57094	45845	54155	48624	51376	58
3	42957	57043	45892	54108	48669	51331	57
4	43007	56993	45940	54060	48714	51286	56
5	43057	56943	45987	54013	48759	51241	55
6	43108	56892	46035	53965	48804	51196	54
7	43158	56842	46082	53918	48849	51151	53
8	43208	56792	46130	53870	48894	51106	52
9	43258	56742	46177	53823	48939	51061	51
10	9.43308	10.56692	9.46224	10.53776	9.48984	10.51016	50
11	43358	56692	46221	53729	49029	50971	49
12	43408	56642	46268	53681	49073	50927	48
13	43458	56592	46316	53634	49118	50882	47
14	43508	56542	46413	53587	49163	50837	46
15	43558	56492	46460	53540	49207	50793	45
16	43607	56442	46507	53493	49252	50748	44
17	43657	56393	46554	53446	49296	50704	43
18	43707	56343	46601	53399	49341	50659	42
19	43756	56294	46648	53352	49385	50615	41
20	9.43806	10.56194	9.46694	10.53306	9.49430	10.50570	40
21	43855	56145	46741	53309	49474	50526	39
22	43905	56095	46788	53261	49519	50481	38
23	43954	56046	46835	53215	49563	50437	37
24	44004	55996	46881	53169	49607	50393	36
25	44053	55947	46928	53122	49652	50348	35
26	44102	55898	46975	53075	49696	50304	34
27	44151	55849	47021	53029	49740	50260	33
28	44201	55799	47068	52982	49784	50216	32
29	44250	55750	47114	52936	49828	50172	31
30	9.44299	10.55701	9.47160	10.52840	9.49872	10.50123	30
31	44348	55652	47207	52793	49916	50078	29
32	44397	55603	47253	52747	49960	50034	28
33	44446	55554	47299	52701	50004	49989	27
34	44495	55505	47346	52654	50048	49945	26
35	44544	55456	47392	52608	50092	49900	25
36	44592	55408	47438	52562	50136	49856	24
37	44641	55359	47484	52516	50180	49812	23
38	44690	55310	47530	52470	50223	49777	22
39	44738	55262	47576	52424	50267	49733	21
40	9.44787	10.55213	9.47622	10.52378	9.50311	10.49689	20
41	44836	55164	47623	52332	50355	49645	19
42	44884	55116	47714	52286	50399	49602	18
43	44933	55067	47760	52240	50442	49558	17
44	44981	55019	47806	52194	50485	49515	16
45	45029	54971	47852	52148	50529	49471	15
46	45078	54922	47897	52103	50572	49428	14
47	45126	54874	47943	52057	50616	49384	13
48	45174	54826	47989	52011	50659	49341	12
49	45222	54778	48035	51965	50703	49297	11
50	9.45271	10.54729	9.48060	10.51920	9.50746	10.49254	10
51	45319	54681	48126	51874	50789	49211	9
52	45367	54633	48171	51829	50833	49167	8
53	45415	54585	48217	51783	50876	49124	7
54	45463	54537	48262	51738	50919	49081	6
55	45511	54489	48307	51693	50962	49038	5
56	45559	54441	48353	51647	51005	48995	4
57	45606	54394	48398	51602	51048	48952	3
58	45654	54346	48443	51557	51092	48908	2
59	45702	54298	48489	51511	51135	48865	1
60	45750	54250	48534	51465	51178	48822	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	74°		73°		72°		

### 3. 正切餘切對數表

	18°		19°		20°		
	Tan.	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.51178	10.48822	9.53697	10.46303	9.56107	10.43893	60
1	51221	48779	53738	46262	56146	43854	59
2	51264	48736	53779	46221	56185	43815	58
3	51306	48694	53820	46180	56224	43776	57
4	51349	48651	53861	46139	56264	43735	56
5	51392	48608	53902	46098	56303	43697	55
6	51435	48565	53943	46057	56342	43658	54
7	51478	48522	53984	46016	56381	43619	53
8	51520	48480	54025	45975	56420	43580	52
9	51563	48437	54065	45935	56459	43541	51
10	9.51606	10.48394	9.54109	10.45894	9.56198	10.43302	50
11	51648	48352	54147	45895	56537	43463	49
12	51691	48309	54187	45813	56576	43424	48
13	51734	48266	54228	45772	56615	43385	47
14	51778	48224	54269	45731	56654	43346	46
15	51819	48181	54309	45691	56693	43307	45
16	51861	48139	54350	45650	56732	43268	44
17	51903	48097	54390	45610	56771	43229	43
18	51946	48054	54431	45569	56810	43190	42
19	51988	48012	54471	45529	56849	43151	41
20	9.52031	10.47969	9.54512	10.45438	9.56857	10.43113	40
21	52073	47927	54552	45445	56896	43074	39
22	52116	47885	54593	45407	56935	43035	38
23	52157	47843	54633	45367	57000	42996	37
24	52200	47801	54673	45327	57042	42958	36
25	52242	47758	54714	45288	57081	42919	35
26	52284	47716	54754	45246	57120	42880	34
27	52326	47674	54794	45206	57158	42842	33
28	52368	47632	54835	45165	57197	42803	32
29	52410	47590	54875	45125	57235	42765	31
30	9.52452	10.47548	9.54915	10.45065	9.57274	10.42726	30
31	52494	47505	54955	45045	57312	42688	29
32	52536	47464	54995	45005	57351	42649	28
33	52578	47422	55035	44965	57390	42611	27
34	52620	47380	55075	44925	57428	42572	26
35	52661	47339	55115	44885	57465	42534	25
36	52703	47297	55155	44845	57504	42496	24
37	52745	47255	55195	44805	57543	42457	23
38	52787	47213	55235	44765	57581	42419	22
39	52829	47171	55275	44725	57619	42381	21
40	9.52870	10.47180	9.55315	10.44685	9.57658	10.42342	20
41	52912	47088	55355	44645	57696	42304	19
42	52953	47047	55395	44605	57734	42266	18
43	52995	47005	55434	44566	57772	42228	17
44	53037	46963	55474	44526	57810	42190	16
45	53078	46922	55514	44486	57849	42151	15
46	53120	46880	55554	44446	57887	42113	14
47	53161	46839	55593	44407	57925	42075	13
48	53202	46798	55633	44367	57963	42037	12
49	53244	46756	55673	44327	58001	41999	11
50	9.53285	10.46715	9.55712	10.44288	9.58039	10.41961	10
51	53327	46673	55752	44248	58077	41923	9
52	53368	46632	55791	44209	58115	41885	8
53	53409	46591	55831	44169	58153	41847	7
54	53450	46550	55870	44130	58191	41809	6
55	53492	46506	55910	44090	58229	41771	5
56	53533	46467	55949	44051	58267	41733	4
57	53574	46428	55989	44011	58304	41696	3
58	53615	46385	56028	43972	58342	41658	2
59	53656	46344	56067	43933	58380	41620	1
60	53697	46303	56107	43893	58418	41582	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	71°		70°		69°		

### 3. 正切餘切對數表

	21°		22°		23°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.58418	10.41582	9.60641	10.39359	9.62785	10.37215	60
1	58455	41545	60677	39323	62820	37180	59
2	58493	41507	60714	39286	62855	37145	58
3	58531	41469	60750	39250	62890	37110	57
4	58569	41431	60786	39214	62925	37074	56
5	58606	41394	60823	39177	62961	37039	55
6	58644	41356	60859	39141	62996	37004	54
7	58681	41319	60895	39105	63031	36969	53
8	58719	41281	60931	39069	63066	36934	52
9	58757	41243	60967	39033	63101	36899	51
10	9.58794	10.41206	9.61004	10.38966	9.63135	10.36855	50
11	58832	41168	61040	38960	63170	36850	49
12	58869	41131	61076	38924	63205	36795	48
13	58907	41093	61112	38888	63240	36760	47
14	58944	41056	61148	38852	63275	36725	46
15	58981	41019	61184	38816	63310	36690	45
16	59019	40981	61220	38780	63345	36655	44
17	59056	40944	61256	38744	63379	36621	43
18	59094	40906	61292	38708	63414	36586	42
19	59131	40869	61328	38672	63449	36551	41
20	9.59168	10.40832	9.61364	10.38536	9.63484	10.36516	40
21	59205	40795	61400	38590	63519	36481	39
22	59243	40757	61436	38554	63553	36447	38
23	59280	40720	61472	38518	63588	36412	37
24	59317	40683	61508	38482	63623	36377	36
25	59354	40646	61544	38446	63657	36343	35
26	59391	40609	61579	38421	63692	36308	34
27	59429	40571	61615	38385	63726	36274	33
28	59466	40534	61651	38349	63761	36239	32
29	59503	40497	61687	38313	63796	36204	31
30	9.59540	10.40460	9.61722	10.38278	9.63830	10.36170	30
31	59577	40463	61723	38242	63865	36135	29
32	59614	40426	61764	38206	63899	36101	28
33	59651	40389	61800	38170	63934	36066	27
34	59688	40352	61835	38135	63968	36032	26
35	59725	40315	61871	38100	64003	35997	25
36	59762	40278	61906	38064	64037	35963	24
37	59799	40241	61942	38028	64072	35928	23
38	59835	40204	61978	37992	64106	35894	22
39	59872	40168	62013	37957	64140	35860	21
40	9.59909	10.40091	9.62079	10.37921	9.64175	10.35825	20
41	59946	40054	62114	37886	64209	35791	19
42	59983	40017	62150	37850	64243	35757	18
43	60019	39981	62185	37815	64278	35722	17
44	60056	39944	62221	37779	64312	35688	16
45	60093	39907	62256	37744	64346	35654	15
46	60130	39870	62292	37708	64381	35619	14
47	60166	39834	62327	37673	64415	35585	13
48	60203	39797	62362	37638	64449	35551	12
49	60240	39760	62398	37602	64483	35517	11
50	9.60276	10.39724	9.62433	10.37567	9.64517	10.35483	10
51	60313	39687	62468	37532	64552	35448	9
52	60349	39651	62504	37496	64586	35414	8
53	60386	39614	62539	37461	64620	35380	7
54	60422	39578	62574	37426	64654	35346	6
55	60459	39541	62609	37391	64688	35312	5
56	60495	39505	62645	37355	64722	35278	4
57	60532	39468	62680	37320	64756	35244	3
58	60568	39432	62716	37285	64790	35210	2
59	60605	39395	62750	37250	64824	35176	1
60	60641	39359	62785	37215	64858	35142	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	68°		67°		66°		

### 3. 正切餘切對數表

	24°		25°		26°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.64858	10.35142	9.66867	10.33133	9.68818	10.31182	60
1	64892	35108	66900	33100	68850	31150	59
2	64926	35074	66933	33067	68882	31118	58
3	64960	35040	66966	33034	68914	31086	57
4	64994	35006	66999	33001	68946	31054	56
5	65028	34972	67032	32968	68978	31022	55
6	65062	34938	67065	32935	69010	30990	54
7	65096	34904	67098	32902	69042	30958	53
8	65130	34870	67131	32869	69074	30926	52
9	65164	34836	67163	32837	69106	30894	51
10	9.65197	10.34803	9.67196	10.32804	9.69138	10.30882	50
11	65231	34769	67229	32771	69170	30850	49
12	65265	34735	67262	32738	69202	30818	48
13	65299	34701	67295	32705	69234	30786	47
14	65333	34667	67327	32673	69266	30754	46
15	65366	34634	67360	32640	69298	30722	45
16	65400	34600	67393	32607	69330	30690	44
17	65434	34566	67426	32574	69361	30658	43
18	65467	34533	67458	32542	69393	30626	42
19	65501	34500	67491	32509	69425	30594	41
20	9.65535	10.34485	9.67524	10.32476	9.69457	10.30543	40
21	65568	34462	67556	32444	69488	30511	39
22	65602	34428	67589	32411	69520	30480	38
23	65636	34394	67622	32378	69552	30448	37
24	65669	34361	67654	32345	69584	30416	36
25	65703	34327	67687	32313	69615	30385	35
26	65736	34294	67719	32281	69647	30353	34
27	65770	34260	67752	32248	69678	30321	33
28	65803	34227	67785	32216	69710	30289	32
29	65837	34193	67817	32183	69742	30258	31
30	9.65870	10.34130	9.67850	10.32150	9.69774	10.30226	30
31	65904	34166	67882	32118	69805	30195	29
32	65937	34133	67915	32085	69837	30163	28
33	65971	34099	67947	32053	69868	30132	27
34	66004	34066	67980	32020	69900	30100	26
35	66038	34032	68012	31988	69932	30068	25
36	66071	33999	68044	31956	69963	30037	24
37	66104	33966	68077	31923	69995	30005	23
38	66138	33932	68109	31891	70026	29974	22
39	66171	33899	68142	31858	70058	29942	21
40	9.66204	10.33796	9.68174	10.31826	9.70089	10.29911	20
41	66238	33762	68206	31794	70121	29879	19
42	66271	33729	68239	31761	70152	29848	18
43	66304	33696	68271	31729	70184	29816	17
44	66337	33663	68303	31697	70215	29785	16
45	66371	33629	68336	31664	70247	29753	15
46	66404	33596	68368	31632	70278	29722	14
47	66437	33563	68400	31600	70309	29691	13
48	66470	33530	68432	31568	70341	29659	12
49	66503	33497	68465	31535	70372	29628	11
50	9.66537	10.33463	9.68497	10.31503	9.70404	10.29586	10
51	66570	33460	68529	31471	70435	29555	9
52	66603	33397	68561	31439	70466	29524	8
53	66636	33364	68593	31407	70498	29492	7
54	66669	33331	68626	31374	70529	29461	6
55	66702	33298	68658	31342	70560	29430	5
56	66735	33265	68690	31310	70592	29398	4
57	66769	33232	68722	31278	70623	29367	3
58	66801	33199	68754	31246	70654	29336	2
59	66834	33166	68786	31214	70685	29305	1
60	66867	33133	68818	31182	70717	29273	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	65°		64°		63°		



## 3. 正切餘切對數表

	27°		28°		29°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	0.70717	10.29293	9.72567	10.27433	9.74375	10.25625	60
1	70748	29252	72593	27402	74405	25595	59
2	70779	29221	72623	27372	74435	25565	58
3	70810	29190	72653	27341	74465	25535	57
4	70841	29159	72683	27311	74495	25505	56
5	70873	29127	72720	27280	74524	25476	55
6	70904	29096	72750	27250	74554	25446	54
7	70935	29065	72780	27220	74583	25417	53
8	70966	29034	72811	27189	74613	25387	52
9	70997	29003	72841	27159	74643	25357	51
10	9.71028	10.28972	9.72872	10.27128	9.74673	10.25397	50
11	71059	28941	72872	27098	74702	25398	49
12	71090	28910	72892	27068	74732	25268	48
13	71121	28879	72933	27037	74762	25238	47
14	71153	28847	72963	27007	74791	25209	46
15	71184	28816	73023	26977	74821	25179	45
16	71215	28785	73054	26946	74851	25149	44
17	71246	28754	73084	26916	74880	25120	43
18	71277	28723	73114	26885	74910	25090	42
19	71308	28692	73144	26855	74939	25061	41
20	9.71339	10.28661	9.73175	10.26825	9.74969	10.25031	40
21	71370	28630	73205	26825	74998	25002	39
22	71401	28599	73235	26795	75028	24972	38
23	71431	28569	73265	26765	75058	24942	37
24	71462	28538	73295	26735	75087	24913	36
25	71493	28507	73326	26704	75117	24883	35
26	71524	28476	73356	26674	75146	24854	34
27	71555	28445	73386	26644	75176	24824	33
28	71586	28414	73416	26614	75205	24795	32
29	71617	28383	73446	26584	75235	24765	31
30	9.71648	10.28352	9.73475	10.26524	9.75264	10.24736	30
31	71679	28321	73507	26493	75294	24706	29
32	71709	28291	73537	26463	75323	24677	28
33	71740	28260	73567	26433	75353	24647	27
34	71771	28229	73597	26403	75382	24618	26
35	71802	28198	73627	26373	75411	24589	25
36	71833	28167	73657	26343	75441	24559	24
37	71863	28137	73687	26313	75470	24530	23
38	71894	28106	73717	26283	75500	24500	22
39	71925	28075	73747	26253	75529	24471	21
40	9.71955	10.28045	9.73777	10.26223	9.75558	10.24442	20
41	71986	28014	73807	26193	75588	24412	19
42	72017	27983	73837	26163	75617	24383	18
43	72048	27952	73867	26133	75647	24353	17
44	72078	27922	73897	26103	75676	24324	16
45	72109	27891	73927	26073	75705	24295	15
46	72140	27860	73957	26043	75735	24265	14
47	72170	27830	73987	26013	75764	24236	13
48	72201	27799	74017	25983	75793	24207	12
49	72231	27769	74047	25953	75822	24178	11
50	9.72263	10.27738	9.74077	10.25923	9.75852	10.24148	10
51	72295	27707	74107	25893	75881	24119	9
52	72323	27677	74137	25863	75910	24090	8
53	72354	27646	74166	25834	75939	24061	7
54	72384	27616	74196	25804	75969	24031	6
55	72415	27585	74226	25774	75998	24002	5
56	72445	27555	74256	25744	76027	23973	4
57	72476	27524	74286	25714	76056	23944	3
58	72506	27494	74316	25684	76085	23914	2
59	72537	27463	74345	25655	76115	23885	1
60	72567	27433	74375	25625	76144	23856	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	63°		61°		60°		

### 3. 正切餘切對數表

	30°		31°		32°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.76144	10.23856	9.77877	10.22123	9.79579	10.20421	60
1	76173	23827	77906	22094	79607	20393	59
2	76202	23798	77935	22065	79635	20365	58
3	76231	23769	77963	22037	79663	20337	57
4	76261	23739	77992	22008	79691	20309	56
5	76290	23710	78020	21980	79719	20281	55
6	76319	23681	78049	21951	79747	20253	54
7	76348	23652	78077	21923	79776	20224	53
8	76377	23623	78106	21894	79804	20196	52
9	76406	23594	78135	21865	79832	20168	51
10	9.76425	10.23565	9.78163	10.21837	9.79860	10.20140	50
11	76464	23536	78192	21808	79888	20112	49
12	76493	23507	78220	21780	79916	20084	48
13	76522	23478	78249	21751	79944	20056	47
14	76551	23449	78277	21723	79972	20028	46
15	76580	23420	78306	21694	80000	20000	45
16	76609	23391	78334	21666	80028	19972	44
17	76638	23361	78363	21637	80056	19944	43
18	76668	23332	78391	21609	80084	19916	42
19	76697	23303	78419	21581	80112	19888	41
20	9.76725	10.23275	9.78448	10.21552	9.80140	10.19860	40
21	76754	23246	78476	21524	80168	19832	39
22	76783	23217	78505	21495	80195	19805	38
23	76812	23188	78533	21467	80223	19777	37
24	76841	23159	78562	21438	80251	19749	36
25	76870	23130	78590	21410	80279	19721	35
26	76899	23101	78618	21382	80307	19693	34
27	76928	23072	78647	21353	80335	19665	33
28	76957	23043	78675	21325	80363	19637	32
29	76986	23014	78704	21296	80391	19609	31
30	9.77015	10.22885	9.78732	10.21268	9.80419	10.19581	30
31	77044	22956	78760	21240	80447	19553	29
32	77073	22927	78789	21211	80474	19526	28
33	77101	22899	78817	21183	80502	19498	27
34	77130	22870	78845	21155	80530	19470	26
35	77159	22841	78874	21126	80558	19442	25
36	77188	22812	78902	21098	80586	19414	24
37	77217	22783	78930	21070	80614	19386	23
38	77246	22754	78959	21041	80642	19358	22
39	77274	22725	78987	21013	80669	19331	21
40	9.77303	10.22697	9.79015	10.20885	9.80697	10.19303	20
41	77332	22668	79043	20957	80725	19275	19
42	77361	22639	79072	20928	80753	19247	18
43	77390	22610	79100	20900	80781	19219	17
44	77418	22582	79128	20872	80808	19192	16
45	77447	22553	79156	20844	80836	19164	15
46	77476	22524	79185	20815	80864	19136	14
47	77505	22495	79213	20787	80892	19108	13
48	77533	22467	79241	20759	80919	19081	12
49	77562	22438	79269	20731	80947	19053	11
50	9.77591	10.22409	9.79297	10.20703	9.80975	10.19025	10
51	77619	22381	79295	20674	81003	18997	9
52	77648	22352	79324	20646	81030	18970	8
53	77677	22323	79352	20618	81058	18942	7
54	77706	22294	79380	20590	81086	18914	6
55	77734	22266	79408	20562	81113	18887	5
56	77763	22237	79436	20534	81141	18859	4
57	77791	22209	79465	20505	81169	18831	3
58	77820	22180	79493	20477	81195	18804	2
59	77849	22151	79521	20449	81224	18776	1
60	77877	22123	79549	20421	81252	18748	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
		59°		58°		57°	

### 3. 正切餘切對數表

	32°		34°		35°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.81252	10.18748	9.82899	10.17101	9.84523	10.15477	60
1	81279	18721	82926	17074	84550	15450	59
2	81307	18693	82953	17047	84576	15424	58
3	81335	18665	82980	17020	84603	15397	57
4	81363	18638	83008	16992	84630	15370	56
5	81390	18610	83035	16965	84657	15343	55
6	81418	18582	83062	16938	84684	15316	54
7	81445	18555	83089	16911	84711	15289	53
8	81473	18527	83117	16883	84738	15262	52
9	81500	18500	83144	16856	84764	15236	51
10	9.81528	10.18472	9.83171	10.16829	9.84791	10.15209	50
11	81556	18444	83198	16802	84818	15182	49
12	81583	18417	83225	16775	84845	15155	48
13	81611	18389	83252	16748	84872	15128	47
14	81638	18362	83280	16720	84899	15101	46
15	81666	18334	83307	16692	84925	15075	45
16	81693	18307	83334	16666	84952	15048	44
17	81721	18279	83361	16639	84979	15021	43
18	81748	18252	83388	16612	85006	14994	42
19	81776	18224	83415	16585	85033	14967	41
20	9.81803	10.18197	9.83442	10.16558	9.85059	10.14941	40
21	81831	18169	83470	16530	85086	14914	39
22	81858	18142	83497	16503	85113	14887	38
23	81886	18114	83524	16476	85140	14860	37
24	81913	18087	83551	16449	85166	14834	36
25	81941	18059	83578	16422	85193	14807	35
26	81968	18032	83605	16395	85220	14780	34
27	81996	18004	83632	16368	85247	14753	33
28	82023	17977	83659	16341	85274	14727	32
29	82051	17949	83686	16314	85300	14700	31
30	9.82078	10.17922	9.83713	10.16287	9.85327	10.14673	30
31	82106	17894	83740	16260	85354	14646	29
32	82133	17867	83768	16232	85380	14620	28
33	82161	17839	83795	16205	85407	14593	27
34	82188	17812	83822	16178	85434	14566	26
35	82215	17785	83849	16151	85460	14540	25
36	82243	17757	83876	16124	85487	14513	24
37	82270	17730	83903	16097	85514	14486	23
38	82298	17702	83930	16070	85540	14460	22
39	82325	17675	83957	16043	85567	14433	21
40	9.82352	10.17647	9.83984	10.16016	9.85594	10.14406	20
41	82380	17620	84011	15989	85620	14380	19
42	82407	17593	84038	15962	85647	14353	18
43	82435	17565	84065	15935	85674	14326	17
44	82462	17538	84092	15908	85700	14300	16
45	82489	17511	84119	15881	85727	14273	15
46	82517	17483	84146	15854	85754	14246	14
47	82544	17456	84173	15827	85780	14220	13
48	82571	17429	84200	15800	85807	14193	12
49	82599	17401	84227	15773	85834	14166	11
50	9.82626	10.17374	9.84254	10.15746	9.85860	10.14140	10
51	82653	17347	84280	15720	85887	14113	9
52	82681	17319	84307	15693	85913	14087	8
53	82708	17292	84334	15666	85940	14060	7
54	82735	17265	84361	15639	85967	14033	6
55	82762	17238	84388	15612	85993	14007	5
56	82790	17210	84415	15585	86020	13980	4
57	82817	17183	84442	15558	86046	13954	3
58	82844	17156	84469	15531	86073	13927	2
59	82871	17129	84496	15504	86100	13900	1
60	82899	17101	84523	15477	86126	13874	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	56°		55°		54°		

## 3. 正切餘切對數表

	33°		37°		39°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.88126	10.13874	9.87711	10.12289	9.89281	10.10719	60
1	88163	13847	87738	12262	89307	10693	59
2	86179	13821	87764	12262	89333	10667	58
3	86206	13794	87790	12210	89359	10641	57
4	86232	13768	87817	12183	89385	10615	56
5	86259	13741	87843	12157	89411	10589	55
6	86285	13715	87869	12131	89437	10563	54
7	86312	13688	87895	12105	89463	10537	53
8	86338	13662	87922	12078	89489	10511	52
9	86365	13635	87948	12052	89515	10485	51
10	9.86992	10.13609	9.87974	10.12026	9.89541	10.10459	50
11	86418	13582	88000	12000	89567	10433	49
12	86445	13555	88027	11973	89593	10407	48
13	86471	13529	88053	11947	89619	10381	47
14	86498	13502	88079	11921	89645	10355	46
15	86524	13476	88105	11895	89671	10329	45
16	86551	13449	88131	11869	89697	10303	44
17	86577	13423	88158	11842	89723	10277	43
18	86603	13397	88184	11816	89749	10251	42
19	86630	13370	88210	11790	89775	10225	41
20	9.86658	10.13344	9.88236	10.11764	9.89801	10.10199	40
21	86683	13317	88262	11738	89827	10173	39
22	86709	13291	88289	11711	89853	10147	38
23	86736	13264	88315	11685	89879	10121	37
24	86762	13238	88341	11659	89905	10095	36
25	86789	13211	88367	11633	89931	10069	35
26	86815	13185	88393	11607	89957	10043	34
27	86842	13158	88420	11580	89983	10017	33
28	86868	13132	88446	11554	90009	9991	32
29	86894	13105	88472	11528	90035	9965	31
30	9.86921	10.13079	9.88498	10.11502	9.90061	10.09939	30
31	86947	13053	88524	11476	90085	9994	29
32	86974	13026	88550	11450	90112	9988	28
33	87000	13000	88577	11423	90138	9982	27
34	87027	12973	88603	11397	90164	9986	26
35	87053	12947	88629	11371	90190	9980	25
36	87079	12921	88655	11345	90216	9974	24
37	87106	12894	88681	11319	90242	9978	23
38	87132	12868	88707	11293	90268	9972	22
39	87158	12842	88733	11267	90294	9976	21
40	9.87185	10.12815	9.88769	10.11241	9.90320	10.09680	20
41	87211	12789	88793	11214	90346	9964	19
42	87238	12762	88819	11188	90371	9969	18
43	87264	12736	88843	11162	90397	9963	17
44	87290	12710	88868	11136	90423	9957	16
45	87317	12683	88890	11110	90449	9951	15
46	87343	12657	88916	11084	90475	9925	14
47	87369	12631	88942	11058	90501	9949	13
48	87396	12604	88968	11032	90527	9943	12
49	87422	12578	88994	11006	90553	9947	11
50	9.87448	10.12552	9.89020	10.10980	9.90578	10.09422	10
51	87475	12555	89046	10954	90504	9936	9
52	87501	12499	89073	10927	90530	9930	8
53	87527	12473	89099	10901	90556	9934	7
54	87554	12443	89125	10875	90582	9931	6
55	87580	12420	89151	10849	90608	9929	5
56	87606	12394	89177	10823	90634	9926	4
57	87633	12367	89203	10797	90659	9924	3
58	87659	12341	89229	10771	90685	9921	2
59	87685	12315	89255	10745	90711	9919	1
60	87711	12289	89281	10719	90737	9913	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
		53°		57°		51°	

### 3. 正切餘切對數表

	39°		40°		41°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.90837	10.09163	9.92381	10.07619	9.93916	10.06084	60
1	90883	09137	92407	07593	93942	06058	59
2	90889	09111	92433	07567	93967	06033	58
3	90914	09086	92458	07542	93993	06007	57
4	90940	09060	92484	07516	94018	05982	56
5	90966	09034	92510	07490	94044	05956	55
6	90992	09008	92535	07465	94069	05931	54
7	91018	08982	92561	07439	94095	05905	53
8	91043	08957	92587	07413	94120	05880	52
9	91069	08931	92612	07388	94146	05854	51
10	9.91095	10.08905	9.92638	10.07362	9.94171	10.05829	50
11	91121	08877	92663	07337	94197	05803	49
12	91147	08852	92689	07311	94222	05778	48
13	91172	08828	92715	07285	94248	05752	47
14	91198	08802	92740	07260	94273	05727	46
15	91224	08776	92766	07234	94299	05701	45
16	91250	08750	92792	07208	94324	05676	44
17	91276	08724	92817	07183	94350	05650	43
18	91301	08699	92843	07157	94375	05625	42
19	91327	08673	92868	07132	94401	05599	41
20	9.91353	10.08647	9.92894	10.07103	9.94426	10.05574	40
21	91379	08621	92920	07080	94452	05548	39
22	91404	08595	92945	07055	94477	05523	38
23	91430	08570	92971	07029	94503	05497	37
24	91456	08544	92996	07004	94528	05472	36
25	91482	08518	93022	06978	94554	05446	35
26	91507	08493	93048	06952	94579	05421	34
27	91533	08467	93073	06927	94604	05395	33
28	91559	08441	93099	06901	94630	05370	32
29	91585	08415	93124	06876	94655	05345	31
30	9.91610	10.08390	9.93150	10.06850	9.94681	10.05319	30
31	91636	08364	93176	06825	94706	05294	29
32	91662	08338	93201	06799	94732	05268	28
33	91688	08312	93227	06773	94757	05243	27
34	91713	08287	93252	06748	94783	05217	26
35	91739	08261	93278	06722	94808	05192	25
36	91765	08235	93303	06697	94834	05166	24
37	91791	08209	93329	06671	94859	05141	23
38	91816	08184	93354	06646	94884	05116	22
39	91842	08158	93380	06620	94910	05090	21
40	9.91868	10.08132	9.93406	10.06594	9.94935	10.05065	20
41	91893	08107	93431	06569	94961	05039	19
42	91919	08081	93457	06543	94986	05014	18
43	91945	08055	93482	06518	95012	04988	17
44	91971	08029	93508	06492	95037	04963	16
45	91996	08004	93533	06467	95062	04938	15
46	92022	07978	93559	06441	95088	04912	14
47	92048	07952	93584	06416	95113	04887	13
48	92073	07927	93610	06390	95139	04861	12
49	92099	07901	93636	06364	95164	04836	11
50	9.92125	10.07875	9.93661	10.06339	9.95189	10.04810	10
51	92150	07850	93687	06313	95215	04785	9
52	92176	07824	93712	06288	95240	04760	8
53	92202	07798	93738	06262	95266	04734	7
54	92227	07773	93763	06237	95291	04709	6
55	92253	07747	93789	06211	95317	04683	5
56	92279	07721	93814	06185	95342	04658	4
57	92304	07696	93840	06160	95368	04632	3
58	92330	07670	93865	06135	95393	04607	2
59	92356	07644	93891	06109	95418	04582	1
60	92381	07619	93916	06084	95444	04556	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	59°		49°		48°		

### 3. 正切餘切對數表

	42°		43°		44°		
	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	
0	9.95444	10.04556	9.96966	10.03034	9.98484	10.01516	60
1	95469	04531	96991	03009	98509	01491	59
2	95495	04505	97016	02984	98534	01466	58
3	95520	04480	97042	02958	98560	01440	57
4	95545	04455	97067	02933	98585	01415	56
5	95571	04429	97092	02908	98610	01390	55
6	95596	04404	97118	02882	98635	01365	54
7	95622	04378	97143	02857	98661	01339	53
8	95647	04353	97168	02832	98686	01314	52
9	95672	04328	97193	02807	98711	01289	51
10	9.95698	10.04302	9.97219	10.02781	9.98737	10.01263	50
11	95723	04277	97244	02756	98762	01238	49
12	95748	04252	97269	02731	98787	01213	48
13	95774	04226	97295	02705	98812	01188	47
14	95799	04201	97320	02680	98838	01162	46
15	95825	04175	97345	02655	98863	01137	45
16	95850	04150	97371	02629	98888	01112	44
17	95875	04125	97396	02604	98913	01087	43
18	95901	04100	97421	02579	98939	01061	42
19	95926	04074	97447	02553	98964	01036	41
20	9.95952	10.04048	9.97472	10.02528	9.98989	10.01011	40
21	95977	04023	97497	02503	99015	00985	39
22	96002	03998	97523	02477	99040	00960	38
23	96028	03972	97548	02452	99065	00935	37
24	96053	03947	97573	02427	99090	00910	36
25	96078	03922	97598	02402	99116	00884	35
26	96104	03896	97624	02376	99141	00859	34
27	96129	03871	97649	02351	99166	00834	33
28	96155	03845	97674	02325	99191	00809	32
29	96180	03820	97700	02300	99217	00783	31
30	9.96205	10.03795	9.97725	10.02275	9.99242	10.00758	30
31	96231	03769	97750	02250	99267	00733	29
32	96256	03744	97776	02224	99293	00707	28
33	96281	03719	97801	02199	99318	00682	27
34	96307	03693	97826	02174	99343	00657	26
35	96332	03668	97851	02149	99368	00632	25
36	96357	03643	97877	02123	99394	00606	24
37	96383	03617	97902	02098	99419	00581	23
38	96408	03592	97927	02073	99445	00556	22
39	96433	03567	97953	02047	99469	00531	21
40	9.96459	10.03541	9.97978	10.02022	9.99495	10.00505	20
41	96484	03516	98003	01997	99520	00480	19
42	96510	03490	98029	01971	99545	00455	18
43	96535	03465	98054	01946	99570	00430	17
44	96560	03440	98079	01921	99596	00404	16
45	96585	03414	98104	01896	99621	00379	15
46	96611	03389	98130	01870	99646	00354	14
47	96636	03364	98155	01845	99672	00328	13
48	96662	03338	98180	01820	99697	00303	12
49	96687	03313	98205	01794	99722	00278	11
50	9.96712	10.03288	9.98231	10.01769	9.99747	10.00253	10
51	96733	03262	98256	01744	99773	00227	9
52	96763	03237	98281	01719	99798	00202	8
53	96788	03212	98307	01693	99823	00177	7
54	96814	03186	98332	01668	99848	00152	6
55	96839	03161	98357	01642	99874	00126	5
56	96864	03136	98383	01617	99899	00101	4
57	96890	03110	98408	01592	99924	00076	3
58	96915	03085	98433	01567	99949	00051	2
59	96940	03060	98458	01542	99975	00025	1
60	96966	03034	98484	01516	10.00000	00000	0
	Cot	Tan	Cot	Tan	Cot	Tan	
	47°		46°		45°		

### 4. 正 弦 餘 弦 眞 數 表

	0°		1°		2°		3°		4°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.00000	One.	.01745	.99985	.03490	.99939	.05224	.99863	.06976	.99756	60
1	.00029	One.	.01774	.99984	.03519	.99938	.05263	.99861	.07005	.99754	59
2	.00058	One.	.01803	.99982	.03548	.99937	.05302	.99859	.07034	.99752	58
3	.00087	One.	.01832	.99980	.03577	.99935	.05341	.99858	.07063	.99750	57
4	.00116	One.	.01862	.99978	.03606	.99934	.05380	.99857	.07092	.99748	56
5	.00145	One.	.01891	.99976	.03635	.99934	.05419	.99855	.07121	.99746	55
6	.00175	One.	.01920	.99974	.03664	.99933	.05458	.99854	.07150	.99744	54
7	.00204	One.	.01949	.99971	.03693	.99932	.05497	.99853	.07179	.99742	53
8	.00233	One.	.01978	.99969	.03722	.99931	.05536	.99851	.07208	.99740	52
9	.00262	One.	.02007	.99967	.03752	.99930	.05575	.99849	.07237	.99738	51
10	.00291	One.	.02036	.99965	.03781	.99929	.05614	.99847	.07266	.99736	50
11	.00320	.99963	.02065	.99963	.03810	.99927	.05653	.99846	.07295	.99734	49
12	.00349	.99961	.02094	.99961	.03839	.99926	.05692	.99844	.07324	.99732	48
13	.00378	.99959	.02123	.99959	.03868	.99925	.05731	.99842	.07353	.99730	47
14	.00407	.99957	.02152	.99957	.03897	.99924	.05770	.99841	.07382	.99728	46
15	.00436	.99955	.02181	.99955	.03926	.99923	.05809	.99839	.07411	.99726	45
16	.00465	.99953	.02211	.99953	.03955	.99922	.05848	.99838	.07440	.99724	44
17	.00495	.99951	.02240	.99951	.03984	.99921	.05887	.99836	.07469	.99722	43
18	.00524	.99949	.02269	.99949	.04013	.99919	.05926	.99834	.07498	.99720	42
19	.00553	.99947	.02298	.99947	.04042	.99918	.05965	.99833	.07527	.99718	41
20	.00582	.99945	.02327	.99945	.04071	.99917	.06004	.99831	.07556	.99716	40
21	.00611	.99943	.02356	.99943	.04100	.99916	.06043	.99829	.07585	.99714	39
22	.00640	.99941	.02385	.99941	.04129	.99915	.06082	.99827	.07614	.99712	38
23	.00669	.99939	.02414	.99939	.04158	.99913	.06121	.99826	.07643	.99710	37
24	.00698	.99937	.02443	.99937	.04187	.99912	.06160	.99824	.07672	.99708	36
25	.00727	.99935	.02472	.99935	.04216	.99911	.06199	.99823	.07701	.99706	35
26	.00756	.99933	.02501	.99933	.04245	.99909	.06238	.99821	.07730	.99704	34
27	.00785	.99931	.02530	.99931	.04274	.99908	.06277	.99820	.07759	.99702	33
28	.00814	.99929	.02559	.99929	.04303	.99907	.06316	.99818	.07788	.99699	32
29	.00843	.99927	.02588	.99927	.04332	.99906	.06355	.99816	.07817	.99697	31
30	.00872	.99925	.02618	.99925	.04362	.99905	.06394	.99815	.07846	.99695	30
31	.00902	.99923	.02647	.99923	.04391	.99904	.06433	.99812	.07875	.99693	29
32	.00931	.99921	.02676	.99921	.04420	.99903	.06472	.99810	.07904	.99691	28
33	.00960	.99919	.02705	.99919	.04449	.99901	.06511	.99809	.07933	.99689	27
34	.00989	.99917	.02734	.99917	.04478	.99900	.06550	.99807	.07962	.99687	26
35	.01018	.99915	.02763	.99915	.04507	.99898	.06589	.99806	.07991	.99685	25
36	.01047	.99913	.02792	.99913	.04536	.99897	.06628	.99804	.08020	.99683	24
37	.01076	.99911	.02821	.99911	.04565	.99896	.06667	.99803	.08049	.99681	23
38	.01105	.99909	.02850	.99909	.04594	.99894	.06706	.99801	.08078	.99679	22
39	.01134	.99907	.02879	.99907	.04623	.99893	.06745	.99799	.08107	.99677	21
40	.01164	.99905	.02908	.99905	.04653	.99892	.06784	.99798	.08136	.99675	20
41	.01193	.99903	.02938	.99903	.04682	.99890	.06823	.99796	.08165	.99673	19
42	.01222	.99901	.02967	.99901	.04711	.99889	.06862	.99794	.08194	.99671	18
43	.01251	.99899	.02996	.99899	.04740	.99888	.06901	.99792	.08223	.99669	17
44	.01280	.99897	.03025	.99897	.04769	.99886	.06940	.99790	.08252	.99667	16
45	.01309	.99895	.03054	.99895	.04798	.99885	.06979	.99788	.08281	.99665	15
46	.01338	.99893	.03083	.99893	.04827	.99883	.07018	.99786	.08310	.99663	14
47	.01367	.99891	.03112	.99892	.04856	.99882	.07057	.99784	.08339	.99661	13
48	.01396	.99889	.03141	.99891	.04885	.99881	.07096	.99782	.08368	.99659	12
49	.01425	.99887	.03170	.99890	.04914	.99879	.07135	.99780	.08397	.99657	11
50	.01454	.99885	.03199	.99889	.04943	.99878	.07174	.99778	.08426	.99655	10
51	.01483	.99883	.03228	.99888	.04972	.99876	.07213	.99776	.08455	.99653	9
52	.01512	.99881	.03257	.99887	.05001	.99875	.07252	.99774	.08484	.99651	8
53	.01541	.99879	.03286	.99886	.05030	.99873	.07291	.99772	.08513	.99649	7
54	.01571	.99877	.03315	.99885	.05059	.99872	.07330	.99770	.08542	.99647	6
55	.01600	.99875	.03344	.99884	.05088	.99870	.07369	.99768	.08571	.99645	5
56	.01629	.99873	.03373	.99883	.05117	.99869	.07408	.99766	.08600	.99643	4
57	.01658	.99871	.03402	.99882	.05146	.99867	.07447	.99764	.08629	.99641	3
58	.01687	.99869	.03431	.99881	.05175	.99866	.07486	.99762	.08658	.99639	2
59	.01716	.99867	.03460	.99880	.05204	.99864	.07525	.99760	.08687	.99637	1
60	.01745	.99865	.03490	.99879	.05233	.99863	.07564	.99758	.08716	.99635	0
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	
		86°		85°		84°		83°		82°	

### 4. 正弦餘弦真數表

	5°		6°		7°		8°		9°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.08716	.99619	.10453	.99452	.12187	.99255	.13917	.99027	.15643	.98789	60
1	.08745	.99617	.10482	.99449	.12216	.99251	.13946	.99023	.15672	.98784	59
2	.08774	.99614	.10511	.99446	.12245	.99248	.13975	.99019	.15701	.98779	58
3	.08803	.99612	.10540	.99443	.12274	.99244	.14004	.99015	.15730	.98775	57
4	.08831	.99609	.10569	.99440	.12302	.99240	.14033	.99011	.15758	.98771	56
5	.08860	.99607	.10597	.99437	.12331	.99237	.14061	.99006	.15787	.98766	55
6	.08889	.99604	.10626	.99434	.12360	.99233	.14090	.99002	.15816	.98761	54
7	.08918	.99602	.10655	.99431	.12389	.99230	.14119	.98998	.15845	.98757	53
8	.08947	.99599	.10684	.99428	.12418	.99226	.14148	.98994	.15873	.98752	52
9	.08976	.99596	.10713	.99424	.12447	.99222	.14177	.98990	.15902	.98748	51
10	.09005	.99594	.10742	.99421	.12476	.99219	.14205	.98985	.15931	.98743	50
11	.09034	.99591	.10771	.99418	.12504	.99215	.14234	.98982	.15959	.98739	49
12	.09063	.99588	.10800	.99415	.12533	.99211	.14263	.98978	.15988	.98734	48
13	.09092	.99586	.10829	.99412	.12562	.99208	.14292	.98973	.16017	.98730	47
14	.09121	.99583	.10858	.99409	.12591	.99204	.14320	.98969	.16046	.98725	46
15	.09150	.99580	.10887	.99406	.12620	.99200	.14349	.98965	.16074	.98720	45
16	.09179	.99578	.10916	.99402	.12649	.99197	.14378	.98961	.16103	.98716	44
17	.09208	.99575	.10945	.99399	.12678	.99193	.14407	.98957	.16132	.98711	43
18	.09237	.99572	.10973	.99396	.12706	.99189	.14436	.98953	.16160	.98706	42
19	.09266	.99570	.11002	.99393	.12735	.99186	.14464	.98948	.16189	.98701	41
20	.09295	.99567	.11031	.99390	.12764	.99182	.14493	.98944	.16218	.98697	40
21	.09324	.99565	.11060	.99386	.12793	.99178	.14522	.98940	.16246	.98692	39
22	.09353	.99562	.11089	.99383	.12822	.99175	.14551	.98936	.16275	.98687	38
23	.09382	.99559	.11118	.99380	.12851	.99171	.14580	.98931	.16304	.98682	37
24	.09411	.99556	.11147	.99377	.12880	.99167	.14608	.98927	.16333	.98677	36
25	.09440	.99553	.11176	.99374	.12908	.99163	.14637	.98923	.16361	.98672	35
26	.09469	.99551	.11205	.99370	.12937	.99160	.14665	.98919	.16390	.98668	34
27	.09498	.99548	.11234	.99367	.12966	.99156	.14694	.98914	.16419	.98663	33
28	.09527	.99545	.11263	.99364	.12995	.99152	.14722	.98910	.16447	.98658	32
29	.09556	.99542	.11291	.99360	.13024	.99148	.14751	.98906	.16476	.98653	31
30	.09585	.99540	.11320	.99357	.13053	.99144	.14780	.98902	.16505	.98648	30
31	.09614	.99537	.11349	.99354	.13081	.99141	.14809	.98897	.16533	.98643	29
32	.09643	.99534	.11378	.99351	.13110	.99137	.14838	.98893	.16562	.98638	28
33	.09671	.99531	.11407	.99347	.13139	.99133	.14867	.98889	.16591	.98633	27
34	.09700	.99528	.11436	.99344	.13168	.99129	.14896	.98884	.16620	.98628	26
35	.09729	.99526	.11465	.99341	.13197	.99125	.14925	.98880	.16649	.98623	25
36	.09758	.99523	.11494	.99337	.13226	.99122	.14954	.98876	.16677	.98618	24
37	.09787	.99520	.11523	.99334	.13254	.99118	.14983	.98871	.16706	.98613	23
38	.09816	.99517	.11552	.99331	.13283	.99114	.15012	.98867	.16734	.98608	22
39	.09845	.99514	.11580	.99327	.13312	.99110	.15040	.98863	.16763	.98603	21
40	.09874	.99511	.11609	.99324	.13341	.99106	.15069	.98858	.16792	.98598	20
41	.09903	.99508	.11638	.99320	.13370	.99102	.15097	.98854	.16820	.98593	19
42	.09932	.99506	.11667	.99317	.13399	.99098	.15126	.98849	.16849	.98587	18
43	.09961	.99503	.11696	.99314	.13427	.99094	.15155	.98845	.16877	.98582	17
44	.09990	.99500	.11725	.99310	.13456	.99091	.15184	.98841	.16906	.98576	16
45	.10019	.99497	.11754	.99307	.13485	.99087	.15212	.98837	.16935	.98571	15
46	.10048	.99494	.11783	.99303	.13514	.99083	.15241	.98832	.16964	.98565	14
47	.10077	.99491	.11812	.99300	.13543	.99079	.15270	.98827	.16992	.98560	13
48	.10106	.99488	.11840	.99297	.13572	.99075	.15299	.98823	.17021	.98554	12
49	.10135	.99485	.11869	.99293	.13600	.99071	.15327	.98818	.17050	.98548	11
50	.10164	.99482	.11898	.99290	.13629	.99067	.15356	.98814	.17078	.98543	10
51	.10192	.99479	.11927	.99286	.13658	.99063	.15385	.98809	.17107	.98537	9
52	.10221	.99476	.11956	.99283	.13687	.99059	.15414	.98805	.17135	.98531	8
53	.10250	.99473	.11985	.99279	.13716	.99055	.15442	.98800	.17164	.98525	7
54	.10279	.99470	.12014	.99276	.13744	.99051	.15471	.98796	.17193	.98519	6
55	.10308	.99467	.12043	.99272	.13773	.99047	.15500	.98791	.17222	.98513	5
56	.10337	.99464	.12071	.99269	.13802	.99043	.15529	.98787	.17250	.98507	4
57	.10366	.99461	.12100	.99265	.13831	.99039	.15557	.98782	.17279	.98501	3
58	.10395	.99458	.12129	.99262	.13860	.99035	.15586	.98778	.17308	.98495	2
59	.10424	.99455	.12158	.99258	.13889	.99031	.15615	.98773	.17336	.98488	1
60	.10453	.99452	.12187	.99255	.13917	.99027	.15643	.98769	.17365	.98481	0
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	
	84°		83°		82°		81°		80°		



### 4. 正 弦 餘 弦 眞 數 表

	10°		11°		12°		13°		14°	
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin
0	.17365	.98481	.19081	.98163	.20791	.97815	.22495	.97437	.24192	.97080
1	.17393	.98476	.19109	.98157	.20820	.97809	.22523	.97430	.24220	.97073
2	.17422	.98471	.19138	.98152	.20848	.97803	.22552	.97424	.24249	.97066
3	.17451	.98466	.19167	.98146	.20877	.97797	.22580	.97417	.24277	.97059
4	.17479	.98461	.19195	.98140	.20905	.97791	.22608	.97411	.24305	.97052
5	.17508	.98455	.19224	.98135	.20933	.97784	.22637	.97404	.24333	.97045
6	.17537	.98450	.19252	.98129	.20962	.97778	.22665	.97398	.24362	.97038
7	.17565	.98445	.19281	.98124	.20990	.97772	.22693	.97391	.24390	.97031
8	.17594	.98440	.19309	.98118	.21019	.97766	.22722	.97384	.24418	.97024
9	.17623	.98435	.19338	.98112	.21047	.97760	.22750	.97378	.24446	.97017
10	.17651	.98430	.19366	.98107	.21076	.97754	.22778	.97371	.24474	.97010
11	.17680	.98425	.19395	.98101	.21104	.97748	.22807	.97365	.24503	.96992
12	.17708	.98420	.19423	.98096	.21132	.97742	.22835	.97358	.24531	.96985
13	.17737	.98414	.19452	.98090	.21161	.97735	.22863	.97351	.24559	.96977
14	.17766	.98409	.19481	.98084	.21189	.97729	.22892	.97345	.24587	.96970
15	.17794	.98404	.19509	.98079	.21218	.97723	.22920	.97338	.24615	.96963
16	.17823	.98399	.19538	.98073	.21246	.97717	.22948	.97331	.24644	.96956
17	.17852	.98394	.19566	.98067	.21275	.97711	.22977	.97325	.24672	.96949
18	.17880	.98389	.19595	.98061	.21303	.97705	.23005	.97318	.24701	.96942
19	.17909	.98383	.19623	.98056	.21331	.97699	.23033	.97311	.24729	.96935
20	.17937	.98378	.19652	.98050	.21360	.97692	.23062	.97304	.24758	.96928
21	.17966	.98373	.19680	.98044	.21388	.97686	.23090	.97298	.24786	.96921
22	.17995	.98368	.19709	.98039	.21417	.97680	.23118	.97291	.24815	.96914
23	.18023	.98362	.19737	.98033	.21445	.97673	.23146	.97284	.24844	.96907
24	.18052	.98357	.19766	.98027	.21474	.97667	.23175	.97278	.24873	.96900
25	.18081	.98352	.19794	.98021	.21502	.97661	.23203	.97271	.24902	.96893
26	.18110	.98347	.19823	.98016	.21530	.97655	.23231	.97264	.24930	.96886
27	.18138	.98341	.19851	.98010	.21559	.97648	.23260	.97257	.24959	.96879
28	.18167	.98336	.19880	.98004	.21587	.97642	.23288	.97251	.24987	.96872
29	.18195	.98331	.19908	.97998	.21616	.97636	.23316	.97244	.25016	.96865
30	.18224	.98325	.19937	.97992	.21644	.97630	.23345	.97237	.25045	.96858
31	.18252	.98320	.19965	.97987	.21672	.97623	.23373	.97230	.25074	.96851
32	.18281	.98315	.19994	.97981	.21701	.97617	.23401	.97223	.25103	.96844
33	.18309	.98310	.20022	.97975	.21729	.97611	.23429	.97217	.25132	.96837
34	.18338	.98304	.20051	.97969	.21758	.97604	.23458	.97210	.25161	.96830
35	.18367	.98299	.20079	.97963	.21788	.97598	.23486	.97203	.25190	.96823
36	.18395	.98294	.20108	.97958	.21818	.97592	.23514	.97196	.25219	.96816
37	.18424	.98288	.20136	.97952	.21848	.97585	.23542	.97189	.25248	.96809
38	.18452	.98283	.20165	.97946	.21877	.97579	.23571	.97182	.25277	.96802
39	.18481	.98277	.20193	.97940	.21899	.97573	.23599	.97176	.25306	.96795
40	.18509	.98272	.20222	.97934	.21928	.97566	.23627	.97169	.25335	.96788
41	.18538	.98267	.20250	.97928	.21956	.97560	.23656	.97162	.25364	.96781
42	.18567	.98261	.20279	.97922	.21985	.97553	.23684	.97155	.25393	.96774
43	.18595	.98256	.20307	.97916	.22013	.97547	.23712	.97149	.25422	.96767
44	.18624	.98250	.20336	.97910	.22041	.97541	.23740	.97141	.25451	.96760
45	.18652	.98245	.20364	.97905	.22070	.97534	.23769	.97134	.25480	.96753
46	.18681	.98240	.20393	.97899	.22098	.97528	.23797	.97127	.25509	.96746
47	.18710	.98234	.20421	.97893	.22127	.97521	.23825	.97120	.25538	.96739
48	.18738	.98229	.20450	.97887	.22155	.97515	.23853	.97113	.25567	.96732
49	.18767	.98223	.20478	.97881	.22183	.97508	.23882	.97106	.25596	.96725
50	.18795	.98218	.20507	.97875	.22212	.97502	.23910	.97100	.25625	.96718
51	.18824	.98212	.20535	.97869	.22240	.97496	.23938	.97093	.25654	.96711
52	.18852	.98207	.20563	.97863	.22268	.97489	.23966	.97086	.25683	.96704
53	.18881	.98201	.20592	.97857	.22297	.97483	.23995	.97079	.25712	.96697
54	.18910	.98196	.20620	.97851	.22325	.97476	.24023	.97072	.25741	.96690
55	.18938	.98190	.20649	.97845	.22353	.97470	.24051	.97065	.25770	.96683
56	.18967	.98185	.20677	.97839	.22382	.97463	.24079	.97058	.25799	.96676
57	.18995	.98179	.20706	.97833	.22410	.97457	.24108	.97051	.25828	.96669
58	.19024	.98174	.20734	.97827	.22438	.97450	.24136	.97044	.25857	.96662
59	.19052	.98168	.20763	.97821	.22467	.97444	.24164	.97037	.25886	.96655
60	.19081	.98163	.20791	.97815	.22495	.97437	.24192	.97030	.25915	.96648
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine
	73°		76°		77°		76°		75°	

### 4. 正弦餘弦真數表

	15°		16°		17°		18°		19°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.25882	.96593	.27564	.96126	.29237	.95630	.30902	.95106	.32567	.94552	60
1	.25910	.96585	.27592	.96118	.29265	.95622	.30929	.95097	.32594	.94543	59
2	.25938	.96578	.27620	.96110	.29293	.95613	.30957	.95088	.32621	.94535	58
3	.25966	.96570	.27648	.96102	.29321	.95605	.30985	.95079	.32649	.94527	57
4	.25994	.96562	.27676	.96094	.29349	.95596	.31012	.95070	.32677	.94519	56
5	.26022	.96555	.27704	.96086	.29377	.95588	.31040	.95061	.32704	.94511	55
6	.26050	.96547	.27731	.96078	.29404	.95579	.31068	.95052	.32732	.94503	54
7	.26079	.96540	.27759	.96070	.29432	.95571	.31095	.95043	.32759	.94495	53
8	.26107	.96532	.27787	.96062	.29460	.95562	.31123	.95034	.32787	.94487	52
9	.26135	.96524	.27815	.96054	.29487	.95554	.31151	.95025	.32814	.94479	51
10	.26163	.96517	.27843	.96046	.29515	.95545	.31178	.95016	.32842	.94471	50
11	.26191	.96509	.27871	.96037	.29543	.95536	.31206	.95006	.32869	.94463	49
12	.26219	.96502	.27899	.96029	.29571	.95528	.31233	.94997	.32897	.94455	48
13	.26247	.96494	.27927	.96021	.29599	.95519	.31261	.94988	.32924	.94447	47
14	.26275	.96486	.27955	.96013	.29626	.95511	.31289	.94979	.32952	.94439	46
15	.26303	.96479	.27983	.96005	.29654	.95502	.31316	.94970	.32979	.94431	45
16	.26331	.96471	.28011	.95997	.29682	.95493	.31344	.94961	.33007	.94423	44
17	.26359	.96463	.28039	.95989	.29710	.95485	.31372	.94952	.33034	.94415	43
18	.26387	.96455	.28067	.95981	.29737	.95476	.31399	.94943	.33061	.94407	42
19	.26415	.96448	.28095	.95972	.29765	.95467	.31427	.94934	.33089	.94400	41
20	.26443	.96440	.28123	.95964	.29793	.95459	.31454	.94925	.33116	.94392	40
21	.26471	.96433	.28150	.95956	.29821	.95450	.31482	.94916	.33144	.94384	39
22	.26500	.96425	.28178	.95948	.29849	.95441	.31510	.94906	.33171	.94376	38
23	.26528	.96417	.28206	.95940	.29877	.95433	.31537	.94897	.33199	.94368	37
24	.26556	.96410	.28234	.95931	.29904	.95424	.31565	.94888	.33226	.94360	36
25	.26584	.96402	.28262	.95923	.29932	.95415	.31593	.94879	.33254	.94352	35
26	.26612	.96394	.28290	.95915	.29960	.95406	.31620	.94870	.33281	.94344	34
27	.26640	.96386	.28318	.95907	.29987	.95398	.31648	.94860	.33309	.94336	33
28	.26668	.96379	.28346	.95898	.30015	.95389	.31675	.94851	.33336	.94328	32
29	.26696	.96371	.28374	.95890	.30043	.95380	.31703	.94842	.33363	.94320	31
30	.26724	.96363	.28402	.95882	.30071	.95372	.31730	.94833	.33391	.94312	30
31	.26752	.96355	.28429	.95874	.30098	.95363	.31758	.94823	.33418	.94304	29
32	.26780	.96347	.28457	.95865	.30126	.95354	.31785	.94814	.33446	.94296	28
33	.26808	.96340	.28485	.95857	.30154	.95345	.31813	.94805	.33473	.94288	27
34	.26836	.96332	.28513	.95849	.30182	.95337	.31841	.94795	.33501	.94280	26
35	.26864	.96324	.28541	.95841	.30209	.95328	.31868	.94786	.33528	.94272	25
36	.26892	.96316	.28569	.95832	.30237	.95319	.31896	.94777	.33556	.94264	24
37	.26920	.96308	.28597	.95824	.30265	.95310	.31923	.94768	.33583	.94256	23
38	.26948	.96301	.28625	.95816	.30292	.95301	.31951	.94759	.33610	.94248	22
39	.26976	.96293	.28652	.95807	.30320	.95293	.31979	.94750	.33637	.94240	21
40	.27004	.96285	.28680	.95799	.30348	.95284	.32006	.94740	.33665	.94232	20
41	.27032	.96277	.28708	.95791	.30376	.95275	.32034	.94730	.33692	.94224	19
42	.27060	.96269	.28736	.95782	.30403	.95266	.32061	.94721	.33719	.94216	18
43	.27088	.96261	.28764	.95774	.30431	.95257	.32089	.94712	.33747	.94208	17
44	.27116	.96253	.28792	.95766	.30459	.95248	.32116	.94702	.33774	.94200	16
45	.27144	.96245	.28820	.95757	.30486	.95239	.32144	.94693	.33802	.94192	15
46	.27172	.96238	.28847	.95749	.30514	.95231	.32171	.94684	.33829	.94184	14
47	.27200	.96230	.28875	.95740	.30542	.95222	.32199	.94674	.33857	.94176	13
48	.27228	.96222	.28903	.95732	.30570	.95213	.32227	.94665	.33884	.94168	12
49	.27256	.96214	.28931	.95724	.30597	.95204	.32254	.94656	.33911	.94160	11
50	.27284	.96206	.28959	.95715	.30625	.95195	.32282	.94646	.33939	.94152	10
51	.27312	.96198	.28987	.95707	.30653	.95186	.32309	.94637	.33966	.94144	9
52	.27340	.96190	.29015	.95698	.30680	.95177	.32337	.94627	.33993	.94136	8
53	.27368	.96182	.29042	.95690	.30708	.95168	.32364	.94618	.34021	.94128	7
54	.27396	.96174	.29070	.95681	.30736	.95159	.32392	.94609	.34048	.94120	6
55	.27424	.96166	.29098	.95673	.30763	.95150	.32419	.94599	.34075	.94112	5
56	.27452	.96158	.29126	.95664	.30791	.95142	.32447	.94590	.34102	.94104	4
57	.27480	.96150	.29154	.95656	.30819	.95133	.32474	.94580	.34129	.94096	3
58	.27508	.96142	.29182	.95647	.30846	.95124	.32502	.94571	.34156	.94088	2
59	.27536	.96134	.29210	.95639	.30874	.95115	.32529	.94561	.34183	.94080	1
60	.27564	.96126	.29237	.95630	.30902	.95106	.32557	.94552	.34210	.94072	0
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	
	74°		73°		72°		71°		70°		

### 4. 正 弦 餘 弦 真 數 表

	20°		21°		22°		23°		24°		
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.34202	.93969	.35937	.93358	.37461	.92718	.39073	.92050	.40674	.91355	60
1	.34257	.93949	.35981	.93338	.37488	.92707	.39100	.92039	.40700	.91343	59
2	.34312	.93929	.36025	.93318	.37515	.92697	.39127	.92028	.40727	.91331	58
3	.34367	.93909	.36069	.93298	.37542	.92686	.39153	.92016	.40753	.91319	57
4	.34422	.93889	.36113	.93278	.37569	.92675	.39180	.92005	.40780	.91307	56
5	.34477	.93869	.36157	.93258	.37595	.92664	.39207	.91994	.40806	.91295	55
6	.34532	.93849	.36201	.93238	.37622	.92653	.39234	.91982	.40833	.91283	54
7	.34587	.93829	.36245	.93218	.37649	.92642	.39260	.91971	.40860	.91272	53
8	.34642	.93809	.36289	.93198	.37676	.92631	.39287	.91960	.40886	.91260	52
9	.34697	.93789	.36333	.93178	.37703	.92620	.39314	.91949	.40913	.91248	51
10	.34752	.93769	.36377	.93158	.37730	.92609	.39341	.91938	.40939	.91236	50
11	.34807	.93749	.36421	.93138	.37757	.92598	.39367	.91927	.40966	.91224	49
12	.34862	.93729	.36465	.93118	.37784	.92587	.39394	.91916	.40992	.91212	48
13	.34917	.93709	.36509	.93098	.37811	.92576	.39421	.91905	.41019	.91200	47
14	.34972	.93689	.36553	.93078	.37838	.92565	.39448	.91894	.41045	.91188	46
15	.35027	.93669	.36597	.93058	.37865	.92554	.39474	.91883	.41072	.91176	45
16	.35082	.93649	.36641	.93038	.37892	.92543	.39501	.91872	.41098	.91164	44
17	.35137	.93629	.36685	.93018	.37919	.92532	.39528	.91861	.41125	.91152	43
18	.35192	.93609	.36729	.92998	.37946	.92521	.39555	.91850	.41151	.91140	42
19	.35247	.93589	.36773	.92978	.37973	.92510	.39581	.91839	.41178	.91128	41
20	.35302	.93569	.36817	.92958	.38000	.92500	.39608	.91828	.41204	.91116	40
21	.35357	.93549	.36861	.92938	.38027	.92489	.39635	.91817	.41231	.91104	39
22	.35412	.93529	.36905	.92918	.38053	.92478	.39661	.91806	.41257	.91092	38
23	.35467	.93509	.36949	.92898	.38080	.92467	.39688	.91795	.41284	.91080	37
24	.35522	.93489	.36993	.92878	.38107	.92456	.39715	.91784	.41310	.91068	36
25	.35577	.93469	.37037	.92858	.38134	.92444	.39741	.91773	.41337	.91056	35
26	.35632	.93449	.37081	.92838	.38161	.92433	.39768	.91762	.41363	.91044	34
27	.35687	.93429	.37125	.92818	.38188	.92422	.39795	.91751	.41390	.91032	33
28	.35742	.93409	.37169	.92798	.38215	.92411	.39822	.91740	.41416	.91020	32
29	.35797	.93389	.37213	.92778	.38242	.92400	.39848	.91729	.41443	.91008	31
30	.35852	.93369	.37257	.92758	.38269	.92389	.39875	.91718	.41469	.90996	30
31	.35907	.93349	.37301	.92738	.38295	.92378	.39902	.91707	.41496	.90984	29
32	.35962	.93329	.37345	.92718	.38322	.92367	.39928	.91696	.41522	.90972	28
33	.36017	.93309	.37389	.92698	.38349	.92356	.39955	.91685	.41549	.90960	27
34	.36072	.93289	.37433	.92678	.38376	.92345	.39982	.91674	.41575	.90948	26
35	.36127	.93269	.37477	.92658	.38403	.92334	.40008	.91663	.41602	.90936	25
36	.36182	.93249	.37521	.92638	.38430	.92323	.40035	.91652	.41628	.90924	24
37	.36237	.93229	.37565	.92618	.38457	.92312	.40062	.91641	.41655	.90912	23
38	.36292	.93209	.37609	.92598	.38483	.92301	.40088	.91630	.41681	.90900	22
39	.36347	.93189	.37653	.92578	.38510	.92290	.40115	.91619	.41707	.90888	21
40	.36402	.93169	.37697	.92558	.38537	.92279	.40141	.91608	.41734	.90876	20
41	.36457	.93149	.37741	.92538	.38564	.92268	.40168	.91597	.41760	.90864	19
42	.36512	.93129	.37785	.92518	.38591	.92257	.40195	.91586	.41787	.90852	18
43	.36567	.93109	.37829	.92498	.38617	.92246	.40221	.91575	.41813	.90840	17
44	.36622	.93089	.37873	.92478	.38644	.92235	.40248	.91564	.41840	.90828	16
45	.36677	.93069	.37917	.92458	.38671	.92224	.40275	.91553	.41867	.90816	15
46	.36732	.93049	.37961	.92438	.38698	.92213	.40301	.91542	.41894	.90804	14
47	.36787	.93029	.38005	.92418	.38725	.92202	.40328	.91531	.41921	.90792	13
48	.36842	.93009	.38049	.92398	.38752	.92191	.40355	.91520	.41948	.90780	12
49	.36897	.92989	.38093	.92378	.38778	.92180	.40381	.91509	.41975	.90768	11
50	.36952	.92969	.38137	.92358	.38805	.92169	.40408	.91498	.42002	.90756	10
51	.37007	.92949	.38181	.92338	.38832	.92158	.40434	.91487	.42029	.90744	9
52	.37062	.92929	.38225	.92318	.38859	.92147	.40461	.91476	.42055	.90732	8
53	.37117	.92909	.38269	.92298	.38886	.92136	.40488	.91465	.42082	.90720	7
54	.37172	.92889	.38313	.92278	.38912	.92125	.40514	.91454	.42108	.90708	6
55	.37227	.92869	.38357	.92258	.38939	.92114	.40541	.91443	.42135	.90696	5
56	.37282	.92849	.38401	.92238	.38966	.92103	.40567	.91432	.42161	.90684	4
57	.37337	.92829	.38445	.92218	.38993	.92092	.40594	.91421	.42188	.90672	3
58	.37392	.92809	.38489	.92198	.39020	.92081	.40621	.91410	.42215	.90660	2
59	.37447	.92789	.38533	.92178	.39047	.92070	.40647	.91399	.42242	.90648	1
60	.37502	.92769	.38577	.92158	.39074	.92059	.40674	.91388	.42269	.90636	0
	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	
	69°		68°		67°		66°		65°		

### 4. 正 弦 餘 弦 真 數 表

	25°		26°		27°		28°		29°	
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin
0	.42282	.90631	.43337	.89679	.44389	.89101	.45347	.88295	.46311	.87462
1	.42323	.90616	.43383	.89670	.44425	.89087	.45373	.88281	.46346	.87448
2	.42365	.90600	.43429	.89661	.44461	.89074	.45400	.88267	.46382	.87434
3	.42407	.90584	.43475	.89651	.44497	.89061	.45427	.88254	.46417	.87420
4	.42450	.90568	.43521	.89642	.44533	.89049	.45454	.88240	.46453	.87406
5	.42492	.90552	.43567	.89633	.44569	.89035	.45481	.88226	.46489	.87391
6	.42535	.90536	.43613	.89624	.44605	.89021	.45508	.88213	.46524	.87377
7	.42577	.90520	.43659	.89615	.44641	.89008	.45535	.88199	.46560	.87363
8	.42620	.90504	.43705	.89606	.44677	.88995	.45562	.88185	.46596	.87349
9	.42662	.90488	.43751	.89597	.44713	.88981	.45589	.88172	.46632	.87335
10	.42705	.90472	.43797	.89588	.44749	.88968	.45616	.88158	.46668	.87321
11	.42747	.90456	.43843	.89579	.44785	.88955	.45643	.88144	.46704	.87306
12	.42790	.90440	.43889	.89570	.44821	.88942	.45670	.88130	.46740	.87292
13	.42832	.90424	.43935	.89561	.44857	.88929	.45697	.88117	.46776	.87278
14	.42875	.90408	.43981	.89552	.44893	.88915	.45724	.88103	.46812	.87264
15	.42917	.90392	.44027	.89543	.44929	.88902	.45751	.88090	.46848	.87250
16	.42960	.90376	.44073	.89534	.44965	.88889	.45778	.88076	.46884	.87236
17	.43002	.90360	.44119	.89525	.45001	.88875	.45805	.88062	.46920	.87222
18	.43045	.90344	.44165	.89516	.45037	.88862	.45832	.88048	.46956	.87208
19	.43087	.90328	.44211	.89507	.45073	.88848	.45859	.88034	.46992	.87194
20	.43130	.90312	.44257	.89498	.45109	.88835	.45886	.88020	.47028	.87180
21	.43172	.90296	.44303	.89489	.45145	.88822	.45913	.88006	.47064	.87166
22	.43215	.90280	.44349	.89480	.45181	.88808	.45940	.87992	.47100	.87152
23	.43257	.90264	.44395	.89471	.45217	.88795	.45967	.87979	.47136	.87138
24	.43300	.90248	.44441	.89462	.45253	.88781	.45994	.87965	.47172	.87124
25	.43342	.90232	.44487	.89453	.45289	.88768	.46021	.87951	.47208	.87110
26	.43385	.90216	.44533	.89444	.45325	.88755	.46048	.87937	.47244	.87096
27	.43427	.90200	.44579	.89435	.45361	.88742	.46075	.87923	.47280	.87082
28	.43470	.90184	.44625	.89426	.45397	.88729	.46102	.87909	.47316	.87068
29	.43512	.90168	.44671	.89417	.45433	.88715	.46129	.87895	.47352	.87054
30	.43555	.90152	.44717	.89408	.45469	.88701	.46156	.87882	.47388	.87040
31	.43597	.90136	.44763	.89399	.45505	.88688	.46183	.87868	.47424	.87026
32	.43640	.90120	.44809	.89390	.45541	.88674	.46210	.87854	.47460	.87012
33	.43682	.90104	.44855	.89381	.45577	.88661	.46237	.87840	.47496	.87000
34	.43725	.90088	.44901	.89372	.45613	.88647	.46264	.87826	.47532	.86986
35	.43767	.90072	.44947	.89363	.45649	.88634	.46291	.87812	.47568	.86972
36	.43810	.90056	.44993	.89354	.45685	.88620	.46318	.87798	.47604	.86958
37	.43852	.90040	.45039	.89345	.45721	.88607	.46345	.87784	.47640	.86944
38	.43895	.90024	.45085	.89336	.45757	.88593	.46372	.87770	.47676	.86930
39	.43937	.90008	.45131	.89327	.45793	.88580	.46399	.87756	.47712	.86916
40	.43980	.90000	.45177	.89318	.45829	.88566	.46426	.87742	.47748	.86902
41	.44022	.89984	.45223	.89309	.45865	.88553	.46453	.87728	.47784	.86888
42	.44065	.89968	.45269	.89300	.45901	.88540	.46480	.87714	.47820	.86874
43	.44107	.89952	.45315	.89291	.45937	.88526	.46507	.87700	.47856	.86860
44	.44150	.89936	.45361	.89282	.45973	.88512	.46534	.87686	.47892	.86846
45	.44192	.89920	.45407	.89273	.46009	.88500	.46561	.87672	.47928	.86832
46	.44235	.89904	.45453	.89264	.46045	.88487	.46588	.87658	.47964	.86818
47	.44277	.89888	.45499	.89255	.46081	.88474	.46615	.87644	.47999	.86804
48	.44320	.89872	.45545	.89246	.46117	.88461	.46642	.87630	.48035	.86790
49	.44362	.89856	.45591	.89237	.46153	.88447	.46669	.87616	.48071	.86776
50	.44405	.89840	.45637	.89228	.46189	.88434	.46696	.87602	.48107	.86762
51	.44447	.89824	.45683	.89219	.46225	.88421	.46723	.87588	.48143	.86748
52	.44490	.89808	.45729	.89210	.46261	.88407	.46750	.87574	.48179	.86734
53	.44532	.89792	.45775	.89201	.46297	.88394	.46777	.87560	.48215	.86720
54	.44575	.89776	.45821	.89192	.46333	.88380	.46804	.87546	.48251	.86706
55	.44617	.89760	.45867	.89183	.46369	.88367	.46831	.87532	.48287	.86692
56	.44660	.89744	.45913	.89174	.46405	.88353	.46858	.87518	.48323	.86678
57	.44702	.89728	.45959	.89165	.46441	.88340	.46885	.87504	.48359	.86664
58	.44745	.89712	.46005	.89156	.46477	.88326	.46912	.87490	.48395	.86650
59	.44787	.89696	.46051	.89147	.46513	.88313	.46939	.87476	.48431	.86636
60	.44830	.89680	.46097	.89138	.46549	.88300	.46966	.87462	.48467	.86622
1	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine
	64°		63°		62°		61°		60°	

### 4. 正 弦 餘 弦 眞 數 表

	30°		31°		32°		33°		34°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.50000	.86603	.51504	.85717	.52992	.84905	.54464	.83987	.56019	.82904	60
1	.50025	.86588	.51529	.85702	.53017	.84789	.54488	.83851	.56043	.82837	59
2	.50050	.86573	.51554	.85687	.53041	.84774	.54513	.83835	.56068	.82821	58
3	.50075	.86559	.51579	.85672	.53066	.84759	.54537	.83819	.56092	.82805	57
4	.50101	.86544	.51604	.85657	.53091	.84743	.54561	.83804	.56116	.82789	56
5	.50126	.86530	.51628	.85642	.53115	.84728	.54586	.83788	.56140	.82822	55
6	.50151	.86515	.51653	.85627	.53140	.84712	.54610	.83772	.56164	.82806	54
7	.50176	.86501	.51678	.85612	.53164	.84697	.54635	.83756	.56188	.82790	53
8	.50201	.86486	.51703	.85597	.53189	.84681	.54659	.83740	.56212	.82773	52
9	.50227	.86471	.51728	.85582	.53214	.84666	.54683	.83724	.56236	.82757	51
10	.50252	.86457	.51753	.85567	.53238	.84650	.54708	.83708	.56260	.82741	50
11	.50277	.86442	.51778	.85551	.53263	.84635	.54732	.83692	.56284	.82724	49
12	.50302	.86427	.51803	.85536	.53288	.84619	.54756	.83676	.56308	.82708	48
13	.50327	.86413	.51828	.85521	.53312	.84604	.54781	.83660	.56332	.82692	47
14	.50352	.86398	.51852	.85506	.53337	.84588	.54806	.83644	.56356	.82676	46
15	.50377	.86384	.51877	.85491	.53361	.84573	.54829	.83629	.56380	.82660	45
16	.50402	.86369	.51902	.85476	.53386	.84557	.54854	.83613	.56404	.82644	44
17	.50428	.86354	.51927	.85461	.53411	.84542	.54878	.83597	.56428	.82628	43
18	.50453	.86340	.51952	.85446	.53435	.84526	.54902	.83581	.56453	.82612	42
19	.50478	.86325	.51977	.85431	.53460	.84511	.54927	.83565	.56477	.82596	41
20	.50503	.86310	.52002	.85416	.53484	.84495	.54951	.83549	.56501	.82579	40
21	.50528	.86295	.52026	.85401	.53509	.84480	.54975	.83533	.56525	.82563	39
22	.50553	.86281	.52051	.85386	.53534	.84464	.54999	.83517	.56549	.82547	38
23	.50578	.86266	.52076	.85371	.53558	.84448	.55024	.83501	.56573	.82531	37
24	.50603	.86251	.52101	.85356	.53583	.84433	.55048	.83485	.56597	.82515	36
25	.50628	.86237	.52126	.85341	.53607	.84417	.55072	.83469	.56621	.82499	35
26	.50653	.86222	.52151	.85325	.53632	.84402	.55097	.83453	.56645	.82483	34
27	.50678	.86207	.52175	.85310	.53656	.84386	.55121	.83437	.56669	.82467	33
28	.50703	.86192	.52200	.85294	.53681	.84370	.55145	.83421	.56693	.82451	32
29	.50728	.86177	.52225	.85279	.53705	.84354	.55169	.83405	.56717	.82435	31
30	.50753	.86163	.52250	.85264	.53730	.84339	.55193	.83389	.56741	.82419	30
31	.50778	.86148	.52275	.85249	.53754	.84324	.55217	.83373	.56765	.82403	29
32	.50803	.86133	.52299	.85234	.53779	.84308	.55242	.83356	.56789	.82387	28
33	.50828	.86119	.52324	.85218	.53804	.84292	.55266	.83340	.56813	.82371	27
34	.50853	.86104	.52349	.85203	.53828	.84277	.55291	.83324	.56837	.82355	26
35	.50878	.86089	.52374	.85188	.53853	.84261	.55315	.83308	.56861	.82339	25
36	.50903	.86074	.52399	.85173	.53877	.84245	.55339	.83292	.56885	.82323	24
37	.50928	.86059	.52423	.85157	.53902	.84230	.55363	.83276	.56909	.82307	23
38	.50953	.86045	.52448	.85142	.53926	.84214	.55388	.83260	.56933	.82291	22
39	.50978	.86030	.52473	.85127	.53951	.84198	.55412	.83244	.56957	.82275	21
40	.51003	.86015	.52498	.85112	.53975	.84182	.55436	.83228	.56981	.82259	20
41	.51028	.86000	.52522	.85096	.54000	.84167	.55460	.83212	.57005	.82243	19
42	.51053	.85985	.52547	.85081	.54024	.84151	.55484	.83196	.57029	.82227	18
43	.51078	.85970	.52572	.85066	.54049	.84135	.55509	.83179	.57053	.82211	17
44	.51103	.85955	.52597	.85051	.54073	.84119	.55533	.83163	.57077	.82195	16
45	.51128	.85941	.52621	.85035	.54097	.84104	.55557	.83147	.57101	.82179	15
46	.51153	.85926	.52646	.85020	.54122	.84088	.55581	.83131	.57125	.82163	14
47	.51178	.85911	.52671	.85005	.54146	.84072	.55605	.83115	.57149	.82147	13
48	.51203	.85896	.52696	.84989	.54171	.84057	.55629	.83099	.57173	.82131	12
49	.51228	.85881	.52720	.84974	.54195	.84041	.55653	.83083	.57197	.82115	11
50	.51253	.85866	.52745	.84959	.54220	.84025	.55677	.83066	.57221	.82099	10
51	.51278	.85851	.52770	.84943	.54244	.84009	.55701	.83050	.57245	.82083	9
52	.51303	.85836	.52794	.84928	.54269	.83994	.55726	.83034	.57269	.82067	8
53	.51328	.85821	.52819	.84913	.54293	.83978	.55750	.83018	.57293	.82051	7
54	.51353	.85806	.52844	.84897	.54317	.83962	.55775	.83002	.57317	.82035	6
55	.51378	.85792	.52869	.84882	.54342	.83946	.55800	.82986	.57341	.82019	5
56	.51403	.85777	.52893	.84866	.54366	.83930	.55824	.82970	.57365	.82003	4
57	.51428	.85762	.52918	.84851	.54391	.83915	.55849	.82954	.57389	.81987	3
58	.51453	.85747	.52943	.84836	.54415	.83899	.55873	.82938	.57413	.81971	2
59	.51478	.85733	.52967	.84820	.54440	.83883	.55898	.82922	.57437	.81955	1
60	.51503	.85717	.52992	.84805	.54464	.83867	.55922	.82906	.57461	.81939	0
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	
	59°		58°		57°		56°		55°		

### 4. 正弦餘弦真數表

	35°		36°		37°		38°		39°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.57358	.81915	.58779	.80902	.60182	.79864	.61566	.78801	.62932	.77715	80
1	.57381	.81899	.58802	.80885	.60205	.79846	.61589	.78783	.62955	.77698	79
2	.57405	.81882	.58826	.80867	.60228	.79829	.61612	.78765	.62977	.77681	78
3	.57429	.81865	.58849	.80850	.60251	.79811	.61635	.78747	.63000	.77664	77
4	.57453	.81848	.58873	.80833	.60274	.79793	.61658	.78729	.63022	.77647	76
5	.57477	.81832	.58896	.80816	.60298	.79776	.61681	.78711	.63045	.77630	75
6	.57501	.81815	.58920	.80799	.60321	.79759	.61704	.78694	.63068	.77613	74
7	.57524	.81798	.58943	.80782	.60344	.79741	.61728	.78676	.63090	.77596	73
8	.57548	.81782	.58967	.80765	.60367	.79723	.61751	.78658	.63113	.77579	72
9	.57572	.81765	.58990	.80749	.60390	.79706	.61772	.78640	.63135	.77561	71
10	.57596	.81748	.59014	.80733	.60414	.79689	.61795	.78622	.63158	.77543	70
11	.57619	.81731	.59037	.80717	.60437	.79671	.61818	.78604	.63180	.77525	69
12	.57643	.81714	.59061	.80700	.60460	.79653	.61841	.78586	.63203	.77507	68
13	.57667	.81698	.59084	.80683	.60483	.79635	.61864	.78568	.63225	.77489	67
14	.57691	.81681	.59108	.80666	.60506	.79618	.61887	.78550	.63248	.77471	66
15	.57715	.81664	.59131	.80649	.60529	.79600	.61910	.78532	.63271	.77453	65
16	.57739	.81647	.59154	.80632	.60553	.79583	.61932	.78514	.63293	.77435	64
17	.57762	.81631	.59178	.80615	.60576	.79565	.61955	.78496	.63316	.77417	63
18	.57786	.81614	.59201	.80598	.60600	.79547	.61978	.78478	.63338	.77399	62
19	.57810	.81597	.59225	.80581	.60622	.79529	.62001	.78460	.63361	.77381	61
20	.57833	.81580	.59248	.80564	.60645	.79512	.62024	.78442	.63383	.77363	60
21	.57857	.81563	.59272	.80547	.60668	.79494	.62046	.78424	.63406	.77345	59
22	.57881	.81546	.59295	.80530	.60691	.79477	.62069	.78406	.63428	.77327	58
23	.57904	.81530	.59318	.80513	.60714	.79459	.62092	.78388	.63451	.77309	57
24	.57928	.81513	.59342	.80496	.60738	.79441	.62115	.78370	.63473	.77291	56
25	.57952	.81496	.59365	.80479	.60761	.79423	.62138	.78352	.63496	.77273	55
26	.57976	.81479	.59389	.80462	.60784	.79405	.62161	.78334	.63518	.77255	54
27	.58000	.81462	.59412	.80445	.60807	.79388	.62183	.78316	.63540	.77237	53
28	.58023	.81445	.59435	.80428	.60830	.79371	.62206	.78298	.63563	.77219	52
29	.58047	.81428	.59459	.80410	.60853	.79353	.62229	.78279	.63585	.77201	51
30	.58070	.81412	.59482	.80393	.60876	.79335	.62251	.78261	.63608	.77183	50
31	.58094	.81395	.59506	.80376	.60899	.79318	.62274	.78243	.63630	.77165	49
32	.58118	.81378	.59529	.80359	.60922	.79300	.62297	.78225	.63653	.77147	48
33	.58141	.81361	.59552	.80342	.60945	.79282	.62320	.78206	.63675	.77129	47
34	.58165	.81344	.59576	.80325	.60968	.79264	.62342	.78188	.63698	.77111	46
35	.58189	.81327	.59599	.80308	.60991	.79247	.62365	.78170	.63720	.77093	45
36	.58212	.81310	.59622	.80291	.61015	.79229	.62388	.78152	.63742	.77075	44
37	.58236	.81293	.59645	.80274	.61038	.79211	.62411	.78134	.63765	.77057	43
38	.58260	.81276	.59668	.80257	.61061	.79193	.62433	.78116	.63787	.77039	42
39	.58283	.81259	.59691	.80240	.61084	.79176	.62456	.78098	.63810	.77021	41
40	.58307	.81242	.59714	.80222	.61107	.79158	.62479	.78079	.63833	.77003	40
41	.58330	.81225	.59737	.80205	.61130	.79140	.62502	.78061	.63855	.76985	39
42	.58354	.81208	.59760	.80188	.61153	.79122	.62524	.78043	.63877	.76967	38
43	.58378	.81191	.59783	.80170	.61176	.79105	.62547	.78025	.63899	.76949	37
44	.58401	.81174	.59806	.80153	.61199	.79087	.62570	.78007	.63922	.76931	36
45	.58425	.81157	.59829	.80135	.61222	.79069	.62592	.77988	.63944	.76913	35
46	.58449	.81140	.59852	.80118	.61245	.79051	.62615	.77970	.63966	.76895	34
47	.58472	.81123	.59875	.80100	.61268	.79033	.62638	.77952	.63989	.76877	33
48	.58496	.81106	.59898	.80083	.61291	.79016	.62660	.77934	.64011	.76859	32
49	.58519	.81089	.59921	.80065	.61314	.78998	.62683	.77916	.64033	.76841	31
50	.58543	.81072	.59944	.80048	.61337	.78980	.62706	.77897	.64056	.76823	30
51	.58567	.81055	.59967	.80031	.61360	.78962	.62728	.77879	.64078	.76805	29
52	.58590	.81038	.59990	.80013	.61383	.78944	.62751	.77861	.64100	.76787	28
53	.58614	.81021	.60013	.79996	.61406	.78926	.62774	.77843	.64122	.76769	27
54	.58637	.81004	.60036	.79978	.61429	.78908	.62796	.77825	.64145	.76751	26
55	.58661	.80987	.60059	.79961	.61451	.78891	.62819	.77807	.64167	.76733	25
56	.58684	.80970	.60082	.79943	.61474	.78873	.62842	.77789	.64189	.76715	24
57	.58708	.80953	.60105	.79926	.61497	.78855	.62864	.77771	.64212	.76697	23
58	.58731	.80936	.60128	.79908	.61520	.78837	.62887	.77753	.64234	.76679	22
59	.58755	.80919	.60151	.79891	.61543	.78819	.62909	.77735	.64256	.76661	21
60	.58779	.80902	.60174	.79874	.61566	.78801	.62932	.77717	.64279	.76643	20
	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	

### 4. 正弦餘弦真數表

	40°		41°		42°		43°		44°		
	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	Sine	Cosin	
0	.64279	.76004	.65000	.75471	.656913	.74314	.66200	.73135	.66760	.71934	60
1	.64301	.75982	.65022	.75449	.65713	.74292	.66300	.73113	.66820	.71912	59
2	.64323	.75960	.65044	.75427	.65825	.74270	.66400	.73090	.66880	.71890	58
3	.64345	.75938	.65066	.75405	.65937	.74248	.66500	.73070	.66940	.71868	57
4	.64367	.75916	.65088	.75383	.66049	.74226	.66600	.73050	.67000	.71846	56
5	.64389	.75894	.65110	.75361	.66161	.74204	.66700	.73030	.67060	.71824	55
6	.64411	.75872	.65132	.75339	.66273	.74182	.66800	.73010	.67120	.71802	54
7	.64433	.75850	.65154	.75317	.66385	.74160	.66900	.72990	.67180	.71780	53
8	.64455	.75828	.65176	.75295	.66497	.74138	.67000	.72970	.67240	.71758	52
9	.64477	.75806	.65198	.75273	.66609	.74116	.67100	.72950	.67300	.71736	51
10	.64499	.75784	.65220	.75251	.66721	.74094	.67200	.72930	.67360	.71714	50
11	.64521	.75762	.65242	.75229	.66833	.74072	.67300	.72910	.67420	.71692	49
12	.64543	.75740	.65264	.75207	.66945	.74050	.67400	.72890	.67480	.71670	48
13	.64565	.75718	.65286	.75185	.67057	.74028	.67500	.72870	.67540	.71648	47
14	.64587	.75696	.65308	.75163	.67169	.74006	.67600	.72850	.67600	.71626	46
15	.64609	.75674	.65330	.75141	.67281	.73984	.67700	.72830	.67660	.71604	45
16	.64631	.75652	.65352	.75119	.67393	.73962	.67800	.72810	.67720	.71582	44
17	.64653	.75630	.65374	.75097	.67505	.73940	.67900	.72790	.67780	.71560	43
18	.64675	.75608	.65396	.75075	.67617	.73918	.68000	.72770	.67840	.71538	42
19	.64697	.75586	.65418	.75053	.67729	.73896	.68100	.72750	.67900	.71516	41
20	.64719	.75564	.65440	.75031	.67841	.73874	.68200	.72730	.67960	.71494	40
21	.64741	.75542	.65462	.75009	.67953	.73852	.68300	.72710	.68020	.71472	39
22	.64763	.75520	.65484	.74987	.68065	.73830	.68400	.72690	.68080	.71450	38
23	.64785	.75498	.65506	.74965	.68177	.73808	.68500	.72670	.68140	.71428	37
24	.64807	.75476	.65528	.74943	.68289	.73786	.68600	.72650	.68200	.71406	36
25	.64829	.75454	.65550	.74921	.68401	.73764	.68700	.72630	.68260	.71384	35
26	.64851	.75432	.65572	.74899	.68513	.73742	.68800	.72610	.68320	.71362	34
27	.64873	.75410	.65594	.74877	.68625	.73720	.68900	.72590	.68380	.71340	33
28	.64895	.75388	.65616	.74855	.68737	.73698	.69000	.72570	.68440	.71318	32
29	.64917	.75366	.65638	.74833	.68849	.73676	.69100	.72550	.68500	.71296	31
30	.64939	.75344	.65660	.74811	.68961	.73654	.69200	.72530	.68560	.71274	30
31	.64961	.75322	.65682	.74789	.69073	.73632	.69300	.72510	.68620	.71252	29
32	.64983	.75300	.65704	.74767	.69185	.73610	.69400	.72490	.68680	.71230	28
33	.64995	.75278	.65726	.74745	.69297	.73588	.69500	.72470	.68740	.71208	27
34	.65017	.75256	.65748	.74723	.69409	.73566	.69600	.72450	.68800	.71186	26
35	.65039	.75234	.65770	.74701	.69521	.73544	.69700	.72430	.68860	.71164	25
36	.65061	.75212	.65792	.74679	.69633	.73522	.69800	.72410	.68920	.71142	24
37	.65083	.75190	.65814	.74657	.69745	.73500	.69900	.72390	.68980	.71120	23
38	.65105	.75168	.65836	.74635	.69857	.73478	.70000	.72370	.69040	.71098	22
39	.65127	.75146	.65858	.74613	.69969	.73456	.70100	.72350	.69100	.71076	21
40	.65149	.75124	.65880	.74591	.70081	.73434	.70200	.72330	.69160	.71054	20
41	.65171	.75102	.65902	.74569	.70193	.73412	.70300	.72310	.69220	.71032	19
42	.65193	.75080	.65924	.74547	.70305	.73390	.70400	.72290	.69280	.71010	18
43	.65215	.75058	.65946	.74525	.70417	.73368	.70500	.72270	.69340	.70988	17
44	.65237	.75036	.65968	.74503	.70529	.73346	.70600	.72250	.69400	.70966	16
45	.65259	.75014	.65990	.74481	.70641	.73324	.70700	.72230	.69460	.70944	15
46	.65281	.74992	.66012	.74459	.70753	.73302	.70800	.72210	.69520	.70922	14
47	.65303	.74970	.66034	.74437	.70865	.73280	.70900	.72190	.69580	.70900	13
48	.65325	.74948	.66056	.74415	.70977	.73258	.71000	.72170	.69640	.70878	12
49	.65347	.74926	.66078	.74393	.71089	.73236	.71100	.72150	.69700	.70856	11
50	.65369	.74904	.66100	.74371	.71201	.73214	.71200	.72130	.69760	.70834	10
51	.65391	.74882	.66122	.74349	.71313	.73192	.71300	.72110	.69820	.70812	9
52	.65413	.74860	.66144	.74327	.71425	.73170	.71400	.72090	.69880	.70790	8
53	.65435	.74838	.66166	.74305	.71537	.73148	.71500	.72070	.69940	.70768	7
54	.65457	.74816	.66188	.74283	.71649	.73126	.71600	.72050	.69999	.70746	6
55	.65479	.74794	.66210	.74261	.71761	.73104	.71700	.72030	.70059	.70724	5
56	.65501	.74772	.66232	.74239	.71873	.73082	.71800	.72010	.70118	.70702	4
57	.65523	.74750	.66254	.74217	.71985	.73060	.71900	.71990	.70177	.70680	3
58	.65545	.74728	.66276	.74195	.72097	.73038	.72000	.71970	.70236	.70658	2
59	.65567	.74706	.66298	.74173	.72209	.73016	.72100	.71950	.70295	.70636	1
60	.65589	.74684	.66320	.74151	.72321	.72994	.72200	.71930	.70354	.70614	0

5. 正切餘切眞數表

°	0°		1°		2°		3°	
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang
0	.00000	Infinite	.01746	57.2900	.03492	28.6363	.05241	19.0811
1	.00029	3437.75	.01775	56.3506	.03521	28.3994	.05270	18.9765
2	.00058	1718.87	.01804	55.4416	.03550	28.1654	.05299	18.8711
3	.00087	1145.92	.01833	54.5613	.03579	27.9372	.05328	18.7678
4	.00116	859.436	.01862	53.7086	.03609	27.7117	.05357	18.6666
5	.00145	687.549	.01891	52.8821	.03638	27.4890	.05387	18.5645
6	.00175	572.357	.01920	52.0807	.03667	27.2715	.05416	18.4645
7	.00204	491.103	.01949	51.3032	.03696	27.0598	.05445	18.3655
8	.00233	429.718	.01978	50.5455	.03725	26.8450	.05474	18.2677
9	.00262	381.971	.02007	94.8157	.03754	26.6367	.05503	18.1708
10	.00291	343.774	.02036	49.1039	.03783	26.4316	.05533	18.0750
11	.00320	312.021	.02065	48.4121	.03812	26.2296	.05562	17.9822
12	.00349	286.478	.02095	47.7395	.03842	26.0307	.05591	17.8923
13	.00378	264.441	.02124	47.0863	.03871	25.8348	.05620	17.7334
14	.00407	245.652	.02153	46.4489	.03900	25.6418	.05649	17.7016
15	.00436	229.182	.02182	45.8294	.03929	25.4517	.05678	17.6108
16	.00465	214.858	.02211	45.2261	.03958	25.2644	.05708	17.5205
17	.00495	202.219	.02240	44.6386	.03987	25.0798	.05737	17.4314
18	.00524	190.984	.02269	44.0661	.04016	24.8978	.05766	17.3432
19	.00553	180.932	.02298	43.5081	.04046	24.7185	.05795	17.2563
20	.00582	171.885	.02328	42.9641	.04075	24.5418	.05824	17.1698
21	.00611	163.700	.02357	42.4335	.04104	24.3676	.05854	17.0837
22	.00640	156.259	.02386	41.9158	.04133	24.1957	.05883	16.9980
23	.00669	149.465	.02415	41.4106	.04162	24.0263	.05912	16.9150
24	.00698	143.227	.02444	40.9174	.04191	23.8593	.05941	16.8313
25	.00727	137.507	.02473	40.4358	.04220	23.6945	.05970	16.7468
26	.00756	132.219	.02502	39.9656	.04250	23.5321	.05999	16.6681
27	.00785	127.321	.02531	39.5059	.04279	23.3718	.06028	16.5874
28	.00815	122.774	.02560	39.0568	.04308	23.2137	.06058	16.5076
29	.00844	118.540	.02589	38.6177	.04337	23.0577	.06087	16.4283
30	.00873	114.539	.02619	38.1885	.04366	22.9038	.06116	16.3490
31	.00902	110.892	.02648	37.7696	.04395	22.7519	.06145	16.2722
32	.00931	107.426	.02677	37.3579	.04424	22.6020	.06175	16.1952
33	.00960	104.171	.02706	36.9560	.04454	22.4541	.06204	16.1190
34	.00989	101.107	.02735	36.5627	.04483	22.3081	.06233	16.0435
35	.01018	98.2179	.02764	36.1776	.04512	22.1640	.06262	15.9687
36	.01047	95.4995	.02793	35.8006	.04541	22.0217	.06291	15.8945
37	.01076	92.9065	.02822	35.4313	.04570	21.8813	.06321	15.8211
38	.01105	90.4633	.02851	35.0696	.04600	21.7426	.06350	15.7483
39	.01135	88.1436	.02881	34.7151	.04629	21.6056	.06379	15.6762
40	.01164	85.9398	.02910	34.3678	.04658	21.4704	.06408	15.6048
41	.01193	83.8435	.02939	34.0273	.04687	21.3369	.06437	15.5340
42	.01222	81.8470	.02968	33.6935	.04716	21.2049	.06467	15.4638
43	.01251	79.9494	.02997	33.3662	.04745	21.0747	.06496	15.3943
44	.01280	78.1263	.03026	33.0452	.04774	20.9460	.06525	15.3254
45	.01309	76.3900	.03055	32.7303	.04803	20.8183	.06554	15.2571
46	.01337	74.7362	.03084	32.4213	.04833	20.6922	.06584	15.1893
47	.01367	73.1360	.03114	32.1181	.04862	20.5691	.06613	15.1222
48	.01396	71.6151	.03143	31.8205	.04891	20.4465	.06642	15.0557
49	.01425	70.1533	.03172	31.5284	.04920	20.3253	.06671	14.9893
50	.01455	68.7501	.03201	31.2416	.04949	20.2056	.06700	14.9244
51	.01484	67.4019	.03230	30.9599	.04978	20.0872	.06730	14.8596
52	.01513	66.1065	.03259	30.6833	.05007	19.9702	.06760	14.7954
53	.01542	64.8580	.03288	30.4116	.05037	19.8546	.06789	14.7317
54	.01571	63.6567	.03317	30.1446	.05066	19.7403	.06818	14.6685
55	.01600	62.4992	.03346	29.8823	.05095	19.6273	.06847	14.6059
56	.01629	61.3829	.03375	29.6245	.05124	19.5156	.06876	14.5438
57	.01658	60.3066	.03405	29.3711	.05153	19.4051	.06905	14.4823
58	.01687	59.2699	.03434	29.1220	.05182	19.2959	.06934	14.4212
59	.01716	58.2612	.03463	28.8771	.05212	19.1879	.06963	14.3607
60	.01746	57.2900	.03492	28.6363	.05241	19.0811	.06993	14.3007
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang
	80°		85°		87°		90°	



### 5. 正切餘切眞數表

	4°		5°		6°		7°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.06993	14.3007	.08749	11.4301	.10510	9.51436	.12278	8.14436	60
1	.07222	14.2411	.08778	11.3919	.10640	9.48781	.12308	8.12831	59
2	.07451	14.1821	.08807	11.3540	.10769	9.46141	.12338	8.10836	58
3	.07680	14.1235	.08837	11.3163	.10898	9.43515	.12367	8.08600	57
4	.07910	14.0655	.08867	11.2789	.11028	9.40904	.12397	8.06674	56
5	.08139	14.0079	.08896	11.2417	.11157	9.38307	.12426	8.04756	55
6	.08368	13.9507	.08925	11.2048	.11287	9.35724	.12456	8.02848	54
7	.08597	13.8940	.08954	11.1681	.11416	9.33155	.12485	8.00948	53
8	.08827	13.8378	.08983	11.1316	.11546	9.30599	.12515	7.99058	52
9	.09056	13.7821	.09013	11.0954	.11675	9.28058	.12544	7.97176	51
10	.09285	13.7267	.09042	11.0594	.11805	9.25530	.12574	7.95302	50
11	.09514	13.6719	.09071	11.0237	.11934	9.23016	.12603	7.93438	49
12	.09743	13.6174	.09101	10.9882	.12063	9.20516	.12633	7.91582	48
13	.09972	13.5634	.09130	10.9529	.12192	9.18028	.12662	7.89734	47
14	.10201	13.5098	.09159	10.9178	.12321	9.15554	.12692	7.87885	46
15	.10430	13.4566	.09189	10.8829	.12450	9.13092	.12722	7.86044	45
16	.10659	13.4039	.09218	10.8483	.12579	9.10643	.12751	7.84242	44
17	.10888	13.3515	.09247	10.8139	.12708	9.08211	.12781	7.82488	43
18	.11117	13.2996	.09277	10.7797	.12837	9.05789	.12810	7.80682	42
19	.11346	13.2480	.09306	10.7457	.12966	9.03379	.12840	7.78855	41
20	.11575	13.1969	.09335	10.7119	.13095	9.00983	.12869	7.77035	40
21	.11804	13.1461	.09365	10.6783	.13224	8.98593	.12899	7.75234	39
22	.12033	13.0958	.09394	10.6450	.13353	8.96227	.12929	7.73480	38
23	.12262	13.0458	.09423	10.6118	.13482	8.93887	.12958	7.71715	37
24	.12491	12.9962	.09453	10.5789	.13611	8.91562	.12988	7.69967	36
25	.12720	12.9469	.09482	10.5462	.13740	8.89251	.13017	7.68230	35
26	.12949	12.8981	.09511	10.5139	.13869	8.86963	.13047	7.66503	34
27	.13178	12.8496	.09541	10.4813	.13998	8.84697	.13076	7.64782	33
28	.13407	12.8014	.09570	10.4491	.14127	8.82454	.13106	7.63015	32
29	.13636	12.7536	.09600	10.4172	.14256	8.79964	.13136	7.61287	31
30	.13865	12.7062	.09629	10.3854	.14385	8.77495	.13165	7.59575	30
31	.14094	12.6591	.09658	10.3538	.14514	8.75045	.13195	7.57872	29
32	.14323	12.6124	.09688	10.3224	.14643	8.72612	.13224	7.56176	28
33	.14552	12.5660	.09717	10.2913	.14772	8.70191	.13254	7.54487	27
34	.14781	12.5200	.09746	10.2605	.14901	8.67791	.13283	7.52806	26
35	.15010	12.4744	.09775	10.2299	.15030	8.65412	.13313	7.51122	25
36	.15239	12.4292	.09805	10.1998	.15159	8.63057	.13342	7.49445	24
37	.15468	12.3844	.09834	10.1683	.15288	8.60727	.13372	7.47806	23
38	.15697	12.3399	.09864	10.1381	.15417	8.58423	.13402	7.46154	22
39	.15926	12.2958	.09893	10.1080	.15546	8.56145	.13432	7.44509	21
40	.16155	12.2520	.09923	10.0780	.15675	8.53893	.13461	7.42871	20
41	.16384	12.2087	.09952	10.0483	.15804	8.51667	.13491	7.41240	19
42	.16613	12.1658	.09981	10.0187	.15933	8.49467	.13521	7.39616	18
43	.16842	12.1234	.10011	9.9893	.16062	8.47292	.13551	7.37999	17
44	.17071	12.0814	.10040	9.9600	.16191	8.45133	.13581	7.36389	16
45	.17300	12.0400	.10069	9.9310	.16320	8.42999	.13611	7.34786	15
46	.17529	12.0000	.10099	9.9021	.16449	8.40890	.13641	7.33190	14
47	.17758	11.9604	.10128	9.8733	.16578	8.38807	.13671	7.31600	13
48	.17987	11.9222	.10158	9.8448	.16707	8.36740	.13701	7.30018	12
49	.18216	11.8844	.10187	9.8164	.16836	8.34689	.13731	7.28442	11
50	.18445	11.8471	.10216	9.7881	.16965	8.32663	.13761	7.26873	10
51	.18674	11.8103	.10246	9.7600	.17094	8.30662	.13791	7.25310	9
52	.18903	11.7740	.10275	9.7321	.17223	8.28686	.13821	7.23754	8
53	.19132	11.7382	.10305	9.7044	.17352	8.26735	.13851	7.22204	7
54	.19361	11.7029	.10334	9.6769	.17481	8.24809	.13881	7.20661	6
55	.19590	11.6681	.10363	9.6495	.17610	8.22907	.13911	7.19125	5
56	.19819	11.6338	.10393	9.6223	.17739	8.21029	.13941	7.17594	4
57	.20048	11.5999	.10422	9.5949	.17868	8.19174	.13971	7.16071	3
58	.20277	11.5672	.10452	9.5679	.17997	8.17342	.14001	7.14553	2
59	.20506	11.5349	.10481	9.5416	.18126	8.15533	.14031	7.13042	1
60	.20735	11.5031	.10510	9.5143	.18255	8.13746	.14061	7.11537	0

85°

84°

83°

82°

81°

80°

### 5. 正切餘切眞數表

	8°		9°		10°		11°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.14064	7.11537	.15838	6.31375	.17633	5.67123	.19438	5.14455	60
1	.14084	7.10038	.15968	6.30189	.17663	5.66166	.19468	5.13668	59
2	.14113	7.08546	.15898	6.29007	.17693	5.65205	.19498	5.12862	58
3	.14143	7.07059	.15928	6.27823	.17723	5.64248	.19529	5.12039	57
4	.14173	7.05579	.15958	6.26635	.17753	5.63295	.19559	5.11219	56
5	.14202	7.04106	.15988	6.25450	.17783	5.62344	.19589	5.10400	55
6	.14232	7.02637	.16017	6.24261	.17813	5.61397	.19619	5.09574	54
7	.14262	7.01174	.16047	6.23069	.17843	5.60452	.19649	5.08721	53
8	.14291	6.99718	.16077	6.22003	.17873	5.59511	.19680	5.08139	52
9	.14321	6.98268	.16107	6.20951	.17903	5.58573	.19710	5.07300	51
10	.14351	6.96823	.16137	6.19703	.17933	5.57638	.19740	5.06594	50
11	.14381	6.95385	.16167	6.18559	.17963	5.56706	.19770	5.05809	49
12	.14410	6.93952	.16196	6.17419	.17993	5.55777	.19801	5.05037	48
13	.14440	6.92525	.16226	6.16283	.18023	5.54851	.19831	5.04267	47
14	.14470	6.91104	.16256	6.15151	.18053	5.53927	.19861	5.03499	46
15	.14499	6.89688	.16286	6.14023	.18083	5.53007	.19891	5.02734	45
16	.14529	6.88278	.16316	6.12899	.18113	5.52090	.19921	5.01971	44
17	.14559	6.86874	.16346	6.11779	.18143	5.51178	.19952	5.01210	43
18	.14588	6.85476	.16376	6.10664	.18173	5.50264	.19982	5.00451	42
19	.14618	6.84082	.16405	6.09552	.18203	5.49356	.20012	4.99695	41
20	.14648	6.82694	.16435	6.08444	.18233	5.48451	.20042	4.98940	40
21	.14678	6.81312	.16465	6.07340	.18263	5.47548	.20073	4.98188	39
22	.14707	6.79936	.16495	6.06240	.18293	5.46648	.20103	4.97438	38
23	.14737	6.78564	.16525	6.05143	.18323	5.45751	.20133	4.96690	37
24	.14767	6.77199	.16555	6.04051	.18353	5.44857	.20164	4.95945	36
25	.14796	6.75838	.16585	6.02962	.18384	5.43966	.20194	4.95201	35
26	.14826	6.74483	.16615	6.01878	.18414	5.43077	.20224	4.94460	34
27	.14856	6.73133	.16645	6.00797	.18444	5.42192	.20254	4.93721	33
28	.14886	6.71789	.16674	5.99720	.18474	5.41309	.20285	4.92984	32
29	.14916	6.70450	.16704	5.98648	.18504	5.40429	.20315	4.92249	31
30	.14945	6.69116	.16734	5.97578	.18534	5.39552	.20345	4.91516	30
31	.14975	6.67787	.16764	5.96510	.18564	5.38677	.20376	4.90785	29
32	.15005	6.66463	.16794	5.95448	.18594	5.37805	.20406	4.90056	28
33	.15034	6.65144	.16824	5.94390	.18624	5.36936	.20436	4.89330	27
34	.15064	6.63831	.16854	5.93335	.18654	5.36070	.20466	4.88605	26
35	.15094	6.62523	.16884	5.92283	.18684	5.35206	.20497	4.87882	25
36	.15124	6.61219	.16914	5.91236	.18714	5.34345	.20527	4.87162	24
37	.15153	6.59921	.16944	5.90191	.18745	5.33487	.20557	4.86444	23
38	.15183	6.58627	.16974	5.89151	.18775	5.32631	.20588	4.85727	22
39	.15213	6.57339	.17004	5.88114	.18805	5.31778	.20618	4.85013	21
40	.15243	6.56055	.17033	5.87080	.18835	5.30928	.20649	4.84300	20
41	.15272	6.54777	.17063	5.86051	.18865	5.30080	.20679	4.83590	19
42	.15302	6.53503	.17093	5.85024	.18895	5.29235	.20709	4.82882	18
43	.15332	6.52234	.17123	5.84001	.18925	5.28393	.20739	4.82175	17
44	.15362	6.50970	.17153	5.82985	.18955	5.27553	.20770	4.81471	16
45	.15391	6.49710	.17183	5.81965	.18985	5.26715	.20800	4.80769	15
46	.15421	6.48453	.17213	5.80953	.19015	5.25880	.20830	4.80068	14
47	.15451	6.47200	.17243	5.79944	.19045	5.25048	.20861	4.79370	13
48	.15481	6.45951	.17273	5.78938	.19076	5.24218	.20891	4.78673	12
49	.15511	6.44707	.17303	5.77936	.19106	5.23391	.20921	4.77978	11
50	.15540	6.43484	.17333	5.76937	.19138	5.22566	.20952	4.77283	10
51	.15570	6.42273	.17363	5.75941	.19166	5.21744	.20982	4.76585	9
52	.15600	6.41066	.17393	5.74949	.19197	5.20925	.21013	4.75896	8
53	.15630	6.39864	.17423	5.73960	.19227	5.20107	.21043	4.75219	7
54	.15660	6.38667	.17453	5.72974	.19257	5.19293	.21073	4.74534	6
55	.15690	6.37474	.17483	5.71992	.19287	5.18480	.21104	4.73851	5
56	.15719	6.36195	.17513	5.71013	.19317	5.17671	.21134	4.73170	4
57	.15749	6.34961	.17543	5.70037	.19347	5.16863	.21164	4.72490	3
58	.15779	6.33701	.17573	5.69064	.19378	5.16058	.21195	4.71813	2
59	.15809	6.32446	.17603	5.68094	.19408	5.15256	.21225	4.71137	1
60	.15838	6.31275	.17633	5.67123	.19438	5.14455	.21256	4.70463	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	81°		80°		79°		78°		

### 5. 正切餘切眞數表

	12°		13°		14°		15°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.21256	4.70463	.23087	4.33148	.24933	4.01078	.26795	3.73205	60
1	.21286	4.69791	.23117	4.32573	.24964	4.00582	.26826	3.72711	59
2	.21316	4.69121	.23148	4.32001	.24995	4.00086	.26857	3.72238	58
3	.21347	4.68452	.23179	4.31430	.25026	3.99590	.26888	3.71767	57
4	.21377	4.67786	.23209	4.30860	.25056	3.99094	.26920	3.71296	56
5	.21408	4.67121	.23240	4.30291	.25087	3.98598	.26951	3.70825	55
6	.21438	4.66458	.23271	4.29724	.25118	3.98117	.26982	3.70354	54
7	.21469	4.65797	.23301	4.29159	.25149	3.97627	.27013	3.70188	53
8	.21499	4.65138	.23332	4.28595	.25180	3.97139	.27044	3.69717	52
9	.21529	4.64480	.23363	4.28032	.25211	3.96651	.27076	3.69246	51
10	.21560	4.63825	.23393	4.27471	.25242	3.96165	.27107	3.68775	50
11	.21590	4.63171	.23424	4.26911	.25273	3.95680	.27138	3.68304	49
12	.21621	4.62518	.23455	4.26352	.25304	3.95196	.27169	3.67833	48
13	.21651	4.61868	.23485	4.25795	.25335	3.94713	.27201	3.67362	47
14	.21682	4.61219	.23516	4.25239	.25366	3.94232	.27232	3.67127	46
15	.21712	4.60572	.23547	4.24685	.25397	3.93751	.27263	3.66796	45
16	.21743	4.59927	.23578	4.24132	.25428	3.93271	.27294	3.66376	44
17	.21773	4.59285	.23608	4.23580	.25459	3.92793	.27326	3.65957	43
18	.21804	4.58641	.23639	4.23030	.25490	3.92316	.27357	3.65538	42
19	.21834	4.58001	.23670	4.22481	.25521	3.91839	.27388	3.65121	41
20	.21864	4.57363	.23700	4.21933	.25552	3.91364	.27419	3.64705	40
21	.21895	4.56726	.23731	4.21387	.25583	3.90890	.27451	3.64289	39
22	.21925	4.56091	.23762	4.20842	.25614	3.90417	.27482	3.63874	38
23	.21956	4.55458	.23793	4.20298	.25645	3.89945	.27513	3.63460	37
24	.21986	4.54826	.23823	4.19756	.25676	3.89474	.27545	3.63048	36
25	.22017	4.54196	.23854	4.19215	.25707	3.89004	.27576	3.62638	35
26	.22047	4.53568	.23885	4.18675	.25738	3.88536	.27607	3.62224	34
27	.22078	4.52941	.23916	4.18137	.25769	3.88068	.27638	3.61814	33
28	.22108	4.52316	.23947	4.17600	.25800	3.87601	.27670	3.61405	32
29	.22139	4.51693	.23977	4.17064	.25831	3.87136	.27701	3.60996	31
30	.22169	4.51071	.24008	4.16530	.25862	3.86671	.27732	3.60588	30
31	.22200	4.50451	.24039	4.15997	.25893	3.86206	.27764	3.60181	29
32	.22231	4.49832	.24069	4.15465	.25924	3.85745	.27795	3.59775	28
33	.22261	4.49215	.24100	4.14934	.25955	3.85284	.27826	3.59370	27
34	.22292	4.48600	.24131	4.14405	.25986	3.84824	.27858	3.58966	26
35	.22322	4.47986	.24162	4.13877	.26017	3.84364	.27889	3.58562	25
36	.22353	4.47374	.24193	4.13350	.26048	3.83906	.27921	3.58160	24
37	.22383	4.46764	.24223	4.12825	.26079	3.83449	.27952	3.57758	23
38	.22414	4.46155	.24254	4.12301	.26110	3.82992	.27983	3.57357	22
39	.22444	4.45548	.24285	4.11778	.26141	3.82537	.28015	3.56957	21
40	.22475	4.44942	.24316	4.11256	.26172	3.82083	.28046	3.56557	20
41	.22505	4.44338	.24347	4.10736	.26203	3.81630	.28077	3.56159	19
42	.22536	4.43737	.24377	4.10216	.26235	3.81177	.28109	3.55761	18
43	.22567	4.43134	.24408	4.09699	.26266	3.80726	.28140	3.55364	17
44	.22597	4.42534	.24439	4.09182	.26297	3.80276	.28172	3.54968	16
45	.22628	4.41936	.24470	4.08666	.26328	3.79827	.28203	3.54573	15
46	.22658	4.41340	.24501	4.08152	.26359	3.79378	.28234	3.54179	14
47	.22689	4.40745	.24532	4.07639	.26390	3.78931	.28265	3.53785	13
48	.22719	4.40152	.24562	4.07127	.26421	3.78486	.28296	3.53393	12
49	.22750	4.39560	.24593	4.06616	.26452	3.78040	.28329	3.53001	11
50	.22781	4.38969	.24624	4.06107	.26483	3.77595	.28360	3.52609	10
51	.22811	4.38381	.24655	4.05599	.26515	3.77152	.28391	3.52219	9
52	.22842	4.37793	.24686	4.05092	.26546	3.76710	.28423	3.51829	8
53	.22872	4.37207	.24717	4.04586	.26577	3.76268	.28454	3.51441	7
54	.22903	4.36623	.24747	4.04081	.26608	3.75828	.28486	3.51053	6
55	.22934	4.36040	.24778	4.03578	.26639	3.75388	.28517	3.50666	5
56	.22964	4.35459	.24809	4.03076	.26670	3.74950	.28549	3.50279	4
57	.22995	4.34879	.24840	4.02574	.26701	3.74512	.28580	3.49894	3
58	.23026	4.34300	.24871	4.02074	.26733	3.74075	.28612	3.49509	2
59	.23056	4.33723	.24902	4.01576	.26764	3.73640	.28643	3.49125	1
60	.23087	4.33148	.24933	4.01078	.26795	3.73205	.28675	3.48741	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	77°		76°		75°		74°		

5. 正切餘切眞數表

	16°		17°		18°		19°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.28675	3.48741	.30673	3.27065	.32492	3.07788	.34453	2.90421	60
1	.28706	3.48339	.30605	3.26745	.32524	3.07494	.34485	2.90147	59
2	.28738	3.47937	.30537	3.26406	.32556	3.07160	.34518	2.89873	58
3	.28769	3.47536	.30469	3.26067	.32588	3.06857	.34550	2.89600	57
4	.28800	3.47136	.30400	3.25729	.32621	3.06554	.34583	2.89327	56
5	.28832	3.46737	.30332	3.25392	.32653	3.06252	.34616	2.89055	55
6	.28864	3.46338	.30264	3.25055	.32685	3.05950	.34648	2.88783	54
7	.28895	3.46000	.30196	3.24719	.32717	3.05649	.34681	2.88511	53
8	.28927	3.45703	.30128	3.24383	.32749	3.05349	.34713	2.88240	52
9	.28958	3.45327	.30060	3.24049	.32782	3.05049	.34745	2.87970	51
10	.28990	3.44951	.30091	3.23714	.32814	3.04749	.34778	2.87700	50
11	.29021	3.44576	.30023	3.23381	.32846	3.04450	.34810	2.87430	49
12	.29053	3.44202	.30055	3.23046	.32878	3.04152	.34842	2.87161	48
13	.29084	3.43828	.30087	3.22716	.32911	3.03854	.34875	2.86892	47
14	.29116	3.43455	.30119	3.22384	.32943	3.03556	.34908	2.86624	46
15	.29147	3.43084	.30151	3.22053	.32975	3.03259	.34942	2.86356	45
16	.29179	3.42713	.30183	3.21722	.33007	3.02963	.34974	2.86089	44
17	.29210	3.42343	.30215	3.21392	.33040	3.02667	.35007	2.85822	43
18	.29242	3.41973	.30247	3.21063	.33072	3.02372	.35040	2.85555	42
19	.29274	3.41604	.30279	3.20734	.33104	3.02077	.35072	2.85289	41
20	.29305	3.41236	.30310	3.20406	.33136	3.01783	.35105	2.85023	40
21	.29337	3.40869	.30342	3.20079	.33169	3.01489	.35138	2.84758	39
22	.29368	3.40502	.30374	3.19752	.33201	3.01196	.35170	2.84494	38
23	.29400	3.40136	.30406	3.19426	.33233	3.00903	.35203	2.84229	37
24	.29432	3.39771	.30438	3.19100	.33265	3.00611	.35235	2.83965	36
25	.29463	3.39406	.30470	3.18775	.33298	3.00319	.35268	2.83702	35
26	.29495	3.39042	.30502	3.18450	.33330	3.00028	.35301	2.83439	34
27	.29526	3.38678	.30534	3.18127	.33363	2.99738	.35334	2.83176	33
28	.29558	3.38317	.30566	3.17804	.33395	2.99447	.35366	2.82914	32
29	.29590	3.37955	.30598	3.17481	.33427	2.99156	.35399	2.82653	31
30	.29621	3.37594	.30630	3.17159	.33460	2.98866	.35432	2.82391	30
31	.29653	3.37234	.30662	3.16838	.33492	2.98580	.35464	2.82130	29
32	.29685	3.36875	.30694	3.16517	.33524	2.98292	.35497	2.81870	28
33	.29716	3.36516	.30726	3.16197	.33556	2.98004	.35530	2.81610	27
34	.29748	3.36158	.30758	3.15877	.33588	2.97717	.35563	2.81350	26
35	.29780	3.35800	.30790	3.15558	.33621	2.97430	.35595	2.81091	25
36	.29811	3.35443	.30822	3.15240	.33653	2.97144	.35628	2.80833	24
37	.29843	3.35087	.30854	3.14922	.33685	2.96858	.35661	2.80574	23
38	.29875	3.34732	.30886	3.14605	.33717	2.96573	.35694	2.80316	22
39	.29906	3.34377	.30918	3.14288	.33750	2.96288	.35727	2.80059	21
40	.29938	3.34023	.30950	3.13972	.33782	2.96004	.35760	2.79802	20
41	.29970	3.33670	.30982	3.13656	.33814	2.95721	.35792	2.79545	19
42	.30001	3.33317	.31014	3.13341	.33846	2.95437	.35825	2.79289	18
43	.30033	3.32965	.31046	3.13027	.33878	2.95155	.35858	2.79033	17
44	.30065	3.32614	.31078	3.12713	.33911	2.94872	.35891	2.78778	16
45	.30097	3.32264	.31110	3.12400	.33943	2.94591	.35924	2.78523	15
46	.30128	3.31914	.31142	3.12087	.33975	2.94309	.35957	2.78269	14
47	.30160	3.31565	.31174	3.11775	.34007	2.94028	.35990	2.78014	13
48	.30192	3.31216	.31206	3.11464	.34039	2.93747	.36022	2.77761	12
49	.30224	3.30868	.31238	3.11153	.34071	2.93468	.36055	2.77507	11
50	.30255	3.30521	.31270	3.10842	.34103	2.93189	.36088	2.77254	10
51	.30287	3.30174	.31302	3.10532	.34135	2.92910	.36121	2.77002	9
52	.30319	3.29829	.31334	3.10223	.34167	2.92632	.36154	2.76750	8
53	.30351	3.29483	.31366	3.09914	.34200	2.92354	.36187	2.76498	7
54	.30382	3.29138	.31398	3.09605	.34232	2.92076	.36220	2.76247	6
55	.30414	3.28793	.31430	3.09298	.34264	2.91799	.36252	2.75996	5
56	.30446	3.28448	.31462	3.08993	.34296	2.91523	.36285	2.75746	4
57	.30478	3.28103	.31494	3.08688	.34328	2.91246	.36318	2.75493	3
58	.30509	3.27757	.31526	3.08379	.34360	2.90971	.36351	2.75242	2
59	.30541	3.27412	.31558	3.08073	.34392	2.90696	.36384	2.74991	1
60	.30573	3.27065	.31590	3.07768	.34424	2.90421	.36417	2.74740	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	73°		72°		71°		70°		

## 5. 正切餘切眞數表

°	20°		21°		22°		23°		°
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	36397	2.74748	38396	2.60509	40403	2.47609	42447	2.35685	60
1	36430	2.74699	38420	2.60283	40426	2.47302	42482	2.35395	59
2	36463	2.74651	38453	2.60067	40470	2.47095	42516	2.35105	58
3	36496	2.74604	38487	2.59861	40504	2.46888	42551	2.35015	57
4	36529	2.73750	38520	2.59606	40538	2.46682	42585	2.34825	56
5	36562	2.73509	38553	2.59351	40572	2.46476	42619	2.34635	55
6	36595	2.73263	38587	2.59158	40605	2.46270	42654	2.34447	54
7	36628	2.73017	38620	2.58922	40640	2.46065	42688	2.34258	53
8	36661	2.72771	38654	2.58703	40674	2.45860	42722	2.34069	52
9	36694	2.72526	38687	2.58484	40707	2.45655	42757	2.33881	51
10	36727	2.72281	38721	2.58261	40741	2.45451	42791	2.33693	50
11	36766	2.72038	38754	2.58038	40775	2.45246	42826	2.33505	49
12	36793	2.71792	38787	2.57815	40809	2.45043	42860	2.33317	48
13	36826	2.71548	38821	2.57593	40843	2.44839	42894	2.33130	47
14	36859	2.71305	38854	2.57371	40877	2.44636	42929	2.32943	46
15	36892	2.71062	38888	2.57150	40911	2.44433	42963	2.32756	45
16	36925	2.70819	38921	2.56928	40945	2.44230	42998	2.32570	44
17	36958	2.70577	38955	2.56707	40979	2.44027	43032	2.32383	43
18	36991	2.70335	38988	2.56487	41013	2.43825	43067	2.32197	42
19	37024	2.70094	39022	2.56266	41047	2.43623	43101	2.32012	41
20	37057	2.69853	39055	2.56046	41081	2.43422	43136	2.31826	40
21	37090	2.69612	39089	2.55827	41115	2.43220	43170	2.31641	39
22	37123	2.69371	39122	2.55608	41149	2.43019	43205	2.31456	38
23	37157	2.69131	39156	2.55389	41183	2.42819	43239	2.31271	37
24	37190	2.68892	39190	2.55170	41217	2.42618	43274	2.31086	36
25	37223	2.68653	39223	2.54952	41251	2.42418	43308	2.30902	35
26	37256	2.68414	39257	2.54734	41285	2.42218	43343	2.30718	34
27	37289	2.68175	39290	2.54516	41319	2.42019	43378	2.30534	33
28	37322	2.67937	39324	2.54299	41353	2.41819	43412	2.30351	32
29	37355	2.67700	39357	2.54082	41387	2.41620	43447	2.30167	31
30	37388	2.67462	39391	2.53865	41421	2.41421	43481	2.29984	30
31	37422	2.67225	39425	2.53648	41455	2.41222	43516	2.29801	29
32	37455	2.66989	39458	2.53432	41490	2.41025	43550	2.29619	28
33	37488	2.66752	39492	2.53217	41524	2.40827	43585	2.29437	27
34	37521	2.66516	39526	2.53001	41558	2.40629	43620	2.29255	26
35	37554	2.66281	39559	2.52785	41592	2.40432	43654	2.29073	25
36	37588	2.66046	39593	2.52571	41626	2.40235	43689	2.28891	24
37	37621	2.65811	39626	2.52357	41660	2.40038	43724	2.28710	23
38	37654	2.65576	39660	2.52142	41694	2.39841	43758	2.28528	22
39	37687	2.65342	39694	2.51929	41728	2.39645	43793	2.28346	21
40	37720	2.65109	39727	2.51715	41763	2.39449	43828	2.28164	20
41	37753	2.64876	39761	2.51502	41797	2.39253	43862	2.27982	19
42	37787	2.64642	39795	2.51289	41831	2.39058	43897	2.27800	18
43	37820	2.64410	39829	2.51076	41865	2.38863	43932	2.27620	17
44	37853	2.64177	39862	2.50864	41899	2.38668	43966	2.27447	16
45	37887	2.63945	39896	2.50652	41933	2.38473	44001	2.27275	15
46	37920	2.63714	39930	2.50440	41968	2.38279	44036	2.27102	14
47	37953	2.63483	39963	2.50229	42002	2.38084	44071	2.26930	13
48	37986	2.63252	39997	2.50018	42036	2.37881	44105	2.26758	12
49	38020	2.63021	40031	2.49807	42070	2.37679	44140	2.26586	11
50	38053	2.62791	40065	2.49596	42105	2.37476	44175	2.26414	10
51	38086	2.62561	40099	2.49386	42139	2.37271	44210	2.26242	9
52	38120	2.62332	40132	2.49177	42173	2.37066	44244	2.26070	8
53	38153	2.62103	40166	2.48967	42207	2.36862	44279	2.25900	7
54	38186	2.61874	40200	2.48758	42242	2.36658	44314	2.25730	6
55	38220	2.61646	40234	2.48549	42276	2.36454	44349	2.25560	5
56	38253	2.61418	40267	2.48340	42310	2.36250	44384	2.25390	4
57	38286	2.61190	40301	2.48132	42345	2.36045	44418	2.25220	3
58	38320	2.60963	40335	2.47924	42379	2.35841	44453	2.25050	2
59	38353	2.60736	40369	2.47716	42413	2.35637	44488	2.24880	1
60	38386	2.60509	40403	2.47509	42447	2.35432	44523	2.24710	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	69°		63°		67°		65°		

5. 正切餘切眞數表

	24°		25°		26°		27°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.44523	2.24604	.46631	2.14451	.48773	2.05030	.50953	1.96261	60
1	.44558	2.24428	.46666	2.14288	.48809	2.04879	.50989	1.96120	59
2	.44593	2.24252	.46702	2.14125	.48845	2.04728	.51026	1.95979	58
3	.44627	2.24077	.46737	2.13963	.48881	2.04577	.51063	1.95838	57
4	.44662	2.23902	.46773	2.13801	.48917	2.04426	.51099	1.95698	56
5	.44697	2.23727	.46808	2.13639	.48953	2.04275	.51136	1.95557	55
6	.44732	2.23553	.46843	2.13477	.48989	2.04125	.51173	1.95417	54
7	.44767	2.23378	.46879	2.13316	.49026	2.03975	.51209	1.95277	53
8	.44802	2.23204	.46914	2.13154	.49062	2.03825	.51246	1.95137	52
9	.44837	2.23030	.46950	2.12993	.49098	2.03675	.51283	1.94997	51
10	.44872	2.22857	.46985	2.12833	.49134	2.03526	.51319	1.94858	50
11	.44907	2.22683	.47021	2.12671	.49170	2.03376	.51356	1.94718	49
12	.44942	2.22510	.47056	2.12511	.49206	2.03227	.51393	1.94579	48
13	.44977	2.22337	.47092	2.12350	.49242	2.03078	.51430	1.94440	47
14	.45012	2.22164	.47128	2.12190	.49278	2.02929	.51467	1.94301	46
15	.45047	2.21992	.47163	2.12030	.49315	2.02780	.51503	1.94162	45
16	.45082	2.21819	.47199	2.11871	.49351	2.02631	.51540	1.94023	44
17	.45117	2.21647	.47234	2.11711	.49387	2.02483	.51577	1.93885	43
18	.45152	2.21475	.47270	2.11552	.49423	2.02335	.51614	1.93746	42
19	.45187	2.21304	.47305	2.11392	.49459	2.02187	.51651	1.93608	41
20	.45222	2.21132	.47341	2.11233	.49495	2.02039	.51688	1.93470	40
21	.45257	2.20961	.47377	2.11075	.49532	2.01891	.51724	1.93332	39
22	.45292	2.20790	.47412	2.10916	.49568	2.01743	.51761	1.93195	38
23	.45327	2.20619	.47448	2.10758	.49604	2.01595	.51798	1.93057	37
24	.45362	2.20449	.47483	2.10600	.49640	2.01449	.51835	1.92920	36
25	.45397	2.20278	.47519	2.10442	.49677	2.01302	.51872	1.92782	35
26	.45432	2.20108	.47555	2.10284	.49713	2.01155	.51909	1.92645	34
27	.45467	2.19938	.47590	2.10126	.49749	2.01008	.51946	1.92508	33
28	.45502	2.19769	.47626	2.09969	.49786	2.00862	.51983	1.92371	32
29	.45538	2.19599	.47662	2.09811	.49822	2.00715	.52020	1.92235	31
30	.45573	2.19430	.47698	2.09654	.49858	2.00569	.52057	1.92098	30
31	.45608	2.19261	.47733	2.09498	.49894	2.00423	.52094	1.91962	29
32	.45643	2.19092	.47769	2.09341	.49931	2.00277	.52131	1.91826	28
33	.45678	2.18923	.47805	2.09184	.49967	2.00131	.52168	1.91690	27
34	.45713	2.18755	.47840	2.09028	.50004	1.99985	.52205	1.91554	26
35	.45748	2.18587	.47876	2.08872	.50040	1.99840	.52242	1.91418	25
36	.45784	2.18419	.47912	2.08716	.50076	1.99695	.52279	1.91282	24
37	.45819	2.18251	.47948	2.08560	.50113	1.99550	.52316	1.91147	23
38	.45854	2.18083	.47984	2.08405	.50149	1.99405	.52353	1.91012	22
39	.45889	2.17916	.48019	2.08250	.50185	1.99261	.52390	1.90877	21
40	.45924	2.17749	.48055	2.08094	.50222	1.99116	.52427	1.90741	20
41	.45960	2.17582	.48091	2.07939	.50258	1.98972	.52464	1.90607	19
42	.45995	2.17416	.48127	2.07785	.50295	1.98828	.52501	1.90472	18
43	.46030	2.17249	.48163	2.07630	.50331	1.98684	.52538	1.90337	17
44	.46065	2.17083	.48198	2.07476	.50368	1.98540	.52575	1.90203	16
45	.46101	2.16917	.48234	2.07321	.50404	1.98396	.52612	1.90069	15
46	.46136	2.16751	.48270	2.07167	.50441	1.98252	.52649	1.90035	14
47	.46171	2.16585	.48306	2.07014	.50477	1.98108	.52687	1.90001	13
48	.46206	2.16420	.48342	2.06860	.50514	1.97964	.52724	1.90067	12
49	.46242	2.16255	.48378	2.06706	.50550	1.97820	.52761	1.90033	11
50	.46277	2.16090	.48414	2.06553	.50587	1.97681	.52798	1.90000	10
51	.46312	2.15925	.48450	2.06400	.50623	1.97538	.52836	1.90066	9
52	.46348	2.15760	.48486	2.06247	.50660	1.97395	.52873	1.90033	8
53	.46383	2.15595	.48521	2.06094	.50696	1.97253	.52910	1.90000	7
54	.46418	2.15432	.48557	2.05942	.50733	1.97111	.52947	1.90067	6
55	.46454	2.15268	.48593	2.05790	.50769	1.96969	.52985	1.90034	5
56	.46489	2.15104	.48629	2.05637	.50806	1.96827	.53022	1.90001	4
57	.46525	2.14940	.48665	2.05485	.50843	1.96685	.53060	1.90068	3
58	.46560	2.14777	.48701	2.05333	.50879	1.96544	.53098	1.90035	2
59	.46595	2.14614	.48737	2.05182	.50916	1.96402	.53136	1.90002	1
60	.46631	2.14451	.48773	2.05030	.50953	1.96261	.53174	1.90073	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	66°		64°		63°		62°		

### 5. 正切餘切真數表

	28°		29°		30°		31°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.63171	1.59073	.65431	1.80405	.67735	1.73205	.69096	1.66428	80
1	.63208	1.57941	.65469	1.80281	.67774	1.73059	.69128	1.66318	59
2	.63246	1.57809	.65507	1.80158	.67813	1.72913	.69165	1.66209	58
3	.63283	1.57678	.65545	1.80034	.67851	1.72767	.69205	1.66099	57
4	.63320	1.57548	.65583	1.79911	.67890	1.72741	.69245	1.65990	56
5	.63358	1.57418	.65621	1.79788	.67929	1.72625	.69284	1.65881	55
6	.63395	1.57289	.65659	1.79665	.67968	1.72509	.69324	1.65772	54
7	.63432	1.57162	.65697	1.79542	.68007	1.72393	.69364	1.65663	53
8	.63470	1.57037	.65736	1.79419	.68046	1.72278	.69403	1.65554	52
9	.63507	1.56911	.65774	1.79296	.68085	1.72163	.69443	1.65445	51
10	.63545	1.56786	.65812	1.79174	.68124	1.72047	.69483	1.65337	50
11	.63582	1.56660	.65850	1.79051	.68162	1.71932	.69522	1.65229	49
12	.63620	1.56535	.65888	1.78929	.68201	1.71817	.69562	1.65120	48
13	.63657	1.56410	.65926	1.78807	.68240	1.71702	.69602	1.65011	47
14	.63694	1.56285	.65964	1.78685	.68279	1.71588	.69642	1.64903	46
15	.63732	1.56160	.66003	1.78563	.68318	1.71473	.69681	1.64795	45
16	.63770	1.56035	.66041	1.78441	.68357	1.71358	.69721	1.64687	44
17	.63807	1.55910	.66079	1.78319	.68396	1.71244	.69761	1.64579	43
18	.63844	1.55785	.66117	1.78198	.68435	1.71129	.69801	1.64471	42
19	.63882	1.55660	.66156	1.78077	.68474	1.71015	.69841	1.64363	41
20	.63920	1.55535	.66194	1.77955	.68513	1.70901	.69881	1.64255	40
21	.63957	1.55410	.66232	1.77834	.68552	1.70787	.69921	1.64148	39
22	.63995	1.55285	.66270	1.77713	.68591	1.70673	.69960	1.64041	38
23	.64032	1.55160	.66309	1.77592	.68631	1.70559	.61000	1.63934	37
24	.64070	1.55035	.66347	1.77471	.68670	1.70445	.61040	1.63826	36
25	.64107	1.54910	.66385	1.77351	.68709	1.70332	.61080	1.63719	35
26	.64145	1.54785	.66424	1.77230	.68749	1.70219	.61120	1.63612	34
27	.64182	1.54660	.66462	1.77110	.68787	1.70106	.61160	1.63505	33
28	.64220	1.54535	.66501	1.76990	.68826	1.69992	.61200	1.63398	32
29	.64258	1.54410	.66539	1.76869	.68865	1.69879	.61240	1.63292	31
30	.64296	1.54285	.66577	1.76749	.68904	1.69766	.61280	1.63185	30
31	.64333	1.54160	.66616	1.76629	.68944	1.69653	.61320	1.63079	29
32	.64371	1.54035	.66654	1.76510	.68983	1.69541	.61360	1.62972	28
33	.64409	1.53910	.66693	1.76390	.69022	1.69428	.61400	1.62866	27
34	.64446	1.53785	.66731	1.76271	.69061	1.69316	.61440	1.62760	26
35	.64484	1.53660	.66769	1.76151	.69101	1.69203	.61480	1.62654	25
36	.64522	1.53535	.66808	1.76032	.69140	1.69091	.61520	1.62548	24
37	.64560	1.53410	.66846	1.75913	.69179	1.68979	.61561	1.62442	23
38	.64597	1.53285	.66885	1.75794	.69218	1.68866	.61601	1.62336	22
39	.64635	1.53160	.66923	1.75675	.69257	1.68754	.61641	1.62230	21
40	.64673	1.53035	.66962	1.75556	.69297	1.68643	.61681	1.62125	20
41	.64711	1.52910	.67000	1.75437	.69336	1.68531	.61721	1.62019	19
42	.64748	1.52785	.67039	1.75319	.69376	1.68419	.61761	1.61914	18
43	.64786	1.52660	.67078	1.75200	.69415	1.68308	.61801	1.61808	17
44	.64824	1.52535	.67116	1.75082	.69454	1.68196	.61842	1.61703	16
45	.64862	1.52410	.67155	1.74964	.69494	1.68085	.61882	1.61598	15
46	.64900	1.52285	.67193	1.74846	.69533	1.67974	.61922	1.61493	14
47	.64938	1.52160	.67232	1.74728	.69573	1.67863	.61962	1.61388	13
48	.64976	1.52035	.67271	1.74610	.69612	1.67752	.62003	1.61283	12
49	.65013	1.51910	.67310	1.74492	.69651	1.67641	.62043	1.61179	11
50	.65051	1.51785	.67348	1.74375	.69691	1.67530	.62083	1.61074	10
51	.65089	1.51660	.67386	1.74257	.69730	1.67419	.62124	1.60970	9
52	.65127	1.51535	.67425	1.74140	.69770	1.67309	.62164	1.60865	8
53	.65165	1.51410	.67464	1.74022	.69809	1.67198	.62204	1.60761	7
54	.65203	1.51285	.67503	1.73905	.69849	1.67088	.62245	1.60657	6
55	.65241	1.51160	.67541	1.73788	.69888	1.66978	.62285	1.60553	5
56	.65279	1.51035	.67580	1.73671	.69928	1.66867	.62325	1.60449	4
57	.65317	1.50910	.67619	1.73555	.69967	1.66757	.62366	1.60345	3
58	.65355	1.50785	.67657	1.73438	.69997	1.66647	.62406	1.60241	2
59	.65393	1.50660	.67696	1.73321	.70036	1.66536	.62446	1.60137	1
60	.65431	1.50535	.67735	1.73205	.70076	1.66426	.62487	1.60033	0

Cotang Tang 61°

Cotang Tang 60°

Cotang Tang 59°

Cotang Tang 58°

### 5. 正切餘切眞數表

	32°		33°		34°		35°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.62487	1.60033	.64941	1.53886	.67451	1.48256	.70021	1.42815	60
1	.62527	1.59930	.64962	1.53888	.67493	1.48163	.70064	1.42728	59
2	.62568	1.59823	.64984	1.53791	.67536	1.48070	.70107	1.42638	58
3	.62609	1.59723	.65005	1.53693	.67578	1.47977	.70151	1.42550	57
4	.62649	1.59620	.65026	1.53595	.67620	1.47885	.70194	1.42462	56
5	.62689	1.59517	.65048	1.53497	.67663	1.47792	.70238	1.42374	55
6	.62730	1.59414	.65069	1.53400	.67705	1.47700	.70281	1.42285	54
7	.62770	1.59311	.65091	1.53302	.67748	1.47607	.70325	1.42198	53
8	.62811	1.59208	.65112	1.53205	.67790	1.47514	.70368	1.42110	52
9	.62852	1.59105	.65134	1.53107	.67832	1.47422	.70412	1.42022	51
10	.62892	1.59002	.65155	1.53010	.67875	1.47330	.70455	1.41934	50
11	.62933	1.58900	.65177	1.52913	.67917	1.47238	.70499	1.41847	49
12	.62973	1.58797	.65198	1.52816	.67960	1.47146	.70542	1.41759	48
13	.63014	1.58695	.65220	1.52719	.68002	1.47053	.70586	1.41672	47
14	.63055	1.58593	.65241	1.52622	.68045	1.46962	.70629	1.41584	46
15	.63095	1.58490	.65263	1.52525	.68088	1.46870	.70673	1.41497	45
16	.63136	1.58388	.65284	1.52429	.68130	1.46778	.70717	1.41410	44
17	.63177	1.58286	.65306	1.52332	.68173	1.46688	.70760	1.41322	43
18	.63217	1.58184	.65327	1.52235	.68215	1.46595	.70804	1.41235	42
19	.63258	1.58083	.65349	1.52139	.68258	1.46503	.70848	1.41148	41
20	.63299	1.57981	.65371	1.52043	.68301	1.46411	.70891	1.41061	40
21	.63340	1.57879	.65393	1.51946	.68343	1.46320	.70935	1.40974	39
22	.63380	1.57778	.65415	1.51850	.68386	1.46229	.70979	1.40887	38
23	.63421	1.57676	.65437	1.51754	.68429	1.46137	.71023	1.40800	37
24	.63462	1.57575	.65459	1.51658	.68471	1.46046	.71066	1.40713	36
25	.63503	1.57474	.65481	1.51562	.68514	1.45955	.71110	1.40627	35
26	.63544	1.57373	.65503	1.51466	.68557	1.45864	.71154	1.40540	34
27	.63584	1.57272	.65525	1.51370	.68600	1.45773	.71198	1.40454	33
28	.63625	1.57171	.65547	1.51275	.68642	1.45682	.71242	1.40367	32
29	.63666	1.57070	.65569	1.51179	.68685	1.45592	.71285	1.40281	31
30	.63707	1.56969	.65591	1.51084	.68728	1.45501	.71329	1.40195	30
31	.63748	1.56868	.65613	1.50988	.68771	1.45410	.71373	1.40109	29
32	.63789	1.56767	.65635	1.50893	.68814	1.45320	.71417	1.40022	28
33	.63830	1.56666	.65657	1.50797	.68857	1.45229	.71461	1.39936	27
34	.63871	1.56565	.65679	1.50702	.68900	1.45139	.71505	1.39850	26
35	.63912	1.56465	.65701	1.50607	.68942	1.45048	.71549	1.39764	25
36	.63953	1.56364	.65723	1.50512	.68985	1.44958	.71593	1.39679	24
37	.63994	1.56263	.65745	1.50417	.69028	1.44868	.71637	1.39593	23
38	.64035	1.56162	.65767	1.50322	.69071	1.44778	.71681	1.39507	22
39	.64076	1.56061	.65789	1.50227	.69114	1.44688	.71725	1.39421	21
40	.64117	1.55960	.65811	1.50133	.69157	1.44598	.71769	1.39336	20
41	.64158	1.55859	.65833	1.50038	.69200	1.44508	.71813	1.39250	19
42	.64199	1.55758	.65855	1.49944	.69243	1.44418	.71857	1.39165	18
43	.64240	1.55657	.65877	1.49849	.69286	1.44329	.71901	1.39079	17
44	.64281	1.55556	.65899	1.49755	.69329	1.44239	.71945	1.38994	16
45	.64322	1.55455	.65921	1.49661	.69372	1.44149	.71989	1.38909	15
46	.64363	1.55354	.65943	1.49566	.69416	1.44060	.72034	1.38824	14
47	.64404	1.55253	.65965	1.49472	.69459	1.43970	.72078	1.38738	13
48	.64445	1.55152	.65987	1.49378	.69502	1.43881	.72122	1.38653	12
49	.64487	1.55051	.66009	1.49284	.69545	1.43792	.72167	1.38568	11
50	.64528	1.54950	.66031	1.49190	.69588	1.43703	.72211	1.38484	10
51	.64569	1.54849	.66053	1.49097	.69631	1.43614	.72255	1.38399	9
52	.64610	1.54748	.66075	1.49003	.69674	1.43525	.72299	1.38314	8
53	.64652	1.54647	.66097	1.48909	.69717	1.43436	.72344	1.38229	7
54	.64693	1.54546	.66119	1.48816	.69760	1.43347	.72388	1.38145	6
55	.64734	1.54445	.66141	1.48722	.69803	1.43258	.72432	1.38060	5
56	.64775	1.54344	.66163	1.48629	.69846	1.43169	.72477	1.37976	4
57	.64817	1.54243	.66185	1.48535	.69889	1.43080	.72521	1.37891	3
58	.64858	1.54143	.66207	1.48442	.69932	1.42992	.72565	1.37807	2
59	.64899	1.54042	.66229	1.48349	.69975	1.42903	.72610	1.37722	1
60	.64941	1.53941	.66251	1.48256	.70018	1.42815	.72654	1.37638	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	57°		56°		55°		54°		



## 5. 正切餘切眞數表

	36°		37°		38°		39°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.72654	1.37638	.76355	1.32704	.78129	1.27994	.80978	1.23490	60
1	.72699	1.37554	.75401	1.33624	.78175	1.27917	.81027	1.23416	59
2	.72743	1.37470	.75447	1.33544	.78222	1.27841	.81076	1.23343	58
3	.72788	1.37386	.75492	1.33464	.78269	1.27764	.81123	1.23270	57
4	.72832	1.37302	.75538	1.33384	.78316	1.27688	.81171	1.23196	56
5	.72877	1.37218	.75584	1.33304	.78363	1.27611	.81220	1.23123	55
6	.72921	1.37134	.75629	1.33224	.78410	1.27535	.81268	1.23050	54
7	.72966	1.37050	.75675	1.33144	.78457	1.27458	.81316	1.22977	53
8	.73010	1.36967	.75721	1.33064	.78504	1.27382	.81364	1.22904	52
9	.73055	1.36883	.75767	1.31984	.78551	1.27306	.81413	1.22831	51
10	.73100	1.36800	.75812	1.31904	.78598	1.27230	.81461	1.22758	50
11	.73144	1.36716	.75858	1.31825	.78645	1.27153	.81510	1.22685	49
12	.73189	1.36633	.75904	1.31745	.78692	1.27077	.81558	1.22612	48
13	.73234	1.36549	.75950	1.31666	.78739	1.27001	.81606	1.22539	47
14	.73278	1.36466	.75996	1.31586	.78786	1.26925	.81655	1.22467	46
15	.73323	1.36383	.76042	1.31507	.78834	1.26849	.81703	1.22394	45
16	.73368	1.36300	.76088	1.31427	.78881	1.26774	.81752	1.22321	44
17	.73413	1.36217	.76134	1.31348	.78928	1.26698	.81800	1.22249	43
18	.73457	1.36134	.76180	1.31269	.78975	1.26622	.81849	1.22176	42
19	.73502	1.36051	.76226	1.31190	.79022	1.26546	.81898	1.22104	41
20	.73547	1.35968	.76272	1.31110	.79070	1.26471	.81946	1.22031	40
21	.73592	1.35885	.76318	1.31031	.79117	1.26395	.81995	1.21959	39
22	.73637	1.35802	.76364	1.30952	.79164	1.26319	.82044	1.21886	38
23	.73681	1.35719	.76410	1.30873	.79212	1.26244	.82092	1.21814	37
24	.73726	1.35637	.76456	1.30795	.79259	1.26168	.82141	1.21742	36
25	.73771	1.35554	.76502	1.30716	.79306	1.26093	.82190	1.21670	35
26	.73816	1.35472	.76548	1.30637	.79354	1.26018	.82238	1.21598	34
27	.73861	1.35389	.76594	1.30558	.79401	1.25943	.82287	1.21526	33
28	.73906	1.35307	.76640	1.30480	.79449	1.25867	.82335	1.21454	32
29	.73951	1.35224	.76686	1.30401	.79496	1.25792	.82385	1.21382	31
30	.73996	1.35142	.76733	1.30323	.79544	1.25717	.82434	1.21310	30
31	.74041	1.35060	.76779	1.30244	.79591	1.25642	.82483	1.21238	29
32	.74086	1.34978	.76825	1.30165	.79639	1.25567	.82531	1.21166	28
33	.74131	1.34896	.76871	1.30087	.79686	1.25492	.82580	1.21094	27
34	.74176	1.34814	.76918	1.30009	.79734	1.25417	.82629	1.21022	26
35	.74221	1.34732	.76964	1.29931	.79781	1.25342	.82678	1.20951	25
36	.74267	1.34650	.77010	1.29853	.79829	1.25268	.82727	1.20879	24
37	.74312	1.34568	.77057	1.29775	.79877	1.25193	.82775	1.20808	23
38	.74357	1.34487	.77103	1.29696	.79924	1.25118	.82825	1.20736	22
39	.74402	1.34405	.77149	1.29618	.79972	1.25044	.82874	1.20665	21
40	.74447	1.34323	.77196	1.29541	.80020	1.24969	.82923	1.20593	20
41	.74492	1.34242	.77242	1.29463	.80067	1.24895	.82972	1.20522	19
42	.74538	1.34160	.77289	1.29385	.80115	1.24820	.83022	1.20451	18
43	.74583	1.34079	.77335	1.29307	.80163	1.24746	.83071	1.20379	17
44	.74628	1.33998	.77382	1.29229	.80211	1.24672	.83120	1.20308	16
45	.74674	1.33916	.77428	1.29152	.80258	1.24598	.83169	1.20237	15
46	.74719	1.33835	.77475	1.29074	.80306	1.24523	.83218	1.20166	14
47	.74764	1.33754	.77521	1.28997	.80354	1.24449	.83268	1.20095	13
48	.74810	1.33673	.77568	1.28919	.80402	1.24375	.83317	1.20024	12
49	.74855	1.33592	.77615	1.28842	.80450	1.24301	.83366	1.19953	11
50	.74900	1.33511	.77661	1.28764	.80498	1.24227	.83415	1.19882	10
51	.74946	1.33430	.77708	1.28687	.80546	1.24153	.83465	1.19811	9
52	.74991	1.33349	.77754	1.28610	.80594	1.24079	.83514	1.19740	8
53	.75037	1.33268	.77801	1.28533	.80642	1.24005	.83564	1.19669	7
54	.75082	1.33187	.77848	1.28456	.80690	1.23931	.83613	1.19599	6
55	.75128	1.33107	.77895	1.28379	.80738	1.23858	.83662	1.19528	5
56	.75173	1.33026	.77941	1.28302	.80786	1.23784	.83712	1.19457	4
57	.75219	1.32946	.77988	1.28225	.80834	1.23710	.83761	1.19387	3
58	.75264	1.32865	.78035	1.28148	.80882	1.23637	.83811	1.19316	2
59	.75310	1.32785	.78082	1.28071	.80930	1.23563	.83860	1.19246	1
60	.75355	1.32704	.78129	1.27994	.80978	1.23490	.83910	1.19175	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	53°		52°		51°		50°		

### 5. 正切餘切眞數表

	40°		41°		42°		43°		
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.83910	1.19176	.86929	1.15037	.90040	1.11061	.93252	1.07237	60
1	.83960	1.19105	.86980	1.14969	.90093	1.10996	.93306	1.07174	59
2	.84009	1.19035	.87031	1.14902	.90146	1.10931	.93360	1.07112	58
3	.84059	1.18964	.87082	1.14834	.90199	1.10867	.93415	1.07049	57
4	.84108	1.18894	.87133	1.14767	.90251	1.10802	.93469	1.06987	56
5	.84158	1.18824	.87184	1.14700	.90304	1.10737	.93524	1.06925	55
6	.84208	1.18754	.87235	1.14632	.90357	1.10672	.93578	1.06862	54
7	.84258	1.18684	.87287	1.14565	.90410	1.10607	.93633	1.06800	53
8	.84307	1.18614	.87338	1.14498	.90463	1.10543	.93688	1.06738	52
9	.84357	1.18544	.87389	1.14430	.90516	1.10478	.93742	1.06676	51
10	.84407	1.18474	.87441	1.14363	.90569	1.10414	.93797	1.06613	50
11	.84457	1.18404	.87492	1.14296	.90621	1.10349	.93852	1.06551	49
12	.84507	1.18334	.87543	1.14229	.90674	1.10285	.93906	1.06489	48
13	.84556	1.18264	.87595	1.14162	.90727	1.10220	.93961	1.06427	47
14	.84606	1.18194	.87646	1.14095	.90780	1.10156	.94016	1.06365	46
15	.84656	1.18125	.87698	1.14028	.90833	1.10091	.94071	1.06303	45
16	.84706	1.18055	.87749	1.13961	.90887	1.10027	.94125	1.06241	44
17	.84756	1.17986	.87801	1.13894	.90940	1.09963	.94180	1.06179	43
18	.84806	1.17916	.87852	1.13828	.90993	1.09899	.94235	1.06117	42
19	.84856	1.17846	.87904	1.13761	.91046	1.09834	.94290	1.06055	41
20	.84906	1.17777	.87955	1.13694	.91099	1.09770	.94345	1.05994	40
21	.84956	1.17708	.88007	1.13627	.91153	1.09706	.94400	1.05932	39
22	.85006	1.17638	.88059	1.13561	.91206	1.09642	.94455	1.05870	38
23	.85057	1.17569	.88110	1.13494	.91259	1.09578	.94510	1.05809	37
24	.85107	1.17500	.88162	1.13428	.91313	1.09514	.94565	1.05747	36
25	.85157	1.17430	.88214	1.13361	.91366	1.09450	.94620	1.05685	35
26	.85207	1.17361	.88265	1.13295	.91419	1.09386	.94675	1.05624	34
27	.85257	1.17292	.88317	1.13228	.91473	1.09322	.94731	1.05562	33
28	.85308	1.17223	.88369	1.13162	.91526	1.09258	.94786	1.05501	32
29	.85358	1.17154	.88421	1.13096	.91580	1.09195	.94841	1.05439	31
30	.85408	1.17085	.88473	1.13029	.91633	1.09131	.94896	1.05378	30
31	.85458	1.17016	.88524	1.12963	.91687	1.09067	.94952	1.05317	29
32	.85509	1.16947	.88576	1.12897	.91740	1.09003	.95007	1.05255	28
33	.85559	1.16878	.88628	1.12831	.91794	1.08940	.95062	1.05194	27
34	.85609	1.16809	.88680	1.12765	.91847	1.08876	.95118	1.05133	26
35	.85660	1.16741	.88732	1.12699	.91901	1.08813	.95173	1.05072	25
36	.85710	1.16672	.88784	1.12633	.91955	1.08749	.95229	1.05010	24
37	.85761	1.16603	.88836	1.12567	.92008	1.08686	.95284	1.04949	23
38	.85811	1.16534	.88888	1.12501	.92062	1.08622	.95340	1.04888	22
39	.85862	1.16465	.88940	1.12435	.92116	1.08559	.95395	1.04827	21
40	.85912	1.16396	.88992	1.12369	.92170	1.08496	.95451	1.04766	20
41	.85963	1.16327	.89045	1.12303	.92224	1.08432	.95506	1.04705	19
42	.86014	1.16258	.89097	1.12238	.92277	1.08369	.95562	1.04644	18
43	.86064	1.16189	.89149	1.12172	.92331	1.08306	.95618	1.04583	17
44	.86115	1.16120	.89201	1.12106	.92385	1.08243	.95673	1.04522	16
45	.86166	1.16051	.89253	1.12041	.92439	1.08179	.95729	1.04461	15
46	.86216	1.15982	.89306	1.11975	.92493	1.08116	.95785	1.04401	14
47	.86267	1.15913	.89358	1.11909	.92547	1.08053	.95841	1.04340	13
48	.86318	1.15844	.89410	1.11844	.92601	1.07990	.95897	1.04279	12
49	.86368	1.15775	.89463	1.11778	.92655	1.07927	.95952	1.04218	11
50	.86419	1.15715	.89516	1.11713	.92709	1.07864	.96008	1.04158	10
51	.86470	1.15654	.89567	1.11648	.92763	1.07801	.96064	1.04097	9
52	.86521	1.15593	.89620	1.11582	.92817	1.07738	.96120	1.04036	8
53	.86572	1.15531	.89672	1.11517	.92871	1.07676	.96176	1.03975	7
54	.86623	1.15469	.89725	1.11452	.92925	1.07613	.96232	1.03915	6
55	.86674	1.15407	.89777	1.11387	.92979	1.07550	.96288	1.03855	5
56	.86725	1.15345	.89829	1.11321	.93033	1.07487	.96344	1.03794	4
57	.86776	1.15283	.89882	1.11255	.93088	1.07425	.96400	1.03734	3
58	.86827	1.15221	.89935	1.11189	.93143	1.07362	.96457	1.03674	2
59	.86878	1.15159	.89988	1.11123	.93197	1.07299	.96513	1.03613	1
60	.86929	1.15097	.90040	1.11057	.93252	1.07237	.96569	1.03553	0

49°  
Cotang Tang

48°  
Cotang Tang

47°  
Cotang Tang

46°  
Cotang Tang



6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
1	1	1	1.000000	1.000000	1.00000000
2	4	8	1.4142136	1.2599210	.50000000
3	9	27	1.7320508	1.4422496	.33333333
4	16	64	2.0000000	1.5874011	.25000000
5	25	125	2.2360680	1.7099759	.20000000
6	36	216	2.4494897	1.8171206	.16666667
7	49	343	2.6457513	1.9129312	.142857143
8	64	512	2.8284271	2.0000000	.12500000
9	81	729	3.0000000	2.0800837	.11111111
10	100	1000	3.1622777	2.1544347	.10000000
11	121	1331	3.3166248	2.2238601	.090909091
12	144	1728	3.4641016	2.2894286	.083333333
13	169	2197	3.6055543	2.3513347	.075230777
14	196	2744	3.7416574	2.4101422	.071428571
15	225	3375	3.8729833	2.4662121	.066666667
16	256	4096	4.0000000	2.5198421	.062500000
17	289	4913	4.1231056	2.5712216	.058823529
18	324	5832	4.2426407	2.6207414	.055555556
19	361	6859	4.3588939	2.6684016	.052631579
20	400	8000	4.4721360	2.7144177	.050000000
21	441	9261	4.5822757	2.7583243	.047619048
22	484	10648	4.6904158	2.8023033	.045454545
23	529	12167	4.7958315	2.8438670	.043478261
24	576	13824	4.8989795	2.8844991	.041666667
25	625	15625	5.0000000	2.9240177	.040000000
26	676	17576	5.0990195	2.9624960	.038461538
27	729	19683	5.1961524	3.0000000	.037037037
28	784	21952	5.2915025	3.0365839	.035714286
29	841	24389	5.3851048	3.0723168	.034482759
30	900	27000	5.4772256	3.1072325	.033333333
31	961	29791	5.5677644	3.1413805	.032258065
32	1024	32768	5.6568542	3.1748021	.031250000
33	1089	35937	5.7445626	3.2075343	.030303030
34	1156	39304	5.8309519	3.2396118	.029411765
35	1225	42875	5.9160798	3.2710663	.028571429
36	1296	46656	6.0000000	3.3019272	.027777778
37	1369	50653	6.0827625	3.3322219	.027027027
38	1444	54872	6.1644140	3.3619754	.026315789
39	1521	59319	6.2449360	3.3912114	.025641026
40	1600	64000	6.3245533	3.4199519	.025000000
41	1681	68921	6.4031242	3.4483172	.024380248
42	1764	74088	6.4807407	3.4763255	.023809524
43	1849	79507	6.5573385	3.5039381	.023255814
44	1936	85184	6.6327495	3.5303483	.022722273
45	2025	91125	6.7082039	3.5563623	.022222222
46	2116	97336	6.7823300	3.5830479	.021739130
47	2209	103823	6.8555546	3.6088261	.021276600
48	2304	110592	6.9282032	3.6342411	.020833333
49	2401	117649	7.0000000	3.6593057	.020408163
50	2500	125000	7.0710678	3.6840314	.020000000
51	2601	132651	7.1414284	3.7084298	.019607843
52	2704	140608	7.2111026	3.7325111	.019230769
53	2809	148877	7.2801099	3.7562253	.018867925
54	2916	157464	7.3484692	3.7797631	.018518519
55	3025	166375	7.4161985	3.8029624	.018181818
56	3136	175616	7.4833148	3.8258624	.017857143
57	3249	185193	7.5498344	3.8483011	.017543680
58	3364	195112	7.6157731	3.8703768	.017241379
59	3481	205379	7.6811457	3.8920965	.016949153
60	3600	216000	7.7459657	3.9145678	.016666667
61	3721	226961	7.8102437	3.9364972	.016393443
62	3844	238328	7.8740079	3.9578915	.016129032

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
63	3969	250047	7.9372539	3.9790571	.015873016
64	4096	262144	8.0000000	4.0000000	.015625000
65	4225	274625	8.0622577	4.0207266	.015384615
66	4356	287496	8.1240384	4.0412401	.015151515
67	4489	300763	8.1853528	4.0615480	.014925373
68	4624	314432	8.2462113	4.0816551	.014705882
69	4761	328509	8.3066239	4.1015661	.014492754
70	4900	343000	8.3666003	4.1212853	.014285714
71	5041	357911	8.4261498	4.1408178	.014084507
72	5184	373248	8.4852814	4.1601576	.013888889
73	5329	389017	8.5440097	4.1793390	.013698690
74	5476	405224	8.6023253	4.1983984	.013513514
75	5625	421875	8.6602540	4.2173633	.013333333
76	5776	438976	8.7177979	4.2362396	.013157895
77	5929	456529	8.7749444	4.2549310	.012987013
78	6084	474532	8.8317600	4.2734586	.012820513
79	6241	493089	8.8881944	4.2908404	.012658228
80	6400	512000	8.9442719	4.3080895	.012500000
81	6561	531441	9.0000000	4.3252147	.012345679
82	6724	551388	9.0553351	4.3443315	.012191523
83	6889	571837	9.1104396	4.3630707	.012040183
84	7056	592704	9.1651514	4.3785191	.011894476
85	7225	614125	9.2195445	4.3968296	.011764702
86	7396	636060	9.2736165	4.4140049	.011627907
87	7569	658503	9.3273191	4.4310476	.011494253
88	7744	681472	9.3808315	4.4479602	.011363366
89	7921	704969	9.4339811	4.4647451	.011233955
90	8100	729000	9.4868330	4.4814047	.011111111
91	8281	753571	9.5393920	4.4979414	.010989011
92	8464	778688	9.5916630	4.5143574	.010868565
93	8649	804357	9.6436508	4.5306549	.010752688
94	8836	830584	9.6953597	4.5468339	.010638298
95	9025	857375	9.7467943	4.5629026	.010525316
96	9216	884736	9.7979690	4.5788670	.010413667
97	9409	912673	9.8488578	4.5947309	.010303278
98	9604	941192	9.8994499	4.6104933	.010194082
99	9801	970299	9.9498744	4.6260650	.010101010
100	10000	1000000	10.0000000	4.6415888	.010000000
101	10201	1030301	10.0498756	4.6570095	.009900990
102	10404	1061208	10.0998049	4.6723287	.009803922
103	10609	1092727	10.1498916	4.6875482	.009708738
104	10816	1124864	10.1999390	4.7026684	.009615385
105	11025	1157625	10.2499508	4.7176890	.009523810
106	11236	1191016	10.2999201	4.7326235	.009433962
107	11449	1225043	10.3499404	4.7474594	.009344679
108	11664	1259712	10.3999248	4.7622032	.009255929
109	11881	1295029	10.4499605	4.7768502	.009167732
110	12100	1331000	10.4998885	4.7914199	.009080099
111	12321	1367631	10.5498538	4.8058965	.009000000
112	12544	1404928	10.5998302	4.8202845	.008922571
113	12769	1442897	10.6498168	4.8345881	.008846958
114	12996	1481544	10.6998107	4.8488076	.008771939
115	13225	1520875	10.7498103	4.8629442	.008698562
116	13456	1560896	10.7998150	4.8769990	.008626969
117	13689	1601613	10.8498253	4.8909732	.008557009
118	13924	1643032	10.8998413	4.9048681	.008488756
119	14161	1685159	10.9498621	4.9186847	.008422361
120	14400	1728000	10.9944512	4.9324242	.008357833
121	14641	1771561	11.0000000	4.9460874	.008295403
122	14884	1815848	11.0453610	4.9596767	.008234971
123	15129	1860867	11.0906365	4.9731896	.008176451
124	15376	1906624	11.1358287	4.9866310	.008119856

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
125	15625	1553125	11.1803369	5.0000000	.008000000
126	15876	2000376	11.2249722	5.0132979	.007936508
127	16129	2048383	11.2694277	5.0265257	.007874016
128	16384	2097152	11.3137055	5.0396842	.007812500
129	16641	2146689	11.3578167	5.0527743	.007751938
130	16900	2197000	11.4017543	5.0657970	.007692308
131	17161	2248291	11.4455231	5.0787531	.007633583
132	17424	2299968	11.4891253	5.0916434	.007575758
133	17689	2352637	11.5325626	5.1044687	.007518797
134	17956	2406104	11.5758369	5.1172299	.007462687
135	18225	2460375	11.6189500	5.1299278	.007407407
136	18496	2515456	11.6619038	5.1425632	.007352941
137	18769	2571353	11.7046999	5.1551367	.007299270
138	19044	2628072	11.7473401	5.1676493	.007246377
139	19321	2685619	11.7898361	5.1801015	.007194245
140	19600	2744000	11.8321596	5.1924941	.007142857
141	19881	2803221	11.8743421	5.2048379	.007092139
142	20164	2863288	11.9163783	5.2171304	.007042254
143	20449	2924207	11.9582607	5.2293215	.006993007
144	20736	2985984	12.0000000	5.2414828	.006944444
145	21025	3048625	12.0415946	5.2535379	.006896562
146	21316	3112136	12.0830460	5.2655374	.006849315
147	21609	3176529	12.1243557	5.2774821	.006802721
148	21904	3241792	12.1655251	5.2893725	.006756757
149	22201	3307949	12.2065556	5.3014592	.006711409
150	22500	3375000	12.2474457	5.3132928	.006666667
151	22801	3442951	12.2882057	5.3250740	.006622517
152	23104	3511808	12.3288280	5.3368033	.006578947
153	23409	3581577	12.3693169	5.3484812	.006535948
154	23716	3652264	12.4096736	5.3601084	.006493506
155	24025	3723875	12.4498996	5.3716854	.006451613
156	24336	3796416	12.4899960	5.3832126	.006410256
157	24649	3869893	12.5299641	5.3946907	.006369427
158	24964	3944312	12.5698051	5.4061202	.006329114
159	25281	4019679	12.6095202	5.4175015	.006289308
160	25600	4096000	12.6491106	5.4288352	.006250000
161	25921	4173281	12.6885775	5.4401218	.006211188
162	26244	4251528	12.7279221	5.4513613	.006172840
163	26569	4330747	12.7671453	5.4625536	.006134969
164	26896	4410944	12.8062455	5.4737037	.006097561
165	27225	4492125	12.8452226	5.4848066	.006060606
166	27556	4574296	12.8840987	5.4958647	.006024096
167	27889	4657463	12.9228480	5.5068784	.005988024
168	28224	4741632	12.9614814	5.5178484	.005952381
169	28561	4826809	13.0000000	5.5287748	.005917160
170	28900	4913000	13.0384048	5.5396583	.005882253
171	29241	5000211	13.0766963	5.5504991	.005847953
172	29584	5088448	13.1148770	5.5612978	.005813963
173	29929	5177717	13.1529484	5.5720546	.005780347
174	30276	5268024	13.1909060	5.5827702	.005747126
175	30625	5359375	13.2287566	5.5934447	.005714289
176	30976	5451776	13.2664992	5.6040787	.005681818
177	31329	5545233	13.3041347	5.6146724	.005649718
178	31684	5639752	13.3416641	5.6252283	.005617978
179	32041	5735339	13.3790832	5.6357408	.005586592
180	32400	5832000	13.4164079	5.6462163	.005555556
181	32761	5929741	13.4536240	5.6566528	.005524882
182	33124	6028568	13.4907376	5.6670511	.005494505
183	33489	6128487	13.5277493	5.6774114	.005464481
184	33856	6229504	13.5646600	5.6877340	.005434783
185	34225	6331625	13.6014707	5.6980192	.005405405
186	34596	6434856	13.6381917	5.7082675	.005376344

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
187	34969	6539203	13.6747943	5.7184791	.005347594
188	35344	6644672	13.7113092	5.7265642	.005319149
189	35721	6761269	13.7477271	5.7337936	.005291005
190	36100	6880000	13.7840488	5.7488971	.005263158
191	36481	6967871	13.8202750	5.7589652	.005235602
192	36864	7077888	13.8564065	5.7689962	.005208333
193	37249	7189057	13.8924440	5.7789966	.005181347
194	37636	7301384	13.9283833	5.7889604	.005154639
195	38025	7414875	13.9642400	5.7988900	.005128205
196	38416	7529536	14.0000000	5.8087837	.005102041
197	38809	7645373	14.0356683	5.8186479	.005076142
198	39204	7762392	14.0712473	5.8284767	.005050505
199	39601	7880599	14.1067360	5.8382725	.005025126
200	40000	8000000	14.1421356	5.8480355	.005000000
201	40401	8120601	14.1774469	5.8577660	.004975124
202	40804	8242408	14.2126704	5.8674643	.004950495
203	41209	8365427	14.2478063	5.8771307	.004926108
204	41616	8489664	14.2828569	5.8867653	.004901961
205	42025	8615125	14.3178211	5.8963686	.004878049
206	42436	8741816	14.3527001	5.9059406	.004854369
207	42849	8869743	14.3874946	5.9154817	.004830918
208	43264	8998912	14.4222051	5.9249921	.004807692
209	43681	9129329	14.4568323	5.9344721	.004784693
210	44100	9261000	14.4913767	5.9439220	.004761905
211	44521	9393931	14.5258890	5.9533418	.004739336
212	44944	9528128	14.5602188	5.9627320	.004716981
213	45369	9663597	14.5944519	5.9720926	.004694836
214	45796	9800344	14.6285988	5.9814240	.004672907
215	46225	9938375	14.6626583	5.9907284	.004651163
216	46656	10077696	14.6966305	6.0000000	.004629620
217	47089	10218313	14.7305199	6.0092450	.004608285
218	47524	10360232	14.7643291	6.0184617	.004587156
219	47961	10503469	14.7980586	6.0276502	.004566210
220	48400	10648000	14.8323970	6.0368107	.004545455
221	48841	10793851	14.8669637	6.0459435	.004524887
222	49284	10941048	14.8996644	6.0550489	.004504505
223	49729	11089597	14.9331845	6.0641270	.004484305
224	50176	11239492	14.9666295	6.0731779	.004464286
225	50625	11390725	15.0000000	6.0822020	.004444444
226	51076	11543316	15.0332964	6.0911994	.004424779
227	51529	11697263	15.0665192	6.1001702	.004405286
228	51984	11852582	15.0996689	6.1091147	.004385965
229	52441	12009289	15.1327460	6.1180332	.004366812
230	52900	12167400	15.1657509	6.1269257	.004347826
231	53361	12326931	15.1986842	6.1357924	.004329004
232	53824	12487888	15.2315462	6.1446337	.004310345
233	54289	12649367	15.2643375	6.1534495	.004291845
234	54756	12811384	15.2970585	6.1622401	.004273504
235	55225	12973957	15.3297097	6.1710058	.004255319
236	55696	13144256	15.3622915	6.1797466	.004237288
237	56169	13312053	15.3949043	6.1884628	.004219409
238	56644	13481272	15.4274489	6.1971544	.004201681
239	57121	13651919	15.4599248	6.2058218	.004184100
240	57600	13824000	15.4919334	6.2144650	.004166667
241	58081	13997521	15.5241747	6.2230843	.004149378
242	58564	14172488	15.5563492	6.2316797	.004132221
243	59049	14348907	15.5884573	6.2402515	.004115226
244	59536	14526784	15.6204994	6.2487998	.004098361
245	60025	14706125	15.6524768	6.2573248	.004081633
246	60516	14886936	15.6843871	6.2658266	.004065041
247	61009	15069223	15.7162236	6.2743064	.004048583
248	61504	15252992	15.7480157	6.2827613	.004032258

6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
249	62001	15488249	15.7797338	6.2911946	.004016064
250	62500	15625000	15.8113883	6.2996053	.004000000
251	63001	15813251	15.8429795	6.3079233	.003984064
252	63504	16033908	15.8745079	6.3163596	.003968254
253	64009	16194277	15.9059737	6.3247035	.003952569
254	64516	16370644	15.9373775	6.3330256	.003937008
255	65025	16563175	15.9687194	6.3413257	.003921569
256	65536	16772216	16.0000000	6.3496042	.003906250
257	66049	16974583	16.0312195	6.3578611	.003891051
258	66564	17173512	16.0623784	6.3660968	.003875959
259	67081	17373979	16.0934769	6.3743111	.003861004
260	67600	17576000	16.1245155	6.3825043	.003846154
261	68121	17779581	16.1554944	6.3906765	.003831416
262	68644	17984728	16.1864141	6.3988279	.003816794
263	69169	18191447	16.2172747	6.4069686	.003802281
264	69696	18399744	16.2480768	6.4150987	.003787879
265	70225	18609625	16.2788206	6.4232183	.003773585
266	70756	18821096	16.3095064	6.4313276	.003759398
267	71289	19034165	16.3401346	6.4394267	.003745318
268	71824	19248832	16.3707055	6.4475057	.003731343
269	72361	19465109	16.4012195	6.4555748	.003717472
270	72900	19683000	16.4316767	6.4636341	.003703704
271	73441	19902511	16.4620775	6.4716736	.003690037
272	73984	20123645	16.4924225	6.4796932	.003676471
273	74529	20346417	16.5227116	6.4876931	.003663004
274	75076	20570824	16.5529454	6.4956735	.003649635
275	75625	20796875	16.5831240	6.502 372	.003636364
276	76176	21024576	16.6132477	6.5103000	.003623188
277	76729	21253933	16.6433170	6.5183639	.003610103
278	77284	21484952	16.6733320	6.5264189	.003597122
279	77841	21717639	16.7032931	6.5344651	.003584229
280	78400	21952000	16.7332005	6.5424926	.003571429
281	78961	22188041	16.7630546	6.5499116	.003558719
282	79524	22425768	16.7928556	6.5577222	.003546099
283	80089	22665187	16.8226038	6.5659144	.003533569
284	80656	22906304	16.8522995	6.5739885	.003521127
285	81225	23149125	16.8819430	6.5819443	.003508772
286	81796	23393656	16.9115345	6.5898823	.003496503
287	82369	23639903	16.9410743	6.5978023	.003484321
288	82944	23887872	16.9705627	6.6057045	.003472222
289	83521	24137569	17.0000000	6.6135980	.003460208
290	84100	24388900	17.0293864	6.6214820	.003448276
291	84681	24642171	17.0587221	6.6293564	.003436426
292	85264	24897388	17.0880075	6.6372214	.003424658
293	85849	25154557	17.1172428	6.6450772	.003412969
294	86436	25413684	17.1464282	6.6529238	.003401361
295	87025	25674775	17.1755640	6.6607612	.003389831
296	87616	25937836	17.2046505	6.6685897	.003378378
297	88209	26199873	17.2336879	6.6764193	.003367003
298	88804	26463892	17.2626765	6.6842490	.003355705
299	89401	26730899	17.2916165	6.6920795	.003344482
300	90000	27000000	17.3205081	6.6999125	.003333333
301	90601	27270901	17.3493516	6.7077473	.003322259
302	91204	27543608	17.3781472	6.7091729	.003311258
303	91809	27818127	17.4068953	6.7165790	.003300330
304	92416	28094464	17.4355953	6.7239758	.003289474
305	93025	28372625	17.4642492	6.7313635	.003278689
306	93636	28652616	17.4928577	6.7387421	.003267974
307	94249	28934443	17.5214155	6.7461115	.003257329
308	94864	29218112	17.5499288	6.7534814	.003246753
309	95481	29503629	17.5783958	6.7608513	.003236246
310	96100	29791000	17.6068169	6.7682215	.003225806



## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平 方	立 方	平 方 根	立 方 根	倒 數
311	96721	30880231	17.6351921	6.7751690	.003215434
312	97344	30371328	17.6635217	6.7824229	.003205128
313	97969	30664297	17.6918003	6.7896613	.003194838
314	98596	30959144	17.7200451	6.7968844	.003184713
315	99225	31255975	17.7482393	6.8040921	.003174603
316	99856	31554496	17.7763888	6.8112847	.003164557
317	100489	31855013	17.8044993	6.8184620	.003154574
318	101124	32157432	17.8325545	6.8256242	.003144654
319	101761	32461759	17.8605711	6.8327714	.003134796
320	102400	32768000	17.8885438	6.8399037	.003125000
321	103041	33076161	17.9164729	6.8470213	.003115265
322	103684	33386248	17.9443584	6.8541240	.003105590
323	104329	33698357	17.9722008	6.8612120	.003095975
324	104976	34012424	18.0000000	6.8682855	.003086420
325	105625	34328425	18.0277564	6.8753443	.003076923
326	106276	34645476	18.0554701	6.8823888	.003067485
327	106929	34963583	18.0831413	6.8894188	.003058104
328	107584	35282752	18.1107705	6.8964345	.003048780
329	108241	35602989	18.1383571	6.9034359	.003039514
330	108900	35924300	18.1659021	6.9104232	.003030303
331	109561	36246681	18.1934054	6.9173964	.003021148
332	110224	36570136	18.2208672	6.9243558	.003012049
333	110889	36894669	18.2482878	6.9313018	.003003003
334	111556	37220284	18.2756669	6.9382321	.002994012
335	112225	37547085	18.3030052	6.9451496	.002985075
336	112896	37875076	18.3303023	6.9520533	.002976190
337	113569	38204263	18.3575598	6.9589434	.002967359
338	114244	38534652	18.3847763	6.9658198	.002958580
339	114921	38866249	18.4119526	6.9726826	.002949853
340	115600	39200000	18.4390889	6.9795321	.002941176
341	116281	39535821	18.4661853	6.9863681	.002932551
342	116964	40001688	18.4932420	6.9931906	.002923977
343	117649	40353607	18.5202592	7.0000000	.002915452
344	118336	40707584	18.5472370	7.0067962	.002906977
345	119025	41063625	18.5741756	7.0135791	.002898551
346	119716	41421736	18.6010752	7.0203490	.002890173
347	120409	41781923	18.6279360	7.0271053	.002881844
348	121104	42144192	18.6547581	7.0338497	.002873563
349	121801	42508549	18.6815417	7.0405805	.002865330
350	122500	42875000	18.7082869	7.0472987	.002857143
351	123201	43243551	18.7349940	7.0540041	.002849003
352	123904	43614208	18.7616630	7.0606967	.002840909
353	124609	43986977	18.7882942	7.0673767	.002832861
354	125316	44361864	18.8148877	7.0740440	.002824859
355	126025	44738875	18.8414437	7.0806988	.002816901
356	126736	45118016	18.8679623	7.0873411	.002809089
357	127449	45499293	18.8944436	7.0939709	.002801120
358	128164	45882712	18.9208879	7.1005885	.002793296
359	128881	46268279	18.9472953	7.1071937	.002785515
360	129600	46656000	18.9736660	7.1137866	.002777778
361	130321	47045881	19.0000000	7.1203674	.002770083
362	131044	47437928	19.0262976	7.1269360	.002762431
363	131769	47832147	19.0525569	7.1334925	.002754821
364	132496	48228544	19.0787840	7.1400370	.002747253
365	133225	48627125	19.1049732	7.1465695	.002739726
366	133956	49027896	19.1311265	7.1530901	.002732240
367	134689	49430863	19.1572441	7.1595983	.002724796
368	135424	49835032	19.1833261	7.1660957	.002717381
369	136161	50240409	19.2093727	7.1725809	.002710027
370	136900	50648000	19.2353841	7.1790544	.002702703
371	137641	51056801	19.2613603	7.1855162	.002695418
372	138384	51466848	19.2873015	7.1919663	.002688172

## o. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
373	139129	51895117	19.3132079	7.1984050	.002680065
374	139876	62313224	19.3390796	7.2048322	.002673797
375	140625	62734375	19.3649167	7.2112479	.002666667
376	141376	53157376	19.3907194	7.2176522	.002659674
377	142129	53582633	19.4164878	7.2240490	.002652520
378	142884	54010152	19.4422221	7.2304288	.002645503
379	143641	54439639	19.4679223	7.2367972	.002638522
380	144400	54872000	19.4935837	7.2431655	.002631579
381	145161	55306341	19.5192213	7.2495045	.002624672
382	145924	55742668	19.5448203	7.2558415	.002617801
383	146689	56181887	19.5703858	7.2621675	.002610966
384	147456	56623104	19.5959179	7.2684824	.002604167
385	148225	57066325	19.6214169	7.2747878	.002597403
386	148996	57511546	19.6468837	7.2810874	.002590674
387	149769	57958763	19.6723156	7.2873817	.002583979
388	150544	58407984	19.6977156	7.2936630	.002577320
389	151321	58859209	19.7230829	7.2999336	.002570694
390	152100	59312400	19.7484177	7.3061935	.002564103
391	152881	59767541	19.7737199	7.3124328	.002557545
392	153664	60224628	19.7989899	7.3186614	.002551020
393	154449	60683657	19.8242276	7.3248796	.002544529
394	155236	61144624	19.8494332	7.3310869	.002538071
395	156025	61607535	19.8746069	7.3372839	.002531646
396	156816	62072396	19.8997487	7.3434705	.002525253
397	157609	62539213	19.9248588	7.3496466	.002518892
398	158404	63007984	19.9499373	7.3558121	.002512563
399	159201	63478709	19.9749844	7.3619678	.002506265
400	160000	64000000	20.0000000	7.3680000	.002500000
401	160801	64491201	20.0249844	7.3741179	.002493766
402	161604	64984908	20.0499377	7.3802227	.002487562
403	162409	65481127	20.0748599	7.3863173	.002481389
404	163216	65979854	20.0997412	7.3924018	.002475248
405	164025	66481085	20.1245818	7.3984763	.002469138
406	164836	66984816	20.1494817	7.4045406	.002463054
407	165649	67491043	20.1743410	7.4105949	.002457002
408	166464	67999772	20.1991609	7.4166395	.002450980
409	167281	68511009	20.2239484	7.4226742	.002444988
410	168100	68924000	20.2486967	7.4286989	.002438924
411	168921	69438831	20.2734139	7.4347136	.002432890
412	169744	69955608	20.2980981	7.4407189	.002426884
413	170569	70474437	20.3227404	7.4467142	.002420906
414	171396	70995314	20.3473409	7.4526999	.002414956
415	172225	71518245	20.3718988	7.4586769	.002409034
416	173056	71943228	20.3964241	7.4646442	.002403140
417	173889	72470269	20.4209179	7.4705919	.002397282
418	174724	73009364	20.4453803	7.4765294	.002391451
419	175561	73550509	20.4698015	7.4824562	.002385646
420	176400	74093700	20.4931815	7.4883724	.002379867
421	177241	74638941	20.5165204	7.4942781	.002374113
422	178084	75186228	20.5398183	7.5001733	.002368384
423	178929	75735567	20.5630752	7.5060580	.002362680
424	179776	76286954	20.5862901	7.5119322	.002357001
425	180625	76840395	20.6104630	7.5177959	.002351347
426	181476	77395888	20.6345939	7.5236492	.002345718
427	182329	77953431	20.6586828	7.5294920	.002340114
428	183184	78513022	20.6827297	7.5353243	.002334535
429	184041	79074669	20.7067346	7.5411461	.002328980
430	184900	79638370	20.7306975	7.5469574	.002323449
431	185761	80204125	20.7546184	7.5527581	.002317942
432	186624	80771932	20.7784973	7.5585482	.002312459
433	187489	81341791	20.8023342	7.5643277	.002306999
434	188356	81913700	20.8261291	7.5700966	.002301562

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
435	189225	82312875	20.8566538	7.5769849	.002298851
436	190336	82814336	20.8806130	7.5827855	.002293578
437	191469	83453489	20.9045450	7.5888793	.002288330
438	192624	84227672	20.9284495	7.5943633	.002283105
439	193791	84604519	20.9523268	7.6001385	.002277904
440	195000	85184000	20.9761770	7.6059049	.002272727
441	194481	83766121	21.0000000	7.6116626	.02267574
442	195984	88350888	21.0237960	7.6174116	.002269443
443	196249	86938807	21.0475652	7.6231519	.002265336
444	197136	87528384	21.0713075	7.6288837	.002262252
445	198025	88121125	21.0950231	7.6346067	.002259191
446	198916	88716536	21.1187121	7.6403213	.002256152
447	199809	89314623	21.1423745	7.6460272	.002253136
448	200704	89915392	21.1660105	7.6517247	.002250143
449	201601	90518849	21.1896201	7.6574133	.002247171
450	202500	91125000	21.2132034	7.6630943	.002244222
451	203401	91733851	21.2367606	7.6687668	.002241295
452	204304	92345408	21.2602916	7.6744303	.002238389
453	205209	92959677	21.2837967	7.6800857	.002235506
454	206116	93576664	21.3072768	7.6857333	.002232643
455	207025	94196376	21.3307290	7.6913717	.002229802
456	207936	94818816	21.3541565	7.6970023	.002226982
457	208849	95443993	21.3775583	7.7026246	.002224184
458	209764	96071912	21.4009346	7.7082388	.002221406
459	210681	96702679	21.4242853	7.7138448	.002218649
460	211600	97336000	21.4476106	7.7194426	.002215913
461	212521	97972181	21.4709106	7.7250325	.002213197
462	213444	98611128	21.4941853	7.7306141	.002210502
463	214369	99252847	21.5174348	7.7361877	.002207827
464	215296	99897344	21.5406592	7.7417532	.002205172
465	216225	100544625	21.5638587	7.7473109	.002202538
466	217156	101194696	21.5870331	7.7528606	.002200023
467	218089	101847563	21.6101828	7.7584023	.002197523
468	219024	102503222	21.6333077	7.7639361	.002195036
469	219961	103161709	21.6564078	7.7694620	.002192562
470	220900	103823000	21.6794834	7.7749801	.002190100
471	221841	104487111	21.7025344	7.7804904	.002187649
472	222784	105154048	21.7255610	7.7859928	.002185210
473	223729	105823817	21.7485632	7.7914875	.002182782
474	224676	106496424	21.7715411	7.7969745	.002180365
475	225625	107171876	21.7944947	7.8024538	.002177960
476	226576	107850176	21.8174242	7.8079254	.002175566
477	227529	108531333	21.8403297	7.8133892	.002173183
478	228484	109215362	21.8632111	7.8188456	.002170810
479	229441	109902289	21.8860686	7.8242942	.002168458
480	230400	110592000	21.9089023	7.8297353	.002166126
481	231361	111284541	21.9317122	7.8351688	.002163805
482	232324	111980016	21.9544984	7.8405949	.002161494
483	233289	112678537	21.9772610	7.8460134	.002159193
484	234256	113379904	22.0000000	7.8514244	.002156902
485	235225	114084125	22.0227155	7.8568281	.002154621
486	236196	114791256	22.0454077	7.8622242	.002152350
487	237169	115501303	22.0680765	7.8676130	.002150089
488	238144	116214272	22.0907220	7.8729944	.002147838
489	239121	116930169	22.1133444	7.8783684	.002145590
490	240100	117649000	22.1359436	7.8837352	.002143344
491	241081	118370771	22.1585198	7.8890946	.002141100
492	242064	119094588	22.1810730	7.8944468	.002138858
493	243049	119821357	22.2036033	7.8997917	.002136618
494	244036	120551784	22.2261108	7.9051294	.002134380
495	245025	121285375	22.2485955	7.9104599	.002132144
496	246016	122022336	22.2710576	7.9157832	.002129910

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
487	247009	122763473	22.2934963	7.9210694	.002012072
488	248004	123503662	22.3159136	7.9264085	.002008032
489	249001	124251499	22.3389079	7.9317104	.002004008
500	250000	125000000	22.3606798	7.9370053	.002000000
501	251001	125761501	22.3830233	7.9422931	.001996008
502	252004	126536008	22.4053565	7.9475739	.001992032
503	253009	127323627	22.4276615	7.9528477	.001988072
504	254016	128124464	22.4499443	7.9581144	.001984127
505	255025	128938625	22.4722051	7.9633743	.001980188
506	256036	129766126	22.4944438	7.9686271	.001976255
507	257049	130607049	22.5166605	7.9738731	.001972357
508	258064	131461482	22.5388553	7.9791122	.001968504
509	259081	131829429	22.5610283	7.9843444	.001964637
510	260100	132651000	22.5831796	7.9895697	.001960784
511	261121	133436281	22.6053091	7.9947883	.001956947
512	262144	134235282	22.6274170	8.0000000	.001953125
513	263169	135048007	22.6495033	8.0052049	.001949318
514	264196	135874464	22.6715691	8.0104032	.001945523
515	265225	136714675	22.6936144	8.0155945	.001941743
516	266256	137568646	22.7156394	8.0207794	.001937984
517	267289	138436483	22.7376440	8.0259574	.001934236
518	268324	139318202	22.7596184	8.0311287	.001930502
519	269361	139778859	22.7815715	8.0362935	.001926782
520	270400	140668000	22.8035035	8.0414515	.001923077
521	271441	141575761	22.8254244	8.0466030	.001919386
522	272484	142502168	22.8473333	8.0517479	.001915709
523	273529	143447227	22.8692313	8.0568862	.001912046
524	274576	144411044	22.8911183	8.0620180	.001908397
525	275625	145393725	22.9129944	8.0671452	.001904762
526	276676	146395376	22.9348696	8.0722620	.001901141
527	277729	147416003	22.9567436	8.0773743	.001897533
528	278784	148455722	22.9786166	8.0824800	.001893939
529	279841	149514539	22.0000000	8.0875794	.001890359
530	280900	148877000	23.0217289	8.0926723	.001886792
531	281961	149729281	23.0434372	8.0977589	.001883239
532	283024	150601488	23.0651252	8.1028390	.001879699
533	284089	151493627	23.0867928	8.1079128	.001876173
534	285156	152405704	23.1084400	8.1129803	.001872659
535	286225	153337825	23.1300670	8.1180414	.001869159
536	287296	154290006	23.1516733	8.1230962	.001865672
537	288369	155262363	23.1732605	8.1281447	.001862197
538	289444	156254902	23.1948270	8.1331870	.001858736
539	290521	157267629	23.2163735	8.1382230	.001855288
540	291600	158300500	23.2379001	8.1432529	.001851852
541	292681	159353561	23.2594067	8.1482765	.001848429
542	293764	160426868	23.2808935	8.1532939	.001845018
543	294849	161520467	23.3023604	8.1583051	.001841621
544	295936	162634404	23.3238076	8.1633102	.001838235
545	297025	163768825	23.3452351	8.1683092	.001834862
546	298116	164923786	23.3666429	8.1733020	.001831502
547	299209	166099343	23.3880311	8.1782888	.001828154
548	300304	167295542	23.4093998	8.1832695	.001824818
549	301401	168512429	23.4307490	8.1882441	.001821494
550	302500	169750000	23.4520788	8.1932127	.001818182
551	303601	171008281	23.4733892	8.1981753	.001814882
552	304704	172287328	23.4946602	8.2031319	.001811594
553	305809	173587187	23.5159025	8.2080825	.001808318
554	306916	174907904	23.5372046	8.2130271	.001805054
555	308025	176249525	23.5584780	8.2179657	.001801802
556	309136	177612106	23.5798222	8.2228985	.001798561
557	310249	178995683	23.6006474	8.2278254	.001795332
558	311364	177411112	23.6209236	8.2327463	.001792115

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
559	312481	174676879	23.6431803	8.2376614	.001788909
560	313600	175616000	23.6643191	8.2425705	.001785714
561	314721	176558481	23.6854586	8.2474740	.001782531
562	315844	177504328	23.7065982	8.2523715	.001779350
563	316969	178453547	23.7277310	8.2572633	.001776189
564	318096	179406144	23.7488642	8.2621492	.001773050
565	319225	180362125	23.7697286	8.2670294	.001769912
566	320356	181321496	23.7907545	8.2719039	.001766784
567	321489	182284263	23.8117618	8.2767726	.001763663
568	322624	183250432	23.8327506	8.2816355	.001760563
569	323761	184220000	23.8537209	8.2864928	.001757469
570	324900	185193000	23.8746723	8.2913444	.001754386
571	326041	186169441	23.8956063	8.2961903	.001751313
572	327184	187149248	23.9165215	8.3010304	.001748252
573	328329	188132517	23.9374184	8.3058651	.001745201
574	329476	189119224	23.9582971	8.3106941	.001742160
575	330625	190109375	23.9791676	8.3155175	.001739131
576	331776	191102976	24.0000300	8.3203353	.001736104
577	332929	192100033	24.0208824	8.3251475	.001733104
578	334084	193100552	24.0418306	8.3299542	.001730104
579	335241	194104569	24.0628188	8.3347653	.001727116
580	336400	195112000	24.0838191	8.3395709	.001724128
581	337561	196122941	24.1048416	8.3443710	.001721170
582	338724	197137388	24.1258762	8.3491756	.001718213
583	339889	198155337	24.1469229	8.3539847	.001715266
584	341056	199176704	24.1680919	8.3587984	.001712329
585	342225	200201495	24.1897732	8.3636166	.001709402
586	343396	201230056	24.2074369	8.3684295	.001706485
587	344569	202262003	24.2280829	8.3732368	.001703578
588	345744	203297472	24.2487113	8.3777188	.001700650
589	346921	204336469	24.2693222	8.3822453	.001697733
590	348100	205379000	24.2899156	8.3872065	.001694915
591	349281	206425071	24.3104916	8.3919423	.001692047
592	350464	207474688	24.3310501	8.3966729	.001689189
593	351649	208527857	24.3516913	8.4013981	.001686341
594	352836	209584584	24.3723152	8.4061180	.001683502
595	354025	210644875	24.3929218	8.4108326	.001680672
596	355216	211708736	24.4135112	8.4155419	.001677852
597	356409	212776173	24.4341834	8.4202460	.001675042
598	357604	213847192	24.4548385	8.4249449	.001672241
599	358801	214921799	24.4754765	8.4296383	.001669449
600	360000	216000000	24.4960974	8.4343267	.001666667
601	361201	217081801	24.5168013	8.4390098	.001663894
602	362404	218167208	24.5375883	8.4436877	.001661130
603	363609	219256227	24.5583583	8.4483605	.001658376
604	364816	220348964	24.5791115	8.4530281	.001655629
605	366025	221445425	24.5997478	8.4576906	.001652883
606	367236	222545616	24.6170673	8.4623479	.001650145
607	368449	223649543	24.6373700	8.4670001	.001647416
608	369664	224757212	24.6576560	8.4716471	.001644697
609	370881	225868629	24.6779254	8.4762882	.001642038
610	372100	226983800	24.6981781	8.4809231	.001639344
611	373321	228102831	24.7184142	8.4855529	.001636661
612	374544	229225728	24.7386333	8.4901848	.001633987
613	375769	230352497	24.7588358	8.4948065	.001631321
614	376996	231483136	24.7790234	8.4994233	.001628661
615	378225	232617751	24.7991953	8.5040350	.001626017
616	379456	233756348	24.8193497	8.5086417	.001623377
617	380689	234898933	24.8394947	8.5132435	.001620746
618	381924	236045512	24.8596303	8.5178403	.001618125
619	383161	237196091	24.8797503	8.5224321	.001615509
620	384400	238350680	24.8997992	8.5270189	.001612903

6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
621	385641	239453061	24.0198716	8.5316009	.001610306
622	386884	240641845	24.0399278	8.5361780	.001607717
623	388129	241804367	24.0599679	8.5407601	.001605136
624	389378	242970624	24.0799820	8.5453173	.001602564
625	390625	244140625	25.0000000	8.5498797	.001600000
626	391876	245314376	25.0199920	8.5544372	.001597444
627	393129	246491883	25.0399681	8.5589839	.001594886
628	394384	247673162	25.0599282	8.5635377	.001592357
629	395641	248858189	25.0798724	8.5680907	.001589825
630	396900	250047000	25.0999003	8.5726419	.001587302
631	398161	251239591	25.1197134	8.5771923	.001584783
632	399424	252435963	25.1394102	8.5817409	.001582273
633	400689	253636137	25.1590813	8.5862877	.001579779
634	401956	254840104	25.1787266	8.5908328	.001577287
635	403225	256047875	25.1983463	8.5953764	.001574803
636	404496	257259456	25.2179393	8.5999176	.001572327
637	405769	258474853	25.2385829	8.6044562	.001569859
638	407044	259694072	25.2586619	8.6089923	.001567398
639	408321	260917119	25.2784493	8.6135260	.001564945
640	409600	262144000	25.2982213	8.6177383	.001562500
641	410881	263374721	25.3179778	8.6222248	.001560062
642	412164	264609288	25.3377189	8.6267063	.001557632
643	413449	265847707	25.3574447	8.6311830	.001555210
644	414736	267089984	25.3771561	8.6356551	.001552796
645	416025	268336125	25.3968502	8.6401226	.001550388
646	417316	269586136	25.4165301	8.6445855	.001547988
647	418609	270840023	25.4361947	8.6490437	.001545595
648	419904	272097792	25.4558441	8.6534974	.001543210
649	421201	273359449	25.4754784	8.6579465	.001540832
650	422500	274625000	25.4950976	8.6623911	.001538462
651	423801	275894451	25.5147016	8.6668310	.001536098
652	425104	277167808	25.5342907	8.6712665	.001533742
653	426409	278445077	25.5538647	8.6756974	.001531394
654	427716	279726264	25.5734237	8.6801237	.001529052
655	429025	281011376	25.5929673	8.6845456	.001526718
656	430336	282300416	25.6124969	8.6889630	.001524390
657	431649	283593393	25.6320112	8.6933769	.001522070
658	432964	284890312	25.6515107	8.6977843	.001519767
659	434281	286191179	25.6709963	8.7021862	.001517461
660	435600	287496000	25.6904652	8.7065877	.001515162
661	436921	288804781	25.7099203	8.7109827	.001512869
662	438244	290117528	25.7293607	8.7153734	.001510574
663	439569	291434247	25.7487864	8.7197596	.001508286
664	440896	292754944	25.7681975	8.7241414	.001506002
665	442225	294079625	25.7875939	8.7285157	.001503729
666	443556	295408296	25.8069758	8.7328918	.001501462
667	444889	296740963	25.8263431	8.7372604	.001499200
668	446224	298077632	25.8456960	8.7416248	.001496948
669	447561	299418309	25.8650343	8.7459849	.001494703
670	448900	300763000	25.8843582	8.7503401	.001492467
671	450241	302111711	25.9036677	8.7546913	.001490238
672	451584	303464448	25.9229628	8.7590383	.001488015
673	452929	304821217	25.9422435	8.7633809	.001485798
674	454276	306182024	25.9615100	8.7677192	.001483586
675	455625	307546875	25.9807621	8.7720532	.001481381
676	456976	308915776	25.0000000	8.7763830	.001479180
677	458329	310288733	25.0192237	8.7807084	.001477105
678	459684	311665762	25.0384331	8.7850296	.001475043
679	461041	313046863	25.0576284	8.7893466	.001472984
680	462400	314432000	25.0768096	8.7936593	.001470938
681	463761	315821241	25.0959767	8.7979679	.001468902
682	465124	317214568	26.1151237	8.8022721	.001466876

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
683	468489	318611987	26.1342687	8.8085722	.001464129
684	469756	320013504	26.1533937	8.8108681	.001461988
685	469225	321419125	26.1725047	8.8151598	.001459854
686	470596	322828856	26.1916017	8.8194474	.001457726
687	471969	324242703	26.2106848	8.8237307	.001455604
688	473344	325660672	26.2297541	8.8280099	.001453488
689	474721	327082769	26.2488095	8.8322850	.001451379
690	476100	328509000	26.2678511	8.8365569	.001449275
691	477481	329939371	26.2868789	8.8408227	.001447178
692	478864	331373888	26.3058929	8.8450894	.001445087
693	480249	332812557	26.3248932	8.8493440	.001442992
694	481636	334255384	26.3438797	8.8535985	.001440902
695	483025	335703375	26.3628527	8.8578489	.001438849
696	484416	337156536	26.3818119	8.8620952	.001436782
697	485809	338614863	26.4007576	8.8663375	.001434720
698	487204	340078352	26.4196896	8.8705757	.001432665
699	488601	341547009	26.4386081	8.8748099	.001430615
700	490000	343020000	26.4575131	8.8790400	.001428571
701	491401	344497201	26.4764046	8.8832661	.001426534
702	492804	345978608	26.4952829	8.8874882	.001424501
703	494209	347464227	26.5141472	8.8917063	.001422475
704	495616	348954064	26.5329983	8.8959204	.001420455
705	497025	350448125	26.5518361	8.9001304	.001418440
706	498436	351946416	26.5706605	8.9043366	.001416431
707	499849	353448943	26.5894716	8.9085387	.001414427
708	501264	354955704	26.6082694	8.9127369	.001412429
709	502681	356466709	26.6270539	8.9169311	.001410437
710	504100	357981900	26.6458252	8.9211214	.001408451
711	505521	359492341	26.6645833	8.9253078	.001406470
712	506944	360998032	26.6833281	8.9294902	.001404494
713	508369	362498977	26.7020598	8.9336687	.001402525
714	509796	363995174	26.7207784	8.9378433	.001400560
715	511225	365486625	26.7394839	8.9420140	.001398601
716	512656	366983336	26.7581763	8.9461809	.001396648
717	514089	368485303	26.7768557	8.9503438	.001394700
718	515524	370002532	26.7955220	8.9545029	.001392758
719	516961	371525029	26.8141764	8.9586581	.001390821
720	518400	373052800	26.8328157	8.9628095	.001388889
721	519841	374585861	26.8514432	8.9669570	.001386963
722	521284	376124228	26.8700577	8.9711007	.001385042
723	522729	377667907	26.8886593	8.9752406	.001383126
724	524176	379216904	26.9072481	8.9793766	.001381215
725	525625	380771225	26.9258240	8.9835089	.001379310
726	527076	382330876	26.9443872	8.9876373	.001377410
727	528529	383895863	26.9629376	8.9917620	.001375516
728	529984	385466192	26.9814751	8.9958829	.001373628
729	531441	387041869	27.0000000	9.0000000	.001371742
730	532900	388622900	27.0185122	9.0041134	.001369863
731	534361	390209281	27.0370117	9.0082229	.001367989
732	535824	391801016	27.0554965	9.0123288	.001366120
733	537289	393398103	27.0739724	9.0164309	.001364256
734	538756	395000548	27.0924344	9.0205293	.001362398
735	540225	396608357	27.1108834	9.0246239	.001360544
736	541696	398221528	27.1293189	9.0287149	.001358696
737	543169	400840067	27.1477439	9.0328021	.001356852
738	544644	403464080	27.1661584	9.0368857	.001355014
739	546121	406093575	27.1845644	9.0409655	.001353180
740	547600	408728560	27.2029610	9.0450419	.001351351
741	549081	411369041	27.2213482	9.0491142	.001349528
742	550564	414015024	27.2397269	9.0531831	.001347709
743	552049	416666517	27.2580973	9.0572482	.001345896
744	553536	419323528	27.2764594	9.0613098	.001344086

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平 方	立 方	平 方 根	立 方 根	倒 數
745	550025	413493625	27.2946881	9.0653677	.001342282
746	553516	415169396	27.3130006	9.0694230	.001340483
747	558009	416832725	27.3313007	9.0734726	.001338688
748	563504	418503692	27.3495887	9.0775197	.001336898
749	561001	420189749	27.3678644	9.0815631	.001335113
750	562500	421875000	27.3861279	9.0856030	.001333333
751	564001	423564751	27.4043732	9.0896392	.001331558
752	565504	425259008	27.4226184	9.0936719	.001329787
753	567009	426957777	27.4408455	9.0977010	.001328021
754	568516	428661064	27.4590604	9.1017265	.001326260
755	570025	430368875	27.4772633	9.1057485	.001324503
756	571536	432081216	27.4954542	9.1097669	.001322761
757	573049	433798093	27.5136330	9.1137818	.001321024
758	574564	435519512	27.5317996	9.1177931	.001319281
759	576081	437245479	27.5499646	9.1218010	.001317523
760	577600	438976000	27.5680975	9.1258053	.001315789
761	579121	440711101	27.5862284	9.1298061	.001314060
762	580644	442450728	27.6043475	9.1338034	.001312336
763	582169	444194947	27.6224546	9.1377971	.001310616
764	583696	445943744	27.6405499	9.1417874	.001308901
765	585225	447697125	27.6586334	9.1457742	.001307190
766	586756	449455096	27.6767050	9.1497575	.001305483
767	588289	451217663	27.6947648	9.1537375	.001303781
768	589824	452984832	27.7128129	9.1577139	.001302083
769	591361	454756609	27.7308492	9.1616965	.001300390
770	592900	456533000	27.7488739	9.1656859	.001298701
771	594441	458314011	27.7668868	9.1696822	.001297017
772	595984	460099648	27.7848880	9.1736852	.001295337
773	597529	461890917	27.8028775	9.1776445	.001293661
774	599076	463687824	27.8208555	9.1815603	.001291989
775	600625	465490375	27.8388218	9.1854527	.001290322
776	602176	467298576	27.8567766	9.1893018	.001288660
777	603729	469112433	27.8747197	9.1931474	.001287001
778	605284	470931952	27.8926514	9.1972897	.001285347
779	606841	472757139	27.9105715	9.2012285	.001283697
780	608400	474588000	27.9284801	9.2051641	.001282051
781	609961	476424541	27.9463772	9.2090962	.001280410
782	611524	478266768	27.9642629	9.2130250	.001278772
783	613089	480114687	27.9821372	9.2169505	.001277139
784	614656	481968304	28.0000000	9.2208726	.001275510
785	616225	483827625	28.0178515	9.2247914	.001273885
786	617796	485692656	28.0356915	9.2287068	.001272265
787	619369	487563403	28.0535203	9.2326189	.001270648
788	620944	489439872	28.0713377	9.2365277	.001269036
789	622521	491322069	28.0891438	9.2404333	.001267427
790	624100	493209900	28.1069385	9.2443365	.001265823
791	625681	495103371	28.1247222	9.2482344	.001264223
792	627264	497002488	28.1424946	9.2521260	.001262626
793	628849	498907257	28.1602557	9.2560224	.001261034
794	630436	500817684	28.1780055	9.2599134	.001259446
795	632025	502733775	28.1957444	9.2637973	.001257862
796	633616	504655528	28.2134720	9.2676748	.001256281
797	635209	506582949	28.2311884	9.2715532	.001254705
798	636804	508516032	28.2488933	9.2754332	.001253133
799	638401	510454783	28.2665881	9.2793081	.001251563
800	640000	512400000	28.2842712	9.2831777	.001250000
801	641601	514351801	28.3019434	9.2870440	.001248439
802	643204	516309208	28.3196045	9.2909072	.001246883
803	644809	517772327	28.3372546	9.2947671	.001245330
804	646416	519241164	28.3548938	9.2986239	.001243781
805	648025	520715725	28.3725210	9.3024775	.001242236
806	649636	522196016	28.3901391	9.3063278	.001240695



## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
807	651249	625667943	28.4077454	9.3101753	.001239157
808	652964	627514112	28.4263403	9.3140190	.001238324
809	654481	629476129	28.4422253	9.3178539	.001237484
810	656100	631441000	28.4604989	9.3216875	.001236538
811	657721	633411731	28.4780617	9.3255200	.001235586
812	659344	635387328	28.4966137	9.3293524	.001234627
813	660969	637367797	28.5151549	9.3331846	.001233661
814	662596	639353144	28.5336852	9.3370167	.001232689
815	664225	641343375	28.5482048	9.3408483	.001231710
816	665856	643338496	28.5637197	9.3446795	.001230724
817	667489	645338513	28.5682319	9.3485103	.001229731
818	669124	647343432	28.6006993	9.3522857	.001228731
819	670761	649353259	28.6181760	9.3560932	.001227724
820	672400	651368000	28.6356491	9.3599016	.001226712
821	674041	653387661	28.6530776	9.3637049	.001225694
822	675684	655412244	28.6704624	9.3675051	.001224671
823	677329	657441767	28.6879166	9.3713022	.001223642
824	678976	659476224	28.7054402	9.3750963	.001222608
825	680625	661515625	28.7228132	9.3788873	.001221569
826	682276	663560976	28.7402157	9.3826752	.001220525
827	683929	665612283	28.7576077	9.3864600	.001219476
828	685584	667669552	28.7749891	9.3902419	.001218422
829	687241	669732789	28.7923601	9.3940205	.001217363
830	688900	671792000	28.8097206	9.3977994	.001216299
831	690561	673857191	28.8270706	9.4015691	.001215230
832	692224	675928368	28.8444102	9.4053387	.001214156
833	693889	678005537	28.8617394	9.4091084	.001213077
834	695556	680088704	28.8790582	9.4128780	.001211993
835	697225	682177875	28.8963666	9.4166476	.001210904
836	698896	684273048	28.9136646	9.4204172	.001209810
837	700569	686374223	28.9309523	9.4241868	.001208711
838	702244	688481402	28.9482297	9.4279563	.001207607
839	703921	690594589	28.9654967	9.4317258	.001206500
840	705600	692713700	28.9827535	9.4354950	.001205388
841	707281	694838831	29.0000000	9.4392640	.001204272
842	708964	696969988	29.0172363	9.4430328	.001203152
843	710649	699107167	29.0344623	9.4468014	.001202028
844	712336	701250374	29.0516881	9.4505698	.001200900
845	714025	703409615	29.0689137	9.4543380	.001199768
846	715716	705584896	29.0861391	9.4581060	.001198632
847	717409	707766223	29.1033644	9.4618738	.001197492
848	719104	709963602	29.1205896	9.4656414	.001196348
849	720801	712167039	29.1378146	9.4694088	.001195200
850	722500	714376500	29.1547596	9.4731760	.001194048
851	724201	716592081	29.1719043	9.4769429	.001192892
852	725904	718813788	29.1890390	9.4807096	.001191732
853	727609	721041527	29.2061637	9.4844760	.001190568
854	729316	723275304	29.2232784	9.4882422	.001189400
855	731025	725525125	29.2403830	9.4920082	.001188228
856	732736	727791000	29.2574777	9.4957739	.001187052
857	734449	729962923	29.2745623	9.4995394	.001185872
858	736164	732150896	29.2916370	9.5033047	.001184688
859	737881	734354929	29.3087018	9.5070698	.001183500
860	739600	736575000	29.3257566	9.5108347	.001182308
861	741321	738811121	29.3428015	9.5145994	.001181112
862	743044	741063288	29.3598365	9.5183638	.001179912
863	744769	743331507	29.3768616	9.5221279	.001178708
864	746496	745615774	29.3938769	9.5258917	.001177500
865	748225	747916095	29.4108823	9.5296552	.001176288
866	749956	749932468	29.4278779	9.5334183	.001175072
867	751689	751964899	29.4448637	9.5371811	.001173852
868	753424	754013384	29.4618397	9.5409436	.001172628

6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
869	755161	656234909	29.4789059	9.5427437	.001150748
870	756900	658503000	29.4957624	9.5464027	.001149425
871	758641	660776311	29.5127091	9.5500389	.001148106
872	760384	663054948	29.5296461	9.5537123	.001146789
873	762129	665338617	29.5465734	9.5573830	.001145475
874	763876	667627624	29.5634910	9.5611008	.001144165
875	765625	669921875	29.5803989	9.5648559	.001142857
876	767376	672221376	29.5972972	9.5686282	.001141553
877	769129	674526133	29.6141858	9.5724177	.001140251
878	770884	676836152	29.6310648	9.5762145	.001138952
879	772641	679151439	29.6479342	9.5799285	.001137656
880	774400	681472000	29.6647939	9.5836597	.001136364
881	776161	683797841	29.6816442	9.5874082	.001135074
882	777924	686128968	29.6984848	9.5910739	.001133787
883	779689	688465387	29.7153159	9.5947569	.001132503
884	781456	690807104	29.7321375	9.5984573	.001131222
885	783225	693154125	29.7489496	9.6020654	.001129944
886	784996	695506456	29.7657521	9.6056966	.001128668
887	786769	697864103	29.7825452	9.6093517	.001127396
888	788544	700227072	29.7993289	9.6130302	.001126126
889	790321	702595369	29.8161030	9.6167317	.001124859
890	792100	704969000	29.8328678	9.6190017	.001123596
891	793881	707347971	29.8496231	9.6222600	.001122334
892	795664	709732288	29.8663690	9.6260216	.001121076
893	797449	712121957	29.8831056	9.6297975	.001119821
894	799236	714516984	29.8998325	9.6335970	.001118569
895	801025	716917375	29.9165506	9.6374102	.001117318
896	802816	719323136	29.9332591	9.6412379	.001116071
897	804609	721734273	29.9499583	9.6450804	.001114827
898	806404	724150792	29.9666481	9.6489377	.001113586
899	808201	726572699	29.9833287	9.6528096	.001112347
900	810000	729000000	30.0000000	9.6566968	.001111111
901	811801	731432701	30.0166620	9.6605992	.001109878
902	813604	733870808	30.0333149	9.6645168	.001108647
903	815409	736314327	30.0499584	9.6684496	.001107420
904	817216	738763264	30.0665928	9.6723975	.001106195
905	819025	741217625	30.0832179	9.6763507	.001104972
906	820836	743677416	30.0998339	9.6793091	.001103753
907	822649	746142643	30.1164407	9.6822726	.001102536
908	824464	748613312	30.1330283	9.6852416	.001101322
909	826281	751089429	30.1496069	9.6882161	.001100110
910	828100	753571000	30.1661863	9.6902011	.001098901
911	829921	756058031	30.1827765	9.6921964	.001097695
912	831744	758550528	30.1993677	9.6941921	.001096491
913	833569	761048497	30.2159599	9.7011653	.001095290
914	835396	763551944	30.2325529	9.7081389	.001094092
915	837225	766060875	30.2491469	9.7151128	.001092896
916	839056	768575296	30.2657419	9.7220869	.001091703
917	840889	771095213	30.2823378	9.7290612	.001090513
918	842724	773620632	30.2989348	9.7360357	.001089325
919	844561	776151559	30.3155328	9.7430104	.001088139
920	846400	778688000	30.3321318	9.7500000	.001086957
921	848241	781229961	30.3487318	9.7570000	.001085776
922	850084	783777448	30.3653329	9.7640000	.001084599
923	851929	786330467	30.3819351	9.7710000	.001083423
924	853776	788889024	30.3985383	9.7780000	.001082251
925	855625	791453125	30.4151425	9.7850000	.001081081
926	857476	794022776	30.4317478	9.7920000	.001079914
927	859329	796597983	30.4483541	9.7990000	.001078749
928	861184	799178752	30.4649614	9.8060000	.001077586
929	863041	801765089	30.4815697	9.8130000	.001076426
930	864900	804357000	30.4981790	9.8200000	.001075269

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
931	866761	806954491	30.5122926	9.7644974	.001074114
932	868624	809557508	30.5286750	9.7679922	.001072361
933	870489	812166237	30.5450487	9.7714945	.001071817
934	872356	814780504	30.5614136	9.7749743	.001071364
935	874225	817400375	30.5777697	9.7784616	.001069819
936	876096	820026356	30.5941171	9.7819466	.001068376
937	877969	822658953	30.6104557	9.7854288	.001067226
938	879844	825293672	30.6267857	9.7889077	.001066098
939	881721	827936019	30.6431069	9.7923861	.001064963
940	883600	830584000	30.6594194	9.7958611	.001063830
941	885481	833237621	30.6757233	9.7993336	.001062699
942	887364	835896888	30.6920185	9.8028036	.001061571
943	889249	838561807	30.7083051	9.8062711	.001060445
944	891136	841232384	30.7245830	9.8097362	.001059322
945	893025	843908625	30.7408523	9.8131989	.001058201
946	894916	846590536	30.7571130	9.8166591	.001057082
947	896809	849278123	30.7733651	9.8201169	.001055965
948	898704	851971392	30.7896086	9.8235722	.001054852
949	900601	854670349	30.8058436	9.8270252	.001053741
950	902500	857375000	30.8220700	9.8304757	.001052632
951	904401	860085351	30.8382879	9.8339238	.001051525
952	906304	862801408	30.8544972	9.8373695	.001050420
953	908209	865523177	30.8706981	9.8408127	.001049318
954	910116	868250664	30.8868904	9.8442535	.001048218
955	912025	870983875	30.9030743	9.8476920	.001047120
956	913936	873732816	30.9192497	9.8511280	.001046025
957	915849	876487493	30.9354166	9.8545617	.001044932
958	917764	879247912	30.9515751	9.8579929	.001043841
959	919681	881974079	30.9677251	9.8614218	.001042753
960	921600	884766000	30.9838668	9.8648483	.001041667
961	923521	887523681	31.0000000	9.8682724	.001040583
962	925444	890247128	31.0161248	9.8716941	.001039501
963	927369	892936347	31.0322413	9.8751135	.001038422
964	929296	895641344	31.0483494	9.8785305	.001037344
965	931225	898362125	31.0644491	9.8819451	.001036269
966	933156	901108696	31.0805405	9.8853574	.001035197
967	935089	903871063	31.0966236	9.8887673	.001034126
968	937024	907039232	31.1126984	9.8921749	.001033058
969	938961	909823209	31.1287648	9.8955801	.001031992
970	940900	912623000	31.1448230	9.8989830	.001030928
971	942841	915438611	31.1608729	9.9023855	.001029866
972	944784	918270048	31.1769145	9.9057817	.001028807
973	946729	921117317	31.1929479	9.9091775	.001027749
974	948676	924010424	31.2089731	9.9125712	.001026694
975	950625	926959375	31.2249900	9.9159624	.001025641
976	952576	929914176	31.2409987	9.9193513	.001024590
977	954529	932874833	31.2569992	9.9227379	.001023541
978	956484	935841352	31.2729915	9.9261222	.001022495
979	958441	938813739	31.2889757	9.9295042	.001021450
980	960400	941802000	31.3049517	9.9328839	.001020408
981	962361	944806141	31.3209195	9.9362613	.001019368
982	964324	947826168	31.3368792	9.9396363	.001018330
983	966289	949862087	31.3528308	9.9430092	.001017294
984	968256	951913904	31.3687743	9.9463797	.001016260
985	970225	953971625	31.3847097	9.9497479	.001015228
986	972196	956035256	31.4006369	9.9531158	.001014199
987	974169	958104803	31.4165561	9.9564875	.001013171
988	976144	960180272	31.4324673	9.9598589	.001012146
989	978121	962261669	31.4483704	9.9632191	.001011122
990	980100	970299000	31.4642654	9.9665549	.001010101
991	982081	972342271	31.4801525	9.9698835	.001009082
992	984064	974391488	31.4960315	9.9732119	.001008065

## 6. 平方,立方,平方根,立方根及倒數

數	平方	立方	平方根	立方根	倒數
993	986049	979146657	31.5119025	9.9766120	.001007049
994	988036	982107784	31.5277655	9.9795959	.001006936
995	990025	985074875	31.5436206	9.9826055	.001006825
996	992016	988047936	31.5594877	9.9856455	.001006716
997	994009	991026973	31.5753668	9.9887100	.001006609
998	996004	994011992	31.5912589	9.9918029	.001006504
999	998001	997002969	31.6071631	9.9949165	.001006401
1000	1000000	1000000000	31.6227768	10.0000000	.001006300
1001	1002001	1003003001	31.6385840	10.0033322	.000996010
1002	1004004	1006012068	31.6545838	10.0066622	.000995904
1003	1006009	1009027027	31.6707162	10.0099969	.000995799
1004	1008016	1012048064	31.6869690	10.0133155	.000995694
1005	1010025	1015075125	31.7033499	10.0166389	.000995589
1006	1012036	1018108216	31.7198590	10.0199601	.000995485
1007	1014049	1021147343	31.7364933	10.0232791	.000995381
1008	1016064	1024192512	31.7490157	10.0265953	.000995278
1009	1018081	1027243729	31.7647603	10.0299104	.000995175
1010	1020100	1030301000	31.7804972	10.0332228	.000995072
1011	1022121	1033364331	31.7962262	10.0365330	.000994969
1012	1024144	1036433728	31.8119474	10.0398410	.000994866
1013	1026169	1039509197	31.8276609	10.0431469	.000994763
1014	1028196	1042590744	31.8433668	10.0464506	.000994660
1015	1030225	1045678375	31.8590654	10.0497521	.000994557
1016	1032256	1048772096	31.8747569	10.0530514	.000994454
1017	1034289	1051871913	31.8904407	10.0563485	.000994351
1018	1036324	1054977832	31.9061123	10.0596435	.000994248
1019	1038361	1058089859	31.9217794	10.0629364	.000994145
1020	1040400	1061208000	31.9374388	10.0662271	.000994042
1021	1042441	1064332261	31.9530906	10.0695156	.000993939
1022	1044484	1067462648	31.9687347	10.0728020	.000993836
1023	1046529	1070599167	31.9843712	10.0760863	.000993733
1024	1048576	1073741824	32.0000000	10.0793684	.000993630
1025	1050625	1076890625	32.0156212	10.0826484	.000993527
1026	1052676	1080045576	32.0312348	10.0859262	.000993424
1027	1054729	1083206683	32.0468407	10.0892019	.000993321
1028	1056784	1086373952	32.0624391	10.0924755	.000993218
1029	1058841	1089547389	32.0780298	10.0957469	.000993115
1030	1060900	1092727000	32.0936131	10.0990163	.000993012
1031	1062961	1095912801	32.1091887	10.1022835	.000992909
1032	1065024	1099104768	32.1247563	10.1055487	.000992806
1033	1067089	1102302837	32.1403173	10.1088117	.000992703
1034	1069156	1105507004	32.1558704	10.1120725	.000992600
1035	1071225	1108717275	32.1714159	10.1153314	.000992497
1036	1073296	1111933648	32.1869539	10.1185883	.000992394
1037	1075369	1115156129	32.2024844	10.1218428	.000992291
1038	1077444	1118384724	32.2180074	10.1250951	.000992188
1039	1079521	1121619439	32.2335229	10.1283457	.000992085
1040	1081600	1124860200	32.2490310	10.1315941	.000991982
1041	1083681	1128107121	32.2645316	10.1348403	.000991879
1042	1085764	1131360208	32.2800248	10.1380845	.000991776
1043	1087849	1134619467	32.2955105	10.1413266	.000991673
1044	1089936	1137884896	32.3109888	10.1445667	.000991570
1045	1092025	1141156495	32.3264598	10.1478047	.000991467
1046	1094116	1144434264	32.3419233	10.1510406	.000991364
1047	1096209	1147718303	32.3573794	10.1542744	.000991261
1048	1098304	1151008612	32.3728281	10.1575062	.000991158
1049	1100401	1154305299	32.3882695	10.1607359	.000991055
1050	1102500	1157608360	32.4037035	10.1639636	.000990952
1051	1104601	1160927801	32.4191301	10.1671891	.000990849
1052	1106704	1164253728	32.4345495	10.1704129	.000990746
1053	1108809	1167586147	32.4499615	10.1736344	.000990643
1054	1110916	1170925064	32.4653662	10.1768533	.000990540

## 7: 視 距 表

分 數	0°		1°		2°		3°		
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	
0'	100.00	.00	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23	
2	"	.06	"	1.80	99.87	3.55	99.72	5.28	
4	"	.12	"	1.86	"	3.60	99.71	5.34	
6	"	.17	99.96	1.92	"	3.66	"	5.40	
8	"	.23	"	1.98	99.86	3.72	99.70	5.46	
10	"	.29	"	2.04	"	3.78	99.69	5.52	
12	"	.35	"	2.09	99.85	3.84	"	5.57	
14	"	.41	99.95	2.15	"	3.90	99.68	5.63	
16	"	.47	"	2.21	99.84	3.95	"	5.69	
18	"	.52	"	2.27	"	4.01	99.67	5.75	
20	"	.58	"	2.33	99.83	4.07	99.66	5.80	
22	"	.64	99.94	2.38	"	4.13	"	5.86	
24	"	.70	"	2.44	99.82	4.18	99.65	5.92	
26	99.99	.76	"	2.50	"	4.24	99.64	5.98	
28	"	.81	99.93	2.56	99.81	4.30	99.63	6.04	
30	"	.87	"	2.62	"	4.36	"	6.09	
32	"	.93	"	2.67	99.80	4.42	99.62	6.15	
34	"	.99	"	2.73	"	4.48	"	6.21	
36	"	1.05	99.92	2.79	99.79	4.53	99.61	6.27	
38	"	1.11	"	2.85	"	4.59	99.60	6.33	
40	"	1.16	"	2.91	99.78	4.65	99.59	6.38	
42	"	1.22	99.91	3.97	"	4.71	"	6.44	
44	99.98	1.28	"	3.02	99.77	4.76	99.58	6.50	
46	"	1.34	99.90	3.08	"	4.82	99.57	6.56	
48	"	1.40	"	3.14	99.76	4.88	99.56	6.61	
50	"	1.45	"	3.20	"	4.94	"	6.67	
52	"	1.51	99.89	3.26	99.75	4.99	99.55	6.73	
54	"	1.57	"	3.31	99.74	5.05	99.54	6.78	
56	99.97	1.63	"	3.37	"	5.11	99.53	6.84	
58	"	1.69	99.88	3.43	99.73	5.17	99.52	6.90	
60	"	1.74	"	3.49	"	5.23	99.51	6.96	
c+f=	.22	.22	.00	.22	.01	.22	.01	.22	.01
c+f=	.30	.30	.00	.30	.01	.30	.01	.30	.02
c+f=	.38	.38	.00	.38	.01	.38	.02	.38	.02

### 7. 視 距 表

分 數	4°		5°		6°		7°	
	水平距離	高度差	水平距離	高度差	水平距離	高度差	水平距離	高度差
0	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10
2	99.51	7.02	99.23	8.74	98.90	10.45	98.50	12.15
4	99.50	7.07	99.22	8.80	98.88	10.51	98.48	12.21
6	99.49	7.13	99.21	8.85	98.87	10.57	98.47	12.26
8	99.48	7.19	99.20	8.91	98.86	10.62	98.46	12.32
10	99.47	7.25	99.19	8.97	98.85	10.68	98.44	12.38
12	99.46	7.30	99.18	9.03	98.83	10.74	98.43	12.43
14	99.45	7.36	99.17	9.08	98.82	10.79	98.41	12.49
16	99.45	7.42	99.16	9.14	98.81	10.85	98.40	12.55
18	99.44	7.48	99.15	9.20	98.80	10.91	98.39	12.60
20	99.43	7.53	99.14	9.25	98.78	10.96	98.37	12.66
22	99.42	7.59	99.13	9.31	98.77	11.02	98.36	12.72
24	99.41	7.65	99.11	9.37	98.76	11.08	98.34	12.77
26	99.40	7.71	99.10	9.43	98.74	11.13	98.33	12.83
28	99.39	7.76	99.09	9.48	98.73	11.19	98.31	12.88
30	99.38	7.82	99.08	9.54	98.72	11.25	98.29	12.94
32	99.38	7.88	99.07	9.60	98.71	11.30	98.28	13.00
34	99.37	7.94	99.06	9.65	98.69	11.36	98.27	13.05
36	99.36	7.99	99.05	9.71	98.68	11.42	98.25	13.11
38	99.35	8.05	99.04	9.77	98.67	11.47	98.24	13.17
40	99.34	8.11	99.03	9.83	98.65	11.53	98.22	13.22
42	99.33	8.17	99.01	9.88	98.64	11.59	98.20	13.28
44	99.32	8.22	99.00	9.94	98.63	11.64	98.19	13.33
46	99.31	8.28	98.99	10.00	98.61	11.70	98.17	13.39
48	99.30	8.34	98.98	10.05	98.60	11.76	98.16	13.45
50	99.29	8.40	98.97	10.11	98.58	11.81	98.14	13.50
52	99.28	8.45	98.96	10.17	98.57	11.87	98.13	13.56
54	99.27	8.51	98.94	10.22	98.55	11.93	98.11	13.61
56	99.26	8.57	98.93	10.28	98.54	11.98	98.10	13.67
58	99.25	8.63	98.92	10.34	98.53	12.04	98.08	13.73
60	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10	98.06	13.78
c+f=	.22	.22	.02	.22	.02	.22	.22	.03
c+f=	.30	.30	.02	.30	.03	.30	.30	.04
c+f=	.38	.38	.03	.38	.04	.38	.38	.05

## 7. 視 距 表

分 數	8°		9°		10°		11°		
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	
0'	98.06	13.78	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	
2	98.05	98.84	97.53	97.51	96.96	97.16	96.34	97.78	
4	98.03	98.89	97.52	97.56	96.94	97.21	96.32	97.84	
6	98.01	98.95	97.50	97.62	96.92	97.26	96.29	97.89	
8	98.00	14.01	97.48	97.67	96.90	97.32	96.27	97.95	
10	97.98	98.06	97.46	97.73	96.88	97.37	96.25	19.00	
12	97.97	14.12	97.44	15.78	96.86	17.43	96.23	19.05	
14	97.95	97.17	97.43	97.84	96.84	97.48	96.21	97.11	
16	97.93	97.23	97.41	97.89	96.82	97.54	96.18	97.16	
18	97.92	97.28	97.39	97.95	96.80	97.59	96.16	97.21	
20	97.90	97.34	97.37	16.00	96.78	97.65	96.14	97.27	
22	97.88	14.40	97.35	16.06	96.76	17.70	96.12	19.32	
24	97.87	97.45	97.33	97.11	96.74	97.76	96.09	97.38	
26	97.85	97.51	97.31	97.17	96.72	97.81	96.07	97.43	
28	97.83	97.56	97.29	97.22	96.70	97.86	96.05	97.48	
30	97.82	97.62	97.28	97.28	96.68	97.92	96.03	97.54	
32	97.80	97.67	97.26	16.33	96.66	17.97	96.00	19.59	
34	97.78	97.73	97.24	97.39	96.64	18.03	95.98	97.64	
36	97.76	97.79	97.22	97.44	96.62	97.08	95.96	97.70	
38	97.75	97.84	97.20	97.50	96.60	97.14	95.93	97.75	
40	97.73	97.90	97.18	97.55	96.57	97.19	95.91	97.80	
42	97.71	14.95	97.16	61.61	96.55	18.24	95.89	19.86	
44	97.69	15.01	97.14	97.66	96.53	97.30	95.86	97.91	
46	97.68	97.06	97.12	97.72	96.51	97.35	95.84	97.96	
48	97.66	97.12	97.10	97.77	96.49	97.41	95.82	20.02	
50	97.64	97.17	97.08	97.83	96.47	97.46	95.79	97.07	
52	97.62	15.23	97.06	16.88	96.45	18.51	95.77	20.12	
54	97.61	97.28	97.04	97.94	96.42	97.57	95.75	97.18	
56	97.59	97.34	97.02	97.99	96.40	97.62	95.72	97.23	
58	97.57	97.40	97.00	17.05	96.38	97.68	95.70	97.28	
60	97.55	97.45	96.98	97.10	96.36	97.73	95.68	97.34	
c+f=	.22	.22	.03	.22	.04	.22	.04	.22	.04
c+f=	.30	.30	.04	.30	.05	.20	.05	.29	.06
c+f=	.38	.38	.06	.37	.06	.37	.07	.37	.08

## 7. 視 距 表

分 數	12°		13°		14°		15°		
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	
0'	95.68	20.34	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00	
2	95.65	20.39	94.91	21.97	94.12	23.52	93.27	25.05	
4	95.63	20.44	94.89	22.02	94.09	23.58	93.24	25.10	
6	95.61	20.50	94.86	22.08	94.07	23.63	93.21	25.15	
8	95.58	20.55	94.84	22.13	94.04	23.68	93.18	25.20	
10	95.56	20.60	94.81	22.18	94.01	23.73	93.16	25.25	
12	95.53	20.66	94.79	22.23	93.98	23.78	93.13	25.30	
14	95.51	20.71	94.76	22.28	93.95	23.83	93.10	25.35	
16	95.49	20.76	94.73	22.34	93.93	23.88	93.07	25.40	
18	95.46	20.81	94.71	22.39	93.90	23.93	93.04	25.45	
20	95.44	20.87	94.68	22.44	93.87	23.99	93.01	25.50	
22	95.41	20.92	94.66	22.49	93.84	24.04	92.98	25.55	
24	95.39	20.97	94.63	22.54	93.81	24.09	92.95	25.60	
26	95.36	21.03	94.60	22.60	93.79	24.14	92.92	25.65	
28	95.34	21.08	94.58	22.65	93.76	24.19	92.89	25.70	
30	95.32	21.13	94.55	22.70	93.73	24.24	92.86	25.75	
32	95.29	21.18	94.52	22.75	93.70	24.29	92.83	25.80	
34	95.27	21.24	94.50	22.80	93.67	24.34	92.80	25.85	
36	95.24	21.29	94.47	22.85	93.65	24.39	92.77	25.90	
38	95.22	21.34	94.44	22.91	93.62	24.44	92.74	25.95	
40	95.19	21.39	94.42	22.96	93.59	24.49	92.71	26.00	
42	95.17	21.45	94.39	23.01	93.56	24.55	92.68	26.05	
44	95.14	21.50	94.36	23.06	93.53	24.60	92.65	26.10	
46	95.12	21.55	94.34	23.11	93.50	24.65	92.62	26.15	
48	95.09	21.60	94.31	23.16	93.47	24.70	92.59	26.20	
50	95.07	21.66	94.28	23.22	93.45	24.75	92.56	26.25	
52	95.04	21.71	94.26	23.27	93.42	24.80	92.53	26.30	
54	95.02	21.76	94.23	23.32	93.39	24.85	92.49	26.35	
56	94.99	21.81	94.20	23.37	93.36	24.90	92.46	26.40	
58	94.97	21.87	94.17	23.42	93.33	24.95	92.43	26.45	
60	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00	92.40	26.50	
c+f=	.22	.21	.05	.21	.05	.21	.06	.21	.06
c+f=	.30	.29	.06	.29	.07	.29	.08	.29	.08
c+f=	.38	.37	.08	.37	.09	.37	.10	.37	.10



## 7. 視 距 表

分 數	16°		17°		18°		19°		
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	
0'	92.40	26.50	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	
2	∴.37	∴.55	∴.42	28.01	∴.42	∴.44	∴.36	∴.83	
4	∴.34	∴.59	∴.39	∴.06	∴.38	∴.48	∴.33	∴.87	
6	∴.31	∴.64	∴.35	∴.10	∴.35	∴.53	∴.29	∴.92	
8	∴.28	∴.69	∴.32	∴.15	∴.31	∴.58	∴.26	∴.97	
10	∴.25	∴.74	∴.29	∴.20	∴.28	∴.62	∴.22	31.01	
12	92.22	26.79	91.26	28.25	90.24	29.67	89.18	31.06	
14	∴.19	∴.84	∴.22	∴.30	∴.21	∴.72	∴.15	∴.10	
16	∴.15	∴.89	∴.19	∴.34	∴.18	∴.76	∴.11	∴.15	
18	∴.12	∴.94	∴.16	∴.39	∴.14	∴.81	∴.08	∴.19	
20	∴.09	∴.99	∴.12	∴.44	∴.11	∴.86	∴.04	∴.24	
22	92.06	27.04	91.09	28.49	90.07	29.90	89.00	31.28	
24	∴.03	∴.09	∴.06	∴.54	∴.04	∴.95	88.96	∴.33	
26	∴.00	∴.13	∴.02	∴.58	∴.00	30.00	∴.93	∴.38	
28	91.97	∴.18	90.99	∴.63	89.97	∴.04	∴.89	∴.42	
30	∴.93	∴.23	∴.96	∴.68	∴.93	∴.09	∴.86	∴.47	
32	91.90	27.28	90.92	28.73	89.90	30.14	88.82	31.51	
34	∴.87	∴.33	∴.89	∴.77	∴.86	∴.19	∴.78	∴.56	
36	∴.84	∴.38	∴.86	∴.82	∴.83	∴.23	∴.75	∴.60	
38	∴.81	∴.43	∴.82	∴.87	∴.79	∴.28	∴.71	∴.65	
40	∴.77	∴.48	∴.79	∴.92	∴.76	∴.32	∴.67	∴.69	
42	91.74	27.52	90.76	28.96	89.72	30.37	88.64	31.74	
44	∴.71	∴.57	∴.72	29.01	∴.69	∴.41	∴.60	∴.78	
46	∴.68	∴.62	∴.69	∴.06	∴.65	∴.46	∴.56	∴.83	
48	∴.65	∴.67	∴.66	∴.11	∴.61	∴.51	∴.53	∴.87	
50	∴.61	∴.72	∴.62	∴.15	∴.58	∴.55	∴.49	∴.92	
52	91.58	27.77	90.59	29.20	89.54	30.60	88.45	31.96	
54	∴.55	∴.81	∴.55	∴.25	∴.51	∴.65	∴.41	32.01	
56	∴.52	∴.86	∴.52	∴.30	∴.47	∴.69	∴.38	∴.05	
58	∴.48	∴.91	∴.48	∴.34	∴.44	∴.74	∴.34	∴.09	
60	∴.45	∴.96	∴.45	∴.39	∴.40	∴.78	∴.30	∴.14	
c+f=	.22	.21	.06	.21	.07	.21	.07	.21	.07
c+f=	.30	.29	.08	.29	.09	.28	.10	.28	.10
c+f=	.38	.36	.10	.36	.11	.36	.12	.36	.13

### 7. 視 距 表

分 數	20°		21°		22°		23°	
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差
0'	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97
2	〃.26	〃.18	〃.12	〃.50	〃.93	〃.77	〃.69	〃.61
4	〃.23	〃.23	〃.08	〃.54	〃.89	〃.82	〃.65	〃.05
6	〃.19	〃.27	〃.04	〃.59	〃.85	〃.86	〃.61	〃.09
8	〃.15	〃.32	〃.00	〃.63	〃.80	〃.90	〃.57	〃.13
10	〃.11	〃.36	86.96	〃.67	〃.76	〃.94	〃.52	〃.17
12	88.08	32.41	86.92	33.72	85.72	34.98	84.48	36.21
14	〃.04	〃.45	〃.88	〃.76	〃.68	35.02	〃.44	〃.25
16	〃.00	〃.49	〃.84	〃.80	〃.64	〃.07	〃.40	〃.29
18	87.96	〃.54	〃.80	〃.84	〃.60	〃.11	〃.35	〃.33
20	〃.93	〃.58	〃.77	〃.89	〃.56	〃.15	〃.31	〃.37
22	87.89	32.63	86.73	33.93	85.52	35.19	84.27	36.41
24	〃.85	〃.67	〃.69	〃.97	〃.48	〃.23	〃.23	〃.45
26	〃.81	〃.72	〃.65	34.01	〃.44	〃.27	〃.18	〃.49
28	〃.77	〃.76	〃.61	〃.06	〃.40	〃.31	〃.14	〃.53
30	〃.74	〃.80	〃.57	〃.10	〃.36	〃.36	〃.10	〃.57
32	87.70	32.85	86.53	34.14	85.31	35.40	84.06	36.61
34	〃.66	〃.89	〃.49	〃.18	〃.27	〃.44	〃.01	〃.65
36	〃.62	〃.93	〃.45	〃.23	〃.23	〃.48	83.97	〃.69
38	〃.58	〃.98	〃.41	〃.27	〃.19	〃.52	〃.93	〃.73
40	〃.54	33.02	〃.37	〃.31	〃.15	〃.56	〃.89	〃.77
42	87.51	33.07	86.33	34.35	85.11	35.60	83.84	36.80
44	〃.47	〃.11	〃.29	〃.40	〃.07	〃.64	〃.80	〃.84
46	〃.43	〃.15	〃.25	〃.44	〃.02	〃.68	〃.76	〃.88
48	〃.39	〃.20	〃.21	〃.48	84.98	〃.72	〃.72	〃.92
50	〃.35	〃.24	〃.17	〃.52	〃.94	〃.76	〃.67	〃.96
52	87.31	33.28	86.13	34.57	84.90	35.80	83.63	37.00
54	〃.27	〃.33	〃.09	〃.61	〃.86	〃.85	〃.59	〃.04
56	〃.24	〃.37	〃.05	〃.65	〃.82	〃.89	〃.54	〃.08
58	〃.20	〃.41	〃.01	〃.69	〃.77	〃.93	〃.50	〃.12
60	〃.16	〃.45	85.97	〃.73	〃.73	〃.97	〃.46	〃.16
c+f=	.22	.21	.20	.08	.20	.08	.20	.09
c+f=	.30	.28	.28	.11	.28	.11	.28	.12
c+f=	.38	.36	.35	.14	.35	.14	.35	.15

## 7. 視 距 表

分 數	24°		25°		26°		27°		
	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	水 平 距 離	高 度 差	
0'	83.46	37.16	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	
2	33.41	33.20	33.09	33.34	33.74	33.44	33.34	33.49	
4	33.38	33.23	33.05	33.38	33.69	33.47	33.30	33.52	
6	33.33	33.27	33.01	33.41	33.65	33.51	33.25	33.55	
8	33.28	33.31	81.96	33.45	33.60	33.54	33.20	33.53	
10	33.24	33.35	33.92	33.49	33.55	33.58	33.15	33.62	
12	83.20	37.39	81.87	38.53	80.51	39.61	79.11	40.66	
14	33.15	33.43	33.83	33.56	33.46	33.65	33.06	33.69	
16	33.11	33.47	33.78	33.60	33.41	33.69	33.01	33.72	
18	33.07	33.51	33.74	33.64	33.37	33.72	78.96	33.76	
20	33.02	33.54	33.69	33.67	33.32	33.76	33.92	33.79	
22	82.98	37.58	81.65	38.71	80.28	39.79	78.87	40.82	
24	33.93	33.62	33.60	33.75	33.53	33.83	33.82	33.86	
26	33.89	33.66	33.56	33.78	33.18	33.86	33.77	33.89	
28	33.85	33.70	33.51	33.82	33.14	33.90	33.73	33.92	
30	33.80	33.74	33.47	33.86	33.09	33.93	33.68	33.96	
32	82.76	37.77	81.42	38.89	80.04	39.97	78.63	40.99	
34	33.72	33.81	33.38	33.93	33.00	40.00	33.53	41.02	
36	33.67	33.85	33.33	33.97	79.95	33.04	33.54	33.06	
38	33.63	33.89	33.28	39.00	33.90	33.07	33.49	33.03	
40	33.58	33.93	33.24	33.04	33.86	33.11	33.44	33.12	
42	82.54	37.96	81.19	39.08	79.81	40.14	78.39	41.16	
44	33.49	38.00	33.15	33.11	33.76	33.18	33.34	33.19	
46	33.45	33.04	33.10	33.15	33.72	33.21	33.30	33.22	
48	33.41	33.08	33.06	33.18	33.67	33.24	33.25	33.26	
50	33.36	33.11	33.01	33.22	33.62	33.28	33.20	33.29	
52	82.32	38.15	80.97	39.26	79.58	40.31	78.15	41.32	
54	33.27	33.19	33.92	33.29	33.53	33.35	33.10	33.35	
56	33.23	33.23	33.87	33.33	33.48	33.38	33.06	33.39	
58	33.18	33.26	33.83	33.36	33.44	33.42	33.01	33.42	
60	33.14	33.30	33.78	33.40	33.39	33.45	77.96	33.45	
c+f=	.22	.20	.03	.20	.09	.20	.10	.20	.10
c+f=	.30	.27	.12	.27	.13	.27	.13	.27	.14
c+f=	.38	.34	.16	.34	.16	.34	.17	.34	.17

### 8. 空氣折光改正數

按氣溫 50°F, 氣壓 29.6 英寸計算

仰角	折光	仰角	折光	仰角	折光	仰角	折光	仰角	折光	仰角	折光	仰角	折光
0 0	33 0	4 30	10 48	9 0	5 48	17 0	3 04	26 0	1 56	45 30	0 56		
0 5	32 10	35	10 39	5	5 45	10	3 03	10	1 55	46 0	0 55		
10	31 22	40	10 29	10	5 42	20	3 01	20	1 55	30	0 54		
15	30 38	45	10 20	15	5 39	30	2 59	30	1 54	47 0	0 53		
20	29 50	50	10 11	20	5 36	40	2 57	40	1 53	30	0 52		
25	29 06	55	10 02	25	5 34	50	2 55	50	1 52	48 0	0 51		
30	28 23	5 0	9 54	30	5 31	18 0	2 54	27 0	1 51	30	0 50		
35	27 41	5 5	9 46	35	5 28	10	2 52	15	1 50	49 0	0 49		
40	27 00	10	9 38	40	5 25	20	2 51	30	1 49	30	0 48		
45	26 20	15	9 30	45	5 23	30	2 49	45	1 48	50	0 48		
50	25 42	20	9 23	50	5 20	40	2 47	28 0	1 47	30	0 47		
55	25 05	25	9 15	55	5 18	50	2 46	15	1 46	51 0	0 47		
1 0	24 29	30	9 08	10 0	5 15	19 0	2 44	30	1 45	30	0 46		
5	23 54	35	9 01	10	5 10	10	2 42	45	1 44	52 0	0 46		
10	23 23	40	8 54	20	5 05	20	2 41	29 0	1 44	30	0 45		
15	22 47	45	8 47	30	5 00	30	2 40	40	1 43	53 0	0 45		
20	22 15	50	8 41	40	5 56	40	2 38	30	1 38	30	0 44		
25	21 44	55	8 34	50	5 51	50	2 37	30	1 37	54 0	0 44		
30	21 15	6 0	8 28	11 0	5 47	20 0	2 35	40	1 36	0 0	0 43		
35	20 46	6 5	8 21	10	5 43	10	2 34	50	1 35	30	0 43		
40	20 18	10	8 15	20	5 40	20	2 32	31 0	1 35	57 0	0 43		
45	19 50	15	8 09	30	5 37	30	2 31	20	1 34	0 0	0 42		
50	19 23	20	8 03	40	5 34	40	2 29	30	1 33	58 0	0 42		
55	18 55	25	7 57	50	5 31	50	2 28	32 0	1 32	59 0	0 42		
2 0	18 27	30	7 51	12 0	5 27	21 0	2 26	20	1 31	60 0	0 42		
5	18 00	35	7 45	10	5 23	10	2 25	40	1 30	30	0 41		
10	17 48	40	7 40	20	5 20	20	2 24	33 0	1 29	62 0	0 41		
15	17 26	45	7 35	30	5 17	30	2 23	20	1 28	63 0	0 41		
20	17 04	50	7 30	40	5 14	40	2 22	30	1 27	64 0	0 41		
25	16 44	55	7 25	50	5 11	50	2 21	40	1 26	65 0	0 41		
30	16 24	7 0	7 20	13 0	5 07	22 0	2 20	34 0	1 25	66 0	0 41		
35	16 04	7 5	7 15	10	5 04	10	2 19	40	1 24	67 0	0 41		
40	15 45	10	7 11	20	5 00	20	2 18	35 0	1 23	68 0	0 41		
45	15 27	15	7 06	30	4 57	30	2 17	20	1 22	69 0	0 41		
50	15 09	20	7 02	40	4 54	40	2 16	30	1 21	70 0	0 41		
55	14 52	25	6 57	50	4 51	50	2 15	40	1 20	71 0	0 41		
3 0	14 36	30	6 53	14 0	4 47	23 0	2 14	36 0	1 19	72 0	0 41		
5	14 20	35	6 49	10	4 44	10	2 13	40	1 18	73 0	0 41		
10	14 04	40	6 45	20	4 40	20	2 12	37 0	1 17	74 0	0 41		
15	13 39	45	6 41	30	4 37	30	2 11	38 0	1 16	75 0	0 41		
20	13 24	50	6 37	40	4 34	40	2 10	38 0	1 15	76 0	0 41		
25	13 10	55	6 33	50	4 31	50	2 09	39 0	1 14	77 0	0 41		
30	13 06	6 0	6 29	15 0	4 28	24 0	2 08	30	1 13	78 0	0 41		
35	12 53	6 5	6 25	10	4 25	10	2 07	40	1 12	79 0	0 41		
40	12 40	10	6 22	20	4 22	20	2 06	30	1 11	80 0	0 41		
45	12 27	15	6 18	30	4 19	30	2 05	41 0	1 10	81 0	0 41		
50	12 15	20	6 15	40	4 16	40	2 04	30	1 09	82 0	0 41		
55	12 03	25	6 11	50	4 13	50	2 03	42 0	1 08	83 0	0 41		
4 0	11 51	30	6 08	16 0	4 10	25 0	2 02	43 0	1 07	84 0	0 41		
6	11 40	35	6 05	10	4 07	10	2 01	43 0	1 06	85 0	0 41		
10	11 29	40	6 01	20	4 04	20	2 00	30	1 05	86 0	0 41		
15	11 18	45	5 58	30	4 01	30	1 59	44 0	1 04	87 0	0 41		
20	11 08	50	5 55	40	3 58	40	1 58	30	1 03	88 0	0 41		
25	10 58	55	5 52	50	3 56	50	1 57	45 0	1 02	89 0	0 41		



9. 化 度 為 時 表

分(度)				秒(度)				秒(度)之小數	
度	時	度	時	度	時	度	時	度	時
'	分秒	'	分秒	"	秒	"	秒	"	秒
1	0 04	31	2 04	1	0.067	31	2.067	0.1	0.007
2	0 08	32	2 08	2	0.133	32	2.133	0.2	0.013
3	0 12	33	2 12	3	0.200	33	2.200	0.3	0.020
4	0 16	34	2 16	4	0.267	34	2.267	0.4	0.027
5	0 20	35	2 20	5	0.333	35	2.333	0.5	0.033
6	0 24	36	2 24	6	0.400	36	2.400	0.6	0.040
7	0 28	37	2 28	7	0.467	37	2.467	0.7	0.047
8	0 32	38	2 32	8	0.533	38	2.533	0.8	0.053
9	0 36	39	2 36	9	0.600	39	2.600	0.9	0.060
10	0 40	40	2 40	10	0.667	40	2.667	1.0	0.067
11	0 44	41	2 44	11	0.733	41	2.733		
12	0 48	42	2 48	12	0.800	42	2.800		
13	0 52	43	2 52	13	0.867	43	2.867		
14	0 56	44	2 56	14	0.933	44	2.933		
15	1 00	45	3 00	15	1.000	45	3.000		
16	1 04	46	3 04	16	1.067	46	3.067		
17	1 08	47	3 08	17	1.133	47	3.133		
18	1 12	48	3 12	18	1.200	48	3.200		
19	1 16	49	3 16	19	1.267	49	3.267		
20	1 20	50	3 20	20	1.333	50	3.333		
21	1 24	51	3 24	21	1.400	51	3.400		
22	1 28	52	3 28	22	1.467	52	3.467		
23	1 32	53	3 32	23	1.533	53	3.533		
24	1 36	54	3 36	24	1.600	54	3.600		
25	1 40	55	3 40	25	1.667	55	3.667		
26	1 44	56	3 44	26	1.733	56	3.733		
27	1 48	57	3 48	27	1.800	57	3.800		
28	1 52	58	3 52	28	1.867	58	3.867		
29	1 56	59	3 56	29	1.933	59	3.933		
30	2 00	60	4 00	30	2.000	60	4.000		

10. 化 時 為 度 表

時		分				秒				秒之小數	
時	度	時	度	時	度	時	度	時	度	時	度
時	°	分	°	'	分	°	'	秒	"	秒	"
1	15	1	0 15	31	7 45	1	0 15	31	7 45	0.1	1.5
2	30	2	0 30	32	8 00	2	0 30	32	8 00	0.2	3.0
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15	0.3	4.5
4	60	4	1 00	34	8 30	4	1 00	34	8 30	0.4	6.0
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45	0.5	7.5
6	90	6	1 30	36	9 00	6	1 30	36	9 00	0.6	9.0
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15	0.7	10.5
8	120	8	2 00	38	9 30	8	2 00	38	9 30	0.8	12.0
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45	0.9	13.5
10	150	10	2 30	40	10 00	10	2 30	40	10 00	1.0	15.0
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15		
12	180	12	3 00	42	10 30	12	3 00	42	10 30		
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45		
14	210	14	3 30	44	11 00	14	3 30	44	11 00		
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15		
16	240	16	4 00	46	11 30	16	4 00	46	11 30		
17	255	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45		
18	270	18	4 30	48	12 00	18	4 30	48	12 00		
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15		
20	300	20	5 00	50	12 30	20	5 00	50	12 30		
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45		
22	330	22	5 30	52	13 00	22	5 30	52	13 00		
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15		
24	360	24	6 00	54	13 30	24	6 00	54	13 30		
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45		
		26	6 30	56	14 00	26	6 30	56	14 00		
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15		
		28	7 00	58	14 30	28	7 00	58	14 30		
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45		
		30	7 30	60	15 00	30	7 30	60	15 00		

11. 化平時為恆星時表

時		分				秒			
平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時
時	時分秒	分	分秒	分	分秒	秒	秒	秒	秒
1	10 9.8565	1	10.1643	31	31 5.0925	1	1.0027	31	31.0849
2	20 19.7129	2	20.3285	32	32 5.2568	2	2.0055	32	32.0876
3	30 29.5694	3	30.4928	33	33 5.4211	3	3.0082	33	33.0904
4	40 39.4259	4	40.6571	34	34 5.5853	4	4.0110	34	34.0931
5	50 49.2824	5	50.8214	35	35 5.7496	5	5.0137	35	35.0958
6	60 59.1388	6	60.9856	36	36 5.9139	6	6.0164	36	36.0986
7	71 8.9953	7	71.1499	37	37 6.0782	7	7.0192	37	37.1013
8	81 18.8518	8	81.3142	38	38 6.2424	8	8.0219	38	38.1040
9	91 28.7083	9	91.4785	39	39 6.4067	9	9.0246	39	39.1068
10	101 38.5647	10	101.6427	40	40 6.5710	10	10.0274	40	40.1095
11	111 48.4212	11	111.8070	41	41 6.7353	11	11.0301	41	41.1123
12	121 58.2777	12	121.9713	42	42 6.8995	12	12.0329	42	42.1150
13	132 8.1342	13	132.1356	43	43 7.0638	13	13.0356	43	43.1177
14	142 17.9906	14	142.2998	44	44 7.2281	14	14.0383	44	44.1205
15	152 27.8471	15	152.4641	45	45 7.3924	15	15.0411	45	45.1232
16	162 37.7036	16	162.6284	46	46 7.5566	16	16.0438	46	46.1259
17	172 47.5600	17	172.7927	47	47 7.7209	17	17.0465	47	47.1287
18	182 57.4165	18	182.9569	48	48 7.8852	18	18.0493	48	48.1314
19	193 7.2730	19	193.1212	49	49 8.0495	19	19.0520	49	49.1342
20	203 17.1295	20	203.2855	50	50 8.2137	20	20.0548	50	50.1369
21	213 26.9859	21	213.4498	51	51 8.3780	21	21.0575	51	51.1396
22	223 36.8424	22	223.6140	52	52 8.5423	22	22.0602	52	52.1424
23	233 46.6989	23	233.7783	53	53 8.7066	23	23.0630	53	53.1451
24	243 56.5554	24	243.9426	54	54 8.8708	24	24.0657	54	54.1478
		25	25 4.1069	55	55 9.0351	25	25.0684	55	55.1506
		26	26 4.2711	56	56 9.1994	26	26.0712	56	56.1533
		27	27 4.4354	57	57 9.3636	27	27.0739	57	57.1561
		28	28 4.5997	58	58 9.5279	28	28.0767	58	58.1588
		29	29 4.7640	59	59 9.6922	29	29.0794	59	59.1615
		30	30 4.9282	60	60 9.8565	30	30.0821	60	60.1643



## 11. 化平時爲恆星時表

## 秒 之 小 數

平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時	平時	恆星時
秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒
0.01	0.01003	0.21	0.21057	0.41	0.41112	0.61	0.61167	0.81	0.81222
0.02	0.02005	0.22	0.22060	0.42	0.42115	0.62	0.62170	0.82	0.82225
0.03	0.03008	0.23	0.23063	0.43	0.43118	0.63	0.63172	0.83	0.83227
0.04	0.04011	0.24	0.24066	0.44	0.44120	0.64	0.64175	0.84	0.84230
0.05	0.05014	0.25	0.25068	0.45	0.45123	0.65	0.65178	0.85	0.85233
0.06	0.06016	0.26	0.26071	0.46	0.46126	0.66	0.66181	0.86	0.86235
0.07	0.07019	0.27	0.27074	0.47	0.47129	0.67	0.67183	0.87	0.87238
0.08	0.08022	0.28	0.28077	0.48	0.48131	0.68	0.68186	0.88	0.88241
0.09	0.09025	0.29	0.29079	0.49	0.49134	0.69	0.69189	0.89	0.89244
0.10	0.10027	0.30	0.30082	0.50	0.50137	0.70	0.70192	0.90	0.90246
0.11	0.11030	0.31	0.31085	0.51	0.51140	0.71	0.71194	0.91	0.91249
0.12	0.12033	0.32	0.32088	0.52	0.52142	0.72	0.72197	0.92	0.92252
0.13	0.13036	0.33	0.33090	0.53	0.53145	0.73	0.73200	0.93	0.93255
0.14	0.14038	0.34	0.34093	0.54	0.54148	0.74	0.74203	0.94	0.94257
0.15	0.15041	0.35	0.35096	0.55	0.55151	0.75	0.75205	0.95	0.95260
0.16	0.16044	0.36	0.36099	0.56	0.56153	0.76	0.76208	0.96	0.96263
0.17	0.17047	0.37	0.37101	0.57	0.57156	0.77	0.77211	0.97	0.97266
0.18	0.18049	0.38	0.38104	0.58	0.58159	0.78	0.78214	0.98	0.98268
0.19	0.19052	0.39	0.39107	0.59	0.59162	0.79	0.79216	0.99	0.99271
0.20	0.20055	0.40	0.40110	0.60	0.60164	0.80	0.80219	1.00	1.00274

12. 化恆星時為平時表

時			分						秒					
恆星時	平時		恆星時	平時		恆星時	平時		恆星時	平時		恆星時	平時	
	分	秒		分	秒		分	秒		分	秒		分	秒
1	0	59 50.1704	1	0	59.8362	31	30 54.9214	1	0.9973	31	30.9154			
2	1	59 40.3409	2	1	59.6723	32	31 54.7576	2	1.9945	32	31.9126			
3	2	59 30.5113	3	2	59.5085	33	32 54.5937	3	2.9918	33	32.9099			
4	3	59 20.6818	4	3	59.3447	34	33 54.4299	4	3.9891	34	33.9072			
5	4	59 10.8522	5	4	59.1809	35	34 54.2661	5	4.9863	35	34.9044			
6	5	59 01.0226	6	5	59.0170	36	35 54.1023	6	5.9836	36	35.9017			
7	6	58 51.1931	7	6	58.8532	37	36 53.9384	7	6.9809	37	36.8990			
8	7	58 41.3635	8	7	58.6894	38	37 53.7746	8	7.9782	38	37.8962			
9	8	58 31.5340	9	8	58.5256	39	38 53.6108	9	8.9754	39	38.8935			
10	9	58 21.7044	10	9	58.3617	40	39 53.4470	10	9.9727	40	39.8908			
11	10	58 11.8748	11	10	58.1979	41	40 53.2831	11	10.9700	41	40.8881			
12	11	58 02.0453	12	11	58.0341	42	41 53.1193	12	11.9672	42	41.8853			
13	12	57 52.2157	13	12	57.8703	43	42 52.9555	13	12.9645	43	42.8826			
14	13	57 42.3861	14	13	57.7064	44	43 52.7917	14	13.9618	44	43.8799			
15	14	57 32.5566	15	14	57.5426	45	44 52.6278	15	14.9590	45	44.8771			
16	15	57 22.7270	16	15	57.3788	46	45 52.4640	16	15.9563	46	45.8744			
17	16	57 12.8975	17	16	57.2150	47	46 52.3002	17	16.9536	47	46.8717			
18	17	57 03.0679	18	17	57.0511	48	47 52.1364	18	17.9509	48	47.8690			
19	18	56 53.2383	19	18	56.8873	49	48 51.9725	19	18.9481	49	48.8662			
20	19	56 43.4088	20	19	56.7235	50	49 51.8087	20	19.9454	50	49.8635			
21	20	56 33.5792	21	20	56.5597	51	50 51.6449	21	20.9427	51	50.8607			
22	21	56 23.7497	22	21	56.3958	52	51 51.4810	22	21.9399	52	51.8580			
23	22	56 13.9201	23	22	56.2320	53	52 51.3172	23	22.9372	53	52.8553			
24	23	56 04.0905	24	23	56.0682	54	53 51.1534	24	23.9345	54	53.8526			
			25	24	55.9043	55	54 50.9896	25	24.9317	55	54.8498			
			26	25	55.7405	56	55 50.8257	26	25.9290	56	55.8471			
			27	26	55.5767	57	56 50.6619	27	26.9263	57	56.8444			
			28	27	55.4129	58	57 50.4981	28	27.9235	58	57.8416			
			29	28	55.2490	59	58 50.3343	29	28.9208	59	58.8389			
			30	29	55.0852	60	59 50.1704	30	29.9181	60	59.8362			

## 12. 化恆星時爲平時表

秒 之 小 數

恆時 星	平時	恆時 星	平時	恆時 星	平時	恆時 星	平時	恆時 星	平時
秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒	秒
0.01	0.00997	0.21	0.20943	0.41	0.40885	0.61	0.60833	0.81	0.80779
0.02	0.01995	0.22	0.21940	0.42	0.41885	0.62	0.61831	0.82	0.81776
0.03	0.02992	0.23	0.22937	0.43	0.42883	0.63	0.62828	0.83	0.82773
0.04	0.03989	0.24	0.23934	0.44	0.43880	0.64	0.63825	0.84	0.83771
0.05	0.04986	0.25	0.24932	0.45	0.44877	0.65	0.64823	0.85	0.84768
0.06	0.05984	0.26	0.25929	0.46	0.45874	0.66	0.65820	0.86	0.85765
0.07	0.06981	0.27	0.26926	0.47	0.46872	0.67	0.66817	0.87	0.86762
0.08	0.07978	0.28	0.27924	0.48	0.47869	0.68	0.67814	0.88	0.87760
0.09	0.08975	0.29	0.28921	0.49	0.48866	0.69	0.68812	0.89	0.88757
0.10	0.09973	0.30	0.29918	0.50	0.49863	0.70	0.69809	0.90	0.89754
0.11	0.10970	0.31	0.30915	0.51	0.50861	0.71	0.70806	0.91	0.90752
0.12	0.11967	0.32	0.31913	0.52	0.51858	0.72	0.71803	0.92	0.91749
0.13	0.12965	0.33	0.32910	0.53	0.52855	0.73	0.72801	0.93	0.92746
0.14	0.13962	0.34	0.33907	0.54	0.53852	0.74	0.73798	0.94	0.93743
0.15	0.14959	0.35	0.34904	0.55	0.54850	0.75	0.74795	0.95	0.94741
0.16	0.15956	0.36	0.35902	0.56	0.55847	0.76	0.75792	0.96	0.95738
0.17	0.16954	0.37	0.36899	0.57	0.56844	0.77	0.76790	0.97	0.96735
0.18	0.17951	0.38	0.37896	0.58	0.57842	0.78	0.77787	0.98	0.97732
0.19	0.18948	0.39	0.38894	0.59	0.58839	0.79	0.78784	0.99	0.98730
0.20	0.19945	0.40	0.39891	0.60	0.59836	0.80	0.79782	1.00	0.99727

13. 弧面與折光總改正數

距離 (公尺)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
1,000	.07	.08	.10	.11	.13	.15	.17	.19	.22	.24	.27
2,000	.27	.29	.32	.35	.38	.42	.45	.49	.52	.56	.60
3,000	.60	.64	.68	.73	.77	.82	.86	.91	.96	1.01	1.07
4,000	1.07	1.12	1.18	1.23	1.29	1.35	1.41	1.47	1.54	1.60	1.67
5,000	1.67	1.74	1.80	1.87	1.94	2.02	2.09	2.17	2.24	2.32	2.40
6,000	2.40	2.48	2.56	2.65	2.73	2.82	2.91	3.00	3.09	3.18	3.27
7,000	3.27	3.36	3.46	3.55	3.65	3.75	3.85	3.96	4.06	4.16	4.27
8,000	4.27	4.38	4.49	4.60	4.71	4.82	4.93	5.05	5.16	5.28	5.40
9,000	5.40	5.52	5.65	5.77	5.89	6.02	6.15	6.28	6.41	6.54	6.67
10,000	6.67	6.80	6.94	7.08	7.22	7.36	7.50	7.64	7.78	7.93	8.07
11,000	8.07	8.22	8.37	8.52	8.67	8.82	8.98	9.13	9.29	9.45	9.61
12,000	9.61	9.77	9.93	10.09	10.26	10.42	10.59	10.76	10.92	11.10	11.27
13,000	11.27	11.45	11.62	11.80	11.98	12.16	12.34	12.52	12.71	12.89	13.08
14,000	13.08	13.26	13.45	13.64	13.83	14.03	14.22	14.42	14.61	14.81	15.01
15,000	15.01	15.21	15.41	15.62	15.82	16.03	16.24	16.44	16.65	16.87	17.08
16,000	17.08	17.30	17.51	17.73	17.95	18.17	18.39	18.61	18.83	19.05	19.28
17,000	19.28	19.51	19.73	19.96	20.19	20.43	20.66	20.89	21.13	21.37	21.61
18,000	21.61	21.86	22.10	22.34	22.58	22.83	23.08	23.33	23.58	23.83	24.08
19,000	24.08	24.34	24.60	24.85	25.11	25.37	25.63	25.89	26.15	26.42	26.68

## 14. 用氣壓計讀數求高度差

氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
440	839.5	480	1534.9	520	2174.5	560	2766.7	600	3318.0
441	857.7	481	1551.5	521	2189.8	561	2780.9	601	3331.3
442	875.8	482	1568.1	522	2205.1	562	2795.1	602	3344.6
443	893.8	483	1584.6	523	2220.4	563	2809.3	603	3357.9
444	911.8	484	1601.1	524	2235.7	564	2823.5	604	3371.1
445	929.8	485	1617.6	525	2250.9	565	2837.7	605	3384.3
446	947.8	486	1634.1	526	2266.1	566	2851.8	606	3397.5
447	965.7	487	1650.5	527	2281.3	567	2865.9	607	3410.1
448	983.5	488	1666.9	528	2296.5	568	2880.0	608	3423.9
449	1001.3	489	1683.3	529	2311.6	569	2894.1	609	3437.0
450	1019.1	490	1699.6	530	2326.7	570	2908.1	610	3450.1
451	1036.8	491	1715.9	531	2341.8	571	2922.1	611	3463.2
452	1054.5	492	1732.2	532	2356.8	572	2936.1	612	3476.3
453	1072.2	493	1748.4	533	2371.8	573	2950.1	613	3489.3
454	1089.8	494	1764.6	534	2386.8	574	2964.0	614	3502.3
455	1107.4	495	1780.8	535	2401.7	575	2977.9	615	3515.3
456	1125.0	496	1796.9	536	2416.6	576	2991.8	616	3528.3
457	1142.5	497	1813.0	537	2431.5	577	3005.7	617	3541.3
458	1159.9	498	1829.0	538	2446.4	578	3019.5	618	3554.2
459	1177.3	499	1845.0	539	2461.2	579	3033.3	619	3567.1
460	1194.7	500	1861.0	540	2476.0	580	3047.1	620	3580.0
461	1212.1	501	1877.0	541	2490.8	581	3060.9	621	3592.9
462	1229.4	502	1893.0	542	2505.6	582	3074.6	622	3605.8
463	1246.7	503	1908.8	543	2520.3	583	3088.3	623	3618.6
464	1263.9	504	1924.8	544	2535.0	584	3102.0	624	3631.4
465	1281.1	505	1940.6	545	2549.7	585	3115.7	625	3644.2
466	1298.3	506	1956.4	546	2564.4	586	3129.3	626	3657.0
467	1315.4	507	1972.2	547	2579.0	587	3142.9	627	3669.8
468	1332.5	508	1987.9	548	2593.6	588	3156.5	628	3682.5
469	1349.6	509	2003.6	549	2608.2	589	3170.1	629	3695.2
470	1366.6	510	2019.3	550	2622.7	590	3183.7	630	3707.9
471	1383.6	511	2035.0	551	2637.2	591	3197.2	631	3720.6
472	1400.5	512	2050.6	552	2651.7	592	3210.7	632	3733.2
473	1417.4	513	2066.2	553	2666.2	593	3224.2	633	3745.8
474	1434.3	514	2081.7	554	2680.6	594	3237.7	634	3758.4
475	1451.2	515	2097.2	555	2695.0	595	3251.1	635	3771.0
476	1468.0	516	2112.7	556	2709.4	596	3264.5	636	3783.6
477	1484.8	517	2128.2	557	2723.8	597	3277.9	637	3796.2
478	1501.5	518	2143.7	558	2738.1	598	3291.3	638	3808.7
479	1518.2	519	2159.1	559	2752.4	599	3304.7	639	3821.2
480	1534.9	520	2174.5	560	2766.7	600	3318.0	640	3833.7

14. 用氣壓計讀數求高度差

氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
640	3833.7	680	4318.2	720	4774.9	760	5207.0	800	5616.9
641	3846.2	681	4329.9	721	4786.0	761	5217.5	801	5626.8
642	3858.7	682	4341.6	722	4797.1	762	5228.0	802	5636.8
643	3871.1	683	4353.3	723	4808.1	763	5238.5	803	5646.8
644	3883.5	684	4365.0	724	4819.2	764	5248.9	804	5656.7
645	3895.9	685	4376.7	725	4830.2	765	5259.4	805	5666.6
646	3908.3	686	4388.4	726	4841.2	766	5269.8	806	5676.6
647	3920.7	687	4400.0	727	4852.2	767	5280.2	807	5686.5
648	3933.0	688	4411.6	728	4863.2	768	5290.6	808	5696.4
649	3945.3	689	4423.2	729	4874.2	769	5301.0	809	5706.3
650	3957.6	690	4434.8	730	4885.1	770	5311.4	810	5716.1
651	3969.9	691	4446.4	731	4896.1	771	5321.8	811	5726.0
652	3982.2	692	4458.0	732	4907.0	772	5332.2	812	5735.8
653	3994.4	693	4469.5	733	4917.9	773	5342.5	813	5745.7
654	4006.6	694	4481.0	734	4928.8	774	5352.8	814	5755.5
655	4018.8	695	4492.5	735	4939.7	775	5363.2	815	5765.3
656	4031.0	696	4504.0	736	4950.6	776	5373.5	816	5775.1
657	4043.2	697	4515.5	737	4961.4	777	5383.7	817	5784.9
658	4055.4	698	4526.9	738	4972.2	778	5394.0	818	5794.7
659	4067.5	699	4538.4	739	4983.1	779	5404.3	819	5804.4
660	4079.6	700	4549.8	740	4993.9	780	5414.5	820	5814.2
661	4091.7	701	4561.2	741	5004.7	781	5424.8	821	5823.9
662	4103.8	702	4572.6	742	5015.4	782	5435.0	822	5833.6
663	4115.9	703	4584.0	743	5026.2	783	5445.2	823	5843.4
664	4127.9	704	4595.4	744	5036.9	784	5455.4	824	5853.1
665	4139.9	705	4606.7	745	5047.7	785	5465.6	825	5862.8
666	4151.9	706	4618.0	746	5058.4	786	5475.8	826	5872.4
667	4163.9	707	4629.3	747	5069.1	787	5485.9	827	5882.1
668	4175.9	708	4640.6	748	5079.8	788	5496.1	828	5891.8
669	4187.9	709	4651.9	749	5090.5	789	5506.2	829	5901.4
670	4199.8	710	4663.1	750	5101.1	790	5516.3	830	5911.0
671	4211.7	711	4674.4	751	5111.8	791	5526.4	831	5920.7
672	4223.6	712	4685.7	752	5122.4	792	5536.5	832	5930.3
673	4235.5	713	4696.9	753	5133.0	793	5546.6	833	5939.9
674	4247.4	714	4708.0	754	5143.6	794	5556.7	834	5949.5
675	4259.2	715	4719.2	755	5154.2	795	5566.8	835	5959.0
676	4271.0	716	4730.4	756	5164.8	796	5576.8	836	5968.6
677	4282.8	717	4741.5	757	5175.4	797	5586.8	837	5978.1
678	4294.6	718	4752.7	758	5185.9	798	5596.9	838	5987.7
679	4306.4	719	4763.8	759	5196.4	799	5606.9	839	5997.5
680	4318.2	720	4774.9	760	5207.0	800	9616.9	840	6006.7

## 14. 用氣壓計讀數求高度差

氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度	氣壓	高度
mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
840	6006.7	880	6378.5	920	6733.7	960	7073.8	1000	7400.0
841	6016.2	881	6387.6	921	6742.4	961	7082.1	1001	7403.0
842	6025.7	882	6396.6	922	6751.1	962	7090.4	1002	7416.0
843	6035.2	883	6405.7	923	6759.7	963	7098.7	1003	7423.9
844	6044.7	884	6414.7	924	6768.4	964	7107.1	1004	7431.9
845	6054.2	885	6423.8	925	6777.0	965	7115.3	1005	7439.9
846	6063.6	886	6432.8	926	6785.6	966	7123.6	1006	7447.8
847	6073.0	887	6441.8	927	6794.3	967	7131.8	1007	7455.7
848	6082.5	888	6450.8	928	6802.9	968	7140.1	1008	7463.7
849	6091.9	889	6459.8	929	6811.5	969	7148.4	1009	7471.6
850	6101.3	890	6468.8	930	6820.1	970	7156.4	1010	7479.5
851	6110.7	891	6477.8	931	6828.7	971	7164.8	1011	7487.4
852	6120.1	892	6486.7	932	6837.3	972	7173.0	1012	7495.3
853	6129.5	893	6495.7	933	6845.8	973	7181.2	1013	7503.2
854	6138.8	894	6504.6	934	6854.4	974	7189.4	1014	7511.1
855	6148.2	895	6513.5	935	6864.9	975	7197.6	1015	7519.0
856	6157.5	896	6522.5	936	6871.5	976	7205.8	1016	7526.8
857	6166.9	897	6531.4	937	6880.0	977	7214.0	1017	7534.7
858	6176.2	898	6540.3	938	6888.5	978	7222.2	1018	7542.6
859	6185.5	899	6549.2	939	6897.1	979	7230.4	1019	7550.4
860	6194.8	900	6558.1	940	6905.6	980	7238.6	1020	7558.2
861	6204.1	901	6566.9	941	6914.1	981	7246.7	1021	7566.1
862	6213.3	902	6575.8	942	6922.5	982	7254.8	1022	7573.9
863	6222.6	903	6584.7	943	6931.0	983	7263.0	1023	7581.7
864	6231.9	904	6593.5	944	6939.5	984	7271.1	1024	7589.5
865	6241.1	905	6602.3	945	6947.9	985	7279.2	1025	7597.3
866	6250.3	906	6611.2	946	6956.4	986	7287.3	1026	7605.1
867	6259.5	907	6620.0	947	6964.8	987	7295.4	1027	7612.9
868	6268.8	908	6628.8	948	6973.3	988	7303.5	1028	7620.7
869	6278.0	909	6637.6	949	6981.7	989	7311.6	1029	7628.4
870	6287.2	910	6646.4	950	6990.1	990	7319.7	1030	7636.2
871	6296.3	911	6655.1	951	6998.5	991	7327.8	1031	7644.0
872	6305.5	912	6663.9	952	7006.9	992	7335.8	1032	7651.7
873	6314.7	913	6672.7	953	7015.3	993	7343.9	1033	7659.4
874	6323.8	914	6681.4	954	7023.7	994	7351.9	1034	7667.2
875	6332.9	915	6690.1	955	7032.1	995	7359.9	1035	7674.9
876	6342.1	916	6698.9	956	7040.4	996	7368.0	1036	7682.6
877	6351.2	917	6707.6	957	7048.8	997	7376.0	1037	7690.3
878	6360.3	918	6716.3	958	7057.1	998	7384.0	1038	7698.0
879	6369.4	919	6725.0	959	7065.5	999	7392.0	1039	7705.7
880	6378.5	920	6733.7	760	7073.8	1000	7400.0	1040	7713.4

### 15. 氣壓計溫度訂正表

t 在零度上者,訂正數應加;若在零度下,則應減去。

高度差	溫 度 t (攝 氏)									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
100	0.4	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7
200	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3
300	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0
400	1.5	2.9	4.4	5.9	7.3	8.8	10.3	11.7	13.2	14.7
500	1.8	3.7	5.5	7.3	9.2	11.0	12.8	14.6	16.5	18.3
600	2.2	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6	19.8	22.0
700	2.6	5.1	7.7	10.3	12.8	15.4	18.0	20.5	23.1	25.6
800	2.9	5.9	8.8	11.7	14.7	17.6	20.5	23.4	26.4	29.3
900	3.3	6.6	9.9	13.2	16.5	19.8	23.1	26.4	29.7	33.0
1000	3.7	7.3	11.0	14.7	18.3	22.0	25.6	29.3	33.0	36.6
1100	4.0	8.1	12.1	16.1	20.2	24.2	28.2	32.2	36.3	40.3
1200	4.4	8.8	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.6	44.0
1300	4.8	9.5	14.3	19.1	23.8	28.6	33.3	38.1	42.9	47.6
1400	5.1	10.3	15.4	20.5	25.6	30.8	35.9	41.0	46.2	51.3
1500	5.5	11.0	16.5	22.0	27.5	33.0	38.5	44.0	49.5	55.0
1600	5.9	11.7	17.6	23.4	29.3	35.2	41.0	46.9	52.8	58.6
1700	6.2	12.5	18.7	24.9	31.1	37.4	43.6	49.8	46.1	62.3
1800	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	52.8	59.4	66.0
1900	7.0	13.9	20.9	27.8	34.8	41.8	48.7	55.7	62.7	69.6
2000	7.3	14.7	22.0	29.3	36.6	44.0	50.3	58.6	66.0	73.3
2100	7.7	15.4	23.1	30.8	38.5	46.2	53.9	61.6	69.2	76.9
2200	8.1	16.1	24.2	32.2	40.3	48.4	56.4	64.5	72.5	80.6
2300	8.4	16.9	25.3	33.7	42.1	50.6	59.0	67.4	75.8	84.3
2400	8.8	17.6	26.4	35.2	44.0	52.8	61.6	70.3	79.1	87.9
2500	9.2	18.3	27.5	36.6	45.8	55.0	64.1	73.3	82.4	91.6
2600	9.5	19.1	28.6	38.1	47.6	57.2	66.7	76.2	85.7	95.3
2700	9.9	19.8	29.7	39.6	49.5	59.4	69.2	79.1	89.0	98.9
2800	10.3	20.5	30.8	41.0	51.3	61.6	71.8	82.1	92.3	102.6
2900	10.6	21.3	31.9	42.5	53.1	63.8	74.4	85.0	95.6	106.3
3000	11.0	22.0	33.0	44.0	55.0	66.0	76.9	87.9	98.9	109.9
3100	11.4	22.7	34.1	45.4	56.8	68.2	79.5	90.9	102.2	113.6
3200	11.7	23.4	35.2	46.9	58.6	70.3	82.1	93.8	105.5	117.2
3300	12.1	24.2	36.3	48.4	60.5	72.5	84.6	96.7	108.8	120.9
3400	12.5	24.9	37.4	49.8	62.3	74.7	87.2	99.7	112.1	124.6
3500	12.8	25.6	38.5	51.3	64.1	76.9	89.8	102.6	115.4	128.2
3600	13.2	26.4	39.6	52.8	66.0	79.1	92.3	105.5	118.7	131.9
3700	13.6	27.1	40.7	54.2	67.0	81.3	94.9	108.5	122.0	135.6
3800	13.9	27.8	41.8	55.7	69.6	83.5	97.5	111.4	125.3	139.2
3900	14.3	28.6	42.9	57.2	71.4	85.7	100.0	114.3	128.6	142.9
4000	14.7	29.3	44.0	58.6	73.3	87.9	102.6	117.2	131.9	146.6



中華民國二十四年九月初版  
中華民國三十六年四月四版

# 測量學 (全一册)

定價 國幣

(外埠酌加運費匯費)

編著者 李海觀

發行者 世界書局有限公司代理人 李煜瀛

印刷者 上海大連路 世界書局

發行所 上海及各省 世界書局



中華民國二十五年二月七日內政部註冊執照第六五六七號

44

404034

(1)