

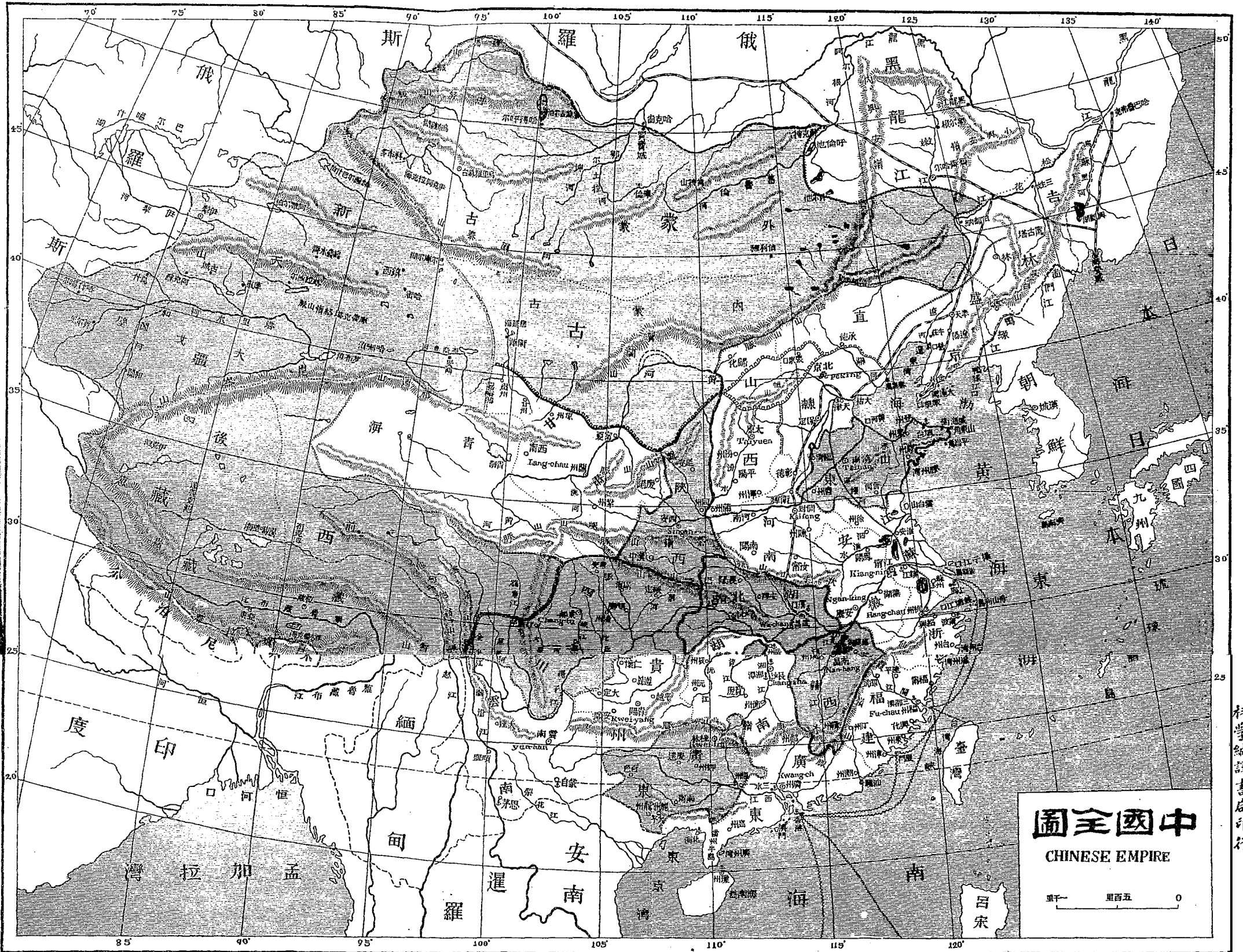
大地測量

上海科學書局印行

實地考驗測量全書

留日鐵道院建設部見習員  
前路鑛學校建設科畢業生  
顏寅亮著

# 大清一統全圖



中國全圖

CHINESE EMPIRE

里千一 里百五 0

正利厚公司印

科學編譯書局印行

凡例

一 是書博採日本諸大測量名家之著作加以實地經驗而編成故名曰實地考驗測量全書

一 是書所論各種測量之原理及用法皆極詳細且於各種圖形及名詞之原文（即英文）皆備載無遺使閱者瞭如指掌

一 吾國主權之最重要者在路礦郵電欲保此路礦郵電不得不發明此路礦郵電學業測量一科固路礦郵電學業之一大部分故於此四種測量言之尤詳是書所列某編某章某節等皆由淺入深循序漸進無論已學未學閱之皆可迎刃而解

一 是書多用算碼而敘述之處又兼列算式如用直行殊費篇幅近時算學各書皆參用橫行較為醒目故是書仿之

一 是書係爲吾國無完全之測量而作搜羅頗廣考訂亦精毫無穿鑿附會之處故付印以備同志諸君之參考

宣統元年十一月

編者誌

# 實地測量全書

## 目 次

### 緒 論

- 第一節 測量學之定義
- 第二節 測量之種類及分類
- 第三節 測量準備附器械
- 第四節 關於測量之學科

### 第一編 距離測定法

#### 第一章 測距用具及用法

- 第一節 測 鎖
- 第二節 測 串
- 第三節 測 竿
- 第四節 卷 尺
- 第五節 測步器
- 第六節 直角器
- 第七節 十字器
- 第八節 測鎖之使用法
- 第九節 測鎖之利害
- 第十節 不用器具之測距法

---

## 第二章 距離測定法之理論

- 第一節 測鎖之伸縮
- 第二節 測鎖之訂正
- 第三節 測鎖之誤差
- 第四節 誤差之原因
- 第五節 測鎖必諒誤差之計算法
- 第六節 測定法精密之度

## 第三章 距離測定法之應用

- 第一節 地形測定法
- 第二節 面積測定法

## 第二編 方向及角度測量

### 第一章 平板器

- 第一節 平板測量之目的
- 第二節 平板器之構造
- 第三節 平板器之整正
- 第四節 平板器使用上之注意
- 第五節 使用法

## 第二章 羅針儀

- 第一節 羅針儀之種類
- 第二節 羅針儀之構造
- 第三節 方位及子午線
- 第四節 羅針儀之整正
- 第五節 遊尺
- 第六節 羅針儀之使用法
- 第七節 誤差之原因
- 第八節 地方引力
- 第九節 稜角羅針儀
- 第十節 捧羅針儀
- 第十一節 袖中羅針儀

## 第三章 經緯儀

- 第一節 經緯儀之用途
- 第二節 經緯儀之構造
- 第三節 經緯儀之檢查
- 第四節 經緯儀之整正
- 第五節 經緯儀之使用法
- 第六節 經緯儀使用上之注意

## 第四章 六分儀

- 第一節 六分儀之用途

- 
- 第二節 六分儀之構造
  - 第三節 六分儀之原理
  - 第四節 六分儀之整正
  - 第五節 六分儀之使用法

### 第三編 角度測量器之應用及理論

#### 第一章 平板測量

- 第一節 誤差之原因
- 第二節 精密之度

#### 第二章 羅針儀測量之應用及理論

- 第一節 野業及記入法
- 第二節 測量之檢查及整正法
- 第三節 真子午線發見法
- 第四節 地積測定法

#### 第三章 經緯儀測量之應用及理論

- 第一節 誤差之原因
- 第二節 精密之度
- 第三節 地積測定法



## 第四編 視距測量

- 第一節 視距測量之解說
- 第二節 視距測量之原理及公式
- 第三節 視距測量關係之定數
- 第四節 視距照尺
- 第五節 視距測量法
- 第六節 野帖記載法
- 第七節 野帖之整理
- 第八節 精密之度
- 第九節 使用上之注意

## 第五編 高低測量

- 第一章 水準器高低測量
  - 第一節 水準器構造上必要之性質
  - 第二節 水準器之分類
  - 第三節 Y 水準器
  - 第四節 且比水準器
  - 第五節 測地水準器
  - 第六節 照尺
  - 第七節 水準器之檢查
  - 第八節 水準整正之原理
  - 第九節 Y 水準器之整正
  - 第十節 且比水準器之整正

- 第十一節 檢 查 水 準 器 之 整 正  
 第十二節 測 地 水 準 器 整 正 法  
 第十三節 水 準 器 之 使 用  
 第十四節 二 點 間 高 低 測 量  
 第十五節 視 線 之 長  
 第十六節 基 標  
 第十七節 野 業 法  
 第十八節 野 帖 記 入 法  
 第十九節 縱 斷 面 高 低 測 量  
 第二十節 野 業 法  
 第二十一節 野 帖 記 入 法  
 第二十二節 勾 配 線 圖 式 法  
 第二十三節 輕 便 水 準 器  
 第二十四節 器 械 使 用 法 及 野 帖 記 入 法  
 第二十五節 盛 土 及 切 取  
 第二十六節 野 帖 記 入 法 及 野 業 法

## 第 二 章 驗 壓 器 高 低 測 量

- 第一節 概 說  
 第二節 水 銀 驗 壓 器  
 第三節 使 用 法  
 第四節 啞 勒 累 多 驗 壓 器  
 第五節 二 點 間 之 差 高  
 第六節 使 用 注 意

---

### 第三章 理論高低測量

- 第一節 誤差論
- 第二節 精密之度
- 第三節 對於地球弧曲及屈折之訂正
- 第四節 V 水準器整正之整證明
- 第五節 且比水準器
- 第六節 驗壓器之理論

### 第六編 望遠鏡

- 第一節 望遠鏡之構造
- 第二節 望遠鏡之檢正
- 第三節 望遠鏡之使用法

### 第七編 地形測量

- 第一節 地形測量之目的及方法
- 第二節 同高線
- 第三節 同高線必要之性質
- 第四節 同高線之必要
- 第五節 地形測量所要種々之符號

### 第八編 三角測量

#### 第一章 三角測量一般

- 
- 第一節 三角測量之目的
  - 第二節 三角測量之本源
  - 第三節 三角之等級
  - 第四節 三角之種類及用法
  - 第五節 解三角形之公式
  - 第六節 三角測量法
  - 第七節 望 標

## 第二章 基線測量

- 第一節 基線之選定
- 第二節 基線之測設
- 第三節 測 桿
- 第四節 鋼製卷尺
- 第五節 基線之改正

## 第三章 面角測點

- 第一節 三角測點之撰定
- 第二節 測角所用之器械
- 第三節 角之觀測法
- 第四節 野帖記載法
- 第五節 用測點中心以外所測之角度推出中心法

---

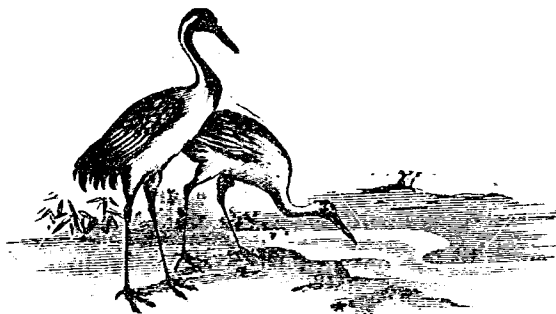
## 第九編 面積及容積計算法

### 第一章 面積計算法

- 第一節 求三角形之法
- 第二節 依緯距經距計算其面積法
- 第三節 枝距測法
- 第四節 依器械計算面積法
  - (1) 器械之構造
  - (2) 理論
  - (3) 使用法

### 第二章 容積計算法

- 第一節 鐵道道路運河及堤之容積計算法
  - (1) 「捕利智美多達爾」公式
  - (2) 以平均二面積算出容積之法
  - (3) 依中間面積算出容積之法
  - (4) 截頭錐頭體之算出
- 第二節 有傾斜廣面者之容積
  - (1) 分稜柱形爲多部分而算出之法
  - (2) 依高低線算出法



## 實地考驗測量全書

## 緒論

## 第一節 測量學之定義

吾人所謂測量學者。就吾人棲息之處。定地球表面上之位置。距離。面積容積及一切移動變化等。而研究其觀測查定之方法及理論者是。

測定地球上之移動變化者。即所謂風流水潮流等之速度也。

用于野外實習方法。而完成以上目的之一或數者。名曰測量術。

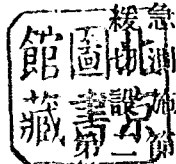
所謂測量結果者。於野外觀測計算之後。作詳細地圖。合面積而計算之。且製縱斷面圖。而為容積之計算。即可得以上測量之結果。如平面圖為土地之形狀。山河湖沼之分布。及海岸線彎入突出等。而得大概之形勢。

又由彼縱斷面圖。而表土地之凹凸。傾斜之緩急者。故如以上平面及縱斷面圖。雖屬一測量所得之結果。而要為各種土木工事計畫所必要之參考。

測量之種類及分類法

測量之種類甚多。然大別為平面測量與大

(南)



地測量之二者。因土地面積之大小而有區別。小者即地球之表面。稱爲平面測量。大者即球面。稱爲大地測量。故大地測量之計算。應用球面三角術之理無疑也。

測量又別爲二。一曰平面測量。一曰高低測量。平面測量者。於一水平面內。能測土地之形狀及廣狹。高低測量者。專測土地之高低也。

測量器械甚多。故其名稱亦不一。如用羅針盤者稱爲羅針測量。用水準儀者。稱爲水準測量。

今將以上測量之種類。列舉於下。又由測量之目的及方法而分別之。尤爲適當。

I 陸地測量 Land-Surveying; Land-vermessung)

全關於陸地測量者。分記之於左。

A 平面測量

測平面土地者。所以定土地之形狀種類及附屬於土地各樣之形勢也。

B 高低測量

於已定測線(即中心線)示土地之起伏如何。已定測點。示相互比較高低差如何。且測量線左右之起伏。亦得由此測量而知。

C 地形測量



地形測量。爲測定土地之凹凸。山岳之起伏。及山川原野之狀態。一覽之下。得瞭然全體。

D 三角測量

此測量。用於測大地積之際。而定土地之經緯度。及基線等爲目的。

E 土坪計算法

於土工工事。計算土坪方法之謂。

II 鐵道測量

此測量。爲測定鐵道線路之直線與曲線。以供工事設計之用。

III 鑛山測量

鑛山測量。一名地下測量。其目的與他種測量相同。謂就地勢測量之地下。而擴張之。亦未嘗不可。

IV 河海測量

河海測量。以調查河海港灣潮流水量。其他岩礁洲渚嶋嶼等爲目的。

V 市街測量

市街所施之測量。與陸地及地況等測量之方法。無甚差異。

第三節 測量準備附器械

凡於測量之時。必先實地踏查。察全線之形勢。決測量之大旨。即順次撰擇。以取如何之線路。爲最初之決定。

## 測量所用之器械列舉如次，

- 1 測 鎖 (Surveyor's chain; Messkette)
- 2 卷 尺 (Tape; Mess-Band)
- 3 羅針儀 (Compass; Kompass)
- 4 經緯儀 (Transit)
- 5 水準儀 (Level, Niveaülinstrument)
- 6 直角器 (Optical square; Winkelspiegel.)
- 7 傾斜儀 (Clinometer; Neigungsmesser)
- 8 驗壓器 (Barometer)
- 9 平板器 (Plane-table; Mess-tisch)
- 10 測步器 (Pedometer; Schrittzähler)
- 11 六分儀 (Sextant)
- 12 測 竿 (Pole; Absteckstäbe)
- 13 十字器 (Cross; Winkelkreuz)
- 14 浮 子 (Float; Floss.)
- 15 達克米突 (Tachymeter)
- 16 浮 標 (Buoy; Boje)
- 17 流測器 (Current-meter)
- 18 達可米突 (Tachometer)
- 19 深淺用鉛 (Lead; Loth)

## 圖引所用之器械如次。

- 1 測積器 (Planimeter)
- 2 伸縮回轉器械 (pantograph)
- 3 定 規 (Puleri Lineal)
- 4 尺 度 (scale; Längenmass.)

- 5 製圖器械一切 (Drawngrnrstrument; Reisszeug)
- 6 丁形定規 (Tsgnare)
- 7 扇形器 (Seetor; Sektor)

### 第五節 關於測量之學科

欲知測量學之原理。安可不通一切數學。如算術代數幾何三角法及解析幾何微積分最小二乘法等之科學。又物理學上之智識。關連於測量學者為尤大。由此推之。可知天文學之要素。亦為測量學之必要明也。

## 第一編 距離測定法

### 第一章 測距用具及用法

#### 第一節 測 鎖

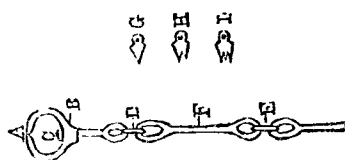
歐美各國所用之測鎖。分為三種。特詳說如下。

- 1 100呎為一鎖之長
- 2 66呎為一鎖之長
- 3 20米突為一鎖之長

日本現今鐵道界一般使用者。以66呎為一鎖之長。名曰幹達測鎖。

以上雖有種種區別。而其構造之形狀。全然相同。

## 第一圖



所以示測鎖構造之一部分。當測量之際。必於 A 柄內部。所有 A 形之處而取提之。故 B 能貫於測鎖之終端。C 為螺旋。可以整正伸縮。D E 之環。被連結一鏈之長。由 D 之中央。至 E 之中央。稱爲一鏈。(即一林庫)每於 G H I 等。附以黃銅製之小片。稱爲十鏈。以便測者之讀。然讀之之方。稱爲何鎖何鏈何分。於 100 呎之鎖。有 53 鎖 25 鏈 3 分。則可知爲 53 25 呎 3。若用幹達測鎖。則如次之比例。

$$1 \text{ 鎖} = 66 \text{ 呎} = 720 \text{ 吋} = 100 \text{ 鏈。}$$

$$1 \text{ 鏈} = 7.2 \text{ 吋}$$

$$80 \text{ 鎖} = 1 \text{ 哩} = 5280 \text{ 呎}$$

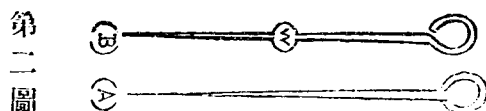
$$40 \text{ 鎖} = 0.5 \text{ 哩} = 2640 \text{ 呎}$$

$$20 \text{ 鎖} = 0.25 \text{ 哩} = 1320 \text{ 呎}$$

一般所用之測鎖。不外鍊鐵鋼鐵二種而製成之。若觸於種種之障害物。則易生彎曲。必須時時用手斧。或金槌等而訂正之。方得適用。又必於使用之前。以鋼鐵所製卷尺之長爲標準對照而整正之。

測距離之際。若不用充分張力。將測鎖而伸張之。則鎖中部分。不免有屈折之處。若張力過大則圓形環必變為橢圓形。當此之際。非十分注意不為功。

### 第二節 測串 (Measuring pin; Kettennagel.)



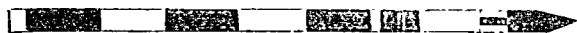
測串。為鍊鐵或鋼鐵所製其形狀見第二圖。普通所用之長。為12"及18"

如W附於B桿。因圖由高處落下時。可定垂直方向之効用。

測串以十本為一組。用以計中心線之長。若舍測串而用木杭打入。徐徐進行。未免過為煩勞。今特以每一鎖用一測串。則鎖之端數。由測串之數而易知。

### 第三節 測竿

#### 第三圖



測竿者。為地上測量必不可少之物。用真直無節之檜木造之。以免扭曲之患。其徑為一。吋長為6呎9呎12呎等。將測竿立於遠方。被觀測者定視線之方向。每一呎以白赤之料塗其色。又將下端附以鐵鏈。使之易插入於地下。及他物體之上。

#### 第四節 卷尺

卷尺之種類甚多。依製造之材料而區別如次。

##### 1 普通卷尺

普通卷尺者。以布或皮製之。然因空氣中之濕度不一。而有伸長縮短之患。

##### 2 鋼鐵卷尺

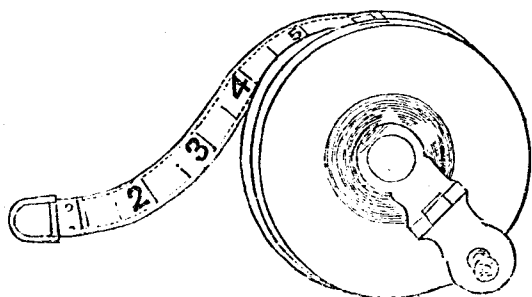
鋼鐵所製卷尺。因溫皮而變其長。故不可不對於適當溫度之訂正。

##### 3 竹卷尺

此卷尺。用竹皮所製。雖不受溫度濕氣之變化而攜帶之時。稍為不變。但用之於水中為極妙。

以上所述卷尺之長。用途原不一定。然工師所常攜帶者。為三四呎之袖中卷尺。六十呎乃至百呎者。用於市街測量。及鐵道測量。甚為適當。較之測鎖上之整正。甚為便利。至於基線料量。少亦須用三百呎之卷尺。

第四圖



三角測量等之最精密者。用鋼鐵卷尺爲適宜。何則。其他之卷尺。不惟有些少之張力。而且有溫度之增減。難得真正之距離。惟鋼鐵所製之卷尺。無憂乎此。

今將鋼鐵卷尺之利點。列舉如次。

- 1 較他之卷尺爲輕便。
- 2 表面光滑。引出之時。甚爲容易。
- 3 較他卷尺之變化稍少。

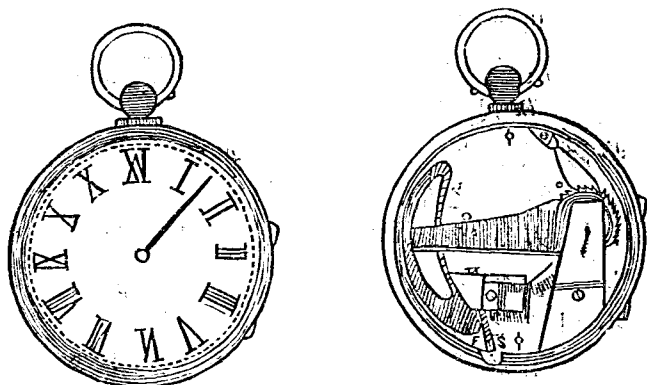
舉不利益之點如次。

- 1 用於雜木土石等障害物之處。甚不適當。
- 2 當野業之際。若不幸而遇切斷之事。欲如普通測鎖修繕之速者。從未之有也。
- 3 其中所刻分畫數。讀之甚難。若經長年累月之使用。則分畫數必因之而消滅。

#### 第五節 測步器

此種器械。可推大略之距離。用於踏查之際。甚妙。其形狀如時辰表。以帶締結之。每一步一震。其針亦隨之一進。若取其針所迴轉之數而讀之。則運步之數。即可得而知。然用此器械。因人一步間隔之距離而異。必先試知一步之距離若干。而以一步之距離。與測步器之針所行之數相乘。即得所要之長也。

## 第五圖

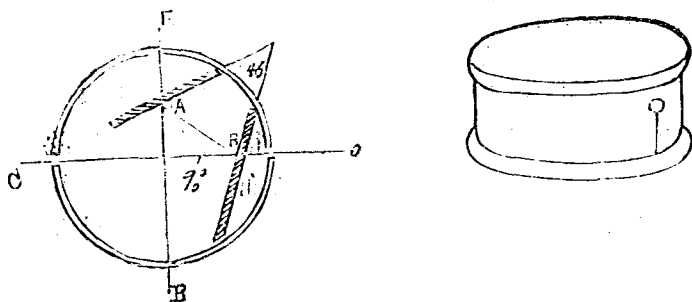


傾斜之地。不得用平坦地所試之定數。若測傾斜之際。非試得傾斜一步之距離若干。不足以得其真。

能熟練此器械之技師者。單由此器械之研究。而得詳細之結果。用於測枝距之際。較他器械為甚便。

## 第六節 直角器

## 第六圖





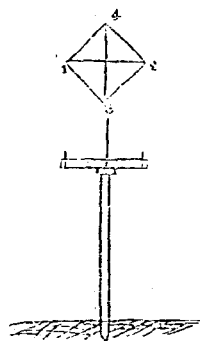
直角器者。對於或線而成以直角也。以之分歧他線。雖甚便利。而用於長距離。間為不適當。以200呎為極度。如作平面圖。而取枝距之際。大為便益。較十字器為精確。

此器械之構造。全賴光線屈折之作用而成。見第六圖。如圓形金屬函。互有四十五度之交角。用二枚鏡面裝置之。

今見O為物體時。恰當P之物體。必從A之鏡面。反射至B。再由B反射入目。依光線之屈折原理。使OB與AB成直角。故對於OC成直角。所出之PE線。將P點置一測竿。必使O與P成一致而止。後將P前後移動。遂P與O得成一致。

第七節 十字器

第七圖



此器械其用甚廣。其法尤簡。如第圖1. 2. 3. 4.

者爲正四角。板上四隅之釘。1. 2 與 3. 4. 互爲直角。欲使 1. 2 之本線一致。將 3. 4 視之。即得所要直角之方向也。

#### 第八節 測鎖之使用法

最初述疊鎖之方法。疊鎖者。先從鎖全長之中央折返。次從其半長之中央。再折返之。依同理漸次。將鎖折至一鏈之長爲止。使用之時。必取鎖之兩柄保存。以他手將所束之鎖。投之遠方。庶爲適當。

凡測鎖所量之距離。皆爲水平距離。其線路之方向。必擇二定點。故由二定點。立真直之測竿。用羅針儀或經緯儀。以視其方向。又必於鎖之各端。要一測手。向前方進行之鎖手。名曰前手。在後方者名曰後手。今計測線距離之時。前手必以測串一本與後手。其所殘之十本。均歸前手携帶。以右手持鎖之一端。向前立測竿之方向進行。而於線路之內。或左或右。皆受後手之指揮。必與前方所立之測竿。成一視線而止。此爲前手之職分也。

1 定鎖必宜真直

2 確定其鎖之末端。以鎖引至適當處。熟視觀測者之方。果正對與否。而爲或左或右之移動。

然測串之位置。當鎖柄之 A 部待鎖左右移動。成所求一直線時。始將測串插入其處。

斯時前手將測串既插入於地上。其所殘之測串。必依前之方法。向前進行。後手亦同時出發。至前手先插測串之點爲止。又於鎖柄之 A 部保持。以便前手確定鎖之終端。以下可續行同樣之方法而量之。俟量畢後。後手將線內所有之測串。一一拔取攜帶。由測串之數。可得而計算距離。

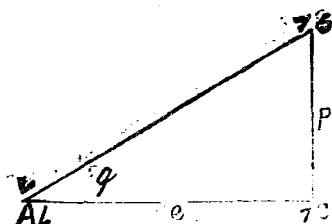
凡測量之起點與轉向點。必用木杭。其杭頭上畫有十字。又以釘打之。可確定其點之位置。

由測串之數可知鎖數。甚爲便利。然有時以測竿而代測串者。必攜一繩。每授受一次。作一結頭。或拾一小石以記之。然用此方法。以定鎖之次數。不無疑誤。必欲避此弊。非特別注意不可。

特宜注意者。爲取確正之長。有從鎖柄外端而定其長者。有從鎖柄內端而定其長者。（但測鎖附以 A 部者。不在此內。）各異其說。然就經驗家所云。由鎖柄之內端。至他鎖柄之外端。而定其長。方爲適當。故初檢查鎖長之時。必須考其訂正。從此方法而量之。則鎖精確之長。可得而知。

水平地測定之方法。既述之如上。傾斜地測定之方法。可述之如次。

## 第八圖



如上所述。吾人所欲測知者。皆水平距離也。如第八圖  $AB$  之長。沿傾斜面而計算之為  $h$ 。然所求之長。不在斜線之  $h$ 。而在底線之  $e$ 。傾斜大則  $h$  與  $e$  之差。隨之而大。今將  $h$  與  $e$  之關係。詳見次式。

$$d = h(1 - \cos T)$$

$$= h \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{h^2}} \right)$$

$d$  為上述之差即  $(h - e)$

$h$  為傾斜面之長

$p$  為垂直距離

$T$  為傾斜之度

如此知  $T$  角又  $p$  垂直之距離亦可知  $d$ 。即對於斜面上之長。容易求得誤差之長。由次表而得上式之計算。

第 壹 表	傾斜	平均	距離100,宜	傾斜	平均	距離100,宜
	角度:	傾斜	數於付斜面 改正之	角度:	傾斜	數於付斜面 改正之
	$\theta$	d:h	d	$\theta$	p:h	d
	1.	1.7:100	.02	16.	27.6,,	3.87
	2.	3.5,,	.06	17.	29.2,,	4.37
	3.	5.2,,	.14	18.	30.9,,	4.89
	4.	7.0,,	.24	19.	32.6,,	5.45
	5.	8.7,,	.38	20.	34.2,,	6.03
	6.	10.5,,	.55	21.	35.8,,	6.64
	7.	12.2,,	.75	22.	37.5,,	7.28
	8.	13.9,,	.97	23.	39.1,,	7.95
	9.	15.6,,	1.23	24.	40.7,,	8.65
	10.	17.4,,	1.52	25.	42.3,,	9.34
	11.	19.1,,	1.84	26.	43.8,,	10.12
	12.	20.8,,	2.19	27.	45.4,,	10.90
	13.	22.5,,	2.56	28.	46.9,,	11.71
	14.	24.2,,	2.97	29.	48.5,,	12.54
	15.	25.9,,	3.41	30.	50.0,,	13.40

由此表觀之。對於一度之角度。其斜面距離為100呎。垂直距離為17呎。其斜面距離與水平距離之差僅0.2呎。即為五千分之一差。

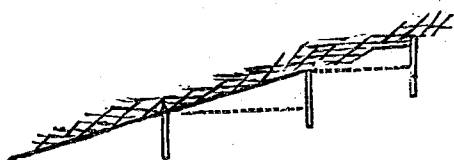
傾斜角度之小者。不必要格外注意。勿論測量之精粗。程度之高下。可一概不論。然此誤差之集積。每於結果必大生違謬。若普通一般欲除此誤差。非大注意不可。且得二箇之區別。

第一方法。如前述加數字之改正。

第二方法測定之際。將鎖保存而為水平。此方法而又生三困難。

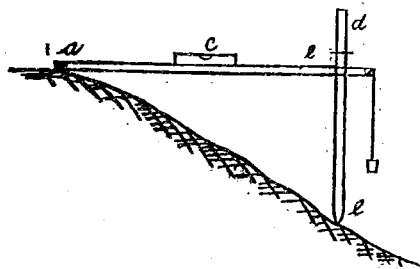
- 1 因測鎖自有重量。每為彎形。欲引成直線。頗為不易。
  - 2 由所生彎形。而加強力引伸之。則鎖之長必易生變。
  - 3 由鎖之一端引至高處。一端印於地上而成水平。甚為不易。
- 如欲實際上而減少此患害。非十分注意不可。

### 第九圖



普通所用之法。分測鎖之長為數段。其彎曲之影響。故不及於範圍內。如第九圖。保持鎖之一端於地上。將他端升上而成水平。其端由前第二圖B形之測串。落於地上。以識其終端。或以垂球確正其終端。而印於地上。若以其鎖升上之端。附於測竿。必將測竿真直立於地上。且隨地勢而取便宜方法。然最良之方法。莫如垂球。其鎖之成水平與否。必由目測而定。併要十分熟練。

第十圖



用最精密之方法，莫如第十圖之裝置。a b 爲檜製十呎許之棒，兩端附有黃銅塊，c 爲檜棒上所附之水準，使 a b 而成水平，又以 e d 爲六呎長之桿，支持水平之橫棒，此桿所有 b 之螺旋，可得上下隨意移動。用以上鎖測定之法，及使用之方法，與用卷尺同。

### 第九節 鎖之利害

測鎖者普通一般所廣用之測定器也。然得點與失點，常相伴而行。總之應測量之要求，地勢之狀態，而利用或除去之，不可不注意。於得失點。

先將得點列舉於下。

- 1 折疊之便利。
- 2 讀長容易。
- 3 因構造之堅剛，無論用於何處，難於折損。

4 不意而有切斷之事，即野外亦易於結合。

列舉失點如次。

- 1 鏈與環易生扭曲。
- 2 因氣候之變化而有長短之伸縮。
- 3 難得十分精確之測定。
- 4 由本重量所成之彎形難於伸張。

#### 第十節 不用器具測定法。

將不用器具測定法之三種詳說如下。

##### 1 測步器。

此測步器者，依各人每步所進之距離，而與步數相乘，即得所求之距離，詳見前節。

##### 2 音響

音響者，於華氏 32° 一秒時可進行 333 米，突每一度增 1 呎。若無時計，可用垂球線之長為 39 吋，每一震一秒。若無 39 吋之線，可由次式解出。

$$\text{震動時間(秒)} = \sqrt{\frac{\text{線之長(吋)}}{39 \frac{1}{2}}}$$

##### 3 目測。

於 13000 呎，或 2 哩之遠方，可得讀窻之數，可見 1 哩遠方之人與馬如點。

可認明 400 呎遠之馬。

可認明 1 哩遠之人動。

可認得 1 哩遠之人頭。



## 第二章 距離測定法之理論

### 第一節 鎖之伸縮。

測鎖之長因溫度變化。磨耗及形狀之屈曲等而常生變動。例如100呎之鎖。以華氏70°而有.05呎之變化。故200呎之鎖必生一呎之增延

測鎖一鏈。而連結之環有三。環之接觸面各鏈爲八。今以一鎖而有八百箇之磨耗面。各磨耗面若起.01吋之增延。則一鎖之增延必爲8。”

若引鎖之際。而用過大之張力。則圓環形必變爲橢圓形。或爲底之張力。超過各鏈彈性界限。又常爲外物所接觸。而折曲其形。不可不注意其長之變化。

### 第二節 測鎖之訂正

從前節所述之理由。於使用測鎖之際。必照標準長之尺度。而要時時訂正。

檢查測鎖之變化者。於平地上一鎖之間隔。插二木杭。木杭上各打以釘。其二木杭之距離用鋼鉄所製卷尺。可正一鎖之長。

若一一以標準距離而比較之。甚覺困難。不得已將未經檢查鎖而量之後。用標準距離之比較。依(鳴耶)之法則訂正可也。

$$\frac{\text{標準長}}{\text{測鎖長}} = \frac{\text{已測距離}}{\text{真正距離}}$$

示其例如次，

用測鎖之長。比其標準之長。每百呎而增三吋之延長。即為 100.3。若已測定之距離為 5322。則真正之距離如何。

$$\frac{100}{100.3} = \frac{5322}{X}$$

$$X = 5322 \times 100.3 \\ = 533.79$$

若將未訂正之鎖而測定之。由此長而計算面積。其面積之訂正。可用次式

$$\frac{(\text{標準長})^2}{(\text{測鎖長})^2} = \frac{\text{已測面積}}{\text{真正面積}}$$

示其例如次。

以 10.875 坪為已測面積。鎖之長 100 呎。而生 2 吋之餘差。問真正之面積如何。

$$10.875 \times (1.002)^2 = 10.917 \text{ 坪}$$

### 第三節 鎖之誤差

誤差者。真正之長。與測定之結果。相違之謂也。凡稱真正之長者。不過想象而已。何則就極嚴密之理論而言。如測定器械等。當時人工之製作。已有誤差。況實地測量時。因各人之感覺而異。終不免誤差。以同一之長。有甲乙二人測之。決不能成一致。即或一致。不過

偶然之事耳。加以以同一人測同一物。前後二回之結果。必不同。然吾人所希望者。不過爲格外訂正。得近似之結果。而研究種種之方法。果不惜時間與勞力。亦可得非常精密之結果。然難適用於一般。故吾人意中所常注意者。測量之目的及精粗之要求發生相應之誤差。若視目的與要求爲度外。不顧時間與勞力。如此迂闊之事。爲吾人所大不取也。其誤差有二種。

1 平均誤差。

2 集積誤差。

測得之量。大於實際或小於實際者有之。故其誤差。各起正負傾向。遂消去而爲平均之誤差。

其在集積差誤則不同。蓋誤差之集積。偏於正或偏於負之一方。遂成一大誤差。故平均誤差。可附諸淡漠之數。而集積所起之傾向。決不可不大注意。

例如鎖之長度。設有誤差。(假定每一鎖生 10 吋之誤差。)如其長度過於真正之長。則此鎖所測量之結果。必短於實際之距離。若以該鎖測至 80 次。必成 8 吋之誤差。是卽集積之誤差也。

然平均之誤差雖多。其中可互相消去。故影響於最後之結果者甚少。

彼張鎖之時。正插測串於鎖柄之端。甚少。過於前方或後方幾分者多。遂生同量之誤差。可互相消去。故最後結果。庶少誤差之影響。然實際上。不免生多少誤差。由最小二乘法之理。得相當之誤差。故用鎖數之自乘根為正比例。如鎖每一次生半吋之誤差。一哩(即80鎖)之誤差為

$$\sqrt{80 \times 0.5} = 4.5 \text{ 吋。}$$

如上所述。集積誤差與平均誤差之比較。平均為8吋。集積為4.5吋。殆為2與1之比。故平均一次之誤差。當集積一次誤差也。

誤差之事。不獨關於鎖之長度。即角度與水準之測定亦然。

凡測量家。必常注意於此誤差之性質起源及程度。而於省略時間與勞力尤為注意。

#### 第四節 誤差之原因

誤差之原因。分左之七種。

- 1 不能正測鎖之長度。
- 2 測鎖不能充分引張。
- 3 不超過彈性張力。而鎖自生伸延。
- 4 鎖之分斜或鏈之彎曲
- 5 依溫度之變化而有伸縮。
- 6 不能成水平之鎖
- 7 鎖之誤讀。

(1)之差。為集積的。欲除此弊。必時時照標準

之長而訂正之。

(2) 之差。爲集積的。實測距離長於真正距離時。以百呎鎖之中央。去其中心點一呎。故及於長度影響者。謂 $0.02$ 呎

(3) 歸於張力之誤差者。以張力及卷尺或測鎖之長爲比例。其斷面積之誤差爲逆比例。示算式如次。

$L =$  鎖之長度

$S =$  斷面積

然有時加一斤張力。則張力一斤之伸長 =

$$\frac{L}{30000.000S}$$

例  $L = 100$  呎

$S = .2 \times .02 = .004$  平方吋

故張力一斤之伸長 =  $.01$

(4) 此種誤差。決不得生於鋼鐵卷尺。然用測鎖。有正誤差。與負誤差。故可互相消去。

(5) 依溫度之變化。對於測鎖長度伸縮之影響。大抵爲集積誤差。雖正負之性質不一。而隨時之變化。最宜注意。普通卷尺。當華氏 $60^\circ$ 之時。其長恰爲標準之長。今單位之長於華氏一度之膨脹率爲 $0.0000065$ 。其 $90^\circ$ 溫度之際。一鎖增延 $0.0002$ 。則實測鎖之長必爲 $1.0002$ 也。

又若華氏 $30^\circ$ 時。 $(-0.0002)$ 一鎖之長。必變

爲 0.9998。

然精密測量者。欲除此誤差甚難。何則。以檢溫器而計卷尺與鎖之溫度。則卷尺與鎖之溫度。必高於空氣之溫度。如此而欲十分精確訂正之。恐有所不能。

(6) 將測串插入後。而鎖柄懸於測串所起之誤差。爲集積的欲除去此誤差必將測鎖引至適當之處。始觸測串於後方之鎖柄。遂爲得當。

(7) 凡測量所要者。爲測水平距離也。以鎖而測水平或斜面之後。必施訂正之方法。其訂正計算法等。於前章第八節已詳說。可參照之。

#### 第五節 用鎖必諒誤差之計算法。

由張力所生誤差外。皆集積的誤差也。

今測幾次之鎖數。而其終局之誤差如次。

$$n \sqrt{\pm(1) \pm(2) \pm(4) \pm(5) \pm(6) \pm(7)} + \sqrt{n(\pm 3)}$$

依最小二乘法原理。而得次之結果。

$$\text{必諒誤差} = \sqrt{n^2[(1)^2 + (2)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (6)^2 + (7)^2 + n(3)^2]} \text{。其例如次}$$

今用鋼鐵所製卷尺。測 1000 呎間之距離。假定各部之誤差如次。

$$(1) = 0.01$$

$$(2) = 0.01$$

$$(3) = 0.02$$

$$(4) = 0.0$$

$$(5) = 0.01$$

$$(6) = 0.0$$

$$(7) = 0.01$$

將此等數插入公式所得之結果。

必諒誤差法 = 0.2 呎 1

### 第六節 測定法精密之度。

於測量結果或範圍內。而生不確實之事。固不待論。然技術者。由如何經驗。而得精密之度。要如何程度與時間。方可習得。但宜注意者。欲得精密之度。所費時間與勞力。加層層之困難。非初學者所得易解。必屬於高等數學。故茲單舉其例。表示精密度及程度如下。於米國加奈陀同一事情。同一人物。同一距離。爲二回測量於 5300 呎之距離。(一呎即作爲一哩)而生一呎之誤差。

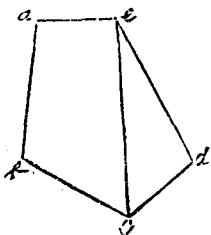
於合衆國湖水測量。以 20 米突之鎖。而測基線。最小之誤差爲四萬五千百呎之一。而最大之誤差。爲五千七百呎之一也。

## 第三章 距離測定法之應用。

### 第一節 地形之測定

#### (1) 三角區分法。

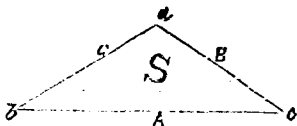
## 第十一圖



此法於面積不大之處。而境界線及角點等能望見者。可應用之。其已定之土地。可區分多數之三角形。又單於各邊實測所得之長。依三角法理論。而得容易之計算。

一箇之三角如下

## 第十二圖



A, B, C = 各邊之長 S = 面積。

$$\frac{A + B + C}{2} = s$$

$$S = \sqrt{s(s - A)(s - B)(s - C)}$$

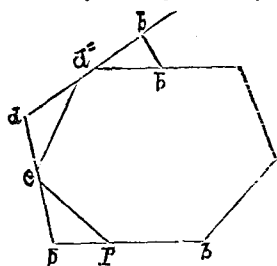
若總合此等之式。則可得所求之全面積。

(2) 繫線法。

欲得地形。莫妙於方此法。如下圖於廣闊之土地爲然。



## 第十三圖

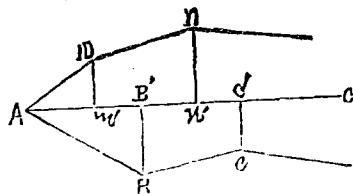


此方法如  $abc\dots\dots$  境界線之外。別設  $a''a'b''$   $b'b''$  之連結線。如內側不能設  $a''a'$  之時。則設  $b'b''$  於外側。亦無不。

## (3) 經緯線測距法。

此方法利用直角儀。並要經線與緯線之長。

## 第十四圖



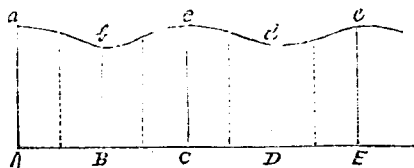
假如  $AO$  為經線。 $mm, B'B'', nn', cc'$  為緯線。故必先定  $AO$  為任意之經線。順次將  $m, B', n, C$  等點。由直角儀各出緯線。以便測定距離。而計算其面積。且用此方法。而測長細之土地。最為適當。

## 第二節 面積測定法。

此測定法。為於下圖區分數個梯形。而計算

各梯形之面積。即為得所要之總面積。故此方法。測細長之土地。並於土地境界線內。不規則曲線之處。用之為適當。

### 第十五圖



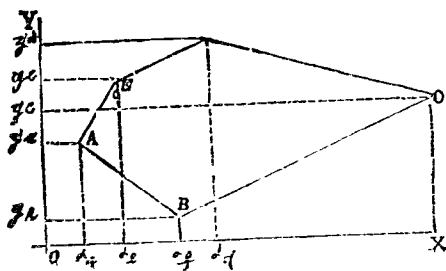
若區分 A B. B C. C D 為等分時。則

$$S = AB \left\{ \frac{Aa+Bb}{2} + \frac{Bb+Cc}{2} + \dots \right\}$$

$$= \frac{AB}{2} \left\{ Aa + Ee + 2(Bb + Cc + Dd) \right\}$$

次如 A B. B C. C D 等之距離不同時。別有方法。如下圖所示。O 為中心取 OY. OX 二軸。關於此直角軸各點之縱距離與橫距離。不可不詳細測之。

### 第十六圖



$$\begin{aligned}
\text{面積} &= Y_b B C Y_c + Y_c C D Y_a - \left\{ Y_e E D Y_d \right. \\
&\quad \left. + Y_a A E Y_c + Y_b B A Y_a \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ (Y_c + Y_b) (X_b + X_c) + (Y_d + Y_c) (X_c + X_d) - (Y_d - Y_e) (X_d + X_c) - (Y_e - Y_a) (X_c + X_a) - (Y_a - Y_b) (X_a + X_b) \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ Y_a X_c - Y_a X_b + Y_b X_b - Y_b X_c + Y_c X_b - Y_c X_d + Y_d X_c - Y_d X_e + Y_e X_d - Y_e X_a \right\} \\
&= \frac{1}{2} \left\{ Y_a (X_c - X_b) + Y_b (X_a - X_c) + Y_c (X_b - X_d) + Y_d (X_c - X_a) + Y_e (X_d - X_a) \right\} \\
&= -\frac{1}{2} \left\{ X_a (Y_e - Y_b) + X_b (Y_a - Y_c) \right.
\end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} &+ X_c (Y_b - Y_d) + X_a (Y_e - Y_e) + \\ &X_e (Y_d - X_a) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

依同理應用第十六圖其式如左。

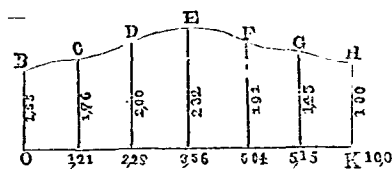
$$\begin{aligned} A' = \frac{1}{2} \{ &X_a (Y_k - Y_b) + X_b (Y_a - \\ &Y_c) \\ &+ X_c (Y_b - Y_d) + X_d (Y_e - Y_e) \\ &+ X_e (Y_a - Y_f) + X_f (Y_e - Y_g) \\ &+ X_g (X_f - Y_h) + X_h (Y_g - Y_k) \\ &+ X_k (Y_b - Y_a) \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

然如見上圖

$$X_a, X_b, Y_a, Y_k = O X_b = X_k$$

$$\begin{aligned} A' = \frac{1}{2} \{ &X_c (Y_b - Y_d) + X_d (Y_c - \\ &Y_e) + X_e (Y_d + Y_f) + X_f (Y_e - Y_g) \\ &+ X_g (Y_f - Y_h) + X_h (Y_g - Y_h) \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

第 十 七 圖



今從(4)之公式舉例如次表。

x	Y	差	相乘積
0.00	1.53		
1.21	1.76	-0.47	- 0.57
2.23	2.00	- .56	- 1.25
3.56	2.32	+ .09	+ 0.32
5.04	1.91	+ .87	+ 4.38
5.75	1.45	+ .61	+ 5.28
7.00	1.00	-2.45	+17.15

+ (25.26)

$$A = \frac{25.26}{2} = 12.6 Y.$$

## 第二編 方向及角度測量

### 第一章 平板測量°(Plane-table; Mes-tisch)

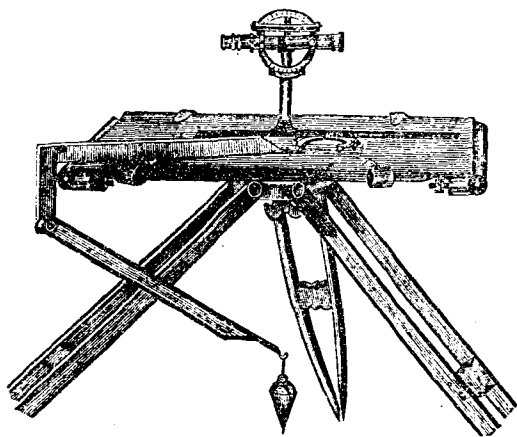
#### 第一節 平板測量之目的。

所謂平板者。不能如經緯儀及羅針儀。而直接測定角度。就實際之方向。畫測線於紙上。即於平板上張一製圖紙。見下圖。置視方規於紙上。向物體測定之。即沿測線畫直線於紙上。其測線之長。用適宜之縮尺而定。如此測量。雖不能望十分精密。然用於大略平面圖之際。甚為輕便。何則如經緯儀測量。及羅針儀測量。於一切野帖記入之手續。或

依野帖計算。及圖上引換之煩勞。均得而免之。故平板者。可得即時製圖之便。

## 第二節 平板器之構造。

### 第 十 八 圖



分平板器之部分如次。

- 1 三脚基。
- 2 製圖板。
- 3 視方規。

三脚與普通所用同。製圖板者。用乾燥良材。作為矩形。以防其扭曲為目的。普通板之。四周。附有木條。其幅約二十吋。長約三十吋。為固定製圖紙於板上。不可不用意於留針及彈器。視線者。由視方規之望遠鏡而定。望遠

鏡者。雖有如經緯儀之沿直運動。而不能如經緯儀之水平運動。故動視方規於板上。徒取任意之方向而已。

視方規附有氣泡管。必如經緯儀及羅針儀。而使平板成水平為宜。

平板之水平運動。有緊迫器。及微動器。與經緯儀及羅針儀同。又附有小羅針盤。一名方筐羅針。供知方位之便。

### 第三節 平板器之整正。

其整正方法。分為下之六種。

- (1) 視方規之定規。緣為正直線。
- (2) 整正氣泡。使氣泡軸平行於平板。
- (3) 除去視差。
- (4) 整正軸線。

(5) 使視線運動於鉛直平面。

(6) 正鉛直分度圈之遊尺。

(1) 整正。雖不關於技術者之事。然於使用之先。必須檢查之。其檢查之方法。先用定規畫一線。次轉倒定規之兩端。視其緣之果能合一於先畫線之各部與否。若能一致。則可知定規之整齊。否則。必加整正之。

(2)(5)(6)與經緯儀同理。故略之。

(3)(4)整正。與水準器所述。毫無差異。

### 第四節 平板器使用注意。

從事於此測量時。必攜帶鉛筆護膜尺度。分

度器。度角度表野帖等。決不可忘記。又必攜帶洋傘。以防雨及日光。蓋日光由紙上反射入眼中。未免有害於視力。故使用之時。不可不十分注意。

使用上之最宜注意者。必於地上之一定點。插入木杭。使與板上之一定點。成一鉛直線。

#### 第五節 使用法

平板爲有益輕便之器。已述之矣。此種最簡單之器。用以測小區域土地之地形。面積爲極妙。

此器械於公園墓地等之地形。尤爲有用。關於此測量一切。不惟不要記錄之爲利。而且有不空費時間。及少謬誤之益也。

分別次之四種方法。

1. 射出法。
2. 前進法。
3. 射出前進法。
4. 交叉法。

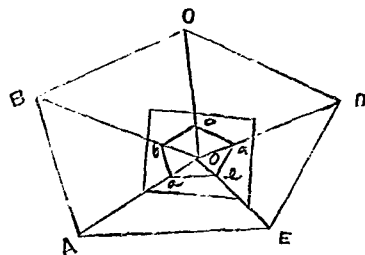
此等應用變化之妙法。若技術者稍爲熟練。則以上方法種種之變化。可得混合用之。

##### (1) 射出法。

此方法於羅針儀之部。已述之矣。如原野或田畑內外取一點。由此點觀各點。測其各距離。以適宜之縮尺。而調製圖面者也。



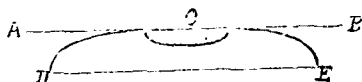
第十九圖



今由O點射出視線。以定ABCDE爲地形。先置器械於O點。使器械成水平。刺針於板上之一點。以表示測點。次向定視線於A點。此時沿視方規之邊。密接一針。依OA引不定線。測得OA之距離。按縮尺之數。記以Oa。次視線於OB。OC等。同前方法。可測定之。記Ob。Oc等線於紙上。如此可知abcde之形勢也。如樹木家屋河川之屈曲等。皆可依此法而定。

(2) 前進法

第二十圖

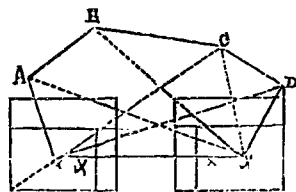


欲測ABCD四邊形之原野。必於平板上定便宜之一點a(但畫全原野於製圖紙上。必須定a點於板之一隅)依此點之垂球。與地

上A點相對。再依視方規定ADAB之方向。沿其直緣。畫ADAB之兩線於圖上。則AB之長。以實測所要之縮尺。按數畫於ab線上。而定b點。次移平板於B點上。將圖上之b點與地上之B點相對。又回轉平板。使圖上之ba線與地上BA線之方向。如成一致。然後以視方規向C點覘視。沿其直緣。畫bc線。將BC之距離。用縮尺按數畫於dc線上。以定C點。以後各點。可依此方法進行。此方法用於道路河川等。最為適當。

### 3 射出前進法。

#### 第二十一圖

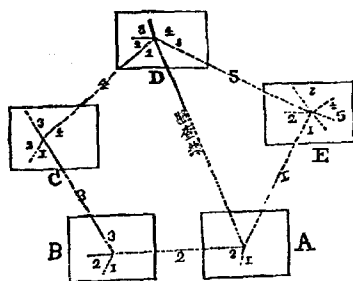


射出前進法者。適用於射出法之簡法。而前進法為照查也。

置器械於A之角點。對於隣接角點E。定一視線。次取B角點之視線。恐有混雜。必附番號於測線。又移器械於B。依同樣進行於ABCDE。即可得如上之圖。

若此結果。毫無誤差。則A點之後視。與E點之前視。必成一致。如上圖。

## 第二十二圖



作一照查線。而照查之。由以上結果。得如次之地形圖。

(4) 交叉法。

## 第二十三圖



此方法者。為平板測量中最普通。最迅速之方法也。

於已定 ABCDYX 之地形。XY 為實測之基線。先置器械於 X 點。寫 X 於平板上。由此 X 定 XA。XB。XC。XD 等之視線。引此等之線於紙上。次移器械於 Y。依 X 點之方法施行之。可得 abcd 等之各交切點。故 Xabcd 者。即所求之地形也。

## 第二章 羅針儀

### 第一節 羅針儀之種類。

依羅針儀之構造與用法。其種類頗多。然大別爲二。

1 天象羅針儀。(Solar compass; Sonne-kompass)

2 羅針儀。

天象羅針儀者。用以觀測天體。其後普通之測量所用者。分次之四種。

1 測量用羅針儀。

2 棒羅針儀。

3 稜角羅針儀。

4 袖中羅針儀。

此等羅針儀。依構造及使用之精粗。雖有分類。而其使用及整正等法。皆同出於一轍。

### 第二節 羅針儀之構造。

測量所用羅針儀。由水平圓函中心所定磁針。與此函之緣邊所刻分度圈。及夾圓函兩側對立一對之視器所成。

視器者。爲覘視測線之方向也。分度圈爲不知角度而刻所謂磁針常有一定方向。即指南北線之方向。且對於分度圈上而指示分度者也。磁針中心支點所有之支針甚尖銳。其摩擦力甚少。故得自由迴轉。

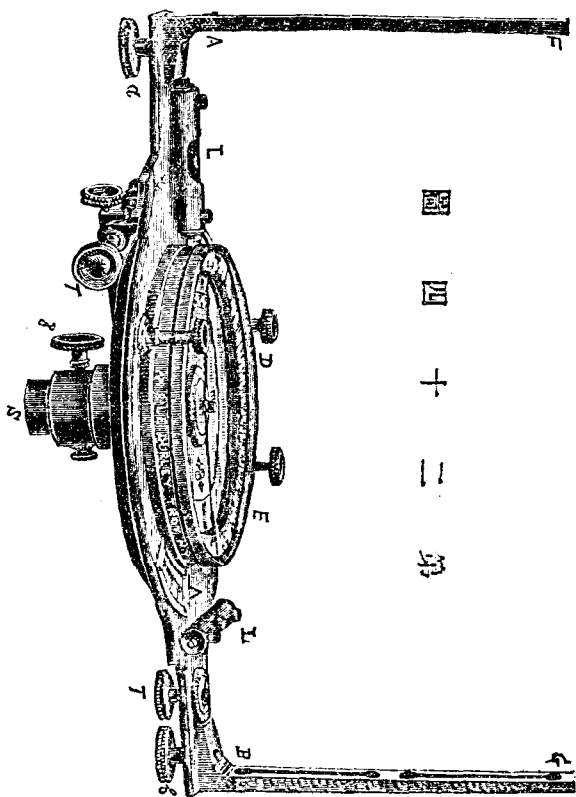


圖 四 十 二 第

今將器械迴轉任意之方向而覘視之。則此視線對於南北線有何度何分。即得發見於分度圈上。且將各部之名稱。舉列如次。

視器 E A. G B

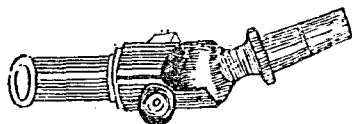
圓函	DE
水準	LL'
遊尺	V
螺旋	T
''	Y
''	ab

a b 螺旋。附於視器之下底。能自由於 AB 水平板上。由視器中央所有之細隙而通觀之。即可定其方向。且視器與水平板成一直角。其一視器鑽有小孔。一視器鉛其中央張有馬尾線。

圓函之普通徑為六吋。其中所有之磁針。為區別南北兩端。有種種裝置。其北端捲有線條為標準。至於分圈所刻之分度。有三分可得而讀之。度數之分刻。由 n S (南北) 為始。至左右九十度 (東西之方向) 為止。欲回轉此圓函。可用 T 螺旋。然有時回轉此圓函者。可與 AB 水平板無關係也。

L 與 L' 之水準管。互為直角。必使兩管氣泡在兩管中央。始得保持水平於 AB 水平板。

第二十五圖



T螺旋。爲T螺旋已。緊固於分度圈與水平板。而與以微細迴轉而設。

用V遊尺而看分度。較於分度圈上而看分度。尤爲精密。若磁針爲零度時。而此遊尺。必正對磁針所指之零度。

S部分。稱爲此器械之軸。由此器械軸而得迴轉自由。且器械之偏倚。可任意扶正。此凹部稱爲球窩。保持於腳臺上者爲Y螺旋。

### 第三節 方位子午線。

凡羅針儀測量。雖不能得精密之結果。而用於方位決定上。決不可少也。

所謂測量之方位者。對於子午線(即貫於地球之南北線)假想上之方向。以示兩者間之度角也。若將其方向與地球真子午線相比。則名曰真方位。又將磁針之子午線相比。則謂之爲磁針方位。方位者。常由南或北計算之。以示東或西方向之偏角度也。然常示以銳角爲通常之習慣。

例如由北向東偏六十度。則稱爲  $N 60^{\circ} E$ 。由南向西偏三十度。則稱爲  $S 30^{\circ} W$ 。

分度圈上西方記以E。東方記以W。何則因分度圈與視線共動。其磁針常有一定之方向。即指南北故EW與實地之方向成反對。而測者見之。甚爲便利。見第二十四之羅針儀圖。

#### 第四節 羅針儀之整正

整正器械時所生之誤差。或始雖已整正。後由種種原因。亦生變化。故於測量結果之信與不信。全賴此整正。然使用器械有不完美之點。無論施如何精密之測量。終屬畫餅。故使用中。必要時時整正檢查方可。若使用既被整正之器械。技術者當十分自信。其結果決不必狐疑。

一般器械之整正。互相關係。而有一定順係。故整正法。無論順序如何。不可視之度外。羅針儀之整正。有七項目。

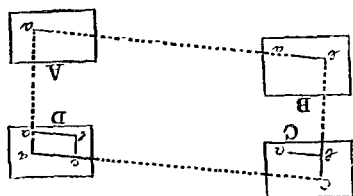
- 1 磁針有最大之磁力。
  - 2 使氣泡平面。直立於凹窩軸。
  - 3 使分度圓之軸。在圓之正中央。
  - 4 磁針之真直。
  - 5 使視線平面。直立於氣泡平面。
  - 6 向於視線南北時。磁針必對零度。即視線平面。與磁針平面。同一鉛直平面。
  - 7 羅針儀之製料中。必不能含有磁氣物。
- 1 磁針有最大之磁力。
- 檢查磁力強弱。爲工師者不可不時加注意。蓋磁針易生種種之滯留。例如以鐵近磁針。其磁針必留其處。可依取放之方法。而整正之。磁針之運動。過於活潑。必其磁力之強或



無別種引力。而磁針運動遲緩。是即磁力之弱點。欲整正此弱點。必以磁氣捧攆於兩端。或以之藏於發電機之磁田內。其磁力必漸增強。即可得十分之整正。

2 使氣泡平面。直立於凹窩軸。

第二十六圖



如圖所成 AB 線平面。稱為氣泡平面。此 AB 線為氣泡之最高線。且與 C 點之中央接觸。而與 DE 線成平行。

要之此整正之目的。不外將 A、B 水平板成水平。而使磁針得自由運動。故氣泡至 C 點時。即 AB 線成水平之時。又必將水平板同時而定為水平。

欲水準管成水平。必先移動器械之軸。使氣泡定於管之中央。由此位置。再將水平板回轉百八十度。可視氣泡果在中央與否。若氣泡依然在管之正中央。此整正法方為完全。若移動其氣泡之位置。由各氣泡管端所有之螺旋。而正管之傾斜。即整正氣泡所移動

傾斜之半。其他之半。可由器械之軸整正之。此法施至再三再四。無論如何之迴轉。而此氣泡常在管之正中央爲止。一水準管整正終。而再及於他水準管。

3 使分度圈之軸。在圓之正中心。迴轉器械於任意之位置。依磁針之兩端。可檢其正反對所指之分度有誤差否。若指示其正反對之位置。則磁針必無屈曲之處。且中心支針之支點。(即分圈之軸)正在中心也可知。若有不然之時。其原因如次。

- (1) 分度圈之分刻數有不完全之處。
- (2) 樞軸不能正對分度圈之中心。
- (3) 磁針之曲。或由(1)(2)(3)原因混合所起之差

(1)之原因。無論技術者施如何方法。難於整正。舍依賴製作機械者之外。別無整正法。而觀近日所用器械之製造術。大有進步。其分度上之過失甚少。

今置磁針於任意之位置。其磁針兩端所指分度爲同一之差。其過失不在樞軸之屈折。必在磁針之屈曲可知。

若移其磁針之位置。其磁針兩端所指分度。不能爲同一之差。此時之差。不在磁針之屈曲。而在樞軸之屈折。故整正此樞軸之屈折。可將針由圓函中取出。由其偏倚之半。對於

其偏倚之位置。可正其樞軸。行至數回。必要磁針之兩端。確指正反對之點爲止。若磁針有屈曲。則可依次整正之。

#### 4 磁針之眞直。

正磁針之屈曲。令磁針北端。指示任意分度之點。此時若南端不能指正反對之北端點。必將磁針由樞軸取出。使磁針南端確指北端正反對之點。方爲適當之整正。

#### 5 使視線平面。直立於氣泡平面。

先使器械成水平。而後將所隔距離之他端。懸一鉛直線。依視器視線向鉛直線時。其視器之毛髮線。與其鉛直線全一致則已。否則必須整正之。

6 貫於零度徑線。與視線平面。同在一平面內。且使分度圈相對之零點。與視線之方向相合。

先於兩側視器細隙之中心。張垂直細毛。覘此兩側之細毛。而兩方之零度。確在此視線內否。若視線與零度不能合一。可整正之。但非移動分度圈之機關不行。若分度圈無機關。舍依賴製作者之外無別術。

7 羅針儀之製料中。必不能含有磁器物。行此檢查。必先向視線見明亮之物體。讀其磁針所示方位。次移動遊尺於識宜之度數。視磁針所示之度數。與遊尺之度數能同一

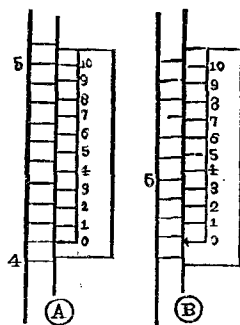
否。依此方法。試之分度圈各部。若磁針與遊尺常同一之移動。則可知此函製料。爲純正之函製料。

第五節 遊尺(Vernier; Nonius)

遊尺有二種。一曰順讀遊尺。一曰逆讀遊尺。遊尺者。係法國數學家烏爾勒阿氏所發明。爲精讀原尺分度所必用之裝置。其所刻分目。有比原尺之分目稍大或稍小者。此兩分目之差。即可依遊尺而讀之。今就順讀逆讀遊尺之構造原理說明之。

甲 順讀游尺(Direct Vernier; Nachtragender Nonios)

第二十七圖

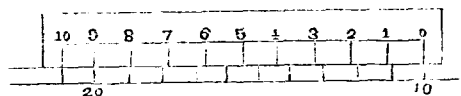


此種游尺之構造。以原尺一時十等分之付遊尺於其上。而游尺之全長。爲一時之十分之九。又將此十等分之。爲最小之分目。等於

一吋之百分之九。比原尺各分目一吋短百分之一。故遊尺一分目。比原尺一分目短百分之一吋。第二分目短百分之二吋。第三分目短百分之三吋以下皆準此。若移動游尺。其所記(1)之線。與原尺之任意一線。爲一直線。則游尺之移動。可知爲百分之一吋。又其所記(2)之線。與原尺之任意一線。爲一直線。則可知游尺之移動。爲百分之二吋。例如所記(7)之線與原尺之任意一線爲一直線則可移動爲百分之七吋

乙 逆讀游尺 (Retrograde Vernier; Vorgehender Nonios)

### 第二十八圖



此游尺。以原尺之十一分目十等分之。其各分目爲一吋之十分之一。即百分之十一吋。且等於一吋之十分之一。與百分之一相和。故游尺一分目。比原尺一分目。長百分之一吋。

以上二種游尺。爲工師所用者。在甲種。茲以原理說明之。設如以  $d$  爲原尺一分目之值。 $d'$  爲游尺一分目之值。則  $(d - d')$  爲兩

者一分目之差。即讀游尺最小之值。  
今以原尺分目數爲  $(n - 1)$ 。游尺爲  $(n)$  則得  
次之三式。

$$(1) \quad n = \frac{d}{d - d'}$$

$$(2) \quad d' = \frac{n - 1}{n}$$

$$(3) \quad d - d' = \frac{1}{n}$$

#### 第六節 羅針儀之使用法。

就精密之度而論。其羅針儀。不及經緯儀遠  
甚。然於左之測量。不要十分精密之處。例如  
三百分之一之差。概可視之度外。若有精密  
之測量。非用經緯儀不可。

今述羅針儀之功用如次。

- 1 定測線之方法。
- 2 定已定方位之測線。

羅針儀使用之方法。先測測線方位。次置器  
械於其測線一端。使水平板成水平。得規視  
他端。而讀其方位。分度圈之北位。向測線之  
前方。則以磁針之北端而讀其度數。或分度  
圈之南位。向測線之前方。則以磁針之南端  
而讀其度數。此時分度圈上所讀之度數。依  
磁針之子午線。而有偏差。必由前之結果爲  
加減。如此而對於地球子午線。可得真正方

位。

羅針儀又於以上之外。能測仰角及俯角。又述取拔上注意。以器械移之他處。必使磁停留。方得而運之。不然。恐由磁針搖動。生樞軸之鈍。

羅針儀搖動甚緩。而容易靜止時。則其樞軸必鈍。或原因於磁力之喪失。若器械搖動時間甚長。難爲靜止。則其器械之善良可知。

#### 第七節 誤差之原因

誤差之原因有三種。

1 器械上之誤差。

2 觀測上之誤差。

3 地方引力之誤差。

器械上之誤差。由器械之整正不完全所生。若整正完全。可免此患。

觀測上之誤差。由觀測上之注意而起。距離愈長。誤差之影響愈減。

此外又由地方引力所生之誤差頗大。

#### 第八節 地方引力。

地方引力。其影響大及於磁針。然此引力。無論如何原因而起。皆難於測知。有由一般銅鐵等。引力之影響。而及於磁石者。尋常之人皆得而知。然有時金屬之引力。並出於技術者豫想之外。例如地下埋藏鐵鑛。引力多起於山間地方。或有攜帶品時計與眼鏡等。有

由磁圈所蓋之玻璃發出電氣。可用濕指拭其面。即得除之。且測鎖與測串。亦必遠離。市街測量。如瓦斯管水道鐵管街燈鐵柱等。皆起磁針變化之原因。

然檢查各地方引力有無之方法。於測量中所有之測線兩端。同一測線方位。用二次測定。即於各點向前方測線。計其方位。同時向後方測線。亦計其方位。依此方位之異同。可知地方引力之有無。

磁針雖有不受地方引力時。然此地方引力。有一定不能不變化者。如下之四種。

- (1) 不定變化
- (2) 一日之變化
- (3) 一年之變化
- (4) 百年之變化

(1)之變化。起於突然。例如電雷。或北極紅原因等。所起之變化。故爲不定變化。

(2)之變化。在北半球。其北端由午前八時至午後二時間。超過十分乃至十五分之弧度。傾於西方後。漸次復歸舊位。又在南半球。其變化方向。與北半球全然相反。此種變化。必在一日內。故名爲一日變化。

(3)之變化。隨季節而變。其夏時變化。約二倍於冬。此種變化。在一年之內。故名曰一年變化。

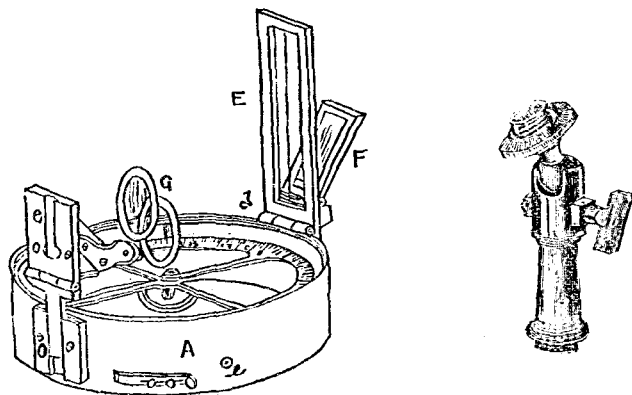


(4)之變化於同所在。歷數年間。總為一致。且同一方向。觀測磁針。可知變化增加若干。或減少若干。必限於積年累月。故為百年之變化。

例如巴里觀測之結果。千五百四十一年。磁針偏東七度。至千五百八十年。增加為東十一度半。後漸次移至西方。至千六百六十六年。始歸子午線。其偏度為西。漸次增加。至千八百十四年。達於西二十二度三十四分之極度。

第九節 稜角羅針儀 (Prismatic compass; Prisma-  
tische kompass)

第 二 十 九 圖

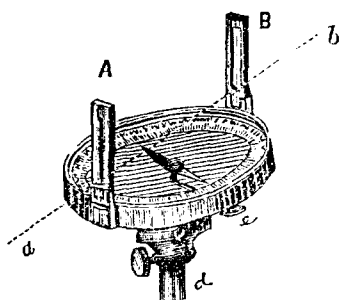


稜角羅針儀之特徵。有三稜玻璃。窺直立視器之穴時。能見對面視器之毛髮線。同時於羅針函內之分度圈。依光線之明。而得讀其度數。特磁針附着於分度圈而動搖自由。其毛髮線之後方為反射器。

圓形着色之玻璃。為太陽光線甚強時。觀物體必要之器。

#### 第十節 棒羅針儀 (Stickcompass; Stock-Kompass)

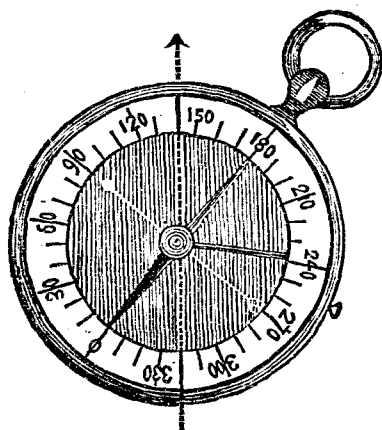
第三十圖



棒羅針儀之形狀。近於普通羅針儀。其構造簡單。使用時甚輕便。其分畫數刻有三十分。宜於尋常之測量。

#### 第十一節 袖中羅針儀 (Pocket compass; Taschenn Kompass)

## 第三十一圖



此器械見三十一圖其角度甚粗原難供實測之用。但單定東西南北及蹈測豫測等。便於攜帶。

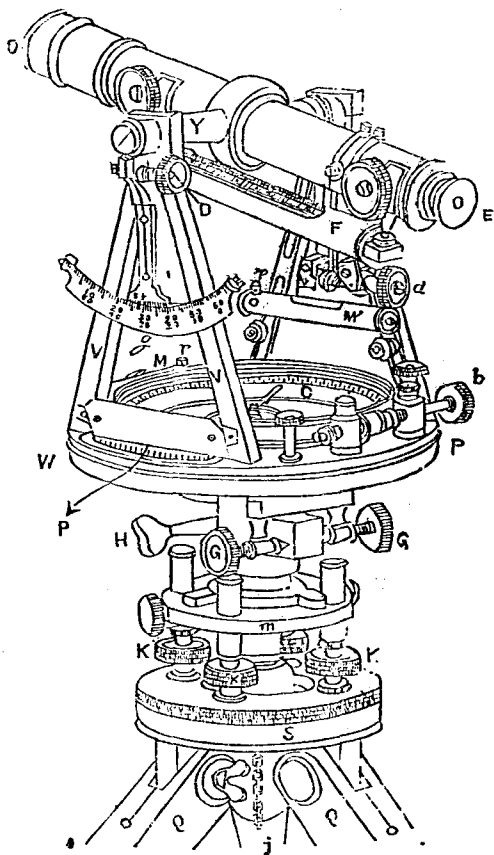
## 第三章 經緯儀

## 第一節 經緯儀之用途

凡角度測量所必要。而用途尤廣者。莫如此經緯儀。其主要用途。能精密測量水平面上之角。及垂直角。水平盤內有磁針裝置。可代羅針儀用。附屬水準管於外遠鏡。可代水準器用。且附加二水平系線於望遠鏡中之交叉線上下。由其反射。可測定距離。故稱萬能

器械亦稱廣用器械。  
第二節 經緯儀之構造

第三十二圖



KK 水準螺旋

P 分度圓

H 緊迫螺旋

j ”

G 觸接螺旋

b ”

OE 望遠鏡

l 游尺

g 垂直分度圓。

MM' 氣泡管'

F 水準

Q 三腳基

j 垂球

(A) 水準用螺旋K,K, (LeVelling screw; Nivellierende-Schraube)

使水平板保有水平位置者。專賴水準螺旋之作用。其水平板之所以必須保有水平位置者。(1)所讀角度。皆水平面內之角度。(2)與視線平面直交。(3)使器械中心得居正中。水準螺旋之數。德國用三。英米二國用四。然用三螺旋。比用四螺旋。不但正水平迅速。而且迴旋方法亦較容易。故有獎勵德式者。

試比較英米式與得式

英米式使水準成水平時。貫於圓板之母螺

旋。往往拔去其圓板。技術者。須注意與熟練使用德式者。可免此憂。

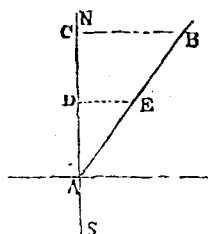
又英米式球窩之中心。雖以水準用螺旋為水準。而球窩內之球。從其中心迴旋。同時而他之一對螺旋。亦隨移動。不但有弊。而且有螺旋與板振曲之患。用德式者無此等之虞。

英米式之特長者。螺旋脚能滑動於板上。置器械於一定點時。大有便利之處。因此便利而得十分贊賞。

次就水準方法說明之。

凡測量者用水準器時。欲器械保有水平位置前。務使器械下板成水平。其法宜適當安放三脚基。此與測者程度之高下。大有關係。蓋熟練者。測量迅速。皆因善於安放器械。何則。下板既成水平。則整頓上板之水平。其費時間必愈少。

### 第三十三圖



有四個螺旋與其板上氣泡管軸平行。任意

取螺旋一對。如圖或向內。或向外。反其方向而回轉之。務使氣泡居正中爲止。同法取其餘一對螺旋。使餘一氣泡居其管之正中央方可。

由是二氣泡管。已得水平位置。更將水平盤回轉百八十度。檢查其果水平與否。否則同法使得真正水平而止。

用三個螺旋時。任意取一對螺旋。使與此平行氣泡管之氣泡居中。更用餘一螺旋。使他氣泡管之氣泡居中爲適宜。

(B) 分度圓(P) (Graduated circle; Limbus kreis)

普通分度圓徑。爲六吋之圓輪。配合遊尺。其分度之精密者。能讀至三十秒。乃至二十秒。其刻度極精密。而且明瞭。然有時讀度。眼力甚覺困難。附加顯微鏡器械。以便確讀。又垂直分度圓g。亦與遊尺。以備垂直角之讀。其大小不一。有爲圓四分之一。有爲全圓。皆與視線成水平時。必標示零度於分度圓上。(C lamp screw; Bremsschraube)

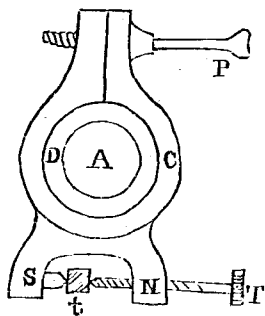
(C) 緊迫螺旋及接觸螺旋用望遠鏡。望所耍之點。必先目測。使望遠鏡恰對其點。次以緊迫螺旋。固定其與分度圓連結之部分。以接觸螺旋。令其微動。使其點恰在十字線正中爲止。故確定一視線。專賴此二螺旋之力。次說明此等螺旋之構造

T 爲與以微動之接觸螺旋。S 爲彈機裝置。挿入 S' 部。常壓迫 t 固定部。P 爲緊迫螺旋。A 爲器械之軸。能自由迴轉於 D 箇內。D 固定於經緯儀之下部 m。故緊迫 P。則與 DC 間 D A 間之壓力。由是生抵抗力。難於迴轉。故旋轉 T。因 t 爲不動部。而運動即起於 N S 間。使 A 能迴轉。

若放鬆 P 螺旋。C 輪即不壓迫 A 與 C D。由是 A 得自由運動。

若欲令 A 軸微動。先緊迫 P。即可得迴轉 T。以上裝置。多屬於經緯儀下部螺旋。次述附屬上部之螺旋。可參照下圖。

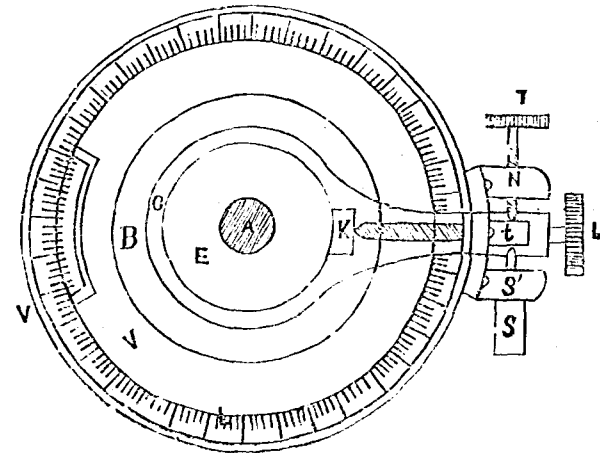
### 第 三 十 四



A 軸與 I' 緣。互相密接。爲同樣運動。若欲 A 與 I' 運動。須放鬆下部緊迫螺旋。次 E. V V' 同一體。爲同一之運動。C 帶輪附



## 第三十五圖



着於 A 軸周圍。L 緊迫螺旋。其一端有 K 劈。  
 取 NS' 附於 V' T' 爲 C 之突出部。  
 今 L 壓 K 時。K 加摩擦力於 E。而制止 E 之  
 運動。同時制止 VVA 軸。與遊尺各附以板。互  
 相緊迫。方能使 T 微動。

(D) 氣泡管 (MM) Bubble Tube;  
 Rohren Libelle)

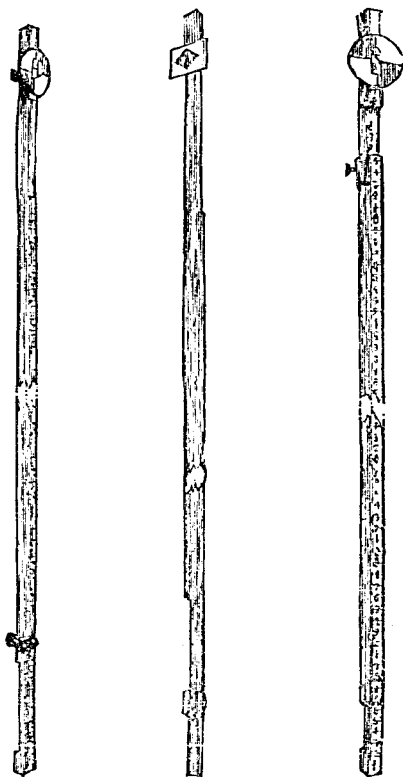
如上云經緯儀。用以測水平角及垂直角。必  
 要氣泡管。固不俟論。如用 MM' 互相垂直之  
 二個氣泡管是。此外用水準器代之經緯儀。  
 必更用長氣泡管 F。

(E) 羅針盤

欲知測線之方位。故凡經緯儀。必設有羅針盤。

(F) 勾配器 (Gradienter)

此器能知視線之傾斜。與接觸螺旋之迴轉數。有水平小尺度。並可示螺旋迴轉數之分數。螺旋一迴轉。與其垂直角之比例。如對於水平距離一百呎。區分一呎。或五呎之勾配。



第  
三  
十  
六  
圖

遊尺已於前章說明。茲不贅述。

望遠鏡別詳論之。

### 第三節 經緯儀之檢查

#### (A) 刻度

刻度須精密。固不待論。然檢查無簡易良法。甚爲遺憾。但無論何點。只回轉遊尺。檢查其遊尺刻度。與分度圓刻度一致與否。亦可。然現時用製造機關所作之分度器。能發見其謬誤。

更進而測天文之器械。必用最精密方法。茲不必詳說。

#### (B) 偏心

分度圓之中心。須與迴轉軸一致。欲檢查之。先讀相隔百八十度之兩遊尺。指示度。次迴轉九十度。亦讀之。與遊尺之移動同量。即非偏心之證。不然。其兩遊尺移動量之平均額。爲實際之移動量。故此等器械。當取兩遊尺所讀之平均度。與兩遊尺所讀百八十度相異。猶謂刻度與中心爲完全者。此謬誤之甚也。何則。遊尺間之差異。原基於刻度之精粗。及偏心遊尺之弧長等弊也。

#### (C) 增大力及遊尺

望遠鏡之增大力。與遊尺有比例關係。即遊尺之微動。相當於視線之微動。可確認無疑。故水平分度圓之刻度。須適當精密度。若過

畧過精。均不得宜。蓋前者大，使光度消失。後者讀度必多費時間。

(D) 增大力與長氣泡管，若以經緯儀供水準器用之時，增大力與氣泡管之敏銳度。或有比例關係。若望遠鏡內十字線稍有移動，氣泡管必受影響，亦生移動。

(E) 增大力與平板上之氣泡管。增大力與氣泡管敏銳度之關係，必因事業之種類而分輕重。先令兩氣泡管在正中。取遠處明瞭一點。用水準螺旋而整理水準器。後由望遠鏡視所定之點。十字線與原位置一致時。則知增大力與氣泡管之敏銳度。有適當之比例。

若十字線之水平部移動。則知與望遠鏡成直角之氣泡管鈍。十字線之垂直部移動。則知與望遠鏡平行之氣泡管鈍，但無關緊要。

(F) 水平板當與垂直軸成直角。若水平板非水平。則於一部所測之角度過大。且於他一部所測之角度過小。但普通器械，由此所生誤差甚微。

(G) 對物鏡

對物鏡中心，即對物鏡之出入方向，須與鏡軸線一致。即鏡之出入滑動必為直線。又運動鏡之水平軸於水平內，最後須移動與水平軸成直角。此檢定之順序如左。

- (1) 由垂直平面所生之偏差。
  - (2) 由垂直平面與直角相交之平面所生之偏差。
  - (3) 由與水平軸成直角線所生之偏差。
- (1) 由垂直平面所生之偏差。

於平地上。每隔百呎設一杭。共五六所。其中或與器械近者。用望遠鏡視杭上諸點。必迴轉望遠鏡及其上板於水平軸上。視第一點。及漸次視以前諸點。若在視線內。即無偏差之證。

若不一致時。將第二視線點。設於以前諸點之傍。各相當二杭點之距離。與其去器械之距離成比例。足證鏡之出入滑動為直線。然與水平軸成直角否。尚未確定。

次欲移視線於水平軸直交之水平面內。先視其第一點。次望第二點。移動望遠鏡後端。恰令視第一第二點之中間。然後知前鏡視線生誤差。故必修整鏡軸線與鏡管。使兩者整齊而後止。

- (2) 由垂直平面與直角相交平面所生之偏差。

其方法與前畧同。即於地上等距離處設杭。近於器械者為第一號。

立箱尺於各杭上。讀其高度。將第一號箱尺之讀高。與順次所讀他杭箱尺之高相減。並

與各距離成比例。則知對物鏡係一直線運動。由是視線與互相直交兩平面之交線一致。

(3) 檢定出入滑動與水平軸直交否。於近距離。使十字線之垂直線。與鏡軸線一致。次於遠距離仍一致時。即對物鏡中心。與水平軸成直角方向之證。若不一致。必修正鏡管後端。使之一致而後已。

#### 第四節 經緯儀之整正

經緯儀之整正。分爲五項。

- (1) 使水平板。與垂直軸成直角。
- (2) 使視線。與望遠鏡迴轉水平橫軸成直角。
- (3) 使望遠鏡迴轉水平軸。與器械之垂直軸成直角。
- (4) 使望遠鏡水準管之軸。與視線平行。
- (5) 視線平行時。垂直分度圓。必指示零度。

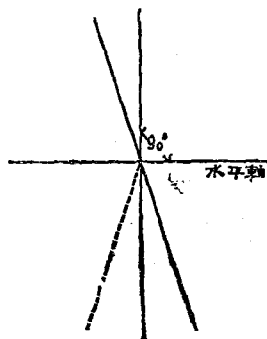
(1) 使水平板與垂直軸成直角。  
此整正法與羅針儀同。用水準螺旋  $K$ 。令  $M$   $M'$  氣泡管之氣泡在正中。無論望遠鏡如何運動。必常保其水平位置。次迴轉百八十度。視其氣泡移動與否。若不在正中央。則以  $K$  修正其移動之半。以  $R$  修正其餘之半。

(2) 使視線與望遠鏡迴轉水平橫軸成直

角。

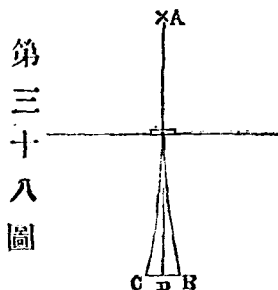
此修整完全時。則鏡軸必迴轉於水平軸上。而視線之軌跡。亦為平面。如不完全。則不

第三十七圖



為平面。而成圓錐體。其頂點必在水平軸上。參照上圖自明。自器械前後二三百呎之間。撰平坦之地為地點。整理望遠鏡直角。與水準管為水平。次向前二三百呎設一點A。以視線向此點。次迴轉望遠鏡於水平軸之周圍。以視線向反對之方向。用同法隔二三百呎。可定正B點。

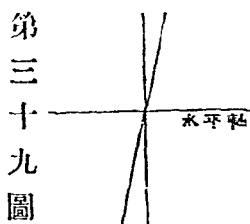
次鬆垂直軸之緊迫螺旋。將器械迴轉百八十度。再定A點。次緊迫垂直軸。反轉望遠鏡向B方。此時若B點在視線內。則修整必已完全。否則。更設第三點C。



$$CD = B \times \frac{1}{4}$$

將 BC 間四等分。自 C 點取四分之三得 D 點。令視線來 B 處。以望遠鏡螺旋修理之。若一次不能修正。以數次修正之可也。

(3) 使望遠鏡迴轉水平軸。與器械之垂直軸成直角。



縱觀線與水平軸成直角。而水平軸不與垂直軸成直角。則視線所作平面亦非垂直平面。

將器械安放堅固地盤上。令水平盤上之水準管。與直交於視線之水準管成水平。次自器械十五六呎之前。以長二三十呎之細絲。垂掛於屋角。或樹木上。緊迫器械。令視線



垂於垂絲之最高部。即可定器械之垂直軸。次使望遠鏡視線。漸次下向。若視線與垂直細絲全然一致。則水平軸方為真正水平。否則。則水平軸必非水平。可用望遠鏡架之螺旋。使與一致而後止。

有時空氣震動。及其他種種原因。致令垂線動搖。欲去此弊。可於垂絲下端。繫以垂球。安放於水桶中。

(4) 使望遠鏡水準管之軸。與視線平行。此檢定法使用一個水準儀之經緯儀。測仰角俯角為必要之際。其法詳於水準儀。今略之。

(5) 視線平行時垂直分度圓。必指示零度。此檢定為第四檢定法後所必要者。視線水平時。即望遠鏡之水準管水平時。遊尺恰對垂直分度圓之零度。如所示非零度。須記憶其差於實地測量時而加減之。可得真正垂直度。

以上五種檢定法概論之。自第一至第三為平面測量所必要。第四及第五為高低測所必要。

#### 第五節 經緯儀之使用法。

使用目的。如下之四種。

- (1) 測水平角。
- (2) 測垂直角。

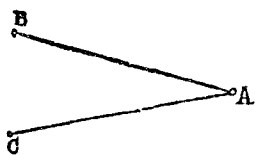
(3) 將設定直線延長之。

(4) 經緯法。

(1) 測水平角

經緯儀皆安放於三腳臺上而使用之。固不待言。今將此經緯儀。置諸某角點。使器械中心所繫錘線。恰在此角點上。器械得真正水平。後用測線測一方之視線  $AB$ 。固定迴轉垂直軸。以接觸螺旋使視線命中  $B$  點。在水平分度圓遊尺上。讀其分度若干。而記憶之。

第四十圖



次固定下圓板而令移動。只放鬆上圓板緊迫螺旋而迴轉之。使視線向  $C$ 。再固定上圓板。微動上圓板之接觸螺旋。使視線亦命中  $C$  點。又在分度圓遊尺上。讀其分度若干。與前讀度之差。即為所求角度。

以上方法。雖無差異。然器械置於  $A$  點。當未測  $B$  點之前。使羅盤零度。正對遊尺零度。於是令視線命中  $B$  點。後固定下圓板。而僅移動上圓板。令視線亦命中  $C$  點。故可不用減算。直得所求角度。

附記 反復法

此法較前精密

先將器械安放在所求角點。令其水平。及一切手續終後。以望遠鏡視線。向第一視線。緊迫垂直軸螺旋。而讀遊尺正對之零度。微動下圓板下方之觸螺旋。使視線命中標的。次僅放鬆上圓板緊迫螺旋。回轉之整正視線。亦使命中第二測線上之標的。此際分度圓上所讀之角。即所求角度。然吾人尙未滿足。更欲得精密結果。故用反複法。次依然緊迫上圓板。勿令移動。而放鬆下圓板緊迫螺旋。回轉器械。更使視線命中第一測線上之標的。後緊止下圓板不動。放鬆上圓板之緊迫。再使視線命中第二測線上之標的。

如是每次角度。可集積現於分度圓上。可信賴以上而定平均角度。且可檢查第一次測定之角度。

以上爲通常之法。欲更精密時。將以上所述列爲第一種測法。次反轉望遠鏡。與回轉器正反對。由第二測線向第一測線。爲第二種測法。

以第一種與第二種平均之。必爲真正角度。如是可防誤差之發生。

## (2) 測量垂直角

垂直角者。爲垂直面內之角度也。常以水平

線爲準。可得測知視線。在水平線上者。稱仰角。水平線下者。稱俯角。吾人由垂直分度圓。可得測定此等角。

視線水平時。分度圓之遊尺。讀爲零度。則向望遠鏡於測點。緊固水準橫軸。由觸螺旋微動。使視線命中測點。後直對遊尺而讀分數。若遊尺不整正。則水準管之水平。與遊尺必生誤差。後將已定誤差。與測定結果相加減。即得所求之真角度。

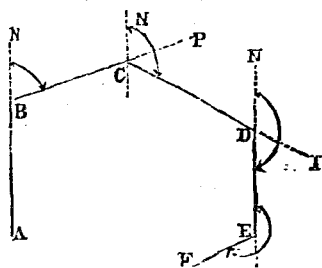
若由器械分度圓。而恰對遊尺零度時。則令視線命中標的。而測定仰角。或俯角。更由器械垂直軸回旋 $180^\circ$ 。反向望遠鏡。而爲同樣測定。平均此二次測定角度。即可除去遊尺之誤差。

### (3) 決定直線而次第延長之

先使平板爲水平面。向視線於所要之點。大約一致後。固定上下兩緊迫螺旋。次微動G之觸螺旋。使命中所要之點。然於此而識別。杭上之釘。甚難。必樹以測竿。如上已決定第二點。則移器械於第二點。使器械中心。與釘頭恰對。次正水板爲水平。向視線於第一點。固定上下之緊迫螺旋。而微動觸螺旋。使命中其點。後回轉望遠鏡於水平軸之周圍。依前法決定第三點。順次進行於第四第五點。而得延長直線。

(4)

第四十一圖



於多角測法。先定一基線。他之一切視線。皆由此基線比較而出。如左圖  $AB$  爲基線。從此可得順次測定  $A, B, C, D, E, F$  等點。

置經緯儀於  $B$  點。正遊尺於分度圓之零點。後緊迫上圓板。迴轉下圓板。向視線於  $A$  點。使命中之後。反轉望遠鏡。向  $AB$  延長線於  $B$  方向。次放鬆上圓板之緊迫而迴旋之。使向視線於  $C$ 。其時分度圓上之度。即爲  $\angle BNC$ 。

次於上圓板緊迫此位置。僅放鬆下圓板。移器械於  $C$  點。然携持遷轉之際。生多少動搖。必有防上下圓板之互相移動者。使下圓板僅蒙動搖。

如此置器械於  $C$  點。終結水準等一切手續。而後於分度上。檢查移動之有無。若(彼此皆正時)可迴旋下圓板。向視線於  $B$ 。緊迫下圓板。使能命中  $B$  點之後。反向望遠鏡。而向  $C$

P 方向。次放鬆上圓板之緊迫。使向視線於 D。緊迫上圓板。使命中 D 點後。讀分度圓。故分度上之角。即為  $\angle NCD$ 。

順次依同樣法。可得連續測之。

注意 測角之方向。皆與錶針之迴轉方向同。

經緯儀使用上之注意。

經緯儀有多數螺旋。惟緊迫螺旋。最宜注意。不可使之過度。若稍過之。則易生傾斜。甚則使完全器械。陷於不完全。反難信測定之結果。故此緊迫螺旋。只要制止器械之滑動為止。

又宜注意器械被害於風雨。故測量者。常用意攜帶油紙與布片等。若水浸入於望遠鏡管內者。則取出對物鏡。使管內乾燥。又鏡內有污穢物。可用酒精洗之。故器械表面。必使無附着塵埃方可。

#### 第四章 六分儀

##### 第一節 六分儀之用途

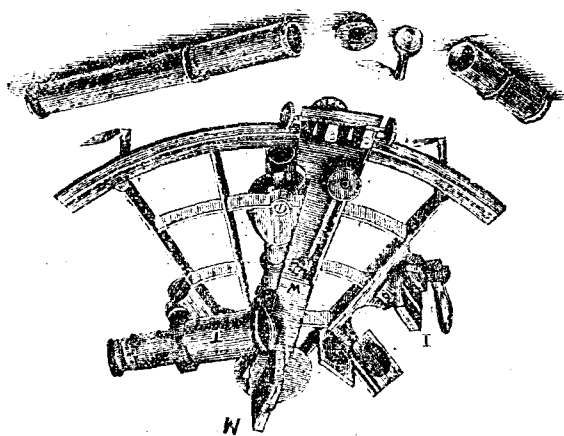
六分儀者。測定角度也。已述於前章經緯儀。為角度測量器。其測定之角。常為水平面上之角。或為垂直角。然有時不限於水平面上。或垂直面上之角者。並能測定觀測點與任意二點間之角。故六分儀得適用於一般角度測量。勿論測定結果精密程度。不及於經

緯儀。然爲此種之特徵者。使用輕便。能支持於掌上。或於舟中馬上等動搖之點。而得測定精確。

六分儀器械設有分度圈。爲全圓周六分之一。即由六十度之弧所成。而能測定百二十度。有比分度圈六十度大者。即可測至百二十度以上。

## 第二節 構造

### 第四十二圖



W 爲軸臂。滑動於分度圓之中心。而與分度圓所接之處有遊尺 V。

M 爲一平面鏡。稱指度鏡。與此相對者。有 L 平面鏡。稱地平鏡。使指度鏡固定於 W 軸臂。

而能伴軸臂迴轉。變化其面之方向。然 1 之地平鏡。固定於器械之格子。而全不變其方向。

1 爲望遠鏡。亦固着於器械之格子。

地平鏡之構造。下半面爲鍍銀所製。而上半僅爲透明。

故此器械。能觀測二點間之角度。使用時。由遠方標的而來之光線。通過地平鏡透明之部分。而映於眼。次由他標的而來之光線。由指度鏡及地鏡反射而來。若微動 W 軸時。由二方向所來之光線。必能見其相合。其時遊尺指示於分度弧上之度數。即二物體間之角度。

### 第三節 六分儀之原理

六分儀之原理。由二方向所表之光線。爲二鏡面(即指度鏡與地平鏡)間角度之二倍。

證明 O 與 M 爲二點。I 與 H 爲鏡之位置。E 爲眼之位置。

然其時欲證明之。則  $\angle OEM$  爲  $\angle IVH$  之二倍。

由幾何學上之理。 $\angle OEM = \angle HIO - \angle IHE$

由光學上之理。 $\angle OIP = \angle PIH$  與  $\angle IHP' = \angle P'HE$

$$HIO = 2i \quad IHE = 2i'$$



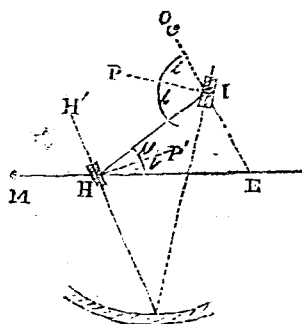
$$\angle V = \angle IIIH' - \angle HIIV$$

故  $\angle V = (GO' - i') - (GO' - i) = (i - i')$  (1)

而  $\angle IEH = \angle HIO - \angle IHE = 2i - 2i'$   
 $(i - i')$

故  $\angle IEH = \angle V$ .....(2)

第四十三圖



由(1)與(2)可得證明。

若通常分度弧上所刻之分割數。爲二物體間角度之二倍。實際六十度。而於分度圓上。爲百二十度。則並不勞二倍之直於分度上所讀之角度。即所求真角度。

第四節 六分儀之整正

(A) 使指度鏡與六分儀面成直角。

微動指度鏡固定之臂。使對遊尺而對讀三四十度之邊。近隔指度鏡於眼。而映分度圓於鏡面上。使物影與分度圓兩相連續。能成爲一弧線否。若見爲合一。則指度鏡必與分

度圓面成直角。否則由附於鏡筐之螺旋而整正之。若無螺旋裝置之器。則取指度鏡於外。插入紙片於鏡筐之底。得整正其傾斜。

(B) 使地平鏡與器械平面成垂直。

分度圓上所讀之角。大凡由零度起。或眺望物體回轉螺旋。使直射光線。與反射光線一致時則為善。若不一致。須用回轉螺旋整正之。

(C) 遊尺示零度時。地平鏡必與指度鏡平行。

遊尺正對零度時。次於遠方撰如星明亮之光體觀測之。光線通過地平鏡而來他方面。即反射於指度鏡而來之光線。二者相合。然來時全賴整正。若不一致。則整正於向地平鏡之螺旋。或欠此裝置者。則指度鏡之臂。使移動至直射。與反射光線相合。而讀過於遊尺。或不足之分度。皆為已定誤差。測定時每易訂正。

(D) 使望遠鏡視線與六分儀平面平行。置六分儀於平坦面上。隔二三尺之處。設明亮一點。向望遠鏡之視線於此方。次得平行於器械面之視線。為二同高之物體。置此於分度圈之兩方。沿其面上。先向視線明亮之點。而微動器械。使此點與二物體面至為一平面止。後以望遠鏡覘先之點。其視線可與

前同。若先之明亮點與視線不一致。則整正望遠鏡於支持之環。其點必成一致。

(E) 檢查外心之有無

指度鏡臂軸之中心與分度圈之中心。有非一致時。則不有製造器械者整正之。技師生非常之困難。

### 第五節 六分儀使用法

測極小之角度時。易生視差。故用此器。必須避極小之角度。

使用法者。使第一物體。通地平鏡直接而來之光線。反射於他指度鏡而來之光線。使彼此微動於遊尺。而恰成一致。

由第二物體而來之光線。欲交叉於 E 點。由角度大小移動 E 點。須注意於器械之用法。二物體中有不明亮者。由此而來之光線。通地平鏡反射於指度鏡亦不明亮。

第三編 角度測量器之應用及理論。

### 第一章 平板測量。

#### 第一節 誤差之原因

- (1) 器械位置之誤差。
- (2) 視方之誤差。
- (3) 視察中山板移動之誤差。
- (4) 整正之誤差。
- (5) 板傾斜之誤差。
- (6) 引線於圖紙上所生之誤差。

(7) 由尺度取遠之誤差。

(8) 因氣候而紙生伸縮之誤差。

此外亦有同於鎖測量之誤差。

以上誤差關係於圖者甚大。(1) (2) 與用經緯儀時之種類同。茲可不論。

板非水平。則所定 = 點間之水平角。必不在水平面上。所定二點間之鉛直角。亦必不在鉛直面上。此誤差之所由生也。

(7) (6) 關於技術者之熟練與巧拙。

(8) 因天候及氣象紙質等如何。

## 第二節 精密之度。

欲合於精密度之方法甚多。原難驟定。

近來平板器愈出愈精。然不可不過於快速。

## 第二章 羅針儀測量之應用及理論。

### 第一節 野業及其記入法測量之法分爲三種。

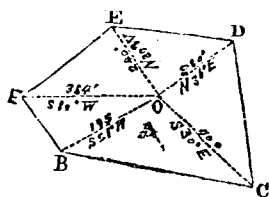
(A) 射出法。(Radiation method; Strahlen methoden) (Intersection method; Kr

(B) 交叉法。 (euzungen, methode) (Boundary m

(C) 周迴法。 (ethod; Grenz methode)

(A) 此法設一點於土地之內部或外部。由此點出測線於土地之各隅。測定此土地之距離及方位。若由土地之形狀而不能行一回測定之時。必分割土地爲適宜之各部。而行同樣之方法。亦無障礙。

## 第四十四圖



對於此圖 A B C D E 之土地。由 O 點出射線於各部。此其記入法如次。

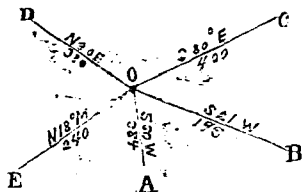
(1)	測線	方位	距離	備考
	OA	S 80° W	384'	
	OB	S 21° W	190'	
	OC	S 30° E	400'	
	OD	N 36° E	380'	
	OE	N 18° W	240'	

(2)

$$OA = \frac{S80^{\circ}W}{388} \quad OB = \frac{S21^{\circ}W}{195} \quad OC = \frac{S30^{\circ}E}{400}$$

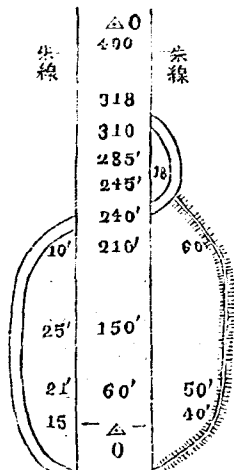
他 亦 準 此

第四十五圖



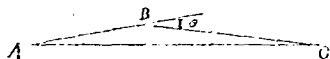
例如射出線。欲對於 O C 而取枝歧。則用次法。

第四十六圖



(B) 交叉法 OU' 此方法設 A B 基線與 B C 副基線。置器械於 A 點。向各點。

第四十七圖



(即 C D E F)之方位測定。次移器械於 B 點。同樣向各點之方位測定。又移器械於 C 點。可用同前方法測之。

然各角由 A B 兩點之讀高。而得決定其位置。又照查 C 點。而亦得計之。

測枝距之法。與前相同。可不必再述其。野帖記入法如次。

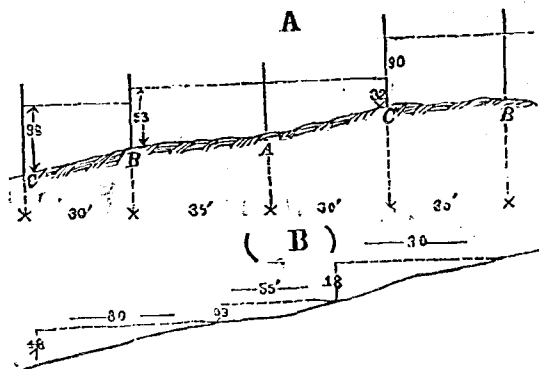
(1)	測 線	方 位	備 考
A ≡ リ	AC	S 59 E	$AB = \frac{380}{S 50 E}$ $BC = \frac{230'}{E}$
	AD	S 77 E	
	AE	N 80 E	
	AF	N 55 E	
B ≡ リ	BC	E	
	BD	N 64 E	
	BE	N 41 E	
	BF	N	
C ≡ リ	CA	N 69 W	
	CD	N 30 E	
	CE	N 19 E	
	CF	N 27 W	

### (C) 周迴法

欲行此周迴法。必於適當土地之境界線。周圍測定。如圖之地面。先置器械於 A 點。向 B 點成一視線取其線之方位。次移器械於 B 點。向 C 點成一視線。亦必取其線之方位。以

下皆同此法。其野帖之記入。得次之數法。

第 四 十 八 圖



(2)

測線	方位	距離	備考
1	N 62° E	9.20	
2	S 30° E	14.00	
3	S 40° W	15.00	
4	N 46° W	10.00	

(3)

1.	$\frac{N\ 62^\circ\ E}{9.20}$	2.	$\frac{S\ 30^\circ\ E}{14.00}$
3.	$\frac{S\ 40^\circ\ W}{15.00}$	4.	$\frac{N46^\circ W}{10.00}$

因時之宜。應用以上方法。為甚便利之事。

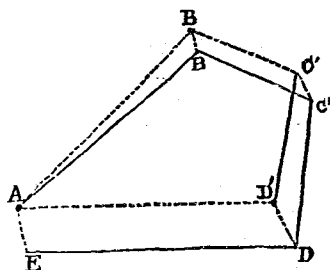
第二節 實測檢查及整正法。

檢查之方法如次。



- (1) 製圖正確之時。由各角點或物體之方位。使會合於一點。否則其圖必不正確可知。
- (2) 由經緯法而計算經距緯距。則經距之代數和。及緯距之代數和。必成爲零。此方法詳見後節。
- (3) 周迴法測量。測線之終點。必要與起點成一致。
- (4) 由或角點。至他角點。其方位彼此一致。必正確無疑。
- 整正法如次。

第四十九圖



於 A B C D E 之製圖。生 A E 之誤差。欲整正爲 A B C D。當用如何方法。其理如次。於各測線方位及距離之誤差。其發見也難。或由他原因所生之誤差。其發見爲尤難。就嚴密之理論。可假最小二乘法之助。依普通實地方法。將此 A E 誤差。分配於全長而整正之。

以 AE 誤差之長。對於 AB + BC + CD + DE 全長之誤差。分配於各部。改正量爲 B。

$$\text{即 B 點} = \frac{AB + \quad}{\text{全長}} \times AE$$

$$\text{C 點} = \frac{AB + BC}{\text{全長}} \times AE$$

順次依上式計算之。

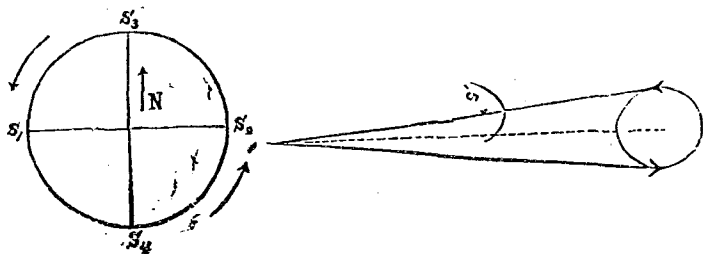
故由各角點平行於 AE。引 DD' C' C' B' B' 等線。本以上算出分配誤差之長。定 D' C' B' 各點。即能得整正之 ABCD 形。

### 第三節 眞子午線發見法。

(A) 北極星。(polestar; Polarstern) 之經過及離隔。眞子午線之位置。假北極星助而發見之。然北極星之經過及離隔。有如何之意義。不可不先說明之。夫北極星者。非在眞正北位。約有一度半之偏倚。如他恆星。不能圓周運動。故傾一度半而運行之也。

第五十圖

第五十一圖



此一周時間爲  $23^{\text{h}}56^{\text{m}}$  示北極星如矢。向  $S_1 S_4 S_2 S_3$  之方向運行。如行於  $S_3$  子午線最高點時。謂爲上經過。(Upper culmination; Ober Culmination) 行於  $S_4$  子午線最低點時。謂爲下經過。(Lower culmination; Unter Culmination) 又如至  $S_2$  位置時。名東離隔。(Eastern elongation; Ostliche Abweichung) 至  $S_1$  位置時。名西離隔。(Western elongation; Westliche Abweichung) 上下經過最速。難於觀測。東西離隔。甚緩。故利用此而定子午線。

北極星於東西離隔。時時生變化。蓋依年月日時間之離隔不同。而緯度之關係亦異。故於觀測。先由天文臺之報告書。作東西離隔表。爲必要之事。

天文時與地方時。必須注意。蓋天文時後於普通時十二時間。所謂一日十六時。即知爲翌日午前四時。故以離隔表之取扱方。示之如次。

西歷千九百一年。北緯四十度之調查。

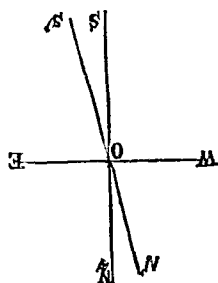
月	日	隔離	時	間
一	月一	西	12II	34M 7
	十五日	西	11	39 4
二	月一	西	10	32 3
	十五日	西	9	37 0
三	月一	西	8	41 8
	十五日	西	7	46 6
四	月一	西	6	39 7
	十五日	西	5	44 6
	十五日	東	17	50 8
五	月一	東	16	48 0
	十五日	東	15	53 1
六	月一	東	14	46 5
	十五日	東	13	51 7
七	月一	東	12	49 0
	十五日	東	11	54 2
八	月一	東	10	47 7
	十五日	東	9	52 8
九	月一	東	8	46 2
	十五日	東	7	51 3
十	月一	東	6	48 5
	十五日	東	5	53 5
	十一月一	西	17	43 4
		西	16	36 6
	十五日	西	15	41 5
	十二月一	西	14	38 5
	十五日	西	13	43 2

月 日	上經過	一日之差違
一月一日	6H39M7.....	3M95
十五日	5 44 4.....	3 95
二月一日	4 37 3.....	3 95
十五日	3 42 1.....	3 94
三月一日	2 46 3.....	3 94
十五日	1 51 7.....	3 94
四月一日	0 44 7.....	3 93
十五日	23 45 8.....	3 93
五月一日	22 43 0.....	3 92
十五日	21 48 0.....	3 92
六月一日	20 41 4.....	3 92
十五日	19 46 6.....	3 91
七月一日	18 44 0.....	3 91
十五日	17 49 2.....	3 92
八月一日	16 42 6.....	3 92
十五日	15 47 8.....	3 92
九月一日	14 41 2.....	3 92
十五日	13 46 3.....	3 92
十月一日	12 43 5.....	3 93
十五日	11 48 5.....	3 93
十一月一日	10 41 6.....	3 94
十五日	9 46 5.....	3 94
十二月一日	8 43 5.....	3 94
十五日	9 48 3.....	3 94

## (B) 偏差方位角

偏差者。稱羅針子午線與真子午線之差也。此偏差在真子午線之東。名東偏差。在西名西偏差。例如  $NS$  爲真子午線。 $N'S'$  爲羅針子午線。

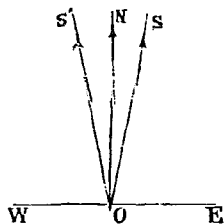
第五十二圖



方位角者。真子午線與離隔方位之差也。

$\angle N'ON =$  偏差。

第五十三圖



$\angle S'ON =$  西離隔。

$\angle NOS =$  東離隔。

方位角亦有日日之變化。不可不作表以示

之。次長所示。對各種各種之緯度。爲追年數而列舉。故對月日者。必別作一表。

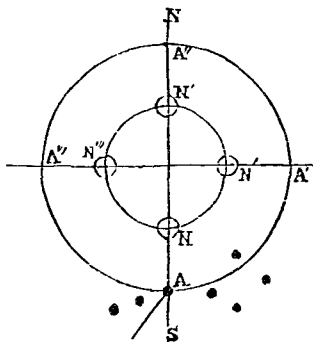
緯度	1904	1905	1906	1907
25	1° 19.8	1. 19.4	1° 19.1	1° 18.4
26	20.5	201	19.8	194
27	21.2	208	20.5	201
28	21.9	216	21.3	209
29	22.7	224	22.1	217
30	23.5	231	22.8	224
31	24.4	240	23.9	232
32	25.3	249	24.5	241
33	26.2	259	25.5	251
34	27.2	269	26.5	261
35	28.3	279	27.5	271
36	29.4	290	28.6	282
37	30.5	301	29.7	293
38	31.8	314	31.0	306
39	33.1	327	32.3	318
40	34.4	340	33.6	332
41	35.8	354	35.0	346
42	37.3	369	36.5	366
43	38.9	385	38.1	376
44	40.5	401	36.7	362
45	42.3	418	41.4	409

### (C) 真子午線發見法。

擇暗夜明星。而起東西離隔時。取最平之地。準備三四呎之杭二本。4' × 4" × 0, 4" 之板。一枚羅針儀垂球線用洋燈及離隔表等。先

將杭釘入於東西方向。平切杭頭。於上釘。以長三呎。幅四五吋之平板(A B) 次置 C 之羅針儀。(或經緯儀亦可)於其上。在此時。

#### 第五十四圖



二十分前。離杭十七八呎。架設測竿。或他材。將上部連結。距視線中央。係以垂球。將此浸入水。或油中。以防其動搖。又用洋燈照垂球線。依羅針儀視器。而北斗星與垂球線成一。致方可定其視線。若北斗星尙在進行。必漸次。修正視線。恰至離隔時。俟北斗星之暫時。停止爲直。

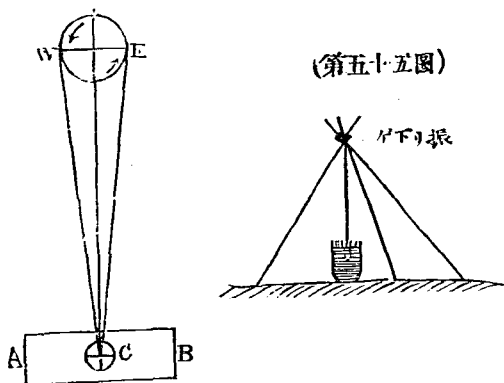
次固定杭於數百尺前。將其頭付一釘。定視線方向。此時欲照杭頭。用二分許之板。留一縱間隙。以洋燈照之。便施釘於杭頭。翌日十時。以精密卷尺。精測羅針儀中心點。與杭頭間之距離。次就方位角表。求方位角。



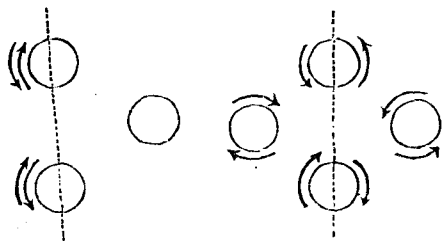
其角爲  $\angle D$  ( $\tan d \times$  測線長) 又從 杭西或東出直角線。使與已得之長相等定一點。將此點與 C 點連接。即爲真子午線之方向。

(D) 真子午線發見略法。

第五十五圖



第五十六圖



北斗七星中之第五位星(日本稱阿利俄斯星)與北極星同樣。迴旋於周圍。蓋第五位星。極星至上下經過及東西離隔。即北極星至

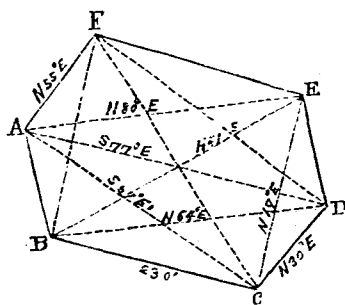
由  $n, n', n'', n'''$  之時。而北斗星中之第五位星。亦至  $a, a', a'', a'''$  等處。故以鉛直線與北斗星連結。可得近似之真子午線。

### 第三節 地積測定法。

欲測定地積。必先完結正平面圖。次經距緯距倍子午距離及分配誤差等。可稍為說明。以下順次陳述。

(A) 平面圖完結之要件。

### 第五十七圖

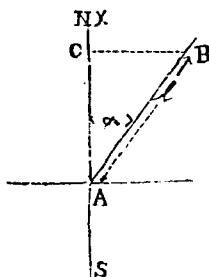


今於已定 ABCDE 土地。圍以南北及東西二線。南向線與北向線用 (+) (-) 符號區別之。東向線與西向線亦用 (+) (-) 符號區別之。正完結此。ABCDE 者。即測定之結果。故  $EB + BG = HD + Di + EK$  及  $GC + CH = IE + KA + AF$  即知北向線之和。= 南向線之和。

東向線之和 = 西向線之和。

(B) 經距及緯距

### 第五十八圖



今  $AB$  爲測線。 $XB$  爲東西線。 $AX$  爲南北線。 $AC$  稱緯距。 $CB$  稱經距。故凡一測線。必知緯距及經距。

$$AC = AB \cos CAB$$

$$CB = AB \sin CAB$$

測線之長爲  $L$ 。方位角爲  $\angle D$ 。一般緯距 =  $L \cos D$ 。經距 =  $L \sin D$ 。欲爲簡便計算。故示經緯表如下。

經緯表

	緯距		經距			緯距		經距	
	N. S.	E. W.	N. S.	E. W.		N. S.	E. W.		
0°0'	1.0000	.0000	1°2	.9998	.0180	2°00	.9994	.0349	
2	"	.0006	4	"	.0186	2	"	.0355	
4	"	.0012	6	"	.0192	4	.9993	.0361	
6	"	.0017	8	"	.0198	6	"	.0366	
8	"	.0023	10	"	.0204	8	"	.0372	
10	"	.0029	12	"	.0209	10	"	.0378	
12	"	.0035	14	"	.0215	12	"	.0384	
14	"	.0041	16	"	.0221	14	.9992	.0390	
16	"	.0047	18	.9997	.0227	16	"	.0396	
18	"	.0052	20	"	.0233	18	"	.0401	
20	"	.0058	22	"	.0239	20	"	.0407	
22	"	.0064	24	"	.0244	22	.9991	.0413	
24	"	.0070	26	"	.0250	24	"	.0419	
26	"	.0076	28	"	.0256	26	"	.0425	
28	"	.0081	30	"	.0262	28	"	.0430	
30	"	.0087	32	.9996	.0268	30	.9990	.0436	
32	"	.0093	34	"	.0273	32	"	.0442	
34	"	.0099	36	"	.0279	34	"	.0448	
36	.9999	.0105	38	"	.0285	36	"	.0454	
38	"	.0111	40	"	.0291	38	.9989	.0459	
40	"	.0116	42	"	.0297	40	"	.0465	
42	"	.0122	44	.9995	.0302	42	"	.0471	
44	"	.0128	46	"	.0308	44	"	.0477	
46	"	.0134	48	"	.0314	46	.9988	.0483	
48	"	.0140	50	"	.0320	48	"	.0488	
50	"	.0145	52	"	.0326	50	"	.0494	
52	"	.0151	54	"	.0332	52	.9987	.0500	
54	"	.0157	56	.9994	.0337	54	"	.0506	
56	"	.0163	58	"	.0343	56	"	.0512	
58	"	.0169	2°00'	"	.0349	58	"	.0518	
1°00'	9998	.0175		"					

經緯表

緯距		經距		緯距		經距		
N. S.	E. W.	N. S.	E. W.	N. S.	E. W.	N. S.	E. W.	
3.00'	.9986	.0523	4.00'	.9976	.0698	5.00'	.9962	.0872
2	"	.0529	2	.9975	.0703	2	.9961	.0877
4	"	.0535	4	"	.0709	4	"	.0883
6	.9985	.0541	6	.9974	.0715	6	.9960	.0889
8	"	.0547	8	"	.0721	8	"	.0895
10	"	.0552	10	"	.0727	10	.9959	.0901
12	.9984	.0558	12	.9973	.0732	12	"	.0906
14	"	.0564	14	"	.0738	14	.9958	.0912
16	"	.0570	16	.9972	.0744	16	"	.0918
18	.9983	.0576	18	"	.0750	18	.9957	.0924
20	"	.0581	20	.9971	.0756	20	"	.0929
22	"	.0587	22	"	.0761	22	.9956	.0935
24	.9982	.0593	24	"	.0767	24	"	.0941
26	"	.0599	26	.9 70	.0773	26	.9955	.0947
28	"	.0605	28	"	.0779	28	"	.0953
30	.9981	.0610	30	.9969	.0785	30	.9954	.0958
32	"	.0616	32	"	.0790	32	.9953	.0964
34	"	.0622	34	.9968	.0796	34	"	.0970
36	.9980	.0628	36	"	.0802	36	.9952	.0976
38	"	.0634	38	.9967	.0808	38	"	.0982
40	"	.0640	40	"	.0814	40	.9951	.0987
42	.9979	.0645	42	.9966	.0819	42	"	.0993
44	"	.0651	44	"	.08 5	44	.9950	.1099
46	.9978	.0657	46	.9965	.0831	46	.9949	.1005
48	"	.0663	48	"	.0837	48	"	.1011
50	"	.0669	50	.9964	.0843	50	.9948	.1016
52	.9977	.0674	52	"	.0848	52	"	.1022
54	"	.0680	54	.9963	.0854	54	.9947	.1028
56	.9976	.0686	56	"	.0860	56	.9946	.1034
58	"	.0692	58	.9962	.0866	58	"	.1039

經 緯 表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
6°00'	.9945	.1045	7°00'	.9925	.1219	8°00'	.990	.1392
2	"	.1051	2	"	.1224	2	.9902	.1397
4	.9944	.1057	4	.9924	.1230	4	.9901	.1403
6	.9943	.1063	6	.9923	.1236	6	.9900	.1409
8	"	.1068	8	"	.1242	8	.9899	.1415
10	.9942	.1074	10	.9922	.1248	10	"	.1421
12	"	.1080	12	.9921	.1253	12	.9898	.1426
14	.9941	.1086	14	.9920	.1259	14	.9897	.1432
16	.9940	.1092	16	"	.1265	16	.9896	.1438
18	"	.1097	18	.9919	.1271	18	.9895	.1444
20	.9939	.1103	20	.9918	.1276	20	.9894	.1449
22	.9938	.1109	22	.9917	.1282	22	"	.1455
24	"	.1115	24	"	.1288	24	.9893	.1461
26	.9937	.1120	26	.9916	.1294	26	.9892	.1467
28	.9936	.1126	28	.9915	.1299	28	.9891	.1472
30	"	.1132	30	.9914	.1305	30	.9890	.1478
32	.9935	.1138	32	"	.1311	32	.9889	.1484
34	.9934	.1144	34	.9913	.1317	34	.9888	.1490
36	"	.1149	36	.9912	.1323	36	"	.1495
38	.9933	.1155	38	.9911	.1328	38	.9887	.1501
40	.9932	.1161	40	"	.1334	40	.9886	.1507
42	"	.1167	42	.9910	.1340	42	.9885	.1513
44	.9931	.1172	44	.9909	.1346	44	.9884	.1518
46	.9930	.1178	46	.9908	.1351	46	.9883	.1524
48	"	.1184	48	.9907	.1357	48	.9882	.1530
50	.9929	.1190	50	"	.1363	50	.9881	.1536
52	.9928	.1196	52	.9906	.1369	52	.9880	.1541
54	"	.1201	54	.9905	.1374	54	"	.1547
56	.9927	.1207	56	.9904	.1380	56	.9879	.1553
58	.9926	.1213	58	.9903	.1386	58	.9878	.1559

經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 E. W.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
9°00'	.9877	.1554	10°00'	.9848	.1736	11°00'	.9816	.1908
2	.9876	.1570	2	.9847	.1742	2	.9815	.1914
4	.9875	.1576	4	.9846	.1748	4	.9814	.1920
6	.9874	.1582	6	.9845	.1754	6	.9813	.1925
8	.9873	.1587	8	.9844	.1759	8	.9812	.1931
10	.9872	.1593	10	.9843	.1765	10	.9811	.1937
12	.9871	.1599	12	.9842	.1771	12	.9810	.1942
14	.9870	.1605	14	.9841	.1777	14	.9808	.1948
16	.9869	.1610	16	.9890	.1782	16	.9807	.1954
18	„	.1616	18	.9839	.1788	18	.9806	.1959
20	.9868	.1622	20	.9838	.1794	20	.9805	.1965
22	.9867	.1628	22	.9837	.1799	22	.9804	.1971
24	.9866	.1633	24	.9836	.1805	24	.9803	.1977
26	.9865	.1639	26	.9835	.1811	26	.9802	.1982
28	.9864	.1645	28	.9834	.1817	28	.9800	.1988
30	.9863	.1650	30	.9833	.1822	30	.9799	.1994
32	.9862	.1656	32	.9831	.1828	32	.9798	.1999
34	.9861	.1662	34	.9830	.1834	34	.9797	.2005
36	.9860	.1668	36	.9829	.1840	36	.9796	.2011
38	.9859	.1673	38	.9828	.1845	38	.9795	.2016
40	.9858	.1679	40	.9827	.1851	40	.9793	.2022
42	.9857	.1685	42	.9826	.1857	42	.9792	.2028
44	.9856	.1691	44	.9825	.1862	44	.9791	.2034
46	.9855	.1696	46	.9824	.1868	46	.9790	.2039
48	.9854	.1702	48	.9823	.1874	48	.9789	.2045
50	.9853	.1708	50	.9822	.1880	50	.9787	.2051
52	.9852	.1714	52	.9821	.1885	52	.9786	.2056
54	.9851	.1719	54	.9820	.1891	54	.9785	.2062
56	.9850	.1725	56	.9818	.1897	56	.9784	.2068
58	.9849	.1731	58	.9817	.1902	58	.9783	.2073

經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
12°00'	.9781	.2079	13°00'	.9744	.2250	14°00'	.9703	.2419
2	.9780	.2084	2	.9742	.2255	2	.9702	.2425
4	.9779	.2090	4	.9741	.2261	4	.9700	.2431
6	.9778	.2096	6	.9740	.2267	6	.9699	.2436
8	.9777	.2102	8	.9738	.2272	8	.9697	.2442
10	.9775	.2108	10	.9737	.2278	10	.9696	.2447
12	.9774	.2113	12	.9736	.2284	12	.9694	.2453
14	.9773	.2119	14	.9734	.2289	14	.9693	.2459
16	.9772	.2125	16	.9733	.2295	16	.9692	.2464
18	.9770	.2130	18	.9732	.2300	18	.9690	.2470
20	.9769	.2136	20	.9730	.2306	20	.9689	.2476
22	.9768	.2142	22	.9729	.2312	22	.9687	.2481
24	.9767	.2147	24	.9728	.2317	24	.9686	.2487
26	.9765	.2153	26	.9726	.2323	26	.9684	.2493
28	.9764	.2159	28	.9725	.2329	28	.9683	.2498
30	.9763	.2164	30	.9724	.2334	30	.9681	.2504
32	.9762	.2170	32	.9722	.2340	32	.9680	.2509
34	.9760	.2176	34	.9721	.2346	34	.9679	.2515
36	.9759	.2181	36	.9720	.2351	36	.9677	.2521
38	.9758	.2187	38	.9718	.2357	38	.9676	.2526
40	.9757	.2193	40	.9717	.2363	40	.9674	.2532
42	.9755	.2198	42	.9715	.2368	42	.9673	.2538
44	.9754	.2204	44	.9714	.2374	44	.9671	.2543
46	.9753	.2210	46	.9713	.2380	46	.9670	.2549
48	.9751	.2215	48	.9711	.2385	48	.9668	.2554
50	.9750	.2221	50	.9710	.2391	50	.9667	.2560
52	.9749	.2227	52	.9709	.2397	52	.9665	.2566
54	.9748	.2232	54	.9707	.2402	54	.9664	.2571
56	.9746	.2238	56	.9706	.2408	56	.9662	.2577
58	.9745	.2244	58	.9704	.2414	58	.9661	.2583



經緯表

經			緯			表		
	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
15°00	.9659	.2588	16°00	.9613	.2756	17°00	.9563	.2924
2	.9658	.2594	2	.9611	.2762	2	.9561	.2929
4	.9656	.2599	4	.9609	.2768	4	.9560	.2935
6	.9655	.2605	6	.9608	.2773	6	.9558	.2940
8	.9653	.2611	8	.9606	.2779	8	.9556	.2946
10	.9652	.2616	10	.9605	.2784	10	.9555	.2952
12	.9650	.2622	12	.9603	.2790	12	.9553	.2957
14	.9649	.2628	14	.9601	.2795	14	.9551	.2963
16	.9647	.2633	16	.9600	.2801	16	.9549	.2968
18	.9646	.2639	18	.9598	.2807	18	.9548	.2974
20	.9644	.2644	20	.9596	.2812	20	.9546	.2979
22	.9642	.2650	22	.9595	.2818	22	.9544	.2985
24	.9641	.2656	24	.9593	.2823	24	.9542	.2980
26	.9639	.2661	26	.9591	.2829	26	.9541	.2996
28	.9638	.2667	28	.9590	.2835	28	.9539	.3002
30	.9636	.2672	30	.9588	.2840	30	.9537	.3007
32	.9635	.2678	32	.9587	.2846	32	.9535	.3013
34	.9633	.2684	34	.9585	.2851	34	.9534	.3018
36	.9632	.2689	36	.9583	.2857	36	.9532	.3024
38	.9630	.2695	38	.9582	.2862	38	.9530	.3029
40	.9628	.2700	40	.9580	.2868	40	.9528	.3035
42	.9627	.2706	42	.9578	.2874	42	.9527	.3040
44	.9625	.2712	44	.9577	.2879	44	.9525	.3046
46	.9624	.2717	46	.9575	.2885	46	.9523	.3051
48	.9622	.2723	48	.9573	.2890	48	.9521	.3057
50	.9621	.2728	50	.9572	.2896	50	.9520	.3062
52	.9619	.2734	52	.9570	.2801	52	.9518	.3068
54	.9617	.2740	54	.9568	.2807	54	.9516	.3074
56	.9616	.2745	56	.9566	.2813	56	.9514	.3079
58	.9614	.2751	58	.9565	.2818	58	.9512	.3085

經 緯 表

	緯距 N. S.	距經 E. W.		緯距 N. S.	距經 E. W.		緯距 N. S.	距經 E. W.
18°00	.9511	.3090	19°00	.9455	.3256	20°00	.9397	.3420
2	.9509	.3096	2	.9453	.3261	2	.9395	.3426
4	.9507	.3101	4	.9451	.3267	4	.9393	.3431
6	.9505	.3107	6	.9449	.3272	6	.9391	.3437
8	.9503	.3112	8	.9448	.3278	8	.9389	.3442
10	.9502	.3118	10	.9446	.3283	10	.9387	.3448
12	.9500	.3123	12	.9444	.3289	12	.9385	.3453
14	.9498	.3129	14	.9442	.3294	14	.9383	.3458
16	.9496	.3134	16	.9440	.3300	16	.9381	.3464
18	.9494	.3140	18	.9438	.3305	18	.9379	.3469
20	.9492	.3145	20	.9436	.3311	20	.9377	.3475
22	.9491	.3151	22	.9434	.3316	22	.9375	.3480
24	.9489	.3156	24	.9432	.3322	24	.9373	.3486
26	.9487	.3162	26	.9430	.3327	26	.9371	.3491
28	.9485	.3168	28	.9428	.3333	28	.9369	.3497
30	.9483	.3173	30	.9426	.3338	30	.9367	.3502
32	.9481	.3179	32	.9424	.3344	32	.9365	.3508
34	.9480	.3184	34	.9423	.3349	34	.9363	.3513
36	.9478	.3190	36	.9421	.3355	36	.9361	.3518
38	.9476	.3195	38	.9419	.3360	38	.9359	.3524
40	.9474	.3201	40	.9417	.3365	40	.9356	.3529
42	.9472	.3206	42	.9415	.3371	42	.9354	.3535
44	.9470	.3212	44	.9413	.3376	44	.9352	.3540
46	.9468	.3217	46	.9411	.3382	46	.9350	.3546
48	.9466	.3223	48	.9409	.3387	48	.9348	.3551
50	.9465	.3228	50	.9407	.3393	50	.9346	.3557
52	.9463	.3234	52	.9405	.3398	52	.9344	.3562
54	.9461	.3239	54	.9403	.3404	54	.9342	.3567
56	.9459	.3245	56	.9401	.3409	56	.9340	.3573
58	.9457	.3250	58	.9399	.3415	58	.9338	.3578

## 經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
21°00	.9336	.3584	22°00	.9272	.3746	23°00	.9205	.3907
2	.9334	.3589	2	.9270	.3751	2	.9203	.3913
4	.9332	.3595	4	.9267	.3757	4	.9200	.3918
6	.9330	.3600	6	.9265	.3762	6	.9198	.3923
8	.9327	.3605	8	.9263	.3768	8	.9196	.3929
10	.9325	.3611	10	.9261	.3773	10	.9194	.3934
12	.9323	.3616	12	.9259	.3778	12	.9191	.3939
14	.9321	.3922	14	.3257	.3784	14	.9189	.3945
16	.9319	.3927	16	.3254	.3789	16	.9187	.3950
18	.9317	.3633	18	.3252	.3795	18	.9184	.3955
20	.9315	.3638	20	.9250	.3800	20	.9182	.3961
22	.9313	.3643	22	.9248	.3805	22	.9180	.3966
24	.9311	.3649	24	.9245	.3811	24	.9178	.3971
26	.9308	.3654	26	.9243	.3816	26	.9175	.3977
28	.9309	.3660	28	.9241	.3821	28	.9173	.3982
30	.9304	.3665	30	.9239	.3827	30	.9171	.3987
32	.9302	.3670	32	.9237	.3832	32	.9168	.3993
34	.9300	.3676	34	.9234	.3838	34	.9166	.3998
36	.9298	.3681	36	.9232	.3843	36	.9164	.4003
38	.9296	.3687	38	.9230	.3848	38	.9161	.4009
40	.9293	.3692	40	.9228	.3854	40	.9159	.4014
42	.9291	.3697	42	.9225	.3859	42	.9157	.4019
44	.9289	.3703	44	.9223	.3864	44	.9154	.4025
46	.9287	.3708	46	.9441	.3870	46	.9152	.4030
48	.9285	.3714	48	.9219	.3875	48	.9150	.4035
50	.9283	.3719	50	.9216	.3881	50	.9147	.4041
52	.9281	.3724	52	.9214	.3886	52	.9145	.4046
54	.9278	.3730	54	.9212	.3891	54	.9143	.4051
56	.9276	.3735	56	.9210	.3897	56	.9140	.4057
58	.9274	.3741	58	.9207	.3902	58	.9138	.4062

## 經緯表

			經			緯			表		
	緯距	經距		緯距	經距		緯距	經距		緯距	經距
	N. S.	E. W.		N. S.	E. W.		N. S.	E. W.		N. S.	E. W.
24°00	.9135	.4067	45°00	.9063	.4226	26°00	.8988	.4384			
2	.9133	.4073	2	.9001	.4231	2	.8985	.4389			
4	.9131	.4078	4	.9058	.4237	4	.8983	.4394			
6	.9128	.4083	6	.9056	.4242	6	.8980	.4399			
8	.9126	.4089	8	.9053	.4247	8	.8978	.4405			
10	.9124	.4094	10	.9051	.4253	10	.8975	.4410			
12	.9121	.4099	12	.9048	.4258	12	.8973	.4415			
14	.9119	.4105	14	.9046	.4263	14	.8970	.4420			
16	.9116	.4110	16	.9043	.4268	16	.8967	.4425			
18	.9114	.4115	18	.9041	.4274	18	.8965	.4431			
20	.9112	.4120	20	.9038	.4279	20	.8962	.4436			
22	.9109	.4126	22	.9036	.4284	22	.8960	.4441			
24	.9107	.4131	24	.9033	.4289	24	.8957	.4446			
26	.9104	.4136	26	.9031	.4295	26	.8955	.4452			
28	.9102	.4142	28	.9028	.4300	28	.8952	.4457			
30	.9100	.4147	30	.9026	.4305	30	.8949	.4462			
32	.9097	.4152	32	.9023	.4310	32	.8947	.4467			
34	.9095	.4158	34	.9021	.4316	34	.8944	.4472			
36	.9092	.4163	36	.9018	.4321	36	.8942	.4478			
38	.9090	.4168	38	.9016	.4326	38	.89 9	.4483			
40	.9088	.4173	40	.9013	.4331	40	.8936	.4488			
42	.9085	.4179	42	.9011	.4337	42	.8934	.4493			
44	.9083	.4184	44	.8008	.4342	44	.8931	.4498			
46	.9080	.4189	46	.9006	.4347	46	.8928	.4504			
48	.9078	.4195	48	.9003	.4352	48	.8926	.3509			
50	.9075	.4200	50	.9001	.4358	50	.8923	.3514			
52	.9073	.4205	52	.8998	.4363	52	.8821	.4519			
54	.9070	.4210	54	.8996	.4368	54	.8928	.4524			
56	.9068	.4216	56	.8993	.4373	56	.8915	.4530			
58	.9066	.4221	58	.8990	.4378	58	.8913	.4535			

經緯表

經			緯			表		
	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
27°00	.8910	.4540	28°00	.8829	.4695	29°00	.8746	.4848
2	.8907	.4545	2	.8827	.4700	2	.8743	.4853
4	.8905	.4550	4	.8824	.4705	4	.8741	.4858
6	.8902	.4555	6	.8821	.4710	6	.8738	.4863
8	.8899	.4561	8	.8819	.4715	8	.8735	.4868
10	.8897	.4566	10	.8816	.4720	10	.8732	.4874
12	.8894	.4571	12	.8813	.4726	12	.8729	.4879
14	.8892	.4576	14	.8810	.4731	14	.8726	.4884
16	.8889	.4581	16	.8808	.4736	16	.8724	.4889
18	.8886	.4586	18	.8805	.4741	18	.8721	.4894
20	.8884	.4592	20	.8802	.4746	20	.8718	.4899
22	.8881	.4597	22	.8799	.4751	22	.8715	.4904
24	.8878	.4602	24	.8796	.4756	24	.8712	.4909
26	.8875	.4607	26	.8794	.4761	26	.8709	.4914
28	.8873	.4612	28	.8791	.4766	28	.8706	.4919
30	.8870	.4617	30	.8788	.4772	30	.8704	.4924
32	.8867	.4623	32	.8785	.4777	32	.8701	.4929
34	.8865	.4628	34	.8783	.4782	34	.8698	.4934
36	.8862	.4633	36	.8780	.4787	36	.8695	.4939
38	.8859	.4638	38	.8777	.4792	38	.8692	.4944
40	.8857	.4643	40	.8774	.4797	40	.8689	.4950
42	.8854	.4648	42	.8771	.4802	42	.8686	.4955
44	.8851	.4654	44	.8769	.4807	44	.8683	.4960
46	.8849	.4659	46	.8766	.4812	46	.8681	.4965
48	.8846	.4664	48	.8763	.4818	48	.8678	.4970
50	.8843	.4669	50	.8760	.4823	50	.8675	.4975
52	.8840	.4674	52	.8757	.4828	52	.8672	.4980
54	.8838	.4679	54	.8755	.4833	54	.8669	.4985
56	.8835	.4684	56	.8752	.4838	56	.8666	.4990
58	.8832	.4690	58	.8749	.4843	58	.8663	.4995

## 經 緯 表

	緯 距 N. S.	經 距 E. W.		緯 距 N. S.	經 距 E. W.		緯 距 N. S.	經 距 E. W.
30°00	.8660	.5000	31°00	.8572	.5150	32°00	.8480	.5299
2	.8657	.5005	2	.8569	.5155	2	.8477	.5304
4	.8654	.5010	4	.8566	.5160	4	.8474	.5309
6	.8652	.5015	6	.8563	.5165	6	.8471	.5314
8	.8649	.5020	8	.8560	.5170	8	.8468	.5319
10	.8646	.5025	10	.8557	.5175	10	.8465	.5324
12	.8643	.5030	12	.8554	.5180	12	.8462	.5329
14	.8640	.5035	14	.8551	.5185	14	.8459	.5334
16	.8637	.5040	16	.8548	.5190	16	.8456	.5339
18	.8634	.5045	18	.8545	.5195	18	.8453	.5344
20	.8631	.5050	20	.8542	.5200	20	.8450	.5348
22	.8628	.5055	22	.8539	.5205	22	.8446	.5353
24	.8625	.5060	24	.8536	.5210	24	.8443	.5358
26	.8622	.5065	26	.8532	.5215	26	.8440	.5363
28	.8619	.5070	28	.8529	.5220	28	.8437	.5368
30	.8616	.5075	30	.8526	.5225	30	.8434	.5373
32	.8613	.5080	32	.8523	.5230	32	.8431	.5378
34	.8610	.5085	34	.8520	.5235	34	.8428	.5383
36	.8607	.5090	36	.8517	.5240	36	.8425	.5388
38	.8604	.5095	38	.8514	.5245	38	.8421	.5393
40	.8601	.5100	40	.8511	.5250	40	.8418	.5398
42	.8599	.5105	42	.8508	.5255	42	.8415	.5402
44	.8596	.5110	44	.8505	.5260	44	.8412	.5407
46	.8593	.5115	46	.8502	.5265	46	.8409	.5412
48	.8590	.5120	48	.8499	.5270	48	.8406	.5417
50	.8587	.5125	50	.8496	.5275	50	.8403	.5422
52	.8584	.5130	52	.8493	.5279	52	.8399	.5427
54	.8581	.5135	54	.8490	.5284	54	.8396	.5432
56	.8578	.5140	56	.8487	.5289	56	.8393	.5437
58	.8575	.5145	58	.8484	.5294	58	.8390	.5442

經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
33°00	.8387	.5446	34°00	.8290	.5592	35°00	.8192	.5736
2	.8384	.5451	2	.8387	.5597	2	.8188	.5741
4	.8380	.5456	4	.8284	.5602	4	.8185	.5745
6	.8377	.5461	6	.8281	.5606	6	.8181	.5750
8	.8374	.5466	8	.8277	.5611	8	.8178	.5755
10	.8371	.5471	10	.8274	.5616	10	.8175	.5760
12	.8368	.5476	12	.8271	.5621	12	.8171	.5764
14	.8364	.5480	14	.8268	.5626	14	.8168	.5769
16	.8361	.5485	16	.8264	.5630	16	.8165	.5774
18	.8358	.5490	18	.8261	.5635	18	.8161	.5779
20	.8355	.5495	20	.8258	.5640	20	.8158	.5783
22	.8352	.5500	22	.8254	.5645	22	.8155	.5788
24	.8348	.5505	24	.8251	.5650	24	.8151	.5793
26	.8345	.5510	26	.8248	.5654	26	.8148	.5798
28	.8342	.5515	28	.8245	.5659	28	.8145	.5802
30	.8339	.5519	30	.8241	.5664	30	.8141	.5807
32	.8336	.5524	32	.8238	.5669	32	.8138	.5812
34	.8332	.5529	34	.8235	.5674	34	.8134	.5816
36	.8329	.5534	36	.8231	.5678	36	.8131	.5821
38	.8326	.5539	38	.8228	.5683	38	.8128	.5826
40	.8323	.5544	40	.8225	.5688	40	.8124	.5831
42	.8320	.5548	42	.8221	.5693	42	.8121	.5835
44	.8316	.5553	44	.8218	.5698	44	.8117	.5840
46	.8313	.5558	46	.8215	.5702	46	.8114	.5845
48	.8310	.5563	48	.8211	.5707	48	.8111	.5850
50	.8307	.5568	50	.8208	.5712	50	.8107	.5854
52	.8303	.5573	52	.8205	.5717	52	.8104	.5859
54	.8300	.5577	54	.8202	.5721	54	.8100	.5864
56	.8297	.5582	56	.8198	.5726	56	.8097	.5868
58	.8294	.5587	58	.8195	.5731	58	.8094	.5873

## 經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
36°00	.8090	.5878	37°00	.7986	.6018	38°00	.7880	.6157
2	.8087	.5883	2	.7983	.6023	2	.7877	.6161
4	.8083	.5887	4	.7979	.6027	4	.7873	.6166
6	.8080	.5892	6	.7976	.6032	6	.7869	.6170
8	.8076	.5897	8	.7972	.6037	8	.7866	.6175
10	.8073	.5901	10	.7969	.6041	10	.7862	.6180
12	.8070	.5906	12	.7965	.6046	12	.7859	.6184
14	.8066	.5911	14	.7962	.6051	14	.7855	.6189
16	.8063	.5915	16	.7958	.6055	16	.7851	.6193
18	.8059	.5920	18	.7955	.6060	18	.7848	.6198
20	.8056	.5925	20	.7951	.6065	20	.7844	.6202
22	.8052	.5930	22	.7948	.6069	22	.7841	.6207
24	.8049	.5934	24	.7944	.6074	24	.7837	.6211
26	.8045	.5939	26	.7941	.6078	26	.7833	.6216
28	.8042	.5944	28	.7937	.6083	28	.7830	.6221
30	.8039	.5948	30	.7934	.6088	30	.7826	.6225
32	.8035	.5953	32	.7930	.6092	32	.7822	.6230
34	.8032	.5958	34	.7926	.6097	34	.7819	.6234
36	.8028	.5962	36	.7923	.6101	36	.7815	.6239
38	.8025	.5967	38	.7919	.6106	38	.7812	.6243
40	.8021	.5972	40	.7916	.6111	40	.7808	.6248
42	.8018	.5976	42	.7912	.6115	42	.7804	.6252
44	.8014	.5981	44	.7909	.6120	44	.7801	.6257
46	.8011	.5986	46	.7905	.6124	46	.7797	.6262
48	.8007	.5990	48	.7902	.6129	48	.7793	.6266
50	.8004	.5995	50	.7898	.6134	50	.7790	.6271
52	.8000	.6000	52	.7894	.6138	52	.7786	.6275
54	.7997	.6004	54	.7891	.6143	54	.7782	.6280
56	.7993	.6009	56	.7887	.6147	56	.7779	.6284
58	.7990	.6014	58	.7884	.6152	58	.7775	.6289



經緯表

	緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.		緯距 N. S.	經距 E. W.
39°00	.7771	.6293	40°00	.7660	.6428	41°00'	.7547	.6591
2	.7768	.6298	2	.7657	.6432	2	.7543	.6565
4	.7764	.6302	4	.7653	.6437	4	.7539	.6569
6	.7760	.6307	6	.7649	.6441	6	.7536	.6574
8	.7757	.6311	8	.7645	.6446	8	.7532	.6578
10	.7753	.6316	10	.7642	.6450	10	.7528	.6583
12	.7749	.6320	12	.7638	.6455	12	.7524	.6587
14	.7746	.6325	14	.7634	.6459	14	.7520	.6591
16	.7742	.6329	16	.7630	.6463	16	.7516	.6596
18	.7738	.6334	18	.7627	.6468	18	.7513	.6600
20	.7735	.6338	20	.7623	.6472	20	.7509	.6604
22	.7731	.6343	22	.7619	.6477	22	.7505	.6609
24	.7727	.6347	24	.7615	.6481	24	.7501	.6613
26	.7724	.6352	26	.7612	.6486	26	.7497	.6617
28	.7720	.6356	28	.7608	.6490	28	.7493	.6622
30	.7716	.6361	30	.7604	.6494	30	.7490	.6626
32	.7713	.6365	32	.7600	.6499	32	.7486	.6631
34	.7709	.6370	34	.7596	.6503	34	.7482	.6635
36	.7705	.6374	36	.7593	.6508	36	.7478	.6639
38	.7701	.6379	38	.7589	.6512	38	.7474	.6644
40	.7698	.6383	40	.7585	.6517	40	.7470	.6648
42	.7694	.6388	42	.7581	.6521	42	.7466	.6652
44	.7690	.6392	44	.7578	.6525	44	.7463	.6657
46	.7687	.6397	46	.7574	.6530	46	.7459	.6661
48	.7683	.6401	48	.7570	.6534	48	.7455	.6665
50	.7679	.6406	50	.7566	.6539	50	.7451	.6670
52	.7675	.6410	52	.7562	.6543	52	.7447	.6674
54	.7672	.6414	54	.7559	.6547	54	.7443	.6678
56	.7668	.6419	56	.7555	.6552	56	.7439	.6683
58	.7664	.6423	58	.7551	.6556	58	.7435	.6687

經緯表

經			緯			表		
	緯距	距經		緯距	距經		緯距	距經
	N. S.	E. W.		N. S.	E. W.		N. S.	E. W.
4200	.7431	.6691	43°00'	.7314	.6820	44°00'	.7193	.6947
2	.7428	.6696	2	.7310	.6824	2	.7189	.6951
4	.7424	.6700	4	.7306	.6828	4	.7185	.6955
6	.7420	.6704	6	.7302	.6833	6	.7181	.6959
8	.7416	.6709	8	.7298	.6837	8	.7177	.6963
10	.7412	.6713	10	.7294	.6841	10	.7173	.6967
12	.7408	.6717	12	.7290	.6845	12	.7169	.6972
14	.7404	.6722	14	.7286	.6850	14	.7165	.6976
16	.7400	.6726	16	.7282	.6854	16	.7161	.6980
18	.7396	.6730	18	.7278	.6858	18	.7157	.6984
20	.7392	.6734	20	.7274	.6862	20	.7153	.6988
22	.7388	.6739	22	.7270	.6867	22	.7149	.6992
24	.7385	.6743	24	.7266	.6871	24	.7145	.6997
26	.7381	.6747	26	.7262	.6875	26	.7141	.7001
28	.7377	.6752	28	.7258	.6879	28	.7137	.7005
30	.7373	.6756	30	.7254	.6884	30	.7133	.7009
32	.7369	.6760	32	.7250	.6888	32	.7128	.7013
34	.7365	.6764	34	.7246	.6892	34	.7124	.7017
36	.7361	.6769	36	.7242	.6896	36	.7120	.7021
38	.7357	.6773	38	.7238	.6900	38	.7116	.7026
40	.7353	.6777	40	.7234	.6905	40	.7112	.7030
42	.7349	.6782	42	.7230	.6909	42	.7108	.7034
44	.7345	.6786	44	.7226	.6913	44	.7104	.7038
46	.7341	.6790	46	.7222	.6917	46	.7100	.7042
48	.7337	.6794	48	.7218	.6921	48	.7096	.7046
50	.7333	.6799	50	.7214	.6926	50	.7092	.7050
52	.7329	.6803	52	.7210	.6930	52	.7088	.7055
54	.7325	.6807	54	.7206	.6934	54	.7083	.7059
56	.7321	.6811	56	.7201	.6938	56	.7079	.7063
58	.7318	.6816	58	.7197	.6942	58	.7075	.7067

此表對於測線長之單位。而與以經距緯距。故對於任意之長如下。

任意長之經緯距 =  $\frac{\text{任意長}}{\text{單位長}} \times \text{單位長之經緯距}$ 。

作表之法。全依以上公式原理。故定單位。必於表中已定經距或緯距。乘測線之長。即可直得所求之經緯距。

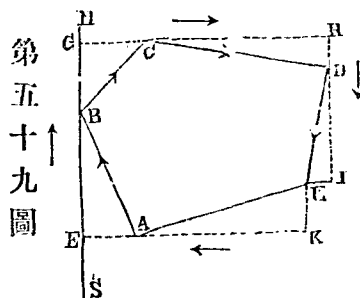
注意) 依以上之表。單從  $0^\circ$  至  $45^\circ$  可直接看出經緯距。若由  $45^\circ$  至  $90^\circ$  之角。決不能直接看出經緯距。現在吾人依實地測得之角。求對於餘角之經緯距。直可用其角之經距緯距。例如欲知  $56^\circ$  之經距緯距。直可各用其餘角  $34^\circ$  之經距緯距。

$56^\circ$  之緯距。=  $34^\circ$  之經距。= 5592。

$56^\circ$  之經距。=  $34^\circ$  之緯距 = 8290。

(C) 子午距及倍子午距。

子午距及倍子午距。為地積計算上所必要。非充分了解。不足以知其真。



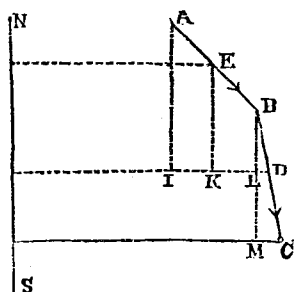
一測線  $AB$  之子午距。由其中央至已定之子午線為距離。又一測線  $AB$  之倍子午線。由其測線兩端。至已定之子午線。為距離之和。

$DE =$  子午距。

$CB =$  倍子午距。

$DE = CB$  明也。

### 第六十圖



取子午線之方法。於已定地積。通過最西端之角點為便。

$NS$  為已定子午線。

$AB$  與  $BC$  為測線。  $E$  及  $D$  為各測線中央點。引  $EH$ ,  $GD =$  子午距。於已定子午線上。次以  $AI, EK, BM$ , 並行於  $NS$ , 而得次之關係。

$$2DG = 2(GK + KL)$$

$$2GK = 2HE = AB \text{ 之倍, 子午距。}$$

$$2KL = AB \text{ 之經距。}$$

$2LD = MC = BD$  之經距。

故得次之法則。

- 1 第一測線之倍子午距。與其經距同。
- 2 第二測線之倍子午距。於第一測線之倍子午距。加第一測線之經距。與第二測線之經距。
- 3 或任意測線之倍子午距。將前測線之倍子午距。加於該測線之經距。及已定測線自身之經距。

⊗ 誤差之分配。

由已示經緯表。看出南北向線之長。此等代數之和必爲零。又東西向線之長。其代數和亦必爲零。如此可得地積計算之正確。然有時此等代數和。不能爲零。所生多少之殘餘。故名曰誤差。

誤差之名稱。分爲南向誤差。及北向誤差。北向線之和。少於南向線之和。故爲北向誤差。東西向線之誤差亦準此。

精密精密之測量。可依經緯法而分誤差。如測量。不最精密時。可於前節平均法整正之經距緯距相和之間。可許幾何誤差。原無一定。有以測線全長三百分之一。爲可許誤差。或行測線全長千分之一。爲可許誤差。紛說不定。總之因器械與時日之關係。而不能有

一定標準。其分配誤差法如次。

$$\frac{\text{訂正經距}}{\text{各測線長}} = \frac{\text{經距誤差}}{\text{各測線長}} \quad \text{又}$$

$$\frac{\text{訂正緯距}}{\text{各測線長}} = \frac{\text{緯距誤差}}{\text{全測線長}}$$

然此誤差。不獨關係於測線之長所當注意。  
即他種種原因。亦以精查為必要。

次以例說明之

番號	距離	方位	緯 度		經 度	
			+N	-S	+E	-W
A	10,63	N52°E	6,54		8,38	
B	4,10	S29½°E		3,56	2,03	4,05
C	7,69	S31½°W		6,54		6,24
D	7,13	N61°W	3,46			
	29,55		10,00	10,10	10,41	10,29

(1) 緯度之訂正

$$\begin{aligned} 29,55 : 10,63 &= 10 : 4 \\ &: 4,10 = 10 : 1 \\ &: 7,69 = 10 : 3 \\ &: 7,13 = 10 : 2 \\ &\quad \quad \quad \underline{10} \end{aligned}$$

(2) 經度之訂正

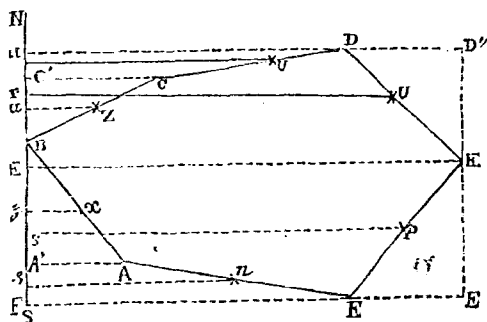
$$\begin{aligned} 29,55 : 10,63 &= 12 : 4 \\ &: 4,10 = 12 : 2 \\ &: 7,69 = 12 : 3 \\ &: 7,13 = 12 : 3 \\ &\quad \quad \quad \underline{12} \end{aligned}$$

番 號	訂正後之緯度		訂正後之經度	
	+N	-S	+N	-W.
A	6.58		8.34	
B		3.55	2.01	
Q		6.51		4.08
D	3.48			6.27
	10.06	10.06	10.35	10.35

次可論述其地積計算法。

(E) 地積算出法。

第 六 十 一 圖



所求之面積 ABCDEF。由 F'D'E'F' 之面積減去 D'DCBAFF' 等。

番號	緯線	倍子午距離	(+)地積	(-)地積
1	+A'B	2xg	+2A'AB	
2	+B'C	2zw	+2C'CB	
3	+C'D	2vu	+2D'DCC'	
4	-D''E	2qv		-2DEED
5	-EF''	2ps		-2FF''EE''
6	+F'A	2nh	+2FF'A'A	

-ABCDEF

一般之法則如次。

各測線之倍子午距離乘緯距時。附(+)及(-)之符號。將此代數總和折半之。即得所求之面積。

次示以實例

番號	方位	距離		經距		倍子午距離	地積	
		N	S	E	W		+	-
1	N35°E	2.70	2.21		1.55	1.55	3.4255	
2	N83½°E	1.29	0.15		1.28	4.38	0.6750	
3	S57°E	2.22		1.21	1.86			
4	S34½°W	3.55		2.95		2.00	7.33	9.0992
5	N56½°W	3.23	1.78			2.69	2.69	4.7887
			4.14	4.14	4.69	4.69	8.8707	30.7224



$$\text{面積} = \frac{1}{2} (30.7226 - 8.8707) = 10.6259$$

$$1,55 + 1,55 + 1,28 = 438$$

$$438 + 1,28 + 1,86 = 7,52$$

$$7,52 + 186 - 2,00 = 7,38$$

$$738 - 200 - 2,69 = 2,69$$

緯距經距依已述理論可得而求之。但求緯經距之後。必要訂正誤差。

(F) 終結誤差

全測線之長與誤差之比。謂為終結誤差。今以例示如次。

距離	緯 N	距 S	經 E	距 W
10.40	8.87			5.43
9.20	4.32	6.15	8.13	
7.60		7.01	4.47	7.13
13.19		13.46	12.60	12.56

任意於緯距生.03之差。經距生.04之差。  
故全體之誤差為

$$\sqrt{(.03)^2 + (.04)^2} = .05$$

所謂終結之誤差如次。

$$\frac{.05}{37.20} = \frac{1}{744}$$

第三章 經緯儀測量之應用及理論

## 第一節 誤差之原因。

### 次分爲五種

- (1) 位置之誤差。
- (2) 視方之誤差。
- (3) 取扱及上之誤差。
- (4) 整正上之誤差。
- (5) 讀方之誤差。

#### (1) 位置之誤差。

由器械未正置於角點所起之誤差。名曰位置誤差。例如由真正之角點。偏一時而置器械。若測線爲一哩。則生三秒之差。百呎則生三分之差。其器械位置之正不正。關係於全體之誤差也大。

#### (2) 視方之誤差。

由測竿不能立於真直所起之誤差。名曰視方誤差。故於視差或視方。必大宜注意。欲正視線於測竿。必使螺線之十字。正當測竿之下端。此一螺線之鉛直線。可避實際不鉛直之患。並免由測竿傾斜所生之誤差。

#### (3) 取扱上之誤差。

迴轉所生之誤差。源於妄觸螺旋。發見甚難。且訂正亦不易。有不用十分緊切螺旋。而迴轉器械。由凹窩軸上而生誤差。又器械上部。要自由迴轉。決不依器械迴轉不圓滑。而使生三腳器之扭曲。

## (4) 整正上之誤差

關於整正之誤差。述之如次。

(A) 外心差。

(B) 望遠鏡之滑出部。不成直線。

(C) 螺線之不整正

(A)之誤差甚小。且平均而讀二遊尺。可得免此弊。

(B)及(C)者。皆由器械計等距離及同高二點間之水平角。與等距離二點間之鉛直角。決不至生誤差。

望遠鏡之滑出部。不成直線者。由經緯法。或直線前視及後視延長之際。大生誤差。

然由整正時所生之誤差。反對而為二次測定。可立除此弊。

## (5) 讀方之誤差

讀方之誤差。大凡由遊尺分刻數不明。誤讀而生。例如以 $28^\circ$ 誤讀為 $23^\circ$ 其他由不注意所生之誤差者。大抵皆然。

## 第二節 精密之度。

欲測定精密之度者。有種々之注意。其最宜注意者。天候速度測器之良否。施業期之長短等是也。總之依以上種種之原因。而難得正確之結果。

今以精密之度。舉例如次。

於普通之地形測量。測定十角。其測線之長爲 400 呎。乃至 1200 呎。一角之必諒誤差。爲 50 秒。而三角之和之必諒誤差。爲 86 秒。(此時之器械刻有分數可讀。)

俄窪約河橋脚測定之際。以三角測量。各角測定十五回。其測線爲 2500 呎。乃至 5000 呎。而諸角終結之誤差。爲 15 秒。(此時之器械有 10 秒可讀。)

又塞托勒斯地形測量之際。用刻有十秒之器械。於三角測量之各邊。凡一哩而有 11 秒之誤差。

#### 第四編 視距測量(Stadia Surveyings.)

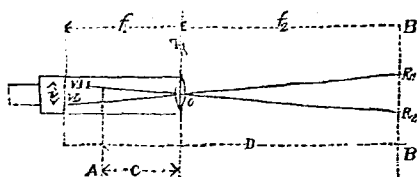
##### 第一節 視距測量之解說。

視距測量者。測量距離。及高低差。較普通之方法爲迅速。其所用器械。卽照尺與普通遠鏡之二平行鏢(鏢者遠鏡中之上下二蠟絲也)此照尺謂之視距尺。平行鏢謂之視距鏢。又所用一組之器械。謂之測遠器。(Telemeter)

##### 第二節 視距測量之原理及公式。

視距鏢。在十字線環付平行二線。其二線間之距離爲  $i$ 。使之對於視距照尺。從遠鏡中看二線所夾分割數幾何。而計算器械至照尺之距離。

第 六 十 二 圖



此圖為遠鏡之縱斷面。遠鏡在 A 點定置水。平照尺在 B 點為垂直。

照尺之映象。在於  $W_1W_2$  鏢之面。於此鏢間看  $R_1R_2$  之數目。以  $\theta$  為對物鏡之中心。 $W_1W_2$  之角。等於  $R_1R_2$  之角。故  $W_1W_2 = i^\circ$   $R_1R_2 = S^\circ$  即

$$\frac{i}{S} = \frac{f_1}{f_2} \dots\dots\dots(1)$$

$f_1 f_2$  為映象及照尺間相屬燒點之距離。依透鏡之原理得次式。

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(2)$$

上式中  $f$  為對物鏡之燒點距離。由 (1) (2) 兩式求各  $f_1$  之值。作方程式。

$$\frac{S}{f_1 i} = \frac{f_2 - f}{f f_2}$$

由此式得  $f_1 = \frac{f}{i} S + f \dots\dots\dots(3)$

此式照尺為直角於遠鏡之視準線。自對物鏡中心至照尺之距離為適宜。若欲知自器

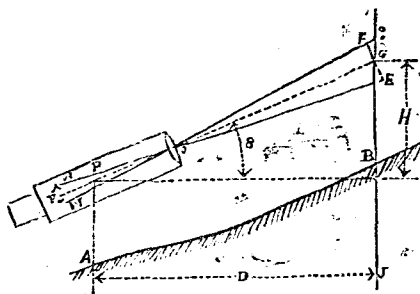
械中心至照尺距離。則不可不加 C。今以全距離為 D。則

$$D = \frac{f}{i} S + (f + C) \dots \dots \dots (4)$$

上式中 f 為一定數。C 依對物鏡之出入而  
不一定。然 (4) 式之括弧內之數。(f + C)。以普  
通自九吋至十五吋之間為平均一呎。於實  
際上亦無大差。

(4) 式者。遠鏡之視螺線為直角於照尺之面  
是也。若照尺在於器械之上部或下部。為傾  
斜於照尺之面。則從此可計算如次。

### 第 六 十 三 圖



如上圖器械定置於 A。照尺直立於 B。求水  
平距離 AJ。

$AJ = D = PG \cdot \cos \theta$ 。(θ 依經緯儀之垂直  
分度圈可測此 PG。若照尺為直角於視準  
線。依 (4) 式計算可得。然此甚困難。而照尺上

之讀數。以測傾斜 IC 爲 S。則

$EF = S \cos \theta$ 。而 D 之距離可如次式。

$$AJ = D = \left[ \frac{f}{i} S \cos \theta + (f+c) \right] \cos \theta = \frac{f}{i} S \cos^2 \theta + (f+c) \cos \theta \dots\dots\dots(5)$$

又自器械之中心至於 G 之高低差爲 H。則

$$H = \left[ \frac{f}{i} S \cos \theta + (f+c) \right] \sin \theta = \frac{f}{i} S \cos \theta \sin \theta + (f+c) \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{f}{i} S \frac{\sin 2\theta}{2} + (f+c) \sin \theta \dots\dots\dots(6)$$

(5)(6) 兩式。因後節之  $(f+C)$  或  $(f+C) \sin \theta$ 。

其所值小。容易計算。故省之而  $D = \frac{f}{i} S \cos^2 \theta$ 。

$H = \frac{f}{i} S \frac{\sin 2\theta}{2}$  依其 S 及  $\theta$  之值。作計

算距離 D。及高 H 之表。實用便宜詳揭於後。

### 第三節 視距測量關係之定數

普通之器械。皆是  $f \div i = 100$ 。故使照尺爲垂直於視準線。從器械至照尺之距離。於遠鏡管內二鐫間。看照尺之數目。爲數之百倍。即二鐫間夾一尺。則自器械之中心。至照尺之距離。爲 100 尺 + f。夾二尺。則爲 200 + f。欲就一個器械定 f 之值。則使遠鏡對遠隔之物體。(例如星或月) 出入對物鏡。見得明瞭。則測十字至對物鏡中心之長。其長即 f 也。

又欲求係數  $C$ 。則自器械約隔三百尺之處豎立照尺。明瞭可見。於是測十字線至對物鏡中心之長。即可得  $C$ 。故  $C$  因照尺之遠近。又因對物鏡之多少出入。常有多少之差。雖然其差極少。而在於三百尺之距離。大畧可爲平均數。

如此計算  $f$  及  $C$  之後。欲檢器械之正否。則選平坦之地。而置器械。自其中心前方。以  $f + C$  之距離定一點。又自此點在於 100、200 及 300 尺之距離定數點。建照尺於此點上。可以視規。然遠鏡內平行二鐸間所夾照則尺之數目。若順次爲一尺二尺三尺等。則器械可謂正確矣。

#### 第四節 視距照尺 (stadia rod)

以普通水準測量所用之照尺可代視距照尺。然此測量。要照尺之分割數十分明瞭方可。又使用之時。恐目力有誤。而畫特別之目次。以便規視。普通所用有數種。如次圖可見。

第



六

十



四

圖





照尺須輕便。容易携帶。其形狀不同。普通之長爲十二尺。至十四尺。幅二寸五分。厚八分。至一寸二分。因防其屈曲。裏面設有木棧測遠距離所用照尺。其分目之單位。以一尺。一碼。一米突。一間等爲便宜。

#### 第五節 視距測量法

欲依此法而測量距離。及高低差。則置器械於一點。立照尺於他一點。觀測者從遠鏡內二鏢間。看照尺之數目幾何。然後依(5)(6)兩式。可計算其距離及高低差。

普通器械。皆爲  $\frac{f}{i} = 100$ 。若欲測 1200 尺之距離。則夾於二鏢間之數須有 12 尺。若欲測更遠之距離。則照尺短小。不能供其用。必須使用此普通十字線之橫線。此橫線與平行鏢之一線。所夾照尺之數。爲 12 尺。亦可測得 2400 尺之距離。

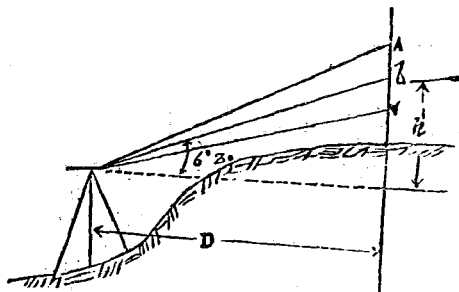
#### 第六節 野帖記載法

野帖如次圖所示。其右方畫測地高低畧圖。其左方分爲七行。以揭示測點方位照尺讀數。距離垂直角高低差全高等。又記入置器械點之高。及地盤上器械之高。

.....地視距測量						
某年某月某日						
觀測者 某 記錄者 某 持尺者						
於0點 全高=143.9 器械高=5.2						
測點	方位	照尺數	水距平離	垂直角	高低差	全高
□ 1	0. 0'	5.60	559.2	-2°08'	-20.8	123.1
C. P.	350 0	4.85	584.8	-1 10	- 9.9	134.0
C. P.	10 10	3.90	389.9	-1 02'	- 7.0	136.9
C. P.	345 08	2.27	226.5	-2 40	-10.6	133.3
橋之東隅	28 30	3.57	356.9	+0 30	+ 3.1	147.0
C. P.	5 12	1.50	149.9	-1 16	- 3.3	140.6
橋之北	320 32	4.08	407.8	+1 20	+ 9.5	153.4
C. P.	358 07	0.85	85.0	-0 40	- 1.0	142.9
神社前	35 20	4.20	419.2	+2 30	+18.3	162.2

### 第七節 野帖之整理。

野業絡後計算所記諸項須一一改正然依(5)(6)二式計算繁雜多費時間若置器械之位置與建照尺位置同為水平則依(4)式計算其水平距離而高低則以零計算之甚易次表分 $C=75, 100, 125$ 之三種故計算時以照尺讀數乘表中之數加 $C$ 即可得其所求之數。



此解法ニ要シタリシ公式ハ後章第三節ニ述フルモノ則チ

$$D = k \cos u + c \cos u$$

$$h = k \sin u + c \sin u$$

ナリ而シテ此場合ニテハ  $kl = 460$  ナルヲ知

以テ又其他ハ表ヨリ見出サレ得ルニヨリテ前ナル兩式

解ノ如キノ結果ヲ與フルナリ此公式ノ由來ニ關シルヲ

ニ直接ニ此テハ第三章ニ詳カナリ

ク1%ノ差アリ鉛直角 $\alpha$ ヨリ少ナル時ハDヲ算出スル

以下ニアリテハ水表ヲ用フヘカヲス $\alpha$ ニテハ正シ

ユルユト不可ナリトス故ニ百分一ノ差ヲ許スト雖モ6

然トモCナル定數ヲ切捨ツル時ハ因テ生スル所ノ平距離ノ算出ニハ此表ヲ用

則チ  $C = 1.00$  ナリトス

$$D = 460 \times .9878 + 9.9 = 455.4 \text{ 呎}$$

$$h = 460 \times .1096 + .11 = 50.53 \text{ 呎}$$

## 視距測量

分秒數	0°		1°		2°		3°	
	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高
0.....	100.00	0.00	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23
2.....	"	0.06	"	1.80	99.87	3.55	99.72	5.28
4.....	"	0.12	"	1.86	"	3.60	99.71	5.34
6.....	"	0.17	99.96	1.92	"	3.66	"	5.40
8.....	"	0.23	"	1.98	99.86	3.72	99.70	5.46
10.....	"	0.29	"	2.04	"	3.78	99.69	5.52
12.....	"	0.35	"	2.09	99.85	3.84	"	5.57
14.....	"	0.41	99.95	2.15	"	3.90	99.68	5.63
16.....	"	0.47	"	2.21	99.84	3.95	"	5.69
18.....	"	0.52	"	2.27	"	4.01	99.67	5.75
20.....	"	0.58	"	2.33	99.83	4.07	99.66	5.80
22.....	"	0.64	99.94	2.38	"	4.13	"	5.86
24.....	"	0.70	"	2.44	99.82	4.18	99.65	5.92
26.....	99.99	0.76	"	2.50	"	4.24	99.64	5.98
28.....	"	0.81	99.93	2.56	99.81	4.30	99.63	6.04
30.....	"	0.87	"	2.62	"	4.36	"	6.09
32.....	"	0.93	"	2.67	99.80	4.42	99.62	6.15
34.....	"	0.99	"	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	2.97	"	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	"	4.87	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=0.75	0.75	0.01	0.75	0.02	0.75	0.03	0.75	0.05
C=1.00	1.00	0.01	1.00	0.03	1.00	0.04	1.00	0.06
C=1.25	1.25	0.02	1.25	0.03	1.25	0.05	1.25	0.08

視距測量

分秒數	4°		5°		6°		7°	
	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高
0.....	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10
2.....	”	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.....	”	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	98.91	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	98.56	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=0.75	0.75	0.06	0.75	0.07	0.75	0.08	0.74	0.19
C=1.00	1.00	0.08	0.99	0.09	0.99	0.11	0.99	0.13
C=1.25	0.25	0.10	1.24	0.11	1.24	0.124	1.24	0.16

## 視 距 測 量

分秒	8°		9°		10°		11°	
	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高
0.....	98.06	13.78	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73
2.....	98.05	13.84	97.53	15.51	96.96	17.16	96.34	18.78
4.....	98.03	13.89	97.52	15.56	96.94	17.21	96.32	18.84
6.....	98.01	13.95	97.50	15.62	96.92	17.26	96.29	18.89
8.....	78.00	14.01	97.48	15.67	96.90	17.32	96.27	18.95
10.....	97.93	14.06	97.46	15.73	96.88	17.37	96.25	19.00
12.....	97.97	14.12	97.44	15.78	96.86	17.43	96.23	19.05
14.....	97.95	14.17	97.43	15.84	96.84	17.48	96.21	19.11
16.....	97.93	14.23	97.41	15.89	96.8	17.54	96.18	19.16
18.....	97.92	14.22	97.39	15.95	96.80	17.59	96.16	19.21
20.....	97.90	14.34	97.37	16.00	96.78	17.65	96.14	19.27
22.....	97.88	14.40	97.35	16.06	96.76	17.70	96.12	19.32
24.....	97.87	14.45	97.33	16.11	96.74	17.76	96.09	19.38
26.....	97.85	14.51	97.31	16.17	96.72	17.81	96.07	19.43
28.....	97.83	14.56	97.29	16.22	96.70	17.86	96.05	19.48
30.....	97.82	14.62	97.28	16.28	96.68	17.92	96.03	19.54
32.....	97.80	14.67	97.26	16.33	96.66	17.97	96.00	19.59
34.....	97.78	14.73	97.24	16.39	96.61	18.03	95.98	19.64
36.....	97.76	14.79	97.22	16.44	96.62	18.08	95.95	19.70
38.....	97.75	14.84	97.20	16.50	96.60	18.14	95.93	19.75
40.....	97.73	14.90	97.18	16.55	96.57	18.19	95.91	19.80
42.....	97.71	14.95	97.16	16.61	96.55	18.24	95.89	19.86
44.....	97.69	15.01	97.14	16.66	96.53	18.30	95.86	19.91
46.....	97.68	15.06	97.12	16.72	96.51	18.35	95.84	19.96
48.....	97.66	15.12	97.10	16.77	96.50	18.41	95.82	20.02
50.....	97.64	15.17	97.08	16.83	96.47	18.46	95.79	20.07
52.....	97.62	15.23	97.06	16.88	96.45	18.51	95.77	20.12
54.....	97.61	15.28	97.04	16.94	96.42	18.57	95.75	20.18
56.....	97.59	15.34	97.02	16.99	96.40	18.62	95.72	20.23
58.....	97.57	15.40	97.00	17.05	96.38	18.68	95.70	20.28
60.....	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	95.68	20.34
C=0.75	0.74	0.11	0.74	0.12	0.74	0.14	0.73	0.15
C=1.00	0.99	0.15	0.99	0.16	0.98	0.18	0.98	0.20
C=1.25	0.23	0.18	1.23	0.21	1.23	0.23	1.22	0.25

## 視 距 測 量

數分	12°		13°		14°		15°	
	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高	水 平 距 離	差 高
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	94.40	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=0.75	0.73	0.16	0.73	0.17	0.73	0.19	0.72	0.20
C=1.00	0.98	0.22	0.97	0.23	0.97	0.25	0.96	0.27
C=1.25	1.22	0.27	1.22	0.29	1.21	0.31	1.20	0.34

## 視 距 測 量

分 數	16°		17°		18°		19°	
	水 距	平 離	水 距	平 離	水 距	平 離	水 距	平 離
0.....	92.40	26.50	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78
2.....	92.37	26.55	91.42	28.01	90.42	29.44	89.36	30.83
4.....	92.34	26.59	91.39	28.06	90.38	29.48	89.33	30.87
6.....	92.31	26.64	91.35	28.10	90.35	29.53	89.29	30.92
8.....	92.28	26.69	91.32	28.15	90.31	29.58	89.26	30.97
10.....	92.25	26.74	91.29	28.20	90.28	29.62	89.22	31.01
12.....	92.22	26.79	91.26	28.25	90.24	29.67	89.18	31.06
14.....	92.19	26.84	91.22	28.30	90.21	29.72	89.15	31.10
16.....	92.15	26.89	91.19	28.34	90.18	29.76	89.11	31.15
18.....	92.12	26.94	91.16	28.39	90.14	29.81	89.08	31.19
20.....	92.09	26.99	91.12	28.44	90.11	29.86	89.04	31.24
22.....	92.06	27.04	91.09	28.49	90.07	29.90	89.00	31.28
24.....	92.03	27.09	91.06	28.54	90.04	29.95	88.96	31.33
26.....	92.00	27.13	91.02	28.58	90.00	30.00	88.93	31.38
28.....	91.97	27.18	90.99	28.63	89.97	30.04	88.89	31.42
30.....	91.93	27.23	90.96	28.68	89.93	30.09	88.86	31.47
32.....	91.90	27.28	90.92	28.73	89.90	30.14	88.82	31.51
34.....	91.87	27.33	90.89	28.77	89.86	30.19	88.78	31.56
36.....	91.84	27.38	90.86	28.82	89.83	30.23	88.75	31.60
38.....	91.81	27.43	90.82	28.87	89.79	30.28	88.71	31.65
40.....	91.77	27.48	90.79	28.92	89.76	30.32	88.67	31.69
42.....	91.74	27.52	90.76	28.96	89.72	30.37	88.64	31.74
44.....	91.71	27.57	90.72	29.01	89.69	30.41	88.60	31.78
46.....	91.68	27.62	90.69	29.06	89.65	30.46	88.56	31.83
48.....	91.65	27.67	90.66	29.11	89.61	30.51	88.53	31.87
50.....	91.61	27.72	90.62	29.15	89.58	30.55	88.49	31.92
52.....	91.58	27.77	90.59	29.20	89.54	30.60	88.45	31.96
54.....	91.55	27.81	90.55	29.25	89.51	30.65	88.41	32.01
56.....	91.52	27.86	90.52	29.30	89.47	30.69	88.38	32.05
58.....	91.48	27.91	90.48	29.34	89.44	30.74	88.34	32.09
60.....	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	88.30	32.14
C=0.75	0.72	0.21	0.72	0.23	0.71	0.24	0.71	0.25
C=1.00	0.86	0.28	0.95	0.30	0.95	0.32	0.94	0.33
C=1.25	1.20	0.35	1.19	0.38	1.19	0.40	1.18	0.42



視距測量

分秒數	20°		21°		22°		23°	
	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高
0.....	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97
2.....	88.26	32.18	87.12	33.50	85.93	34.77	84.69	36.01
4.....	88.23	32.23	87.08	33.54	85.89	34.82	84.65	36.05
6.....	88.19	32.27	87.04	33.59	85.85	34.86	84.61	36.09
8.....	88.15	32.32	87.00	33.63	85.80	34.90	84.57	36.13
10.....	88.11	32.36	86.96	33.67	85.76	34.94	84.52	36.17
12.....	88.08	32.41	86.92	33.72	85.72	34.98	84.48	36.21
14.....	88.04	32.45	86.88	33.76	85.68	35.02	84.44	36.25
16.....	88.00	32.49	86.84	33.80	85.64	35.07	84.40	36.29
18.....	87.96	32.54	86.80	33.84	85.60	35.11	84.35	36.33
20.....	87.93	32.58	86.77	33.89	85.56	35.15	84.31	36.37
22.....	87.89	32.63	86.73	33.93	85.52	35.19	84.27	36.41
24.....	87.85	32.67	86.69	33.97	85.48	35.23	84.23	36.45
26.....	87.81	32.72	86.65	34.01	85.44	35.27	84.18	36.49
28.....	87.77	32.76	86.61	34.06	85.40	35.31	84.14	36.53
30.....	87.74	32.80	86.57	34.10	85.36	35.36	84.10	36.57
32.....	87.70	32.85	86.53	34.14	85.31	35.40	84.06	36.61
34.....	87.66	32.89	86.49	34.18	85.27	35.44	84.01	36.65
36.....	87.62	32.93	86.45	34.23	85.23	35.48	83.97	36.69
38.....	87.58	32.98	86.41	34.27	85.19	35.42	83.93	36.73
40.....	87.54	33.02	86.37	34.31	85.15	35.56	83.89	36.77
42.....	87.51	33.07	86.33	34.35	85.11	35.60	83.84	36.80
44.....	87.47	33.11	86.29	34.40	85.07	35.64	83.80	36.84
46.....	87.43	33.15	86.25	34.44	85.02	35.68	83.76	36.88
48.....	87.39	33.20	86.21	34.48	84.98	35.72	83.72	36.92
50.....	87.35	33.24	86.17	34.52	84.94	35.76	83.67	36.96
52.....	87.31	33.28	86.13	34.57	84.90	35.80	83.63	37.00
54.....	87.27	33.33	86.09	34.61	84.86	35.85	83.59	37.04
56.....	87.24	33.37	86.05	34.65	84.82	35.89	83.54	37.08
58.....	87.20	33.41	86.01	34.69	84.77	35.93	83.50	37.12
60.....	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97	83.46	37.16
C=0.75	0.70	0.26	0.75	0.27	0.69	0.29	0.96	0.30
C=1.00	0.94	0.35	0.99	0.37	0.92	0.38	0.92	0.40
C=1.25	1.17	0.44	1.24	0.46	1.15	1.48	1.15	0.50

## 視距測量

分數	24°		25°		26°		27°	
	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高
0.....	83.46	37.16	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45
2.....	83.41	37.20	82.09	38.34	80.74	39.44	79.34	40.49
4.....	83.37	37.23	82.05	38.38	80.69	39.47	79.30	40.52
6.....	83.33	37.27	82.01	38.41	80.65	39.51	79.25	40.55
8.....	83.28	37.31	81.96	38.45	80.60	39.54	79.20	40.59
10.....	83.24	37.35	81.92	38.49	80.55	39.58	79.15	40.62
12.....	83.20	37.39	81.87	38.53	80.51	39.61	79.11	40.66
14.....	83.15	37.43	81.83	38.56	80.46	39.65	79.06	40.69
16.....	83.11	37.47	81.78	38.60	80.41	39.69	79.01	40.72
18.....	83.07	37.51	81.74	38.64	80.37	39.72	78.96	40.76
20.....	83.02	37.54	81.69	38.67	80.32	39.76	78.92	40.79
22.....	82.98	37.58	81.65	38.71	80.28	39.79	78.87	40.82
24.....	82.93	37.62	81.60	38.75	80.23	39.83	78.82	40.86
26.....	82.89	37.66	81.56	38.78	80.18	39.86	78.77	40.89
28.....	82.85	37.70	81.51	38.82	80.14	39.90	78.73	40.92
30.....	82.80	37.74	81.47	38.86	80.09	39.93	78.68	40.96
32.....	82.76	37.77	81.42	38.89	80.04	39.97	78.63	40.99
34.....	82.72	37.81	81.38	38.93	80.00	40.00	78.58	41.02
36.....	82.67	37.85	81.33	38.97	79.95	40.04	78.54	41.06
38.....	82.63	37.89	81.28	39.00	79.90	40.07	78.49	41.09
40.....	82.58	37.93	81.24	39.04	79.86	40.11	78.44	41.12
42.....	82.54	37.96	81.19	39.08	79.81	40.14	78.39	41.16
44.....	82.49	38.00	81.15	39.11	79.76	40.18	78.34	41.19
46.....	82.45	38.04	81.10	39.15	79.72	40.21	78.30	41.22
48.....	82.41	38.08	81.06	39.18	79.67	40.24	78.25	41.26
50.....	82.36	38.11	81.01	39.22	79.62	40.28	78.20	41.29
52.....	82.32	38.15	80.97	39.26	79.58	40.31	78.15	41.32
54.....	82.27	38.19	80.92	39.29	79.53	40.35	78.10	41.35
56.....	82.23	38.23	80.87	39.33	79.48	40.38	78.06	41.39
58.....	82.18	38.26	80.83	39.36	79.44	40.42	78.01	41.42
60.....	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	77.96	41.45
C=0.75	0.68	0.51	0.68	0.32	0.67	0.33	0.66	0.35
C=1.00	0.91	0.41	0.90	0.43	0.89	0.45	0.89	0.46
C=1.25	0.14	0.52	1.13	0.54	0.32	0.56	1.11	0.55

## 視距測量

分秒數	28°		92°		30°	
	水平距離	差高	水平距離	差高	水平距離	差高
0 ... ..	77.96	41.45	76.50	42.40	75.00	43.30
2 ... ..	77.91	41.48	76.45	42.43	74.95	43.33
4 ... ..	77.86	41.52	76.40	42.46	74.90	43.36
6 ... ..	77.81	41.55	76.35	42.49	74.85	43.39
8 ... ..	77.77	41.58	76.30	42.53	74.80	43.42
10 ... ..	77.72	41.61	76.25	42.56	74.75	43.45
12 ... ..	77.67	41.65	76.20	42.59	74.70	43.47
14 ... ..	77.62	41.68	76.15	42.62	74.65	43.50
16 ... ..	77.57	41.71	76.10	42.65	74.60	43.53
18 ... ..	77.52	41.74	76.05	42.68	74.55	43.56
20 ... ..	77.48	41.77	76.00	42.71	74.49	43.59
22 ... ..	77.42	41.81	75.95	42.74	74.44	43.62
24 ... ..	77.38	41.84	75.90	42.77	74.39	43.65
26 ... ..	77.33	41.87	75.85	42.80	74.34	43.67
28 ... ..	77.28	41.90	75.80	42.83	74.29	43.70
30 ... ..	77.23	41.93	75.75	42.86	74.24	43.73
32 ... ..	77.18	41.97	75.70	42.89	74.19	43.76
34 ... ..	77.13	42.00	75.65	42.92	74.14	43.79
36 ... ..	77.09	42.03	75.60	42.95	74.09	43.82
38 ... ..	77.04	42.06	75.55	42.98	74.04	43.84
40 ... ..	76.99	42.09	75.50	43.01	73.99	43.87
42 ... ..	76.94	42.12	75.45	43.04	73.93	43.90
44 ... ..	76.89	42.15	75.40	43.07	73.88	43.93
46 ... ..	76.84	42.19	75.35	43.10	73.83	43.95
48 ... ..	76.79	42.22	75.30	43.13	73.78	43.98
50 ... ..	76.74	42.25	75.25	43.16	73.73	44.01
52 ... ..	76.69	42.28	75.20	43.18	73.68	44.04
54 ... ..	76.64	42.31	75.15	43.21	73.63	44.07
56 ... ..	76.59	42.34	75.10	43.24	73.58	44.09
58 ... ..	76.55	42.37	75.05	43.27	73.52	44.12
60 ... ..	76.50	42.40	75.00	43.30	73.47	44.15
C = 0.75	0.66	0.36	0.65	0.37	0.65	0.38
C = 1.00	0.88	0.48	0.87	0.49	0.86	0.51
C = 1.25	1.10	0.60	1.09	0.62	1.08	0.64

誤差ハ小ナル角度則チ六度以下ノ角度チ之レカ算出ニ供スルヨリシテ生スル  
 差ト相平均スル場合ケリ今之ヲ掲ク

「スタテマ」讀方ノ結果	鉛直角度	5°	44'
100	鉛直角度	5°	44'
200	”	4°	4'
300	”	3°	20'
400	”	2°	32'
500	”	2°	32'
1000	”	1°	46,
2000	”	1°	18,

則チ玆ニ掲クル如キ場合ニハ百分ノ一ヲ誤差アルモ機械  
 ノ定數100ナルヲ切捨ツルヨリ兩々相平均シテ誤差チキ  
 ニ至ルナリ然モ水平距離ヲ見出スニ際シ鉛直角度ニチハ  
 2°ヨリ小ナル時差高チ見出スニハ6°ヨリ少ナキ時ハ此表  
 ナ用ヒサルヲ安全トス  
 hヲ見出スニ6°以下ノ角度ニテハhノ差ヲ許ス時ハCチ  
 捨テ去ルヘシ然モ精密ナル目的ヲ有スル測量ニアリテハ  
 此限りニアテス

第五節「スタテマ」ニ目盛スル事 (Graduating the Stadia)  
 (Latten-Theilung)

可動蠟線チ有スル機械ニアリテハ已定ノ照尺ニ對シテ好  
 都合ナル様其蠟線チ移動シ得ルモ不動蠟線チ有スル機械  
 此業ヲナサシテハ其機械ノ蠟線ニ好都合ナル様照尺ニ目盛スルヲ便トス  
 此業ヲナサシテハ大氣ノ動搖ナシ靜穩ナル日ヲ擇フテ要ス先ツ銅製卷尺ノ如

例題 設觀測斜面間之土地。照尺讀數爲  
3.72。垂直角度爲 $12^{\circ}24'$ 。求水平距離  
及高低差幾何

$$\text{但 } C = 1.25$$

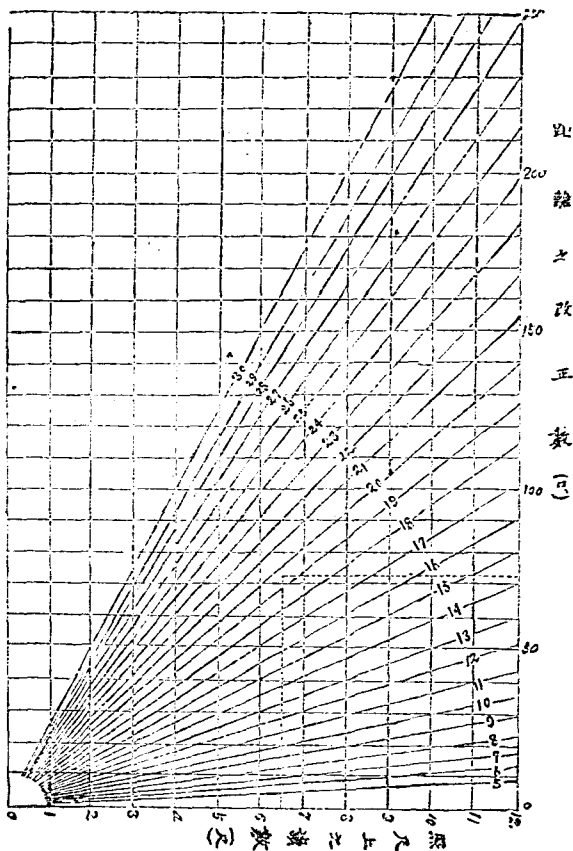
檢前表 $12^{\circ}24'$ 得水平距離95.39。高低差20.  
97°而 $C = 120'34$ 。

故水平距離 $= 3.72 \times 95.39 + 1.20 = 356.$   
05尺。

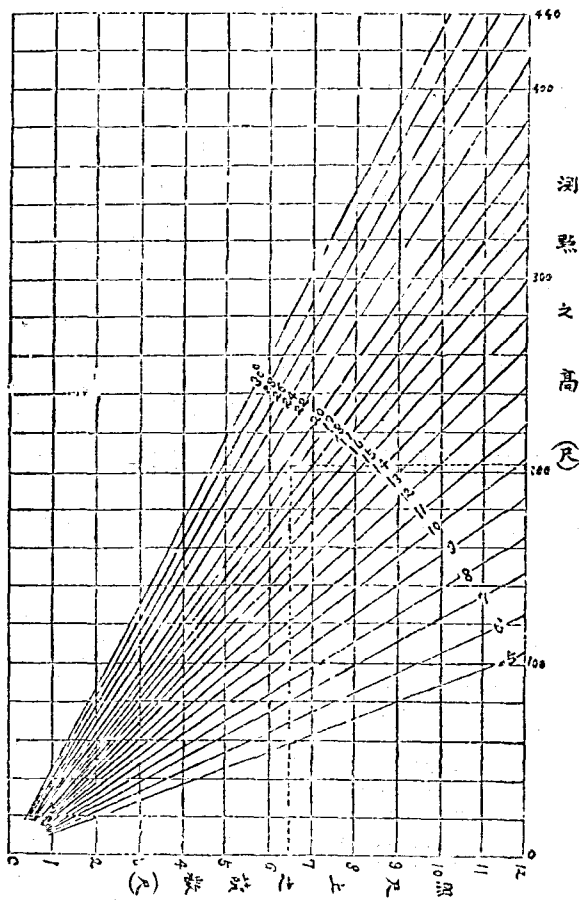
高低差 $= 3.72 \times 20.97 + .34 = 78.35$ 尺。

又以圖作表如次如。第六十五圖。示水平距離之改正數。第六十六圖。示高低差之計算。無論關於何 $(f + C)$ 之數。皆可省畧。此圖之構成法如次。

第 六 十 五 圖



第六十六圖



第六十五圖。引水平線  $AB$ 。使其長等於照尺上最大讀數(此圖十二尺)其縮尺須大。實際以一寸爲一尺。對此讀數  $AB$ 。斜面上之距離爲  $P = \frac{f}{i} AB$  又(5)式之前項  $D = \frac{f}{i} SCO$

$\theta$ 。而  $S = AB = 12$ 。則自  $6^\circ$  至  $30^\circ$  各一度。每以所採計算者爲  $D$ 。以  $D' - D$  順次求  $\Delta$ 。今欲依此圖。而求對於照尺上某讀數之水平距離。則在  $AB$  線上求照尺之讀數。自此垂直向上觀測。與垂直線求所會之點。自此點至水平右邊。則於右邊之數對於此角度。及讀數。爲改正數  $D$ 。以此數與(4)式所計算之數相減。可得所要之水平距離也。

例如照尺讀數 6.5。高度  $17^\circ 5'$ 。而  $\frac{f}{i} = 100$ 。

則依(4)式計算。得斜面距離 650。

今於第六十五圖下邊。求 6.5 之點  $F$ 。自此鉛垂直線而上升。與觀測角  $17^\circ 5'$  之線。求交點  $G$ 。自  $G$  至水平右邊。則得 72.4 爲改正數。減斜面上距離。即  $650 - 72.4 = 577.6$  尺。

爲所求之水平距離。

又依第六十六圖。求兩點間之高低差。其構造法。大畧與前同。而依(6)式之前項  $\frac{f}{i} S \frac{\sin 2\theta}{2}$ 。

$S = 12$ 。自五度至三十度。一度每以計算



其得數。置於右邊之垂直線上。作此等點與A'點所結之射線。然有時則與前圖同垂直角19 5。照尺讀數6.5尺。則以點線示於圖上。可得高低差204.5。

#### 第八節 精密之度

用此種測量測定距離。徵於從來之例。凡自五百呎至五千呎之距離。須爲三次測量。其平均差有用千百呎生一呎之差之例。

米國湖水測量。定三條基線。一生千分之一之差。一生千六百三十五分之一之差。一生千八百八十八分之一之差。

米司西比河測量。以視線最長爲千六百呎。生五百分之一之差。

垂直距離之誤差。以百五十呎。至二百呎之高。其誤差以一呎五爲最大。

美坎西苛境界測量。一哩之平均差爲一呎。又「塞托勒斯」河測量委員。對於視線最長千六百呎。生最大之誤差爲一呎。

#### 第九節 使用上之注意。

讀照尺上所刻之分數甚難。若置一螺旋於刻度之起點。則可避之。如此雖生微小誤差。於長視線之際。然却便利。而實際上甚精密。用經緯法之際。讀照尺及鉛直角。可取前視後視。而時々參照。

視距測量之特長。當饋測量之難處。而用之

甚便。

## 第五編 高低測量 (Leveling; Nivellicrung)

### 第一章 水準器高低測量。

#### 第一節 水準器構造上必要之性質。

1. 水準器之安固。
2. 望遠鏡之增大力如何。
3. 水準管之銳敏。

水準器之安固如何。由水準螺旋及三腳臺器械之安置而定。

普通水準器。如經緯儀有四螺旋。及三螺旋者。然兩相比較。大合於安固度及銳敏度者。則惟三螺旋。總之無論如何之水準器。必以螺旋間之距離大者為善。

凹窩軸以長且堅固者為善。水準器之動中心。以近於三腳基頭者為善。至關於望遠鏡之件宜別論之。

器械之他部分無論如何精良。然事業之精粗。仍關於氣泡之銳敏者大。

水準器之氣泡。與經緯儀所刻之度。同一緊切。

設有銳敏氣泡。其銳敏之程度。雖確乎不可靜止。然與微少傾斜之器械。其遲鈍毫無變化者相比較。宜得可信任之結果。

水準管中所用之液體。以粘着力少者為宜。

蓋氣泡速而且精確故也。

純粹之「液帖爾」藥水。用於水準管中。最為得宜。然因溫度之差異。而起膨脹率過大之弊。又純粹酒精。屢被採用。尤為測量家所信用者。如「液帖爾」藥水及酒精之混合液是。究之欲測量精確。則用「古魯覆爾蒙」藥水為最。

又天文家所用之上等水準器械。氣泡管中。設有空氣室。以便加減氣泡之長短。但尋常大氣泡。較小氣泡。尤為銳敏。

氣泡管之分刻數。為防其視差。要近於善良氣泡。故此分割數。必直接刻於氣泡管上。

## 第二節 水準器之分類

分為三種

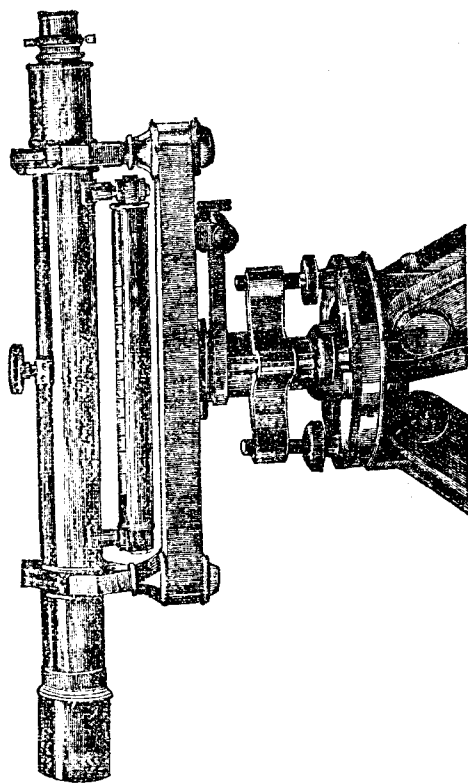
1. Y 水準器
2. 且比水準器
3. 測地水準器

(3) 非當要最精密時不得使用

## 第三節 Y 水準器

次所示者。稱為 Y 水準器。其命之名原因。因水準管所支之支桿類 Y 形。故此器械。最流行於亞美利加。

## 第六十七圖

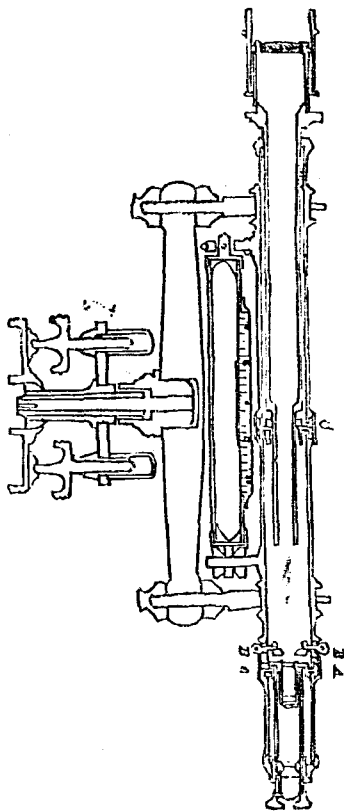


此器之特徵即為望遠鏡。不僅得迴轉於其軸之周圍。且得變換其鏡之首尾。構造上之便利點。即得使容易整正而設。但

於他一方觀之。其構造上之器械。常難保持其整正。故非時加修理不可。

上所示者。爲接於眼中之正平面圖。下所示者。爲所表之縱斷面圖。普通器械。多常表以正平面圖。蓋用後者不甚明晰。故以前者爲佳。

第  
六  
十  
八  
圖

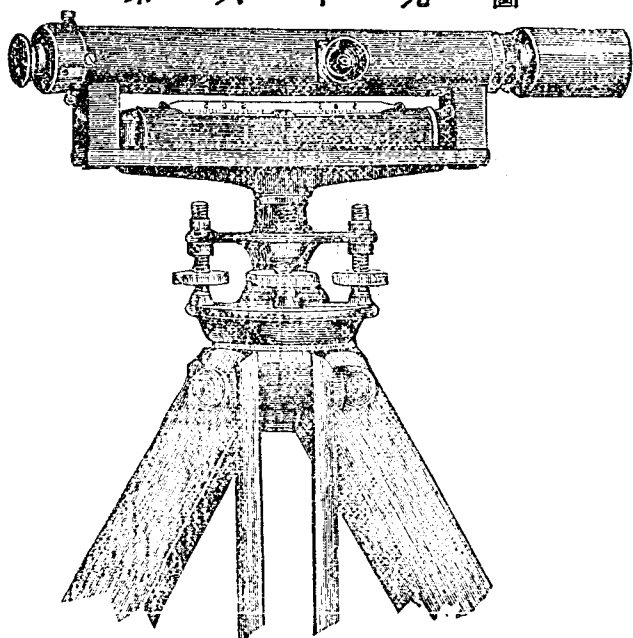


修正望遠鏡之法。須使所當之鏡。在 Y 支桿中。得自由迴轉於鏡軸之周圍。但使用之時。其鉛直螺線。須銳直不偏。

#### 第四節 且比水準器

此器確實附着於望遠鏡器械上。然不如入水準器便利。不僅不得自由迴轉於 Y 支桿內。且不得首尾變換。此但望遠鏡一般。為反省像鏡。由鏡之長度。較他種物為短。故附以且比之名稱。豈不僅一原因而已。

#### 第 六 十 九 圖

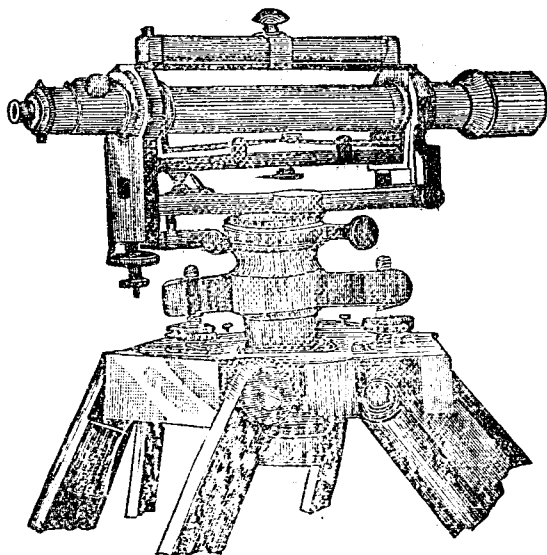


此器多流行於英國。其構造較水準器猶爲簡單。而堅實。但整正不免有多少不便。

#### 第五節 測地水準器

此種水準器。不僅使望遠鏡得迴轉於鏡軸之周圍。且水準與望遠鏡無關。故得有首尾變化之特徵。

### 第 七 十 圖



故此器械之構造。爲二重的觀察。以凡關於整正之誤差。可得除去之。

此種器械。種類甚多。只就其最著述之如次。

上圖所示。為北美合衆國海岸。及大地測量所使用者。望遠鏡不僅得迴轉於軸線之周圍且首尾能變化。蓋水準與望遠鏡無關係。得自由迴轉。望遠鏡及水準之一端。由微動螺旋而得上下。

#### 第六節 照尺(又名箱尺)

照尺與水準器並用。始得全其功效。由水準器所定之視線。必成水平。至於從此視線以下諸點之距離。能由照尺度數而計算之。一般照尺構造之形狀。大別為二種。

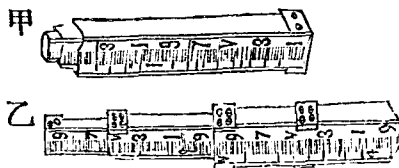
(1) 的照尺。

(2) 自讀照尺。

(1) 的照尺。

此種的照尺。附着於照尺上。能任意上下。觀者指示照尺手。使視線當的之中央。成爲一致。由是讀此而記入野帖。

#### 第 七 十 一 圖



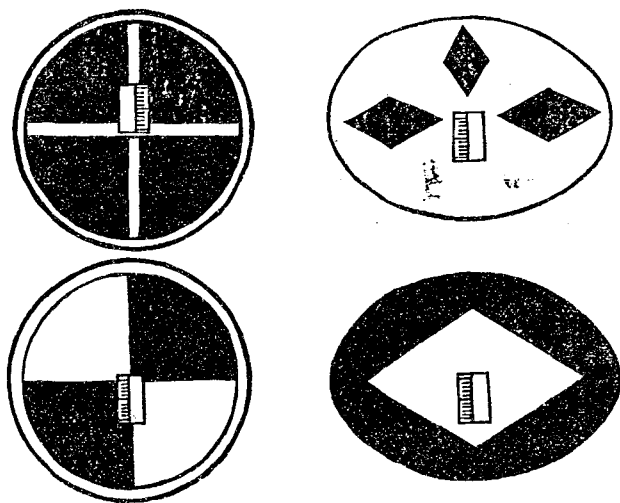
此種物。由背合二板所作而成。前面通常約七尺詳。刻有度數。

的(即視標)。附着於照尺適宜之位置。得自由



移動於照尺上下。爲鐵或真鍮板所製而成。視標者。爲讀小距離。而附有遊尺。

第七十二圖

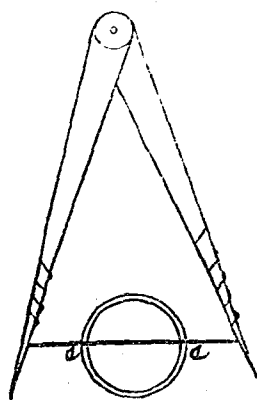


尋常視標。雖塗以赤白色。然黑白色便於規視。惟遇有樹木及雜物等障害時。則又以赤白色爲佳。

(2) 自讀照尺。

自讀照尺。爲觀者隨讀而隨記入野帖之器。照尺手。惟眞直以保持其照尺。此自讀照尺之名稱所由來也。

第七十三圖



此器多用於鐵道運河。排水工事等。然難如的照尺之精確故欲求其精密。仍不如用的照尺為妙。

#### 第七節 水準器之檢查

##### (A) 氣泡管

氣泡管為弧形之玻璃管。其縱斷面為正圓形。

此玻璃管內之縱斷面。必要正圓形之理由。氣泡之位置。由讀其兩端之位置而定。

如欲滿足其正圓形之條件。則氣泡兩端。對於氣管均一之傾斜度。須使常為均一之運動。

但此條件亦非絕對的必要。因觀測之際。其氣泡原存在中央。然於器械不敏捷者。氣泡

恒難使位置於中央。

以上條件因此不能真正而滿足之。則氣泡亦不必位置於中央。蓋因粗畧記入其位置。此後尙施訂正可也。

檢正氣泡管弧度之正確否。必規視的照尺。而讀彼時氣泡之位置。順次於照尺上之視標。均一間隔而動。對此而記入一一氣泡之運動。

若稍施簡單方法。應溫度之變化。由中心見氣泡左右。爲均一之運動否。

(B) 氣泡之銳敏度。

於水準管。欲氣泡之銳敏。尤爲必要之條件。銳敏度。關係於弧度半徑。換言之。對於氣泡管之傾斜。關係於氣泡之移動距離。

計此銳敏度。有次之方法。以水準螺旋。微動水準管及氣泡管之一端。使氣泡來於中心。然後視所立真直照尺而讀之。

h 爲照尺上兩度之讀高差。

D 爲器械與照尺間之距離。

m 爲氣泡移動之距離。

d 爲氣泡管上一分刻數之長。

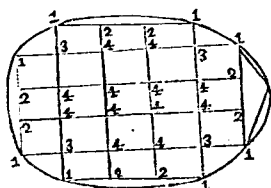
n 爲氣泡已移動於分刻數上之數。

I 爲兩視線之角度。

R 爲氣泡管弧度之半徑。

V 爲對於氣泡管上一分刻數之角度。

## 第七十四圖



○ABC與○OPQ爲相似形。

$$\text{故 } R = \frac{m}{h} D = \frac{nd}{h} D \dots\dots\dots(1)$$

$$\tan I = \frac{h}{D} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{故 } V'' = \frac{h}{\tan I'' nd} = \frac{h}{0.00000485nd} \dots\dots\dots(3)$$

注意記憶  $\tan I''$  之值則 0.000005 爲最多。然欲記憶之易者。莫妙於(五零五。)

氣泡管之銳敏度。以每一吋之移動。示變化之角度。

例如精良器械。每移動一吋。變化之角度。爲一百二十秒。至二百秒。弧度之半徑爲八十五呎。或百四十呎。蓋角度之大小。隨半徑而定。

(C) 望遠鏡與增大力

望遠鏡之增大力。與水準管之銳敏度。要互有一定相當比例方可。蓋器械之銳敏者。能爲微細之移動。由此而增大十字線移動之

力必少。即難認物體之明瞭。故銳敏氣泡。與增大力不相伴時。寧可不要銳敏度。勝於增大力。何則。氣泡之銳敏者。屬「整正餘分」之手續。

(D) 望遠鏡之滑出

望遠鏡之滑出。務成直線。且要視線與鏡軸線爲一致。Y 水準器。將及鏡軸線被訂正後。可述經緯儀對物鏡之部。用同樣方法而檢正之。

鏡之滑出。最初作望遠鏡諸點之配列。次於 Y 中迴轉。作第二諸點之配列。以知由鉛直平面之偏差。可詳述整正之部。

對於且比水準器械上之構造。與前者大異。即鏡軸線被訂正後。可述經緯儀對物鏡檢正之部。於同樣作杭之配列。記入水準之讀高。次移器械距杭配列線之他端。更得讀高。若兩者讀高之差無變化。則滑出必成一直線。此法勿論得謂良否。然今日吾人所用者惟此。

(E) Y 水準器之環。與 Y 環要爲同大之圓筒。

取 Y 檢正外。使兩者密合。用鉛筆記一 Y 於紙上。可比較。於他之 Y。其若環已同大同形。不可婁視之度外。

而此環之大。由反倒法可得檢正之。爲此者

不可不別假他之器械。即與測徑器之比較。而整正水準環之徑內不一時。Y器毫無異於且比器。整齊之際。決不能用反倒法。

#### 第八節 水準整正之原理

取氣泡管於二支桿上。使當支桿之正中。次將兩端取換於支桿上。則管內氣泡。尚依然不變其位置時。其連絡支桿之線為水平。此時水準器之環。必兩之々相正。

(2) 迴轉氣泡管於一軸線之周圍。而其氣泡常保持於管內之中心。其迴轉軸必為鉛直。

#### 第九節 Y 水準器之整正。

- (1) 使視線與鏡軸線成一致。
- (2) 使鏡軸線與氣泡軸線成平行。
- (3) 使氣泡軸及鏡軸線與水準線軸成直角交。

(1) 使視線與鏡軸線成一致。

擇地盤堅固之處而置器械。

次於前方隔百呎以上。撰明亮一點。用鉛筆。或墨記以黑點。此時要眼與十字線及黑點確成一直線。若由接眼鏡窺之。移動眼於上下左右。對於物體。可移動十字線。稱為「破那拉庫拍」之視差。其結果亦必不完全。苟欲除去之。屬於對物鏡螺旋。為適當之移動。於Y內迴旋望遠鏡 $180^\circ$ 。尚與眼十字線黑

點一致時。即可證視線與鏡軸線之一致。若不一致。可爲第二之黑點。將第一黑點。與第二黑點二等分。鬆一螺旋。以引付他方。使視線與先之中分點一致。次迴轉望遠鏡於初之位置。檢查合視線之中分點否。若不合。則用前同樣之方法。反覆整正之。

(2) 使鏡軸線與氣泡軸線成平行

鏡軸線與視線。已爲一致。則鏡軸線與氣泡軸線平行。代視線與氣泡軸平行。先用水準螺旋使氣泡管之氣泡正居中央。次取望遠鏡兩端而顛倒之。復入於Y形內。此時氣泡自若。足證鏡軸線與氣泡線平行。若氣泡移動。則其移動之半。可正於水準螺旋。其餘他半。正於附屬氣泡管之螺旋。尙用同法反覆。遂於望遠鏡內如何變換。則氣泡必於正中。氣泡至正中。足證氣泡軸爲水平。同時視線亦平行。

雖視線已與氣泡軸平行。然彼此在一鉛直平面內否。故要整正之。即回旋望遠鏡於Y內。見氣泡常居其管之正中央否。正則鏡軸線與氣泡軸同一平面內。不正。由附於氣泡管之螺旋移動而整正之。

(3) 使氣泡軸及鏡軸線與水準線軸成直角交。

於鬆緊迫螺旋。使望遠鏡爲正反對位置。氣

泡猶在管之正中時。此整正必良。否則。用水準螺旋正其半差。其他半差。以支於望遠鏡水平桿上下之螺旋而正之。

#### 第十節 且比水準器之整正。

且比水準器整正法。隨構造之差異。以 Y 水準器整正第二法。整正而使用之甚難。

杭整正法。必須擇定二百呎之水平土地。其兩端打以杭。第一杭一呎許。置水準器。則正立照尺於杭上。由望遠鏡之接眼鏡至照尺約一吋。今整正水準。由對物鏡視而讀照尺。此時之讀高為 A。

次移照尺於他端之第二杭上。正立水準。由接眼鏡視照尺。其讀高為 B。

又移照尺於第二杭附近。使第一杭之手續。反覆用同樣之方法。可得第一杭上照尺之讀高為 A'。第二杭上照尺之高為 B'。

#### 第七十五圖



若視線與氣泡軸平行。則視線必為水平。得次之關係。

$$A - B = B' - A'$$

若不平行則



$$(A-B) - (B'-A') = D$$

要之訂正  $b$  之差異。

$$(A-B) - (B'-A') = D$$

$$(A+A') - (B+B') = D$$

吾人得直見  $\frac{d}{2}$  之值。然此  $\frac{d}{2}$  之值有正(+).

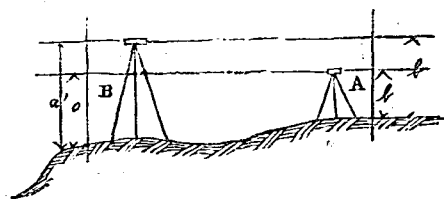
有負(-)。  $\frac{d}{2}$  爲正(+)時。則由讀高  $b'$  僅移動

此  $\frac{d}{2}$  於視線。  $\frac{d}{2}$  爲負(-)時。則移動此  $\frac{d}{2}$

於視線下。

### 第十一節 檢查水準器之整正。

#### 第七十六圖



置器械於 A 點。如上圖得 A 及 B 之讀高。次  
移器械於 B 點。得 A' B' 之讀高。然其時若

$$A - A' = B - B'$$

則可示整正之。至若

$$(A - A') - (B - B') = D$$

則可證非整正之至。故必於前節整正法而  
整正之。

## 第十二節 測地水準器整正法。

此整正法與普通水準器之整正法大異。

如第五節所示。有測地水準器與 Y 水準器。要同樣如次之檢正。

由微動螺旋。使望遠鏡不動於上下。而在鉛直平面內。

此檢正至容易。只吊一垂球。與視線為一致。若不一致。除退却於製造者修繕之外無別法。

次要知微動螺旋一回轉之角度。只此視線非水平時必訂正其觀測之結果。

知此為水平視線。讀微動計。視 D 距離之照尺。次一迴轉微動螺旋。再讀照尺。d 為照尺上讀高之差。則迴轉角度以秒示之。

$$\text{即 } \frac{d}{D \tan I //}$$

次要望遠鏡上之環。為同形同大。若有不同。雖二重觀測。不得驅除。致生器械之誤差。故要訂正。欲看出此不同之有無。當注意於據器械之堅固。得平均讀水準氣泡之兩端為宜。

次取氣泡管之兩端。而讀其差為平均差。此等兩度平均差之半。即示環之傾斜。

又取換望遠鏡兩端於 Y 中。與前同樣手續

反覆之。其觀測之結果如次。

$E d$  = 望遠鏡不動。而氣泡亦不動時之傾斜。

$E R$  = 望遠鏡向反對。而氣泡不動。時之傾斜。

$I d$  = 望遠鏡不動。而氣泡管向反對時之傾斜。

$I R$  = 望遠鏡與氣泡管共向反對時之傾斜。

$V$  = 氣泡管面上尺度一分刻數之值。

然其時  $D$  為距離對於觀測之讀高。可施訂正。

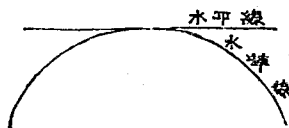
$$\pm \sin 1'' VD \left( \frac{Ed - Er}{4} + \frac{Id - Ir}{4} \right)$$

### 第十三節 水準器之使用。

水準線者。為平行於水面之線。即由地球中心。為距離諸點之軌跡也。

水平線者。為接觸於此水準線之線。然普通水平線。與水準線同樣。

### 第七十七圖



使用兩者之間。當注意此兩者之差違。

水準器如下之目的。

- (1) 知二點間之差高。
- (2) 定縱斷面圖。
- (3) 定勾配線之切取盛土等。

要之測量事業。不關係於終局目的如何。置付器械間接之目的者。約由一點。能定他點如何之高。

作此水平線者。即能計各點。比此水平線低幾何之謂。

水準器整正適當中之視線。爲水平視線也。可不待論。

視線迴轉於鉛直軸周圍之平面。即爲水平面。

此平面以下之諸點。依照尺而有幾何之距離。

#### 第十四節 二點間高低測量。

二點在水平距離。及鉛直距離間隔大時。必數次置器械於二點間。由各點照尺上之讀高。可得二點間高低之差。

若二點間之水平。或鉛直距離間隔大時。可設多數之間接點。即知各點水準差之代數的和。爲最終高低之差。

換言之。由對於奇數的視線照尺上讀高之和。與對於偶數的視線讀高之和相減。可同

於各點水準代數的差。今第一點之高。或基線例如關於海面。將第一點之高。加照尺上之讀高。可得視線之高。  
 故由視線之高。減第二點照尺上之讀高。則爲基線上第二點之高。  
 爲已知照尺上之讀高點。稱後視。於照尺上之讀高。欲將計之點。稱前視其前視與後視。關係於方向者大。決不可不注意。  
 爲知二點間之高低。必取二點間之間接諸點。而推。稱爲回點。  
 基標者。爲備後日參考決定其高低。故豫爲多少永久之杭點。

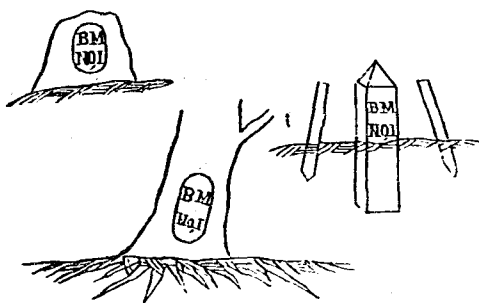
#### 第十五節 視線之長

視線之長。關係於望遠鏡之增大力。空氣之狀態。要求精密度及所費時間等。  
 若於地盤平坦時。不要如上所言之精密。且得急速完成。  
 然此等條件。與上所述爲全反對。若要十分精密時。則視線之長。以100'或400'許爲宜。普通之事業。多以300'或400'爲限度。若500'或600'以上者。必須注意。

#### 第十六節 基標

天然或人工所製。一定不變其高之標識。其目的對於他物體。或一點。而與以一定之高者。即可供將來之參考。

## 第七十八圖



如此基標目的。爲定他點之高之基。且爲永久不移動之物。甚易發見。

例如木根岩角石造物及家屋等是。

又可用塗以油漆之標木。

此等之基標。有時蔽於雪霜。不可信賴。要於野帖之備考行。詳細記入各基標。

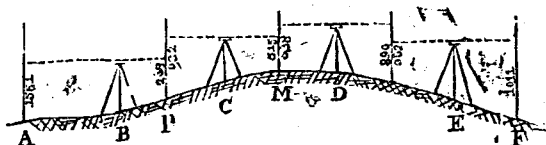
由此等記錄。無論如何之人。皆即得見出。又番號記入之。便利。更不待論。

基標者。須沿線路處々而設。通常以一哩或半哩爲度。因有事變等時。容易發見其點。或設於工事場附近。及他便利緊要之處。例如線路或橫着道路之際。又河川兩岸及小山之頂上等設立之。

## 第十七節 野業法

今欲知 A F 間之差高。照尺手先至出發點。真直立照尺於其後方。

第七十九圖



器械手如置器械於B點。(總由100'或隔300'之點)不必定在線路內。

氣泡在正中時。器械手可讀照尺。將此讀高記入於野帖之後視行。

若使用的照尺之處。照尺手合圖。使的上下而命中視線。此時照尺手。記讀高於野帖後視之行。

如此第一點之。讀高既終。則照尺手將照尺轉至P點。勿論前視與後視同距離。必須注意。而以此P點之回點。或定點。可立照尺於枕上。記讀高於野帖之前視行。

次移器械於C點。使器械之水準。與前同樣向視線於P點。記讀高於後視之行。又照尺手。與前同樣至M。記讀高於前視之行。順次同樣進行。置器械於E。讀F之照尺。記入於前視之行。遂終其事業。如上圖PA間之距離。為後視與前視之差。

PM間亦為後視前與前視之差。故知AF間之差高。此等為每二對差之代數的和。換言之則二點間之差高。等於前視總和。與後

視總和之差。

### 第十八節 野帖記入法

番號	十後視	一前視	備考
1	15,51	2,53	
2	9,32	5,15	
3	5,38	8,96	
4	5,52	10,11	
	+35,63	26,75	
	-26,75		
	+ 8,88		

若熟視上表。則可不要說明而自知。

### 第十九節 縱斷面高低測量

此測量之目的。可得定沿於測線地面上之縱斷面。先定測線。對於一定之原點。要定各點之水平及鉛直距離。故已決定之測線。以一定距離。而打以杭。杭上各附以番號。始為零號。測量者即於此等杭之所在。不但能得地之高低。而且得十分精緻之縱斷面圖。然要中間諸點。每計以高。立照尺於一點。由前後兩方視之。稱此點為回點。此回點與回點間。應時宜較其高低點。稱為中間點。

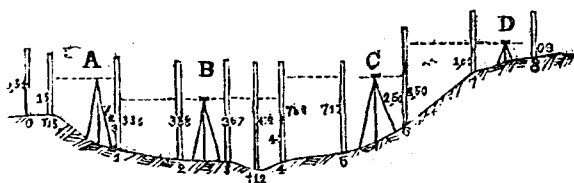


## 第二十節 野業法

此野業法。與先二點間高低測量無大區別。先立照尺於最初杭。即零號之杭。得讀高幾何。或近測線出發點。立照尺於基標。而為讀高幾何。或近測線。出發點立照尺於基標而為讀高幾何。

杭之番號。記入表之第一行。關於杭點之備考者。記入於最後之行。讀高者以後視記入第二行。前視則記入第三行。

第八十圖



如上圖先對於 B. M. No. 7 之讀高為 2.45. 則以後視而記入後視行。次於 O 點 + 15 點及 1 點之讀高。各々為 0.54. 1.57. 2.3. 此等對於 B. M. no. 7 而定其高。則記入前視行。

次置器械於 B 點。依前之法則整正水準。再讀回點之 1 點。為 3.38. 記入後視行。

順次立照尺於 2, 3, 4, + 12 等。讀高為 3.58 3.67 4.124, 00 等記入前視行。

又移器械於 C 點。將 4 點之讀高。記入於後視行。他記入於前視行。與前順次同樣向前進行。

宜十分注意者。爲回點之讀高。何則其回點之誤差。累延於以後之作業。但中間之點。只關於其自身點之高。於他無關係。故不甚要緊。

### 第二十一節 野帖記入法

野帖記入法。其記入之順序種類甚多。如次所示者。最適於實用。

番號	後視 <i>B. S.</i>	前視 <i>F. S.</i>	器械高 <i>H. I.</i>	地盤高 <i>G. H.</i>	備考
<i>BM</i> No. 7.	2,45		203,45	201,00	道路 = 沿フ 木木'根
0		0,54		202,91	
+15		1,50		201,95	
1	3,38	7,23	199,60	196,22	
2		3,58		196,20	
3		3,67		195,93	
+12		4,12		195,48	
4	7,50	4,00	203,10	196,00	
5		7,00		196,10	
6	3,50	2,50	204,10	200,60	
7		1,00		203,10	
8		0,90		203,20	

由第一行至第三行野業之際。能一一記入。猶爲備考行。供後日之參考。而必要之事項。可詳細記入。

其他之行。屬於棹上事業。由計算而記入之。例如 B.M. N 0.7 之高。爲 201.00 (此由基線之高而定) 卽地盤之高。爲 201.00 明也。此時視線之高。卽器械之高。

$201.00 + 2.45 = 203.45$  爲從零點之高

$203.45 - 0.64 = 202.91$  可得與 + 15 點同樣

由一點之回點。連絡以前以後之點。加後視於地盤之高。

$196.22 + 3.38 = 199.60$  爲

視線高。卽得以下器械高。與前同樣之手續進行之。凡器械高者。稱由基線至視線之高也。可知。

## 第二十二節 勾配線圖式法

從縱斷面高低測量之結果。而得引圖定勾配線。此結果者。隨測量目的之異。引圖之方法亦異。卽鐵道道路運河。排水等工之各勾配線。亦各有不同。另用圖區劃紙中。橫一目二十呎。縱一目一呎。擇合宜縮尺。附番號於紙底。在其上部。記入地盤之高。

依縮尺記地盤之高於紙上。使連結其各點。即得如高低圖。

依已定之勾配線。可定如何盛出。如何切取。於圖由水平零號至五號。有五十分之一之勾配。從五號至十號。從十號至十七號。有百分之一之勾配。故設計多有不同。

此勾配者。勿論其工事之目的種類。及地形等。應隨技術者之判斷。

若於一般鐵道。示勾配分數之分母。當從六十六之倍數。

例如  $\frac{1}{66}$   $\frac{1}{132}$   $\frac{1}{196}$  等數。皆可備用。而獨用六十六之倍數者何也。蓋鐵道上皆用(幹達)氏鎖。此鎖等於六十六呎。故  $\frac{1}{66}$  一鎖。

有一呎之高低。甚為便利。

又如  $\frac{1}{100}$   $\frac{1}{1000}$  等數。亦為便利。

但用  $\frac{1}{65}$   $\frac{1}{130}$  等數。甚為不便。即如以  $\frac{66}{65}$  為不盡數也。

若道路運河。則可用六十倍數之分母。

然又有限制勾配者。即鐵道之最大勾配。不

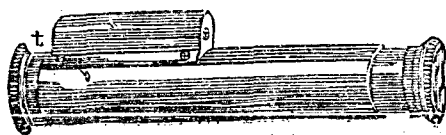
得超過  $\frac{1}{40}$ 。

道路不得超過  $\frac{1}{20}$ 。

今示上圖之例從下三行記入此勾配。此上行即記入勾配線各杭點之高。此高從零點至199.00呎。用五分之一之勾配。每一鎖為100呎。生二呎之差高。故一點199.00 - 200 = 197.00。同樣得二點為195.00 三點為193.00。從三點至六點。依水平之各點。皆為193.00。從六點以後。用  $\frac{1}{100}$  以上之勾配。即每一鎖生一呎之差高。故七點得194.00。八點得195.00。由此順推至十點得197.00。次於其上行。示切取之高。從零點將地盤之高。與勾配線高相減。202.49 - 199.00 = 3.49 為切取。將二點與三點相減。197 - 195.06 = 1.94 為盛土。

### 第二十三節 輕便水準器 (Hand level; Hand-Nivellen)

#### 第 八 十 一 圖

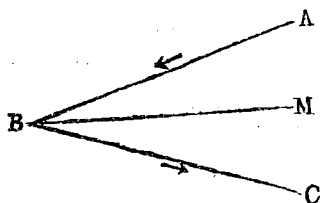


此器械爲甚輕便之小器。用於橫斷面測量。及踏測時。尤爲適當。

此器械之主要部分。爲望遠鏡。其鏡筒上有氣泡。從此氣泡。使筒成水水平。而視線亦爲水平。視線者。爲目與對物鏡相映之氣泡。必在螺線二等分之中心。

此器械之整正法。可從五十至一百之距離。而定水平於二點。次置器械於中之一點。可覘視他點。此時若氣泡非當螺線之中心。足證器械之不整正。惟氣泡至螺線之中央不動。方可爲正。

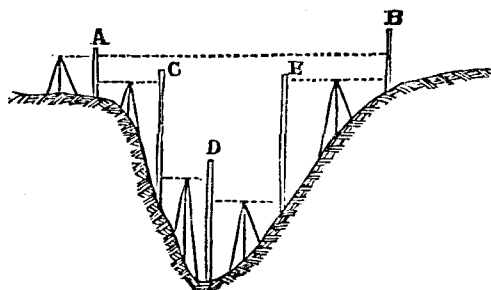
第 八 十 二 圖



如上圖。從 A 點定距器械遠之 B 點。若 AB 線非水平時。復至 B 望 A 之方向。視線 BA 亦非一致。蓋 BA 卽 BC 也。故將 CA 等分。定爲 M。若 MB 成水平線。如前述同樣方法。可得正視線。

#### 第二十四節 器械使用法及野帖記入法。

第 八 十 三 圖



如上所示為橫斷面圖。A點為本線中之一點。C A、A B 與本線成直角。為左右之橫斷線。

先由 A 讀 B 之照尺。為 5.3。次得 AB 間之水平距離為 3.5。

今觀測者之目高為五呎。則  $5.3 - 5 = 0.3$ 。為 A B 間之差高。

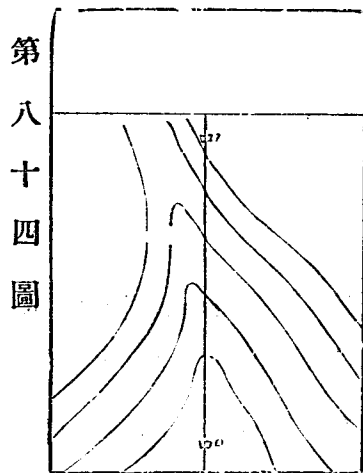
次由 B 讀 C 之照尺。BC 間為 3.0。而照尺上之差高。若為 9.8。則  $9.8 - 5 = 4.8$ 。即為 BC 間之差高。A B 間亦當同樣。

野帖記入法如次

$$\frac{-4.8}{30} \quad \frac{-0.3}{35} (A \text{ o } h) \quad \frac{+1.8}{30} \quad \frac{+2.5}{35}$$

(-)記號。比觀測點低之意。(+)記號比觀測點高之意。

次於縱斷面。或橫斷面。測量高低變化之急激處。相會於深谷時。如次圖所示。

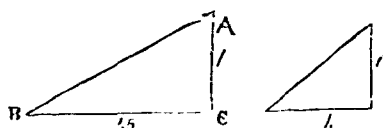


此時置器械於 AC 間。計其差高。次移器械於 CD, DE, EB 等間。替置水準器。之次數甚多。必生非常之困難。孰若直從 AB 兩點立照尺。而定 AB 間高低之關係。次於他之殘部分。用輕便水準器計之。不但省時間與勞力。且能得精確之結果。何則。設有誤差時。必止在 AB 間。決不得累及他處。

第二十五節 盛土及切取 (Fill & Cut; Eindammung & Einschnitt)

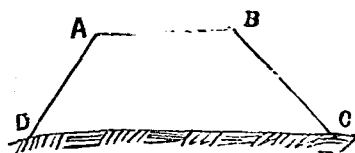


第 八 十 五 圖



盛土。或切取時。此等面之傾斜。因其土之種類性質。大凡有一定傾斜之崩壞。必不能保持原形。若無崩壞。恰得安全傾斜者。稱曰天然傾斜。尋常道路之築堤。用一割五分之傾斜。一割五分者。對於高爲一之水平距離。稱爲 1.5 之勾配。又有稱一割者。對於高爲一之水平距離。稱爲一勾配。故尋常名此傾斜曰法。

第 八 十 六 圖



上圖者。即示築堤之盛土。AB 名天端。又名馬踏。稱 AD. BC 爲法。稱 D 點 C 點爲法尾。

第 八 十 七 圖



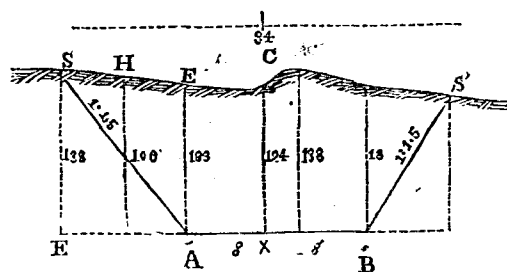
下圖示築堤之切取。稱  $AB$  爲敷幅。 $AD$ 、 $BC$  爲法。 $D$ 、 $C$  爲法尾。

### 第二十六節 野帖記入法及野業法。

下表第一行爲記入杭之番號。或距離。第二行及第四行者。由第三行之中心切取高。定高低設計圖。後依實地測量而記入之。

分數之分母。示從中心之距離。

### 第 八 十 八 圖



距離	左 方			中 心 高	右 方		
34ch	$\frac{13,8}{20,7}$	$\frac{106}{10}$	$\frac{10,3}{A}$	12,4	$\frac{13,8}{3}$	$\frac{13}{B}$	$\frac{9,4}{14,1}$
35ch							

A 爲馬踏。又示敷幅之終點。

先撰適當之地點。置水準器。立照尺於中心點 C。得讀高爲 3.4。此時之視線高。從 AB 面  $12.4 + 3.4 = 15.8$ 。

次立照尺於種々之點。讀高與器械高 15.8 相減。即得照尺點之高。

今 E 點之讀高爲 5.5。從  $15.8 - 5.5 = 10.3$  爲 A E。

E 爲 A 直上之點。故野帖記爲  $\frac{12.3}{A}$

次照尺手因地形之變更。立照尺於 H。得讀高爲 5.2 從  $15.8 - 5.2 = 10.6$ 。故以  $\frac{10.6}{10}$  記入之。

又於他地形之變更。亦用同樣手續可得之。此時 HS 間無變化。只定 S 爲法頭。而 AT 與 TS 之比例。不可不用一割五分之勾配。

今任意立照尺於 HS 間。得讀高爲 3.2。從  $15.8 - 3.2 = 12.6$ 。然其時之水平距離爲 25。

則  $\frac{25}{12.6}$  必比 1.5 勾配大。故此點非爲 S 明也。

更試他點。得讀高 2.0。從  $15.8 - 2.0 = 13.8$ 。且

水平距離爲 21。則  $\frac{21}{13.8}$  可比 1.5 之勾配故

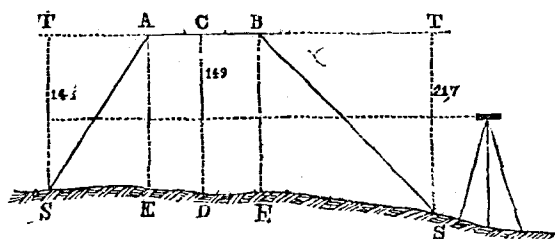
野帖記入爲  $\frac{13.8}{20.7}$

再從中心至右方。用左方同樣之手續。逐次算之可也。

將中心盛高 14.9 記入野帖第三行目。

中心點之讀高爲 10.2。故  $10.2 - 14.7 = -4.5$ 。此  $-4.5$  爲對於 A B 基面機械之高。E 點之讀高爲 10.3。故  $-4.5 - 10.3 = -14.8$  此  $-14.8$ 。卽 E 點盛出之高。

### 第 八 十 九 圖



距離	左	方	中心高	右	方
53ch	$\frac{14}{21}$	$\frac{-14.8}{A}$	-14.9	$\frac{-15.0}{B}$	$\frac{-21.7}{32.6}$

S 爲法尾。今距 E 2' 遠得讀高 10.8 之法。相

乘 = 22.95。次假定 21' 之距離得讀高 9.5。  
故  $9.5 - 4.5 = 14.0$ 。此  $14.0 \times 1.5 = 21.0$  故  
此點爲必要之點右方同法推之。

## 第二章 驗壓器高低測量。

(Barometrische-m easuring; )  
(Barometrische Höhenmessung)

### 第一節 概說

於二所求水準面之差。可定二所各空氣高  
之差。求此有三法。

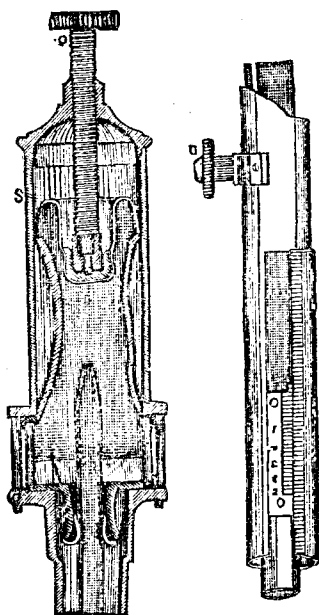
- (1) 從相當之水銀柱或他液柱之高。可  
定空氣之高。
- (2) 從真空之撥彈器及量。可驗空氣之  
壓力。
- (3) 使液體之溫度。達於沸騰點。

雖有此三種方法。然其主要者。爲水銀驗壓  
器。與啞勒累多檢壓器是。今試述其理論。  
此驗壓器測量於鉛直之水平距離著相異。  
時特能被使用。且測量大陸地形。及踏查等。  
用之甚有效。取其快速也。至於三角測量。不  
大利用此者。因其最不精密也。

### 第二節 水銀驗壓器

器械右方之下部。示以詳細圖。左方水銀柱  
之上部。示以遊尺及尺度等。

第九十圖



F 爲硝子圓筒。得見水銀之表面。  
G 爲板頸。通過 A 管。又 G 板有 h。從此可示  
尺度之原點及零。  
下部以水銀充 t 管。使挿入其中。  
不充水銀處爲 i 及 j 之二部分。四個螺旋。  
被結合於 t 與 m 之二環。  
J 爲下方部。被結合於 N 皮帶。有 Ki 窩。而爲  
挿入螺旋之一端。F 爲圓筒。B 爲

被結合於 p 及 R。

S 爲蔽器械之下部。

G i J 與 K 爲木製。他部分爲真鍮。或爲洋銀製。O 爲螺旋。使與 h 水銀接觸。

D 爲螺旋。使齒車回動 C 之遊尺。

### 第三節 使用法

驗壓器中。附有寒暖計。故其初可讀寒暖計。此寒暖計銳敏於驗壓器。其用時最宜注意。次從 O 之螺旋。使與水銀面 H 之尖端接觸。要注意熟練。

此時爲防水銀與器之粘着。可少爲振搖。

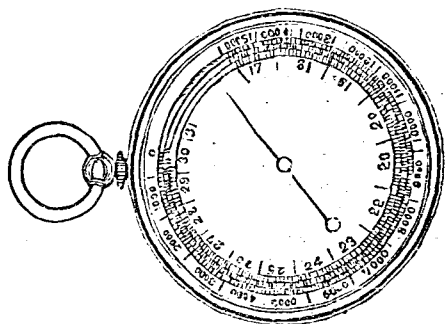
如此十分訂正後。可得直讀尺度。

尤爲善良者。以遊尺  $\frac{1}{25} \times .05$  吋。或讀爲 0.002 吋。

### 第四節 啞勒累多驗壓器

水銀驗壓器。不便於運搬。故測量者。多用輕便之啞勒累多驗壓器。

第  
九  
十  
一  
圖

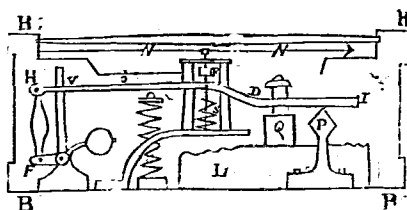


就大體論。圓筒形。為水金屬所製之函。內部使為真空。函之上部有波狀板。因此板易感空氣之壓力。壓力增則押附於內部。壓力減則返押於外部。

讀感動度之方法有二種區別。上圖所示者。此一種為圓形黃銅所製之函。被密閉其函內者。有板函。其部為波動形。受空氣壓力之時。彈力為之減小。

A 函為直空。隨大氣壓力而為變化。並於 B 上直受其影響。

第九十一圖之內部



又 R R R R 為黃銅所製之函。取 L 被附於此內部。

L 受空氣壓力變化時。搖動而傳運動於 Q。又從 Q 傳於 D。D 之一端為 I。有 p 為支點。從此運動。而移於他端 H。經 F 至於 V。V 端有 J 鎖。而被連結於 R 之盤回機。

R 依 S 彈器作用。而為回轉。之回轉即運動



於 NN 之指斜度盛者。對照標準檢壓器而造也。

此器固可示大氣壓力。然不外於持定場所時間及大氣狀態之壓力。故於一地方觀測時。即明大氣狀態相異之道原理。由於壓力不一定也。

故從此器械可得二點相差之高。則欲觀測二點間大氣之事情。要撰同一時機。於同時觀測之。

#### 第五節 二點間之差高

$$X = 60384 \log \frac{H}{h} \left(1 + \frac{T+t-64}{900}\right) \dots\dots(1)$$

X = 二點間之差高(以呎示之)

t = 高地之溫度 }  
h = 高地之讀高 }

T = 低地之溫度 }  
H = 低地之讀高 }

此公式對於無緯度變化之項。故今期一層完全。則可施緯度及濕度之訂正。

次發見大畧之差高。可示甚簡單之公式。

$$X = 55000 \frac{H-h}{H+h}$$

次示  $\frac{T+t-64}{900}$  之表

$T+t$	$\frac{T+t-64}{900}$	$T+t$	$\frac{T+t-64}{900}$	$T+t$	$\frac{T+t-64}{900}$	$T+t$	$\frac{T+t-64}{900}$
20°	-.0489°	66°	+.0022°	112°	+.0533°	158°	+.1044°
22	.0467	68	.0044	114	.0556	160	.1069
24	.0444	70	.0067	116	.0578	162	.1089
26	.0422	72	.0089	118	.0600	164	.1111
28	.0400	74	.0111	120	.0622	166	.1133
30	-.0378	76	.0133	122	.0644	168	+.1156
32	.0356	78	.0156	124	.0667	170	.1178
34	.0333	80	.0178	126	.0689	172	.1200
36	.0311	82	.0200	128	.0711	174	.1222
38	.0289	84	.0222	130	.0733	176	.1244
40	.0267	86	+.0244	132	.0756	178	+.1267
42	.0244	88	.0267	134	.0778	180	.1289
44	.0222	90	.0289	136	.0800	182	.1311
46	.0200	92	.0311	138	.0822	184	.1333
48	.0178	94	.0333	140	.0844	186	.1356
50	-.0158	96	+.0356	142	+.0867	188	+.1378
52	.0133	98	.0378	144	.0878	190	.1400
54	.0111	100	.0400	146	.0911	192	.1422
56	.0089	102	.0422	148	.0933	194	.1444
58	.0067	104	.0444	150	.0956	196	.1467
60	.0044	106	+.0467	152	+.0978	198	.1489
62	.0022	108	.0489	154	.1000	200	.1511
64	.0000	110	.0511	156	.1022	202	.1533

## 第六節 使用注意

欲使用此器械。必防護直接太陽之光線。故注意於包覆者。使不受急激大氣壓力。及觸於觀測者之身體也。

觀測貴於迅速。又三十分乃至一時間。每觀測時。此等之讀高。歸於大氣狀態。示變化之比。從作校正曲線時。可得而訂正之。

觀測者。必擇天氣一定之時。若有變易。斷不可觀測。讀高時。須輕叩器械二三次可也。

## 第三章 理論高低測量

### 第一節 誤差論

#### (a) 水準器誤差論

分誤差爲次之六種

(1) 器械之誤差

(2) 照尺之誤差

(3) 觀測之誤差

(4) 原因於人之誤差

(5) 記入及計算之誤差

(6) 地球之曲弧及光線屈折之誤差

(1) 器械之誤差

爲器械上主要之誤差者。視線之氣泡。不平行於軸線也。此原因由於不完之整正。與環之不同者有之。否則。二者混同。必歸於一因。望遠鏡滑出。不爲一直線。且不密合。若沿筒

軸不動。而猶云生誤差者。決未之有也。又望遠鏡之燒點不正。起誤差者有之。然如以上所述誤差。用器械測量回點之際。置器械於回點中央。得平均差。即可除去誤差之弊。

### (2) 照尺之誤差

爲主要誤差者。歸於保持照尺不眞直。故讀高生一大誤差。然於回點平均差之際。將氣泡管整正。並附以垂球。可免此患。或將照尺前後整好亦可。

用照尺時須注意於上部之滑下次立照尺時。或於地盤爲砂地。及土質甚軟者。亦須防其回點之沈下。

此時之誤差。爲集積差。故先訂以杭。後立照尺。其餘刻度及線所生之誤差。不甚關乎緊要。

照尺常因溫度高下。而變化其長短。往々輕視者多。其實於水準之誤差頗大。

### (3) 觀測之誤差

爲其主要誤差者。歸於看氣泡位置之誤。技術者。對於該氣泡之誤。須知照尺上之差異。

至少之誤差。往々歸於氣泡管。與管中液之粘着力。

故看照尺。再三注目於氣泡之位置。後記入野帖之際。必一次直見照尺之位置爲宜。器械直接受日光之部分必膨脹。然他部比此部必小。亦生誤差之原。於普通水準器。最初使氣泡居於中央。次順序見照尺。向太陽者進。及背太陽者退。其所生之差尤大。

故普通一般。以此誤差爲集積差。何則。彼後視時。Y膨脹。而使視線高。前視際。他方之Y膨脹。而使視線抵。皆增大誤差。故望精密時。反覆於日光爲宜。

觀測者讀照尺後。即終後視。移於前視。多影響於望遠鏡之傾斜。於佛國。欲好試驗結果。必基於好原因。由一脚敷以石。或於植物質地層上。器械有傾斜。從二秒之弧。發百秒之變化。(此時器械所置之地點。僅一脚在視線內。)

此誤差小時。二脚與視線平行。距他之二脚。恰成直角爲宜。

又欲除此誤差。一人注視氣泡。一人視望遠鏡。然此甚不雅觀。何則。必要二人皆熟練乎此。

由其器械鏡。附以三角稜鏡。變位置之際。可得見氣泡之情形。

又器械之脚。置於地中所起之誤差。由粘土

質及海綿土質等時々浮上此種誤差爲集積誤差。

(4) 原因於人之誤差。

以上所述誤差。勿論何人。難免此弊。

今所困難者。特歸於人不精密而生誤差。例如甲讀照尺之高。過於傾斜。乙過於低。由特定之人。而特定之觀測。一一不同。故勿論種々原因。難加十分說明。

彼時雖同一人。難得同一之結果。

(5) 記入及計算之誤差。

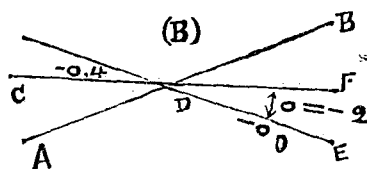
前視之行。記入後視之讀高。後視之行。記入前視之讀高。如此謬誤。若不注意。必屢々起之。

(6) 地球之曲弧及光線屈折之誤差。

高低測量之目的。由一點計他之水準面高幾何。低幾何。然已被訂正水準器之視線。爲水平線。即接觸於水準面之線。

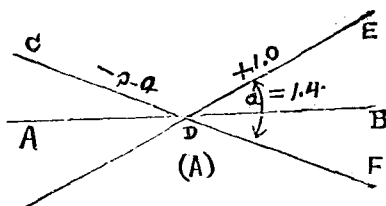
或由器械至二點。非等距離時。照尺讀高之差。非真正水準面之差。必因地球弧曲而生。即  $BE$  之差是。故計算要費訂正。然此誤差。由置回點器械。與於回點之中間。可得除却之。次關於光線之曲折。由照尺至於望遠鏡之光線。非水平。如取  $AC$  之形。訂正之。然此大關於空氣之狀態。故訂正之量。亦不一定。

第九十二圖



普通此誤差亦為平均差。而由置器械於回點。與回點之中間。可得除去之。

第九十二圖



(b) 驗壓器之誤差論

- (1) 氣壓傾斜
- (2) 空氣之溫度
- (3) 濕度
- (4) 器械之誤差
- (5) 觀測之誤差
- (6) 風之結果

(1) 氣壓傾斜

於 A.B.C. 三點。而命氣壓等時。然通過三點

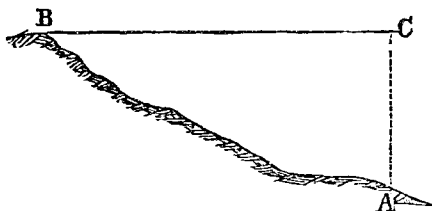
之平面。可得爲同壓平面。若空氣保平衡之狀態。則此平面。必爲水準面。然普通於此面。或有傾斜者。稱此傾斜。爲氣壓傾斜。

此大氣。當不保存靜力平衡之際。故實事空氣。動搖不絕。且驗壓器之高。亦歸於變化。故此變化。原因於驗壓器水準測量結果所生之誤差。

### (2) 空氣之溫度

空氣溫度之變化。爲起氣壓變化之主因。然溫度之變化影響。及於他一般水準爲最激烈。

第九十三圖



A 及 B 爲驗壓器與寒暖計。可計二地點之高低。而於 B 點之氣壓。爲 A 之鉛直上。而 B 與 C 之水準同。假定言嚴格使用公式。要調查 A C 空氣之溫度。必觀測 A 及 B 平均溫度。而挿入公式。

然或從實地之報告。則於溫帶地方。大氣中



空氣之溫度。一日中之平均。大約 $4^{\circ}$ 內外。於海岸附近地。變化於 $10^{\circ} - 20^{\circ}$ 之內。於大陸內地。生 $20^{\circ} - 55$ 之變化。

以故計 A B 二點平均之溫度。爲 A C 之溫度。從理論不免誤差。今平均溫度。有 $5^{\circ} F$ 之差。

則於高稱 $\frac{1}{100}$ 之誤差。

### (3) 濕度

將驗壓器懸垂於大氣中。由水蒸氣之彈力。大受影響。故對於驗壓器之式中。關於此項計算。須費想像。

然定此濕度。甚爲困難。凡地上之空氣層。多含有水蒸氣而易生變化。

依數尺位置之變化。或風之方向及力如何。大關係於蒸氣之量。

### (4) 器械之誤差

#### (A) 水銀驗壓器。

(1) 指針位置之誤差。

(2) 尺度分刻數之不完全。

(3) 寒暖計分刻數之不完全。

(4) 使用不純粹之水銀

(5) 管中之空氣。

#### (B) (啞勒累多)驗壓器

啞勒累多之指針易外偏。故時々要對照水

## 銀驗壓器

(5) 觀測之誤差。

(A) 水銀驗壓器。

爲主要誤差者。水銀面與指針。及水銀柱頭與遊尺。正相接觸。須訂正之。

(B) (啞勒累多)驗壓器。

關於視差之誤差。讀指針之位置時。有傾向。易生誤差。此誤差之量。依尺度與指針之間隔如何。然非有啞勒累多者。勿謂精密器械。可不必零要論究。

(C) 寒暖計

讀寒暖計。非無視差之患。 $1^{\circ}\text{F}$ 之差。其高生0.3呎之誤差。避太陽之直接及反射熱。要大注意。且無受觀測者自身體溫之影響。

(6) 風

置驗溫器於有風之處。起空氣稀薄或濃厚。由此影響風之速度而生速度二倍之變化。

## 第二節 精密之度。

(A) 水準器測量

從最小二乘法之原理。則於多數觀測後之誤差。(意主偶發之誤差)比例於觀測回數之平方根。然水準測量。大約採用除却集積的誤差之方法。其殘者僅用平均差。假定終局誤差。比例於距離之平方根。然用如何方法。

除却集積的誤差甚難。依終局差一部分。可比例於距離集積誤差。

故誤差之一部分。比例於距離之平方根。他之一部分。可比例於距離。

於米斯西比河測量。平均誤差為 0.034 呎  $\sqrt{\text{哩數}}$ 。又遜托勒斯之地形測量。平均誤差為 0.0203 呎  $\sqrt{\text{哩數}}$ 。此為最大之誤差。

(B) 驗壓器

次示結果。驗壓器精密之比例。能使用引證。

	驗壓器	水準器
「蒙托布蘭庫」	15781 呎	15780 呎
「蒙托窪信庫多」	6291.7	6293.
「羅爾斯加落利拉」	5248	5246
//	6701	6711.

以上之例。勿論偶然之結果。必不足證。驗壓器之精密。或於他例。每 1780 呎。有 125 之差。且每 9280 呎。有 75 呎之差。

第三節 對於地球弧曲及屈折之訂正

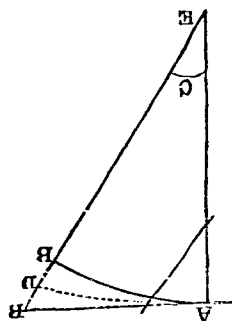
A D = 水平線

A B = 水準線

A E = 地球半徑

A D = 對於弧曲之訂正

## 第九十四圖



$AD' = DB(2AE + DB) = DB \times 2AE$  故  $D$

$B = \frac{AD'}{2AE} DB$  為呎  $AD$  示哩

則  $DB$  呎  $= 0.667 AD'$  mile  $= 0.667 K'$   
 次論對於屈折之訂正。 $D'$  為照尺之位置。 $D$   
 為視線之位置。故  $DD'$  為訂正量。 $DAD'$  角  
 與  $AED$  角之比。短於屈折之係數。以  $m$  示  
 之。

$m \quad AED = D'AD$

$$AED = \frac{K}{\text{弧} \quad PSM177}$$

$AD'D$  之角。與直角見働時。故  $DD' = K \tan$   
 $D'AD = K \tan D'AD$

$$= \frac{mk'}{p} \dots \dots \dots (J)$$

P 爲地球半徑。m 通常橫於 0.06 與 0.08 之間。今 m 爲 0.07 則

$$D/D \text{ 呎} = 0.09 k' \text{ 哩} \dots\dots(2)$$

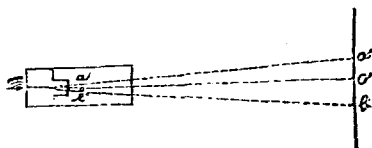
由(1)及(2)  $BD \text{ 呎} = 0.57 k \text{ 哩} \dots\dots(3)$

第四節 Y 水準器整正之證明

(A) 第一整正之證明。

視線與鏡軸線不一致(即 C C' 不一致)

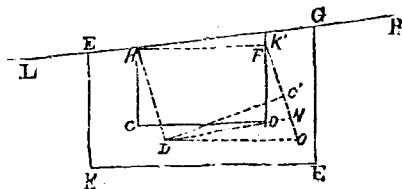
第九十五圖



假如欲知 A A' 然望遠鏡回轉於 Y 內。則上下正轉例由 A 來 B 點。則 C A 與 C B 相等。由 A' 移於 B' 點。即 A' B' 全誤差可訂正其半。即用上下螺旋。使 A/A 與 C/C 合於一致。

(B) 第二整正之證明

第九十六圖



於上圖  $EE$  爲水平棒。 $LB$  爲鏡軸。 $CD$  表氣泡軸。如  $LB$  與  $CD$  有關係時。必生  $KP$  之誤差。

次  $EE, EG$  來於  $Y$ 。將  $Y$  轉換後。位置關係如點線。

即  $KD$  來於  $HD/HC$  來於  $KC$ 。從  $CD$  氣泡軸。取  $C/D'$  之方向。

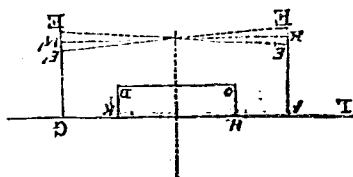
此時對氣軸線  $C/D'$  之水平傾。等於  $HK$  之二倍。足證  $CO$  等於  $KP$  之二倍。無疑。

何則。 $HD'$  比  $HC$  長。 $KP, KC$  比  $KD$  短。 $KP$  猶  $HD'$  比  $KC'$  在  $KP$  之下方。

故  $C'$  與  $D'$  位置關係。有  $KP$  二倍之差。故  $NO$  之半差。要用水準螺旋訂正之理。

(C) 第三整正之證明。

### 第九十七圖

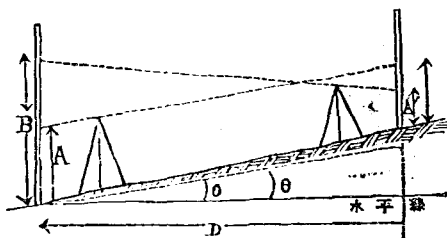


如上圖  $LB$  爲鏡軸。 $CD$  爲氣泡軸。 $EE$  爲水平棒。則  $LB$  與  $CD$  平行於  $EE$ 。使  $EE$  回轉  $180^\circ$  則  $EF$  來於  $GE/GE$  來於  $EE'$  即此位置。對於  $MM$  之真水平線。有  $ME$  二倍之誤

差。可整正 ME 之水準螺旋。ME' 整正於 E'E 螺旋。故 E'E 可一致於 MM'。

第五節 且比水準器。

第九十八圖



見上圖如得 A/B 及 A'B' 之讀高。視線對於真水平線。生  $\theta$  之誤差。

然其時得次之關係。

$$A - B = D \tan \theta - D \tan \theta' \quad (1)$$

$$\text{又 } B' - A' = D \tan \theta + D \tan \theta' \quad (2)$$

由 (1) 與 (2)

$$(A + A') - (B + B') = -2D \tan \theta = -2t$$

故 d 即  $D \tan^2 \theta'$  可訂正。

第六節 驗壓器之理論

本論甚少。須論碼喇俄托之法則。

法則第一

於一定溫度時。瓦斯之容量。與壓力成反比例。密度與壓力成正比例。

示式如次

$$\frac{P}{P_0} = \frac{V_0}{V} \text{ 及 } \frac{P}{P_0} = \frac{V_0}{V} = \frac{D}{D_0} \dots\dots\dots(1)$$

次述蓋爾薩庫之法則。

法則第二

壓力一定時。瓦斯之容量。與溫度成正比例。

$$V = V_0(1 + at) \quad (2)$$

a 爲定數。對於 1°F。爲 0,00203。

對於 1°C 爲 0,003665。t 示溫度。

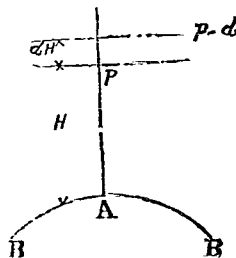
今於(2)式 V。之容積。有 P。之壓力。壓力 P。與 P 變化時。

$$V = V_0 \frac{P_0}{P} (1 + at) \quad (3)$$

次依同理

$$D = D_0 \frac{P}{P_0} \left( \frac{1}{1 + at} \right) \quad (4)$$

### 第九十九圖





B A B 爲地球表面。此表面之高爲  $H_0$ 。空氣層之壓力爲  $P_0$ 。

今對於  $H$  之極少高。即  $dH$  愈上。  $P - dP$  則壓力反愈下。

然有時對於  $dH$  極少高之氣壓變化。有  $dH$  之高。求氣筒之高。爲單位面積。

$$\text{即 } dP = -l \times dH_0 \times D_0 \times g. \quad (5)$$

$D_0$  爲其處之密度。  $G$  爲重力。

將 (5) 挿入 (1) 式。

$$\frac{dP}{P} = - \frac{D_0}{P_0} g \cdot dH_0. \quad (6)$$

又將此挿入 (4) 式。

$$\frac{dP}{P} = - \frac{D_0}{P_0} g \frac{1}{1+at} dH_0. \quad (7)$$

積分之。  $D_0, P_0, g$  及  $t$  之定數。其殘者。

$$\int \frac{dp}{p} = - \frac{D_0}{P_0} g \frac{1}{1+at} \int dH_0.$$

$$\text{即 } \log P = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0 \cdot 1+at} \right) H_0 + C \quad (8)$$

又積分 (6) 式。則

$$\int \frac{dP}{P} = - \frac{D_0}{P_0} g \int dH_0.$$

$$\log P = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0} \right) H_0 + C_0. \quad (9)$$

次敷解 (8) 及 (9)  $P$  及  $H_0$  爲變數。

$$\log b = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0 \cdot 1 + at} \right) h_1 + C$$

$$\log B = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0 \cdot 1 + at} \right) h_2 + C$$

即壓力  $b$  時之高為  $h_1$  壓力  $B$  時之高為  $h_2$   
故綜合此式。

$$(10) \quad \log B - \log b = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0 \cdot 1 + at} \right) (h_2 - h_1)$$

$$\log \frac{B}{b} = - \left( \frac{D_0 \cdot g}{P_0 \cdot 1 + at} \right) (h_2 - h_1)$$

$$h_2 - h_1 = \frac{P_0}{D_0 \cdot g} (1 + at) \log \frac{B}{b}$$

$h_2 - h_1 = Z$  則

$$Z = \frac{P_0}{D_0 \cdot g} (1 + at) \log \frac{B}{b}$$

次將自然對數換算普通對數。

$$(11) \quad Z = 2.30258 \cdot \frac{P_0}{D_0 \cdot g} (1 + at) \log \frac{B}{b}$$

今  $t=0$  則

$$(12) \quad Z = 2.30258 \log \frac{B}{b} \cdot \frac{P_0}{D_0 \cdot g}$$

次  $t=0$  時則大氣之高為  $H_0$  其時水銀柱之高為  $h_0$  水銀之比重為  $g_m$  空氣之比重為  $g_a$  則

$$(13) \quad H_0 \cdot g_a = h_0 \cdot g_m \quad H_0 = \frac{h_0 \cdot g_m}{g_a} = \frac{P_0}{D_0 \cdot g}$$

定  $h_0$  之  $g m$  及  $G A$ 。假定緯度在  $50^\circ$  之處。則

$$h_0 = 29'',92. \quad gm = 13.596. \quad ga = ,001239.$$

$$\therefore H_0 = \frac{P}{D_0 \cdot g} = 26,284 \text{ 呎}$$

故 (11) 及 (12) 如次。

$$Z = 2,30258 \times 26,284 (1 + at) \log \frac{B}{b} \quad (14)$$

$$Z = 2,30258 \times 26,284 \log \frac{B}{b} \quad (15)$$

然華氏驗溫器。每一度膨脹率為  $0.002034$ 。

$$H = H_0 (1 + 0,002034(t - 30^\circ))$$

故  $Z = 2,30258 \times 26,284 (1 + 0,002034 (t - 32_c)) \log$

$$\frac{B}{b} \quad (16)$$

然兩地之溫度為  $T$  與  $t$ 。則取平均溫度

$$\frac{T+t}{2} \text{ 爲宜。}$$

故  $Z = 2,30258 \times 26,284 (1 + 0,002034 (\frac{T+t}{2} - 32_c))$

$$\log \frac{B}{b}$$

$$= 60,520 (1 + ,001017 (T+t-64)) \log \frac{B}{b}$$

而  $1 + 0,001017 (T+t-64) \cong 1 + \frac{T+t-64}{900}$  ナル

ニヨリ

$$\therefore Z = 60,520 \log \frac{B}{b} \left( 1 + \frac{T+t-64}{900} \right) \quad (17)$$

B 與 b 此 3000 呎不大時。如次式。

$$Z = H_0 \times \log \frac{B}{b} = 26,284 \left( \frac{B-b_i}{B+b} \right) \left( 1 + \frac{T+t-64}{900} \right)$$

若  $T+t=108^\circ$  則

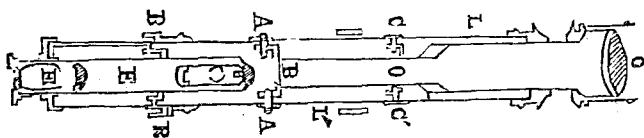
$$Z = 55,000 \frac{B-b}{B+b}$$

### 第六編 望遠鏡 (Telescope; Fernrohr)

望遠鏡之理論屬於物理學。然與測量有直接關係。故効用於測量器械者大。今為實用地步。於其構造原理檢查等。各述其使用之方法。

#### 第一節 構造

第 一 百 圖



此示望遠鏡縱斷面重要之部分。

O 為對物鏡。

L L 為圓筒。

E/ 為接眼鏡。

B/ 為網線。

O O'之圖筒。滑動於 L L'內。

E E'之圓筒。滑動於 L L'內。

B B 爲螺旋。保持 E E'於 L L'內。

C C 爲螺旋。保持 O O'於 L L'之圓筒內。

A A 爲螺旋。用以整正螺旋者。

其他內部。有種々顯微鏡。欲免鏡面之收差。必使光線。適宜於焦點。且使正影爲反肖像。

(a) 對物鏡 (Objective-glass; Objectiv-lense)

對物鏡者。用普通二個以上之顯微鏡。何則。以單一顯微鏡。不免有種々之缺點。

(1) 通過球面顯微鏡緣邊之光線。由通過顯微鏡中央之光線。比較於接近焦點之顯微鏡。

肖像過於朦朧。依焦點而起光線之偏差。此種差稱爲球面收差。

(2) 至呈分折光線之色。恰如通過三稜鏡。發見分折光線之諸色。

妨此等色比肖像大。

稱此差爲色之收差。

故以望遠鏡之對物鏡爲複鏡。即由凹凸兩鏡爲適宜之連合。可得避上述之缺點。

(b) 接眼鏡。 (Eye-Piece; Okular-lense)

用單接眼鏡亦生同上之缺點。由對物鏡比較。少生球面收差。及色之收差。

述此外之缺點。

(1) 平面物體之肖像。(通過單一之顯微鏡時)對於其顯微鏡呈凹。非平面。

關於收差。稱球面收差。(abcraption of sphericity)

先述球面收差。須注意於其異處。

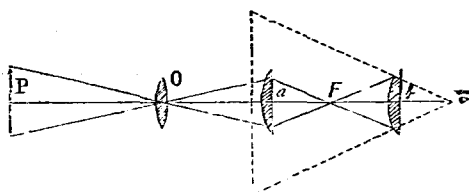
勿論此缺點。關於對物鏡甚小。只要無大於接眼鏡為甚妙。

(2) 單鏡制限視界之縮小

以上缺點。若用二平凸鏡。可得避之。

(C) (海扶宴)氏(一名勒加斯部)接眼鏡。

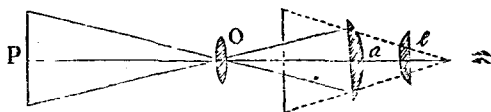
### 第一百零一圖



由此二平凸鏡。向凸面及物體等方。P 為物體。O 為對物鏡。b 為接眼之顯微鏡。a 為集光之顯微鏡。a b 稱為接眼鏡。今宜注意者。接眼鏡與對物鏡所成之焦點 F。

(d) 拉姆斯天克(或破基斯布)接眼鏡

### 第一百零二圖



由二平凸鏡使其位置互向其凸面。兩相對持。(參照上圖)而 a 及 b 接眼鏡增大之關係。與先(海扶宴氏)同法。

(e) 兩氏鏡之比較

爲兩氏不同之主者。(海扶宴)氏望遠鏡。能得正影。故接眼鏡用十字線。

恰如六分儀。示視界之中心。必用(海扶宴)氏接眼鏡之螺旋。然此望遠鏡缺點甚多。難得精確之觀測。反乎此。欲大得精確。觀測者。須用(拉姆斯天克)氏之鏡。故(拉姆斯天克)氏之鏡。多用於經緯儀及水準器。

(f) 肖像之反正

第 一 百 零 三 圖



正影接眼鏡。尤爲簡單。眼與接眼之間。插入兩凸顯微鏡。然尋常使用一個凸顯微鏡。必由使用二個平凸顯微鏡起。

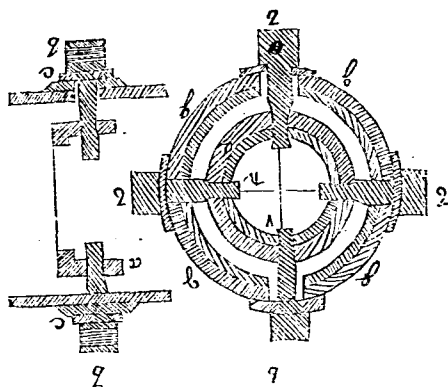
然此影正接眼鏡。比反影鏡劣。蓋光線之量。通過鏡時。每次漸減。生物體不明之患。而難見反影。少熟練者。必生障礙。且反影鏡之利益。比正影鏡之筒短。大便於運用。故此中妙處。特著於經緯儀。

## (g) 十字線 (Cross-hair; Faden-kreuz)

普通十字線。用蠟蛛巢線爲水平。及他鉛直線。共張於環。其環由 B B 螺旋。得自由移動於上下左右。

見下圖。應如何移動於十字線之上下左右。必由螺旋一方寬。一方緊。可得適宜之位置。

## 第一百零四圖



如圖。g 示望遠鏡之筒。b 示(加布斯旦)螺旋。c 爲(加布斯旦)螺旋之座鐵。通過 g, g 螺旋之孔。用蠟蛛線之十字線。代白金線。此蠟蛛線與白金線各有得失。將此得失畧舉於次。白金線比不透明者爲最善。特用於天文。又鑛山多用洋燈照之。尤爲適合。蠟蛛線雖爲黑色。然不讓於白金線。

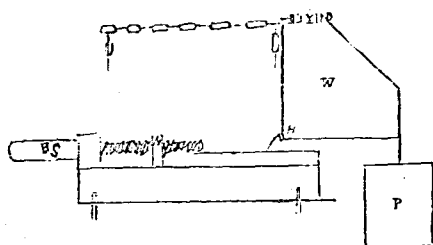
次要十字線。對於空氣濕度無影響者。惟白



金線。蠟蛛線。不免此患。且不能十分伸張。又白金線易酸化。或腐蝕。然蠟蛛線。無此患。單就蠟蛛線論之。質細而價廉。且容易使用。尙大望效用於將來。

(h) 張付十字線(wire-setting; Draht-Sczung)

第一百零五圖



張付此十字線者。無甚難處。且不費時間與熟練。

由望遠鏡取出螺線環。如圖。先張蠟蛛線於分度器。次張付於螺線環上。滴膠料於 a 點。張付之後。其蠟蛛線必作一巢。而保存之。以備下次之用。又於晚秋。或初冬。用灌木等作巢。蓋以細而不透明者為妙。

第二節 望遠鏡之檢正 (Telescope-Testing; Fernrohr prufung)

器械購入之際。檢其良否。必要注意。

(1) 檢查色之收差。

此色之檢正。須先知光體。例如天體純白。物體明亮。向望遠鏡恰對於焦點。

若於物體緣邊初呈淡黃色輪。次呈紫色輪。若於物體緣邊初呈淡黃色輪。次呈紫色輪。足證對物鏡之善良。何則。三角稜鏡最烈之色。即紫與黃二色。可大為矯正。

### (2) 檢正球面之收差。

檢正此球面之收差者。先將對物鏡面積減半。以黑紙之圓輪蔽對物鏡。次使遠方小且明亮之物體。向於焦點。

取去黑紙之輪。必先開其所蔽之殘部分。此時視前方物體之明。不可不注意於出入。此出入之長如何。即示球面收差之度。

若此時不動。而見之明確。足證鏡之善良。

### (3) 鏡之判明度

鏡之判明度合者。視諸鏡球面曲度之精不精。及諸鏡中軸線之一致與否。讀者須注意耀度。與此判明度之區別。

耀度之缺乏。原因於肖像光量之弱。判明度之缺乏。終使肖像像不分明。

此不分明者。歸於球面收差。故必於判明度檢正之前。而檢正此球面收差。

#### (a) 鏡面曲度之檢正。

欲先明物體。例如紙上之黑點為焦點。若肉眼於 8 吋或 10 吋能見此物體。與見四五十呎遠。示同一之判明度。即正視鏡面之曲度。

(b) 欲知諸鏡軸線一致否。先張白色之圓形紙於黑紙或黑布片中。其圓形白紙之徑為  $\frac{1}{8}$  吋。

今由望遠鏡 30 或 40 呎之距離。見圓形白紙之肖像。於其周圍。圍同一之橢度。即示中心之一致。

(4) 視界平面之度。

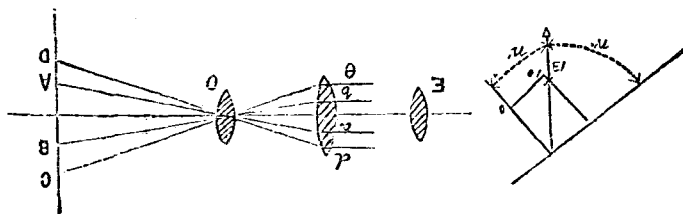
視界平面之度。為球面度之收差。(abcration of sphericity)

欲檢查此收差者。將白紙上黑邊長 8 吋。或 10 吋之正方形。而畫粗線。張付於平板上。或於適當距離置器械。使此正方形。恰滿望遠鏡之視界。而正對焦點。若能見各邊十分正確之直線。則望遠鏡對於此視界之平面度。可為正確。

(5) 視界之廣。

視界者。能見同時於望遠鏡稱點。如下圖。O 為對物鏡。E 為接眼鏡。a b 為 A B 物體之肖像。

前 第一百零六圖



由 A B 所發之光線恰至 a b。由 C D 至 c b 亦然。故不出於鏡面外入於 E。然吾人稱 A O B 角度為視界。

- 注意 (a) 視界毫不關於對物鏡之廣。  
 (b) 視界與對物鏡至接眼之距離成反比例。  
 (c) 與接眼鏡之廣成正比例。

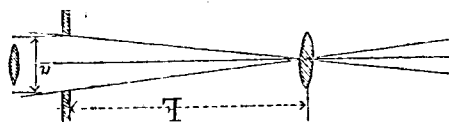
今欲定視界或視物體。須記視界左右之兩端點。乘 57.3 於其兩點間之距離。除對物鏡與物體間之距離。則得所要之視界。(此視界可得角度數。)

視界與望遠鏡之增大力成反比例。

今普通望遠鏡之增大力為 20。則視界必等  $1^{\circ}30'$ 。次增大力為 25。則視界必等  $1^{\circ}15'$ 。

(b) 對物鏡之有效直徑對物鏡之有效直徑者。僅使最後之光線達於眼。即由對物鏡所來之光線。使不皆集於接眼鏡。如下圖。或有隔膜而制限光線之量者。

第一百零七圖



今隔膜之間隙即 a 徑。則視界如次式所示。

$$a = \frac{30}{U} u \text{ 爲增大力}$$

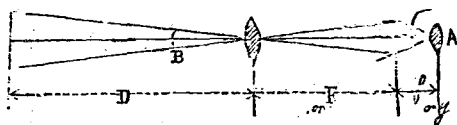
於一般經緯儀。1吋乃至 $\frac{3}{8}$ 吋。於水準器由  
 $1\frac{1}{4}$ 吋至 $1\frac{1}{2}$ 吋。

故於上式。U = 20。則 a = 1.5

(7) 望遠鏡之增大 (Magnification; Vergrößerung)

望遠鏡之增大。由物體之角度。與增大肖影  
 角度之比如次式。

### 第一百零八圖



$$U = \frac{a}{b} = \frac{d}{f} = \frac{F}{f}$$

故可知增大力者。關係於對物鏡及接眼鏡  
 之焦點距離。

以上 F 與 f 之增大力。僅定於理論。欲十分  
 精確定 F 及 d。甚為困難。故另用他法。  
 向望遠鏡於蒼空。離八吋乃至十吋。窺接眼鏡。  
 映於圓形之鏡面者。不外對物鏡之肖影。  
 精算肖影直徑。及對物鏡直徑。以此二者之  
 比。即得增大力。然甚困難者。為計肖影之直  
 徑。

普通器械之增大力。有 15 乃至 30 者。若 20 乃至 25 者。爲最普通之器械。

通過望遠鏡之增大力益大。所見物體間之距離益小。

(8) 耀度 (Brightness; Helligkeit)

由望遠鏡見物體之耀度。而得次之關係。

(a) 對物鏡之大。

(b) 顯微鏡之粗滑。及透明之合度。

(c) 增大力。

(d) 眸子之大。

(a) 光線所來之量。由對物鏡生實際之明。

(b) 勿論如何望遠鏡。由顯微鏡之屈折。不但失光量。且不甚透明。

大抵望遠鏡之對物鏡。能通過於 85% 以上之光線者。少不免有一割五分之損耗。

(c) 對物鏡通過一定光量。由接眼鏡之增大力如何。分配光線於大。或小之面積。

故耀度者。反比例於增大力之二倍。

(d) 光線通過望遠鏡入於眼。必束小。越眸子之直徑時。光線之全部。不入於眼。必須損耗幾分。眸子之平均直徑。爲 1 吋之  $\frac{1}{10}$ 。

故光線所束之直徑。與眸子之直徑。相等時。尤爲有效。

又光線所束之直徑。比眸子之直徑小時。耀

度亦小。

次示耀度之公式。

$L =$  光量。

$N =$  眸子之面積。

$H =$  耀度。

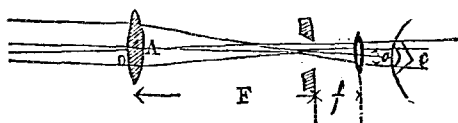
然有時  $H = \frac{L}{N_2}$

次通望遠鏡見時。  $H_1 = \frac{L'}{N_2'}$

此二者之比  $h = \frac{H_1}{H} = \frac{L'}{L} \times \frac{N_2}{N_2'}$

今  $O$  爲眸子之徑。  $o$  爲由接眼鏡所來之光。  
即  $o$  之最大。爲  $O$  眼所受之光量。比例於面積。

### 第一百零九圖



故於肉眼窺時  $L = i/O^2$

次於望遠鏡

$$L' = i/o^2$$

$i$  比  $i'$  爲尤明。何則。  $O$  通過對物鏡之光線。皆集合於此。

即  $i' = i \left( \frac{A}{o} \right)^2$  故  $\frac{L'}{L} = \frac{A^2}{O^2}$

$$\text{又由增大力} = \frac{N'}{N}$$

$$\frac{N'}{N^2} = \frac{1}{U^2} \quad \therefore h = \frac{A}{O^2 U^2}$$

$O = 0$  之時耀度爲最大。

$$\text{何則 } h = \frac{A}{O^2 o^2} = \frac{F^2}{f^2} \times \frac{1}{U^2} = U^2 \frac{1}{U^4} = 1$$

### 第三節 望遠鏡之使用法。

#### (1) 視差。(parallax)

視差者。觀察物體之際。十字線搖動之謂。即觀測者。動眼於上下左右十字線。亦同樣振動。而此振動之現象。足證肖像與十字線。非同一平向之謂。至物體與眼位置連變。終不能與望遠鏡正對。即難收適當之結果。

訂正此視差。必須於使用之前。

若單訂正十字線與肖像同一平向。有二法。

(a) 焦點在十字線。

(b) 物體在焦點。

(a) 將望遠鏡向蒼天。於視界物體。雖不可得認。而使接眼少爲移動。明認十字線恰在焦點。即可認十字線上之微塵。認訂正完全時。須暫時閉眼。可再直視十字線。

(b) 次將望遠鏡。向物體而移動對物鏡。使明見物體爲止。

其時動眼於上下左右。視十字線與物體關係的位置互不變。若十字線與眼共變化其



位置時。即證十字線。比肖的像過離於眼。故移動對物鏡近於物體爲宜。

此檢正法說明。較實地爲容易。

如對物鏡。能適對於焦點時。則十字線。必對於物體爲不動。

(2) 取扱上之注意。

凡鏡面上污穢時。可用軟毛刷。或軟皮拭之。避過分之摩擦。何則。顯微鏡之損壞。關於肖像之明不明。

非常污穢時。必用酒精洗之爲宜。

對物鏡內面。及接眼鏡內面。稀要掃除。且圓筒內防水之浸入。

又由圓筒取出對物鏡後。於各部螺旋。要於付以前同正之位置。

決不可將複鏡取出。何則。再難結合於原正當之位置。

## 第七編 地形測量 (Topographical Surveyings.)

### 第一節 地形測量之目的及方法。

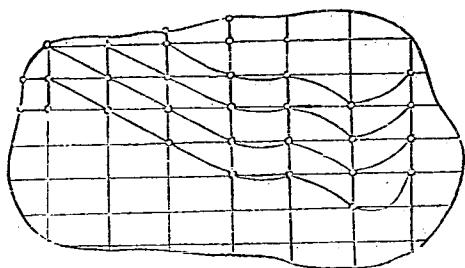
地形測量者。表地上物體位置之關係也。凡地面凹凸之狀態如何。山川溪谷之形勢如何。用此測量方法。庶可使一目瞭然。

地形測量方法如次。

1 用羅針儀。經緯儀。水準儀。測鎖等之地形測量法。

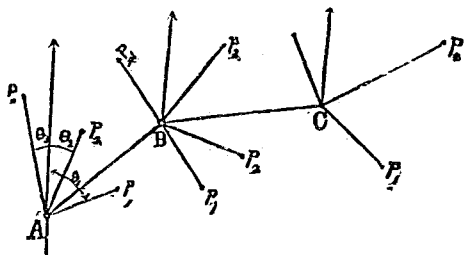
此方法。於地面適宜之小部分。先用經緯儀。及測鎖。分面積爲多數之四角形。或長方形。次用水準儀測定地面之高。然後可得一定面積之同高線。

第一百十圖



又以附羅針之水準儀。置於一定點。以定子午線。出多數之射出線。而定特著諸點。此諸點之距離與高低差一定。亦可得同高線。

第一百十一圖



野帖記入法如次。

番 號	點	方 位	水 準 讀 高	地 高	備 考
A	P <sub>1</sub>	$\theta_1$	S <sub>1</sub>	hx-S <sub>1</sub>	
	P <sub>2</sub>	$\theta_2$	S <sub>2</sub>	hx-S <sub>2</sub>	
	P <sub>3</sub>	$\theta_3$	S <sub>3</sub>	hx-S <sub>3</sub>	
B					

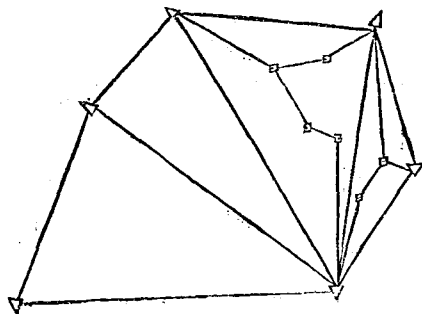
備考中所附種々之點記入之可作參考。

2 用經緯儀及視距而為地形測量。

此方法。用於大地積之測量。甚為適宜。

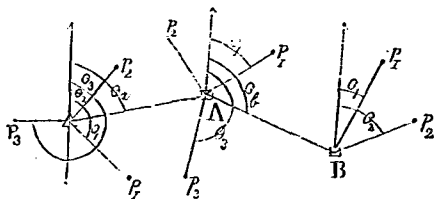
先在欲測定之地積中。為三角測量。又在三角點(△)之間。為水準測量。其對於基線而定差高。然後對於通過三角點之水平線。又任意線。讀周圍所著諸點之垂直水平角。及視距蠟線之距離。記入之後。定新停車場(口)此周圍所著諸點。亦為同樣之手續。順次進行。

第 一 百 二 圖



此測量所要之人員如次。勿論事業之程度如何。普通爲

### 第一百十三圖



- 2-4 照尺手。  
 1-2 斧手。  
 1 野帖手。  
 1 觀測者。

野帖記入法。

宜記入之要目如次。

- (a) 諸點之記事。  
 (b) 水平角之讀高  $\theta$ 。  
 (c) 水平距離 (d) (d)。  
 (d) 鉛直角 (d) (d)。

以上在野外宜即時記入。若垂直角甚大。則水平距離 (d) 由計算可得。不必記入。若比  $60^\circ$  小。則宜記入。

- (e) 對於 (d) (d) 及 d 之差高。  
 (f) 對於基線地面上之高。

野帖記入之例。

某月某日 觀測者 A。

記入者 B。  
 器械高 87。  
 地 高 24.9。

地 物	方位( $\theta$ )	距離(d)	鉛直角(a)	差 高	基線上之高
$\square_3$	128°10'	199ya	-0°10'	-1'56	—
橋	127°40'	70	+0°32'	+1'9	26.9
道路	180°25'	144	+0°7'	+0'7	25.6
$\square_5$	105°20'	216	+0°55'	+10'4	—

### 室內事業

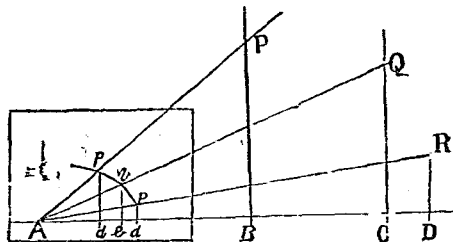
如上所述。集所得地圖接讀。用礪砂薄紙而畫。或換寫於他地圖紙上。用種々符號。更施種々彩色。

(3) 用平板器之地形測量。

此法用於面積小處。若無望遠鏡之螺線。則用鎖。及平板水準器亦可。

凡地形及物體所必要綱目。宜詳細記入平板或野帖等上。又如次所示方法。直於平板器上。可記入同高線。

### 第一百十四圖

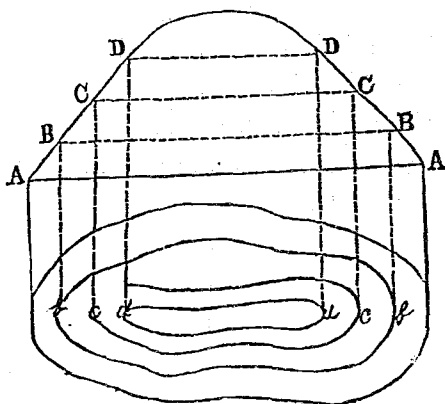


P B. Q C. R D. 等。爲直角於 A D。  
 A B. C. D 等之位置。在平板上爲 a b c d 等。  
 故求 A P. A Q. A R 及 b P. e q. d r 等之交接  
 點。則可得 P q r 於平板上。卽所爲同高線。  
 以上三種方法。第一種要多費時間。大耗精  
 力。且測大地積頗不適當。第三種屬舊法。不  
 能精密。惟第二種不必多費時間與勞力。最  
 適於用。稱爲新式。

### 第二節 同高線

同高線者。對於一定基面上爲結合同高諸  
 點之線。故用此線。可得知地形之凹凸。及傾  
 斜之緩急。

第一百十五圖



今以 A B C D D' C' B' A' 爲山岳。以 B B' C C' D D'

爲水平面切斷線。則各切斷面所呈  $a a'$   $b b'$   $c c'$  等之曲線。即所謂同高線。故此同高線之形狀。頗與實際之地勢無異。如同高線部分相密接。表地勢之傾斜急。如不相密接。表地勢之傾斜緩。

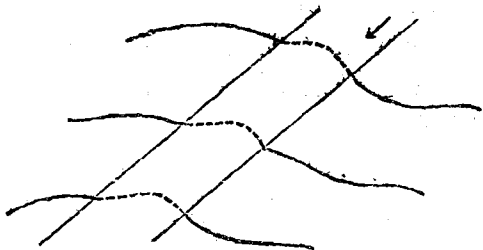
然則同高線。可得記載各處之高。如  $A A'$  面。與  $B B'$  面。五尺之差高。順次同樣。而以  $A A'$  爲基面。則  $a a'$  爲 0 尺之同高線。 $b b'$  爲五尺之同高線。 $c c'$  爲十尺之同高線。 $d d'$  爲十五尺之同高線。

今同高線之距離。自 0 至五尺爲度。蓋此事業之目的種類等。雖不一定。欲要精密。必以小距離爲宜。故通常鐵道事業。用二尺乃至五尺爲止。

### 第三節 同高線必要之性質

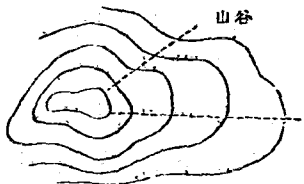
- (1) 同高線之各點。比基面有同一之高。
- (2) 斜面之傾度同。則同高線之距離亦同。若斜面而成平面時。則同高線亦爲直線而平行。
- (3) 同高線決不相交接。
- (4) 同高線必可成完結線。
- (5) 同高線若橫河川或溪谷。非直達於彼岸者。必追其同一之高溯河床而遂達於彼岸。

## 第一百十六圖



- (6) 同高線之容易完結者山爲嶺或凹溪。  
 (7) 兩高間之同高線。決無有一段低之同高線。兩低間之同高線。決無有一段高之同高線。

## 第一百十七圖



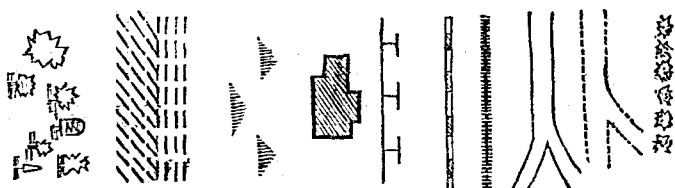
## 第四節 同高線之必要。

同高線不惟能知地形之如何。且由此而能製縱橫斷面圖。及計算土坪工費等。其最要者。布設鐵道線路時。其線路之比較。以此同高線。可供參考之用。

## 第五節 地形測量所用種々之符號。



## 上 第一百十八圖 下



## 第八編 三角測量 (Trianglar Surveyings.)

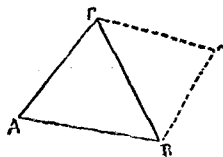
## 第一章 三角測量一般

## 第一節 三角測量之目的。

三角測量之目的。在定地面上遠隔諸點之位置。及其關係。其連結諸點。須出以精確。蓋定直線方向及距離。使成全部一般形狀之骨骼者此也。故大可測一郡一國。及以上廣大地域。而完成無誤。小可定河川之位置。以供橋梁及他構造物之設計。且備隧道種々之用途。

## 第二節 三角測量之本源。

第百十九圖



如圖  $AB$  爲既定線， $P$  爲任意點。今欲定  $P$  之位置。在  $A$  點測  $BAP$  角。在  $B$  點測  $ABP$  角。且測  $AB$  定線之長。即成  $ABP$  三角形。依三角解法。可得計算  $AP$ 、 $BP$  之長。及  $APB$  角。既知  $BP$  之長。又於  $Q$  點位置。測  $QPB$ 、 $QBP$  二角。依三角解法。計算  $PQ$ 、 $BQ$  之長。可得定  $Q$  點。漸次如此擴張以定任意點。自一原野至一州郡。惟測一條線路之長。於各點即可測想像三角之各角。故各邊之長。皆自最初一線路之長及角度。可得順次求之。

### 第三節 三角之等級。

第一等三角一邊之長約百哩。

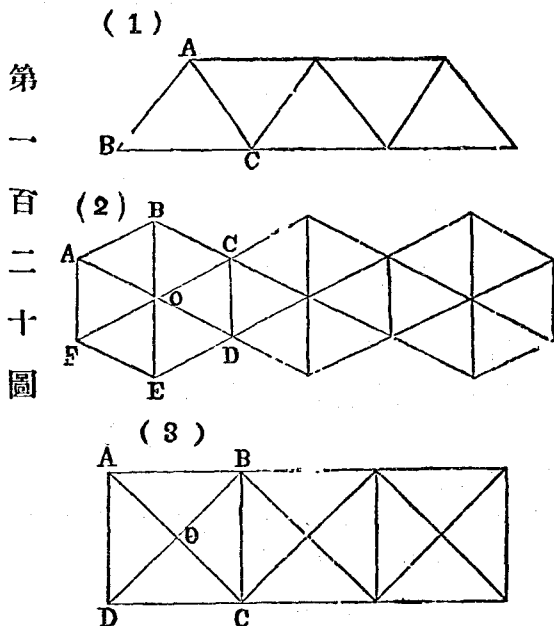
第二等三角一邊之長。自二十哩至三十哩

第三等三角一邊之長。自三哩至一哩。

以上所述一等三角。姑且不論。而二等及三等三角。普通精密之度。爲五萬分之一至五千分之一。

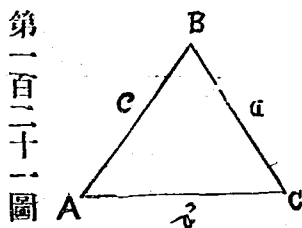
### 第四節 三角之種類及用法。

如次圖普通有三種。



第一圖。以三角形並列。爲循序而進之法。較他圖爲最簡易。且測量費用尤少。故河川鐵道。道路等測量。多用此法。然其缺點在不甚精密。故欲十分精密。不可不用下之二種。第二圖。以六角形相列。爲進行之法。適於廣漠之地。較第一法精密。且測量費用。較前不大。故多用之。第三圖。爲連絡方形而進行之法。爲三圖中之最精者。然行此法。需時必久。費用必大。故少用之。

## 第五節 解三角形之公式。



如上圖  $ABC$  為三角測點。  $a b c$  為三邊。試列三角形角與邊之關係如次。

第一 既知二角及一邊之長。求他一角及他二邊法。

今知  $A, B$  二角及  $a$  一邊。求  $C$  角及  $b, c$  二邊。

$$C = 180^\circ - (A + B)$$

$$b = \frac{a}{\sin A} \sin B$$

$$c = \frac{a}{\sin A} \sin \{ 180^\circ - (A + B) \}$$

例  $A = 61^\circ 20'$      $B = 58^\circ 40'$      $a = 4512$  尺

然  $C = 180^\circ - (61^\circ 20' + 58^\circ 40') = 60^\circ$

$$\text{故 } b = \frac{4512}{\sin 61^\circ 20'} \sin 58^\circ 40' = \frac{4512}{.8774} \times .8542 = 4392.69 \text{ 尺}$$

$$c = \frac{4512}{\sin 61^\circ 20'} \sin 60^\circ = \frac{4512}{.8774} \times .8660 = 4453.37 \text{ 尺}$$

第二 既知二邊及其一邊之對角。求他之二角及一邊。

今知 A 角及 a, b 二邊。求 B, C 二角及一邊。

$$\sin B = \frac{\sin A}{a} b \quad C = 180^\circ - (A + B)$$

$$C = \frac{a}{\sin A} \sin C$$

例 A = 61° 20'    a = 4512 尺

b = 4302.69 尺

然

$$\sin B = \frac{\sin 61^\circ 20'}{4512} \times 4302.69 = \frac{8774}{4512} \times$$

$$4302.69 = 0.8542$$

故

$$C = 180^\circ - (61^\circ 20' + 58^\circ 40') = 60^\circ$$

$$C = \frac{4512}{\sin 61^\circ 20'} \sin 60^\circ = \frac{4512}{.8774} \times .8660 = 4453$$

尺

第三 既知二邊及夾角。求他之二角及一邊。

今已知 C 角及 a, b 二邊。求 A, B 二角及 C 之一邊。

$$\frac{1}{2}(A+B) = 90^\circ - \frac{1}{2}C$$

$$A = \frac{1}{2}(A+B) + \frac{1}{2}(A-B)$$

$$\tan \frac{1}{2}(A-B) = \frac{a-b}{a+b} \tan \frac{1}{2}(A+B)$$

$$B = \frac{1}{2}(A+B) - \frac{1}{2}(A-B)$$

$$C = (a+b) \frac{\text{Cos} \frac{1}{2}(A+B)}{\text{Cos} \frac{1}{2}(A-B)}$$

例  $C = 60^\circ$   $a = 4512$  尺  $b = 4392.69$  尺

$$\text{故 } \frac{1}{2}(A+B) = 90^\circ - \frac{1}{2} \times 60^\circ = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\tan \frac{1}{2}(A-B) = \frac{4512 - 4392.69}{4512 + 4392.69} \times \tan 60^\circ =$$

$$\frac{119.31}{8904.69} \times 1.7321 = 0.0233$$

故  $\frac{1}{2}(A-B)$  爲  $1^\circ 20'$

故  $A-B$  爲  $2^\circ 40'$

故  $A = \frac{1}{2}(A+B) + \frac{1}{2}(A-B) = 60^\circ + 1^\circ 20' =$   
 $61^\circ 20'$

$$B = \frac{1}{2}(A+B) - \frac{1}{2}(A-B) = 60^\circ - 1^\circ 20' =$$
  
 $58^\circ 40'$

$$C = (4512 + 4392.69) \times \frac{\text{Cos} 60^\circ}{\text{Cos} 1^\circ 20'}$$

$$= 8904.69 \times \frac{0.5}{0.99972} = 4453.6 \text{ 尺}$$

第四 既知三邊求三角。

今知  $a, b, c$  三邊求  $A, B, C$  三角。

$S = \frac{1}{2}(a+b+c)$  則

$$\text{Siwfn } \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{(s-b)s-c}}{bc}$$

$$\cos \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{s(s-a)}}{bc}$$

$$\tan \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{(s-b)(s-c)}}{s(s-a)}$$

$$\sin \frac{1}{2} B = \frac{\sqrt{(s-a)(s-c)}}{ac}$$

$$\cos \frac{1}{2} B = \frac{\sqrt{s(s-b)}}{ac}$$

$$\tan \frac{1}{2} B = \frac{\sqrt{(s-a)(s-c)}}{s(s-b)}$$

例  $a = 4512$ ,  $b = 4392.69$ ,  $C = 4453.37$ ,

$$\begin{aligned} \text{然 } S &= \frac{1}{2}(4512 + 4392.69 + 4453.37) = \frac{13358.06}{2} \\ &= 6679.03 \end{aligned}$$

故

$$\sin \frac{1}{2} A = \frac{\sqrt{(6679.03 - 4392.69)(6679.03 - 4453.37)}}{4392.69 \times 4453.37}$$

$$\begin{aligned} \log \sin \frac{1}{2} A &= \{ \log(6679.03 - 4392.69) + \log(6679.03 \\ &\quad - 4453.37) - \log 4392.69 - \log 4453.37 \} \end{aligned}$$

$$\therefore \sin \frac{1}{2} A = 0.51004$$

故

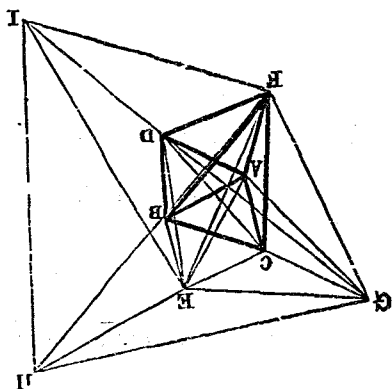
$$\frac{1}{2} A = 30^{\circ}40' \quad A = 61^{\circ}20'$$

以上所述四法。第三易生差誤。第四計算複雜。故實地測量。多用第一第二。且用第一者尤多。

## 第六節 三角測量法。

此法自所定基線測各角度。而作三角形。且利用此三角形而作彼三角形。於一地面積內。再三再四。應用此以定重要點之比較位置。及長方向等。

## 一百二十二圖



如上圖  $AB$  爲基線計算  $ABC, ABD$  兩三角形。即可計算  $DC$  之距離。然則以  $DC$  爲基線。構造  $DCE, DCF$  之兩三角形。計算  $EF$  而爲新基線。又作  $EFG, EFH$  兩三角形。計算  $GH$  之長。而爲新基線。如此漸次增大。則於基線適宜之長。傳任意延之。

## 第七節 望標

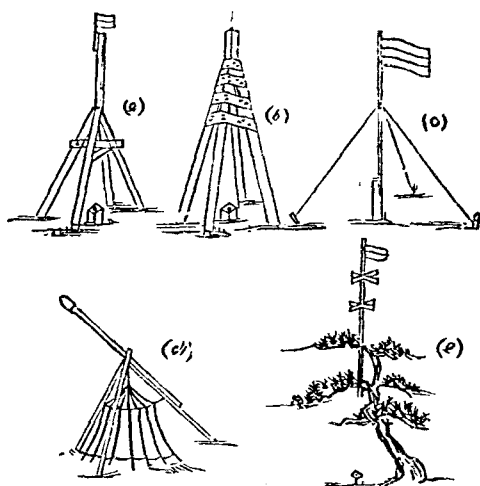
自此點望彼點。相隔甚遠。見之實難。故不得不構造望標。一等三角。測點距離遠。則構造



宜堅。二等三角之測點稍近。其構造可漸次簡易。

望標之簡易者。如次圖所構造是。

第一百二十三圖



此等望標。其高約十五尺。至八十尺。依多數經驗。則望標之高少亦須等於距離七千分之一。不可不對於三十秒之仰角。

欲使望標之頂部顯明。必付旗於其上。遇有森林時。則用紅白之旗。設值青空。則用紅錄之旗。蓋依風搖動。容易望見。然用於平靜之日則無効。不如用穿孔之鐵製圓板。頗為顯明。或於日照時。附多數光澤之錫片。並同質

之圓錐體形。故無論何方。反能射日光。望見顯明。又有用玻璃所製之反射鏡者。

## 第二章 基線測量(Base-measurement).

### 第一節 基線之選定。

基線爲測定三角之基礎。倘不精密。而致有誤。則其餘之測量。皆不可信用。故選定基線之時。宜十分注意。

今舉各項如次。

- (1) 基線須在平坦之地。
- (2) 基線之兩端。須互相見。
- (3) 自基線兩端。須能見三角形之各點。
- (4) 基線之長。依其目的如何而設。茲不能定。少亦須等於觀測線十分之一以上。

### 第二節 基線之測設。

基線之兩端。欲永久不變。則宜精確表示其各點之裝置。普通所用者。於堅固基礎之上。建立石單碑。作五寸至八寸之正方形。簞入銅板於其面。且於板上劃十字線。以其交點爲基線之兩端。而置經緯儀於其上。依測設直線法。而定其兩點間之長。

測定基線之長。必用測鎖卷尺。測桿等。其最得精密之結果者。爲測桿。

### 第三節 測桿。

測桿之材料。用鋼鐵。黃銅等。或他之金屬所製。此等測桿。依溫度之變化而生伸縮。又有

用木材者。易感溫氣。亦有伸縮。其最優者惟玻璃所製。然以便宜論之。莫過於鋼鐵及木材。若用木材製造。必選其木料真直。十分乾燥。然後浸以熟油。付以塗料。方可適用。即有大濕氣之處。可減其伸縮。其長以十呎至十五呎爲便宜。

用測桿之方法不一。或設架臺以支持之。或架梁於柱上以固定之。或用三腳架。而其上部依螺旋自由上下。置測桿於其上。以爲測量。總之須各依其用法。而十分注意。

測桿之接觸法。尤不可不精細。當接觸時。恐搖動他桿。先以第三桿接觸第二桿。然後移第一桿。再接觸第三桿。桿之兩端。用金屬製。其最良者有十字線。用相連結之複顯微鏡。使其一鏡合於桿端之一點。他鏡合於次端之一點。順次進行。庶免搖動之患。

測桿整正之際。用水準器定置水平。若地盤無水平之處。則沿傾斜線測之。且測其傾斜角度。宜一一記錄。又測一桿。每記其溫度。後依記載之方法。可改算一定之長。

以上方法。依作業之巧拙而異。其所得結果。普通在五萬分之一。至五十萬分之一以內。生誤差。

#### 第四節 鋼製卷尺。

用鋼製卷尺以測基線。其測法甚簡易迅速。然精密之度。尤宜注意。當實測時。庶不生三十萬分之一以上之誤差。故小三角測量之基線。用卷尺者多。

鋼製卷尺之長。及斷面之大等。雖有種々。然用於基線測量最適當者。長爲三百呎至五百呎。其斷面積爲平方吋千分之一。乃至二。用此種卷尺。若欲其誤差只在五千分之一以內。須視天氣如何。又牽長時。須以手支持之。而水平位置。及引長力等。必依測者之目測而定。

欲求十分精密。當野業時。須攜帶驗溫器。先測卷尺近接處之溫度。後依計算方法。以彼時一定溫度。改算卷尺之長。若用三百尺之卷尺時。以測各點。至少必用三個驗溫器。欲緊張卷尺。要用一定之引張力。其裝置如第百二十四圖所示。在卷尺一端。附以 C 鏈。轉以鏈附於木頭 K HK/ 等。掛 K 小鉤。又木頭在 H 尖端之上。以樞紐繫結之。其他端 K/ 使負荷 p 之重量。而 H 之樞紐。依 H 之螺旋。而附着於所滑動之滑子上。依此而得使滑動 H 之位置。多少左右。此裝置之全部。在於安置標杭前部之三個架材上。當緊張卷尺時。依 N 之螺旋。

第一百二十四圖



使移動H。則在木頭上之小準器L之氣泡。可至其正中。

定HK及HK'適當之比。可使卷尺之引張力。與p之重量互相等。欲求其HK之長。則 $HK = K$ 。HK' = K'自尖端H至於木頭重心。以水平距離為g。木頭重量為W。H為中心。求力率。

$$Pk = Pk' + wg \text{ 即 } k = k' + \frac{W}{P}g$$

如上式定k。則L之準器成水平。而卷尺之引張力。可等於p之重量。

卷尺之後端。如示於第一百二十四圖。支於螺旋裝置之滑子上。滑子又安置於架材上。將後端之讀數。先記於所張卷尺之長之前端。使與亞鉛片上之記線。正相符合。而後部之觀測者。發一言。則前端之觀測者。又記卷尺前端之位置於亞鉛片上。然後讀驗溫器。攜帶卷尺。向前方進行。

第五節 基線之改正。

測量基線之後。要為各項之改正。但用測竿時。則改正第一項。至第二項。用卷尺時。則改

正第一項。至第五項。

(1) 溫度變化所要之改正。

測竿及金屬。依溫度之變化而伸縮其長。其伸縮不均。在鋼鑄則華氏一度。其長為 0.000006。在鍛鑄。則為 0.00000656。在銅。則為 0.00000955。測量時度之異。依次式可改正其長。

$L$  為卷尺。或測竿之長。

$T_0$  為卷尺。或測竿有真正長時之溫度。(華氏)

$T_1$  為測量時之溫度。(華氏)

$a$  為材料伸縮係線。

其可改正之長  $C$ 。則

$$c = a(T_0 - T_1)L_0$$

(2) 測路成勾配時之改正。

$l$  為沿於斜面所測之長。 $h$  為線兩端間之高低差。 $L$  為真正水平距離。 $C$  為改正數則

$$C = l - \sqrt{l^2 - h^2} \quad l^2 - 2Cl + C^2 = l^2 - h^2$$

而  $C$  對於  $L$  比較上小之時。則可省畧前式中  $C^2$  之項。然則改正數  $C$  等於近似數。即

$$C = \frac{h^2}{2l} \quad \text{而} \quad L = l - C = l - \frac{h^2}{2l}$$

又因以勾配表垂直角。為其水平線。以角度為  $\theta$ 。則改正數  $C$ 。

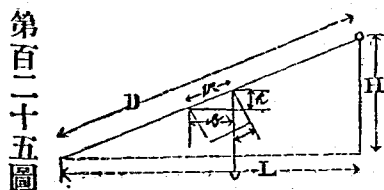
$$C = 1(1 - \cos \theta) = 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

若  $\theta$  爲六度以下。而以分數表之。則爲近似數。即。

$$C = 0.00000004231 \theta。$$

(3) 基線有角度時之改正。

如次圖 ABC 爲基線。B 有某角。此角與百八十度之差爲  $\theta$ 。而以分數表者。 $\theta$  爲三度以下時。則其改正之近似數。可得如次之計算。但  $AB = a$ 。  $BC = b$ 。  $CA = C$ 。然則



$$C = a + b - 0.00000004231 \frac{aib \theta}{a + b}$$

$\theta$  爲三度以上。則 AC 之長。依普通三角解法。可得計算之。

(4) 卷尺彎曲之改正。

以卷尺測量其兩點。向支點引張。中間則生彎曲。其卷尺之長。與兩支點間之水平距離之差 C。依次式可得計算。 $O = \frac{d}{24} \left( \frac{wd}{p} \right)^2$

上式中 d 爲兩支點間之距離。(吋) w 爲卷尺

之長。每一吋之重量。(封度)  $p$  爲引卷尺一端之力。或重量。(封度)

(5) 爲引張力所要之改正。

從引張卷尺所要重量之異。可得改正計算。其改正數  $C$ 。則

$p$ 。爲卷尺。要有真正長之引張力。(封度)

$p$  爲測量時之引張力。(封度)  $S$  爲卷尺之斷面積。(定卷尺之斷面積者。量卷尺之重量。以 3.6 立方吋。有一封度之重量。而量全容積。以卷尺之長除之。可得計算其斷面積。)  $E$  爲彈性係數。依實驗而定。或於每平方吋。爲 28500000。然則

$$C = + \frac{(p-p_0)L}{SE}$$

對於實際測量基線之長。用卷尺。或測竿。其每一個之長。爲以上各項之計算。而改正其長。此總和可爲基線真正之長。

### 第三章 三角測點

#### 第一節 三角測點之選定。

基線所對之頂點。名之曰三角測點。選此點時。以等邊三角爲最宜。然有時不能爲等邊三角者。則無論何角。總之不可過三十度以上。百二十度以下。又有時於二等三等三角測點。而三個角度中。只觀測二角。其他之一角。可由計算求之。於此時不觀測之角度。殆



可選定直角之位置。

## 第二節 測角所用之器械。

角度觀測所用之器械。以特別構造之經緯儀爲最精。其主要點。必使分度圈之中心與器械之軸精確一致。且分度圈彫刻須整齊。然現今所製造者。以分度圈之徑十吋。乃至十二吋。爲十分精確。其構造法。與普通經緯儀雖有不同。而其原理及主要點毫無異。

## 第三節 角之觀測法。

角之觀測。須反覆數次。若於廣大測量之處。依空氣之狀況。生屈折於視準線。又依望標之明否等。以及觀測角度種々之關係。務必於種々之狀況。數次觀測。用其平均數爲必要。

## 第四節 野帖記載法。

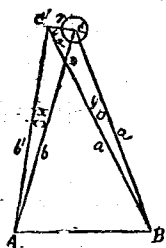
於一測點測多數之角。其記載野帖。須用一定之式。次於其形式示一例。但於第二遊尺之行。僅載分秒。省略度數與第一遊尺所示之處。宜同一也。

某 測 點					
視 測 點	讀 數		平 均 讀 數	前物體 / 左右	摘 要
	第一遊尺	第二遊尺			
A	70° 19' 40"	18' 40"	70° 18' 50"	右 左	
B	103 32 20	32 40	103 32 30		
C	115 14 20	14 50	115 14 35		

### 第五節 用測點中心以外所測之角度推出中心法。

若有時測點之位置為尖塔。不能置器械於其點。則必於他處假設一點。以測角度。然後由此計算其真正之中心角。如次圖 C 為真正位置。自 A 及 B 向 C。觀測

第一百二十六圖



正位置。自 A 及 B 向 C。觀測角度。以  $\angle CAB, \angle ABC$  之和。減百八十度。即可得  $\angle ACB$  角。然欲精密觀測。則由 AB 距離。計算 ab 兩邊之長。又置器械於假設點 C' 觀測  $\angle C'CB$ 。又測  $\angle C'CA$  而  $\angle C'CB = a, \angle C'CA = b$ 。然於  $\triangle ADC'$   $\triangle BDC'$  兩三角形。而外角  $\angle ADB$ 。等於兩內角之和。

$C + y + x$  即  $C = C' + (x - y) \dots \dots \dots (1)$   
而三角形  $AC'C$ 。以知 br 兩邊。及角  $\angle AC'C$ 。依正弦比例。

$$\sin x = \frac{r \cdot \sin (c + a)}{b} \dots \dots \dots (2)$$

又於三角形  $BC'C$ 。亦依同理。

$$\sin y = \frac{r \cdot \sin a}{a} \dots \dots \dots (3)$$

而 x 及 y 角極小。以角之弧長。與其正弦為比例。以秒表 x 時。則可得  $\sin x = x \sin 1''$

$\sin y = y \sin 1''$  然由 (2) (3) 兩式。得次式。

$$x = \frac{r \cdot \sin(c'+a)}{b \cdot \sin l''} \quad y = \frac{r \sin a}{a \sin l''} \dots \dots \dots (4)$$

以  $x$   $y$  之值代用於 (1) 式。即

$$C = C' + \frac{r}{\sin l''} \left( \frac{\sin(c'+a)}{b} - \frac{\sin a}{a} \right) \dots \dots \dots (5)$$

依此式計算。可加於  $C'$  之數。以秒表之。又依此式計算者。要注意於角正弦函數之正負號。

$\sin l''$  之對數。爲  $4.6855749^\circ$  例題。

$C' = 35^\circ 20' 18'' .37$ ,  $a = 108^\circ 17' 20'' .3$ ,  
 $r = 4.2$   $a = 32765.32$   $b = 38682.53$  求  $C$   
 角之值。

以此數插入 (5) 式計算。

$$\frac{r}{r \sin l''} \frac{\sin(c'+a)}{b} = 13'' .45 \quad \frac{r}{\sin l''} \frac{\sin a}{a} = 25'' //$$

$$\therefore C = 35^\circ 20' 18'' .37 + 13'' .45 - 25'' //$$

$$= 35.206'' .71 \text{ 即所求之 } \angle C \text{ 角也。}$$

### 第九編 面積及容積。計算法。

#### 第一章 面積計算法。

陸地測量所求之面積。爲地域周圍線以內所含水平面之面積。故其表面雖有如何凹凸。如何傾斜。總不外於一水平面上所投正射影之面積。至面積之單位。各國不同。美國用平方呎。平方碼。或平方哩。法國用平方米突。或平方基羅米突。日本用平方尺。坪。畝。反

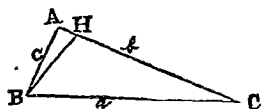
町步等。或平方里。故所要之單位。因測距離所用便宜之長而定。故測量時。用六十六呎之鎖。當以平方呎。或平方碼爲單位。用六十尺之鎖。當以平方尺。或坪爲單位。計算其面積有種々之方法。但使用此方法。須取其適宜者。

### 第一節 求三角形之法。

凡測一土地。就其便宜上分多數之三角形。各計算其面積。而總合之。卽所求之面積也。今算出三角形之面積者示二三之公式。

(1) 已知三角形之三邊。算出面積法。

#### 第一百二十七圖



以所求之面積爲  $A$ 。則

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$S = \frac{1}{2}(a + b + c)$$

此時惟用測鎖。測量時適用之。

(2) 已知三角形之底及高。計算其面積法。  
如前圖以  $b$  爲已知之底。BH 爲已知之高。即  $h$ 。則所求之面積爲。

$$A = \frac{1}{2}hb$$

(3) 已知三角形之二邊。及夾角。計算其面

積法。

如前圖  $a$  及  $b$  為已知之邊。 $C$  為已知之角。則所求之面積為

$$A = \frac{1}{2} ab \sin C.$$

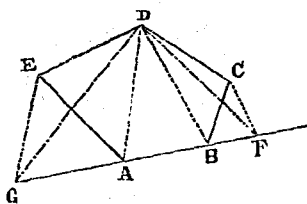
(4) 已知三角形之三角與一邊。計算其面積法。

如前圖  $A, B, C$  為已知之三角。 $a$  為已知之一邊。則所求之面積為

$$A = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2 + \sin A}.$$

次為計算多角形之面積。依圖變為等積之三角形。然後計算其面積。其變之之法如下。

第一百二十八圖



如上圖  $ABCDE$  為多角形。欲變其為同面積之三角形。則從或角點  $B$ 。與此點隔一角之  $D$  點。連結之。再過此兩角中間之角  $C$  點。引一平行於  $BD$  之線。令其與  $AB$  邊之延長相會於  $F$ 。將  $FD$  連結之。則三角形  $BCD$ 。等於  $BFD$ 。故此多角形。等於  $AFDE$ 。又以同樣之方法。引  $DG$  線。即此多角形之面

積與  $GFD$  三角形之面積相等也。凡多角  
 形。皆宜用此方法變為等面積之三角形。既  
 已變為等面之三角形。然後測定此三角形  
 之底。及高。或三邊。又或他之必要條件。依三  
 角形之公式。算出其面積。

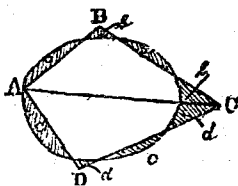
第二節 依緯距經距計算其面積法。

此法在以各邊之長。緯距及經距。算出其面  
 積。已於前言之詳矣。故此處從畧。

第三節 枝距測法 (by ordinates)

前述之法。用以計算一般規則之土地。而不  
 規則土地之面積。如次之方法可得。雖然欲  
 稍々確正。須知本節全體所示之方法。

第百二十九圖



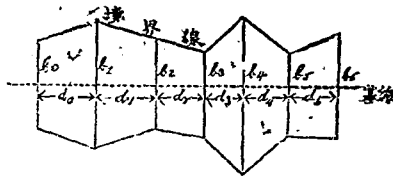
如圖為不規則之面積。欲變為  $ABCD$  多角  
 形。須使  $a+a'$  等於  $b+b'$ 。  $c+c'$  等於  $d+d'$ 。然  
 後可計算  $ABC$ 。及  $ADC$  之面積。

枝距測法者。沿一個之界線設一基線。從此  
 基線而對於界線之曲屈線。以生出枝路。將  
 此分為多數之小梯形。以算出其面積之法  
 也。

此法用以計算鐵道道路。運河等細長之面

積枝距者必於其線作為直角方可。

第一百三十圖



如上圖欲從基線以計算其所切之面積則依

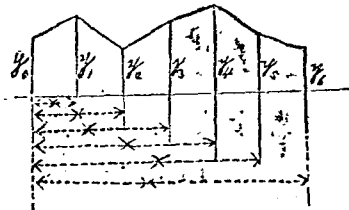
$$A = \sum \left\{ \frac{b_0 b_n}{2} \right\} \text{ 可得。}$$

於鐵道道路等則 d 皆為同一之距離即以普通一鎖為甚便宜。

b<sub>n</sub>者表最後之枝距也。

若在實地如次圖所測則所求之面積如次。

第一百三十一圖



$$A = \frac{1}{2} [ (y_0 + y_1) \cdot x_1 + (y_1 + y_2) (x_2 - x_1) + (y_2 + y_3) (x_3 - x_2) + \dots ]$$

簡約之則為

$$\begin{aligned} A = & \frac{1}{2} \{ (y_0 - y_2) x_1 + (y_1 - y_3) x_2 + (y_2 - y_4) \\ & x_3 + \dots + (Y_{n-2} - Y_n) y_{n-1} \\ & + (Y_{n-1} + Y_{n+1}) X_n \} \end{aligned}$$

以上凡爲正眞之梯形。則可以計算。若遇不規則之曲線。則難免其不正確。故欲得近似之結果。以次之諸式爲良。

(i) (星柏遜)氏<sup>1</sup>法則。

$$\begin{aligned} A = & \frac{x}{3} \{ y_0 + 4(y_1 + y_3 + y_5 + \dots \\ & \dots + Y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + y_6 + \dots + Y_{n-2}) \\ & + Y_n \} \end{aligned}$$

此式由二之倍數而成也。

(ii) (星柏遜)氏<sup>2</sup>法則。

$$\begin{aligned} A = & \frac{x}{8} X \{ y_0 + 3(y_1 + y_2 + y_4 + y_5 + y_7 + \dots \\ & \dots + Y_{n-2} + Y_{n-1}) + 2(y_3 + y_6 + y_9 + \dots \\ & \dots + Y_{n-3}) + Y_n \} \end{aligned}$$

此式由三之倍數而成也。

以上二式。Y爲枝距之長。而各枝距之距離。其長相同。以Y表之。因時運用。可謂便宜。

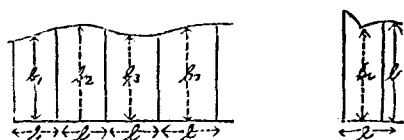
假如X之數有十九。則僅以其十八X。用(i)式或(ii)式。計算之。所餘一X。依普通面積計算法而算之。即可得所求之面積。

又如X之數有十九。則僅以十五X。依(ii)式計算之。所餘四X。依(i)式計算。亦可得所求之面積。



(iii) (破塞爾斯)氏法則。

第一百三十二圖



此以支距之中數而計算者也。如上圖知  $h_1$ ,  $h_2$ , …… 之時。則所求之面積。為

$$A = J \frac{2}{3} h_1 + \frac{J}{2} (a - h_1 + b - h_n)$$

(iii) (弗蘭克)氏法則。

$$A = J \frac{1}{72} (8a + h_2 - 9h_1 + 8b + h_n - 9h_n)$$

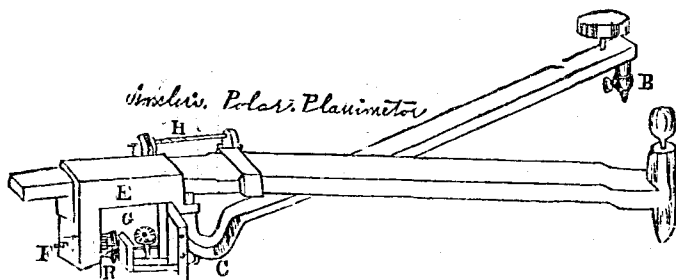
雖尚有二三之法則。而在實際上多不被用。故畧之。

宜注意者。在 (i) (ii) (iii) 之公式。而  $u$  之數亦宜注意。

第四節 依器械計算面積法。

此法。為所測之面積。在平面圖上。依器而測圖面之面積。由此而算出實地之面之也。其器械名之曰(捕蘭利美達)。雖其種類不一。然普通所用者。為(亞姆斯拉)氏之(捕拉捕蘭利美達)器。試就其構造及用法稍說明之。

## 第一百三十三圖



## (I) 器械之構造。

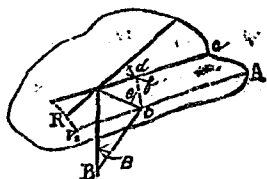
如上圖有金屬所製之 A B 二橫柱。B 柱一端。附有針。以之定置於紙上。他之一端 C。在直立於 E 部分之軸。而附其軸之中心。能左右 B 柱而迴轉之。他之 A 柱。付跡於圖面上之境界線。E 之部有 F 之水平軸。此軸與 A 柱平行。使之附於迴轉輪 R。而 R 之輪齒。連續於水平之圓盤 G。此 G 者。普通十等分其周圍。待 R 一迴轉。則移動一分目。而 R 之周圍。為百等分。且以其鄰之遊尺。能看其十分之一。由此推之。可以讀定一萬之數也。

A 柱之一側記  $\left\{ \begin{array}{l} 1 \diamond n \quad 5 \diamond n \\ 1:100 \quad 1:1000 \end{array} \right\}$  者。於縮尺 400 分之一之圖。而一迴轉。表平方米突。縮尺千分之一之圖。而一迴轉。表五平方米突之意見也。且 A 柱之左方有分割數。而以 A 柱之長為 H。可由螺旋校正之。

欲以此器械計算面積。須先安置於圖面上之一點。以 A 沿境界線一周。然後看迴轉輪之分割數。以之乘一定之數。即得所要之面積也。

## (2) 理論

## 第百三十四圖



今器械在 ACB 之線置。因欲以 A 點移跡於 A' 故變其 A'C'B 之位置。此變化者。自 ACB 之位置。漸次變為 A'CB 之位置也。雖然須先自 ACB 之位置。一旦變為 acB 之位置。(此 ac 平行於 A'C' 之位置。)然後變為 A'C'B (C'r 為直角於 ac) 之位置。則其最小部分。亦不少異。

$$Ac = ac = A'c' = J$$

$$CR = cv, = cc' = n$$

$$cB = c'B = m$$

$$\angle Aca = d, \angle cBc' = B \text{ 及 } \angle P'c'c = \theta$$

以此等之角。表半徑之角。則 BcA 所移動之面積。為 dz。

$$dz = cBc + Aca + acc'A'$$

此 aA' 為最小。然則

$$dz = \frac{1}{2} m^2 dB + \frac{1}{2} J^2 dd + J \cdot c' p$$

$$= \frac{1}{2} m^2 dB + \frac{1}{2} J^2 dd + J \times cc' \cos \theta$$

輪之軸。平行於 AC 而設置。爲直角於其軸而可回轉。常平行於 CA 之方向運動。若輪不能爲回轉。只爲滑遷運動。則輪只影響及於爲直角於 CA 之方向運動而已。此時由 r 轉於  $r_1$ 。又自  $r_1$  轉於  $r_2$ 。一切分。回轉一切分。爲滑遷。且爲移運。其回轉之量。爲 ds。則

$$ds = r_1 r_2 - R r_1 = r_2$$

然  $r_1 r_2 = cc' \cos \theta = c' p$

及  $R r_1 = n dd$

故  $ds = cc' \cos \theta - n dd$

或  $cc' \cos \theta = n dd + ds$

以此代入前式。則

$$dz = \frac{1}{2} m^2 dB + \frac{1}{2} J^2 dd + J (n dd + ds)$$

$$= \frac{1}{2} m^2 dB + \frac{1}{2} J^2 dd + J n D d + J ds$$

此兩節依積分之數理。其積分之時。爲

$$Z = \frac{1}{2} m^2 B + \frac{1}{2} J^2 a + I m a + I s$$

$$= \frac{1}{2} m^2 B + \frac{1}{2} b a (I + 2n) + I s$$

定 B 點於紙上。若在所測土地之境界線以外。(如前圖)則 A 端一週境界線之間。可畫 B 點及 C 點之角之和。

$$p = B = 0$$

故  $Z = I s \dots\dots\dots(1)$

若 B 點在境界線以內。則

$$a = B = 2\pi \quad \text{ナルヲ以テ}$$

$$\text{故} \quad Z = \pi (m^2 + I^2 + 2In) + Is \dots \dots \dots (2)$$

於此  $\pi (m^2 + I^2 + 2In)$  表圓之面積。其圓之半徑。可爲  $\sqrt{m^2 + I^2 + 2In}$ 。此圓。稱之曰零圓器械有二種數。一 AC 柱之長。爲一定不變者。用之則等於 I 爲一定之長。因以其定數。而 IS 之量。及零圓之半徑等。皆得容易算出。雖然。在他種之器械。而 AC 之長。因時而變。卽如前圖所示 (1) 及 (2)。常應其時 I 之長而算出。

今  $I = GA$  之長。

$n =$  輪之回轉數。

$c =$  輪圓周之長。

$A =$  所要面積

卽  $A = IS$

故  $A = Inc$

此 C 常爲一定之數。於已知 I 之上讀 n。可以算出所求之面積。今輪之一迴轉 % 卽 %。表 I 平方吋。欲定 I 之長。則

$$n = \frac{1}{10}$$

$$A = \frac{1}{10} Ic = 1$$

或  $IC = 10$

在普通不變之器械。一回轉所表之面積。爲 10 平方吋。而  $C = 2, 3 \text{ 及 } 4$ 。依

$$10 \square'' = 1 \times I \times C$$

$$= 1 \times 12,347$$

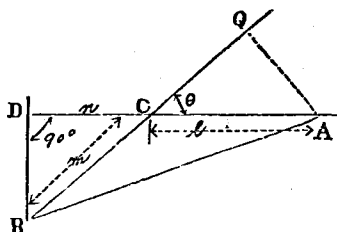
$$\therefore I = \frac{10}{2,347} = 4,26 \text{ 吋}$$

次零圓之半徑。在普通器械雖記入。而有時不可不算出之。今半徑為  $r$ 。則

$$O = \sqrt{m^2 + 2nI + n^2}$$

此由  $I$  之長。算出  $O$  之長。亦可為最簡單之法。依次圖推出。

第一百三十五圖



今以一定之  $I$ 、 $m$ 、 $n$  為

$AC = I$ 、 $CD = n$ 、 $CB = m$ 。為直角於  $CD$ 。而引  $CB$ 。次自  $C$  向  $B$  點。而為  $CB$ 。則為  $AB$  所求之半徑。而自  $A$  向  $BC$  之延長線引  $AQ$  線。則為

$$BA = \sqrt{BQ^2 + AQ^2}$$

$$= \sqrt{(m + I \cos \theta)^2 + I^2 \sin^2 \theta}$$

$$= \sqrt{m^2 + 2mI \cos \theta + I^2 \cos^2 \theta + I^2 \sin^2 \theta}$$

$$= \sqrt{m^2 + 2mI \cos \theta + I^2}$$

$$\text{然因 } \cos \theta = \frac{n}{m}$$

$$\text{故 } BA = \sqrt{m^2 + 2ln + l^2}$$

(3) 使用法。

欲使用此器械。則使迴轉輪自然運動平滑於最良紙上。若紙面粗雜。則恐有誤。其所計之面積。乃表紙上之面積也。更以其縮尺換算實際之面積。

例如今所計之面積。為10平方吋縮尺為40分之1。則實際之面積。為

$$10 \times 40^2 = 16000 \text{ 平方吋。}$$

尚欲省略此手數。僅以器械算出所求之面。須校正I柱必要之長。

例如f呎二l吋之縮尺。則圖面上之1平方吋。與實際之面積f<sup>2</sup>平方吋相當。

今以a為圖面上之面積。以A為實際之面積。則

$$f^2 a = A \text{ 且因 } a = Inc$$

$$\therefore A = f^2 Inc$$

故f<sup>2</sup>Inc為與以便宜之數。

例如40呎=1吋之縮尺。

$$A = 1600 Inc \text{ 平方呎}$$

$$\begin{aligned} \text{今 } 1600 Inc &= 100 \text{ 平方呎} \\ &= 144 \text{ 平方吋} \end{aligned}$$

$$IC = \frac{14400}{1600} = 9$$

故  $I = \frac{9}{C}$  吋

若  $C = 1$  吋。則以  $I$  爲 9 吋。以輪之一回轉爲平方呎。由此可得知實際之面積。

第二章 容積計算法。

物體之形狀不一。而求容積之方法亦不一。若物體爲不規則之形狀。則其容積更爲難求。茲就其各種方法而說明之。

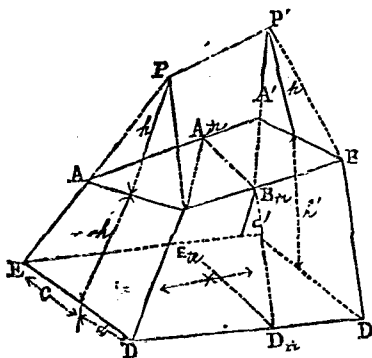
第一節 鐵道道路運河及堤之容積計算法。

(1) 「捕利智美多達爾」公式 (Prismoidal Formula)

稜柱形者。其六面中必有互相平行之二個平面。

例如圓筒體。(Cylinder) 角錐體。(Pyramid) 圓錐體。(Cone) 稜柱體。(Prism) 楔形 (wedge) 等。其容積皆可以此公式求之。

第一百三十六圖





$AB$  平行於  $A'B$ 。

$A'A$  平行於  $B'B'$  及  $PP'$ 。

$AE$  平行於  $A'E'$ 。

$BD$  平行於  $B'D'$ 。

$PP' = AA' = BB' = I$ 。

$AB = A'B' = D$ 。

$A = ABDE, A' = A'B'D'E'$ 。

今以  $b$  爲道幅。在互爲平行之二面。以  $b$  爲此等小方面之堤之高。以  $A$  爲其面之面積。以  $b'$  爲大方面之堤之高。以  $A'$  爲其面之面積。以  $I$  爲此二面間之水平距離。則

$$A = \frac{1}{2}(h+k)(a+c) - \frac{kb}{2}$$

$$A' = \frac{1}{2}(h'+k')(a'+c') - \frac{k'b'}{2}$$

今  $p+k=y$      $p'+k'=y'$

所要之容積爲

$$V = \frac{1}{6} \left\{ \frac{y}{6}(a+c) - \frac{bk}{2} \right\} + 4 \frac{I}{6} \left\{ \frac{1}{2}(y'+y) \left( \frac{a+a'}{2} + \frac{c+c'}{2} \right) - \frac{bk}{2} \right\} + \frac{I}{6} \left\{ \frac{y'}{2}(a'+c') - \frac{b'k'}{2} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

此本於積分之理而推出之公式。即自一端在於  $X$  距離之面積。

$$AX = \frac{1}{2} \left\{ y + (y' - y) \frac{x}{l} \right\} \left\{ a + (a' - a) \frac{x}{l} + c + (c' - c) \frac{x}{l} \right\} - \frac{bk}{2}$$

$$\text{而算出 } \Lambda = \int_{x=0}^{x=l} AX \, dz$$

今於中央發見  $Am \ Bm \ Dm \ Fm$  之面積則因

$$x = \frac{l}{2} \text{ 故}$$

$$\begin{aligned} Am &= \frac{1}{2} \left\{ y + \left( \frac{y' - y}{2} \right) \right\} \left\{ a + (a' - a) \frac{1}{2} + c + (c' - c) \frac{1}{2} \right\} - \frac{bk}{2} \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{y + y'}{2} \right) \left( \frac{a + a'}{2} + \frac{c + c'}{2} \right) - \frac{bk}{2} \end{aligned}$$

故  $V$  得如次代入。

$$V = \frac{1}{6} (A + 4Am + A') \dots \dots \dots (1)'$$

此稱為「捕利智美多達爾」公式。

今上式適用於角錐體楔形及棱柱體等。

$$\text{角錐體 } A = 0, A' = a, Am = \frac{a}{4}$$

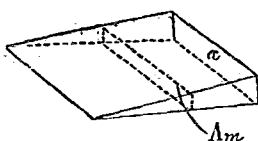
$$\text{故 } V = \frac{1}{6} \left( 0 + 4 \times \frac{a}{4} + a \right) = \frac{1}{3} a$$

第一百三十七圖



楔形

第一百三十八圖

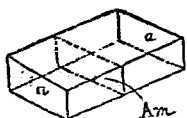


$$A = 0, A = a \quad Am = \frac{a}{2} \quad \text{故}$$

$$V = \frac{c}{6} \left( 0 + 4 \times \frac{a}{2} + a \right) = \frac{1a}{2}$$

稜柱體

第一百三十九圖

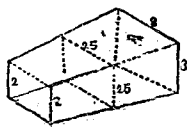


$$A = a, A = a' \quad Am = a \quad \text{故}$$

$$V = \frac{1}{6} (a + 4 \times a + a) = a l$$

此公式為計算鐵道、道路、運河堤防等之容積所用。最宜注意在實地測普通  $A$  及  $A'$  其中之變化毫無關係。若其中之移變甚不規則。須使近於  $A$  及  $A'$  之間隙。尤宜注意  $Am$  者。可知決非  $A$  及  $A'$  之中數。例如次圖  $A = 4$ ,  $A' = 6$  則。

第一百四十圖



$$Am = (2.5)^2 = 6.25$$

$$\text{然不等於 } \frac{4+6}{2} = 5$$

或  $A = 4n$   $A' = 16$   $A_m = 9$

故  $\frac{A+A'}{2} = 10$  而  $A_m$  爲不等也。

故要計算  $A_m$ 。求此二個之平均高。對於此可求面積。

今於  $I$  之等距離。知  $A_0 A_2 A_4 A_6$  等之各面積。等之各面積。而欲算出總容積。須先計算  $A_1 A_3 A_5 \dots$  之面積。然後可依次之公式而求之。

$$V = \frac{1}{6} \{ (A_0 + A_n) + 4(A_1 + A_3 + A_5 + A_7 + \dots + A_{n-1}) + 2(A_2 + A_4 + A_6 + A_8 + \dots + A_{n-2}) \}$$

若有土地爲一樣之形狀。則  $I' = 2I$ 。以中間之面積算出爲宜。

(2) 以平均二個面積算出容積之法。

$$V = \frac{1}{2}(A + A')$$

即算出各部分之橫斷面積。取此兩端之中數。而爲平均面積。由此計算方法所得之結果。雖有過於粗雜之傾向。然甚簡單。其豫算者多用之。

(3) 依中間面積算出容積之法。

$$V = I A_m$$

此比於前實際上可得近似之結果。然用於

豫算上似有所不能。

(4) 算出截頭錐體之容積法。

$$V = \frac{A'l(1+x)}{3} - \frac{Ac}{3} \quad \text{第一百四十一圖}$$

$$= \frac{A'l}{3} + \frac{x}{3}(A'l - A'l)$$



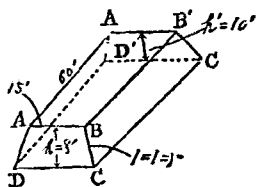
$$\text{然} \quad \frac{r'}{r} = \frac{\sqrt{A'}}{\sqrt{A}} = \frac{l+x}{x}$$

$$\therefore x = \frac{\sqrt{A'l}}{\sqrt{A'l} - \sqrt{A}} \quad \therefore A = \frac{l}{3}(A + \sqrt{AA'} + A')$$

例1 次求容積。

第一百四十二圖

$b = 15$  尺



地面水平面爲一割五分勾

配  $h = 8$  尺  $h' = 10$  尺

$l = 60$  尺

$$\triangle ABCD = \triangle \quad A = 8 \times (15 + 8 \times \frac{1}{2})$$

$$\triangle A'B'C'D' = A' \quad = 216 \text{ 平方尺}$$

$$A' = 10 \times (15 + 10 \times \frac{1}{2}) = 300 \text{ 平方尺}$$

$$\text{平均高} = \frac{10+8}{2} = 9 \text{ 尺}$$

故  $A_m = 9 \times (15 + 9 \times \frac{1}{2}) = 256.5 \text{ 平方尺}$

故  $A_1 = \frac{60}{6} (216 + 256.5 \times 4 + 300) = 15420 \text{ 立尺}$

$$\text{或 } A_p = \frac{15420}{216} = 71.39 \text{ 立坪}$$

次依平均面積算出時則

$$A_2 = 60 \times \left( \frac{300+216}{2} \right) = 15480 \text{ 立尺} = 71.667 \text{ 立坪}$$

依中間面積算出時則

$$V_3 = 256.5 \times 60 = 15390 \text{ 立尺} = 71.25 \text{ 立坪}$$

(4) 截頭錐體之算出。

$$V_4 = \frac{60}{3} (216 + \sqrt{216 \times 300 + 300})$$

$$= 20 (216 + 254.56 + 300) = 20 \times 770.56 = 15411$$

立尺 = 71.35 立坪

例 2 如前題  $h = 0$ ,  $p' = 10$  求容 =。

$$V_1 = \frac{60}{3} (300 + 4 \times 112.5 + 0) = 7500$$

$$V_2 = 60 \times \left( \frac{300+0}{2} \right) = 9000$$

$$V_3 = 60 \times 112.5 = 6750$$

$$V_4 = \frac{60}{2} (300 + \sqrt{300 \times 0 + 0}) = 6000$$

以上之容積計算法，凡中心線之直線可適用。若中心線為曲線，則容積即生多少之誤差，故在此處須校正。

今以沿於曲線之中心線之長為  $l$ 。以橫斷面積為  $A$ 。則容積為  $V = RIA$ 。

今依「加爾帖亞斯」氏之定理。

$$v = lA \frac{R \pm e}{R}$$

此  $R$  表曲線之半徑。  $l$  爲其橫斷面之重心與中心線之間之距離。故若其面爲規則正形。而重心與中心線相一致。則  $e = 0$ 。而  $l$  之長之容積。只爲  $lA$  而已。故曲線之處。常要  $\frac{R \pm e}{R}$  之校正。若  $l$  在曲線之中心與中心線

之外。則爲  $\frac{R \pm e}{R}$  若在其間。則爲  $\frac{R - e}{R}$  此等爲橫斷面一樣可適用。若爲不規則形。則如次之方法。

$A'$  爲第一橫斷面之面積。以其  $e'$  爲  $e'$ 。  $A''$  爲第二之面積。以其  $e''$  爲  $e''$ 。中間之橫斷面積爲  $A_m$ 。則

$$\frac{A'(R \pm e')}{R} \text{ 對於 } A'' \text{ 所校正之面積。}$$

$$\frac{A_m(R \pm \frac{e' + e''}{2})}{R} \text{ 對於 } A_m \text{ 所校正之面積。}$$

$$\frac{A''(R \pm e'')}{R} \text{ 對於 } A' \text{ 所校正之面積。}$$

$$\text{故 } V_1 = \frac{1}{6R} \left[ A'(R \pm e') + 4A_m \left( R \pm \frac{e' + e''}{2} \right) + A''(R \pm e'') \right]$$

故以可校正之容積爲  $V$ 。則

$$v = V_1 - v = \pm \frac{1}{6R} \{ (A + 2Am)e' + (2Am - A'')e'' \}$$

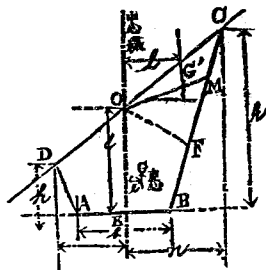
上式甚煩。而以次之式為普通。

$$V = \frac{1}{2R} (A'e' + A''e'')$$

推出  $e$  之法。

$e$  之值。依各種斷面形而異。若其面之中心線左右相同。則  $e = 0$ 。若為不規則之形。則不可不一一推出之。今以例示此方法。

第一百四十三圖



例 1. 如圖欲推出  $e$ 。則先在  $\angle DOE$  與  $\angle FOE$  相等處引  $OF$ 。  
 $H$  為  $AEO D$  之面積。 $K$  為  $EBCO$  之面積。  
 然則

$$H = mh - \frac{h}{2} \left( m - \frac{b}{2} \right) + \frac{m}{2} (d - h) = \frac{1}{2} md + \frac{1}{2} bh$$

$$K = nr - \frac{h}{2} \left( n - \frac{b}{2} \right) - \frac{n}{2} (k - d) = \frac{1}{2} nr + \frac{1}{2} (k - d)n$$



$\frac{1}{2}bRA = H + K$  三角形  $OFC = K - H$   
 三角形  $OFC$  之重心  $G'$  以  $C$  之中點為  $M$ , 則  
 自  $O$  為  $\frac{2}{3} OM$  即

$$OG' = \frac{2}{3} OM \text{ 故 } l = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2}(m+n) = \frac{1}{3}(m+n)$$

此以能率之軸取於  $OE$  者也。  $ABFOD$  之  
 重心在於  $OE$  中。故以全形之重心  $G$  與  $OE$   
 之距離 (即中心線與  $G$  之間之距離) 為  $e$ 。則

$$A \times e = (K - H) \times \frac{1}{3}(m+n)$$

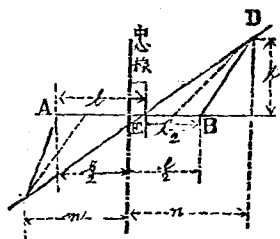
$$\text{故 } e = \frac{m+n}{3A} (K - H) = \frac{m+n}{3A} \left( \frac{1}{2}nd + \frac{1}{4}bkk - \frac{1}{4}bh \right)$$

$$bh = \frac{m+n}{3A} \left\{ \frac{d}{2}(n-m) + \frac{b}{4}(k-h) \right\}$$

例 2 推出  $AEC$  部之  $e$ 。

依下之公式可算出。

### 第一百四十四圖



$$e = \frac{1}{3}(b-b_1) + \frac{1}{3} \{ m - \frac{1}{3}(b-b_1) \} = \frac{1}{3}(b+m-b_1)$$

今在曲線中心左方者之  $e$  為 (-)

次於  $EBD$  推出  $e$ 。

$$e = \frac{1}{3}(b-b_2) + \frac{1}{3} \{ n - \frac{1}{3}(b-b_2) \} = \frac{1}{3}(b+n-b_2)$$

在於此處之  $e$  爲(十。)

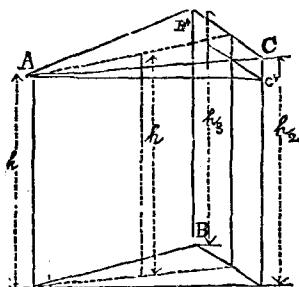
於  $e$  雖算出。而斷面尤複雜。終不得簡單算出。只依普通所求之方法。描圖於同樣厚之紙上。而切取其形。以系與針。可得求其重心

第二節 有傾斜廣面者之容積。

此爲廣大建築物之敷地。或海底。或河底之淺深。或停車場之敷地等。而以此計算爲必要者也。

(1) 分稜柱形爲多部分。而算出之法。

第一百四十五圖



此容積雖爲稜柱形。相集合而成。然必算出各稜柱形之容積。而後得算出此等之總和。此稜柱形之容積。本於幾何學之定理。 $h$  爲過其體重心柱之高。即柱之平均高。 $A$  爲柱之直角斷面積。則其容積爲。

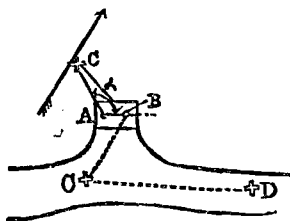
$$V = Ah.$$

如上圖發見三稜柱之容積。

$$h = \frac{1}{3} \left( \frac{h_2 + h_3}{2} - h_1 \right) + h_1 = \frac{1}{3} (h_1 h_2 + h_3)$$

$$\text{故 } V = h A = \frac{1}{3} A (h_1 + h_2 + h_3)$$

第一百四十六圖



次四角稜柱形。如上圖以之爲二個三稜柱則宜。

卽由  $ADC - A'B'C'$  與  $ADB - A'D'B'$  之二個稜柱形。或由  $ABC - ABC'$  與  $DBC - D'B'C'$  之二個稜柱形。求其各容積而相和。則爲全體之容積。

故所求之容積。

$$V_1 = \frac{1}{3} (h_1 + h_2 + h_3) \frac{1}{2} A + \frac{1}{3} (h_2 + h_3 + h_1) \frac{1}{2} A$$

$$\text{或 } V_2 = \frac{1}{3} (h_1 + h_2 + h_4) \frac{1}{2} A + \frac{1}{3} (h_1 + h_3 + h_4) \frac{1}{2} A$$

今二者之平均則。

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{1}{4} A \times \frac{1}{3} (3h_1 + 3h_2 + 3h_3 + 3h_4)$$

$$= \frac{1}{3} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) A = A h$$

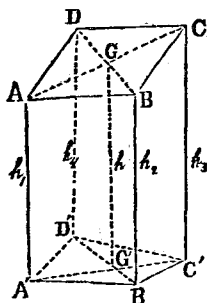
$$\text{因 } h \text{ 爲 } \frac{h_1 + h_3}{2} \text{ 或 } \frac{h_2 + h_4}{2}$$

$$\text{故 } V = A \frac{h_2 + h_4}{2} = A \frac{h_1 + h_3}{2}$$

以上計算。可知表面全為平面。即如前圖  $\Delta BCD$  面者是也。

然於實際之地面。全為平面者稀。而屢有多少之凹凸。以單取二個高之平均數。較之取四偶高之平均者。猶得增加精密。於實際三角形四角形。或其他之稜柱形。以過重心軸之高。相當於各偶高之平均數。

第  
一  
百  
四  
十  
七  
圖



如左圖。欲求土地之容積。必分此土地為多數之四角形。其區分各面。須使近於平面。其餘切分。須用三角形而區劃之。在各隅打杭。其杭頭用水準器測其高低。依一定之面定其高。然後就各切分所量之容積而算出者也。各切分之平均高。為四隅高之平均數。可以此乘各面之面積。若各切分之面積。區劃為相等之樣。則此等之總容積。為

$$V = \frac{1}{3} [\sum h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4] A.$$

此  $h_1, h_2, h_3, h_4$  等。如圖所示。於 1. 2. 3. 4. 表其高。若欲以立坪算出  $V$ 。則

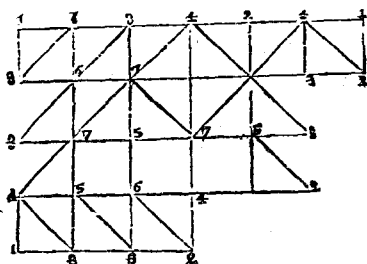
$$V = \frac{A}{4 \times 216} \{ \Sigma h_1 + 2 \Sigma h_2 + 3 \Sigma h_3 + 4 \Sigma h_4 \}$$

若區劃為三角形。則可求容積。為

$$V = \frac{A'}{3 \times 216} \{ \Sigma h_1 + 2 \Sigma h_2 + 3 \Sigma h_3 + 4 \Sigma h_4 + 5$$

$$\Sigma h_5 + 6 \Sigma h_6 + 7 \Sigma h_7 + 8 \Sigma h_8 \}。$$

### 第一百四十八圖

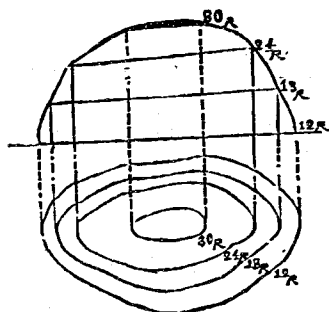


此  $A'$  為表各三角形之水平面積。此法比前法可得精密之結果。蓋通四點之一個平面。必不能存。以通過三點為宜。

(2) 依高低線 (Contour line) 算出法。

以同高之高低線。與所圍切分之面積。用(捕拉利美達)或其他之方法。而自所測一個高低線。與次高低線之間。算出一個稜柱體容積之方法也。

## 第一百四十九圖



例如左圖。欲算出全體容積。則先算出

$$V_{30-24} = \frac{6}{6} (A_{30} + 4A_{27} + A_{24})$$

$$V_{24-18} = \frac{6}{6} (A_{24} + 4A_{21} + A_{18})$$

$$V_{18-12} = \frac{6}{6} (A_{18} + 4A_{15} + A_{12})$$

等。而再求

$$V = V_{30-24} + V_{24-18} + V_{18-12}$$

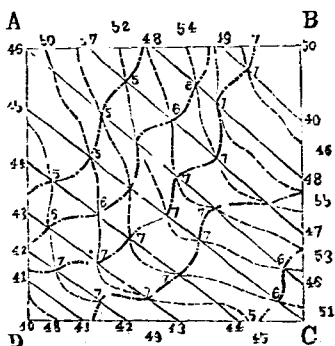
即得所求全體之容積也。

此處所示  $V_{30-24}$  等。為表自 24 尺至 30 尺間之容積也。 $A_{30}$ ,  $A_{24}$  等。為依 30 尺或 24 尺之高低線。而表所圍之平面積也。於此方法。而求平均面積。(例如  $A_{27}$ ,  $A_{24}$ ,  $A_{21}$  等。)稍為煩雜。欲求簡略。則以三個  $A$  之中間為平均面積如次。

$$V_{30-18} = \frac{12}{6} \{ A_{30} + 4A_{24} + A_{18} \}$$

此可適合於高低線之密者。尙舉一例。

第一百五十圖

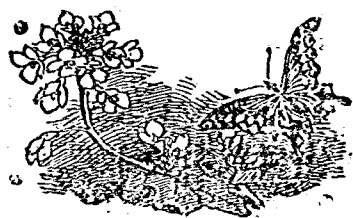


如上圖在於 ABCD 之區域內。以點線表之。有高低線之土地。以實線表之。欲施土工。則於所要之土坪。互相會於高低線之處。在其處示盛土。或切取。又其高者也。而結此等點之鎖線。以爲可示土工之線。對於此而求土坪則宜。如上圖爲投於水平面上之正射影所表出者也。由是以測此鎖線間之面坪。乘平均高。即可如前法算出容積也。

(266)

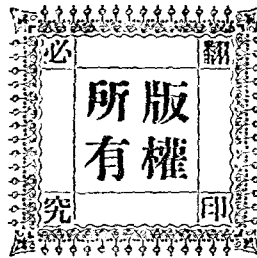
實地考察圖全書

---





# 總發行所上海棋盤街科學書局



分售處 各省大書局

廣東雙門底

分發行所 科學書局分莊

發行者 科學書局發行所

印刷者 科學書局印刷所

校閱者 楊謀新

著作者 龍路鑄學校建設科畢業生  
留日鐵道院建設部見習員 顏寅亮

宣統二年四月發行  
宣統元年拾壹月付印

定價大洋三元

大地盤  
實地考驗測量全書