

測 量 學

北京市立高級工業學校

MG
P
1

市立高工土木工程科

測量學講義

1

測量學講義

第一篇 平面測量

第一章 緒論

1 定義 應用各種儀器與方法，測定地面上各點相互位置使能繪製成圖，此種技術謂之測量。反之，將圖上之點或線設置於地上之技術亦屬測量範圍。

地球形狀略成球形以平均海平面為其表面。測量範圍較小時則可假設地面為平面而不計其曲度，此種測量謂之平面測量。其測區廣袤必須顧及地面曲度者謂之大地測量。平面測量與大地測量並無顯著分野，普通以200或300平方公里為平面測量之限度，惟所需精度較小時此限度亦可放寬。本講義所述者概以平面測量為限。

2 測量之分類 如上所述測量即因範圍之大小分為大地測量與平面測量二種，此外又可依其性質不同分為下列三種。

(1) 地形測量 目的在繪製地形圖表示地面高低形狀，如道路，河川湖泊，山嶺，村莊等亦均需繪明。

(2) 工程測量 各種工程之計畫及實施所需之測量，如建築鐵路，道路有路線測量，與辦市政工程有城市測量，與辦水利工程有河海測量，開礦有



(3) 土地測量 其目的在測定點線之邊界俾可載明契紙上或計算其面積。反之契紙與紙上所載實地定邊界位置亦係土地測量。



3 單位

(1) 長度之單位 吾國現已採用公尺制故本講義遵用之，一尺公 (Meter) 等於十公寸 (Decimeter)，一公寸等於十公分 (Centimeter)，一公分等於十公厘 (Millimeter)，一千公尺等於一公里 (Kilometer)。

(2) 角度之單位 角度以度分秒計之。全圓周分為度 360 度，每度分為 60 分，每分分為 60 秒。度分秒簡寫為 °, ', ''。

(3) 時間之單位 時間以時分秒計之。一日分為 24 時，每時分為 60 分，每分分為 60 秒。時分秒獨寫為 h m s。

4 測量之精度 測量之精度視測量目的，土地價格等而異。如目的僅為測繪二千分之一之地形圖則各點位置能準確至一公尺即可因在圖上不過差半公厘。另一測量其角度或距離之觀測值除作繪圖之用外並需註記於圖上或用之計算時則需精密測定，如距離準確至公厘，角度準確至分等。

同係路線測量如所測為土路精度自應減低，如所測為鐵路則需應用較精密方法施測。

作土地測量時每畝數元之荒地與每畝數萬元之宅地絕不能以同一精度測之，此係土地價格影響測量精度之一例。

從事一種測量以前應本個人經驗或良好前例規定所需精確度然後施測始能獲得良好結果。有經驗之測量員絕不將其所有工作均用最精密方法實施而於時間用費最經濟條件下獲得所需之精度。至實地測量時又需注意天氣不良，地勢不平，人員不足，儀器粗陋，時間限制等蓋此種障礙均足以減低測量精度。

同一測量中距離與角度二者之精度必須相稱，如測距極粗則測角無論如

市立高工土木工程科

測量學講義

3

何準確亦屬無用且徒耗時間反不經濟。但在同一測量中又有所謂主幹部分與次要部分之別。主幹部分足以影響全局精度宜高，次要部分影響局部精度可低，要之測量者宜依其學識經驗規定各部精度始能免除妄費與不足。

5 測量之速度 測量之速度全繫於測量者之能力凡計劃指揮工作規定各部精確使之相稱選用適宜儀器決定測量方法等均有密切關係非經驗宏富者不能獲完美之結果。

市立高工土木工程科

4

測量學講義

第二章 誤差

6 誤差 測量之結果永無絕對正確者恒較真值略大或略小，此二者之差謂之真差。真值即不能測得故真差亦無從知之。然則成績之優劣將如何比較之，最諒必值亦即最佳之結果將如何決定之，此即討論誤差之主要問題也。

7 誤差之原因。

(1) 天然 如溫度，風，折光及其他障礙等所發生之誤差。

(2) 儀器 如儀器製造或校正不良，各部膨脹收縮及其他一切變遷所發生之誤差。

(3) 人爲 如觀測或使用儀器欠審慎，觀測者視力或感覺不敏銳，及其他意外錯誤所發生之誤差。

8 誤差之符號 所量結果較真值爲大時其誤差爲正號，較真值爲小時其誤差爲負號。

9 誤差之種類 測量結果之總誤差絕非由一種單純原因所成乃係各種原因所生種種誤差之代數和。茲依其性質分別之爲三類(1)錯誤(2)常差(3)偶差。

錯誤爲觀測者神經上所生之誤差如誤讀 6 爲 9 等。

常差爲由明顯原因所生之誤差可以設法消除者。

偶差爲消除錯誤與常差後殘存之誤差。

偶差在同一情形下或爲正號或爲負號可能性相同，而常差則在同一情形下符號及數量永無變更。例如一鋼尺因溫度過高較其標準長度長五公厘，則用此尺在此情形下測量即同樣溫度永得同一誤差。苟情形變更即溫度過低或嫌太短誤差之符號乃變。此例可說明常差由某種原因所生者可正可負，但

市立高工土木工程科

測量學講義

5

在同一情形下其符號數量不變。又設用鋼尺量二點間距離讀尺時估計公厘以下分數常發生一極微小之誤差無論如何注意亦難完全消除是為偶差，其符號為正為負可能性相同，即重量之亦發生類似誤差正負可能性亦復相同。

某測量工作在完全相同情形下觀測若干次每次之常差必相等且符號相同。將各測量結果平均之常差依然存在且毫無變更。反之每次之偶差可正可負故各次平均數之偶差常較任一觀測結果之偶差為小。依理論言在完全相同情形下觀測無窮大次數其平均值之偶差可完全消除而常差則依然存在。

10 累積差及相消差 一數值有需度量數次相加者，如 200 公尺距離以 50 公尺鋼尺測之需度量 4 次。此種測量中常差成為累積差因在同一情形下常差符號不變隨度量次數正比例增加。反之偶差成為相消差因每次度量偶差為正為負可能性相同有互相抵消之傾向，由最小二乘式原理可知相消差隨度量次數平方根正比例增加。

11 較差 一數值如距離，角度，高度等測量二次所得結果之差數謂之較差。較差過大時表示必有錯誤需再測量一次以確定之，但較差甚小時亦不能遂認為誤差亦極小，蓋較差僅為二次度量之差數與真差有別二者或各含有鉅大誤差。例如一距離長 500 公尺用一 50 公尺鋼尺量之，設此鋼尺較標準尺短 5 公分則二次結果一為 500.54 公尺一為 500.58 公尺，較差僅 0.04 公尺而真差實為 0.54 公尺表 0.58 公尺，故較差小可認為測量時未發生鉅大錯誤而不能認為結果準確。

測量者如預知此鋼尺短 5 公分而將所量結果加以改正然後以較差大小判別成績優劣庶較近事實，故測量第一要務為消除常差。

12 誤差之預防及消除 發覺錯誤之最佳方法為有系統之校對。校對工作

市立高工土木工程科

6

測量學講義

在測量中極為重要，其法為將測量與已知關係比較以察其有無不合之處，例如將三角形三內角之和相加視其是否等於 180° 。

常差一部分可藉有系統之野外工作預防或消除之，一部分可藉計算改正之。如以鋼尺量距離用彈簧秤保持標準拉力即可預防拉力所生之誤差。又鋼尺太長或太短時測量者應考驗鋼尺之確實長度然後用計算方法改正觀測值。

錯誤及常差消除後所餘者即係偶差。偶差不能完全消除但若將同一數量復測若干次而取其平均值亦可大為減少。

13 各種誤差重要性之比較 由以上各節可知常差及累積差較偶差及相消差為重要，且同一數量施測次數多其平均值不受偶差影響此外頗難再作更確切之比較。總之任何顯著誤差必須設法消除或改正之。至顯著二字亦屬相對之詞往往在其體情形下認為顯著者在其他情形下即不顯著。例如精密測量距離時需讀溫度以定鋼尺脹縮，而普通測量時所需精度較低則溫度所之誤差不顯著矣。

14 觀測值之調整及最諒必值 最諒必值係由觀測值而得者，當各觀測值間關係複雜時必須應用最小二乘式原理計算，但普通常見者多為簡單情形即不用該原理亦能計算。

普通常見之情形有二(1)同一數量復測數次(2)互相關係之不同數量分別施測。

(1) 同一數量復測數次 如各次觀測精確相同此數量之最諒必值為各觀測值平均值。例如一距離用相同精度復測三次結果為 210.014, 210.018, 210.013 公尺，則最諒必值為 $\frac{1}{3}(210.014 + 210.018 + 210.013) = 210.015$ 公尺。又角度複測四次結果為 $30^\circ 29'$, $30^\circ 31'$, $30^\circ 31'$, $30^\circ 30'$ 最諒必值為 $30^\circ 30.5'$

$$\frac{1}{3}(30^{\circ}29' + 30^{\circ}31' + 30^{\circ}31' + 30^{\circ}30') = 30^{\circ}30'15''。$$

(2) 互有關係不同數量分別施測，各數量必須滿足兩個以上條件時其最諒必值需用最小二乘式計算較為複雜不在本章討論範圍之內，但僅有一個條件時則此問題大為簡單。此情形又可分為二種 (a) 數觀測值之和等於一固定數量 (b) 數觀測值之和等於另一總觀測值。前者和數與固定數之差為真差，後者和數觀測值之差為較差。

(a) 數觀測值之和等於一固定數量時平均分配差數於各觀測值，結果為各觀測值之最諒必值。例如觀測三角形諸內角為 $79^{\circ}40'$ ， $45^{\circ}11'$ ， $55^{\circ}8'$ 其和數為 $179^{\circ}59''$ 差數為 $1'$ 平均分配之應各得 $20''$ ，故最諒必值為 $79^{\circ}40'20''$ ， $45^{\circ}11'20''$ ， $55^{\circ}8'20''$ 。需注意者 $1'$ 雖為三角和數之真差但每角之真差仍不知之。

(b) 數觀測值之和數等於另一總觀測值時平均分配差數於各觀測值惟必須包括總觀測值，因此處總觀測值亦非絕對正確倘觀測精度均相同其所包含之誤差亦與各分觀測值無何差別故需一併改正。各分觀測值改正數之符號與總觀測值改正符號相反。例如一角度觀測值為 $107^{\circ}8'$ 分為三部分觀測之為 20° ， $30'$ ， $41^{\circ}23'$ ， $45^{\circ}14'$ ，較差為 $107^{\circ}8' - (20^{\circ}30' + 41^{\circ}23' + 45^{\circ}14') = 1'$ ，改正數為 $\frac{1}{3} \times 1' = 15''$ ，最諒必值為 $107^{\circ}7'45''$ ， $20^{\circ}30'15''$ ， $41^{\circ}23'15''$ ， $45^{\circ}14'15''$ 。

15 最諒必值 最小二乘式之基本原理係假設在同一情形下一數值觀測無窮大次數其平均值可不包含偶差，故各觀測值中如均常常差消除則平均值即係最諒必值。在實際測量時無窮大次數之觀測乃不可能，任何兩次觀測亦絕不能在完全相同情形下實施，且常差又不能完全消除，故最諒必值僅為一理

市立高工土木工程科

8

測量學講義

想值，惟複測次數愈多常差消除愈完全則最諒必值與真值愈接近而已。

16 殘差 一數值觀測若干次求得之最諒必值與任一觀測值之差數謂之殘差。殘差數目與值測次數相同。

17 諒必差 一數值之諒必差為使該值之真差較其或大或小之機會相等。例如一測線度量若干次平均值亦即最諒必值為 179.415 公尺，平均值之諒必差為 ± 0.012 公尺。此表示該測線真差較 0.012 公尺大或小之機會相同，但絕無真差不超過 0.012 公尺之義讀者宜加注意。

平均值之諒必差可用為比較各組測量精度之用。如上例測線又作第二組測得平均值 179.423 公尺平均值諒必差 ± 0.023 公尺，則二組結果如下所示。

	最諒必值	諒必差
第一組	179.415	± 0.012
第二組	179.423	± 0.023

第一組平均值之諒必差約為第二組者之二分之一，此表示第一組較第二組精確兩倍，蓋諒必差與精確度係成反比例。

由最小二乘式原理知權與諒必差平方成反比例，故諒必差又可用以定各組之權。如上例第一組之權為第二組之四倍。

18 權 權為比較觀測結果價值之數目字，如同一距離在相同情形下複測 9 次，6 次得 245.37 公尺，3 次得 245.34 公尺，則觀測值 245.37 公尺之權為 6，245.34 公尺之權為 3。因權僅為比較相對之價值，故二者之權亦可用 2 與 1 表示之。

權不同之各觀測值欲求其最諒必值與以前所述用平均值之方法不同。各

觀測值分別以其權乘之，其和數以權之和數除之即得最諒必值，為與前述平均植區別又稱之為權平均植。上例之權平均值計算如下。

$$\text{權平均植} = \frac{2 \times 245.37 + 1 \times 245.34}{3} = 245.36$$

19 諒必差之計算 應用下列公式計算諒必差必須注意三點，(1)常差應盡量消除，(2)於可能範圍內使觀測在同一情形下實施，(3)至少複測三次。僅觀測兩次時即以較差表示精度。

設 n = 觀測次數

v = 殘差

E = 任一觀測值之諒必差

E_0 = 平均值之諒必差

$$\text{則} \quad E = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} \dots \dots \dots (1)$$

$$E_0 = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \dots \dots \dots (2)$$

設 p = 權之比例數

R_0 = 平均值之諒必差

$$\text{則} \quad R_0 = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum v^2 p}{(n-1) \sum p}} \dots \dots \dots (3)$$

設 R_s = 若干獨立數植和數或差數之諒必差

$r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ = 各獨立數值之諒必差

$$\text{則} \quad R_s = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + \dots + r_n^2}$$

市立高工土木工程科

10

測量學講義

20 計算示例

第 一 組				第 二 組			
次數	角 度	v	v ²	次數	角 度	v	v ²
1	60° 20' 20''	4	16	1	60° 20' 20''	14	196
2	30	6	36	2	21 00	24	576
3	10	14	196	3	20 40	4	16
4	20	4	16	4	21 00	24	576
5	40	15	256	5	20 20	16	256
6	10	14	196	6	30	6	36
7	20	4	16	7	10	26	676
8	40	16	256	8	20	16	256
平均值 = 60° 20' 24'' $\Sigma v^2 = 988$				平均值 = 60° 20' 36'' $\Sigma v^2 = 2588$			
$E_0 = \frac{0.6745}{\sqrt{n(n-1)}} \sqrt{\Sigma v^2}$ $= 0.0901 \times (\pm 31.4) = \pm 2.8'$				$E_0 = \frac{0.6745}{\sqrt{n(n-1)}} \sqrt{\Sigma v^2}$ $= 0.0901 \times (\pm 50.9) = \pm 4.6'$			
$E = E_0 \sqrt{n} = \pm 2.8' \times 2.8 = \pm 8.0'$				$E = E_0 \sqrt{n} = \pm 4.6' \times 2.8 = \pm 12.9'$			

上例二組結果係不同觀測者用不同儀器所測之同一角度。第一組平均得諒必差為±2.8''，第二組為±4.6''。此表示二組精度成4.6與2.8此例約為5比3。

欲由二組平均值再求一最諒必值，則需先知二組之權。因權與諒必差平方成反比，故二組權之比為 $\frac{1}{2.8^2} : \frac{1}{4.6^2}$ 約為 3:1。

$$\text{最諒必值} = 60^\circ 10' + \frac{2.4'' \times 3 + 36'' \times 1}{4} = 60.20' 27''$$

第三章 距離測量

21 距離測量之重要 距離測量為一切測量之根據。一測量常包括距離測量與角度測量二種，一般人多以量距簡易而忽視之殊不知無論量角如何準確此測量之精度亦不能較距離精度為高。事實精密量距並非易事，非機敏而小心之測量者不克為之。距離測量常發生錯誤致複測二次結果不符。有時雖複測相符亦不能遂認為結果準確，因其中或包含種種常差尚未消去，故避免錯誤及消除常差為量距中重要問題。

22 量距用之尺度 量距用之尺有卷尺，測鍊，測繩，竹尺，鑲鋼尺等茲分述如下。

卷尺 卷尺有鋼卷尺及布卷尺二種簡稱鋼尺及皮尺。凡精密距離測量均用鋼尺。鋼尺寬約十分厘至十五公厘，長度自 20 至 100 公尺，最小刻劃為公厘，捲於十字架上或皮匣中保存之，普通多用 30 或 50 公尺長者。鋼尺質脆當成環狀時用力拉之最易折斷需加留意，此外注意勿使車輪輻過行人踏之或彎成銳角以免損傷，又使用後需立即擦拭乾淨保存時則塗以油類如凡士林等以防生銹。皮尺為麻織薄帶，優良者內夾銅絲，寬約十五公厘二面塗以油漆，最小分割為公分，捲於皮質圓匣中。因質地不堅易於伸長，只能用較較粗之測量。

測鍊 測鍊係以鐵條與小鐵環相間連綴而成，相隣二鐵環之距離為 20 或 25 公分。整公尺處之鐵環繫以小銅牌上刻尺數。以其運用不便且易生鉅大誤差用者漸少已歸淘汰矣。

測繩 測繩為金屬線製成包以布質，每隔一公尺有一金屬環上刻尺數。

市立高工土木工程科

12

測量學講義

因攜帶便利常用於較粗之測量。

竹尺 將竹皮刮光刻劃爲之。在產竹之區可自行製作長短隨意。以其耐用價廉多樂用之。

鑲鋼尺 以鑲及鋼之合金製成，成分爲鑲 36% 鋼 64%，膨脹係數極小僅 $0.000002/1^{\circ}F$ 爲鋼鐵膨脹係數三十分之一，幾不受溫度影響，故最宜用於精密測量工作中。

其他尚有步數計輪轉計等。步數計置步行者袋中可記載步數，輪轉計置車軸上可記載車輪轉數以測推離。因其使用便利多於勘查及形欲得約略距離時用之。

23 量距用之附屬物 量距除應用各種尺度外尚需若干附屬物如測釘，花桿，垂鉗等，分述如下。

測釘 測釘爲長約三公寸徑約半公分之鋼釘，上端鑄成小環繫以紅白布條俾在草地上易尋覓，下端尖銳以便插入土中。普通以十一根爲一組套於一大鐵環上。其用途有二，(1)插入土中爲鋼尺度量時起迄之標誌，(2)用以記鋼尺度量次數。如所用鋼尺爲50公尺者，插去七根即知所量距離爲350公尺。

花桿 花桿爲徑約3公分之圓木桿，下端削尖包以鐵皮以便插入土中。長自2公尺至4公尺不等，分爲若干節每節長25或50公分上塗以漆紅白相間。測二點間距離時用以瞄直線以便用鋼尺量續度量。

垂鉗 在斜坡上量水平距離時需將鋼尺一端抬高用垂鉗懸於該端而得其在地面上之投影。垂鉗爲銅或鐵製中實以鉛下端尖銳上端以線繫之。普通麻線頗不耐用以粗苧線爲適宜。

24 平地量距之方法 用鋼尺量距離時以二人各執鋼尺一端，在前者為前鍊，在後者為後鍊。設欲用50公尺鋼尺測量由A至B之距離。先於B點立一花桿。後鍊持花桿一根及鋼尺終端立於A點。前鍊持花桿一根測筭十根向B前進。後鍊俟前鍊行至相當地點時呼曰「好」，前鍊即止步。後鍊視前鍊之花桿俟三花桿成一直線時又呼「好」，前鍊即用花桿尖在地上錐一小孔，將花桿置於地上，使鋼尺經過小孔而拉緊之。俟後鍊將鋼尺終端比準A點再呼「好」時前鍊即比準零端插一測筭。前鍊插筭後鍊繼續前進，後鍊執鋼尺隨之行至測筭處呼曰「好」，仍用上法施測。惟此次第二測筭插好後，後鍊將第一測筭拔出持手中隨前鍊前進。最末測筭至B點距離設為32.41公尺，後鍊取得6根測筭，則A-B距離為333.41公尺。遇所測距離過遠十筭用罄即距離已滿500公尺，後鍊需將所收十筭交付零鍊。

茲將前後鍊之重要任務歸納之如下。前鍊之任務有二。(1)以適當拉力將尺拉緊。(2)比準鋼尺零端將測筭插入土中。後鍊之任務有四。(1)前鍊之花桿使之在測線上。(2)當前鍊拉緊鋼尺時令鋼尺終點比準尺筭。(3)俟前鍊將第二筭插妥後將第一筭拔起携之。(4)所收測筭滿十根後交與前鍊。

25 斜坡上量距之方法 測量中無論在平地或坡地所需距離恒為水平距離。在斜坡上量水平距離較為煩雜其法有二，(1)沿斜坡量距再以計算改正之，(2)分段度量惟鋼尺不置斜坡上每次均使鋼尺一端懸起保持水平位置。茲分述之如下。

(1)如d為斜坡兩端高度差，S為傾斜距離，L為水平距離如第一圖所示，則可用下列公式計算之。

$$L = \sqrt{S^2 - d^2} \dots \dots \dots (1)$$

第一圖

坡度不大時 s 與 L 之值相近可用下列近似公式計算較為簡單。

$$S^2 - L^2 = d^2$$

$$(S+L)(S-L) = d^2$$

$$S-L = \frac{d^2}{S+L}$$

$$= \frac{d^2}{2S} \text{ (近似)}$$

$$L = S - \frac{d^2}{2S} \text{ (2)}$$

公式(2)中 $\frac{d^2}{2S}$ 可視為改正數由斜距離 S 中減去即得水平距離。

(2)直接量水平距離時下坡較上坡為易。下坡量距時後鍊將鍊端置地面上，前鍊將他端抬高使鋼尺水平再懸垂球於此認得其投影於地面上以測其位置即得一鋼尺之長度。如此繼續向前施測至最後一段不及一鋼尺長度時垂鉈對準終點再讀尺數，將各段距離相加即得所需之水平距離。上坡量距與上法相反，後鍊將尺端抬高以垂鉈對測點；前鍊將尺端置地面上插釘。當前鍊將尺拉緊時後鍊需保持尺端與測點確在一垂直線上，但尺端已懸空不易穩定故較下坡量距稍難。一般測量多喜用花桿代替鉈垂以其使用簡單且不受風

之影響，惟欲得精密結果仍以用垂鉞爲宜。

坡度過陡鋼尺兩端地面高低相差太多時則一鋼尺長度不能一次量完需分段度量。如後鍊持鋼尺一端，前鍊沿直線向前進行俟高度差已超過 1 公尺乃持任一刻劃或一整公尺數使鋼尺成水平，用垂鉞投該點於地面上，以測釘誌該點位置。後鍊進行至測釘位置比準該刻劃於測釘，前鍊向前進行倘仍不能量完可再依上法續量至完成一鋼尺長度爲止。此時後鍊需將標誌鋼尺中間點之測量立刻交與前鍊以免最後數測釘數目與鋼尺數不符鍊。

斜坡量距之一般通病爲下坡尺端常失之太低致鋼尺不能確成水平，蓋目力不準雖下坡尺端稍低亦視視若水平也。

26 精密量距要點 以上所述係普通量距之方法，對於溫度，拉力，垂曲及鋼尺本身長度不準所生之誤差皆未計及，施測時用普通測釘，隨直線用花桿，於坡地上拉尺僅以目觀察鋼尺是否水平。在最精密工作中施測方法較爲複雜，鋼尺長度需詳爲比較，施測時記錄溫度以便改正，用彈簧秤保持標準拉力，鋼尺間多加支點以免鋼尺懸空生垂曲差，標誌鋼尺兩端位置用其他精密方法代測釘如於木椿頂上釘銅片上刻極細刻劃等，俯直線用經緯儀，打木椿時使椿頂均在同一高度下則鋼尺自或水平或各椿頂在一均勻斜坡上再計算水平距離。各種改正方法見下章。介乎普通測量與最精密測量之間各種工作則可斟酌情形選用各種方法。

27 距離之估計 估計距離常足爲實測之助。其法有二。(1)目估，從事測量稍久者類能用目力估計距離，惟此項技術全憑經驗無特殊方法。(2)步法，此法較目測估計爲準確，惟測量者應知其每步之長俾可按其步數以計距離。常人在平地每步之長約爲 0.8 公尺。

第四章 量距之誤差

28 誤差之原因

- (1) 卷尺長度不準及刻劃不勻。
- (2) 溫度變遷及其他天然原因。
- (3) 施測不合法如卷尺不水平，瞄線不直，拉尺不緊，拉力不準，垂曲，標誌尺端不準等。

(4) 人為誤差如讀尺不準，少記一卷尺長度等。

29 卷尺測長度不準之誤差此係累積差甚為重要尤以用較粗之尺度為然如皮尺，測繩，測鍊等。其正負視尺之長短而定，如尺太短所測距離必較實際距離為長誤差正號，反之尺太長時所測距離較實際為短誤差負號。茲舉例六明如下。二點間距離為 200 公尺以 50 公尺卷尺量之，設此尺短 0.005 公尺即真長 49.995 公尺結果將為

$$200 \times \frac{50}{49.995} = 200.020 \text{ 公尺}$$

反之如鋼尺長 0.005 公尺則為結果將為

$$200 \times \frac{50}{50.005} = 199.980 \text{ 公尺}$$

因卷尺長度不準測距所生誤差可以下列公式改正之。

$$\text{改正距離} = L \times \frac{l}{l'}$$

L 為實測距離， l 為卷尺真長， l' 為卷尺刻劃長度。仍用上例鋼尺 0.005 公尺， $l=49.995$ 公尺， $l'=50$ 公尺， $L=200.020$ 公尺

$$\text{改正距離} = 200.020 \times \frac{49.995}{50} = 200.000 \text{ 公尺}$$

卷尺長 0.005 公尺時， $l = 50.005$ 公尺， $l = 50$ 公尺， $L = 199.980$ 公尺

$$\text{改正距離} = 199.980 \times \frac{50.005}{50} = 200.000 \text{ 公尺}$$

30 溫度變遷之誤差 凡精密鋼尺均有標準溫度及標準拉力，在該溫度與拉力時鋼尺長度始能準確否則即生誤差。不節先討論因溫度變遷所生誤差，至拉力之誤差則於第 34 節討論之。

此誤差係累積差，施測時溫度較標準溫度低時鋼尺較真長為短誤差正號，反之溫度過高誤差為負。精密測量中需觀測溫度加以改正，至普通測量則可不計。精密量距多喜於陰天時實施因鋼尺溫度與大氣溫度相近，若鋼尺受日光直射則頗難測得其實際溫度。

鋼尺之膨脹係數知不確知可用 $0.0000117/1^{\circ}\text{C}$ 或 $0.0000065/1^{\circ}\text{F}$ 以 k 代之。設標準溫度為 t_0 ，施測時溫度為 t ，實測距離為 L ，則

$$\text{改正數} = + kL (t - t_0)$$

31 鋼尺不水平之誤差 此為正累積差甚重要，可用第 25 節方法改正之。

32 瞄線不直之誤差 此亦為正累積差但甚易覺察。用經緯儀瞄線時多失之太準，蓋用 30 公尺卷尺量距一端歪出 20 公分長度誤差不及 1 公厘。普通測量時即由後鍊用手中心花桿瞄前鍊花桿。使之向左擺左手，使之向右擺右手，使之多移動擺手急，使之稍稍移動擺手緩。前鍊如能直向終點方向前進，再以後鍊位置及量距起點估定自己位置可使後鍊省事且可節省時間不少。精密測量中則以經緯儀瞄測託以免此種誤差。

市立高工土木工程科

18

測量學講義

33 拉尺不緊之誤差 二尺端雖均在線上但拉尺不緊尺之中部落於線外亦生誤差。此為正累積差亦頗重要，前後鍊需加注意。

34 拉力不準之誤差 拉尺時所施拉力如永較標準拉力為大或小時則生累積差。如有時過大有時過小則生相消差。普通測量時此種誤差不重要多不計之。精密測量中則以彈簧秤拉尺使拉力合標準。若所施拉力與標準拉力不同時以下列公式改正之。

$$\text{改正數} = + \frac{L(P - P_0)}{AE}$$

L 為實測距離(公分)，P 為所施拉力(公斤)，P₀ 為標準拉力(公斤)，A 為鋼尺之斷面積(公分²)，E 為彈性率如不確知可用 2,000,000 公斤/公分²，改正數之單位與 L 之單位同。

35 垂曲差 鋼尺兩端懸空則其中部下宕而生垂曲，兩端距離遂小於尺長。以之量距所得結果恒太長而生正累積差。改正之法有三。

(1) 加強拉力使尺伸長以抵消垂曲影響。此法需先算出所需拉力至應用時亦感困難多不用之故不贅。

(2) 用公式計算改正數以改正實測距離。公式為

$$c = - \frac{d}{24} \left(\frac{wd}{P} \right)^2$$

c 為二支點間之改正數(公分)，d 為二支點之距離(公分)，w 為鋼尺單位長度重量(公斤/公分)，P 為拉力(公斤)。此公式計算煩雜亦不常用。

(3) 鋼尺間多加支點以減少垂曲，支點愈近垂曲影響愈小，此為精密測量中最常用之方法。

36 標誌尺端之誤差 此係相消差但甚為重要。量距時前鍊未將測杆中

市立高工土木工程科

測量學講義

19

心比準尺端後端未將尺端比準測釘中心均足以發生誤差，尤以在斜坡上用垂鉤或花桿投尺端於地面時更難準確。精密量距時沿線打木椿上釘銅片刻細分割以誌尺端則可減少此種誤差。於坡地時可於較低木椿上設置三腳架以支呈鋼尺且可使垂鉤穩定，經緯儀或水準儀上之三腳架即可應用。

37 讀數不準之誤差 不足一卷尺之距離需讀尺數至公分或公厘。讀尺所生誤差普通均極小且為相消差不甚重要，惟有時發生下列錯誤需加注意。

(1) 誤認零點 卷尺之零點有在柄上者亦有距柄數公寸者必須認清。

(2) 多計或少計一卷尺之長 前鍊所記之尺數必須與後鍊所收之尺數相核對。

(3) 顛倒計算公尺數 例如用 50 公尺鋼尺量距誤認 26 公尺為 24 公尺，因鋼尺零端有由前鍊持之者亦有由後鍊持之者故易發生此種錯誤。

(4) 數字錯誤 例如誤以 32.46 為 32.64，或倒讀數字誤以 9 為 6 以 86 為 98 等。

38 量距之精度 量距之精度有以單一觀測值諒必差或平均值諒必差與距離之比例表示者，有以較差與距離之比例表示者。後者比較簡單用者較多，如距離為 500 公尺較差為 0.05 公尺，則精度為 $1/10000$ 。複測次數多則以用前者為宜。

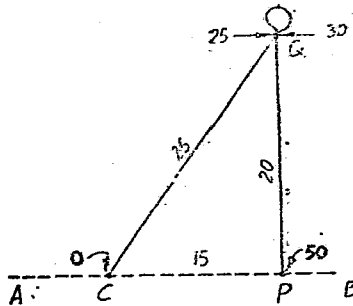
精度視測量性質而異鄉間土地測量最粗者較差與距離之比例可至 $1/400$ 或 $1/500$ ，城市測量精密者至 $1/20000$ 或 $1/30000$ ，大地測量中精度尤高。 $1/500$ 之精度用測鍊或皮尺等施測即可獲得。鐵路或其他施工測量欲得 $1/5000$ 精度時，則需用鋼尺度量經緯儀瞄直線並注意拉力用垂鉤標誌尺端，欲得 $1/10000$ 以上之精度時更需測定溫度拉力改正實測距離以期準確。

第五章 距離測量中各種問題

39 垂直線與平行線 以鋼尺作垂直線平行線與製圖相似均應用普通幾何原理。其不同者地面高低不平線或弧不能直接畫出，故作法與製圖稍異。

(1) 自線上一點作垂直線

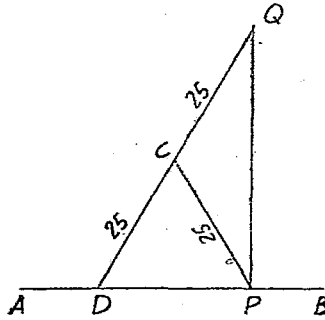
第一法(3—4—5法) 三角形中三邊長度如成 3 : 4 : 5 之比，則對最長邊之角為直角。應用此原理可得一作垂直線之法。第二圖所示為自 AB 線上 P 點用 50 公尺鋼尺作垂直線。在 AB 線上作 C 點距 P 點 15 公尺。置鋼尺零端於 C，50 公尺刻劃於 P，持 25 及 30 公尺刻劃於一處不用部分成一環狀將尺拉緊得 Q 點即所求者。



第二圖

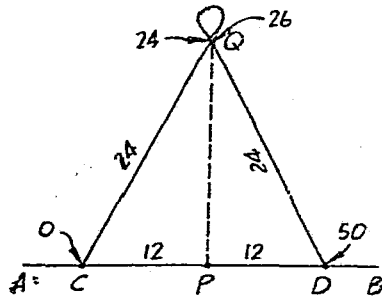
第二法 第三圖亦為自 AB 線上 P 點作垂直線之法，置鋼尺零端於 P 點，作任意點 C 距 P 點 25 公尺。置 25 公尺刻劃於 C 點不動，移零端於 AB 線上得另一點 D。零端及 25 尺刻劃在 D 及 C 點不動將全尺拉直於 50 公

尺刻劃處得 Q 點即所求者。



第三圖

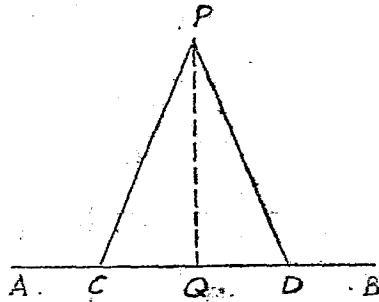
第三法 如第四圖置 12 公尺刻劃於 P 點，於零端得 C 點，24 公尺刻劃處得 D 點。零端於 C 點不動，置 50 公尺刻劃於 D，將 24 及 26 公尺刻劃於一處將尺拉緊即得所求點 Q。



第四圖

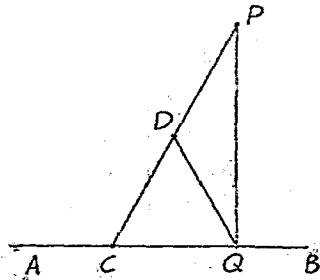
(2) 自線外一點作垂直線

第一法 置鋼尺零端於已知點 P 以適宜距離作圓弧交已知線 AB 於 C 及 D 點。其中點 Q 即所求者。



第五圖

第二法 此法與第三圖中作法原理相同步驟相反。如第六圖先於 AB 線



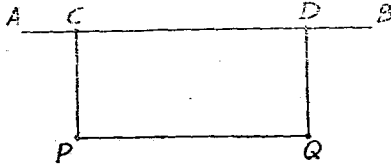
第六圖

上選任意點 C。求 PC 之中點 D。以 D 為中心 DC 為半徑作圓弧交 AB 於所求點 Q。

第三法 自 AB 已知線上任一點作垂直線，再自已知點 P 作一線與之平行。平行線之作法見下節。

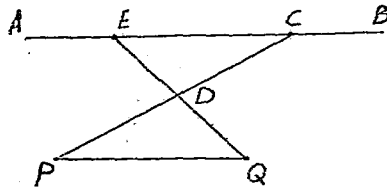
(3) 經已知點作平行線

第一法 如第七圖自已知點 P 作 PC 垂直 AB。自 AB 線上任一點 D 作垂線 DQ 長度等於 PC，Q 點即所求者。



第七圖

第二法 如第八圖於 AB 線上選任意點 C。求 EC 之中點 D。再於 AB 線上選任意點 E。使 DQ 等於 DE，則 Q 點即所求者。



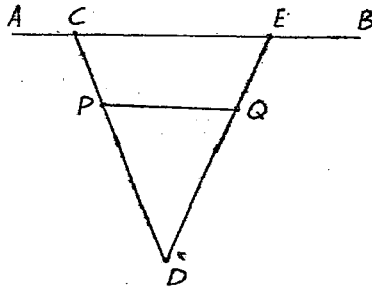
第八圖

市立高工土木工程科

24

測量學講義

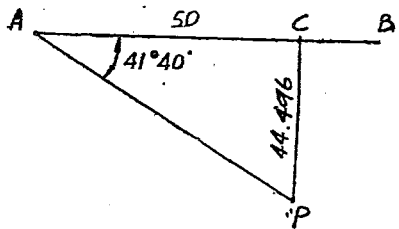
第三法 第九圖中作 CD 線經 P 點，再作 DE 線使等於 CD。作 DQ 使等於 DP，Q 點即所求者。



第九圖

40 角度之設置及度量 角度可用鋼尺設置及度量之精度尚佳誤差不致超過 5'。茲將設置角度方法舉例說明於下，至度量角度方法原理與之相同惟步驟相反故不贅。

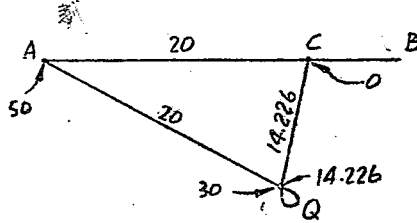
(1) 正切法 第十圖中爲於 AB 線上 A 點設置順時針方向 $41^{\circ}40'$ 之角



第十圖

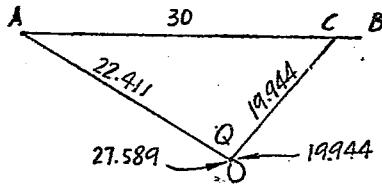
度。於 AB 線上選 C 點使 AC 距離為整數如 50 公尺。自 C 點作垂線 CP 其距離 = $50 \tan 41^\circ 40' = 44.496$ 公尺。P 點即所求者

(2) 弦線法 一角度之弦線為其弦長與半徑之比。真值可由弦線表中查出。無此表時則可查其半角正弦乘 2 得之。上例中角度之弦線 = $2 \sin 20^\circ 50' = 0.71130$ 。第十一圖中於 AB 線上量適宜距離 AC 如 20 公尺，則該角弦長 = $20 \times 0.71130 = 14.226$ 公尺。置鋼尺零端於 C，50 公尺刻劃於 A，將 14.226 及 30 公尺刻劃於一處將尺拉緊即得所求點 Q。



第十一圖

(4) 正弦餘弦法 第十二圖中於 AB 線上量適宜距離 AC 如 30 公尺，



第十二圖

則 $30 \sin 41^\circ 40' = 19.944$ 公尺， $30 \cos 41^\circ 40' = 22.411$ 公尺。置鋼尺零端於

市立高工土木工程科

26

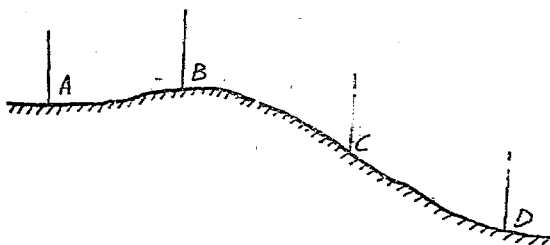
測量學講義

點，50公尺刻劃於A點，持19.944及27.589公尺刻劃於一處將尺拉緊即得所求點Q。

41. 量距之障礙 遇障礙物不能直接量二點間距離時則需應用幾何原理間接測量之。惟實地情勢處處不同方法亦非固定要在臨時斟酌情形設法解決之。茲舉數例於下以見一般。

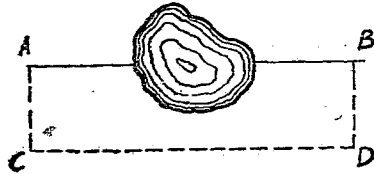
(1) 兩點間有障礙物如山脊等不能互相望見

第十三圖中A, D爲不能望見之點各有一花桿表示其位置。一人向A進行至B點但需能望見D，一人向山下進行至C點但需能望見A。B及C均不在AD線上，但此二人互相瞄準則可漸近。B用D點瞄C, C用A點瞄B, B再用D點瞄C, C再用A點瞄B。最後B, C均至AD線上，量AB, B, C, CD相加即得AD距離。



第十三圖

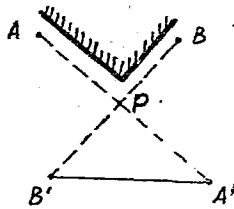
(2) 兩點間有障礙物如水池等不能通過但可互相望見 如第十四圖自A, B兩點作二長度相等之垂線AC及BD。量CD即得AB距離。



第十四圖

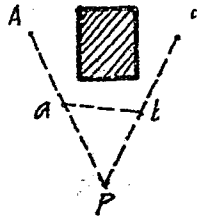
(3) 兩點間有障礙物如房屋樹林等不能通過且不能互相望見

第一法 如第十五圖選 P 點能望見 A 及 B。使 $PA' = PA, PB' = PB$, 則 $A'B' = AB$ 。



第十五圖

第二法 如第十六圖選 P 點使 $PA = PB$, 於 PA 及 PB 線上取 a, b 二點



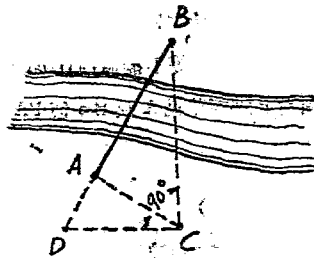
第十六圖

使 $P_a = P_b$, 則 $AB = ab \times \frac{PA}{P_a}$

(4) 一點不能到達但可望見

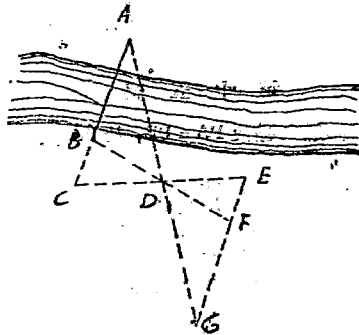
第一法 第十七圖中 B 為不能到達之點。自 A 點作適宜距離 AC 垂直

AB。自 C 作 CD 垂直 BC 與 BA 延長線相交於 D 則 $AB = \frac{AC^2}{AD}$



第十七圖

第二法 如第十八圖取任意點 C 於 AB 延長線上。選任意點 D。使

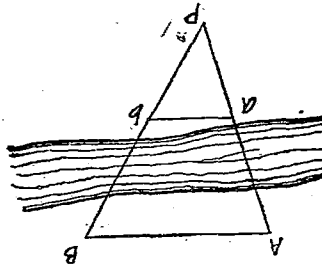


第十八圖

= DC, DF = DB 求 AD 與 EF 之交點 G 則 FG = AB。

(5) 二點均不能到達 第十九圖中 A, B 為不能到達之點。選任意點 P, 用以上方法求 PA 及 PB 距離。於 PA 線上取任意點 a, 於 PB 線上量 Pb 使

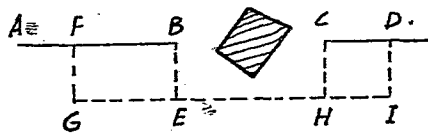
$$Pb : Pa = PB : PA \text{。量 } ab, \text{ 則 } AB = ab \times \frac{PA}{Pa}$$



第十九圖

42 延長直線之障礙

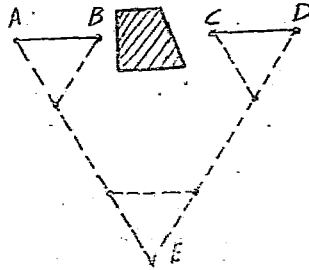
第一法 第二十圖中 AB 已知線為房屋所阻欲延長之。自 B 點作 BE 垂直 AB。自 F 作垂線 FG 等於 BE。延長 GE 過障礙物。於 H 及 I 作垂線



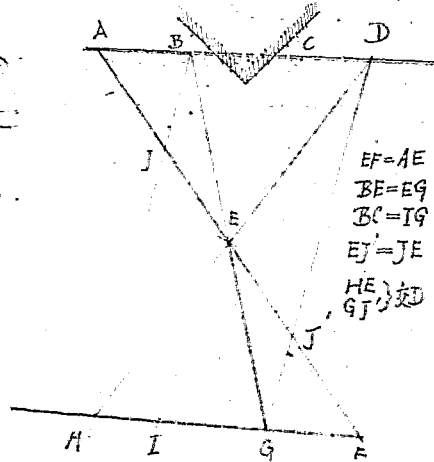
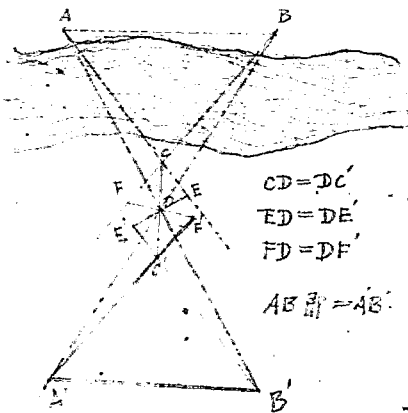
第二十圖

AC 及 ID 各等於 BE，則 CD 為 AB 之延長線

第二法 第二十一圖中 AED 為等邊三角形係於 A, E, D 諸點各作一小等邊三角形而得。GD 即 AB 之延長線。此法亦可用以間接量二點間距離。



第二十一圖



第六章 水準測量之儀器

43 水準儀 水準儀為測量地面高低之主要儀器，可分為二類定鏡水準儀與活鏡水準儀。此外尚有德國製之蔡司水準儀構造雖異但不能自成一類亦可分定鏡及活鏡者。各種水準儀形式雖略有不同而大別之可分為三部(1)望遠鏡(2)縱軸(3)基座。

望遠鏡用以觀測物體分目鏡十字線物鏡三部裝於鏡筒之內。物鏡收集物體所發光線而成一倒像於十字線平面。目鏡將物像及十字線放大以便視。經過物鏡光心與十字線交點之線謂之視線。望遠鏡下裝有水準管內盛酒精與以脫混合液而留一氣泡。倘儀器校正完善當氣泡在中央時視線即在水平位置。

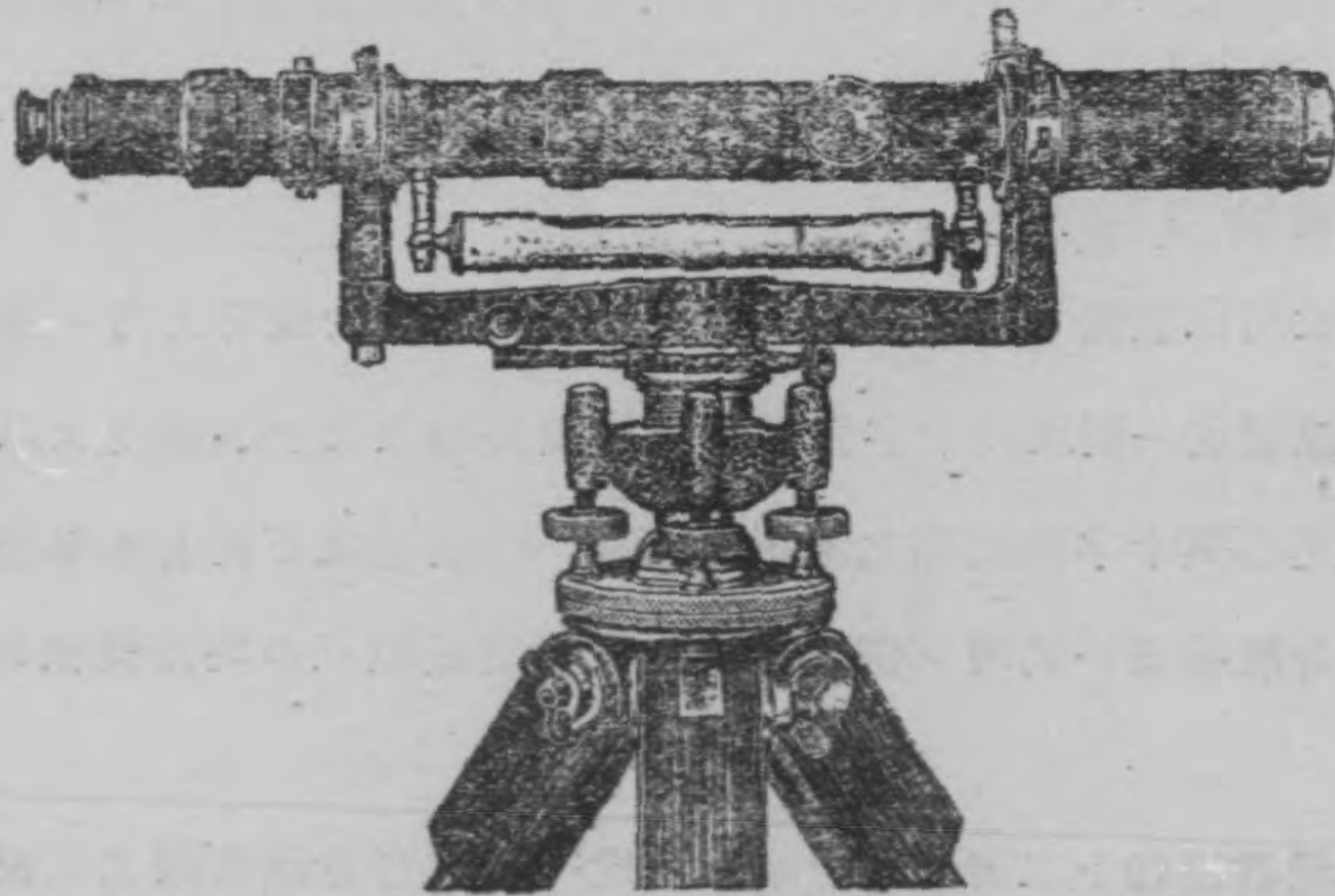
望遠鏡置縱軸上二者或可分離或連成一體，可分離者謂之活鏡水準儀，連成一體者謂之定鏡水準儀。縱軸上有止動螺絲及微動螺絲各一個。止動螺絲司縱軸轉動，將之旋緊縱軸固定不動，鬆開時縱軸連同望遠鏡可自由旋轉。止動螺絲旋緊後如欲使縱軸徐徐轉動以便照準觀測物體時可旋轉微動螺絲，惟微動螺絲需俟止動螺絲旋緊後始能發生效用。縱軸與望遠鏡中視線成直角，故水準管氣泡在中央時縱軸成垂直。

縱軸插於基座，基座中下有四個基座螺絲司氣泡之移動。基座裝於三腳架上以支持儀器全體。三腳上端各有一元寶螺絲，施測時將之旋緊儀器與三腳架即能穩定，搬移時將其旋鬆三腳即能收束於一起。

以上所述為一般水準儀之構造。茲更將各種水準儀分別述之如下。

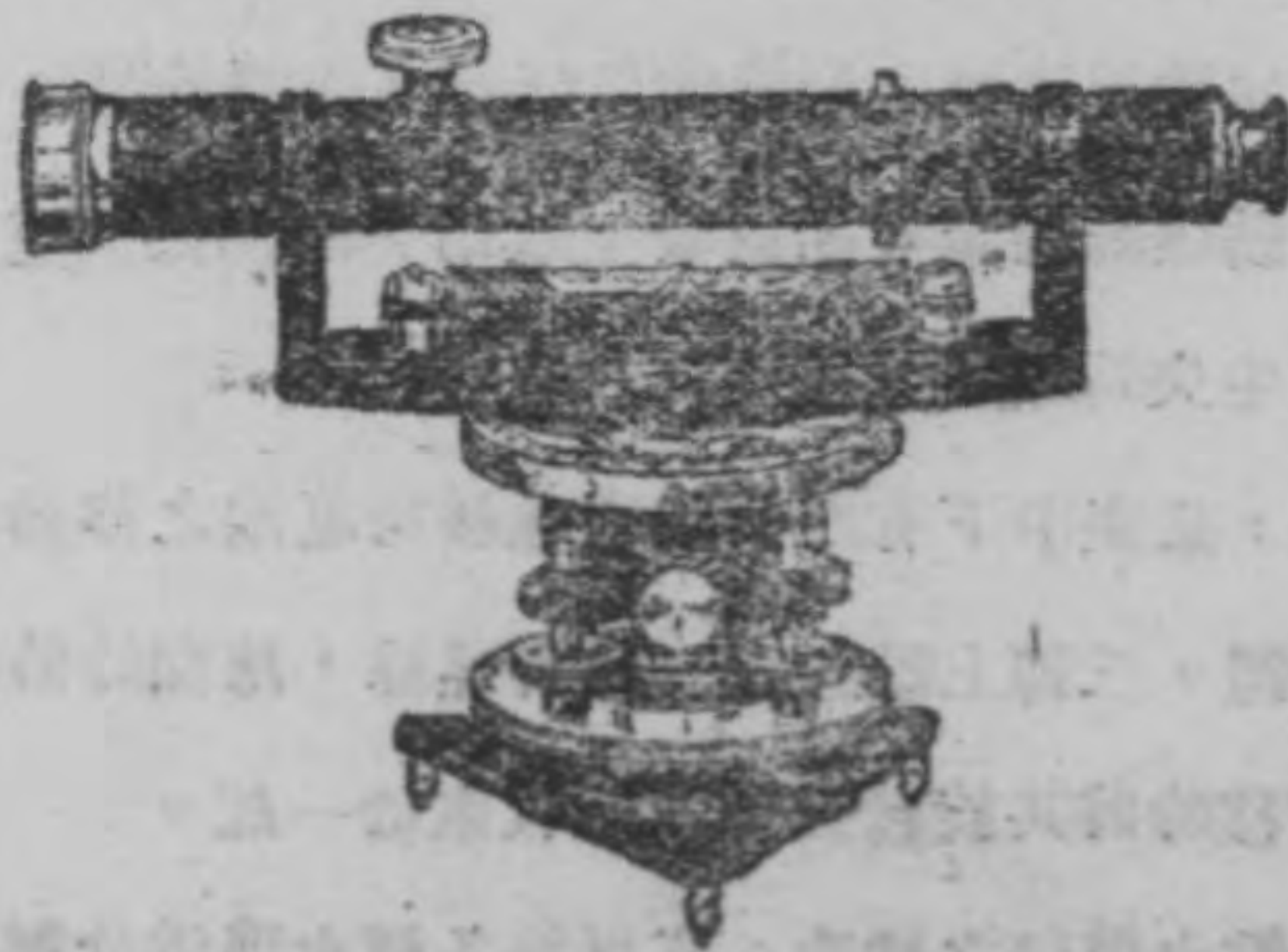
44. 活鏡水準儀 活鏡水準儀之望遠鏡係支於二Y形鏡叉上，故又Y名

型水準儀。鏡叉上有一栓，將栓拔出扳開鏡叉上半部，則望遠可在鏡叉中繞其本身軸線自由旋轉並可取出重置之使兩端互易其位置，其所以如此裝置者為求校正便利但不如定鏡水準儀堅實也。



第二十二圖 活鏡水準儀

45 定鏡水準儀 定鏡水準儀之望遠鏡與縱軸連成一體不能分離亦不能

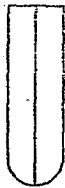


第二十三圖 定鏡水準儀

繞其本身軸線旋轉。此種裝置雖校正時較為費事但構造簡單而堅實且校正完善後可支持較長時間。

46 蔡司水準儀 蔡司水準儀種類頗多其構造則大致相同。本節所述者為二號蔡司水準儀。

望遠鏡與縱軸不能分離，惟望遠鏡下有一扳頭將其捺下望遠鏡可左右旋轉。向左稍轉遇阻時十字縱線成垂直。向右旋轉又遇阻時恰轉 180° 縱線又成垂直。此種構造於校正極為便利。水準管在望遠鏡旁玻璃上無刻劃。管上有折光鏡將氣泡縱分之，又橫分之為二反射其像於望遠鏡旁小鏡中如第二十四圖(甲)其左為氣泡一端其右為氣泡他端。此圖中二者等長即下部成一整半圓，氣泡必在中央而視線水平。氣泡不在中央時則如第二十四圖(乙)所示



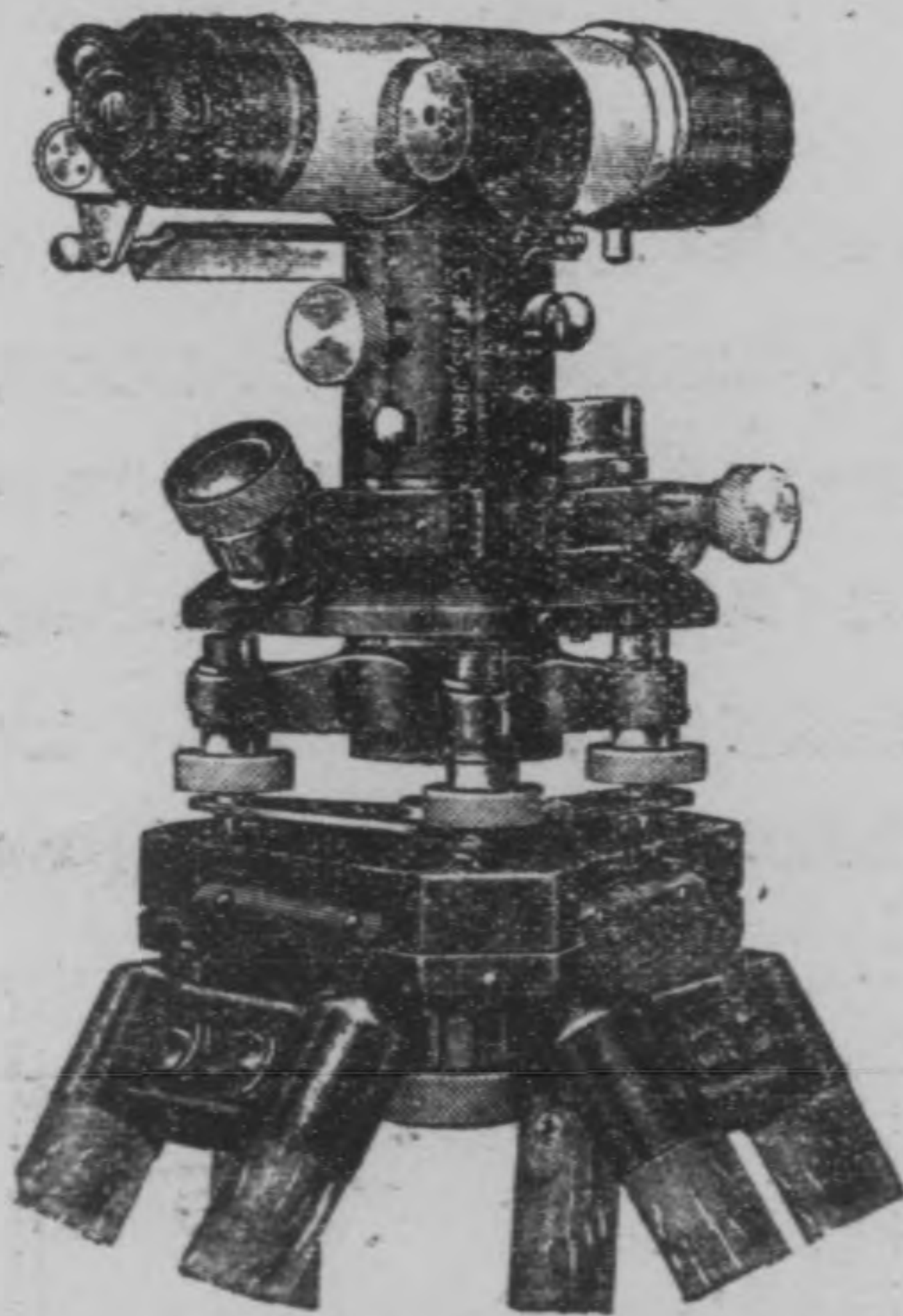
第二十四圖(甲)



第二十四圖(乙)

縱軸置基座中，其旋轉亦以止動螺絲及微動螺絲司之。縱軸旁有圓水準盒，用基座螺絲將其圓氣泡對至正中時縱軸即成垂直，但水準盒靈敏性甚低頗難使縱軸確成垂直。此並無妨礙因望遠鏡之俯仰用另一微動螺絲司之使望遠鏡旁氣泡居中視線水平，不必再動其座螺絲以免變更望遠鏡之高低。換言之縱軸與視線不必確成直角，縱軸不垂直視線亦能水平，故儀器使用簡單迅速為一大優點。

使用水準儀時將基座置三脚架頂上以大螺絲連繫之。基座螺絲祇有三個較四個螺絲穩定且對氣泡時較為迅速。



第二十四圖 二號蔡司水準儀

蔡司水準儀具有定鏡式及活鏡式之長而無其短，優點甚多，茲述其最著者如下。

(1) 設置儀器時僅用基座螺絲使圓水準盒中之氣泡居中即可甚為容易故設置儀器異常迅速。

(2) 望遠鏡指任何方向時氣泡像如不吻合可用微動螺絲對之，不必再使用基動螺絲，故儀器高度不變，所測結果自較他種水準儀為準確。

(3) 校正迅速而準確，既校正後可支持時間較久。

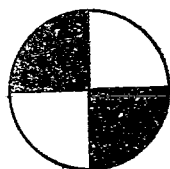
(4) 觀測者立目鏡前即能藉折光鏡反射之像觀察氣泡是否在中央，不似他種水準儀必須轉身至水準管前始能觀察氣泡。此種動作於土地鬆軟時，常能擾動儀器使之下沉而變更其高度。

(5) 儀器與三脚架均甚輕，攜帶便利。

(6) 儀器轉動部分均包藏於內部塵沙雨點不易侵入。

47 水準尺 水準尺為測量高低所用之尺以乾透之松木為之，可分為規牌式及自讀式二種。

規牌式水準尺上附有規牌如第二十六圖所示。持尺者依觀測者之指示將規牌上下移動至其中線與十字橫線重合時，讀規牌中線所示之尺上讀數。此法費時太多極有礙於工作速度故通常皆不用之。



第二十六圖 規牌

自讀式水準尺係直接由望遠鏡讀十字橫線所示水準尺上之刻劃。此法簡單迅速精度亦佳故多樂用之。現在應用最廣者為塔尺係方盒形共三節可以逐節抽出總長 5 公尺。最小刻劃為一公分。其前面四週有隆起之邊以減少尺面被污損之機會。

48 塔尺墊 塔尺墊可插入土中以支承塔尺。作法為三角鐵板一塊折其三角向下，上面中央作一半球形小頂。如是則尺底與尺墊僅接觸於一點，雖尺面移轉方向而高低不變。

49 手水準儀 手水準儀爲一長約十五公分之銅管置於一木桿上用以測短距離粗糙水準高度最爲適宜。銅管上有水準管，中置反光鏡佔銅管橫斷面積之半與管之縱軸成 45° 角。管之一端有小孔從孔中可窺見此鏡反射之氣泡像。此像爲反光鏡之中線平分時視線即成水平。



第二十七圖 手水準儀

第七章 水準儀之用法

50 水準儀設置法 定鏡及活鏡水準儀之設置法完全相同。其唯一目的爲使望遠鏡無論指任何方向視線永在水平位置故氣泡永居正中。此外並需注意二點。(1) 三脚架插入土中需堅實以免儀器下沉。(2) 望遠鏡之高低需適適合觀測者體高。茲將設置之法述之如下。

(1) 支開三脚架安置於地上，踏三足下端之鋤踏脚使之深入土中。同時注意架首使約略成水平，此可用肉眼察之。然後旋緊三足上端之元寶螺絲以資穩定。

(2) 旋轉望遠鏡使之平行二對角基座螺絲。轉此二螺絲使氣泡至正中。轉法係兩手同時動作方向相反，氣泡移動之方向與左手拇指動作之方向一致。再旋轉望遠鏡使之平行另外二對角基座螺絲，用同樣方法使氣泡至正中。望遠鏡再轉 90° 平行第一次二基座螺絲重覆行之至望遠鏡無論指任何方向氣泡均居正中設置始稱完成。

倘基座螺絲轉動不靈，不可用力太猛防螺絲受傷，需詳查其原因或係螺絲中有積垢或係架首傾斜螺絲高低相差過鉅，然後加以適宜之處置。

蔡司水準儀設置法亦大致相同，惟對圓氣泡係用三個基座螺絲。先轉動任意兩個螺絲方向相反與上法相同，望遠鏡不動再轉動另一螺絲即可使圓氣泡至正中。

51 望遠鏡使用法 使十字線及觀測物體同時清晰可見謂之對光。其法爲先轉動目鏡使十字線清晰，再轉動鏡筒上大螺絲以移動物鏡至物像亦清晰

市立高工土木工程科

38

測量學講義

爲止。有時因物鏡移動十字線模糊可再將以上手續重覆即可使二者同時清晰。

欲照準一目標可先循鏡筒上面覘視，旋轉望遠鏡直指該目標，然後從望遠鏡內覘視即可至視界之內。

對光時觀測物鏡愈遠物鏡愈向內移動，物鏡愈近物鏡愈向外移動。故曰遠者近，近者遠。

水準鏡有帶視距線者爲十字黃線上下等距離之二短線。觀測者宜加注意不可誤以其爲橫線而用之。

不可執望遠鏡以旋轉之以防損壞，應養成執鏡筒下黃桿以旋轉之習慣。

第八章 水準測量之原理

52 水準測量之目的 水準測量之目的有二。

(1) 測定地面上二點或數點間之高低差，如測地面上一點較他點高若干或低若干。

(2) 標定一點或數點於地上使之適合規定之高度，如標定各點在一水平面上或在一斜坡上。此種測量步驟與(1)相反。

53 水準基面 同一水準測量中所有各點高度均需以一共同水準基面為根據。水準基面通常為一假想水平面，即以其高度為零。各測點與此水準基面之垂直距離為該點之高度，簡寫 El.。測點較水準基面高時高度正號，較水準基面低時高度負號。

平均海平面為一最適宜之水準基面。我國華北測量以大沽口平均海平面為零點，華中以吳淞口平均海平面為零點，華南以珠江口平均海平面為零點，惜尚無連絡以臻統一。至局部測量或距海較遠之處亦有任意假定任一平為水準基面者。

54 水準標點 水準標點為一已知高度之固定不動點。其效用有二。(1) 由此水準標點以推測其他各點之高度。(2) 備他項測量之校對及比較。水準標點之簡寫為 B.M.。

55 視線平面 水準儀校正良好設置妥善後視線旋轉所成之平面為水平面，謂之視線平面。亦即無論望遠鏡指何方向視線永在水平位置。

56 水準測量之基本方法 水準測量僅有二步手續。(1) 測已知高度點與視線平面之垂直距離以得視線平面之高度。(2) 測視線平面與測點之垂直

市立高工土木工程科

40

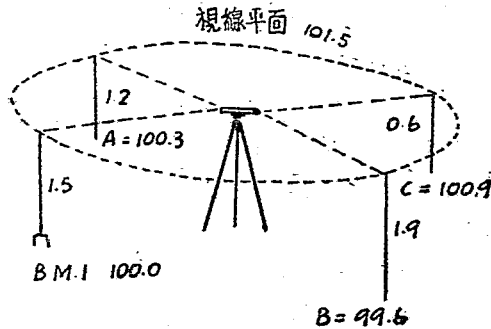
測量學講義

距離以得該點高度。

第二十八圖中水準標點B.M.1之高度為100公尺亦即在水準基面上100公尺，欲求A,B,C各點之高度。

第一步水準儀設置妥善後以望遠鏡照準B.M.1上之塔尺，讀數為1.5公尺，則視線平面較B.M.1高1.5公尺，故其高度 $=100+1.5=101.5$ 公尺。

第二步望遠鏡照準A點上水準尺如讀數為1.2公尺，則A點地面較視線平面低1.2公尺，故其高度 $=101.5-1.2=100.3$ 公尺。同理在B點讀數為1.9公尺則B點高度 $=101.5-1.9=99.6$ 公尺，在C點讀數為0.6公尺則C點高度為100.9公尺。



第二十八圖

57 鏡高 視線平面在水準基面上之高度謂之鏡高，簡寫 H.I.。上例中 101.5 公尺即鏡高。

58 後視及前視 照準已知高度點上水準尺以測視線平面較該點高若干而得鏡高謂之後視，簡寫 B.S.。上例中照準 B.M.1 即係後視。

照準未知高度點上水準尺以測該點較視線平面低若干而得其高度謂之前視，簡寫F.S.。上例中照準A, B, C各點皆係前視。

59 水準量之原理 由以上所述可得下列公式。

$$El. + B.S. = H.I.$$

$$H.I. - F.S. = El.$$

換言之欲測定一點之高度有二步手續。(1) 後視一已知高度點其讀數與該點高度相加而得鏡高。(2) 前視所求點由鏡高減去其讀數即得此點高度。

水準儀設置一次即能將各點高度測得時上述原理即致應用。遇水準儀需移動數次時測法亦不過將上列二手續重複實施而已。水準儀在第一位置前視一點得其高度，至第二位置即後視該點以得鏡高，俟前視另一點後再移動水準儀繼續實施。

60 中間點及轉點 凡一點上兼有後視及前視者謂之轉點，簡寫T.P.。其僅有前視而無後視者謂之中間點，簡寫Int.。第二十八圖中如移水準儀於他處後視B點繼續向前施測，則B為轉點，A及C為中間點。故後視轉點可得新鏡高，而中間點僅為求該點高度或標定該點於已知高度之用。

61 轉點之重要 中間點讀數如有誤差僅影響及其本身與他點無關，而轉點如有誤差則以後各點莫不受其影響故觀測時需特加注意。

62 高度差水準測量 此種測量目的僅為測得二點或數點間高度差，至各點間地面高低情形則無庸顧及。

63 縱断面水準測量 此種測量為沿地上已定測線每隔固定距離之點悉行測定而得地面沿此測線之縱断面圖。縱断面圖可表示沿此線地面起伏情形。

市立高工土木工程科

42

測量學講義

64 校對水準測量 爲發覺水準測量誤差計複測一次校對重要水準標點之高度謂之校對水準測量。

65 橫斷面水準測量 此種測量目的爲測定主測線兩旁地面高低，多用於道路或鐵路測量求與路線成直角方向之橫斷面。

66 雙鏡位水準測量 欲精密測定二點間之高度差可用雙鏡位法。先置水準儀於一點附近測兩點之高度差，再置儀器於他點附近使兩次視線長約略相等再測兩點之高度差。以二次結果之平均數作爲該二點之高度差，用此法所得結果較爲準確因種種誤差均已消除也。

67 設置已知高度之點 設置已知高度之點與以上方法相反，多用於施工測量如釘斜坡樁等。

(1) 斜坡 一段地面經人工填挖後成一均勻之傾斜度者謂之斜坡。其坡度以水平距離 100 公尺垂直距離升高或降低若干以表示之。如 1% 坡度爲每水平距離 100 公尺升高或降低 1 公尺。5% 坡度爲每 100 公尺升高或降低 5 公尺。

(2) 釘斜坡樁 釘樁於地上並標示該點需填高或挖深若干始能適合規定之斜坡謂之釘斜坡樁。凡修築道路埋設陰溝水管等工程均需先釘斜坡樁。

(3) 斜坡讀數 由鏡高減去一點規定高度即得該點斜坡讀數，即由鏡高向下量此距離始能設置該點。換言之如能持水準尺使恰讀此數，尺底即應在規定斜坡上。如鏡高爲 109 公尺欲於 A 點釘樁使樁頂高度爲 107 公尺則 A 點斜坡讀數爲 $109 - 107 = 2$ 公尺。

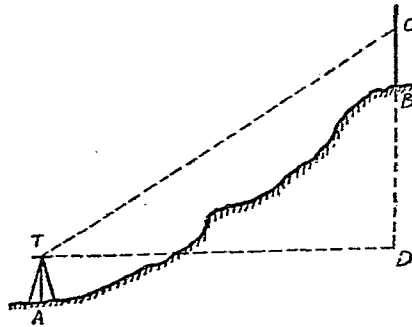
68 三角水準測量 此係應用垂直角及水平距離計算高度差之方法。第二十九圖中 T 爲經緯儀望遠鏡之中心，C 爲尺上一點使 $BC = TA$ 。量得水平

市立高工土木工程科

測量學講義

43

距離 TD 及垂直角 CTD ，則 $CD = TD \tan CTD$ 而得 C 點與 T 點之高度差亦即 B 點與 A 點之高度差。



第二十九圖

第九章 水準測量實施方法

69 水準測量隊之組織 水準測量最少需二人，一人司水準儀一人扶水準尺。我國習慣路程遠時通常用五人，一人司水準儀，二人扶水準尺，一人設水準標點，一人指儀器及傘。僅司儀器者為工程師或測量員外其他職務概以測工任之。

70 水準測量隊之用具

扶水準尺者 水準尺一個，尺墊一個，斧子一把。

司水準儀者 水準儀一架，手簿及鉛筆。

設水準標點者 斧鑿各一件，紅磁油一罐，大楷筆一枝，大釘若干枚，小羅盤一個，皮尺一盤，手簿及鉛筆。

持傘者 傘食具等。

71 水準尺之讀法 讀水準尺之方法有二。

(1) 用規牌式水準尺時，扶尺者依觀測者之手勢將規牌上下移動。觀測者欲規牌向上時舉手向前上方過肩，欲規牌向下時手垂至肩下。自肩向上或向下緩緩擺動表示需緩緩移動規牌於該方向。手置於側方表示規牌需暫停動作。俟規牌中線恰對準十字橫線時，兩手高舉過頂再放下表示正好，扶尺者即將規牌旋緊讀尺記入手簿中。然後扶尺者報告讀數，觀測者即將該讀數記入其手簿中。扶水準尺不垂直時，觀測者欲尺向左舉左手直向上方向左揮動，欲尺向右舉右手直向上方向右揮動。

(2) 用自讀式水準尺時，觀測者自行窺定十字橫線所截尺上之讀數而記錄之。此為通行之法簡單迅速，距離長時精度較前法亦無多讓。

72 扶水準尺之方法 扶水準尺需垂直而穩定，且手指不可遮蔽尺面。尺向左右傾斜，觀測者用十字縱線可覺察之以手勢使之改正。若前後傾斜觀測者無從覺察故扶尺者需特加注意。扶水準尺共有四法。

(1) 扶尺者立尺後雙手扶持之使其前後左右均不傾斜。

(2) 扶尺者立尺側使尺無前後傾斜，至左右傾斜則依觀測者手勢而改正之。

(3) 扶尺者立尺後將尺前後徐徐搖動，觀測者讀最小讀數即尺在垂直位置之讀數。

(4) 另裝一圓水準盒於尺上。使氣泡居中則尺成垂直。亦有水準尺於其後面及側面鑲入二水準管，此二氣泡均至正中尺即垂直。

此四法互有利弊。第一法最為簡單惟扶尺者需富有經驗始能勝任。第二法於風大時不易穩定。且面不向觀測者觀察手勢較為困難。第三法費時太多僅能用於較重要部分如轉點，水準標點等。第四法最佳惟需多用一小水準盒稍增用費。

73 起點 如測量目的僅為求各點間相互高度差，則可設定任一適宜水準標點為起點，假設其為 100 公尺，1000 公尺或其他適宜之高度能使以後所測各點高度不致有負號。此係假設任意水準基面不願海平面或其他水準基面。

如欲根據某一水準基面求各點高度，則需得一以該基面為零之已知高度水準標點，再以之為起點。不能得此種水準標點時亦可隨意設定一個為起點，假設適宜高度。以後能由已知高度點求出其真高時即可得改正數。所測其他各點均以此數改正之。

74 水準測量實施方法 水準測量中主要者為高度差測量及縱斷面測量

市立高工土木工程科

46

測量學講義

。施測方法大致相同，惟前者所有各點均係轉點後者則兼有中間點及轉點，分述之如下。

(1) 高度差測量 觀測者設置水準儀於適宜地點，後視起點之水準尺，將讀數記入手簿。另一扶尺者置水準尺於 T.P. 1，與儀器之距離約等於後視。觀測者前視 T.P.1，記讀數於手簿中，持儀器前進，選適宜地點設置水準儀，後視 T.P.1。此時在起點之扶尺者已向前進行至 T.P.2，仍使前後視約略相等。觀測者前視 T.P. 2 後再前進。如此重覆行之即可測得所求點之高度。

(2) 縱斷面測量 地上已有測線每隔固定距離釘一木椿需將各點高度均行測定。施測方法與以上大致相同惟設置儀器一次可前視若干中間點。前視中間點時水準尺應置椿旁地面上得地面高度以備畫縱斷面圖之用。轉點多選用同定物體如大石橋墩等。土地鬆軟不易覺得固定物體時可用塔尺墊，但亦有時欲用木椿為轉點者此時水準尺必須置椿頂上因椿頂穩固不似地面鬆軟不致使塔尺下沉而生誤差影響以後測量。測量者後視完畢後應立即前視轉點然後前視中間點，蓋儀器容有擾動而重要之轉點已經看完中間點稍有誤差無大關係。

中間點讀數如有誤差僅影響其本身與他點無關故不甚重要讀兩位小數至公分即可。轉點如有誤差以後各點莫不受其影響故觀測者及扶尺者對於轉點需特加注意。觀測者讀畢一數記入簿中後宜重讀一次以驗有無錯誤，並觀察氣泡是否仍在正中，如已偏斜應轉動水準螺絲使之復歸正中。小數宜讀三位至公厘。扶尺者應選堅實之物體以為轉點如大石，石碑等，土地鬆軟時則用尺墊。亦有如上所述利用木椿為轉點者惟不甚相宜，因椿頂難免傾斜前視與後視尺面轉換方向高低不免有所變更。

75 前後視之長度 前後視之長度視儀器擴大力，水準尺分割之粗細與地勢天氣之情形而定。如地勢平坦，天氣良好，水準尺最小分割為公分，擴大力為 30 倍以上，前後視可達 100 公尺。通常以介於 30 公尺與 100 公尺之間最佳，過長過短均非所宜。最重要者無論如何每一次儀器設置其前後視距離略相等以消除各種誤差。

76 水準儀設置地點之選擇 選擇設置水準儀之地點需注意下列各點。(1) 無車輛行人之攪擾。(2) 土質堅實。(3) 與前後二轉點距離約略相等。在斜坡測量時常有坡下之視線較坡上之視線為長之弊。欲使前後視距離略相等可用下法。水準儀直在坡下轉點之上，惟坡上轉點則在水準儀一側，雖僅高出少許而距離可大為伸長。

在峻坡上缺乏經驗者設置儀器常使視線太長致上坡時視線太高切不到坡下之尺頂，下坡時線太低切不到坡上之尺底，結果必須重移儀器反耗時間。富有經驗者能於上坡時使視線將切尺頂之下，下坡時使視線將切尺底之上。

77 轉點之選擇 由上節可知轉點之位置需由視線之長短，儀器之位置而定。此外所選之點必須堅固穩定且易於尋覓者，大石，石碑，橋基等均為適宜物體。土質鬆軟時可用尺鑿，將之用力踏入土中置尺於頂上以為轉點。街道上不能使用尺鑿時，可擇平坦處用紅磁油或紅臘筆作記號以為誌。

78 水準線過河 水準測量前進時，常遇河流橫阻。河寬不及 100 公尺者無大關係，其寬達數百公尺者則發生下列二問題。(1) 視線太長不能視視清楚，尺上分割不易設定。(2) 視線太長則地球弧面差及折光差(見第十章)即行顯著。免除第一項困難可用視牌式水準尺由扶尺者讀數。消除第二項誤差可用雙鏡位法，於河之兩岸各設置水準儀一次，用二次求得高度差之平均數即可將弧面差及折光差消去。

79 設立水準標點 水準標點分永久臨時二種。

(1) 永久水準標點 一水準標點如需永久保存以備以後應用如城市中之水準標點，其設立應特別注意。普通作法如下。選不致毀動且易於尋覓地點埋設石樁於冰凍線之下。石樁全長約八公分露出地面部分為正方形高二公分每邊長約一公分，埋入土中部分以粗而不加修鑿者為佳周圍灌以混凝土以期穩固。頂部嵌一圓頂小金屬柱以錫灌之以便置尺。詳細記載其位置並以草圖繪明與四周物體之關係。精確測定其高度刻於石樁之一面。

(2) 臨時水準標點 水準標點有係臨時應用者，如路線測量中每隔一公里即設一水準標點。凡固定堅實易於尋覓之物如石階，石碑，石柱座，橋墩等皆可用之，以斧刻痕表示其位置並以紅磁油書水準標點號數，B. M. No. ()於其旁。有時於大樹根上去其皮釘以大釘亦可作為水準標點。

需要設立水準標點之地點則視測量情形而定如一水準線之起點及終點附近，水準測量暫時停止之處如下午收工明日再續測者，每隔數百公尺至一公里，經過山嶺之最高點及最低點，與公路及鐵路之交叉點，經過河流之兩岸等。

80 校對水準測量 水準測量常需校對以免錯誤，可於每日收工以前回到一次擇重要水準標點校對之。較大之測量隊中宜另以一組專司校對之責。

以相反方向覆測所得較差常較同方向覆測之較差為大，但其平均數則較準確因一部分累積差可以消除。

81 水準測量之速度 凡地勢，天氣，儀器，測量者經驗均與速度有關，而平地與山地之速度相差尤多。概括言之於平地上觀測者一人扶尺者二人隨能施測六公里以上。

市立高工土木工程科

測量學講義

82 水準手簿 水準手簿格式因測量性質不同而異。茲舉最常用之格式如下。

水準手簿格式

(左頁)

(右頁)

測 點 <small>Sto</small>	後 視 <small>Is</small>	鏡 高 <small>Hi</small>	前 視		高 度 <small>Height</small>
			轉 點	中間點	
B.M.1	1.745	25.813			24.068
0+000.000				0.612	25.201
+020				0.45	25.36
+040				0.17	25.64
T.P.	3.149	28.430	0.532		25.281
+060				1.45	26.98
+080				1.26	27.17
+100				1.07	27.36
+108.942				1.076	27.354
+120				1.25	27.18
T.P.	1.008	27.714	1.724		26.706
+140				2.00	25.71
+160				1.85	25.86
+180				1.49	26.22
+200				1.23	26.48
+220				2.06	25.6
+229.413				2.943	24.771
B.M.2			2.125		25.589
	5.902		4.381		25.589
	4.381				24.068
	1.521				1.521

重要測點及所有水準標點位置應於此頁繪草圖詳細記載之；需使以後再尋覓時不致發生困難。

市立高工土木工程科

50

測量學講義

說明 表中高度欄下 24.068 爲 B.M.1 之高度，1.745 爲後視 B.M.1 之讀數，故鏡高爲 $24.068 + 1.745 = 25.813$ ，填入鏡高欄之下。0.612 爲前視測點 Q+000.000 之讀數，故其高度爲 $25.813 - 0.612 = 25.201$ ，填入高度欄下，以下均同。表中轉點與中間點分列兩行係爲便利校對，方法見下節。

用此種格式記簿時需注意轉點前視應填入何處中間點前視應填入何處致感不便，故有將二者合併爲前視一欄者無論何種前視均填入此欄中。欲區別轉點與中間點可察凡後視欄有數者爲轉點無數者爲中間點。

高度差水準測量因無中間點前視故其記手簿時可將中間點一欄取消而成測點，後視，鏡高，前視，高度等五欄，此類前視係專指轉點前視而言。

83 水準計算之校對 所有後視之和與所有轉點前視之和相減其差數應等於起點與終點之高度差，轉點前視應包括終點之前視。上表中後視之和爲 5.902，轉點前視之和爲 4.381，二者之差爲 1.521。B.M.1 與 B.M.2 之高度差亦爲 1.521，故可表示計算無錯誤。

此種校對祇能發覺計算方面之錯誤，若施測之誤差則不能發覺之。又中間點並無後視其高度之計算亦不能以此法校對，惟有逐一重算以察是否算錯。

84 釘斜坡樁 設置儀器後知其鏡高及一點斜坡高度能算得斜坡讀數如第 67 節所述，用此斜坡讀數即可釘斜坡樁其手續與尋常測量相反。釘斜坡樁有下列各法。(1) 使各樁頂高度皆適合斜坡高度。此法雖甚爲理想但常不適用，因樁頂或在地面之下或高出地面甚多。(2) 使各樁頂較斜坡高度高或低一整數如 0.5, 1.0, 1.5 公尺等，此爲通用之法。(3) 使各樁頂高度約略

適合斜坡高度，然後在樁之一面畫一橫線或將樁頂鋸去以適合斜坡。遇不可能時可令樁頂或所畫橫線較斜坡高或低一整數，此於土地堅硬不能將樁打至所需高度時用之。(4) 任意打樁測樁頂高度，算得自樁頂起之填挖數寫明於樁上。此法需由工人度量小數易生錯誤。(5) 任意打樁將填挖數寫明於樁上但此填挖數概由樁旁地面算起。此法不其精密僅適用於粗草工作。如鐵路測量中初測時可用此法，俟路基完成鋪軌時再用第一法釘斜坡樁。

無論用何法釘樁每點應達之高度必須預知此為室內工作。於縱斷面圖求得一斜坡兩端之高度，依其差數與距離算出各點斜坡高度，記入水準手簿中，攜往野外使用。設置儀器求得鏡高即可將各點斜坡讀數算出。用第一法時於地上打木樁至樁頂上塔尺讀數等於斜坡讀數數時為止。第二法與上相同惟須用野外斜坡讀數使樁頂在斜坡上下整尺數。如斜坡高度為 120 公尺，地面高度為 124.86 公尺，鏡高為 125.89 公尺，則斜坡讀數應為 $125.89 - 120 = 5.89$ 公尺。但地面較斜坡高 4.86 公尺，樁頂若較斜坡高 5 公尺最為適宜，故野外斜坡讀數為 $5.89 - 5 = 0.89$ 公尺。第三法與以上二法相同惟打樁時使樁頂約略在所需高度上然後於樁旁畫橫線使塔尺底與橫線齊時塔尺讀該斜坡讀數或野外斜坡讀數。有時將樁頂沿橫線鋸去則所得結果將與以上二法相同。第四法中填挖數係樁頂高度與斜坡高度之差數。第五法中填挖數係地面高度與斜坡高度之差數。

樁之一面寫明樁號，對面則寫明填挖數。「+」號表示挖，「-」號表示填。如 +3.0 為挖 3.0 公尺，-2.5 為填 2.5 公尺。如第三法填挖以橫線為準者則自該橫線畫箭頭表示填挖。箭頭向上表示填，箭頭向下表示挖。

85 斜視線法釘斜坡樁 斜視線法為使視線不成水平而與預定斜坡平行

市立高工土木工程科

52

測量學講義

故中間各點斜坡讀數可以不變。水準儀經緯儀均可應用而以經緯儀爲尤便。第一步於斜坡兩端各打一樁使樁頂高度等於斜坡高度。置儀器於一端木樁之上，量望遠鏡中心至樁頂之垂直距離即爲斜坡讀數。立水準尺於他端樁頂上俯仰望遠鏡使視線在尺上之讀數等於斜坡讀數則視線與預定之斜坡成平行，中間各點所打木樁均使樁頂上塔尺讀此數故樁頂必均在斜坡上。此法雖頗簡捷便利，但地面起伏過甚者不能適用，故多用於傾斜度比較均勻之地面。用經緯儀時望遠鏡之俯仰可以垂直度盤微動螺絲司之，用水準儀時則設置儀器使二對角基座螺絲與視線方向平行然後轉動此二基座螺絲俯仰望遠鏡。

第十章 水準測量之誤差

86. 水準測量發生誤差之原因約有下列八種。

(1) 儀器之誤差 此又可分為二種，(a) 校正不完善，(b) 儀器非校正部分構造不良。

(2) 使用儀器或水準尺之誤差。

(3) 讀水準尺之錯誤。

(4) 覘視之誤差。

(5) 儀器或水準尺位置變動之誤差。

(6) 天然誤差。

(7) 記載或計算之錯誤。

(8) 個人誤差。

87. 儀器之誤差。

(a) 校正不完善之誤差 此係相消差但頗為重要。施測時倘能使前後視距離相等此種誤差即可消除。校正水準儀之主要目的為設置妥善後視線旋轉成一水平面。校正不完善時視線與水準管軸線不平行，則視線旋轉成一圓錐體之面其軸係垂線，故各水準尺至儀器距離相等時則被高度相等之圓錐體底面所截，而視線不成水平所生之誤差因之消除。

(b) 氣泡呆滯 氣泡移動呆滯者常有未至應行停止之位置時即不移動故生誤差。此雖係相消差但用此種氣泡難得準確結果。

(c) 物鏡移動之誤差 物鏡移動如不與望遠鏡軸線平行，則對光時可使視線移動。倘前後視距離相等物鏡無需移動，此種誤差可完全消除。

市立高工土木工程科

54

測量學講義

(d) 水準尺刻劃不準 此種誤差於普通測量無大關係，惟每一水準尺初次使用時需詳加比較。水準尺可以摺合者其聯接處易生鉅大之累積差。

88. 使用儀器之誤差

(a) 水準儀設置不妥善，對氣泡不準，以手觸動儀器各部均能發生誤差。
• 觀測時應對氣泡特加注意使其永居正中位置。

用普通定鏡或活鏡水準儀當讀畢後視旋轉望遠鏡時倘氣泡略有移動應旋動基座螺絲使之復歸正中然後讀前視。基座螺絲之轉動雖能影響鏡高而生誤差，但此種誤差甚為微小於普通測量無顯著影響。用蔡司水準儀時可旋動望遠鏡下微動螺絲使氣泡回至正中而不影響鏡高故此弊。

(b) 水準尺 水準尺向前或向後傾斜均使讀數太大，在轉點上生相消差。
• 此種誤差可注意第 72 節扶水準尺方法以減少之。

89. 讀水準尺之錯誤 讀水準尺最易發生之錯誤為多或少一公尺，次則誤讀公分數如 1.396 因距 1.4 頗近常讀為 1.496 等。其他如小數後第一位或第二位之零亦易忘掉，如 2.045 讀為 2.45，2.706 讀為 2.76，3.004 讀為 3.4 等。每一觀測者常有最易犯之錯誤應牢記心中特加注意以避免之。

90. 視視之誤差 視綫太長時讀數頗難準確此係偶差，十字線太粗觀測者視力不佳等均有關係，有時對光不準觀測者之目上下移動讀數即見差異。視綫長度適中自 30 公尺至 100 公尺時此種誤差可以減少。誤以視距綫為十字橫綫而讀數亦為時常發生之錯誤。

91. 儀器或水準尺位置變動之誤差。

(a) 讀畢後視尚未前視時如儀器下沉則前視讀數減少致測得各點高度太高。此係累積差於鬆土或凍土融解時其影響尤為顯著。避免之法一為設置儀

市立高工土木工程科

測量學講義

55

器於堅實地面上將三腳架用力踏入土中，一為讀畢後視即讀轉點前視然後再測中間點即不致影響轉點高度至中間點高度略有誤差無大關係。於相反方向施測一次取二者平均數亦可將誤差消除一部。

(b) 儀器受震動如車輛經過或觀測者在儀器旁行動亦生誤差尤以在鬆土或光滑地面時為尤其。儀器上有裝置返光鏡於水準管側方或上方者，將之扳開能使觀測者於讀尺時不移動位置即能望見氣泡之像不必轉身至水準管前致擾動儀器，蔡司水準儀望遠鏡旁裝有返光鏡視氣泡像是否吻合具此優點。為穩定起見將三腳架之二足置於平行測線方向內再注意將三足深深插入土中。

(c) 轉點在已經前視尚未後視之間下沉能使後視讀數增加致測得各點高度太高，此亦係累積差。選擇堅固穩定之轉點即能避免此種誤差，遇土地鬆軟不能選得適宜轉點時則以用塔尺為宜。

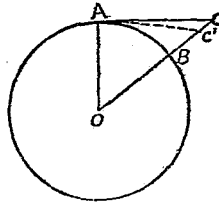
92. 天然誤差。

(a) 受日曬風吹儀器之變動 日光直射儀器時可使其各部發生大小不同之膨脹。如施測方向係向太陽則前視時前鏡又膨脹較多使前視讀數增加，後視時另一鏡又膨脹較多使後視讀數減少。增加前視減少後視均使所測各點高度太低而生累積差。施測方向相反時則使各點高度太高。又氣泡受日光曬照後即向受熱較甚之一端移動而生誤差。夏季日光劇烈時常使氣泡縮短甚多致不靈敏難得準確結果。欲避免以上誤差於晴天測量儀器宜以傘遮之撥移時以套覆之，如能於陰天時測量更佳。

熱空氣之對流及風力吹動水準儀常使水準尺似在望遠鏡中跳動頗難標準結果。精密水準測量常用風擋保護儀器以遮蔽風力及日光。

(b) 溫度變遷影響水準尺長度 在普通測量中不生顯著影響，在精密測量中則需注意及之。

(c) 弧面差 地面為弧面而視線則係直線第三十圖如設置儀器於A，立水準尺於B，假定A,B 兩點高度相等，視線依切線方向截尺於C點而生誤差BC
 * 此誤差謂之弧面差其影響為使讀數增加。計算之法如下。



第三十圖 弧面差

以 R 代地球半徑，E 代誤差 BC，因 BC 普通均極小故 A,B 二點間距離可認為 AC 以 D 代之而得下式。

$$OC^2 - OA^2 = AC^2$$

$$(R+E)^2 - R^2 = D^2$$

$$2RE + E^2 = D^2$$

$$E = \frac{D^2}{2R+E}$$

因 E 與 2R 相較為極微數量可以不計而得

$$E = \frac{D^2}{2R}$$

故知弧面差與距離平方成正比例。知 R 約等於 6,366,738 公尺，設 D 為 100

公尺，則 $E = 0.0008$ 公尺或一公厘弱，故於精密測量不無關係。消除之法爲使前後視距離相等。

(d) 折光差 由第三十圖可知 C 點空氣較 A 點空氣稀薄故光線發生曲折現象，即視線微向下彎成圓弧形如 C' A。其結果使水準尺讀數減少。此弧線隨大氣情形而不同，其直徑平均值約爲地球直徑之七倍，故折光差改正數爲弧面差七分之一。因其影響甚小尋常皆略而不計。如能使前後視距離相等亦可消除之。

93 記載或計算之錯誤 計算之錯誤可用第 83 節方法校對而改正之。記載若有錯誤則無從發覺，必須於記載時加以注意。最易犯之錯誤約有數端 (1) 將數字顛倒如 1.235 誤爲 1.325。(2) 後視誤填入前視欄中，前視誤填入後視欄中。(3) 忘記後視等。

94 個人誤差 個人每因習慣已成自然發生一種誤差，例如讀數常微嫌稍大或稍小，使用儀器不當發生同樣微小誤差等。此種誤差於普通測量無大關係但頗難避免。於相反方向複測，以二人讀尺取平均數或可消除其一部。

95 誤差之限度 定水準測量精度之方法有二。(1) 同一點之高度施測二次比較其結果以定之，此係較差而非真差。(2) 假定一點高度以之爲起點施測一周仍回至原點以二者差數定之，此係真差謂之閉塞差。

無論在何種情形一水準線之誤差與設置次數平方根成正比。但於平地上每公里設置次數大致相同，故誤差 E 與公里數 K 之平方根成正比，而得。

$$E = C \sqrt{K}$$

式中 K 爲水準線公里數， E 爲誤差單位與 C 同，常數 C 表示測量精度。

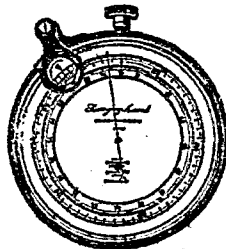
C 因測量目的，時間限制，測量者技術，儀器優劣，地勢情形等而不同。普通規定於平地上施測水準 C 不得超過 0.007 公尺。在此種精度下水準線長 1 公里誤差不得超過 0.007 公尺，長 4 公里時誤差不得超過 0.014 公尺。

第十一章 氣壓水準

96 氣壓計 氣壓計為測量大氣壓力之儀器。因地勢愈高空氣壓力愈小有固定關係，故可用氣壓計測二點氣壓差數以推知二點高度差。氣壓與高度關係約略如下，海平面平均氣壓為 760 公厘，自海平面每升高 12 公尺氣壓降落約 1 公厘。但氣壓因空氣溫度，地心引力不同亦生變遷，故以之測高度必須將此種原因所生變遷設法消除。用氣壓計僅能得近似結果，故多用於勘查測量或比例尺極小之地形圖。

氣壓計有二種為水銀氣壓計及真空氣壓計。前者之主要部分為一玻璃管長約一公尺包以銅管下端插入小玻璃缸中，玻璃管係真空缸中水銀受空氣壓力而上昇，管之上端裝一遊尺可讀水銀柱高度至 0.1 公厘。

真空氣壓計之構造大異於是，如第三十一圖係一圓盒直徑自數公分至十餘公分不等。其中有一半真空之小金屬盒，此盒極薄當空氣壓力變遷時盒面即起動作，此動作藉彈簧槓桿等傳至樞軸。指針係固定於樞軸上故隨之旋轉，在盒面上所指之數即相當於水銀柱高之公厘數。盒上外圈更刻有相當於氣壓之高度。



第三十一圖 真空氣壓計

15 氣壓計溫度訂正表

t 在零度上者訂正數應加若在零度下則應減去。

高度差	溫度 t (攝氏)									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
100	0.4	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7
200	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3
300	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	9.9	11.0
400	1.5	2.9	4.4	5.9	7.3	8.8	10.3	11.7	13.2	14.7
500	1.8	3.7	5.5	7.3	9.2	11.0	12.8	14.6	16.5	18.3
600	2.2	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6	19.8	22.0
700	2.6	5.1	7.7	10.3	12.8	15.4	18.0	20.5	23.1	25.6
800	2.9	5.9	8.8	11.7	14.7	17.6	20.5	23.4	26.4	29.3
900	3.3	6.6	9.9	13.2	16.5	19.8	23.1	26.4	29.7	33.0
1000	3.7	7.3	11.0	14.7	18.3	22.0	25.5	29.3	33.0	36.6
1100	4.0	8.0	12.1	16.1	20.2	24.2	28.2	32.2	36.3	40.3
1200	4.4	8.9	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.6	44.0
1300	4.8	9.8	14.3	19.1	23.8	28.6	33.3	38.1	42.9	47.6
1400	5.1	10.3	15.4	20.5	25.6	30.8	35.9	41.0	46.2	51.3
1500	5.5	11.0	16.5	22.0	27.5	33.0	38.5	44.0	49.5	55.0
1600	5.9	11.7	17.6	23.4	29.3	35.2	41.0	46.9	52.8	58.6
1700	6.2	12.5	18.7	24.9	31.1	37.4	43.6	49.8	56.1	62.3
1800	6.6	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	52.8	59.4	66.0
1900	7.0	13.9	20.9	27.8	34.8	41.8	48.7	55.7	62.7	69.6
2000	7.3	14.7	22.0	29.3	36.6	44.0	50.3	58.6	66.0	73.3
2100	7.7	15.4	23.1	30.8	38.5	46.2	53.9	61.6	69.2	76.9
2200	8.1	16.1	24.2	32.2	40.3	48.4	56.4	64.5	72.5	80.6
2300	8.4	16.9	25.3	33.7	42.3	50.6	59.0	67.4	75.8	84.3
2400	8.8	17.6	26.4	35.2	44.0	52.8	61.6	70.3	79.1	87.9
2500	9.2	18.3	27.5	36.6	45.8	55.0	64.1	73.3	82.4	91.6
2600	9.5	19.1	28.6	38.1	47.6	57.2	66.7	76.2	85.7	95.3
2700	9.9	19.8	29.7	39.6	49.5	59.4	69.2	79.1	89.0	99.2
2800	10.3	20.5	30.8	41.0	51.3	61.6	71.8	82.1	93.3	102.6
2900	10.6	21.3	31.9	42.5	53.1	63.8	74.4	85.0	95.6	106.3
3000	11.0	22.0	33.0	44.0	55.0	66.0	76.9	87.9	98.9	109.9
3100	11.4	22.7	34.1	45.4	56.8	68.2	79.5	90.9	102.2	113.6
3200	11.7	23.4	35.2	46.9	58.6	70.3	82.1	93.8	105.5	117.2
3300	12.1	24.2	36.3	48.4	60.5	72.5	84.6	96.7	108.8	120.9
3400	12.5	25.0	37.4	49.8	62.3	74.7	87.2	99.7	112.1	124.6
3500	12.9	25.8	38.5	51.3	64.1	76.9	89.8	102.6	115.4	128.2
3600	13.2	26.6	39.6	52.8	66.0	79.1	92.3	105.5	118.7	131.9
3700	13.6	27.4	40.7	54.2	67.8	81.3	95.3	108.5	122.0	135.6
3800	13.9	28.2	41.8	55.7	69.6	83.5	97.5	111.8	125.3	139.2
3900	14.3	29.0	42.9	57.2	71.4	85.7	100.0	115.1	128.6	142.9
4000	14.7	29.8	44.0	58.6	73.3	88.0	102.6	118.2	131.9	146.6

市立高工土木工程科

測量學講義

59

水銀氣壓計較為準確但攜帶不便水銀極易漏出玻璃又易破碎僅適於室內使用。野外測量普通皆用真空氣壓計。

97 高度之計算 高度差可用公式計算之。此種公式甚多其中最常用者為拉潑來斯公式 (Laplace's Formula) ; 其式如下。

$$D = 18400(\log h - \log H) \quad D = 6015.9 \cdot 6 (\log h - \log H)$$

h 為較低點氣壓公厘數, H 為較高點氣壓公厘數, D 為二點間高度差以公尺計, 惟尚未加空氣溫度地心引力變化等改正數。亦有根據上式製表者由氣壓公厘數 H 可查得 $18400 \log H$ 之值。故查出相當 h 及 H 之表中數值相減即得二點高度差 D 。

如用真空氣壓計可直接讀得高度

98 溫度之改正 氣壓因空氣溫度地心引力變遷而生差異, 故氣壓計上讀得之數需加以各種改正始能獲正確結果。惟此各種改正除溫度外均極微小氣壓計又非精密儀器故僅加以溫度改正其他可從略。改正之法為將上式中之 D 以下列數值乘之。

$$(c) 1 + 0.00367 t \quad \frac{t + t_0 - 10.0}{1000} \times D + D =$$

t 為沿線攝氏表平均溫度。如僅在兩地施測時即以該二地溫度平均數為沿線平均溫度。舉例說明如下。

甲地氣壓為543.0公厘溫度為9.4°C。乙地氣壓為719.0公厘溫度為8.6°C, 求兩地高度差。

$$h = 719.0$$

$$H = 543.0$$

$$t = \frac{1}{2}(8.6 + 9.4) = 9.0^\circ\text{C}$$

市立高工土木工程科

60

測量學講義

$$\begin{aligned} \text{兩地高度差} &= 18400(\log h - \log H)(1 + 0.00367t) \\ &= 18400(\log 719 - \log 543)(1 + 0.00367 \times 9) \\ &= 2243.5 \times 1.033 \\ &= 2317.5 \text{公尺} \end{aligned}$$

99 氣壓水準之實施 氣壓水準之測法有三，(1)一次觀測，(2)同時觀測，(3)長時間觀測。

(1) 一次觀測為一般常用之方法。將氣壓計攜至各測站各讀一數，此讀數包含各種誤差尤以天氣變動影響為最顯著。

真空氣壓計外圈之高度刻劃僅可用以求二點間高度差，而不可求一點在海平面上高度若干恐生鉅大誤差。若此高度差係活動者可置氣壓計於已知高度點上，轉高度圈使指針正指該高度。攜此氣壓計至其他各點即可直接讀得名點高度。因溫度及其他原因所生誤差均未消除僅能得近似結果。讀二測點氣壓及溫度用上節方法計算高度差可得較佳結果。

(2) 同時觀測為在二地於同一時刻觀測二氣壓計，此二氣壓計係預先比較使成一致或知其固定差數者。此法目的為消除二次觀測所經時間之天氣變動。一氣壓計保存於起點普通用水銀氣壓計於規定時刻每日讀若干次，一真空氣壓計與之比較後攜至各測點於任一規定時刻觀測一次。假設水銀壓計在起點之變化與真空氣壓計在測點之變化相同，以同時刻二者讀數計算高度差即可消除天氣變動之誤差。倘測站散在各地又不能在一測站作長時間觀測則用此法為最佳，惟測站距起點過遠二地天氣變化容有不同故亦難獲得理想結果。

(3) 長時間觀測係用水銀氣壓計，每隔固定時間觀測一次。經過長時間

市立高工土木工程科

測量學講義

61

取其平均數可得極佳結果，但因過於費事不適於測量之用。

氣壓水準誤差頗不一致通常為百分之一至百分之十。

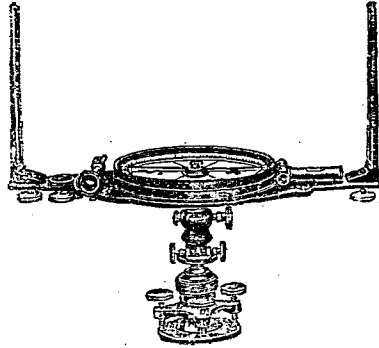
第十二章 羅盤儀測量

100 測角之儀器 測量角度之儀器有二種爲羅盤儀與經緯儀。羅盤儀因精度較低不適於精密工作而於粗草測量工作中以迅速爲主要目的者則較爲合用。現經緯儀上均附有羅盤裝置可代羅盤儀之用，故羅盤儀已漸歸淘汰矣。

101 羅盤儀 羅盤儀主要部分爲圓形羅盤盒及其中心支樞上之磁針，磁針在支樞上可自由旋轉其停止方向爲地球之磁極。利用此特性即可測得測線與磁北所作角度。羅盤盒係無磁性之黃銅所製其內周刻有度數通常至半度。直徑兩端記以 0° 作爲南北二端，南端書S，北端書N或其他記號。弧上度數向兩邊劃分自 0° 至 90° ， 90° 爲東西二方向分別以E及W表示之。磁針爲經強力磁化之鋼條長度爲5英寸或6英寸支樞兩面重量成平衡俾可旋轉自如。爲使針之兩端易於識別起見其北端通常作成一特別形狀，但普通爲平直者僅於南端繞以銅絲數圈以識別之。此銅絲係爲平衡北端之下傾，蓋北半球地表中磁針之北端恆受北極之吸引而下傾也。盒下有一小螺絲連於盒內之槓桿上當儀器不用時旋之即可使磁針升高離開支樞而固定之以防磨損。

羅盤儀之另一主要設備爲規板，盒之南北二端各裝一塊，在南端者有細微規孔兩個，在北端者中間開一寬闊之縫，縫中張一細線以便規視。亦有二規板均張細線者。此視線必須正對分度圈之南北二端而成一直線。

羅盤儀與三脚架連接方法有二。一爲球臼接合球臼之間壓力極小可在任何方向運轉自如，此接合裝於三脚架頂部。一用基座與水準儀器座相似，亦有將二者合併者。設置羅盤儀時需觀察羅盤盒下平板上互成直角二水準管以定羅盤盒是否水平。羅盤儀下裝自垂鉈俾可使儀器中心對準測點。



第三十二圖 羅盤儀

102 磁針偏差 除少數地點外磁針皆不指正北，有偏西者有偏東者。在任一地點任一時刻磁針所指方向為該地該時之磁子午線，此磁子午線與真子午線所作之角度謂之磁針偏差。各地磁針偏差可由磁針等偏差線圖上求得。在此圖上偏差相等各地以曲線連接謂之同偏差線，其偏差等於 0° 之曲線謂之無偏差線。

同一地點之磁針偏差亦非固定者常隨時發生變化約可分為下列數種。

每日變動 繼續觀測一日則磁針發生固定變化，如上午與下午磁針方向即不相同，

每年變動 一年間磁針方向因季節不同亦發生變化，惟此種數量微小通常皆不計之。

長期變動 在同一地點作磁針偏差精密觀測若干年後可知偏差係逐年變化如緩緩增加至一定期間又緩緩減少其動作恰與鐘擺相似謂之長期變動。

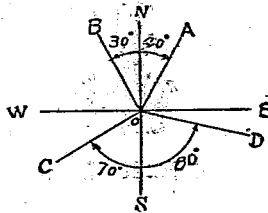
不規則變動 除上述之三種變動外尚有因其他局部情形所生之不規則變動如日之黑斑，磁潮等。此外鄰近有工廠，發電廠，鋼鐵建築，鐵道，鐵礦，電力線路等常能發生局部吸引影響磁針方向。

市立高工土木工程科

64

測量學講義

103 方向角 用羅盤儀讀得之角度大都為方向角亦有讀方位角者。測線與子午線所成之銳角謂之方向角。方向角應自北或南起算向東或向西若干度絕不從東西二端起算。方向角不能大於 90° 如下圖中四測線方向角為箭頭所示。方向角 $OA = N40^\circ E$, $OB = N30^\circ W$, $OC = S70^\circ W$, $OD = S80^\circ E$ 。方位角定義見第 106 節。



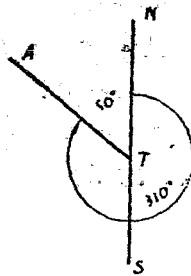
第三十三圖

測線與磁子午線所成方向角謂之磁方向角。

測線與真子午線所成方向角謂之真方向角。

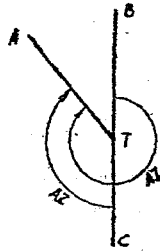
104 前方向角與後方向角 每一測線自其二端各有一方向角度數相等而方向不同，如自一端之方向角為 $N 40^\circ E$ 則自他端為 $S 40^\circ W$ ，自一端為 $N 30^\circ W$ 則自他端為 $S 30^\circ E$ ，即前方向角與後方向角。欲區別二者需視測量進行方向，其與測量方向相同者謂之前方向角，相反者謂之後方向角。測量中方向角未特別注明者係指前方向角。下圖中測量方向如係自 A 經 B, C, D 而返 A 時，即圖中所註者係測線 AB, BC, CD, DA 之前方向角。如測量方向係自 A 經 D, C, B 而返 A 時，則圖中所註者係測線 AD, DC, CB, BA 之後方向角。

106 方位角 以子午線為基準一測線與之所作之角謂之方位角。平面測量中方位角通常以北端為起點順時針旋轉自 0° 至 360° 。方位角與方向角不同處為自固定點(北端)起算順固定方向(順時針)旋轉。設一測線方位角介於 0° 與 90° 之間則知該測線必在 N. E. 象限, 介 90° 與 180° 之間必在 S. E. 象限, 介於 180° 與 270° 之間必在 S. W. 象限, 介於 270° 與 360° 之間必在 N. W. 象限。方位角僅註明度數即可定測線方向無須再寫, N., E., S., W. 等字實為其優點。第三十六圖中 NS 為子午線, 設測得 NTA 為 310° 則 TA 方位角為 310° 。設 NS 為磁子午線則 NTA 為磁方位角, NS 為真子午線 NTA 為真方位角。



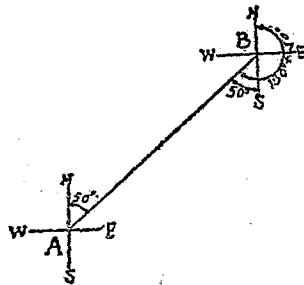
第三十六圖

廣義之方位角不限定與子午線所作之角。任選一固定方向為基準線以其一端為起點與測線所作之角亦可謂該測線之方位角。第三十七圖中以任意方向 BC 為基準線, 如以 B 為起點則 TA 方位角為 BTA 角, 如以 C 為起點則 TA 方位角為 CTA 角。



第三十七圖

每一測線於其二端各有一方位角。第三十七圖中 AB 之方位角如在 A 端為 50° 則在 B 端為 230° 若測量方向係自 A 而 B，則 AB 前方方位角為 50° 後方位角為 230° ，故 AB 之後方位角為自 B 端之前方位角。因前後方位角均自北端順時針方向量之，故後方位角等於前方方位角加 180° 設其和逾 360° 時減去 360° 。普通僅稱方位角者皆指前方方位角而言。



第三十八圖

市立高工土木工程科

68

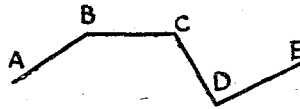
測量學講義

107 羅盤儀設置法 置羅盤儀於測點上移動三足使垂鉤對準測點。如係球臼接合則以手握羅盤盒下平板轉動之使水準管氣泡居中，如有基座螺絲則安平方法與水準儀同。測點多於地上打木樁上釘小釘以表示之。

108 方向角之測量 欲測一線之方向角先設置羅盤儀於測線一端注意安平。轉動羅盤盒自南端視板照準測線他端之花桿，放鬆盒下之小螺絲使磁針落於支槓上，俟磁針靜止後即可讀得該測線之方向角。

測量時各種鐵器如鐵斧，測針，鋼尺，小刀，鑰匙等，不可接近羅盤儀以免吸引磁針發生誤差。

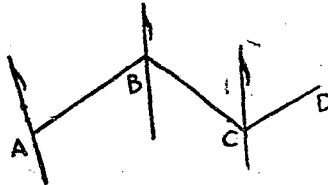
108 羅盤儀施測導線 導線係由若干測線連接而成。施測導線須將每一測線之方向及距離測出。下圖為 ABCDE 導線其施測方法有二為雙規法與單規法，茲先述雙規法如下。設置羅盤儀於 A 點自南端視板照準 B 站花桿讀 AB 方向角，然後起始量距。前線執尺端沿線向 B 進行，司儀器者用規板瞄準使前線花桿在直線上，如是量距以迄 B 站。記錄方向角與距離於手簿後將儀器移至 B 站，設置妥善後規視 A 站讀方向角，因此係 AB 之後方向角故應與前讀之 AB 方向角度數相同而方向相反，如一為 A.E. 若干度一必為 S.W 若干度。度數倘微有不同如相差 10' 至 15' 則可取平均值作為該線之方向角。旋轉羅盤儀規視 C 站讀 BC 方向角並量其長度一併記載之，然後移儀器於 C 如上法繼續施測，至 E 站時仍須再設置儀器一次規視 D 站讀方向角以為校對。



第三十八圖

單規法為每隔一站設置羅盤儀一次，如於上圖導線可先設置儀器於 B 站測 BA 及 BC 方向角並量其距離，再設置儀器於 D 站測 DC 及 DE 方向角及距離即完成此導線測量。此法雖較為簡單但其最大缺點為方向角僅測一次不能校對且測站附近有局部吸引亦不能發覺。

109 局部吸引 因磁針常受測站附近鋼鐵建築物或鐵礦影響而生偏差故須用上述雙規法以校對之。若兩端所讀之方向角度數相同則或係無局部吸引，若度數不同則須考察何者錯誤。



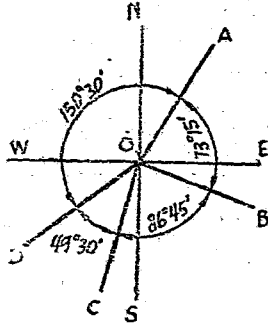
第三十九圖

上圖中設羅盤儀在 A 站時 AB 方向角為 $N63^{\circ}5'E$ ，而儀器在 B 站測得 BA 方向角為 $S62^{\circ}W$ ，顯然在 A 站或 B 站必有局部吸引。為考察何者正確乃規視 C 站得 BC 方向角為 $S45^{\circ}E$ 。移儀器於 C 站測 CB 方向角，如為 $N45^{\circ}W$ 則表示在 B 及 C 站無局部吸引而 BA 方向角應為 $S62^{\circ}W$ ，其在 A 站所測方向角之誤差為 1.5° 。若 BC 與 CB 方向角仍不相符則須再測一新線 CD 之

市立高工土木工程科

前方向角及後方向角俟能得一前後方向角相符之測線為止。爲知以後方向角確無局部吸引可再續作數測線。因局部吸引係吸引磁針離開磁北一固定角度，故於任一測點由方向角計算二測線所作之角度不受其影響。

110 由方向角計算夾角法 由二測線方向角計算其夾角須先確知此二方向角是否均由同一測站起算者，否則即須將字母改正。繪一草圖表明測線在何象限則夾角應如何計算立可明瞭。舉例說明如下。



第 四 十 圖

設	OA 方向角 = N35°30'E	則	AOB = 180° - 35°30' - 71°15' = 73°15'
	OB 方向角 = S 71°15'E		BOC = 71°15' + 15°30' = 86°45'
	OC 方向角 = S 15°30'W		COD = 65°00' - 15°30' = 49°30'
	OD 方向角 = S 65°00'W		DOA = 180° - 65°00' + 35°30' = 150°30'
			360°00'

第十三章 經緯儀

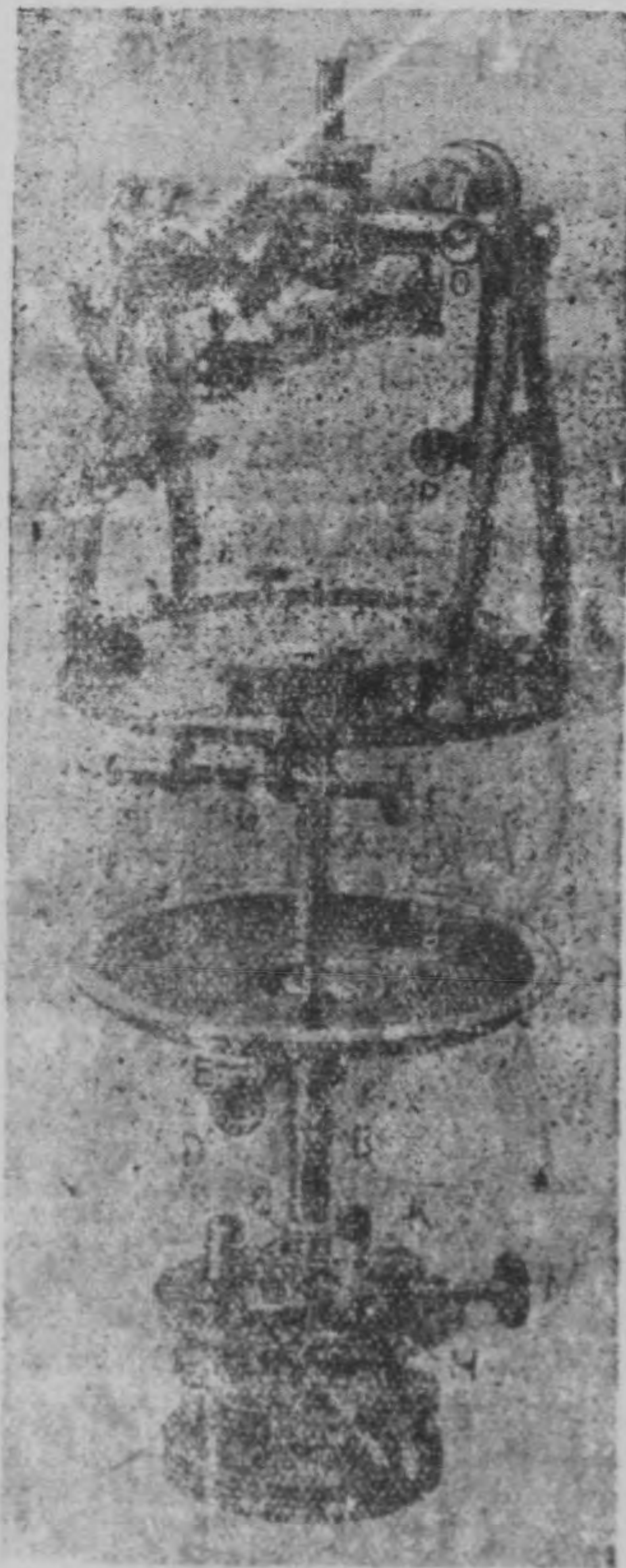
111 經緯儀 經緯儀為測量水平角垂直角之儀器，若不需精密結果時並可以之測得高度及距離故其應用最廣。

經緯儀之構造雖有種種不同而大別之可分為三部(1)上盤(2)下盤(3)基座。第四十二圖所示即係此三部分拆開之形狀。

(1) 上盤 上盤如第四十二圖上部所示，望遠鏡連於水平軸可繞之旋轉

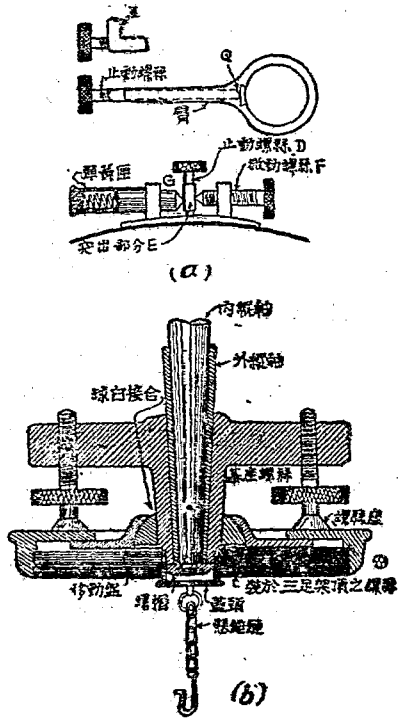


第四十一圖 經緯儀



第四十二圖 經緯儀主要部分

謂之縱轉望遠鏡。望遠鏡下置長水準管構造與水準儀相同。水平軸兩端支於二支架上，支架之高須敷望遠鏡縱轉不生障礙。支架固着於上盤當望遠鏡左右旋轉時上盤隨之而轉故二者可視為一體。上盤之下面於其中心固結一軸 A



第四十三圖 經緯儀之細部

與上盤成直角謂之內縱軸，故內縱軸成垂直時望遠鏡繞之旋轉上盤永在水平位置。盤上裝有互成直角二水準管用以安平儀器。盤上於直徑兩端開二孔各有一遊標，用以讀角。

(2) 下盤 下盤如第四十二圖中部所示，上面為分度盤下有一空心垂直

市立高工土木工程科

74

測量學講義

軸 B 謂之外縱軸。內縱軸插入外縱軸時兩遊標適在分度盤之內緣故上下盤係繞共同軸線旋轉。緊上止動螺絲 D 可使兩盤連為一體，但旋上微動螺絲 F 可使上盤徐徐轉動而下盤不動，其詳細構造見第四十三圖 (a)。上止動螺絲一端成環狀套於外縱軸之上，放鬆時可繞之轉動，旋緊時則推動內部小塊 Q 使止動螺絲扣緊於外縱軸上。止動螺絲臂端有一向上突出部分 E 適嵌入上盤彈簧匣中推動器 G 及微動螺絲 F 之間。推動器受匣中彈簧壓力將突出部分抵緊，故緊上止動螺絲可使上下盤連為一體，此時止動螺絲固定不動但旋微動螺絲因彈簧之伸縮可使上盤徐徐轉動。

(3) 基座 基座如第四十二圖下部所示，外縱軸插入基座圓窩 C 之內。環 K 係套於外縱軸外在基座上。緊下止動螺絲 H 推動內部一小塊扣緊外縱軸，則環 K 固定於外縱軸上。微動螺絲及彈簧匣固結於基座上，因 K 適在二者之間故下盤不能轉動，惟旋微動螺絲則可使 K 擋同下盤徐徐轉動。基座上有基座螺絲四個為安平儀器之用。如第四十三圖 (b) 基座下方成球狀作球臼接合，故旋基座螺絲可使基座擋同內外縱軸自由移動以利安平。經緯儀設置時需使其中心對準測點為節省時間計乃有移心裝置。在縱軸底蓋上裝一小鉗及鈞以便懸掛垂鉈標示儀器中心。倘垂鉈不能確對測點，可將相隣二基座螺絲旋鬆，則整個儀器可在座板上移動至垂鉈確對測點為止。然後將該螺絲旋緊，由圖可知此移動部分將緊貼於座板之底而儀器位置遂被固定。

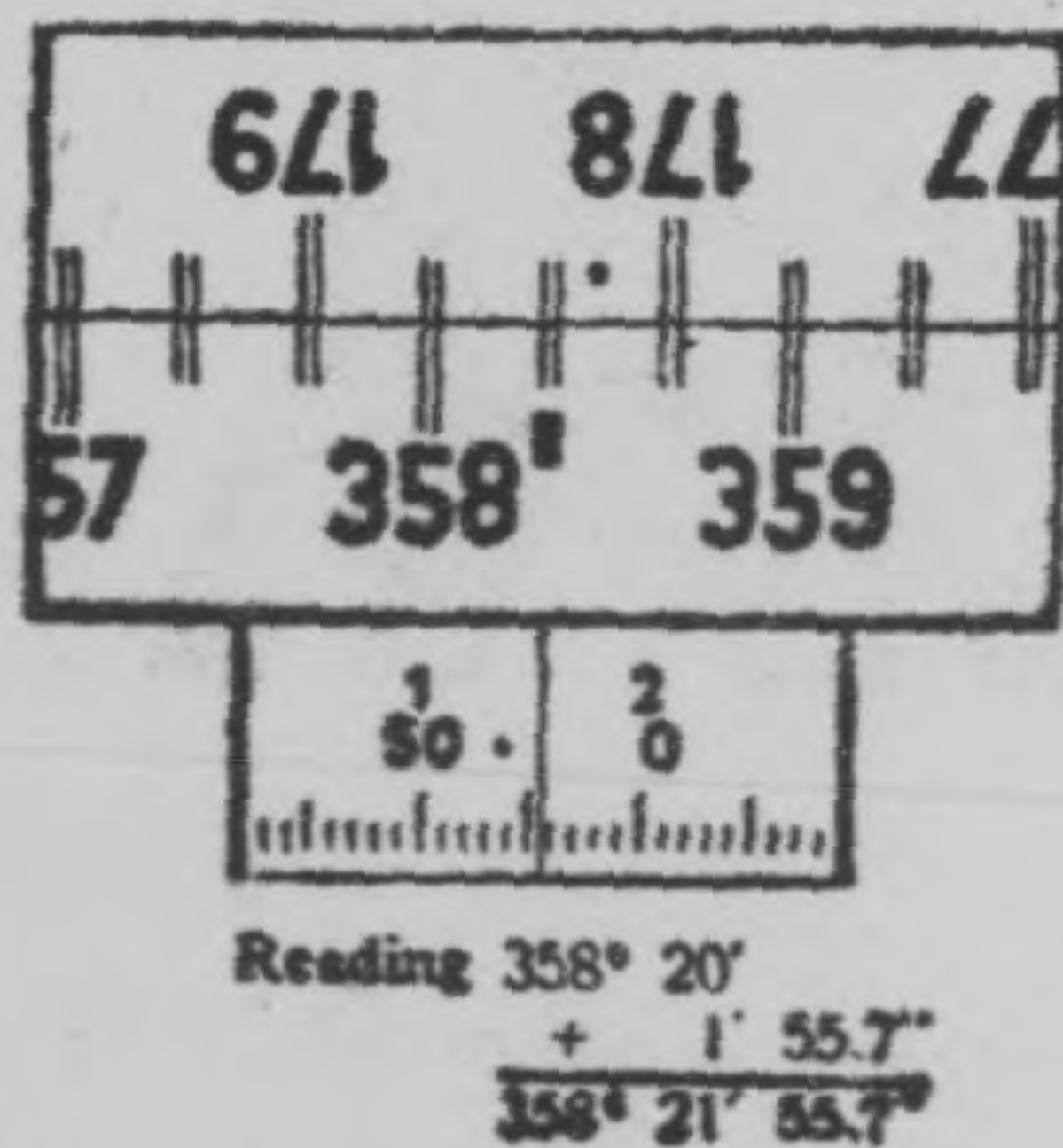
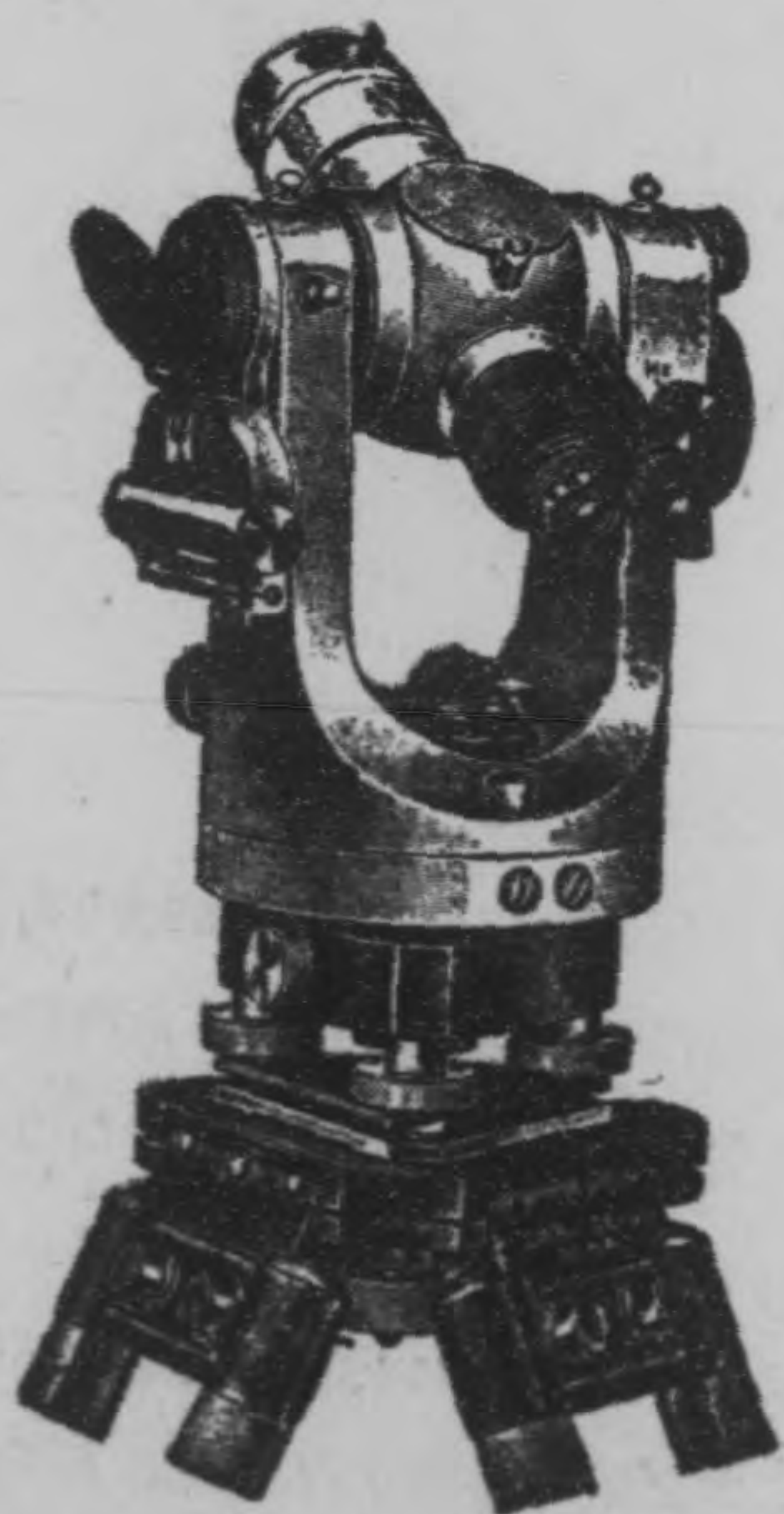
此外附着於經緯儀之物件尚有下列數種。

羅盤 裝於度盤中央用以測磁方向角。

垂直度盤 裝於水平軸一端用以測垂直角，通常為全圓度盤亦有僅為一弧如第四十二圖所示者。垂直度盤與望遠鏡相連當望遠鏡俯仰時即隨之動作

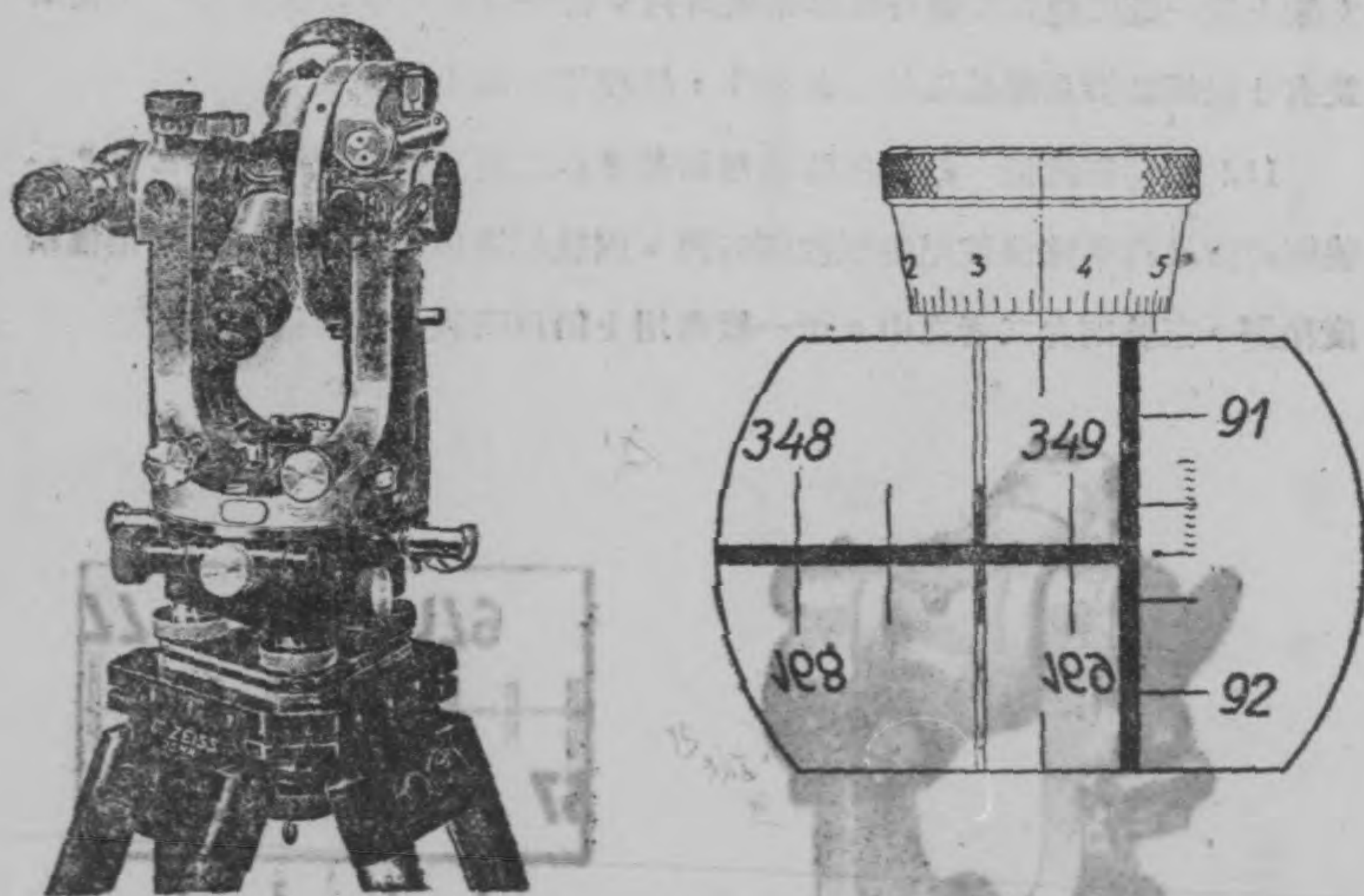
支架上裝一遊標適在度盤外緣以讀垂直角。當望遠鏡水平時應讀 0° 。其上並有止動螺絲微動螺絲以管制其動作，原理用法與上同。

112 蔡司經緯儀 蔡司經緯儀種類甚多以二號三號四號等為最常見。二號經緯儀最為準確惟使用較煩耽擱時間。四號經緯儀使用簡單切合實用惟精度稍遜。三號則介二者之中。至一般應用上仍以四號為最普遍。



第四十四圖 蔡司二號經緯儀

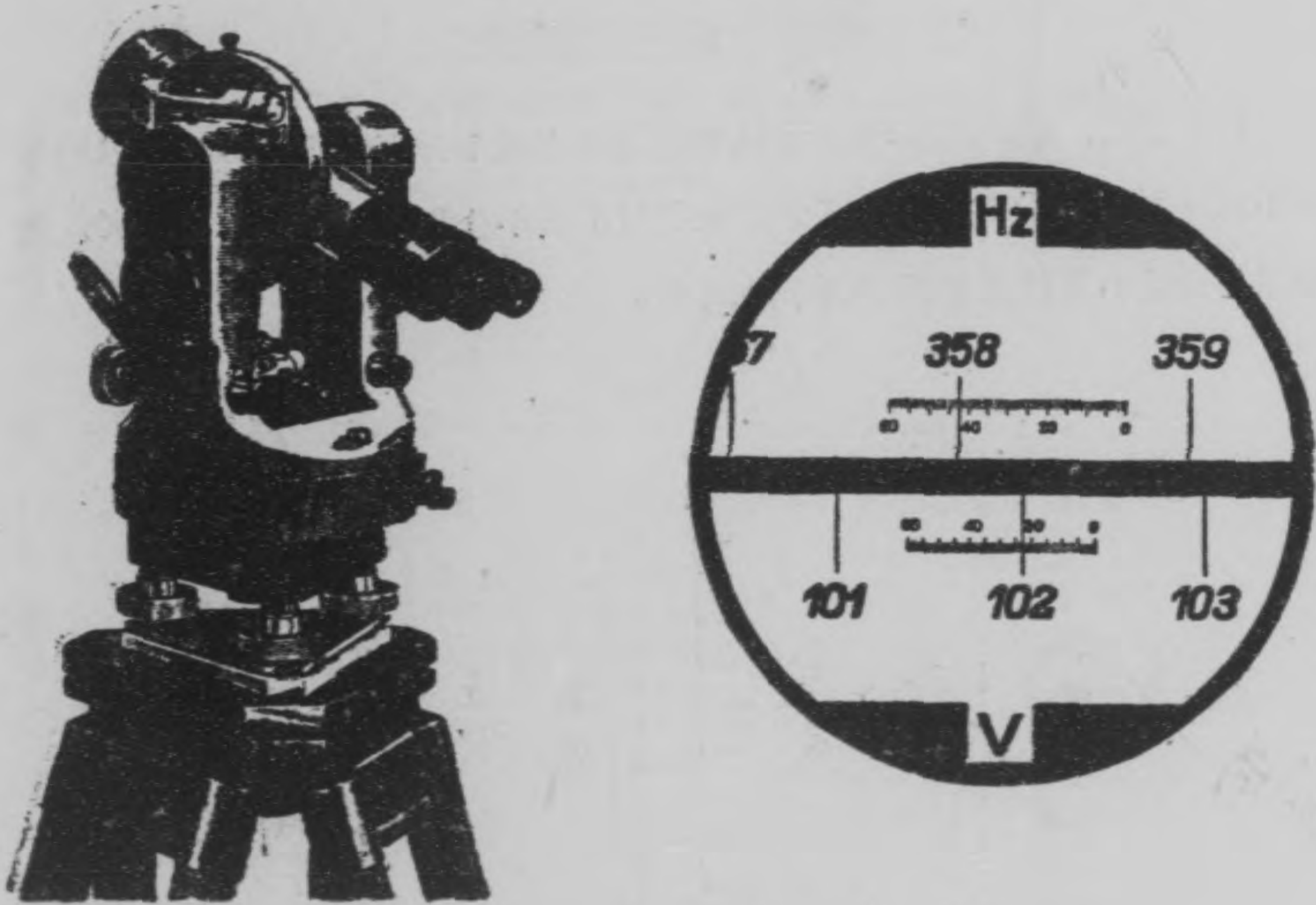
蔡司經緯儀係就普通經緯儀改良而成，其構造大體與之相同。茲將四號經緯儀特異之點略述如下。



第四十五圖 蔡司三號經緯儀

度盤 水平度盤與垂直度盤藉返光之作用皆由望遠鏡旁顯微鏡中讀之，上半為水平角下半為垂直角。二度盤直徑約相等分劃相同故水平角與垂直角精度亦大致相同，不似普通經緯儀垂直度盤恒小於水平度盤。垂直角以垂直向上為 0° ，水平時為 90° ，垂直向下時 180° ，倒置望遠鏡水平時 270° 。

機紐 普通經緯儀有止動及微動螺絲上下二副已如上述，蔡司緯經儀則僅有一副再於上盤裝一機紐輔佐之可代二副之用。將機紐向下扳則上下盤扣緊用此止動及微動螺絲可使二者共同旋轉於基座上相當下止動及下微動螺絲，將之向上扳則下盤與基座扣緊仍用此二螺絲可使上盤旋轉相當上止動及上微動螺絲。此種裝置有二優點。(1)因祇有一副止動及微動螺絲可免誤動螺



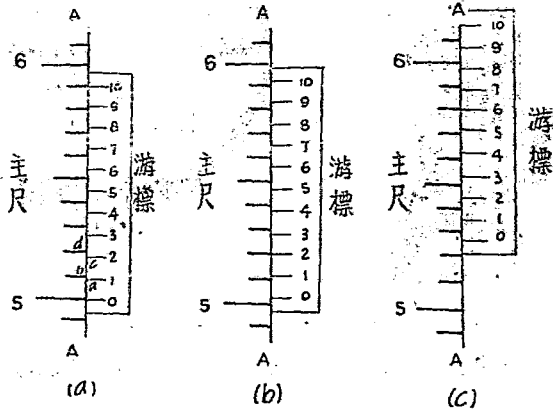
第四十六圖 蔡司四號經緯儀

絲之弊。(2)因機紐係裝於上盤無論望遠鏡指何方向其位置永在觀測者胸前應用便利。

水準管 普通經緯儀長水準管係固定於望遠鏡之下，蔡司經緯儀長水準管則裝於支架之上與垂直度盤遊標相連其動作可由一微動螺絲司之。此水準管氣泡像可由折光鏡中觀察是否相合成半圓形與水準儀同。上盤有圓水準盒及水準管各一個，度盤水平時氣泡均在中央。

第十四章 角度之讀法

113 遊標 遊標為輔助尺用以細分主尺上最小分割而得精確讀數以補目力不及。遊標可沿主尺移動其分割較主尺上最小分割稍小或稍大，二者差數即係遊標最小讀數其理於下例中說明之。



第四十七圖 遊標

第四十七圖為一簡單遊標，主尺九格長度等於遊標十格長度。遊標一格等於主尺一格十分之九亦即較主尺一格短十分之一，故 $ab = \frac{1}{10}$ 主尺一格， $cd = \frac{1}{10}$ 主尺一格。讀數為遊標上指標 0 所指刻劃，故在 (a) 圖中讀數為 5.00。倘遊標上升至 a 與 b 重合亦即遊標第一線與主尺一線重合，則指標 0 移動至主尺一格讀數將為 5.01。若遊標再向上移動至主尺一格則遊標第二線與主尺一線重合如圖(b)所示，讀數為 5.02。圖(c)所示讀數為 5.26。由此可知

倘指標介主尺二線之間其距下方之線為主尺一格十分之幾可觀察遊標第幾根線與主尺一線重合以定之。讀遊標可分下列二步，(1) 觀察指標位置讀主尺上讀數，(2) 觀察遊標上第幾線與主尺一線重合將此讀數加於以上主尺讀數。此種遊標用於規牌式水準尺，遊標附於規牌上用以細分水準尺上最小分劃至十分之一。

114 最小讀數 由上例可知主尺一格與遊標一格相差主尺一格，此相差之數為此遊標之最小讀數。設主尺一格為一公分則最小讀數為一公厘而應用此遊標讀數即能準確至公厘。茲將求最小讀數之方法述之如下。

$d =$ 主尺上最小分劃

$v =$ 遊標上最小分劃

遊標上 $n+1$ 個分劃 v 等於主尺上 n 個分劃 d

則 $(n+1)v = nd$

$$v = \frac{n}{n+1}d$$

$$d - v = \frac{d}{n+1}$$

由此公式得計算最小讀數之方法，(1) 觀察遊標上格數 $n+1$ 等於主尺上格數 n ，(2) 以遊標上格數 $n+1$ 除主尺上最小分劃 d 即得最小讀數。

115 讀角之方法 用經緯儀測角讀數時亦需應用遊標，度盤相當主尺惟分劃係角度而非距離，遊標分劃亦係角度。讀角之方法亦分為二步，(1) 讀度盤(2) 讀遊標與(1)相加。茲分述之如下。

116 度盤劃分法 度盤普通係分為 360° ，雖亦有分為 400 份者但尚不普遍，每度分為若干份視度盤大小而定。註字方法亦各有不同。

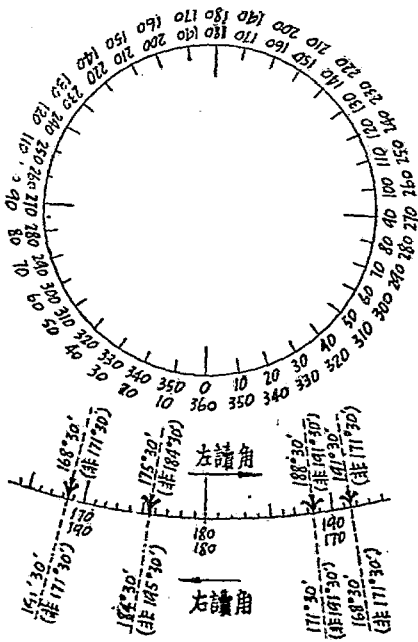
(a) 度盤註字之各種方法。

(1) 全圓度盤 0° 至 360° 。

(2) 半圓度盤 0° 至 180° 然後再回至 0° 。

(3) 象限度盤兩個 0° 在直徑兩端各向左右遞增至 90° 。

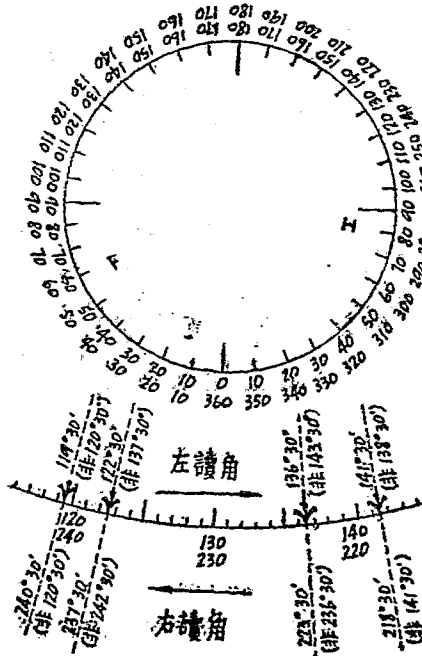
度盤上之數字普通有內外二圈各成一種註法。有均保第一種，但一為順時針一為逆時針方向者如第四十八圖。有將第一第二合併者如第四十九圖。有將第一第三合併者如第五十圖。



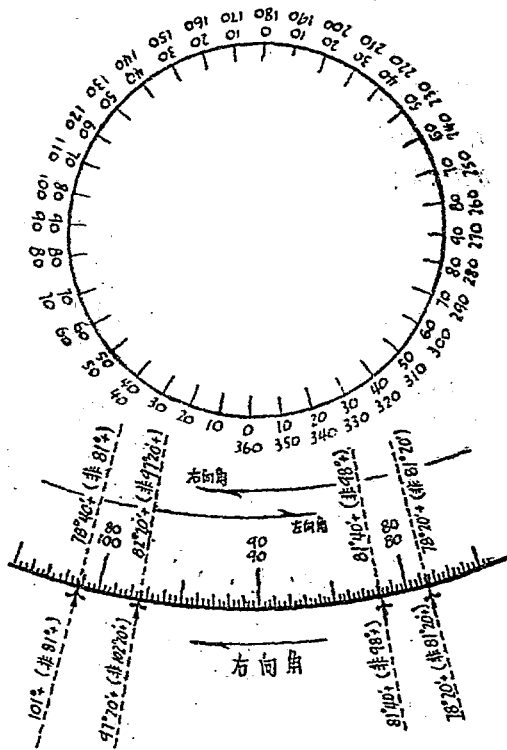
第四十八圖

(b) 每度劃分之方法。

- (1) 分爲二份每份 30'
- (2) 分爲三份每份 20'
- (3) 分爲四份每份 15'
- (4) 分爲六份每份 10'



第四十九圖



第五十圖

117 度盤讀法 上盤指標無論旋轉至何方向所指角度均有二讀數，一為順時針方向之角度，一為逆時針方向之角度，二者之和恆為 360° 。

順時針方向角度又謂之右向角因一人如能立度盤中則角度向其右方增

加。讀右向角應用度數向右(順時針)增加之刻度圈，假想指標向右旋轉記錄最後經過之度數。

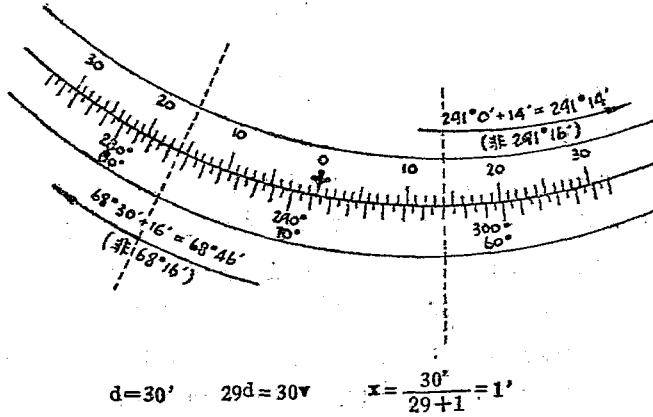
逆時針方向角度又謂之左向角。讀左向角方法與上同，惟須假想指標向左逆時針旋轉且用度數向左增加之刻度圈。

第四十八圖至五十圖表示度盤劃分及註字之三種方法，下部為度盤放大之一部。箭頭四個表示指標之四個位置。圓弧下之讀數為指標所指之右向角，圓弧上之讀數為左向角，括弧中之讀數為最普通之錯誤應加注意。

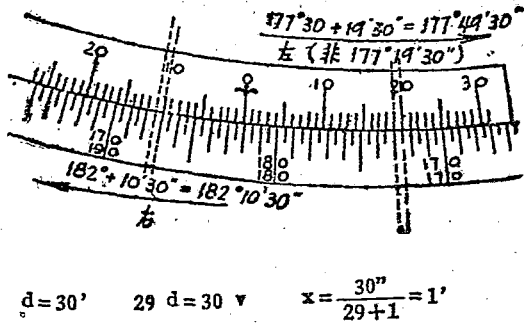
118 遊標讀法 用以上公式求得最小讀數。若遊標之零點即指標正對度盤上一線則僅讀度盤即可，否則需觀察遊標上第幾線與度盤上一線重合以定遊標讀數。已用上節方法得度盤讀數與之相加即得所指角度。

讀遊標需注意下列數點。(1)因度盤刻度分兩圈一左向一右向，故指標亦於左右各有一遊標謂之雙遊標，讀數應用在指標前方之遊標。前後方向與上節同，讀右向角順時針方向為前方，讀左向角逆時針為前方。(2)讀度盤時估計遊標讀數然後在此讀數附近尋覓重合線，不但節省時間且可免除錯誤。(3)用劃分較細之儀器時宜觀察重合線左右相隣之線。設似有三線重合取其中線讀數，似有二線重合取二讀數平均之，如此最小讀數為 $1'$ 之遊標可讀至 $30''$ 。(4)使指標對準度盤 0° 或其他角度時，亦宜同樣觀察左右相隣之線以期準確。(5)經緯儀上有 A, B 二遊標，通常僅用遊標 A。最忌者為有時用遊標 A 有時用遊標 B 致生錯誤，但精密測角時應二者兼讀取其分秒平均數。(6)度盤上無顯微鏡裝置可另用一小顯微鏡以讀遊標。

119 遊標讀法示例 以下五圖表示各種遊標之讀法。圖下公式為最小讀數之算法。讀角之三步驟，度盤讀數，遊標讀數及其和數詳細註明圖上。括

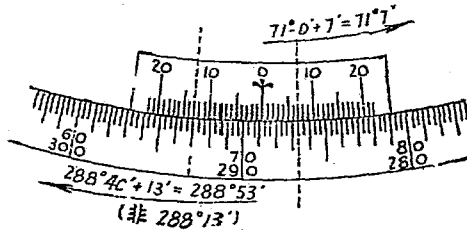


第五十一圖



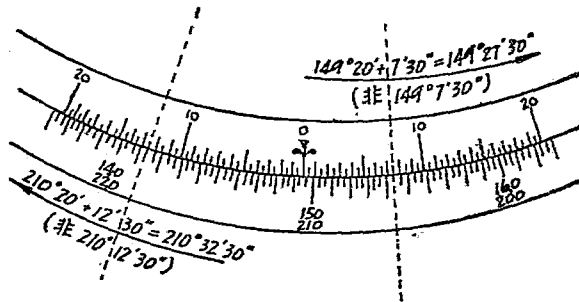
第五十二圖

弧中角度為常易發生之錯誤，應加注意以避免之。



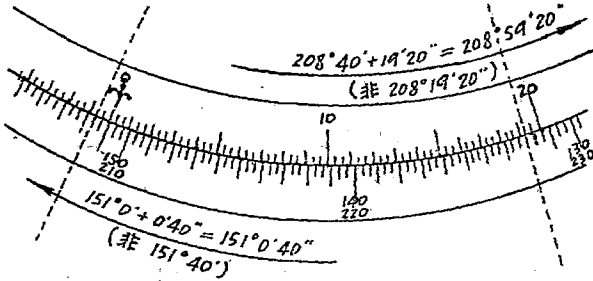
$$d = 20' \quad 19 \text{ } d = 20 \text{ } v \quad x = \frac{20'}{19 + 1} = 1'$$

第五十三圖



$$d = 20' \quad 39 \text{ } d = 40 \text{ } v \quad x = \frac{20'}{39 + 1} = \frac{1}{2} = 30''$$

第五十四圖



$$d = 20' \quad 59 \text{ } d = 60 \text{ } \vee \quad x = \frac{20'}{59 + 1} = \frac{1}{60}' = 20''$$

第五十五圖

120 蔡司經緯儀讀角法 以上所述為普通經緯儀讀角法均用遊標，而蔡司經緯儀則不用遊標亦能讀得精確結果。各種儀器讀法不同，茲分述如下。

蔡司四號經緯儀 水平及垂直度盤分割藉折光作用同現於望遠鏡旁顯微鏡中。顯微鏡視野為圓形如第四十六圖，所示大小為視像三分之一，中有黑線分界上半頂部有 H 字者為水平度盤下半底部有 V 字者為垂直度盤均刻至 1'。上下各有測微尺一個固定不動，長度等於 1° 分為 60 格每格 1'。由觀測者位置觀之度盤分割係自左而右測微尺分割則自右而左。因測微尺長度恰等於度盤二線間之距離，故無論何時必有一度盤分割位於測微尺之上且僅有一個，視其在測微尺上何處即可讀得角度。測微尺之細格能估計至十分之一圖中所示水平角為 358° 42.5'，垂直角為 102° 22.7'，水平角係右向角順時針方向。當水平度盤移動時上部分割移動下部不動，垂直度盤移動時下部分割移動上部不動。

市立高工土木工程科

測量學講義

87

蔡司三號經緯儀。讀度盤之顯微鏡設於望遠鏡支架之外可縱轉至前後二位置，故望遠鏡無論係正置倒置顯微鏡均可轉至觀測者目前。顯微鏡視野被橫豎二線分為三部如第四十五圖，所示大小為視像二分之一。右部為垂直度盤分割距離為 20'，測微尺長度亦為 20' 分為十份每份 2' 估計時可至 12"。讀角時假設度盤二分劃距離為 10'，測微尺每格為 1'，所得角度分秒需以 2 乘之。圖中所示垂直角 = $91^\circ + 2 \times 15.4' = 91^\circ 30.8''$ 。若垂直角複測二次則分秒無須以 2 乘，圖中垂直角如下。

$$\text{第一次讀數} = 91^\circ 15.4'$$

$$\text{第二次讀數} = \underline{15.5'}$$

$$\text{垂直角} = 91^\circ 30.9'' = 91^\circ 30' 54''$$

視野左部被橫線分為上下二部，所見刻劃係水平度盤直徑兩端度數，每格為 20'，中有兩根長直線不隨度盤動作而隨測微鼓動作。測微鼓位於支架之上刻有分割如第四十五圖上部所示，二數字間距離為 2' 每小格為 20" 可估計至 2"，精度為垂直度盤測微尺之六倍。測微鼓下有豎線固定不動用以讀數。讀角時轉動測微鼓移動雙直線使度盤一分劃線恰居其中。因測微鼓一周係 20' 與二刻劃間距離相同故祇有一分劃線能在其中間。讀角方法與上同假設度盤分割距離 10'，測微鼓兩數字間距離則為 1' 每小格為 10" 所得分秒數以 2 乘之。圖中所示水平角如下。

$$\text{顯微鏡讀數} = 348^\circ 20'$$

$$\text{測微鼓讀數} = \underline{3' 34''}$$

$$\text{讀數} = 348^\circ 23' 34''$$

$$\text{水平角} = 348^\circ + 2 \times 23' 34'' = 348^\circ 42' 8''$$

市立高工土木工程科

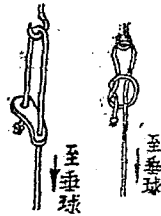
若水平角被測二次，望遠鏡正置時讀測微鼓上白色數字，望遠鏡倒置時讀紅色數字，分秒相加即可，上圖水平角如下。

	顯微鏡	測微鼓	和	數
第一次讀數	348°20'	3'34"	348°23'	34"
第二次讀數	20'	3'35"	23'	35"
水平角			348°47' 9"

蔡司二號經緯儀 兩種度盤雖亦同由望遠鏡旁顯微鏡中看出但不能同時。轉動支架旁遮光輪使輪上箭頭對支架上刻字 H 時則鏡中所見者為水平角，對另一刻字 V 時則鏡中所見者為垂直角。第四十四圖所示為水平角，大小為視像二分之一。視野分上下二部各為一長方形上大下小。上部大長方形被一橫線分為二部所見刻劃係度盤直徑兩端度數。下排數字直立上排數字倒置方向相反，望遠鏡移動時兩排數字作相反之移動。下排數字中有一黑短線為指標約略指示讀數。下部小長方形內為測微鼓之分割，全圓周為 20' 每小格為 1" 可估計至 0.1"，所刻數字上為分數下為秒數，當中有一長豎線為測微鼓之指標用以讀角。視線對準測點後度盤上下二排分割線將互相錯開可轉動支架外側測微輪使之重合如圖中所示始能讀角。測微輪轉動時下部小長方形內分割隨之移動，故可讀得測微輪轉動角度。讀角之方法可分三步。(1) 讀上部大長方形指標左方度數圖中所示為 358°。(2) 自此分割至相差 180°倒置數字分割相差若干格，每格作為 10'，此例中與 358°相差 180°者為 187°二者相距二格，故得 20'。(3) 自下部小長方形讀分秒數為 1'55.7"。三者相加得 358°21'55.7"。

第十五章 經緯儀測角法

121 垂鉈 垂鉈懸於縱軸下端之鉤上表示儀器中心位置以對準測點。繫垂鉈宜用粗弦線作活結以便上下移動使繫線長短隨意。結扣之方法見第五十六圖。亦有不作活結而用垂鉈自在器者，自在器為一彎曲金屬片兩端有大小二孔，繫線經小孔至鉤上再折回至大孔結扣於孔上。如是則自在器沿繫線滑動無論至任何位置均能藉繫線彎曲所生摩擦力使之靜止如第五十六圖



第五十六圖

122 經緯儀設置法 設置經緯儀除度盤水平外更需使垂鉈對準測點故較設置水準儀較煩，此外應注意儀器高低是否適合觀測者目高，三脚架是否穩定無下沉及搖動之虞。測點通常以木椿上小釘表示之，木椿打入地中宜深最好椿頂與地面約略水平既可穩定又不致遺失。對準測點須用三脚架垂鉈及移心裝置，安平度盤須用基座螺絲及水準管。設置之步驟分述如下。

- (1) 鬆開元寶螺絲。兩手各執三脚架之一足而使第三足着地，其距椿遠近視土質及觀測者目高而定，土質鬆軟觀測者身軀高大時距離應較近。
- (2) 移動其他二足至垂鉈約略對準木椿座板略近水平時乃將此二足着地。

(3) 前後移動三脚架之足可變更垂鉞位置而於座板水平無大影響，左右移動三脚架之足可使座板水平而於垂鉞位置無大影響。依此關係移動三足可使垂鉞對準測點座板約略水平，同時將三足踏緊入土中並旋緊元寶螺絲以期穩定。前後移動三脚架之足對於垂鉞位置之影響見下圖。圖中 a 為垂鉞最初位置，移動 d 足或 e 足如箭頭所示方向可使垂鉞至 b 或 c，再移動 f 足則垂鉞即能確對測點。

第五十七圖

(4) 倘用以上方法仍不能使垂鉞確對測點或為節省時間計可用移心裝置。放鬆二相隣其座螺絲使儀器在座板上移動俟垂鉞確對測點為止。

(5) 旋緊以上放鬆之二螺絲。用四個基座螺絲安平，方法與水準儀相似，惟所用水準管係上盤上互成直角之二水準管。一水準管平行二對角基座螺絲，另一水準管自與其他二對角基座螺絲平行，故無須旋轉度盤即可安平。然後旋轉上盤至其他位置視二氣泡是否永居中央。

此外注意三脚架之一足不宜置於測線方向內，以免妨礙鋼尺量距。

設置蔡司經緯儀與以上相同惟移心時旋鬆座板下大螺絲，安平時用三個基座螺絲。

123 望遠鏡使用法 望遠鏡使用法除第 51 節所述者外更須知下列四點。

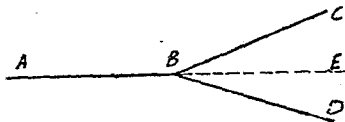
(1) 勿持望遠鏡本身以旋轉之，應以雙手握上盤之緣旋轉之。

(2) 照準時宜用十字線交點，因縱線如不垂直用其上部或下部對花桿則生誤差。

(3) 覘視花桿時宜使十字線交點於可能範圍對準花桿尖因恐花桿不垂直而生誤差。倘花桿下端被遮蔽時則使縱線平分之。

(4) 望遠鏡水準管在鏡筒下時望遠鏡位置謂之正置，在鏡筒上時謂之倒置。普通測量時望遠鏡在正置位置，精密測量常須兼用倒置觀測。

124 後視及前視 第五十八圖中欲測 $\angle ABC$ 、 $\angle ABD$ 等角或延長 AB 線至 E ，經緯儀均須設置於 B 點。如 A 點為最先覘視者則 BA 謂之後視，而覘視 C, D, E 諸點謂之前視，故後視為一基準線以測量至其他前視測線所作角度，若角度為 180° 即等於延長直線。儀器設置於一測點後通常首先後視一點然後再前視各點。在一測站上祇能有一後視而前視數目則無限。



第五十八圖

125 水平角測法 欲測第五十九圖中 $\angle ACB$ 角須依下列步驟。

(1) 設置經緯儀於 C 點。

(2) 上下盤均鬆開，觀測者立 A 遊標前，旋轉下盤使度盤上 360° 刻劃約略對準指標。緊上止動螺絲，用上微動螺絲使之完全對準。觀察重合線兩邊相鄰刻劃。此時上下盤已扣緊可共同旋轉。

(3) 後視 A 點 旋轉望遠鏡使視線約略對準 A 點花桿。緊下止動螺絲

市立高工土木工程科

92

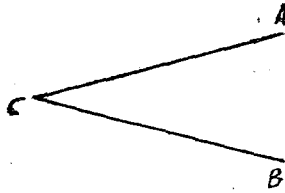
測量學講義

，用下微動螺絲使視線確對 A 點。此時遊標指度盤 0° ，視線方向為 CA，上下盤均被固定。

(4) 前視 B 點 鬆上止動螺絲，旋轉上盤使視線約略對準 B 點花桿。緊上止動螺絲，用上微動螺絲使視線確對 B 點。此時指標所指角度為 BAC 角，視線方向為 CB。

(5) 讀角 普通用右向角。

錯動螺絲為初學者常犯之錯誤。注意後視用下止動下微動螺絲，對遊標及前視均用上止動及上微動螺絲。



第五十九圖

126 蔡司經緯儀水平角測法 本節所述者為四號經緯儀測角之方法。用二號三號經緯儀方法亦相同僅對遊標及讀角時較為複雜。

(1) 設置經緯儀於 C 點。

(2) 鬆止動螺絲，捺機鈕向上使度盤與測微尺分開。旋轉上盤使 360° 刻劃約略對準測微尺 0 點。緊止動螺絲用微動螺絲使之完全對準。

(3) 捺機鈕向下使度盤與測微尺扣緊，此時二者共同旋轉。鬆止動螺絲約略照準後視 A 點，緊止動螺絲，用微動螺絲使視線確對 A 點。此時測微

尺 O 點仍指 360° ，視線方向為 CA。

(4) 撥機鈕向上，鬆止動螺絲，旋轉上盤約略照準前視 B 點。緊止動螺絲，用微動螺絲使視線確對 B 點。此時測微尺 O 點指 ACB 角，視線方向為 CB。

(5) 按第 120 節方法讀角。

127 複測法量角 欲精密測定一水平角可用複測法繼續施測若干次而取其平均數。仍用第五十九圖方法如下。

(1) 依照以上方法測 ACB 角一次，讀得之角度係為校對之用並非最後結果，假設為 $30^\circ 1'$ 。

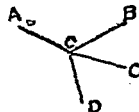
(2) 仍使指標指該讀數不動，用下止動及下微動螺絲再後視 A 點。此時遊標仍指 $30^\circ 1'$ 視線方向為 CA。

(3) 用上止動上微動螺絲再前視 B 點。

(4) 讀角，以 2 除之。設所讀角度為 $60^\circ 3'$ 則兩次平均數為 $30^\circ 1' 30''$ 。

複測次數增加則精度增加。欲複測三次方法亦同，第三次後視時使遊標仍指 $60^\circ 3'$ 即可。設讀數為 $90^\circ 4'$ 則平均角度為 $30^\circ 1' 20''$ 。用 1' 經緯儀不能直接讀出 $20''$ ，而複測三次則可得較細讀數至 $20''$ 。同理複測四次即可讀至 $15''$ 矣。

128 連測法量角 數角有一共同頂點如第六十圖所示者可用此法。各角



第六十圖

市立高工土木工程科

94

測量學講義

依次度量最後至起初後視，如遊標讀數與起始時後視讀數不同，誤差平均分配於各角。

經緯儀設置於 C 點，遊標對任意角度如 20° ，後視 A 點，記錄如下。

測點	遊標讀數	角	相 減	角 度
A	$20^\circ 00'$	AOB	$140^\circ 21' - 20^\circ 00'$	$120^\circ 21'$
B	$140^\circ 21'$	BOC	$160^\circ 32' - 140^\circ 21'$	$20^\circ 11'$
C	$160^\circ 32'$	COD	$200^\circ 40' - 160^\circ 32'$	$40^\circ 8'$
D	$200^\circ 40'$	DOA	$380^\circ 1' - 200^\circ 40'$	$179^\circ 21'$
A	$20^\circ 1'$			$360^\circ 01'$

誤差 = $20^\circ 1' - 20^\circ = 1'$ ，每角中應減去 $15''$ 。而得 $120^\circ 20' 45''$ ； $20^\circ 10' 45''$ ； $40^\circ 7' 45''$ ， $179^\circ 20' 45''$ ，四角之合恰為 360° 。

129 精密測量水平角之注意點 用複測法或連測法精密測量水平角時，下列各點須加注意以消除儀器校正不良或製造不精如刻劃不準度盤偏心等所發生之誤差。

- (1) 讀二遊標，分秒不符取平均數。
- (2) 測右向角再測左向角，二者之和不等於 360° 時取其差數平均分配之。
- (3) 用正置及倒置望遠鏡各測若干次取平均數。
- (4) 後視時遊標 O 點對度盤各處。例如測角四次一次對 0° 附近，一次對 90° 附近，一次對 180° 附近，一次對 270° 附近，使度盤各處均得應用。

130 複測法與連測法之比較 複測法適於度量獨角，且所用經緯儀係分

劃較粗者。例如用 $1'$ 經緯複測 6 次可讀至 $10''$ 。連測法多用於三角測量。三角測量中各角有一共同頂點，且所用經緯儀均係分劃較細者。無論用何種方法注意上節各點可消儀器誤差。複測時次數增加視所發生之誤差及所需時間均隨之增加，故複測次數太多反不適宜。

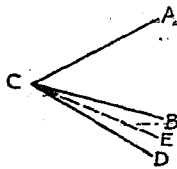
131 標定水平角 作法與度量水平角相反係標定一已知角度於地面上。設欲於 C 點作 CB 線與已知線 CA 作 30° 角，逐步說明如下。

- (1) 設置儀器於 C 點。
- (2) 指標對準 0° 。
- (3) 後視 A 點遊標不動。

(4) 鬆上止動螺絲，旋轉上盤使指標約略指已知度數 30° 。緊上止動螺絲用上微動螺絲使指標確對 30° 。

(5) 一人扶測桿依觀測者手勢左右移動俟對準視線後於該處打一木椿。立測桿於椿上再對準視線，用測桿尖端在椿上作一孔釘一小釘以為誌即所求 B 點。

132 複測法標定水平角 此法與複測法量角相反。設欲標定一線與已知線 CA 作 $30^\circ 1' 30''$ 之角而所用經緯儀僅能讀至 $1'$ ，分述其作法如下。

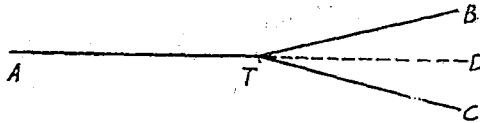


第六十一圖

- (1) 設置儀器於 C 點。
- (2) 指標對 360° 。
- (3) 後視 A 點。
- (4) 指標對 $30^{\circ}1'$ 。
- (5) 前視得 B 點。
- (6) 後視 A 點指標仍指 $30^{\circ}1'$ 。
- (7) 指標對 $60^{\circ}3'$ 。
- (8) 前視，於 B 點旁得 D 點。
- (9) 平分 BD 得 E 點即所求者。

133 雙縱轉法延長直線 欲將第六十二圖中 AT 線延長其法如下。

- (1) 設置儀器於 T 點。
- (2) 後視 A 點。此時上下盤均固定。因無須量角遊標可在任意位置。
- (3) 縱轉望遠鏡使歸倒置。立測桿使對準視線。若儀器校正完善測桿必在 AT 延長線上，否則測桿將在線旁一點 B。
- (4) 望遠鏡仍在倒置位置鬆下止動螺絲再後視 A 點。緊下止動螺絲用下微動螺絲使視線確對 A 點。
- (5) 縱轉望遠鏡使歸正置。前視得 C 點。



第六十二圖

(6) 平分 BC 得 D 點即所求者。

倘儀器校正完善則(3)及(5)二次前視均應落於 D 點上故(4)(5)(6)三步可以不作。

134 俯直線法 儀器設置於一點，視線對準他點，上下盤均需固定。先沿鏡筒上瞄方向以手勢揮動，使花桿約略至視線內。然後由望遠鏡中覘視，使花桿確至視線內，覘視花桿愈靠近下端愈好。如需打樁時則將花桿置一旁於該處打一木樁。倘地面上無障礙物遮蔽視線，則觀測者可指揮打樁者向左稍偏或向右稍偏以免樁頂出視線外。用測釘或鉛筆對準視線於樁上作記號釘一小釘以為準點。距離太遠或有障礙物遮蔽視線致測釘或鉛筆不能看清時則用花桿。

135 垂直角 一視線與水平方向在垂直面上所作角度謂之垂直角，故視線水平時垂直角應為 0° 。望遠鏡下長水準管氣泡居正中時覘察指標是否指垂直度盤 0° ，如不指 0° 應加以校正。倘垂直度盤及遊標均不能校正可於視線水平時（即長水準管氣泡居中時）讀指標所指讀數謂之指標差。以後測得之垂直角均需以之改正。如測得角度與指標差讀數在 0° 同側二者應相減，不在同側應相加。

垂直角測法如下。約略照準測點，緊支架上止動螺絲用微動螺絲使十字線交點對準測點。倘橫線確係水平使測點在橫線即可。讀垂直角以指標差改正之。

倘垂直度盤係全圓者可使望遠鏡在倒置位置再測垂直角一次。取二者平均數可消除指標差及其他儀器誤差而得準確之結果。

蔡司經緯儀長水準管下支架前方有一螺絲專為改正指標差之用。儀器設

市立高工土木工程科

98

測量學講義

置妥善後旋轉該螺絲使該長水準管氣泡居中，然後測垂直角即不包含指標差。

136 扶花桿之方法 扶測桿應有良好之姿勢，其尖端須對準測點，兩足左右張開穩定身軀，兩臂環拱以指尖扶持使之直立不可傾斜。

第十六章 測角之誤差

137 測角誤差之原因

(1) 儀器誤差 儀器誤差可分二種。(a) 校正不完善 (b) 製造不精如度盤軸線偏心，度盤分割不均等。消除儀器誤差之方法見第 129 節。

(2) 使用儀器之錯誤 如螺絲未旋緊而滑動，使用儀器粗心，在三脚架旁行動或經過車輛之震動使儀器位置變動，錯用螺絲等。

(3) 讀角錯誤 如漏讀度盤上分數，用錯內圈及外圈數字，用錯遊標 A 及遊標 B，用錯雙遊標上之二遊標，未觀察遊標重合線左右相鄰刻劃致讀數不準，度盤讀數與遊標讀數相加錯誤等。

(4) 設置儀器之誤差 度盤不水平及垂鉤未對準測點。

(5) 照準之誤差 十字線交點未確對測點。

(6) 天然誤差 風，折光，溫度，障礙物所生之誤差。

138 各種誤差重要性之比較 儀器誤差，使用儀器之錯誤，讀角之錯誤倘觀測者注意即可大致消除故重要性較小。其餘三種誤差逐一分述之如下。

139 設置儀器之誤差 度盤不水平與垂鉤未對準測點所生誤差比較以前者為較重要，尤以在山地施測各點高低相差甚鉅時為然，而一般測量者設置儀器多於對準測點特加注意此種觀念實係錯誤。無論以上何種原因所生誤差於量角時視線愈長影響愈小，而標定角度時則與之相反視線愈長影響愈大。設置儀器時設垂鉤偏 1 公分視線長 40 公尺所生誤差大概不致超過 1'，惟平常設置儀器使垂鉤偏離測點不超過 4 公厘並不煩雜，且視線多長於 40 公尺至 100 公尺以上，故所生誤差尤微。

市立高工土木工程科

100

測量學講義

140 照準之誤差 設扶花桿偏斜照準其上部時即生誤差，而視線愈短誤差愈大。30公尺長之視線設照準偏9公厘生1'之誤差。有經驗之測工扶花桿類能直立不斜，照準花桿亦非煩難，且視線多長於30公尺，故普通測量此項誤差極為微小。視視花桿時應儘可能範圍照準花桿下部，如能照準花桿尖則此項誤差可完全消除。必須視視花桿上部時應視花桿是否為十字線縱線平分以手勢揮動使之垂直。

141 天然誤差 風，霧，日光直射儀器及其他天然障礙等均足減低精度。精密測量宜選適宜天氣或於將日出時測量。

142 誤差之消除

錯誤 牢記本身讀角最易致誤之點。讀角時先估計度盤可能時加以校對如讀磁針測倍角等。數測點方向大致相同時注意不可看錯。如須照準測桿上部時注意測桿是否垂直。勿錯動螺絲。

常差 角度測量多讀二數即所以消除常差，如用正置及倒置望遠鏡施測可消儀器誤差，兼讀二遊標可免偏心之誤差等。第129節所述之方法即係消除常差者。

偶差 每角施測若干次取其平均數並藉各角之幾何關係將誤差分配之。

143 測角之精度 測角之精度可用下列二法審定之。(1)比較同一角度分別施測所得之結果。(2)觀察各有關角度與其所應適合之幾何條件相差多少。

第一法 普通測量中一角須校對者常測其倍角即複測二次重要測量中複測次數增加，其各次較差愈微精度愈高。

第二法 施測多邊形諸內角可得其和數之真差，惟任一角之真差則不得而知。數角有一共同頂點者亦同因其和應為 360° 。數角之和等於總觀測角時二者之差並非真差因二者均含有誤差。在以上三種情形任一角之誤差均有與他角誤差相消之可能故其和數之誤差不能正確表示測量精度。

測量不在同一情形下實施不能用此法比較精度例如用”經緯儀施測三角形之內角其和常難恰為 180° ，而用 1' 經緯儀施測其真差反常等於零，若論精度當以前者為高。

144 測角誤差之限制 誤差限制通常視測量目的而定，即在同一測量中測角目的不同精度亦因之而異。今假設距離測量之精度業經規定則測角精度亦應與之相稱。求此種角度誤差限制可用下表求之。表中所列者為因角度誤差而生測點位置之誤差（以公尺計），其視線之長共有五種即 30, 100, 500, 1000 及 1500 公尺。

誤差	30	100	500	1000	1500	比例
1'	0.0087	0.0291	0.1454	0.2909	0.4363	1/3440
30"	0.0044	0.0145	0.0727	0.1454	0.2182	1/6880
20"	0.0029	0.0097	0.0485	0.0970	0.1454	1/10300
10"	0.0014	0.0048	0.0242	0.0485	0.0727	1/20600
6"	0.0009	0.0029	0.0145	0.0291	0.0436	1/34400
4"	0.0006	0.0019	0.0097	0.0194	0.0291	1/51600
2"	0.0003	0.0010	0.0048	0.0097	0.0145	1/103100

此表用途有二。(1) 知精度比例數可查得角之誤差限制。(2) 知視線之長及角之誤差可查得測點位置之誤差。

第十七章 導線測量

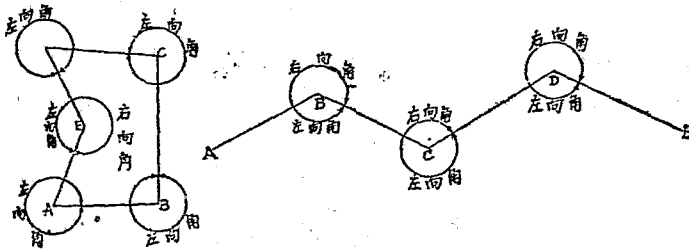
145 測站 設置經緯儀之點謂之測站，普通以木樁上小釘為誌。其需永久保存者宜用石標作法與水準標點同見第 79 節，惟金屬柱上須畫一十字以其交點為準點。

146 測線 聯二測站之假想直線謂之測線

147 導線 若干測線連結而成具有控制作用而為測量骨幹者謂之導線。導線須精密測定以為細部測量之根據。

導線自一點起始最後仍回至原點成一多邊形謂之閉塞導線，適用於土地，城市，地形等測量。鐵路，道路，河流等測量導線沿固定方向向前進行不能回至原點者謂之不閉塞導線。

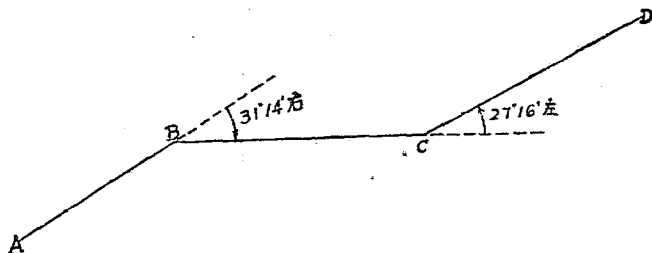
148 夾角 於一測站二測線所作角度謂之夾角。每一測站夾角有二，一為右向角，一為左向角。其自後視右向（順時針）旋轉所得之角為右向角，左向（逆時針）旋轉者為左向角。見第六十三圖。



第六十三圖

149 折角 一測線與前一測線延長線所成角度謂之折角。折角可向左或向右故不能超過 180° ，度數之後需註明「左」「右」字樣以資識別如第六十四圖。折角多用於路線測量，因測量方向大體一致折角通常為鈍角，且路線係向左轉彎或向右轉彎一見左右字樣立即明瞭。

欲測第六十四圖中 B 點折角，設置儀器於 B 點，遊標對 O° ，後視 A 點，縱轉望遠鏡，此時視線在虛線方向遊標仍對 O° ，鬆上盤前視 C 點，讀右向角 $31^\circ 14'$ 即 B 點之右折角。測 C 點折角方法亦同惟 CD 係向左折故須讀左向角 $27^\circ 16'$ 即 C 點之左折角。



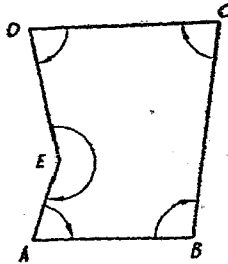
第六十四圖

150 折角複測法 此法包含雙轉鏡法以消儀器誤差。測 B 點折角步驟如下。

- (1) 用上節方法測得折角為 $31^\circ 14'$ 右。此非最後結果僅作為參考之用。
- (2) 指標仍指該讀數，鬆下盤，望遠鏡仍在倒置位置，再後視 A 點。
- (3) 縱轉望遠鏡此時望遠鏡回至正置位置，再前視 C 點。設讀數為 $62^\circ 27'$ ，以 2 除之得 $31^\circ 13' 30''$ 右即測得之折角。

151 導線測法 施測導綫包括測角及量距。距離測法無大差異多用鋼尺間亦有用視距者，角度測法各有不同，因之導線測量亦分為四種，(1) 夾角法，(2) 折角法，(3) 方位角法，(4) 方向角法。前二者係測量二測線所作角度，後二者係測量各測線與基準方向所作角度，茲分述之如下。

152 夾角法測導線 此法為測量二測線所成夾角可用右向角或左向角，惟通常多用右向角。欲得精密結果可複測若干次取平均數。邊長用鋼尺量之亦有用視距者。導線無論閉塞與否此法均適用。下圖為閉塞導線，所示各角均係右向角。



第六十五圖

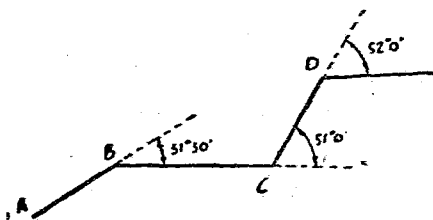
施測步驟列下。

- (1) 設置儀器於測站 A。
- (2) 遊標 A 對 0° 。
- (3) 後視測站 E，注意遊標 A 是否仍指 0° 。
- (4) 用儀器上羅盤讀 AE 之磁方位角。
- (5) 前視測站 C。
- (6) 用遊標 A 讀右向角並記錄之。
- (7) 用磁針讀 AB 磁方位角並記錄之。

(8) 用AE方位角與夾角計算AB方位角視其是否與以上讀得之數相合以爲校對，而AB方位角之值應用此計算之結果。

移儀器至測站B 測法同前，惟後視A 點時應讀 AB 後方位角視其是否與以上第七步測得之 AB 前方位角相差 180° 以爲校對。

153 折角法測導線 此法適用於不閉塞導線如路線測量等。後視畢先縱轉望遠鏡然後量角向左或向右如第六十六圖。



第六十六圖

施測步驟列下。

- (1) 設置儀器於測站B。
- (2) 遊標A對 0° 。
- (3) 縱轉望遠鏡使成倒置。
- (4) 後視測站A。
- (5) 用羅盤讀磁方位角，因望遠鏡係倒置讀得之數爲AB之磁方位角。
- (6) 縱轉望遠鏡使成正置。
- (7) 前視測站C。

市立高工土木工程科

106

測量學講義

(8) 視測線係向左折或向右折讀遊標 A 所指左向角或右向角並註明「左」或「右」。

(9) 讀 BC 磁方位角並記錄之。

(10) 用 AB 方位角與折角計算 BC 方位角視其是否與以上讀得之數相合以爲校對，惟 BC 方位角應用計算之結果。

移儀器至測站 C 測法同前，惟望遠鏡倒置後視 B 點讀得之 BC 方位角視其是否與以上第(9)步測得之 BC 方位角相合以爲校對。

如上所述望遠鏡倒置時後視正置時前視，故讀角時遊標 A 在觀測者之前極爲便利。亦有望遠鏡正置時後視倒置時前視者，至讀角時遊標 B 在觀測者之前則以用遊標 B 爲較便利，故對度盤 0° 及讀角均用 B 遊標。

154 方位角法測導線 此節中之測線方位角係以磁南北爲基準線，磁北爲起點，但如欲用其他任意方向爲基準此法亦同樣適用。此法中有一要點須認清者爲無論經緯儀設置於何點當望遠鏡指北時遊標讀 0° 。

方位角法有二種，分述之如下。

(a) 第一法(第六十七圖導線 ABC)

(1) 設置儀器於測站 A。

(2) 遊標 A 對 0° 。

(3) 轉下盤使磁針北端指 N，此時視線正指磁北故可謂之後視磁北。

(4) 前視測站 B。

(5) 用遊標 A 讀右向角，設爲 50° 即 AB 方位角。

(6) 讀磁針方位角以爲校對。

(7) 不動上盤遊標仍指該度數，設置儀器於測站 B。

(8) 縱轉望遠鏡使成倒置。

(9) 後視測站 A。

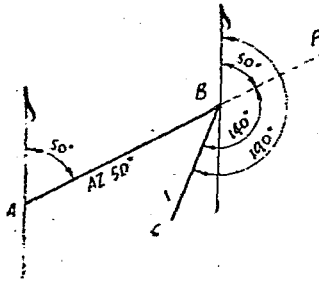
(10) 縱轉望遠鏡使成正置，此時視線指 AB 延長線 BP。BP 方位角為 50° 而遊標 A 亦恰指 50° ，故視線如指磁北遊標必指 0° ，視線如指其他方向遊標必指該方向之方位角。

(11) 鬆上盤前視測站 C。

(12) 用遊標 A 讀右向角，設為 190° 即 BC 方位角。

(13) 讀磁針方位角以為校對。

此法望遠鏡倒置時後視正置時前視，除第一次遊標對 0° 外以後永不重對遊標是其特點。



第六十七圖

(6) 第二法(第六十八圖導線ABC)

前六步與上法同。

(7) 設置儀器於測站 B

市立高工土木工程科

108

測量學講義

(8) 遊標對AB後方位角即 $50^\circ + 180^\circ = 230^\circ$ 。

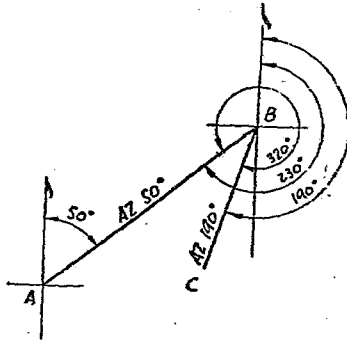
(9) 望遠鏡正置後視測站 A, 此時視線指 BA 方向遊標讀 230° 。倘遊標轉至 0° 望遠鏡必正指北, 故視線指任何方向則遊標讀數為該方向之方位角。

(10) 前視測站C。

(11) 用遊標 A 讀右向角, 設為 190° 即 BC 方位角。

(12) 讀磁針方位角以為校對。

此法無論後視前視望遠鏡均係正置, 且每移一測站遊標須對前一測線之後方位角。



第六十八圖

155 兩種方位角法之比較 方位角法測算線多用第一法, 因其無須每次對遊標較為省事且可避免對遊標所生之誤差。其唯一之缺點為須縱轉望遠鏡, 視線校正不良時縱轉望遠鏡即生誤差。如有此情形則以用第二法為宜。

156 方向角法測算線 此法與方位角法無大差異僅讀得之角係方向角而

非方位角。因之所用度盤須為象限度盤自 0° 刻至 90° 。

此法亦可分為二種。第一法於某站設置儀器，遊標仍指前測線前方向角，望遠鏡倒置後視前測站，再縱轉望遠鏡前視即讀得次測線方向角。

第二法設置儀器後，遊標對前測線之後方向角，後視前測站，前視次測站，即讀得次測線之方向角。

157 導線測法之比較 導線四種測法施測時所須時間無大差異，惟各法皆有其適用情形及優點劣點，測量者須詳加考慮始能決定何種工作適用何種測法。分述之如下。

(1) 夾角法 任何導線均適用之，尤以小規模測量測線較少且閉塞者為宜。

優點 (1) 角度可用複測法以增精度適於精密導線。(2) 測角之次序可任意。(3) 一測站角度之誤差不影響他測站角度。

劣點 (1) 欲以磁針校對時須計算方位角。(2) 須註明所測各角係右向角或左向角。(3) 以何站為後視須於手簿中表示清楚。(4) 每站須重對遊標。

(2) 折角法 適用於方向大致不變之導線如鐵路道路河流等測量。設定曲線時亦用之。

優點 與夾角法優點同。此外鐵路道路曲線之設定均須用折角故路線測量大都用折角法。

劣點 與夾角法劣點(1),(3),(4)同。此外尚有儀器校正不良縱橫望遠鏡即生誤差。又折角係向左或向右記手簿時最易致誤。

(3) 方位角法 適用於各種地形測量，亦有用於路線測量者。

優點 (1) 易用磁針校對各測線方位角。(2) 記手簿簡單明確無須註明後視及測角係右向或左向。(3) 用第一法無須重對遊標。(4) 無須註明象限。(5) 便於計算製圖。

劣點 (1) 角度不能複測。(2) 各測角必須依次施測。(3) 一測線方位角發生誤差影響以後各測線方位角。(4) 用第一法須縱轉望遠鏡發生誤差。

(4) 方向角法 此法較方位角法弊多利少故甚少應用。

優點 與方位角法優點相同惟第(4)除外。

劣點 與方位角法劣點相同。此外尚有(1)須用象限度盤之經緯儀。(2) 錯認北端與南端之零。(3)須註明象限。

158 閉塞差 一導線中每一測站對其他測站位置可用測得角度及距離計算而得。今於閉塞導線中任選一測站為起點，依此計算一周則可得起點之計算位置。此起點原來位置與計算位置之距離謂之閉塞差。閉塞差之原因有二，(1)測角誤差，(2)量距誤差。

設 E 為閉塞差， P 為邊長總和，則導線測量精度以 $\frac{E}{P}$ 表示之。此分數之分子通常化為一以便比較如 1:1000, 1:5000 等。前者表示導線如長 1000 公尺閉塞差為 1 公尺，後者導線如長 5000 公尺閉塞差為 1 公尺，故後者較前者精確。

159 導線測量之精度 導線測量之精度視測量目的而定。普通工作多不致超過 1:1000, 城市測量平均以不超過 1:5000 為度，精密導線測量有限制不超過 1:10000 者。

無論何種導線測量距離與角度精度須相稱，可參閱第 144 節之表。欲得

市立高工土木工程科

測量學講義

111.

上述各種導線精度可由下表查得角度及距離測法。此表係根據施測經驗所作並非絕對者僅可供大致參考。

距 離		角 度		導 線 精 度
儀 器	測 法	儀 器	測 法	
經緯儀 視距尺	視 距 法	1' 經緯儀或 蔡司四號經 緯儀	方位角或右 向角測一次	$\frac{1}{500}$ 至 $\frac{1}{1500}$
鋼 尺	度 量 一 次	1' 經緯儀或蔡 司四號經緯儀	右向角測一次 或複測二次	$\frac{1}{3000}$ 至 $\frac{1}{5000}$
鋼 尺 彈簧秤 溫度表	度量一次用 標準拉力加 溫度改正數	20" 經緯儀或 蔡司三號經緯儀	複轉法量一 組計十二次	$\frac{1}{5000}$ 至 $\frac{1}{10000}$
鋼 尺 彈簧秤 溫度表	度量二次用 標準拉力加 溫度改正數	10" 經緯儀或 蔡司三號經緯儀	複轉法量二組	$\frac{1}{10000}$ 以上

160 導線手簿 導線手簿以簡單明瞭為尚，其中必須載明者有下列各

類。

- (1) 記載之距離係自何站至何站。
- (2) 量角時設置儀器之測站。
- (3) 後視之測站。
- (4) 量角之方向係右向或左向。
- (5) 前視之測站。

茲將適用之格式列舉如下以供參考。

市立高工土木工程科

112

測量學講義

導線手簿——第一式

(右向角法)

測 站	右 向 角	方 向 角		距 離	備 註
		磁 針	計 算		
M ₁₇		N43°20'E		103.21	
M ₁	100°45'	N36°00'W	N35°55'W	97.46	
M ₂	154°32'	N61°30'W	N61°23'W	125.32	
M ₃	100°21'				

此式適用於右向角測導線。方向角與距離記於二測站之間故 N35°55'W 為 M₁-M₂ 之方向角，97.46 為距其離。右向角與頂點在同行，其上之測站為後視，其下之測站為前視，故 100°45' 為 M₁₇-M₁-M₂ 角。第三欄載磁方向角以為校對。

導線手簿——第二式

(折角法)

測 站	折 角		方 向 角		距 離
	左	右	磁 針	計 算	
0+000.00			N41°30'W		1124.36
1+124.36	17°20'		N59°00'W	N58°50'W	612.08
1+736.44		21°15'	N37°30'W	N37°35'W	576.25
2+312.69		10°53'			

科 程 工 木 土 工 高 立 市

義 講 學 量 測

113

此式適用於折角法，格式與第一式相似僅易右向角為折角。左折角與右折角分填二欄以防錯誤。

簿 手 線 導——第三式

(方位角法)

(左頁)

(右頁)

測站	距 離	方位角	磁方向角	備註
A ₁₅	109.72	279°43'	S9°45'W	於此頁繪草圖並詳細記明測站之位置
A ₁	89.79	164°39'	S15°15'E	
A ₂	124.33	112°21'	S67°45'E	
A ₃				

此式適用於方位角法。第四欄磁方向角為校對之用。若用方向角施測格式同，惟易方位角為方向角。

161 導線測量隊之組織 普通導線測量隊須有司經緯儀者一人兼記手簿，持儀器者一人兼司指揮旗，持傘及雜物者如儀器箱食具等一人，扶前視後觀花桿各一人名曰前旗後旗，挑木樁及打木樁者一人，量距離通常用四人，二人為前後鍊，二人用測桿或垂鉗接尺。小規模測量人數可酌減。我國習慣司經緯儀及記手簿者為工程師或測量員外其他職務均以測工任之。

162 導線測量隊之用具

(1) 屬於測角者 經緯儀一架，花桿二根，傘一把，指揮旗紅白各二面，木樁及小釘若干，大木錘一個，帆布袋數個，對數表一本，手簿一本，紅

(B)

精密測角法之一(複測本角及週餘角)

行 數	記錄 次序	視 點	標 讀 數			改正角度	兩組平均
			A	B	平均		
1		儀 器	在C量	子	ACB及	其圓餘角	一皆依時針方向旋轉
2	7	A ₆	25°21'00"	205°20'30"	2185°20'45"		
3	5	B	277°51'30"	97°51'30"	277°51'30"		
4	8	6×BCA			6 / 1907°29'15"		
5	6	A ₁			317°54'52.5"	317°54'50"	
6	3	B ₆	277°51'30"	97°51'30"			
7	1	A	25°20'30"	205°20'00"	25°20'15"		
8	4	6×ACB			6 / 252°31'15"		
9	2	B ₁	67°26'00"		42°05'12.5"	42°05'10"	
10			25°20'30"			360°00'00"	10
11			42°05'30"				5 15
12	7	A ₆	0°01'00"	180°01'00"	2160°01'00"		42°05'07.5"
13	5	B	252°31'00"	72°31'00"	252°31'00"		
14	8	6×BCA			6 / 1907°30'00"		
15	6	A ₁			317°55'05"	317°54'55"	
16	3	B ₆	252°31'00"	72°31'00"	252°31'00"		
17	1	A	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"		
18	4	6×ACB			6 / 252°31'00"		
19	2	B ₁	42°05'		42°05'10"	42°05'05"	
20						360°00'00"	

市立高工土木工程科

114

測量學講義

磁油一罐及毛筆鉛筆橡皮小三角板等。

(2) 屬於量距者 鋼尺皮尺各一盤，測釘一套，花桿若干根，垂鉈兩個，斧二柄，帆布袋數個，手簿一本，及鉛筆橡皮等。

163 指揮旗及指揮記號 施測等線時前後二測站有時相距過遠，言語既難傳達手勢亦難望見故非用指揮旗不可。指揮旗以細竹為桿，長約一公尺旗布約四公寸見方，共計四面二紅二白。通常以白旗二面指揮後視，紅旗二面指揮前視。測量用之旗語極為簡單述之如下，不敷用時可預先商定的手添加。

(1) 插直線時左手旗向左揮表示花桿須向左移，右手旗向右揮表示花桿須向右移，揮動急則移動多，揮動緩則移動少。

(2) 將旗交叉舉於頂上然後向左右放下表示測畢，此時前後旗不可離其位置因以後尚須應用。

(3) 舉一旗至垂直位置不動表示欲測花桿。白旗指揮後視，紅旗指揮前視。

(4) 左手旗垂直向上緩緩向左揮動表示花桿不垂直桿頂須向左移，右手旗向右表示花桿頂須向右移。

(5) 前後揮動指揮旗成圓形用白旗表示後視已畢不再覘視，用紅旗表示前視已畢不再覘視，此時前後旗可移動至其他工作地點。

距離近時改用手勢，方法同。

(測量)

測 站	右向角	方位角	長 度	對 數	縱 距	改正數	橫 距	改正數	縱 坐 標	橫 坐 標
A				$\log L = \underline{2.14509}$ $\log \cos = 9.63266$ $\log s = 2.51243$ $\log \sin = \underline{9.95579}$ $\log D = 2.46822$					+ 463.76	+ 453.10
B	148°02'	64°35'	325.41		+139.66	+0.08	+293.91	-0.09		
				$\log L = \underline{2.63989}$ $\log \cos = 9.92546$ $\log s = 2.71443$ $\log \sin = \underline{9.73160}$ $\log D = 2.44603$					+ 603.50	+ 746.92
C	91°03'	32°37'	518.12		+436.41	+0.13	+279.27	-0.13		
				$\log L = \underline{2.35777}$ $\log \cos = 9.74379$ $\log s = 2.61398$ $\log \sin = \underline{9.92027}$ $\log D = 2.53425$					+1040.04	+1026.06
D	156°30'	303°40'	411.13		+227.91	+0.10	-342.18	-0.11		
				$\log L = \underline{1.79664}$ $\log \cos = 9.24677$ $\log s = 2.54987$ $\log \sin = \underline{9.99313}$ $\log D = 2.54300$					+1268.05	+ 683.77
E	102°12'	230°10'	354.71		+ 62.61	+0.09	-349.14	-0.09		
				$\log L = 2.84971$					+1330.75	+ 334.64

第十八章 導線之計算

164 方位角算法 欲計算導線必須先知各測線之方位角或方向角。如導線係用夾角法或折角法施測者則各測線方位角或方向角須計算而得。茲將方位角算法分述如下。知方位角後即可定測線在何象限而能換算為方向角。

(a) 夾角法施測導線 知一線方位角及此線與第二線所作之右向角，求第二線之方位角其法如下。

- (1) 寫明第一線方位角，注意必須用自角度頂點起之方位角。
- (2) 寫明右向角。
- (3) 以上二者相加即得第二測線之方位角。如所測夾角係左向角，則由(1)減去左向角即得第二測線之方位角。舉例說明算法如下。

測 站	右 向 角	方 位 角
A		70°
B	150°	40°
C	70°	290°
D	140°	250°
E	170°	240°
F		

市立高工土木工程科

116

測量學講義

算 式	簡 算 法
$AB = 70^\circ$	70° $AB = 70^\circ$
180°	150°
$\hline BA = 250^\circ$	220° $BC = 40^\circ$
$ABC = 150^\circ$	70°
400°	290° $CD = 290^\circ$
$BC = 40^\circ$	140°
180°	430°
$\hline CB = 220^\circ$	70° $DE = 250^\circ$
$BCD = 70^\circ$	170°
$CD = 290^\circ$	240° $EF = 240^\circ$
180°	
$\hline DC = 110^\circ$	
$CDE = 140^\circ$	
$DE = 250^\circ$	
180°	
$\hline ED = 70^\circ$	
$DEF = 170^\circ$	
$EF = 240^\circ$	

左列算式係方位角之計算。AB 方位角為 70° 加 180° 變為 BA 方位角 250° 再加 ABC 角得次測線 BC 之方位角 400° 即 40° 。以下計算均同。此算法可化簡如右列算式。AB 方位角 70° 逐次與各方向角相加，所得和數第一次 220° 加或減 180° 為 BC 方位角，第二次 290° 即係 CD 方位角，以下類推。

(b) 折角法施測導線 知一線方位角及此線與第二線所作之折角，求第二線之方位角其法如下。

(1) 寫明第一線方位角 注意必須用自該線起點之方位角非自頂點者。

(2) 寫明折角。

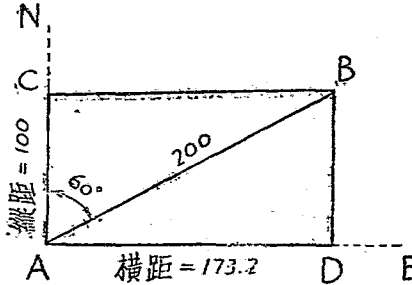
(3) 如折角向右以上二者相加，如折角向左由(1)減(2)即得第二線方位角。換言之以右折角為正號左折角為負號，求得(1)與(2)之代數和即第二線之方位角。

舉例說明算法如下。

測 站	折 角	方 位 角
A		96°
B	40°右	136°
C	15°右	151°
D	10°左	141°
E	20°左	121°
F		

$$\begin{array}{r}
 \text{算式} \\
 AB = 96^\circ \\
 \quad + 40^\circ \\
 BC = 136^\circ \\
 \quad + 15^\circ \\
 CD = 151^\circ \\
 \quad - 10^\circ \\
 DE = 141^\circ \\
 \quad - 20^\circ \\
 EF = 121^\circ
 \end{array}$$

165 縱距及橫距 一測線在南北方向投影之距離謂之縱距，東西方向投影之距離謂之橫距。下圖測線 AB 在 N.E. 象限，AC = DB 為其縱距，AD = CB 為其橫距。CAB 角為測線 AB 之方向角。



第六十九圖

166 縱橫距之計算 由上圖得下列二公式。

$$\text{縱距} = \text{測線長} \times \cos \text{方向角}$$

$$\text{橫距} = \text{測線長} \times \sin \text{方向角}$$

若 AB 長 200 公尺，方向角為 $N60^\circ E$ ，則

$$\text{縱距} = 200 \cos 60^\circ = 100 \text{ 公尺}$$

$$\text{橫距} = 100 \sin 60^\circ = 173.2 \text{ 公尺}$$

167 縱橫距之符號 縱橫距之符號視測線方向角之象限而定。方向角係向北者縱距為正，向南者縱距為負，向東者橫距為正，向西者橫距為負。故方向角第一字母定縱距符號，第二字母定橫距符號。

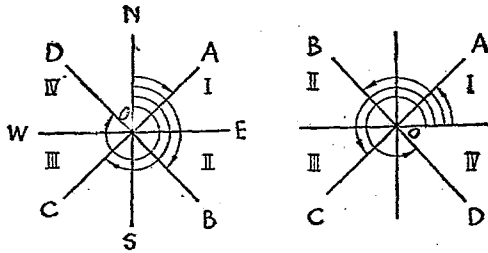
168 用方位角計算縱橫距 將第 166 節公式方向角改為方位角即可直接計算縱橫距公式如下。

$$\text{縱距} = \text{測線長} \times \cos \text{方位角}$$

$$\text{橫距} = \text{測線長} \times \sin \text{方位角}$$

方位角正弦餘弦如用三角函數之符號則計算結果恰與縱橫距符號相合觀下例

自知。N.E. 象限相當三角中第一象限，S.E. 相當第二象限，S.W. 相當第三，N.W. 相當第四。此即平面測量中方位角自北起算而不自南起算之主要原因。



測量

三角

第七十圖

N.E. 象限 OA	縱距 = + 橫距 = +	0° - 90°	第一象限 OA	cos = + sin = +
S.E. 象限 OB	縱距 = - 橫距 = +	90° - 180°	第二象限 OB	cos = - sin = +
S.W. 象限 OC	縱距 = - 橫距 = -	180° - 270°	第三象限 OC	cos = - sin = -
N.W. 象限 OD	縱距 = + 橫距 = -	270° - 360°	第四象限 OD	cos = + sin = -

169 閉塞差之計算 閉塞導線中各測線縱距之代數和及橫距之代數和均應為零。如第七十一圖中

$$\text{縱距和} = -AE + FC + CG - HA = 0$$

$$\text{橫距和} = EB + BF - GD - DH = 0$$

市立高工土木工程科

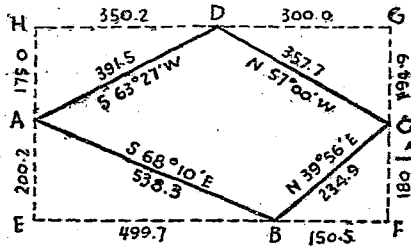
120

測量學講義

惟實際測量難免發生誤差，故計算之結果縱距和及橫距和殆難恰等於零而各得一微小長度以 E_1 及 E_2 代之，則由閉塞差定義得下列公式。

$$\text{閉塞差} = \sqrt{(E_1)^2 + (E_2)^2}$$

閉塞差以邊長總和除之即得導線精度。舉例說明如下。



第七十一圖

測線	長度	方向角	縱距		橫距	
			+	-	+	-
AB	538.3	S68°10'E		200.2	499.7	
BC	234.9	N39°56'E	180.1		150.8	
CD	357.7	N57°00'W	194.9			300.0
DA	391.5	S63°27'W		175.0		350.2

1522.4

+375.0 -375.2 +650.5 -650.2

+375.0

+650.5

$E_1 = -0.2$

$E_2 = +0.3$

$$\text{閉塞差} = \sqrt{(0.2)^2 + (0.3)^2} = 0.36$$

$$\text{精度} = \frac{0.36}{1522.4} = \frac{1}{4230}$$

市立高工土木工程科

測量學講義

121

170 閉塞差之分配 於各測線縱橫距加改正數使其代數和各等於零於是閉塞差亦等於零而導線成閉塞多邊形謂之分配閉塞差。

倘導線僅為繪圖之用則一般測量所得閉塞差均不致有顯著影響，即在該比例尺閉塞差不能繪出，在此情形閉塞差可不必分配。反之如導線係為測量中主要控制之用則必須將閉塞差分配以期準確。分配之方法有數種以下列二種為最普通。

(a) 羅盤儀法 若角度與距離測量精度相等，則一點位置因角度與距離所生之誤差亦相等，此種情形適用羅盤儀法。

任一測線縱橫距改正數與縱橫距總誤差之比等於此測線長與邊長總和之比。

設 P 為導線總長	s 為任一測線之長
E _l 為縱距總誤差	e _l 為此測線縱距改正數
E _d 為橫距總誤差	e _d 為此測線橫距改正數

$$\text{則 } \frac{e_l}{E_l} = \frac{s}{P}, \quad \frac{e_d}{E_d} = \frac{s}{P}$$

$$\text{即 } e_l = \frac{E_l}{P} s, \quad e_d = \frac{E_d}{P} s$$

因改正數均極小多為一位數字故計算無須太仔細用計算尺即可。 $\frac{E_l}{P}$ 及

$\frac{E_d}{P}$ 係常數，求得其值逐次以各測線長乘之即得改正數。

(b) 經緯儀法 若角度測量較距離測量精確則一點位置因距離測量所生

市立高工土木工程科

122

測量學講義

誤差亦較大，此時適用經緯儀法。用此法改正對於角度影響較小。

任一測線縱橫距改正數與縱橫距總誤差之比等於此測線縱橫距與各測線縱橫距總算術和之比，此和數不計正負號。

設 ΣL 為各測線縱距算術和 L 為任一測線之縱距
 ΣD 為各測線橫距算術和 D 為此測線之橫距
 E_1 為縱距總誤差 e_1 為此測線縱距改正數
 E_d 為橫距總誤差 e_d 為此測線橫距改正數

$$\text{則 } \frac{e_1}{E_1} = \frac{L}{\Sigma L} \quad \frac{e_d}{E_d} = \frac{D}{\Sigma D}$$

$$\text{即 } e_1 = \frac{E_1}{\Sigma L} L \quad e_d = \frac{E_d}{\Sigma D} D$$

上式中 $\frac{E_1}{\Sigma L}$ 及 $\frac{E_d}{\Sigma D}$ 均係常數逐次以各測線縱橫距乘之即得改正數。

171 縱坐標及橫坐標 以一點為原點他點對此原點之南北距離為縱坐標東西距離為橫坐標。坐標之符號以向東向北為正，向西向南為負。

172 導線之計算 導線計算之目的有三。(1)求各測站相互位置以便繪圖。(2)知閉塞差以求導線測量精度。(3)可用以計算所包含之面積。導線計算之步驟如下。

- (1) 繪製草圖註明角度及距離。
- (2) 如係閉塞導線以夾角法或折角法施測者改正所測角度使之合幾何條件。
- (3) 自一已知方向之測線起用改正角度計算其他各測線之方位角或方向角，回至第一測線方向應完全一致。

(4) 計算縱橫距帶符號。

(5) 求閉塞差。

(6) 分配閉塞差以改正縱橫距。

(7) 選適宜原點為基準計算各測站縱橫坐標，閉塞導線起點坐標與終點坐標應完全相同。

導線之計算舉例說明如次頁。此例中選最西測站 G 為原點(0,0)，故橫坐標全係正號。此於計算導線所包含面積極為便利方法見後。倘計算之閉塞差太大時，可依下列次序檢查之。

(1) 縱橫距符號是否錯誤。

(2) 縱距與橫距是否寫顛倒。

(3) 角度距離是否抄錯。

(4) 重算，先選發生錯誤可能性最大者。

本章末附表係一導線計算按羅盤儀法分配閉塞選最西測站 G 為原點。至經緯儀法分配閉塞差讀者可自行計算。

173 導線表 導線計算無須十分精密者可利用導線表查各測線縱橫距較為迅速。導線表中所列數量為正弦餘弦以 1, 2, 3, … 至 10 分別乘之，亦有自 1 至 100 者。角度自 0° 至 90°，簡單者每 15' 列一值，詳細者每 1' 列一值。一測線長度有若干位數字者可先查得各位數字之縱橫距，確定其小數點位置後將各數字之縱橫距分別相加即得各測線之縱橫距。

下列數值錄自導線表以說明其用法。

市立高工土木工程科

124

測量學講義

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

設有一測線方向角為 $N 30^\circ E$ ，長 4 公尺時縱距 = 3.464 公尺，橫距 = 2.000 公尺。若此測線為 40 公尺，則縱橫距為 34.64 及 20.00 公尺。若此測線為 400 公尺，則縱橫距為 346.4 及 200.0 公尺。

設欲求測線 AB 及 CD 之縱橫距，長度及方向角如下。

AB 長度 = 542.3 公尺

方向角 = $N 30^\circ W$ 。

縱距	橫距
433.0	250.0
34.64	20.00
1.73	1.00
.26	.15
+469.63	-271.15

CD 長度 = 503.1 公尺

方向角 = $S 30^\circ W$ 。

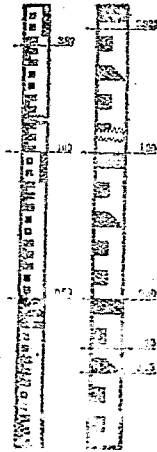
縱距	橫距
433.0	250.0
2.60	1.50
.09	.05
-435.69	-251.55

第十九章 視距測量

174 視距法 經緯儀望遠鏡中十字橫線上下等距離各有一水平線謂之視距線。視距線與十字線在同一平面上，十字線為銀絲者視距線亦為銀絲；十字線係刻於玻璃片上者，視距線亦刻於玻璃片上。水準儀望遠鏡中亦有裝置視距線者，惟用途不廣且讀水準尺時常將視距線誤認為十字線而生錯誤。

欲測兩點間距離設置經緯儀於一點立尺於他點，由望遠鏡中視則見視距線在尺上所截部分與尺之遠近有關。尺愈遠時所截部分愈長，尺愈近時所截部分愈短成正比例。由所截部分之長度算得二點間之距離謂之視距法。

上法中所用之尺謂之視距尺。視距尺與水準尺相似，其分割之粗細應視所測距離之遠近而異。凡距離在一百公尺以內者最小分割宜為一分或可用水準尺代之，距離在一百公尺以上三百公尺以內最小分割宜為二分如第七十二圖(甲)，距離在三百公尺以上者最小分割宜為5公分如(乙)。尺面畫法甚多要以簡單明顯為主測量者多喜自行設計。下圖中二種為通用之式樣均係白地上塗黑線及紅線，圖中畫斜線部分為紅色塗黑者為黑線。視距尺長度自3公尺至5公尺。為攜帶便利計分二部作成以繩連結之，可折於一起用時展開。



視距尺
第七十二圖

175 視距原理 視距法之原理係根據幾何學定理，兩相似三角形之相當

市立高工土木工程科

透及高成正比。如第七十三圖望遠鏡係在水平位置，以之視視垂直尺 AB，則上下視距線 a, b 於尺上所截之部分為 AB。由光學原理知自 A 點發出之光線經過焦點 F 至透鏡後即屈折與光軸平行。所有自 A 點發出光線經過透鏡後均集合於 a 點，以 AFa'a 代之。同樣所有自 B 點發出光線經過透鏡均集合於 b 點，以 BFb'b 代之。

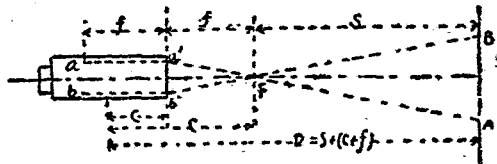
a' 及 b' 為斜光線轉變方向至平行光線之點。設 c 為儀器中心至物鏡中心之距離（此距離當物鏡進出對光時微有變動），f 為焦點距，i 為二視距線間之距離 ab, R 為視距讀數 AB。由相似三角形 Fa'a' 及 Fab 得

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

$$\therefore S = \frac{f}{ab} \times AB = \frac{f}{i} R$$

任何望遠鏡其焦點距 f 及視距線間距離 i 均係固定，故 $\frac{f}{i}$ 為常數謂之視距常數。由此可知視距尺無論遠近此距離 S 常等於視距讀數與視距常數之乘積。但所求者為視距尺至儀器中心之距離 D 乃得

$$D = \frac{f}{i} R + (f + c)$$



第七十三圖

$f+c$ 之值雖因物鏡移動而有變化，但此變動極微可以不計而認為係一常數，茲以 C 代之謂之儀器常數。上列公式變為

$$D = \frac{f}{i} R + C$$

176 儀器常數 儀器常數常載於儀器說明書上或可自行求之如下。

(1) 視距離約 100 公尺之物體使之與十字線同時清晰可見。此時物象可認為生於焦點上，因極遠物體與距離 100 公尺之物體所生之像總在一處。物像與十字線既同時清晰可見二者必在同一平面上，故十字線位於物鏡之焦點。

(2) 量自物鏡中心至十字線圈之距離即得 f 。

(3) 量自物鏡中心至儀器中心之距離得 c 之平均值。

(4) 以上二者相加 $f+c$ 即得儀器常數 C 之值。

C 之值通常自 0.25 至 0.35 公尺隨望遠鏡大小而異。蔡司經緯儀係內部對光 C 之值尤小可以不計而認為等於零。

177 視距常數 普通儀器視距線之距離 i 為使 $\frac{f}{i} = 100$ 以便計算，故視距讀數為 1 公尺時距離為 $(100+c)$ 公尺，視距讀數為 2 公尺時距離為 $(200+c)$ 公尺。但儀器製造容微有誤差致視距常數非確係 100 故須自行測定之，方法如下。

(1) 設置儀器於一點。

(2) 自該點量距離等於 $(100+C)$ 公尺。

(3) 置距尺於此點讀視距讀數 R 而得下列關係。

$$\frac{f}{i} R + C = 100 + C$$

$$\frac{f}{i} = \frac{100}{R}$$

(4) 用上列公式計算 $\frac{f}{i}$ 。

為精密測定計可於 $50 + C, 150 + C$ 公尺等距離處各設視距尺用同樣方法再求 $\frac{f}{i}$ 各值，以三值之平均數為 $\frac{f}{i}$ 之確值。

178 斜視線之公式 第 175 節之公式僅適用於水平視線。在山地施測時視線每須傾斜遂有下列二種改正。(1) 所得距離為斜距離須變為水平距離。(2) 視距尺不與視線垂直仍在重力方向，故尺上所截部分較尺與視線垂直時為長亦須加以改正。此二種改正均視垂直角大小而異。

第七十四圖中 α 為視線之垂直角。設另有一視距尺與視線成直角時讀數為 $b'e'$ 而得

$$Bm = \frac{f}{i} b'e' + C$$

普通扶視距尺均使在重力方向，故所得讀數將為 be 以 R 代之。因 $bb'm$ 近似一垂直角， $bmb' = \alpha$ 故

$$b'e' = be \cos \alpha = R \cos \alpha$$

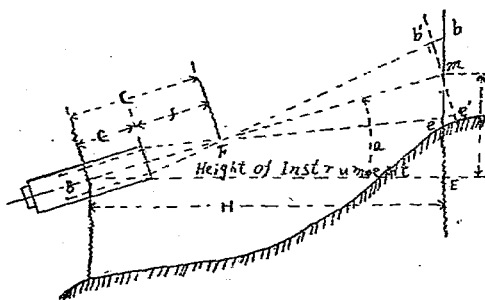
$$Bm = \frac{f}{i} R \cos \alpha + C$$

水平距離 BE 以 H 代之。

$$H = Bm \cos \alpha = \frac{f}{i} R \cos^2 \alpha + C \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

垂直距離 Em 以 V 代之。

$$\begin{aligned} V &= Bm \sin \alpha = \frac{f}{i} R \cos \alpha \sin \alpha + C \sin \alpha \\ &= \frac{f}{i} R \frac{1}{2} \sin 2 \alpha + C \sin \alpha \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$



第七十四圖

179 斜視距之計算 實際上求水平距離及高度差並不直接用上節二公式計算，而應用根據該二公式所製之視距表，視距圖或視距計算尺等以節省時間。茲分別述之如下。

180 視距表 本章末所附之表即視距表分為兩部，上部為高度差所列數

量係 $\frac{f}{i}$ 等於 100 時 $\frac{f}{i} R \cos \alpha \sin \alpha$ 之值，下部為水平距離改正數係 $\frac{f}{i} R$ 等於 100, 200, 300, ……1000 時下式之值。

$$\text{水平距離改正數} = \frac{f}{i} R - \frac{f}{i} R \cos^2 \alpha = \frac{f}{i} R \sin^2 \alpha$$

故查出此值自 $\frac{f}{i} R$ 中減去即得 $\frac{f}{i} R \cos^2 \alpha$ 之值。

自上表查出之值不包含 $C \sin \alpha$ 及 $C \cos \alpha$ 二項，惟此二數量極微可以不計故此表已敷應用。在較精密之視距測量必須求此二數量時則可用儀器常數表。表中 C 之值有五 0.24, 0.27, 0.30, 0.33, 0.36，迥 C 之值介二者之間時可擇其近者用之相差極微無大關係。舉例說明視距表用法如下：

視距讀數為 1.54 公尺，垂直角為 $7^{\circ}16'$ ，C 為 0.34 公尺，

則高度差 = $12.55 \times 1.54 + 0.04 = 19.37$

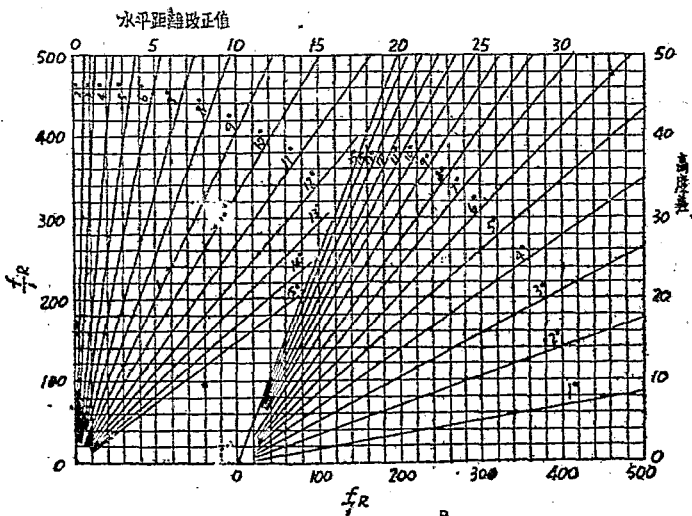
水平距離 = $154 - 1.54 \times 1.6 + 0.33 = 151.87$

181 視距圖 將第178節公式 (1)，(2) 第二項 $C \cos \alpha$ 及 $C \sin \alpha$ 以 $\cos a$ 乘之其誤差甚微，則該二式變為

$$\text{高度差 } \bar{V} = \left(\frac{f}{i} R + C \right) \cos \alpha \sin \alpha \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{水平距離 } H = \left(\frac{f}{i} R + C \right) \cos^2 \alpha = \frac{f}{i} R + C - \left(\frac{f}{i} R + C \right) \sin^2 \alpha$$

$$\text{水平距離改正數} = \left(\frac{f}{i} R + C \right) \sin^2 \alpha \dots\dots\dots(4)$$



第七十五圖 視距圖

由 (3), (4) 二公式可知若 α 角不變高度差與水平距離改正數皆與 $\frac{f}{i}R + C$ 成正比, 故所作之視距圖皆係直線。

為計算便利 (3), (4) 公式中 C 可取消相差極微無顯著影響。

第七十五圖為視距圖之一種, 分為兩部, 左圖用以求水平距離改正數, 右圖用以求高度差。舉例說明其用法如下。

設視距讀數為 175.3 公尺, 垂直角為 $8^{\circ}15'$, G 為 0.30 公尺, 則由左圖得

$$\text{水平距離改正數} = 3.7 \text{ 公尺}$$

$$\text{水平距離} = 175.3 - 3.7 = 171.6 \text{ 公尺}$$

由右圖得高度差 = 24.9 公尺。

第七十五圖如不敷用可自行製成較大者, 且角度及視距讀數限制可以隨意變更以適合實際情形。

182 視距計算尺 視距計算尺亦係根據此定理所作者, 用法與普通計算尺作乘法相同極為便利。亦有用膠質版製成圓形者為用尤便。

183 三種視距計算法之比較 視距表最為準確宜用以計算重要之點如視距導線等惟費時較多, 次要之點宜用視距圖或計算尺以節時間。在室內工作二者無分軒輊, 而於野外需當時計算者則以計算尺較佳, 因有風之影響視距圖不甚適用。

184 視距法測水平距離

(1) 平地 測平地二點間水平距離時按理論應使視線水平讀上下二視距線, 算得其差數以 100 乘之再加 C 即得水平距離。但此法需用視距線讀數二

次較爲費事，故習慣上常用望遠鏡微動螺絲使一視距線截整公分數直接讀所截長度。此法讀數時望遠鏡縱不絕對水平但其傾斜甚微可略而不計。

(2) 山地 測高低不同二點間之距離應使十字線交點截尺上讀數等於儀器之高再讀上下二視距線及垂直角以計算水平距離。爲便利起見亦可使任一視距線於該處附近截整公分數而讀視距讀數，但讀垂直角時仍需使十字線交點截尺上讀數等於儀器之高。如此讀得之視距讀數及垂直角非相當值故發生誤差，但此誤差極爲微小可略而不計。

若視距尺長度不敷或視距尺一部爲障礙物遮蔽，可讀任一視距線與十字橫線所截距離即半視距，結果以 2 乘之。

185 視距法測高度差 測法與上節(2)相同。用視距讀數及垂直角即可算得高度差。

186 視距測量 凡不用尺度而以視距法測距離者謂之視距測量，故導線測量如以視距法測距離即謂之視距導線。

視距多用於地形測量以定各點之位置及高度。

187 視距測量之誤差

- (1) 扶尺不垂直之誤差 使視距讀數太大爲常差，故扶尺者須有經驗。
- (2) 視距尺分割不準 與水準尺相同初用時宜試驗之。
- (3) 讀數不準確之誤差 讀數不準確之原因甚多，(1) 視線太長；(2) 望遠鏡放大力不強；(3) 視距線太粗；(4) 視距尺分格粗細與距離遠近不相適合，如分格太細者不適於遠距離，分格太粗者不適於近距離；(5) 天氣不良。

(4) 讀數之錯誤。避免之法有三，(1) 以目力估計距離，(2) 讀半視距再調整視距比較之，(3) 如係施測導線在測線兩端各讀一數。

(5) 視距常數之誤差。視距常數 $\frac{f}{i}$ 雖製造時使其等於 100 而誤差在所不免，故須精密測定。否則誤用 100 即生累積差影響頗大。

(6) 折光差。近地面約一公尺內空氣之密度常較上層空氣密度為大，尤以近中午前後二三小時為甚，概受地面輻射熱之影響也。光線經過此層空氣輒向上屈折，故讀視距時下視距絲所示讀數恒太高致讀數太小而生累積差。欲避免此誤差可使視距線向上移至下線切在視距尺一公尺刻劃之上。如於早晨九時以前下午三時以後施測亦可減少此種誤差。

188 誤差之限制。據一般經驗仔細觀測時視線長 100 公尺誤差可達 3 公分，視線長 200 公尺時可達 7 公分，長 400 公尺時可達 3 公尺。

兩點間高度差之誤差係垂直角及視距讀數兩種誤差之影響。通常視線長在 100 公尺左右，垂直角誤差為 1' 至 5'，誤差平均為 8 公分至 2 公分。

市立高工土木工程科

134

測量學講義

視距表 高度差

距離	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0.1	0.00	1.74	3.49	5.23	6.96	8.68	10.40	12.10	13.78	15.45
0.2	0.00	1.80	3.56	5.28	7.02	8.74	10.45	12.15	13.84	15.51
0.3	0.12	1.86	3.60	5.34	7.07	8.80	10.51	12.21	13.89	15.56
0.4	0.17	1.92	3.66	5.40	7.13	8.85	10.57	12.26	13.95	15.62
0.5	0.23	1.98	3.72	5.46	7.19	8.91	10.62	12.32	14.01	15.67
1.0	0.29	2.04	3.78	5.52	7.25	8.97	10.68	12.38	14.06	15.73
1.5	0.35	2.09	3.84	5.57	7.30	9.03	10.74	12.43	14.12	15.78
2.0	0.41	2.15	3.90	5.63	7.36	9.08	10.79	12.49	14.17	15.84
2.5	0.47	2.21	3.95	5.69	7.42	9.14	10.85	12.55	14.23	15.89
3.0	0.52	2.27	4.01	5.75	7.48	9.20	10.91	12.60	14.28	15.95
3.5	0.58	2.33	4.07	5.80	7.53	9.25	10.96	12.66	14.34	16.00
4.0	0.64	2.38	4.13	5.86	7.59	9.31	11.02	12.72	14.40	16.06
4.5	0.70	2.44	4.18	5.92	7.65	9.37	11.08	12.77	14.45	16.11
5.0	0.76	2.50	4.24	5.98	7.71	9.43	11.13	12.83	14.51	16.17
5.5	0.81	2.56	4.30	6.04	7.76	9.48	11.19	12.88	14.56	16.22
6.0	0.87	2.62	4.36	6.09	7.82	9.54	11.25	12.94	14.62	16.28
6.5	0.93	2.67	4.42	6.15	7.88	9.60	11.30	13.00	14.67	16.33
7.0	0.99	2.73	4.48	6.21	7.94	9.65	11.36	13.05	14.73	16.39
7.5	1.05	2.79	4.53	6.27	7.99	9.71	11.42	13.11	14.79	16.44
8.0	1.11	2.85	4.59	6.33	8.05	9.77	11.47	13.17	14.84	16.50
8.5	1.16	2.91	4.65	6.38	8.11	9.83	11.53	13.22	14.90	16.55
9.0	1.22	2.97	4.71	6.44	8.17	9.88	11.59	13.28	14.95	16.61
9.5	1.28	3.02	4.76	6.50	8.22	9.94	11.64	13.33	15.01	16.66
10.0	1.34	3.08	4.82	6.56	8.28	10.00	11.70	13.39	15.06	16.72
10.5	1.40	3.14	4.88	6.61	8.34	10.05	11.76	13.45	15.12	16.77
11.0	1.45	3.20	4.94	6.67	8.40	10.11	11.81	13.50	15.17	16.83
11.5	1.51	3.26	4.99	6.73	8.45	10.17	11.87	13.56	15.23	16.88
12.0	1.57	3.31	5.05	6.79	8.51	10.22	11.93	13.61	15.28	16.94
12.5	1.63	3.37	5.11	6.84	8.57	10.28	11.98	13.67	15.34	16.99
13.0	1.69	3.43	5.17	6.90	8.63	10.34	12.04	13.73	15.40	17.05
13.5	1.74	3.49	5.23	6.96	8.68	10.40	12.10	13.78	15.45	17.10

水平距離正數

距離	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
100..	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	1.9	2.5
200..	0.0	0.1	0.1	0.5	1.0	1.5	2.2	3.0	3.9	4.9
300..	0.0	0.1	0.4	0.8	1.5	2.3	3.3	4.5	5.8	7.4
400..	0.0	0.1	0.5	1.1	2.0	3.0	4.4	6.0	7.8	9.8
500..	0.0	0.2	0.6	1.4	2.5	3.8	5.5	7.5	9.7	12.3
600..	0.0	0.2	0.7	1.6	2.8	4.2	6.2	8.5	11.0	14.1
700..	0.0	0.2	0.8	1.9	3.4	5.3	7.6	10.4	13.6	17.1
800..	0.0	0.2	1.0	2.2	3.9	6.1	8.7	11.9	15.5	19.6
900..	0.0	0.3	1.1	2.4	4.4	6.8	9.8	13.4	17.2	22.1
1000..	0.0	0.3	1.2	2.7	4.9	7.6	10.9	14.9	19.4	24.5

視距表
高度差

分	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°
0...	17.10	18.73	20.36	21.98	23.47	25.00	26.50	27.91	29.38	30.78
2...	17.16	18.78	20.39	21.97	23.52	25.05	26.55	28.01	29.44	30.83
4...	17.21	18.84	20.44	22.02	23.58	25.10	26.59	28.06	29.48	30.87
6...	17.26	18.89	20.50	22.08	23.61	25.15	26.64	28.10	29.53	30.92
8...	17.32	18.95	20.55	22.13	23.68	25.20	26.69	28.15	29.58	30.97
10...	17.37	19.00	20.60	22.18	23.73	25.25	26.74	28.20	29.62	31.01
12...	17.43	19.05	20.66	22.23	23.78	25.30	26.79	28.25	29.67	31.06
14...	17.48	19.11	20.71	22.28	23.83	25.35	26.84	28.30	29.72	31.10
16...	17.54	19.16	20.76	22.34	23.88	25.40	26.89	28.34	29.76	31.15
18...	17.59	19.21	20.81	22.39	23.93	25.45	26.94	28.39	29.81	31.19
20...	17.65	19.27	20.87	22.44	23.99	25.50	26.99	28.44	29.86	31.24
22...	17.70	19.32	20.92	22.49	24.04	25.55	27.01	28.49	29.90	31.28
24...	17.76	19.38	20.97	22.54	24.09	25.60	27.06	28.54	29.95	31.33
26...	17.81	19.43	21.02	22.60	24.14	25.65	27.11	28.58	30.00	31.38
28...	17.86	19.48	21.08	22.65	24.19	25.70	27.16	28.63	30.04	31.42
30...	17.92	19.54	21.13	22.70	24.24	25.75	27.21	28.68	30.09	31.47
32...	17.97	19.59	21.18	22.75	24.29	25.80	27.26	28.73	30.14	31.51
34...	18.03	19.64	21.24	22.80	24.34	25.85	27.31	28.77	30.19	31.56
36...	18.08	19.70	21.29	22.85	24.39	25.90	27.36	28.82	30.23	31.60
38...	18.14	19.75	21.34	22.91	24.44	25.95	27.41	28.87	30.28	31.65
40...	18.19	19.80	21.39	22.96	24.49	26.00	27.46	28.92	30.32	31.69
42...	18.24	19.86	21.45	23.01	24.55	26.05	27.52	28.96	30.37	31.74
44...	18.30	19.91	21.50	23.06	24.60	26.10	27.57	29.01	30.41	31.78
46...	18.35	19.96	21.55	23.11	24.65	26.15	27.62	29.06	30.46	31.83
48...	18.41	20.02	21.60	23.16	24.70	26.20	27.67	29.11	30.51	31.87
50...	18.46	20.07	21.66	23.21	24.75	26.25	27.72	29.15	30.55	31.92
52...	18.51	20.12	21.71	23.27	24.80	26.30	27.77	29.20	30.60	31.96
54...	18.57	20.18	21.76	23.32	24.85	26.35	27.81	29.25	30.65	32.01
56...	18.62	20.23	21.81	23.37	24.90	26.40	27.86	29.30	30.69	32.05
58...	18.68	20.28	21.87	23.42	24.95	26.45	27.91	29.34	30.74	32.09
60...	18.73	20.34	21.92	23.47	25.00	26.50	27.96	29.39	30.78	32.14

水平距離修正數

距離	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°
100..	3.0	3.6	4.3	5.1	5.9	6.7	7.6	8.5	9.5	10.6
200..	6.0	7.3	8.6	10.1	11.7	13.4	15.2	17.1	19.1	21.2
300..	9.1	10.9	12.9	15.1	17.6	20.1	22.8	25.6	28.6	31.8
400..	12.1	14.9	17.3	20.2	23.4	26.8	30.4	34.2	38.1	42.4
500..	15.1	18.2	21.6	25.3	29.3	33.5	38.0	42.7	47.7	53.0
600..	18.1	21.8	25.9	30.4	35.7	40.3	45.6	51.3	57.3	63.6
700..	21.1	25.5	30.2	35.4	41.0	46.9	53.2	59.8	66.8	74.2
800..	24.2	29.1	34.6	40.5	46.8	53.0	60.2	68.4	76.4	84.8
900..	27.2	32.8	38.9	45.5	52.7	60.0	68.4	76.9	85.9	95.4
1000..	30.2	36.4	42.7	50.2	58.5	67.0	76.2	85.5	95.3	105.6

市立高工土木工程專科

測量學講義

視距表 高尺盤

高	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
0...	32.14	33.46	34.73	35.97	37.16	38.30	39.40	40.45	41.45	42.40
2...	32.18	33.50	34.77	36.01	37.20	38.34	39.44	40.49	41.48	42.43
4...	32.23	33.54	34.82	36.05	37.23	38.38	39.47	40.52	41.52	42.46
6...	32.27	33.59	34.86	36.09	37.27	38.42	39.51	40.55	41.55	42.50
8...	32.32	33.63	34.90	36.13	37.31	38.45	39.54	40.59	41.58	42.53
10...	32.36	33.67	34.94	36.17	37.35	38.49	39.58	40.62	41.61	42.56
12...	32.41	33.72	34.98	36.21	37.39	38.53	39.61	40.66	41.65	42.59
14...	32.45	33.76	35.02	36.25	37.43	38.56	39.65	40.69	41.68	42.62
16...	32.49	33.80	35.07	36.29	37.47	38.60	39.69	40.72	41.71	42.65
18...	32.54	33.84	35.11	36.33	37.51	38.64	39.72	40.75	41.74	42.68
20...	32.58	33.89	35.15	36.37	37.54	38.67	39.76	40.79	41.77	42.71
22...	32.62	33.93	35.19	36.41	37.58	38.71	39.79	40.82	41.81	42.74
24...	32.67	33.97	35.23	36.45	37.62	38.75	39.83	40.86	41.84	42.77
26...	32.72	34.01	35.27	36.49	37.66	38.78	39.86	40.89	41.87	42.80
28...	32.76	34.06	35.31	36.53	37.70	38.82	39.90	40.92	41.90	42.83
30...	32.80	34.10	35.35	36.57	37.74	38.86	39.93	40.96	41.93	42.86
32...	32.85	34.14	35.40	36.61	37.77	38.89	39.97	40.99	41.97	42.89
34...	32.89	34.18	35.44	36.65	37.81	38.93	40.00	41.02	42.00	42.92
36...	32.93	34.23	35.48	36.69	37.85	38.97	40.04	41.06	42.03	42.95
38...	32.98	34.27	35.52	36.73	37.89	39.00	40.07	41.09	42.06	42.98
40...	33.02	34.31	35.56	36.77	37.93	39.04	40.11	41.12	42.09	43.01
42...	33.07	34.35	35.60	36.80	37.96	39.08	40.14	41.16	42.12	43.04
44...	33.11	34.40	35.64	36.84	38.00	39.11	40.18	41.19	42.15	43.07
46...	33.15	34.44	35.68	36.88	38.04	39.15	40.22	41.22	42.19	43.10
48...	33.20	34.48	35.72	36.92	38.08	39.18	40.24	41.26	42.22	43.13
50...	33.24	34.52	35.76	36.96	38.12	39.22	40.28	41.29	42.25	43.16
52...	33.28	34.57	35.80	37.00	38.15	39.26	40.31	41.32	42.28	43.19
54...	33.33	34.61	35.85	37.04	38.19	39.29	40.35	41.35	42.31	43.22
56...	33.37	34.65	35.89	37.08	38.23	39.33	40.39	41.39	42.34	43.25
58...	33.41	34.69	35.93	37.12	38.26	39.37	40.42	41.42	42.37	43.28
60...	33.46	34.73	35.97	37.16	38.30	39.40	40.45	41.45	42.40	43.30

水平距離正數

距離	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
100...	11.7	12.2	14.0	15.3	16.5	17.9	19.2	20.6	22.0	23.5
200...	23.4	24.7	28.1	30.5	33.1	35.7	38.4	41.2	44.1	47.0
300...	35.1	36.5	42.1	45.8	49.6	53.6	57.7	61.8	66.1	70.5
400...	46.8	48.4	56.1	60.2	64.4	68.8	73.4	78.1	82.9	87.8
500...	58.5	60.3	70.2	75.4	80.2	85.2	90.1	95.1	100.2	105.5
600...	70.2	72.1	83.2	89.2	94.8	100.6	106.4	112.3	118.4	124.6
700...	81.9	83.9	96.2	102.8	109.2	115.8	122.4	129.1	135.9	142.8
800...	93.6	95.7	109.2	116.4	123.3	130.4	137.6	144.9	152.3	159.8
900...	105.3	107.5	122.3	130.2	137.4	144.9	152.3	160.0	167.8	175.8
1000...	117.0	119.3	135.3	143.7	151.4	159.4	167.6	176.1	184.7	193.5

市立高工土木工 程 科

測量學講義

視距表 —高度差—

°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°
0	43.59	44.75	44.94	45.68	46.36	46.98	47.51	48.05	48.55	49.01
2	43.53	44.77	44.97	45.70	46.38	47.00	47.53	48.03	48.53	49.01
4	43.38	44.60	44.80	45.52	46.20	46.82	47.35	47.85	48.35	48.83
6	43.36	44.63	44.83	45.54	46.22	46.84	47.37	47.87	48.37	48.85
8	43.42	44.56	44.76	45.46	46.14	46.76	47.29	47.79	48.29	48.77
10	43.43	44.58	44.78	45.48	46.16	46.78	47.31	47.81	48.31	48.79
12	43.47	44.51	44.71	45.40	46.08	46.70	47.23	47.73	48.23	48.71
14	43.59	44.54	44.74	45.42	46.10	46.72	47.25	47.75	48.25	48.73
16	43.57	44.56	44.76	45.44	46.12	46.74	47.27	47.77	48.27	48.75
18	43.55	44.59	44.79	45.47	46.15	46.77	47.30	47.80	48.30	48.78
20	43.59	44.57	44.77	45.45	46.13	46.75	47.28	47.78	48.28	48.76
22	43.61	44.54	44.74	45.42	46.10	46.72	47.25	47.75	48.25	48.73
24	43.65	44.47	44.67	45.34	46.02	46.64	47.17	47.67	48.17	48.65
26	43.71	44.50	44.70	45.37	46.05	46.67	47.20	47.70	48.20	48.68
28	43.79	44.57	44.77	45.44	46.12	46.74	47.27	47.77	48.27	48.75
30	43.77	44.55	44.75	45.42	46.10	46.72	47.25	47.75	48.25	48.73
32	43.75	44.53	44.73	45.40	46.08	46.70	47.23	47.73	48.23	48.71
34	43.79	44.50	44.70	45.37	46.05	46.67	47.20	47.70	48.20	48.68
36	43.82	44.53	44.73	45.39	46.09	46.71	47.24	47.74	48.24	48.72
38	43.84	44.56	44.76	45.41	46.12	46.74	47.27	47.77	48.27	48.75
40	43.87	44.58	44.78	45.44	46.14	46.76	47.29	47.79	48.29	48.77
42	43.95	44.71	44.91	45.56	46.20	46.82	47.35	47.85	48.35	48.83
44	43.93	44.74	44.94	45.58	46.22	46.84	47.37	47.87	48.37	48.85
46	43.95	44.76	44.96	45.61	46.24	46.86	47.39	47.89	48.39	48.87
48	43.98	44.79	44.99	45.63	46.26	46.88	47.41	47.91	48.41	48.89
50	44.01	44.81	45.01	45.65	46.28	46.90	47.43	47.93	48.43	48.91
52	44.08	44.84	45.04	45.67	46.30	46.92	47.45	47.95	48.45	48.93
54	44.07	44.86	45.06	45.69	46.32	46.94	47.47	47.97	48.47	48.95
56	44.09	44.89	45.09	45.71	46.34	46.96	47.49	47.99	48.49	48.97
58	44.12	44.91	45.11	45.73	46.36	46.98	47.51	48.01	48.51	49.01
60	44.15	44.94	45.14	45.75	46.38	47.00	47.53	48.03	48.53	49.03

—水平距離正數—

距離	30° 00'	30° 30'	31° 00'	31° 30'	32° 00'	32° 30'	33° 00'	33° 30'	34° 00'	34° 30'
100	25.0	25.8	26.5	27.3	28.1	28.9	29.7	30.5	31.3	32.1
200	50.0	51.5	52.9	54.6	56.2	57.7	59.3	60.9	62.5	64.2
300	75.0	77.3	79.6	81.9	84.2	86.6	89.0	91.4	93.8	96.2
400	100.0	103.0	106.1	109.2	112.3	115.5	118.6	121.8	125.1	128.3
500	125.0	128.8	132.6	136.5	140.4	144.3	148.2	152.1	156.1	160.0
距離	35° 00'	35° 30'	36° 00'	36° 30'	37° 00'	37° 30'	38° 00'	38° 30'	39° 00'	39° 30'
100	32.9	33.7	34.6	35.4	36.2	37.1	37.9	38.7	39.5	40.3
200	65.8	67.4	69.1	70.8	72.4	74.1	75.8	77.5	79.2	80.9
300	98.7	101.2	103.7	106.1	108.7	111.2	113.7	116.2	118.8	121.4
400	131.6	134.9	138.2	141.5	144.9	148.2	151.5	155.0	158.4	161.8
500	164.5	168.6	172.8	176.9	181.1	185.3	189.5	193.7	198.0	202.2

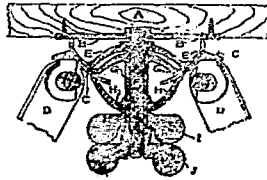
儀器常數表

C + f	5°		10°		15°		20°		25°		30°	
	水平距	高度差	水平距	高度差	水平距	高度差	水平距	高度差	水平距	高度差	水平距	高度差
0.24	0.24	0.02	0.24	0.042	0.23	0.06	0.23	0.08	0.22	0.10	0.21	0.12
0.27	0.27	0.024	0.27	0.046	0.26	0.07	0.26	0.09	0.25	0.12	0.24	0.14
0.30	0.30	0.027	0.30	0.05	0.29	0.079	0.29	0.10	0.28	0.13	0.26	0.15
0.33	0.33	0.029	0.33	0.058	0.32	0.087	0.32	0.11	0.30	0.14	0.29	0.17
0.36	0.36	0.03	0.36	0.064	0.35	0.095	0.34	0.12	0.33	0.15	0.31	0.18

第二十章 平板儀測量

189. 平板儀 平板儀包括二部分，(1)圖板以三脚架支持之，(2)照準儀上附望遠鏡。亦有不用照準儀而用照準器者上附二規板與羅盤儀上者相似以代望遠鏡。我國習慣凡用照準儀者稱之為大平板，用照準器者稱之為小平板。

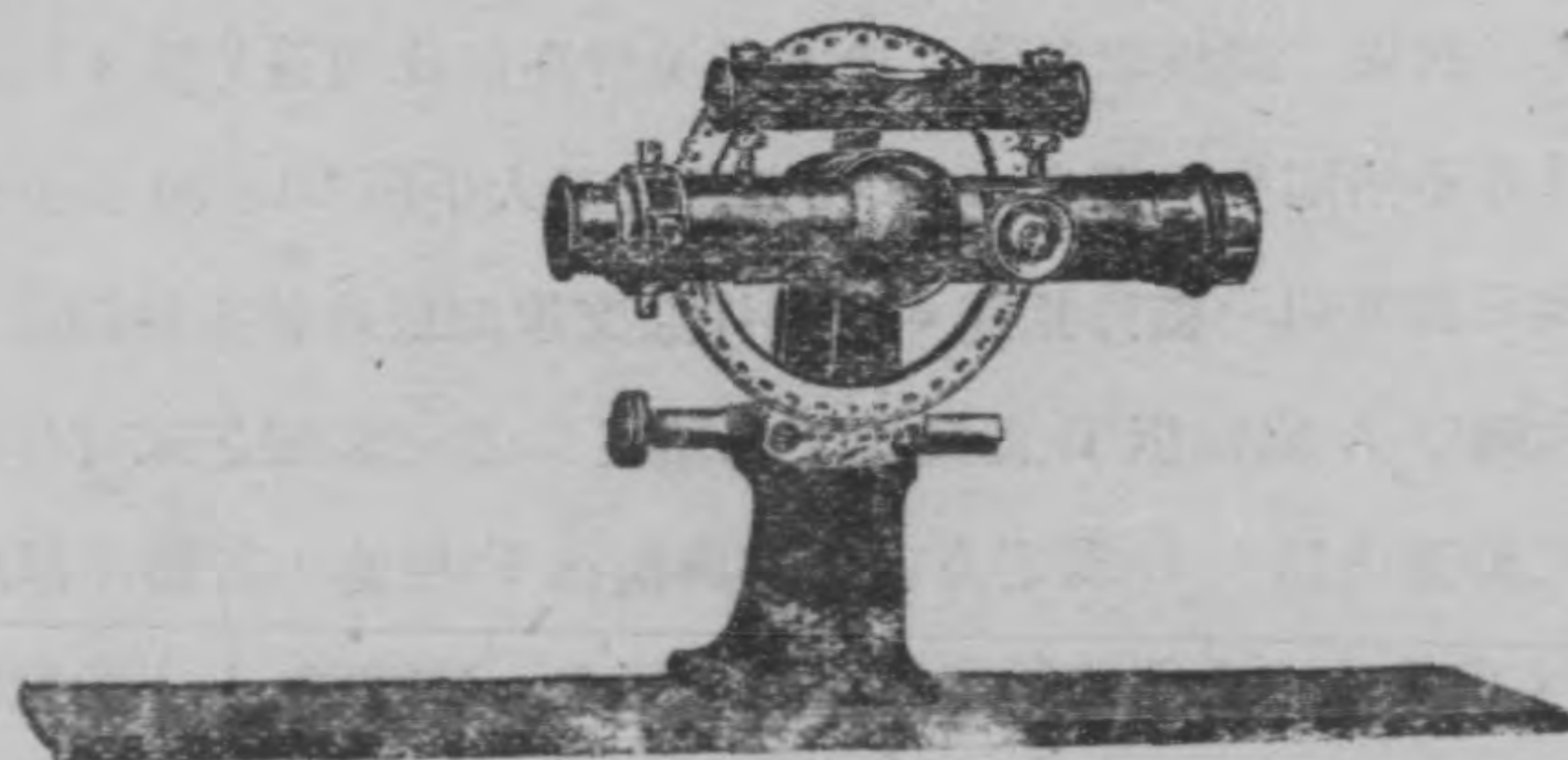
圖板與三脚架 圖板以乾透之松木數塊併合而成四邊另鑲木框以防撓曲。圖板尺寸各不相同小平板自 40×40 公分起至大平板 60×80 公分厚約 2 公分。圖板與三脚架以一機件相連。此機件除支承圖板外並能使圖板旋轉自如。第七十六圖中 A 為圖板 B 為圖板下之墊板 C 為三脚架之架首作碗形而無底，D 為三脚架之腿，E 為定方向之盤與縱軸 F 相連，其動作以螺絲 J 司之，G 與 H 為定水平之盤其動作以螺絲 I 司之。當螺絲 J, J 均鬆時圖板可任意轉動。如圖板四邊皆已水平可旋緊 I 則使 G 與 H 皆貼緊 C 而圖板不能俯仰。如圖板已經對準方向再旋緊 J, 則 E 與 C 貼緊圖板即不能旋轉。此為普通裝置，惟亦有用基座螺絲及止動微動螺絲者。



第七十六圖

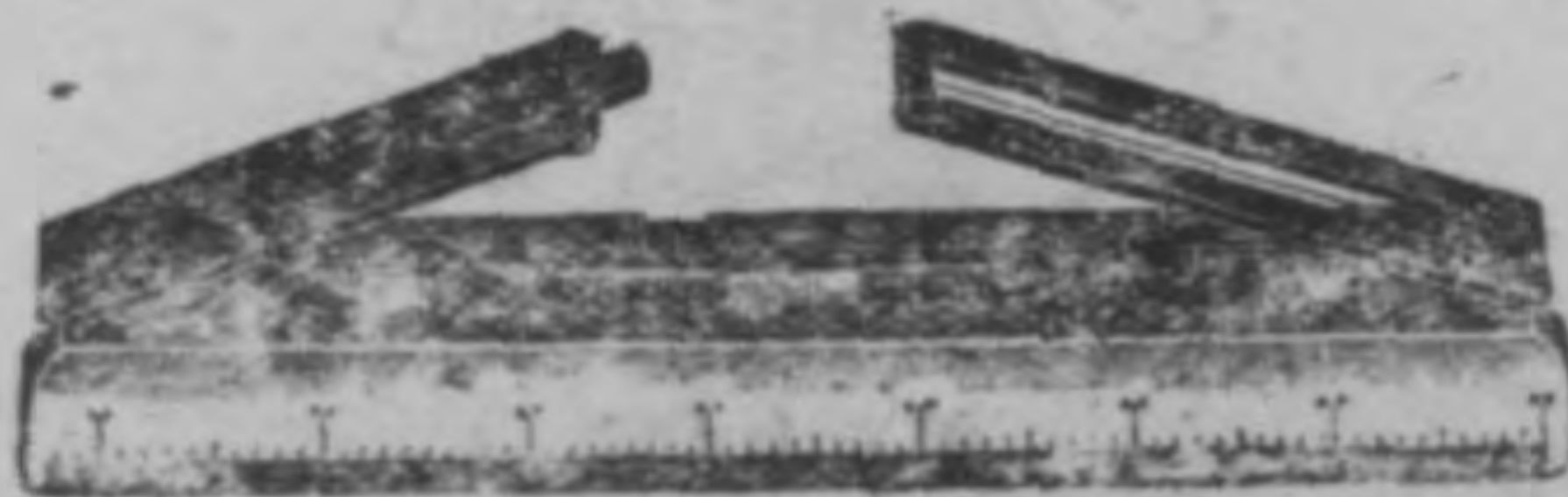
照準儀 照準儀上之望遠鏡能隨意俯仰而不能左右旋轉。如第七十七圖

望遠鏡架下連一高約十公分之金屬柱，柱下連一金屬直線尺長約三十公分，寬約六公分。此直線尺之面與金屬柱成垂直，其邊與望遠鏡視線成平行。欲使視線照準某一方向時需將照準儀整個移動，直線尺之邊既與視線平行故沿直線尺所畫之線即能表示視線之方向。直線尺上附有二互成直角之水準管或一圓形水準盒用以驗圖板是否水平。望遠鏡上並裝置水準管及垂直度盤為測垂直角之用。



第七十七圖

照準器 如第七十八圖所示照準器為一長約25公分，寬約4公分之木質或金屬直線尺，兩端連以銅質規板可自由起伏。一端規板上開長方形之窗中繫馬鬃一條用以規視方向，他端規板開小孔三個以備規視。直線尺上裝置水準管一個用以驗圖板是否水平。



第七十八圖

市立高工土木工程科

測量學講義

141

190 平板儀測量 平板儀測量之特點在測量與繪圖能當場同時進行。其法釘圖紙於板上，移動照準儀照準測點，沿直線尺畫線而得測線方向，距離以皮尺或視距法測得後用適宜比例尺畫於圖上。如此逐步進行即可將圖繪成。

平板儀雖不適於精密測量惟有時亦可得相當完善結果。此法於不規則地形如道路河流樹林等最為適宜至規則地形如房屋橋梁等亦能應用。

平板儀之優點 (1)無須記手簿故記錄之錯誤可以避免。(2)因係在實地繪圖測區地勢情形一目了然故不足者當時補充無用者可以省去。(3)可隨時校對故測量或繪圖錯誤易於發覺改正。(4)不能到達之點易於測量且無須計算。(5)有三個已知點即能定任一點位置手續簡單無須計算。(6)測地形較他法迅速且相當準確。(7)價值便宜本國能自造小規模測量組織多樂用之。

平板儀之劣點 (1)儀器笨重且零件太多攜帶不便。(2)天氣或氣候不良時不能施測。(3)角之度數無記錄不適於計算。(4)不能獲得精密結果。

191 平板儀之設置 設置平板儀之目的有三。(1)使圖上代表儀器位置之點對準地上測點。(2)使圖板成水平。(3)標定圖板方向。

使圖板成水平之法先移動三脚架使圖板約略至水平位置，倘有基座螺絲裝置，則安平法與經緯儀或水準儀同，倘係如第七十六圖之構造可鬆開螺絲 I 移動圖板，俟將成水平時再以指輕敲圖板之邊至氣泡完全居中再旋緊螺絲 I。照準儀或照準器上有僅裝置一個水準管者則可先使之平行圖板一邊，再平行他邊以驗圖板是否水平。

圖上代表平板儀位置之點每不在板之中央，欲使此點對準地上測點時可

用垂球懸於求心器上定之。圖上之點與地上之點重合後，再標定圖板方向。其法使直線尺與一測線相合，鬆螺絲丁旋轉圖板照準該測線。但標定之後圖上之點位置已動，不復與地上之點在一垂線上，故須重移動圖板使之對準。如此反覆二三次即可設置完善。若測圖之比例尺甚小時，則整個圖板可視作一點，故設置時不必對準測點較為簡單。

茲將設置之步驟述之如下。(1)移動三脚架使圖板約成水平，以目約略標定方向，將平板儀整個提起置測站上。(2)以照準儀標定圖板。(3)以求心器使圖上測站對準地上測站。(4)標定圖板與對準測站反覆行二三次至二者均能適合為止。(5)安平圖板並重標定圖板以驗有否變動。如方向已變須再標定一次。

192 測法概說 設 B 為平板儀所在之點，其在圖上之位置為 b 。緊貼直線尺於 b 點，望遠鏡先照準地面上一點 A 作一直線，再照準一點 C 作一直線。設圖板水平則二直線間所夾之角，即係地面上 ABC 角，故不需讀角度已繪之於圖上。照準儀之直線尺實相當於經緯儀之水平度盤。至於距離可用尺或視距法量之。此為平板儀測法之概要。茲將測法分為五種述之如下。

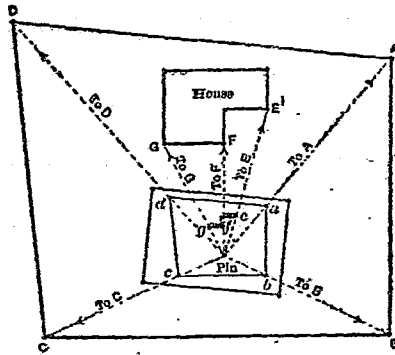
- (1) 光線法
- (2) 導線法
- (3) 平行線法
- (4) 交綫法
- (5) 截綫法

193 光線法 置平板儀於一適宜測站俾應測各點皆能望見。安平後旋緊圖板使不能轉動。在圖上選適宜之點插一測針，以代表儀器位置。以求心器

求得地面上相當點。緊貼直線尺於測針依次照準應測各點，同時沿直線尺繪方向線並依規定比例尺量得各點在圖上位置。

第七十九圖中欲測地界四角及建築物位置。實測步驟如下。(1)於圖上選定測針適宜位置使所測各點不致落於圖外。(2)照準各點繪方向線同時以規定比例尺將距離繪於圖上以得各點位置。(2)實測地界各邊長度並用比例尺量圖上 ab, bc, cb, da 等距離視其是否相合。(4)量建築物各邊長以得其他三點之位置。

此法多與他法混合應用，不然即僅限於面積其小之測量矣。



第七十九圖

194 導線法 用此法施測平板儀須依次設置於各測站。每次設置儀器須標定圖板。標定之法為使直線尺經過圖上二點其中一點為設置儀器之測站，再旋轉圖板使視線照準另一測站。此步相當於經緯儀測量中之後視。

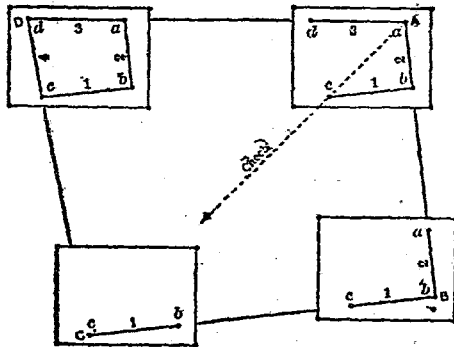
第八十圖中欲測邊界 ABCD。(1)設置平板儀於任一點如 C。(2)用求心器得圖上相當點。(3)直線尺貼 C 點照準 B 繪方向線並量 CB 距離以規

市立高工土木工程科

定比例尺截得 b 點。(4) 移置儀器於 B 點，直線尺經 bc 轉圖板照準 C，旋緊圖板。(5) 照準 A 繪方向線量 BA 得 a 點。(6) 移置儀器於 A 點仍照上法得 D 點。如此依次施測無論若干測站均可測得。

用導線法施測應知下列各項。(1) 設所測之面積小而所用比例尺大時則地上之點與其圖上位置應確在同一垂直線。(2) 第一線 cb 在圖上位置務須適當以免其他各點落於圖外或偏於圖之一側。(3) 儀器在 A 標定圖板之後若將直線尺貼於 ac 則視線應照準 C 點，此種校對應隨時實施。(4) 房屋或其他地物可由最適宜測站用光線法或以下所述交線法測定之。(5) 設邊界各角不能設置儀器可於界內或界外作導線而用光線法或交線法測定邊界。

此法須各點均為可以到達之點多用於導線測量至地物則以他法測定之，道路測量或河川測量亦用之。



第八十圖

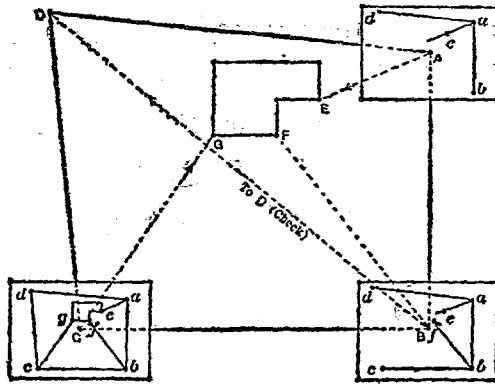
195 平行線法 此法特點有三。(1) 設置儀器時使圖板中心對準測點。

- (2) 於各測站觀測任何測點時直線尺永經過同一點即圖板旋轉軸線上之點。
 (3) 測線正確位置須以平行線推得之。

第八十一圖中觀測方向線以虛線表示之，實際圖上之線以實線表示之。

- (1) 設置平板儀於 A 點以圖板中心對準之。(2) 在圖板中心插一測針，貼直線尺於測針，照準 B 點繪方向線。(3) 於圖板上選 a 點代表測點 A 之位。
 置繪 ab 與直線尺平行。(4) 用同樣方向照準 E 及 D 推得平行線 ae 及 ad。
 (5) 量 AB, AE, AD 等距離以比例尺截 ab, ae 及 ad。(6) 移置儀器於 B, 使直線尺經過平行 ba 之方向線照準 A 點標定圖板。
 (7) 照準 D 點視與直線尺之平行線是否經過 b, d 二點以為校對。(8) 同法經 b 點繪線與相當視線平行得 e 及 f。(9) 移置儀器於 C 點測 d 點位置以為校對同時測得另一房角 g。

此法僅適用於面積較小而比例尺較大之測圖，亦即圖上之點與地上之點



第八十一圖

市立高工土木工程科

146

測量學講義

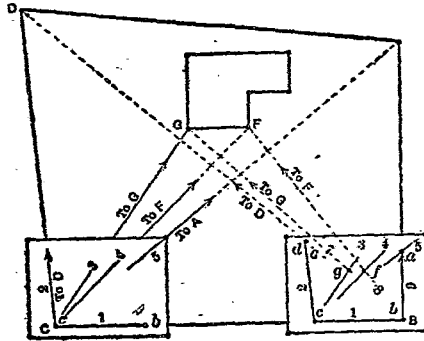
必須確在同一垂線上。但於任一測站上有多之測點時亦不適用因繪平行線亦頗耽擱時間。在此情形反不如於設置儀器時將圖上測站確對地上相當測站用以上二法施測。

196 交線法 此法之特點為知一距離後即可用方向定各點位置無須再量距離。平板儀設置於已知距離測線之一端方向標定準確後即可照準應測各點繪方向線成輻射狀，然後移置儀器於他端再依次照準各點每二相當輻射線之交點即各該點在圖上之位置。

如第八十二圖(1) 設置平板儀於 C 點。(2) 量 CB 距離繪 cb。(3) 依次作 2,3,4,5 諸線。(4) 移置儀器於 B 以 BA 方向標定測板。(5) 作 6,7,8,9 諸線得交點 d,g,f,a。(6) 設尚有其他各點不能由 C 處望見而能由 B 及 A 處望見者可以 a b 為基線同樣施測。

用交線法施測應知下列各項。(1) 兩線所成之角太大或太小時交點位置不易確定。(2) 兩線之交點可用第三線校對之。(3) 高而尖銳之物體如塔尖旗桿等應時常觀測以為校對。

此法最適用於測量不能到達之點，至不規則之地形如河岸樹林等亦多用此法。欲使所有測點交角均為適宜角度乃不能之事，故此法多與前述各法配合用之。時常照準遠處明顯物體為一極有價值之校對。



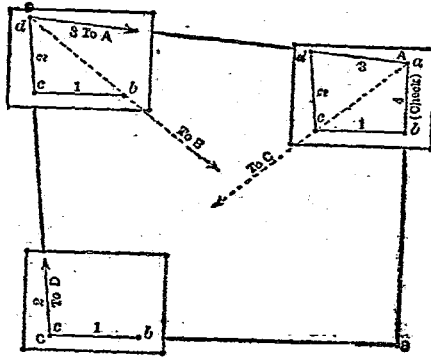
第八十二圖

197 截線法 - 截線法與交線法頗為相似其最大不同處為後者所得交點為欲測之點而前者所得交點為設置平板儀之點。設置儀器於任一點設有三點已繪於圖且能同時望見即可用截線法求得該點在圖上之位置。此法僅須量一基線與交線法同。

如第八十三圖(1) 設置平板儀於 C 點。(2) 量 CB 距離繪 cb。(3) 照準 D 繪線 2。(3) 移置儀器於 D, 貼直線尺於線 2 照準 C 點以標定圖板。(4) 直線尺貼 b 照準 B, 繪方向線交線 2 於 d 即 D 點在圖上之位置。(5) 照準 A 繪線 3。(6) 移置儀器於 A。(7) 仍用上法標定圖板。(8) 直線尺貼 c 照準 C 交線 3 於 a。(9) 直線尺貼 a 照準 B 視直線尺是否經過 b. 以為校對。

設置儀器時可估計該站在圖上約略位置即以之對準地上測站當不致生重大誤差。

平板儀測量中遇先設置儀器而後求該點位置時始用此法，惟此種情形頗少故其應用不廣。



第八十三圖

198 五種測法之比較

(1) 光線法 準確但僅限於設置儀器一次故多與他法合用。

(2) 導線法 所有測站均需為能到達之點。此法多用於定主要測站位置。相當經緯儀中導線測量。

(3) 平行線法 適用於面積較小而比例尺較大之測量。測點太多時此法亦不適宜。

(4) 交線法 除一基線外不需其他距離測量，於不能到達之點最為適用，然交點角度不適宜時亦難得準確結果。此法多與他法合用且常可作用為校對。

(5) 截線法 用於求設置儀器測站之位置。

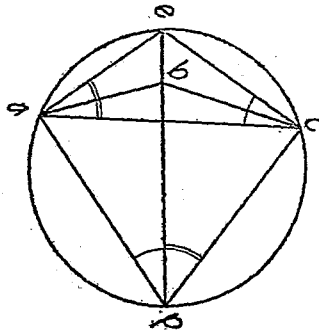
199 三點法 設 A, B, C 為三已知點， a, b, c 為該三點在圖上位置。今置平板儀於 P 點能同時望見此三點，則 P 點在圖上位置 p 可用三點法求得之。

三點法不止一種，大別之爲三，(1) 影印法，(2) 圖解法，(3) 試求法。茲分述之如下。

200 影印法 (1) 釘蠟紙一方於圖上，並以求心器在蠟紙上求一點P與地上P點在一垂線上。(2) 貼直線尺於此p點依次照準 A, B, C 三點給三方向線。(3) 移動蠟紙至三方向線各經過圖上 a, b, c 三點，此時蠟紙上p點始爲P點在圖上位置。以針刺p點於圖紙上。(4) 以直線尺貼p及a照準A點標定圖板。(5) 直線尺貼b及c各照準B及C視方向線是否均經過p點以爲校對。設觀測稍有不准則三線不相交於一點而成一極小三角形，此時可稍旋轉圖板使三視線皆交於一點即p點之準確位置。

201 圖解法 圖解法有數種，茲僅述白塞爾法爲最常用之一種。

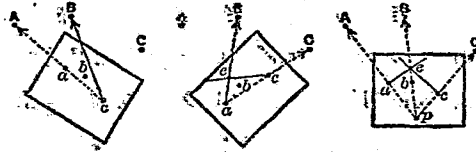
第八十四圖中a, b, c爲圖上三已知點，p爲所求平板儀位置。設經過 a, p, 作一圓交pb延長線於e點，則由幾何定理知 $ace = apb \cdot cae = bpc$ 。但 apb 及 bpc二角可由觀測而得故交點e可以求出。連結 eb 即得 pb 之方向，以此



第八十四圖

方向標定圖板即可求得 p 點位置。茲將詳細測法述之如下。

第八十五圖爲圖板在同一測站上之三個位置相當於實測時之三個步驟。 A, B, C 爲地上三點， a, b, c 爲其在圖上之位置。此法須假設 A, B, C 三點距平板儀均甚遠故整個圖板與之相較可視爲一點。



第八十五圖

第一步 (1) 貼直線尺於 c 及 a , a 點在前照準 A 點，旋緊圖板。(2) 貼直線尺於 c ，照準 B ，繪方向線。此二線所作之角爲 $\angle APB$ 亦即 $\angle apb$ 等於 $\angle ace$ ，故 e 點在此方向線上。

第二步 (1) 放鬆圖板貼直線尺於 a 及 c , c 點在前照準 C 點，旋緊圖板。(2) 貼直線尺於 a ，照準 B ，繪方向線。同理 e 點亦在此線上。此線與第一步所得方向線交點即係 e 點。

第三步 (1) 聯 eb ，放鬆圖板，貼直線尺於 be 照準 B 點標定圖板。(2) 貼直線尺於 a 照準 A ，繪方向線交 eb 於 p 即平板在圖上之位置。(3) 貼直線尺於 p 視 c 與 C 是否在一直線上以資校對。

202 試求法 平板儀在圖上之位置係逐次假設改正漸近至正確位置，其法如下。(1) 估定圖板方向盡力使之正確，有時在圖上作磁子午線用羅盤標定之。(2) 旋緊圖板依次貼直線尺於 a, b, c 照準 A, B, C 繪三方向線。(3) 設圖板方向正確則三線相交於一點即爲平板儀在圖上之位置。否則三線相交成一

三角形謂之示誤三角形，或二線平行與第三線相交。(4) 參照以下所述幾何關係可約略估得 p 點位置。(5) 用此 p 點重標定圖板，繪三方向線，此次所作之示誤三角形必較前者為小。如此反覆為之可使示誤三角形愈縮愈小而成一點即係所求平板儀之位置。此法初用時或不免稍感困難但熟練之後尋常僅需二三次即能獲圓滿結果，因其敏捷而準確故多樂用之。實施時需牢記下列三項定理以為估計 p 點位置之助。

定理(1) 所求 p 點至三方向線之距離與平板儀至地上三點之距離各成正比例且在三方向線之同側，即 p 點若在一線之左亦必在他二線之左，若在一線之右亦必在他二線之右。此處所謂左右係指觀測者面向 A, B, C 各點而言。

所求 p 點在 a, b, c 所作三角形之內時，僅應用此定理即知所求 p 點必在示誤三角形之內如第八十六圖(一)。

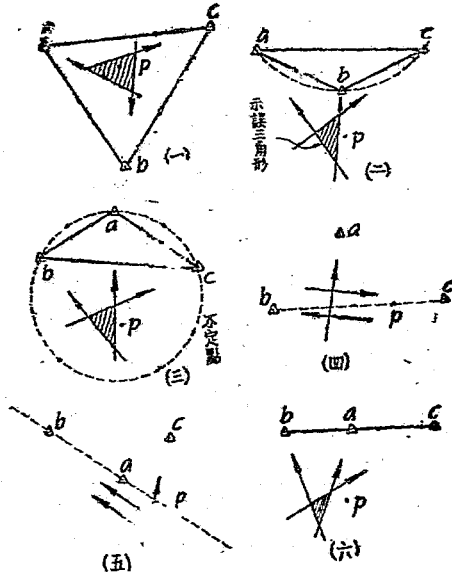
所求 p 點在三 abc 角形之外時則更須藉下列二定理以定其位置。

定理(2) 如所求 p 點在 abc 圓之外，其位置與較近二方向線之交點必在最遠方向線之同側，如八十六圖(二)。

定理(3) 如所求 p 點在 abc 圓與 abc 三角形或任何一月形之中則至中點之方向線必介於 p 點與其他二方向線交點之間，如第八十六圖(三)。

定理之應用 應用此法首先應觀察 p 點與三已知點之關係即係在三角形中，月形中或圓周之外。次則決定 p 點位置在某一方線之何側，在月形中用定理(3)，在圓周外用定理(2)。依定理(1)可知 p 點在其他二方向線之何側，再估計平板儀至 A, B, C 三點之距離按其比例以定 p 點對三方向線之距離而得其約略位置。

例(1) 若 p 點在 abc 三角形之中如第八十六圖(一)則亦必在示誤三角



第八十六圖

形之中，否則即不適合定理 (1)。

例 (2) P 點在 abc 圓之外如第八十六圖(二)。B, C 二方向線之交點係在最遠方向線 a 之右，依定理 (2) P 點必亦在 a 方向線之右。又依定理 (1) 知 P 點在 b, c 二方向線之右。P 點之位置以定理 (1) 估得之。

例 (3) P 點在任一形之內如第八十六圖(三)。從中點 A 所作方向線係在 B, C 二方向線交點之右，依定理 (3) P 點必在 a 方向線之右。又依定理 (1) 知 P 點亦必在 b, c 二方向線之右。用定理 (1) 定 P 點位置。

市立高工土木工程科

測量學講義

153

例(4) 若 p 點在 acb 圓上如第八十六圖(三)，則圖板無論在何方向三方向線皆可交於一點，即 p 點位置為不可定。遇此情形即需另選他點為測站。

例(5) p 點在 abc 三角形一邊之上或距一邊甚近如第八十六圖(四)。此時二方向線必幾成平行而方向相反， p 點必須在此二線之間始能適合定理(1)，於是 p 點在第三線何側亦能定之。圖中 p 係在 b, c 二平行方向線之右故亦在 a 方向線之右。

例(6) p 點在 abc 三角形一邊之延長線上或貼近該延長線上如第八十六圖(五)。此時二方向線必幾成平行而方向相同。 p 點必在二平行線之外且與較近方向線在同側，至其在第三線何側則以定理(1)定之。圖中 p 點應在 a, b 二方向線之右故亦在 c 方向線之右。

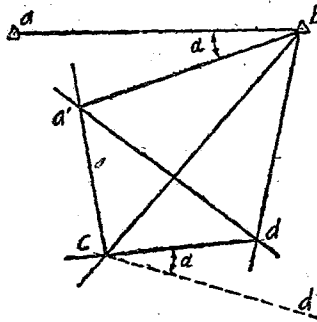
例(7) a, b, c 三點成一直線如第八十三圖(六)。遇此種情形可認為 a, b, c 在一無窮大半徑之圓周上，故 p 點常在一弓形之內，其求法與例(3)同。

203 二點法 有時平板儀位置受地形限制致僅能望見地上二已知點。若此二點已繪於圖上則可用二點法以定儀器在圖上位置。

設 A, B 為地上二點， a, b 為各該點在圖上之位置。設有任一點 C 。欲定其在圖上位置 c 。選一第四點 D 宜使自 C, D 之方向線在 A, B 所成角度不致太小以免求交點時位置不確定。(2)設置平板儀於 D 以目估計或用羅盤約略標定圖板方向。貼直線尺於 a, b 各照準 A, B 給二方向線相交於 d 如第八十一圖。(3)貼直線尺於 d 照準 C 給方向 dc 。(4)移置儀器於 C 貼直線尺於 cd 照準 D 標定圖板。(5)貼直線尺於 b 照準 B 給方向線交 dc 於 c 。(6)貼直線尺於 c 照準 A 給方向線得交點 a' 。圖上四邊形 $a'bcd$ 與實地 $ABCD$ 四邊形似且

各相當邊平行，故 aba' 角為圖板方向之誤差。改正之法如下。(7)自 c 作 cd' 使 dcd' 角等於 aba' 角。(8)貼直線尺於 cd' 旋轉圖板照準 D ，則 ab 必與 AB 平行，此時圖板係在正確方向。(9)貼直線尺於 a, b 照準 A, B 繪二方向線所得交點即為 C 點在圖上之正確位置。

改正圖板方向尚有一法如下。(7)貼直線尺於 $a'b$ 於視線內立一測桿。(8)貼直線尺於 ab 旋轉圖板照準測桿標定圖板，則 ab 與 AB 平行而圖板方向以定。(9)同上。



第八十七圖

第二十一章 地形測量

204 等高線 連接地面上等高度各點所成之假想曲線謂之等高線。

205 等高距 地面高度各不相同可多至無限故等高線數目亦多至無限。爲應用便利計測量中二相鄰等高線之高度差均爲整數如0.5,1,2,2.5,5,10公尺等，此高度差謂之等高距。同一測量中不可用不同之等高距，亦即等高距一經選定後則在此測量中不得更改。

假想有一孤島屹立水中，水面高度爲100公尺，此時水面與島相截所成之線即係100公尺等高線。設水面降下2公尺，則所截之線爲98公尺等高線，而此降下之2公尺即係等高距。若水面每次降下2公尺，則各等高線依次現出。

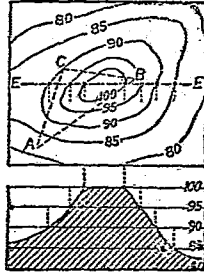
206 等高線之用途 無等高線之圖僅能表示各點相互位置而不能知其高度。若將等高線繪於圖上則各點約略高度立可明瞭。此圖即謂之地形圖不但可表示地物位置並可表明地勢高低。

第八十八圖上部A,B,C三點約略高度可由等高線求得。A點在80及85公尺二等高線之間，估計得其高度約爲82公尺。B點在95及100公尺之間估計約得97公尺。C點高度爲90公尺。

圖之下部所示爲EE之斷面，此僅能表示在EE線上地面高低情形，至此整個地形係山脊或山頂則不能確定。若由上部等高線觀察可知係一山頂其形狀亦可瞭解。

207 等高線之性質

- (1) 在同一等高線上諸點之高度均相等。
- (2) 高度不同二等高線不能相交。若相交時則交點將有兩個高度乃不合理之事。垂直懸崖為一例外，各等高線至懸崖即聚為一線過懸崖後再各自分開。



第八十八圖

- (3) 高度相同二等高線不能併成一線，因此併成之單線將表示楔形山脊或山谷，實際頗少此種地形。

- (4) 等高線密集表示峻坡疏遠表示坦坡，各線間距離相等者表示均勻、斜坡蓋二相鄰等高線間水平距離可表示坡度。

- (5) 某點最陡坡度之方向與經過該點之等高線垂直。因等高線間垂直距離為最短距離故係最陡坡度。山脊線及山谷線即係與等高線成直角。

- (6) 閉塞等高線愈近中心愈高者表示係山頂；愈近中心愈低者為無出口之窪地。

- (7) 等高線不能終止於圖內。每一等高線可自成一圈或自圖邊某點進入繞至他點出圖。

- (8) 在山脊之頂或山谷之底其等高線或閉塞或二線併行，因最高水平面截山脊於兩面，同理最低水平面亦截山谷於兩面。

- (9) 一單獨等高線不能介於二較高或二較低等高線之間。此係由(8)推得者。

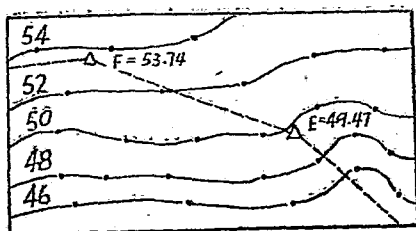
- (10) 等高線不橫過河流。等高線近岸時徐徐折向上游與河岸線重合。

208 山脊線與山谷線 連結山脊上最高各點之線為山脊線亦即分水線。分水線兩側水流方向相反。沿山谷中最低之線為山谷線，河流即沿之而行。

等高線經山脊線或山谷線處彎曲最甚，凸面向低地時為山脊向高地時為山谷。

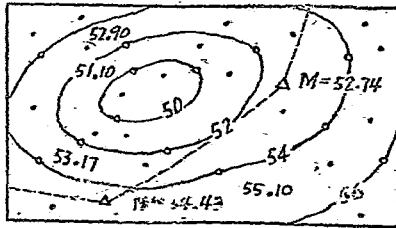
209 等高線測法 等高線測法有二。(1) 選測等高線上之點。如欲測 50 公尺等高線則置尺於 50 公尺高度之處而測定其位置。得多數點後連結之即得一等高線。(2) 選取地面上方向或坡度轉變諸扼要點，測定其位置及高度。得多數點後插繪等高線於各點之間。無論何法各點位置之測定須以任一測線為基準，高度之測定須以選定水準基面為基準。

第一法示例 第八十九圖中 E 與 F 為導線測站其高度為已知，黑點表示測點位置。經緯儀或平板儀設置於測站 E，量得儀器高度為 1.32 與 E 高度相加得鏡高 50.8 公尺。今設欲測 46 公尺等高線可於視距尺 4.8 公尺上纏一紅布條以為標記。置望遠鏡於水平位置由視測者指示持尺者向坡上或坡下移動至一點視線適切所作標記，則該點為所求之一點於是用角度及距離測定其位置。同法再測若干點連絡之即得 46 公尺等高線。作標記於 2.8、0.8 公尺處可測得 48 及 50 公尺等高線移置儀器於測站 F 同法施測 54 及 52 公尺等尺線。



第八十九圖

第二法示例 如第九十圖中各點皆為扼要點其位置及高度可置經緯儀或平板儀於測站上以測定之。距離通常用視距法高度可將望遠鏡旋平測之，高低相差太鉅時可讀視距及垂直角計算水平距離及高度差。各點測定後即可假設任二點間皆為均勻斜坡估計等高線位置以插繪之。



第九十圖

第一法所測各點均確在等高線上故較為準確，惟不能用垂直角且各點均須試求得之費時太多僅適於區域較小地勢平坦之測量。普通地形測量皆用第二法以期迅速，倘扼要點無有遺漏且取點不太少時亦無精密不足之虞。

210 等高線扼要點之選擇 扼要點之選擇須視地勢情形及比例尺而定。等高線方向有急驟變化處取點宜密，成直線時取點宜稀，均勻之斜坡上能測得其最高及最低等高線時其他各線可用插繪法得之。施測時山脊線山谷線上各點，山坡改變傾斜度之處，山坡與平地相交之處，山坡突然轉向之處皆不可遺漏。

211 等高距之選擇 選擇等高距須視地面傾斜度，繪圖比例尺及測量目的而定。城市或平原測量每用 0.5 或 1 公尺之等高距，鐵路測量常用 2 公尺等高距，山地中常用 5 至 10 公尺者，而大規模測量如全省或全國地形圖可用

50,100 或 200 公尺者。

212 地形測量 地形測量係為繪製地形圖；等高線及地物等均須繪明。其外業包括下列數種。(1) 測基準站如導線點等。(2) 測等高線。(3) 測建築物，道路，河流等地物。茲依其性質不同分為二大類位置控制及高度控制。

位置控制 先布置三角網或導線以得主要控制點，至細部測量各點位置則以三角點或導線點為根據以測定之。

高度控制 高度控制點以水準測量，三角水準，視距或氣壓水準測定之，計包括水準標點，三角點，導線點，等高線點等。

213 位置控制之方法

(1) 基準點之測定 大規模之測量須先作三角網為主要測站，然後各三角點間以導線連結之，至次要之導線可自其他導線點起閉塞至另一導線點，如此相互交織而成測量骨幹佈滿整個測區。控制點再有不足時可以平板導線法補充之。

面積狹小之測量無須作三角網僅用導線即得適宜之控制點。

(2) 基準方向之測定 重要之測量多以真子午線為基準。普通方法為測量任一主要測線與真子午線所作角度，而其他各測線方位角即可依之計算。

(3) 地物測量 地物如建築物，道路，河流等可由最近或最適宜測站測定之。距站較近之點多用角度及距離定其位置，亦有僅用距離者。不規則地物如河岸，小路等用交線法頗為適宜尤以用平板儀施測時為然。

(4) 等高線測量 若僅就位置控制而言則所測各點無論係在等高線上或任意選定以為插繪等高線者其測法全無區別。最常用方法仍為角度及距離。

市立高工土木工程科

160

測量學講義

測角多用方位角法以其易用磁針校對，距離多用視距法以其較為迅速，此種測量所需精度不高視距法足敷應用。

214 高度控制之方法

(1) 主要測站 通常測定主要測站高度以為控制，或於其附近設水準標點俾使測量者可自任一測站起測等高線。倘主要測點係三角點則可用三角水準測其高度，僅多測一垂直角而已。欲求精密結果仍需用水準儀測量。

(2) 導線點 導線點或水準標點之高度多以水準儀測定之。水準標點多設於導線點附近或其他與測等高線有關之處。

(3) 等高線點 每一等高線分別施測時可用水準儀或手水準選等高線上之點，惟坡度太大時每設置水準儀一次能測之點極少為其缺點。在此情形以用視距垂直角法選測任意點為佳。精度較低工作有時用氣壓計測各點高度。

215 施測地形方法 本節所述施測地形方法係指三角點或導線業經測繪完畢以後之工作。經緯儀平板儀均能應用，最通用之方法有三：(1) 經緯儀測記法，(2) 經緯儀測繪法，(3) 平板儀視距法。

216 經緯儀視距測記法 以一人司經緯儀一人司記載或僅一人兼司測記。每一地形點讀數有三即視距，水平角及垂直角。將讀數記於手簿左頁而繪草圖於右頁以供製圖時之參考。測水平角無須用微動螺絲且設角時亦不必用遊標估計至5'或10'即可，因角度誤差不過數分所生點之位置變動不致影響繪圖。

此法中繪草圖一項極為重要，蓋有時繪圖人非原測量者實際地形概不知悉插繪等高線及地物全以草圖為根據，草圖若有錯誤或欠詳明則精圖勢將疑竇叢生勉強繪得亦難免錯誤不可不慎。即有時地形圖確係自己測繪亦難免日

久對實際地形印象模糊發生疑問故仍以當時繪得簡單明瞭之草圖為善策。繪製草圖頗非易事非積有相當經驗不為功，初學者宜耐心練習之。茲將記載格式及草圖舉例如下。草圖上之小圈表示測點位置，圖旁數目字為左頁記載之點次。

217 經緯儀視距測繪法 用經緯儀一架圖板連三腳架一付（可以平板代之但不用照準儀），以一人司經緯儀一人繪圖。讀得一點之視距，水平角及垂直角後繪圖者用視距計算尺算得水平距離及高度即將該點位置用分度器及比例尺點於圖上當場製成鉛筆圖稿。此法除作視距導線外不需任何記載。

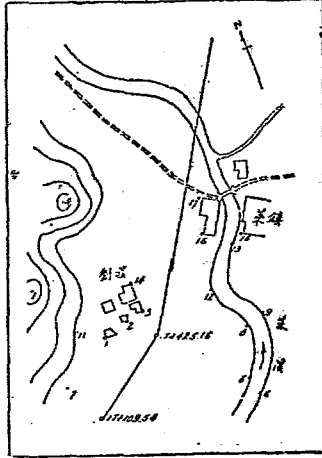
218 平板儀視距測點法 以一人兼司測繪，用導線法或三點法定平板儀在圖上之位置，用光線法或交線法測各地形點。隨測隨繪當場製成鉛筆圖稿完全不須記載。

市立高工土木工程科

162

測量學講義

點次	右向角	距離	垂直角	高度差	高度	水準 前視	備註
		儀器在 17+425.18		高度 = 24.48			
		儀器高 = 1.43		視線高 = 25.91			
17+100.54	0°-00'	316			25.35	0.56	B.S.
1	60-20	120			25.2	0.7	劉莊西南角
2	80-00	65			25.0	0.9	劉莊南面
3	121-00	62			25.3	0.6	劉莊東南角
4	122-40	426 -6	+ 6-27	+ 47.5	72.0		土山頂
5	285-20	324			24.2	1.7	萊溪左岸
6	270-30	355			24.2	1.7	萊溪右岸
7	50-25	286	+ 0-32	+ 2.7	27.2		山脚
8	234-40	304			25.3	0.6	萊溪左岸
9	233-20	332			23.9	2.0	萊溪右岸
10	79-30	407 -6.5	+ 7-13	+ 50.7	75.2		土山頂
11	78-00	285	+ 0-34	+ 2.8	27.3		山脚
12	225-15	214			24.3	1.6	萊溪左岸
13	200-30	267			24.5	1.4	萊溪右岸
14	123-10	144					劉莊東北角
15	194-30	290					萊溪西南角
16	190-30	234			23.9	2.0	萊溪西南角



第九十一圖

219 三種測法之比較

(a) 經緯儀視距測記法

優點 (1) 準確。

(2) 迅速。

(3) 一人可兼測記。

(4) 小雨天亦可適用。

劣點 (1) 不在當場製圖易生謬誤。

(2) 多一番記載手續且增室內工作。

(3) 不適於整幅地形圖因測點是否已出圖外當場不知。

(b) 經緯儀視距測繪法

- 優點 (1) 當場製圖謬誤較少。
(2) 不需記載減少室內工作。
(3) 準確。
(4) 迅速。

- 劣點 (1) 測與繪至少需二人。
(2) 小雨天即不適用。

(c) 平板儀視距法

- 優點 (1) 當場製圖謬誤較少。
(2) 不需記載減少室內工作。
(3) 距繪僅需一人。

- 劣點 (1) 遲慢。
(2) 不甚準確尤以高度為然。
(3) 小雨天即不適用。

經緯儀測繪法為測記法與平板儀法之混合作。因係用經緯儀測量故較平板儀法準確。至其較為迅速之原因有二，(1) 測與繪由二人分任，(2) 經緯儀旋轉迅速較照準儀靈活。或以用經緯儀需多設一水平角影響速度，不知測地形點無須用微動螺絲及遊標僅估計度盤即得水平角並不耽擱時間。總之經緯儀測繪可適用於任何地形實為最佳之方法。

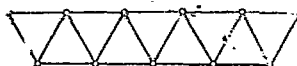
第二十二章 三角測量

220 三角測量 在任何三角形中已知一邊及二角則其餘三邊之長即可用正弦定律計算而得，此為三角測量之基本原理。應用此原理精密測定地球上諸點之位置及連結各點所成測線之長度及方向謂之三角測量。

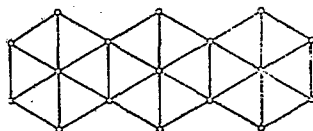
三角測量大別之為二即屬於大地測量者及屬於平面測量者。前者需計及地面弧度測量及計算非常精密，後者則假設地面為平面較為簡單。

221 三角網 作三角測量必先構成三角網。三角網係由多數三角形連綴而成，其形狀不一可分為三種，(1)單列三角形，(2)多邊形，(3)四邊形。第一種簡單迅速惟精度最差，第三種測算均極複雜但最為精密，第二種則介乎二者之間。本章所述者以第一法為限。

(1) 單列三角形



(2) 多邊形



(3) 四邊形



第九十二圖

市立高工土木工程科

166

測量學講義

222 三角點之選擇 三角形各角點謂之三角點。選擇其位置時應注意下列各項。(1) 三角形各內角不得小於 30° 或大於 120° 最理想之形狀為等邊三角形。(2) 易於覘望，三角形之三點須能互相望見。(3) 便於施測地形及引導線。(4) 地質堅實使於建造標架。(5) 視線長適合望遠鏡擴大力。

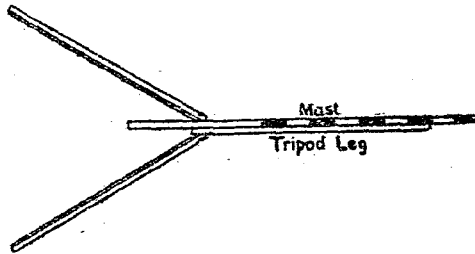
山地中多選三角點於山頂之上以其便於覘視。平地而多樹木之處選點最感困難，有時須建造極高標架始能覘視，在此情形多不用三角測量而以精密導線代之。在城市中可選點於城牆上或高建築物頂上。

223 標誌及標架 三角點通常用石柱或混凝土柱埋入土中以為標誌。柱之形狀及大小與水準標點相同。柱頂可刻一十字或嵌入銅釘以誌三角點正確位置。

標架為立於標誌上之三腳架，架首高植一標桿以利遠望。標桿以 1 公尺方木或圓木為之，其長度依視線之長短及障礙物之高低而異通常自 5 公尺至 10 公尺。支持此標桿之三足所用木料與之略同。為使標桿穩定其下部用撐木三根連結於三足上，另以撐木三根釘於三足上以增三腳架之強度。標桿與三足又用大螺絲連繫之。標桿與三角點應在一垂直線上，其下端離地約二公尺許以便設置儀器。

設立標架之法係將三足及標桿平置地上於架首以大螺絲貫穿之見第九十三圖。其兩足之下端即約略為其最後位置，此二足下端不動將架首舉起而移第三足以達適當位置。此時標桿之頂尚未離地，可將其下端所繫之繩向下拉之則標桿繞螺絲旋轉而上端升起至將成垂直時以撐木一根釘其下端於一足上。俟標桿垂直且對準三角點後再釘其他二撐木。然後再以經緯儀考驗之如微有不準可將一足截短少許或挖去泥土使該足再深入土中。

標架須設法使之固着於地以免爲大風移動或吹倒。山頂無遮蔽物風力尤大更須注意，三脚架在岩石上時可於石上鑽孔釘入鉛螺絲灌入混凝土以維繫之，在土地上時可於足之下端釘橫木深埋入土中。



第九十三圖

224 基線 無論何種三角網至少須實測一線之長度以爲計算之根據，此線即謂之基線。基線係三角形之一邊由其長度可推算其他二邊。由此算得之二邊又可推算另外三角形以至極大之範圍。如是基線長度微有誤差則生重大影響故量距必須十分精密。

225 基線位置之擇選 基線位置之選擇須注意下列各項 a. (1) 地勢平坦適於精密量距。(2) 地勢開闊無遮蔽物於基線兩端觀測視線不受障礙。(3) 能構成適當三角網。

226 基線量法 (1) 於基線兩端各埋一石樁或混凝土樁其距離視測區大小而異。在普通測量 1 公里即敷應用。(2) 於直線上每隔一鋼尺長度如 50 公尺釘一大木樁樁頂距地七八公寸以便在樁頂上量距。兩大木樁間再加釘若干小樁支承鋼尺以免中部下垂發生垂曲差。(見第 41 節)。(3) 用水準儀測定各

市立高工土木工程科

168

測量學講義

樁頂高度截去上部使各樁頂高度相等。如嫌截去中間小木樁樁頂費事時可於樁側同高處打入一釘置尺於釘上量之。亦有因地勢關係使樁頂或橫釘成一均勻傾斜度，迨量畢後再化為水平距離。(4) 用曾經比較過之鋼尺或鍊鋼尺以標準拉力測量，於大木樁頂上作刻劃誌起迄點以代測釘。(5) 繫溫度表於尺上讀每次始量及量畢溫度，平均之以計算溫度改正數。

基線普通之測量精度限制約為十萬分之一。

227 角度之觀測 精密測角之法有二即連測法與複測法。前者多用於大地測量蓋所用儀器均為極精密者，後者多用於普通測量最精密之經緯儀不過為 $20''$ 者。為消除儀器誤差第130節所述各點宜加注意。複測法之實施述之如下。

(1) 遊標 A 對 0° 或任意角度，記錄遊標 A 及 B 之讀數。(2) 測右向角，記錄第一次讀數以為參考。再複測二次共為三次。(3) 倒置望遠鏡繼續複測三次。(4) 記錄二遊標讀數。(5) 遊標不動望遠鏡仍在倒置位置複測共轉角三次。(6) 正置望遠鏡繼續複測共轉角三次。依理論言照上法複測十二次後指標應回至起始時之讀數，因二角之和為 360° 。倘未能回至原處，二者之差即為總累積差。二角各以累積差之半改正之則各種誤差幾可完全消除。

上述測角方法中須注意者，(1) 所測均為右向角，(2) 每角測複六次但遊標僅於起始時對一次 0° 或任意角度，(3) 讀二遊標以消除度盤偏心誤差。

如上複測十二次謂之一組，普通三角測量中測二組至四組即取應用。

下表係手簿格式，經緯儀設置於 C 點測 ACB 角二組而取其平均值。測

市立高工土木工程科

測量學講義

點欄內數目字表示複測次數。第一組遊標對 0°，二遊標讀數相合。第二組遊標對任意角度 25°20'30"，二遊標讀數不相合取其平均值於第四欄。第一組測共軛角時指標已經過 0° 六次故對 A6 行之角度須加 2160°，第二組測共軛角時亦同。

複轉法施測手簿格式

測 點	右 向 角		平 均	改 正 角	二組平均
	遊 標 A	遊 標 B			
A	0°00'00"	0'00"	0'00'00"		
B 1	42° 5'				
B 6	252°31'00"	31'00"	252°31'00"		
		6) 252°31'00"			
		ACB = 42° 5'10"		42° 5' 5"	
B	252°31'00"	31'00"	252°31'00"		
A 6	0° 1'00"	1'00"	2160° 1'00"		
		6) 1907°30'00"			
		BCA = 317°55'00"		317°54'55"	
				360°00'00"	
A	25°20'30"	20'00"	25°20'15"		
B 1	67°26'				
B 6	277°51'30"	51'30"	277°51'30"		
		6) 252°31'15"			
		ACB = 42° 5'12.5"		42° 5'10"	42°5'7.5"
B	277°51'30"	51'30"	277°51'30"		
A 6	25°21'00"	20'30"	2185°20'45"		
		6) 1907°29'15"			
		BCA = 317°54'52.5"		317°54'50"	
				360°00'00"	

市立高工土木工程科

170

測量學講義

228 角之改正 本章所講者為最簡單之三角網，其幾何關係僅為三內角和等於 180° 。實測結果常有數秒之誤差，平均分配之即可。較複雜之三角網尚有他種幾何關係必須應用最小二乘式方法計算之。

229 邊長計算 三內角既經改正後即可用其改正值及一邊之長依正弦定律算出其他二邊之長。舉例說明如下。

例 基線 AB 長 1256.467 公尺，三內角為 $A=42^\circ 45' 25.7''$ ， $B=59^\circ 11' 48.5''$ ， $C=78^\circ 2' 48.8''$ ，求 AC 及 BC 邊之長。

三角點	觀測角度	改正數	角及距測	對數	對數
AB			1256.467	3.0991511	3.0991511
C	$78^\circ 2' 48.8''$	-1"	$78^\circ 2' 47.8''$	0.0095206	0.0095206
A	$42^\circ 45' 25.7''$	-1"	$42^\circ 45' 24.7''$	9.8317985	
B	$59^\circ 11' 48.5''$	-1"	$59^\circ 11' 47.5''$		9.9339572
	$180^\circ 00' 03.0''$		$180^\circ 00' 00.0''$	2.9404702	3.0426289
				BC = 871.907	CA = 1103.136

三角之和為 $180^\circ 00' 03.0''$ ，故每角應改正 -1" 而得第四欄數量。五六兩欄為邊長及角度正弦對數，惟 C 角係 colog sin 。第五欄三對數之和為 $\log BC$ ，第六欄三對數之和為 $\log CA$ ，於是求得 BC 及 CA 之長度。所用公式如下。

$$BC = \frac{AB}{\sin C} \sin A, \quad CA = \frac{AB}{\sin C} \sin B.$$

230. 歸心計算 有時儀器不能設置於三角點之上祇能置於附近一點觀測角度，此點謂之離心點。以塔尖，高屋尖頂等為三角點即有此種情形發生。設離心點之角依同樣精度測得，且自離心點至正點之方向及距離亦經觀測，又至各觀測三角點之距離約略值為已知，則正點之角可計算而得。此法謂之歸心計算。所須各邊之精確值雖不可知但不難求得其約略值。用約略值從事歸心計算亦無精度不足之虞。

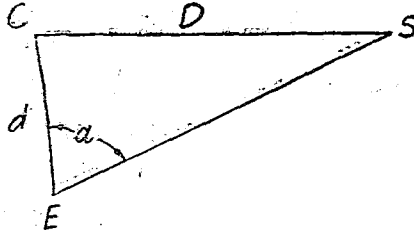
計算時改正各邊之方向較直接改正角度為便利。換言之各三角點之方向依次按離心影響改正，然後以之計算各三角點之改正角度。如第九十四圖 C 為不能到達之三角點，E 為離心點 S 為觀測三角點之一。先計算各三角點之方向以 EC 方向 0°。此可後視 C 點右向測第一三角點而得第一三角點之方向，然後依次遞加各三角點間角變而得各三角點之方向。於是每一三角點可構成一 CES 三角形。在此三角形中

$$\frac{\sin S}{\sin \alpha} = \frac{CE}{CS}$$

$$\sin S = \frac{d \sin \alpha}{D}$$

$$S'' = \frac{d \sin \alpha}{D \sin 1''} \quad (\text{近似})$$

上式中 D 為三角點間之距離，d 為離心距離可用鋼尺量得之，S 角以秒計為觀測方向與真方向之差用以與 ES 方向相加或相減以得各邊之真方向。各邊真方向之差即為 C 點之正角度。下例說明歸心計算之方法。



第九十四圖

觀測各角如下：正點至 A = 42° 14' 20"，A 至 B = 62° 33' 10.1"，B 至 C = 56° 22' 36.1"，C 至 D = 43° 59' 57.4" 離心距離 d = 1.342 公尺。

$$\log d = 0.12775$$

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

$$\log \text{ 常數} = 5.44218$$

三角點	A	B	C	D
方 向	42° 14' 20"	104° 47' 30.1"	161° 10' 06.2"	205° 10' 03.6"
log sin	9.8275	9.9853	9.5090	9.6286
colog D	6.1052	6.0640	6.2672	6.0909
log 常數	5.4422	5.4422	5.4422	5.4422
log S"	1.3749	1.4915	1.2184	1.1617
S	+23.7"	+31.0"	+16.5"	-14.5"
改正方向	42° 14' 43.7"	104° 48' 01.1"	161° 10' 22.7"	205° 09' 49.1"

市立高工土木工程科

測量學講義

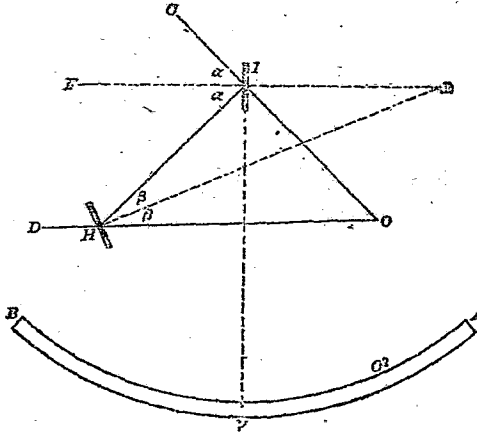
173

改正角度如下。A 至 B = $62^{\circ}33'17.4''$ ，B 至 C = $56^{\circ}22'21.6''$ ，C 至 D = $43^{\circ}59'26.4''$ 。

231. 三角測量之誤差 誤差之發生有下列三原因。(1) 三邊長短相差太甚。在三角測量中小於 30° 或大於 120° 之角皆應避免，因角度近 0° 或 180° 時正弦秒差最大稍有誤差計算時即生重大影響。最理想之三角形為等邊三角形。選擇三角點使各邊成適宜比例殊非易事，但此為發生誤差重大原因之一不可忽視。(2) 量基線所生之誤差。基線中之誤差於三角網中任一三角形之任一邊均有影響故量基線必須十分精密。三角網進展若干里程（二三十公里）後常須量一新基線以與推算之邊長比較，其誤差通常限制不得超過 $1/10000$ 。(3) 量角所生之誤差。用複測法或連測法施測並注意第 130 節內所述各點可減少誤差。複測以二組至四組為限。三內角之和通常限制誤差不得超過 $6''$ 。

第二十三章 六分儀測量

232. 六分儀 六分儀亦為測角之儀器，維測得之角係在二點及觀測者之眼所定之平面上可為水平面，垂直面或任意之斜面。此儀器於船上應用最為便利，因其不似經緯儀需固定支架且後視與前視能同時覘望。



第九十五圖

六分儀主要部分為一鐵架上有分度弧 AB 長 60° 及反射鏡 I 與 H，二反射鏡前者可以移動後者則固着於鐵架上。反射鏡 I 謂之指鏡連於指臂 IV 之一端。指臂以 I 為中心可沿分度弧旋轉，於 V 端附有遊標止動螺絲及微動螺絲，能讀角至 $10''$ 或 $30''$ 。反射鏡 H 謂之地平鏡，下半鍍水銀上半為透明之玻璃可直接覘視。二反射鏡均與 AB 弧平面成垂直且當二者平行時遊標恰讀 0° 。望遠鏡位於 O 點指向 H，來自 D 點之光線直接通過 H 之透明部分經望遠

鏡而達於眼，來自 C 點之光線則由 I 反射達於 H 再經 H 之鍍水銀部分反射亦達於眼，故移動指臂可使 C 及 D 之像重合如第九十五圖所示。此時指臂在分度弧上所指度數即 COD 角。指鏡與地平鏡前有各種顏色玻璃如第九十二圖以調節光線強弱，於觀測太陽時用之。

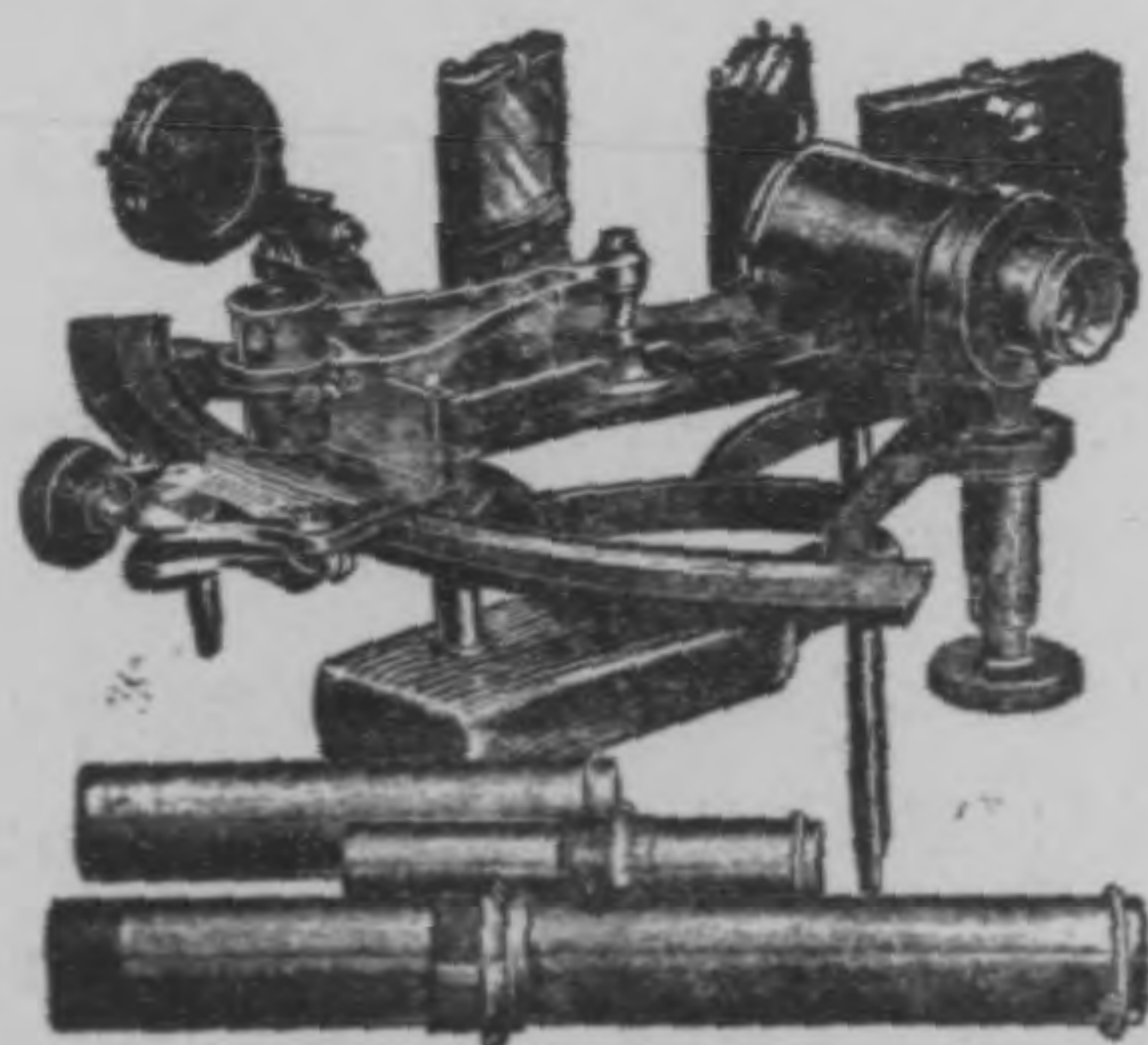
六分儀之原理解釋之如下。於第九十一圖繪 FE 及 HE 垂直二反射鏡之平面相交於 E 而得

$$\text{二反射鏡所作之角} = \angle HEI = \alpha - \beta$$

但 $\angle COD = 2\alpha - 2\beta$

故 $\text{二反射鏡所作之角} = \frac{1}{2}\angle COD$

欲使真角值能直接讀出，分度弧上半度刻為一度。此弧實長 60° 故刻為 120° 而能測得 120° 以內之角。



第九十六圖

233 六分儀測水平角 如第九十五圖 C 與 D 為所測之二點，O 為觀測

市立高工土木工程科

176

測量學講義 (林治遠講授)

者眼之位置。欲測 COD 角實施步驟如下。(1) 右手執把手使分度弧在水平面。(2) 由地平鏡日透明部分窺 D 點。移動指臂 IV 使 C 點之像折至地平鏡下半再折入鏡筒中至與 D 重合為止，二像均為倒像設所用望遠鏡係倒像者。(3) 旋緊止動螺絲，用微動螺絲使二像完全吻合。(4) 讀遊標。

在未熟用六分儀者欲使二像重合常感困難而於搖動之船上尤甚，可除去望遠鏡置目於環中窺測目標亦無精密不足之虞。一般來自指鏡之光線經多次反射光力恆減少，故光線較弱物體用地平鏡直接觀視較強者則令反射於指鏡，致有時須將六分儀之把手向上倒持儀器以觀測之。又所測角頂點之位置非固定者，由第九十五圖可知若 COD 角逐漸變小則 O 點距儀器漸遠。所測之角極小時角點必遠在觀測者之後。觀測太陽或星體因距離極遠故可假定角點與觀測者在同一點上而無顯著誤差。觀測地面上近距離之點時所作之角不宜過小，不特角頂與觀測者之目不在同一點上且交點位置亦難以確定。用普通六分儀 20° 角之頂點在指鏡後約 13 公分， 5° 角約為 60 公分， 1° 角約為 3 公尺。

234 指標差 地平鏡與指鏡平行時遊標應讀 0° ，若儀器校正不完善則不能確對 0° 而所讀角度謂之指標差。第九十五圖中 C 與 D 變為一點時則二鏡平行遊標應讀 0° 。應用此原理觀測同一點所作角度即可定指標差，普通用太陽實施步驟如下。(1) 遊標約對 30° (2) 望遠鏡指向太陽以藍色玻璃遮之，此時太陽反射綠像亦應在視野之內。(3) 用微動螺絲使藍像與綠像相切。(4) 讀遊標 b 。(5) 遊標約對 $30'$ 於 0° 之他側，此時藍綠二像位置相反。用微動螺絲使之相切讀遊標與以上同。(6) 求二讀數之差以 2 除之即得指標差。(7) 若弧外讀數較大時改正數為正號，弧內讀數較大時改正數為負號。

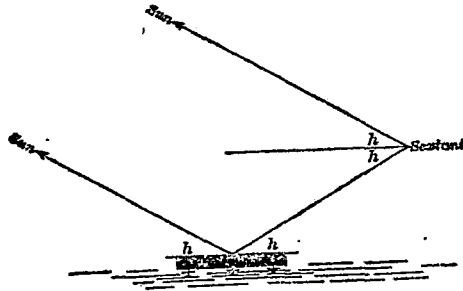
235 觀測太陽仰角 天體測量中應用六分儀最廣者為觀測太陽之仰角。在海洋上與陸地上作法不同，茲分述之如下。

在海洋上觀測其法如下。(1) 觀測者面向太陽而立使分度弧在垂直面上，指望遠鏡於太陽直下之海平線，直接由地平鏡透明部分視之。(2) 移動指臂使太陽之反射像至望遠鏡中。(3) 用微動螺絲使太陽下邊緣與海平線相切。(4) 為確定分度弧是否在垂直面上可將儀器左右擺動觀察太陽所作之圓弧是否與海平線相切。如太陽下邊緣落至海平線之下時則所測仰角係太大。(5) 註遊標改正指標差及海平俯角即得太陽下邊緣在真地平面之上仰角。海平俯角近似公式為

$$D = \sqrt{h}$$

D 為海平俯角單位為分，h 為觀測者在海平面上高度單位英尺。算得 D 角後應由仰角中減去。

在陸地上觀測不能見天然海平面故需應用人工地平面。以水銀注入水銀



第九十七圖

市立高工土木工程科

178

測量學講義

盤中俟靜止時其表面成一極完善之水平面。其中太陽之影可供觀測，此影在水平面下之角與真太陽在水平面上之仰角相等如第九十七圖所示，故二者所作之角為 $2h$ 。觀測方法如下。(1) 望遠鏡指向水銀盤直接覘視太陽之影，普通以藍色玻璃遮之。設用倒像望遠鏡則所見者為正像。(2) 旋轉指臂使真太陽雙反射像至望遠鏡中，普通以綠色玻璃遮之，此係倒像。(3) 以微動螺絲使藍像視下邊緣與綠像視上邊緣相切，此二切點實係一點。(4) 讀角即太陽下邊緣仰角之二倍。(5) 改正指標差以 2 除之即得太陽下邊緣之仰角。

第二十四章

天體測量

236 概說 普通天體測量包括下列四項，(1) 緯度，(2) 時刻，(3) 經度，(4) 真子午線。其中於測量應用最廣者為測定真子午線故本講義於其作法講解較詳，至其他三種如緯度，時刻，經度等僅述其簡單測法蓋精密測手續極繁且非用特製儀器不為功不任本講義討論範圍之內。

237 定義 下列諸名詞為天文中最常用者，茲將其意義逐一解釋之。

天體 天空中物體如日，月，星等統稱為天體。

天球 以地心為中心，無窮遠距離為半徑所作之假想球體謂之天球。自天球中心連直線至任一天體而延長之將交天球於一點，此點即該天體在天球上之視位置。各點既均在同一球面上故所作之角均能應用弧面三角公式以計算之。天體測量中整個地球與天文距離比較可視為一點，如最近恆星距地球為地球直徑七十萬倍，故觀測時在地面與地心將得同一結果。觀測較近天體如日，月，行星等則生較大誤差需加改正。

垂直線 地球上某點之垂直線即該點之重力方向如第九十八圖中 OZ 。

天頂 一點之垂直線向上延長與天球相交之點謂之天頂如第九十八圖中 Z 。此點可表示觀測者在地球上之位置故為天球上之重要點。

地平圓 經過地球中心與垂直線成直角之平面截天球所成之大圓謂之地平圓如圖中 $NESW$ 。地平圓上各點距天頂均為 90° 。經過觀測者位置之平行平面亦截天球於此地平圓。

F	161°35'			log D = 2.46407					+ 623.47	+ 43.22
		183°57'	625.11	log L = 2.79493 log cos = 9.99897 log s = 2.79596 log sin = 8.83813 log D = 1.63409	-623.63	+0.16	- 43.06	-0.16		
G	72°33'								0	0
		76°30'	538.09	log L = 2.09904 log cos = 9.36819 log s = 2.73085 log sin = 9.98783 log D = 2.71868	+125.61	+0.14	+523.21	-0.14		
H	91°49'								+ 125.75	+ 523.07
		348°19'	345.07	log L = 2.52881 log cos = 9.99091 log s = 2.53790 log sin = 9.30643 log D = 1.84433	+337.92	+0.09	- 69.88	-0.09		
A	256°16'								+ 463.76	+ 453.10
		64°35'								
B										

3882.67

- 0.99 +0.99 + 1.01 -1.01

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

$$\text{精度} = \frac{1.41}{3882.67} = \frac{1}{3600}$$

市立高工土木工程科

180

測量學講義

垂直圓 經過天頂之大圓謂之垂直圓如圖中 HZJ。

天極 將地球之軸延長與天球相交於二點謂之天極如圖中 P 及 P'。在南者曰南天極在北者曰北天極。

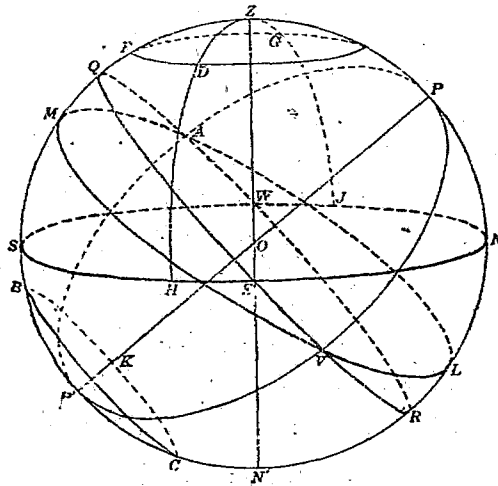
赤道 經過地球中心垂直地軸之平面截天球所成之大圓謂之天球赤道簡稱赤道如圖中 QWRE。赤道上各點距天極均為 90° 。經過觀測者位置之平行平面亦截天球於此赤道。

時圓 經過南北二天極之大圓謂之時圓如圖中 PVP'。所有時圓均與赤道成垂直。

子午圓 經過天頂與天極之大圓謂之子午圓如圖中 SZPL。由定義可知子午圓為一垂直圓且為一時圓。每一觀測者各有一不同子午圓，此圓之平面與觀測者地平面相交之直線在平面測量中謂之子午線。

黃道 地球繞太陽旋轉軌道之平面截天球所成之大圓謂之黃道如圖中 AMVL。相對而言設地球不動太陽中心將於天球上一年沿黃道繞行一周。黃道平面與赤道平面成約 $23^\circ 27'$ 之角謂之黃道傾度。

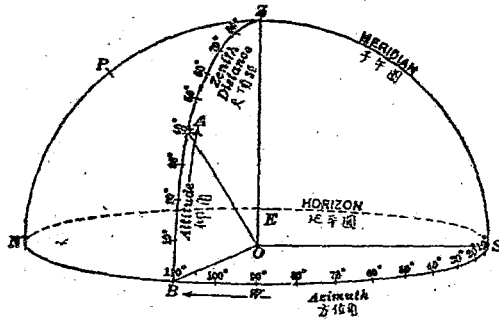
春分點與秋分點 黃道與赤道有二交點，其太陽以自南而北經過赤道之點謂之春分點如圖中 V，其自北而南經過赤道之點謂之秋分點如圖中 A。



第九十八圖 天球

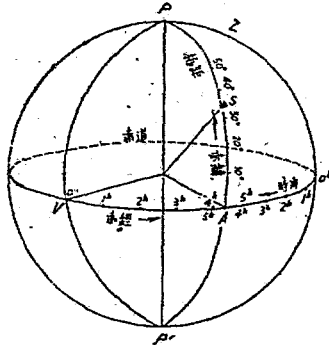
238 地平坐標與赤道坐標 一點在天球上之位置可以其弧面坐標定之。坐標因基準大圓不同分為地平坐標與赤道坐標二種。

地平坐標為仰角及方位角係以地平圓及垂直圓為基準大圓。仰角為一點在垂直圓上與地平圓所作之角如第九十五圖中 $\angle B A$ ， A 為星體之位置。仰角之餘角為天頂距如圖中 $\angle Z A$ 。方位角為經過該點垂直圓與子午圓在地平圓上所截之圓弧，通常自南方起順時針方向計之如圖中 $\angle S B$ 。此處所謂順時針或逆時針方向係假設由天球外自北向南觀察之方向。



第九十九 地平坐準

赤道坐標 為赤緯及赤經，係以赤道及時間為基準大圓。赤緯為一點在時間上與赤道所作之角如第一百圖中 AS，S 為星體位置。在赤道北時赤



第一百圖 赤道坐標

市立高工土木工程科

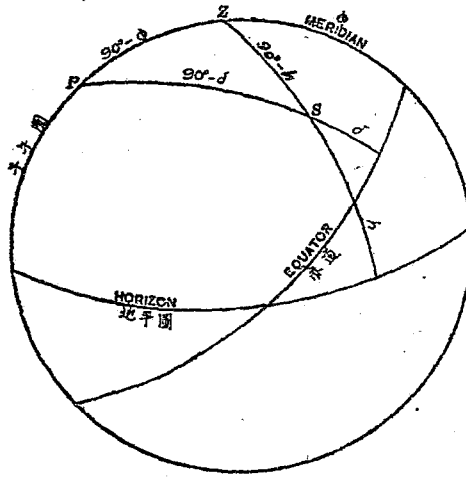
測量學講義 (林治遠講授)

183

緯爲正，在赤道南時赤緯爲負，赤緯之餘角謂之極距如圖中 PS 。赤經爲經過該點時間在赤道上與春分點所截之圓弧，自春點起逆時針方向計算如圖中 VA 。其單位可用度分秒或時分秒。有時定點之分位置不用赤經而用時角。時角爲觀測者子午圓與該點時間在赤道上所截圓弧，自子午圓上半或下半順時針方向計算如圖中 MA 。單位亦可用度分秒或時分秒二種。

恒星之赤道坐標即赤緯與赤經係固定不動且與觀測者位置無關，至其地平坐標即仰角與方位角則時時變化且隨觀測者位置而異。作星體位置圖表均列赤道坐標，而實地觀測時則以用平坐標爲便利。此兩種坐標之關係甚爲重要，由下節天文三角形中可見其梗概。

239 天文三角形 以大圓連接天極，天頂及任一星體所得之弧面三角形謂之天文三角形或 PZS 三角形。由此三角形可求得各坐標之關係故在天文中極爲重要。第一百零一圖中 PZ 弧爲緯度之餘角 $90^\circ - \varphi$ ， ZS 弧爲天頂距即仰角之餘角 $90^\circ - h$ ， PS 弧爲極距即赤緯之餘角 $90^\circ - \delta$ 。在 P 點之角爲星體之時角 t (S 在子午圓西) 或時角之共軛角 $24^h - t$ (S 在子午圓東)。在 Z 點之角爲星體自北起算之方位角 Z (S 在子午圓東) 或方位角之共軛角 $360^\circ - Z$ (S 在子午圓西)。知此三角形中任意三部份即可應用弧面三角形公式計算其他三部份。



第一百零一圖 天文三角形。

240 時 天文學上所用之時可分為恒星時與太陽時二種，太陽時又有視太陽時與平太陽時之分。

春分點連續兩次經過同一子午圈上半所需之時間為一恒星日。一恒星日分為 24 小時，一小時分為 60 分，一分分為 60 秒。春分點在子午圈上半時為恒星時 0^h ，即恒星日起始時刻。任一時刻之恒星時等於自子午圈上半起算春分點之時角。

太陽連續兩次經過同一子午圈下半所需之時間為一太陽日。一太陽日分為 24 小時，一小時分為 60 分，一分分為 60 秒。因太陽與地球有相對運動即假設地球不動太陽每年繞地球一周，故太陽日較一恒星日稍長。太陽在子

午圓下半時爲太陽時 O' 即普通所謂中夜一太陽日起始時刻。任一時刻之太陽時等於自子午圓下半起算之時角亦即自子午圓上半起算之時角加 180° 或 12^h 。

因地球繞太陽旋轉之軌道至橢圓形且速度不等，故在地球上觀察太陽之角速度不一律。於是一年中每日之長短亦不相等，但吾人所需之時間單位爲固定不變者，乃假設一平太陽以等速度沿赤道運行其繞地球一周所需之時間恰等於視太陽沿黃道繞行一周所需時間亦即一年。以此平太陽位置求得之時刻謂之平太陽時簡稱平時，以視太陽位置求得之時刻謂之視太陽時獨稱視時。

241 時差 於任一時刻平時與視時之差謂之時差亦即平太陽與視太陽相距之時角可由星鄰表中查得，以公式表之如下。知時差後即可換算平時與視時。

$$\text{時差} = \text{平時} - \text{視時}$$

242 標準時由太陽時之定義可知在同一絕對時刻兩地太陽時之差等於兩地經度差。是則每西行若干里時鐘需改遲若干秒，東行若干里時鐘需改早若干秒，此於應用上極感不便乃創時區之制。每時區內採用同一標準經度之時刻與鄰區相差 15° ，故二鄰區時刻整差一小時。如是則無論何地分秒均同所差者僅時而已。我國分五區，(1)中原時區以東經 127° 之時刻爲標準，(2)隴蜀時區以東經 105° 爲標準。(3)回藏時區以東經 90° 爲標準，(4)崑崙時區以東經 $82^\circ.5$ 爲標準，(5)長白時區以東經 $120^\circ.5$ 爲標準。前三者爲整時區相差 15° 即 1^h ，後二者爲半時區相差 7.5° 。各時區分界見第一百零二圖。當格林威基在正午時，中原時區爲下午八時，隴蜀時區下午七時。

科 程 工 木 土 工 高 立 市

。 半 時 八 下 為 區 時 白 長 ， 半 時 五 下 為 區 時 崑 崙 ， 半 時 六 下 為 區 時 藏 回 。

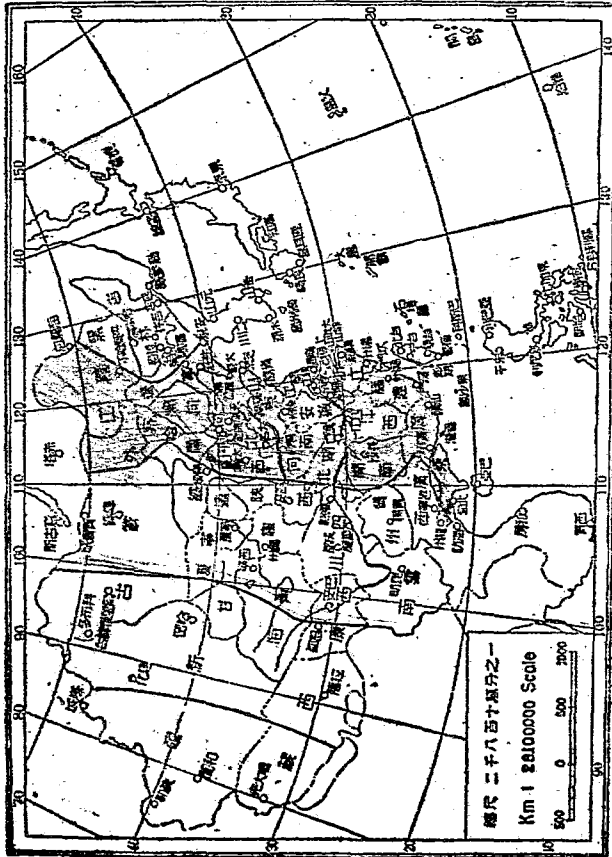


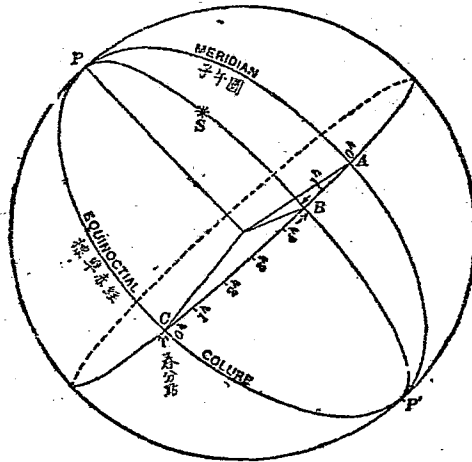
圖 二 第 一 百 一 中 國 標 準 時 區 圖

243 恆星時與赤經時角之關係 第一百零三圖中星體 S 之赤經為 CB, 時角為 AB, 其和數 AC 為春分點之時角亦即恆星時, 以公式表之如下。

$$S = \alpha + t$$

S 為恆星時, α 為星體赤經, t 為其時角。

當星體至子午圓上半時, 時角為 0° , 由上式可知該地之恆星時恰等於此星體之赤經。觀測已知赤經之星體何時至子午圓即得該時刻之恆星時, 此為測定時刻之一重要方法。



第一百零三圖

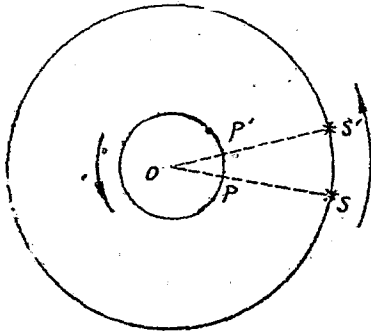
244 太陽時與恒星時 第一百圖中平太陽 S 沿赤道以等速度繞地球運行。設一觀測者原在 P 點其子午面適經過太陽 S，當地球自轉一周即經過一恒星日又回至原位置 P 點而太陽已進行約 1° 至 S' 之位置，故地球需多轉此 1° 至 P' 約需時 3^m56^s 始完成一太陽日，故一太陽日較一恒星日約長 3^m56^s ，太陽時諸單位如時分秒等亦較恒星時單位稍大。

第一百零四圖中如 S 及 S' 表示太陽在春分點及以後任何一日之位置，則 SOS' 為自三月廿二日後太陽時與恒星時之差數亦即平太陽赤經。當太陽繞地球一周復至 S 點時其赤經為 360° ，太陽時與恒星時相差 24^h ，換言之一年中太陽日較恒星日恰少一日。知一年等於 365.2422 平太陽日，由上述關係可得下式，至實際換算方法見下章。

$$366.2422 \text{ 恒星日} = 365.2422 \text{ 太陽日}$$

$$1 \text{ 恒星日} = 0.99726957 \text{ 太陽日}$$

$$1 \text{ 太陽日} = 1.00273791 \text{ 恒星日}$$



第一百零四圖

以上所述為短時間之換算。長時間之換算如欲知十月一日上午九時之相當恒星時則需應用自三月廿二日以後二時刻之累積差數亦即平太陽赤經。

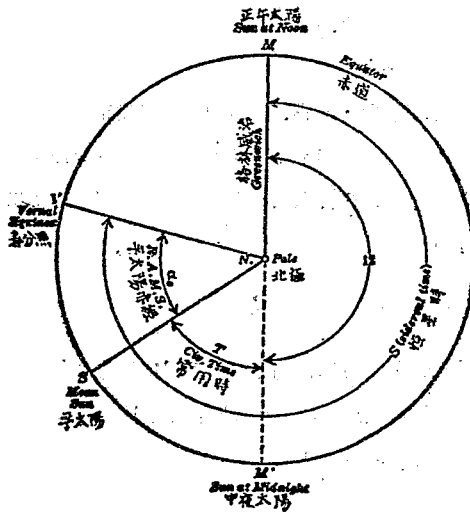
如第一百零三圖中 B 點如係太陽則公式變為

$$S = \alpha_s + t_s$$

α_s 及 t_s 為太陽之赤經及時角。以 T 表示平時則

$$S = \alpha_s + T + 12^h$$

利用此公式可換算恒星時及平時，方法見下章。此關係如以第一百零五圖表示之更為明顯。圖中恒星時或春分點時角 $MM'V$ 分為三部： $MM' = 12^h$ ， $M'S = T$ ， $VS = \alpha_s$ 。若觀測者子午圓不經格林威其基理亦同。



第一百零五圖

仰角之改正

245 折光差。天體發出之光線經過真空及密度不同之空氣層故發生曲折致測得之仰角較實際為大，此種誤差謂之折光差。折光差公式甚為複雜，下列為一近似公式頗稱簡單惟仰角在 10° 以下時相差太多不能應用。

$$R = \cot h$$

R 為折光差以分計，h 為觀測仰角。折光差為負數須由仰角中減去。

246 視差。天體之仰角應以地球中心為頂點，但觀測必須在地面上乃發生一種誤差謂之視差。恒星距地球極遠故視差極小可以不計。日、月及行星距地球近觀測時應改正視差。天體在天頂時視差最小等於 0° ，至地平面時視差最大謂之地平視差，太陽之地平視差約為 $9''$ 。視差之公式為

$$S = S_1 \cos h$$

S 所求視差， S_1 為地平視差，h 為觀測仰角。視差為正號須與仰角相加。

247 半徑差。日月均為圓形不易照準其中心，故觀測仰角時多用其上邊緣或下邊緣然後以其半徑所作仰角改正之。日月半徑所作仰角每日微有不同均詳載於星曆表中。

星

248 概說。太陽或星皆可供觀測之用而以用恒星為最準確。凡觀測時刻宜用近赤道諸星，觀測緯度及方位角宜用近北極諸星。觀測之星體必須知其赤經，赤緯可由本年星曆表中查得。

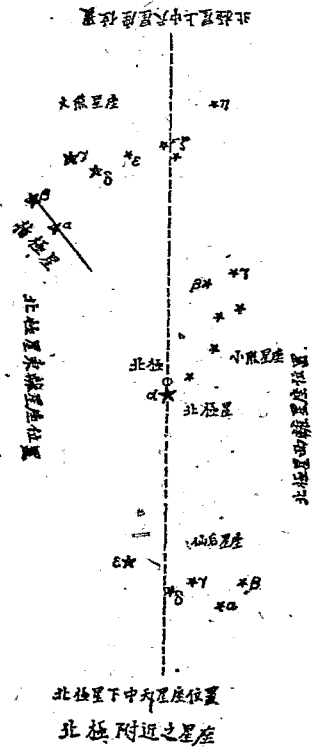
249 上下中天及東西離 因地球自轉之故一若各天體皆繞北極每日旋轉一週。在此一週中必有二次經過觀測者子午圓平面，某天體由東而西在北極之上經過子午圓平面時謂之上中天為圈之最高點，某由西而東在北極之下經過時謂之上中天為圈之最低點。近北極之星上下中天均能望見，近赤道之星東離為天體自上而下經過圈之最東點，西離為自上而下經過圈之最西點。

250 星座 天空分為若干不規則區域，每區域中所有星體謂之星座各有名稱如大熊星座小熊星座等。星座中之星體或有專名或以希臘字母區別之，希臘字母之次序係依據星光之強弱最亮者用 α 次者用 β 以此類推。例如距北極最近之星專名北極星又因其為小熊星座中最亮之星亦稱之為小熊星。

星之亮度以星等表示之，一等星最亮，二等星次之。天氣清明時肉眼將能看之星為五等。北極星為二等星。

251 北極附近之星座 北極附近之星體於測量最為重要第一百零六圖所示者為其一部份。最常用者為北極星即 α 小熊星。小熊星座成勺狀，北極星位於勺柄之極端為此星座中最亮者且距北極最近，現在極距約為 $1^{\circ}00'21''$ (1943)。此極距正逐漸減少約為每年 $18''$ 預計於 2100 年將幾於北極重合過此則逐漸增加。與北極星同側惟距離較遠有仙后星座為五個明亮星體組成頗似英文字母 W 之形狀。其左側下方星名 δ 仙后星甚為重要因其距北極星之時距極近。由第一百零六圖可知 δ 仙后星在北極星之下時為北極星下中天，

在北極星之上時為北極星之上中天，在東時為東離，在西時為西離，故可用之估計北極星中天及離隔時刻。在北極星對面有成勺狀之明明星座為大熊星座即俗所謂北斗七星。在勺柄彎曲處之 γ 星亦距北極星之時圓極近。以一直線連結 δ 仙后星及 γ 大熊星將經過北極星及北極。大熊座距柄最遠勺上之二星 α 及 β 如連以直線正指向北極星可以用以尋北極星之位置，故名此二星為指極星。此外 β 仙后星亦頗重要，此星位於W之右上角其赤經極近 0° 亦即春分點距此星時圓極近。由此星體位置可估計恒星時當 β 仙后星在北極星之上恒星時為 0^h ，在北極星之下為 12^h ，在此兩位置之中為 6^h 及 18^h ，在其他位置時亦可估計之。



第一百零六圖

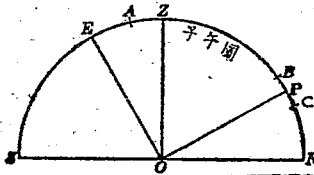
第二十五章

觀測及計算

252. 概說 本章所述為緯度，時間，經度，方位角之觀測計算法，所用天體以北極星及太陽為限。北極星之赤經及極距可以章末附表查得。

緯度之觀測

253 觀測者緯度 第一百零七圖中SZN為觀測者之子午圓，P為天極，Z為天頂，E為子午圓與赤道交點，S及N為地平圓上南北二點，根據定義知OZ與SN垂直，OP與OE垂直，故PN弧等於EZ弧。PN為天極之仰角；EZ為天頂之赤緯亦即觀測者緯度，故天極之仰角等於觀測者緯度。



第一百〇七圖。

第一百零七圖中A為星體或日月中心在觀測者子午圓上之位置，位於天頂之南赤道之北則

$$EZ = \phi \text{ 緯度}$$

$$EA = \delta \text{ 赤緯}$$

$$ZA = z \text{ 子午圓天頂距}$$

$$SA = h \text{ 子午圓仰角}$$

市立高工土木工程科

194

測量學講義

由圖可得 $\phi = \zeta + \delta$ (1)

若 A 在赤道之南 δ 為負，以上公式仍可應用。若 A 在天頂北則

$$\phi = \delta - \zeta$$
 (2)

但如以在天頂北之 ζ 為負，則公式 (1) 無論在何種情形下均可適用。

距天極近之星體以用極距 p 為便利，在天極上如 B 點位置則

$$\phi = h - p$$
 (3)

在天極下如 C 點位置則

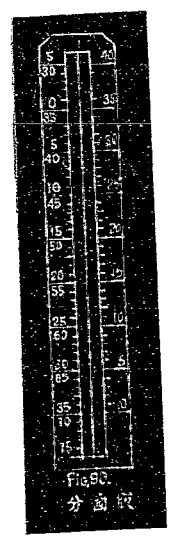
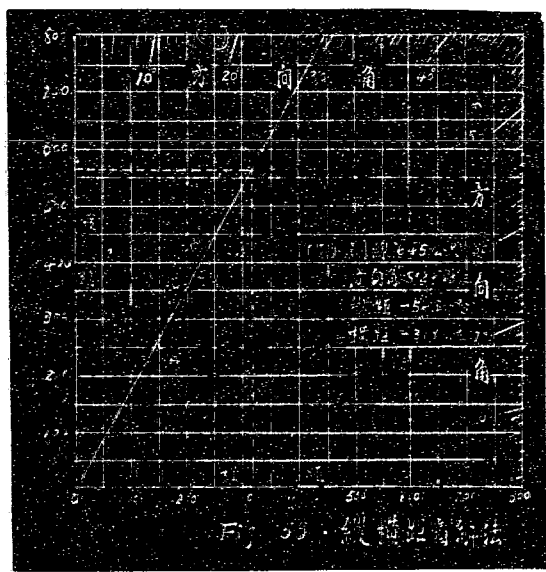
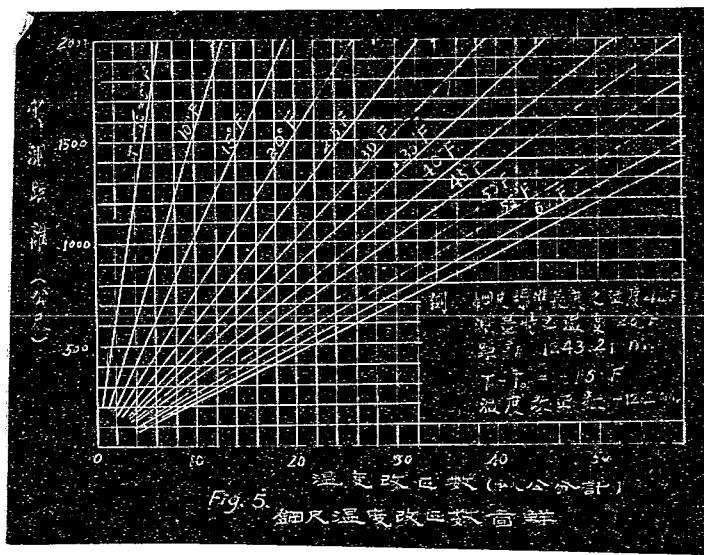
$$\phi = h + p$$
 (4)

254. 北極星中天時刻求法 北極星中天時刻求法有二分述如下。

(1) 第 5 表為 1944 年至 1953 年在東經 120° 北緯 40° 地方北極星中天及離隔時刻，表中未載日期用插入法計算。求中天時刻尚需加經度改正，與 120° (8^h) 每差 1^h 改正 9.9^s ，每差 1^m 改 0.165^s ，在東者符號為正，在西者符號為負。如在東經 115° 觀測經度差為 5° 即 20^m ，改正數 $= -20 \times 0.165 = 3^s$ 。求得之時刻係地方時需改為標準時以備應用。離隔時刻算法見第 263 節。

例 求 1944 年 8 月 21 日東經 $116^\circ 25'$ ($7^h 45^m 40^s$) 某地上中天時刻。

	h	m	s
1944 年 8 月 19 日上中天時刻	3	57	48
至 21 日改正數	—	7	50
	3	49	58
經度改正數	$14.3 \times 0.165 = -$		2
	3	49	56



經度差	14	20
北極星上中天標時	4	04 16

(2) 因 δ 與仙后星之時圓與北極星之時圓相近，故仙后星在北極星上時為北極星上中天在北極星下時為下中天。由此星體之位置可知北極星中天之約略時刻。

255. 北極星中天測緯度法 此法須先測得北極星在上中天或下中天之仰角，亦即仰角之最大值或最小值。用上節方法計算中天時刻，於該時刻觀測之即得所需仰角。若所知之中天時刻不十分準確亦無妨礙，因北極星在中天時刻前後數分鐘內仰角變動極少不致生顯著誤差。遇不能計算時可由仙后星位置推算中天時刻，於該時刻前開始觀測以經緯儀十字線橫線對準北極轉垂直度盤旋轉環絲隨之，俟其至最高點或最低點則僅見左右行動而無上下行動，讀仰角即最大值或最小值。如儀器有整垂直度盤可使望遠鏡倒置各測數次取其平均值以消儀器誤差，惟時間須在中天時刻前後四五分鐘以內。用觀測地點緯度之約值可求得仰角之約值，若於垂直度盤對準此角度將望遠鏡左右移動星體即至鏡頭之內可為尋覓星體之助。測星體時須注意對光，對光不準星體即不能見，可先對易於尋覓遠距離物體如月球行星等清晰後再以此測星體。

緯度用公式(3)或(4)計算之。視測之仰角須改正指標差及折光差始得真仰角。用第 3 表查北極星極距。

例 1944 年 4 月 1 日觀測北極星下中天仰角為 $38^{\circ}57'$ ，指標差改正數為 $+30''$ ，求緯度。

市立高工土木工程科

106

測量學講義

$$\text{觀測仰角} = 38^{\circ} 57'$$

$$\text{指標差改正數} = + 0' 30''$$

$$\text{折光差改正數 (1)} = - 1' 8''$$

$$\text{真仰角 } h = 38^{\circ} 56' 22''$$

$$\text{極距 } p = 59' 54''$$

$$\text{緯度 } \phi = 39^{\circ} 56' 16''$$

256. 正午太陽仰角測緯度法 置經緯儀視線於子午圓平面，俟太陽至十字線經線時測其上邊緣或下邊緣之仰角。太陽經過子午圓之標準時須先算得以便於該時刻前準備。由星曆表查得時差變視時 12h 為平時再變為標準時即可得之。如不知子午線方向可觀測太陽之最大仰角即以之為子午圓上之仰角。太陽最大仰角求法如下，太陽上昇時轉垂直度盤微動螺絲使十字線橫線隨之切其邊緣，俟其開始下降時讀仰角，改正指標差折光差半徑差及視差始得真仰角 h 。次由星曆表查觀測時刻之視太陽赤緯 δ ，用公式 (1) 即可計算觀測地點之緯度。

例 1942 年 4 月 1 日於東經 $116^{\circ} 25' (7^{\text{h}} 45^{\text{m}} 40^{\text{s}})$ 地方觀測太陽下邊緣最大仰角為 $54^{\circ} 4'$ ，指標差為 $+ 30''$ ，求緯度。

$$\text{觀測仰角} = 54^{\circ} 4'$$

$$\text{指標差改正數} = + 0' 30''$$

$$\text{折光差 (1)} = - 0' 41''$$

$$\text{半徑 (2)} = + 16' 2''$$

$$\text{視差 (2)} = + 6''$$

$$\text{真仰角 } h = 54^{\circ} 19' 57''$$

$$\text{天頂距 } \zeta = 35^{\circ} 40' 3''$$

$$\text{赤緯 } \delta = 4^{\circ} 16' 49''$$

$$\text{緯度 } \phi = 39^{\circ} 56' 52''$$

時刻之觀測

257. 太陽中天測時刻法 置視線於子午圓平面觀測太陽東西二邊緣經過子午圓之時刻，二者之平均數為地方視時 12^h 之鐘錶讀數。由星曆表查得時差變視時 12^h 為地方平時或標準日如與該平均數不同即得鐘錶之誤差。

例 1942 年 3 月 20 日於東經 $116^{\circ} 25'$ ($7^{\circ} 45' 10''$) 地方觀測太陽中天時刻，西邊緣為 $12^h 20^m 30^s$ ，東邊緣為 $12^h 22^m 40^s$ 。設此錶所記時刻為中原時區標準時，求其改正數。

	h	m	s
地方視時	12		
時差	+	7	49
地方平時	12	7	49
經度差		14	20
標準時	12	22	9
鐘記時刻平均數	12	21	35
		鐘錶慢	34 ^s

經度之觀測

258. 觀測經度之方法 在同一絕對時刻比較兩地之地方時其差數即兩地之經度差。普通方法有二。(1) 攜帶準確時計自一測站至他測站定其與二

市立高工土木工程科

198

測量學講義

站地方時之差數。(2) 將電臺放送之標準時刻與地方時比較之。茲將二者分述如下。

259. 時計法 於第一站觀測所用時計對地方時之改正數。再於次日觀測一次以定其差率即每日快若干秒或慢若干秒。將時計攜至第二站測定對此站地方時之改正數若時計準確即差率等於零，則此二改正數之差數即二地之經度差。若時計不準則須按差率改正之。設 r 為時計每日差率慢為正號快為負號， c 為第一站時計改正數， c' 為第二站時計改正數， d 為兩次觀測相隔日數， T 為第二站之時計讀數，則

$$\text{第二站地方時} = T + c'$$

$$\text{第一站地方時} = T + c + dr$$

$$\text{經度差} = \text{時刻差數} = c + dr - c'$$

觀測者最好將時計再攜回第一站觀測以定其差率。若差率無變動則取二次觀測平均值以增精度。

例 在 A 站觀測地方平時知時計慢 $15^m 40^s$ ，至西方 B 站觀測此時計慢 $14^m 10^s$ 。知此時計每日快 8^s ，兩次觀測相隔 48^h 求經度差。

經度差 = $+15^m 40^s + 2 \times (-8^s) - 14^m 10^s = 1^m 14^s = 18' 30''$ 故 B 站在 A 站西 $18^\circ 30'$ 。

260. 報時法 現北京中央廣播電臺每日轉播東京正午及 22^h 時刻。該時刻係東經 135° 之標準時。在我國各地觀測經度先依上述方法測得地方時與之比較即得觀測地點在東經 135° 以西若干度。

例 用太陽仰角法觀測時刻知時計較地方時快 $13^m 45^s$ ，至正午報時知該時計較東經 135° 標準時慢 $1^h 00^m 35^s$ 。求觀測地點經度。

$$\text{至東經 } 135^\circ \text{ 標準時改正數} = +1^{\text{h}} 00^{\text{m}} 35^{\text{s}}$$

$$\text{至地方平時改正數} = - 13^{\text{m}} 45^{\text{s}}$$

$$\text{經度差} = 1^{\text{h}} 14^{\text{m}} 20^{\text{s}}$$

$$= 18^\circ 35'$$

$$\text{觀測地點經度} = 135^\circ - 18^\circ 35' = 116^\circ 25'$$

方位角之觀測

261. 方位角觀測 天體測量在普通測量中應用最廣者為定真子午線方向或測線之真方位角。一般測量每因一時便利計以磁針方向為基準而日後欲續測重測時常發生種種問題，真方位角之測定乃感切要。

262. 方位角標誌 夜間觀測時測點不能直接觀視，須另設一日夜均能顯視之方位角標誌，於夜間測定其方位角至白天再以之為基準定測線方向。方位角標誌構造極簡單可用一木匣中置一燈釘於固定物體上如大樹房屋等。木匣前面鑿一小孔透出光線俾於夜間觀測，孔之大小視距離遠近及所需精度而定，如需準確至 $30''$ 者則使此孔所含角度不超過 $30''$ ，如準確至 $1''$ 則所含角度不超過 $1''$ 。距離不可太近以免觀測星體時需重對光。經過視孔繪一明視之垂直線以備白天觀測之用。如嫌此法費事可不用方位角標誌於硬紙片上作一孔直接為測點上以手電燈照明亦極良好成績。

263. 北極星離隔時刻求法 定子午線方向最簡單而準確之方法為觀測在東離或西離之北極星。求其時刻之方法有二，分述之如下。

(1) 用第 5 表查離隔時刻加改正數同第 254 節，惟需多加一緯度改正數用第 5a 表。

(2) 用 θ 仙后星及北極星位置估計離隔時刻，北極星在東離或西離各星

座之位置見第一百零六圖。

例 求 1944 年 8 月 21 日東經 $116^{\circ}25'$ ($7^{\text{h}}45^{\text{m}}40^{\text{s}}$) 北緯 35° 某地之北極星東離時刻。

	h	m	s
1944年 8 月 19 日西離時刻	21	58	16
至 8 月 21 日		7	50
經度改正數	$14.3 \times 0.165 =$		2
緯度改正數			34
北極星東離地方時	21	49	50
經度差		14	20
北極星東離標準時	22	04	10

264. 北極星離隔測方位角 於北極星離隔時刻前半小時設置經緯儀於測站，後視方位角標誌或另一測站，前視北極星以十字線縱線對準其中心旋上微動螺絲隨之。在離隔時刻前後數分鐘星體沿縱線進行方位角無顯著變化，故於離隔時刻前五分鐘即可讀水平角，然後縱轉望遠鏡複測一次結果以 2 除之。如觀測迅速，可正置倒置望遠鏡各觀測數次，惟最末次觀測不可過離隔時刻後五分鐘。測得結果為測線與北極星離隔位置所測水平角，然後與北極星離隔位置之方位角 Z_0 相加減即可算得測線方位角。計算 Z_0 用下列公式。

$$\sin Z_0 = \sin p \sec \phi$$

p 為北極星極距， ϕ 為觀測地點緯度。因 Z_0 及 p 均係小角度，可得下列近似公式。

$$Z_0 = p \sec \phi$$

例 1942年3月14日於東經 $116^{\circ}25'$ 北緯 $39^{\circ}57'$ 某地測導線 A_1A_2 之方位角

記錄及計算如下。

不在測站 A_1 後視測站 A_2

複測次數	水平角
正置 1	$240^{\circ} 42' 00''$
正置 2	121 24 00
倒置 2	242 47 30
	720
	4) $962^{\circ} 47' 30''$

平均值 = $240^{\circ} 41' 52''$

1942年3月14日北極星極距 $p = 3625''$

$Z_e = p \sec \phi = 3625 \sec 39^{\circ} 57' = 4728''$

= $1^{\circ} 18' 48''$

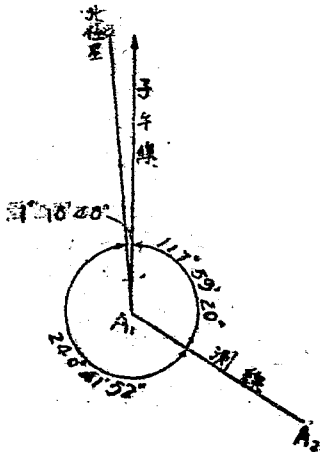
$240^{\circ} 41' 52''$

$242^{\circ} 00' 40''$

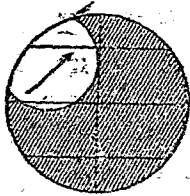
$360^{\circ} 00' 00''$

$242^{\circ} 00' 40''$

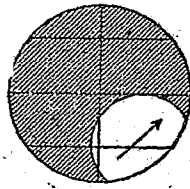
$A_1 A_2$ 方位角 = $117^{\circ} 59' 20''$



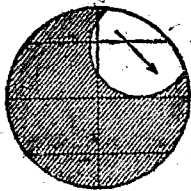
265 太陽仰測角方位角法 用此法定測線方位角須觀測時刻，仰角及太陽與測線所作之水平角。設置經緯儀於測線一端注意安平使氣泡確在中心，遊標對 0° ，後視測線他端，旋色玻璃於目鏡上前視太陽注意勿誤以視距線為十字線橫線，用焦點螺絲對光使能視視清楚。如於上午觀測則轉動望遠鏡使縱線切太陽右邊緣，橫線截下邊緣如第一百零八圖所示。圖中箭頭表示太陽視行動之方向。旋上微動螺絲使縱線隨太陽行動而保持與之相切，因太陽係上升數秒鐘後橫線即切其下邊緣。至此時刻停止上微動螺絲之轉動記錄時刻，仰角及水平角。為求精確計可迅速復測數次。縱轉望遠鏡再用上法觀測相同次數，惟此次使橫線切太陽上邊緣縱線截左邊緣以垂直度盤微動螺絲隨之如第一百零九圖所示。若於下午觀測則太陽位置如第一百一十圖及一百一十一圖所示。如所用望遠鏡為倒影則太陽視行動用反，觀測時其在望遠鏡中位置亦長同，惟原則係使太陽在對角二象限中觀測，讀者可自行定之。



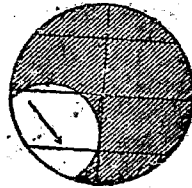
第一百零八圖 上午觀測太陽位置



第一百零九圖 上午觀測太陽位置



第一百一十圖 下午觀測太陽位置



第一百一十一圖 下午觀測太陽位置

市 業 高 工 土 木 工 程 科

測 量 學 講 義

203

觀測時間如不超過十分鐘則不可不計太陽軌道之曲度故水平角及仰角之平均值即係平均時刻太陽中心之角度。仰角因正置倒置望遠鏡各測相同次數故能消除指標差，仰角平均值僅改正折光差及視差即得真仰角。由南方起而東或向西之太陽方位角 Z_s 可用下列公式計算之。

$$\cot \frac{1}{2} Z_s = \sqrt{\frac{\sin(s-\Phi)(s-h)}{\cos s \cos(s-p)}}$$

Φ 為觀測地點緯度， h 為太陽中心仰角， p 為太陽極距， $s = \frac{1}{2}(\Phi + h + p)$ 。又知測線與太陽中心所作水平角之平均值即可算得測線方位角。近正午時太陽仰角變動慢方位角變動快不易得準確結果，故以在正午前後二三小時觀測為宜。

例 1940年5月26日東經 $7^{\text{h}}54^{\text{m}}34^{\text{s}}$ 北緯 $40^{\circ}1'$ 某地用太陽仰角法測導線 AB 之方位角記錄及計算如下。

不在測站 A 後視測站 B

太陽	複測次數	水平角	仰角	鐘錶時刻
可 可 可 倒 倒 倒	正置 1	$132^{\circ} 55'$	$45^{\circ} 38'$	3 ^h 22 ^m 56 ^s
	正置 2	133 06	45 28	3 23 52
	正置 3	133 14	45 20	3 24 34
	倒置 1	132 51	44 26	3 26 27
	倒置 2	133 05	44 12	3 27 40
	倒置 3	133 12	44 05	3 28 16

平 均 $133^{\circ} 03' 50''$ $44^{\circ} 51' 40''$ 3^h 25^m 37.5^s下午

折光差改正數 = - 57 12

視差改正數 = + 7 15^h 25^m 37.5^s東經 120° 標準時

$h = 44^{\circ} 50' 50''$

市並高工土木工程科

204

測量學講義

$s - p = 36^{\circ} 51' 25.5'' \log \sin = 9.778022$

$s - h = 32^{\circ} 01' 35.5'' \log \sin = 9.724532$

$s = 76^{\circ} 52' 25.5'' \log \sec = 0.643787$

$s - p = 7^{\circ} 59' 24.5'' \log \sec = 0.004219$

2) 0.150560

$\log \cot Z_s = 0.075280$

$Z_s = (40^{\circ} 3' 32'')$

$Z_s = (80^{\circ} 7' 4'')$

水平角 = 133^{\circ} 3' 50''

52^{\circ} 36' 46''

180

A B 方位角 = 127^{\circ} 3' 14''

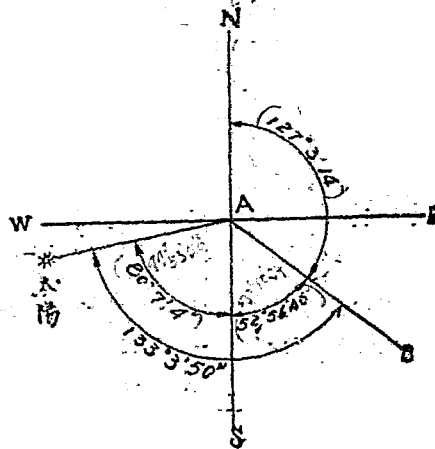
$p = 68^{\circ} 53' 1''$

$\phi = 40^{\circ} 01' 00''$

$h = 44^{\circ} 50' 50''$

$2s = 153^{\circ} 44' 15''$

$s = 76^{\circ} 52' 25.5''$



266 恆星等高法 此為測方位角最簡單之方法。於星體中天時刻前二三小時測其仰角及方向，俟星體過中天後仰角與前相同時再測其方向，此二方向之分角線即子午線。此法最大優點為無須記錄時刻，查表及計算之煩如於不同仰角複測若干次亦可得準確結果。其缺點為所需時間較長至五六小時又在夜間極為不便。

觀測分兩組一組在中天時刻前一組在中天時刻後。於任一星體上中天或下中天前二三小時開始第一組觀測。先設置經緯儀於測線一端，遊標對 0° ，後視測線他端，前視該星體。如以十字線交點照準星體則須讀仰角較為麻煩，故普通方法係對遊標於垂直度盤整分數使十字線交點在星體上方或下方視其係上昇或下降。旋轉上微動螺絲使縱線隨星體而行，數秒鐘後星體即至交點乃讀水平角。再對其他適宜仰角複測數次。至第二組觀測仍設置儀器於前測站作同樣觀測，惟需先對第一組中最末次之仰角。俟星體至鏡頭內即以上微動螺絲使縱線隨之及星體至十字線交點時讀水平角。依次對各仰角複測之。有同仰角二水平角求一平均值為測線與子午線所作角度，所得各結果如不一致用平均數。指標差與折光差因在二組均同故能相消，又於一組中望遠鏡正置倒置觀測各半可消除儀器誤差。儀器安平須特別注意以免仰角發生誤差影響精度。

凡星體在中天時刻前二三小時仰角不太大易於觀測者均可用之。普通應用者為仙后星或大熊星座中之星體，因所需時間較長注意勿使第二組觀測須候至天明。

267 太陽等高法 上節方法亦可應用之於太陽。於午前二三小時測太陽仰角及方向，午後太陽又至此仰角時再測其方向。因太陽赤緯在觀測時間數

市立高江土木工程科

208

測量學講義

小時內已經變動，故此二方向分角線與子午線方向稍異，二者所作角度可以下列公式計算之。

$$\text{改正數} = \frac{\frac{1}{2} d}{\cos \varphi \sin t}$$

d 為觀測時間內太陽赤緯變動值等於每小時變動數乘時數， φ 為緯度， t 為時角約等於觀測時間之半。改正數隨赤緯變動多少而異與其真值無關。赤緯每小時變動數每年同日大致相同，茲將 1925 年變動數列表於下，其他各年均可用之。

1925 年太陽赤緯每小時變動數

每月日數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1	+12"	+42"	+57"	+58"	+46"	+21"	-9"	-37"	-54"	-58"	-49"	-24"
5	16	45	58	57	43	17	12	40	55	58	46	20
10	22	48	59	56	40	12	18	43	57	57	43	14
15	27	51	59	54	36	7	23	46	58	56	39	9
20	32	54	59	52	32	2	27	49	58	54	35	-3
25	36	+56	59	49	28	-3	32	51	59	52	30	+3
30	+41		+58	+46	+23	-8	-36	-53	-58	-50	-25	+9

設置經緯儀於測線一端，遊標對 O° ，後視測線他端，旋緊色玻璃於目鏡上，前視太陽使十字線橫線於兩組觀測均切其上邊線或均切其下邊線而縱線則一組切其左邊線一組切其右邊線。如午前觀測係用下邊線及左邊線當均相切時讀時刻，仰角及水平角，在不同仰角觀測數次，至下午觀測則須用下邊線及右邊線。當太陽尚未至第一組中最末次仰角數分鐘前開始觀測，對垂直度盤遊標於該仰角以縱線隨其右邊線與之相切，俟其下邊線切橫線時讀時刻及水平刻。依次對第一組中各仰角觀測之。所得各分角線用上述公式改正之即得子午線方向，如不一致取平均方向。如太陽係向北運行即冬至以後分角

市立高工土木工程科

測量學講義

:207

線在子午線南端之西，如向南運行即夏至以後分角線在子午線南端之東。

例 1942 年 4 月 19 日北緯 $39^{\circ}57'$ 某地用太陽等高法測算線 PQ 之方位角。記錄及計算如下。

不在測站 P 後視測站 Q

太陽	水平角	仰角	時刻
起	$337^{\circ} 14' 15''$	$24^{\circ} 58'$	7h 48 ^m 38 ^s 上午
訖	$162 28 \cdot 00$	$24 58$	4 41 22 下午

$$\text{平均值} = 259^{\circ} 51' 8''$$

$$\text{觀測時間} = 8^{\text{h}} 52^{\text{m}} 44^{\text{s}}$$

$$\frac{1}{2}\text{觀測時間} = 4^{\text{h}} 26^{\text{m}} 22^{\text{s}}$$

$$\text{赤緯變動數} = + 52'' \times 4.44$$

$$t = 66^{\circ} 35' 30''$$

$$= +230.9''$$

$$\log \sin t = 9.962700$$

$$\log \cos. \varphi = 9.884572$$

$$\underline{9.847272}$$

$$\log 230.9 = 2.353424$$

$$\underline{2.516152}$$

$$\text{改正數} = 328.2''$$

$$= 5' 28''$$

$$\text{水平角} = 259^{\circ} 51' 8''$$

$$\underline{259^{\circ} 45' 40''}$$

$$\underline{360^{\circ}}$$

$$\text{PQ 方位角} = 100^{\circ} 15' 20''$$

市立高工土木工程科

測量學講義

209

第 1 表 平均折光差

氣壓 29.5 英寸

氣溫 50°F

視仰角	折光差	視仰角	折光差	視仰角	折光差	視仰角	折光差
0°00	33' 51"	10°00'	5' 13"	20°00'	2' 36"	35°00'	1' 21"
30	28 11	30	4 59	30	2 32	36 00	1 18
1 00	23 51	11 00	4 46	21 00	2 28	37 00	1 16
30	20 33	30	4 34	30	2 24	38 00	1 13
2 00	17 55	12 00	4 22	22 00	2 20	40 00	1 08
30	15 49	30	4 12	30	2 17	42 00	1 03
3 00	14 07	13 00	4 02	23 00	2 14	44 00	0 59
30	12 42	30	3 54	30	2 11	46 00	0 55
4 00	11 31	14 00	3 45	24 00	2 08	48 00	0 51
30	10 32	30	3 37	30	2 05	50 00	0 48
5 00	9 40	15 00	3 30	25 00	2 02	52 00	0 45
30	8 56	30	3 23	26 00	1 57	54 00	0 41
6 00	8 19	16 00	3 17	27 00	1 52	56 00	0 38
30	7 45	30	3 10	28 00	1 47	58 06	0 36
7 00	7 15	17 00	3 05	29 00	1 43	60 00	0 33
30	6 49	30	2 59	30 00	1 39	65 00	0 27
8 00	6 26	18 00	2 54	31 00	1 35	70 00	0 21
30	6 05	30	2 49	32 00	1 31	75 00	0 15
9 00	5 46	19 00	2 44	33 00	1 28	80 00	0 10
30	5 29	30	2 40	34 00	1 24	85 00	0 05
10 00	5 13	20 00	2 36	35 00	1 21	90 00	0 00

氣溫改正數

視仰角	氣溫(華氏)			
	+20°	+40°	+60°	+80°
5°	+48"	+16"	-14"	-40"
10°	+26	+ 8	- 7	-22
15°	+17	+ 6	- 5	-15
20°	+13	+ 4	- 4	-11

市立高工土木工程科

210

測量學講義

第 2 表

太陽視差及半徑改正數

太陽視差

仰 角	視 差	仰 角	視 差
0°	9"	50°	6"
10	9	60	4
20	8	70	3
30	8	80	2
40	7	90	0

太陽半徑

月 日	半 徑	月 日	半 徑
1月1日	16' 18"	7月1日	15' 46"
2月1日	16 16	8月1日	15 47
3月1日	16 10	9月1日	15 53
4月1日	16 02	10月1日	16 01
5月1日	15 54	11月1日	16 09
6月1日	15 48	12月1日	16 15

表 3 第
北極星極距

	1月1日	2月1日	3月1日	4月1日	5月1日	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日	10月1日	11月1日	12月1日
1944	3583"	3582"	3586"	3594"	3602"	3610"	3613"	3612"	3605"	3595"	3583"	3572"
1945	3565	3564	3568	3576	3584	3592	3595	3594	3587	3577	3565	3554
1946	3547	3546	3550	3558	3566	3574	3577	3576	3569	3559	3547	3536
1947	3530	3529	3533	3541	3549	3557	3560	3559	3552	3542	3530	3519
1948	3512	3511	3515	3523	3531	3539	3542	3541	3534	3524	3512	3501
1949	3494	3493	3497	3505	3513	3521	3524	3523	3516	3506	3494	3483
1950	3476	3475	3479	3487	3495	3503	3506	3505	3498	3488	3476	3465
1951	3458	3457	3461	3469	3477	3485	3488	3487	3480	3470	3458	3447
1952	3440	3439	3443	3451	3459	3467	3470	3469	3462	3452	3440	3429
1953	3423	3422	3426	3434	3442	3450	3453	3452	3445	3435	3423	3412

市立高工土木工程科

212

測量學講義

第 1 表
北極星赤經

	1944	1945	1946	1947	1948
	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	1 45 36	1 46 1	1 46 28	1 46 57	1 47 28
11日	24	1 45 49	16	45	16
21日	12	36	3	32	4
31日	1 44 59	25	1 45 51	20	1 46 51
2月 10日	46	11	38	7	39
20日	35	00	27	1 45 56	27
3月 2日	24	1 44 49	17	45	16
12日	16	42	8	37	8
22日	10	35	1	30	2
4月 1日	5	30	1 44 57	26	1 45 57
11日	3	28	55	24	55
21日	4	29	56	24	56
5月 1日	6	31	58	27	59
11日	11	36	1 45 3	32	1 46 4
21日	18	43	10	39	11
31日	27	52	19	47	20
6月 10日	37	1 45 2	29	57	30
20日	48	13	40	1 46 9	42
30日	1 45 00	25	52	21	54
7月 10日	12	37	1 46 4	34	1 47 7
20日	25	50	17	46	20
30日	37	1 46 2	30	59	33
8月 9日	49	14	42	1 47 12	45
19日	1 46 1	25	54	23	57
29日	11	36	1 47 4	34	1 48 8
9月 8日	20	46	14	44	18
18日	28	54	22	52	26
28日	34	1 47 00	28	59	33
10月 8日	39	5	33	1 48 4	38
18日	41	8	36	7	41
28日	42	9	37	8	43
11月 7日	41	7	36	7	42
17日	38	4	33	4	39
27日	32	1 46 59	28	0	34
12月 7日	25	52	21	1 47 53	27
17日	16	43	12	44	18
27日	6	33	2	33	8

市立高工土木工程科

測量學講義

213

第 4 表 (續前)

北極星赤經

	1949	1950	1951	1952	1953
	h m s	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	1 48 3	1 48 43	1 49 26	1 50 14	1 51 4
11日	1 47 52	31	15	2	1 50 52
21日	39	19	2	1 49 50	40
31日	26	6	1 48 49	37	27
2月 10日	14	1 47 54	37	25	15
20日	2	42	26	14	3
3月 2日	1 46 52	32	16	3	1 49 53
12日	44	23	7	1 48 55	45
22日	37	17	1	49	38
4月 1日	33	13	1 47 56	44	34
11日	31	11	55	42	32
21日	32	12	55	43	33
5月 1日	35	15	58	46	36
11日	40	20	1 48 4	52	42
21日	47	27	11	59	50
31日	56	36	20	1 49 9	59
6月 10日	1 47 7	47	31	20	1 50 10
20日	18	59	43	32	22
30日	31	1 48 11	56	45	35
7月 10日	44	24	1 49 9	58	49
20日	57	38	22	1 50 12	1 51 2
30日	1 48 10	51	36	26	16
8月 9日	23	1 49 4	40	39	30
19日	35	16	1 50 1	51	42
29日	46	27	13	1 51 3	54
9月 8日	56	38	23	13	1 52 5
18日	1 49 4	46	32	22	14
28日	11	53	39	30	21
10月 8日	17	59	45	36	27
18日	20	1 50 3	49	39	31
28日	22	4	51	41	33
11月 7日	21	4	51	41	33
17日	18	1	48	38	30
27日	13	1 49 57	44	34	26
12月 7日	7	50	37	27	20
17日	1 48 58	42	29	19	11
27日	48	32	19	9	1

市立高工土木工程科

214 —

測量學講義

第 5 表

1944年北極星中天及離隔時刻(東經120°北緯40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 05 38	1 05 10	7 07 36	13 10 02
11日	18 26 07	0 25 39	6 28 05	12 30 31
21日	17 46 36	23 42 12	5 48 34	11 51 00
31日	17 07 04	23 02 40	5 09 02	11 11 28
2月 10日	16 27 32	22 23 07	4 29 30	10 31 56
20日	15 48 02	21 43 38	3 50 00	9 52 26
3月 2日	15 04 35	21 00 11	3 06 33	9 08 59
12日	14 25 08	20 20 44	2 27 06	8 29 32
22日	13 45 43	19 41 19	1 47 41	7 50 07
4月 1日	13 06 19	19 01 55	1 08 17	7 10 43
11日	12 26 58	18 22 34	0 28 56	6 31 22
21日	11 47 40	17 43 16	23 45 42	5 52 04
5月 1日	11 08 23	17 03 59	23 06 25	5 12 47
11日	10 29 09	16 24 45	22 27 11	4 33 33
21日	9 49 57	15 45 33	21 47 59	3 54 21
31日	9 10 47	15 06 23	21 08 49	3 15 11
6月 10日	8 31 37	14 27 13	20 29 39	2 36 01
20日	7 52 29	13 48 05	19 50 31	1 56 53
30日	7 13 22	13 08 58	19 11 24	1 17 46
7月 10日	6 34 15	12 29 51	18 32 17	0 38 39
20日	5 55 09	11 50 45	17 53 11	23 55 37
30日	5 16 02	11 11 38	17 14 04	23 16 30
8月 9日	4 36 55	10 32 31	16 34 57	22 37 23
19日	3 57 48	9 53 24	15 55 50	21 58 16
29日	3 18 39	9 14 15	15 16 41	21 19 07
9月 8日	2 39 29	8 35 05	14 37 31	20 39 57
18日	2 00 18	7 55 54	13 58 19	20 00 46
28日	1 21 04	7 16 40	13 19 06	19 21 32
10月 8日	0 41 50	6 37 26	12 39 52	18 42 18
18日	23 58 37	5 58 09	12 00 35	18 03 01
28日	23 19 19	5 18 51	11 21 17	17 23 35
11月 7日	23 39 59	4 39 31	10 41 57	16 44 23
17日	22 00 37	4 00 09	10 02 35	16 05 01
27日	21 21 12	3 20 44	9 23 10	15 25 36
12月 7日	20 41 46	2 41 18	8 43 44	14 46 10
17日	20 02 18	2 01 50	8 04 16	14 06 42
27日	19 22 49	1 22 21	7 24 47	13 27 13

市立高工土木工程科

測量學講義

215

第5表 (續前)

1945年北極星中天離隔時刻(東經120°北緯40°)

	上中天	西離	下中天	東離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 03 04	1 02 36	7 05 02	13 07 28
11日	17 23 33	0 23 05	6 25 31	12 27 57
21日	17 44 01	23 39 37	5 45 59	11 48 25
31日	17 04 29	23 00 05	5 06 27	11 08 53
2月 10日	16 24 58	22 20 33	4 26 56	10 29 22
20日	15 45 28	21 41 04	3 47 26	9 49 52
3月 2日	15 05 57	21 01 33	3 07 55	9 10 21
12日	14 26 30	20 22 06	2 28 28	8 30 54
22日	13 47 05	19 42 41	1 49 03	7 51 29
4月 1日	13 07 41	19 03 17	1 09 39	7 12 05
11日	12 28 20	18 23 56	0 30 18	6 32 44
21日	11 49 02	17 44 38	23 47 04	5 53 26
5月 1日	11 09 45	17 05 21	23 07 47	5 14 09
11日	10 30 31	16 26 07	22 28 33	4 34 55
21日	9 51 19	15 46 55	21 49 21	3 55 43
31日	9 12 09	15 07 45	21 10 11	3 16 33
6月 10日	8 32 59	14 28 35	20 31 01	2 37 23
20日	7 53 51	13 49 27	19 51 53	1 58 15
30日	7 14 44	13 10 20	19 12 46	1 19 08
7月 10日	6 35 37	12 31 13	18 33 39	0 40 01
20日	5 56 31	11 52 07	17 54 33	23 56 59
30日	5 17 24	11 13 00	17 15 26	23 17 52
8月 9日	4 38 17	10 33 53	16 36 19	22 38 45
19日	3 59 10	9 54 46	15 57 12	21 59 38
29日	3 20 01	9 15 37	15 18 03	21 20 29
9月 8日	2 40 52	8 36 28	14 38 54	20 41 20
18日	2 01 41	7 57 17	13 59 42	20 02 09
28日	1 22 27	7 18 03	13 20 29	19 22 55
10月 8日	0 43 13	6 38 49	12 41 15	18 43 41
18日	0 03 57	5 59 33	12 01 59	18 04 25
28日	23 20 43	5 20 15	11 22 41	17 24 59
11月 7日	22 41 22	4 40 54	10 43 20	16 45 46
17日	22 02 00	4 01 32	10 03 58	16 06 24
27日	21 22 36	3 22 08	9 24 34	15 27 00
12月 7日	20 43 10	2 42 42	8 45 08	14 47 34
17日	20 03 42	2 03 14	8 05 40	14 08 06
27日	19 24 13	1 23 45	7 26 11	13 28 37

市立高工土木工程科

216

測量學講義

第 5 表 (續前)

1946 年北極星中天離隔時刻(東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 04 28	1 04 00	7 06 26	13 08 52
11日	18 24 57	0 24 29	6 25 55	12 29 21
21日	17 45 25	23 41 01	5 47 23	11 49 49
31日	17 05 54	23 01 30	5 07 52	11 10 18
2月 10日	16 26 22	22 21 57	4 28 20	10 30 46
20日	15 44 52	21 42 28	3 48 50	9 51 16
3月 2日	15 07 22	21 02 58	3 09 20	9 11 46
12日	14 27 54	20 23 30	2 29 52	8 32 18
22日	13 48 28	19 44 04	1 50 26	7 52 52
4月 1日	13 09 05	19 04 41	1 11 03	7 13 29
11日	12 29 44	18 25 20	0 31 42	6 34 08
21日	11 50 26	17 46 02	23 48 28	5 54 50
5月 1日	11 11 09	17 06 45	23 09 11	5 15 33
11日	10 31 55	16 27 31	22 29 37	4 36 17
21日	9 52 43	15 48 19	21 50 45	3 57 07
31日	9 13 33	15 09 09	21 11 35	2 17 57
6月 10日	8 34 23	14 29 59	20 32 25	2 38 47
20日	7 55 15	13 50 51	19 53 17	1 59 39
30日	7 16 08	13 11 44	19 14 10	1 20 32
7月 10日	6 37 01	12 32 37	18 35 03	0 41 25
20日	5 57 55	11 53 31	17 55 57	23 58 23
30日	5 18 49	11 14 25	17 16 51	23 19 17
8月 9日	4 39 42	10 35 18	16 37 44	22 40 10
19日	4 00 35	9 56 11	15 58 37	22 01 03
29日	3 21 26	9 17 02	15 19 28	21 21 54
9月 8日	2 42 17	8 37 53	14 40 19	20 42 45
18日	2 03 06	7 58 42	14 01 07	20 03 34
28日	1 23 52	7 19 28	13 21 54	19 24 20
10月 8日	0 44 38	6 40 14	12 42 40	18 45 06
18日	0 05 22	6 00 58	12 03 24	18 05 50
28日	23 22 08	5 21 40	11 24 06	17 26 24
11月 7日	22 42 48	4 42 20	10 44 46	16 47 12
17日	22 03 26	4 02 58	10 05 24	16 07 50
27日	21 24 02	3 23 34	9 26 00	15 28 26
12月 7日	20 44 36	2 44 08	8 46 34	14 49 00
17日	20 05 08	2 04 40	8 07 06	14 06 32
27日	19 25 39	1 25 11	7 27 37	13 30 03

市立高工土木工程科

測量學講義

第 5 表 (續前)

1947 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 05 55	1 05 27	7 07 53	13 10 19
11日	18 26 24	0 25 56	6 28 22	12 30 48
21日	17 46 52	23 42 28	5 48 50	11 51 16
31日	17 07 21	23 02 57	5 09 19	11 11 45
2月 10日	16 27 49	22 23 24	4 29 47	10 32 13
20日	15 48 19	21 43 55	3 50 17	9 52 43
3月 2日	15 08 48	21 04 04	3 10 46	9 13 12
12日	14 29 21	20 24 57	2 31 19	8 33 45
22日	13 49 55	19 45 31	1 51 53	7 54 19
4月 1日	13 10 32	19 06 08	1 12 30	7 14 56
11日	12 31 11	18 26 47	0 33 09	6 35 35
21日	11 51 52	17 47 28	23 49 54	5 56 16
5月 1日	11 12 36	17 08 12	33 10 38	5 17 00
11日	10 33 22	16 28 58	22 31 24	4 37 46
21日	9 54 10	15 49 46	21 52 12	3 58 34
31日	9 14 59	15 10 35	21 13 01	3 19 23
6月 10日	8 35 49	14 31 25	20 33 51	2 40 13
20日	7 56 42	13 52 18	19 54 44	2 01 06
30日	7 17 35	13 13 11	19 15 37	1 21 59
7月 10日	6 38 29	12 34 05	18 36 31	0 42 53
20日	5 59 22	11 54 58	17 57 24	23 59 50
30日	5 20 16	11 15 52	17 18 18	23 20 44
8月 9日	4 41 10	10 36 46	16 39 12	22 41 38
19日	4 02 02	9 57 38	16 00 04	22 02 30
29日	3 22 54	9 18 30	15 20 56	21 23 22
9月 8日	2 43 45	8 39 21	14 41 47	20 44 13
18日	2 04 34	8 00 10	14 02 35	20 05 02
28日	2 25 27	7 20 57	13 23 23	19 25 49
10月 8日	0 46 07	6 41 44	12 44 09	18 46 35
18日	0 06 51	6 02 27	12 04 53	18 07 19
28日	24 23 37	5 23 09	11 25 35	17 27 53
11月 7日	22 44 17	4 43 49	10 46 15	16 48 41
17日	22 04 55	4 04 27	10 06 53	16 09 19
27日	21 25 32	3 25 04	9 27 30	15 29 56
12月 7日	20 46 08	2 45 38	8 48 04	14 50 30
17日	20 06 38	2 06 10	8 08 36	14 11 02
27日	19 27 08	1 26 40	7 29 06	13 31 32

市立高工土木工程科

218

測量學講義

第 5 表 (續前)

1948 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 07 23	1 06 55	7 09 21	13 11 47
11日	18 27 52	0 27 24	6 29 50	12 32 16
21日	17 48 21	23 43 57	5 50 19	11 52 45
31日	17 08 49	23 04 25	5 10 47	11 13 13
2月 10日	16 29 18	22 24 53	4 31 16	10 33 42
20日	15 49 47	21 45 23	3 51 45	9 54 11
3月 2日	15 06 20	21 01 56	3 08 18	9 10 44
12日	14 26 53	20 22 29	2 28 51	8 31 17
22日	13 47 28	19 43 04	1 49 25	7 51 52
4月 1日	13 08 04	19 01 40	1 10 02	7 12 28
11日	12 28 43	18 24 19	0 30 41	6 34 07
21日	11 49 25	17 45 01	23 47 27	5 53 49
5月 1日	11 10 09	17 05 45	23 08 11	5 14 33
11日	10 30 55	16 26 31	22 28 57	4 35 19
21日	9 51 42	15 47 19	21 49 45	3 55 07
31日	9 12 33	15 08 09	21 10 35	3 15 57
6月 10日	8 33 23	14 28 59	20 31 25	2 37 47
20日	7 54 16	13 49 52	19 52 18	1 58 40
30日	7 15 09	13 10 45	19 13 11	1 19 33
7月 10日	6 36 03	12 31 34	18 34 05	0 40 27
20日	5 56 57	11 52 33	17 54 59	23 57 25
30日	5 17 51	11 13 27	17 15 53	23 18 19
8月 9日	4 38 44	10 34 20	16 36 46	22 39 12
19日	3 59 37	9 55 13	15 57 39	22 00 05
29日	3 20 24	9 16 05	15 18 31	21 20 57
9月 8日	2 41 20	8 36 56	14 39 22	20 41 48
18日	2 02 09	7 57 45	14 00 10	20 02 38
28日	1 22 56	7 18 32	13 20 58	19 23 24
10月 8日	0 43 42	6 39 18	12 41 44	18 44 10
18日	0 04 26	6 00 02	12 02 28	18 04 54
28日	23 21 13	5 20 45	11 23 11	17 25 29
11月 7日	22 41 53	4 41 25	10 43 51	16 46 17
17日	22 02 31	4 02 03	10 04 29	16 06 55
27日	21 23 07	3 22 39	9 25 05	15 27 31
12月 7日	20 43 41	2 43 13	8 45 39	14 48 05
17日	20 04 13	2 03 45	8 06 11	14 08 37
27日	19 24 44	1 24 16	7 26 42	13 29 08

市立高工土木工程科

測量學講義

219

第 5 表 (續前)

1949 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西離	下中天	東離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 04 59	1 04 31	7 06 57	13 09 23
11日	18 25 29	0 25 01	6 27 27	12 29 53
21日	17 45 57	23 41 33	5 47 55	11 50 21
31日	17 06 25	23 02 01	5 08 23	11 10 49
2月 10日	16 26 54	22 22 29	4 28 52	11 31 18
20日	15 47 23	21 42 59	3 49 21	9 51 47
3月 2日	15 07 53	21 03 29	3 09 51	9 12 17
12日	14 28 26	20 24 02	2 30 24	8 32 50
22日	13 49 00	19 44 36	1 50 58	7 53 24
4月 1日	13 09 37	19 05 13	1 11 35	7 14 01
11日	12 30 16	18 25 52	0 32 14	6 34 10
21日	11 50 58	17 46 34	23 49 00	5 55 22
5月 1日	11 11 42	17 07 18	23 09 44	5 16 06
11日	10 32 28	16 28 04	22 30 39	4 36 52
21日	9 53 16	15 48 52	21 51 18	3 57 40
31日	9 14 06	15 09 42	21 12 08	3 18 30
6月 10日	8 34 57	14 30 33	20 32 59	2 39 21
20日	7 55 49	13 51 25	19 53 51	2 00 13
30日	7 16 43	13 12 19	19 14 45	1 21 07
7月 10日	6 37 37	12 33 13	18 35 39	0 42 01
20日	5 58 31	11 54 07	17 56 33	23 58 59
30日	5 19 25	11 15 01	17 17 27	23 19 53
8月 9日	4 40 19	10 35 55	16 38 21	22 40 47
19日	4 01 12	9 56 48	15 59 14	22 01 40
29日	3 22 04	9 17 40	15 20 06	21 22 32
9月 8日	2 42 55	8 38 31	14 40 57	20 43 23
18日	2 03 44	7 59 20	14 01 45	20 04 12
28日	1 24 31	7 20 07	13 22 33	19 24 59
10月 8日	0 45 18	6 40 54	12 43 20	18 45 46
18日	0 06 02	6 01 38	12 04 04	18 06 30
28日	23 22 49	5 22 21	11 24 47	17 27 05
11月 7日	22 43 29	4 43 01	10 45 27	16 47 53
17日	22 04 07	4 03 39	10 06 05	16 08 31
27日	21 24 43	3 24 15	9 26 41	15 29 07
12月 7日	20 45 18	2 44 50	8 47 16	14 49 42
17日	20 05 50	2 05 22	8 07 48	14 10 14
27日	19 26 21	1 25 53	7 28 19	13 30 45

市立高工土木工程科

220

測量學講義

第 5 表 (續前)

1950 年北極星中天離隔時刻(東經120°北緯40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 06 36	1 06 08	7 08 34	13 11 00
11日	18 27 05	0 26 37	6 29 03	12 31 29
21日	17 47 34	23 43 10	5 49 32	11 51 58
31日	17 08 02	23 03 38	5 10 00	11 12 26
2月 10日	16 28 31	22 24 05	4 30 29	10 32 55
20日	15 49 00	21 44 36	3 50 58	9 53 24
3月 2日	15 09 30	21 05 06	3 11 28	9 13 54
12日	14 30 02	20 25 38	2 32 00	8 34 26
22日	13 50 37	19 46 13	1 52 35	7 55 01
4月 1日	13 11 14	19 06 50	1 13 12	7 15 38
11日	12 31 53	18 27 29	0 33 51	6 36 17
21日	11 52 35	17 48 11	23 50 37	5 56 59
5月 1日	11 13 19	17 08 55	23 11 21	5 17 43
11日	10 34 05	16 29 41	22 32 07	4 38 29
21日	9 54 53	15 50 29	21 52 55	3 59 17
31日	9 15 43	15 11 19	21 13 45	3 20 07
6月 10日	8 36 34	14 32 10	20 34 36	2 40 58
20日	7 57 27	13 53 03	19 55 29	2 01 51
30日	7 18 20	13 13 56	19 16 22	1 22 44
7月 10日	6 39 14	12 34 50	18 37 16	0 43 38
20日	6 00 09	11 55 45	17 58 11	0 04 33
30日	5 21 03	11 16 39	17 19 05	23 21 31
8月 9日	4 41 57	10 37 33	16 39 59	22 42 25
19日	4 02 50	9 58 26	16 00 52	22 03 18
29日	3 23 42	9 19 18	15 21 44	21 24 10
9月 8日	2 44 34	8 40 10	14 42 36	20 45 02
18日	2 05 23	8 00 59	14 03 24	20 05 51
28日	1 26 10	7 21 46	13 24 12	19 26 38
10月 8日	0 46 57	6 42 33	12 44 59	18 47 25
18日	0 03 46	5 03 18	12 05 44	18 08 10
28日	23 24 28	5 24 00	11 26 26	7 28 44
11月 7日	22 45 09	4 44 41	10 47 07	16 49 33
17日	22 05 47	4 05 19	10 07 45	16 10 11
27日	21 26 24	3 25 56	9 28 22	15 30 48
12月 7日	20 46 58	2 46 30	8 48 56	14 51 22
17日	20 07 31	2 07 03	8 09 29	14 11 55
27日	19 28 02	1 27 34	7 30 00	13 32 26

市立高工土木工程科

測量學講義

221

第 5 表 (續前)

1951 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 08 16	1 07 48	7 10 14	13 12 40
11日	18 28 46	1 28 18	6 30 44	13 33 0
21日	17 49 14	23 44 50	5 51 12	11 53 38
31日	17 09 42	23 05 18	5 11 40	11 14 06
2月 10日	16 30 11	22 25 46	4 32 09	10 34 35
20日	15 50 41	21 46 17	3 52 39	9 55 05
3月 2日	15 11 11	21 06 47	3 13 09	9 15 35
12日	14 31 43	20 27 19	2 33 41	8 36 07
22日	13 52 18	19 47 54	1 54 16	7 56 42
4月 1日	13 12 54	19 08 30	1 14 52	7 17 18
11日	12 33 34	18 29 10	0 35 32	6 37 58
21日	11 54 15	17 49 51	23 52 17	5 58 39
5月 1日	11 14 59	17 10 35	23 13 01	5 19 23
11日	10 35 46	16 31 22	22 33 48	3 40 10
21日	9 56 34	15 52 10	21 54 36	4 00 58
31日	9 17 24	15 13 00	21 15 26	3 21 48
6月 10日	8 38 15	15 33 51	21 36 17	2 42 39
20日	7 59 08	13 54 44	19 57 10	2 03 32
30日	7 20 02	13 15 38	19 18 04	1 24 26
7月 10日	6 40 56	12 36 32	18 38 58	0 45 20
20日	6 01 50	11 57 26	17 59 52	0 06 14
30日	5 22 45	11 18 21	17 20 47	23 23 13
8月 9日	4 43 39	10 39 15	16 41 41	22 44 07
19日	4 04 32	10 00 08	16 02 34	22 05 00
29日	3 25 25	9 21 01	15 23 27	21 25 53
9月 8日	2 46 16	8 41 52	14 44 18	20 46 44
18日	2 07 06	8 02 42	14 15 07	20 07 34
28日	1 27 53	7 23 29	13 25 55	19 28 21
10月 8日	0 48 40	6 44 16	12 46 42	18 49 08
18日	0 09 25	6 05 01	12 07 27	18 09 53
28日	23 26 12	5 25 44	11 28 10	17 30 28
11月 7日	22 46 53	4 46 25	10 48 51	16 51 17
17日	22 07 31	4 07 03	10 09 29	16 11 55
27日	21 28 08	3 27 40	9 30 06	15 32 32
12月 7日	20 48 42	2 48 14	8 50 40	14 53 06
17日	20 09 15	2 08 47	8 11 13	14 13 39
27日	19 29 46	1 29 18	7 31 44	13 34 10

市立高工土木工程科

222

測量學講義

第 5 表 (續前)

1952 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天	西 離	下中天	東 離
	h m s	h m s	h m s	h m s
1月 1日	19 10 01	1 09 33	7 11 59	13 14 25
11日	18 30 30	0 30 02	6 32 28	12 34 54
21日	17 50 59	23 46 35	5 52 57	11 55 23
31日	17 11 27	23 07 03	5 13 25	11 15 51
-2月 10日	16 31 56	22 27 31	4 33 54	10 36 20
20日	15 52 26	21 48 02	3 54 24	9 56 50
3月 2日	15 08 59	21 04 35	3 10 57	9 13 23
12日	14 29 32	20 25 08	2 31 30	8 33 56
22日	13 50 07	19 45 43	1 52 05	7 54 31
4月 1日	13 10 43	19 06 19	1 12 41	7 15 07
11日	12 31 22	18 26 58	0 33 20	6 35 46
21日	11 52 04	17 47 40	23 50 00	5 56 28
5月 1日	11 12 48	17 08 24	23 10 50	5 17 12
11日	10 33 35	16 29 11	22 31 37	4 37 59
21日	9 54 23	15 49 59	21 52 25	3 58 47
31日	9 15 14	15 10 50	21 13 16	3 19 38
6月 10日	8 36 05	14 31 41	20 34 07	3 40 29
20日	7 56 58	13 52 34	19 55 00	2 01 22
30日	7 17 52	13 13 28	19 15 54	1 22 16
7月 10日	6 38 46	12 34 22	18 36 48	0 43 10
20日	5 59 41	11 55 17	17 57 43	0 04 05
30日	5 20 36	11 16 12	17 18 38	23 21 04
8月 9日	4 41 30	10 37 06	16 39 32	22 41 58
19日	4 02 23	9 57 59	16 00 25	22 02 51
29日	3 23 16	9 18 52	15 21 18	21 23 44
9月 8日	2 44 07	8 39 43	14 42 09	20 44 35
18日	2 04 57	8 00 33	14 02 58	20 05 25
28日	1 25 45	7 21 21	13 23 47	19 26 13
10月 8日	0 46 32	6 42 08	12 44 34	18 47 00
18日	0 07 16	6 02 52	12 05 18	18 07 44
28日	23 24 03	5 23 35	11 26 01	17 28 19
11月 7日	22 44 44	4 44 16	10 46 42	16 49 08
17日	22 05 22	4 04 54	10 07 20	16 09 46
27日	21 25 59	3 25 31	9 27 57	15 30 23
12月 7日	20 46 33	2 46 05	8 48 31	14 50 57
17日	20 07 06	2 06 38	8 09 04	14 11 30
27日	19 27 37	1 27 09	7 29 35	13 32 01

市立高工土木工程科

測量學講義

223

第 5 表 (續前)

1953 年北極星中天離隔時刻 (東經 120° 北緯 40°)

	上中天			西離			下中天			東離		
	h	m	s	h	m	s	h	m	s	h	m	s
1月 1日	19	07	52	1	07	24	7	09	50	13	12	14
11日	18	28	21	0	27	53	6	30	19	12	32	45
21日	17	48	50	23	44	26	5	50	48	11	53	14
31日	17	09	18	23	04	54	5	11	16	11	13	42
2月 10日	16	29	47	22	25	22	4	31	45	10	34	11
20日	15	50	16	21	45	52	3	52	14	9	54	40
3月 2日	15	10	46	21	06	22	3	12	44	9	15	10
12日	14	31	19	20	26	55	2	33	17	8	75	43
22日	13	51	53	19	47	29	1	53	51	7	56	17
4月 1日	13	12	30	19	08	06	1	14	28	7	16	54
11日	12	33	09	18	28	45	0	35	07	6	37	33
21日	11	53	51	17	49	27	23	51	53	5	58	15
5月 1日	11	14	35	17	10	11	23	12	37	5	18	59
11日	10	35	22	16	30	58	22	33	24	4	39	46
21日	9	56	11	15	51	47	21	54	13	4	00	35
31日	9	17	01	15	12	37	21	15	05	3	21	25
6月 10日	8	37	52	14	33	28	20	35	54	2	42	16
20日	7	58	45	13	54	21	19	56	47	2	03	09
30日	7	19	39	13	15	15	19	17	41	1	24	03
7月 10日	6	40	34	12	36	10	18	38	36	0	44	58
20日	6	01	28	11	57	04	17	59	30	0	05	52
30日	5	22	23	11	17	59	17	20	25	23	22	51
8月 9日	4	43	18	10	38	54	16	41	20	22	43	46
19日	4	04	17	9	59	47	6	02	13	22	04	39
29日	3	25	04	9	20	40	15	23	06	21	25	32
9月 8日	2	45	56	8	41	32	14	43	58	20	46	24
18日	2	06	46	8	02	22	14	04	47	20	07	14
28日	1	27	33	7	23	09	13	25	35	19	28	01
10月 8日	0	48	20	6	43	56	12	46	22	18	48	48
18日	0	09	05	6	04	41	12	07	07	18	09	33
28日	23	25	52	5	25	24	11	27	50	17	30	08
11月 7日	22	46	33	4	46	05	10	48	31	16	50	57
17日	22	07	11	4	06	43	10	09	09	15	11	35
27日	21	27	48	3	27	20	9	29	46	15	32	12
12月 7日	20	48	23	2	47	55	8	50	21	14	52	47
12日	20	08	55	2	08	27	8	10	53	14	13	19
27日	19	29	26	1	28	58	7	31	24	13	33	50

市立高工土木工程科

224

測量學講義

第 5 a 表

第 5 表中西離時刻緯度改正數

緯度	緯 度									
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
°	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
10	+ 162	+ 158	+ 153	+ 149	+ 144	+ 140	+ 135	+ 130	+ 126	+ 121
20	+ 116	+ 111	+ 107	+ 102	+ 96	+ 91	+ 86	+ 81	+ 75	+ 70
30	+ 64	+ 59	+ 53	+ 47	+ 41	+ 34	+ 28	+ 21	+ 15	+ 8
40	0	- 7	- 15	- 22	- 30	- 39	- 47	- 56	- 66	- 75
50	- 86	- 96	- 107	- 119	- 131	- 143	- 156	- 170	- 185	- 201

東離時刻表中符號改變

