

# C B A 學 量 測

---

著 時 雋 楊

版 出 局 書 界 世



測量學ABC

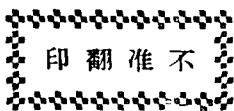
楊  
雋  
時

中華民國十九年九月出版

測量術 A B C (全二冊)

【平裝五角 精裝六角】  
(外埠酌加郵費滙費)

著者 楊雋時  
出版者 ABC叢書社  
印刷者 世界書局  
發行者 世界書局



發行所  
上海四馬路  
世界書局

## 例言

一 「測量學」，是建設工作中最重要的一種實用的學術。本書編者，應新中國建設時代的需要，特參考歐美各國「測量學」的專書，並本個人實地測量的經驗，草成「測量學ABC」一書，以供大學校及專門學校土木工程科中「測量學」教本之用。

二 書中對於各種測量儀器的構造，及使用的方法，均一一加以說明，使讀者易於明瞭測量儀器的應用。

三 書中除說明各種測量法之原理以外，對於鐵鏈測量 *Chaining*、羅盤測量 *Compass Surveying*、水平儀測量 *Leveling*、平版儀測量 *Plane Table Surveying*、以及經緯儀測量 *Transit Surveying* 等方法，一一說明，並舉實例以供參考。實為致力於「測量學」，及實地工作者不可不備之書。

四 書中將各種測量法野外工作記錄之方式，均一一舉出。以備實地工作時之採擇。

五 本書第八章，特說明測量儀器的校正方法，對於實地工作，實有切實的指導。

六 篇中特將最近歐美各國所新行之「空中攝影測量法」，詳為介紹，使讀者得知近來測量學的新趨勢。

七 本書可與拙作之「測量實習指導」一書，互相參閱。因本書則理論及實施雙方並重；「測量實習指導」一書，則專論各種測量的實地工作，並附有土方計算及繪圖方法。

八 本書脫稿匆匆，如讀者能隨時加以指教，實所歡迎。

# 目次

第一章 緒言.....	一
第一節 測量學之定義及功用.....	一
第二節 測量學之種類.....	九
第三節 測距處之組織.....	一一
第四節 測量工作中之事項.....	一四
第二章 測量儀器.....	一六
第一節 鐵鏈及卷尺.....	一六
第二節 羅盤.....	二〇
第三節 水平儀.....	二三
第四節 經緯儀.....	二七
第五節 平板儀.....	三〇

第三章	鐵鏈測量法	三四
第一節	鐵鏈使用法	三四
第二節	障礙物之測量法	三六
第三節	鐵鏈測量時之要點	三九
第四章	羅盤測量法	三九
第一節	羅盤使用法	四〇
第二節	羅盤測量法	四三
第三節	羅盤測量簿記法	四五
第五章	水平儀測量法	四七
第一節	水平儀使用法	四七
第二節	水平儀校正法	四九
第三節	水平儀測量法	五〇
第四節	記錄須知	五七



第五節	橫斷面測量法	六〇
第六章	平版儀測量法	六二三
第一節	平版儀使用法	六三
第二節	前進測量法	六五
第三節	射線測量法	六七
第四節	交線測量法	六八
第五節	截線測量法	七〇
第六節	平版儀測距離及高低法	七二
第七章	經緯儀測量法	七六
第一節	經緯儀使用法	七六
第二節	副儀 Verniers 之讀法	七七
第三節	測地平角法	八〇
第四節	測距離法	八三

第五節 測高法..... 八六

第六節 定線法..... 九一

第八章 測量儀器校正法..... 九五

第一節 水準校正法..... 九五

第二節 鏡內交線校正法..... 九七

第三節 支角校正法..... 九九

第四節 立圖與游尺校正法..... 一〇〇

第九章 空中攝影測量法..... 一〇二

第一節 空中攝影測量法簡史..... 一〇二

第二節 空中攝影測量法..... 一〇三

第三節 攝影測量法的儀器..... 一一〇

第四節 結論..... 一一二

# 測量學 A B C

## 第一章 緒言

### 第一節 測量學的定義及功用

「測量學」*Surveying*，在土木工程 *Civil Engineering* 中，占極重要之位置。我們知道，在各種工程學中，當以土木工程學為最先；在各種工程學中，亦以土木工程學之範圍為最廣大。例如道路工程 *Highway Engineering*，鐵路工程 *Railway Engineering*，市政工程 *Municipal Engineering*，橋樑工程 *Bridge Engineering*，以及其他各種建築工程等等，莫不屬於土木工程之範圍。但是在上述的各種工程中，實施起來，第一步工作，就是測量；第一步工作，就是要應用測量學。所以我們可以說：「測量學，是土木工程學中的最重要的一種科

學。」如果不懂得測量學的功用，不明白實地測量的工作，那還談得到什麼道路工程、鐵路工程、市政工程，以及橋樑工程呢？

「測量學」，既已如此的重要。那麼「測量學」的定義，我們不得不首先要知道牠。測量兩個字，如果我們照字面上講起來；「測」，就是推測的意思；「量」，就是量其長短高低的意思。「測量學」，就是在地面上所指定的一塊地方，決定牠的面積的大小、距離的遠近，以及位置的關係的一種學術。

普通如田地的測量，最爲簡便，用呎或弓（中國量田及土地則用弓，每弓長五尺）量其各邊之長度，然後用算面積的方法，可以算得田的畝數和土地的大小。至於欲求較遠之距離，地勢之高低，邱陵之凹凸，山勢之蜿蜒，流水之曲折，以及地形、山高等等，則非普通之方法所能够辦得到。因此，不得不借重「測量學」了。所以「測量學」，是解決上述之各種情形的一種專門學術。

「測量學」在土木工程中所占位置之重要，上面已經略爲述及，茲將一測

量學」之功用，約略述之。

### 一 道路及鐵路工程

測量學，在道路工程及鐵路工程中所用者，有三種階段：

(1) 履勘測量 Reconnaissance Surveying，履勘測量，又名之為偵察測量。履勘測量所負之使命，為偵察地勢，調查各種情形（如土地上、商業上、生產上等各種情形，宜詳細考察，務求與道路及鐵路工程完竣以後之利益有關係），以為道路及鐵路工程將來之發展，預留地步。履勘測量的工作，又分為考察、儀器、繪圖等三種，特分述之。

(A) 考察之事項：土地之性質，橋樑之位置，路線所經的各村鎮，當地居民的風俗習慣，生產業情形，以及築路工程所用之材料。

(B) 儀器：履勘測量所用之儀器，有下列四種：

- (1) 羅盤 用以測地面方向。
- (2) 氣壓儀 用以測地面之高低。
- (3) 袖珍水平儀 用以測地面之傾斜度。
- (4) 測程儀 用以測距離之遠近。

(C) 繪圖 履勘時，將地形及地勢，繪一極簡便之草圖，以便參考。繪此草圖所用之比例尺，普通以一英寸爲一英里 (Scale 1" = 1 mile)。

總而言之，履勘測量之目的，在求工程上之便利及將來運輸事業上之易於發展。

(1) 導線測量 Preliminary Surveying，爲履勘測量以後之工作。導線測量之目的，在求測得一中心之路線，以爲將來興工築路之根據。導線測量之實際工作，可分爲下列各隊，茲特約略述之。

(A) 經緯儀測量隊：經緯儀測量隊之工作，在求切線 Tangent line 之長。

(B) 水平儀測量隊：水平儀測量隊之工作，在求切線縱橫面之高低 Profile leveling。

(C) 地形測量隊：地形測量隊之工作，在求切線兩旁路面之傾斜度。

(三) 定線測量 Final Location，為導線測量以後之工作。定線測量之工作，在求路線工程之各種圖表：如路線圖、路之縱斷面圖、路之橫斷面圖、路線兩旁之地形圖，以及土方之切取及填砌表等等，以為實地施工之藍本。

上述的各種工作，是測量學在道路及鐵路工程上之功用。然此不過舉其概要而言，欲知其詳細的各部份工作，可參看拙作之「測量實習指導」一書，亦在上海世界書局出版。

## 二 市政工程

「測量學」，在道路及鐵路工程上之功用，前面已略為述及，讀者可以知

其大要。茲就在市政工程上之功用述之。

市政工程之藍本，即為城市測量 City Surveying。城市測量之工作，可分為下列各種，一一述之。

(一)市街之排列：城市中街道，務求排列整齊，然後可以減少交通上之危險和街道工程上之困難。至於有關城市之美觀，猶其餘事。街道之排列，必賴乎測量。普通測量城市中街道之方式，則求城市交通上之便利。其方式有棋盤式、放射式，以及棋盤放射混合式等等。考各國城市中街道測量所取之方式，多取棋盤式之街道。至於貿易繁盛及城市中心區域等，可設對角線 Diagonal line 之大斜道以貫通之，以求交通上之便利。

(二)市街之方段：城市中街道方段之大小，各圖不同。就是在一個都市中，也不能够一律。最普通者，為一〇〇呎至一五〇呎。在商業區域內，常設小巷以通過長方段，小巷之方向，與方段之長邊平行。巷之寬度，為一五呎至二



五呎。所以方段的寬度，爲二一五呎至三一五呎。方段之長，常視交通上之趨勢爲定，大約其長度爲四〇〇呎至九〇〇呎。

(三)市街之坡度：市街坡度 *Grade* 之大小，當視城市中之區域爲定。住宅區域內市街之坡度，可以稍大；至於商業中心區域之市街，以交通頻繁，坡度不宜太大。故市街之坡度，有斜至百分之八至百分之一〇者，然此只能夠應用於住宅之市街。城市交通頻繁之街道，最大者爲百分之四至百分之五〇（坡度之百分數，是指每一〇〇呎之距離，高出若干吋而言）。

此外，如市街之寬度、市街之曲線，以及市街之橫斷面等等之決定，亦非測量不爲功。所以測量學，在市政工程中，亦是很重要的。

### 三 橋樑工程

橋樑工程，亦以測量爲第一步工作。茲將橋樑工程所需之測量工作，一一

述之。

- (一) 測量水流的速度。
- (二) 測量水漲時之高度 High water mark。
- (三) 測量水落時之高度 Low water mark。
- (四) 河底之測量 Bottom of channel or mud line。
- (五) 橋樑之坡度 Grade line on structure。
- (六) 橋墩的決定 Location of piers。
- (七) 橋樑跨度的決定 Length of span。

以上各種工作，在橋樑工程中，均極重要。故建築橋樑，必須先行測量上述之各部情形，則施工時有所依據。

「測量學」之功用，從上述各節中，可以知其概要。但是，測量學，不獨在土木工程中，占重要之他位，就是在軍事上，也是占了重要的地位。在陸軍

方面，則有陸軍測量；在海軍方面，則有海軍測量。此外，在農業方面，有農業測量；在水利方面，則有水利測量。以上種種，以限於篇幅，不能詳述。

## 第二節 測量學之種類

「測量學」之意義及功用，在本章第一節中，已經說過了。本節則將「測量學」的種類，作一個簡括的說明。

### 一 高等測量學

高等測量學，又名為大地測量學 *Geodetic Surveying*。大地測量學，甚為精細。地球之曲面雖微，但在大地測量學中，必須用測量之方法，以求地面曲度最精確之數目。此種大地測量學，用之以測一國之面積及一州之面積等等很相宜。

大地測量學，在各種工程中，用之者頗少，故本書對於大地測量學，不加  
以討論，因為大地測量學，另有大地測量學的專門書籍也。

## 二 平面測量學

平面測量學 Plane Surveying：平面測量學，又可以稱之為廣狹測量學。平  
面測量之功用，在求地面上各點，認為在同一平面以內者，以定其相互之關係  
及位置，並求得平面之地形及面積。

此外因測量之用途不同，可分為下列各種：

(一) 陸地測量 Land Surveying ..

(一)<sub>1</sub> 水平測量 Levelling ..

(三) 地形測量 Topographic Surveying ..

(四) 水道測量 Hydrographic Surveying ..

(五)鑛山測量 Mining Surveying ..

(六)鐵路測量 Railway Surveying ..

(七)道路測量 Highway Surveying 。

至於因方法上之不同，可分爲下列各種，特列舉之。

(一)直角測量 Rectangular Surveying：直角測量，以垂線之法則，爲測量之準繩。

(二)三角測量 Triangular Surveying：三角測量，以三角形之法則，爲測量之準繩。

### 第二節 測量處之組織

測量在工程上之功用頗大，則測量隊之組織，不得不有相當的說明。茲就最普通者述之。

測量處之組織如何，當視測量處工作範圍之大小而定。普通測量處之組織，大約不外乎下列各隊：

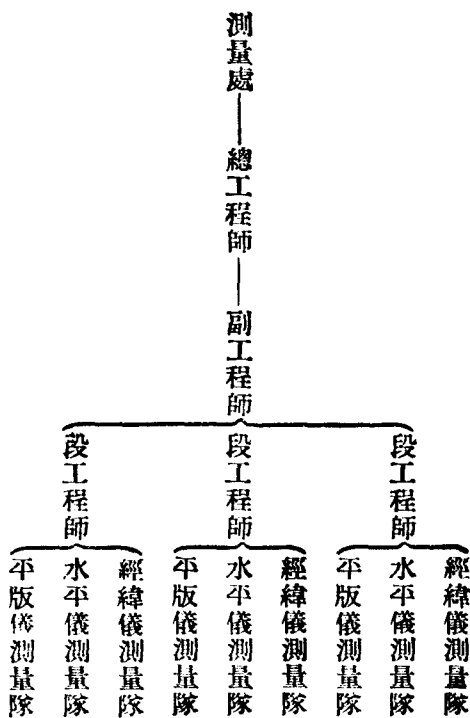
(一) 經緯儀測量隊：經緯儀測量隊之隊員人數，為(1)工程師，(2)助理工程師(任經緯測量之工作，通常稱為經緯儀員 *Transit man*)，(3)捲尺員(測距離)，(4)標旗員，(5)插標檝員，(6)伐木員。

(二) 水平儀測量隊：水平儀測量隊之隊員，為(1)水平儀測量員 *Level man*，(2)測桿員。

(三) 平版儀測量隊：平版儀 *Plane Table* 測量隊之隊員，為(1)平版儀測量員，(2)測桿員。

通常經緯儀測量隊隊員之人數，為四人至五人；水平儀測量隊隊員之人數，為三人至四人；平版儀測量隊隊員之人數，為三人至四人。茲更將測量處之組織大綱，列表於左：

列表於左：



上列之測量處組織系統，係舉其大綱而言，茲更將各隊組織之概況，擇要

（經緯儀測量隊——技士——隊長——隊員——助理員

段工程師——水平儀測量隊——技士——隊長——隊員——助理員

平版儀測量隊——技士——隊長——隊員——助理員

此外測量處，尚有製圖部之組織，因為製圖則測量工作上，很為重要，至於製圖部之組織系統，可述之如下。

製圖部——技士——繪圖員——印圖員——助理員。

至於人數之多寡，要視工作之繁簡為定衡。

#### 第四節 測量工作中之事項

測量隊之組織情形，已如上節所述。本節當討論測量工作中之應有事項。

測量工作中之應有事項，大約可分為下列各種：

##### (一) 測量法

用經緯儀以測量路線——切線 Tangent line，用水平儀以測量路線縱斷面



之高低，用補珍水平儀 Hand level 以測量路線兩旁一〇〇以外距離之橫斷面 Cross-section 之高低，用平版儀以測量路線兩旁之形勢等等，此為測量工作中之第一步工作。此種工作，可以名之為野外工作 Field work。

### (二) 計算

根據實地測量時所得的各種記載，用數學上的方法，以求得其結果。例如用平面三角法 Plane Trigonometry，以求得所測的三角地形之面積及角度之證明（如已知三角形之三邊，用平面三角法，可以算得三角形中每一角的度數；已知三角形的每一角度的數目，可以算得三角形的三邊的長短；已知三角形三邊之長短，或三角之大小，可以用平面三角法，以推求三角形的面積等是）；用平面幾何學 Plane Geometry 的理論，可以推求地形的大小。此種計算工作，為測量工作中之第二步工作。又謂之室內工作 Office work。

### (三) 繪圖

測量工作中第一第二兩步工作完事以後，則進而作繪圖之工作。普通地形的繪樣——如經緯儀測定切線兩旁之山、水、村落、墳墓，以及森林等，在平板儀測量工作完成之後，就可以得着詳細的地形圖樣。至於縱斷面，及橫斷面之圖，須根據縱斷面測量，及橫斷面測量時所得的成績，畫成圖樣，以爲計算土方時之根據。所以繪圖爲測量工作中第三步之工作。

如果上述之三種工作完事之後，則測量之工作，可以稱爲完成。實施建築道路或鐵路時，就可以根據以上三部份工作之結果，以爲計算費用之基本。測量工作不完全，則實際之工作，不能開始。

## 第二章 測量儀器

### 第一節 鐵鏈及卷尺

鏈 Chain 及卷尺 Tape，為測量距離最重要之工具。鏈之構造原料，為鐵或鋼，其每部份之形狀，如圖所示，用小環以連接之。鏈之全長，為一〇〇呎，每段為一呎。所以鏈之長，雖為一〇〇呎，但可以屈成爲一束。鏈條之兩端，有大環各一，以便測量時用手牽拖之用。此種大環，又名爲手柄。鏈可分爲兩種：

(1) Surveyor's Chain 測量師鏈，此種鏈，全長爲六六呎，分爲一〇〇鏈環，每鏈環之長爲〇·六六呎（等於七·九二吋）。土地測量，多用此種鏈條，與英畝及英里，有下列之關係。一測量師鏈，等於一〇〇鏈環，等於六六呎；

測尺 此尺可思抽長

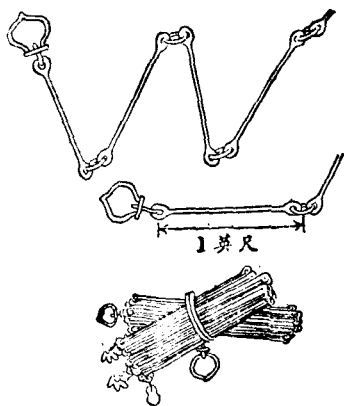


測桿

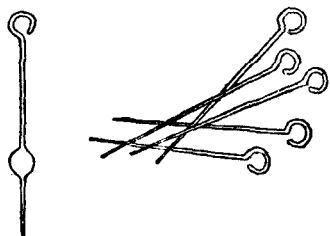


第一 一英里，等於五二八〇呎，等於八〇鏈；一英畝，等於四三五六〇，等於一〇方鏈。

鏈的附屬物，爲測針 Pin



鐵鏈 圖二第



測針 圖三第

(如圖所示)。此種測針，為粗鐵絲造成。用鐵鏈測量時，每一鏈

之端，插一測針以為記號，則測量後，可以數得測針之數目，便可以知已測若干鏈。已知一鏈之全長為若干呎，則以測針數乘之，即可以得全長之呎數。

(一) Engineer's Chain 工程師鏈，此種鏈，全長為一〇〇呎，分為一〇〇〇鏈環，每鏈環為一呎。道路測量及鐵路測量，多用此鏈，因取其便於計算也。

卷尺，普通有兩種：一種為布帶尺 Linear Tape；一種為鋼帶尺 Steel

度，為五〇呎至一〇〇呎。如第五圖，鋼帶之寬為 1 吋，及 1 吋。鋼帶尺面之分度線，亦兩面不同：一為英寸，一為米突（生的米突）。此種鋼帶尺，鐵路及道路測量多用之。



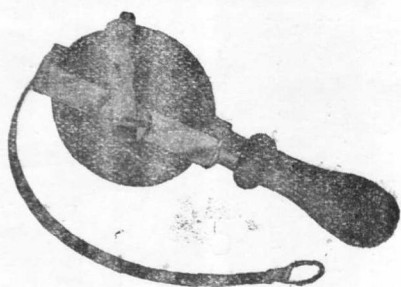
第 四 圖 布 帶 尺

Page。  
布帶尺之構造，係用麻絲及細銅絲交互織成（如第四圖），寬為八分之五英寸（1 吋），裝於硬皮帶內。此種布帶尺之面之分度線，兩面不同：一面為英寸；一面為米突。

鋼帶尺之構造材料，為鋼片所構成。鋼帶尺之長度，為五〇〇呎。但普通之長



第 五 圖 鋼 帶 尺 (甲)



第六圖 鋼帶尺 (乙)

如第六圖所示，亦為鋼帶尺。此種鋼帶尺，附有摺柄及關鈕。尺面之寬度，為半英寸（1.25 厘米）。分度線亦兩面不同：一面為英寸；一面為米突（生的米突）。第一段公分中，畫有公毫米，外附皮袋。此種鋼帶尺之長度，有一〇米突，一五米突，二〇米突，三〇米突，四〇米突，五〇米突，及一〇〇米突數種。

上述之鋼帶尺，用時須細心，用過以後，必須擦乾淨。不然，一經生鏽，則尺面之分度線，即不能辨認。

## 第一節 羅盤

羅盤 Compass，為測量重要儀器之一種。中國的羅盤，在測量工作上，不

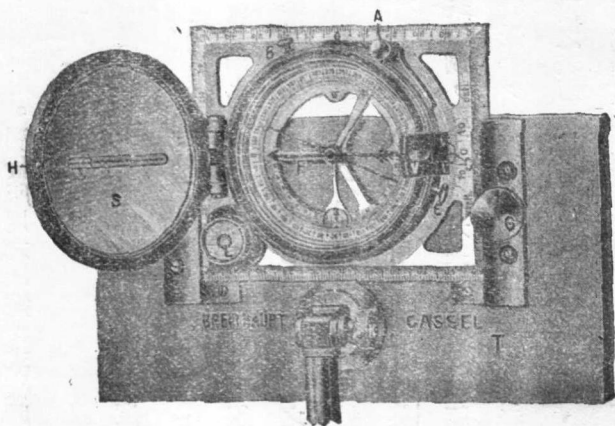


圖 七 第

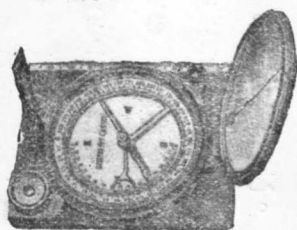


圖 九 第



圖 八 第

適於應用。測量所用之羅盤，式樣頗多，上列各圖所示之羅盤，均為測量工作上所常用之測器。

羅盤上主要之部份，為羅盤分度圈 *Compass Circle*，磁針 *Magnetic Needle*，測望標 *Sight Standard*，水平準 *Level*，以及其他附屬物等等。

如上第七圖所示，為德國最新製造之羅盤。指南針之長為二英寸，分度線每線合一度，有變易弧以適合磁針之偏倚，用邊緣螺旋以旋轉之。

斜邊之底版為透明的，故可用於地圖之上。其邊有分度線，英寸及米突均有，用者可以自由選用。如測量用英尺制，則可檢用英寸之分度線，如測量用米突制，則可檢用米突分度線。底版上有圖形水準對景線，由一面可以摺疊之對景牌，一面鏡心之缺口而成。裝邊玻璃曾磨平，指南線，係畫成紅箭形於玻璃之表面（夜中發光），附有磁針、斜度表，及皮袋。此種羅盤，名為勃蘭號新式羅盤 *Breihaupt New Pattern Compass*，與下列平板合用，可作磁針及斜度



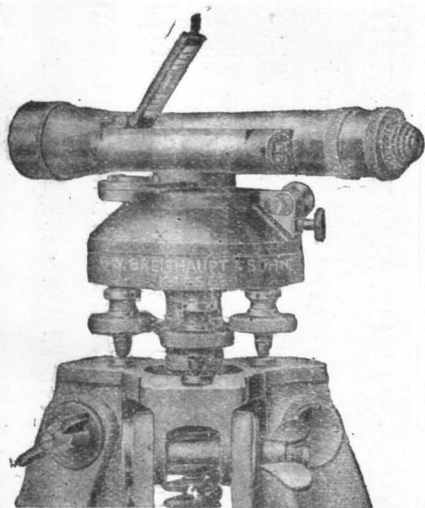
表，用於地形測量及角度測量均相宜。

如上第八圖所示，亦為羅盤之一種。此種羅盤，謂之標準羅盤 *Standard Compass*。羅盤上之指南針長二英寸，有平衡重量以保持磁力之正確。斜邊底版之面積，為  $3\frac{1}{2} \times 4$  英寸 ( $80 \times 100\text{mm}$ )，每邊有分度線。分度線之度數，用英寸或米突均可。有圓形水準、偏倚弧、磁針、斜度表，及皮袋。標準羅盤，工程師或測量員可以隨身攜帶，極為便利。

如上第九圖所示，亦為標準羅盤之一種。此種標準羅盤之式樣，與乙圖中之標準羅盤相同。只多玻璃鏡一面，及可以摺疊之對景表一隻。測量時，採用此種羅盤者甚多，取其便於隨身攜帶也。

考羅盤在測量上之功用，為決定方向，測量角度，及地形之用。至於用羅盤測量之實際方法，本書中當有專章討論之。

## 第三節 水平儀

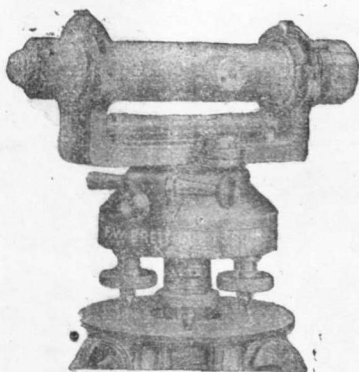


第 十 圖 但 派 水 平 儀

水平儀 Level，在測量工作上之功用頗大。測量上所以採用水平儀之用的，在測視水平視線。此種水平儀之構造，亦頗簡單，其中最重要之器具，為望遠鏡一。望遠鏡之下面，繫以水平儀。鏡內有十字線，與經緯儀相似（詳見下

節）但經緯儀之構造甚繁雜，不若水平儀之便利（測量時，亦有將經緯儀當作水平儀用的，不過在必不得已時用之。所謂不得已者，係指缺乏水平儀時而言）。

測量工作上所用之水平儀，種類頗多。然大別之有二種：  
：一為但派水平儀 Dumpy



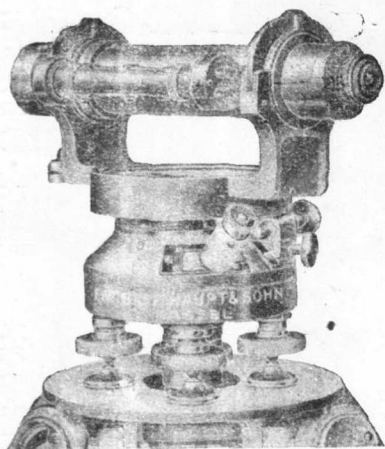
(甲)儀平水式Y 圖一十第

Level. 一為Y式水平儀 Y-Level。如第十圖所示，為一固定短小之水平儀。此種短小固定水平儀之架座，係整個鑄成，水平儀上之望遠鏡及折光鏡相連。測量時，用折光鏡以察看水準，同時可由望遠鏡窺視所測之景物，無移動位置之必要。有鉸鉗細動螺旋，及三足螺旋座架。全部蓋護於不透水之銅製蓋內，故此種水平儀，亦頗耐用。水平儀中之望遠鏡，由鏡內對光目鏡，裝有比例線

此種 Y 式 水平 儀之 望遠 鏡可 以活 動取 下故 較但 派水 平儀 為優

1:100，方位角上有鉸鉗及細動螺旋。圓形水準，位於銅蓋之上，故校正水準，最為迅速。此種但派水平儀，附有木箱及可任意伸縮之三足架。

如上十一圖所示，為Y式水平儀之一種。所謂Y式水平儀者，儀器望遠鏡之兩端，設Y式之支架。用時可



(乙) 儀平水式Y 圖二十第

將望遠鏡，安置於Y式之支架內，不用時，則可將望遠鏡取下，放於箱中。因安設望遠鏡之支架式樣，與Y字母相像，故謂之Y式水平儀。此種Y式水平儀，又稱為活鏡水平儀。

Y式水平儀之構造，與但派水平儀相同。所不同者，就是但派水

平儀之望遠鏡，不能取下另為安放；Y式水平儀，則可將望遠鏡取下。兩相比較，則以Y式水平儀為較優。Y式水平儀（如十一圖）測量時，物影倒置之望遠鏡，於鏡內對光，具有固定玻璃比例線  $1:100$ ，全儀器裝置於極堅固之銅，或鋼製之座架上，可向立軸旋轉，為欲令望遠鏡中之十字線得確定於水平及

垂直之位置，Y式架之一端，置有阻止桿，使望遠鏡轉動，至此為止。鉸鉗，及細動螺旋，均位置於方位角。圓筒式水準，裝於Y式架之間，可以校正測量時之水準。另有圓形水準一隻。附有木箱及可以自由伸縮之三足架。

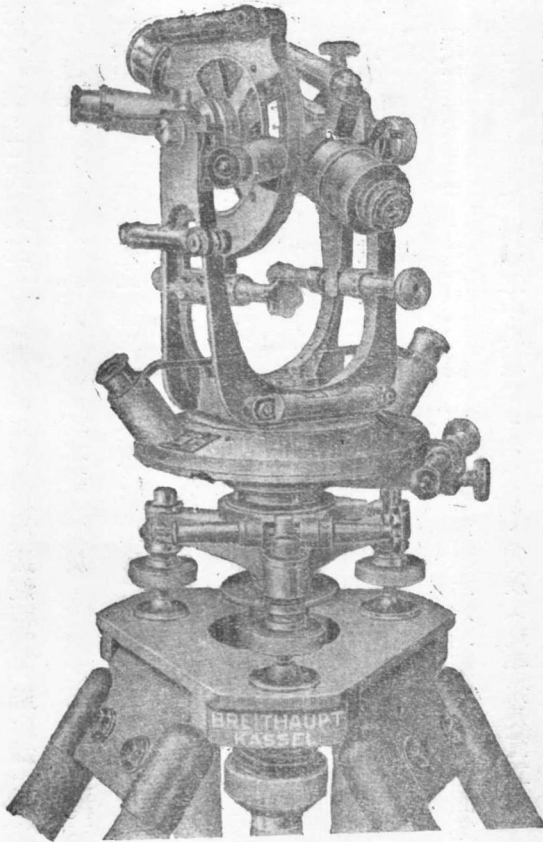
如上十二圖所示，為Y式水平儀中之最佳者。其構造較甲圖所示之Y式水平儀，更為精緻。此種Y式水平儀最重要之改良點，即座架全體蓋護完全，可以說是絕對的不受天氣及灰塵的影響。

#### 第四節 經緯儀

經緯儀 Transit，又名天文儀。經緯儀在測量上之功用頗大，如測定切線 Tangent Line——即路線之中心線 Center Line、角度（地平角及直立角）、山高等等，均須應用經緯儀。

如十三圖所示，為測量道路及鐵道所通用之一種經緯儀。此種經緯儀，不

但可供測量道路及鐵路之用，市政工程上亦可以應用。茲將此種經緯儀之各部份，一一述明之。



第 三 十 三 圖 經 緯 儀

(一) 圓規 *Circles* 橫豎兩規，均有不透水及避灰塵之蓋。分度線為銀製成。

橫規直徑，為四又四分之三英寸 (120mm)。

豎規直徑，為三英寸又二分之一 (90mm)。

分度線每線合二〇分。

副儀可讀二〇秒，有放大鏡。

(二) 望遠鏡 *Telescope* 物影倒置鏡長七又八分之五英寸 (195mm)，物鏡

開口率，一又八分之一英寸 (30mm)。放大力二五倍，有對中點校正。目鏡附

有裝就比例線 1:100。

(三) 水準 *Bubbles* 座架上有兩隻遠鏡，上裝有迴旋水準，感性一五秒，橫

規之端及座架之間，有水準各一。

(四) 高度 *Height* 八又八分之五英寸 (220mm)。

(五) 重量 *Weight* 五·五啟羅 (5.5Kg)。

(六) 此種經緯儀之三足架，亦能自由伸縮。至於附件，則有木箱、背帶，以及圓形羅盤、校正水準，及梭柱鏡等等。

經緯儀之各部份，已如上所述。下節當討論平版儀 *Plane Table* 之構造及功用。

## 第五節 平版儀

平版儀 *Plane Table*，又名為平台儀。平版儀在測量工作上之應用頗大。最大之功用，即為用平版儀，以測量地平面之形勢。用此種平版儀以測量地平面之形勢，一方面可以從平版儀之望遠鏡上視察遠近，一方面就可在繪圖紙上繪圖。故用時極為便利。如用羅盤、經緯儀，亦可以供測量地形之用，但須用測角法以測得地形，故手續麻煩。且一面測量，一面須另用一手簿 *Note Book*，記載測量時所得角度之大小，及距離之遠近。然後才可以根據手簿之記載，



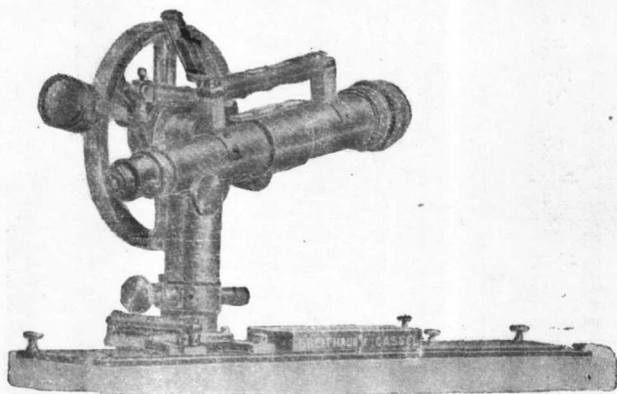
繪成地勢之全圖。兩相比較，當然以平版儀為最便利。

如下十四、十五兩圖所示，甲圖為平版儀的平版上所用之測繪儀；乙圖為平版儀之三足架，及水準頭。茲將平版儀之各部份，一一說明之。

(一) 甲圖 (測繪儀)

(A) 圓規 *Circles* 有外蓋之豎規，直徑為五又八分之七英寸。分度線，為銀製。每線合二〇分。兩隻副儀，可讀至一分，有放大鏡兩隻。

(B) 物影倒置鏡 *Telescope* 長一〇



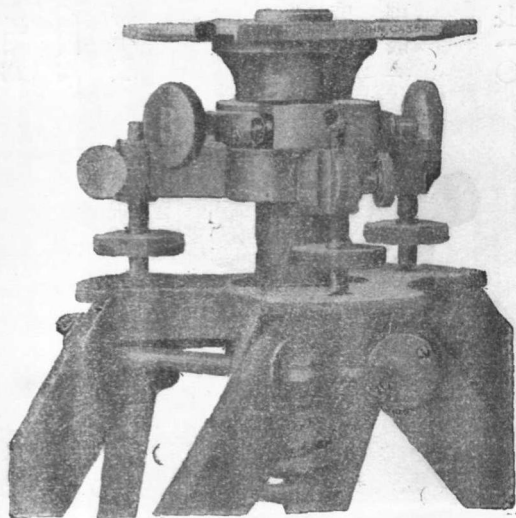
第十四圖 平版儀 (測繪儀) (甲)

又四分之一英寸。物鏡開口率，一又一六分之三英寸。

放大力二七倍。裝就比例線 1:100 或 1:200。有對中點、鉸鉗，及細動螺旋。

(C) 水準 *Level* 一隻  
置於柱脚，一隻在豎規上端。附有折光鏡。望遠鏡上裝有迴旋水準一隻。

(D) 黃銅版尺 *Brass bar*  
面積二三又四分之一，乘一又四分之三英寸 ( $23\frac{1}{4} \times 1\frac{3}{4}$ )，有圖畫尺，分度用英寸及米突。



(乙) (架尼三) 的儀版平 圖五十第

(E) 直角盒形羅盤 Rectangular box Compass  $5\frac{5}{8} \times 1\frac{9}{10}$  英寸，指南針長五又八分之一英寸。

(F) 高度 Height 五又八分之七英寸。

(G) 重量 Weight 三·五啟羅 (35Kg.)。

有木箱一隻，以裝置平版儀中之測繪儀。

(11) 乙圖 (三足架)

(A) 水準頭有三隻螺旋。

(B) 畫圖平版 (連三隻黃銅螺旋) 面積為二二又八分之一英寸，乘二二又八分之一英寸 ( $22\frac{1}{8}'' \times 22\frac{1}{8}''$ )。重三啟羅 (3Kg.)。

測量儀器，在上述各節中，已略述其概況，此外則有測桿、測尺等等，因其構造極為單簡，故無詳細說明之必要。

如上述之各項測量儀器，購置齊整，已足夠測量道路、鐵路、橋樑等之用。

。至於上述各項儀器之用法，當於下列各章說明之。

## 第三章 鐵鏈測量法

### 第一節 鐵鏈使用法

用鐵鏈測量，爲測量學中最初步之工作。蓋鐵鏈之功用，只能夠測量距離之長短，以求得測量結果之面積。

鐵鏈之構造材料及種類，前章已經述及。舉行鐵鏈測量時所需之各種附屬物，有下列數種：

(一)測桿 *Pole*：測桿之用途，爲標識測量距離及方向。測桿之長度，自六英尺至一二英尺，每一呎間，交互塗以紅白兩種油漆顏色，使遠處容易認識。此種測桿，多用木材構造。下端有錐形鐵釘，以便插入土中之用。

(一)測針 Pin：測針爲粗鋼絲所製成，測針爲標記鐵鏈測量之用。如所測之距離太遠，必須於一鐵鏈測過之後，則插一測針以爲標記。

(二)卷尺 Tape：卷尺之種類，前已述及。卷尺便於測量距離，故鐵鏈測量時，須帶卷尺。不過鐵鏈測量時所帶之卷尺，多爲布帶尺。

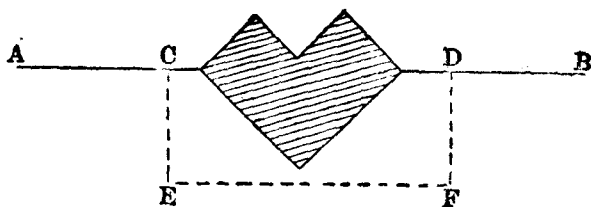
鐵鏈測量時之附屬物，業已說明，茲乃進而說明鐵鏈之使用方法。用鐵鏈測量距離，先在所要測之路線兩端，豎立測桿（如距離不遠，所欲測之目的地，有特別之標記者，則可以不必豎立測桿）。舉行鐵鏈測量時，至少三人：一人爲前導者 Forward Chain man，一人爲隨後者 Behind Chain man。兩人各持鐵鏈之一端，牽直之，即可以測得距離之長短。如距離較遠者，則可於一次鐵鏈全長測完之後，繼續舉行，惟必須於第一次鐵鏈測量時之一端，插一測針，以爲標記。如此繼續進行，務求測得最後之目的地爲止。

以鐵鏈測量較長之距離時，須注意鐵鏈須在一直線上進行，不得偏斜。偏

斜則測得之結果，必不能準確。前導者一手持鐵鏈，一手持測桿（並須帶測針），向前進行；隨後一人，須在測線之起點，並觀察前途之測桿，指揮前進之人。如須偏於左方者，則以右手示以記號；如須偏於右方者，則以左手示以記號；至適中時，則以口號（All right）定之。如過遠不能聽得時，則以兩手齊舉向上，再向左右分開落下，以示停止前進者，勿將測桿移動。至最後，則須從測定起，視察測線上所豎立之測桿，是否完全立於一直線上。如完全在一線上，則不錯。不然，則不能算準確。

使用鐵鏈測量時，地面平坦，甚易舉行。如遇地面高低不平，或有斜坡的地方，必須將鐵鏈之一端提高，務令其能成水平，然後用一懸錘，沿提高之末點垂下，則可得地面上之一點。

## 第二節 障礙物之測量法



第 十 六 圖

鐵鏈之使用，及測量距離長短之方法，前節已經說過了。但在鐵鏈測量距離時，所測量之方向，常常有障礙物為難，不能使鐵鏈測量之工作，一氣進行。所謂障礙物，係指房屋、河流、墳墓等等而言。測量時，如遇此等障礙，則必須設法進行，務求達到測量之目的而後止。

如十六圖所示，A B 兩點，為測線上之起點及終點。但因此兩點中間，有一所房屋，以為進行測量之障礙。則不能直接量過，故不得不另求方法，以完成測量之工作，並須求得其結果。其法，則從 C 點上，建設 C E，為 A C 之垂直線。C E 線之長度，可以看障礙之大小而定。但自 E 點，依 A C 平行之方向，向

前觀望，須以不再為障礙物所阻為宜。又自E點，依垂直線之作法，使EF與CE成直角，並須使DF之長度，與CE相等，則定D點。再從D點，決定DB。DB須與FD成直角。於是AB必為一條直線。AB之長度，雖不能直接求得，亦可以間接求得之。所以AB之長度，為AC，加EF，加DB即得。

關於遇障礙物，測量之方法頗多，以篇幅之限制，不能一一枚舉，上面所述的，不過一個最顯明的例子而已。讀者如能應用幾何學的理論及證法，則對鐵鏈測量中之種種障礙物，必不難應用幾何學的方法，來解除實地測量時所遇的一切障礙。

鐵鏈測量之功用，普通只限於測量距離，及計算面積之用。然有亦可以用鐵鏈測量以測得地形。但此實為最簡陋之方法，不能得精確之結果。故欲求地形之大概情形，或欲測得公園、學校，以及房屋基地等之大概圖形，可以用鐵鏈測量之方法以測之。



### 第二節 鐵鏈測量時之要點

鐵鏈測量工作，須注意之各要點如左：

- (一)測桿豎立之點，須求正確，不得任意豎立。
- (二)鐵鏈必須拉直，務須求得正確點以後，然後才可以插測針於地上。
- (三)鐵鏈測量時，務須注意鐵鏈之尺數；如用布帶尺測量時，須注意尺面之尺寸。

(四)測時須留心，不得敷衍從事。一發見錯誤，立即設法更正。

(五)須將測量時所得之結果，詳細記載於手簿中，以備查考。

(六)每一直線測完以後，須自起點觀察測線上所插之測桿，是否在一直線上。如發見錯誤，須立即重行測量。

### 第四章 羅盤測量法

## 第一節 羅盤使用法

羅盤測量法 *Compass Surveying*，在測量學中，亦很重要。要知道羅盤測量法，當先知道羅盤之構造。羅盤構造之各部份的名稱，在本書第二章第二節中業已述及。羅盤各部份之名稱及功用，特述之如下。

(一) 羅盤分度圈 *Compass Circle* 從羅盤分度圈上，可以讀得磁針所指的  
方向及角度。

(ii) 磁針 *Magnetic Needle* 磁針，又名指南針。羅盤上之磁針，係供測量時測定方向及角度之用。

(iii) 測望標 *Sight Standard* 測望標上有細隙一條（按羅盤上有測望標二，每一個測望標上，均有細隙，以供測量時視望），測望標之位置，與羅盤上之 *S N*（南北）方向相同。測量時，一方面從測望標上，測得目的地；一方面

則須注意磁針所指之方向及角度。

(四)平水準 Level 平水準，又稱爲平準。平水準之功用，是在求羅盤之位置正確。如羅盤之位置正確，則水準之氣泡，一定在水準圈之中心點；反之，則平準不在中心點，故羅盤之位置，即不能正確。羅盤之位置不正確，則所求得之方向、角度、距離等等，亦不正確。所以測量時，以校正水準爲第一步重要之工作。

羅盤各部份之功用，上面已經講過。現在須說明羅盤之用法。

羅盤之用法，有下列各點，特述明之。

(一)將羅盤安置於測點 Station、或測站之上，務使羅盤之支柱垂直，羅盤上之水準正確。

(二)將羅盤安置於測點上，測望標桿時，不得使羅盤之支柱，任意偏斜。因爲支柱偏斜，則難得正確之結果。

(三) 測量時，須將羅盤持穩，不得使外來之力量，侵及測量儀器（就是不能使他人或觀者，亂動儀器）。

(四) 注意磁針在測站時所指示之方向。

(五) 從測望標之隙中，觀測所測之標桿時，同時須注意磁針在分度圈上所指示之角度。

(六) 將第一測點上所測之各點工作完事之後，則可將羅盤移至第二測點上，但在第二測點上，必須測望第一測點，並記其角度，以爲校正之用。

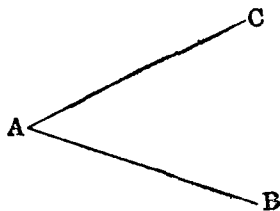
(七) 從測望標上測望目的地所豎之測桿，記錄磁針所指示之方向及角度，同時用鐵鏈或卷尺，以測量測點及目的地之距離。

(八) 羅盤動時，必須將管理磁針行止之螺旋扭緊，不使磁針受外力搖動。否則，磁針如受外力搖動太久，則不能十分準確；甚至將磁針弄壞。故測量時須留心。

總之，測量之工作，決非粗心暴氣之人，所能勝任的。上述的幾點，係指其最重要而言。但可以說：不但是在羅盤測量時，須根據上述之方法進行；就是在水平儀測量法，經緯儀測量法中，尤須注意儀器之使用。因為不懂得使用儀器，還有什麼測量工作的成績可言呢。羅盤測量法之應用頗廣，測量時所以常用羅盤的原因，以取其便於提攜，便於放平也。

## 第二節 羅盤測量法

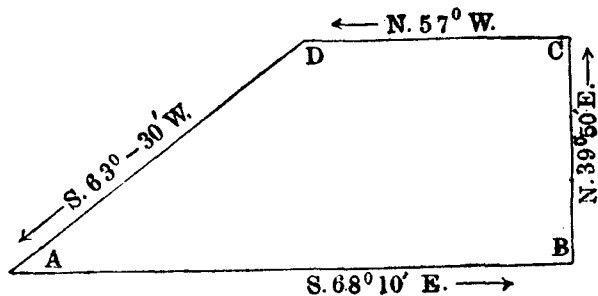
羅盤測量之目的，在求準確之方向及角度。但用羅盤測量角度，不能得其最精確之數目，惟磁針所指示之方向，常常是一定的。故羅盤測量，則利用磁針指定方向之方法，以量得角度之大小。羅盤測得之角度，係指兩直線相交所含之角度而言。如十七圖所示，A、B、C、為地面上之三點。要求的CB兩點與A所成角度之大小，則可將羅盤安置於A點，以A點為測點。安置羅盤之



第 十 七 圖

方法，前節已經說過。但前節所述者，為一根支柱之羅盤。如三足架之羅盤，則須懸一鐵錘掛於

三足架之下面，務使錘尖正對A點。於是從A點，可以測得AC及AB兩直線的方向，再從此兩直線之方向，以求其角度。羅盤磁針上所指之方向，為南South、北North兩方向。測量時，可利用此兩方向，以定角度之方向。如  $N30^{\circ}E$ ， $S30^{\circ}E$ ， $N30^{\circ}W$ ，以及



第 十 八 圖

S. 0°W 等等。所謂 E, W, S, N, 係指 East, West, South and North 而言，即東、西、南北四方。

根據上述測量角度之方法可以測得如下之結果。如十八圖所示，從 A 點測起，可以測得 A B 爲 S. 68° 10' E.；A D 爲 S. 63° 30' W.；從 B 點起，可以測得 B A 爲 S. 68° 10' E.；B C 爲 N. 39° 50' E.；從 C 點，可以測得 C B 爲 N. 39° 50' E.；C D 爲 N. 37° W.；從 D 點，可以測得 D C 爲 N. 59° W.；D A 爲 S. 63° 30' W.。如 A B, B C, C D, D A 等四邊之長短量得，則 A B C D 之面積，亦可以算得。

羅盤測量方向及角度之方法，已如上所述，至於羅盤測量之記載方式，當於下節說明之。

### 第三節 羅盤測量簿記法（羅盤測量記載方式表）

羅盤測量記載方式簿 Note Book 分兩面記載：一面記載測量時所得之角度、距離等；一面則繪測量地形之平面圖形，並註明各部份測得之結果，下表即為記載之方式。

Station	Line	Bearing	Length	Remarks
A	A D	N. 63° 30' E.	200.5	
B	A B	S. 68° 10' E.	400.2	
C	B C	N. 39° 50' E.	120.5	
D	C D		100.4	
	D E			
	D A			

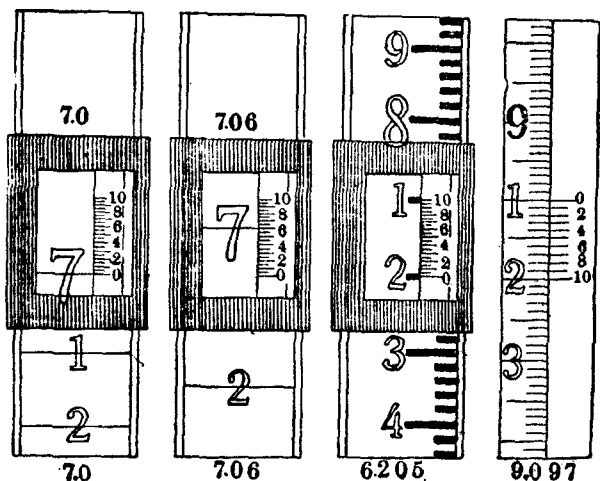


## 第五章 水平儀測量法

### 第一節 水平儀使用法

水平儀之各部份名稱及構造，在第二章第三節中，已經說過了。本節則專事討論水平儀之用法。水平儀，爲測望水平視線之器具，在測量工作上之功用很大。但水準怎麼樣可以使牠平準？如何可以從水平儀之望遠鏡中，測得最精確之結果？測尺上之數目，如何可以認識正確？這都是要知道的問題。使用水平儀時，須先將水平儀之三足架安放於測點上；安放三足架時，須左右兩手持三足架之一足，使另一足立於地上，然後將三足架撐開。安置時宜使其平正。安置三足架以後，再用左右兩手，轉動水平儀下面之螺旋，務求水準在水準管之中點爲止。將水平儀安放水平以後，則可以從水平儀之望遠鏡中，測望所

目（如幾尺、幾寸、及幾分之幾寸等等）。



第 十 九 圖

此圖說明從測望鏡中觀察測尺上的數目，中方置中的橫線與測望鏡中的橫線相合。

豎立的測桿。如看不清楚，則可將望遠鏡上所附之細動螺旋，輕輕的轉動，將視線配準以後，就可以測望目的地之標桿。但務求目的地之測桿，與望遠鏡中之直徑線相合。至於欲求測尺上所標誌之數目，則須使望遠鏡中之橫線（中間的）與測尺上之數目相合，就可從望遠鏡中，視察測尺 Rod 上的數

## 第二節 水平儀校正法

水平儀測量之目的，在求地平面之高低。故在道路及鐵路測量中，常用水平儀，以定路線縱斷面之高低，以爲施工時填砌，或切取之根據。但在未說明水平儀測量法之先，對於水準儀之校正，不得不加以說明，因爲水平儀如不正確，則測得之結果，一定是不忠實的。

校正水平儀重要之部份，在校正水準。將水平儀安置於地面上之一點（如圖之A），使其平準以後，然後從A點上豎立一測尺，以水平準望遠鏡之一端對測尺（測尺距離望遠鏡約在一吋以內），從望遠鏡中，窺視測尺上之標記，如看不清楚，則可以望遠鏡倒轉來觀察（就是和平常之測望法相反），就可求得測尺上之標記，將求得之結果，記入手簿中。再將望遠鏡轉回原來之位置，以測地面上所擇之另一點（如圖之B），B點所豎立之測尺標記測得以後，亦

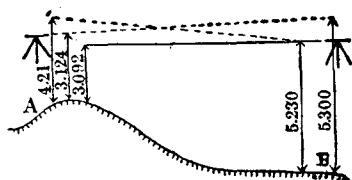


圖 十 二 第

記入簿中。如儀器準確，則兩數之差，即為兩點高度之差。如儀器不準確，則此兩數之差，就不是兩點高度之差。將儀器移至 B 點，如上法以求之，並記其所得之結果。既得此兩種結果，則取其平均數，即得兩點真正高度之差。

求得 3.092，就是水平視線所指之數。

### 第三節 水平儀測量法

置水準儀於 A 點

測尺在 B 點讀得之數 5.300  
 測尺在 A 點讀得之數 3.124  
 A B 兩點高度之差 2.176

置水準儀於 B 點

測尺在 B 點讀得之數 5.230  
 測尺在 A 點讀得之數 3.124  
 A B 兩點高度之差 2.106

將兩數平均之則得 A B 兩點

真正之高度差

$$\frac{2.170 + 2.106}{2} = 2.138$$

但水準儀在 B 點之上 5.236

故測尺在 A 點讀得之數應為

$$5.220 - 2.138 = 3.092$$

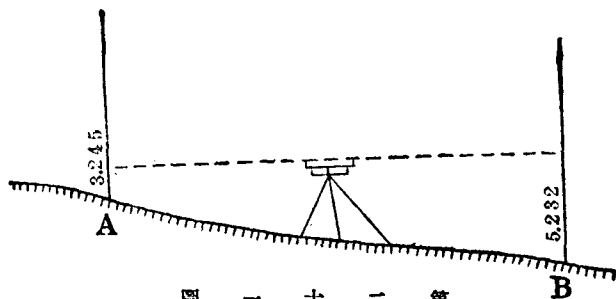


圖 一 十 二 第

水平儀測量之目的，在求地面上所測各點高度之差。如欲求地面上兩點高度之差，則可置水平儀於兩點之間（以能够測見兩點為適當）（如二十二圖），置測尺於A點，從水平儀之望遠鏡中，觀察測尺上所載之標誌，記入測量手簿內；再將測尺移至B點，從水平儀之望遠鏡中，觀察測尺上所載之標誌，記入測量手簿內。但此有兩點須注意：

- (一) 水平儀須安放平安；
  - (二) 測尺之豎立，須力求正直。
- 水平儀如安置不平安，則不準確；測尺如豎立不正直，則所測得之結果，一定不確實。所以

這兩點不得不注意。根據上述方法測得之結果，A B 兩點——又稱爲前後兩點——之差，就是 A B 兩點高度之差。例如測 A 點時，在測尺上所得之結果爲 3.245；測 B 點時，在測尺上所得之結果爲 5.232。則 A B 兩處地面高低之差，爲  $5.232 - 3.245 = 1.987$ （即從 B 點所得之結果，減去 A 點所得之結果，剩下之數，就是 A B 兩點高度之差），同時又可以知道 A 點低於 B 點 1.9870，可知地勢愈高，則相差愈大，測得之數必愈小。

水平儀測量法，從一測點起（如二十一圖），有前視 Foresight = F.S.，及後視 Backsight = B.S. 兩點可測。通常前視，以負號（-）表之；前視，以正號（+）表之。在水平儀測量法中，有下列的兩個公式，可以供計算之用，茲將兩公式，書明如下：

- (1)  $E.I.(\text{Elevation}) + B.S.(\text{Backsight}) = H.I.(\text{Height of Instrument})$ 。
- (2)  $H.I.(\text{Height of Instrument}) - F.S.(\text{Foresight}) = E.I.(\text{Elevation})$ 。

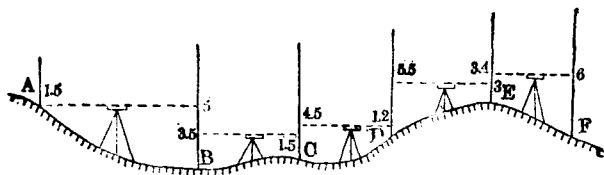


圖 二 十 二 第

上述之水平儀測量法，為測得較近距離之用，如遇遠距離，則不得不另用方法以求之。此種方法，就是利用上所述之方法，繼續進行即得。（如二十二圖）所示，A F 兩點之距離太遠，不能用上法一次測成。乃將水平儀置於 A B 兩點之間，先測得 A 點所豎測尺上之結果，後測得 B 點所豎測尺上之結果，將結果記入測量手簿之中。將水平儀移至 B C 兩點之間，先測 B 點上所豎測尺之結果，後測 C 點上所豎測尺上之結果，記入測量手簿之中。再將水平儀移至 C D 兩點之間，如上法求得 C D 兩點之結果。如此繼續進行，就可以從 A 點測至 B 點。

此種測量法所得之結果，就可以知道土地之縱斷面

。但中間之距離過遠，則不正確，普通水平儀與測尺之距離為二〇〇英尺至三〇〇英尺。茲更將水平儀測量遠距離之簿記方式(I)列後。

Station 測 點	Distance 距 離	B. S. 後 視	F. S. 前 視	Remarks 備 註
A				某路界石碑 某橋邊
B	100	1.50	5.00	
C	90	3.50	1.60	
D	95	4.50	1.70	
E	40	5.50	3.00	
F	30	3.40	6.00	
	<u>355</u>	<u>18.40</u>	<u>17.03</u>	

如欲求各點高度之差，可用前法以求之。

如二十三圖所示，A點之一〇〇，為假定的數目，以期其便於計算。根據



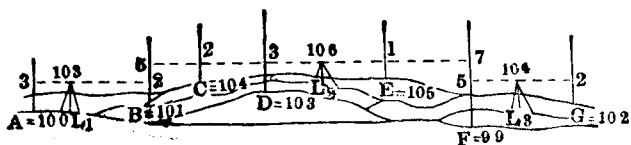


圖 三 十 二 第

上圖所示，用水准儀測得之結果，可以記其各點之結果如下：

$$100 + 3 = 103 = H, I, \text{當水平儀在 } L_1,$$

$$103 - 2 = 101 = E_1, (B \text{ 點}).$$

$$101 + 5 = 106 = H, I, \text{當水平儀在 } L_2,$$

$$106 - 2 = 104 = E_1, (C \text{ 點}).$$

$$106 = H, I, \text{當水平儀在 } L_2,$$

$$106 - 3 = 103 = E_1, (D \text{ 點}).$$

$$106 = H, I, \text{當水平儀在 } L_2,$$

$$106 - 1 = 105 = E_1, (E \text{ 點}).$$

$$106 = H, I, \text{當水平儀在 } L_2,$$

$$106 - 7 = 99 = E_1, (F \text{ 點}).$$

$$99 + 5 = 104 = E, I, \text{當水平儀在 } L_2,$$

104-2 = 102 = E.I. (G點).

如上圖中之 A、B、F 三點，謂之轉點 Turning Point，簡寫為 T.P.。茲更

將上圖中所示測量方法之簿記方式(II)列後。

水平儀測量簿記之方式

左 頁 (Left hand Page)

右 頁 (Right hand Page)

Sta.	B. S.	H. I.	F. S.		E.I.
			T.P.	Int.	
A	3.0	103.0			100
B	5.0	106.0	2.0		101.0
C				2.0	104.0

此頁係供備註之用

D				3.0	103.0
E				1.0	105.0
F	5.0	104	7.0		99.0
G	$\frac{13.0}{11.0}$ 2.0	check (校對)	$\frac{2.0}{11.0}$		102.0

#### 第四節 記錄須知

水平儀之用法及測量方法，在上述各節中，已道其概要。茲特將測量時記錄所應注意之事項述之。蓋測量之野外工作成績之記錄，全賴乎記錄員之細心記錄，以備撥歸時計算之根據，記錄之重要可知。記錄員應注意之事項，有下列各點，特一一說明之。

(一) 用水平儀測量簿記 Level Book。

(一)用硬鉛筆 3H 或 4H，不得用軟鉛筆。

(二)簿記須從左頁記起，右頁供「備註」之用。

(三)寫錯時，不得由橡皮擦去重寫，應將錯字用鉛筆畫去，另寫之。

(四)簿記上，須註明工作日期，測量地點。

水平儀測量簿記之方式，式樣頗多，前面業已舉例，以示其方式之一斑。

茲更將作者實測杭州路線時，所用之方式列後(III)，以供參閱。

縱斷面水平儀測量之簿記方式

Bench and Profile Level

Station	B. S.	H. I.	F. S.	Profile rod	E. I.	民國 年 月 日 Remark 測量者.....
B. M. O					100.00	清放儒士宗洋墓碑
不	4.50	104.0				

測 量 學 A B C

0				4.7	99.80	
1+00				3.8	100.70	
2+00				11.5	93.06	
2+83.6				3.7	100.80	
3+00				3.5	101.00	
T. P. 1			2.15			養生葛碑
木	11.9	113.25				
4+00				13.0	1 0.25	
T. P. 2			.45		112.80	養塚碑
木	10.86	123.66				
5+00				7.96	115.70	

6+00			8.30	114.38	
T. P. 3			12.7		癡瘋院牆脚附近20°之石鋪
不	2.66	113.61			

### 第五節 橫斷面測量法

縱斷面之測量方法及簿記之方，已於前節中述其大要。本節當討論橫斷面測量之方法。橫斷測量之目的，在求得路線 *Tangent line* 兩旁距離二〇〇英尺以內之高低不同之處。如路線在平原或平坦之田地上，則橫斷面測量之工作，實為最容易之工作，因為只須記明路線兩邊為平地即得。如路線在山崗起伏之處，則橫斷面測量之手續，比較煩一點，遇路線之高低改變的地方，即須施行橫斷面測量之工作。

橫斷面測量時，至少須二人。所須之儀器爲袖珍水平儀 Hand level 一，測尺一（須能抽出升高），布帶尺一，以及測量手簿等等。此種測量工作，須尋得經緯儀所測過之測點，然後才可以開始。袖珍水平儀測量員，立於經緯儀測過之測點上，測尺員即將測尺豎於適當之距離以內，同時與袖珍水平儀測量員用布帶尺量測上和測量員所立之地點之距離，由水平儀測得測尺上之高度，即記入手簿中。如此繼續在路線之兩旁二〇〇英尺以內之各點（地面高低之點）工作，則可得全路線之橫斷面。茲將橫斷面測量之簿記方式 (IV) 列後。此種簿記之左頁，只記載經緯儀所測過之測點，右頁則記載橫斷測量之結果。記載所以用分數式者，分母爲測尺與測點之距離，分子爲測尺上之高度。

橫斷面 Cross-Section 水平儀測量之簿記方式

Station		L (左)		R (右)
---------	--	-------	--	-------

6+00	level $\frac{+3}{50}$	$\frac{+2.4}{30}$	$\frac{+1.2}{10}$	○ Rockhill
5+00	level $\frac{+3}{34}$	$\frac{+2.1}{24}$		○ Rockhill
4+00	level $\frac{+4}{38}$	$\frac{+3}{20}$		○ $-1.2$ Rock hill
3+00	level $\frac{+3}{35}$	$\frac{+2}{20}$		○ $\frac{+1.5}{20}$ $\frac{+2}{35}$ Rock hill
2+00	level $\frac{+2.9}{3}$	$\frac{+2}{24}$		○ $\frac{-3.2}{17}$ $\frac{-9.7}{27}$ Rock hill
1+00	level			○ $\frac{-5.5}{14}$ $\frac{-9.7}{44}$ Rock hill
0+00	level $\frac{+2.4}{50}$			○ $\frac{+1}{27.5}$ level

註：分數式中之數，有正號者，為高於地平面之數；有符號者，為低於地平面之數。



## 第六章 平版儀測量法

### 第一節 平版儀使用法

平版儀測量法 Plane Table Surveying 之目的，在求得地面之形勢。換言之，用平版儀測量，可以將地面之形勢，縮小繪成一幅地形圖。如地面上之村莊、河流、田原、橋樑等等，均可以詳細載入圖中。所以平版儀之功用，在測量工作方面頗大。因為用平版儀測量，一方面進行測量之工作，一方面則可以進行繪圖之工作。較之用羅盤、水平儀等測量地形，實在是方便得多。

平版儀器的構造（見第二章第五節），可分為三部份來講：

(一) 三足架；

(二) 繪圖版；

(二)照準儀(包括望遠鏡、水平儀、羅盤、及製圖尺等等)。

平版儀之用法，先將三足架安放妥當，再將繪圖版用螺旋安置於三足架上。繪圖版上置繪圖紙，然後將平版儀置於版上。測量時，須從測點上，打一木樁於地上(測點上)，使平版儀三足架上(三足架須放平)所懸之鐵錘之尖端，與木樁上面所釘的鐵釘釘頭相對，然後將平版儀置於版上，用平版儀中所附之指南針，以定南北的方向。定後即用鉛筆畫一南北線於繪圖紙上。方向既定之後，就可以開始測量的工作了。

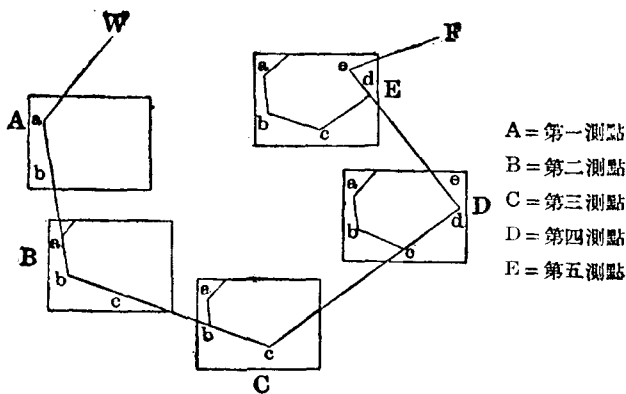
平版儀測量工作，最為簡單，工作時，可以不必攜帶布帶尺，只須帶測尺。因為從平版儀之望遠鏡中，觀察測尺上的數目，就可用比例的方法，求得距離的遠近——比例數為測尺上一呎，等於一〇〇之距離。故用平版儀測量時所用之測尺，為一〇英寸，等於一英尺；一英尺，等於一〇英寸。

至於繪圖時所用之比例尺(縮尺)，通常為一英寸，等於一〇〇英尺；或

一英寸，等於二〇〇英寸。總之，可以隨時應變以定比例尺之大小，務求其便於測量時的計算。

## 第二節 前進測量法

前進測量法 *Method of Progression*，為平版儀測量法中最淺近的一種。如二十四圖所示，將平版儀安設於第一測點，測定距離以後，則前進將平版儀安置於第二測點（將平版儀移至第二測點時，須令一人持測尺立於第一點，再從第一點以觀測第一點，以資校準（*Check*））。校準以後，將從第二測點，以測得第三測定。測時並將第一測點至第二測點，及第二測點至第三測定之距離，用比例尺方法，繪於繪圖紙上。如此繼續前進，以完成所測的目的地。測定一圖時，其最後之線的一端，必須與最初之一點相合，才能謂之準確。如不能相合，則須重行測量，務求準確為止。



第 二 十 四 圖

上述之方法中，可以不先定圖上之南北線。如先將南北線定了以後，則將平版儀移至第二測點時，可以無須令一人持測尺，豎於第一測點，從事校準；只須在平版儀移至第二測點時；求其方向與第一點之方向相同以後，就可以進行；從第二測點，以測第三測點。如此前進工作，最後可以得着目的地的圖形。

平版儀測量時所攜帶之器具，除平版儀、繪圖紙、測尺以外，另外須帶分度規、硬鉛筆、橡皮、三角版、

繪圖尺等。無須攜帶測量手簿。故平版儀測量之工作，較之水平儀、羅盤測量工作，可以省去簿記的手續。

用羅盤測量法，亦可以測得地形的圖形。但以手續麻煩，且製圖的工作，又不能在郊野隨測隨製。用羅盤測量地形，只可以在郊野，根據測量的結果，繪成一極粗陋之簡圖。故地形測量，多用平版儀。

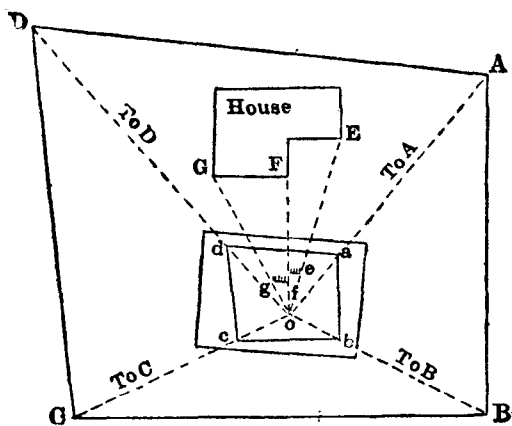
### 第二節 射線測量法

射線測量法 *Method of Radiation*，為地形測量法中之一種。平版儀測量地形時，用射出法實較前節所述之前進法為便利，因為在一測點上，就觀察所及的地方，一概可以測入圖中。所謂射線法者，於測地內之一點，安置平版儀，定其自測點上射出至各測點之方向及距離也。在野外測量，用此法測四周的地形，最為便利。如二十五圖所示，平版儀安置處之點為○。從這測點上測得A

、B、C、D四點（即爲所測的地形之四角）。用比例尺可以將此四點與測點之距離，繪入圖中；同時又可以測得房屋（即圖中之 House），如G、F、E三點，爲房屋之角，與測點之距離。用比例尺，可以將房屋之圖形繪入平版儀測量的圖中。

#### 第四節 交線測量法

交線測量法 Method of Intersection，在地形測量法中，亦很重要。交線測量之方法，是從已知之各測點，以測其他各測點，察出各視線之交點，以定其



第 二 十 五 圖

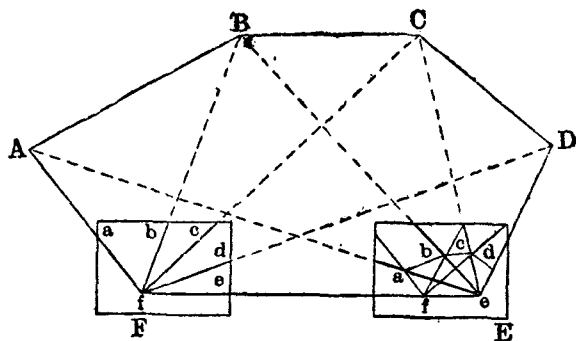


圖 六 十 二 第

他各測點位置的方法。用此種方法，測量地形，最為迅速。如二十六圖所示，A B C D E F，為一多邊之地面，欲將多邊形地面之形勢，測入圖中。其方法可先將平板儀安置於適當的地點（如圖F點），從F點上，測量A、B、C、D、E各點，以定各點之方向，並將各點與F點之距離，以直線繪於圖中；然後再測F E，依比例尺以定直線F E。更將水平儀移至E點，從E點測量A、B、C、D各測點，定各點之方向，畫直線於圖中。於是將E點與F點所測各線之點，連結之，便可以得

地形之全圖。

交線測量法中有下列數端，亦應注意：

(一)從測點(如 E、F 兩點)所射出各線，須以字記之，以免混雜而不清楚。

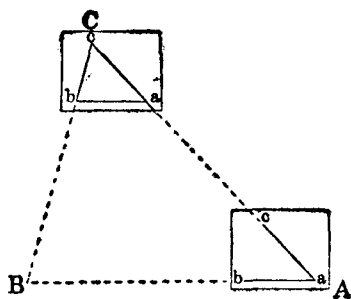
(二)從測點上觀測其他各點，同時可從測望鏡中，觀察測尺上之標記，以定兩點之距離。如不用此法，則須以布帶尺，或鐵鏈，以量此兩點之距離。

(三)如須計算所測得地形之面積，則可將所得之圖形，分成若干三角形，用算術的方法以計算之。

(四)在圖上註明時，每一測點，只可以註一個字，各點所註之字，不得相同。換言之，就是不得用同樣的字，註於不同的測點。

## 第五節 截線測量法





第 二 十 七 圖

前面所述之各種測量地形的方法之中（如射線法、交線法、前進法等），以射線法為最佳，且所得之結果，亦較為準確。如面積較大之地形，則不能完全用射線法，以測得其全圖。本節則討論截線測量法。所謂截線測量法，就是以截線法，求得各點之位置。如上圖所示，A B C 為地面上之三點。

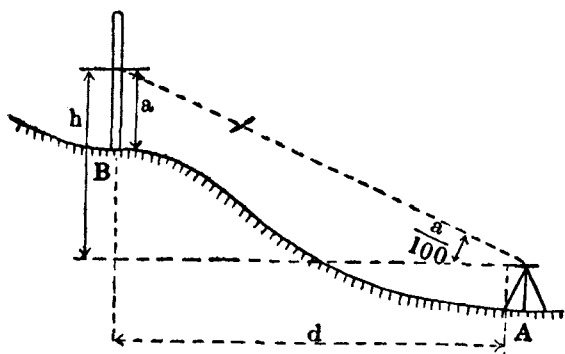
先量 A B 兩點之距離，用比例尺繪入圖中，以為基線。將平板儀置 A 點，用前法使 a b 線之方向與 A B 相同，乃以銅尺邊貼於 a 點，測望 C 點，使所繪之直線與 C A 之方向相同。更以銅尺邊貼 b 點，將鏡移動，俟鏡中直線絲正在 B 點時，即繪 b c 直線截 a b 直線於 C 點。於是 a c 直線，即代表 A C 之距離；b c 直線，即代表 B C 之距離；a b 原為基線

，即代表 A B 之距離。則 C 點之位置，可以測入圖中。

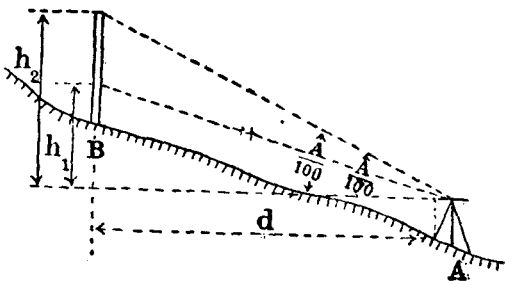
### 第六節 平版儀測距離

#### 及高低法

如二十八圖 A 點及 B 點之水平距離為已知數，欲求兩點之比高，可用照準儀測定之。其法先將平版儀安置於 A 點上，安放水平以後，以照準儀之一端，傍於圖上之 A 點，移視線向 B 點。由望遠鏡中，向 B 點測尺之遊鵝 Target，以視測尺上分畫之數目，用下列之公式求之。



第 二 十 八 圖



第 二 十 九 圖

在此公式中，

$$h = \frac{a}{100} \times d$$

d 為水平距離，

h 為兩比高，

a 為分畫數。

例如 A 點及 B 點之水平距離為八六英尺，分

畫數為一八英尺。用上列之公式，可以得下列之

結果： $h = \frac{18}{100} \times 86 = 15.48$  英尺。可知 A B

兩點之比高，為一五·四八英尺。

如二十九圖，為測 A 點及 B 點之水平距離法

○。其法將測尺上安置二遊鶴，例如上遊鶴在測尺上一〇之處，觀分畫度 A 為二

○；上遊鶴在測尺上一尺之處，觀分畫數 A 為一三，則

$$h_1 = \frac{A}{100} \times d = \frac{20}{100} \times d \dots\dots (1)$$

$$h_2 = \frac{A_1}{100} \times d = \frac{13}{100} \times d \dots\dots (2)$$

$$h_1 - h_2 = (1) - (2) = \left(\frac{20}{100} \times d - \frac{13}{100} \times d\right) = \frac{7}{100} \times d$$

根據計算之結果，可知 A B 兩點之水平距離（如 d 為測得之水平距離）。通常測尺之高度為六英尺，可將視線向測尺之頭尾兩端觀測，視其截取之分畫數（A-A<sub>1</sub>）為若干，從下表求之即得（但測尺高度有變改時，則此表不能適用）。

分畫數 (A-A <sub>1</sub> )	水平距離 d:ft	分畫數 (A-A <sub>1</sub> )	水平距離 d:ft
1	600	21	28.5
2	300	22	27.2

C B A 學 量 測

3	200	23	26.0
4	150	24	25.0
5	120	25	24.0
6	100	26	23.0
7	85.7	27	22.2
8	75.0	28	21.4
9	66.6	29	20.7
10	60.0	30	20.0
11	54.5	31	19.3
12	50.0	32	18.7
13	46.8	33	18.0

14	42.0	34	17.6
15	40.0	35	17.1
16	37.5	36	16.6
17	35.8	37	16.2
18	33.5	38	15.8
19	31.5	39	15.4
20	30.0	40	15.0

## 第七章 經緯儀測量法

### 第一節 經緯儀使用法

經緯儀 Transit 測量法，用途最多。經緯儀之各部份，在第二章第四節中

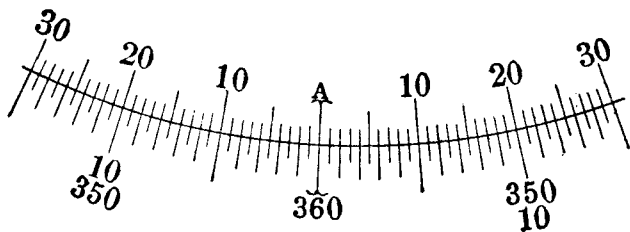
，已經說其概要，本處當討論經緯之用法。經緯儀的功用，可以地平角與直立角之大小，並以經緯儀上之望遠鏡製造之精確，可以直接測量距離之遠近，凡是羅盤測量所能够辦得到的事項，均可以用經緯儀代替。不但是可以用經緯儀代替羅盤，同時，以經緯儀測量所得之結果，較羅盤測量所得之結果，更為準確。

經緯儀中所有之器具，為望遠鏡、水平儀、分度圈、圓盤、三足架等等。用時可先將三足架安置穩妥，再扭動螺旋，以求水平。精細之經緯儀，有水準器兩個以上，以供校準之用。將經緯安置水平以後，即可以從望遠鏡中，測量目的地；同時在分度線之下面，可以觀察 Vernier，以得測量直立之大小。在經緯儀測量法，所應注意者，即為副儀 (Vernier) 之讀法，當於下節說明之。

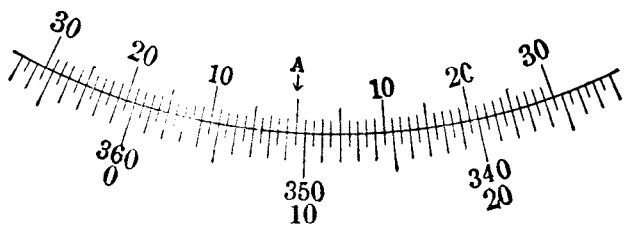
## 第二節 副儀 Vernier 之讀法

用經緯儀測量角度之方向，行動極爲自由，如左、右、俯、仰等等，均可運用自如。所以經緯儀中之副儀，爲複式的。所謂複式副儀者，即指標示之左右，均爲同一之單位副儀而言。一可以自左向右讀，一可以自右向左讀，如三十圖所示。但所量的爲角度，並不是直線，故爲弧形，以與分度圈相切。分度圈最小之一分，爲二分之一度（即三〇分），則一分與二分之數，從分度圈中，實難以看出結果。於是不得不借助於副儀，副儀之分法，以分度圈之二九小份（每小份三〇分）的弧長，分爲三〇份。則副儀每一小份，等於  $\frac{29}{30} \times 30'$  即  $29'$ 。就是每一小份爲二九分。故副儀的每一小份，比分度圈之每一小份小一分。如三十一圖所示——甲乙兩圖之副儀，能讀至一分。甲圖中所示之示標所指分度圈外面之數目字，爲九度一六分，所指分度圈內邊之數目字，爲三五〇度四四分。乙圖中所示之副儀，能讀至三〇秒（等於二分之一分）。分度圈之分法，每度分爲三小份（即每一小份等於二〇分），以分度圈之三九小份之



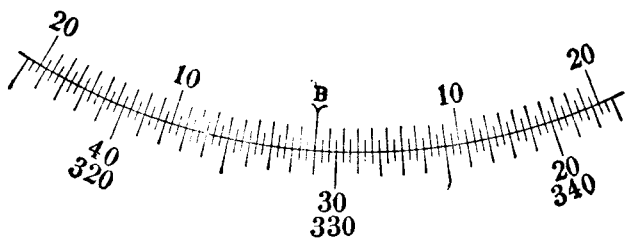


(甲) 圖 十 三 第



Vernier

(甲圖) 圖 一 十 三 第



Vernier

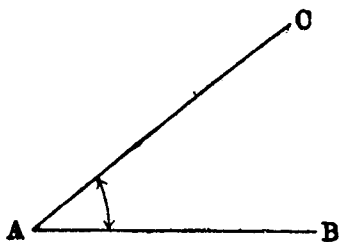
( 乙 圖 )

弧長，分爲四〇份，以分得每小份之長，爲副儀每一小份之長。照此種分法，則副儀每一小份，比分度圈每一小份要小三〇秒。所以乙圖中所示之 Vernier，能讀至三〇秒。乙圖中所示分度圈外邊的數目字，爲三一度一七分三〇秒。所指分度圈外面的數目字，爲三二八度四二分三〇秒。

副儀 (Vernier) 之讀法，在經緯儀測量法中，最爲重要。經緯儀中分度圈上分度之大小，當視經緯之精粗爲定（本書第二章第四節所示之經緯儀，能益至二〇秒）。副儀之能讀至精細數目之程度，亦無一定的辦法，上面所說的，爲實例的一種。如測量時能細心觀察，則副儀之讀法，也是一件不難的事。

### 第三節 測地平角法

副儀之讀法，已如上節所述。蓋副儀之讀法，在經緯儀測量法中，最爲重要。換言之，不懂得副儀之讀法，即不能使用經緯儀測量，這是一定的道理。



第三十二圖

經緯儀之測量方法頗多，茲當擇其重要者，一一述之。

本節所說明者，為用經緯儀測量地平角之方法。我們知道，經緯儀最大之功用，為測量角度，及測定直線（切線）。用經緯儀測量地平直之方法，如三十二圖所示，先將經緯儀安置 A 點，安設水平以後，再將經緯儀之圓盤，輕輕的旋轉，使副儀之零（○），與分度盤之零（○）相對，即將盤邊之螺旋旋緊

。此時如副儀之零與分度盤上之零，不能相對準確，或相差不多者，可輕輕將旋動盤邊之直螺旋以校正之。至副儀之零與分度盤之零相對準確以後，即不能移動，以免有重行校正之工作。再將分度盤移動，使其與經緯儀上望遠鏡所測之方向相同以後，將螺旋旋緊，同時在望遠鏡中觀測，使望遠鏡中之直絲，與所測之目的地所豎之標誌相合（如圖 B 點

）。如有很細微的相差，則可旋動盤下之螺旋以求其準確。觀測 A C 時，亦如前法。如此即可求得 B A C 的角度（地平角）。讀此度角時，務準前節所述之副儀讀法以求之，則不致有錯誤。

上面所述之方法，所得之角度，僅根據一次測得之數，故不能十分精確。茲更述經緯儀之反覆測地平角度之方法，以供參考。所謂「反覆」者，即指測量多次，以多次平均所得之結果而言。因為僅憑一次測得之結果，恐有時不能精確，故用此法以求之，則結果可期圓滿。

如前節所示之圖，仍用前節所述之方法，使副儀之零（○）與分度盤之零（○）相對，即自經緯儀中的遠望鏡中，觀測 B 點；然後再如前節所述之方法，以測 C 點。如此 A B C 度第一次所得之結果，可以求得。將第一次測得之結果測得以後，再連圓板盤將分度盤旋轉，用盤下之兩種螺旋作用（直螺旋與切螺旋），再使望遠鏡旋回至 B 點，校準以後，即將分度盤下之螺旋旋緊，放鬆

圓板盤之螺旋，使圓板盤旋轉，以測C點。則ABC角第二次之結果又可以測得。如此繼續工作，以求至第三次、第四次，以至於多次之結果——普通最多為六次——為止。結果則將測得ABC度角多次之結果相加，以多次除之，即得多次平均之結果。如測量四次者，則以四除之；測量六次者，則以六除之。

#### 第四節 測距離法

測量地平角之方法，前節已曾說明。經緯儀測量距離之方法，即利用地平角之測量法，用平面三角法以算得其結果。此種測量法，為三角測量法之一種。亦為測量法中之基本。用經緯儀測距離之方法，以三角形為根據；如地形不得三角形者，則可設法將地形分作多數之三角形，準平面三角法以解之。先測角度，然後可以算得距離。如三十三圖所示，假定CD為兩點，中隔一河流，選擇與CD相對之兩點，可以從選擇之兩點上，以觀測CD兩點（如圖所示之

AB 兩點，能觀測 CD 兩點），測定基線（AB，或 m）。以 A 點為測點，可以測得  $\angle BAC(\alpha')$  及  $\angle BAD(\alpha)$ 。

以 B 點為測點，可以測得  $\angle ABC(\beta)$  及  $\angle ABD(\beta')$ 。角求得以後，即可用三角法以計算其結果，算式如下：

從  $\triangle ABC$ ,

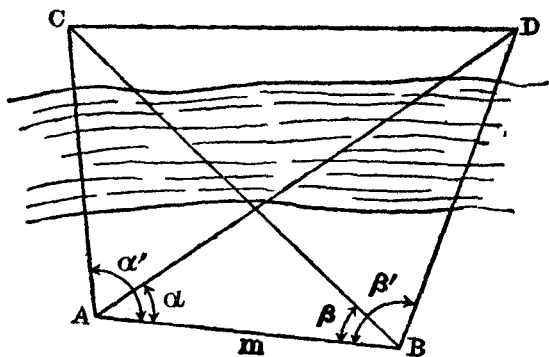
$$\text{得 } AC = \frac{m \sin \beta'}{\sin(\alpha + \beta)};$$

從  $\triangle ABD$ ,

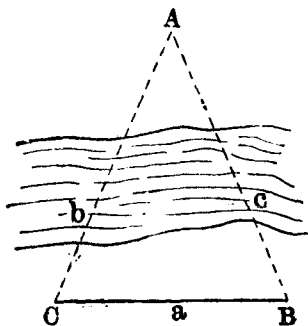
$$\text{得 } AD = \frac{m \sin \beta}{\sin(\alpha' + \beta')}。$$

因此，假定  $\angle CAD = \alpha' - \alpha = A$ 。

$\angle ACD$  及  $\angle ADC$  為  $C, D$ 。



第 三 十 五 圖



第 三 十 四 圖

根據上式之結果，則 C D 之距離可以求得。

則從  $\triangle ACD$ ，得  $CD = \frac{(AC + AD) \sin \frac{1}{2} A}{\cos \frac{1}{2} (C - D)}$ 。

$$CD = \frac{(AC + AD) \sin \frac{1}{2} A}{\cos \frac{1}{2} (C - D)}$$

如三十四圖所示，A B 為隔河之兩點，欲求 A B 之距離，可在河之任何一

邊之空地上，選擇一點（如 C），以能望見

A B 兩點為目的。於是則隔河之 A 點，與 A

B 點，及 C 點，已成一平面三角形之三角點

。以鐵鏈及布帶尺量得 C B 之長短。再以 C

點為測點，置經緯儀於 C 點，以求 C 角之度

數；以 B 點為測點，置經緯儀於 B 點，以求

B 角之度數。則 A B C 三角形的兩角及一邊

，已經知道，即可以依平三角的方法，以計算其結果，茲將其計算之方式列下

準平面幾何的公理，則得  $\angle A = 180^\circ - \angle B - \angle C$ 。

準平面三角正弦定律 Law of Sine，則得  $\frac{c}{a} = \frac{\sin C}{\sin A}$ ， $\therefore c = \frac{a \sin C}{\sin A}$ 。

準正弦定律之公式，即可以求得 A B 兩點之距離 (C)。

如欲求 A C 之距離，亦可以用正弦定律以求之。如

$$\frac{b}{a} = \frac{\sin B}{\sin A}, \text{ 或 } \frac{b}{c} = \frac{\sin B}{\sin C}$$

$$\therefore b = \frac{a \sin B}{\sin A}, \text{ 或 } b = \frac{c \sin B}{\sin C}。$$

根據上列算式之結果，可以求得 A B 及 A C 兩點之距離。

## 第五節 測高法



用經緯儀測高，須先明白直立角之意義。直立角有兩種：

(一)俯角 Angle of Depression ..

(1)仰角 Angle of Elevation .

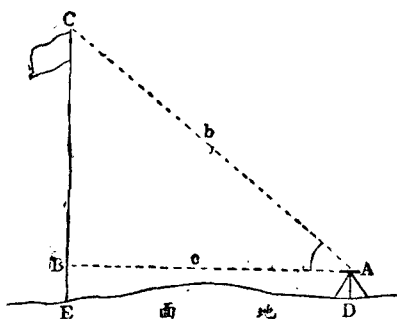
俯角，爲俯視所得之角度；仰角，爲仰視所得之角度。用經緯儀測量山高及房頂之高者，卽利用仰度。至於利用俯角者，則可用之於砲台上以測敵艦距離之遠近。故經緯儀之測量法，不獨在建築道路、鐵路、公園上有極大之功用，卽軍事上亦多器重之，砲兵中，尤不可缺乏測量仰角及俯角之方法。茲特將用經緯儀測高之方法，列舉數例，以資佐證。

用經緯儀測得之高爲直高，這一點，須先注意。

用經緯儀測得之直高，須加經緯儀之高度。

用經緯儀測量直高，須先以測尺測得經緯儀在測點上之高度。

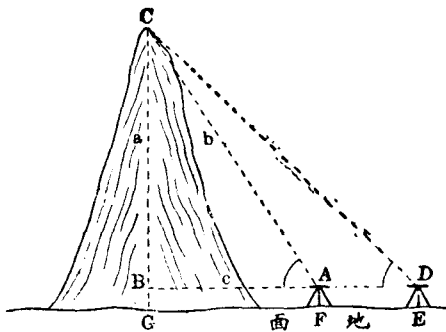
如三十五圖所示，CE爲旗桿之高度。欲求此旗桿之高度，可於地面選擇



第三十五圖

任何一點（如D），將經緯儀安放於D點以後，即從望遠鏡中，觀察B點，以求經緯儀之高度（測時可豎一測尺於B處）。然後再將望遠鏡內之十字線之交點對C點（旗桿之頂點），將螺旋旋緊，不令其移動。如不準確，可以照前節所述之方法以求之。從副儀之示標所指之直立分度圈之度數，可以讀得所測的仰角之度數。如圖中所示之C A B度

，即為所測得之仰角。仰角之度數，從副儀中讀得以後，即用鐵鏈，或布帶尺以測地面上D E兩點之距離，即A B兩點之距離。C E為旗桿之直高，則A B C三角形，必為直角三角形 *Right triangle*。根據平面三角學中之直角三角形解法，可以求得C B（a）的直高。其算式如下：

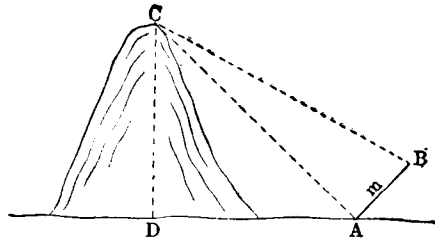


第 三 十 六 圖

$CB = a$ , 則  $a = C \tan A$ 。  
 CB之距離，為從經緯儀望遠鏡中之視平線至旗桿之高度。所以欲求此旗桿之高度，必須加BE（經緯儀之高度）於CB。

求旗桿之高法，已於上例中說明，茲特舉例以說明求山高之方法。

如上圖所示，GC為山高，欲求得山高，則欲測得圖中之D點，事實上是不可能的，於是不得不另求其他適當方法以解決之。其法可於地面上選擇任何兩點，如圖FE兩點，先將經緯儀安置於F點，依前節所述之方法，測得仰角之度數（CAB角）；再將經緯儀移至E點，以測得仰角之度數（CD



第 三 十 七 圖

B 角)。以鐵鏈量地面上 F E 兩點之距離。則在 C D A 三角形中，知 C D A 角及 C A D 角兩角與 A D 之長，則可以依正弦定律，以求得山高。

$$\text{因 } \angle CAD = 180^\circ - \angle CAB;$$

GAB 直角三角形中，可得  $a = b \sin A$

a 為山高，a 求得之後，再加儀器之高，則山高可以完全求得。

如上圖所示，亦為測山高之方法。其方法，先測適當之基線 A B (m)。在 A 點上，測山頂的仰

角為  $\angle CAD(a)$  與  $\angle CAB(b)$ 。

在 B 點上，測山頂的仰角為  $\angle ABC(r)$ 。

$$\text{從 } \triangle ABC, \quad AC = \frac{m \sin r}{\sin (b+r)}$$

但因爲  $GD = AC \sin C AD$

$$\therefore GD = \frac{m \sin \gamma \sin a}{\sin (b + \gamma)} \circ$$

## 第六節 定線法

經緯儀測量之各種方法，已於以上各節中，述其大要。茲更述其定線法，以供讀者之參閱。定線法，爲道路工程，及鐵路工程施工以前必須之測量法。因爲路線之決定，非用經緯儀以測定之不可。不定路線，則無從施工，這是當然的理由，用不着細細的敘述的。

經緯儀定線測量法，普通稱爲導線測量法，又稱爲切線測量法。換言之，就是用經緯儀以測定路線。然後從經緯儀所定之路線各點上，用水平準儀，以測量路線之縱斷面（見本書第五章）；用袖珍水平儀，以測量路線之橫斷面。將縱斷面及橫斷面求得以後，就可以計算土方，估定路工上所需之用費。所以定

線法，實爲築路之根據。

定線之方法，先將經緯儀安設於路線的起點處，以爲測點 $0+00$ ，打木椿於測點上，並於附近多打數椿，以便覆測時，容易尋得測點之用。路線之起點及方向定了以後，即可從經緯儀之望遠鏡中，觀測所測之目的所豎之測桿，普通從起點至第二測點之距離，爲 $100$ 英尺。故第一測點之木椿上所書之標記，爲 $0+00$ ；第二點與第一測點之距離，爲 $100$ 英尺，則木椿上所書之標記，爲 $1+00$ 。如此在第一測點上，繼續觀測，繼續用鋼尺以量測點之距離。如距離太遠，從望遠鏡中不能觀測時，則可將經緯儀移至第二測點，務使三足架中所懸之錘，與第二測點木椿之中心點相對（普通將木椿頭之中心點，釘一小鐵釘，以爲標誌。務使三足架中所懸鐵錘之尖端，與木椿頭中之釘頭相合）。再從第二測點，向後觀測第一測點。第一測點觀測以後，將螺旋旋緊，用望遠鏡，依地平軸旋轉 $180^\circ$ 度，向前觀察，以定第三點。測定第三點時，同時須

量得經緯儀與第三測點間之距離。但持測桿者，須將測桿直豎於測點之上。量距離時，須將鐵鏈，或鋼尺用力拉直。測桿不直與距離不準，則結果即不能精確。

如上所述之方法，繼續不斷的進行，則可以從路線之起點，測得終點為止。經緯儀定線測量之工作，所需之人數如下：

- (一) 經緯儀測量員 Transit man 一人；
- (二) 卷尺或鐵鏈測量員 Tape man or Chain man 二人；
- (三) 測桿員 Rod man 二人；
- (四) 定樁員 Stake man 一人；
- (五) 記錄員 Note keeper 一人。

經緯儀定線測量工作，在道路，及鐵路之工程上，最為重要。故測量時務求其精確。至於記錄員之責任，則在記錄野外工作所得之結果，故記錄員之責

任，亦異常重大。經緯測量之簿記，方式頗多。簿記分爲兩頁：左頁專記錄各測點及前視、後視，以及角度等；右頁則專記錄所測各點之圖形（如木樁的地點、距離，以及其他與測量工作有關係者，均須記錄，以備查考之用）。茲將經緯儀定線法記錄之方式列左：

經緯儀測量（定線法）的記簿方式

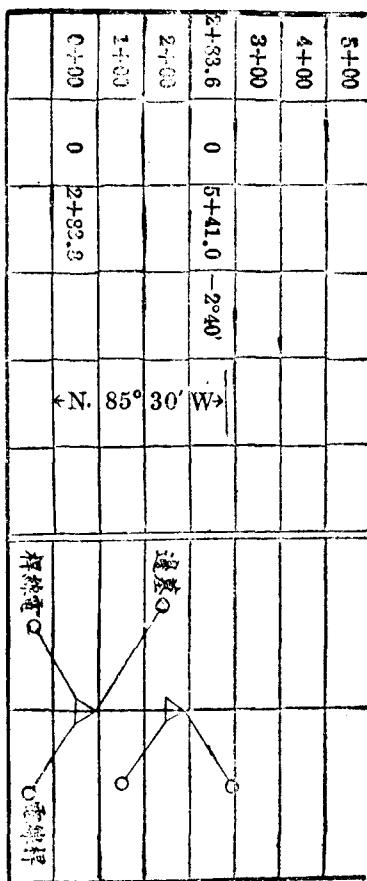
Station.	B. S.	I. S.	Defl. /	Bearing.	Chord. /		
10+50							
9+00							
8+50							
7+00							
6+00							
5+41.0	2+88.8	11+86.0	+36°53'				



## 第八章 測量儀器校正法

### 第一節 水準校正法

在測量工作未曾開始之先，測量儀器之校正方法，不可不知道。如測量之



儀器不正確，則所測得之結果，必定不良。故「工欲善其事，必先利其器」的一句話，實在是有一部份的理由。茲特將校正測量儀器最普通之方法述之。

水準之校正法 The adjustment of plate levels, 有下列數種：

- (一) 安置經緯儀 (轉鏡儀)。
- (二) 使水準之管，平行於轉鏡儀之螺旋之一對。
- (三) 扭緊轉鏡儀上下之二平板。
- (四) 令水準之氣泡，在管之中點。
- (五) 然後扭緊在上之平板，而旋轉此轉鏡儀至  $180^\circ$ ，關於鏡內之垂直交線。

(六) 如管內之氣泡，在管之中點，則此水準即為正確。不然，則引此泡在其二分之一處，重行校正之。

(七) 再如前法進行，務使管內之氣泡，在管之中點為止。

## 第二節 鏡內交線校正法

鏡內交線校正法 Adjustment of cross-hairs, 可分為兩種：一為垂直交線校

正法 Adjustment of Vertical cross-hairs. 一為使視線垂直於水平交線 To make the line of sight perpendicular to the horizontal cross-hairs. 特一一說明之。

### 一 垂直交線校正法

- (一) 將此儀器，如平常安置之方法以安置之。
- (二) 藉垂直交線之上端，或下端，在一適當的距離，視察一定點。
- (三) 扭緊上下二平板。
- (四) 將鏡筒之一端，緩緩的上下移動以視察之。如此點在垂直之交線上，則垂直交線即為正確。

(五)不然，即將在此垂直交線環上之校正螺旋，移動至適當之位置。  
 (六)重復用此種方法，直至其點在垂直交線上運動為止。

二 使視線垂直於水平交線

(一)置轉鏡儀於任何一點(如圖○點)，並將此儀器  
 水平之。

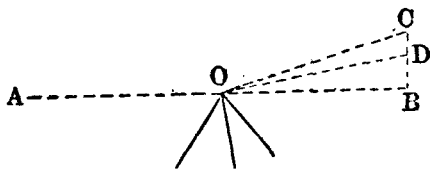
(二)扭緊上下二平板，關於垂直交線，而視任意之點  
 A。

(三)A、○、B三點，應在一直線上。

(四)關於垂直交線，倒轉鏡筒，再視A點。

(五)倒轉鏡筒，而視同高及同距離之他點B。

(六)倒轉鏡筒至原處，而視C點，然後視B與C兩點



第 三 十 八 圖

，重合與否。

(七) 如 B、C 兩點，不能重合，則於 B、C 之距離四分之一處，從 C 取一點 D。

(八) 旋轉垂直交通之螺旋，使二線之交點，直達於 D。

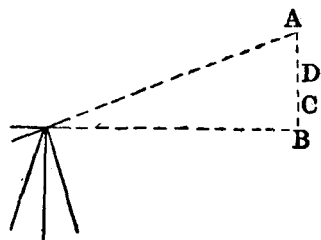
(九) 將此法執行數次以觀察之，至正確為止。否則，則當再執行(七)與(八)兩條所示之方法。

### 第三節 支肩校正法

支肩校正法 *Adjustment of the Standard*，有下列數端，特述之以供參考。

(一) 將儀器如通常之方法以安置之。

(二) 視垂直交線上之任意點 A (如三十九圖)，此點須較儀器稍高，然後扯緊上下二平板，再視與儀器同高之 B 點。



第 三 十 九 圖

(三)放鬆下面之平板，由垂線之方向，倒轉鏡筒，並旋轉儀器，再視B點。

(四)扭緊下面之平板，復升至此鏡筒至同樣之高，以視A點。看此垂直交線，是否與A點重合。

(五)不然，如另視一點C，則可取AC距離之中點D，再旋轉兩肩之螺旋，令此垂直交線，重合於D點。

(六)將此法重複執行之，至準確為止。

#### 第四節 立圖與游尺校正法

立圖與游尺之校正法 The adjustment of the vertical vernier, 可分為下列各

點說明之。

(一)目的 當視線水平時，使立圖之刻度為零，轉鏡儀被置為水平，故垂直軸為真正之垂直。

(二)實驗 由扭緊螺旋及切線螺旋之動作，而使鏡筒上之泡在管之中點；由視察若零在游鏡上，並在垂直圖上重合。

(三)校正 由放鬆兩肩之螺旋而推此種游鏡，使零與零重合。

如零與零不能重合，則注意其差之數目及符號，其主要之錯誤，乃為角度之升或降而改正之。

測量儀器校正之方法，最為重要。因為校正之結果，可以決定儀器之正確與不正確。考測量學中，有三部份工作，最為重要：

(一)野外工作 Field Work..

(二)室內工作 Office Work..

(三)儀器校正 Adjustment of Instruments。

野外工作，爲實地之工作；室內工作，爲計算與繪圖之工作；儀器校正，爲測量實際工作以前重要事務。

## 第九章 空中攝影測量法

### 第一節 空中攝影測量法簡史

在攝影術沒有發明以先，已有法國人 *Beaumont-Benoite* 氏利用寫生畫暗箱所得之透視畫，作爲測量之用。不過用此法所測得之圖，不甚清楚，且不準確。其後攝影術發明，注意和研究者便日衆，於是一八五九年，有法人 *Nadar* 氏，在輕氣球中，作攝影之創舉。後二年，又有法人 *Lansdat* 氏，用攝影術測量巴黎市之一部份，其比例尺爲五千分之一。其後，意大利，及美國南北戰爭的時候，亦曾有空中攝影測量之舉，奈當時攝影術沒有發達完備，故所得之



成績，並不足以言圓滿。及至攝影術日漸發達，研究和發明者日多，於是攝影測量法，始為世人所重視。但此種空中攝影測量法，只能夠適宜於山嶺之間，對於平地則不相宜，因為當時缺少居高臨下之攝影機安設的處所。到後來飛機之製造進步，至歐戰時於軍事上奏效特多，所以進步很快。近代空中攝影測量法之成功，實在是受歐戰之賜不少。

## 第二節 空中攝影測量法

空中攝影測量法之小史，前節已曾說過，現在乃述其測量之方法。空中攝影測量之方法有三種：(1)垂直簡便測量法；(2)垂直精確測量法；(3)傾斜透視測量法。茲特將此三者，一一說明之。

### 一 垂直簡便測量法

此法爲空中攝影測量法中最簡便之一種。此種方法，卽利用飛機，在攝影時，攝影器之軸，務須與地面垂直。換一句話說，就是攝影片必須與地面平行。假使所測之地域過大，不是一片所能完成者，則須連攝數張。施行此種測量時，飛機之速度，務須固定，並須保持飛機占地面一定之距離，使攝得之照片，得同一之比例尺，以備將來互相銜接，合成一幅平面全圖。圖上地形之大小，與飛機離地之距離，及攝影器進點距離長短成比例。

## 二 垂直精確測量法

垂直精確測量法之手續，與前法相同。不過圖中各處之方向及距離，須有一定之比例尺。因此於製圖時發生下列之手續。(1)實際上於每次攝影各分段地域的時候，飛機與地之距離，很難保其無變更，故分段圖，亦因此縮小或放大，致所成之全圖之比例尺不能統一。(2)攝影時，因受飛機飛行時之振動，致照

片不能與地面平行。故攝得之影，難在同一之片內，亦不能得同一之比例尺。有了這兩種原因，故製圖時不能不借機械的力量以矯正之。其次，則因圖內應有一定之比例尺，故每片（即每分段圖）內至少非有三點或四點已知不可。如有可靠之地圖，或已經測得之三角網，則不妨由此求出各點之距離及方法。不然，則須有大地測量法，將各點測出。各點選擇，最好在相片製成以後，在圖內選擇適宜之地點，如屋角、交叉路、田角、橋樑等建築物選出之。所擇之點，務須平均分佈於圖上，不可偏於圖中一隅。如照片製妥，及每段圖上之必要點測得以後，就可以開始製圖。製圖之手續，有下列數種：

(一) 先將分段內在大地上所測得之點，按比例尺之大小，繪於白紙上，乃移此圖於放大鏡前之投影幕上。

(二) 又將該段之玻璃底片，置於放大鏡內，使玻璃底片所投之影，務與白紙上所繪之各點，互相吻合。換言之，此時在白紙上之地形照相，已經有了一

定之比例。

在普通之照相放大鏡內，施行此種手續，頗多不便。近來歐、美各國，則專門有一種放大鏡，供給空中攝影測量之用。此種放大器之各部份，皆能旋轉自如，使所投之影像，於最短之時間內，與投影幕白紙上之各點，易於脗合。將此種手續完成以後，加一黃玻璃片於放大器之鏡頭前面，用照相藥水紙移於投影幕，即白紙原來之位置上。如所投之影，完全落於照相藥水紙上，則可將黃玻璃移去，再按光之強弱，印相紙感光之快慢，以定露光之時間。此種手續完畢以後，乃用藥水沖洗之，則所測得之地圖，完全現於紙上。各分段圖製成以後，乃按次序合成一幅全圖。但此種地圖與普通之地圖不同，因為一係相片地圖，一係白底黑線之地圖。如欲將相片地圖，變為普通之地圖，則須於相片圖上，用繪圖黑墨水，按地形之變換，畫黑線於其上，然後將此圖沖洗於一種化學藥水中，則相片圖即完全消滅。此時所存者，則為所繪的黑線的地形圖。

### 三 傾斜透視測量法

傾斜透視測量法，為空中攝影測量法之一種。上面所述的兩種方法，只可以測得地形平面的圖形，對於地勢之高低，絕對的顧不到，這是上面的兩種方法的缺點。此種傾斜透視攝影測量法，不但能將地形之大小可以精確的測出，就是地勢的高低，也可以測得出來；更可以製成高低曲線層視圖。不過此種方法，極為煩瑣，所用的儀器，必須精細。製圖所費的時間，亦較之上面的兩種方法為多。茲將手續，大略介紹之如下。

如有高山大嶺以儀器攝影地點，則不可以用飛機。如在平原，則非用飛機不可。測量攝影時，攝影器之軸，與地面成一傾斜角，角度以三〇度為最相宜。但每段地形須攝影兩次，其攝影點之距離，約等於飛機與該地段之距離十分之一。假使飛機與該所測之地段距離為一〇〇〇公尺，則飛機第二次攝影該地

段時，須離第一次攝影時飛機之位置約一〇〇公尺。此種兩度之測量法，實爲此法中必要的手續。在我們的兒時，每每的愛玩雙眼西洋鏡，如能悟得雙眼西洋鏡的理由，則此種兩度測量之方法，便可以領悟。雙眼西洋鏡之畫片，皆爲兩張所合而成，用眼睛觀察，則覺兩片相同，如像是一畫所成者。如細心的考察一下，則兩片上各種物件的位置，則稍微有一點差異。如果我們又將右眼用物遮住，而用左眼觀察物體，則見左邊之物體爲多。又掩蔽左眼，用右眼觀察同一物體，則此時見右邊之物爲多，而左邊爲少。雙眼西洋鏡的構造，就是根據這一種的理由。故左邊之畫，實爲我們左眼所觀之物像。右邊之畫，實爲我們右眼所觀之物像。在雙眼西洋鏡觀察左右兩畫時，因受放大鏡之所用，使左右眼所見之物像成爲一片，並因光學上的心理作用，見物像玲瓏凹凸，有如觀察實在景物一樣，起一種美快的心理。傾斜透視攝影測量法之自動製圖器之構造原理，和雙眼西洋鏡一樣。不過其構造甚爲複雜，以限於篇幅，不能詳述。

普通雙眼西洋鏡之畫片，爲紙所製成。此種測量法所用之畫片爲玻璃片，因玻璃片能透光，故所顯之物像，更爲清楚。使製圖者所見之風景物像，皆是凹凸透視狀態，此時所得之印象，如在飛機中鳥瞰真實的天然景物一樣。製圖者乃藉機械之力，使鏡中所顯之遊標，按畫片上地形之方向位置移動，則與此活動遊標有連關係之「畫圖器」，亦同時旋轉，依照畫片上地形凹凸的狀態，繪於紙上。則我們從前所用之大地測量法，千辛萬苦所欲求得之平面高低曲線層視圖，遂告成功。如用小發動機所轉動之鐵鏟與鏡中活動遊標相連帶，並於其下置一石膏塊，則活動遊標移動時，不特可以製成曲線層視圖，並可以使鐵鏟同時在石膏塊上製成與鏡中畫片相同的凹凸模型，對於工程建築上，更爲便利。照這樣看來，則此種傾斜透視攝影測量法，對於將來之工程上，必有更多的貢獻。但此種傾斜透視攝影測量法，雖是成功很快，仍須用大地測量法幫助。所以空中攝影測量法，必須與大地測量法相輔助而行。

### 第三節 攝影測量法的儀器

前述之第一種方法中所用之重要儀器有兩種：

(一) 飛機；

(二) 攝影器。

攝影器之形狀，和普通所用者，不大相同。片之大小爲一三公寬，一八公分長，鏡櫃之各邊皆有符號，係供後來確定圖點座標及鏡軸之用。但須用一水平保持器，鑲於飛機之底孔處，使攝影者，易於施行攝影，德國容克士飛機廠，特製有飛機，專供此種測量之用。

水平保持器之構造，與航海所用之羅盤——指南針——水平保持器相同，其用途在即使飛機如何振動及傾舞，而攝影器仍能保持其水平之位置。換一句話說，水平保持器之功用，在使照片永遠與地面平行。



前述之第二種方法中所用之儀器，與第一種方法相同。但在室內製圖時，則必需一種與放大器相似之「製圖矯正器」。此種「製圖矯正器」的用處，上面已經介紹過了，此地不再多說。

前述之第三種方法中所用之儀器，和上面的兩種測量方法中所用之儀器相同。不過此種方法中所用之攝影器，則用一能旋轉自如的櫃架，安置於飛機的旁邊，攝影者宜倒坐施行攝影，以免將飛機的架及翼，攝入影內。飛機駕駛員的任務，在固定飛機的速度，及保持飛機與地面一定之距離。攝影之工作既竣，攝影者，即宜在所攝影之區域以內，將各種在製圖時所應用之事項，記入測量所用之手簿內，或用尋常攝影器攝取附近的地勢，以備製圖時參考之用。室內所用之儀器有兩種：

(一) 測圖經緯儀；

(二) 自動製圖器。

測圖經緯儀的用途，在求得飛機攝影時原來的位址。其方法與野外測量之方法相同。所不同者，在此種測量法，則為圖點；在野外測量法，則為天然的地點。經過此種手續以後，始能用自動製圖器開始製圖。此外，另有一種自由製圖器，構造最為簡單，很適宜於野外製圖之用。此種自由製圖器，可安置於汽車中，以便在野外可以隨時製得地勢的圖形。

#### 第四節 結論

根據上述的結果，則空中攝影測量法，雖不如大地測量法之準確，但在實用上，實綽綽有餘。此種空中攝影測量法的優點，即在經濟時間和經濟費用。就普通之情形而言，用空中攝影測量法，時間可以經濟十分之九至十分之六；經費可以經濟十分之八至十分之五。空中攝影測量法，近來進步很神速，歐洲各國，已利用此種測量法，補測現有之地形。因為從前所有之地圖，歷時太久

，已不與現在的地形相符合。

但是我們要知道，空中攝影測量法，雖是可以節省時間及經費，實不能離去大地測量法而獨立進行一切的測量工作。上面已經說過，空中攝影測量法，必須借助於大地測量法中之三角網以爲工作時之根據。如果沒有大地測量法中之三角網以爲根據，則空中攝影測量法，亦無所施其技術。

照上面的所說，則此後的測量法中，必須以兩法合作爲宜。空中攝影測量法，對於勘測路線，極爲方便，非大地測量法所能望其項背。如施行前節所述的第二種方法，於每段地形內，攝取兩次。選擇路線時，利用雙眼西洋鏡之妙用，則地勢之高低，皆是凸凹的狀態。欲擇定路線，就可以根據攝得的圖形而定。

測量學的功用，測量學中的各種測量方法，本書中已一一擇其最重要者詳爲說明。從最近的空中攝影測量法中，不得不令人欽佩歐美各國對於測量學上

，有新鮮的貢獻。至於測量學的將來，當視世界上的測量學家及科學家的努力了。

### 參考書一束

1. Tracy: *Plane Surveying*.
2. Mackenzie: *Methods of Surveying*.
3. Johnson: *Theory of Practice of Surveying*.
4. Webb: *Railroad Construction*.
5. Baker: *Roads and Pavement*.
6. Harger and Torrey: *Handbook for Highway Engineers*.