地形學講義 下編

中華民國三十三年

陸軍大學印

陸軍大學校地形學講義下篇目錄

第五章　測圖

第一節　地形測量

第一款　測量器械

其一　經緯儀

其二　水準儀標尺

其三　平板儀

其四　測斜照準儀

其五　急造量距尺

其六　其他各件

第二款　圖根測量

其一　三角圖根

3 2168 9859 7

64398

其二　多角圖根
其三　圖解圖根
第三款　碎部測量
其一　總圖根點之展開
其二　測板之標定
其三　交會法
其四　道綫法
其五　地物測量
其六　地貌測量
第四款　臨時測圖
其一　迅速測圖
其二　眼高及腕長之利用

其三　目算測圖
其四　路上測圖
其五　記憶測圖
其六　情報測圖
其七　陣地測圖
第二節　三角測量
第一款　三角測量
第二款　水準測量
第三款　天體測量
第三節　撮影測量
第一款　撮影測量之原理
第二款　自動繪圖機

第三款　地面攝影測量
其一　主要器械
其二　實施方法
其三　單片製圖
其四　路上攝影
第四款　空中攝影測量
其一　主要器械
其二　實施方法
其三　單片製圖
第六章　航空攝影判讀（另行單獨編訂）

陸軍大學校地形學講義（下篇）

教官　杜業義編

第五章　測圖

依測量方法而達到地形地圖之目的，謂之測圖。

測量名稱甚多，各依其需要而異，因之，其測量方法，亦各有不同，就軍事上言之，則以地形測量最爲重要。

第一節　地形測量

測量方法，無論如何精密，其結果中總不免含有稍許誤差，故在最初著手測圖時，對於地面諸點位置之決定，即須嚴密從事，力求誤差之最小，以免累積而影響於全面爲要。

不論何種測圖，必須先於地面，決定若干點之位置，以爲基準，此種基準點，由三角測量決定者曰三角點，由地形測量決定者曰圖根點。

地形測量中，分爲圖根測量與碎部測量兩層工作，不論在任何簡易地

形測圖，縱方法不同，而此原則不變者也。

基本圖根點相互間之距離過大不便以之爲基準時，則當由於其間設置若干距離適宜之圖根點，以便碎部測量之用，故圖根測量，又分爲總圖根測量及碎部圖根測量二種，而圖根點之名稱，依其聯合形狀及其測量方法之不同，尚有三角圖根，多角圖根，測角圖根，圖解圖根之別，容另論之。

第一款 測量器械

測量器械之形式雖然各別，而要領大致相同，測量成果之精粗，不僅繫乎器械之良否，尤與使用器械者關係密切，若使用器械者不能察其性能而矯其偏弊，縱有精良之器械，亦難收其效果，故對於器械之構造，使用，點換，改正等方法，實有研究之必要。

其一 經緯儀

經緯儀之種類甚多，乃測角器中之主要器械，有可測水平角及垂直角

者，亦有僅可測水平角者，新式經緯儀，並附有通電裝置，以備夜間觀測者也，又經緯儀之望遠鏡可以縱轉者，曰轉鏡經緯儀。

經緯儀構造之主要部份，可分爲望遠鏡，度盤（水平度盤及垂直度盤），垂直軸，水平軸，視準軸，水準器，踵定螺絲，制動螺絲，微動螺絲等，如第一圖，A爲望遠鏡，B_1爲水平度盤，B_3爲垂直度盤，hh'爲垂直軸，L爲水平軸，cc'爲視準軸，L爲水準器，W爲踵定螺絲。

第一圖

望遠鏡　望遠鏡者，依透鏡之作用，使在遠處物體之影像，誘導者入

[illegible]於觀測者之眼簾更增大之人

第二圖

俾得明瞭視察器械也，其構造簡單者，係因大小二凸透鏡合成，大鏡對於物體，爲構成實像之用，名曰對物鏡，小鏡常與觀測者之眼簾相接近，以爲擴大實像之用，名曰接眼鏡。

望遠鏡由四主要部份合成之，一爲對物鏡，二爲接眼鏡，三爲實像面上之較合系，四則爲係有前數項裝置之鏡管是也，如第二圖，O爲對物鏡，E爲接眼鏡，F及F'各爲其焦點，則來自AB之光線，經O鏡而現像於A'B'，並經E鏡達於眼簾，而眼中所見者，則似在A''B''，由光學之理，AB對於O，須在F以外，A'B'對E須在F'以內。

欲精密定一物體之位置，必於生實像之平面中，張十字形之較合系，

發現明瞭，使其交點與主軸上一點C（第二圖）相重，又造像於C，而擴大對物鏡所構成之實像，既須令該像生於接眼鏡與其焦點之間，且須同時令較合系面必在最明瞭之處，故對物鏡與接眼鏡，均須有二種進退裝置，使能合於光學之條件而後可，惟對物鏡所構成實像之位置，關乎物體之遠近，必須隨時進退之。

接眼鏡與較合系間之距離，隨各人之目力而定，一次進退使較合系佔得明視位置後，則對於同一觀測者無庸再爲更動，如第三圖，O爲對物鏡，O依X螺絲得以進退於鏡管之前，B爲較合系之位置，E爲接眼鏡，E之進退，有以手推動者，有依斜形之螺絲溝以滑轉者，用時，先

第三圖

將望遠鏡對準目標，進退接眼鏡，使較合系佔在最明瞭之位置後，再隨時調整對物鏡與較合系之距離。

三　較合系　較合系，乃用以照準目標上某一定點者也，以蛛絲，白金絲或刻線玻璃爲之，其最簡單之形狀，由縱橫二綫合成之，亦苟有其他種種，如第四圖。

第四圖

第五圖

較合系，附於具有邊緣之小環上，如第五圖，由裝置於上下左右之四螺絲固定於實像面處，以此爲基準，使自標上之一點及其影點與對物鏡或光學中心在一直線中，完成此一手續，謂之照準一點，若其影點與較合系中心一致，則較合系中心與對物鏡光學中心聯結之直線，必通過

實點，猶槍砲之準量與表尺聯合之直綫必通過瞄準點也。

度盤，度盤爲金屬或玻璃製之圖板，於其緣周刻有分劃，以爲測角之用，其用以測水平角者曰水平度盤，測垂直角者曰垂直度盤，其分劃之刻製，詳略不等，在地形測量所用六十分制測角之經緯儀，皆刻爲三百六十度，更分一度爲三等分或二等分，其不滿一分劃之數，依遊標讀算之。

水平度盤，從零度起，順於時針之方向，每十度刻記數字而至三百六十度，依照準規之指示以讀定度數者也。

垂直度盤，以平行於視準軸之直徑爲照準規之方向而讀算垂直角之大小，因垂直度盤之構造，多半較水平度盤爲小，故同一器械中所測垂直角之精度，常較水平角爲略也。

六、照準規　爲讀算度盤上分劃數目所用之指標，其最簡之形狀如第六圖，B 爲度盤，ZZ 爲照準規

第六圖　第七圖

，與度盤同心，而於兩端附以刻有零線及分劃線之遊標，緊接度盤，依度盤中心爲軸而迴轉，蓋照準規對於度盤作用，猶鐘錶之指針對於數字盤也。

十　遊標　度盤上每一分劃之數值，可在盤上直接讀出，至其零餘之數，則須借之他種方法間接讀定之，遊標者，乃密接度盤可以滑動而刻有分劃之一小尺也，創造於法國數學家維爾涅氏Vernier，用以讀定度盤上不滿一分劃之數值者也，設B爲度盤上一分劃之長，v爲遊標上一分劃之長，a爲兩分劃之差，n爲整數，則兩者之關係如次：

$$B-v=\frac{B}{n}=a.\quad (n-1)B=nv.\quad (B>n)$$

故遊標之n分劃數，等於度盤之(n−1)分劃數，如是，由遊標可讀算其

如此式刻度者，謂之順讀由標，又

$$v = B - \frac{B}{n} = \frac{(n-1)B}{n} = nv. \quad (B < n)$$

故遊標之 n 分劃數，等於度盤之（n－1）分劃數，亦可由遊標讀定其 $\frac{1}{n}$，由此或構成者，謂之逆讀遊標。

如第七圖係示順讀遊標之一例，B 爲度盤，v 爲遊標，指標在 11.12 兩分劃之間，查兩分劃一致之處，係遊標之第三分劃線，若 n 爲 10 則 B_{12}，v_3 之差爲 0.1，B_{13}，v_4 之差爲 0.2，B_{14}，v_5 之差爲 0.2，故讀算之值爲 11＋0.3＝11.3

踵定螺絲　此螺絲直接於脚架，爲整置儀器必要之件，舊式英美儀器，多用四個踵定螺絲，德式則用三個，惟四個之改正，廻不若三個之迅速。

整置儀器（新式）成水平時，先將儀器旋轉，使水準器軸與任意之兩個踵定螺絲之聯線平行而固定儀器，以兩手持此二螺絲，對向或逆向施轉

之引導水準器中之汽泡至中央爲止，此手續完畢，即將儀器轉動九十度，用第三踵定螺絲改正之。

水準器，爲貯有液體之玻璃器，用以作整置儀器使成水平用者。玻面爲弧形，液體中留一微小空隙，謂之汽泡，有圓壔形與圓管形二種，在經緯儀上，多裝置二個或三個。

圓壔水準器，爲銅製之圓盒，中貯液體，其玻面略成弧形，玻面中央刻有同心圓數條，其中心謂之基點，汽泡如與基點一致，而知其成水平，此器之精度，較之圓管式者稍劣，在經偉儀上，常置於水平度盤之位置，圓管水準器，爲兩端密閉之玻璃圓管，長八公分至十六公分（汽泡約爲管長三分之一至二分之一），寬一公分至一，八公分，嵌於銅框中，兩端各依縲絲之旋轉，將以上下左右之，管面中央刻一橫綫，謂之基點，當汽泡中心與基點一致時，即器械適成水平之證，又自基點起，向左右各刻

有等分劃線數條，以作改正偏差之用。

制動螺絲及微動螺絲　當觀測時，將目導入於望遠鏡之視界內以後，即須將器械固定之，以便觀測，此時可用制動螺絲制止之，次藉微動螺絲之旋轉，使器械得以微微轉動，移目標於正確之點，即照準正確矣，此兩種螺絲，屬於垂直方向者，曰高低制動螺絲，屬於水平方向者，曰左右制動螺絲及左右微動螺絲。

點檢及改正　經緯儀有三軸，通過器械中心之垂直方向曰垂直軸，望遠鏡內視準之方向曰視準軸，直交於視準軸而成水平方向曰水平軸（參看第一圖），此三軸相互之關係，必須合於左列之條件。

第一　垂直軸須與水平軸成直交

第二　視準軸須與水平軸成直交

欲知上項關係是否正確，須用水準器檢查之，而水準器汽泡中點與基

點一[illegible]之方向也水準軸。

一、水準軸與水平軸成平行　此為點檢三軸之第一步手續，惟[illegible]有跨[illegible]水準器之經緯儀[illegible]之，法使水平軸與任意之踵定螺絲之連結方向相平行，[illegible]置跨[illegible]其上，旋轉踵定螺絲，導汽泡於中央，再提起水準器左右換向，復置於水平軸上，若汽泡仍在中央，則水準軸與水平軸已成平行，否則汽泡所生之偏差，適相應於兩軸交角差之二倍，乃用水準器之上下改正螺絲改正其一半，其餘一半，用踵定螺絲改正之。

二、垂直軸與水平軸成直交　依前條之改正，知水準軸已與水平軸平行，復令水準器與任意二踵定螺絲之連結方向相平行，旋轉踵定螺絲，將水準器之汽泡導至中央，再將經緯儀之上部全體旋轉百八十度驗之，如汽泡仍再中央，則是垂直軸與水平軸在此方向之內已成直交，否則汽泡所生之偏差，適相應於兩軸間交角與直角之差之二倍，可用踵定螺絲改正其一

半，餘一半用耳軸座（支持水準軸之位置）之改正螺絲改正之，經此改正後，再施轉儀器九十度，用第三踵定螺絲導汽泡至中央，則垂直軸與水平軸眞成直交矣。

三、視準軸與水平軸成直交　此法分爲望遠鏡能橫轉者與不能橫轉者兩種（提起望遠鏡換置水平軸兩端之位置，曰望遠鏡之橫轉），分述於次。

甲、望遠鏡能橫轉者

第八圖

甲　乙

於距儀器約百公尺處用準一小目標，如第八圖，甲之A，然後固定儀器，橫轉望遠鏡，而是否仍照準[illegible]，若不[illegible]準A而照準A'，則$\widehat{AIA'}$爲兩軸間交角與一百角之差之二倍，[illegible]以較全系之改正螺絲改正其一半，以儀器之微動螺絲改正其一半。

乙、望遠鏡不能橫轉者　如第八圖乙，先照準A點，鎖緊縱轉望遠鏡照準A'點，再讀定其水平度數，再依此度數迴轉儀器一百八十度，視能照準A點否，若不能照準A而照準A''，則AA''爲兩軸間交角與直角之差之二倍，亦依甲法改正之。

依甲乙二法改正之，其較合系之垂直系是否與水平軸成直交，亦均須點檢改正之，其法，用垂直系之上端或下端視準相距約一百公尺處之一點，固定其左右方向，將望遠鏡上下移動，視此一點，是否始終在此垂直系內，如不在其內，可用垂直系之改正螺絲改正之。

使用法　經緯儀爲測角之主要器械，使用之法，先放鬆三脚架之螺絲，披開脚架之下端成鼎足形而置於測站，再整置儀器於其上，隨觀測者之身長而定其高低之度，將脚架之下端徐徐插入地面，由目測將儀器整置使成大概水平，并依垂球導引器械中心於地點之垂直線中，然後固定脚架之

螺絲以免移動，如此操作既畢，遂按上述方法一二點檢改正之再施行觀測。

觀測時，將儀器順於時針進行之方向迴轉，謂之右旋，反之，謂之左旋，聯結水平度盤中心與其零度分劃線之方向，謂之零方向，或稱原方向。

第九圖

觀測方法，如第九圖，以O爲測站，觀測A.B.C.等各點，在O整置經緯儀後，放鬆制動螺絲，迴轉儀器，至在望遠鏡中得見目標A之影像時，即旋轉制動螺絲將儀器固定，次旋轉微動螺絲，導A使合於較合系之中心，此即對於A點之照準，次按水平度盤與照準規之關係，讀定度數而取其中數，即A點對於O點與零方向水平角度之觀測值也，再次，固定度

盤，右旋儀器而照準B點，并讀算其度數而取其中數，卽得B點之觀測值，由B之觀測值減去A之觀測值，卽得A.B對於O之水平角。

觀測水平角一般之算式，設觀測A點時，在兩遊標讀算值爲 I_A, II_A，觀測B點時爲 I_B II_B，而A之觀測值爲 α_A，B之觀測值爲 α_B，A.B對於O之水平角爲W。則

$$\alpha_A = \frac{1}{2}[I_A + (II_A - 180°)]$$

$$\alpha_B = \frac{1}{2}[I_B + (II_B - 180°)]$$

$$W = \alpha_B - \alpha_A$$

若上式右邊第一項小於第二項時，卽加三百六十度於第一項減之。

依上法同樣觀測C.D等以至末了一方向止，謂之一「往測」，此一往測完畢，卽將望遠鏡縱轉，依上法，自末了一點起，依次左旋，觀測各點，至A爲止，是謂一「復測」，合一往一復，稱之爲一「測回」，在每

一測站應有若干測回，視所需角度之精度而定

至直角觀測，通常於望遠鏡縱轉前後，施行兩次觀測，而採取其中數。

其二　水準儀標尺

水準儀與標尺，相輔而行，用以測定地面二點之比高而推算各點之高程者也，設有一水平面，通過某地點，自此面上作地面二點之垂線，則二垂線之差，即此二點之比高（又曰水準差），水準儀即用以定此平面，而標尺（通常用兩根）則用以代表二垂線也。

水準儀之望遠鏡可以脫離座架者，謂之Y式水準儀，其固定於座架上者，謂之固定水準儀。

構造　水準儀一般之形式，如第十圖，A為望遠鏡，L為水準器，V為望遠鏡之座架（有於此架之下方，設置水平度盤或羅鍼者，可用以觀測

水平角），W爲踵定螺絲，此外亦有垂直軸，水平軸，視準軸及制動螺絲，微動螺絲等，其原理及應用，大都與經緯儀相同。

標尺係以堅細定性之木材製成，長約四五公尺不等，有整木製者，有兩摺者，有三鑲者，以整木製成者爲佳，尺面分劃，大都以一公分爲單位，黑白相間，有用漆繪畫者，有裱糊印就之分劃紙於其上者如第十一圖甲，係示標尺背面之一段，L爲圓壔水準器，爲整置標尺使成垂直之用。

第十圖

第十一圖

由W螺絲安置之，乙示標尺之正面，M爲標尺台，觀測時，扶植標尺於K處，由乙中汽泡之指導以整置之。

點檢及改正　水準儀之點檢及改正，亦如經緯儀，若經一次改正完善後，則每次應用時，僅改正其水準而行，點檢之初，亦須首先改正水準軸與水平軸成平行，其次，仍須點檢下列兩項：

第一　垂直軸須與水平軸成直交

第二　視準軸須與水平軸成直交

第一項之點檢及改正，同經緯儀，惟在Y式水準儀與固定水準儀稍有不同之處，分述於次：

Y式水準儀　整置儀器，照準相當距離處之一點，徐徐將望遠鏡旋轉，若較之中點能始終與此點一致，則爲視準軸與水平軸已成平行之證，否則將望遠鏡迴轉一百八十度，視前後兩視準之差，依較合系之改正螺絲改

正[illegible]視準點之中央，再行同法逐次點檢改正之。

[illegible]定水準儀　如第十二圖，在ab二點植立標尺，先整置儀器於b點標尺之後P_1處，設讀定兩標尺上之數爲a_1b_1（較合系之橫線切於標尺之位置），復整置儀器於a後之P_2處，設讀定兩標尺之數爲a_2b_2，命

$$[(a_1-b_1)+(a_2+b_1)]\div 2=c$$

$$a_2-c=d$$

第十二圖

[illegible]行，則$b=0$，若則[illegible]之行[illegible]正或負，從原[illegible]之讀數[illegible]較合系之改正螺絲[illegible]正較合系，加減此[illegible]之絕對值。[illegible]正矣。

[illegible]法　測定地面二點之比高，先將水準儀整置於此二點之中間，次

令助手分置兩標尺於此二點，依標尺上水準器使標尺永成垂直，此時觀測者旋轉望遠鏡，順次照準兩標尺，設兩讀定數爲 m_n 則此兩數之差，即二地點之比高也，若二點相距過遠，或比高差較大時，須於此二點間分爲若干段逐次測定之，如第十三圖，a爲起測點，b爲到着點，先將第一標尺[illegible]，於前方若干距離之二點植立第二標尺，次將水準儀[illegible]二點之中間，先讀定第一標尺（名曰後視），後讀定第二標尺（名曰[illegible]），再將第一標尺移於第二標尺前方若干距離之[illegible]點，又將水準儀[illegible]之中間，讀後視[illegible]前視[illegible]，逐次如此而達於b，設各後視之讀數爲[illegible]……，各前視之讀數爲[illegible]……，a b二點間之比高爲[illegible]，則

$$h=(m_1-l_1)+(m_2-l_2)+(m_3-l_3)+\cdots\cdots$$

即 $h=\Sigma(m-l)$ 或 $h=\Sigma m-\Sigma l_n$

上述觀測法中，又分爲複覘法與單覘法二種，在望遠鏡能旋轉於座標上者（卽Y式水準儀），先照準後視標尺，次照準前視標尺，次提起望遠鏡旋轉一百八十度，再照準前視標尺，又照準後視標尺，每測站均如此進行以求其中數，若係固定水準儀，則於每一標尺上照準二次，亦可求得其中數，如此進行，是曰複覘法，如前視後視祇照準一次者，則爲單覘法，此法係在第一測站先照準後視，後照準前視，至第二測站，則先照準前視後照準後視，第三測站如第一測站，第四測站如第二測站，逐次如次前進，以迄於到着點。

其三　平板儀

平板儀，爲直接將各地點之方向顯示於圖上，并算定水平距離及高程

，隨即決定各點相關之位置以描繪圖形之用，凡用此類儀器測量，謂之平板測量，其精度雖較一般直接測量（如用經緯儀測角度，或用水準儀測高程等）之結果稍遜，而輕便簡捷，成圖迅速，實爲他種方法所不及，故此類儀器，在地形測量中甚爲重要，此器係德人KiPPregel所創製，故又稱之爲齊普利蓋爾。

第十四圖

構造　平板儀之重要部份，如第十四圖，P爲測板，Q爲脚架，R爲三角螺絲座，A爲望遠鏡。

測板　爲短形之木板，以細質定性之木板三層密合重疊，使上下紋理互成直交，其大者寬長約六十公分，小者寬長約四十公分，厚均約二公分

，上面極平整，以備貼繪圖紙，下面中央，正有小銅圓筐，筐上有三個牝螺孔，[illegible]三角螺絲座以安置於三腳架上之用。

三角螺絲座　此爲[illegible]測板與三腳架之部份，具有[illegible]螺絲，制動螺絲，微動螺絲等，能使測板左右移動以定方向，并上下測板以定水平，在座之上面，用三牝螺絲插入測板下面牝螺孔內而旋緊之，可使測板固定於座[illegible]，座[illegible]螺絲連接於三腳架，故測板與三腳架，可依此聯絡牢固。

三腳架　各儀器大致相同，如圖。

望遠鏡及其附件　如圖所示，A爲望遠鏡，B爲垂直度盤，H爲垂直軸，L爲定規，望遠鏡之構造，與經緯儀同，惟較合系用豐字線，如第四圖之b以其能測算距離，故又名測距絲，望遠之左方，以橫軸爲心之處，設有垂直度盤，并附水準器以備檢查之用，定規爲照準物體描畫方向之用，

固減輕重量起見，常取中空之形狀，其他附件，有方筐羅針，求點器，垂球，獨立水準器，比例尺，計算尺等。

平板儀之測距測高，須用測距標尺，標尺之形狀甚多，如第十五圖所示，即爲一例。長三公尺，分爲六十格。黑白相間，每格爲五公分，每公尺處，另安置標記記之。

第十五圖

標尺上之分劃，尚有不用公尺制而相當於望遠鏡內測距絲間隔之一定

借數者，其應用相同。

點檢及改正　平板儀之形狀雖各不同，其點檢及改正之法大體無異，茲述一般之法則如次。

定規之邊線須眞直，以精密之直界尺測驗之，或於平板上緊貼定規之邊線畫一極細線，再將定規兩端互換，切於原線驗之，若不密合，是爲定規不直之證，可用砥石輕磨，或送廠修理。

水準軸須與度盤零度中徑平行　置儀器於精密水平之平板上之，用三角螺絲座之踵定螺絲將鏡管上之水準器導於水平之位置，并使指標與度盤之零度相合，然後將儀器掉轉一百八十度驗之，若氣泡不在中央，即水準軸與零度中徑不成平行之故，可用鏡管上水準器之上下改正螺絲改正其偏差之一半，復導平之，并注意指標與零度分劃相合，如此反復行之，至無偏差爲止，若連於指標另有一水準器者，即用其改正螺絲改正與前水準器

一致。

視準軸須與水準軸平行　置儀器於水平板上，觀測遠方一點之垂直角，然後將儀器掉轉一百八十度，再觀測前點，視定所讀垂直角，是否與前值相同，若不相同，則上下改正較合系，俾至差數一半，再反復行之，至無差爲正。

視準軸須與水平軸正交　先照準前方一點，將望遠鏡縱轉，再照準後方一點，然後掉轉儀器之前後位置，仍照準前方原來一點，再縱轉望遠鏡，視其能否照準後方原來一點，若不能照準該點而照準他點時，則左右移動較合系，至偏差之四分之一，卽已改正，但二次反復行之。

垂直軸須眞正垂直　導平垂直軸盤上之水準器，照準前方較高之一點，然後上下轉動望遠鏡，又照準前方較低之一點，須掉轉儀器及望遠鏡，再照準原來較高之一點，又上下移動望遠鏡，視其仍能照準原來較低之一

點否，如不相合，即有偏差，可以水準器之改正螺絲及軸盤之改正螺絲各改正其一半，并反復行之。

定規之邊線須與視準軸在同一垂直面中　以已經改正之儀器切測板上之二點以照準直方之一點，然後將欲點檢之儀器亦切此二點，視其能照準原來視　否，若不能照準，即定規邊線與視準軸不在一垂直面中之證，此法可[illegible]切測板上以代二點，如有偏差，須送廠修改之。

[illegible]法　以平板儀測算水平距離及高程之法，如第十六圖，A為測點，植立標尺於測點B，由A處望遠鏡內上下兩較合系絲測將所夾標尺上[illegible]m一段視距之長命為l，并設垂直角之讀數為α，AB間之水平距離為E，依器械及觀測之關係，得

第十六圖

$$E = K\cos^2\varphi \quad \cdots\cdots (\mathrm{I})$$

式中之K，名曰「倍乘常數」，普通等於100，由此求得水平距離後，再設A.B之標高差爲h，儀器高爲i，覘視高爲Z，則

$$h = E\tan\varphi + i - Z \cdots\cdots (\mathrm{II})$$

若Z=i，則i−Z=0，因A爲已知點，由此卽可求得B之高程。

又在(II)式中之φ，實際上爲數甚小，在$\varphi=10°$以下，$\cos\varphi=1$，故在簡略計算水平距離時，竟用E=K卽已滿足，在實際上，常依此理計算之，如第十七圖，以水平較合系之中上兩線切於標尺上之ab二點，由上式得E=K×2ab，若K=100，則E=200ab，若K=200，則E=400ab，齊普利蓋爾常稱之爲二百分之一或四百分之一者，卽指此常數而言也，故在二百分一之儀器，設ab爲一格（卽五公分），則E爲十公尺，若在四百分一之儀器ab爲一格時，則E爲二十公尺，餘類推。

若兩點距離甚遠，致在鏡內所見標尺之全長不於較合系之間隔時，則先以較合系之中線切合尺之下一標記（通常在一公尺處），如第十八圖之甲，并記其垂直角，須上下望遠鏡，

第十七圖

第十八圖

使下線切尺之頂點，如乙，又記其垂直角，依此兩垂直角之差轉動望遠鏡

之高度，再視下線下方所伸出標尺之數（如 [illegible]）與下標記上方二公尺之和，即爲前式中 ab 之價，標高差則仍依前式計算之。

依[illegible]線儀或眼鏡水準儀以測算距離及高程。其理亦同，上述之（I）（II）兩式[illegible]製成表，以備檢用，近復多用計算尺及諾模圖表 Nomogram 以省計算[illegible]，如開[illegible]新式平板儀所裝置之垂直葉形板，更屬新穎，其構造之原理極爲繁複，容另述之。

其四　測斜照準儀

測斜照準儀，或簡稱測斜儀，創造於日本，其構造乃以一定規及其兩端之垂直鈑及一簡單之圓管水準器合成，與測板併用，可以測定方向及傾斜，亦平板測量中主要之器械也，其攜帶便利，爲他種器械所不及，我國測量常用之。

測斜儀分單複二式，如第十九圖，爲單測斜照準儀，MN 爲定規，A[illegible]

B爲金屬製之一鈑，聯繫於定規之兩端，若A鈑有延伸之裝置可以抽長若干者，則爲複測斜照準儀。

構造　測斜儀之定規，長約二十三公分至卅公分，其一側形成斜面，刻製公尺及餘切比例尺兩種分劃，定規面上有一圓管水準器（上圖L），供點檢定規是否水平之用，又有二外心桿（上圖。），可上下板動，使器械常屬水平也，a曰覘孔鈑，b曰分畫鈑，茲將此兩鈑及餘切比例尺之構造及用法分述於次。

第十九圖

覘孔鈑及分畫鈑　如第二十圖，係示單測斜儀上之二鈑，乙爲覘孔鈑，上有V_1.V_2.V_3三個覘孔，甲爲分畫板，其長窗中央，張一照準絲，此絲

第二十圖

與三個覘孔在一平面之中，且此平面與定規之邊平行，并與定規之底面垂直，分畫鈑長窗之兩側，刻有分劃，分劃之間隔，爲兩鈑間距離百分之一，每五分劃記一數目，如圖所示，三個覘孔$V_1V_2V_3$之位置，正對分畫鈑上左側之0,20,0，故依此器械所測傾斜，其最大限度，爲百分之四十。

第十一圖所示，爲複測斜儀，甲爲分畫鈑，乙爲覘孔鈑，覘孔鈑中央，嵌有一延伸鈑，可以上下推動，以備測傾斜甚大之用，兩鈑上分劃，亦爲兩鈑間距離之百分之一，惟覘孔$V'V''V'''$之間隔不等，其對於分畫鈑（甲）上分畫之關係，爲V'對左測之0，V'''對右側之0，V''則與左側之15及右側之20相對，在分

第二一圖

書鈑右側之下端，另有一覘孔V，以備覘視延伸鈑之用，故用此器械，由V'及右側分劃以測昇傾斜，可至百分之四十，由V及左側分劃以測降傾斜，可至百分之廿五，若此以外之傾斜，須抽出延伸鈑用之，在昇傾斜，由V孔覘視之，在降傾斜則用V孔，依此器械以測傾斜，其最大限度昇傾斜可達百分之七十五，降傾斜可達百分之七十。

餘切比例尺　餘切比例尺，爲僅憑測斜儀上之傾斜分劃即刻得知兩點間之圖上距離之一種敏捷而簡單之利器，其構造原理，係以縮尺一千分一及等距離一公尺爲標準而成，但在應用時，可按某種縮尺所規定之等距離而二用之，其構造之原理及應用之方法如次。

餘切尺之構成　欲知其構成之原理，須先瞭解次式。

$$L=H\times\frac{100}{h}$$

如第二十二圖，A，B爲不等高之兩地點，其標高差爲H，水平距離爲

第二二圖

L，AB'C' 爲測斜儀，其底 AC' 恒爲100，h 則爲在分畫鈔上所讀定傾斜分畫，因之。

$$h : 100 = H : L \quad L = H \times \frac{100}{h} \quad \cdots\cdots(1)$$

如將(1)式中之H及h予以種種之值而製成一表（即係切表），則在測圖時，即可憑已知數H及h以檢查表中L相當之數值，即刻可得二點間之水平距離矣，又由圖及(1)，可知 $L = H\cot\alpha$，此即構成餘切尺之出發點，而亦其命名之所由來也。

按(一)式中之L，係表地上距離，如欲求其相應之圖上距離而縮尺爲 $\frac{1}{m}$ 時，可用 $\frac{1}{m}$ 乘(1)式之兩端，即得

$$\frac{L}{m} = \frac{H}{m} \times \frac{100}{h} \quad \cdots\cdots(2)$$

此 $\frac{L}{m}$ 即圖上距離，又 $\frac{H}{m}$ 視爲地上等距離，而 $\frac{H}{m}$ 即其相應之圖上等距離

，可用a代之，於是(2)變爲

$$l = a \times \frac{100}{h} \quad \cdots\cdots (3)$$

此爲餘切尺構成中之一般的公式，其中a既係代表圖上等距離，則a爲一已知數(依測圖時所用之縮尺而定)，今假設縮尺爲千分之一即1m，則a＝1mm，而(3)變爲

$$l = \frac{100}{h} \times 1\,mm \quad \cdots\cdots (4)$$

在千分之一測圖中，如按(4)式予h以1.5,2.0,2.5,……種種之值而如下製成一表，殊爲便利。

斜傾 h	離距 l
1.5	66.7
2.0	50.0
2.5	40.0
3.0	33.3
3.5	28.6
4.0	25.0
4.5	22.2
5.0	20.0
10.0	10.0
20.0	5.0
40.0	2.5

例如由A測B，讀得傾斜分畫b爲2.5時，查表卽知AB間之圖上距離爲40mm也，但查表之法，不如按表製成一尺之更爲便利，此尺之構成，如第二十三圖所示，其刻劃，最左刻有8之一線，謂之標準線，其向右各線端刻有100.50……等，卽代表實測時所讀定b之數值，如讀數b=2.0時，則於尺上自標準線起至2.0分畫線間之長(50mm)，卽爲所求之圖上距離，又如讀數b=20.0時，則取8至20分畫線間一段之長(5mm)，卽爲所求之距離，餘切尺，卽由此構成而刻於測斜儀緣邊者也。

第二十三圖

餘切尺之活用　餘切尺，係按縮尺爲千分之一及等距離爲一公尺製成

，如縮尺變更時，則餘切尺不能直接使用，而必須另加一種計算的手續亦行，但就實際上而言，此尺須與發造量距尺（詳後）配合才可應用，而量距尺上兩覘板之間隔（即等距離），係隨測圖時縮尺之大小而爲轉移，如在一定距離之兩點間施行兩種縮尺之覘視，則因量距尺上覘板間隔之不同，而傾斜分劃之讀數亦必隨之而異，茲欲將餘切尺原來規定的圖上等距離1mm變爲amm面時用之，可依比例計算之，即在千分之一測圖圖上等距離爲1mm時，讀數爲h，若在$\frac{1}{m}$測圖圖上等距離爲amm時，讀數X應爲爲若干　可按下式算之，再因其爲反比，故得

$$amm : 1mm = h : X \qquad X = \frac{h}{a} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

即在$\frac{1}{m}$測圖中，圖上等距離爲amm，傾斜讀數爲h時，可按(5)式算出X之值，以此值作爲「新分劃讀數」，而於餘切尺上按X以截取1之長可也

例如五千分一測圖（$a=\frac{2}{5}mm$）中，如讀得h=2時，則由(5)得X=2

$+\frac{2}{5}=5$，即在餘切尺上，截取自8至刻有5之分劃間一段之長，即所求之圖上距離也。

又如在一萬分一測圖（$a=\frac{1}{2}mm$）中，如傾斜$h=3.5$時，由(5)得$X=3.5\div\frac{1}{2}=7.0$，於尺上截取8與7間之長，即爲所求之距離。

點檢及改正　測斜儀之點檢及改正，較之經緯儀雖可稍爲簡略，但亦多須反覆及行之，始可達到所期之結果，尤以水準器在使用中常生變動，須隨時檢點之。

覘孔板及分劃板須與定規成垂直　各覘孔須在一直線中，并垂直於定規，分劃鈑之照準絲須垂直於定規，定規之邊須成直線，此三者均須用精確之三角板直界尺等嚴密比較之。

水準器之感覺須敏銳正確　其點檢法依外心桿導汽泡於中央，由一覘孔照準一點，讀記其相應於分劃板上之分劃，再用此同一覘孔同一分劃照

準備點上方若干公分處之另一點，遂次如此，於起定規之一端，并以墨點於水準管面逐次記其氣泡之位置，而察其每次轉位之狀態。若轉位能明著規正而且迅速則佳，否則此器械不可用，蓋轉位之不明著，是由於水準管之曲率半徑過小，不能用於精密測圖，其轉位之不規正，是由於管之曲度不一，致測圖當生誤差，其轉位之不迅速，是由於液體之變質，與作業之速度有礙，皆不可用也。

水準器之汽泡在中央時定規之底面必須水平　將器械置於測板上，移動脚螺，導汽泡至中央，沿定規之邊畫綫，須將器械兩端掉換切於原綫，此時器械若成水平，則汽泡必仍居中央，否則即爲不平，須依水準器之螺絲改正汽泡偏差之一半（此理詳前經緯儀），或將此偏差之半標記於水準管上，使汽泡常以此爲準而用之亦可。

覘孔板與分劃板正對之分劃聯接之線與定規之底面均須互成水平　先

用兩脚規較量覘孔板上各覘孔之距離與分畫板上正對之各分劃之距離確認爲兩相等齊之後，再至緩傾斜地，測量同一邊之直反覘兩傾斜分劃，此際若測得兩傾斜符號相反而絕對值相等，則此器械可稱正確，否則須交工廠修理之。惟此誤差常有一定，可按下式預爲求出，以備隨時改正之用。

定誤差＝$\frac{1}{2}$（直覘＋反覘）

複測照準儀之延伸板抽出後與抽出時所讀算之分畫數必須相同，其法即於實地比較之，如不相合，即不可用。

使用法　用測斜儀描畫方向，先豎起兩端之金屬板，就已標定之測板上之已知點植立細針，其測斜儀定規之斜邊。緊傍細針徐徐移轉，至由覘孔板，覘孔內覘視測點之目標與分畫板之照準絲一致爲止，是即謂之照準，照準既定，以指頭輕壓定規，防其移動，再以尖銳鉛筆順定規斜邊，於細針之一例，畫所定之方向線（同時須檢查測斜儀有無移動），則此方向

綫描畫完成矣，但方向線不必過長，估計合於需要爲止。

覘孔板之覘孔，除因升降傾斜過大致不得不用上下覘孔時，通常均由中央覘孔覘視照準之。

依力管經針所標定之測板，在一萬分一測圖，不可照準三百五十公尺以上之距離，在二萬分一測圖，不可照準七百公尺以上之距離，在五萬分一測圖，不可照準一千七百五十公尺以上之距離，餘類推。

用測斜儀測定傾斜，不必強使定規之邊必與測板上之方向線一致，即就情形之便利，於覘視之位置測定之可也，但水準器務須水平，在覘視之前，依外心科導汽泡於管之中央後，即不可觸動測板，俟讀算既畢，再檢查水準器，更由覘孔檢查，讀算有無誤差，其覘視測定之法，依傾斜之大小，取用某覘孔，徐徐回轉器械，視準標桿或覘板，在升傾斜，使分劃板上右邊之分劃切合目的物，在降傾斜，則以左邊之分劃切合之（在升傾斜

地使用延伸板時，以延伸之左側切合之），以便讀算分劃（第二十四圖），所得分劃，在升傾斜附以（十）號，降傾斜附以（一），記入手簿內。

第二四圖

讀數不滿一分劃者，全依目測斷定之，即千分之一之傾斜，爲甚難覺察之誤差，在距離一千公尺二點間之比高，將有一公尺之誤差，不能謂爲小數，故在交會法（詳後）求高程時，須用若干結果平均之，在道綫法（詳後）測 程時，須用直覘反覘推出平均傾斜數而計算之。

用測[illegible]儀求水準差之方法，如第二十五圖，A爲已知點，B爲未知點

，兩點間之水平距離爲L，水準差爲H，在一點整置測斜儀。他點植一覘板（須使其高等於測斜儀之高），照準覘板後，設讀得傾斜分劃爲n，則

$$H=\frac{h}{100}L.$$

若L可以量得，H即可求出矣，故在緩傾斜地，如L在百公尺以內，h在五分劃以內，儘可預製一表，以便檢查，可免計算之煩也。

若AB間有障礙物不能通視時，可用較高或較低之覘板，按本款第三平板儀求標高之理求之，如次式。

$$H=\frac{h}{100}L+(i-Z)$$

i爲測器高。Z爲覘板高。

第二五圖

其五　急製量距尺

急造量距尺，爲臨時製造之器械，與測斜儀併用，以供間接測量水平距離，并推算高程者也，其構造雖極簡陋，而攜帶應用均極便利，故於碎部測量中常應用之，此尺如第二十六圖B處，爲長約三至六公尺之一竹竿，以規定之間隔縛兩覘板，按圖求AB二點間之水平距離，先將此捍垂直立於B點，由A點用測斜儀覘視兩覘板，設兩視線通過分劃板上所夾一段之分劃爲h，而兩覘板之間隔爲H，則$L=\frac{100}{h}H$，若因障礙不能通視某一覘板時，可使之適宜上下，又爲便於讀算兩分畫差起見，常依測斜儀之外心桿使任一覘板與一整數分畫一致。

第二六圖

依急造量距尺以測算距離，常因分畫讀差之影響，反生極大之誤差，故在精密之距離測量，以不使用此尺爲要，如遇不得已而使用此尺時，務須按照測圖之精度及比例，以規定兩點間之距離，兩規板之間隔及所讀分劃之界限，如次表。

測圖之精度	規板之間隔	按測圖縮尺規定之距離及分劃差之限度		
		五千分一	一萬分一	二萬五千分一
圖上誤差許之界限爲〇、二公厘時	二公尺	三七、〇	五、三	八七、〇
	三	四五、五	六三、八	一〇三、四
	四	五二、六	七四、一	一二一、二
	五	五八、八	八三、二	一三五、一
圖上誤差許之界限爲〇、三公厘時	二公尺	五七、二	八〇、〇	一四二、九
	三	七一、四	一〇〇、〇	一六六、七
	四	八一、六	一一三、三	一六八、七
	五	九一、六	一一八、二	二二七、二

表中併列之數字，前行表分劃數，後行表二點間之距離（公尺）。

急造量距尺，可與餘切比例尺并用，將兩覘板之間隔，定爲適合縮尺一公厘，二公厘或半公厘之長，則前式適與餘切比例式相合，或爲其二倍或二分之一之值，故可將餘切比例尺之長或二分之一或二倍使用之。

求得水準距離後，則標高差同前，用覘板之理，卽易求得也。

其六　附件

前述各主要器械外，而有其他各件或非必需者，茲擇要列舉如次。

測板　爲粘糊圖紙於其表面，以備描畫圖形，兼供平板儀測斜儀架台之用，形狀有大小各種，構造爲前述平板儀略同。

粘糊圖紙之法，先將測板拭淨，以二倍水之蛋白液塗佈於其面上，同時，將圖紙之背面噴濕，使之微潤而貼於測板之上，另以淨紙掩覆之，次以毛刷由中央向外推刷，使其緊貼而無皺紋，并將各測板面之相合，以重

物壓一二小時，并於測板周圍，粘貼窄條之薄布，置於空氣流通而無太陽晒熙之處，令其自然乾燥爲度。

攜帶圖板　爲展佈圖紙便於描畫圖形之平板，用皮革或厚紙製成，長約三十六公分，寬約二十四公分，以二塊聯結其三邊，并將其相對之二角附以挂紐，以便攜帶之用，此爲迅速時間在實地描繪略圖所常用之器械。

羅針　爲供圖板取一定方位之用，有圓形方形二種，大致一般測板上所用者，都爲方形，稱曰方筐羅針，攜帶圖板上所用者爲圓形，稱曰圓盒羅針。

羅針之感應必須靈敏，且羅針方位與地球子午線之偏角，因地域與時日而各不同，然在一局地時日甚短，則其差甚微，作同一觀可也，其他使方位生變動者，則爲暴風雨，地震火山噴裂等，又鐵建物及各種鐵具，易使羅針起不意之變化，須注意避之。

測鎖　爲供直接測量距離之用，有長十公尺及二十公尺數種，均附有測針以計算測程之用。

直接測量距離爲，在傾斜地時，其法有二，一爲水平測量，即將測鎖水平引張，以一端接於地面，他端扛起逐漸行之，如地面傾斜甚急，可將測鎖折短測之一爲傾斜測量，在傾斜整齊而連續之地面，有時測量其斜面之距離，除將測鎖兩端均按在地面測其斜面距離外，同時用測斜儀讀出其傾斜值，并計算改爲水平距離。

捲尺　與測鎖同爲測量距離之器械，有鋼製及布尺二種，鋼捲尺之長度變化較小，故常用於較爲精密之測量，布捲尺因燥濕不同，其長度常生甚大之桿縮，須注意爲要。

覘板及標桿　均爲用以植立地上，標示測點之位置或定直線之方向者，標桿通常爲長二公尺之木製圓桿，每二十公分以紅白漆間隔塗之，有時

并供概測短距離之用，覘板爲長一公尺，取之木桿上方，裝一高二十公分寬二十五公分之薄鐵片，其上下兩部，平均分塗紅白二色，其紅白交界線，使與測板上測斜儀中央覘孔同高，藉此器械，常附屬於測斜儀，以作覘視之目標，惟有時因墻壁籬笆之障礙不能覘視時，則可將覘板舉起，或有時須將覘板放低才使覘視，則將其倒轉之，其舉起或放低之數，應由轉覘板者隨時報告測手，以便改算。

除上述諸附件外，其他如垂球，獨立水準器，三角板，小米達尺，分度器等各小件，均爲常用者，應爲準備。

第二款　圖根測量

圖根之意義，前已述及，在欲施行測圖之區域，縱有三角點爲基準，惟因距離過大，不便測圖，須於其間增設圖根點，方可施行碎部測量，若在預定之測圖區內，最初即無三角點可作基準，則更非先編成圖根不可，

是[illegible]圖根測量，其測定之點，謂之總圖根點。

總圖根分為三角圖根及多角圖根根種，依其測量方法精粗之不同，又有測角圖根與圖解圖根之別，在有三角點之區域，多用圖解圖根行之，但無論何種圖根測量實施之先，均須至實地踏勘土地狀況，并編製選點略圖，以備[illegible]作業時之參考。

圖根測量完成之後，又須用透明紙謄寫全盤圖根網之形狀及標高，以供後來點檢之用，是曰幾何寫圖。

其一、三角圖根

將聯接地上諸點所成多數之三角形觀測之而決定其平面及高程之位置者，曰三角圖根測量，設於地上直接量定一直線 AB，聯合其他一點 C 成一 △ABC，命各角 A'B'C' 對應之邊為 a'b'c'，此中已知邊為 c，名曰基線，再於各角頂整置經緯儀觀測其角度，則按正位比例式。

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

可以算出其餘二邊 a'b，更以此 a'b 視爲新基線與他之二點聯結，又成兩個三角形，同上法再觀測其各角，又可算定其各邊，遂次類此擴張，遂可決定諸點之關係位置。

依上述原則以施行測算，可以決定諸點之平面位置，再依邊長及垂直角之結果，復可算定各點之高程，於是圖根測量中所需要之結果，大體已經決定，但無論何種觀測方法，皆必附有不可避免之誤差，此等誤差，適妨礙下列規約：

一、一測站周圍各角之和須成三百六十度。

二、三角形各角之和須成一百八十度。

三、從一基線起，順次計算諸邊以到着他既知邊，或回歸於原來之基線，均須閉塞。

上述規約，在實際上每難期其嚴密適合，故須以計算的方法，根據公算原理，將其誤差逐漸平均之，求出其改正值以加入觀測值內，方爲正當，但此種原理高深，手續繁雜，僅專門的大地測量中用之，茲可從略，僅就圖上易行之法，分別述之於次。

基線測量及圖根點之選定　基線測量，乃全盤圖根測量之基礎，故須嚴密注意，基線位置之選定，以在測圖區域之中央平坦之地面且其長度能與所要之三角形之邊同長爲最佳，然常因爲地形所限，欲得此種適宜之地，殊爲困難，故可先選定長度較小之基線作爲底線，再漸次擴張之，如第二十七圖，設AB爲直接量定之基線，而其長度不及所要三角形之邊長，則於兩傍選定CD二點，觀測ABC ABD ADC BCD四個三角形之各角將其各邊精密計算之，即得決定CD之長，此謂之第一增大，若CD仍不及所要三角形之邊長，同樣再於CD之兩傍選定EF二點，并計算EF之長，是謂之第

第三七圖

二增大，若EF已達所要三角形之邊長，則EF即爲二圖根點，又曰二次增大點，EF曰二次增大邊，若EF仍不及所要之長，再同樣三次增大，遂次求之，以達所要之長爲止，再如圖準所要之長選定各點，連接成多數三角形，是曰圖根網，各點曰圖根點，各邊曰圖根邊，邊長之規定，大致如次：

五千分一比例尺約五百公尺（一千平方公尺內約三點）

一萬分一比例尺約一千公尺（二千平方公尺內約三點）

二萬五千分一比例尺約二千公尺（四千平方公尺內約三點）

五萬分一比例尺約四千公尺（四千平方公尺內約二點）

基綫傾斜，不可超過百分之一，其距離測量，通常以測鎖或鋼捲尺施行之，至少須量得二回以上之結果而取其平均數，并須於一端點測其方位角。

圖根點之選定，通常用測板，測斜儀，方筐羅針等依交會法以決定諸點之位置，隨卽編成選定略圖。

圖根網三角形之形狀，以等邊爲最良，至不得已時，亦不得使一角在三十度以內或一百二十度以外爲要。

圖根網內，某一個三角形過大時，可於其中另選一點，是曰補點（圖前圖中之a點），惟補點不作測站之用，其對於他二圖根點所成三角形之三內角，欲求其頂角之值時，由一百八十度內減去他二角可也。

目標之設置　圖根點相關聯之諸點，須能互相通視，故以選於山頂等天然之高地爲宜，并樹立目標以標示之位置，又描繪圖根點之目標要圖，

俾便於記憶。

目標通常以上紅下白之標旗爲之，其紅白界線，卽爲照準之處，目標如須保存相當時間，則用覘板桿（由一木桿二桿及三支材而成），并常利用天然目標，或於樹稍上結束標旗以代之，惟此種目標與他測圖根點之位置，須力求在一垂直線之中，遇不得已時，可以次之規定爲誤差之界限。

五千分一比例尺須在五十公分以內

一萬分一比例尺須在一公尺以內

二萬五千分一比例尺須在二·五公尺以內

五萬分一比例尺須在五公尺以內

目標之高，視地勢而定，如遇樹木障礙，須伐去之。

子午線測量　於基線之一端點，測定基線之方位角，以備計算各點縱

橫線之用，觀測方法，有各種不同，惟較精密者，當推極星隔離法，最簡易者，則爲太陽應高法。

第二八圖

太陽應高法　如第廿八圖，在基線之一端點，整置貼有圖紙之測板，使其四邊約與四方位相應，而於南方一邊之中央安設寫影器，此器之上部，具有一通光板，先由板上細孔s吊一垂球，求得在測板上之垂趾p，次以p爲中心，於測上畫二三公分間隔之弧數個，然後自午前九時須開始觀測，每當太陽光線通過s與各弧相交時，即用鉛筆標示其位置，而得a'b'c'等點，至午后適與午前對應之時刻，再行觀測，又得a''b''c''等點，於是以a'a''，b'b''，c'c''等爲心，以同人之半徑畫弧，得l'm'n'等點，若此作業精密，則此bmn等點，當在通過p點

之同一直線中，此直線卽爲通過該點子午線之方向，乃將此方向標於地面之上，并測定基線與此方向線間之水平角，卽基線對此端點之方位角也。

極星隔離法　如第二十九圖，Z爲基線一端點之天頂點，P爲北極，S爲極之位置，在PSZ球面三角形內，設$\hat{S}=90°$，是謂之最大離隔，命極星之赤經爲α赤緯爲δ，基綫一端點之緯度爲φ，又$\hat{PZS}=a$，$\hat{ZPS}=t$，則

$$\sin a=\frac{\cos\delta}{\cos\varphi},\quad \cos t=\frac{\cos\delta}{\cos\varphi}$$

而極星至最大離隔之時，爲

$$t=\alpha+W.E.$$

第二九圖

在此時觀測基綫他端點與極星之方向角，再加a值，卽得基綫之方位角矣。

水平角及垂直角之觀測　圖根點選定後，遂以各點爲測站，準備表第

一第二施行觀測，惟水平角觀測，至少須有二測回，垂直角則就不能施行直接水準測量之點觀測之。

邊長之計算　由水平角觀測手簿抄得各三角形內角之值，用正弦比例式計算之，即得各圖根邊之長，如附表第三第四。

各點方位角及縱橫綫之計算　計算之例，如附表第五，至其方法，則如第三十圖，設△ABC各內角為A'B'C外角為A'B'C，而在A點AB邊之方位角，記以(AB)，在B點BA邊之方位角，記以(BA)，則

第三十圖

$$(BA)=(AB)+180^\circ$$

同樣

$$(BC)=(AB)+B'$$

$$(CA)=(BC)+C'$$

$$(AB)=(CA)+A'$$

$(CB)=(AC)=C'$

$(BA)=(CB)=b'$

$(AC)=(BA)=A'$

縱橫線之計算　如第廿一圖，設有ig二點，其距離爲S以oX爲南北方向，oY爲東西方向，命i點之縱橫綫爲Xi及Yi，g點之縱橫線爲XgYg，則

$Xg-Xi=S\cos(ig)$

$Yg-Yi=S\sin(ig)$

或　$Xi=Xg-S\cos(gi)$

$Yi=Yg-S\sin(gi)$

因之，可得一般三角形之式爲

$XB-XA=c\cos(AB)$.　　$YB-YA=c\sin(AB)$.

$XC-XB=a\cos(BC)$　　$YC-YB=a\sin(BC)$

第廿一圖

$XA - XC = b\cos(CA)$.　　$YA - YC = b\sin(CA)$

$XC - XA = b\cos(AC)$.　　$YC - YA = b\sin(AC)$

$XB - XC = a\cos(CB)$.　　$Yb - YC = a\sin(CB)$

$XA - XB = c\cos(BA)$.　　$YA - YB = c\sin(BA)$

高程[illegible]求各點之水準差，因之以推算標高也，分直接水準測量與間接水準測量。

用水準儀直施視測，以直接推算各點之高程，曰直接水準測量，依兩點之水平距離及垂直角以間接計算各點之高程，曰間接水準測量。

直接水準測量，[illegible]附表第六第七行之，自已知高程之一點起，在測區內沿平道之路用視法測定各閉塞環線連成環線，如第三十二圖，是曰本道綫水準測量，各環綫間相隣二點，謂之一鎖部，通常長一公里至二公里，在每一環線，均須用閉塞於已知點，或再回歸於起點，而每一鎖部間之

又須往返閉塞，故本道線有二次改正數，

自本道線上水準點起，用單胡法以推算各圖根點之高程，是曰支道線水準測量。

凡直接水準測量之前視與後視以及各測點之距離，必須力求相等，以便減少由器械發生之誤差，又本道綫每一測站前後視之距離，通常由五十公尺至十公尺，支道線前後視之距離，再至二百公尺。

第三二圖

間接水準測量，可如附表第八行之，即於傾斜較峻不便施行直接水準之圖根點，按前述平板儀之公式(II)計算之，但至少須由二已知點推算，以[illegible]平均值，而已知[illegible]至求點之距離，以近於相等爲佳，至其垂直角及邊[illegible]，前已述及，惟因距離較遠時，關於地球表面空氣折光之球差

及氣差（謂之兩差），須如圖表第九改正之。

成果表之編製　將各推算之結果彙列一表，是爲最後之結果，卽將各點之縱橫線及標高抄於一紙，以爲碎部測量之根據，名曰成果表，如附表第十。

其二　多角圖根

將連接地上諸點所成多數之多角形觀測之而決定其平面及高程位置者，曰多角圖根測量，此在展望較難如街市等地不便施行三角圖根測量時用之，惟多角形之角及邊，皆須直接測定，故選定諸點時，務須注意相隣二點間能互相覘視，且容易通過爲要。

多角圖根之理，與三角圖根無異，茲將其計算中不同之處述之如下。

邊角之測定　如附表第十一行之，其邊長通常用測鎖或鋼捲尺往返測量二次而取其中數，其各角通常於各角頂整置經緯儀以測其共軛角，如第

三十三圖。

觀測多角圖根之角，常有用羅計盤者，并以磁針方向代子午線方向。

縱橫線之計算　如第三十四圖，oZ及oE爲縱橫兩軸，亦謂之經緯軸，設1.2兩點之距離爲S_1，縱橫線爲(X_1, Y_1)，(X_2, Y_2)，又在1點S_1之方位角爲(1.2)，可知

$$X_2 = X_1 + S_1 \cos(1.2),\quad Y_2 = Y_1 + S_1 \sin(1.2)$$

同理，在一多角形各角頂縱橫線一般之式爲。

$$X_n = X_1 + S_1 \cos(1.2) + S_2 \cos(2.3) + \cdots\cdots + S_{n-1} \cos(\overline{n-1}.n),$$

$$y_n = Y_1 + S_1 \sin(1.2) + S_2 \sin(2.3) + \cdots\cdots + S_{n-1} \sin(\overline{n-1}.n),$$

第三三圖

第三四圖

即一角頂之縱橫線，遂次以代數法加其相隣二頂點之縱橫線差，即得

算定各角頂之縱橫線也，如附表第十二。

測角前方交會法　有緊要之點，因地形障礙，不能直接測定其距離，或不能以之爲測站時，則以多角圖根之已知點爲測站，各以其前一點爲原方向視測定方向角，因之以推得此點之縱橫線，此謂之測角前方交會法，如第三十五圖，設C爲所求點，A.B爲多角圖根中之二已知點，

第三正圖

同前之命名，可得

$$\tan(AB)=\frac{Y'-Y_A}{X_B-X_A}$$

$$\frac{X_C-X_A}{X_B-X_A}=\frac{\sin[(AB)-(BC)]\cos(AC)}{\sin[(AC)-(BC)]\cos(AB)}$$

$$Y_C-Y_A=\tan(AC)(X_C-X_A)$$

式中X_C'Y_C，即C點之縱橫線，通常由四已知點算出二值而取其中數，如附表第十二。

其三　圖解圖根

前所述三角圖根及多角圖根，均係觀測其水平角并再計算方法以決定點之平面位置，統謂之測角圖根，此外，由幾何理，將選定之各圖根點，用圖解法以決定各點之位置者，則曰圖解圖根，惟基線子午線及垂直角仍須同樣觀測之，如第三十六圖，aN爲x線，ab爲基線，端子午線之方向，依此將基線繪於測板上，先於a端照準周圍之各點，描畫其方向線於測板上，再於b端標定測板，照準周圍諸點，描畫各方向線於測板上，其與在a所照準各方向線之交點，即所決定各點之位置，同樣，以已經決定之點作測站，逐漸展開，可將所選定各圖根點一一交會於測板上，惟交會一點時，通常須依三個以上之方向線決定之，以點檢其位置

第三六圖

是否正確，若三方向線不交於一點而成一微小之三角形，謂之示誤三角形，此三角形之內切圓之直徑如在〇，二五公厘以內，則以其中心爲點之位置可也，否則卽係標定測板或所描畫之方向線含有較大之誤差，須另爲點檢改正之。

依測板上所突出各點距離及測得之垂直角以計算各點之高程，再以a爲原點(或以另一圖根點爲原點)，由測板上量出各點之縱橫線，卽得最後之成果表。

圖解圖根，通常用平板儀或眼鏡照準儀觀測之，其精度雖遠遜於測角圖根，然有迅速完成之利。

第三款　碎部測量

以圖根爲範圍，測定地面諸點之位置及其各點間之距離與高程而描繪地面諸般形狀於測板之上，曰碎部測量，又曰測板測圖，碎部測量方法及

所用之器具，因此例尺不同而亦有異，大致可分爲下列二種。

一、在五千分一以上甚大之比例尺測圖，乃眞形圖，所用器械，爲經緯儀，測角器，鋼捲尺等，所用方法，分爲記載法與直接法，即測定方向，距離，直接描繪於測板上，或先記載於手簿中而後繪之，均須十分精確爲要，此在工程圖，地積圖等用之。

二、在五千分一以下至五萬分一或小尺度測圖，乃記號圖，所用器械，爲平板儀，測斜照準儀等，所用方法，係直接描繪於測板之上，惟實地之長廣，常因限於尺度，不能將眞形繪出者，如道路，橋梁，小房屋等，祇能以記號示之：軍事上多用此種地圖，本款亦專就此種論之。

其一　總圖根點之展開

根據前款所述，依縱橫線將各圖根點決定於測板之上，是曰總圖根點

第三七圖

點數 \ 座標	原座標		變換後座標	
	xm	ym	xm	ym
1	200	300	0	0
2	50	150	-150	-150
3	500	180	+300	-120
4	300	580	+100	+280
5	20	490	-180	+190

之展開，惟展開時以原點置於測板中心爲便，通常均以基線之一端點爲縱橫線之原點，若基線偏於一面，或一總圖根區域分爲數個測板測圖時，則當先按座標變換理，將各點座標變換之，如第三十七圖，設1爲測板中心之位置，以之爲新原點，其座標爲(0,0)，至2.3.4.5等點，均依此變換，如上表所載，再通過1點描畫直交二軸，由此二軸，將各點座標變換後之值按比例尺縮小描繪之即得。

測板上已經決定位置之點或線，謂之已知點或已知綫，其未經決定者，謂之未知點或未知綫，整置測板於一地點，使測板上各已知點之方位適合於實地之方位，謂之測板之標定，其必要充足之條件爲

一、測板上測站之投影，須與測站在一垂直綫中

二、測板必須水平

三、測板須合於一定之方位

測板標定之方法如次：

（一）由已知綫之一端標定　此爲精密方法，如第三七圖，ab爲測板上之已知綫，A1爲與b相應之實地上之方向，今在A點標定測板即，以測斜儀等器械之定規邊切準b，轉動測板，并注意水平與照準B點，隨將測板固定，此際測板即標定矣，若恐投影點a不與b在一垂直綫中致發生誤差時，則依求點器移動測板以定之，如b不能一致，設其圖上之誤差爲a

，相應於實地上之變位爲Q，測圖縮尺之分母爲m，可知Q＝mol，而測，一公厘以下之長，肉眼難以辨析，故

$$Q<0m,m1\times m$$

即實地變位影響於測板上之誤差，因縮尺之大小而異其界限，例如縮尺爲千分之一，則應Q<100mm，即在千分一測圖，以地點爲中心，以十公分爲半徑畫一圓周，測板上投影點與其相應之地點如在此圓周以內，即無妨礙，故求點器常摒而不用也。

第三八圖

標定測板時，所用二已知點，以距離甚遠而且覘視線之傾斜甚緩者爲宜。

（二）由羅針標定　測圖之區域不大，或在短距離之已知點範圍以內

，則磁針方向，可視爲平行，準此理以標定測板，是曰羅針標定，其法，於首此由(一)述之方法標定測板後，隨即轉動羅針，使其尖端與指標一致，遂固定羅針之位置於測板之上，嗣後在任意地點，均依此以標定測板，甚爲便利，此通常應用之法也，惟在鐵質建築物或磁鐵鑛地，則羅針立失其效應，務須注意及之。

(三)由已知線之中間標定　即漸次移動測板，至二已知點之聯線上，依此聯線以標定測板之謂，此法在萬不得已時，如已知線之端點不能整置測板或羅針失效時始用之。非常用之法也。

(四)白塞爾法之標定　此法在羅針失效時用之，亦即不用羅針而標定測板之法也，此法係德人白塞爾 Bessel 所創，故以爲名，又分甲乙二法，甲法，如第三十九圖，A'B'C'爲實地之三已知點，a'b'c'爲其相應於測板上之三點，今於實地上D點整置測板求其相應之d，先以測斜儀之定規切a

第三九圖　第四十圖

，由端以覘視A，隨將測板固定，然後以定規切照準B，畫方向線ce，次轉動測板，以照準儀之定規切ac，由a端以覘視C，再將測板固定。又以定規切照準B，畫方向線ae則ae，ce二線之交點e，必在通過中點b與測站二點之直線中，於是以定規切be線轉動測板以照準地面B，隨即固定測板，此時測板即標定矣，再切點照準C點，畫ad線，或切點照準C點，畫cd線，與bc相交於d，此d即地面D點相應於測板上之投影也。

乙法如第四十圖，設$bc \parallel ab$，於b上取$ba \parallel ab$，以定規切bc，由c端覘視a，固定測板，然後切a點照準c，畫方向綫$a'c$，次將ba針長至$bc \parallel bc$，轉動測板，以定規切$c'b$，由c'端覘視a，再將測板固定，又切a點照準b，畫方向綫$c'e$，則$a'c'e$二綫之交點e，必在通過中點b與測站d點之直綫中，於是按甲法以標定測板，并依法以求得D在測板上相應之位置d。

（四）以透明紙爲補助之標定　此法亦於羅針失效時用之，如第四十一圖，在未知點D整置測板，展透明紙於其上，植立細針於適宜之點描畫通視地面已知點及此點之方向綫，如甲，次將此透明紙在測板上滑動，迄各方向綫與測板上相應之各點一致爲止，再於此點以細針戳記此點於測板

第四一圖

之上，是卽D點相應於測上之位置d，如乙，復以da.bb.bc。任一已知線按（一）法行之，卽可將測板標定，惟測站D若在通過各已知點之圓周上或接近其圓周，則此法不確，須注意及之。

其三　交會法

前款所述之總圖根點，因其距離甚大，不能竟準之以測量碎部，更於其間設置若干之點，是曰碎部圖根點決定碎部圖根點，通常用測斜儀於測板上依交會法或道線法施行之。

碎部圖根點之位置，以主要地物之附近及山頂，山背，平底谷之底等地便於作測量碎部之測站者爲宜，其目標，通常用上白下紅之標旗，俾與總圖根點有所區別，依相交之方向線以決定未知點之位置，曰交會法，相交方向線，以成直角者爲最良，至小亦須在三十度以上，設D爲交會點圖上之距離，其界限爲D∧5cm，而在一般地形，此D之平均值約爲二公分，

最適於用也。

交會法，分爲前方交會，後方交會，側方交會三種。

一、如第四十二圖甲，依已知線標定測板，以已知線之兩端爲測站而覘視未知點，由兩測站所發出之方向線，因交會以決定前方之未知點，曰前方交會法。

二、如圖乙、依羅針標定測板，以未知點爲測站而覘視已知點，由已知點引回之方向線，因交會以決定後方之未知點，曰後方交會法。

三、如圖丙，依已知線標定測板，以已知線之一端爲測站而覘視未知點，定其相對之方向，次以未知點爲測站而覘視他已知點，由此方向與回方向線之交會以決定已知線側方之未知點，曰側方交會法。

甲　乙　丙

第四二圖

上述三種方法，因地形及精度之不同，而其利害與用途亦異，以側方交會爲最良，前方交會次之，此法通常用第三方向線以點檢交會之正確與否，若有示誤三角形，其內切圓之直徑在。四公厘以內時，則以其中心爲求點之位置，至後方交會，在手續上較爲簡便，惟須於開豁地始便操作，且係依照針盤定測板，故精度較劣，若測板之標定未臻精確而發生示誤三角形時，如第四十三圖，a.b.c爲已知點，d爲求點，設測板標定有○角之

第四三圖

誤差，各方向線不交會於 $\bar{x}$ 而發生 xyz 示誤三角形，則作 $du \perp ax$, $dv \perp bv$, $dw \perp cz$，可知。

$$du : dv : dW = ad : bd : cd$$

準此理，得後方交會法所生示誤三角形之一般消去法，如第四十四圖，設聯接 a, b, c 成一三角形，而 o 為其外接圓，則

第四四圖

(1)測站若在三角形以內時，則 d 在示誤三角形之內。

(2)測站若在三角形以外而在圓周以內時，則 d 在示誤三角形之外，中央方向線之旁。

(3)測站若在圓周以外而與三角形之一邊相對時，則d在示誤三角以外，兩方向線所成頂角之旁。

(4)測站若在圓周之外而與三角形之一角頂相對時，d之位置同(2)。

(5)測站若在三角形之任一邊或其延長線上時，則不能現出示誤三角形，可依測板標定之(三)，用側方交會施行之。

(6)測站若在圓周上，亦不能現出示誤三角形，難得d之正確位置，須避免之。

交會點之標高　如第四十五圖及附表第十三，設A為與點，B為求點，A.B之標高為HA及HB，由交會法在測板上量算兩點間之距離為S，傾斜分劃之數為h，則

$$HB = HA + \frac{h}{100} \times S \quad (Z-i)$$

式中Z爲標旗高，i爲測器高，此爲由與點覘視求點之式，名曰直覘，同理，若由求點以覘視與點，則謂之反覘，其式爲

$$HB=HA-\frac{h}{100}\times S+(Z-i)$$

式中之HA+(Z—i)，名曰覘標下低標高，常記載於手薄或幾何寫圖上，若依以覘計算標高之時，則將覘標下低標高載入覘點之標高欄內，由此減去$\frac{h}{100}\times S$之值，卽得求點標高，以免計算之繁。

第四五圖

其四　道線法

描畫方向線并直接量定距離以決定多角形各點之位置，曰道線法，於展望不良而傾斜徐緩地方，碎部圖根點，常用此法決定之，在一多角形道線之內，因情形之必要，得再測一個或數個之多角線，由一角頂閉塞於他角頂，將一多角形，分割爲二個或數個之多角形，此多角線名曰橫綴線，

第四六圖

如第四十六圖，ABC……I爲多角道線，A12345F及C784爲橫綴線是也，橫綴線既爲增加基準點之用，且可點檢原多形之正確與否。

道線法之圖上邊長，以二公分爲最大限，邊數以不超過二十五邊爲宜，其方法分爲複覘道線與單覘道線兩種（附表第十四五），如須所述。

第四七圖

一、如第四十七圖，先以I爲測站，用羅針標定測板，將地上之I點投影於測板上適宜之位置I處，次以測斜儀之定規切I，照準地上▽.II，描畫1—5,1—2兩

方向線，并就實地量定此二邊之長，以決定▽.亚在測板上相應之位置5.2，然後移測板於亚，用2—1之方向綫標定測板，描畫1—3之方向線，并直接量定此一邊之長，以決定亚在測板上之位置3，再切3描3—4之方向線并量其距離，以決定4之位置，同樣，每格一角頂爲測站，遞次決定各點以閉塞於6，是曰單覘道線法。

二、如第四十八圖，先以1爲測站，同前法決定測6.1.2三點之位置後，隔一角須爲測站，用羅針標定測板，須以測斜儀之定規切2以照準亚，描2—3方向線，并直接量定此一邊之長，以決定亚在測板上之位置3，再切3描3—4之方向線并量其距離，以決定4之位置，同樣，每格一角頂爲測站，遞次決定各點以閉塞於6，是曰單覘道線法。

第四八圖

上述二種方法，以複覘法較爲精密，故多角道線，常用複覘法，而橫綴線則用單覘法。

道線法中之高程計算，與交會法同，而道線法所照準各點之目標，通常以覘板代之，因覘板高常使其等於測器高，即 $Z-i=0$，故高程之計算，常較簡單。

道線閉塞時若發生誤差：名曰閉塞差，在高程不能閉塞者，名曰高程閉塞差，在平面不能閉塞者，名曰平面閉塞差，閉塞差有規定界限，如附表第十六，其差若在界限以內，可與其邊數成正比例配賦之。

平面閉塞差之配賦法　如第四十九圖，實綫係示含有誤差不能閉塞之道線，6與6不能相合，而發生閉塞差 $'66$，虛線係示已將誤差配賦後能夠閉塞之形狀，配賦之法，由原有各點作與閉塞差 $6'6$ 平行之 $1'1$，$2'2$，……等線，於此等綫上。由5起，用一般算式記之，設邊數爲n，則取

第四九圖

$$5'5 = \frac{6'6}{n}(n-1)$$

$$4'4 = \frac{6'6}{n}(n-2)$$

……

將各角頂5.'4'……之位置，漸次較移於5.4.……處，迄至於1，即不能見其誤差而平均配賦矣。

道線法常與交會法併用，如於道線中遇有不易通過之地段，則用已知之道線點施行交會法，如不能直接測定距離，可用急造量距尺求之。

其五　地物測量

前述各基準點既已完備，若尚感點數稀疎仍難準之以測量碎部時，則從其測區中便於作業之部，更設補助交會點或補助道線，由各點之周圍隨

測隨繪，漸次移於隣點，次第將地物地貌繪出，地形測量實地之工作畢矣。

補助交會點及補助道線之測法，與交會法及道線法同，惟可較爲簡略，如無須高程之點，則可省略其標高之測算。

地物及地貌之測圖，原可同時行之，茲爲說明簡單便於瞭解起見，特先述地物測圖之要領如次。

一、所有地物，按照測圖比例，不能完全現於圖上，須權衡輕重，酌量比例以定其取舍，最爲緊要。

二、凡地物有關於軍隊之休止、進行，戰鬥以及諸兵要者，必悉取之，毋失其本來面目爲要。

三、諸小物體，常爲用圖目標或有關重要者，如獨立房屋，獨立樹，小橋，小徑，塔，井以及航路之類，均不可以其小而忽略之。

四、非其所目擊但涉於想像者，不可隨意繪於圖上，若含有時間性如高水界等，則須質諸多數土人，採其言之符合者繪之。

五、在土木事業之半途，如其竣工之期已近，則視同已竣工者繪之，例如道路之經始，已代除障礙物而路面尚未築造者，則以在建築中者繪之，若在建築中既定橫斷面正從事路面之築造者，則以完成者繪之。

六、於一地方特有之物體，其緊要者，須規定特種記號繪之。

七、在一測站，須將周圍業務全部完成且信無錯誤時，始可移至次之測站。

八、測站以能通視周圍多數之點且易測量距離者爲宜，故常以碎部圖根或總圖根諸已知點爲測站外；若遇無此便利之時，則臨時以簡易方法另求測站之位置。

地物測量之方法，如次所述，并參照第五十圖。

圖十五第

(一)光綫法　由已知點測定方向及距離，以決定屬圖諸未知點之位置，是曰光綫法，如圖，以A爲測站，測定A1，A2，……A14之方向及距離，則1，2，……14各點之位置卽可決定。

(二)單交會法　由二已知點施行交會，以決定未知點之位置，曰單交會法，如圖，由AB兩測站描畫A15，A16，A17，A18及B15，B16，B17，B18，各方向線相交，則15，15，17，18各點之位置因以決定。

(三)半道綫法　由一已知點測定諸未知點之方向，并量定該已知點與某一未知點及相隣諸未知點間之距離，以決定諸未知點之位置，曰半道綫法，如圖，由A先測定A9之方向及距離，次測定a，b……AC各方向綫，及9a，ab，……9e各距離，再以9爲中心，9a爲半徑畫弧與Aa相交，以決定a點，又以a爲中心，ab爲半徑畫弧與Ab相交，以決定b點，遂次如此，則a，b，……e各點之位置，皆可決定，惟圓弧與直綫有二交點，於此二點之中

究用何點爲合，依目測判定之可也。

（四）縱橫線法　由未知點向已知線上作垂線（即縱線），測定其長，并測縱綫趾至已知綫上某一點之長（即橫線），以決定此未知點之位置，曰縱橫線法，如圖，某路爲已知線，由兩傍各未知點[illegible]向此路作垂線[illegible]測定其長，再量[illegible]各點與路上已知點C間之距離[illegible]，則[illegible]各點之位置，由此決定矣。

（五）步測及目測　地物測量之距離如非甚大，通常以步測或目測行之，步測結果，固因人而有差異，然可由練習使其合於規律，目測亦宜熟練，如從暗處望明處，或自明處望暗處，或前方開豁及蔭蔽之處，均有不同之感覺，大致在地物稀少之地及向明處施行目測，多失之過小，反之，則失之過大也。

（六）上述各法不過其普遍者數種而已，實際應用，原難拘執，且地形

複雜，更不能預定何種地物何種情況應由何種方法測定之，惟在隨機應變，取舍適宜，期其作業簡便而結果精密，則爲用得其法矣。

其六　地貌測量

地貌之變遷不若地物之甚，惟地貌測量，與軍事之關係密切，必須千分注意，使其形狀通眞，方有圓滿之價值，故不僅手術須熟練靈敏，且須通解地形成立之原則了解兵要地理爲要，其地圖方法，用水平曲線式，特就此法論之。

地貌測量之要領

一、地貌測量，須先判斷土地之大勢，明瞭形成之原理，再默念其一般形狀，由總貌而分爲各部份，以免作業紛亂，致被其部份之形狀所眩惑。

二、地貌測量與地物測量同時行之，然在一測站中，必先測地物而後

及於地貌，蓋水平曲線之徑路，常依地物以測繪之，較便利也。

三、先測地性線上水平曲線之經過點，再審度地面形狀，連合同高程之各點以描繪水平曲線，如第五十一圖。

四、描繪水平曲線之形狀，根據實地眞形，自非如何整齊圓活，但微小皺皺襞無裨實用處，繪之反易淆亂視線者，可簡略之，總之，現道之道，不僅須顧慮尺度之大小，且須明瞭用圖之輕重，理論實用，不可偏廢，至於間曲線助曲綫之應繪與否，亦須酌量情況而活用之。

第五十一圖

五、級流與靜水，惟地貌測量之良好準據，但須注意水之消長，而於

海潮尤然。

六、地貌測量所要之距離測量，不僅關係於點之位置，且於其高程之結果之關，故須嚴密注意。

七、由水平曲線不能顯出之小斜面，可以量溜線示之，要點之標高不能明示者，則以獨立標高示之。

八、前述地物測量之要領中，有與地貌測量有關者，須注意，地貌測量之方法，如須所述，并參照第五十一圖。

(一)直接測定　此法於傾斜徐緩且凸凹不齊一之土地適用之。即按前述光線法或半道線法之要領，測定平面位置，依覘視高以求水平曲線之經過點也，如第五十二圖，設P爲測站，(此點應在與擬求之水平曲線標高相差較少且對該曲綫各部成等勢之位置)其標高爲31,m2，由此點以求30m之水平曲線，則用覘板標尺，將覘板

第五二圖

固定於1,m2+1,m3處（1,m3爲測器高），而移動標尺於地面，至由測斜儀內水平覘得覘板心線爲止，此時標尺所立之處卽30m標高明矣（此位置須避去土堆或掘孔等，須覓其地貌自然而位置適宜處爲要），設此點爲1，於是描畫P1方向線，并縮繪其距離，以決定1在測板上相應之位置，同樣，再求得同高之2,3,4……各點，卽得30m曲線之徑路矣，惟此各點，係描繪曲線之依據，故以在凸稜凹稜之部爲便，P爲求30m曲線最適宜之位置，但如P之標高尚未測出時，可先依他已知點以求出P之標高。

（二）間接測定　又名插畫法，此法於傾斜急峻且斜面整齊之土地適用之，如前圖中之M山，已知其某地性線上兩端點之標高，或一端點之標高及傾斜，而求曲線之經過點也，其操作分計算與圖解二種。

計算法　用餘切比例尺以求之，即爲計算法之一，又如第五十三圖，設斜面上地性綫兩端點a.b之標高爲45,m3及58.m90而ab圖上之長爲27m,m2，如欲於線上求出每隔二公尺高曲線之經過點時，則按比例理，可求得a端至46m 標高點之間隔X1及每二公尺標高點之間隔X2爲

13,m6 : 0,m7 = 27m,m2 : X1　　X1 = 1m,m4

13,m6 : 2.m0 = 27m.m2 : X2　　X2 = 4m.m0

若僅知a一端之標高45.m3及知ab之傾斜爲$\frac{10}{100}$，而測圖縮尺爲五千分一時，則

46.m0 — 45.m3 = 0.m7，故

$10 : 100 = \frac{700mm}{5000} : X1$　　$X1 = 1m.m4$

$10 : 100 = \frac{2000mm}{5000} : X2$　　$X2 = 4m.m0$

第五十三圖

圖解法（1）如第五十四圖甲，在地性綫ab一端點a，其標高爲67.m5，將一尺之67m.m5與a相切合而固定於任意之方向XY，再將綫之他b標高101m與尺上相應之數101mm二點間聯一直線，於與此平行相應等距離之間隔描畫平行線，使與地性線ab相交於100.90.……等點，是卽標高100 90.……水平曲線之經過點。（2）如第五十三圖乙，預先於透明紙上描畫相等間隔十分數之平行線、次將此紙朦覆於地性線ab之上，而使平行線間與a標高117.m3相應之點，與a相合，卽將細針刺入a處，於轉透明紙，使其平行線與ab平行，再於此紙上自a點起，畫一任意直線ac，於ac上取一點c，令其在諸平行線間所佔之位置，恰與b之標標186.m1相符，聯結b.c，并過ac與各平行線之交點作與bc之平行線數條，與ab交於各點，此各交點，卽ab上曲綫之經過點也。

(三)直接與間接併用　即以直接測定法測定數條基準曲線，再於其間施行插畫也。

(四)目測　地貌測量中之距離及高程，常依目測爲之，但須以既定之重要地貌爲準據，如比較其鄰近既定之水準差，或比較已知高度之物體之類，惟目測常易被地貌所眩惑，如在緩急兩傾斜接續之處，恆視緩者過緩急者過急，於起伏地面相隔離之二點目測其水準差，每失之太少，又視凸稜或凹稜，常偏倚於測量者之正面而不成爲最大傾斜線，在狹谷望谷側，屢誤認谷側之傾斜變換線爲山頂，正對凹部視之，常失之過淺，斜視，則又失之過深，此類之事甚多，不可不注意也。

(五)地貌測量，亦如地物測量，不能預定何時應用何種方法，大致一萬分一以上之測圖，用直接測定法，餘多用間接測定法及目測。

第四款　臨時測圖

以上所述由圖根測量以至碎部測量而成圖，是爲正式詳細測圖之方法。若於急需一局部地圖之際，而區域內既無已知之基準點，又不暇施行圖根測量，或欲修正原有地圖之時，則以簡易之方法迅速之手段，活用前述各法使成需要之圖，皆可名之曰臨時測圖。

臨時測圖，爲軍事上所常用者，其方法雖簡易迅速，而憑空測繪，實較正式測圖有基準點可據者更爲困難，故非熟悉前述各法并有測圖經驗者，決難舉止合度措置裕如，誠不可以其簡單而輕易視之也。

甚古，迅速測圖

此種測圖，概準前述道線法交會法等法，隨時測定圖根，描繪地物地貌，以期作業之速成，例如先於甲地用羅針標定測板，描繪周圍碎部，次依道線法以求乙測站，又由甲乙兩測站，依交會法以決定丙站，次至乙丙

爾測站，再用已知線或羅針法以標定測板，并畫繪周圍碎部，逐次擴張，以至完成爲止。

此種測圖之器械，用測斜儀或平板儀均可，地貌專用間接法，地物按其需要以定取舍，距離測量，則用步測目測行之。

其二　眼高及腕長之利用。

利用眼高及腕長之方法，爲本款後述諸法中所常用，特先述之如次：

（一）利用眼高之直接水準測量　如第五十五圖設所求A.B兩點之水準差爲H，先立於A處，對準B之方向，將右手向前伸出，使拇指尖與眼同高，以覘視地面同高之點1，次至1，復依前法以決定2，逐次如此以達B點，如最後一點之高不滿於眼高之

第五十五圖

值，可由目測定之，如眼高爲e，末點高爲f，測回數爲n，則

$$H = ne + f.$$

(二)利用腕長之間接水準測量　如第五十六圖，設所求A、B兩點之水準差爲H，水平距離爲L，眼高爲e，在A伸出右腕，右手垂直保持腕長基尺(見後)，使其零分畫與眼同高而覘視B，設由尺上讀得分畫數爲h，則

$$H = H' + e = \frac{h}{100} \times L + e$$

腕長基尺，可以竹片或鉛筆爲之，於其上刻記等距離之分劃若干，其一分畫之長，令等於腕長之百分之一，蓋以腕長代替測斜儀之定規，而以腕長基尺代替分畫板也。

第五十六圖

(三)不能接近之點之水準差及距離之計算　如第五十七圖，設B爲不

能接近之點，A.B間之水準差爲H，水平距離爲L，e爲眼高，在A依腕長法覘視B，得分畫數爲h，再後退至同方向之'A處，復覘視B，得分畫數爲'h，設A'A二點間之距離爲D，則

$$H=\frac{Dhh'}{100(h-h')}+e,\qquad L=\frac{Dh'}{h-h'}$$

第五七圖

(四)眼高及腕長之決定　決定眼高之法，可先將眼高，標記於墻壁上，次退立於距墻數公尺處，平伸右臂，豎起梅指，使指尖剛好在眼與標記之聯線中，此時右手可握一細桿以支持之，并使細桿之下端，以緊接脚尖之地面爲支點，凡此支點及細桿把握處，以及站立之姿式種種情況，須牢記之，在實施時，卽可依此應用也，欲決定腕長，可先於墻上標記眼高，并於此標記上方之垂直線上，每隔一公尺畫一橫線，以標記爲0，由此而上，記以1.2.3.等

數字，須後退若干距離，平伸右臂，將梅指尖按於所持公分尺之四公分處而垂直保持之，并使此四公分處，恆與墻上之標記○同高，由此漸次後退，迄通過拇指尖上方四公分之視線適與墻上之標記十一致爲止，此時人與墻兩者間之距離，恰爲其腕長之百倍，換言之，即腕長之決定，可截取此距離之百分之一爲準，但此法須屢屢練習之，方能得一較確之值。

其三　目標測圖

此測圖法，概以迅遽測圖爲準，乃使用攜帶圖板，圓盒，羅針，腕長基尺，複步比例尺，方眼紙等，以施行至簡易之測圖方法也，其目的在於關製要圖，如陣地要圖，宿營要圖之類，凡須急遽完成測圖者，均依此行之，至其精度及尺度，可視目的及時間而決定之。

測圖開始，須先行履勘，於測區內適宜之位置決定一基，由此端向彼

端踏查，并登臨近傍之高地以觀察全區之地形，凡著明之目標，道路，河川，地性線之方向，地物地貌之關係位置，以及測圖之計劃，即可依此以默定之，胸有成竹以後，即歸還原處開始作業。

基線測定，可依羅針先定圖紙之方位，依步測距離及道線法之原則，由第一點以決定第二點，同時，因二線之交會以決定兩傍之目標，即描繪基線近傍之碎部，并用目測，腕長尺測定水準差，以定其標高，逐次前進，將基線近傍全部之地形描繪完畢。

碎部測量時，勿爲道路，河川，谷等之小灣曲及土地之小起伏所惑，務須判別其緊要之程度以定取舍，準此原則，先描繪大體之地形，次及小局部，所用諸點，以由已知目標點依後方交會法決定者爲宜，如依托已知點而用道線法時，亦惟限於蔭蔽地或在高處不能判定之谷等小部份，以免誤差之累積。

其四　路上測圖

此圖以測繪道路附近之地形爲主，測區廣狹，視需要目的及實地狀況而定，其有關緊要之地物地貌，均須詳細調查，註記於圖上相當之位置，而以箭頭指示之，并酌量附以斷面圖或簡單寫景圖，如路線甚長或灣曲過甚，一紙面不能容納時，可分段繪之。

路上測圖方法，多準目標測圖，且測且進，不必顧慮道路之小屈曲等，并在急需完成之時，有在馬上或車上測繪者。

其五　記憶測圖

於時機迫切，或在祕密偵察之時，將實查之結果，記錄於紙片上，或默記於腦中，歸來憑此所記之資料以作圖，是曰記憶測圖，此種測圖，非記性甚强而且富於地形判斷熟於描繪地形者，難收良好之效果。

此種測圖之詳略，因偵察之目的及狀況固有差別，而一般須將預定計

畫之諸點及各地點之重要關係位置迅速測定，以免倉卒之間，有所遺漏錯誤，又如起伏地，宜統觀全殿之狀態，更注目於主要之凸稜凹稜爲要。

此種測圖，須採用極簡單之方法，所用器具，亦須採用極其輕便者，其測法如第五十八圖甲，乙所示。

甲圖　先於手簿上畫縱橫XY以爲基線，次決定出行點1（常在經路之上），乃以1爲測站，應用交會，光線，目測諸法，以決定主要之碎部，如。橋，C岬，Z路，C山頂及E1山脚等，描畫其概略方向線，并記其方向角（或方位角）及距離於手簿上，再於適當位置，測定主要之凸稜凹稜，描畫其概略形狀，如E1.100C1等，并記載各種必要之情況於手簿上，如此，1點周圍之測圖已畢，則將前進時刻，記入1點之側方，次觀察道路兩傍之地形，逐次向可作第二測站之地點前進，直達次點，記其到達時刻，復在基線上依適宜之間隔，決定第二測站2，然後反覘1點之預定目標，沿基線

第五十八圖甲

第五十九圖乙

記載其方向角（或方位角）同樣操作，將[illegible]點周圍測畢，同法，移至 8.4 ……各點，以預定之偵察完畢爲止。

乙圖．上述業務竣事歸束後，將所記之方向距離，按比例移繪於方格紙上，并按手簿上所記載，補繪地物地貌之形狀，算定必要之標高，并須加入必要之註記，於是測圖完成矣。

其六　情報測圖

因諸種關係，對於擬測地圖之區域不能實施測圖時，則蒐集各方情報，將其關於地形重要之事項，審愼編繪於紙上，是謂情報測圖，其精度視所蒐集之資料是否中肯及編繪者判斷之能力與測圖之經驗也如何耳。

情報之蒐集，即就居民，旅客獵戶，脚夫，俘虜等探問所需之要件，如主要居住地之方位及住離，鐵路河川之方向，并此等中間之重要碎部關係位置等，惟此際稍不注意，常生莫大之謬誤，故雖同一事項，必須蒐集

數個情報，彼此核對而判斷別其虛僞爲要。

其七　陣地測圖

陣地測圖，分爲敵陣地測圖及我陣地測圖，對敵方面，爲現示其佔領之地域及所設施工事之狀態等，對我陣地，則須適應於陣地編成之要求以現示地形。

此種測圖，因受敵情或時間之限制，作業不僅須求確實，且須迅速，任其事者，應具備戰術築城之智力，運用各種測圖方法，合乎機宜以行之爲要，必要時，得與航空攝影或地上攝影併行之。

敵陣地測圖　由我陣地間接施行觀測，或由航空攝影以製成圖幅，須小心行之，并須注意掩護之設備爲要，其測量方法與使用器材，因所將之精度而別，通常在總圖根測量時，使用角測量所用之器材，測量碎部，則用圖解所用之器材。

圖根測量，以我領域內之總圖根點爲基準，依前方交會法以決定敵陣

地內之著明目標如塔，山頂，獨立樹等，然後以此爲根據，依圖繪方法以施行碎部測量。

如係航空撮影，則必須將我領域之一部份一伊撮入影片，且此一部份之地面，至少須有圖根兩點。

我陣地測圖　測圖方法，概與測圖一般要領行之，惟須注意精度，使合乎陣地編成以及其他目的上之要求，其無關係者，可以省略。

圖根測量，依基本張之，地域廣大，應先施行總圖根，如因特種業務僅以局部測圖爲滿足時，可用多角形圖根測量，碎部測量，概準測板測圖之要領行之，如情況急迫，可憑據測圖目的，對地形分別取舍，以期迅速完成爲要。

第二節　三角測量

在陸地測量中最精密之觀測及計算，當推三角測量，小而言之，測量

一國之地圖，大而言之，研究大地之形狀，皆須先於地上測定許多基準點，一之絕對位置以爲根據，測定此諸基準點之方法，謂之三角測量，此諸點曰三角點，聯接三角點所成諸三角形之各邊，曰三角邊，三角測量，係施行於廣大地域者，故又稱大地測量，決定大地測量中基準點之方法分爲下之三種。

一、三角測量　決定點之平面位置。

二、水準測量　決定點之高程位置。

三、天體測量　決定點之與地學上位置（緯度，緯度，方位角）。

第一款　三角測量

三角測量，與地形測量中之三角圖根無異，惟範圍甚大，其觀測計算諸方法以及所用之器械，均較精密，三角點常因距離過大，又於其中較爲接近之點，逐漸縮短距離，至可準之以施行地形測量爲止，因此，三角測

量，常分爲一等三角測量，三等三角測量，三等三角測量，四等三角測量四種，各種邊長，大致如次之規定。

一等三角邊	20Km—50Km
二等三角邊	10—20
三等三角邊	2—10
四等三角邊	1—[illegible]

第五九圖

在一等三角之形狀過大，不便設置二等點時，則於其形內另設一二點，是曰一等三角補點，蓋多數三角形，依其形狀區分之，又有三角網三角鎖之別，如第五十

九圖，甲爲三角網，乙爲單三角網，丙爲複三角網，乃隨測圖之情況而採用者也。

三角測量所用以量基線之尺，多用法國所製之基線尺，爲金所製成之一線狀細絲，全長二十四公尺，徑約二公厘，性極堅密，不易折斷，且伸縮性極微，兩端各安一用銀之三稜柱，上刻極細分劃，可以讀出，二公厘之數，用時，將尺之兩端挂於兩脚架之上，兩端各挂一重錘緊張之。由基線之此端而彼端，分段前進量之，至最後不及一尺時，則用所附屬之補尺量之。

三角點所用覘標，按其等級以爲分別，形狀各異，有木製者，間有鋼製者，其所用質料及高卑，視點之性質及地面情況之如何而適宜用之。

第二款　水準測量

水準測量，亦分直接與間接二種，又有一等水準測量二等水準測量之

分，與圖根測量中之本道線水準測量，支道線水準測量之作用完全相同，惟規模大而精度高，斯有別耳。

大地測量中之水準，須自中等海水面起算，決定中等海水面之儀器，爲驗潮儀，惟潮位與安置驗潮儀之位置，港灣之形勢，以及海流驗風力等，均有密切關係，必須由多數驗潮儀測得之結果，依水準測量互用連接平均之，始可免彼此歧異之弊，故大地測量，須於國內適當之地點，建築堅固之水準點，由多數水準環線以聯絡於各驗潮儀而求其平均值，以作全國高程之標準點，是曰水準原點，民國六年，前北京參謀本部，曾建築一水準原點於部內，全國一等水準測量，亦在着進行，嗣因內戰關係，卒至中輟。

大地測量中之水準觀測及計算，均較圖根測量中之水準精密且因重力所發生之誤差，亦須改正之，是曰正高與力高之改正。

第三款　天體測量

測算天體以決定地點之絕對位置，曰天體測量，大地測量中所用以決定絕對位置之座標，爲緯度，經度及方位角，天體測量，卽直接測出若干點之此三種座標，再由三角測量以推算各點之絕對位置者也，測算經緯度之方法甚多，而北極之對於某地高度，等於其地之緯度，時差亦卽經差，故測算緯度，以求北極之高度爲最便，測算經度，則自無線電倡明以來，皆用收授時號以決定之，方位角之測定，亦如圖根測量，惟方法極精密，於每一基線之一端點測定之。

測算緯度，經度及方位角　均非有準確之時以爲根據不可，故定時又爲天體測量中開始之緊要工作。

第三節　撮影測量

以適當之位置爲測站攝取影片而改製成圖，是曰撮影測量，因其測站

所在之位置，同，又分爲地上撮影測量及空中撮影測量。

撮影測量，與如地形測量，首須決定基準點以作測圖之根據，其準點之測算方法，與前相同，惟在一影片之中，須有三個以上之基準點，且須清晰顯著，是爲要件，若於撮影後認爲基準點過少時，亦可於影片上選定位置後，再至實地觀測之。

撮影測量，用單一影片製圖者，多不採用，通常選擇撮影基線，於其兩端各撮影片，配成立體以供製圖，故又謂之立體撮影，而撮影方式，因撮影主軸（即垂直通過鏡頭中心之方向）對於基線關係之不同，分爲三種。

一、普通式　撮影時，基線兩端之撮影主軸皆與基線成直交者，謂之普通式撮影測量。

二、偏移式　撮影時，線兩端之撮影主軸互相平行，而不與基線成直交者，謂之偏移式撮影測量。

三、交會式　撮影時基線兩端之撮影主軸在前方或後方交會者，謂之交會式撮影測量。

上述三種影片，皆可製成完善之地圖。論製圖手續。則以第一種較爲簡便，故常用之。

第一款　撮影測量之原理

撮影測量之製圖，以立體影片最爲重要，如第六十一圖，M,NM'N'爲二平行平面，其間有L.R二點，設自任一點P聯接P.LPR二線，與M.NM'N'相交於P,P1及P.'P'1，又自另一點Q聯接Q,LQR二線，與M,NM'N'相交於9.91及9'.9'1，則P9卄P191,P'9'卄1'91'而有差異，是曰視差，吾人之視物體有遠近之觀感者，賴有此視

第六十圖

差也。

又如第六十二圖，L，R而左右兩眼，AB為一物體，設其間一平面MN，則視線L，AL，BLC及KARBKC與MN相交得二形abc，a'b'c'，必有視差之差異，若L，R為撮影器，則abc，a'b'c'即為所撮得ABC之影，依此理其道而行之，設先有abc，a'b'c'一對影片，置於適宜之處用兩眼觀之，雖無ABC之實物在前，然因通過abc，a'b'c'之視線交會的作用，致此兩形聲合為一而顯示一ABC之幻形於眼前，且其遠近凸凹之形態，與實物ABC絕無二致，撮影者基於此理，乃得於基線之兩端，撮取同一地方之一對影片，而於室內得見實地之眞形，因之以製圖焉。

第六十一圖

第二款　自動製圖機

依立體片以改製成圖之機械，厥爲自動製圖機，其形狀雖各不同，而其構造之要理則無差異，其主要部份，卽在於折光作用也。

自動製圖機之種類，分爲製圖機及製圖桌兩部份，製圖機係安置立體照片者，包括射影器，折光鏡，XYZ三軸及各種零件，製圖桌則以輪軸皮帶等與繫於製圖機上，爲安置圖紙，接受製圖機之動作而自動繪圖者，第六十二圖，爲示製圖機中主要部份射影器之折光作用，在L,R二射影器上安置一對立體影片，O爲射影器之鏡頭，其構造與普通攝影器同，O等均爲折光鏡，L，R爲

第六十二圖

二接眼鏡，底片之光線經過鏡頭，由各折光鏡之屈折，於是L處之影像，在L內顯出，R處之之影像，在R內顯出，而接眼鏡前S處，爲測標鏡，其中心刻有T或！之測標，蓋地面撮影測量測用T標鏡，而空中撮影測量，則用！測標鏡也，若將二射影器連同底片之位置如法改正完善，即確與實地撮影之關係一致時，依前款之理，視此兩測標之像應重疊爲一，則二底片上之影像，亦顯出立體之形狀矣，此際即應接製圖機與製圖桌之樞紐，轉動X,Y,Z軸盤，使測標止映於立體中之某物體，則製圖桌上之自動鉛筆，亦隨之而留此點之痕於圖紙上，再依圖紙上所預先展開之已知點較準比例尺及高程後。即可轉動X,Y,Z三軸，同時，由接眼鏡內視準測標，使其沿所欲繪之地物地貌走動，而製圖桌上之鉛筆，即隨之而作相似之行動以描繪圖形於紙上也。

第三款　地圖撮影測量

於測區內之一測站整置攝影經緯儀，分次攝取影片，改製成圖，是曰地面攝影測量。

其一　主要器械

攝影經緯儀　如第六十三圖，爲觀測水平角垂直角并能攝影之器械，另附視距桿，可以測算距離，形狀各式不同，而要領則一也，其主要部份，分經緯儀與攝影器兩部份，經緯儀之構造，與一般經緯儀相同，攝影器前爲圓筒形，中爲四角錐體，後爲矩形，依所附之仰規Y，可以仰六度十二度兩級

第六三圖

，俯六度十二度及十八度三級，其餘與普通攝影器同。

視距桿　此器械係測算距離之用，在地面攝影測量之基線，即用此法測算之，其構造極爲簡單，係以外塗油漆之金屬桿，兩端各有小覘板一枚，兩板間之長度，爲$\frac{\pi}{2}$，以桿中央之垂直軸爲心，可以析疊收縮，以便攜帶，用時，整置於三脚架上，依中間之覘孔及準星以照準經緯儀之中心，則此桿即垂直於桿之中心與經緯中心之聯線矣，如第六十四圖，欲求。

第六十四圖

C二點間之距離，則於一端點C整置經緯儀，於他端點整置視距桿，由經緯儀照準視距桿之兩端覘板A.B設讀得水平角α，命所求之距離爲R，則

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{\frac{AB}{2}}{R}=\frac{AB}{2R}$$

因α極微小（常在二度以下），兩角度係採百分制，於是得

$$R=\frac{AB}{\alpha}\quad 9=\frac{\frac{\pi}{2}6}{\alpha}=\frac{100}{\alpha}$$

其二　實施方法

在測圖區域內測定基準點之後，選定撮影基線，測算其長度及方位，再於兩端整置撮影經緯儀，如第六五圖撮取數對影片，將此各對影片安置於製圖機上，利用其重疊部份繪製成圖，其遺漏處及名稱等，可於事後補測或調查以填補之，茲將選定撮影基線時所應注意之事項述之於次：

第六五圖

撮影基線之良否，與成圖關係密切，基線之選定如能恰當，則一照無遺，一條基線已足，如選之不當，則此缺彼漏，非數條基線不能完成業務也，因之：

一、基線之方向，須正對於所照之地面。

二、基線之兩端，勿使位於傾斜急峻之處，且兩端點高程差相應之傾斜角，以八度爲最大限。

三、基線之位置，宜高於被照之地面，惟照傾斜整齊之高地，則於低處設站正對之以攝影，甚爲有利。

四、基線之長度，以等於雖被照地$\frac{1}{4}$至$\frac{1}{30}$爲適當，惟此與攝影器之焦距亦有關係，須一併慮及。

其三　單片製圖

單片製圖者，乃用單張影片，依圖解法或計算法以求影片上諸點之位置而製成地圖也，此法不能利用自動製圖機，且作法笨拙，結果欠精，僅限於大比例尺之簡略測圖用之，其操作分爲視距法與圖解法，手續繁複，茲姑從略。

其四　路上撮影

撮影測量，必先設有基準點以作根據，并供製圖時之校正，前已述之矣，惟決定基準點，須用三角測量或測角圖根等，其費時間，約佔全撮影測量百分之三十，今欲於所要之相當精度以內，免除此種方法以節省時間，則由一點起　沿途設站撮影，同時施行圖解圖根，以閉於出發點或他已知點，選相當之立體影片製圖，或參用單片製圖法及草圖以補助之，此法稱爲路上撮影。

設上撮影，除隨時用測斜儀等器械，依圖解法決定基準點并插繪草圖調查地名外，其撮影方法有二，一則沿途設撮影基線施行撮影，稱爲索綫法，一則不設基線，但選適宜之地點爲測站以施行撮影，其撮影主軸，依羅針以決定之，稱爲羅針法，此法無大區別，不過手續上略有不同，其應注意之點，如次所示，

一、影界要遼闊　可少用測站，省時節費，俾合於迅速之旨。

二、影界要互相銜接　若稍有離開之處，應以單片製圖或草圖補之。

三、手簿記載要詳明　因爲時甚暫，并免製圖後之調查，故關於攝影時各種情況以及調查所得，必須詳盡記載之。

第四款　空中攝影測量

整置攝影器於飛機之上，以飛機在空中二點間之距離爲攝影基線，攝取立體影片，改製成圖，是曰空中攝影測量，在軍事上之價值，殊爲重要。

空中攝影測量，依攝影主軸對於地面之方向不同，又分爲傾斜攝影水平攝影垂直攝影三種，如第六十六圖，P爲攝影器，AB爲攝影主軸，PC爲鉛垂線，AB與地面所成之角爲φ，與AC所成之角爲φ，此φ謂之傾斜角，如φ愈小，則攝影愈斜，φ小至極限，則φ=100°，成爲水平攝

第六圖

影，反之，φ愈小則φ愈大，迨$\varphi=100^g$時，則爲垂直攝影，故水平攝影與垂直攝影，乃傾斜攝影之兩極限，且φ不及十度者，卽可視爲垂直攝影，大於九十度者，卽可視爲水平攝影也。

傾斜攝撮，僅主縱線在前後傾斜，而主橫線仍水平者，謂之單傾斜攝影，若主縱線與主橫線均不水平者，謂之複傾斜攝影，複傾斜攝影計算繁雜，常不應用，此後所稱傾斜攝影，卽指單傾斜攝影而言。

其一　主要機械

飛機　航測用之飛機，與普通飛機無異，惟在腹部下方開有二孔，以供視察及安置攝影器之用，飛機必須具有之性能，如次所示：

一、耐飛八小時至十小時。

二、飛行高度能達六千公尺。

三、須有三人至四人之座位。

四、可容納必要之器材。

手提攝影器　此爲攝影中最簡便之器械，可以手提攝影，又可與座艙聯繫裝置於飛機之上施行各種傾斜攝影。

自動攝影器　又稱連環攝器，本款所述實施方法，卽就此器論之，其構造分爲攝影器，暗匣，座艙，發動機四部份，裝置於飛機腹部之下方，其發動機卽穿過機身在飛機之外壁藉飛機螺旋槳轉動之風力推動兩翼而傳其速於攝影器內，依其機構，可自動連環攝得所要之多對立體影片也，此器械亦可不利用發動機而用手搖攝影或以電氣發動者，但電氣發動力之强弱，與飛機之速度無關。故不如風力發動機之合於節度也。

自動攝影器，有雙鏡頭：三鏡頭，四鏡頭以及九鏡頭者，統稱爲多鏡頭攝影器。

其二　實施方法

空中攝影，因飛機之翱翔，致攝影器難於保持其平衡之狀態，故於攝影時，有須先行計算改正者。

飛行方向及攝影器之改正　於實施以前。須預定航向以作飛行之准據，但遇有風之日，飛機被風力所迫，必須先算出航差角，使飛機按此角度稍逆風向飛行，方可與預定之航向相合，但如風之速力大於飛機之速力，則不能飛行。

第六十七圖之AB，表預定航向，N爲正北，DAD' 爲風向，其方位角NAD'以Z表之，AB之方位角NAB以Y表之，AC爲無風時飛機之速度以，V表之，DA爲風速，以L表之，命CAB＝乙，由三角形ABC得

$$\sin\lambda = \frac{u}{V}\sin(N-Y)$$

此λ謂之航差角，由此式算出λ使飛機向AC飛行，其結果正與AB符合也，式內N、Y由臨時測得，V依飛機而定，u值則約如下表所示：

風況	表現	每秒速力(公尺)
微風	烟直升	1.5

第六七圖

軟風	烟較斜	3.5
和風	烟全斜	6.0
疾風	小枝動	10.0
強風	樹幹動	15.0

若飛機航向經改正後，而攝影器尚須從反對方向按各值改正之，否則各影片將如第六十八圖之甲，對角相聯而不能如乙之順向重疊也。又飛機因

受風力之影響，常使攝影器生前後左右各種傾斜，改正之值，可由座架上讀定之。

第六八圖

攝影比例及飛機高度之決定　空中攝影之比例，須就垂直攝影或傾斜攝影之情況分別計算之，如第六十九圖，係示垂直攝影，ABCD為攝影之地面，abcd為其相應之影片，O為影片上之主點，G為鏡頭中心，其攝影主軸交地面於O'，O'O為攝影器之焦距，常以f代之，OO''為飛機高度，常以H代之，設比例尺為E，按圖易知，

第六九圖　第七十圖

地形學講義 下編

$$E=\frac{f}{H} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

如係傾斜撮影，則如第七十圖，其中O，O'，O''，f，H等，一如前圖所示，bb'，φ'，ϕ'，B等，則如本圖中所示，由圖中關係，得一般之比例式如次

$$E=\frac{f}{H}\times\frac{\mathrm{Cos}(\varphi'-\phi')}{\mathrm{Cos}\,\phi} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

若ϕ'＝O'時，則得'bb上之折中比例，爲

$$E=\frac{f}{H}\times\mathrm{Cos}\,\delta' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

如$\phi'=\frac{\gamma}{2}$且爲正時，則得近邊bc之最大比例爲

$$E=\frac{f}{H}\times\frac{\mathrm{Cos}(\delta'-\frac{\pi}{2})}{\mathrm{Cos}\,\frac{\delta'}{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

又$\phi'\frac{\pi}{2}$且爲負時，則得遠邊bc之最小比例爲

若$\alpha'=0$，時，則(2)變爲(1)，而成垂直撮影矣。

撮影次數及隔離時間之計算　施行大區域撮影測量，多用垂直撮影法，其每片所包括之實地面積，設縱長爲M，橫長爲N，縱影界角爲φ，橫影界角爲β，飛機高度爲H，則所包括之面積爲

$$M\times N=4H^2\cdot\frac{\sin\frac{\beta}{2}}{2\sin\frac{\varphi}{2}}.$$

設規定每片前後重疊之分數爲P，左右重疊之分數爲$\frac{1}{3}$（通常爲$\frac{1}{3}$，$\frac{1}{2}$，$\frac{2}{3}$重疊），測區之總面積爲R，又撮影次數爲R，

$$R=\frac{4H^2\cdot\sin\frac{\beta}{2}}{2\sin\frac{\varphi}{2}}\cdot\frac{m}{2}\left(\frac{1-m\times 1-n}{\sin\frac{\varphi}{2}}\right).$$

再設隔離時間（即飛行通過前後相鄰兩影片主線間距離與直線相應之距離所費之時間）爲T，飛行速度爲V，比例尺爲E，則$\frac{V}{E}$爲影片縱長相應於

於實施之長，$\frac{M}{E}(1-m)$爲前後兩影片主點間距離相應於實施之長，故

$$T=\frac{M}{E}(1-m)\,|\,V.$$

空中撮影測量實施之先，應於測區飛行視察一週，以便計劃一切，及決定進行方法，而關於天候方面，如風雲霧雪之類，與撮影結果關係綦切，應加注意爲要。

空中撮影，因地面高低不平，使各點在影片上失其相當之位置，是謂之地位差，亦須注意，如第七十一圖，O爲鏡頭，'cc爲底片，'CC爲地面，AB爲高地面之物體，A點在影片上之位置應爲b，而實際則

第七一圖

爲b'，此卽因高低之關係而發生之地差也，設AB之高爲h，飛機高度爲H，命b點在影片上之座標爲X，Y，其地位差爲ΔX，ΔY，又b'之座標爲X'，Y'，則

$$\Delta X=\frac{h\times X'}{H},\qquad \Delta Y=\frac{h\times Y'}{H},$$

但物體高出於水平面者，則$X=X'-\Delta X$及$Y=Y'-\Delta Y$，物體低於水平面者，則$X=X'+\Delta X$　$Y=Y'+\Delta Y$。

欲使地位差在規定之範圍〇·二公厘以內爲人目不能覺察時，則應依照影片上有用之面積內最大縱橫座標之值及飛機高度以定h之界限，如過此界限，須按上式改正之，但此係就垂直攝影而言，至於傾斜攝影地位差之計算，極爲複雜，從略。

其三　單片製圖

空中攝影測量，在地形簡單之測區，亦可如地面攝影測量用單張影片

改製成圖，茲舉二法如次：

器械糾正法　此法係用糾正儀將影片糾正，使合於所要之比例，糾正儀之作用，約分四部，最上層為電燈，其次為底片架，再次為鏡頭，最下一層為活動之射影板，使用時，先將基準點依比例展於圖紙，置於射影板上，由電燈發出之光線，經過底片架上所置之影片再經過鏡頭而射其影於射影板上，若影片真正水平，則映在板上之各基準點，當可與原置各點相合，否則因射影板可以任意轉動，并對準焦距使各影點與原展各點適合後，乃固定射影板蓋上鏡頭，安置印像紙於射影板上，再行複照一次，即得已經糾正之影板，將此各影片鑲嵌成幅，再加以調查描繪，此圖完成矣。

線網法　如第七十二圖甲，A.B.C.D為展於圖紙上之四基準點，乙之a.b.c.d為影片上相應之四點，先在影片乙上引長相對兩邊，得二交點S_1、S_2，而聯結之，再畫abcd四邊形之兩對角線相交於B，又引長ca交S_1S_2於t後，聯

結S_2m并引長交ad於e，交bc於聯結S_2m并引長交ab於g，交cd於b，再聯eg，th交ac於n，O。又聯結S_1n，S_1o

第七二圖

S_2n，S_2o，均引長之，得交點i，j，k，b，同樣再求q點，逐次如此，畫得多數網格，更聯ti，ts，tt……各線，若網格準確，則各直綫均通過網格之交點，否則即爲有錯誤之表示，須另行描繪。

其次，在圖紙甲上，同法作與影片上同數之網格，於是按縮放圖中之

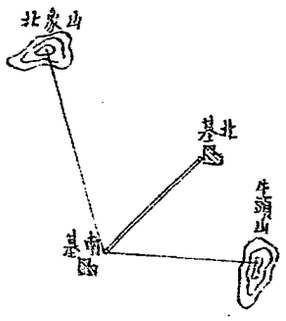
方眼法，將影片上地形描繪於甲上而成圖矣。

交二空中攝影測量，其較難之處，乃在製圖問題，凡欲結果精良，非賴自動製圖機或練正儀不可。此兩項儀器形體笨重，拆卸與裝置都極不易，若欲將影片改製成圖，則用網線法殊為簡便，故網線法在軍事上，堪稱為一良法也。

地形學講義下篇（終）

水平角觀測　　年　月　日觀測者

測站	觀測點	望遠鏡	遊標 I	遊標 II	中數	閉塞差	水平角	備考
			° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″	° ′ ″	
基南	北象山	I 右	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0.0	經緯儀 No
	基北		77 48 40	48 40	48 40		77 48 40.0	天候
	牛頭山		125 8 40	8 40	8 40		125 8 40.0	
	北象山		360 0 0	0 0	0 0		360 0 0.0	
	北象山	左	360 0 0	0 0	0 0		360 0 0.0	略圖
	牛頭山		125 8 40	8 40	8 40		125 8 40.0	
	基北		77 48 40	48 40	48 40		77 48 40.0	
	北象山		0 0 0	0 0	0 0		0 0 0.0	
	北象山	II 右	60 0 0	0 0	0 0		60 0 0.0	
	基北		137 49 0	48 40	48 50		137 49 50.0	
	牛頭山		185 9 0	9 0	9 0		185 9 0.0	
	北象山		420 0 0	0 0	0 0		420 0 0.0	
	北象山	左	420 0 0	0 0	0 0		420 0 0.0	
	牛頭山		185 9 0	9 0	9 0		185 9 0.0	
	基北		137 49 0	49 0	49 0		137 49 0.0	
	北象山		60 0 0	0 0	0 0		60 0 0.0	
	北象山	III 右	120 0 0	0 0	0 0		120 0 0.0	
	基北		177 48 40	48 0	48 50		177 48 50.0	
	牛頭山		265 8 40	9 0	8 50		265 8 50.0	
	北象山		480 0 0	0 0	0 0		480 0 0.0	
	北象山	左	480 0 0	0 0	0 0		480 0 0.0	
	牛頭山		265 8 40	9 0	8 50		265 8 50.0	
	基北		177 48 40	48 0	48 50		177 48 50.0	
	北象山		120 0 0	0 0	0 0		120 0 0.0	



教官杜業垚編

垂直角觀測　　年　月　日觀測者

測站	觀測點	測點高	遊標 I	遊標 II	中數	垂直角	備考
		m	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	
北象山	基北	1.5	−4 9 0	9 0	9 0	−4 9 0.0	經緯儀 No
			−4 8 40	9 20	9 0		天候
	牛頭山		−0 34 20	35 0	34 40	−0 34 40.0	
			−0 35 0	34 20	34 40		
	基南		−4 40 0	40 20	40 10	−4 40 0.0	
			−4 40 0	39 40	39 50		
	參地		−4 4 20	4 40	4 30	−4 4 40.0	
			−4 5 0	4 40	4 50		
	南象山		+2 9 0	9 40	9 20	+2 9 20.0	
			+2 9 40	9 0	9 20		

邊長之計算

点名	角項	水平角 觀測值	改正數	改正值	邊長之計算			
		° ′ ″	″	° ′ ″				
北象山	A	78 31 32.5	−12.8	78 31 19.7	1:SinB…	0.05305	1:SinB…	0.05305
麥地	B	62 15 32.0	−24.9	62 15 7.1	AC…	2.95891	AC…	2.95871
牛頭山	C	39 13 50.0	−18.8	39 13 33.2	SinA…	9.99123	SinC…	9.80092
		180 0 54.5	−14.5	180 0 0.0	BC…	3.00299	AB…	2.81274
麥地	A	63 28 7.0	−4.0	63 28 3.0	1:SinB…	0.03790	1:SinB…	0.03790
攝山	B	66 24 55.0	−19.8	66 24 35.2	AC…	3.00299	AC…	3.00299
牛頭山	C	50 7 35.0	−13.2	50 7 21.8	SinA…	9.95167	SinC…	9.88503
		180 0 37.0	−37.0	180 0 0.0	BC…	2.99256	AB…	2.92592
		+37.0						
攝山	A	40 53 15.0	+23.3	40 53 38.3	1:SinB…	0.00707	1:SinB…	0.00707
分水塘	B	79 41 30.0	+2.3	79 61 32.3	AC…	2.99256	AC…	2.99256
牛頭山	C	59 24 45.0	+4.4	59 24 49.4	SinA…	9.81602	SinC…	9.93493
		179 59 30.0	+30.0	180 0 0.0	BC…	2.81565	AB…	2.93456
		−30.0						
分水塘	A	92 31 0.0	+20.4	92 31 20.4	1:SinB…	0.22627	1:SinB…	0.22627
東崗	B	36 26 10.0	−0.6	36 26 9.4	AC…	2.81564	AC…	2.81564
牛頭山	C	51 2 10.0	+20.2	51 2 30.2	SinA…	9.94578	SinC…	9.89076
		179 59 20.0	+40.0	180 0 0.0	BC…	3.04169	AB…	2.93267
		−40.0						
東崗	A	51 53 10.0	+1.5	51 53 11.5	1:SinB…	0.00900	1:SinB…	0.00900
窑山	B	78 22 35.0	−14.3	78 22 20.7	AC…	3.04149	AC…	3.04149
牛頭山	C	49 44 40.0	−12.2	49 44 27.8	SinA…	9.89536	SinC…	9.89260
		180 0 25.0	−25.0	180 0 0.0	BC…	2.94635	AB…	2.93309
		+25.0						
窑山	A	81 34 0.0	+12.5	81 34 12.5	1:SinB…	0.08872	1:SinB…	0.08872
南象山	B	54 36 40.0	−1.0	56 36 39.0	AC…	2.94635	AC…	2.96635
牛頭山	C	43 49 0.0	+8.5	43 49 8.5	SinA…	9.99528	SinC…	9.84035
		179 59 40.0	+20.0	180 0 0.0	BC…	3.03035	AB…	2.87542
		−20.0						
南象山	A	69 32 20.0	+23.5	69 32 43.5	1:SinB…	0.06701	1:SinB…	0.06701
北象山	B	63 49 5.0	+2.5	63 49 7.5	BC…	3.03035	AC…	3.03035
牛頭山	C	66 38 0.0	+9.0	66 38 9.0	SinA…	9.88136	SinC…	9.96284
		179 59 25.0	+35.0	180 0 0.0	BC…	2.95870	AB…	3.04020
		−35.0						

略圖備考

麥 北 牛

攝 麥 牛

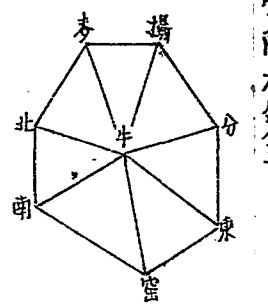
分 攝 牛

東 分 牛

窑 東 牛

南 窑 牛

北 南 牛



邊長之計算

点名	角項	水平角 觀測值	改正數	改正後值	邊長之計算				略圖	備考
		° ′ ″	″	° ′ ″						
東嶺	A	44 58 10.0	+ 5.1	44 58 15.1	1:SinB…	0.05707	1:SinB…	0.05707	狗	南 東 窑 冬 狗
狗山	B	67 15 51.0	+ 7.8	67 15 58.8	AC…	2.93309	AC…	2.93309	B	
窑山	C	73 45 35.0	+10.1	73 45 45.1	SinA…	9.84921	SinC…	9.78252	東A C窑	
		179 59 56.0	+22.0	180 0 0.0	BC…	2.83963	AB…	2.97248		
		250								
狗山	A	69 31 6.0	− 2.8	69 30 43.2	1:SinB…	0.15282	1:SinB…	0.15282	冬	
冬林村	B	44 41 51.0	− 2.8	44 41 51.29	AC…	2.83943	AC…	2.83943	B	
窑山	C	66 47 10.0	− 0.1	66 47 9.9	SinA…	9.97165	SinC…	9.96881	狗A C窑	
		180 0 57.0	− 5.0	180 0 0.0	BC…	2.76388	AB…	2.95225		
冬林村	A	49 52 40.0	−11.2	49 52 28.8	1:SinB…	0.02808	1:SinB…	0.02808	南	
南家山	B	69 37 10.0	−10.5	69 36 59.5	AC…	2.98538	AC…	2.98538	B	
窑山	C	60 30 40.0	− 8.3	60 30 31.7	SinA…	9.88341	SinC…	9.93973	冬A C窑	
		180 0 30.0	−30.0	180 0 0.0	BC…	2.87141	AB…	2.93117		
	A				1:SinB…		1:SinB…		B	
	B				AC…		AC…			
	C				SinA…		SinC…		A C	
					BC…		AB…			
	A				1:SinB…		1:SinB…		B	
	B				AC…		AC…			
	C				SinA…		SinC…		A C	
					BC…		AB…			
	A				1:SinB…		1:SinB…		B	
	B				AC…		AC…			
	C				SinA…		SinC…		A C	
					BC…		AB…			
	A				1:SinB…		1:SinB…		B	
	B				AC…		AC…			
	C				SinA…		SinC…		A C	
					BC…		AB…			

方位角之縱橫緯之計算

方位角計算		X之計算		y之計算		備考
		b…		b…		
求点		cos(CA)…		sin(CA)…		
		x_A-x_C…		y_A-y_C…		
基南		$x_A-x_C=$		$y_A-y_C=$		
与点		$-x_A=$		$-y_A=$		
		$-x_C=$		$-y_C=$		
基北		a…	2.64798	a…	2.64798	
(AB)		cos(BC)…	9.81424m	sin(BC)…	9.87988m	
180° B						
(BC)	229 18 30.0	x_C-x_B…	2.46222m	y_C-y_B…	2.5277 8m	
180° C						
(CA)		$x_C-x_B=-$	289.88m	$y_C-y_B=$	337m12	
180° A		$+x_B=$	0.00	$+y_B=$	0.00	
(AB)		$x_C=-$	289.88	$y_C=-$	337.12	
		中數 $x_C=-$	289.88	中數 $y_C=-$	337.12	

		b…	2.65516	b…	2.65516	
求点		cos(CA)…	9.06336	sin(CA)…	9.99707m	
牛頭山		x_A-x_C…	1.71852	y_A-y_C	2.65223m	
与点		$x_A-x_C=+$	52.60m	$y_A-y_C=-$	448.99m	
基南		$-x_A=+$	289.88	$-y_A=-$	337.12	
		$-x_C=+$	342.18	$-y_C=-$	786.89	
基北		a…	2.55631	a…	2.55631	
(AB)	29°18'30.0"	cos(BC)…	9.77795m	sin(BC)…	9.87237	
180°-B	112 33 17.5					
(BC)	141 53 47.5	x_C-x_B…	2.53426m	y_C-	2.24870	
180°-C	114 44 52.5					
(CA)	276 35 40.0	$x_C-x_B=+$	342.18m	$y_C-y_B=+$	448.89m	
180°-A	132 39 50.0	$+x_B=$	0.00	$+y_B=$	0.00	
(AB)	29°18'30.0	$x_C=$	342.18	$y_C=+$	448.89	
		中數 $x_C=-$	289.19	中數 $y_C=-$	448.89	

本道線水準測量　年　月　日　觀測者

點之記號	標尺高 後視(M) 讀數	中數	前視(N) 讀數	中數	水準差(M−N) 加	減	標高 計算	第一改正	第二改正	目標及 水準儀 No2 天候 閉塞差
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
			第一鎖部							
A							97.939	97.939	97.899	
1	1.277 1.277	1.277	1.455 1.455	1.455		0.178				
							97.761			
2	1.512 1.512	1.512	1.012 1.012	1.012	0.500					
							98.261			
3	0.637 0.637	0.637	0.652 0.652	0.652		0.015				
							98.246			
B	2.515 2.515	2.515	0.711 0.711	0.711	1.804					
							100.050			
1	0.762 0.762	0.762	2.620 2.642	2.631		1.879				
							98.171			
2	0.785 0.785	0.785	0.723 0.721	0.722	0.063					
							98.234			
3	1.100 1.100	1.100	1.622 1.622	1.622		0.522				
							97.712			
A	1.280 1.280	1.280	1.053 1.053	1.053	0.227					
							97.939	97.939	97.899	

地形學附表第七

支線水準測量　年　月　日觀測者

點之記號	標尺高 後視 M	標尺高 前視 N	水準差 M−N 加	水準差 M−N 減	標高 計標	標高 改正	目標及備考
	m	m	m	m	m	m	
a	1.11	0.40	0.71		100.00	100.00	
1	4.88	0.12	4.76		100.71		
2	4.78	0.10	4.68		105.47		
3	4.70	0.15	4.55		110.15		
4	4.89	0.16	4.73		114.70		
5	4.17	0.02	4.15		119.43		
6	4.45	0.15	4.30		123.58		
7	4.90	0.13	4.77		127.88		
8	4.84	0.14	4.70		132.65		
9	4.21	0.32	3.89		137.35		
10	3.55	4.67		1.12	141.24		
b					140.12	140.72	
			41.24	1.12			
			1.12				
			40.12				
b	4.72	4.77		0.05	140.12	140.12	
1	0.25	4.99		4.74	140.07		
2	0.24	4.90		4.66	135.33		
3	0.34	4.93		4.57	130.67		
4	0.35	4.98		4.63	126.08		
5	0.25	4.82		4.57	121.45		
6	0.46	4.50		4.04	116.88		
7	0.22	4.61		4.39	112.84		
8	0.42	4.51		4.09	108.45		
9	0.12	4.61		4.49	104.36		
10	1.23	1.10	0.13		99.87		
a					100.00	100.00	閉塞差W=0
			0.13	40.25			
				0.13			
				40.12			

間接水準測量

求點　南象山

水準差及標高之計標

與点						m
與点 牛頭山 直覘	傾斜	+2°45′50″	水準差	+		51.77
	邊長	1072.40 m	兩差	+		0.08
	正切対数	8.68373	測器高	+		1.40
	邊長対数	3.03035	覘標高	−		4.70
			與点標高			140.12
	水準差対数	1.71408	求点標高			188.47
與点 牛頭山 反覘	傾斜	−2°25′30″	水準差	+		45.47
	邊長	1072.40 m	兩差	−		0.08
	正切対数	8.62885	測器高	−		1.46
	邊長対数	3.03035	覘標高	+		4.75
			與点標高			140.12
	水準差対数	1.65720	求点標高			188.75
與点 密山 直覘	傾斜	+5°58′36″	水準差	+		74.15
	邊長	750.61 m	兩差	+		0.05
	正切対数	8.99469	測器高	+		1.40
	邊長対数	2.87542	覘標高	−		4.70
			與点標高			116.73
	水準差対数	1.87011	求点標高			188.61
與点 冬林村 直覘	傾斜	+5°50′25″	水準差	+		87.40
	邊長	853.47 m	兩差	+		0.04
	正切対数	9.00982	測器高	+		1.47
	邊長対数	2.93170	覘標高	−		4.87
			與点標高			104.67
	水準差対数	1.94152	求点標高			188.71

標高平均計算　總數 753.74 m　中数 188.44

求點

水準差及標高之計標

與点					
與点 覘	傾斜		水準差		
	邊長		兩差		
	正切対数		測器高		
	邊長対数		覘標高		
			與点標高		
	水準差対数		求点標高		
與点 覘	傾斜		水準差		
	邊長		兩差		
	正切対数		測器高		
	邊長対数		覘標高		
			與点標高		
	水準差対数		求点標高		
與点 覘	傾斜		水準差		
	邊長		兩差		
	正切対数		測器高		
	邊長対数		覘標高		
			與点標高		
	水準差対数		求点標高		
與点 覘	傾斜		水準差		
	邊長		兩差		
	正切対数		測器高		
	邊長対数		覘標高		
			與点標高		
	水準差対数		求点標高		

地形學附表第八

兩差表

距離	兩差	距離	兩差	備考
100m	0.m001	2100m	0.301	本表係按下列公式算出對於各点距離之視水準差故又名視水準差表 $\Delta h = \frac{1-k}{2r} a^2$ $k = 0.13$ $r = 6370^{km}$
200	0.003	2200	0.331	
300	0.006	2300	0.361	
400	0.011	2400	0.393	
500	0.017	2500	0.427	
600	0.025	2600	0.462	
700	0.033	2700	0.498	
800	0.044	2800	0.535	
900	0.055	2900	0.574	
1000	0.068	3000	0.615	
1100	0.083	3100	0.656	
1200	0.098	3200	0.699	
1300	0.115	3300	0.744	
1400	0.134	3400	0.789	
1500	0.154	3500	0.837	
1600	0.175	3600	0.885	
1700	0.197	3700	0.935	
1800	0.221	3800	0.986	
1900	0.247	3900	1.039	
2000	0.273	4000	1.093	

成果表

点號	点名	x	y	標高	備考
		m	m	m	
1	基北	0.00	0.00	97.95	
2	基南	-287.88	337.12	98.76	
3	牛頭山	-342.19	111.38	140.12	
4	北象山	-211.53	609.40	148.37	
5	南象山	-864.10	826.95	188.44	
6	雞山	-1157.11	147.39	116.73	

多角圖根邊角之測定　年月日觀測者

角項	遊標 I	遊標 II	中數	改正數	水平角	水平距離 測程	水平距離 中數	備考
	° ′ ″	′ ″	° ′ ″	″	″ ′ ″	m	m	
12						265.08	265.09	器械：係用四百度式經緯儀
1	300 53 65	53 65	300 53 65	+19.2	300 53 84.2	.09		
	70	60				217.30	217.25	
2	209 39 44	39 50	209 39 50	+10.2	209 39 69.2	.20		
	60	50				145.96	145.94	
3	195 4 50	4 60	195 4 55	+19.2	195 4 74.2	.91		
	60	50				162.13	162.17	
4	254 29 70	29 40	254 29 50	+19.2	254 29 69.2	.20		
	30	60				184.20	184.22	
5	172 79 20	79 20	172 79 20	+19.2	172 79 39.2	.24		
	30	10				231.00	230.50	
6	303 98 88	98 80	303 98 70	+19.2	303 98 89.2	230.00		
	60	60				253.27	253.25	
7	261 96 30	96 20	261 96 00	+19.2	261 96 49.2	.22		
	30	40				233.43	233.46	
8	174 40 0	60 0	174 40 0	+19.2	174 60 19.2	.49		
	0	0				285.30	285.34	
9	213 91 20	91 30	213 91 20	+19.1	213 91 39.1	.37		
	20	10				211.47	211.40	
10	315 58 10	58 40	315 58 20	+19.1	315 58 39.1	.50		
	10	20				213.14	213.16	
11	196 12 40	12 0	196 12 20	+19.1	196 12 39.1	.18		
	20	20				200.04	200.01	
12	201 74 90	74 50	201 74 70	+19.1	201 74 89.1	199.07		
	90	50			2800 0 0.0			
1			2799° 97′ 70″					
			2800 0 0					
			2.30					

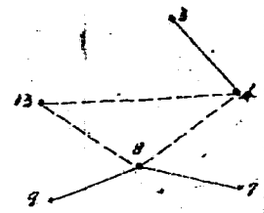
地形學附表第十一

多角圖根縱橫線之計算

角頂	外角 ° ′ ″	方位角 ° ′ ″	正弦對數 餘弦對數	距離對數	緯距對數 經距對數	經距 m	改正數 m	y m	緯距 m	改正數 m	x m	備考
1								0.00			0.00	
		123 3 0.0	9.97476	2.33696	2.30790	+203.19	-0.04		-76.89	+0.25		
2	9 39 69.2		9.54894n		1.88586n			+203.15			-76.64	
		132 42 69.2	9.94104	2.16217	2.10522	+127.47	-0.03		-11.16	+0.25		
3	4 95 25.5		9.68808n		1.83225n			+330.55			-147.55	
		127 47 43.6	9.95824	2.20997	2.16821	+147.30	-0.04		-67.84	+0.25		
4	54 29 69.2		9.62148n		1.83145n			+477.79			-215.14	
		181 47 12.6	9.47093	2.26534	1.71626	+52.03	-0.04		-176.78	+0.25		
5	27 20 60.8		9.98179n		2.24728n			+529.78			-391.61	
		154 56 51.8	9.01577	2.36542	2.17942	+151.14	-0.04		-114.55	+0.25		
6	103 98 89.2		9.87849n		2.24792n			+680.89			+565.91	
		258 55 41.0	9.90062n	2.60355	2.30417n	-201.45	-0.06		-153.47	+0.25		
7	61 86 47.2		9.78248n		2.18603n			+479.40			-719.13	
		320 51 90.2	9.97704n	2.36821	2.34525n	-221.46	-0.03		+13.91	+0.25		
8	25 39 84.8		9.50073		1.86894			+257.93			-644.93	
		295 12 9.4	9.99872n	2.45536	2.45409n	-284.50	-0.04		-27.85	+0.25		
9	139 39.1		8.88403n		1.33937n			-26.61			-666.53	
		309 3 48.5	9.99561n	2.32529	2.32090n	-209.36	-0.06		+29.91	+0.25		
10	118 58 39.1		9.75058		1.47587			-236.01			-636.37	
		24 61 87.6	9.57631	2.32871	1.90521	+39.39	-0.04		+197.42	+0.25		
11	3 87 60.9		9.96668		2.29539			-155.66			-438.70	
		20 74 26.7	9.59527	2.30135	1.80632	+64.02	-0.04		+189.49	+0.25		
12	1 76 89.1		9.97643		2.27758			-91.68			-248.96	
		22 49 15.8	9.53707	0.42339	1.76246	+91.72	-0.04		-248.72	+0.25		
1	106 53 84.2		9.97237		2.39571	+0.46		0.00	-2.99		0.00	
2		123 3 0.0										

測角前方交會法

求点	C (13)	
與点	A (8)	
	B (4)	



與		件	
x_B	− 215.14	y_B	+ 477.79
x_A	− 644.93	y_A	+ 257.93
x_B-x_A	+ 429.79	y_B-y_A	+ 219.86

A之原方向之方位角	320° 51′ 90.2″	B之原方向之方位角	127° 07′ 43.4″
AC方向角 −180°	50 69 0.0	BC方向角 −180°	152 70 0.0
AC方位角 φ_{AC}	371 0 90.2	BC方位角 φ_{BC}	280 17 63.4

$$\tan\varphi_{AB}=\frac{y_B-y_A}{x_B-x_A}$$

y_B-y_A …	2.342215	φ_{AB}	30° 10′ 25.0″	φ_{AC}	371° 0′ 70.2″
x_B-x_A …	2.63326	φ_{BC}	280 17 43.4	φ_{BC}	280 17 43.4
$\tan\varphi_{AB}$ …	9.70889	$\varphi_{AB}-\varphi_{BC}$	149 92 81.6	$\varphi_{AC}-\varphi_{BC}$	90 83 46.8

$$x_C-x_A=\frac{\sin(\varphi_{AB}-\varphi_{BC})\cos\varphi_{AC}}{\sin(\varphi_{AC}-\varphi_{BC})\cos\varphi_{AB}}(x_B-x_A)$$

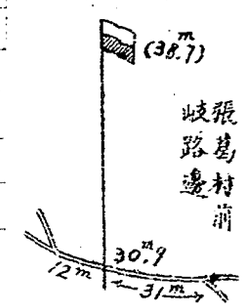
$\sin(\varphi_{AB}-\varphi_{BC})$ …	9.84998	$\sin(\varphi_{AC}-\varphi_{BC})$ …	9.99548
$\cos\varphi_{AC}$ …	9.95352	$\cos\varphi_{AB}$ …	9.94953
x_B-x_A …	2.63326	分母之積 …	9.94501
分子之積 …	2.43656	x_C-x_A	+ 310.13
分母之積 …	9.94501	x_A	− 644.93
x_C-x_A …	2.49155	x_C	− 334.80

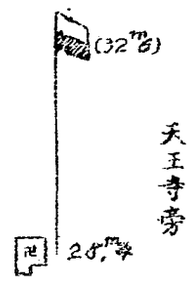
$$y_C-y_A=\tan\varphi_{AC}(x_C-x_A)$$

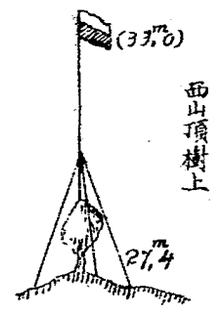
$\tan\varphi_{AC}$ …	9.68995	y_C-y_A	− 151.85
x_C-x_A …	2.49154	y_A	+ 257.93
y_C-y_A …	2.18149	y_C	+ 106.05

交會法

點之記號 測站	點之記號 覘點	距離	傾斜	覘法	水平差	標高 測站	標高 覘點	目標及備考
		m			m	m	m	
1	a	382	− 0.2	直	− 0.8	39.4	(38.6)	9.7 / 1.3 差 7.8
2	a	286	+ 5.4	直	+ 15.4	23.2	(38.6)	
3	a	274	+ 3.8	直	+ 10.4	28.4	(38.8)	
			總數				3) 116.0	
			中數				(38.7)	
	a		−(覘標高 測器高)				− 7.8	
			地面標高				30.9	
			中數					
b	3	260	+ 2.2	反	− 5.3	28.5	(33.6)	5.7 / 1.3 差 4.4
b	5	270	− 0.2	反	+ 0.5	28.6	(28.1)	
b	6	275	+ 2.4	反	− 6.6	28.2	(34.8)	
			總數			3) 85.1		
			中數			28.4		
	b		−(覘標高 − 測器高)					
			地面標高			28.4		
			中數					
3	c	255	+ 1.8	直	+ 4.6	28.4	(33.0)	6.9 / 1.3 差 5.6
c	4	264	+ 2.2	反	− 5.8	27.6	(33.4)	
c	6	253	+ 3.0	反	− 7.6	27.2	(34.8)	
			總數			2) 54.8		
			中數			27.4	(33.0)	
	c		−(覘標高 − 測器高)				− 5.6	
			地面標高			27.4	27.4	
			中數			27.4		







地形學附表第十四

一 其 法 線 道

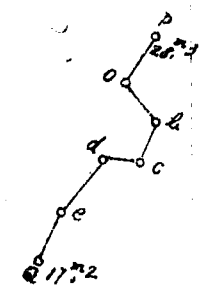
點之記號	距離 複步	距離 公尺	傾斜 直視	傾斜 反視	水準差 加	水準差 減	測站之標高 標定	測站之標高 改正	備考
					m	m	m	m	
1							27.6	27.6	測法：複視法
	65.0	77.0	+ 0.9	− 0.9	0.7				
2							28.3	28.3	閉塞：由1出
	63.0	92.7	+ 1.3	− 1.1	1.1				
3							29.6	29.5	發閉塞於同点
	62.0	90.2	− 2.4	+ 2.2		2.1			
4							27.3	27.4	
	54.0	75.0	− 2.8	+ 2.8		2.1			
5							25.2	25.3	
	60.0	84.7	+ 2.7	− 2.7	1.5				
6							26.7	26.8	
	59.0	82.5	+ 0.3	− 0.4	0.3				
7							27.0	27.2	閉塞差界限＝
	43.0	58.8	− 0.9	+ 0.7		0.5			$0^m.15\times\sqrt{16}=0^m.6$
8							26.5	26.7	
	38.0	55.0	− 6.1	+ 5.9		3.3			到着点標高＝
9							23.2	23.4	
	43.0	60.0	− 5.6	+ 5.4		3.3			$27^m.2$
10							19.9	21.1	
	18.0	25.0	− 6.5	+ 6.7		1.7			出發点標高＝
11							18.2	18.5	
	17.0	24.8	− 5.9	+ 6.1		1.5			$27^m.6$
12							16.7	17.0	
	18.0	24.6	+ 1.0	− 0.8	0.2				閉塞差＝$0^m.4$
13							16.9	17.2	
	22.0	30.2	+ 4.0	− 3.8	1.2				
14							18.1	18.4	
	27.0	38.5	+ 1.9	− 1.9	0.8				
15							18.9	19.3	
	47.0	65.0	+ 4.0	− 4.2	2.7				
16							21.6	22.0	
	59.0	82.3	+ 6.9	− 6.7	5.6				
1							27.2	27.6	
	655.0	937.3			4.1	−14.5	27.6	27.6	
					−0.4		−0.4	0.0	

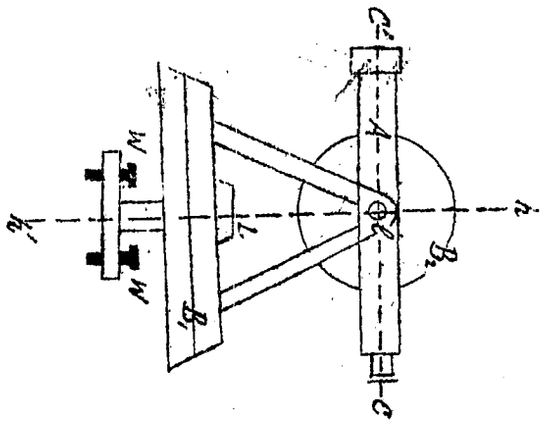
$$\frac{655.0}{7}=93.5.7$$

道線法其二

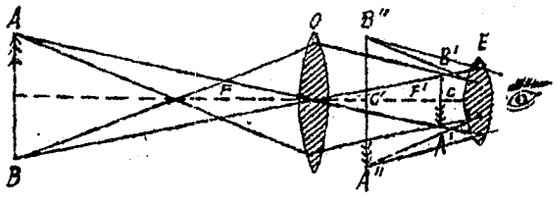
點之記號	距離 複步	距離 公尺	傾斜 直覘	傾斜 反覘	水準差 加	水準差 減	測站之標高 總	測站之標高 改正	備考
					m	m	m	m	
P							28.3	28.3	測法：單覘法
a	54.5	78.5		+5.5		4.5	24.8	24.7	閉塞：由P出
b	43.0	62.4	-4.3			2.7	22.0	21.5	發而閉塞於Q
c	28.5	41.0		+0.2		0.1	21.3	21.4	
d	28.5	34.1	-7.2			2.3			
e	36.0	50.6		+3.5		1.8	18.7	19.0	
Q	19.5	27.8	-0.6			0.2	18.9	17.3	閉塞差界限＝
	205.0	294.4			0.0	-11.6	16.7	17.2	$0^m.2\times\sqrt{5}\times2=$
							28.3	28.3	$1^m.0$
						-11.6	-11.6	-11.6	閉塞差＝-11.6
									-(28.3-17.2)
									＝-0.5

$\frac{205.0}{7}=292.9$

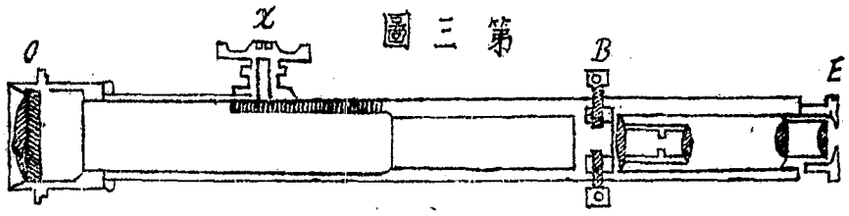




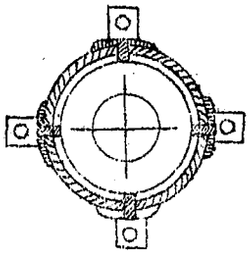
圖一第



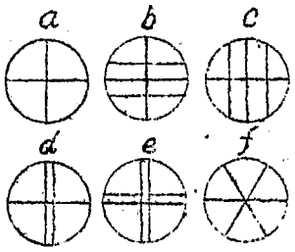
第二圖



第三圖

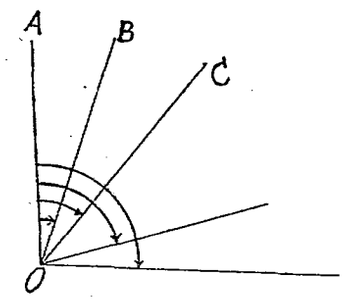


第五圖

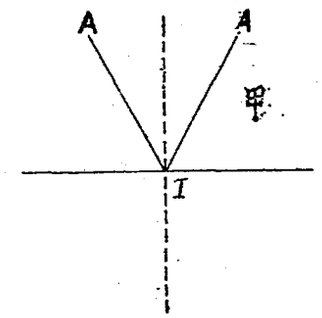


第四圖

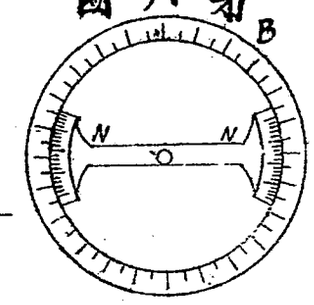
第九圖



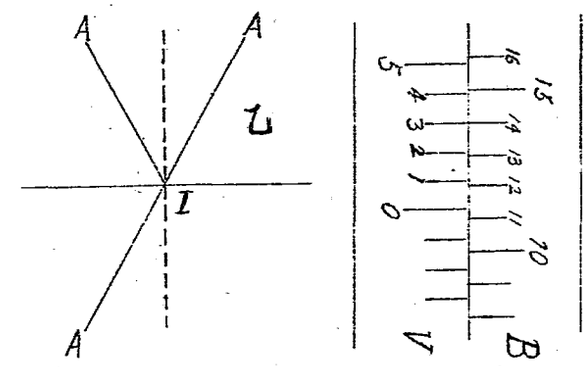
第八圖



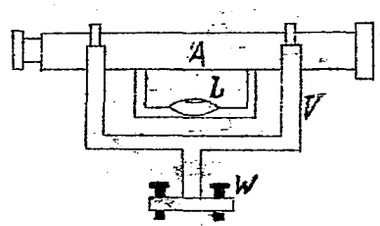
第六圖



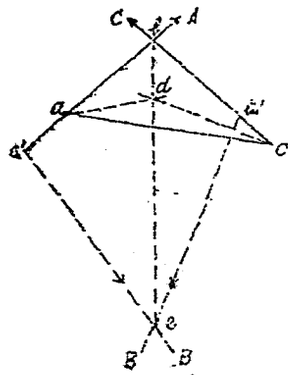
第七圖



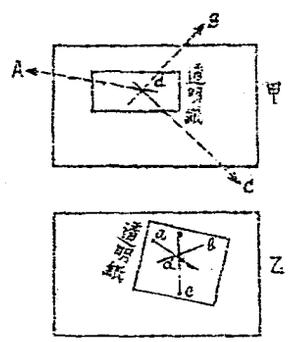
第十圖



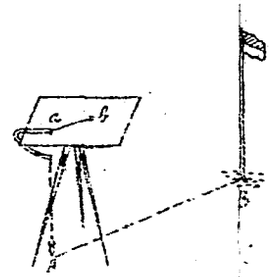
第四十圖



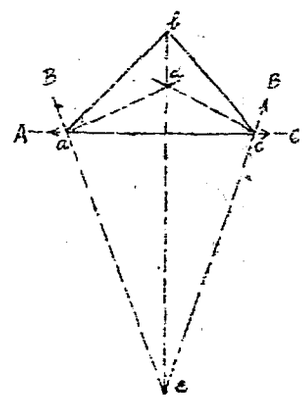
第四十一圖



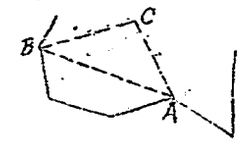
第八圖



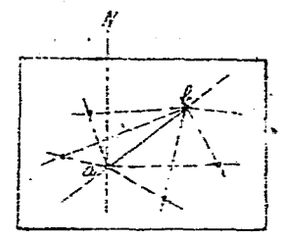
第九圖



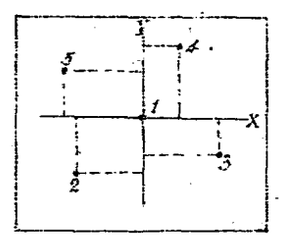
第五圖



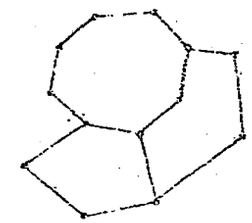
第六圖



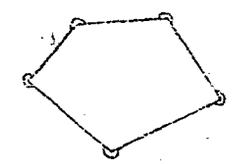
第七圖



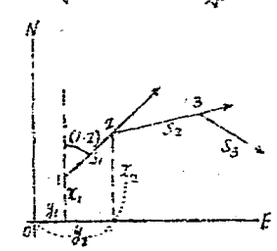
第二圖



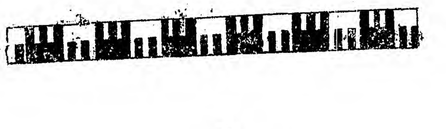
第三圖



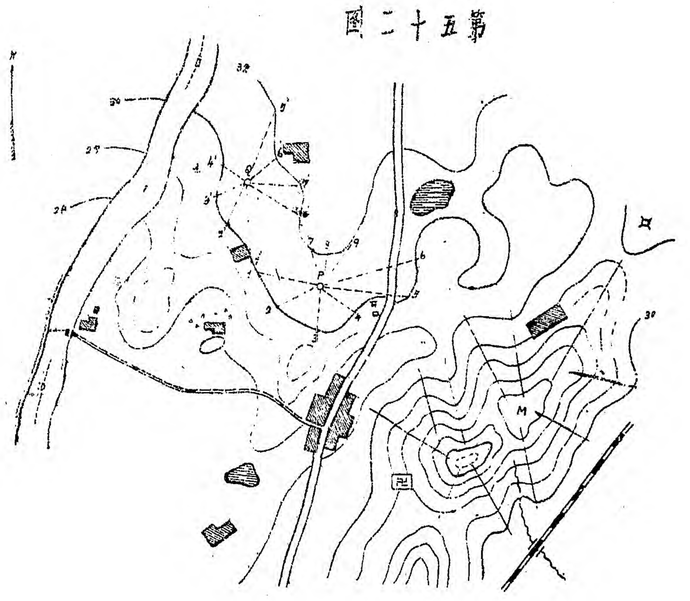
第四圖



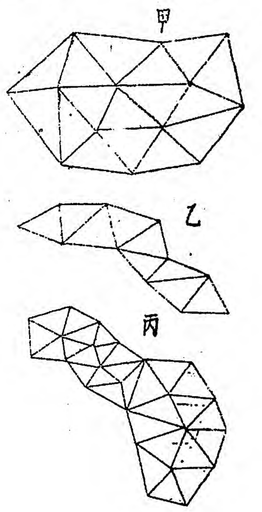
第十五圖



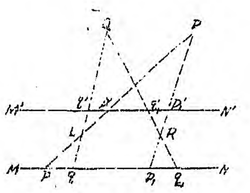
第五十二圖



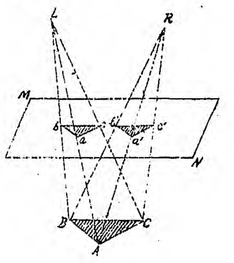
第五十九圖



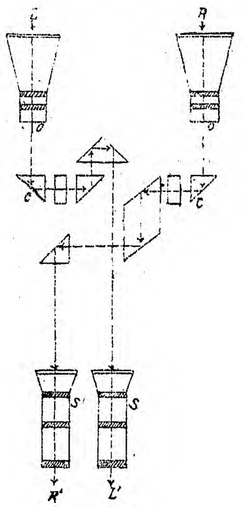
第六十圖



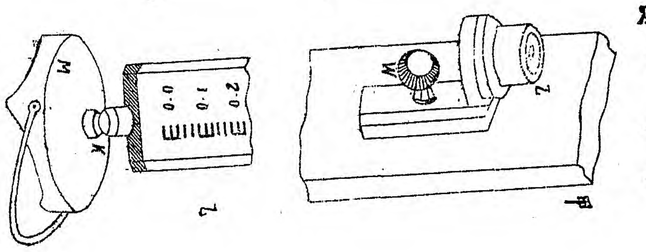
第六十一圖



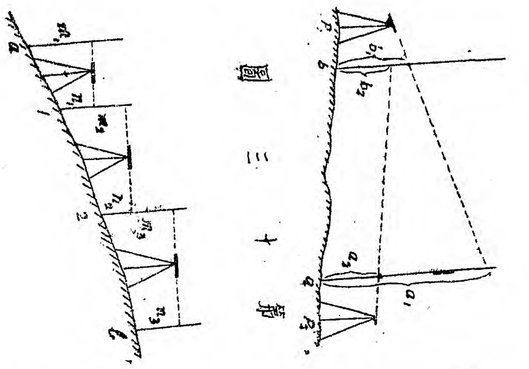
第六十二圖



第一十圖

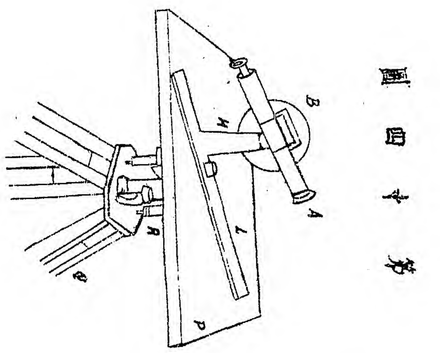


第二十圖

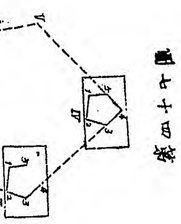


第三十圖

第四十圖



第五十圖



第六十圖

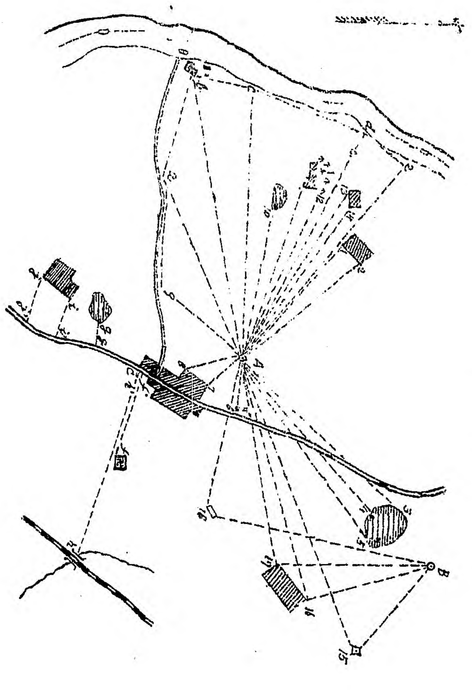
第七十圖

第八十圖

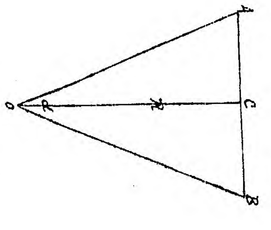
第九十圖

第一十圖

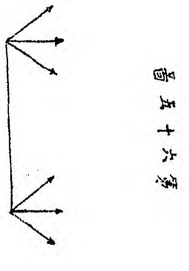
圖十五第



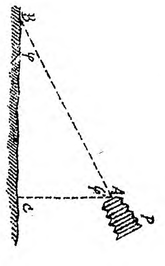
圖四十六第



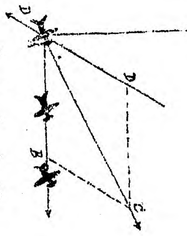
圖五十六第



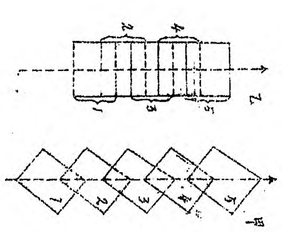
圖六十六第



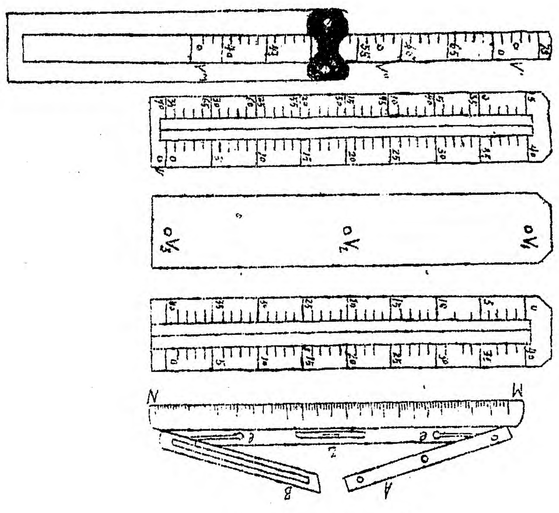
圖七十六第



圖八十六第



圖一十六第



圖二十六第

圖三十六第

圖四十六第

圖五十六第

圖六十六第

圖七十六第

圖八十六第

圖九十六第

圖十六第

圖一十七第

圖二十七第

圖三十七第

圖四十七第

圖五十七第

圖六十七第

圖七十七第

圖八十七第

圖九十七第

圖十七第

圖一十七第

圖二十七第

圖三十七第

圖四十七第

圖五十七第

圖六十七第

圖七十七第

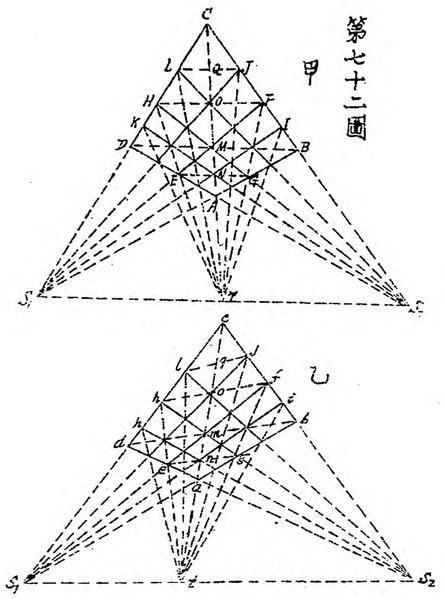
圖八十七第

圖九十七第

圖十七第

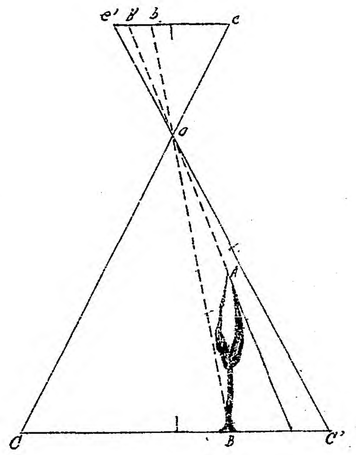
第七十二圖

甲

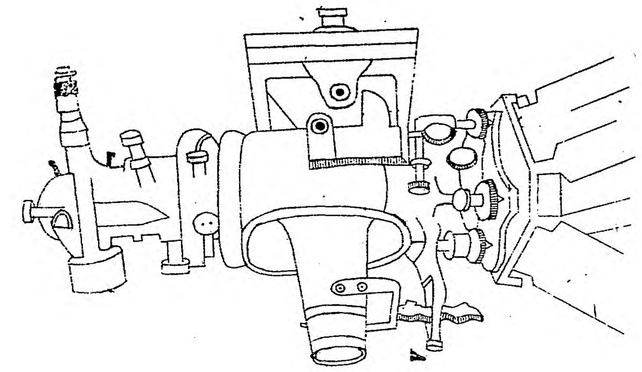


乙

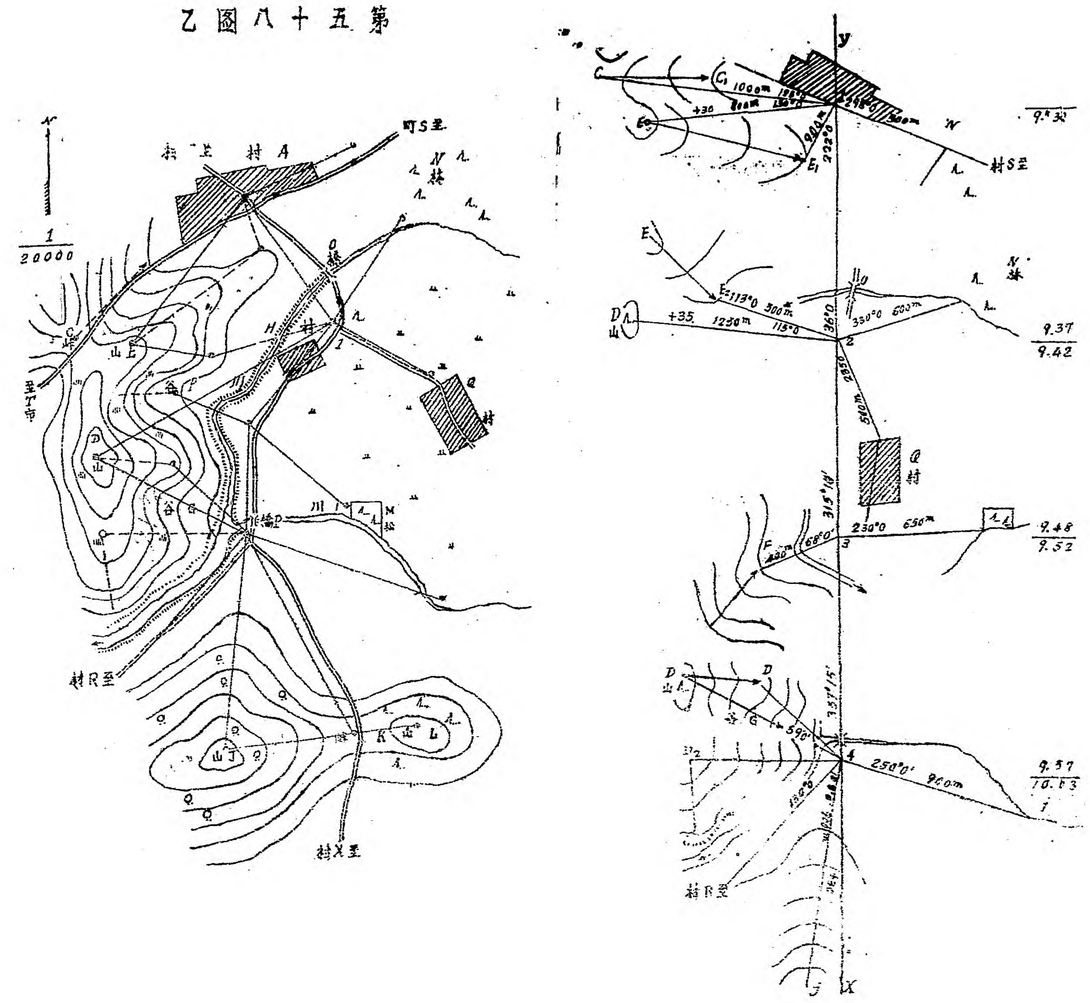
第七十一圖



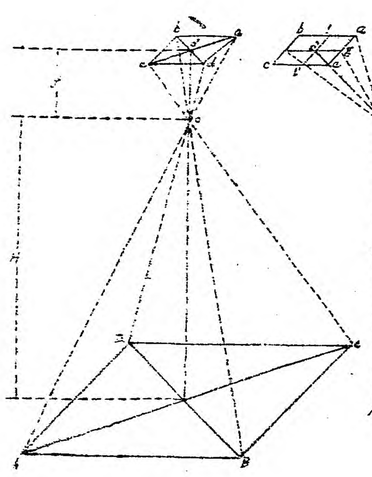
第六十三圖



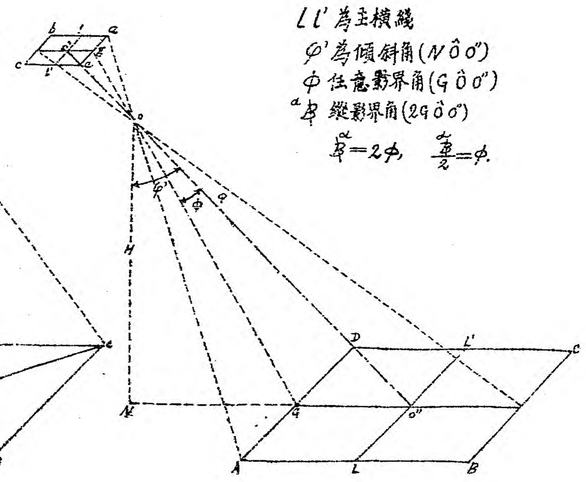
第五十八圖乙



第六十九圖



第七十圖



ll' 為主橫綫

φ' 為傾斜角 $(N\hat{O}O'')$

ϕ 任意影界角 $(G\hat{O}O'')$

${}^{\alpha}\beta$ 縱影界角 $(2G\hat{O}O'')$

$\overset{\alpha}{\beta}=2\phi,\quad \frac{\overset{\alpha}{\beta}}{2}=\phi.$