

普通測量學講義

下 冊

儲 鍾 瑞 編
刘 呈 祥

清 華 大 學 出 版 科 印

1 9 5 7

下 冊 目 录

第四編 水準測量

第十三章 水準測量的基本知識	13—1
13-1 高程測量的目的和種類	13—1
13-2 幾何水準測量的原理	13—2
13-3 地球曲率和折光的影响	13—2
13-4 水准儀的構造和類型	13—3
13-5 水准尺和尺墊	13—5
13-6 定鏡水准儀的檢驗和校正	13—6
13-7 活鏡水准儀的檢驗和校正	13—8
13-8 水准點	13—10
13-9 水准測量的方法	13—11
13-10 水准測量的測站校核	13—13
13-11 水准測量的成果校核和調整	13—13
13-12 做水准測量時應注意的事項	13—14
13-13 水准測量的精度	13—14
第十四章 三四等水准測量	14—1
14-1 三四等水准測量的用途和精度	14—1
14-2 三等水准測量所用的儀器和水准尺	14—1
14-3 三等水准測量的外業	14—1
14-4 四等水准測量所用的儀器和水准尺	14—4
14-5 四等水准測量的外業	14—4
14-6 水准測量外業成果的初步整理和三四等水准測量的容許閉合差	14—6
14-7 單獨水准路線的調整	14—7
14-8 具有一個結點的水准網的調整	14—8
14-9 巴波夫法水准網的調整	14—9
第十五章 路線水准測量和面水准測量	15—1
15-1 路線水准測量的概念	15—1
15-2 路線水准測量的準備工作	15—1
15-3 曲綫元素和曲綫主點	15—2
15-4 路線縱斷面水准測量	15—4

15-5 橫斷面水准測量	15—6
15-6 在陡坡上的水准測量，X 點法和水平尺法	15—7
15-7 越過河流或山谷的水准測量	15—8
15-8 縱斷面圖和橫斷面圖的繪制	15—8
15-9 面水准測量的概念	15—10
15-10 用干錢法作面水准測量	15—10
15-11 用方格法作面水准測量	15—11

第五編 視距測量

第十六章 視距測量	16—1
16-1 一般概念	16—1
16-2 視距測量的原理	16—1
16-3 視距經緯儀及視距尺	16—4
16-4 視距常數的測定	16—4
16-5 量豎直角	16—6
16-6 豎盤游標和游標水准管的檢驗和校正	16—9
16-7 視距測量的精度	16—10
16-8 自計視距儀	16—11
16-9 視距測量的外業	16—13
16-10 視距表，視距圖，視距計算尺	16—15
16-11 視距測量的成果整理	16—18
16-12 地形圖的繪制	16—19

第六編 平板儀測量

第十七章 平板儀測量	17—1
17-1 一般概念	17—1
17-2 平板儀的構成部份和附件	17—2
17-3 平板和附件的檢驗和校正	17—4
17-4 照准儀的檢驗和校正	17—4
17-5 平板儀的安置	17—5
17-6 平板儀的前方交會和測方交會	17—7
17-7 交會法的精度和交角的限度	17—8
17-8 圖解三角網	17—9
17-9 圖解三角網各點高程的確定	17—10
17-10 圖解三角網各點差的調整	17—12
17-11 補點（傳遞點）	17—13
17-12 碎部測量	17—15

17-13 平板儀測量的精度	17—16
17-14 平板儀測量的優缺點和它的應用	17—16
17-15 平板儀同經緯儀，水准儀的配合應用	17—16
17-16 小平板儀同經緯儀的配合應用	17—16

第七編 低精度的平面和高程測量

第十八章 气压高程測量 18—1

18-1 一般概念	18—1
18-2 氣壓高程測量的公式	18—1
18-3 氣壓高程測量所用的儀器	18—2
18-4 空盒氣壓計的讀數的改正數	18—2
18-5 氣壓高程測量的外業	18—3
18-6 氣壓高程測量的成果整理工作	18—4
18-7 用一個氣壓計觀測的成果整理實例	18—5
18-8 氣壓高程測量的精度	18—8

第十九章 草 測 19—1

19-1 草測的意義和應用	19—1
19-2 距離的測定	19—1
19-3 直綫定向和角度的測定	19—2
19-4 高差和高程的測定	19—2
19-5 草測的作業	19—3

第八編 地形圖的应用

第二十章 地形圖的应用 20—1

20-1 讀圖和用圖	20—1
20-2 籍地形解決的某些問題	20—1

第九編 工程建築物的樁定工作

第二十一章 樁定的一般工作，圓曲綫的樁定，房屋，管道，

土壩及小橋的樁定 21—1

21-1 概念	21—1
21-2 樁定點子的方法和基本測量工作	21—1
21-3 極坐標法	21—1
21-4 直角坐標法	21—2
21-5 角度交會法	21—3
21-6 距離交會法	21—3

21-7 在地面上設置已知長度的直綫	21—3
21-8 在地面上設置已知角值的水平角	21—4
21-9 根據地面上已有的地物樁定新建築物	21—5
21-10 樁定圓曲綫	21—6
21-11 視線爲地物所阻時的樁定方法	21—10
21-12 樁定高程等于一定數值的點子	21—13
21-13 設出已給坡度的直綫	21—13
21-14 龍門板在樁定房屋時的應用及其設置	21—14
21-15 地下管道的樁定工作	21—14
21-16 小土壩的樁定工作	21—15
21-17 小型橋樑的樁定工作	21—16

第二十二章 樁定工作中的特殊問題 22—1

22-1 用捲尺設置直角	22—1
22-2 用捲尺從直綫外面一點作垂直綫	22—1
22-3 用捲尺求出角度	22—2
22-4 解析法測定建築物的高度	22—2
22-5 高程的傳遞	22—4
22-6 把一塊地面劃成水平面	22—5
22-7 把一塊地面劃成傾斜的平面	22—5

第十編 在水利技術方面用到的測量工作

第二十三章 方位角的測定 23—1

23-1 天球概念	23—1
23-2 定位三角形	23—1
23-3 天體的方位角和地面目標的方位角之間的關係	23—2
23-4 觀測太陽確定地面目標的真方位角	23—2
23-5 用 Φ . H. 克拉索夫斯基教授的方法測定方位角	23—5
23-6 同高觀測天體來測定方位角	23—6
23-7 用日圭法測定真子午綫方向	23—6

第二十四章 測定個別點子的坐標 (導綫和三角點或較高級導綫點的連結) 24—1

24-1 一般概念	24—1
24-2 間接法傳遞坐標	24—1
24-3 前方交會法	24—2
24-4 側方交會法	24—7
24-5 三點後方交會法 (三點問題)	24—7
24-6 兩點後方交會法 (兩點問題)	24—13

第二十五章 全國性的控制測量和小三角測量25—1

- 25-1 一般概念25—1
- 25-2 三角測量的選點，造標和埋石25—2
- 25-3 小三角測量控制機構25—3
- 25-4 邊長的精度25—4
- 25-5 小三角測量的基綫丈量25—6
- 25-6 小三角測量的測角工作25—7
- 25-7 小三角鎖的平差25—8

第二十六章 河道測量26—1

- 26-1 一般概念26—1
- 26-2 河流縱向水准測量26—1
- 26-3 水深測量26—1
- 26-4 河底地形及縱斷面的繪制26—3

第十一編 攝影測量

第二十七章 攝影測量27—1

- 27-1 概念27—1
- 27-2 航空攝影測量的一般過程27—1
- 27-3 像片的比例尺及像點的位移27—2
- 27-4 像片的判讀27—3
- 27-5 像片畧圖的編制27—4
- 27-6 像片平面圖的編制27—4
- 27-7 測繪地形圖的不同航測方法27—5
- 27-8 地面立體攝影測量27—7

第十一編 攝影測量

第二十七章 攝影測量

27-1 概 念

利用像片所進行的各種測圖工作，稱為攝影測量。按照攝取像片的不同方式，攝影測量一般分為航空攝影測量和地面攝影測量；前者是從空中攝取像片，後者是從地面攝取像片。

攝影的優點是速度快，成圖的精度比較一致，適宜于困難地區或不可到達地區的測圖工作，而測圖成本一般也比較低。除了應用于測繪地圖及平面圖以外，攝影測量還應于各種資源的調查工作，工程建築物的查勘工作及城市規劃工作。所以攝影測量已成為目前各種測量方法中最廣泛採用的一種。

我國解放後，也採用攝影測量作為測繪全國性的地形圖的主要方法。此外，柴達木盆地的石油調查、東北森林的調查、天蘭鐵路及蘭新鐵路的勘測、修治淮河及根治黃河的測繪工作都應用了航空攝影測量。隨着社會主義建設的逐步開展，攝影測量將起更大的作用。

27-2 航空攝影測量的一般过程

航空攝影測量工作包括攝印像片，地面控制測量及內業制圖工作。首先，飛機在空中保持一定的高程飛行，利用裝在飛機上的特殊照相機（圖 27-1）攝取地面的像片。這種照相機的曝光時間很短，祇有百分之幾秒。飛機按計劃航綫飛行，每隔一定時間曝光一次，使同一航帶的相鄰兩像片有 60% 的重疊；一般相鄰航帶也有 30% 的重疊（圖 27-2）。底片應及時晒印。如果發現像片重疊不合適，需要補攝。控制測量工作是確定像片上一些明顯點子的坐標，以便把像片和實際地面聯系起來。有了像片和地面控制點後，就可以按某一種方法繪制地形圖。

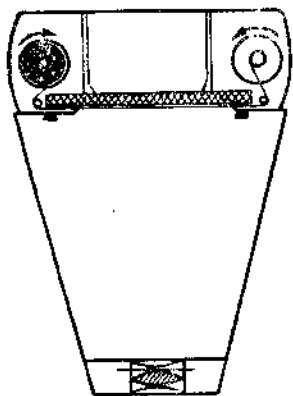


圖 27-1

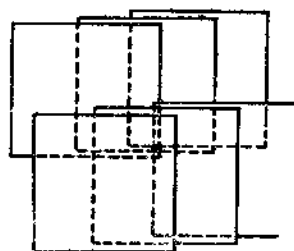


圖 27-2

27-3 像片的比例尺及像點的位移

像片是中心投影而平面圖是垂直投影，一般它們是不同的，祇有當地區平坦而攝影時照相機的透鏡的光軸在豎直位置，這兩種投影才是一樣。因而，一般像片各部分的比例尺不會完全相同。

圖 27-3 中 S 是照相機的透鏡的位置， A, B 代表地面上兩點， a, b 代表底片上相應的像點。 ab 綫段可以在底片或像片上量出，當 AB 已知時就可求出像片的比例尺 $\frac{1}{M}$ ，

$$\frac{1}{M} = \frac{ab}{AB}$$

從圖 27-3, $\frac{1}{M}$ 還可寫成，

$$\frac{1}{M} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}, \quad (27-1)$$

式中 f 是透鏡的焦距， H 是攝影航高，就是飛機超出地面的高度。

我們將在下面分別討論地形的高低和像片的傾斜所引起的像點誤差。

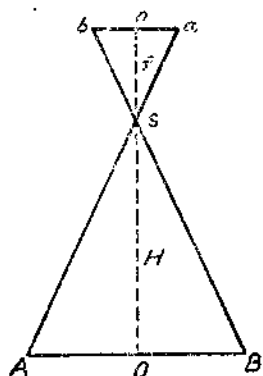


圖 27-3

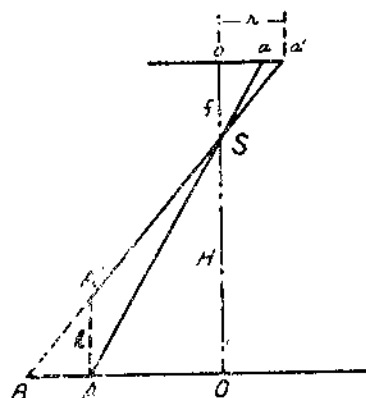


圖 27-4

1. 地形的影响 圖 27-4 中基準面上 A 的像在 a' ，和 A 點具有相同水平位置，但高出基準面 h 的另一點 A' 的像却位於 a'' 。按照垂直投影， A 和 A' 應具有相同的像點 a ，所以地形產生的位移是 aa' ，以 Δr_h 表示。

在相似三角形 Saa' ， SAB 及 Sao ， SAO 中，

$$\frac{aa'}{AB} = \frac{Sa}{SA} = \frac{f}{H},$$

即

$$\Delta r_h = aa' = AB \cdot \frac{f}{H}$$

但

$$AB = h \tan \angle BA'A = h \tan \angle a'so = h \cdot \frac{r}{f},$$

所以
$$\Delta r_h = AB \cdot \frac{f}{H} = h \cdot \frac{r}{f} \cdot \frac{f}{H} = \frac{hr}{H} \circ \quad (27-2)$$

從圖 27-4 可以看出，由於地形的高低而引起的像點位移是在像主點 o 的輻射方向。

2. 像片傾斜的影響 攝影時底片不可能絕對水平而有些傾斜，這也會引起像點的位移。圖 27-5 表示，像片水平時四點 a, b, c, d 在傾斜像片上移到 a', b', c', d' 四點。可以証明，這些像點是在等角點 i 的輻射方向上而位移 Δr_a 可用下列近似式子表示（因為傾斜角一般不會超過 3° ）：

$$\Delta r_a = \frac{r^2 \sin \alpha \cos \varphi}{f} \quad (27-3)$$

式中 r 是像點離等角點的距離， α 是像片的傾斜角， φ 是從 i 到像點方向和像片主縱軸之間的夾角。

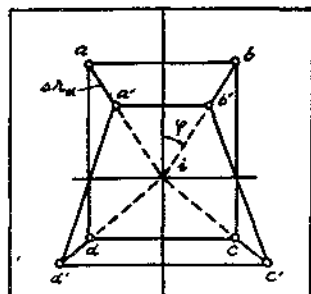


圖 27-5

27-4 像片的判讀

像片判讀是根據像片上的影像，識別地物和輪廓線，並用慣用符號描繪。判讀工作可能是為了編制地形圖而進行的，也可能是為了某一種查勘工作。

一部分判讀工作可以在室內進行，但有些地物在像片上顯示不出來或分辨不出來，例如通訊綫太細照不出來，樹木的種類看出來，因而一部分判讀工作必須在野外進行。

在室內可以根據地物本身的特徵來判讀，有時也要根據周圍地物的情況來判斷顯不出來的地物，例如，河流兩對岸都有道路通到的地方一定是渡口，當鄉村中有好幾條小路通到一深暗的小圓點時，小圓點可能是水井。

初做判讀工作時，要充分注意到像片是從高處向下看到的形象和我們在地面看到的地物形象很不相同。判讀時，要考慮地物的形狀、大小、影子和色調。

物體的形狀是判斷地的重要標誌之一。因為攝影時光軸是大致豎直的，所以不高的地物，在像片上，基本上保持着原來頂面形狀，但高建築物的形狀就有畸變。

物體的大小對判讀同樣有着重要意義。像片的比例尺可近似地按公式 (27-1) 得出。知道了像片比例尺，就可根據像的大小計算物體的實際大小。請注意，高于地區平均高程的物體將有變大的影像，而低于地區平均高程的物體將有變小的影像。

物體的影子能幫助我們在照片上看出山脊和山谷。根據影子的長短，還可以確定物體的高度；當然，需要事先知道攝影時的太陽的緊直角。

根據像的形狀和大小，再結合像的色調，就能更可靠地辨別出是什麼地物。像有白、灰、黑不同的色調，要看由物體反射到照相機的光線是多少，例如，鐵路、河流是黑暗色調，沙灘、干枯草地是明亮色調。

判讀小物體時可以用放大鏡。判讀時最好應用立體鏡（圖 27-6），這樣可以把兩張像片重疊的部分看成立體。



圖 27-6

27-5 像片略圖的編製

把航攝像片拼接起來的圖稱為像片畧圖。這種畧圖很快就可制成，是查勘的重要資料。

因為相鄰像片的平均比例尺不會相同，而往往具有不同的傾斜角，所以不能使相鄰像片上位於拼接部分的地物重合得很好。我們是沿着相鄰像片的重疊部分的中央拼接。切口應選在地物重合比較好，並且色調大致一樣的地方；切口應是曲綫。

27-6 像片平面圖的編製

像片平面圖是用糾正後的像片拼接的。像片糾正後，具有需要的比例尺，原來由于像片傾斜而引起的像點位移也已消除，但由于地形高低而引起的像點位移仍舊是存在的。

像片可以用圖解法或光學機械法糾正，我們在這里簡單地介紹一下光學機械法。光學機械法是用糾正儀（圖 27—10）糾正像片的，每張像片上要有四個平面控制點。這種平面控制點可以較簡便地用圖解三角測量求得，其中水平角是直接從像片上量出的。在較平坦的地區，地形高低引起的位移不大，暫且忽畧；這時傾斜像片上任何兩方向在等角點所夾的角等于相應地面方向之間的水平角。對於垂直攝影的像片，傾斜角不會超過 3° ，等角點很接近像主點（約 $\frac{f}{40}$ ）；如果在像片上從像主點量角，角度誤差不會超過 $2'$ ，小于圖解誤差。實際工作時，我們在像主點（就是像片中心）附近選一明顯的點子，作為量角的頂點。圖解三角測量的工作如下：

1. 刺點和畫綫 在第一張像片的主點附近（不超過 $\frac{f}{60}$ ）選一明顯的點子，作為工作中心，並用尖針刺一點，相鄰像片上的同一地物點也要刺出，圖 27—7 中的 1, 2, 3，一等就是這些點子。進行圖解三角測量時連接用的連接點應選在工作中心的上、下方向上的明顯地物點，這些點子應盡量靠近像片邊緣，但不宜近于 1 cm，這些點子也要在相鄰像片上刺出。糾正點 x 應刺在相鄰航帶四張像片重疊部分中央的明顯地物點。像片上的控制點也要刺出。

所有的點刺好後，就用透明紙做像片的模板。在模板上標明選定的點子，畫像片上從工作中心到其他各點的輻射綫（圖 27—8）。

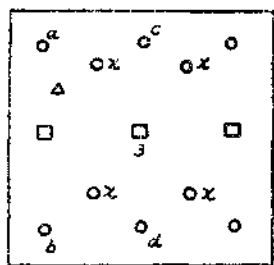


圖 27—7

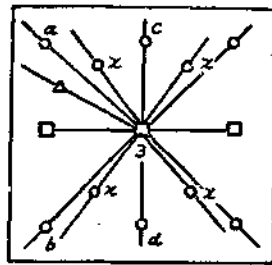


圖 27—8

2. 建立三角網 根據像片平面圖的比例尺大致估計工作中心 1 和 2 之間的距離，並在圖紙上畫出 1, 2 點。把第一，第二兩張模板上自己的工作中心各對好圖紙上的位置，而使第一模板上的 1—2 方向和第二模板上的 2—1 方向重合，這樣，相應的輻射綫就交出連接點 a 和 b 的位置及糾正點 x 的位置（圖 27—9）。此後把第三張模板上的 3—2 綫放在第二張模板

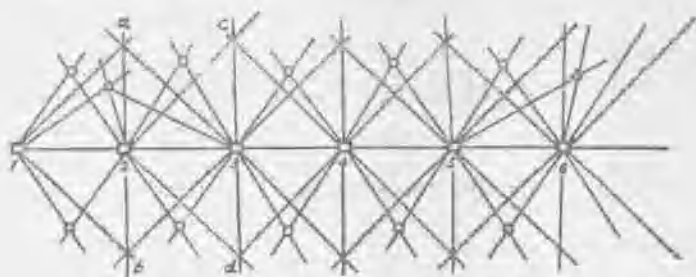


圖 27-9

上的 2—3 綫。保持這兩條綫重合的情況下，左右移動第三張模板直到第三張模板上的 3—a 綫和 3—b 綫與前兩張模上的相應輻射綫在 a, b 附近形成大小大約相同的小三角形。這樣就確定了 3 點的位置，3 點上、下方向的連接點和第二，第三像片上重合部分的糾正點。a, b 點的位置應在誤差三角形的中心。繼續工作，直到最後一張模板。最後確定的點子，包括控制點在內都要轉刺到圖紙上。

開始時，1, 2 點之間的距離是大致估計的，因而剛才得出的糾正點不會完全合乎像片平面圖的比例尺，我們還需要根據控制點（最少兩個）設法改正。

糾正點求得後，就可用糾正儀對像片進行糾正。糾正儀是光學機械的投影器（圖 27—10），主要由光源，底片盤，物鏡，承影板和一些機械構件組成。應用不同的糾正儀時，具體操作也有所不同。一般，把底片放進底片盤，使底片中心和底片盤中心重合後，可以利用底片在自己的平面內轉動和承影板上、下移動及傾斜，使投影到承印板上的像點和放在承影板上的圖底上的相應糾正點重合。此後，把晒像紙換承影板上的圖底，曝光、晒像，沖洗後就得糾正後的像片。

像片拼接工作和像片畧圖一樣。

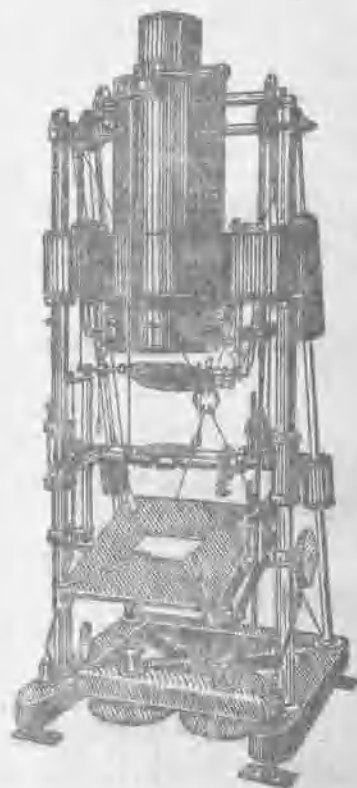


圖 27-10

27-7 測繪地形圖的不同航測方法

現行的測繪地形圖的航測方法可分為三類：1. 綜合法，2. 微分法，3. 全能法。

1. 綜合法 綜合法是航空攝影測量和平板儀測量相結合的一種方法。航測法測得地物後（像片平面圖或利用立體航測儀測繪的圖），在圖上用平板儀測繪等高綫。這樣，不必測距離，祇要量豎直角，因為地形點可以在圖上認定，距測站的水平距離可以在圖上按圖的比例尺量得。這樣測得的高程綫比用航測法測得的准。在平坦地區常常採用綜合法。

2. 微分法 微分法是一種立體航測方法。圖 27—11 表示相鄰兩底片在攝影時的情況，假定飛機是同高，底片是水平。採用像片主點為坐標原點，包含攝影基綫 $S_1 S_2$ 的豎面和像片

的相交綫爲 x 軸。同一點在相鄰兩像片 x 座標之差稱爲橫向視差(或左右視差)，以 p 代表。從 S_1 作虛綫 $S_1 a_2'$ 平行于 $S_2 a_2$ ，考慮了座標的符號，從圖可以看出，

$$p_a = x_{a1} - x_{a2} = a_1 o_1 + o_2 a_2 = a_1 o_1 + o_1 a_2' = a_1 a_2'$$

在相似三角形 $S_1 a_1 a_2'$ 和 $AS_1 S_2$ 中，

$$\frac{a_1 a_2'}{B} = \frac{f}{H-h},$$

則

$$p_a = a_1 a_2' = \frac{f B}{H-h} \quad (27-4)$$

同理，在起算面上一點 C 的左右視差 p_c 的式子是

$$p_c = \frac{f B}{H} \quad (27-5)$$

兩點的左右視差的差數稱爲左右視差較，以 Δp 代表，則

$$\Delta p = p_a - p_c = \frac{f B}{H-h} - \frac{f B}{H} = \frac{f B h}{(H-h)H} = \frac{p_c h}{H-h} \quad (27-6)$$

如果以 b 表示起算面內一點的左右視差，上式可寫成

$$\Delta p = \frac{b h}{H-h} \quad (27-7)$$

解 h ，得

$$h = \frac{\Delta p H}{b + \Delta p} \quad (27-8)$$

現在有好幾種儀器，例如有視差桿的立體銳，立體視差儀，立體座標量測儀等都可以用來量出視差，從而求得視差較， b 和 H 一般也是知道的，這樣就能計算高差 h 。

上面 h 的式子是在理想的條件下導出的。實際上航高會改變，像片也有些傾斜，因而量得的左右視差必須加以改正，才能求得正確高差。

蘇聯特洛培雪夫教授發明了自動改正航高差和像片傾斜的視差儀（圖 27-12），可以在

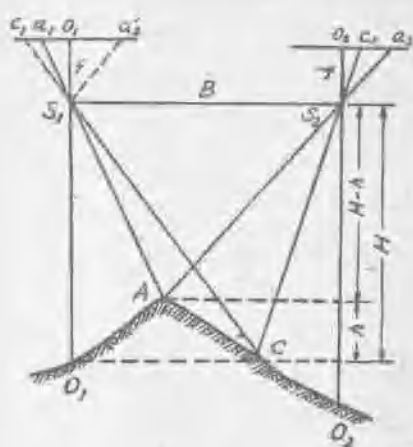


圖 27-11

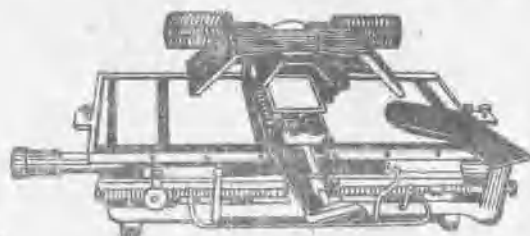


圖 27-12

攝影像片（沒有糾正過的像片）上畫等高綫，這就大大便利了微分法測繪地形圖。

微分法的特點是把作業分成若干階段，進行少量解析計算，應用幾種簡單儀器。微分法測圖工作分成下列三個連續步驟：

1. 圖解法加密控制點。
2. 像片定向，在攝影像片上畫等高綫。
3. 用投影器改為垂直投影。

微分法是蘇聯學者獨創的，這種方法的作業率高，成本低，廣泛應用于 $1:100000$ 至 $1:10000$ 的測圖工作。

3. 全能法 全能法也是一種立體航測方法，應用的儀器較複雜，例如多倍投影測圖儀（圖 27-13），精密立體制圖儀（圖 27-14），需要的技術也較高。把一對底片放在這種儀器里，經過調節，建成地面的光學模型。根據控制點，把模型的比例尺改正到測圖比例尺，並對模型進行定向使它的表面的高程正確。不同儀器利用不同繪圖裝置描繪地物和等高綫。

全能法適于測繪較大比例尺的地形圖。

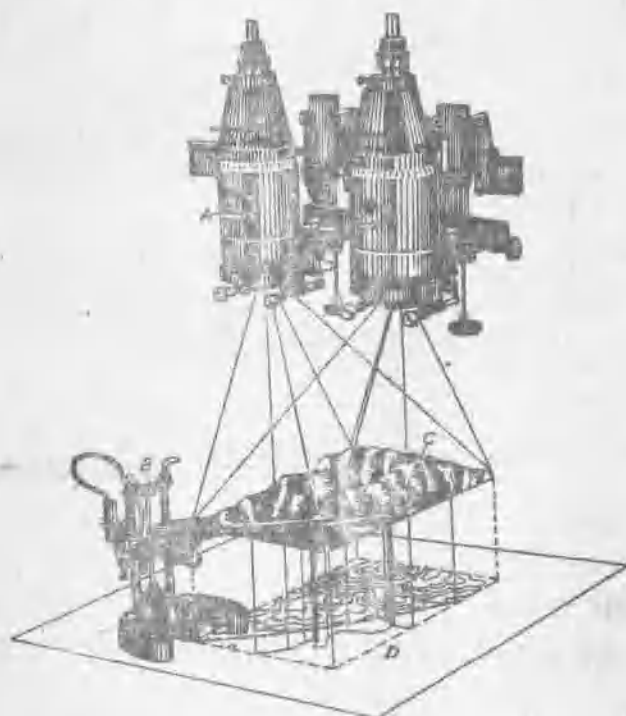


圖 27-13

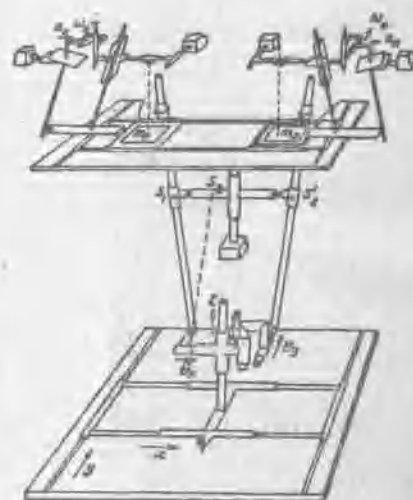


圖 27-14

27-8 地面立體攝影測量

地面立體攝影測量是根據在地面兩點對目標攝取的兩張像片而求得目標的空間座標的攝影測量方法。這種方法祇應用于測繪特殊地區，測繪建築物的外形及測量工程建築物的位移等。

1. 地面立體攝影測量的原理

攝影時，攝影機的光軸是水平的，常常是和攝影基綫（連攝影站的綫）垂直（圖 27-15），

有時也偏一個角 φ 而在攝影基綫兩攝影時光軸是彼此平行的 (圖 27—17) 。讓我們分兩種情況來推導像點座標和地面點的空間座標之間的關係。

(1) 光軸垂直于基綫 圖 27—15 表示攝影時的情況，圖 27—16 是頂面圖和側面圖。圖 27—16 中 S_1, S_2 是攝影中心 (透鏡的後節點)。地面點 A 在左面像片上的像點是 a_1 ， a_1 在像片上的座標是 x_1, z ；在右面像片上的像點是 a_2 ， a_2 的座標是 x_2, z (假定 S_1 和 S_2 是同高，因而 a_1 和 a_2 的 z 座標相同)。原點選在 S_1 ， x 軸在基綫方向上， y 軸和左面的光軸重合， z 軸在通過 S_1 的豎直綫上。

從圖 27—17 可以看出，

$$\frac{X}{x_1} = \frac{Y}{f}, \quad \frac{Z}{z} = \frac{Y}{f},$$

則

$$X = x_1 \frac{Y}{f}, \quad Z = z \frac{Y}{f} \quad (27-9)$$

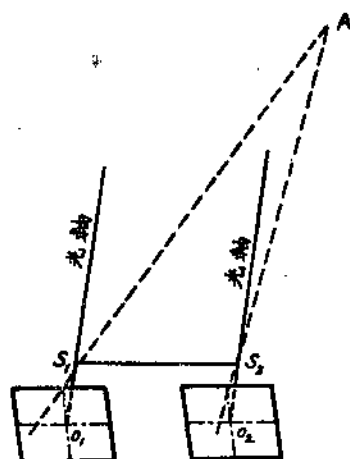


圖 27—15

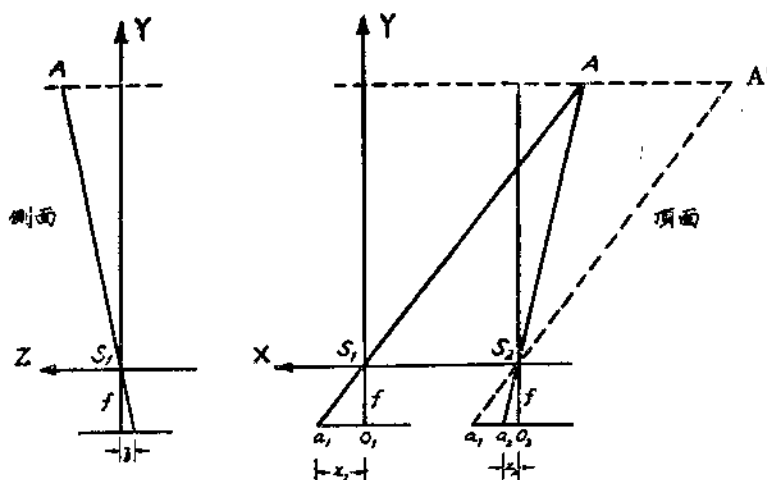


圖 27—16

圖 27—16 中 $S_2 A'$ 平行于 $S_1 A$ 。在相似三角形 $S_1 A A'$ 和 $S_1 a_2 a_1$ 中

$$\frac{B}{a_1 a_2} = \frac{Y}{f} \quad \circ$$

但 $a_1 a_2 = x_1 - x_2$ ，稱為左右視差，以 p 表示，那末，

$$\frac{Y}{f} = \frac{B}{p},$$

即

$$Y = \frac{f}{p} \cdot B \quad (27-10)$$

把 (27-10) 代入 (27-9)，並把 (27-10) 列在一起，得

$$X = \frac{x_1}{p} B, \quad Y = \frac{f}{p} B, \quad Z = \frac{z}{p} B. \quad (27-11)$$

因為 B 可以在實地上量出，攝影的焦距 f 是已知的，那末，根據像點的座標就可計算地面點的座標。

(2) 光軸對攝影基線的垂線向右偏一個角度 φ

在圖 27-17 中

$$\frac{A A'}{x_1 - x_2} = \frac{S_2 A}{S_2 a_2} = \frac{S_2 O_2}{f} = \frac{Y - B \sin \varphi}{f}.$$

現在

$$\begin{aligned} AA' &= S_1 C = B \cos \varphi - CD \\ &= B \cos \varphi - S_1 D \operatorname{tg} \angle a_1 S_2 D \\ &= B \cos \varphi - B \sin \varphi \frac{x_1}{f}. \end{aligned}$$

代入上式並移項解 Y，得

$$\begin{aligned} Y &= \frac{fB \cos \varphi - x_1 B \sin \varphi}{x_1 - x_2} \\ &= \frac{fB \cos \varphi - x_1 B \sin \varphi}{p}. \end{aligned}$$

同理，對於光軸向左偏的情況，

$$Y = \frac{fB \cos \varphi + x_2 B \sin \varphi}{p}.$$

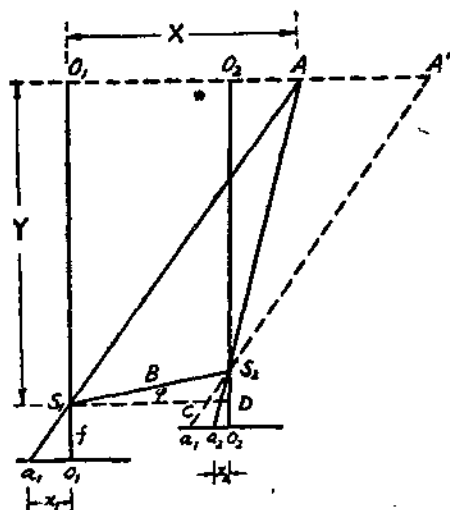


圖 27-17

把 X, Y, Z 的式子寫在一起，我們有：

$$X = x_1 \frac{Y}{f}, \quad Y = \frac{fB \cos \varphi \pm x_2 B \sin \varphi}{p}, \quad Z = z \frac{Y}{f}. \quad (27-12)$$

上面 Y 式子中，當光軸向左偏時，取正號；向右偏時，取負號。

2. 地面立體攝影測量的外業和內業

根據測圖的比例尺和測區的情況，選定攝影站，並測定站點的座標。

把攝取像片用的攝影經緯儀（圖 27-18）安置在攝影站，使光軸和基綫成規定的負度，然後攝取像片。

像片上像點的走標可用立體座標測量儀（圖 27-19）量出，再應用前面的公式計算各點的空間坐標，最後就可繪制地形圖。

除了上述的計算方法外，也可以利用光學機械儀測繪地形圖。



圖 27-18

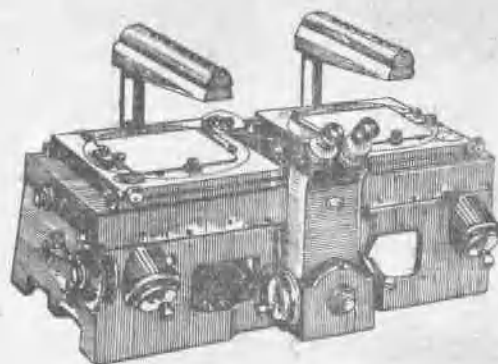


圖 27-19