

2-1 地形測量概述

1. 地形測量

A. 地形測量定義：

按照規定的記號及比例尺，將地面上之地物、地貌測繪成圖的作業，稱之。

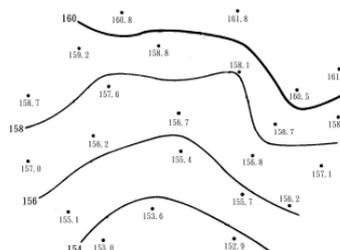


圖 2-1-1 地形測量

B. 地物：

各種天然或人為的物體。如河、渠、房舍、道路、…等等。

C. 地貌：

地表高低起伏之狀態。如山脈、溪谷、…等等。



圖 2-1-2 地物



圖 2-1-3 地貌

2. 控制測量

A. 控制測量定義：

在地面上設定控制點，測定各控制點之位置，以作為細部測量之依據，稱之。



圖 2-1-4 控制點

B. 控制測量可分為兩種：

① 平面控制測量：測定控制點之平面位置。

測定方法：

- a. 經緯儀(或平板儀)導線測量
- b. 經緯儀(或平板儀)交會測量

- c. 三角測量
- d. 三邊測量
- e. 航空測量(空中三角測量)
- f. 衛星定位測量(GPS)

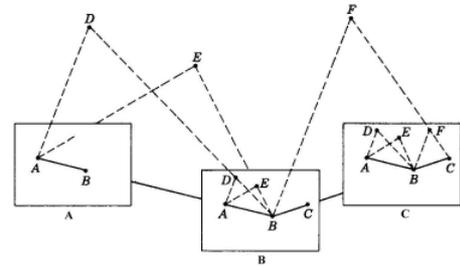
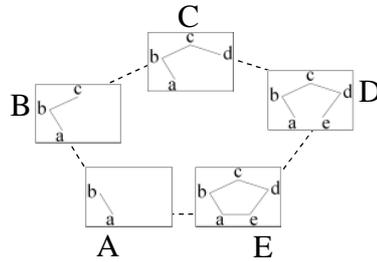


圖 2-1-5 平板儀導線 圖 2-1-6 平板儀交會

② 高程控制測量：測定控制點之高程位置。

測定方法：

- a. 直接水準測量(最佳)
- b. 三角高程測量
- c. 視距高程測量

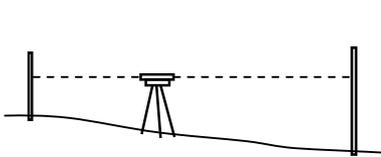


圖 2-1-7 直接水準

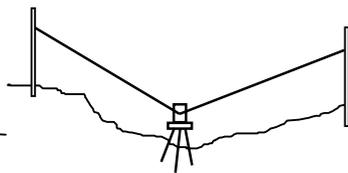


圖 2-1-8 三角高程

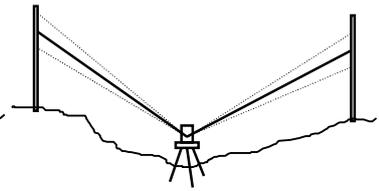


圖 2-1-9 視距高程

C. 控制點之數量：

- ① 原則：以能控制整個測區為原則。
- ② 視情況而定：數量視測區情況、圖比例尺、測量之方法、... 等等而定。
- ③ 至少點數：每一平板須具備可相互通視的控制點兩點以上。
- ④ 密度：一般以圖上每隔 5cm 有一個控制點為佳。

D. 圖根點：

為彌補控制點之不足，在測區內依實際測圖需要所增設之點，以作為測圖之依據。此種專為測圖而設之控制點，稱之。



圖 2-1-10 圖根點

3. 地形測量之方法

A. 地形測量之方法可分為兩大類：

- ① 地面測量：適用於小區域。
- ② 航空攝影測量：適用於大區域。

B. 地面測量之方法：

- ① 平板儀圖解法測量。

最常採用，為地面測量最主要之方法。
其優點為迅速、簡便。
- ② 經緯儀數值法測量。

其優點為精度最高，可與電腦結合，繪製成圖。
- ③ 水準儀方格法測量。

其優點為較平板儀圖解法精度高。
只適用於地物簡單、地勢平坦之地區。

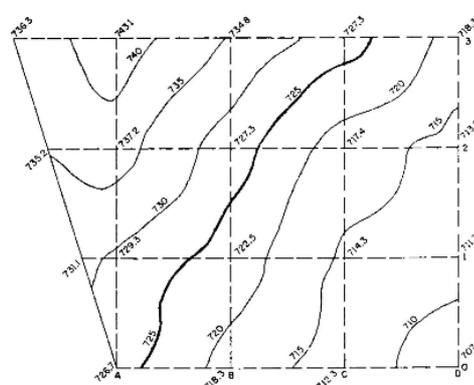
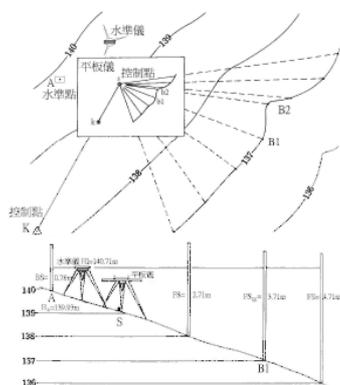


圖 2-1-11 平板儀圖解法 圖 2-1-12 水準儀方格法

C. 航空攝影測量法：

優點為適用於大區域地形測量，可節省大量野外作業。

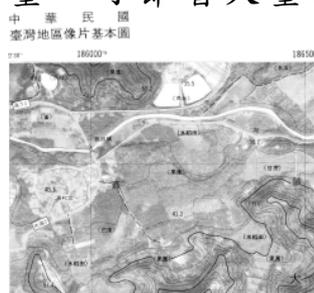
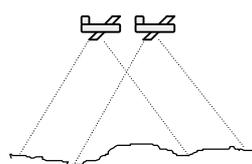


圖 2-1-13 航空攝影測量

D. 衛星定位測量 (GPS)：

將逐漸取代航空攝影測量，為未來發展之趨勢。

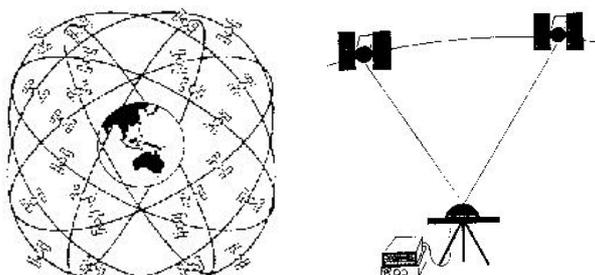


圖 2-1-14 衛星定位測量

4. 地形圖

A. 平面圖：測繪時只有地物之相關位置者。

B. 地形圖：測繪時包含地物及地貌者。

C. 地形圖之用途：

① 地形圖為工程建設中不可或缺的基本資料。

② 大如國防安全，行政區劃分，都市計劃，農林漁牧礦業之開發，鐵、公路及管線之規劃、選線、設計，水壩位址之選擇，... 等等，小如山坡地開發，房舍位置決定，土方計算... 等等，均須以地形圖為依據。



圖 2-1-15 平面圖



圖 2-1-16 地形圖

2-2 比例尺

1. 比例尺(又稱縮尺 Scale)之表示法

A. 文字：比例尺=五百分之一，伍百分之一。

B. 數字： $S=1:500$ ， $1/500$ ， $\frac{1}{500}$ 。

C. 圖示：

D. 說明： $1\text{in}=2\text{mile}$ ， $1\text{cm}=2\text{km}$ 。



圖 2-2-1 比例尺表示法

2. 比例尺分為大中小三類

A. 大比例尺： $\frac{1}{1000} \leq S \leq \frac{1}{100}$ 。

B. 中比例尺： $\frac{1}{10000} \leq S \leq \frac{1}{1000}$ 。

C. 小比例尺： $S \leq \frac{1}{10000}$ 。

3. 比例尺常用範圍

A. 工程用地形圖：約在 $\frac{1}{10000} \leq S \leq \frac{1}{500}$ 。

B. 地籍圖：約在 $\frac{1}{3000} \leq S \leq \frac{1}{500}$ ，而以 $1/500$ 較常用。

4. 比例尺愈大，量距與測點之精確度要求愈高。

5. 實測圖、編繪圖、輿圖

A. 實測圖：由地形測量直接測繪而成者。 $S \geq \frac{1}{10000}$ 。

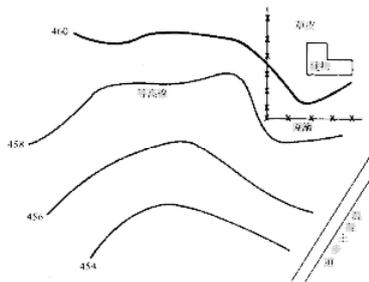


圖 2-2-2 實測圖

B. 編繪圖：又稱編纂圖，利用實測圖編繪而成者。 $S \leq \frac{1}{10000}$ 。



圖 2-2-3 編繪圖

C. 輿圖：只有山脈主峰、河川主流及重要地點，而不能顯現真正地形之地圖。 $S \leq \frac{1}{1000000}$ ($S \leq \frac{1}{1\text{百萬}}$)。

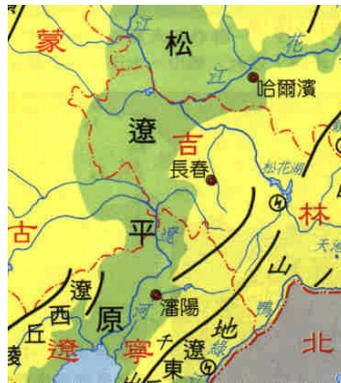


圖 2-2-4 輿圖

2-3 地形測量之作業程序

1. 規劃

- A. 依據測繪之目的與所需之精度，決定圖比例尺。
- B. 勘查測區之地形地物、已知點之分佈情形，擬定新設圖根點(控制點)之位置及數目。

2. 佈設控制點

- 埋置木樁或道釘。

3. 控制測量(圖根點測量)

- 測定圖根點之高程及平面位置(座標)。

4. 展點

- 將圖根點(座標)依比例尺展繪於圖紙上。

5. 細部測量

- A. 應用平板儀測定地物、地貌，按比例尺與圖例，標繪於圖上。
- B. 通常先測繪地物，再測繪地貌(高程)。

6. 製圖整飾

- A. 檢查整理測量結果，再與鄰圖合併。
- B. 進行清繪、整飾、註記圖名、地名、比例尺...等等。
- C. 複製。

2-4 地貌之表示法

1. 等高線法(水平曲線法) Contour Line Method

- A. 等高線：地面上高程相同之點，連結而成之封閉曲線。
 B. 此法為表現地貌最主要之方法；亦即地貌以等高線來表示，最為精確詳實。



圖 2-4-1 等高線

2. 陰影法(暈渲法) Shading Method

利用印刷技術，在東南(或東北)方向山坡面上加印深色，產生陰影效果。

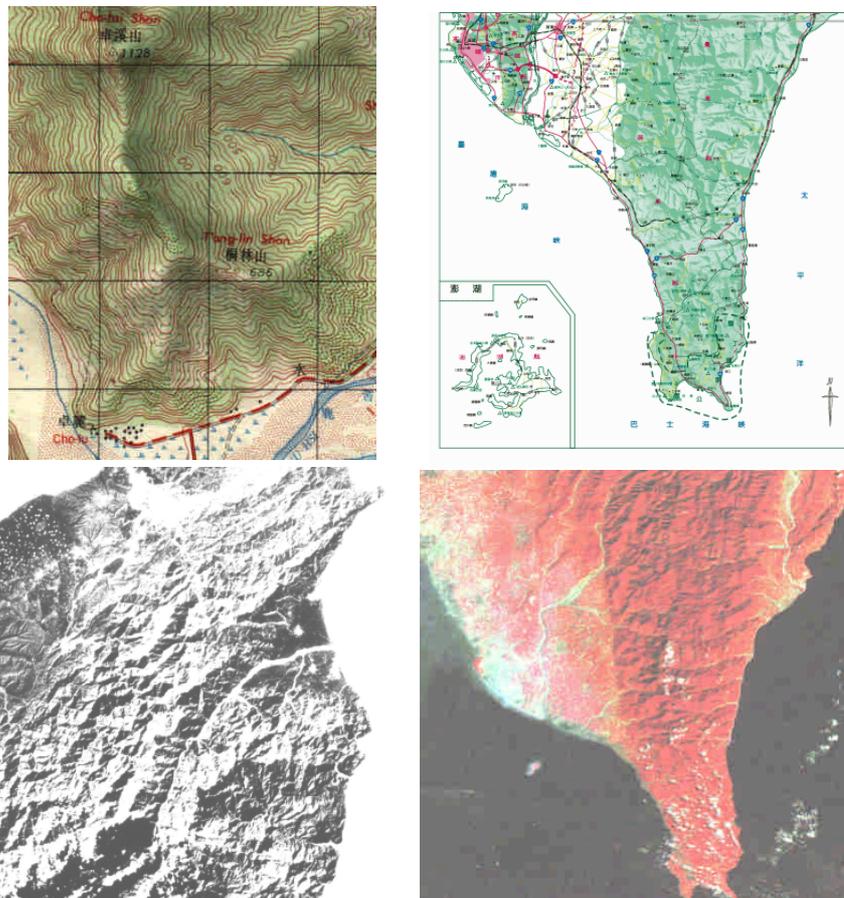


圖 2-4-2 陰影法

3. 浮雕法(暈滄法) Embossing Method (Hachuring Method)
將東南方向山坡面處之等高加粗，產生立體感。

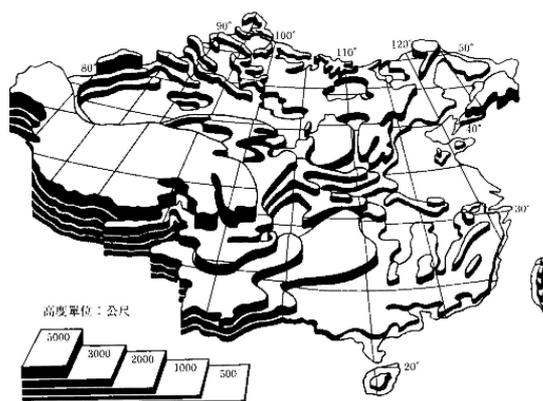


圖 2-4-3 浮雕法

4. 分層設色法 Layer System Method

- A. 以藍色系表示河川、湖泊、海洋，顏色愈深，則深度愈深。
B. 以綠、土黃、棕色系表示平原、丘陵、山岳，顏色愈深，則高度愈高。

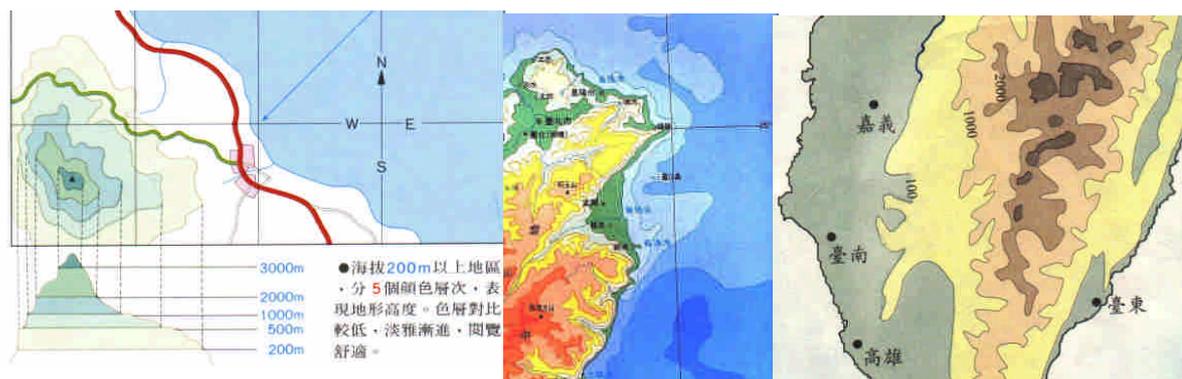


圖 2-4-4 分層設色法

5. 立體模型法 Relief Model Method

- A. 將地形起伏之狀態，依比例尺製成模型。

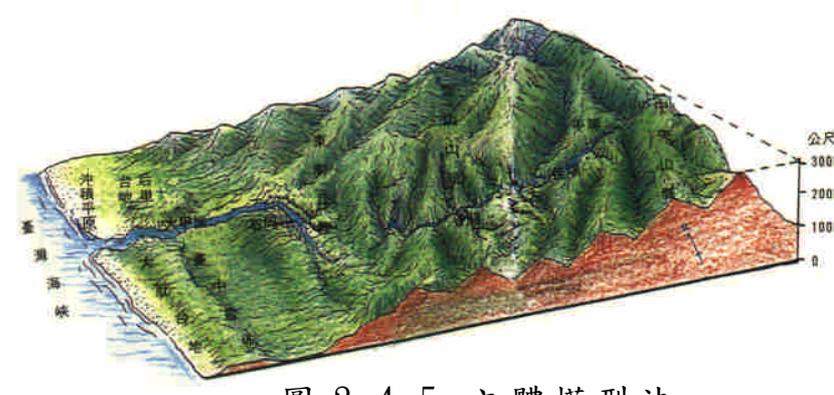


圖 2-4-5 立體模型法

- B. 可分為大型、小型兩種：

- ①大型：固定於地面，由砂、粘土、水泥做成。

②小型：可移動，由夾板、紙板、保麗龍做成。

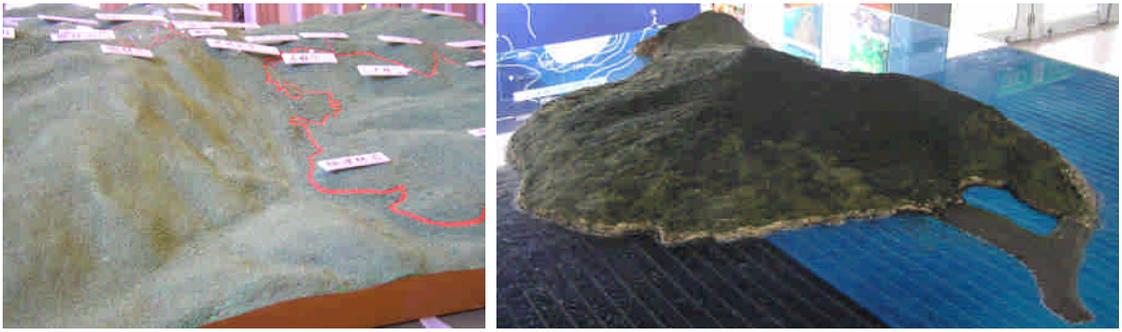


圖 2-4-6 立體模型

C. 地形模型之高度比例尺常較平面比例尺大 5 倍，甚至更多，其目的乃在增加地形起伏之立體感。

6. 實體攝影法

A. 將航空攝影測量所得之照片，經儀器糾正後，可得照片平面圖。

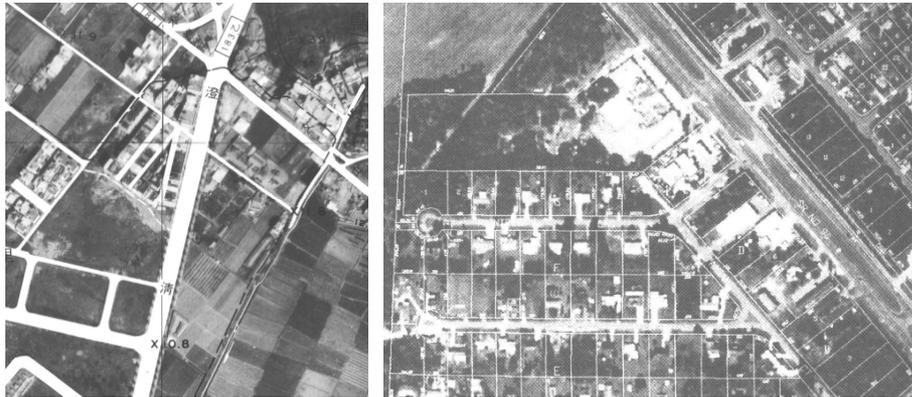


圖 2-4-7 照片平面圖

B. 加繪等高線，則成照片地形圖。



圖 2-4-8 照片地形圖

2-5 等高線之種類及其特性

1. 等高線分成四種：

A. 主曲線 (首曲線) Primary Contour Line

①表示地貌之基本等高線。

②0.2mm 實線。

B. 計曲線 Index Contour Line

①每逢 5 倍數之主曲線，則加粗線條，並在線旁註明其高程。

②0.3 mm 實線。

C. 間曲線 Intermediate Contour Line

①在兩主曲線高程 1/2 之處，加繪之虛條。

②當主曲線不足以表現實際地貌時，如坡度平緩處、地形複雜處，則增加中間高程之曲線，以加強表達地貌。

③0.2 mm 虛線。

D. 助曲線 Supplementary Contour Line

①在兩主曲線高程 1/4 之處 (亦即主曲線與間曲線高程 1/2 之處)，加繪之較短虛線，或點線。

②當地勢過於平坦，間曲線仍不足以表現地貌時，則再增繪之曲線。

③0.1 mm 虛線或點線。

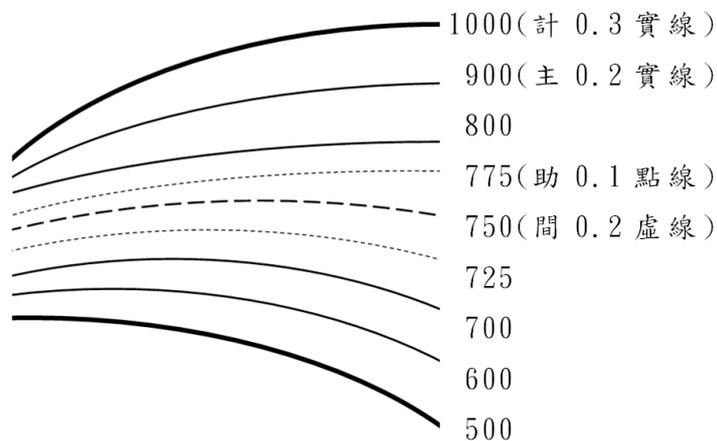


圖 2-5-1 等高線之種類

2. 等高線之特性

A. 同一等高線上之各點，其高程均相等。

B. 等高線為一封閉曲線，若不在圖幅內閉合，則於圖幅外閉合，不能中途消失。

C. 等高線愈密 (距離愈小)，表示坡度愈陡 (傾斜度愈大)；愈疏 (距離愈大)，表示坡度愈平緩。

D. 等高線平行 (距離相等)，表坡度相等 (等傾斜面)。

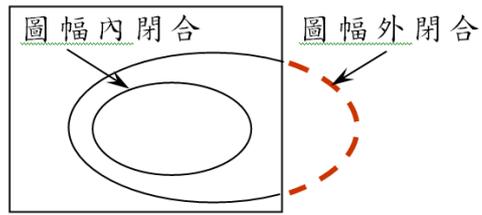


圖 2-5-2 等高線閉合

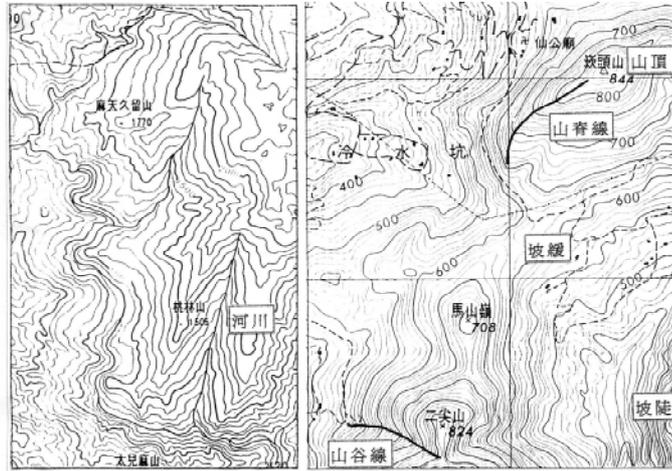


圖 2-5-3 等高線疏密

E. 等高線不能分叉（一分為二）。不同高程等高線不能相交。

F. 山頂或窪地，應加註最高或最低高程。

① 最高點的表示法有：● × ▲ △。

② 窪地並加繪向下箭頭，以資辨別。



圖 2-5-4 最高點

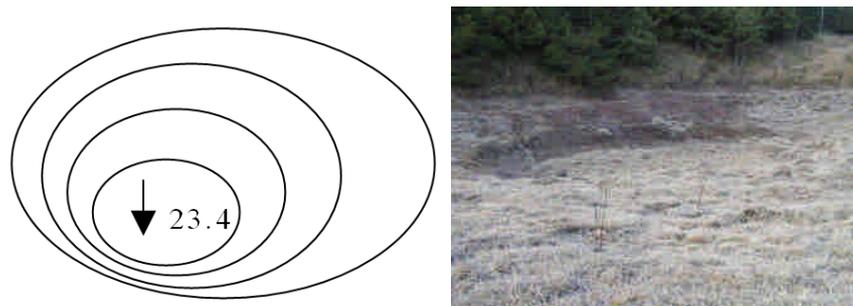


圖 2-5-5 窪地

G. 低於零公尺之等高線，稱為等深線，由水深測量測定之。

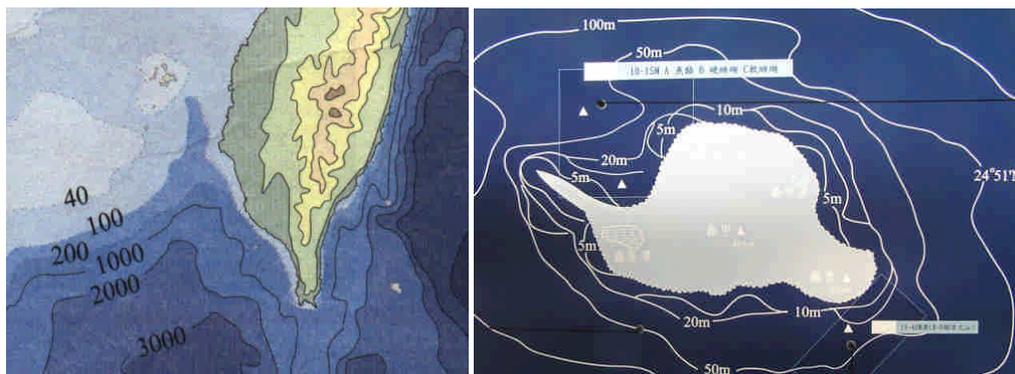


圖 2-5-6 等深線

H. 等高線不能直接橫越河川，應於近河岸處折向上游，沿岸前進，然後在上游越過河底，至隔岸後，向下游前進。河流處之等高線通常較尖銳，而呈 V 形。

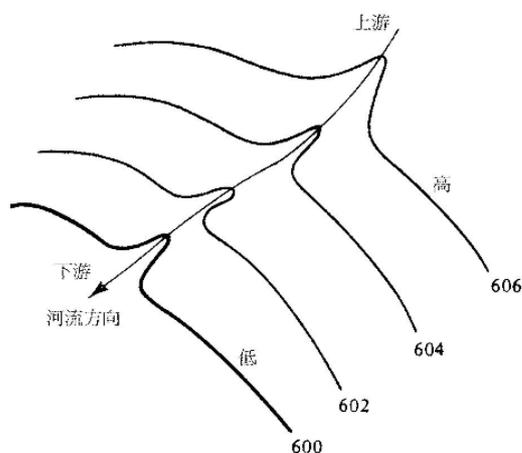


圖 2-5-7 河流

I. 山脊線處之等高線通常較圓渾，而呈 U 形。
山谷線處之等高線通常較突出，而呈 A 形。
山脊線或山谷線必與等高線垂直相交。

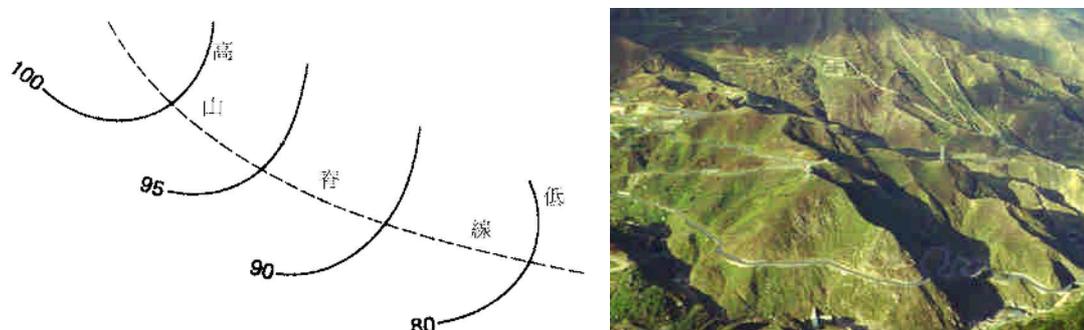


圖 2-5-8 山脊線



圖 2-5-9 山谷線



圖 2-5-10 山脊線與山谷線

2-6 等高線之等高距

1. 等高距

- A. 又稱為等高線間隔(Contour Interval)。
- B. 相鄰兩等高線之高程差，稱之。

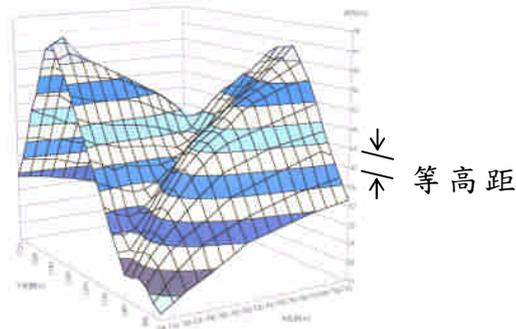


圖 2-6-1 等高距

2. 等高距大小

- A. 測繪地形圖時，宜選用適當之等高距。
- B. 若等高距太大，則不足以充分表現地貌；
- C. 若等高距太小，則線條太過擁擠，不易描繪。

3. 不同的等高距

若測區地形有高山也有平地時，可以分別採用不同的等高距，以配合實際狀況，表現不同坡度的地貌。

4. 等高距之選用

通常等高距之選用，常考慮下列因素：

- A. 比例尺：比例尺大，則等高距小。
- B. 地形狀況：地形複雜，或坡度平緩，則等高距小。
- C. 用圖目的：精密設計用，則等高距小。

上述三項中，以比例尺為最主要的考慮因素。

5. 等高距之倍數

等高距通常採用 5 之倍數，

如 20cm、50cm、100cm、200cm、500cm...。

6. 慣用的等高距如下：

表 2-6-1 慣用等高距

比例尺	等高距
1 : 200	20cm
1 : 500	50cm
1 : 1000	100cm

程之點，成為等高線。

B. 作法：

- ①先測得所有特定點（地形要點或方格點）之水平位置與高程，
- ②再依據各特定點間之高程差與間距，以內插法推求高程相同之點，
- ③然後以曲線連接此種高程相同之點，成為等高線。

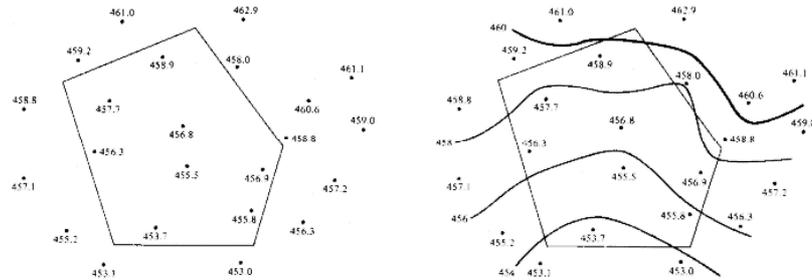


圖 2-7-2 間接測定法

C. 依使用儀器之不同，可分為：

- ①地形要點法（又稱為控制點法）
 - a. 經緯儀配合平板儀測繪法
 - b. 全站儀測記法（電子平板）
 - c. 經緯儀測記法
 - d. 平板儀測繪法

②斷面法

③方格法

D. 地形要點

地形要點是指

- ①最高點（山頂）
- ②最低點（窪地底、谷底、鞍部）
- ③山脊線
- ④山谷線
- ⑤方向變換線（點）
- ⑥傾斜變換線（點）

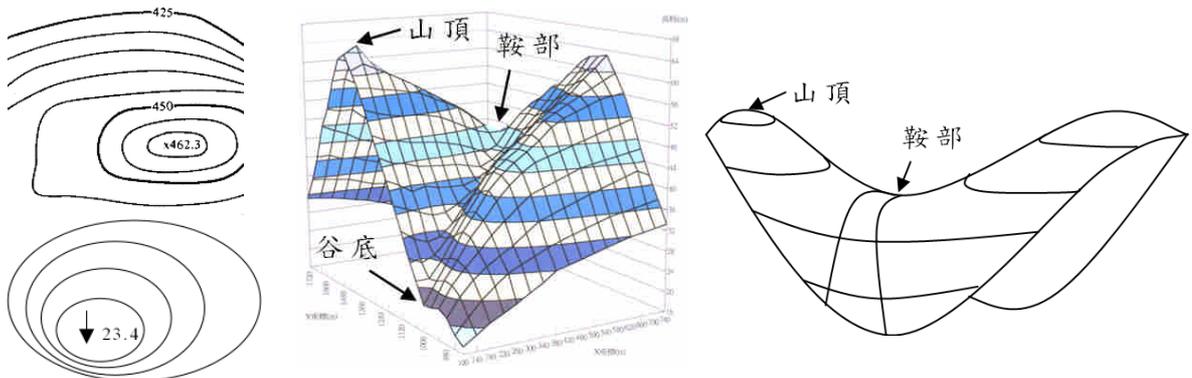


圖 2-7-3 山頂、窪地底、谷底、鞍部

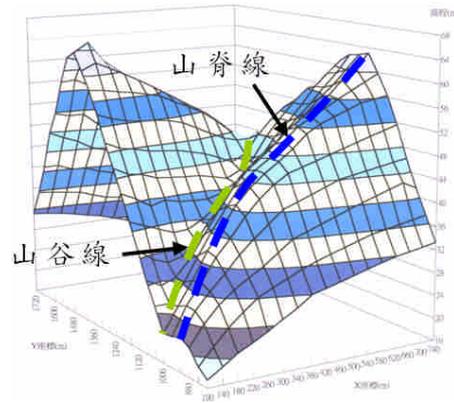


圖 2-7-4 山脊線與山谷線

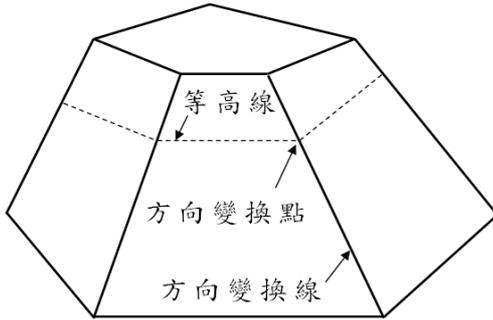


圖 2-7-5 方向變換線

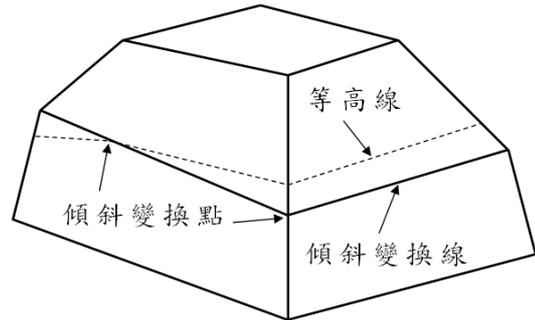


圖 2-7-6 傾斜變換線

2-8 直接測定法

1. 直接測定法可分為：

- A. 水準儀配合平板儀測繪法
- B. 經緯儀配合平板儀測繪法
- C. 平板儀測繪法

2. 水準儀配合平板儀測繪法

A. 整置儀器。

- ① 將平板儀整置於控制點 S 上，
- ② 將水準儀整置於平板儀之近旁（約 1~2 m）。

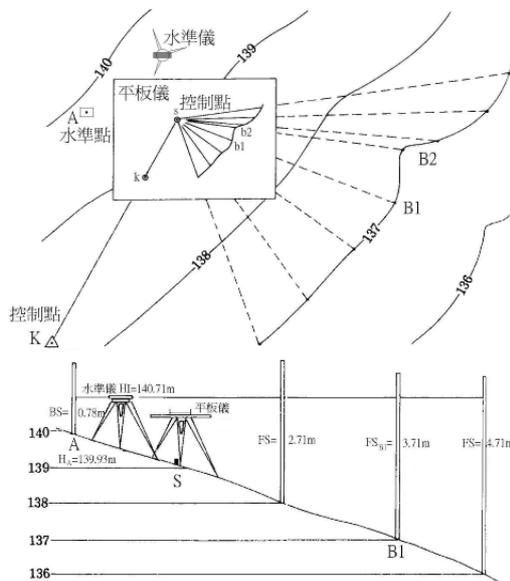


圖 2-8-1 水準儀配合平板儀測繪法

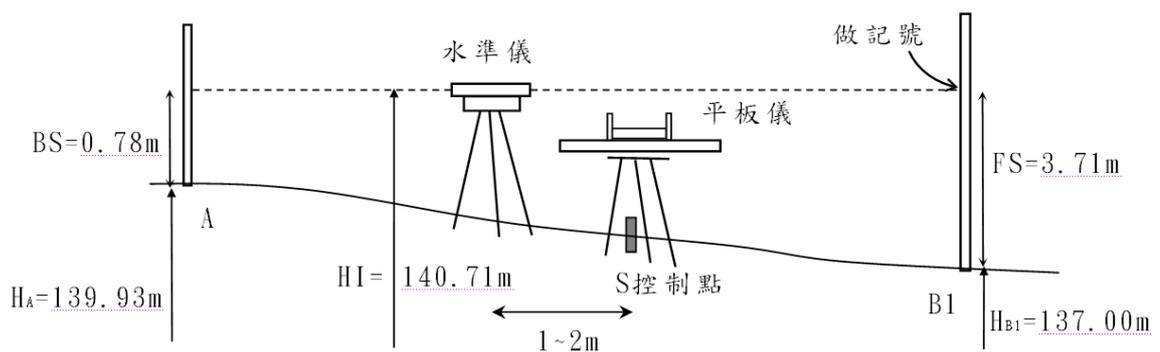


圖 2-8-2 預估讀數與做記號

B. 求水準儀儀器高 HI。

- ① 將水準儀照準已知高程點 A (設 $H_A = 139.93\text{m}$)。
- ② 讀取標尺上之讀數 BS (設 $BS = 0.78\text{m}$)，
- ③ 求得儀器高 HI。

$$HI = H_A + BS = 139.93\text{m} + 0.78\text{m} = 140.71\text{m}$$

C. 計算預估標尺讀數 FS_{B1} ，並做記號。

① 計算欲測繪之等高線(設高程 $H_{B1}=137.00\text{m}$)之預估標尺讀數 FS 。

$$FS_{B1} = HI - H_{B1} = 140.71\text{m} - 137.00\text{m} = 3.71\text{m}。$$

② 再於標尺上該讀數處做記號，如縛以布條。

D. 找尋欲測繪之等高程點。

操作水準儀者指揮持標尺者前後左右移動位置，直至由水準儀中看到做記號處時為止，亦即看到預估之標尺讀數 $FS_{B1}(=3.71\text{m})$ 時為止。



圖 2-8-3 指揮持標尺者前後左右移動位置

E. 以平板儀測繪該標尺之位置於圖紙上。

① 以照準儀對準 $B1$ 點上之標尺，描繪方向線。

② 量測距離，並按比例尺，定出該點在圖紙上之位置。

③ 如此即可測繪得高程為 $H_{B1}(=137.00\text{m})$ 之點。

F. 測繪所有其他等高程點。

① 重複步驟 D、E，以測繪另一等高程點 $B2$ 。

② 並依此類推，將所有等高程點($B3$ 、 $B4$ 、 \dots)測繪完畢。

G. 繪等高線。

連接所有等高程點，而得一高程為 $H_{B1}(=137.00\text{m})$ 之等高線。

H. 測繪另一等高線。

重複步驟 C 至 G，以測繪另一等高線。

3. 經緯儀配合平板儀測繪法

以經緯儀取代水準儀，其餘同前法。

4. 平板儀測繪法

A. 直接以平板儀取代水準儀，其餘同前法。

B. 平板儀可分為兩種：

① 小平板：測斜照準儀配合平板儀。

② 大平板：望遠鏡照準儀配合平板儀。

2-9 間接測定法

1. 間接測定法分為：

A. 地形要點法：

- ① 經緯儀配合平板儀測繪法
- ② 全站儀測記法（電子平板）
- ③ 經緯儀測記法
- ④ 平板儀測繪法

B. 斷面法

C. 方格法

2. 經緯儀配合平板儀測繪法（又稱為實地測繪法）

A. 整置儀器。

- ① 將平板儀整置於控制點上。
- ② 將經緯儀整置於平板儀之近旁（約 1~2 m 左右，不須定心），並與欲測點之方向線，約略呈垂直。

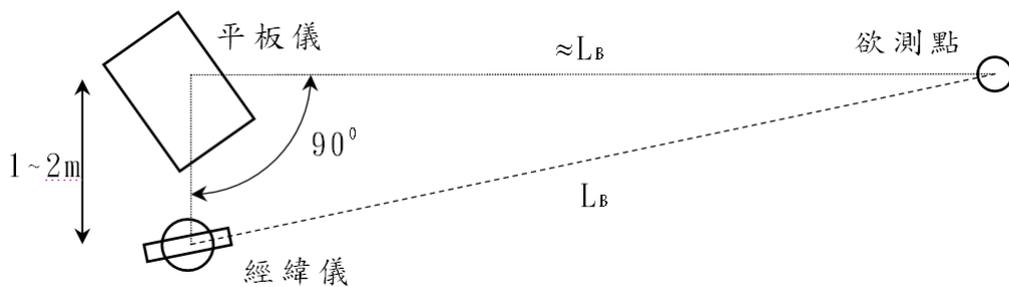


圖 2-9-1 經緯儀與平板儀之關係位置

B. 以間接高程測量法，求經緯儀儀器高 HI 。

- ① 將經緯儀照準已知高程點 A (設高程為 H_A)。
- ② 讀取標尺之上絲讀數 a_U 、中絲讀數 BS 、下絲讀數 a_L ，以及垂直角讀數 α ，以求得儀器高 HI 。

$$P_A = a_U - a_L \quad (\text{上絲} - \text{下絲})$$

$$L_A = KP_A \cos^2 \alpha \quad (\text{水平距離})$$

$$V_A = L_A \tan \alpha = KP_A \sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{2} KP_A \sin 2\alpha$$

$$HI = H_A + BS - V_A$$

(其中 K：乘常數，通常 K=100)

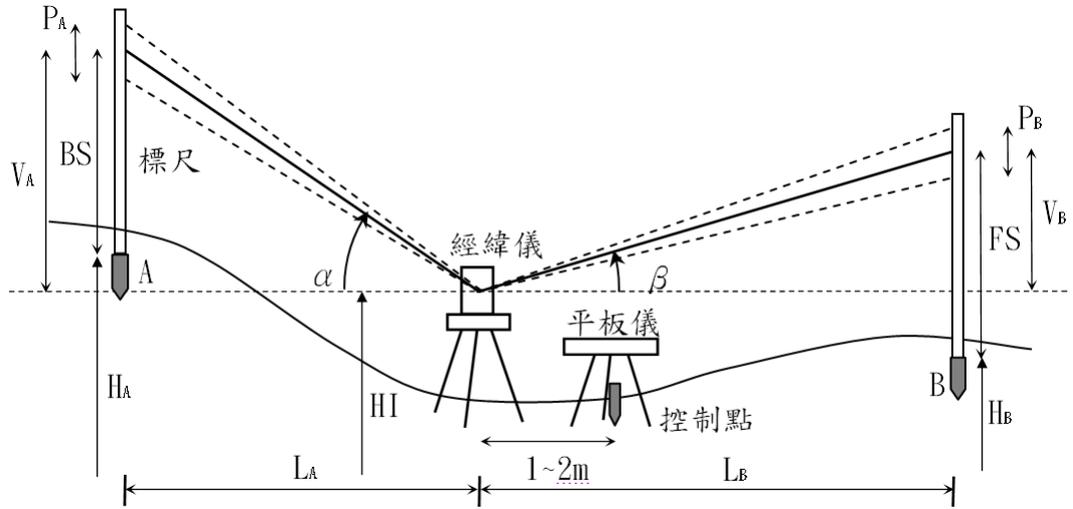


圖 2-9-2 經緯儀間接高程測量法

C. 求欲測點 B 之高程 H_B 與水平距離 L_B 。

① 將經緯儀照準欲測點 B。

② 讀取標尺之上絲讀數 b_U 、中絲讀數 FS 、下絲讀數 b_L ，以及垂直角讀數 β ，以求得 B 點之高程 H_B 與水平距離 L_B 。

$$P_B = b_U - b_L \quad (\text{上絲} - \text{下絲})$$

$$L_B = KP_B \cos^2 \beta \quad (\text{水平距離})$$

$$V_B = L_B \tan \beta = KP_B \sin \beta \cos \beta = \frac{1}{2} KP_B \sin 2\beta$$

$$H_B = HI - FS + V_B$$

$$\text{或 } H_B = H_A + BS - FS - V_A + V_B$$

表 2-9-1 經緯儀間接高程計算表

測站	測點	上絲	天頂距(正)	上絲-下絲	水平距離	垂直距離	已知高 H_A
		中絲	天頂距(倒)	$P_A = a_U - a_L$	$L_A = KP_A \cos^2 \alpha$	$V_A = L_A \tan \alpha$	儀器高 $HI = H_A + BS - V_A$
		下絲	垂直角(均)	$P_B = b_U - b_L$	$L_B = KP_B \cos^2 \beta$	$V_B = L_B \tan \beta$	欲測高 $H_B = HI - FS + V_B$
		(cm)	° ' "	(cm)	(m)	(m)	(m)
		a_U	$Z_{正}$	P_A	L_A	V_A	H_A
		BS	$Z_{倒}$				
		a_L	$\alpha_{均}$				
		b_U	$Z_{正}$	P_B	L_B	V_B	H_B
		FS	$Z_{倒}$				
		b_L	$\beta_{均}$				

D. 以平板儀測繪該標尺之位置於圖紙上。

- ①以測斜儀對準標桿，描繪方向線。
 - ②以視距測量所得之水平距離(L_B)，按比例尺定出該點在圖紙上之位置。
- E. 測繪所有其他地形要點。
- 重複步驟 A 至 D，將所有地形要點測繪完畢。
- F. 繪等高線。
- 以內插法求等高程點，再連接成等高線。

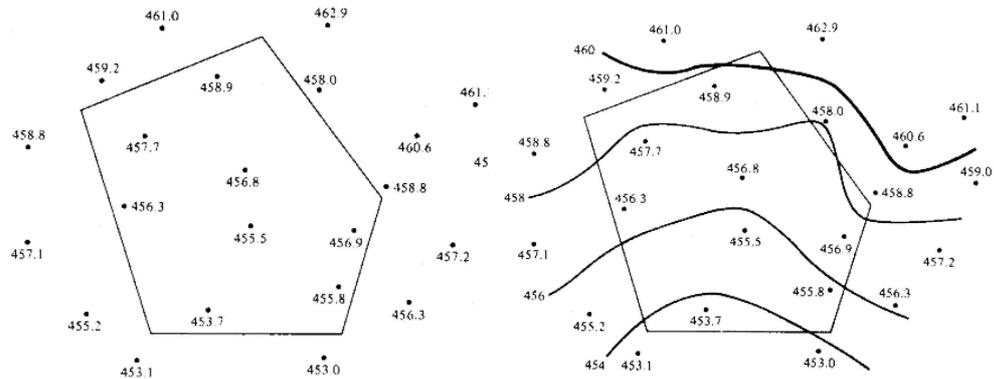


圖 2-9-3 測繪地形要點並繪等高線

3. 全站儀測記法 (俗稱電子平板)

- A. 整置儀器。
- 將全站儀整置於控制點上。
- B. 歸零，並求儀器高。
- ①以另一控制點(座標、高程均已知)為方向歸零。
 - ②瞄準該點上之菱鏡中心，量測垂直距離(由垂直角與水平距離計算而得)，以計算儀器高 H_I 。
- C. 觀測各地形要點。
- ①瞄準地形要點上之菱鏡中心，量測其水平距離、水平角與垂直角。
 - ②依此類推，觀測並記錄所有地形要點之讀數。
- D. 計算各點之座標與高程。
- ①由各地形要點之水平角與水平距離，可計算該點之座標。
 - ②由各地形要點之垂直角與水平距離，可計算該點之垂直距離，並求得該點之高程。
 - ③依此類推，計算所有地形要點之座標與高程。
- E. 展繪。
- 將各地形要點展繪於圖紙上，並註記其高程。
- F. 繪等高線。
- 以內插法求等高程點，再連接成等高線。

4. 經緯儀測記法 (又稱為記錄繪製法)

- A. 整置儀器。

將經緯儀整置於控制點上。

B. 歸零，並求儀器高。

①以另一控制點(座標、高程均已知)為方向歸零。

②讀取該點標尺之上絲、中絲、下絲、與垂直角讀數，並記錄之。(以便計算儀器高 HI)。

C. 觀測各地形要點。

①將標尺置於各地形要點上，

②分別讀取各點之水平角讀數，以及標尺之上絲、中絲、下絲、與垂直角讀數，並記錄之。

D. 計算各點之座標與高程。

以內業計算，求各地形要點之座標與高程。

E. 展繪。

將各地形要點展繪於圖紙上，並註記其高程。

F. 繪等高線。

以內插法求等高程點，再連接成等高線。

5. 平板儀測繪法

A. 做法與經緯儀配合平板儀測繪法相同。

B. 經緯儀之量測距離與高程之工作，直接以平板儀取代。

6. 斷面法

A. 於路線測量中，作一橫斷面使之與道路中心線垂直。

B. 以水準儀測定該斷面上各地形要點之高程，並量測各點與道路中心線之距離。

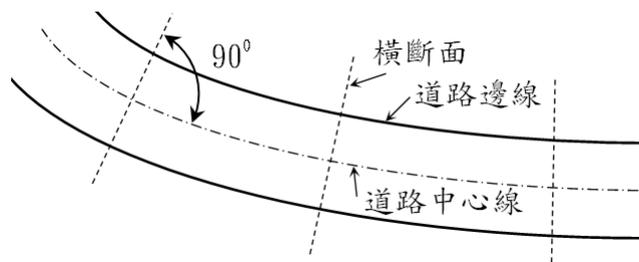


圖 2-9-4 斷面法

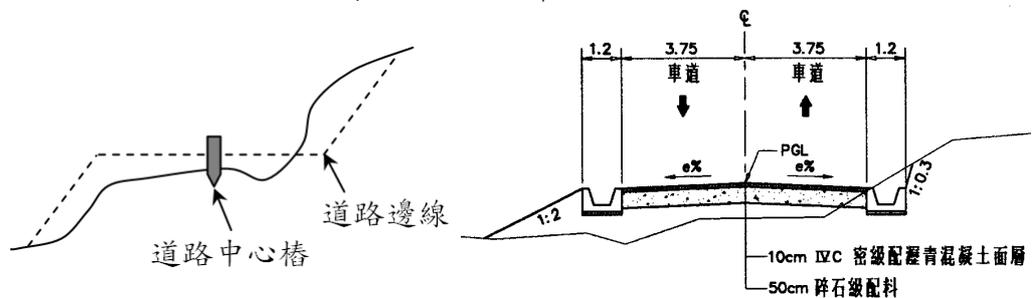


圖 2-9-5 測定斷面上地形要點

C. 以此類推，量測所有橫斷面上之各地形要點。

D. 展繪所有橫斷面之地形要點，並註記高程。

E. 以內插法求等高程點，再連接成等高線。

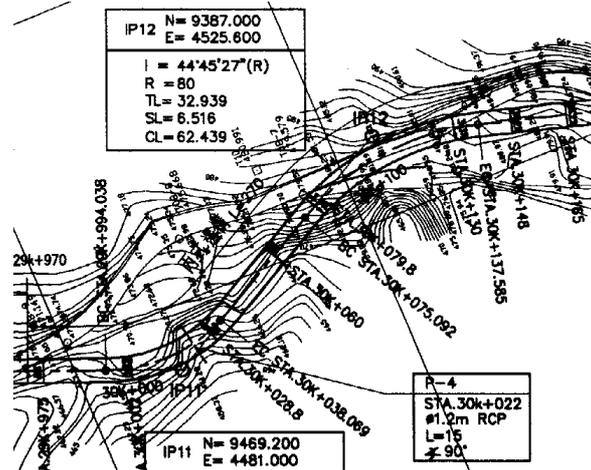


圖 2-9-6 斷面法之等高線

7. 方格法

A. 測繪法如下：

- ① 將測區劃分為等間距之方格網。
並將方格網按比例尺展繪於圖紙上。
間距一般為 5m 之倍數。

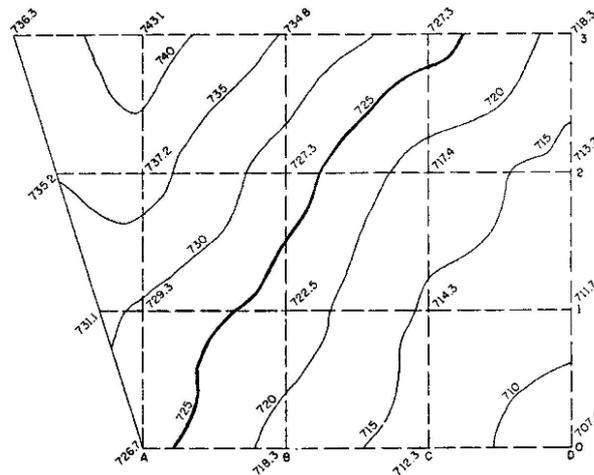


圖 2-9-7 方格法

- ② 在方格交點處作記號。
可以釘木樁、竹片...
- ③ 測定各方格交點之高程。
以水準儀測定各方格交點處之高程，並註記於圖上相對應之方格點處。
- ④ 以內插法求等高程點，再連接成等高線。

B. 此法適用於

- ① 地物簡單
- ② 地勢平坦
- ③ 大比例尺
- ④ 要求精度高者。

C. 建築基地之地形測量，多應用此法施測。

2-10 內插法

1. 內插法可分為：

- A. 計算法
- B. 圖解法
 - ① 使用透明紙
 - ② 使用三角板

2. 計算法

A. 內插計算：

已知 A、B 兩點之高程為 h_A 、 h_B ，圖紙上距離為 D ，欲求高程為 h_C 之 C 點位置，亦即求 A 點與 C 點之距離 d 。

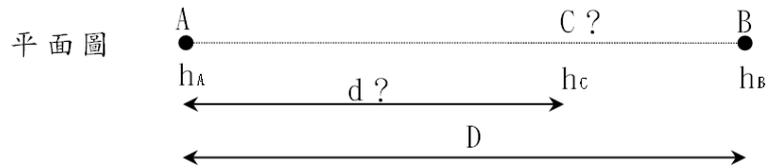


圖 2-10-1 求高程為 h_C 之 C 點位置

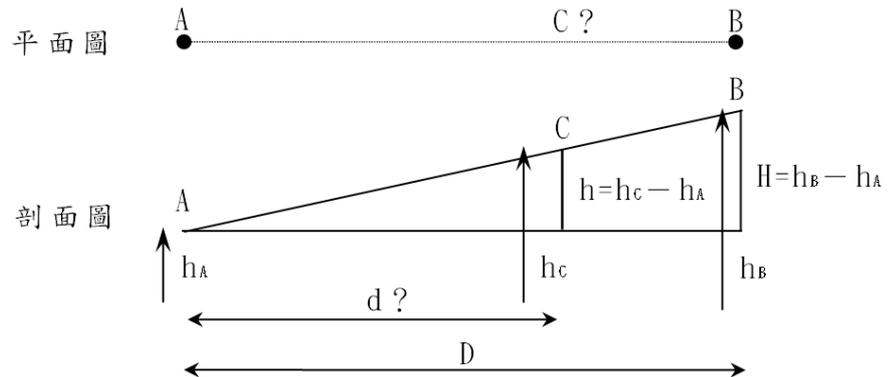


圖 2-10-2 內插法

$$\frac{d}{D} = \frac{h}{H} \Rightarrow d = \frac{Dh}{H}$$

H ：A、B 兩點之高程差

D ：A、B 兩點之水平距離(圖紙上距離)

h ：C 點(欲繪等高線處)與 A 點(較低點)之高程差

d ：C 點與 A 點之水平距離(圖紙上距離)

B. 例題：

已知：A 點高程 $h_A=18.4\text{m}$ B 點高程 $h_B=21.3\text{m}$

圖紙上距離 $D=7.8\text{cm}$

欲求：高程 $h_C=20.0\text{m}$ 之 C 點位置？

亦即求 A 點與 C 點之距離 $d=?$

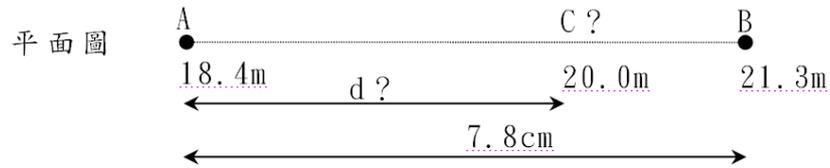


圖 2-10-3 求高程為 h_c 之 C 點位置

解題：

$$d = \frac{Dh}{H} = \frac{7.8 \times (20.0 - 18.4)}{(21.3 - 18.4)} = 4.3cm$$

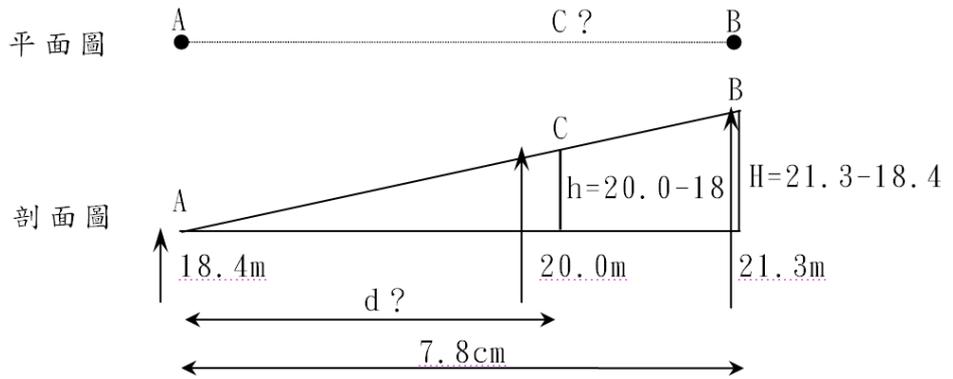


圖 2-10-4 內插法

3. 圖解法

A. 使用透明紙

① 於透明紙上繪等間距之平行線。

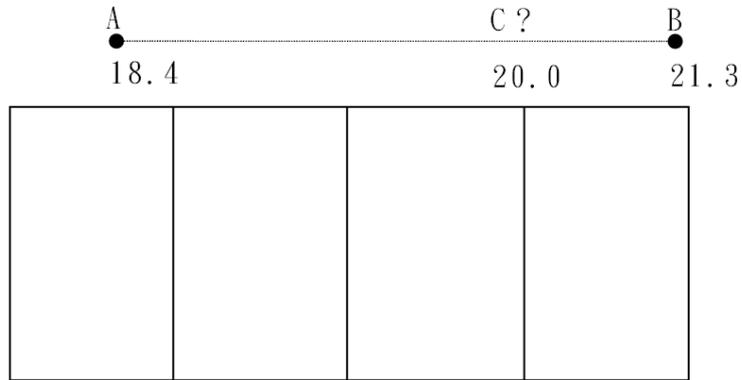


圖 2-10-5 等間距之平行線

② 將透明紙壓覆於圖紙上。

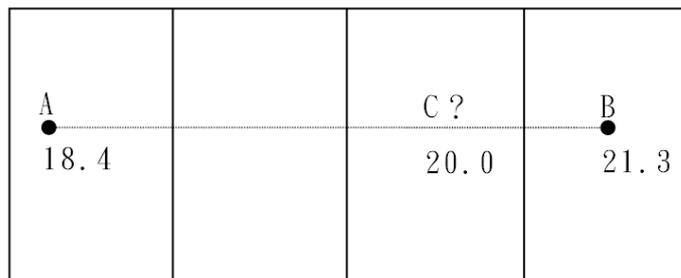


圖 2-10-6 透明紙壓覆於圖紙上

③ 移動、旋轉透明紙，使 A、B 兩點恰位於相對應之位置上，亦即 A 點在 18.4 上，B 點在 21.3 上。

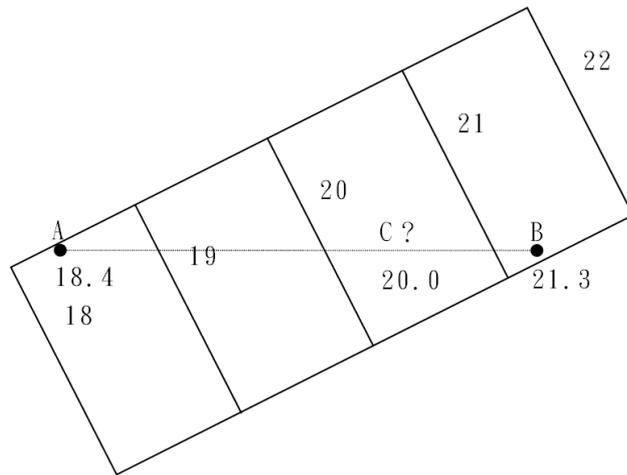


圖 2-10-7 移動、旋轉透明紙

- ④以針叉刺 AB 線與平行線之交點，即可定出欲求高程 (20.0) 點之位置。

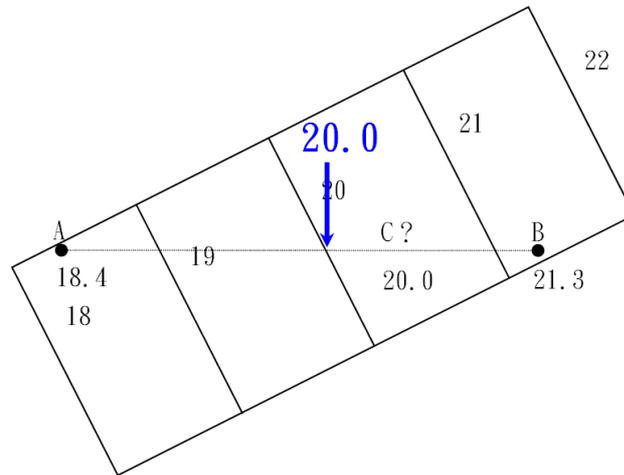


圖 2-10-8 針刺交點

B. 使用三角板

- ①使用一支直尺，配合一塊三角板（或兩塊均為三角板），直尺（或其中一塊三角板）不動，三角板靠在直尺邊上，可作平行移動。

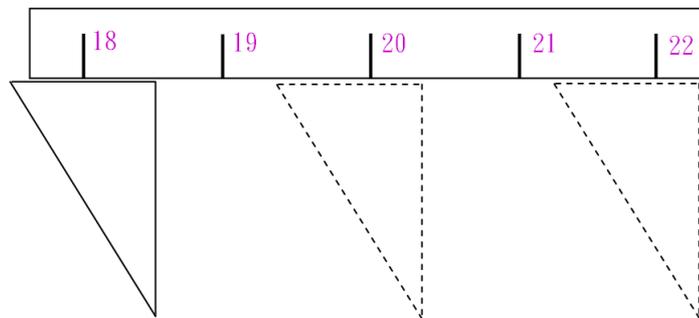


圖 2-10-9 直尺配合三角板

- ②移動直尺與三角板之位置，使 A 點切於三角板之邊上，並對到直尺刻劃之 18.4 上。

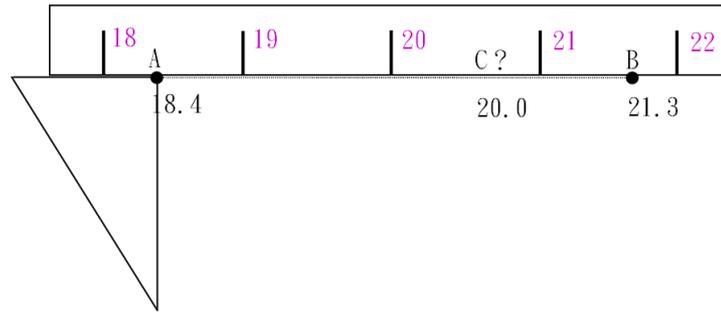


圖 2-10-10 A 點對到直尺刻劃

- ③ 旋轉直尺，平行移動三角板，使 B 點切於三角板之邊上，並對到直尺刻劃之 21.3 上。

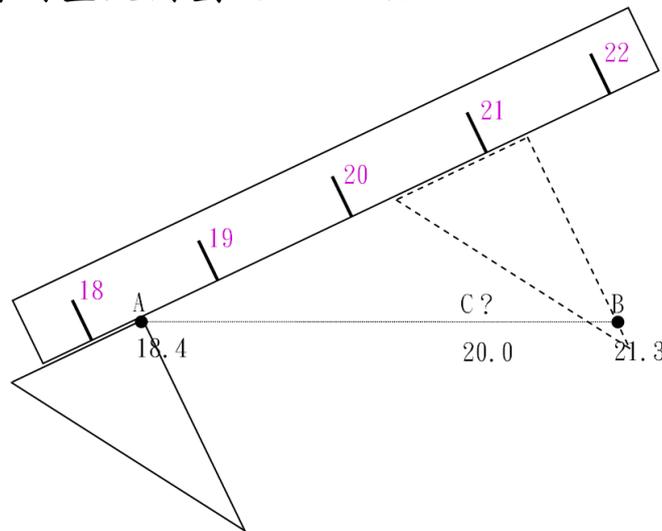


圖 2-10-11 B 點對到直尺刻劃

- ④ 若 B 點無法對到直尺刻劃之 21.3 上，則重複步驟②③，直至可以對到為止。
- ⑤ 直尺不動，平行移動三角板，使三角板對到直尺刻劃之 20.0 上。
- ⑥ 以針叉刺 AB 線與三角板邊之交點 C 處，即可定出欲求高程 (20.0) 點之位置。

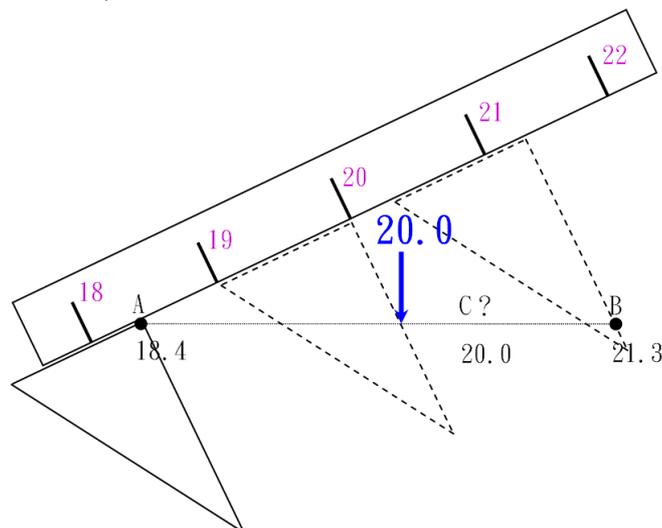


圖 2-10-12 針刺交點

2-11 等高線測繪要領

1. 總貌與細貌

- A. 地形總貌：地形之通勢；
- B. 地形細貌：地形之局部狀態。
- C. 測繪地形圖時，應以總貌為主，不可遷就細貌。

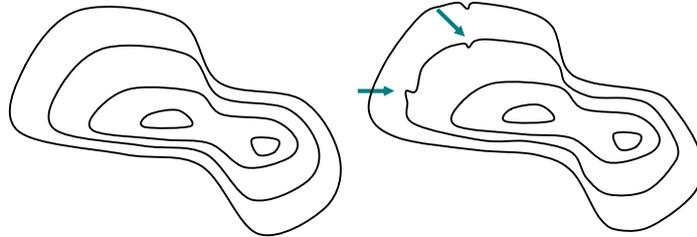


圖 2-11-1 地形總貌與細貌

2. 先測繪地物，再測繪地貌。

- A. 地物與地貌同時施測時，先測繪地物，再測繪地貌。
- B. 地物測定後，可作為測繪等高線之依據。

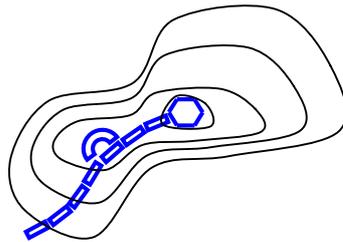


圖 2-11-2 先繪地物再繪地貌

3. 輕描與重描

- A. 等高線初次測繪時，常常與地形總貌不太相合，多多少少需要修描，故初描時，下筆儘量輕。
- B. 俟整個圖面等高線位置均確定無誤後，再下筆重描。



圖 2-11-3 先輕描繪，確定無誤後，再下筆重描

4. 保持適當距離

- 測站(平板)與欲測繪區域，宜保持適當距離，如此可測繪得較逼真之結果。

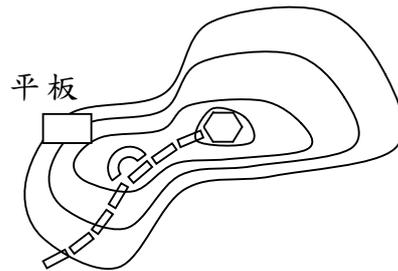


圖 2-11-4 平板與欲測繪區域，宜保持適當距離

5. 以圓滑曲線連接

除非有地物（房舍、階梯、道路…）或岩塊，否則應以圓滑曲線，視現地之凹凸曲折情形，連接等高點。

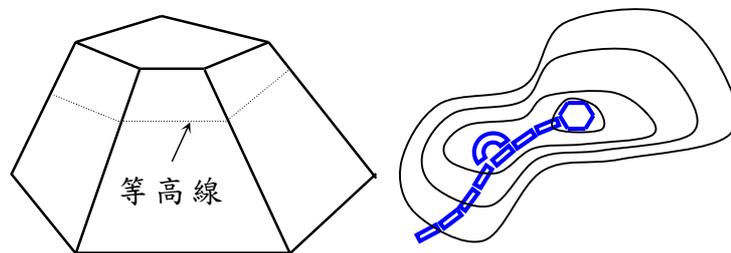


圖 2-11-5 圓滑曲線

6. 等高線高程註記法有三種：

- A. 等高線上。（塗掉一段等高線）
- B. 等高線旁。（不塗掉等高線）
- C. 圖廓外。

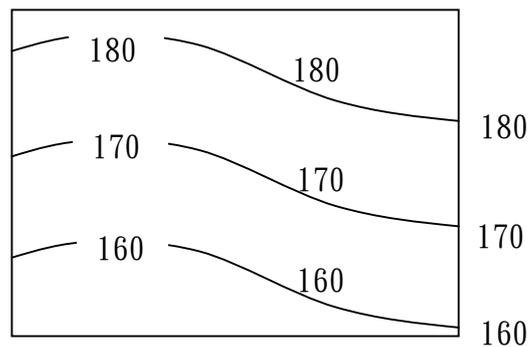


圖 2-11-6 等高線高程註記法

7. 持水準標尺者

- A. 持水準標尺者，宜由熟悉等高線特性的人員擔任，對地形要點，或等高點之選擇，可更快速精簡，使測量工作減少，達事半功倍之效。
- B. 故等高線測量精度之好壞，持水準標尺者之素質，是個重要因素。

8. 測定法之選擇

- A. 通常間接測定法較直接測定法迅速、省事。
- B. 但在坡度平緩之測區，採用直接測定法或方格法，反而較佳。

9. 先測定山脊線、山谷線

- A. 採用間接測定法時，可先測定山脊線、山谷線，描繪局部之凹凸與傾斜情形，以定地貌之骨幹，
- B. 再測繪其他地形要點。

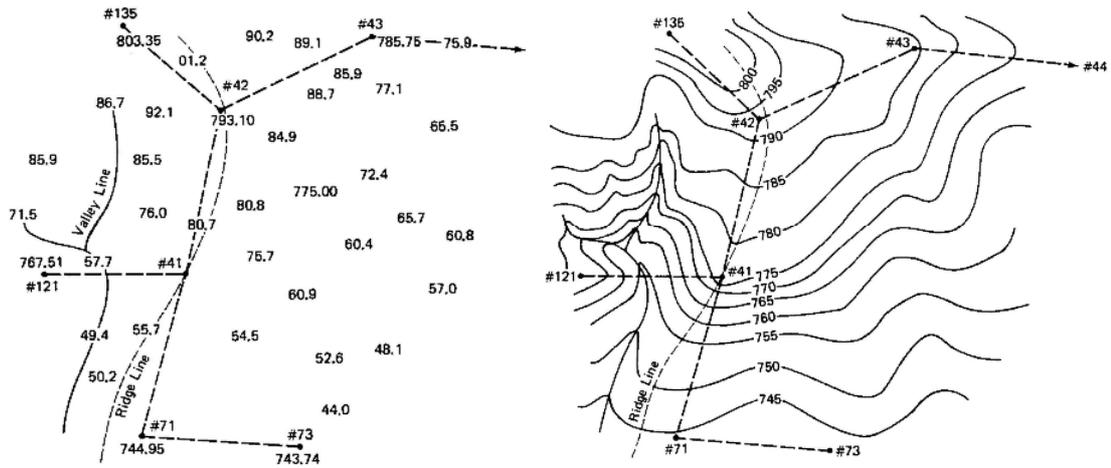


圖 2-11-7 先測定山脊線、山谷線

10. 易產生錯誤的地方

間接測定法較易產生錯誤的地方是：

- A. 讀數：23.5 讀成 25.3 或 20.35 或 32.5
- B. 量距



圖 2-11-8 量距錯誤

- C. 記錄：複誦可避免錯誤
 - D. 轉繪
- 故此四步驟宜仔細核對。

11. 與真實地貌之形狀不合

- A. 在緩傾斜地測繪等高線時，常會有某些點之高程，與真實地貌之形狀不合，此時可自行變更之，不必顧慮實測之高程。

然而其真正位置，以不超過等高距之 1/2 為限。

- B. 在急傾斜地或隱蔽地區，測繪等高線時，上述限制

可略為放寬。

12. 引測高程

- A. 若已知高程點離測繪區太遠時，則將高程引測至測區內適當地點。
- B. 但最好不要選用要架設平板儀的點位。

13. 圖例

遇有特殊地形（崩土、窪地、懸崖...），或特殊地物（擋土牆、路面、水渠、塔架...），可以圖例輔助繪出。

<p>公路及編號：</p> <p>國道(高速公路) (4)車道(6)</p> <p>省道(硬面路、鬆面路)</p> <p>縣道(硬面路、鬆面路) [145]</p> <p>其他道路(硬面路、鬆面路)</p> <p>大道</p> <p>小路</p> <p>鐵路：</p> <p>3'6"標準軌</p> <p>窄軌</p> <p>公路上之鐵路</p> <p>纜車、架空索道</p> <p>公路隧道</p> <p>鐵路隧道</p> <p>涵洞</p> <p>院轄市、省界</p> <p>省轄市、縣界</p>	<p>縣轄市、鄉、鎮、區界</p> <p>高壓線</p> <p>建築區</p> <p>鐵路橋</p> <p>公路橋</p> <p>小橋</p> <p>可通行之磚石水壩</p> <p>不能通行之磚石水壩</p> <p>河流、時令河、湖</p> <p>鹽田；魚池</p> <p>沼澤或濕地；水田</p> <p>易氾濫區(泥地)；綠地</p> <p>茶林；樹林</p> <p>蔗田；菓園、農場</p> <p>旱作地；矮林</p> <p>院轄市、省政府；省轄市、縣政府</p> <p>縣轄市、鄉、鎮、區公所</p>	<p>警察局；派出所</p> <p>學校；國中；國小</p> <p>醫院；診療所(衛生所)；衛生站</p> <p>燈塔；亭</p> <p>銅像；紀念碑</p> <p>墓地；水井</p> <p>土地廟；祠堂</p> <p>廟宇；教堂</p> <p>塔；水塔</p> <p>發電廠；變電所</p> <p>水廠；加油站</p> <p>工廠；礦場</p> <p>郵局；電信局；電臺</p> <p>氣象臺；瞭望臺</p> <p>三角點；水準點</p> <p>地標指示；獨立標高點</p> <p>堤防、可通行之堤防</p>
--	---	---

圖 2-11-9 圖例

14. 導線點不足

若導線點不足以控制整個測區時，則使用下列方法加測控制點：

- A. 平板儀導線法。
- B. 平板儀交會法。

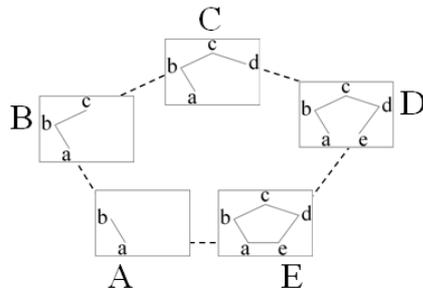


圖 2-11-10 平板儀導線法

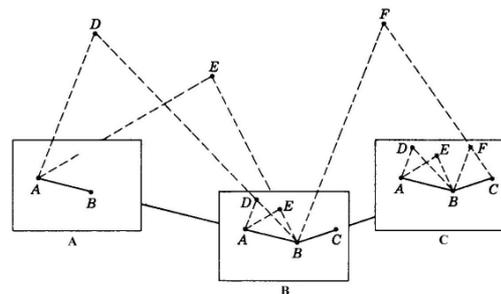


圖 2-11-11 平板儀交會法

2-12 地形圖之精度與檢核

1. 地形圖之精度與下列因素有關：

A. 測點數之多寡

- ① 測點之多少，應按實際狀況斟酌，使所測繪之等高線，確能表示實際地形即可。
- ② 測點太少，恐不足以表現逼真之地貌。
- ③ 測點太多，容易糾纏不清，產生錯誤，且施測費時。

B. 適當之點位

以間接測定法施測時，適當的地形要點，方可顯現正確的等高線位置。

C. 描繪誤差

- ① 描繪誤差一般在 0.2mm 以內，其中鉛筆線條粗細約為 0.1mm，肉眼估計誤差約為 0.1mm。
- ② 若採用 1/500 比例尺，則量距時之正確程度達 10cm 即可 ($0.2\text{mm} \times 500 = 100\text{mm} = 10\text{cm}$)。

D. 熟練之測量人員

- ① 由有經驗的測量人員持水準標尺，可精簡測點數量，使測量工作減少，地形圖逼真。
- ② 熟練的描繪人員，可使圖線整潔，找到正確的點位做內插計算，描繪精度提高，便於拼圖、清繪。

2. 控制點數量

- A. 每一圖紙上，應有 2 個以上之控制點（含圖根點），點與點間之距離約 5cm 左右。
- B. 圖根點展點精度須至 0.1mm，若含描繪之誤差，應在 0.2mm 以內。

3. 精度

各地形點之

- A. 平面位置精度，通常要求在 0.3~0.5mm 之間；
- B. 高程精度要求在 1/4 等高距以內。

4. 位置之誤差

地形圖上等高線位置與實際高程位置之誤差不得大於 1/2 等高距。

表 2-12-1 地形測量容許誤差界限表

種類		誤差界限
圖根點展點精度 (含描繪之誤差)		$\leq 0.2\text{mm}$
地形點位置	平面位置精度	$0.3\sim 0.5\text{mm}$
	高程精度	$\leq 1/4$ 等高距
等高線位置與實際高程位置之誤差		$\leq 1/2$ 等高距

5. 地形圖之檢核方法

A. 面積檢核法

以大二倍之比例尺，重新測繪部份地區。再將之縮繪後，與原地形圖作比較。

B. 斷面檢核法

① 選定地面上之任意兩點，以此兩點連線為一斷面。

② 測定該斷面上之任意數點，並與地形圖上相對應之點作比較。

C. 任意點檢核法

① 測定地面上明顯的地形點，並與地形圖上相對應之點作比較。

② 圖上每 5cm^2 面積內須檢核一點。並應檢核全圖 5% 之面積。

2-13 地形圖之清繪與整飾

1. 清繪之次序

- A. 描繪基準點：三角點、水準點、控制點…，並註明點位名稱與高程。
- B. 繪製獨立物體：塔、亭、井、煙囪…。
- C. 繪製指示記號：陵墓、古蹟、溫泉、停車場…。
- D. 繪製副記號：學校、醫院、寺廟、郵局…。

三角點	△	塔	⊠	陵墓	⊕	學校	⊗
水準點	□	亭	⊕	古蹟	⊖	醫院衛生所	⊙
像片控制點	⊙	井	井	溫泉	⊕	寺廟	⊗
道路中心樁	⊕	煙囪	⊕	停車場	⊕	郵政局	⊕

圖 2-13-1 基準點、獨立物體、指示記號、副記號

- E. 註記獨立點之高程：山頂、窪地、水準點…。
- F. 註記地名。



圖 2-13-2 獨立點與地名

- G. 繪製房屋、道路、鐵路、橋樑、涵洞、管線及其附屬物體。
 - ① 房屋及其附屬物體：牆壁、圍籬、…。
 - ② 道路及其附屬物體：路面、駁坎、隧道…。
 - ③ 鐵路及其附屬物體：鐵路、月台、平交道…。

三層混漿房		高架道路		一般鐵路	
板牆		混凝土擋土牆		特種鐵路	
鐵絲網		石砌駁坎		月台	
門		隧道及鑿岩道		平交道柵欄	

圖 2-13-3 房屋、道路、鐵路及其附屬物體

- ④ 橋樑及其附屬物體：鐵橋、吊橋、陸橋…。
- ⑤ 涵洞及其附屬物體：箱涵、管涵、…。
- ⑥ 管線及其附屬物體：電力線、自來水管、消防栓…。

鐵橋		地下電力線	
混凝土橋		自來水管 (制水閘)	
涵洞		消防栓	
箱涵		高架索道	

圖 2-13-4 橋樑、涵洞、管線及其附屬物體

- H. 繪製河流及特殊地形：水壩、蛇籠、崩土、斷岩…。
- I. 繪製地類：水田、果園、草地、水地…。
- J. 繪製地界線：行政界…。
- K. 繪製等高線並註記其高程：主、計、間、助曲線。

雙線河川		水田 (田製)		省界		首曲線	
沙洲		鳳梨園		縣界		計曲線	
水閘		草地		鄉鎮界		間曲線	
蛇籠		水 (塘) 池		國有林事業區界		助曲線	

圖 2-13-5 河流、地類、地界線、等高線

2. 清繪整飾注意事項

- A. 清繪前，須將圖幅四周之地物與等高線，跟鄰圖接合。

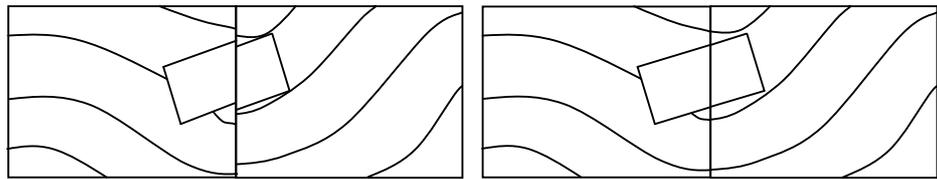


圖 2-13-6 跟鄰圖接合

- B. 將測繪時所留下的方向線，與不必要的高程數字擦掉，以保持圖面清潔。

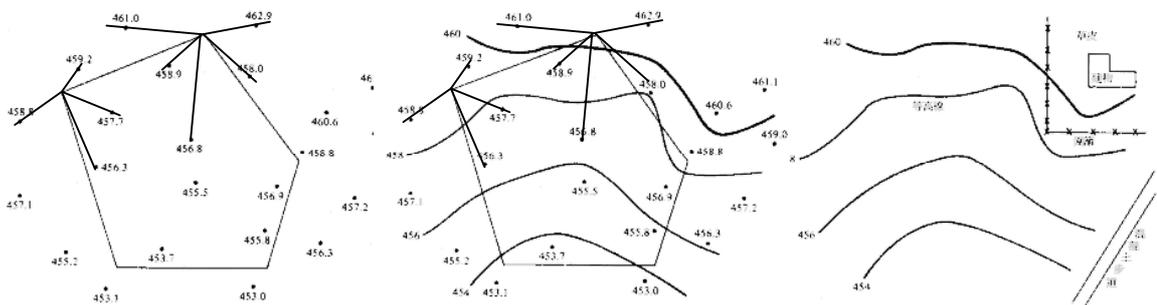


圖 2-13-7 擦掉不必要的高程數字

- C. 按上述清繪次序清繪。
- D. 圖廓內之文字（地名、路名、河名、山名、行政界名…等等），應依一定的格式，及一定大小的字體，來排列繕寫。

隸字 中華民國

宋體字 南京市 臺北

等線字 員林 霧峯

斜體字 揚子江 黃河

豎肩字 阿里山 玉山

仿宋字 大地基準點由虎仔

圖 2-13-8 文字格式、字體與排列

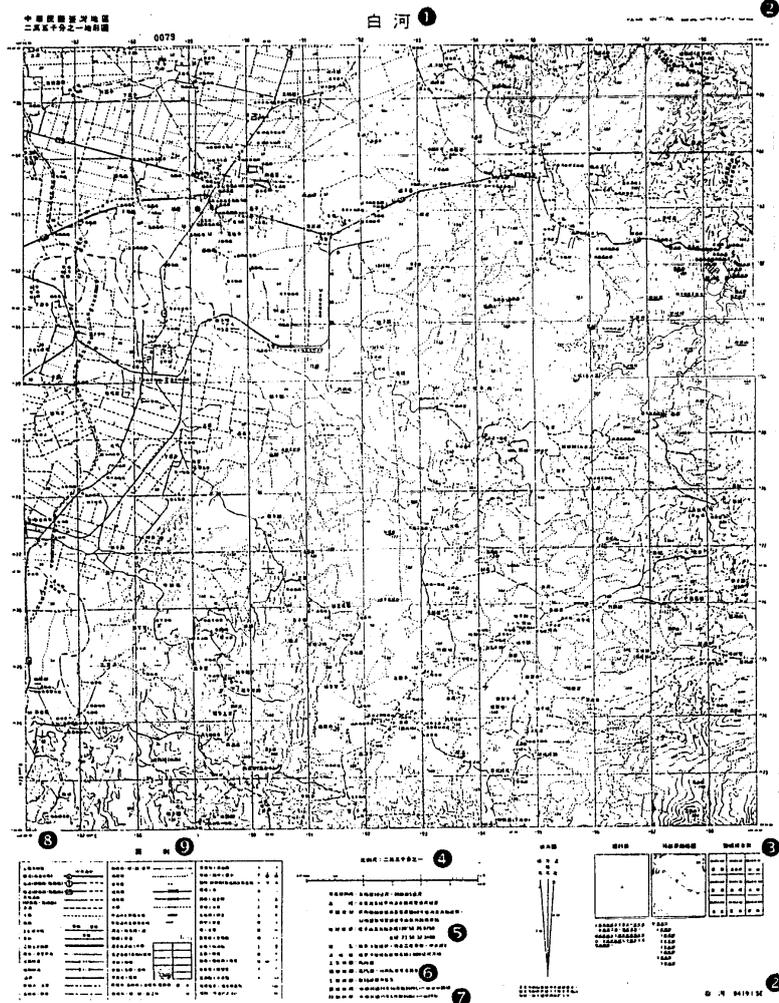


圖 2-13-9 圖廓內外資料

E. 圖廓外應包含下列資料：

① 圖名。

旗山



圖 2-13-10 圖名

② 圖號。

經建 第一版 圖號 9418-I NE

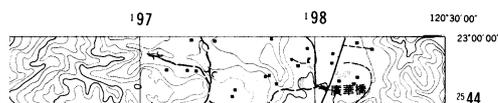


圖 2-13-11 圖號

③圖幅接合表。

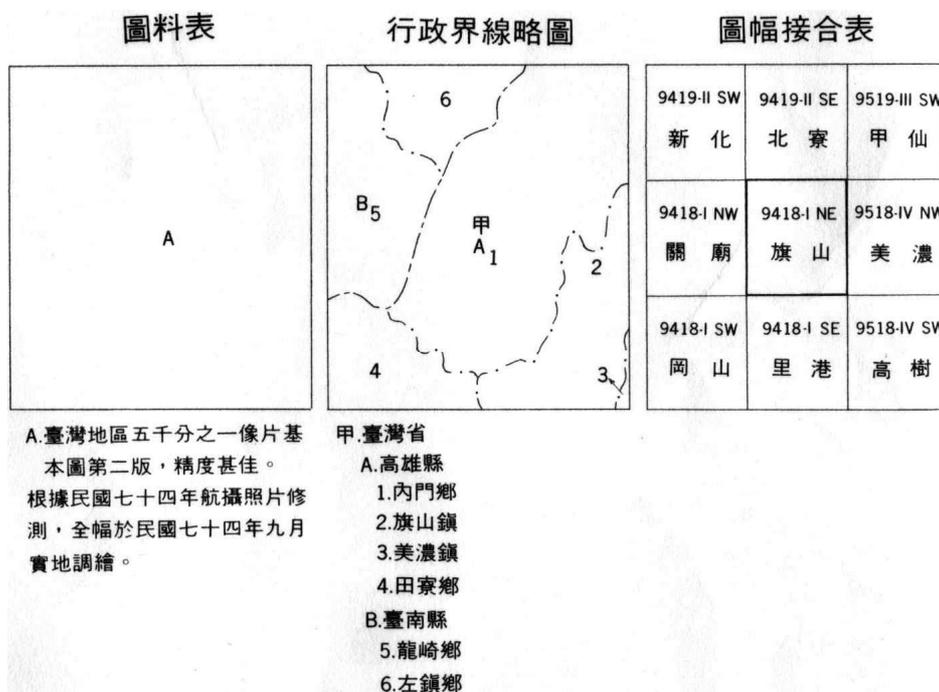


圖 2-13-12 圖幅接合表(例 1)

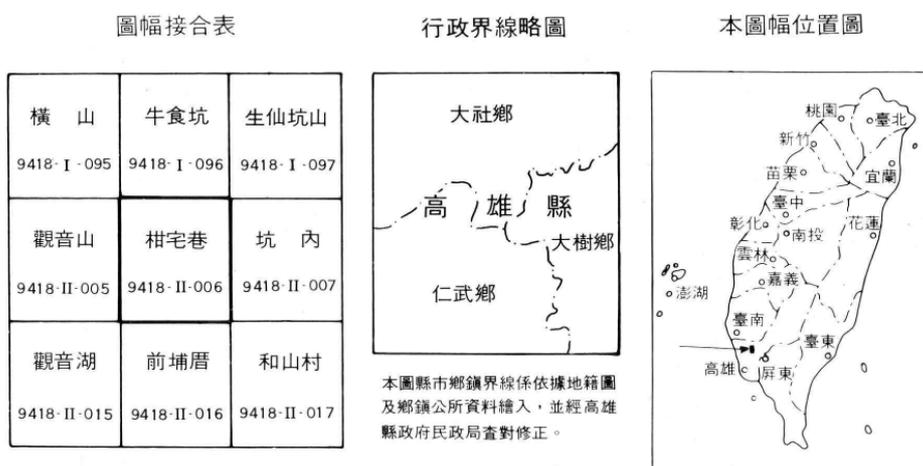


圖 2-13-13 圖幅接合表(例 2)

④比例尺。

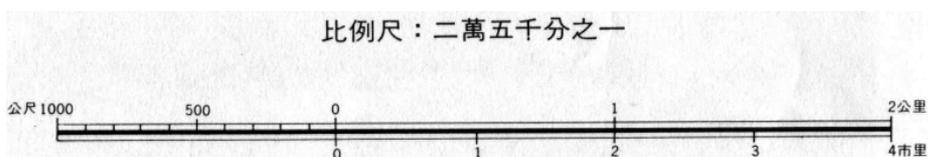


圖 2-13-14 比例尺

- ⑤ 基準點名稱（包含座標或高程）。
- ⑥ 繪製單位名稱。
- ⑦ 繪製時間。



圖 2-13-15 虎子山三角原點

等高線間隔：首曲線10公尺，間曲線5公尺

高 程：自臺灣基隆平均海面為零公尺起算

平面控制：採用聯勤總部測量署民國69年檢測三角點成果，以南投縣埔里鎮虎子山三角點為原點

地理座標：虎子山三角點東經 $120^{\circ}58'25.9750''$
北緯 $23^{\circ}58'32.3400''$

投 影：橫麥卡脫投影，經差二度分帶，中央經線 121°

方 格 線：橫麥卡脫投影座標系統1,000公尺方格

主管機關：內政部

協辦機關：國防部、行政院農業委員會

主辦機關：聯勤總部測量署

調繪時間：中華民國74年9月聯勤四〇一廠實地調繪

印刷時間：中華民國75年6月聯勤四〇一廠印製

圖 2-13-16 基準點名稱、繪製單位名稱、繪製時間
⑧ 圖廓座標值註記、方格座標值註記。

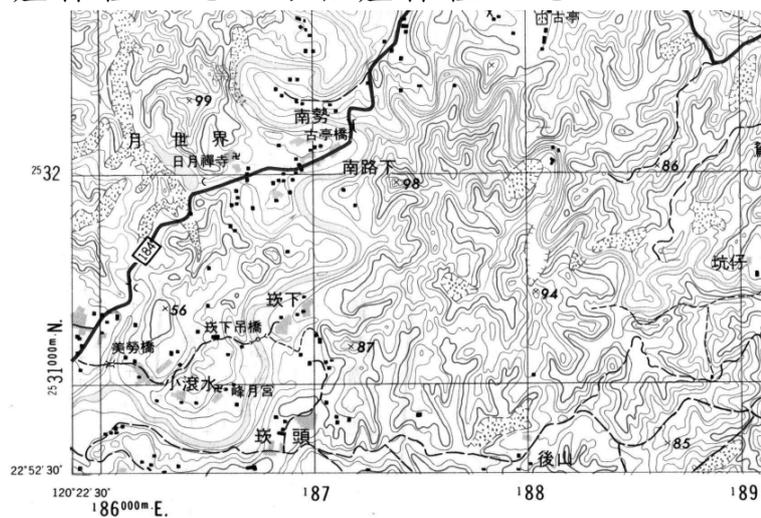


圖 2-13-17 圖廓座標值註記、方格座標值註記

- ⑨ 圖例。

<p>公路及編號：</p> <p>國道(高速公路) (4)車道(6)</p> <p>省道(硬面路、鬆面路) (1)</p> <p>縣道(硬面路、鬆面路) (145)</p> <p>其他道路(硬面路、鬆面路)</p> <p>大道</p> <p>小路</p> <p>鐵路：</p> <p>3'6"標準軌</p> <p>窄軌</p> <p>公路之上鐵路</p> <p>機車、架空索道</p> <p>公路隧道</p> <p>鐵路隧道</p> <p>涵洞</p> <p>院轄市、省界</p> <p>省轄市、縣界</p>	<p>縣轄市、鄉、鎮、區界</p> <p>高壓線</p> <p>建築區</p> <p>鐵路橋</p> <p>公路橋</p> <p>小橋</p> <p>可通行之磚石水壩</p> <p>不能通行之磚石水壩</p> <p>河流、時令河、湖</p> <p>鹽田；魚池</p> <p>沼澤或濕地；水田</p> <p>易氾濫區(泥地)；綠地</p> <p>茶林；樹林</p> <p>蔗田；菓園、農場</p> <p>旱作地；矮林</p> <p>院轄市、省政府；省轄市、縣政府</p> <p>縣轄市、鄉、鎮、區公所</p>	<p>警察局；派出所</p> <p>學校；國中；國小</p> <p>醫院；診療所(衛生所)；衛生站</p> <p>燈塔；亭</p> <p>銅像；紀念碑</p> <p>墓地；水井</p> <p>土地廟；祠堂</p> <p>廟宇；教堂</p> <p>塔；水塔</p> <p>發電廠；變電所</p> <p>水廠；加油站</p> <p>工廠；礦場</p> <p>郵局；電信局；電臺</p> <p>氣象臺；瞭望臺</p> <p>三角點；水準點</p> <p>地標指示；獨立標高點</p> <p>堤防、可通行之堤防</p>
--	---	---

圖 2-13-18 圖例

F. 以透明紙映繪

①若原圖使用普通圖紙，則為了複製地形圖，必須再以透明紙（描圖紙），或塑膠片映繪一次，並上墨。

②若已直接使用透明紙，或塑膠片，則免此手續。

G. 以航空攝影測量所得之照片，來繪製之地形圖，稱為照片地形圖，其清繪整飾之方法，亦與此法相同。

中華民國
臺灣地區像片基本圖

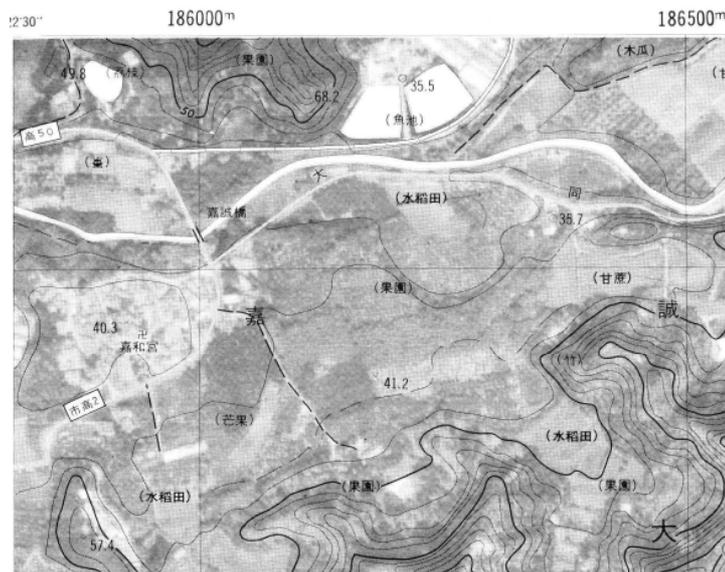


圖 2-13-19 照片地形圖

2-14 地形圖之縮製法

1. 地形圖之縮製法有三種：幾何法、縮放儀法、攝影法。

2. 幾何法：

又可分為下列四種：

A. 縱橫法：利用縱橫座標，重新展點。

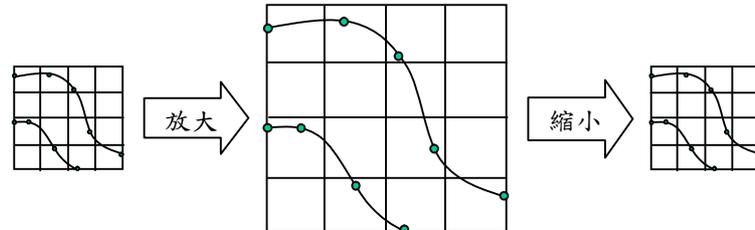


圖 2-14-1 縱橫法

B. 三角法：連接重要點成三角網，依比例描繪。

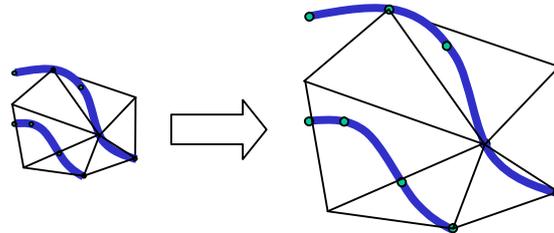


圖 2-14-2 三角法

C. 方格法：利用方格圖紙，依比例描繪。

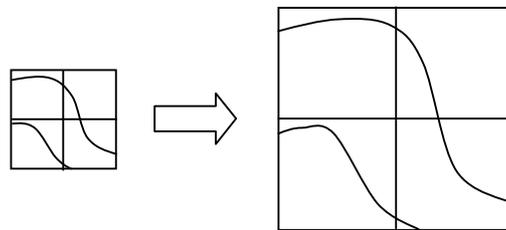


圖 2-14-3 方格法

D. 數值法：利用座標讀取儀讀取各點之座標，平差修正後，依所需之比例尺，重新展繪地形圖。

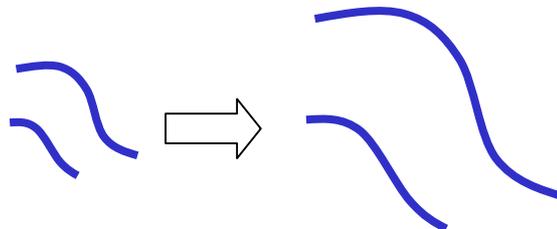


圖 2-14-4 數值法

3. 縮放儀法：

利用縮放儀縮小放大地形圖。

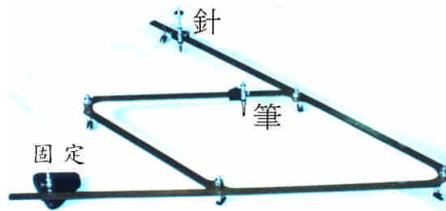


圖 2-14-5 縮放儀

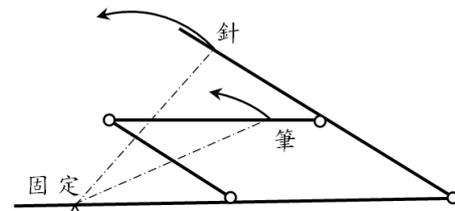


圖 2-14-6 縮放儀原理

4. 攝影法：

- A. 利用複照儀，將原圖拍照後，再依比例晒印製版印刷。
- B. 攝影法為縮放地圖最精良之方法。

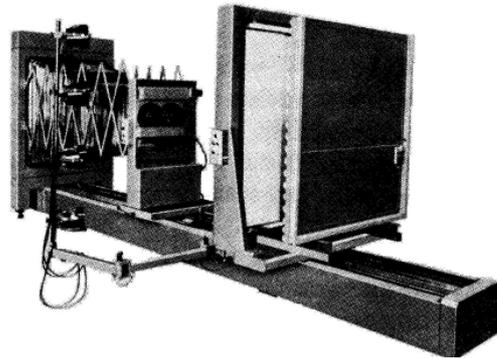


圖 2-14-7 複照儀

2-15 斷面圖之繪製

1. 斷面圖之用途

A. 斷面圖最主要是用來表現地面高低起伏之狀態。

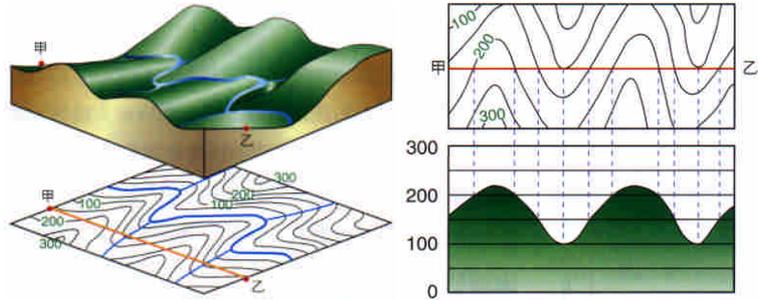


圖 2-15-1 表現地面高低起伏之狀態

B. 斷面圖是路線、水壩、... 等等工程設計之主要依據。

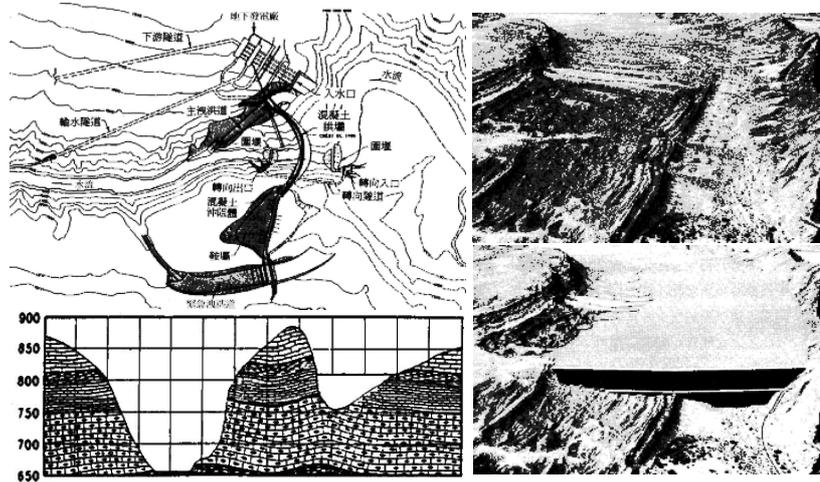


圖 2-15-2 水壩工程設計之依據

2. 斷面圖繪製之原則

A. 繪斷面圖所截取之斷面線，可以是直線，也可以是曲線。

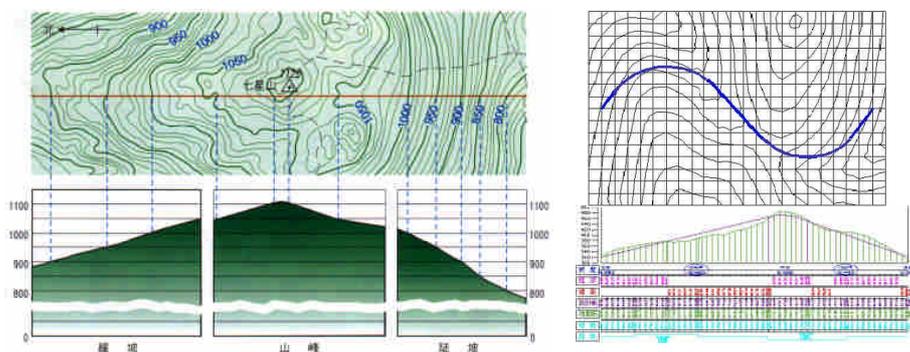


圖 2-15-3 直線與曲線斷面

B. 繪斷面圖時，截取斷面上各地形要點之高程，可由實地選線測繪而得，或直接利用既有之地形圖，截取斷面繪製而

得。

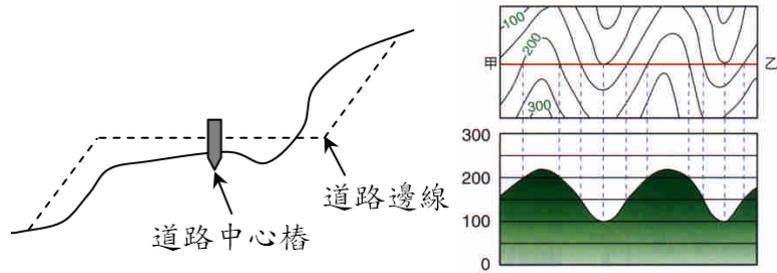


圖 2-15-4 實地測繪斷面與截取地形圖斷面

C. 繪圖時，高程比例尺可較水平比例尺放大 3-10 倍，以凸顯地形起伏的效果。

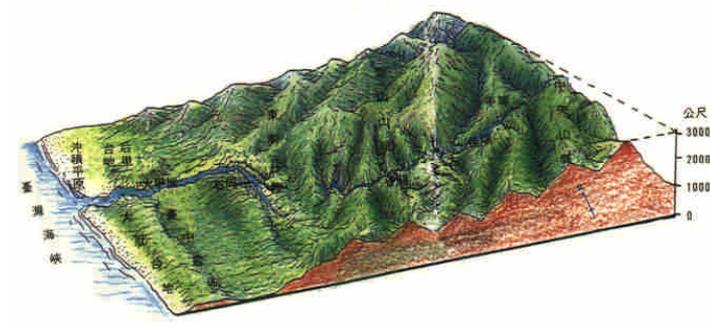


圖 2-15-5 放大高程比例尺

3. 斷面圖繪製法：

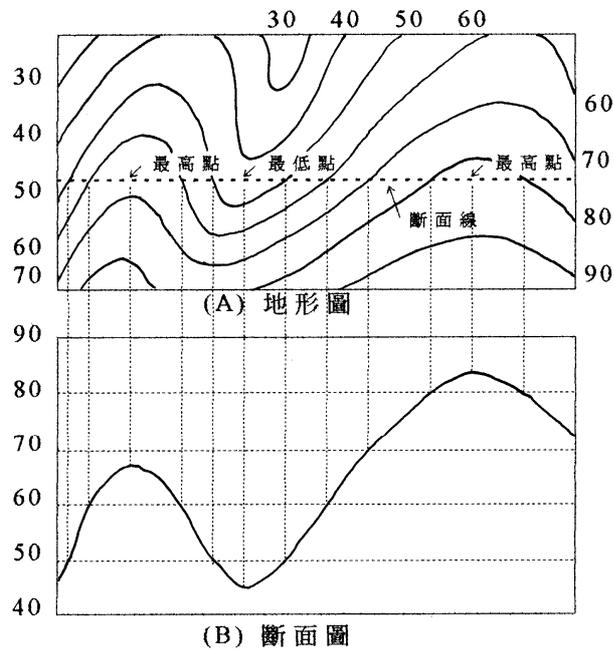


圖 2-15-6 斷面圖之繪製法