

平面測量學

問題精粹

何明德 編著
劉佐臣

科技圖書股份有限公司

平面測量學之重點分析

我們對任一問題之處理，應有一原則及要領，參加考試也是一樣，其原則，就是在爭取成功，而非在湊熱鬧。其要領，即是按題目之要求作重點之回答，而非在填字。如何抓重點呢？有些人天生聰慧，運用統計分析很快就抓着，但一般人，特別是對這問題經歷較少者，而要在衆多坊間書本中找到一本可一日或兩日通的，機會可能性不大，而非得靠速簡重點的書不可。編者見同學們在考試中搔不着癢處的苦悶，乃編寫是書，以供要應考者之需要。但願幫助你在考場中得心應手，高唱得勝凱歌：

一、動態分析：

1. 民 50 年以前高考命題之比重：

平板測量 24.0 %，水準測量 20.7 %，經緯儀測角 15.3 %，導線測量 15.2 %，距離測量 13.0 %，路線測量 2.3 %，三角測量 3.5 %，規劃……等 6 %。

2. 民 51～60 年間高考命題之比重：

水準測量 21.8 %，經緯儀測角 21.7 %，平板測量 19.6 %，距離測量 16.0 %，導線測量 15.2 %，三角測量 3.5 %，規劃……等 2.2 %。

3. 民 61～70 年間高考命題之比重：

平板測量 21.8 %，經緯儀測量 18.6 %，水準測量 21.3 %，導線測量 13.0 %，距離測量 6.2 %，路線測量 6.1 %，應用測量 5.4 %，三角測量 2.7 %，規劃……等 4.9 %。

二、靜態分析：

2 平面測量學問題精粹

經緯儀測角 24.3%，水準測量 18.4%，平板測量 16.4%，導線測量 12.7%，距離測量 6.4%，路線測量 9.1%，應用測量 5.8%，規劃 3.6%，三角測量 2.0%，其他 1.3%。

其中變遷受光學測距儀（如雙像及變視距絲測距儀）之開發，及光波電子測距儀之精益求精所影響，以自民 55 年後比重漸有改變，而大體說來，其重點為：

最重要者——平板、水準、及經緯儀測角。

次重要者——導線、距離。

再次要者——路線、應用、三角及規劃。

總而言之，將平板、水準、經緯儀測角、導線及距離之重點抓住，則過關應沒問題。從歷年之試題中，可看出重點題大致隔年重覆，或隔兩年重覆。因為命題之重點在記憶，推理性頗少。

土木水利檢覈考試之重點分析（民 61.4～70.7）：

平板測量 23.2%，水準測量 22.3%，經緯儀測角 16.9%，導線測量 13.9%，距離測量 8.3%，應用測量 5.2%，三角測量 5.6%，路線測量 4.6%。

※ 示重要題

○ 示重題

平面測量學問題精粹

目 錄

平面測量學之重點分析

第一篇 緒 論	1
第二篇 距離測量	5
第三篇 水準測量	13
第四篇 經緯儀與角度觀測	31
第五篇 導線測量	49
第六篇 三角測量	59
第七篇 平板測量	73
第八篇 應用測量問題	85
近年高考試題解答（民 61～70 年）	103
近年土木技師檢覈試題解答（民 61.4～70.7）	127
71 年至 73 年高考試題解答	173

第一篇 緒 論

測 量 學	大地測量學—以測量方法去研究地球形狀。
	平面測量學—以測區爲一平面所測定之地形地物關係位置，以供建設之用。
	地籍測量學—以測定之土地面積，而供徵稅之依據。
	攝影測量學—以攝影及光學上之方法，測繪地圖而供建設之用。
	海道測量學—以特種工具如聲納是，測定海底地形而供航海之用。

○ 1.1 測量之目的爲何？

答：用各種儀器及方法，以求取地面上各點與點間之關係位置（ Δx , Δy , Δh ），而供諸不同目的之使用。

1.2 測量成果具體之東西是什麼？

答：地圖。

1.3 測量上之方法主要爲何？

答：(1)距離，(2)方向及(3)高差爲決定地面上點與點間關係位置之三大要旨，缺之，無法達成目標。

1.4 平面測量學之內容項目有那些？

答：(1)距離，(2)角度，(3)高程差，(4)導線，(5)三角，(6)天文，(7)平板，(8)路線，(9)地籍，(10)工程。

1.5 一般測量中之項目包括那些？

答：(1)距離測量，(2)角度測量，(3)水準測量，(4)導線測量，(5)三角測量，(6)天文測量，(7)平板測量，(8)路線測量，(9)地籍測量，(10)工程測量。

1.6 測量上要用品工具？

答：主要者：爲經緯儀、水準儀、平板儀及光波電子測距儀。

次要者：標尺、標桿、測距尺、測針、標尺台及尺夾、垂球等。

※ 1.7 測量上之精度如何推算：

答：測量之值，恒非真值，而係附有一誤差之近似值，故所推算者，乃爲相對精度，而非絕對精度，主因工具本身有誤差，測定上亦有誤差。而相對精度者，即是指工器本身之誤差在內所得之總誤差。如測量一閉合導線，其角度有誤差，將其調整之後再計算縱橫線，得其因邊長不協調上之閉合差 W_x, W_y ，由而

計得 $\Delta D = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$ ，即得其精度 $P = \frac{\Delta D}{[D]}$ ， $[D]$ 爲

導線邊全長。此 P 即爲用某些測器所得之相對精度。工器另換，使用人同，方法亦同，但精度可截然不同。

※ 1.8 錯誤與誤差有何區別？（民50高考）

答：錯誤係出於疏忽漫不經心所造成，其數較大，一看便知，誤差則出於無可抗拒，如點需有大小，對點爲域值性，以及儀器刻度與溫度變化習慣等屬是，其數頗小，可以平差調整之。

※ 1.9 正確度（Accuracy）與精度（Precision）有何區別？（民63特考）

答：正確度指工器經檢定改正，測定上有準則所得之結果，而精度則專指測定之記錄數字間之較差而言。

○ 1.10 測量上合理之計算法爲何？

答：測量之值，既非真值，而係近似值，是只要可以自圓其說者即可，即其計算想用之假設條件之大前提，前後融洽不相互排斥爲足，而且其結果之精度，應與最精密者相埒，即爲合理。

※ 1.11 理論上之誤差有那些？（民50年土木高考）

答：一般採用誤差之觀點，是以幾何學上之定義爲準，是故有：(1)

系統誤差，(2)偶然誤差，及(3)人事誤差。但就實用性觀點言，將點改爲有大小域值，則僅有容許誤差一項。

○ 1.12 測量之計畫有何作用？

答：孟子曰：“凡事預則立，不預則廢”，即是凡事都得有計畫，否則，以五百萬元去作五毛錢事，事必敗矣！有計畫之工作，則事半而功倍，否則，事倍功半。測量工作，因方法上不同，經費亦將大大地不同，如民47年之台北市下水道計畫，原預算爲360萬元，後改爲用航測方法，則僅比120萬元，且工時可縮短4/5，其利弊顯然可知，此即計畫上之一大實例。

※ 1.13 儀器之一般維護準則爲何？

答：測尺不可與地磨擦沿地面拖拉前進，以免損及尺面。用後應擦拭乾淨薄施保護油。測角儀器在觀測時，應以傘遮陽光，用畢以軟毛刷去灰塵，淋雨應拭乾，置空氣流通處。光學鏡面宜用麂皮或化粧紙輕拭，油脂沾染，宜用酒精棉球除去。置於腳架上時，宜固緊，搬站時應以手托住，一手抱定足架，以免滑落。

第二篇 距離測量

測量之目的—測定每兩點間之長度。

測量之方法 { 直接量距—以鋼捲尺或布捲尺直接量定之。
間接量距—以視距、視角、光學、光波及電子測距儀等測定者之謂。

測距之器材—測距尺、經緯儀、平台儀、標尺及各式測距儀。

測距之誤差及精度 { 誤差—往返或回歸之閉合差。
精度—閉合差 (ΔD) 與全長 (D) 之比值。

測距之計算—名義長與實長之改正，高差及溫差之改正等，以算出每兩點間之平距。

※ 2.1 何謂視距測量？其測距之原理若何？（民50年高考）

答：一般所指之視距測量，皆以定視距離之儀器如經緯儀及平板儀是，利用視距常數 (k) 為 100 之設計得之，由垂直放置標尺上所讀得之夾距 (l) 及對夾距中央在水平絲位置所測得之垂直角 α ，調以儀器高及覘標高得之，其公式為：

$$\text{內調焦者：} D = kl \cos^2 \alpha, \quad \Delta H = \frac{1}{2} kl \sin 2\alpha$$

$$\text{外調焦者：} D = K\ell \cos^2 \alpha + C \cdot \cos \alpha, \quad \Delta H = \frac{1}{2} K\ell \sin 2\alpha$$

$$+ C \cdot \sin \alpha, \quad H = H_A + \Delta H + I - Z$$

$$\text{平地 } \alpha = 0, \quad D = K\ell + C$$

$$\text{原理爲：} K = \frac{L}{\ell} = \frac{f}{i} = 100, \quad L = K\ell, \quad D = K\ell + C$$

※ 2.2 何謂視角測量？其在水平及垂直放置視距尺時之計算法為何不同？

答：利用定長之桿，以水平或垂直放置，測其對兩端間所夾之夾角，以推算測站與定長桿間之平距及高差。

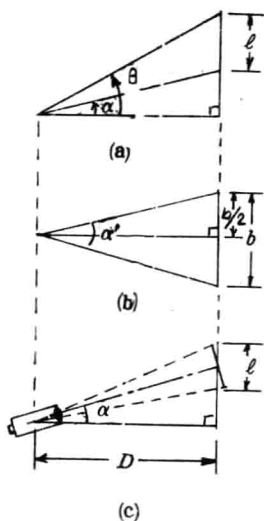


圖 2.1

水平放置之公式：
$$D = \frac{b}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

垂直放置之公式：
$$D = \frac{b}{\tan \beta - \tan \alpha}$$

※ 2.3 光學雙像測距係用何原理達成測距上之目的？

答：一般儀器之望遠鏡在觀測時，咸使影像置十字中心，當物鏡前另加一玻璃劈時，即生左右之移位，當其位移與兩點間距離之比為 $1 : 100$ ，則此偏角適為 $34' 22''.6$ 。用此在望遠鏡物鏡處設一生偏角 $34' 22''.6$ 之玻璃劈，則在兩一目鏡中可同時見

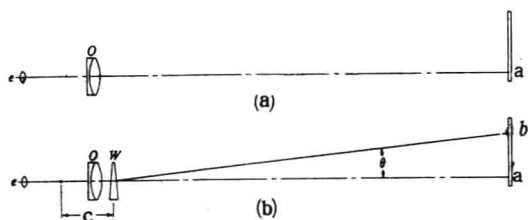


圖 2.2

有兩像，以特種尺量其位移，乘以 100 即得所要測定之平距，此種儀器，即為雙像測距儀。

○ 2.4 市售測距尺每因刻劃不同造成糾紛，試問今有三尺（30 m），長度在同拉力下所得不同，問如何取捨？

答：其處理之法為：(1)採用母尺制，即在三尺中取一較厚者作母尺，取其應力 $\delta = P\ell/AE$ 較小故，其餘概以之校正求出各尺不同之拉力，以為各尺測距上之依據。(2)同時採用三尺不同測次之成果，以 $\ell = [P\ell]/[P]$ 計之，求其最或然值。(3)採用三尺之平均數。

※ 2.5 今有三尺 #A、#B 及 #C，以 3、4 及 5 次分別得一距離之平均值為 268.514^m ， 268.520^m 及 268.518^m ，試問其最或然值為何？

$$\begin{aligned}\text{答：}\ell &= \frac{3 \times 268.514 + 4 \times 268.520 + 5 \times 268.518}{3 + 4 + 5} \\ &= 268.5176^m\end{aligned}$$

※ 2.6 何謂標準偏差？其間之區別若何？（民 64 高考）

答：指與真值間之差數，按品質及誤差論之陳述，其共有三式：

$$(a) \sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n} - \bar{X}^2}, \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$(b) \quad \sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum P(X - \bar{X})^2}{n}} \quad (P \text{ 爲權})$$

$$(c) \quad \sigma_s = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad (\text{平均值之標準偏差})$$

※ 2.7 變動視距絲之原理爲何？試說明之。

答：一般視距絲係固定，由夾距及垂直角可計得其平距及高程差，而變動視距絲則以變動之夾距去迎合同高不同平距，同平距而不同高差之距離與高差之測定用，由不同仰俯角時之乘常數，即得測定之值。

※ 2.8 目前使用之光波電子測距儀之原理爲何？試說明之。（民59 高考）

答：光波電子測距儀之原理，係利用物理上 $S = vt$ ，由光電之速度及傳遞之時間，由呈現之相位差而得之，其中以長波光爲利用之對象，使發射與接受間所生之相位差化爲長度單位，由專用附設之計算機算出。

○ 2.9 光波電子測距儀之誤差種類及其恰當之使用法爲何？

答：其誤差有：(1)對點反射，(2)地面折射，(3)溫度影響，其中以溫度影響最大。其恰當之使用法，乃須降低溫差之影響，故取不同時間及不同觀測數調整之，以求其最或然值，其公式爲 $\ell = [P\ell] / [P]$ 。

○ 2.10 視距橫桿之視距誤差爲何？試導其公式。（民59特考）

$$\blacksquare : dD = \frac{b}{2} \sin \delta = \frac{b}{2} \left(2 \sin \frac{\delta}{2} \cos \frac{\delta}{2} \right)$$

$$\text{而 } b/2 = D + an \frac{\alpha}{2} \doteq D + an \frac{\delta}{2}$$

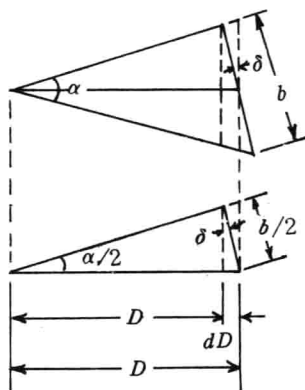


圖 2.3

$$\therefore dD = 2D \sin^2 \frac{\delta}{2}$$

※ 2.11 一般固定視距常數及儀器常數如何測定？（民59高考）

答：(1) 取下目鏡，倒轉照準太陽，在物鏡下量取 f ，再量取望遠鏡之筒之半，即得 $C + f + c$ 儀器常數。

量視距 之距離 i ，得 $K = \frac{f}{i} \div 100$ 視距常數。

(2) 取 20, 40, 60 公尺三點，分別測得：

$$D_1 = K\ell_1 + C, D_2 = K\ell_2 + C, D_3 = K\ell_3 + C$$

求其 K 及 C 值，代入(3)以檢驗之或用

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}, C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$$

得之。

※ 2.12 傾斜地視距公式如何導源？（民55年高考）

答： $A'B' = AB \cos \alpha = \ell \cos \alpha$

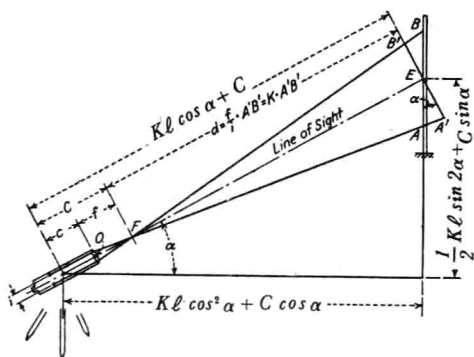


圖 2.4

$$\frac{f}{i} = \frac{f}{i} = \frac{\alpha}{\ell \cos \alpha}$$

$$\begin{aligned} D &= (d + f + c) \cos \alpha \\ &= d \cos \alpha + (f + c) \cos \alpha \\ &= K\ell \cos^2 \alpha + C \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= (d + C) \sin \alpha \\ &= (K\ell \cos \alpha + C) \sin \alpha \\ &= K\ell \sin \alpha \cos \alpha + C \cdot \sin \alpha \\ &= \frac{1}{2} K\ell \sin 2\alpha + C \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

※ 2.13 今欲在某地建一地下發電廠，先作地質探查，則如圖 2.5 所示：在已知點設站，如何求得 P 點之座標位置？

答： $D = \frac{b}{\tan \beta - \tan \alpha}$

$$\Delta H = D \tan \beta + I - Z$$

$$\Delta x = D \sin \rho, \Delta y = D \cos \rho$$

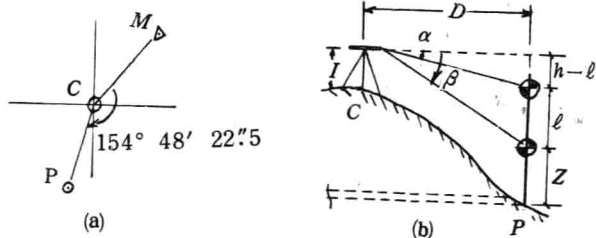


圖 2.5

$$x_p = x_A + \Delta x, \quad x_p = y_B + \Delta y$$

※ 2.14 影響視距測量精度之因素有那些？（民 54 年高考）

答：有 (a) 標尺夾距估讀之誤差，可能未切準。

(b) 垂直角之觀測之誤差，中絲位置移上或移下使所則垂直角之位置非夾距之中心位置。

(c) 標尺之直立誤差，未確切垂直。

(d) 標尺分劃不均或不確。

(e) 距離過遠，切定不易。

(f) 天候影響，傍晚薄暮是。

○ 2.15 變動視距絲之測距儀如何測定平距及高差？

答：變動視距絲測距儀係根據哈麥爾氏之構想所製造，Wild 有 RD-S 測距儀，Zeiss 有 RTa 4 測距儀，其視距絲構造如圖 2-6 所示：當對定標尺上某一分劃，以 1, 3 兩絲所得夾距作平距，以夾距乘 100 即得，圖中夾距為 0.572^m ，則得平距 57.2 。高差則以 1, 2 兩絲測定之，用夾距乘以特定之常數，如下表所示：下圖中為 -0.2 則乘 20，如其夾距為 0.401^m ，則 $20 \times 0.401 = 8.02$ 示標尺地比測站低 8.02。右圖為 -1 ，則乘 100，如夾距為 0.217^m ，則 $100 \times 0.217 = -21.7$ 。

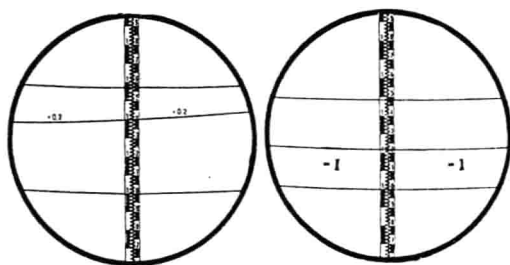


圖 2.6

表 2 - 1

垂 直 角	常 數	註 記 數 字
$\pm 0^{\circ} - \pm 11^{\circ}$	10	± 0.1
$\pm 4^{\circ} - \pm 10^{\circ}$	20	± 0.2
$\pm 9^{\circ} - \pm 23^{\circ}$	50	$\pm \frac{1}{2}$
$\pm 22^{\circ} - \pm 24^{\circ}$	100	± 1

第三篇 水準測量

測量之目的—每兩點間之高程差。

測量方法—直接由水準儀測定，或間接由距離及垂直角算得。

測量方式—
 縱橫斷面水準測量。
 面積水準測量。
 環線水準測量或網狀水準測量。
 多線路之水準測量。

高程之計算—(1)平均分配法，(2)比例分配法，及(3)權因素分配法。

儀器校正—(1)水準器，(2)十字絲，(3)照準軸。

精度校核—檢查是否在規定之界限之內。

※ 3.1 何謂水準器之靈敏度？其作用及公式若何？（民48年高考）

答：水準器充以醚之揮發性液體所保留之空隙（氣泡），當水準器傾斜時，該氣泡所感受移動之尺度，由管內壁曲面之中央兩側，以相等之間隔 d （2mm）刻若干格，則可因傾斜讀出氣泡移動之格數來，其移動之快慢程度，稱為水準器之靈敏度。其作用在確定儀器定平之程度，其公式為 $\alpha'' = \rho d/R$ 。

※ 3.2 今有水準儀上水準器之靈敏度為 $40''/2\text{ mm}$ ，兩點之水平距離為 50m，氣泡偏差一格，試問其曲率半徑為若干？靈敏度為若干？

答：
$$|r_2 - r_1| = \frac{\alpha'' nD}{\rho''} = \frac{40 \times 50}{206000} = 0.01^{\text{m}}$$

$$\text{曲率半徑 } R = \frac{n d D}{|r_2 - r_1|} = \frac{1 \times 0.002 \times 50}{0.01} = 10 \text{ m}$$