

# 107 年專技高考土木技師考試試題

類科：土木技師

科目：工程測量(包括平面測量與施工測量)

## 甲、申論題部分

一、在一個導線網中，採用測角以及測距來計算網中各點位置，假設僅考慮儀器之隨機觀測誤差，請說明有那些因素會影響測量成果品質？(25 分)

### 【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《破題關鍵》關鍵字：導線網、測角及測距，測量成果品質。  
重點提要：影響測量成果品質之因素。

### 【命中特區】

書名：土木 測量學 | 編號：V105-3

章節出處：第六章 導線測量，第 6-66 頁至第 6-69 頁。

### 【擬答】

僅考慮儀器之隨機觀測誤差，影響導線網測量成果品質之因素：導線測量錯誤、導線網測量作業之原則。

#### (一)導線測量錯誤

當導線計算各點位置，如發現角度閉合差或縱橫距閉合差太大，表示導線測量有錯誤發生，應：

- (1)檢查測量時使用之儀器是否有儀器誤差？
- (2)檢查紀錄，查該是否有角度或距離資料計算錯誤？

若經過檢查儀器及紀錄資料均正確無誤，則表示角度或距離之測量存在隨機觀測誤差所產生的錯誤，可根據隨機觀測誤差之特性，先予檢查，以減少全面重測之機會。

#### 1. 只有單一角度有錯誤時：

- (1)現象：角度閉合差太大，表示測角有誤。
- (2)檢查方法：導線由起點計算至終點，再由終點逆向計算至起點(不必改正)。

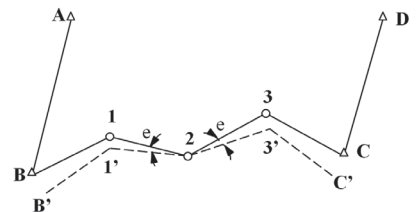
所得之二組坐標中，差值最小者，必為測角錯誤之測點。

如圖，正向計算而得之點位為 1, 2, 3', C'，

逆向計算之點位為 3, 2, 1', B'，可知點 2

測角有錯誤。

注意：若有二個以上之角度有錯誤時，此法不可行。



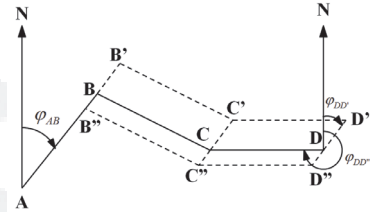
▶▶ GO FIGHT WIN

2. 距離測量有錯誤時：

- (1) 現象：角度閉合差滿足條件，而縱橫距閉合差  $\omega_E$ 、 $\omega_N$  太大時。
- (2) 檢查方法：以  $\omega_E$ 、 $\omega_N$  為縱橫距差，求閉合

差  $\omega$  方向之方位角(即  $\theta = \tan^{-1} \left| \frac{\omega_E}{\omega_N} \right|$ ，判斷

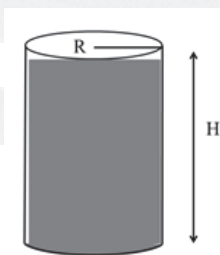
$\omega_E$ ， $\omega_N$  正負號而求出方位角值)，檢查導線各邊之方位角有與  $\omega$  之方位角相近或相差  $180^\circ$  者，應優先檢查該邊之距離。



(二) 導線網測量作業之原則：

1. 測區外圍應有足夠數量的已知控制點：地面控制網，內插型的幾何強度皆優於外延型。
2. 控制導線的均勻度：注意導線角、邊精度的一致(可利用公式  $\frac{\sigma_\theta''}{\rho''} = \frac{\sigma_D}{D}$ )，以及導線網形的均勻，避免過多或過短的邊或太銳的角，以免誤差傳播太大。
3. 依引用三角點的間距大小，對導線適當分級施測：電子測距應用普遍，二等以下，各級三角點以導線網方式，加密控制點均十分合宜，重要者應考慮三角點間距配合最基本控制點之圖根功能，將導線網分級，以逐漸縮短邊長的加密方式，測設所需設的控制點。
4. 應適當限制各級導線網結點間的測站數：限制導線測站數為保證導線精度的必要措施，測站數不包括迄點及結點。

二、工程師量測下圖所示之圓柱形橋墩，獲得該圓柱體半徑  $R$  為 3.60 公尺，高度  $H$  為 12.50 公尺，並已知所有距離量測值都帶有  $\pm 0.1\%$  的隨機誤差，請計算該圓柱橋墩之體積  $V$  與柱體表面積  $A$  (深色標示部份，不含上下兩個圓面)，以及  $V$  與  $A$  的誤差設計。(25 分)



【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》關鍵字：圓柱體面積、體積、誤差傳播定律。  
重點提要：面積與體積之偏導數要會換算到原來的函數。

【命中特區】

書名：107 專技土木技師題庫班專用教材 測量學 | 編號：W1  
章節出處：第 A-12 頁，題型：體積，類似題。

【擬答】

已知：圓柱體半徑  $R \pm \sigma_R = 3.60m \pm 0.1\% = 3.60m \pm 0.0036m$

圓柱體高度  $H \pm \sigma_H = 12.50m \pm 0.1\% = 12.50m \pm 0.0125m$

(一)計算該圓柱橋墩之體積  $V$  與柱體表面積  $A$

$$\text{該圓柱橋墩之體積 } V = \pi R^2 H = \pi \times 3.6^2 \times 12.50 = 162\pi = 508.938m^3$$

$$\text{柱體表面積 } A = 2\pi RH = 2\pi \times 3.6 \times 12.5 = 90\pi = 282.743m^2$$

(二)計算  $V$  與  $A$  的誤差估計

$$\because V = \pi R^2 H \therefore \frac{\partial V}{\partial H} = \pi R^2 = \frac{V}{H} \frac{\partial V}{\partial R} = 2\pi RH = 2R \times \frac{V}{R^2} = \frac{2V}{R}$$

$$\therefore V \text{ 的誤差 } \sigma_V = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial H}\right)^2 \times \sigma_H^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial R}\right)^2 \times \sigma_R^2} \text{ 代入偏導數的值，得}$$

$$\sigma_V = \pm \sqrt{\left(\frac{V}{H}\right)^2 \times \sigma_H^2 + \left(\frac{2V}{R}\right)^2 \times \sigma_R^2} = \pm V \sqrt{\left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2 + \left(2 \times \frac{\sigma_R}{R}\right)^2}$$

$$\sigma_V = \pm 508.938 \times \sqrt{(0.1\%)^2 + (2 \times 0.1\%)^2} = \pm 1.138m^3$$

$$\because A = 2\pi RH \therefore \frac{\partial A}{\partial H} = 2\pi R = \frac{A}{H} \frac{\partial A}{\partial R} = 2\pi H = \frac{A}{R}$$

$$\therefore A \text{ 的誤差 } \sigma_A = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)^2 \times \sigma_H^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial R}\right)^2 \times \sigma_R^2} \text{ 代入偏導數的值，得}$$

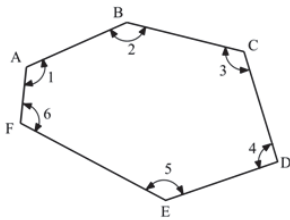
$$\sigma_A = \pm \sqrt{\left(\frac{A}{H}\right)^2 \times \sigma_H^2 + \left(\frac{A}{R}\right)^2 \times \sigma_R^2} = \pm A \sqrt{\left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2}$$

$$\sigma_A = \pm 282.743 \times \sqrt{(0.1\%)^2 + (0.1\%)^2} = \pm 0.400m^2$$

$\therefore V$  的誤差估計約  $\pm 1.138m^3$ ， $A$  的誤差估計約  $\pm 0.400m^2$

▶▶GO FIGHT WIN

三某人進行如下圖之角度觀測，觀測數據如表所示，並已知 BC 方向之方位角為  $118.93^{\circ}$ ，請進行必要的誤差改正，並計算改正後 DE 方向之方位角。(25 分)



角度 $^{\circ}$	觀測值 $^{\circ}$
1 $^{\circ}$	125.35 $^{\circ}$
2 $^{\circ}$	133.26 $^{\circ}$
3 $^{\circ}$	118.63 $^{\circ}$
4 $^{\circ}$	92.38 $^{\circ}$
5 $^{\circ}$	120.98 $^{\circ}$
6 $^{\circ}$	129.50 $^{\circ}$

**【解題關鍵】**

《考題難易》★★

《破題關鍵》關鍵字：內角平差改正、方位角推估。

重點提要：角度值須換算為度分秒，以利平差改正與方位角計算。

**【命中特區】**

書名：107 專技土木技師題庫班專用教材 測量學 | 編號：W3

章節出處：第 D-153 頁至第 D-156 頁，題型：角度閉合差與平差，有很多類似題。

**【擬答】**

(一)各內角均換算為度分秒：

角度	觀測值
1	$125.35^{\circ} = 125^{\circ}21'00''$
2	$133.26^{\circ} = 133^{\circ}15'36''$
3	$118.63^{\circ} = 118^{\circ}37'48''$
4	$92.38^{\circ} = 92^{\circ}22'48''$
5	$120.98^{\circ} = 120^{\circ}58'48''$
6	$129.50^{\circ} = 129^{\circ}30'00''$

(二)計算六邊形內角閉合差與平差改正：

內角和乙、：

$$[\alpha] = 125^{\circ}21'00'' + 133^{\circ}15'36'' + 118^{\circ}37'48'' + 92^{\circ}22'48'' + 120^{\circ}58'48'' + 129^{\circ}30'00''$$

$$= 720^{\circ}06'00''$$

理論上，六邊形內角和  $= (n - 2) \times 180^{\circ} = (6 - 2) \times 180^{\circ} = 720^{\circ}$

$$\therefore \text{閉合差 } \omega = [\alpha] - (n - 2) \times 180^{\circ} = 720^{\circ}06'00'' - 720^{\circ} = 0^{\circ}06'00''$$

平差採平均改正，改正值  $\delta = (-\omega)/n = -0^{\circ}06'00''/6 = -0^{\circ}01'00''$ ，改正後，各內角為：

角度	觀測值
1	$125^{\circ}20'00''$
2	$133^{\circ}14'36''$
3	$118^{\circ}36'48''$
4	$92^{\circ}21'48''$
5	$120^{\circ}57'48''$
6	$129^{\circ}29'00''$

(三)計算改正後 DE 方向之方位角  $\phi_{DE}$ ：

已知：BC 方向之方位角  $\phi_{BC} = 118.93^{\circ} = 118^{\circ}55'48''$

CD 方向之方位角

$$\phi_{CD} = \phi_{BC} + 180^{\circ} - \angle 3 = 118^{\circ}55'48'' + 180^{\circ} - 118^{\circ}36'48'' = 180^{\circ}19'00''$$

DE 方向之方位角

$$\phi_{DE} = \phi_{CD} + 180^{\circ} - \angle 4 = 180^{\circ}19'00'' + 180^{\circ} - 92^{\circ}21'48'' = 267^{\circ}57'12''$$

$\therefore$ 改正後 DE 方向之方位角  $\phi_{DE} = 267^{\circ}57'12''$

四全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System)為日漸普及之現代化三維定位技術，某大型土木工程規劃擬採用此技術來測定某場址內之各點 TWVD 水準高程，請說明其施作程序以及必要之相關資料。(25 分)

**【解題關鍵】**

《考題難易》★★★★

《破題關鍵》關鍵字：GNSS 測量、大型土木工程規劃、TWVD 水準高程。

重點提要：GNSS 網之規劃。

**【擬答】**

茲因大型土木工程規劃擬採用全球導航衛星系統(GNSS)來測定場址內之各點 TWVD 水準高程，因而須先進行 GNSS 網之規劃作業，再進行 GNSS 網之外業觀測。

(一)GNSS 網之規劃：

首先確認網形精度標準，再進行網形基準設計暨網形設計。

1. 網形精度標準：

網形精度標準，通常採用基線的長度中誤差來表示： $\sigma = \sqrt{a^2 + (b \times L)^2}$  式中：

$a^{mm} + b^{ppm}$ ：電子測距儀之規格。 $L$ ：相鄰點位之間的距離(公里)。實際作業時，應根據測區大小、GNSS 網的用途，來設計網的等級和精度標準。可依據「基本測量實施規則」之規範，加以擬定。

## 2. 網形基準設計：

網形基準包括：位置基準、方位基準和尺度基準。網形基準設計須先決定：

GNSS 網的觀測成果所採用的坐標系統和起算數據。基準設計應考慮的原則：

(1) 坐標轉換：GNSS 網測量的坐標是基於 WGS84 基準，為了得到 TWD97/TWVD2001 採用的 GRS80 基準的坐標，需聯測原有當地平面控制點，至少三個以上，而且平面控制點必須均勻分布於網形中，以利進行坐標轉換。同時，這些平面控制點，應具有精確的水準測量成果，以利三維坐標轉換。

(2) 大地起伏  $N$ ：

GNSS 網測量的高程是橢球高  $h$ ，是基於參考橢球體；TWVD 水準高程是正高  $H$ ，是基於大地水準面，二者的基準面不同。因此，需與水準點聯測，以利將橢球高轉換為正高。測區如平坦，水準控制點至少需三個以上，並均勻分布於網形中。測區如為山區或丘陵地，需聯測更多且均勻分布的水準控制點，以利建立大地起伏  $N$  之模型。 $N = h - H$

(3) 閉合圖形：

GNSS 網內的控制點，除了與未知點連結成閉合圖形外；控制點之間也要連結成閉合圖形。

(4) 地面聯測：

為了方便 GNSS 測量與傳統地面測量進行加密測量，各點均須至少有一個可通視的點。

## 3. 網形設計

根據精度要求，設計出合理的同步觀測圖形連接，稱為網形設計。設計方式：

(1) 點連式：相鄰同步觀測圖形之間，僅有一個公共點的連接。

(2) 邊連式：相鄰同步觀測圖形之間，有一條公共基線的連接。

(3) 混連式：結合點連式與邊連式，組合成 GNSS 網。

(二) GNSS 網之外業觀測：

### 1. 規劃外業觀測的步驟：

(1) 蒐集可見衛星數量：

利用「可見衛星數量時段預報圖」，評估在工作時間是否有足夠的可見衛星。

如果少於 4 顆衛星，三維測量是不可能的。(2) 可見衛星的 DOP 品質：

再利用「DOP 值時段預報圖」，評估衛星的幾何形狀，是否可以得到：低的 DOP 值。

以確認一天中，有哪些時段可以運用。

(3) 可見衛星的軌跡與現場遮蔽的分析：

如果已經知道測站附近的遮蔽物，其分布的方位角與仰角，可結合「極坐標天空圖」，分析現場遮蔽物對觀測的影響。「極坐標天空圖」是顯示可見衛星的軌跡。

### 2. 外業觀測計畫之主要內容：

(1) 蒐集衛星的可見性預報圖

(2) 分析衛星的幾何圖形強度

(3) 選擇最佳的觀測時段，依據(1)和(2)

(4) 觀測區域的劃分與設計

(5) 編排外業作業時間表