

109 年土木工程普考試試題

類科：土木工程

科目：測量學概要

一、請說明以全測站儀觀測水平角的決心、定平程序。(25 分)

【考題難易】★★★

【解題關鍵】關鍵字：全測站儀、定心、定平程序。重點提要：儀器整置操作。

【命中特區】測量學 (2019 年版) / 作者：賴明 / 第四章 角度測量之第 1 節之三

【擬答】

(一) 整置目的：在於使儀器合乎下列二條件：

1. 定心：使全測站儀中心應與地上測點在同一垂直線上，謂之定心。
2. 定平：使水平度盤盤面水平，使直立軸真正垂直，謂之定平。

(二) 整置程序：

1. 架設三腳架：架設前，使三腳架與觀測者之肩部同高，旋緊腳架之固定螺旋；先以腳架頂住地面，再分開二支腳架，使三支腳架形成一個正三角形，架設於測點之上，架首中心對準測點且水平。因應不同的地面狀態，有不同的架設作法：
 - (1) 在泥土地面上：以腳踏緊三腳架之踏腳。
 - (2) 在平滑地面上：以繩索連結三腳架，或釘一個正三角形木框固定之，以避免三腳架滑動而損毀儀器。
 - (3) 在斜坡地面上：以二腳架插於下坡，另一腳架縮短置於坡上。架設三腳架後，將全測站儀置於三腳架之架首，以連結螺旋連結固定之。
2. 概略定心：平移腳架，使光學對點器中心對準測點。
3. 概略定平：伸縮腳架，使圓盒水準器氣泡居中。
4. 精確定心：滑動儀器，使光學對點器中心對準測點。
5. 精確定平：調整腳螺旋，使盤面水準器氣泡居中。細節如下：
 - (1) 放鬆水平制動螺旋，旋轉望遠鏡使管狀水準器與二腳螺旋平行。
 - (2) 將二腳螺旋同時等量向內或向外旋轉，調整水準器氣泡移至中央。
 - (3) 望遠鏡旋轉 90°，以另一腳螺旋向內或向外旋轉，使氣泡居中。
 - (4) 持續往返 90°，重複調整至任意兩個相互垂直的方向上，水準氣泡均保持居中。
6. 重複 4. 與 5.，至同時達到精確定心、精確定平。

二、請問何謂方向組法？以方向組法觀測水平角有何優點？又若以五測回的方向組法觀測水平角，其第一測回起始邊的方向值設定為 $30^{\circ}00'00''$ ，則第五測回起始邊的方向值應為多少比較合適？請解釋您的答案。(25 分)

1. 【考題難易】★★★★

2. 【解題關鍵】關鍵字：方向組法、五測回。重點提要：五測回的起始邊方向值。

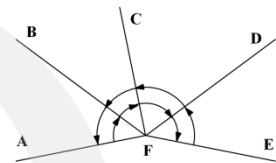
【命中特區】

書名：測量學 (2019 年版) / 作者：賴明 / 第四章第 2 節 角度觀測之一、水平角觀測方法

【擬答】

1. 方向組法之說明：

- (1) 適用時機：於同一測站需同時觀測數個測點時使用。
- (2) 儀器整置於 F 點，定心定平。如右圖
- (3) 正鏡時，照準 A，度盤歸零。依序照準 B、C、D、E 點，讀數並記錄之。
- (4) 縱轉望遠鏡成倒鏡，依逆時鐘方向，分別照準 E、D、C、B 再回至 A，讀數並記錄之，完成一測回。
- (5) 起始讀數增加 $\frac{180^{\circ}}{n}$ ， n 為所需測回数，正鏡照準 A 後，重複步驟(3) 及(4)。
- (6) 完成 n 測回的水平角觀測。



2. 以方向組法觀測水平角之優點

優點：消除或減少下列誤差：

- (1) 變換起始讀數：可減少度盤刻劃不均勻的誤差。
- (2) 正鏡時，採順時鐘方向觀測；倒鏡時，採逆時鐘方向觀測。採逆時鐘方向觀測可減少因溫度變化、直立軸、螺紋差所產生的誤差。
- (3) 因採用正、倒鏡觀測取平均：能消除：視準軸誤差、橫軸誤差、視準軸之偏心誤差。

3. 第五測回的起始邊方向值之討論

原則上，五測回觀測的起始讀數變換值為 $180^{\circ} / 5 = 36^{\circ}$

第一、二、三、四、五測回的起始邊方向值，應為 0° 、 36° 、 72° 、 108° 、 144°

但是，因為第一測回起始邊的方向值設定為 $30^{\circ}00'00''$

因此，第一、二、三、四、五測回的起始邊方向值，則為 30° 、 66° 、 102° 、 138° 、 174°

∴ 原則上，第五測回的起始邊方向值為 174°

然而，水平角觀測採用正倒鏡觀測取平均， 174° 的倒鏡起始值為 $174^{\circ}+180^{\circ}=354^{\circ}$

又，方向值如超過 360° 則自動減掉 360° ，因而容易產生方向值讀數的誤解。

例如：某角度為 60° ，正鏡讀數為 174° 、 234° ，倒鏡讀數為 354° 、 54°

又，第五測回的起始邊方向值 174° 近似 180° ，亦可以 180° 作為第五測回起始邊方向值。但是，如以 180° 作為第五測回起始邊方向值，則仍有：方向值讀數自動減掉 360° ，以及方向值讀數的誤解之困擾。

例如：某角度為 60° ，正鏡讀數為 180° 、 240° ，倒鏡讀數為 0° 、 60°

因此，第五測回的起始邊方向值擬採用 $0^\circ 00' 00''$ ，理由如下：

- (1) $0^\circ 00' 00''$ 與 $30^\circ 00' 00''$ 之差值為 30° ，近似於起始讀數變換值 36°
- (2) 可避免方向值讀數自動減掉 360° ，以及方向值讀數的誤解之困擾

例如：某角度為 60° ，正鏡讀數為 0° 、 60° ，倒鏡讀數為 180° 、 240°

三、GNSS 衛星定位系統主要由空間星座部分、地面監控部分和用戶接收部分第三個部分所組成，請說明這三部分的主要功能或作用為何？又衛星訊號中的衛星軌道參數和大氣的電離層延遲改正模式的資訊於前述三個部分之間是如何傳遞？(25 分)

【考題難易】★★★★

【解題關鍵】

關鍵字：GNSS 系統組成之功能、衛星軌道參數、電離層延遲改正模式。

重點提要：訊號結構、衛星軌道誤差、電離層延遲誤差。

【命中特區】測量學 (2019 年版) / 作者：賴明 / 第九章之一及四

【擬答】

(一) GNSS 衛星定位系統組成之功能或作用以下以美國全球定位系統 GPS 為例，說明其組成與功能。

1. 空間衛星部分

有 $24+3$ 顆衛星，分佈於 6 個軌道面，軌道傾角為約 55° ，軌道高度約 20183 公里。每顆衛星上均有獨立的銻或銣原子鐘，以確保其頻率產生器的穩定性，並精密表示導航訊號發射之時刻。

(1) 每顆衛星均向外傳播，以兩種 L 頻道的無線電載波，載波內含：星曆(一系列描述衛星的參數，包含：衛星位置、時間、方位、速度等)、其他資料。

① L_1 頻道(包含 C/A 碼和 P 碼)： $1575.42MHz$ ，波長約為 19cm

② L_2 頻道(僅包含 P 碼)： $1227.6MHz$ ，波長約為 24cm

(2) 將 P 電碼及 C/A 電碼調制於 L 載波上，除可傳播更遠外，亦可達下列目的：

① 可辨識衛星的種類與身分；

② 可消除非幾何因素的影響，如電離層改正等，以提高觀測精度，但僅 P 電碼才適

用。

2. 地面監控部分

GPS 地面控制部分：主控站、地面控制站、監測站。

(1) 監測站(5 個)：坐標精密量測(坐標已知)

每天持續追蹤觀測每顆衛星，收集每顆衛星的訊號資料，以及大氣資料等；將虛擬距離觀測量、氣象資料、電離層資料，聯合求解，得均化數據，再傳給主控制站。

(2) 主控制站(1 個)：

主要功能為綜合各監測器站的資料，計算衛星星曆(一系列描述衛星運動、及其軌道之參數)、衛星時鐘改正量、電離層改正係數、重力場、電子儀器延遲、觀測系統之誤差等攝動因素，彙集成導航訊息，再傳給地面控制站。

(3) 地面控制站(3 個)：

藉由專用天線，以無限電波，傳遞資料至各衛星，每 8 小時更新衛星內的軌道諸元資料。

3. 用戶接收部分：

使用 GPS 衛星訊號接收儀，來獲得定位訊息。主要是接收虛擬距離觀測量和載波相位觀測量，得到測點與衛星的虛擬距離，星曆資料。將接收到訊號的電碼與接收儀自行產生的訊號電碼相比較，經由相位差原理，而得相位移動量(或時間差)，以得知訊號傳播到接收儀的時間與距離；

(二) 衛星訊號中的衛星軌道參數和大氣的電離層延滯改正模式的資訊傳遞方式

1. 衛星軌道參數

空間衛星部分：各衛星持續向外廣播其瞬時的衛星軌道參數。

用戶接收部分：用戶以接收儀，接收衛星軌道參數，定位並求解其點位坐標，但精度較低。

地面監控部分：持續接收衛星訊號，計算衛星軌道參數的精確值與改正值。

衛星軌道參數改正值則以星曆的方式，回傳至各衛星。

衛星軌道參數精確值則依據用戶需求而提供，用戶可經由計算，得到點位精確值。

2. 大氣的電離層延滯改正模式的資訊

空間衛星部分：衛星以兩種 L 頻道的無線電載波，向外廣播。

用戶接收部分：接收到兩種 L 載波 (L_1 與 L_2 載波)，經由線性組合的方式，消除電離層誤差。例如： f_1 ， f_2 為 L_1 與 L_2 載波的頻率， P_1 ， P_2 為 L_1 與 L_2 載波的虛擬距離觀測量

$$P_1 = \rho + c \cdot (dT - dt) + \frac{40.3 \cdot n_e}{f_1^2}, \quad P_2 = \rho + c \cdot (dT - dt) + \frac{40.3 \cdot n_e}{f_2^2}, \quad \frac{40.3 \cdot n_e}{f_2^2}$$

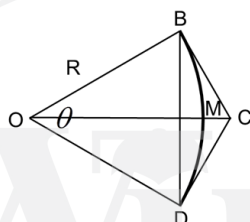
為電離層誤差

線性組合： $P_1 \times \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} - P_2 \times \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho + c \times (dT - dt)$ ，消除電離層誤差

地面監控部分：由監測站蒐集電離層資料，由主控制站彙整並計算電離層改正係數。

電離層改正係數亦可依據用戶需求而提供，用戶可經由計算，得到點位精確值。

- 四、一條圓弧曲線(示意圖如下)的中點 M 樁號為 $79^k + 120$ ，起點 B 的樁號為 $78^k + 765$ ，圓心角 $\angle BOD = \theta = 60^\circ$ 且已知曲線起點 B 的縱橫坐標為 $(N_B, E_B) = (360.05, 255.18)$ (單位：公尺)，方位角 \overrightarrow{BD} 為 50° ，試求該圓弧曲線的半徑 R、切線長 \overline{BC} 、方位角 \overrightarrow{BC} ，以及曲線終點 D 的縱橫坐標 (N_D, E_D) 和兩切線交點 C 的縱橫坐標 (N_C, E_C) 。(註：角度計算至秒，長度計算至公分，秒或公分以下四捨五入)(25 分)



【考題難易】★★★★

【解題關鍵】

關鍵字：單曲線、導線計算。

重點提要：單曲線分析、角度計算、繪圖標示方位角以利點位坐標計算。

【命中特區】測量學 (2019 年版) / 作者：賴明 / 第七章第 2 節路線測量之二

【擬答】

假設：A 點為 \overline{BD} 的中點，方位標示如右圖。

(一) 計算該圓弧曲線的半徑 R

$$BM \text{ 之弧長} = (79^k + 120) - (78^k + 765) = 355m$$

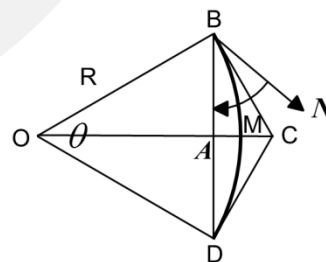
$$\text{曲線長 } L = 2 \times BM \text{ 之弧長} = 2 \times 355 = 710m$$

$$\text{圓心角 } \angle BOD = \theta = 60^\circ, \text{ 由弧長公式 } L = R \times \theta$$

$$710 = R \times 60^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ}, R = 710 \times \frac{3}{\pi} = 678.00m$$

(二) 計算切線長 \overline{BC}

$$\text{切線長 } \overline{BC} = R \times \tan \frac{\theta}{2} = 678.00 \times \tan \frac{60^\circ}{2} = 678.00 \times \tan 30^\circ = 391.44m$$



(三) 計算方位角 $\overrightarrow{BC} = \phi_{BC}$

已知：方位角 $\overrightarrow{BD} = \phi_{BD} = 50^\circ$

$$\therefore \angle BOA + \angle ABO = 90^\circ \text{ 且 } \angle CBA + \angle ABO = 90^\circ$$

$$\therefore \angle CBA = \angle BOA = \theta / 2 = 60^\circ / 2 = 30^\circ = \angle CBD$$

$$\text{方位角 } \phi_{BC} = \phi_{BD} - \angle CBD = 50^\circ - 30^\circ = 20^\circ$$

(四) 計算曲線終點 D 的縱橫坐標 (N_D, E_D)

$$\overline{BD} = 2 \times \overline{BA} = 2 \times R \times \sin \frac{\theta}{2} = 2 \times 678.00 \times \sin \frac{60^\circ}{2} = 678.00m$$

$$N_D = N_B + \overline{BD} \times \cos \phi_{BD} = 360.05 + 678.00 \times \cos 50^\circ = 795.86m$$

$$E_D = E_B + \overline{BD} \times \sin \phi_{BD} = 255.18 + 678.00 \times \sin 50^\circ = 774.56m$$

$$\therefore (N_D, E_D) = (795.86m, 774.56m)$$

(五) 計算兩切線交點 C 的縱橫坐標 (N_C, E_C)

$$\therefore \overline{BC} = 391.44m, \phi_{BC} = 20^\circ$$

$$N_C = N_B + \overline{BC} \times \cos \phi_{BC} = 360.05 + 391.44 \times \cos 20^\circ = 727.88m$$

$$E_C = E_B + \overline{BC} \times \sin \phi_{BC} = 255.18 + 391.44 \times \sin 20^\circ = 389.06m$$

$$\therefore (N_C, E_C) = (727.88m, 389.06m)$$

祝金榜題名

最新名師線上解題&開課

