

## 109 年公務人員高等考試試題測量學參考解答

一、請試述偶然誤差和系統誤差的差異性，又儀器誤差、讀數誤差、縱角指標差、水準尺尺長誤差、瞄準誤差各可歸類為何種誤差？並請說明如何減低或消除偶然誤差或系統誤差對測量成果的影響。(25 分)

• 109 年土木高考試題 •

### 問題剖析

- (一)題目要求比較兩種誤差之差異性，可先敘述再舉例說明。
- (二)判斷幾種誤差之歸類可參考前項差異性，注意可能有兩種誤差並存之狀況。
- (三)如何降低對成果之影響也可參考前項兩種誤差之差異性。

### 參考解答

#### (一)偶然誤差和系統誤差之差異性

- (a)偶然誤差：具隨機性質之誤差，可為正也可為負，屬相消誤差，其值常較另兩類誤差（錯誤、系統誤差）來得小。例如彙整某人 100 個體重讀數，各讀數與平均值之差異多屬於偶然誤差。
- (b)系統誤差：可歸納出某種規律之誤差，常全都為正或全都為負，屬累積誤差。例如以未進行歸零校正之體重計取得體重讀數（空無一物時讀數為 0.2 kg），則將對各讀數造成有規律之系統誤差。

#### (二)誤差歸類

- (a)儀器誤差：系統誤差（如卷尺受溫度影響）、偶然誤差（如經緯儀光學定心偏差）
- (b)讀數誤差：偶然誤差（如卷尺人工讀數）、無（如電子讀數裝置）
- (c)縱角指標差：系統誤差
- (d)水準尺尺長誤差：系統誤差
- (e)瞄準誤差：偶然誤差

#### (三)誤差處理

- (a)偶然誤差：因屬相消誤差，所以重複觀測取平均，將可減低或消除對成果之影響。例如卷尺量距，施力與標準拉力有些許差異（時大時小、時正時負），這屬於偶然誤差，重複觀測多次取平均即可減低對成果之影響。
- (b)系統誤差：因屬累積誤差，取平均無助於改善成果，而需找出誤差之規律來改正。例如卷尺量距，當天溫度較標準作業溫度高 10°C，則須以溫差與熱膨脹係數改正之。

※本題請參考實力《測量學精修班教材》

【§1-6.精度與標準誤差、§3-4.水準儀檢查與校正、§3-6.經緯儀檢查與校正】

### 【實力專題講座】

時 間：8/16（日）13:30

主講人：王炤烈老師/台灣世曦前總經理

主 題：從新規範修改重點與工程案例談近期因應 RC  
與 SC 考試之對策

對 象：實力學員可免費參加  
非學員開放限額

欲參加者～請至【各分班】粉絲專頁線上報名填單

### 您來振興 • 我 3 倍送

實力題型班即將開課啦~~~

▷透徹題型分析 ▷完整應試技巧 ▷考試實戰經驗

學長姐一致推薦，非上不可！！

早鳥期間【題型班】全面 7 折起，

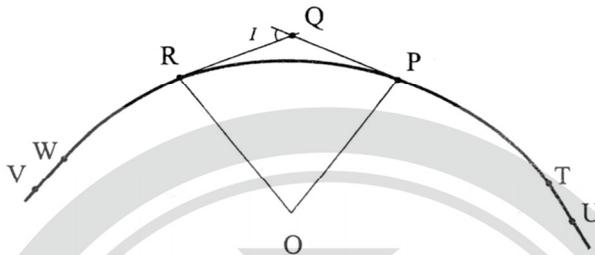
持\$500 面額振興券報名課程再折\$1,000。



~歡迎預約免費試聽~

二、克羅梭曲線 (clothoid curve) 上，某一點的曲率半徑  $r$  和從曲線起點 (和直線段接壤處) 到該點的曲線長  $l$  之乘積為一個常數  $C$  的平方，即  $r \times l = C^2$ ，它常做為緩和曲線使用。今一條公路 (示意圖如下)，在圓弧曲線  $PR$  兩端各設置一條克羅梭曲線做為緩和曲線，兩條克羅梭曲線  $TP$  和  $RW$  的參數  $C$  為分別為 600 公尺和 450 公尺， $T$  點為其中一條克羅梭曲線的起點，其里程數為  $120^k + 330$ ，而圓弧曲線的切線長  $\overline{PQ} = \overline{QR}$  等於 288.68 公尺，圓弧曲線兩切線的交角  $I$  為  $60^\circ$ ， $O$  為圓心， $UT$  和  $WV$  為直線段，其中  $U$  點的里程數為  $120^k + 100$ 。試求圓弧曲線半徑、 $TP$  和  $RW$  克羅梭曲線長度， $P$ 、 $Q$ 、 $R$ 、 $W$  四點的里程數。

(註：所有長度計算至公分，公分以下四捨五入) (25 分)



• 109 年土木高考試題 •

**問題剖析**

- (一)本題包括單曲線與緩和曲線，先求出各線段長度，再計算各點里程數。
- (二)題目標註了數值處理之精確度，務必依其規定作答。

**參考解答**

(一)各線段長度

(1)圓弧曲線

交角  $I = 60^\circ$ ，切線長  $PQ = R_1 \times \tan(I/2) = 288.68$

圓弧曲線半徑  $R_1 = 288.68 / \tan 30^\circ = 500.008 \div 500.01 \text{ m}$

曲線長  $= PR = 2\pi R_1 \times (I/360^\circ) = 523.609 \div 523.61 \text{ m}$

(2)克羅梭曲線

TP 段： $C = 600$ ，代入  $\gamma L = C^2$ ，在 P 點  $500.01 \times L = 360000$ ，

TP 段長度  $= 719.986 \div 719.99 \text{ m}$

RW 段： $C = 450$ ，代入  $\gamma L = C^2$ ，在 R 點  $500.01 \times L = 202500$ ，

RW 段長度  $= 404.992 \div 404.99 \text{ m}$

## (二)各點里程數

- (1) P 點里程 = T 點里程 + TP =  $120^k + 330 + 719.99 = 121049.99 = 121^k + 049.99$
- (2) Q 點里程 = P 點里程 + PQ =  $121^k + 049.99 + 288.68 = 121338.67 = 121^k + 338.67$
- (3) R 點里程 = P 點里程 + PR =  $121^k + 049.99 + 523.61 = 121573.60 = 121^k + 573.60$
- (4) W 點里程 = R 點里程 + RW =  $121^k + 573.60 + 404.99 = 121978.59 = 121^k + 978.59$

※本題請參考“實力《測量學精修班教材》【§5-5.平曲線主樁測算】”

### 【對的選擇~逆轉人生】

考試總找不到要領嗎?

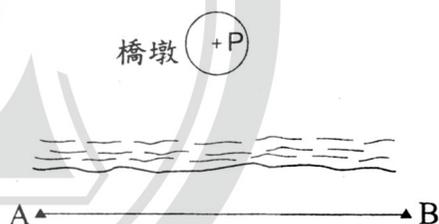
上榜總是微分之差嗎?

奮鬥多年仍未上榜嗎?

您需要的是實力給您最佳的作戰計畫

【題型班】+【模考總複習】+【全真模擬考】

三、如圖所示，A、B 為已知平面坐標的控制點。P 點為欲測設的橋墩中心點，其設計的平面坐標已知。今以全測站儀由 A、B 兩點欲定出 P 點的平面位置，請從計算、施測方法等說明如何放樣 P 點？(25 分)



• 109 年土木高考試題 •

### 問題剖析

- (一)本題為全站儀測設，有數種作業方式可供選擇，本解採用方向距離法。
- (二)放樣前須先檢測已知點，施作時要作分中法（正倒鏡取平均）。

**參考解答**

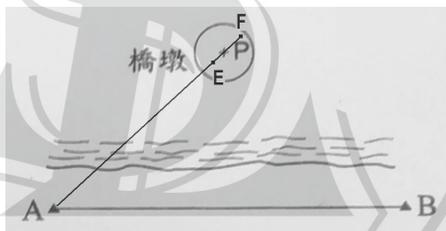
(一)內業：以 A、B 坐標反算  $L_{AB}$ 、 $\phi_{AB}$ ，A、P 坐標反算  $L_{AP}$ 、 $\phi_{AP}$ 。

(二)外業：

- (a)在 A 點整置全測站儀。
- (b)已知點檢核：照準 B 點，實測  $L_{AB}$ ，與坐標反算之值核對。
- (c)按鍵設定水平度盤讀數  $HA = \phi_{AB}$ 。
- (d)平轉望遠鏡，HA 讀數同步增減，當 HA 接近  $\phi_{AP}$  時鎖住水平制動螺旋。
- (e)旋轉水平微動螺旋，使  $HA = \phi_{AP}$ ，此時望遠鏡之縱絲方向即為 A 往 P 方向。
- (f)指揮助手在此方向上，取距離為  $L_{AP}$  處，即為 P 點之位置。

(三)補充：

- (a)若採用夾角模式，則須計算  $\angle BAP = \phi_{AP} - \phi_{AB}$ ，於照準 B 點後歸零，以  $\angle BAP$  標定方向。
- (b)分中法：正鏡測設點位後，倒鏡再作一次。  
當兩次點位相距在容許範圍內時，取其連線中點；若超過容許範圍，則重作。
- (c)歸化法測設：以菱鏡前後移動來測設，既不方便精度也差，宜採用距離歸化法測設。
  - {1}在橋墩上，以標定方向 A→P 測設出兩點 E、F。
  - {2}以全測站儀測出測站到 E 點之距離  $L_{AE}$ ，計算與欲測設距離之差額 =  $L_{AP} - L_{AE}$ 。
  - {3}用卷尺在這兩臨時點 E、F 連線，從 E 點往 F 點，以差額定出 P 點。



- (d)本題解係於 A 點架站測設，若改在 B 點架站測設亦可，內業需改為坐標反算  $L_{BA}$ 、 $\phi_{BA}$ 、 $L_{BP}$ 、 $\phi_{BP}$ ，其他作業方式則類似。

※本題請參考“實力《測量學精修班教材》【§3-7.全站儀】”

實力網站上提供高普考部份科目解答

<http://www.shi-li.com.tw/>

**四、何謂地形測量？並請從儀器設備和定位方法申論 3D 雷射掃描儀使用於地形測量的可行性。(25 分)**

• 109 年土木高考試題 •

**問題剖析**

- (一)本題何謂地形測量為名詞定義，有背就有分。  
(二)可行性分析常具開放性解答，依照不同背景而有不同之結論。

**參考解答****(一)地形測量**

地形測量之目的在取得並紀錄實地狀況，主要成果為地形圖，係將地物與地貌依照一定比例或記號縮繪於圖上。其施作程序為先控制測量再細部測量，而成果則由紙圖進化為數位地圖，甚至整合各種資料演進成地理資訊系統。

地形測量隨著科技發展持續演進，常見之兩種作業方式如下：

- (a)地面實測：傳統地形測量採用地面實測，早年曾以平板儀現場測繪，因精度太差而遭淘汰；改以全站儀數值法測算坐標，搭配屬性資料編繪圖檔。目前仍適用於小範圍之地形測量。
- (b)攝影測量：地面實測耗費人力頗多，大範圍測量更是曠日廢時，採用攝影測量將可減少大量時間，其公分級精度也足以應付需求。原本較適用於大範圍之地形測量，自無人載具興起後，有大小通吃之勢。

**(二) 3D 雷射掃描儀**

- (a) 3D 雷射掃描儀又稱為光達 (LIDAR, Light Detection And Ranging)，是一種新穎的三維量測系統，它利用雷射測距原理，在極短的時間內取得大量被測體表面點位之三維坐標，可詳細描述被測物體外型，更可進一步用於建物三維模型建置或地形監測及調查等。
- (b)地面光達：組合腳架於地面上進行作業之光達，稱為地面光達，常應用於建築文物之三維模型建置（如野柳女王頭），測繪地形則以空載光達較為適用。

**【實力多元輔導資源】**

跟隨課程進度，安排精選考題  
自我模擬演練，加強獨立思考  
再透過線上 & 現場讀書會  
彼此觀念研討、經驗交流！  
有效的複習才能厚植實力！

**(三)空載光達（3D 雷射掃描儀）**

(a)組成：結合全球定位系統、慣性導航系統及雷射測距三項技術。

{1}全球定位系統 GNSS：取得測站位置 (X,Y,Z)

{2}慣性導航系統 Inertial Measurement Unit：取得測距方向之姿態角 ( $\omega, \phi, \kappa$ )

{3}雷射測距（光達）：取得至待測點之公分級多重回訊

(b)空載光達可獲取大量且高密度的地面多重回訊點雲資料，電腦計算處理後獲得地面掃描點之 (X,Y,Z)。資料內容包含地物及地面點之空間資訊，適於製作數值地形模型。

(c)光達系統接收之反射點的資料並未區分是否為地面點 (DEM) 或非地面點 (DSM)，因此，欲建置數值高程模型，需先將非地面點資料濾除，再由濾除後的資料進行數值高程模型的建置。

(d)欲藉光達資料來製作地形圖，須先辨識點雲屬性來篩選點位（如道路、河流、房屋...），尚需人工介入。或許人工智慧發展成熟後，可高效率自動完成地形圖之製作；目前則較適用於單一屬性之數值地形三維建模（如測繪林相分佈圖、建築文物三維建模）。

※本題請參考“實力《測量學精修班教材》【§5-3.地形測量、§8-4.遙感探測】”

**You Tube 搜尋【實力土木】**

《授課老師專業解說・上榜學員精彩分享》

影片內容分成四大系列

免費提供給要準備考試的您

▷準備要領系列 ▷觀念探討系列

▷試題解說系列 ▷經驗分享系列

-----  
想要看第一手相關影片，  
歡迎訂閱實力土木頻道哦！