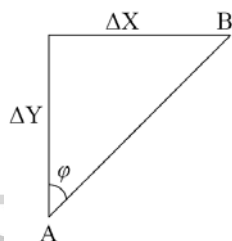


101 年鐵路人員特別考試高員三級測量學參考解答

一、示意如圖，已知 $\Delta X = 100.000m \pm 0.010m$ ， $\Delta Y = 100.000m \pm 0.010m$ ，請依誤差傳播定律計算方位角 φ 之中誤差。(20 分)

(101 鐵路高員-測量學 #1)



【參考解答】

$$\text{令 } Z = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{100.000}{100.000} = 1 \text{ (無單位)}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \Delta X} = \frac{1}{\Delta Y} = \frac{1}{100.000} = 0.01 \left(\frac{1}{m}\right)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \Delta Y} = -\frac{\Delta X}{\Delta Y^2} = -\frac{100.000}{100.000^2} = -0.01 \left(\frac{1}{m}\right)$$

$$M_Z = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial \Delta X}\right)^2 \times M_{\Delta X}^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial \Delta Y}\right)^2 \times M_{\Delta Y}^2} = \pm \sqrt{0.01^2 \times 0.010^2 + (-0.01)^2 \times 0.010^2}$$

$$= \pm 1.4142 \times 10^{-4}$$

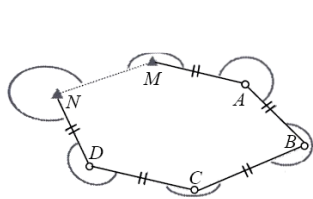
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \tan^{-1} Z = \tan^{-1} 1 = 45^\circ 00' 00''$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial Z} = \frac{1}{1+Z^2} = \frac{1}{2}$$

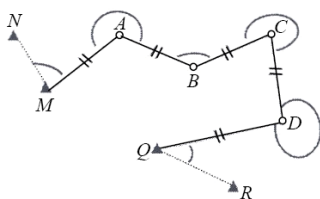
$$M_\varphi = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial Z}\right)^2 \times M_Z^2 \times \rho''} = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \times (1.4142 \times 10^{-4})^2 \times 206265} \approx 15''$$

二、試針對以下三種導線型態計算其多餘觀測數及可供閉合（檢核）條件？（20 分）

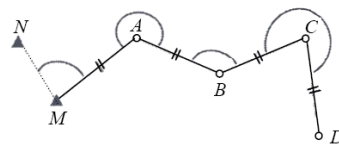
(101 鐵路高員-測量學 #2)



(a) 導線_1



(b) 導線_2



(c) 導線_3

— : 角度觀測； || : 距離觀測 ▲ : 已知點； ○ : 未知點

【參考解答】

(一) 導線_1

觀測量數目 = 11，未知數數目 = 8，多餘觀測數 $11 - 8 = 3$

角度閉合條件： $\beta_A + \beta_B + \beta_C + \beta_D + \beta_N + \beta_M - 8 \times 180^\circ = 0$

N 坐標閉合條件： $\Delta N_{MA} + \Delta N_{AB} + \Delta N_{BC} + \Delta N_{CD} + \Delta N_{DN} = 0$

E 坐標閉合條件： $\Delta E_{MA} + \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD} + \Delta E_{DN} = 0$

(二) 導線_2

觀測量數目 = 11，未知數數目 = 8，多餘觀測數 $11 - 8 = 3$

角度閉合條件： $\beta_M + \beta_A + \beta_B + \beta_C + \beta_D + \beta_Q - 8 \times 180^\circ + \phi_{NM} - \phi_{QR} = 0$

N 坐標閉合條件： $\Delta N_{MA} + \Delta N_{AB} + \Delta N_{BC} + \Delta N_{CD} + \Delta N_{DQ} - (N_Q - N_M) = 0$

E 坐標閉合條件： $\Delta E_{MA} + \Delta E_{AB} + \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD} + \Delta E_{DQ} - (E_Q - E_M) = 0$

(三) 導線_3

觀測量數目 = 8，未知數數目 = 8，多餘觀測數 $8 - 8 = 0$

無任何檢核條件。

三、在自由測站上以測站位置為測站坐標系原點，度盤零方向為測站坐標系之縱軸方向，在此測站以光線法對地形點進行方向觀測與距離測量，測定其在測站獨立坐標系之各測點平面坐標 (x_i, y_i) ， $i=1, 2, \dots, n$ 。今若採用四參數的相似轉換欲將所測的測點平面坐標轉至 TWD97 (N, E) 坐標系統中，該如何解算轉換參數並進行轉換？（14 分）如何得知參數計算的結果是正確可用的？（6 分）

(101 鐵路高員-測量學 #3)

【參考解答】

如圖所示，測站必須後視 A、B 二已知點，且其 TWD97 坐標分別為 (N_A, E_A) 和 (N_B, E_B) ，

測點之平面坐標計算如下：

(1) 設觀測得各測點（含 A、B 二已知點和其他未知點 P）之方向值為 θ ，斜距為 L ，則各測點的測站坐標值為：

$$X = L \times \cos \alpha \times \sin \theta$$

$$Y = L \times \cos \alpha \times \cos \theta$$

(2) 利用已知點 A、B 之 TWD97 坐標系統之坐標值 (N_A, E_A) 和 (N_B, E_B) ，及測站坐標系之

坐標值為 (X_A, Y_A) 和 (X_B, Y_B) ，根據下式計算兩坐標系之坐標轉換參數 (a, b, c, d) ：

$$E_A = a \cdot X_A + b \cdot Y_A + c$$

$$N_A = -b \cdot X_A + a \cdot Y_A + d$$

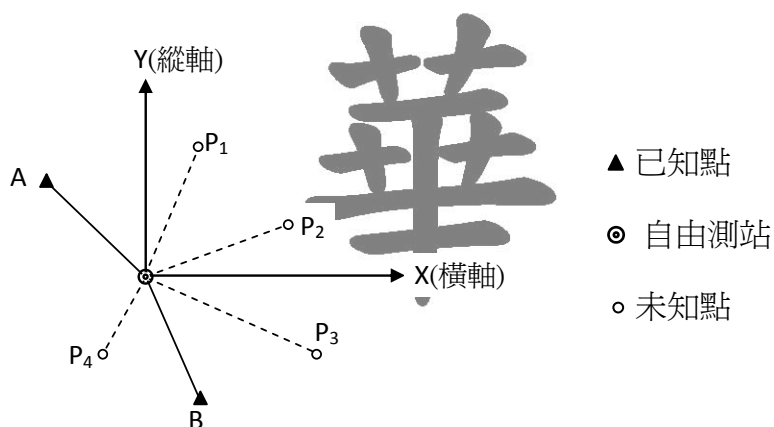
$$E_B = a \cdot X_B + b \cdot Y_B + c$$

$$N_B = -b \cdot X_B + a \cdot Y_B + d$$

(3) 根據求得之轉換參數 (a, b, c, d) ，依下式計算未知點 P 之 TWD97 坐標系統坐標值：

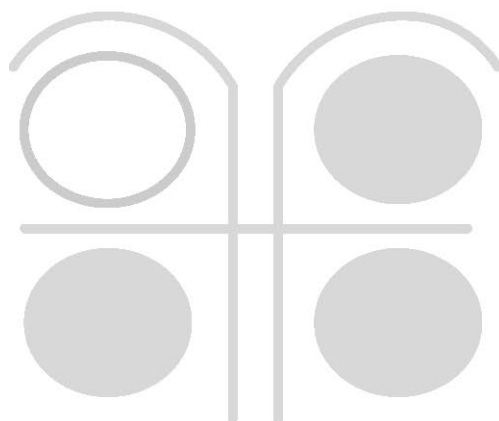
$$E_P = a \cdot X_P + b \cdot Y_P + c$$

$$N_P = -b \cdot X_P + a \cdot Y_P + d$$



檢核參數計算的結果是否正確可用，可採用下列方式之一：

- (一)若 A、B 二點可通視，則可於 A、B 二點實施光線法，重新測算部分未知點之 TWD97 坐標值，並作檢核比對。
- (二)若某些未知點之間可通視，則可以施測二點間的水平距離，再與坐標計算得到之水平距離相互比對，以檢核二點間的相對位置之正確性。
- (三)若附近有其他可通視之已知點可用，且可對部分未知點通視，則可實施光線法重新測算部分未知點之 TWD97 坐標值，並作檢核比對。



九
華

四、馬祖的東莒島與西莒島岸線間之最短距離約 3-4 公里，假設該兩個島並未建立高程系統，惟兩島間之大地起伏差值為已知。今若欲在該兩個離島之間佈設一條海底電纜，而需要繪製包含兩島陸上地形及海域水深之地形圖，請繪圖及說明如何建立該張地形圖之高程系統。(20 分)

(101 鐵路高員-測量學 #4)

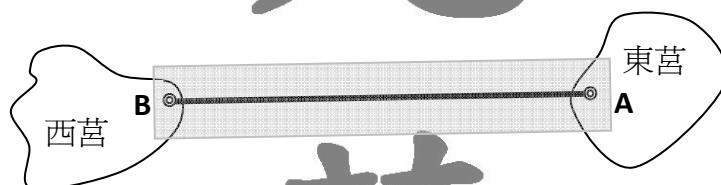
【參考解答】

假設陸上地形及海域水深之地形圖施測範圍如圖中矩形範圍，則高程系統之建立方式說明如下：

- (一)首先應在東莒島與西莒島較短距離之岸線附近確定海底電纜之入海處，並於適當地點各自埋設永久水準點，如圖中之 A、B 二點，分別於 A、B 二點實施 GPS 測量，獲得 A、B 二點之平面坐標值和幾何高 h_A 和 h_B 。
- (二)由於兩島之大地起伏值為已知，故可以利用 A、B 二點之平面位置內插出對應之大地起伏值 N_A 和 N_B ，如此便可計算 A、B 二點之正高值如下：

$$H_A = h_A - N_A \quad , \quad H_B = h_B - N_B$$

- (三)於二島施測陸上地形圖時，可採水準測量自 A、B 二點引測正高值至各圖根點，或在各圖根點上實施 GPS 測量，再如第二項說明求解各圖根點的正高值，其中以水準測量方式較佳。
- (四)實施海域水深地形測量時，可採用 GPS-RTK 測量結合測深儀水深測量方式施測。於 A 或 B 點做為 GPS-RTK 測量主站，並將主站 GPS 資料即時傳送至船上的 GPS 接收儀，再結合測深儀資料進行水深地形成果的即時解算。



五、某測量公司擬運用具有遠端操控功能（Robotic 型）的全測站，以單人操作方式進行地形測量。在採購 Robotic 型全測站時，以下各項全測站功能或架構中，請挑選那些規格是有別於一般全測站，而特別可以滿足前項單人操作的需求？並說明其理由。（20 分）

- | | |
|--|-----------|
| 1. Automatical search and aim | 自動尋標與定位瞄準 |
| 2. Leveling screws | 踵定螺旋 |
| 3. Servo-drive | 伺服馬達驅動 |
| 4. Remote positioning unit | 遠端定位處理器 |
| 5. Electronic Distance Measurement (EDM) | 電子測距 |
| 6. Telemetry link | 無線傳輸 |
| 7. Circular level vial | 圓盒水準器 |

(101 鐵路高員-測量學 #5)

【參考解答】

Robotic 型的全測站於施測時，測量員在稜鏡站按下測距按鈕後，透過藍芽裝置將指令傳給全測站，全測站便開始尋找稜鏡。其原理及相關必要規格說明如下：

- (一)先由全測站發射出電波，再由測點稜鏡的遠端定位處理器(4. Remote positioning unit)接收並反射回波。
- (二)當全測站收到回波並辨識訊號來源的方向後，由儀器啟動伺服馬達驅動(3.Servo-drive)自動將儀器旋轉到該發射點的方向，由於發射源為一個單點，並非一個面，因此可以精確辨識發射點方向。上述連串動作靠的就是無線傳輸(6.Telemetry link)技術完成。
- (三)接著全測站對稜鏡方向發射測距電磁波，並經由稜鏡反射回全測站，全測站會找出反射波最強點，精確辨識稜鏡中心後，自動進行測量。

上述原理說明之第二點中「辨識稜鏡回波訊號來源的方向」及第三點中「自動辨識稜鏡中心」，是利用全測站的核心功能自動尋標與定位瞄準（1. Automatical search and aim）完成。

綜合上述，欲滿足單人操作的需求，在採購 Robotic 型全測站時，應要求有第 1、3、4、6 項規格。

華