

110 年公務人員高等考試三級考試試題

等 別：三等考試

類 科：測量製圖

科 目：測量學 (包括地籍測量)

甲、申論題部分：

一、現行國家高程坐標系統為 TWVD2001，請說明此高程系統與水準原點之關係並論述為何無法以衛星定位系統直接測定國家高程坐標系統之高程？(20 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★

2. 《破題關鍵》關鍵字：TWVD2001、衛星定位系統。

重點提要：參考橢球面、大地水準面、幾何高(橢球高)、正高。

【命中特區】

書名：測量學 上課教材

作者：賴明

章節出處：第一章 平面測量學基礎 之 第 2 節 測量基準與坐標系統

【擬答】

(一) TWVD2001 高程系統與水準原點之關係

1. TWVD2001 高程系統

臺灣地區於民國 89~91 年間，以新型電子式精密水準儀施測一等水準網，計有 2065 個一等水準點 (1010 個一級水準點、1055 個二等水準點)，分佈於 4253 公里之水準路線上。水準路線涵蓋臺灣本島外圍及中橫、南橫等路線，共 1357 條測線，全長總計約 3207 公里。並同時進行 GPS 衛星定位測量與重力測量等工作，建立新的臺灣高程基準 (Taiwan Vertical Datum, TWVD 2001)。

2. 水準原點

內政部於 90 年新設臺灣水準原點，為高程控制系統之基準，並據以辦理一等水準測量工作，為所有水準點之起源；採雙水準原點設計；一為主點 (點號：K999)，屬地下點位，一為副點 (點號：K998)，屬地面點位，均位於台 2 線 70 公里處。

3. TWVD2001 高程系統與水準原點之關係

TWVD2001 高程系統的基準點就是新設臺灣水準原點，亦即，新設臺灣水準原點即為 TWVD2001 基準點。

(二) 無法以衛星定位系統直接測定國家高程坐標系統高程之原因

衛星定位系統所測得的高程是橢球高(或稱幾何高)，國家高程坐標系統高程是正高。橢球高與正高的定義不同，基準面亦不同，因此，無法以衛星定位系統直接測定國家高程坐標系統之高程。

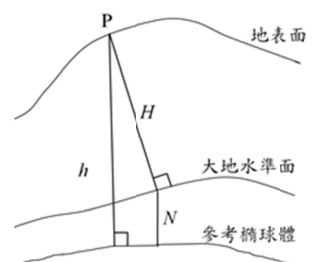
1. 橢球高與正高的定義

(1) 橢球高 h 是地球表面上某一點 (P 點) 沿「法線」至橢球面之垂直距離。

(2) 正高 H 是地球表面上某一點 (P 點) 沿「垂線」至大地水準面之垂直距離。

大地水準面與橢球面之高程關係：大地起伏 N

通過地球表面上某一點 (P 點)，大地水準面與橢球面之垂直距離，即為大地起伏 N



橢球高、正高之換算公式：橢球高 h =正高 H +大地起伏 N ，即， $h = H + N$

2. 橢球高與正高的基準面

- (1) 橢球高的基準面：橢球面。橢球面是根據大地水準面，在一定條件下，與大地水準面最密合的規則數學曲面。
- (2) 正高的基準面：大地水準面。大地水準面是具有物理性質的等位面，會受到地球內部質量變化的影響。本質是一個具有高低起伏的不規則空間曲面。通常以平均海面 (Mean Sea Level, M.S.L) 作為大地水準面。平均海面是觀測 18.6 年或 34 年的潮汐位置，所得到的海水面平均值。

連過三榜 雙料金榜 眾多連續上榜，再創工科巔峰!

109年單一年度 締造眾多優秀上榜

地特三等機械工程【高雄市狀元】陳○榮 地特四等資訊處理【台北市狀元】曾○皓 地特四等電力工程【桃園市狀元】鄧○駿 普考電子工程【全國榜眼】洪○銓

地特三等資訊處理【澎湖縣探花】沙○豪 地特四等電子工程【高雄市狀元】蔡○謙 國營聯招中油電機【探花】張○瑞

二、地形測量時在測區內、外（以涵蓋測區為原則）尋覓已知平面坐標控制點及已知水準點作為地形測量之平面與高程控制點，試說明該如何進行檢測？（20 分）

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《破題關鍵》關鍵字：控制點。重點提要：控制點檢測。

【命中特區】

書名：測量學 上課教材

作者：賴明

章節出處：第六章 控制測量 之 第 3 節 基本控制測量 之 四、控制點檢測

【擬答】

根據「應用測量實施規則」第 14 條規定：「辦理應用測量檢測控制點時，其作業精度應以所使用控制點之同等精度以上規定辦理。前項作業方法，得以衛星定位測量、三角測量、三邊測量、精密導線測量、水準測量、重力測量或其他同等成果精度之測量方法為之。」據此精神，在引用控制點時，應先確定控制點的精度等級，再規劃檢測方法。

檢測方法可為：

(一) 衛星定位測量：以衛星定位測量檢測之控制點，謂之衛星控制點。應使用雙頻接收儀實施相對定位測量，其觀測程序、觀測時間、計算方法及誤差改正等，應依內政部對該精度等

級測量之相關規定為之。

(二)三角測量、三邊測量：以三角測量、三邊測量檢測之控制點，謂之三角點。以電子經緯儀、電子測距儀、全測站儀觀測三角點之間的角度、邊長。其觀測程序、觀測時間、計算方法及誤差改正等，應依內政部對該精度等級測量之相關規定為之。

(三)精密導線測量：以精密導線測量檢測之控制點，謂之精密導線點。在三角點之間佈設導線，實施精密導線測量。其導線點數、邊長、儀器精度、觀測程序、計算方法及誤差改正等，應依內政部對該精度等級測量之相關規定為之。

(四)水準測量：以水準測量檢測之控制點，謂之水準點。在三角點之間佈設水準路線，實施精密水準測量。其水準點數、邊長、儀器精度、觀測程序、計算方法及誤差改正等，應依內政部對該精度等級測量之相關規定為之。

由各檢測方法所得到的控制點坐標值，以及實測的角度、距離；與原控制點坐標值，以及計算的角度、距離，進行比對，坐標差值、角度差值、距離差值，均應符合規範要求。如各項差值超出規範規定，則應研判哪一個控制點不可靠，不予使用。

三、何謂細部測量？以現有全測站儀 (Total Station) 具測方向讀數、測距、資料儲存與運算之功能，試說明自由測站法和輻射法執行細部測量之原理並比較其差異性。(20 分)

【解題關鍵】

1.《考題難易》★★★★

2.《破題關鍵》關鍵字：自由測站法、輻射法。重點提要：細部測量、原理。

【命中特區】

書名：測量學 上課教材

作者：賴明

章節出處：第六章 控制測量 之 第 1 節 全測站儀坐標測量 之 四、自由測站法 與第一章 平面測量學基礎 之 第 4 節 測量基本計算與原理

【擬答】

(一)細部測量的意義

細部測量係以控制測量的成果為依據，將地球表面上的地貌、地物，運用各種測量方法，依比例尺測繪或記號表示與圖上的作業。細部測量又稱地形測量。

(二)自由測站法和輻射法執行細部測量之原理及其差異性之比較

1.自由測站法執行細部測量之原理

(1)意義：自由測站法是以一測站為一坐標系，謂之測站坐標系、局部坐標系。

不同的觀測站，具有不同的測站坐標系（局部坐標系），再以坐標轉換，將各局部坐標系轉換至相同的坐標系（全區坐標系、TWD97 坐標系）。

觀測時，可以以任意點為測站，任意方向為北方，觀測得到測站附近各點之坐標值。

自由測站法具有觀測方便，平差簡易，精度均勻之優點。

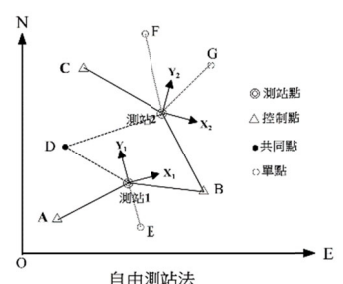
(2)點的定義

①測站點：整置儀器之點位。

②共同點：被二個以上的測站，所觀測之點位，謂之。為使全區有統一的坐標系，需要有部分的點位（共同點）被二個以上測站所觀測，以計算各測站的轉換關係式。如右圖的 D 點。

③控制點：具有全區坐標系之坐標的點位，謂之。如右圖的 A,B,C 點。

④單點：僅被單一測站所觀測，並非控制點，謂之。通常為地形或



地物要點。如圖的 E,F,G 點。

右圖中，有 2 個測站（測站 1、測站 2）、3 個控制點（A,B,C 點）、1 個共同點（D 點）、3 個單點（E,F,G 點）；有二個測站坐標系 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) ，經坐標轉換後，得全區坐標系 (E, N) 。

(3)坐標轉換：採用四參數轉換方式，進行坐標系的轉換。

假設：局部坐標系 (X, Y) ，全區坐標系 (E, N)

四參數轉換 或 *Helmert* 轉換：旋轉+尺度改變+平移

$$\text{轉換公式：} \begin{bmatrix} E \\ N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ -b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} \quad \text{或} \quad \begin{cases} E = aX + bY + c \\ N = -bX + aY + d \end{cases}$$

已知：3 個控制點的全區坐標系的坐標為 (E_A, N_A) 、 (E_B, N_B) 、 (E_C, N_C)

觀測值：A,B,C,D,E,F,G 點的局部坐標系的坐標

計算：D,E,F,G 點的全區坐標系的坐標 (E_D, N_D) 、 (E_E, N_E) 、 (E_F, N_F) 、 (E_G, N_G)

2. 輻射法執行細部測量之原理

以輻射導線法說明使用全測站儀執行細部測量之原理，如下：

輻射導線法結合輻射法與導線法，以輻射法計算各點坐標，以導線法進行平差改正或查核。

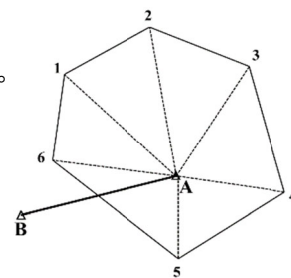
假設：

(1)平面坐標為 (E, N)

(2) A (E_A, N_A) 、B (E_B, N_B) 為二個已知點，在 A 點架設全測站儀。

(3)點 1、點 2、...、點 6 為未知的任意地面特徵點。

如圖，以點 1 (E_1, N_1) 為例，說明施測步驟與計算公式



(1)施測步驟

架設全測站儀於測站 A 點，進行定心、定平。

①輸入：儀器高 i 、瞄準高 t_1 、測站坐標 (E_A, N_A) 、後視 B 點坐標 (E_B, N_B)

②照準後視 B 點稜鏡。

③照準地面特徵點（點 1）稜鏡，按功能鍵，獲得：斜距 S_1 、水平角 θ_1 、天頂距 Z_1 。

④依次照準點 2、...、點 6 稜鏡，得：斜距 S_i 、水平角 θ_i 、天頂距 Z_i ， $i=2,3,\dots,6$ 。

⑤全測站儀移至特徵點，觀測導線各邊邊長、折角，在進行平差或查核。

(2)計算公式

①由 A、B 二點平面坐標，計算方位角 ϕ_{AB}

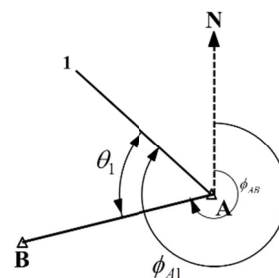
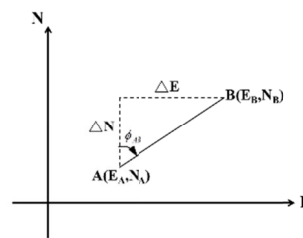
計算坐標差 $\Delta E = E_B - E_A$ 和 $\Delta N = N_B - N_A$ 。判斷象限位置。

取坐標差的絕對值，計算初步的方位角 θ_{AB}

$$\theta_{AB} = \tan^{-1} \frac{|E_B - E_A|}{|N_B - N_A|} = \tan^{-1} \frac{|\Delta E|}{|\Delta N|}$$

依據所在的象限，由下表計算方位角 ϕ_{AB}

象限	ΔE	ΔN	方位角 ϕ_{AB}
I	+	+	$\phi_{AB} = \theta_{AB}$
II	+	-	$\phi_{AB} = 180^\circ - \theta_{AB}$



III	-	-	$\phi_{AB} = 180^\circ + \theta_{AB}$
IV	-	+	$\phi_{AB} = 360^\circ - \theta_{AB}$

②計算 A、1 點方位角 ϕ_{A1} : 由圖 $\phi_{A1} = \phi_{AB} + \theta_1$

③計算 A、1 點平距 D_1 : $D_1 = S_1 \times \sin Z_1$

④計算點 1 平面坐標 $\begin{cases} E_1 = E_A + D_1 \times \sin \phi_{A1} \\ N_1 = N_A + D_1 \times \cos \phi_{A1} \end{cases}$

(3)平差方式：採用閉合導線平差。

3.自由測站法和輻射法執行細部測量之差異性比較

比較項目	自由測站法	輻射法
設站要求	可以在任意點設站	需在控制點上設站
定向要求	可以以任意方向為北方	須以另一個控制點定向
精度	整體座標轉換與平差，精度均勻	採用閉合導線平差，精度亦均勻
觀測速度	快，可同時觀測多個未知點	慢，需要一個一個點進行觀測
坐標轉換	需要	不需要



為你專屬設計的學習模式， 讓你靈活學習、輕鬆準備！

我們都在 **志光學儒保成** 成功找到工科人的工頂人生

多元學習模式



面授學習

直接，有效

- 實際面對面教學，現場解決您的疑惑。
- 優質專業名師，幫您統整、分析考試重點資訊。
- 定期的大小測驗，您可隨時檢視學習效果。



雲端函授

自主，彈性

- 不用煩惱通勤問題，課程教材直接送到家。
- 反覆聽課，不怕觀念聽不懂。
- 完全自由，可自主安排學習進度。



視訊學習

便利，專注

- 安靜舒適的上課環境，提高您的專注力。
- 看課時間能自由預約，無須擔心時間衝突。
- 可依需求暫停、倒轉或快轉，深度學習超簡單。



專業名師指導，提升解題順暢度！

本以為適合開端，但發現穩定的生活才是我想要的。老師的教材都有明確分析與統整，再加上會由老師出申論題讓考生做練習，增加寫題目的敏感及順暢度。考前還有總複習課程，精準預測範圍、統整考前重點。

全國探花 李○庭 109年鐵路員級機械工程



選對好老師，中年轉職好順利！

我這家公司裁員，覺得公職夠穩定，決定踏上國考之路。隔了20幾年重拾書本，選擇好的補習班讓我事半功倍。熱力學老師跟流體力學老師，我非常推崇，只要照著老師講的記下來、寫下來，這樣就夠了。

1年考取 古○芳 109年高考機械工程



題庫班老師的講解，對我幫助很大！

畢業後工作，累的要死薪水卻不怎麼樣。剛好朋友推薦鐵路特考，就挑戰看看。我覺得機械原理的題庫班對我幫助很大，跟著老師一起解，不懂的地方聽老師講解，覺得聽完很多疑問就會解開並且對我幫助很大。

優秀考取 謝○軒 109年鐵路員級機械工程

四、何謂施工放樣？若現今僅有經緯儀、測針及長度足夠之細線，欲挑選兩已知圖根控制點坐標，進行某點平面位置之施工放樣，請說明施工放樣所需之數據並說明該如何進行以確保放樣精度。(20分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★
2. 《破題關鍵》關鍵字：施工放樣、放樣方法。重點提要：前方交會法、側方交會法。

【命中特區】

書名：測量學 上課教材

作者：賴明

章節出處：第一章 平面測量學基礎 之 第 4 節 測量基本計算與原理

【擬答】

(一) 施工放樣的意義

以測量方法將施工圖（或設計圖）上，按比例尺縮小之結構體，定位於基地上或構造物上的過程，稱為施工放樣。

(二) 施工放樣的方法

僅有經緯儀、測針及長度足夠之細線，依據兩已知圖根控制點坐標，進行某點平面位置之施工放樣，擬採用前方交會法進行放樣，再以側方交會法進行檢核，以確保放樣精度。

1. 施工放樣所需之數據分析

已知圖根控制點 $A (E_A, N_A)$ 、 $B (E_B, N_B)$ ，待放樣點 $C (E_C, N_C)$

(1) 由 A、B 二點坐標，得 ϕ_{AB} 、 ϕ_{BA}

坐標差 $\Delta E = E_B - E_A$ 和 $\Delta N = N_B - N_A$ 。判斷象限位置。

取坐標差的絕對值，計算初步的方位角 θ_{AB}

$$\theta_{AB} = \tan^{-1} \frac{|E_B - E_A|}{|N_B - N_A|} = \tan^{-1} \frac{|\Delta E|}{|\Delta N|}$$

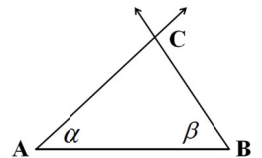
依據所在的象限，由下表計算方位角 ϕ_{AB} ， $\phi_{BA} = \phi_{AB} \pm 180^\circ$

象限	ΔE	ΔN	方位角 ϕ_{AB}
I	+	+	$\phi_{AB} = \theta_{AB}$
II	+	-	$\phi_{AB} = 180^\circ - \theta_{AB}$
III	-	-	$\phi_{AB} = 180^\circ + \theta_{AB}$
IV	-	+	$\phi_{AB} = 360^\circ - \theta_{AB}$

(2) 同理，由 A、C 二點坐標，得 ϕ_{AC} 、 $\phi_{CA} = \phi_{AC} \pm 180^\circ$

(3) 同理，由 B、C 二點坐標，得 ϕ_{BC} 、 $\phi_{CB} = \phi_{BC} \pm 180^\circ$

(4) 如圖 $\angle CAB = \alpha = \phi_{AB} - \phi_{AC}$ ， $\angle ABC = \beta = \phi_{BC} - \phi_{BA}$ ， $\angle BCA = \phi_{CA} - \phi_{CB}$



2. 施工放樣的步驟

(1) 經緯儀整置在 A 點，後視照準 B 點，度盤歸零。右旋 $360^\circ - \alpha$ ，得 AC 方向線，拉緊足夠長度的細線，細線兩端使用測針固定。

(2) 經緯儀移置在 B 點，後視照準 A 點，度盤歸零。右旋 β ，得 BC 方向線，拉緊足夠長度的細線，細線兩端使用測針固定。

(3) 兩條細線的交點，即為待放樣點 C 點。以測針標示位置。

3. 施工放樣的檢核：使用側方交會法的原理進行檢核。

(1) 經緯儀整置在 A 點，後視照準 C 點，度盤歸零。右旋 α ，得 AB 方向線，拉緊足夠長度的細線，細線兩端使用測針固定。

(2) 經緯儀移置在 C 點，後視照準 A 點，度盤歸零。右旋 $360^\circ - \angle BCA$ ，得 CB 方向線，拉緊足夠長度的細線，細線兩端使用測針固定。

(3) 兩條細線的交點，即為 B' 點，以測針標示位置。B' 點再與已知的圖根控制點 B 點，進行比對確認，是否重合？如果 B' 點與 B 點重合，表示放樣點位 C 點為正確。如果 B' 點

與 B 點不重合，則再量測 $\overline{BB'}$ 。如果 $\overline{BB'}$ 在規範規定的容許值之內，則放樣成果精度

尚可接受。如果 $\overline{BB'}$ 在規範規定的容許值之外，則放樣成果精度不能接受，應予重測。

五、試說明圖根導線控制測量計算成果之書面檢查標準。(20分)

【解題關鍵】

- 1.《考題難易》★★
- 2.《破題關鍵》關鍵字：圖根導線控制測量。重點提要：計算成果之書面檢查標準。

【擬答】

依據內政部國土測繪中心於民國 108 年 10 月公布「地籍圖重測成果檢查作業須知」之檢查標準：

(一)採衛星定位接收儀辦理：

- 1.經各項必要之系統誤差改正後之已知點間基線長與坐標反算距離之較差比值，應小於 $1/20,000$ 。
- 2.基線反算所得方位角與相應坐標反算所得角度值之較差應小於 20 秒。

(二)採電子測距經緯儀辦理：

- 1.水平角觀測值與平均值之較差不得超過 5 秒，距離觀測每次較差應在 $(5\text{ mm} + 5\text{ ppm})$ 以內。
- 2.經各項必要之系統誤差改正後之距離觀測值與坐標反算距離之較差比值，應小於 $1/20,000$ 。
- 3.每一角度觀測平均值與坐標反算之角度值之較差應小於 20 秒。

志光學儒保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力 準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就能多次上榜！

上榜路徑大公開！一年內超過8次上榜機會！

初等考 1月 ● 最容易上手的公職考試	關務特考 4月 ● 考科少於同職等考試	鐵路特考 6月 (110年因疫情延至9月) ● 佐級錄取率最高	高普考 7月 (110年因疫情延至10月) ● 主流考試，缺額眾多	調查局特考 8月 (110年因疫情延至10月) ● 三等月薪76,000起
地方特考 12月 ● 考科同高普考	自來水評價人員 不定期舉辦 ● 只考選擇題	台電考試 不定期舉辦 ● 考科少、好準備	中油僱員 不定期舉辦 ● 只考2科，多為選擇題	國營事業職員級 不定期舉辦 ● 國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少

錄取率高 109年 工科錄取率 最高達 19.42%

電力工程 高考 19.42% 普考 17.33%	電子工程 高考 9.04% 普考 9.39%	機械工程 高考 18.27% 普考 13.70%	資訊工程 高考 12.92% 普考 10.47%
---------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------