

106 年專門職業及技術人員高等考試工程測量參考解答

一、試述工程測量按工程建設的先後順序可分為那幾個階段的測量工作？又其內容分別為何？(25 分)

• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

本題需要說明工程建設中各階段的測量工作項目，並且詳細說明各測量作業的內容。

參考解答

(一)工程規劃設計階段

(1)**控制測量**：建立統一之測量基準及基本控制點，以作為測繪基礎之測量，並精密測算點位坐標、高程或其他相關資料，提供測繪作業之依據。必要時得進行加密控制測量，是以基本控制測量為依據所為之次級控制測量，並以區域性控制測量需求為目的。

(2)**地形測量**：測定地球表面之起伏形狀（地貌）及人為與天然地物，而繪製成之地形圖。於地面平坦處施測大比例尺地形圖時應用面積水準測量可得精確之成果，運動場、工廠、飛機場等建築工程之基地測量常應用之。內容包含利用經緯儀測平面位置(N,E)座標，及利用經緯儀或水準儀測量高程位置。再利用地面上相同高程的點，將其連線可得等高線圖。

(二)施工階段

(1)放樣各點位之平面位置及高程位置，包含建築物、構造物的各點位，及每道施工工序完成後，都必須通過測量檢查各部位的實際位置及高程是否與設計要求相符合（例如鋼構假組立及實際組立後之高程）。

(2)施工中監測測量，包含地表位移及沉陷、中間柱沉陷、結構物傾斜位移觀測等。

(三)竣工後運營管理階段

(1)**驗收測量**：確認工程完工之位置符合原先設計規劃，例如道路中心樁、橋梁基礎、帽梁、護欄平面位置及高程驗收等。

(2)**變形觀測與維修養護等測量**：相關建築結構物完工後，為確認設計條件無虞，所進行之監測測量。

※本題請參考“實力測量學題型班教材【1.1.3 題】”在 99 年土木技師試題中，以土木工程生命週期的觀點說明各個項目裡測量所扮演的角色與作業內容。

二、試述工程控制網有那幾種控制網？各控制網主要目的為何？(25 分)

• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

本題需要說明工程控制網的種類以及各控制網的主要目的。其中工程控制網一般是分為平面控制網與高程控制網兩種，但有的是將同時具有平面坐標與高程的控制點再視為一種，因此在參考題解中特別說明之。

參考解答

進行大區域測量工作時，必須先在測區週圍與測區內佈設控制網，精確測定其平面坐標或高程，以作為後續細部測量或測設之依據。此工程控制網可分為平面控制網與高程控制網。有時將平面控制點與高程控點設置在同一點，該點同時具有精確的平面坐標與高程，但此類控制點之高程與平面坐標之作業方式仍可分別歸類為高程控制測量與平面控制測量。

(一)平面控制網

平面控制網是佈設平面控制點，精確測定其平面坐標，以作為後續細部測量或測設之依據。藉由平面控制網可以建立整個測區高精度且統一的平面坐標系統。平面控制網之平面控制點是各項測量作業之基礎，例如可以在平面控制點整置儀器，以測繪平面圖或測設點位。利用密度且均勻分布之平面控制點可以控制全測區之測量精度；而在平面控制點較為不足的區域，則可能測量之精度較差。工程控制網與全國控制網比較，區域是較小，但工程控制網是必須針對區域性工程之需要，因此平面控制點間之距離不宜太遠，因此其平面控制點之密度較大，最好緊鄰測量或測設之點位，才能符合後續工程測量之需求。傳統上平面控制網可以分為三角三邊網與導線網。

(1)**三角三邊網**：連絡地面上諸點，組合成許多連續的三角形，有成網狀者，亦有成鎖狀者。觀測各三角形之內角，另由一已知邊推算其他各邊之長度，再用一已知邊之方位角推算其他各邊之方位角，並以一已知點之座標，來推求其他三角形各點之座標，遂得以決定各點之平面位置，以作為測量控制之依據，此項測量稱為三角測量 (Triangulation)。該用於推算各邊邊長之已知邊稱為基線 (Base line)；其各測站點稱三角點 (Triangulation station)。三角測量亦為控制測量之一種。若是同時觀測水平角與水平距離，則是三角三邊測量。

(2)**導線網**：導線測量為平面控制測量之一種，應用於帶狀之狹長地區，或街市、森林、平坦、蔭蔽等展望不良，不便實施三角測量之地區，以作為地形測量、地籍測量、路線測量、工程測量及攝影測量等之控制，或應於地下，

作為隧道測量或礦坑測量之控制。故導線點又稱圖根點或控制點。

(二)高程控制網

高程控制網是佈設高程控制點，精確測定其高程，以作為後續高程測量或測設之依據。藉由高程控制網可以建立整個測區高精度且統一的高程系統。高程控制網之高程控制點是各項測量作業之基礎，例如可以利用高程控制點引測其他之高程，或進行高程測設。利用密度且均勻分布之高程控制點可以控制全測區之測量精度；而在高程控制點較為不足的區域，往往需要使用較遠的高程控制點，且可使用之高程控制點數量較少，因此可能高程測量之精度較差。工程控制網與全國控制網比較，區域是較小，但工程控制網是必須針對區域性工程之需要，因此高程控制點間之距離不宜太遠，其高程控制點之密度較大，最好緊鄰測量或測設之點位，才能符合後續工程測量之需求。

國家精密高程控制系統之建立，有助於地層下陷之監測、地下水位之監控、河川整治、隧道開挖、捷運系統、高速公路、高速鐵路、防洪系統、橋樑、水庫興建維護等經建工程之建設。國家高程控制系統之建立，一般以精密水準測量方式實施，其結果為正高。臺灣水準點之高程採用正高系統；同時高程基準係定義在 1990 年 1 月 1 日標準大氣環境下，採用基隆潮位站 1957 年至 1991 年之潮汐資料化算而得，命名為 2001 臺灣高程基準 (TaiWan Vertical Datum 2001，簡稱 TWVD2001)。

(三)衛星定位測量

目前可以採用衛星定位測量進行控制測量，得到控制點之三維坐標，但仍需要再進行基準轉換，以得到控制點之平面坐標與高程。

透過全國各地所建置之衛星定位基準站每天 24 小時每 1 秒鐘連續接收 GPS 衛星資料，即時傳回位於臺中市黎明辦公區的控制及計算中心，進行資料自動化處理後，目前在臺、澎、金、馬任何地點只要可以 GPS 衛星接收儀同時接收 5 顆以上 GPS 衛星訊號，都可以全天候經由整合封包無線電服務技術 (GPRS) 或其他無線上網方式，在極短的時間內，依使用者需求，獲得公分級精度等級的即時動態定位服務。

「全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統」不僅是國內第一套完整涵蓋全國範圍且可達公分級精度的即時性動態衛星定位系統，另其基於空間位置資訊 (Location Based) 之多功能、多目標使用的特性，除可直接作為訂定國家測量基準、長期維護國家坐標系統等測繪事務使用外，亦可輔助進行地震測報、地殼變動及其他地球科學之研究與應用及輔助相關公務部門加速建置完成各類國家級基礎資料庫，提升國家競爭力。

本系統多功能、多目標之即時動態定位特性，將廣泛地被應用於社會民生、救災防護、導航監控及各類科學研究等領域，如警政、消防及救災應用，勤務派遣、災區監控與事故管理功能；管線規劃、施工管理、樁位測定與放樣；對於失聯老人、兒童及某

些弱勢族群協尋；甚至在其他交通、水利、農林、經建、國防、環保、海巡等之空間資訊輔助決策與動態監測等加值應用。

※本題請參考“實力測量學精修班教材【7.16 節控制測量】”

三、試述道路工程放樣按曲線的连接形式不同，可分為那幾種曲線？又曲線測設的方法有那些？(25 分)

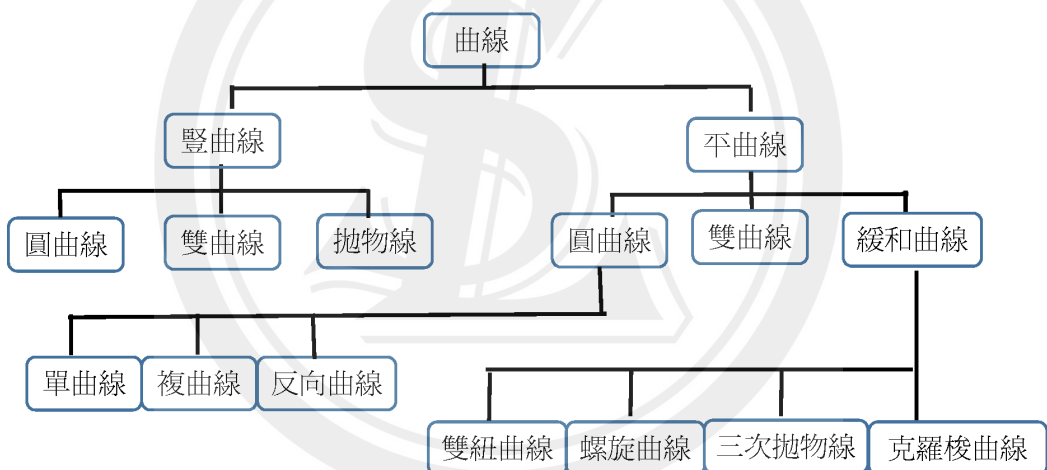
• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

本題需要說明道路曲線之種類，並且說明測設曲線之方法。

參考解答

(一)依曲線连接形式不同，可分為



(二)單曲線測設

(1)偏角法：

1. 弧長 = 該點樁號 - 前一點樁號

$$\text{偏角 } \delta = \frac{90^\circ \cdot \text{弧長}}{\pi \cdot R}$$

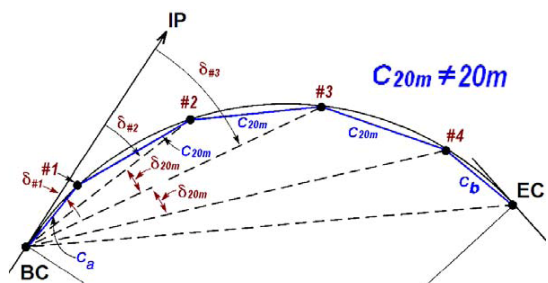
$$\text{弦長} = 2 \cdot R \cdot \sin \delta$$

總偏角 = 累積至該點之各偏角

2. 測設操作：

(a) 經緯儀整置於 BC，照準 IP，歸零。

(b) 順鐘向轉動經緯儀，直到讀數成爲 #1 總偏角之值，沿此方向拉相應弦長定出 #1。



- (c)順鐘向轉動經緯儀，直到讀數成爲#2 總偏角之值，以#1 爲圓心，相應弦長爲半徑，交此方向線處，定出#2。
 - (d)順鐘向轉動經緯儀，直到讀數成爲#3 總偏角之值，以#2 爲圓心，相應弦長爲半徑，交此方向線處，定出#3。
 - (e)依此類推，直至曲線終點 EC。並檢核與先前已測設 MC、EC 之位置是否相符。
- 3.偏角法之特點爲從一點控制方向，由另一點控制距離。也就是「截距法」。雖然會有兩個交點，但在曲線測設時極易分辨。
- 4.若遇左轉之單曲線，則需將水平度盤方向設置爲逆鐘向增加(HL)。

(2)切線支距法

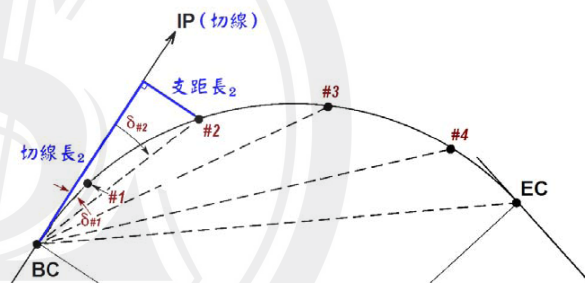
- 1.支距乃指兩段互相垂直之距離。而切線支距法就是以兩段互相垂直之距離來測設，測設時之基準線爲 BC 往 IP 之方向(切線)，而支距則爲垂直此切線之方向。
- 2.切線支距法之計算，固定以 BC 爲計算基準點(偏角法係以前一點，此處以「總弧長」、「總偏角」、「總弦長」來與偏角法區隔)，並據以算出各點之切線長、支距長。
- 3.總弧長=該點樁號 - BC 樁號

$$\text{總偏角} = \frac{90^\circ \cdot \text{弧長}}{\pi \cdot R}$$

$$\text{總弦長} = 2 \cdot R \cdot \sin(\text{總偏角})$$

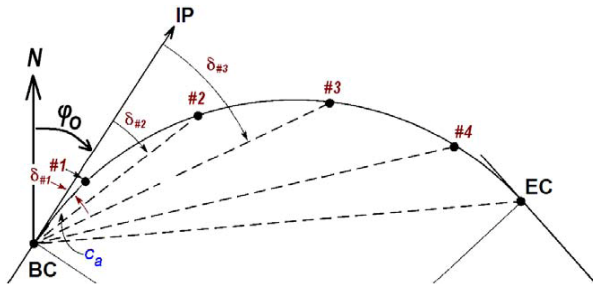
$$\text{切線長} = \text{總弦長} \cdot \cos(\text{總偏角})$$

$$\text{支距長} = \text{總弦長} \cdot \sin(\text{總偏角})$$



(3)坐標法

- 1.數值測量之年代，單曲線放樣採用坐標法並搭配全站儀來測設最有效率，步驟如下：
 - (a)完成各樁坐標計算(以接續切線支距法之成果較爲方便)
 - 總弦長 = $2 \cdot R \cdot \sin(\text{總偏角})$
 - 由 BC 往此樁之方位角 $\varphi = \varphi_0 \pm \text{總偏角}$ (右轉+，左轉-)
 - 橫座標 $(E) = E_{BC} + \text{總弦長} \cdot \sin \varphi$
 - 縱座標 $(N) = N_{BC} + \text{總弦長} \cdot \cos \varphi$
 - (b)將各點之點名、坐標建檔，並上傳至全站儀。
 - (c)外業時整置全站儀後(可採 known、2P、3P 等各種方式)，選擇「放樣」功能，輸入欲放樣點名，儀器將顯示測設該點需轉動之方向與距離，依其提示操作即可。



107 年技師高考【精修班】
台北班 1/2(一)18:30 材力
台中班 12/17(日)18:00 結構
高雄班 12/16(六)18:00 土力
其他課程陸續開課
~歡迎免費試聽~

※本題請參考“實力測量學精修班教材摘要作答”其中
曲線之種類可以參考【第 13.2 節路線線形分類】
單曲線測設可以參考【第 13.7 至 13.12 節】
克羅梭曲線可以參考第【13.20 節】
豎曲線可以參考【第 13.21 節】

四、試述道路橫斷面測量的主要任務為何？又請說明橫斷面圖的用途為何？另橫斷面測量的寬度如何決定？(25 分)

• 106 年土木技師試題 •

問題剖析

本題需要分別說明道路橫斷面測量的主要任務、橫斷面圖的用途及決定橫斷面測量寬度的因素。

參考解答

(一)橫斷面水準測量 (cross section leveling)：係垂直路線工程中心線的左右兩側進行的測量。其施測範圍，須按路線工程預定用地標準，自中心樁起左右各測至用地界線外約 5~20 公尺，如兩側為峭壁或深溝，可略為減少；但若必須建設其他設施，須酌增其範圍。施測前先於欲測橫斷面之中心樁上，以直角儀器定出垂直於中心線之方向，安置水準儀於附近，後視立於中心樁之水準尺，得儀器高(已由縱斷面水準測量求得中心樁之高程)，然後以捲尺沿定出之方向，自中心樁向左右選定地形變化之點量得至中心樁之距離，同時立以水準尺，測得讀數，以儀器高減之，即得各點之高程，據此以繪製橫斷面圖。

(二)橫斷面圖用途：

(1)一般採用 1:100 或 1:200 的比例尺，根據橫斷面測量得到的各點間的平距和高差，在毫米方格紙上繪出各中樁的橫斷面圖。現地測量之橫斷面圖畫好後，將路線設

計後之橫斷面，套繪在現地測量圖上，可明顯看出路堤和半填半挖的路基設計線。根據橫斷面的填、挖面積及相鄰中心樁的樁號，可以算出施工的土、石方量。

(2)利用橫斷面圖，可以進行路基橫斷面放樣，就是在地面上標定出路基的位置和輪廓，設置坡度樁及邊坡樁，使路堤和路塹按規定的尺寸進行施工。而橫斷面設計圖，裡面包含路基填挖高度表（或縱斷面圖）、路基寬度、邊坡坡度、排水溝設計尺寸等資料，就是路基放樣的依據。

(三)決定橫斷面測量寬度，即橫斷面上需測量之點位，主要考慮下列因素：

- (1)都市計畫道路用地線；
- (2)地形變化點（高程變化處）；
- (3)道路設計線（路權線）；
- (4)結構物位置（側溝、建物）；
- (5)其他特別指定點。

※本題請參考“實力測量學精修班教材【3.20 節橫斷面測量】”

“實力士技金榜勇奪第一 105 年全國前十名實力強佔八名”

【土木粉絲專頁宣言】

實力土木為提供更專業的服務，針對四大類科《結構分析》、《結構設計》、《大地工程》、《管理施工》建立專業資訊的交流平台！
有興趣探討土木建築專業的朋友們，不論是準備考試、學校課業、學術研討或工程實務等相關議題，歡迎共同提出並參與討論哦～
藉此可以厚植個人的專業實力，
希望各位朋友們一起來分享！

【土木專業入門先修班】

學習土木專業科目之前必備的基礎力學、基礎數學、微積分、工程數學，讓你能先打好基礎以銜接明年初的專業課程
欲參加者，請至櫃檯報名繳費
並上實力粉絲專頁填寫表單
表單連結網址：goo.gl/vcoh3D
《滿額即開班》

“106 年土木技師” 考題完全剖析

於 106/11/25(六)13:00

實力學員可免費參加

另開放 10 個名額給非學員

欲參加者請至【台北實力土木】粉絲團

線上報名填單，名額有限，額滿為止