

# 106 年專技高考土木技師考試試題

類科：土木技師

科目：工程測量(包括平面測量與施工測量)

## 甲、申論題部分

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)

### 【問題解析】

106 年工程測量的考題是實務型考題，相當具有整合性，需要有整合所有測量方法的思考邏輯。由第二題、第三題、第四題的題目研判，本年度的考試重點在道路工程；因此，本題適宜以道路工程為例，說明在規劃階段、設計階段、施工階段、完工驗收階段、維護管理階段之工程測量的內容，如此方能展示：由大格局到基本技術的廣泛運用方式。

### 【擬答】

工程測量按工程建設的先後順序可分為：規劃階段、設計階段、施工階段、維護管理階段等階段的測量工作。為具體說明各階段的工程測量內容，茲以道路工程為說明對象。

#### (一) 規劃階段

針對可行的路線方案，使用簡略的測量儀器設備，到實地進行概略的勘查，以決定有無進行初測的價值。測量概略長度，並瞭解工程設計上的重要問題；記錄會嚴重影響工程建設成本的因素，概估可行方案的工程經費，以作為路線評估之依據。

#### (二) 設計階段

設計階段的測量主要是提供地形資料和配合地質資料進行測量。取得地形資料的方法有人工測繪和航空攝影測量兩大類。人工測繪是根據「由整體到局部」的原則，先在工區內，引測全國性控制網的控制點，建立平面控制網和高程控制網，再依據控制點對地形特徵點進行逐點測繪，主要用於小範圍的大比例尺成圖。

航空攝影測量是對地面進行空中攝影，取得像片資訊，再據以測繪地形圖。其應用範圍日益廣泛。由於測量儀器和電腦輔助系統的發展，可應用全測站儀或光達，迅速地取得地形特徵點的三維坐標，將其輸入製圖系統自動化繪圖，或輸入電腦建構數值地形模型(DTM)。

基於踏勘的結果，選擇較為可行的路線方案(二條以上，包含最適方案)，再對可行的路線，施以較精細的測量，以選定最適路線。建立沿線的平面控制點與高程控制點。繪製可行的路線平面圖(含等高線)，地圖比例尺為 1/1000 或 1/2000，以先行紙上定線。進行縱橫斷面測量，繪出縱、橫斷面圖，以利定線及工程估價。

依據核定的路線，將路線測設於實地上。測量目的：確定公路中心線的位置，測量有關道路設施(例如橋梁、箱涵、隧道)的設計、建造所需資料。主要工作包含：

1. 確定公路中心線並立樁，確定排水設施的位置。
2. 測定中心線的高度、路線的橫斷面、產權線。

3.測量相交道路、調查地質、找尋取土坑、棄土場和採石場。

(三)施工階段

主要任務是按照設計要求，在實地準確地標定出建築物各部分的平面和高程位置，作為施工和安裝的依據。一般先建立施工控制網，根據現場情況，分別採用導線測量(輻射法)、交會法對各個細部的平面位置進行放樣，再使用水準測量測設高程。

在施工階段，於實地標示出道路測線、坡度以及各種參考點的測設，提供施工作業的指導，例如：結構體位置的標示、邊坡樁與坡度樁的測設等。

(四)維護管理階段

對於重要的道路工程設施，例如橋梁橋墩、隧道、道路鋪面，則進行周期性的安全監測，再定期實施變形測量與維修養護等測量工作。它的基本內容是觀測垂直位移和水平位移，並對觀測的成果進行整理和分析。

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)

【問題解析】

工程測量首重工程範圍內，基準點的佈設，而工區基準點是由全國性控制網引測而得。因此，首先需要對於全國性控制網有深入的瞭解；其次，如工程範圍廣大時，在工區內，應再行佈設控置網，因而需要對於工區內控制網有進一步的探討。

【擬答】

工程控制網，分為全國性控制網與工區內控制網，分述如后：

(一)全國性控制網

包含：衛星控制網、三角網、水準網、精密導線網。

1. 衛星控制網：

由衛星控制點所組成，包含：一等衛星控制點 219 點、二等衛星控制點 569 點及三等衛星控制點 2102 點。衛星控制網提供全國大地測量三維坐標之基準值，衛星控制網之目的，係作為平面測量的基準點。衛星控制網係由內政部 18 個衛星定位追蹤站，長期連續接收衛星訊號，由該測站之高精度點位(或絕對位置)，配合其他衛星定位追蹤站所接收之衛星訊號，求解 GPS 系統(或 GNSS 系統)之衛星軌道等資料，以作為其他衛星控制點測算之依據。

2. 三角網

由三角點所組成，包含：一等、二等、三等三角點。三角點通常位於山頂或地形要點之處。三角網之目的，係作為平面測量的基準點。三角網係使用三角三邊測量法，採用精密的測量儀器，經由嚴謹的觀測，與嚴密的水準網平差而得，通常精度甚高。惟，臺灣地區地震頻傳，地殼變動頻繁，三角網的坐標值亟需定期維護更新。

### 3. 水準網

由水準點所組成。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 個一等一級水準點、1055 個一等二級水準點)，分佈於 4253 公里之水準路線上。並同時進行 GPS 衛星定位測量與重力測量，建立新的臺灣高程基準 TWVD2001 系統(Taiwan Vertical Datum TWVD2001)。水準網之目的，係作為平面測量的高程基準。

### 4. 精密導線網

由導線點所組成。係按國家大地網的精度要求而實施的導線測量，稱為精密導線測量，其導線應閉合成環，或布設在三角網之間，以增加檢核條件。導線上，每隔一定距離，測定天文經緯度和方位角，以控制方位誤差。

- (1) 一等導線：亦稱精密導線，取代不易施測之三角測量，須附合於一等三角點間，閉合差應小於 1/100,000。
- (2) 二等導線：須附合於二等三角點之間，閉合差應小於 1/20,000。
- (3) 三等導線：須附合於三等三角點之間，閉合差應小於 1/10,000。
- (4) 四等導線：須附合於三等三角點之間，閉合差應小於 1/5,000。
- (5) 普通導線：須閉合於已知點之間，閉合差在 1/5,000~1/1,000。

一、二、三等導線稱精密導線測量，可為大區域之平面控制點。四等及普通測量為小地區之控制測量，供局部細部測量使用。

#### (二) 工區內控制網

包含：平面控制網與高程控制網。理論上，應先由全國性控制網的控制點引測至工區。

##### 1. 平面控制網

在工區地面上，依一定條件，選定一系列點連成折線(導線)，在點上設置測站(導線點)。然後採用測邊(兩點間距離)、測角(相鄰邊間的夾角)方式，從一起始控制點坐標和方位角出發，依次推算各導線點的水平位置。導線測量測得各導線點，亦即，平面控制點的平面坐標，提供局部細部測量所使用。

##### 2. 高程控制網

在工區地面，選定一系列點連成折線(水準路線)，在點上設置測站(水準點)。再觀測兩點間的高程差，從一起始控制點出發，依次推算各水準點的高程。高程測量測得各水準點，亦即，高程控制點的高程，提供局部細部高程測量所使用。

三、試述道路工程放樣按曲線的連接形式不同，可分為那幾種曲線？

又曲線測段的方法有那些？(25 分)

**【問題解析】**

道路工程的線形，按曲線的連接形式之不同，可分為平曲線與豎曲線。平曲線包含：單曲線、複曲線、反向曲線、緩和曲線。豎曲線包含：凸型豎曲線與凹型豎曲線，通常是拋物線。

**【擬答】**

(一)道路工程曲線種類

道路工程按曲線的連接形式之不同，分為平曲線與豎曲線。平曲線包含：單曲線、複曲線、反向曲線、緩和曲線。豎曲線包含：凸型豎曲線與凹型豎曲線。

1. 平曲線

平曲線是道路的平面線形，包含：單曲線、複曲線、反向曲線、緩和曲線。

- (1)單曲線：為單純之圓弧曲線
- (2)複曲線：由兩個以上同向且不同半徑之單曲線連接而成之曲線。
- (3)反向曲線：由兩個以上反向之單曲線連接而成之曲線。
- (4)緩和曲線：為直線與曲線之間或不同半徑的曲線之間，所使用的線段，用以緩和超高漸變、曲線車道加寬、離心力漸變等項。

2. 豎曲線

豎曲線是沿公路中心線的縱坡度有正、負變化之處，所加設之立面曲線，為豎曲線。

- (1)凸型豎曲線：豎曲線的縱坡度，先正後負值變化。
- (2)凹型豎曲線：豎曲線的縱坡度，先負後正值變化。

(二)曲線的測設方法

1. 單曲線主點的測設方法

單曲線之起點(B.C.)、中點(M.C.)、終點(E.C.)，稱為主點，測設程序：

- (1)在單曲線交點 V 點(I.P.點)整置經緯儀。
- (2)依據已知之交角  $\Delta$  及半徑 R，即由公式計算切線長(T)及曲線長(L)、矢距(E)。

$$\text{切線長 } T = R \times \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{曲線長 } L = R \times \Delta = R \times \Delta^{\circ} \times \frac{\pi}{180^{\circ}}$$

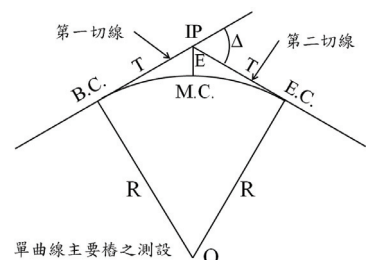
$$\text{外距(或矢距) } E = R \times (\sec \frac{\Delta}{2} - 1)$$

計算 B.C, M.C, E.C.等點之樁號：

單曲線起點樁號=交點樁號-切線長

單曲線中點樁號=起點樁號+曲線長之半

單曲線終點樁號=起點樁號+曲線長



- (3) 經緯儀整置於交點 I.P. 點，望遠鏡照準第一切線方向，自 I.P. 點起沿第一切線方向量出切線長 T，設置起點(B.C.) 樁。
- (4) 經緯儀仍置於交點 I.P. 點，望遠鏡照準第二切線方向，自 I.P. 點起沿第二切線方向量出切線長 T，設置終點(E.C.) 樁。
- (5) 經緯儀水平度盤歸零，後視第一切線方向；平轉望遠鏡  $(180^\circ - \Delta)/2$ ，指向曲線圓心方向，沿此方向量出矢距 E，設置中點(M.C.) 樁。

## 2. 單曲線中間樁之測設方法

曲線上每遇里程為整弦 C 的倍數時，都需釘下樁位，此種樁位稱為中間樁，亦稱副點。單曲線中間樁測設方法有：偏角法、切線支距法、長弦支距法、弦線偏距法、中距法、座標法與弦導線法等。以下以偏角法說明單曲線中間樁之

### 測設方法：

偏角：圓曲線上任一點至切點之弦與切線所夾之角或二弦線相交而成之圓周角總偏角：於曲線起點(B.C.) 計算至各中間樁，所形成之偏角。依幾何原理：偏角為圓心角之一半(對應相等的弧長)。如圖，

$$d_1 = \frac{D_1}{2} \quad d_2 = \frac{D_1 + D}{2} \quad d_3 = \frac{D_1 + D + D}{2}$$

$$d_{E.C.} = \frac{D_1 + D + \dots + D_2}{2} = \frac{\Delta}{2}$$

計算時，由弧長計算圓心角，得各中間樁偏角值。

$$D_1 = \frac{\overline{A1}}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi} \quad D = \frac{\overline{12}}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi} \dots\dots\dots$$

$$D_2 = \frac{\overline{4B}}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi}$$

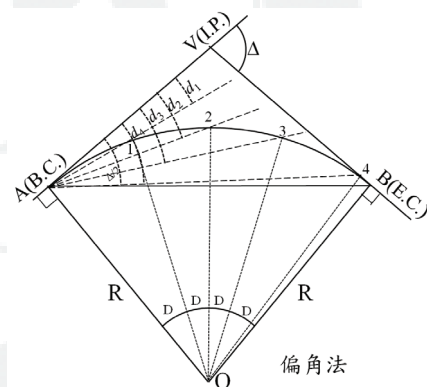
曲線中， $\overline{12} = \overline{23} = \overline{34} = C$  (整弦)， $\overline{A1} = C_1$  (第一分弦)， $\overline{4B} = C_2$  (第二分弦)，

則  $D = \frac{C}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi} \rightarrow$  整弦所對之圓心角  $D_1 = \frac{C_1}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi} \rightarrow$  第一分弦所對之圓心角

$D_2 = \frac{C_2}{R} \times \frac{180^\circ}{\pi} \rightarrow$  第二分弦所對之圓心角

### 偏角法測設步驟：

- (1) 如圖，就已知之 B.C 與 E.C 樁號與曲線半徑 R 等各有關數值，依據各分弦及整弦長度 C，以公式計算各中間樁之總偏角，當算至 E.C. 點之總偏角時，應查核其是否等於  $\frac{1}{2}\Delta$ 。



- (2) 整置經緯儀於 B.C.，度盤對零，後視 I.P.。望遠鏡所指之方向，即為 B.C. 點之切線方向。
- (3) 使度盤對準第一分弦(第 1 樁號點)之偏角。並自 B.C. 點，沿視線，用測尺量出等於第一分弦長度之距離(若 B.C. 恰為整樁時，則為整弦或短弦)，釘下木樁與樁頂小鐵釘。
- (4) 使度盤度數對準第 2 中心樁之總偏角，將測尺零點對準第 1 號木樁小鐵釘，另一人手執測尺上第 20 公尺分劃，依經緯儀觀測者之指揮，將測針插於望眼鏡視線上，將測尺拉平拉緊，在尺上 20 公尺之分劃處釘下第二木樁，並於樁頂釘小鐵釘。
- (5) 依此方法，依次測釘其他中心樁。當測至曲線上末一樁號後，將經緯儀遊標對準 E.C. 點之總偏角，再確認與事先測定之 E.C. 樁是否相吻合。

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)

### 【擬答】

橫斷面測量係垂直於路線中心線兩側，測定各坡度變換點的高程，及其與中心樁的距離。

(一) 道路橫斷面測量的主要任務

1. 測定道路路線中心樁的左右兩側，各坡度變換點的高程，及其與中心樁的距離。
2. 繪製橫斷面圖，提供後續使用。

水準儀整置於 10K+080 測站，高程為 102.80m，依序觀測左側水平距離之 4.50m、8.60m、10.90m、15.30m 等樁上水準尺，以及右側水平距離之 3.20m、6.50m、10.50m、15.70m 等樁上之水準尺，得觀測值：水準尺讀數。視準軸高-水準尺讀數=各點高程。得斷面水準測量紀錄表，如下表所示。再以梯形法，計算挖方或填方面積，再彙整為該測站之橫斷面積。

橫斷面水準測量紀錄表

					高程					
					視準軸高					
					測站					
高程 <sup>1</sup>	102.50	102.40	102.80	102.50	102.80	102.30	101.50	102.80	102.70	
讀數 <sup>2</sup>	1.80	1.90	1.50	1.80	104.30	2.00	2.80	1.50	1.60	
平距 <sup>3</sup>	15.30	10.90	8.60	4.50	10K+080	3.20	6.50	10.50	15.70	

註：1：橫斷面高程。2：水準尺上讀數。3：水平距離。

(二) 橫斷面圖的用途

1. 設計路面型式：型式分為柔性路面(瀝青混凝土路面)、剛性路面(水泥混凝土路面)。
2. 邊坡工程設計：進行邊坡穩定分析與邊坡工程設計。
3. 用地範圍之界定：確認道路產權線的圖上位置。

#### 4. 土方計算：

假設：第 1, 2, 3, ..., n 個中心樁橫斷面之面積分別為  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ ，  
間距均為整弦  $L$ 。

則土方體積  $V$

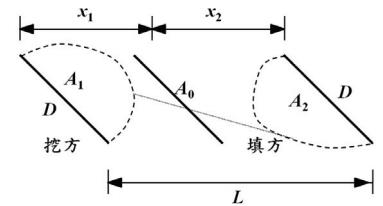
(1) 平均端面積法：如  $A_1, A_2$  均為挖方或均為  
填方。取二個面積為一計算單元。

由  $A_1, A_2$  計算之體積  $V_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$  如  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$

均為挖方或均為填方

由  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  計算之體積

$$V = \frac{L}{2} [A_1 + 2(A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1}) + A_n]$$



(2) 如  $A_1$  為挖方面積， $A_2$  為填方面積， $A_0$  為挖填交界處  $A_0 = 0$ 。

如  $D$  為道路寬度， $h_1, h_2$  為平均挖方、填方高度

$x_1$ ： $A_1$  與  $A_0$  的距離。 $x_2$ ： $A_2$  與  $A_0$  的距離。

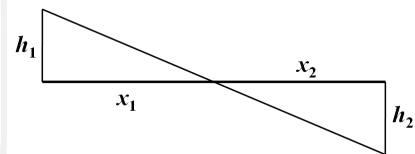
$$h_1 = \frac{A_1}{D} \quad h_2 = \frac{A_2}{D}$$

$$\begin{cases} \frac{x_1}{h_1} = \frac{x_2}{h_2} \\ x_1 + x_2 = L \end{cases} \Rightarrow x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} L \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} L$$

$$x_1 = \frac{A_1}{A_1 + A_2} L \quad x_2 = \frac{A_2}{A_1 + A_2} L$$

挖方體積  $V_1 = \frac{1}{2} A_1 x_1$  填方體積  $V_2 = \frac{1}{2} A_2 x_2$

$$\text{挖填方體積合計 } V = \frac{1}{2} (V_1 + V_2) = \frac{1}{2} (A_1 x_1 + A_2 x_2) = \frac{A_1^2 + A_2^2}{2(A_1 + A_2)} L$$



(三) 橫斷面測量寬度的決定方式

1. 基於道路寬度：道路寬度(多車道寬度+中央分界帶寬度+內外側路肩寬度+邊坡寬度)再加 5~20 公尺。
2. 基於道路產權(Right of Way, R.O.W.)：道路產權線的範圍。
3. 基於工程特殊需求：例如：為預留未來擴建之所需，因而事先進行測量作業。

# 祝金榜題名