

111 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：三等考試
類 科：測量製圖
科 目：航空測量學

程翔老師

一、請回答下列各題，計算題需列出計算程序：(每小題 6 分，共 60 分)

- (一) 有一顆飛行高度為 600 km 之遙測衛星垂直掃描地表，若其觀測角之偏差為 $10''$ ，則造成地面點位的偏差為若干？
- (二) 一部空照相機之像幅為 100 mm x 57 mm，焦距為 92 mm，若就像幅之長邊與短邊分別進行 60% 重疊之垂直攝影，則其基線航高比 (Base to Height Ratio) 各為若干？
- (三) 一部焦距為 100 mm 的空照相機於高程為 1,000 m 處，以垂直地平面方式攝影，若地表上兩點的高程分別為 10 m 及 100 m，則該兩點之像比例尺分別為若干？
- (四) 一部空照相機於高程 1,000 m 處以垂直地平面進行攝影，若在影像上距像底點 (與像主點重合) 30 mm 處有一高程為 60 m 之目標物，則該目標物之高差移位為若干？
- (五) 由 6 張空照影像所構成重疊區之方位參數已知，現擬計算前方交會，若無遮蔽，則其自由度 (多餘觀測數) 為若干？
- (六) 使用中心投影的影像進行空間後方交會計算，至少需要幾個地面控制點？
- (七) 使用 2 維投影轉換 (2D Projective Transformation) 以校正空照影像的傾斜移位，至少需要幾個地面控制點？
- (八) 使用有理函數模型 (Rational Function Model) 進行衛星影像幾何計算，在有理多項式係數 (Rational Polynomial Coefficients) 已知之條件下，至少需要幾個地面控制點？
- (九) 2 張相片所組成立體模型之相對方位參數求解，至少需要幾對共軛點？
- (十) 說明空中三角測量之目的。

1. 《考題難易》：

★★★：普通

2. 《破題關鍵》：

關鍵在於熟悉航測基本概念及作業流程，如單張像片之幾何性質，含比例尺、基高比，空間後方交會等；立體像對如視差原理、空間前方交會、相對、絕對方位等；及航測最重要的共線式、遙測最常使用的有理函數等，都是航遙測最基本的內容，只要能掌握這些重點，不難解題。

【擬答】

- (一) $600 \text{ km} = 600,000 \text{ m}$ ，若觀測角之偏差為 $10''$ ，則地面點偏差為 $600,000 \times 10'' / 206265'' = 29.09 \text{ m}$ 。
- (二) 利用基高比公式： $B/H = (1 - \text{endlap}) \times d/f$ ，其中 B 為基線；H 為航高；endlap 為前後重疊率；d 為像幅大小；f 為焦距。依題意，相機之像幅大小長、寬分別為 100 mm、57 mm，焦距 f 為 92 mm，則長邊與短邊分別進行 60% 前後重疊之基高比分別如下：
 1. 長邊基高比： $B/H = (1 - 60\%) \times 100/92 = 0.43$ (取小數點下 2 位)
 2. 短邊基高比： $B/H = (1 - 60\%) \times 57/92 = 0.25$ (取小數點下 2 位)
- (三) 依比例尺公式： $S = f/(H - h)$ ，其中 f 為焦距；H 為航高；h 為地面高程。依題意，為焦距 f 為 100 mm，相機高程 H 為 1,000 m；則地面高程 h 為分別為 10、100 m 之比例尺分別如下：
 1. $S_{10} = 100/(1000 - 10) = 0.10$ (取小數點下 2 位)

公職王歷屆試題 (111 地方政府特考)

2. $S10=100/(1000-100)=0.11$ (取小數點下 2 位)

(四) 依高差移位公式： $d=rh/H$ ，其中 r 為輻射距離(與像主點距離)； h 為地面高程； H 為航高。

依題意， r 為 30 mm，地面高程 h 為 60 m，航高 H 為 1000 m，則

高差移位 $d=30 \times 10^{-3} \times 60/1000=0.0018 \text{ m}=1.8 \text{ mm}$ 。

(五) 空間前方交會是由立體像對以交會方式求解，所以方程式為共軛像點的共線式，一條共線式可產生 2 條方程式，二條共線式產生 4 條方程式，方程式總數為 4；而未知數為地面的三維坐標 (X, Y, Z) ，未知數總數為 3，故自由度永遠為 $4-3=1$ 。

(六) 空間後方交會是由單張影像的控制點求取其方位參數 $(X, Y, Z, \omega, \phi, \kappa)$ ，因未知數有 6 個，故控制點至少要選取 3 個才能求解(因 1 個控制點可產生 2 個方程式)，若考量要有多餘觀測，則至少需要 4 個地面控制點才能依最小二乘法求解。

(七) 2 維投影轉換即八參數，以八參數校正空照影像的傾斜移位，因 1 個控制點可產生 2 個方程式，故至少需要 4 個地面控制點，產生 8 個方程式才能求解。

(八) 有理函數模型為兩個多項式的比值，至少需要 7 幾個地面控制點才可進行衛星影像幾何計算。說明如下。有理函數模型公式： (x, y) 及 (X, Y, Z) 分別為像片及地面坐標， $abcd$ 為係數。

$$x = \frac{p_1(X, Y, Z)}{p_2(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n1} \sum_{j=0}^{n2} \sum_{k=0}^{n3} b_{ijk} X^i Y^j Z^k}, \quad y = \frac{p_3(X, Y, Z)}{p_4(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} c_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n1} \sum_{j=0}^{n2} \sum_{k=0}^{n3} d_{ijk} X^i Y^j Z^k}$$

以 $p_1 \sim p_4$ 皆為一階多項式說明如下：1. 轉換係數個數：係數 a 有 $a_{000}, a_{100}, a_{010}, a_{001}$ 共 4 個，同理 bcd 亦各有 4 個，故共有 $4 \times 4 = 16$ 個。2. 需求解係數個數：因 a_{000}, b_{000} ，雖有 2 個係數，但 (a_{000}/b_{000}) 後只會有 1 個係數，故少一個，同理 (c_{000}/d_{000}) 後亦只會有 1 個係數，故少 2 個係數，真正求解係數只需 $16-2=14$ 個。3. 需最少地面控制點數量：因 1 個點可產生 2 個方程式，14 個係數需 7 個地面控制點即可求解。

(九) 立體像對相對方位參數求解，因相對方位可先固定左像(即左像方位參數 6 個固定)，而右像之基線參數之一亦固定於某一值(目的為固定模型的比例)，故只剩下右像 2 個基線參數及 3 個姿態參數共 5 個參數必須求解。依解析法相對方位公式，即共面式，一個共面式僅可產生一條方程式，故至少需要左、右影像 5 對共軛點始可求解。

(十) 空中三角測量目的：利用連續攝取具有一定重疊(包含前後重疊至少 60%、左右重疊至少 30%)的航攝像片、及像片的幾何特性，再依據少量野外控制點，以航空測量方法建立與實地相應的航線模型或區域網模型，從而獲取加密點的平面坐標和高程。

二、擬採用量測型 (Metric) 相機以垂直攝影方式測製 1/1,000 比例尺地形圖，回答下列各題：

(每小題 10 分，共 20 分)

(一) 需完成的工作項目有那些？

(二) 請提出工作程序。

1. 《考題難易》：

★★★：普通

2. 《破題關鍵》：

關鍵在於 UAV 測製大比例尺地形圖，只要將前後、左右重疊率加大，其他作業流程皆與航測製圖一樣，包含航線規劃、佈設控制點、航空攝影、空中三角測量、正射化處理等，熟悉航測整體作業流程即能掌握解題重點。

【擬答】

工作項目及作業程序如下：

- (一)航線規劃：影像之間需要至少有前後 75%、左右 50% 以上的重疊率，在複雜的地形上，影像之間可能需要更高的重疊率。另考量到電池的續航力在拍攝面積過大時，可分成多次的路線規劃，且個別路線之間的重疊率最好需大於 20%，為了避免成果邊緣扭曲，拍攝範圍必需大過實際需要的範圍。
- (二)航測地面控制點佈設：原則上每條航帶頭尾必須佈設一個，另外 2~4 個基線距離必須佈設一個。
- (三)航空攝影：考量當天之氣象、風速、航高等因素，並以相當垂直攝影進行拍攝。
- (四)航測控制點量測：應以顏色分明之交界直角處、不被障礙物遮蔽處、不可太接近大樓、不被陰影覆蓋、不易移動之地物、及地勢平坦等因素做為控制點之量測考量。
- (五)空中三角測量：以光束法空中三角區域平差程式，搭配 GPS 輔助空中三角量測，及配合 IMU 慣性量測裝備定位攝影基站位置，將攝影基站間相對位相關係作為控制資料進行空中三角測量聯合平差，以強化空中三角控制成果精度。
- (六)正射影像：可利用附加參數自率光束法平差消除相機系統誤差，以微分糾正來消除像點的高差移位、傾斜移位及相片比例尺不一致之現象，如此可使影像在幾何上擁有與地圖相當的位置與距離精確度。
- (七)以上程序完成後，即可測製 1/1,000 比例尺地形圖。

志光 保成 學儒

虛實整合

多元學習新型態

重聽OK 旁聽OK

突破傳統上課形式 **5大方式彈性又便利**

| 面授學習 | 直播學習 | 在家學習 | 視訊學習 | Wifi學習 |

- ◆學習◆ 零時差 | 同類科各班別 皆可同步直播上課
- ◆服務◆ 零死角 | 服務緊貼需求 隨時掌握學習狀況
- 線上課業諮詢
- 老師申論批閱
- 雙師資 雙循環
- 多元補課方式
- 上榜生經驗親授
- 時事專題講座
- 歷屆試題練習
- 班導師制度

各班服務略有不同，詳情請洽全國志光、保成、學儒門市

三、使用具有紅外線、紅、綠及藍等四波段的多時期人造衛星影像，據以偵測地表在不同時期的植生變遷，請提出：（每小題 10 分，共 20 分）

- (一)變遷偵測的關鍵指標。
- (二)作業流程圖。

1. 《考題難易》

★★★：普通

2. 《破題關鍵》：

關鍵在於植生指標 NDVI，只要熟悉 NDVI 公式及變遷偵測流程，即能掌握解題關鍵所在。

【擬答】

(一)變遷偵測之關鍵指標：因綠色植物有反射近紅外光(NIR)、吸收紅光(R)的特性，故可利用紅光與近紅外光的光譜反射率來判斷地表植生變遷狀況。NDVI 植生指標公式如下：

$$NDVI = \frac{DN_{NIR} - DN_R}{DN_{NIR} + DN_R} , (DN : Digital Number \text{ 為灰度值})$$

NDVI 其值介於-1~1 之間，當綠色植被覆蓋量愈大其值愈趨近於 1，反之則愈趨近於-1。

(二)1. 多時期衛星影像偵測植生變遷作業流程如下：

- (1)多時期衛星影像資料收集與整理。
- (2)選擇欲處理之前後期衛星影像。
- (3)先行判斷影像品質，如雲量少於影像 20% 才能使用。
- (4)以 NDVI 植生指標進行變異點比對。
- (5)變遷偵測檢核分析：多期影像在跨越之時距內，其所涵蓋區域之無變遷地覆比例遠高於有變遷之地表覆蓋。因此，變遷偵測之錯誤多數是發生在無變遷者被判定為疑似變遷甚或有變遷，此即誤授 (Commission error)，而少數是發生在有變遷者被判定為疑似變遷甚或無變遷，此即漏授 (Omission error)。
- (6)變異處顯示輸出。

2. 流程圖如下：

