



**交通部民用航空局**  
Civil Aeronautics Administration, MOTC

# **遙控無人機 專業操作證屆期換證 學科測驗指南**

本頁空白

## 目次

目次	I
圖目錄	IV
表目錄	V
第 1 章 前言	1
1.1 目的	1
1.2 遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南架構	2
第 2 章 遙控無人機法規	3
2.1 名詞解釋	3
人	3
事	3
時	6
地	8
如何	9
2.2 民用航空法法規釋義	10
2.2.1 第 99 條之 9【基本規範】	10
2.2.2 第 99 條之 10【註冊、產品登錄與操作證】	11
2.2.3 第 99 條之 11【檢驗】	12
2.2.4 第 99 條之 12【外國人】	12
2.2.5 第 99 條之 13【活動區域】	13
2.2.6 第 99 條之 14【操作規範】	13
2.2.7 第 99 條之 15【賠償責任及管轄】	14
2.2.8 第 99 條之 16【政府機關特別規定】	15
2.2.9 第 99 條之 17【管理規則】	15
2.2.10 第 99 條之 18【委託業務】	15
2.2.11 第 118 條之 1~3【罰則】	16
2.2.12 遙控無人機飛航安全指引	16
2.3 法規解釋圖表	17
第 3 章 無人機活動申請應注意事項	19
3.1 申請方式	19

3.2 活動之經緯度.....	20
3.2.1 經緯度座標格式轉換 .....	20
3.2.2 經緯度座標格式轉換範例 .....	20
3.2.3 度分秒與距離換算 .....	23
3.3 活動之高度 .....	23
3.3.1 實際高度 (AGL, above ground level) .....	24
3.3.2 平均海平面高度 (AMSL, above mean sea level) .....	24
3.3.3 橢球高 (HAE, height above ellipsoid) .....	24
3.4 申請計畫範例 .....	25
3.5 遙控無人機飛航安全相關事件 .....	29
3.5.1 運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故 .....	32
3.5.2 其他遙控無人機飛航安全相關事件 .....	33
<b>第 4 章 系統知識與緊急處置程序.....</b>	<b>37</b>
4.1 遙控無人機系統知識.....	37
4.2 遙控無人機硬體組成.....	37
4.3 無人多旋翼機的特點.....	42
4.4 無人飛機的特點 .....	44
4.5 遙控無人機系統知識問答 .....	47
4.5.1 「動力與螺旋槳」 .....	47
4.5.2 「電池與馬達」 .....	49
4.5.3 「飛行與環境」 .....	52
4.6 緊急處置程序.....	57
4.6.1 動力系統(旋翼馬達或發動機)失效(In Flight Shutdown) :	57
4.6.2 發電機失效(動力系統正常) :	59
4.6.3 上傳鏈路失效(Uplink Loss, C2 Link Loss) :	59
4.6.4 下傳鏈路失效(downlink loss) :	62
4.6.5 衛星定位訊號異常 :	65
4.6.6 酬載影像鏈路異常 :	66
4.6.7 姿態顯示/IMU/AHRS 異常 :	67
4.6.8 電子羅盤異常 :	69
4.6.9 慣性導航系統異常 :	70

4.6.10 空速管(Pitot tube)失效：	71
4.6.11 操縱面致動器/伺服舵機(Servo)失效：	71
4.6.12 空中失速(Stall)：	73
4.6.13 低油量/電量：	73
4.6.14 飛控系統/電腦(FCC · Flight Control Computer)失效：	74
4.6.15 迫降航線處置：	76
4.6.16 異地迫降處置：	76
4.6.17 空中緊急避障處置(任務飛行時適用)：	78
<b>第 5 章 參考文件</b>	<b>79</b>
5.1 政府機關(構)、學校或法人從事遙控無人機飛航活動申請說明	79
5.2 遙控無人機緊急情況申請使用文件：	79
5.3 遙控無人機申請案派遣協調人員至航管單位相關事項：	79
5.4 遙控無人機共同活動切結書：	79

## 圖目錄

圖 1 屆期換證學科測驗指南架構 .....	2
圖 2 延伸視距飛航示意圖 .....	4
圖 3 各組電話號碼查詢 .....	9
圖 4 無人機飛航活動申請說明參考圖 .....	18
圖 5 活動區域範圍查詢模組 .....	21
圖 6 遙控無人機管理資訊系統-度分秒換算 .....	21
圖 7 選擇「這是哪裡？」 .....	22
圖 8 以度表示的座標值（紅圈處） .....	22
圖 9 以度分秒表示的經緯度座標（紅圈處） .....	23
圖 10 「繪製線條或形狀」與「測量距離和面積」（紅圈處） .....	25
圖 11 飛行預定路線及參考點編號（箭頭處為起飛/降落點） .....	26
圖 12 轉換至英制單位 .....	26
圖 13 右下角顯示滑鼠座標的經緯度值與海拔高度（紅框處） .....	27
圖 14 民航局「遙控無人機管理資訊系統」-活動申請 .....	28
圖 15 遙控無人機飛安相關事件報告表 .....	30
圖 16 民航局遙控無人機管理資訊系統-飛安事件填報 .....	31
圖 17 無人多旋翼機排列示意圖 .....	53



## 表目錄

表 1 活動區域.....	13
表 2 遙控無人機相關罰則.....	16
表 3 自然人與法人遙控無人機操作權限比較 .....	17
表 4 參考點之經緯度與預訂飛行高度資訊.....	27

## 第1章 前言

本章首先說明「遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南」之目的、架構，再敘述遙控無人機法規、申請活動應注意事項（申請方式、活動之經緯度、活動之高度、申請計畫範例、飛航安全相關事件等）、系統知識與操作緊急處置程序、技術特點（如飛行控制系統、導航系統、動力系統、無線通訊等），最後提供相關參考文件（活動申請說明、緊急情況申請使用文件、申請案派遣協調人員至航管單位相關事項等），以方便讀者建立正確之遙控無人機實務操作與應用概念。

### 1.1 目的

基於以風險為基礎之安全監理要求，遙控無人機人員操作證制度係為安全維護之關鍵，為確保遙控無人機操作人之學識及技能持續符合安全操作之需求，交通部民用航空局（以下稱民航局）已於「遙控無人機管理規則（以下稱管理規則）」明定遙控無人機操作證之有效期限為二年，屆期前須依規定程序向民航局申請換證，以落實操作證持有人之知能管理。依據管理規則第 23 條規定，普通操作證及專業操作證持有人得於屆期前 30 日內檢附 2 年內之半身照片及有效操作證影本，向民航局申請換證。其中各類專業操作證應經重新體格檢查及屆期換證學科測驗合格後方可辦理換證。另考量最大起飛重量 25 公斤以上之遙控無人機因系統複雜須經檢驗合格始得飛航，且其飛航作業衍生較高風險，須仰賴操作人熟練操作技巧以保障飛航安全，爰規定 II/IIc 重量級別以上操作證持有人於屆期換證時，除應通過本屆期換證學科測驗外，另須取得術科測驗合格始得換證，以確保領有最大起飛重量 25 公斤以上遙控無人機操作證之人員適職性。

本「遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南（以下簡稱換證測驗指南）」，係以遙控無人機專業操作證持有人，於執行飛航作業時應具備之基本實務知識與安全觀念為基礎，並納入民用航



空法遙控無人機專章施行以來各類常見問題之補正內容彙編而成，其目的係提供予專業操作證持有人，作為執行屆期換證學科測驗前研讀及準備之參考文件，以俾完成屆期換證程序。

## 1.2 遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南架構

本換證測驗指南包含遙控無人機法規、無人機活動申請應注意事項、系統知識與操作緊急處置程序等三大主要章節，（架構如下圖 1），並將政府機關（構）、學校或法人從事遙控無人機飛航活動申請說明、遙控無人機緊急情況申請使用文件、及遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗等內容列於參考文件內，以供參用。

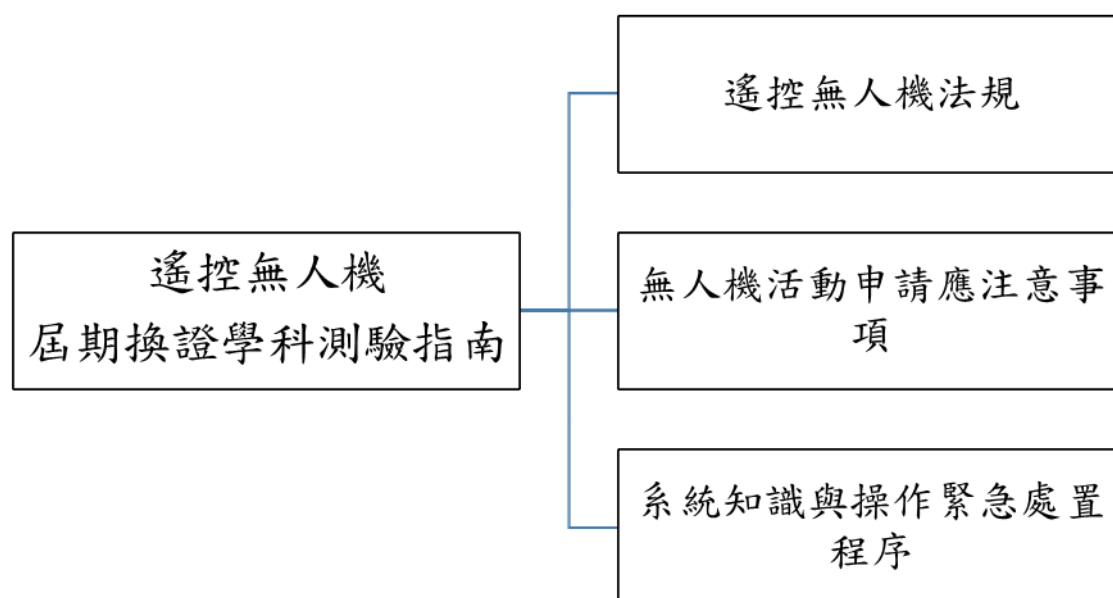


圖 1 屆期換證學科測驗指南架構

## 第2章 遙控無人機法規

此章以「名詞解釋」、「民用航空法法規釋義」及「法規解釋圖表」等 3 節據以說明遙控無人機安全監理之相關法規。

### 2.1 名詞解釋

此節依人、事、時、地、如何等分類，解釋各項名詞之意義。

#### 人

1. 遙控無人機操作人：指於遙控無人機飛航活動期間，實際操控遙控無人機並應負飛航安全責任之人員。
2. 目視觀察員：於延伸視距飛航作業時，持有遙控無人機操作證，並於遙控無人機活動期間，提供實際操控遙控無人機之操作人必要飛航資訊之人員。
3. 觀察員：以「第一人稱視角」(FPV, first-person view) 飛行時，於視距範圍內從旁協助操作人觀察四周環境以保障操作安全之人員。依政府機關(構)、學校或法人作業手冊之程序，於視距外及其他操作限制作業時，提供操作人協助之人員。
4. 協調人員：依政府機關(構)、學校或法人作業手冊之程序，於飛航管制單位提供操作人空域協調資訊之人員。

#### 事

1. 遙控無人機系統：由遙控無人機(機體)、遙控設備、通訊及控制信號鏈路以及其他附屬裝置(如火箭、彈射軌道、降落傘等發射回收裝置)組合而成的完整系統。
2. 遙控無人機：包括機體結構與外型、動力系統、自動駕駛與飛行控制系統、導航系統等，並攜帶任務所需之酬載。
3. 遙控設備：指遙控無人機系統中，用於操作遙控無人機之設備。
4. 通訊及控制信號鏈路：指遙控無人機及遙控設備間為操作飛行

管理目的之資料鏈接。

5. 最大起飛重量：指含機體、燃料、電池、負載設備及酬載等遙控無人機設計重量。
6. 延伸視距飛航（如圖 2）：指操作人於視距外，藉由目視觀察員於其半徑 300 公尺範圍內與遙控無人機保持直接目視接觸，並提供遙控無人機操作人必要飛航資訊之操作方式；延伸視距最大範圍為以遙控無人機操作人為半徑 900 公尺、相對地面或水面高度低於 400 呎內之區域。

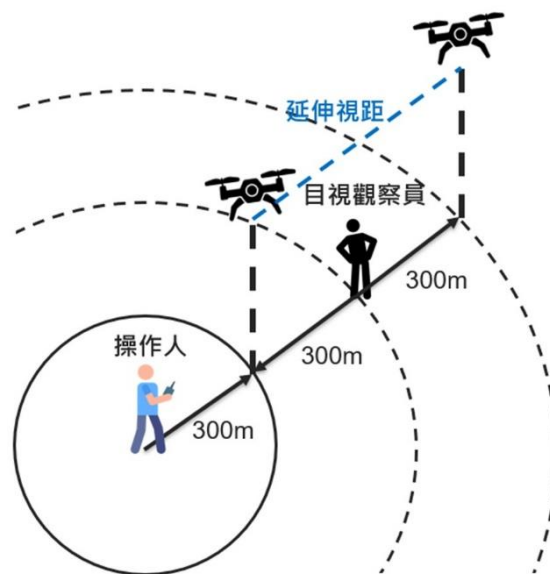


圖 2 延伸視距飛航示意圖

7. 射頻識別功能：目前遙控無人機之射頻識別功能尚在進行研究開發中，尚無統一之標準，且除射頻識別裝置本身之技術外，尚需配合地面接收裝置，將俟相關之重量、射頻識別技術標準等事宜確定後，再予以公告實施。目前美國聯邦航空總署已規定應於 2023 年 9 月前完成遙控無人機射頻識別功能之加/改裝。
8. 安全飛航條件：目視檢查遙控無人機外觀完整、機構及動力系統穩固、註冊號碼依民用航空法規定標示可辨、操作人應持有合格操作證、遙控設備與無人機間之通訊及控制信號鏈路運作

正常、燃油或電力之供應符合飛航之需求等。

9. 精神作用物質：包含酒類、鴉片類、大麻、鎮靜劑及安眠藥、古柯鹼、其他精神刺激藥物、迷幻藥及興奮劑等，但咖啡及菸草除外。
10. 飛航活動：指自然人或法人以遙控無人機從事飛航之行為。自然人從事飛航活動時應遵守區域與操作規範之限制，法人經飛航活動申請資格（下稱能力審查）核准與飛航活動申請，可排除區域與操作規範之限制。
11. 作業手冊：法人應依其操作限制排除事項相應之必要設備與程序，自行編撰作業手冊後向民航局申辦能力審查之核准，以取得飛航活動申請資格。（遙控無人機管理規則附件 13）
12. 遙控無人機操作證：操作證分為學習、普通與專業等 3 種，專業操作證又可細分為基本級與高級等 2 級別。
13. 電子商務：指透過網際網路進行有關商品或服務之廣告、行銷、供應或訂購等各項商業交易活動。

## 時

1. 註冊：有效期限為 2 年，期限屆滿前 30 日內向民航局申請延展。
2. 實體檢驗合格證：有效期限為 3 年，期限屆滿前 30 日內向民航局申請重新檢驗。
3. 特種實體檢驗證：有效期限由民航局依其設計、製造、改裝
4. 之性能諸元，註記於合格證上，最長不得逾 3 年。
5. 形式檢驗合格證與認可證明文件：無效期限限制。
6. 普通操作證：有效期限為 2 年，屆期前 30 日內向民航局申請換證。
7. 專業操作證：有效期限為 2 年，屆期前 30 日內經重新體格檢查及換證測驗合格後辦理換證。
8. 體格檢查文件：除操作最大起飛重量一百五十公斤以上之遙控無人機操作人應依航空人員乙類體格檢查標準辦理體格檢查外，應依據普通小型車體檢認定標準並經公路監理機關指定之醫療院所或教學醫院體格檢查合格或經民用航空人員體格檢查合格，並取得最近 1 年內有效證明文件。
9. 專業操作證學科測驗：術科測驗應於學科測驗通過起 1 年內完成；未完成者應重新申請學科測驗。
10. 飛航活動時間限制：日出後至日落前，以中央氣象局之日出日沒時刻表為準。
11. 飛航活動申請時限：於飛航活動前 15 日向民航局提出申請，如涉及軍事航空管理區域應於 30 日前進行申請。
12. 飛航活動同意時限：以 3 個月為限（經農政機關登記合格之法人，執行植保作業以 6 個月為限），政府機關為執行業務者，得延長至 1 年。
13. 飛航活動記錄保存：政府機關（構）、學校或法人應保存遙控

無人機相關資料及記錄 2 年。

**14. 飛安相關事件：**應於發生或得知消息後 **24** 小時內通報民航局。

## 地

1. 建築物：定著於土地上或地面下具有頂蓋、樑柱或牆壁，供個人或公眾使用之構造物或雜項工作物。
  2. 活動區域依區域管理特性可分為以下 6 類：
    - (1) 綠區：400 呎以下，自然人與法人均可於遵守操作規範條件下飛行之區域。
    - (2) 黃區（中央）：航空站（機場）四周，飛行高度不得高於 200 呎之區域。如欲於該區域飛行高於 200 呎，法人應經申請並發布飛航公告（NOTAM，Notice To Airman）並進行航管協調後始得飛行。另如活動性質符合遮蔽操作者，得以切結書方式辦理（詳 5.1.3 附錄 3）。
    - (3) 黃區（地方）：由地方政府依據公益及社會安全需要，因地制宜公告禁止或限制遙控無人機活動之區域，如欲於該區域飛行，應遵守地方政府相關操作規範。
    - (4) 紅區（中央）：禁航區、限航區、航空站（機場）與飛行場禁止飛行之區域，及任何高度超過 400 呎以上之區域。法人應經申請並發布飛航公告後始得飛行。
    - (5) 紅區（地方）：地方政府公告高度 400 呎以下禁止或有條件限制飛行之區域。法人應經申請後始得飛行。
    - (6) 灰區：屬國家公園管理範圍，其活動申請及操作規範等事項，除應依照民用航空法規定辦理外，另須依各國家公園管理單位規定辦理。
- ※ 有關活動區域管理特性之分類，其資料來源係由民航局及直轄市、縣市政府依「民用航空法」第 99 條之 13 第 1 項及第 2 項公告之圖資資料（Drone Map App）。



## 如何

1. 註冊、檢驗、能力審查、活動申請及學、術科測驗皆可於「遙控無人機管理資訊系統」( <https://drone.caa.gov.tw/> )，利用工商憑證、自然人憑證、健保卡等電子憑證完成帳號密碼認證程序後，以插入電子憑證或帳號密碼等方式登入系統進行申辦；若遇系統操作相關問題時，可至「遙控無人機管理資訊系統」網頁下方，查詢各分組電話號碼即可，資訊位置如下圖所示。



圖 3 各組電話號碼查詢

2. 法人辦理飛航活動申請時，申請範圍內如有限制區域（如紅區或黃區高於 200 呎之區域。）應取得管理機關同意文件。但宣告不進入者，以提交切結書方式辦理，切結書中除勾選限制區域之性質外，應敘明不進入之紅區編號/黃區編號與高度（60 公尺），切結書內容請參閱 5.1 節。
3. 申請 400 呎以下全縣市範圍空域，限公務機關及農噴作業。辦理飛航活動申請時，切結書中除勾選限制區域之各項性質外，應敘明「不進入 OO 縣（市）範圍內各項限制無人機活動區域」，切結書內容請參閱 5.1 節。
4. 飛航活動如進入限航區及航空站/飛行場四周限制遙控無人機活動範圍或距地表高度 400 呎以上，應發布飛航公告並進行航管協調。航管單位協調地點有臺北近場臺與高雄近場臺 2 個，大致以北緯 24 度（地理位置約為濁水溪）為界線，以北為臺北近



場臺、以南為高雄近場臺管制範圍，航管協調注意事項請參考 5.3 小節。

## 2.2 民用航空法法規釋義

此節依序解釋民用航空法有關遙控無人機之法理。

### 2.2.1 第 99 條之 9【基本規範】

1. 遙控無人機於建築物外開放空間從事飛航活動，須遵循民用航空法管理。上述所稱之建築物外開放空間，係參酌建築法第 4 條規定，建築物為定著於土地上或地面下具有頂蓋、樑柱或牆壁，供個人或公眾使用之構造物或雜項工作物。
2. 遙控無人機所有人或操作人應負使用安全、風險管理及法規遵循等責任，詳細可參照遙控無人機管理規則第 25~29 條之規定。
3. 遙控無人機發生以下飛航安全相關事件後，依規則第 36 條，其所有人或操作人應在發生或得知消息後 24 小時內填具飛航安全相關事件報告表通報民航局：
  - (1) 運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故。
    - ※ 依遙控無人機重大飛航事故調查作業處理規則第 3 條規定，應通報之事故包含人員死亡或傷害（死亡：指該人直接觸及遙控無人機之任何部位，包括自機體分離之部分，而當場死亡者；傷害：指受傷後七日之內須住院治療四十八小時以上者。）、最大起飛重量逾 25 公斤之遙控無人機遭受實質損害（指遙控無人機損壞無法修復者）、其他造成人民生命、財產重大影響者、或毀損超過新台幣 50 萬元者。
  - (2) 最大起飛重量 2 公斤以上且裝置導航裝置之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。
  - (3) 於民用航空法第 99 條之 13 第 1 項至第 2 項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。
  - (4) 從事民用航空法第 99 條之 14 第 1 項第 1 款至第 8 款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。

(5) 發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。

### 2.2.2 第 99 條之 10【註冊、產品登錄與操作證】

1. 自然人所有之最大起飛重量 250 公克以上及政府機關（構）、學校或法人所有之遙控無人機，應依規則第 6~10 條辦理註冊，並依規則第 8 條將註冊號碼標明於遙控無人機上顯著之處。
2. 依規則第 11 條之公告具有射頻識別功能（交通部民航局將會依據國際間通用之作法辦理公告）。
3. 依規則第 12 條最大起飛重量 1 公斤以上且裝置導航設備之遙控無人機，應具備防止進入限航區及航空站或飛行場四周之圖資軟體系統；遙控無人機設計、製造、改裝者應保持圖資軟體系統之正確性並適時更新。
4. 依規則第 17 條遙控無人機製造者或進口者利用電子商務服務系統販售遙控無人機時，應於電子商務服務系統明顯處以中文將下列文字合併標示。其透過代理商、經銷商或其他第三人販售遙控無人機者，亦同。
  - 一、 最大起飛重量二百五十公克以上遙控無人機應辦理註冊。
  - 二、 遙控無人機活動前應注意活動區域與遵守操作規定。
  - 三、 相關活動區域及操作規定資訊，請見民航局網站及遙控無人機圖資行動應用程式。
5. 依規則第 19 條規定之遙控無人機操作人應持有民航局發給操作證後，始得操作，操作證之規定詳細參照規則第 19~24 條。
6. 遙控無人機製造者與進口者，應依民航通告「遙控無人機產品登錄及標示作業」辦理登錄事宜。並公告定義遙控無人機之構造為無人飛機、無人直昇機、無人多旋翼機、複合式無人機（例如：無人飛艇、垂直起降無人機 VTOL，vertical takeoff and landing）等共 4 種。
7. 市售最大起飛重量未達 25 公斤具導航設備經登錄者列入「市售最大起飛重量未達 25 公斤具導航設備免經檢驗或認可之遙控無人機清冊」並定期更新於「遙控無人機管理資訊系統」

( <https://drone.caa.gov.tw/> ) 之訊息專區。

8. 人員測驗執行方式可參考民航通告「遙控無人機學科測驗規範」、「遙控無人機術科測驗規範」兩份文件。
9. 遙控無人機管理規則已於 110 年 7 月 19 日修訂有關人員測驗規定，簡化專業操作證報考者之經歷資格如下：
  - (1) 報考專業操作證者不須具普通操作證經歷。
  - (2) 報考 Ib 級者，縮減為須領有 Ia 操作證 1 個月以上經歷。
  - (3) 報考 IIc 級者，改為須領有基本 II 級或 Ib 級操作證 3 個月以上經歷。
  - (4) 報考基本 III 級者，縮減為須領有 IIc 級操作證 3 個月以上經歷。

### 2.2.3 第 99 條之 11【檢驗】

1. 依規則第 13 條規定，遙控無人機之設計、製造、改裝，或自國外進口遙控無人機，應經民航局檢驗合格或認可者，發給遙控無人機檢驗合格證或認可證明文件。因型式構造簡單且經民航局核准或公告者，得免經檢驗或認可。檢驗之詳細規定可參照規則第 13 - 18 條。
2. 遙控無人機之檢驗基準，由民航局定。國際間通用技術規範，適於國內採用者，得經民航局核定後採用。
3. 檢驗與試飛計畫可參考民航通告「遙控無人機檢驗程序申請指南」、民航通告「遙控無人機試飛規範與注意事項」。

### 2.2.4 第 99 條之 12【外國人】

外國人領有外國政府之遙控無人機註冊、檢驗及操作證之證明文件者，得依規則第 38 條申請認可後依規定從事飛航活動。

### 2.2.5 第 99 條之 13【活動區域】

1. 依規則第 31 條之規定，詳細規則如下表。

表 1 活動區域

活動區域	活動申請之同意	違規取締
禁、限航區 (臺北飛航情報區未劃設禁航區)	民航局會商目的事業 主管機關同意	禁、限航區之管理人，必要時 通知民航局會同警察機關
航空站(機場)或飛行場 四周		航空站、飛行場經營人、管理 人會同航空警察局，必要時洽 請有關機關協助執行
前 2 項範圍外、距地表高 度不逾 400 呎、由直轄 市、縣(市)政府公告之 禁止或限制區域	直轄市、縣(市)政 府會商相關中央主管 機關同意	直轄市、縣(市)政府， 必要時洽請警察機關協助； 政府機關(構)之區域，政府 機關(構)可制止或排除

2. 政府機關(構)、學校或法人之飛航活動應於活動日 15 日前檢附活動計畫書(利用遙控無人機管理資訊系統)提出申請，申請可參考本文件 5.1 節之說明。
3. 依規則第三十二條之一規定，中央主管機關得以委託政府機關(構)或團體辦理會商及同意作業。委託時，應將委託之對象、事項及法規依據公告之，並刊登於政府公報。

### 2.2.6 第 99 條之 14【操作規範】

1. 從事遙控無人機飛航活動應遵守下列規定：
- (1) 遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面 400 呎。
  - (2) 不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。
  - (3) 不得裝載由民航局依民航法第 43 條第 3 項公告之危險物品(包括爆炸物品、氣體、易燃液體、易燃固體、氧化物、毒性物質、放射性物質、腐蝕性物質、及其他危險物品等 9 類)，詳請參考「危險物品空運管理辦法」。
  - (4) 依規則第 28 條規定共有 4 項操作限制：
    - 應遠離高速公路、快速公(道)路、鐵路、高架鐵路、地

面或高架之大眾捷運系統、建築物及障礙物 30 公尺以上。

- 不得於移動中之航空器、車輛或船艦上操作遙控無人機。
- 最大起飛重量未達 25 公斤且裝置導航設備之遙控無人機最大飛行速度每小時不得超過 87 海里或 160 公里。
- 延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑 900 公尺、相對地面或水面高度低於 400 呎內之區域，且目視觀察員應與遙控無人機保持目視接觸，並提供操作人必要之飛行資訊。（延伸視距飛航作業屬操作限制，應以法人身分提出申請。）

- (5) 不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。
  - (6) 不得於日落後至日出前之時間飛航。
  - (7) 在目視範圍內操作，不得以除矯正鏡片外之任何工具延伸飛航作業距離。
  - (8) 操作人不得在同一時間控制 2 架以上遙控無人機。
  - (9) 操作人應隨時監視該遙控無人機之飛航及其周遭狀況。
  - (10) 應防止遙控無人機與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。
2. 依規則第 32 條規定，政府機關（構）、學校或法人從事上述第 1～8 項規定之操作限制活動時，應於活動日 15 日前檢附活動計畫書（利用遙控無人機管理系統）向民航局申請許可。涉及第 5 項之限制者，應先取得活動場地之直轄市、縣（市）政府及相關中央主管機關之同意。
  3. 一般申請參照參考文件 5.1「政府機關（構）等從事遙控無人機活動申請說明」。
  4. 緊急申請依現場指揮官之指示參照參考文件 5.2「遙控無人機緊急情況申請文件」。

### 2.2.7 第 99 條之 15【賠償責任及管轄】

政府機關（構）、學校或法人於從事操作規範排除之作業前應投保責任險，賠償額為死亡者新臺幣 300 萬元、重傷者新臺幣 150 萬元。

### 2.2.8 第 99 條之 16【政府機關特別規定】

依規則第 34 條規定，政府機關為執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務，需於民用航空法第 99 條之 13 第 1 項公告之航空站或飛行場四周之一定距離範圍內、第 2 項公告之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動，或從事民用航空法第 99 條之 14 第 1 項第 2 款至第 8 款之活動，經民航局同意者，不受第 99 條之 13 第 3 項及第 4 項，或第 99 條之 14 第 3 項等規定之限制。其同意文件效期 2 年。

### 2.2.9 第 99 條之 17【管理規則】

1. 遙控無人機管理規則計 42 條與 17 個附件。
2. 政府機關（構）、學校或法人申請能力審查時應參考民航通告「遙控無人機作業手冊」，以遙控無人機管理資訊系統向民航局申請核准。
3. 遙控無人機/操作人員名冊由法人業者於遙控無人機管理資訊系統自行維護並確保資料之正確。
4. 作業手冊第 1 至 4 章及附件如有修正或補充由法人業者以作業手冊補充單方式自行維護；第 5 章操作限制排除如有修正或補充應重新申請核准。

### 2.2.10 第 99 條之 18【委託業務】

申請成為遙控無人機檢驗或操作人員測驗委託團體可參考民航通告「申請辦理遙控無人機檢驗及操作人員測驗業務指引」（至 110 年底民航局尚未開放檢驗及人員測驗業務之委託）。



### 2.2.11 第 118 條之 1~3【罰則】

詳細罰鍰如下表所示，情節重大者，皆得沒入遙控無人機。

表 2 遙控無人機相關罰則

違規項目	罰鍰金額
1. (99 條之 13 第 1 項) 於禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事飛航活動	新臺幣 30 萬元以上 150 萬元以下
2. (99 條之 14 第 1 項第 1 款) 逾距地表高度 400 呎從事飛航活動	
3. (99 條之 10 第 2 項) 未領有操作證而操作以下遙控無人機: 1.政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機 2.最大起飛重量達一定重量以上之遙控無人機 3.其他經民航局公告者	新臺幣 6 萬元以上 30 萬元以下
4. (99 條之 15 第 3 項) 未投保或未足額投保責任保險而從事遙控無人機活動	
5. (99 條之 10 第 1 項) 違反有關遙控無人機註冊或標明註冊號碼之規定	新臺幣 3 萬元以上 15 萬元以下
6. (99 條之 13 第 2 項) 違反有關直轄市、縣(市)政府公告之區域、時間及其他管理事項之規定	
7. (99 條之 14 第 1 項第 2~10 款) 違反有關遙控無人機飛航活動應遵守之規定	
8. (99 條之 17) 違反有關射頻識別、檢驗、認可、維修與檢查、飛航活動之活動許可及內容、製造者與進口者之登錄及責任、飛航安全相關事件之通報等事項規定	新臺幣 1 萬元以上 150 萬元以下

### 2.2.12 遙控無人機飛航安全指引

為符合遙控無人機管理規則第 4 條有關遙控無人機操作人飛航安全責任及第 25 條與第 26 條有關飛航安全條件之規定，民航局發布民航通告 AC 107-008「遙控無人機飛航安全指引」，內容包括飛航安全、地面安全、操作技術、環境保護與行為規範等素養，依指引從事活動，可使遙控無人機操作人充分掌握專業能力。該份文件

請於民航局網站「無人機專區」下載、參閱。

## 2.3 法規解釋圖表

表 3 自然人與法人遙控無人機操作權限比較

身分	註冊	檢驗	操作證	飛行區域	操作限制	保險
自然人	250 公克以上需要註冊	25 公斤以上需檢驗	持有 <b>學習操作證</b> 者可於持有遙控無人機操作證之操作人在旁指導監護下，學習操作同構造且最大起飛重量 <b>未逾 25 公斤</b> 之遙控無人機。	限於 <b>綠區</b> 飛行	五要： 1. 要於白天飛行 2. 要在視距內飛行 3. 要低於 400 呎 4. 要隨時留意遙控無人機及周遭狀況 5. 要遵守管理規則所訂定之操作限制	可自行投保（不強制）
			操作 <b>2 公斤以上未達 15 公斤</b> 無人機（具導航功能）需普通操作證		五不要： 1. 不得與其他航空器、建築物碰撞 2. 不得投擲或噴灑 3. 不得裝載危險物品 4. 不得於人群聚集或室外集會遊行上空飛行 5. 不得一人同時操作兩架以上無人機	
法人	不分重量皆須註冊		操作人須依例外限制排除事項（ <b>不分無人機重量</b> ）取得基本級或相應高級專業操作證	取得 <b>能力審查核准、飛航活動許可及專業操作證</b> 後可排除區域限制（紅區飛行）	取得 <b>能力審查核准、飛航活動許可及高級專業操作證</b> 後可排除操作限制	如需排除操作限制須投保 <b>責任保險</b> 方得申請飛航活動





圖 4 無人機飛航活動申請說明參考圖

## 第3章 無人機活動申請應注意事項

### 3.1 申請方式

不計遙控無人機管理規則第 34 條所定法定職務之飛航活動，活動申請分為一般申請與緊急申請 2 種。

一般申請可參照第 5 章參考文件\_5.1「政府機關（構）等從事遙控無人機活動申請說明」（「政府機關（構）、學校或法人於禁航區、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事遙控無人機飛航活動申請說明」）申辦即可。

緊急申請一律由應變中心指揮官、權責機關現場指揮官或負責人統一調度，參照第 5 章參考文件\_5.2「遙控無人機緊急情況申請文件」申辦，申請書中應敘明指揮官單位、職級與姓名，取得同意後依該機關（構）或法人（操作人）之作業手冊\_第 5 章操作限制排除事項\_5.7「災害應變與緊急情況」，以遙控無人機執行應變作為。

※ 5.2「遙控無人機緊急情況申請文件」，包括：

- 附件 1「使用遙控無人機從事災害應變、災害預防、復原重建或災害以外之緊急情況申請書暨民用航空局同意書」。
- 附件 2「使用遙控無人機從事災害預防、復原重建或災害以外之緊急情況申請書暨直轄市、縣（市）同意書」。
- 附件 3「遙控無人機從事災害應變、災害之預防、復原重建或災害以外之緊急情況時，需取得/通知限航管理單位名冊」。

（上述附件請至「民用航空局局網-無人機專區」或「遙控無人機管理資訊系統-訊息專區-法規及文件」處下載使用。）

### 3.2 活動之經緯度

遙控無人機活動申請及飛航紀錄之經緯度位置資訊一律以度分秒 ( DMS , degrees, minutes and seconds ) 表示。

#### 3.2.1 經緯度座標格式轉換

經緯度的座標值可分為 3 種表示方法，分別為度 ( DD , decimal degrees ) 、度分 ( DDM , degrees decimal minutes ) 、度分秒 ( DMS , degrees minutes seconds ) ，其中 1 度為 60 分、1 分為 60 秒。

#### 3.2.2 經緯度座標格式轉換範例

以民航局座標為例，以度 ( ° ) 來表示其座標為 N25.06187°, E121.55197° ( 北緯 25.06187 度，東經 121.55197 度 ) ；以度分 ( ° ' ) 來表示其座標為 N25° 3.7122', E121° 33.1182' ( 北緯 25 度 3.7122 分，東經 121 度 33.1182 分 ) ；以度分秒 ( ° ' " ) 來表示其座標為 N25° 3' 42.732", E121° 33' 7.092" ( 北緯 25 度 3 分 42.732 秒，東經 121 度 33 分 7.092 秒 ) 。

1. 由度 ( DD ) 轉換為度分秒 ( DMS ) ( 25.06187° → 25° 3' 42.732" ) :
  - (1) 整數 25 為度
  - (2) 將小數 0.06187 乘以 60 ( 1 度為 60 分 ) ，得到 3.7122 分，其中整數 3 為分
  - (3) 將分的小數 0.7122 乘以 60 ( 1 分為 60 秒 ) ，得到 42.732 秒
  - (4) 所以 25.06187° ( 25.06187 度 ) 轉換為「度分秒」的值為 25° 3' 42.732" ( 25 度 3 分 42.732 秒 )
2. 由度分 ( DDM ) 換為度分秒 ( DMS ) ( 25° 3.7122' → 25° 3' 42.732" ) :
  - (1) 整數 3 為分
  - (2) 將分的小數 0.7122 乘以 60 ( 1 分為 60 秒 ) ，得到 42.732 秒
  - (3) 所以 25° 3.7122' ( 25 度 3.7122 分 ) 轉換為「度分秒」的值為



25° 3' 42.732" ( 25 度 3 分 42.732 秒 )

3. 在遙控無人機管理資訊系統，由度 ( DD ) 轉換成度分秒 ( DMS ) :

(1) 點選「活動區域範圍查詢模組」

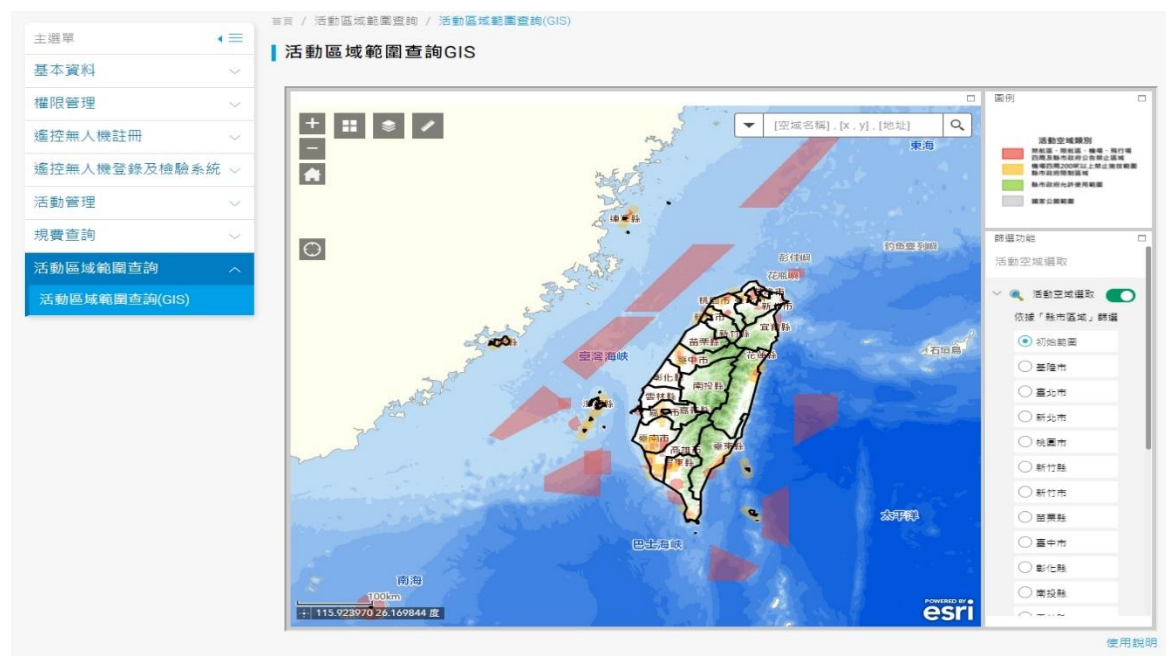


圖 5 活動區域範圍查詢模組

- (2) 可透過輸入經緯度或地址進行查詢，搜尋結果即自動轉換並顯示為度分秒格式之座標值 ( 紅圈處 )。

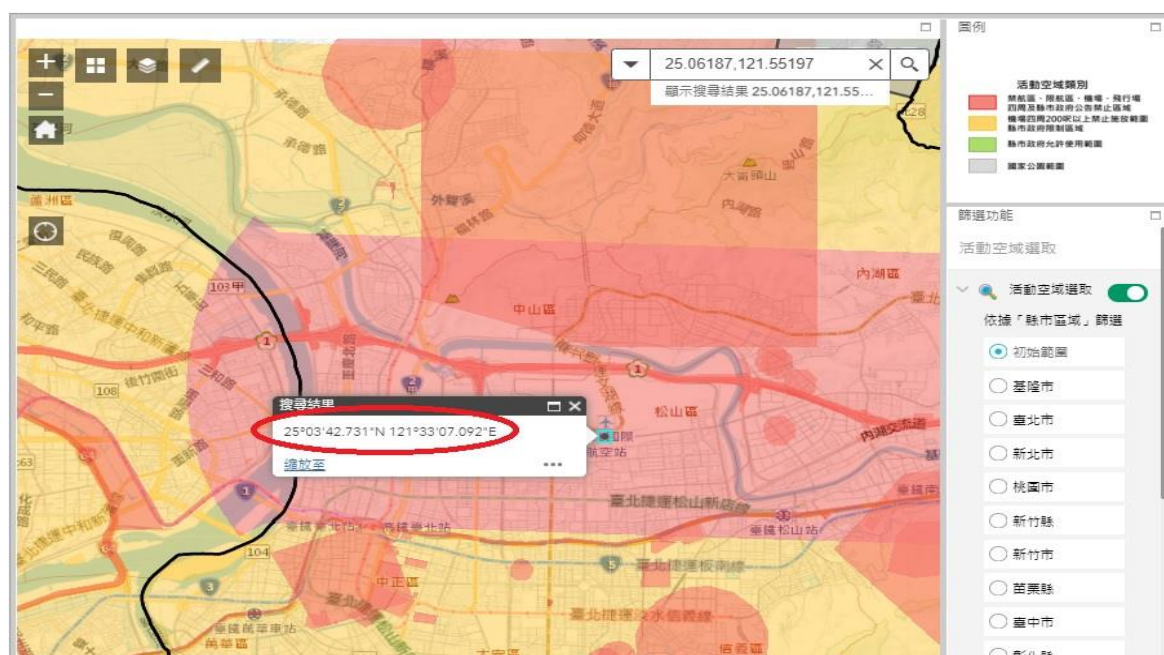


圖 6 遙控無人機管理資訊系統-度分秒換算

#### 4. 在 google map，由度 ( DD ) 轉換成度分秒 ( DMS )：

- (1) 移動滑鼠至目標位置按下右鍵，選擇「這是哪裡？」，畫面下方即顯示以度表示之座標值。



圖 7 選擇「這是哪裡？」



圖 8 以度表示的座標值 ( 紅圈處 )

(2) 點選座標值，畫面左側即會顯示以度分秒表示之經緯度座標。

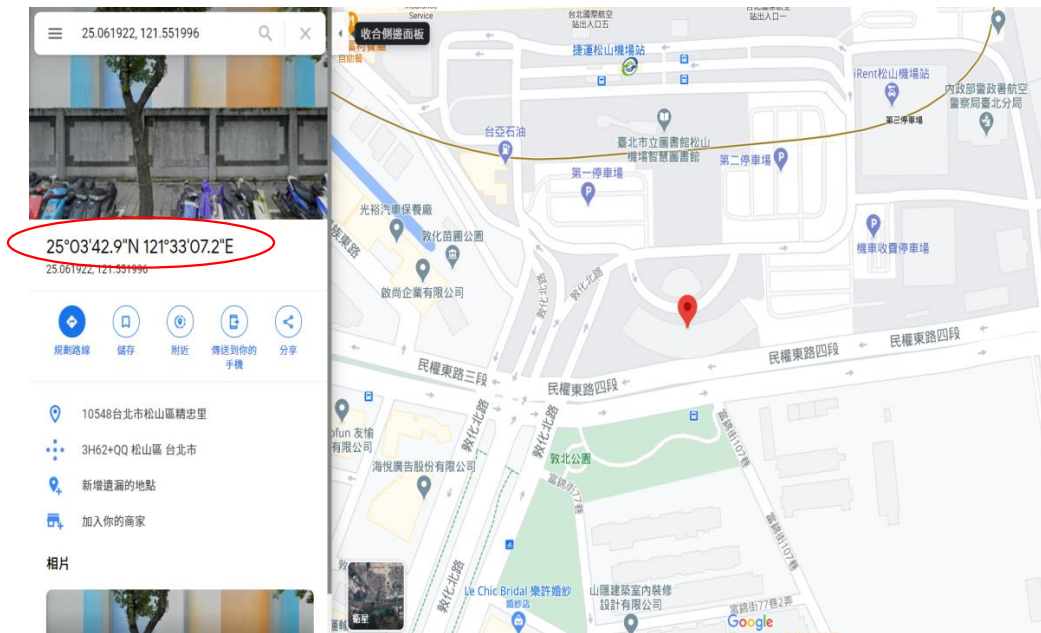


圖 9 以度分秒表示的經緯度座標（紅圈處）

5. 在 google earth，經緯度已用度分秒（DMS）系統表示，不必再做轉換。

### 3.2.3 度分秒與距離換算

每度緯線的距離雖會因為地球為一稍微扁平的球體而有所不同，但變動的幅度甚小，平均每度緯線的距離約為 60 海里（111 km），1 分約為 1 海里（1.852 km），而 1 海里約為 6,080 呎，所以 1 秒約為 100 呎（30 m）；由於經線皆相交於南、北兩極點，因此每度經線的距離會隨著緯度增加而減少，而臺北飛航情報區位處中低緯度，每度經線的距離可近似於每度緯線的距離，因此上述轉換原則尚可適用。

### 3.3 活動之高度

高度有許多種不同的表示方式，本節就無人機在臺北飛航情報區轉換高度（11,000 呎）以下使用到的高度表示法進行說明。



### 3.3.1 實際高度 ( AGL , above ground level )

實際高度即遙控無人機 ( 非操作人所在位置 ) 相對於地面或水面之高度，在 400 呎以下之遙控無人機活動或限制區域的劃設均以實際高度為準。

### 3.3.2 平均海平面高度 ( AMSL , above mean sea level )

平均海平面高度即為海拔高度，係以各地區人為設定的平均海平面作為基準面測定的高度表示方式。以我國為例，平均海平面位於基隆市八斗子，在 google earth 中所顯示的高度即為海拔高度。實務上，有人航空器於低空飛行時，機上之氣壓高度計均經過場壓修正而指示海拔高度，無人機飛航超過 400 呎時，應了解無人機海拔高度資訊，以利空域協調，故活動申請計畫書均要求此類飛行應填寫起飛位置標高 ( 除非在基隆市八斗子否則不應為 0 ) 與計畫飛航之最高海拔高度 ( 以百呎單位 )。其計算方法可利用無人機上歸零後之氣壓高度加計當地地表海拔高度，因地表海拔高度會不斷變動，所以需在預計的飛航路線上選取數個參考點，待無人機飛行至參考點時對地表海拔高度進行修正以獲得更精確的海拔高度資訊。

### 3.3.3 橢球高 ( HAE , height above ellipsoid )

橢球高又稱為大地高，係將地球假定為一理想橢球體，真實地表上任一點相對於橢球面的垂直距離 ( 即所謂法線方向之距離 ) 即為橢球高，GPS ( global positioning system，全球定位系統 ) 高度測量即利用 GPS 測量技術直接測定地面點的大地高，因此可單純從 GPS 介面讀取，但並不代表在飛行時無人機與地面的實際相對高度，在使用時須注意與實際高度、平均海平面高度的差別。

### 3.4 申請計畫範例

本範例使用 google earth 作為經緯度與海拔高度的來源，路線選擇在臺大實驗林周遭飛行，由於計畫的高度需求超過 400 呎，為了順利申請飛航活動及發布正確的飛航公告（NOTAM），在任務規劃時應先計算起飛地點標高與計畫飛航之各航點飛行海拔高度。首先點選畫面左下角「繪製線條或形狀」或左邊「測量距離和面積」將起飛點、降落點與航線中的參考點標示出來，差別在於用「繪製線條或形狀」可以保存於專案中，可儲存起來日後再次打開查看，而使用「測量距離和面積」只能當次使用不能被保存。

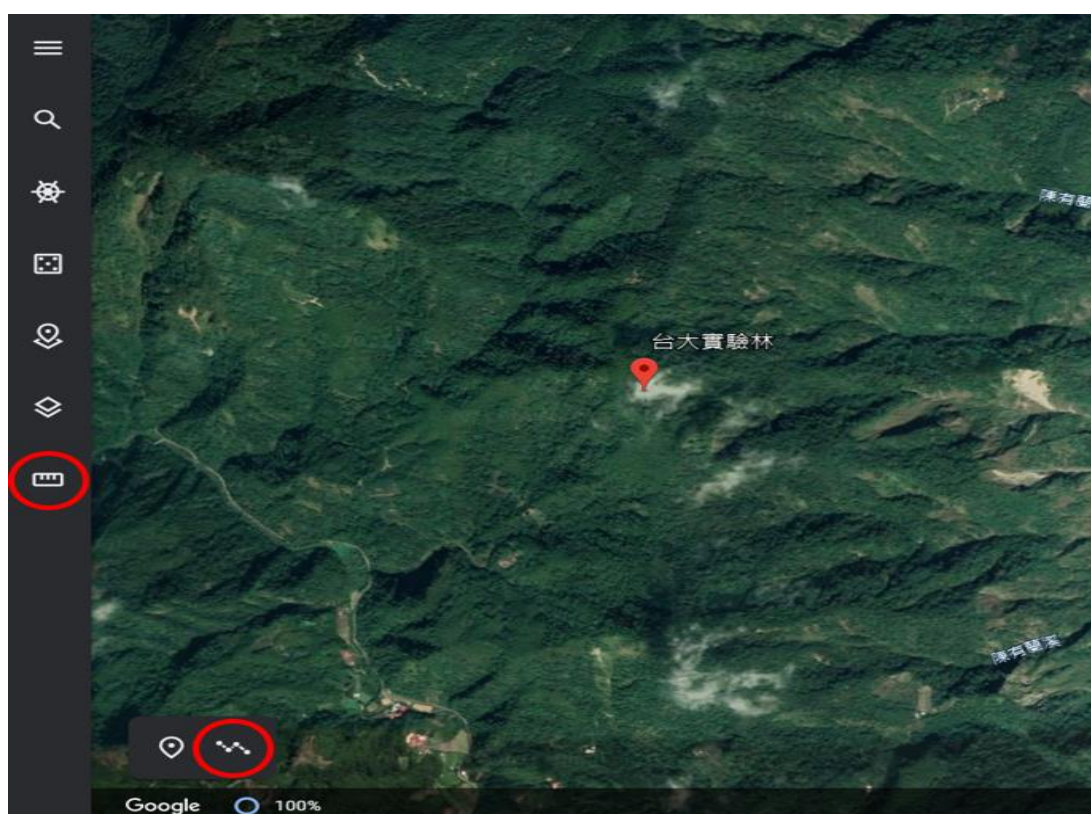


圖 10 「繪製線條或形狀」與「測量距離和面積」（紅圈處）

完成後的飛行路線如下圖所示，標示完定位點（下圖中大圓）後可以放大畫面以滑鼠微調定位點至，若想再增加定位點可點選下圖中的小圓，點選後該點就會變成定位點，而本路線因起飛點與降落點位於同一處所以圖形會形成一封閉多邊形。配合 NOTAM 格式多邊形順時針記載，最多 6 點圓心半徑。





圖 11 飛行預定路線及參考點編號（箭頭處為起飛/降落點）

微調完路線後將左方選單打開，選擇「設定」→「格式與單位」，將「測量單位」從預設的「公尺與公里」改為「英尺與英里」，儲存後即可在右下角看見當前滑鼠位置以英尺（呎）標示的海拔高度。

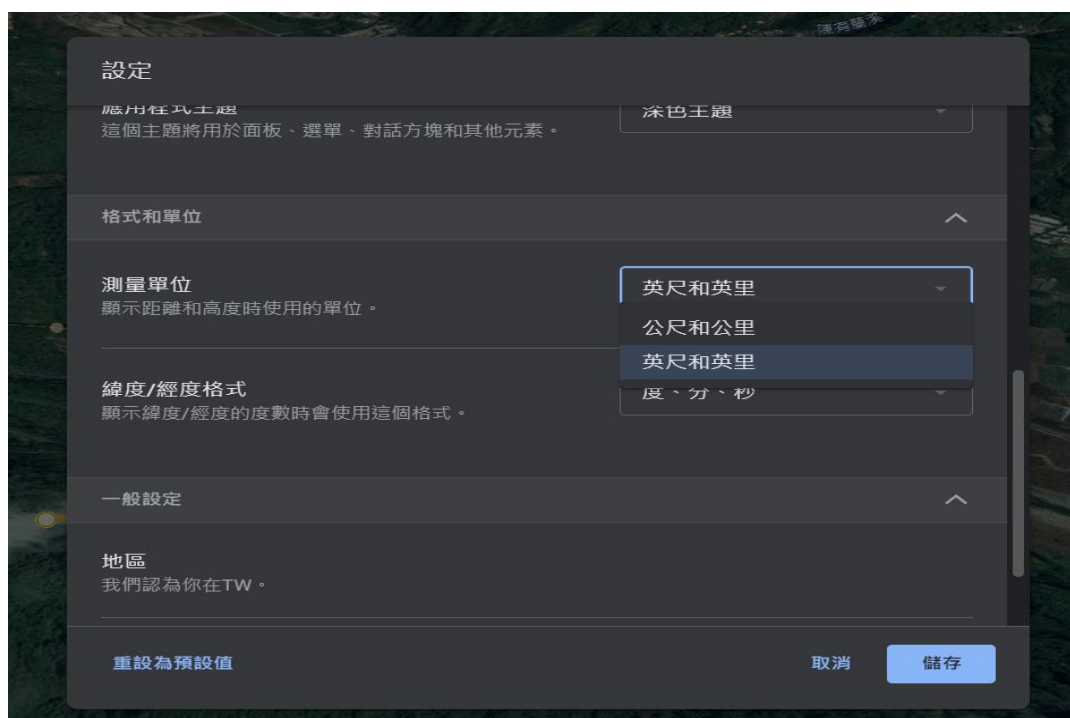


圖 12 轉換至英制單位

隨後將滑鼠移至參考點上，畫面右下角即會出現該位置的經緯度值（以度分秒表示）與海拔高度（以英尺表示）並記錄下來，再加上該參考點預定的飛行高度及可完成如下表中的表格。



圖 13 右下角顯示滑鼠座標的經緯度值與海拔高度（紅框處）

表 4 參考點之經緯度與預訂飛行高度資訊

參考點	起飛	1	2	3
緯度	23°44' 01" N	23°43' 51" N	23°43' 46" N	23°43' 49" N
經度	120°50' 50" E	120°50' 44" E	120°50' 36" E	120°50' 24" E
參考點海拔高度（呎）	1,325	1,340	1,343	1,740
無人機飛行絕對高度（呎）	0	100	300	300
無人機飛行海拔高度（呎）	1,325	1,440	1,643	2,040
參考點	4	5	6	降落
緯度	23°44' 01" N	23°44' 15" N	23°44' 11" N	23°44' 01" N
經度	120°50' 21" E	120°50' 35" E	120°50' 45" E	120°50' 50" E
參考點海拔高度（呎）	1,848	1,665	1,311	1,325
無人機飛行絕對高度（呎）	600	500	100	0
無人機飛行海拔高度（呎）	2,448	2,165	1,411	1,325

最後在上表中「無人機飛行海拔高度」處找尋最大值並無條件進位至百位數字後即為計畫飛航之最高海拔高度，以此路線為例計畫飛航之最高海拔高度為 2,500 呎；而起飛標高照實填寫即可，以此路線為例為 1,325 呎，故於系統申請時，作業高度應填入 1,325 呎~2,500 呎，系統會自動計算該任務實際高度為 ( 2,500-1,325 ) 呎 = 1,175 呎，確證已超過離地表 400 呎，應辦理飛航公告。

活動申請（如下圖所示）時，「作業概述」欄位應敘明作業目的、預計起降地點（可輸入座標或地標）等資訊。

**活動申請**

1 活動資料      2 活動領域      3 資料確認      4 申請完成

**基本資料**

* 作業名稱	請輸入作業名稱		
申請單位	測試法人	* 用途	請選擇
* 承辦人	請輸入承辦人	* 聯絡電話	請輸入承辦人聯絡電話
* 現場負責人	請輸入現場負責人	* 行動電話	請輸入現場負責人行動電話
* 協調人	請輸入協調人	* 行動電話	請輸入協調人行動電話
* 作業日期(起訖)	請輸入開始作業日期	~	請輸入結束作業日期
* 每日作業時間(起訖)	請輸入開始作業日期的時間	~	請輸入結束作業日期的時間
* 作業概述	作業目的:台大實驗林林相研究 預計起飛地點:23°44' 01" N120°50' 50" E ; 降落地點:23°44' 01" N120°50' 50" E (可輸入座標或地標，例如地標:台大實驗林)		

圖 14 民航局「遙控無人機管理資訊系統」-活動申請

### 3.5 遙控無人機飛航安全相關事件

「遙控無人機管理規則」第 36 條規定，所有人或操作人於操作遙控無人機發生下列飛航安全相關事件時，應於發生或得知消息後 24 小時內填具飛航安全相關事件報告表（如圖 15 所示），透過電話、傳真及 Email 通報民航局（CAA）或至民航局遙控無人機管理資訊系統（如圖 16 所示）進行通報；涉及「運輸事故調查法」規定之「遙控無人機重大飛航事故」應同步通報「國家運輸安全委員會（TTSB）」。

1. 運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故（詳述於 3.1.7）。
  - ※ 除向民航局通報外，亦應向國家運輸安全調查委員會（下稱運安會）通報。
  - ※ 運輸事故調查法第 9 條規定略以，運輸事故發生後，應於得知消息後 2 小時內通報運安會。疑似運輸事故發生後，應於得知消息後 24 小時內通報運安會。
  - ※ 運輸事故調查法第 32 條第 2 項規定略以，遙控無人機所有人或操作人，無正當理由未於期限內通報運安會事故或疑似事故者，處新臺幣 6 萬元以上 30 萬元以下罰鍰。
2. 最大起飛重量 2 公斤以上且裝置導航裝置之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。
3. 於民用航空法第 99 條之 13 第 1 項至第 2 項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。
4. 從事民用航空法第 99 條之 14 第 1 項第 1 款至第 8 款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。
5. 發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。
6. 民航局遙控無人機管理資訊系統之飛安事件填報路徑「登入遙控無人機管理資訊系統→行政作業管理系統→飛安事件填報」。



## 遙控無人機飛安相關事件報告表

編號/NO：

通報對象 Unit to be notified	通報電話 Phone No.		傳真號碼 FAX No.		電子郵件地址 e-mail Address	
<input type="checkbox"/> 民用航空局 Civil Aeronautics Administration	上班時間 / Working Hour (02)2349-6067 非上班時間 / Non-Working Hour (02)2349-6300		(02)2349-6400 drone@mail.caa.gov.tw			
<input type="checkbox"/> 國家運輸安全調查委員會	0800 - 004 - 066 0935 - 628 - 217		(02) 8912-7399 go_team@asc.gov.tw			
註冊號碼 Registration No.			構造/型式 Category/ Type			
起飛地點 Departure Point			起飛時間 Departure Time			
目的地 Destination			實際降落地點 Actual Landing Point			
事件發生日期 Date of Occurrence	年 Year	月 Month	日 Day			
事件發生時間 Time of Occurrence	上午 / 下午 AM / PM	時 Hour	分 Minute			
事件類別 Accident Classification	<input type="checkbox"/> 運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故。 <input type="checkbox"/> 最大起飛重量二公斤以上之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 <input type="checkbox"/> 於本法第九十九條之十三第一項至第二項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 <input type="checkbox"/> 從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。 <input type="checkbox"/> 發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。					
事件發生地點 Location of Occurrence						
事件簡述：（如本欄不敷使用，請另用紙張填寫附上） Summary of Occurrence						
通報人 Notified by		通報人身分	<input type="checkbox"/> 所有人 <input type="checkbox"/> 操作人	聯絡電話 Phone No.		
以下請勿填寫 For official use only						
登記人 Duty Officer		通報登記時間 Notification recorded at	月 Month	日 Day	時 Hour	分 Minute

圖 15 遙控無人機飛安相關事件報告表

首頁 / 行政作業管理系統 / 飛安事件填報

### 飛安事件填報

通報序號  [案件帶入](#)

#### 通報人資料

通報人名稱  通報人英文姓名   
通報人帳號

#### 操作人資料 ☐ 同通報人

\* 操作人姓名  \* 操作人英文姓名   
\* 操作人身分字號  \* 操作證證號

#### 無人機資料

無人機資料註冊狀態 ☐ 已註冊 ☐ 未註冊

* 註冊號碼	<input type="text"/>		
* 自製	<input type="text"/>		
* 廠牌	<input type="text"/>		
* 型號	<input type="text"/>		
* 序號	<input type="text"/>		
廠牌	<input type="text"/>	其它	<input type="text"/>
型號	<input type="text"/>	其它	<input type="text"/>
序號	<input type="text"/>		

#### 飛安事件資料

\* 起飛時間  \* 發生時間   
\* 起飛地點

\* 目的地

\* 發生地點

\* 事件類型 ☐ 飛航事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故  
☐ 最大起飛重量二公斤以上之遙控無人機遭受實質損害或失蹤  
☐ 於本法第九十九條之十三第一項至第二項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤  
☐ 從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤  
☐ 發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故

\* 事件簡述

附件 [+ 新增](#) [📎 上傳](#) [🗑 取消](#)

[讀取暫存](#) [暫存](#) [確認送出](#)

圖 16 民航局遙控無人機管理資訊系統-飛安事件填報

### 3.5.1 運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故

「遙控無人機重大飛航事故調查作業處理規則」（簡稱處理規則）係依運輸事故調查法第 38 條規定訂定，運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故明訂於本規則。

處理規則第 3 條規定，遙控無人機重大飛航事故發生後，遙控無人機所有人或操作人及政府相關機關（構）應儘速將已知事故狀況通報運安會值日官。

遙控無人機所有人或操作人及政府相關機關（構）應通報運安會之事故如下：

1. 人員死亡或傷害。
  - ※ 死亡：該人直接觸及遙控無人機之任何部位，包括自機體分離之部分，而當場死亡者。
  - ※ 傷害：指受傷後 7 日之內須住院治療 48 小時以上者。
2. 最大起飛重量逾 25 公斤之遙控無人機遭受實質損害。
3. 實質損害：指遙控無人機損壞無法修復者。
4. 其他造成人民生命、財產重大影響者、或毀損超過新臺幣 50 萬元者。

### 3.5.2 其他遙控無人機飛航安全相關事件

1. 最大起飛重量 2 公斤以上且裝置導航裝置之遙控無人機遭受實質損害或失蹤，應向民航局通報。

法規釋義：

指使用包含機體、燃料、電池、負載設備及酬載等設計重量最大值為 2 公斤以上之遙控無人機從事飛航活動，遭受損壞至無法修復或失蹤者。

2. 於民用航空法第 99 條之 13 第 1 項至第 2 項範圍內從事活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤，應向民航局通報。

法規釋義：

指於活動區域紅區從事遙控無人機飛航活動，紅區包括：

- (1) 禁航區、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍內。
- (2) 前項範圍外、距地表高度不逾 400 呎、由直轄市、縣（市）政府公告之禁止或限制區域。

3. 從事民用航空法第 99 條之 14 第 1 項第 1 款至第 8 款活動之遙控無人機遭受實質損害或失蹤，應向民航局通報。

法規釋義：

指以下幾種列方式從事遙控無人機飛航活動：

- (1) 遙控無人機飛航活動之實際高度逾距地面或水面 400 呎。

※ 「飛航規則」第 2 條第 1 項第 23 款規定，高度指自平均海平面至空中某平面或某點或某目標物間之垂直距離。

※ 「飛航規則」第 2 條第 1 項第 51 款規定，實際高度指自特定基準至某平面、某點、或某目標物間之垂直距離。

※ 「飛航規則」第 60 條規定，有人駕駛航空器目視飛航最低實際高度，不得低於距地面或水面 500 呎，故遙控無人機高度若超過 400 呎，則極有可能影響有人駕駛航空器之飛航。

※ 在航空器駕駛員認知中，高度之計算主要有下列 5 種，遙控無人機操作人應有基本認識：

- i. 指示高度 (Indicated altitude)：為由高度表所顯示出來的高度，基準面視高度表壓力調撥值而定。設定為當地大氣



壓力值作為基準面時稱為 **QNH** 高度，一般與真高度相當，寒冷氣候時需再經溫度校正，以確保安全。

- ii. 真高度 ( **True altitude** )：航空器高於平均海平面 ( **MSL** , **mean sea level** ) 的垂直距離，俗稱海拔高度。一般在航圖看到的高度，包括機場、地形、或障礙物的標高都是 **MSL**。
  - iii. 絕對高度 ( **Absolute altitude** )：通常是指經由電波/雷達高度表所顯示出來的高度，基準為地面，但沒有壓力高度表的壓力調撥值問題。常用高於地平面 ( **AGL** , **above ground level** ) 來表示。飛機在通過或降落高山地區的空域時，使用絕對高度作為參考就比使用指示高度或壓力高度來得安全。
  - iv. 壓力高度 ( **Pressure altitude** )：為由高度表所顯示出來的高度，基準面為標準參考面，也就是壓力調撥值不論是在那裡都設定為 **29.92 in-Hg**。壓力高度用以計算密度高度、真高度、真空速、及其他性能資料。
  - v. 密度高度 ( **Density altitude** )：為將壓力高度值對溫度校驗後的高度。如果大氣溫度符合國際標準大氣的狀況，密度高度等於壓力高度。監控密度高度最主要的目的係藉由瞭解當前空氣密度，以正確計算飛機性能值。
- (2) 以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。
- ※ 投擲舉例：投放海釣拋餌。
  - ※ 噴灑舉例：噴灑農藥。
- (3) 裝載依第 43 條第 3 項公告之危險物品。
- ※ 「危險物品空運管理辦法」第 3 條規定，危險物品之分類如下：
    - 第一類：爆炸物品。
      - \* 舉例：具劇烈爆炸危險性、具火焰噴出危險性、具顯著危險性等。
    - 第二類：氣體。
      - \* 包括：易燃氣體、非易燃無毒氣體、毒性氣體等。
    - 第三類：易燃液體。

第四類：易燃固體、自燃物質、遇水釋放易燃氣體之物質。

第五類：氧化物、有機過氧化物。

第六類：毒性物質、傳染性物質。

第七類：放射性物質。

第八類：腐蝕性物質。

第九類：其他危險物品。

- \* 危險物品之分類基準，依國際民用航空組織之「危險物品航空安全運送技術規範」之規定。

(4) 依民航法第 99 條之 17 所定規則之操作限制。

※ 遙控無人機管理規則第 28 條第 1 項所訂之應遵循事項如下：

- i. 應遠離高速公路、快速公（道）路、鐵路、高架鐵路、地面或高架之大眾捷運系統、建築物及障礙物 30 公尺以上。
- ii. 不得於移動中之航空器、車輛或船艦上操作遙控無人機。
- iii. 最大起飛重量未達 25 公斤且裝置導航設備之遙控無人機最大飛行速度每小時不得超過 87 海里或 160 公里。
- iv. 延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑 900 公尺、相對地面或水面高度低於 400 呎內之區域，且目視觀察員應與遙控無人機保持目視接觸，並提供操作人必要之飛航資訊。

(5) 於人群聚集或室外集會遊行上空活動。

※ 「集會遊行法」第 2 條規定，集會指於公共場所或公眾得出入之場所舉行會議、演說或其他聚眾活動。遊行指於市街、道路、巷弄或其他公共場所或公眾得出入之場所之集體行進。

(6) 於日落後至日出前之時間從事遙控無人機飛航活動。

※ 日出及日落係指太陽中心與地平線重合之時間，依中央氣象局公布為準。

※ 太陽中心在地平線下  $6^{\circ}$  稱為民用曙光/民用暮光（日出前/日落後約 24 分鐘）， $12^{\circ}$  稱為航海曙光/航海暮光（日出前/日落後約 48 分鐘）， $18^{\circ}$  稱為天文曙光/天文暮光（日出前/日落後約 72 分鐘）。

(7) 在目視範圍外操作，或以除矯正鏡片外之任何工具延伸飛航作業距離。

※ 常見的矯正鏡片有：適用於近視、遠視、老花的單光鏡片，適用於斜視的稜鏡鏡片，適用於有老花的近視、遠視、散光的漸進多焦鏡片等。

※ 矯正鏡片的佩戴方式有：框架眼鏡、隱形眼鏡。

(8) 操作人在同一時間控制 2 架以上遙控無人機。

※ 以目前遙控無人機操作負荷，其控制台及系統非經特殊設計尚無法同時控制 2 架以上遙控無人機。

4. 發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。

※ 「飛航規則」第 20 條第 2 項規定，航空器不得與其他航空器接近至有肇致碰撞危險之程度。

※ 無人機碰撞舉例：

i. 2016 年一架在倫敦希斯洛機場下降中的英航客機疑似遭受無人機撞擊客機前端，所幸客機平安降落。

ii. 2017 年一架無人機在加拿大魁北克機場與下降中的 Skyjet 客機發生碰撞，機身蒙皮受損，所幸客機平安降落。

iii. 2017 年英國發生 92 次無人機與客機相遇的事件。

## 第4章 系統知識與緊急處置程序

本章為銜接學科測驗與術科「系統知識問答」與「緊急處置程序問答」兩個測驗項目之橋樑。先從技術觀點結合操作實務介紹無人機系統工作原理，再依不同情境說明相關緊急處置程序。為方便閱讀與答題準備，內容以說明配合問答方式呈現，使讀者可以藉由屆期換證機制熟悉遙控無人機最新系統知識，掌握非預期緊急情況處置程序，提升操作信心與飛航安全。

※ 遙控無人機系統:係指遙控無人機(機體)、遙控設備、通訊及控制信號鏈路以及其他附屬裝置組合而成的完整系統。

### 4.1 遙控無人機系統知識

遙控無人機系統係指遙控無人機(機體)、遙控設備(遙控器或地面導控站)、通訊及控制信號鏈路以及其他附屬裝置組合而成的完整系統，一般多以「無人機」概括稱之。無人機包括無人飛機、無人直昇機、無人多旋翼機等三種構造，亦有結合無人飛機與直昇機、多旋翼而成的複合式無人機。

本章首先介紹通用性的無人機硬體組成，再針對數量最多、使用最廣的無人多旋翼機，對重要組件與飛行模式進行說明，最後與無人飛機的操作特點進行比較，使讀者能全面瞭解無人機系統相關知識。問答部分分為「動力與螺旋槳」、「電池與馬達」、「飛行與環境」三個部分，以方便答題準備。

### 4.2 遙控無人機硬體組成

雖然不同構造的無人機從硬體規格到使用目的都有顯著的差別，但無人機基本上由機體(架)、動力系統(電池或燃料)、馬達、螺旋槳(飛機)/旋翼(直昇機與多旋翼)、無線通訊系統與飛行控制系統、導航系統等部分所組成，系統與各組件間需要相互協調，才能成為穩定的飛行平台。不同系統功能請參考本文件附錄 1 第 1 章的說明。附錄 2 屆期換證測驗針對電池、電動馬達、電子調速器、螺旋槳/旋翼、接收發射機與

慣性量測單元等實務內容出題，有關無人機所搭載的各種功能酬載，應用時可自行參考相關資料。

## 電池

大多數中、小型的無人機因槳葉/旋翼尺寸較小，可使用電池作為動力來源，無人機多以各種不同型式的鋰電池作為電力來源。

### ● 電壓與電池單元

電池芯數的串連數  $S(\text{series})$  決定電池電壓值  $V$ (伏特)，舉例來說  $3S$  的鋰電池就代表該電池由 3 片電池芯組成，一個典型鋰電池芯的額定電壓為  $3.7V$ (滿電電壓為  $4.2V$ )，故其電壓為  $3 \times 3.7V = 11.1V$ 。

### ● 容量

電池容量為所有電池芯數並聯後電量的總和，其單位為  $mAh$ (毫安培小時)。如  $1000mAh$  即表示以  $1000$  毫安培電流要充電 1 小時才能充飽該電池。另外，大容量的電池雖然可以提供較多的電力，但重量較重也常會遇到散熱不良的問題。在規定的溫度下使用電池，並依維護手冊建議的保養程序進行充放電，是保障電池壽命和安全操作的關鍵。

### ● 放電倍率

電池放電倍率以  $C$  數代表， $1C$  即代表電池的電量耗盡需要 1 小時， $100C$  則代表 1 小時  $\times 60$  分  $\times 60$  秒  $/ 100 = 36$  秒就能把電池電量耗盡，通常標示在電池規格上的  $C$  數，代表電池最大瞬間電流輸出的能力，而不代表能持續性高  $C$  數放電。過大的放電率所造成的高電流與高熱量易導致電芯或電線燒毀。充放電循環次數超過規定次數時，電池效能將大幅衰減。

### ● 電池檢查

電池檢查包含了外觀檢查、溫度檢查、電壓檢查、分壓檢查及電阻值檢查。外觀檢查：是否有破損？溫度檢查：是否過熱，或是溫度過低？電壓檢查：是否過充或過放，分壓檢查：每一

電池芯是否都保持同樣電壓，阻值檢查：是否電池已經老化。無人機電池的效能直接影響飛行的時間及安全，操作時應藉由飛行前檢查，使用直流電表或無人機電池專用檢測儀表(如分壓測電器等)，檢查無人機的電池是否達到工作電壓例如鋰聚合物電池單片電池芯電壓介於 3.7V 至 4.2V 之間；鋰鐵電池單片電池芯 3.3V 至 3.6V)，飛行後檢查電池溫度是否異常高溫或外觀明顯膨脹，飛行時間是否明顯下降，均為判斷電池效能的方式。為求電池正常使用及壽命，除電池芯片效能需一致外，充電時亦應使用專屬分壓充電設備，以確保電池良好效能。

### 電動馬達

無人機使用之電動有刷或無刷馬達，均應注意所使用的螺旋槳與電子調速器的搭配是否合於規格，啟動前應檢查外觀是否軸心偏移，馬達內強磁是否吸附異物，接線是否鬆脫，手動嘗試轉動是否有異音或阻滯感等。檢查馬達前切記先卸除螺旋槳 / 旋翼，以避免危險。

- KV 值

KV 值是代表馬達在無負載情況下，供應每一伏特(1V)電壓時每分鐘的轉數，亦可視為馬達轉數值。高 KV 代表低電壓能提供較高轉速，通常用在小型或輕型無人機上可靈活反應操作指令；反之低 KV 值代表需要較高電壓推動，其扭力也越大，適合搭配螺距較高的葉片達到載重的目的。

- 標稱電壓與最大電壓

標準電壓為馬達一般工作的額定電壓值；而最大電壓為馬達能承受之最大電壓值，以電壓值 V 為單位，若超過最大電壓容易造成馬達超轉、過載、高溫，甚至燒毀。這兩個數據通常標示在馬達規格書中，以搭配合適之電子調速器與電池，避免危險。例如電子調速器標示工作電壓為 1-4S，即表示最高工作電壓不可超過 16.8V( $4.2\text{ V} * 4 = 16.8$ )。



- **最大電流**

最大電流為馬達能承受之最大電流值，以安培值 **A** 為單位，馬達轉速越快，所需電流越大，若超過最大電流時容易造成馬達過載、高溫，甚至線圈燒毀。通常會標示在馬達規格書。需搭配合適之電子調速器與電池，避免危險。

- **電子調速器**

電子調速器是由積體電路組成，用來控制電動馬達轉速的裝置，又稱為電子變速器或簡稱電變。電子調速器早期多使用類比電路，近年來均已改為數位式控制，更能高速有效的控制馬達轉速，使無人機能依據指令快速調整動力輸出。電子調速器係敏感性電子裝置，應注意保持良好存放環境。

- **電子調速器的規格**

電子調速器的重要規格是電壓容許值 **V** 與電流容許值 **A**，其中電壓值與電源端(電池)相關，電流值則與使用元件規格有關，並與馬達規格匹配。為了避免電子調速器故障，通常會對設計的工作電流增加 **50%**的冗餘量，避免飛行時因瞬時大電流造成過熱或燒毀。

- **電子調速器的連接**

無刷馬達使用的電子調速器有 **2** 條較粗的電源輸入線與 **1** 條較細的 **3** 合 **1** 輸入線，較粗的 **2** 條輸入線 **1** 黑 **1** 紅，連接電池為電子調速器供電，另 **1** 條 **3** 合 **1** 輸入線連接控制電路，接收來自飛控系統的 **PWM**(pulse-width modulation，脈波寬度調變)訊號；輸出端為 **3** 條粗線，連接到無刷馬達，根據飛控系統的訊號控制無刷馬達的轉速。

- **螺旋槳/旋翼**

無人飛機上將動力轉換為推力的裝置稱為螺旋槳，無人直昇機/多旋翼機上的螺旋槳因為同時可提供升力，故應稱為旋翼。配合業內慣用語，統稱為螺旋槳/旋翼。

- **標示方式**

螺旋槳/旋翼規格，通常會以四碼數字表示型號，標注於葉片正面內緣處。前兩碼代表螺旋槳葉片的直徑(長度)，後兩碼則為螺距規格，單位均為吋(英寸)。例如：型號 **9455** 的槳，代表葉片直徑 **9.4** 英寸，螺距為 **5.5** 英寸。

- 旋翼槳葉數量與效率

根據無人機的載重與飛行性能要求，槳葉數量會有所不同。槳葉數量與空氣動力效率有關，槳葉愈多彼此間距離愈近，空氣動力的干擾愈大而降低空氣動力效率，但可以從動力來源(電動馬達或發動機)中汲取較多的能量。整體而言，槳葉數越少轉速愈大而空氣動力效率越大，槳葉數越多飛行越穩定且能承載較大的重量。

### 接收發射機

無人機系統裡的接收機，通常是指能與地面控制站遙控系統連線，接收上行鏈路的控制信號，接收機使用遙控協議需與地面控制站搭配對頻。發射機通常指影像圖傳系統，將酬載影像使用下行鏈路傳回地面接收站。

- 使用頻段

無人機的接收/發射訊號有多種頻段可以使用，包括 **Wi-Fi**、**3G/4G/5G** 行動通訊、**ISM** 工業頻段等等，主流的數位遙控頻率有 **2.4Ghz**、**5.8Ghz**，影像圖傳頻率則為 **5.8Ghz**。

- 訊號延遲或鏈路失效

發射功率與天線靈敏度與指向性亦影響飛行距離及訊號延遲等問題。操作時如遇到上、下行鏈路或影像鏈路失效都要果斷執行緊急處置程序，避免發生事故。

### 慣性量測單元(IMU)

慣性量測單元(**IMU, Inertial Measurement Unit**)包括三軸陀螺儀、三向加速計與三軸磁力計等慣性傳感器，利用機體不同軸向的加速度與旋轉角速度，配合飛控系統解算出無人機俯仰、滾轉與偏航等姿態訊號。**IMU** 可以晶片型式整合於飛控系統板



或單獨封裝。

### 姿態及航向參考系統(AHRS)

姿態和航向參考系統( AHRS, Attitude and Heading Reference System ) 由 IMU 的慣性傳感器與再加上三個軸向的磁力計及處理數據的微控制器組合封裝而成，以濾波方式融合不同來源的感測數據，提供姿態與航向資訊。

### ※慣性導航系統 ( INS )

慣性導航系統是一種自主式 ( self-contained ) 的導航系統，以起始位置作初始條件，使用前先進行初始對準，再由系統中的陀螺儀與加速計經過積分運算來測量運動體的慣性位置變化。雖然 3C 產品上提供姿態的裝置有時也被稱為慣性導航系統，實際上，具備足夠航行精度的自主式慣性導航系統因感測器價格昂貴，通常僅安裝在軍機、越洋的民航客機及特殊用途的無人機上。消費型無人機上的微機電式慣性量測元件經過二次積分後的累積誤差過大，無法用來計算無人機位置，常見的作法是將衛星導航(GNSS)與慣性導航資料相互融合以計算位置，稱為「組合導航」。

### 電子羅盤

單獨將三軸磁力計與溫度/姿態等補償元件及微控制器組合成單一裝置稱為電子羅盤，可提供精準的航向資訊，通常獨立安裝在適當位置或安裝多個備援，以防護飛行時的電磁干擾。

## 4.3 無人多旋翼機的特點

無人多旋翼機與無人直昇機都是採用旋翼作為升力與推力的來源。二個旋翼以下者稱為直昇機，三個旋翼以上者稱為多旋翼，兩者操作特性類似。直昇機因變距結構較為複雜，通常需要尾旋翼作為扭力平衡，應用較不普遍，以下針對無人多旋翼機的重要組件與飛行模式進行說明。

### 無刷電動馬達

無刷馬達為目前無人多旋翼機主流的動力來源，推動螺旋槳轉動以產生各種控制力，其具有(1)無電刷、低干擾；(2)噪音低、

運轉摩擦力小；(3)壽命長、低維護成本等優點，故近年已取代有刷馬達而廣為使用。

### 飛控系統

飛控系統是無人機的飛行控制中樞。早期飛控系統以工業控制電腦為架構，故也稱為飛控電腦。近年多採用體積小、重量輕、成本低的嵌入式系統，只由一片或數片電路板封裝而成者稱為飛控板。飛控系統整合 IMU（飛行姿態感知）、磁力計(航向感知)、氣壓高度計(高度計算)與選配的 GNSS 模組及核心的控制電路所組成，可提供不同的飛行模式及緊急時自動返航、懸停等功能並保持穩定的飛行姿態，並提供無人機執行任務工作時所需的伺服或動力控制訊號輸出。

### 衛星導航系統

衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)是覆蓋全球的自主地利空間定位的衛星系統，可運用小巧的電子接收器獲得它的位置資訊(經度、緯度和高度)，並且經由衛星廣播沿著視線方向傳送的時間訊號精確到 10 米的範圍內。接收機計算的精確時間、位置、橢球高(GNSS 高度)以及對地移動速度，以作為無人機飛行的參考資訊。目前全球性的衛星導航系統，有美國的全球定位系統 (GPS)、俄羅斯的格洛納斯系統 (GLONASS)和中國大陸的北斗衛星導航系統(BDS)及歐盟的伽利略定位系統(GALILEO)。使用時可同時接收 2 個以上的衛星系統信號，定位更為精確、可靠。民用衛星系統信號微弱且容易受到遮蔽或干擾，故無人機之使用宜避開強波設施或大樓林立及大面積玻璃帷幕等類似區域，避免影響信號接收效果。

### 環境避障

無人多旋翼機因可懸停飛行與快速變換姿態，常裝有不同的避障裝置以防止與建築物或障礙物接近或碰掉，如主動式的超音波、雷達、紅外線、飛時測距以及被動式的光流、影像等。不同避障裝置的工作原理均有其優、缺點，開啟前應詳閱原廠使用說明並瞭解其功能限制，且不可完全依賴其避障能力，以保障操作安全。

## 操作模式

無人多旋翼機的飛控系統通常可提供數種不同的飛行模式以配合實務應用。此處說明遙控無人機術科測驗時可能使用到的模式。

- 手動模式

不借助任何飛控輔助與穩定功能，完全交由操作人自由操控無人機之三軸滾動與與行進方向的操控方式，此時無人機沒有任何定位/定高/定向/自動恢復水平飛行等功能。

- 姿態模式

不借助任何定位單元，如衛星定位或視覺定位等等之飛行模式，但仍依靠陀螺儀穩定機身水平與氣壓高度計維持飛行高度，此時無人機水平位置無法鎖定。

- 定位模式

使用衛星導航系統(GNSS)、即時動態定位(RTK)、後處理動態定位(PPK)、視覺定位等多種輔助系統，使無人機得以穩定於定點停懸、鎖定航向飛行、與自動導航之飛行模式。定位模式下，無人機具有最大穩定與安全性。

- 任務模式

規劃航線並上傳至無人機飛控系統，使其按照指示航點飛行。任務模式涵蓋了定位模式，並採用非自主飛行方式執行任務，期間均為自動飛行，操作人不須介入操控。例如，農田噴灑，智能航點飛行等。在這個模式下雖然無人飛機處於自主狀態，但需要由操作人對其持續監控並在必要時隨時接手控制。

## 4.4 無人飛機的特點

固定翼的無人飛機和使用旋翼的無人直昇機和無人多旋翼機的飛行原理完全不同，無人飛機依靠機翼前進的速度產生升力，起飛和降落需要跑道或發射/回收系統，旋翼機則不需要透過持續向前的運動產生升

力，簡單的場地就可以起降。從機械的角度來講，固定機翼的效率遠比複雜的旋翼變距或轉速改變機構為高，故與無人直昇機與無人多旋翼機相比，無人飛機可以於較長的時間以更快的速度飛行。無人飛機動力來源除了無刷電動馬達外，中、大型無人飛機也常使用往復式或渦輪噴射或渦輪螺旋槳發動機，以達到大推力與長航程的性能要求，此時往往會以發動機附件的方式配置發電機，提供酬載及伺服舵機長時間工作所需電力。

基於以上操作特點，本節介紹無人飛機上的兩種特殊組件－伺服舵機與空速計，並對無人飛機飛控系統模式做簡要說明。

### 伺服舵機(Servo)

無人飛機是利用伺服舵機擺動操縱面來達到所想要的飛行姿態，伺服舵機亦為噴灑、投擲、收放起落架等作動機構，亦可用於旋翼機旋翼之變距。

- 伺服作動

伺服舵機的運作原理比前述無刷電動馬達簡單：飛控系統輸出指令訊號給伺服舵機，舵機上的擺臂移動到所指定位置；擺臂通過連桿與操縱面連接在一起，進而控制操縱面的擺動。

- 誤差反饋

電位計與連桿機構相連可提供操縱面實際位置，與飛控系統所輸出的指定位置相比較後，將誤差反饋進行補償調整直至誤差為零。伺服舵機只有在飛控系統進行操縱面位置調整時才會作動，其他時間舵機都是保持靜止狀態，此點與必需不停轉動以提供螺旋槳/旋翼動力的電動馬達不同。

### 空速計

空速管（又稱皮托管）經由測量前方開口的總壓與周圍開口的靜壓來計算出飛行器相對於空氣的速度也就是「指示空速」。對慢速的小型無人飛機而言，空速計並非絕對必要，然而它提供的「指示空速」比 GNSS 提供的「地速」，更能反應飛機當下的空氣動力特性。在有風的環境或起飛降落的低速階段，空速計可使飛控系統計算出較精準的操作響應。

## 操作模式

無人飛機的飛控系統能提供多種飛行模式，不同的飛控產品對類似功能的飛行模式或許有不一樣的稱呼，也可能將幾個模式結合在一起運用。無人直昇機/多旋翼機的飛控系統也可能提供類似的模式。

- 手動模式

這種模式由操作人直接控制伺服舵機的輸出，飛行控制系統不介入操控迴路。當飛機的感測器如姿態訊號等發生故障時，手動模式可以用於安全返航。

- 穩定模式(自穩模式)

和手動模式一樣，操作人可直接控制伺服舵機的輸出，放掉遙桿後飛機會自動平飛，此在自穩模式下，俯仰與滾轉會受到一些安全限制。

- 線傳飛控模式(FBW)

此名稱來自戰機與民航機完全以電腦控制飛行操作的模式。模式分為 **FBW A** 與 **FBW B** 兩種，操作人不直接控制伺服舵機的輸出，而是利用控制桿下達俯仰與滾轉的指令，由飛控系統決定舵機的操作量與後續修正，並有最大俯仰與滾轉角度的限制。**FBW A** 必須手動控制油門且無法自動保持高度，**FBW B** 可以利用油門控制目標空速並保持目前高度。

- 定高模式(Alt Hold)

除了 **FBW B** 的先前幾個模式中，儘管飛行姿態很平穩，飛行高度仍然會因為氣流擾動等原因而有忽高忽低的情況。這個模式允許操作人設定一個高度目標值讓飛機保持在該高度飛行。

- 航向鎖定模式

類似於 **FBW B** 加上固定航向的效果，飛機會保持某特定的航向飛行，有時也被稱為巡航模式。遠距離 **FPV** 常配合觀察員所提供的周圍環境資訊作為狀況警覺，利用此模式指向某個目標



飛行。

- 任務模式

與多旋翼機任務模式相同，可依遙控設備事先設定的航點飛行，高階的機種甚至可以作到自動起降。此模式下雖然飛機處於自主飛行狀態，依據民航法規，操作人此時必需持續監控，遇到緊急情況時才能即時接手處置。

## 4.5 遙控無人機系統知識問答

### 4.5.1 「動力與螺旋槳」

1. 無人機的動力系統大致分為哪 2 大類？

答：大致分為馬達(電動式)及引擎(內燃機式)等 2 大類。

2. 電動無人機的動力系統包括哪些部分？

答：由(動力)馬達、電池、調速系統(電子調速器，ESC，electronic speed controller)以及螺旋槳組成。

3. 無人機動力系統中的馬達大部分屬於哪一類？

答：大部分屬於無刷直流馬達(brushless DC motor)或簡稱無刷馬達。無刷式直流馬達較傳統有刷式安全且可靠。

4. 功率的定義為何？

答：功率的定義為：每單位時間( $t$ ，秒)所作的功或所消耗的能量( $J$ ，焦耳)， $\text{功率} = \text{功(能量)}/\text{時間}(J/t, \text{焦耳/秒})$

5. 功率的常用單位有哪些？

答：功率常用的公制單位為瓦( $W$ ，watt)， $1 W = 1 J/s$ ；英制單位為馬力( $HP$ ，horse power)， $1 HP = 746 W$ 。

6. 無人機機翼的升力公式為？

答： $L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 S$ 。



## 7. 升力公式中的符號代表什麼意思？

答： $C_L$ ：翼切面之升力係數(隨攻角變化)

$\rho$ ：空氣密度(在 1,013.25 hPa、15°C時，空氣密度大約為  
1.225 kg/m<sup>3</sup>)

$V$ ：翼切面速度(就是空速)

$S$ ：機翼面積

## 8. 升力公式中的升力係數的單位為何？

答：升力係數為無因次(dimensionless)。升力係數為升力壓力密度與動壓之比值。

## 9. 無人機所用的螺旋槳的型號代表的意義為何？

答：前兩碼為槳的直徑(長度)，後兩碼代表槳的螺距，單位皆為英吋。  
例如：型號 1555 的槳，直徑為 15 英吋，螺距為 5.5 英吋。

## 10. 無人機所用的螺旋槳槳葉數量與效率的關係為何？

答：槳葉數量越少，效率越高；舉例來說，如果軸距、電池規格、及起飛重量等相同，四旋翼無人機的飛行時間大於六旋翼無人機。

## 11. 螺旋槳螺距的意思為？

答：想像螺旋槳在某個不能流動的介質中沿螺旋槳軸向旋轉往前，繼續不斷旋轉就會沿螺旋槳軸向產生一段螺旋(screw)，同一片槳葉旋轉一圈所產生螺旋的軸向距離即為螺距(propeller pitch)。一般固定螺距的螺旋槳上都會標明螺距的大小(單位通常為英吋)。

## 12. 螺旋槳的材質為何？

答：一般為硬質塑膠、碳纖維、及硬質木頭等。

## 13. CW、CCW 哪個是順時針哪個是逆時針？

答：CW (clockwise)為順時針，CCW (counterclockwise)為逆時針。

#### 14. 如何選配適當的螺旋槳？

答：螺旋槳可依不同的 KV 值作選配(KV 詳見本節第 22 題)。

- (1) KV 值較大者選用高速槳(小螺矩、小尺寸槳)，KV 值較小者選用低速槳(大螺矩、大尺寸槳)；
- (2) KV 值相同時，馬達功率越高者，選用低速槳(大螺矩、大尺寸槳)以提升效率。

#### 4.5.2 「電池與馬達」

1. 以下為無人機所用電池的型號，12,000 mAh、6s、鋰聚合物電池、15c 放電倍率，其代表的意義為？

答：6s 係代表該電池係由 6 片電池芯串連組成，標稱電壓是  $3.7 \times 6 = 22.2 \text{ V}$ ，滿電電壓是 25.2 V。12,000 mAh 代表的意義為在 12,000 mA (12A) 的電流下，電池可以放電一小時，代表電池的容量。15c 代表的意義為電池的最大放電倍數為 15 倍，無人機電池最大的放電電流為  $12,000 \times 15 = 180,000 \text{ mA}$  (180 A)。

2. 電池的測電工具一般有？

答：測電工具有低電量警報器、分壓測電器及三用電表等。

3. 6s 的電池有幾條線？

答：若是透過分壓方式充電則「n」s 的電池有 n+1 條線，多的一條為地線，所以 6s 電池有 7 條線。

4. 鋰電池的充電電流一般為？(標稱容量的一半，即 0.5c)

答：電池充電一般不用大於 1c 的電流充電，一般用 0.5c。例如：4,200 mAh 的電池不要用超過 4.2A 的電流充電，一般用 2.1 A 電流充電。

5. 電池串聯時，電壓和電池容量的變化為？

答：電池串聯時電壓會增加( $V = V_1 + V_2 + \dots$ )，電池容量不變( $C = C_1 =$

$C_2 = \dots$ )。例如：6s 電池為 6 塊電池串聯。

6. 電池並聯時，電壓和電池容量的變化？

答：電壓不變，電池容量升高。例如：3p 電池為 3 塊電池並聯。

7. 無人機的馬達型號，其代表的意義為？

答：前兩碼為馬達定子繞線線圈的直徑，後兩碼為馬達定子繞線線圈的高度。例如：「4110」馬達代表馬達定子繞線線圈的直徑為 41 mm，高度為 10 mm。

8. KV 值代表的意義為？

答：其單位為 rpm/V，代表馬達在 1V 電壓下的每分鐘轉速 (rpm，revolutions per minute)；KV 值越小，則馬達扭矩越大，但轉速越低。例如：400 KV 在 1 V 電壓下每分鐘 400 轉。

9. 無人機使用馬達的理論空轉轉速如何計算？

答：以訓練機使用的小馬達為例，其 KV 值為 400，標稱電壓為 22.2 V，因此馬達的空轉轉速為  $400 \times 22.2 = 8,880$  轉。

10. 有刷馬達和無刷馬達的區別為？

答：有刷馬達是把磁鐵固定在馬達外殼或者基座上，成為定子，然後將線圈纏繞成為轉子；無刷是把線圈繞在定子之上，然後把磁鐵做成轉子；無刷的優點是轉動的是磁鐵而不是線圈，因此減少了碳刷這個消耗品。

11. 有刷馬達的優點為何？

答：(1)結構簡單；(2)起動扭矩大；(3)起動及煞車平穩；(4)控制精度高；(5)使用成本低、維修方便。

12. 無刷馬達的優點為何？

答：(1)無電刷、低干擾；(2)噪音低、運轉摩擦力小；(3)壽命長、低維護成本。

13. 無刷馬達有幾條輸入線？

答：有 3 條輸入線，這 3 條線與電子調速器連接。

14. 無人機的電子調速器型號及其代表的意義為？

答：假設無人機用的是 30 A 的電子調速器，代表電子調速器最大允許通過電流大小為 30 A，如果超過 30 A 電子調速器會燒壞。

15. 電子調速器的輸入線有幾條？輸出線有幾條？分別接哪裡？

答：無刷電子調速器有 2 條較粗與 1 條較細的 3 合 1 輸入線，粗的 2 條輸入線 1 黑 1 紅，連接電池供電，細的 1 條 3 合 1 輸入線連接控制板，接收控制板的 PWM(pulse-width modulation，脈波寬度調變) 訊號；輸出端為 3 條粗線，連接到無刷馬達，根據控制板的訊號控制無刷馬達的轉速。

16. PWM(pulse-width modulation，脈波寬度調變)是什麼？

答：PWM 是將類比訊號轉換為脈波一種技術，一般轉換後脈波的週期固定，但脈波的工作週期會隨類比訊號的大小而改變。

17. 電子調速器損壞後可用更大或更小的電子調速器代替嗎？

答：只能用更大的電子調速器代替，不能用更小的代替，以免電流超過電子調速器上限。

18. 電子調速器的作用為？

答：將輸入的直流電轉換成 3 相交流電、對馬達進行調速、帶 BEC(battery eliminator circuit，去電池電路)功能的電子調速器可對電源電壓進行降壓，並輸出 5 V 電壓以供電至飛控電腦、遙控鏈路元件或伺服舵機等機載設備。

19. 若某六軸無人機使用 6S 5000mAh 30 C 的電池。單顆馬達在 100% 油門全速運轉時電流達到 36A。請問電子調速器應如何選擇合適？

答：選擇耐壓至少 6S 耐電流大於 36A 型號，保險起見至少選 6S 40A 電子調速器。

## 20. 電池使用應注意哪些項目？

答：合適的電池容量、合適的 s 數、安全的電池安裝、及穩固的連結至系統等。

### 4.5.3 「飛行與環境」

#### 1. 空氣密度與密度高度的關係為何？

答：空氣密度減少表示較高的密度高度，空氣密度增加表示較低的密度高度。

#### 2. 空氣密度與動力輸出的關係為何？

答：空氣密度減少，馬達/引擎的動力輸出隨之降低。例如，同樣 2,300 rpm 在 5,000 呎(較低空氣密度)產生的馬力較低，在海平面(較高空氣密度)產生的馬力較高。

#### 3. 空氣密度受哪些因素影響？

答：空氣密度受高度/壓力、溫度、及濕度等因素影響。

#### 4. 高度/壓力如何影響空氣密度及無人機飛行？

答：高度越高，壓力越低，空氣密度越低；在 18,000 呎的空氣密度僅為在海平面的一半，所以在一定攻角、較高高度下為保持升力，須以較高的真空速飛行。

#### 5. 溫度如何影響空氣密度及無人機飛行？

答：暖空氣的密度低於冷空氣，所以在一定攻角、較高溫度下為保持升力，須以較高的真空速飛行。

#### 6. 濕度如何影響空氣密度及無人機飛行？

答：濕空氣的密度低於乾空氣，所以在一定攻角、較高濕度下為保持升力，須以較高的真空速飛行。

#### 7. 如何區分四軸無人機的正反槳？

答：四軸飛行為了抵消螺旋槳的自旋，相鄰的螺旋槳旋轉方向會相反，而流線皆是由上往下流動，所以需要區分出正反槳，順時針旋轉的為正槳、逆時針旋轉的為反槳。(槳葉圓潤的一面要和馬達旋轉方向一致)。

8. 多軸無人機(無人多旋翼機)如何達到平穩飛行的目的？

答：

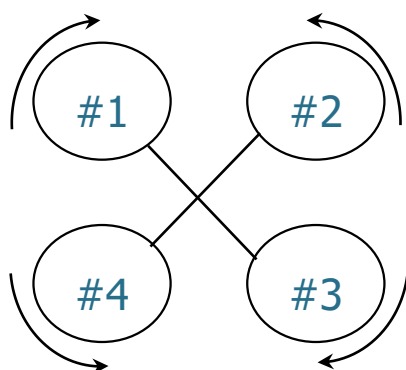


圖 17 無人多旋翼機排列示意圖

- (1) 如圖 17，首先依序將旋翼編號為#1、#2、#3、...，如：四軸無人機為#1~#4，六軸無人機為#1~#6，八軸無人機為#1~#8；
- (2) 再將相鄰的螺旋槳(旋翼)旋轉方向設定相反，如：#1、#3、...的旋轉方向為順時針，#2、#4、...的旋轉方向為逆時針。
- (3) 飛行時，依據牛頓第 3 定律(作用力等於反作用力)，#1、#3、...所產生的逆時針反作用力與#2、#4、...所產生的順時針反作用力互相抵銷，達到平穩飛行的目的。

9. 多軸無人機(無人多旋翼機)如何實現各種動作？

答：依據牛頓第 3 定律(作用力等於反作用力)，以電子調速器調配各個螺旋槳(旋翼)的轉速來實現各種動作。

10. 四軸無人機如何前後飛行？

答：(如圖 17，依序將螺旋槳編號為#1、#2、#3、#4，#1、#3 順時針旋轉，#2、#4 逆時針旋轉)

- (1) 將#3、#4 加速，同時將#1、#2 減速，因為後部的升力大於前



部，無人機以傾斜姿態向前飛行；

- (2) 將#3、#4 減速，同時將#1、#2 加速，因為前部的升力大於後部，無人機以傾斜姿態向後飛行。

#### 11. 四軸無人機如何側向飛行？

答：(如圖 17，依序將螺旋槳編號為#1、#2、#3、#4，#1、#3 順時針旋轉，#2、#4 逆時針旋轉)

- (1) 將#2、#3 加速，同時將#1、#4 減速，無人機以傾斜姿態向左飛行；  
(2) 將#2、#3 減速，同時將#1、#4 加速，無人機以傾斜姿態向右飛行。

#### 12. 四軸無人機如何原地轉向？

答：(如圖 17，依序將螺旋槳編號為#1、#2、#3、#4，#1、#3 順時針旋轉，#2、#4 逆時針旋轉)

- (1) #1、#3 加速，#2、#4 減速，因為逆時針反作用力大於順時針反作用力，無人機原地逆時針轉向；  
(2) #1、#3 減速，#2、#4 加速，因為順時針反作用力大於逆時針反作用力，無人機原地順時針轉向。

#### 13. 四軸無人機如何垂直升降？

答：(如圖 17，依序將螺旋槳編號為#1、#2、#3、#4，#1、#3 順時針旋轉，#2、#4 逆時針旋轉)

- (1) 所有螺旋槳同時加速，因為升力大於重力，無人機垂直上升；  
(2) 所有螺旋槳同時減速，因為升力小於重力，無人機垂直下降。

#### 14. 四軸無人機在空中有幾個自由度？

答：6 個自由度，分別是上下、前後、左右，滾轉、俯仰、及偏航等。

#### 15. 無人機如何飛最省電？

答：勻速飛行時最省電。

16. 無人機飛行前應做哪些必要檢查？

答：遙控器或地面導控站、無人機飛行前檢查項目、周邊環境及天氣等。

17. 無人機飛行前地面導控站應做哪些檢查？

答：GPS 衛星數、地面導控站電量、數傳信號、及其他告警訊息(羅盤、加速規等)等。

18. 無人機飛行前遙控器應做哪些檢查？

答：遙控器電量、遙控動作與無人機匹配性及搖桿微調位置合適性(如適用)等。

19. 無人機飛行前機身(含電池)應做哪些檢查？

答：電池電量充足、螺旋槳和機架完整、螺絲鎖接緊密、及起落架功能正常等。

20. 無人機飛行前周邊環境應做哪些檢查？

答：風速與風向、障礙物、距離、地磁與其他干擾、及避開人口聚集區域等。

21. 無人多旋翼機一般由哪些部件組成？

答：由機架、中心板、馬達、電子調速器、槳葉、飛控、腳架、電池、遙控器、機臂及遙控鏈路收發設備等元件組成。

22. 有哪些感測器用來測量無人機方位、高度和速度？

答：GPS、羅盤、氣壓計、及3軸陀螺儀/3軸加速規慣性測量模組等。

23. 無人機的特性一般可以從何描述？

答：軸距(適用於無人多旋翼機)、重量、抗風能力、巡航速度與最大速度、升限、及單人操作還是多人協同操作等。

24. 無人多旋翼機的載荷能力如何？

答：通常無人多旋翼機的載荷比(載重/最大起飛重量)約為 1/4 左右，與滯空時間有關，故最大起飛重量 10 公斤的無人多旋翼機約可載重 2.5 公斤。

25. GPS 天線為何需要天線支架？

答：GPS 的準確性與接收衛星的顆數有關，用一根支架將 GPS 支在高處，是為了防止電源板有電磁干擾，也可以避免 GPS 靠近任何強磁性的物體。

26. IMU(inertial measurement unit，慣性量測單元)的定義為？

答：IMU 是用 3 個軸向的陀螺儀(gyroscope)及 3 個軸向的加速規(accelerometer)，來量測無人機 3 個軸向的姿態角(俯仰角、滾轉角、及航向角等)及加速度，並據以解算出無人機姿態的裝置。

27. 陀螺儀(gyroscope)的定義為？

答：陀螺儀主要由一個位於軸心的轉子構成，依據角動量守恆原理，轉子旋轉時產生的角動量有抗拒方位改變的特性，用此特性來感測和維持方位及角速度的裝置。

28. 加速規(accelerometer)的定義為？

答：加速規又稱加速度計，利用壓電效應、壓阻效應、或電容式感應等作用原理，來測量加速度的裝置。

29. 歸航點(home point)的定義為？

答：遙控無人機利用衛星導航系統等定位方式，於機體啟動時自動記錄或由操作人手動記錄之初始座標位置資訊，一般作為飛航任務中返航模式(Return To Home，RTH)之目的地航點(Waypoint，WP)使用。

## 4.6 緊急處置程序

操作人可透過加強系統知識、操作技能、組員資源管理(Crew Resource Management, CRM)、緊急處置訓練及危害識別與風險評估等知能來提升遙控無人機緊急處置能力。本節參採有人駕駛航空器使用之飛航組員操作手冊(Flight Crew Operations Manual, FCOM)、快速參考手冊(Quick Reference Handbook, QRH)、不正常/緊急程序(Abnormal/Emergency Procedures)等內容,並融合各式操作模式(Flight Mode)相應必要作動機載裝備之差異性,於遙控無人機人機介面架構下,系統性建立操作人依原廠操作手冊及現有可用裝備資源正確處置異常狀況之觀念。

本節內容並未包含遙控無人機所有適用機型及空中異常狀態,僅將操作人實際執行飛航作業時可能發生之常見緊急情況列出,並依遙控無人機構造區分為「無人飛機」及「無人直昇機與多旋翼機」兩類型,再依「視距內」或「視距外」兩種操作情境分別制定相應之緊急處置程序,以供從事飛航活動之操作人、活動負責人及其他相關從業人員,作為空中應急操作及擬定運營單位或機型專屬緊急程序時之參考準則,亦可供專業操作證術科測驗應考人執行「緊急處置程序口頭問答」項目之應答依據。

### 4.6.1 動力系統(旋翼馬達或發動機)失效(In Flight Shutdown)：

#### (一) 無人飛機：

##### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式(Flight Mode),及時依現場風向風速妥適調整航向及各操縱面以保持空速(Airspeed)及姿態,目視航機儘速尋找安全地點實施異地迫降,或於航機高度足夠下採飄降(glide)方式返場降落。

##### 2. 視距外：

(1) 立即(依原廠操作手冊指示,如適用)切換至適當之操作模式。

(2) 依航機回傳之即時飛航資訊妥適調整航向及各操縱面以保持空

速及姿態，並立即採取減災飛行決策，判斷航機當下高度能否實施緊急飄降返場。

- (3) 若判斷當下高度不足以飄降返回本場，參考姿態儀(亦即姿態航向參考系統，AHRS，Attitude & Heading Reference System)及酬載(Payload)影像，儘速以飄降方式將航機飛至安全區域實施異地迫降。
- (4) 若判斷當下高度足以飄降返回本場，立即修正航向後妥適調整航機姿態，使航機保持最佳飄降速度(Best Glide Speed，最佳飄降速度定義為：無風環境下，無動力之定翼機下降單位高度可定向飛行最大距離之空速。)儘速飄降返回本場降落。

## (二)無人直昇機與多旋翼機：

### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式並採取減災飛行決策，以航機尚存動力嘗試穩定姿態減緩下降率，儘速以目視方式尋找安全地點實施異地迫降(無人直昇機應儘速將操作模式切換至 HOLD 熄火模式，並考量當下高度與風向等因素實施熄火降落處置)，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

### 2. 視距外：

- (1) 立即(依原廠操作手冊指示，如適用)切換至適當之操作模式並採取減災飛行決策。
- (2) 依航機回傳之即時飛航資訊及酬載影像判斷當下高度與位置。
- (3) 若航機尚存部份動力，應儘速穩定姿態並減緩下降率，以第一人稱方式尋找安全地點實施異地迫降處置(無人直昇機應儘速將操作模式切換至 HOLD 熄火模式，並考量當下高度與風向等因素實施第一人稱熄火降落處置)，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。
- (4) 若航機已完全喪失可控性，應立即記錄最終定位座標，在人員

無安全疑慮前題下儘速前往可能之墜落地點查看，以確認未引起火災或其他二次災害，並於紀錄及檢視損害情形後清理現場，以免造成環境污損。視需要聯絡災防或環保單位到場進行必要處置，並於時效內將事件通報民航局。

#### **4.6.2 發電機失效(動力系統正常)：**

##### **(一)無人飛機：中、大型適用**

###### **1. 視距內：**

立即關閉航機非必要之酬載設備以減緩蓄電池之電力消耗，將電力留存供伺服舵機及飛控電腦等必要裝備使用，以目視方式穩定姿態並保持勻速飛行，儘速返場降落。

###### **2. 視距外：**

- (1) 立即關閉航機除第一人稱影像外之非必要酬載設備，以減緩蓄電池之電力消耗，將電力留存供伺服舵機及飛控電腦等必要裝備使用。
- (2) 參考航機回傳之即時飛航資訊及酬載影像，以第一人稱方式穩定姿態並保持勻速飛行，儘速返場降落。

##### **(二)小型無人飛機、無人直昇機與多旋翼機：不適用**

※ 小型無人飛機、無人直昇機與多旋翼機，因受性能限制較少獨立安裝發電機。

#### **4.6.3 上傳鏈路失效(Uplink Loss，C2 Link Loss)：**

##### **(一)無人飛機：**

###### **1. 視距內：**

- (1) 立即分析上傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(發射端)異常、或航機(接收端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站



位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，待航機恢復控制後應立即轉向或爬升脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，全程與航機保持目視，並於恢復控制後儘速以穩定姿態返場降落。

- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復控制鏈路，通訊恢復後切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復控制鏈路或航機接收端異常，航機將依失效保護機制(Fail Safe)之設定自動進入返航模式，此時應目視監控航機是否正確返回歸航點盤旋或降落，視需要疏導地面人員及車輛儘速淨空歸航點周邊區域，以預留自動降落/傘降及定位誤差所需之安全隔離。

## 2. 視距外：

- (1) 立即分析上傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(發射端)異常、或航機(接收端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以地圖介面或酬載影像檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，待航機恢復控制後應立即轉向或爬升脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並於恢復通訊後參考及時飛航資訊即酬載影像，儘速以第一人稱方式穩定返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復控制鏈路，通訊恢復後切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復控制鏈路或航機接收端異常，航機將依失效保護機

制(Fail Safe)之設定自動進入返航模式，此時可利用地圖介面、即時飛航資訊及酬載影像，全程監控航機是否正確返回歸航點盤旋或降落，視需要疏導地面人員及車輛儘速淨空歸航點周邊區域，以預留自動降落/傘降及定位誤差所需之安全隔離。

- ※ C2 Link (Command and Control Link，控制信號鏈路)，係指遙控無人機系統中，地面導控站或遙控器等地面端遙控設備與空中端遙控無人機間之命令與控制鏈路。

## (二) 無人直昇機與多旋翼機：

### 1. 視距內：

- (1) 立即分析上傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站/遙控器(地面端)異常、或航機(空中端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，待航機恢復控制後應立即轉向或升高脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，全程與航機保持目視，並於恢復控制後儘速以穩定姿態返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復控制鏈路，通訊恢復後切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復控制鏈路或航機接收端異常，航機將依失效保護機制(Fail Safe)之設定自動進入返航模式，此時應目視監控航機是否正確返回歸航點懸停或降落，視需要疏導地面人員及車輛儘速淨空歸航點周邊區域，以預留自動降落及定位誤差所需之安全隔離。

### 2. 視距外：

- (1) 立即分析上傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站/遙控器(地面端)異常、或航機(空中端)異常。
  - (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以地圖介面或酬載影像檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，待航機恢復控制後應立即轉向或升高脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並於恢復通訊後參考及時飛航資訊即酬載影像，儘速以第一人稱方式穩定返場降落。
  - (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復控制鏈路，通訊恢復後切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
  - (4) 若無法恢復控制鏈路或航機接收端異常，航機將依失效保護機制(Fail Safe)之設定自動進入返航模式，此時可利用地圖介面、即時飛航資訊及酬載影像，全程監控航機是否正確返回歸航點懸停或降落，視需要疏導地面人員及車輛儘速淨空歸航點周邊區域，以預留自動降落及定位誤差所需之安全隔離。
- ※ 多數飛行控制器系統，其上傳鏈路(遙控訊號)之失效保護預設值因系統、環境及任務特性之不同而有所差異，應於飛行前確認失效保護機制之觸發動作係自動返航、原地降落或原地盤旋/懸停，若為自動返航應再確認其預設之返航高度係屬安全且合理之數值，以避免返航途中撞擊地形地障之意外發生。

#### 4.6.4 下傳鏈路失效(downlink loss)：

##### (一) 無人飛機：

##### 1. 視距內：

- (1) 立即分析下傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(接收端)異常、或航機(發射端)異常。

- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，儘速執行轉向或爬升操作予以脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速以穩定姿態返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復鏈路通訊，並切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復下傳鏈路或航機發射端異常，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速控制航機以穩定姿態返場降落。

## 2. 視距外：

- (1) 立即分析下傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(地面端)異常、或航機(空中端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並參考航機飛行軌跡及斷訊前回傳之飛航資訊與酬載影像，儘速執行轉向或爬升操作以脫離干擾/遮蔽區域；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並於下傳鏈路恢復後以第一人稱方式，儘速以穩定姿態返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復鏈路通訊，並切換至適當之操作模式或啟動返航模式，待下傳鏈路恢復後以第一人稱方式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復下傳鏈路或航機發射端異常，應立即採取減災飛行決策，並切換至適當之操作模式或啟動返航模式，嘗試恢復鏈路通訊後以第一人稱方式，儘速控制航機以穩定姿態返場降落；若已超過滯空時間持續未見航機返航，代表航機可能已失事，

應立即採取地面搜索及善後措施，並進行必要之通報。

(二) 無人直昇機與多旋翼機：

1. 視距內：

- (1) 立即分析下傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(地面端)異常、或航機(空中端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並以肉眼檢視週遭潛在遮蔽物及干擾源，儘速執行轉向或升高操作予以脫離，以避免再次斷訊；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速以穩定姿態返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復鏈路通訊，並切換至適當之操作模式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。
- (4) 若無法恢復下傳鏈路或航機發射端異常，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並全程與航機保持目視，儘速控制航機以穩定姿態返場降落。

2. 視距外：

- (1) 立即切換至適當之操作模式保持原處懸停，並分析下傳鏈路失效原因係屬干擾/遮蔽、地面導控站(地面端)異常、或航機(空中端)異常。
- (2) 若為訊號干擾/遮蔽，應立即檢查天線配置或移動地面導控站位置嘗試恢復鏈路通訊，並參考航機飛行軌跡及斷訊前回傳之飛航資訊與酬載影像，儘速執行轉向或上升操作以脫離干擾/遮蔽區域；干擾/遮蔽狀況若持續，應立即切換至適當之操作模式或啟動返航模式，並於下傳鏈路恢復後以第一人稱方式，儘速以穩定姿態返場降落。
- (3) 若為地面導控站異常，應立即檢診其電源、天線及硬體線路接



頭，必要時可更換模組或重新開機以嘗試恢復鏈路通訊，並切換至適當之操作模式或啟動返航模式，待下傳鏈路恢復後以第一人稱方式，儘速以穩定之飛行姿態返場降落。

- (4) 若無法恢復下傳鏈路或航機發射端異常，應立即採取減災飛行決策，並切換至適當之操作模式或啟動返航模式，嘗試恢復鏈路通訊後以第一人稱方式，儘速控制航機以穩定姿態返場降落；若已超過該機型合理滯空時間而持續未見航機返航，代表航機可能已失事，應立即採取地面搜索及善後措施，並進行必要之事件通報程序。

#### 4.6.5 衛星定位訊號異常：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止衛星定位功能介入航機之控制，並由操作人以目視方式接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後，儘速操控航機轉向或爬升脫離高樓周圍、橋梁下、峽谷內、密林中及輸電線路周邊等環境，待衛星訊號恢復後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止衛星定位功能介入航機之控制，並由操作人參考即時飛航資訊、地圖介面及酬載影像以第一人稱方式接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後，儘速操控航機轉向或爬升脫離高樓周圍、橋梁下、峽谷內、密林中及輸電線路周邊等環境，待衛星訊號恢復後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以第一人稱方式控制航機返場降落。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止衛星定位功能介入航機之控制，



並由操作人以目視方式接手操作，穩定姿態或原處懸停後，儘速操控航機轉向或上升脫離高樓周圍、橋梁下、峽谷內、密林中及輸電線路周邊等環境，待衛星訊號恢復後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落。

## 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止衛星定位功能介入航機之控制，並由操作人參考即時飛航資訊、地圖介面及酬載影像以第一人稱方式接手操作，穩定姿態或原處懸停後，儘速操控航機轉向或上升脫離高樓周圍、橋梁下、峽谷內、密林中及輸電線路周邊等環境，待衛星訊號恢復後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以第一人稱方式控制航機返場降落。

### 4.6.6 酬載影像鏈路異常：

#### (一) 無人飛機：

##### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式，調整地面導控站(遙控器)之天線角度及方位，目視控制航機飛離遮蔽物或干擾源嘗試恢復影像鏈路，待影像鏈路恢復後繼續飛行；若影像持續中斷，應立即以目視方式安全返航，並儘速以穩定之姿態返場降落。

##### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式，調整地面導控站(遙控器)之天線角度及方位，並參考即時飛航資訊及地圖介面，控制航機飛離遮蔽物或干擾源嘗試恢復影像鏈路，待影像鏈路恢復後繼續飛行；若影像持續中斷，應立即參考即時飛航資訊及地圖介面控制航機返航，或原處盤旋建立安全高度後啟動返航模式將之飛回，返航途中應確保航機與地形地障保持安全隔離，並儘速以穩定之姿態返場降落。

#### (二) 無人直昇機與多旋翼機：

### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式並原處懸停，調整地面導控站(遙控器)之天線角度及方位，目視控制航機飛離遮蔽物或干擾源嘗試恢復影像鏈路，待影像鏈路恢復後繼續飛行；若影像持續中斷，應立即以目視方式安全返航，並儘速以穩定之姿態返場降落。

### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式並原處懸停，調整地面導控站(遙控器)之天線角度及方位，並參考即時飛航資訊及地圖介面，控制航機飛離遮蔽物或干擾源嘗試恢復影像鏈路，待影像鏈路恢復後繼續飛行；若影像持續中斷，應立即參考即時飛航資訊及地圖介面控制航機循原飛航軌跡安全返航，或原地拉高建立安全高度後啟動返航模式將之飛回，返航途中應確保航機與地形地障保持安全隔離，並儘速以穩定之姿態返場降落。

## 4.6.7 姿態顯示/IMU/AHRS 異常：

### (一) 無人飛機：

#### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止 IMU/AHRS 介入航機之控制，並停止參考遙控設備之姿態顯示，由操作人目視航機接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速控制航機返場降落。

#### 2. 視距外：

- (1) 立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止 IMU/AHRS 介入航機之控制，並停止參考遙控設備之姿態顯示，由操作人接手操作，參考酬載影像穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用即時飛航資訊及地圖介面掌握當下航向、高度、速度、距離及位置等資訊，儘速以第

一人稱方式控制航機安全返場降落。

(2) 若操作人之技能不足以第一人稱方式手動控制航機，應立即採取減災飛行決策，參考酬載影像、即時飛航資訊及地圖介面嘗試將航機飛至安全區域，並儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

(3) 航機安全降落後應就姿態訊號線路及 **IMU/AHRS** 進行必要檢查，並針對機載姿態感測元件依原廠技令執行校正。

## (二) 無人直昇機與多旋翼機：

### 1. 視距內：

立即反向修正不受控傾斜姿態以減緩航機瞬間位移，儘速切換至適當之操作模式(手動模式)以停止 **IMU/AHRS** 介入航機之控制，並停止參考遙控設備之姿態顯示，由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後儘速控制航機返場降落。

### 2. 視距外：

(1) 立即反向修正不受控傾斜姿態以減緩航機瞬間位移，儘速切換至適當之操作模式(手動模式)以停止 **IMU/AHRS** 介入航機之控制，並停止參考遙控設備之姿態顯示，由操作人接手操作，參考酬載影像穩定姿態或原處懸停後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用即時飛航資訊及地圖介面掌握當下航向、高度、速度、距離及位置等資訊，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

(2) 完全依賴姿態感測輔助飛行的無人直昇機或多旋翼機，**IMU** 或 **AHRS** 異常時機體將迅速失衡，若操作人之技能不足以第一人稱方式手動控制航機，應立即採取減災飛行決策，參考酬載影像、即時飛航資訊及地圖介面嘗試將航機飛至安全區域，並儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

- (3) 航機安全降落後應對姿態儀訊號線路及 IMU/AHRS 進行適當校正以恢復航機適航。

#### 4.6.8 電子羅盤異常：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止電子羅盤介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後操控航機轉向或爬升脫離電塔、基地台或變電箱等強磁設施，待電子羅盤恢復正常運作後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止電子羅盤介入航機之控制，並由操作人參考即時飛航資訊、地圖介面及酬載影像以第一人稱方式接手操作，儘速操控航機轉向或爬升脫離電塔、基地台或變電箱等強磁設施嘗試恢復電子羅盤之運作，待異常狀況改正後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以第一人稱方式控制航機返場降落。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止電子羅盤介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後操控航機轉向或上升脫離電塔、基地台或變電箱等強磁設施，待電子羅盤恢復正常運作後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以目視方式控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止電子羅盤介入航機之控制，並

由操作人參考即時飛航資訊、地圖介面及酬載影像以第一人稱方式接手操作，儘速操控航機轉向或上升脫離電塔、基地台或變電箱等強磁設施嘗試恢復電子羅盤之運作，待異常狀況改正後繼續飛行；若異常狀況持續無法改正，應儘速以第一人稱方式控制航機返場降落。

#### 4.6.9 慣性導航系統異常：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止慣性導航功能介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止慣性導航功能介入航機之控制，並由操作人接手操作，參考酬載影像穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用即時飛航資訊及地圖介面掌握當下航向、高度、速度、距離及位置等資訊，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式以停止慣性導航功能介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後儘速控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式以停止慣性導航功能介入航機之控制，並由操作人接手操作，參考酬載影像穩定姿態或原處懸停後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用即時飛航資訊及地圖介

面掌握當下航向、高度、速度、距離及位置等資訊，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

#### 4.6.10 空速管(Pitot tube)失效：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

操作人察覺地面導控站(遙控器)空速或高度參數異常後，應立即切換至適當之操作模式以停止空速管介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速控制航機返場降落。

###### 2. 視距外：

操作人察覺地面導控站(遙控器)空速或高度參數異常後，應立即切換至適當之操作模式以停止空速管介入航機之控制，並由操作人接手操作，參考酬載影像穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後，建立安全高度使航機與地形地障保持隔離，同時改以導航系統(如衛星定位及慣性導航等)測得之速度及高度參數作為操作之準據，並適當調整油門(Throttle)及推力(Thrust)以避免航機空速超限，利用即時飛航資訊及地圖介面掌握當下航向、距離及位置等資訊，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：不適用。

※ 因設計結構強度之限制，無人飛機製造原廠依不同飛行高度、姿態及外型(Configuration)均訂有相應之空速限制，空速超限(空速超過航空器所處高度、姿態或外型條件下其原廠規範之最大空速限制)可能於極短時間內危及航機結構安全。

#### 4.6.11 操縱面致動器/伺服舵機(Servo)失效：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：



- (1) 若航機尚存部分可控性，切換至適當之操作模式，由操作人目視航機接手操作，嘗試利用正常操縱面及差異推力控制(Differential thrust/power)進行配平補償操作以改正航機姿態，待滾轉角及俯仰角等飛行姿態穩定後儘速返場降落。
- (2) 若航機可控性不足以飛返本場，應立即採取減災飛行決策並以目視方式操控航機飛離地形地障，同時參考酬載影像尋找安全區域後，儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。
- (3) 若航機已完全喪失可控性，應立即記錄最終定位座標，在人員無安全疑慮前題下儘速前往可能之墜落地點查看，以確認未引起火災或衍生其他災害，並於紀錄及檢視損害情形後清理現場，以免造成環境污損。視需要聯絡災防或環保單位到場進行必要處置，並於時效內進行飛安事件通報程序。

## 2. 視距外：

- (1) 若航機尚存部分可控性，切換至適當之操作模式，由操作人參考酬載影像以第一人稱方式接手操作，嘗試利用正常操縱面及推力控制進行配平補償操作以改正航機姿態，待滾轉角及俯仰角等飛行姿態穩定後儘速返場降落。
- (2) 若航機可控性不足以飛返本場，應立即採取減災飛行決策並以第一人稱方式操控航機飛離地形地障，同時參考酬載影像尋找安全區域後，儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。
- (3) 若航機已完全喪失可控性，應立即記錄最終定位座標，在人員無安全疑慮前題下儘速前往可能之墜落地點查看，以確認未引起火災或衍生其他災害，並於紀錄及檢視損害情形後清理現場，以免造成環境污損。視需要聯絡災防或環保單位到場進行必要處置，並於時效內進行飛安事件通報程序。

(二) 無人直昇機與多旋翼機：不適用。

#### 4.6.12 空中失速(Stall)：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式由操作人目視航機接手操作，推桿控制航機姿態降低飛行攻角以建立安全空速，同時控制航機高度使其與地形地障保持安全隔離，於失速狀況改正後繼續飛行。

###### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式由操作人以第一人稱方式接手操作，推桿控制航機姿態降低飛行攻角以建立安全空速，同時控制航機高度及航向使其與地形地障保持安全隔離，於失速狀況改正後繼續飛行。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：不適用。

#### 4.6.13 低油量/電量：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即關閉航機非必要之酬載設備以減緩油量/電量之消耗，維持飛控電腦及伺服舵機等必要模組之運作，切換至適當之操作模式由操作人接手操作，以目視方式穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態並保持勻速飛行，儘速安全返場降落；若油量/電量嚴重不足時，應立即實施異地迫降處置。

###### 2. 視距外：

立即關閉航機除酬載影像外之非必要酬載設備以減緩油量/電量之消耗，維持飛控電腦及伺服舵機等必要模組之運作，切換至適當之操作模式或啟動返航模式，參考酬載影像、飛航參數及地圖界面掌握航機當下高度、速度、航向，距離及位置等即時資訊，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後保持勻速飛行，以第一人稱方

式儘速安全返場降落；若油量/電量嚴重不足時，應立即實施異地迫降處置。

(二) 無人直昇機與多旋翼機：

1. 視距內：

立即關閉航機非必要之酬載設備以減緩油量/電量之消耗，維持飛控電腦及伺服舵機 / 馬達等必要模組之運作，切換至適當之操作模式由操作人接手操作，以目視方式穩定姿態或原處懸停後，儘速保持勻速飛行安全返場降落；若油量/電量嚴重不足時，應立即實施異地迫降處置。

2. 視距外：

立即關閉航機除酬載影像外之非必要酬載設備以減緩油量/電量之消耗，維持飛控電腦及伺服舵機 / 馬達等必要模組之運作，切換至適當之操作模式或啟動返航模式，參考酬載影像、飛航參數及地圖界面掌握航機當下高度、速度、航向，距離及位置等即時資訊，穩定姿態或原處懸停後，以第一人稱方式保持勻速飛行，儘速安全返場降落；若油量/電量嚴重不足時，應立即實施異地迫降處置。

**4.6.14 飛控系統/電腦(FCC，Flight Control Computer)失效：**

(一) 無人飛機：

1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止飛控電腦介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速控制航機返場降落。

2. 視距外：

- (1) 立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止飛控電腦介入航機之控制，並由操作人接手操作，參考酬載影像穩定滾轉角及

俯仰角等飛行姿態後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用地圖介面或飛行軌跡判斷航機當下方位與高度狀況，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

- (2) 若操作人之技能不足以第一人稱方式手動控制航機，應立即採取減災飛行決策，參考酬載影像嘗試將航機飛至安全區域，並儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

## (二) 無人直昇機：

### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止飛控電腦介入航機之控制，並由操作人目視航機接手操作，穩定姿態或原處懸停後儘速控制航機返場降落。

### 2. 視距外：

- (1) 立即切換至適當之操作模式(手動模式)以停止飛控電腦介入航機之控制，並由操作人接手操作，參考酬載影像穩定姿態或原處懸停後操控航機與地形地障保持安全隔離，同時利用地圖介面或飛行軌跡判斷航機當下方位與高度狀況，儘速以第一人稱方式控制航機安全返場降落。

- (2) 依賴三軸陀螺增穩並以飛控輔助飛行的無人直昇機，飛控系統 / 電腦失效會迅速失衡，若操作人之技能不足以第一人稱方式手動控制航機，應立即採取減災飛行決策，參考酬載影像嘗試將航機飛至安全區域，並儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

※ 飛行控制系統/電腦係遙控無人機之運作核心，一般內建包含姿態儀(慣性測量元件)、電子羅盤、氣壓高度計等感測器，並透過感測器、導航系統、機載計算機、鏈路通訊系統及伺服器(舵機)等各類模組之整合調控，使遙控無人機具備姿態穩定、任務管理及失效保護等自主控制功能。

(三) 無人多旋翼機：不適用

**4.6.15 迫降航線處置：**

(一) 無人飛機：

1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速安全返場降落。

2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機與地形地障保持安全隔離，參考酬載影像、即時飛航資訊及地圖界面判斷航機當下高度、速度、航向，距離及位置等飛航參數，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後，儘速以第一人稱方式安全返場降落。

(二) 無人直昇機與多旋翼機：

1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，穩定姿態或原處懸停後儘速安全返場降落。

2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機與地形地障保持安全隔離，參考酬載影像、即時飛航資訊及地圖界面判斷航機當下高度、速度、航向，距離及位置等飛航參數，穩定姿態或原處懸停後，儘速以第一人稱方式安全返場降落。

**4.6.16 異地迫降處置：**

(一) 無人飛機：

### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機使其與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，並參考酬載影像尋找安全迫降區域，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機使其與地形地障保持安全隔離，參考即時飛航資訊及地圖界面判斷航機當下高度、速度、航向，距離及位置等飛航參數，並利用酬載影像尋找安全迫降區域，穩定滾轉角及俯仰角等飛行姿態後儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

## (二) 無人直昇機與多旋翼機：

### 1. 視距內：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機使其與地形地障保持安全隔離，目視航機判斷當下高度、速度、航向，距離及位置等飛行狀況，並參考酬載影像尋找安全迫降區域，穩定姿態或原處懸停後儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。

### 2. 視距外：

立即切換至適當之操作模式，由操作人接手控制航機使其與地形地障保持安全隔離，參考即時飛航資訊及地圖界面判斷航機當下高度、速度、航向，距離及位置等飛航參數，並利用酬載影像尋找安全迫降區域，穩定姿態或原處懸停後儘速實施異地迫降處置，迫降時應盡可能遠離人、車、建築等障礙物，儘量將損害降至最低。



#### 4.6.17 空中緊急避障處置(任務飛行時適用)：

##### (一) 無人飛機：

###### 1. 視距內：

立即啟動自動防撞系統(Obstacle Avoidance System)或暫停任務使航機原處盤旋，並使用地面導控站(遙控器)新增航點後上傳更新任務航線，確認新航線之高度及位置等設定正確無誤後恢復任務飛行，隨時目視航機並參考酬載影像確保其與地形地障保持安全隔離，必要時儘速切換至適當之操作模式由操作人接手操作。

###### 2. 視距外：

立即啟動自動防撞系統或暫停任務使航機原處盤旋，並使用地面導控站(遙控器)新增航點後上傳更新任務航線，確認新航線之高度及位置等設定正確無誤後恢復任務飛行，並隨時參考酬載影像、飛航參數及地圖界面等即時資訊，確保航機與地形地障保持安全隔離，必要時儘速切換至適當之操作模式由操作人接手操作。

##### (二) 無人直昇機與多旋翼機：

###### 1. 視距內：

立即啟動自動防撞系統或暫停任務使航機原處懸停，並使用地面導控站(遙控器)新增航點後上傳更新任務航線，確認新航線之高度及位置等設定正確無誤後恢復任務飛行，隨時目視航機並參考酬載影像確保其與地形地障保持安全隔離，必要時儘速切換至適當之操作模式由操作人接手操作。

###### 2. 視距外：

立即啟動自動防撞系統或暫停任務使航機原處懸停，並使用地面導控站(遙控器)新增航點後上傳更新任務航線，確認新航線之高度及位置等設定正確無誤後恢復任務飛行，並隨時參考酬載影像、飛航參數及地圖界面等即時資訊，確保航機與地形地障保持安全隔離，必要時儘速切換至適當之操作模式由操作人接手操作。

## 第5章 參考文件

參考文件請至交通部民用航空局-[遙控無人機管理資訊系統](#)下載瀏覽，  
相關檔案路徑如下：

### 5.1 政府機關（構）、學校或法人從事遙控無人機飛航活動申請說明：

「遙控無人機管理資訊系統→訊息專區→法規及文件→無人機飛航活動  
申請說明（限航區、航空站或飛行場四周）」

### 5.2 遙控無人機緊急情況申請使用文件：

「遙控無人機管理資訊系統→訊息專區→法規及文件→遙控無人機從事  
災害應變、災害之預防、復原重建或災害以外之緊急情況使用文件」

### 5.3 遙控無人機申請案派遣協調人員至航管單位相關事項：

「遙控無人機管理資訊系統→訊息專區→法規及文件→遙控無人機申請  
案派遣協調人員至航管單位常見 Q&A、注意與宣導事項」

### 5.4 遙控無人機共同活動切結書：

「遙控無人機管理資訊系統→訊息專區→法規及文件→遙控無人機共同  
活動切結書」

『遙控無人機  
專業操作證屆期換證  
學科測驗指南』

中華民國交通部民用航空局  
出版時間:111年7月13日

學科測驗題庫相關資訊  
請上交通部民用航空局網站查閱:  
《 <https://reurl.cc/XjdnZM> 》

