



# 交通部民用航空局 民航通告

<b>主旨：遙控無人機學科測驗規範(Remote Pilots License Written Test)</b>		
<b>發行日期：2022.07.13</b>	<b>編號：AC 107-004B</b>	<b>發行單位：飛航標準組</b>

## 一、目的：

本民航通告旨為提供遙控無人機普通與專業操作證學科測驗及專業操作證屆期換證學科測驗業務之指引。

## 二、修正說明：

- (一) 依據測驗級別，將題庫區分為專業操作證題庫(初始測驗)、普通操作證題庫(初始測驗)、專業操作證換證一般題庫(換證測驗)、專業操作證換證簡易題庫(換證測驗)等 4 種，換證簡易題庫自 111 年 8 月起供基本級、農用、漁釣級別使用。完整測驗題庫可於本局局網下載。
- (二) 附錄 1 名稱修正為「遙控無人機學科測驗指南」，新增 2.3.9 及附錄 2 2.2.12，納入民航通告「AC 107-008 遙控無人機飛航安全指引」相關內容，以建立正確安全操作觀念。
- (三) 附錄 2 名稱修正為「遙控無人機專業操作證屆期換證學科測驗指南」，新增附錄 2 4.1 至 4.4 有關遙控無人機系統知識並修正 4.6 緊急處置程序，以供遙控無人機操作人作為空中緊急操作及擬定緊急程序時之參考準則，亦可為專業操作證術科測驗應考人執行「緊急處置程序口頭問答」項目應答依據。

## 三、背景說明：

依據民用航空法第 99 條之 10 第 2 項；遙控無人機管理規則第 20 條第 1 項第 2 款及第 3 款、第 23 條第 1 項及第 2 項之規定辦理。

#### 四、需求說明：

本通告係依據 07-04A「遙控無人機管理規則」及 07-05A「遙控無人機檢驗與操作人員測驗委託辦法」等內容，依遙控無人機操作證各類學科測驗作業需求編訂。

#### 五、執行要點說明：

(一) 遙控無人機學科測驗場地與設備：

1. 應備有可連線至網際網路之獨立電腦設備，且具測驗介面鎖定及各式瀏覽器存取限制等功能。
2. 應設有可供電腦設備獨立使用之空間(以電腦教室配置為佳)。
3. 為避免考試爭議並維護測驗公平，應架設可對測驗場地實況(含影像及聲音)全程紀錄保存之錄影系統(如閉路電視系統)。

(二) 遙控無人機學科測驗指南如附錄 1。

(三) 遙控無人機屆期換證學科測驗指南如附錄 2。

(四) 遙控無人機學科測驗題庫下載網址：  
<https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=3833&lang=1>。

#### 六、相關規定及參考文件：

(一) 01-01A「民用航空法」。

(二) 07-04A「遙控無人機管理規則」。

(三) 07-05A「遙控無人機檢驗與操作人員測驗委託辦法」。

簽署: 吳家珍

飛航標準組組長吳家珍



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

# 遙控無人機 學科測驗指南



## 目次

目次	.....	<b>I</b>
圖目錄	.....	<b>IV</b>
表目錄	.....	<b>VI</b>
縮略語	.....	<b>VII</b>
<b>第 1 章</b>	<b>前言</b> .....	<b>1</b>
1.1	目的.....	1
1.2	遙控無人機學科測驗指南架構 .....	1
1.3	遙控無人機基本概念 .....	2
1.4	遙控無人機與操作人員組成 .....	2
1.5	遙控無人機技術特點 .....	4
1.6	遙控無人機之分類.....	7
<b>第 2 章</b>	<b>民用航空法及相關法規</b> .....	<b>9</b>
2.1	導論.....	9
2.2	註冊管理 .....	10
2.3	操作管理 .....	14
<b>第 3 章</b>	<b>基礎飛行原理</b> .....	<b>23</b>
3.1	牛頓運動定律 .....	23
3.2	航空器的基本四力.....	24
3.3	無人飛機的飛行原理 .....	31
3.4	無人飛機的飛行控制 .....	34
3.5	無人直昇機的飛行原理 .....	35
3.6	無人直昇機的飛行控制 .....	36
3.7	無人多旋翼機的飛行原理.....	37
3.8	無人多旋翼機的飛行控制.....	38

3.9	載重與平衡 .....	39
3.10	重量變化與重心移動的影響 .....	40
<b>第 4 章</b>	<b>氣象 .....</b>	<b>43</b>
4.1	導論 .....	43
4.2	密度高度 .....	43
4.3	大氣壓力的測量 .....	44
4.4	風的影響 .....	45
4.5	障礙物對風的影響 .....	46
4.6	風切 .....	47
4.7	大氣的穩定性 .....	48
4.8	逆溫 .....	48
4.9	溫度與露點 .....	49
4.10	雲系 .....	51
4.11	氣團 .....	52
4.12	鋒面 .....	53
4.13	山區飛行 .....	53
4.14	積冰 .....	54
4.15	雷雨的循環 .....	54
4.16	航空氣象服務 .....	56
<b>第 5 章</b>	<b>緊急處置與飛行決策 .....</b>	<b>61</b>
5.1	航空生理學 .....	61
5.2	緊急處置原則 .....	68
5.3	飛行決策 .....	69
<b>第 6 章</b>	<b>附錄 .....</b>	<b>79</b>

6.1	參考資料 .....	79
6.2	我國民用/軍民合用機場 ICAO 航用地名代碼.....	80
6.3	參考檢查項目 .....	81
6.4	民用航空法—第 9 章之 2 遙控無人機專章 .....	82
6.5	遙控無人機管理規則 .....	87

## 圖目錄

圖 1 學科測驗指南架構 .....	1
圖 2 遙控無人機系統之基本組成 .....	3
圖 3 遙控無人機之分類 .....	8
圖 4 遙控無人機註冊規定 .....	20
圖 5 遙控無人機檢驗規定 .....	20
圖 6 遙控無人機人員證照考驗流路 .....	21
圖 7 遙控無人機飛航活動注意事項 .....	21
圖 8 遙控無人機活動申請能力審查 .....	22
圖 9 遙控無人機飛安相關事件通報 .....	22
圖 10 航空器的作用力平衡 .....	25
圖 11 文氏管原理示意圖 .....	26
圖 12 機翼升力的產生 .....	27
圖 13 不同速度時攻角改變的程度 .....	30
圖 14 無人飛機操控、移動、仰轉軸及穩定型態 .....	33
圖 15 尾旋翼扭力的產生 .....	35
圖 16 多旋翼飛行器控制原理 .....	38
圖 17 轉彎時的重力、離心力與負載係數 .....	40
圖 18 傾斜角(坡度)在水平飛行中與負載係數的改變 .....	40
圖 19 無人飛機的重心變化 .....	41
圖 20 無人直昇機的重心變化 .....	42
圖 21 山岳亂流 .....	46
圖 22 建築物產生之亂流影響 .....	47
圖 23 進場時微爆氣流會造成的影響 .....	48
圖 24 溫度變化表 .....	49
圖 25 鋒面類型 .....	53
圖 26 雷雨發展、成熟與消散的三個階段 .....	55
圖 27 中央氣象局組織圖 .....	56
圖 28 臺北航空氣象中心組織圖 .....	57
圖 29 航空氣象服務網 .....	58
圖 30 視野掃描的技巧 .....	67

圖 31 風險管理程序 .....	71
圖 32PAVE + DECIDE 決策程序 .....	77

## 表目錄

表 1 航空器(遙控無人機)的基本四力 .....	25
表 2 標準大氣壓力 .....	45
表 3 不穩定氣團與穩定氣團之特性 .....	52
表 4 例行與預報氣天氣現象代碼 .....	60
表 5 壓力的來源 .....	63
表 6 酒精攝取量及行為變化 .....	66
表 7 風險管理三階段 .....	70
表 8 危害飛安的五種心態及解決方案 .....	73
表 9 航空決策模式 .....	75
表 10 操作遙控無人機常見之作業陷阱 .....	78

## 縮略語

<b>民航局</b>	交通部民用航空局
<b>民航法</b>	民用航空法
<b>測驗指南</b>	遙控無人機學科測驗指南
<b>管理規則</b>	遙控無人機管理規則
<b>ADM</b>	Aeronautical Decision-Making
<b>ATMP</b>	Air Traffic Management Procedures
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration
<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization
<b>ISA</b>	International Standard Atmosphere
<b>PHAK</b>	Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge

本 頁 空 白

## 第1章 前言

本章首先說明「遙控無人機學科測驗指南」的目的、架構，再敘述遙控無人機的基本概念、系統組成、操作人員組成、技術特點(如飛行控制系統、導航系統、動力系統、無線通訊等)，最後依「遙控無人機管理規則」內容介紹遙控無人機的構型與重量分類，以方便讀者建立正確的「遙控無人機」操作與應用觀念。

### 1.1 目的

本「遙控無人機學科測驗指南」(以下稱測驗指南)之目的，係提供一般民眾和各類專業人員，為取得遙控無人機操作人之普通及專業操作證，所應具備之相關知識為基礎。惟操作人須另以交通部民用航空局(以下稱民航局)、地方政府相關公告與民航通告等飛航安全資訊作為補充。

### 1.2 遙控無人機學科測驗指南架構

本測驗指南包含民用航空法(以下稱民航法)及相關法規、基礎飛行原理、氣象、緊急處置與飛行決策等四大主要章節，(架構如下圖1)，並將民航法第九章之二遙控無人機專章、遙控無人機管理規則(以

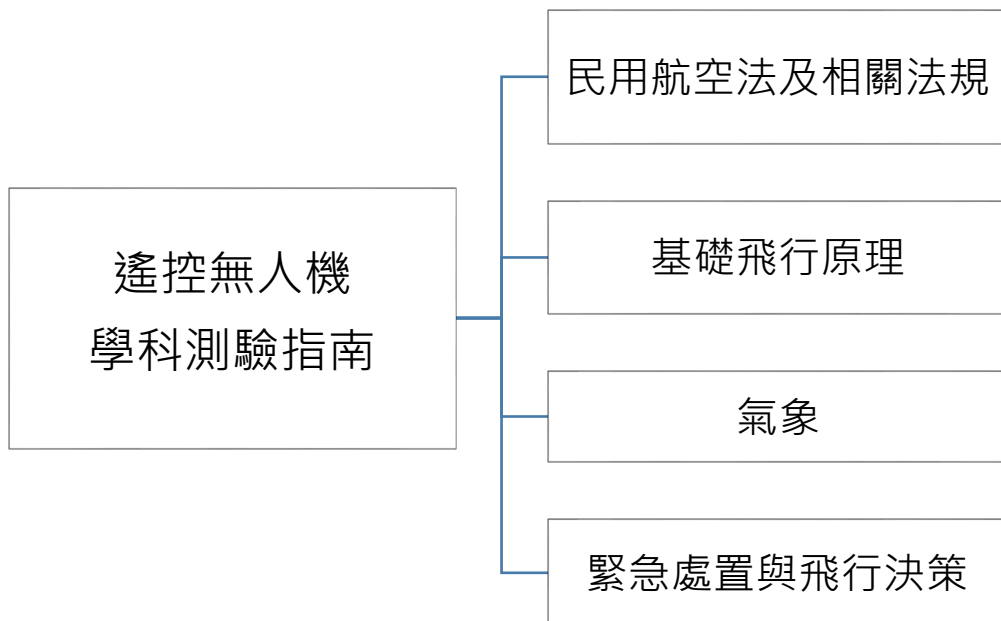


圖 1 學科測驗指南架構

下稱管理規則)及學科試題範例等收錄於附錄內，供作參考。

本測驗指南各章節之內容及圖表，主要是參考我國民航法規、民航通告、飛航指南、航空氣象服務網、中央氣象局、美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)之公開教材「操作人知識手冊」(Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, PHAK)及「直昇機飛行手冊」(Helicopter Flying Handbook)等文件編訂而成<sup>1</sup>。

### 1.3 遙控無人機基本概念

依民航法定義，遙控無人機係指：「自遙控設備以信號鏈路進行飛航控制或以自動駕駛操作或其他經民用航空局公告之無人航空器」。早期僅限於國防、軍事等用途，主要執行偵察、監視、觀測等任務以及高危險或性質單調的 3D(Danger, Dirty, and Dull)任務。民間相關應用則在近十餘年間，受微機電、無線電數位傳輸與網際網路等技術應用而蓬勃發展。市售遙控無人機一般民眾均可輕易購取使用，然由於遙控無人機類型繁多，操作人選購時宜配合自身需求，並留意產品使用限制、操作性能及保固範圍，以確保操作安全。

### 1.4 遙控無人機與操作人員組成

#### 1.4.1 遙控無人機系統

遙控無人機系統(如下圖 2)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。

- (1) 遙控無人機(機體)：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(如全球定位系統 Global Positioning System, GPS、慣性導航 Inertial Navigation System, INS)等，並攜帶任務所需之酬載。
- (2) 遙控設備：包括由地面的操控人員、監控人員或資料分析解讀人員使用的硬體設備，如訊號與指令傳輸設備及資訊接收分析設備等。

---

<sup>1</sup> 其他參考資料，請參照第 9.1 節參考資料。

- (3) 通訊與控制信號鏈路：通訊與控制信號鏈路指無人機及遙控設備間為操作飛行管理目的之資料鏈接。通訊鏈路指遙控設備端與飛航管制單位間之通訊鏈接；控制信號鏈路則提供遙控設備與無人機間之命令(Command)或控制(Control)功能，也稱為 C2 Link。

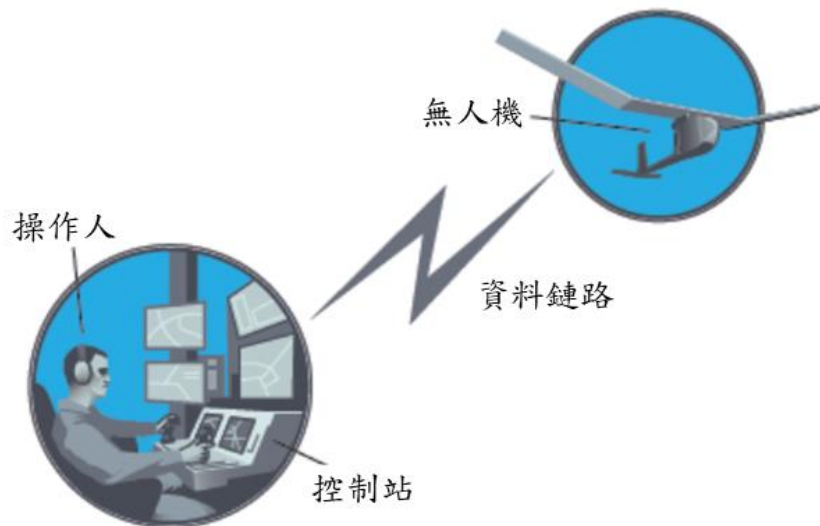


圖 2 遙控無人機系統之基本組成  
(圖片來源：FAA)

#### 1.4.2 遙控無人機之操作人員組成

遙控無人機雖稱為「無人機」，但仍需由人員執行操作，透過遙控設備對無人機下達指令。因此無論是設計、製造、計劃、執行、操作層面都還是要由人員來掌握及操控，所以人為因素在整體飛行過程中佔了很重要的一部分。而在操作遙控無人機時，基本的人員組成包括：

- (1) 操作人：指對於遙控無人機飛航活動期間，實際操控遙控無人機之人員。遙控無人機於飛航活動期間，其操作人對遙控無人機之處置有最後決定權。操作人有二人以上者，應於飛航活動前指定一人為最後決定權人，未指定前，不得從事飛航活動。
- (2) 目視觀測員：指持有遙控無人機操作證，並於遙控無人機活動期間，提供遙控無人機操作人必要飛航資訊之人員。

(3) 使用人：從事遙控無人機活動之個人、組織或法人。

## 1.5 遙控無人機技術特點

### 1.5.1 飛行控制系統

作為遙控無人機的靈魂，飛行控制系統可以說是遙控無人機運作的核心，它最主要的功能包括執行起飛、航行及降落等動作。完整的飛行控制系統包括感測器（用以獲得空速、溫度、壓力高度、控制面、失速警告、油量、結冰等資訊）、機載計算機（用以計算與飛行任務相關的所有參數和相關數值）和伺服器（就是馬達或致動器，用以接收命令並輸出外力）等三大項目，來有效執行遙控無人機飛行時的姿態及穩定控制、任務管理和緊急控制模式等不同功能。

要特別注意的是，安裝在遙控無人機各處各種感測器<sup>2</sup>是飛行控制系統的基礎，用以保持所需的控制精度在容許範圍內。但為配合遙控無人機的實際狀況，也就是在不同飛行環境及不同用途下，應審慎選用適當的感測器。例如：氣壓高度計是飛行控制系統中一個靈敏度很高的壓力感測器，但它容易受到外界氣流擾動影響，如果要即時準確測量遙控無人機的高度變化，可以配合使用雷射測距儀（Laser Rangefinder）或超音波等其他感測器。

### 1.5.2 導航系統

遙控無人機飛行時須依據相對於固定座標系的參考座標系，而此遙控無人機參考座標系的位置、速度、航向及飛行姿態等可由導航系統提供，以引導遙控無人機依指定航線作準確無誤的飛行。遙控無人機導航系統一般分為非自主（如 GPS）和自主（慣性導航）兩大類，非自主導航系統有易受干擾的缺點，而自主導航系統則有誤差積累增大的缺點。慶幸的是，隨著遙控無人機的市場需求及技術發展，前述兩大類導航系統的缺點都已獲得大幅改善。

在可預見的將來，遙控無人機將朝向自動避讓、物件精準投擲或自動進場降落等功能發展，而這些發展都需要高精度、高可靠性、高抗干擾等的技術特性。也就是說，未來遙控無人機導航系統與自動避

<sup>2</sup> 如量測角速率、加速度、姿態、高度和空速等感測器。

讓系統的發展，重點應包括慣性導航、多感應器融合、GPS、光電系統技術整合等。

#### 1.5.2.1 全球定位系統(Global Positioning System, GPS)

全球定位系統是美國國防部為軍事上定位及導航目的而研製並維護的中距離圓形軌道衛星導航系統，後來推廣應用於民間導航定位及各種測量作業。

其衛星星座原本設計由 24 顆衛星組成，其中 21 顆為工作衛星，3 顆為備用衛星。24 顆衛星均勻分布於 6 個軌道上，即每個軌道上有 4 顆衛星。衛星軌道接近為圓形，衛星高度大約兩萬公里，繞行地球一週約需 12 小時，如此可保證在全球任何地點、任何時刻至少可以觀測到 4 顆衛星。截至 107 年 10 月 18 日，在軌的工作衛星共有 31 顆，不包括備用衛星。

全球定位系統之衛星於太空中不斷向地面發射訊號，地面用戶則使用 GPS 接收機接收來自衛星之各種 GPS 訊號，並利用各種不同訊號特性，計算地面用戶的三維位置及時間。

全球定位系統之特點包括：(1) 全天候，不易受任何天氣的影響；(2) 全球覆蓋率高達 98%；(3) 三維定點、定速、定時高精度；(4) 測站間無需進行通訊；(5) 快速、省時、高效率；(6) 應用廣泛、多功能；(7) 可移動定位。

全球定位系統之衛星所發射的訊號型態，包括電碼觀測量 (Code) 與載波相位觀測量 (Carrier Phase) 兩類：(1) 電碼訊號可即時定位，主要應用在飛機、船隻等之導航，其單點定位精度只有 20~40 公尺。為了解決這個問題，近年來差分全球定位系統 (Differential GPS, DGPS) 技術發展快速，其單點定位精度已可達 1 公尺以內；(2) 載波訊號須事後處理計算，主要應用在高精度工程測量，其單點定位精度可達公分級以內。

#### 1.5.2.2 慣性導航系統

慣性導航系統 (Inertial Navigation System, INS) 是一個使用加速計和陀螺儀來測量物體的加速度及角速度，並用計算機來連續估算運動物體位置、姿態和速度的輔助導航系統。它不依賴於外部參考，

也不向外部輻射能量，所以不會受到外界的干擾或欺騙。其工作環境不僅包括空中的飛彈和飛機、地面的車子，還有水下的潛艇。慣性導航的基本工作原理是以牛頓力學定律為基礎，首先測量運動物體在慣性參考系的加速度和角速度，再將它對時間進行積分，最後把積分結果轉換到導航座標系中，就能夠得到在導航座標系中的位置變化（如向東或向西的運動）、速度變化（速度大小或方向）和姿態變化（繞各個軸的旋轉）等資訊。

慣性導航系統是一種推算導航方式，也就是從一個已知的起始位置當作初始條件，再由連續測得的運動物體航向角和速度不斷推算出其下一點的位置，因此可連續描繪出運動物體的最新位置。慣性導航系統中的重要元件陀螺儀用來形成一個導航座標系，使加速計的測量軸固定在該座標系中，並給出航向和姿態角；另一個重要元件加速計則用來測量運動體的慣性加速度，經過對時間的一次積分得到慣性速度，然後以起始位置作初始條件再次積分就可得到慣性位置。

因為慣性導航系統經由積分過程而產生導航資訊，其定位誤差會隨時間累積而增大，長期精度不可盲目信賴。因為慣性導航系統以起始位置作積分的初始條件，每次使用之前都要進行初始對準。慣性導航系統設備價格較昂貴。慣性導航系統不能像 GPS 系統一樣提供時間資訊。

### 1.5.3 動力系統

不同的動力系統種類使用於不同用途的遙控無人機，但不論如何，動力系統都朝向體積小、重量輕、成本低、可靠度高等方向發展。而目前遙控無人機使用的動力系統可略分為：

- (1) 往復式（活塞）發動機：是一種利用一個或多個活塞將壓力轉換成旋轉動能的發動機；適用於低速、低空的中、小型無人機。輕量化、小型化的往復式發動機也裝置於航空模型直昇機或航空模型飛機上。
- (2) 渦輪發動機：是一種利用熱能轉換成機械能輸出的發動機；

高速無人機使用推重比高但壽命短之消耗性渦輪發動機，高空或長滯空的大型無人機則使用渦輪風扇發動機或渦輪螺旋槳發動機以節省燃料。

- (3) 無刷電動馬達：是一種沒有電刷和換向器的直流電動馬達；娛樂/運動級航空模型或小型無人機一般使用電池驅動無刷電動馬達，續航時間通常小於 30 分鐘。

隨著渦輪發動機不斷改善推重比及延長使用壽命，而且持續降低油耗，增加續航時間，未來極有潛力取代活塞發動機，成為遙控無人機動力系統的主流。另外，太陽能、氫能、鋰電池等均可期待為小型遙控無人機提供更為持久的能量來源，其中鋰電池的長時間應用有賴於無線充電的技術發展。

### 1.5.4 無線通訊系統

無線通訊系統為遙控無人機系統中的關鍵技術，執行對遙控無人機之命令與控制 ( C2 ) 鏈路及酬載對地面之圖像資料傳輸 ( 圖傳 ) 等工作。一般的遙控無人機多以 2.4GHz 或 5.8GHz 之頻段進行控制或圖傳。其中 2.4GHz 主要為上行控制鏈路 ( Uplink )，執行遙控無人機的控制；5.8GHz 主要為下行鏈路 ( Downlink )，執行圖像或數據傳輸等遙測功能。除少數航空模型仍採用類比方式的控制鏈路外，控制鏈路基本上已全面數位化；圖像資料傳輸則兼有類比與數位兩種方式。

隨著通訊科技愈來愈往高速、寬頻、保密、抗干擾等方向發展，遙控無人機的任務能力預期會有更大的成長。因此，隨著機載感測器精度和任務複雜度的上升，機載處理器的運算需求也必將隨之提高，射頻傳輸速率將繼續倍增，也可能採用雷射技術等以實現大容量、高解析度的圖像資料數位傳輸。

### 1.6 遙控無人機之分類

依國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)之定義，無人航空器(Unmanned Aircraft)包括：無人氣球(Unmanned

free balloons)與遙控無人機(Remotely Piloted Aircraft, RPA)。本指南依據管理規則，依遙控無人機構造及操作人員操作證重量級別，進行分類(如圖 3)。

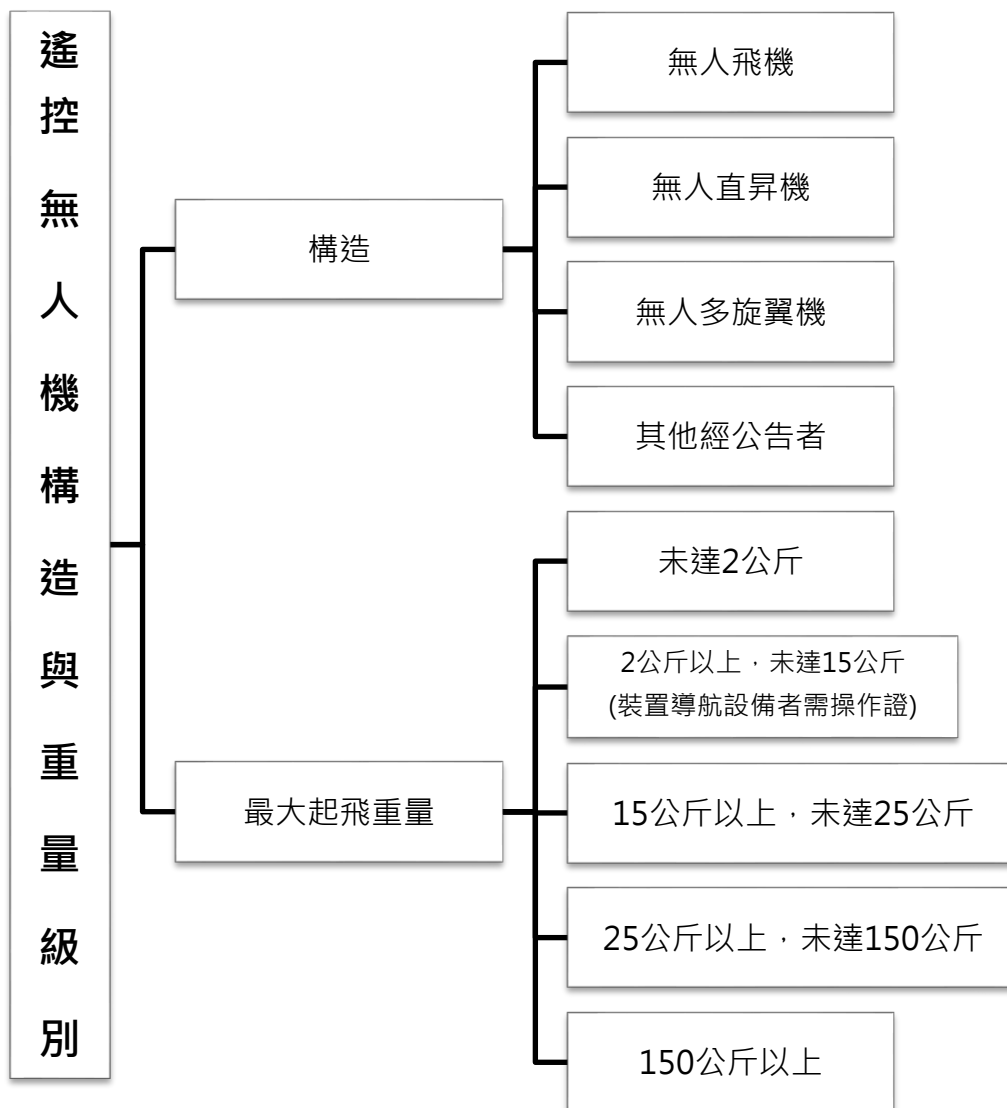


圖 3 遙控無人機之分類

## 第2章 民用航空法及相關法規

本章從法規的角度來說明遙控無人機管理規範。首先說明遙控無人機的註冊管理、操作證適用對象、報考資格、種類等，接著介紹遙控無人機設計、製造、改裝之檢驗規定等，再敘述遙控無人機的操作規則、禁止操作區域、禁止操作之行為、無過失責任與其他不法行為、違反相關規定之處罰、責任保險等，使讀者能夠體會遙控無人機的相關法律規範及所有人、操作人的責任。其重點如下：

- **遙控無人機註冊**：自然人所有最大起飛重量二百五十公克以上者、政府機關(構)、學校或法人所有者，應辦理註冊。
- **操作人操作證**：操作最大起飛重量二公斤以上具導航設備者、操作政府機關(構)、學校或法人之遙控無人機者、操作未具導航設備且十五公斤以上之遙控無人機者應具有操作證。
- **遙控無人機檢驗合格證**：最大起飛重量二十五公斤以上(具導航設備)之遙控無人機，應辦理檢驗、其餘型式構造簡單者，依民航局公告可免驗。

### 2.1 導論

遙控無人機所有人及操作人均應負飛航安全之責，對遙控無人機為妥善之維護，並從事安全飛航作業及遵守其他法令規定。若被操作人作為犯罪工具或未受到良好的操作訓練，則可能會因操作不當而導致失控或墜落，進而造成他人生命財產損失，不但影響公共利益，也造成國家在管理上的困難。

因此，民航法增訂第九章之二遙控無人機專章，對於在建築物外圍之開放空間從事遙控無人機活動者，賦予遙控無人機所有人及操作人使用安全、風險管理、法令遵循及事件通報等責任。同時，將操作人身分依性質區分為：自然人、政府機關(構)、學校或法人等三類分別規範，期能調和新興科技、飛航與地面安全及行政管理間的平衡，引導及促進遙控無人機發展與應用。

另依據民航法第九十九條之十七之授權，由交通部訂定管理規則，規範有關遙控無人機之註冊、檢驗、人員測驗、發證、活動區域、操作限制、損害賠償與保險及管理等相关事宜，如圖 4 至圖 9。

## 2.2 註冊管理

### 2.2.1 註冊標示

#### 2.2.1.1 遙控無人機註冊與註銷

辦理遙控無人機註冊之目的係基於後續管理之需求，並利用註冊時對操作人員進行教育宣導及操作範圍警示，以達安全使用之目的。故依據管理規則第六條規定，一般民眾(自然人)所有之最大起飛重量在二百五十公克以上之遙控無人機(含傳統之遙控飛機、航空模型機、無動力遙控飛機、個人自製遙控無人機、穿越機等)辦理註冊時，申請人應年滿十六歲，且未滿二十歲者，應另檢附其法定代理人之同意書。

若為政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機，考量多為執行業務及學術研究之使用，基於公共利益及科技發展，經申請並獲同意後，即可在禁止飛航區和限制飛航區內從事飛航活動或排除操作限制。故不論政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機重量、構造為何，皆須辦理註冊以便管理。

當遙控無人機有發生滅失、損壞致不能修復、報廢、永久停用、或所有權移轉之情形時，依據管理規則第七條規定，其所有人應於事實發生日起十五日內，向民航局申請註銷註冊。另按管理規則第九條規定，註冊號碼不得偽造、變造或矇領，並不得提供他人於未註冊之遙控無人機上使用。

#### 2.2.1.2 註冊方式

遙控無人機所有人須於第一次從事飛航活動前完成註冊，並將註冊號碼明顯標示於遙控無人機上，以符合規定。遙控無人機之註冊方式，除特殊情況得以書面方式申請外，其餘均應按民航局所指定之資訊系統以電子化方式為之。註冊資料應包含無人機機身之型號、序號、性能資料等資訊以利管理，如所有人名稱、地址或電話有異動時，應申請變更註冊。惟註冊號碼之有效期限為二年，所有人得於期限屆滿前三十日內，檢附管理規章第六條第二項規定之文件向民航局申請延展。

### 2.2.1.3 註冊號碼標示

按管理規則第八條規定，遙控無人機所有人應依下列方式標明於顯著之處：

- (1) 以標籤、鐫刻、噴漆或其他能辨識之方式標明，且應確保每次飛航活動時都不會脫落，並保持清潔，以明顯辨識。
- (2) 標漆位置應置於遙控無人機之固定結構的外部。
- (3) 其顏色應使註冊號碼與背景明顯反襯，且能簡單以目視之。

## 2.2.2 操作人操作證

核發操作證之目的，係為確保操作人於操作前具備相關飛航知識及操作技能並熟悉管理規範，於操作時能夠達到一定的操作熟練度與緊急應變之能力。故依據管理規則第四章之規定，由民用航空局發給操作人學習操作證、普通操作證及專業操作證。同時，依據管理規則附件九之規定，辦理操作證申請、測驗、體格檢查、操作權限及教學資格等核發作業。對於遙控無人機之構造、重量、限制排除、註記事項及教學資格則加註於操作證上。

### 2.2.2.1 操作證之適用對象

操作下列各項遙控無人機之操作人於從事飛航活動前，依管理規則第十九條，操作人應取得民航局所核發之遙控無人機操作證後，始得操作：

- (1) 遙控無人機為政府機關(構)、學校或法人所有者。
- (2) 遙控無人機為自然人所有，而最大起飛重量在二公斤以上未達十五公斤，且裝置導航設備者。
- (3) 遙控無人機為自然人所有，而最大起飛重量在十五公斤以上者。

### 2.2.2.2 操作人報考資格

符合下列一項資格，且年滿十六歲者，可申請學習操作證；年滿十八歲者，可報考普通操作證或專業操作證：

- (1) 具中華民國國籍在臺灣地區設有戶籍之我國國民。
- (2) 外國人、大陸地區人民、香港或澳門居民或臺灣地區無戶籍之國民<sup>3</sup>，經許可停留或居留一年以上者。

### 2.2.2.3 操作證之申請

遙控無人機操作人，於操作前應持有有效之操作證。申請各類操作證測驗時，依下列規定辦理：

- (1) 學習操作證：申請人須年滿十六歲，申請後由民航局發給學習操作證。持有人得於持有遙控無人機普通操作證或專業操作證之操作人在旁指導下，依其普通操作證或專業操作證所載之構造分類，學習操作最大起飛重量未達二十五公斤之遙控無人機。
- (2) 普通操作證：申請人須年滿十八歲，經學科測驗合格後，由民航局發給普通操作證。持證者可操作自然人所有最大起飛重量二公斤以上但未達十五公斤，且裝置導航設備之遙控無人機。
- (3) 專業操作證：申請者應年滿十八歲並符合相關經歷規定後，經體格檢查及學、術科測驗合格後，由民航局發給。持證者可操作政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機以及自然人所有最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機。
- (4) 惟操作屬自然人所有之遙控無人機，最大起飛重量在二公斤以上，未達十五公斤，若未裝置導航設備者(如航空模型機)則得免申請操作證。

### 2.2.2.4 操作證之測驗

學科測驗依據管理規則附件九之規定，學科測驗成績最高為一百分，及格標準為八十分。測驗項目包含：**(1)民用航空法及相關法規；(2)基礎飛行原理；(3)氣象；(4)緊急處置與飛行決策。**

---

<sup>3</sup> 指未曾在臺灣地區設有戶籍之僑居國外國民，或取得、回復我國國籍，但尚未在臺灣地區設有戶籍之國民。【入出國及移民法§3 五】

術科測驗時，由應考人自備符合如管理規則附件十二之遙控無人機之規格應考，另依管理規則附件九之附表實施術科測驗項目。

此外，依管理規則第二十二條規定，申請遙控無人機專業操作證者，其術科測驗應於學科測驗通過日起一年內完成；未完成者則應重新申請學科測驗。學科測驗合格後，經術科測驗合格者，應於術科測驗合格日起三十日內，檢附學科及術科合格證明文件向民航局申請發證。但有正當理由，並向民航局申請核准延展者不在此限。若術科測驗成績不及格者，就其不及格之部分，得於收到成績通知三十日後再行申請複測。

### 2.2.2.5 操作證之有效性

依管理規則第二十三條規定，各類操作證之有效期限為二年。普通操作證及專業操作證之屆期換證及測驗加簽，依下列規定辦理：

- (1) 屆期換證：操作人除經撤銷或廢止各類操作證外，得於屆期前三十日內檢附二年內之半身照片及有效操作證影本，向民航局申請換證。但各類專業操作證非經重新體格檢查及測驗合格，不得辦理換證。
- (2) 測驗加簽：操作人申請增加不同構造、重量、高級術科測驗項目者，應經民航局術科測驗合格後辦理加簽。

若遙控無人機操作證之記載之事項有變更時，應由其持有人於事實發生之日起十五日內，檢附原操作證，向民航局申請換發。此外，遙控無人機操作證遺失或損毀時，應由持有人敘明理由，向民航局申請補發或換發。

### 2.2.3 設計、製造、改裝之檢驗

遙控無人機之設計、製造或改裝，除型式構造簡單且經民航局核准或公告者得免檢驗外，其餘遙控無人機應由設計者、製造者或改裝者按管理規則第三章及附件二申請型式檢驗，經檢驗合格者發給型式檢驗合格證或補充型式檢驗合格證，並發給合格標籤。若需試飛檢驗性能時，則須依管理規則第十四條及附件六遙控無人機試飛活動管理規定，向民航局申請核准後始能進行試飛作業。

最大起飛重量在二十五公斤以上之遙控無人機，其遙控無人機之所有人應申請實體檢驗，並取得相關檢驗合格證後，始得從事飛航活動；若自外國進口之遙控無人機，則由進口商向民航局申請檢驗或認可。若為個人自製，且僅供自用而不販售之遙控無人機，得合併型式檢驗及實體檢驗，經檢驗合格後發給特種實體檢驗合格證。

遙控無人機經型式檢驗合格後，除因改裝需重新辦理檢驗並辦理註冊異動外，無需再辦理定期檢驗。此外，遙控無人機之實體檢驗合格證有效期間自檢驗合格日起為三年；特種實體檢驗合格證之有效期限，由民航局依其設計、製造、改裝之性能核予，並註記於合格證上，但有效期限最長不逾三年。

#### 2.2.4 外國人於我國從事遙控無人機活動

為管理「外國人」(如來我國觀光之外籍旅客)於我國境內操作遙控無人機之行為，考量國際間平等互惠原則，並可促進觀光產業發展下，若外國人領有外國政府對於所持有遙控無人機之註冊、操作證及檢驗合格等證明文件者，得依管理規則第三十八條規定，向民航局申請認可後，在遵守我國相關法令下從事遙控無人機活動。

### 2.3 操作管理

#### 2.3.1 操作規則

操作遙控無人機時，操作人除應考量實際操作遙控無人機之尺寸大小、天候等因素。並應隨時監控及警覺周遭狀況，保持與遙控無人機在視距範圍內，並掌握及避讓其他航空器、超輕型載具、遙控無人機或障礙物，防止與其他航空器、建築物或障礙物接近或碰撞。故依民航法第九十九條之十四，一般民眾於操作時應遵守下列規定：

- (1) 遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。
- (2) 不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。
- (3) 不得裝載依第四十三條第三項公告之危險物品。
- (4) 依第九十九條之十七所定規則之操作限制。

- (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二架以上遙控無人機。
- (9) 操作人應隨時監視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。

政府機關(構)、學校或法人，可依管理規則第三十條、第三十一條、第三十二條規定，檢附相關文件，向民航局申請，經民航局能力審查核准後，可排除前述(1)~(8)款相關之操作限制；然活動前再依據個案地點，檢具書面資料向民航局或地方政府申請活動許可。若涉及前述第(5)款之限制者，則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。必要時得協調活動範圍之地方政府或目的事業主管機關。

另為配合防救業務等政府其他部門需要，針對軍事、警察、消防、司法、調查、環保等法定職務的活動，依管理規則第三十三條規定向民航局申請於警戒或指定區域或禁止、限制區域內活動。另於災害防救期間之遙控無人機活動，應遵依災害防救法及災害應變中心之指揮、督導、協調。此外，政府機關(構)、學校或法人應保存遙控無人機之註冊號碼、活動日期、活動區域、飛航時間、飛航性質、操作人員姓名、維護或修理、改裝等紀錄應保存二年。

此外，按管理規則第二十八條規定，操作人從事遙控無人機飛航活動時，除政府機關(構)、學校或法人依管理規則第三十二條第一項規定取得民航局許可，不在此限外，均應遵守下列操作限制：

- (1) 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、建築物及障礙物三十公尺以上。
- (2) 不得於移動中之車輛或船艦上操作遙控無人機。
- (3) 最大起飛重量未達二十五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八十七海里或一百六十公里。
- (4) 延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑九百公

尺、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域，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。

### 2.3.2 視距內飛航

按民航法第九十九條之十四第一項第七款之規定，操作人僅得於目視範圍內操作遙控無人機。而目視範圍，除矯正鏡片(如：眼鏡)外，不得以任何工具延伸飛航作業距離(如：望遠鏡)，惟政府機關(構)、學校或法人經核准可排除此一限制。

此外，遙控無人機雖有裝置攝影機、GPS 等裝備，且可利用圖傳系統於螢幕上即時傳輸圖像，惟該影像並無法讓操作人即時監控鏡頭外之周遭狀況，仍有安全疑慮，因此圖傳功能不得作為操作無人機之主要依據，僅能作為輔助，亦不得以此延伸飛航作業距離至視距外。

然而，在未經特別核准的情況下，若欲延伸視距飛航，應依管理規則第二條之定義，操作人於視距外，藉由目視觀察員保持與遙控無人機在半徑三百公尺範圍內直接目視接觸，提供操作人必要飛航資訊之操作方式。惟延伸視距最大範圍，係以遙控無人機操作人為中心，半徑九百公尺且於相對地面或水面高度低於四百呎內之區域。

### 2.3.3 禁止操作之區域

民航法第四條規定：「空域之運用及管制區域、管制地帶、限航區、危險區與禁航區之劃定，由交通部會同國防部定之。」操作人操作遙控無人機時，其禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內，嚴禁從事遙控無人機飛航活動；而航空站或飛行場四周之一定距離範圍則由民航局另行公告之。

因此，遙控無人機操作人，不得在未經核准或經公告禁止或限制飛航活動之區域從事遙控無人機飛航活動。在核准之區域內操作時，亦應遵守相關操作限制。惟政府機關(構)、學校或法人，若經民航局或直轄市、縣(市)政府許可後，操作人始得於禁止、限制區域內從事飛航活動，但不得超過許可之操作範圍及限制。而操作人從事遙控無人機飛航活動前，應考量下列情形：

- (1) 操作區域環境，包括氣象條件、空域、飛航限制及其他空中或地面之危害因素。
- (2) 遙控無人機一般操作、緊急程序與規定。
- (3) 遙控設備與遙控無人機間之通訊及控制信號鏈結情況良好。
- (4) 攜帶足夠之燃油或電池容量，並經考慮氣象預報狀況、預期之延誤及其他可能延誤遙控無人機降落之情形。

所謂限航區(Restricted Airspace)，係指包括總統府、軍事要地及核能電廠等地，除限制有人航空器飛越外，亦禁止操作遙控無人機。另地方政府得考量基於公益、安全、隱私性等因素後，公告開放或禁止遙控無人機活動區域(Fly or Non-fly Zone)及時間。禁止區域例如：人口聚集區、公園、風景區、鐵道、港口、電廠、水庫、矯正機關、國防軍事事務有關之處所等關鍵基礎設施。開放區域例如：非位於航空站附近的民航機起降航道下之寬廣區域或可供遙控無人機活動之公園。

有關中央及地方公告活動區域範圍之圖資，將整合地理資訊圖檔格式或以 APP 方式提供操作人查詢及應用。

### 2.3.4 其他禁止之行為

操作人除應遵守民航法第九十九條之十四所列各項操作規定外，亦應遵守社會禮儀、隱私權及相關法令，不得有下列行為：

- (1) 利用遙控無人機從事不法行為。
- (2) 無故利用遙控無人機窺視、竊聽他人非公開之活動、言論、談話或身體隱私部位者。
- (3) 無故利用遙控無人機進行錄音、照相、錄影或電磁紀錄竊錄他人非公開之活動、言論、談話或身體隱私部位者。
- (4) 無故利用遙控無人機侵入他人庭院、校舍、住宅、辦公室區域等，干擾及影響其他大眾活動之行為。

### 2.3.5 無過失責任與其他不法行為

操作遙控無人機者須具有相當程度的專業知識及操作技能，當操作遙控無人機不慎或故意造成他人生命、健康或財產受有損害時，受害人不易舉證操作人之過失，以致損害無法填補。

準此，我國民航法規定採無過失責任制度，或稱「嚴格責任」。依民航法第九十九條之十五規定，若操作遙控無人機，或自遙控無人機上落下或投下物品，不論故意、過失或不可抗力之因素，致他人死傷或毀損財物時，遙控無人機所有人均應負賠償責任。若遙控無人機所有人將遙控無人機交由他人操作，於操作時導致第三人受有損害，由所有人及操作人負連帶損害賠償責任。至於利用遙控無人機飛航性能所為之不法行為者，致生民事或刑事責任，除民航法有特別規定外，均依民法或刑法等相關法令規定賠償或處罰。

### 2.3.6 飛航安全相關事件之通報及處理

按管理規則第三十六條規定，所有人或操作人於操作遙控無人機發生所列之飛航安全相關事件時，應於發生或得知消息後二十四小時內填具管理規則附件十五之飛航安全相關事件報告表通報民航局。民航局若認有事件調查之需要、為穩定當事人情緒、為加強人員訓練或其他影響飛航安全之情況，民航局得暫停遙控無人機之操作或飛航活動。

### 2.3.7 違反相關規定之處罰及說明

對違反規範之遙控無人機操作人及所有人加以處罰，係為維持社會秩序、增進公共利益與安全。故相關罰鍰額度，均衡量整體利益、危害程度等客觀情況而定。

所有人或操作人如有下列行為，處以罰鍰並得沒入遙控無人機：

- (1) 飛航高度逾距地面或水面高度四百呎或於禁航區、限航區及航空站或飛行場四周一定距離範圍內從事飛航活動，對飛航亦或國家安全影響重大者。
- (2) 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規定者。

- (3) 未依規定領有操作證而操作遙控無人機者、未投保或未足額投保責任保險，而從事遙控無人機活動者。
- (4) 違反有關遙控無人機註冊或標明註冊號碼之規定；直轄市、縣(市)政府公告之區域、時間及其他管理事項以及有關遙控無人機飛航活動應遵守之規定者。

### 2.3.8 責任保險

在目視範圍及遵守相關規範下，從事休閒娛樂性質的遙控無人機活動，其相關風險以自我管理為主。雖不強制投保責任保險，但操作人仍得經審慎考量後自行投保。


政府機關(構)、學校或法人從事無人機活動，具有頻繁操作及複雜作業等業務特性，且經申請核准後可免除相關的操作限制。因此，政府機關(構)、學校或法人於執行飛航活動前，均應依民航法第九十九條之十五第三項及第九十三條第一項規定投保責任保險。

總而言之，民眾在選購遙控無人機時宜多加考慮產品品質，並充分理解遙控無人機之性能、注意事項和使用手冊，並在操作時遵守民航法、管理規則、飛航規則及主管機關和地方政府所公告之飛航資訊，並且留意周遭飛航環境，保持警覺，以確保飛航安全。

### 2.3.9 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。

註冊



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

遙控無人機管理規則



**註冊規定：**

- 自然人所有之最大起飛重量250g↑之遙控無人機
- 政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機 (兩者均應由其所有人向民航局申請註冊)
- 備註：前項自然人應年滿十六歲；未滿二十歲者，應另檢附其法定代理人之同意書。

**註冊號碼標示：**

- 一、以標籤、鐫刻、噴漆或其他能辨識之方式標明。
- 二、標漆位置應為遙控無人機之固定結構外部。
- 三、其顏色應使註冊號碼與背景明顯反襯，且以肉眼即能檢視。

**註冊號碼之效期：**

註冊號碼之效期為兩年，所有人得於期限屆滿前三十日內，檢附管理規則第六條第二項規定之文件向民航局申請延展。

圖 4 遙控無人機註冊規定

檢驗合格證



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

遙控無人機管理規則



檢 驗

型式  
檢驗

特種實體  
檢驗

實 體 檢 驗

免驗	型式檢驗	實體檢驗	特種實體檢驗
25KG↓ 遙控無人機	✓		
25KG↑ 遙控無人機		✓	✓

| 免驗：僅需於系統登錄資訊。

| 型式檢驗：設計者、製造者或改装者申請型式檢驗，無期限。

| 實體檢驗：所有人申請實體檢驗，有效期限為三年。

| 特種實體檢驗：自行製造、使用者，得合併型式檢驗及實體檢驗為特種實體檢驗，最長不逾三年。

圖 5 遙控無人機檢驗規定

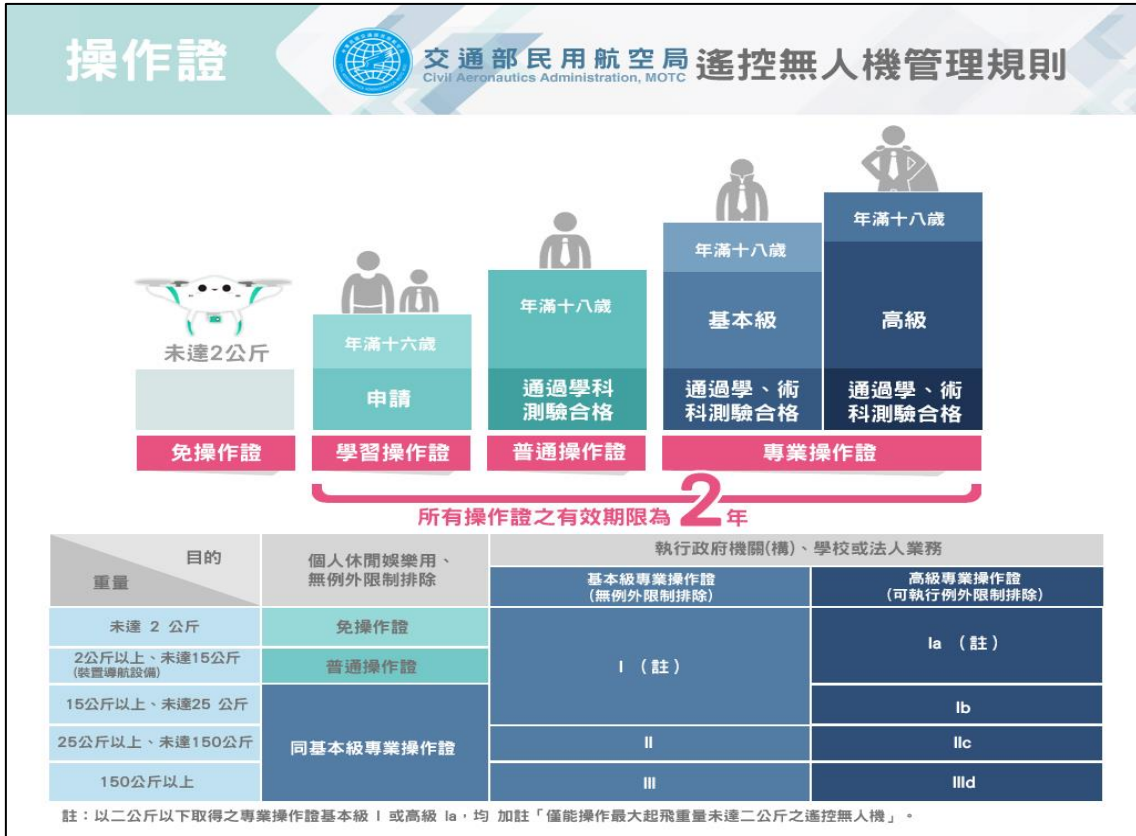


圖 6 遙控無人機人員證照考驗流路

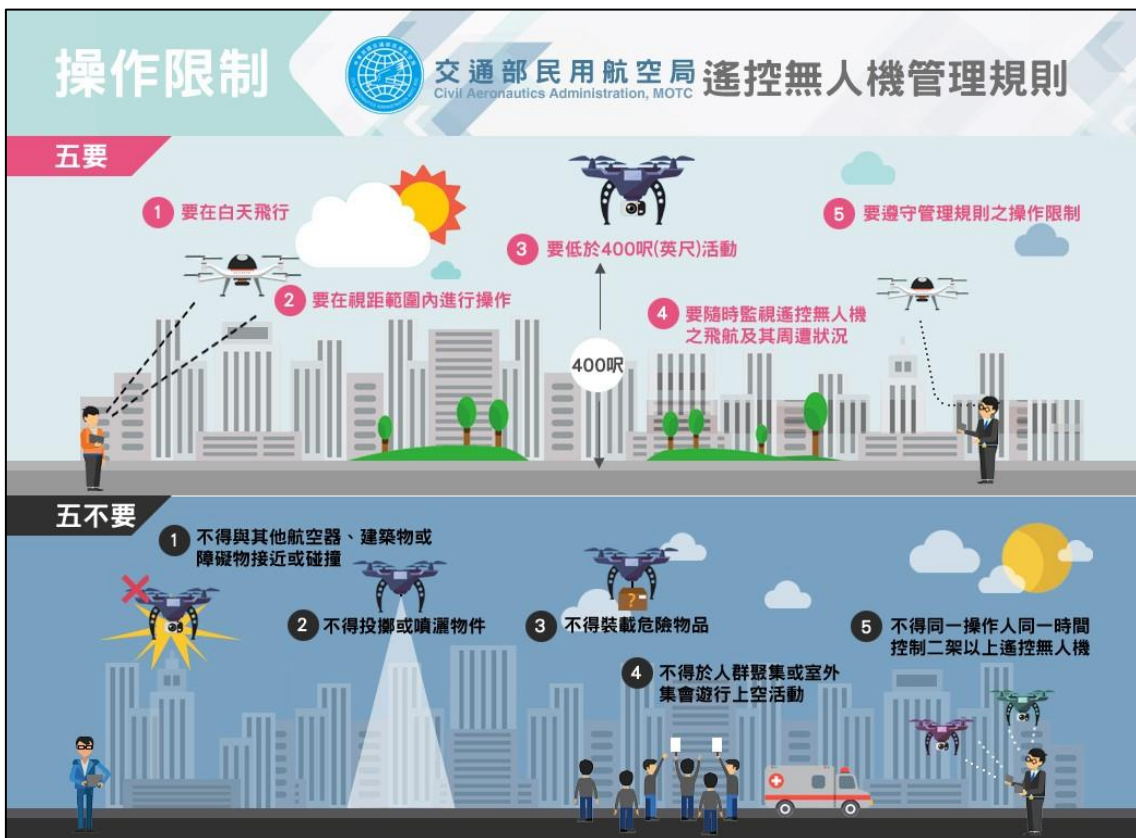


圖 7 遙控無人機飛航活動注意事項



圖 8 遙控無人機活動申請能力審查

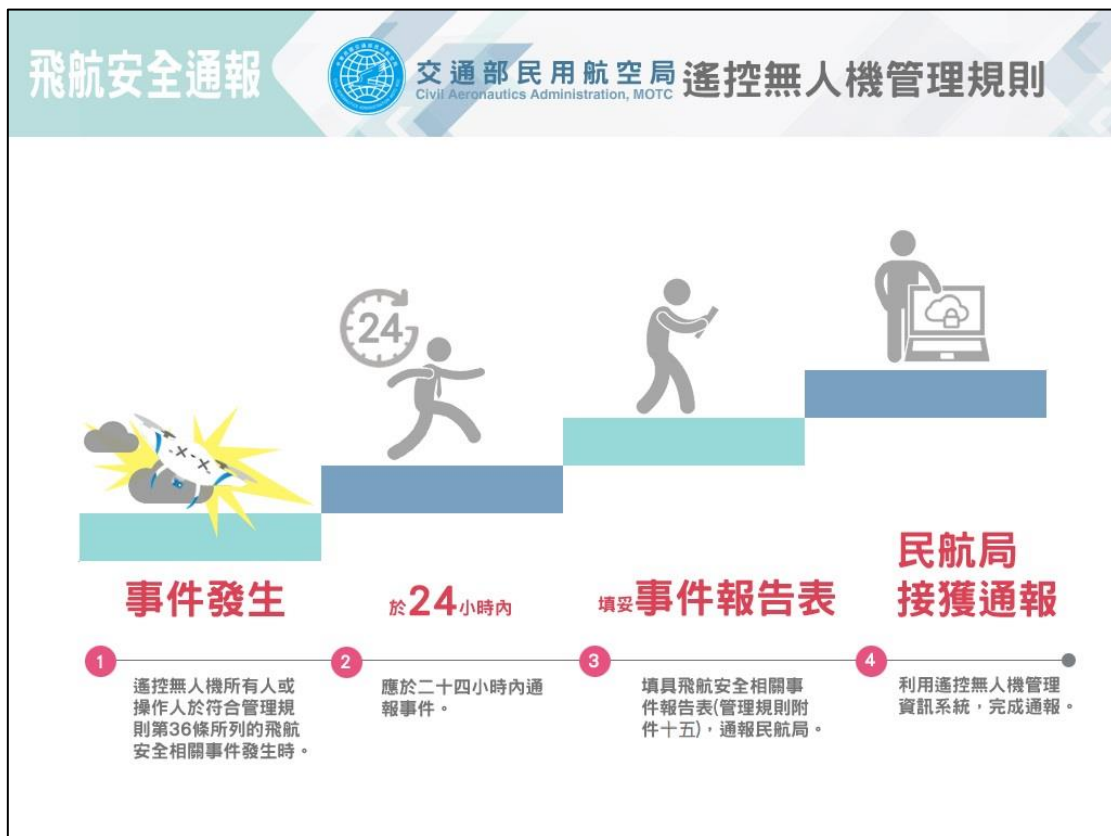


圖 9 遙控無人機飛安相關事件通報

## 第3章 基礎飛行原理

航空器係指任何藉空氣之反作用力，非藉空氣對地球表面之反作用力，得以飛航於大氣中之器物，遙控無人機亦為航空器的一種。由於遙控無人機具有比空氣重的航空器特性，無法單單只藉由空氣的浮力而上升，所以需要相對應的能量，來讓遙控無人機在空中飛行。因此利用了噴射推力或是螺旋槳的拉力，來使航空器產生升力進而在空中飛行。本章從學理層面解說遙控無人機飛行原理。首先說明牛頓運動定律、遙控無人機的基本四力(升力、推力、阻力、重力)，再分別針對無人飛機、無人直昇機、無人多旋翼機的飛行原理、飛行控制及載重平衡對飛行性能與操作安全的影響，建立讀者必要的飛行原理基礎。

- **無人飛機**：無人飛機因機翼固定，又稱為固定翼無人航空器。具有飛行速度快、酬載大、飛行效率高，不需太複雜控制，就可自行抵抗氣流而自行保持穩定的飛行。但缺點是需要有相當的跑道長度供起降之用。無人飛機必須藉由操縱控制面改變飛行姿態與軌跡，通常需有較大的活動範圍，並不適合於都會區域內使用。
- **無人直昇機**：透過旋翼槳葉產生升力，同時也能產生推力，可以自由調整姿態，定點盤旋、起飛與落地。無人直昇機透過旋翼可快速改變其飛行姿態，具有高度靈活的特性，並可垂直起降與懸停。
- **無人多旋翼機**：透過各旋翼間之協調來控制姿態，與無人直昇機同樣不需跑道，可垂直起降、空中懸停等。但無人多旋翼機如在操作中發生機械故障，必須由飛控系統重新組合各旋翼間的協調關係，緊急狀況處置較為不易。

### 3.1 牛頓運動定律

牛頓運動定律(Newton's laws of motion)提供了航空器如何保持飛行的一些基礎觀念。

### 3.1.1 牛頓第一定律

又稱「慣性定律」。亦即除非受到外力的影響，否則靜止的物體會保持在靜止的狀態，而行進間的物體，則會保持直線運動。操作人只要施加壓力，就可改變物體的方向或速度。

例如，若飛機在地面上完全靜止著，慣性會使得飛機處於一個完全靜止的狀態。若飛機保持固定的空速以直線行進，慣性則會使得飛機持續保持穩定的直線飛行。

### 3.1.2 牛頓第二定律

又稱「加速度定律」。亦即當物體受到所施加的力等於每次的動量變化。其加速度與物體的質量成反比，並與所施加的力成正比。這是考慮到為克服牛頓第一定律的因素，並涵蓋了方向和速度的變化，包括從靜止開始(正向加速)到停止(負向加速或減速)。

例如，遙控無人機於頂風飛行時，飛行速度就會變慢。若風從任一方吹來，倘若操作人沒有隨之修正，那航向就會受到風所施加的力而改變。

### 3.1.3 牛頓第三定律

對於每一個作用力，都有一個相等且相反的反作用力。例如，噴射機將燃燒的熱氣體往後推送以施加作用力，相對的有相等且相反的反作用力，將飛機往前推進。

## 3.2 航空器的基本四力

無論何種構造的航空器(或遙控無人機)，在空中飛行及前進時，都會受到升力、推力、阻力、重力這 4 個力相互作用的影響(如圖 10)。因此對於這 4 力的認識程度，也將影響到基本的操縱技巧，甚至是對於緊急狀況處置時的觀念應用。

推力由發動機提供，阻力由空氣產生，升力由機翼提供，重力由地心引力產生。我們可以把力分解為兩個方向的力：稱縱軸(X 軸)及垂直軸(Z 軸)，無人機等速直線飛行時 X 方向阻力與推力大小相同方

向相反，故 X 方向合力為零，無人機速度不變，Z 方向升力與重力大小相同方向相反，故 Z 方向合力亦為零，遙控無人機無升降起伏，保持等速直線飛行。

當 4 力相互抵消，合力為零的情況下，靜止的物體會保持在靜止的狀態，而在行進間的物體，則會保持直線運動。

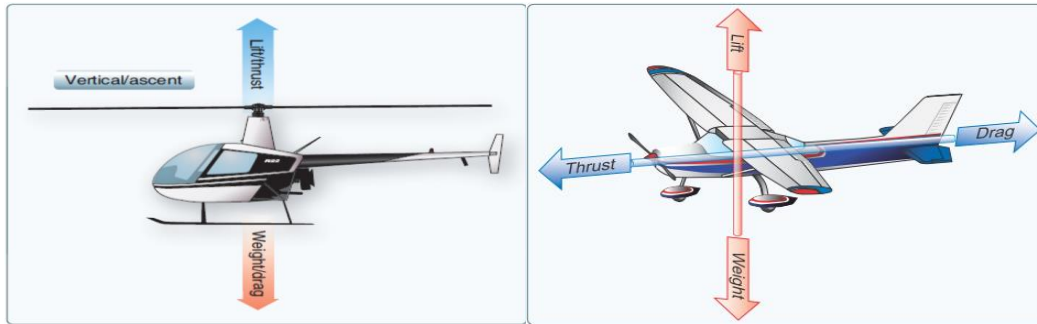


圖 10 航空器的作用力平衡  
(圖片來源：PHAK)

表 1 航空器(遙控無人機)的基本四力

種類	說明
推力 (Thrust)	為了要使航空器前進，由動力系統所產生的力
阻力 (Drag)	航空器於前進時，空氣與之相反的力
升力 (Lift)	機翼或旋翼上產生向上的力
重力 (Weight)	航空器的重量

### 3.2.1 升力 (Lift)

關於如何產生升力，使一個重於空氣的航空器能夠飛行於空中的問題，有兩個重要的基本理論：流體的連續性 ( Continuity Equation ) 和柏努利定律 ( Bernoulli's Law )。

#### 3.2.1.1 流體的連續性

流體的連續性說明，當流體 ( 包括液體和氣體 ) 連續運動流經一個切面面積變化的管道時，連續性假設認為流體足夠緻密，可以成為一連續體，而非離散的分分子，因此在同一時間內，流進任一切面的流體質量和從另一切面流出的流體質量是相等的。

流體的連續性定理闡述了流體在流動時，( 1 ) 流速和管道切面之間的關係：流速和管道切面成反比；( 2 ) 流速和壓力之間的關係：流速和壓力成反比。

### 3.2.1.2 柏努利定律

柏努利定律指出，無黏性流體的流動速度增加時，流體的壓力能或位能總和將減少；簡單的說，流體在一個管道中流動時，流速和壓力間的關係：流速大的地方壓力小，流速小的地方壓力大。換句話說，如果流體的速度越快，流體中的壓力就會越小。這就說明了氣流在通過飛機機翼上方表面時的情況。

而柏努利定律的應用之一，就是文氏管 ( Venturi Tube )。文氏管又名喉形管，一個切面變化的圓錐管 ( 大→小→大 )，最小處叫「喉頸」，流體流過時，由於管的切面縮小，流速增大而壓力降低；在同一時間內每一切面的流體流量相等。文氏管的原理就像是在洗車的水管出口處用力按壓，因為出口處的前後水流流量不變，按壓的這點因為水管切面縮小，流速一定必須變大才能維持不變的水量。當然，在流速變大後，該按壓點的壓力就會變小。( 如圖 11 )

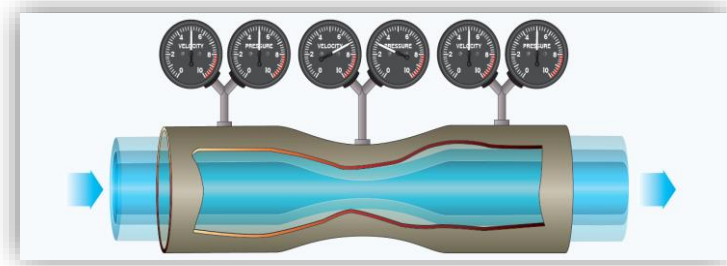


圖 11 文氏管原理示意圖  
(圖片來源：PHAK)

航空器的機翼 ( 或旋翼 ) 是升力產生的地方，當氣流流過機翼時，氣流被機翼前緣分流為上下兩股，分別是上股氣流 A 和下股氣流 B，氣流 A 沿著機翼上表面 S1 的路徑流過機翼，氣流 B 沿著機翼下表面 S2 的路徑流過機翼，依據柏努利定律，因為 S1 的路徑距離大於 S2，所以沿著 S1 的氣流 A 速度較快、壓力較低，而沿著 S2 的氣流 B 速度較慢、壓力較高，而此上下兩股氣流的壓力差便產生向上的升

力。(如下圖 12 所示)

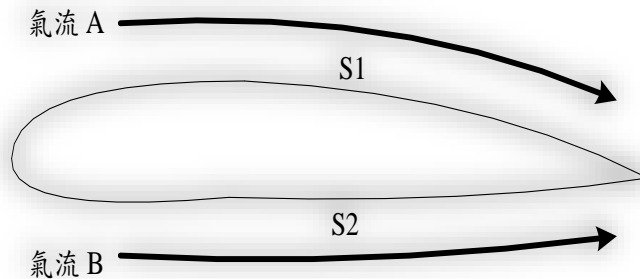


圖 12 機翼升力的產生

基於上述兩個理論 ( 流體的連續性和柏努利定律 )，我們可以知道當機翼上、下表面出現了壓力差，而此垂直於相對氣流方向的壓力差之總和就是機翼的升力。無人飛機 ( 又稱為固定翼無人航空器 ) 的升力來源為固定的機翼，無人直昇機與無人多旋翼機的升力則來自轉動的旋翼。

### 3.2.2 推力 (Thrust)

依據牛頓第三運動定律 ( 作用力等於反作用力 )，由螺旋槳所產生的拉力或噴射發動機所產生的推力，使無人飛機前進飛行。無人直昇機利用旋翼面傾轉，無人多旋翼機則利用數個旋翼間彼此協調方式，自原有升力中產生向前的推力分量。

螺旋槳推力是藉由槳葉本身的攻角設計與發動機所輸出的轉速而成。螺旋槳轉速通常以每分鐘轉數 ( Revolution Per Minute, RPM ) 來表示。

以無人飛機螺旋槳為例，螺旋槳攻角最大的位置在槳葉的根部，從根部 ( 攻角最大 ) 開始遞減到槳尖端 ( 攻角最小 )。如果整片槳葉的攻角都一樣的話，因為槳葉從尖端到根部每一位置的切線流速都不同 ( 槳尖端流速最大，槳葉根部流速最小 )，所產生的推力就會變得很不平均，這將使得槳葉效率變得很差。因此螺旋槳在原廠設計時，是依據發動機的轉速和空速做為基礎，精密計算後設計出符合最佳使

用效率的槳葉角度，大型無人飛機甚至會採用可變槳葉角度的螺旋槳。無人直昇機的旋翼可改變角度，無人多旋翼機的旋翼可以改變轉速，依飛行情況產生不同推力（或升力）。

### 3.2.3 阻力 (Drag)

航空器於飛行中，在空氣裡會產生各種阻力。阻力是與飛機運動方向相反的空气動力，它阻礙飛機的前進。按阻力產生的原因大致可分為寄生阻力與誘導阻力兩大類。對於飛行的航空器而言，除了也有這些阻力外，飛行速度接近音速時，還會另外產生震波阻力。

#### 3.2.3.1 寄生阻力

寄生阻力包括摩擦阻力、形狀阻力及干擾阻力等三種，分別說明如下：

- (1) 當空氣流過航空器表面時，由於空氣粘性的關係，空氣與航空器表面發生摩擦，產生一個阻止航空器前進的力，這個力就是摩擦阻力。摩擦阻力的大小，決定於空氣的粘性、航空器的表面光滑度，以及航空器與空氣相接觸的表面積。空氣粘性越大、航空器表面越粗糙、航空器表面積越大，摩擦阻力就越大。
- (2) 由航空器外形前後壓力差形成的阻力叫形狀阻力（或稱壓差阻力）。人在逆風中行走，會感到阻力的作用，這就是一種形狀阻力。流線形的設計會使航空器外形變得平順，其目的就是為了減少形狀阻力。
- (3) 空氣流經航空器鄰近的兩部件時，此兩部件對氣流的影響相互干擾而產生的阻力叫干擾阻力。這種阻力容易產生在機身和機翼、機身和尾翼、機翼和發動機短艙、機翼和外掛載之間。

#### 3.2.3.2 誘導阻力

航空器於飛行中，機翼上表面與下表面的氣流壓力不同，在機翼前緣會造成一股自下而上、由內而外翻轉的渦流，這道渦流造成相對

氣流的方向被往下拉，由機翼所產生的升力方向被往後傾，產生出向後的阻力，這種因產生升力而誘導出來的阻力稱為誘導阻力（或稱感應阻力），是航空器為產生升力而須付出的「代價」。航空器在失速前，當其攻角及升力增加時，其誘導阻力也隨之增加；當失速時，升力和誘導阻力都突然下降。

### 3.2.4 重力 (Weight)

重力是航空器本身之質量所受的地心引力。過重的重力對飛行有負面影響，故航空器機身的設計一般都是儘量採用較輕的材料。

### 3.2.5 影響升力和阻力的因素

升力和阻力是航空器在空氣中相對運動（相對氣流）所產生。一般來說，與航空器運動方向相反（或稱與氣流流向相反）的力叫阻力，與航空器運動方向垂直（或稱垂直於氣流流向）的力叫升力。影響升力和阻力的因素基本上有下列幾項：

- (1) 攻角（也就是機翼在氣流中的相對位置）。
- (2) 飛行速度（也就是空速）。
- (3) 空氣密度。
- (4) 航空器本身的特點（機翼面積、機翼形狀、表面光滑度、襟翼位置等）。

#### 3.2.5.1 攻角對升力和阻力的影響

機翼翼弦與相對氣流方向所夾的角度叫攻角（Angle of Attack, AOA）。在飛行速度（空速）等其它條件相同的情況下，得到最大升力的攻角，叫做臨界攻角。在小於臨界攻角的情形下增大攻角，升力增大；但是如果超過臨界攻角後，再增大攻角，因機翼的上表面氣流流速過快而產生剝離造成紊流，使得升力反而減小，阻力急劇增大。（如圖 13）

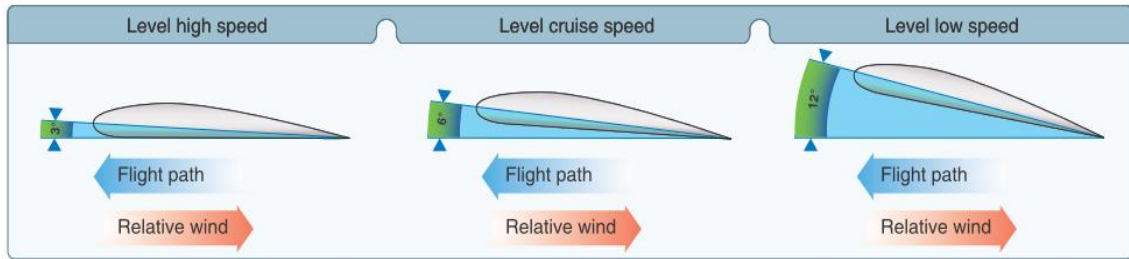


圖 13 不同速度時攻角改變的程度  
(圖片來源：PHAK)

### 3.2.5.2 飛行速度和空氣密度對升力與阻力的影響

飛行速度越大則升力、阻力越大。升力和阻力兩者均與飛行速度的平方成正比。空氣密度大，空氣動力大，升力和阻力自然也大；升力和阻力兩者均與空氣密度成正比。

### 3.2.5.3 航空器本身特點對升力與阻力之影響

- (1) 機翼面積：機翼面積越大，升力和阻力也越大；升力和阻力兩者均與機翼面積的大小成正比。
- (2) 機翼形狀：機翼形狀包括機翼切面形狀的相對厚度、最大厚度位置、機翼平面形狀，以及機翼翼面結冰等都對升力和阻力兩者有相當影響。相對厚度大，升力和阻力也大。最大厚度位置靠前，升力和阻力較大。最大厚度位置靠近翼弦中央，升力和阻力較小。最大厚度位置靠後，升力較大，但阻力較小。機翼平面形狀，橢圓形機翼誘導阻力最小，而矩形機翼和菱形機翼誘導阻力最大。展弦比越大，誘導阻力越小。機翼翼面結冰會改變機翼流線外形，造成翼面氣流不再平滑流動，使升力減少，阻力增加。
- (3) 表面光滑度：航空器表面相對光滑，摩擦阻力相對較小，反之則相對較大。
- (4) 襟翼位置：在低速起飛與降落時放下襟翼，可增加機翼升力與阻力、降低失速速度。

### 3.3 無人飛機的飛行原理

#### 3.3.1 無人飛機的主要組成及其功能

為理解無人飛機的飛行原理，就應對無人飛機的組成及其功能作一初步探討。航空科技發展迄今，除了少數特殊形式的固定翼與旋翼混合型無人飛機外，大多數無人飛機都由機翼、機身、尾翼、起落裝置和動力系統等 5 個主要部分組成。

( 1 ) 機翼 ( Wing ) : 機翼是提供升力的主要部件，以維持無人飛機在空中穩定飛行和提供必要的操作功能。機翼上通常安裝有副翼 ( Aileron ) 和襟翼 ( Flap )，操縱副翼可控制飛機的滾轉 ( Roll ) 姿態，放下襟翼可增加升力的作用。除了副翼和襟翼，機翼上還可依設計需求安裝發動機、起落架、油箱或其他外掛載等。不同用途的無人飛機因設計目的相異，其機翼形狀、大小也各有特色。

( 2 ) 機身 ( Fuselage ) : 機身一般為無人飛機的主體，主要功用是裝載燃油、酬載和各種設備。機身與機翼、尾翼等部件相連，某些無人飛機的發動機及起落架等部件則利用掛架與機身相連。機身對控制飛行姿態、保持飛行的穩定性及可控性也有一定貢獻。

( 3 ) 尾翼 ( Empennage ) : 尾翼是安裝在無人飛機尾部的一種裝置，可以增強飛行的穩定性。大多數尾翼包括水平尾翼和垂直尾翼，也有少數採用 V 型尾翼。水平尾翼是無人飛機縱向平衡、穩定、操縱的翼面，翼面前半部通常是固定的水平安定面，翼面後半部則是可動的升降舵 ( Elevator )。垂直尾翼是無人飛機航向平衡、穩定和操縱的翼面，翼面前半部通常是固定的垂直安定面，翼面後半部則是可動的方向舵 ( Rudder )。尾翼可以用來控制無人飛機的俯仰 ( Pitch ) 和偏航 ( Yaw )，以改變無人飛機的飛行姿態。

( 4 ) 起落裝置 ( Landing Gear ) : 無人飛機的起落架用於起飛、降落、地面滑行或移動、停放時來支撐無人飛機；除了煞車系統、轉向系統等外，它大都由減震支柱和機輪等組成。

( 5 ) 動力系統 ( Power System ) : 動力系統是指主要用來產生拉力或推力使無人飛機前進的裝置。除了產生前進力外，動力系統還可為無人飛機上的用電設備提供電源。現在無人飛機動力系統應用較

廣泛的有：往復式（活塞）發動機、渦輪噴射發動機、渦輪螺旋槳發動機、渦輪風扇發動機。除了發動機本身，動力系統還另有控制裝置，依據發動機的狀態和外界環境的變化來控制發動機的各個調節參數，保證發動機工作穩定和提高發動機性能。

除了以上機翼、機身、尾翼、起落裝置和動力系統等 5 個主要部分外，依據無人飛機的操作安全和任務需求，還可加裝無線通訊系統、導航系統、飛行控制系統、空拍攝影機及安全裝備等。

### 3.3.2 飛行操作原理

操作人操作油門和操縱桿，控制無人機的操縱面，來達到所想要的飛行姿態。就操作的三度空間而言說明如下(如圖 14)：

- 縱軸(Longitudinal Axis)：又稱 X 軸，想像為一條由前往後穿過航空器的軸。無人飛機主要係利用副翼改變左右滾轉(Roll)的姿態，但方向舵對於無人飛機的滾轉也會有影響。
- 橫軸(Lateral Axis)：又稱 Y 軸，想像為一條左右兩側穿過航空器的軸。無人飛機利用升降舵改變俯仰(Pitch)的姿態。
- 垂直軸(VERTICAL AXIS)：又稱 Z 軸，想像為一條上下兩面垂直地穿過無人飛機的軸。無人飛機利用方向舵改變偏航(YAW)的姿態。

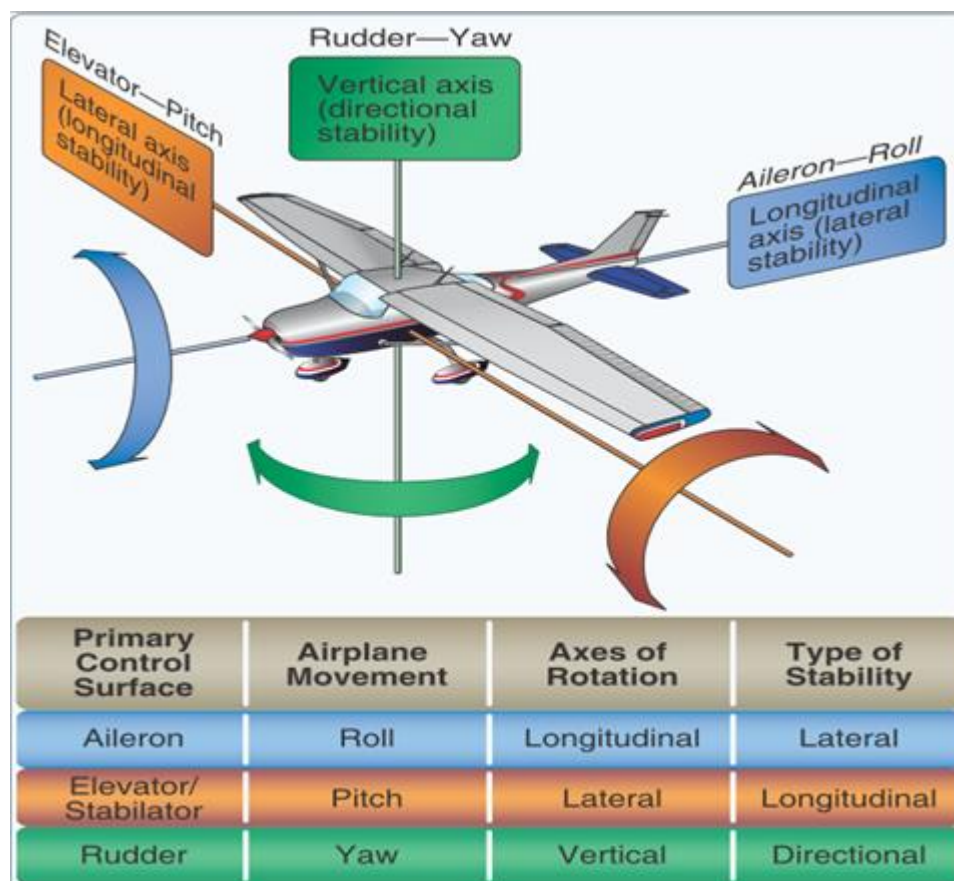


圖 14 無人飛機操控、移動、仰轉軸及穩定型態

(圖片來源：PHAK)

接下來介紹無人飛機的平衡性(Equilibrium)、穩定性(Stability)<sup>4</sup>和操縱性(Controllability)。此三種特性也同樣通用於無人直昇機與無人多旋翼機。

### 3.3.2.1 平衡性

平衡性，是指作用於無人飛機的各外力之和為零，各外力重心所構成的各力矩之和也為零。無人飛機處於平衡狀態時，其速度的大小和方向都保持不變。

### 3.3.2.2 穩定性

穩定性，係指遙控無人機在飛行中，當受到微小擾動(如陣風、發動機工作不均衡、舵面的偶爾偏航等)而偏離原來的平衡狀態時，

<sup>4</sup> 縱向穩定/俯仰(Longitudinal Stability / Pitch)、航(方)向穩定/偏航(Directional Stability / Yaw)、橫向穩定/滾轉(Lateral Stability / Roll)等三種。

在擾動消失後，不經操作人操縱，自動恢復原來平衡狀態的特性。

遙控無人機穩定性的強弱，一般由擺動衰減時間、擺動幅度、擺動次數來衡量。當受到擾動後，恢復原來平衡狀態時間越短，擺動幅度越小，擺動次數越少，遙控無人機的穩定性就越強。

遙控無人機穩定性的強弱，主要取決於遙控無人機的重心位置、飛行速度、飛行高度和攻角的變化。

### 3.3.2.3 操縱性

操縱性，無人飛機除必要的穩定性外，還應有良好的操縱性，才能保證操作人能夠有效控制遙控無人機飛行。遙控無人機的操縱性，是指遙控無人機在操作人操縱控制面改變其飛行狀態的俯仰、方向和橫向之特性，操縱動作簡單、省力，飛機反應越快，其操縱性越好，反之則否。

## 3.4 無人飛機的飛行控制

### 3.4.1 四大基本動作

對於無人飛機而言，主要有四大基本動作：平直飛行、轉彎、爬升及下降。而控制這四大基本動作的操作，都包含了一種或多種的飛行控制。

### 3.4.2 飛行控制

控制遙控無人飛機時：

- (1) 當升降舵控制往上，飛機相對於「飛機中心」作向上俯仰。
- (2) 當升降舵控制往下，飛機相對於「飛機中心」作向下俯仰。
- (3) 當副翼控制右上左下，飛機相對於「飛機中心」作右滾。
- (4) 當副翼控制右下左上，飛機相對於「飛機中心」作左滾。
- (5) 當方向舵控制往右，飛機相對於「飛機中心」作右偏航。
- (6) 當方向舵控制往左，飛機相對於「飛機中心」作左偏航。

操作人應注意避免以相對於地平面來思考「上」、「下」、「左」、「右」，而是以相對於機體中心作思考。此亦可更容易瞭解控制功

能，特別在執行大角度滾轉和更高級的操縱動作。因此，操作人須能適當的熟練如何使用控制面，以達所需的遙控無人飛機姿態或飛行狀況。

### 3.5 無人直昇機的飛行原理

無人直昇機，其主旋翼(Main rotor)在旋轉時能夠產生向上的升力，其原理類似於無人飛機的機翼產生升力的原理或螺旋槳產生推力的原理。

當主旋翼的旋轉面(因旋轉所產生的平面)保持在水平位置時，此時所產生的力是垂直向上的，可稱之為升力亦可稱之為向上的推力。遙控無人直昇機利用這個原理起飛離地，以及爬升(Climb)或懸停(Hovering)。如果升力與推力大於重力與阻力，直昇機垂直向上。

根據牛頓第三運動定律，作用力等於反作用力。當發動機讓主旋翼以逆時針方向旋轉時，遙控無人直昇機本身將以順時針方向旋轉，這個力稱為扭力(Torque)。主旋翼的槳葉片的俯仰角愈大，升力就愈大，同時扭力也愈大。為了抵銷扭力，在設計上使用尾旋翼(Tail rotor)在機尾產生一個向右的力，稱為尾旋翼推力(Tail rotor thrust)，使機頭能夠朝向正前方，如圖 15 所示。

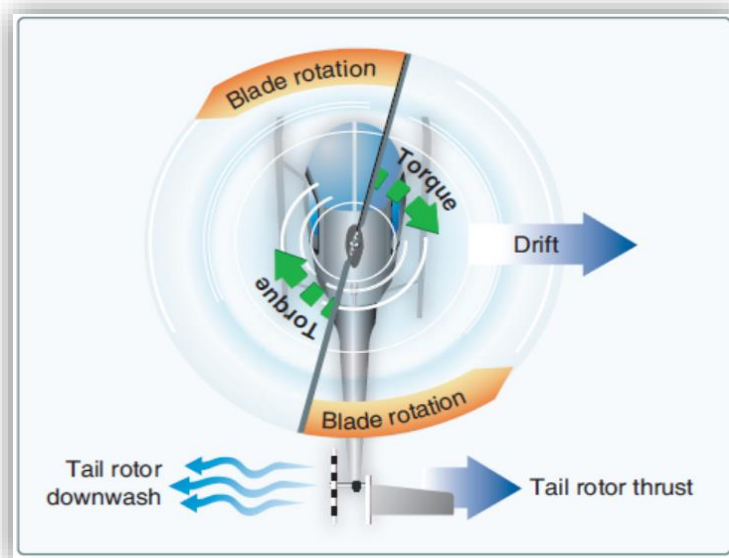


圖 15 尾旋翼扭力的產生  
(圖片來源：PHAK)

### 3.6 無人直昇機的飛行控制

無人直昇機的四大基本飛行動作：平直飛行、轉彎、爬升及下降與無人飛機相同，其獨特的外型與氣動力效應，可以作出其他特殊的飛行控制。無人直昇機的平衡性、穩定性、操縱性等概念與無人飛機亦無二致，但無人直昇機在懸停時受主旋翼面影響，具有不穩定性。

- 「**垂直起飛到懸停**」：無人直昇機垂直飛離地面約 2~3 呎(大約一個起落橈的高度)，並保持「航向不變」。一旦到達起落橈的高度，無人直昇機應保持不動，並保持「高度不變」和「航向不變」。
- 「**懸停**」：無人直昇機保持幾乎不動的飛行，並保持「高度不變」和「航向不變」。
- 「**懸停轉彎**」：在懸停高度執行無人直昇機機鼻向左轉或向右轉，並保持相對於地面的位置不變。操作人應保持不變的高度、轉彎率和轉速。
- 「**向前懸停飛行**」：通常使用於移動無人直昇機到另一特定位置，可由靜止狀態的懸停開始執行。操作人應保持不變的地面速率、高度和航向，同時注意地面淨空。
- 「**側向懸停飛行**」：當必須移動無人直昇機到另一特定位置，但當時狀況不可能執行向前飛行時，就要使用側向懸停飛行。操作人應保持不變的地面速度、高度和航向，同時注意地面淨空。
- 「**向後懸停飛行**」：當必須移動無人直昇機到另一特定位置，但當時狀況不可能執行向前或側向懸停飛行時，就要使用向後懸停飛行。操作人應保持不變的地面速度、高度和航向，同時注意地面淨空。
- 「**從懸停到正常起飛**」：無人直昇機有順序的轉換到向前飛行，執行時應安全且迅速的增加高度。
- 「**從地面到正常起飛**」：使用最小的所需動力，將無人直昇機從地面上的位置，移動到有效轉換升力及正常爬升。
- 「**平直飛行**」：保持無人直昇機「高度不變」和「航向不變」的飛行。

- 「傾斜轉彎」(Bank to Turn)：將無人直昇機保持在向左或向右的傾斜狀態，保持飛行高度不變，但航向改變之飛行。
- 「偏航」(Yaw)：利用尾旋翼推力改變無人直昇機航向的操縱。

### 3.7 無人多旋翼機的飛行原理

無人多旋翼機的外形構造有許多種，有以旋翼數量區分的多旋翼型遙控無人機<sup>5</sup>，有以旋翼分布位置來做區分<sup>6</sup>，也有以共軸發動機的旋翼數量來做區分<sup>7</sup>，以及旋翼是否能夠傾斜來做區分。總言之，無人多旋翼機是一種經由多個定距槳(螺旋槳)的正反旋轉與轉速控制，提供升力與姿態調整。

無人多旋翼機與無人直昇機類似，當旋翼旋轉產生升力時，空氣對於旋翼也會形成反方向的作用力，驅使無人直昇機反向旋轉，因此無人多旋翼機為了要克服反作用力的問題，設計出旋翼不同方向旋轉，抵消反作用力，使總力矩為零。從而無人多旋翼機能夠垂直且穩定的升降及偏航，也可以很容易產生統一方向的氣流推送，因此具備優秀的垂直起降能力與定點懸停能力，而這是一般無人飛機望塵莫及的。同時對稱的旋翼設計使得操控簡單且直接，姿態調整時只需成對地改變旋翼轉速，可提供非常「直接」的姿態力矩。

旋翼機的姿態變化方式使得該型機可直接採用定距槳/變轉速的技術，相比於無人直昇機的變距槳，在機械設計結構，控制難度，實現成本，姿態平穩方面都有很大提升。單純從操作人的角度而言，無人多旋翼機使得飛行操作變得簡單，如圖 16。

<sup>5</sup> 依無人多旋翼機所具有的旋翼可區分為 4 翼、6 翼、8 翼、12 翼、16 翼、18 翼、24 翼、36 翼等，以茲因應各種不同的是市場需求。

<sup>6</sup> 例如通常可見的 I 型、X 型、V 型、Y 型等。

<sup>7</sup> 同軸有兩片旋翼上下疊放，利用相反方向的旋轉，來抵消反作用力，並提升無人多旋翼機的動力。

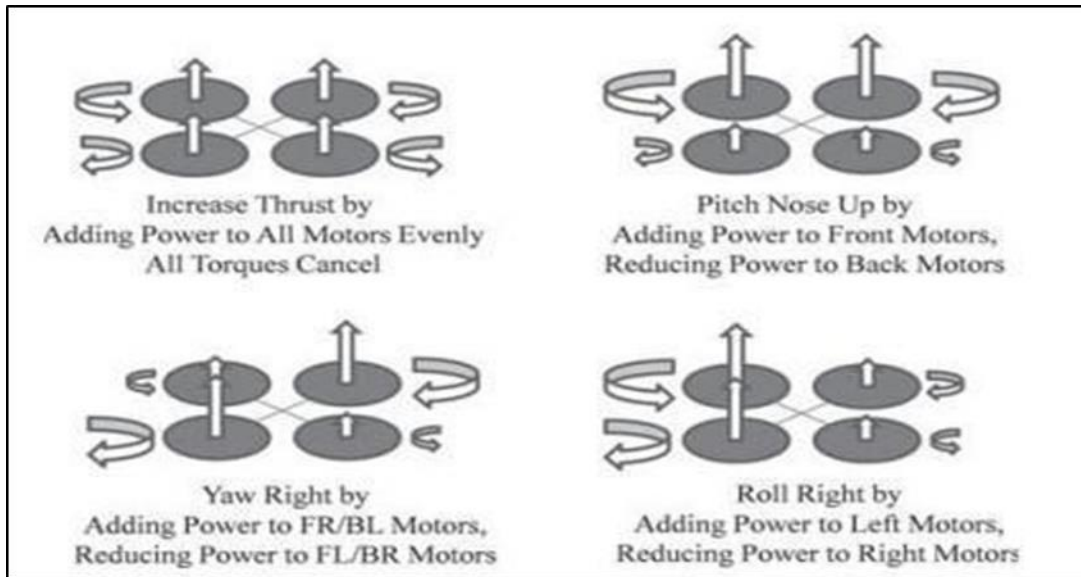


圖 16 多旋翼飛行器控制原理

(圖片來源：FAA)

### 3.8 無人多旋翼機的飛行控制

無人多旋翼機飛行操作原理、平衡性、穩定性、操縱性等概念及四大基本動作與無人飛機或無人直昇機相當，但無人多旋翼機在構造上具有先天不穩定性，通常需仰賴飛行控制系統電腦的運算才能保持姿態及航向的穩定。操作人操作無人多旋翼機時，力道應當柔和一些，直到習慣遙控無人機與控制器相互間的連結程度。操作時，遙控設備上之操縱桿控制滾轉、俯仰、偏航和油門，達成「垂直升降」、「俯仰」、「偏航」與「滾轉」等動作。以下以四軸多旋翼為例：

- 「垂直升降」：同時間增加或減少四個旋翼的轉速以增加或減少升力，實現垂直的升降姿態。
- 「俯仰」：改變前、後兩對旋翼的轉速，因前、後的升力不平衡實現俯仰姿態。
- 「偏航」：同時間減少或增加斜對角兩對旋翼轉速與升力，因扭力不平衡產生反作用力，實現偏航姿態。
- 「滾轉」：改變左、右兩對旋翼的轉速與升力，因左、右的升力不平衡，實現滾轉姿態。

## 3.9 載重與平衡

### 3.9.1 導論

遙控無人機的重量和重心位置是影響飛行性能及飛航安全重要的因素之一。飛行前，操作人應確認遙控無人機的重量、重心和其酬載是否在合理範圍。同時，操作人須考慮到緊急狀況下，遙控無人機過重或重心偏移時所可能造成嚴重的後果。然當處於高海拔、高溫以及高濕度的情況下，操作人在飛行前亦應詳細考量可能降低飛行時超越障礙能力的載重因素。以下說明影響遙控無人機載重平衡的各種因素。

### 3.9.2 重心

遙控無人機重力的著力點稱為「重心」(Center of Gravity, C.G.)。重心與穩定性有很大的關聯。當重心位置超出允許範圍時，可能導致遙控無人機無法穩定起飛、落地甚至失速。

### 3.9.3 負載係數 (Load Factor)

在空氣動力學裡，負載係數定義為升力與重力之比值。遙控無人機飛行時，作用於機身上的升力通常較重量為大，以產生各種姿態，負載係數即能表達姿態動作的大小。

操作人應了解作用於遙控無人機結構上的各種力量，以順利操作遙控無人機。遙控無人飛機在進行協調轉彎(Coordinated Turn)<sup>8</sup>時，負載係數是基於離心力和重力這兩種力量的結果。(如圖 17 所示)

---

<sup>8</sup> 保持高度不變，協調的轉彎技巧。反之為“Uncoordinated Turn”，又可分為內側滑轉彎(Slipping Turn)及外側滑轉彎(Skidning Turn)。以飛機為例，內側滑轉彎是因為飛機的傾斜角(Bank)大於轉彎角度，水平升力大於離心力，導致飛機無法協調轉彎，會使得飛機被拉往轉彎的內側。而外側滑轉彎則是因為傾斜角不足，轉彎率大於傾斜角，導致飛機被拉往轉彎之外側。

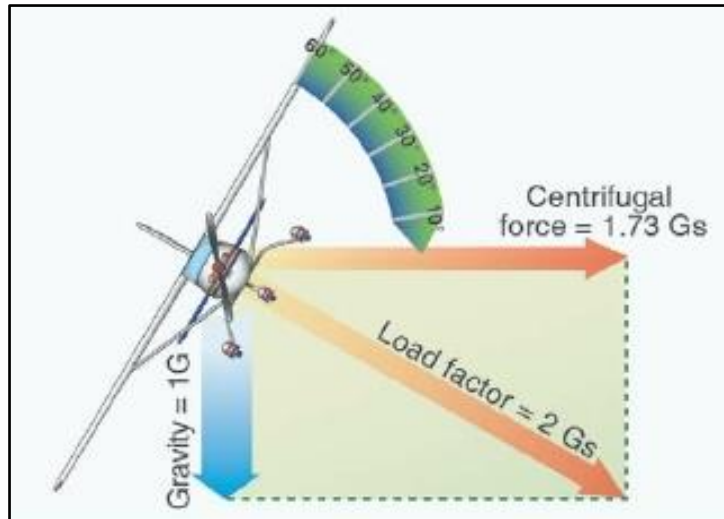


圖 17 轉彎時的重力、離心力與負載係數  
(圖片來源：PHAK)

此外，在不同的速度下，飛機的轉彎率也會隨之不同，速度越快，轉彎率越低。這是為了要抵銷所增加的離心力(Centrifugal Force)，以保持負載係數不變。而從圖 18 中，我們可以觀察到，當飛機傾斜角(Bank Angle, 亦稱為坡度)達到 45 度或 50 度時，負載係數會急劇增加。例如 60 度時，約為 2G。80 度時，就可高達 5.76Gs。因此為維持高度下，機翼必須產生足以與負載係數相等之升力，亦即需增加攻角以補償升力之不足。

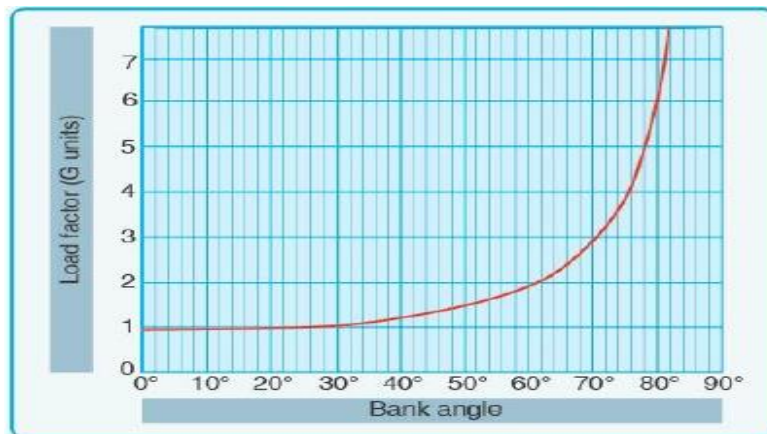


圖 18 傾斜角(坡度)在水平飛行中與負載係數的改變  
(圖片來源：PHAK)

### 3.10 重量變化與重心移動的影響

遙控無人機機身通常較為短小，故飛行時對重量變化與重心移動非常敏感，處理不當容易造成操作困難甚至產生意外。以下就無人飛機、無人直昇機與無人多旋翼機分別說明。

### 3.10.1 重心前移對於無人飛機的影響

若重心位置靠前時，會形成需要尾翼提供更大的向下的升力，來維持飛機的俯仰平衡。可能會有以下情形(如圖 19)：

- (1) 由於機頭較為沉重，起飛仰轉時較為困難。
- (2) 受到配平以及總阻力的增加的影響，為了保持飛行速度不變，必須增加發動機推力，進而失速速度也增加了。
- (3) 增大誘導阻力，使油耗增加，航程距離降低。
- (4) 低速的時候，為了穩定飛機較強的俯仰姿態，配平可能不足，導致提高了不穩定進場的風險。

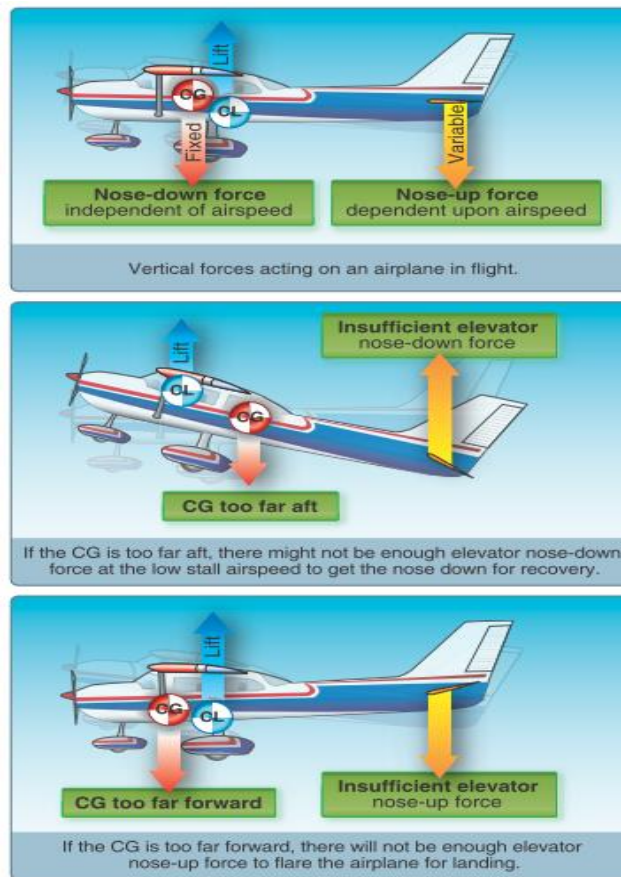


圖 19 無人飛機的重心變化  
(圖片來源：PHAK)

### 3.10.2 重心後移對於無人飛機的影響

若重心後移時，可能會有以下情形(如圖 19)：

- (1) 由於機頭較輕，可能會使得起飛時提前仰轉。
- (2) 爬升時若操作不慎，可能會因仰角過大，而造成失速，甚至造成機尾擦地。

(3) 配平及總阻力減小，也進而減少飛行所需要的推力及耗油，增加了遙控無人機的續航能力，失速速度減小。

(4) 若進入到螺旋失速(Spin)時，會較難改正。

### 3.10.3 重心前移對於無人直昇機的影響

重心太靠前會抑制向後飛行及懸停低速的性能 (如圖 20)。

### 3.10.4 重心後移對於無人直昇機的影響

重心太靠後會影響以高速向前飛行之性能及穩定 (如圖 20)。

### 3.10.5 重心移動對於多旋翼無人機的影響

重心移動容易造成操控困難。



圖 20 無人直昇機的重心變化

(圖片來源：PHAK)

### 3.10.6 較大重量對遙控無人機性能的影響

- 較高的起飛與落地速度(無人飛機)
- 較長的起飛與落地滑行距離(無人飛機)
- 降低爬升率和角度(各構型遙控無人機)
- 降低飛航最高高度(各構型遙控無人機)
- 縮短作業範圍(各構型遙控無人機)
- 降低巡航速度(各構型遙控無人機)
- 降低操作性能(各構型遙控無人機)
- 較高的失速速度(各構型遙控無人機)

由於遙控無人機重量直接影響載重平衡與飛行穩定性，操作人須審慎確認，以確保飛行安全。

## 第4章 氣象

遙控無人機在大氣中飛行，為了保證操作的安全，飛行前除了必要的飛行原理知識與器材保養調校外，氣象的掌握也非常重要。本章說明氣象對操作遙控無人機的影響，依序介紹密度高度、大氣壓力的測量、風的影響、風切、大氣的穩定性、逆溫、溫度與露點、雲系、氣團、鋒面、山區飛行、積冰、雷雨循環等大氣現象，提供操作遙控無人機所需的基本知識。建立航空氣象觀念後，再從實務角度說明氣象資料種類及服務提供方式、航空氣象電碼等，以協助遙控無人機操作人在飛航活動前取得必要的氣象資訊。

### 4.1 導論

天氣的變化對於遙控無人機的操作會有安全上的影響，同時也為確保在操作時的穩定，操作人應事先詳細蒐集氣象資訊：包括雲圖、風向、風速及大氣穩定度等，並體認事先所搜集的預報與實際可能有非預期的變化，所以操控時應隨時注意天候徵象及作好應變。

### 4.2 密度高度

密度高度，是指某一特定容積氣體的密度換算成標準大氣壓力狀態下的高度。當空氣密度增加時(即密度高度較低)，遙控無人機空氣動力性能增加。相反的，空氣密度減少(密度高度較高)，空氣動力性能變差。因此密度高度對遙控無人機的性能有直接的影響。

空氣密度的變化主要有高度、溫度及濕度三種因素。高密度高度的意思是空氣中的分子較少、空氣稀薄；反之低密度高度即指氣體分子較多且濃厚。高密度高度的環境即高海拔、高溫度、高濕度及低大氣壓力(或其中數個因素)的組合。低密度高度則為低海拔、低溫度、低濕度及高大氣壓力。

### 4.2.1 壓力對密度的影響

空氣可以藉由外界的能量予以壓縮及膨脹。壓縮空氣時，相同體積的空間可以容納更多的氣體。反言之，在相同容積下的氣體壓力減低時，空氣會膨脹、佔據較大的體積。因此，相同氣體柱下在低壓力狀態所容納的氣體質量較少，密度較低。由此可知密度與壓力成正比關係，壓力加倍，密度也會加倍；減低壓力，密度也隨之降低。

### 4.2.2 溫度對密度的影響

假設在一空氣體積下，升溫時該體積空氣密度減少，降溫時該體積空氣密度增加，其溫度與密度的關係成反比。而在大氣層裡，溫度及壓力均隨高度增加而降低，但彼此間對密度的關係是互相衝突的，但因壓力隨高度的變化較溫度明顯，因此基本上大氣的密度隨高度遞減。

## 4.3 大氣壓力的測量

為了讓大氣壓力的測量有一個共同的基準點，因此各國間使用公認之國際標準大氣(International Standard Atmosphere, ISA)進行校正，並做為航空器性能基準的參考值。而 ISA 是指在假設大氣環境下，海平面的大氣壓力為 29.92 英吋汞柱(inHg)，溫度為攝氏 15 度(華氏 59 度)。大氣壓力的測量單位還有公制的毫巴(millibars, mb)，1 英吋毫米汞柱約等於 34 毫巴，所以一標準大氣壓的 29.92 英吋汞柱換算成毫巴值為 1013.2。此外，每上升 1,000 英尺，溫度降低約攝氏 2 度，氣壓值減少約 1 英吋汞柱，如表 2 標準大氣壓力所示。

然由於地面受熱不平均的關係，實際大氣壓力值與標準值會有差距。若操作人未能適時注意及修正，會導致在操作遙控無人機時沒有精確掌握到實際高度，以至於發生越障高度不足的危險。

操作人可長期追蹤區域內各氣象站的數值，以便了解區域的天氣系統變化以及方向，並可作為較為精確的預測。例如某氣象站最近兩三天的氣壓值為向上的趨勢，代表該區域天氣處於晴朗穩定的狀態；相反的若氣壓計數值下降通常代表天氣轉壞，若短時間內發生陡降的現象，則通常為暴風接近。

表 2 標準大氣壓力

Standard Atmosphere			
Altitude (ft)	Pressure (Hg)	Temperature	
		(°C)	(°F)
0	29.92	15.0	59.0
1,000	28.86	13.0	55.4
2,000	27.82	11.0	51.9
3,000	26.82	9.1	48.3
4,000	25.84	7.1	44.7
5,000	24.89	5.1	41.2
6,000	23.98	3.1	37.6
7,000	23.09	1.1	34.0
8,000	22.22	-0.9	30.5
9,000	21.38	-2.8	26.9
10,000	20.57	-4.8	23.3
11,000	19.79	-6.8	19.8
12,000	19.02	-8.8	16.2
13,000	18.29	-10.8	12.6
14,000	17.57	-12.7	9.1
15,000	16.88	-14.7	5.5
16,000	16.21	-16.7	1.9
17,000	15.56	-18.7	-1.6
18,000	14.94	-20.7	-5.2
19,000	14.33	-22.6	-8.8
20,000	13.74	-24.6	-12.3

(來源：PHAK)

#### 4.4 風的影響

空氣的水平運動稱之為「風」。在氣象上定義風的來向為風向，例如冬季台北常吹東風，是表示風自東邊吹來。氣象觀測風向常以 16 方位或以角度數表示。常用風速的單位有下列數種：公尺/每秒 (m/s)、公里/每小時(km/h)、哩/每小時(mph)、海里/每小時(kts)或稱節(knot)。<sup>9</sup>

風對於飛行的影響，就遙控無人飛機而言，通常都是在逆風下起降。因為逆風起飛時，產生了附加進氣量及相對風對於翼面的幫助，可增強飛機的方向穩定性和操縱性，並減少了滾行到仰轉起飛的距

<sup>9</sup> 其換算關係：1 公尺/秒 = 3.60 公里/時 = 2.24 哩/時 = 1.94 海里/時

離。而逆風落地時，則由於增加了升力及阻力，使航機可以在一個穩定的速度下進場，並在跑道可用長度且安全的範圍內速度減至滑行速度或是煞停。惟無人飛機在起降時遇到較強的正側風時，可能會導致一邊不平衡，且在尚未完全離地或接觸地面的情況下，進而造成機翼與地面接觸，或是落地後偏離跑道而發生意外。

遙控無人直昇機及多旋翼遙控無人機由於可以垂直起降，因此對於風向的考量多著重於滯空飛行時的穩定度。此外，考慮遙控無人機操作時，可能會在山區或各種環境下，當地表風經過建築物、山區或其他人工障礙物時所產生的亂流，其強度往往與障礙物大小有關，在山區其情況會更加明顯。當飛越多山地區時，通常山區的迎風面飛行相對平穩順暢，但越過山嶺後進入背風面時，原來平順的地表風會因山區地形而擾動風向，形成分歧並產生亂流。風速越強，背風面亂流的氣壓也越強，如圖 21 所示。



圖 21 山岳亂流

(圖片來源：AC00-06B Aviation Weather)

### 4.5 障礙物對風的影響

地面上的障礙物影響風的流動，是一個看不見的危險因素。地形和高的建物會分離風的流動，產生快速變化方向和速率的強風。遙控無人機起降時，要特別注意起降點附近較高的建物或天然障礙物。

因建物所產生亂流的強度依障礙大小和主要風速而定。此亂流影響起飛和降落性能，可能造成極為嚴重的危險。在飛行降落階段，遙控無人機能因亂流而「突降」，導致進場高度太低而不足以避讓障礙，如圖 22 所示。

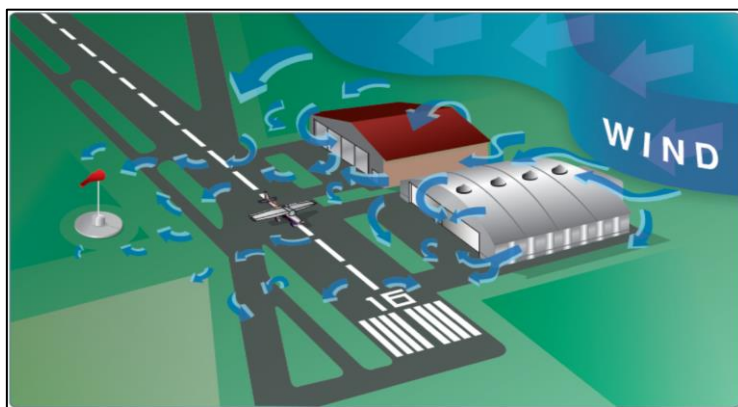


圖 22 建築物產生之亂流影響  
(圖片來源：AC00-06B AVIATION WEATHER)

### 4.6 風切

風切(Wind Shear)是指在大氣中不同兩點之間風速或風向的劇烈變化。它可以產生強烈的垂直氣流，並對航空器水平移動面產生大方向的變化。風切可以發生在任何高度，但以低空風切對航空器的危害最為嚴重。

由於航空器在進場及落地階段時，航空器逐漸減速的接近地面，因此可供緩衝避讓的操作空間有限，若遭遇突如其來的強風速的風向變化，會劇烈影響航空器飛行性能及飛行姿態，若高度過低，操作人可能會來不及改正而發生意外。

所謂低空風切(Low-level wind shear)，我國定義係指 1,600 呎(500 公尺)以下空氣層中風向或風速之突然變化，通常於颱風環流、東北季風、鋒面過境時較為強烈，而西南季風時則較為溫和。

至於水平範圍更小(0.04~4 公里)，持續時間更短(0.1~0.25 小時)的強烈低空風切，稱為微爆氣流(Microburst)。微爆氣流的循環約在 5 到 15 分鐘間，所產生的下沉氣流可達每分鐘 6,000 英尺。若遇上微爆氣流時，首先會出現強勁頂風，如圖 23 的 X 點；再來是下沉氣流，如 Y 點；最後是快速增加的尾風，如 Z 點所示，其頂尾風的差距可達到於 30 到 90 節(Knots)不等。

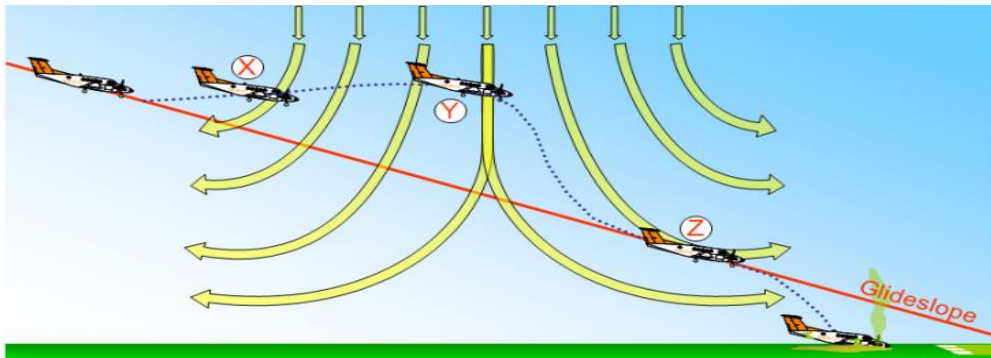


圖 23 進場時微爆氣流會造成的影響  
(圖片來源：AC00-6B AVIATION WEATHER)

無論如何，操作人在操作前及操作時均需隨時注意天氣狀況，並掌控遙控無人機位置、高度和方位，尤其是在通過劇烈天氣時(如雷雨、颱風)的操作更需特別留意人機安全。

#### 4.7 大氣的穩定性

由於空氣中發生垂直運動，若是不穩定的大氣即便是微小的垂直運動，也可能會發展成旺盛的對流，進而生成積雨雲，並發生雷雨的可能甚或是亂流。

大氣中水氣與溫度也決定了大氣的穩定性，高緯度地區所產生的乾冷空氣通常較穩定，無垂直對流，通常是好天氣；而熱帶地區暖濕空氣則較不穩定，因含有大量的水氣及對流，容易形成午後雷陣雨。

#### 4.8 逆溫

在對流層大氣中，一般大氣溫度之垂直分布是隨高度而降低，因此在對流層中，溫度隨高度而增加之大氣範圍稱為逆溫層(Inversion)，如圖 24 所示。

逆溫層內，每單位高度中溫度上升的多寡，稱為逆溫層強度；強度愈強，對流愈不易穿過，致使污染物向上擴散不易，空氣中的污染物也將留置於靠近淺層地表的高度中。如果逆溫層裡的相對濕度較高時，將會形成雲、霧、霾或煙霧等降低能見度的有害天氣。

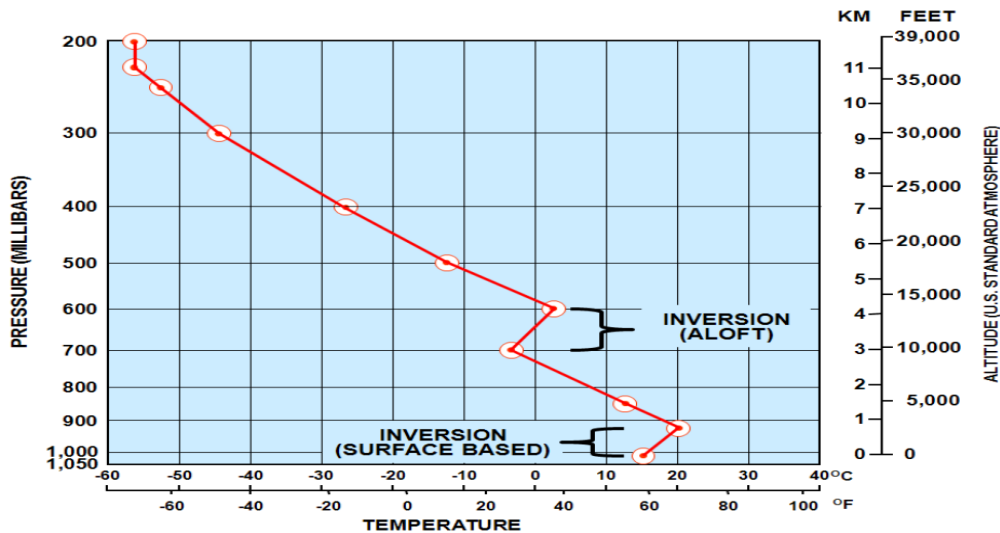


圖 24 溫度變化表  
(圖片來源：AC00-6B AVIATION WEATHER)

而淺層的逆溫層常發生於晴朗、涼爽的夜晚，此時靠近地表的空氣受地表溫度幅射影響，會較上層空氣溫度為低，而一般來說高度約在離地 300 公尺左右。另一種發生逆溫的情況，會在暖氣團與冷氣團相遇時，因兩氣團間的密度不同，又無法混合，導致暖氣團沿冷氣團的界面上升，或是冷氣團將暖氣團抬起進而形成逆溫層。

#### 4.9 溫度與露點

在一定溫度下，一定量之空氣，所能容納之水氣量<sup>10</sup>有一定的限度。空氣中水氣含量如已達其最高限度時，則此時之空氣稱為「飽和空氣」。空氣能容納水氣量之多寡與溫度有密切關係，同樣體積之空氣溫度愈高，能容納之水氣愈多。若溫度增加 11°C，空氣中能容納水氣之能力約可增加 1 倍；反之若空氣中水氣含量不變，當其溫度降低至某一程度時，可使未飽和之空氣變成飽和。溫度如繼續下降，能使飽和水氣凝結為霧、雲或雨滴等。

<sup>10</sup> 空氣中水氣之主要來源為海洋，也有少量源自湖泊、河流、沼澤、濕土、雪、冰地及植物等。

一般而言，空氣中的水氣含量透過以下兩種方式表示：

- (1) 相對濕度：空氣中實際含有之水氣量，與相同溫度下可含最大水氣量之百分比。空氣在完全飽和狀態時相對濕度為 100%；如空氣中所含水氣量僅為當時溫度下所含最大水氣量之一半時，則相對濕度為 50%。對人體而言，空氣之相對濕度在 40~60% 間時，令人最感舒適。當濕度越高，濕空氣中水汽越多，導致乾空氣的壓力越小，其空氣密度越小/氣壓越低，性能限制越大。
- (2) 露點：在一定大氣壓力下，空氣中水氣含量固定不變時，若氣溫逐漸降低，待降至相當溫度時，空氣變成飽和，氣溫再稍低，水氣即行凝結，此時之溫度，稱為露點溫度，簡稱露點。當氣溫在冰點以下，且繼續下降，達某點溫度時，附著於地表附近之水氣，即行開始凍結成霜，此稱為霜點。

#### 4.9.1 水氣達到飽和的四種方式

空氣裡的溫度與露點重合時，即達到水氣飽和點。水氣飽和時會產生雲、霧及各種降水形式。一般而言，水氣達到飽和狀態有四種方式：

- (1) 暖空氣經過冷地表時，暖空氣受地表影響降溫。
- (2) 冷暖飽和空氣互相混合時。
- (3) 夜間空氣因地表幅射冷卻達到飽和。
- (4) 氣團上升時溫度下降達到飽和。

#### 4.9.2 霧

當空氣溫度達到或接近露點時，空氣中的水氣就會逐漸凝結，進而發生會影響能見度的「霧」。而「霧」依其形成條件及特性，可分為：平流霧、輻射霧、蒸氣霧、山坡霧、鋒面霧及平流輻射霧。

- **平流霧**：當溫暖且潮溼的空氣流經較冷的地面時，低層空氣中的水氣會因冷卻作用而凝結形成霧，稱之為平流霧，其相對濕度也較大。平流霧往往能持續一段相當長的時間，除非風停止，或風

向轉變，使暖濕空氣來源中斷，霧才會消散。

- **輻射霧**：多出現在冬季晴朗、微風、近地面水氣充沛的夜間或清晨。當空氣相當穩定時，如果近地面空氣中含有足夠的水氣，由於入夜後地面的熱會迅速地向高空輻射散去，因此到了清晨氣溫較低時，水氣便會因冷卻的關係而凝結成小水滴，浮游在近地面的空氣中，就形成了輻射霧。一般而言，輻射霧的持續時間不會太長，通常在太陽出來後，地面溫度回升到一定程度時，就會迅速消散。
- **蒸氣霧**：主要是冷空氣流經溫暖的水面，由於暖水面而蒸發，使得冷空氣中的水分增加，因冷空氣溫度較低，凝結而成蒸氣霧，常出現在秋冬季節。
- **山坡霧**：當濕空氣沿山坡上升時，經絕熱冷卻而成。遠看(由下往上)看是雲；步行經過是霧；近看(由上往下看)是一片雲海。
- **鋒面霧**：發生在鋒面附近，當冷空氣位於近地面之低空，而自雲端下降之遇冷凝結而成霧，多出現在錮囚鋒或暖鋒前。
- **平流輻射霧**：平流和輻射兩種物理過程亦可相輔相成，造成平流輻射霧的發生。好發生於冬末春初台灣西部地區。

### 4.9.3 露及霜

在平靜涼爽的夜晚，地表與附近的物體因輻射效應使得周遭空氣的溫度下降，低於露點，水氣因此凝結成水滴，附著在地表、建物上，附著於物體表面的水珠即稱之為露。若溫度低於冰點即凝結成霜。露珠附著在航空器上對飛安並無影響，但若是凝結成固態的霜則對飛安可能造成危害，由於附著在機體表面的霜在飛行時會擾動流經機體、機翼的空氣，並大幅降低原有的升力、增加阻力，而降低起飛性能。

### 4.10 雲系

雲有三種型態，積狀雲、層狀雲、卷狀雲。可以再依其屬性區分為卷雲、卷積雲、卷層雲、高積雲、高層雲、雨層雲、層積雲、層雲、積雲、積雨雲。

依據雲所在的高度又可以分成高雲族、中雲族、低雲族三種。高雲族主要有卷雲、卷層雲及卷積雲，高度大約在 6,000 公尺以上；中雲族則有高積雲、高層雲和雨層雲，大約在 2,000~6,000 公尺；低雲族包含積雲、層雲與層積雲，位於 2,000 公尺以下。尤其是夏天午後最常出現的積雨雲以及垂直發展的塔狀積雲，均是一種直展雲，且由於對流旺盛，其雲底到雲頂可以穿越三種雲族，通常會造成大雨、強陣雨及雷雨等劇烈天氣。

#### 4.11 氣團

氣團係指一廣大之空氣體，在地球表面某一特殊地區，停留一段相當的時間後，其整個水平方向，且在同一高度各點，空氣之溫度、濕度等物理性質均為一致時，稱此一廣大空氣體為氣團。而形成氣團的地區，稱之為「氣團源地」。

而氣團可依其源地緯度之高低及大陸或海洋而分類，例如極地大陸性氣團，熱帶海洋性氣團，又可視其離開源地後，與所經地面之熱力交換情形而分為冷氣團和暖氣團。

氣團本身冷於所經之地面者稱為冷氣團，例如冬季源自西伯利亞之氣團，即為大陸性冷氣團。當其南移至台灣之後，往往使台灣在短短 24 - 48 小時內氣溫驟降，變成嚴寒天氣。

氣團的穩定度決定籠罩區域的天氣形態，當兩種不同形態的氣團相遇時，會因氣團性質不同而產生各種變化。表 3 歸納出穩定及不穩定的天氣形態：

表 3 不穩定氣團與穩定氣團之特性

不穩定氣團	穩定氣團
積雲	層雲、霧
陣雨	連續性降雨
亂流	平穩氣流
能見度良好	能見度較差、易有霾及煙霧

## 4.12 鋒面

氣團從發源地移出後，與不同屬性的氣團相遇，而性質不同之冷暖兩氣團相遇時，其交界處稱為鋒面。在鋒面兩側空氣性質，諸如溫度、濕度、風、天氣等通常均有明顯的差異。實際上鋒面為過渡地帶，其寬度通常有數公里以至數十公里不等，而鋒面與地面相交之地帶稱為鋒。當冷空氣前進，迫使暖空氣後退而取代暖空氣原有位置，則此時之鋒面稱為冷鋒，如圖 25(a)，反之則稱為暖鋒，如圖 25(b)。當冷暖氣團勢均力敵以致使鋒面呈滯留狀態，此時之鋒面稱為滯留鋒，如圖 25(c)。鋒面在移動時，如果冷鋒趕上暖鋒或是兩條冷鋒迎面相遇重疊時，鋒面和鋒面之間拉扯，最後兩條鋒面就會合併成囚錮鋒，如圖 25(d)。它所造成的雲系和降雨兼具兩種鋒面的特徵。飛經各鋒面時，其溫度、濕度及風向都可能有劇烈的變化。

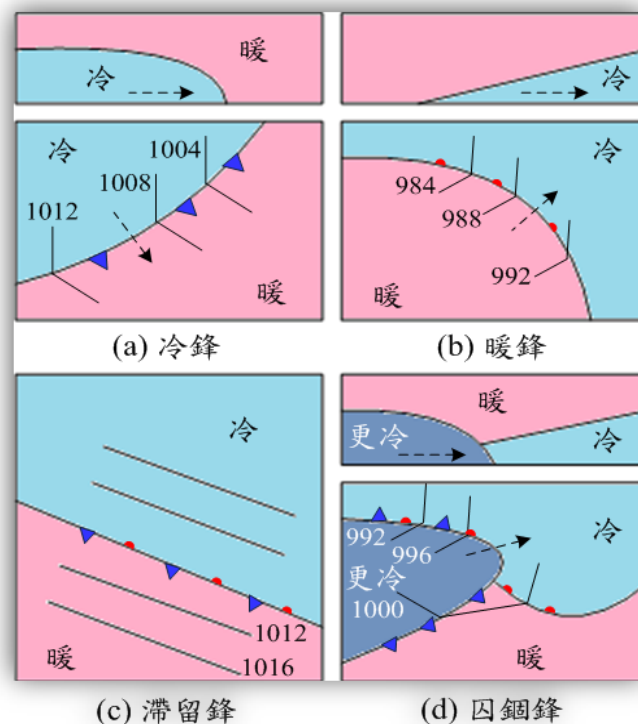


圖 25 鋒面類型  
(圖片來源：中央氣象局)

## 4.13 山區飛行

於山區飛行時，在山頂區域的風速若超過 25 節(海里，knots)即可能產生亂流，執飛時若風速超過 40 節則需特別留意，亂流的強度

會更高。若出現莢狀雲或捲軸雲(Roll cloud)則需小心山區亂流。若風速強，向風面飛行平順，但過了山巔進入背風面時，則需注意沿背風面產生的亂流，且可能沿續相當長的一段距離。當向風面出現積雲代表天氣不穩定，可能在山區的兩邊均遭遇亂流。

此外，飛行時若見到莢狀高積雲(Alto cumulus Lenticularis)也需特別留意，莢狀高積雲是由高空的高速氣流碰上山頂後擾動氣流的波頂形成，從遠處看似不會移動，但其生成氣流快速且強烈是亂流的典型指標，應盡量避讓。

#### 4.14 積冰

飛行時遇有兩種情況時，需注意遙控無人機之翼面及感測器有可能發生積冰：

- 飛越可見水氣，如雨或雲時。
- 機體周遭氣溫為攝氏零度以下，且有可見水氣時。

當飛越結冰區域時，機體在機翼或機體與空氣接觸的地方產生冷凝，使接觸空氣的部份低於零度，而空氣中的過冷水及過冷水汽結冰並附著於翼面或感測器上，進而影響或誤判遙控無人機飛行性能的表現，若是嚴重結冰則可能會導致升力不足而失速。

#### 4.15 雷雨的循環

雷雨的循環一般分為三個時期：發展期、成熟期及消散期，如圖 26。光靠肉眼觀察很難明確的區別差異，且實際上雷雨可能由不同時期的雷雨胞聚集而成，並增加了觀察的難度。

##### 4.15.1 發展期

積雲未必會發展成雷雨，但雷雨的生成都是由積雲而開始。雷陣雨此時期的特徵是上升氣流。上升氣流的強度受環境條件而異，從上升到離地數百呎到幾萬呎的高空都有可能。發展期積雲的成長速率可達每分鐘 3,000 英呎，因此，不宜在成長快速的積雲附近操作遙控無人機。

在此時期雲中水滴雖然還在成長，但隨積雲發展，亦可快速發展成雨滴。隨著上升氣流發展的水滴很快的形成過冷水，造成積冰危害。當雨滴重量超過上升氣流負荷時，就向下掉落。雨滴與氣流如此

在雷雨胞內反覆上下翻騰，讓雷雨胞進入成熟期。

#### 4.15.2 成熟期

成熟期的雷雨胞同時存在上升氣流及下沉氣流，並開始產生降水。下沉氣流的冷雨水阻礙熱壓縮，且較周遭空氣為冷，因此下沉的速度可超過每分鐘 2,500 英尺。當下沉氣流衝擊到地面後往外吹，形成強陣風後，造成溫度下降及氣壓升高等現象，此種地表風俗稱「犁風」(Plow wind)。而此時雷雨胞內的上升氣流可達每分鐘 6,000 英尺，上升氣流及下沉氣流互相交錯，產生垂直風切，使得雷雨在成熟期時對於飛行安全的危害最為強烈。

#### 4.15.3 消散期

在雷雨消散階段，上升氣流逐漸停止，下沉氣流及降雨逐漸減緩，雷雨胞最終消散。

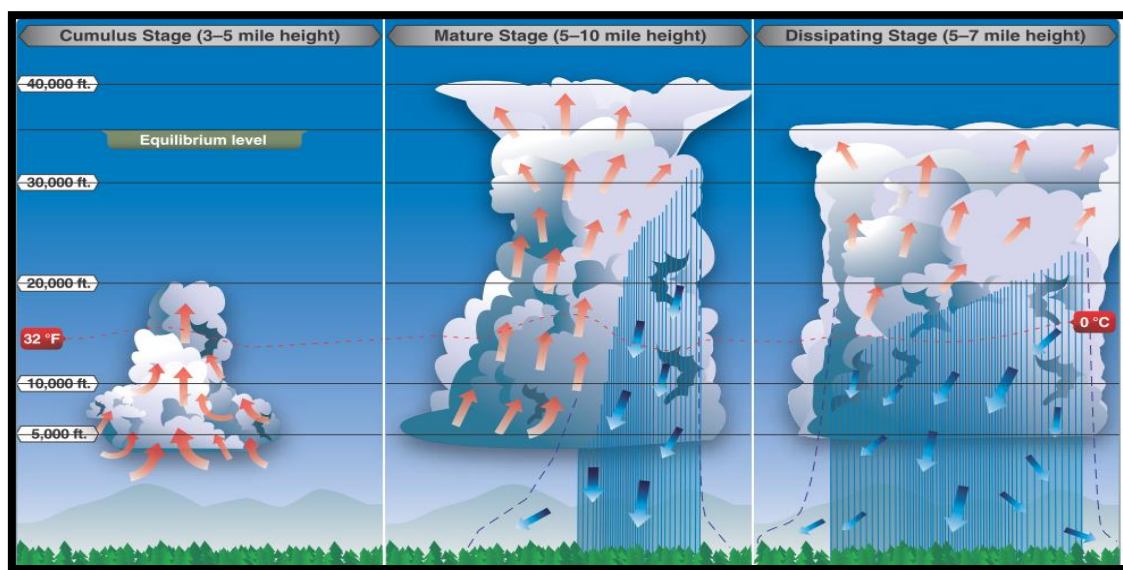


圖 26 雷雨發展、成熟與消散的三個階段

(圖片來源：PHAK)

## 4.16 航空氣象服務

### 4.16.1 氣象服務提供單位

遙控無人機操作人於實際飛航前，應事先瞭解活動區域或鄰近區域之天氣狀況。操作人可逕上中央氣象局網站查詢區域相關天氣資訊；當獲准於機場範圍區域活動時，則應參考航空氣象服務網就該機場提供之即時天氣觀測資料(如風向風速、能見度及雲霧高等)。

### 4.16.2 中央氣象局

中央氣象局隸屬於交通部，為我國天氣測報之主管機關，其職掌除綜理全國氣象業務外，尚包括地震測報、衛星觀測、海象及天文等項目。其組織架構如圖 27。

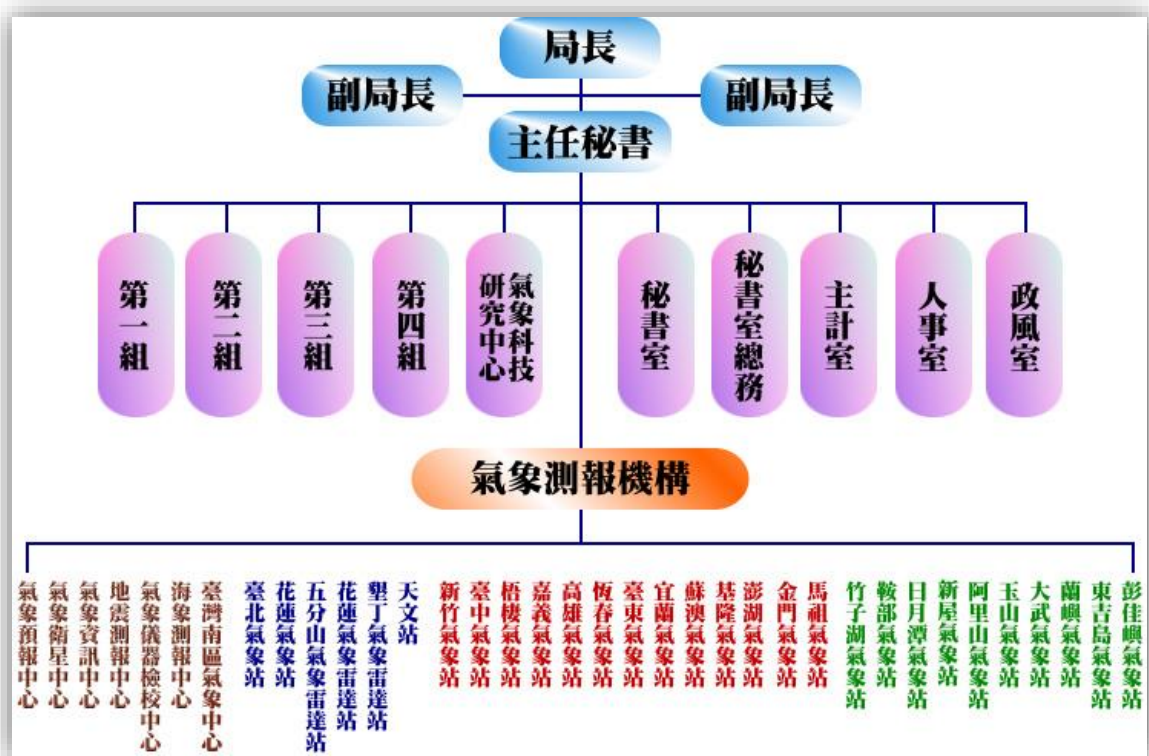


圖 27 中央氣象局組織圖  
(圖片來源：中央氣象局網頁)

### 4.16.3 臺北航空氣象中心

臺北航空氣象中心隸屬於民航局飛航服務總臺，負責機場範圍區

域天氣之觀測及預報工作，並提供影響航空器於飛航運作過程中所可能遭遇到的顯著危害天氣資訊予作業人員，以茲因應。其組織架構如圖 28。



圖 28 臺北航空氣象中心組織圖  
(圖片來源：飛航服務總臺網頁)

#### 4.16.4 氣象資料種類及提供方式

操作人可透過中央氣象局網頁取得天氣觀測及預報資料，觀測資料包括天氣、雨量、風向風速、衛星、雷達回波圖、雷暴、海象及紫外線等；預報資料則包括各縣市鄉鎮及特定地區之天氣預報(包含 7 日及 10 日)、國際都市天氣預報、天氣分析及預測圖、長期預報、數值模式及風場資訊等較為深入之氣象資料。

民航局飛航服務總臺所建置之航空氣象服務網可取得國內外各主要機場之即時觀測氣象資料，如圖 29。



圖 29 航空氣象服務網

#### 4.16.5 氣象電碼

在航空氣象裡，有兩項重要的飛航天氣資訊：機場觀測及預報資料。觀測人員原則上每 30 分鐘或 60 分鐘依機場現時觀測之結果，編報「航空例行天氣報告(Meteorological Terminal Aviation Routine Weather Report, METAR)」。

考量氣象條件對於遙控無人機操控行為之影響，專業操作者應具備基礎判讀航空氣象報文之能力，若不在機場周邊操作，亦應密切注意中央氣象局等專業氣象機構之對於周邊地區之觀測與預報。機場觀測(METAR)報文作範例及表 4 代碼說明如下：

#### 4.16.6 例行天氣報告觀測範例

**METAR<sub>1</sub> RCSS<sub>2</sub> 130930Z<sub>3</sub> 31004KT<sub>4</sub> 250V010<sub>5</sub> 7000<sub>6</sub> -SHRA<sub>7</sub> FEW012 BKN025 BKN040<sub>8</sub> 26/24<sub>9</sub> Q1009<sub>10</sub> NOSIG RMK A2981 (W)<sub>11</sub>=**

以上範例為一則標準機場觀測(METAR)報文格式，其說明如下(依各代碼下標之註解號碼排序)：

- 1. 報告種類：**觀測報文種類有兩種，分別為 METAR 及 SPECI，前者為機場例行天氣報告之電碼名稱，定時發布報告(半小時/一小時)；後者則為機場特別天氣報告之電碼名稱，於例行天氣報告之發布期間內若發生任何天氣改變且達到特定值時，發布特別天氣報告。
- 2. 觀測場站之識別碼：**觀測發生之機場，機場識別碼依據 ICAO 所編彙之航用地名，我國機場識別碼前兩碼均為“RC”。
- 3. 觀測日期與時間：**觀測發生之日期與時間，以當日日期及時間(小時+分鐘)為單位，並緊接著 Z(Zulu time)字母指示碼<sup>11</sup>。
- 4. 風向及風速：**機場風向風速之觀測值，使用觀測前十分鐘期間之平均風向(採真方位並化整至最接近之 10 度整數)與平均風速之編報，並緊接風速單位(KT 海里/時或 MPS 公尺/秒)。
- 5. 風向轉變量：**觀測前十分鐘期間，若風向之總變動達 60 度以上但小於 180 度，以及平均風速達 3 KT(1.5m/s)以上時，則會將觀測到之風向變動範圍內兩極端方位，按順時針方向順序編報，若無此情形，則此組省略不報。
- 6. 盛行能見度：**所觀測到之盛行能見度值，編報以 4 碼(公尺)為單位，如 4000(4,000 公尺)、9999(10 公里以上)。
- 7. 現行天氣組：**主要係依據電碼表，以一組或一組以上但不超過三組之天氣現象代詞，編報發生於機場或其附近且對飛航作業有重大影響之當時天氣現象。並以適當之強度指示碼及簡語組合成 2 至 9 個字母之電碼組，來表示現在天氣現象。
- 8. 雲量：**雲量是指雲在天空中遮蓋的份數。航空氣象觀測員將天空劃分成 8 等份<sup>12</sup>，若觀測到 1/8 至 2/8 的天空被雲層遮蓋，其雲量就為 1~2，雲量類別稱為稀雲(FEW)、3/8 至 4/8 為疏雲(SCT)、5/8 至 7/8 為裂雲(BKN)或 8/8 為密雲(OVC)等 4 種，其後緊接著雲層之雲底高度(英呎, ft)為單位。如 FEW020(觀察到有

---

<sup>11</sup> 意指以世界協調時間(Coordinated Universal Time, UTC)為基準。如 130001Z，係指當月 13 日格林威治時間 00 點 01 分，台北時間則為 13 日上午 08 點 01 分。

<sup>12</sup> 氣象局觀測則劃分為 10 等份。

稀雲雲底位於地面高 2,000 呎處)、BKN003(觀察到裂雲雲底位於地面高 300 呎處<sup>13</sup>)。

9. 溫度露點組：觀測到之氣溫和露點值化整至最接近之整攝氏度數，含有 0.5 之觀測值應向上化整至最接近之較高攝氏度數。
10. 高度表撥定值組：觀測到之 QNH 值往下化整至最接近之整百帕，並以字母指示碼 Q 置於其前方。
11. 其他補充資訊：其他補充天氣資訊內容，可包括過去天氣現象、低空風切、海面溫度和狀況與跑道狀況組。

**本例解碼：**松山機場例行天氣報告，於 13 日 0930UTC 時間觀測報告，風向 310 度，10 分鐘平均風 4 海里/時，不定向風介於 250 度至 010 度間，能見度 7000 公尺，小陣雨，稀雲於地面高 1,200 呎，裂雲於地面高 2,500 呎，另一項裂雲於地面高 4,000 呎<sup>14</sup>，場溫攝氏 26 度/露點 24 度，場壓 QNH1009，現在天氣、風、雲或水平或垂直能見度均無明顯變化，29.81 inHg，ATIS (W)報。

表 4 例行與預報氣天氣現象代碼

修飾詞		天氣現象				
強度或鄰近	敘述詞	降水		視障	其他現象	
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	
- 輕度(小)	MI 淺	DZ	毛雨	BR	靄	PO 塵/沙捲風
中度(中) (無修飾詞)	BC 散、碎	RA	雨	FG	霧	SQ 颶
+ 強烈(大) (發展完整的塵/沙龍捲(塵暴)及漏斗狀雲)	PR 部分 (覆蓋機場一部分)	SN	雪	FU	煙	FC 漏斗雲 (龍捲風或水龍捲)
	DR 低吹	SG 雪粒	VA 火山灰	DU	大範圍塵	
VC 在附近	BL 高吹	PL 冰珠	GR 雹	SA	沙	SS 沙暴
	SH 陣性	GS 小雹及/或霰	HZ	霾	DS 塵暴	
	TS 雷暴	UP 未知形式的降水				
	FZ 凍(過冷)					

<sup>13</sup> 裂雲及密雲之高度，亦稱為雲幕高度(Ceiling)。

<sup>14</sup> 雲幕高以最低者而言，亦即 2,500 呎。

## 第5章 緊急處置與飛行決策

操作遙控無人機的過程中，如何審時度勢迅速執行緊急處置或對特定情境作出最佳飛行決策，需要具備相關生理、心理知識。本章先介紹生理因素對操作遙控無人機的影響，說明過度換氣、壓力、疲勞、脫水、熱中暑、酒精與藥物等因素與改善方法，並敘述視野與飛行、簡易自我身心檢測等內容。再由心理層面切入，建議操作人面對緊急情況時應有之作為，首先說明緊急處置準備(緊急落地類型、操作人心理)，再敘述飛行決策(風險管理、單人組員資源管理、危害及風險、辨識風險)模式，以培養身心健全的遙控無人機操作人。

### 5.1 航空生理學

#### 5.1.1 導論

遙控無人機操作人在執行任務前及過程中，需確保參與執行的成員不受酒精及藥物的影響。除酒精、藥物外，即便是一般的成藥如抗組織胺或解除充血劑(鼻藥)等也可能影響操作安全，操作人平時也應留意己身身心狀況。因此，凡是有以下任一情形者均不得操作遙控無人機：

- 飲用酒類或其他類似物後，其血液中酒精濃度超過 0.02%或吐氣中酒精濃度超過每公升 0.1 毫克。
- 吸食毒品、迷幻藥、麻醉藥品及其相類似之管制藥品。
- 服用任何會造成不能安全操作遙控無人機之藥物。
- 患病影響安全操作。

影響操作人的安全操作遙控無人機主要因素有：(1)過度換氣；(2)壓力；(3)疲勞；(4)脫水；(5)熱中暑；(6)酒精與藥物。

#### 5.1.2 過度換氣

過度換氣是呼吸頻率過快以致血液裡二氧化碳的濃度過低所導致的結果。雖然發生過度換氣時不會造成失能，但可能會讓無經驗的操作人陷入恐慌。無經驗的操作人會不自覺的增加呼吸頻率、陷入焦慮，從而惡化症狀。若無法善加控制，可讓操作人進入意識不清的狀

態。一般來說，意外的壓力情境很容易讓操作人不自覺的增加呼吸頻率。

以下為過度換氣的常見症狀：(1)視界窄化；(2)意識不清；(3)輕快或暈眩感；(4)肢體末稍有刺痛感；(5)對冷熱敏感；(6)肌肉痙攣感。

過度換氣的改善方法是讓血液裡的二氧化碳濃度恢復到正常狀態，最好的預防及矯治方法就是讓呼吸保持正常。除了保持正常呼吸外，朝紙袋呼吸或大聲交談也是很好的方法。當呼吸頻率恢復正常後通常症狀隨即消失。

### 5.1.3 壓力

壓力是人體對於生理及心理的需求所做出的反應。人體對於壓力的反應通常是釋出荷爾蒙(如腎上腺素)到血液中、增加代謝速率、提供肌肉所需能量。其結果是大部份的生命徵象如血糖、脈搏、血壓、呼吸、排汗量均增加。壓力源係指描述個人體驗壓力的元素，壓力源包括物理的壓力(如噪音及振動)、生理的壓力(如疲勞)及心理的壓力(如工作困難或個人情緒因素)等。

壓力基本上可以分做兩大類：急性及慢性。急性的壓力包括立即的威脅(如危險、緊急情境)，這類的壓力無論是真實或是透過想像形成的，都可能觸發抵抗或逃避的反應(Fight-or-flight response)。而持續性的急性壓力可能發展成長期的慢性壓力。

慢性壓力在長期累積或壓抑下，會導致個人能力大幅下滑。然由於每個人的生長環境不同，所能承受的心理負荷也不同。所以操作人除操作時的壓力外，當另有其他的如環境、生理或心理等壓力因素時，可能會急遽的造成心理負荷能力降低。因此，操作人若體驗到在壓力導致己身能力下滑時即應暫停執行任務，並予以適當的休息。若長期仍無法排解壓力時，建議尋求醫療協助。

適度的壓力可以讓人保持進步及警覺，並避免過度自信。惟操作人若未能適當地排解壓力，經累積下來後，雖然在最初的表現能夠隨著壓力的增加而成長，但當壓力超過臨界點時，操作人的效能將隨即大幅下滑，操作品質將受到影響。各種壓力來源如表 5。

表 5 壓力的來源

項目	說明
環境壓力源	所有與環境有關的情境：如溫度、濕度過高、噪音、異常振動及缺氧等。
生理壓力源	生理狀況如疲勞、缺乏運動、失眠、未按時用餐(造成低血糖)與疾病等。
心理壓力源	社會或情緒性因子：如親人過世、離婚、小孩生病或是職場不如意等。此種壓力亦與心智工作量有關：如分析問題、飛行導航或作飛行決策等。

以下為幾種處理壓力的技巧：

### (1)善用資源

學習如何辨識壓力及掌握有效的資源，並適時向其他專業人員分享經驗或尋求協助。

### (2)狀況警覺 (Situational Awareness)

狀況警覺是對五個基本的風險元素(飛行作業、操作人、航空器、環境及任務種類)的認知及了解的程度。當操作人對於整體操作環境有所掌握並對任務全盤了解時，可避免聚焦(Fixation)在某個特定的因子上，並對於各種可能發生的狀況預作準備。

### (3)阻擾狀況警覺的因子

疲勞、壓力及工作量過多都可能影響操作人，因於操作人過度集中注意力在某件事物而失去對整體任務的掌握。

### (4)有效的工作量管理

操作前藉由計畫、整理、排序工作任務以確保飛行任務安全執行。並隨著經驗的累積，在工作時序上進行工作量的調整與調配。

#### 5.1.4 疲勞

疲勞(Fatigue)是一種身心耗弱狀態，乃是長期處在高度壓力之下的生理或心理反應。而疲勞的成因可能由生理或心理或兩者同時引起的症狀，並可分為生理性與心理性疲勞、急性與慢性疲勞。

職場的疲勞來源，可能來自工作，如工作負荷、環境溫度與照明、工作制度，也可能來自工作適應能力與生理、心理恢復能力以及個人生活因素(如經濟壓力、家庭照顧、睡眠時間與品質)等。<sup>15</sup>

疲勞會導致注意力渙散、專注力下降、協調性及溝通性降低等症狀。而這些症狀將影響操作人的判斷力，造成操作錯誤或疏忽，嚴重則會導致意外的發生。

急性疲勞通常是短期，且與日常生活有關。一般而言，發生疲勞的成因有：工作負荷大(如工作量、工作壓力、工時長)、用腦過度、長期反覆動作、工作單調、過度施力、工作適應能力較低(如體能不足、肌肉疲勞)、恢復不足(如失眠無法入睡、睡眠不足)、工作制度設計不佳(如輪班工作、工作時間)、環境因素(如噪音、照明光線、通風不良、室溫)。操作人在操作前應充分休息、睡眠，並可藉由正常飲食及規律作息而獲得改善，若忽略或未及時改善急性疲勞，則會進一步造成慢性疲勞。

慢性疲勞可能出現的症狀包括虛弱、強烈的疲倦、倦怠感、心悸、呼吸不順、頭痛、其他身體的不適及沮喪與焦慮。若出現這些症狀時，操作人應適時尋求醫療協助。

此外，在急性疲勞中，有種特殊情況稱之為「技能疲勞」，在操作方面的影響主要有時機掌握混亂<sup>16</sup>及視域過度聚焦<sup>17</sup>，操作人應特別留意，以避免操作時發生意外。

---

<sup>15</sup> 《職場作業勞工勞動疲勞檢測及運動介入相關性研究》，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，民國 102 年 4 月。

<sup>16</sup> 在執行任務時表面上與平常無異，但每個階段處理的時間較平常為長，過程裡各流程的執行順暢度較平常差。

<sup>17</sup> 專注於視界中央物體的移動，忽略了周遭視界的其它物體。此徵候一旦發生，在執行任務時通常會失去平穩度及準確度。

### 5.1.5 脫水

脫水(Dehydration)是身體組織水分不足的情況。脫水的成因，可能是長時間處於高溫、高溼度、高海拔環境、心理壓力及飲用過多刺激性飲料如濃茶、濃咖啡、酒類等，都可能會造成水分補充不及導致脫水。脫水最先出現的症狀是口乾、舌燥，並伴有較強的疲勞感，將導致操作人的生理及心智表現下滑。因此，操作人應隨時掌握己身之生理狀況，並適時補充水分。其他避免缺水的方法有：

- 攜帶水壺以量取每日所需的攝取量。
- 不應感到口渴時才喝水，主動攝取足量水份。
- 避免過量攝取咖啡因及酒精類飲料。

### 5.1.6 熱中暑

熱中暑(Heat stroke)是指身體無法對體溫進行控制，原因是身體的熱無法排出，其症狀會由脫水開始，中暑後生理機能基本上完全崩潰，無法正常執行任務，嚴重可能會造成生命的危險。避免熱中暑的方法是規律攝取足量水份，在炎熱且無遮蔽情形下，人體攝取速率每小時最少應攝取約 1 公升，普通情形下每小時應攝取約 0.5 公升。

### 5.1.7 藥物

按管理規則第二十五條第一項第二款規定，操作人操作遙控無人機不得受精神作用物質影響，以保障自己及他人之生命財產安全。所稱精神作用物質，參照飛航規則第二條之定義，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。

此外，若操作人服用成藥、抗組織胺或解除充血劑時，其副作用可能會產生如暈眩或是感知功能不全的情況，導致不能安全操作遙控無人機。因此，若操作人依醫囑服用藥物後，於執行操作任務前，應留意：

- 確認藥物可能的副作用。
- 定時、均衡飲食。
- 隨身攜帶點心以防血糖低下。
- 攜帶水壺、確保飲水充足。
- 執行任務前需充分休息。

### 5.1.8 酒精

按管理規則第二十五條第一項第一款規定，血液中酒精濃度不得超過 0.02%或吐氣中酒精濃度不得超過每公升 0.1 毫克。飲酒後的操作人雖可能認為生理狀況與平常無異，但事實上，只要攝取極少量的酒精就可能影響操作與判斷，也較難掌握周邊環境的變化，並伴隨身體協調性變差、視界窄化、降低邏輯能力及注意力低落等狀況，進而提高操作遙控無人機的風險。然由於心智與生理狀況實際上仍受到影響，且酒精可停留在人體內達 16 小時，故飛航活動前應避免攝取酒精。酒精攝取量與行為變化間關係如表 6。

表 6 酒精攝取量及行為變化

酒精攝取量	行為變化
<b>0.03~0.12%</b> <b>(30~120 mg)</b>	有輕快感、多話、抑制力減弱、注意力變差、判斷力降低、反應時間變長。
<b>0.09~0.25%</b> <b>(90~250 mg)</b>	情緒不穩定、喪失關鍵判斷力、記憶力及理解力損害、感官反應力變低、中度肌肉不諧調。
<b>0.18~0.30%</b> <b>(180~300 mg)</b>	混淆感、暈眩、誇大的情緒(如憤怒、恐懼、悲傷)、痛覺及視覺損害、步態遲緩、說話含糊不清、中度肌肉不諧調。
<b>0.27~0.4%</b> <b>(270~400 mg)</b>	精神差、意識不清、麻木、刺激反應降低、重度肌肉不諧調、無法站立及行走、嘔吐、大小便失禁。
<b>0.35~0.5%</b> <b>(350~500 mg)</b>	無意識、體溫不正常、昏迷、呼吸道麻痺致死(攝取量超過 450 mg)。

### 5.1.9 視野與飛行

操作人對眼睛的知識了解越多，越能有效使用視力來補足資訊獲得的落差並避免潛在的危險，其中包含了掃瞄技巧。有效的掃瞄方向是從左到右或由右到左逐次掃視，掃視的方法是從最外側(或最遠端)逐項往右(或往左)並向視界裡的飛機掃視。每次掃視的範圍約 30 度寬即可，每次掃瞄的視界不要超過 2 到 3 秒，兩次掃瞄的視界間最好有 10 度的重疊，如圖 30 所示。

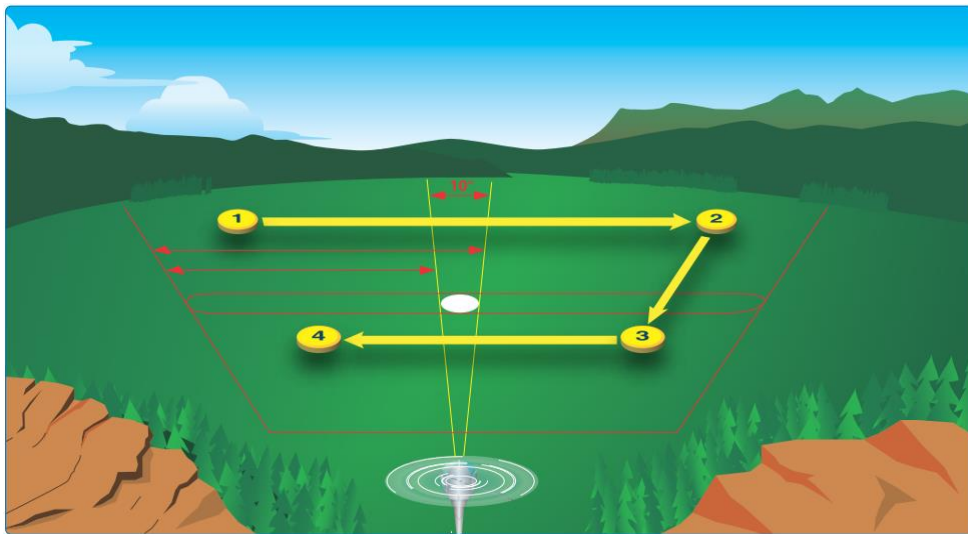


圖 30 視野掃描的技巧  
(圖片來源：PHAK)

### 5.1.10 自我檢測 (IMSAFE)

操作人於操作前，可利用此一簡易的自我檢測方法，通稱為“IMSAFE”，來瞭解己身是否能夠在適宜的身心狀態下，安全的操作遙控無人機。其英文字所代表的意涵分別為疾病(Illness)、藥物(Medication)、壓力(Stress)、酒精(Alcohol)、疲勞(Fatigue)及情緒(Emotion)。

- 疾病 (**I**llness)：我有身體不適？或生病嗎？疾病是顯而易見的風險。
- 藥物 (**M**edication)：我若服用藥物，會不會影響決策或在操作時產生暈眩？
- 壓力 (**S**tress)：我有沒有承受工作上的壓力？在財務、健康或家庭方面有沒有問題？壓力會導致在操作時無法集中注意力及判斷力下降。

- **酒精 (Alcohol)**：過去 8~12 小時內有無飲用酒精？一小杯烈酒、一罐啤酒或 4 盎司的紅白酒均可能影響飛行操作的安全。
- **疲勞 (Fatigue)**：我累了嗎？操作前有沒有好好的休息？疲勞一直是危害因子中最不明顯的。許多操作人在操作時才發覺到因休息不足而導致注意力及反應下降。
- **情緒 (Emotion)**：操作時我的情緒如何？穩定平靜嗎？

操作人在操作前，建議透過上述之方式，確認自己是否處於適宜的身心狀態下進行操作，以確保操作安全及成效。

## 5.2 緊急處置原則

操作遙控無人機時若發生非預期的緊急情況時，操作人首要的任務應先確保己身及周邊環境及其他人員的安全。

每次操作前，操作人應對航空器進行起飛前檢查，確認航空器處於適航狀態。若在檢查中發現任何異常狀況，應立即修正以確保安全。有些製造商會提供操作人有關檢查程序的資源(如檢查表等)，若製造商沒有提供，則操作人宜針對操作機種的程序和限制，自行設計檢查表以確保能夠安全操作。

若非獨立操作，需向共同參與任務的組員(無論是操作人、觀察員或是其他無操作能力的人員)進行簡報並告知相關的緊急處置程序。

操作人應瞭解如何在遙控無人機發生異常或緊急事件時，運用遙控無人機的設計特性及操作人之操作技巧來保護遙控無人機，並盡可能地避免損害到其他人的生命財產。

### 5.2.1 緊急落地類型

緊急落地可依類型區分如下：

- (1) **迫降**：立即落地，不管有沒有在機場落地，迫使遙控無人機無法再繼續飛行，例如發動機失效。

- (2) **預防性緊急著陸**：預防或避免進入到緊急狀況下的立即性落地，例如愈來愈惡劣的天氣、航路迷失、燃油不足、發動機狀況異常等。
- (3) **水上迫降**：若周邊人群較多或是無法急於陸地或其他安全因素考量，於水上執行迫降。

### 5.2.2 操作人心理層面

當面對緊急狀況時，若平時沒有熟悉緊急應變之處置程序，操作人可能會陷入遙控無人機即將墜地的情境中，導致不斷地進行盲目的無效操作，最終失去對遙控無人機的控制。因此，操作人除要熟讀遙控無人機的操作手冊及充分了解遙控無人機構造及設計特性外，亦應熟悉緊急落地之技巧並掌握周邊環境。通常而言，簡易的 **ABC** 技巧，可以幫助操作人應對緊急狀況：

- **先穩定操作 (Aircraft)**，維持安全高度：當遙控無人機發生異常或緊急事件時，應先穩定操作，掌握遙控無人機位置，並盡可能維持安全高度。
- **找尋最佳的緊急落地處 (Best Field)**：首先避免人車眾多及有電線電纜、工業區、加油站、鐵路等，避免因為撞擊產生爆炸或火警。並避免軍事基地、機場、禁航區、限航區。其次選擇空曠處，以操作人能夠掌握的地點為主。再其次為水上迫降。
- **檢查表 (Checklist)**：選好落地處後，依製造商或自行製作的的檢查表程序，啟動或關閉相關裝備。

### 5.3 飛行決策

飛行決策(Aeronautical decision-making, ADM)是指操作人在飛航操作環境下，利用系統性的評估風險及處理壓力的方法，來達成最適宜的結果。飛行決策是基於經驗的累積及判斷集合而成，著重於學習、評估及選擇決策方案，包含：

- (1) 辨識個人態度中可能危害安全飛行的因素；
- (2) 學習行為修正的技巧；
- (3) 學習如何認知及處理壓力；

- (4) 發展風險評估的技巧；
- (5) 如何使用既有資源；
- (6) 評估飛行決策的效度。

### 5.3.1 風險管理

風險管理的目的是為能夠主動辨識與飛航安全有關的危害因子，並透過迴避、減少或隔離等手段至能接受之風險。由於操作人經常需要在具潛在危險的環境中做許多決定，因此操作人需評估風險的層級，並採行適當的緩解方案以降低風險至可接受之範圍。

風險管理是飛行決策中非常關鍵的部份，錯誤的決策管理，在日常生活中雖非都會導致重大的災害，但這對於飛行來說，容錯的空間則是非常的小。在表 7 風險管理三階段所列的三個階段裏，風險管理都有不同的輔助工具可以運用：

表 7 風險管理三階段

策略擬制階段	審議評估階段	執行關鍵階段
使用於複雜的操作(例如：規劃大型任務)；包括研究、使用分析工具、正式測試或及長期風險追蹤。	採用經驗或集體討論的方式來辨識危害、評估風險並發展控制選項以規劃作業項目、檢討標準作業程序與訓練程序。	在執行的階段中利用口語或是在心中很快的利用基本風險管理程序來做檢視。

操作人若能按照良好的決策流程處置，後續的飛航風險將可有效降低或消除。而風險管理程序包括圖 31 中所列的六個步驟：

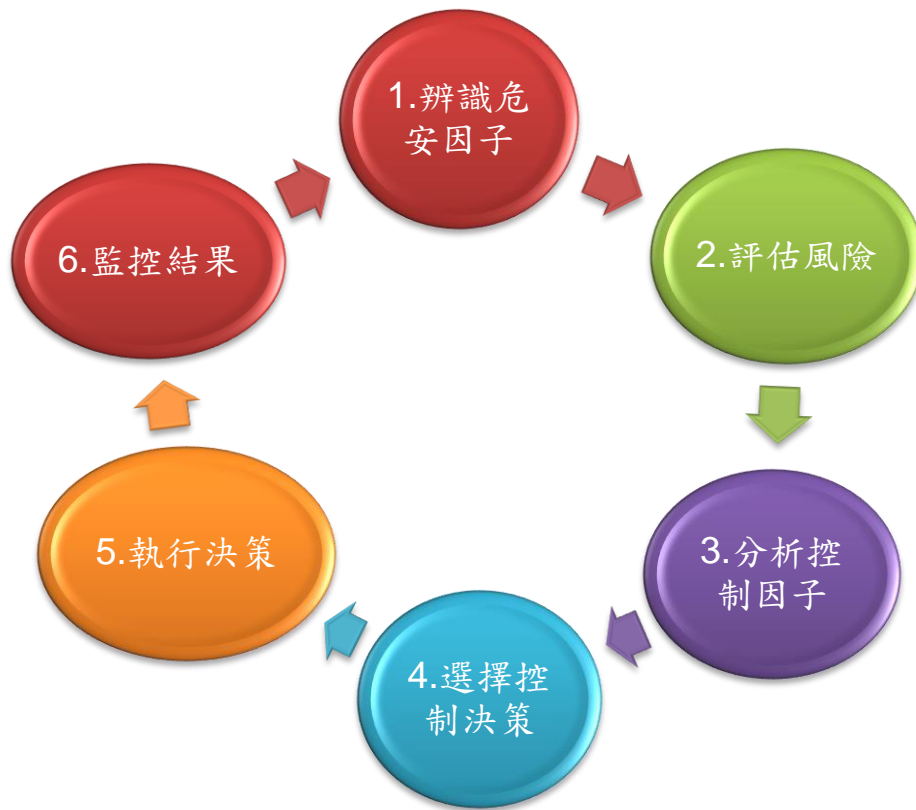


圖 31 風險管理程序

飛行決策的過程中，應掌握四個風險管理基本原則：

- (1) 不接受非相關的風險。飛行一定有風險，但非相關的風險無助於回饋及修正決策；
- (2) 將風險設定在合適的層級。風險決策應由具有發展及實行風險控制能力的人員處理；
- (3) 在獲益超過危害時接受風險(兩益相權取其重)；
- (4) 將風險管理整合在飛行各階段的計劃過程中。因為每個飛行的階段都有風險存在，所以風險管理不僅僅適用於起飛前階段，而是飛行的所有階段。

### 5.3.2 單人組員資源管理

雖然組員資源管理的設計著重在團隊環境，但其中很多的概念可以應用在單人操作環境裡。因此發展出單人組員資源管理(Single-pilot resource management, SRM)。單人組員資源管理即單人操作人對資源管理的藝術及科學，其中包含：飛行決策(Aeronautical Decision-making)、風險管理(Risk management)、工作管理(Task management, TM)、自動化管理(Automation management, AM)、可控飛行撞地警示(Controlled flight into terrain awareness)及狀況警覺(Situational awareness, SA)等。

### 5.3.3 危害及風險

危害(Hazard)係指一種狀況、物體或活動，其可能造成人員傷亡、裝備損壞或降低運作效能。面臨危害時，操作人基於各種危害因子來評估危害程度。而風險(Risk)則是危害所可能造成的後果。因此當辨識到危害後，操作人應針對所可能造成的風險，進行風險緩解(Mitigation)，將危害的發生頻率降低到可接受之程度。

單人組員資源管理的訓練是以管理自動飛行、遙控無人機操控及導航任務來幫助操作人察覺飛航情境。單人組員資源管理有助於操作人精準的評估及管理風險，並在適當的環境下執行決策。簡言之，單人組員資源管理的目的在於如何蒐集、分析資訊，並作出正確決定。

操作人執行遙控無人機操作時，操作心態也會影響飛行決策。研究顯示有五種心態干擾會降低飛行決策的品質：反威權、衝動、僥倖、英雄主義及消極順應。而這五種心態，可能會導致錯誤的飛行決策。操作人必須要能夠自我覺察到這些負面的心態，再用正確態度來改正。而以上五種心態的解決方案如下表 8：

表 8 危害飛安的五種心態及解決方案

危害心態	解決方案
<p><b>(1) 反權威：別告訴我怎麼做！</b></p> <p>這種心態通常出現在我行我素的操作人身上。認為遵守法規、規則與程序是沒有必要的或是軟弱的，對於別人勸告或提醒會覺得囉唆、忿怒，且認為這些都是不必要。</p>	<p>遵守規則，規則通常是正確的。</p>
<p><b>(2) 衝動：快點做！</b></p> <p>這種心態通常出現在較為急躁的操作人身上。當問題發生時，操作人只想著當下立即作出反應，以致於未能去思考確切的問題所在，也錯失最佳的解決方案。</p>	<p>別那麼快反應，先三思而後行。</p>
<p><b>(3) 僥倖：這不會發生在我身上！</b></p> <p>操作人認為意外不會發生在他們身上。即使意識到意外隨時隨地都可能發生，但仍自認為不會遇到。這類操作人可能會採取較為冒險的行動，反而提高操作風險。</p>	<p>任何意外都可能會發生在自己的身上。</p>
<p><b>(4) 英雄主義：我可以做到！</b></p> <p>這類的操作人希望藉由某些行為證明比同儕優秀或受到注目。因此用「我可以的、我做得到的」的心態操作飛行，通常會採取較為極端或是不正常的操作來證明自己的能力。</p>	<p>魯莽是愚蠢的。</p>
<p><b>(5) 消極順應：這有用嗎？</b></p> <p>這類的操作人通常是消極順應著事件發展，比較不會積極去做些特別的改變。若事件的結果是好的，會認為「運氣好」。若發展的不順利，就會歸咎於「走霉運」。這類的操作人比較沒有不合理的要求，因此通常會被認為是很好相處的人。</p>	<p>我不是無能為力的，我能夠做些改變。</p>

### 5.3.4 辨識與緩解風險

對操作人來說，降低風險的方法，不外乎操作人要能夠辨識、預知、覺察己身的操作風險。因此，在起飛前可利用 5.1.10 所介紹的 IMSAFE 檢查表或本節介紹的 PAVE 檢查表，來幫助操作人自己覺察操作風險，一旦確認風險出現，操作人需作出判斷是否能夠有效緩解風險。如果不行，就取消任務。若決定繼續執行，操作人則應進行相對應的風險緩解，以期能夠安全操作。

#### 5.3.4.1 PAVE 檢查

##### (1)操作人 (Pilot)

操作人為任務中的一個風險因子。操作人應自問：「我準備好執行這趟任務了嗎？」經由飛行經驗、上次操作時間、生理及情緒等情形作綜合判斷。

##### (2)航空器 (Aircraft)

這次操作的機種會遇上什麼操作限制？例如：

- 本次任務使用的機型是否適合？
- 是否熟悉此機型？法規是否符合？
- 操作機型的載重平衡是否妥適？

##### (3)環境 (enVironment)

天氣是環境風險中主要的考慮因素。操作人在評估操作時的天氣狀況應考慮以下因素：

- 能見度及雲高為多少？
- 操作時的天氣與天氣預報有出入？
- 天氣預報或操作時天氣有無出現雷雨？
- 若天空有雲，預報裡有無積冰警示可能影響高空飛行？溫度與露點的差值是多少？各空層的溫度是多少？
- 地形、空域也是環境風險的考慮因素，沿途地形重點於分析飛行環境，空域則查明活動空域是否合法及安全。

#### (4)外在壓力 (External pressure)

外在壓力是指與飛行無直接相關，但可形成壓力及影響飛行的因素。通常外在壓力的因子包括：

- 展現身為合格操作人的慾望。
- 讓人印象深刻的慾望。
- 操作人使命必達的特質。
- 飛行經驗及技巧不足。
- 驕傲自負。

處理外在壓力是風險評估裡最關鍵的要素，因為操作人可能因未能妥善處理外在壓力而忽略其它風險因子。處理外在壓力最適宜的方式，是透過採行標準作業程序(Standard Operating Procedure, SOP)以減輕外在壓力。

#### 5.3.4.2 人為因素

人為因素(Human Factor)及飛航作業的關聯已成為遙控無人機安全管理的焦點。人為因素包括特定領域的研究與整合(如飛行、維修、壓力及認知)及了解人類的的能力與極限，應用於工具設計、機器、系統、任務、工作及環境等方面以讓人類安全、舒適、有效的使用及運用。

#### 5.3.4.3 決策程序

了解決策程序對於操作人建立飛行決策(ADM)的技巧是有幫助的。在風險管理的決策程序裡，包括：辨識危害、分析控制、決定控制決策、執行及監控結果等。常見航空決策模式如表 9，以 PAVE+DECIDE 模式形成決策的程序，可參考圖 32。

表 9 航空決策模式

模式	實施方式
<b>3P 模式</b> (感知、處理及執行： <b>Perceive</b> 、 <b>Process</b> 、 <b>Perform</b> )	3P 模式在飛行決策裡提供操作人在飛行各個階段一個簡易、實際及系統性的處理方式。操作人： <ul style="list-style-type: none"><li>• (感知)察覺飛行過程中所發生的情況。</li><li>• (處理)評估情況對飛安的衝擊。</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (執行)採行最佳方案。</li> </ul>
<b>PAVE + 3P</b>	PAVE(操作人、航空器、環境及外在壓力) 配合 3P 模式(感知、處理及執行)。
<b>DECIDE 模式</b>	<p>覺察、評估、選擇、辨識、執行及評量(Detect, Estimate, Choose, Identify, Do, Evaluate, DECIDE) 模式。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 覺察(Detect)：決策者發覺情勢發生變化。</li> <li>● 評估(Estimate)：決策者判斷對於反應此改變所需的程度。</li> <li>● 選擇(Choose)：決策者在對策中選擇最佳方案。</li> <li>● 辨識(Identify)：決策者辨識方案是否可有效控制情勢變化。</li> <li>● 執行(Do)：決策者執行方案。</li> <li>● 評量(Evaluate)：決策者評量執行的結果並據以修正。</li> </ul>
<b>PAVE + DECIDE</b>	PAVE(操作人、航空器、環境及外在壓力)配合 DECIDE 模式(察覺、評估、選擇、辨識、執行、評量)。

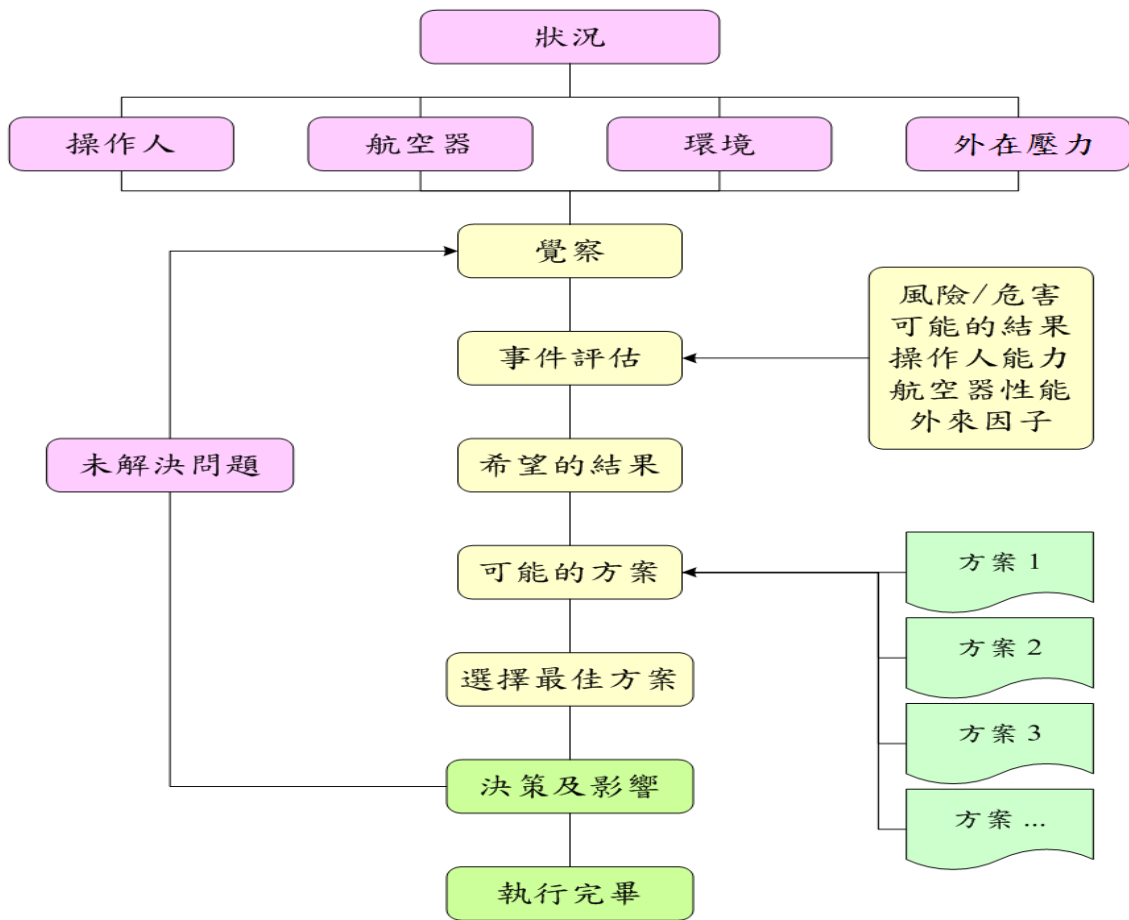


圖 32PAVE + DECIDE 決策程序

#### 5.3.4.4 自動決策

數十年來對於人類如何形成決策的研究發現，在有限的時間壓力下，未經充分蒐集、分析利弊、僅憑直覺或經驗即執行的過程稱為自動決策。自動決策模式基本上是一種反射性的模式，其形成的重要基礎是需要大量的訓練及經驗。而自動決策經常應用在緊急情況或無法預作分析或沙盤推演的情況中，這種模式通常會透過訓練及經驗來探討及改進。

操作人使用各式決策工具結合飛行訓練及個人經驗進行決策，且隨著飛時的累積，操作人憑經驗所作成的自動決策之機率越來越多。但相對的，老練的操作人因循既有的經驗，而掉入作業陷阱的機率也會越來越高。這樣的操作模式對於飛安在某種程度上會有潛在的負面威脅。表 10 所列为操作遙控無人機常見之作業陷阱。

表 10 操作遙控無人機常見之作業陷阱

作業陷阱	描述
同儕壓力 (Peer pressure)	某些錯誤的決策並不是來自於客觀判斷情勢，而是來自同事的壓力。
心態 (Mindset)	無法認知所處的情況或無法處理航情。
使命必達 (Get-there-it-is)	使命必達的心態有時會過度聚焦在任務目的，無法以靈活變通的方式完成任務。
反應過慢 (Getting behind the aircraft)	因層出不窮的突發狀況，操作人窮於應付而無法掌握航情全貌。
無狀況警覺 (Loss of positional or situational awareness)	反應過慢，在窮於應付眼前的狀況下，操作人無法了解目前的飛行方位及位置，對於周遭航情自然無法掌握。
錯估安全油量或電量 (Operating without adequate fuel and battery reserves)	通常發生在太過自信、缺乏計劃或未依航情採取合宜的飛航計畫。
操作超限 (Flying outside the envelope)	操作某高性能機型時，若未對其性能有全面的了解，可能使操作人對該型機性能過度高估而操作超限、從而影響機體結構、危及飛安。
忽略事前計劃、飛行前檢查及未按檢查表操作 (Neglect of flight planning, preflight inspections and checklists)	此情形特別容易發生在經驗豐富的操作人身上，僅憑短期、長期的記憶、平常的操作技巧及常飛的航路來操作機種，未按預定的操作程序操作飛行。

## 第6章 附錄

### 6.1 參考資料

- [1] 臺北飛航情報區飛航指南(Taipei FIR eAIP)
- [2] 飛航管理程序(ATMP)
- [3] 航空氣象服務網
- [4] 航空氣象電碼彙編
- [5] 飛航服務規範
- [6] 中央氣象局氣象百科
- [7] Aviation Weather, FAA AC00-06B. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AirmanTesting Standards Branch, 2016.
- [8] Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, FAA-H-8083-25B. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AirmanTesting Standards Branch, 2016.
- [9] Remote Pilot – Small Unmanned Aircraft Systems Study Guide, FAA-G-8082-22. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AirmanTesting Standards Branch, 2016.
- [10] Helicopter Flying Handbook, FAA-H-8083-21A. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AirmanTesting Standards Branch, 2012.
- [11] Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems(RPAS), DOC 10019. International Civil Aviation Organization, 2015.
- [12] Airplane Flying Handbook, FAA-H-8083-3A. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, AirmanTesting Standards Branch, 2004.

## 6.2 我國民用/軍民合用機場 ICAO 航用地名代碼

地理位置	ICAO 航用地名	跑道方位 <sup>㊦</sup>
七美 Qimei	RCCM	02/20
花蓮 Hualien	RCYU	03/21
金門 Kinmen	RCBS	06/24
恒春 Hengchun	RCKW	14/32
馬公 Magong	RCQC	02/20
馬祖/北竿 Matsu/Beigan	RCMT	03/21
馬祖/南竿 Matsu/Nangan	RCFG	03/21
高雄國際 Kaohsiung International	RCKH	09/27
望安 Wang-An	RCWA	02/20
嘉義 Chiayi	RCKU	18/36
綠島 Ludao	RCGI	17/35
臺中/清泉崗 Taichung/Cingcyuangang	RCMQ	18/36
臺北/松山 Taipei/Songshan	RCSS	10/28
臺東/豐年 Taitung/Fongnian	RCFN	04/22
臺南 Tainan	RCNN	18R/36L
臺灣桃園國際 Taipei/Taiwan Taoyuan International	RCTP	05L/23R 05R/23L
蘭嶼 Lanyu	RCLY	13/31

㊦ 跑道方位：機場跑道進場方向的「磁方位角」除以 10 並四捨五入，即得跑道方位編號。一條跑道必定有兩個進場方向，且方位角必定相差 180 度，故另外一邊編號一定相差 18。例如臺北/松山機場自西向東進場的跑道磁方位角為 95 度，因此跑道便命名為 10 跑道，另外一頭跑道就加上 18 為 28 跑道。如果同一個機場有兩條平行跑道，則再以左/右(L/R)區分。

## 6.3 參考檢查項目

### 6.3.1 飛航活動前檢查遙控無人機操作區域

- 是否屬於禁航區或限航區？若是，則不得於該區操作。
- 是否鄰近航空站或飛行場？若是，則應注意高度及許可範圍。
- 是否鄰近軍事基地或政府機關？若是，則應注意不得任意拍攝、偵查及干擾。
- 是否鄰近電線、電塔及高壓電纜？若是，則應避免於該處操作，以免發生危險。
- 是否鄰近道路或鐵路？若是，則應留意遙控無人機動向，避免掉落在道路或鐵路上，以免危害用路人及鐵路行駛的安全。
- 是否鄰近住宅、建築物？若是，則應留意高度並嚴禁任意進行干擾、毀損或窺視。
- 是否與人群保持安全距離？應留意遙控無人機動向，避免危害到人群。
- 是否備有可對外通訊的手機？若發生意外時，可向外求援。
- 是否備有簡易的急救設備，或確知最近的醫護站？

### 6.3.2 飛航活動前檢查遙控無人機設備

- 遙控無人機是否曾受損？
- 電池電力是否充足？
- 是否有備用電池？
- 遙控無人機外觀及連線是否正常？
- 遙控無人機否具備地理圍欄系統(Geofencing)？若具備，則確認該系統之範圍是否與民航法規定之禁航區、限航區及航空站或飛行場四周一定距離相符。
- 操作前確保周圍淨空，確保行人、小孩或動物的安全。

## 6.4 民用航空法—第 9 章之 2 遙控無人機專章

### 6.4.1 相關定義 (節錄)

**第 2 條** 本法用詞定義如下：(僅臚列有關遙控無人機部分)

- 十七、 航空器失事：指自任何人為飛航目的登上航空器時起，至所有人離開該航空器時止，或自遙控無人機為飛航目的啟動推進系統準備移動時起，至飛航結束且推進系統關閉時止，於航空器運作中所發生之事故，直接對他人或航空器上之人，造成死亡或傷害，或使航空器遭受實質上損害或失蹤。
- 十八、 航空器重大意外事件：指自任何人為飛航目的登上航空器時起，至所有人離開該航空器時止，或自遙控無人機為飛航目的啟動推進系統準備移動時起，至飛航結束且推進系統關閉時止，發生於航空器運作中之事故，有造成航空器失事之虞者。
- 十九、 航空器意外事件：指自任何人為飛航目的登上航空器時起，至所有人離開該航空器時止，或自遙控無人機為飛航目的啟動推進系統準備移動時起，至飛航結束且推進系統關閉時止，於航空器運作中所發生除前二款以外之事故。
- 二十六、 遙控無人機：指自遙控設備以信號鏈路進行飛航控制或以自動駕駛操作或其他經民航局公告之無人航空器。

**第 44 條** 航空器飛航中，不得投擲任何物件、噴灑、拖曳航空器及其他物體或跳傘。但為飛航安全、救助任務或經民航局核准者，不在此限。

### 6.4.2 第 9 章之 2 遙控無人機專章

- 第 99 條之 9**
- I 於建築物外開放空間從事遙控無人機飛航活動，適用本章規定。
  - II 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。
  - III 遙控無人機發生飛航安全相關事件後，其所有人或操作人應通報民航局事件經過。

- 第 99 條之 10**
- I 自然人所有之最大起飛重量二百五十公克以上之遙控無人機及政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機，應辦理註冊，並將註冊號碼標明於遙控無人機上顯著之處，且一定重量以上遙控無人機飛航應具射頻識別功能。
  - II 下列遙控無人機之操作人應經測驗合格，由民航局發給操作證後，始得操作：
    - 一、政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機。
    - 二、最大起飛重量達一定重量以上之遙控無人機。
    - 三、其他經民航局公告者。
- 第 99 條之 11**
- I 遙控無人機設計、製造、改裝，應向民航局申請檢驗，檢驗合格者發給遙控無人機檢驗合格證；其自國外進口者，應經民航局檢驗合格或認可。但因形式構造簡單且經民航局核准或公告者，得免經檢驗或認可。
  - II 前項遙控無人機之檢驗基準，由民航局定之。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之。
- 第 99 條之 12** 外國人領有外國政府之遙控無人機註冊、操作及檢驗合格等證明文件者，得向民航局申請認可後，依本章之規定從事飛航活動。
- 第 99 條之 13**
- I 禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內，禁止從事遙控無人機飛航活動；航空站或飛行場四周之一定距離範圍由民航局公告之。
  - II 前項範圍外距地表高度不逾四百呎之區域，由直轄市、縣(市)政府依公益及安全之需要，公告遙控無人機活動之區域、時間及其他管理事項。但相關中央主管機關認有禁止或限制遙控無人機飛航活動之需要者，得提請所在地之直轄市、縣(市)政府公告之，直轄市、縣(市)政府應配合辦理。
  - III 政府機關(構)、學校或法人執行業務需在第一項範圍之區域從事遙控無人機飛航活動，應申請民航局會商目的事業主管機關同意後，始得為之。
  - IV 政府機關(構)、學校或法人執行業務需在第二項公告之區域、時間及其他管理事項外從事遙控無人機飛航活動，應申請直轄市、縣(市)政府會商相關中央主管機關同意後，始得為之。

- V 未經同意進入第一項禁航區、限航區活動之遙控無人機，由禁航區、限航區之管理人採取適當措施予以制止或排除；必要時，得通知民航局會同警察機關取締。
- VI 未經同意進入第一項航空站或飛行場四周之一定距離範圍內活動之遙控無人機，由航空站、飛行場之經營人、管理人會同航空警察局取締；必要時，並得洽請有關機關協助執行。
- VII 未經同意於第二項公告之區域、時間及其他管理事項外活動之遙控無人機，由直轄市、縣(市)政府取締；必要時，得洽請警察機關協助取締。但未經同意進入政府機關(構)區域之遙控無人機，政府機關(構)可採取適當措施予以制止或排除。

**第 99 條之 14**

- I 從事遙控無人機飛航活動應遵守下列規定：
  - 一、遙控無人機飛航活動之實際高度不得逾距地面或水面四百呎。
  - 二、不得以遙控無人機投擲或噴灑任何物件。
  - 三、不得裝載依第四十三條第三項公告之危險物品。
  - 四、依第九十九條之十七所定規則之操作限制。
  - 五、不得於人群聚集或室外集會遊行上空活動。
  - 六、不得於日落後至日出前之時間飛航。
  - 七、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。
  - 八、操作人不得在同一時間控制二架以上遙控無人機。
  - 九、操作人應隨時監視遙控無人機之飛航及其周遭狀況。
  - 十、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。
- II 政府機關(構)、學校或法人經檢具有關文書向民航局申請核准者，得不受前項第一款至第八款規定之限制。
- III 前項政府機關(構)、學校或法人，從事核准之遙控無人機飛航活動前，應向民航局申請許可；其涉及第一項第五款之限制者，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。

**第 99 條之 15**

- I 操作遙控無人機而致他人死傷，或毀損他人財物時，不論故意或過失，遙控無人機所有人應負賠償責任；其因不可

抗力所生之損害，亦應負責。自遙控無人機上落下或投下物品，致生損害時，亦同。

- II 遙控無人機所有人將其遙控無人機交由他人操作所生之損害，由所有人及操作人負連帶賠償責任。
- III 政府機關(構)、學校或法人於依前條第三項從事活動前，應依第九十三條第一項所定辦法之損害賠償額，投保責任保險。

- 第 99 條之 16**
- I 政府機關為執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務，於第九十九條之十三第一項公告之航空站或飛行場四周之一定距離範圍內或第二項公告之區域、時間及其他管理事項外，從事遙控無人機飛航活動，經民航局同意者，不受該條第三項及第四項規定之限制。
  - II 政府機關為執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務，從事第九十九條之十四第一項第二款至第八款之活動，經民航局同意者，不受該條第三項規定之限制。

- 第 99 條之 17** 遙控無人機之分類、註冊(銷)、射頻識別、檢驗、認可、維修與檢查、試飛、操作人員年齡限制、體格檢查與操作證之發給、飛航活動之申請資格、設備與核准程序、操作限制、活動許可、費用收取、製造者與進口者之登錄及責任、飛航安全相關事件之處理與通報及其他應遵行事項之規則，由交通部定之。

- 第 99 條之 18** 遙控無人機之註冊、檢驗、認可及操作人員測驗等業務，民航局得委託機關(構)、團體或個人辦理之；受委託者之資格、責任、監督及其他相關事項之辦法，由交通部定之。

- 第 99 條之 19** 第九十九條規定，於遙控無人機準用之。

### 6.4.3 處罰規定

- 第 118 條之 1** 遙控無人機之所有人或操作人有下列情事之一者，由民航局廢止其操作證，並處新臺幣三十萬元以上一百五十萬元以下罰鍰，並得沒入遙控無人機：
- 一、違反第九十九條之十三第一項規定，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。
  - 二、違反第九十九條之十四第一項第一款規定，逾距地面或

水面高度四百呎從事飛航活動。

- 第 118 條之 2**
- I 遙控無人機之所有人或操作人有下列情事之一者，禁止其活動，並處新臺幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰；情節重大者，並得沒入遙控無人機：
- 一、 違反第九十九條之十第二項規定，未領有操作證而操作遙控無人機。
  - 二、 違反第九十九條之十五第三項規定，未投保或未足額投保責任保險而從事遙控無人機活動。
- II 遙控無人機之所有人或操作人有下列情事之一者，禁止其活動，並處新臺幣三萬元以上十五萬元以下罰鍰；情節重大者，並得沒入遙控無人機：
- 一、 違反第九十九條之十第一項有關遙控無人機註冊或標明註冊號碼之規定。
  - 二、 違反第九十九條之十三第二項有關直轄市、縣(市)政府公告之區域、時間及其他管理事項之規定。
  - 三、 違反第九十九條之十四第一項第二款至第十款有關遙控無人機飛航活動應遵守之規定。
- III 本條規定之處罰，除同時違反第九十九條之十三第一項或第九十九條之十四第一項第一款由民航局處罰外，由直轄市、縣(市)政府處罰之。
- 第 118 條之 3** 違反依第九十九條之十七所定規則有關射頻識別、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者，禁止其活動，並處新臺幣一萬元以上一百五十萬元以下罰鍰；情節重大者，並得沒入遙控無人機。

## 6.5 遙控無人機管理規則

鑑於臺灣空域狹小，軍、民用航空器活動頻繁，對具動力，供休閒、運動及特殊商業用途之遙控無人機，從事飛航活動時，為維持空域秩序、保障飛航安全及落實對遙控無人機飛航之管理，爰依民用航空法（以下簡稱本法）第九十九條之十七之授權規定，擬具遙控無人機之分類、註冊（銷）、射頻識別、檢驗、認可、維修與檢查、試飛、操作人員年齡限制、體格檢查與操作證之發給、飛航活動之申請資格、設備與核准程序、操作限制、活動許可、費用收取、製造者與進口者之登錄及責任、飛航安全相關事件之處理與通報及其他應遵行事項之「遙控無人機管理規則」，其訂定重點臚列如下：

- 一、訂定第一章「總則」，內容包含本規則之法源依據、用詞定義及遙控無人機分類及基本操作等規定。(第一條至第五條)
- 二、訂定第二章「遙控無人機註冊及射頻管理」，內容包含遙控無人機之註冊、變更及註銷、註冊號碼之標示、效期及最大起飛重量超過一定重量之遙控無人機應具有射頻識別功能等規定。(第六條至第十二條)
- 三、訂定第三章「遙控無人機系統檢驗、製造者與進口者之登錄及責任」，內容包含遙控無人機設計、製造、改裝之檢驗給證、換(補)證、進口認可、試飛及因設計、製造、改裝之缺失致有不安全情況之採取補正措施等事項等規定。(第十三條至第十八條)
- 四、訂定第四章「遙控無人機操作人之測驗及給證」，內容包含遙控無人機操作人之學、術科測驗、操作證之分類、申請年齡、體格檢查、給證、效期及換(補)證等規定。(第十九條至第二十四條)
- 五、訂定第五章「操作限制及活動許可」，分二節規定，第一節「一般操作規定」，內容包含操作遙控無人機之一般遵守事項、依維修指引進行檢查、飛航活動前之應考量事項、遵守操作限制、與其他航空器或障礙物防止接近、碰撞等規定；第二節「政府機關(構)、學校或法人活動許可」，內容包含政府機關(構)、學校或法人從事飛航活動前之先行核准程序與從事本法特別規定之操作限制活動、於禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範

圍內之飛航活動、政府機關為執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務時飛航活動之申請程序及相關飛航資料、維修紀錄之保存等規定。(第二十五條至第三十五條)

六、訂定第六章「飛航安全相關事件之通報及處理」，內容包含遙控無人機所有人或操作人於發生飛航安全相關事件時之通報、處理及因特定原因得暫停遙控無人機所有人或操作人從事遙控無人機飛航活動等規定。(第三十六條及第三十七條)

七、訂定第七章「附則」，內容包含外國人之認可、本規則各項申請及通報作業得於指定之資訊系統以電子化方式辦理、遙控無人機預先檢驗及人員操作證預先評鑑、行政規費收取及本規則施行日期等規定。(第三十八條至第四十二條)

## 遙控無人機管理規則

條	文	說	明
<b>第一章 總則</b>			
第一條	本規則依民用航空法(以下簡稱本法)第九十九條之十七規定訂定之。	本規則訂定依據。	
第二條	<p>本規則用詞，定義如下：</p> <p>一、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。</p> <p>二、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。</p> <p>三、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。</p> <p>四、遙控無人機操作人(以下簡稱操作人):指於遙控無人機飛航活動期間，實際操控遙控無人機或指揮監督飛航活動之人。</p> <p>五、延伸視距飛航：指操作人於視距外，藉由目視觀察員於其半徑三百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九</p>	<p>一、訂定用詞定義，以資明確。</p> <p>二、參酌國際民用航空公約第二號附約及我國電信法規用詞，訂定第一款「遙控設備」及第二款「通訊及控制信號鏈路」之定義。</p> <p>三、第三款訂定最大起飛重量為機體、燃料、電池、負載設備及酬載等遙控無人機設計重量。其中酬載包括貨物、郵件、選擇性裝備等。</p> <p>四、考量本法賦予遙控無人機操作人之相關責任，第四款訂定「遙控無人機操作人」之定義。</p> <p>五、參酌美國聯邦航空法規 107.31 之規定，訂定第五款「延伸視距飛航」之定義。</p> <p>六、參酌美國聯邦航空法規 107.3 之規定，訂定第六款「目視觀察員」之定義。考量目視觀察員係於遙控無人機活動期間提供實際操作人必要飛航資訊，爰規範應持有遙控無人機操作證者始得擔任。</p>	

<p>百公尺、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域。</p> <p>六、目視觀察員：指持有遙控無人機操作證(以下簡稱操作證)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。</p> <p>七、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。</p>	<p>七、配合第十七條新增遙控無人機製造者或進口者利用「電子商務服務系統」販售遙控無人機之管理機制及參考金融監督管理委員會指定非公務機關個人資料檔案安全維護辦法第十條第二項有關「電子商務」之用詞，增列第七款「電子商務」之定義，以資明確。</p>
<p>第三條 遙控無人機依其構造分類如下：</p> <p>一、無人飛機。</p> <p>二、無人直昇機。</p> <p>三、無人多旋翼機。</p> <p>四、其他經交通部民用航空局以下簡稱民航局公告者。</p>	<p>訂定遙控無人機依其構造分類為無人飛機、無人直昇機、無人多旋翼機(三個以上之垂直傳動軸)、其他經公告者等四類，以資區別。</p>
<p>第四條 遙控無人機所有人(以下簡稱所有人)及操作人應負飛航安全之責，對遙控無人機為妥善之維護，並從事安全飛航作業。</p>	<p>參酌民用航空法(以下簡稱本法)第九十九條之九第二項有關遙控無人機所有人或操作人在操作遙控無人機時，應負使用安全、風險管理及法規遵循等責任之規定，訂定遙控無人機所有人及操作人應負飛航安全之責，對遙控無人機為妥善之維護，並從事安全飛航作業。</p>
<p>第五條 遙控無人機於飛航活動期間，操作人有二人以上者，</p>	<p>參酌飛航規則第七條及美國聯邦航空法規 107.19 之規定，訂定操作</p>

<p>應於飛航活動前指定一人為決定權人，未指定前不得從事飛航活動。</p>	<p>人有二人以上者，應於飛航活動前指定一人為最後決定權人，未指定前，不得從事飛航活動，以明確多數操作人於遙控無人機飛航活動期間之處置決定權歸屬。</p>
<p><b>第二章 遙控無人機註冊及射頻管理</b></p>	
<p>第六條 自然人所有之最大起飛重量二百五十公克以上之遙控無人機及政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機，應由其所有人檢附下列文件向民航局申請註冊，並於註冊完成後，將民航局賦予之註冊號碼標明於遙控無人機上顯著之處後，始得操作：</p> <p>一、自然人：檢附申請書（附件一）及國民身分證或僑民居留證明影本。</p> <p>二、政府機關(構)、學校及法人：檢附申請書（附件一）及其登記證明文件。</p> <p>前項所有人屬自然人者，應年滿十六歲；未滿二十歲者，應另檢附其法定代理人之同意書。</p> <p>下列資料有變更者，所有人應檢附第一項申請書及登記證明文件，向民航局申請變更註冊：</p> <p>一、所有人名稱。</p> <p>二、戶籍或登記地址。</p>	<p>一、第一項訂定自然人所有最大起飛重量二百五十公克以上之遙控無人機，及政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機，應由其所有人填具申請書並檢附相關證明文件申請註冊並將民航局賦予之註冊號碼標明於遙控無人機上顯著之處後，始得操作之規定。</p> <p>二、第二項配合學習操作證申請人之年滿十六歲年齡規定，訂定遙控無人機之所有人屬自然人者，應年滿十六歲，並考量民法對於未滿二十歲未成年人之保護，應另檢附其法定代理人之同意書，始得辦理註冊。</p> <p>三、第三項訂定遙控無人機所有人之名稱、戶籍、登記地址及聯絡電話異動時，應申請變更註冊之規定。</p>

<p>三、聯絡電話。</p>	
<p>第七條 遙控無人機有下列情形之一者，其所有人應於事實發生日起十五日內，向民航局申請註銷註冊：</p> <p>一、滅失。</p> <p>二、損壞致不能修復。</p> <p>三、報廢。</p> <p>四、永久停用。</p> <p>五、所有權移轉。</p>	<p>訂定遙控無人機之所有人於遭遇遙控無人機滅失、損壞致不能修復、報廢、永久停用或所有權移轉等情況時，應申請註銷註冊之規定。</p>
<p>第八條 註冊號碼應依下列方式標明於遙控無人機上顯著之處：</p> <p>一、以標籤、鑄刻、噴漆或其他能辨識之方式標明，且應確保每次飛航活動時不至脫落並保持清潔、明顯使能辨識。</p> <p>二、標漆位置應為遙控無人機之固定結構外部。</p> <p>三、其顏色應使註冊號碼與背景明顯反襯，且以肉眼即能檢視。</p>	<p>參酌航空器登記規則第二十二條及美國聯邦航空法規 <b>48.205</b> 之規定，明定遙控無人機之註冊號碼標明方式，以資明確識別，並利於飛航活動期間進行安全管理及飛航安全事件之調查。</p>
<p>第九條 註冊號碼不得偽造、變造或矇領，並不得借供他人於未註冊之遙控無人機上使用。</p>	<p>參酌美國聯邦航空法規 <b>107.5</b> 之規定，訂定遙控無人機之註冊號碼不得偽造、變造或矇領，並不得借供他人於未註冊之遙控無人機上使用。</p>
<p>第十條 註冊號碼之有效期限為二年，所有人得於期限屆滿前</p>	<p>有鑒於遙控無人機多屬消耗性商品，為能實際掌握遙控無人機之</p>

<p>三十日內，檢附第六條第一項規定之文件，向民航局申請延展有效期限。</p>	<p>註冊使用情況，參酌歐洲聯盟之研究報告，訂定註冊號碼之有效期限為二年，並配合實務作業所需，明定所有人得於期限屆滿前三十日內，檢附文件申請延展效期。</p>
<p>第十一條 最大起飛重量超過一定重量之遙控無人機應具有射頻識別功能，其一定重量，由民航局公告之。</p>	<p>一、鑒於遙控無人機相關科技日新月異及交通管理(UTM, UAS Traffic Management)之需求，訂定最大起飛重量超過一定重量之遙控無人機應具有射頻識別功能。</p> <p>二、考量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，尚需配合地面接收站之建置，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。</p>
<p>第十二條 最大起飛重量一公斤以上且裝置導航設備之遙控無人機，應具備防止遙控無人機進入禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍之圖資軟體系統，其圖資應符合本法第四條劃定及第九十九條之十三第一項公告之範圍。</p> <p>中華民國一百十五年起申請註冊且裝置導航設備之遙控無人機，應具備防止遙控無人</p>	<p>一、為防止及提醒遙控無人機所有人或操作人於未經相關機關核准下，侵入本法第九十九條之十三第一項規定之禁航區、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍及第二項規定區域內，並考量目前地理圍欄系統技術之成熟度與普及度並經詢國內製造廠及進口商之現行作法，第一項訂定最大起飛重量一</p>

<p>機進入禁航區、限航區、航空站或飛行場四周之一定距離範圍及直轄市、縣(市)政府公告禁止、限制區域之圖資軟體系統，其圖資應符合本法第四條劃定及第九十九條之十三第一項及第二項公告之範圍及區域。</p> <p>遙控無人機之設計、製造、改裝者應保持前二項圖資軟體系統資訊之正確性，並適時提供所有人或操作人更新。</p>	<p>公斤以上且裝置導航設備之遙控無人機系統，應具備圖資軟體系統，防止未經申請核准進入本法第九十九條之十三第一項公告之禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍之功能於其控制系統或地面導控站內。</p> <p>二、第二項訂定中華民國一百一十五年起，應辦理註冊且裝置導航設備之遙控無人機系統，應具備圖資軟體系統，防止未經申請核准進入第九十九條之十三第一項及第二項規定區域之功能於其控制系統內。</p> <p>三、考量禁止、限制範圍可能因公共利益或其他因素有所變更，於第三項訂定遙控無人機之設計、製造、改裝者應確保該系統地理資訊之正確性，並適時提供所有人或操作人更新。</p>
---	---

**第三章 遙控無人機系統檢驗、製造者與進口者之登錄及責任**

<p>第十三條 遙控無人機之設計、製造、改裝，應由設計者、製造者或改裝者檢附申請書（附件二），向民航局申請型式檢驗，經型式檢驗合格者，發給</p>	<p>一、第一項訂定遙控無人機之設計、製造、改裝，應由其設計、製造或改裝者申請型式檢驗。其檢驗內容包含遙控無人機基本性能規範、設計</p>
---	---

<p>型式檢驗合格證(附件三),並發給型式檢驗標籤(附件四)。</p> <p>自國外進口之遙控無人機,應由進口者依第一項規定,向民航局申請型式檢驗,或檢附申請書(附件五),向民航局申請認可。經認可者,發給認可證明文件及認可標籤(附件四)。</p> <p>前二項之遙控無人機,其形式構造簡單經民航局公告者,得免辦理檢驗或認可。</p>	<p>圖及相關技術文件等文件審查,並視個案要求受檢者提供遙控無人機及其系統,供執行全部或部分之檢驗或測試。遙控無人機之設計、製造或改裝經檢驗合格者,依型號發給型式檢驗合格證,並同時發給型式檢驗標籤。本項型式檢驗標籤可用於同廠牌、同型號之遙控無人機。</p> <p>二、為管理自國外進口之遙控無人機,第二項訂定自國外進口之遙控無人機應由進口者依第一項規定申請檢驗,如遙控無人機進口者已取得國外主管機關所發給之檢驗合格證明者,得檢附申請書及相關證明文件申請認可,經認可後,發給認可證明文件及認可標籤。本項認可標籤可用於同廠牌、同型號之遙控無人機。</p> <p>三、第三項訂定但書規定其形式構造簡單經公告之遙控無人機,可免辦理檢驗或認可。</p>
<p>第十四條 遙控無人機於設計、製造、改裝階段為檢驗性能諸元所需之試飛,應遵守附件六之試飛活動管理規定,並檢附下列文件,向民航局申請核</p>	<p>考量遙控無人機於設計、製造、改裝階段,有為驗證性能諸元而執行試飛之需求,爰明定在該等階段之遙控無人機於取得核准後之試飛申請程序,以資明確。</p>

<p>准：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、試飛場地之規劃、協調及申請。</li> <li>二、試飛區域之申請、安全及管理。</li> <li>三、遙控無人機及其相關設備檢驗基準符合性聲明。</li> <li>四、遙控無人機地面檢驗及測試資料。</li> <li>五、試飛計畫。</li> <li>六、試飛操作人之資格。</li> <li>七、飛航安全相關事件之通報及處理。</li> </ol>	
<p>第十五條 最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機，為確保遙控無人機符合設計、製造、改裝之性能諸元，應由其所有人檢附申請書(附件二)，向民航局申請實體檢驗，經檢驗合格者，發給實體檢驗合格證(附件七)。</p> <p>最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機，為自行製造、使用者，其所有人應檢附前項申請書，向民航局合併申請型式檢驗及實體檢驗。經檢驗合格後，發給特種實體檢驗合格證(附件八)。</p> <p>實體檢驗合格證之有效期限為三年；特種實體檢驗合格</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>一、為確保遙控無人機符合設計、製造、改裝之性能諸元，第一項訂定最大起飛重量逾二十五公斤之遙控無人機，其所有人應申請實體檢驗，並確認符合原始設計規範後，發給實體檢驗合格證。</li> <li>二、考量個人自製及使用之遙控無人機亦為風潮，且非屬大量製造之商品，為簡化其檢驗程序，第二項訂定最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機，如為自行製造、使用者，得合併型式檢驗及首次實體檢驗，經檢驗合格後發給特種實體檢驗合格</li> </ol>

<p>證之有效期限，由民航局依其設計、製造、改裝之性能諸元，註記於合格證上，最長不得逾三年。</p> <p>實體檢驗合格證及特種實體檢驗合格證應於屆期前三十日內，由其所有人檢附原檢驗合格證影本，向民航局申請重新檢驗。</p>	<p>證，始得從事飛航活動。</p> <p>三、為定期確保遙控無人機符合設計、製造、改裝之性能諸元，第三項訂定實體檢驗合格證之有效期限為三年；特種實體檢驗合格證之遙控無人機因其設計及製造之性能及操作不同於一般之遙控無人機，故經審查後給與不等之有效期限，並註記於檢驗合格證中，其效期最長不得逾三年。</p> <p>四、第四項訂定實體檢驗合格證及特種實體檢驗合格證應於屆期前三十日內檢附原檢驗合格證影本申請重新檢驗。</p>
<p>第十六條 實體檢驗合格證或特種實體檢驗合格證之記載事項變更時，應由其所有人於事實發生之日起十五日內，檢附原檢驗合格證，向民航局申請審查合格後換發。</p> <p>遙控無人機各項檢驗合格證遺失或損毀時，應由其所有人敘明理由，向民航局申請補發或換發。</p>	<p>一、第一項訂定實體檢驗合格證、特種實體檢驗合格證之記載事項變更時，應由遙控無人機所有人檢附原檢驗合格證申請換發。</p> <p>二、第二項訂定遙控無人機各項檢驗合格證遺失或損毀時，應申請補(換)發。</p>
<p>第十七條 遙控無人機製造者或進口者於販售或進口前，應向民航局申請辦理產品資訊登錄，並於產品或包裝上標示最大起飛重量、註冊程序、型式</p>	<p>一、為加強遙控無人機製造者或進口者之登錄及責任，於第一項訂定其等於販售或進口前，應申請辦理產品資訊登錄作業，並於其產品上揭示</p>

檢驗標籤或認可標籤、實體檢驗說明、操作限制說明、管理及違規裁罰等資訊。

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。

自行製造、使用之遙控無人機，其所有人應依第一項規定辦理產品資訊登錄。

最大起飛重量、註冊程序、型式檢驗標籤或認可標籤、實體檢驗說明、操作限制說明，以及違規罰款等資訊，以使購買者知悉該遙控無人機相關資訊與管理及違規裁罰之規定，以達教育宣導及維護飛航、生命及財產安全之目的。

- 二、第二項訂定自行製造、使用之遙控無人機，亦明定其所有人應辦理產品資訊登錄，俾管理一致。
- 三、考量電子商務服務系統之購物管道日漸普及，為使民眾能於購買前充分瞭解遙控無人機相關資訊並落實產品資訊登錄及標示機制，以利其消費選擇，爰參考金融監督管理委員會指定非公務機關個人資料檔案安全維護辦法第十條第一項「電子商務服務系統」之用詞及販賣菸品場所標示及展示管理辦法第三條第一項有關合併標示警示文字之體例，新增第二項有關遙控無人機製造者或進口者自行或透過代理商、經銷商或其他第三人等於電子商務服務系統販售遙控無人機時，應將註冊、操作注意

	<p>事項及操作注意事項之參考網站及遙控無人機圖資行動應用程式人機圖資行動應用程式等資訊合併標示於式等資訊合併標示於電電子商務服務系統明子商務服務系統明顯處。</p>
<p>第十八條 最大起飛重量二十五公斤以上遙控無人機系統因設計、製造或改裝之缺失致有不安全之情況時，設計者、製造者或改裝者應針對該缺失採取補正措施。</p> <p>設計者、製造者或改裝者應於發現缺失之日起三十日內，以書面向民航局提出報告。但有正當理由，並申請民航局核准延展者，不在此限。</p>	<p>一、考量最大起飛重量二十五公斤以上之遙控無人機多為執行較複雜之專業作業，爰參酌美國聯邦航空法規 107.21 之規定，於第一項訂定該等遙控無人機如有設計、製造或改裝上之缺陷導致有不安全之情況時，應由其設計者、製造者或改裝者提出改善及補正措施，包含發布警示相關資訊、強制召回遙控無人機完成補正措施之技術修改等。</p> <p>二、第二項訂定設計者製造者或改裝者應於發現缺失之日起三十日內提出書面報告，說明所發現之缺陷狀況及已採取之補正措施；另但書規定有正當理由，經申請核准延展者，得不受三十日之限制。</p>
<p><b>第四章 遙控無人機操作人之測驗及給證</b></p>	
<p>第十九條 下列遙控無人機之操作人應持有民航局發給操作證</p>	<p>為確保遙控無人機操作人之學識及技能，訂定操作政府機關</p>

<p>後，始得操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機。</li> <li>二、自然人所有之最大起飛重量二公斤以上未達十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機。</li> <li>三、自然人所有之最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機。</li> </ol>	<p>(構)、學校或法人所有、自然人所有之最大起飛重量二公斤以上未達十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機及自然人所有之最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機，其操作人應取得操作證後，始可操作遙控無人機。</p>
<p>第二十條 遙控無人機操作證分類、申請者年齡及其他規定如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、學習操作證：申請者應年滿十六歲，經申請後，由民航局發給。</li> <li>二、普通操作證：申請者應年滿十八歲，經學科測驗合格後，由民航局發給。</li> <li>三、專業操作證：申請者應年滿十八歲並符合相關經歷規定後，經體格檢查及學、術科測驗合格後，由民航局發給。</li> </ol> <p>前項各類操作證之操作權限如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>一、學習操作證：持有人得於持有遙控無人機普通操作證或專業操作證之操作人在旁指導下，依其普通操</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>一、為保障飛航安全，並滿足各類遙控無人機操作之需求，第一項訂定遙控無人機操作證之類別，區分為學習操作證、普通操作證及專業操作證等三類。</li> <li>二、第二項明定各類操作證之操作權限。學習操作證係供年滿十六歲有意學習操作遙控無人機之自然人申請，並得於已持有相應之普通操作證或專業操作證者之指導下，從事各種學習訓練活動，俾利年滿十八歲後申請學、術科測驗，以取得相應之操作證；普通操作證可操作自然人所持有最大起飛重量二公斤以上、未逾十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機，並僅得在遵守相關規定下從</li> </ol>

<p>作證或專業操作證所載之構造分類，學習操作最大起飛重量未達二十五公斤之遙控無人機。</p> <p>二、普通操作證：持有人得操作自然人所有最大起飛重量二公斤以上、未達十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機。</p> <p>三、專業操作證：持有人得操作政府機關（構）、學校或法人所有之遙控無人機及自然人所有最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機。</p> <p>第一項各類操作證之申請資格、測驗項目、測驗報名規定、體格檢查證明文件、操作權限及教學資格如附件九；學、術科測驗申請書、操作證申請書如附件十及附件十一。</p> <p>遙控無人機之構造、重量、操作限制及教學資格應於操作證上加註之。</p>	<p>事一般之飛航活動；至於專業操作證可操作由政府機關（構）、學校或法人所有之遙控無人機，或自然人所有之最大起飛重量十五公斤以上之遙控無人機；於操作政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機時，得經申請後從事各類飛航活動，並於申請許可後依其核准，不受本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款之限制。</p> <p>三、第三項訂定各類操作證之申請資格、學、術測驗項目、申請文件、體格檢查證明文件、操作權限及教學資格等事項，並於附件九至附件十一內規範。</p> <p>四、為使操作人瞭解持證之相關限制，第四項訂定於普通操作證及專業操作證內註明操作人可操作經測驗合格之遙控無人機構造、重量，相關操作限制及教學資格。</p>
<p>第二十一條 術科測驗時，應由應考人自備符合附件十二規定之遙控無人機應考。</p>	<p>訂定考驗術科時，應考人應自備報考類別之遙控無人機，規格應符合附件十二之規定。</p>
<p>第二十二條 申請遙控無人機專業操作證者，其術科測驗應於學科測驗通過日起一年內完</p>	<p>一、為確保申請人之知能得符合安全操作之需求，第一項訂定申請遙控無人機專業操作</p>

<p>成；未完成者應重新申請學科測驗。</p> <p>遙控無人機操作證申請者之術科測驗成績不及格者，就其不及格部分得於收到成績通知三十日後申請複測。</p> <p>遙控無人機操作證申請者應於測驗合格完成日起三十日內，檢附學、術科測驗合格文件向民航局申請發證。但有正當理由，並申請民航局核准延展者，不在此限。</p>	<p>證者，除應通過學科測驗外，應於學科通過日起一年內完成術科測驗。另規定未於一年內完成術科測驗者，應重新申請學科測驗，以加強人員知能之管理。</p> <p>二、第二項訂定申請者之術科測驗成績有不及格之情形時，就其不及格部分，得於接獲成績通知三十日後申請複測。</p> <p>三、第三項訂定測驗合格者應於合格之日起三十日內，檢附學科（申請普通操作證者）、或學、術科（申請專業操作證者）測驗合格證明文件，申請發證。另考量申請者人因故無法依本項前段規定申請核發操作證者，於但書規定有正當理經申請核准延展，得不受申請給證期限之限制。</p>
<p>第二十三條 操作證之有效期限為二年。</p> <p>普通操作證及專業操作證之持有人得於屆期前三十日內檢附二年內之半身照片及有效操作證影本，向民航局申請換證。但各類專業操作證應經重新體格檢查及測驗合格後辦理</p>	<p>一、第一項訂定遙控無人機操作證之有效期限為二年，以加強管理。</p> <p>二、第二項訂定普通操作證及專業操作證之持有人屆期換證規定。</p> <p>三、第三項訂定專業操作證之持有人如需增加不同構造、重</p>

<p>換證。</p> <p>專業操作證之持有人增加不同構造、重量、高級術科測驗項目者，應經民航局術科測驗合格後辦理加簽。</p>	<p>量或高級術科項目者，應經術科測驗合格後，始得於其專業操作證上加簽合格項目。</p>
<p>第二十四條 遙控無人機操作證之記載事項變更時，應由其持有人於事實發生之日起十五日內，檢附原操作證，向民航局申請換發。</p> <p>遙控無人機操作證遺失或損毀時，應由其持有人敘明理由，向民航局申請補發或換發。</p>	<p>訂定遙控無人機操作證之持有人於記載事項變更、遺失或、毀損時，應申請補(換)發之規定。</p>
<p><b>第五章 操作限制及活動許可</b></p>	
<p>第一節 一般操作規定</p>	<p>訂定本節節名</p>
<p>第二十五條 操作人從事遙控無人機飛航活動前，應依遙控無人機製造者所提供之維修指引對遙控無人機系統進行檢查，符合安全飛航條件後始得活動。</p>	<p>參酌美國聯邦航空法規<b>107.15</b>之規定，訂定遙控無人機之操作人於從事飛航活動前，應依據遙控無人機製造者所提供之維修指引對遙控無人機系統進行檢查，確認其狀況符合安全飛航條件後始得飛航。本條所稱之安全飛航條件包含：目視檢查遙控無人機外觀完整、機構及動力系統穩固、註冊號碼依本法規定標示可辨、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。</p>

<p>第二十六條 操作人從事遙控無人機飛航活動前，應考量下列情形：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、操作區域環境，包括氣象條件、空域、飛航限制及其他空中或地面之危害因素。</li> <li>二、遙控無人機一般操作、緊急程序及規定。</li> <li>三、遙控設備與遙控無人機間之通訊及控制信號鏈路情況良好。</li> <li>四、攜帶足夠之燃油或電池容量，並經考慮氣象預報狀況、預期之延誤及其他可能延誤遙控無人機降落之情形。</li> </ul>	<p>參酌美國聯邦航空法規<b>107.49</b>之規定，訂定遙控無人機之操作人於從事飛航活動前，應將操作區域環境、一般及異常、緊急操作程序、遙控設備與遙控無人機間之通訊及控制信號鏈路情況及燃油或電池容量需符合預執行之飛航任務需求等事項進行審慎評估，以符本法第九十九條之九第二項所稱應負使用安全、風險管理及法規遵循之責。</p>
<p>第二十七條 操作人操作遙控無人機應遵守下列事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、血液中酒精濃度不得超過百分之零點零二或吐氣中酒精濃度不得超過每公升零點一毫克。</li> <li>二、不得受精神作用物質影響，導致行為能力受到損傷。</li> <li>三、不得有危害任何生命及財產之操作行為。</li> </ul>	<p>參酌美國聯邦航空法規<b>91.17</b>、<b>91.19</b>、<b>107.23</b>、<b>107.27</b>之規定，訂定遙控無人機操作人於操作遙控無人機時，應遵循事項。其中，有關「酒精濃度」之規範，係依據超輕型載具管理辦法第二十七條之標準，且較道路交通安全規則嚴格。至於所稱「精神作用物質」，依據飛航規則第二條第六十款之定義，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</p>

	除外。
<p>第二十八條 操作人從事遙控無人機飛航活動時應遵守下列操作限制：</p> <p>一、應遠離高速公路、快速公路（道）路、鐵路、高架鐵路、地面或高架之大眾捷運系統、建築物及障礙物三十公尺以上。</p> <p>二、不得於移動中之航空器、車輛或船艦上操作遙控無人機。</p> <p>三、最大起飛重量未達二十五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八十七海里或一百六十公里。</p> <p>四、延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑九百公尺、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域，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。</p> <p>政府機關(構)、學校或法人依第三十二條第一項規定向民航局申請許可後，不受前項之限制。</p>	<p>一、第一項訂定說明如下：</p> <p>(一)第一款參酌日本國土交通省對遙控無人機活動之規定，訂定操作人從事遙控無人機飛航活動時，除遵守本法第九十九條之十三有關禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離之活動限制，以及九十九條之十四所述之活動規定外，並應與高速公路、快速道路、鐵道、建築物等保持至少三十公尺以上之距離，以確保安全。</p> <p>(二)第二款參酌美國聯邦航空法規 <b>107.51</b> 規定，訂定操作人不得於移動中之航空器、車輛或船艦上操作遙控無人機。</p> <p>(三)第三款參酌美國聯邦航空法規 <b>107.51</b> 規定，訂定最大起飛重量未達二十五公斤且裝置導航設備之遙控無人機最大飛行速度之規定。</p> <p>(四)第四款參酌美國聯邦航空法規 <b>107.31</b> 及 <b>107.33</b> 之規定，訂定從事延伸視距飛航者，其最大飛行範圍，應以操作人為中心，半徑九百公尺距離內、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域。且經指</p>

	<p>派之日視觀察員應與遙控無人機保持目視接觸，並建立通訊鏈路，提供操作人必要之飛航資訊，以維飛航安全。</p> <p>二、為避免限縮產業發展、學術研究等，第二項訂定政府機關(構)、學校或法人如依第三十二條第一項規定經申請許可後，得不受第一項規定之限制。</p>
<p>第二十九條 操作人在操作時應對遙控無人機之飛航及其周遭狀況保持警覺，並確保察覺及避讓其他航空器、超輕型載具、遙控無人機或障礙物，並防止與其接近或碰撞。</p>	<p>參酌美國聯邦航空法規107.37有關飛航避讓之規定，訂定遙控無人機之操作人在飛航活動期間應保持警覺，注意避讓航空器、超輕型載具、遙控無人機或障礙物等，並依本法第九十九條之十四第一項第九款及第十款之規定，防止與其接近或碰撞。</p>
<p><b>第二節 政府機關(構)、學校或法人活動許可</b></p>	<p><b>訂定本節節名</b></p>
<p>第三十條 政府機關(構)、學校或法人應檢附下列文件向民航局申請核准後，始得從事遙控無人機飛航活動：</p> <p>一、登記證明文件。</p> <p>二、遙控無人機系統清單、操作人員名冊。</p> <p>三、作業手冊，內容如附件十三。政府機關(構)、學校或</p>	<p>一、第一項訂定政府機關(構)、學校或法人從事遙控無人機飛航活動前，應檢附相關文件申請核准後，始得從事飛航活動。其中第三款作業手冊之內容應包含該遙控無人機規格、安全管理、操作程序、維修與保養，以及緊急處理程序等。如執行業務需</p>

<p>法人為執行業務需要，從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款之操作者，應於作業手冊中敘明操作限制排除事項之相關設備及程序。</p> <p>前項核准之有效期限為二年，政府機關(構)、學校或法人得於屆期前三十日內，向民航局申請延展。</p> <p>第一項第一款及第三款資料如有變更，政府機關(構)、學校或法人應於事實發生日起十五日內申請民航局核准後，始得從事遙控無人機飛航活動。</p> <p>政府機關(構)、學校或法人應隨時更新第一項第二款資料。</p>	<p>要，需排除本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款之操作限制者，應於作業手冊中敘明經核准得予排除操作限制事項之相關設備及程序。</p> <p>二、第二項訂定政府機關(構)、學校或法人活動申請核准之效期為二年，並得於屆期前三十日內申請延展。</p> <p>三、第三項訂定政府機關(構)、學校或法人之登記證明文件及作業手冊如有變更時，應於事實發生日起十五日內申請核准後，始得從事遙控無人機飛航活動。</p> <p>四、為維持申請資料之正確性，第四項訂定政府機關(構)、學校或法人應隨時更新遙控無人機清單、操作人員名冊等資料之最新及完整性。</p>
<p>第三十一條 政府機關(構)、學校或法人於禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事遙控無人機飛航活動，應於活動日十五日前檢附活動計畫書(附件十四)提出申請，報請民航局會商目的事業主管機關同意。但禁航區、限航區、航空站或飛行場如有涉及軍事航空管理機關(構)管理之</p>	<p>一、第一項訂定政府機關(構)、學校或法人為執行業務於禁航區、限航區及航空站或飛行場四周之一定距離範圍內從事遙控無人機飛航活動之申請同意程序；如禁航區、限航區或機場如有涉及軍事航空管理機關(構)管理之區域，考量該等區域涉及國家安全及軍事國防設施，為利相關管理機關有充分</p>

<p>區域，應於活動日三十日前提出申請。</p> <p>政府機關(構)、學校或法人於直轄市、縣(市)政府公告之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動，應於活動日十五日前檢附活動計畫書(附件十四)提出申請，報請直轄市、縣(市)政府會商相關中央主管機關同意。如有跨縣市活動時，應向起飛地點所在直轄市、縣(市)政府提出申請，經所在地及跨縣市政府同意。</p> <p>前二項活動經民航活動經民航局或直轄市、縣(市)政府同意後，應於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。</p> <p>第一項及第二項之同意文件期限，以三個月為限。但經農政機關登記合格之法人於從事本法第九十九條之十四第一項第二款、第三款及第六款飛航活動時，以六個月為限；政府機關為執行業務者，以一年為限。</p> <p>於本法第九十九條之十三第二項規定之區域從事遙控無人機飛航活動時，其活動申請，直轄市、縣(市)政府另有規定者，不受第二項規定之限</p>	<p>時間審慎評估，爰但書規定應於活動日三十日前提出申請。</p> <p>二、第二項訂定政府機關(構)、學校或法人於直轄市、縣(市)政府公告之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動之申請同意程序。如該活動區域涵蓋不同縣市時，應向起飛地點所在地政府提出申請，由所在地政府會請跨縣市政府同意。本項所稱之相關中央主管機關係指依本法第九十九條之十三第二項規定提請直轄市、縣(市)政府公告區域範圍之中央機關。</p> <p>三、為能及時得知遙控無人機活動情形，於第三項訂定政府機關(構)、學校或法人應於每次活動前、後於指定時間內至指定之資訊系統進行飛航資訊登錄(如高度、經緯度等)。</p> <p>四、第四項訂定第一項及第二項之同意文件期限，以三個月為限。但政府機關為執行業務者，得延長至一年。</p> <p>五、第五項訂定直轄市、縣(市)政府依本法第九十九條之十三第二項公告之管理事項，如另行訂定申請期限、其他限制或同意程序等，得不受第二項規定之限制。</p>
--	--

<p>制。</p>	<p>六、考量遙控無人機於農業用途使用之特性，其作業時間易連續超過三個月而有別於其他遙控無人機之飛航活動，另配合行政院農業委員會利用衛星定位導航科技建置智慧農業耕作環境之規劃，爰於第四項但書增列經農政機關登記合格之法人，其從事本法第九十九條之十四第一項第二款以遙控無人機投擲或噴灑、第三款裝載危險物品及第六款日落後至日出前之活動時，其活動申請許可期間以六個月為限之規定，以便利農民使用遙控無人機執行施肥、施藥、播種、投放生物防治材料、投餌等用途；另將政府機關為執行業務之申請許可期限延長一年之機制修正為其申請期限以一年為限，以資遵循。</p>
<p>第三十二條 政府機關(構)、學校或法人從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款規定之操作限制活動時，應於活動日十五日前檢附活動計畫書(附件十四)向民航局申請許可；於人群聚集或室外集會遊行上空活動，應檢附直轄市、縣(市)政府及相關中央主管機關同意文件。</p>	<p>一、第一項訂定政府機關(構)、學校或法人從事本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款規定之操作限制活動時之申請許可程序；另於人群聚集或室外集會遊行上空活動，應檢附直轄市、縣(市)政府同意文件。 二、第二項訂定經許可後，應於每次活動前、後於指定之資訊</p>

<p>前項活動應於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。</p> <p>第一項申請之許可期限，以三個月為限。但經農政機關登記合格之法人於從事本法第九十九條之十四第一項第二款、第三款及第六款飛航活動時，以六個月為限；政府機關為執行業務者，以一年為限。</p>	<p>系統所規定之指定時間內進行飛航資訊登錄(如高度、經緯度等)。</p> <p>三、第三項訂定第一項申請之許可期限，以三個月為限。但政府機關為執行業務者，得延長至一年。</p>
<p>第三十二條之一 相關中央主管機關依第三十一條第二項或前條第一項規定之同意，得委託政府機關 構或團體為之。相關中央主管機關依前項規定為委託時，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。</p>	<p>一、本條新增。</p> <p>二、考量各中央主管機關轄於直轄市、縣市政府區域內有劃設遙控無人機禁止或限制區域之需求，為便利後續飛航活動同意作業之申辦，爰參考行政程序法第十五條、第十六條之規定及本法第九十九條之十八之體例，新增得由中央主管機關委託政府機關(構)或團體，如財政部委託財政部印刷廠或鐵道局委託台灣高鐵公司等，辦理遙控無人機飛航活動同意作業並刊登於政府公報。</p>
<p>第三十三條 災害應變時，於各級政府依災害防救法規定劃定之警戒區域或指定區域內，從事遙控無人機飛航活動應聽從各級政府災害應變中心指揮官統一指揮調度，並由各級政府</p>	<p>一、第一項訂定發生災害防救法第二條定義之災害時，遙控無人機所有人及操作人欲從事勘查、搜救、災情資料收集、新聞報導等事項時，應遵守災害防救法之規定，統一聽從中央</p>

<p>災害應變中心向民航局申請同意。</p> <p>災害之預防、復原重建或災害以外之緊急情況發生時，於權責機關劃定之警戒區或指定區域內，從事遙控無人機飛航活動應聽從現場指揮官或權責機關指定之現場負責人員統一指揮調度；如警戒區或指定區域位於本法第九十九條之十三第一項及第二項範圍內，由現場指揮官或權責機關指定之現場負責人員向民航局或直轄市、縣(市)政府申請同意；如活動涉及本法第九十九條之十四第一項第一款至第八款者，應向民航局申請核准。</p> <p>前二項活動應於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。</p>	<p>或地方政府依災害防救法規定所成立之災害應變中心指揮及調度，經申請同意後從事飛航活動，所有人及操作人不得擅自從事飛航活動。</p> <p>二、第二項訂定災害之預防、復原重建或災害以外之緊急情況發生時，如火災、海洋汙染等，於權責機關劃定之警戒區或指定區域內，應聽從現場指揮官或權責機關指定之現場負責人員統一指揮及調度，如該範圍涉及禁航區、限航區、航空站或飛行場四周一定距離範圍及直轄市、縣(市)政府公告之禁止、限制區域內，由現場指揮官或權責機關指定之現場負責人員向該等區域之機關申請同意；如涉及相關操作限制者，應申請核准，始得從事飛航活動。</p> <p>三、本條所稱申請同意或核准之方式，得以電話紀錄、傳真或其他書面紀錄為之，以簡化申請流程。</p>
<p>第三十四條 政府機關為執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務，需於本法第九十九條之十三第一項公告之航空站或飛行場四周之一定距離範圍內、第二項公告之禁止、</p>	<p>一、為便利政府機關執行災害防救、偵查、調查、矯正業務等法定職務，有立即性或保密性之任務，第一項訂定得經申請同意後，不受本法第九十九條之十三第一項公告之航空站或</p>

<p>限制區域內從事遙控無人機飛航活動或從事本法第九十九條之十四第一項第二款至第八款之活動，經申請民航局同意者，不受第三十一條第一項及第二項、第三十二條第一項規定之限制。</p> <p>民航局得於前項同意文件內註明從事遙控無人機活動應注意事項。</p> <p>第一項同意文件有效期限為二年，期限屆滿前三十日內，得向民航局申請延展。</p>	<p>飛行場四周之一定距離範圍內、第九十九條之十三第二項公告之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動或從事本法第九十九條之十四第一項第二款至第八款之活動限制。</p> <p>二、第二項訂定相關之注意事項限制得註明於同意文件內。</p> <p>三、第三項訂定第一項之同意文件效期為二年，得於屆期前三十日內，申請延展。</p>
<p>第三十五條 政府機關(構)、學校或法人應保存遙控無人機之註冊號碼、活動日期、活動區域或飛航軌跡、飛航時間、飛航性質、操作人員姓名、維護或修理、改裝等紀錄，並保存二年。</p>	<p>訂定政府機關(構)、學校或法人應保存遙控無人機相關資料及紀錄，並應保存二年，以利日後之查閱。</p>
<p><b>第六章 飛航安全相關事件之通報及處理</b></p>	
<p>第三十六條 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二十四小時內填具飛航安全相關事件報告表(附件十五)通報民航局：</p> <p>一、運輸事故調查法所規定之遙控無人機飛航事故。</p> <p>二、最大起飛重量二公斤以上</p>	<p>訂定遙控無人機所有人或操作人於操作遙控無人機時，發生飛航安全相關事件時，應於發生或得知消息後二十四小時通報及備查之規定。</p>

<p>且裝置導航裝置之遙控無人機遭受實質損害或失蹤。</p> <p>三、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。</p> <p>四、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。</p> <p>五、發生與其他航空器或障礙物接近或碰撞之事故。</p>	
<p>第三十七條 遙控無人機發生前條飛航安全相關事件，於有下列情形之一時，民航局得暫停遙控無人機之操作或飛航活動：</p> <p>一、事件調查之需要。</p> <p>二、為穩定當事人情緒。</p> <p>三、為加強人員訓練。</p> <p>四、其他影響飛航安全之情況。</p>	<p>為維護飛航安全並能遂行調查作業，訂定遙控無人機之操作或飛航活動發生第三十六條所述之飛航安全相關事件時，得要求暫停從事遙控無人機之操作或飛航活動。</p>
<p><b>第七章 附則</b></p>	
<p>第三十八條 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，應檢附下列文件向民航局申請認可後，始得依本法相關規定於臺北飛航情報區內從事遙控無人</p>	<p>一、參酌美國聯邦航空署對於外國人於境內從事飛航活動之規定，第一項訂定外國人如領有外國政府核發之註冊、檢驗合格及操作證等證明文件者，應檢附相關文件申請認可後，始</p>

<p>機飛航活動：</p> <p>一、申請書(附件十六)。</p> <p>二、護照影本。</p> <p>三、外國或地區所核發之遙控無人機註冊、檢驗合格及操作證之證明文件；證明文件為英文以外之外文者，應附中文譯本。</p> <p>前項外國人之遙控無人機註冊、檢驗及操作證認可，自發給之日起有效期限最長為六個月。</p> <p>臺灣地區無戶籍之國民或外國人領有許可停留或居留六個月以上之證明(件)者及大陸地區人民、香港或澳門居民，經許可停留或居留一年以上者，得依第四章規定申請各項操作證。</p> <p>外國政府機關(構)、學校或法人於臺北飛航情報區內從事遙控無人機飛航活動時，不適用第五章第二節之規定。</p>	<p>得依本法相關規定於臺北飛航情報區內從事遙控無人機飛航活動。</p> <p>二、臺北飛航情報區係指我國飛航情報中心提供飛航情報及守助服務所劃定之區域。</p> <p>三、第二項訂定外國人之遙控無人機註冊、檢驗合格及操作證認可，自發給之日起有效期限最長為六個月。</p> <p>四、第三項訂定臺灣地區無戶籍之國民或外國人領有許可停留或居留六個月以上之證明(件)者及大陸地區人民、香港或澳門居民，經許可停留或居留一年以上者，得依第四章規定申請各項操作證。</p> <p>五、為保障我國產業從事遙控無人機相關商業活動之機構權益，第四項訂定外國政府機關(構)、學校或法人於臺北飛航情報區內從事營利相關活動，不適用第五章第二節之規定。</p>
<p>第三十九條 本規則各項申請及通報作業得於民航局所指定之資訊系統以電子化方式為之。</p>	<p>為配合政府E化政策，增進行政效率，訂定依本規則辦理註冊(銷)、檢驗、認可、操作證、活動許可、製造者登錄、飛航安全相關事件之通報等事項，包含第六條、第七條、第十條、第十二條、第十三條、第十四條、第十</p>

	<p>五條、第十六條、第二十條、第二十三條、第二十四條、第三十一條、第三十二條、第三十四條、第三十五條、第三十六條、第三十八條等，得於指定之資訊系統以電子化方式申辦。</p>
<p>第四十條 本規則各項申請費用依附件十七規定收取之。</p>	<p>訂定依本規則之規定辦理註冊、檢驗、認可、測驗等事項，及領取相關書證時應繳納之規費。</p>
<p>第四十一條 於本規則施行前，經民航局檢驗合格或認可並取得相關證明文件之遙控無人機，其設計、製造、改裝者或所有人，得於本規則施行後，向民航局申請發給相關檢驗合格證或認可文件。</p> <p>於本規則施行前，經民航局評鑑合格並取得相關證明文件之操作人，得於本規則施行後，向民航局申請發給相關操作證。</p>	<p>一、本規則施行前，國防、公務機關及以政府經費進行研究、測試、展示之單位，依據航空公報申請從事遙控無人機飛航活動多年，考量本法施行後，市場上未持有相關檢驗合格證或認可證明文件之遙控無人機皆不得從事飛航活動，將造成不小衝擊。為能滿足政府機關(構)、學校及法人等執行公務，維護公眾利益之需求，並將衝擊降至最低且有緩衝期間，訂定第一項規定，於本規則施行前，如依公告之遙控無人機預先檢驗實施計畫執行檢驗合格或認可並取得相關證明文件之遙控無人機，其設計、製造、改裝者或所有人得於本規則施行後，申請發給型式檢驗合格證、實體檢驗合格證、特種實體檢驗合格證或認可文件。前述遙控無人機預先檢驗</p>

	<p>實施計畫內容並將落實納入本規則內，俾使本規則施行前、後之作法一致。</p> <p>二、考量本法正式施行後，政府機關(構)、學校及法人等所屬人員未持有相關之遙控無人機操作證者，不得從事遙控無人機活動，對於執行公務及維護公眾權益等事項影響甚鉅。另，本法實施後，報考遙控無人機操作證者(包含一般民眾及政府機關(構)、學校及法人等所屬人員等)人數眾多，受限於測驗作業資源及能量，恐無法於短期內完成測驗及給證，造成公務機關無法從事飛航作業而損害公益需求並衍生民怨。為將衝擊降至最低並有緩衝期間，訂定第二項規定，於本規則施行前，如依公告之遙控無人機操作證預先評鑑實施計畫執行遙控無人機操作證測驗合格並取得相關證明文件之操作人，得於本規則施行後申請發給操作證。前述遙控無人機操作證預先評鑑實施計畫之測驗項目內容並將落實納入本規則內，俾使本規則施行前、後之作法一致。</p>
<p>第四十一條之一 自中華民國一</p>	<p>一、本條新增。</p>

<p>百十年五月十五日以後，於中央流行疫情指揮中心之成立期間，因民航局暫停遙控無人機之檢驗或換發操作證業務，而有下列各款情形之一者，申請人應敘明理由並檢附相關文件，經申請民航局核准後，核發效期不逾三個月之延長效期證明文件：</p> <p>一、無法於第十五條第四項所定期限內申請重新檢驗。</p> <p>二、無法於第二十三條第二項所定期限內申請換發操作證。</p> <p>自中華民國一百十年五月十五日以後，於中央流行疫情指揮中心之成立期間，因民航局暫停遙控無人機操作人之測驗業務，而無法於第二十二條第一項所定期限內完成術科測驗，申請人應敘明理由並檢附相關文件，經申請民航局核准後，得延展三個月。</p> <p>經依前二項核准延展者，如於延展期間持續受疫情影響，得申請民航局再予延展。</p>	<p>二、自中華民國一百十年五月十五日以後，於中央流行疫情指揮中心之成立期間，因民航局暫停遙控無人機之檢驗、換發操作證、操作人之測驗業務，致無法符合期限要求之規定者，第一項及第二項明定可敘明理由並檢附相關文件，經申請民航局核准後，發給檢驗合格證或操作證之延長效期證明文件，及延展學科測驗通過日一年內完成術科測驗之期限。</p> <p>三、考量疫情影響，如於延展期間內無法完成重新檢驗、換發操作證或術科測驗，而有再次延展之需求者，爰明定第三項，經依前二項核准延展者得申請核准再予延展之規定，以資適用。</p>
<p>第四十二條 本規則施行日期，由交通部定之。</p>	<p>訂定本規則施行日期。</p>

### 遙控無人機管理規則附件一覽表

附件一	遙控無人機註冊、變更註冊及延展有效期限申請書
附件二	遙控無人機型式檢驗申請書
附件三	遙控無人機型式檢驗合格證
附件四	遙控無人機型式檢驗合格標籤樣式
附件五	遙控無人機自國外進口檢驗認可申請書
附件六	遙控無人機試飛活動申請及管理規定
附件七	遙控無人機實體檢驗合格證
附件八	遙控無人機特種實體檢驗合格證
附件九	遙控無人機操作證相關規定
附件十	遙控無人機操作人學、術科測驗申請書
附件十一	遙控無人機人員操作證申請書
附件十二	術科測驗用遙控無人機規格
附件十三	政府機關(構)、學校或法人作業手冊
附件十四	政府機關(構)、學校或法人活動計畫書
附件十五	遙控無人機飛安相關事件報告表
附件十六	外國人遙控無人機註冊、檢驗及操作證認可申請書
附件十七	費用標準

## 『遙控無人機學科測驗指南』

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> 》





**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/IIIc 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。

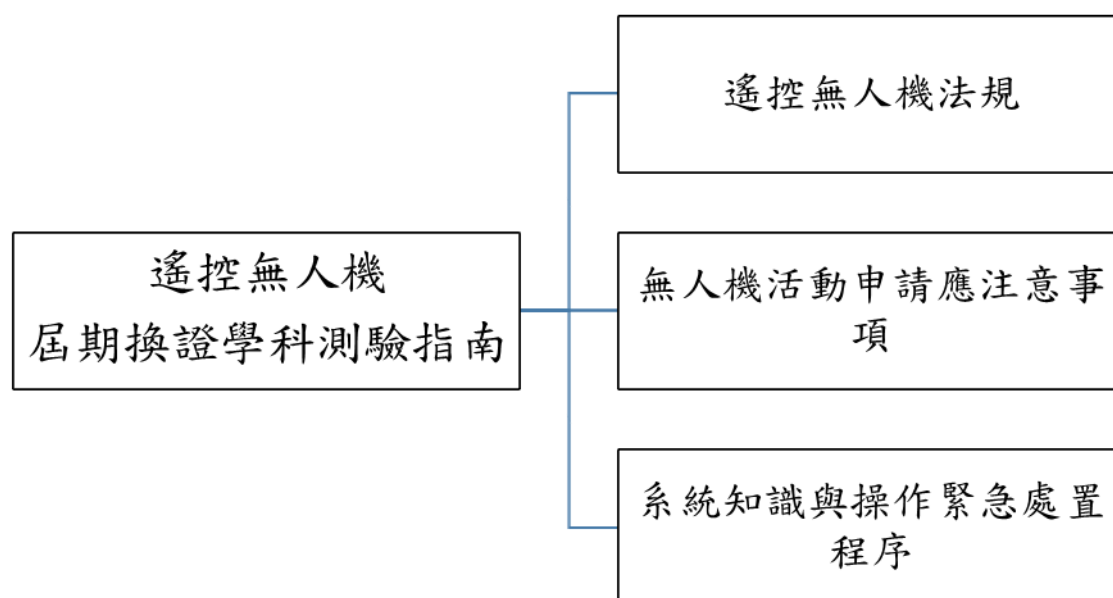


圖 1 屆期換證學科測驗指南架構

## 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。

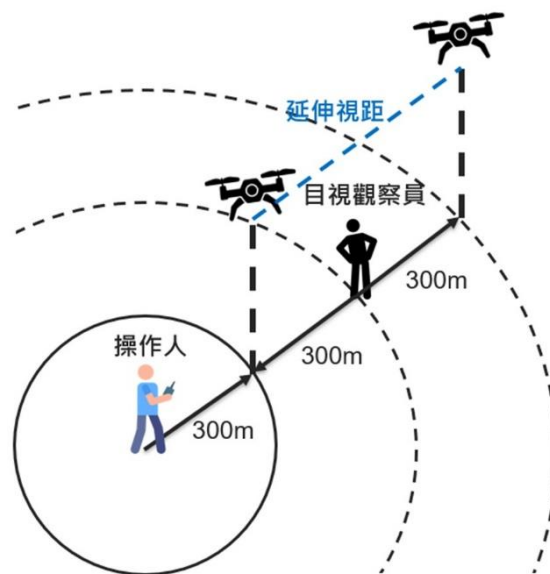


圖 2 延伸視距飛航示意圖

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。



中華民國交通部民用航空局©2019 版權所有 | 服務電話：0800211798  
10548 臺北市敦化北路340號 | 總機：02-2349-6280 (代表號) | 傳真：02-2349-6277  
客戶服務中心: 免付費0809-086-507 · 手機請撥02-7735-2807  
遙控無人機信箱: drone@mail.caa.gov.tw  
民航局無人機辦公室各項業務諮詢電話  
一、無人機註冊、檢驗、飛安事件：02-2349-6141  
二、飛航活動申請、飛航通告、保險：02-2349-6317(6316)  
三、能力審查：02-2349-6316(6180)  
四、操作證：  
(一)學科測驗：02-2349-6356(請假請依考試通知單逕洽各考場聯絡人)  
(二)術科測驗：02-2349-6077  
(三)體格檢查：02-2349-6164  
(四)操作證展延：02-2349-6177  
(五)操作證申請：02-2349-6356  
業務諮詢時間：星期一至星期五 上午 08：30 ~12：30 下午 01：30 ~05：30

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>未達 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」

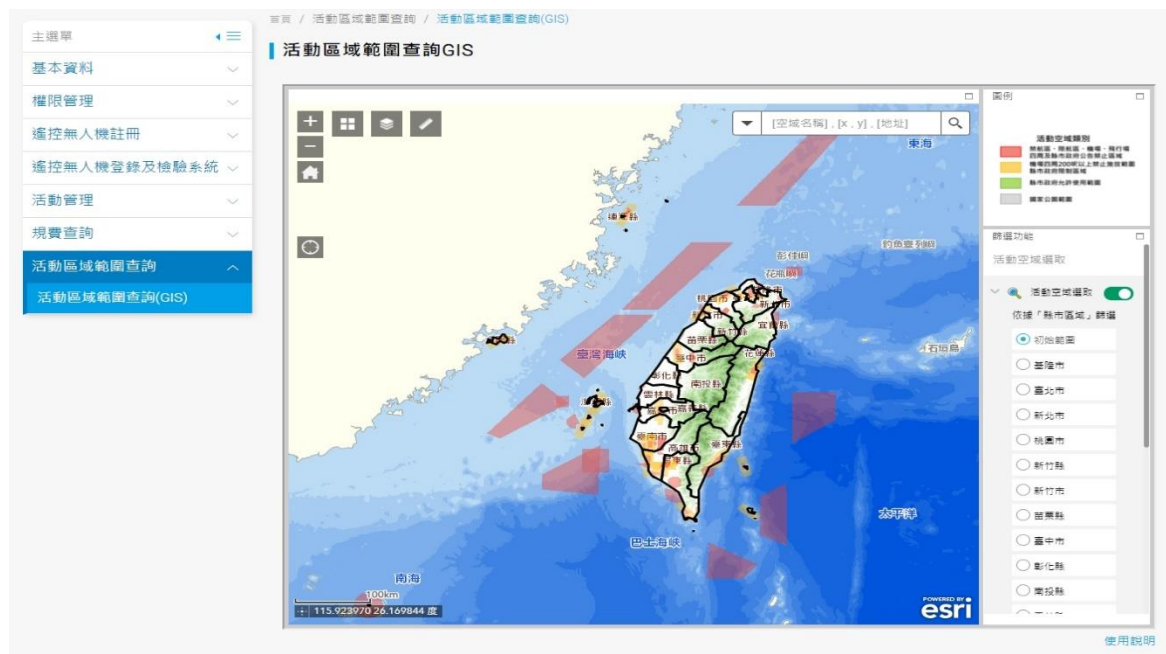


圖 5 活動區域範圍查詢模組

(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 )。

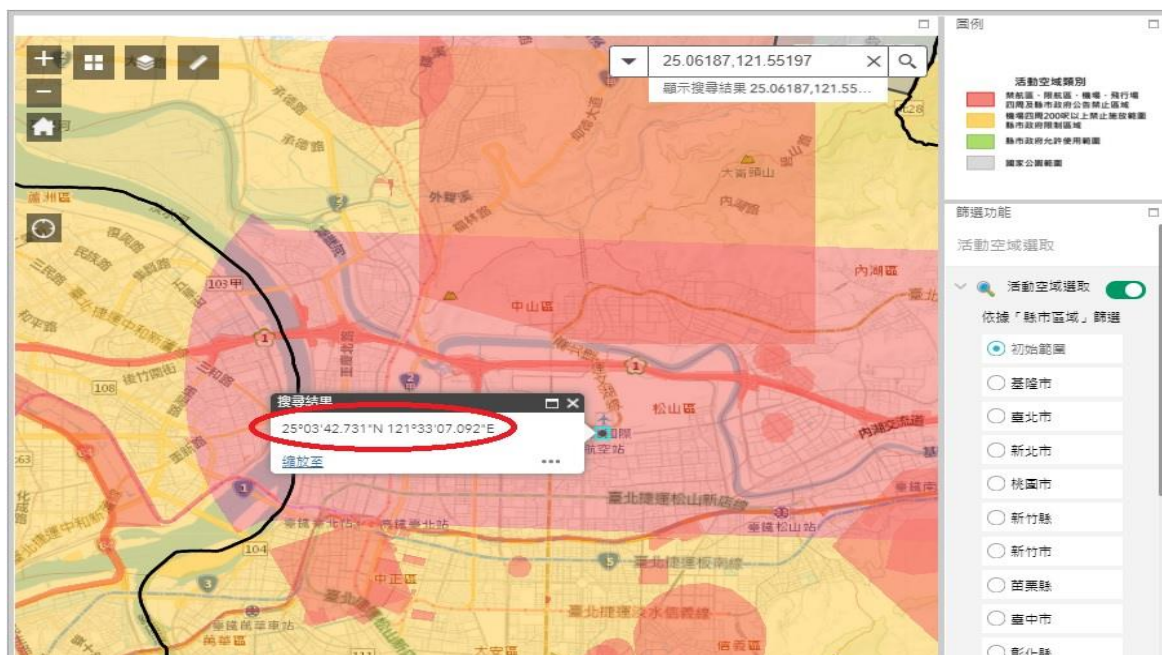


圖 6 遙控無人機管理資訊系統-度分秒換算



(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。

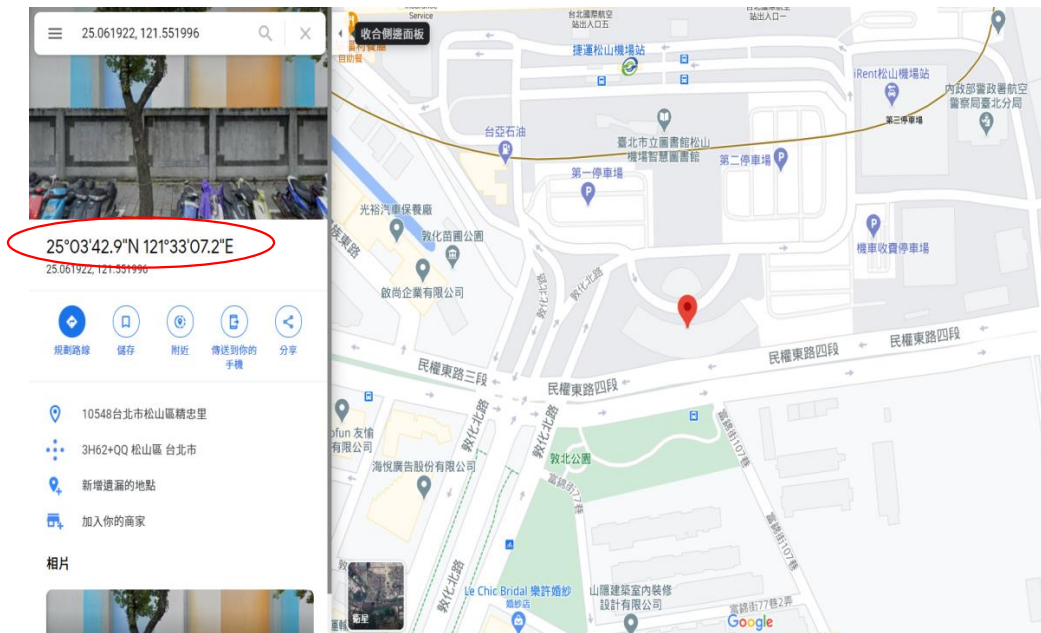


圖 9 以度分秒表示的經緯度座標（紅圈處）

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）以下適用之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。

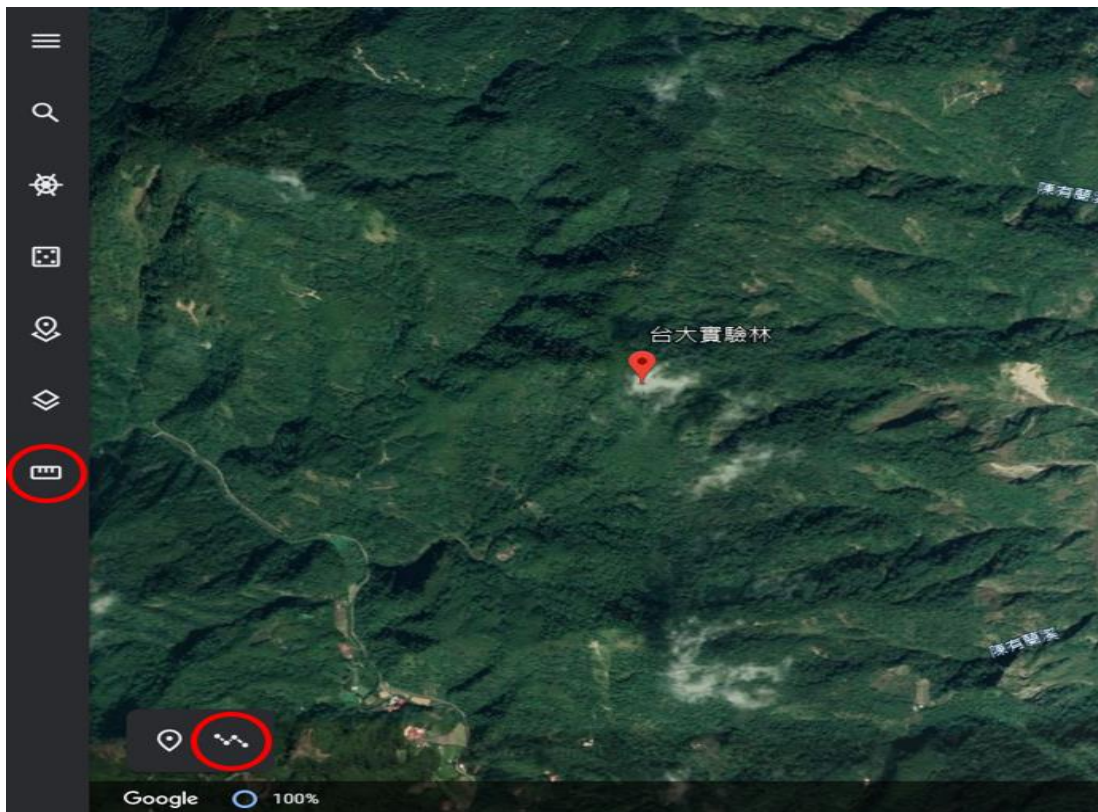


圖 10 「繪製線條或形狀」與「測量距離和面積」（紅圈處）

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。

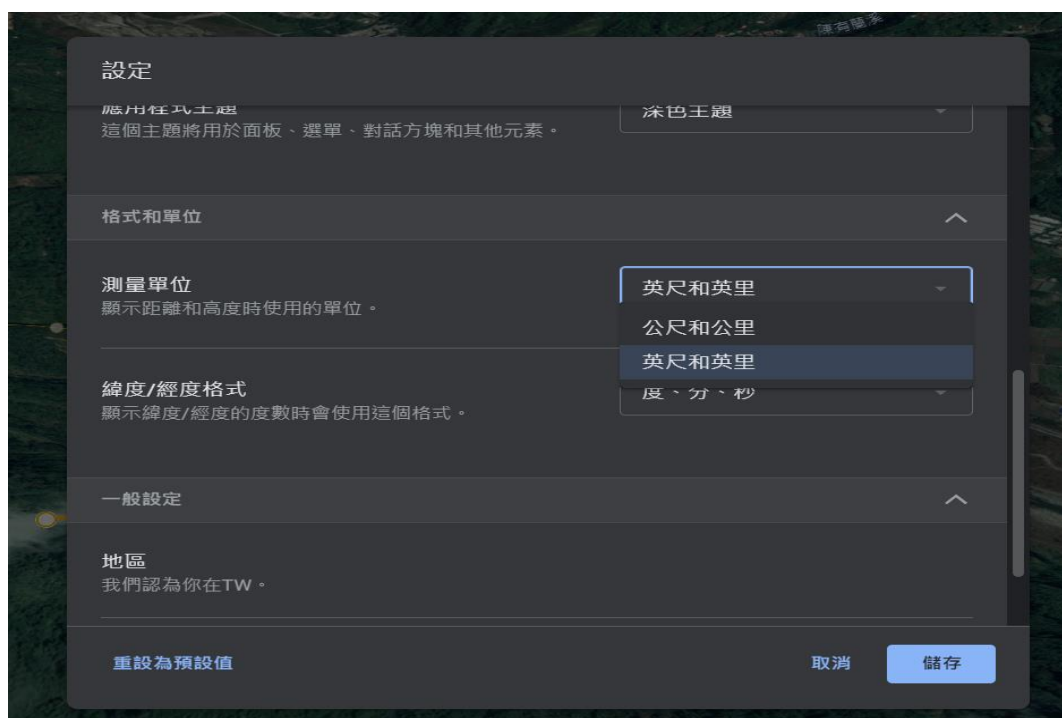


圖 12 轉換至英制單位

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，確證已超過距地表 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

依「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重大飛航事故（定義詳述於 3.5.1）。
  - ※ 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

---

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

#### 無人機資料

無人機資料註冊狀態  已註冊  未註冊

\* 註冊號碼  請輸入註冊號碼  
 \* 自製  請選擇  
 \* 廠牌  請選擇  
 \* 型號  請選擇  
 \* 序號  請輸入序號

廠牌  請選擇 其它  請輸入其它廠牌  
 型號  請選擇 其它  請輸入其它型號  
 序號  請輸入序號

#### 飛安事件資料

\* 起飛時間  請點選日期 \* 發生時間  請點選日期  
 \* 起飛地點  請選擇  請選擇  請輸入地址  
 請選擇經緯度   
 \* 目的地  請選擇  請選擇  請輸入地址  
 請選擇經緯度   
 \* 發生地點  請選擇  請選擇  請輸入地址  
 請選擇經緯度

\* 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  請輸入事件簡述

附件

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重大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。
  - ※ 實質損害：指遙控無人機損壞無法修復者。
3. 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°稱為民用曙光/民用暮光(日出前/日落後約 24 分鐘)，12°稱為航海曙光/航海暮光(日出前/日落後約 48 分鐘)，18°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  $V(\text{伏特})$ ，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  $\text{mAh}$ (毫安培小時)。如  $1000\text{mAh}$  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 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)， $\text{功率} = \text{功(能量)}/\text{時間(J/t，焦耳/秒)}$

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)， $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$ ；英制單位為馬力(HP，horse power)， $1\text{ HP} = 746\text{ W}$ 。

6. 無人機機翼的升力公式為？

答： $L = \frac{1}{2}C_L\rho V^2S$ 。

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  $25.2 \text{ V}$ 。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 30C 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：

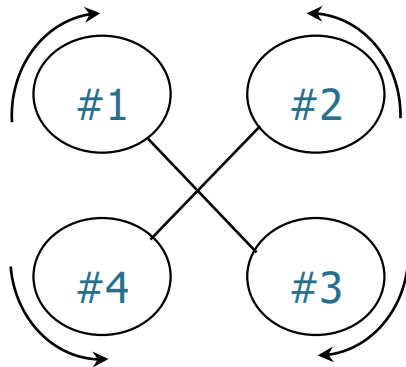


圖 17 無人多旋翼機排列示意圖

- (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> 》

