

簡介

航拍機是無人駕駛飛機(Unmanned Aerial Vehicle UAV 無人機)的一種，當中的四軸多旋翼航拍機(航拍機)機械結構簡單，四個旋翼大小相同，分布位置對稱，只需調校旋翼之間的相對速度，便可完成所有飛行動作，操控容易而且飛行穩定，難怪它成為最受歡迎的航拍機機種。但市面上有許多航拍機，價錢、重量和規格差距非常大，在選擇機型時，我們應該先了解航拍機的重量限制跟香港相關法例和安全操作指引的關係，再根據硬件規格和操作介面，決定適合的航拍機。

目錄

- I. 航拍機的重量
- II. 香港相關法例
- III. 操作航拍機的一般安全操作指引
- IV. 硬件規格/技術
- V. 操作介面



I. 航拍機的重量 (不計電池)

250 克或以下： 極受環境影響，只適合在明亮和微風的環境下飛行，較適合在戶內使用。此類別航拍機不受規管，但須遵守相關法例及民航處操作無人機的一般安全操作指引。

重量 250 克以上至不超過七千克： 現時最多人使用的機種，較為中小學使用。作非出租或受酬用途，無需向民航處申請。然而，操作員須遵守相關法例及民航處操作無人機的一般安全操作指引。另外，港府擬立法規管此類別的小型無人機，提出此類別的無人機必須實名註冊及購買第三者責任保險五百萬元。

七公斤或以上： 屬專業和戶外飛行機種，每次飛行路線計劃均要向民航處申請。不適合中小學用。

II. 香港相關法例

《1995 年飛航 (香港) 令》訂明任何人士不得罔顧後果或疏忽地引致或容許無人機對他人或財產安全構成危險，可處罰款 5,000 元及監禁兩年。另外，放飛航拍機時亦需遵守其他規則和香港法例，如通訊事務管理局就頻譜使用的要求，《個人資料 (私隱) 條例》，或《香港鐵路附例》

(攝影) 等等。在郊野公園未得批准放飛動力遙控飛機(不包括利用旋翼推動的航拍機)，可被罰款 2,000 元及監禁三個月。

III. 操作航拍機的一般安全操作指引

以下是適用於七公斤以下航拍機的安全操作指引(七公斤或以上的另有更嚴格的要求):

1. 不得放飛的地方

- (i) 不得在機場及飛機升降航道範圍附近放飛航拍機，包括：
 - 香港國際機場五公里範圍內的區域；
 - 大嶼山北部沿岸地區；
 - 大欖涌至荃灣沿岸及青衣島一帶；
 - 維多利亞港一帶及沿岸地區；和
 - 石崗一帶。
- (ii) 不得在人多及擠迫的地方上空放飛航拍機；
- (iii) 不得飛越或飛近任何與之碰撞時會產生危險的物體或設施，亦不得因飛越或飛近任何設施而影響或可能影響該設施的秩序和紀律及對該設施的管制；
- (iv) 另外，根據《飛航（飛行禁制）令》，竹篙灣一帶（包括**欣澳和**迪士尼樂園）屬於飛行禁制區。任何飛機，在任何時間均不得在海拔 4000 呎以下的高度飛越飛行禁制區。亦有航拍機供應商提供禁飛地圖，有興趣人士可自行在瀏器搜尋關鍵字詞「禁飛地圖」。

2. 選擇合適的飛行地點

選擇適當的飛行地點不僅可以減低發生意外的可能性，更可提高飛行的樂趣。航拍機飛行熱點:

- (i) 元朗大棠；
- (ii) 元朗南生圍；
- (iii) 沙田下城門水塘堤壩；
- (iv) 金山郊野公園；
- (v) 數碼港海濱長廊；
- (vi) 沙田科學園；
- (vii) 西貢大坳門；
- (viii) 將軍澳工業村。



適當的航拍機飛行地點，除須顧及航空安全外，還須：

- (i) 遠離人群、船隻、車輛或構築物；
- (ii) 遠離直升機坪；
- (iii) 遠離一切可干擾無線電訊息的電源，例如電線、變壓站、高壓電線和變壓塔等；

- (iv) 地勢平坦，可讓航拍機升降自如；和
- (v) 讓操作者視野清晰無阻，能夠清楚看見飛行中的航拍機。

3. 操作高度

操作高度不得超過地面以上 300 呎 (約 90 米)。

4. 操作時間

航拍機的操作時間只限白晝(日出之後和至日落前)。

5. 天氣條件

- (i) 航拍機只應在良好的能見度和天氣情況下操作。
- (ii) 在天色昏暗、下雨或強風時，不應放飛航拍機(每一航拍機的馬力/飛行速度均不同，例如：秒速 3-22.2 公尺或時速 10.8-80 公里，限飛風速相差可以很大，詳情請參閱各航拍機的使用手冊)。當暴雨警告、熱帶氣旋警告或強烈季候風信號生效時，不得放飛航拍機。

6. 控制航拍機

操作員必須身處現場，並確保航拍機在整個飛行過程中維持在其視線範圍內操作，即操作員須與航拍機保持直接目視，以監測飛行路線，避免碰撞。

7. 安全檢查

操作員須在操作前對航拍機 (包括鋰電池) 作安全檢查。

IV. 硬件規格/技術

1. 機架/外殼/翼槳防撞欄柵

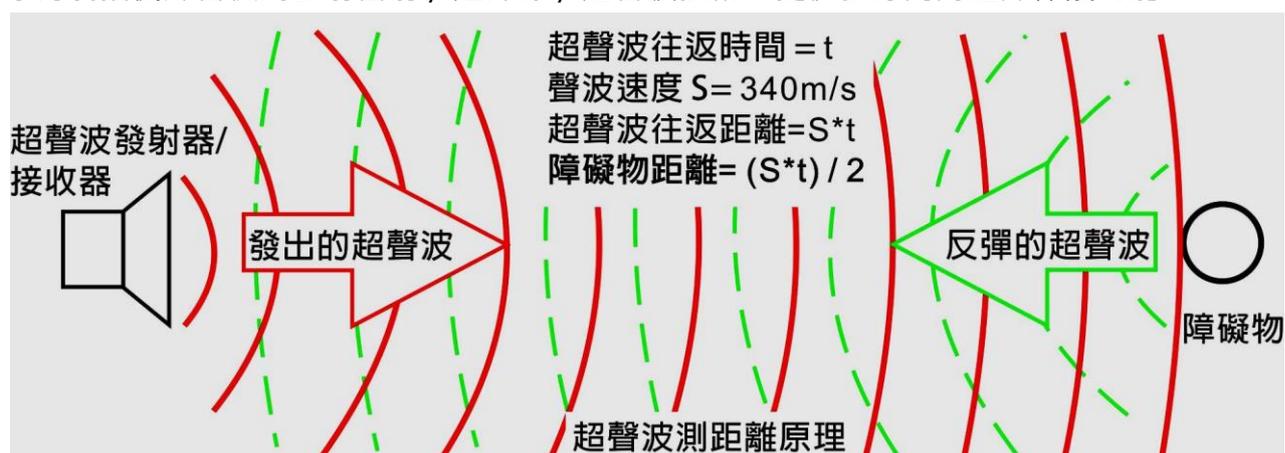
航拍機難免發生意外，所以旋翼必須裝設防撞欄柵，以減低傷人或旋翼破裂的機會。機架、外殼和翼槳防撞欄柵等，適合採用質輕、堅韌耐撞的物料。



2. 飛行控制系統(飛控)

航拍機起飛後/無接收指令時會懸停在固定位置、電源耗盡前會自動降落、失去遙控訊號會自動返航戶外起飛位置，都是飛控的功能例子。

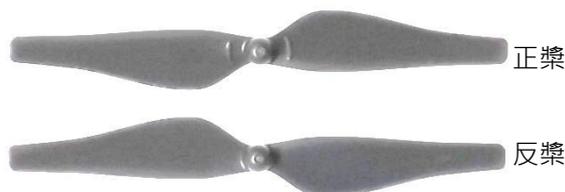
- 飛控一般會內置控制器/微處理器、電子陀螺儀 (感測與維持方向的裝置)、電子加速感應器和氣壓計等傳感器。所有配備自動返航功能的飛控，都內置衛星定位模組，一些高階的航拍機更設有雙定位模組，例如:GPS (全球定位系統.美國) + GLONASS (格洛納斯系統.俄羅斯)。
- GPS 可以為地球表面絕大部分地區提供定位和測量速度。系統主要由 24 顆 GPS 衛星構成，定位模組只要接收到 4 顆或以上衛星的訊號，就能迅速確定航拍機所處的位置及海拔高度；接收到越多顆衛星的訊號，解碼出來的位置就越精確。
- 一些初學者較為緊張，容易誤判操作方向，碰撞障礙物。飛控若設有自動避障的保護功能，能讓初學者更安心使用。而且，航拍機在斷線後的自動回航的情況下，此功能亦能發揮效用。避障保護的工作原理是以傳感器判斷周遭物件與機身的距離，然後飛控透過推進系統的電子調速控制器改變馬達轉速，停止繼續接近障礙、甚至是繞過障礙。
- 航拍機常用的測距是透過發射超音波 / 紅外線 / 雷射，然後計算電波反射到傳感器的時差，估算障礙物與自身的距離；但這種方法感知範圍狹窄、距離不多於 10 米。受惠於晶片技術的急促進步，晶片的運算能力越高，有些航拍機以建基於雙目視差，透過雙目攝影機的細小視差，計算障礙物與航拍機之間的距離，感測距離可遠至 30 米。有些航拍機採用多個視覺避障模組，亦有航拍機綜合使用發射雷射 / 紅外線 / 超音波技術，提供多方向的避障保護功能。



3.推進系統

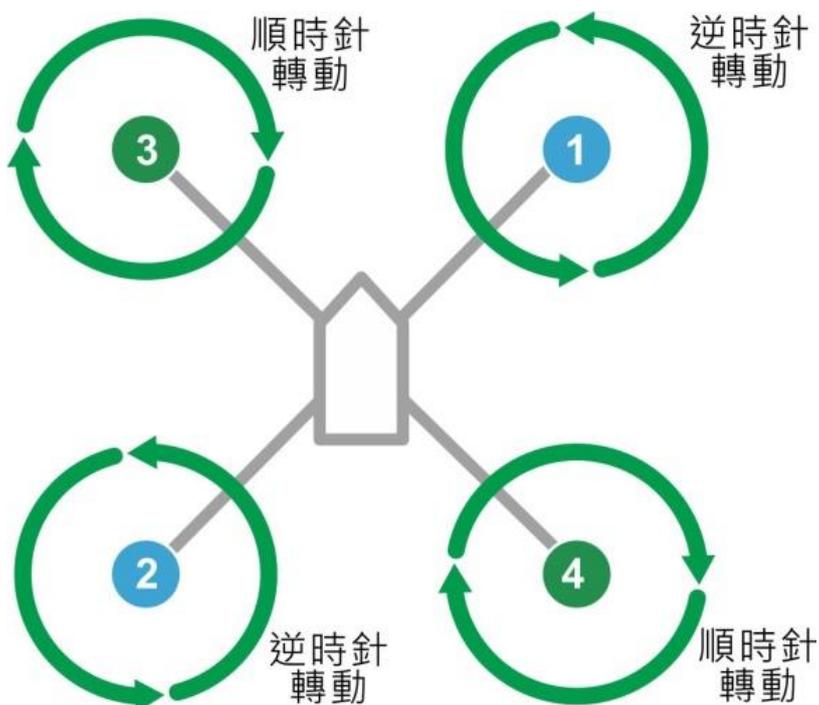
航拍機的速度一般由時速 14-80 公里不等，在理想的天氣條件下，極速的航拍機更可達時速 102 公里。航拍機的推動系統主要由聚合物鋰電池 (第 6 頁有更詳細解說)、馬達和旋翼所組成。當旋翼運轉時，便可以帶動機體飛行。

- 大部分航拍機是使用無刷馬達。無刷馬達優點眾多，包括:體積輕巧、可控性、高效率、低雜訊、較耐用、更省電，當中的可控性配以系統內的電子調速控制器，讓它可以準確調節轉速，因為航拍機必須藉由精準控制每個旋翼的轉速，才能控制各種飛行動作。
- 航拍機均使用正反旋翼。試想一下，如果使用四個同樣的旋翼，並使它們往同樣的方向旋轉(例如順時針)，那麼旋翼都給航拍機逆時針的扭矩(旋轉力)，扭矩會造成航拍機在空中自轉而不能穩定飛行。為了抵消這種機體的自旋，需要一對旋翼順時另一對逆時轉動。事實上，航拍機所用的旋翼有正槳和反槳之分，一對正槳由順時針旋轉的馬達驅動，一對反槳則由逆時針旋轉的馬達驅動，每對旋翼都對稱放置。這樣不僅能夠使每個旋翼都產生向上的力，而且能夠使正槳和反槳給機體帶來的扭矩相互抵消，從而保證了航拍機飛行的穩定性。



· 四軸機飛行原理

- 四軸機透過飛行控制系統(飛控)精準調控不同馬達的轉速，使航拍機向各個方向飛行。
- 參看下圖，當四軸機要向前時，飛控便會發出指令加速 2 號及 4 號馬達，使四軸機向前傾斜，達至向前飛的效果。



- 同一原理，如果飛行器要向右加速時，2 和 3 號馬達便要加速。
- 如果控制對角馬達的速度，航拍機便會自轉。

4.遙控器

航拍機需要遙控器，讓使用者透過無線通訊技術來操控航拍機的飛行動作。部分初階機種使用手機作遙控器，在最理想的環境下，遙控距離可達 100 米(一般情況下少於 50 米)，中高階航拍機對遙控要求比較高，多使用獨立的實體遙控器，遙控器的遙控距離由 500-2000 米不等，但由於操作員須與航拍機保持直接目視，以監測飛行路線，避免碰撞，太遠的遙控距離對使用者沒有實際意義。

5.遙控信號接收器

航拍機內藏信號接收器，主要作用是讓航拍機接收由遙控器發出的指令訊號。四軸航拍機最少要有四條頻道來傳送訊號，以便分別控制四組馬達。

6.雲台相機

航拍機的鏡頭均能拍攝影片和相片，影片的解像度由 720P 至 4K 不等，而相片的解像度更可達 2 千萬像素。拍攝的影片若在手機或平板電腦觀看，720P 已十分足夠。除了要留意分辨率外也可多關注響影片流暢度的「畫面更新率」(FPS)，以不少於 24 格為佳，當然 FPS 越高越流暢。高階的航拍機已可拍攝 4K 60FPS 或 2.7K80FPS 的影片。

雲台是一種使用馬達和傳感器來支撐和穩定相機的支架，讓航拍機可以在飛行中鎖定目標，拍攝柔滑流暢的影像。雲台可以讓您調校攝拍角度、讓您在天空垂直俯瞰地面。只有高階的航拍機才會配備三軸雲台，提供最佳的影像穩定效果，但是它的成本比較高，而且一摔就壞。



7.電池及電量

- 聚合物鋰電池的重量輕，體積小，容量大，所以需要輕和大容量用電的航拍機，通常使用聚合物鋰電池。
- 聚合物鋰電池的標準電壓是 3.7-3.8V，充電電池的電量單位為 mAh (毫安培小時) 或 Ah (安培小時)，例如:3.8V 1100mAh 或 1.1Ah。1.1Ah 意思是: 電池能以 3.8V 電壓，1.1A 電流供電 1 小時 ($1.1A \times 1h = 1.1Ah$)。若需要以更大電流供電，供電時間便會減少，例如:同一電池以 4.4A 電流供電，供電時間減少至 1/4 小時 ($4.4A \times 1/4h = 1.1Ah$)。
- 電池的電量和航拍機的續航能力成正比，若上述 3.8V 1.1Ah 的鋰電池能為一隻輕巧的航拍機

提供 13 分鐘的飛行電量，理論上增加一倍電量可增加一倍的飛行時間。可惜，鋰電池的電量跟體積和重量成正比，電量的增加不單影響航拍機的體積，更會增加機體的荷重和縮短飛行時間。廠家要為航拍機的續航能力、重量和體積取捨，取得一個合理的平衡!市面上初階至高階航拍機的續航能力一般由數分鐘至三十多分鐘不等。為了得到更大的使用彈性，不少用家都會配備額外的同款電池，電池數量視乎各用家的實際需要。

- 聚合物鋰電池的充電電壓固定，一般為 4.2-4.35 V，充電時間主要受電池容量和充電電流影響，電量越大充電電流越小，充電時間越長。例如: 以 0.1A 的電流為已放電的 3.8V1.1Ah 鋰電池完全充電，需時約 11 小時 ($1.1\text{Ah} / 0.1\text{A} = 11\text{h}$)。若同一電池以 0.5A 電流充電、充電時間減少至 2.2 小時 ($1.1\text{Ah} / 0.5\text{A} = 2.2\text{h}$)。但切勿以過大電流為聚合物鋰電池充電，否則，**電池會過熱和縮短壽命**。
- 應使用原廠設備和建議，小心為充電電池充電。充電時切勿把設備放在易燃物料/雜物旁。

V. 操作介面

航拍機需要遙控器讓使用者透過無線通訊技術來操控航拍機的飛行動作。一般航拍機都會使用實體遙控器配以手機/平板電腦(板腦)作顯示屏，但部分初階航拍機會純使用手機/板腦和應用程式操控航拍機以節省成本，亦有部分高階的航拍機會使用內建顯示屏的一體化遙控器。

1. 手機/板腦顯示屏+ 應用程式遙控

省去實體遙控器，純粹用手機或板腦遙控航拍機的好處是省錢、簡單和便利，透過應用程式內虛擬搖桿或預設的動作按鍵便可控制飛行，甚至體感操作也可；但壞處是訊號很不穩定、容易斷線 (即使在市郊空曠環境，一般在 50 公尺左右便會出現訊號不穩甚至斷線)；而且，它不配備實體操控桿，手感較差，使用者需要多點時間適應，亦很難作出很精確的動作。

2 手機/板腦+ 實體遙控器

對遙控要求較高的航拍機都是以實體遙控器操控。使用手機或板腦展示航拍機的即時影像，由於這樣可節省不少成本，而且手機或板腦均十分普及，這安排十分合理。雖然實體遙控器比較笨重，更要安裝和接駁手機/板腦；但它的信號遠較手機穩定，實體操控桿手感較佳，而且遙控距離比較遠 (一般遙控範圍在 100 公尺或以上)。當熟習後就更易進行複雜、精準的飛行動作。



3.顯示屏一體化遙控器

有些高階的航拍機會不惜工本，使用內建高亮度顯示屏和可更新操作系統的一體化遙控器，好處是在陽光直射下影像仍清晰可見，擺脫操控遲緩和訊號干擾，讓航拍更高效、簡單，而且，啟動電源後即可迅速連接航拍機，無需等候安裝或接線，立即進入拍攝模式。

資料來源及鳴謝

題目

資料來源

- III. 操作航拍機的一般安全操作指引 https://www.cad.gov.hk/chinese/model_aircraft.html
https://www.cad.gov.hk/chinese/UAS_safetyguidelines.html