

# 香港專業無人機公會

## 小型無人機進階操作證書課程

### 訓練課程概要

理論知識授課包括 20 小時的訓練，學員私下的學習並不計算在內。一個訓練小時指 60 分鐘的教學，當中不包括任何休息及考試時間。一般情況下，每天的理論訓練時數不超出八小時。該等時數按以下比例大致分配：

總日數：4 日理論，2 日實機操作練習，1 日考試

第一日理論單元 1、2 + 電腦模擬

第二日理論單元 3、4 + 電腦模擬

第三日理論單元 5、6 + 電腦模擬

第四日理論單元 7 + 考試

第五日實習課練習 6 小時

第六日實習課練習 4 小時 + 2 小時考試

主題	訓練時數（理論）
規則及規例	2
電腦模擬飛行（全手動模式）	2
空域	2
地圖、量度單位及航行	2
飛機常識	4
氣象學	2
飛行技術及人為表現	2
操作手冊、飛行計劃及程序	6
22	

單元	主題	所涵蓋的範圍
1	規則及規例	1. 本地及非本地小型無人機監管機構 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹小型無人機相關監管機構及其監管職責，如國際民航組織、民航處、中國民用航空局、澳洲民航安全局、歐洲航空安</li> </ul>

		<p style="text-align: center;">全局、美國聯邦航空總署、英國民用航空管理局</p> <p>2. 《民航條例》及其附屬法例（主要為第 448G 章）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹相關的香港航空規例，如第 448A 章《空運（航空服務牌照）規例》、第 448C 章《1995 年飛航（香港）令》、第 448E 章《飛航（飛行禁制）令》及第 448G 章《小型無人機令》</li> <li>- 介紹其他相關的法例，如就使用無線電頻率而言第 106 章《電訊條例》及第 486 章《個人資料(私隱)條例》</li> <li>- 解說第 448G 章，包括但不限於： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 以風險為本模式的原則；</li> <li>- 小型無人機的分類（甲一類、甲二類、乙類、丙類）；</li> <li>- 註冊、標籤、設備、訓練及評核、保險及民航處事先批准的規定；</li> <li>- 操作規定；</li> <li>- 進階操作（見相應的小型無人機通告）及批准之申請（見 AC-002）；</li> <li>- 危險操作及致使或准許小型無人機危及人或財產的罪行；</li> <li>- 安全規定文件 – 列出第 448G 章內規定之細節以供公眾遵從；及</li> <li>- 按第 448G 章刊登的憲報</li> </ul> </li> </ul> <p>3. 民航處的小型無人機安全指引及規定文件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 講解民航處發佈的安全規定文件及指引內的條文</li> <li>- 介紹飛航公告(NOTAM)、香港航行資料匯編（AIP）及香港航行資料匯編增訂（AIP SUPP）</li> </ul> <p>4. 最近的低空經濟發展</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 大灣區</li> <li>- 通訊</li> <li>- 私隱</li> <li>- 電腦及資訊安全</li> </ul>
2	空域	<p>1. 空域分類及對包括小型無人機在內的飛機之限制</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹香港飛行情報區內的空域分類及高度(如 A、C、G 類空域)，及其應用</li> <li>- 按香港航行資料匯編辨識其他空域用家，例如作空中運動及休</li> </ul>

		<p>閒活動的用家，及上述活動的指定場地</p> <p>2. 香港小型無人機限制飛行區</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 按指定當局說明其飛行限制區的位置</li> </ul> <p>3. 其他適用的空域注意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 辨識包括其他空域用家，包括以下空中運動及休閒活動：滑翔傘活動、模型飛機飛行、飛行表演等</li> <li>- 按香港航行資料匯編辨識上述活動的指定場地</li> <li>- 辨識其他小型無人機的限制區域，例如 Cap. 448E 下的飛行禁區</li> </ul>
3	地圖、量度單位及航行	<p>1. 使用地圖及航圖</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 讓學員掌握有關經緯度、格網參考、等高線、障礙物等知識</li> <li>- 介紹及解讀香港本地飛行圖</li> <li>- 讓學員掌握飛行圖及圖例的解讀技巧</li> </ul> <p>2. 量度單位</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹航空用的量度單位，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 距離（海里、公里、米）</li> <li>- 海拔/ 高度（呎、米）</li> <li>- 方向（羅盤度數）</li> <li>- 飛機速度/ 風速（節、公里/ 小時、米/ 秒）</li> <li>- 重量（公斤、克）</li> <li>- 壓力（百帕斯卡、吋汞柱）</li> <li>- 能見度（公里）</li> <li>- 溫度（攝氏）</li> </ul> </li> <li>- 討論不同高度 (altitude) 的分別：地面以上(AGL)、海拔(AMSL)、高度 (elevation) 及由起飛點起計的高度</li> </ul> <p>3. 時間系統轉換</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹時間系統，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 協調世界時 (UTC)</li> <li>- 本地時間</li> <li>- 時間系統轉換</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 講解如何轉換不同系統內的日期及時間</li> </ul> <hr/> <p>4. 航行及限制的原理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹航行及限制的原理和相關要素，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地理座標系統、經緯度（經緯線、香港常用系統 – WGS84, HK1980, UTM）</li> <li>- 羅盤方位及度數</li> <li>- 慣性測量部件 (IMU)</li> <li>- 全球衛星導航系統 (GNSS) – 全球定位系統(GPS)、衛星導航系統 (GLONASS)、伽利略定位系統 (Galileo)、北斗衛星導航系統</li> <li>- 白晝及夜晚</li> <li>- 風對飛行方向 (Heading) 及飛行軌跡 (Track) 的影響</li> <li>- 影響以 GNSS 導航的表現之因素</li> <li>- 真北(True North)、磁北(Magnetic North) 及羅北 (Compass North) 的分別</li> <li>- 磁差 (Magnetic Deviation) 及磁變 (Magnetic Variation)</li> </ul> </li> </ul>
4	飛機常識	<p>1. 飛行原理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹定翼機、旋翼機及多旋翼機的飛行原理，包括以下範疇： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 空氣動力學、攻角 (Angle of Attack)、氣翼 (Aerofoil) 及相對氣流</li> <li>- 升力及阻力</li> <li>- 力學</li> <li>- 小型無人機在起飛／降落、水平飛行、爬升／下降及轉彎時，升力、重力、推力及阻力四力的作用</li> <li>- 重量限制、重心 (Centre of Gravity) 限制</li> <li>- 渦環狀態 (Vortex Ring State) 及下洗流 (Downwash)（包括遇到渦環狀態時的挽救措施）</li> <li>- 飛行高度</li> </ul> </li> <li>- 說明螺旋槳的基本運作原理，以及螺旋槳作為多旋翼小型無人機產生升力的裝置時旋轉的方向</li> </ul> <hr/> <p>2. 小型無人機的主要系統及組件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 講解下列小型無人機主要系統及組件的功用和操控方法： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 遙控器 及天線</li> <li>- 飛行控制部件</li> <li>- 指揮控制數據鏈路 (C2 Link)</li> <li>- 感測器及儀表</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 發動機</li> <li>- 推進部件</li> <li>- 電子調速器</li> <li>- 電池及動力系統</li> <li>- 羅盤及 GPS 部件</li> <li>- 飛機結構</li> <li>- 燈</li> <li>- 高度計（無線電、雷達、雷射、聲訊、視像）</li> <li>- 備用及系統備份</li> <li>- 安全系統</li> <li>- 說明系統及組件故障的後果</li> <li>- 講解失靈時的補救措施</li> <li>- 講解安全規定文件內訂明的設備要求</li> </ul> <p><b>3. 操作限制</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 說明小型無人機在以下方面的性能限制： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 飛行時間</li> <li>- 速度</li> <li>- 距離</li> <li>- 操作溫度</li> </ul> </li> <li>- 說明如何穩定地放飛小型無人機</li> <li>- 探討重量及最大起飛重量，重量應按《小型無人機令》定義</li> <li>- 探討負載物對小型無人機操作的影響</li> <li>- 說明甲一、甲二、乙類及丙類小型無人機的重量，及其適用的操作規定</li> </ul> <p><b>4. 保養及電池管理</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 探討小型無人機一般的保養及維修，及製造商的建議</li> <li>- 介紹電池的種類及鋰電池的安裝、運送、儲存、保養及棄置方式</li> <li>- 探討鋰電池的特性及潛在危險</li> <li>- 探討組件及負載物穩固的重要性</li> <li>- 以適當的檢查清單範本講解飛行前後檢查的重要性（參考民航處網站上的範本）</li> </ul>
5	氣象學	<p><b>1. 對小型無人機的影響</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 闡述以下天氣狀況及其對小型無人機的影響： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 風</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 降雨</li> <li>- 影響能見度的因素（霧、薄霧、塵埃、煙霞）</li> <li>- 低層雲</li> <li>- 雷暴</li> <li>- 結冰</li> <li>- 大氣壓力</li> <li>- 太空天氣</li> <li>- 電磁干擾</li> <li>- 上升對流</li> </ul> <p>2. 獲取及解讀天氣資訊</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹天氣資料來源</li> <li>- 探討適用於小型無人機的報告、預報及常見氣象</li> <li>- 教導學員解讀機場天氣預報 (TAF) 及例行機場天氣報告(METAR) 內的天氣資訊</li> <li>- 教導學員解讀香港天文台發佈的天氣資訊</li> </ul> <p>3. 操作小型無人機前評估本地天氣</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 講解如何透過觀察、量度及收集所得的資訊於開始操作無人機前現場評估天氣（如降雨、雷暴、湍流、雲底高度等）</li> <li>- 講解在不同天氣狀況下，確保小型無人機操作時不超出其操作限制的重要性</li> </ul>
6	飛行操守及人為表現	<p>1. 飛行安全</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 就技術、熟練程度、紀律而言，闡述良好飛行操守的準則（例如飛機可作安全操控、遙控駕駛員身心狀況適宜操作飛機、妥善計劃及準備）</li> <li>- 強調以下原則的重要性： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 視線內操作 (VLOS)</li> <li>- 處境意識，包括目視並迴避／偵察並迴避有人駕駛飛機、空域分隔等</li> </ul> </li> <li>- 解釋並探討防撞方法</li> <li>- 探討職業安全健康</li> </ul> <p>2. 機組資源管理</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 解釋下列事項的重要性： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 機組人員間有效溝通</li> </ul> </li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 事前簡報及事後匯報，以確保機組人員清楚了解其職責及緊急應變措施</li> <li>- 機組人員的工作分配</li> </ul> <p>3. 文件及記錄備存</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 講解如何恰當地準備若干文件，包括場地視察、風險評估、飛行日誌、電池日誌、維修日誌、事故日誌、故障報告、訓練記錄及操作檢查清單。</li> <li>- 探討妥為保留文件的重要性</li> <li>- 提醒學員妥善記錄及保留記錄的重要性，以備任何事故所需</li> <li>- 強調小型無人機安全系統的記錄應保留至少六個月，詳情則可參閱《小型無人機令》</li> </ul> <p>4. 感知及假像</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 探討人類的視覺及其限制（辨別高度及距離的能力）</li> <li>- 介紹影響人類視覺的因素（如距離、深度、速度、光線、掃視技巧及盲點）</li> <li>- 說明眼睛的結構及其於日夜的功用</li> <li>- 探討典型的視覺假像及解決方法（顏色、刺眼光線、相對運動、背景叢）</li> <li>- 解釋游動錯覺 (Autokinetic/Autokinesis effect)</li> <li>- 探討如何在視線 (VLOS) 內增強視力，及解決假像的方法</li> </ul> <p>5. 健康狀況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 探討酒精、藥物及藥物對飛行的危害</li> <li>- 探討可影響小型無人機操作的壓力、疲勞、情緒因素</li> <li>- 講解機組人員健康注意事項</li> </ul>
7	操作手冊、飛行計劃及程序	<p>1. 事前計劃</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 解說操作概念 (Concept of Operations)，當中包括以下定義：地點、空域、飛行路線、高度、與遙控駕駛員的距離、與不涉及操作的人士、構築物、船隻及車輛等的距離</li> <li>- 闡述影響選擇飛行範圍的因素，及如何妥善地作場地評估 – 操作範圍的邊界、與其他飛機操作的距離、場地內及高度上的障礙物、潛在無線電干擾、限制公眾進出操作範圍的保安措施，以及該地點是否在限制飛行區附近</li> <li>- 說明查看天氣狀況（如地面能見度、雲底高度、風速、降雨</li> </ul>

等)的重要性

- 就擬進行的工作，探討行政或程序上有何考慮（如該工作是否屬於進階操作，以及確保該操作前，包括許可在內的一切所須文件皆已就緒），及妥善的飛行計劃
- 探討如何準備操作所須的設備及安全系統，尤其是民航處的許可中列出之設備
- 就需要土地或財產所有者許可的操作，探討相關的考慮因素
- 探討與私隱有關的考慮因素

## 2. 風險評估及管理

- 說明如何找出潛在危險（如環境公害、潛在無線電干擾）
- 詳細探討風險分析
  - 制定風險評估及管理矩陣，包括但不限於發生的可能性和後果的嚴重程度，以評估可能影響飛行的任何外來因素及其對無人機的影響
  - 確保學員完全理解如何作風險評估
- 說明風險緩減措施 按風險分析找出相應緩減措施，如利用操作手冊及檢查清單以緩減風險
- 確保討論時使用恰當的檢查清單範本，範本例子可於民航處網站下載
- 探討安全措施是否符合常見的進階操作的操作需要，如夜間飛行、限制飛行區內飛行、飛越人群、同時操作多部小型無人機、視線外飛行 (BVLOS)、操作乙類小型無人機、高速無人機等
- 說明申請許可的程序及注意額外的安全設備要求

## 3. 正常及緊急操作程序

- 了解由飛行前、起飛、飛行途中、降落／取回至飛行後的正常操作程序
- 解釋緊急應變計劃及溝通的重要性
- 探討不同情況下的緊急應變程序，例如：
  - 發動機失去動力
  - GPS 訊號中斷
  - 指揮控制數據鏈路中斷
  - 飛失
  - 火警
  - 駕駛員失去操作能力
  - 公眾侵佔
  - 飛機侵佔
  - 另擇降落地點

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 說明意外及事故報告</li> </ul>
		<p>4. 操作手冊及檢查清單</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 介紹操作手冊的組成部分</li> <li>- 檢視操作手冊及檢查清單的範本，範本可於民航處網站下載</li> <li>- 討論如何於飛行前後及途中正確使用小型無人機檢查清單及手冊</li> </ul>
		<p>5. 危險及狀況認知</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 討論如何辨識危險（如地點、空域、障礙物、公眾干擾、交通等）</li> <li>- 就小型無人機的位置及其他空域用家、障礙物、地勢、不涉及操作的人士、交通等講解處境意識</li> </ul>
		<p>6. 與航空交通管理及其他空域用家的溝通</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 說明為何需要與航空交通管理溝通 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 如屬進階操作的許可條件要求，遙控駕駛員應在開始及完成小型無人機操作時通知機場當值監督</li> <li>- 遙控駕駛員應向民航處或相關當局提供聯絡電話，以讓收到指示時小型無人機能按指示降落</li> </ul> </li> <li>- 探討通訊事務管理局辦公室對無線電頻率的要求</li> </ul>
		<p>7. 飛行前、飛行途中及飛行後的程序</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 了解飛行前檢查，包括查看天氣狀況、小型無人機及其設備是否運作正常、電池或燃油是否充足、小型無人機是否組裝正確，並確認事前計劃時得出的場地評估及風險評估仍然適用</li> <li>- 了解飛行團隊及涉及操作的人士間的溝通，以確保機組人員與涉及操作的人士均清楚知道擬進行的操作的詳情</li> <li>- 討論許可內訂明的小型無人機操作條件、操作手冊及製造商指示</li> <li>- 了解起飛（包括起飛檢查、定點懸停、由懸停至向前飛行）</li> <li>- 了解飛行中途（包括爬升及下降、轉彎、速度控制、懸停、由向前飛行至懸停）</li> <li>- 探討避免碰撞的操縱方法</li> <li>- 了解降落及復原程序</li> <li>- 了解飛行後檢查的重要性（如檢查發動機、電池、螺旋槳及小型無人機的狀況、將是次飛行記錄在飛行日誌內）</li> </ul>

8	電腦模擬飛行 (全手動模式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 練習起飛程序</li> <li>- 練習降落程序</li> <li>- 練習以全手動模式懸停</li> <li>- 在電腦模擬器內練習實習考試內容</li> </ul>

實習授課包括 10 小時的訓練，其中訓練內容如下：

要點	內容	操縱 / 程序
1	飛行前動作	<p>(a) 場地評估及風險評估 <i>(飛行限制、障礙物、天氣、公眾進出、起飛 / 降落範圍的限制等)</i></p> <p>(b) 飛機外部目視檢查 <i>(組件及附載物是否穩固、移除外罩、機身及螺旋槳是否完好等)</i></p> <p>(c) 飛行前檢查清單程序 <i>(遙控及螢幕是否正常運作、GPS 信號接收、電量、無線電干擾等)</i></p>
2	起飛	<p>(a) 飛行前檢查清單程序</p> <p>(b) 控制起飛</p> <p>(c) 爬升至安全高度</p> <p>(d) 測試控制</p>
3	正常操作或基本操縱	<p>(a) 沿指定方向飛行後懸停</p> <p>(b) 飛至指定高度後懸停</p> <p>(c) 飛至指定距離外的指定位置</p> <p>(d) 沿正方形及圓形軌道飛行 (指定點)</p> <p>(e) 沿「8」字飛行</p> <p>(f) 電子圍欄 (模擬刻意以高速突破圍欄)</p> <p>(g) 確保在每次飛行前均已校正及設定返航點，並測試返航功能</p>
4	緊急應變措施	<p>(a) 指揮控制、數據鏈路中斷，或電量低時所用的自動返航，或同等的終止飛行系統</p> <p>(b) GPS 信號中斷、低電量或飛機故障時手動降落</p> <p>(c) 避開有人駕駛飛機</p> <p>(d) 公眾侵佔</p>

		(e) 以姿態 (ATTI) 模式模擬緊急降落
		(f) 另擇降落區域降落
5	機組人員之間的協調及飛行安全	(a) 事前簡報、事後匯報及機組人員的責任
		(b) 於飛行前、飛行途中及飛行後使用檢查清單
		(c) 操作範圍的風險評估 (飛行限制、障礙物、風險識別、天氣、起飛 / 降落點狀況等)
		(d) 機組人員之間的溝通 (持續監察並讀出操作參數, 如飛行高度、距離、速度、電量、GPS 信號接收、公眾侵佔等)
		(e) 全程保持視線內飛行, 並持續注意操作環境以保持處境意識
6	飛行後動作	(a) 關閉飛機
		(b) 飛行後檢查清單程序 (目視檢查飛機及組件、拆除組件等)
		(c) 填妥相關日誌及記錄