

# 當代遙控無人機發展趨勢

蔡朋霖

## 壹、緒論

遙控無人機是陸、海、空域無人載具的一種，自 20 世紀的第一次大戰期間(1917 年)開始陸續發展，最初是把飛機或直昇機由大作小，輕量化機體結構與航電等裝置，用以擔任偵察、反潛、電戰、靶勤等軍事任務；如：1960 年代越戰時運用的 AQM-34「火蜂」無人高空偵察機、同時期部署在美國海軍和日本海上自衛隊艦艇上的 QH-50「DASH」無人反潛直昇機等。受限於當時電子裝置的可靠度，無人機在飛行過程經常失去聯繫而有去無回，美軍航艦戰鬥群指揮官考慮到有人機與無人機發生碰撞的可能性後，甚至嚴格限制無人反潛直昇機不得在航艦附近活動，讓新裝備更難有所發揮，QH-50 系統不得不在 1970 年代由有人駕駛的「輕型空中多功能系統」(Light Air-Borne Multi-Purpose System, LAMPS) 反潛直昇機取代。時至今日，在繁忙的機場附近(類似航艦操作)使用無人機，仍然較難取得航管單位的放行，來自兩個完全不同領域的操作人員，正在熟悉彼此思維與作法，共同支持飛航安全的目標。

另一支無人機則幾乎與智慧型手機的發展同步，隨著微機電、資通訊技術的發展和半導體元件的普及，多旋翼構型的無人機開始被大量應用。這種無人機具有多個旋翼，以鋰聚電池驅動電馬達，飛行時間約 20-30 分鐘，活動高度約在 1000 呎 AGL 以下，

可以掛載攝影機、藥劑或貨物，進行空拍、巡檢、農藥噴灑及載貨運輸等用途，甚至以成百上千架組合群飛，作為替代煙火的燈光秀。與無人飛機或無人直昇機不同，無人多旋翼機的發展思路是由小作大，可從一百公克不到的玩具作到數百公斤搭載數名乘員的「空中計乘車」。

隨著國際地緣政治變化，2010 年以來的區域衝突中，除了軍用無人機執行「戰略偵察」或「偵打一體」等戰術任務外，商規或自行組裝的無人機也被大量投入戰場，作為前線偵察、火力支援，甚至後勤空中運輸之用，降低了武器系統的操作成本，也減少人力與作業風險，連帶使得「反無人機」的防禦裝備與能力成為各國軍方的迫切需求。

在民間的應用領域裡，「空中計乘車」創新服務與「城市物流」商業模式不斷在各大城市探索與實現，純電、油電混合、氫能等動力技術與 AI 人工智慧、5G 通訊、IOT 物聯網等資訊網路技術的結合，更有助於環境的永續發展。

新技術發展總與政治，經濟、社會等因素相制約，影響了法律制定的方向。無人機發展時間雖有百年，大量研製與運用還是在最近的 10 年間，相關管理概念也正和民用航空法、飛航規則等既有的法規體系互動。為了使民航從業人員對無人機這個新興的技術能有普遍的認識，本文分別就無人機的產

業現況、操作環境、飛航活動管理，以及所採用的關鍵技術等進行說明。

## 貳、世界局勢變動下的無人機產業

隨著科技不斷進步和全球經濟格局的演變，無人機目前正處於高速發展的階段，其產業大致有以下幾點特性：

### 一、國際衝突提高了各國對無人機及其反制的關注

烏俄戰爭中無人機提供了雙方軍隊一個安全且相對低成本的選項，用以執行各種複雜且困難的任務，同時也帶動了反制和干擾技術的研發，以應對無人機的破壞與侵擾。

目前軍用無人機以美國、以色列、中國等國家的國防軍工體系的長期發展為主，土耳其、拉脫維亞和斯洛維尼亞等東歐國家也有優秀的產品。民用無人機則分為消費型（如空拍、休閒娛樂）與行業應用（如巡檢、測量）二種。其中，中國大疆創新（DJI）公司產品佔有全球7成的消費型市場，也是行業應用中主流品牌之一，歐、美等國家的廠商則基於供應鏈穩定與資訊安全等理由，專門發展特定機種，避免過度仰賴中國製的無人機產品或零組件。

無人機干擾與反制可以電子干擾方式破壞無人機導航定位信號或與遙控器間控制通信鏈路的「軟殺」，或以物理方式捕獲、擊落無人機的「硬殺」而為之。面對同時間大量出現的集群式無人機，則需使用高能微波、雷射光束等「定向能」武器或大範圍的電磁脈衝彈，才能

發揮反制飽和攻擊的效果。

### 二、新形態的行業發展及社會接受程度

無人機的崛起促使相關產業快速發展，包括無人機的製造、維護以及相關系統軟體的應用開發等，逐漸構建了完整的產業鏈。隨著產業鏈的進一步完善，無人機在民用領域的應用也明顯增加，出現了專門操作無人機的飛手與從事各種應用的行業的業者，社會對這個行業的專業與接受度也逐漸提升。然而，在發展無人機產業應用的過程中，使用者對尊重隱私與依法從事活動的精神仍有不足，經常發生不合法的黑飛影響了公共利益與飛航安全。

### 三、人工智慧平台與自主飛行

AI(人工智慧)是計算機理論研究和發展到一定階段的必然結果，隨著人工智慧技術平台開源開放，越來越多的AI應用可以被迅速開發，使無人機能更容易整合成具有智慧功能的空中載具，具有更強的自主飛行能力，進一步擴大無人機在各種複雜與嚴苛環境下的運用，並保持良好的精確操作。主要的發展方向是讓無人機使用的嵌入式電腦與RTOS(即時作業系統)具有人工智慧與深度學習的架構，向上承接安全自主飛行、狀態監控與預防性維護等應用，對下則驅動AI晶片的運算能力。

### 四、微機電技術與新興能源

微機電的進步使得無人機能夠更小型化及輕量化，能源的進步則使無人機續航能力及性能大幅提升，兩者對於長時間飛行任務和遠程探測等應用提供了重要性支持。目前起飛重量在25公斤以下

的無人機，除了航空模型還在使用木精或煤油等燃料外，幾乎都以純電方式推動；25 公斤以上則採取油電混合或保持使用石化燃料，也有採用氫能或太陽能動力的中、大型無人機，但使用方便性與普遍性尚不能與鋰電池相比。

## 五、感測與酬載裝置

精密感測與酬載技術的不斷突破使得無人機能夠搭載各種高精度儀器，在環境監測與地質勘探等監測任務提高了採集數據的準確性。酬載以不同波段的光電裝置為主，感測則以 Lidar(光達)與毫米波雷達為主。值得注意的是，無人機感測器已可內建 AI 目標運算或識別模組，顯示「邊緣運算」成為無人機產業下一步的發展方向。

由上述對無人機產業的說明可以理解，無人機作為一個整合的平台，其功能受限於動力來源、任務與飛控的運算能力與酬載技術，而影響力則涵蓋政治、經濟、社會等多個面向，使得無人機的發展倍受矚目。

## 參、操作環境建構

無人機在三度空間的環境中操作，在有人機既有的空域架構與飛航管制程序下，如何容納無人機的發展，並建置完善的操作環境是近年被熱烈探討的議題，目前仍以「以 400 呎 AGL 為界與有人機活動區分」、「400 呎以上申請案發佈 NOTAM 後以隔離空域方式實施」、「劃設無人機禁止或限制活動區域」三項基準為主，並推動無人機商業保險，作為社會安全的最後一道的保

障。

### 一、法規設立

隨著精密感測與酬載的技術進步，無人機開始可以搭載攝像頭、高精度儀器來對物體進行拍攝或執行監測等作業，而民眾也漸漸產生無人機可進行拍攝是否會侵犯個人隱私的疑慮。因應遙控無人機活動漸增，為明確相關管理方式，我國在 2018 年已借鑒美國、歐盟、日本等國家立法經驗與國際民航組織規範，考量國內環境與利害關係人意見後，融合公共安全、社會秩序、飛航安全並兼顧產業發展，於民用航空法中增訂「遙控無人機專章」及相關法規命令，並自 2020 年 3 月 31 日施行。

### 二、無人機保險

無人機普及化、商業化的同時，大眾也逐漸意識到此新產物所帶來的安全問題，由於飛行任務與其性質往往具有頻繁操作及複雜作業等特性，就算是專業的操作者也難免會有意外及疏失產生，因此逐漸有保險公司開始推出了無人機責任保險，在意外發生時能夠給予操作者及其他第三人提供一定的保障。無人機保單設計有些是直接承襲國際航空保險市場的作法，有些則是比較偏向公共責任險性質。

### 三、無人機射頻識別、飛航管理系統

隨著無人機發展，無人機擾亂飛安的事情也時有所聞，「無人機射頻識別」(Remote ID)與「無人機飛航管理」(UAS Traffic Management, UTM)是兩種不同的無人機管理新技術。無人機在空中飛行的同時，除了肉眼觀察，在

地面上並無其他識別無人機的「註冊號碼」方法，從而衍生出許多公共安全問題。如果製造或販售的遙控無人機主動廣播符合規範的識別碼，無人機就像帶了「電子車牌」，可以由特定的接收裝置即時追蹤，稱為「Remote ID」。如果飛行前強制連結雲端系統，集中處理無人機的「通信」、「導航」、「監視」等問題，就成了與有人機 ATM 類似的管理概念，稱為「UTM」。Remote ID 有助於無人機的識別，UTM 則可進一步促進無人機商業模式的發展，如都會地區的無人機物流運送等。

#### 肆、飛航活動的管理

我國無人機飛航活動的管理係以民用航空法與遙控無人機管理規則為準據，考量自然人與法人操作風險的不同，分別從人、機、環境設定要求與程序，無論自然人或法人所有的無人機或不同的重量等級，操作時都必須遵守相關規定：

##### 一、註冊與檢驗無人機

無人機註冊要求擁有者在使用無人機之前需先到民航局的無人機網站進行註冊，確保擁有者的身份和聯繫方式，在必要時進行溝通和管理；基於自由落體的終端速度動能，目前規定起飛重量在 250 公克以上的無人機均應註冊，與美國、歐盟等相當（日本則規定 100 公克的無人機就要註冊）。

檢驗在於確保無人機在操作過程中保持安全性與可靠性，包括對無人機本身以及相關設備的檢查，確證其在技術上符合相關適航標準，能夠安全、穩定的運

行；目前規定是 25 公斤以上的無人機必需取得民航局的檢驗合格證，規劃中還將再調整至 2-25 公斤等級的無人機也要通過較為簡易的飛安檢驗。

##### 二、測驗取得操作證

為了確保操作者的技術和知識達到一定水準，法規要求操作人必須先取得相關證照方可操作無人機。考試內容包括有關無人機操作、飛行原理、飛行安全及法規等方面的知識，通過後得以申請並獲得合法的無人機證照。目前操作證分為從事休閒娛樂的「普通操作證」與可執行夜間、視距外飛行任務的「專業操作證」二種。

##### 三、紅區劃設以及操作限制

針對特定場所劃設禁止或限制無人機活動，是為了保護敏感區域或使機場起降作業不會受到非法無人機的干擾。目前分為民航局所劃設的限航區、機場、飛行場四周一定範圍，以及地方政府依當地公益需要所劃設公告限制無人機活動的區域。

##### 四、活動申請

如果需要在限制無人機活動的區域或者進行視距外、夜間等操作活動，就必需以「法人」身份，至民航局的無人機網站進行活動申請。申請內容包括了對活動性質、場地、時間等的提前申報，審查與核准制度可以確保活動在安全、有序的狀態下順利執行。值得注意的是，自然人只能在允許無人機活動的「綠區」（通常是空曠地點）並遵守「操作限制」（如白天、視距內、400 呎 AGL 以下）從事無人機活動。保險可以在意

外發生時有效地保護無人機擁有者和利害關係人的權益，並承擔相應的賠償責任，為無人機的合法活動提供了有力的保障。目前規定法人在進行「操作限制」排除的申請時，必須提供保險證明。

無人機活動需要遵守有關註冊、檢驗、操作證、活動申請、保險以及活動區域等規定的限制與約束，遵守法規不僅可保障無人機所有人的權益、避免違規受罰，同時也有助於減少意外事件與糾紛的可能性。

## 伍、無人機關鍵技術

無人機可分為飛機、直昇機、多旋翼機以及結合多旋翼與飛機特點的複合式無人機等四種構型，儘管外型各異，但基本皆由以下幾種關鍵零組件所構成，其相關技術說明如下：

### 一、GNSS 衛星定位

無人機裝置 GNSS 用於確定無人機位置以利飛控系統進行自主飛行任務，並參與控制迴路提供姿態穩定。GNSS 通過接收來自同一衛星系統的至少 4 顆衛星信號，使用三角測量技術來定位無人機位置，精度約在 5-10 公尺，如果組合使用不同衛星系統，精度可達 1 公尺左右。如果需要更精準的定位能力，可以使用 RTK(實時動態差分定位技術)及 PPK(事後差分定位技術)等 GNSS 校正技術，藉由部署地面控制點(GCP)來增加定位精度與準度，這點對於需在特定位置執行任務的農業應用或空間測繪時至關重要。

### 二、光電酬載

無人機的前方或下方會裝設光電酬載，光電酬載類型包括可見光(RGB)、光達(Lidar)、熱成像(Thermal IR)、近紅外光(NIR)、多光譜儀及雷射測距/標定器等，並可透過無線影像傳輸將畫面即時傳送給地面站。由於酬載類型眾多且優劣各不相同，可根據作業性質調整或搭配使用。雖然無人機通常採用 2-3 種以上的多酬載配置，但會對飛行性能和續航力產生一定影響。因此，必須根據使用需求以及操作成本來考慮。

### 三、避障感測

上述所談到的僅僅是針對任務需求裝置不同的光電酬載，但無人機飛行於空中可能會遇到周邊的障礙物，因此配備了避障感測器檢測與識別周圍的障礙物，確保無人機在飛行過程不會碰撞或與障礙物相互干擾，為無人機提供更高的飛行安全性。常用的無人機避讓感測系統有紅外線、超音波、影像辨識(可見光)等，農用無人機專用的毫米波對地雷達，高階無人機則採用與自駕車相當的 Lidar 技術。

### 四、動力

小型無人機主要以電池作為動力來源，可分為高動力與高能量兩種，無人機電池使用高動力的鋰、鈷、鎳三元鋰聚電池為主。電池技術影響無人機的續航力與飛行性能，擴充了無人機的任務能力，新型的極板材料與優化的電池管理程式使性能不斷提升，進一步推升了無人機的航程與滯空時間。

## 五、飛控電腦

飛控電腦扮演無人機大腦的角色，掌控無人機各種飛行姿態與任務管理，透過整合、計算 GNSS、IMU、氣壓高度計、避讓感測等不同系統的數據資料，確保無人機能夠穩定、安全地飛行在空中並順利執行任務。飛控電腦的軟體分為開源與閉源兩種，開源飛控以 Ardupilot 及 PX4 為主，可供使用者自行依不同的任務需求快速開發適合的應用軟體，閉源飛控則由無人機製造商研發後使用於自家產品為主，也有專門的飛控開發商以套裝方式對外銷售。

## 陸、 結論

無人機的技術發展愈發進步，其影響層面涵蓋政經環境、產業發展、操作環境、規範管理以及技術發展等。在政治

與經濟的層面，無人機產業不但能推動各種節能減碳的永續應用，也是一個重要的科技的整合平台，平台的需求可以帶動相關領域的進步，而技術的發展又推動了無人機產業的蓬勃應用。但三度空間的操作環境，也同時帶來了安全、隱私和法規等多重的挑戰，因此各國政府都透過民航法規的修正，期望能建立良好的無人機操作環境。另一方面，我國為了建立自主的無人機產業技術，經濟部與國防部也廣招民間業者參與軍用商規無人機的標案，激發了國內無人機產業的總動員。無人機技術已為國安、飛安與生活帶來不同的影響，期待發展中的無人機產業能為國家安全和社會經濟帶來更多保障、創新及便利。✈



1960年12月7日，QH-50在美國海軍USS Hazelwood號驅逐艦(DD-531)完成首次落艦試驗。  
圖片來源 Gyrodyne Helicopters