第七節 未來民用航空運輸 ── 遙控無人機之展望

從上述航空運輸的發展可知，航空運輸從早期的熱氣球到飛船，在不到一百年當中，由螺旋槳飛機到超音速噴射飛機，以及遙控無人機的快速發展；航空產業從管制進入到解除管制，進而全面開放天空的時代，其進步的速度可謂一日千里，令人刮目相看，相信未來的航空運輸必定更能提高生產力與服務效率，以滿足乘客的需求。

隨著社會、經濟發展，航空運輸在交通運輸所占分量日益重要，甚至具有領導的地位，在國土開發與促進經濟發展上，航空運輸業更是進步的指標，最具有帶動產業升級的效果。此外，隨著航空運輸自由化、國際化及資訊化時代的來臨，乘客需求也走向多樣化，航空運輸業必須隨時、即時反應外在環境的變化，才能滿足乘客需求。

展望未來，在航空器的研發方面，新型的飛機技術亦將持續被發展出來，諸如垂直與短場起降飛機 (VTOL/STOL)、高旁通比引擎 (high bypass engine)、新型電子控制、飛行管理技術、降低噪音的技術、翼面及機翼的改良以降低燃油消耗、數據電子儀器以減少複雜的人為控制，並改善航空器的績效及增加可靠度等。

一、未來影響航空運輸發展的因素

未來影響航空運輸發展的因素，包括下述幾點：

1. 航空市場的成長率 (market growth rate)：例如新冠肺炎的盛行，將嚴重影響航空的運輸需求。
2. 航空公司專業化的程度 (specialization)：將提升航空公司的經營與管理效率。
3. 航空公司的排班技術與機隊管理：將影響飛機的使用率 (utilization)。
4. 飛機的製造技術：可針對現有機型加以改良，以降低噪音及能源消耗，例如電動飛機的發展深具潛力。
5. 飛機機隊 (fleet size) 的成長：係受旅客運量、機型、使用率、飛行速度及載客率 (load factor) 的影響，亦將影響航空市場的服務水準。

二、我國遙控無人機的管理規則

此外，近幾年來，無人駕駛航空器系統 (unmanned aircraft system, UAS) 的發展，係利用全球定位／慣性導航系統 (GPS/INS) 自主飛航或由地面遙控操作之空用載具。UAS 早

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

期用於軍事用途，隨著資訊科技的發展以及各種新型感測元件的問世，無人載具系統的性能不斷提高，近年來 UAS 在民用領域發展快速，應用領域廣及空間資訊、海岸防衛、環境監測、科學、農漁業、交通控制、災害應變、物流運輸等方面，具有機動性高、輕、隱蔽性好、使用成本低廉等特點，在將來很可能成為空中貨物運輸的主角，因此未來**無人機交通管理** (UAS Traffic Management, UTM) 發展趨勢值得吾人加以重視。

此外，無人機的視距範圍 (visual light of sight, VLOS) 指無人機必須始終在無人機操作人的視線內進行飛行，不得於障礙物後飛行，且僅能使用眼鏡來輔助視覺，不得使用望遠鏡來延伸視距；視距之外 (beyond visual light of sight, BVLOS) 指的是無人機不須保持在操作人的視線內，操作人可以透過儀器操作無人機使其自動飛行，而無人機本身也具有感測及避撞的性能 (detect and avoid, DAA)，以避開障礙物或其他無人機。因此在營運上，視距外飛行之 BVLOS 更具優勢，基於本身自動化能力，通常更具成本和效率，然而其也會帶來更多安全問題，例如碰撞風險，因此通常視距外飛行需要額外的認證和培訓，也需要經過管轄區的許可。

我國遙控無人機法規重點係依照我國 110 年 7 月 14 日所修訂之《遙控無人機管理規則》，可將法規整合為四大架構，以下將分述之：

(一) 人員與器材管理

遙控無人機所有人及操作人應負飛航安全之責，對遙控無人機妥善之維護，並從事安全飛航作業。因此民航局在人員、器材的操作上訂定許多相關法規，針對操作對象的不同，採取的規範也有所差異。遙控無人機所有人可分為自然人與法人，表 1-10 將說明兩者規範上的差異。

表 1-10　遙控無人機自然人與法人規範比較

所有人 / 項目	自然人	法人
活動目的	個人休閒娛樂使用	商用、空拍、監測、研究、農藥噴灑、夜間及人群上空飛行等應用
註冊	無人機重量 250 公克以上需註冊	需辦理註冊
操作證測驗	未達 2 公斤之遙控無人機、未達 15 公斤之航空模型免考操作證	需持專業操作證
活動區域與操作	縣市政府公告之綠色區域	通過能力審查，經申請許可後可執行全國不限區域或 400 呎以上之飛行

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

(二) 操作限制

為符合安全性考量，政府在遙控無人機飛航活動上訂定諸項限制。依照《民用航空法》第 99 條之 14 所列出之操作限制，經過整理與分類，可簡單分為「五要」與「五不要」共十項，如下所示：

1. 五要

(1) 要在白天飛行。
(2) 要在視距範圍內進行操作 (VLOS)。
(3) 要低於 400 呎活動。
(4) 要隨時監控遙控無人機之飛航及周遭狀況。
(5) 要遵守管理規則之操作限制。

2. 五不要

(1) 不得與其他航空器、建築物或障礙物碰撞。
(2) 不得投擲或噴灑物件。
(3) 不得裝載危險物品。
(4) 不得於人群聚集或是室外集會遊行上空活動。
(5) 不得同一操作人同一時間控制兩架以上遙控無人機。

考量政府機關（構）、學校或法人身分者具有一定之經濟規模或安定性，故規劃對其業務採重點管理，須經能力審查，並由民航局核准後得排除操作限制。自然人所為遙控無人機活動，其目的僅為休閒娛樂，應以限制範圍內之安全保障為主。

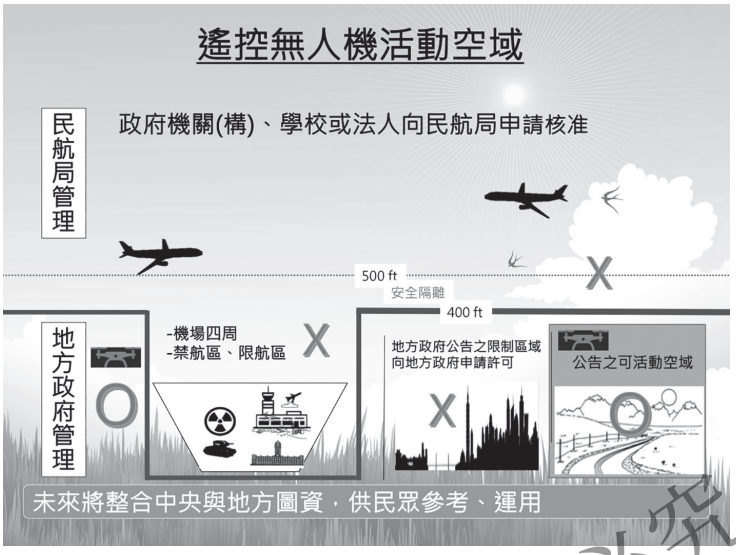
(三) 活動區域

我國遙控無人機之活動區域為中央（民航局）與地方政府共同區分管轄。依據《民用航空法》第 99 條之 13，民航局主要管轄機場周邊、禁限航區及飛機之飛行安全，亦即高度 400 呎以上區域。

至於政府機關（構）、學校或法人執行業務需在民航局所屬之區域，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。地方政府則管轄其他非機場周邊地區及高度未達 400 呎的區域，如圖 1-14 所示。

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING



資料來源：交通部民用航空局。

圖 1-14　遙控無人機活動空域

(四) 罰則

依《民用航空法》遙控無人機專章，第 99 條之 13 第 1、2 項規定，遙控無人機之管理及裁罰主管機關，除了交通部民用航空局以及地方各直轄市、縣（市）政府，也有其他內容涉及警察機關，意即警察機關需協助取締遙控無人機之案件。

然而，無人機違規事件頻繁，若政府單位無力管轄，警政機關則須負起更大取締責任，因此如何做好協調，並積極針對無人機違規事件作管轄以維護安全，成為重要的議題。

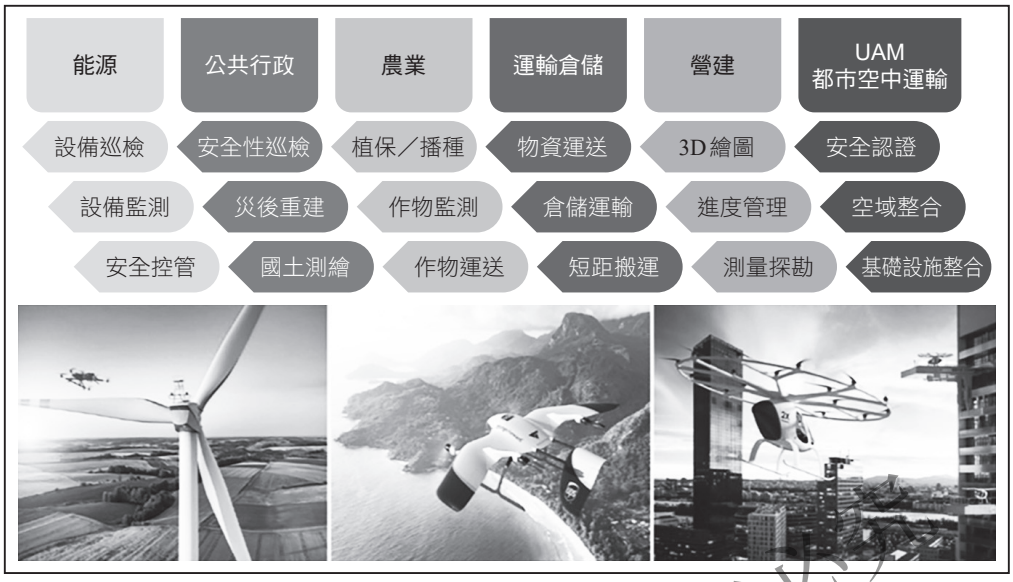
三、遙控無人機發展現況與趨勢

(一) 國際應用發展與趨勢

遙控無人機已在近幾年國際間廣泛應用，國際無人機應用案例亦逐年增加。由行業區分，能源、公共行政、農業、運輸倉儲、營建業、都市空中運輸 (urban air mobility, UAM) 為國際主要應用的範圍。本節將無人機應用發展分為六大類，如圖 1-15 所示，並依序介紹：

著作權所有　侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING



資料來源：Drone Industry Insights.

圖 1-15　國際遙控無人機之應用

著作權所有　侵害必究

1. 能源

目前國際已利用無人機於能源的監測與控管，應用如下：

(1) 設備巡檢：如定期以無人機巡邏檢查風機、電塔、太陽能板等設備的使用狀況。

(2) 設備監測：除了定期檢測電力系統、發電機組的無人機，日本也將無人機的應用轉移到再生能源的開發，例如風力發電。使用雷射無人機進行風場地表高度的檢測，不但不需要砍伐森林，精密度提高，成本也大大下降。

(3) 安全控管：例如以無人機從事安全管理，防止能源設備被盜竊。

2. 公共行政

其應用如下：

(1) 安全性巡檢：油槽／儲槽檢查、下水道巡檢、邊坡橋樑巡檢。

(2) 災後重建：災害影響區繪測、影響分析評估。

(3) 國土測繪：正攝影像繪製、3D 影像製作。

3. 農業

其應用如下：

(1) 質保與播種：精準施灑藥劑、播種。

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

(2) 作物監測：利用感測技術蒐集資訊，分析作物生長狀態、進行雜草偵測、產量預估、疾病監測。

(3) 作物運送：短距離協助作物搬運。

4. 運輸倉儲

其應用如下：

(1) 物資運送：血清等緊急用品運送至偏遠地區或山區，提供成本低且具即時性之救援。

(2) 倉儲運輸：倉儲及室內檢查或管理輔助功能。

(3) 短距搬運：Zipline、Wingcopter 在開發中國家協助緊急資源運輸，已累積高里程與時數；Amazon、樂天、京東等物流商皆積極研發物流無人機。

5. 營建業

其應用如下：

(1) 測量探勘：透過無人機進行位址探勘及量測。

(2) 3D 繪圖：3D 繪圖建模技術協助工程規劃。

(3) 進度管理：透過空拍照片進行歷史紀錄比對，了解工程進度。

6. 都市空中運輸 (urban air mobility, UAM)

其應用如下：國際間近幾年已針對 UAM 進行測試，其中電動垂直起降飛行器 (electric vertical take-off and landing, eVTOL)，可以垂直起降，不需跑滑道，能節省起降空間。因此期望能發展無人機載人的服務，以及安全認證、空域整合、基礎設施整合等應用。根據 NASA 的預測，二十一世紀末將有 23,000 輛空中計程車 (air taxi)；Morgan Stanley Research 則預估 2040 年空中計程車產值會高達 1.5 兆美元。空中巴士、波音、Volocopter、Joby Aviation、億航或先進空中運輸 (advanced air mobility, AAM) 等已在城際運輸開始進行測試與試飛，並期待能與其他未來載具形成新的交通商業模式。

(二) 國內應用發展與趨勢

國內目前之發展現況與國外相近，也有許多技術發展仍在測試階段。台灣由於擁有多天災特性，邊坡防治、沿岸及河川監控等需求高，因此空拍、農噴等監測或巡檢的應用極為廣泛；近年來，我國無人機也漸漸發展至載物範疇，開始合作示範計畫，並於高山、偏鄉與離島等偏遠地區做為物流試驗站，期望未來在物流或緊急物資之運送，能被廣為運用。

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

至於都市空中運輸領域，國內還尚未投入，然而台灣零組件生產實力強勁，有能力進入都市空中運輸供應鏈體系。整體來說，我國以解決交通應用技術瓶頸，並逐步發展 UAM 為目標，台灣在安全認證水準有極大優勢，期待未來能搭配零組件技術作為利基，輸出國際市場。

由於全球科技與經濟的快速發展，高科技、專業化、國際化、資本與風險密集的航空運輸業，在全世界的地位也日益顯著，航空運輸業從業人員在社會上的地位也日漸崇高。為維持航空運輸業高水準服務，追求飛安「**零事故**」的目標，以及「節能減碳」的永續目標，則有賴全體航空從業人員永不懈怠的努力及航空公司永續經營的決心；尤其更重要的是有志於民航事業新血加入航空運輸業的陣容，期能提升我國航空產業的競爭優勢，並在競爭激烈的國際市場中，占有一席之地。

著作權所有 侵害必究

問題研討

➢ 個案研究

試蒐集國內外資料，探討都市空中運輸 (UAM) 目前使用情形及未來發展之趨勢；並探討國內發展空中計程車 (air taxi) 之規劃情形及民航法規之適用規定。

➢ 問題討論

1. 試描述航空運輸系統之四大組成要件 (components)，並說明各要件之功能與相互關聯性。（110 年民航特考）
2. 試說明行政院「飛航安全調查委員會」設立的緣由，與其主要職掌為何？其與美國國家安全委員會 (NTSB) 在組織功能方面，有何異同？
3. 一般而言，飛機飛行過程會受到哪四種力？試分別繪圖說明之。
4. 試就航空運輸的分類作一說明，並舉例說明之。
5. 何謂「民用航空運輸業」？「普通航空業」？兩者主要的差別何在？
6. 試探討與航空運輸相關的行業有哪些？請列舉十項，並分別說明之。
7. 試探討未來影響航空運輸發展的因素為何？
8. 何謂「民航六業」？試分別舉例說明之。
9. 試探討民航局在維護消費者權益的作法，並請舉例說明之。
10. 民航局在審查民航業者所提之「國際航權分配」申請營運案，所考慮的準則與所占百分比各為何？請分別舉例，並說明之。

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

11. 我國國際機場的時間帶協調與國內機場時間帶管理機制為何？試分別說明之。
12. 試探討我國遙控無人機的應用與發展有哪幾大類？請分別舉例說明之。
13. 政府在遙控無人機飛航活動方面訂定諸項限制，依照《民用航空法》所列出之**操作限制**共幾項？請分別說明之。
14. 一般飛機的主翼，大致可分為哪幾種？試分別說明上單翼、下單翼飛機的優缺點，及其適用的機種範圍？

➢ 選擇題

1. A350XWB 為降低翼尖渦流，安裝的翼尖小翼 (winglets) 是屬於下面何者？
   (A) 斜削式　(B) 端版式　(C) 融合式　(D) 雙叉彎刀式小翼
2. 國際民航組織第 13 號附約是屬於下列何者？
   (A) 航空器失事及意外事件調查　(B) 航空站管理
   (C) 航空保安計畫　(D) 安全管理
3. 國際民航組織第 14 號附約是屬於下列何者？
   (A) 航空器失事及意外事件調查　(B) 航空站管理
   (C) 航空保安計畫　(D) 安全管理
4. 國際民航組織第 17 號附約是屬於下列何者？
   (A) 航空器失事及意外事件調查　(B) 航空站管理
   (C) 航空保安計畫　(D) 安全管理
5. 國際民航組織第 19 號附約是屬於下列何者？
   (A) 航空器失事及意外事件調查　(B) 航空站管理
   (C) 航空保安計畫　(D) 安全管理
6. 目前我國負責調查飛機失事之獨立單位，英文簡稱為：
   (A) ASC　(B) NTSB　(C) TTSB　(D) TSB
7. 民航局主要管轄機場周邊、禁限航區及飛機之飛行安全，是在高度多少以上的區域？
   (A) 300 呎　(B) 350 呎　(C) 400 呎　(D) 450 呎
8. FBO 通常不包括下列哪一項服務？
   (A) 商務管理　(B) 定期航班　(C) 飛機停放　(D) 飛機維修及機隊管理
9. 目前大多數的噴射民航機都是採用下面何種機翼？
   (A) 上單翼　(B) 中單翼　(C) 中上單翼　(D) 下單翼

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING

10. 目前大多數螺旋槳民航機都是採用下面何種機翼？
(A) 上單翼 (B) 中單翼 (C) 中上單翼 (D) 下單翼

11. 軍用的運輸機係採用下面何種機翼？
(A) 上單翼 (B) 中單翼 (C) 中上單翼 (D) 下單翼

12. 我國民航法規定，一般遙控無人機要達多少公克，才需要註冊登記？
(A) 100 公克 (B) 150 公克 (C) 200 公克 (D) 250 公克

13. 無人機不須保持在操作人的視線內，操作人可以透過儀器操作無人機使其自動飛行，稱為下面何者？
(A) VLOS (B) ALOS (C) BVLOS (D) ALARP

14. B737 MAX 為降低翼尖渦流，減少阻力而安裝的小翼 (winglets) 是屬於下面何者？
(A) 斜削式 (B) 端版式 (C) 融合式 (D) 雙叉彎刀式小翼

解答

1. (C) 2. (A) 3. (B) 4. (C) 5. (D) 6. (C) 7. (C) 8. (B) 9. (D) 10. (A) 11. (A) 12. (D) 13. (C) 14. (D)

➢ 解釋名詞

1. Bernoulli's Theorem
2. stalling angle
3. FBO (fixed base operators)
4. VTOL/STOL
5. blended winglets
6. schedule coordinator
7. time slot
8. variable-geometry wing
9. Mach number
10. fly-by-wire
11. stealth technology
12. EASA (European Aviation Safety Agency)
13. ICAO vs. IATA
14. eVTOL
15. UAM (urban air mobility) vs. UTM (UAS Traffic Management)
16. VLOS vs. BVLOS

著作權所有 侵害必究

華泰文化
HWA TAI PUBLISHING

參考文獻

➢ 中文部分

1. 郭兆書，《飛行原理概論》（二版），白象文化，民國 106 年。
2. 交通部民用航空局，《遙控無人機管理規則》，民國 108 年 7 月 23 日。
3. 交通部，《航空政策白皮書》，民國 109 年。
4. 交通部民用航空局，《民航統計年報》，民國 110 年 6 月。
5. 交通部民用航空局，《交通部民用航空局 105 年報》，民國 106 年 6 月。
6. 張有恆，《航空業經營與管理》（三版），華泰文化，民國 106 年 1 月。
7. 張有恆，《現代運輸學》（五版），華泰文化，民國 110 年 1 月。
8. 蘇昭旭，《人類 20 世紀航空史改變歷史的十大航空器》，民國 95 年 10 月。
9. 交通部運輸研究所，《國際遙控無人機應用發展趨勢：交通科技產業會報》，民國 109 年。
10. 交通部民用航空局，《民用航空法》遙控無人機專章，民國 107 年 4 月 25 日。
11. 邵珮琪、吳東凌、林清一，〈無人機於交通運輸領域應用與政策推動之探討〉，《運輸計劃季刊》，第 49 卷，第 3 期，頁 201 ～ 234，民國 109 年。
12. 黃馨頤、吳采真，「遙控無人機的發展與管理策略」，國立成功大學交通管理科學系，期中課堂報告，民國 110 年 9 月。

➢ 英文部分

1. Boeing Company, *Current Market Outlook*, 2010.
2. FAA, “Low Altitude Authorization and Notification Capability (LAANC)”, 2020.
3. Kane, Robert M., and Vose, Allan D., *Air Transportation*, 9th ed., 1987.
4. Prember, Harry, *Sikorsky Aircraft: From a Vision to Reality and Beyond*, Sikorsky Aircraft Corporation, 1999.
5. Wells, A. T., *Air Transportation: A Management Perspective*, 5th ed., Brooks Cole Publishing Company, 2003.
6. Yang, H., Chang, Y., and Lin, C., A combined approach for selecting drone management strategies based on the ICAO Safety Management System (SMS) components, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 104, pp. 1-12, 2022.

著作權所有 侵害必究

華泰文化 HWA TAI PUBLISHING