

當信心大於技術時

· 吉米 ·

淺談無人飛機的操控觀念

前言

民國一〇五年一項行之有年，名為「長青十五號」的南北實兵對抗操演，在臺灣中南部地區悄悄地展開。但就在兩軍依演習想定，即將在雲嘉地區正面遭遇接戰前夕，卻傳出一架「銳鳶型」無人飛機，於執行戰場偵蒐任務時不幸失聯墜毀。

筆者以曾經參與「銳鳶型」無人飛機原型機試飛的角度，就此意外事故提出個人經驗淺見，希望對未來無人飛機作業單位，後續的運用與操作上能有所助益，以確保地面與空中飛航的安全。

認識無人飛機

無人飛機系統(UAS)是一個多元複雜系統的綜合體，大致包含三大部份，即「載具本體」(AV, Air Vehicle)、「酬載系統」(Payload)與「地面導控系統」(GCS, Ground Control System)。

一、「載具本體」係指不包含酬載系統的完整飛行載具系統；又可細分為機體結構、動力系統（引擎、油



筆者曾參與「銳鳶型」無人飛機原型機的操控試飛任務。

電管路及油電控制系統)、導控系統(飛控、通訊與導航)等元件，具有飛航與起降功能。其實，就是一架系統精緻放大版的遙控模型飛機(RC Model Plane)，除非有高空任務需求，否則一般多以往復式活塞引擎為其主要動力裝置，飛行高度大都定位在兩萬英尺以下。

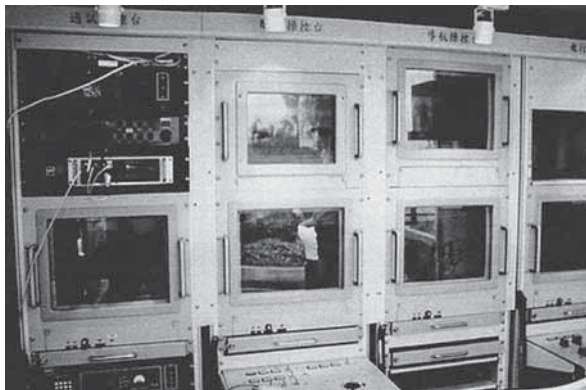
二、「酬載系統」係指可安裝於

載具本體上，並配合地面導控站臺，執行不同任務屬性的感測或偵蒐裝備；酬載能量係根據無人飛機初始任務屬性需求訂定設計，一般採內建與外掛方式搭載於機體上。就軍事觀點而言大都以視訊監偵為主，近年已擴大任務屬性朝目標攻擊來設計。

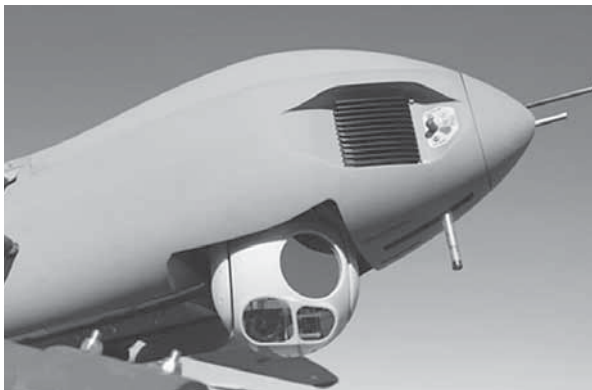
三、「地面導控系統」係指位於地面可即時接收載具本體與酬載系統下傳的飛行與感測數據資料鏈，並經整合介面將資料顯示給操作人員，供其操控載具本體與酬載系統的作業空間，一般多採機動可移動式規劃設計。導控方式，近距離多以R/L(Radio Frequency)頻率加密，遠距離則以不同波段或衛星通訊等方式構聯。

近年拜衛星通訊之賜，跨國導控已成常態，如美軍「掠奪者型」無人飛機自美國本土起飛，轉降土耳其後再執行打擊伊斯蘭國的反恐任務，全程導控亦於美國本土空軍基地導控站內進行，即為最明顯的做法。

無人飛機起降方式，除一般傳統由外部飛控員(EP, External Pilot)手持遙控器，操控無人飛機自跑道加速起飛外，另有火箭助推與氣壓彈射等方式，目前各國普遍採用氣壓彈射方式起飛；而降落方式，除傳統由外部飛控員操控降落外，也有使用攔截網、



地面導控系统以人性化的介面將資料顯示給操作人員。



無人飛機可安裝執行不同任務屬性的感測或偵蒐「酬載系統」（照片由Cloud Cap Tech.提供）。

纜線勾鎖或降落傘等不同方式回收。此外，由於外部飛控員的訓練曠日廢時，目前大都採用三維即時位移修正、自動精準降落的方式執行降落；因此，以往所賴以執行起降操控的外部飛控員，已逐漸退居待命備用的角色，也精簡節約人員培訓成本。

另為減少無人飛機飛安顧慮，除機體本身固定裝設的航行位置燈及避碰頻閃燈外，一般導控軟體都會寫入失聯自動歸航(Lost Link Go Home Function)的安全保障模式，甚至提供航管追蹤航機位置的雷達詢答器(Transponder)，也已是必要裝設的元件。

正確的操控觀念

一般人對於無人飛機的認知大多停留在遙控飛機的觀念，尤其與近年廣為流行的多軸旋翼型空拍機混為一談；事實上，兩者間無論在規格性能、導控介面、起降方式與實際運用上都截然不同。筆者以多年實際在有人與無人飛機領域的工作經驗，始終認為應將文中所提此類固定翼無人飛機列為標準制式航空器的範疇來管理；因為，無論就UAS系統在任務執行上的整體規劃、飛行導控、保修維護，乃至空域申請、航管協調等作業內容，幾乎與制式航空器無異。尤其，還

有最為一般普羅大眾所質疑的飛安問題，故國人確實必須先在觀念上釐清與認知，才能深入瞭解文中所提無人飛機的作業。

其實，無人飛機要飛得穩，飛得安全，和有人飛機一樣，都必須嚴格地遵守一些重要且不容忽視的飛行要領。差別在於有人飛機是直接由飛行員在機上操控駕駛飛機；無人飛機則是由導控人員在地面導控站或導控車廂內，藉由導控軟體介面與通訊鏈路來遙控駕駛飛機。兩者只有環境空間感觀與人員動作上的差異，飛機飛行於空中執行任務的情境與目的卻是相同。因此，無人飛機的地面導控人員更應該培養建立「人機一體」的操控思維，將自己設想為置身飛機駕駛艙中的飛行員，按標準檢查及操作程序，專注監控、調整系統介面參數，才能將無人飛機飛得穩、飛得安全。

因此，每一位無人飛機內部導控員(Pilot, Instructor Pilot)在執行任務過程中，所必須承受的專注壓力，並不亞於有人飛機飛行員。尤其當執行長滯空偵蒐任務時，更有過之而無不及。筆者就實際的無人飛機操控飛行經驗，分享幾個無人飛機應該「飛出」的觀念，希望對任何無人飛機作業單位的操控人員能有所助益。

一、飛出危機意識

一位無人飛機的內部導控員，從他準備學習如何成爲一架無人飛機「飛行員」開始，就必須建立正確的觀念，而何謂正確的觀念？其實就是建立「無人飛機也是有人飛行的航空器」，它不只是單靠電腦飛行的「航空器」的觀念。

以有人飛機爲例，同樣一款飛機，在不同飛行員手上，卻能飛出不同的特性（或許有人常將之說成天分、手感）；無人飛機也一樣，同一型無人飛機，在相同軟體導控介面下，不同的IP所飛出的效果，或者說給旁人感受到的信心度也不盡相同。

一位訓練有素成熟的IP，在他導控無人飛機執行任務的過程中，所展現的是沉穩、自信與可靠，他所專注於導控系統介面上的事物，與坐在駕駛艙裡的飛行員是一樣的，甚至因爲視野受限（或毫無視野）與導控鏈路反應遲滯的關係，他必須要有更多提前防範錯誤的預想空間。

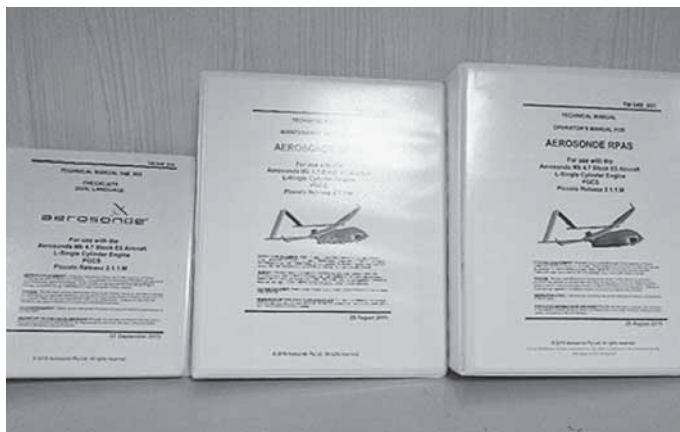
事實上，現今無人飛機的導控系統，幾乎已進化至較無遮蔽困擾的衛星通訊鏈路導控，加上自動飛控系統（Autopilot）、自動起降系統（Auto Takeoff & Landing System）等先進的設計，IP幾乎可以完全大膽的放手交給

電腦系統來處理。因此，往往少了人在機上的危機感與判斷力，甚至，對電腦的依賴與信心，遠超過本身應該力求精進的技術。

逆向思考，無人飛機所有系統介面都是由電腦系統所設定，亦需要仰賴IP來監控、調整、修正，才得以執行的嗎？縱使系統功能已全面提升自動化，但「不怕一萬，只怕萬一」的危機意識，卻是每一位IP必須時刻牢記在心的。因此，筆者才將飛出危機意識列爲無人飛機IP訓練中優先必須強調的要素。

二、飛出標準程序

只要是航空器，不論是熱氣球、輕航機、民航機、軍事飛機甚至太空梭，一定有它一套簡繁不一但卻完整清楚的標準作業程序（SOP, Standard Operation Procedure）與檢查表（Checklist）。任何一種航空器的研製單位之所以在量產航空器的同時，必須制訂這套標準作業程序與檢查表，其用意無非是希望不同的使用者，能在相同一致的操作程序與檢查表下，操作使用航空器，以避免人的因素，造成軟硬體操作上的差異。簡言之，硬體（航空器）與軟體（機載軟體操控介面）是先天原始設計固定的，而使用者才是造成後天差異的主因；



一套可供操作者遵循的標準程序教材，應可將不同人導控的差異性降至最低。

如果有一套標準作業模式，可供使用者遵循，應可將後天產生的差異性，提前預防並降至最低。

事實上，飛行員或IP是無須背誦這些作業程序與檢查表，有些甚至多到根本無從背起，但一些航空器本身初始設計的基本重要數據，例如最大起飛重量、起飛空速、巡航空速、最大速限、失速空速、機械溫度、系統電壓……等，是任何一位航空器接裝人員都必須熟記的。除此之外，任何一位飛行員（導控員）只要坐上操控

的位置，就須依SOP手冊與檢查表逐項實施，絕不容輕忽與省略，這也是任何一位PI必須建立的觀念，也是筆者認為比較標準正規的訓練方式。

如果，一架無人飛機的PI，是由具飛行經驗的飛行員轉任的話，那他應該很能接受，也習慣這種按照SOP與Checklist的操作模式；反之，如果是一位毫無航空或飛行背景的人來擔任，那麼在初始訓練階段，就必須特別加強這方面操作概念的養成與建立。因為，這對後續無人飛機操控的影響是非常深遠的。

三、飛出團隊合作

舉凡任何一種航空器，從在地面整備階段進而順利升空執行任務，直至安全返航降落，都需要一個分工細膩、強而有力的團隊，在每一個作業環節上提供可靠的支援才得以達成；無人飛機的作業更是如此，從飛行前針對任務屬性的規劃討論、模擬修正與定案執行，到裝備系統的檢測整備、運輸架設、系統聯測、起飛執行、返航降落回收、資料下載處理運用、結束歸建的維護保修等，這一連串看似簡單卻環環相扣的作業過程，都需要團隊成員各司其職，密切配合才得以竟其功。

尤其，導控人員與機務人員



一個分工細膩的團隊，是無人飛機任務執行成功的必要條件。

雙方的配合，在過程中更是不容有些許的失誤。從地面系統聯測(Ground Check)開始，到無人飛機起飛(Takeoff)、本場航線(Traffic Pattern)系統穩定確認、離場航路(Departure Enroute)、執行目標區任務(Target Mission)、返場加入航線(Arrival Join Pattern)、降落航線(Landing Pattern)的規劃執行，直到安全降落全停回收(Recovery Full Stop)為止。這一連串冗長的過程，全仰賴團隊成員在每一環節遵循SOP、Checklist作業的互信互賴，相互配合，才能順利完成。因此，飛出團隊合作也是無人飛機執行

任務成功的必要條件之一。

以上是筆者針對一般初級導控員，在剛接觸無人飛機進行訓練時，應先建立的觀念而論述；至於無人飛機進階的導控技巧，則又是另一門複雜的飛行課題，後續將另文介紹說明。

結語

近年來無人飛機系統發展迅速，不但在軍事用途上，早已是作戰部隊常態建置兵力，攸關民生需求的應用也已十分廣泛；而促成此卓越成就的主要原因，除拜先進高科技之賜，提高無人飛機的可靠度與存活率外，實際作業經驗的累積傳承，也讓無人飛機在多元化運用上，增加更多人因工程的元素與思維。

與有人飛機一樣，每次失事的檢討都是為了避免下一次失事的發生。無人飛機在作業時，常因為少了有人在機上操作的顧慮，因而經常在缺乏危機意識的情況下，將信心建立在對導控軟體的完全依賴，殊不知此舉反而是帶著更大的危險進行導控飛行。當一位導控員「信心大於技術」時，不預期潛在的危險也正逐漸吞噬著他始終引以為傲的信心而不自覺，最後將帶來無法挽回的災難，這是每位坐在無人飛機導控席位上的「飛行員」都必須要審慎思考且銘記於心的。