

淺談無人機飛行導控的概念

· 吉米 ·



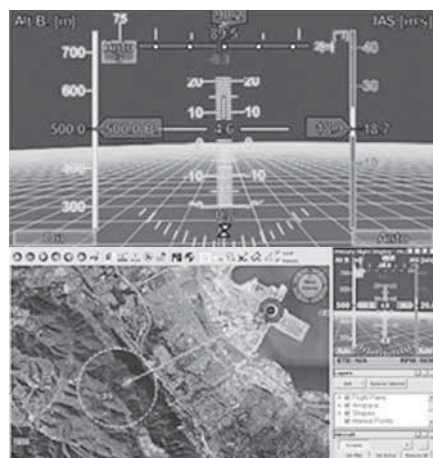
正確的概念

要了解無人機飛行的導控，首先必須先認識無人機的心臟——飛控電腦（Flight Computer），尤其是主宰其飛行運作的程式軟體，在編寫設計上的思維邏輯與模式，與載人機一樣，航機在飛行過程中，人的因素占了相當大的比重。不一樣的是，無人機飛行的導控是人機分離，由人（飛控員）在地面導控站內完成（註一），而載人機則是人機一體，由人（飛行員）直接在空中完成。

有了初步的認識，就可以開始對無人機飛控電腦內軟體程式的設計邏輯來加以說明。無人機除了可以避免飛行員的折損外，目前動輒數十小時的滯空航時也是它存在的價值之一。



地面導控站及其內部導控機臺介面（圖為CSIST與吉米提供）。



人性化導控介面監看全程飛行，已是地面導控站必要的設計概念（圖為吉米提供）。

因此，為了減輕地面導控站飛控員的負擔，除了導控軟體介面人性化外，全程自主飛行也是必要的設計概念。滑鼠和鍵盤取代了載人機上的操縱桿，一桿兩舵的飛行，已不復存在。即便如此，導控一架無人機完成任務，飛控員所承受的壓力，並不亞於載人機飛行員。

導控的模式

目前，世界各國對於無人機飛控軟體的設計邏輯，依任務需求，複雜程度不一，但不外乎以下幾種導控模式：

一、任務預設模式（Mission Preset Mode）——拜電腦科技之賜，目前絕大多數無人機可於起飛前同時將多組（甚至上百組）飛行任務計畫上

傳至地面導控站與無人機飛控電腦上備便。無人機在後續任務執行過程中，會依此上傳預設的飛行計畫，包括：空域、航路、高度、速度、特定偵照點座標與盤旋設定等內容來飛行，過程中還可視任務需要調整優先順序。至於預設內容也可依任務屬性內容，隨時增刪調整，此模式與後述的自動導航模式是前後呼應，聯袂執行的飛控模式。

二、自動駕駛模式 (Auto Pilot AP Mode)——在此模式下，無人機飛控電腦會依據地面導控站內部飛控員IP (註一) 所下達的指令，自動做飛機姿態的補償與控制，將無人機的三維姿態保持在安全數據限制範圍內，無須像在手動模式 (Manual Mode) 下，隨時須修正調整，故此模式亦可稱為姿態保持模式。

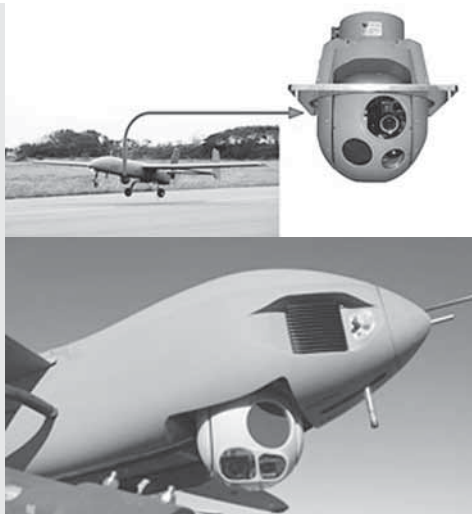
在自動模式下，IP 雖可藉由導控臺或控制盒上的搖桿 (Stick) 來控制無人機姿態俯仰與航向的變化，但在無法直接目視無人機飛行姿態的情況下，IP 要全程以搖桿來駕馭無人機執行任務是有其難度的。因此，搖桿對 IP 而言，一般是備而不用；但對外部飛控員EP (註二) 而言，搖桿則是與無人機唯一的控制連結，唯有透過他手中的遙控盒，才能駕馭無人

機於股掌間。然而，一位技術純熟的 IP 絕對是需要常年累月的訓練才可練就出來，這又是無人機飛行操控上必須面對的另一難題，基此，無人機後續會朝自動起降模式發展就不難理解了。至於，IP 與 EP 間操控權的轉換，只需輕撥一只撥桿切換開關即可完成。

三、旋鈕模式 (Knob Mode)——嚴格說來，旋鈕模式不光只有旋鈕，IP 也可用滑鼠點選或鍵盤輸入的方式，來改變無人機速度、高度與航向的設定值。當飛控電腦接獲改變指令後，無人機就會自動執行姿態修正與控制，並保持在軟體預設安全範圍內飛行，IP 完全無須擔心會有修正過量而造成失速或失控的危險，此舉也大幅減輕 IP 執行任務時的飛控負擔。

四、自動導航模式 (Auto Nav. Mode)——顧名思義，在此模式下，無人機會按 IP 飛行前任務預設的座標經、緯度航點或計畫，自動依序導航飛行。只要不改變設定，無人機就會按計畫內容自主飛行，而 IP 只須全程進行數據監控即可。一般在空拍任務作業上經常會運用此模式，因此，事前精確完備的任務規劃，更顯得格外重要。這與載人機上飛管系統 (FMS) 的運用，有異曲同工之妙。

五、自動盤旋模式 (Auto Circle Mode)——此模式大多用於偵蒐任務時，當在某些特定區域或點目標，需要長時間滯空進行偵照時，即可選擇切換進入此模式。同時，還可配合酬載操控員PO (註一) 依任務需要對盤旋半徑、方向、時間或圈數進行設定。當然，過程中隨時可針對這些設定，甚至高度與速度進行修改。至於無人機盤旋位置與特定目標的相對距離，就要看機載偵蒐設備 (酬載系統) 的規格功能了。目前，除了小型無人機礙於滯空時間與酬載能力限制，無



盤與相載規為供
機位置，載設系
人位的距離，全
旋目標對全偵蒐
目距離對全偵蒐
對目標對全偵蒐
全看機載設備
偵蒐載系規為
（酬載）的規
統）格（圖
格）（CSIST
提吉）。



一架動輒數千萬計價的無人機，是非常昂貴的資產（圖為CSIST提供）。

法進行遠距長時偵蒐外，中大型的無人機大都可做到視距外的偵蒐，甚至攻擊目的。

六、自動歸航模式（Auto Homing Mode）——講到歸航，不禁讓人聯想到無人機的斷訊失聯。的確，無人機固然可避免飛行員的折損，但是一架動輒數千萬計價的無人機，是非常昂貴的資產。加上斷訊失聯後所可能引發的空中與地面飛安危機，更是難以預判。因此，具備自動歸航模式的功能就有它絕對的必要性，也是無人機必備的一項自保功能。

概念上，當地面導控站與無人機間的通訊鏈路，經確認發生無法挽救的干擾或遮蔽時，機上飛控電腦就會自動執行歸航的動作，將無人機帶往本場或預設安全點。此舉無非是希望仍有機會恢復通聯，挽救無人機。排除上述情況，鏈路正常下，IP也可將飛控模式選擇切換至自動歸航模式，讓無人機自動返航，將此模式定義成飛控模式的一種。

七、自動起降模式（Auto Take-off & Landing Mode）——無人機的任务能否順利完成，起降模式相當重要。前述EP人員訓練的緩不濟急，加上自動飛控技術的日益精進。目前大多數無人機都已採用無EP操控的自動起飛與自動降落模式飛行。

自動起飛主要以彈射起飛為主。無人機彈射起飛後即完全自主飛行，初期會依循著一個預設的五邊本場（飛行課目）航線計畫飛行，待IP確認航機與鏈路系統正常穩定後，再依任務需求切換至其他導控模式繼續飛行。

自動降落，當無人機結束任務返航，IP下達降落指令時，無人機會循著一個預設的五邊本場降落航線計畫進行降落程序。過程中，飛控電腦會循序自主調節引擎轉速、空速、高度、航向，甚至襟翼（Flaps）分段放下



許多無人機都採攔截網（或纜線）設計，讓無人機自動精準掛網（或纜線）回收（圖為Fire Aviation提供）。

的時機，然後在RTK即時位移修正系統（Real Time Kinematic）三維精確計算下，自動完成降落回收。有鑑於無人機降落後在滑行減速階段的循跡穩定度較難掌握，目前許多無人機都採攔截網（或纜線）設計，讓無人機自動精準掛網（或纜線）回收。此方式更是普遍使用在受空間限制的艦載型無人機上。

最忠實的朋友

航空界流行過一則笑話：未來民航機的駕駛艙將只剩一名駕駛員外帶一隻狗，駕駛員只需負責監看儀表板數據就好，而那隻狗就負責盯著駕駛員，看他有無亂動艙內的開關按鈕，亂動就咬。這情境反映在無人機的導控上，似乎還頗貼切的。換言之，在導控系統不斷自動自主化，加上更多AI人工智慧設計概念的投入，未來

電玩式的指尖飛行與監看，將會是無人機飛行導控的主流。

有了正確的無人機飛行導控觀念，下一步該如何進行精實嚴謹的訓練，才能降低風險，防範未然，決戰千里之外呢？後文細說分曉！

註一：地面導控站（Ground Control Station，簡稱：GCS）可概分為廂型固定式與車載移動式兩種。

註二：無人機的飛控員簡單區分三種：（一）內部飛控員（Internal Pilot，簡稱：IP），主要在地面導控站內，負責無人機飛行任務全程的監看與導控。因此，具航空專業背景與實際飛行經驗者較適任。（二）外部飛控員（External Pilot，簡稱：EP），主要在起降場跑道旁，負責無人機在本場的起降操控作業。以往多選用有遙控飛機（RC Model）操控經驗者擔任，以減少冗長的培訓時間。目前，彈射起飛與自動精準降落系統雖已逐漸取代外部飛控員的功能，但就飛控系統備援考量，仍有其保留的必要性。（三）酬載操控員（Payload Operator，簡稱：PO），主要在任務執行過程中，配合內部飛控員的飛控，針對特定目標與任務內容，進行酬載系統的操控。

空間的研讀

每日幾番高飛，

不斷攀升，

天空原是一本澄藍的書頁，

彷彿一個微小符號，

飄翔雲際，

是為

安放一個最終的句點。

天空有深邃而神祕的哲學，

地面有眼睛

如何可以發掘？

使用機動的翅膀接近蒼穹，

而崇高處，

體認更偉大的蘊涵。

不停觀覽四面風雲的幻變，

如研讀

一課陌生的作業，

不知經過

多少智慧頭腦的涉獵，

時代的歷史

從未被人抹拭。

廣闊的書本，

一頁一頁翻閱，

每次

常常

帶回許多空虛的疑問，

大地有無數片段的篇頁，

而天蒼則是渾圓無垠。

終想

滿足凌霄的壯志，

試行

歸納

一篇宇宙的結論。

應該發現天際的詭譎色彩，

是否全是大地反映？

經常雲際高飛，

向上爬升，

總企求

熟讀這本書的深廣內容，

默記每次所遨遊的空域，

究竟是人海裡

那一個中心。

· 甘運衡 ·