

· 魏楞傑 ·

美軍無人飛行載具 研究發展 (二)

科技轉移

國研署的研究成果相當豐碩，但要進入美軍服役常功虧一簣，最終是以一種相當迂迴的方式才得以實現。以色列在一九七七年向美國採購了幾套珮瑞爾二B號遙控飛機系統，把機上的感測器放到以色列泰達潤公司(Tadiran Mastiff)與以色列飛機公司(AI)聯合開發的斥候(Scout)無人飛行載具上(這型無人飛行載具在一九七三年的以阿戰爭中居功厥偉)，並用於一九八二年的黎巴嫩戰爭中。美國海軍於一九八五年介入這場戰爭時，對斥候在火

砲射擊定位方面優異的表現非常激賞，因此與泰達潤公司及以色列飛機公司聯合成立馬自勒特(MAI Mazlat)子公司，與美國的AAI公司(AAI Corporation)合作，將斥候改良並搭配一較大的引擎後，命名為先鋒號(Pioneer)，提供給美國海軍使用。

因此越戰後美軍部署的第一批無人飛行載具，是國研署根據一九七〇年代的科技成果，一九八六年與以色列合作開發的先鋒號。在沙漠風暴戰役中，先鋒號出動近三百架次的偵察飛行，引導戰艦火砲攻擊的成效極佳，以致發生伊拉克大批士兵聽到先鋒號飛臨上空時，舉起雙手表示投降的著名事件。先鋒號後來也獲得美國陸軍的青睞，由AAI公司改良後推出RC-7陰影(Shadow)無人飛行載具，現正在美國陸軍服役中。

國研署其他的科技研發成果，進入美軍服役的方式就比較直接。國研署曾在遙控空中觀察定標系統專案下，開發出具備快速目標獲得暨辨認的即時資料鏈系統，於一九七四年技術轉移給美國陸軍。

國研署還開發出高性能移動目標指示(Moving Target Indicator)雷達，搜索距離十五公



全球首架飛行成功的太陽能動力航空器——日升一號



以小型增力火箭協助起飛的先鋒號無人飛行載具

里，可辨認各種地面車輛及航空器，不過這段時間國研署最重要的開發案，是適用於迷你遙控飛機上的整合式通訊導航系統(Integrated Communication-Navigation System)，它是個只需間歇提供控制訊號、抗干擾的資料鏈，可全自動定出飛機的方位，並傳送數位數據及影像資料。此系統於一九七八年轉移給美國陸軍，應用於有人及無人飛機上。

高空長滯空

一九六九年成立的奧斯圖飛行公司(Astro Flight, Inc.)致力於發展無線電遙控高性能海上

飛機，該公司於一九七一年發表全球第一架實用的電動模型飛機，創下僅靠一顆電瓶滯空一小時的世界紀錄。

奧斯圖公司在這一年與先研署展開接觸，並在一九七二年展示一架原型電動模型飛機，創下半小時內飛行三十五公里，最高時速超過一百公里的世界紀錄。先研署擔心電瓶的電力無法提供足夠的滯空時間，建議奧斯圖公司把滯空時間延長超過十二小時，軍方才有興趣。奧斯圖公司認為若高效率太陽能電池的功率密度能達到每公斤兩百二十瓦，能量轉換效率達百分之十四，讓飛機在白天展翅飛行，晚上則改為滑翔飛行，應該可以達到目標。國研署在一九七四年與奧斯圖公司簽訂開發合約。

由於高效率太陽能電池重量較預期超重大約百分之五十，使得含遙測及雷達信標在內的全機重量達一百二十五公斤。一九七四年九月十七日完成以電瓶為動力的試飛，而在一九七四年十一月四日，奧斯圖公司就以模型七四〇七(Model 7407)日升一號(Sunrise I)完成全球首次太陽能動力飛機的飛行。日升一號翼展九點八公尺，翼上滿布四千零九十六片太陽能電池，以五十公尺長的彈簧繩將飛機彈射起飛。

國研署對飛試結果相當滿意，因此繼續提供經費，於一九七五年六月完成第二架展示機，稱為「日升二號」，電池供應商也配合將電池重量減輕，且大幅提升能量轉換效率，因此現在機翼上的太陽能電池雖增加到四千四百八十片，重量反減少兩公斤，可產生六百瓦的電力。這架重十公斤的飛機於一九七五年九月首飛，在後續數個星期的飛試過程中，最高飛行高度五千兩百公尺，滯空時間三小時二十五分鐘，但這架飛機在飛試中因指揮控制錯誤，導至結構斷裂而墜毀。奧斯圖公司根據飛試結果

，估計在北緯三十度地區六月份的天候下，日升二號應該可以飛到兩萬三千公尺高，滯空時間超過二十四小時。

在奧斯圖公司繼續努力下，一九七九年與航空環境公司(Aero-Vironment)合作製造第一架太陽能載人載具——太陽挑戰者(Solar Challenger)，一九八一年載人穿越英倫海峽。航空環境公司另一架高空太陽能動力(High-Altitude Solar-Powered)飛行翼無人飛行載具於一九八三年六月首飛，以評估裝上太陽能電池



2010年8月初試飛成功的全球觀察者太陽能動力無人飛行載具

後的機翼撓曲情況。飛機在起飛後一個多小時就飛到兩千四百公尺的高度，但當時的太陽能電池效率無法讓它長時間滯空，一直到近三十年後的二〇一〇年八月初，航空環境公司的全球觀察者(Global Observer)無人飛行載具，終於靠著太陽能電池動力飛到三千公尺以上的高度，滯空時間也長達七天。

國研署和航空環境公司在一九八六年還共同開發一掃帚柄(Broomstick)科技驗證無人機，以探索高展弦比、高升力翼剖面、平直翼面的空氣動力侷限性。這架驗證機採用飛行翼外形，翼剖面厚度為百分之五十弦長，搭配環流控制，以差別式吹拂(differential blowing)方式提供升力及飛行控制，機上使用吹拂(blowing)及抽吸(suction)方式來進行邊界層控制、推進、飛行控制，外表看不到進氣道、排氣尾管、螺旋槳……推進系統零件。掃帚柄翼展七點六公尺，翼弦長零點五公尺，總重二十公斤。

掠奪者誕生

一九七八年，專門開發無人飛行載具的發展科學公司(Development Sciences, Inc.)在國研署的藍綠雨(Tel Rain)專案下，設計一飛行高度兩萬七千公尺，滯空時間可達五天的偵察型無人飛行載具，使用一具六十五匹馬力活塞式引擎，搭配三級式渦輪增壓及冷卻裝置。

這架無人飛行載具的設計者卡文(Abe Karen)後來離開發展科學公司，於一九八〇年創立領先系統公司(Leading Systems, Inc.)，並以自有經費製造兩架大展弦比、輕重量、長滯空時間的信天翁(Albatross)無人飛行載具原型機，以及機上的先進活塞式引擎、空電、還有地面導控站。在國研署提供經費下，這架無人飛行載具於一九八〇到一九八二年間進行了一系列總時數五十六飛行小時的飛試，以驗證它



信天翁無人飛行載具

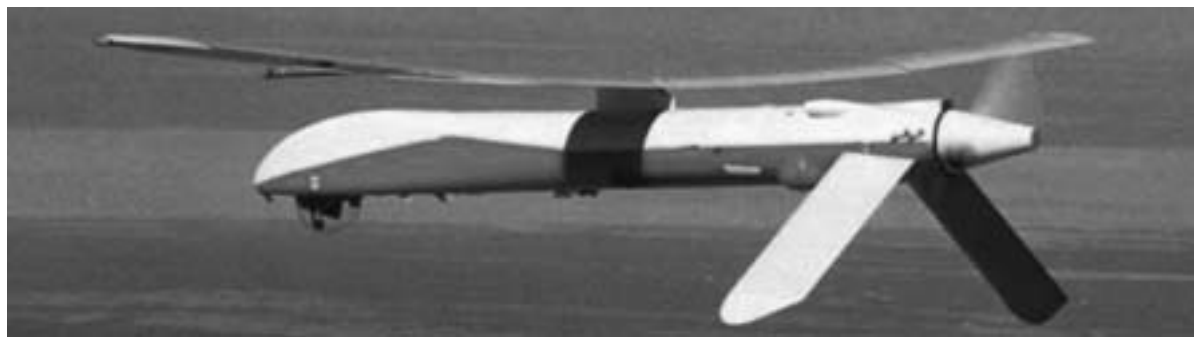
的滯空能力。信天翁無人飛行載具機體製造刻意用最基本的材料，以凸顯它的優異性能並不是來自使用先進材料的緣故。

以信天翁為基礎，領先系統公司在1984年12月與美國海軍合作開發一放大版的高科技琥珀號（Amber）無人飛行載具。琥珀號原設計是由火箭射出發射箱，因此採樞紐翼、折疊式尾翼、折疊式螺旋槳葉片的安排，另外還具備重失速下解出的能力，以便在小型簡陋的機場降落。不過實際彈射能力從未測試，只有百分之七十縮小版模型在太空總署蘭利中心（Langley Center）風洞吹試過彈射氣動力性能。

早在領先系統公司簽訂琥珀號無人飛行載具發展合約前，國研署和海軍部長（Secretary of The Navy）就簽訂協議書，如果琥珀號發展成功，就以它來取代海軍所有的慢速無人飛行載具。陸軍於1985年中加入開發陣容，但海軍將是率先部署及生產琥珀號的軍種。1985年底由海軍助理部長召開的會議中，決定把領先系統公司的設計付諸量產，年產量兩百架，領先系統公司因此建立一面積三萬六千平方公尺的廠房，內有複合材料、電子、整合地面測試、機械加工部門，稍後並購置米拉基（E1-Mirage）飛機場，專門用來執行飛試、訓

練及實際操作。國研署特別組織了一資深技術顧問小組（Senior Technical Advisory Group），成員二十五人，全是來自陸軍、海軍、陸戰隊、太空總署、國防部長辦公室的專家，指導領先系統公司加快開發腳步，降低飛試耗費的人力，以及降低失事率。

琥珀號設計採用最先進的複合材料以減輕重量，且每個零組件及次系統的設計，都是以全機性能最佳化為目標：全動式尾翼、可變間距螺旋槳、收放式起落架，還有可在機翼及機腹下方攜帶大批酬載，這可能是此型無人飛行載具的首創。琥珀號上的每件東西，包括：數位地面控制系統、引擎、螺旋槳、齒輪箱、電腦、數位飛控系統、液壓唧筒、甚至輪胎，幾乎都是訂製品，因為現有的零組件不符合性能、成本、可靠度的要求。譬如機上的數位飛控系統，能力大約是同時期F-16飛控系統的四倍，今日仍在飛行的掠奪者（Predator），也是使用類似琥珀號的飛控系統。琥珀號的設計滯空時間為四十八小時，基本型琥珀號（代號B45）可執行多種任務，如：搜索、通訊或影像中繼、電子情報、電戰、電子支援措施、干擾、偵察……等。攻擊型（代號A45）則會直接向目標俯衝攻擊；另外還有彈射型（代號A40）、高



領先系統公司的琥珀號無人飛行載具，後續衍生出先鋒號無人飛行載具



領先系統公司的蚋蚊400BT

空型（代號H55），但都未實際飛試。

號珀號基本型及攻擊型各生產三架原型機，一九八六年十一月首飛，到一九八八年時，在五千兩百公尺高度累積飛試時數三十小時，一千五百公尺高度累積飛試時數三十五小時，最高飛行高度紀錄為八千五百公尺。飛試不分日夜或天候是否良好，以驗證機體的牢固性，其間有一架攻擊型原型機在一九八七年九月飛試時墜毀。

領先系統公司認為一些無人飛行載具的高

失事率，大部分來自飛行時數太少、操控人員對系統不夠熟悉。不時失事造成飛行成本攀升，因成本考量進而減少飛行時數下，卻又造成失事率飆高的惡性循環。領先系統公司因而製造了一架蚋蚊四〇〇（Grat 400）訓練機，該公司的四位操控人員在操控號珀號之前，必須不論日夜或天候惡劣完成蚋蚊四〇〇三百架次以上的起飛及落地。這對號珀號的可靠度有很大的幫助，號珀號飛試直到六百五十飛行小時，才因為引擎失效發生第一次失事，可靠度幾乎是當時其他無人飛行載具的十倍。

領先系統公司接著開發兩型低成本訓練機——蚋蚊400BT（Basic Trainer基本型）及400AT（Advanced Trainer高級型）。基本型由該公司自行出資製造，共生產十三架，用來密集訓練飛行，到一九八九年七月時，累積飛行架次超過四百次，飛行時數超過三百五十小時，更驚人的是總落地次數達一千一百七十二次，其中四十次在夜間。地面控制站操控基本型的方式，與操控號珀號完全相同。基本型的製造方式是由上、下兩片各含半個機身、機翼的碳纖維複合材料接合而成，以節省製造成本。基本型重二十五公斤，使用六馬力的賽可（Sachs）引擎，起飛總重五十五公斤，最大平飛速度一百八十五公里，最省油的巡航時速為七十四到九十三公里，在一千五百公尺高度時，滯空時間十六小時。

高級型是由號珀號專案提供經費，共訂做六架以執行空電認證及訓練操控員，亦可做為靶標。它空重六十公斤，使用二十五匹馬力的ZG1342引擎，最大起飛重量一百七十公斤，最高平飛時速三百一十五公里，最省油的巡航時速為七十四到九十三公里，在一千五百公尺高度的滯空時間為二十四小時。

領先系統公司也開發了一具低耗油率的八百西西新引擎，稱為KH-800，它是四缸、四衝程、水平對臥水冷式活塞引擎，結構緊緻，迎風面積小，中轉速就有高馬力輸出，非常省油，低振動，可在中、高空運轉。該公司製造了十六具原型引擎，完成七百五十飛行小時的工廠測試，三百小時高空實驗室測試，四百五十小時飛行測試。十具先進生產型引擎完成一千八百小時的各種測試，並在號珀二號機上完成一百二十小時飛試。此引擎在七千兩百轉時輸出最大馬力六十五匹，最佳耗油率為每馬力小時零點二公斤，最高運轉高度一萬公尺，若加上渦輪增壓及後冷卻機（aftercooler），在六千四百轉、三千三百公尺高度最大馬力為一百五十四匹；一千八百公尺高度最大馬力為三十四匹。

領先系統公司另外也著手開發先進的輕重量柴油引擎，提供其他與號珀號相同大小的無人飛行載具動力來源。該公司於一九八五年十二月開始發展KH-1200D引擎，這是一具水冷式、三缸、雙曲軸、二行程、可使用多種燃油的活塞引擎，除了取代號珀號原用的引擎外，也參加海軍無人飛行載具重油引擎專案（CNAV Heavy Fueled Engine Program）評比，不過直到二十五年之後，美國陸軍部署的MQ-1C戰士號（Warrior，掠奪者的衍生機型）無人飛行載具，才開始有使用重油（柴油或噴射機燃油）的引擎出現。

領先系統公司也開發出可同時操控多架無人飛行載具的數位地面控制系統（Digital Ground Control System），為全數位式可程式化、可變架構系統。該公司並試製三部原型系統，地面測試超過兩千小時，現今掠奪者使用的地面控制站，與此系統非常神似。（待續）