

論空戰訓練系統之發展與我空軍空戰訓練成效之探討

空軍中校 楊漢強 空軍少校 羅文成

提 要

空戰對一個飛行員來說是必要的技能，也是存在的價值，處於戰爭期間，空戰的成敗，生死立現，而在和平的態勢下，實兵演訓是最接近實戰的方式，以這種方式來訓練飛行員的空戰技能，可以獲得最大訓練成效，但前提是要讓人員及戰機毫髮無傷，而且還要能判斷戰術戰法成功與否；再者，戰機的作戰訓練，從早期只能以機槍近戰纏鬥，逐漸演變為追熱飛彈，到現在的視距外飛彈遠距離攻擊，從肉眼看得到變成看不到，如此一來，更加大了戰果裁定的難度，從早期只能用影像紀錄器(AVTR)來判斷，到現在可以使用空戰訓練系統(AIR COMBAT TRAIN SYSTEM)來協助訓練，這是世界時勢所趨，用最少的成本發揮最大的實戰訓練效益，這也是此系統深受好評的地方。

1973年，首套空戰訓練系統問世，由美海軍首先使用，此後，相關系統接續被開發，自此，空戰訓練開始進入系統輔助的時代，到目前為止，仍持續開發更新、更多功能的系統，以符合時代所需。空戰訓練系統主要分為兩大地區發展，一個是美國，另一個是歐洲，目前全世界大部分的空戰訓練系統都脫離不了這兩大體系，包括我空軍所使用的空戰訓練系統也都是向美國採購，故本文以深入了解各國空戰訓練系統演進發展(包含中國大陸)並加以探討，來研提我空軍在空戰訓練系統領域上未來的建軍方向。

各空戰訓練系統發展之探討

一、美國空戰訓練系統之發展

美軍在越戰後，檢討其失敗原因，發現美軍飛行員實戰經驗不足，造成戰力無法發揮，提升飛行員的空戰能力成為首要目標，於是美軍成立假想敵部隊，又接續開發空戰訓練系統，並將兩者結合後，創造世界聞名的「紅旗演習」，以最接近實戰方式，對飛行員執行高強度的空戰訓練，來提升其空戰能力，而紅旗演習成功的關鍵就是運用空戰訓練系統輔助實戰訓練。

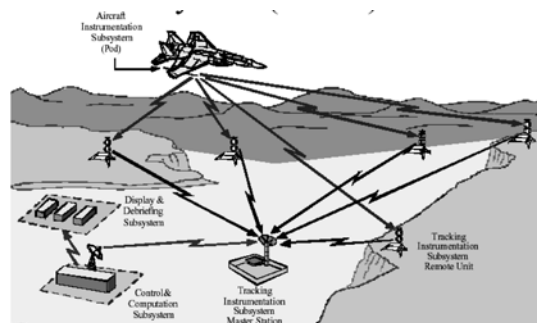
美軍於1969年整合「多邊型量測(Multilateration)」與「慣性導航(Inertial Measurement Unit, IMU)」等相關定位技術，並研製「空戰訓練系統」，於1973年，由美

商CUBIC公司為美海軍在亞利桑那州尤馬市MCAS完成了海軍第一套空戰訓練系統，全名為「戰術機組員戰鬥訓練系統(Tactical Aircrew Combat Training System, TACTS)」¹；然而不久之後，美國空軍則於1976年在內華達州耐利斯空軍基地(Nellis AFB)也建置了空軍第一套空戰訓練系統，全名為「空戰演練儀(Air Combat Maneuvering Instrumentation, ACMI)」。² TACTS/ACMI系統對空戰訓練的影響十分重要，從美軍委託民間公司1973年建置開始，短短十幾年，到1990年止，美國及北大西洋公約組織會員國採購並建置合計超過30套TACTS/ACMI系統，而配合此系統的空載莢艙，已超過1500具。

兩個系統的差別是因美國空、海軍因應軍種特性而提出不同需求，但其主要的分系統建置上並無太大改變(如圖一)：

1. 計算控制分系統(Control & Computation Subsystem, CCS)：負責系統指令之操控，戰機各類參數之計算，武器系統之模擬，資料與語音之儲存等，為系統操控之核心。

2. 通信追蹤分系統(Tracking Instrumentation Subsystem, TIS)：負責CCS指令之傳送，資料之接收及資料通信網路與參考站位之構建，此分系統最大特色是所有地面站位與主控站間必須通聯。



圖一 美軍TACTS/ACMI系統架構示意圖

資料來源：LT Gerald R. Stoffer, Performance Measurement and the Navy's Tactical Aircrew Training System (TACTS) (Orlando：Human Factors Laboratory Naval Training Equipment Center,1981)P.7

面站位與主控站間必須通聯。

3. 空載莢艙(Airborne Instrumentation Subsystem, AIS)：裝掛在戰機上，負責戰機與各地面站位信號答詢，藉以解算戰機之時空訊息資料及戰機相關武器信號之讀取。

4. 顯示歸詢分系統(Display & Debriefing Subsystem, DDS)：負責任務執行前、後，戰術演練解說之用，及任務執行中戰機重要參數、軌跡、圖型等相關資訊之顯示。²

由上述可知，「多邊型量測與慣性導航之整合型定位系統」可稱為美軍空戰訓練系統之主要發展起源，然而目前這類系統與莢艙已漸漸由其他更新的定位系統所取代，依美軍所預劃將在2015年前全部予以汰除。³

1 LT Gerald R. Stoffer, Performance Measurement and the Navy's Tactical Aircrew Training System (TACTS) (Orlando：Human Factors Laboratory Naval Training Equipment Center,1981)P.5

2 謝宗憲、齊立平，〈空戰即時演訓系統之演進歷程與應用〉，《新新季刊》，第41卷第2期，2013年4月，頁32。

3 Headquarters Air Combat Command(A3AR), "Air Combat Training Systems(Mr. Randall S. King)," 2011/10/26. P.11

然而隨著各式定位系統的開發與改良，尤其是以全球衛星定位系統(GPS)的應用，使得美軍在空戰訓練系統發展上有了重大性的突破，1983年，美軍開發出「全球衛星定位與慣性導航(GPS/IMU)之整合型定位系統」。⁴毋庸置疑的，全球衛星定位系統的使用取代了原先的地面站台，可節省系統建置成本。而上述的定位方式運用在空戰訓練系統上，稱之為改良式場域資料系統(Advanced Range Data System, ARDS)，無論是何種載台，只要在系統控制涵蓋的空域內皆可運用。ARDS是繫鏈式運作構型(Tethered Configuration)，系統架構較適合在固定空域內應用於武器系統之作戰測試評估與戰術戰法開發使用，例如我空軍的測戰中心就是適合使用此種系統架構，來執行武器測試評估與戰術戰法開發等任務。

空戰訓練系統因定位技術持續開發，於1993至2000年間，開發出「無場域限制(Rangeless)之全球衛星定位與慣性導航整合型定位系統」，⁵主要特點在於空載莢艙之間以資料鏈路傳輸器互傳戰機的時空訊息資料(Time Space Position Information, TSPI)，並由

攻擊者的空載莢艙執行武器之模擬運算，其後再將武器戰裁結果自動經由無線電告知攻擊者與被攻擊者，此一過程稱為即時戰果告知(Real-Time Kill Notification, RTKN)。⁶簡而言之，莢艙的定位是採全球衛星定位與慣性導航，只要交戰雙方的空載莢艙能夠通聯，也就是在莢艙訊號範圍內，其即時交戰結果是不需藉由地面控制中心來告知，空載莢艙能自行運算出結果並完成雙方告知，此類系統的運作並無演練區域之限制，故稱為「無場域限制」。而無場域限制定位系統目前有三種：

1.KITS(Kadena Interim Training System)：美空軍因Kadena ACMI站台遭颱風破壞，估算其所需修復及維護預算過於龐大，故請CUBIC公司開發新的ACMI，降低對地面站台的需求，⁷稱為無場域限制空戰訓練(Air Combat Training-Rangeless, ACT-R)，於1997年建置完成。

2.自主式空戰演練儀(Autonomous Air Combat Maneuvering Instrumentation, AACMI)：又稱為EHUD ACMI，於1994年由以色列B.V.R. Technologies與IAI/MLM公司合

4 Tom Macdonald, "GPS Range Applications Workshop" (Third Annual Test Technology Transfer Symposium, TASC Inc,1995)P.25

5 Dr. Sultan Mahmood, Mr. Charles Simpson, Mr. Dick Dickson, "Standardization of GPS-Based TSPI for Test and Training Ranges Impact of GPS Modernization" ,(International Congress & Exhibition on Defense Test, Evaluation and Acquisition,February, 2000)P.9.

6 同註2。

7 Michael T. Panarisi, Major, "A Comparative Analysis of Internal and External Solutions to Provide Air Combat Maneuvering Instrumentation Functionality" ,(USAF School of Advanced Airpower Studies,Alabama,2001), P.24.

作開發完成。⁸此類系統後續在歐洲使用比例很高。

3.URITS (USAFE Rangess Interim Training System)：需求始於1998年，為美空軍駐歐部隊採用的無場域限制之ACMI，系統由Metric公司所設計，並於1999年開始服役。

截至目前為止，美軍最新開發出來的空戰訓練系統是P5 CTS/TCTS(Combat Training System/Tactical Combat Training System)，美空軍稱為P5 CTS，而美海軍稱為P5 TCTS，部署於美國本土、歐洲及太平洋地區，提供美國空軍、海軍、海軍陸戰隊、國家防衛隊等軍種使用；此系統由著名的CUBIC公司擔任主合約商，負責各類顯示歸詢系統與即時監控站的設計與生產，並由專攻英艙技術的DRS公司⁹負責各型空載英艙的設計與生產。

P5 CTS/TCTS功能比之前系統強大許多，在於可提供更多不同載台的定位能量(最多同時72架)，並將空對空資料鏈結涵蓋範圍提升至80浬，空對地則是125浬，而其中繼功能可使系統涵蓋範圍達到200浬，同時以資料鏈結保密器來對傳輸之資料加解密；此外，還提供各式英艙供各型機運用，包括F-22及F-35等最新型戰機，同時也設計地面裝備與

戰鬥機員顯示系統(Individual Combat Aircrew Display System, ICADS)相結合¹⁰。另外由於美海軍提出無時間、無空間限制之訓練需求，故CUBIC公司進而研製艦載式系統(如圖二)，於2010年7月，已由6架F/A-18裝載P5空載英艙從航空母艦上直接起飛進行演訓任務。¹¹

二、歐洲空戰訓練系統之發展

歐洲空戰訓練系統基本上使用的國家大部分都是美國的盟邦，也是北大西洋公約組



圖二 美海軍新一代戰術空戰訓練系統P5 CTS/TCTS示意圖

資料來源：Kren Walker, “Cubic Frees Air Combat Training From the Range”, DefenseNews, Sep 20, 2010, P31。

8 Paul Wang, “Autonomous Air-Combat Manoeuvring Instrumentation (AACMI)”, Greek Defence News, February 2007.

9 Matt “DRS Delivers 1000th Airborne Pod for P5 Combat Training System,” ASDNews, 2010/11/23, <http://www.asdnews.com/news-32034/DRS_Delivers_1000th_Airborne_Pod_for_P5_Combat_Training_System.htm> (檢索日期：2014年4月29日)

10 Cubic “P5 CTS/TCTS Air Combat Training”, <http://www.cubic.com/Portals/0/Files/Tech-Center/11741_016%20P5%20br_reader.pdf> (檢索日期：2014年4月12日)

11 Kren Walker, “Cubic Frees Air Combat Training From the Range”, DefenseNews, Sep 20, 2010, P31.

織(NATO)會員國，但沒想到的是，在歐洲取得AACMI結構之市場領先地位卻是德國的FPR系統，一樣有許多歐洲國家採用，除了這2大系統外，尚有其他單獨系統有少數國家使用，以下就區分這3大部分說明：

(一)北約NSAR系統

英國航太公司(British Aerospace)於1988年向美商CUBIC公司採購ACMI，由於系統設置在北海，故稱為North Sea ACMI Range (NSAR)，提供北大西洋公約組織會員國付費使用，其使用的客戶包括英國、荷蘭、美軍駐歐部隊、法國、比利時、瑞士、西班牙、丹麥與挪威等國。¹²NSAR基本上就是美軍的ACMI，在歐洲盟國唯一無法整合的就是法系戰機，而為滿足法國製戰機之訓練需求，經由法商Matra公司的合作，將空載英艙修改成可裝掛於Magic飛彈發射架上，稱為NECA英艙。¹³NSAR於2002年11月執行性能提升，已更新為AACMI，又稱為RAIDS (Rangeless Airborne Instrumented Debriefing System)，由MBDA公司負責。

(二)德國FPR系統

歐洲空戰訓練系統不僅僅只有NSAR(也就是後來的RAIDS)，1996年7月，德國Diehl

BGT公司與以色列B.V.R. Technologies公司簽署合約共同執行德國空軍飛行態勢記錄器(Flight Profile Recorder, FPR)建置案，¹⁴於1998年完成系統設置，全系統由FPR英艙、任務顯示單元與即時接收站(Real Time Tracking & Positioning, RTTP)所組成，其系統架構(如圖三)，德國可說是歐洲第一個使用AACMI系統的國家，有其獨到之眼光。

在這龐大的軍火市場中，由於FPR系統在德國空軍使用情況有口皆碑，促使德商Diehl BGT公司與FPR之英艙製造商IAI/MLM公司持續合作，推廣FPR系統，如今FPR已在歐洲取得AACMI系統之市場領先地位，目前有挪威、比利時、義大利、瑞士、捷克與奧地利等國已採用FPR系統。¹⁵

(三)其他單獨系統

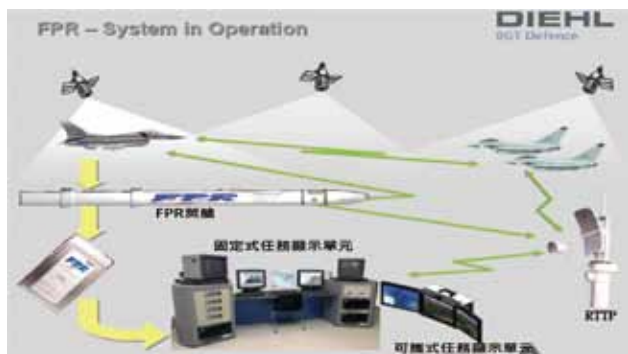
法國的AACMI稱為ACTIONS (Air Combat Training Inter-Operable NATO System)，由MBDA公司負責承製，其空載英艙是與以色列IAI/MLM公司合作發展；荷蘭的AACMI係由CUBIC公司負責，其空載英艙也是與IAI/MLM公司合作發展。因此從上述所知，目前AACMI已為歐洲各國空軍戰演訓的標準配備，大部分國家在這方面的發

12 Air Scene UK, "ACMI inc," Air Scene UK, Sep15, 2001, < <http://www.airsceneuk.org.uk/hangar/2001/acmi/acmi.htm> > (檢索日期：2014年4月15日)

13 同註12。

14 TEL AVIV, Israel(Business Wire) "B.V.R. Technologies Ltd announce that BGT is awarded contract for supply of EHUD systems to German Air Force," July 16, 1996, < <http://www.thefreelibrary.com/B.V.R.+Technologies+Ltd.+announce+that+BGT+is+awarded+contract+for...-a018488835> > (檢索日期：2014年5月3日)

15 Diehl BGT Defence "Interoperability of AACMI Systems," Feb, 2010, < http://www.diehl.com/fileadmin/diehl-defence/user_upload/flyer/FPR_Flyer.pdf > (檢索日期：2014年3月30日)



圖三 德國FPR系統架構

資料來源：TEL AVIV, Israel(Business Wire) “B. V.R. Technologies Ltd announce that BGT is awarded contract for supply of EHUD systems to German Air Force,” July 16, 1996,< <http://www.thefreelibrary.com/B.V.R.+Technologies+Ltd.+announce+that+BGT+is+awarded+contract+for...+a018488835>>(檢索日期：2014年5月3日)

展，主要由AACMI主合約商(如Diehl BGT、MBDA、CUBIC)與IAI/MLM合作發展適用於該國機型之英艙與介面，以量身打造方式執行，滿足該國訓練需求。

歐洲由於國家眾多，故聯合軍演是經常性的，加上近幾十年如南斯拉夫及科索沃等戰爭之經驗，參與同盟作戰的戰機數量均超過100架以上，載台包括各式戰機及船艦，不易整合，故必須將同盟作戰訓練列入重要目標。因此，歐洲空軍集團(European Air Group, EGA)非常重視各國所設置之AACMI是否具有互通性。於2006年，由7個EGA成員國(英國、法國、義大利、德國、比利時、荷蘭、西班牙)簽署了AACMI Interoperability之技術協議，揭開了歐洲各國AACMI具備互通性之

重要里程碑。

為使歐洲各國AACMI具備互通性，EAG除了要求各成員國儘量使用相同頻率之資料鏈路傳輸器與標準的通信協定外，還研擬於地面上執行資料即時交換的架構。由於資料即時交換是在地面上完成，因此，不同國家之空載英艙，彼此間無法直接進行資料交換，會影響自動戰裁功能，但對於戰場透明化與手動配對戰裁作業，仍能有效提供。

歐洲AACMI與美軍的P5 CTS/TCTS，雖然使用相同的工作原理，但因採用的通信協定與資料鏈路傳輸器並不相同，傳輸頻率亦不同，彼此間無法相容與鏈結。未來即便歐洲各國已完備AACMI之互通性，美軍與北約國家進行聯合演習時，仍會因系統不相容，須再進行跨國跨系統之整合作業。¹⁶

三、中國大陸空戰訓練系統之發展現況

依據中國評網路電視台2011年6月11日轉述解放軍報，解放軍空軍於西北部巴丹吉林沙漠雙城子試訓基地舉行歷史上規模最大、要素最全、資訊化程度最高的一場體系對抗演練，來自多個軍區空軍的多兵機種部隊組成紅藍雙方，在廣闊的西北大漠擺兵布陣，激烈攻防。

經過50多年的建設，特別是近10年持續之投入，使得該基地已具備指揮控制、遠程導引、戰場感知、檢測評估等功能的資訊化戰場監控環境，解決了全過程、全空域、全要素指揮、控制、導引、調派等難題。同時，該基地亦開發了即時評估系統，可同時

16 同註2。

對所有參演飛機、防空武器系統的作戰效果進行評估，即時顯示對抗雙方的交戰過程，提高了監測評估的科學性、準確度。這裡亦具備中國大陸第一個具有實戰效能的電子戰訓練場，此外，基地還採取實裝與模擬環境相結合的方式，設置實戰化的「人工合成環境」。若上述報導屬實，則巴丹吉林沙漠試訓基地之系統能量已接近美軍耐利斯靶場(Nellis Range Complex, NRC)¹⁷的規模。

中國大陸空軍於2011年3月派遣兩架Su-30MKK，並伴隨著12名地面支援人員到巴基斯坦各空軍基地參加代號「沙欣-1號」空戰演習，演習旨在共同分享經驗，磨練專業技能和積累的專業知識。同行者還包括印度空軍隸屬Gwalior基地之戰術和空戰發展組織(TACDE)，該組織之任務係仿照美海軍戰鬥機武器學校之捍衛戰士(TOP GUN)與美空軍耐利斯基地假想敵中隊。¹⁸

由於巴基斯坦空軍配有F-16A/B/C/D、Mirage IIIP 與 Mirage VP等機種，與本軍主力戰機中之F-16與M2000-5相近，顯示中國大陸空軍積極藉由參與國際各種演習，情蒐本軍主力戰機空優性能數據與武器接戰範圍之企圖與用心。

巴基斯坦空軍與中國大陸空軍，藉由所

屬AERO與CETC兩機構的合作，自2008年以來，一直共同進行無限場域(Rangeless)、GPS技術、不同機種空戰訓練系統(Dissimilar Air Combat Training System, DACTS)和空戰演練儀(Air Combat Maneuvering Instrumentation, ACMI)系統之開發。¹⁹系統設計之目標要在單一演訓場可同時支援100架飛機定位與100組武器之模擬。但由於受到美國與歐洲輸出許可的限制，巴基斯坦空軍與中國大陸空軍至今尚未從德國、美國或以色列獲得DACTS/ACMI系統。

依據美國國家航空太空情報中心2010年8月發布的中國大陸空軍 2010年軍力報告，²⁰在2000年代，中國大陸空軍已發展並部署幾種以資訊技術和計算機為基礎的系統，使飛行員和塔台指揮員提高工作績效，並於落地後作為歸詢的參考資料。但非全部飛機都配備飛行參數記錄系統(Flight Parameter Recording System, FPRS)。當於地面處理站整合其他系統時，就成為一個綜合監測系統，可量測、記錄和處理飛機及其系統的工作狀態和參數。飛行員如不符合標準要求就須接受補充訓練或停飛。飛行參數記錄系統據說可以收集和保存70多組關鍵參數，如飛行控制，發動機狀態，飛行狀態和儀器的指標。

17 Globalsecurity, "Nellis Range Complex," Oct22,2013 <<http://www.globalsecurity.org/military/facility/nellis-range.htm>> (檢索日期:2014年4月27日)

18 Drasun K. Sengupta, "PLAAF joins PAF in an operational air exercise, Shaheen-1, within the Pakistani air space," Sep,2012, <<http://www.forceindia.net/coverstory4.aspx>>, (檢索日期:2014年4月29日)

19 同註18。

20 National Air & Space Intelligence Center, People's Liberation Army Air Force 2010, (OHIO, National Air & Space Intelligence Center, Weight-Patterson Air Force Base, August 1, 2010), Page 86

此外，即時飛行監控系統(Real-Time Flight Monitor System, RTFMS)，連結飛行參數記錄系統，可以準確地傳遞飛行參數資訊和衛星導航定位資訊，塔台終端機上可即時顯示超出可視範圍之單個或多個飛機資訊。飛行參數記錄系統可診斷和預測飛機的故障，並評估飛行的品質。在即時飛行監控系統採用包括記錄於飛行參數記錄系統的信號和GPS定位信號，並通過無線電發射器和天線進行數據傳輸，即時傳送到塔台的指揮終端機上。管制員在塔台可由螢幕即時獲得飛機在空中的姿態、位置及航線，也可顯示駕駛艙內一些儀器狀態。這樣一來，可更容易指揮飛機並確認飛機在飛行中是否發生故障。

共軍在主要的試訓基地目前已具有之空中演練系統包括飛行參數記錄系統、即時飛行監控系統、地面歸詢系統、電子戰訓練場、戰管雷達系統、防空武器雷達系統、即時評估系統及連結各種作戰平台所需之寬頻數位網路系統。中共空軍至今雖尚未獲得DACTS/ACMI系統，但自2008年以來，一直就與巴基斯坦空軍共同進行相關開發工作，因此，研判中共空軍未來數年內將有能力獲得並部署DACTS/ACMI系統。

綜上所述，雖然空戰訓練系統首先是由美軍所發展出來的，但在AACMI此架構的持續發展上，明顯看出歐洲各國是走在美國之前，且積極的推動跨國跨系統之整合工作。故EAG成員國對AACMI後續之發展策略與系統之擴展應用，對未來發展同盟作戰具有極重要參考價值。世界各國都認為除了致力

於武器軍備的提升外，更應與其他國家進行軍事交流或聯合軍演。例如：2014年由美國主辦的環太平洋聯合軍演，全球參演國家已增加至22個國家，連中國大陸都首次獲邀參演。我國所使用的空戰訓練系統也是向美軍採購，美軍目前的發展，可視為我空軍後續建軍發展的方向，我國更須努力走出外交與軍事孤立的窘境，未來期與其他國家共同訓練，執行聯合演習活動。

除歐美方面外，中國大陸也積極的在這領域不斷的發展，如部署飛行參數記錄系統(FPRS)及即時飛行監控系統(RTFMS)，以提高及強化其訓練績效。所以在中國大陸的威脅下，我空軍在空戰訓練系統上的發展是不能懈怠的，須持續精進訓練效益，保持相當之優勢。

我國空戰訓練系統之演進與運用

空戰訓練一直為國軍所重視，加上我國軍購裝備物品多為美軍規格，故於1988年首次向美軍採購空戰訓練系統，正式開啟我國以空戰訓練系統方式來執行空戰實戰訓練任務，大幅度提升空戰戰技及訓練成效；而我空軍所使用過的空戰訓練系統，依建置的時間，依序為空戰演練儀、戰術分析系統及空戰即時演訓系統等3套，每一套系統都有其不同的功性能及建置的時空背景需求，同時也在該階段發揮各系統的訓練能量，達成系統建置之目的。

一、空戰演練儀(ACMI)之發展與運用

1988年，我空軍以軍售管道向美海軍

採購空戰演練儀(Air Combat Maneuvering Instrumentation, ACMI)，該系統屬多邊型量測與慣性導航之整合型定位系統，系統控制中心設置於台東志航基地戰術訓練中心(隸屬教導部，已於102年7月因組織編裝調整時併入測戰中心)，當時僅提供F-5、F-104、AT-3等型機之實兵訓練與戰術發展使用，並於戰術訓練中心成立假想敵中隊(第46中隊)，系統最多可同時處理36架飛機的資料與50組武器模擬能量；而美中不足的就是運用ACMI時必須將部隊移防至台東基地，無法於原基地使用。

後續為滿足國人自製IDF型機及向美購入F-16型機的空戰訓練需求，於1999年，向美空軍以相同軍售模式執行ACMI系統性能提昇專案，建案名稱為GAP(GPS ACMI Project)計畫，於2000年底開始執行階段，於2002年7月完成建案並全系統啟用，²¹後續系統維護作業依然由美空軍所執行。

性能提升後的ACMI能即時有效涵蓋東部空域，系統能力可同時處理100架飛機的資料與100組武器模擬能量，其主要裝備包含地面裝備(任務顯控系統、主控站、地面中繼站、遠端歸詢顯示系統)及空載莢艙均與美軍相同，另增加IDF、F-16型機可使用。

2004年我空軍通過「空戰演練儀(ACMI)與戰術分析系統(TAS)後續運用規劃研析報

告」乙案，決議以戰術分析系統為平台，提升系統部分功能，並擴充所需裝備，建置「空戰即時演訓系統(ACTIS)」，俾於空戰演練儀使用年限及軍售維護案合約屆期時(2012年12月1日)，予以接替空戰訓練任務，持續提升本軍空戰戰力。故空軍以此研析報告結論決議讓空戰演練儀於2012年9月30日停用，執行系統裝備拆除作業，並於2012年底合約到期時，正式除役，完成其階段性任務。

二、戰術分析系統(TAS)之發展與運用

由於世界各國均將戰機之戰術戰法列為機密性極高之資產，獲得不易；且戰術研發之能量亦無法自其他國家獲得，為因應新一代戰機後續運作測試評估及戰術戰法研發分析與驗證之需要，我空軍測評戰研中心遂於1999年建案執行「新一代戰機後續運作測試與評估及戰術戰法研發分析與驗證案」；2001年，測評戰研中心為執行上述乙案之任務需求，且因法製的幻象2000戰機，無法和志航基地的美製ACMI完全相容，我空軍為了精進跨機種間的戰術對抗訓練，委託中科院研發出來的全新「戰術分析系統(Tactics Analysis System, TAS)」。²²

TAS建置的主要任務係用以執行空軍測評戰研中心各項作戰測試評估及戰術戰法研發驗證為主，支援部隊演訓任務為輔；基於上述原則，於TAS執行測試任務之餘，可視

21 Wei-Bin Chang, "Air Combat Maneuvering Instrumentation (ACMI) Section," Feb12,2014, <<http://www.taiwanairpower.org/af/acmi.html>>(檢索日期:2014年5月2日)。

22 游太郎，〈TAS研發成功三軍聯戰邁大步〉，《大紀元》，2005年10月25日，<<http://www.epochtimes.com/b5/5/10/25/n1096501.htm>>(檢索日期:2014年5月2日)

需求支援各部隊。而TAS組成的分系統有：

(一)任務顯控分系統：又稱控制中心，可分為固定式與機動式(拖車車廂)，主要負責系統之控制、飛機運動參數與航電參數之計算及航跡、地表、地貌之顯示、武器模擬及地空語音之錄放；同時也提供許多高仿真度視景畫面，包括平面、座艙、廣角、追擊及多視窗視景等，故飛機與飛行員在空中的動態可即時顯示於控制中心內之螢幕。

(二)主控站：主要是將控制指令或GPS修正資料直接上傳給莢艙，或間接經由地面中繼站傳送，並接收由莢艙直接下載之資料或經由RGS間接下載之莢艙資料。

(三)地面中繼站(Relay Ground Station, RGS)：負責主控站與莢艙間之指令及資料中繼傳輸，以涵蓋地表區面無法通視之區域及擴大即時定位與對空機通聯之有效空域。其分別分布於新竹、馬公、屏東、綠島、花蓮等5處，藉由地面中繼站群所形成之有效範圍涵蓋全島海空域。

(四)空載莢艙：負責飛機之定位與機內飛航參數擷取，目前計有三型空載莢艙，可裝設於十種載台，同時追蹤64個載台²³ (包含飛機與船艦)，其中，空載莢艙P4G MIP+型適用於IDF、F-16、F-5型機，P4M MIP+型適用於M2000-5型機，P4I MIP+型適用於C-130HE、E-2K型機、成功艦、康定艦、濟

陽艦與基隆艦等主力艦艇。²⁴

TAS與ACMI最大不同在於TAS提供兩種運作模式，²⁵即為集中式與分散式，以此滿足空軍作戰測試評估與戰術戰法開發的任務需求。

(一)集中式：

採此模式時系統可同時處理64個目標之定位與顯控能量及50組武器模擬作業。空載莢艙必須以資料鏈路器與地面中繼站執行資料傳送，並將資料傳至控制中心之資料處理器，進行即時處理、計算、顯示與記錄等作業。武器模擬則由控制中心之電腦執行，當載台進行攻擊時，地面管制中心的電腦於收到莢艙傳送的武器擊發信號後，立即由武器戰裁單元執行彈道解算與戰果裁定，再由戰裁官以無線電通知在空機飛行員戰裁結果。於測試或演訓時，莢艙所產生的資料均儲存於莢艙內的紀錄卡匣(Data Transfer Device, DTD)中；任務結束後，將莢艙記錄卡匣攜至管制中心進行資料融合處理，可於歸詢時，運用控制中心大螢幕進行檢討。

(二)分散式：

採此模式時系統可同時處理36個目標之定位與顯控能量，每一具莢艙最多可同時執行8組武器模擬。空載莢艙使用通訊鏈路交換之資料執行武器模擬，並將武器模擬結果傳送至攻擊機與被攻擊機。若作業空域距離中

23 中科院一所，〈2003年台北國際航太科技暨國防工業展-戰術分析系統參展型錄與看板資料〉，2003年8月，頁1。

24 同註2。

25 中科院一所，〈即時儀電定位莢艙操作／維護手冊〉，2003年4月，頁64。

繼站台超過70NM，測試或演訓飛機亦能在分散式模式下進行彼此間之即時戰裁；惟此時地面系統無法進行即時監控(須透過另一架中繼機攜掛空載莢艙傳遞訊號即可即時監控)。

由於戰術分析系統在實際運用上成效卓著，而在國防自主立場上，系統由中科院整合研製，且運用情況均能滿足測試及戰評所需，故於2004年決議要建置空軍新一代的空戰訓練系統時，便決定以TAS為平台來加以擴充及提升。

三、空戰即時演訓系統(ACTIS)之發展與運用

我空軍因空戰演練儀(ACMI)軍售維持費過高，且為防止ACMI壽期及維護合約屆期時，無系統可接續空戰訓練任務，故於2004年研析並決議建置「空戰即時演訓系統(Air Combat Training Instrumentation System, ACTIS)」，持續提升空軍空戰戰力；於2009年委託中科院由戰術分析系統(TAS)提昇為空戰即時演訓系統(ACTIS)之籌建工作，並於2012年8月完成全系統建置並交付空軍。啟用後ACTIS可即時有效涵蓋空域含括整個ADIZ，系統最多可同時處理72架飛機的資料與128組武器模擬能量。全系統有五處控制中心，各式莢艙計49具，8套遠端顯示分系統，可同時支援全軍七個聯隊之實兵演訓與戰術對抗任務，成為空軍新一代的空戰訓練系統。

由於ACTIS是以TAS為平台來加以建構，所以系統的定位方式、基本架構、組成裝備及運用模式都是相同的，除此之外，ACTIS不僅增加系統裝備數量，效能品質也大幅提升，如控制中心的系統電腦可提供多

種視景畫面，包括雷達及武器包線視景等，以輔助戰裁官做判斷，其主要功能包括：

- 1.提供F-5、F-16、IDF、M2000-5、E-2K、C-130HE、基隆艦、康定艦、成功艦、濟陽艦等載台之定位。
- 2.提供美系F-5、F-16、IDF型機自動戰裁功能及法系M2000-5型機人工戰裁功能。
- 3.地面控制中心可多個同時運作，並即時提供空對空飛彈包線。
- 4.提供集中與分散模式即時將資料傳回地面接收站。
- 5.系統具備敵我雙方之空對空、空對面、地對空及艦對空等武器模擬能力。
- 6.系統具備戰術攻擊與武模電子戰分析能量。
- 7.可融合各型機空用影帶(AVTR)與時空定位資料進行同步回放。
- 8.提供空軍各靶場模擬實彈投擲記分功能。
- 9.可運用於各類聯戰操演，協助指揮官戰場管理。

「空戰即時演訓系統籌建案」自101年8月由空軍接收系統裝備後，即運用於支援各部隊之飛行訓練與戰術驗證，系統可供空軍執行各型短、中程空對空、空對面及遙攻精準武器操作等模擬作戰演訓，精進飛行員不同機種對抗、不同機種組合作戰、戰場重建與戰場管理精練訓練效能等，系統除大幅增加空戰訓練及不同機種對抗功能外，更可支援基地組合訓練及戰術訓練總驗收等任務，同時亦可擴展至支援國軍各項聯合演訓等任務，有效提升國軍聯合作戰演訓效益。

空軍空戰訓練系統執行成效探討

一、各空戰訓練系統之比較

我空軍之空戰訓練系統業管單位須保持積極態度及提升相關領域敏銳度，持續精進作為，並適時擴充所需裝備，故須對世界各國空戰訓練系統詳加了解與掌握，故綜前所述，將我空軍與各國空戰訓練系統加以比較，例如多載台定位方式、可同時追蹤72個目標(含以上)、即時戰果告知、敵空對空武器模擬、地對空武器模擬、戰術攻擊分析、分散式多控制中心、無線電即時管制、AVTR影帶與TSPI資料同步回放、武模電子戰分析、無場域限制、中繼功能、模擬投彈之記分能力(NDBS)、連結射頻模擬器，提供地對空威脅環境等有關因素皆相同，故以下僅就差異之處列表說明(如表一)：

從上表可看出，我中科院已有整合系統之能力，無需另外重新發展所有系統裝備，可節省許多研製成本，快速投入其他訓練功能之開發或擴充；在武器模擬軟體部分，我國與歐洲相同都使用商規等級，只有美國才能用軍規等級；中科院特別應我空軍需求，增加空對空飛彈動態包線即時顯示及戰機戰術運動場景模擬與分析功能；加密方式因美方不願出售加密器裝備，故採軟體加密方式執行；在海軍僅主力艦艇可安裝內置式莢艙(基隆級艦、濟陽級艦、成功級艦及康定級艦)，雖然我們與其他國家仍有許多差異之處，但這些就是有待我們去加強及後續發展的建軍方向，只要能持續執行，將能不斷地

提升我空軍之空戰實力。

二、作戰訓練方式與成效

空戰即時演訓系統(ACTIS)完成籌建後，落實系統運用成了當前最重要的目標，使各部隊善用ACTIS執行戰演訓任務，提升各項任務執行成效，發揮系統訓練能量，以達優化部隊整體戰力之目標。

而為了達成此一目的，空軍司令部令頒相關訓練實施計畫，律定ACTIS須運用於國防部、司令部年度指定演訓項目、年度各類重大演習、基地組合訓練、實彈投擲及實彈射擊、精練訓練或戰術訓練。尤其以大兵力組合訓練課目、不同機種對抗及戰術課目均須運用。

表一 各空戰訓練系統之比較

系統／功能	美軍P-5	歐洲AACMI	我空軍ACTIS
系統架構	RC	RC	TC及RC皆有
空對空及空對面武模軟體	軍規等級	商規等級	商規等級
空對空飛彈動態包線	無	無	可即時顯示
戰機戰術運動場景模擬與分析功能	無	無	已具備
系統整合	CUBIC公司	BGT/MBDA/CUBIC公司	中科院
莢艙製造	DRS公司	IAI/歐洲公司	DRS公司
加密方式	硬體加密	軟體加密	軟體加密
海軍海面船艦之定位	已具備	無	僅主力艦艇具備
鏈結整合式防空系統	已連結	已連結	無
UAV資訊交換	無	可交換	無

資料來源：本研究整理

各部隊執行空戰運動暨戰術課目訓練時，須依實施計畫達成每月基本訓量(如表二)，保持訓量架次在上下限之間，如未能達成，則須於每月訓練檢討會提出延誤理由及策進作為。

而在系統完成籌建後，增加許多相關裝備及設施，使得訓練成效得到明顯的提升，尤其是應用在各種演習、考核任務、基地及戰精訓練，直接提高的使用成效摘述如后：

系統建置前，僅能藉由戰術中心ACMI或測戰中心之TAS執行即時監控所有演訓情況，因受限於只有此兩處才能執行即時監控，故每次演訓任務均須派戰裁官分赴兩地之一，而且TAS系統主要任務是各項作戰測試評估及戰術戰法研發驗證，其次才是支援演訓任務；建置後，空軍可運用基訓部、戰術中心、401聯隊、499聯隊與測戰中心之任務顯控系統即時監控IDF、IDF MLU、F-16、F-5、M2000-5、C-130HE、E-2K、海軍四款主力船艦於ADIZ之演訓情況，滿足我空軍建立大兵力對抗的演訓支援能量。

各型空載英艦在未建置ACTIS前，僅有ACMI計一款24具英艦與TAS三款計17具英

艦，兩者無法統合支援同一任務，影響大兵力對抗時，資料蒐集之正確性與即時性；建置後，與TAS系統整合，計有三款計49具英艦，可滿足演訓時同時間大批兵力升空執行任務，不再受到英艦數量限制，進而影響演訓任務進行，更能藉由各處顯控系統即時且更有效掌握戰機與船艦相對位置，俾利戰裁官及地面人員戰場動態掌控及快速分析所獲資料。

遠端顯示分系統在未建置系統前，僅有ACMI計4套可供第401、455、443、427聯隊執行任務歸詢回放使用；建置後，可供第一至七聯隊與教準部執行英艦資料融合與任務歸詢回放使用。

英艦測試器先前僅有ACMI計1套，故空載英艦僅能送至第737聯隊檢修；建置後，計有7套，故各聯隊所配賦的英艦可直接在聯隊內檢修，而基訓部隊可使用基訓部的英艦測試器檢修，可大幅提升英艦故障後修護的速度。

綜上所述，進入ACTIS時期後，系統使用的便利性及可實施課目的多樣性，使得空中實戰演練的次數大幅度的增加，自然也讓我空軍飛行員的空戰技能隨之提升，故ACTIS的建置確實讓空戰訓練的質與量都能同時提高。

從各空戰訓練系統之比較來看，其實在系統功能上已經與許多國家相同，證明中科院研製能力早有一定的水準，更不用說整合系統之能力，這也說明了我國防產業的深厚潛力，不可小覷；系統差異之處是我們持續精進的空間，世界各國的系統功能開發永

表二 ACTIS每月基本訓量計算表

限制	每月基本訓量計算方式(架次)
上限	依各聯隊空載英艦配賦量×3(每日飛行架次)×20(每月可飛天數)
下限	依各聯隊空載英艦配賦量×80%(妥善率)×2(每日飛行架次)×20(每月可飛天數)

資料來源：本研究整理

無止盡，武器系統永遠推陳出新，所以中科院與空軍需緊密配合，讓這套空戰訓練系統不斷的研發、測試、運用、修調，然後再發展，使系統能力持續增強，功能升級，俾利提升空戰訓練成效。

結 論

近年來，中國大陸空軍已由「防空型」轉向主動積極的「攻防兼備型」，除了在各種武器載台進行質的提昇外，亦極為重視訓練，大力在加強核心軍事能力訓練，增強訓練的針對性和實戰化水準，尤其在近幾年強調攻勢訓練，包括實彈射擊和轟炸及區域間的遠程機動和空中加油。另一個重點在改進訓練，並以完備假想敵的能量來提昇戰術訓練水準與強度。而依據其規劃的發展軌跡，共軍的訓練正朝著此方向前進中。

為了能持續維持我局部空優之能力，本軍除了須推動各種武器載台之質的提昇外，加強戰訓本務與聯合作戰應列為優先工作。故未來建軍備戰方向建議如后：

一、善用系統輔助訓練

各飛行聯隊現在只要在自己駐地便可立即使用ACTIS，使用的便利性，各單位應善加運用系統來輔助空戰訓練，並將使用心得、經驗及建議提出，除了能精進系統功能，也讓各單位意見交流，以提升整體空戰能力。

二、持續提升及擴充系統功能

ACTIS現已具備空對空與空對面之即時演訓能力，考量聯合制空作戰之需求，後續可將地對空防空雷達及攻擊之資訊納入整

合，擴充系統功能，以完備空對地、地對空之接戰與電戰分析，俾提供聯合制空之作戰運用；日後持續朝向部隊實際需求研發或向國際系統廠商購買新功能來執行性能提升及擴充，逐步完善系統功能。

三、規劃增購系統裝備及設施

持續採購各型空載莢艙，其數量須符合飛行聯隊所需；另增建系統控制中心，以達成可同時支援全軍六個戰鬥機聯隊(不含空運機聯隊)之實兵演訓與戰術對抗任務之能量，使各聯隊均有即時監控及戰裁之能力。

四、落實執行國防自主政策

在國防自主的原則下，我空軍應該先建立減少對美軍售案之採購，改為商購方式之競標或委託中科院執行，例如空戰即時演訓系統建置時，因美方不願出售加密器，所以只能採軟體加密方式執行，明顯暴露出受制於美方的極大弱點；而中科院以系統整合商的身分，避開美國軍方直接向美國民間軍事科技公司採購，不僅將減低建案預算成本，更能全盤掌握系統自主權，可說是國防自主的成功案例之一。

五、可發展成聯戰演訓共通輔助平台

由於ACTIS已能提供F-5、F-16、IDF、M2000-5、E-2K、C-130HE型機及海軍各型主力艦等之定位能力，相關武器戰裁與多控制中心之網路鏈結亦已完備，未來還可將陸軍航空兵力納入。因此，如以空戰即時演訓系統擴展做為三軍聯合戰演訓共通輔助平台，將具備作戰立體場景透明化及作戰共通圖像功能，可支援戰場管理及火力分配相關資訊。

六、未來合成化戰場環境之實現

未來將可以讓模式模擬、模擬器與實兵系統互相連結並整合，不僅可以改善模式模擬為紙上談兵，而大兵力的實兵演練又要耗費龐大經費之缺點。由於網路技術的普及與網路傳輸速度的提升，模式模擬與虛擬實境技術已在實戰演練與軍事運用舉足輕重，仿真實世界之「合成化戰場環境」實現的可能性日益提高。

工欲善其事，必先利其器，在我空軍空戰即時演訓系統之良好基礎上，未來的建軍方向，若能如上述建議能持續推動，可有效提升我空軍作戰能力，並避免與中國大陸空軍訓練質量有過大差距，進而有利於爭取

整體戰略及戰術之優勢，以達成各項作戰任務。

作者簡介

楊漢強中校，空軍航空技術學院84年班，國防大學空軍指參學院99年班。曾任作戰官、情報官、教官。現任國防大學空軍指參學院教官。

羅文成少校，空軍官校88年班。曾任飛行官、攔管官、領航官、訓參官。現就讀國防大學空軍指參學院103年班。



日本航空自衛隊F-2A支援戰鬥機2號原型機，隸屬飛行開發實驗團。(照片提供：張詠翔)