



無人飛行系統之運用與展望

作者簡介



曾祥穎備役少將，陸軍官校41期、陸院74年班、戰院78年班、兵研所82年班；曾任連長、大隊長、指揮官、組長、高級教官、副師長、聯合防空主任、署長等職。

提要>>>

- 一、無人飛行系統（UAS）在未來作戰之重要性有日益增加之趨勢；美國陸軍稱之為「陸軍之眼」，刻正積極的整合與部署中，其與以色列發展之過程為世界各國主要借鏡之對象。
- 二、世界各國現階段無人飛行系統建軍以偵蒐為主，未來應會朝指揮管制與武裝攻擊方向發展，將以戰術類之機型為主。
- 三、中共對無人飛行系統的研製已有相當的成效，並結合部隊實施演訓，其發展與運用深值我軍密切注意。
- 四、無人飛行系統的引進增強了國軍的戰力，也帶來了新的「地空整體作戰」問題與挑戰，如何發揮其應有的功能，有待我軍務實研究開發。

關鍵詞：無人飛行系統、C⁴I/SR網狀化作戰、情蒐監偵、知識戰爭

前言

自從1989年美蘇冷戰結束，兩極緊密體系瓦解，世界的戰略局勢為之不變。世界大戰的陰影消除之餘，各國亦相繼積極的推動以資訊科技為基礎的美式軍事事務革命¹。20年來，各國的建軍朝精簡軍備、削減經費的方向發展之同時，軍隊既要做好正規戰爭的準備，也要應付因區域或民族衝突相應而來的反恐怖主義戰爭的人道救援、維持和平與非正規戰爭等的挑戰；換句話說，軍隊的任務並未因此而相對的縮減，反而擴大了。從巴爾幹半島的科索沃戰爭、波士尼亞衝突、印尼亞齊省的暴亂、俄國車臣的內戰，乃至於美、英於阿富汗、伊拉克的反恐怖主義戰爭和以巴、以黎的紛爭觀察結果得知，在可見的未來，這種戰爭向「低強度、不對稱」發展的趨勢仍將持續下去。

面對此種潛在敵人不確定性大增的戰場環境，如果沒有明確的戰爭指導，不但難以軍事手段達成政治目標，反而必將曠日持久，陷入孫子所謂之「費留」

的境地²。就以上的戰例中，最明顯的就是美國之於阿富汗及伊拉克³、以色列之於巴勒斯坦；在人力、物力與財力大量消耗之同時，因為失去機動作戰實質的對象，相對的就提供了「敵人」以各種非正規的、急造的（IED）手段主動對其襲擊之機會，喪失主動的結果，「敵人」便有與其繼續周旋的餘地。不過，也提供了新裝備實戰驗證與改良的機會。無人飛行系統之崛起便是最佳之例證。

不容置疑的，美國與以色列都在戰略上犯了「鈍兵、挫銳、屈力、殫貨」的錯誤，致使落入「雖有智者，不能善其後矣」的窘境⁴。不過，在戰術方面，也為了減少人員傷亡、減輕部隊負擔⁵，尤其是因應三軍現有機隊的折損、單位的輪調與人員訓練等問題，美國與以色列都全面的以無人飛行系統（Unmanned Aerial System, UAS）補其不足⁶。在微機電技術（MEMS）、資訊網路、光電技術與戰場聯合戰術情報分發系統（Joint Tactical Information Distribution System, JTIDS）支援下，大幅緩解其困境，同時其發展與

1 東歐與中歐均依照西歐的模式；西歐則參考美軍方式利用全球資訊處理與通信革命從事變革；俄羅斯因車臣內戰而起步較晚；中共亦在幾經論證之後採取「有中國特色的軍事變革」一走「複合式、跨越式發展道路」，骨子裡還是以美軍為參考對象。曾祥穎譯，《軍事變革的根源—文化、政治與科技》（臺北：國防部史政編譯室，民國94年11月），頁9。

2 〈火攻篇〉《孫子》：「夫戰勝攻取，而不修其功者凶，命曰費留。」指枉費國家財力兵力也。

3 湯晶陽、張小平編，《世界主要國家軍事戰略》（北京：國防工業出版社，2006年9月），頁28～31。

4 〈作戰篇〉《孫子》：「雖有智者，不能善其後矣。」

5 2009年起美軍分批撤離，2010年底美軍將由14萬人減至為「非戰鬥部隊」5萬人，預定2011年全數撤離，預判留下來的部隊對無人飛行系統之需求將更為殷切。〈奧巴馬按計畫月底撤駐伊美軍〉《星島日報》，2010年08月03日，網路版。

6 美軍自2001～2009年計損失各式有人駕駛飛機達118架。高一中譯，〈美空軍飛機近期折損情況與因應作為〉（臺北：國防譯粹，第37卷第6期，民國99年6月），頁57～63。



運用的戰果，也為世界各國的建軍提供了一個重要的選項。

本文目的在對無人飛行系統以地面作戰為主眼，探討其運用與未來之展望、中共在此領域之發展，以及其對我未來作戰之影響，找出因應之道，以為我軍之參考。

定義

依據美軍之定義，無人飛行系統係有動力，可重複使用、可自動或遙控飛行之無人航空器。因此，現有各式具有導引功能之彈道飛彈、巡弋飛彈、火箭、砲彈及其系統，都不屬於無人飛行系統之範疇⁷。

本文中之無人飛行系統，係指以軍事用途為目的之無人飛行載具、地面控制站臺、酬載武器、偵監裝備、後勤維護與其他相關資訊通信及網管支援設備之總稱。所涵蓋的範圍較「遙控飛機」（Remotely Piloted Vehicle, RPV）或無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）為廣。此外，警民以及娛樂用途之系統，則不在討論之列。

沿革

我國春秋時期的「木鳶」是無人飛行載具最早運用於情報與通信之記載⁸；

在西方最早提出無人飛行概念的是1915年的鐵斯拉（Nicola Tesla）；1917年12月夏普瑞（Elmer Sperry）建造的「寇蒂斯-夏普瑞空雷」（Curtiss- Sperry Aerial Torpedo）擊沉被俘之德艦，展示了無人飛行載具之性能⁹；爾後第二次世界大戰至越戰時期，無人飛行載具都是擔任訓練防空火砲與飛彈射手的標靶，因為都是以慣性導航與無線電遙控其飛行姿態，因此，類似AQM-34N「火蜂」（Firebee）系列的靶機也被稱之為「遙控飛機」¹⁰，因其性能單一並未納入作戰的序列。1971年以色列於空軍帕馬金（Palmachim）基地成立「第200無人偵搜中隊」，旋即參與1973年的以阿第四次戰爭—「贖罪日戰爭」（Yom Kippur War），這是無人飛行系統有規模的直接介入戰鬥任務的開始。

該次戰爭中，以色列空軍由於飽受阿拉伯人防空飛彈威脅之苦，損失慘重而亟思解決之道。乃利用最新之積體電路技術引進自動化程式以提升其「遙控飛機」性能，從其以訓練為主的地位，跨入參與實際作戰的角色，而進入到「無人飛行載具」的階段¹¹。1982年以軍之「斥候」（Scout）無人載具（Zahavan）投入黎巴嫩貝卡（Bekaa）山谷之役，實施偵察照相與雷達參數蒐集，不但徹底摧毀貝卡山谷內之敘利亞防空飛彈體系，更使得

7 U.S. DoD. Joint Chiefs of Staff, “Dictionary of Military Terms” (Joint Pub 1-02) Apr. 1999, p 400.

8 《鴻書》：「公輸班製木鳶，以窺宋城」；〈外儲說左〉《韓非子》：「墨子為木鳶，三年而成，一日而敗。」

9 By Army UAS CoE Staff. “Eyes of the Army-U.S. Army Roadmap For UAS 2010-2035” ,p4.

10 維基百科，“Unmanned Aerial Vehicle”-‘History’

11 Steven J. Zaloga, “Unmanned Aerial Vehicles Robotic Air Warfare 1917-2007” ,Osprey Publishing New York NY USA 2008, pp.21~23.

以國空軍無人被敵軍擊落¹²。同時，為對付敵軍搜索與火控雷達，以軍亦研製出以偵測、攻擊與摧毀敵方雷達射源為標的之「克惹」（Kere）—「哈比」（Harpy）之前身—反輻射無人飛行載具¹³，部署於空軍拉馬特大衛（Ramat David）基地，反制阿拉伯人防空飛彈系統，開啟了無人戰鬥武器作戰之先河。以軍在此基礎上，不斷改進其情蒐（搜兵取代斥候）與攻擊（哈比取代克惹）能力，2003年成立166中隊—配賦「銀箭守護神」（Silver Arrow Hermes）¹⁴。2006年蒼鷺（Heron）系統問世，其優異的旁立式（Stand Off）情蒐性能立即獲得各國的重視。

美軍於越戰之後，三軍都分別各自展開無人飛行載具的研製，1988年由國防部統籌發展與採購事宜¹⁵，對此仍未賦予應有的重視，第一次波灣戰爭之後，1995年成立第一個中隊，才有所改變¹⁶。自2000年起，由於微機電與資訊科技的進步、戰場指管通資情監偵（C⁴/I/SR）體系的建

立、精準導引武器的演進、反恐怖主義戰爭的需求，無人飛行載具的種類與數量越來越多，運用的範圍越來越廣（由情蒐指管到攻擊），功能也越來越強大¹⁷。2003年6月陸軍編成UAV 訓練營；2007年11月美陸軍成立「無人飛行系統聯合精進中心」（Joint UAS Center of Excellence, UASCoE）負責訓練與作戰改進事宜；情報次長室則成立「情監偵任務小組」（ISR Task Force），專責情監偵與無人飛行系統綜合評析¹⁸。由於使用經驗的累積，美軍對此方面發展的理論與實務日益完善，更重要的是戰場實際運用的頻率不斷提高¹⁹，角色也更加多樣化，而有「陸軍之眼」（Eyes of the Army）的稱號，使得以往被視為「附屬」軍事戰力的無人飛行載具，尤其是在城鎮戰中，已經成為未來作戰中不可或缺的角色²⁰。

無人飛行載具發展的軌跡與有人駕駛的飛機其過程有許多類似之處，都是由通信、偵察、戰鬥的模式，從一個單一的武

12 維基百科，"Unmanned Aerial Vehicle"-History'

13 中共於1994年引進數量不詳之哈比，2004年夏，部分送回以色列實施尋標器性能提升，加強目視辨別與雷達間歇開機之能力。見http://www.Isreali_Weapon.com-harpy

14 Wikipedia, 'Israeli Air Force'-Unit and Structure

15 王稚編，《21世紀美軍先進技術和武器系統》（北京：解放軍出版社，2006年8月），頁370。1990年波灣戰爭美陸軍投入戰場的「先鋒」（pioneer）無人飛行載具僅40架，損毀27架。

16 57聯隊第11偵蒐中隊，駐本土之Nellis 基地，目前美國空軍已有15個無人偵蒐中隊。

17 2000年美軍的無人飛行系統不到50架，至2008年5月業已超過6,000架。U.S.GAO-09-175. "Unmanned Aircraft Systems : Additional Actions Needed to Improve Management and Integration of DoD Efforts to Support Warfighter Needs." Nov. 14, 2008. P7.

18 GAO-09-175 Nov.14, 2008. P21；自2006年9月～2008年6月，美軍共成立7個單位，其管理與作業仍有多頭馬車之現象。

19 2010年時，美陸軍UAS飛行時數達984,054小時，戰鬥時數為867,566，占總時數之88%。

20 黃文啟譯，《軍事轉型與當代戰爭》（臺北：國防部史政編譯室，民國96年6月），頁35～36。



器，進而成為一個重要的體系。如今也已經證明在反恐怖主義的戰場上是執行指管通資情監偵任務與對地打擊的利器，因此，美國防部乃以「無人飛行系統」來說明其重要性。而且，美軍已然開始研究如何以其補強，甚至取代有人駕駛飛機的利弊得失²¹，其結論如何尚不可知，但陸軍業已予以堅決拒絕²²。

由於結合資訊、通信與網路科技的無人飛行載具經過多年的戰場實證後，世界各國相繼投入此一市場，其產值至2010年將達76億美元，至2014年則成長一倍，達136億美元²³。據統計目前有無人飛行載具之國家有42個，進行研發項目的國家則達49個之多²⁴，其中，主要領導國家仍為美國及以色列，中共則自1998年起急起直追，其企圖與進展從2009年國慶閱兵中展示的三種短、中程的偵搜無人飛行載具，以及「暗劍」（Dark Sword）戰鬥型無人飛行載具模型機等資料，即可見一斑²⁵。

就其沿革，我們可以得出以下結論：因其進入的門檻較低，財力負荷不像研製新型戰機那麼樣的沉重，所能獲得的效益

卻極高²⁶，未來在微機電、網路科技支持下，透過「網狀化」的作戰思想，無人飛行系統的發展與整合必將是軍事航太工業之重頭大戲。

另一方面，就軍事的涵義而言，在戰場無限擴大，兵力急劇壓縮，反應時間相對縮短的主觀條件下，面對複雜多變的戰場客觀環境，配置大量的低成本戰術無人飛行系統，使指揮官能即時瞭解戰場景況，明確掌握威脅目標之資訊，以能「因敵而變」，使有限的戰力得以最大的統合，以利任務之達成。這樣的作戰效益，也說明了無人飛行系統對未來作戰的影響已不容置疑。

分類

除了依據性能與規格之劃分外，無人飛行系統如依照軍事任務可區分為標靶與誘標、戰場偵搜、空中突襲、通信中繼、研究發展、戰場運補等類別²⁷。不過這種以單一性能區分的標準，在機件模組化、功能多元化以及聯合作戰的環境下，顯然已不再能夠符合戰場實際的需求。

21 黃文啟譯，《軍事轉型與當代戰爭》，頁44。

22 By Col Christopher B. Carlile & Lt. Glenn Rizzi(Ret) “Robot revolution-Revealing the Army's Roadmap” <http://defence.pk/forums/Search.php?do=getdaily> 美陸軍「無人飛行系統聯合精進中心」已拒絕此一可能性。

23 王聰榮，〈無人飛行載具2006年發展趨勢〉，<http://www.taipeitradeshows.com.tw/userFiles>

24 By Peter Van Blyenburgh “Unmanned Aircraft System-The Current Situation” UAS ATM Integration Workshop Eurocontrol. Brussels Belgium May 8, 2008.美國則認為有50餘國使用UAS。

25 <http://www.defpro.com/news/details/10219/> By Larry Dickerson. “Chinese researchers break through the mysteries of UAVs and UCAVs” Oct. 14, 2009.

26 英國《防衛新聞》2004年6月10日報導：英國正研製一種戰術無人飛行載具（TUAV），若敵方以飛彈將其擊毀，則效益比為16:1，惟其後續發展則不詳。

27 維基百科，“Unmanned Aerial Vehicle”-“UAV classification”

美軍的準則將其分為人攜式、戰術與戰區三大類。人攜式為小型、獨立、可攜行者，以支援小部隊之戰鬥為主；戰術類則為較大型之地區性機型，以支援營、旅級部隊，並受單位之作戰管制；戰區類則由聯合空中部隊掌握。

當有人與無人飛行系統同時出現在同一個戰場時，就牽涉到計畫作為、任務分配、空域管制及通信頻寬管理的問題，因此，美國空軍乃採用以「空層」(Tier)的觀念做為分類管理的依據²⁸。其分類如下：

- 一、零層 (Tier N/A)：小型/微型系統。
- 二、一層 (Tier I)：低空、長滯空系統。
- 三、二層 (Tier II)：中空、長滯空系統 (MALE)。
- 四、二+層 (Tier II+)：高空、長滯空之傳統系統 (HALE)。
- 五、三層 (Tier III)：高空、長滯空之低可見度系統。

然而，美國的三軍因為追求的目標不同而有所差異，仍各自沿襲慣用之方式²⁹。例如，在未來戰鬥系統方面，美國陸軍將無人飛行系統以其兵力編組之習慣區分為以下四級³⁰：

- 一、第一級：排級以下小部隊，採攜行式無人飛行系統。
- 二、第二級：連級，採建制無人飛行

系統 (OAV II)。

三、第三級：營級，採性能提升之「陰影 200」(Shadow 200) (如圖一)。

四、第四級：旅級，採 RQ-8B「火力斥候」(Fire Scout) 系統。

2007年3月美軍聯戰準則將前述之三大類擴大為戰術 I、戰術 II、戰術 III、作戰與戰略等五個類別。戰術類指的是旅 (含) 以下之部隊支援，由各軍自行指揮管制；作戰與戰略則分別由聯合空中部隊與戰略司令部負責，以支持作戰與軍事戰略之目標³¹。陸軍亦隨之調整其分類為三級，將營級以下併為一級，在沒有友軍空中支援之下，以其建制無人飛行系統支援作戰³²。2010~2035年美陸軍未來戰鬥系統—無人飛行系統規劃如



圖一 美軍Shadow 200 UAV

資料來源：http://www.barnardmicrosystem.com/a_shadow_200_2.jpg

28 同上註。

29 王稚編，《21世紀美軍先進技術和武器系統》，頁373。

30 岳松堂等著，《美國未來陸軍》(北京：解放軍出版社，2006年1月)，頁113~117；維基百科，"Unmanned Aerial Vehicle"- "UAV classification"目前第2、3級已被取消，仍有待陸軍以後爭取建案。

31 GAO-09-175 Nov. 14, 2008. P6.

32 "Executive Summary of the U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035" .



表一。

運 用

一般而言，在C⁴/I/SR的網狀化架構的支援下，依據其自動化的程度與系統酬載，無人飛行系統可擔負一項或數項地面作戰任務：「戰場偵察、監視、目標獲得；早期預警；指管通信中繼；電子信號情報、遙測信號情報蒐集；干擾誘標與反反輻射（ECM & ECCM）；地空火力觀測與攻擊戰果評估；固定或臨機目標攻擊與騷擾；訓練靶機³³；彈藥、醫療緊急運補；散撒傳單；核生化感測與預警」等敵火下或於敵對地區空域之高危險性、單調、長時涵蓋（3D）之所有苦活³⁴。無人飛行系統可擔負之任務如

表二。

但是，世界各國由於國情不同，威脅的來源不一，對無人飛行系統的需求各異，在戰場作戰運用概念與C⁴/I/SR的支援能力方面，並不像美國這樣的強大，而且受到國力的制約，許多國家大都是採取情報為主，戰鬥為輔；即時的、近程的戰術情報需求，重於縱長的、遠程的戰略情報蒐集的模式，實施其無人飛行系統之整備。簡而言之，在運用上大多是以取代地面搜索部隊或彌補其不足為著眼。

優 點

無人飛行載具可於惡劣天氣由電腦控制下實施夜以繼日的飛行，其升限與滯空

表一 2010~2035年美陸軍未來戰鬥系統——無人飛行系統分類表

級 別	半徑（公里）	續航（時）	空域（呎）	任務**
營／戰術	16~30*	2~5*	1,000~11,000	監偵目獲（RSTA）、警戒/預警、支援直射、視距外及曲射火力之觀測、指管通信（C ³ ）
旅／戰術	40~125	5~10	2,000~13,000	營級任務再加上地空協調、武裝偵蒐、通信節點中繼、核生化偵測、氣象與地貌情資
師 以 上 ／ 作 戰	75~400	16~24	6,500~16,000	旅級任務再加上全天候地空協調、雷達偵測、遠程無線電中繼、火力直接（戰術）、一般支援（作戰）

說明：

1.*表示螺旋發展之初期允收值—目標值。

2.**旅以下仍以情監偵目獲（I/RSTA）、射彈觀測與通信中繼為主。

資料來源：<http://www.defpro.com/daily/details/553/>；“Executive Summary of the U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035.” 岳松堂等著，《美國未來陸軍》（北京：解放軍出版社，2006年1月），頁113~117。

33 王亞民、謝三良合著，〈無人飛行載具之發展及在本軍的應用〉，3D指：Dangerous、Dirty、Duration。
<http://www2.cna.edu.tw/961213/month/cnadata/mm/22-3/22-3-2.htm>

34 C.E.Nehme, M.L.Cummings, J.W.Crandall “A UAV Mission Hierarchy”, MIT Mass. U.S. Dec, 2006 http://web.mit.edu/aeroastro/lab/halab/papers/HAL2006_09.pdf

表二 無人飛行系統可擔負之任務

系統：包括飛行載具、地面控制站、導航通連設施與人員、機載彈藥、維修體系、機動裝備等									
任 務	情 蒐	偵 蒐	標 靶	通 訊	運 補	滲 透	後 送	攻 擊	
分 類	目、測、戰、定、蒐	獲、量、擊、估、標、參	監、測、與、偵、測、化、預	欺、敵、誘、擾、餌、練、射、觀、測	語、音、數、據、中、繼、台、配、管、理	緊、急、敵、後、補、給、載、物、投、射	電、子、攻、擊、防、護、遙、測、情、報、信、號、情、報、特、戰、滲、透	緊、急、傷、患、重、大、資、後、送	滯、空、巡、弋、騷、擾、掩、護、反、射、擊、反、UAV
性 質	動態、靜止目標				食品彈藥	傳單口糧		動態靜止	

資料來源：作者整理

時間都遠超出有人駕駛飛機的極限³⁵。此外，在成本效益上尚有：「價格相對低廉，體積小、重量輕；起降機動靈活，不受場站限制；雷達截面積小，有助戰場存活；超時執行任務，無需顧慮傷亡；後勤維修容易，戰備程度較高；酬載可模組化，任務適應極強；高低混合部署，相互比對情資」等優點³⁶。

除去以上的有形優點之外，更重要的是各級指揮官得以在面對變動不居的敵情變化時，手中掌握了立即而可靠之「重層部署、高低搭配、遠近銜接」的手段（亦即「裝騎偵搜空中化」），可即時運用於「陣中六項要務」—搜索、連絡、偵察、警戒、掩護、觀測—減輕對上、下級或友軍提供情資支援之依賴，以能使自身先處於「先為不可勝」，進而找出敵人的弱點

「以待敵之可勝」之地位³⁷。換句話說，無人飛行系統的功能是使指揮官獲取戰場主動之一大利器，此一無形的優點在「知識戰爭」與「不對稱作戰」的思維下，實為發揮統合戰力，達成任務之關鍵。

缺 點

無人飛行系統在執行任務時固然無人員傷亡的顧慮，但也相對的失去了有人在機上即時處理、鑑定各種重要情資價值或下達決心的優勢。同時，還有以下缺點：

一、機上酬載的偵測或感測系統容量有限，成效須視其地面管制人員或站臺戰場情報整備資料庫的完整程度而定。

二、機身組件大多採「客製化」，互通性小，故障時無法自我排除，必須返場檢修，而且極易受電子干擾失事墜

35 “Application space for Unmanned Aircraft” -UAV Performance Envelope <http://www.ncgia.ucsb.edu/ncrst/meetings/20031202SBA-UAV2003/Presentations/Wegener1.pdf>

36 王亞民、謝三良合著，〈無人飛行載具之發展及在本軍的應用〉；廖英翰，〈UAV無人飛行載具之應用〉，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2007/10/2007102919131097.pdf>；“The U.S. DoD UAS Roadmap 2007-2032” <http://www.acq.osd.mil/usd/unmanned>

37 〈軍形篇〉《孫子》：「先為不可勝，以待敵之可勝。」



毀³⁸。

三、系統自動化、智能化的程度愈高³⁹，人機介面的交互作用與數據鏈路的安全要求愈高，對地面操控人員的素質要求亦愈高。

四、遂行攻擊任務時，目標比對與辨識較困難，發生目標錯誤或造成無謂傷亡之機率較高⁴⁰，尤以城鎮複雜地區為然。

五、微型與小型系統易受天候、煙霧、電子干擾、偽裝、欺敵設施之欺騙。

至於在實際使用時，缺乏通則與標準，名詞不一，致使各單位或軍種間資料的產生、鏈結，不易互通，以及指管通連不暢⁴¹；機種間主要料件無法互換、光纖與頻寬不足，數據與語音通信阻塞等缺點⁴²，則屬於C⁴/I/SR的網狀化作戰之共同缺點，將可隨聯合作戰體系之完善而逐漸改善。

展 望

就未來市場走向的調查，無人飛行系統還是以軍事用途為大宗，海岸巡防與邊境警戒次之。主要的需求者依序為美國、歐盟、亞太、以色列⁴³，而且「美國在採購與研發上為獨占狀態」⁴⁴，中共則積極企圖打進此一市場。預測至2015年，微型無人飛行系統的機種將高達數千種，戰術類則可達百餘種，至於戰略類則幾乎仍由美國壟斷⁴⁵。

無人飛行系統未來在性能上的發展趨勢如下⁴⁶：

一、機身組件：模組化、通用化、小型化、智能化與隱形化。

二、任務規劃：全天候、長滯空、遠距離、高辨識、可即時。

三、地面控制：數據寬頻、安全保密、網狀傳輸、資訊共享、人機互動、操控簡化、重設容易。

四、成本效益：相對低廉、維持容易、高度戰備、反應迅速。

38 By Steven J. Zaloga "Unmanned Aerial Vehicles Robotic Air Warfare 1917-2007", P28,34. 第一次波灣戰爭時，美軍第7軍之40架「先鋒者」毀損20架，戰損7架，其中2架遭敵擊落，5架因硬體故障而失事；1996年於巴爾幹半島美軍之「掠奪者」GPS對衛星上鏈結信號故障，飛回匈牙利之Taszar基地檢修；2003～2007年間英國在阿富汗和伊拉克已損失50架，另40架受損。

39 自動化、智能化係指「機上各感測器之融合、通連與協調、路線規劃、任務分配與運用戰術」等人工智慧而言。

40 By Pir Zabair Shah "Pakistan Says U.S. Drone Kills 13" New York Times, June 18, 2009.

41 U.S. GAO-09-175. Nov. 14, 2008. P.1.

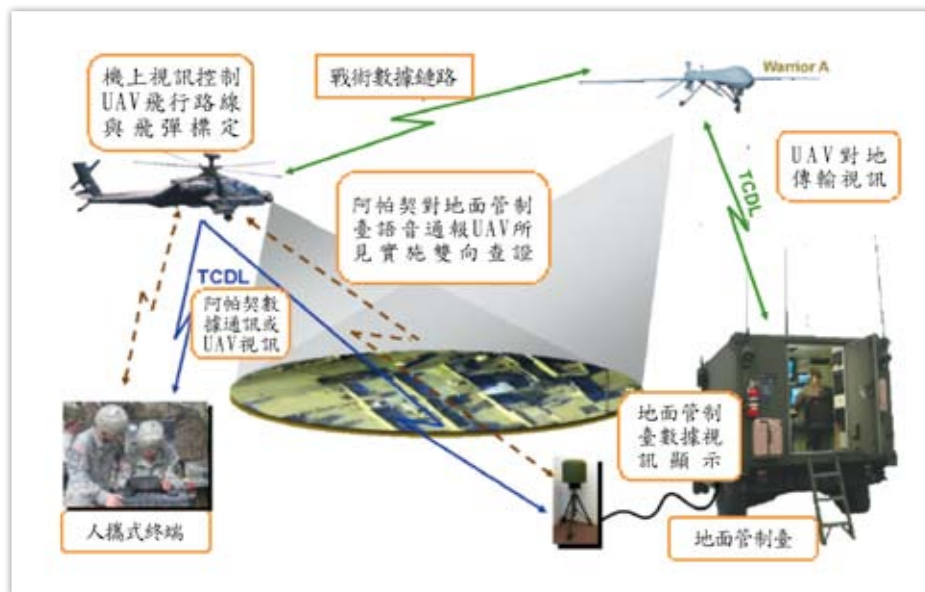
42 Peter Van Blyenburgh "Unmanned Aircraft System-The Current Situation" .

43 By Julius Yeo "An Overview of the Asia Pacific Unmanned Aircraft Systems Market-Presentation Transcript for U.S.Ambassy" .

44 市場調查報告書，《無人飛機市場（2010～2020年）：ISR以及鎮暴技術》，2010年6月。

45 雷震臺，「經濟部97年度航空工業發展推動計畫」，中華航太產業發展委員會，民國97年7月30日，〈參加2008北美UAV航展報告〉。

46 劉克儉等編著，《美國未來作戰系統-2009年增訂版》（北京：解放軍出版社，2009年3月），頁237。



圖二 有人與無人飛行系統聯合作戰圖

資料來源：[http://quad-a.org/images/pdf/2010PMBriefing/Apache BlockIII Update-LTC DanBailey.pdf](http://quad-a.org/images/pdf/2010PMBriefing/Apache%20BlockIII%20Update-LTC%20DanBailey.pdf)

五、作戰任務：高低搭配、混合編組，並與有人駕駛系統一同出勤，受其在空指揮；有人與無人飛行系統聯合作戰示意如圖二所示。

在戰場運用方面，由於無人飛行系統功能的發揮是與該國C⁴I/SR網狀化作戰之基礎建設成正比。因此，許多國家並沒有能力建立像美國這樣完整的體系，只能依據國情需要外購或自力組建幾種功能的機型。而且，因精密的尋標器與全球定位體系之結合，精準導引武器的體積將愈來愈小，導致未來無人飛行載具會朝「戰鬥微型化、戰術小型化、戰略大型

化」方向發展，至於中、高空攻擊型的無人飛行系統則將會成為剋制敵人防空體系（SEAD），以及臨機獵殺重要目標的主要角色。

目前無人飛行系統的主要構型與任務，雖大多來自美軍的反恐作戰與以色列的城鎮作戰需求⁴⁷，這些科技完全成熟仍需要一段時日。但是，這兩個國家的戰場運用經驗依舊是各國重要的參考標

的。在未來10年，急待解決的是其損耗率過高與製造成本的一再追加⁴⁸，以及在同一空域中建立各軍種、各類型機之通信標準協議（Standardization Agreement, STANAG），如何相互感應與迴避（Sense-and-Avoid），以免造成友軍誤擊與彼此干擾的問題⁴⁹。

中共發展概況研析

1960年前，共軍的「靶5」、「靶2」、「靶9」等無人飛行載具均來自蘇聯⁵⁰。中、蘇共交惡之後，1968年開始自力研製，並發展「長空」系列遙控靶機，

47 王聰榮，〈無人飛行載具2006年發展趨勢〉。

48 By John Reed "DoD Delays Global Hawk Decision" June 28, 2010. Defense News p. 3.

49 Steven J. Zaloga "Unmanned Aerial Vehicles Robotic Air Warfare 1917-2007", P44~45.

50 "Chinese researchers break through the mysteries of UAVs and UCAVs", Dynamit Noble Defence, <http://www.defpro.com/daily/details/424>



至1976年經過5度失敗後，方完成試飛，1979年進入量產交付空軍使用，並且兼負地下核武試爆落塵取樣與大地量測之工作⁵¹；同一時期（1972～1978年）亦以越南戰場獲得之美製「火蜂」為對象，運用「逆向工程」實施仿造「長虹」靶機（無偵-5），地面控制站臺則自行研發⁵²，1981年交付空軍9架⁵³。

由於這兩系列之靶機，以及微型之ASN-15、ASN-104無人飛行載具，缺乏即時情資功能，操控僵化，不能滿足現代戰爭的需求。中共自1994年起引進了以色列的技術，包括飛行員訓練系統與技術轉移，以研製新一代的「西安」（ASN-206/ASN-207）系列無人飛行系統⁵⁴，配發部隊執行情蒐與核子輻射取樣工作，使共軍具備空中無人情蒐之功能。但因缺乏數據傳輸之能力，必須傘降回收後在地面實施研判與解讀，無法提供即時情資。

同一時期，中共也採購以製的「哈比」反輻射無人攻擊機⁵⁵。2004年共軍將其投入演習後，部分送回以色列實施尋標

器性能提升，加強目視辨別與雷達間歇開機之能力，此舉引發了美、以關係的緊張，經外交折衝後而中止⁵⁶。

1998年底，在土耳其航太（Turkish Aerospace Industries, TAI）授權下，中共開始發展旋翼式無人飛行載具；1999年具備即時影像傳輸功能之微型系統研製成功；2002年珠海航太展中展示W-50、AW-4、AW-12A等3種人攜式微型無人載具⁵⁷；2003年著手提升長虹系列性能；2008年CH-3型完成測試進入生產⁵⁸。2010年開始以低價對外爭取無人載具市場⁵⁹。

同一時期，中共仿照美國「全球之鷹」之構型與概念發展「無偵-2000」（WZ-9），2004年8月該型機實施遙感系統測試。至2006年10月於珠海展示另一型仿RQ-4「全球之鷹」的「翔龍」無人戰鬥載具（UCAV）模型（成都），與「暗劍」超音速無人戰鬥載具（瀋陽）⁶⁰；2008年又展示仿MQ-1「掠奪者」的「翼龍」。雖然可見其目前之作為是以研析，甚至仿製美國與以色列現有經過實戰驗證

51 <http://www.globalsecurity.org/military/world/china/uav.htm>

52 黎匡時、蔡澤宏，〈中共無人載具發展研究〉《海軍學術月刊》（臺北），第22卷第4期。<http://www2.cna.edu.tw/961213/month/cnadatd/mm/22-4/22-4htm>

53 無偵-5系列係由TU-4或運-8在空中發射。

54 黎匡時、蔡澤宏，〈中共無人載具發展研究〉；據悉由以色列「塔迪蘭光纖鏈路」（Tadiran Spectralink）公司技術合作，參加2009年中共國慶閱兵。

55 “Chinese researchers break through the mysteries of UAVs and UCAVs” -Major Systems and Concept.

56 http://www.Isreali_Weapon.com-harpy

57 Robert Karniol, “China adds to drone Stable,” Janes Defense Weekly, vol. 38, no. 23, Dec. 4, 2002.

58 By Trefor Moss, “Airshow China: Chinese companies unveil latest UAV designs” Jane's information Group 07 Nov. 2008.

59 “Chinese UAVs For Sale” Feb. 5, 2010. <http://www.strategypage.com/htm/htairfo/20100205.aspx>

60 外型與美國之F-117隱形戰機類似。

之機種為主，要能真正投入作戰至少需要10年左右⁶¹，但也顯示出其強烈「跨越式」的企圖心。

中共研發無人飛行系統重鎮為南京、北京、西安的學術機構、成都與瀋陽的製造廠⁶²，雖各有其特長，但也說明了「科研重於裝備」；在性能方面，外界認為中共之技術仍與西方有一代的落差⁶³，但是其積極更新裝備與加強部隊演訓，乃是有目共睹的事實⁶⁴。據研判中共目前之編組，每機隊有10架飛行系統（維修人員、裝備及零附件、機具、指管設施），最大可連續執行24小時/7天的偵蒐任務，能力雖不盡理想，中共計畫人員認為已足數目前需求⁶⁵。

由其展示的中、高空與攻擊型無人飛行系統外型觀察，中共是抄襲了美軍的思維理念，可以合理判斷近期內應尚缺乏核心技術與自主創新的能量，還無法在此一領域與美國及以色列爭雄。再加上中共採取的是「重點先進武器裝備研製、武器裝

備信息化改造與一體化指揮平臺建設」策略⁶⁶，此亦顯示中共是以演訓驗證累積研發的能量，奠定部隊訓練之基礎，然而部隊中的數量也未到滿足編裝的程度。

目前中共微型的無人飛行系統（ASN-104）已配備至特戰部隊，砲兵師則配備戰術型的系統（ASN-206/207），並在2010年7月「前衛-2010軍演」中，「提供即時情資」，參與PHL-3（衛士2型）130公厘長程火箭實彈射擊演練⁶⁷。可見其在軍事用途之情蒐掌握、精密量測與數據資訊處理等方面，確有實質的進展，此一趨勢將隨著其「北斗」衛星體系之完善⁶⁸，與「863」、「973」計畫基礎科技的支持⁶⁹，而有愈來愈快之現象。至於自製的攻擊型中、高空無人飛行系統（M/HALE），目前應仍在概念發展階段，短時間內不易見到實質的進展，其成效也受中共指管和空中預警系統之部署進展⁷⁰，以及機載彈藥或飛彈微型化發展進度的制約。

61 “Chinese researchers break through the mysteries of UAVs and UCAVs” -Still many challenges ahead.

62 同上註；南京、北京航空航天大學、西北大學、成都飛機公司等。

63 “China accelerates UAV training” Parkistan Defence Forum. 07-18-2010.

64 〈解放軍三棲軍演習 對陣美韓〉《世界新聞網》，2010年7月28日；南京軍區以無人飛行系統配合砲兵部隊之「衛士2型」長程火箭射擊演練。

65 “China accelerates UAV training” Parkistan Defence Forum. 07-18-2010.

66 溫熙森、徐一天，〈以強軍興國為己任，推進軍事科技創新〉《求是雜誌》，2008年1月3日。Http://www.chinavalue.net/media/Article.aspx?ArticleId=18674

67 〈無人機部隊：多樣化任務當先鋒〉《解放軍報》，2010年8月12日。據悉其特種部隊的衛星定位系統精度可達1~3公尺。可利用無人飛行載具和地面監視雷達等監偵器材，蒐集情資。

68 北斗衛星性質與美國GPS、俄羅斯Glonass、歐洲Galileo同，中共預定於2020年完成35具。與遙光系列之衛星構成支援其C⁴/I/SR資訊戰之基石。

69 1997年6月4日，中共繼「863計畫」之後推動的《國家重點基礎研究發展規劃》，稱之為「973計畫」。

70 黃文啟譯，《解讀共軍兵力規模》（臺北：國防部史政編譯室，民國99年8月），頁353~354。



對我未來作戰之影響

我國之軍方、民間與大學相關科系都具備了無人飛行載具研製能量，也有相當的成果。除了中科院的「中翔3型」參與96年的國慶閱兵之外，「碳基公司」（Carbon-Based Tech Inc.）參加2010年柏林航展，是我國第一個參加國際大展的民用機型⁷¹；成功大學甚至以極低的成本，製造出亞洲第一具以燃料電池與鋰電池為動力之零污染、超靜音無人飛行載具⁷²。國防部顧問也建議「加速自主性的自動導航微型無人飛行載具系統發展，期對現階段守勢國防情蒐戰力部署有所裨益。對於其他類型的無人作戰載具系統，亦應儘速投入擴大發展規模⁷³。」不過，此一建言並未受到應有的重視⁷⁴，一直延宕而未果。

雖然中科院很早就建立研發能量，民國83年起，便陸續有「中翔」、「天隼」與微型機之間世⁷⁵，軍方也積極的爭取建案，進展卻不如預期；而且，並未列入國科會主要研究項目，國軍也直至近期才獲得預算，且規劃在航特部成立第一個「UAV」大隊，此一事實，與中共積極研發與演訓的狀況比較，我軍在此領域之研究與實務，尚有待努力之處。

冷戰後的戰場結構、作戰模式與「時空力」的概念隨著資訊科技與時俱進而不斷演變。「首戰即決戰」之觀念業已獲得普遍的認同。未來的作戰以各式飛彈與無人飛行系統發起第一擊，實施「斬首」、消耗敵方防空資源與摧毀敵方之資訊作戰體系，使敵方落入「不知己、不知彼」的困境，創造「勝兵先勝」的戰略態勢，已是一個必然的模式。

孫子曰：「先為不可勝，以待敵之可勝」。不可勝之基礎在於「先知」，由此可知，為防止敵人將我一舉「打瞎、打聾、打癱」，掌握戰場主動，因此，C⁴/I/SR的網狀化資訊基礎建設支援下的「三軍聯合反飛彈與反無人飛行系統作戰」，實為我未來作戰必須面對的第一個課題。

我軍因應之道

「不可勝在己，可勝在敵」。武器系統與裝備往往在獲得之後，才是問題的開始，除了積極的人才培養外，面對共軍無人飛行系統之威脅，我軍應有以下之作為：

一、研擬無人飛行系統之戰術戰法

無人飛行系統究竟應如何納入編裝，例如微型機、戰術型機之編裝與運用應至何種層級之部隊？機隊之配賦數量⁷⁶？機

71 中央社，「UAV developed by Taiwan to take part in Berlin air show」,2010/06/05.

72 全機成本為15,822美元，「Asia's First Hybrid UAV Takes TO The Skies」,http://www.ecofriend.org

73 〈國防部顧問95~98年度施政意見〉，石大成、王高成顧問建言，2010年3月30日，國防部網站。

74 國科會97年度僅有「偵蒐型高酬載UAV研製」計畫一項，預算新台幣651,000元。此一額度實不足以製造實體系統，以及支持實際飛行測試所需。

75 〈天隼UAV淡出舞台？〉，http://www.taiwanairpower.org

76 依據以色列於黎巴嫩作戰之經驗，欲維持對一地區之24小時空中監偵，應具備12架UAV之能量；中共一個ASN-207機隊數量為10架。

上應配備何種系統？擔負何種任務？與戰搜直升機任務如何分野？均須做深入的思考，方能發揮其應有之功能。

二、精研反UAS戰術戰法

除積極研究運用UAS支援地面作戰外，更應廣泛而全面的研整中共無人飛行系統運用之戰術戰法、蒐整相關之電子參數，建立資料庫並實施模式模擬與推演，研擬反制之道，以制敵機先。

三、加速機動相列雷達研製與配備

微型與戰術型無人飛行系統之雷達截面積（RCS）甚小，對雷達之解析度要求甚高，必須以機動的相列雷達實施偵測與預警，並指揮野戰防空武器系統實施接戰。美軍目前便是利用地面機動雷達以整合戰地在空航空系統⁷⁷。同時，也可作為擔負局部地區的空域協調與地空火力管制責任之主要工具。

四、將無人飛行系統納入正常演訓

無人飛行系統獲得後，應即納入正常的演訓，舉凡基地測驗、旅營對抗、三軍聯訓、「漢光演習」都應擔任正反的角色，除可取代「空中實兵」落實地空聯合作戰外⁷⁸，並能累積我軍運用之經驗與熟悉無人飛行系統之特性，將經驗回饋研發單位作為螺旋發展之依據。

五、律定指管權責

無人飛行系統之運用必然牽涉到C⁴I/SR的網狀化作戰權責之歸屬，就表二所

列之任務分類，此一指揮管制之權責單位非各級「火力支援協調中心」莫屬。兵監單位應積極深入探討此一系統之定位、關係與擬定各種作業程序，做為演訓之依據。

六、修訂空域管理權責

空域之管理為高度專業之分工，有人與無人飛行系統之同時管理更是複雜，必須及早綢繆為要，亦是當前各國共同面對的挑戰。我國現行規定飛行器之起降係受民航局節制，為有利於我軍作戰訓練，應研擬自主管理與通報主要訓練場所空域權限（高度與區域）與設施之可行性⁷⁹，以磨合指管體系之空域管理能力。

結 論

無人飛行系統之引進可增強國軍的戰力，解除指揮官因偵搜兵力不足，難以即時掌握戰場情報的困擾，也帶來新的問題與挑戰。可以預期的是，未來作戰地區的空域管制將是以陸軍直升機與無人飛行系統為主體，空軍的密接支援反而成為次要的角色。未來「地空整體作戰」的演變與現行的三軍聯合火力協調準則有極大的差異，因此，無論是作戰思想與準則都應做大幅的修訂，如何因應未來作戰環境之變化？實有待我軍務實以對。

收件：99年8月27日

接受：99年9月8日

77 “Eyes of the Army-U.S. Army Roadmap For UAS 2010-2035” ,p66~68.

78 2008~2009年加薩衝突中，以色列陸軍將UAV、直升機與空中密支機統合運用於一地，受地面空域管制官指揮，不由國防部指揮，隨時保持10架以上UAV在空中，與阿帕契直升機共同監偵整個戰場，美軍亦採用此一戰術將OH-58與Shadow UAV混合編組。

79 D.R. Haddon, C.J.Whittaker, “UK-CAA Policy for Light UAV Systems” ,Design & Production Standards Division, Civil Aviation Authority, UK.