



軍事科技

DOI:10.29683/AFOB.202202_222.0001

探討新式科技對空軍戰力之影響與改善

空軍少校 王拓程、空軍少尉 李尚澤、空軍少尉 方文榮、空軍學生 郭瀚天

提

要

在邁入資訊化、網路化作戰的21世紀現代戰場，傳統戰爭的樣貌儼然改變，與之相對的不對稱戰爭、反恐戰爭等新型態戰鬥也應運而生，為了在複雜多變、經緯萬端地現代戰域中取得優勢，各國軍隊無不致力於尖端技術的研發，而科技進步對軍事能帶來的影響層面乃不只在武器硬體裝備上，對於維修、補保、訓練等後端勤務支援上，能減輕組員作業負擔、並提升運作效率與精確度的各級次系統與軟體，也將成為建構現代化戰力不可或缺的基石；其中擴增實境(Augmented Reality, AR)技術的發展與運用已在軍事領域行之有年並逐漸普及，故本研究基於精進本職學能、強化戰訓實務的願景，發起AR科技在空軍相關領域運用之研究。

本文廣泛討論了AR科技如何應用於中華民國國軍並且改善目前我國空軍的各項實務問題。具體來說，下文中介紹的頭戴式AR科技、沙盒式AR科技、螢幕式AR科技等三項科技，是目前AR技術中相對亮眼且成熟的項目，在國內外有諸多的實際運用案例，根據本文中對各項技術的介紹，我們將逐步分析這三項AR技術的優缺點，並針對我國空軍目前面臨的威脅提出具可行性的改善措施，並得以提升現有系統之性能。目前對於我國最主要的國防想定即為應對解放軍造成的武力威脅，對此，除了我國必須在外交手段上妥善應對之外，身為軍人的我們所能做出的改變，就是提升國軍戰力。

而如何有效透過高科技方式去提升現有資源之性能將是本文的重點。而此文選擇的這三項AR科技，其注意力已經面向增強現實和增材製造技術，可分別支持維護任務和備件生產。目的是提升飛機修護的效率、降低修護上的失事率並且取代舊有的訓練方式。透過這些科技結合我國軍現有技術，勢必能有大幅地提升當前戰力，並且有效地降低修護及訓練上的風險與邊際成本。

關鍵字：擴增實境、空軍作戰、空軍訓練、空軍後勤



壹、緒論

國軍於民國91年開始配合政府政策，先後執行精實案、精進案與精萃案等大型組織變革專案，導致國軍人力從60萬人大幅縮減至18.8萬人，而近日中共軍機不斷飛越海峽中線、深入我防空識別區，導致我空軍無論是空勤還是地勤人員的攔截壓力驟增。然而，我國各空軍基地的作業模式還停留在一面翻紙本技令一面操作的模式下，執行無論是後勤維護、武器掛載、塔台航空管制等各項工作。一旦解放軍將當今的頻繁侵擾常態化，甚至強化規模，則空軍的人力運用與武器裝備妥善度勢必受到嚴重的消耗。尤其是官兵弟兄原本就有許多業務工作，再加上戰備任務長期下來對精神體力的損耗，這些因素將對國防戰力造成隱憂。

民國109年6月22日，我國由國人研發到生產的「勇鷹號」高級教練機完成首飛，這是我國「國機國造」的第三個案例，距離上一架「經國號」戰機的研發自製已超過31年，當初設計生產經國號戰機的專業人才多已老化或是離退，相關經驗的傳承出現斷層，使得國家需要花費更多的時間及成本來培養航空專業人才。與此同時，中華民國總統蔡英文女士指示：「下一步是生產戰機。」可見在兩岸關係日益緊張的情況下，要站穩腳跟而不受制於人，「國防自主」的重要性與日俱增，擁有自主的軍工體系更是面對外侮時的重要資本；然而在需求遽增而實力有限的情況下，我國的航空產業又要如何在經驗斷層、技術流失的背景下再興自製榮景呢？目前我國航空器的主要設計與生產商—漢翔公司，大多是以小批量的方式生產飛機，小批量的生產表示生產線需要更靈活，以適時應變不同的產品。此外，還需要兼顧生產品質與效率、增加生產速度，才能使我國將來有更多戰力面對中共的武力威脅；換句話說，在我們面前有許多可依靠新技術協助改進的領域。

目前空軍正面臨的嚴峻考驗，也是轉型的契機。在國外，Gilbert (2016)已提出將擴增實境 (Augmented Reality, AR) 技術應用在美國空軍的修護廠及生產工廠，並評估其效能^[註1]。Pierdicca et al. (2017)的研究顯示使用擴增實境技術可以減輕工作人員在日常活動中必須執行的操作任務^[註2]。Mustafa & Tuncel (2019)提出一種在特定場景中運用擴增實境技術，搭配頭戴式裝置 (HMD) 來顯示物件資訊的系統^[註3]。在教學領域，Woods et al. (2016)的研究中顯示有97%的學生

註1 Gilbert, A., 2016. Augmented Reality for the US Air Force. VAMR 2016, 375 - 385.

註2 Eschen, H., Kötter, T., Rodeck, R., Harnisch M., Schüppstuhl, T., 2018. Augmented and Virtual Reality for Inspection and Maintenance Processes in the Aviation Industry. Procedia Manufacturing, 19, 156 - 163.

註3 Mustafa, F. and Tuncel, M., 2019. Integrating augmented reality into problem based learning. The effects on learning achievement and attitude in physics education. Computers & Education. 6 - 11.



圖1. 頭戴式AR眼鏡

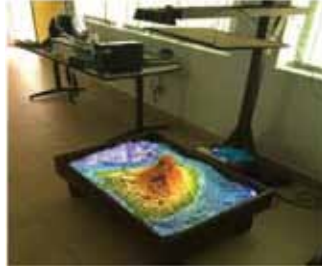


圖2. AR沙盒科技



圖3. 螢幕式AR

認為3D圖像比2D圖像更能幫助他們學習與理解^[註4]。Vaughan et al. (2017) 通過對沙盒內的特殊沙子進行調整來創建地形模型，它使用3維運動感應攝像頭和相機傳感器，檢測沙粒之間的距離變化，進而形塑不同的表面結構，能提供學習者快速進入場景，達成沉浸式學習的模式^[註5]。Christopher et al. (2019) 開發出名為聯合戰術空中控制器(Joint terminal attack controller, JTAC)的擴增實境頭戴式顯示器，能夠幫助作戰指揮中心更好的分配空中火力資源^[註6]。綜觀以上研究，可以看出現今已經有許多國家的空軍引進擴增實境的技術，不論是在作戰、訓練、教育或是後勤方面皆可發揮功能，而我國空軍在人力縮減的情況下，更需要引進新的技術來強化空軍的戰力，藉由擴增實境技術，除了可減少成本支出、提升效率、降低人員負擔，還有望進一步降低飛安風險。

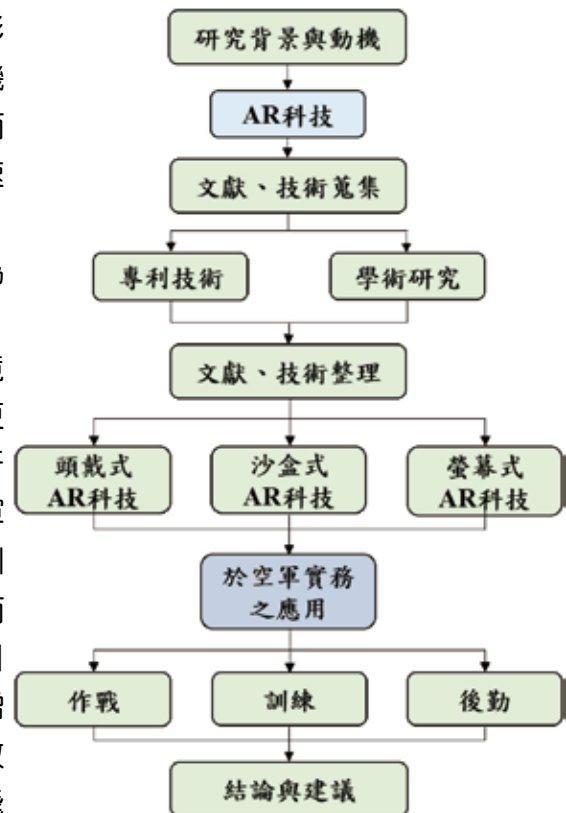


圖4. 研究架構圖

註4 Woods, T., Reed, S., Hsi, S., Woods, J., Woods, M., 2016. Pilot Study Using the Augmented Reality Sandbox to Teach Topographic Maps and Surficial Processes in Introductory Geology Labs. Journal of Geoscience Education. 64. 199 - 214.

註5 Vaughan, K., Vaughan, R., and Seeley, J., 2017. Experiential Learning in Soil Science Use of an Augmented Reality Sandbox. Natural Sciences Education, 46, 1 - 5.

註6 Wickens, C., Dempsey, G., and Pringle, A., Kazansky, L., Hutka, S., 2019. The Joint Tactical Air Controller: cognitive modeling and augmented reality HMD design. 20th International Symposium on Aviation Psychology, 163 - 168.



由於AR技術發展至今已有許多方面的應用，目前可分成三大類：1. 頭戴式AR科技；2. 沙盒式AR科技；3. 螢幕式AR科技(如圖1-3所示)。在從這三大類進行文獻整理，探索全世界有哪些專利技術以及學術研究的成果(研究架構圖如圖4所示)。

貳、文獻回顧

根據黃昱綸(2019)整理的AR科技專利分解圖，擴增實境的技術可分為：交互技術、呈現技術、建模技術、定位技術等四種^[註7]。其中目前專利數較多的有：

1. 交互技術---手勢輸入、圖像感知、聲音感知。
2. 呈現技術---追蹤標記、3D、聲音。
3. 建模技術---場景建模。
4. 定位技術---影像定位。

此外，AR科技可依其功能及裝置的不同分為「頭戴式」、「螢幕式」及「沙盒式」等3類，本研究結合黃昱綸(2019)之觀點，將AR科技之專利與類別採用維氏圖進行整理，如下圖5所示^[註8]。

從圖5中我們可以看出重疊區域之AR科技是目前專利數量較多的領先技術，3D技術顯然是AR科技中許多科技大廠致力研發的項目之一，手勢輸入也是不可或缺的人機溝通技術，追蹤標記是提供使用者物件資訊的AR核心技術。接著，我們針對不同類別之AR科技進行文獻回顧。

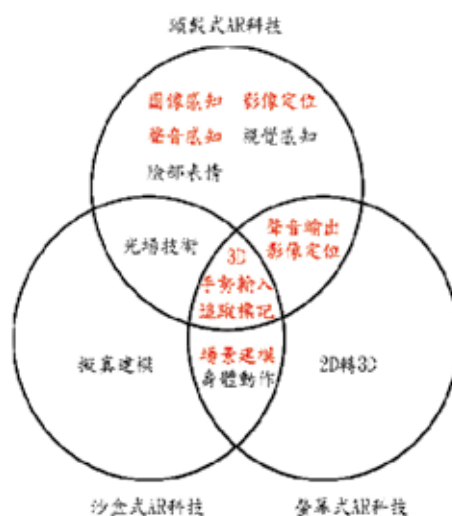


圖5. AR技術分布維氏圖

一、頭戴式AR科技

頭戴式AR科技的硬體設備方面侷限在移動式裝備，具備個人化、即時性、便捷性等等特點，其中又以AR智慧眼鏡最為便利，於是我們首先從專利方面著手進行檢索、搜尋，篩選其中具備軍

表1. 搜尋文獻使用之關鍵字整理

service Augmented Reality	Computer aided task guidance	smart factory Augmented Reality
Tracking Augmented Reality	Large screen instruction	HMD Augmented Reality
Maintenance Augmented Reality	interactive learning Augmented Reality	Logistic Augmented Reality
Augmented reality smart glasses	Industry 4.0 Augmented Reality	Sand box Augmented Reality
factory automation Augmented Reality	Aeronautical maintenance	Projection Augmented Reality
manufacturing Augmented Reality	Internet of Things Augmented Reality	Flight training Augmented Reality

註7 黃昱綸，2019。解密擴增實境未來視界新樣貌——智慧 AR 趨勢大爆發。智慧財產權月刊 252卷, 39 - 60頁。

註8 同註7。



用潛力之3種AR智慧眼鏡

，如下表2所示：

從表2中可看出此3種AR智慧眼鏡各自具備優缺點，其中HoloLens2是唯一擁有3D建構技術的，能應用在飛機生產線及修護線，將技令上的組裝零件說明圖由2D轉為3D，以更

表2. 具備軍用潛力之AR智慧眼鏡

專利名稱	開發商	優點	缺點
HoloLens2	Microsoft	1.能顯示 3D 物件 2.提供手勢、語音輸入 3.配有無標記追蹤技術	視野侷限
Toshiba AR Smart Glasses	Toshiba	1.可提供即時視覺指導 2.可以使用語音輸入 3.遠程協助 4.配有無標記追蹤技術 5.影像定位技術	需要配備移動式電腦，降低靈活性
Xpert Eye	AMA	1.遠程協助 2.配有熱感相機 3.可防止暈眩	

直觀的方式一步一步引導操作員將零件正確的裝配完成。另外，HoloLens2與Toshiba AR Smart Glasses還配有語音輸入，這項功能可以取代較老舊的手勢輸入或是按鍵輸入，當在修護線上操作員的雙手都在執行作業時，若為了與AR設備溝通還要先停下手邊工作就失去了MHD的意義，因此有了語音輸入功能，便可達到更有效率的人機溝通，同時也能提高工作效率。遠程協助的定義是AR眼鏡的使用者畫面能與在另一地的專家共享，這可以在生產與修護線上讓較高級的技術員在較為舒適的環境下工作，也可以同時指導數名操作員執行任務，給第一線操作員最快速、高效率的指導^{【註9】}。其中Xpert Eye的遠程協助專家能在畫面上進行標記，並即時傳送到使用者的AR眼鏡顯示出來，讓操作員能迅速理解專家的指示，使兩者進行更有效率的溝通或教學。而隨著無標記追蹤技術的逐漸成熟，已經能夠精準辨識物件，如果應用在空軍後勤或是維修上，便不需要再在各項零件上進行標記，將可望有效降低人力、物力成本^{【註10】}。

頭戴式AR科技的應用首先是在製造方面，AR科技的想法與概念最早便是由波音公司的生產工程師在1990年提出的，由於航空器的生產需要高精密度，且航空器的設計與生產過程極為複雜(如圖6)，許多線路連接非常複雜，生產線上的人員往往需要一邊翻閱製造手冊，才能一邊正確的執行任務。然而翻閱手冊消耗掉生產人員部分的專注力及精神，使其真正在組裝飛機的時間縮短^{【註11】}。

註9 Yew, W., Ong, K. and Nee, Y., 2016. Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 39, 43 – 55.

註10 Syberfeldt, A., Danielsson, O. and Gustavsson, P., 2017. Augmented reality smart glasses in the smart factory: product evaluation guidelines and review of available products. *IEEE Access*, 5, 9118 – 9130.

註11 Xiao, L., 2018. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction* Volume, 86, 150 – 162.



因此Azuma (1997) 提出使用擴增實境技術的頭戴式移動設備 (HMD) 解決這項困境^{【註12】}。Syberfeldt (2016) 針對這項技術提出新的定義：借助增強現實技術，可以將其相關的訊息覆蓋在現實世界上，以增強操作員對現實的感知^{【註13】}。Gilbert (2016) 指出使用擴增實境技術一步一步的引導生產人員完成步驟，可以在發生錯誤時提醒人員及時修正。如此一來不只生產效率獲得提升，也可降低生產失誤需要返工甚至報廢材料而帶來的不必要損失^{【註14】}。Pengfei (2017) 亦提出，透過在移動設備 (MAR) 上實施無標記AR，工作人員可以在教育流程中事先以有效、現



圖6. 飛機上複雜的結構



圖7. 頭戴式AR科技

實的方式接觸裝配環境，並體驗實際作業的感覺。這種能更有效指導、協助工人進行飛機組裝與維修，並提升作業品質的方法具有重要意義^{【註15】}。

走出生產線外，在各機隊的實際運作中，繁雜的維護任務以及妥善率的壓力，使修護人員經常花費大量的時間在棚廠內維修航空器，與製造相同，修護人員也需要一邊翻閱技令一邊執行任務，這浪費不少時間與精力，尤其當損耗

註12 Manfred, R., Arnoud, L., 2019. Towards a Computer Vision and Augmented Reality Based System for FSTD Validation. AIAA AVIATION Forum June, 15, 17 - 21.

註13 Danielsson, O., Syberfeldt, A., Holm, M., and Wang, L., 2018. Operators perspective on augmented reality as a support tool in engine assembly. Procedia CIRP, 72, 45 - 50.

註14 同註1。

註15 Liu, F. and Seipel, S., 2016. On the precision of third person perspective augmented reality for target designation tasks. Multimedia Tools and Applications, 76(14), 15279 - 15296.



的零附件是在不常維護的地方，修護人員往往需要在技令上找到對應的維修指南才能操作，就算是經驗豐富的人員，為求維護的精準與安全也需要經過這段查詢的流程，這消耗了許多時間。

Rios (2013)的研究中提出了一種解決方法，也就是擴增實境技術，這代表了一種創新工具，可以確保有效、正確地傳遞知識，並減少維護任務期間的錯誤數量^{〔註16〕}。Gilbert (2016)也提到為了獲得數位化的最大優勢，具備擴增實境功能的HMD可以直接將修護的正確步驟投影到工作人員眼前，引導他們完成任務，並對結果進行分析反饋，讓工作人員知道任務是否確實完成^{〔註17〕}。除了省去查閱技令的時間、提高效率，也降低了過程中出錯的機率^{〔註18〕}。

二、沙盒式AR科技

沙盒為一種立體投影的概念，能夠隨著盒內沙子的變化改變地形樣貌，這帶給我們的印象能夠比以往的紙張地圖更加深刻，AR沙盒技術(Augmented Reality Sandbox, ARS)便是將物件以3D化應用程式投射到沙盒內，並與影像做結合。ARS能夠通過投影真實沙盒，來顯示分層色圖、地形輪廓、海平面和模擬水漲退的即時狀態，達到重塑地形模型，在沙盒中呈現真實場景。Woods (2018)的研究中調查了ARS是否可以增強人們對地理的了解，並探討是否可以在教學流程中使用ARS，在一項研究中使用了ARS對飛行學員進行教學，以3D的地形圖搭配相應2D圖像，根據學員們的評分，有97%的學員覺得提高了地形理解度^{〔註19〕}。

若在空中飛行前提示導入沙盒系統，在執行任務前更了解飛行路線上的各種地形，甚至嵌入當前天氣衛星雲圖，讓飛行員明瞭天氣的變化狀況，以降低作戰任務執行的風險，在兵棋推演時也能夠用更生動的展示方式，提高國軍執行戰術任務的印象及理解度。

在模擬訓練課程方面，國軍亦可利用ARS將作戰與教學做出結合，一方面在作戰模擬上有更多元的數據參數去模擬戰場情況，另一方面結合教學在課堂上利用AR透過將視覺、聽覺和其他一些參考數據、影像疊加到沙盒中，使學員在實作上更彈性運用。

註16 同註13。

註17 John, W. and Ruffner, U., 2007 Considerations for a Tower Controller Near-Eye Augmented Reality Display. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings 51(2):117 - 121.

註18: Ruffner, J. and Fulbrook, J., 2007. Usability Considerations for a Tower Controller Near-Eye Augmented Reality Display. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 51. 117 - 121.

註19: 同註4。

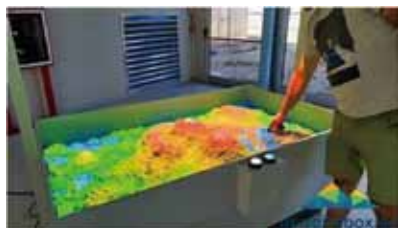


圖8. 沙盒式AR科技



圖9. 沙盒式AR科技
(未投影的沙箱)

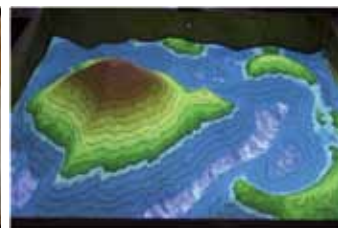


圖10. 沙盒式AR科技
(投影後的沙箱)

此外，在氣象參數上我們也可輸入相關數據去模擬戰場天氣，舉例來說，ARS的其中一項技術就是當我們的手以某一高度覆蓋在沙面上，使攝像機感應到沙盒投射變化，物體便會模擬下雨的情況，並且在沙面上投影出藍色的動態景像。我們的氣象聯隊亦可聯合飛行部隊，利用此科技讓兩者更緊密的結合，達到訓練及作戰的目的^{【註20】}。

三、螢幕式AR科技

螢幕式AR技術，目前在應用上最為廣泛，甚至已經可以說是深入生活中，舉凡手機軟體、遊戲等皆有許多的應用，Blanco (2018)提到AR科技將在未來的工業工程領域有著至關重要的地位，航太科技、汽車工業、醫療業及建築業等皆將AR視為一項重要的發展。它能讓使用者透過較容易取得的裝置如手機、平板電腦等產品、透過鏡頭將外界影像投影於螢幕中，再以軟體將虛擬影像顯示於螢幕之中^{【註21】}。

在螢幕式AR的應用上，我國國軍可將技術應用於後勤修護方面，螢幕式AR可以將紙本技令結合在螢幕之中，使技勤人員在執行修護時能更快速直覺的看出其步驟、程序及零件位置等相關資訊，裝備在修護線上能以更短的時間維修裝備，進而提高裝備妥善率與再出勤率。



圖11. 平板電腦使用AR

註20 同註5。

註21 Fiorentino, M., Uva, A. E., Gattullo, M., Debernardis, S., and Monno, G., 2014. Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. *Computers in Industry*, 65(2), 270 – 278.



參、AR科技於空軍作戰之應用

AR的技術在各國空軍中發展較早，應用上相較於其它軍種來說也較為廣泛，舉凡作戰、訓練及後勤補給皆可以看到AR的身影應用其中，然而，目前在我國空軍AR應用相較於歐美等先進國家空軍來說較少，目前應用僅有抬頭顯示器及頭盔顯示系統是空軍於作戰上應用較多的兩項技術，且因頭盔顯示器因為需要測量每位飛行員頭型、眼睛與鏡片距離等，無法在飛行員間通用且造價高昂(約台幣1200萬)，在我國空軍使用數量相對稀少，以下為對抬頭顯示器及頭盔顯示系統的介紹：

一、抬頭顯示器(Head Up Display, HUD)

相較於陸、海軍，空軍在使用AR科技可回溯到二戰期間，當時所使用的戰機包含P-40、P-47、P-51等機種都裝有反射式瞄準器，即是後來所使用的HUD的前身，此瞄準器利用光學的反射原理，將瞄準光圈投射在座艙罩或座艙前的玻璃上。由於其投射出的影像對於肉眼的焦距是定在無限遠的距離上面，當飛行員駕駛飛機瞄準目標時也不會干擾到眼睛的運作，維持顯示的清晰度。隨著科技的進步，類比式的電腦開始運用在航空方面，HUD也開始導入到飛機上，過去因為文字在HUD上的顯示是將圖形進一步處理後始可生成，故無法直接套用傳統儀表產生的訊號，必須透過機載電腦的處理及轉換後，將所需的資訊傳遞給HUD的顯示單元，再投射到座艙前的玻璃上，可顯示包含速度、高度、姿態、向量、航向等資訊；至於現代戰機的HUD因航空電腦及航電系統的進步，經系統整合後除了能直接顯示文字訊息，還可顯示包含武器系統、雷達資訊及鎖定目標、敵我辨識、敵方威脅等資訊，飛行員可直接以平視方式讀取飛行及戰鬥所需相關參數及資訊，免去傳統座艙架構下飛行員需低頭查看不同儀表，可使飛行員更專注於飛行及戰鬥上，減少分心查看參數及數據的時間，飛行員可更直覺快速進入戰鬥及攻擊敵方目標。



圖12. AR的應用-抬頭顯示器

【註22】

註22 同註15。



二、頭盔顯示系統(Helmet-Mounted Display, HMD)

HUD將飛行資訊及參數投影在飛行員前方的玻璃上，當飛行員轉頭或抬頭時即無法看到上面的數據，HMD為HUD的延伸產品，透過將資訊直接投影到頭盔上的目鏡，它允許飛行員即使轉動頭部或抬頭也能直接從眼前讀取飛行參數，HMD發展初期主要是用於戰機進入纏鬥時，飛行員可以以更直覺快速的鎖定目標，也可以允許飛行員以更彈性的飛行姿態及角度鎖定敵機，多用於導引美製AIM-9或蘇製R-73等視距內紅外線追熱飛彈為主。而後隨微型晶片及電腦技術日益成熟，傳統儀表及HUD上的資訊也整合至HMD上，現今的HMD多使用可透視微型顯示器，並以紅外線偵測器量測飛行員頭部與顯示器之間的距離以避免失焦模糊，當頭部移動至HUD附近時，HMD會自動消除畫面，避免飛行員分心，而現今HMD的運用不僅在紅外線追熱飛彈，也可用於視距外、對地/海的攻擊及轟炸、偵照等用途。

肆、AR科技於空軍訓練之應用

隨AR科技發展日益進步，AR科技也漸漸的進入飛行訓練領域中，美國航太公司RED 6便發展出獨樹一格的AR飛行訓練系統，該公司創辦人Daniel Robinson在空軍服役時意識到AR對於飛行訓練的助益，不僅能減少人力及各項後勤成本，更能如期達到訓練目的，便於離開軍隊後開發一套專用於空軍的AR飛行訓練系統，這個系統主要是在目前軍用HGU-55飛行頭盔的護目鏡內加裝AR顯示系統，並能將影像



圖13. AR的應用-JHMCS聯合頭盔顯示器



圖14. AR的應用-ZSh-5/Shchel-3UM型頭盔



輸出到小型透明顯示器上，使飛行學員透過顯示器看到虛擬僚機及空中加油機，目前包含編隊、空中加油等課目皆可運用AR訓練系統模擬，除節省人力、後勤等成本外，更能讓對於這類課目尚不熟悉的飛行學員能夠以更安全的方式達到先期的模擬訓練^{〔註23〕}。以色列航太工業(Israel Aerospace Industries, IAI)也致力於開發AR飛行訓練系統，主要用於以色列空軍的M-346型教練機，此型AR訓練系統除了可以模擬4機編隊飛行及空中加油外，也可以模擬空戰訓練及對地攻擊等課目。

我國因位處東亞戰略要地，隨兩岸局勢日漸緊張，中共空軍入侵我國防空識別區日益頻繁，我國各聯隊飛行員緊急升空攔截次數也隨之增加。為增加我國空軍飛行員訓練經驗，可借鏡RED 6公司及IAI的AR訓練相關經驗，除訓練飛行員戰術戰法、攔截程序，更能增加飛行員對於此類緊急升空攔截任務的經驗，在實戰時更能得心應手運用的所學技術，妥善應對敵機^{〔註24〕}。

伍、AR科技於空軍後勤之應用

孫子兵法中有段：「故兵貴勝，不貴久。」又曰：「軍無輜重則亡，無糧食則亡，無委積則亡」，重點在於闡述用兵不宜曠日持久，若戰線戰事拖延過長過久，則會使得整個態勢僵持、補給困難，部隊沒有輜重、沒有糧食供應、沒有戰備物資儲備就無以生存。因此在孫子兵法中提到的觀念充分地闡述後勤方面的重要性，充足、即時的補給是整支軍隊能否打勝仗的關鍵。同時，後勤的重要性套用在現代不僅僅只是補給物資而已，更細節化的還有物材的調換、囤放、查詢的立即性皆相當的重要。不論在東西方都有「後勤為先」的觀念，從過往戰事中更有跡可循，當中因後勤補給不及時導致作戰失敗的案例不勝枚舉，例如第一次世界大戰德、俄坦能堡會戰中，俄軍在彈藥補給不及、後勤部隊動員路線及作業未完整規劃的狀況下，即急忙發動攻勢，而後又因幕僚參謀輔導能力不妥善，以致後勤補給作業幾乎失去機能，無法提供立即的補給作用，最終以失敗收場。

透過螢幕式AR科技結合物資管理，能夠使得在後勤調配上更有效的發揮。當中物材的囤放亦可將AR結合RFID(Radio Frequency Identification)這種特殊的無線通訊技術，利用專屬無線電訊號以識別特定目標並讀寫相關數據，藉此設計跳過在識別系統與特定目標之間，建立機械或者光學接觸之過程。舉例來說，可將現有

註23 Alexander, S., Rozo, J., Donadio, B., Tenhundfeld, N., Visser, J., & Tossell, C., 2019. Transforming the Air Force Mission Planning Process with Virtual and Augmented Reality. 2019 Systems and Information Engineering Design Symposium, 2 - 3.

註24 Gavish, N., 2015. Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. Interactive Learning Environments, Volume, 23, 778 - 798.



的物材附上RFID射頻標籤，此標籤可儲存事先輸入之電子資訊，並使用特定讀取器進行讀取，使距離該營區一定距離之內皆可識別，方便後勤官追蹤物件的數量、囤放與倉儲，且與其他市面條形碼不同的效果在於，可將射頻標籤置入該物件內部，不需要處於識別器視線之內。

綜合上述想法，我們根據技術可行性得到優點是，即使標籤為其他物體所遮蔽，僅需使用讀取器去掃取射頻標籤即可得到物件的資訊內容，無論是在手提箱裏，紙箱裏，盒子裏等，射頻標籤都可以被讀取，在清點物資時不需要移除外物或是拆開包裝、逐一檢視標籤，並可連帶解決防水問題，讀取機也可以同時辨別上千個射頻標籤藉此來提升作業的效率，並方便進行即時、遠端、便利的大規模管制。

最後以新加坡武裝部隊的後備人員為例，星國後備部隊是由防禦部隊、後備役部隊及民兵所組成。各部隊平時是以基幹方式編組，然後依需求徵招實際所需要數量；目前約30,000人編組於防禦部隊，主要執行社會治安之維持與援助軍警部隊訓練作戰，此外有約100,000人的民兵由完成現役訓練與預備役人員所組成，負責守護家園、執行救災與後勤補給等工作，我國後備部隊可參考其編組，將此作法與我國動員體系結合，整合部分後勤專業人員搭配AR輔助設備協助後勤管理，在平時採量少質精、依照需求編組，以樽節人員維持開支，戰時則擴大辦理，維繫全軍補給命脈。

後勤是整軍備戰的一項重要指標。威力強大的武器裝備確實在現代戰爭中極為重要，但是沒有補給就無法將武器發揮作用。電力供給、燃油儲備、彈藥補保、飲食補給、被服更換、器材損耗補充，裝備整檢維修等等，這些都是極為重要的後勤問題，其中出了差錯就會給整個作戰產生難以估計的影響。妥善的後勤整備機制，對戰事成敗有決定性影響，然而後勤具有笨重性及複雜性，要在短時間內完成整備是相當困難的，必須悉心統籌、長期觀察與經營，方能成效，因此若能盡速與先進技術做整合，除了能及早觀其良莠，亦可儲備經驗以利長遠發展。

再者，目前國機國造計畫確定將繼續進行，針對同時間進行相同工作的生產線，能引進螢幕式AR科技創造個人工作平台(如圖15)，在螢幕中顯示目前工作內容及步驟誘導生產人員按部就班的完成任務。在較為複雜的座艙配線的任務中能引進AR眼鏡，協同漢翔公司開發專屬生產機型的組裝技令，將AR中2D轉換3D的功能加入戰機生產任務中提供生產人員更為直觀、實用的作業提示系統，使生產人員減少配裝零件時的失誤，省去除錯的時間，並避免料件不當消耗，節約時間與成本，最為重要的是可以提升生產品質。另一方面這些生產專家也不需投資大量時間將經驗



傳承給新進人員，減少人員的培訓時間，只需了解基本原理即可投入生產工作，降低基層作業員的培訓門檻與人力成本支出^{〔註25〕}。對於現今政策上愈加重視國機國造的階段，我們認為空軍需要與時俱進跟上工業4.0的潮流，降低對人員專業的仰賴，將知識儲存於智慧設備中，利用智慧設備協助生產^{〔註26〕}，如此一來將有利於永續發展，需要擴增生產線時也可以增進知識傳遞與人員培訓的進程^{〔註27〕}。

此外螢幕式AR科技適合使用於監工人員，以空軍的修護現況每組修護小組至少需要3人，一個是有A級資格的資深人員負責監工、督導，一個是取得B級資格的人員負責實際執行修護工作，一個是有C級資格的新進人員在旁邊擔任助理。一般來說，在修護過程中若有重大缺失監工人員必須做紀錄，或是遇到無法解決的問題需要將部件送到更高階的維修廠，若能引進螢幕式AR科技，平板電腦可即時記錄、通報，運用資訊系統管制修護人員安排訓練等課目，以確保修護線上人員的專業能力。監工人員需要長時間跟著小組進行修護，資深修護人員培訓不易，若使用平板電腦監工可以增加遠端監工的數量，降低人員負荷，避免精神不繼而產生的工作失誤。搭配修護人員使用AR眼鏡執行任務，在遇到問題時能快速連線遠端的專家提供協助，若能在第一線修護廠解決就不必再將部件送到下一級的修護廠以節省成本^{〔註28〕}。

陸、結論

在節奏快速的現代戰爭中，我國與對岸之間機動靈活的空中兵力，都無庸置疑是兩國針鋒相對的第一線，目前兩岸緊張的關係可知空軍在防務上之重要性。為了有效提升空軍的戰力，本研

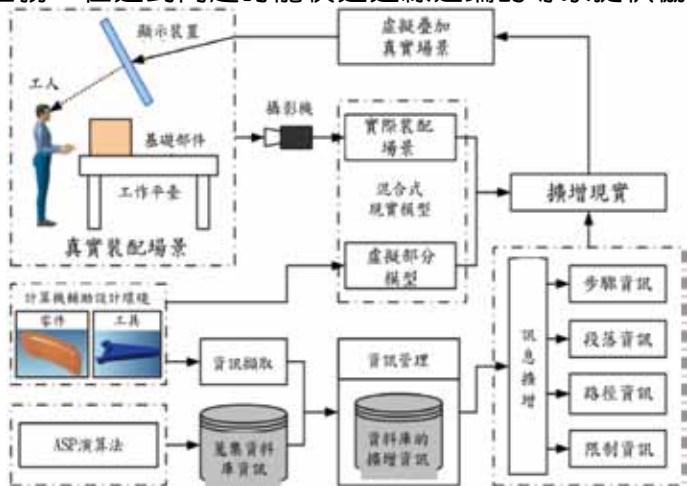


圖15. AR組裝系統架構

註25 Palmarini, R., Erkoyuncu, J., Roy, R., and Torabmostaedi, H., 2018. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 49, 215 – 228.

註26 Blanco, O., Fernandez, M., Fraga P., Vilar, M., 2018. A practical evaluation of commercial industrial augmented reality systems in an industry 4.0 Shipyard. *IEEE Access*, 6, 8201 – 8218.

註27 Ceruti, A., Marzocca, P., Liverani, A., Bil, C., 2019. Maintenance in Aeronautics in an Industry 4.0 Context: The Role of Augmented Reality and Additive Manufacturing. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6, 516 – 526.

註28 同註10。



究藉由回顧各式新型AR技術與設備，這些技術與設備除了能夠提升戰機的狀況覺知與對空、對地戰鬥能力，也能改進地面人員對其進行戰鬥支援的能力，如果我們能夠將其廣泛應用於實務中，空軍的作戰能力將不可同日而語。

然而高科技裝備之應用及保養必須仰賴專業技術，妥善的操作及完善的維護才能確保裝備的妥善率，當中設計愈精密、系統愈複雜的裝備也愈容易產生故障，並更依賴後勤單位的支援水準，而導入AR技術也同樣能針對這些後勤環節強化，而不顧此失彼，為空軍帶來全方位的進步。透過上文對AR技術的描述中，我們分析且探討了國軍可以加強及改善的層面。在頭戴式、沙盒式、螢幕式等AR科技的介紹裡，我們描述其在訓練、作戰、教育、後勤等任務上的效益，心繫我軍能與當今先進科技接軌，促進戰力提升。

相比於以往，當前的作戰趨勢邁入資訊化、網路化的高科技作戰。然而，高科技戰爭易造成極高的資源消耗，也意味著後勤支援方面較為困難。對此我們分成三項作為說明：

- 一、國軍建軍方向係依「防衛固守、重層嚇阻」軍事戰略指導及「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」整體防衛構想，在作戰中需應對敵軍作為進行戰力疏散、保存，消耗大量彈藥攔截敵方飛彈攻擊，伺機對敵方指揮、補給節點、後勤儲備、防空系統、船團裝載設施及機場等目標進行打擊，並集中兵力將登陸敵軍予以殲滅，除此之外並要針對機場、指揮通信節點等受創設施進行搶修，面臨巨量的物資消耗，當中為了立即地將數以萬計各項零件工具、油彈供給前線使用，使得整個後勤動員非常繁瑣，倘若任何一項環結出了差錯均會造成嚴重影響。因此，我們在修護及後勤方面應用的AR系統與半自動工具操作，將更能達到安全低缺失的理想情況。
- 二、為了因應戰場之變化，在現代戰爭的後勤動員整備中，各國都會要求其部隊具備良好的機動運輸及快速轉場能力，然後才能在有限的時間內將運送物資轉換成即戰力。以美軍經典戰事波斯灣戰爭為例，這是美軍有史以來最迅速的一次軍事集結行動，其規模之大、動員之快、清點人力、物資之複雜性都是前所未有之廣泛。美軍在為期短短一個月時間當中動員機場維修中隊，興建出一座能在「沙漠中容納千人支援飛機起降、調配物資配給之空軍基地」，在「沙漠盾牌」行動前二週內，美軍能裝載達四十五餘萬噸的油料彈藥，並第一時間立即送達各戰區，這一切除了歸功於能緊急起降並運輸大量物資的動員能力外，也有賴與之對應的補給囤儲與管理能力，如何精確的掌控並分配物資供應各參戰



部隊的需求是一項相當龐大且複雜的課題，如果我們能利用AR技術建立更加完善便捷的倉儲管理系統，想必能更有效率的策應戰時補給需求，並妥善控制承平時期的資源消耗。

- 三、在操作各式高科技載具、裝備上，其科技愈進步則操作原理則亦愈為複雜，當故障發生時，使用者惟在熟知該設備原理之下才有能力及時排除問題，就以人類軍事科技最高等級的智慧結晶：戰鬥機而論，也只有在飛行員具備優良操作技術與不亞於此的完備知識素養之後，才能完整地發揮其性能，否則在不適格的人員駕駛下，也只是對油料和機體無意義的消耗；綜觀整個軍事應用的層面，人員素質的良莠能在同等裝備的基礎上直接影響戰爭的走向，若是在裝備落後於敵方的狀況下，更是只有具備更優越的素質才有抗衡的機會，對空軍這個掌握了最高科技的軍種來說尤其如此；要保持高性能武器的最佳戰備狀態，就必須要先在教育與訓練上提高操作者的觀念及充份有效之訓練，使負責維護武器裝備的技勤人員或是負責操作的作戰人員，乃至其他技術支援人員都能更精進本職學能。因此，如果我們能妥善應用AR技術在空軍的教育、訓練領域上，勢必能有效的降低成本、增進效率、提升人員專業素質、強化飛行安全，並減輕飛行員在作戰上的負擔。

作者簡介

空軍少校 王拓程

學歷：國立高雄科技大學工業工程與管理博士；經歷：人事官、飛機修護官、區隊長、訓練官、講師；現職：空軍軍官學校航空管理學系助理教授。

空軍少尉 李尚澤

學歷：空軍軍官學校110年班；經歷：飛行學員。

空軍少尉 方文榮

學歷：空軍軍官學校110年班；經歷：飛行學員。

學生 郭瀚天

空軍軍官學校111年班學生。