

工業 4.0 導入空軍計修備料之研究

空軍上校 王祥昀 空軍少校 楊大慶

提 要

隨著科技的進步，工業發展已逐漸走向智慧科技革命，透過虛擬網路結合實體物理系統，整合諸如大數據 (Big Data Analysis Technology)、物聯網(Internet of Things)、人工智慧、感測器…等各項新興科技，發展出新一代的工業革命，謂之工業4.0。

空軍在有限國防預算下，為擴大後勤支援成效，持續以資訊化來管理補保流程以精進年度計修備料作業，本文藉工業4.0概念整合探討現有作業模式，期能精進作業程序，提高備料質量精準程度，以增進整體後勤支援效能。

關鍵詞：工業4.0、計修備料、後勤資訊

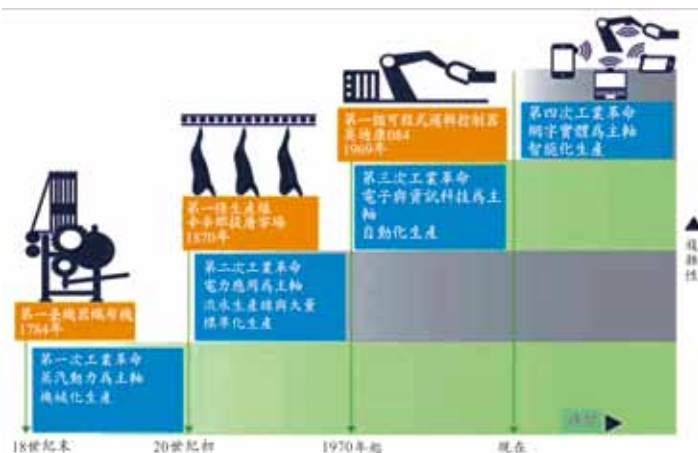
緒 論

孫子兵法有云：「凡用兵之法，馳車千駟，革車千乘，帶甲十萬，千里饋糧；則內外之費，賓客之用，膠漆之材，車甲之奉，日費千金，然後十萬之師舉矣」。由此可知後勤整備在作戰全程所扮演角色的重要性。空軍戰力發揚首重於戰機良窳，如何維持機隊一定妥善率，端賴飛機修維護任務落實進行。而修護管理工作經緯萬端，從早上的飛行前／中／後檢查、落地加油、各項定更／檢及故障檢修所需的各項料件補給、修護進度管理，人力調派均屬於修護補給的一環，因此，從換裝二代機後的20多年間，空軍後勤業管部門陸續建立後勤資訊管理系統(Logistics Information Management System, LIMS)來構連修補作業，但換裝迄今已進入飛機中壽期(Mid Life-Cycle)階段，在器材老

化、電氣線路老舊、內部結構疲勞及各機件銹蝕超限等因素，造成各項飛機組件平均失效時間 (Mean Time Between Failure, MTBF) 短縮，且不易預測後續器材故障期程與狀況。同時因各戰機主要器材來源採軍售或國外商購為主，獲補期程長，在未能精確評估器材需求的情況下，將會延長修護期程，使機隊妥善率下降並影響後續戰訓任務遂行。

近年來，各類國防預算相互排擠，導致作業維持費大幅縮減，為有效管控預算應用，空軍器材管理由存量管制改為以計修備料方式實施。依空軍計修備料作業規定，計修需於目標年度前28個月前完成，備料作業則於目標年度24個月前完成，在中壽期器材需求與過往資料未能縝密結合的情況下，現有備料作為是否能夠即時掌握並適時調整，以避免供需失衡，影響修護任務遂行，將是我空軍後勤幹部首應重視的課題。

筆者認為，由於後勤資訊系統(LIMS)之建置，空軍修補單位已蒐集了大量的「資料」，包含各型武器裝備定更、定檢、非預期檢修紀錄等零件之消耗紀錄均已完整地紀錄於LIMS資料庫內，現階段已初步具備大資料庫的運用雛型。因此，應參考工業4.0所提倡虛擬-實體系統整合，將這些「資料」整合為「資訊」，並運用於修護補給供應鏈，以提昇計修備料準確度。



圖一 工業革命流程圖

資料來源：Wolfgang Wahlster, "Industry 4.0: The Semantic Product Memory as a Basis for Cyber-Physical Production Systems," Recent Trends in Artificial Intelligence and Cognitive Science (Zürich: SGAICO, 2013/5/27), pp. 8-11.

工業4.0簡介

一、工業4.0發展

(一)發展背景

2011年德國漢諾威工業博覽會中，將工業時代區分成4個革新歷程(如圖一所示)。第1次工業革命以蒸汽機發明，實現了機械化生產；第2次工業革命以發電機發明，實現了流水生產與標準化生產；第3次工業革命以資訊科技(Information Technology, IT)產業，實現了自動化生產；而工業4.0(Industry 4.0)之概念，則是德國提出，希望藉由透過虛擬網路結合實體物理系統，使工業環境走向智慧科技革命¹，工業4.0整合主要內容包含：虛擬-實體系統(Cyber-Physical System, CPS)、大數據分析科技(Big Data Analysis Technology)、物聯網(Internet of Things, IoT)、人工智慧、感測器…等，以發展具有可結合原料供應商、製造工廠、銷售端乃至消費者之新型生

產模式，同時製造工廠也發展成具有適應性、資源效率及人因工程的智慧工廠(Smart Factory)，增加產品與服務的客製化製程，重新創造商業價值。

(二)工業4.0之核心技術

現今工業4.0的概念有多種解釋，但多數學者均提到要以物聯網及IT技術相結合，並運用虛擬-實體系統，其主要技術需求介紹如后：

1. 虛擬-實體系統(CPS)

由美國於2006年提出此一概念作為新一代技術革命的突破點，如何在虛擬世界中將實體的狀態，以及實體之關係透明化，正是CPS技術誕生的目的和意義。基於CPS技術的應用，使設備具備了自動察覺(Self-Aware)、

1 Lydon Bill, "Industry 4.0: Intelligent and flexible production", InTech, Vol. 63, No. 3, Jun 2016, pp. 12-17.

2 李傑，工業大數據－工業4.0時代的智慧轉型與價值創新(臺北：天下雜誌，2016)。頁54-55。

自我預測(Self-Predict)、自我比較(Self-Compare)及自我配置(Self-Configure)的能力。²

2.大數據分析(Big Data Analysis)

「Big Data」有許多翻譯，包括大數據、巨量資料、海量資料等。美國國家標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology, NIST)將其定義為：由具有龐大資料量(Volume)、高速度(Velocity)、多樣性(Variety)等特徵的資料所集合組成，它需要可擴延的架構來進行有效儲存、處理與分析。³台灣資料科學協會認為大數據的運算過程可使分析人員在面對大量、高速累積且異質的資料過程中，需透過有效率且嶄新的處理、分析方式來得到過往未曾發現的新知。⁴

3.物聯網(IoT)

IoT概念由比爾蓋茲(Bill Gates)於1995年在其所著「未來之路(The Road Ahead)」一書中提出，其原理就是利用網路科技將世上萬物於在網路世界中連結，但受當時科技影響，網路IP量並無法滿足用戶需求⁵；但隨著資訊科技的進步，透過IPv6協定已可滿足構建聯網所需IP數量。

4.人工智慧(Artificial Intelligence, AI)

AI研究的方向是以程式、電腦來模擬人對於決策的方式，最有名的概念就是「圖靈測試」，讓電腦與人進行交談(初期以文字為

主)，可成功地讓受實驗者以為交談對象是另一個人，稱之為「人工智慧」。而AI設計是以邏輯判斷為主，但科學家發現遇到複雜問題時，將出現過於龐大的計算量而無法解決，直到導入神經網路學後才有了突破性的發展，進而產生深度學習的新式演算法，讓人工智慧推理、分析能力大幅增加。

(三)工業4.0之特性

國內工業大數據專家李傑曾表示工業4.0係以創造產品價值為目標，可以用「煎蛋模型」來分析思考，一個核心產品不是單一的產品，而是應同時具備配套的服務，如同一支智慧型手機，不是只有手機本身能創造諸如接收與發話的基本價值，其附屬的APP開發亦能提供大量獲利的可能性，現今，手機附屬價值早已大大超越其原有基本價值，故工業4.0的思維具有6M+6C的「智慧製造系統」設計特性，分別是核心蛋黃區的6M及擴張服務的蛋白區6C，另針對CPS的技術架構，他也提出了5C概念，分述如后：⁶

1.6M(蛋黃層)

(1)材料(Material)：包含特性和功能，同時亦指材料與其零組件。

(2)設備(Machine)：包含精度、自動化、生產能力等，指生產設備，尤其指智能設備之特性。

3 曾龍，「大數據與巨量資料分析」，科技大觀園，2016年8月5日，<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sWya.htm>，檢索日期：2019年1月5日。

4 「大數據」，臺灣資料科學學會，<http://foundation.datasoci.tw/big-data/>，檢索日期：2019年1月5日。

5 翁書婷，「30個關鍵字讓你搞懂物聯網」，數位時代，2015年12月1日，<http://www.bnext.com.tw/article/34549/bn-article-34549>，檢索日期：2019年1月5日。

6 同註2。

(3)方法(Methods)：包含生產參數、工藝、效率、產能等影響生產之因素。

(4)測量(Measure)：包含六標準差、感測器監測等，可用於產品之品管與產品生產的檢測。

(5)維護(Maintenance)：包含使用率、故障率、營運與維護成本，主要是指生產設備之維護。

(6)資料或知識模型(Model)：包含監測、預測及防範等，在傳統製造業邁向智慧化轉型中，本項為至關重要之因素。

2.6C(蛋白層)

(1)連結(Connection)：係指設備間的連結或元件間之連結，亦包含物聯網在內的網際網路技術。

(2)雲端運算(Cloud)：任何時間按需求獲取儲存和計算能力，包含公有雲、私有雲在內的雲端運算技術。

(3)網路(Cyber)：包含分析模型與記憶等，為網路端的虛擬世界。

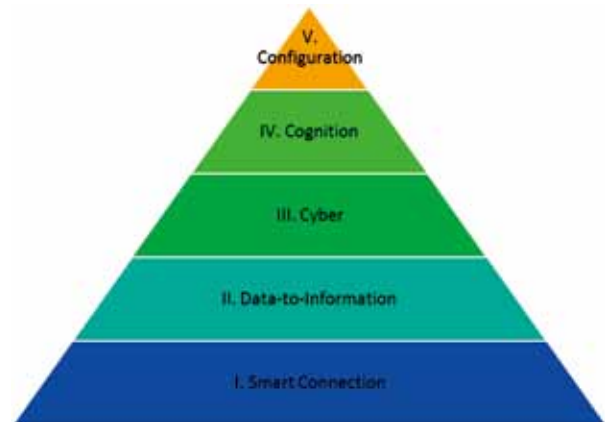
(4)內容(Content)：係指數據，包含生產端數據、供應鏈數據、客戶端數據…等各項與產業相關之數據。

(5)社群(Community)：用以相互溝通、分享、協調及合作。

(6)客製化(Customization)：個性化的服務與價值，即根據客戶需求訂製的客製化生產模式。

3.5C架構(如圖二所示)

(1)智慧感知層(Smart Connection Level)：從機器或設備利用感測器蒐集數據，是開發CPS的第一步。



圖二 5C架構

資料來源：李傑，工業大數據-工業4.0時代的智慧轉型與價值創新(臺北：天下雜誌，2016)，頁112。

(2)資訊挖掘層(Data-to-Information Conversion Level)：將大量的資料經過整理、運算成有效的資訊，如機器的系統狀況，可運用於預測與管理上，計算設備健康值進而評估剩餘壽命。

(3)網路層(Cyber Level)：即網路化的內容管理，為5C架構中之訊息樞紐，將各設備之訊息連接成信息網路，並可於蒐集大數據後，經特定分析方來擷取更多資訊，從而了解各機器之狀態，並藉由功能類似的機器歷史紀錄進行比較，進而了解各系統的變化與預測狀態。

(4)認知層(Cognition Level)：藉由AI或特定預測算法將網路層的機器訊號轉換成健康訊號，並可依據歷史資料的健康評估，來預測潛在的故障，並估算故障的時間。

(5)配置層(Configuration Level)：也是執行層，將虛擬世界的資料轉換成實體空間的回饋，可使人員藉由監督與控制回饋之訊號來做出決策，或由機器本身進行錯誤的修

正，以減少故障損失。

二、工業4.0人才需求

自工業革命以來，機器大量取代了人力，新一代的工業4.0革命也不例外，單以美國而言，光是自動駕駛就可能取代150萬的人力，這也引發許多人對於科技發展是否符合人類生存需求產生疑慮。尤其工業4.0與傳統工業不同，CPS為主要概念，因此人才需求也有所不同，尤其是網路安全、資料科學、軟體工程(含APP開發、程式設計)及IT架構技術曾被認為是工業4.0最需要的技術人才，⁷但亦有其他研究從多位專家訪談中發現，雖然產業結構有所差異，但工業4.0所需人才應為系統整合人才、自動化人才、大數據分析人才與資訊專業人才。⁸另以工具機產業為例探討工業4.0人才需求的實務研究則推崇具市場行銷及設計、生產與服務等應用軟體開發才是工業4.0的人才主流。⁹最後，在多種不同的製造業主管針對其公司進行工業4.0整合的過程中，整理出在工業4.0浪潮中所需要的核心能力則包含有適應多變環境、具備相關知

識、保持學習熱忱、可同時兼任多專業、強調溝通、重視自我管理。¹⁰

三、產業界之運用

(一)自動倉儲

由於軟硬體的發展與進步，智慧倉儲機器人、搬運車開始運用於各物流中心，如美國亞馬遜(AMAZON)公司使用10萬多個原名Kiva的Amazon Robotics機器人負責搬運貨物；¹¹日立公司亦有具備類似功能的無人搬運車「Racrew」在倉儲現場運作，大量節省了人力與物力的投資與管理。¹²目前則持續發展無人堆高機等倉儲用智慧化設備，使自動倉儲完全朝無人化境界邁進。

台塑公司則在2018 臺灣雲端大會中提出其公司在自動倉儲的幾項進展，包括設備運行分析、庫位分析、庫存分析、物流效率分析與人力分析。而這些都是以工業物聯網(IIoT)為主體架構，並以此為基礎整合、蒐集廣泛數據，進一步運用機器學習、AI、深度學習等技術的結合，以達到工業4.0的目標。¹³舉例來說，評估各搬運設備的搬運量、工

7 謝明珊，「工業4.0時代搶破頭的五大人才」，科技網，2017年6月27日，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000504833_lzf7otnl4sqbl32ae6zyy，檢索日期：2019年3月18日。

8 林于婷，「台灣企業發展工業4.0之人才管理研究」(發表地：雲林科技大學企業管理所碩士論文，2017年)，頁74

9 林建佑，「因應工業4.0之工具機產業人才培育需求—業界觀點」，臺灣教育評論月刊，第7卷第4期，2018年4月，頁80-83。

10 鄭耀邦，「工業4.0下關鍵人才之核心能力」，(發表地：中國文化大學社會科學院勞工關係學系碩士論文，2017年)，頁39。

11 愛范兒，「亞馬遜倉庫的「小革命」：服務好機器人，才能讓人類更安全」，科技新報，2019年1月25日，<https://technews.tw/2019/01/25/amazon-built-an-electronic-vest-to-improve-worker-robot-interactions/>，檢索日期：2019年3月18日。

12 范維中，「工業4.0下的物流運籌布局」，中時電子報，2016年7月17日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20160717000109-260204?chdtv>，檢索日期：2019年3月18日。

作量是否平均，以檢視搬運設備使用效率；或是以各時段的工作量、累計曲線圖，檢視設備運作狀況；同時也能隨時監看各自動倉庫的庫位使用率及各庫位現況，並以圖形畫圖表呈現，方便管理人員更容易瞭解倉儲現況，即時對應調整。

(二)器材預判

以採購預判而言，由於受制於原物料具有有效期限，食品業更重視需求量預測，雀巢公司因此導入AI資料庫，除了總體經濟、季節氣象變化等時間序列因素外，並納入客群喜好，甚至商品促銷都放入資料庫中統計。

就計修備料而言，最困難的莫過於無法預測零件何時會壞掉，以飛機修護而言，部分器材「定期更換」之原因，係因飛機(零件)製造商依過往經驗了解部分重要器材之使用壽命，而在安全與合乎效益的情況下，訂定更換時程，以保障飛行安全同時又可避免過度維修造成成本增加。另外包含各型機的結構點檢查等重大項目，也是為了這目的而設置，但近年來在技術的進步下，檢查方式又有更進一步的發展。美國空軍時報(Air Force Times)發展一篇名為” Planes could give heads-up when part is about to break “的文章，

指出美空軍正發展出一套新技術，在特定裝備上安裝監控裝置，在零件出現損壞、需要維修或更換前發出提示信息。目前在一架C-5M銀河型運輸機上作驗證，並訂定使用標準。後續除了C-5外，預劃運用於KC-135、C-130和C-17等機種。¹⁴

相關技術在其他工業上已有運用實例，如瑞典金屬刀工具製造商Sandvik Coromant，主要生產各種先進工具機零組件，在全球設有好幾座自動化工廠，因為生產過程需經過非常高精密且複雜的金屬切割作業，為避免一零件故障影響生產線，已在各生產設備中裝有許多感測器，以蒐集資料進行機器學習分析，並依使用情況作預防性維護¹⁵。

李傑在「工業大數據」一書中也提到了許多例子，如：美國奇異公司用InSite系統進行醫療設備監控；奧的斯(Otis)電梯的遠端電梯維護系統(Remote Elevator Maintenance)則監控各電梯的平均開門時間等重要參數來進行預防性維護決策；而日本小松機械開發的KomtraxTM系統，也是利用資通技術進行遠端使用管理外，同時進行大數據統計，依使用者使用情況進行維修判斷，阿爾斯通(Alstom)公司的TrackTcacerTM車載診斷系統則用於監控高鐵車輛的關鍵零組件。¹⁶

13 羅正漢，「【2018臺灣雲端大會直擊】看好自動化倉儲大數據分析，台塑分享產業趨勢觀察」，iThome，2018年5月22日，<https://www.ithome.com.tw/news/123273>，檢索日期：2019年3月18日。

14 Charlsy Panzino, “Planes could give heads-up when part is about to break” ,Air Force Times, <https://www.airforcetimes.com/news/your-air-force/2018/08/02/planes-could-give-heads-up-when-part-is-about-to-break/>，檢索日期：西元2019年4月2日。

15 余至浩，「邊緣運算關鍵技術AI，讓瑞典工具機大廠異常預警速度加快20倍」，iThome，2017年6月9日，<https://www.ithome.com.tw/news/114626>，檢索日期：西元2019年4月2日。

綜上所述，無論是在修護面的零件故障預判或補給面的倉儲管理乃至運送，在現今科技的支持下，許多不同的行業雖在未使用「工業4.0」，但已運用各項系統實際整合了工業4.0作業模式。

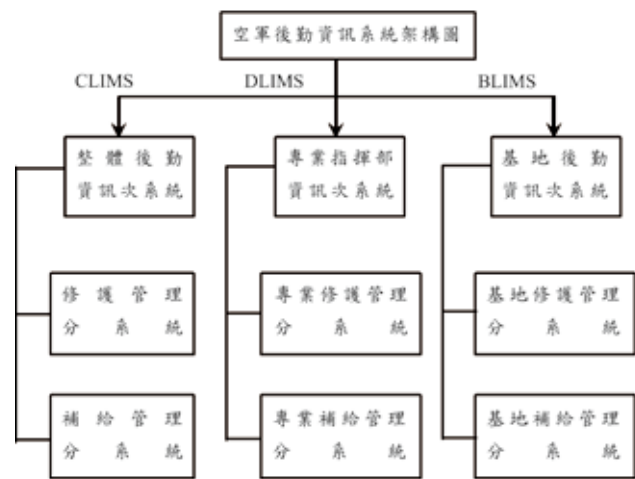
聯隊階層計修備料作業現況研討

空軍聯隊的修補任務依年度飛訓時數概分「計畫性修護」與「非計畫性修護」，並依基地不同的修護階層(O、I)對可能的飛機修護任務實施支配與器材需求預判，其支配與預判的機制越完善，修護進度的管控與器材需求將更為精準，而LIMS系統的資訊運用扮演極為關鍵的角色，以下透由聯隊階層LIMS系統架構進行說明，俾利後續與工業4.0流程進行比較與探討。

一、後勤資訊管理系統(LIMS)現況

(一)空軍LIMS系統發展與架構

1995年起，空軍為因應新一代戰機成軍及國軍整體後勤變革，委託漢翔公司成立專案編組完成LIMS的構建，其中修護管理系統(Maintenance Management System, MMS)及補給管理系統(Supply Management System, SMS)為其重要核心。並依使用階層將該系統區分為基地(Base)、專業指揮部(Depot)及空軍司令部層級(Command)等三個次系統，系統架構如圖三所示。由架構圖中可了解，



圖三 空軍後勤資訊管理系統架構圖

資料來源：

1. 江佳益，《應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善》(私立立德管理學院科技管理研究所，碩士論文，2005年)。頁19。
2. 本研究整理。

各次系統均分別建立了該層級的修護管理及補給管理分系統，提供各階層修護作業人員執行修護管制、維修記錄登載與查詢等功能，另補給次系統為補給作業人員用以執行零(附)件申請、撥發、繳(修)舊等作業程序，並提供裝備及手工具等後勤裝備帳籍管理。

(二)空軍基地修護管理系統(BMMS)

建置空軍基地修護管理系統在使修護作業流程資訊化，同時使各修護人員及業管主管可藉資訊系統不同的功能模組蒐集及分析修護資料、處理故障情況並掌握修護進度。¹⁷，在BMMS系統上有七項主要模組，分別

¹⁶ 同註4，頁47-50。

¹⁷ 江佳益，「應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善」(私立立德管理學院科技管理研究所，碩士論文，2005年11月)，頁21。

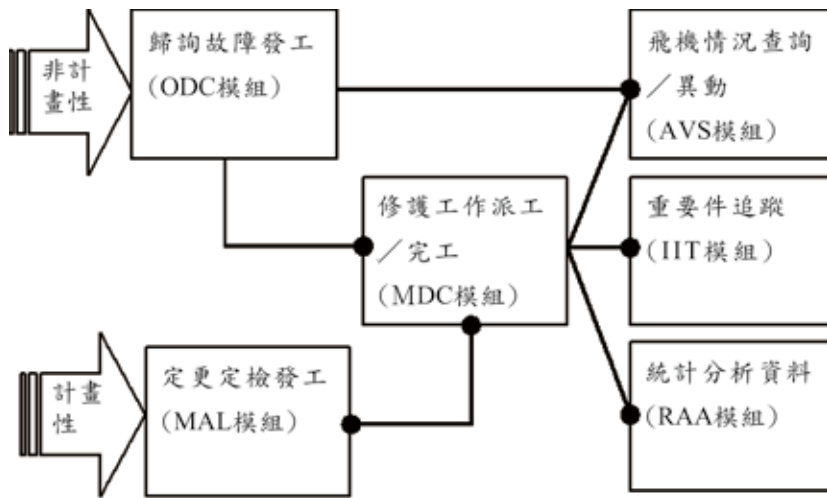
為「飛機情況管理模組」、「統計分析模組」、「操作資料蒐集模組」、「修護預警模組」、「修護資料蒐集」、「重要資料追蹤」、「系統管理」等。一般來說，當產生計畫性或非計畫性修護工作時，由修護管制單位透過「修護資料蒐集模組(MDC)」執行派工作業，各專業人員於接工後執行檢修改正，當工作完成後於MDC模組輸入維修情形，屬序號管制件或修理循環件項目，則由MDC模組連結「重要件追蹤模組(IIT)」自動調整各零附件裝機情形，修護人員可於工單完成後自IIT模組內查詢是否完成異動，「修護預警模組(MAL)」之功能為管制裝備或管制件之計畫性工作(可依需求以下次屆期日期或飛行(操作)時數管制)，並於定更／檢屆期前自動傳送至MDC模組管制，避免逾期末檢情況，「操作資料蒐集模組(ODC)」之功能為飛機及裝備使用時數/次數之管制，當任務結束後，由機務人員/裝備操作者於輸入飛機飛行架次／時數或裝備使用時數，另可針對飛機於飛行前、中、後維護所發現之非計畫性故障工作連結MDC模組發工檢修。飛機情況管理模組(AVS)」則綜整上述MDC、ODC、MAL及IIT之資料，由修護管制人員依系統顯示之飛機鐘點、週檢時距及待件器材等機務現況，規劃飛機妥善、修護或拆拼週轉工作，並可執行飛行年、月及週計畫之排訂，「統計分析模組(RAA)」則提供修護人員有關故障趨勢、系統可靠度、維護度與人力工時分析資訊，以利掌握修護管理資訊。各模組主要功能整理如表一所示，模組運作流程概要如圖四所示。

表一 空軍基地修護管理模組功能表

項次	模組名稱	主要功能
1	飛機情況管理 (AVS)	管制飛機位置及外載的管制和情況顯示。例如：妥善情況、飛行時間、故障種類，飛行預劃排訂及歷史資料查詢。飛機裝備上工單檢視功能、歸詢資料查詢等，並可透過更新資料的功能顯示所有飛機修護現況。
2	統計分析模組 (RAA)	提供各類武器系統裝備統計報表之分析，以為各系統修護行動精進及供各主官決策參考運用及之依據，以提昇人員修護之水準及改善裝備之性能。主要功能如下： 1. 提供管理階層各項修護狀況參考運用。 2. 分析各武器系統裝備之性能(可靠度)。 3. 瞭解修護人員之維修素質與狀況(維護度)。 4. 追蹤驗證修護資料及操作資料蒐集情形。 5. 自動產生修護品管分析月報，提供主官參考運用。
3	操作資料蒐集 (ODC)	蒐集各類武器系統裝備，各項操作及使用時數等參數，做為武器系統裝備所屬之定更件、週(定)檢管制及操作期間故障修護之依據。
4	修護預警模組 (MAL)	建立武器系統及裝備定期維護及定期更換件修護預警工作，協助修護/管制人員管理各項定期維護工作執行情況，避免逾期末執行或零附件超過使用壽期，影響安全。
5	修護資料蒐集 (MDC)	主要目的蒐集相關修護資料，包括非計畫性及計畫性修理工作的修理行動，如故障的情況(作用失常情況)，何人執行修理(工作中心)、工作項目為何(修理、調整、清洗、更換或校準等工作措施)……等，以利後續可靠度及維護度、工時分析及修護狀態管制。
6	重要件追蹤 (IIT)	現主要功能在建置聯隊所有武器系統裝備零件資料檔、序號管制件(含定更件)、工作單元代號等，藉以管制/追蹤各武器系統裝備構型資料。
7	系統管理 (SM)	建立基本的使用權限及查詢人員使用BMMS的情況與模組版本資訊。

資料來源：

1. 江佳益，《應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善》(私立立德管理學院科技管理研究所，碩士論文，2005年)。頁22。
2. 本研究整理。



圖四 BMMS系統模組運用流程圖

資料來源：

- 1.江佳益,《應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善》(私立立德管理學院科技管理研究所,碩士論文,2005年),頁23。
- 2.本研究整理。

(三)基地補給管理系統(BSMS)

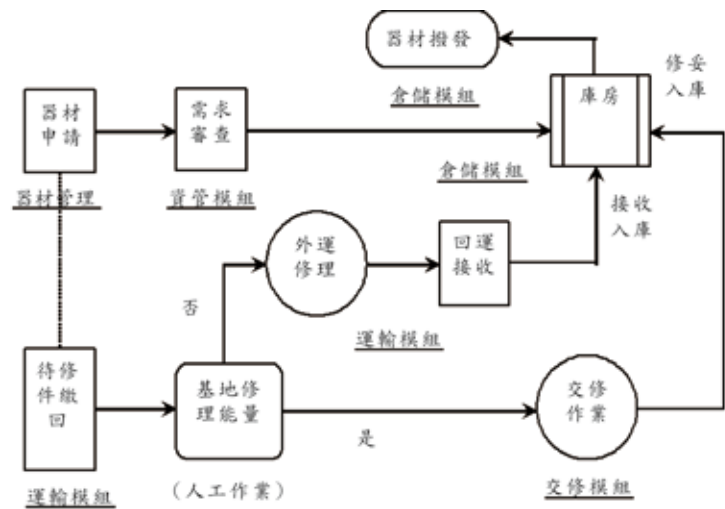
建置基地補給管理系統之目的在使補給作業流程資訊化，以提供補給人員關於各武器裝備零附件存量管制、需求籌補之資訊流，迅速確實地執行器材庫存管理及申補時程管制作業，當修護人員產生用料需求時，由工作單位(補給人員)提出申請，屬備料清單之需求則透過「工作檯管理模組」申請撥用器材，非屬備料清單之器材則透過「器材管理模組」向基地補給管制單位申請，管制單位依材料標準檔、技令規範及過往申請紀錄執行審查，同意後於「資料管理模組」後線傳補給庫房撥發，補給庫房則利用「倉儲管理模組」執行器材撥發、運補等作業登載，「拆拼模組」為執行同型裝備間之零附件拆拼週轉管制，由修護

單位依修護需求提出申請器材週轉。

「交修管理模組」管制修理循環件，由工作單位於辦理故障修理件交修，若屬場站單位(I/L)能量，撥交場站單位執行修護；屬專業單位(D/L)修護能量則辦理交運轉修，各器材物流及運輸作業均由「運輸管理」模組管制，器材修妥回運至庫房後，則由補給庫庫管人員於「倉儲管理模組」辦理接收入帳，供使用單位提出申請後撥發。補給作業與BSMS

各重要模組運用流程如圖五所示。

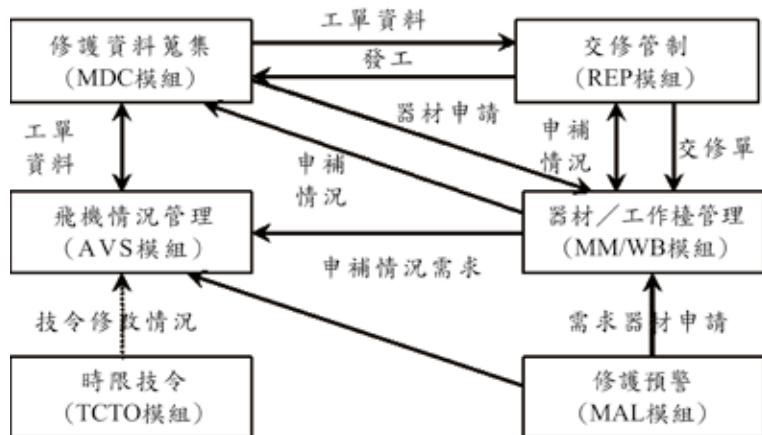
(四)基地修護管理系統與補給管理系統



圖五 補給作業與BSMS各重要模組運用流程圖

資料來源：

1. 江佳益,《應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善》(私立立德管理學院科技管理研究所,碩士論文,2005年),頁25。
2. 本研究整理



圖六 修護補給系統整合各模組關係圖

資料來源：邵子洋，「運用大數據理論於關鍵性零附件備料預測之研究」(國防大學，軍事專題研究，2018年)，頁22。

整合現況

基地後勤資訊管理系統(BLIMS)上線運作初期，因模組功能各自獨立，缺少整合效益，造成修補資訊無法互聯，除延長修護時程外，亦使資料蒐整上出現斷層，因此，經由系統升級新增BMMS及BSMS模組間之功能鏈結(如圖六所示)後，除大幅提昇修補效率外，經輸入MDC工單號碼也可藉由AVS模組查詢各飛機所缺器材之籌補情況，相關申請、籌購、耗用的資訊也大量儲存於系統中以便日後評估運用。

二、聯隊計修備料作業流程

(一)聯隊階層計修備料作業源起、範圍與作業期程

考量作業維持費預算緊縮，且部分器材囿於軍售流程繁瑣，致籌補期程冗長，空軍自2006年起依部頒「年度修製計畫暨備料作業程序」執行計修備料作業，藉由各階層依需求檢討，使各項計畫性與非計畫性工作均

能以計畫性需求方式管制，在有限預算下，維持空防有效戰力。

在計修備料推展初期，均以人工進行統計及彙算，執行作法係以各部隊依目標年度預劃飛時或各項裝備操作時數，依過往經驗預判目標年度內執行定更、定檢及故更次數，並檢討單位人數、可執行最大能量及執行期程等資料完成單位年度修製計畫；另備料清單則依修製計畫之各工項次數乘以器材配換率及單機裝用量(QPA)所得，其中配換率為工作人員參照修護技令與實

際修製經驗準確換算之比例。各階段重要作業時間節點如表二所示。

(二)計修備料作業缺失探討

由前述修製計畫及備料清單產製流程中得知，修製計畫中各項計修量(含計畫性與非計畫性)、備料量預判，均以人工擷取BLIMS系統歷年修護紀錄及用料情況後，結合工作經驗產製，預判上受人員專業能力與主觀因素影響，且各級審查人員無相關資訊可供審

表二 計修備料重要作業時間節點圖

時 間	作 業 項 目	備考
目標年度前28-26月前	目標年度修製計畫編製	
目標年度前25-24月前	目標年度備料清單編製	
目標年度前24-23月前	保指部審查	
目標年度前22-21月前	備料清單核定	
目標年度前14-13月前	修製計畫與備料清單第一次核定	
目標年度前15天至當年度第15天	修製計畫與備料清單第二次核定	

資料來源：本研究整理。

查，僅能依作業程序訂定審查要項評估有無異常；另計畫性修護工作則因年度任務不同或派遣管控機制(如機務管制)，影響裝備實際操作時數(如飛機飛行時數)，致修製計畫與備料清單準確度均有不足之處。

而備料需求量之公式為計畫修製量 $\times$ 器材單具量(裝用於裝備上之數量) $\times$ 配換率，故為維持材料標準檔正確性，配換率應定期依實際耗料檢討修調，然而實際作業上，因配換率修調作業仍需透過人工計算與上傳，無法由系統自動彙算，作業易因人為疏失影響正確性。

空軍為改善人工檢討修製計畫及備料清單作業缺陷，另行開發裝備維保(ERMS)系統，除前期各項基準檔採人工輸入外，已初步運用大數據觀念統計並整合各項修補參數進行計修備料產製，惟受限於匯入參數正確性及系統運算尚未完善等因素影響，尚無法完全取代人工作業。

三、裝備維保(ERMS)系統發展與維護現況

(一)裝備維保(ERMS)系統緣起與目標

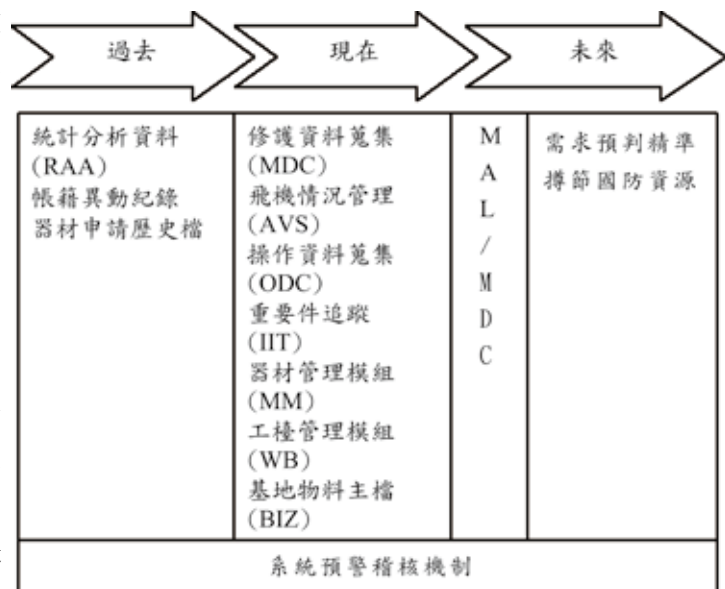
執行年度修製計畫與備料作業，因透由人工彙算方式產製，易產生資料誤植、執行項目漏列等疏失而造成數據失真。空軍保指部於2007年開發裝備維保系統(Equipment Repair Management System,ERMS)後，期藉空軍後勤資訊系統(LIMS)內資訊，如非計畫性工作故障紀錄，計畫性工作如定更、定期檢查及週期檢查項目等資料為基礎檔，並針對

修製計畫上的工作項目訂定不同的材料標準檔(Material Standard Data,MSD)；另由系統設定擷取之條件、參數後，依使用單位點選目標年度後，自動產出修製計畫及備料清單。

過去人工計算修製計畫與備料清單時，雖能擷取部分LIMS系統資訊完成一定程度之分析作業，但人工執行速度不足且因系統無法有效整合與鏈結，致效能不彰，透過裝備維保系統後，可擷取各系統、模組間之不同資訊，整合成單一完整之資料庫，並藉電腦程式及運算參數之設定後，期能精準預判需求，示意圖如圖七所示。

工業4.0流程導入計修備料程序之分析

一、基礎資料管理



圖七 裝備維保(ERMS)系統架構圖

資料來源：邵子洋，「運用大數據理論於關鍵性零附件備料預測之研究」(國防大學，軍事專題研究，2018年)，頁25。

大數據已廣泛用於電腦模擬與預測等各項領域，如氣象預報，乃至無人汽車都屬於這方面的運用。相同地，在ERMS模組中也需朝向這方面努力，但無論各種預測模型，一定要完成正確與完整的基礎資料設置。空軍後勤業管單位為提升計修備料的精準程度，在ERMS模組建立初期已責成各修補單位匯入各項飛機保修數據，如：修理程度、週檢時程、非預期特檢受影響器材數量及MSD……等。多數資料依技令等修護文件訂定，但配換率係由工作人員依實際工作的消耗數量參照經驗訂定之。依現有作業程序，由工作人員於補給模組依工單號碼申領器材，以進行各項器材耗量統計，惟系統現僅能存儲各工作用料數量，未能擷取資料庫數據以產出較為貼近實際配換率的數值，因此，除基礎資料管理得持續精進外，系統與系統間的鏈結與相互擷取資訊的功能亦應再提升。另補給模組中亦僅能依單一料號查詢存量，無法結合MSD檔查詢特定工作所需器材存量資訊，亦造成使用者不便。

二、自動倉儲

工業4.0結合了大數據等各項技術，以智慧工廠為例，由於講求自動供料，故需有自動倉儲之技術支援，以倉儲管理而言，需由電腦管制各項零件進/出庫管理，並紀錄倉庫

內所存有之零件。現今倉儲均以配置RFID等無線感應技術執行商品或材料進／出庫管制輔助¹⁸，此技術更成為自動倉儲業不可缺之輔助工具。以亞馬遜公司為例，除了結合無線感應技術定位及物流管理機器人-KIVA執行搬運外，也擁有了許多強大的自動倉儲管理技術，包括智能入庫管理、以大數據分析下產生的智能選貨和智能演算法及精準預測的管理方法都是其能快速穩健發展業務的最大原因¹⁹。

而空軍補給模組資訊大部分仰賴人力輸入，器材進出資訊更新較慢，連帶器材運輸進度也無法同步顯示於補給模組，均需仰賴各單位經理官以人工方式查詢，若導入民間宅急便業者之物流倉儲與運輸配送管理，將可大幅提昇器材的運送掌握。以洛克希德·馬丁(Lockheed Martin)公司(以下稱洛馬公司)為例，其公司的運輸管理系統(Transportation Management System, TMS)已運用固定規格之RFID標籤，並廣泛運用於其貨物之運送²⁰，方便查詢貨物所在及預劃送達時間。

另外，軍事物流必須具有「公共化的資訊平台」、「軍事物流的即時跟蹤控制與全程追溯」、「軍事保密的智能化決策管理」與「整合化的軍事物流可視化模擬」等功能，而為達成上述功能，需完成「統一的

18 馬正義，「RFID應用於空軍戰備之探討」，國防雜誌，第20卷8期，2005年8月，頁6。

19 「【物流案例】亞馬遜：十大物流技術玩轉物流大數據」，壹讀，2016年1月24日，https://read01.com/AyxJ8.html#XUPgq_lzYQ8，檢索日期：2019年7月28日。

20 Aaron Dahnke, "Radio Frequency Identification (RFID) Supplier Familiarization", Lockheed Martin Corporation, https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/scm/Traffic/Shipping-Instructions/RFID_Fam_infopkg.pdf

軍事物流資訊標準」、「實現軍事物流資訊全面感知與蒐集」、「建立無處不在的資訊傳輸網路」、「建立功能強大的資訊管理服務平台」與「開發綜合全面的綜合業務應用」。²¹

而空軍在倉儲管理科技的發展浪潮中已相對落後，現僅運用條碼技術管理庫儲器材，近幾年來，各級後勤人員雖強力建議納入RFID運用，但無線技術因其資料傳輸方式與軍網實體隔離不符，在資安前提下，尚無法運用於軍中庫儲作業，影響器材管理時效。當然，RFID資訊安全疑慮曾為各國軍方所考量，但技術發展至今已多有防範方法，如Q. Xiao 等就RFID運用於軍事供應鏈進行探討RFID，認為可能遭遇如竊取資訊、欺騙、病毒或跟蹤等問題，並一一提供對策技術²²。

總而言之，以現有軍／民網路隔離政策下，也許無法達成全面開放資訊系統，但是否能在各單位主要庫房內藉由訊號屏蔽等手段，使庫房成為一獨立的無線網路環境，以提供無線感應技術執行軍品進／出庫管制，節省人工軋輪時間並藉由定時的資料交換的規定，使軍網亦能獲取較快速且正確的存量資訊；另可藉由存量資訊分析，預判各基地可能短缺品項，自動產生運補建議供管理人員參考。

三、器材備料需求預判

備料的需求來自於各項的飛機修製計畫，修製計畫概分計畫性與非計畫性兩種。計畫性修製係依據技令等相關修護文件規範之週期執行，相較於以操作鐘點來預測的修護任務，以日期來律定的修護工作更顯得容易預測，而是類預測模式又以電腦系統較人工執行來得精確。非計畫性工作之預判受飛行時數、訓練型態、特檢與器材使用時間等因素影響，執行起來難度較高，且因工作項目多且程序繁瑣，執行數量、器材之使用平均失效時間(MTBF)等均需統計大量數據。以豐田(TOYATO)公司提出的JIT(Just In Time)系統以及推式供應鏈為例，其對物料管理作法就是依需求來調整庫存，即時供應生產／維修，正是計畫性備料的鼻祖，該公司強調「在需要的時間，將必要數量的正確品項，送至正確的地點。目的在於消除各種浪費，盡其所能地實現高品質、低成本，同時保有最短的生產和前置時間」²³。這樣的理念，正符合空軍計修備料之精神。

而隨著科技的進步，許多公司運用了預防性維護(predictable maintenance)，利用人工智能(AI)模型識別異常行為，將設備傳感器數據轉化為有意義的，可操作的分析，以便主動進行資產維護，進而防止停機或發生

21 郭石軍，「物聯網技術在一體化軍事物流資訊系統中的應用」，軍事物流，2012年第31卷第2期，頁209-212。

22 Q. Xiao, C. Boulet, and T. Gibbons, "Rfid security issues in military supply chains," on Availability, Reliability and Security, ARES 2007. The Second International Conference on. IEEE, pp. 599-605.

23 「Just In Time,及時化」，和泰汽車精實物流管理，<http://lean.hotaimotor.com.tw/tps.html>，檢索日期：西元2019年7月25日。

事故。如勞斯萊斯公司是利用感測和連網裝置，對發動機進行「狀態監控」和「預防性維護」，避免無預警故障，使發動機維持在最佳、最有效率的運作狀態²⁴；前述美空軍在C-5M銀河型運輸機上安裝感測器也是AI進行故障預判之運用。

Sikorsky公司則藉由S-92和S-76直升機上的健康和監測系統(HUMS)等功能擷取單一飛機上的大量數據，並藉由數據分析科技來檢查單一飛機數據和整個機隊的總體數據，以最大限度地減少問題的影響，並讓管理人員了解如何檢查和監控他們的飛機，以確定他們是否有風險²⁵。而洛馬公司則與NGRAIN公司合作，對F-35及F-22建立一套新的評估和維修系統，由維修人員輸入器材損壞區域及情況，並藉由NGRAIN公司所開發的軟體快速評估已識別的損壞是否會對飛機的運行準備情況產生不利影響，此系統具有以下優點：²⁶

(一)提高可靠度，確保飛機可以在空中作戰時間更多，減少在地面上修維護時間。

(二)以減少記錄、評估和修復損壞所需的時間來提高工作效率。

(三)更準確地捕獲損壞數據，減少維護期間出錯的可能性。

實務上，預防性維護技術已成民間大廠工作趨勢，如Bosch、GE、Hitachi、Honeywell及Rockwell Automation等廠商均已陸續投入航太產業的預防性維護市場，預估北美將佔全球市場的31.67%產值，並在2017至2022年間以24.25%持續增長。²⁷

綜上所述，我空軍可參照Sikorsky及洛馬公司作法導入AI人工智慧，對模組資料中有關故障單一飛機故障情況及機隊整體情況進行統計及彙算，以先期預判故障趨勢完成備料需求，有效提高備料準確率。

四、大數據人才培養

日本驅勢大師“大研前一”曾說：「未來的社會需要 π 型人」，強調要發展新領域的專業必須共同形成兩隻腳，這樣才「站得穩」。工業4.0時代是一個多領域整合與應用的環境，對每個投入職場的人，不須過度在意在校學的專業是什麼；而是需要建立跨領域的素養，並在本身專業外，再多涉足其它範疇，才有可能形成「 π 型人」和「跨領域人才」。²⁸

24 辜樹仁，「勞斯萊斯 不賣飛機引擎 改賣「飛行時數」」，天下雜誌，2016年7月5日，<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077195>，檢索日期：2019年3月18日。

25 “Big Data and Analytics Improve Commercial Helicopter Reliability”，Lockheed Martin Corporation, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2017/big-data-and-analytics-improve-commercial-helicopter-reliability.html>，檢索日期：2019年7月28日。

26 “Lockheed Martin Battle Damage Assessment and Repair for the F-35 and F-22”，NGRAIN, <http://www.ngrain.com/lockheed-martin/>，檢索日期：2019年7月28日。

27 Dr. Sean Otto，Artificial intelligence for predictive maintenance，Aerospace Manufacturing and Design, 2019/2/6，<https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/artificial-intelligence-for-predictive-maintenance/>，檢索日期：2019年7月28日。

學者曾以美國大數據相關領域的碩士課程進行研究，發現已有超過60多家大學設置大數據課程，課程取向多為新開發的跨領域學程或就原有商業學科結合數據分析課程，並由國家提供相應的財力、物力與人力支持，以明確鼓勵科研院校開展跨學科合作來培養下一代數據科學家。²⁹另外，產學合作更是將理論轉化為知識的搖籃，現代高等職業教育應分佈多個教學點，同時不可忽視企業的教學平臺，以學校、企業的雙邊互動和知識轉換，更能打破職業教育的僵化格局。³⁰

因此，空軍在工業4.0的趨勢下，對於計修備料的推動，應對職場環境改善及學校人才培養上齊頭並進。首先，為加強計修備料執行成效，基層之執行人員應選派具有學習熱忱、重視溝通及自我管理特質之優秀幹部兼任，而司令部業管及聯隊級專任人員應挑選具跨領域人員擔任，並放寬進修管理限制，如後勤保修職類可視需求開放資訊、資管科系進修補助，而資訊人員則可開放工業管理、物流管理等科系進修，使人員能多方吸收新知，成就跨領域人才。另就現有空軍人力晉用管道上，可視需求優先擇派新職，並協請現有基礎院校開設跨領域學程，如航技學院管理系、理工學院資訊工程學系、管理學院運籌管理學系及資訊管理學系均具培

養大數據人才之基礎條件，可設計不同領域課程，供學生選修，以加速人才養成。另各學校可定期舉辦大數據分析等相關研討會進行學術討論，國防部可納入教學成效評量，以鼓勵各學校交互交流。

結論與建議

近年來推行之計修備料制度就是為了使有限的作業維持費作最有效的運用，藉由精準需求預判以先期完成所需用料籌補，以提昇修護支援效率；然而影響非計畫性修護工作原因繁雜，傳統人工作業與簡易電腦計算不易發現故障趨勢，且各資料庫獨立運作為有效整合也將使修補單位僅能獲得片面資訊，不利整體修補資源共享。而近年來隨著資訊科技的進步，工業4.0此觀念及技術運用已擴展至各種領域，自動控制、大數據、物聯網…等創新科技不斷發明，因此，結合各項資訊技術，在物聯網化的進程中，通過資訊與實體世界的融合、建立資訊物理系統，以取得技術流程與生產流程共同成長³¹的概念在空軍修補作業上必須扮演一個關鍵性的角色來提升整體機隊管理效能。可實際運用的範疇建議如下：

(一)自動彙算用料紀錄，精準基準檔建置

28 宋德震。「工業4.0時代跨領域人才的培養」。電工通訊季刊，2016年第2季，頁63-67。

29 何海地。「美國大資料專業碩士研究生教育的背景、現狀、特色與啟示—全美23所知名大學資料分析碩士課程網站及相關資訊分析研究」。圖書與情報，2014年第2期，頁48-56。

30 湯瑞麗，「工業4.0時代技術技能人才培养的對策研究」，湖北成人教育學院學報，2015年06期，頁22-38。

31 阿爾馮斯·波特霍夫等主編，劉欣譯，工業4.0-結合物聯網與大數據的第四次工業革命(Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0)(台北市：三友圖書，2015年)，頁8。

各項資訊系統預判準確與否，基準資料之良窳極為重要，因此，後勤資訊系統應建立資料回饋機制，結合所有資料庫資訊，反覆驗算基準檔資料的正確性，並適時更新。

(二)建立自動倉儲環境，提昇器材存量準確性及即時性

工業4.0的大數據環境講求速度，即時分析，就部隊現有倉儲作業，均由人工執行器材入／出庫帳務管理，除需耗用大量人力外，也無法立即掌握器材存量。空軍應師法民間大型公司倉儲管理作業模式，監看各自動倉庫的庫位使用率及各庫位現況。並以圖形化圖表呈現，方便管理人員更容易瞭解自動倉儲現況，以即時對應調整。如能開發這項技術，將可大幅減低現有人力，並提昇庫儲準確率；同時在各項器材運輸中，也不易查詢運送進度，故建議建立如以RFID技術導向之自動倉儲管理，並發展物流倉儲與運輸配送管理，更能即時掌握各器材運送進度，方便各級管理人員規劃修護進度。

(三)提昇AI效能，強化預判功能

AI人工智慧發展至今，已於多種領域中扮演重要角色，包括生產線自動排程、網頁針對使用者之商品喜好、自動駕駛…等項目，而由於後勤資訊系統與ERMS系統均無建置人工智慧，現發展之後勤雲系統應導入人工智慧，並使用深度學習，使AI能依據器材耗量、飛時規劃…等因素預測年度修製計畫與備料清單，供各級人員參考，以準確計

修備料程序。

工業4.0為許多科技整合之概念，就空軍後勤而言，除了用於計修備料之應用外，仍有許多可供借鏡之處，如美軍刻正發展於飛機重要組件安裝監控裝置，本軍於發展國機國造時亦可整合相關技術，如航空技術學院徐子圭上校發展之發動機診斷系統³²，可提前發現飛機組件故障徵候，先行執行修理或更換，以保障飛行安全。

(四)落實人才培養，提昇運作效能

運用基礎院校加強人才培養，使具有系統整合、大數據分析與資訊專長等人員優先調派相關職務，並開放跨領域進修管道，使人員能多方涉獵新知，以利計修備料業務的推展，提高執行效率，適切支援戰訓任務。

參考文獻

中文部分

專書

- 一、李傑，工業大數據-工業4.0時代的智慧轉型與價值創新(臺北：天下雜誌，2016)。
- 二、洪興暉，供應鏈，不是有料就好：工業4.0時代的採購實戰力(臺北：麥格羅·希爾國際股份有限公司，2017)。

專書譯著

- 一、阿爾馮斯·波特霍夫等主編，劉欣譯，工業4.0-結合物聯網與大數據的第四次工業革命(Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0)，(臺北：三友圖書，2015)。

32 游凱翔，「國軍發明大王徐子圭 國機國造導入AI技術」，中央通訊社，2018年10月31日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/201810310139.aspx>，檢索日期：西元2019年5月2日。

期刊論文

- 一、宋德震。「工業4.0時代跨領域人才的培養」。電工通訊季刊，2016年第2季，頁63-67。
- 二、何海地。「美國大資料專業碩士研究生教育的背景、現狀、特色與啟示—全美23所知名大學資料分析碩士課程網站及相關資訊分析研究」。圖書與情報，2014年第2期，頁48-56。
- 三、林建佑，2018/4「因應工業4.0之工具機產業人才培育需求—業界觀點」，臺灣教育評論月刊，第7卷第4期，頁80-83。
- 四、馬正義，2005/8，「RFID應用於空軍戰備之探討」，國防雜誌，第20卷8期，頁6-12。
- 五、郭石軍，「物聯網技術在一體化軍事物流資訊系統中的應用」，軍事物流，2012年第31卷第2期，頁209-212。
- 六、湯瑞麗，「工業4.0時代技術技能人才培養的對策研究」，湖北成人教育學院學報，2015年06期，頁22-38。

學位論文

- 一、江佳益，「應用射頻識別系統於空軍飛機維修流程分析與改善」(臺南：私立立德管理學院科技管理研究所碩士論文，2005)。
- 二、邵子洋，「運用大數據理論於關鍵性零附件備料預測之研究(桃園市：國防大學軍事專題研究，2018)」。
- 三、林于婷，「台灣企業發展工業4.0之人才管理研究」(雲林：雲林科技大學企業管理所碩士論文，2017)。
- 四、鄭耀邦，「工業4.0下關鍵人才之核心能力」(臺北：中國文化大學社會科學院勞工關係學系碩士論文，2017)。

網際網路

- 一、「大數據」，臺灣資料科學學會，<http://foundation.datasoci.tw/big-data/>
- 二、「Just In Time, 及時化」，和泰汽車精實物流管理，<http://lean.hotaimotor.com.tw/tps.html>，。
- 三、「【物流案例】亞馬遜：十大物流技術玩轉物流大數據」，壹讀，2016年1月24日，https://read01.com/AyxJ8.html#.XUPgq_IzYQ8。
- 四、余至浩，「邊緣運算關鍵技術AI，讓瑞典工具機大廠異常預警速度加快20倍」，iThome，2017年6月9日，<https://www.ithome.com.tw/news/114626>。
- 五、范維中，「工業4.0下的物流運籌布局」，中時電子報，2016年7月17日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20160717000109-260204?chdtv>。
- 六、翁書婷，「30個關鍵字讓你搞懂物聯網」，數位時代，2015年12月01日，<http://www.bnext.com.tw/article/34549/bn-article-34549>。
- 七、游凱翔，「國軍發明大王徐子圭 國機國造導入AI技術」，中央通訊社，2018年10月31日，(<https://www.cna.com.tw/news/aip/201810310139.aspx>)。
- 八、辜樹仁，「勞斯萊斯 不賣飛機引擎 改賣「飛行時數」」，天下雜誌，2016年7月5日，<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5077195>。
- 九、曾龍，「大數據與巨量資料分析」，

科技大觀園，2016年08月05日，<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sWya.htm>。

十、愛范兒，「亞馬遜倉庫的「小革命」：服務好機器人，才能讓人類更安全」，科技新報，2019年1月25日，<https://technews.tw/2019/01/25/amazon-built-an-electronic-vest-to-improve-worker-robot-interactions/>。

十一、謝明珊，「工業4.0時代搶破頭的五大人才」，科技網，2017年6月27日，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000504833_lzf7otnl4sqbl32ae6zyy。

十二、羅正漢，「【2018臺灣雲端大會直擊】看好自動化倉儲大數據分析，台塑分享產業趨勢觀察」，iThome，2018年5月22日，<https://www.ithome.com.tw/news/123273>。

英文部分

期刊論文

一、Lydon Bill, 2016/6. "Industry 4.0: Intelligent and flexible production", InTech, Vol. 63, No. 3,, pp. 12-17.

二、Q. Xiao, C. Boulet, and T. Gibbons, "Rfid security issues in military supply chains," on Availability, Reliability and Security, ARES 2007. The Second International Conference on. IEEE, pp. 599-605.

網際網路

一、Aaron Dahnke, "Radio Frequency Identification (RFID) Supplier Familiarization", Lockheed Martin Corporation, <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/scm/Traffic/Shipping-Instructions/RFID_Fam_infopkg.pdf>.

二、"Big Data and Analytics Improve Commercial Helicopter Reliability", Lockheed Martin Corporation, <<https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2017/big-data-and-analytics-improve-commercial-helicopter-reliability.html>>.

三、"Lockheed Martin Battle Damage Assessment and Repair for the F-35 and F-22", NGRain, <<http://www.ngrain.com/lockheed-martin/>>.

四、Charlsy Panzino, 2018/8/2, "Planes could give heads-up when part is about to break", Air Force Times, <<https://www.airforcetimes.com/news/your-air-force/2018/08/02/planes-could-give-heads-up-when-part-is-about-to-break/>>.

五、Sean Otto, Artificial intelligence for predictive maintenance, Aerospace Manufacturing and Design, 2019/2/6, <https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/artificial-intelligence-for-predictive-maintenance/>.

作者簡介

王祥昀上校，空官校84年班、空院98年班、國立東華大學碩士，美軍後勤大學(ALU)聯合後勤軍官班。曾任股長、隊長。現任職於空軍指揮參謀學院上校教官。
楊大慶少校，中正理工92年班、空院108年班。曾任修護官、分隊長。