

以網路DEA結合補保數據 建構二級廠績效評估模型

柯君諺、張珈進

提要

- 一、隨著數據經濟時代到來，藉由數據分析應用於組織績效評估已愈趨普遍，而評估的結果，對決策者而言，不僅可為組織發展提供支持及改進方向，同時也像一面審視鏡，得以替組織或企業找出導致績效不彰的主要因素。「二級廠」隸屬國軍所有裝備維保時的第一線，屬於國軍後勤維持最為關鍵且最基層的保修單位，故評估其運作效能尤為重要且急迫。
- 二、本研究依據陸軍維保實務運作現況，結合線上維保資訊系統數據，建構一套以二級廠維保數據為基礎(Data-based)之績效評估系統，在模型設計上將其整體運作活動區分為補給、管制及保修等三者結合之網絡活動，並納入作業實況中會伴隨之非意欲產出，受評估單位計選取北部地區所有二級廠，共計59個，資料時間2019年3月至2019年6月進行實證分析。
- 三、研究結果計有以下結論：（一）網路DEA模型因考量組織中不同活動的表現與活動之間連結的影響，因此在計算二級廠整體運作之效率上，優於黑箱模式與分隔模式（二）二級廠在整體運作效率表現仍有40%改進空間，而整體表現不佳原因為補給作業無效率導致（三）以「編組方式」與「部隊型態」進行二級廠屬性分類時，結果顯示聯合勤務支援的二級廠績效最佳，而聯合戰鬥支援部隊的二級廠則作業績效最差。

關鍵詞：績效評估、資料包絡分析、軍工廠、組織管理

圖片來源：設計圖庫

壹、前言

一個軍隊即使擁有精良的武器裝備，若在戰場上無法有效發揮裝備戰力，縱使武力再強大，都將面臨無法持續作戰而吃下敗仗；¹ 維持裝備可用性(availability)和使用效能則有賴於平日之保養與保修工作之落實，而國軍各式裝備之保養及維護大多是透過定期保養(即定保)方式來確保妥善及使用效能，其中負責此項重任之第一線最基層單位即為各軍團下轄之「二級廠」。² 隨著數據經濟(Data Economy)時代的到來，生活或工作中的一切都可能成為數位資料，若再將這些資料經過系統性整理或轉化後，則能轉為數據資料，即量化的數字，若組織或決策者能從中分析挖掘進而掌握有效訊息，則可延伸其無窮盡之用途。³ 目前各行業藉由數據分析應用已愈趨普遍，範圍遍及零售、保險、物流、電子商務、無人車、機器人、醫療與商

業銀行等。數據分析是一種技術，企業可利用此技術分析大規模且複雜的資料，並將分析的結果應用在不同領域，提升企業的績效。⁴ Cao et al. (2015)也指出數據分析是指對數據進行檢查、清理、轉換及建立模型的過程，藉以發掘並傳遞有價值的知識及模式、做出結論並支持決策。相同地，國軍二級廠於進行保修作業時，主要透過「國軍通用後勤資訊系統—二級補保管理系統」記錄各式裝備之保養(修)作業現況，此系統為目前國(陸)軍保修體系轄下一、二級單位段保養勤務、三級野戰段保修，為資料整合、查詢、交換運用及構聯之統一平臺，資料庫所取得數據可反映軍隊現行裝備保養(修)實況。因此，在實務方面，本研究期望透過國軍後勤資訊系統數據庫內的資料，建構一套二級廠績效評估即時反饋模型，除探討各二級廠之單位績效表現外，亦即時找出影響該單位表現不佳之潛在原因，並提供單位

1 Nour, A. (2017), "Theoretical Approaches on the Modernization of Military Equipment Maintenance," *Land Forces Academy Review*, vol.22, No.2, p.128-133.

2 陸軍○○作業手冊(國防部)，民國110年11月26日，頁1-1。

3 Mayer-Schönberger, V., and K. Cukier. (2013), "Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think," *American Journal of Epidemiology*, vol.179, No.6, p.1143-1144.

4 Kwon, O., N. Lee, and B. Shin. (2014), "Data quality management, data usage experience and acquisition intention of big data analytics," *International Journal of Information Management*, vol.34, No.3, p.387-394.

改進方向以提升維保績效，期能使國軍修護量能發揮最大效益。

過去在資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)評估修護類型工廠範疇之相關研究，大多運用傳統DEA模式於維保績效評估，然而傳統DEA因屬單階段評估，隱藏內部作業過程而無法提供有效且明確之管理意涵，故又稱為黑箱模式(Black-box DEA)；⁵ 而多階段模式雖然區分作業各內部活動，但卻忽略各作業階段之間的連結與影響，故又稱分隔模式(Separate DEA)；⁶ 而陸軍二級廠的維保作業，係始於裝備進廠之管制作業，接著進行備料補給管理作業、保養修護作業等多個階段活動，故將各階段活動應予區別及連結；再者，實務上許多生產過程中常伴隨著不必要或不想要的產出，稱為非意欲產出(Undesirable output)，例如機場的延誤航班數量、大型工廠的廢氣汙染物或供水系統的漏水率等，而忽略「非意欲產出」會造成效率

值顯著的估算錯誤，因此在進行績效評估時，將「非意欲產出」納入考量是必要的，⁷ 故為明瞭陸軍二級廠之內部各活動表現，同時考量各作業階段間的連結與影響，有效且全面地剖析二級廠之整體運作效率，因此，本文在效率計算部分，將採用網路DEA模式含非意欲來估算二級廠運作效率，並臚列本研究目的如下：

- 一、建構一個以系統資料為基礎的二級廠運作績效評估系統，以利回饋單位績效評估結果，並即時找出影響績效之因素。
- 二、剖析二級廠內部作業活動之績效，將分析之數據資料轉換成有效的資訊，提供決策者政策制定或改善方向。

貳、文獻探討

一、陸軍二級廠作業

陸軍保修制度區分為「三段五級」，

- 5 Tone, K. & M. Tsutsui. (2009), "Network DEA: A Slacks-based Measure Approach," *European Journal of Operational Research*, vol.197, p.243-252.
- 6 Adler, N., Liebert, V., & Yazhemsky, E. (2013), "Benchmarking airports from a managerial perspective," *Omega*, vol.41, No.2, p.442-458.
- 7 Yang, H., & Pollitt, M. (2009), "Incorporating both undesirable outputs and uncontrollable variables into DEA: The performance of Chinese coal-fired power plants," *European journal of operational research*, vol.197, No.3, p.1095-1105.

「一、二級」為單位段保養，「三、四級」為野戰段保修，五級則為基地段翻修，各層級均賦予特定之保修任務。其中一、二級保養是各基層單位對其所編配裝備執行操作及預防保養勤務，其目的在維持裝備妥善以保持戰力，是整體保修制度中最重要的一環。

保養的目的主要在藉有效的計畫與管制，並按期執行保養，使裝備經常保持妥善狀態，以確保具遂行任務能力並充分發揮裝備效能，達到裝備最大經濟使用壽限，而在保養的過程當中應減少零附件之消耗，節約公帑；各級部隊及使用人員，應本「保養重於修理，修理重於購置」之原則，落實預防保養，使各種裝備經常保持堪用狀態，隨時有遂行任務之能力，上述則為單位保養之重要性。而最終保養的目標是使所有裝備經常保持堪用狀態，充分發揮裝備效能，以確保具有遂行任務之能力。

裝備保養流程作業係由管制士於裝備進廠前，運用補保系統通知一級人員完成裝備清潔等附件檢查後，協助保養人員實施維保作業並陪同裝備進廠；管制士於補保系統列印「保修申請表暨派工單」交由核定派工人員，並通知連隊輪（履）車機動至工廠預備線報到，其餘工兵、通信及化學動力裝備，管制相關

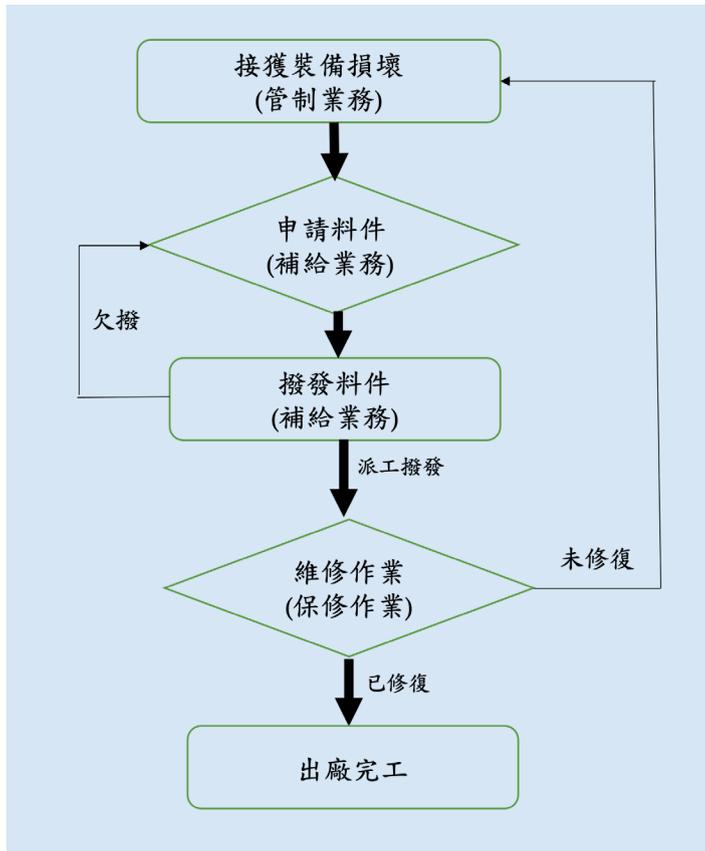
人員於保養當日進廠報到，執行檢查與保養；執行保養當日，保養人員提領定保耗材（零附件）借用技令及機儀具，按程序、步驟、要領執行保養，並於保養完工後，由保養組長、廠長等人實施「完工檢驗」，查驗保養及修護項目，實施簽證後，裝備始可出廠。

平時補給士透過計畫性裝備進廠表實施計畫備料，若使用者發現裝備損壞時，由保養人員檢驗後，透過管制士向補給士提出料件申請，補給士透過補保系統向上一級單位申請所需料件，獲得料件後再實施開撥料件，始可進行派工換料作業，裝備定期保養作業流程如圖一。

上述裝備保養工作流程中，可從執行人看出主要核心工作，置重點於「管制」、「補給」、「保修」等作業流程。因此本研究建構陸軍二級廠績效評估模型時應考量不同作業階段的績效，除有助於剖析各階段的績效外，並可將其結合後綜合評估整體二級廠運作績效。

二、資料包絡分析法實務探討

資料包絡分析法(DEA)是藉由數學規劃模式來衡量生產邊界，並從投入面與產出面建立效率前緣(Efficient Frontier)。換句話說便是透過評估效率值來管理決策單位(decision making



圖一 二級廠裝備「定期保養」作業流程

圖片來源：本研究繪製

unit, DMU), 藉以辨識有效率與相對低效率的決策單位, 且為低效率的決策單位提供提高效率的策略參考,⁸ 因此在實務應用上, 資料包絡分析法不僅可以鑑

別有效率和無效率的單位, 針對無效率者還可以透過目標設定、效率策略擬定和資源重新配置提升業務的實踐力。⁹ 故資料包絡分析法是適合被用於評估效率指標的工具。

許多學術研究者透過「DEA資料包絡分析法」針對工廠相關產業對決策單位進行績效評估, 以達成改善管理之目的, 如: Jain et al. (2011) 提出了應用資料包絡分析法, 分析了兩種不同的工廠作業的製造環境, 分別是裝配線和晶圓製造工廠作為研究對象, 進行績效目標評估並找出無效率單位改善目標及管理者的決策方向; Wei et al.(2015)應

用資料包絡分析法來找出客觀與主觀性對於監督飛機修護與檢查程序的影響, 並針對分析結果來改善整體運作效率以及訓練效率, 最後有助於管理者決策判

8 Bou-Hamad, I., Anouze, A. L., & Larocque, D. (2017), "An integrated approach of data envelopment analysis and boosted generalized linear mixed models for efficiency assessment," *Annals of Operations Research*, vol.253, No.1, p.77-95.

9 da Silveira, J. Q., Soares de Mello, J. C. C. B., & Angulo-Meza, L. (2018), "Input redistribution using a parametric DEA frontier and variable returns to scale: The parabolic efficient frontier," *Journal of the Operational Research Society*, vol.70, No.5, p.751-759.

斷，並提升決策單位的培訓能力和競爭力；da Silva et al.(2017)以巴西一家汽車公司為例，運用資料包絡分析法評估生產企業需要在設備和人力資源的使用以及投入品的消耗上尋求高效率；Mayo et al.(2020)以某造船維修廠單位進行績效評估，分析出影響維護生產率的多種因素以及造成維護操作中效率低下的根源，並依分析結果提出改善策略計畫，用以加強造船廠管理的勞動力和資源管理戰略的決策；Pourjavad et al.運用多準則決策(Analytic Network Process, ANP)與資料包絡分析法的集成，來確認維護策略的配對權重。這些權重被考慮為DEA模型的投入和產出；Mustakim(2021)則是採用資料包絡分析法，對印度尼西亞鐵路的火車和貨車維護進行效率分析，相關文獻蒐整統計如表一。

由上述文獻可歸納出，資料包絡分析法確實可有效運用於不同製造業或維修工廠，透過多項投入與產出來進行績效評估，相對傳統DEA模型為CCR(Charnes, Cooper and Rhodes)固定規模報酬模型，係利用線性規劃的方式讓DMU找出一組能使自己效率值極大的權數配置，在固定規模報酬的假設下，各DMU根據投入或產出特性，以最有利的權數來計算相對效率值。而BCC(Banker,

Charnes and Cooper)變動規模報酬模式係將技術效率值分為純技術效率(pure technical efficiency)及規模效率(scale efficiency)，進一步將CCR模式中固定規模報酬的假設放寬為當生產技術可改變狀況下，決策單位是否為最適生產規模。

但上述方式不僅忽略了作業之間的切割且計算效率的過程亦被視為黑箱(black box)作業，然而過往工廠相關研究大多忽略工廠內有不同的作業或生產過程，該效率無法視單一個生產過程，故本研究將探討投入配置以及各部門作業對生產過程造成的影響，除能深入瞭解工廠內各作業活動效率表現外，亦能提供決策者於修護工廠較詳盡之管理意涵。

參、研究設計

一、決策單位與投入產出項選取

(一) 決策單位之選取：

全軍二級廠共計146個單位，為達決策單位同質性以及資料之可取性(accessibility)，本研究決策單位採用北部區域所管轄之59個二級廠，並以陸軍後勤資訊系統進行數據資料蒐集，資料時間為2019年6月至2019年9月，本研究

表一 DEA運用在製造與修護工廠文獻整理表

工廠類型	作者(年份)	主題	投入項	產出項
製造類	Jain et al. (2011)	製造績效測量和目標設定：數據包絡分析方法。	(1)材料和供應成本 (2)機器正常運行時間 (3)男子工時	生產數量
	da Silva et al. (2017)	雙目標多準則數據包絡分析結合整體設備效能：在汽車公司的應用。	(1)總可用時間 (2)設置停機時間 (3)其他停機時間 (4)人事人員 (5)過程中產生的廢料(不良輸出)	生產量
	Mayo et al. (2020)	利用數據包絡分析調查效率：造船廠案例研究。	(1)員工人數 (2)船廠產能 (3)定性因素	勞動生產率 翻新時間
修護類	Wei et al. (2015)	使用數據包絡分析評估維修單位的技術培訓計畫	(1)維修人員數量 (2)維修總工時 (3)工作中的缺陷數量 (4)航空器及其附件 (5)培訓班量 (6)技術培訓總時數	(1)飛機及配件數量 (2)出廠時飛機及配件的維修質量 (3)合格學員總數
	Pourjavad et al. (2020)	整合ANP 和 DEA 方法評估維護策略的效率	維修成本	(1)可靠性 (2)可用性 (3)可維護性
	Mustakim (2021)	火車和貨車維護有效性的效率測量：數據包絡分析視角。	(1)庫存 (2)個人工作時間 (3)維護費用成本	(1)生產維護數量 (2)收入

資料來源：本研究整理

受限於資料數據取得不易，僅採用(3個月)進行橫斷面資料分析，無法得知二級廠在不同時間點的效率值變化情形；建議後續研究可同時進行橫斷面及縱斷面的分析，以利更全面的探討使分析數據完整。

(二) 投入產出項之選取：

在進行績效策略時，藉由對組織內部進行管理，即可提高此組織的能力。換言之，若必須有效提升組織內的運作成果，就必須發掘影響最深的指標。此階段本研究藉由Kaplan and Norton所提的「平衡計分卡」簡稱BSC (Balanced Score Card)與「策略地圖」之策略規劃概念，在財務 (Financial)、顧客(Customer)、內部流程(Internal Processes)和學習與成長(Employee Learning and Growth)四個構面的目標和衡量指標，提供實現策略的行動方案。並以該四個構面的衡量標準，分別設計適當的評估指標，以提供公司營運資訊，促進企業策略及願景的達成。¹⁰

1. 評估指標數據蒐集：本研究透過「國軍陸通用後勤資訊系統—二級補保管理系統」來進行數據蒐集與

彙整；評估指標雖然藉由相關文獻以及平衡計分卡選定，但仍略有不足，例如二級廠實務當中許多工廠安全管理等變數，但後勤資訊系統中無資料變數項可截取，建議相關單位未來在資訊系統中，可增加實務管理變數，例如：工安事故、廠房設施、機具管理、書刊管理等，以利裝備保養廠整體運作評估表現能有完整及貼近實務的探討及分析。

2. 評估指標選定：藉由平衡計分卡四大構面來衡量二級廠策略目標，並依文獻參考進行指標選定。
3. 績效產出指標建立：指標參考相關研究文獻建立，建立如下：建議幾個DEA選用指標的原則：(1) 選擇可用的資料；(2) 選擇文獻操作過的指標；(3) 選擇專家建議的指標。就成本制的觀點而言，組織的活動是將投入的各項資源轉換成為產出，而投入的各種資源對產出是具有貢獻的，故產出為達成組織目標具體化的衡量項目。因此，只要確立組織的目標，即能建構出評估的指標之後再選定投入與產出項。

10 Kaplan R.S. & Norton D.P. 著、陳正平等譯，“Strategy Maps: converting intangible assets into tangible outcomes”《策略地圖：串連組織策略從形成到徹底實施的動態管理工具》(臺北：臉譜出版)。

程豫華(2012)平衡計分卡建構修護績效衡量指標之研究中，裝備保修廠在財務構面與年度修護用料估料是否詳實、提高備料使用率以及提出需求料件呈報的精準度、預算支用之成效相關，¹¹上述財務策略目標中在保養廠作業裡主要為補給作業，而料件滿足越高則代表補給作業效能越好，因此選擇料件撥發數與料件獲得數為評核指標，而達成料件撥發數必須投入作業人力以及料件需求，因此本研究投入項選用料件申請工單數、補給士人員數，產出項為料件撥發數及料件獲得數。

顧客是企業的營收來源，但陸軍裝備保養廠屬於非營利單位，劉忠明(2014)運用平衡計分卡建構單位段保養績效衡量指標研究，可知關於修護單位所重視的顧客指標都在於顧客滿意、修護時程依預劃時程完成、服務品質的滿意度等，¹²基於上述指標，顯示說明為評

核保修績效是否確實將裝備完修使顧客滿意，「保修完工數」為本研究作為是否達到所預期之結果指標，為產出保修完工數所需投入項為保修人員數、工令工時、派工數與料件撥發數。

組織企業之流程構面是指業務流程內容能使顧客滿意，且能將企業之願景及目標轉換成內部作業流程，¹³而在鄭宏宇(2016)運用平衡計分卡觀點探討海軍後勤補給績效衡量指標之研究中認為，單位工作環境、效率及工作量分配是後勤作業影響內部流程之指標，¹⁴也在內部流程提及價值鏈的三個流程，其中營運流程為從接收訂單到遞交完成品給顧客，總之，此構面就是用來模擬對於目標實現的策略，因此面對裝備保養廠的目標策略願景，使裝備進廠修護作業流程順遂，應該考慮的就是管制作業所負責的派工作業，派工作業可以針對派工數以及派工延宕數進而影響修護單位因素

11 程豫華，〈以平衡計分卡建構修護績效衡量指標之研究—以某綜合保修廠為例〉（康寧大學生產事業管理研究所碩士論文，西元2012年）。

12 劉忠明，〈運用平衡計分卡建構單位段保養績效衡量指標之研究—以21砲指部多管火箭營為例〉（國防大學管理學院指參班軍事專題，西元2014年）。

13 Hoque, Z. (2014), "20 years of studies on the balanced scorecard: Trends, accomplishments, gaps and opportunities for future research," *The British Accounting Review*, vol.46, No.1, p.33-59.

14 鄭宏宇，〈運用平衡計分卡觀點探討海軍後勤補給績效衡量指標之研究〉（義守大學管理學院研究所碩士論文，西元2016年）。

指標，以彰顯管制作業的作業流程。

而陸軍裝備保養廠的作業流程中，關於工作量分配作業為管制作業，損壞裝備進入工廠實施檢修時，由管制作業接收修護案件，並針對廠內修護人員進行工作調配，執行派工作業，最後將修成品交還一級單位，而派工延宕數亦可能影響工廠作業流程，因此選擇派工數以及派工延宕數為衡量指標，而派工數的產出必須仰賴管制士人員依照進廠裝備數量進行系統派工作業，因此本研究投入項選用管制士人員數、裝備數，產出項則為派工數及派工延宕數。

學習與成長構面即是在提升執行成效的一個過程，故學習與成長構面主要在豐富組織內成員的專業知識且提供必要之培訓，使員工能表現更好更優異。姜亮印(2014)運用平衡計分卡於空軍修護補給績效之研究，也提出提升基礎教育及提升專業價值，進而達成學習與成長構面的目標，¹⁵而在工廠作業中，保修人員的修護技術往往是經驗累積而成，故修護經驗較多之保養人員，專業能力進而提升，並代表著修護成效有加分效果，不但能夠減少工安事故，亦能增進修護作業績效，而作業人員也是藉由作業

經驗來提升作業效率，因此本研究選擇工令工時以及料件申請工單數為衡量指標，本研究投入及產出藉由文獻探討及平衡計分卡，選取相關參考指標，定義如表二。

本研究採用網路DEA模型，各階段作業效率以顏色區塊做為區別，橘色箭頭為各階段投入項，藍色箭頭為中間產出，黑色箭頭為各階段產出項，紅色箭頭則是表示非意欲產出，如圖二，它有助於區分不同過程的有效性，並且可以結合管制作業，補給作業和保修作業來綜合評估二級廠運作績效，這樣將使結果更加真實可靠。

二、績效評估模式

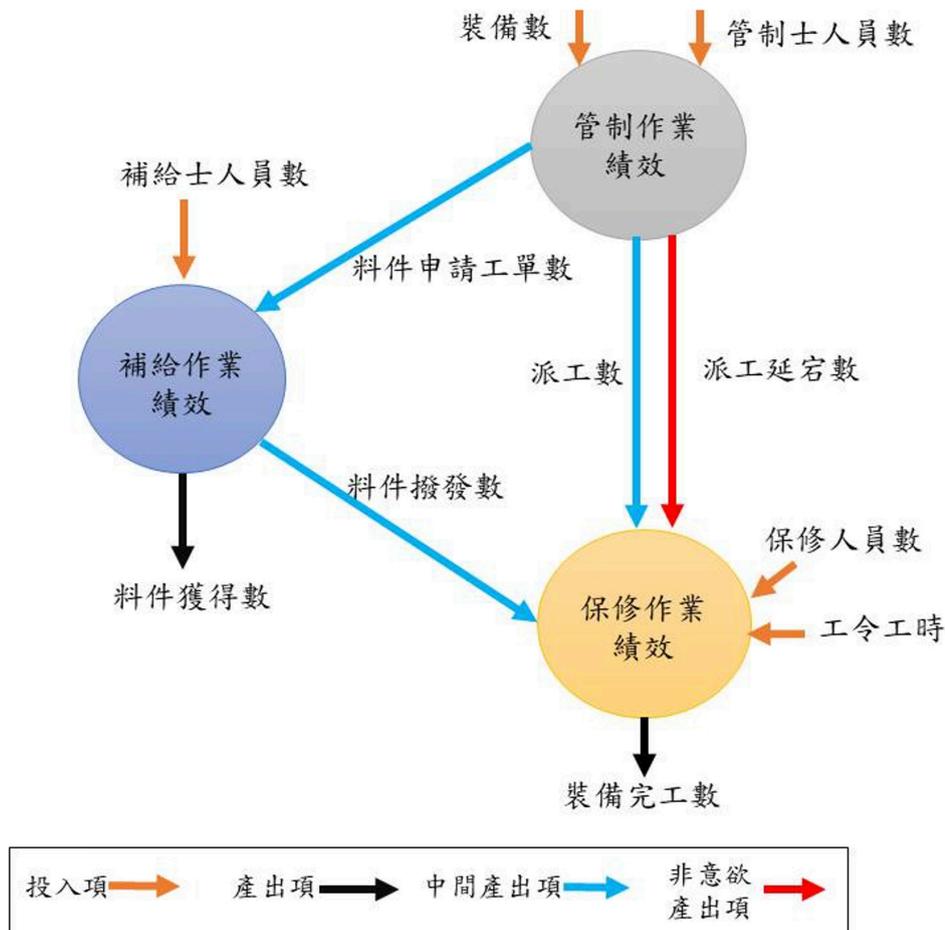
過往績效評估常使用資料包絡分析法進行分析，模型包括單階段模式(One-stage DEA)、多階段分隔模式(Multi-stage DEA)、網路模式(Network DEA)如圖三，其中單階段模式因為隱藏內部作業而無法提供有效管理意涵，故又稱黑箱模式(Black-box)；而不同的產業會有不同的作業或生產過程，該效率無法視單一個生產過程，故應探討投入配置以及作業活動不同對生產過程造成的影響，故 Färe and Grosskopf (2007) 提出

15 姜亮印，〈運用平衡計分卡於空軍修護補給績效之研究〉(南臺科技大學管理與資訊系研究所碩士論文，西元2014年)。

表二 投入及產出定義表

階段	變數名稱	定義	單位	參考來源
第一階段 (管制作業)	管制士人員數	單位具有管制專長人員，可以擔任管制作業之人員。	人	Wei et al. (2015) da Silva et al. (2017)
	派工數	裝備保養或維修之派工數量。	筆	Jain et al. (2011)
	派工延宕數	進廠裝備保養日(誤差超過百分之十)之裝備數量。	件	da Silva et al. (2017)
	料件申請工單數	管制士向補給士實施料件申請之工單數。	筆	Jain et al. (2011)
	裝備數	受支援單位進廠維護裝備數量。	件	Jain et al. (2011) Wei et al. (2015)
第二階段 (補給作業)	補給士人員數	單位具有補給專長人員，可以擔任補給作業之人員。	人	Wei et al. (2015) da Silva et al. (2017)
	料件申請工單數	管制向補給實施料件申請之工單數。	筆	Jain et al. (2011)
	料件撥發數	補給撥發可維修或更換之零附件數量。	件	Sun (2004) Roll et al. (1989)
	料件獲得數	補給完成申請後，所獲得(接收)料件數量。	件	Wei et al. (2015) Mustakim (2021)
第三階段 (保修作業)	保修人員數	具有修護專長人員，可以擔任修護作業之人員。	人	Wei et al. (2015) da Silva et al. (2017)
	派工延宕數	進廠裝備保養日(誤差超過百分之十)之裝備數量。	件	da Silva et al. (2017)
	工令工時	派工人員所耗費之保養工時。	時	Wei et al. (2015) Carayannis et al. (2016) da Silva et al. (2017)
	料件撥發數	補給撥發可維修或更換之零附件數量。	件	Jain et al. (2011) Mustakim (2021)
	保修完工數	派工人員完成保養及修復完畢之工令數量。	筆	Jain et al. (2011) Wei et al. (2015)

資料來源：本研究整理



圖二 二級廠績效模型

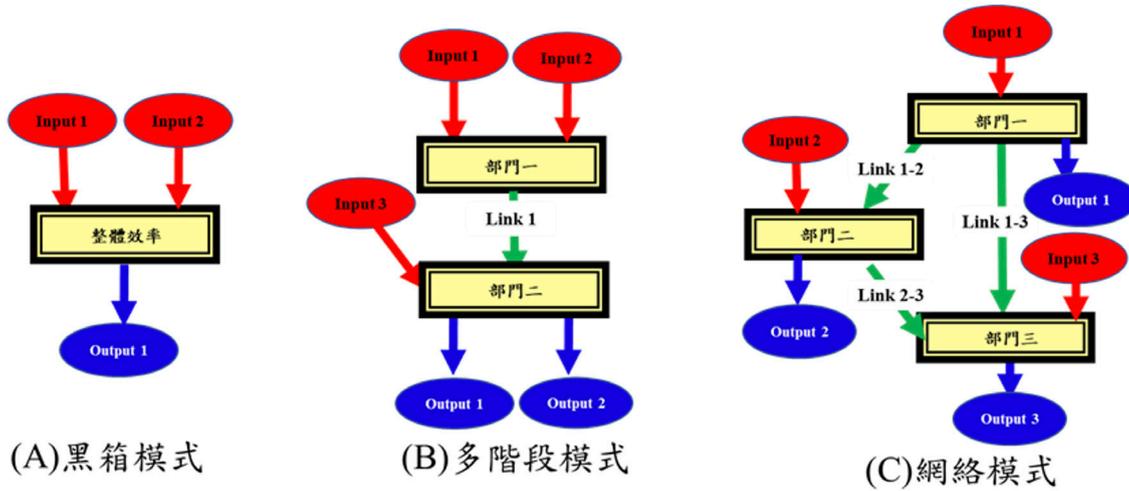
圖片來源：本研究繪製

多階段DEA，¹⁶但該模型未考慮到完整的生產過程可能包含活動之間的連結，故又稱分隔模式(Separate DEA)，因此由Tone and Tsutsui (2009) 提出以三個具關聯性的部門的網路DEA，¹⁷例如此公

司有三個部門，而各自的部門都擁有自我的投入及產出，且彼此之間存在著相依性的生產活動（意指中間產出），圖三中網路模式則以Link1- Link2、Link2- Link3、Link1- Link3表示此三部門相依

16 Färe, R., Grosskopf, S., & Whittaker, G. (2007). Network dea. In Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis. Springer, Boston, MA.

17 Tone, K. & M. Tsutsui. (2009). Network DEA: A Slacks-based Measure Approach, European Journal of Operational Research, 197,243-252.



圖三 資料包絡分析法三種模型結構圖

圖片來源：本研究繪製

性的關聯，並藉由此模式來分析組織部門影響連結之活動；而裝備維修廠的維修作業，係始於裝備進廠之管制作業，接著進行備料補給與料件管理作業、

保養與修護作業等多個階段活動，同時考量各作業的連結與影響，本研究採用Tone and Tsutsui (2009)提出之網路DEA模式來評估二級廠相對績效。

數學模型所需使用符號定義說明如下所示：

n	決策單位個數。
K	部門數量。
m_k	使用到 k 部門的投入。
r_k	由 k 部門生產的產出項，模型中的部門。
D	部門編號從1到 K 。
S	沒有中間財投入的部門，指最初部門。
T	沒有中間財產出的部門，指最終部門。
(k, h)	指部門 k 至 h 之間的連結。
$t_{(k, h)}$	(k, h) 中間財連結的項目個數。
L	設置為連結。
$P_k = \{f \mid (f, k) \in L\}$	連結前部門。
$F_k = \{f \mid (k, f) \in L\}$	連結後部門。
$x_j^k \in R_+^{m_k}$	DMU $_j$ 之 k 部門最初投入($k=1, K, K$)。
$y_j^k \in R_+^{r_k}$	DMU $_j$ 之 k 部門最終產出($k=1, K, K$)。

$z_j^{(k,h)} \in R_+^{t_{(k,h)}}$ DMU_j之k部門至h部門生產轉換之中間投入(產出),其中 $t_{(k,h)}$ 是連結(k,h)中的項目數。

因此假設

$z_j^{(k,h)}=0(\forall j, h \in S)$:最初的部門沒有中間投入項。

$z_j^{(k,h)}=0(\forall j, k \in T)$:最終的部門沒有中間財產出項。

生產可能設置成 $\{(x^k, y^k, z^{(k,h)})\}$,公式定義如(2.1):

$$\begin{aligned} x^k &\geq \sum_{j=1}^n x_j^k \lambda_j^k (k=1, \dots, k) \\ y^k &\leq \sum_{j=1}^n y_j^k \lambda_j^k (k=1, \dots, k) \\ z^{(k,h)} &= \sum_{j=1}^n z_j^{(k,h)} \lambda_j^k (\forall(k, h)) \text{ (使用 } k \text{ 部門之中間產出)} \\ z^{(k,h)} &= \sum_{j=1}^n z_j^{(k,h)} \lambda_j^k (\forall(k, h)) \text{ (從 } h \text{ 部門生產出之中間投入)} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^k &= 1 (\forall k), \lambda_j^k \geq 0 (\forall j, k) \end{aligned} \tag{2.1}$$

$\lambda^k \in R_+^n$ 代表部門 $k(k=1, \dots, K)$ 的權重,前提假設生產流程規模報酬可以變動,則DMU_o($o=1, \dots, n$)如公式(2.2)表示:

$$\begin{aligned} X_o^k &= X^k \lambda^k + s_o^{k-} (k=1, \dots, K), \\ y_o^k &= Y^k \lambda^k - s_o^{k+} (k=1, \dots, K), \\ e \lambda^k &= 1 (k=1, \dots, K), \end{aligned} \tag{2.2}$$

$$\lambda^k \geq 0, s^{k-} \geq 0, s^{k+} \geq 0, (\forall k),$$

SBM加權網路資料包絡分析法—無導向模式 (Non-oriented) 公式定義如(2.3):

$$\rho_o^* = \min \frac{\sum_{k=1}^K w^k \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{S_{io}^{k-}}{X_{io}^k} \right) \right]}{\sum_{k=1}^K w^k \left[1 + \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{S_{io}^{k+}}{y_{ro}^k} \right) \right]} \tag{2.3}$$

在這種情況下,我們將部門的效率得分定義為公式(2.4):

$$p_k = \frac{1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{S_{io}^{k-}}{X_{io}^k} \right)}{1 + \frac{1}{r_k} \left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{S_{io}^{k+}}{y_{ro}^k} \right)} \tag{2.4}$$

表示使用無導向計算的整體效率既不是除法效率的加權算術平均值，也不是加權調和平均值。

肆、實證分析

一、敘述性統計分析

本研究使用之網路DEA模型架構係由管制、補給及保修等三個工作作業階

段彙集而成，其各階段之投入及產出項依Golany and Roll提出決定DMU數量的經驗法則，即DMU之數目至少應為投入與產出項個數總和的二倍，¹⁸而本研究模型架構在各階段投入項及產出項總和均小於59個DMU，因此符合DEA經驗法則中等幅擴張性之要求，敘述統計分析如表三。

在DEA運用時，應先確認投入與產

表三 投入產出變數之敘述統計分析

變數	最小值	最大值	平均數	標準偏差
管制作業階段				
投入變數				
管制士人員數(人)	2.00	12.00	6.80	2.91
裝備數(件)	50.00	3831.00	820.41	695.97
產出變數				
*派工延宕數(筆)	0.00	2709.00	430.47	491.62
*派工數(筆)	50.00	4294.00	829.81	697.92
補給作業階段				
投入變數				
補給士人員數(人)	2.00	13.00	5.44	2.63
*料件申請工單數(筆)	5.00	484.00	129.05	117.40
產出變數				
料件獲得數(件)	10.00	1683.00	307.53	323.56
*料件撥發數(件)	10.00	1378.00	233.63	249.51
保修作業階段				
投入變數				
保修人員數(人)	12.00	87.00	46.56	17.60
工令工時(分鐘)	1150.00	558050.00	130850.78	139887.62
*料件撥發數(件)	10.00	1378.00	233.63	249.51
*派工數(筆)	36.00	4294.00	1063.44	913.39
*派工延宕數(筆)	0.00	2709.00	430.47	491.62
產出變數				
保修完工數(筆)	25.00	4250.00	933.20	859.59

附記：*代表此變數為中間產出項

資料來源：本研究整理

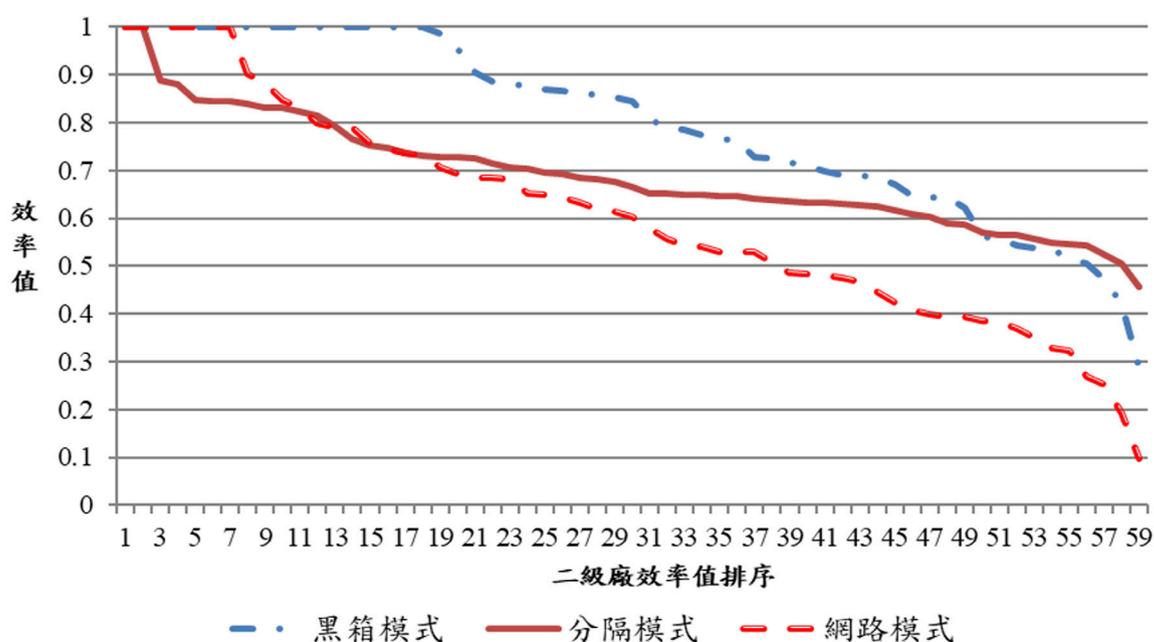
18 Golany, B., & Roll, Y. (1989), "An application procedure for DEA," Omega, vol.17, No.3, p.237-250.

出項指標否有同向性關係 (isotonicity)，即投入增加時，產出將不得減少，因此本研究藉由皮爾森(Pearson) 相關係數檢定投入產出變數間之同向性。分析結果管制作業、補給作業、保修作業之投入項目與產出項目之相關係數與顯著性均達正向顯著，符合同向性關係之要求。

二、評估模型分析

由於傳統DEA評估方法存在一些不足之處，因為它將生產過程視為一個黑箱，即在一個步驟中使用所有輸入並生成所有輸出，無法審視組織內部活動效率，為了評估生產活動多階段過程的分隔模式僅關注單一階段效率，忽略階段作業之間的影響，而網路DEA則是將組

織內不同作業活動進行分割以及活動之間連結的影響均納入考量，故本研究將分別進行三種模式的二級廠效率分析，而三種模式的平均效率分別為黑箱模式0.799、分隔模式0.633與網路模式0.607，圖四顯示三種模式依據二級廠效率值遞減的排序；而造成效率值高估的原因是因為未考慮組織中不同的作業活動表現以及作業活動之間連帶的影響，只有網路模式均考量後在效率值檢驗上，不僅最接近真實實務情形，且網路模式比黑箱模式及分隔模式更能瞭解組織內部作業現況，例如在黑箱模式當中二級廠整體運作效率到達1的單位有18個，依DEA概念，這些單位都是位處效率前



圖四 三種模式比較圖

圖片來源：本研究整理

緣之二級廠，屬相對效率最高之決策單位，而此結果在進行排序時鑑別力會比較差。

為了進一步瞭解「黑箱模式」、「分隔模式」與「網路模式」此三個不同模式效率之間是否呈現差異，本研究藉由IBM SPSS Statistics 22 統計分析軟體，並採用單因子變異數(ANOVA)統計方法進行驗證，檢定模型之間是否有顯著差異(P值 <0.05)，如表四顯示此三種模式值達顯著水準，結果可知模式的不同將造成效率值顯著差異，使用黑箱與多階段模式因未考量活動的切割與連結，會將造成效率值顯著差異，因此採用網路模式均考量情況下，更能貼近真實現況並瞭解組織內部表現，且可供決策者進一步對內部進行管理行為。

三、考量非意欲產出下之效率分析

Färe et al. (1989)將產出區分為意欲產出與非意欲產出，並指出非意欲產出納入評估時，對效率排名的改變具某種程度的影響，¹⁹因此為了檢視本研究考量非意欲產出「派工延宕數」對效率值的影響，故將非意欲產出(派工延宕數)刪除後，再次進行效率值運算，結果如圖五所示。

由圖五可看出在忽略非意欲產出後，二級廠整體運作效率平均值由原本的0.607下降至0.554；且以各作業階段來看，管制作業因忽略非意欲產出後由0.795下降至0.746，補給作業則是0.481下降至0.448，最後保修作業為0.781降至0.723，以AF06、BC06、BS03、BS16等四個單位為例，在評估效率時若考量非意欲產出，效率值最低也有達0.68以上，但忽略非意欲產出，最高效率不超過0.50，

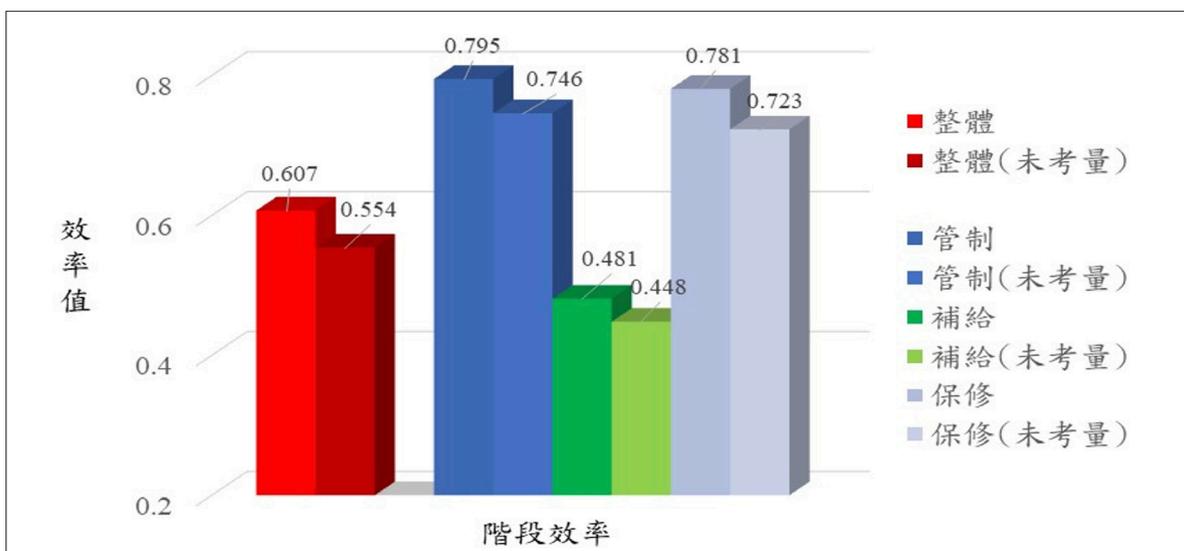
表四 三種模式效率之變異數分析表

	平方和	df	平均值平方	F	顯著性
群組之間	1.794	2	.897	27.244	.000***
在群組內	5.730	174	.033		
總計	7.524	176			

註：***代表顯著水準 $P < 0.001$

資料來源：本研究整理

19 Färe, R., S. Grosskopf, C. A. K. Lovell and C. Pasurka (1989), "Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Nonparametric Approach," *The Review of Economics and Statistics*, 71:1, 90-98.



圖五 考慮與忽略非意欲產出比較圖

圖片來源：本研究繪製

因為DEA運用相對效率進行計算，而效率排序的方式以效率前緣為基準點，而在考量非意欲後，效率前緣上的單位效率降低，以致整體DMU效率降低。

為了進一步瞭解「考量非意欲」與「忽略非意欲」的效率值之間是否呈現差異，本研究採用成對樣本T檢定統計方法進行驗證，檢定考量與忽略非意欲後的效率是否有顯著差異（ p 值 <0.05 ），如表五顯示 p 值達顯著水準，檢定結果與研

究結論相呼應，表明忽略非意欲產出將造成效率值顯著差異。

四、效率值分析

本研究使用Network DEA模式計算59個二級廠作業之「管制效率」、「補給效率」及「保修效率」各作業階段效率，再進一步整合「整體運作效率」，敘述性統計分析如表六。

當決策單位的整體運作效率值若為1，即表示該受評單位具有效率，表六顯

表五 裝備保養廠考量與忽略非意欲效率之變異數分析表

	平均數	N	標準偏差	T值	df	值
忽略非意欲產出模式	.554493	59	.2162722	-3.300	58	.002*
考量非意欲產出模式	.604372	59	.2249601			

註：*代表顯著水準 $P < 0.05$

資料來源：本研究整理

表六 二級廠作業階段效率值敘述性統計分析表

階段效率	最小值	最大值	平均值	標準偏差	相對有效率單位數	相對無效率單位數
管制效率	0.442	1	0.795	0.181	19	40
補給效率	0.029	1	0.481	0.290	10	49
保修效率	0.294	1	0.781	0.221	21	38
整體運作效率	0.227	1	0.607	0.227	7	52

資料來源：本研究整理

示「整體運作效率」平均為0.607，且59個工廠達到效率值1的單位僅7個單位，而效率不佳單位（效率值未達1）的工廠計有52個DMU，顯見北部地區裝備保養工廠仍有40%進步空間。且以相對無效率單位數來看，補給效率單位數最多共計49個、次之為管制效率40個、最低為保修效率38個單位，因此可推測補給效率為影響整體運作效率原因之一。

為了找出影響二級廠整體運作效率之因素，進一步將整體運作效率進行階段分析，以各階段整體效率平均來看，最高為「管制作業效率」平均為0.795、次之為「保修作業效率」平均0.781、最低為「補給作業效率」0.481，結果發現補給效率平均低於管制與保修作業效率，為

了確認階段效率值之間是否有顯著差異（ p 值 <0.05 ），以成對樣本T檢定統計方法進行檢驗，如表七顯示，結果顯示「補給作業效率」 p 值達顯著水準，由此可知，作業階段中，效率最低為補給作業，而為提升整體運作效率，應優先改善補給作業。

五、國軍二級廠屬性之效率分析

本研究將二級廠依據編組方式與所支援的部隊型態將所有的DMU（即二級廠）進行分類，編組方式有單位及聯合二級廠兩種，單位二級廠指由建置部隊營部連保養排編組而成，而聯合二級廠則是整合各依附單位保養組人力來進行保修作業；部隊型態則是有戰鬥、戰鬥支援、勤務支援等三種部隊，戰鬥部隊是指

表七 裝備保養廠作業階段效率之變異數分析表

	平均數	標準偏差	標準誤	T值	df	顯著性
管制效率值-補給效率值	.3141734	.2677705	.0348607	9.012	58	.000***
管制效率值-保修效率值	.0141292	.2593348	.0337625	.418	58	.677
補給效率值-保修效率值	-.3000442	.3289223	.0428220	-7.007	58	.000***

註：***代表顯著水準 $P < 0.01$

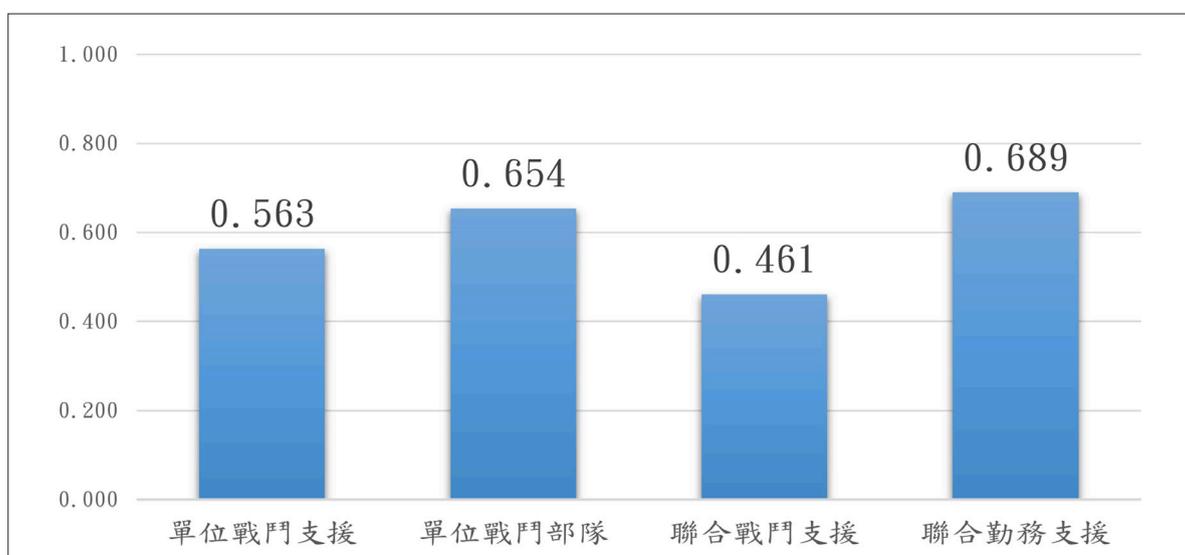
資料來源：本研究整理

對敵直接戰鬥，藉火力與機動，以殺傷或俘虜敵人，例如裝甲兵、步兵等；戰鬥支援則是直接給予戰鬥部隊支援，例如運輸、砲兵等；勤務支援部隊主要為對作戰部隊提供勤務支援，以確保作戰之持續能力，例如經理、衛勤等。將兩種型態分類後區分為單位戰鬥部隊、單位戰鬥支援、聯合戰鬥支援、聯合勤務支援等四種屬性，為瞭解不同屬性二級廠的效率表現，進行各類型二級廠之相對效率分析，結果整理如圖六，分析說明如下。

如圖六所示，以各二級廠分類整體效率平均來看，分別為聯合勤務支援(0.689)最高、單位戰鬥部隊二級廠(0.654)次之、接續為單位戰鬥支援部隊單位勤務支援二級廠(0.563)、最低則是

聯合戰鬥支援二級廠(0.461)，為了進一步確認部隊屬性效率值之間是否有顯著差異(p值<0.05)，本研究亦採用SPSS統計軟體中無母數統計方法之Kruskal-Wallis Test 進行驗證，結果顯示二級廠屬性在整體運作效率具有顯著差異，如表八所示，由此可知，北部地區二級廠表現不佳的為聯合戰鬥支援，而為了提升北部地區二級廠效率，最優先改善的應為聯合戰鬥支援部隊。

接著我們剖析各部隊屬性作業階段效率表現(如圖七)，我們可以看出整體運作效率達1的，管制與補給作業效率均達1，例如：AF15、AC04、AC12、AC14、BS01、BS10、BS17，而造成整體效率低下的，是某一作業階段效率值較差，



圖六 不同屬性下整體運作效率分析圖

資料來源：本研究繪製

表八 二級廠屬性整體運作效率值無母數統計檢定分析

作業階段	二級廠類別	DMU個數	平均效率	Kruskal-Wallis Test (P-Value)
整體運作效率	單位戰鬥部隊	17	0.654	0.035*
	單位戰鬥支援	14	0.563	
	聯合戰鬥支援	11	0.461	
	聯合勤務支援	17	0.689	

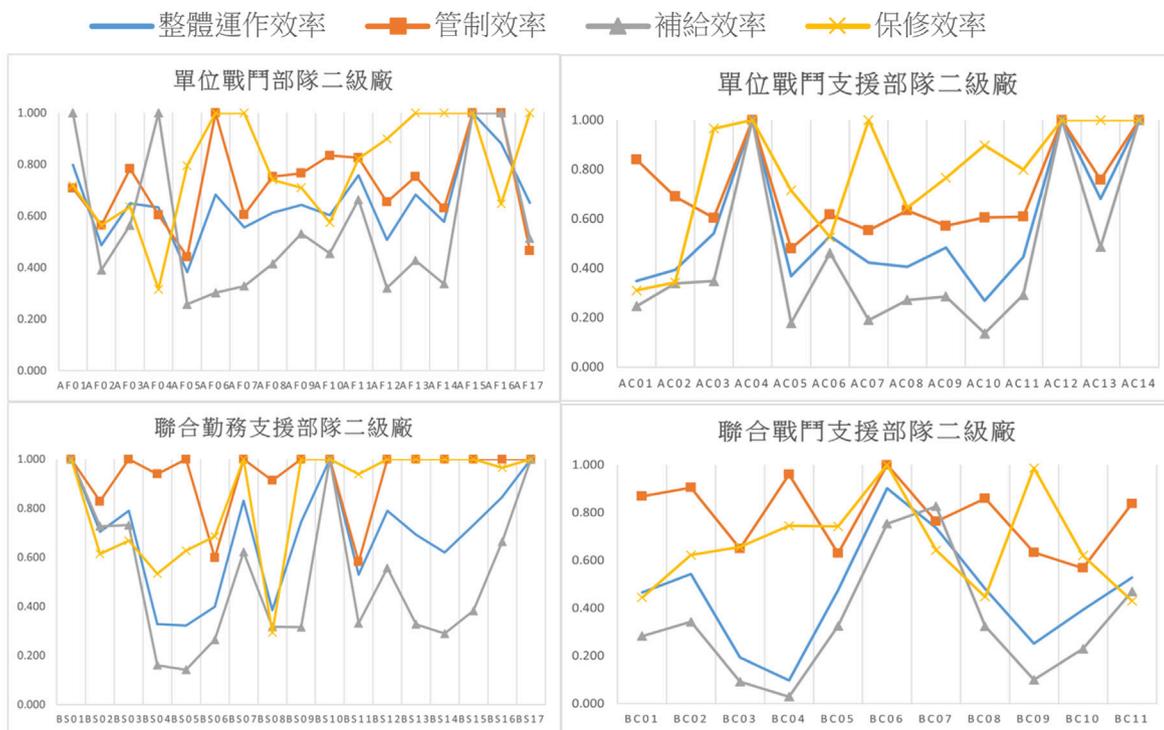
註：*代表顯著水準 $P < 0.05$

資料來源：本研究整理

進而影響二級廠整體運作效率，以圖七中的聯合勤務支援二級廠為例：BS07、BS09、BS12、BS13、BS14及BS15等6個單位，均因補給作業效率表現較差，而降低整體運作效率。

而本研究發現補給作業效率值無論

是在哪一種分類下，補給作業的平均效率均最低；因此，為了瞭解補給效率在二級廠屬性中有無顯著差異，本研究進一步採用無母數Kruskal-Wallis Test 進行檢定，結果顯示補給作業效率與其它作業效率並無顯著差異，如表九所示，表



圖七 二級廠屬性作業階段效率值分析圖

圖片來源：本研究繪製

示無論是在哪種屬性的二級廠，補給效率均表現不佳，研判可能在補給作業實際情況中對於單位申請料件的獲取有不佳之情形，故建議檢討單位在料件上的申請是否均為消失性商源料件，或無效料件憑單申請，具體找出料件無法獲撥原因，方能有效改善「補給作業效率」，進而提升二級廠整體運作績效。

而管制作業效率平均低於保修作業效率顯現於「單位戰鬥」與「單位戰鬥支援」部隊，但在「聯合戰鬥支援」與「聯合勤務支援」管制效率卻高於保修效率，為了瞭解管制效率在二級廠屬性中有無顯著差異，進一步採用無母數Kruskal-Wallis Test 進行驗證，結果顯示管制作業效率在二級廠屬性具有顯著差異(p值<0.05)，如表九所示。

伍、結論與建議

本研究結合過往文獻、平衡計分卡及裝備保養廠的實際運作流程，劃分出三項核心作業及10項投入產出變數指標，建構二級廠運作績效評估模型，並以陸軍後勤資訊系統進行數據資料蒐集，決策單位採用北部地區所管轄之59個裝備保養廠，資料時間為2019年6月至9月，合計3個月。

(一) 使用黑盒子與分隔模式以及未考量非意欲產出來評估二級廠績效時，均有高估效率現象

回顧過往裝備修護相關績效文獻發現，在研究方法上多以傳統DEA模式進行，無法找出組織內部作業階段真正核心問題，而本研究有別於過往，將裝備保

表九 二級廠屬性與部隊類型效率值無母數統計檢定分析

作業階段	二級廠屬性區分	DMU個數	平均效率	Kruskal-Wallis Test (P-Value)
管制作業	單位戰鬥部隊	17	0.729	0.003**
	單位戰鬥支援	14	0.445	
	聯合戰鬥支援	11	0.789	
	聯合勤務支援	17	0.933	
補給作業	單位戰鬥部隊	17	0.559	0.115
	單位戰鬥支援	14	0.783	
	聯合戰鬥支援	11	0.343	
	聯合勤務支援	17	0.520	
保修作業	單位戰鬥部隊	17	0.790	0.163
	單位戰鬥支援	14	0.563	
	聯合戰鬥支援	11	0.667	
	聯合勤務支援	17	0.843	

註：**代表顯著水準 P<0.01

資料來源：本研究整理

養廠以網路DEA模式含非意欲產出，將作業區分三階段，進一步瞭解裝備保養廠在「管制作業」、「補給作業」與「保修作業」各作業活動之優劣並給予策略改善方針，因此本研究認為在評估二級廠績效時，網路模式含非意欲所得效率值最接近真實實務的情形。

(二) 在網路DEA的評估模式下，研究發現二級廠整體運作績效表現TB有40%進步空間，且無效率之來源為補給作業階段

補給不佳研判可能是供應鏈中斷而造成補給料件撥發數量偏低，亦或是零件短缺、以及隨著科技的進步，客戶要求的變更導致料件缺乏了相容性、生產問題、產能提升問題和質量問題等，其次是一些供應商公司越來越傾向於將訂單外包給全球供應商，而全球供應鏈中，因多次交接相關的複雜性，增加了供應中斷的風險。不僅造成裝備料件新、舊產品的不相容，也因舊品效能與效益達不到商業利益的目的而產生消失性商源的問題，而當武器裝備面臨消失性商源及物料短缺問題時，不僅造成關鍵裝備籌補不易及提高維修困難度等，其次，在備料籌補研究上國軍軍隊備份件從申請到獲得，會經過請購、運送及驗收等程序，存在一段延滯的時間，導致料件無法適時

滿足修護需求。因此，若為了提升整體運作效率，建議國軍應考慮改善補給作業消失性商源的問題，解決方案如「找尋替代商源」，面對無法產製國軍零附件之廠商，予以淘汰，並尋找新商源，及時完成商源供應，包含互換代用件、後市場商源、庫儲資產可否滿足、壽期備份件採購、待評估解決方案及工程研改等，都值得國軍效仿以及改善之依據。

(三) 依陸軍二級廠任務編組方式與支援的部隊型態分類後之整體效率，研究結果聯合勤務支援的二級廠績效最佳，而聯合戰鬥支援部隊的二級廠則表現最差

依陸軍二級廠任務編組方式與支援的部隊型態分類後整體效率平均最低是聯合戰鬥支援二級廠，研判二級廠組成方式由各連隊「聯合」方式組成人員較不易管制，且部隊型態屬戰鬥支援性質較無定位，導致成為表現不佳之主因；在民間企業也存在類似問題，主要歸咎於跨部門溝通、各部門間的關係是否良好、高階主管的支持，其次是獎勵制度給予員工的動力，因此在這部分「組織溝通、組織關係、高階主管支持、獎勵制度」為關鍵的影響績效因素之一，因此建議聯合戰鬥支援二級廠應對編組相關人員給予「明確定義」之各自的角色、利

益與義務，以避免日後產生爭端而對聯合編組型態二級廠造成效率影響；而屬於戰鬥亦兼支援部隊則表示身兼多項任務，屬於多工型態，研究指出當團體成員整體較偏向於多工作業時，對團體效率沒有幫助，因此建議陸軍在任務相依性較低的任務類型時，時間規劃程度則扮演了重要角色，團體成員自身應主動進行時程安排，或是透過管理者提醒，將時間多元性對任務績效的助益最大化。

而將屬性分類後二級廠進一步經由無效率來源分析發現補給作業表現均不佳，隱含補給作業可能在國軍實務上有根本性問題，例如料件獲得數無法滿足修護數，或補給作業流程繁瑣延宕料件撥補等政策因素，因此欲提升二級廠整體運作效率，建議應先找出的補給作業實際問題，並且優先進行相關檢討與改善，以提升整體運作績效。且研究結果發現在階段效率當中，戰鬥部隊與戰鬥支援部隊在管制作業表現低於保修作業；本研究推測造成管制作業效率低下的原因可能為戰鬥部隊性質有較多的演訓以及作戰任務裝備支援，導致管制派工作業無法如期實施，裝備無法如期進廠實施維修及保養維護，建議管制作業在進行裝備保養期程排定時，應掌握各部隊演訓期程，並調整進廠保養時段，避免

造成裝備未進廠保養，導致裝備未戰而耗等情事發生。

而戰鬥支援與勤務支援部隊則是保修作業效率低於管制作業；本研究在這進行兩種推測，第一種推測為管制作業如期實施派工，但保修作業無法如期將裝備修復，建議應加強該單位的修護人員訓練及技術以提升修護完工率，第二種推測為補給作業無料件實施撥補，以致損壞裝備無零附件可完成修復，造成保修作業效率不佳，在此亦可知道，透過網路模式更能顯現二級廠作業環環相扣，作業階段效率不佳不僅影響下一階段作業效率，亦會影響整體運作效率。

作者簡介

柯君諺上士，社會青年96年班，陸軍後勤訓練中心士官長正規班108年班，國防大學管理學院資源管理及決策所碩士班110年班，現任職於陸軍後勤訓練中心實習工廠助教。

作者簡介

張珈進上校，中正理工學院航空工程學系87年班，國立臺大機研所碩士，國立中央企研所管理學博士，現任職國防大學資源管理及決策研究所專任教授。