

系統動態學運用於陸軍3.5噸載重車維保策略之探討

作者/方苡齡、呂宗翰

審者/蘇盈嘉、張旭明

提要

- 一、戰術車輛為國軍重要裝備之一，從平時的人員或物資運補作業，乃至戰時的作戰與勤務支援，可有效增強部隊整體效能，因此，戰術車輛之運載能力、機動能力及妥善率，乃遂行任務之關鍵。
- 二、本研究透過文獻探討及專家訪談建構3.5噸載重車維保策略之動態模型，取得影響3.5噸載重車維保效益的關聯變數，藉以模擬及量化分析其系統行為及效益的趨勢變化，提供管理者相關政策指導或精進建議。
- 三、現行3.5噸載重車維保策略，可透過縮短待料時間、提升備料精準度及適切人力資源配當等要項，使系統在有限的國防資源及組織精簡的狀況下，發揮較高之成本效益。經研究發現，料件籌獲時間縮短為1個月，可將備料滿足率提升至100%，並使修護人力滿足率調整至90%，俾利3.5噸載重車於各項任務中發揮實效，有效提升成本效益。

關鍵詞：系統動態學、3.5噸載重車、維保策略、成本效益

圖片來源：後勤季刊



壹、前言

自2004年起，國防部為提升部隊整體機動能力，規劃汰換國軍老舊指揮車及二次大戰所使用之載重車，辦理戰術車輛3.5噸載重車軍事投資計畫，此計畫最終由三陽工業公司得標，其自美國萬國公司合作引進7400型載重車，並由三陽工業公司根據國軍各式場地需求加以改良，發展適用於國軍之戰術輪車。

另自2009年起，國軍將災害防救列為核心任務之一，顯示國軍除肩負戰備本務外，亦須執行災害救援任務。¹ 國軍

運輸裝備以輪型車輛為主，而3.5噸載重車具備全輪傳動，可在本島道路環境中行動自如；² 另在救災任務中從事人員載運及物資輸送作業，均能發揮極大效用。

我國國防預算規模佔中央政府總預算比例呈現穩定成長趨勢，以民國106至110年度為例，約佔16.18%至17.04%（如圖一）。³ 另民國111年度中央政府總預算案歲出預算，國防部預算較民國110年度增幅3%。其中作業維持費重點運用於維護裝備妥善、提升後勤維保能量、務實戰備演訓、暢通指管聯繫及維持各級軍



圖一 國防預算配置圖

資料來源：國防報告書

1. 陳勁甫，〈我國國軍投入災害救援之研究〉，《臺北市：行政院研究發展考核委員會》，西元2011年，頁4。
2. 葉智瑤，〈探討中型戰術輪車操作手及維保人員滿意度之研究〉，《陸軍後勤季刊》，民國102年，頁71。
3. 國防報告書（國防部），西元2021年，頁125。

位基本運作需求等項目。⁴因應中共敵情威脅、建軍備戰需求及政府財政狀況等因素，落實「目標導向、實質檢討」之作業指導，故如何妥適運用資源，實乃值得深入研究之議題。

近年來，政府積極促進民間產業發展，為有效提升組織效能，採組織資源集中運用方式，將國軍武器裝備之研發、產製、維修等一般性軍需，委任民間廠商，鼓勵廠商於國防產業投入資源及技術，逐步建立國防自主能量。為此，國軍積極推動產業策略聯盟，將裝備維保結合業界技術、資源以及供應鏈管理，與民間企業建立產業合作。⁵惟平時戰訓任務及戰時搶修工作委由廠商執行仍存在風險及不確定因素，如廠商無法及時抵達任務現場或無庫存料件可供修復等，故

國軍須同時考量自建軍種修護能量之必要性。國外研究亦顯示，裝備維保策略之訂定是值得深入探究的議題。⁶

本研究以系統思考觀點，透過文獻探討及專家訪談方式，探究影響3.5噸載重車維保效益的關聯變數與因果互動之關係，訪談對象為瞭解維保策略之政策層面，且具有實際業務執行有經驗之人士（如表一），並藉由建構系統動態模型與運用統計分析量化工具，模擬及觀察其系統行為及成本效益的趨勢變化，提供管理者相關政策及精進建議。

貳、文獻探討

一、維保作業程序

維保之目的係降低裝備損壞頻率，

表一 訪談專家背景資料

項次	服務單位	職務	年資
1	司令部後勤處	上尉參謀	5年
2	陸勤部裝備保修科	少校參謀	14年
3	陸勤部裝備保修科	少校參謀	13年
4	陸勤部零附件補給科	少校參謀	11年

資料來源：本研究整理

- 國防部主管111年度單位預算評估報告（立法院），民國110年，頁1。
- 葉智瑤，〈從效益後勤觀點探討野戰保修維保模式及核心能量之研究〉，《聯合後勤季刊》，第25期，民國100年，頁75。
- Schexnayder, C. J., & David, S. A. (2002). Past and future of construction equipment—Part IV. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128, pp. 279-286.

避免其達到退化的狀態。⁷ 因此，陸軍維保作業之目標在維持裝備妥善、減少零件消耗及使裝備最大達到經濟壽限，確保裝備能充分發揮實效並遂行任務。而3.5噸載重車之維保作業流程為配合車輛保固時間、民間維修廠能量及合約規範，採單位段軍種自修、野戰段軍商維併行及基地段商維之政策指導執行（如圖二）。⁸

使用單位於執行週期性預防保養勤

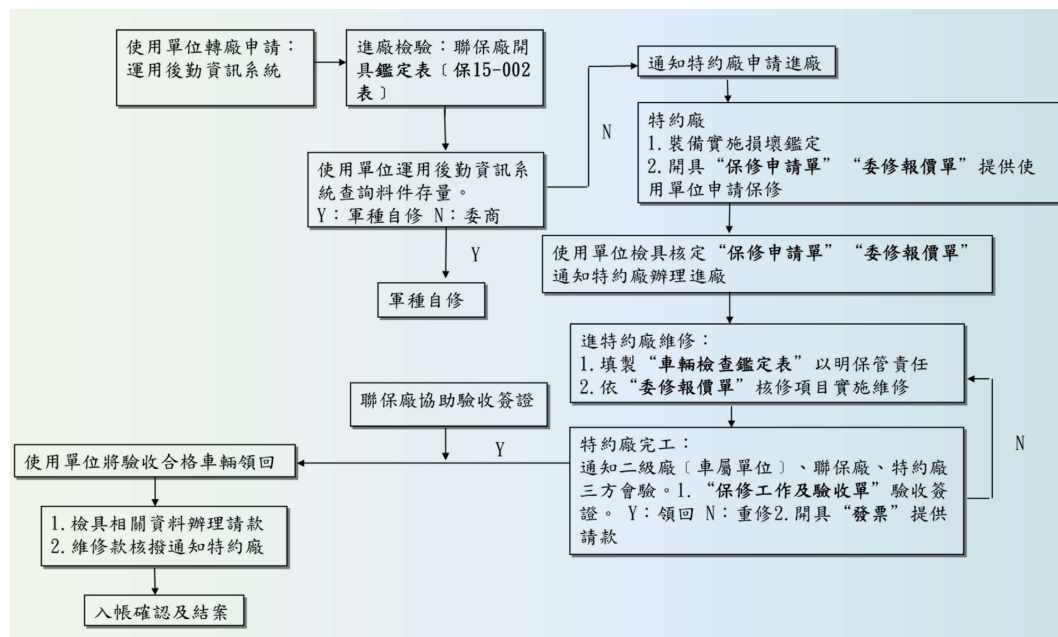
務或使用前、中、後檢查發現裝備損壞時，依三段五級權責區分：

（一）單位段權責項目

運用後勤資訊系統完成料件申請，自行完成料件更換。如遇能量不足時，得向地區聯保廠申請辦理人員訓練或技術輔導，以提升修護素質。

（二）地區段權責項目

單位運用後勤資訊系統傳輸轉廠資訊至地區聯保廠，地區段權責區分合約



圖二 3.5噸載重車維保作業流程

資料來源：國軍中型戰術輪車保（養）修作業規定（修訂）

7. Alvarado, D., Moreno, R., Orchard, M. E., & Kirschen, D. S. (2022). Cost-Benefit Analysis of Maintenance Plans: Case Study of the Power System of a Large Industrial Facility. IEEE Transactions on Power Systems.
8. 國防部，《國軍中型戰術輪車保（養）修作業規定（修訂）》，（臺北市：國防部，民國100年），頁1。

規範及非屬合約規範項目，作業程序分述如下：

1. 合約規範項目：

依程序完成進廠，並派遣技術人員完成更換及修護，另於出廠前完成最終測試，若測試不合格，則該項目實施複修；損壞項目則以更換總成件優先。

2. 非屬合約規範項目：

聯保廠依據檢驗標準表，提列裝備損壞項目並出具鑑定表（保15-002表）及庫儲資產無待收資訊（需更換料件時），以供車屬單位完成後續委商維修報價作業。

（三）地區民間維修站權責項目

依據聯保廠開立裝備損壞鑑定表（保15-002表）及庫儲資產無待收資訊（需更換料件時），向就近地區民間維修站辦理委修估價手續；如地區民間維修站鑑定結果與聯保廠有差異，維修站應出具保修申請單提供使用單位與聯保廠確認無誤後實施簽署，最後彙整地區民間維修站開立之委修報價單、聯保廠開

立之鑑定表（保15-002表）、庫儲資產無待收資訊及車籍資料呈報權責長官核定後送修；完修後由廠商協同車屬單位及地區聯保廠共同進行最終檢驗，不合格項目依合約要求實施複修。⁹

二、軍種自修

軍種自修係由各軍種自行建立能量實施裝備保養維修，即自接收裝備開始，便由軍種自行籌建維保能量，並負責所屬裝備之三段五級維保工作，以維持裝備妥善運作。在有限的資源下，後勤保修能量與料件籌補成效息息相關，¹⁰依現行3.5噸載重車維保作業程序，地區修護權責以負責合約規劃範疇十七項（次）總成件的更換為主，¹¹並無從事料件修製及翻修作業，故於此維保作業流程中，探討料件籌獲時間、料件籌獲成本及修護人力等三項變數。

（一）料件籌獲時間

後勤作業的評量指標係料件及人員等要項，¹²故料件供補攸關裝備維持妥善與戰力發揮，¹³係裝備修復關鍵因素之

9. 同註8，頁7-10。

10. 吳啟賓，〈國軍後勤保修作業與料件管理對保修成效影響之研究-以履帶裝備為例〉，（中華科技大學經營管理研究所碩士論文，西元2021年），頁4。

11. 同註8，頁6。

12. 蘇芊葦，〈軍用發動機效益後勤策略提升之探討〉，（成功大學航空太空工程學系碩士在職專班碩士論文，西元2016年），頁15。

13. 同註10，頁4。

一。¹⁴後勤維保主要係維護裝備，當獲料充足時，可提高裝備恢復妥善之速度。¹⁵由此可知，料件在裝備維保中扮演重要角色，故深入瞭解損壞裝備的料件數據，精算維保作業所耗料件，方能使裝備有效支援各項戰演訓任務。¹⁶而料件籌獲時間亦對整體效益產生影響。¹⁷綜上所述，可知料件籌獲與維保作業有顯著關聯。

(二) 料件籌獲成本

軍事裝備料件供補策略係為避免發生料件「用而未備，備而未用」之情事，不僅影響部隊用料需求及裝備維保成本，¹⁸另有研究顯示，運輸裝備和維保料

件之成本具高度關聯性。¹⁹而料件之籌獲主要仰賴年度編列的作業維持費支應，故將料件籌獲成本納入成本效益之計算基準，²⁰而精確的料件估算可有效增進成本效益。

(三) 修護人力

裝備維保除料件外，同時也受到修護人力之限制。²¹而三段五級維保人員的專業修護能力對維保效益有顯著之影響，²²可知修護人力係影響裝備維保的重要因素之一；而修護人力的妥善配置及技術能力則可提升裝備維保整體效益，²³故在維保策略中探討適當的維保

14. 呂益豪、林正益，〈系統動態模式應用於陸軍八輪甲車妥善率維持之探討〉，《陸軍後勤季刊》，民國111年，頁37。
15. 沈國棟，〈以系統動態學探討國軍導入效益後勤(PBL)之效益〉，〈元智大學工業工程與管理學系碩士論文，西元2009年〉，頁27。
16. 葉書嘉，〈軍事裝備零附件供補策略之探討〉，〈大同大學工程管理在職專班碩士論文，西元2016年〉，頁4。
17. 陳應明，〈國軍通用車材零附件運補體制改進方案之研究—成本效益分析〉，〈國防大學管理學院資源管理及決策研究所碩士論文，西元2009年〉，頁42。
18. 同註14，頁13。
19. 同註10，頁51。
20. 同註16，頁47。
21. 孫惠民，〈飛機派飛與修護限制之模式建立探討—以戰轟機為例〉，〈國立東華大學企業管理學系碩士論文，西元2005年〉，頁1。
22. 張亦蹟，〈武器系統修護人員職能素養與修護績效關聯性之研究〉，〈朝陽科技大學企業管理系碩士論文，西元2015年〉，頁3。
23. Yu-b, G. (2013). A Study on Maintenance Task Based Maintenance Manpower Prediction Model.

人力資源配置，有助增進成本效益。

三、委商維修

策略性商維即委由合約廠商依合約品項及規範實施維保作業，年度委商合約適用各型式之萬國7400 4x4裝用DT466引擎輪胎載重車，預估數量為4,645輛。民國111年至113年契約總價為新臺幣4億5,207萬8,355元，另為管控預算執行，分以各年度設定預算額度上限執行；合約廠商應於各軍種達預算管制額度前，以書面函文管制單位（汽基廠），並暫停供料、維修執行；預算管制單位（陸軍各軍團、防衛部、聯兵旅）於每月5日彙整上月分委商交修品項，並管控契約執行額度，避免超出預算額度。

使用單位送修損壞車輛前，應先由檢驗單位完成檢驗，並開具裝備檢查及缺失改正表，再由民間維修廠依維修權責執行商維項目（車輛、總成及次總成）。承修廠於接獲通知（書面、傳真）後2個工作天內，至使用單位執行維修工作，並於到修起3個工作天內完成。完工

後，由承修廠通知使用單位及檢驗單位進行三方會驗，若驗收不合格，則由承修廠於3日內完成複修，俟驗收合格後，再由使用單位完成接收，並依程序辦理請款。若承修廠接收送修車輛後，有待料之情事，由其在修護作業完成時限加計待料時間，俾利完工管制，惟待料時間不得超過30日曆天。²⁴

四、成本效益

維保績效評估將成本效益及裝備妥善率等視為關鍵指標。²⁵而成本效益（Cost Benefit Analysis）係指「分析與評估各種方案所需成本及其所能產生之效益，以其作為決策者制訂決策之依據」。成本效益分析之目的在於比較執行工作期間，所投入之成本與產出效益。²⁶為執行戰演訓及救災任務，國軍需在有限的國防預算與資源下實施裝備維保作業，故維保策略應以成本效益的觀念進行評估。²⁷

妥善率（Readity）係以比例或機率衡量執行任務時的系統備用程度之評量

24. 3.5噸載重車委商保修契約，民國110年12月，頁6-10。

25. 鄭志忠，〈國軍主要防空武器系統維修績效評估之研究-以H型防空飛彈系統為例〉，（國防大學運籌管理學系碩士論文，西元2012年），頁32。

26. 李英林，〈整體後勤支援在軍事工程與管理應用之研究〉，（國防大學軍事工程研究所碩士論文，西元1998年），頁18。

27. 同註25，頁49。

標準。裝備撥交至使用單位後，後勤維保之良窳將直接影響裝備使用狀況。²⁸而維保主要目標在使裝備維持妥善，確保在執行任務時能適時發揮最大效能，²⁹故國軍在裝備維保效益評估方面，常以妥善率為主要評量指標及衡量參數。^{30、31}

益本比 (Benefit-Cost Ratio) 係以效益現值總和除以成本現值總和之比例，可依單一選擇方案所產生之效益，與其所付出的成本比值作為衡量標準。本研究以維保策略為選擇方案，探討在有限的國防預算成本下所產生之效益。故系統中的成本效益係以益本比之計算方式建立衡量指標。

參、研究設計

為探討3.5噸載重車維保策略能力與影響因素，本研究首先運用文獻蒐集

歸納出關鍵因子及各項變數間的因果關係，建構3.5噸載重車維保策略因果環路圖。接續實施專家訪談，確認因果環路圖整體架構與各項影響變數之關聯性，再依因果環路發展出系統動態模型，最後進行政策模擬，並根據分析結果提供改善建議，以提升3.5噸載重車維保整體效益。

一、系統動態學

Forrester所發展之系統動態學係基於系統與內在機制間相互關聯的緊密關係，將關聯轉換為數學結構與操作過程以理解問題，並發展成變化型態的因、果關係。³²透過建構因果環路以詮釋各個變數之間環環相扣的交互影響關係，接續運用資訊回饋機制展現系統內部的資訊流與實體流動的狀態，最後發展出系統動態模型，³³再導入歷史數據進行模擬驗證，觀察各項政策在系統中的長期

28. 同註14，頁29-33。

29. 葉智瑤，〈從效益後勤觀點探討野戰保修維保模式及核心能量之研究〉，《聯合後勤季刊》，第25期，西元2011年，頁75。

30. 徐敏誠，〈有限預算下最佳化國軍行政車輛可靠度〉，（明志科技大學工業工程與管理系碩士論文，西元2016年），頁5。

31. 許文琦，〈海軍反潛航空大隊直升機維護模式之研究-以系統動態觀點〉，（國防大學資源管理及決策研究所碩士論文，西元2018年），頁28。

32. Forrester, J. W. (1961). Industrial Dynamics. Journal of the Operational Research Society, 48, 3306-3309.

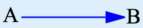
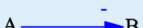
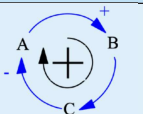
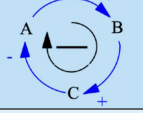
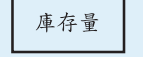
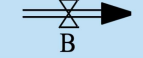
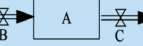
33. Coyle, R. G. (1997). System Dynamics Modelling: A Practical Approach. London: CRC Press.

發展趨勢，並從系統模擬中發掘影響系統績效的核心政策。³⁴系統動態學建模步驟的見解，概分為「問題定義」、「系統描述」、「模型建立與模擬驗證」、「結果闡述及系統修正」及「政策分析與設計」等五個步驟。

系統動態學係以數學語言為基礎，

將現實中複雜的問題簡化為回饋結構、因果關係及時間滯延之效果，並以環路方式呈現。系統變數間的因果關係以因果回饋圖(Causal-Loop Diagram)表示，建構動態模式的元素包括輔助變數(Auxiliary)、率量(Rate)及積量(Level)等(如表二)。³⁵

表二 系統動態學主要元件圖示說明表

名稱	符號	說明
因果鏈		以箭頭符號表示系統內各變數間的因果關係，A為因，B為果。
正向因果鏈		若變數B因變數A增加而增加時，即為正向因果鏈。
負向因果鏈		若變數B因變數A增加而減少時，即為負向因果鏈。
時間滯延		變數A與變數B兩者之間包括時間滯延，以兩條橫線標記在因果鏈上。
正向因果回饋環路		因果回饋環路中，當負號(－)數量為雙數時，具有自我增強效果，該環路為正向因果回饋環路。
負向因果回饋環路		因果回饋環路中，當負號(－)數量為奇數時，該環路具有自我調節的效果，稱為負向因果回饋環路。
積量		會隨著時間遞移而累積或減少的事物。
率量		表示在單位時間內積量之變化量，積量會依不同的方向性會增加或減少。
輔助變數/常數	C	係指變數或要素，以實體或抽象表示，依問題的狀況界定型態。
流程圖		將變數予以量化為積量及率量後，串連成為動態關係，即為流程圖。

資料來源：本研究整理

34. Stermen, J. D. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Irwin McGraw-Hill, Boston.

35. 韓釗，《系統動力學—探索動態複雜之鑰》(第二版)，(臺北市：滄海書局，西元2009年)，頁28-29。

二、因果環路建構

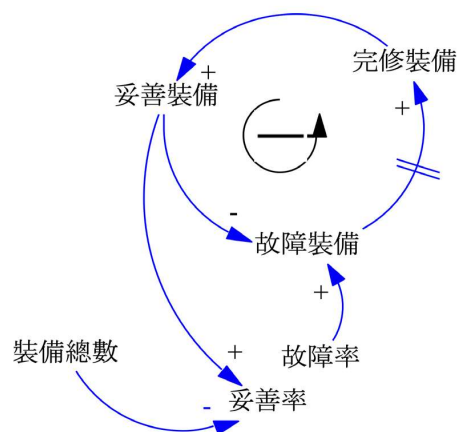
本研究以實務經驗與訪談3.5噸載重車維保領域專家（司令部及陸勤部業管參謀、陸勤部合約管理參謀等），共同研討維保策略之因果關係適當性及相關資料彙整，進而找出互為因果的回饋環路，並使用系統動態學模擬軟體Vensim DSS 5.9e建構質性因果回饋環路圖。

（一）故障裝備因果環路圖

探討故障率由民國108年至111年之損壞數除以總裝備數之4年平均值計算。裝備經長時間使用產生耗損，形成故障裝備，故障率越高則故障裝備越多，兩者呈正向影響關係。故障裝備透過維保作業（軍種自修或委商維修）修護後可恢復為妥善裝備，而妥善裝備與裝備總數之比值為妥善率，故在裝備總數固定的情況下，妥善裝備越多，妥善率則越高。此由研究架構中故障裝備與軍種自修、委商維修與妥善率之關聯發展形成一負向因果環路（如圖三）。

（二）軍種自修因果環路圖

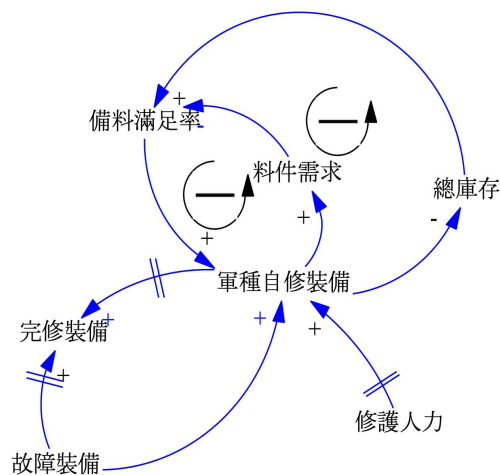
國軍囿於國防預算及組織精簡，後勤人力除裝備維保的本務工作外，尚須兼顧戰備任務，以維部隊精實戰力。在野戰段及基地段對3.5噸載重車維保能量籌建資源較少，故修護人力影響軍種自修裝備數量，而軍種自修的維保方式受



圖三 故障裝備因果環路圖

資料來源：本研究繪製

到備料滿足率影響，料件充足方能實施維保作業，故軍種自修裝備與料件需求成正比，並由總庫存與料件需求的比值計算備料滿足率。此由研究架構中料件籌獲及修護人力對軍種自修的影響發展形成一負向因果環路（如圖四）。



圖四 軍種自修因果環路圖

資料來源：本研究繪製

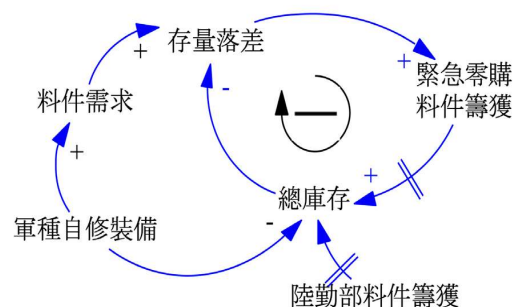
(三) 料件籌獲因果環路圖

軍種自修裝備料件需求增加，總庫存則相對地減少。總庫存由陸軍後勤指揮部（以下稱陸勤部）依裝備需求每24個月檢討籌補，惟檢討的料件籌獲量不足以支應軍種自修的裝備數，造成總庫存無法滿足實際料件需求的狀況，故料件管理係維保策略中重要的關鍵因素。

³⁶在3.5噸載重車維保作業中，料件分由兩種途徑籌獲，其一係循補保體系，由採購單位彙整單位24個月的料件需求，統由陸勤部採購申補，籌獲期程較長，需花費24個月方能撥發至單位，³⁷亦即單位從提出需求到獲撥料件需耗時24個月，易與料件實需產生差異，因而形成存量落差；其二則係當存量產生落差時，由地區聯保廠或基地廠庫辦理緊急零購籌獲料件，以補充總庫存，從需求呈報、上級核定至到貨約需3個月，與委商維修速度相比仍較耗時。此由研究架構中的料件籌獲發展形成一負因果環路（如圖五）。

(四) 委商維修因果環路圖

當故障裝備越多則委商維修裝備也隨之增加，兩者為正向影響關係。委商



圖五 料件籌獲因果環路圖

資料來源：本研究繪製

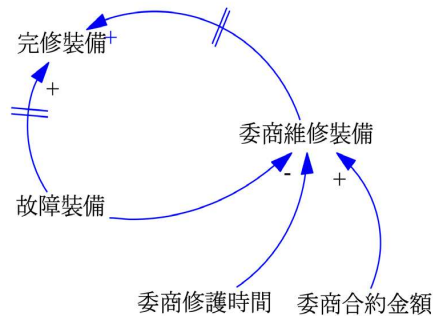
維修裝備從估價、呈報上級至核定維修後，特約廠商依約於到修後3天內須完成維修作業，委商修護時間越短，則完修裝備越多，兩者為負向影響關係。而委商維修裝備亦受年度委商合約金額影響，若年度契約額度不足以支應則無法辦理維修；反之，在契約金額額度越高則委商維修裝備越多，兩者呈現正向影響關係，此由研究架構中的委商維修發展因果環路圖（如圖六）。

(五) 成本效益因果環路圖

委商維修裝備越多則成本越高，兩者呈現正向影響關係。維修成本為委商維修成本及料件籌獲成本的加總，委商維修成本及料件籌獲成本越高，維修成本隨

36. Zhang, C., Gao, W., Yang, T., & Guo, S. (2019). Opportunistic maintenance strategy for wind turbines considering weather conditions and spare parts inventory management. *Renewable Energy*, 133, pp. 703-711.

37. 國防部，陸軍零附件補給作業手冊（臺北市：國防部，民國109年），頁6-220。



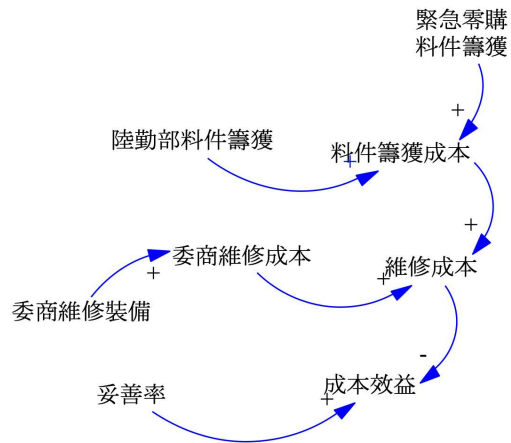
圖六 委商維修因果環路圖

資料來源：本研究繪製

之增加；而料件籌獲成本包括陸勤部料件及緊急零購料件籌獲，陸勤部料件及緊急零購料件籌獲，與料件籌獲成本均為正向影響關係。成本效益係由妥善率及維修成本的比值計算，當維修成本固定時，妥善率越高，則成本效益增加，為正向影響關係；當妥善率為定值時，維修成本增加，則成本效益降低，則為負向影響關係。此由研究架構中成本、妥善率與成本效益之關聯發展因果環路圖（如圖七）。

（六）3.5噸載重車維保因果環路圖

因裝備發生故障而形成料件需求，在總庫存料件有存量的狀況下，由軍種自修的修護人力在獲得料件後執行維保作業，存量落差則由陸勤部籌補或緊急零購方式補充；如總庫存無法滿足維保需求時，則循委商維修方式，估價鑑定後呈報上級核定，依約辦理委商維修，在年度契約金額充足的狀態下，可使裝備迅



圖七 成本效益因果環路圖

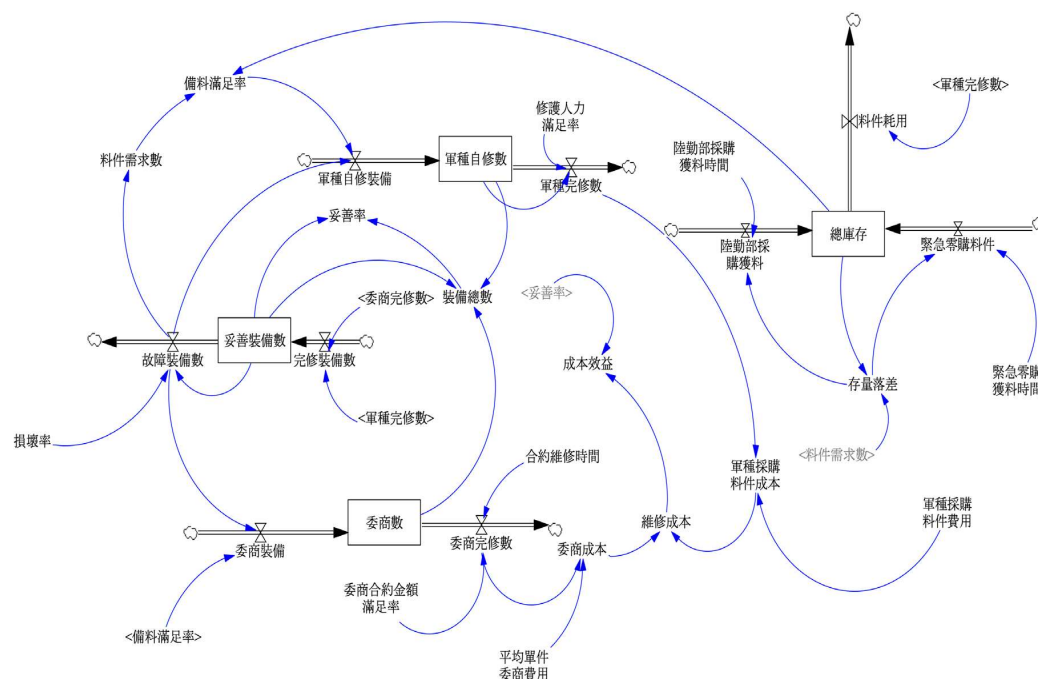
資料來源：本研究繪製

速恢復妥善。透過此一維保作業流程，建構3.5噸載重車因果循環關係環路圖。

本研究將3.5噸載重車維保作業流程分為故障裝備、軍種自修、委商維修及料件籌獲等四部分，觀察分析各項關鍵變數對妥善率及維修成本的作用，最後透過成本效益的變化探討維保策略。各因果環路圖中的「妥善裝備」、「軍種自修裝備」、「委商裝備」及「總庫存」設定為積量，分析其數量的改變對3.5噸載重車成本效益所產生之影響，最後將3.5噸載重車因果環路圖轉換成維保動態模型（如圖八）。

肆、系統模擬與分析

依據建構的3.5噸載重車維保策略



圖八 3.5噸載重車維修動態模型

資料來源：本研究繪製

系統動態流程圖，針對模型分為三部分實施效度測試與政策模擬分析。第一部分為模型驗證，包括模式結構驗證與單位一致性驗證；第二部分為模型行為測試，將2019年至2021年間妥善裝備數之歷史數據導入模型，驗證比對系統模擬的趨勢與歷史值；第三部分為政策模擬，將陸勤部採購獲料時間、備料滿足率、修護人力滿足率等關鍵變數分別實施單一及組合政策，進行系統模擬分析，觀察政策調整對整體維修效益之影響，以供管理者決策之參據。

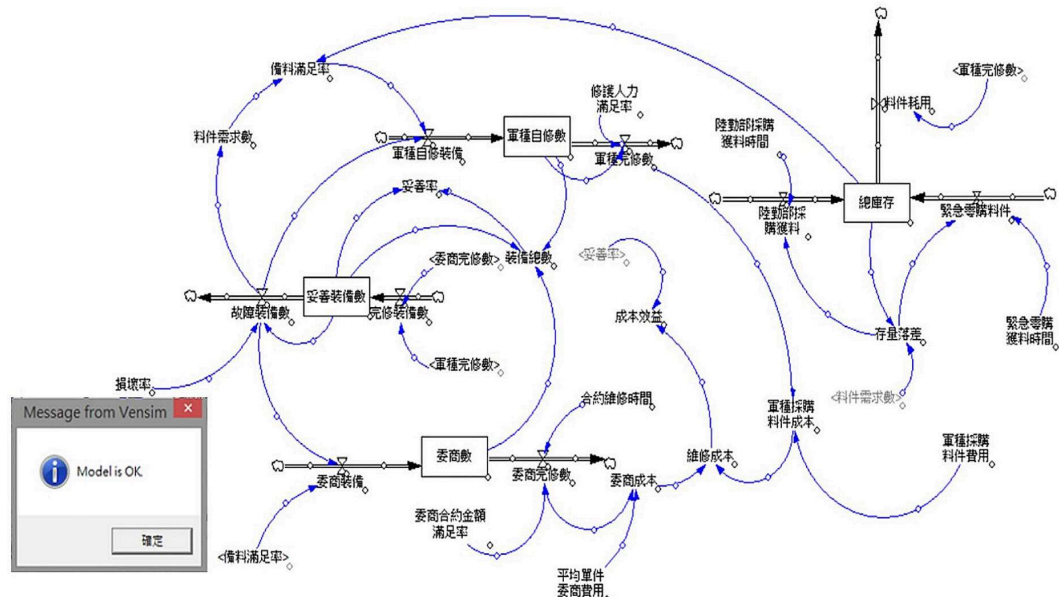
一、模型驗證

(一) 模型結構驗證

利用Vensim DSS 5.9e內建模式檢查其邏輯合理性，並比較本研究建構之模型與真實世界的系統運作是否相符，結果顯示本研究所建構之模型結構驗證性已具有一定效度（如圖九）。

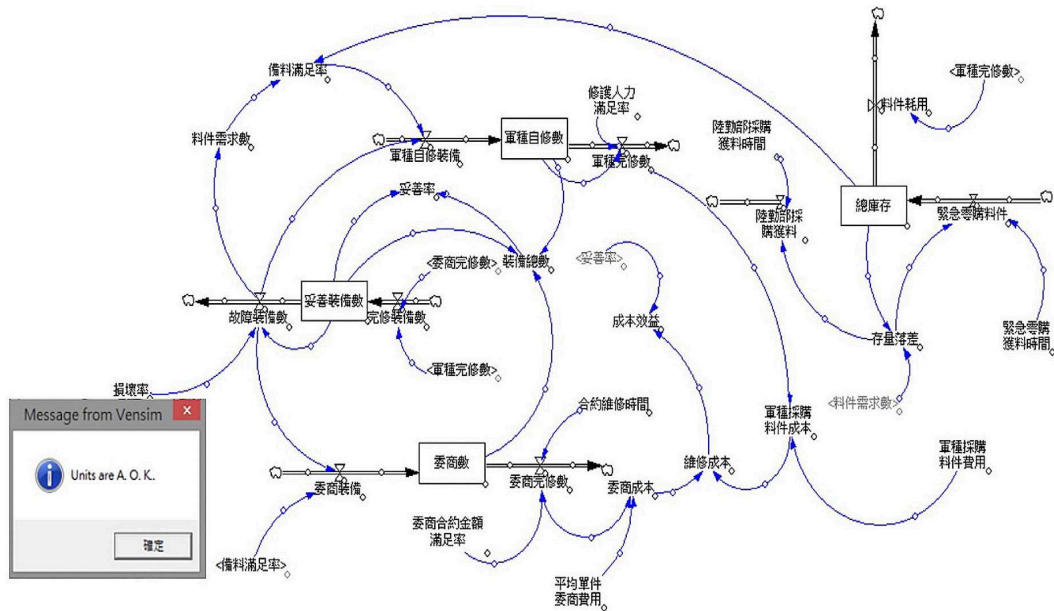
(二) 單位一致性驗證

檢查模型中各變數的方程式是否為一致，當單位在計算中有不符的情況，需重新檢查並修訂，此模型的模擬驗證結果顯示，各變數單位已具有一致性（如圖十）。



圖九 模型結構驗證圖

資料來源：本研究繪製



圖十 單位一致性驗證圖

資料來源：本研究繪製

二、模型行為驗證

本研究以妥善裝備數的歷史值趨勢變化來測試模式行為之準確度，比較模擬結果與實際數據之趨勢變化，並以資料詮釋箇中差異且同步修正模型。

(一) 妥善裝備數量驗證

經比對2019年至2021年間3.5噸載重車之妥善裝備數量模擬數值與實際歷史值，得知模擬值與實際值兩者之平均差異值為0.71%（如圖十一），發現模擬值與實際值大致相符（妥善率隱置），顯示模型具有效度。

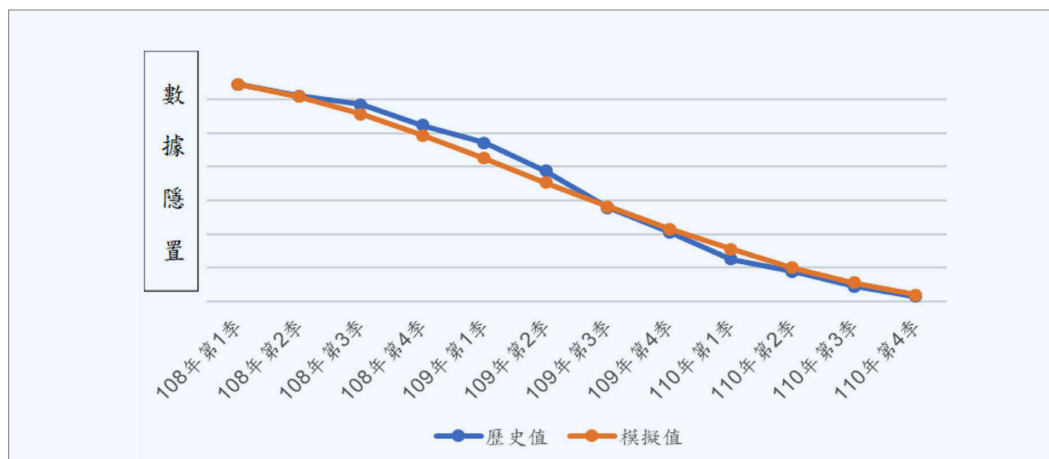
(二) 妥善裝備MAPE值驗證

除運用趨勢比對測試外，另採用

Lewis平均絕對值誤差率（Mean Absolute Percentage Error, MAPE）的分析方法，³⁸針對模擬值和實際值進行差異分析。因MAPE為相對數值，能合理客觀比對兩者數值之間的差異，且不受實際值和模擬值單位大小影響，故本研究輔以此方法驗證，MAPE值計算公式如下：

$$MAPE = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{R_t - S_t}{R_t} \right| \right\} \times 100\%$$

其中n為模擬的期數； R_t 為第t期的實際值； S_t 為第t期的模擬值。依據MAPE值評估標準分數，將MAPE分成四種預測能力等級（如表三）。



圖十一 妥善裝備趨勢圖

資料來源：本研究繪製

38. Lewis, C. D. (1982). Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting. London: Butterworth-Heinemann.

表三 MAPE預測能力等級分類

MAPE值	預測精確性
<10%	高精確度
10%-20%	良好
20%-50%	合理
>50%	不正確

資料來源：參考註38

加總妥善裝備數數值表各列差異百分比取絕對值後，平均除以期數，即可獲得妥善裝備數的平均絕對值百分比誤差為0.71%，MAPE值小於10%，顯示系統模型具有高精確度。

三、政策模擬

在進行模型建構時，藉由文獻蒐集找出影響裝備維保之關鍵因素，並結合專家訪談，透過專家的實務經驗與討論，綜整影響3.5噸載重車維保之關鍵在備料滿足率、陸勤部獲料時間及修護人力滿足率等變項。故本研究透過在系統模型之動態結構中，調整關鍵變數，模擬後續5年（自2023年至2027年）之動態發展，以分析變數對3.5噸載重車成本效益之影響與趨勢。

（一）料件籌獲時間

調整獲料時間參數從原政策（24個月）分別縮短至12個月、6個月、3個月及1個月後，可知若維持原政策（黑色線條）時，以長期趨勢觀察發現成本效益將呈現緩慢上升的趨勢。當獲料時間調整至

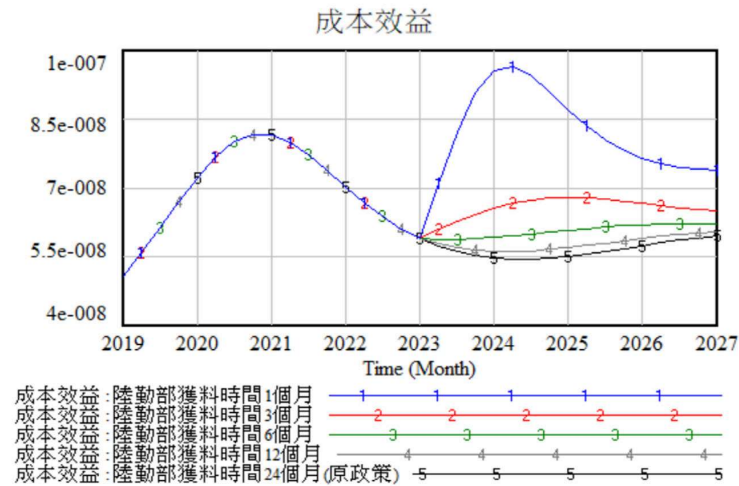
12個月（灰色線條）時，至2027年時成本效益模擬值相對提升1.7%；調整至6個月時（綠色線條），成本效益模擬值相對增加4.6%；調整至3個月（紅色線條），成本效益模擬值相對提高9.2%；而縮短至1個月（藍色線條），在2027年時成本效益模擬值則大幅增加24.4%（如圖十二）。

（二）備料滿足率

備料滿足率從原政策分別調整至70%、80%、90%及100%後，可發現，若維持原政策（黑色線條）時，成本效益呈現穩定之趨勢；當備料滿足率調整至70%（灰色線條）時，至2027年時成本效益模擬值相對提升45.9%；調整至80%時（綠色線條），成本效益模擬值相對增加64.1%；調整至90%時（紅色線條），則成本效益模擬值相對提高87.4%；而調整至100%時（藍色線條），在2023年時，因備料充分，致使軍種自修數量多，成本效益大幅度增加，續至2025年後漸趨於平緩發展，並在2027年時成本效益模擬值大幅增加118.3%（如圖十三）。

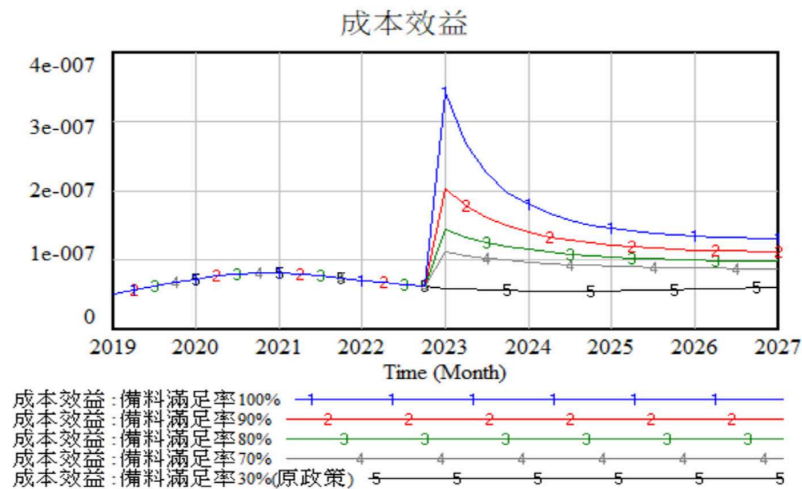
（三）修護人力滿足率

當修護人力滿足率分別調整至70%、80%、90%及100%時，可知若維持原政策（黑色線條）時，成本效益將呈現較平緩之趨勢；當修護人力滿足率調整至70%（灰色線條）時，至2027年成本效



圖十二 妥善裝備趨勢圖

資料來源: 本研究繪製



圖十三 備料滿足率對成本效益之模擬分析

資料來源: 本研究繪製

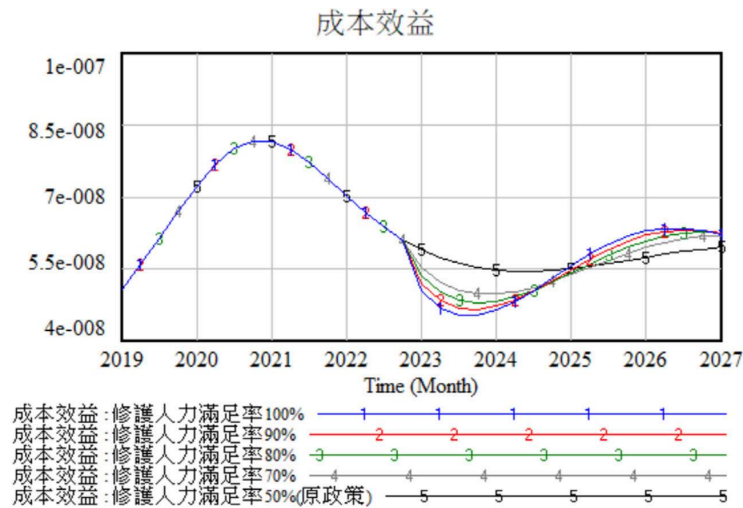
益模擬值相對提升4.2%；修護人力滿足率調整至80%時（綠色線條），成本效益模擬值相對增加5.05%；修護人力滿足率調整至90%時（紅色線條），則成本效

益模擬值相對提高5.09%；而修護人力滿足率調整至100%時（藍色線條），則成本效益模擬值則相對增加4.5%（如圖十四）。

(四) 綜合政策模擬

綜合上述三項單一政策模擬結果，透過與專家討論將三項變數搭配運用，在其他變數不變的假設下，研討三種政策組合。政策一在獲料時間、備料滿足率及修護人力滿足率上均有較大幅度的改善；政策二在獲料時間、備料滿足率及修護人力上改善幅度適中；政策三則縮短

獲料時間至12個月、備料滿足率為50%且修護人力滿足率不變的情形，然原模擬之獲料時間有6個月、9個月及12個月等組合，因6個月、9個月之政策模擬無較顯著差異，故選擇12個月（差異較顯著）作為政策三之組合。透過以上三組政策模擬觀察各政策對成本效益之影響趨勢（如表四）。



圖十四 修護人力滿足率對成本效益之模擬分析

資料來源：本研究繪製

表四 政策組合表

項次	獲料時間	備料滿足率	修護人力滿足率
原政策	24個月	30%	50%
政策一	1個月	90%	90%
政策二	3個月	70%	70%
政策三	12個月	50%	維持50%

資料來源：本研究整理

針對各政策對成本效益模擬結果顯示，以長期而言，原政策（灰色線條）的成本效益呈現緩慢上升趨勢；政策一（藍色線條）成本效益模擬值相對增加84.56%；政策二（紅色線條），成本效益模擬值相對增加44.9%；政策三（綠色線條）至2027年時成本效益模擬值相對增加19%，且其趨勢維持穩定（如圖十五）。

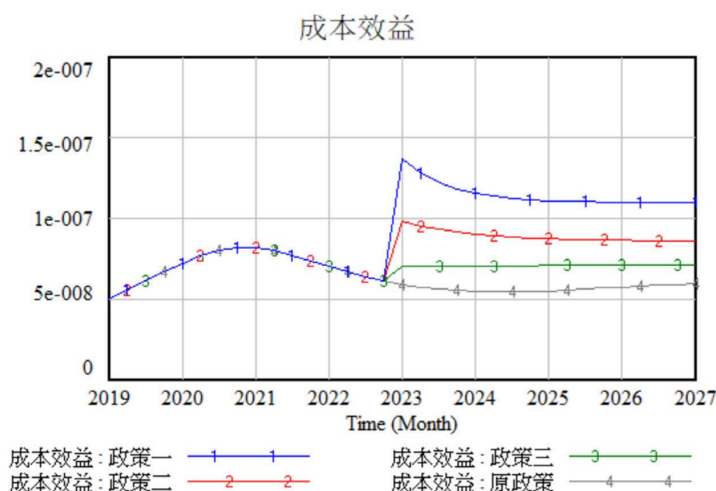
伍、結論

本研究透過專家研討及系統建構，針對料件籌獲時間、備料滿足率與修護人力滿足率等三項變數進行系統模擬，並觀察系統之趨勢變化。以單一政策來看，料件籌獲時間由原24個月縮短為1個

月，備料滿足率即由30%提升至100%，成本效益大幅提高；修護人力滿足率調整至90%為較適切人員比例。研究發現，個別變項對成本效益之影響程度，以備料滿足率的影響程度最大、料件籌獲時間次之、修護人力滿足率最低。從綜合政策模擬可知，獲料時間縮短、精準備料及修護人力滿足的搭配運用，將影響整體成本效益，相關結論如下：

一、獲料時間將影響維保成本效益

研究模擬將陸勤部料件獲料時間由24個月縮短至3個月時，成本效益提升9.2%；獲料時間精簡至1個月時，成本效益提升24.4%。由此可知，縮短料件籌獲時間，確實對成本效益有顯著影響。近年伴隨3.5噸載重車的操作時間增加，裝



圖十五 情境政策對成本效益之模擬分析

資料來源：本研究繪製

備故障率也隨之攀高，在籌獲料件時間較長的情況下，為迅速支援部隊任務，轉而尋求委商維修以即時恢復裝備妥善，然委商合約的高零件價格使得總成本提高。故適當調整獲料時間有助提升維保成本效益。

二、精準備料可降低維修成本投入

裝備故障時，影響裝備恢復妥善的關鍵因素在於必要料件，³⁹由此可知，庫存料件扮演不可或缺的重要角色。3.5噸載重車故障率伴隨任務及壽期逐年增加，現行備料存量應透過定期高故障料件分析檢討，以因應逐年增加與變動的需求。根據模擬分析，成本效益在提升備料滿足率至70%時，成本效益可提升45.9%；滿足率調整至100%時，成本效益增加118.3%，有大幅提升之趨勢。由上述可知，備料滿足率對維保策略的成本效益影響甚鉅，精準備料可降低維修成本，促進整體成本效益。

三、軍種自修須強調專技人力滿足

3.5噸載重車維保方式係以軍種自修與委商維修併行，前者多集中於外觀件、

動力、煞車及電能系統；後者卻掌握大部分總成、次總成等核心技術，致使國軍無法完整建立自主維保能量。透過模擬分析發現，提高軍種自修的修護人力滿足率，將使成本效益提升約5%，雖影響幅度不大，仍有助提升整體成本效益。觀察綜合政策模擬趨勢，獲料時間縮短及備料滿足率提高，加上修護人力的適切調配，可使成本效益成長至84.56%，故軍種自修強調滿足專技人力需求並適切運用之必要性。

陸、建議

裝備透過有效的維保可使其壽期延長、提高可用性並使裝備維持在良好狀態。⁴⁰近年國軍因組織精簡及資源限制，加上兩岸局勢緊張，導致戰備演訓任務頻繁，進而加速裝備損耗與後勤作業負荷增加。故制定適宜之維保策略，使裝備維持良好性能與提升成本效益，實為管理者值得審慎思考的議題。本研究所建構之系統動態模型，著重於軍種自修

39. Kenneth J. Girardini, Arthur W Lackey, Kristin J. Leuschner, Daniel A. Relles, Mark E. Totten, Darlene J. Blake. (2004). Dollar cost banding: A new algorithm for computing inventory levels for army supply support activities., Santa Monica, CA: RAND Corporation, MG-128-A.

40. Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), pp. 237-244.

及委商的維保流程探討，並提供下述建議，作為後續相關研究之參據。

一、精進料件籌購流程，縮短長期待料時間

軍種自修的料件籌獲管道區分為陸勤部採購及緊急採購兩種。前者需花費24個月，常因採購流程及時間差，而無法精確預測料件需求，造成維保作業實行困難；後者籌獲時間約需3個月，雖較前者快速，然相較於委商料件獲得期程仍較長，難以負荷故障裝備維保需求；而若長期依賴委商修復能量，易造成軍種自修能量低落，建議後續可研擬並精進料件籌獲流程，縮減待料時間，有助增進維保效益。

二、定期維保參數分析，提升備料作業精準

近年國軍積極推動後勤資訊系統整合，使故障裝備之歷年維保數據透明化，如維修品項、料件價格、工資及維修人力等資料，皆建置於資訊系統中。未來業管單位可定期對資訊系統中的維保資料庫進行參數蒐整分析，預測備料需求，並將基地廠（中心）、聯保廠的自建能量及（次）總成的周轉量納入備料檢討，以達精準備料之目標，穩定修護能量。

三、適切人力資源配當，強化廠商技轉功能

妥善裝備為部隊執行任務之戰力源泉，戮力裝備妥善乃後勤維保之使命。儘管委商合約所簽訂的料件價格遠高於軍種自籌，然在料件籌獲時程長及備料無法滿足需求下，往往須仰賴委商維修，致使國軍在建立修護能量時產生窒礙，故保修單位除須適切配當人力外，未來建議可與政策單位詳加研擬，將合約廠商的技術分享與轉移予以明文規範，俾利提升專技人力的實效性，使維保策略得以發揮最大效益。

作者簡介

方苡齡少校，國防大學資源與決策管理研究所碩士畢業。專業軍官班100年班、國防大學指參班112年班，曾任排長、組長、兵工官，現為陸軍司令部計畫處編裝官。

作者簡介

呂宗翰上校，健行科技大學企業管理系碩士畢業。國防大學指參班103年班、國防大學戰略班105年班，曾任排長、分庫長、後參官，現為國防大學國防管理教育訓練中心主任。