

——張珈進、吳昭欣——

從供需不確定觀點探討國軍 後勤之存貨控制問題—— 以陸軍履帶型車輛備份件為例

提要

- 一、在國軍裝備的維修勤務上，除須有合格的維護暨操作人員外，備份件之存控管理尤其重要；主要原因在於供給及需求的雙方皆具有高度不確定性，過去研究亦鮮少探討此類問題。
- 二、本研究以陸軍某旅所屬機步營二級廠為例，探討其履帶型車輛備份件存控問題，以(s, S)模型結合離散馬可夫鏈，進行不同供給方案之想定分析，藉由長期平均缺貨機率及缺貨數量推算履帶型車輛之裝備妥善率，藉以探討各後勤想定之可行方案。
- 三、最後利用TOPSIS評選最適存貨方案，期望本研究所得結果可應用於國軍現行之後勤補保系統，以供國軍於制定補保存控策略時參考。

關鍵詞：存貨策略、不確定性、TOPSIS

圖片來源：青年日報





壹、前言

目前國軍三軍聯合操演被視為驗證國軍堅實戰力之重要途徑，而聯兵旅以2年為週期，進訓三軍聯訓基地，藉以增強其聯戰訓練強度與實彈攻擊能力，以強化國軍地空整體打擊能力，提升三軍聯戰效能。¹ 因此，各部隊進訓前，完成裝備檢整並確保武器妥善是一項重要的前置工作，柳文生學者提到後勤補保旨在支援前線作戰，由作戰指導產生後勤需求，後勤之能力與限制將直接影響作戰任務之遂行，² 故後勤支援單位之維保工作是部隊作戰時之最大的支援與後盾。³ 由上可知，作戰倚賴完善的後勤支援，而部隊進訓三軍聯訓基地視同作支援與後盾戰，後勤補保將是必須確保的重點。以陸軍機步營所屬之二級廠為例，二級廠係擔任整個營所有裝備妥善維持的重要核心單位，其負責之工作內容計有平時之預防保養與檢修勤務，且在進訓前，二級廠須完成裝備檢整並聯繫三級廠完成裝備鑑定等，最終目的即在確保各

部隊之武器系統妥善可用，並使其發揮最佳效益。

在實務上，裝備檢修除了需要合格的操作檢修人員外，備份件 (Spare parts) 充足與否亦直接影響裝備檢修之效能。在學術上，因為備份件之消耗具不確定性而難以估計，故過往文獻大多將需求視為固定常數⁴ 以簡化解題難度，但亦有學者以隨機性來模擬備份件需求，⁵ 即以不同之需求分配 (如常態、對數、負二項分配等) 進行誤差評估，並使用大樣本檢驗模型之需求模擬狀況。

本研究以陸軍機械化步兵旅所屬機步營二級廠為研究對象，目標為探討主戰裝備履帶型車輛 (以下簡稱履車) 之備份件管控問題。二級廠備份件以線上系統申請為主，當備份件損壞故障時，如有庫存量，則立即運用二級補保系統辦理撥發，反之無庫存量則由二級廠管制士申請所需料件，然備份件之申請往往因上級無存量等情事，造成裝備待料之問題；而實務上，備份件之需求或供給皆屬高度不確定性，故如何在需求及供給均不確

1 《106年國防報告書》(臺北市：國防部，民國106年12月)，頁82。

2 柳文生，〈軍品補給管理問題之探討-以陸軍軍品管理為例〉《國防雜誌》(桃園)，第20卷第3期，民國93年2月，頁60-71。

3 朱愛雯，〈應用平衡計分卡策略提升野戰庫儲管理效能之研析〉《陸軍後勤季刊》(桃園)，102年第1期，民國102年2月，頁30-42。

4 Yang, H. L. (2004). "Two-Warehouse Inventory Models for Deteriorating Items with Shortages Under Inflation," *European Journal of Operational Research*, 157(2), p. 344-356 .

5 Rossetti, M. D., & Ünlü, Y. (2011). "Evaluating the Robustness of Lead Time Demand Models," *International Journal of Production Economics*, 134(1), p. 159-176 .



定之情境下，準確預估並制定最適訂購量與再訂購點，解決備份件補給問題，此為本研究之主要動機。

存貨問題多因供需不確定產生，此部分過去有眾多學者探討。例如學者Moinzadeh and Aggawal (1997) 探討在收到緊急訂單的情況下，如何進行存貨控制。⁶ Viswanathan and Piplani (2001) 提出供應商與銷售商間應就補貨時間進行協調，使兩者產生合適的補貨週期來進行供應鏈之存貨控制，藉此提高經營效益。⁷ 另Ganeshan (1999) 則透過連續盤點制度來建立存貨控制模型，並將訂單均勻分布於供應商中，減少訂貨前置時間及不確定性。⁸ 然而，有關存貨問題之分類，學者大多採用Silver (1981) 之建議將存貨問題分類劃分為單一或多種產品/項目之存貨管控，其需求可為機率性或為確定性，且在缺貨情況下可區分為延遲交貨或失去訂

單；⁹ 另學者Raafat (1991) 於探討單一或多品項存貨時，除考量前置時間外，亦將需求設為機率性或確定性，並同時探討其缺貨與否之問題。¹⁰ 而學者Prasad (1994) 延續Silver (1981) 的分類方式，將存貨問題劃分為生產環境與規劃、產品特性與市場條件、買賣雙方的配置關係及存貨模式的特性等四大分類，¹¹ 由於本研究主要聚焦於存貨控制問題，探討備份件何時訂購及每次訂購量多寡，故屬於上述分類中第四類存貨問題。

過去研究較常用來探討存貨控制之模型主要有三種，分別為(一)再訂購點及固定訂購量之 (s, Q) 模型、(二)定期盤點及最大庫存量之 (R, S) 模型及(三)再訂購點及最大庫存量之 (s, S) 模型。然而，由於 (s, Q) 模型及 (R, S) 模型均屬於定量或定期模型，與國軍現行補給作業流程較不相符，因此，本研究決定以 (s, S) 模型為基礎來探討二

-
- 6 Moinzadeh, K., & Aggawal P. K. (1997). "An information based multi-echelon inventory system with emergency orders." *Operations Research*, 45(5), p. 694-701.
 - 7 Viswanathan, S., & Piplani, R. (2001). "Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs." *European Journal of Operational Research*, 129(2), p. 277-286.
 - 8 Ganeshan, R. (1999). "Managing Supply Chain Inventories: A Multiple Retailers, One Warehouse, Multiple Supplier Model." *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), p. 341-354.
 - 9 Silver, E. A. (1981). "Operations research in inventory management: A review and critique." *Operations Research*, 29(4), p. 628-645.
 - 10 Raafat, F. (1991). "Survey of literature on continuously deteriorating inventory models." *Journal of the Operational Research Society*, 42(1), p. 27-37.
 - 11 Prasad, S. (1994). Classification of inventory models and systems. *International Journal of Production Economics*, 34(2), p. 209-222.



級廠備份件之存控問題。然而，實務上因為備份件之供需具有高度的不確定性，因此本研究以馬可夫鏈 (Markov chain)¹²來處理供需不確定之情境，並以 (s, S) 模型為基礎，探討二級廠履車備份件之存控問題。此外，為了尋找最適存貨策略及處理各想定情境 (如戰時或平時) 下可行解或可行策略數量過多之問題，本研究將藉由TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) 評選 (s, S) 模式下之最適存貨方案，以期提供決策者於制定補給策略時之參考。

貳、文獻探討

一、國軍補給作業方式

軍品泛指國軍所有且於軍事用途上有直

接效用之各種補給品、必需品及裝備，¹³本研究所探討之備份件屬第九類修理另件部分，有關國軍補給品十大分類，如表一所示。

(一) 二級廠申補作業¹⁴

二級保養人員執行預防保養勤務或連隊發現裝備損壞故障時，經保養人員檢查鑑定及保養組長查核簽證後，屬二級權責，由管制士透過二級保修系統申請所需料件，若有庫存，補給士於補給系統辦理撥發，反之無庫存則對上申請，相關申補作業流程如圖一所示。此外，補給士應依各裝備之支援密度、保養排程及保養週期等，核算維保所需之定保耗材，建立90日份存量基準，同時作為二級補保系統建置「核儲品項」之依據。

(二) 二級廠撥繳作業¹⁵

補給士執行零附件撥發作業時，運用二級補保系統列印撥發清單，將備料庫房之核

表一 國軍補給品十大分類

分類	補給品	分類	補給品
第一類	糧秣給養	第六類	個人用品
第二類	編裝或配賦表之次要裝備	第七類	編裝或配賦表內主要裝備
第三類	燃料及石油產品	第八類	醫療軍品 (含醫療修護另件)
第四類	建築材料	第九類	修理另件 (不含醫療修護另件)
第五類	彈藥	第十類	其他方面軍品 (如農業經濟開發軍品)

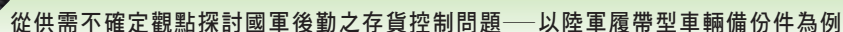
資料來源：同註13

12 馬可夫鏈之特性係假設第n+1次的試驗結果僅僅和第n次有關，故狀態之轉換機率和狀態本身有關，但和時間無關；就存貨而言，過去研究亦多以此假設作為其使用馬可夫之說明。

13 陸軍○○補給作業手冊 (國防部陸軍司令部)，民國105年11月，頁10-1。

14 同註13，頁4-9~4-10。

15 同註13，頁4-10~4-13。



保修廢餘料，更換後的廢品，由駐廠幹部、保養士及補給士當場點驗後，分類存放於廢品區，撥繳作業流程如圖二所示。

存貨 (Inventory)

指的是組織為達成作業活動所需使用到的任何項目或資源的庫存；¹⁶策略（Strategy）代表為達成某特定目的所採取的手段，表示對重要資源之調配方式；¹⁷存貨策略是指一套用來管理存貨數量的策略，管理存貨數量愈精確，其存貨策略愈複雜，所需要的時間及成本也就愈高。

根據存貨系統的特性，有不同的存貨模型，依存貨的需求形式區分為相依需求 (Dependent demand) 及獨立需求 (Independent demand)；依其產生



16 李友錚，《作業管理：創造競爭優勢》，第5版（臺北：前程文化事業有限公司，西元2014年5月）。

17 許士軍，《管理學》，第10版（臺北：東華書局，西元2014年7月）。



原因可區分為批量存貨、預期存貨、安全存貨及在途存貨四種；存貨的盤存制度區分為定期盤存制 (Periodic review) 及連續盤存制 (Continuous review)；以存貨缺貨型態一般區分為缺貨待補型 (Backlogging) 及缺貨損失型 (Lost sale)。本研究以 (s, S) 存貨策略探討平時及戰時缺貨待補及缺貨損失兩種型態之模型；而 (s, S) 模型意指庫管單位可隨時監控存貨狀況，當庫存量等於或小於再訂購點 s 時，則於每個週期結束時進行補貨，另為避免模型過於複雜，本研究暫不考慮存貨到貨之前置時間。以下即針對相關存貨模型進行介紹。

三、存貨模型

存貨模型的主要目標在於何時訂購及訂購多少數量，Yang and Pan (2004) 將前置時間視為可控的，其品質成本亦是改善的，提出一個以訂購數量、品質水準、運送次數與前置時間為決策變數的一個整合買賣雙方的存貨模型。¹⁸ Ouyang, Wu, and Ho (2007) 以 Yang and Pan (2004) 模式為基礎，允許

部分缺貨及再訂購點為其決策變數，針對製造批量中之不良品，加入額外投資費用以改善生產不良率的整合性存貨模型。¹⁹ Sarkar, Mandal, and Sarkar (2015) 以訂購數量、再訂購點和前置時間為決策變數，建構連續性檢查的存貨模型。²⁰

以下針對較常見之 (s, Q) 、 (R, S) 及 (s, S) 等三種存貨模型做簡單介紹。 (s, Q) 系統為定量模型， s 為再訂購點， Q 為經濟訂購量 (Economic Order Quantity, EOQ)，為連續盤存制系統之一種，當系統的存貨水準小於或等於再訂購點 s 時，則訂購 Q 單位的數量，使存貨水準達到最大庫存量 $s+Q$ ，其優點在於操作簡便，缺點則是對於需求反應較遲鈍、補貨時間不固定且無法有效處理大訂單。²¹

(R, S) 系統屬於定期模型，屬定期盤存系統，此種存貨政策是指每隔 R 的時間週期則進行補貨，使系統內存貨水準到達最高庫存水準 S ，而每次的補貨量要視當時的存貨量而定，故補貨量並非固定。²²

(s, S) 存貨策略是指當系統內的存貨水

18 Yang, J. S., & Pan, C. H. J. (2004). "Just-in-time purchasing: an integrated inventory model involving deterministic variable lead time and quality improvement investment." *International Journal of Production Research*, 42(5), p. 853-863.

19 Ouyang, L. Y., Wu, K. S., & Ho, C. H. (2007). "An integrated vendor-buyer inventory model with quality improvement and lead time reduction." *International Journal of Production Economics*, 108(1-2), p. 349-358.

20 Sarkar, B., Mandal, B., & Sarkar, S. (2015). "Quality improvement and backorder price discount under controllable lead time in an inventory model." *Journal of Manufacturing Systems*, 35, p. 26-36.

21 同註20。

22 同註20。



準等於或低於再訂購點 s 時，則立即訂購足夠的數量使系統內的存貨水準達到最高庫存量 S 的水準。此種存貨政策與 (s, Q) 的不同點在於每次訂購的數量並非固定，因此在管理上較為複雜，但在存貨的相關成本及管理績效上相較其他的存貨政策優秀。²³ (s, S) 模型與 (R, S) 模型的不同點在於每一期結束時，若庫存量等於或低於 s 才補貨，而 (R, S) 模型則為每一期皆補貨至最大庫存量 S 。

本研究不考慮補貨前置時間，並且在缺貨發生時，以缺貨待補及缺貨不補方式分別作探討，接著以 (s, S) 存貨模型為基礎，建立一套數學模型，求得備份件平均缺貨機率、平均缺貨數量、平均存貨水準及平均妥善率，並以TOPSIS尋求最適的存貨策略方案，以拓展存貨策略之運用範疇，供決策者參考之依據。

參、研究方法

一、馬可夫鏈存貨模型

假設每次存貨的補給發生在時間週期結束時，時間週期標記為 n ， $n = 0, 1, 2, \dots$ ，假設在第 n 期商品的需求量為隨機變數 ξ_n ，其

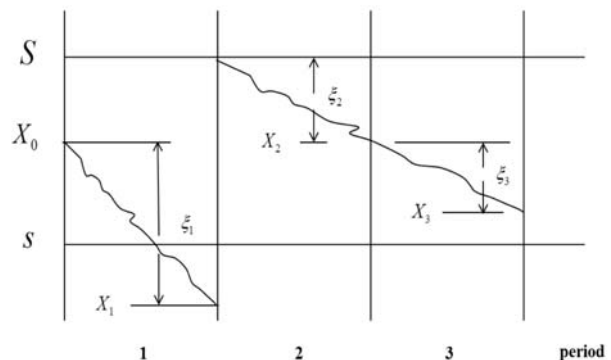
分配函數與時間週期無關，如(1)式。 ξ_n 表示第 n 期的需求總量。 a_k 表示第 n 期的需求數量為 k 時的機率。

$$P_r \{ \xi_n = k \} = a_k \quad \text{for } k = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

$$a_k \geq 0, \quad \sum_{k=0}^{\infty} a_k = 1$$

在每個週期結束時檢查存貨量， s 表示再訂購點， S 表示最大庫存量， $S > s$ 且為非負之值，當每期結束時存貨量小於等於 s ，則將現有庫存量增加至 S ，即立即補貨；若庫存量大於 s ，則不補貨。 X_n 表示第 n 期的期末存貨。在 $\{X_n\}$ 的狀態空間中，所有可能出現 X_n 的數值為公式(2)所列。 (s, S) 存量管控示意圖如圖三所示。²⁴

$$S, S-1, \dots, s, \dots, s+1 - \text{最大需求量} \quad (2)$$



圖三 (s, S) 存量管控示意圖

(資料來源：同註24)

23 Schneider, H. (1981). "Effects of Service-Level on Order-Levels in Inventory Model." *International Journal of Production Research*, 19(6), p. 615-631.

24 Howard, M. T., & Samuel, K., *An Introduction to Stochastic Modeling* 3rd ed., (Prentice Hall, 1998), p. 106.



根據存貨策略的規定，連續兩個週期的存貨水準與(3)式有關。

$$X_{n+1} = \begin{cases} X_n - \xi_{n+1} & \text{if } s < X_n \leq S \\ S - \xi_{n+1} & \text{if } X_n \leq s \end{cases} \quad (3)$$

假設有一連續的需求變數為 $\xi_1, \xi_2, \dots$ 為獨立的隨機變數，期末存貨 $X_0, X_1, \dots$ 形成馬可夫鏈，其移轉機率矩陣根據公式(4)計算。

$$P_{ij} = P_r \{X_{n+1} = j | X_n = i\} = \begin{cases} P_r \{\xi_{n+1} = i - j\} & \text{if } s < i \leq S \\ P_r \{\xi_{n+1} = S - j\} & \text{if } i \leq s \end{cases} \quad (4)$$

二、TOPSIS

以TOPSIS(理想解類似度偏好順序評估法)處理多準則決策主要是透過評估準則的相對重要性，計算出有限個替選方案中最佳之決策方案。Hwang與Yoon提出替選方案的排序可由「距離正理想解最近且距離負理想解最遠」的方案為最佳方案。²⁵TOPSIS法普遍被用於評估與評選中，²⁶其分析步驟如下：

步驟一：建立正規化的評估矩陣，如公式(5)。

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^s X_{ij}^2}} \quad (5)$$

步驟二：建立正規化的權重矩陣 V ，將已知權重值總和為一的權重向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 乘上正規化後之評估矩陣，如(6)、(7)式。

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$V = [V_{ij}]_{m \times n}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

步驟三：決定正理想解 V^+ 與負理想解 V^- ，正理想解由所有評估準則之最佳值組成，負理想解則是由所有評估準則之最劣值組成，如(8)式。

$$\begin{aligned} \text{正理想解: } V^+ &= \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \\ \text{負理想解: } V^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \end{aligned} \quad (8)$$

步驟四：計算受評估樣本與正負理想解之距離，根據歐幾里得距離方程式計算樣本間的分離度關係，將各個評估樣本與每個評估準則之權重矩陣值與正、負理想解進行運算，則可得到每個評估樣本距離正理想解的分離度 S_i^+ 與負理想解之分離度 S_i^- ，如(9)式。

25 Hwang, C. L., & Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, (NY: 44: Springer-Verlag, 1981).

26 楊湘筑、戴劍鋒、彭克仲，〈應用Entropy權重法與TOPSIS於臺灣上市食品公司財務績效評估模式之研究〉《臺灣農學會報》(臺北)，第12卷第3期，民國100年6月，頁232-249。



$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_i^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (9)$$

步驟五：計算相對績效指標值，根據(9)式計算相對績效指標值(即 C_i 值)， C_i 值愈大表示越接近正理想解，亦表示與負理想解距離越遠，其計算式詳如(10)式。

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (10)$$

步驟六：排序，將各評估樣本之相對接近度 C_i 值大小作排序，則是各評估樣本經研究評估後所呈現的相對優劣次序。

三、基本想定與模型建構

以陸軍機步旅機步營二級廠主戰裝備X型履車為例，探討其關鍵備份件，關鍵備份件意指裝備缺其備份件，即造成裝備停用，本研究所探討之妥善率，只與目前研究所探討之備份件有關，其餘備份件不在本研究探討範圍內，假設單位X型履帶型車輛總數為4輛，每輛車其關鍵備份件配賦數為1個，時間週期以週為單位，假設初始存控策略為再訂購點 $s=0$ ，最大庫存量 $S=2$ ，當存貨等於或小於 s 存貨水準時，則立即申請補貨，並將存貨補充到 S 水準，此為缺貨待補(齊)模型，其狀態空間為 $\{2,1,0,-1,-2,-3\}$

，假設需求量機率分別為 $P_r\{\xi_n=1\}=0.05$ ， $P_r\{\xi_n=2\}=0.7$ ， $P_r\{\xi_n=3\}=0.2$ ， $P_r\{\xi_n=4\}=0.05$ 。移轉機率矩陣如(11)式。

$$P = \begin{bmatrix} \text{states} & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \\ 2 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ -1 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ -2 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ -3 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

利用數學軟體Mathcad 15²⁷運算求解，求解後可得：

$$\pi_2=0.00、\pi_1=0.05、\pi_0=0.67、\pi_{-1}=0.22、\pi_{-2}=0.06、\pi_{-3}=0.00$$

$$\text{平均缺貨機率：} 0.22 + 0.06 = 0.28$$

$$\text{平均缺貨數量：} 1 \times 0.22 + 2 \times 0.06 = 0.34 \text{個/週}$$

$$\text{平均存貨水準：} 1 \times 0.05 = 0.05 \text{個/週}$$

$$\text{平均妥善率} = 1 - \frac{\text{平均缺貨數量}}{\text{裝備總數}} = 1 - \frac{0.34}{4} = 91.50\%$$

上述 P 矩陣係假定供貨穩定之情況，故缺貨可以補齊，而缺貨待補意指當存貨等於或小於 s 時，必定(即機率為1)補貨至最大存量 S ；然現行補給實務，其供給數量具不確定性，故在供貨不穩定情況下，當存貨等於或小於 s 時，不確定是否能補貨至最大存量，此即為缺貨不補(齊)之模型。現假設供給機率為

27 MathCad 15是一種互動式的數值計算系統軟體，本究研之數學計算及矩陣運算等均以此軟體執行。



$P_r\{R=3\}=0.05$, $P_r\{R=2\}=0.2$, $P_r\{R=1\}=0.35$, $P_r\{R=0\}=0.4$, 其供給移轉機率矩陣 β 如(12)式, 需求移轉機率矩陣 P 如(13)式。

$$\beta = \begin{bmatrix} \text{states} & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.35 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0.05 & 0.2 & 0.35 & 0.4 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0.05 & 0.2 & 0.35 & 0.4 & 0 \\ -3 & 0 & 0 & 0.05 & 0.2 & 0.35 & 0.4 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$P = \begin{bmatrix} \text{states} & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \\ 2 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.25 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0.95 \\ -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

將供給移轉機率矩陣 β 乘以需求移轉機率矩陣 P , 形成一個新的存貨移轉機率矩陣 P' , 計算公式如(14)式, P' 如(15)式。

$$\beta \times P = P' \quad (14)$$

$$P' = \begin{bmatrix} \text{states} & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \\ 2 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0.05 & 0.7 & 0.2 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0.01 & 0.19 & 0.32 & 0.4 & 0.12 \\ -1 & 0 & 0.0025 & 0.045 & 0.1675 & 0.3075 & 0.4775 \\ -2 & 0 & 0.00 & 0.00 & 0.05 & 0.17 & 0.79 \\ -3 & 0 & 0 & 0 & 0.0025 & 0.045 & 0.9525 \end{bmatrix} \quad (15)$$

求解後可得：

$$\pi_2=0.00、\pi_1=0.00、\pi_0=0.00、\pi_{-1}=0.01、\pi_{-2}=0.05、\pi_{-3}=0.94$$



平均缺貨機率1.00、平均缺貨數量為2.93個/週、平均存貨水準為0.00個/週、平均妥善率為26.75%。

表二為缺貨待補及缺貨不補兩模式之比較表，其中缺貨不補模型較符合供應鏈實況，而缺貨待補模型會產生高估平均妥善率之情況。

依據上述變數和狀態之定義、基本想定之描述和計算過程，本研究將以缺貨不補模型為基礎，發展各類想定，並據以分析與比較各種不同存貨策略組合，以供補保決策者作為參考。

肆、實例討論與分析

本研究探討在備份件需求不確定之情況下，以戰時之存貨策略情形進行分析，本研究假設有三；其一為無論裝備損耗狀況如何，必定可修；其二為廠內具備修護能量，並可於每

週期末完成修護作業；其三為履車部頒妥善率為80%，並假設履車只有一個關鍵備份件；因此，本研究所求之平均妥善率亦就是該裝備平均妥善率。達到部頒妥善率之 (s, S) 方案為可行解方案；接著，以TOPSIS評選最適之方案。

一、案例討論

假設陸軍機械化步兵旅機步營二級廠其備料庫房再訂購點 $s=0$ ，最大庫存量 $S=4$ ，假設庫房料架空間為12個且以週為一個時間週期單位，而庫存量只要等於或低於再訂購點 s 時，即在線上提出備份件申請，假設戰時備份件需求數量期望值為10.75個/週，且其需求的數量分配如表三所示。本研究案例一及案例二皆探討供給及需求皆處不確定之模型，即供給方每次補給的量將依現有存量的多寡而有所不同。在此假設供給方所補給的數量形成一分配，以下將分別針對兩個不同供給情境之模型作探討。

表二 缺貨待補及缺貨不補比較表

供給方式	平均缺貨機率	平均缺貨數量	平均存貨水準	平均妥善率(%)
缺貨待補	0.28	0.34個/週	0.05個/週	91.50%
缺貨不補	1.00	2.93個/週	0.00個/週	26.75%

資料來源：本研究整理

表三 需求機率分布表

需求量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
需求機率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.70	0.20	0.05

資料來源：本研究整理



(一) 案例一：戰時供給不確定且供給方未受攻擊之情境

假設戰時供給方未遭受敵方攻擊，因此供給數量期望值較高，故此案例之供給機率分布假定如表四所示。

依計算結果得知長期平均缺貨機率为1.00，平均缺貨數量為6.81個/週、平均存貨水準為0.00個/週及平均妥善率43.25%，未達部頒妥善率80%，故以下針對三個提升妥善率之方案分別作探討。

1. 單獨提高再訂購點 s ：將再訂購點 s 分別提高至1、2、3，即存貨數量達1、2、

3時即展開訂購行動，計算結果如表五所示。結果顯示改變再訂購點 s 並無法有效降低缺貨數量進而提升妥善率，主要原因在於雖然到最後一缺貨就訂($s=3$)，但庫存量只能容納4個，故同樣來不及應付高需求。

2. 單獨提高最大庫存量 S ：由表六得知，最大庫存量 S 提高為5至9時，平均妥善率隨 S 提高而增加，原因係補給時補滿庫存量，而庫存量提高自然缺貨情況就減緩，進而妥善率即拉高；然當 $S=10$ 以上時，雖庫存空間更大，但

表四 案例一供給機率分布表

供給量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
供給機率	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.40

資料來源：本研究整理

表五 案例一提高再訂購點 s

再訂購點 s	1	2	3
平均缺貨機率	1.00	1.00	1.00
平均缺貨數量	6.81	6.81	6.80
平均存貨水準	0.00	0.00	0.00
平均妥善率(%)	43.25	43.25	43.33

資料來源：本研究整理

表六 案例一提高最大庫存量 S

最大庫存量 S	5	6	7	8	9	10	11	12
平均缺貨機率	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
平均缺貨數量	5.88	4.87	3.86	2.85	1.84	2.81	4.32	4.77
平均存貨水準	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均妥善率(%)	51.00	59.42	67.83	76.25	84.67	76.58	64.00	60.25

資料來源：本研究整理



補給量已無法跟上提升，即無法填滿庫存空間，故妥善率到最後仍拉不上來並逐漸降低。

3.同時改變 s 及 S ：第三個方法為同時改變 s 及 S 之值，計算結果如表七，符合部頒妥善率之 (s, S) 方案計有38個。

(二) 案例二：戰時供給不確定且供給方遭受攻擊之情境

假設戰時供給方遭受敵方攻擊，因此供給數量期望值較低，案例二供給機率分布表如表八所示。

計算結果得知，長期平均缺貨機率為1.00，平均缺貨數量為11.00個/週、平均存貨水準為0.00個/週及平均妥善率8.33%，未達部頒妥善率80%，以下針對三個提升妥善率之方法分別作探討。

1.單獨提高再訂購點 s ：若再訂購點 s 分別提高至1、2、3時即展開訂購行動，計算結果如表九所示。結果顯示雖改變再訂購點 s 可有效降低缺貨數量進而提升妥善率，但即使提高至一缺貨就訂（即 $s=3$ ），但同樣來不及應付戰

表七 案例一符合部頒妥善率80%之方案

(s, S)	平均妥善率	(s, S)	平均妥善率	(s, S)	平均妥善率	(s, S)	平均妥善率
(0, 9)	84.67%	(1, 10)	92.67%	(1, 11)	83.58%	(2, 12)	87.17%
(1, 9)	84.67%	(2, 10)	92.67%	(2, 11)	99.08%	(3, 12)	99.92%
(2, 9)	84.67%	(3, 10)	92.67%	(3, 11)	99.08%	(4, 12)	99.92%
(3, 9)	84.67%	(4, 10)	92.67%	(4, 11)	99.08%	(5, 12)	99.92%
(4, 9)	84.67%	(5, 10)	92.67%	(5, 11)	99.08%	(6, 12)	99.92%
(5, 9)	84.67%	(6, 10)	92.67%	(6, 11)	99.08%	(7, 12)	99.92%
(6, 9)	84.67%	(7, 10)	92.67%	(7, 11)	99.08%	(8, 12)	99.92%
(7, 9)	84.67%	(8, 10)	92.67%	(8, 11)	99.08%	(9, 12)	99.92%
(8, 9)	85.00%	(9, 10)	92.92%	(9, 11)	99.08%	(10, 12)	99.92%
				(10, 11)	99.25%	(11, 12)	100.00%
總計38個							

資料來源：本研究整理

表八 案例二供給機率分布表

供給量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
供給機率	0.60	0.20	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

資料來源：本研究整理



時高需求，妥善率雖有提升但仍未達部頒要求。

2.單獨提高最大庫存量S：因需求量遠大於供給數量，由表十得知，最大庫存量S提高，平均妥善率依然未有改善，無法有效提升妥善率。

3.同時改變s及S：第三個方法為同時改變s及S之值，計算結果如表十一，符合部頒妥善率之(s, S)方案計有6個。

二、分析結果

本研究以達部頒妥善率80%為可行解之門檻值，得案例一及案例二可行解個數分別為38及6個，本研究以P1~PN代表N個存貨策略方案，各方案所代表之(s, S)值如表十二及表十三所示。

由於上述各想定之可行解數量過多，本研究將藉由TOPSIS方法，以找出最適存貨策略。使用之評估準則有四：(1)再訂購點

表九 案例二提高再訂購點s

再訂購點s	1	2	3
平均缺貨機率	1.00	1.00	1.00
平均缺貨數量	10.00	9.00	8.00
平均存貨水準	0.00	0.00	0.00
平均妥善率(%)	16.67	25.00	33.33

資料來源：本研究整理

表十 案例二提高最大庫存量S

最大庫存量S	5	6	7	8	9	10	11	12
平均缺貨機率	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
平均缺貨數量	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
平均存貨水準	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均妥善率(%)	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33

資料來源：本研究整理

表十一 案例二符合部頒妥善率80%之方案

(s, S)	平均妥善率	(s, S)	平均妥善率	(s, S)	平均妥善率
(9, 10)	83.33%	(9, 11)	83.33%	(9, 12)	83.33%
		(10, 11)	91.67%	(10, 12)	91.67%
				(11, 12)	100.00%
總計6個					

資料來源：本研究整理



s ，此準則可作為訂貨時作業成本之代表， s 愈大，表示所需訂貨次數相對愈少，故作業成本愈低；(2) 最大庫存量 S ，代表的意義即為庫存空間之設置成本；(3) 平均存貨水準，其代表的意義即為備份件之存貨成本；(4) 平均妥善率。其中再訂購點 s 、最大庫存量 S 及平均存貨水準等三者皆為成本屬性，而平均妥善率屬效益屬性，故為求成本效益均衡，成本準則與效益準則之權重各為 $1/2$ ，故三個成本屬性準則均分後，每個

成本準則設為 $1/6$ 。

(一) 案例一：戰時供給不確定且供給方未受攻擊之情境

依據案例一符合部頒妥善率80%之結果，評選最適存貨策略方案，計有38個受評估方案及3個評估指標，存貨策略方案排序如表十四所示，P1為最適存貨策略方案，即再訂購點 $s=0$ 、最大庫存量 $S=9$ 時。

(二) 案例二：戰時供給不確定且供給方遭受攻擊之情境

表十二 案例一存貨策略方案

方案	(s, S)	方案	(s, S)	方案	(s, S)	方案	(s, S)
P1	(0, 9)	P10	(1, 10)	P19	(1, 11)	P29	(2, 12)
P2	(1, 9)	P11	(2, 10)	P20	(2, 11)	P30	(3, 12)
P3	(2, 9)	P12	(3, 10)	P21	(3, 11)	P31	(4, 12)
P4	(3, 9)	P13	(4, 10)	P22	(4, 11)	P32	(5, 12)
P5	(4, 9)	P14	(5, 10)	P23	(5, 11)	P33	(6, 12)
P6	(5, 9)	P15	(6, 10)	P24	(6, 11)	P34	(7, 12)
P7	(6, 9)	P16	(7, 10)	P25	(7, 11)	P35	(8, 12)
P8	(7, 9)	P17	(8, 10)	P26	(8, 11)	P36	(9, 12)
P9	(8, 9)	P18	(9, 10)	P27	(9, 11)	P37	(10, 12)
				P28	(10, 11)	P38	(11, 12)

資料來源：本研究整理

表十三 案例二存貨策略方案

方案	(s, S)	方案	(s, S)	方案	(s, S)
P1	(9, 10)	P2	(9, 11)	P4	(9, 12)
		P3	(10, 11)	P5	(10, 12)
				P6	(11, 12)

資料來源：本研究整理



表十四 案例一存貨策略方案排序結果

存貨策略方案	S^+	S^-	C_i	排序
P1	0.000	0.145	1.000	1
P2	0.009	0.140	0.940	2
P10	0.011	0.136	0.924	3
P3	0.018	0.134	0.882	4
P11	0.019	0.130	0.871	5
P19	0.021	0.127	0.859	6
P4	0.027	0.129	0.827	7
P12	0.028	0.125	0.818	8
P20	0.033	0.114	0.776	9
P5	0.036	0.124	0.775	10
P13	0.037	0.120	0.766	11
P21	0.038	0.108	0.737	12
P6	0.045	0.120	0.727	13
P14	0.045	0.115	0.717	14
P22	0.045	0.102	0.693	15
P7	0.054	0.116	0.683	16
P15	0.054	0.111	0.672	17
P23	0.053	0.097	0.648	18
P8	0.063	0.113	0.642	19
P16	0.063	0.108	0.631	20
P9	0.072	0.110	0.605	21
P24	0.060	0.092	0.603	22
P17	0.072	0.105	0.594	23
P29	0.069	0.090	0.566	24
P25	0.069	0.088	0.562	25
P18	0.081	0.103	0.560	26
P26	0.077	0.085	0.524	27
P27	0.085	0.082	0.491	28
P28	0.094	0.081	0.463	29
P30	0.110	0.072	0.395	30
P31	0.113	0.063	0.358	31
P32	0.116	0.054	0.317	32
P33	0.120	0.045	0.273	33
P34	0.124	0.036	0.225	34
P35	0.129	0.027	0.173	35
P36	0.134	0.018	0.118	36
P37	0.140	0.009	0.060	37
P38	0.145	0.000	0.000	38

資料來源：本研究整理



想定二計有6個受評估方案及3個評估指標，由表十五可知，P1為最適存貨策略方案，即 $(s, S) = (9, 10)$ 時，可以得到最適解。

伍、結論與建議

一、結論

本研究欲處理備份件需求及供給皆處不確定之情況，在此情境下，分析戰時不同供給量之情境。假設符合部頒妥善率80%為案例之可行解，本研究目的為找出最適存貨策略方案，將達部頒妥善率80%之可行解以TOPSIS方法評選最適方案，各案例最適方案比較如表十六。在不同決策準則下，會產生不

同之最適解，本研究以成本屬性間權重皆為1/3為例，所求之最適解為再訂購點 s 、最大庫存量 S 及平均存貨水準最小者，由此可知，隨著決策方向不同而決定最適解之走向。

總之，由於本研究動機為準確制定最適訂購量與再訂購點，而因實務上需求及供給常處於不確定性狀態，故供需不平衡或存貨數量過猶不及皆可能會影響裝備妥善率，而本研究最後以多準則決策TOPSIS方法找出了最適配之 (s, S) 值，並計算證明其可有效提高裝備妥善率。

二、管理意涵與研究建議

(一) 管理意涵

1. 過往供應鏈研究中在存量管理的實

表十五 案例二存貨策略方案排序結果

存貨策略方案	S^+	S^-	C_i	排序
P1	0.000	0.037	1.000	1
P2	0.012	0.031	0.718	2
P4	0.024	0.028	0.539	3
P3	0.018	0.018	0.500	4
P5	0.028	0.014	0.336	5
P6	0.037	0.000	0.000	6

資料來源：本研究整理

表十六 各案例最適方案比較表

想定	案例一	案例二
供給情境	供給量>需求量	供給量<需求量
(s, S) 最適方案	(0, 9)	(9, 10)
平均缺貨機率	0.96	1.00
平均缺貨數量	1.84	2.00
平均存貨水準	0.00	0.00
平均妥善率(%)	84.67	83.33

資料來源：本研究整理



務上，由於需求及供給皆具高度之不確定性，且過去研究亦鮮少探討如何同時處理供需雙方同具不確定性之情境，故後續軍方後勤單位可應用本研究處理備份件供需不確定性問題，並針對特定單位之現場實況及過去供需紀錄來修改需求及供給的機率分布，制定一套符合該單位之存貨策略，以供制定補給計畫時參考。

2. 本研究所建立之存貨模型，係以陸軍X型履車關鍵備份件為研究對象，當關鍵備份件不只一個時，可依據各裝備之現況不同而改善馬可夫鏈模型建構部分。
3. 從本研究各想定方案的研擬上可得知，若要改善備份件籌補情況，除可從改善作業層面著手（即縮短補貨週期 s ，但作業成本會提高）外，亦可從存儲設施著手（即擴大存儲空間 s ，但存貨成本及硬體成本會增加），但最好兩方面同時著手，其改善效果最佳亦最有效率。

（二）研究建議

1. 本研究各想定之供需機率分配參數係根據各種不同情境而設定，相關參數後續之更新均須長期部隊資料支撐，故建議國軍各單位針對關鍵武器裝備撥補及損耗情況，應建立長期統計資料，以供後續處理存貨問

題參酌。

2. 本研究以機械化步兵營二級廠為研究對象，因此，在本研究中未將備份件補貨前置時間、上級採購成本及缺貨成本納入考量，後續建議如將本研究所建立之存貨模型運用於一般倉儲管理，可計算其因缺貨所產生之單位時間的經濟損失。
3. 由於本研究係假設存貨數量具馬可夫性質而進行各存貨策略之優劣比較，屬規劃性質之研究，尚未進行實例驗證，故建議後續研究可再找後勤單位進行實例驗證，以求確認方法模式之有效可行。

作者簡介

張珈進上校，中正理工學院航空工程學系87年班、國立中央大學管理學博士；曾任修護官、管制官、教官；現任國防大學資源管理及決策研究所專任副教授。

作者簡介

吳昭欣上尉，專業軍官班102年班，國防大學資源管理及決策研究所107年班，曾任排長、兵工官、廠長，現任職陸軍後勤指揮部兵工官。