

後勤科普—— 後勤工程、後勤管理與後勤支援

作者/游玉堂

提要

- 一、本文從武器系統全壽命週期探討後勤工程、後勤管理和後勤支援的關係，再完整介紹後勤內涵，讓國軍「造兵後勤」和「用兵後勤」的官兵們從源頭「後勤工程」開始，深入學習完整的後勤。
- 二、在武器系統壽命週期中，後勤工程應在早期需求定義階段便設計植入(Built-in)系統，從進入關鍵技術至工程發展階段逐漸發展成熟，再加上人因工程、風險、零件標準化、可生產性等，運用後勤管理方法（完成整體後勤支援計畫），將武器系統後勤工程設計特性，藉由執行後勤支援與運作經驗回饋，使武器系統效能達成後勤工程設計的最高效能。
- 三、作者期望透過後勤科普，用很淺顯易懂的觀念，推廣後勤工程，讓作戰軍官勇於接觸後勤，會管理和運用後勤；促使後勤軍官能結合作戰做一個聰明的需求者，包含會提出武器系統後勤需求，瞭解建案時如何訂定各項後勤參數，並透過與工程師溝通規劃武器之維修、壽命與成本，以及在武器部署後隨著科技進步，透過可靠度成長持續提升功（性）能，滿足未不斷增加的作戰需求。

關鍵詞：後勤工程、後勤管理、後勤支援、可靠度、維護度、可用度

圖片來源：青年日報



壹、前言

從人類有戰爭便伴隨後勤問題，最早的有關後勤的記載是孫子兵法第作戰篇：孫子曰「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」。兵聖孫武明白揭示糧草對大軍作戰的必要性，也指出戰爭是大規模的運輸和龐大的資源消耗戰。

孫武身處於冷兵器時代，著重大軍未至，糧草先行，此時武器要維修，士兵、戰馬需要補給，攻城需要器械，重點在軍需是否滿足作戰需要。隨著唐末火藥技術的發明，戰爭逐漸進入熱兵器時代，武器技術逐漸提升戰場上將士殺敵效率。不過，武器仍然需要維修、火器需要火藥，士兵、戰馬需要補給，科技讓作戰更有效率，卻讓後勤變複雜。現代戰爭已經由機器取代獸力，不過士兵需要補給，車輛需要油料，武器需要精準彈藥，情報、資訊需要傳輸。於是，後勤不再只是糧草軍需，複雜的後勤必需用後勤管理手段將武器發揮最大效能，同時又適時、適質、適量滿足作戰部隊需求，發展出「造兵後勤」「用兵後勤」兩類，其方法

理論又可歸納為「後勤工程」、「後勤管理」及「後勤支援」，合稱為「整體後勤支援」。

然而，隨著後勤組織變革國軍後勤專業單位裁撤，完整的後勤知識與方法逐漸被遺忘，後勤準則教範偏重於用兵後勤中部分的後勤管理和後勤支援實務，後勤幹部在現今後勤體制中學習後勤，常知其然而不知所以然。因此，作者將以後勤科班出身，鑽研後勤理論、管理研發造兵及部隊用兵後勤逾30年的經驗，從後勤的完整知識體系轉化為後勤科普，讓國軍負責「造兵後勤」和「用兵後勤」的官兵們有機會從源頭「後勤工程」開始，深入學習完整的後勤。

貳、後勤簡介

一、後勤定義

依據《國軍後勤要綱》，¹ 後勤定義為：運用「資源能量與支援手段」，以建立與增進軍隊生存及戰鬥持續力，並支持戰爭達成目標之科學與藝術。後勤包含「後勤工程」、「後勤管理」及「後勤支援」三部分，在發展武器系統時，以設計、分析、優化、評估、確認與執行管制等方法，將最適之成本效益設計植入

1 國軍後勤要綱(國防部)，民國104年11月19日，頁1-17。

武器系統，使武器系統在成本效益前提下，發揮全壽期應有之效能(如圖一)。

二、後勤的重要性

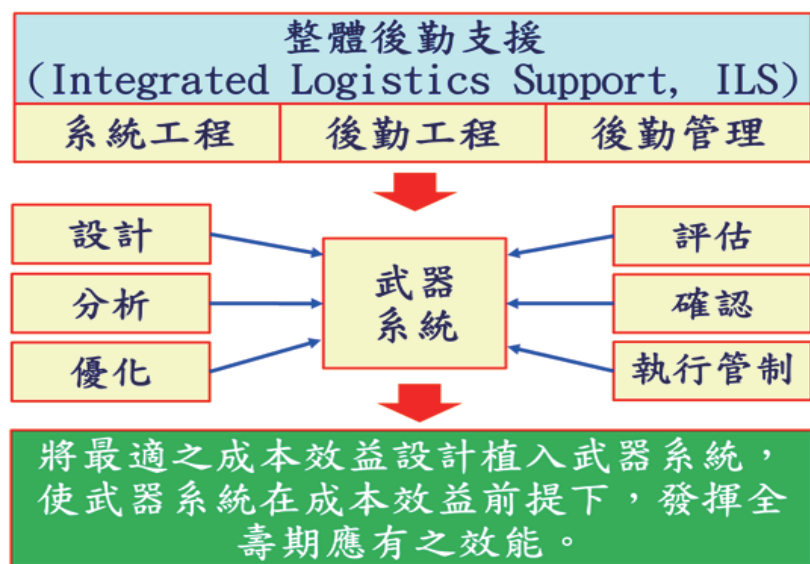
漢代一名士兵的口糧是每天3斤不脫殼的主食。不計算蔬菜、肉類和戰馬所需飼料，20萬人大軍每天就要消耗300噸糧食。因此，攻擊脆弱鈍重的糧道將造成敵方軍心不穩，不論攻、守都將無以為繼，這就是為什麼古代戰爭首先要攻擊糧道的原因。歷史上三國時代曹操是專門截斷別人糧道的專家；著名的孔明六出祁山，總是因糧草耗盡而功敗垂成；明朝土木堡之變因數十萬大軍糧草消耗及輜重拖累大軍機動遭到瓦剌突襲，致明皇朱

祁鎮兵敗被俘。

2022年2月24日俄羅斯挾世界第二的軍力優勢入侵烏克蘭，俄羅斯認為應可迅速攻佔基輔，達成烏克蘭去軍事化目標。然而，俄軍錯估形勢，在沒有充分後勤準備下倉促入侵，結果因為戰、甲車等武器裝備沒有後續補給，只能大排長龍停在路邊等待補給支援，無法發揮後續戰力，甚至成為無人機攻擊的活靶。2022年3月25日俄羅斯被迫宣布已完成首階段行動任務，收攏兵力集中攻擊烏東地區，自此陷入看不到盡頭的長期消耗戰。²

從古代的糧草到現代戰爭的油、

糧、彈，戰爭一再驗證後勤的重要性。尤其是最近的俄烏戰爭，更清楚證明高科技戰爭雖然能遠距精準打擊，創造戰爭初期的威懾和戰場優勢，但是如果沒有後續油料、糧食和彈藥補給，高科技武器裝備和人員也無法發揮後續戰力，支持達成戰勝敵人的目的。



圖一 整體後勤支援概念圖

資料來源：本研究繪製

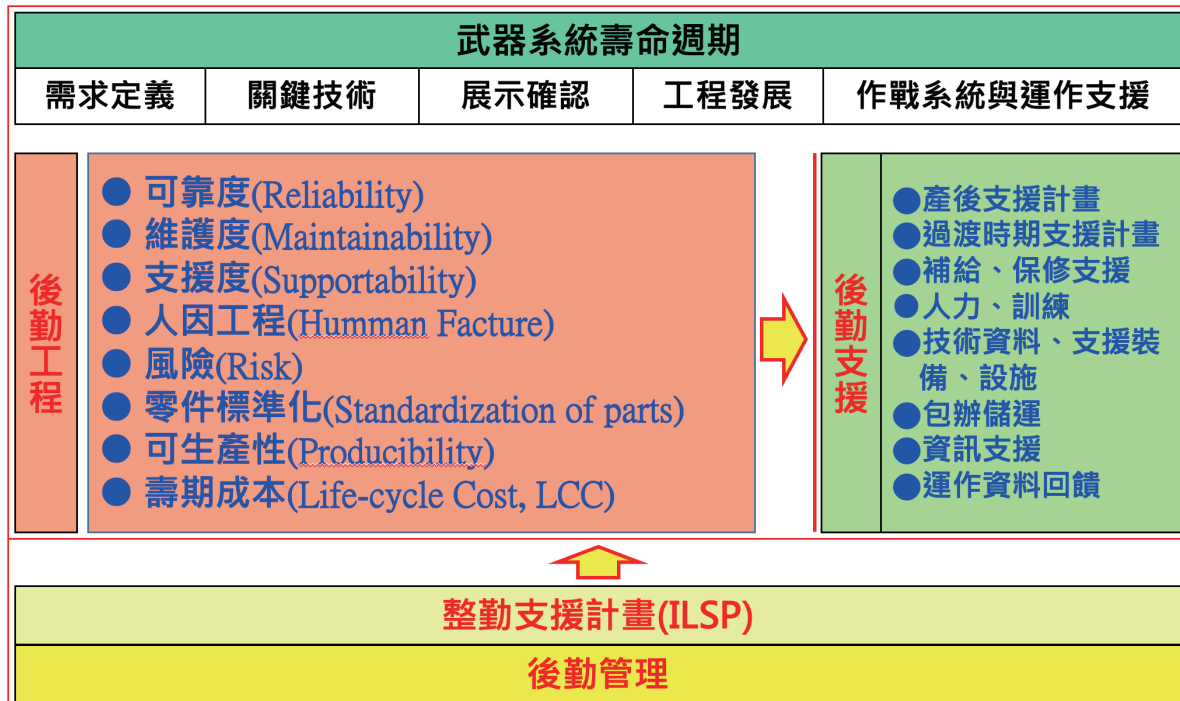
2 游玉堂，從俄烏戰爭看科技對戰爭的影響，青年日報，民國113年5月18日。

參、後勤的內涵

一、整體後勤支援

隨著科技進步，後勤不斷因為支援效益逐漸演進為成為完整的後勤方法論，主要包含「後勤工程」、「後勤管理」及「後勤支援」。其中，「後勤工程」為武器系統後勤設計的根源，後勤工程設計藉由「後勤管理」的方法執行規劃、組織、領導和控制，最後依整體後勤支援計畫(Integrated Logistic Support Plan)執行後勤支援，使後勤支援儘可能達成後勤工程所設計的目標。

圖二為後勤工程、後勤管理和後勤支援關係圖。在武器系統壽命週期中，（圖左方）後勤工程在需求定義階段便開始植入(Built-in)，早期設計可靠度、維護度、支援度及壽期成本，從進入關鍵技術至工程發展階段逐漸發展成熟，再加上人因工程、風險、零件標準化、可生產性等理論，運用（圖下方）後勤管理方法（完成整體後勤支援計畫），將武器系統後勤工程設計特性，在作戰系統與運作支援階段，藉由執行（圖右方）後勤支援與運作經驗回饋，使武器系統效能達成後勤工程設計的最高效能。



圖二 後勤工程、後勤管理和後勤支援關係圖

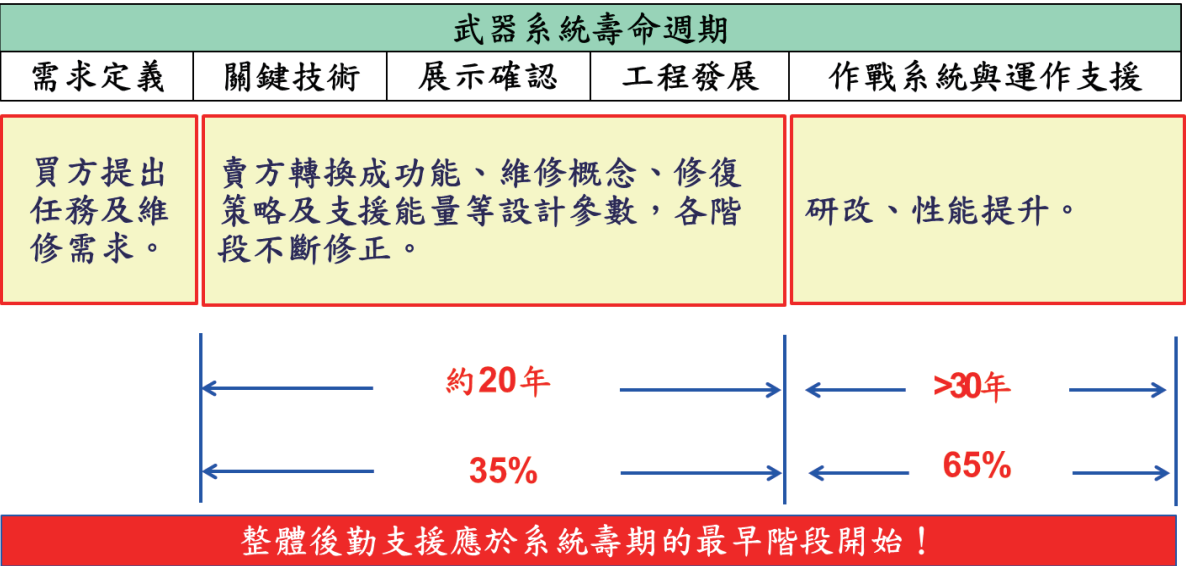
資料來源：本研究繪製

何時開始整體後勤支援？依據先進國家發展經驗，武器系統研發獲得期程大約20年，壽期大約30年，武器獲得成本大約佔全壽期成本35%，而運作支援成本大約佔全壽期成本65%（如圖三）。換言之，在研發獲得階段若沒有考慮未來30年的維持成本，將造成維持成本無法負擔的後遺症。因此，陸軍為用兵後勤的客戶，必須清楚需要什麼武器系統，並在需求定義的最早階段與研發機構洽談時，便要將後勤需求（包含可靠度、維護度和全壽期成本等因素）納入研發概念，由系統工程師召集系統工程整合會議，納入設計的取舍(Trade-off)，將後勤需求設計植入(Built-in)武器系統，決定武器

系統未來可負擔的全壽期成本，再藉由後勤管理手段，優化後勤支援效能，達成後勤工程設計的目標。

二、後勤工程

近年來，歐美先進國家因應高科技戰爭不斷發展先進武器系統，而面臨系統的複雜性和成本一直增加的難題。隨著科技進步，武器系統導入新技術以應對新的功（性）能需求，客戶不斷要求減少交付新系統的時間，縮短系統維修時間，降低維持成本，並延長已部署運作系統的壽命，這些都是後勤工程面臨的挑戰。對於許多系統來說，設計和開發、生產建造、資本設備的初始採購和安裝等成本顯而易見。然而，在作戰環境中使



圖三 整體後勤支援啟動時機

資料來源：本研究繪製

用、維護和支援相關的成本則如同冰山隱藏在水下的部分(如圖四)。³ 特別是系統研改卻沒有先考慮下游後勤成本時，對後勤支援將產生嚴重的影響。因此，後勤的源頭是後勤工程，它在研發初期便已決定大部分全壽期成本。

(一) 使用者如何提出需求？

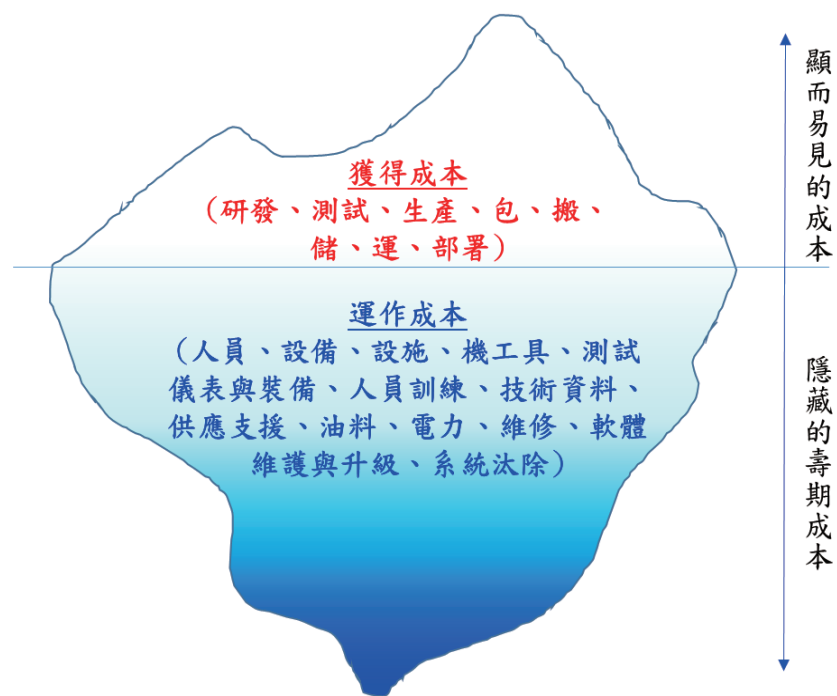
1. 首先考慮作戰任務是什麼？想解決什麼問題或威脅？其次，考慮是「想要」還是任務真實的「需要」(與成本直接相關)；第三，將確定的需求概念與工程師研討，將需求轉化為概念設計；第四，參與研發與測試評估，修改不滿意的設計，確保武器系統滿足作戰任務需求；最後，在武器系統部署服役階段將使用意見回饋研發機構，結合新科技研改，使武器系統提升為成熟的作戰系統。

2. 以偵蒐車為例，研

發需求包含功(性)能(如偵蒐能力、火力、機動性、指通力、防護力、大小、高度與外型、外觀線條與美觀設計、操作方便性、乘座舒適性、空調、燈光及人因工程等)、成本、維保便利、測試評估方式等。

(二) 後勤工程如何執行？

1. 需求初始定義(例如：你需要什麼系統？想解決什麼問題，系統基本功、性能需求如何？)。
2. 制定標準，包含全系統、次系統、模



圖四 武器系統發展所隱藏的成本

資料來源：本研究繪製

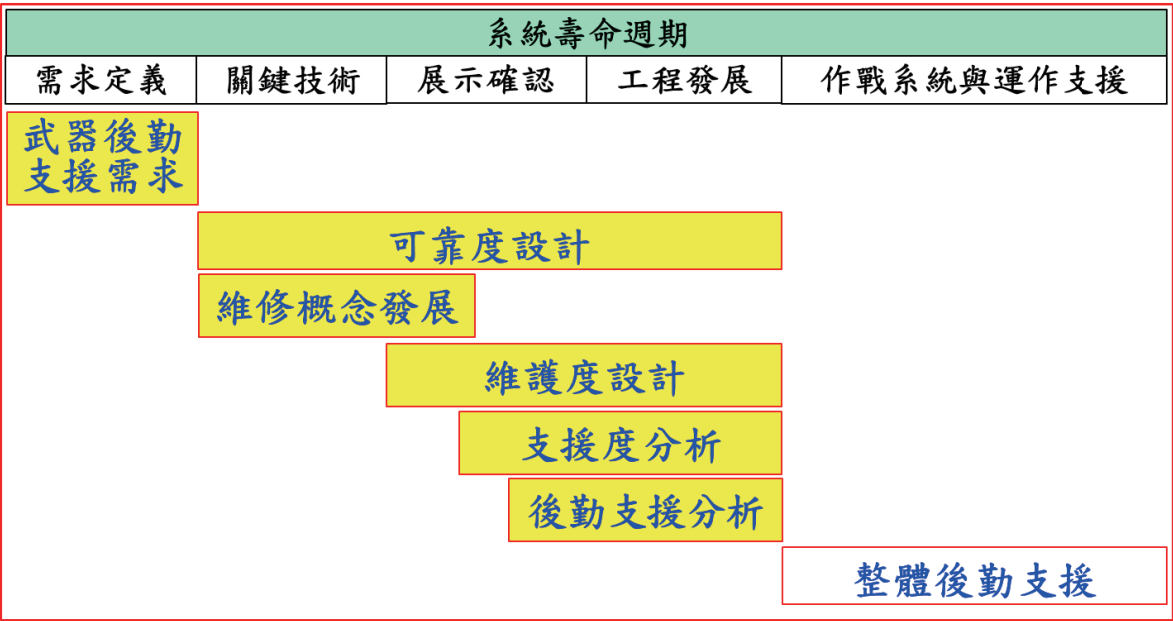
3 Benjamin s. Blanchard, Logistic Engineering and Management, sixth Edition, Pearson, 8 September, 2003, p.25.

組至元件及系統運作支援設備、設施的細部規格。

3. 設計系統可靠度(Reliability)及維護度，透過完成權衡分析(trade-off)、設計優化和設計評審，持續評估取舍設計構型（系統滿足顧客功、性能需求及可支援性相關的設計取舍整合任務）。
4. 根據設計構型確定維修支援及資源需求（即人員數量和技能水準、備份件和維修零件、測試和支援設備、設施、運輸數據和資訊資源）。
5. 持續改進系統整體後勤支援，透過測量、評估和強化建議，提升武器系統之可用度。

（三）全壽期後勤工程

後勤工程在武器系統壽命週期中各階段重要工作包含可靠度、維護度、支援度及後勤支援分析。首先，在需求定義階段要將武器後勤支援需求與研發人員充分溝通，讓研發人員能將需求轉化為設計概念；其次，在關鍵技術發展開始要進行可靠度設計，透過測評不斷修正，直至通過工程發展測評；第三，武器系統維修概念始於關鍵技術發展，至展示確認階段目標為產出原型，要開始執行維護度設計及支援度分析，直至通過工程發展測評（如圖五）。武器系統全壽期各階段重要工作概念如下：



圖五 武器系統壽命週期中後勤工程重要工作示意圖

資料來源：本研究繪製

1. 可靠度(Reliability)

可靠度為「在特定的運作環境與特定操作條件下，系統在一定時間內能正常發揮功能而不失效的機率」，⁴ 可靠度包含運作環境與操作條件、時間、功能和機率4個要件，說明如表一：

在確定系統支援需求時，維護頻率便成為重要參數。維護頻率取決於該系統的可靠度。一般而言，隨著系統可靠度提高，維護頻率會降低，反之，隨著系統可靠度的降低，維護頻率會增加，不可靠的系統通常需要大量維護。對於可靠度的需求不是越高越好，應考慮是「想要」還是任務「需要」高可靠度，必須在獲得成本和後續維持成本取捨，可靠度一般用於研發設計，理論涉及複雜的微積分，本文暫不討論，對用兵後勤端而言只需瞭解上述概念，並提出可靠度需求。

2. 維護度 (Maintainability)

指在規定條件下使用的產品發生故障後，在規定時間內，按照規定的程序和方法進行維修時，保持或恢復到能完成規定功能狀態的機率。維護度是對武器的維護能力，包括為恢復武器或將其保持在有效操作狀態而採取的一系列行動。簡單說，維護度是易於維修的程度，好的維護度設計可減少維修頻次、複雜度、人力、時間和成本。

使用單位提出武器裝備維修需求不外乎「不需常常修、好修、維修時間短和維修成本低等等」，因此，提出維修需求之前必須先瞭解常用的維修類型。維修類型一般區分為主動維修（失效前）和被動維修（失效後）（如圖六）：

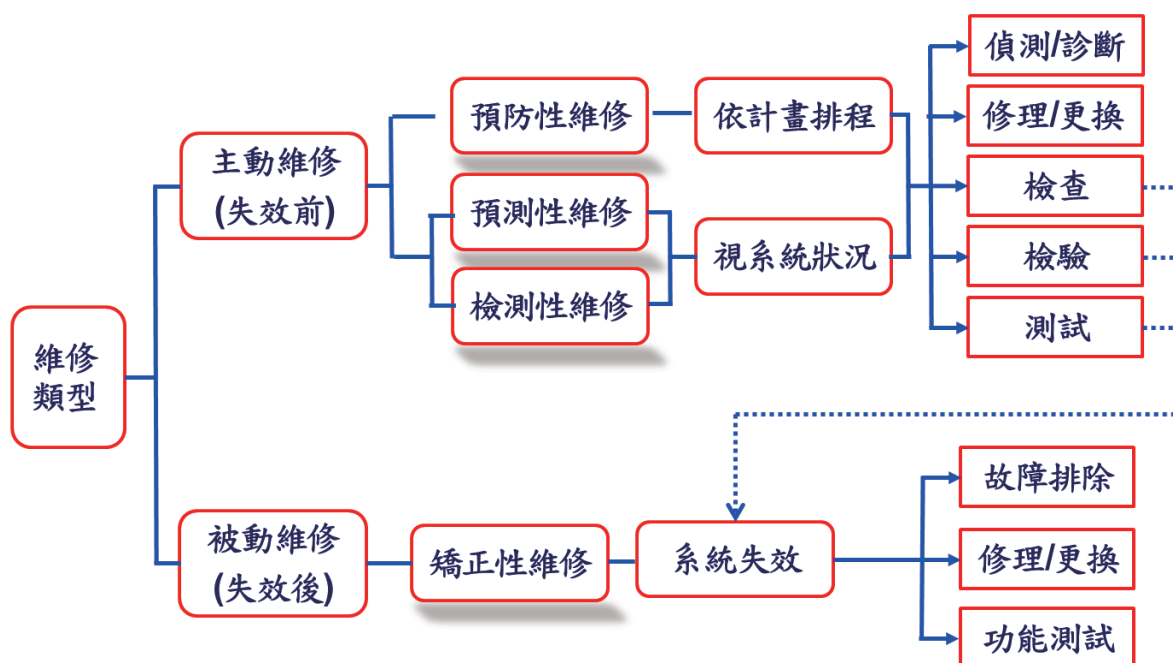
- (1) 主動維修：包含預防性維修、監測性維修、和檢測性維修，預防性維修按照計劃排程執行維修；監測性維修和檢測性維修，在感知器感知或檢測時

表一 可靠度4要件說明表

條件	說明
運作環境與運作條件	操作環境、維護計畫、使用方式、儲放、運送等。
一定時間	依照產品特性用時間、週期、哩程來表示。
功能正常不失效	一台泵浦最少要能在20公尺揚程輸出20公升/分鐘。
機率	流控開關的可靠度為0.9995，表示在一段時間內流控開關能正常運作機率是99.95%。

資料來源：本研究繪製

4 同註3，p.33。



圖六 武器系統維修類型

資料來源：本研究繪製

發現系統失效主動進行維修。

- (2) 被動維修，也就是矯正性維修，在系統失效時才執行修護。

主動維修一般在武器系統故障發生前進行維修，避免系統在執行任務過程中失效造成人員傷損，但主動維修的維修成本比較高，一般用在航空器或是高安全需求高的武器系統上；被動維修則在系統壞了才修，一般用在安全風險較低的系統上，成本相對低。

3. 可用度 (Availability)

可用度指系統（或產品）隨時能使用

的機率，是貼近實務的可靠度表達方式。

可用度可區分為固有可用度、獲得可用度和運作可用度，需求單位依不同用途提出可用度需求，可用度用途比較如表二。

- (1) 固有可用度(A_i)⁵：當系統僅考慮矯正性維修的理想支援環境，能在特定時間，系統可正常運作的機率，稱為固有可用度。其中MTBF為平均失效間隔，MTTR為平均維修時間。 A_i 用於研發機構估算理想可用度，部署之後可能因環境因素而「水土不

5 同註3，p.72。

表二 可用度用途比較表

類別	差異	用途
固有可用度(Ai)	僅考慮矯正性維修	用於系統初始理想設計
獲得可用度(Aa)	考慮矯正性維修和預防性維修	用於初次研發
運作可用度(Ao)	平均維修停機時間(包含有效維修及行政延遲與後勤延遲等無效時間)	用於有運作經驗的新構型

資料來源：本研究繪製

服」，故建案或使用單位不適用。

$$Ai = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

(2) 獲得可用度(Aa)⁶：當系統考慮矯正性維修和預防性維修的理想環境，能滿足在特定時間，系統可正常運作的機率，稱為獲得可用度，其中MTBM為平均維修時隔，M為平均有效維修時間（預防性維修+矯正性維修）。當武器系統初次研發時，建案或使用單位只能選擇還沒有消耗經驗的獲得可用度(Aa)。

$$Aa = \frac{MTBM}{MTBM + M}$$

建案要如何要求獲得可用度？例如：有一系統平均維修時隔MTBM為960小時，平均有效維修時間M為12小時，依上式計算獲得可用度Aa為98.8%。Aa到底該訂多少？98.8%是否足夠？是不是越

高越好？其實還是要回歸任務需求，因高獲得可用度伴隨高獲得成本，讀者可評估你要的系統是否容許每960小時維修一次？每次停機12小時？如果不能滿足任務需求，則必需要求研發人員修改系統的可靠度配置，縮短停機時間（比較有效率）或平均維修時隔。

(3) 運作可用度(Ao)⁷：當系統在實際運作環境及指定條件下，能滿足在特定時間，系統可正常運作的機率，稱為運作可用度，其中MTBM為平均維修時隔，MDT為平均維修停機時間(包含有效維修及行政延遲與後勤延遲時間)。當武器系統已部署取得使用經驗，再採購或採購升級版時，建案或使用單位應選擇有消耗經驗的運作可用度(Ao)，可避免系統獲得後在作戰環境中「水土不服」。

$$Ao = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

6 同註3, p.73。

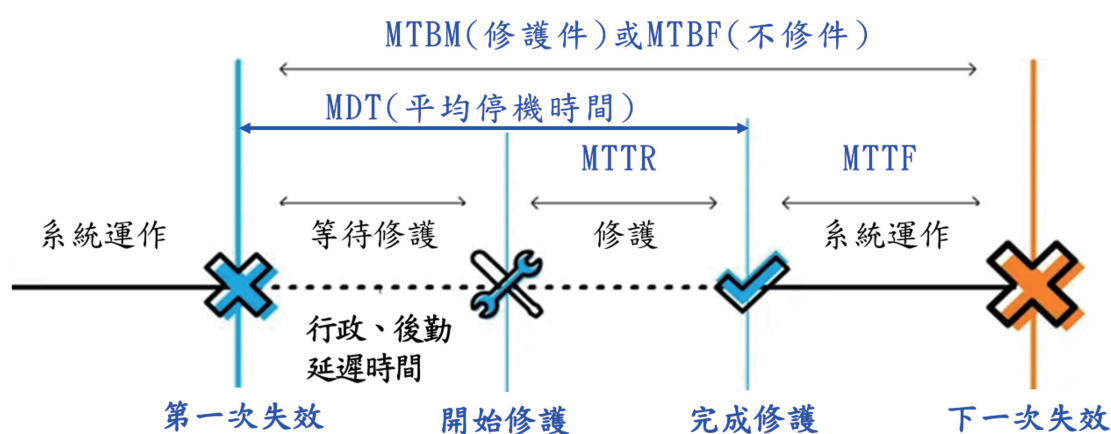
7 同註6。

建案要如何要求運作可用度？例如：有一系統平均維修時隔MTBM為990小時，平均有效維修時間MDT為24小時，依上式計算獲得可用度Aa為97.6%。Aa到底該訂多少？97.6%是否足夠？是不是越高越好？其實還是要回歸任務需求，因為高運作可用度伴隨高獲得成本，讀者可評估你要的系統是否容許每990小時維修一次？每次停機24小時？如果不能滿足任務需求，則必需要求研發人員修改可靠度配置，縮短停機時間（比較有效率）或平均維修時隔。如果系統用不壞，則全壽期成本很低，也可考慮高運作可用度，因為一般後續維持成本佔全壽期成本65%，高運作可用度代表低維持成本，是不錯的選擇。

4.需求單位應該懂的重要觀念

(1) 可用度常見參數：圖七為系統第一次失效到第二次失效各種參數之比較，說明如下：

- MTBM (Mean Time Between Maintenance)：可修護件從第一次失效修護到第二次失效修護之平均維修時隔。
- MTBF (Mean Time Between Failure)：不可修件第一次失效到第二次失效之平均故障時隔。
- MDT (Mean Down Time)：從系統第一次失效到完成修護的期間為平均停機時間，其中包含等待維修的後勤延遲時間（如待料或運補時間）和行政延遲時間（如行政或人員延遲時間）及系統平均修護時間。
- MTTR (Mean Time to Repair)：平



圖七 可用度各種參數比較

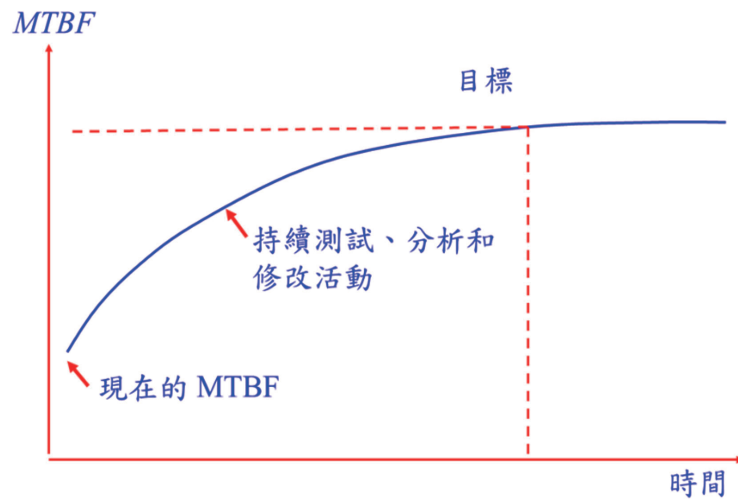
資料來源：本研究繪製

均修護時間。

- (2) MTBF不是可靠度：後勤工程實務上，平均故障時隔MTBF（或可維修件的平均維修時隔MTBM）常在建案文件中被誤認為可靠度，從上面Ai的公式可看出，MTBF只是固有可用度的一個參數，並不是可靠度。
- (3) 系統可靠度至少應大於任務可靠度：任務可靠度指在一段任務時間內，一定運作環境中，系統能正常運作不失效的機率。任務可靠度與可靠度很接近，不過任務可靠度特別用在「一段時間」不能失效。例如：戰機在空中執行作戰任務4小時，則在這4小時內戰機完全不能失效。
- (4) 可靠度或可用度訂門檻值合理嗎？武器系統開發進入展示確認階段，維修概念透過成本與功性能等諸多因素取捨，進一步設計植入系統中，訂定明確的可靠度或可用度數值做為是否通過測試評估的標準，此時如果研發機構同時提出訂定門檻值，勢必低於可靠度或可用度標準。因此，建案單位應嚴格把關。
- (5) 可靠度如何成長？我

國囿於武器系統研發能力，必須考慮「先求有，再求好」的螺旋式發展。研發機構在武器系統通過作戰測評（IOT&E）時，技術備便水準（Technology Readiness Level, TRL）賦予8。武器系統部署之後，需求單位應要求研發機構依研發階段可靠度成長計畫共同執行可靠度成長，不斷測試、分析和修改工程設計，讓系統在通過後續作戰測評（Follow on Test, FOT）後成為TRL=9的成熟作戰系統（如圖八）。

特別提醒需求或建案單位，可靠度成長不可能在沒有任何工程修改的情形下，僅透過增加實驗或測評次數達成目標。需求單位必須把使用經驗回饋研發機構，促使研發機構採用可靠度重新配置、複式配置或依科技發展更



圖八 可靠度成長概念圖

資料來源：本研究繪製

換高可靠度零組件等方式提升系統可靠度。

- (6) 如何訂定維修策略與層級？維修策略可區分為軍維、商維及軍商併維，不論採取那一種策略，目的都是要降低成本及滿足作戰需求。然而，全商維可能在戰時修能無法滿足，軍商併維也必須考量那些項目要留在野戰段，才能在戰時適時前支修復。因此，武器系統獲得必須對系統維修層級進行分析評估來決定維修策略，並檢討那些項目必須留在軍維。

維修階層分析 (Level-of-repair analysis, LORA) 是美軍所發展的評估方法，可針對全系統或分系統檢討技術資料、技術難易、工具設備、測試儀器設備、料件供應、運輸距離修復時間及成本等條件進行分析，確定最適當維修時間與成本的維修層級，原則以越貼近作戰越有利。表三是維修階層

分析範例，總成1、總成3及模組1在野戰及基地可行，總成1直接更換丟棄成本較低，故選擇野戰更換；總成2在野戰無法執行，選擇以基地維修較有利；模組2雖然基地修護成本較低，但是運輸距離及修復時間長，故選擇野戰修護。維修階層分析可依需求增減評估項目，只要能選出最適當維修時間與成本的維修層級，納入維修規劃即可。

- (7) 武器系統部署必須考慮支援度：系統支援度設計為需求轉化為系統後勤工程設計重要因子，使系統在操作及維持階段能發揮後勤維持效能。因此，需求單位要考慮獲得武器裝備的後續支援，主要考量如下：

1. 通用性：盡可能採用商用件或多商源零組件，避免因特殊規格或專利造成後續供應支援之難度與成本增加，也可避免消失性商源。

表三 維修階層分析範例

評估準則	技術資料		技術		工具設備		測試設備		料件供應		運輸距離		修復時間		野戰修護成本	基地修護成本	失效丟棄成本	維修決策
	野	基	野	基	野	基	野	基	野	基	野	基	野	基				
總成1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	36,750	35,250	30,875	野戰更換
總成2	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	-	✓	-	-		28,375	95,380	基地修護
總成3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6,480	8,100	45,230	野戰修護
模組1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3,300	4,050	128,250	野戰修護
模組2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	6,750	5,750	18,520	野戰修護
全系統	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	81,525	318,255	基地修護

資料來源：本研究繪製

2. 模組化：可在戰場環境中（單位段或野戰段）抽換故障件，縮短維修時間。
3. 標準化：包括系統組件和零件、測試支援裝備之規格標準化，以利保修單位在有限時間的戰場上迅速更換或併修（即互換性佳），避免無法安裝或組合公差造成無法修復。
4. 技術成熟度：除前面所提到的維修階層分析，確認最適維修階層，接續考量在此階層的技術是否適當，才容易訓練技工熟練維修技能；特別需要注意的是平時基於成本要訓練維修至最小單元的技術，戰時技術成熟度置重點於敵情威脅下有限時間完成的戰場搶修可行性。
5. 易於支援：基於俄烏戰爭的經驗，後勤支援必須考慮在敵情威脅下維修支援容易程度及零組件是否易於補給。

三、後勤管理

後勤管理是整合後勤工程至後勤支援的管理方法，包括組織規劃、計畫管理、構型管理、成本管理、後勤資訊管理及技術資料管理。使後勤工程設計階段先期完成的後勤支援及後勤資訊，使產品發揮功（性）能及壽命，不增加維持成本，提升產品競爭力。

（一）組織規劃

武器系統壽期中必須規劃適當的維修組織，整合單位整合民間供應商，運用可使用資源，透過必要決策及溝通與組織分工，使後勤支援的目標能在規劃的成本和效益來完成。

（二）計畫管理

針對後勤工程設計所規劃之「整體後勤支援計畫」，於系統全壽命週期之各階段中，依期程、查核點及里程碑管制與執行整體後勤支援工作，使後勤支援達成原規劃之效益。

（三）構型管理

任何武器系統從設計發展、生產部署至部署服役期間之技術、工作經驗、品質規格、後勤需求、設計精進、組合測試及實際運作結果等，都必須長年累積與建立完整而精簡的構型文件，此文件之登錄、累積、處理、更新及提報等構型管理。武器系統開發難免會因為需求的改變或提昇品質、降低成本、解決設計與生產瓶頸等問題，必須進行工程變更，此時構型管理就可提供管控工程改變的各項資訊，有效的降低產品開發的變動風險。

（四）成本管理

武器系統獲得計畫建案前，須蒐整同類型武器裝備壽期成本資料，以進行

新興武器系統壽期成本分析、評估，並於服役階段持續進行消耗經驗與支援成本之分析，並將投入資源與妥善率比較分析，以維持合理的支援效率與成本。

（五）後勤資訊管理

資訊科技是後勤支援能得到迅速發展的重要助力，武器開發過程中的資料蒐集、紀錄、整理分析等功能，以及部署後客戶使用維修資訊，就構成後勤資訊管理的主要核心工作。用兵後勤端應該關注的是料件的撥發與消耗經驗的統計分析，使需求單位至高層都能在透明的資訊下執行後勤支援，不僅可減少人力與時間，也可更精確分析、預判及有效管理。

（六）技術資料管理

技術資料（包含技令和規格藍圖）是建立後續支援能量的重要文件，技術資料管理可提供後勤支援料件採購、維修、問題分析和後續研改良好的平臺。技術資料必須隨產業技術不斷修訂，避免零件功（性）能老舊，越買越貴或成為消失性商源。

四、後勤支援

（一）後勤支援之內涵

後勤支援為經濟、有效支援系統維

持正常運作的整合性考量、規劃與執行作為。換言之，後勤支援是將後勤工程設計用後勤管理產出的結果實現後勤工程設計與後勤管理所規劃的成本效益。後勤支援包含維修規劃、供應補給、操作訓練、測試裝備、包搬儲運、設施規劃、技術資料、資訊支援等：

1. 維修規劃：遵循維護度工程設計的方向與結果，並結合已成熟的維修概念，於研發完成前或產製初期進行最後確認及修訂工作。維修規劃依據後勤工程所規劃之維修層級，進一步完成各維修階層工時分配、各維修階層預期需用資源及定期與不定期維修工作。
2. 供應補給：供應補給目標為適時、適地、適質、適量提供維修所需零件、備品及耗材，以確保武器裝備維持正常運作。能否執行保修恢復裝備妥善的關鍵通常不在於保修能力，主因大多是補給是否獲料。因此，補給作業是支持保修的關鍵因素，工作內容包含：⁸
 - （1）軍種與供應商的介面，決定初期所需的零件、備品及耗材數量。
 - （2）D、I、O階層所需的零件。

8 李順德，《整體後勤支援原理與應用》（出版地：華泰書局，1997年1月），頁109。

- (3) 備品及耗材之補充與儲存。
- 3. 操作訓練：指系統維修工作所需各種專業技術維修人員及供應支援管理人員之訓練。系統工程師依據後勤工程師所提維修及支援特性和人力需求，完成系統工程設計取捨與整合。
- 4. 設施規劃：⁹ 對維修所需設施的規劃、設計和建造，包括界定設施型態、設施修建及對位置、空間、環境及附屬裝備需求所進行的各種規劃。
- 5. 測試裝備：支援武器裝備安裝、測試、操作與維修等工作所需的裝備，包括規劃支援、測試裝備需求與其運作所需的後勤支援。
- 6. 包搬儲運：為確保軍品能安全與完整送達的必要行動。工程師依據其特性、安全要求與包搬儲運專業人員參考其他整體後勤支援整合性考量，提出步驟、方法及資源需求等建議。
- 7. 技術資料：用以建立研究發展、試驗及其他工程檔案，用於界定設計或工作程序之文件等研發文件或用於描述系統裝備，說明其操作、維護、

獲得或其他支援之工作方法的後勤支援之書刊、技令與規格藍圖。

- 8. 資訊支援：¹⁰為建立及維護後勤資訊，並提供全壽期中各項後勤關鍵作為之管理資訊服務，必須規劃、建立、維護具有全壽期資訊支援，包含產品資料管理、後勤資源分析資料庫、維修資料蒐集網路、分析資料庫及全壽期管理資訊之整體後勤支援資訊系統。
- 9. 其他後勤支援：其他後勤支援工作如部署安裝、協助使用者建立維修能量、過度時期支援、維修權責轉移及系統汰除，後勤支援期間亦應加強使用者對系統維修數據蒐集與回饋，以持續追蹤建立分析資料，供後續研改參考。

(二)重要後勤支援概念

- 1. 保固：談到保固，讀者都會浮現出「為什麼都是2年？」的疑問，其實保固2年來自於建案習慣要求原廠必須在交裝2年內建立野戰段能量，久而久之大家便習慣訂定保固2年。其實保固可依據可靠度及廠商保固成本不大於預定獲利一定百分比來計算適當保固期，不一定是2年；另

9 同註8，頁111。

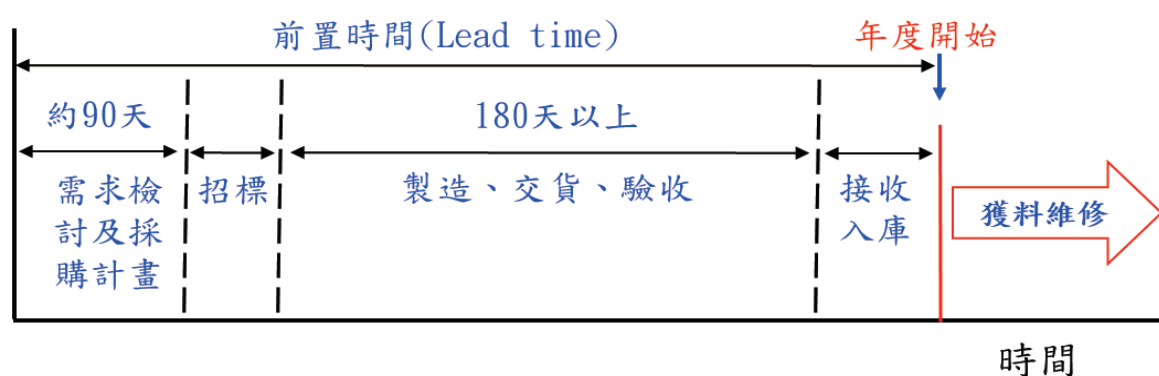
10 同註8，頁112。

外，保固對象是可維修件，對於本體、結構件及外殼等非維修件，如有斷或裂很可能是原設計強度或加工製程所造成的殘餘應力，應送交公證機構執行金相化驗，先找出原因，再尋求根本的解決方案。

2. 備份件 (Spare Parts)：備份件一定是2年嗎？還是依據廠商提供的清單？備份件估算是5%、10%還是15%？答案都是不一定。備份件之目的是在野戰段能量建立之前，原廠依據可用度、維修階層或消耗經驗估算備料項量，因此在審查備料清單時必須考量原廠計算方式及各維修階層相對應之維修技術，還要考慮儲存條件；另外要注意既為保固，除定更件及耗材等不在保固範圍內的料件，其餘保固料件不應列入備份件，避免圖利廠商。

3. 過度時期支援 (Interim Contractors Support)：過度時期支援是建立野戰段能量前，原廠對武器裝備的暫時過渡支援作為，與保固相輔相成，使用單位應注意利用過度時期支援要求原廠研改高耗項目，以提升武器裝備可用度。

4. 計畫性備料：不論是預防性維修、檢測性維修或矯正性維修都必需計畫性先期備料、獲料才能執行。圖九是計畫性備料概念，在招標之前有需求檢討及採購計畫審查核定時間，招標階段需要等標期，決標後需要交貨、驗收、入庫時間，這些都是備料的前置時間(Lead Time)。計畫性備料必需在年度開始前完成，才能在年度開始後依期程執行維修；另外，計畫性備料如果配合修製期程交貨，可縮短備料前置時間。



圖九 計畫性備料概念

資料來源：本研究繪製

5. 武器裝備什麼時候該修？如圖十，裝備功性能隨著使用時間而衰退，至圖中P點潛在故障將發生時，功（性）能衰退加速必須維修，最遲在F點故障發生前維修，避免失效造成危安；另定更及定期翻修則依計畫定時間及排程執行維修或翻修。

6. 檢測性維修 (Inspective Maintenance) 及矯正性維修 (Corrective Maintenance) 如何備料？檢測性維修是自測或測試發現故障將發生進行維修，矯正性維修是壞了才修，兩者都是依據耗用經驗計算備料數量。例如：

(1) 若A裝備有100輛，每輛包含某元件1個，年耗量45個，每輛配換率為 $45 \div 100 = 0.45$ ，若某保修連支援A車25輛，需建 $25 \times 0.45 = 11.25$ 取8個，故備

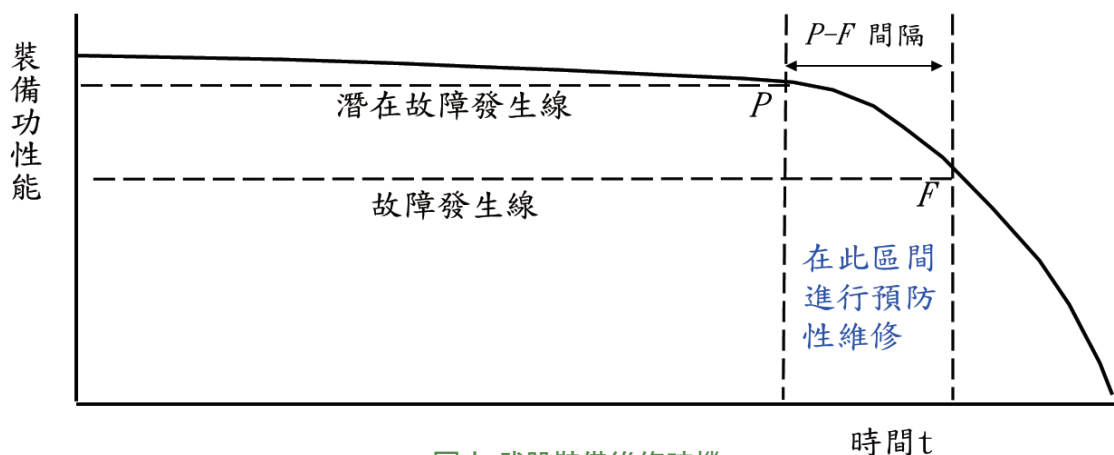
料8個。

(2) 若A裝備有100輛，每輛包含某元件2個，B裝備有50輛，每輛包含某元件1個，若年耗量45個，則這2種車型每輛配換率 x 為

$$\begin{aligned} 100 \times 2 \times x + 50 \times x &= 45 \\ 250x &= 45 \\ x &= 0.18 \end{aligned}$$

若某保修連支援A車25輛，則需建立 $25 \times 2 \times 0.18 = 9$ ，故備料9個。

7. 如何避免消失性商源？武器裝備獲得時，一般會要求儘可能採購軍商兩用件，如果是軍用件，必須有備用商源。但是如果預期在武器系統壽命內因技術生命週期走入衰退期，供應商不願生產，可考慮在臺灣沒有智財權的條件下進行軍品研製來獲得；另外，消失性商源品項多為老



圖十 武器裝備維修時機

資料來源：本研究繪製

舊技術產品，受限於老舊規格不易招商產製，建議可採用功性能採購，以新技術、新材料和新製程降低製造難度與成本來獲得料件。

8. 小額緊急零購要注意什麼？小額緊急零購之目的在於零組件尚未獲得時，解決急迫停用裝備的修護需求。不過小額緊急零購不易驗收較難確保品質，很容易買到案驗收不合格退貨品或來路不明的次級品。因此，小額緊急零購並不是好的維修獲料件來源，使用單位盡可能採購原廠料件，否則亦應在小額採購計畫註明品質保證條款，明確廠商品質保證責任，盡可能留下保證金作為瑕疵擔保。
9. 建立壽命概念：一般在裝備、零附件驗收合格後納入補給，廠商為降低成本，產品設計可能只符合標準，並不能保證使用壽命，可能造成維修（更換）頻次增加，徒增維持成本。例如：電瓶在產業界壽命為2年，國軍採購時未訂壽命，若平均使用半年報廢，則必須採購4倍數量才能滿足需求，此時電瓶獲得成本增為4倍，將排擠其他零組件採購。因此，訂定零組件使用壽命可做為採購條件，決標後打印在零組件上，後續追蹤使用壽命，

做為求償及未來採購之參考。

10. 以60%預算滿足率想維持85%妥善率，可能嗎？怎麼辦？統計3-5年武器裝備零附件消耗經驗計算年耗量，可作為編訂年度預算需求的依據。若年度預算獲賦率60%，欲維持85%妥善率實為不可能的任務。因此，必須考量優先順序，以最適化配置來達到較高的妥善率。另外，針對高耗、高單價和長交期項目必須採取下列適當作為：
 - (1) 高耗項目：檢討故障原因，如屬人為操作所致，則加強人員操作訓練，如為設計、品質問題或找不出原因，基於軍用品在作戰任務可靠度期間「不能故障」的需求概念，應要求原廠針對高故障品項進行工程設計修改，滿足任務可靠度需要。
 - (2) 高單價項目：高單價項目會大幅耗用預算，應要求原廠依料表（Bill of material, BOM）向下層級進行修能深化，儘可能向下維修至最小單元，減少模組或次系統採購數量，降低維修成本。
 - (3) 長交期項目：向原廠爭取技轉在地維修，建立週轉件修能，以縮短待修件修復時間，並可減少備份件數量，降低備料成本。
11. 實戰化：過去後勤軍官大多以建立專業為目標，然而近年俄烏戰爭卻揭開

後勤是否能滿足作戰需求的真相。因此，後勤除開設補保專業和勤務設施開設外，還要能實際支援到作戰部隊，隨著作戰進程支援，滿足作戰需求，說明如下：

- (1) 在平時及基地期間藉由勤務設施開設熟悉開設要領（可在後勤訓練中心網頁下載教學影片）學習完整的勤務設施開設程序和方法。
- (2) 結合作戰部隊兵棋推演，完成支援單位現地偵察瞭解支援之作戰單位戰術位置及營輜重在那裡。
- (3) 檢討前支到前線作戰單位營輜重及隨戰局變化之再整補位置的「力、空、時」因素，先完成圖上兵推，再實裝實地驗證相關參數，完成勤務支援計畫修訂。
- (4) 結合漢光演習作戰部隊實戰場景，模擬演練後勤支援指揮參謀作業及在敵情威脅下小部隊指揮能力與自衛能力，尤其是來自空中的無人機威脅，以驗證「力、空、時」因素運能及實際支援能力，提出後勤支援精進建議。

肆、結語

本文用淺顯易懂的概念將後勤轉化成完整的後勤科普，讓作戰及後勤人員都能看得懂，以利從需求單位的角度

推廣後勤工程、後勤管理和後勤支援的知識，以及在用兵後勤實務中的應用，使作戰軍官會管理、會用後勤；後勤人員會做一個聰明的需求者，能提出武器系統全壽期的後勤需求，並瞭解建案時如何訂定後勤支援各項參數。在研發過程中透過與工程師不斷溝通、確認武器系統功（性）能符合作戰需求，並同步規劃武器未來的維修、壽命與維持成本。在武器部署後，使用者必須回饋使用意見，要求原廠隨著科技進步，透過可靠度成長不斷修改工程設計，並以測評來提升武器裝備功（性）能，以因應新的威脅，滿足未來的作戰需求。另外，後勤支援也應落實實戰化，導正過去只關注平時後勤補保專業的偏誤，使後勤部隊能實際支援到作戰部隊，並隨著作戰進程適時支援，成為支持作戰部隊持續戰力的保證。

作者簡介

游玉堂少將，國防大學理工學院國防科學研究所兵器工程博士，曾任陸軍第269旅副旅長、國防部資源規劃司科技企劃處處長、國防部軍備局獲得管理處處長，現職為陸軍後勤指揮部少將副指揮官，及國防大學理工學院動力系統工程研究所兼任助理教授。