

解析國際成本分析趨勢， 探討武獲成本管理決策

楊建羣
主計局副處長

黃家樑
主計局參謀

何蕙如
主計局參謀

摘要

本研究案緣奉派出席2024年美國國際成本分析年會，經會議研討及蒐整歷年相關文獻，綜理本研析報告，依國際成本發展趨勢，循美方國家戰略需求、國防產業政策及設計計畫預算制度等管理脈絡，解析武獲模式與成本管理的決策思維，期運用系統分析觀點，反瞻我國國軍軍事投資建案審理作業程序，探討成本管理的關鍵決策點，以提供管理決策建議，並逐步推廣武獲成本管理知識。

壹、前言

依據國際成本管理學者Ronald W. Hilton¹將「成本」定義為：「為達成特定目的所作的犧牲（與國軍武器裝備成本分析要綱定義相同）」，說明經營一個企業的目標在於為顧客創造價值，換句話說，越能為顧客創造價值的企業，它的可獲利能力就越高。然不免俗的闡

釋「將本求利」為企業之核心價值，成本管理的意義多數在於「產品訂價」的作業基礎，以服務所產生的對價關係賺取收入，甚以維持企業的永續經營。相對的在政府機關，其成本管理的價值，則非以計價獲取收入為目的，而以資源配置、投資決策、機會成本、全壽期管理等為關注焦點，使財務資源能夠以最少的投入（或減少浪費），產出最大效益（或邊際貢獻最大化），實現成本管理的價值。

國軍的使命不脫離「軍以戰為本，戰以勝為先」之原則，勝敵為我國軍存在的核心價值，為了達此一目的，國防資源的運用效益與國軍的建軍備戰工作同等重要，就國防預算資源配置的模式，主要遵循十年建軍規劃、五年兵力整建、年度施政計畫之程序予以實施分配，此即為我們所熟知的「設計計畫預算制度」。換言之，循此程序，預算即為計畫之量化，而計畫即為作戰需求之文件化，所有的預算資源投入，最終目的均係追求建立可恃戰力，以保障國家安全。因此，對於成本資源的管理，我們必須深刻瞭解成本管理與武獲作業

¹ 羅納德·希爾頓（Ronald W. Hilton）曾擔任美國空軍軍官職務，具有俄亥俄州立大學博士，並在校教授會計學，為美國會計學會及管理會計人學會成員，為當代管理會計與成本會計領域專家，走訪北美、亞洲及歐洲等地製造業工廠考察實證，出版有「管理會計（Management Accounting：Creating Value in a Dynamic Business Environment）」。

及軍事作戰係密不可分，以嚴謹的尋求建軍決策之道。

本文依照國際成本管理發展趨勢及政府決策文件，參考成本與管理會計學理及美國國際成本分析協會文獻，探討與反思國軍成本管理的方式，期許藉由探索國際間國防產業環境現況，參考最新理論、方法、工具或模式，列舉經過實證的決策案例，允引作為國軍成本管理策進之參考。

貳、國際趨勢解析

本章節探討美軍在國防成本管理層面，與建軍備戰具高度相關之專業領域，包含如「國防決策支援系統」、「美軍武獲成本管理政策」及「國家國防工業戰略」等三大領域，以國家的高度及系統性思維做整體性介紹，俾作為本文後續延伸探討之重要基礎。

一、國防決策支援系統

美軍在第二次波灣戰爭及911恐怖攻擊之後，發現原有的軍事投資決策不僅無法與「國家戰略」結合，亦產生「缺乏聯合概念」、「無法與其他系統相容」、「系統功能經常重複」與「浪費國家資源」等問題，鑑於武器系統在部署運作階段常出現整合及作業互通性的窒礙，遂於2003年發布「聯戰能力整合與發展系統（Joint Capabilities Integration and Development System, JCIDS）²」，以求在有限資源情況下獲得最大作戰效益之武器系統，再

與「武器獲得系統（Defense Acquisition System, DAS）」及「設計計畫預算執行系統（Planning Programming Budgeting Execution System, PPBES）」等結合，此三大系統成為美國建軍重要的國防決策支援系統（如圖1），預期整合作戰資源，以適應國際戰場迅速變化。此系統主要功能簡述如下：

（一）聯戰能力整合與發展系統

評估現有及未來戰力間隙，提供武獲需求關鍵性能參數，據以規劃武器系統之獲得。作業原則以「能力」為評估基礎，依據最高戰略指導，整合發展聯合作戰概念，構建聯戰能力的物質、非物質性等最適方案。

（二）武器獲得系統

監督武器系統規劃、獲得與部署，爭取所需之預算。作業原則以「事件」為規劃基礎，透過一連串壽期分析、計畫管制與「里程碑」決策點，完成國防武獲作業。

（三）設計計畫預算執行系統

決定國防目標與優先順序，評估並適切分配資源。作業原則以「會計年度」為基礎，使「武獲規劃」能落實於執行期間，以符合計畫管考程序與成本效益功能。

在國防決策支援系統三連環中，成本分析位居核心位置，串聯起戰略構想、兵力整建、作戰需求、系統分析、武獲管理、採購策略、預算執行、績效評估等各階段作業，成為聯合戰力發展、國防成本推估、財力配賦籌劃等重要樞紐功能。

² 美軍在國防預算削減等因素下，於2003年發展「聯戰能力整合與發展系統（Joint Capabilities Integration and Development System, JCIDS）」，以提升武器系統需求的決策時間、成本、及品質。JCIDS分析流程係循「由上而下」模式，採用作戰、系統及技術之整合性架構來發展中長程的聯合作戰概念，作為軍種功能領域、功能需求、功能方案等分析之依據，以決定透過物資或非物質性方案，建立聯合作戰能力之需求項目，其特色為「著重聯合」、「強調彈性」及「考量資源」等，其制度本身並非決策採購何種武器，而是檢討「填補戰力間隙所需之聯戰能力」（Report on Joint Capabilities Integration and Development System, 2022）。

美軍國防決策支援系統

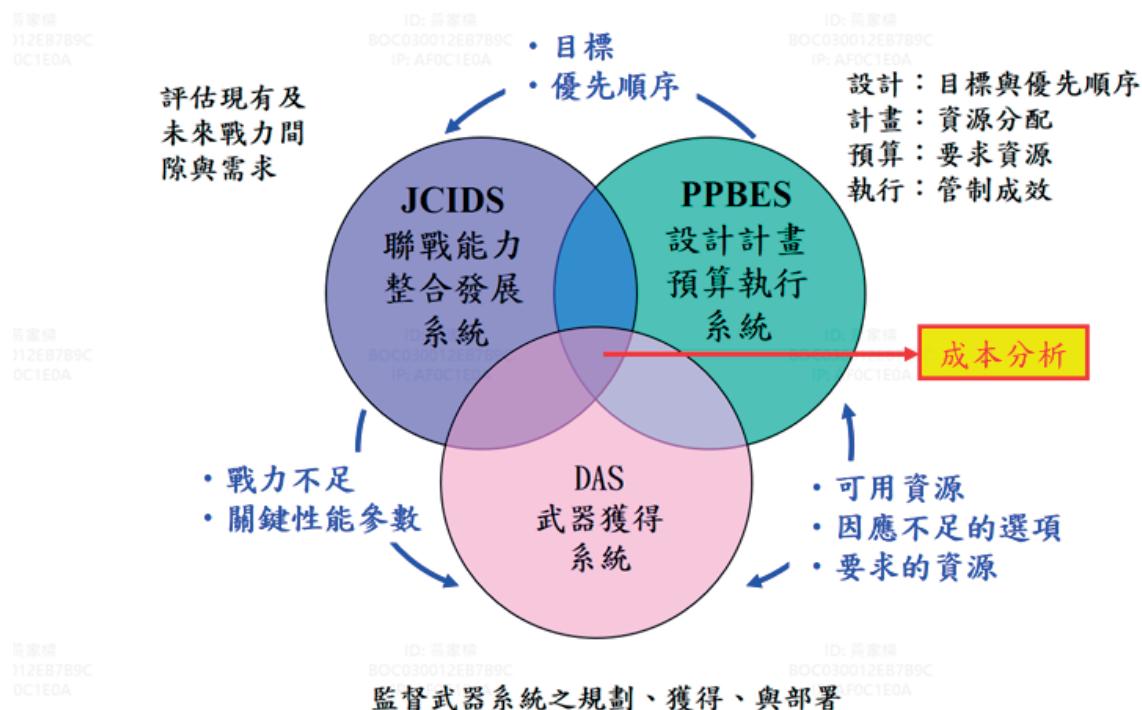


圖 1 美軍國防決策支援系統概念圖

二、美軍武獲成本管理政策

美軍爲了對國防武獲採購成本的分析政策、管理職責和工作程序進行明確規範，在2020年發布新版5000.73指示「成本分析指南與程序（Cost Analysis Guidance and Procedures, CAGP）」，完善全壽期成本管理，提高武器裝備經費運用效益，具有重要的意義。其管理策略要點如下：

(一)建立三級成本管理組織體系

第一級爲國防部總部；第二級爲國防部各業務局、各軍種；第三級爲專案管理辦公室。

(二)設置五層成本管理政策體系

美國建立由法律、法規、指令、指示和手冊組成的五層政策法規體系，概要如圖2：

(三)聯邦採購報價審查法制化

由於美國國防產業經濟規模龐大，國防廠商間競爭頗劇，爲追求成本效益最大化，遂於「美國聯邦採購規則（Federal Acquisition Regulation, 2024）」及「美國國防合約管理局作業指南」規範中要求，機關應使用價格分析或成本分析以判斷廠商報價的合理性，爰美軍係有明確法令規定要求廠商提供報價分析資料。而所謂價格分析，係指審查並評估廠商報價，對報價進行比對，包含已公告之價目表、市場調查報告或同等品的報價進行分析，以判斷廠商報價是否公平合理；另成本分析，則是對廠商投標文件的成本要素及利潤，予以檢視及評估，以及尋求在合理經濟規模下對廠商報價判斷是否合理。



圖 2 美國武獲裝備成本評估政策法規體系示意圖

(四) 成本數據蒐整的多元化及系統化

「成本分析指南與程序」設置專章針對如何蒐整成本數據以進行分析，律定明確規範，美國防部開展成本分析工作的數據收集與監控系統主要包括三種來源：

1. 成本與軟體數據報告（Cost and Software Data Reporting, CSDR）系統。
2. 綜合項目管理報告（或實獲值管理 Earned Value Management, EVM）。
3. 作業及支援成本可視化與管理數據系統（Visibility And Management of Operation & Support Costs, VAMOSC）。

另美軍亦建置「聯邦政府採購數據系統（Federal Procurement Data System, FPDS）」用於追蹤聯邦政府採購活動，幫助掌握和評估聯邦採購的執行情況，其功能包含五大重點，例如各式採購數據的

集中管理、提升監督的透明度、協助政策制定及決策作業、確保合規性與法律的要求，提升採購效率與效能等。

三、美國國防工業戰略

美國能成為世界上國防成本管理分析發展成熟的國家，係具備完整的國防工業生產體系、成熟的國防工業戰略規劃及縝密的法規配套措施，我國軍允應汲取其專業經驗與案例，輔以作為成本管理之借鏡。

(一) 美國國防工業的組織體系

美國為維護民主自由的普世價值，保障盟友的區域安全，近十年度之軍事預算支出總額佔全球軍事預算總額高達約二分之一情形下，背後如沒有著強大的軍工產業鏈予以支持，國家安全與區域穩定恐難以為繼。我們可先從政經環境方面，窺其一

隅，再討論成本管理發展之策略。美國國防工業體系³概分三個層面，簡述如下：

1. 決策層面：國防部計有六個實體部門指導決策，包含國防部長辦公室、參謀長聯席會議、軍事服務部門、聯軍和特種部隊統帥部、防衛機構、國防部內務部等，國防部主要職責為具有軍品需求者、合作者與管理者等的多重角色。
2. 諮詢服務層面：指獨立於官方機構與民間企業之外的非營利組織團體，例如美國國家安全工業協會，主要係為建立基本防禦能力和工業系統間的工作交流，協調解決政府與企業間的合作問題。
3. 執行主體層面：指國防工業企業和研發機構，透過與政府簽訂契約進行軍品研究與生產。目前美國三大主合約廠商為：洛克希德馬丁公司（Lockheed Martin Corp.）、波音公司（Boeing Corp.）及雷神公司（Raytheon Corp.）等，進行各類的載體載台、武器系統及技術開發等研產作業，形成龐大的軍工生產體系與產業鏈。

美國國防工業三個層面相互作用機制，則是政府透過法律政策的強制規範，並提出具有吸引力的採購契約，以激勵企業投入產製作業；而企業在競爭驅利與經濟誘因下，提升研產效率與附加效益；非營利組織則協同發揮樞紐功能，致力創造長期共同利益。此國防工業體系，係強調軍民結合、互利發展（如軍工複合體），可厚實國防經濟實力，作為戰時後勤支援能量。

(二)國防工業戰略文件化

2024年1月11日美國國防部首次公佈了最新「國防工業戰略（Department of Defense National Defense Industrial Strategy, NDIS）」，這是美國首次全面涵蓋國防工業的戰略文件，由擔任國防工業政策助理的副部長指導未來3至5年國防部對國防工業基礎的參與、政策制定和投資程度。該戰略是國家防禦戰略的延伸，對國防工業及供應鏈調查的結果，並因應中美戰略競爭、以哈衝突效應，以及俄烏戰爭的影響，更重要的是支持盟國國防工業的發展。對於未來的工業戰略朝向「最大速度與規模」的生產武器裝備，該戰略確定了四大重點行動：

1. 構建強韌的供應鏈：包含提高生產彈性與安全、管理庫儲及儲備計畫、擴大國防廠商支持範疇。
2. 國防產業人才儲備：包含重點支持科技領域的發展，包含科學、技術、工程及數學，擴大學制與產學機會。
3. 彈性國防採購策略：包含加強標準化生產、共通資訊平台、低開發時間與成本。
4. 經濟遏制協議：包含制訂安全協定、加強科技共享、整合經濟安全限制潛在競爭對手。

然而實務上，NDIS的規範已超出了國防部的指揮範疇，涉及民間企業等外部行為者，如何共同執行將是一項重要挑戰，應評估關鍵在於如何制訂激勵因子，法規的配套作業，市場經濟的穩定性等。

³ 美國國防工業體系始於1947年7月26日杜魯門總統簽署國家安全法，組建新的國防部等組織，以及1950年簽署「國防生產法案（Defense Production Act）」，得於特定情形下，由政府（總統）要求或聯合國防廠商生產戰略物資與武器裝備，甚至得以結合後備動員與軍民共同生產作業。

參、國際研究案例

本章節藉由參與國際成本分析年會之案例及歷年文獻，重點介紹三個實務研析案例，並由前述國際發展趨勢，延伸探討其中成本決策思維，以交互參照印證。

一、美國空軍太空監視系統

(一)美國空軍太空監視系統營運簡介

Rick Garcia (2024)⁴分享「太空監視系統：成本分析成功案例」的經驗，介紹說明專案成本管理的成功思維。有關太空監視系統⁵（Space Fence System，又稱太

空圍籬網，如圖3）是由美國空軍太空部隊運用的第二代太空監視系統，由洛克希德馬丁公司開發，其設計以2至3個S波段雷達組成的VHF系統（Very High Frequency, VHF，特高頻30~300 MHz的無線電波），每天進行150萬次觀測，計約20萬個以上的物體，目的是跟蹤人造衛星和地球低軌道上的太空碎片，並預測其分裂與移動的方向。另2014年美國戰略司令部宣布至少與7個國家與44家廠商達成數據共享協議。

(二)整合跨領域的專案執行

空軍成本分析局（Air Force Cost Analysis Agency, AFCAA）的任務是為太空監視計畫等進行成本管理，其執行策

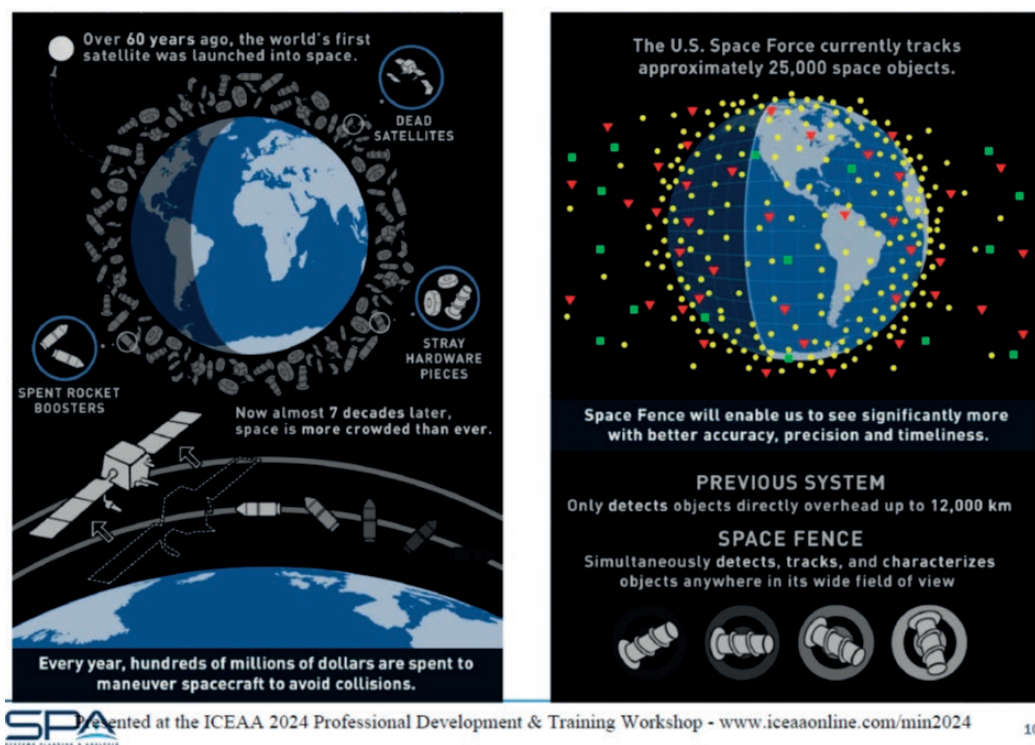


圖3 太空監視系統監控情形示意圖

⁴ Rick Garcia 擔任在加利福尼亞州的 Systems Planning and Analysis, Inc. (SPA) 的成本估算和分析技術研究員。27年來一直參與太空系統司令部專案，亦是國際成本估算和分析協會成員。

⁵ 本系統設計開發起因係源自於2009年美國「銀星33號」及「宇宙2251號」通訊衛星相撞，在太空軌道上增加成千上百的碎片，這些碎片以平均速度1萬5,000英里速度前進，對其他人造衛星的安全與財產造成威脅，因而引起國際重視必須積極處理此問題。

略係尋求合作開發部門及專案廠商，例如MCR（執行成本估計、資料分析及數據工程）、Technomics（執行成本建模、數據分析與進度控管）、Georgia Tech Research Institute（執行雷達研產與技術開發）及Space Fence Program Office（執行計畫與技術專業顧問）等，共同籌建本項目的研究能量，並得將各項目成本與產製進度，在最終結案時，控制計畫誤差值在5%範圍內，就一個跨領域的開發案而言，成效頗佳。

(三)成本分析重點

本專案值得研究之重點在於，該團隊

技術開發的協同作業、與競業公司的成功互動，並基於歷史數據的基礎，依成本決策模型完成開發雷達項目，簡要摘述如下：

1. 雷達系統資料庫：有系統的蒐整與定義雷達系統所需的數據資料，首要以現有系統歷史數據為主，再參考同質性或類案資料作為備案分析，完成工作分解結構（如圖4）。
2. 了解雷達設計與製造過程的方法：檢討專業科技範疇的項目，例如蒐集先進S波段雷達科技所需硬體項目、波束成型的要素層級、氮化鎵的研析等，確保投資的發展性與效益性，再予以技術分

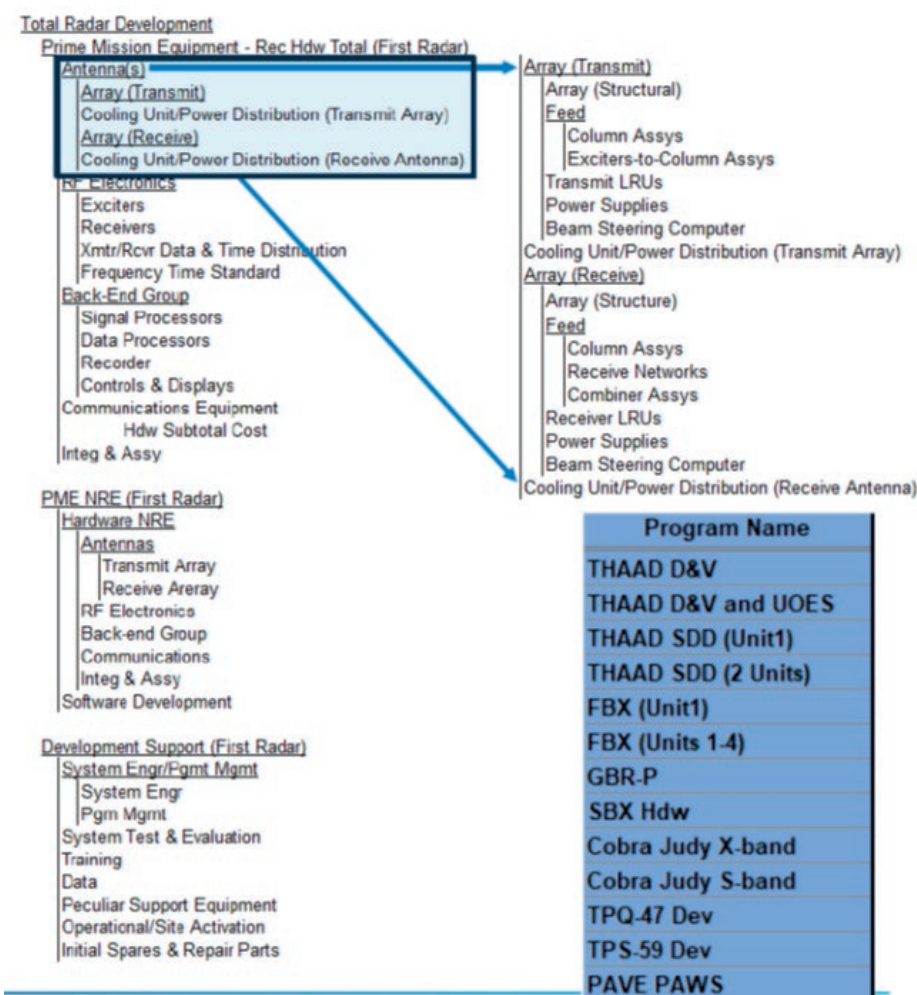


圖 4 雷達產研作業工作分解結構

析（包含研發項目、製造項目、研產設備、基礎設施及後勤作業等），運用雷達資料庫及研究方法（科技軟體的執行能量、發展評估的方法、研析項目的確立），執行於科技控管及技術研析。

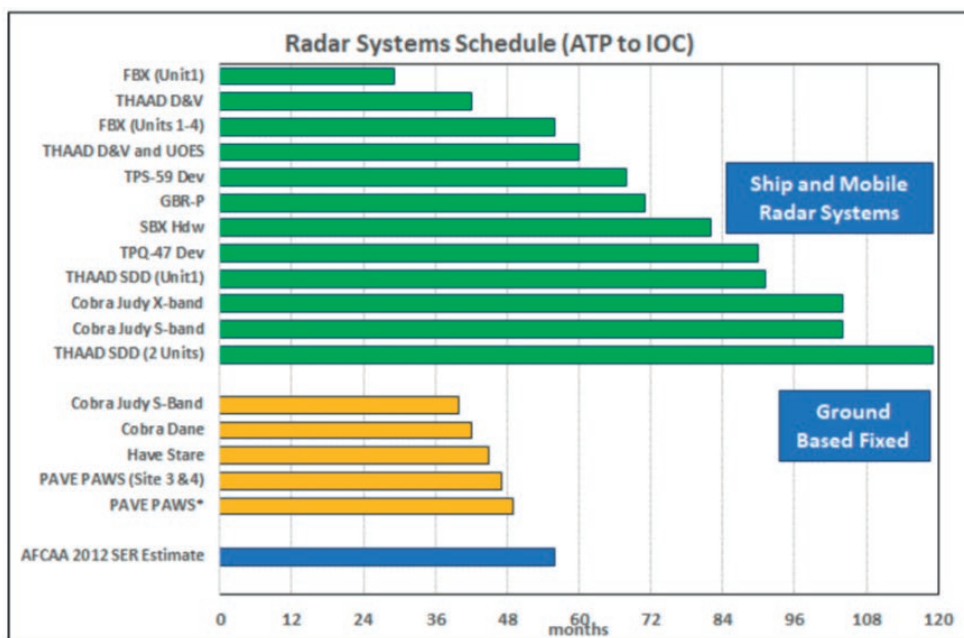
3. 服務項目推展的分析：雷達管制進度表內包含船舶、車輛及地面通訊等25種以上的服務項目（如圖5），產品的設計與成本的攤計項目，亦併同考慮這些成本項目（成本動因），此類項目將影響後續的全壽期管理與衍生後勤效益。
4. 研究成果：研究開發案的可靠與完整的成本推估，在政府機關與企業公司之間的合作，實屬可行；科技的要素亦可以作階層的分解與控制；透過成本模型的設計可以了解產品設計與製程，以便於資料蒐整發展新的方法論。

（四）太空監視系統成本管理的反思

美國政府及美軍對於成本分析作業，遵循「成本分析指南與程序」規範，注重系統化的歷史成本資訊蒐整，並按「成本與軟體數據報告」程序，運用於統計模型與大數據分析等，顯示武獲成本規範的法制化，能夠降低開發試誤的發生，且便於建模以推估合理成本，促進專案的管理效能。

專案管理跨部門與跨領域的合作，委託專案顧問公司代為建置評估模型等作業模式，能降低開發風險，分攤專案成本，並實現軍工複合體的理念，強化國防生產鏈，藏技民間，支應全壽期的後勤能量。

透過武器獲得系統的管理，設計計畫預算執行制度的分年分項的進度管控，將衛星監控功能結合跨領域的專業，使衛星資訊平台部分能提供民間運用（包含氣



- In 2011/2012, the AFCAA assessment estimated the government referenced design at around an average mobile radar schedule and higher than the fixed radar programs, due to Space Fence's large size

圖 5 雷達系統項目分布情形與進度管制表

象、通訊及交通等需求），提升運用效益、增加附加價值及權利金收益等，發揮「聯戰能力整合與發展系統」精神所推展的聯合能力，展示了美軍決策支援系統的價值與功能。

二、聯邦審計署的成本績效審計

由於國際間關於安隆公司醜聞案、國際車廠成本數據變造或偽造等類案，一再發生，屢見不鮮，當中涉及管理當局未盡善良管理，甚至是犯罪行為，從總體經濟角度而言，甚至可能造成市場的災難、增加社會的成本，所以在各國國際會議及學術論壇中，一再強調「信實」考證的重要性，並研擬各式的內部控制的因應機制。就政府部門的立場，我方可借助美國聯邦審計署的研究報告案例，探討對政府成本資訊的揭露應具有的評核項目，以及各計畫項目績效的評析意見。

(一)美國聯邦審計署簡介

美國聯邦審計署⁶（General Accountability Office, GAO）隸屬於國會組織架構之下，依憲法執行協助美國國會對聯邦政府進行究責，以督促改善施政。其職責計有六項，分別為：

1. 針對聯邦政府資金運用的效能與進行審計。
2. 針對不法之申訴指控與活動進行調查。
3. 針對政府所擬之計畫達成目標者提出報告。

4. 執行政策分析並歸納具體意見提供國會參考。

5. 裁決並就政府機關規則提出報告。

6. 向國會及行政部門主管機關提出建議，使政府部門得以提高其效能、效率，並促使其更公平與負責。

(二)近十年成本估算審計

美國自2007年聯邦審計署發佈「成本估計及評估指南（Cost Estimating and Assessment Guide）」以來，GAO將其作為政府審查和評估機構成本估算的基本標準。現於2024年成本年會實務案例「回顧：十年成本估算審計（Ben Wilder & Jennie Leott, 2024）⁷」，研究案例著眼於10年期間，瞭解可靠成本估算的主要四個特徵的績效，例如「綜合廣泛的」、「有據可查的」、「正確的」及「可信的」，以及期間績效是否有改善趨勢。以下為成本估計及評估指南的成本生命週期評估項目的12個步驟（如圖6）：

其步驟包含「定義估計的目的」、「發展估計的計畫」、「定義計畫項目」、「決定估計方法」、「確認條件與假設的基礎」、「獲取歷史數據」、「以各種方法評估及比較」、「執行敏感度分析」、「執行風險及不確定性分析」、「估計過程文件化」、「向管理者提交估計報告」及「依計畫執行結果更新估測值」。

⁶ 美國聯邦審計署（General Accountability Office, GAO）係美國立法部門政府機構，為美國國會提供審計、評估及稽查服務，是美國最高的審計與監督機構，核心使命價值觀為問責、正直與可靠。其調查報告多源自於美國國會要求，或依據憲法、法律或國會委員會報告之授權，據以辦理研究或調查案件。審計長一任15年，不得連任，由總統提名經國會（參議院）同意後任命，審計長須超越黨派，總統不得免其職，除國會彈劾作成決議，否則不得令其去職。

⁷ Ben Wilder是美國聯邦審計署的高級運籌學分析師，負責成本和專案管理分析，支援政府計畫的審計。在GAO、DoD的成本估算和專案管理領域擁有10年的經驗，具有應用數學學士、成本估算和分析碩士學位。Jennie Leott是美國聯邦審計署科學、技術評估和分析團隊的助理主任。負責執行成本、進度和增值分析管理分析，支援各種政府專案的審計。曾是國土安全部的高級運營研究分析師、海軍高級行動分析師。

Cost Estimating 12 Step Process

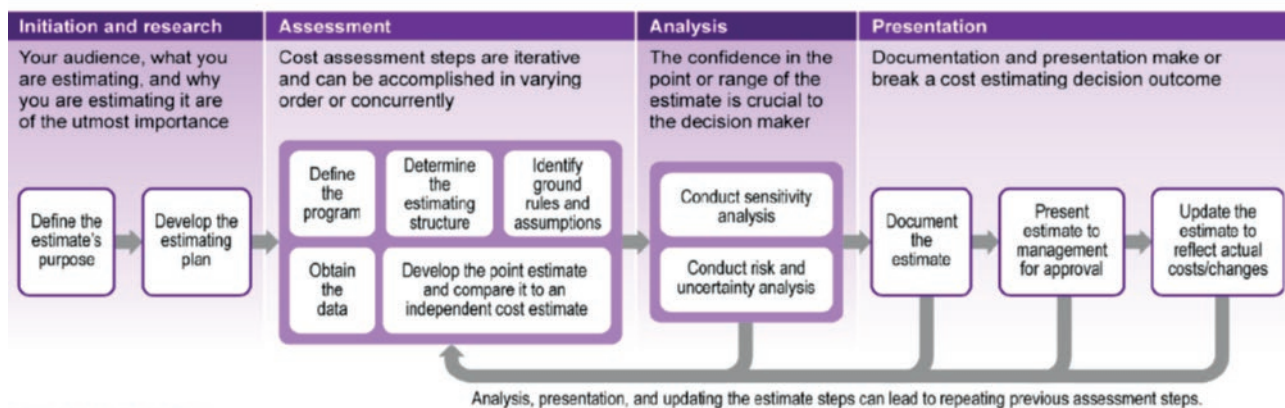


圖 6 聯邦審計署成本估計 12 步驟

(三)成本分析重點

該項研究顯示2014至2023年十個會計年度，針對23個組織、117個專案項目、75份GAO公開報告予以分析，評估的對象有美國國防部（34項）、能源部（21項）、國土安全部（20項）及其他政府部門（42項），以組織能否提供充足的佐證資料，並能夠滿足這些標準，予以評量計分（1-5分計分），經實證統計以國土安全部平均得分最高。

(四)聯邦審計署績效審計的反思

經參與2024年研討會中發現，國土安全部有委託專案顧問公司辦理成本建模及研析之情形，參照「風險交易：驅使軟體生產力（Dave Brown & Kevin Cincotta, 2024）」案例，係使用國際軟體標準組織的數據，推估生產力與成本的分佈關係，該負責Technomics專案顧問公司的分析師Dave Brown，即擁有長期為國土安全部提供十餘年之成本估算和分析的顧問經驗，促使該部成本管理分析的品質與績效高於美國政府其他部門。此現象意即機關單位

將成本建模工具與數據分析作業，委託予專案管理顧問公司執行，已逐漸成為美方成本分析作業趨勢。

考量特定專案性質、成本效益與經濟規模的因素後，適度合作或委託第三方專業單位處理，可降低人員職務調動與升遷流動所造成的負面干擾因素，並適時提高作業效率與個案投資效益，惟仍應參考各單位作業特性及專案性質決定。

另查「國軍武器裝備成本分析要綱」所列成本估算的流程步驟，經比照美國聯邦審計署成本估計步驟，發現兩造作業與執行步驟之精神均相符，爰國軍成本估算作業流程係與國際發展趨勢接軌，相關建案審查作業允可作為精進參考，概要說明4階段及12步驟之重點如下（如圖7）：

1. 起始階段：釐清成本估算目的，尤其是成果提報對象及估算標的，進一步發展出成本估算計畫。
2. 評估階段：界定專案特徵及技術基準，決定成本估算方式，確認基本規則及假設條件後，取得所需資料，發展出一套

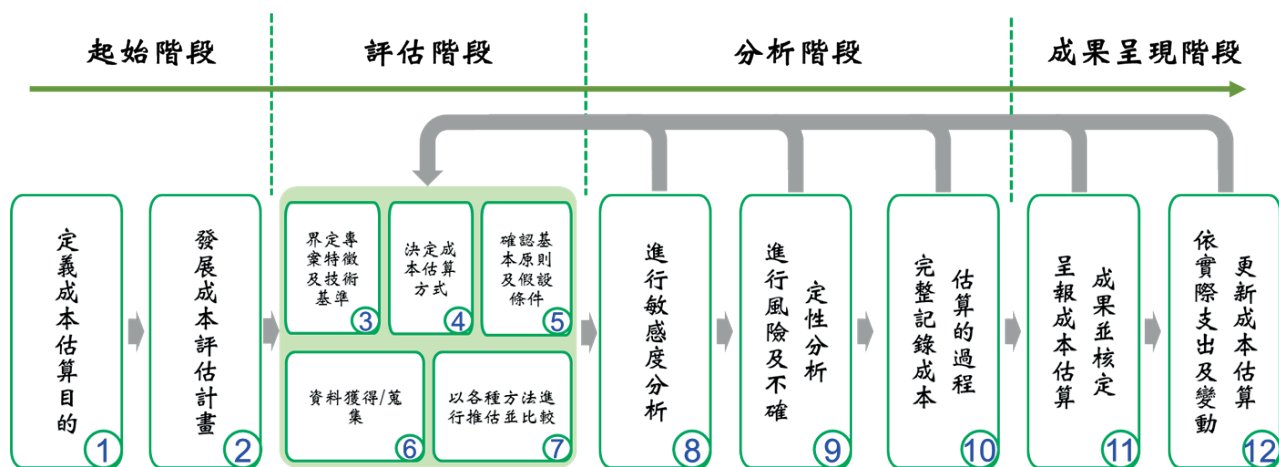


圖 7 國軍成本估算步驟示意圖

估算模式，並與其他獨立的成本估算模式進行比較，以檢視所欲運用估算模式的妥適性。

3. 分析階段：進行敏感度、風險（不確定性）等分析，亦可運用不同成本估算方式，以交叉驗證估算結果。
4. 成果呈現階段：將成本估算結果予以正式文件化並提報，以做為決策參考，另於實際支出變動時，適時調整更新成本估算結果。

三、武器裝備通用性的成本價值

美軍對「通用性」的定義，係指在產品的不同型號或變體之間重複運用零件、設計、工具、工程和製造流程，作為一種設計和建造的策略。在商用和軍用飛機中係經常可見，藉由規格化或模組化設計，促進降低開發成本，縮短設計週期，並創造更大的市場滲透率，爰以值得探討其中成本決策理念。

（一）「通用性：多因子環境模型」的簡介

在美軍研究個案及軍事用途中，通用

性被作為節省開發、生產和維持成本的運用策略而提出。在多個飛機模型中重複使用零件、設計和工具，其應用給學習曲線帶來特殊的挑戰。本案例「通用性：多因子環境模型（Brent M. Johnstone, 2024）⁸」研究了使用不同學習曲線技術，估計多個變體模式的四種方法，並創建一個「代數資料庫」，測量每種方法的準確性，以突顯每種模型方法的優缺點，藉以推廣通用性的運用。

（二）執行應用實況

在美軍聯合先進打擊技術（Joint Advanced Strike Technology, JAST）計畫中，成本決策實現了工程開發節省30-40%的機身設計、40%的測試、30-40%的製造和60-70%的航電設備等經費。現行美國於通用性的應用實例包括：

1. 戰鬥機採用單座（戰鬥）或雙座（教練機）配置，其中駕駛艙是唯一可區分的結構差異。例如：F-16C/D和F/A-18E/F戰鬥機的機艙與性能配置。

⁸ Brent Johnstone是洛克希德·馬丁航空公司的生產飛行器成本估算師，在軍用飛機行業擁有36年的經驗，曾參與F-16專案和高級開發專案、F-35專案的首席生產運營成本估算師25年，並擁有德克薩斯農工大學的理學碩士和德克薩斯大學奧斯丁分校的學士學位。

2. 商用噴氣式客機，機身長度從基線配置伸縮，允許航空公司選擇座位更大或更小的飛機來支援特定市場。例如：波音 737 MAX 有四個版本（-7/-8/-9/-10），但機身長度從116到143英尺不等，座位從138到204名乘客不等。
3. 軍用飛機設計用於支援單一軍事任務，但有多種配置。例如：C-130J飛機有標準貨運型號（J-30）、加油機版本（KC-30）、特種作戰版本（HC / MC）、短機身（J）、天氣偵察（WC）或電子變體（EC）。
4. 設計用於支持多種兵役的軍用飛機。例如：F-4戰鬥機、A-7攻擊機和V-22。最複雜的例子是F-35戰鬥機，其A型（常規起飛和降落）、B型（短距起飛和垂直著陸）和C型（航母變體），已向國際銷售了1,000多架飛機。

(三)成本分析重點

1. 通用性的學習曲線

學習曲線理論假設相同的產品在多個週期中重複執行，隨著時間的推移將減少工時數。但是如果產品不同，將會削減某程度學習資訊（如同工程設計變更），經研究變體之間明顯發生了學習轉移的波動，整體學習曲線的迴歸分析及每單元的小時數將更高。然在學習損失後，將有相對時間移列返回基礎曲線。基此模式，構建多個模型將可以延伸到整個專案生命週期（如圖8）。

2. 代數設計

為實證這些方法的應用，且避免損害關鍵資訊，案例中構建了一組虛擬數據，相關代數資料假設存在兩種變體的計畫，其中 80%的生產飛機採用美國空軍（USAF）配置，其餘20%採用美國海

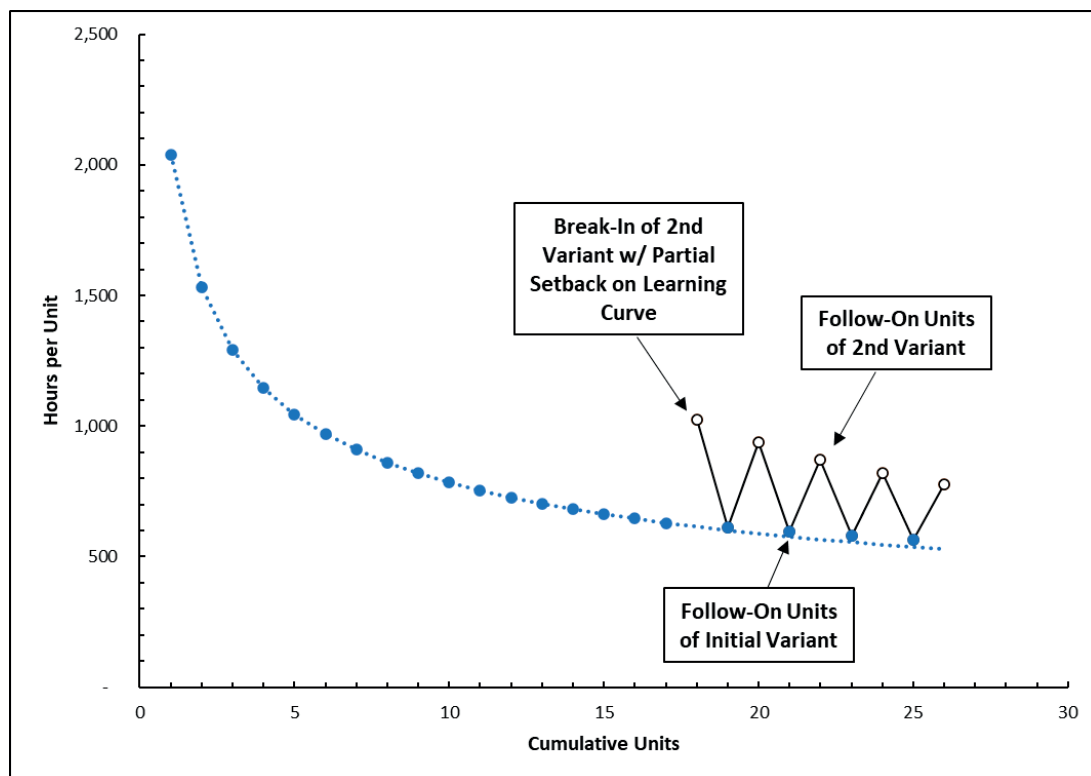


圖 8 通用性與學習曲線的變異情形示意圖

軍（USN）配置。並將空軍飛機指定為A型機，將海軍飛機指定為B型機，共建造了8架研發飛機和500架生產飛機，另再假設65%的製造工法在空軍和海軍版本之間是通用的，其餘35%是每個變體

所獨有的。

3. 通用性在學習曲線應用的模型

本案例引用截斷式迴歸分析模式處理（有關公式解析詳Brent M. Johnstone, 2024文獻），其模型展示如下：

$$\ln y = \ln(\alpha_1 + \alpha_2) + (\beta_1 + \beta_2) \ln Dx$$

Where:

- y = Manufacturing hours per unit (HPU)
- α_1 = Y-intercept for leg #1, equal to theoretical first unit hours for leg #1
- α_2 = Intercept adjustment for leg #2, such that $\alpha_1 + \alpha_2$ equals the Y-intercept for leg #2
- β_1 = Rate of learning for leg #1, such that 2^{β_1} equals learning curve slope #1
- β_2 = Rate of learning for leg #2, such that $2^{(\beta_1 - \beta_2)}$ equals learning curve for leg #2

（1）估計選項：本研究通用性的四種估計選項，臚列如表1：

表 1 估計項之定義概要表

估計項	定義
忽略差異（ID）	假設有一個共同的學習曲線，並忽略多個模型的任何成本影響。
固定因數（FF）	假設一個共同的基礎曲線，並通過固定因數（成本動因）之間的關係來調整變體差異。
完全分離（TS）	假設每個變體都有專屬的學習曲線斜率，且變體之間不會發生學習轉移。
比例組合（PR）	假設給定的常見或獨特的組合，且有其獨特的學習曲線，但它們都具有共同的學習速度。

（2）分析結果：經運用資訊軟體運算結果，臚列如表2：

表 2 通用性在學習曲線應用估測結果概要表

估計項	估測結果
忽略差異（ID）	美國空軍和美國海軍模型之間存在成本差異，ID 方法可能無法提供特別準確的預測。
固定因數（FF）	模型之間的成本關係隨時間推移是穩定的，如果在沒有歷史數據情況下予以推估，仍可以透過其他方式建立變體之間的關係，例如使用工業工程標準。
完全分離（TS）	TS 方法與 ID 方法相反，不是假設所有變體都是通用的，且變體之間須 100% 的學習遷移（不會學習遷移），TS 方法最適合在不同製程及模型的構建環境。
比例組合（PR）	PR 方法是根據共同工作與獨特的比率得出加權計算。給定的製程在兩個以上變體之間可能高度相似，經分析它的設計、料件或製程在變異個體間具有的學習轉移能力。

4. 通用性的管理意涵

本案例以通用性的代數數據，推測在學習曲線中的趨勢關係，以提供管理參據，經綜理研析結果可得知：

- (1)「忽略差異」估計模式：學習曲線應用在武獲作業時，如不控制變數項目，則無法積極掌控成本、強化整體效益。
- (2)「固定因數」估計模式：各武獲作業基於同樣的學習曲線，如掌握設計、料件或製程等成本動因，將提升作業效率。
- (3)「完全分離」估計模式：當每個武器裝備因領域屬性不同或機敏特性差異，以致無法移轉學習效果，應及早籌劃採購策略及專管計畫，以降低通用性過低的影響。
- (4)「比例組合」估計模式：特定的武器諸元或裝備載台，可尋求特定模組化，使其在不同武器系統之間共融通用，以降低研產成本、加速產製效率。

(四)通用性在武獲策略的反思

由於國軍軍事投資作業是由下而上、逐層檢討呈報的作業，在軍種內部尚可經過通盤檢討克服共用設計理念、共通料件或載體的問題，從學習曲線的應用角度來看，武獲作業能夠得益於通用性的應用。然而提升到三軍聯戰運用層級，各軍種作戰理念與武獲規劃不盡相同，在國防預算競逐、計畫等預算的概念之下，決定一項武器系統的投資作業程序，應受到國軍各

聯參專業的審核及充分的討論，減省聯戰作業重複投資的情形，以較佳的作戰效益作出投資決策。

肆、國軍成本管理策進作為

本章節萃取成本年會實務案例經驗，反瞻美軍決策系統精神，參照成本管理政策作法，並結合美國國防戰略思維，試圖為投資建案審查及成本管理決策，提出符合國軍實務上所需的初步建議，以作為管理決策建議，與後續研究參考。

一、多方檢視作戰需求，符合建軍成本效益

依照我國軍打、裝、編、訓的建軍思維，成本的效益在於取得精良的裝備，以及發揮作需所預期的能力，且在我國五大戰區的作戰規劃下，亟需三軍戰力的火協配合，以達成提升聯合作戰效能，相關建案作需文件審查要領應注意如下：

(一)作戰需求應整合聯戰思維

通常建案程序係由下而上作業，軍種常不自覺以自身最大利益獨立考量任務需求，不易排除研析之主觀立場，處於缺乏聯戰概念的各自建軍，恐造成作戰功能重複檢討、武器裝備需求重複規劃情形，將造成財務資源的浪費，影響國防成本最佳化決策。建議作戰部門多方審視的實際運作意見，結合聯合作戰「打的需求」⁹，落實於「聯合戰力規劃要項」以供遵循。

⁹ 烏俄戰爭：烏克蘭在戰力劣勢下，運用單兵反裝甲、防空武器、無人機、滯空攻擊彈藥與高機動砲兵火箭系統（HI-MARS）等精準武器，結合小部隊快速機動與分散式指管戰術，多次於城鎮或開闊地製造最佳攻擊時機，「以弱擊強」殲滅裝備優良之俄國部隊，更不斷運用高機動砲兵火箭系統，於數百公里外精準打擊俄軍指揮所、集結部隊等作戰重心，製造俄軍巨大損失與恐懼（青年日報113年8月5日社論）

(二)作戰需求應弭合資通共容

分析作戰需求時，即將焦點投注於需求之武器系統，如未完整考量戰力空隙結果，恐將造成資通裝備或指管系統常無法與其他系統相容分享，或戰術上無法交互掩護與火網交織，易造成聯戰軍事行動的嚴重限制與無效益投資。爰於建案審查時，權責部門應進而注意聯戰情境的武裝戰力整合、火力間隙的彌補能力、跨軍種的指管構聯，或共通平臺運用的程度；如屬於共通性裝備，更應依「一種裝備、三軍通用、多種效能」的理念籌建，以提升投資效益。

(三)建案應研析滿足作需程度

在檢討武器裝備性能規格時，應就現有戰力及裝備不足之處研析，闡述需籌獲新型裝備之必要性，並結合未來戰略戰術規劃、兵力結構、編裝調整需求，敘明裝備部署、系統整合規劃及武獲管理等說明，以及預期達成之作需效果為何，使接續在系統分析階段，能夠不偏離構建作需的裝備檢討作業。另因應科技的進步、戰事的需求，允應預留武器裝備性能提升的擴充性，或者分階段籌獲等方式，甚而考量以低成本武器裝備，打擊高效益作戰目標之思維，使資源應用效益最大化¹⁰。

二、善用系統分析決策，發揮壽期管理機能

(一)精實成本推估作業

為確保建案所需項目預算、全壽期成本均能夠完整計列，應落實訪商報價及成本利潤分析作業，注意是否有將武器周邊應獲得之耗材、備份件、彈藥等納入籌購，以及是否有相關資料依據，並精算通貨膨脹率、購買力指數、薪資成長率及學習曲線之各項影響數，以提升數據信度及效度。惟與新建案內容無太多關聯之工作或設施項目（例如：後勤設施及陣營具等），應避免添賦於建案之中造成經費膨脹。

(二)強化備案分析決策

採行備案分析模式要件，在於所有備案需滿足作需要求，所列之裝備規格，應能於市場中可供籌獲，且通過驗（認）證或有供售紀錄證明，使其在建案執行遭遇阻礙時，能真正有效接替執行；另比較方案應有根本性差異（包含核心功能的達成、對國內產業有不同影響，例如技術提升、產業產值、工業合作…等），假設僅一方有壓倒性優勢備案，不適合採行備案分析。建案在成本效益分析時，「成本分析」包含WBS、CBS、全壽期成本、廠商報價、國軍軍事投資建案成本效益系統、過去類同裝備採購金額等分析；「效益分析」則以作戰相關之評量因子為主，並結合評估模式實施，實務則多以層級分析法（AHP）¹¹及專家問卷法；「非計量分析」則視個案對衡量之要項予以陳述說

¹⁰ 以阿衝突：巴勒斯坦激進組織112年10月對以色列發射數千枚火箭彈，以色列雖然啟動「鐵穹防空系統」攔截近9成空襲，但以1枚5萬美元之飛彈，攔截300美元之火箭，所付出之成本其實相當高昂，也造成以色列成本「大失血」。（青年日報113年8月5日社論）

¹¹ 層級分析法（AHP）：主要係1971年 Thomas L. Saaty 發展應用於在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題上。將複雜的問題系統化，由不同的層面予以分解，並透過量化運算與以推測評估。

明，客觀上，我們可借鏡麥納瑪拉謬誤（McNamara Fallacy）¹²，更嚴謹的考量各種量化與質性的非系統性風險因素，以謹慎的進行成本分析與決策。

（三）廠商報價作業法制化

參考美國聯邦採購規則，考量現行國內產業生態及經濟規模情形，政府及國軍尚未能提出明確法規用以規範廠商，應於軍事投資建案商情蒐集階段，配合政府提出報價成本與利潤分析資料。現行中科院法人報價部分則於建案文件內補充提出「產品成本數據報告表」供審，以忠實反映計畫成本結構，國軍生產工廠則按照國防部核定單價或委製協議價格報價，部分廠商尚能配合提供成本價格分析明細表，然仍屬於協商方式取得，如能推展報價法制化，武獲程序將更加公開透明，對於政府權益更為公允及保障。另對於經常性定量或批次採購裝備，允宜研究批量與價格的變動規律，制定合理的批量價格，以科學估測訂價成本，降低採購價格風險。

三、提升跨領域整合能力，強化國防產業整合

（一）整合跨領域專案管理團隊

經比照美方成本管理分析模式，對於建模研析作業，近年來統計學、數理方法、資訊軟體開發等多領域作業，再加上全球朝向機器學習及大數據分析模式發

展，所需跨領域知識愈發寬廣，觀察本次成本年會專案管理顧問公司，亦透過研討會時機積極徵才與對政府推介管理諮詢服務，各場次不乏有專案顧問公司之分析師擔任講者，透過成本分析方法與技術運用的研討交流，增加專管公司曝光度與商機，同時尋找與吸引所需優秀人才。反觀國軍相關人才短期間培養不易，仍可提出相當誘因徵聘專業成本分析或統計人才，或將專案研析任務委託第三方學研單位或專管顧問公司，以建立數學模型及研析發展趨勢，以肆應成本管理需求。

（二）持衡成本資料庫多元發展

成本數據應具有信實、正確、可靠等特質，並可以就源輸入、多次使用、集中處理及分享共用的功能，允宜參照美軍發布「成本與軟體資料報告」律定成本資料收集和資訊系統建設規範，持續加強成本資料收集與利用，並參考「聯邦政府採購數據系統（FPDS）」之實務經驗，進行數據管理政策規劃與評估。本部已建置「國軍軍事投資建案成本效益分析系統系統（ICOST）」，並結合歷年各投資案各年度實耗成本數據資料，逐年累積成本數據與統計能量，應用於軍事投資建案的全壽期等各類成本估算。為配合高科技發展趨勢，國軍允宜持續發展多元的主要武器裝備成本的推估方法，構建分享平臺給所需單位運用，以期完備主戰兵力單位預算推

¹² 麥納瑪拉謬誤（McNamara Fallacy）：「一種非形式謬誤，描述過度使用數據評估事情的現象，導致對事實評估的失真與趨勢誤判」。麥納瑪拉為美國福特公司總裁轉任國防部文職部長，以量化統計數據做投資決策與成本分析著名，推動政府設計計畫預算制度，弭平三軍之間預算資源競逐的紛爭，並推動大量軍事事務革新。本案例係源自於越戰期間，將戰爭簡化為一個數學模型，以擊斃敵方的數量和降低己方人員的傷亡，評估勝利程度。然而在美國「十萬人計畫」中，藉由降低徵兵的標準（容許體格、智商、犯罪等瑕疵，例如：阿甘正傳的電影故事），讓入伍人數有所增長，以增加國防兵力。這項決策的標準是建立在「在抽象的意義上，士兵同質同等的，透過正確的訓練和優越的裝備，任何士兵都可在數學上變成一項加分」，因此在統計數值有非經過正規化的謬誤，忽略聯戰的指管協同等質化因素，產生士氣凝聚的低靡，間接導致決策與預期失準情形。

估及裝備運用決策之評估作業，提升國軍資源規劃管理綜效。

(三)強化國防自主的成本思維

在「國軍軍事投資建案規定」內設計有「國內產業承製能量評估」之作業規範，據以辦理商情蒐集，並依產能評估結果決定武器裝備以內購或外獲方式。依「國防法」第22條及「國防產業發展條例」第1條之規範，各機關應結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購時，應落實技術轉移，以達成獨立自主之國防建設。

爰以美軍太空監視系統案例亦結合民間力量，並審酌國際間人工智能及無人載具科技發展快速，不對稱戰爭已然對傳統武器作戰效益與壽期管理形成挑戰，且對面對陸資廠商及陸製產品策略性侵蝕上游供應鏈，國軍相關武器生產鏈與關鍵料件更可能衍生「消失性商源」之衝擊，反瞻國軍成本管理決策，應嚴密審慎完成自製及軍購決策（自製產能及技術移轉）、備案分析（機會成本決策），在條件允許下，規劃以自製優先，或應取得軍售案技術移轉，扶植民間國防產業與強化供應鏈（累積戰時工業動員能量），避免爾後系統分析及替代方案分析時，武獲評估之商源受限，甚而受制於外國政府與廠商供售機制，影響建軍備戰任務。

伍、結 語

孫子兵法始計篇有云：「夫未戰而廟算勝者，得算多也；未戰而廟算不勝者，得算少也；多算勝，少算不勝，而況於無算乎？」，貫穿本文脈絡的「成本分析」，即是呼應聖哲

先賢所強調的估測推算之精神，多次的模擬推估、追求最高勝率及最有效益的戰果，以滿足作戰需求，達成軍事戰略目標。而現我國軍處於國際區域情勢多變之際，允應前瞻敵情威脅、盱衡科技發展、審度作戰形態，借鏡美軍決策支援系統經驗，妥慎規劃各成本決策環節，尚仍需我輩聯合國軍各權責部門，戮力整合國防資源，妥適軍事投資決策，共同推展成本管理，以有效財力配置，達成支援建軍備戰之任務。

參考文獻

1. Brent M. Johnstone, 2024, “Flavors of Commonality: Learning in a Multiple Variant Environment.” 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.
2. Ben Wilder & Jennie Leott, 2024, “A Look Back: Ten Years of Cost Estimate Audits.” 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.
3. Cost Analysis Guidance and Procedures, 2020, DoD, USA.
4. Cost Estimating and Assessment Guide, 2020, GAO, USA.
5. Christopher Svehlak, 2024, “The ABC’s of Contract Proposal Pricing Evaluation & Cost Analysis.” 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.
6. Defense Acquisition Guidebook, 2013, USA.
7. Dave Brown & Kevin Cincotta, 2024, “Risky Business: Navigating the World of Software Productivity.” 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.

8. Darren Kreidler, 2024, "Leveraging Cost Estimating Techniques in Price to Win Analysis." 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.
9. Federal Acquisition Regulation, 2024, DoD, USA.
10. National Defense Industrial Strategy: Issues for Congress, 2024, DoD, USA.
11. Ronald W. Hilton. 2008,7., "Management Accounting: Creating Value in a Dynamic Business Environment, 6e." The McGraw-Hill Companies, Inc.
12. Report on Joint Capabilities Integration and Development System, 2022, USA.
13. Rick Garcia, 2024, "Space Fence: A Cost Analysis Success Story." 2024 ICEAA Professional Development Training Workshop.

附 錄



「2024年度國際成本分析-專業發展與培訓研討會」簡介

一、本協會及研討會簡介

美國國際成本估算及分析協會（International Cost Estimating and Analysis Association, ICEAA）屬國際性非營利組織，係由「國際參數分析師協會（International Society of Parametric Analysts, ISPA）」及「成本估算與分析協會（Society of Cost Estimating and Analysis, SCEA）」於2012年合併而成立，而SCEA最早可追溯至1960年成立之聖地牙哥工業估計協會（Industrial Estimating Society of San Diego, IESSD），爰協會擁有63年之悠久歷史，其服務範疇致力於成本資料蒐整、分析及估算之理論研究、實務運用及新興技術發展，並循年邀請各產、官、學、研單位參與研討年會，期使成本估算分析作業能發揮運用於政府部門與國防產業。

本次專業發展與培訓年會於113年5月11至19日期間舉辦，共計3日，實施72場次研討會，研討7大類議題。本部由主計局偕同整評司赴美國明尼蘇達州明尼亞波里斯市參加該年會，置重點於學習「美方政府及軍事部門」成本管理策略，選課原則以「決策與應用」為主，「資訊及數理」為輔，囿於選課時段限制，爰參加7類議題共計17場次，概分如下：

議題	1	2	3	4	5	6	7	合計
	流程實踐	策略運用	建模分析	資料科學	分析方法	風險管理	軟體開發	
總場次	11 場	12 場	11 場	12 場	9 場	6 場	11 場	72 場
參加場次	4 場	3 場	3 場	2 場	2 場	2 場	1 場	17 場

二、參與議程概要

項次	課程類別	課程主題	內容概要
1	流程實踐	回顧：十年成本估算審計	聯邦審計署（GAO）成本指南作發佈以來，將著眼於 10 年期間（2013-2023 年），瞭解成本估算的四個特徵的機構績效情形。
2		合約定價評估和成本分析 ABC	政府多數依賴於專案成本估算師，應探討專案執行必須擁有相關的知識與技能，以利進行合約審查、訂價評估和成本分析。
3		太空監視系統：成本分析成功案例	太空防衛系統將成本分析藉由技術獨立的專案評估公司研究，論述團隊基於歷史資料開發特定的地面雷達計畫支出模型。
4		Web 應用程式開發成本估算作業研究	運用商用 Web 應用程式開發平臺，使分析師能夠利用低代碼環境來構建資訊工具，並管理資源以滿足其應用程式生命週期。

項次	課程類別	課程主題	內容概要
5	策略運用	FP&A：我們能否突破傳統政府成本估算？	專案探討「財務規劃與分析」和整合政府「成本估算」的最佳實踐方式、創新的想法和軟體工具，以精進成本估算模式。
6		成本估算：運用多因子建模	探討如何處理通貨膨脹、材料、流行病和自然災害的經濟影響，以及基礎建設的成本因子，以有效更新訂價模型。
7		價格分析策略導入成本估算技術	探討類比、參數化等各式估計技術，通過將這些方法與價格分析結合，可以組織建構及優化策略，提高整體價格獲利能力。
8	建模分析	任務執行成本估算工具－2024年定位	由航空航太公司與美國太空總署合作開發的模型，研究MOCET為NASA整個太空科學任務實施成本估算及任務推展能力。
9		通用性：多因子情境模型	「通用性」是降低商業和軍事應用成本的專案策略（在多個飛機模型中重複使用零件、設計和工具），配合運用不同學習曲線，創建數據方法，以測量每種方法的準確性。
10		預測產製飛彈相關成本	探索計畫執行管理而導致的成本超支和進度延遲的問題，從國防部專案辦公室的角度分析綜合成本、進度風險和聯合信賴水準的評估，以精進更合理和可量化的估計。
11	資料科學	人工智慧和機器學習/數據科學應用於成本分析實務	探討數據科學的現代用法，包括機器學習、人工智慧和數據視覺化，並提供實例，展示在成本估算中如何應用軟體工具，協助成本管理與分析作業。
12		成本估算的自動化和流程改進	演示實例，將自動化執行每個成本估算軟體程序與性能，使成本分析團隊展現工具的有效性，包括它們的利弊、限制與範疇。
13	分析方法	數據主導生命週期分析，優化成本、風險和永續性	政府基礎設施投資都遵循標準壽期來估算專案成本，並在成本效益分析中相互比較實務案例。
14		初期成本增長與成本估算關係發展	藉研究美國國家核安管理局的資本收購專案的初期成本估算增長之經驗，探討專案開發成本估算關係（CER），進行函數建模，量化計算專案初期成本估算增長情形。
15	風險管理	結合成本與風險的評估模型（CRED）——一種新方法	本研究目標藉各方式提高成本估算的可信度：（1）識別不同的成本效益因素，（2）「知識差距」所形成的不確定性因素，（3）可能影響成本估算的關鍵問題及原因。
16		專案成本估算控制	探討在給定成本、進度和開發團隊規模的固定參數的情況下，預測可在特定時間範圍內交付的功能（特性）的最佳實踐方式。
17	軟體開發	風險交易：驅使軟體生產力	使用國際軟體標準組織的數據，直接估計生產力與成本的分佈關係探討軟體開發成本之意義。

三、相關財務管理學會及年會參考資訊

除國際成本/資源分析研討會之外，國際間尚有關其他知名財務管理學會，每年均定期舉辦學術研討會，並收錄發表期刊，亦為可資參考作為本部精進相關財務會計與成本管理決策之參考，茲整理如下表：

學術學會	英文名稱	年會期間	備考
美國財務學會	AFA, American Finance Association	1939年成立，每年1月份輪流在美國各地，召開年度會議及為期4天的學術研討會，並發表財務金融期刊（Journal of Finance）。	http://www.Afajof.org/
西方財務學會	WFA, Western Finance Association	1965年成立，每年6月份輪流在美國各地，召開為期4天的學術研討會。	http://www.WesternFinance.org/
國際財務管理學會	FMA, Finance Management Association International	1970年成立，每年10月份在美國、6月在歐洲、7月在亞洲等各地，召開為期4天的學術研討會。	http://www.fma.org/
歐洲財務學會	EFA, European Finance Association	1974年成立，每年8月份輪流在歐洲各大學舉行，召開為期4天的學術研討會。	http://www.efa-online.org/
歐洲財務管理學會	EFMA, European Finance Management Association	1994年成立，每年6、7月份輪流在歐洲各地舉行，召開為期4天的學術研討會。	http://www.efmaefm.org/