

探討國軍機動式末端月臺 功能之設計方案

DOI: 10.3966/230674382021111104002

劉晏銓、張旭明

提要

- 一、機動式末端月臺具有機動能力、部署時程短及人員操作便捷等優點，可符合未來戰場節奏快及戰力迅速轉換之目標，可有效提升國軍鐵運作業能量。隨著臺灣都市計畫發展，各縣市地區主要鐵路車站均朝立體化發展，現行鐵運作業均須至特定車站，運用固定式末端月臺實施各類裝備裝（卸）載作業；戰時運行過程中如遇鐵路中斷，相關裝備將無法下卸，影響戰時兵力運用與任務遂行，這也使得國軍在機動式末端月臺的設計有了必要性。
- 二、本研究藉由德菲法（Delphi Method）專家問卷及AHP（Analytic Hierarchy Process）層級分析法，進行「國軍機動式末端月臺」最適化探討，透過各評估構面及準則權重分析，瞭解對各影響因素重要程度及選出功能最適方案。經系統運算分析後，評估構面之整體權重值依序為機構模組化（0.487）、裝備機動化（0.384）、後勤維管作業（0.128）；準則層權重前六項依序為「基座穩定度（0.249）」、「裝備機動能力（0.199）」、「機構組裝便捷性（0.104）」、「轉彎角度變化性（0.091）」、「結構輕量化（0.080）」及「機構布署時間（0.080）」；研究顯示，於設計國軍機動式末端月臺最應重視機構模組化及裝備機動化。
- 三、透過分析「國軍機動式末端月臺」3個評選方案，依序為「自走式（0.652）」、「牽引式（0.238）」及「堆疊式（0.11）」；結果顯示自走式為研製機動式末端月臺之功能最適方案，可進一步提供國軍未來「機動式末端月臺」研發設計與運用之決策參考。

關鍵詞：軍事鐵運作業、機動式末端月臺、德菲法、AHP層級分析法

壹、前言

為有效紓緩軍、民間大量貨物長途運輸問題，臺鐵局曾於各車站廣設端末月臺執行鐵運作業。惟目前各縣市地區主要鐵路車站均朝立體化（高架或地下）發展，致現行軍事演訓鐵運作業均須至特定車站，運用固定式端末月臺實施各類裝備裝（卸）載作業。

然而，近年來隨著臺灣都市更新及觀光發展等因素，再加上民間國道、省（縣）道開發便利，端末月臺使用量減少，僅為國軍部隊使用較多，甚至因地方建設發展，地區民意代表認為設於鐵路側線端末月臺阻礙通行，要求國防部及陸勤部檢討存廢等各項問題。上述問題造成現有軍用端末月臺將逐漸移除，也大幅減少未來鐵運作業場地，使得軍事鐵運能量維持不易，極有可能造成相關裝備無法下卸，影響戰時兵力轉用與任務遂行甚鉅。因此，新建置機動式端末月臺成為一個可行方案，未來可規劃設計野戰組合滑道，採模組化、輕量化、承載負重力強、變化性佳、機動力強及作業方便等方向設計，以強化鐵路運輸作業能量，確保平、戰時軍運任務遂行。

機動式端末月臺具有機動能力、布署時程短及人員操作便捷等優點，符合防衛作戰戰場節奏快及戰力迅速轉移之需求，可有效提升國軍鐵運作業能量，這也使得國軍在機動式端末月臺的設計與布署有其必要性。德

非法係利用一連串有系統的問卷設計，徵詢專家學者個人意見後，再重新修正問卷內容，找出具有共識性準則；AHP層級分析法主要應用在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題上，其目的是將複雜的問題系統化，由不同層面給予層級分解，並透過量化運算，找到脈絡後加以綜合評估。

綜上所述，本研究主要目的為運用AHP層級分析法進行國軍機動式端末月臺最適化探討，首先藉由德非法專家問卷找出評選構面及準則，接著透過AHP系統化分析結果，完整呈現最適化的各權重值比較及相對重要性，可提供未來研發設計與運用時，輔助相關決策參考。

貳、軍事端末月臺執行現況

一、我國軍事鐵運裝卸載作法探討

目前全臺灣西部及東部地區，可供國軍軍運作業使用鐵路端末月臺（如圖一）計有44處，目前國軍各單位較常使用的月臺數量僅16處，分別為北部地區計有6處、中部3處、南部3處及東部3處（如表一）。國軍各單位執行鐵運裝（卸）載作業前，陸勤部運輸處於每月25日前召開次月份「公鐵運輸協調會」，邀集臺鐵局、各司令部及地支部共同與會，針對各單位運案需求，由陸勤部彙整後提供臺鐵局規劃調度。

雖現行有44處端末月臺可供使用，國軍

鐵運載運月臺較長納入使用僅有16處，28處已有多多年未使用，其中因素包含鐵路改建立體化、¹月臺年久失修、進出道路限縮及作業需求低等問題。

臺灣交通建設政策指導，鐵路局高層因政策與時代變遷等複合式壓力及該局每年處於營運虧損狀態，未來會全力推動資產活化，藉由促參建設、都市更新及設定地上權等多元開發方式，以開創財源；²此舉定會造成對國軍軍運支持度逐年下降，對於國軍未來是一大隱憂，現臺鐵局僅提供固定式端末月臺，國軍現行尚未構建機動式端末月臺提

供部隊使用與訓練，對於戰時及臨時狀況下，無法提供裝備下卸及裝載使用，這是國軍目前極需要改善的方向。

二、中共軍事鐵運裝卸載作法探討

中共早期鐵運執行卸載過程，軍方需在鐵路平車側邊搭設58根枕木月臺或S94輕型組合月臺，這兩種月臺的搭設，至少需30個官兵操作，且組裝难度大及場地要求較高（如圖二）。³

現今中共聯勤保障中心軍地聯合保障，執行野戰站臺搭設作業與訓練時，依軍品屬性不同的裝載方式，實施輪車鐵運捆綁、重



圖一 鐵運端末月臺

資料來源：本研究整理

- 1 行政院新聞傳播處，〈前瞻基礎建設計畫—軌道建設〉，行政院官網，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/daa0fa4a-46c7-4b7c-8b52-3520300f8d43>，檢索日期：民國110年1月21日。
- 2 陳政偉，〈臺鐵2021年估虧損32.4億元擬研議合理票價〉，中央通訊社，<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202010220142.aspx>，檢索日期：民國110年7月8日。
- 3 薛寶權，〈軍交運輸40年：從枕木站臺到智能裝載〉，央廣網，<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1610907117359320207&wfr=spider&for=pc>，檢索日期：民國110年3月13日。

表一 國軍較常使用鐵路末端月臺位置表

國軍較常使用鐵路末端月臺(16處)位置表							
地區	站名	座數	方向	地區	站名	座數	方向
北部	七堵	2	下	中部	田中	1	上
	中興一號	1	上1、下1		中興二號	1	上
	新竹	1	下	南部	新營	2	上1、下1
	蘇澳新	1	下		岡山	2	上1、下1
	宜蘭	1	上		九曲堂	2	上1、下1
	頭城	1	下	東部	加祿	2	上1、下1
中部	后里	1	上		臺東	2	上1、下1
	成功	2	上1、下1		花蓮	2	上1、下1

資料來源：本研究整理



圖二 共軍官兵運用58根木頭搭建臨時月臺

資料來源：中共百度網站-軍交運輸40年

裝備鐵運裝載調位及軍供保障等課目演練，提升運輸保障能力。⁴現行共軍較常使用裝（卸）載站臺計有新型野戰月臺車、人工快速搭建站臺及裝甲車輛卸載臨時站臺等三種方式，說明如下：

（一）新型野戰月臺車

新型野戰月臺車搭設組合月臺，其原理為運用軍車後方裝載組合月臺，並以車用吊臂延伸組月臺至最後一節平車後段，再以人力實施固定後，即完成機動化野戰站臺搭設，全程只需要2個操作人員，最快6分鐘就可完成月臺架設，全程操作既便捷、布署時

4 劉莎莎，〈軍地聯合開展野戰站臺搭設演練〉，中國軍事網，http://www.js7tv.cn/video/201901_171007.html，檢索日期：民國110年3月13日。

間短及安全可靠(如圖三)。

(二) 人工快速搭建站臺

全程由8員官兵以人工搬運方式，針對

組裝式載臺(9個長型板及1或2個斜坡板)，將整體斜坡及轉彎式骨架完成結合，並於最後一節平車後方架設，再以人力實施固定，即

完成臨時站臺搭設，各式輪車即可執行鐵路運裝(卸)載作業。卸載需要搬運的鋼軌器材數量多及整體重量高，所需人員較多、耗費時間長，全部車輛開下平車，卸載需耗時幾個小時，部隊在戰時快速轉換的環境下，可能將不被採納(如圖四)。



圖三 新型野戰月臺車搭設

資料來源：中國軍事網-軍地聯合開展野戰站臺搭設演練

(三) 裝甲車輛卸載臨時站臺⁵

裝甲部隊以人工快速搭建之站臺，提供裝甲車輛執行鐵路卸載作業(如圖五)，其裝備包括導向平臺和斜坡式軌道兩部分，導向平臺由45°直角三角形平臺板與若干根可調高度垂直支撐腳構成，斜坡式



圖四 人工快速搭建站臺

資料來源：中國軍事網-軍地聯合開展野戰站臺搭設演練

5 劉莎莎，〈人工快速搭建鐵路運送裝甲車輛卸載臨時站臺的製作方法〉，中國X技術網，<http://www.xjishu.com/zhuanli/30/201820900183.html>，檢索日期：民國110年3月13日。

軌道與地面成 $16^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 傾角的二節以上軌道單體組成，本體間採用爪鉤式鉸鏈連接。該裝備與制式站臺、人工搭建臨時站臺相比，其操作人員少、整體重量輕、搭建時間短、拆卸撤離快及無需任何動力；裝備能在平車左右兩側多方向搭建，使卸載車輛轉向便利，不受卸載地點、空間和地形限制及列車無須重新編組，可應用於野戰條件下任何複雜情況。

三、美國軍事鐵運裝卸載作法探討

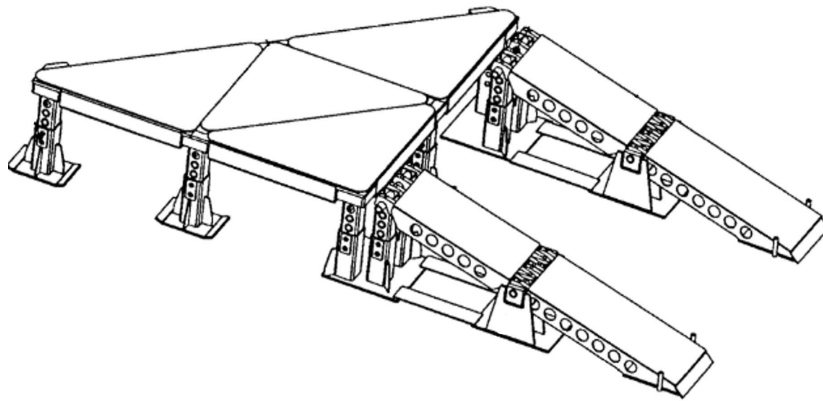
美軍因應國家戰略及海內外作戰部署需求，對於鐵路運輸發展較為先進與成熟；各種軍事裝備對於鐵運裝卸載機動性之需求較高，現行鐵運裝卸載作業，以軍用坦克導軌

坡道及機動式軌道車等兩種方式較常運用，分別說明如下：

(一) 軍用坦克導軌坡道

軍用坦克導軌坡道和膠墊採模組化設計。全程以模組化順序，排列堆疊或嵌套等原理組裝，第一個步驟先構建坡道，再完成膠墊組裝（如圖六）；其組裝無須使用工具或電子裝備，惟因零組件較重，因此須配合標準起重設備（如4K叉車、10K全地形升降機系統【ATLAS】）、起重機和滑輪系統實施組裝，裝備規格為18公尺斜坡及75噸負載能力。⁶

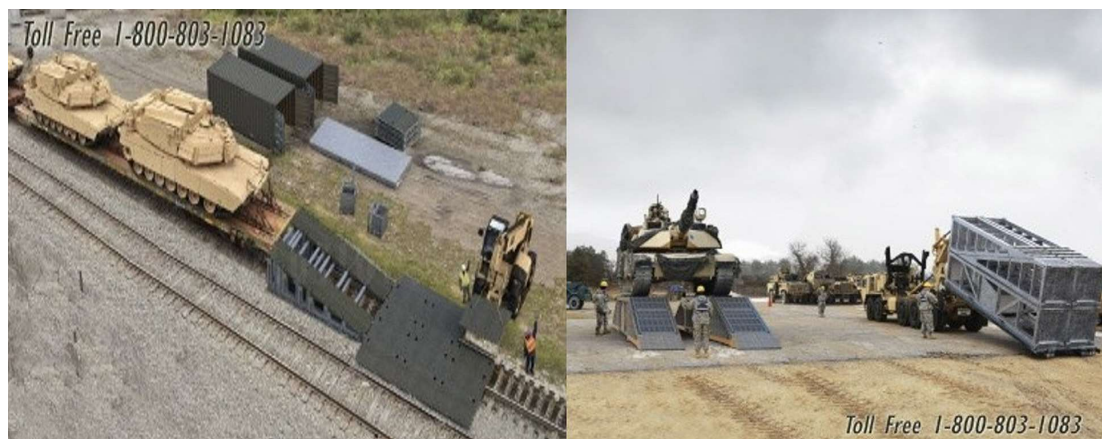
裝備基座結構可保持水平穩定，並組裝在水平或非水平地面，包括輕微的斜坡或坡度，再依地形調整高度，滿足從地面到貨運鐵路車廂的不同高度；裝備拆卸後，可裝載於在20英尺ISU運輸集裝箱內，配合軍用卡車或鐵路車廂，進行高效率的運輸和儲存。該裝備配合貨運列車車廂載運，可將平



圖五 人工快速搭建裝甲車輛卸載臨時站臺

資料來源：中共X技術網-鐵路車輛輔助裝置的製造及其改造技術

6 Southwest solutions group 'Military storage equipment for rapid deployment', southwest solutions, Retrieved 26 June 2021, from the Web Site: <https://www.southwestsolutions.com/military-deployment-equipment/military-storage-equipment-for-rapid-deployment>.



圖六 軍用坦克軌道斜坡與運輸集裝箱

資料來源：同註6

車上之坦克車、運兵車和其他軍用車輛，以點到點方式執行鐵運裝卸載，提高鐵路運輸之便捷與機動性。⁷

(二) 機動式軌道車

美軍因應海外部隊作戰部署概念，軍用裝備須於各港口和鐵路等輸具實施轉運，因此美國陸軍歐洲第21戰區支援司令部研發具收縮性功能的機動式坡道車，使各式坦克車與軍用輪型車輛能夠直接開到軌道車上，實施裝卸載作業（如圖七）。機動式坡道車由2個官兵實施操作，並應用於在歐洲任何地方軍事動員，該裝備2組可在6週內完成製造，

其費用為1萬美元，乃屬「低成本高效益」的運輸裝備載臺。⁸



圖七 美軍機動式坡道車鐵運裝載

資料來源：同註8

7 Southwestsolutions group, 'deploy tanks anywhere military tank rail ramps mats', southwestsolutions, Retrieved 26 June 2021, from the Web Site: <https://www.southwestsolutions.com/military/deploy-tanks-anywhere-military-tank-rail-ramps-mats>.

8 Southwestsolutions group, 'Army maneuvers through hurricane havoc on way to Europe mission', southwestsolutions, Retrieved 27 June 2021, from the Web Site: <https://www.stripes.com/army-maneuvers-through-hurricane-havoc-on-way-to-europe-mission-1.489994>.

另中共曾運清等學者（2009）發表「美軍制式鐵路移動站臺的發展與啟示」中說明，⁹美軍因應無固定月臺或月臺無法滿足條件下，以臨時拼裝方式搭設，使部隊具備快速裝（卸）載之能力；先前主要型式計有拼裝式直頂端月臺、拼裝式斜頂端機械化月臺及組合平車式斜端機械化月臺等三種類型，說明如下：

（一）拼裝式直頂端月臺

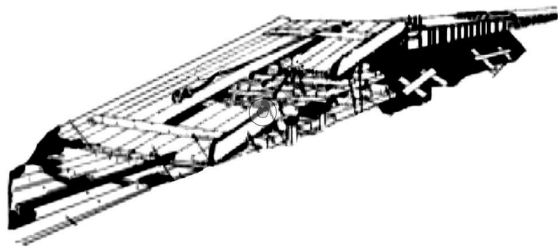
該月臺可用於美軍多數輪型車輛與履帶式裝備裝載使用，運用範圍較廣；主要以長條木製機構橫向連接、下鋪木製機構組裝而成，該月臺可與固定於平車中心線的滑輪裝置使用，一輛絞盤車輛位於平車右方成一定角度，透過滑輪裝置與絞盤車連接，確保車輛於裝載過程中，保持平車中心線方向上，避免發生危險（如圖八）。

（二）拼裝式斜頂端機械化月臺

該月臺研發於20世紀80年代，主要提供履帶車、輪型車輛、牽引車及坦克車等裝備執行裝卸載使用，亦可用於民生用途，如工程、水利、農業及建築機械等大型設備裝卸載使用；此月臺機構組成計墊板、斜面部分、引道部分及搭板等4個部分（如圖九）。

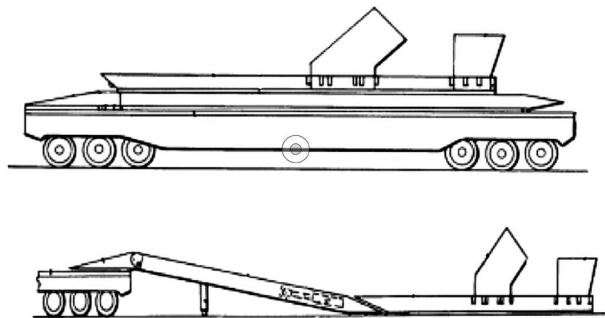
（三）組合平車式斜端機械化月臺

該月臺位於鐵運列車中間，由二節平車組裝構成，執行裝卸載作業時，兩節平車實施分離，車輛可從任一個平車上，同時由2個不同方向上下列車。組合式平車月臺主要包含導向及控制等兩個裝置，導向裝置位於其中一節平車上，另一節平車提供導向裝置運動



圖八 拼裝式直頂端月臺

資料來源：中國軍事交通學報第11卷第5期



圖九 拼裝式斜頂端機械化月臺

資料來源：中國軍事交通學報第11卷第5期

9 曾運清、王軍、辛昕，〈美軍制式鐵路移動站臺的發展與啟示〉《軍事交通學院學報》（中國），第11卷第5期，西元2009年9月，頁73-76。

軌道，控制裝置位於一平車上，可控制2個平車分離與結合功能（如圖十）；作業後，兩節平車可重新連接固定，隨列車再次運行。

20世紀90年代，美國軍事變革日益更新，對鐵路運輸提出更高需求，月臺機械化程度不斷提高；美軍研發機動式月臺採用模組化單元，便於月臺組裝、搭設與更換，並依據不同需求，組合不同型式與長度月臺。

綜上所述，相關國家軍隊實施鐵路運輸時，因應戰時及特殊狀況下，可運用機動式末端月臺提供部隊，執行緊急（或臨時）裝卸載作業；另中、美兩國裝備均有相似原理，乃月臺本身以車輛為動力來源、人力堆疊與搭建及平車本體具斜坡載臺（須藉列車併同運行），計區分組自走式（具動力）、牽引式（未具動力）及堆疊式（人力搭建）等三類，分析比較表（如表二）。

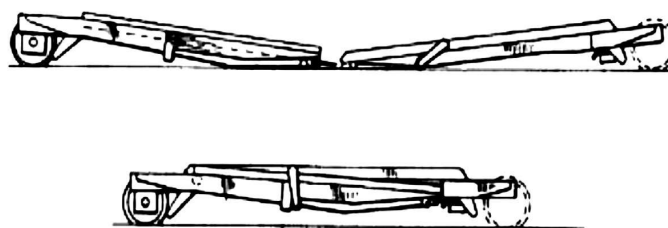
因此，本研究乃探討機動式末端月臺設計最佳運用方式，期望逐步建置能量，並滿足平戰時鐵運裝（卸）載需求。

參、研究方法及評估準則評選

為進行國軍機動式末端月臺最適化探討，本研究主要應用德菲法及AHP層級分析法等兩種方法進行研究分析，說明如下：

一、德菲法（Delphi Method）

RAND學者Brown於1968年9月所發表之



圖十 組合平車式斜端機械化月臺

資料來源：中國軍事交通學報第11卷第5期

表二 各國機動式末端月臺執行鐵路運輸比較表

各國機動式末端月臺執行鐵路運輸比較表			
種類 \ 國家	臺灣	中共	美國
月臺型式	無	1.新型野戰月臺車 2.人工快速搭建站臺 3.裝甲車輛卸載臨時站臺	1.軍用坦克導軌坡道 2.機動式軌道車 3.拼裝式直頂端月臺 4.拼裝式斜頂端機械化月臺 5.組合平車式斜端機械化月臺
月臺種類	無	自走式、堆疊式	自走式、堆疊式及牽引式

資料來源：本研究整理

研究對於德菲法之運作程序說明，¹⁰相較於一般傳統會議，改採開放匿名化來表達個人意見，避免參與者面對面（Face-to-Face）討論，可能所需面臨之心理層面干擾。於1995年Murry及Hammons再行提出「修正式德爾菲法（Modified Delphi Method, MDM）」，指出經彙整大量文獻資料或直接專家訪談後發展出結構式問卷，其做法可省下不少研究時間並讓每位參與的專家學者能聚焦於討論主軸上，以探討相關文獻發展全封閉式結構性問卷，避免開放式問卷可能無法收斂缺點。¹¹

德菲法是一種兼具量化及質化的整合研究方法，研究過程中，針對已設定議題，透過專家匿名及不斷書面討論的方式，進行數次的問卷調查，誘導專家發揮其專業知能、經驗與意見，形成一致性具體的共識。¹²考量傳統德菲法的流程與步驟過於冗長及耗時，無法長期進行專家學者意見諮詢，並持續不斷修正等因素；故本研究採用「修正式德菲法」

進行分析討論。

二、AHP層級分析法

為1971年由Thomas L. Saaty所發展出來，此方法首先要將問題描述並界定問題範圍，接著找出主要影響因素並建立層級架構，透過問卷系統性收集資料並分析，找出各層級架構評估因子的相對重要性，最後依此數據建立成對比較矩陣，用以計算矩陣特徵值（Eigen-value）與特徵向量（Eigen-vector），得出的數據經一致性檢定或敏感性分析後，即可協助選出最適決策方案。¹³

AHP分析方法的理論具有簡單性與實用性之優點，學術發展以來，已被各國廣泛研究單位普遍使用。¹⁴可將複雜與非結構的情況分割成組成成分，歸納這些成分或變數為階層次序，將每個變數的相關重要性以主觀判斷給予數值；綜合這些判斷來決定那一個變數的考量優先次序。還可進一步應用在分析問題方面，其中以運用於評選優先順序、產生交替方案與最佳方案較為普遍。¹⁵

10 Bernice B. Brown, "Delphi process: A Methodology used For the Elicitation Of opinions of Experts," The RAND Corporation, Vol. 18, No. 1 (1968), p.1-3.

11 陳光佑、彭天宏，〈裝備保修資源整合之初探—以UH-60M直升機為例〉《陸軍後勤季刊》（桃園），107年第4期，西元2018年11月，頁17-19。

12 許碧芳、林宗瑋，〈醫院高級健檢中心醫療合作外包廠商評選模式—層級分析法之應用〉《醫務管理期刊》（臺北市），第8卷第3期，社團法人臺灣醫務管理學會，西元2007年9月，頁235。

13 Saaty, Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary, European Journal of Operational Research, 145 (2003), P. 85-91.

14 褚志鵬，〈層級分析法 AHP〉（花蓮：著者自印，民國92年）。

15 翁振益、周瑛琪，〈決策分析：方法與應用〉（臺北：華泰文化，西元2006年），頁128-131。

三、評估構面及準則評選

在應用AHP層級分析之前，我們首先要進行評估構面及準則之客觀評選。檢視相關文獻，發現國內鮮少針對鐵運末端月臺設計進行相關論述，僅能從美軍、中共相關文章及報導探究，有關設計裝備最佳化之相關構面、準則層的探討，本研究參考國內相關學術論文、期刊並簡要分述如下（相關文獻歸納如表三、四）：

（一）機構模組化

美國（2020）網路報導，美軍因應海內外作戰部署需求，研發軍用坦克導軌坡道和膠墊採模組化設計，以利軍隊組裝與載運；¹⁶曾運清等人（2009）研究指出，美國軍事變革日益更新，美軍研發機動式月臺採用模組化單元，便於月臺組裝、搭設與更換；¹⁷宋吉峰（2017）認為，模組化可降低製造成本，並可迅速安裝或更換系統裝備。¹⁸因此，本研究在機構模組化評估構面歸納出以下次要準則：

1. 基座穩定度：美國（2020）網路報導，軍用坦克導軌坡道其裝備基座結構可保

持水平穩定，並組裝在水平或非水平地面，包括輕微的斜坡或坡度。¹⁹

2. 轉彎角度變化性：劉莎莎（2019）認為，人工快速搭建站臺以整體斜坡及轉彎式骨架完成結合，全程以人力實施固定，即完成臨時站臺搭設，執行各式輪車鐵運裝（卸）載作業。²⁰
3. 結構輕量化：劉莎莎（2019）研究指出，裝甲部隊以人工快速搭建之臨時站臺，提供裝甲車輛執行鐵路卸載作業；該裝備操作人員少、整體重量輕、搭建時間短、拆卸撤離快及無需任何動力。²¹
4. 構件間耦合性：宋守許等人（2018）研究提出，研究主動零件再製造的設計方法，²²以驗證零件運轉週期整體性能提升；提出結構功能耦合系統概念，說明結構間具耦合作用並分析零件的機械特性及力學關係，期確保各機件間彼此切合、運轉正常之概念。

（二）裝備機動化

美國（2020）網路報導，美軍因應海外

16 同註6。

17 同註9。

18 宋吉峰，〈藍色拼圖：美海軍艦艇造艦模組化概念的發展與省思〉《海軍學術雙月刊》（臺北市），第51卷第3期，民國106年6月，頁121-135。

19 同註7。

20 同註4。

21 同註5。

22 宋守許、汪偉、柯慶鎬、邱權，〈基於零件結構耦合關係的主動再製造設計方法〉《中國機械工程期刊》（中國），第29卷第21期 西元2018年11月，頁2.521-2.526。

部隊作戰部署概念，軍事裝備須於各港口和鐵路實施轉運，研發具收縮性功能的機動式坡道車，使各式坦克車與軍用輪型車輛能夠直接開到軌道車上，實施裝卸載作業，²³由此裝備機動化構面之次要準則探討如下：

1. **裝備機動能力：**劉莎莎（2019）研究指出，²⁴新型野戰月臺車搭設組合月臺，其原理為運用軍車後方裝載組合月臺，並以車用吊臂延伸組月臺至最後一節平車後段，再以人力實施固定後，即完成機動化野戰站臺搭設。
2. **機構布署時間：**劉莎莎（2019）研究指出，²⁵新型野戰月臺車搭設組合月臺，全程只需要2個操作人員，最快6分鐘就可完成月臺架設，全程操作組裝便捷、布署時間短及安全可靠。
3. **人員操作度：**陳麒元（2020）研究認為，推展本質較安全設計規範，以防止人為失誤的觀點，充實職業安全衛生管理系統之不足指出，²⁶無意的人為失誤操作界面的設計原則，必須先了解設計的目的，是讓人員好操作，適合人們使用而

設計。

4. **組裝便捷性：**劉莎莎（2019）研究指出，新型野戰月臺車搭設組合月臺，全程只需要2個操作人員，最快6分鐘就可完成月臺架設，全程操作組裝便捷、布署時間短及安全可靠。

（三）後勤維管作業

陳柏璋（2020）提出國軍後勤維保政策對任務影響分析之研究，保持武器裝備最大性能，後勤維修系統的重要性不容忽視；適當物流及維護操作，不僅提高可靠性、性能、壽命，降低後續維護成本；²⁷本研究在後勤維管作業評估構面歸納出以下次要因素：

1. **機構維護度：**韓冰（2020）研究指出，有關機械設備管理與維修保養認為，應強化機械設備管理與維修過程管控，並加強日常維護保養和定期維修；²⁸其次，做出整體效益評估，確保機械設備的指標都能達到標準。
2. **庫儲管理：**卜慶明（2005）研究提出，專業庫儲單位經營績效之評估，後勤管理錯綜複雜，國軍各式裝備亦隨之大量更

23 同註8。

24 同註4。

25 同註4。

26 陳麒元，〈推展本質較安全設計規範以防止人為失誤的觀點，來充實職業安全衛生管理系統之不足〉《工業安全衛生月刊》，第376期，西元2020年10月，頁49。

27 陳柏璋，〈國軍後勤維保政策對任務影響分析-以飛行偵查系統為例〉（臺南：崑山科技大學碩士論文，西元2020年）。

28 韓冰，〈機械設備管理與維修保養〉《水電水利期刊》（中國），第4卷第7期，西元2020年，頁62。

新，發揮最大的效率，檢討各種應變措施，強化庫儲作業管理。²⁹

3. **裝備保養易度**：劉惟華（2013）研究指出，³⁰模組化產品設計階段，設計者應將相關零組件結合為一個模組，降低模組與模組間關聯性，增加各模組執行順暢度，減少相互影響程度；因此，模組化產品可展現便於維修、演進與客製化等優勢特點。
4. **故障維修成本**：蔡桂蘭（2015）提出，日本照護機器人產業在臺灣可能發展之方向-以AHP層級分析法評估分析，³¹應

用AHP評估分析影響照護機器人之發展的關鍵因素；研究結果顯示，以「維修成本」為前七項優先重要的因素。

肆、研究設計

本篇藉評選模式之建構分成兩階段，第一階段透過修正式德菲法，先由專家藉書面研討，聚焦找出「設計機動式末端月臺」適當之評選準則，第二階段應用AHP建立層級架構，完成設計問卷與調查，以決定評選準則之整體權重，並選出最佳設計評選方案。

表三 主要評估構面歸納依據說明

評估構面	說明	參考文獻
機構模組化	為減少機構複雜度及減輕人員負荷，採模組化結構組裝，並朝向平穩、輕量、轉彎角度設計及機構結合後，各零組件間彼此吻合度。	Southwestsolutions group, "Military storage equipment for rapid deployment," 2021. 曾運清、王軍、辛昕，〈美軍制式鐵路移動站臺的發展與啟示〉，西元2009年。 宋吉峰，〈藍色拼圖：美海軍艦艇造艦模組化概念的發展與省思〉，西元2017年。
裝備機動化	新式裝備可藉本身動力、牽引方式或運用車輛載臺實施載運；裝備抵達後，人員可快速布署搭設，提升後勤支援效能及減輕人力負荷問題。	劉莎莎，〈軍地聯合開展野戰站臺搭設演練〉，西元2019年。 Southwestsolutions group, "Army maneuvers through hurricane havoc on way to Europe mission," 2021.
後勤維管作業	人員針對模組機構實施保養、維護及檢查方式，是否易造成基層幹部管理負擔；定期維保壽期或機構損壞時，經費支出是否造成維護之困難。	陳柏璋，〈國軍後勤維保政策對任務影響分析-以飛行偵查系統為例〉，西元2020年。

資料來源：本研究整理

29 卜慶明，〈專業庫儲單位經營績效之評估—以國軍某後勤單位為例〉（高雄：義守大學管理研究所碩士論文）。

30 劉惟華，〈考量模組化設計之永續性產品開發決策〉（新竹：清華大學工業工程與工程管理学系碩士論文）。

31 蔡桂蘭，〈日本照護機器人產業在臺灣可能發展之方向—以AHP層級分析法評估〉（新北市：淡江大學亞洲研究所碩士論文）。

表四 次要準則歸納依據說明

主要構面	次要準則	參考文獻	文獻出處
機構模組化	基座穩定度	軍用坦克導軌坡道，其裝備基座結構可保持水平穩定，並組裝在不平整的地面上。	Southwestsolutions group, "deploy tanks anywhere military tank rail ramps mats," 2021.
	轉彎角度變化性	人工快速搭建站臺以整體斜坡及轉彎式骨架完成結合，再以人力實施固定。	劉莎莎，〈軍地聯合開展野戰站臺搭設演練〉，西元 2019年。
	結構輕量化	裝甲車輛卸載臨時站臺組裝，具操作人員少、整體重量輕、搭建時間短、拆卸撤離快及無需任何動力。	劉莎莎，〈人工快速搭建鐵路運送裝甲車輛卸載臨時站臺的製作方法〉，西元 2019年。
	構件間耦合性	提出結構功能耦合系統的概念，說明結構間具有耦合作用，並分析零件的機械特性及力學關係。	宋守許等人，〈基於零件結構耦合關係的主動再製造設計方法〉，西元2018年。
裝備機動化	裝備機動能力	新型野戰月臺車搭設組合月臺，以車用吊臂延伸組月臺至最後一節平車後段，再以人力實施固定後，即完成機動化野戰站臺搭設。	劉莎莎，〈軍地聯合開展野戰站臺搭設演練〉，西元 2019年。
	機構布署時間	新型野戰月臺車搭設組合月臺，全程操作組裝便捷、布署時間短及安全可靠。	
	人員操作度	無意的人為失誤操作界面的設計原則，目的為讓人好操作，適合人們使用而設計。	陳麒元，〈推展本質較安全設計規範以防止人為失誤的觀點，來充實職業安全衛生管理系統之不足〉，西元2020年。
	組裝便捷性	新型野戰月臺車搭設組合月臺，全程操作組裝便捷、布署時間短及安全可靠。	劉莎莎，〈軍地聯合開展野戰站臺搭設演練〉，西元2019年。
後勤維管作業	機構維護度	機械設備管理與維修保養，應強化機械設備管理與維修管控，並加強日常維護保養和定期維修。	韓冰，〈機械設備管理與維修保養〉，西元2020年。
	庫儲管理	後勤管理錯綜複雜，應發揮最大的效率，檢討各種應變措施，以強化庫儲作業管理。	卜慶明，〈專業庫儲單位經營績效之評估—以國軍某後勤單位為例指出〉，西元 2006年。
	裝備保養易度	設計者應將相關零組件結合為一個模組，降低模組與模組間關聯性；因此，模組化產品可展現便於維修、演進與客製化等優勢特點。	劉惟華，2013。〈考量模組化設計之永續性產品開發決策〉，西元2013年。
	故障維修成本	應用AHP評估分析影響照護機器人之發展的關鍵因素，以「維修成本」為前七項優先重要的因素。	蔡桂蘭，〈日本照護機器人產業在臺灣可能發展之方向-以AHP層級分析法評估〉，西元2015年。

資料來源：本研究整理

本次遴選專家由國防部、陸軍司令部、陸勤部及二-五地支部業務主管及實際督管鐵運士官評估之意見，計算各層構面、準則及方案之相對權重值；最後可得知，設計國軍機動式末端月臺應最被重視之要素，最後再由整體一致性指標的檢視，來增強其評估結果的信賴度。

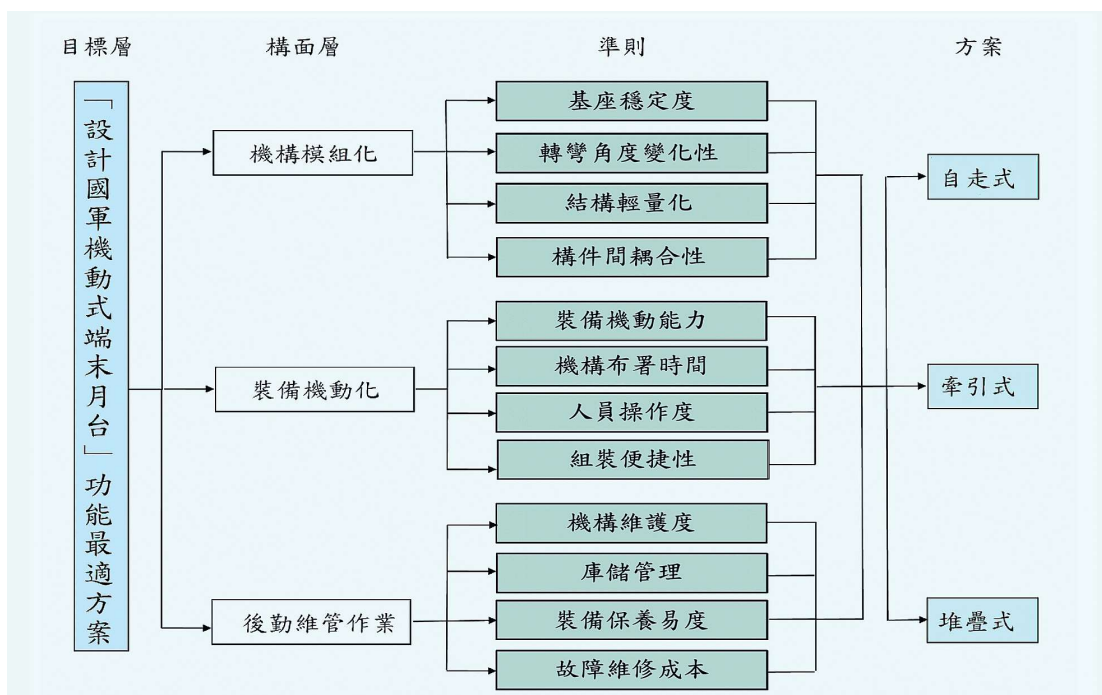
一、層級架構流程設計

本研究探討區分為四層，第一層為「目標」層，為「設計國軍機動式月臺」功能最適方案，以此作為整體架構之目標；第二層為「構面」層，為「機構模組化」、「裝備機動化」及「後勤維管作業」等三項構面；第三層

級再依上述三項準則進行細分，每一標的下各分有四個準則，總共區分十二項準則，第四層級為「方案」層，為「自走式」、「牽引式」及「堆疊式」等三個方案；其層級架構詳如圖十一所示。

二、德菲法專家訪談

本研究運用德菲法 (Delphi Method) 設計第一階段問卷，以「同意」、「不同意」等兩種結果來確認評選構面、準則及方案，以利第二階段建立客觀的AHP層級分析法實施專家問卷。專者學者計9人，分別來自國防部、陸軍司令部、陸勤部運輸處及地支部等四個單位如表五；本研究依各專家建議完成層級架



圖十一 「設計國軍機動式末端月臺」功能最適方案架構圖

資料來源：本研究整理

構調整修訂，如表六。

三、AHP問卷設計

本階段執行目的係為確立設計國軍機動式端末月臺之構面、準則及方案權重；經綜整專家意見建立之層級架構為基礎，並依AHP層級研究法完成問卷設計。AHP評估是以每一層級的上一層要素，作為對下一層要素評估之依據，而以各要素間成對比較結果產生之成對比較矩陣，來計算要素的相對權重，最後由受訪者針對各構面、準則及方案進行相互比較，再以應用軟體「Expert Choice 11」實施權重分析及確立。

四、一致性檢定

在探討設計國軍機動式端末月臺方案時，運用AHP層級分析方式設計問卷時，將錯綜複雜的各種因素，以系統方式整理為簡化為要素，計算出各次準則成對比較矩陣之一致性。對於每一個成對比較矩陣計算最大向量值，利用一致性指標、隨機一致性指標和一致性比率做一致性檢驗，若檢驗通過，特徵向量即為權向量，若未通過，需重新構造成對比較矩陣；因此，一致性指標C.I.值=0，表示決策者前後判斷完全符合一致性，如果C.I.值 ≤ 0.1 ，表示在可接受範圍，計算一致性利用n個比較

表五 「德菲法」專家訪談分析表

單位		職務	人數	備註
機關 單位	國防部	幕僚職	1	負責政策推動
	陸軍司令部	幕僚職	1	負責政策管制、執行
	陸勤部運輸處 (兵監單位)	主管職、幕僚職	3	負責鐵運政策制訂及督管
地支部		業務主管	4	負責鐵運督管及執行

資料來源：本研究整理

表六 調整後評選構面、準則及方案

第一層目標	第二層構面	第三層準則	第四層方案
「設計國軍機動式 端末月臺」功能最 適方案	機構模組化	基座穩定度	自走式
		轉彎角度變化性	
		結構輕量化	
		構件間耦合性	
	裝備機動化	裝備機動能力	牽引式
		機構布署時間	
		機構組裝便捷性	
	後勤維管作業	機構維保易度	堆疊式
		庫儲管理	
		故障維修成本	

資料來源：本研究整理

項目所建立的權重矩陣(W)與成對比較矩陣(A)之最大特徵值 $\lambda_{\max}$ ，於滿足 $(A-nI)W=0$ 、 $(A-\lambda_{\max}I)W=0$ 下求取各層級要素的權重值；最後，為確認所得之權重值具可信度，透過一致性指標 $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)$ 與一致性比率值 $CR=CI/RI$ ($CR<0.1$) 檢測整體層級結構是否具一致性。

伍、研究結果與分析

本研究係採用AHP層級分析法來探討功能最適方案；藉由專家問卷回收後，採用套裝軟體Expert Choice 11進行資料分析，並依輸入問卷資料，計算出各構面、準則及方案

間之權重值大小，相關結果如下所述。

一、問卷受訪者資料分析

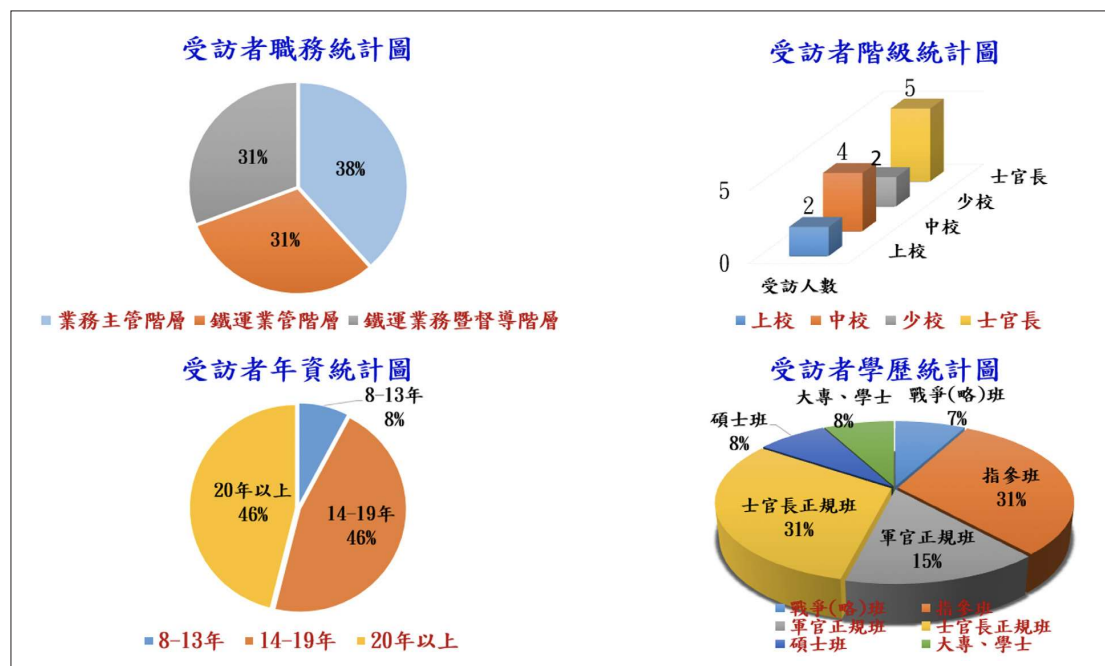
本研究採專家問卷填寫進行，以國防部(1員)、陸軍司令部(1員)、陸勤部(3員)與本島各地支部(8員)為研究訪談對象，總計為13員；專家背景資料分析圖如圖十二。

二、分析結果

本次問卷藉由13位受訪者意見，依據AHP層級分析法之調查方式，分別從「機構模組化」、「裝備機動化」及「後勤維管作業」等三個階層探討；研究結果如下述內容所示(整體權重值排序表如表七)：

(一) 所有構面之分析

經系統運算分析後，可顯示出所有構面



圖十二 專家背景資料分析圖

資料來源：本研究整理

表七 整體評估構面、準則與評選方案之權重值及排序表

目標層	評估構面			評估準則			整體 權重	整體 排序	評選方案		
	項次	各構面 權重值	排序	項次	各評選 權重值	排序			項次	各評選 權重值	排序
「設計國軍機動式末端月臺」功能最適方案	機構模組化	0.487	1	基座穩定度	0.511	1	0.249	1	自走式	0.652	1
				結構輕量化	0.165	3	0.080	5			
				轉彎角度變化性	0.187	2	0.091	4			
				構件間偶合性	0.137	4	0.067	8			
	裝備機動化	0.384	2	裝備機動能力	0.519	1	0.199	2	牽引式	0.238	2
				機構布署時間	0.209	3	0.080	6			
				機構組裝便捷性	0.272	2	0.104	3			
	後勤維管作業	0.128	3	裝備維保易度	0.595	1	0.076	7	堆疊式	0.110	3
				庫儲管理	0.264	2	0.034	9			
				故障維修成本	0.141	3	0.018	10			

資料來源：本研究整理

之評選指標權重與排序結果；各評估構面之整體權重值，由高至低依序為：機構模組化構面（0.487）、裝備機動化構面（0.384）、後勤維管作業構面（0.128）。由此可知，「設計國軍機動式末端月臺」應首重機構模組化，其次為裝備機動化，後勤維管作業再次之。

（二）整體權重之分析

整體權重值乃藉由評估構面及準則的評選指標權重串聯後產生；經系統分析後，由高至低依序為「基座穩定度（0.249）」、「裝備機動能力（0.199）」、「機構組裝便捷性（0.104）」、「轉彎角度變化性（0.091）」、「結構輕量化（0.080）」、「機構布署時間（0.080）」、「裝備維保易度（0.076）」、「構件間偶合性（0.067）」、「庫儲管理（0.034）」及「故障維修成本（0.018）」；由此可知，「設計國軍機動式末端月臺」時，首重「基座穩定

度」方面。

（三）評選方案之分析

經系統主、次準則運算串聯後，顯示出三個評選方案權重與排序結果，各評選方案之最終權重值，由高至低依序為：自走式（0.652）、牽引式（0.238）、堆疊式（0.110）。因此，探討「設計國軍機動式末端月臺」功能最適方案，應以「自走式」方案為主。

三、一致性檢定

本次問卷針對參與鐵運專家共發13份問卷，以Expert Choice 11軟體進行權重結果分析，一致性指標C.I.值中，整體不一致性指標值為0.06，各評估構面的不一致性指標，依序為機構模組化0.02、裝備機動化構面0.05、後勤維管作業0.01，各指標C.I.值均小於0.1（研究C.I.值應 ≤ 0.1 ），如表八所示。

主準則層級的一致性指標（C. I.）為

表八 一致性檢定表

層級名稱		C.I.值	C.R.值	一致性檢定
主準則		0.06	0.040	符合
次準則	機構模組化	0.02	0.022	符合
	裝備機動化	0.05	0.086	符合
	後勤維管作業	0.01	0.017	符合

資料來源：本研究整理

0.06、隨機指標值(R.I.)為1.48(層級數n=10)，C.I.值 /R.I.值=C.R.(一致性比率)為0.04，故主準則層級的一致性是可接受的。

四、AHP敏感度分析

系統敏感度分析係當評估構面權重改變時，對設計國軍端末月臺功能最適方案的優先選擇順序之影響；本文利用 Exper Choice 11內的梯度敏感度分析(Gradient Sensitivity Analysis, GSA)功能作分析，當評估構面權值改變(增、減10%)時，設計優先選擇的方案順序，會如何隨之改變。

經系統分析後，初始的優先順序如圖十三說明，本研究中最適方案的「自走式(65.2%)」，在「裝備機動化(38.4%)」構面獲最高之權重，而在「堆疊式(11%)」方案為最低之權值。經上述結論分析，各構面經過+10(-10)%動態調整後(如表九)，結果並未有所改變，顯示本研究模擬結果的穩定性；亦代表各專家們依所列「構面」及「準

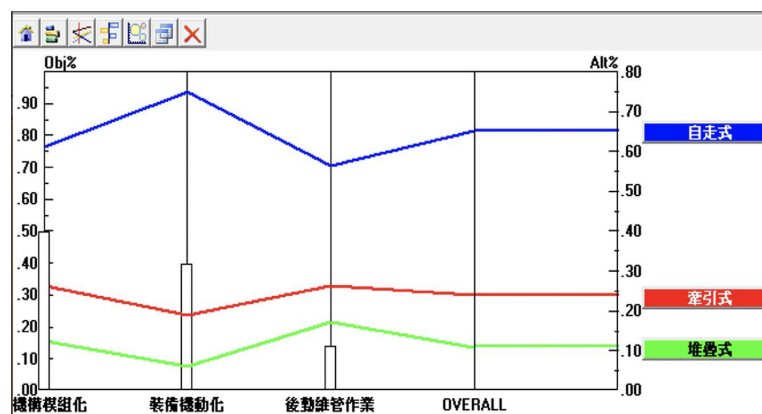
則」評選，以「自走式」為最適方案。

陸、結論與建議

本研究藉由德菲法專家問卷及AHP層級分析法，說明設計國軍機動式端末月臺所考量之因素，透過各構面與準則權重分析，瞭解對各個影響因素重要程度及最適方案的優先順序，以下為研究所得之結論與建議：

一、結論

(一) 本研究運用層級分析法(AHP)所建構的「設計國軍機動式端末月臺功能最適



圖十三 各方案綜整權重之效能敏感度分析圖

資料來源：本研究整理

表九 動態敏感度分析權重比較表

構面區分		原始權重	第1次調整	第2次調整	第3次調整	第4次調整	第5次調整	第6次調整
機構模組化		48.7	53.6 (+10%)	45.8	48.1	43.8 (-10%)	48.6	49.5
裝備機動化		38.4	34.8	42.2 (+10%)	37.8	41.0	34.6 (-10%)	39
後勤維管作業		12.8	11.6	12.0	14.1 (+10%)	15.2	16.8	11.5 (-10%)
決策方案	自走式	65.2	64.8	65.8	61.8	61.9	60.5	65.3
	牽引式	23.8	24.1	23.5	25.5	25.4	26.1	23.8
	堆疊式	11.0	11.2	10.7	12.7	12.7	13.4	10.9

資料來源：本研究整理

方案」之權重，可完整呈現最適化的各項評估構面及準則，並瞭解各項構面及準則間的相對重要性，可提供未來研發設計與運用時，納入決策方案之參考。

(二) 本研究探討因應臺鐵未來車站高架(地下)化或戰時戰術作為等裝(卸)載需求時，對於設計「國軍機動式端末月臺」功能最適方案；經層級分析法實施分析，結論以「自走式」為最適方案，一致性指標(C.I.)及一致性比率(C.R.)分別為0.06及0.04，最適結果可被接受。

(三) 經系統分析後，可顯示出所有構面之評選指標權重與排序結果；各評估構面之整體權重值大小，由高至低依序為：機構模組化(0.487)、裝備機動化(0.384)、後勤維管作業(0.128)。由此可知，於設計國軍機動式端末月臺應首重機構模組化方面，其次為裝備機動化方面，後勤維管作業方面再次之。

(四) 在國軍機動式端末月臺評選準則中，以「基座穩定度(0.249)」之權重為最重。未來因應戰(演)訓任務布署機動式月臺時，相對本身基座穩定程度，包括承載裝備重量、防滑程度及裝備底座與軌道面穩固可靠等特性，設計出符合國軍部隊鐵運裝(卸)載需求；後續委製設計時，首要考量第一要務，應以基座穩定度為主要考量因素，方能滿足國軍各單位鐵運需求，有效減少鐵運作業之風險。

(五) 本研究經以敏感度分析後，各構面經過+10(-10)%動態調整後，「自走式」最適方案未有所改變，顯示結果的穩定性；另裝備機動化對整體方案之影響，遠高於其他構面探究其原因為，專家們認為設計機動式端末月臺，裝備本身應具有機動能力、布署時程短及人員操作具有便捷性，以符合未來戰場節奏快及戰力速迅轉換之目標。

二、建議

(一) 籌建新式「國軍機動式端末月臺」裝備

隨著臺灣都市計畫發展，未來鐵運作業場地將逐漸減少，為維持鐵運作業能量，建議國防部業管部門能適度檢討經費，籌建新式「國軍機動式端末月臺」裝備，納入「國軍五年兵力整建計畫」籌補；裝備於設計階段，可增納「GPS狀況回報系統」，透過中控圖臺進行圖資顯示並結合通訊軟體，即時掌握系統狀況，提供人員即時、快速抵達任務點，避免裝備無法迅速卸載，影響戰術作為及延長臺鐵局裝備搶修時效。

(二) 選定特定作業場址實施多元組裝訓練

未來新式裝備籌購後，協調鐵路局選定各作戰區作業場址，結合臺鐵平車調度及側線安全性，初期作為師資種能訓練、中期選一作戰區試行驗證、後期納入全面運用；透過裝備多元組裝訓練，平時供部隊裝載運用，可解決目前站址作業能量不足問題，並有效建立戰時鐵運能量，以達平戰合一。

(三) 納入運輸後備部隊勤召專業課程施訓

未來新式裝備若完成設計與籌購後，建議針對本島各運輸專業部隊每年實施「鐵運輔助軍事勤務隊」勤召課程納入訓練，原鐵運專業課程以臺鐵局提供固定式端末月臺外，並增加搭建機動式端末月臺能力，可建立召員多元的鐵運裝（卸）載模式，有效提升戰時鐵運作業能量。

(四) 臺鐵局納入全民動員課目協同演練

為有效結合戰時鐵路遭破壞狀況，國軍

軍運列車無法運行前提下，於全民防衛動員納入議題課目演練，除透過臺鐵局工務段積極搶修演練，亦同步結合國軍機動式端末月臺運用，各運、工、機、電務段配合完成協同組合式演練，可於平時獲得鐵運作業常數，納入國軍相關準則與臺鐵局作業規範內，戰時可迅速及安全完成。

(五) 探究新式裝備成本及壽期指標

設計新式裝備以國軍整體後勤觀點，「成本」及「壽期」乃是探究之重要指標，本案屬前導研究，置重點於功能性準則評估；建議後續由業管部門納入訪商與訂定預算編列基準，以利納入整體裝備益本比及成本探究，以達整體後勤之效益。

作者簡介

劉晏銓中校，中正理工學院正89年班，陸軍後勤正規班98年班，國防大學理工學院兵研所碩士班97年班，國防大學陸軍指揮參謀學院104年班，國防大學戰略班110年班，現任職於陸軍後勤指揮部運輸處運參官。

作者簡介

張旭明上校，中正理工學院84年班、國防大學中正理工學院兵器系統工程研究所碩士89年班、國防大學管理學院指參班95年班、國防大學管理學院戰略班100年班，現任職於國防大學管理學院戰略教官。