

陸軍學術 中華民國一百零九年五月

工兵半年刊

第156期

ISSN:2225-5400

GPN:48097-04422

Chinese Army Engineer Bulletin of R.O.C No.156, MAY 2020



陸軍工兵訓練中心發行

第 156 期

發行人 陳威霖

社長 李安邦

副社長 葉昀輝

總編輯 紀正彥

主編 王嘉聖

審查委員 吳仁瑜 林文傑 施嘉全

紀正彥 林銘証 葉逸軒

馮勝之 吳奇諭 劉恩光

謝忠成 王禹景 朱佰鴻

傅順鋒 李秋德 周寬渝

潘致中

美術編輯 王嘉聖

審校 林東德 郭旻鑫

G P N 4809704422

ISSN 2225-5400

定價 非賣品



本著作採用創用 CC 為：
「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0 版臺灣

陸軍工兵半年刊 版權頁



出版日期

中華民國 109 年 5 月 15 日

創刊日期

中華民國 60 年 11 月 16 日

發刊網頁

國防部全球資訊網/軍事書刊
/學術期刊

[https://www.mnd.gov.tw/
PublishMPPeriodical.aspx?
title=軍事刊物&id=17](https://www.mnd.gov.tw/PublishMPPeriodical.aspx?title=軍事刊物&id=17)

發行

陸軍工兵訓練中心

地址

高雄市燕巢區中西路 1 號

電話

07-6169882

電子郵件

caes736141@gmail.com





防衛作戰機動布雷運用及發展之研究

1



吳奇諭 中校

陸軍官校 96 年班，曾任排長、連長、隊長；現任陸軍工兵訓練中心戰工組教官

14

防衛作戰反擊先鋒-機動橋(AVLB)運用與發展

劉恩光 中校

工兵學校正規班 97-2 期，曾任排、連、工程官、人事官、教官、後參官；現任陸軍工兵訓練中心渡河組教官



防衛作戰戰力防護之研究-以北部灘岸後方地區構築地下掩體為例

29



曾世傑 中校

陸官校 89 年班、現為臺灣科技大學營建工程研究所博士候選人，曾任連、營長、動員參謀官、計畫參謀官；現任國防大學陸軍學院軍事理論組教官



蔡營寬 中校

中正理工 92 年班、美國佛羅里達大學博士 104 年班，曾任研發官、工程官；現任國防大學理工學院環境資訊及工程學系軍工組組長



施述立 少校

中正理工 99 年班、工訓中心正規班 102 年班，曾任排、連長；現任現為國防大學陸軍指參學院 109 年班學官

戰術型雷區運用之探討

50

吳珮瑄 少校

陸軍官校 96 年班，曾任排長、連長、隊長現任陸軍工兵訓練中心戰工組教官



民間預鑄式混凝土構造物運用於 工兵支援任務之研究

61



李明宗 少校

高苑技術學院建築工程系·工兵學校正規班 99-1 期，曾任排長、工程官；現任陸軍工兵訓練中心軍工組教官

委商裝備維修導入後勤管理資訊系統可行性之研析

72



劉懷元 少校

工校正規班 107-1 期，曾任工兵裝備修護官、後勤官、教官；現任陸軍工兵訓練中心機械組教官



洪郁翔 上尉

工校正規班 108-1 期，曾任排長、副連長、後勤官、連長；現任現任五四工兵群連長



危險河川水域舟艇翻覆處理之探討

91



莊仲賢 士官長

樹德科技大學經營管理研究所，曾任助教、教官；現任陸軍工兵訓練中心渡河組教官



翻譯--Reinventing MICLIC Use In the Infantry Brigade Combat Team(步兵旅戰鬥隊改裝火箭排)

103

吳珮瑄 少校

陸軍官校 96 年班，曾任排長、連長、隊長現任陸軍工兵訓練中心戰工組教官



期刊專欄 置新式模擬系統、提升學員訓練成效

110



防衛作戰機動布雷運用及發展之研究

--吳奇諭中校--

提要

- 一、共軍地面整體作戰能力發展，已朝向作戰立體化、機動快速化、火力遠程化、打擊精準化及部隊特戰化發展。共軍擴充兩棲武力為現階段海軍艦隊整建的重點，且已獲得相當成果，尤其新型兩棲登陸載具發展與作戰模式均有長足進步，藉由新式兩棲艦艇運載能力，和快速掠海輸具技術優勢，共軍已達成「超地平線」與「海空一體」突擊上陸方式，並運用「多層雙超」戰法，於兩棲機動中選擇我防禦薄弱環節，實施高速度、全時空、全縱深、多方向及多層次登陸打擊手段，對我防衛作戰造成嚴重威脅。
- 二、共軍於登陸上岸前，必定運用諸般手段，對我灘岸實施攻擊與破壞，而我設置之灘岸阻絕遭敵破壞後，將很難實施補強；因此，我軍應重新思考針對中共登陸戰法及各式新式輸具，在兵力、時間、資(阻)材、海岸環境及國家發展政策、風俗民情等條件限制下，除了天然障礙及現行各式障礙物外，亦可考慮運用具備機動性高、作業兵力與時間少、阻絕效果大之「機動布雷」手段於灘岸阻絕，以期達到灘岸殲敵目標。
- 三、機動布雷系統具有作業時間短，散布面廣，作業兵力少等特性，與傳統地雷在效益分析比較後，機動布雷無論在人、裝、時、成本、安全效益及作戰效益上，較符合我軍組織調整及因應共軍新式裝備與戰術戰法的改變，然而未來戰爭型態將朝「小規模、高科技、高技術發展，以致預警時間相對縮短」，由此可見，因應未來防衛作戰趨勢與型態，機動布雷在運用上確有其必要性。
- 四、國軍遂行國土防衛作戰須具備承受第一擊、反斬首行動、機動反擊及持久作戰的能力，戰時統合三軍聯合戰力，反制敵對臺灣海、空域封鎖，開闢海、空安全航道，確保聯外交通暢通，以維持續戰力；而我工兵部隊於防衛作戰中，支援各作戰區執行灘岸、空機降場、縱深地區與城鎮阻絕，應籌購機動布雷系統，以達機動設障之目的，有效遲滯敵軍作戰行動。

關鍵字：機動布雷、灘岸殲敵、防衛作戰、機動設障

前言

共軍地面整體作戰能力發展，已朝向加速「機械化」換裝、「全旅化」組織調整、「資訊化」改造及「實戰化」演訓等方向發展¹。共軍擴充兩棲武力為現階段海軍艦隊整建的重點，且

已獲得相當成果，尤其新型兩棲登陸載具發展與作戰模式均有長足進步，藉由新式兩棲艦艇運載能力，和快速掠海輸具技術優勢，共軍可運用「多層雙超」戰法²，於兩棲機動中選擇我防禦薄弱環節，實施高速度、全時空、

¹ 國防部「國防報告書」編纂委員會編，《中華民國 106 年國防報告書》（台北：國防部，民國 106 年 12 月），頁 44。

² 蔡和順，〈正視共軍「多層雙超」戰術發展〉，《青年日報》，（臺北），西元 2008 年 1 月 30 日，版 7。

全縱深、多方向及多層次登陸打擊手段，對我防衛作戰造成嚴重威脅。

在國防部「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」用兵理念指導下，面對當前複雜安全環境及中共軍力大幅增長，國軍應運用重層嚇阻手段、達成防衛固守之目的，以「創新/不對稱」作戰思維，使敵不敢輕啟戰端³。「不對稱作戰」概念是1991年美軍於波灣戰爭後提出，「不對稱作戰」是一種系統性的思維與謀略，然貫穿作戰全程，著眼以我之意志伸展，其行動支撐則以正規、非正規併用，以最少損耗獲致最大戰果，尤其重視在敵猝不及防下打擊敵重心，造成敵兵、戰力致命失衡。在眾多反登陸武器中，「地雷」是成本低廉且有效遲滯裝備。考量當前國軍組織精簡人力有限，及登陸作戰預警時間短、節奏快速特性，如何運用機動布雷手段，達成機動快速設障任務，充分發揮阻絕限制、遲滯及阻止等效能，期能提供我防衛作戰未來建軍發展參據。

敵登陸作戰威脅對我之影響

一、共軍登陸作戰模式

(一)共軍登陸作戰理論

中共在「遠戰速勝，首戰決勝」戰略指導下，積極研購各式武器載臺及精準武器，擴展海上襲擊戰力，期達「全域、多維、遠程、精打」綜合戰力⁴。近年共軍航海技術進步、登陸輸具更新及武器裝備發展、部隊體制優化、作戰理論與觀念更新及反登陸作戰改進，使現代兩棲登陸作戰呈

現新的發展趨勢。在現代登陸作戰理論研究上，共軍主要以曾於歐美與俄國受訓的前海軍指揮學院教官李堂傑上校提出的「多層雙超」登陸方式(如圖1)為主⁵。「多層」是指若干層次構成的立體登陸方式，首層主由船塢登陸艦與大型戰車登陸艦等平面登陸載具，搭載登陸部隊奪佔我灘岸要點。第二層藉氣墊船及地效飛行器等掠海登陸輸具，配合前述登陸部隊繼續突入，奪佔我縱深重要目標，建立後續任務線，以鞏固登陸場⁶。第三層是由艦載直升機載運特戰人員，迅速機降至目標側、後方或實施關節癱瘓，打亂我防衛部署，瓦解我防禦體系，配合地面主力前後同步奪取目標。最上層則是以各式運輸機載運空降部隊迅速空降至縱深地區，配合機降部隊與地面主力，遂行「超地平線換乘、編波攻擊」及「超越灘岸登、著陸」⁷，對我實施立體、全方向、多地域奪取重要目標及設施，最後以兩棲運輸艦隊運送後續登陸部隊，以擴大戰果。

依此作戰思想，共軍實施登陸作戰時，通常會同時進行海上登陸和



圖1「多層雙超」登陸作戰示意圖
資料來源：作者自繪。

³ 同註1，頁57。

⁴ 同註1，頁39。

⁵ 梅林，廖文中主編，〈中共軍隊渡海登陸軍力建設，收錄中共軍事研究論文集〉，（新店：中共研究雜誌，2001年1月），頁163。

⁶ 楊書炎、許臘雲，〈地效飛機與未來登陸作戰〉，《中國防務報》，（北京），1997年9月26日，版4。

⁷ 楊太源，〈中共071型艦對我防衛作戰的影響〉，《青年日報》，（臺北），2008年11月5日，版7。

垂直登陸。海上登陸作戰通常區分為集結上船、海上航渡、突擊上陸、鞏固和擴大登陸場等階段，目的在於突破敵海岸防禦，攻占登陸場，以保障後續梯隊上陸，遂行陸上作戰任務⁸，以下針對其登陸作戰各階段行動模式概述如后：

1. 集結上船階段

共軍登陸部隊在實施裝載前1~3天，利用夜暗進入待機位置，通常依作戰編組選擇數個地域待機，便於完成裝載上船準備，並利用夜暗能見度不良時機，在各上船點同時裝載。

裝載方式主要以艦艇停靠碼頭方式實施，也可採登陸艦艇抵灘裝載；針對無法直接靠岸之大型艦艇，則以錨泊換乘方式實施裝載，裝載上船順序依「先重裝備與物資、後人員」與「先下後上」原則實施。各運輸艦艇於裝載完畢後，即至指定海域實施編隊或直接完成編隊出航。

2. 海上航渡階段

共軍登陸部隊於海上航渡階段，通常由海上掩護集團及聯合登陸作戰集團混合編成登陸船團，為確保登陸部隊於抵達指定海域後，能迅速展開與搶灘登陸，登陸船團航渡隊形須與登陸時作戰部署結合，通常依排雷艦艇、火力支援艦艇、船載砲兵、登陸運送及海上掩護隊之序列，採多路疏散航行。另登陸運送隊則依掃雷破障隊、突擊上陸群、前進指揮所、縱深攻擊群、聯合指揮所、預備指揮所、上陸砲兵群、作戰保障群、後方保障群與後方指揮所等序列實施航渡，航渡中採兩路或多路縱隊航渡隊形。

登陸船團於航行中將逐次編成登陸突擊隊形，於抵達指定海域後，開始實施換乘及泛水，船團錨泊換乘位

置通常於敵遠射程火炮有效射程之外約距岸20~30公里位置，實施換乘及泛水，同時將依突擊上陸、縱深攻擊、合成預備、防空兵、砲兵、電子網路作戰、後勤及裝備保障群順序實施編波。

3. 突擊上陸階段

共軍登陸載具依突擊登陸順序完成編波後，會由水際破障隊先行完成敵水際障礙清除，再由突擊上陸群所屬灘際破障隊實施灘岸障礙清理，於直接信息及火力突擊後，衝鋒舟波、兩棲作戰編波、突擊上陸群及各登陸艇將依序通過衝擊出發線，全速向敵岸前進。

灘際破障隊通常搭乘衝鋒舟或氣墊船等快速掠海登陸載具，率先在主要登陸地段實施突擊，奪占敵灘頭，以提高突擊上陸群登陸可行性；另兩棲裝甲車輛在衝擊出發線後，將以火力攻擊敵灘頭守備部隊，並引導或支援其他部隊。

4. 鞏固和擴大登陸場階段

於共軍突擊上陸群建立灘頭堡後，將引導縱深攻擊群於有利位置實施登陸，並於上陸後超越突擊上陸群，迅速向敵縱深地區發起攻擊，於此階段將運用立體超越攻擊，採「強行突進、快速直插、縱深機降」方式，立體超越敵灘岸守備要點，對敵灘岸守備部隊實施全縱深打擊。

縱深攻擊群在奪取登陸地域後，將由攻轉防，對敵反擊部隊實施防禦，鞏固已奪取灘岸，並掩護後續部隊登陸，待後續登陸部隊上岸完成後，將對敵縱深守備要點以「小群多路、穿插分割、各個殲滅」方式，奪占核心要點，並與配合奪取登陸場之空機降部隊會師，擴大空機降突擊效果，以利後續建立登陸基地，使登陸戰力能持續增長。

⁸ 謝之鵬，〈共軍新時期戰役指導之研究〉《陸軍學術月刊第50卷第536期》（桃園），民國103年8月，頁44。

基此，研判未來共軍登陸作戰將採「多層雙超」戰術戰法，在於灘岸、城鎮和空降場等廣闊空間範圍內，同時或交錯展開，形成立體、全方向、多地域作戰⁹，使我防衛作戰兵力分散，以擾亂我民心士氣為；或以氣墊船或直升機搭種部隊，對我地形要點與重要目標實施突擊，達到襲擾破壞作用¹⁰，使我守備部隊腹背受敵，以利其登陸作戰遂行。

(二)敵情威脅

中共於 105 年 2 月 1 日在北京舉行中國人民解放軍五大戰區成立大會¹¹，將共軍原有「七大軍區」更改為「五大戰區」¹²，另於 106 年 4 月上旬，中央軍委主席習近平，在北京發布「中央軍委關於調整組建軍兵種部隊和省軍區系統軍級單位的命令、決定」的訓令，陸軍原隸 18 個集團

軍被整編為 13 個集團軍（如表 1），軍改後預判運用於對我登陸作戰之部隊仍為東部戰區之 71、72、73 集團軍與南部戰區之 74 集團軍。

中共在 19 大後，共軍作戰能力已由現行強調具備打贏資訊化條件下局部戰爭能力，而逐步轉型為具備全域作戰能力，並續按既定規劃，擴大攻臺作戰想定及演練。其中陸續換裝新式輕型戰車、攻擊直升機，萬噸級驅逐艦、航艦，匿蹤戰機、防空飛彈及各種新式導彈等武器裝備，另部署新式偵察與導航衛星，研改新型無人載具等軍種任務所需主(輔)戰裝備，並結合軍隊規模結構調整及聯戰指揮體系驗證，逐步構建新體制下聯合作戰力量體系，提升戰略威懾、制壓打擊、反導和戰略投送能量，以遂行「全域作戰能力」¹³。

表 1 共軍五大戰區指揮集團軍新舊番號對照表

共軍五大戰區指揮集團軍新舊番號對照																		
戰區	東部戰區			南部戰區			西部戰區			北部戰區				中部戰區				
原番號	第 12 集團軍	第 1 集團軍	第 31 集團軍	第 41 集團軍	第 42 集團軍	第 14 集團軍	第 21 集團軍	第 13 集團軍	第 47 集團軍	第 16 集團軍	第 39 集團軍	第 26 集團軍	第 40 集團軍	第 65 集團軍	第 38 集團軍	第 54 集團軍	第 20 集團軍	第 27 集團軍
新番號	第 71 集團軍	第 72 集團軍	第 73 集團軍	第 74 集團軍	第 75 集團軍	裁撤	第 76 集團軍	第 77 集團軍	裁撤	第 78 集團軍	第 79 集團軍	第 80 集團軍	裁撤	第 81 集團軍	第 82 集團軍	第 83 集團軍	裁撤	裁撤

資料來源：作者自行整理。

⁸ 註 8 頁 44。

⁹ 蔡和順，〈正視共軍「多層雙超」戰術發展〉，《青年日報》，（臺北），2008 年 1 月 30 日，版 7。

¹⁰ 平可夫，〈中國海軍船塢登陸艦和重型氣墊船對臺海登陸作戰的作用〉，《漢和防務評論》，2008 年 5 月，頁 45-46。

¹¹ 中華人民共和國國防部，〈中央軍委印發「關於深化國防和軍隊改革的意見」〉（2016 年 1 月 1 日報導），http://www.mod.gov.cn/auth/2016-01/01/content_4635557.htm，檢索日期：2018 年 3 月 14 日。

¹² 中國人民網，〈解讀解放軍「陸軍」軍改規模〉，<http://www.upmedia.mg/news/info.php?SerialNo=23176>，檢索日期：2018 年 3 月 14 日。

¹³ 同註 1，頁 36。

(三)共軍近年登陸作戰演訓概況

共軍自2015年迄今，在其「中國軍事戰略白皮書」運用多層次、多領域、多軍兵種聯合演習指導思想下，多次於大陸沿海地區進行多兵種聯合立體登陸演習，以下針對2016至2018年共軍登陸作戰演習內容探討如后：

1. 共軍2016年南海立體登陸作戰演習

2016年7月，共軍南海艦隊海軍陸戰隊、直升機及陸軍兩棲等部隊，在南海海域進行立體登陸作戰演習，本次演習主要在驗證共軍登陸部隊遠程輸送、隱蔽突擊及火力協同能力，亦為共軍向烏克蘭採購之野牛級氣墊船(詳如圖2)加入作戰序列後，首次參與演訓任務，於演練中成功完成突擊上陸課目演練，顯示共軍在新式裝備加入後，已具備執行突擊登陸作戰能力。

2. 2017年海軍立體奪控演習

2017年3月，共軍以混合編隊方式，編組071型船塢登陸艦1艘(詳如圖3)、726型氣墊船3艘、直8型直升機及部隊1千餘人，進行跨日夜遠海航渡，並針對目標地區進行立體奪島演習，以驗證其突擊登陸作戰範圍及能力，經本次演習發現，共軍已具備於24小時內，將1千名武裝士兵投射至1千公里範圍內實施登陸作戰能力。

3. 2018年東海立體突擊登陸演習

2018年10月，共軍74集團軍由ZTD-05兩棲突擊車(詳如圖4)及ZBD-05兩棲步兵戰鬥車(詳如圖5)等各式新型兩棲裝甲車輛，編成兩棲裝甲戰鬥群，於廣東外海進行演習，本次演習在驗證航渡時之編隊、指管及海上射擊能力，依本次演習結果可知，共軍新式兩棲裝甲車輛海中航渡速度已較過去大幅提升，唯其海上射擊精準度仍待加強。



圖 2 共軍野牛級氣墊船

資料來源：人民網，

<http://zb.people.com.cn/GB/8711650.html>

，檢索日期，108/7/19。



圖 3 共軍 071 型船塢登陸艦

資料來源：人民網〈立體奪島演習 中方出動最強登陸艦〉military.people.com.cn，檢索日期，108/7/19。



圖 4 共軍 ZTD-05 兩棲突擊車



圖 5 共軍 ZBD-05 兩棲步兵戰鬥車

資料來源：環球軍事，

http://weapon.huanqiu.com/zbd_05，檢索

日期，108/7/19。

二、我聯合防衛作戰指導

面對共軍犯臺，我軍防衛作戰構想用兵理念區分戰力防護、濱海決勝與灘岸殲敵等 3 個階段，各階段作戰指導分述如後¹⁴。

(一)戰力防護階段

戰力防護為發揮基本及不對稱戰力之根本與憑藉，運用先期情資蒐整、機動、反制、偽裝、隱蔽等原則，確保我重要目標防護及後續戰力發揚；在國軍國防資源的整體規劃下，積極從事兵力整建，建立「有效反制、快速反應」戰力，並藉靈活創新戰術戰法運用，創造局部作戰優勢，進而發揮三軍最大戰力，攻擊敵弱點及關鍵要害，阻滯、削弱或殲滅敵作戰能力，達成防衛作戰任務。

(二)濱海決勝階段

濱海決勝主要依據中共聯合登島作戰行動，所採取不對稱戰術戰法，依濱海決勝作戰指導，將決勝海域劃定於我防空與制海飛彈及監偵兵力有效掩護及支援範圍，主要考量此距離海域，是我三軍兵火力可完全發揮海域。

(三)灘岸殲敵階段

當共軍距岸約 40 公里實施泊地換乘時，國軍即依作戰進程，執行聯合泊地、舟波攻擊及反登陸作戰。此階段以聯合作戰指揮架構為基礎，編成海上、空中及外(離)島聯合作戰任務部隊，以確實統合三軍戰力，遂行聯合海上火力打擊與聯合反登陸作戰任務。

泊地主指登陸船團進入換乘(錨泊)區，實施舟艇換乘、編波，向我岸運動，以迄水際線間之區域，我軍以地面火力為主體，在海、空火力

支援下，聯合攻擊其艦船、舟艇之行動；進入反舟波攻擊時，砲兵部隊運用各型火炮、雷霆反甲精準火箭均依計畫火力射擊敵破障、掃雷艇及工兵；陸航部隊則於灘後針對敵之船團實施舟波區攻擊；守備部隊對欲登陸上岸之敵登陸艦及後續舟波實施最後防護射擊；在預期敵登陸灘岸，工兵部隊結合地形、地物實施灘岸阻絕設置，切割敵登陸正面，迫敵戰力分離，守備部隊、陸航部隊、砲兵部隊集中火力掩護機動打擊部隊運動；另預判敵可能實施空機降地點，工兵部隊應協力先完成反空機降場阻絕設置；化學兵部隊、砲兵部隊協力陸航部隊優先襲擊航行中敵空運機或乘敵甫空降著陸、戰力脆弱之際，在地面部隊拘束之下，快速掃蕩火殲，使敵無法策應其登陸作戰¹⁵。

三、對我灘岸阻絕設置之影響

(一)現行阻絕設置方式及種類

現行灘岸阻絕方式區分為水際、灘際、岸際等三種方式，主要以制式阻材及非制式阻材結合天然障礙物等形成阻絕，達到對敵艦艇、人員、車輛形成障礙，以阻止、遲滯敵軍行動，並配合兵、火力而予以殲滅敵人，其阻絕性能說明如下：

1.水際阻絕

水際係指海水與陸地接壤之處，亦即低潮線與高潮線之間。水際阻絕包含水際及低潮線以下 1.8 公尺處之阻絕，以防舟艇障礙物為主，設置於水面下 30~60 公分，不露出水面為原則；作業時講求多層次、大縱深及交錯配置，並配合作戰區火力支援計畫，使障礙物不受火力破壞，或成為敵之隱蔽掩蔽，迫敵艦艇提早擱淺或

¹⁴ 同註 1，頁 56-57。

¹⁵ 盧冠勳，105年教學研究〈防衛作戰地空整體作戰工兵部隊支援與運用之研究〉，2015年9月，頁20-23。

停滯，使敵武裝人員提前下水，增加敵在水中停滯、泅渡、徒涉時間，利於我守備部隊攻擊¹⁶。相關阻絕種類如圓木斜排及鋼刺蝟等(如圖 6 及圖 7)。

2. 灘際阻絕

灘際係指水際至硬地之區域，為敵登陸人員及機甲車輛離艇（艦）泅渡徒涉區域，此區域阻絕設置以侷限敵於我所望地區為重點，講求配合作戰區火力支援計畫、反擊計畫，阻絕設置位置需考量不為火力所破壞、可受火力之掩護，並不妨礙反擊部隊任務之遂行¹⁷。阻絕之設置應防人員、防車輛並重，阻絕種類包括各式防戰車壕及雷區等，阻絕種類選定，特需注意不可成為登陸敵軍可利用之掩蔽物(如圖 8 及圖 9)。

3. 岸際阻絕

岸際為硬地至瞰制灘際之地形要點間區域，阻絕設置以妨礙敵登陸人員及車輛運動為目的，講求配合火力支援、逆襲及反擊計畫，並與天然障礙物相結合。阻絕設置時應以地形為主要考量因素¹⁸，結合灘後容量、交通要道與戰略價值等因素，判斷敵可能登陸地區與接近路線，運用魚塢、消波塊、防波堤、各式鐵絲網障礙物及防風林(如圖 10)等障礙，結合地雷、刺絲及既有民間資材，設置縱深交錯之阻絕，並以機具修改邊坡及挖掘防戰車壕，輔以縱火、爆破等手段，阻斷敵軍通路，迫敵步戰分離，導陷敵於我預想殲敵地區。

雖然現行灘岸阻絕已針對水際、灘際與岸際實施阻絕設置；惟因共軍戰術戰法改變與戰具更新，我軍灘際與岸際之各項阻絕設置所需時間過長，恐無法肆應未來作戰預警時間短、縱



圖 6 圓木斜排圖



圖 7 鋼刺蝟



8 防戰車壕



圖 9 雷區

資料來源：作者自行整理。

¹⁶ 黃嘉仁，〈陸軍阻絕教範(第二版)〉(陸軍司令部印頒)，民國 105 年 11 月。

¹⁷ 同註 16。

¹⁸ 黃明秋，〈陸軍工兵部隊指揮教則(第三版)〉(陸軍司令部印頒)，民國 102 年 5 月。



圖 10 防風林

資料來源：國防部陸軍司令部，《陸軍阻絕教範(第二版)》，(桃園，陸軍司令部，西元2016年12月)，頁6-30。

深淺、決戰快、多維空間作戰反登陸作戰需求。

(二)阻絕設置作業時間

依據共軍近期演訓以及其作戰威脅評估，針對我軍可實施阻絕設置時間敘述如下：

1.近年來從共軍跨越系列演習中發現，一個合成旅以最遠南部戰區駐地位置，實施3,600公里遠程機動進入朱日和基地只需11日，完成戰鬥準備僅需1日便可投入作戰，以此時間比例換算，東南沿海合成旅從駐地投送至港口與完成登船，所需時間概需為2日(機動24小時、完成登船24小時，共計48小時)。

2.共軍兩棲登陸船團發航前，海峽上空敵我雙方正致力奪取制空權，同時雙方海軍主力支隊也正奪取制海權，預判5小時後我將喪失制空、制海權¹⁹，當喪失制空、制海權後，共軍兩棲登陸船團將從東南沿海各港口實施發航，依其主要登陸船艦(071船塢登陸艦)平均航速每小時20公里換算，航行至海峽中線概需5小時。

3.當敵登陸船團抵達展開、換乘海域，外島地區部隊運用攻艦火箭，阻擊100公里內敵航渡船團，預估可

遲滯敵軍2小時，同時消耗其戰力。

4.共軍空軍轟炸機在第一輪轟炸我機場、重要設施後實施再整補，第二輪轟炸配合陸戰隊和合成旅，從換乘海域至登陸海岸或港口前10小時，對登陸灘岸陣地及阻絕區域實施轟炸，以掩護部隊登陸，此轟炸行動將影響我部隊實施灘岸阻絕作業。

5.綜上所述，從共軍實施遠程機動至轟炸機轟炸我灘岸陣地及阻絕作業區域止，我軍實施灘岸阻絕設置作業可用時間預估僅有60小時²⁰。

(三)對我之影響

1.兩棲載具性能提升，難以阻敵內陸推進

中共登陸作戰型態隨兩棲登陸載具效能提升，已具有優異海上浮游能力。以共軍列裝ZTD-05型兩棲突擊車與ZBD-05型兩棲步兵戰鬥車為例，其在航渡階段可於距岸4海浬處泛水搶灘，不受海灘性質限制，由海上進行火力打擊，攻擊我軍防禦陣地，造成我守備部隊難以阻其突擊上陸；另從中共海軍陸戰隊近期兩棲登陸訓練課目得知，ZTD-05型兩棲突擊車(如圖11)已逐步取代63A式水陸坦克。



圖 11 ZTD-05 型兩棲突擊車

資料來源：軍事(每日頭條)人民網〈這是中國打贏兩棲登陸戰的底氣，計劃周全可攻無不勝〉

<https://kknews.cc/military/293v9ez.html>，
檢索日期，108/7/24。頁6-30。

¹⁹ 楊念祖，《決戰時刻》(臺北，時英出版社，西元2018年6月)。

²⁰ 蔣大琦，〈快速布雷於防衛作戰運用之研析〉《工訓中心教學研究報告》(高雄)，西元2018年6月，頁9-10。

²¹ 同註5。

2.兵力投送能力增加，縮短我軍反應時間

近年中共新式大型兩棲艦艇與其他兩棲(空運)輸具陸續成軍，數量上已呈現上揚趨勢，由此可知，中共現階段在各式海空輸具作戰效能持續增強與運輸能量不斷提升下，其突擊上陸時間較以往加快許多²¹，造成我在防禦部署與整備面臨相當衝擊，壓縮我反應與反制時間。

3.阻絕作業時間不足，無法有效阻滯敵軍

依共軍登陸作戰進程可知，登陸部隊於換乘區實施舟波換乘後，可運用新式登陸載具如氣墊船、地效飛行器及兩棲裝甲車實施突擊上陸，其航渡速率及裝載效能均大幅提升。灘岸阻絕設置所需人力多、作業時間長、專業技術高，更須搭配機械作業及兵火力掩護始可完成；惟現代戰爭預警時間短、作戰節奏快，且灘岸阻絕設置作業可用時間僅有 60 小時²²，作業時間不足，恐無法及時完成阻絕設置，有效阻滯敵軍登陸。

(四)小結

面對中共登陸戰術戰法及輸具不斷更新，其破障能力亦會隨軍隊數位化、科技化進展而倍數成長，傳統灘岸阻絕設置費時、費力，我軍於兵力、時間及資(阻)材等限制下，恐將無法如預期完成灘岸阻絕設置，且共軍於登陸上岸前，必定運用諸般手段，對我灘岸實施攻擊與破壞，而我設置之灘岸阻絕遭敵破壞後，將很難實施搶修或補強；因此，應重新思考在兵力、時間、資(阻)材、海岸環境及國

家發展等因素下，針對共軍登陸戰法及各式新式輸具，如何運用快速機動布雷方式，達成快速設障任務，以有效阻絕、遲滯敵軍登陸目的。

機動布雷裝備發展現況

一、機動布雷概述

地雷是一種被動性殺傷武器，最早發源於中國，主要用來殺傷敵人；1918年由德國研發戰防雷，並運用於第一次世界大戰，專門針對英、法聯軍戰車，並獲致相當有利的戰果，地雷因此大量發展與運用。二次世界大戰中，同盟國因地雷毀傷戰車約 21%²³。1990年代起，隨科技進步與部隊機動能力提升，傳統人工布雷方式已無法跟隨作戰節奏，世界各國為有效、即時阻止強大快速戰車部隊，相繼發展各式快速布雷系統。

二、世界各國機動布雷發展現況

(一)美國 M139 Volcano 散撒布雷系統

1987年9月，美國陸軍工兵學校(The US Army Engineer School and Center)與 Alliant Techsystems 公司共同研發火山(Volcano)多種布放方式地雷系統(如圖 12)²⁴。此布雷系統可裝載於多種載具，如 M548A1 履帶運輸車、M817 工兵傾卸車及 UH-60 黑鷹運輸直升機²⁵。本系統區分地雷發射筒、集裝架(如圖 13)、分配控制裝置及裝載基座等，最大裝載量 960 顆地雷，其諸元、性能介紹如下：

1.載具型式：輪型、履帶車輛與直升機。

²² 同註 20。

²³ 百度百科，〈反坦克地雷〉，wapbaike.baidu.com/view/139503.htm，西元 2018 年 3 月 14 日。

²⁴ 陸軍司令部網站詹氏年鑑資料庫，〈M139 Volcano, VLSAS and Shielder anti-tank mine scattering systems〉，http://www.army.mil.tw/，西元 2018 年 4 月 11 日。

²⁵ 陸軍司令部，〈地雷戰教範(第二版)〉(桃園龍潭：國防部陸軍司令部，西元 2015 年 4 月 15 日)，附 12-14 頁。

2.組成：地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置與裝載基座。

3.發射筒容量：6 枚戰防雷。

4.集裝架容量：40 個地雷發射筒

5.最大裝載量：960 枚。

6.自毀時間：4 小時/48 小時/15 天。

7.拋射距離：35 公尺。

8.布設範圍：長 1150 公尺、寬 120 公尺。

(二)德國 Skorpion MiWS 機械布雷系統

1978 年德國 Dynamit Nobel Defence GmbH 公司專為德國陸軍作戰需求而設計 Skorpion MiWS 快速布雷系統，1986 年正式完成測試及佈署。此系統裝載於 M548GA1 履帶運輸車(如圖 14)，區分發射控制系統(EPAG)與發射集裝架(如圖 15)，最大裝載量 600 枚地雷，其諸元、性能介紹如下：

1.載具型式：履帶型車輛。

2.組成：地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置。

3.發射筒容量：5 枚戰防雷。

4.集裝架容量：20 個地雷發射筒。

5.最大裝載量：600 枚。

6.自毀時間：6 種自毀時間。

7.拋射距離：25 公尺。

8.布設範圍：長 1500 公尺、寬 50 公尺。

(三)法國 Minotaur 機械布雷系統

Minotaur 機械布雷系統為法國 Nexter 公司專為法國陸軍作戰需求而設計生產，於 1998 年正式完成測試及佈署。該系統可裝載於多種載具，如風暴履帶運輸車、ACMAT6×6 卡車及 Matenit4×4 多用途載具(如圖 16)，本系統區分地雷發射筒、集裝架(如圖



圖 12 Volcano 散撒布雷系統



圖 13 地雷發射筒



圖 14 Skorpion MiWS 快速布雷系統



圖 15 Skorpion MiWS 快速布雷系統發射單元
資料來源：詹氏年鑑資料庫，〈Skorpion mine launching system〉，<http://www.army.mil.tw/>，西元 2018 年 4 月 11 日。

17)、分配控制裝置，最大裝載量 600 枚地雷，其諸元、性能介紹如下：

- 1.載具型式：輪型車輛。
- 2.組成：地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置。
- 3.發射筒容量：5 枚戰防雷。
- 4.集裝架容量：20 個地雷發射筒。
- 5.最大發射量：600 枚。
- 6.自毀時間：1 至 96 小時之間。
- 7.拋射距離：185-300 公尺。
- 8.布設範圍：長 2400 公尺、寬 600 公尺。

(四)烏克蘭 UMZ 機械布雷系統

UMZ 散撒布雷系統為烏克蘭 Kriukov 工廠專為烏克蘭陸軍作戰需求而設計生產的多用途布雷系統，主要裝載於 ZIL-131 卡

車 (如圖 18)²⁶。本系統區分地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置，最大裝載量 180~11520 枚地雷，其諸元、性能介紹如下：



圖 16 Minotaur 散撒布雷系統



圖 18 UMZ 散撒布雷系統

資料來源：詹氏年鑑資料庫，<http://www.army.mil.tw/>，西元 2018 年 4 月 11 日。

- 1.載具型式：輪型車輛。
- 2.組成：地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置。
- 3.發射筒容量：64 個 PFM-1、PFM-1S 人員殺傷雷，或 4 個 POM-2S 人員殺傷雷，或 1 個 PTM-3 戰防雷。
- 4.集裝架容量：30 個地雷發射筒。
- 5.最大發射量：180(戰防雷)~11520(人員殺傷雷)枚。
- 6.自毀時間：可設定。
- 7.拋射距離：30-60 公尺。
- 8.布設範圍：長 1500 公尺、寬 120 公尺。

(五)中共 Norinco 散撒布雷系統

共軍自 1990 年起為提升地雷設置效能，委由中國兵器工業集團針對地面散撒布雷系統進行研製，1993 年研發成功，主要安裝於軍用載重車及裝甲人員運兵車上(如圖 19)，本系統區分地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置，最大裝載量 1440 枚地雷，其諸元、性能介紹如下：



圖 17 Minotaur 散撒布雷系統發射模組



圖 19 Norinco 散撒布雷系統

²⁶ 陸軍司令部網站詹氏年鑑資料庫，〈UMZ multipurpose minelayer〉，<http://www.army.mil.tw/>，西元 2018 年 4 月 11 日。

- 1.載具型式：輪型、履帶車輛。
- 2.組成：地雷發射筒、集裝架、分配控制裝置。
- 3.發射筒容量：5枚戰防雷。
- 4.集裝架容量：36個地雷發射筒。
- 5.最大發射量：1440枚。
- 6.自毀時間：可設定。
- 7.拋射距離：150公尺。
- 8.布設範圍：長150公尺、寬20公尺。

三、傳統人工布雷與機動布雷作業之比較

傳統雷區適合於防禦作戰部隊，主要設置防禦地區前緣、最後防護線、陣地側翼或後方阻絕；而機動布雷具有多種地雷散撒系統選擇，可肆應不同任務，能滿足現代戰爭複雜多變需求，現針對傳統人工布雷作業與機動布雷之比較分析如下：

(一)人員效益分析

以雷區設置作業編組為例，設置一個雷區(正面100公尺、縱深100公尺)所需人力33員，但以美國M139 Volcano散撒布雷系統僅需2員即可。

(二)時間效益分析

設置雷區完成所需時間，受下列諸因素之影響：設置雷區之類型、使用地雷之種類、地形及土壤性質、從地雷置場運雷置作業場地之距離、可用之時間與天候及明暗度、設置部隊之能力與經驗、是否使用機械佈雷、需要偽裝之程度、作業地區敵軍可能之觀察及火力等之危害程度等²⁷。

上述所示，傳統雷區將因為許多不同類型的因素而需要更多的設置時間，也因為對時間的依賴與需求，而造成在時間效益上相對的不足；以正面1000公尺雷區設置為例－總人時

需要2766人時，而經換算後為11.06日/排=3.95日/連；若敵人猝然向我發起攻擊，則必因人員、裝備及載具等原因導致無法在限定時間內完成雷區阻絕設置。相反的，若運用美國「M139 Volcano散撒布雷系統」，相同條件下，僅需要兩員兵力及43秒即可，作業時間效益高。

(三)安全效益分析

傳統地雷給人的印象就是地雷在設置後，將會對「無特定對象」實施被動式的攻擊，也就是說，無論敵軍進入雷區，或我軍誤入雷區，都將遭到地雷無情的反擊，甚至撤收方式也具有相當程度的風險；另從地雷運搬、布放及發火設定，作業耗時且長時間暴露於敵火威脅，作業風險極高。反觀世界各國之機動布雷系統均具有自毀裝置，可依實需設定有效時間，可避免此類情況肇生。

(四)成本效益分析

伊甸基金會曾表示：雖然設置1枚傳統地雷僅需要3美元，但排除1枚傳統地雷則需要100至1000美元²⁸，戰後排雷是耗資巨大而又充滿危險的行動，因在地雷排除過程中，隨時可能會因人員、裝備等不安定之因素導致引爆，而相對伴隨著的都是對生命財產的危害，從金門地區排雷工作的經驗我們可以知道，雖然在各級長官執行風險管控作為之下，從未發生過人員傷亡事件，但是相對所需花費的人力、物力、財力與時間等，卻是當初在設置時無法想像得到的。反觀機動布雷系統設置之地雷具有自毀裝置，能設定自毀時間，任務完成後自動銷毀，無須回收及排除，有效降低地雷排除成本²⁹。

²⁷ 同註26。

²⁸ 伊甸基金會網站，〈反地雷宣言〉，<http://www.eden.org.tw/>，2015年3月4日。

²⁹ 劉恩光，〈反機動作戰利器-機械佈雷系統簡介〉《工兵學術半年刊》(燕巢)，146期，工訓中心，西元2015年5月27日。

(五)作戰效益分析

傳統布雷因以人工布放之方式實施地雷設置，布設速度緩慢、所需時間長，地雷數量多而運輸不易；反觀機動布雷系統布設速度快、所需時間較短，且布雷載具機動性高，相較起來其作戰效益較優於傳統布雷。

五、小結

綜合以上所述，可以發現傳統地雷與機動布雷在效益分析比較後(如表 2)，機動布雷無論在人、裝、時、成本、安全效益及作戰效益上，較符合我軍組織調整及因應共軍新式裝備與戰術戰法的改變。然而未來戰爭型態將朝「小規模、高科技、高技術發展，以致預警時間相對縮短」³⁰，由此可見，因應未來防衛作戰趨勢與型態，機動布雷在運用上確有其必要性。

防衛作戰機動布雷運用之探討

機動布雷裝備具備機動速度高與設置速度快之特性，能快速對預定區域完成雷區設置，在防衛作戰中於灘岸、城鎮及反空機降作戰中可藉其優異特性，協助戰鬥部隊遂行作戰任

務，針對機動布雷之運用方式，分述如后。

一、灘岸作戰

灘岸作戰依本軍現行濱海殲敵作戰指導，概可劃分為灘岸戰鬥與反擊作戰等兩階段，各階段機動布雷運用方式分述如后。

(一)灘岸戰鬥

依共軍登陸作戰破障模式研判，於登陸部隊突擊上陸前，將運用海、空支援火力及遠程砲火對灘岸陣地與阻絕設施實施破壞，為維護守備部隊防禦能力，可在灘岸障礙遭敵破壞後，運用機動布雷裝備快速進行增補布雷(如圖 20)，以維護灘岸陣地防禦效能。

(二)反擊作戰

當登陸敵軍突破我守備部隊防禦陣地時，為我發起反擊作戰時機，當打擊部隊自待機位置向灘岸之敵發起攻擊時，為維護我打擊部隊側翼安全，可運用機動布雷系統於敵情顧慮較大地區實施機動布雷，掩護打擊部隊側翼安全(如圖 21)，以利反擊作戰遂行。

表 2 共軍五大戰區指揮集團軍新舊番號對照表

人工布雷與機動布雷效益分析表		
區 分	人工布雷	機動布雷
人員效益	較差，相同條件下，設置一傳統雷區所需人員最少需要 33 員，人員效益低。	較佳，相同條件下，僅需要 2 員，人員效益高。
時間效益	較差，相同條件下，設置一傳統雷區所需要總人時為 2766 人時，而經換算後為 11.06 日/排 = 3.95 日/連，作業時間效益低。	較佳，相同條件下，僅需要兩員兵力及 43 秒即可，作業時間效益高。
安全效益	較差，設置時無裝甲防護，任務完成後須回收及排除，人員安全效益低。	較佳，設置時有裝甲防護，任務完成後自動銷毀，無須回收及排除，人員安全效益高。
排雷成本	較差，排除 1 顆傳統地雷則需要 100 至 1000 美元，排雷成本高。	較佳，地雷具有自毀裝置，並能設定自毀時間，任務完成後自動銷毀，無須回收及排除，排雷成本低。
作戰效益	較差，布設緩慢及運輸不易，作戰效益低。	較佳，布設快速及載具機動性高，作戰效益高。
綜合效益分析	較差	較佳

資料來源：作者自行整理

³⁰ 陸軍司令部，《陸軍作戰要綱》，（桃園龍潭：國防部陸軍司令部，西元 1999 年 1 月 1 日），1-1 頁。

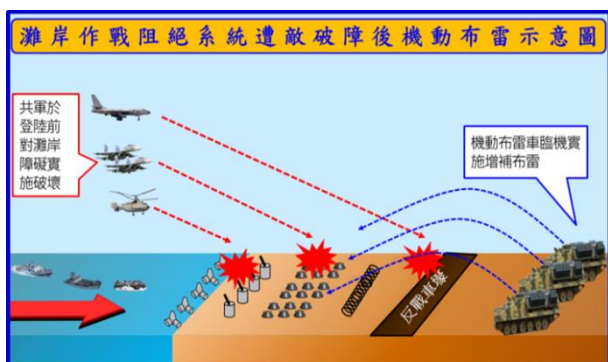


圖 20 灘岸作戰增補布雷示意圖

圖 21 反擊作戰機動布雷運用示意圖
資料來源：作者自行整理。

三、城鎮作戰

城鎮為一建築物密集地區，對部隊之觀測、射擊、隱蔽、掩蔽、指管及部隊運動等均將造成影響，以下依城鎮作戰特性，針對部隊於城鎮實施攻擊與防禦時機動布雷運用之方式分述如后。

(一)城鎮攻擊

部隊於城鎮進行攻擊時，為避免鄰近衛星城市敵軍進行支援，可運用機動布雷系統於城鎮聯外道路及空曠地區實施布雷(如圖 22)，使周邊地區敵軍部隊無法立即實施增援，以維持對敵優勢戰力，確保攻擊任務遂行。

(二)城鎮防禦

部隊實施城鎮防禦時，採多兵守點，少兵機動方式進行防禦佈署³¹，然城鎮中各據點易受道路與地形分割，導致各據點間聯外通道受阻後，則易產生支援不易情事，為強化城鎮防禦效能，城鎮防禦部隊可運用機動布雷

系統於預判敵可能來襲方向之城鎮外圍道路及空曠地區實施布雷(如圖 23)，將各防禦據點實施連接，使防禦體系更為完整。

四、反空降作戰

反空降作戰能成功遂行的重要關鍵，為地區守備部隊能有效的拘束空降敵軍³²，為達此作戰目的，守備部隊可運用機動布雷系統(如圖 24)，快速對空降場外圍空曠地區實施機動布雷，使敵空降部隊於降落後，無法溢出我軍防禦地區，以利反空機降作戰遂行。



圖 22 城鎮防禦機動布雷運用示意圖



圖 23 城鎮防禦機動布雷運用示意圖

圖 24 城鎮防禦機動布雷運用示意圖
資料來源：作者自行整理。

³¹ 葉建成，〈陸軍城鎮戰教範(第三版)〉(陸軍司令部印頒)，民國 101 年 10 月。

³² 曾銘義，〈陸軍裝甲(機步)旅作戰教則(第一版)〉(陸軍司令部印頒)，民國 102 年 11 月。

五、小結

國軍遂行國土防衛作戰須具備機動反擊及持久作戰的能力，戰時統合三軍聯合戰力，以維持續戰力。考量工兵部隊支援範圍包含灘岸作戰、城鎮作戰與反空降作戰，需具高度之機動力實施快速布雷任務，未來應籌購機動性高之布雷系統，始可達機動設障之目的，有效遲滯敵軍作戰行動，亦較符合我軍防衛作戰需求。

結語

阻絕之目的在於削弱敵軍在作戰地區內之機動能力，藉以提高作戰部隊之攻擊效果³²，肆應現代防衛作戰預警時間短、作戰節奏快、首戰即決戰之特性，為有效支援作戰部隊完成阻絕作業，未來阻絕設置作業應具備設置距離遠、機動速度快與作業能量大等特點，據此，我應積極籌購機動布雷裝備，以縮短阻絕設置時間，並以八輪甲車等部隊現行主力載具為主體，研改可裝設機動布雷系統之載具，以提供作業部隊之機動性與防護性，並將機動布雷課目納入年度漢光、聯勇與長青等演習，以驗證機動布雷相關作業參數，作為後續部隊用兵之準據，俾利防衛作戰任務遂行。

防衛作戰反擊先鋒-機動橋(AVLB)運用與發展

--劉恩光中校--

提要

- 一、最新（108年）國防報告書中指出：中共陸續接裝陸軍新式輕型戰車、直升機，海軍萬噸驅逐艦、首艘自製航艦，空軍匿蹤戰機與防空飛彈，火箭軍新式彈種等武器，及部署新式偵察與導航衛星，研改新型無人載具等符合軍種任務之主(輔)戰裝備，均已提升戰略威懾、制壓打擊、反導和戰略投送能力，提供其「全域作戰能力」。
- 二、我工兵部隊其中一項重要任務為「促進我軍機動」，而作戰部隊靈活快速機動能力，即為不對稱作戰之成功要素，我工兵部隊如能有效支援地面部隊兵力之機動，形成局部不對稱作戰態勢，發揮優勢戰力，阻殲敵軍，更能增加防衛作戰成功公算，其中工兵橋樑-戰鬥支援橋(AVLB)之良窳，即為工兵支援機動任務成功之關鍵。
- 三、防衛作戰有關地區橋樑若遭破壞，將造成地面部隊戰力防護作為失效、阻絕設置任務延宕、補給不利、反擊受阻及增援不及等諸多不利狀況，再加上共軍初期登陸兵力之兩棲能力較我軍強，後期戰力增長其工兵架橋能力亦較我軍大，造成其對橋樑運用價值相對於我軍低，由此分析，臺灣本島西部地區橋樑設施，即成為共軍破壞之重點，所以如何運用軍用橋樑迅速有效支援地面部隊渡河越障，實為我工兵部隊值得深思的一個重要議題。
- 四、本文藉由研究共軍近年演習及其發展脈絡，研析其可能犯臺之模式，藉由環境影響分析、戰場軍事橋樑運用分析及各國軍事橋樑運用趨勢，研析我戰場架橋任務(戰鬥支援橋-AVLB)實際需求，探討出我戰鬥支援橋未來發展需求，並提出相關策進作為及建議。

關鍵字：軍事橋樑、戰鬥支援橋、AVLB

前言

靈活快速機動能力，為我防衛作戰之成功要素，我工兵部隊如能有效支援反擊部隊兵力之機動，形成局部不對稱作戰態勢，發揮優勢戰力，阻殲敵軍，更能增加防衛作戰成功公算，其中工兵戰鬥支援橋之良窳，即為工兵支援機動任務成功之關鍵，探討戰鬥支援橋未來運用及發展之方向，能有助於本軍未來建軍之擘劃，亦為本研究之動機。

敵情威脅

從共軍登陸作戰在經過歷年檢討改進，並配合武器研發自製及演習驗證，共軍已逐步具備對臺封鎖、實施多元作戰及奪占外(離)島能力，其中陸軍已朝作戰立體化、機動快速化、火力遠程化、打擊精準化及部隊特戰化發展，已初具現代化聯合作戰能力¹；另共軍為實現「多層雙超」及「平垂多點登陸」等作戰指導，海軍近年來

¹ 王慶龍，《2014「中共陸軍戰力成長暨犯臺作戰模式」》，(桃園：103年敵情專題研討會簡報，2014年8月14日)。

積極建立大量掠海式運輸輸具，已具相當規模²。由此而知，中共未來將有能力以立體、多方向及多地域奪取的登陸突擊作戰型態，達成全縱深突破的打擊手段。而在共軍各種登陸戰法手段下，對我工兵支援機動作戰亦產生了諸多不利因素，我工兵部隊應有所因應，有效運用現有資源找出解決方案，相關因素歸結如下：

- 一、氣墊船、地效飛行器及直昇機等快速登陸載具搭載突擊部隊，迅速超越我海岸陣地，或溯溪向內陸交通目標突擊，使我軍戰場遭敵分割，無法靈活快速機動馳援。
- 二、共軍已有能力依狀況快速轉換航渡指向，向防禦薄弱處集中，此狀況將造成我打擊(反擊)部隊措手不及，壓縮投入戰場之機動時間，增加任務失敗風險。
- 三、兩軍遂行陸上作戰時，共軍兩棲裝甲車輛與我軍相比，更能肆應臺灣溪流及河口地形；另共軍渡河能量充足，研判其能力應能有效克服臺灣主要河流、魚塢、排(輸)水之溝渠，而上述狀況均將造成我防衛作戰嚴峻考驗。
- 四、武裝直升機搭載特戰部隊實施滲透破襲，實施交通樞紐破壞，此狀況將更不利部隊機動部署及運補。
- 五、火箭軍部署之各型中(短)程戰術彈道及巡弋飛彈射程，均涵蓋臺灣本島全境，並持續提升飛彈機動力、命中精度與毀傷效能，可對我政、軍、經重要目標實施精準打擊。
- 六、共軍已逐步建立奪取並保持戰場資電權之能力，將使我部隊指揮管

制困難，降低戰場透明度，失去任務預判先機及壓縮機動時間，若任務部隊未獲工兵支援機動或支援能力不足，恐將錯失利機。

防衛作戰機動橋(AVLB)運用研析

一、機動橋(AVLB)定義與軍事橋樑分類

進入主題之前，讓我們先來談軍事橋樑分類與機動橋(AVLB)定義，以作為後續討論依據。首先「橋樑」是一種架設於溪流、山谷或道路、鐵道等交通障礙上之建築物，連接於障礙兩端，提供人、車交通需求，而軍用橋樑定義可從我國軍用橋樑分類(制式橋樑及非制式橋樑)來探討，依據國防部陸軍司令印頒「陸軍渡河訓練教範(98.9.2)」，制式橋材係指橋材零件、工具經設計製作，有一定規格尺寸可進行模組化組裝，且配賦部隊使用之橋材，如固定橋、浮門橋及履帶機動橋等；另非制式橋材係指未納入部隊編裝或配賦使用之橋材，依其設計規範及架設方式之不同，可區分為應用橋材及應急橋材兩種，舉凡有一定設計規範及組裝方式，其載重量及通行規定均有明確限制者，謂之應用橋樑，如木質固定橋、吊橋、索道及應用舟橋等。無一定設計與組裝規範，利用現地取材設計，並依渡河任務需要，緊急架設完成之臨時性或半永久性橋樑，謂之應急橋樑，如涵管便橋、貨櫃鋼橋、架柱式鋼桁橋等橋樑均屬之。基此，軍用橋樑定義在狹義上可泛指供軍隊快速渡越溪流、山谷或道路、鐵道等交通障礙的特製橋樑裝備，在廣義上可泛指一切可供部隊快速渡越交通障礙的裝備或技術，所架設橋樑均屬之。

參考國內外軍方文件及民間學術或出版社書刊雜誌，軍事橋樑分類方式有非常多種，不同分類觀點就會有不同分類方式。例如依架設型式、功能及外型區分，就有機械與人力架設之分、浮橋與固定橋之分、履帶及輪

² 中國人民網，〈解讀解放軍「陸軍」軍改規模〉，<http://www.upmedia.mg/.newsinfo.php?SerialNo=23176>，檢索日期：2018年5月2日。

型之分、單跨及多跨及輕型與重型之分，若以作戰任務及運用方式區分，就有前方與後方之分、週密渡河與急迫渡河之分、一般支援與密接支援(要點與隨伴)之分³，其中依據我國「陸軍渡河訓練教範(98.9.2)」，我國軍事橋樑是依裝備架設形式及功能實施分類，主要區分為固定橋、浮門橋及機動橋；另依美軍準則 FM 3-34.22「工兵作戰-旅戰鬥隊以及下級(ENGINEER OPERATIONS-BRIGADE COMBAT TEAM AND BELOW)」，美軍軍事橋樑是依作戰任務實施分類，主要區分為戰術架橋類(Tactical bridging)、一般支援架橋類(Support bridging)及交通線架橋類(LOC bridging)；依英國詹氏年鑑文件(Jane's Military Vehicles and Logistics)，該軍事資料出版公司亦類同美軍，是依作戰任務及裝備功能綜合實施分類，主要區分為機械橋樑(Mechanised Bridges)、戰術浮橋及門橋(Tactical Floating Bridges and Ferries)、戰術(非浮橋)及交通線橋樑(Tactical <Non-Floating>and Line of Communication Bridges)⁴。考量世界軍事橋樑分類主流，並為擴大軍事橋樑討論範疇，符合本研究之目的(探討未來防衛作戰中，軍事橋樑角色定位、運用規劃及裝備規格)，本研究將不局限於我國渡河訓練教範範疇，而是綜合前述分類方式，以一類同美軍任務導向方式實施分類，並作為後續探討依據，以便於讀者理解及吸收，分類如下：

(一)戰鬥支援型橋樑(裝甲防護機動橋)

(二)戰術支援型橋樑(固定橋、浮橋、門橋)

(三)後勤支援型橋樑(大跨距固定

橋、工程橋)。

而本次探討主題-我國機動橋裝備，即是「戰鬥支援型橋樑」與美軍-戰術架橋類(Tactical bridging)及英國詹氏年鑑-機械橋樑(Mechanised Bridges)屬同一範疇，其基本定義即為「用於接戰狀態下，提供接戰部隊戰甲車通過敵設障礙(壕溝、斷橋)、人工障礙(排水溝渠、埤塘、堤防)、天然障礙(河川、溪流、地隙)，藉以促進部隊機動，執行遭遇、攻擊、轉進、防禦(警戒部隊撤離)及追擊等戰術任務」。

二、防衛作戰-戰鬥支援型橋樑運用檢討

(一)裝備沿革發展概述

一次世界大戰後，隨著戰車大量投入戰場，戰爭型態改變，世界各國為克服戰車無法跨越垂直壁、溝障礙的缺點(如圖 1)，並強化裝甲部隊機動越障能力，即致力發展裝甲架橋車，以期適應各種戰術需要，後續逐漸形成「戰鬥支援橋」概念，而戰鬥支援橋主要用於接戰狀態下，提供接戰部隊戰甲車通過敵設障礙(壕溝、斷橋)、人工障礙(排水溝渠、埤塘、堤防)、天然障礙(河川、溪流、地隙)，藉以促進部隊機動，執行遭遇、攻擊、轉進、防禦(警戒部隊撤離)、追擊等戰術任務。



圖 1 戰車越障失敗情形

資料來源：<http://qsmwj093.big5.china.com>，
檢索日期：2018 年 4 月 19 日。

³ 孫文俊，劉建勳，《渡河橋樑裝備設計與計算》(北京：國防工業出版社，西元 2013 年 3 月)，頁 6。

⁴ 註：本原則主要參考美軍準則 FM 3-34.22 (ENGINEER OPERATIONS-BRIGADE COMBAT TEAM AND BELOW) 及國防部軍備局網站詹氏年鑑資料庫，<http://www.armv.mil.tw>。

反觀我國早期因整體軍費有限及軍備獲得不易，均無建置戰鬥支援型橋樑，工兵執行接戰狀況下渡河越障作業，無論河幅寬窄，多仰賴「週密渡河」方式，奪控敵岸後再以戰術支援型式橋樑支援架橋任務(依階段架設徒橋、門、浮橋、固定橋)，無法實施適合機動作戰的「急迫渡河」戰法，爾後隨著裝甲部隊陸續列裝現代化裝備(地面：CM11、CM12、CM21、空中：AH1W、OH58D)，機動及空地戰法日趨成熟，一般支援型式橋樑架設時間長(需 2~4 小時)無裝甲防護狀況，逐漸無法滿足裝甲部隊需求，遂於 1992 年購入 12 部 M48A5 履帶機動橋，編配於各裝甲旅，以滿足裝甲部隊於戰術機動路線上，快速克服地隙或短跨度障礙之需求；另為滿足當時中樞應援，裝甲旅跨越淡水河任務，於 1997 年購入 22 部當時最先進的 M3 機動浮門橋(因具輕兵器防護能力，在敵情狀況允許下，勉強可擔任戰鬥支援橋)，編配於北部工兵群，大幅的躍昇工兵部隊戰鬥支援橋支援能量。

我國當前戰鬥支援橋-M48A5 履帶機動橋(如表 1)，屬剪型橋架設型式，作業人員少(僅需 2 員)，橋樑兩

端均可實施架撤作業，裝甲防護力及機動能力與當時主力戰車(CM11、CM12)相仿，可行隨伴支援，橋樑跨距達 18.3 公尺，載重等級達 60 噸級；另 M3 機動浮門橋(如表 1)屬於兩棲型浮門橋(自走自游)，機械協建架設快速，且具有輕兵器防護能力，可架設門橋或浮橋，載重等級達 70 噸級，可協助裝甲部隊迅速跨越廣大河幅之河川。

上述兩項裝備服役至今(2018 年)已逾 20 餘年，建置初期足可勝任當時整體地面作戰，然而隨著近年共軍軍力大幅增長、敵我作戰戰略改變及環境變遷，M48A5 履帶機動橋在性能及數量上，現已無法滿足快速機動、快速架橋及多重任務之作戰需求。

(二)戰術運用檢討

為確保在敵先期之優勢導彈、海、空、電子及資訊攻擊中，得以保存完整之戰力，為作戰成功主要關鍵，本軍戰力防護作法，除優先利用營區內既有設施外，並先期規劃營區周邊之山壁、洞庫及民間堅固建築物、地下室、廠房、倉儲公司等，實施緊急疏散，或依令進入戰術位置，以避免

表 1 我國戰鬥支援橋諸元彙編

區分	M3 浮門橋	M48A5 履帶機動橋
圖片		
橋樑用途	一般支援型	戰術支援型
型式橋長	開放式 157 公尺(最大 14 車)	單跨距 19.2 公尺
載重(MLC)	70 T/W	60 T/W
架設時間	60 分鐘	2-5 分鐘
作業人數	每車 3 人	每車 2 人
限制	最小水深 1.2 公尺流速不大於 3.5 公尺/秒。	涉水行駛之深度限制為 1.2 公尺。

資料來源：本研究彙整

遭敵第一擊之威脅⁵。此時疏散或前往戰術位置路線上之橋樑，研判此時已遭敵特工破壞部分橋樑結構(考量敵特工裝備有限，僅能造成小部分損壞)，使部隊機動受阻，暴露於危險之中，亟需有橋樑裝備支援，惟地區指揮部及聯兵旅工兵連均無配賦橋樑裝備，另因指管能力減損及工兵部隊初期須執行灘岸阻絕任務，工兵群橋樑裝備可能無法適時支援架橋任務，由此觀察，遂行戰力防護任務時，即產生廣泛的短跨距橋樑架橋需求。

防衛作戰中反擊部隊任地面主決戰兵力，在灘頭決勝的要求下，其成功之關鍵端視反擊部隊能否及時到達戰場，發揮戰力，惟共軍近年來增強之登陸能力及靈活之機動力，將跳脫以往登陸模式、地點，使我軍猝不及防，我反擊部隊將面臨無法預期、陌生的反擊路線及作戰，另考量地形影響，灘後腹地常存有多重不利機動之障礙(如水田、灌溉溝渠及水塘等)，使反擊部隊作戰面臨嚴峻考驗，為利反擊部隊及時到達戰場，此時我工兵部隊快速架橋能力就極為重要，亟需有快速機動及可多重架設「戰鬥支援型橋樑」裝備支援執行遭遇、攻擊、轉進、防禦(警戒部隊撤離)、追擊等戰術任務。

(三)運用環境現況檢討

1.河川之影響

河川多呈東西流向，河幅寬廣，水流湍急，其中由北至南有淡水河、大安溪、西螺溪、高屏溪等 19 條主要溪流，將本島地形切割成獨立塊狀區，形成障礙。每逢雨季，大量土石造成氾濫，臺 1 號道以西多為淤泥，徒涉困難，枯水期部分地區可徒涉。因河川淺短，大、小河川計百餘條，

河幅寬達 300—1200 公尺，形成天然障礙，沖積成之河谷平原、濱海平原、台地、丘陵地與稻田雜樹林、灌溉用之圳、渠縱橫其間，對機甲部隊反擊作戰運動、隱蔽、掩蔽之影響甚鉅(如圖 2)。

2.公路橋樑之限制



圖 2 灌溉用之圳、渠及橋樑

資料來源：柏輝科技公司商情資料。

(1)橋樑載重部分

隨著戰爭型態不斷演進，現代化軍事裝備輸具重量亦不斷增加，而我國公路橋樑之載重能力日顯不足，依據交通部頒「公路橋梁設計規範」所示，僅有國道、省市重要道路及有重型貨車行駛並經橋梁主管機關認定之橋梁，其載重不得小於 HS20 之 1.25 倍(經換算軍用載重等級為 MLC-60~70)，其餘橋樑載重多為 H15~H20(經換算軍用載重等級為 MLC-20~40)，無法滿足裝甲部隊(M60A3 軍用載重等級為 MLC-60)直接通行使用需求，而現行機動方式，均依交通部公路局民國 80 年函示⁶，均使用聯結板車載運裝甲車輛方式機動。另國內公路橋樑數量雖高達 24,250 座，可供平、戰時部隊便利使用，惟普遍存在橋齡老舊、橋體劣化腐蝕、橋墩沖刷嚴重、地震影響等諸多實務問題，直接影響公路橋樑之安全承載能力，亦造成軍事重型裝備通行疑慮。

⁵ 國防部陸軍司令部，《陸軍工兵部隊指揮教則(第三版)》，(桃園，陸軍司令部，西元 2013 年 9 月) 1-2~1-4 頁。

⁶ 註：交通部公路局民國 80 年函示「有關本軍以連結車載運戰車(總重八十二噸)運輸作業，通行橋樑時，可配合適切之板車裝載運輸，將戰車載重分散至拖車各輪。」

(2)橋樑跨距部分

臺灣各橋樑最大跨距 50 公尺以下橋樑有 7~8 成為單跨橋樑，而最大跨距 50~100 公尺橋單跨僅佔約佔 3 成比例；另橋樑總長 50 公尺以上其最大跨徑多使用 20~50 公尺，代表國內多跨長橋常以 20~50 公尺一跨為設計長度，此亦是施工經濟及工期考量上較佳之長度⁷。由此可知，若有橋樑遭敵破壞，其可能破壞長度即在 20~50 公尺之間，以現有之軍事橋樑之性能(以 M2 桁桁橋為例，其架設 36 公尺長、載重等級 70 級之橋樑，需作業人員 100 員、架設作業所需時間 7 小時)，已不敷作戰實需(如圖 3)。

3.沿海地區(灘岸、魚塭)之限制

臺灣本島海岸多為平直，甚少曲折，全長計一千五百餘公里，東部與西部、北端與南端在構造型狀差異甚大。東部海岸斷岩絕壁，水深暗湧，不易登陸；西部多為泥沙淤積形成砂質海岸；北部則為滲雜岩石海岸交錯，且深陷澳底；南端則平直單純，區域窄小。敵於北、中、南、東部地區同時實施正規及非正規登陸，另配合空(機)降作戰，將使我打擊旅於兵力轉用及目標選擇上產生重大影響。另西部沿海地區魚塭密佈，分佈於各主要幹線輻射至海岸線之鄉道小徑，以 M60A3 戰車之限制，對 2.54 公尺寬壕溝，0.41 公尺垂直土埂，1.21 公尺水深河流，及 60%坡度等以上地形，均無法通過。故敵於登陸初期控領沿海週邊地區，由於魚塭、防風林密佈，對機甲部隊實施反擊作戰將影響其機動速度(如圖 4)。

三、各國發展與未來趨勢

他山之石可以攻錯，我戰鬥支援橋運用發展至今，現遭遇諸多限制與



圖 3 典型國內多跨長橋

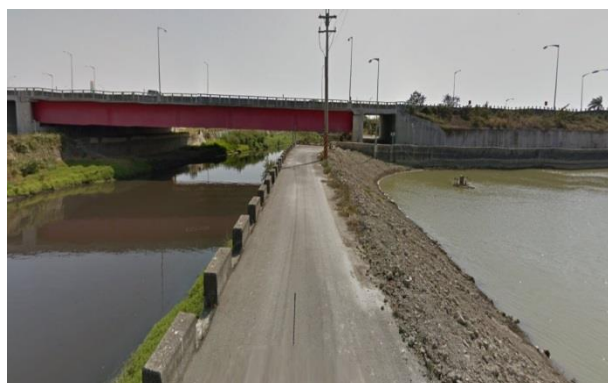


圖 4 沿海地區魚塭、小路及河川障礙
資料來源：柏輝科技公司商情資料。

窒礙，參考各國戰鬥支援橋發展與未來趨勢，將有助於分析、釐清問題並找出解決方案，以下即針對世界軍事先進國家之戰鬥支援型橋發展與未來趨勢實施綜合分析與比較。

(一)各國戰鬥支援型橋發展概述

自第一次世界大戰期間，英國於 1918 年建造的 5 號(Mark-5)裝甲架橋車，即是早期的「戰鬥支援橋」，也就是專門用於戰車跨越障礙之輔助車輛，一次世界大戰後，隨著戰車大量投入戰場，戰爭型態改變，世界各國為克服戰車無法跨越垂直壁、溝障礙的缺點，並強化裝甲部隊機動越障能力，即致力發展及改良架橋車之性能，以期適應各種戰術需要⁸。近年來，各國所研製各式架橋車不下數十種；其機動方式有履帶式、輪車式、

⁷ 賴明皇，〈臺灣地區公路橋樑特性統計分析之研究〉《國立中央大學》，民 93 年 7 月，頁 52~53。

⁸ 吳海峰，〈現代機械化橋車之研究〉《陸軍工兵學校九十三年學術研究專業報告》(燕巢：工兵學校)，民國 92 年 3 月 27 日，1~5 頁。

拖載式；架設型式有剪型式、平伸式、翻轉式等，上述各型式架橋車因結構及作用原理各有不同，而具有不同的特、弱點，以下即依發展歷程先後，針對運用發展趨勢實施介紹。

1.翻轉式架橋系統

第二次世界大戰期間，英國以邱吉爾式戰車底盤開發新的橋車，採用一種類似倫敦大橋般半翻轉式的架設系統，其可跨越 10 公尺寬壕溝，到了 1950 年代，進階發展百夫長戰車 (Centurion) 底盤架橋車，橋長約 16 公尺，架設時以液壓系統作業，將橋原本反面背負於橋車上之橋面，沿車前支架軸心 180 度翻轉至於溝渠障礙上，架設過程僅需 2 分鐘，回收需 4 分鐘，且橋樑兩端都可進行架設及撤收，效能優異，爾後陸續發展的英國 BR90 橋樑系統中，部分橋樑 (No 11 Tank Bridge、No 12 Tank Bridge) 仍保有翻轉式架設方式。

翻轉式架橋系統其優點為構造簡單、架設及撤收時間短；缺點為架設時橋樑會聳立於障礙前方，易形成敵方明顯攻擊目標，另因無摺收設計，為利機動運輸，橋長一般不能超過 15 公尺，現今運用方式，是利用橋樑構造簡單特色，配合「短跨距多重架設」概念，一台橋車可同時背負 2 座橋樑，提供短時間同時跨越 2 重短跨距河溝障礙之能力，可肆應戰場複雜多變之需求。

2.剪型式架橋系統

著名的剪型式架橋系統，即是由美國陸軍在維吉尼亞州貝爾沃堡 (Belvoir) 之「工兵研究發展實驗室」(現為工兵研究發展中心) 於 1950 年以 M48 戰車底盤所研發之剪型式架橋車，幾經改良後，續有 M48A2、A3、A5 式及 M60 系列裝甲架橋車 (AVLB)

等系列產品，其橋樑跨距達 18.3 公尺，架設及回收過程僅需 2~5 分鐘，且橋樑兩端都可進行架設及撤收，本裝備除美國本身建置外，亦受多國青睞採購(以色列、西班牙、葡萄牙、新加坡、中華民國等)，而其剪形橋架設計方式，亦影響後續各國「裝甲架橋車」設計。剪型式架橋系統橋節可區分為雙節摺疊式及三節摺疊式兩種，橋節之間以絞鏈連接，架設時使用液壓機構使橋豎起，並如剪刀般張開，最後成為一直線，逐漸下降至需要跨越的溝渠或障礙物上。其優點為摺疊收放可增加橋長；缺點缺點為架設時橋樑會聳立於障礙前方，易形成敵方明顯攻擊目標。剪型式架橋系統因橋樑架設及撤收機械技術成熟，製造維保較為經濟，直至今日仍持續發展使用，如英國 BR90 系統中 10 號戰車橋 (No 10 Tank Bridge)，近年即設計安裝於美國艾布蘭坦克底盤 (M1A1 Abrams MBT)，成為美軍最新 JAB 裝甲架橋車，其運用上仍是配合裝甲部隊實施近接支援，供裝甲部隊於急迫或掩蔽渡河戰術中，迅速通過短跨距溝渠障礙使用。

3.平伸式架橋系統

翻轉式及剪形式架橋系統，因其在架設時橋樑均會聳立於敵前，常易形成敵方明顯攻擊目標，世界各國為了增加架橋隱密性，達到戰術奇襲及增加橋車戰場存活力，開始發展平伸式架橋系統，其中蘇聯很早就開始發展此一系統，如 MTU 裝甲架橋車 (MTU Armoured Bridgelaying)，即是以 T-54 戰車底盤所研發之平伸式架橋車，其橋樑為單節式，橋長 12.3 公尺，通行載重能力為 50 公噸 (MLC 約 55)，架設時橋樑沿著一懸臂樑由鍊條傳動機構送抵遠岸，再將我岸橋樑放置地面即可完成架設，爾後陸續

改良發展出 MTU-20 裝甲架橋車 (T-55 底盤)，橋長增加至 20 公尺，兩端可收折增加機動靈活度。

現役平伸式架橋系統發展最為成熟裝備，即為德國雷鋼(LEGUAN)架橋系統(諸元彙編如附表 2)，其為海狸裝甲架橋車(BIBER Armoured Bridgelayer)架橋系統之後續研發版本，為德國 Krauss-Maffei Wegmann 公司所製造，可架設長度各為 26 公尺及 14 公尺之橋樑，載重等級均為 80 級，其 26 公尺橋樑採兩節上下相疊方式運載架設時會先將兩橋節前後相連，再以平伸方式送抵遠岸落橋；14 公尺之橋樑為單節型式，一台橋車可同時背負 2 座 14 公尺橋樑，提供短時間同時跨越 2 重短跨距河溝障礙之能力。

德國雷鋼(LEGUAN)架橋系統其優點為架設隱密性佳、噪音低、可多重架設，但其缺點為架橋結構複雜，製造維保較為不易，致使採購及維保費用高昂，而此缺點即造成許多國家因預算壓力而放棄採購。

近年隨著世界各國研究發展，平伸式架橋系統已進展為「模組式架設」方式(諸元彙編如附表 3)，其裝備本身具備可單獨使用或相互連接之小跨距橋樑模組，可肆應不同跨距地隙障礙，能滿足現代戰鬥任務複雜多變之需求，如法國 PTA-2 架橋車及德國 PSB-2 裝甲架橋車即為代表，惟其也存在購置及維保成本高等缺點，發展至今僅有法國使用 PTA2 架橋車，德國 PSB-2 裝甲架橋車甚至仍未實施量產。

4. 輪式底盤架橋車

戰鬥支援型橋樑須具有隨伴裝甲部隊作戰之能力，以往各國設計橋車時，多使用該國家主力戰車(MBT)底盤做為橋樑載具，以獲得相應之防護力及越野能力，後續有部分國家因軍事戰略改變及預算考量而有不同想法相繼發展了輪型自走式及拖車式的架橋車，如法國 PTA2 架橋車、德國 SISU 10x10 雷鋼架橋車及英國 BAE 公司為美軍 LAB 輕型突擊橋計畫中所設計之拖載式橋樑(Trailer Launched Bridge-TLB)即為代表(如圖 5)。

表 2 雷鋼架橋系各項諸元

區分	雷鋼橋-26 公尺	雷鋼橋-14 公尺
外觀		
裝備總重	39.3 公噸	39.3 公噸
裝備總高	3.95 公尺	3.95 公尺
裝備總寬	4.01 公尺	4.01 公尺
裝備總長	15 公尺	16.5 公尺
橋樑總長度	26 公尺	14 公尺
有效跨度	24 公尺	12 公尺
架撤方向	可從兩端實施架撤	可從兩端實施架撤
載重(MLC)	80T/W	80T/W
橋寬	4 公尺	4 公尺

資料來源：Krauss-Maffei Wegmann公司，〈雷鋼架橋系統〉，<http://10.22.155.231/File/?File=IntraSource.html#Details?GID>，檢索日期：2018年5月26日。

表 3 模組式突擊橋系統諸元彙編表

區分		PTA 2 / PTA 3	PSB2
外觀			
發展國家		法國	德國
使用國家		法國	德國、荷蘭
用途		戰鬥支援型橋樑	戰鬥支援型橋樑
載具性能	型式	輪型10*10	履帶(豹 2)
	重量	53噸(含橋)	61.8 噸(含橋)
	最高速	70公里/小時	50 公里/小時
	航程	900公里	500 公里
	長*寬*高	15*4*4(含橋)	9.7*4*4(含橋)
作業性能	橋長(公尺)	PTA2：14.3/26(橋組：單/雙) PTA3：10.5/18.7/27 (橋組：單/雙/三)	9.7/ 18.7 /27.8 (橋組：單/雙/三)
	載重(MLC)	70T/90W	70T/100W
	橋寬	4公尺	4公尺
作業效率	人力(人)	2	2
	時間(分)	PTA 2：3/6(橋組：單/雙) PTA 3：3/6/7(橋組：單/雙/三)	4/7/8(橋組：單/雙/三)
備份橋材	運輸	半聯結拖板車	8*8卡車
	裝載	直接裝卸載，而不需額外裝載器具及吊車支援。	
橋樑型式		焊接接合，鋁合金	
作業方式		引進方式：平推式、搭接方式：前後連接、操控方式：遙控及操縱桿	
附註		* 載重表列之數據，分別為履帶車輛載重等級及輪型車輛載重等級(履/輪)。	

資料來源：參考自詹氏年鑑資料庫2018年版及本研究彙整。



圖 5 英國 BAE 公司拖載式橋樑(Trailer Launched Bridge-TLB)

資料來源：軍備局網站詹氏年鑑資料庫，<http://www.army.mil.tw/>，2018 年 4 月 19 日。

輪式架橋車具有一般路面快速機動能力，且其底盤製造及維保較為容易，所需經費較為低廉，其中拖車型架橋車更是經濟便宜，其拖車底盤可被各型戰甲車及 5 噸以上戰術輪車拖運及架設，具有非常靈活的載具運用彈性，但其因屬輪型載具，無法負荷重型裝甲且崎嶇地面越野能力較差，致使其遂行作戰支援時，普遍仍有實用性不足的疑慮，惟隨著各國經濟發展及基礎建設累積成果，河川整治率及道路覆蓋率已越來越高，輪式架橋車一般路面機動快速及裝備建置維護經濟之優勢，再度被各國所重視。

(二)未來趨勢分析

1.「標準化」及「模組化」為現今世界各國軍事橋樑設計發展主流，其發展方式主要是運用統一的規格發展功能各異之模組，在依任務需求組合所需功能模組單元，完成產品開發及製造，其目的即在增加戰時裝備通用性(可相互支援)、產品開發經濟性及縮短產品研發週期，藉以肆應現今軍事任務變化快速特性，適時提供部隊所需裝備。

2.肆應戰場連續跨越短跨距障礙之需求，「短跨距多重架設」概念逐漸成熟，設計一台可同時背負多座短跨距橋樑之橋車，可提供部隊短時間同時跨越多重短跨距河溝障礙之能力。

3.剪型式架橋系統因橋樑架設及撤收機械技術成熟，製造維保較為經濟，直至今日仍持續發展使用。

4.近年隨著世界各國研究發展，平伸式架橋系統已進展為「模組式架設」方式，其裝備本身具備可單獨使用或相互連接之小跨距橋樑模組，可肆應不同跨距地隙障礙，能滿足現代戰鬥任務複雜多變之需求。

5.隨著各國經濟發展及基礎建設累積成果，河川整治率及道路覆蓋率已越來越高，輪式架橋車一般路面機動快速及裝備建置維護經濟之優勢，再度被各國所重視。

策進與建議

一、策進作法

(一)改善現有戰術支援橋架設效率：為有效支持防衛作戰部隊機動作，在新式戰鬥支援橋獲得前，若能有效強化現有戰術支援橋架設效率，將可適度改善現存反擊作戰機動不利困境，而本軍現有制式固定橋(M2 框桁橋、MGB 中框橋及 LSB 重框橋)現

雖可以機械協助人力架設提升效率，惟因起重機具能力不足缺乏專用吊具及模組化套件等作業限制，致使現行機械協建效率不彰，架設橋樑時仍需耗費大量人力及時間，為利有效提升制式固定橋架設效率，增大實用效能，以下提供兩點建議。

1.提升吊桿能力強化作業效能：為增強機動部隊渡河、通過溝渠、地隙等渡越能量，迅速達成促進機動，提升搶通能力，並考量橋車吊桿能力受限及作業風險高之窒礙問題，建議提案提升吊桿能力或購置大型吊車，藉以實施模組架設，提升架設速度、安全及減少人力；另可以吊車吊掛方式快速架設，運用制式橋樑橋材預組露儲模式，藉由吊車可負載重量大，將制式橋樑吊掛至渡河點完成架設，架設速度效率更可提昇，且可跨越地形障礙，滿足作戰與救災需求（如圖 6）。



圖 6 運用大型起重機吊掛方式快速架設
資料來源：英國 Mabey & Johnson 公司接裝訓練簡報資料。

2.配合現有裝備研發架橋輔具：配合吊桿能力強化，建議本軍應利用各研發能量，著手研發架橋輔助器具，藉以實現橋材模組組裝構想，提升架橋效率，例如本中心渡河組歷年小型軍品研發項目，即針對本議題，研製一系列架橋輔助器具，如橋樑推桿、自動推橋系統、通行標示桿、橋材吊架、橋材板台及模組化套件（如圖 7~8），其均可幫助制式固定橋機械協建作業，實施模組架設，節省架設時間。



圖 7 自動推橋系統

資料來源：工兵訓練中心渡河組。



圖 8 橋材吊架

(二)改善輸具裝載能力：工兵部隊於執行各項支援作業時，均需配合使用不同工具、器材及裝備，諸如各式阻材、橋材、大型機具等，均需仰賴載重車輛板台實施裝卸載運輸，其作業量大且非常頻繁，惟現裝卸載運輸作業僅能依靠人力及少量堆高機實施，常顯吃力及拖累任務時間，建議工兵部隊應依作戰支援實需，發展標準化、模組化、效率高之裝載系統，諸如自裝卸鉤臂系統（Hook Lift systeme）、L 型運輸板台、貨櫃、水槽及附吊輸具（如圖 9），進而減少裝載人力，提昇作業效率，並兼具各種運輸功能，提升工兵各項支援作業能力。



圖 9 吊臂兼具自卸裝鉤臂系統之運輸車

資料來源：<https://int.search.myway.com/search/AJimage.jhtml?n=783a5c97&p2>，西元 2018 年 1 月 23

(三)渡河方法研究創新：增強工兵渡河支援能力除在裝備更新外，同時亦應講求渡河方法之研究創新，尤當新式裝備未獲籌補前，更須發揮創意

研究應急之渡河方法、渡河資材之運用及現有裝備之改良，使既有裝備或資材發揮最大功效，諸如橋樑改以機械架設方式提升作業速率、增設橋樑支點延伸架設長度、開設便道配合固定橋架設等，均為我們即應著手研發之方向。渡河架橋作業時間通常曠日耗時，而其架橋前之偵察及準備作業即佔實際架橋作業之大部份時間，對渡河時效影響甚鉅，基此若能於平時針對本島各河川及橋樑做好兵要調查，規劃預定架橋位置，並確實先期完成架橋整備工作，隨時修訂及維護，且以戰備訓練期間實地驗證其成效、熟練其作業，則於戰時必能提昇作業效率、節約架橋時間，適時圓滿達成渡河支援任務。

(四)優先研製輕型橋樑：因應未來作戰需求，我工兵必須有先進且符合戰場需求之高效率裝備作為基本要件，在未獲國外先進裝備前，應利用既有裝備研製基礎，全力研製機動性高、作業人時短、跨距長、載重等級大等高效益輕型橋樑裝備，並符合臺灣河川季節狀況與河幅寬廣等因素，俾利工兵部隊在未來人力精簡、任務多重、裝備效能等限制因素影響下，仍能因應促進打擊部隊機動任務。為利國防自主，建議 209 廠應配合中科院，自力研發「雲豹 8 輪裝甲車」改裝為「雲豹 8 輪架橋車」，研製符合我工兵改良需求之橋樑

(如圖 10~12)、適應我作戰環境之裝備，並藉不斷地觀摩、改良、研討，開發出符合我國情需求、戰備需要之機動橋樑，以增進我防衛作戰能力、提高我戰備整備能量。

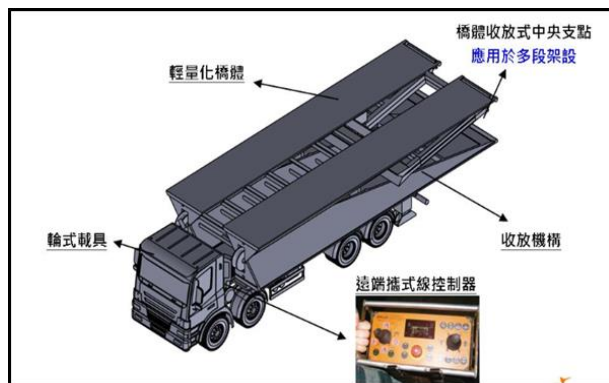


圖 10 輪式機動橋開發概念圖

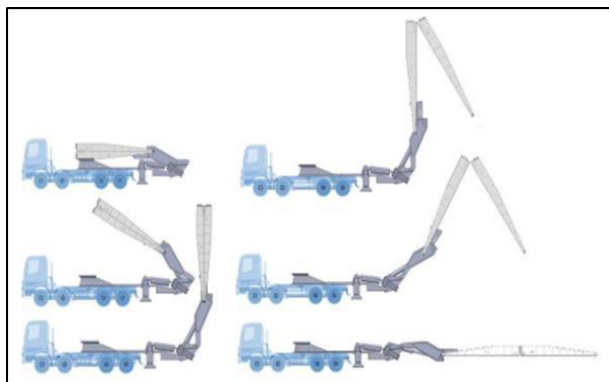


圖 11 複材機動橋之橋體展開作動示意圖



圖 12 雲豹 8 輪架橋車概念構型

資料來源：中科院提報簡報、蔡坤男，〈鋼索式複材機動橋之收放液壓系統設計與試驗〉，《工兵半年刊 151 期》，頁 1、莊志寬，〈淺析各國機動橋作戰效能〉，《教學研究》，頁 16。

二、未來發展建議

軍事橋樑之發展與設計，無法不切實際的追求極致性能，需考量現實條件限制，諸如預算、材料及製造技術等，只能針對任務、環境及部隊能力實施特色化發展，而其主要特色(能力)指標區分為橋樑有效跨距、通行載重能力、架設速度、環境適應能力、機動部署能力及購置、維修、保養之經濟性(決定裝備可建置數量)，依據任務取舍各特色指標高低，集中資源發展關鍵特色指標，才能更有效率運用軍事資源，滿足任務需求。以下即針對後勤支援型橋樑裝備型式及能力策進實施探討。

(一)橋樑有效跨距：「戰鬥支援橋」用於接戰狀態下，快速提供接戰部隊戰甲車通過敵設障礙(壕溝、斷橋)、人造設施(排水溝渠、埤塘、堤防)、天然地形(河川、溪流、地隙)，考量戰甲車本身即具高階越野能力，爬坡涉水(泥濘)能力高，「戰鬥支援型橋樑」主要越障種類，多屬短跨距反戰車壕溝、排水溝渠及地隙，或是大高度垂直障礙，如河堤、海堤、深溝及陡坡等，所需橋長要求不高，考量其他關鍵特色指標發展需求及障礙種類特性，「戰鬥支援橋」有效跨距在20~26公尺均屬合理可行；另因應反擊作戰地區(灘後腹地)常存有多重不利機動之短跨距障礙(如水田、灌溉溝渠及水塘等)，「戰鬥支援型橋樑」亦有多重架設需求，建議可參考類似英國BR90橋樑系統，其具有「短跨距多重架設」功能，一台橋車可同時背負2座13.5公尺橋樑，提供短時間內，同時跨越2重12.6公尺以下跨距河溝障礙之能力，以肆應戰場複雜多變之需求。

(二)通行載重能力：「戰鬥支援橋」通行裝備，多以戰甲車輛為主，而我

國現役戰甲車輛屬中型第二代坦克，載重等級均在MLC-60以下，惟考量未來可能建置主力戰車(MBT)型式，應屬重型第三代坦克型式，參考現今各國三代型式主力戰車載重等級均在MLC-60~70之間，考量橋樑未來適用性，「戰鬥支援型橋樑」通行載重能力之載重等級應在MLC70T/80W。

(三)架設速度：目前各國「戰鬥支援橋」架設機構發展已趨成熟，架設速度均介於3~8分鐘，均能滿足任務需求，已無發展精進之必要性，考量其他關鍵特色指標發展需求，戰鬥支援型橋樑架設速度在10分鐘內均屬合理可行。

(四)環境適應能力：環境適應能力區分戰場生存性及作業環境適應性兩部分，其中作業環境適應性方面，我道路、橋樑及河床狀況，對「戰鬥支援橋」影響均不高，無考量事項；另在戰場生存性方面，是指架設時隱密性及人員防護能力，「戰鬥支援橋」用於接戰狀態下，架設時隱密性及人員防護能力要求高，常影響任務成敗，其基本防護能力要求，均須達0.5英吋以上口徑輕兵器防護等級，才能排除輕兵器射擊干擾，最好是要跟隨伴單位戰甲車輛相同防護等級，才能共同執行作戰任務，而在隱密性方面，由於近年軍隊偵察能力及精準打擊提升，「戰鬥支援橋」戰場生存性面臨嚴峻考驗，各國均相繼發展架設隱密性較佳之平伸式橋樑，惟其高昂購置、維修及保養經費，亦造成資源排擠效應，使其實際列裝部隊數量少，甚而部分國家針對剪型式橋樑實施延壽及改良。基此，考量我任務執行情境，不管是反擊路線確保或是跨區增援，均屬於低敵情狀況，隱密性及人員防護能力要求不高，0.5英吋口徑機砲防護等級及剪型式橋樑應可滿足我戰鬥支援型橋樑任務需求。

(五)機動部署能力：裝備機動部署能力可區分裝備本身機動力及被運輸之便利性，後者為非動力裝備或有遠程部署考量之裝備所需考量因素，我國軍暫無此需求，而前者所述「裝備本身機動力」，即為我國戰鬥支援型橋樑發展重點。以往各國設計橋車時，多使用該國家主力戰車(MBT)履帶底盤做為橋樑載具，以獲得相應之防護力及機動能力，肆應隨伴支援任務需求，後續有部分國家因軍事戰略、環境改變及預算考量，相繼發展了輪型自走式及拖車式的架橋車，使橋車在道路及平原上，具有比履帶底盤更為長程且快速的機動能力，且輪型底盤製造及維保較為容易，所需金費較為低廉，其中拖車型架橋車更是經濟、造價較低廉，其拖車底盤可被各型戰甲車及5噸以上戰術輪車拖運及架設，具有非常靈活的載具運用彈性，但其因屬輪型載具，無法負荷重型裝甲且崎嶇地面越野能力較差，致使其遂行作戰支援時，普遍仍有實用性不足的疑慮。反觀我國目前因經濟發展及基礎建設累積成果，河川整治率及道路覆蓋率已越來越高，可供機動部署路線多、崎嶇河床地形少，另我任務執行情境，不管是反擊路線確保或是跨區增援，均屬於低敵情狀況，隱密性及人員防護能力要求不高，且考量我軍「戰鬥支援橋」調用部署頻繁特性及支援跨區增援任務需求，均須有長距離快速機動能力，方能確保任務遂行，綜上諸多因素均有利輪型底盤發展。此外，為滿足戰甲部隊遂行反擊任務時，大量架橋裝備需求，並兼顧國防預算摺節，可參考美軍拖載式橋樑(Trailer Launched Bridge-TLB)，同時發展短跨距拖車式底盤橋車，供戰甲部隊於戰術機動初期，克服灘後腹地

機動之障礙(如水塘、灌溉溝渠及突堤等)使用，惟其跨距及載重須比照前述第1~2條建議，跨距須達12~14公尺，載重等級應在MLC70T/80W以上。基此，發展輪型自走式及拖車式「戰鬥支援橋」，應可滿足我任務需求。

(六)購置、維修、保養之經濟性：橋車組成區分底盤、架設機構及橋樑，其中不同的橋體材質結構、不同的架橋機構作動方式及不同的底盤型式，都會影響橋車購置、維修、保養之費用，我國軍費預算有限，軍備重心多集中在打擊火力及監偵預警系統，以往橋材(戰鬥支援橋)採購數量均無法滿足編裝需求，另因工兵裝備多屬委商維保，工兵橋材維保預算亦與其他工兵裝備維保預算相互排擠，影響裝備妥善，所以橋材購置、維修、保養之經濟性就很重要，橋材建購若能重視經濟性，就能在相同預算資源下，建購更多數量橋材，解決現有橋材不足窘境。基此，就底盤型式而言，輪型底盤製造及維保較履帶底盤更為容易，所需經費較為低廉，另就架橋機構作動方式而言，剪型式架橋機構製造及維保較平伸式架橋機構更為容易，所需經費亦較為低廉。最後就橋體材質結構而言，模組化橋體可與一般支援型橋樑共用，可有效降低維修、保養經費，而鋁質橋體雖較鋼質橋體昂貴，但鋁合金耐候特性佳，亦可有效降低維修、保養經費。基此，考量發展戰鬥支援型橋樑購置、維修、保養之經濟性，鋁合金模組化橋體、剪型式架橋機構及輪型底盤型式橋車，應可滿足我任務需求。

(七)型式及能力建議：依據未來任務、環境及部隊能力，綜合考量橋樑有效跨距、通行載重能力、架設效率、環境適應能力、機動部署能力及購置

、維修、保養之經濟性(決定裝備可建置數量)等特色指標，我「戰鬥支援橋」型式及能力發展，建議朝鋁合金模組化橋體、剪型式架橋機構及輪型自走式底盤橋車發展，並具下列型式及能力。

1.橋樑有效跨距須達20~26公尺，另可實施短跨距多重架設，其有效跨距須達12~14公尺。

2.通行載重能力之載重等級應在MLC70T/80W以上。

3.架設速度在5分鐘內。

4.基本防護能力要求，均須達0.5英吋以上口徑輕兵器防護等級。

5.應同時發展短跨距拖車式底盤橋車，有效跨距須達12~14公尺，載重等級應在MLC70T/80W以上，以滿足戰甲部隊遂行反擊任務初期，大量架橋裝備需求。

結語

共軍為實現「多層雙超」及「平垂多點登陸」等戰法，近年來積極建立大量掠海式運輸輪具及戰具，已具相當規模，未來將有能力以立體、多方向及多地域奪取的登陸突擊作戰型態，實施全縱深突破的打擊，我軍能反應及準備時間已逐漸被壓縮，反觀我軍在防衛作戰中，常有部隊部署、阻絕設置、補給保修、反擊作戰及跨區增援等任務，部隊能否快速有效機動及運輸，實乃影響作戰勝利關鍵因素，其中西部地區大小河川、灌溉用之圳、渠縱橫其間，對機甲部隊反擊作戰運動之影響甚鉅，而本島大量老舊橋樑因設計載重不足及天災受損因素，更是不適合裝甲部隊機動使用，再加上共軍砲火、特工、特戰等對橋樑之破壞，將嚴重影響部隊機動速度，喪失戰機，影響作戰成敗。基此，有效強化工兵支援機動之能力，即為當前國軍建軍發展重要工作之一，而國

軍軍事橋樑之發展極為關鍵，經本研究分析，我軍軍事橋樑之發展，未來應朝向機動部屬能力高、橋樑越障能力強、架橋速度快、架設兵力少之型態發展，其中「戰鬥支援橋」可效支援裝甲部隊遂行反擊作戰及跨區增援，為我軍形塑「戰力不對稱」之利器，未來應籌購或研製新型「戰鬥支援橋」，始可有效強化我工兵支援機動能力，達成「濱海決勝、灘岸殲敵」之聯合防衛作戰指導。

防衛作戰戰力防護之研究—以北部灘岸後方地區構築地下掩體為例

--曾世傑中校、蔡營寬中校、施述立少校--

提要

- 一、中共於今(民 109)年 2 月 9-10 日上午，以不同類型軍機持續繞臺，由此可見中共文攻武嚇之一貫手法，並從未放棄以武力犯臺。國軍應結合敵情威脅與肆應未來戰場景況，以戰力防護貫穿作戰全程，而其中關鍵是如何隱蔽。而我應發展包含一系列具備隱、掩蔽防護能力之洞庫化與地下化掩體設施，俾確保我軍戰力。
- 二、本篇即以北部灘岸後方地區建構地下掩體設施(如指揮所、後勤設施、通信設施等)為主要範圍，從而進行灘岸地區地質條件、預鑄工法之特性、以及建構簡易快速且具防護能力之地下掩體設施之研究，提升我戰力防護能力。
- 三、本研究成功模擬 200 公斤 TNT 炸藥在地表爆炸後，爆震波傳遞至土層內部地下掩體之衰減情形。並提供預鑄式地下掩體設計流程、『國軍抗爆震工事構築建議規範』修(增)訂、地下掩體預鑄、囤儲與動員機制以及建構軍民通用掩體設施等相關建議，俾使我防衛作戰勝利更增成功公算。

關鍵字：戰力防護、地下掩體、軍事防爆震

前言

中共於今(民 109)年 2 月 9-10 日上午，以殲 11 與轟 6 等不同類型軍機，持續繞臺，執行遠海長航訓練，期間更一度短暫超越海峽中線，企圖對我 F16 戰機實施挑釁。¹觀察共機繞臺周邊演訓，此一密集程度訓練，實係歷年少見，由此可見中共文攻武嚇之一貫手法，並從未放棄以武力犯臺。為因應共軍加速軍事現代化發展及屢屢在我國領海周邊進行之軍事行動，並依我國防報告書：「...國軍依『防衛固守，重層嚇阻』軍事戰略指導，發展『戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵』整體防衛構想...」所提(詳如表 1)，²同時亦考量不與中共進行軍備競賽原則下國軍應結合敵情威脅與肆應未來

戰場景況，按「仗怎麼打，部隊就怎麼練；仗在哪裡打，就在哪裡訓練」的實戰化要求，縝密戰場經營，以戰力防護貫穿作戰全程，發揮聯戰效能。

中共為擴大其軍事威脅能量，刻正持續研發多型具中、遠程打擊能力之東風系列導彈與轟炸機等，並以參與遠海訓練以驗證其能力。而其作戰半徑更早已突破第一島鏈，向第二島鏈延伸，而其中以火箭軍之彈道飛彈、巡弋飛彈，更對周邊國家如我國、日本、南韓與美軍駐西太平洋島嶼之關島基地，³造成嚴重威脅(共軍導彈威脅如圖 1)。我國實應研擬具體因應作為，防範共軍藉其精準導彈，對我重要軍事防護目標採取猝然突襲。

¹ 摘錄自由時報，〈中共軍機挑釁？〉，檢索網址：

<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3072001>，2020 年 2 月 18 日。

² 國防部，〈108 年國防報告書〉(台北)，2019 年 9 月，頁 58-59。

³ 財團法人國防安全研究院，〈2018 中共政軍發展評估報告〉(台北)，2018 年 12 月，頁 77-78。

表 1 我國軍事戰略演進概況

項次	時間	軍事戰略	軍事戰略構想
1	38-58 年	攻勢作戰	建立兩棲登陸及海、空軍攻勢能力。
2	56-68 年	攻守一體	逐年強化防衛能力整建。
3	68-91 年	守勢防衛	以制空、制海及反登陸作戰能力為要項。 84 年調整為，整建「精、小、強」之戰力。
4	91-98 年	有效嚇阻 防衛固守	積極研發、籌建遠距離精準打擊戰力。
5	98-106 年	防衛固守 有效嚇阻	發揮重層聯合戰力，防衛國土安全，嚇阻敵不敢輕啟戰端。
6	106 年 迄今	防衛固守 重層嚇阻	發展「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」整體防衛構想

資料來源：筆者整理自 1.國防部，《108年國防報告書》(台北)，2019年9月，頁58-59；
2.國防部，《106年國防報告書》(台北)，2019年9月，頁56。

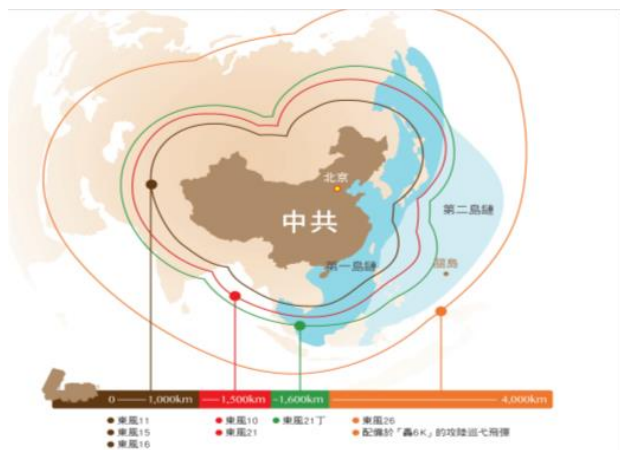


圖 1 共軍導彈威脅圖

資料來源：國防部，《108年國防報告書》(台北)，2019年9月，頁41。

據此，在評估國軍未來敵情威脅、聯戰任務需求，與整體防衛構想，戰力防護須貫穿作戰全程。然為防範敵軍對我可能採取猝然突襲，我軍應於戰前完成各項戰力整備作為。國軍現行戰力防護除增強機動力與欺敵作為，最重要的還是強化軍事掩體及各項基礎設施防護力，⁴ 進而達到提升防護效果、削弱敵作戰能力之目的(國軍現行戰力防護作為詳如圖 2)。就不對稱作戰思維言，⁵ 要能夠達到損傷小、防護強度高之戰力防護有許多機

制，應朝向建立「機動、價廉、量多、快速生產、具可耗性」之不對稱戰力，以確保我「量適、質精、高效能、精準打擊及易損性低」之「基本戰力」，因為強化「戰力防護」裝備與設施整建，是發揚我不對稱戰力的根本。然戰力防護作為與手段在機動，係以快速機動能力，使敵掌握不到，而其中關鍵是如何隱蔽，而在我西部沿海



圖 2 戰力防護示意圖

資料來源：筆者整理自網路資料，檢索網址
https://www.google.com.tw/search?q=%E6%88%B0%E5%8A%9B%E9%98%B2%E8%AD%B7&sxsrf=ACYBGNTzGbVy7ut-km2Jk8_Faq5fIClqfg:1580315057981&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewjT2qetnKnnAhWNBKYKHV0sDKUQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1366&bih=635，檢索日期，2020/2/20。

¹ 同註 3，頁 56。

² 為一種作戰的概念，係以不對稱手段、不對等力量與非傳統方式所進行的作戰，旨在迴避敵人強點，並以適當的戰法、戰具攻擊敵人的弱點，從而改變戰爭的結果，使戰爭朝向有利己方的方向發展。摘錄自國防部，《國軍軍語辭典(九十二修訂版)》，2004年3月15日，頁2-6。

一帶地形地貌中，應發展包含一系列具備隱、掩蔽防護能力之洞庫化與地下化掩體設施，⁶俾確保我軍戰力(我國戰力防護作為詳如表 2)。

經筆者蒐集國內外相關文獻後，探究中共現行犯臺模式中，極可能以導彈遂行猝然突襲。基此，國內軍事研究人員亦早已提出相對應做法，即是將重要軍事設施地下化，提升抗炸效能，以維護重要設施，及研發快速(組合)阻絕，以縮短設置及運輸消耗之時間。⁷然此研究中尚未針對軍事掩體地下化之深度、結構體防護厚度、敵軍可能突入之灘岸地質條件與混凝土預鑄製品等項進行深入探討。

惟探討具防爆震功能之地下掩體設施，其經濟有效之最佳做法可依數值模型分析→具備地下結構體設計相關參數後→再進行縮小比例地下掩體抗爆震試驗→驗證與修正數值模型可靠度→最後再進行等比例尺之地下掩體抗爆震試驗→以求得地下掩體相關設計參數等項流程著手。⁸本篇架構即以北部灘岸後方地區建構地下掩體

設施(如指揮所、後勤設施、通信設施等)為主要範圍，從而進行灘岸地區地質條件、預鑄工法之特性、以及建構簡易快速且具防護能力之地下掩體設施之研究。囿於研究時間、經費有限，僅先就數值模型分析與設計實施探討，並在前人文獻基礎架構上，區分下列幾個方面實施：

(一)敵軍猝然突襲犯臺模式探討，並藉此研擬出敵對我可能產生的威脅。

(二)敵可能突入灘岸地區中，當地地質條件狀況，對於構築地下掩體設施帶來的影響。

(三)軍事工程構築中，預鑄工法與傳統工法之差異性，以及預鑄工法特點。

(四)藉由業界已發展成熟且已運用於實際工程實務上之爆震分析軟體，進行一系列數值模型驗證與分析、探討，以建構一抗爆震之地下結構體相關參數。

上述所提數值模擬驗證過程，主要係運用 LS-DYNA(以下簡稱 DYNA)，⁹及 Altair Hyper Works(業界常應用於複雜建構數值模型)等分

表 2 我國戰力防護作為彙整表

戰	力	防	護	作	為	彙	整	表
戰	作為	手	段	預	期	效	果	
力	機動	變換陣地						
	隱蔽	融入地貌						
	分散	分散風險						
	欺敵	以假示真						
防	偽裝	以真示假						
	護衛	防衛重點						
	謀略	戰略指導						
護	誤導	局部訊息						
	快速有效損害管制	風險管制						

資料來源：筆者整理自國防部，《108年國防報告書》(台北)，2019年9月，頁59。

⁶ 同註 2，頁 64-65。

⁷ 蔣大琦，〈共軍合成旅登陸作戰計畫之研究—以岡南作戰分區為例〉《陸軍工兵半年刊》，第 155 期，2019 年 10 月，頁 15。

⁸ 曾世傑，〈八二三砲戰地下掩體構築之研究—兼論防衛作戰戰力防護軍事工程構築〉《陸軍工兵半年刊》，第 153 期，2018 年 10 月，頁 24。

⁹ 可用於爆震分析等高速動態環境下之分析軟體。摘錄自鑫威資訊，〈LS-DYNA 全國最大中文知識庫—鑫威資訊—LS-DYNA 教材〉，<https://sites.google.com/view/sw-faq01/%E5%AD%B8%E7%BF%92%E8%B3%87%E6%BA%90/ls-dyna%E6%95%99%E6%9D%90>，檢索日期，2019/10/23。

析軟體，¹⁰ 實施爆震動態分析，並藉期刊論文研究數據，驗證本研究設計之可行性。(研究架構詳如圖 3)在數值分析中，主要蒐集發表於國內、外期刊相關爆震數據進行驗證，以確保數值模型參數設定之合理；另案例研究中，係以美軍經驗公式為基準，並進行一系列不同構型之地下掩體設計與抗爆震分析，以探討地表爆炸所產生之爆震波經過不同地質衰減、與地下結構體防護後，傳遞至對掩體內尖峰爆壓值的衰減效果，對於掩體內部人員之影響，並提供合理可行之地下掩體數值分析設計尺寸，為後續國軍戰力防護作為、以及軍事防爆震工程設計奠定良好基礎。

一、敵軍猝然突襲

觀察圖 1 當中的共軍導彈系列，主要以東風導彈為主體(包含衛士系列火箭)，其射程均可涵蓋我臺灣本島範圍。同時國內軍事研究人員亦指

出，在防衛作戰想定架構下，研判未來共軍將以東部戰區編成攻臺指揮部，於地面部隊登陸前，以其火箭軍部隊所轄導彈，先期對我重要軍事指管設施、機場、雷達站等高價值目標實施攻擊，削弱我軍戰力；¹¹ 有鑑於共軍對我威脅不斷加劇，首要作為應強化不對稱戰力，並精進戰力防護作為。惟因應共軍猝然突擊登島犯臺，須先期完成戰力防護設施整備。

為防範於未然，目前我國年度重大演訓設計規劃，已將中共對我之軍事行動設計為主要依據，以強化我國軍反應速度與應變制變能力。在反想定架構下，中共對我重要軍事行動均以導(砲)彈攻擊為主(表 3 係歷年共軍歷年對我軍事行動彙整表)。又民 105 年漢光演習以「共軍極可能對我發動猝然襲擊」為想定設計主軸，並將主要戰場規劃於西部灘岸地區，¹² 我國軍戰力防護各項作為，亦聚焦在共軍

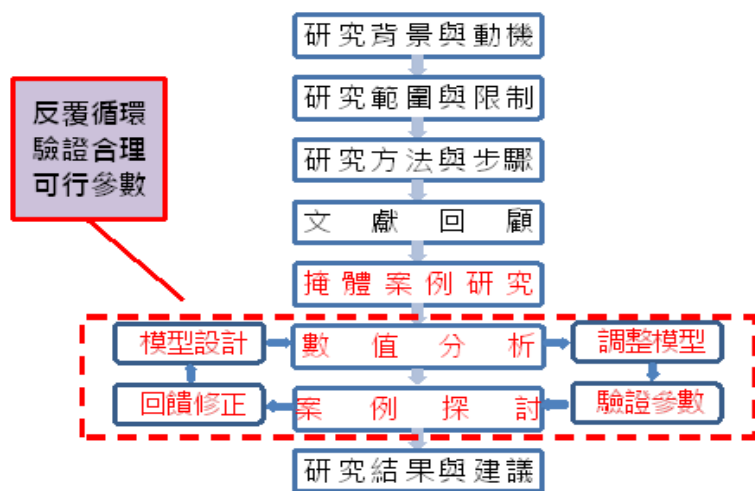


圖 3 地下掩體爆震分析研究架構圖

資料來源：筆者自製。

¹⁰ 包括建模、CAE 分析、最佳化、視覺化、流程自動化和資料管理平台，可模擬非線性到多種材料力學分析等廣泛應用，為高階動態分析軟體，以下簡稱 HyperWork。摘錄自瑞其科技有限公司，〈HyperWorks〉，<https://www.richintech.com/products.php?t=80>，檢索日期，2019/12/24。

¹¹ 共軍將於 D-14 日起，以 6 波次戰術導彈，此階段為共軍對我重要防護設施實施破壞，分別對我機場、港口、防空飛彈陣地、雷達系統、政軍指揮中樞等實施攻擊。研判中共將以取得制空權，或掩護其後續登陸部隊登島為前提下，對臺發動猝然突襲之行動方案，因此方案可於短時間內獲取較大成功公算，亦是未來極可能成為共軍東部戰區演訓想定之一。同註 10，頁 7。

¹² 自由時報，〈漢光演習今登場模擬中國攻台〉，<https://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/1024024>，2016 年 8 月。

表 3 歷年中共對我重要軍事行動概況表

歷 年 中 共 對 我 重 要 軍 事 行 動 彙 整 表					
民國	行動名稱	地點	行動內容	企圖影響層面	別稱
43-44年	一江山役	浙江近海	奪島	領土範圍縮減	第 1 次 臺 海 危 機
47-68年	8 2 3 砲 戰	金門地區	封鎖	成功穩定臺海局勢	第 2 次 臺 海 危 機
85 年	臺海飛彈危機	臺灣海峽	共軍向臺灣外海試射飛彈	我國總統大選	第 3 次 臺 海 危 機

資料來源：筆者整理自〈維基百科〉，

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%BA%E7%81%A3%E6%B5%B7%E5%B3%BD%E5%8D%B1%E6%A9%9F>，檢索日期，2019/12/24。

登陸前的導彈猝然攻擊。鑑此，快速反應及戰力防護作為，實為支撐我戰力持續之關鍵，而為有效遏止共軍猝然襲擊，我國在年度重大演訓，亦有其良好備戰模式。¹³然戰力防護即是以快速機動為要求重點，其目的在不被敵所偵知，故我國軍應朝往研究大規模且預鑄式組裝地下掩體之方向發展，將戰力防護落實在機動與秘匿我軍機動企圖之中，得以於戰時發揚我軍戰力。

民 105 年中共媒體報導中，特別將「台漢光演習...模擬大陸猝然攻台」定為報導標題且對外發布，¹⁴由此可見中共對我歷年重大演訓除保持情蒐與持續關注外，更是間接承認其不排除猝然攻擊為其犯臺模式之一。依循中共對外發動武力之軍事思維，共軍認為遠程多管火箭係作戰效能高之武器，現已將其視為戰術導彈與巡弋飛彈之低成本輔助武器。¹⁵依此評估當前敵情，研析共軍將以遠程多管火箭，配搭戰術導彈，使其成為戰略武器核心。而在共軍導彈及遠程火箭威

脅範圍早已涵蓋臺灣全島下，更對我防衛作戰造成潛存性之危害，相信共軍在為求短時間內獲取較大成功公算，與對國軍戰力防護作為造成極大影響之前提，未來對臺發動猝然突襲機率甚高。

即便是有效研判得出敵軍動態，惟共軍發動猝然奇襲前，我軍亦無法主動偵知其火箭軍將於何時發射以及確切落彈區域。因此在守勢條件下，強化我軍高價值目標及高效益目標之戰力防護作為，勢必落實於經常戰備時期各項備戰工作(如研擬簡易、快速地下掩體建構組裝機制)，俾於戰時有利於主戰裝備、機動指揮所之戰力防護。¹⁶另分析國軍近年漢光演習想定概要(詳如表 4)，民 104 迄 108 年實兵演習區域，均位於臺灣沿海一帶，因此，我軍戰力防護作為之諸般手段中，亦應聚焦在共軍登陸前的戰術導彈攻擊，並納入防護考量重點；依此研判共軍主要犯臺重點區域將置於西北部地區，其原因在於此區為我政經中樞所在，亦為我防衛作戰固守之核

¹³ 國防部，《國軍聯合作戰要綱》，2019 年 6 月 25 日，頁 3-40-3-42。

¹⁴ 環球網軍事，〈台漢光演習 22 日起展開 5 天演練 模擬大陸猝然攻台〉，<https://mil.huanqiu.com/article/9CaKrnJXbEW>，2016 年 8 月。

¹⁵ 陸軍司令部，《陸軍戰場情報準備作業教範(第三版)》，2016 年 11 月 21 日，頁 4-19。

¹⁶ 陸軍司令部，《陸軍指揮參謀組織與作業教範(第三版)(上冊)》，2015 年 12 月 2 日，頁 2-1-6。

表 4 國軍近年漢光演習執行概要

國	軍	歷	年	漢	光	演	習	一	覽	表
項次	年度	演習名稱	整體防衛構想	公開演練課目			訓練驗證目的			
1	108 年	漢光 35 號	戰力防護、濱 海決勝、灘岸 殲敵	彰化戰備道起降			戰備道再整補			
				聯合灘岸殲敵			灘岸殲敵			
2	107 年	漢光 34 號		戰力轉移			軍機進駐佳山基地 軍艦緊急出港			
3	106 年	漢光 33 號		澎湖搶灘登陸			反登陸聯合火力演練			
4	105 年	漢光 32 號		封鎖雪山隧道			阻絕系統設置			
				聯勇操演			空地整體作戰			
5	104 年	漢光 31 號	尚未發展	嘉義基地跑道炸毀			跑滑道搶修			

資料來源：筆者整理自維基百科，〈漢光演習〉

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BC%A2%E5%85%89%E6%BC%94%E7%BF%92>，檢索日期，2019/12/24。

心區域。¹⁷鑑此，國軍應就敵軍攻擊模式中，發展出相對應之不對稱戰力，在北部灘岸後方適切區域，建構多功能地下掩體設施，¹⁸並從而探究其抗爆震能力。

二、臺灣西北部灘岸地區特性與國軍現況

以民 108 年漢光演習想定為例，未來灘岸決勝主要戰場均位於臺灣本島西部海岸線一帶。從經濟部中央地質調查所中所獲得之臺灣西部海岸地質資料顯示，此地區大多為沙岸地形，¹⁹（臺灣地質圖，詳如圖 4）。依敵軍可能突擊上陸區域研判，目前我西部沿海一帶，大型灘岸計有喜樹、枋寮、寶斗厝及海湖海灘等 4 處，現列為紅色海灘，亦為國軍經常實施

戰、演訓任務之區域。

為使聚焦本篇研究主題之探討，筆者於 109 年 1 月 1 日實際走訪西北部灘岸（寶斗厝海灘，如圖 5）地區現地勘查，並輔以地質資料查詢（地層：礫石、沙及黏土），以及配合現地勘查分析地形地物後可以得知，西部沿海地區土層性質多為砂質土壤，²⁰其特點為易於開挖與回填，有利於設置地下或半地下掩體。

並於上列區域中發現，無論是紅色海灘、或黃色、藍色海灘之區域，現地均無顯著之防禦性工事設施，²¹進一步查詢臺灣沿岸地形現況後，也無特定固定式掩體，供第一線守備部隊或反擊部隊戰力防護使用，然為提升國軍戰力防護作為之故，實有必要

¹⁷ 蔡和順，〈中共遠程多管火箭發展對我影響之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第 52 卷第 546 期，2016 年 4 月，頁 23-25。

¹⁸ 未來應研究如何於臺灣沿海一帶地區，設計一系列之地下結構體構型如地下交通隧道、存儲設施等，除提供我守備、打擊部隊戰力防護之用，更藉地下交通設施，靈活轉用兵力，成功達到阻殲來犯之敵。摘錄自曾世傑，〈八二三砲戰地下掩體構築之研究—兼論防衛作戰戰力防護軍事工程構築〉《陸軍工兵半年刊》，第 153 期，2018 年 10 月，頁 23。

¹⁹ 經濟部中央地質調查所，〈地質雲加值應用平臺〉，<https://www.geologycloud.tw/map/Stratum/zh-tw>，檢索日期，2019/11/28。

²⁰ 林殿順，〈台灣陸海域地體構造、盆地及地質分區〉，http://basin.earth.ncu.edu.tw/download/courses/taiwan%20geology/2014/1_ATLin_Regional_geology.pdf，檢索日期，2019/11/28。

²¹ 紅色海灘：即「適宜登陸」海灘，海灘水文狀況良好，坡度適中（一比三〇至一比六〇），適宜各型登陸艦搶登之海灘；黃色海灘：即「勉可登陸」海灘，海灘水文狀況尚可，水中雖有障礙但可排除，大、中型登陸艦須架設浮箱始可搶登，惟各型登陸艦艇可直接搶灘；藍色海灘：即「登陸困難」海灘，兩棲制式艦艇直接或架設浮箱均難以搶登，僅可供小型艦艇與機漁船登陸。同註 8，頁 5-19-5-20。



(a)



(b)

圖 4 臺灣地質圖

資料來源：左圖(a)為經濟部中央地質調查所，〈地質雲加值應用平臺〉，<https://www.geologycloud.tw/map/Stratum/zh-tw>，檢索日期，2019/11/28；右圖(b)轉載自林殿順，〈台灣陸海域地體構造、盆地及地質分區〉http://basin.earth.ncu.edu.tw/download/courses/taiwan%20geology/2014/1_ATLin_Regional_geology.pdf，檢索日期，2019/11/28。



圖 5 寶斗厝海灘現地照片(a)、衛照圖(b)、及地質圖(c)-藍色旗幟為林口發電廠

資料來源：經濟部中央地質調查所，〈地質雲加值應用平臺〉，<https://www.geologycloud.tw/map/Stratum/zh-tw>，檢索日期，2019/12/24。
http://basin.earth.ncu.edu.tw/download/courses/taiwan%20geology/2014/1_ATLin_Regional_geology.pdf，檢索日期，2019/11/28。

針對於西北部灘岸地區後方地質條件，進行軍事工程抗爆震方面之研究，藉以運用地下掩體，結合地形、地貌，俾使我地面部隊能有效隱蔽與抗炸。²²

因應共軍導彈對我最大威脅模式，再從國軍現有守備能力與限制分析，依陸軍基本戰術圖解中之步兵營防禦正面寬度為例，²³若要在 400 多公里的海岸線上實施營級單位之兵力部署，²⁴保守估計需要 160 多個營才能涵蓋所有範圍。也就是說，我海岸線長度，已經超過國軍現行守備兵力之負荷，加上目前灘岸後方地區亦無固定掩體設施，如何量地用兵以及有效隱、掩蔽我軍守備與打擊部隊戰力，將是防衛作戰灘岸決勝考量重點。

目前因灘岸地區無永久性或半永久性軍事地下設施，²⁵基此現況，對於國軍戰力防護而言，要在短時間內構築具防護能力之地下掩體，更是一件極大的挑戰。為能夠即時於戰場獲得地下結構體方面之相關參數，有關防爆震工程所需之快速模組化結構體之設計，應於經常戰備時期，²⁶即戰備整備階段先行完成。上開工程施工方式若依傳統軍事工程施工流程，除耗費時間，若於戰時敵軍猝然突襲下更是不易施工，故從工程角度言，以

預鑄工法方式施作地下掩體之結構物，將可有效隱、掩蔽戰時之軍事人員、武器、裝備及載具。預鑄工法相關特點將於下節中繼續探討。

三、預鑄工法施工與特點

所謂預鑄工法，依據預鑄建築工程實務所提，是專指預鑄混凝土，即透過系統規劃及設計，經標準化製成之模組，再組成最後所需之建築物，是以區分不同功能之單元，來建構實體的方法。²⁷預鑄工法依照不同結構構型設計出相應模組化構建結構，這些模組平時即可依據設計須要施工，並將傳統建築步驟中的模板組模、鋼筋配筋、混凝土澆置(初凝)等施工品項，在工廠(現場施作前)完成，故可大幅縮短現場施作之時間及限制(天候狀況)，主要具備以下優點：施工快速節省人力，工期縮短百分之五十以上，品質優良，容易管控(詳如表 5)。²⁸

在國軍無法精準掌握敵軍攻擊時間、地點前提下，我軍戰力防護作為須提前因應。另據內政部營建研究所之計畫案，「集合住宅工程自動化結構體預鑄工法之應用」，其中以實際工程案數據統計分析，得出實際數據，由此可見，預鑄工法有效降低時間成本，²⁹相對使用於地下掩體構築亦可得到相同效果。

²² 同註 16，頁 3-40-3-42。

²³ 步兵營防禦正面寬度，為 1200 公尺至 2400 公尺(即 1.2 公里至 2.4 公里)。摘錄自陸軍司令部，《陸軍基本戰術圖解手冊(第一版)》，2009 年 11 月 20 日，頁 2-18。

²⁴ 臺灣本島西部海岸線長約 400 公里。摘錄自維基百科，《臺灣海岸》，<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%B5%B7%E5%B2%B8>，檢索日期，2019/12/24。

²⁵ 簡易工事：在遭受敵之攻擊或敵火下所構築之簡易掩體、砲兵陣地、障礙物等；永久性工事：為國防需要或在未與敵發生接戰時，所構築抗力較大而耐久之工事。同註 8，頁 5-16~5-17。

²⁶ 同註 19，頁 2-1-6-2-1-7。

²⁷ 財團法人臺灣營建研究院，《預鑄建築工程實務》，1999 年 3 月，頁 2。

²⁸ 潤弘精密工程事業股份有限公司，曹昌盛，《預鑄工法-營建 4.0 的未來趨勢》，https://tiba.org.tw/wp-content/uploads/dlm_uploads/2017/11/07_%E9%A0%90%E9%91%84%E5%B7%A5%E6%B3%95%E2%94%80%E7%87%9F%E5%BB%BA4.0%E7%9A%84%E6%9C%AA%E4%BE%86%E8%B6%A8%E5%8B%A2%E6%9B%B9%E6%98%8C%E7%9B%9B.pdf，檢索日期，2019/12/24。

²⁹ 內政部建築研究所，《集合住宅工程自動化結構體預鑄工法之應用》，1996 年 6 月，頁 122-125。

表 5 預鑄工法優、缺點分析

預鑄工法優缺點分析表		
優	缺點	實際效果
優點	工期可大幅縮短	吊裝預鑄樑及預鑄柱可快速的完成混凝土構架,且可與水電及裝修重疊施工,而因此大幅縮短工期。
	工期易控制	不增加主結構要徑進度,工期較易控制。
	品質佳	工廠內生產作業標準化,混凝土構件品質佳。
	安全並改善施工環境	減少現場施工人員,施工現場較整潔且動線佳。減少危險性較高的外牆搭架及高架作業,施工安全。
	地震影響小	比較場鑄混凝土外牆,地震後不掉磁磚及不產生裂紋。
	服務性佳	比較金屬及玻璃帷幕,可有較佳的隔音性及隔熱性。且版片未來有替換可能。
	美觀、易保養且耐久	可依建築師造型設計,保養費用低且保養容易,清水面、磁磚、石材等外飾材混凝土版片耐久性佳。
缺點	大儲存空間、大型揚重設備、調校複雜	先行完成預鑄結構,結構物需有堆砌空間、需重型揚重設備、些微誤差需現地調校。

資料來源：筆者整理自〈營建的未來趨勢「預鑄工法」〉，
<https://www.highwealthgroup.com.tw/college/2>，檢索日期，2019/12/24。

先期評估共軍導彈對我最大威脅程度我軍若以戰力防護之抗炸及掩蔽手段為著眼發展，則可以構築混凝土掩體方式實施，惟混凝土構築需耗費大量時間及人力，則研發模組化之快速阻絕設備有其經濟效應，以混凝土預鑄模塊為基礎，選定重要防護設施鄰近地點囤儲，藉短距離運輸實施設置，朝向構築工事以結合現有模組，以降低作業人力需求，進而縮短設置及運輸時間，提升戰力防護效果。

據表 5 預鑄工法特點，筆者自行調製出傳統工法與預鑄工法差異性

(詳如表 6 所示)，預鑄工法特點在於可依地下掩體實際所需尺寸及各構型模塊基準，完成工廠預鑄後，再於預劃設置點囤儲地點囤放。一旦戰時緊急需要，則可以大幅縮短地下掩體混凝土澆鑄成型時間。然上述有關民間物資徵購徵用相關規範，可於平時列入國軍防衛作戰計畫中，透過國防部、各作戰區與各縣市政府充分協調後，即可於最短時間內，完成地下掩體之掩蔽部，提供掩蔽效果，並達成戰力防護目的。

表 6 傳統施工法及預鑄工法施作時間差異表

傳統施工法及預鑄工法施作時間差異表		
傳統施工法	預鑄工法	施作時間差異表
經常戰備時期	防衛作戰時期	應急作戰階段
戰備整備階段	應急作戰階段	全面作戰階段
預鑄施工法 1.傳統混凝土抗壓強度檢驗以齡期 28 天為準。 2.工廠先行完成預鑄養護 28 天後出場供應。	1.放樣開挖約需 4 小時。 2.吊掛結構體及結合約需 1 小時。 3.挖方回填約需 2 小時。 4.上述合計需時約 7 小時	可立即投入作戰。
傳統施工法 1.計畫作為。 2.估工估料。 3.一般混凝土 3 天之強度約為 28 天強度的 33%，7 天之強度約為 28 天強度的 67%。	1.開挖放樣需時同預鑄施工法。 2.封膜灌漿約需 4 小時。 3.7 日養護後始可繼續施工。 4.挖方回填需時同預鑄施工法。 5.上述合計需時約 7 日 10 小時。	尚須 21 日達標準強度(需時 28 日)，後才可投入作戰使用。

資料來源：筆者整理自內政部〈結構混凝土施工規範〉(91.7.8)第3、12、16章。以 CATERPILLER -330型挖土機作業為例，挖斗量1.6立方米，開挖體積約316.8立方米(長8*寬3.6*深11)，需時約3.3小時。

為達成上述民間戰略物資徵購徵用事項，筆者詳閱國家檔案，並查詢到民國 65 年 8 月 5 日「令頒各軍防區內現有可用橋材數量統計表...」乙案，文中顯示於北部地區中，有當時作戰區、公路局及台北市工務局之單位，進行有關戰時屯儲資材—16 付 M2 桁架橋之資料。³⁰ 依南投縣政府與交通局於民國 90 年 8 月 22 日之協商函文內容，發現公路局係以救災名義支援地方政府橋材；³¹ 另經筆者親向公路總局查證，公路總局雖已於 106 年將 M2 戰備橋材全數辦理報廢，³² 惟政府下轄各機關單位仍具協力國防事務—戰略性資材屯儲之功能。

綜上探討，可推斷公路總局與國軍早已有戰備資材囤儲及調用機制，惟肆應目前國內、外情勢和緩，以及未替換所須屯儲之相關戰備資材，遂形成此一協調機制未見於近年重大演訓中驗證。因此，我國現階段於各工務段中，雖無戰備橋材囤儲，供戰備及災害救援搶修使用，仍可延續過去以往戰備資材囤儲及調用機制，將發展具體成形之簡易、快速構築之模組化掩體各部分組成結構，囤儲於作戰區域內各工務段地點，將可有利於戰時緊急運輸轉用，並於判明敵情、或應急作戰階段中迅速投入所望地點，完成地下掩體構築。

上述所提主要探究如何與政府

相關機關單位建立一完整戰備資材調用、建構之機制，然仍須結合戰場環境(北部灘岸地區土層性質)，持續進行建構一地下掩體之相關設計要求之研究，如結構物防護厚度、開挖深度、覆土深度等，在不同敵情威脅下(不同炸藥重量)，並執行地下結構體受爆震波之動態反應研究，俾獲得具經濟效益、強大防護能力之地下掩體設計尺寸。將從下一節次進行分析與探討。

四、DYNA 程式中材料參數概述

本節次將針對 LS-DYNA 程式中，所需輸入之相關參數進行說明，相關程式建構數值模型以及驗證探討，則將於第三章詳細探討。有關 LS-DYNA 程式所須輸入參數計有空氣、炸藥、土壤、鋼、混凝土等 5 項材料參數，除此之外，尚須提供炸藥以及空氣之狀態方程式，程式始可進行計算。筆者在蒐整國內、外相關文獻後，分析與整理下列材料與狀態方程式表格，俾供後續程式運用。

(一)土壤材料參數

LS-DYNA 中，描述土壤材料參數包含有密度、動態剪力模數、統體模數、土壤三軸試驗求得之 A0~A2、以及靜水壓縮試驗求得之應力、應變數值等共計 28 項等，不同性質、密度之土壤，可以透過土壤力學試驗求取參數值，並進行分析，詳如表 7 所示。³³

³⁰ 國家發展委員會檔案管理局，「令頒各軍防區內現有可用橋材數量統計表及搶修橋材運用計劃表格式與填表說明作業規定各乙份」，(民國 65 年 9 月 11 日)，〈軍防區內可用橋材及搶修橋材運用計劃表案〉，《國家檔案》，檔號：A315180000M/0065/410/008/1/001。

³¹ 國家發展委員會檔案管理局，「本縣遭逢桃芝颱風肆虐，縣轄橋樑斷毀甚多，為早日搶通以利通行，祈請 貴局能支援倍力橋樑材一組(40 公尺)，請查照」，(民國 90 年 8 月 22 日)，〈道路橋樑〉，《國家檔案》，檔號：A3990099035/0090/03/03-03/017/045。

³² 交通部公路總局，〈有關本局業管相關業務想請教資料取得途徑案〉，2019 年 12 月 5 日，頁 1。

³³ RO 係指質量密度，G 係指剪力模數，Bulk 係指體積模數，A0-A2 係指剪力屈服面參數，PC 係指張力切斷點，VCR 係程式控制項，ES1-EPS10 係指壓力應變曲線 X 方向值，P1-P10 係指壓力應變曲線 Y 方向值。摘錄自 LSTC，《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME》，April 2003, p20.36-20.39。

(二)鋼材料參數

鋼的參數輸入值為密度、彈性模數、柏松比等 6 項，透過物理性質參數，可描述鋼體受到爆震波壓力傳遞後之現象，詳如表 8 所示。³⁴

(三)炸藥材料參數與狀態方程式

描述炸藥材料為第 8 號材料參數，C4 炸藥所需輸入值計有密度等 7 項；其狀態方程式需要輸入的值計有狀

態方程式 A 等 7 項，詳如表 9 所示。³⁵

(四)空氣材料參數與狀態方程式

LS-DYNA 程式中，描述空氣材料為第 9 號材料參數，本卡片材料所需輸入計有密度、壓力切斷值與黏滯係數等 3 項；其中狀態方程式需要輸入 C0 等 9 項，始能完整描述空氣受爆震波後所產生之現象(詳如表 10)。³⁶

表 7 土壤材料參數輸入值

* MAT_SOIL_AND_FOAM							
RO	G	BULK	A0	A1	A2	PC	VCR
1.8	6.385E-4	3.0E-1	3.4E-13	7.033E-7	0.30	-6.9E-8	0
EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPS5	EPS6	EPS7	EPS8
0	-1.04E-1	-1.61E-1	-1.92E-1	-2.24E-1	-2.46E-1	-2.71E-1	-2.83E-1
EPS9	EPS10						
-2.9E-1	-4.0E-1						
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
0	2.0E-4	4.0E-4	6.0E-4	1.2E-3	2.0E-3	4.0E-3	6.0E-3
P9	P10						
8.0E-3	4.1E-2						

表 8 鋼材料參數輸入值

* MAT_PLASTIC_KINEMATIC						
RO	E	PR	SIGY	ETAN	BETA	
7.9	2.1	0.29	2.75E-3	0.021	1	

表 9 炸藥材料參數輸入值

* MAT_HIGH_EXPLOSIVE_BURN						
RO	D	PCJ				
1.601	0.8193	0.28				
* EOS_JWL						
A	B	R1	R2	OMEGA	E0	V0
6.0997	1.295E-01	4.5	1.4	0.25	9.0E-02	1

表 10 空氣材料參數輸入值

* MAT_NULL						
RO	PC	MU				
0.00129	0	0				
* EOS_LINEAR_POLYNOMIAL						
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
-1E-6	0	0	0	0.4	0.4	0
E0	V0					
2.5E-06	1					

資料來源：筆者摘錄自 J. Wang, 《Simulation of Landmine Explosion Using LS-DYNA 3D Software: Benchmark Work of Simulation of Explosion in Soil and Air》, DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory DSTO-TR-1168, 2001, 頁 4。

³⁴ RO 係指質量密度，E 係指揚式模數，PR 係指柏松比，SIGY 係指 Y 方向降伏應力，ETAN 係指正切模數，BETA 係硬化參數。摘錄自 LSTC, 《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME》, April 2003, p20.30-20.32。

³⁵ RO 係指質量密度，D 係指爆速，PCJ 係指查普曼朱格壓力，A、B 係狀態方程式係數，R1-R2 係狀態方程式係數，OMEGA 係狀態方程式係數，E0 係指初始內能，V0 係指初始相對體積。摘錄自 LSTC, 《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME》, April 2003, p20.42-20.44。

³⁶ RO 係指質量密度，PC 係指壓力斷裂點，MU 係動態黏滯係數，C0-C6 係狀態方程式係數，E0 係指初始內能，V0 係指初始相對體積。摘錄自 LSTC, 《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME》, April 2003, p20.45-20.46。

(五)混凝土材料參數與狀態方程式

本研究案例以混凝土材質為掩體材料，其材料參數包含有密度、柏松比、單軸抗拉強度、壓縮破壞收縮參數、3 軸拉力破壞係數、初始降伏面內應力、殘餘破壞面係數等共計 49 項等，不同特性、密度之混凝土，可以透過應力試驗求取參數值，並進行分析，詳如表 11 所示³⁷。

上述參數資料係引用國外學者 J. Wang，以及其他相關國際期刊中所發表之文獻，為使本研究數值模型更具合理性，針對 J. Wang 研究中，有關爆震分析所獲得之數值模擬、爆震試驗之尖峰爆壓—歷時曲線進行驗證，並將於本篇第三章進行詳細探討。而各項材料卡片參數之詳細說明資料以及所代表之意義，則統一系列於表 12。

表 11 混凝土材料參數輸入值

* MAT_CONCRETE_DAMAGE_REL3						
RO	PR	FT	A0	A1	A2	B1
2.4	0.2	0	-2.42E-4	0	0	0
OMEGA	A1F	Slambda	NOUT	EDROP	RSIZE	UCF
0	0	0	0	0	0.3937	1.45E6
LCRATE	LOCWID	NPTS				
0	0	0				
lambda1	Lambda2	Lambda3	Lambda4	Lambda5	Lambda6	Lambda7
0	8.62E-6	2.15E-5	3.0E-5	6.5E-5	2.17E-4	3.81E-4
Lambda8	Lambda9	Lambda10	Lambda11	Lambda12	Lambda13	B3
5.48E-4	0	0	0	0	0	0
A0Y	A1Y	eta1	eta 2	eta3	eta4	eta5
0	0	0	0	0	0	0
eta6	eta7	eta8	eta9	eta10	eta11	eta12
0	0	0	0	0	0	0
eta12	B2	A2F	A2Y			
0	0	0	0			

表 12 材料參數說明

材料	代號	說明	代號	說明
土壤	R0	質量密度	VCR	程式控制值
	G	剪力模數	REF	程式控制值
	Bulk	體積模數	EPS1~EPS10	壓力、應變曲線 X 方向值
	A0~A2	剪力屈服面參數	P1~P10	壓力、應變曲線 Y 方向值
	PC	張力切斷點		
炸藥	R0	質量密度	A	狀態方程式係數
	D	爆速	B	狀態方程式係數
	PCJ	CJ 壓力	R1~R2	狀態方程式係數
	BETA	程式控制值	OMEGA	狀態方程式係數
	K	體積模數	E0	初始內能
	G	剪力模數	V0	初始相對體積
	SIGY	Y 方向降伏應力		
空氣	R0	質量密度	YM	楊氏模數
	PC	壓力斷裂點	PR	柏松比
	MU	動態黏滯係數	C0~C6	狀態方程式係數
	THROD	相對體積比（張力）	E0	初始內能
	CEROD	相對體積比（壓力）	V0	初始相對體積

資料來源：筆者摘錄自曾世傑，〈地下結構體爆震反應研究〉《國防大學中正理工學院軍事工程研究所碩士論文》（桃園），2005年，頁95。

³⁷ RO 係指質量密度，PR 係指柏松比，FT 係指單軸抗拉強度，A 係指最大剪應力破壞面參數，B 係指壓縮破壞收縮參數，OMEGA 係指膨脹率，A1F 係指殘餘破壞面係數，Slambda 係指拉伸係數，NOUT 係程式控制項，EDROP 係指尖峰膨脹率衰減係數，RSIZE 係長度單位控制項，UCF 係壓力單位控制項，LCRATE 係應變率定義座標控制項，LOCWID 係最大骨料直徑控制項，NPTS 係應變與破換定義點控制項，3 軸拉力破壞係數，A0Y 係指初始降伏面內應力，Lambda1-Lambda13 係指破壞係數對應值，eta1-eta13 係指比例係數對應值。摘錄自 LSTC,《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME II》,August 2012,p1-301-1-308。

數值分析方法介紹與程式驗證

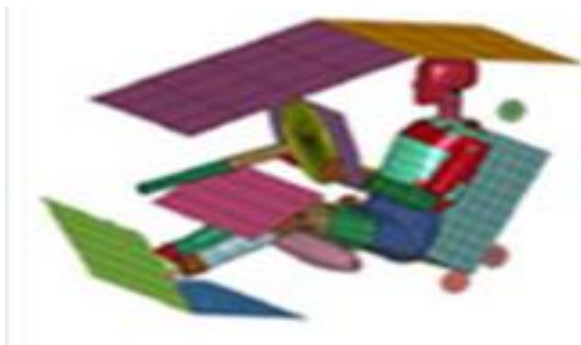
一、DYNA 程式理論基礎

DYNA 爆震分析使用，已廣受全球工業大國運用，係最先進的通用非線性有限元程式，在工程的領域中需要面臨許多未知的問題，運用電腦輔助設計與工程運算，在設計初期以模擬的科學方法，預測產品的功能及特點，它使用整合式模型的概念，結合各種先進數值理論，整合於單一求解核心，實現了模擬多物理現象的可行性。程式可以突破現象模擬的尺度，並從巨觀的結構，至微觀的材料性質，均可運算出結果。同時可將動(靜)態方程式運算實體化，方便操作者以直覺人因構圖方式，將欲計算的物體或場域繪出後，再賦予材料參數及適用之動態方程式，並設定環境條件完成複雜運算之簡化運算工具。

DYNA 可設定模擬真實狀況之材料、介面、狀態之特定反應下，目前業界用在像是汽車安全碰撞等，模擬在特定區域（例如駕駛座，詳如圖 6）碰撞後形變程度。³⁸

程式運算模式基礎以有限元素分析法(finite element method)，³⁹將一個集合的複雜運算，切割成數個單元，經單元分別運算後，再將各單元運算之結果加總合成原來的集合，即得到該集合之複雜動態分析結果；簡單的說，上述所應用計算的觀念即微分再積分的概念，⁴⁰將區塊無限分割單元，再將無限單元加總，但無限實際上無法計算，故以有限小的單元來切割運算再將其加總，可使計算結果十分逼近於實際值。另可將各種動態方程式數位化，再以電腦執行運算，以模擬各種材料在各種介面中之動態變化，亦可模擬 TNT 於空氣或土壤中之爆震波傳遞，本節即使用此方程式中各項參數，例如高爆壓方程式

(JWL , $p = A \left[1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right] e^{-R_1 V} + B \left[1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right] e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V}$), 其中 A 、 B 、 R_1 、 R_2 、 ω 等項為方程式係數，⁴¹數值可由已知實際實驗中獲得，得以 E_0 、 V_0 兩項參數之變化在不同條件下之壓力，可輸入數據供電腦運算比較差異。⁴²



(a)



(b)

圖 6 (a)駕駛座動態模擬示意圖 (b)駕駛室模擬撞擊高速攝影圖

資料來源：筆者摘錄自(a)安捷新科技股份有限公司，

<http://www.agilesim.com.tw/m/404-1172-13093.php?Lang=zh-tw>; (b)〈2017 年 Toyota 2017 Toyota 阿提斯撞擊測試 Corolla small overlap IIHS crash test〉，

<https://www.youtube.com/watch?v=46WEdbXi9Kc>(右)，檢索日期，2019/12/2

³⁸ Livermore Software Technology Corporation, Livermore CA, USA、DYNAmore GmbH, Germany,〈採用 LS-OPT 進行基於分類的優化和概率分析〉《fea INFORMATION 中文版 有限元資訊 LS-DYNA 雙月刊》，2019 年第 2 期，2019 年 10 月，頁 18-20。

³⁹ 教育百科，〈有限單元法〉，

<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E6%9C%89%E9%99%90%E5%96%A%E5%85%83%E6%B3%95>，檢索日期，2019/11/28。

⁴⁰ 微積分是以極限來探討問題，過去還只是無窮小的計算，現在則是一門研究變化的學問。摘錄自鄭國順，〈如何學習微積分〉《數學傳播》，第 2 卷第 2 期，1977 年 6 月，頁 41。

⁴¹ LSTC,《LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME I》,May 2007,p15.9.

⁴² J. Wang,《Simulation of Landmine Explosion Using LS-DYNA 3D Software:Benchmark Work of Simulation of Explosion in Soil and Air》,DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory DSTO-TR-1168, 2001,p1-4.

二、程式驗證

J.Wang 學者，於 2001 年 6 月時，發表一篇「LS-DYNA 模擬地雷爆炸對土壤和空氣之影響」的研究報告，該報告探討小型爆震試驗，在一大氣壓下，設置一直徑 100 公分、高 100 公分之圓形鐵桶，鐵桶內部盛滿土壤，並將 C4 炸藥埋設於土壤下方 3 公分處，分別於土壤地表中央上方 30cm、70cm 處放置量測爆壓儀器，於炸藥爆炸後，量測兩處位置之尖峰爆壓值，爆炸試驗示意圖詳如圖 7 所示。⁴³

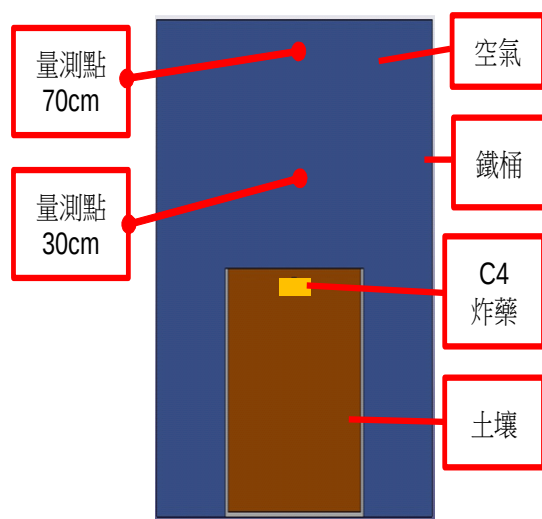


圖 7 數值模型示意圖
資料來源：筆者自製。

該篇研究更進一步運用 LS-DYNA 爆震分析程式，建構數值模型進行參數研究探討，同時亦獲得澳大利亞國防科技組織期刊刊載，其研究過程與成果相當具參考價值。本節次主要探討爆震分析程式驗證之可行性，係以上述 J.Wang 學者數值模型與爆震試驗成果當作驗證基準。筆者運用 DYNA 程式，建構出與 J.Wang 學者數值模型尺寸均相同之空氣、土壤、C4 炸藥與鐵桶等 4 項元素，並

藉 DYNA 程式模擬 C4 炸藥爆炸傳遞至空氣場以及土壤中之現象。下列就程式驗證成果進行探討。

(一)簡化模型探討

因應炸藥爆炸後傳遞爆壓係劇烈且暫態，空氣場中爆壓值消散速度相當快速，且爆壓傳遞過程係以均質性放射於空氣場中，故可將數值模型進行簡化後，再實施驗證。於 DYNA 程式中，在相同尺寸中，可分別建構 3D 與 2D 進行簡化模型分析，⁴⁴亦可探討全模型與二分之一模型進行分析，相關分析結果如下列所示。

1.3D 與 2D 數值模型比較

為求數值模型合理，筆者同樣引用 J.Wang 學者研究報告之各項設定參數，並分別建立 3D 及 2D 數值模型進行分析，擷取空氣場中炸藥正上方 30 公分及 70 公分之尖峰爆壓值實施比較。模擬結果說明，在 3D 模型中所得到的爆壓值較為發散，2D 模型模擬值於 30 公分及 70 公分均與 J.Wang 模擬值相近(如圖 8 所示)；另以 J.Wang 模型為基準比較其誤差值，其中以 2D 模擬之誤差值最小，均在 5%以內(如圖 9 所示)。綜上分析，2D 與 3D 模型相比結果，以 2D 數值模型模擬，可以較少之網格數量，獲得精準數值，同時節省大量運算時間。

2.全模型與二分之一模型比較

實施 2D 與 3D 模型驗證後，持續進行 2D 條件下之全尺寸與二分之一尺寸之簡化模型數值驗證。擷取炸藥正上方空氣場不同距離(間格 10 公分)之尖峰爆壓值進行比較。數值分析結果顯示(如圖 10 所示)，2D 條件之

⁴³ 同註 41,p1-4。

⁴⁴ 3D 即三維空間(立體空間)2D 即二維空間(平面空間)，當三維空間在厚度方向很均勻時，使用二維方式分析結果，與實際問題非常接近。摘錄自教育百科，〈二維模式〉，<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E4%BA%8C%E7%B6%AD%E6%A8%A1%E5%BC%8F&search=%E4%BA%8C%E7%B6%AD>，檢索日期，2019/12/24。

全尺寸與二分之一尺寸之尖峰爆壓值誤差均小於 0.1%(如圖 11 所示)，因此可以二分之一尺寸簡化模型進行後續網格尺寸收斂性分析。

(二)網格收斂性分析

筆者為使模擬分析所得到的數值更加精準，持續進行網格尺寸收斂性分析，以炸藥邊長比例 1:1(2 公分)、1:0.5(1 公分)及 1:0.25(0.5 公分)等不同網格尺寸進行收斂性分析(如圖 12 所示)，研究結果得知，網格尺寸收斂至 1 公分後，其誤差值已趨近於 5%以內(如圖 13 所示)，已達收斂效果；另發現距離炸源越近，差異性越明顯，惟距炸源 30 公分以上，誤差值亦在 5%以內。

(三)驗證成果探討

本節數值驗證係運用 HyperWork 強大之建立數值模型功能，完成模擬模型建構，劃分運算單元(計算網格)，並且再匯入 DYNA 程式後，進行前處理相關參數輸入與設定，並驗證數值合理性，是否與實驗數據與模擬值趨勢一致，以檢驗動態爆震分析之適用性。經上述收斂性分析並且與 J.Wang 學者研究報告進行比對驗證(詳如表 13)，發現本研究數值分析模擬之爆壓值，隨距離越遠呈現衰減趨勢相符，且在 30cm、70cm 之數值，均在 J.Wang 模擬範圍值之內。後續將以簡化模型驗證後之相關設計參數，進行案例研究。

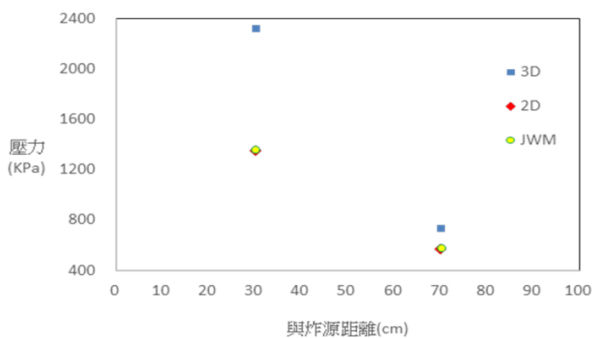


圖 8 3D 與 2D 數值模擬壓力值比較

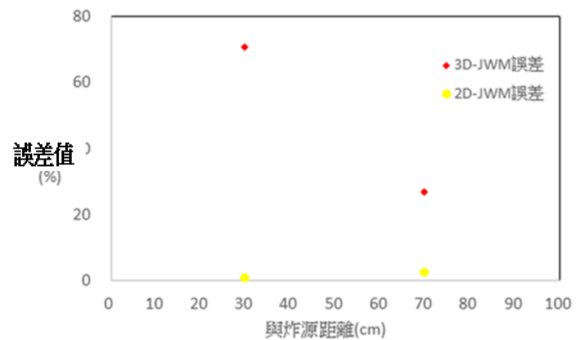


圖 9 3D 與 2D 數值模擬值比較

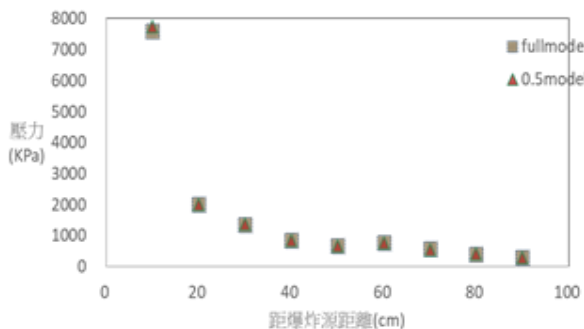


圖 10 全模型與 1/2 模型數值模擬壓力值比較

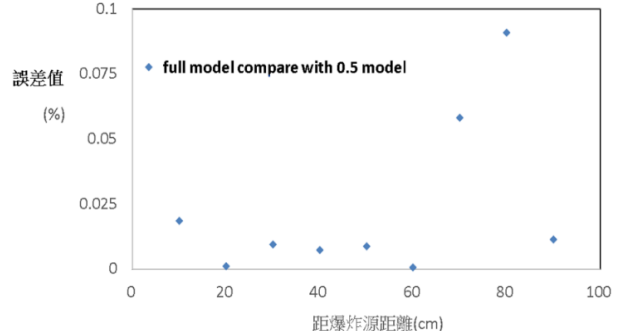


圖 11 全模型與 1/2 模型數值模擬誤差值比較

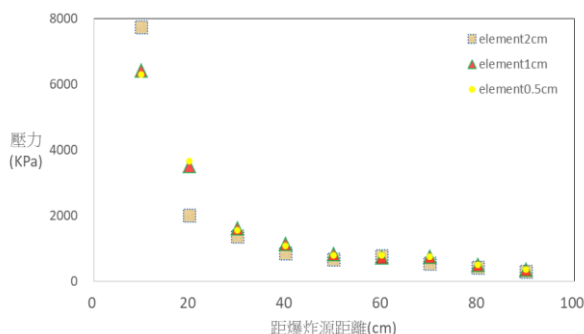


圖 12 不同網格尺寸模擬壓力值比較

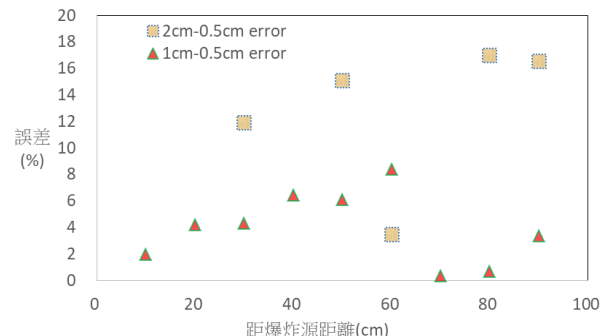


圖 13 不同網格尺寸誤差值比較

資料來源：筆者自製。

表 13 本篇研究數值與 J.Wang 研究結果比較

本篇研究數值與 J.Wang 研究結果比較一覽表

本篇研究數值與 J.Wang 研究結果比較一覽表						
J.Wang 實驗數據及模擬值(Kpa)					本篇研究 2D 模擬值(Kpa)	
擷取爆壓 數值位置	實驗值			模擬值	全模型	二分之一模型
	最大值	最小值	平均值			
30cm	4320	1590	2797	1359	1350	1363
70cm	1695	525	1189	580	567	534

資料來源：筆者自行研究成果與J Wang研究比較。摘錄自J Wang, 《Simulation of Landmine Explosion Using LS-DYNA 3D Software: Benchmark Work of Simulation of Explosion in Soil and Air》, DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory DSTO-TR-1168, 2001, 頁4。

案例分析暨討論

國軍軍事工程興建，在抗爆震設計方面，雖已有良好之制度可依循，⁴⁵ 亦有美軍經驗公式可供運用與設計，惟在地下掩體防爆震方面尚缺不同(炸藥重量)威脅、覆土層深度、與地下結構體厚度等詳細參數可供參考，在面對敵軍火箭軍威脅強度日增以及準則設計更新需求下，有必要進行相關研究與驗證。

本章係運用數值分析方法，探討一系列在不同深度下、混凝土厚度不一之地下掩體設施，對於地表爆炸後引致爆震波防護效果之案例研究，並依據美軍建議之震波引致人體傷害之經驗公式做參考，探討爆震波經過覆土傳遞至地下掩體設施內部空氣後，產生之暫態尖峰爆壓值對於人體之影響，以作為後續掩體設計尺寸參考基準。

炸藥參數選定方面，筆者整理共軍現行服役之火箭軍網路公開資訊，並進一步對其型號與 TNT 等值重量(爆炸當量)分析(詳如表 14)，並參照觀察雜誌中解放軍的作戰想定，以造價相對較低，可在第一擊時發射大量火箭，攻擊臺灣本島以主戰部隊及機動指揮所為主，而共軍衛士火箭涵蓋範圍已超過本島西部沿岸，據此研判共軍極可能以衛士火箭取代東風導彈之戰略地位，⁴⁶ 另囿於研究時間有限，同時使本篇研究更能聚焦探討爆震波對地下掩體設施的影響，後續研究中，將先取衛士系列中 TNT 炸藥重量 200 公斤，以地表爆炸型態，作為本案例研究中之敵情威脅來源，俟有初步成果後，將可再朝向東風系列之敵情威脅持續探討。

表 14 中共火箭軍性能、諸元概況

中共火箭軍性能、諸元概況一覽表

型號	射程	TNT 等值重量	彈頭威力
東風 - 15	約 600 公里	約 800 公斤	高爆彈頭
東風 - 15A	約 900 公里	約 600 公斤	高爆彈頭
東風 - 15B	約 800 公里	約 920 公斤	高爆彈頭
東風 - 15C	約 700 公里	約 900 公斤	鑽地彈頭
東風 - 16	約 1500 公里	約 1500 公斤	核彈頭、末敏子母彈、高爆彈、鑽地彈
衛士 1B	約 180 公里	約 150 公斤	高爆彈、子母彈、燃燒彈、高爆燃燒彈、貧(衰變)鈾彈
衛士 2	約 200 公里	約 200 公斤	
衛士 2D	約 400 公里	約 200 公斤	
衛士 64	約 280 公里	約 200 公斤	

資料來源：筆者整理自維基百科，〈東風-15短程彈道飛彈/東風-16/衛士火箭〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%89%E9%99%90%E5%85%83%E5%88%86%E6%9E%90>，檢索日期，2019/12/24。

⁴⁵ 依國軍現行抗炸工事構築之相關規範資料為例：如以 TNT 炸藥重量 249 公斤當作威脅來源，在距炸源 7.62 公尺之防護厚度，鋼筋混凝土厚度為 40.46 公分。摘錄自陸軍司令部，《工事教範》，2002 年 9 月，頁 3-21。

⁴⁶ 依照解放軍目前對台的作戰想定，由於造價便宜、部署容易，能在瞬間透過大量火箭彈的發射獲得巨大戰果，在開戰之初，長程火箭彈會配合彈道飛彈打擊台灣外島與本島重要的軍事基地，針對台灣裝甲部隊、機場、油料庫、發電廠等，由於主要目標完全處在衛士火箭彈的打擊範圍，因此對解放軍來說，更能在戰爭之初爭奪台海制空、制海權。摘錄自宋磊，〈中國的火箭發展新況〉，《觀察》，2019 年 2 月，頁 82。

一、數值模型建立與分析

本節案例研究重點，係探討距地表炸源不同深度之地下掩體設施，在結構厚度不同情形下，爆炸引致爆震波傳遞之衰減效果與對人體影響。結合國軍戰力防護貫穿作戰全程指導，在敵軍猝然突襲下，應急作戰或先期預警階段，必須在北部灘岸向內陸一帶適切地點，在時間受限下，構築簡易施工、具防護力之地下掩體設施，以供戰甲車輛、戰鬥人員隱掩蔽、或機動指揮所、戰略物資囤儲地點。

因此，應考量迅速、簡易、發揮經濟效能，又能結合軍民通用設施，作為設計要求。以混凝土為掩體材料，首先以 3、4、5、6、7 及 7.5 公尺深度，地下掩體結構厚度 50 公分時，模擬爆壓值受深度衰減之影響，發現尖峰爆壓值由 3 公尺至 5 公尺值衰減至 17%，至深度 6 公尺後即衰減

至 10KPa 以下，而 7.5 公尺已衰減至趨近於 0(詳如表 15、圖 14、15 所示)；)，據此，筆者設計距地表 5、7.5 公尺，地下掩體結構厚度 30、50、80 公分等共計 6 組數值模型案例，分別對這 6 組進行結構體內部之最大尖峰爆壓值比較，並藉 LS-DYNA 爆震數值分析軟體，以獲得良好之地下掩體設計尺寸建議，相關研究成果如表 16 所示。

上述研究成果顯示，200 公斤 TNT 炸藥在地表爆炸後，爆震波經過覆土、地下掩體傳遞與衰減後，在距離炸源 5 公尺條件下，結構體厚度對於爆壓值衰減影響甚大，隨著厚度增加，爆壓值衰減範圍；而在距離炸源 7.5 公尺條件中，結構體厚度影響甚微，厚度 30 至 80 公分之結構體，其爆壓值均趨近於零，研判應為覆土深度已將爆壓值有效實施衰減。

表 15 不同深度下掩體結構之數值模擬爆壓值比較

不同掩體結構厚度之數值模擬爆壓值比較		
掩體厚		50 公分
		掩體內爆壓極值(KPa)
掩體深度 (距地表)	3 公尺	14192.87
	4 公尺	11331.13
	5 公尺	2482.14
	6 公尺	9.73
	7 公尺	9.44
	7.5 公尺	0.00008

資料來源：筆者自行研究整理

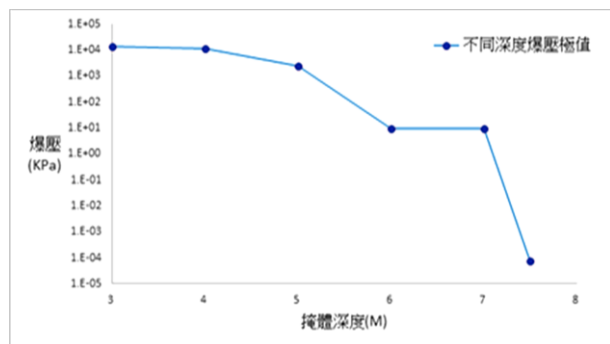


圖 14 炸源距離 3-7.5 公尺之掩體內最大尖峰爆壓值指數趨勢圖

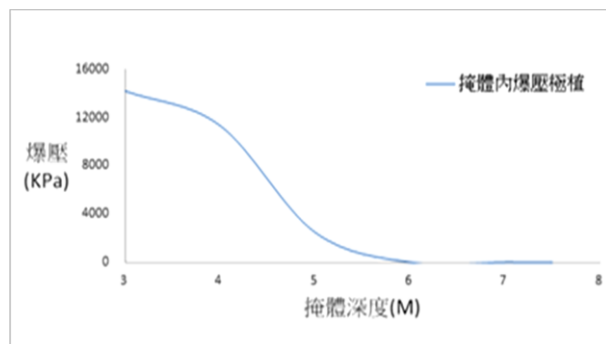


圖 15 炸源距離 3-7.5 公尺之掩體內最大尖峰爆壓值趨勢圖

資料來源：筆者自行研究整理

表 16 不同掩體結構厚度之數值模擬爆壓值比較

不同掩體結構厚度之數值模擬爆壓值比較			
掩體深度 (距地表)		5 公尺	7.5 公尺
		掩體內最大爆壓值(KPa)	掩體內最大爆壓值(KPa)
掩體厚度	30 公分	2694.26	0.0001
	50 公分	2482.14	0.00008
	80 公分	2468.91	0.000034

資料來源：筆者自行研究整理。

二、爆壓極值對人體影響與分析

依據美軍經驗公式建議(詳如表 17)，炸藥引致之爆震波，對於人體傷害影響區分主要爆震、聽力傷害、以及反射爆震影響等項，其中以前二者對於人體傷害為最，故後續均以此為設計基準進行探討。

(一)距離地表炸藥深度之影響，在距離地表 7.5 公尺之地下掩體設施，結構物厚度無論為 30、50、80 公分，即能有效衰減爆壓值趨近至 0kPa，低於人體主要爆震影響、與對聽力造成之傷害之爆壓值。顯示覆土層深度對於爆壓值衰減有一定之影響。

(二)地下掩體結構體厚度影響，以距離地表炸藥越近影響越大。由距離 5 公尺而言，厚度 30 公分之結構內部爆壓極值達 2694.26kPa，厚度 80 公分之爆壓極值則衰減至 2468.91kPa，有效衰減 225.35kPa，顯見結構體厚度增加對於爆壓值衰減有一定之影響；然而，在相同之結構體厚度，覆土層深度達到 7.5 公尺時，則結構體厚度對爆壓值衰減，已不具影響程度。

(三)另依本案據數值分析結果，地下掩體最佳化之構築深度與結構體厚

度，以 200 公斤 TNT 於地表爆炸進行探討，如要達成地下掩體內部爆壓極值小於 13.79kPa 之要求下，構築深度至少須在 7.5 公尺以上、結構體厚度最少為 30 公分；另於深度 5 公尺之環境，欲構築一地下掩體時，因掩體內部爆壓極值仍對人體造成主要爆震傷害，較不適切，建議應再加大結構體之厚度超過 80 公分，並以數值分析驗證後，以得到合理之設計尺寸。

研究發現與建議

一、強化地下掩體防護能力，植基現代化科技運用

目前國內現行爆震分析軟體，無論在學界或業界發展，均已相當成熟。透過上述案例研究成果發現，可以運用電腦數值分析方法，有效模擬地表爆炸後引致之爆震波，經過覆土層、地下結構體設施衰減後，在掩體內部爆壓值對人體影響情形，再度驗證現代化科技運用於國防工業方面的重要性。基此，我們可於經常戰備時期，先期依敵情不同威脅程度(導彈型式、炸藥重量)，對於不同之地下結構體強度(厚度)、覆土層性質與厚度造成之影響性，透過數值模擬方式，建

表 17 炸藥於地表爆壓值對人體影響彙整表

炸藥於地表爆炸產生之爆壓極值		
主要爆震影響(KPa)	48.27	
聽力傷害(KPa)	13.79	
反射爆震影響(KPa)	整體	頭蓋骨
	0.06	2.07

資料來源：筆者整理自 The Departments of the Army, Air Force, and Navy and the Defense Special Weapons Agency, UTechnical Manual Design and Analysis of Hardened Structures to Conventional Weapons EffectsU, U.S., 1998.

立一系列設計尺寸，後續將可依設計尺寸，進行小型縮尺爆震試驗、與等比例尺爆震試驗，驗證地下掩體抗爆震設計尺寸之可行性。

本研究建議之預鑄式地下掩體設計流程如圖 16 所示，此設計流程係將預鑄地下掩體與電腦數值模擬流程進一步實施結合，未來將可依此流程機制，逐步驗證預鑄式混凝土結構在抗爆震方面所需相關尺寸，有效縮短於應急作戰階段建構具防護力之永久性設施所需時間，並且能隨時肆應不斷變化之敵情威脅程度。

二、肆應敵情威脅與我灘岸地形條件，建立作需規範與修訂國軍抗爆震準則

目前中共武力編裝刻正不斷修調以提升其整體戰力，尤其在其戰略性武器—各類型導彈方面的變化甚鉅，我國在整體軍事備戰方面亦必須隨之因應調整，在不對稱作戰思維下，我國必須發展克敵制勝之法，然戰術戰法所依循的即是軍事準則之指導。就現行軍事工程相關規範言，雖有抗爆震方面的軍事工程設施設計，惟僅就

地表上方結構體進行探討，未有地下掩體方面設計之建議，且亦未從快速、經濟、具何種程度防護力深入探討，實不符合現今戰場環境需求。

本研究建議，國軍應可引進電腦數值分析方法，因應我國臺灣西部沿海一帶地形土層之條件，針對急造工事掩體，進行『國軍抗爆震工事構築建議規範』修(增)訂，無論是地下或地表以上之結構物，實施抗爆炸性方面的參數驗證，以設計符合戰場使用之預鑄式掩體設施，提供未來作需條件內容與戰場急造工程使用，以提升國軍軍事工程能量。

三、建立地下掩體預鑄、囤儲與動員機制，縮短應急作戰備戰時間

預鑄混凝土製品特點在於現場施工前，即已先行於廠內完成澆鑄，然而即使未來可於平時完成預鑄式實體成品，其預囤地點是否能夠結合戰時所需，對於戰力防護能否成功卻是關鍵因素，故尋找戰備性資材地區之適切囤放地點，對於作戰區應急作戰階段言，相當重要。

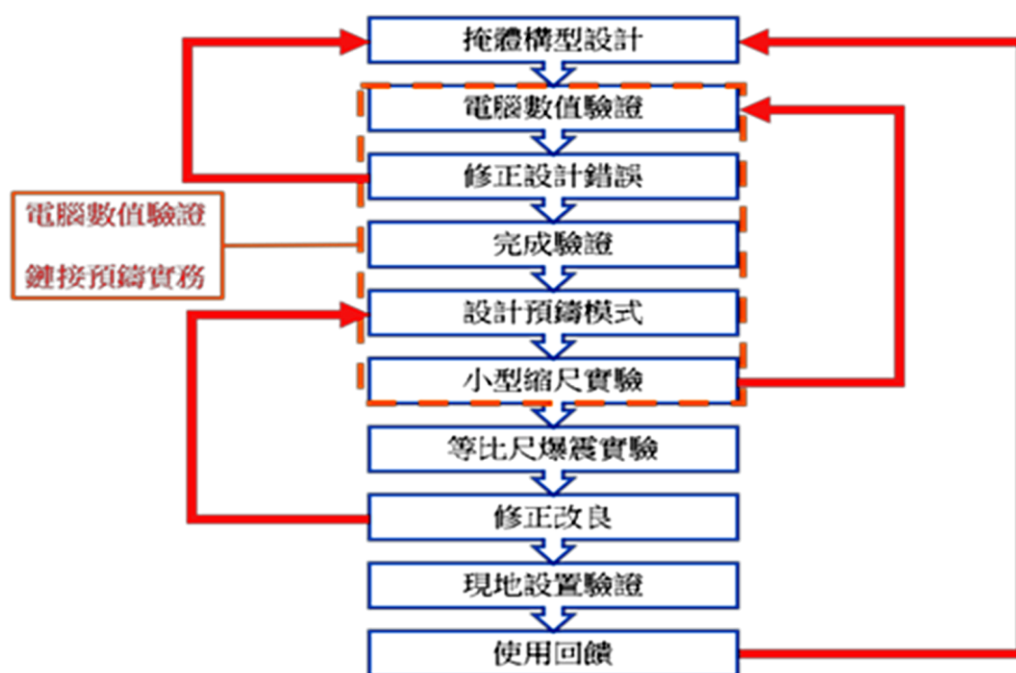


圖 16 電腦數值驗證運用於掩體構築流程架構圖

資料來源：筆者研究自製。

本研究建議可依未來戰場所需之掩體設施，採預鑄方式構築後，尋找靠近預施工地點(依作戰區作戰計畫需要)周邊之營區、工務段、或無須使用之空間進行預鑄式掩體囤儲。依過去國軍作戰區與縣市政府已有之預囤機制來看，應可循此機制，持續與相關部會簽訂支援協定，並結合全民防衛動員準備法相關條文第 17 條所述「...國防部應結合軍、公、民營生產事業機構，建立國防工業動員生產體系...以完成各項動員生產準備；並得視需要選定國防工業工廠，協議製供符合軍事需要之品項...」之規定，建立地下掩體預鑄、囤儲與動員機制，俾得縮短應急作戰備戰時間。

四、創新戰術戰法，實現不對稱作戰思維

灘岸守備任務以固守陣地摧破敵軍攻勢為著眼，無論遂行陣地防禦或機動防禦，防禦陣地構築應有充裕時間，故能縮短構築陣地時間，將可提升作戰整備強度。而打擊部隊更應於反擊待機位置，進入一地下掩體設施，除防止敵軍偵獲外，更需防範敵以精準火力打擊，而使我軍戰力下降，故能於平時所預劃之反擊待機位置區域附近，建構多個地下掩體設施，將可提升我反擊能力；平時可以重大演訓驗證先期構築：以工兵部隊結合工兵機械聯合作業(包含開挖、運輸及吊掛作業)實施實機移地訓練，藉演訓時機實施實裝、實地模擬訓練，以驗證作戰行動方案可行性，並以此為基礎蒐集與修正相關經驗參數以符

合作戰需求，並由工兵部隊派員指導軍勤隊具有相關操作資格技術人員，完成熟裝訓練後執行該作戰支援任務。戰時則肆應戰場環境需要，於應急作戰階段時期完成。

以北部地區國 1 號道以西區域某重要海灘為例，研判為敵較可能登陸灘岸地區。該區域守備，主要由某後備旅擔任，其任務在阻敵登陸部隊建立登陸場，阻斷其後續增援兵力。守備旅須於應急作戰階段，將前線(旅級)指揮所設施實施地下化，俾提升防護力及戰鬥持續力；該區域反擊，主要由某打擊旅遂行，其任務在決勝地區，殲敵於水際灘頭。打擊部隊須於應急作戰階段，於反擊待機位置區域，將主戰武器、裝備等項進入地下化掩體，以強化反擊部隊生存力與持續戰力。

上述灘岸後方區域，擇一正面寬約 12 公里縱深約 8 公里區域(地質條件均為砂土及紅土混和土層)，以 CATERPILLER-330 型挖土機進行開挖後，⁴⁷並實施預鑄掩體吊掛及結合作業，⁴⁸由上述施作方式，研判在應急作戰階段開始第一天之內，完成作戰需要預鑄式地下掩體設施，供作戰部隊使用，惟數量多寡仍需視當時作業能量決定；完成後之地下掩體設施，可供守備部隊於地下掩體內執行指揮機制，可防敵對我指揮中樞實施破壞、襲擾。另反擊部隊戰術機動至地下掩體內，亦可避免敵偵知及火力攻擊，俾於反擊開始後，以最大戰力投入作戰。

⁴⁷ 以 CATERPILLAR-330GC 行為例，挖斗容量 1.6 立方米，作業深度 7.26 米、運輸寬度 3.19 米(寬度較 M60A3 戰車 3.6 米小)，操作需 1 人作業 3.5 小時，即可完成，挖方現地實施回填運用。摘錄自 CATERPILLAR 官方網站台灣版，https://www.cat.com/zh_TW/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/730743084443833.html。

⁴⁸ 除操作人員外，應至少隨車指派起重吊掛作業人員 1 人(可兼任指揮人員)，故吊掛作業需 2 人，結合時需登高作業故需 2 人相互輔助，估算設置乙座地下掩體吊放結合所需時間 2 小時。摘錄自徐貞益，〈公共工程履約管理〉。

五、建構軍民通用掩體設施，透過重大演訓逐段逐區驗證

依國防部長「仗在哪裡打、部隊就在哪裡訓」之指導，國軍應結合戰場環境，預判敵有可能登入灘岸之內陸一帶，實施大規模可供軍事使用之掩體設施，惟受限於社會民情與相關法規，承平時其實無法有實際作為，故應朝向建造軍民通用之地下化設施方向努力，如地下交通隧道、地下停車場、地下化大型涵管下水道等項，平時供政府、民眾民生需要或交通紓困使用，戰時即可轉換供軍方使用，同時在這些地下設施中，將所研究之抗爆震相關尺寸納入設計。因此我國在地下化掩體之抗爆震設計，實有其深入研究與推展之必要性。

透過本篇研究發現，深知我軍已有能力進行地下掩體設施在防爆震方面設計之研究，建議應從兩個方面擴大研究成果。第一，年度重大演訓—電腦輔助指揮所演習：依作戰區計畫，針對欲量地用兵地區、決勝地點區域、或須提供戰力防護階段部隊需隱、掩蔽之地點，透過年度電腦輔助指揮所演習，將地下掩體位置選定納入演習參數驗證，以獲得地下掩體選定位置與數量之最佳化；第二，年度重大演訓—實兵驗證：針對所設計好之預鑄式掩體，在電腦輔助指揮所驗證成果之基礎上，結合實兵演練方式進行局部地區逐段、逐區之施工與戰力防護階段之實兵驗證，探究施工與進入掩體所需時間之相關參數，並採每年調整演習重點區域方式，將作戰區內之預鑄式掩體完成，俾利強化我防衛作戰戰力防護作為。

結語

為使我防衛作戰時期，有效具體提升國軍戰力防護各項作為，在分析敵軍即可能採取之最大威脅後，本研究將敵軍預突襲之想定場景設計在北部灘岸靠近內陸地區(土質條件為砂土性質)，並成功模擬 200 公斤炸藥在地表爆炸後，爆震波傳遞至土層內部地下掩體之衰減情形，獲得「以距離地表 7.5 公尺之地下掩體，結構物厚度 30 公分，即能有效衰減爆壓值趨近於零；在距離地表 5 公尺之地下掩體，結構物厚度即使達到 80 公分，所得之爆壓極值，仍對人體造成主要爆震影響...」等具體成果，因此如要興建一急造地下掩體工事，則其強度應再持續往上提升，其防護能量，才足以抵抗敵軍威脅。

同時在肆應未來戰場環境，本篇研究亦已提出在戰力防護階段，建構一預鑄式地下掩體之設計、囤儲與動員機制方面等建議，同時並建議應盡快納入重大演訓當中實施驗證，期能提供國軍於平時部隊演訓、交通紓困，戰時則亦能達到提升戰力防護之目的，使我防衛作戰勝利更增成功公算。

戰術型雷區運用之探討

--吳珮瑄少校--

提要

- 一、地雷是一種爆炸裝置，用來殺傷敵人或摧毀敵裝備使其喪失機動能力，它們可以在指定區域內大量設置以形成雷區，當然也可以單獨使用在加強非爆炸性障礙物上，如詭雷，以達成戰術運用之目的。
- 二、雷區一般可分為四種類型，分別為防護，戰術，干擾及假雷區，每種類型都具有獨特的戰場目的，因此，在進攻行動中，我們可以依據戰術行動設置不同效果的雷區，例如可以使用阻止型雷區保護側翼安全，擾亂型雷區可迫使敵軍提早展開，亦或運用轉向型雷區誘敵進入我預想殲敵區域，並利用遲滯型雷區遲滯敵軍於預想殲敵區域內，以有效發揚我軍火力等方戰術運用方式。
- 三、作戰成敗取決在雙方的機動力上，無論是阻礙敵軍機動，或者是促進敵軍機動，皆必須藉由工兵參謀透過阻絕計畫詳細規劃後，以支持指揮官之意圖，才能確保任務達成，本研究藉由研讀美軍地雷教範，結合指參作業程序探討戰術行雷區戰術運用流程，並分析程序內容後，可以發現部分觀念及運用作為是我軍在地雷戰尚有不足之內容，建議未來配合演訓或模擬方式實施驗證後，作為爾後準則編修之參考依據。

關鍵字：地雷戰、雷區

前言

地雷是一種爆炸裝置，用來殺傷敵人或摧毀敵裝備使其喪失機動能力，它們可以在指定區域內大量設置以形成雷區，當然也可以單獨使用在加強非爆炸性障礙物上，如詭雷，以達成戰術運用之目的，本文藉由美軍準則指導，針對四種類型的雷區分析其概念、功能及原則以提供作戰指揮官運用戰術雷區，可達到各種戰鬥之地雷效用。

地雷戰原則

一、地雷戰概念

(一)地雷概述

地雷是一種爆破裝置，用來殺傷人員或損壞裝備，其中裝備可包含到地面車輛，船艦和航空器等。目前地面上

以兩種地雷為主，分別為戰防雷及人員殺傷雷，其組成通常由點火裝置或其他裝置、雷管或引爆藥、傳爆藥、主裝藥、雷殼所構成，如圖 1 所示。

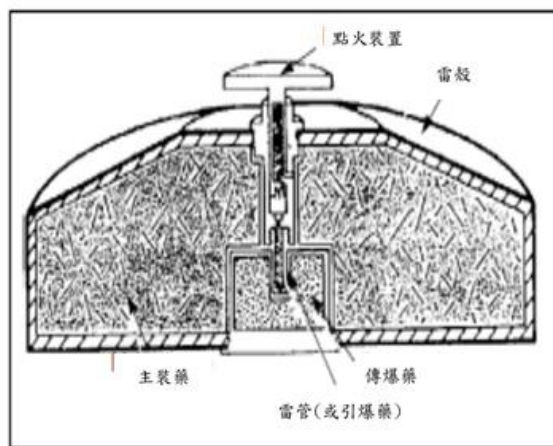


圖 1 地雷組成

資料來源：作者參考 FM 20-32
Mine/Countermine Operation:
Mine-Warfare Principle (United States,
Department of Army, Washington, D.C., 1
October 2002), P.1-2 自行繪製。

發火機制的功能在於目標接觸地雷後可產生爆炸作用，其方法如表 1 所列，發火機制如圖 2 所示：

表 1 發火機制方法

1	施加壓力。
2	拉扯絆線。
3	釋放張力或破壞絆線。
4	釋放壓力。
5	時間延遲機制。
6	衝擊式，如電器、震動、磁性影響、電磁頻率、紅外線感應、聲波。

資料來源：作者自行整理。



圖 2 發火機制

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermine Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.1-3 自行繪製。

為了完成地雷發火，我們必須確定點火器位置，正確地設置發火機制及解除安全裝置(如安全插銷等)，使地雷爆炸後達到傷損效果。

(二)戰防雷

係用以使履帶車輛，或輪型車輛喪失運動能力，或予以摧毀。其引信區分兩種設置種類，第一種為履帶寬度，通常需透過壓力與車輛或坦克直接碰觸後啟動；第二種為全寬度，啟動可藉由很多種方法，如音效，磁感、傾斜，無線電頻率，紅外線、震動等，其中傾斜和磁性感應是最常見的。

其傷損形式可分為兩種，第一種為喪失運動能力，為了使車輛喪失機動能力，通常是車輛直接碰觸戰防雷壓力啟動，惟破壞車輛後，車上乘員仍可繼續作戰；第二種為擊殺能力，若採用定向爆藥的彈頭，可在爆炸後形成金屬彈丸和氣體噴射侵入車輛造成人員傷亡，通常藉由傾斜和磁性感應等完成啟動發火，可一次消滅裝備系統及乘客人員。

(三)人員殺傷雷

係利用爆炸震盪力及產生之破片殺傷人員，除了可以造成醫療負擔外，也會降低單位士氣，且仍有部分人員殺傷雷可以損壞裝甲車的履帶。其起爆的方法可包含壓力，震動及絆線等手段，起爆後運用其地雷爆炸或散撒碎片殺傷敵人，達到遲滯效果。

二、雷區類型

雷區一般可分為四種類型，分別為防護，戰術，干擾及假雷區，每種類型都具有獨特的戰場目的，因此，使用不同的雷區方式可有效支持作戰行動，其特性如下：

(一)防護性雷區

採用防護型雷區是為了保護我軍兵力，裝備，物資及設施可免受敵人攻擊或威脅。在戰術行動中，防護型雷區為友軍提供近距離防護可延遲攻擊者時間，並可有效影響敵軍機動能力，置重點在防止敵軍接近我地形要點及重要設施，而不在於消滅敵軍戰力，通常設置權責將授權給小型單位層級(連或排指揮官)，為的是在離開該區域之前須將其恢復，或詳細移交給救援單位可變得簡單可行，其雷區形式可能只是幾個地雷排在前面，或者可能在陣地周圍設置標準型雷區，依作業時間可區分急迫和周密兩種性質：

1. 急迫防護型雷區屬於臨時性質，通常用在部隊防禦邊界部分，並利用單位基本攜行量地雷實施設置，在時間允許下，應將地雷埋入地面下以提高效力，當然也可以只放在地面上，以便可以容易回收地雷，設置範圍通常介於手榴彈範圍外，但須在小口徑武器射程範圍內，即距離陣地40-100公尺處。

2. 周密防護型雷區屬於永久性質，通常需要詳細的規劃及更多的資源，其目的用來保護重要設施，如通信節點、後勤廠庫、機場、飛彈基地及防空陣地等，故通常會採用標準型雷區，不過有時可僅設置一列雷區代替即可。

(二)戰術性雷區

戰術型雷區除了可直接攻擊影響敵軍機動外，也可使防禦一方具備位置優勢，且戰術型雷區可單獨設置，也可與其他類型的戰術障礙結合設置形成戰術型阻絕，藉由戰術型雷區來破壞其戰鬥編組，干擾敵之指揮管制，可有效降低我大規模火力射擊能力，迫使敵提早運用資源實施破壞及降低敵之機動能力等之優勢戰力，故作為指揮官的作戰工具。戰術性雷

區之總雷區正面與接近路線寬度有關，不同型態雷區均可依現地狀況設計數個不同正面之小雷區，再將其雷區正面累加起來，擾亂型雷區為接近路線之 0.5 倍，遲滯型雷區為 1.0 倍，轉向型雷區為 1.2 倍，阻止型雷區為 2.4 倍¹，依戰術障礙效果可分為四種：

1. 擾亂型(Disrupt)

目的在迫使敵提早分進展開，分解敵原戰鬥隊形及擾亂節奏，故破壞影響應為設置時間短、人力少及密度低的障礙效果為主，在遠距離時將不易發現，但在敵接近後就很容易被偵測到，通常會設置在接戰地區前以增加作戰縱深距離。典型的擾亂型雷區正面為 250 公尺，縱深為 100 公尺，而為了達到擾亂的效果，僅針對敵的接近路線一半設置雷區障礙，對敵軍而言，在行軍路線上如遇到擾亂型雷區時，至少會需要一半的部隊對雷區做出處置而影響部隊進攻隊形。舉例來說，如圖 3 所示狀況下，當敵軍一個營之攻擊正面約 1500 公尺，如要使敵經過擾亂型雷區時，至少需設置 750 公尺，共 3 個典型擾亂型雷區始可達到擾亂效果。

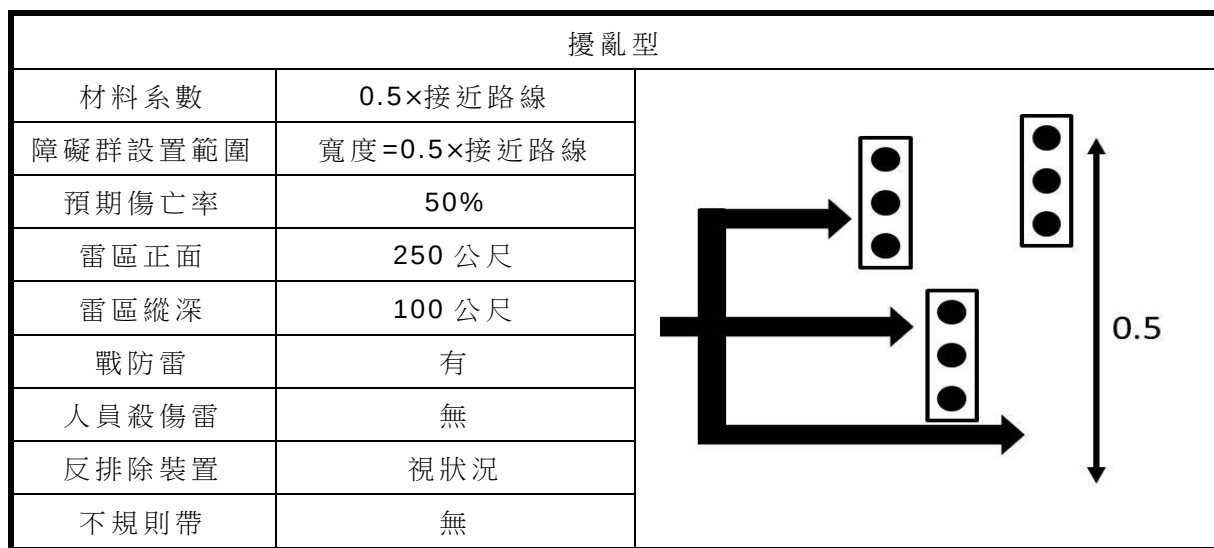


圖 3 擾亂型

資料來源：作者參考FM 20-32 Mine/Countermine Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington,D.C.,1 October 2002), P.2-10自行繪製。

¹ FM 20-32 Mine/Countermine Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington,D.C., 1 October 2002), P. 2-21

2. 遲滯型(Fix)：

目的在減緩交戰地區的敵人攻擊前進，使我方有足夠時間火力發揚並摧毀敵人，故障礙群設置必須跨越整個接近路線，雖然單一雷區似乎容易排除，但遲滯型雷區將採用數個雷區縱深配置到接戰地區上，目的是使敵不斷實施破障，達到減緩行軍速度，如圖 4 所示狀況下，6 個典型遲滯型雷區需排列在營攻擊正面 1500 公尺，縱深 1500 公尺區域內，且需涵蓋整個接戰地區。

3. 轉向型(Turn)

目的在誘敵進入我預想殲敵區

域，有助於產生轉彎效果的阻絕。首先為了誘導敵人機動至我所望方向並不是減少障礙，相對於敵人的接近，障礙方向必須設置的不知不覺。其次，障礙物和火力必須在機動方向上允許繞越，最後須結合地形限制實施轉向，通常會運用在接戰地區的側翼使用轉向型雷區。標準型轉向型雷區正面為 500 公尺，縱深為 300 公尺，為了達到轉向的效果，雷區必須阻止敵人破壞之企圖，如圖 5 所示，每個雷區與另一個雷區重疊，將雷區連接在一起，以防止出現間隙。

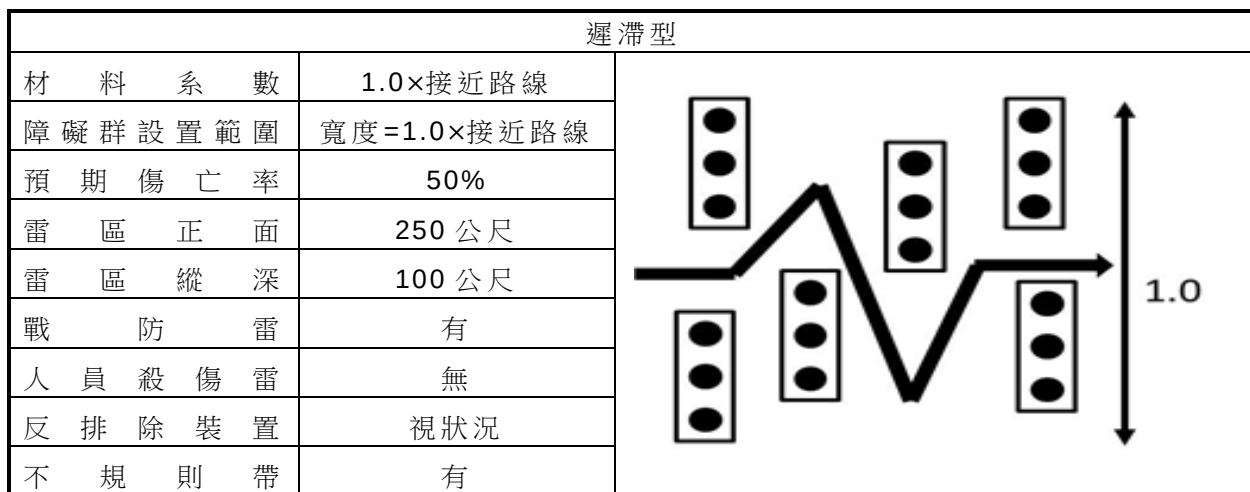


圖 4 遲滯型

資料來源：作者參考FM 20-32 Mine/Countermine Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington,D.C.,1 October 2002), P.2-11自行繪製。

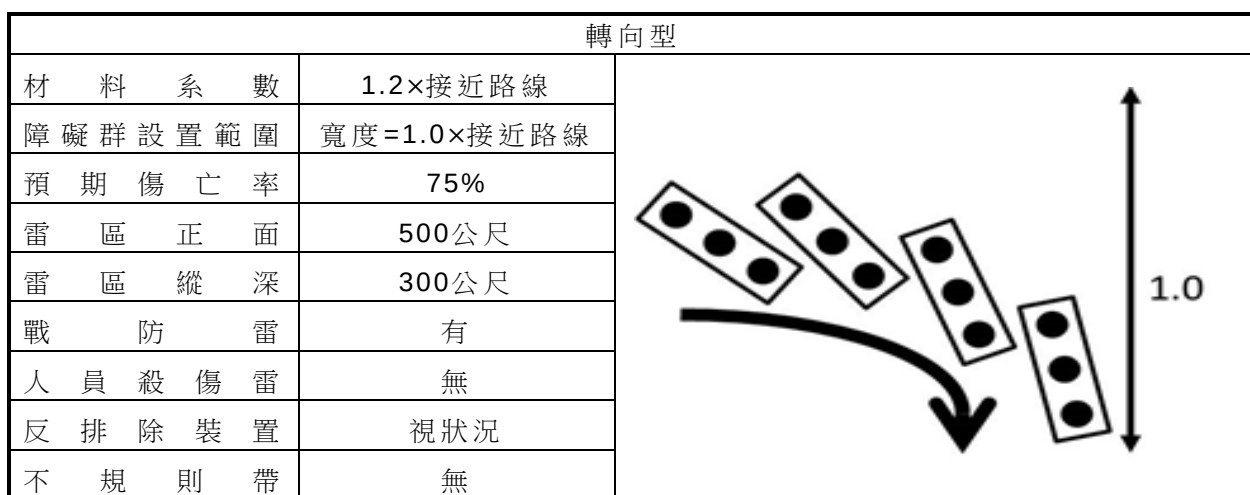


圖 5 轉向型

資料來源：作者參考FM 20-32 Mine/Countermine Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington,D.C.,1 October 2002), P.2-12自行繪製。

4.阻止型(Block)

目的在阻止敵人通過接近路線或交戰地區配合火力計畫及障礙物，兩者相輔相成，典型的阻止型雷區正面為 500 公尺，縱深為 300 公尺，如圖 6 所示，為達到阻止營攻擊的效果，必須將雷區在縱深短的範圍內增加設置，以提高密度，故預期傷亡率也可高達 80%。

在進攻行動中，我們可以依據戰術行動設置雷區，先期運用擾亂型雷區迫使敵軍提早展開，接續運用轉向型雷區誘敵進入我預想殲敵區域，再利用遲滯型雷區遲滯敵軍，以有效發揚我軍火力，最後以阻止型雷區雷保護我陣地前緣及側翼之安全。

(三)干擾型雷區

干擾型雷區主要是對敵軍施加警告，擾亂，拖延，或甚至可摧毀後續梯隊一旦出現干擾型雷區，就不需要再觀察，直接射擊進行掩護，因為干擾型雷區都是不規則大小和形式組成的雷區或雷列，其目的除了可加強現有的障礙外，還可在敵主要接近路線上迅速布設，如傳統地雷或散撒地雷，以達到防禦功效。

(四)假雷區

假雷區有兩個主要功能，首先，可以混淆敵軍在攻擊過程中產生質疑，其次是導致敵軍浪費能力在實際不存在的地雷上面，其成功的秘訣在於敵人的心態，當敵已遭遇地雷後果時，隨伴演變的恐懼將急速上升，故假雷區通常與真實雷區一起使用，很少單獨使用，又或者當兵力及地雷不足或時間有限下，假雷區有可以用來加深雷區前緣和深度，以達到欺騙行為。

三、使用時機

雷區為一最有效障礙之設置，可形成戰術型障礙或防護型障礙，其不同目的在於敵的機動方向，戰術型障礙是設置在敵人的機動階段，如行軍路線、接戰地區等，為了使障礙對敵可產生擾亂、轉向、遲滯、阻止戰術行動作為，而防護型障礙則須設置在我防禦陣地前緣或周圍，用於保護我陣地之安全，如圖 7 所示。若將戰術型雷區依使用時機進行分類，我們可以區分以下三種：

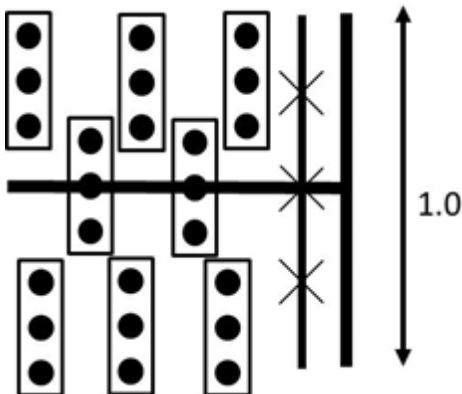
阻止型		
材 料 系 數	2.4×接近路線	
障 礙 群 設 置 範 圍	寬度=1.0×接近路線	
預 期 傷 亡 率	80%	
雷 區 正 面	500 公尺	
雷 區 縱 深	300 以上公尺	
戰 防 雷	有	
人 員 殺 傷 雷	無	
反 排 除 裝 置	有	
不 規 則 帶	有	

圖 6 阻止型

資料來源：作者參考 FM 20-32 Mine/Countermine Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-13 自行繪製。

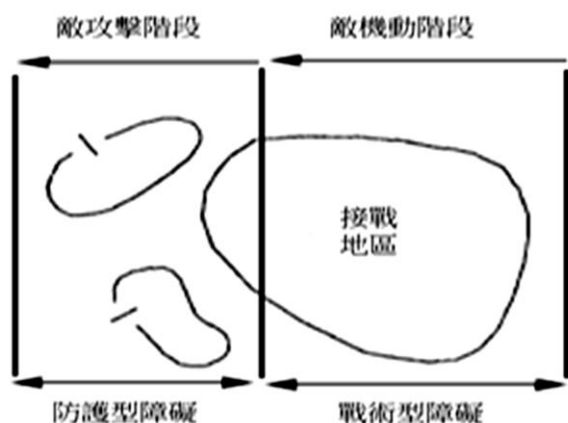


圖 7 戰術型和防護型障礙階段圖

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermining Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-26 自行繪製。

(一)指示性阻絕(Direct Obstacle)

大多數之戰術性阻絕皆屬指示性阻絕，此類型阻絕乃由上級指揮官因任務需求所指示設置²，屬於已知事件，故該項阻絕需要設置較大的面積，且也必須具備有充分的時間來設置，美軍通常會以工兵火山佈雷系統為主，並且在設置前，也會利用架設鐵絲網作為雷區標記。

(二)狀況性阻絕

(Situational Obstacle)

狀況性阻絕係單位已於戰場準備時期完成阻絕計畫及準備，當敵軍特定行動符合我軍設定之觸發事件時，方能執行阻絕設置作業³。在指參作業程序研擬行動方案下，雖然已將所有列述反應反制的方案實施兵棋推演，但仍可能會有突發狀況，此時，敵軍與我軍陣地距離已非常接近，且設置時間十分有限，故美軍通常會以砲兵散撒布雷系統為主。

(三)預備性阻絕

(Reverse Obstacle)

預備性阻絕係戰場準備時期已

完成計畫及準備，但在沒有指揮官授權情況下不得設置，當友軍行動符合我軍設定之觸發事件時，方能執行阻絕設置作業⁴。通常用於封閉預留的雷區通路，當警戒或掩護部隊轉進通過雷區通路後，軍軍通常會以模組包散撒布雷系統封閉雷區通路，以填補雷區間隙，強化雷區完整。

綜合以上雷區介紹，我們可以得知美軍雷區運用會配合戰術行動及兵火力及預期達到障礙效果來實施設置，並詳細說明戰術型雷區其效果是以總雷區正面與接近路線寬度有關，明確律定戰術型各類雷區所需之材料係數、雷區正面縱深等相關參數，另在使用時機及裝備運用上更須綜合雷區設置時間、發火時間、指揮管制時間及裝備運輸時間加總後，才可得到雷區設置所需總時間，以提升雷區戰術運用之效能。

戰術型雷區戰術運用流程

本章節以美軍地雷準則為例，對雷區設置程序及運用流程實施探討，其內容運用指參作業程序內之任務分析，發展行動方案，分析行動方案及決策與執行。

一、任務分析

任務分析主要包含四個步驟，分別為確認事實及假設、分析相對戰力、分析工兵部隊任務與指揮官意圖和指揮官初步指導。

(一)確認事實及假設

當接受上級命令後，首先由情報官和工兵參謀運用戰術圖解實施戰場情報準備，並產置出修正後的混合障礙透明圖，在透明圖中可以顯示出作戰地區內的接近路線及機動走廊，

² 陸軍司令部印頒，《阻絕教範(第二版)》(臺北：國防部，2016年10月)，頁附3-2。

³ 同註2，頁附3-3。

⁴ 同註2，頁附3-3。

配合障礙物運用可有效影響敵的機動能力，接續藉由敵軍威脅評估及敵可能行動研判後得知敵可能行動圖解，可提供工兵參謀在分析攻擊敵軍最佳目標、地點及路線等。

(二)分析相對戰力

工兵參謀比較敵軍及我軍戰力和辨別障礙需求以彌補敵人突襲或直接/間接火力攻擊，而實際的障礙通常會發生在發展行動方案後，在此階段，工兵參謀須完成工兵戰場評估，提供工兵部隊能力以支持本次任務。

(三)分析工兵部隊任務與指揮官意圖

工兵參謀分析工兵部隊指揮官意圖來決定障礙物可能設置位置、障礙目的和設置的優先順序，作戰部隊除了分析任務及限制外，也須了解障礙限制區域或障礙類型的限制，並在作戰命令內容明確說明預備性、狀況性與指示性阻絕。方便工兵參謀可以詳

細計算阻絕器材狀況，如表 2、3 所示，工作效率和可用時間。

(四)指揮官初步指導

最後由指揮官詳細說明初步的阻絕規畫指導，因為這是阻絕規劃的關鍵因素。

二、發展行動方案

接續開始詳細發展行動方案，藉由戰術型雷區來探討雷區其運用原則及方法，其障礙物計畫重點在直接或間接火力分析、障礙物配置圖、障礙設置優先順序及機動力要求等 4 個細節。我們以一個營防禦為例，下轄部隊有 A 連、B 連、C 連及 D 連，其陣地位置如圖 8 所示，依據地形分析，可以研判敵機動路線僅剩兩條，為可有效殲滅敵軍，利用地形優勢，選定適合的接戰地區，並研判敵主攻部隊為圖中藍線為主要接近路線。

表 2 標準型雷區規劃因素

障礙效果	材料系數	雷區正面	雷區縱深	磁感地雷	壓發式地雷	人員殺傷雷
擾亂	0.5	250m	100m	42	84	無
遲滯	1.0	250m	120m	63	84	無
轉向	1.2	500m	300m	336	168	無
阻止	2.4	500m	320m	378	168	84(韓國)

表 3 散撒布雷規劃因素

系統	雷區範圍		失效時間	發火時間
ADAM (區域阻絕砲彈)	400 x 400 m 200 x 800 m		4 小時 48 小時	落地後 1 分鐘
RAAM (遠程反裝甲地雷)	400 x 400 m 200 x 800 m		4 小時 48 小時	2 分 45 秒
Volcano (火山布雷系統)	轉向 阻止	地面：555 x 320 m 空中：557 x 320 m	4 小時 5 日 15 日	2 分鐘
	遲滯 擾亂	地面：277 x 120 m 空中：278 x 120 m		
MOPMS (模組包式布雷系統)	70 x 35 m		4 小時	89 秒

資料來源：參考 FM 20-32 Mine/Countermining Operation: Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-22 由作者自繪。

(一)直接或間接火力分析

在發展行動過程中，作戰部隊將現有兵力依地形，配置各連防禦陣地、火網區域識別(如圖 9 所示)及預劃接戰地區後，工兵部隊必須了解作戰部隊的火力計畫及敵機動路線後，才可制定障礙物位置以增強火力，避免障礙物設置與我軍砲兵單位火力重疊。

(二)障礙物配置圖

完成作戰部隊的火力計畫及敵機動路線後，開始制定障礙區，並規劃障礙物所預期達到擾亂、遲滯、轉向及阻止之效果，如圖 1 所示，①為阻止助攻敵人運用現有的機動路線攻擊前進，無法相互支援，即為阻止側翼掩護，②和⑤藉由天然障礙配合轉向阻絕效用，誘導敵人進入接戰地區內，③為可遲滯敵軍在我發揚火力的接戰地區內，④在主攻部隊機動路線上會針對道路寬度的一半進行擾亂效果，間接擾亂敵人攻擊節奏。

(三)障礙設置優先順序

完成障礙物配置後，接續下來則必須藉由指揮官意圖及敵最大可能行動方案來排列設置的優先順序，障礙物優先權應反映特遣隊最大的任務需求，指揮官可運用障礙物來節約兵力，也可以彌補我直射火力的不足，所以在決定接戰地區障礙物優先順序前，工兵參謀必須熟悉側翼掩護，武器類型和射程及指揮官作戰意圖，優先順序可以幫助工兵參謀分配阻材和確保最關鍵的障礙優先設置，在圖 10 中，首要任務需將敵人引誘轉向至火力集中的接戰地區，第二優先為阻止敵人進入次要接近路線，保護側翼安全，有效切斷相互支援戰線，第三優先考量為增強接戰地區火力，運用遲滯效果的障礙物減緩敵人速度，最後才考量機動路線上的擾亂效果。

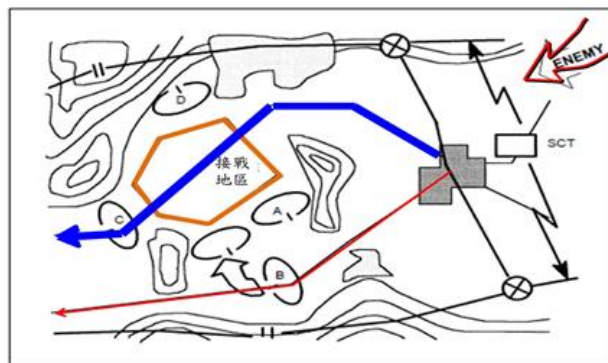


圖 8 防禦階段行動過程發展

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermine Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-24 自行繪製。

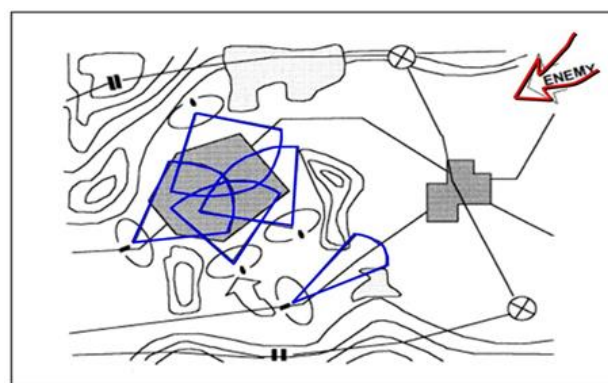


圖 9 直射火力分析圖

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermine Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-25 自行繪製。

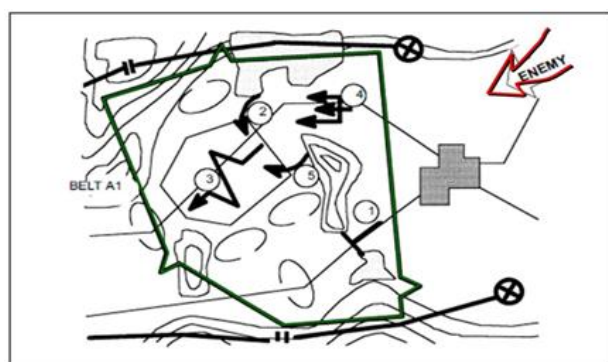


圖 10 障礙物配置圖

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermine Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-26 自行繪製。

(四)機動力要求

工兵參謀需確認障礙物不應該設置在我軍可能反擊路線上，也不會阻礙到我軍變換陣地時機，且應該利用機動力來阻礙友軍機動。促進機動應該用在敵軍潛在的狀況性障礙物和友軍障礙物可能阻礙友軍的機動，所以工兵參謀必須在任何時間或地點都需考慮指揮官機動需求。

三、分析行動方案

藉由「分析行動方案」，可檢視出我軍之至當行動方案與最佳兵力編組，方能以最低損耗，獲致最大戰果，達成任務，並對爾後戰局開創有利態勢；「分析行動方案」之目的，在協助指揮官及幕僚下列事項⁵：

(一)參謀群發展行動方案後決定方案的可行性，並向指揮官建議最佳的行動方案，工兵參謀在分析行動方案的過程必須考慮以下事項：

- 1.敵人遭遇阻絕群的反應與要求障礙效果相對應。
- 2.敵軍破障能力造成一障礙物類型優於另一種(例如戰車壕優於雷區)。
- 3.障礙物位置阻礙友軍機動路線。
- 4.障礙物效果與武器系統能力的相容性。
- 5.為了支持阻絕效應須配合適當直接或間接火力和目標標定，即為砲兵與障礙物效果必須同步發生，才能在敵軍機動中獲得預期效果。
- 6.敵軍狀況性阻絕的位置和類型，可使一種類型的破壞能力優於另一種。

經過軍事演習後，參謀透過以下方式調整行動方案，包含阻絕計畫如圖11所示內容：

- 1.更改障礙物位置。
- 2.改變障礙物效果。

- 3.增加更多狀況性阻絕。
- 4.增加更多預備性阻絕。
- 5.確定其他機動力需求。
- 6.根據障礙物改變來精確砲兵目標選定。

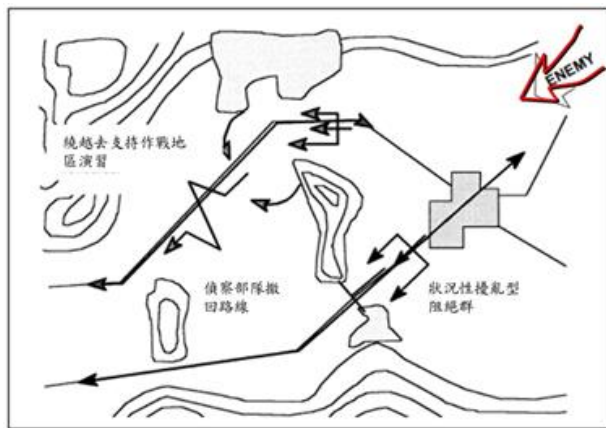


圖 11 阻絕計畫修訂

資料來源：作者參考 FM 20-32
Mine/Countermine Operation:
Mine-Warfare Principle (United States,
Department of Army, Washington,D.C.,1
October 2002), P.2-28 自行繪製。

(二)機動力要求確認

工兵參謀需決定哪些障礙需要通道和通道封閉的標準，也需確定障礙物限制區域以支援作戰部隊機動，所以在分析行動方案時，必須配合戰術運用決定預備性阻絕通道運用時機及設置方式，以利前方部隊可撤退，後方部隊可將後勤前推，均需要在兵棋推演期間納入考量的。

(三)阻絕設置計畫

行動方案分析後，工兵參謀需對阻絕設置計畫詳細規劃與研究以決定阻材需求，經由前述調整行動方案，工兵參謀依據優先指定阻絕群提供設置，並計畫阻絕群內的不同型式的障礙物，以支持指揮官之意圖。

四、決策與執行

工兵參謀依據指揮官核准行動方案調整工兵作戰方案，並使用修正後

⁵ 陸軍司令部印頒，《陸軍指揮參謀組織與作業教範(第三版)》(臺北：國防部，2015年12月)，頁2-2-63。

混合障礙透明圖，如圖 12 所示，A 連負責轉向型阻絕群(A1B)，迫使敵軍機動往我軍所望之接戰地區，B 連負責阻止型阻絕群(A1A)，初始需完成阻絕設置，僅留接近路線的通路，當偵察部隊通過此路線後，隨即運用模組包式布雷系統對通路進行封閉，以切斷敵軍側翼支援部隊，C 連負責主要機動路線的遲滯型阻絕群(A1C)之標記移除作業，讓敵軍進入接戰地區後被我軍遲滯在火力集中區，D 連依靠天然地形樹林障礙優勢，設置轉向型阻絕群(A1D)，誘導及軍進入我所望接戰地區，並負責在機動路線前緣設置擾亂型阻絕群(A1E)，使敵與障礙後先期展開及影響正面部隊一半以上之範圍。

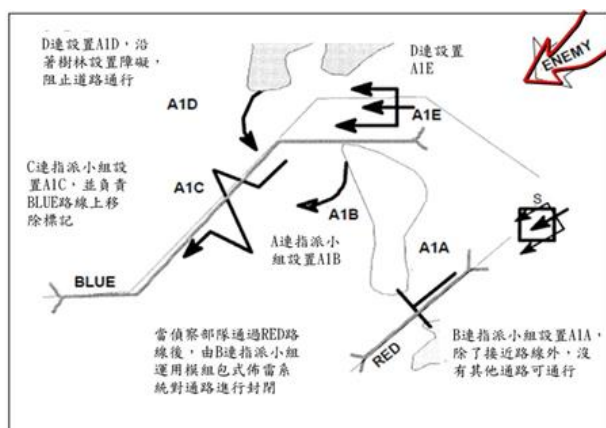


圖 12 混合障礙透明圖

資料來源：作者參考 FM 20-32

Mine/Countermine Operation:

Mine-Warfare Principle (United States, Department of Army, Washington, D.C., 1 October 2002), P.2-30 自行繪製。

藉由指參作業程序後，可以發現戰術型雷區戰術運用在計畫作為階段時，就必須了解作戰部隊火力計畫與敵機動路線等，才能規劃障礙物設置時機及位置，唯現行工兵部隊僅以人工布雷為主，明顯以無法負荷現代戰爭型態，當作戰準備階段，可能還有充裕的時間完成障礙物設置，如進入

作戰階段後，在攻防戰鬥的機動與反機動作為，則需運用狀況性阻絕來配合作戰部隊實施，才能協力主戰部隊在各階段之作戰行動。

對我之啟示

綜上美軍戰術運用雷區中，可以發現我軍在雷區效能、戰術運用上仍有進步的空間，以下提出三點檢討：

一、傳統人工設置、布雷能量不足

參考各國目前所運用之地雷戰皆朝向機動化、快速化、智能化發展，運用在各戰場所需目的實施設置，為可達到轉向、擾亂、遲滯、阻止等效果，故生產出不同載具配合不同布放系統，以應變作戰中瞬息萬變，如火箭布雷系統、機動散撒布雷系統及空中布雷系統等，反之目前國軍工兵部隊仍使用傳統人工布雷方式，雖在計畫作為階段可以配合作戰部隊完成阻絕設置規劃，並分配工兵部隊兵力依先後順序逐步完成，惟在執行階段上，設置時間冗長，均是我軍目前我欠缺之作業能量。

二、戰術雷區效能、影響障礙效果

依據美軍準則所述，將戰術型雷區區分轉向、擾亂、遲滯、阻止等四種類型，其中清楚說明總雷區正面與接近路線寬度有關，當不同作戰目的所使用的雷區類型，將直接影響材料係數及預期傷亡率，再加上設置時間計算下，才能如期如質的將所需雷區布放至正確地點，以支持作戰部隊機動或反機動之行動；反之本軍地雷較著重在如何設置傳統雷區，原因可能在我國屬於守勢國家，而傳統雷區屬於防護型雷區，可以在時間充裕下實施設置，但在作戰形態朝向快速機動發展，我工兵部隊必然須協力主戰部隊完成各式戰術性阻絕為主。

三、作戰經驗不足、無法整合阻絕與火力

美軍藉由不斷地作戰行動中得到多元作戰參數，經過修正調整後，可作為準則編修教學及運用，反之我軍在作戰經驗不足狀況下，僅能藉演習中提升經驗，惟火力可以實施實彈射擊，而地雷卻無法實施實爆摧毀裝備，將提升我工兵部隊經驗參數蒐整之困難。

結論與建議

阻絕乃依據敵情、地形、可用時間、我軍任務及兵火力之運用，以有計畫、有系統的方式設置各種障礙⁶，除了可彌補兵火力間隙外，並可配合兵火力的整合，大幅提升作戰效能，故在行動方案分析必須明確，並將設置方式、障礙效果及設置總時間納入計算，才能避免阻絕為敵所破壞、排除、強行通過、繞越情事發生，確保阻絕系統發揮最大功效，以下針對雷區戰術運用實施幾點建議：

一、建立本軍完整布雷能量

大部分阻絕均屬指示性阻絕及預備性阻絕為主，在兵棋推演過程中，由作戰部門完成阻絕規劃，指示性阻絕通常需要大面積之設置，且有較為充分時間，建議運用火山布雷系統，可先行設置好發火時間，雷區標示可視需要實施架設。而在次要路線上，則需要利用預備性阻絕，先期依計畫完成雷區設置外，通常會預留雷區通路，當掩護部隊通過雷區通道後，再運用模組包式散撒布雷系統實施通路封閉，以阻止敵軍側翼掩護。綜合以上可以得知布雷並非單一布雷系統即可完成，為了可滿足作業各階段所遭遇狀況，建議本軍須建立完整布雷能量，如火山布雷系統及模組包式散撒

布雷系統，才能因應現代機動作戰各項任務之需求。

二、建立狀況性阻絕設置流程

工兵參謀在工兵任務分析時，為了方便工兵參謀可以詳細計算阻絕器材狀況，我軍應建立一套標準雷區規劃表(如表 1、表 2 所示)，依據任務所需障礙效果，快速完成器材計算，作為準則參考依據，以提供部隊查詢。因為布雷是目前阻絕最佳且快速的方式，在作戰階段中，無論是近程或遠程佈雷，機動或反機動佈雷，均需配合作戰部隊實施，置重點仍在設置總時間加總需小於敵軍觸發事件的反應時間，才能如期達到阻絕作業效益。

三、阻絕與火力須整合

我軍目前現行的火力計畫表示大部分均以火力優先支援主攻部隊等，並未在行動方案上詳細說明火力攻擊地區及方式為何，而工兵參謀在工兵支援計畫也僅說明支援主攻部隊，實施破障、偵蒐敵阻絕障礙與維護各連機動道路暢通等，均未在行動方案上詳細說明阻絕範圍，原因可能在我軍無雷區規劃基準表可以納入規劃暨查詢，且目前工兵雷區設置均以傳統人工為主，設置時間長，將無法有效支援作戰部隊，故建議先建立完整布雷能量及雷區規畫表後，納入行動方案規劃兵棋推演詳細計算下，藉由演習或模擬系統方式得到相關適合我軍參數，作為爾後編修準則之依據。

⁶ 同註 2，頁附 1-1。

民間預鑄式混凝土構造物運用於工兵支援任務之研究

--李明宗少校--

提要

- 一、預鑄式工法指凡經過系統化規劃、設計之建築物，以規格化、標準化、模矩化方式，將之分割成許多單位元一構件（構材），並在工廠或工地加以組裝成結構體或建築物者均謂之，例如：鋼骨、預製組木屋、預鑄混凝土建築物等均是預製之一種。一般而言，預鑄工法專指預鑄混凝土¹。
- 二、隨著軍事科技與資訊化程度提高，現代戰爭型態朝向立體多維、高科技、高技術發展，為肆應預警時間短、攻擊威力猛、戰鬥節奏快之戰爭，工兵未來發展應朝「編組專業模組化」、「伴隨支援機動化」、「戰場阻絕快速化」，達到編組靈活、裝備精良、訓練有素、支援快速及整合民間資源運用等目標，以能適切支援作戰行動，發揮整合戰力，確保任務之達成。

關鍵字：工兵、預鑄式

前言

國內建築工程向來以鋼筋混凝土構造為主，佔全部建築比例 80% 以上，且傳統工法易受勞務密集、工期緩慢、安全衛生、環保等問題困擾，因此採用高品質、高效率之預鑄式工法²理念應運而生。

預鑄式工法近年來大量運用於國內外各項工程設施，探討如何運用此工法提升工兵支援作戰任務及增進防衛作戰之能力實施研究。

一、研究動機與目的

礙於民意高漲，購地、徵地不易及民眾對軍事設施構築抗爭不斷等種種因素下，濱海第一線守備部隊，無法預先構築永久式工事及預置阻材實施戰場經營³，藉由預鑄式設施之特性及其優缺點，探討如何以民間預鑄式混凝土構造物運用於工兵支援任務防衛作戰，並於短時間內完成防衛作戰之整備。

二、研究架構與方法

針對預鑄式混凝土構造設施特性、優缺點及現行工法，對我運用工兵支援任務之研究於防衛作戰及工事構築之效益評估。

三、研究價值

工事掩體區分永久性工事及野戰工事，惟因配合國軍人事精簡政策，對各項永久性工事及營區無法有效落實巡管責任，造成營產管理問題，野戰工事亦須投入大量時間及人力始可完成，另國軍為遵照政府土地活化政策，多數營區已配合拆除，土地亦轉為他用，如產生戰事，第一線可能發生無營區或作戰工事可用之情形；預鑄設施乃將結構構件「預先於工廠製作」，再運送至現場組裝的施工方式，大幅減少構工作業時間，可有效提升各項作戰工事於作戰準備時建造之強度及速率，故對此研究運用此工法及製造之設施能否提升我工事構築之功效及增進防衛效能。

¹ 內政部建築研究所《預鑄建築工程實務》，西元 2010 年 10 月，頁 2。

² 蕭江碧，《預鑄建築工法技術推廣手冊》，西元 1999 年 06 月，頁 1。

³ 林明宏少校，《預鑄式掩體簡介及效益評估》，西元 2007 年 9 月，頁 1。

四、研究限制

礙於市面預鑄設施型式眾多，另工法於臺灣仍不普及，故研究方向針對現行常見的預鑄混凝土設施能否運用於工兵支援任務作戰任務之效益分析。

本軍工兵支援任務範圍界定

依防衛作戰「獨立守備、分區擊滅」之指導，工兵為陸軍重要戰鬥支援兵種，肩負戰鬥與勤務支援雙重責任，負有「促進我軍機動」、「阻礙敵軍機動」、「提高我軍戰力」、「削弱敵軍戰力」、「勤務支援」等任務。預鑄式構造物運用於我工兵部隊具備之支援能力分析如下：

一、促進我軍機動

提升部隊機動能力之關鍵，在於削弱或排除既有障礙物及補強障礙物之影響，道路修復及橋梁架設均可提升部隊之機動力，工兵與前線部隊須密切協同作戰，以確保作戰進程及節奏。我工兵可運用工兵機械填平坑洞、壕溝，開設便引道繞越障礙物、河川等地障，以有效提升部隊之機動力。

二、阻礙敵軍機動

反機動主軸在於阻絕系統之規劃與執行。反機動作戰在攻防之間，可爭取局部區域之作戰優勢，然而，除運用爆破、雷區與障礙物設置外，如加以結合預鑄式構造物，可增強阻絕強度、提高遲滯敵軍之效能。

三、提高我軍戰力

藉由防禦工事可提升守備部隊戰場生存力，依天然地形起伏整修成防護掩體，以保護易受攻擊之武器、指管及補給設施等，在其正面及側翼防護敵軍火力，避免成為敵軍砲火攻擊之重要防護目標。

四、削弱敵軍戰力

以預鑄式構造物與工事、爆破、地雷等專業技能綜合運用，規劃阻絕系統配合兵、火力藉以損耗、殺傷敵軍；另對地區交通、設施、器材等實施反資敵作業，以達削弱敵軍戰力之目的。

五、勤務支援

可運用於軍事工程，如重要武器裝備掩體、飛彈及火砲陣地、指揮所、野戰及據點工事、油彈庫、機場跑道、碼頭、坑道、戰備道、崗哨、偽裝等設施，以提供有限度之防護，並配合積極之戰術作為，達成作戰目的。

民間預鑄式混凝土構造物工法概述

預鑄式工法係將構造體分割成許多單元化、標準化之構件，預先在工廠或工地採用相同模具重複產生製作，再予以安裝組合成一體，如此，不但能縮短工期、減少人力及提升品質，更可增進人員安全、減少交通運輸等成本。

一、預鑄式工法發展沿革

預鑄混凝土在西元 1849 年，法人 Monier 取得混凝土預鑄工法構想的專利以後，經過長期的蘊釀發展，直到西元 1930 年代才成為預鑄實用化構想、試驗生產階段、機能試驗期，其間因二次大戰而成停頓狀態。二次大戰以後急速的復建工作而產生大量房屋需求，同時歐洲共同市場的建立驟然帶來了整體的經濟繁榮，造成勞動者與技工的缺乏，加上北歐區域自然地理上的限制(冬季長期施工期短)等各種因素的衝擊，迫使房屋建築施工方法非加以修正改良則不足以滿足環境所需，從而預鑄混凝土構造即大量應用於建築方面⁴。

⁴ 李國權，《鋼筋混凝土構造概述》，中華民國職業訓練研究發展中心，西元 2001 年 12 月，頁 1。

國內自 1970 年引進此工法發展迄今，為早期技術尚未成熟造成施工品質不良，導致市場需求迅速萎縮。近年來預鑄技術已有長足之精進，民間建築預鑄亦漸次展開，政府公共工程如軍眷改建、高鐵工程、各地捷運等工程大量釋出，且隨著經濟的快速成長，勞動人口的逐年減少，民眾環保意識高漲，建築工程品質與工期要求逐年提升，因此採高品質、高效率之預鑄工法理念應運而生，預鑄工法亦因時代的潮流所趨勢而成為未來營建業不可或缺之一環，國內預鑄建築發展演進詳如表 1：

二、預鑄式工法概述特性

(一)預鑄式工法概述⁵

1.全版式預鑄工法(1976 年)

RC 結構系統全採用預鑄版組合而成，並無樑柱之存在，外牆、內牆、樓版、樓梯等全採版式預鑄構件，多用於某特定用途之建築，如中低層住宅、輕工業廠房、學校建築等，但由於早期技術並不成熟，終致停止使用。

2.孔茲接頭全版式預鑄工法(1983 年)

由榮工處至瑞士引進之大型版式預鑄系統，此系統樓版及內牆版採用垂直模，外牆、樓梯則採用水平模生產，並以牽引輪帶動垂直模或水平模，在組筋站、埋設水電管站、蒸氣站、拆模站間循環，形成一自動化之生產系統。

3.預鑄帷幕牆工法(1985 年)

帷幕牆版因屬次結構體、與主結構體分開製作，特別以鋼骨構造的結構體組合及超高層外牆等應用為最多。其產品分為一般帷幕牆(PC)、外貼磁磚帷幕牆(TPC)及花崗石帷幕牆(GPC)三大類。預鑄單位的生產種類由原先的版式預鑄版轉為帷幕牆版，市場供需則由公共工程轉變為民間工程。

4.樑柱式積層工法(1987 年)

此工法為柱、樑、樓版、內外牆等均逐層由下而上順序施工而成。柱、量均可為全預鑄或半預鑄之 RC 或 SRC 構造，樓版與牆版可為 RC 全

表 1 臺灣預鑄建築發展演進表

時期	年代	演進概述
啟蒙期	1970	經濟部成立工業推動組，成立預鑄房屋組件工廠。
	1971	中勝營造公司於鶯歌設立預鑄廠，此後中華、力霸、太平洋等公司亦先後採用預鑄工法。
	1973	在台北市民社區建造臺灣第一批版式預鑄建築。
冷淡期	1984	政府宣布國宅禁用某廠商引進之版式預鑄工法，預鑄工法由政府轉民間使用，樣式由版式轉為帷幕牆式。
混沌期	1989	國內經濟快速成長、股市狂飆、房地產炒作投資工具，營建業出現嚴重勞力不足、工資上漲、施工品質低落、工程進度難以掌握等問題，營建施工技術自然也朝系統化、工業化及複合化來發展。
	1991	鋼骨工程引進臺灣，相對造成預鑄帷幕牆需求增加。另為解決鋼構建築防火及防銹問題及當時預鑄鋼筋混凝土無法解決的接頭問題，自日本引進 SRC 預鑄工法，但成本高，競爭力不足，完成案例不多。
	1992	國內房地產漸走下坡，建築餘屋增多，推案量減少，傳統工法又再次取代預鑄工法之發展。
發展期	1995	由於鋼筋混凝土高樓化之發展，相關工法技術繼續研發運用，民間營造業者將大號數（#11 以上）、高拉力鋼筋（SD50）及高強度混凝土（5000psi）以上應用於預鑄建築工程解決以前 RC 預鑄工法無克服的接頭問題。至今 RC 構架半預鑄建築已可應用興建於 38 層樓高之住宅建築。

資料來源：翁敏欽《房屋建築工程預鑄工法生產成本分析之研究》，2010年7月，頁30。

⁵ 翁敏欽《房屋建築工程預鑄工法生產成本分析之研究》，西元 2010 年 7 月，頁 41。

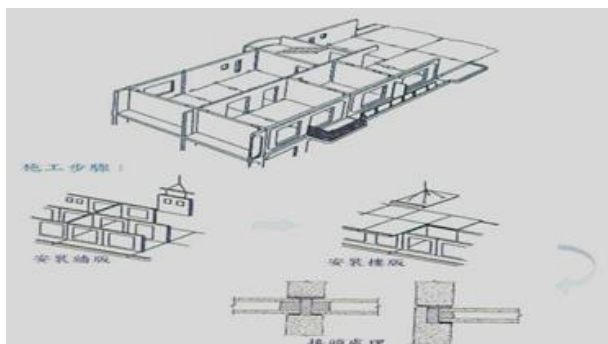


圖 1 全版式預鑄工法

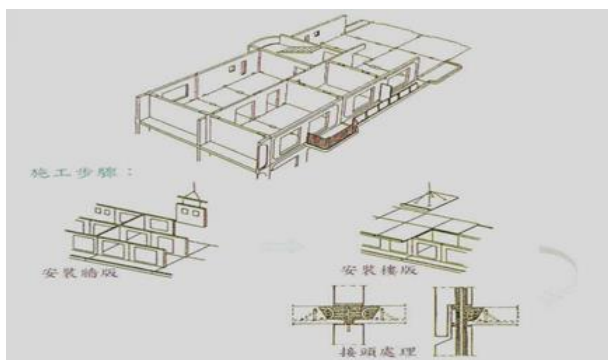


圖 2 孔茲接頭全版式預鑄工法



圖 3 東元電機廠房預鑄帷幕牆工法(清水面帷幕牆)

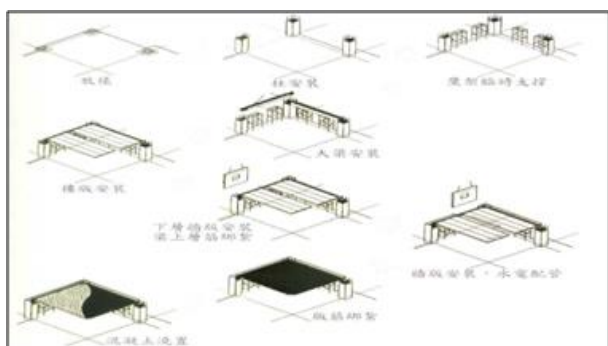


圖 4 樑柱式積層工法

資料來源：葉文凱、陳永成《預鑄建築工法技術推廣手冊》，西元 1999 年 6 月，頁 11 頁 13、頁 15、頁 17。

預鑄版或半預鑄版。每一層均將該層之柱、樑、樓版、牆等予以安裝或配合部分現場澆置完成後，再進行次一層。與版式構造比較，在空間應用上較具彈性，可依需求任意變換隔間，耐震性亦較高，所以適合高層樓房。

5. 複合化工法(1990 年)

複合化工法之部分組件採預鑄方式，另一部分則仍採傳統方式，取其兩種施工方式之優點。可開發輕量化組件，使施工方便與降低搬運成本，並保持施工品質，使結構更一體化，有耐震效果，同時兼具工業化工廠製造，現場安裝精度高，品質高之優點。

6. RC 構架預鑄工法(1995 年)

其特徵為柱全預鑄並採套管接續器作為連接上柱與下柱間高強鋼筋的灌漿填充式連接接頭，其內填充無收縮性水泥砂漿，由於有合理的結構型式及提高了混凝土構件的抗彎強度等優點，因此被廣泛注目並大量應用在預鑄混凝土中，且樓地板整體灌漿可使得樑、柱、版緊密地結合成一體。施工快速、整潔，可用於超高層建築，設計多樣化、適用範圍廣大，並可應用於大跨距及大荷重之建築物，市場接受度高。

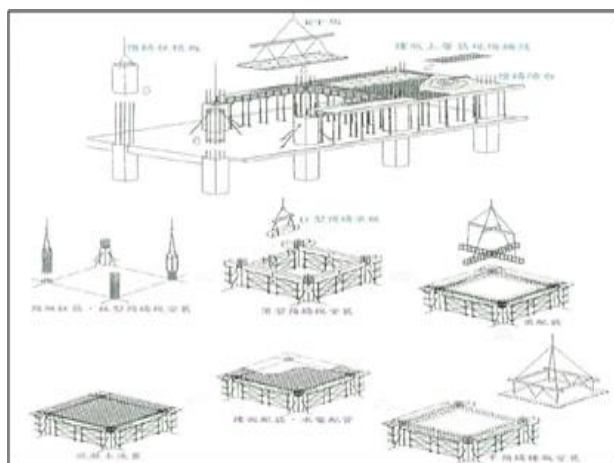


圖 5 複合化工法

資料來源：葉文凱、陳永成《預鑄建築工法技術推廣手冊》，西元 1999 年 6 月，頁 20。

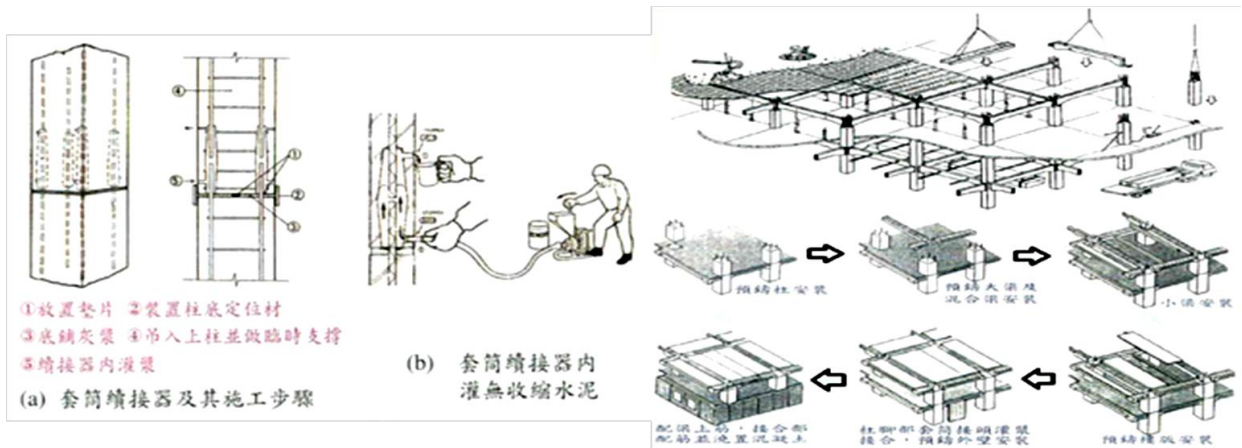


圖 6 RC 構架預鑄工法

資料來源：葉文凱、陳永成《預鑄建築工法技術推廣手冊》，西元 1999 年 6 月，頁 23。

(二)工法特性

傳統工法是在現地組立模板，現場綁紮鋼筋及澆置混凝土，導致勞工需求量大，材料、機具等聚集工地，不利發揮效率，易造成資源浪費，品質不良、空期落後、施工環境不良、安全堪虞等問題，預鑄工法則是將構件在工廠製造完成，再運送至現地組裝，可不受天候影響，確保內、外在品質，減少工地工作量，將工人日曬雨淋之苦降至最低，以改善工人工作環境，增進勞工安全，並保持工地衛生；因此可縮短工期、提升施工效率、確保品質、促進環保之預製工法或混凝土預鑄工法，值得重視與推廣。

相較於傳統工法，預鑄構件之生產程序納入工業化之生產觀念，其過

程繁瑣且需仰賴縝密的流程管理，其構件生產儲運流程，詳如圖 7、8。

(三)預鑄工法優缺點分析

1.優點

(1)容易品管

因各組件預先工廠鑄造後再運至工地組合，因而各構件品質，可在工廠以系統化、標準化加以管制，且不受天候影響，強度絕對達到設計標準。

(2)縮短工期

預鑄房屋只需在現場將預製組件加以組合即可，省卻了傳統構造方法在現場釘模、紮筋、搗築、養護等步驟所占用的時間。因此，工程相對的也縮短了資金周轉的時間。

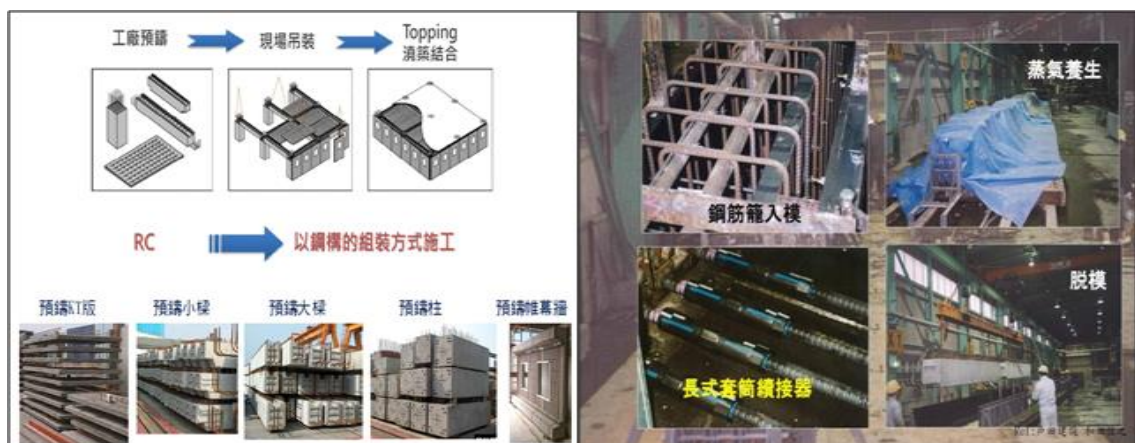


圖 7 預鑄設施工廠施作程序

資料來源：吳子良，《New RC 及預鑄工法之發展介紹》，西元 2014 年 4 月，頁 52。



圖 8 預鑄節構構件生產儲流程圖

資料來源：張兆宇，《預鑄廠生產儲運最佳化模式之研究》，西元 1999 年 6 月，頁 24。

(3)節省人力

由於現今工業的迅速發展，人工漸缺且工資高昂，長此以往，房屋興建大受影響，如採行預鑄的大量生產方式，人工需求可減至最小限量，即可相對的降低造價，同時機械化生產也可使人為的差錯減低。並由於預鑄係大量生產，易達到節約經濟的效果⁶ (如圖 9)。

2.缺點：

(1)須具備重型起重設備，吊裝設備費較昂貴。

(2)現場須增加焊接技術工。

(3)預鑄構件運送時受重量與體積之限制。

(4)安裝與接合施工要求精確度高⁷。

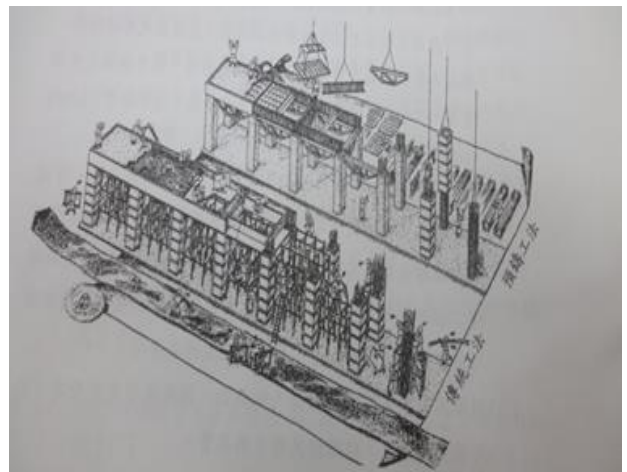


圖 9 傳統工法與預鑄工法之比較

資料來源：內政部建築研究所，〈預鑄建築工程實務〉，西元 2007 年 11 月，頁 2。

⁶ 李國權《鋼筋混凝土構造概述》中華民國職業訓練研究發展中心，西元 2001 年 12 月，頁 5。

⁷ 同註 6，頁 6。

民間常見預鑄式混凝土設施其運用於工兵支援任務效益評估

預鑄式混凝土設施（工法）具有縮短工期、減少人力及提升品質等特性，在現今預警時間短，戰鬥節奏快之作戰趨勢中，能否有效將日常生活之預鑄設施運用於阻絕設置，或是運用預鑄工法來構築工事，將是本篇研討之重點。

一、民間常見預鑄式混凝土設施其運用方式

預鑄設施，隨著科技的進步，於日常生活中已隨處可見，為有效將現地材料運用阻絕設施上，針對常見之預鑄設施及其運用方式實施說明。

（一）消波塊

1.簡介：又稱「防護塊」，在海岸或河堤邊放置的大型水泥塊，用來保護海岸。消波塊最早是 1950 年由法國人發展出來，二次大戰中的北非戰線上，法軍用菱形塊阻擋德軍坦克前進。戰後清理戰場，將此種塊體拋在防波堤周圍，以替代護堤方塊。本為廢物利用，不料其消波效果甚佳。隨即由水工試驗所研究證明其確有消波作用，安定性良好，於是取得世界性專利⁸，詳如圖 10。

2.運用方式：依據準則，可運用於封港使用，或運用於濱海阻絕，阻擋敵人艦船登陸。

（二）紐澤西護欄

1.簡介：紐澤西護欄為位於紐澤西州霍博肯的史蒂文斯科技學院所開發，用以區隔高速公路的車道，其特色是下方設計成斜凸出來的形狀，當車輛擦撞時會讓車子彈回車道，防止翻出公路外，也可減少車輛擦撞護欄時鈹金受損的機會。由於效果很好，因此逐步普及到美國其它各州、以及世界各地⁹，詳如圖 11。

2.運用方式：可擺放於重要道路，使敵車輛無法通過，適用於城鎮防衛或港口聯外道路封閉用。

（三）路緣石

1.簡介：建基路緣石指的是設在路面邊緣的界石，簡稱緣石，俗稱路牙子。是公路兩側路面與路肩之間的條形構造物，為形成落差，像懸崖，所以路緣石形成的條狀構造，也叫道崖，詳如圖 12。

2.運用方式：可用於壕溝旁，掩護人員於壕溝內通行或對外進行射擊。



圖 10 消波塊



圖 11 紐澤西護欄

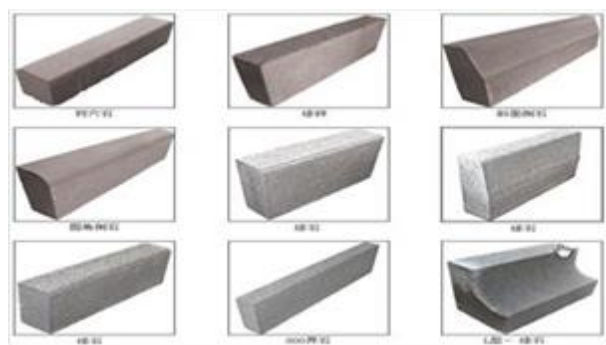


圖 12 路緣石

資料來源：谷歌圖片搜尋，
<http://photo.google.com/ica0317>，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。

⁸ 維基百科，<http://www.baik.baidu.com>，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。

⁹ Yahoo 知識家，<http://www.yahoo.knowledge.com.tw>，檢索日期 2017 年 11 月 25 日。

(四)人孔

1.簡介：又稱檢修孔或下水道出入孔，一種常帶有蓋的孔道，人可以由此孔進出排道、鍋爐、下水管、還有包括電信、有線電視使用的弱電井，大型橋梁檢修用的內部通道等，詳如圖 13。

2.運用方式：必要時，可用來替代為散兵坑。

(五)排水溝

1.簡介：指的是將邊溝、截水溝和路基附近、莊稼地里、住宅附近低窪處匯集的水引向路基、莊稼地、住宅地以外的水溝，詳如圖 14。

2.運用方式：配合挖土機等工兵機械，可做通行用壕溝使用。

(六)車阻

1.簡介：車阻石也稱為擋車石、車止石、車前石，主要是為了裝飾城市的整體景觀，其主要目的是為了車輛的停放不影響行人的通道，車輛的停放不影響城市的市容市貌，詳如圖 15。

2.運用方式：可擺放於重要道路，使敵車輛無法通過，適用於城鎮防衛或港口聯外道路封閉用。

二、構築工事工法分析比較-以砲兵掩體為例

礙於預鑄工法設施所需金額較高，且工事掩體型式眾多，如均採用預鑄工法則不符合效益，為有效評估其效益，故以人力構築、RC 工法及預鑄工法分別構築砲兵掩體比較來評估其效益，以作為相較之基準。

(一)人力構築，詳如圖 16。

1.特性：可依作戰地區需要，在作戰地區或敵火下，利用地形、地物及現地可用材料，在有限時間以人力構築之臨時工事。

2.作業時間：87.88 人時，除土量為 33.895 立方公尺。



圖 13 人孔

資料來源：谷歌圖片搜尋，
<http://photo.google.com/ica0317>，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。



圖 14 排水溝



圖 15 車阻

資料來源：谷歌圖片搜尋，
<http://photo.google.com/ica0317>，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。

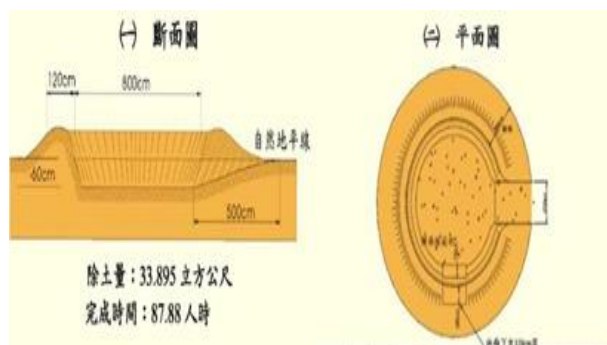


圖 16 人力構築之砲兵掩體

資料來源：陸軍司令部，《工事教範》（桃園：陸軍司令部，西元 2002 年 9 月），頁 4-76。

3.強度：因多以現地可用資材及土石堆疊沙包方式構築而成，強度較差，易遭砲火及彈片破壞，易容易受風雨侵蝕而損壞，詳如如表 2。

4.所需預算：可以現地資材及一般作戰部隊之兵力實施構築，無需額外購置材料之費用。

表 2 砂石構築工事對 25 呎爆炸之彈片所需防護估計厚度

爆炸	厚度(cm)
110 lbs	76.20
550 lbs	121.92
2200 lbs	137.16

資料來源：陸軍司令部，《工事教範》(桃園：陸軍司令部，西元 2002 年 9 月)，頁 3-21。

(二)RC 工法，詳如圖 17

1.特性：依國防需要或預期作戰地區，使用鋼筋混凝土，先期構築堅固而耐久之據點骨幹工事。

2.作業時間：從整地、鋼筋綁紮、模板固定、灌漿、養護置完成，約 2 至 3 個月。

3.強度：採鋼筋混凝土構成，防護力較人力構築之野戰工事較穩固，如表 3。

4.所需預算：需購置大量鋼筋、模版及混凝土級配，且依現行國軍編制，無能力自行構築，需委聘民間廠商作業，所需之材料及人力成本較高。

(三)預鑄工法，詳如圖 18

1.特性：採先行於工廠完成構件，再行運送至現地實施組裝，可運用於預期作戰地區及作戰需要之組合式堅固工事。

2.作業時間：因現場進行開挖時，即可在工廠同時進行預鑄構件生產，待開挖完成後，可立即將預鑄構件安裝組立，較傳統 RC 工法可節省 30%~50%之工期；若僅考量現場組立時間，可再大幅減少作業時間。



圖 17 鋼筋混凝土構築之砲兵掩體

資料來源：谷歌圖片搜尋，
<http://photo.google.com/lcl8856>，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。

表 3 鋼筋混凝土構築工事對 25 呎爆炸之彈片所需防護估計厚度

爆炸	厚度(cm)
110 lbs	30.48
550 lbs	43.18
2200 lbs	63.50

資料來源：陸軍司令部，《工事教範》(桃園：陸軍司令部，西元 2002 年 9 月)，頁 3-21。

3.強度：同樣採鋼筋混凝土建成，依照行政院工程委員會訂定之施工規範，其強度需符合鋼筋混凝土標準，故強度與 RC 工法構築之工事相同。

4.所需預算：依據臺灣採用預鑄工法如不考慮品質、工期、利息等間接成本的因素其工程直接建造成本約為傳統混凝土工法的 115%~130%，預算較高。



圖 18 預鑄工法構築之砲兵掩體(環片式混凝土設施)

資料來源：www.hust.gov.tw，檢索日期：西元 2017 年 11 月 25 日。

三、各工法構築工事綜合效益評估

針對上述三種工法特形，對其設置時間、設置人數、戰術運用、防護強度、預算投資及使用心理等 6 項實施綜合評估，藉以瞭解其差異性。

(一)設置時間

預鑄工法已堆疊積木組裝方式施工，可迅速完成作業，架設速度較佳，人力構築之野戰工事，因僅需一般作戰部隊即可構築，較不注重其強度，速度次之，RC 構築工法較差。

(二)設置人數

預鑄工法以大型機械代替人工，所需人力較少，RC 工法因架設時間長，且需各種專長工(如水泥工、版模工、鋼筋工等)，人數較多，故以預鑄工法較佳，人力構築次之，RC 工法較差。

(三)戰術運用

預鑄工法可配合戰場需求及戰術運用實施架設，且具有高強度之防護力，兼具人力構築工法及 RC 工法之優點於一身，故以預鑄工法構築之工事較優，人力構築工法次之，RC 工法較差。

(四)防護強度

預鑄工法與鋼筋混凝土工法構築之工事強度概同，人力構築之野戰工事較差。

(五)預算投資

以人力構築之野戰工事較優，RC 工法次之，預鑄工法較差。

(六)使用心理

防護強度越高，則對其信心越強，因此就掩體型式對使用者心裡言以 RC 工法及預鑄工法構築之工事較佳，人力構築之野戰工事較差。

(七)分析評估

綜合上述 6 項，預鑄工法構築之掩體作業速度快、防護效能強、作業

人力少，且可配合作戰需求設置，故以預鑄工法較佳，但仍有預算金額較高之缺點，效益分析詳如表 4。

表 4 各式工法構築工事效益分析表

工法 區分	人力 構築	RC 工法	預鑄 工法
設 置 時 間	2	3	1
設 置 人 數	2	3	1
戰 術 運 用	2	2	1
防 護 強 度	2	1	1
所 需 預 算	1	2	3
使 用 者 心 理	2	1	1
比 較	2	3	1

資料來源：作者綜合分析後自製。

策進與建議

由前述資料可知，預鑄式混凝土工法在我國已漸趨成熟與進步，日常生活中亦隨處可件採用之設施，且其特性對我工事之構築及阻絕設置之需求，未來如能有效將此設施(工法)運用於各項軍事工程及工事阻絕，期能提升我工兵支援防衛作戰效能。

一、策進作法

(一)運用暨有預鑄設施

國軍部隊現行阻絕及工事構築，大多仍停留在運用制式阻材(如刺絲網)或堆疊沙包方式實施，未能有效將週邊物件運用於阻絕及工事構築，預鑄設施用途廣泛，於日常生活中隨處可見，防衛作戰中除配合地形調整兵力部署外，亦可運用當地之預鑄設施，作為工事及阻絕之設置，以強化防護能力及對敵之遲滯、阻礙力；另國內多數水泥製廠現亦多具有設立預鑄廠及屯儲預鑄設施，廠房內之模具及其屯儲之預鑄設施亦可運用，增加我工事及阻絕設置之選項，並可使我兵力運用方式更具彈性。

(二)強化工兵施工能力

國軍配合政府人事精簡政策，兵員大幅減少，並考量現代戰爭預警時間短、戰鬥節奏快之趨勢，現已無法在短時間內完成工事阻絕之構築，滿足作戰需求，預鑄設施採組裝作業，以拼積木之方式即可完成構築，可減少人力及設置時間，惟預鑄設施雖已朝輕量化發展，然考量其重量及組裝方式，仍需靠大型工程機械實施吊掛組裝作業，始能達到減少人力、縮短作業時間之功效；然配合現行裝備及部隊能量，實無自辦組裝作業之能力，若能比照「疏濬部隊作法」檢討預算，於各項工程採局部「兵工自建」方式投入工兵部隊執行，以工地為訓場，寓訓練於建設，以逐步恢復工程能力，並精進工兵機械操作能力。

(三)設計規劃模組構件

預鑄工法乃將規格化、模組化之構件於工廠先行完成，再運送至現地組裝之施工方式，惟現行民間預鑄工廠均未有針對作戰工事構築用之工廠模組，為有效將預鑄工法運用於防衛作戰，可針對各種作戰工事，分析其特性，設計預鑄式模組化構件，期能於戰前完成構件製作，戰時可立即運送至作戰地區，提升工事構築速度，並可兼顧火力發揚及防護能力，強化我防衛作戰之能力。

二、建議

(一)落實兵要調查物力動員

為有效運用各地之預鑄設施，需落實兵要調查，以確時掌握當地地形及所在之預鑄設施，並先行規劃其運用方式及部署位置；另與各地之預鑄廠完成動員簽定，戰時即可於第一時間將場內屯儲之預鑄設施大量運送至指定地點，以最少的時間，完成工事及阻絕之設置，以發揮其最大功效。

(二)工兵機械專業證照培養

預鑄設施組裝須借助工程機械之操作使用，始可發揮其節省人力及作業時間縮

短之功效，惟各項工程機械之操作均須專業人員，為增強工程機械操作之專業能力，並因應現行政策協助人員職涯規劃，應配合勞動部評鑑合格，授權代理培訓之訓練機構，協助人員獲取各項工程機械操作證照，以培養其專業職能，恢復工兵自建能力。

(三)增強研發製作模具能力

預鑄工法採組裝方式構築，若能依照各作戰工事特性，完成模組化構件之設計後，委請中科院研發其模組並將其量化生產，並分送至各單位，指導所屬部隊官兵組裝，將可使野戰工事構築不再需投入大量人力挖鑿，並可提升其防護力，有效保存戰力，發揮工事之效用。

結語

因應國防轉型「精粹案」推動，組織、編裝及員額調整等精進兵力結構，秉持「資源整合」理念，併用「科技與新式裝備取代傳統人力」作為組建最符作戰效益的兵力結構與規模¹⁰。

預鑄式構件趨向重量輕、體積小、強度高、裝卸迅速，如能進一步提高預鑄式構件的通用性、整合民間資源，可提升我工兵支援任務及增進防衛作戰之能力。

¹⁰ 中華民國 104 年國防報告書(國防部「國防報告書」編纂委員會) 2015 年 10 月。

委商裝備維修導入後勤管理資訊系統可行性之研析

--劉懷元少校、洪郁翔上尉--

前言

後勤政策經歷各項變革，近年來主官裝備檢查暨妥善率鑑定及後勤補保作業資訊化等相關改變，顯見後勤能力之重要性，誠如陸軍作戰要綱所述，決心須以後勤能力為主，本文研究之動機係以有效使用資訊系統提升作業效率為主軸；研討後勤資訊系統使用效應最佳化之研析，探討我軍後勤資訊系統與後勤作業之關係，以達資訊系統最佳化之目的，故藉由系統改制前後效率比較與部隊輔訪問卷，探究實際作業窒礙，藉以分析資訊系統使用最佳化與建議精進作為，以為資訊系統運用提升與精進之指針。

本軍保修作為支援體系共區分為單位、野戰、基地等三個階層¹，其整體支援模式僅可向下垂直式逐級支援模式，而保修管理資訊系統無法即時提供平行或上一級補給單位存量現況資訊，使得越級或橫向支援(調撥)，將受到限制及約束；故本文藉以文獻書籍、期刊、論文及問卷調查等資料，透過資料綜整與窒礙問題探討，分析我國後勤資訊系統現況與運用，逐項提出精進作為與建議事項，進而提升後勤資訊系統能量及使用效應。

關鍵字：後勤管理資訊系統、補保系統、商維裝備、委商維修

軍用裝備維保作法概說

一、軍維裝備維保作法

(一)陸軍保修制度區分「三段五級」；一、二級合為單位段保養，三、四級合為野戰段保修，五級則為基地段翻修，各層級均賦予特定之保修任務，單位保養乃各部隊對其裝備執行操作及預防保養勤務，旨在維持裝備妥善以保持戰力，是保修任務中最重要的一環。²

(二)連隊(一級)透過定期保養(週保養、主官裝備檢查及裝備進廠)或執行任務期間發現裝備損壞，即向二級廠(二級)提出修護需求，由保養士確認

損壞情況(取代初檢)，並於派工單估工估料欄填註所需更換料件，向補給士申補，零件獲撥3日內，管制士運用二級補保系統排訂料件更換期程(料件接收7日內完成更換、繳回)並於派工前3日，電話通知裝備所屬單位進廠，如因工時、保養人力不足等因素，無法於規定時限完成更換，或配合當月定期保養期程，由管制士調製「派工期程管制表」呈營長(含比照)核定後，依期程管制執行；一般料件管制於30日內完成更換繳回，列管可修件於7日內完成更換繳回³；若裝備損壞項目屬聯保廠以上權責者(三、五級)，則辦理轉廠，由管制士先傳輸轉廠資訊至聯保廠，並開具保

¹ 郭豐基，《陸軍單位段保養勤務教範(第二版)》，國防部陸軍司令部印頒，2012年10月24日，頁2-4。

² 程凱生，《陸軍單位段維保作業手冊(第一版)》，國防部陸軍司令部印頒，2015年11月10日，頁1-1。

³ 同註2，頁3-47。

修申請表(保 15-004 表)，隨裝備於三日內轉廠檢修，辦理裝備進廠修復。⁴

二、商維裝備維保作法

國軍商維裝備種類甚多(輪車、工兵機械、陸山光電、化學動力裝備)，本文僅針對工兵商維裝備實施探究，商維裝備遂行委商維修區分為「具委商契約、價款支付已達契約預估總價、無委商契約」等型態。

(一)具年度契約之裝備執行委商維修可分為「游修、廠修、使用單位提供零件由廠商執行、定期保養耗材及零附件購置」等類型，可依需求選定維修方式：

1. 游修⁵

由使用單位(連隊)填具「保修申請單」，依維修權責經鑑定檢驗單位(二、三、五級)簽證後，以書面或電傳通知合約商勘估，合約商於接獲通知後次日起 3 日內(含)至裝備現地勘估，並於勘估日次日起 3 日內(含)開具「零附件申請單」送交使用單位審

查，經使用單位、鑑定(檢驗)單位確認維修品項完成簽證後，報請預算管制單位(群、旅、軍團)統一彙整後，以書面或電傳通知合約商依「零附件申請單」所列項目執行維修工作，並於接獲維修通知日次日起 3 日內(含)，至裝備現地執行游修工作，且應於到場執行維修作業起 20 日內(含)維修完畢，各期程延誤依契約計罰相關規定辦理。

2. 廠修

經游修勘估，因裝備損壞嚴重或裝備游修場地、機具設備等受限，於合約商工廠施工較有利者，經使用單位(連隊)同意廠修及鑑定(檢驗)單位(依各項維修簽證權責)確認維修品項完成簽證後，報請預算管制單位(群、旅、軍團)，以書面或電傳通知合約商執行廠修工作，並管制裝備運輸相關事宜(裝備運輸及所需費用由合約商負責，並負裝備運輸安全及裝備保管之責，如有裝備遺失或毀損情形由合

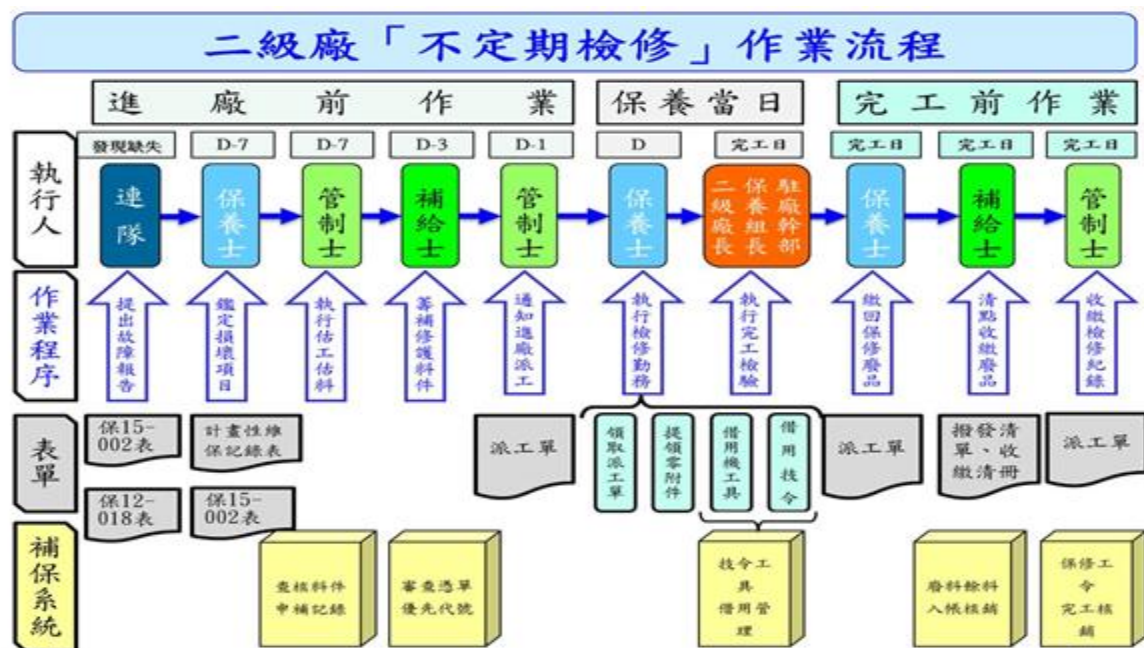


圖 1 二級廠不定期檢修作業流程圖

程凱生，《陸軍單位段維保作業手冊(第一版)》，國防部陸軍司令部印頒，2015 年 11 月 10 日。

⁴ 林文科《二級廠作業手冊(第一版)》，國防部後備司令部印頒，2005 年 8 月 8 日，頁 2-10。

⁵ 游修係指維保人員備妥所需零附件至裝備現地實施維修，就契約表述為合約商自備零件至裝備現地維修或合約商提供零件由使用單位自行維修。

約商負責賠償)，合約商接獲使用單位書面或電傳通知實施廠修後，於接獲維修通知日次日起 3 日內(含)，至現地執行裝備運輸作業，且應於裝備運抵工廠後 30 日內(含)完修並回運連隊簽收待驗，各期程延誤依契約計罰相關規定辦理。

3. 使用單位提供零件由廠商執行

由使用單位(連隊)填具「保修申請單」，依維修權責經鑑定檢驗單位(二、三、五級)簽證後，以書面或電傳通知合約商勘估，合約商於接獲通知日次日起 3 日內(含)至裝備現地勘估，並於勘估日次日起 3 日內(含)開具「零附件申請單(不列計零件價金)」送交使用單位審查，經使用單位、鑑定(檢驗)單位確認維修品項完成簽證後，報請預算管制單位(群、旅、軍團)統一彙整後，以書面或電傳通知合約商依「零附件申請單(不列計零件價金)」所列項目執行維修工作，所需零件由使用單位運抵裝備現地交由合約商簽收維修使用。

4. 定期保養耗材及零附件購置

由使用單位(連隊)填具「保修申請單」經鑑定檢驗單位(二級)完成簽證後，以書面或電傳通知合約商，合約商於接獲通知後次日起 3 日內(含)開具「零附件申請單」送交使用單位審查，經使用單位、鑑定(檢驗)單位確認供料品項完成簽證後，報請預算管制單位(群、旅、軍團)統一彙

整後，以書面或電傳通知合約商供料，並於接獲通知日次日起 3 日內(含)，將「零附附件申請單」所列項目送交使用單位指定地點簽收拍照，俟檢驗合格後，由使用單位自行實施裝備保養工作。

(二) 年度契約價款支付已達契約預估總價

各式委商契約均以裝備屬性(數量、年限)訂定修護經費預估總價，履約期間價款支付已達契約額度即終止契約，為利修護預算管制，合約商於執行累計額度達 90% 前，先行函文通知陸勤部保修處敘明執行狀況，並暫停一切供料、維修執行，後續確認需求或年度預算調整後，再行辦理維修作業，避免肇生額度超支，如合約商如未依契約預估契約額度上限管制執行，超支部分不予計價；若契約終止，裝備修護即採小額採購方式執行。

(三) 無委商契約之裝備(海水淡化機、S185 鐘裝機及 L170 鐘裝機)則依政府採購法所訂定之勞務採購方式執行委商維修，區分新臺幣(以下幣制同)10 萬以下及 10 萬元以上等 2 種⁶，視維修預算選定採購方式：

1. 十萬元以下(小額採購)：由使用單位循商訪價開立 3 家(含)以上估價單，依維修權責經鑑定檢驗單位(二、三、五級)簽證後，呈報預算管制單位(群、旅、軍團)，核定後始可執行；另依據政府採購法第 14 條⁷，機關不

表 1 採購金額級距表

種類 級距	工程	財務	勞務
小額	10 萬元		
逾公告金額十分之一	超過 10 萬元以上未達 100 萬元		
公告金額	100 萬元以上		
查核金額	5000 萬以上	5000 萬以上	1000 萬以上
鉅額	2 億以上	2 億以上	2000 萬以上
GPA 門檻金額	2 億 2810 萬以上	1824 萬以上	1824 萬以上

資料來源：行政院，《政府採購法》，行政院公共工程委員會，2019年5月22日。

⁶ 行政院，《政府採購法》，行政院公共工程委員會，108 年 5 月 22 日。

得意圖規避本法之適用，分批辦理公告金額以上之採購金額(10萬元以上未達100萬元)

2.十萬元以上(逾公告金額十分之一)：依據政府採購法第18及23條⁸，採購金額逾10萬元以上須辦理招標(公開、選擇性、限制性)，由使用單位循商訪價開立估價單，依維修權責經鑑定檢驗單位(二、三、五級)簽證後，製作招標文件，續由採購部門(權責依購案金額區分)審查、公告、排定開標、簽約等期程。

(四)小結

司令部每年匡列裝備維持預算，確保部隊裝備妥善，然委商維修並非無限度修護，為避免浪費公帑及考量成本效益，裝備每次修護金額若超過「裝備主件原始單價65%(含)以上」或「可修件維修項目工料相加值計65%(含)以上」，則不予列修(依程序辦理鑑定報廢)或可修件更換新品方式辦理⁹，如使用單位因戰備、民生、演訓等任務急需恢復裝備妥善(不採裝備鑑定報廢)，得依「國軍無效裝備汰除作業規定」經所屬權責單位「軍種司令部(含)以上」簽奉核定後辦理維修，俾發揮預算最大效益。

三、裝備維保作業差異比較

(一)軍維裝備維保作法

1.優點：

(1)維保作業均由國軍編制人員執行，對上、下及平行協調容易，修護期程不受限於廠商。

(2)後勤管理系統資訊化，具備異地辦公及即時督管之能力，且裝備維保歷程(保養人力、工時、耗材、書刊管理)資訊完整可回溯。

2.缺點：

(1)所需修護總成、可修件等零附件，全軍無存量時待料甚久，緊急零購機制多以主戰裝備為主，且優先滿足基演訓部隊需求。

(2)裝備後送轉廠修護，所需零附件獲料進度及三、五級修護人力調配為影響裝備完修之主因，連隊不易掌握修護期程。

(3)後勤管理資訊系統未與用兵後勤系統鏈結，仍需人力輸入，資訊無法同步，且有造假之風險。

(二)商維裝備維保作法

1.優點：

(1)裝備修護各階段契約均訂定工作天數，修護期程延宕得依約計罰，連隊掌握修護進度容易；另基地演訓、災害救援及重大任務機動期間，可協調合約商伴隨支援，以利任務遂行。

(2)合約商獲料來源暢通且均具1年保固(依契約規範核銷時需檢附更換之零附件「裝備原廠、裝備原系統製造商或裝備原零件供應商」等供料證明)

(3)裝備修護(游修、廠修)期間，除派遣監工外，可依部隊人力現況，增派二級修護人員技術見習及在職訓練，以強化修護能量。

2.缺點：

(1)預算管制單位(司令部、軍團)依各單位裝備型式、類別及數量分配年度預算額度，惟修護經度受限於預算，易衍生裝備故障集中情事。

(2)修護人員過度依賴委商維修機制，導致修護職能弱化，裝備妥善箝制於廠商。

(3)年度未簽定委商契約之裝備或額度用罄已終止契約之裝備，將循採購方式辦理委商維修，程序繁瑣冗長，影響修護時效。

⁷ 同註6。

⁸ 同註6。

⁹ 國防部，《國軍無效裝備汰除作業規定》，國防部主管法規，2013年8月22日，第2項2條3款。

(三)小結

軍維、商維裝備維保作法最大差異在於廠商，從勘估、備料、維修，甚至預算結報資料廠商都能繕造，誠如一句諺語「水能載舟、亦能覆舟」，委商維修的便利性是把雙刃劍，過度依賴會使保養人員修能逐漸弱化，無論哪種裝備維保作法均有優劣處，各級保養人員秉持「保養重於修護、修護重於購置」之原則，裝備未落實保養，即使擁有再完整的補保系統也是枉然。

後勤補保資訊系統發展暨特性介紹

後勤補保資訊系統，亦為「後勤補給保修資訊系統」，區分為保修及零附件補給作業，此二項作業互為一體兩面，保修作業所需之零附件能否適時、適地、適質與適量之供應獲得補充，此為決定保修作業能否正常遂行之關鍵因素，若零附件補給作業速度不佳，將影響單位維保效能，影響裝備妥善斷傷部隊戰力；本篇就補保作業沿革發展、各階段特性、使用情形、傳統作業與資訊化之差異等面向實施探討。

一、說明補保業務發展沿革

早期後勤補保作業均以紙本人工作業模式，舉凡單位段保養作為所需表單計「裝備預防保養實施計畫表(保15-001表)」等39項表單¹⁰，此類作業相當繁瑣，人員作業繁重等因素，故誕生國軍第一代補保系統，該系統為單機作業版，可供單位二級廠實施報表登載與列印，電腦輔助加快補給保修作業處理速度，更可利用電腦儲存功能保留資料完整性，可更快速找尋裝備維修歷程、補保用料更換與缺

失掌握等功能。

然補給與保修雖有電腦輔助作業加快報表製作速度，零附件申請部分僅能每日將作業項目由電腦彙整後，再以壓縮上傳至聯保廠之方式實施，作業時效不佳，隨著電腦科技與網路通信技術快速成長，以往的申請方式已無法滿足現今講求效率的需求，故於民國99年間軍網建置普級化後，藉後勤系統之整合與資訊運用，升級為網路版作業系統，使補保資料往返於二、三級更加快速，維保耗材需求以網路系統逕轉三級補給庫申請，取代傳統壓縮檔案上傳耗時，縮短作業期程。

長久以來國軍保修支援作業規定及流程，係採美軍「三段五級」及相關表格方式作業沿用迄今，依修護權責區分為「單位段、野戰段及基地段」等3類，惟補保作業效能不佳，探究其主因係後勤系統多由陸勤部委商開發，依使用者需求區分部隊後勤及專業後勤，其系統(補油、保修、運輸、彈藥、採購)間資訊互不鏈結外，與司令部委商開發之補保系統亦無鏈結；另考量使用者資訊建入各系統耗時，稽核時管理者需交叉比對各系統資訊，陸勤部於107年將舊式補保系統納入原補給、保修、運輸、衛生、彈藥系統之「單一入口網」¹¹，整合為後勤管理資訊系統，以利各項後勤工作推動遂行。

二、維保作業特性及使用分析

國軍維保作業由紙本作業、單機版作業、後勤資訊服務網，後勤管理資訊系統等演變歷程，逐漸提高補保耗材(零附件)申請效率、縮短軍品獲得期程與提升補保作業效能，此段將針對上述補保作為其作業特性及效能實施分析。

¹⁰ 同註1。

¹¹ 黃宏為，《保修管理資訊系統(簡介)》，後勤訓練中心教案，2018年10月11日。



圖 2 補保作為演變圖

資料來源：郭豐基，《陸軍單位段保養勤務教範(第二版)》，國防部陸軍司令部印頒，2012年10月24日。

(一)傳統紙本作業

作業期間各項資料均以人工繕造紙本表單，亦可於時效後製作，周延其作業瑕疵，為此作業最大之管理罅隙，單位可藉文書處理變照裝備保養期程、種類及工項，甚至僅繕造資料未實施保養，導致裝備平時保養落空，進而產生裝備妥善率與現況不符、維保人員職能弱化等情事；另零附件補給層面，單位至聯保廠間作業採公文履行方式，易肇生公文履行期程冗長、相關表單缺漏填寫、軍品獲得通知效率不佳等狀況，導致獲料期程掌握困難，無法遂行裝備維保作業。

(二)單機版作業系統

此作業系統採電腦繕造表單，較傳統紙本作業快速，然其性質仍為單機版系統，亦可能遭有心人士以調整時間等方式更改其作業期程，導致作業具竄改之嫌，雖提升為電腦作業，其本質仍與傳統紙本作業相似；另資料傳輸方面須仰賴人工將資料庫擷取後壓縮上傳至聯保廠方式或將其電腦攜帶至聯保廠集中作業方式實施，易肇生缺漏與資料準確性之問題，故僅能提升文書作業效率，仍無法有效提升維保作業效能。

(三)後勤資訊服務網

此作業系統為首次將補保資訊

系統架設網頁，運用網路實施登載派工、缺失回報、料件申請、盤點回報等功能，管理者能即時查察裝備補保歷程，是一個極為完善之補保資訊系統，然其系統主要建制於二級以上管制與補給作業，對一級單位較為不足，直至2018年推展「連主官裝備檢查模組」後，更加完善系統功能，能將一級使用單位與二級廠作業鍊結，作業資訊(派工、檢修、回報、料件申請等)有效透明化，一級使用單位均可透過連主檢模組掌握修復進度。

(四)後勤管理資訊系統

繼後勤資訊服務網研發成功後，國軍更加投入於後勤資訊系統研改及性能提升，將原屬資料庫區分一、二級作業資料庫，與三級聯保廠資料庫鏈結，統由「陸勤部通資中心資料庫」掌握系統，使一、二、三級使用人員可於同一平台作業¹²，有效提升二級與三級系統間資料交換與作業時效，不需再將每日工作資料彙整轉傳至三級，系統即可完成申請作業；另一級單位可於系統上檢視各項裝備保修歷程、列印主要(停用)裝備報告表等功能，取代人員彙整作業，資料統由系統產出(歷史資料僅管理者具權限修正)，有效提升工作效率，並消弭資料竄改之風險。

¹² 陳保宏，《二級廠編組及作業流程》，後勤訓練中心教案，2018年10月17日。

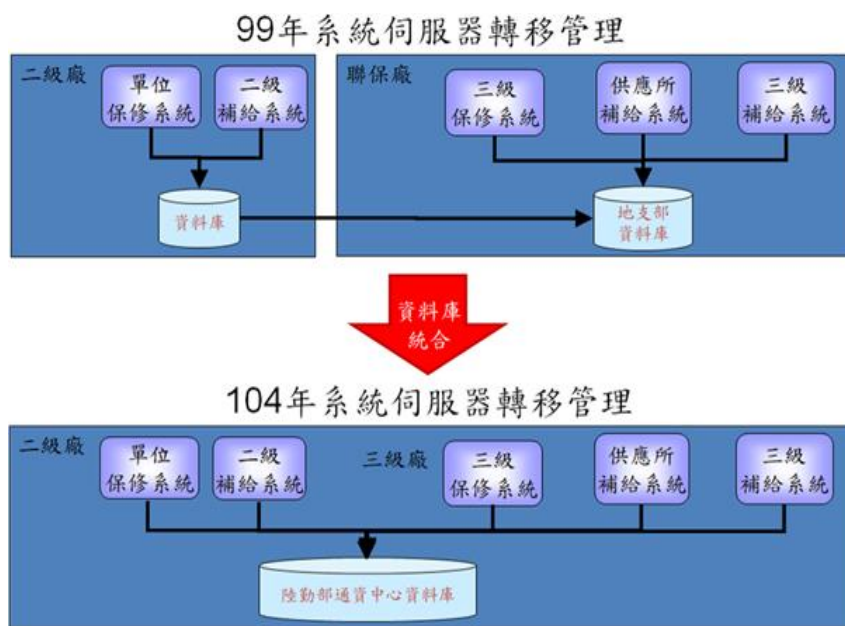


圖 3 資訊系統演變圖

資料來源：後勤訓練中心二級廠編組教案。

三、傳統補保作業與資訊化分析比較

傳統資訊系統與資訊化之差異，主要於作業時間、效能、資料回朔性與準確性之優劣比較，依目前人力持續精簡化，業務未能有效縮減之狀況下，提升作業效能為當務之急，簡化彙整資料所需時間，使資料能迅速、精準產出將是未來研改之重要方向¹³，現行補保作業以全面配合資訊化實施（作業流程如圖 4）資料各階段以可利用系統匯出產製，然裝備委商功能仍未健全，現階段仍需採紙本人工作業方式管理商維裝備，傳統作業與資訊化作業差異比較如表 2。

補保資訊系統使用狀況研析

一、系統改制前後比較

自施行資訊化系統後，與傳統式紙本作業最大差異在於作業時間、效能與資料準確性，單位執行補保作業時，依系統功能實施作業，區分為系統公告、勤務支援、工務管制、裝備整備、工廠管理、基本資料維護、補

給作業、報表列印、查詢、條碼管理等 10 項作業（如圖 5），執行期間可增加作業人員每項工作便利性，透過各項功能完成裝備申請、派工、核銷等作業；故本文透過問卷調查方式彙整資料（如圖 6），得知多數人對於系統均給予肯定，系統確實有效提升人員作業品質與正確性，可見資訊系統使用需求與演變過程，要求重點為達成人員作業「迅速」、「確實」與「資訊透明化」之目的。

二、操作人員問卷調查

資訊化系統雖已趨近完善，惟仍有相當之問題可供探討，舉凡工兵部隊委商程序與資訊化系統之關係，工兵裝備樣式眾多，大致可區分為軍維裝備（如推土機、打氣機）與商維裝備（如挖土機、裝土機、多功能工兵車），本文以問卷調查方式分析本軍工兵部隊系統使用狀況（如表 3）。

¹³ 陳凌焜，〈聯合後勤保修任務精進之探討〉，《聯合後勤季刊》，第 13 期，聯合後勤季刊社，2008 年 5 月，頁 55。

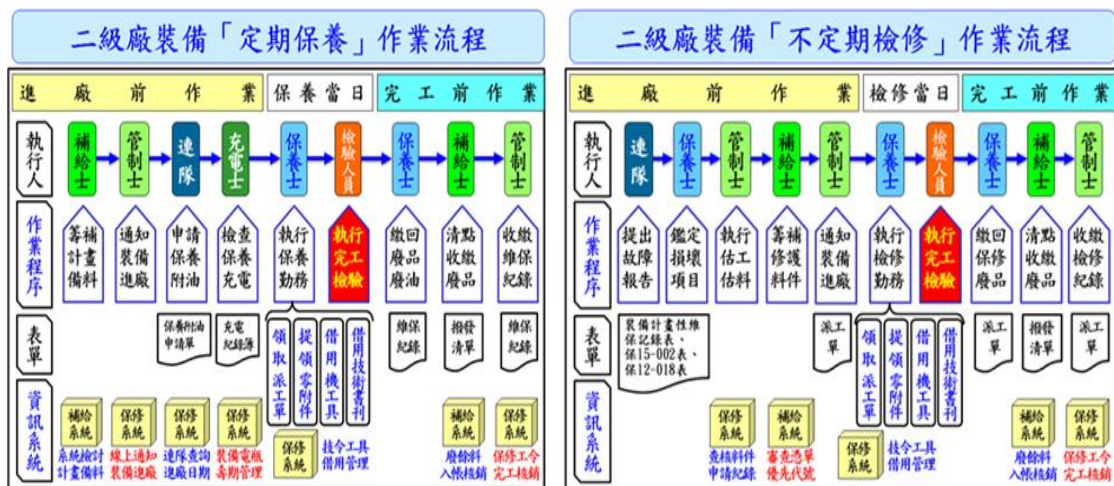


圖 4 二級廠作業流程圖
資料來源：後勤訓練中心二級廠編組教案。

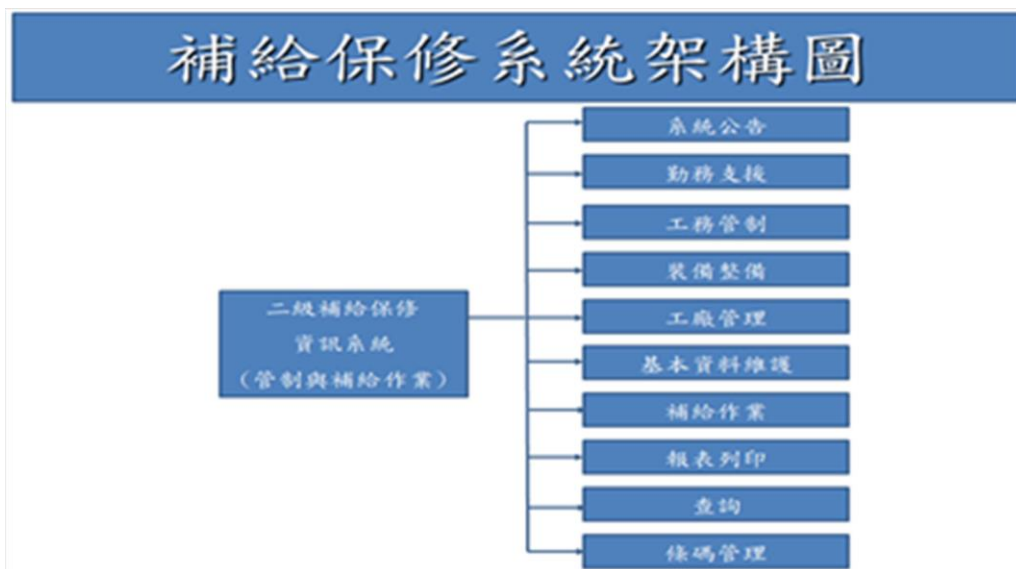


圖 5 保修系統架構圖

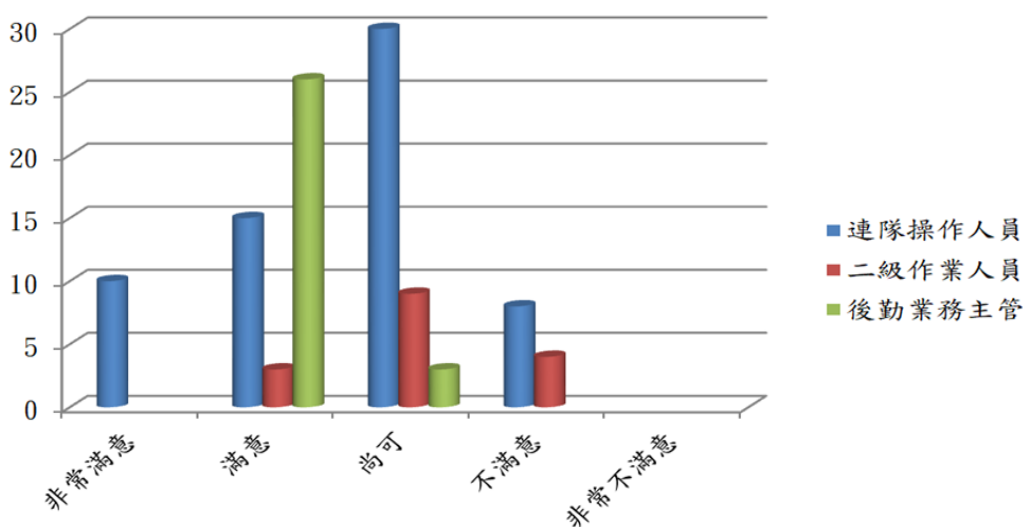


圖 6 人員滿意程度統計圖
資料來源：筆者自製。

表 3 問卷調查人數統計表

項次	調查人員	○訓中心	○兵群		○工兵群			○工兵群	
		教○營	工○營	橋○營	工○營	工○營	橋○營	工○營	橋○營
1	連隊操作人員	3	4	7	4	4	5	12	24
2	二級作業人員	2	2	2	2	2	2	2	2
3	後勤業務主管	3	4	3	4	4	5	4	2
合計		8	10	12	10	10	12	18	28

資料來源：由筆者自行彙整。

本次問卷調查綜整計「工兵部隊多為委商裝備，不利以系統管制，仍需以紙本作業方式配合外面廠商之保修單。」等 17 項建議，分析問卷各建議如下：

(一)後勤資訊系統階段

1.問題一：請問後勤資訊系統對工兵部隊使用方面滿意程度？

多數人員雖給予系統與傳統作業效率表肯定之意(圖 7)，然部分人員點出對「工兵部隊屬委商裝備之大宗，作業方式仍需配合外面廠商紙本之保修單據，無法以系統管制。」

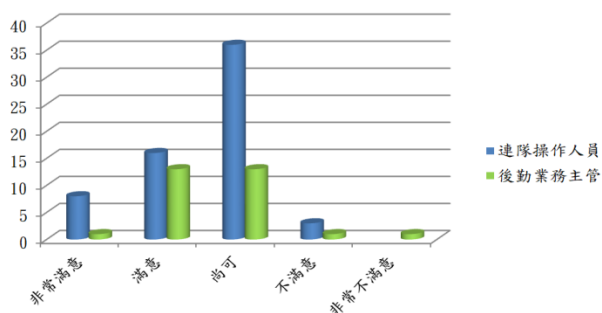


圖 7 問題一統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

2.問題二：在工兵部隊運用方面，委商裝備使用系統之連結滿意程度？經調查(圖 8)，部分人員反應「商維裝備年度契約均刊登於陸勤部網站，建議將年度契約及維修品項連結系統，以利作業順遂。」經筆者查證，陸勤

部網站刊登年度委商契約可提供下載運用，故不建議將此納入系統，增加系統處理負荷。

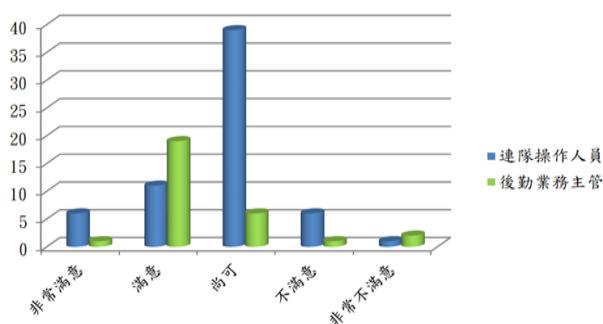


圖 8 問題二統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

3.問題三：請問單位使用連主檢模組之連主官裝檢匯出申請項目或列印主官裝備檢查表滿意程度？

調查成果統計顯示(圖 9)，系統鏈結遠比傳統作業文書保存效率較高，資料可即時由系統列印獲得，對裝備缺失與查閱主官裝備檢查項目更便利，有效縮短資料查閱時間。

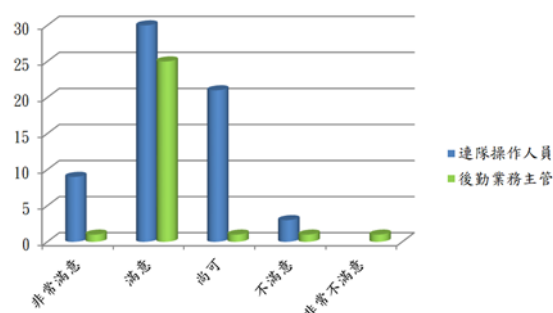


圖 9 問題三統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

4.問題四：請問單位使用連主檢模組之新增損壞項目查詢所匯出之表格滿意程度？

調查成果統計顯示(圖 10)，多數分布於尚可(含)以上至非常滿意，可清楚明瞭知道本次新增損壞缺失，然部分人員對系統建議計「建議新增損壞項目報告表於第一頁蓋章即可，不須每頁蓋章」、「新增缺失時無法於同一欄位填寫二項以上之缺失，二級廠管制士僅能以一筆工令作為回覆，無法同時使用二筆以上工令完成缺失」等 2 項。經筆者查證，依據司令部計畫¹⁴，為利單位主官(管)確認裝備各項缺失，應維持逐頁審查蓋章簽證機制；另裝備新增損壞項目不論數量，二級廠管制士將依處置類型(檢修、申請、轉廠)給予工令作為回覆，建議不予修正。

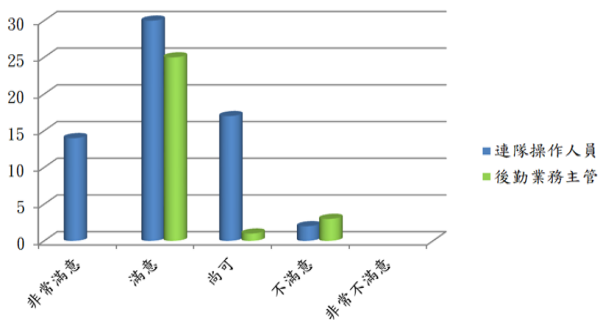


圖 10 問題四統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

5.問題五：請問單位使用連主檢模組之申(撥)補記錄查詢內工令撥發狀態表或欠撥狀態表匯出使用滿意程度？

調查結果所示(圖 12)，滿意程度均分布於尚可(含)以上至非常滿意區間，顯見申(撥)補記錄查詢內工令撥發狀態表匯出之表格，有利於申請品項申請進度查詢，資訊透明化且有效減輕部隊彙整資料負擔，提升作業效率。

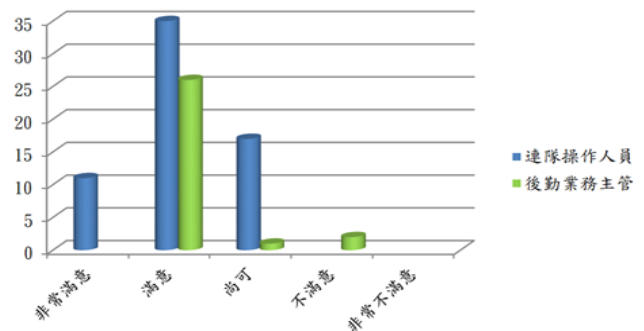


圖 12 問題五統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

6.問題六：請問單位使用連主檢模組之裝備修護紀錄歷程查詢功能滿意程度？

調查結果所示(圖 13)，部分反應「有時會查不到已修好的項目，未完修之品項有時無法顯現，連級單位無法查詢裝備修護歷程。」，此問題癥結應區分軍、商維裝備，分述如後：

主官裝備檢查新增損壞項目報告表							
材別	品名程 式	裝備序號	停用	所見 缺 失	申 請 項 目	審 查 意 見 (同意V/不同意X)	改 進 情 形
軍	2320013719577 M998A1型1-1/4噸標準馬車(附記錄)	軍2-22373		左前大燈破裂	大燈		
軍	2320013719577 M998A1型1-1/4噸標準馬車(附記錄)	軍2-22373		缺發電機保護器	發電機保護器		
軍	2320013719577 M998A1型1-1/4噸標準馬車(附記錄)	軍2-22373	☆	前馬達器輸出油封漏油	馬達器左右油封		
軍	2320013719577 M998A1型1-1/4噸標準馬車(附記錄)	軍2-22373	☆	後馬達器輸出油封漏油	馬達器左右油封		
軍	2320013719577 M998A1型1-1/4噸標準馬車(附記錄)	軍2-22373		喇叭按鈕損壞	喇叭按鈕		
						</	

圖 11 主官裝備檢查新增損壞項目報告表
資料來源：由後勤管理資訊系統-連主檢模組產製

¹⁴ 陳智豐，《109 年高級裝備檢查實施計畫》，2019 年 12 月 28 日，頁 7。

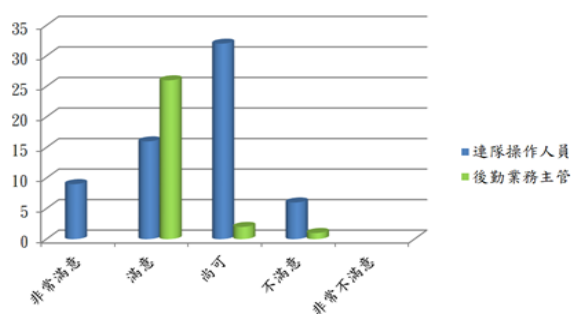


圖 13 問題六統計數據圖
資資料來源：由筆者自行彙整

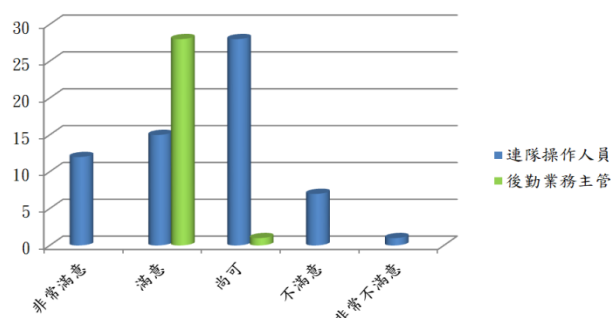


圖 15 問題七統計數據圖
資資料來源：由筆者自行彙整

(1)軍維裝備：裝備修復後二級完成系統資訊更新，電子維保表(保15-002表)會將已完修項目刪除，一級可由申撥補狀況表得知裝備歷次損壞項目及零附件申請歷程(如圖14)。

(2)商維裝備：工兵部隊屬商維裝備之大宗，然補保系統未建置商維裝備作業程序，僅能以書面方式作業，後續資料存管查閱困難，建議系統新增「商維裝備」作業程序，委商維保歷程資訊化。

7.問題七：請問單位使用連主檢模組列印停用裝備報告表功能滿意程度？

調查結果所示(圖15)，滿意程度多分布於尚可與滿意，依問卷所示「需要查看停用裝備並可列印很方便、方便了解裝備堪用性、統一匯出功能快速可查」等3筆，顯見單位對系統之此功能使用狀況良好，於列印後可資利用，提升效率成果佳，可減輕單位負擔。

8.請問單位使用連主檢模組列印主要裝備狀況表功能滿意程度？

調查結果所示(圖16)，滿意程度多分布於尚可至非常滿意區間，依問卷所示「可以知道裝備狀況、有統一介面可直接查詢，避免淪為各說各話」等2筆，顯見主要裝備狀況表可滿足單位之需求，提供完整之裝備使用建議與數據。

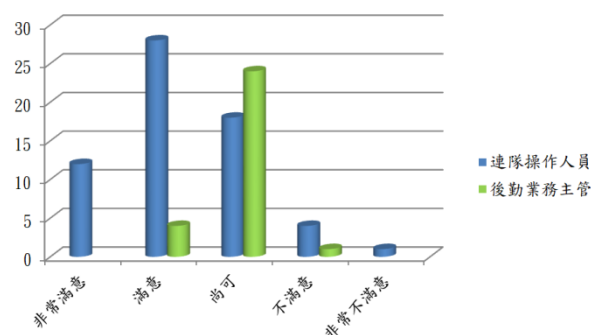


圖 16 問題八統計數據圖
資資料來源：由筆者自行彙整

調查結果所示(圖17)，滿意程度多分布於尚可至非常滿意區間，依

主官裝備檢査申(撥)補狀態表							
材別	品名程 式	裝備序號	損 壞		項 目	改 進 情 形	
			停用	回報日期		工令及憑單號碼	品名及料號
兵	1005131128292 M249式5.56公厘班用機槍	046683	☆	108.10.01	機匣鎖夾	工令: G0378-108 憑單: 34973092745009 申請數: 1、欠撥數: 1	固定鎖夾 5340011285602
兵	1005131128292 M249式5.56公厘班用機槍	046764		108.10.01	缺機匣彈簧	工令: G0379-108 憑單: 34973092745011 申請數: 1、欠撥數: 1	連彈匣底蓋 1005011285648
兵	1005131128292 M249式5.56公厘班用機槍	047243		108.11.22	缺彈匣承彈簧	工令: G0631-108 憑單: 34973093268016 申請數: 1、欠撥數: 1	連彈匣承彈簧 5360011285637
兵	1005YET086583 T01式5.56公厘戰鬥步槍(提把型)	003242		108.09.25	缺準星鎖銷、準星、準星刺銷簧	工令: G0282-108 憑單: 34973092685008 申請數: 1、欠撥數: 1	準星 1005YET077120
兵	1005YET086583 T01式5.56公厘戰鬥步槍(提把型)	003271		108.11.22	缺油盒、槍膛尾龍形、箭室尾龍形、探雷針	工令: G0637-108 憑單: 34973093268022 申請數: 1、欠撥數: 1	油盒 1005007913377
兵	1005YET086583 T01式5.56公厘戰鬥步槍(提把型)	003271		108.11.22	缺油盒、槍膛尾龍形、箭室尾龍形、探雷針	工令: G0637-108 憑單: 34973093268025 申請數: 1、欠撥數: 1	槍膛尾龍形 1005YET095300
兵	1005YET086583 T01式5.56公厘戰鬥步槍(提把型)	003518		108.08.26	下護手龜裂	工令: G0006-108 憑單: 34973092388015 申請數: 1、欠撥數: 1	下護手 1005YETJ88324
兵	1005YET086583 T01式5.56公厘戰鬥步槍(提把型)	003764		108.11.22	缺油盒、槍膛尾龍形、箭室尾龍形、探雷針	工令: G0639-108 憑單: 34973093268028 申請數: 1、欠撥數: 1	油盒 1005007913377

圖 14 申撥補狀態表系統圖

資料來源：由後勤管理資訊系統-連主檢模組產製

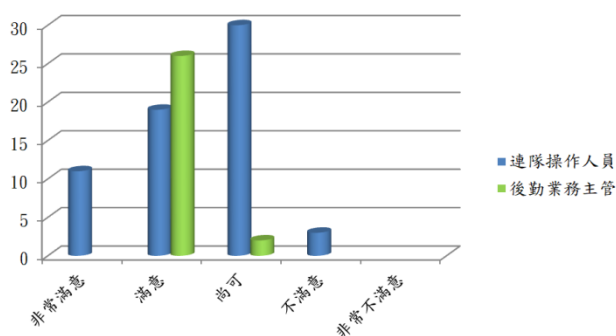


圖 17 問題九統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

問卷所示「可清楚知道裝備妥善率、隨時掌握裝備現況以利執行任務、方便統計連上的裝備妥善率、可以方便清楚瞭解裝備裝備妥善率、很實用的一個功能」等 4 筆，顯見單位妥善率狀況功能可滿足單位之需求，提供完整之裝備使用建議與數據。

10.問題十：請問單位使用連主檢模組回報當月份故障狀況、裝備待料查詢滿意程度？

調查結果所示(圖 18)，滿意程度多分布於尚可至非常滿意區間，依問卷所示「只須線上回報很方便，可清楚了解裝備待料資訊、可以迅速的知道當月是否有故障裝備、當月份故障狀況回報確實」等 3 項，顯見回報當月份故障狀況、裝備待料查詢可滿足單位需求，提供完整參數。

(二)二級管制、補給作業階段

1.問題一：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統之勤務支援作業滿意程度？

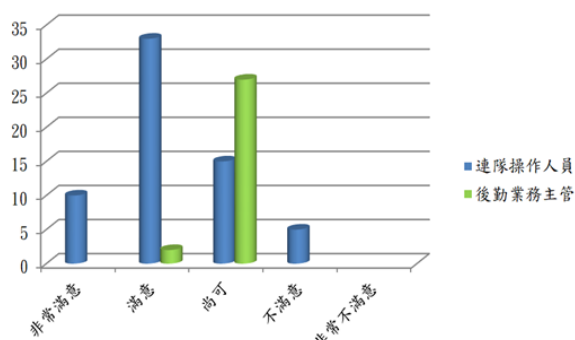


圖 18 問題十統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

調查結果所示(圖 19)，滿意程度多分布於尚可至滿意區間，顯見轉廠裝備利用資料庫之鏈結提升效率，有利二級提出申請後，即可由三級排定期程處置。

2.問題二：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內工務管制作業之定期保養計畫列表與年度預防保養計畫排成滿意程度？

調查結果所示(圖 20)，滿意程度多分布於尚可至滿意區間，依問卷所列問題計「年度預防保養計畫排成匯出格式建議以月曆方式呈現。」1 項，顯見年度預防保養計畫排定成效佳，單位可利用此功能自動產出年度預防保養計畫(如圖 21)，有效掌握裝備進廠期程；另問卷所列問題經筆者查證，部隊屬性不同(戰鬥部隊、戰鬥支援部隊)二級廠支援密度亦不同，若將年度預防保養計畫修正為月曆型式(如表 4)，雖能以月為單位區分每日進廠裝備數量，恐無法適用支援密度較大單位，建議保有原計畫表，並新增月曆方式匯出選項，依部隊需求選擇匯出型式。

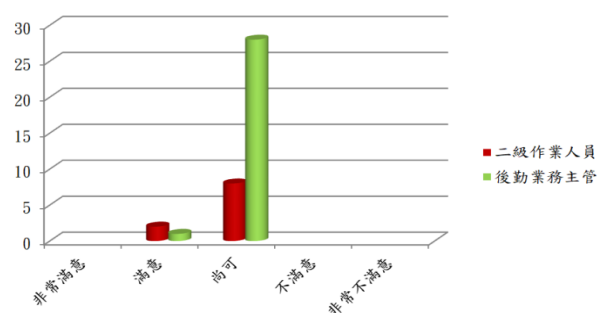


圖 19 問題一統計數據圖

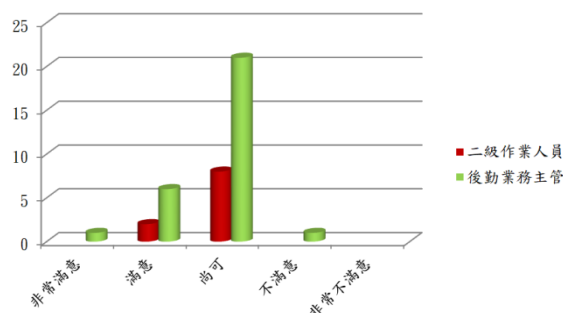


圖 20 問題二統計數據圖
資料來源：作者自行整理。

圖 21 年度預防保養計畫表系統產製圖

資料來源：由後勤管理資訊系統截錄

表 4 進廠預畫排程表(月曆式)

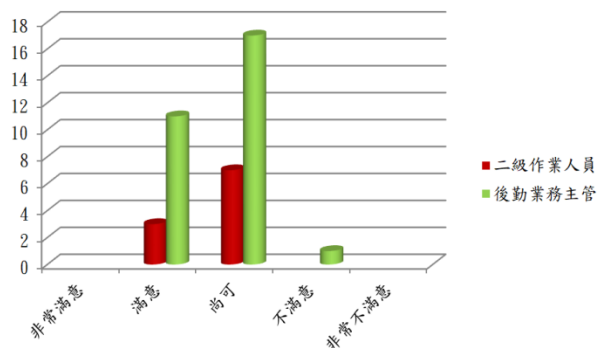
1 0 9 年 2 月 份 〇 〇 群 〇 〇 營 進 廠 預 畫 排 程 表						
星期日	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
1/26	1/27	1/28	1/29	1/30	1/31	2/1
2/2	2/3 721B 0201(Q) 320B 0567A(S)	2/4 880E 0234(L) 5KW 5133A(Q)	2/5 9CFM 4022A(Q) 430 1122A(L)	2/6	2/7 2008 0572A(L)	2/8
2/9	2/10 8000 機車 0808(Q) S185 1132A(L)	2/11 L170 1148A(Q) D85 0137A(Q)	2/12 D7H 0500(S) D7R 0505(S)	2/13	2/14 M998 20543(A) 416E 1077(Q)	2/15
2/16	2/17 壓路機 0170(Q) 75HP 01(Q)	2/18 710A 2048(L) 329DL 0567A(Q)	2/19 304 0513A(Q) SK330 0176A(L)	2/20	2/21 312CL 0577A(Q)	2/22
2/23	2/24 721F 0210(Q) 履帶機 1400(Q)	2/25 322 0578(Q) 牽引車 1234(Q)	2/26 320B 3456A(S) 410AD 5678(Q)	2/27	2/28 和平紀念日	2/29

資料來源：由作者自行設計。

3.問題三：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內工務管制作業之定期進廠通知與不定期檢修進場滿意程度？

調查結果所示(圖 22)，滿意成度多分布於尚可至滿意區間，顯見是項功能已日趨成熟，二級廠於進廠前三日通知連隊進廠，連隊接收通知後點選確認實施進廠。

4.問題四：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內工務管制作業之電瓶管理系統滿意程度？

圖 22 問題三統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

調查結果所示(圖 23)，滿意成度多分布於尚可至滿意間，連隊所列

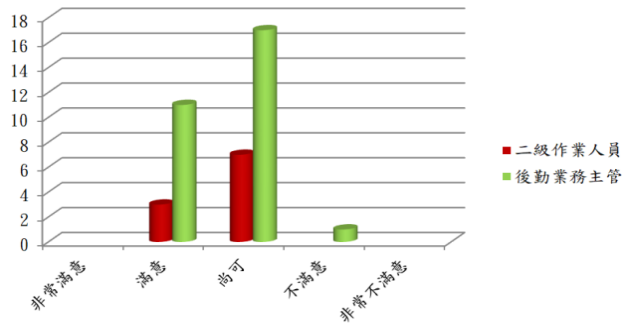


圖 23 問題四統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

問題計「電瓶管理系統管理權限為陸勤部保修處，權限未開放至單位無法修正系統資訊。」1項，經筆者查證，電瓶管理系統可修訂電瓶資訊(啟用時間)，且修改視窗具空白處可填入電瓶編號(如圖 24)，以消弭無法區分新撥發與勘用電瓶之疑慮，故建議不予修正。

5.問題五：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內工務管制作業之料件修護成果統計表與裝備補保紀錄表調製滿意程度？

調查結果所示(圖 25)，滿意程度多分布於尚可至滿意間，顯見此功能有效提供二級補保紀錄保修歷程與裝備現況，滿足部隊需求。

6.問題六：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內裝備整備之新增損壞項目回復與當月份故障回報及待料查詢功能滿意程度？

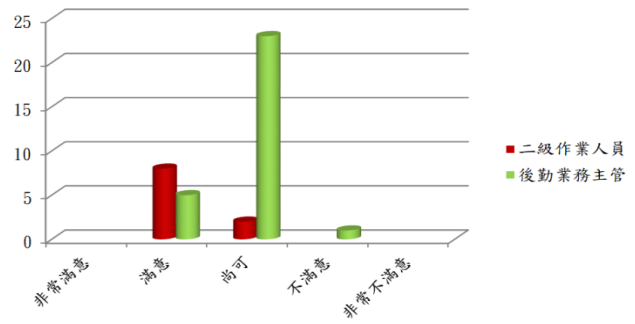


圖 25 問題五統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

調查結果所示(圖 26)，滿意程度多分布於尚可至滿意區間，顯見回報當月份故障狀況、裝備待料查詢可滿足部隊所需，提供裝備完整資訊。

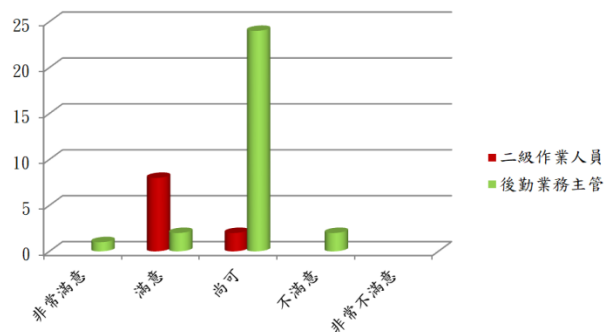


圖 26 問題六統計數據圖
資料來源：由筆者自行彙整

7.問題七：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內裝備整備之申(撥)補記錄與修護記錄查詢滿意程度？

調查結果所示(圖 27)，滿意程度多分布尚可至不滿意區間，部隊所列問題計「建議開放可以一次查詢多

圖 24 電瓶管理系統數據修訂圖
資料來源：由後勤管理資訊系統截錄

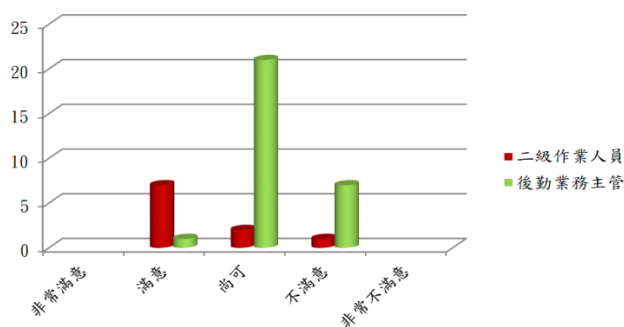


圖 27 問題七統計數據圖

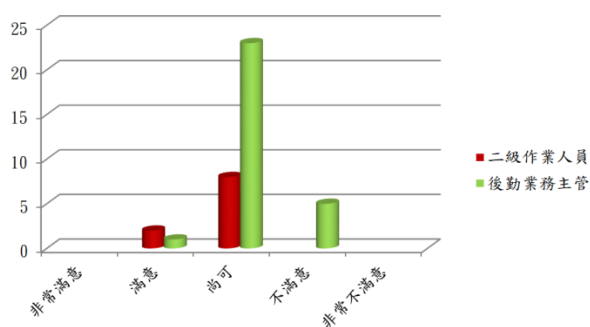


圖 28 問題八統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

個月份的紀錄，現階段一次只能查詢一個月」1項，經筆者查證，申(撥)補記錄與修護記錄可依月份或以裝備材別、型式及軍機號碼查詢，建議不予修正。

8.問題八：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內裝備整備之主要裝備狀況表與停用裝備報告表準確性滿意程度？

調查結果所示(圖 28)，滿意程度多分布尚可，顯見主要裝備狀況表與停用裝備報告表由系統產製，有效減輕部隊作業負擔，並提升資料準確度。

9.問題九：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內人員編制數維護滿意程度？

調查結果所示(圖 29)，滿意程度多分布尚可及滿意，顯見是項功能可有效協助部隊管制人員編現，單位於每日派工後系統即時統計派工人員累積時數，確維人員派工時數之公平性。

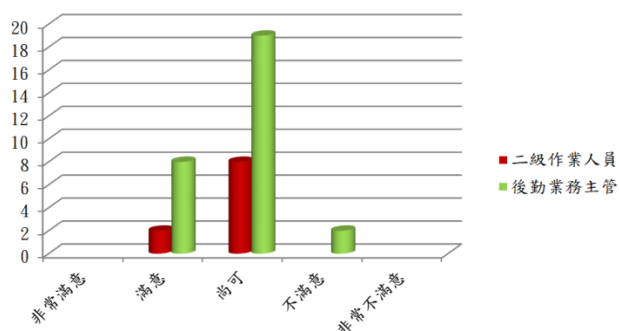


圖 29 問題九統計數據圖

10.問題十：請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內基本資料維護滿意程度？

調查結果所示(圖 30)，滿意程度分布尚可至滿意，單位於裝備異動時，可利用此功能更動基本資料之裝備品名、數量及軍用機號。

11.問題十一：請問後勤資訊系統對工兵部隊使用方面滿意程度？

多數人員雖給予系統與傳統作業效率表肯定之意(圖 31)，然部分人員點出對「工兵部隊屬委商裝備之大宗，作業方式仍需配合外面廠商紙本之保修單據；二級保修補給系統管理僅針對軍維裝備實施管理，商維裝備未納入系統管理。」等2項，顯見系統對商維裝備尚有不足之處。

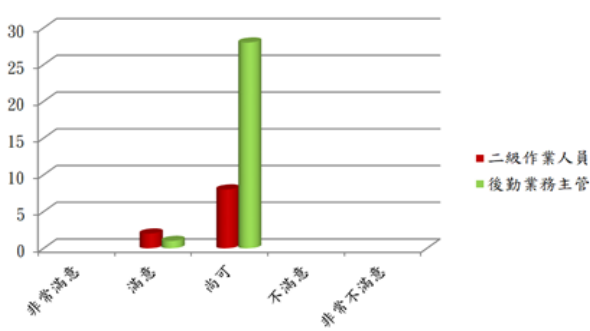


圖 30 問題十統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

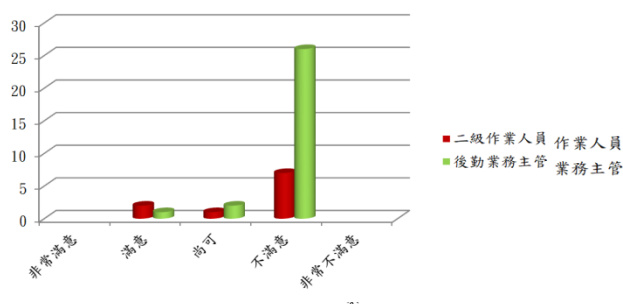


圖 31 問題十一統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

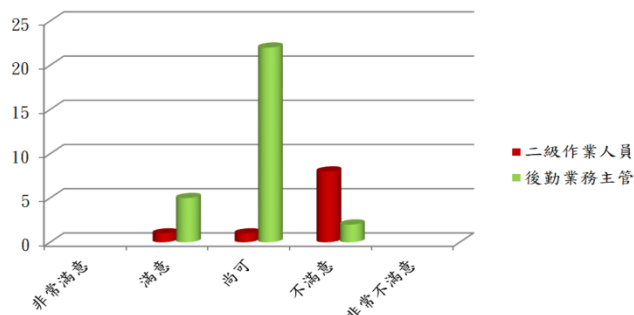


圖 32 問題十二統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

12.問題十二：在工兵部隊運用方面，委商裝備使用系統之連結滿意程度？

統計成果顯示(圖 32)，滿意程度多分布不滿意至尚可，提列問題計「申撥補狀況無法鏈結之系統罅隙」1項，現階段裝備委商維修無法運用系統管理維修進程，均需以人工紙本作業方式執行，顯見系統對委商裝備尚有不足之處。

13.請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內補給作業工兵機械自動撥發滿意程度？

統計成果顯示(圖 33)，滿意程度多分布不滿意，現今工兵裝備維保耗材及零附件籌獲區分「補保程序獲撥、大賣場採購(含緊急零購)與委商維修(購置)」等方式，工兵機械維保作業分為「軍維裝備」與「商維裝備」，獲料方式如下：

(1)軍維裝備獲料：依照補保系統提出申請，屬二級修護權責循補保體系獲料，逾三級以上權責則辦理轉廠或後送。

(2)商維裝備獲料：

A.大賣場採購(含緊急零購)：依據「單位段維保作業手冊(第一版)-第三章第三節第五款」本軍所屬機關(單位)檢討常耗低價且與民間具有廣泛共通特性之消耗性料件及通用裝

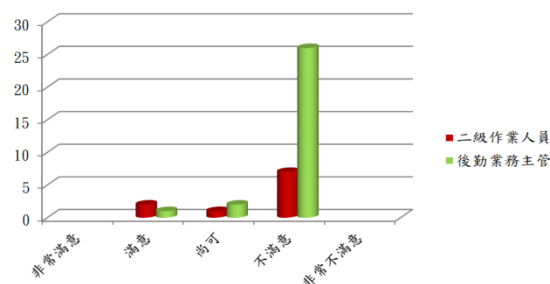


圖 33 問題十三統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

備單位段維保耗材，結合民間大賣場辦理採購，有效降低資產積壓，便捷部隊需求獲得，每月採購金額不得逾新臺幣 10 萬元¹⁵，惟採購品項範疇涵蓋「零附件、保養耗材、庫儲設施及作業耗材」等，並非每月均能滿足部隊需求。

B.委商購置(維修)：商維裝備零附件籌購僅能採購二級修護權責料件，若損壞項目逾三級(含)以上權責，則實施委商維修，此獲料管道受限於修護經費；另委商作業方式與後勤管理資訊系統無法連結，維保歷程僅能以紙本保存，資料查閱費時，故推斷此為問卷不滿意之主因。

14.請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內補給作業工兵機械 90 日備料查詢滿意程度？

統計成果顯示(圖 34)，滿意程度多分布尚可至不滿意間，軍維裝備循補保系統提出申請，完成計畫性備

¹⁵ 同註 2，頁 3-225 至 3-226。

料(90日)；商維裝備僅能逕由大賣場採購或委商購置零附件(二級)及維保耗材，故年度預算成為商維裝備獲料之關鍵因素，將直接影響裝備保養作業；另委商購置之零附件及補保耗材，因產品件號係廠商公司運作使用，並非國軍制式料號，致無法建入系統管制，須由人工紙本造冊列管，徒增管理負擔。

15.請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內欠撥月報與催繳月報準確性滿意程度？

調查結果所示(圖 35)，滿意成度多分布尚可，顯見此功能可有效提升作業效能與縮短作業時間，俾達作業準確性之目的。

16.請問單位二級廠使用二級補保資訊系統內盤點機使用接收、撥發、主官清點作業滿意程度？

調查結果所示(圖 36)，滿意成度多分布不滿意現況，依據陸軍零附

件補給作業手冊，盤點作業區分為每日、每週、每月實施盤點¹⁶(表 5)，部隊所列問題為「盤點人員未能使用自身帳號實施盤點，統由補給士帳號恐有代為清點之嫌」，經筆者驗證，各級清點人均可申請系統帳號，且管理者可藉系統稽核各週期清點回報人員，故推斷為反應單位帳號問題。

三、綜合分析

藉本次問卷得知，軍維裝備循補保系統管制已趨近完整，惟對於商維裝備「修護管制、零附件及維保耗材獲得、維保歷程存管」仍有進步空間，商維裝備損壞循補保系統修復現行作法如後：

(一)單位發現裝備損壞後，逕連主檢系統上傳補保系統聯繫二級廠，二級處置回覆應為「檢修」，由二級維保人員完成裝備損壞項目鑑定及修護權責判定後，回報管制士籌料待修，依權責區分如下：

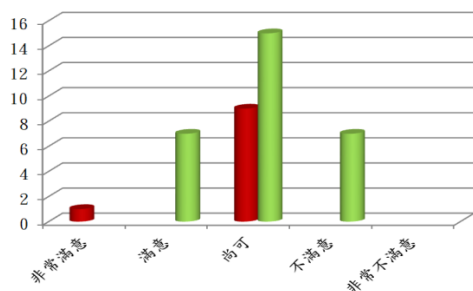


圖 35 問題十五統計數據圖

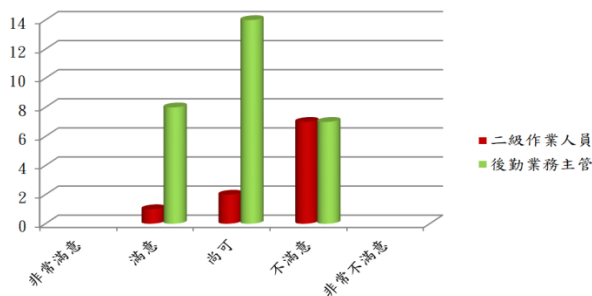


圖 36 問題十六統計數據圖

資料來源：由筆者自行彙整。

表 5 二級廠庫儲清點作法

清點週期	執行人	清點範圍	清點重點
每日清點	1.補給士 2.駐廠幹部	1.庫存核儲品項。	運用盤點機執行「清點」功能後，將清點成果匯入二級補保系統實施「線上回報」。
每週清點	1.補給士 2.營級(含比照)業管幕僚	2.如庫儲品項過多，可簽奉旅級高勤官核定後分批實施，惟仍須於1個月內完成全數品項清點。	
每月清點	1.補給士 2.二級廠廠長 3.營級(含比照)主官	1.庫存核儲品項。 2.大賣場消耗性物品(含非消耗性尚未領用品項) 3.批量撥發小型零附件。	1.列印核儲項目「存量管制月報」 2.依「消耗性物品領用清冊、存量管制月報」，配合盤點機功能實施全般清點。

資料來源：由《陸軍零附件補給作業手冊》截錄頁4-20。

¹⁶ 蘇盈嘉，《陸軍零附件補給作業手冊(第一版)》，國防部陸軍司令部印頒，105年11月9日，頁4-17。

1.二級權責：由連隊通知年度合約商(若無合約商則循小額採購)，依二級鑑定品項開立「零附件申請單」並完成簽證，獲料後由二級驗收並完成帳籍建置，續採不定期進廠派工修復，完修後二級修訂系統資訊。

2.三級權責：二級鑑定後辦理轉廠，連隊續依聯保廠檢驗士鑑定表之品項，通知年度合約商開立「保修、零附件申請單」(若無合約商則循小額採購)並完成簽證，廠商完修後由聯保廠檢驗士實施驗收(未合格則由廠商無償完成修復再行排定複驗迄合格止)，驗收合格後由二級廠修訂系統資訊。

3.五級權責：二級鑑定後辦理轉廠，連隊續依基地廠庫檢驗士鑑定表之品項，通知年度合約商開立「保修、零附件申請單」(若無合約商則循小額採購)並完成簽證，廠商完修後依修復權責由基地廠庫檢驗士實施驗收(未合格則由廠商無償完成修復再行排定複驗迄合格止)，驗收合格後由二級廠修訂系統資訊。

(二)上述維保作法雖可循補保系統執行，惟「裝備鑑定後」至「修復驗收前」之區間，無法藉系統查詢執行進度；另委商籌獲之零附件及維保耗材，所列條碼及料號係廠商為方便料件管理所自創之件號，並非國軍 13 碼料號，無法建置於補保系統，故無法使用制式條碼機實施清點，僅能以紙本造冊清點，增加管理負荷。

研究建議

本文除藉問卷方式探討工兵部隊系統使用狀況外，並查詢國軍現行法令規範及年度委商契約，歸類商維裝備導入後勤管理資訊系統可行性之影響因素計「料號申編作業、系統功能研改、修訂委商契約」等 3 項，其

中「料號申編作業」為影響商維裝備導入系統之關鍵因素，處置建議詳述如後：

一、料號申編作業

(一)料號申編目的係為制定標準作業規則及流程，依料號納管其相關資料，作為後勤補給、存管、撥補、生產製造及後續採購之依據與參考¹⁷，依據「陸軍零附件補給作業手冊(第一版)第二章第二節 02005、02007 條」，料號申編得於「國軍軍品具有兩個軍種以上同時使用時」、「國軍軍品符合各國工業標準時，如美國軍用標準規格(MS)、中國國家標準(CNS)、日本工業規格(JIS)」、「納入國軍後勤補給管理具有後續需求者(高消耗品項)」等時機實施，由基地廠實施料號申編作業，經陸勤部(初審)及國防部(複審)審查合格後，編賦國軍料號，惟準則條文 02004 所述「共同供應契約或大賣廠購得品項、技術合約、勞務」等不在此範疇，故經委商及大賣場所籌獲之零附件(含維保耗材)，均不得實施料號申編，亦無法納入後勤管理資訊系統內管制。

(二)本軍僅部分商維裝備納入後勤管理資訊系統，經查是項裝備係採「軍商維併行」補保方式，除得採委商維修(獲料)方式外，且具備國軍補保體系支援，惟該項裝備須為部隊使用率最高、數量最多及各部隊均有編制配賦等條件(如 3.5 噸載重車、1 1/2 噸指揮車等)，並非所有商維裝備都可納入，反觀工兵商維裝備項多量少，較不易採「軍商維併行」補保方式執行。

(三)以申編 1 項料號為例，首先須判別料號型式、區分與種類(組別、類別、國家代號、鑑定序號)，接續查詢料件規格及功能是否與美軍編目文件相符(含已廢止或汰除之軍品)，無法

¹⁷ 同註 16，頁 2-1。

查獲料號則應申編定國軍料號，料件諸元查詢及拍照，定義料號代碼後即完成作業，援上，料號申編作業繁瑣，要將現行工兵商維裝備全數完成料號申編實有困難，但仍建議能朝此方向努力邁進，期盼達成商維裝備導入後勤管理資訊系統。

二、系統功能研改

「後勤管理資訊系統」其建置目的係減輕人員作業負擔、提高作業效能與資料準確性為原則，藉本次研究發現系統對於商維裝備居多之工兵部隊已不敷使用，綜合本次問卷所列問題，系統功能研改建議(如表 6)如下：

(一)新增商維裝備功能選項，俾有效掌握「裝備鑑定後」至「修復驗收前」區間之修護進度及維保歷程存管；另將廠商年度契約所提列之零附件及維保耗材建入系統，以利後續維管作業。

(二)建議補保系統年度預防保養計畫，除保留原有格式外，並新增月曆型式選項，依部隊需求選擇匯出格式。

三、修定委商契約

為利委商籌獲之零附件及補保耗材管理(建帳、清點、廢品繳回等)，採購案製作時，由我方提供裝備零附件(含耗材)料號，要求廠商供應之維保零附件及耗材，須標示國軍制式 13 碼料號(包裝貼紙及條碼)，並將此納入採購計畫契約附加條款(定保件、定檢件及可修件項目)；另訂定違規處罰

辦法予以計罰，如履約期間合約商違規達解約標準，除沒收履約保證金外，且依政府採購法第 101 條(以虛偽不實之文件投標、訂約或履約，情節重大者)及 103 條(刊登政府採購公報，管制期間不得參加投標、不可作為決標對象或分包廠商)¹⁸辦理，確維我軍權益。

結語

「後勤管理資訊系統」為國軍資訊系統內，範疇最廣且使用層面最深之系統，有效整合後勤業務，統一作業平台及資料庫資訊交換與彙整，提升部隊作業效率並減輕人員作業壓力，透過本次之研析，發掘部隊執行窒礙及系統功能不足之處。時代快速變遷，現今各國紛紛邁入工業 4.0 世代，由雲端、大數據與物聯網所構成之平台，升級為「雲端運算結合巨量數據之物聯網」，「軟體」及「系統整合」朝向網路化、智慧化、協同化發展¹⁹，後勤管理資訊系統也應與時俱進，維保作業及管理資訊化，減少人工紙本存管方式，持續掌握部隊使用狀況，作為精進系統研改之參考，更能凸顯後勤管理資訊系統成功之處，創造屬於國軍的工業 4.0，提升我軍後勤能力。

表 6 補保系統功能研改新增修訂對照表

項次	系統原始功能	研改後功能	備註
1	無	新增商維裝備功能選項，使委商維修作業系統化，並將委商契約所提列之零附件及維保耗材，建置於補保系統。	新增
2	年度預防保養計畫目前呈現方式為每項裝備於每月進廠日期。	除保留原有格式外，並新增月曆格式選項。	修訂

資料來源：筆者自行彙整。

¹⁸ 同註 6。

¹⁹ 韋康博，《工業 4.0 從製造業到「智」造業，下一波產業革命如何顛覆全世界》，商周出版，104 年 12 月，頁 10。

危險河川水域舟艇翻覆處理之探討

--莊仲賢士官長--

提要

- 一、舟艇漕渡乃是促進我軍部隊機動，使能越過河川障礙的任務，現行工兵部隊於執行舟艇漕渡訓練乃至汛期執行水患救援任務時，在面對舟艇翻覆後之處置作為並未多所琢磨，故須提升舟艇訓練效能以及對危險河川翻覆有更精確的處置作為，降低作業風險。
- 二、工兵部隊在歷次水域救災任務經驗檢討後，急需建立舟艇操作人員能在危險河川水域應處之作為，其中除加強舟艇水上操行能力、急流自救技巧，能同時克服舟艇翻覆自救技巧，進而因應複雜多變之救災環境及挑戰，應以主動積極、爭取時間、強化效能為目標，提昇平、戰工兵支援能力。
- 三、舟艇漕渡本就為工兵部隊任務，在面對湍急的河川，甚至爾後的淺水佈雷任務的淺海區域的海浪，必須要有「未雨綢繆」的想法，配合不同水域適時調整訓練方式，乃至狀況發生後的處置作為，凡事「循程序、按步驟、遵要領」，方能確保部隊安全及任務達成，以達「平時能救災、戰時能作戰」之目標，以符國人期待。

關鍵字：舟艇、危險河川、翻覆處理

前言

現代戰爭，由於科技發達，部隊裝備日新月異，機動作戰成為用兵思想之主流，部隊以具閃電的活力行靈活的戰鬥，始能主宰戰場，因此舟艇漕渡乃是促進我軍部隊機動，使能越過河川障礙的任務，現行工兵部隊於執行舟艇漕渡訓練乃至汛期執行水患救援任務時，而臺灣本島河川走向均為東西流向且因地形因素產生不同的水流，因此舟艇於靜水域、河川水域與海浪水域等最大不同是「持續水流」以及「複雜地形」，這兩大因素造成河流操行的獨特性，再者便是「枯水季與雨季水量明顯差異」，同一條河川在枯水期跟雨季簡直是兩條不同的河川，這使得舟艇於河川操行更具困難性與挑戰性，也增加舟艇翻覆可能性，而

工兵部隊在面對舟艇翻覆後之處置作為並未多所琢磨，因此本研究探討舟艇於危險河川水域所遇之狀況及舟艇翻覆後之處置作為，藉由本研究，期能使工兵部隊幹部乃至舟艇操作人員對危險河川翻覆有更精確的處置作為，降低作業風險。

危險河川水域分析及區分

一、臺灣河川特徵

依臺灣各地形環境的河川均具備「坡陡流急、洪枯差異懸殊、高含沙量」等三大特徵，詳細說明如下：

(一)坡陡流急

臺灣的河川大都發源於 2000 公尺以上的山區，但是全臺灣河流長度超過 100 公里者卻只有濁水溪、高屏溪、大甲溪、淡水河、曾文溪、烏溪

這 6 條，就算取較長的大甲溪為例，其發源地高度為海拔 2920 公尺，而大甲溪的長度為 124 公里，平均 1 公里要下降 23.6 公尺之多，比較其他地區或國家的河川來說，臺灣可說是處處坡陡流急。

(二)洪枯差異懸殊

河川水域面積較小者，其流量受降雨量影響越快速且明顯，加上近年來臺灣的水土保持欠佳，幾乎一下雨河水就快速上漲。依據統計，全世界的各大河川其洪水量超過每秒鐘 10000 立方公尺的只有 40 多條，然而臺灣卻佔了其中的 6 條，可見臺灣雨季時的洪水量龐大驚人，也更加強了舟艇於河川操作技術的重要性與必要性。

(三)高含沙量

臺灣河川(圖 1)的上游大多是脆弱的黏板岩地質，易受侵蝕冲刷而下。夾帶大量沙石的水流除了混濁影響能見度之外，同樣流速狀況下，有沙石的濁流其水流力量較大，侵蝕與破壞力也較強，濁流還會使水庫沉積水道淤塞降低使用年限。



圖 1 臺灣主要河川支流圖

資料來源：lincad 臺灣永續，主要河川支流圖，www.epa.com.tw，檢索日期：西元 2019 年 2 月 21 日。

二、水流速度與力量

河川急流有三特性「強勁、持續不斷、可預測」，水流的力量可以從水的流速與現場的深度、寬度來作計算，流速依河川中不同部份而異。一般而言，進河身中間之水流速度較快，近岸邊之流水較為緩慢，河川較寬流速亦較為緩慢。

(一)測量流速

欲決定一條河川之流速時，先需沿河岸測算一段距離，然後投入可浮游之輕型物體於河中，紀錄該物體在所測定距離中浮游所需之時間。反覆此一程序，將所試驗之平均時間公式(圖 2)，即可決定流速。

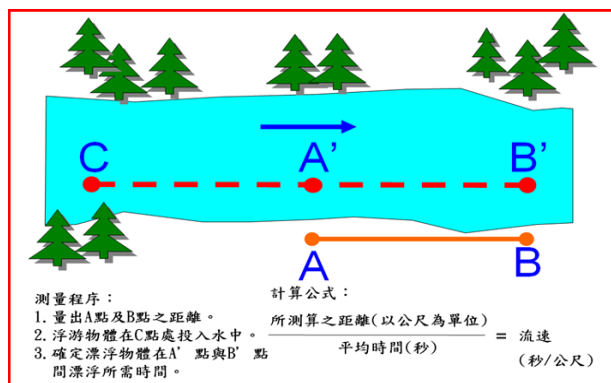


圖 2 測量流速之方法

資料來源：余志柏，《陸軍偵察突擊舟操作手冊(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部印頒，西元 2014 年 6 月 25 日)，頁 1-5。

(二)水流力量

水流流速與水流力量關係，如表 1 所顯示：

假設河川是一個長方形，則單位時間通過的水量＝河寬×深度×流速；若單位時間通過的水量固定，則流速和河寬、深度成反比。即河川的寬度或深度突然縮短一半，則流速會加倍。此外因為水流力量是根據平方的法則，這意味著流速加倍，力量則增為 4 倍。

三、河川危險因素¹

河川之危險因素可分為大自然及人為因素所造成，每種因素都暗藏危機，能輕易奪走人命。危險因素包括

¹ 葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，27 頁。

表 1 流速與水流力量關係

水流速度		平均水流力量					
流速(英哩/公里)		腳部(磅/公斤)		身體(磅/公斤)		船艇(磅/公斤)	
3.0	5.0	16.8	7.6	33.6	15.3	168.0	76.3
6.0	10.0	67.2	30.5	134.0	60.8	672.0	305.1
9.0	15.0	151.0	68.6	302.0	137.1	1512.0	686.4
12.0	20.0	269.0	122.1	538.0	244.3	2688.0	1220.4

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，頁 15。

水流力、水流危險區域、河道中障礙物、突出的礁石及斷層、低水溫、風災與洪水等變化造成，以下是最常發生的因素：

(一)水流暴漲

當風災與洪水氾濫時，水流的困難度升高。而河道水面迅速暴漲時，舟艇於操作更變為困難，且具危險性。

(二)人員落水失溫

低溫會讓你的判斷能力降低，浸泡在冰冷水中過久，會讓人體溫度迅速的流失，有生命危險。

(三)障礙物

河道的大樹、橋墩、突出礁岩等，常無預警出現，讓舟艇操作增加困難度。

(四)低水壩、暗礁和水力系統

當水流衝擊以上障礙時，會造成一股強勁渦流，此渦流會陷住舟艇或水中人員。

(五)人為造成因素

人工之障礙、橋墩、攔水壩、疏洪道、毒物... 等。

四、危險水域介紹

當河川水流一直維持著真實不變的道理，水往低處流，它就變得可以預測，這相關的知識可提供經訓練、有經驗的舟艇操作手，在任何一種水域都具備有優勢，因為水流是可以預測的。而河道之主要水流(又稱分層流圖 3)，常態出現於河道正中央，遇障礙時會改變主流的方向。流速從表層至河底而有不同，最慢的在底部，最快的在表面。

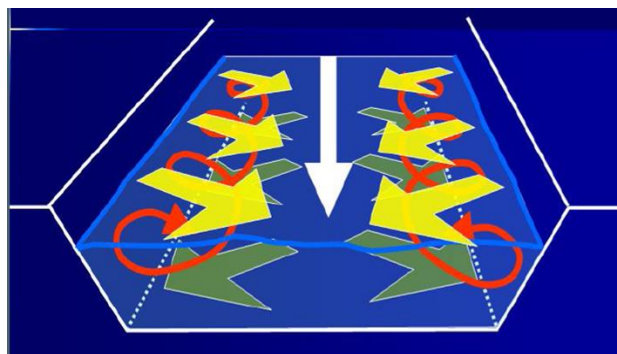


圖 3 主流流動截面圖

資料來源：向興華，《河川危險區域辨識暨水流水域介紹 PPT》，(南投：內政部消防署編印，西元 2010 年 1 月)，頁 17。

而河川水流因各種地形、水量、水下障礙物衝擊後，形成各種危險水域，因此當人員於水域作業時，必須具備基本水域分析與判斷能力，才能降低危安風險。歸納各種水域可區分為 12 種如下列所述²：

(一)主流區(圖 4)

河道之主要水流(又稱分層流)，常態出現於河道正中央，遇障礙時會改變主流的方向。流速從表層至河底而有不同，最慢的在底部，最快的在表面。



圖 3 主流區

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，頁 16。

² 同 1。頁 16-26。

(二)緩流區(圖5)

位於主流區兩側，流速較為緩慢區域；或在寬廣河面之流域緩慢的水流。



圖 4 主流區



圖 5 緩流區

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，頁 16。

(三)迴流區(圖6)

迴流的形成原因是因為在河水行進的路線上碰到障礙物(石頭、樹木、橋墩)，河水受到障礙物的阻擋而降低流速，水流在障礙物的後方則會形成一股相對低壓(看起來水面稍低)，因此四周的河水便會填補過去，加上水流原本流向下流的速度便形成渦流現象。



圖 6 迴流區

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，頁 26。

(四)白色水域(圖7)

水流在急流中碰撞障礙物後產生白色氣泡的水域。它是充滿氣體的水，最高可有 60% 的空氣。過多的氣泡會使你的浮力降低，導致你下沉而無法呼吸造成危險。白色水域依危險程度區分為 1~6 等級(普通~極危險)。不適合於在此區活動，應該想辦法避開。



圖 7 白色水域

資料來源：陳國忠，《101 年教育部校園水域安全宣導種子教師培訓研習手冊》(新北：新北市政府消防局編印，西元 2012 年)，頁 22。

(五)低頂水壩(圖8)

這是一種人造障礙物，通稱為堰、攔砂壩或淹沒機器。它有跟皺眉洞相同的問題，難以脫困。跟皺眉洞最大的不同是，其通過的水流所產生之橫向迴流如同洗衣機般不停的翻滾而且橫跨左右岸；人員或船艇陷入將會有高度的危險。人員如果不幸進入應先捲屈身體循脫離路線攀附水底石頭離開橫向迴流脫困。



圖 8 低頂水壩

資料來源：葉泰興，《國軍部隊重大災害訓練教材增訂編輯》(南投：內政部消防署編印，西元 2016 年 3 月)，頁 17。

(六)滾輪流(圖9)

此水流蓋過障礙物時，於瞬間落差（一公尺以上）之下游發現，這是上游順流而下的強勁水流，遇到落差後，與落差後反彈上衝的水流交會形成。【與低頂水壩相似，為天然形成】

1.河道水面會突然造成翻滾現象，很容易辨識。

2.目視河道上出現翻滾現象時，盡速往旁邊支流避開。

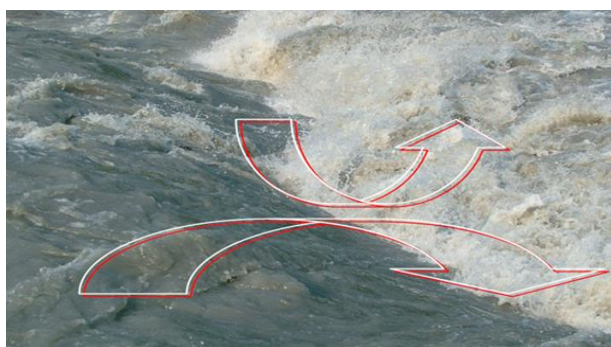


圖 9 滾輪流

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 3 月)，頁 22。

(七)沸騰線(圖10)

水流通過障礙物的下游發現，這是迴流向上游的水流遇上持續向下游流動的水流所產生。這兩股水合在一起會垂直往上升，在水的表面造成一種沸騰的現象。



圖 10 沸騰線

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 1 月)，頁 18。

(八)過濾器(圖11)

流動水中的堆積岩層或漂流木。過濾器能讓水穿過，但卻能使人 and 船隻陷於其中產生危險。臺灣常見的是颱風過後，河道中滿布的漂流木即會堆積成過濾器救援人員應盡量避開。



圖 11 過濾器

資料來源：向興華，《河川危險區域辨識暨水流水域介紹 PPT》，(南投：內政部消防署編印，西元 2010 年 1 月)，頁 27。

(九)上游“V”(圖12)

V 的尖端指上游，上游 V 表示水流通過或環繞一個障礙物所形成。這個障礙物通常只在水面下。上游 V 的大小通常並不表示障礙物的大小，上游 V 從水面很難發現，但若看見最好避開。



圖 12 上游“V”

資料來源：向興華，《河川危險區域辨識暨水流水域介紹 PPT》，(南投：內政部消防署編印，西元 2010 年 1 月)，頁 28、29。

(十)下游“V”(圖13)

V 的尖端指向下游。也稱為舌頭“tongue”。這種 V 是由於水流通過兩個障礙物之間而形成的，通常表示那段水域的流速特別快或河段中最深、最無障礙的通道。



圖 13 下游“V”

資料來源：向興華，《河川危險區域辨識暨水流水域介紹 PPT》，(南投：內政部消防署編印，西元 2010 年 1 月)，頁 28、29。

(十一)覆蓋流(圖14)

河道由寬，往下游急速變窄，主水流被推向底部，支流則被強壓至河道邊際撞擊彈回，重新覆蓋主水流所造成。看似可怕，但容易快速通過。



圖 14 覆蓋流

資料來源：葉泰興，《國軍部隊重大災害訓練教材增訂編輯》(南投：內政部消防署編印，西元 2016 年 3 月)，頁 17。

(十二)旋渦流(圖15)

當水流被迫繞著岸邊轉彎處，或障礙物時，即會形成漩渦。

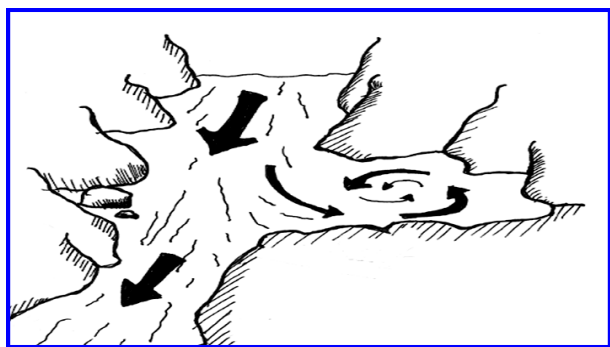


圖 15 旋渦流

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 3 月)，頁 26。

1.該水流極易讓人員或物體無法自然流出。

2.人員陷住脫困方法：由岸邊順漩渦游往上游與正水流交會處，再以(45度角)往上游用攻擊式(著救生裝備之抬頭捷泳)朝主流方向游泳離開。

五、河川等級分析³

國際河川水域分級，共分為6級，這是用來比較全世界河川，依其困難度分級的國際版本。而臺灣地區急流河川經交通部國家風景管理處評定，花蓮縣秀姑巒溪屬4級的進階河川：

(一)第一級：容易級

很快的移動水流，有急而小的水波。很少障礙，障礙明顯且稍微的訓練就可以避過。游泳者的風險輕微；自我救援是容易的。小波浪的水流，障礙少。水流速度每秒 0 至 1 公尺。

(二)第二級：新手級

清楚的河道不需觀察。岩石和中等大小波浪容易被有訓練的操艇人員避開，游泳者很少被傷害，偶有礁石和中等波浪，但很容易被訓練有素之救援人員掌握。此級屬有些高及寬波浪的急流，但它是能見度佳的河道，水流速度每秒 2 至 5 公尺。

(三)第三級：中等級

在快速水流做複雜的運作和在狹窄的通道作好舟艇操控是必要的；大的波浪或障礙物可能出現但是容易避開。強勁漩渦和水流常常能被發現，特別在河川流域活動，帶有不規則的波浪的急流，通常可能淹沒人員與舟艇，水速度每秒 6 至 10 公尺。

(四)第四級：進階級

強而有力的急流，是可預期的湍急與惡流。依河流的特性，它可能有且不可避免的波浪、障礙物或緊縮通道，需要能在壓力下快速操控。又長又困難的急流，帶有寬闊與瞬間縮

³ 同 1。頁 29。

小的河道，在洶湧的水中通常需要精確的評估，然後再實施應變，水速度每秒 11 至 15 公尺。

(五)第五級：專家級

水流極端地漫長，阻隔或非常粗暴湍急，將操舟與水中活動者暴露在增加的風險中，水域可能包含大且不可避免的波浪、障礙、陡峭坡、擁擠的水道、複雜而緊迫的路徑。旋渦存在的可能性小，所見到是狂暴或活動困難的急流，水速度每秒 16 至 20 公尺。

(六)第六級：極端冒險級

這些水域幾乎從未被嘗試，屬於非常危險之急流或洪水，從國際案例發證明此水域是極端困難難測與危險。水速度每秒 20 公尺以上。

舟艇於危險河川水域翻覆處理作為

工兵部隊在歷次水域救災任務經驗檢討後，急需建立舟艇操作人員能在危險河川水域應處之作為，其中除加強舟艇水上操行能力、急流自救技巧，能同時克服舟艇翻覆自救技巧，進而因應複雜多變之救災環境及挑戰，應以主動積極、爭取時間、強化效能為目標，提昇平、戰工兵支援能力。

一、舟艇危險河川水域操行說明

(一)直線操行

舟艇操行人員需面對下游來判斷左右岸，出發回岸都應面對上游，過急流或淺水域時最好打空檔。

(二)轉彎要領

船身要快速迴轉時(圖 16)，艇上人員傾斜向同一側，將操縱桿上拉會更容易迴轉。乘座位置應考量重心與平衡，多人乘坐時，位置更需要保持一定的交叉平衡，以防止翻覆意外產生。

二、人員危險河川水域自救技巧說明

當舟艇人員於河川急流操作過程當中，如於白色水域、滾輪流、上游“V”、



圖 16 水上舟艇急轉彎(人員傾斜向同側)
資料來源：工兵訓練中心，《103 年新式舟艇接裝訓練紀實》，西元 2014 年 4 月。

下游“V”或遇過濾器等水域，或因人員驚恐慌張導致肌肉收縮、身體僵硬以及因體力耗竭致使人員無法順利執行救援任務或不幸發生落水不易自救時，本身需具備基本急流自救觀念，確保於急流水域操作之生命安全。

(一)急流保護性游法

1.急流自救

自救之基本原則為利用身上或身旁任何可增加浮力的物體，使身體浮在水上，以待救援；保持體力以最少體力在水中維持最長時間，為達此要求，必須緩和呼吸頻率，放鬆肌肉，並減慢動作。

2.急流仰漂確保姿勢(圖17)

除了有好裝備，還需要注意到姿勢。保持頭朝上游，腳朝下游的姿勢，當人入水中，無法游泳或站穩時，應立即採仰漂的確保方式，頭朝上游，腳朝下游，順流水靠岸際，只要記得保持雙腳朝下游的姿勢，身體可微彎向前看，但不要採取彎腰立泳，因為很容易因上半身浮力大，被水一沖就會使頭部在前只要頭部在前就很危險。

3.浮力確保(圖18)

人員入水後的確保方式，利用救生衣或浮具的浮力在水面上輕鬆呼吸雙腳應先併攏，以免下半身產生空隙而使下體或腹部撞上硬物。當雙腳碰到礁磯石塊或障礙物等，比較不會受



圖 17 頭朝上游，腳朝下游仰漂姿勢

資料來源：葉泰興，《國軍部隊重大災害訓練教材增訂編輯》(南投：內政部消防署編印，西元 2016 年 3 月)，頁 40、42。



圖 18 漂流運用雙手協助平衡姿勢

傷，因為此時身體有浮力幫助，可以降低頭、胸、腹不撞上危險的東西。如遇到阻礙物，此時便可試圖以手腳在水中平衡身體，調整姿勢，想辦法固定下來，甚至脫困。

4. 急流雙人或多入仰漂脫困(圖19)

救者以雙腿夾住待救者腰際，雙手抓住待救者肩上救生衣，如此可避免分散，並互相照應。

(二)急流防禦式游法(仰漂仰泳)(圖20)

採仰姿、雙腳前伸微彎，漂流時身體儘量保持水平姿勢，眼睛注視下游，遭遇障礙需改變方向或減緩漂流速度時，可採取雙手向後仰泳助游方式。遇大波浪時，可以雙手遮掩水波，側頭注視前方。遭遇大渦流區時，平躺水面，兩腳併攏伸直，指尖上翹，頭微上抬面向下游指尖處，雙手屈肘抓握救生衣領口內緣，手肘內縮，使身體成的姿勢平行於水面，利用箭穿水之原理，保持人體之張力在最小的情況，可以應付任何的渦流水域。

(三)攻擊式游法(抬頭捷泳)(圖21)

即為抬頭捷泳方式，應保持頭部在水面上，以便注視目標或注意障礙處，注意事項同防禦式游泳；不管是防禦式或攻擊式游泳，都應儘量考慮利用 45 度渡河角度之應用，以達到省力快速的目的。



圖 19 雙人或多入仰漂脫困姿勢

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 3 月)，頁 42。



圖 20 防禦式游法姿勢



圖 21 攻擊式游法姿勢

資料來源：葉泰興，《急流救生訓練教材》(南投：內政部消防署編印，西元 2011 年 3 月)，頁 40。

三、舟艇翻舟自救技巧說明

(一)使用時機

因急流中障礙物、地形(河道彎曲、翻滾流、漩渦流..等)流速波浪過大...等狀況發生時，易造成舟艇翻覆，須將舟艇導正，以便於執行操作使用。

(二)操作要領

1.舟艇下水前須於中央側，固定環綁緊翻舟自救確保繩索。

2.舟艇翻覆後翻舟人員1人應儘速游往M字型偵察突擊舟舟舷結構之4公尺長自救確保繩索處抓住繩索，攀爬登上翻覆舟艇上，引導落水人員合力一股作氣，將船艇翻正。

3.於舟艇翻正時，登艇人員1人已抓住舟艇中央繩，該員已於第1時間進入舟艇內，並協助其他人員返回船艇。

4.登艇人員應儘速拉起落水人員，並穩固舟艇及控制方向，清點人員裝備。

5.注意事項：

(1)人員於前述12種危險水域造成舟艇翻覆後，須先行運用本章第二節危險河川水域自救技巧脫離危險水域後再行實施翻舟自救操作要領(如圖22-25)。

(2)如舟艇翻覆距離與操作手過遠，已確認無法救援，為人員安全為重，則選擇放棄舟艇，採正擊式向上游45度往岸邊上岸。

(三)避免舟艇翻覆技巧

1.舟艇於水上操行時，舟首必須要頂浪(海邊激浪)或面對上游(溪流急流)，嚴禁舟艇左右舷對抗水水流，易發生翻覆。

2.人員於舟艇內時，要考慮左右舷平均分配，須使舟艇中心保持於舟軸線。

3.舟艇於溪流操行時，盡可能避開水域主流區，因此區急流大不易掌握。



圖 22 攀爬登上翻覆舟艇上



圖 23 落水人員翻正舟艇



圖 24 乙員先進入舟艇



圖 25 拉起落水人員

資料來源：作者自行拍攝。

四、操舟機落水後之處置

假如引擎意外落水沉沒，應儘可能做完全的細部拆解修理工作，否則引擎內部將會嚴重生鏽落腐蝕，意外落水後請採取下列步驟緊急措施。

(一)將操舟機儘快吊出水面，用淡水沖洗所有部分以洗去鹽份、泥土、雜物等。

(二)器材整備：30P操舟機原廠工具組(如圖26)。

(三)拆下引擎護罩(如圖27)：將操舟機與舟艇分離，將引擎護罩拆下。

(四)拆下燃油濾芯器(如圖28)：將燃油濾芯器拆下，倒出濾芯內燃油後再裝上濾芯器。

(五)拆下火星塞(如圖29)：將高壓導線拔除，使用原廠工具將火星塞拆下並用乾布擦乾。

(六)將操舟機平放(如圖30)：將操舟

機平放使火星塞孔朝下。

(七)取下化油器進氣口護罩(如圖31)：使用原廠工具將進氣口護罩拆下。

(八)旋下化油器洩放孔螺絲(如圖32)：使用原廠工具將化油器洩放孔螺絲旋下，排出化油器內燃油與水再將洩放孔螺絲旋上。

(九)拉動拉發火繩(如圖33)：拉動拉發火繩(不可結構安全扣) 將汽缸內燃油與水排出(至少拉動滿行程20-25下)。

(十)清潔油路

1.用食指按壓油箱端管內蕊頭使少許汽油流入化油器進氣口。(如圖34)

2.再拉動拉發火繩5-10下利用汽油將引擎內部水帶出(此步驟至少兩次)。

3.拉動拉發火繩直到缸內完全無水(用手掌接火星塞孔噴出之燃油觀察有無水珠停留在手上)。

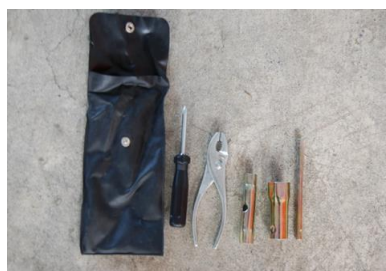


圖 26 30P 操舟機原廠工具組



圖 27 拆下引擎護罩



圖 28 拆下燃油濾芯器



圖 29 拆下火星塞



圖 30 將操舟機平放

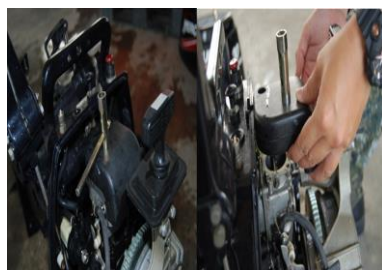


圖 31 取下化油器進氣口護罩

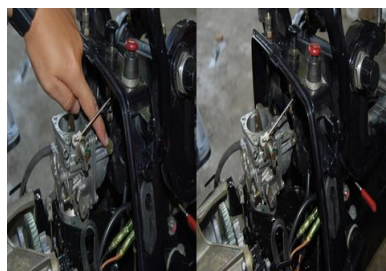


圖 32 旋下化油器洩放孔螺絲



圖 33 拉動拉發火繩

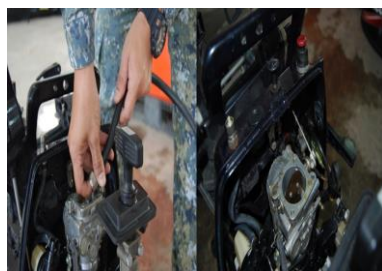


圖 34 汽油流入化油器進氣口

資料來源：作者自行拍攝。

(十一)裝備零件復原：使用原廠工具裝上火星塞與高壓矽導線、進氣口護罩及引擎護罩。

(十二)發動：裝上安全扣，拉動拉發火繩發動，發動至少30分鐘至1小時以排淨引擎內的水。

危險河川水域舟艇翻覆處理之訓練作法

工兵部隊對於操舟作業，從原本單純運送人員及裝備等渡過河川以支援作戰，近而因應國軍作戰與防災任務並重考量下，使得舟艇操作技巧與水域環境判斷成為重要訓練課題，因此就我工兵舟艇於危險河川水域運用建議如下：

一、強化進階訓練、加強專業技能

目前我工兵部隊除駐地訓練與中心「舟艇操作班」教育課程外，並無其他專業課程，只能在於救援部隊平時的訓練規劃，在救災過程中獲得了印證，觀念及技術無法更進一步向上發展，且工兵部隊的訓練往往只注意盜如何操行、如何救人，卻忽略舟艇翻覆後的作為，為加強工兵部隊在此階段訓練的能量，因此在107年開始，中心「舟艇操作班」的課程，增加了舟艇翻覆後之處置作為，然學員生結訓後僅少部分送訓「國軍支援大型災害搶救訓練班、激流救生訓練班」等班隊，由於人數過少，無法在舟艇翻覆後作為多所琢磨，因此建議中心「舟艇操作班」課程結束後，再行派訓「國軍支援大型災害搶救訓練班、激流救生訓練班」，亦可參與如中心於105年10月辦理之「水上救生協會充氣式救生艇教練班」訓練，藉由民間消防單位或救難人員來提升工兵部隊於危險河川水域的專業技能，以增加對於舟艇翻覆後處置的能力。

二、落實移地訓練、減少環境限制

目前工兵部隊在平日駐地舟艇訓練中，僅能利用駐地自行挖掘的人工湖場地，或於中心「舟艇操作班」移地至鄰近阿公店水庫實施訓練，而各工兵群雖有規畫移地至鄰近水庫實施訓練，惟因部隊任務的需求，往往只在每年災防評鑑的期間才會移地至鄰近水域訓練，且在平靜水域舟艇翻覆機率極低，操作人員並未感受有流速之狀況，無法有效模擬在有流速狀況下，對於舟艇翻覆之處置作為，故建議工兵部隊可移地至河流下游有較緩流速或者鄰近海域之場地實施駐地訓練，讓官兵能夠適應各種水域環境、水流障礙下執行訓練，讓操作手面對此一環境，並可在此區域模擬舟艇翻覆場景，方能減少因缺乏在有流速下的經驗而導致無法處治所產生的傷害，此外移地至鄰近河流下游有較緩流速或者鄰近海域，也可協請地區消防隊員為舟艇訓練師資，灌輸更專業的技能以及各種相關的安全防護知識。

三、多元訓練方式、提升訓練成效

目前關於舟艇的教學方式雖能滿足教學需求，教學上仍偏重單向灌輸，然隨著資訊管道的多元化及學生素質的改變，教官不再是學生知識的唯一來源，教官在課堂上的角色也應隨之調整，由學習活動主導者，轉變為指導與輔導、引導多元角色，使學生經由歷練作中學、學中作，驗證理論與實務如何結合，培養獨立思考及解決問題能力，且教學不再是一本教案走天下，而是建立多元化知識管理庫，累積年度教案、教學心得檢討、實務實作經驗、學生素質評鑑、常見問題與解答、師生論文研討、專題論壇等內容，產生專業課目的百科全書，無論什麼問題皆可找到參考方案，有爭議性的問題，亦可藉由相互研討尋求解決。

四、檢討保養分級、增加保養能力

中心於近年藉由「舟艇操作班」課程均有教授操舟機落水後之處置作為，惟因後勤保養的分級，工兵部隊無法做操舟機部分零附件的拆裝，導致工兵部隊在結訓後，對於操舟機的落水後的處理無法完成，因此建議各工兵部隊除操作手外，二級場人員也因應學習操舟機落水後處置，另於平日駐地訓練中，可擇選一部操舟機，供操作人員及二級廠保養人員拆裝運用，藉以模擬操舟機落水後的處置之道，如此不僅二級廠保養人員，舟艇操作手乃至保管人員皆可熟稔操舟機內部構造及性能，也能增加對操舟機的保養能力。

結語

舟艇漕渡本就為工兵部隊任務，在面對極端氣候所引起之河川暴漲，乃至面對湍急的河川，甚至爾後的淺水佈雷任務的淺海區域的海浪，必須要有「未雨綢繆」的想法，配合不同水域適時調整訓練方式，乃至狀況發生後的處置作為，凡事「循程序、按步驟、遵要領」，落實依循「風險管理」執行各項救災任務，方能確保部隊安全及任務達成，以達「平時能救災、戰時能作戰」之目標，以符國人期待。

Troubleshooting: Reinventing MICLIC Use In the Infantry Brigade Combat Team

步兵旅戰鬥隊改裝火箭排雷器之疑難排解

原文出處：ARMY ENGINEER MAGAZINE 三-四月 2019

原文作者：By 1LT Patrick R. Jourdan

翻譯：吳珮瑄少校

提要

On the modern battlefield, the eternal challenge is to set the conditions for weapons to reach their full potential. A prime example of a breakthrough weapon system in combat operations is the M58 Mine Clearing Line Charge (MICLIC). The MICLIC gives engineer commanders a remarkable capability for combined arms breaching, but run into severe challenges when employed by infantry brigades, whose lighter armor and weaponry are less able to provide the protection needed to open a lane through a complex, well defended obstacle. Despite a lack of protection and firepower, an infantry brigade commander can use basic materials and modifications to existing vehicles to enhance the MICLIC's potential and increase its effectiveness in a breaching operation.

在現代戰場上，如何設定武器狀況使其發揮最大潛力，為持續存在之挑戰。在破障武器系統中有一個基本案例為 M58 排雷線列式炸藥(以下通稱火箭排雷器)在聯合破障作業中，火箭排雷器可提供指揮官顯著之破障能力，但當部署於步兵旅時卻遇到嚴厲的挑戰，步兵旅所具備較輕型的裝甲及武器，在面對複雜且防禦力良好的障礙物實施通道開闢作業時，僅能提供較少所需之防護能力。儘管機步旅裝備缺乏防護力和火力，但機步旅指揮運用基本材料和改裝現有車輛，在破障過程提升並增加火箭排雷系統的潛能與效率。

Employment Requirements for MICLICs

火箭排雷系統運用需求

MICLICs, although incredibly useful in their niche, encounter a number of challenges to overcome before they can truly be effective. Crucially, the breach force commander must protect the MICLICs prior to their employment. A MICLIC can decrease the amount of time required at the point of breach; however, an enemy will realize this and make the MICLIC launcher a high priority target and use intelligence collection assets to search for it. The vehicle towing the MICLIC itself must also offer enough protection to withstand the shockwave of the blast. Further, a MICLIC must be precise. Any deviation in a planned launch angle or direction can lead to an incomplete lane being established. At worst, it can also lead to accidental casualties among friendly forces.

火箭排雷器雖然在破障作業中極度有用，但在其真正發揮實際影響前，遇到了許多需要克服的挑戰。關鍵在於破障部隊指揮官在運用此項裝備前，必須確保裝備之安全，火箭排雷

器可大量降低時間對於破障點所需花費之破障時間，然而敵軍亦將了解此裝備之效能，將其列為高價值目標，並運用情報偵蒐器材進行搜尋。運用車輛拖掛火箭排雷器時，裝備本身必須同時具備足夠之防護能力以抵抗爆炸所產生之震波外，此外必須能精準的射擊，任何計劃射擊角度或方向之誤差可能導致通道開設不完全。最糟的是，也可能造成友軍間的意外傷亡產生。

Although the principles behind MICLIC employment are similar across all maneuver units, MICLIC capability varies greatly by MTOE. An Armored Brigade Combat Team (ABCT) has six MICLIC launching platforms, organized under their Brigade Engineer Battalion (BEB). The reasoning behind this is simple: each Sapper company in an ABCT must be able to create one vehicle lane through an explosive obstacle.

雖然火箭排雷系統支援運用原則在所有作戰部隊間均相似，但火箭排雷器的能力會隨編裝修改產生極大的差異。一個裝甲戰鬥隊(ABCT)中在及所屬的旅屬工兵營(BEB)中配賦六個火箭排雷發射平台。在編制數後隱藏的理由很簡單：因為每個裝甲戰鬥隊裡的戰鬥工兵連都必須能夠在爆炸性的障礙中開闢一個車輛通道。

Typically, the ABCT will employ MICLICs in one of two ways: First, they can use an M1150 Assault Breacher Vehicle (ABV). The ABV is a versatile platform based on the M1 Abrams chassis, has two MICLIC launchers mounted on its hull, a mine plow, HEMMS poles lane marking systems, and an M2 .50 caliber machine gun to provide local suppression. The ABV has seen wide success with the Marine Corps during operations in Afghanistan since 2009. The ABV is able to keep up with the tanks and Bradleys found in an ABCT. In the breach, it is unmatched in terms of power and protection.

基本上，裝甲戰鬥隊於部署火箭排雷器時，將採用下列的方式來實施，首先他們可以運用 M1150 突擊破障車(ABV)，突擊破障車是一種以 M1 艾布蘭戰車為底盤的多用途平台，在車體上裝有兩組火箭排雷發射器，一個排雷犁，人工放置雷區標記器材桿通道標記系統和一挺 M2 50 口徑機槍以提供於作業區壓制敵人之能力。自西元 2009 年迄今，突擊破障車在海軍陸戰隊於阿富汗的軍事作戰已取得廣泛的成功，在裝甲戰鬥隊中，突擊破障車可跟上常見的戰車與布萊德雷裝甲車。但在破障作業中，它的火力和防禦力卻是不相配的。

Alternatively, an ABCT can deploy MICLICs by using trailers. A MICLIC trailer will usually be pulled by an M113 Armored Personnel Carrier (APC), which is strong enough to provide protection to the crew. It is also a stable vehicle to pull the trailer, and can use tracks to make the minute adjustments needed to fire the rocket accurately. Despite lacking the speed to keep pace with the Abrams and Bradleys found in an ABCT, it fits well with the other vehicles involved in an armored breach, and allows for accurate, protected firing.

另外一種模式，裝甲戰鬥隊可運用拖車來部署火箭排雷器。尾車型的火箭排雷器通常會由 M113 裝甲運兵車(APC)實施拖掛，此裝備具足夠的防護能力來提供乘員防護。它也是一部穩定的牽引載具，可用履帶進行微調，以使火箭能準確地發射。儘管速度無法跟上裝甲戰鬥隊中可見的艾布蘭戰車和布萊德雷裝甲車，但它與其他裝甲破障作業所運用的相關車輛可良好搭配，且可在具備防護狀況下精確發射。

Employing a MICLIC in an Infantry Brigade Combat Team (IBCT) presents a more complex set of challenges. In an IBCT, the vehicles are lighter, and less plentiful. Without the added benefit of armor, maneuver commanders can quickly find themselves overmatched by a well-defended opponent and unable to breach complex obstacles. It is this set of challenges that the 307th Airborne Engineer Battalion (AEB), 3rd BCT, 82nd Airborne Division sought to overcome.

火箭排雷器部署於步兵旅戰鬥隊(IBCT)時，呈現出更複雜的一連串挑戰，在步兵旅戰鬥隊中，所屬車輛屬於輕型且數量不多，在未具裝設裝甲優勢的狀況下，任務指揮官能很快發現自己遭受防禦能力良好的對手所監視，並且無法排除複雜的障礙。這即是第 82 空降師第 3 旅戰鬥隊 307 空降工兵營尋求克服的一連串問題。

In an IBCT, the only MICLIC platforms available are trailers and the only way to pull these trailers are with organic vehicle assets in their BEB. In a light infantry brigade, especially an Airborne brigade, these would include M1151 (up-armored HMMWVs) and Light Medium Tactical Vehicles (LMTVs). Each of these vehicles has significant drawbacks in a combined arms breach. An operator is not able to fire a MICLIC from a vehicle that is not up-armored, meaning that both the HMMWV and LMTV must meet this criterion.

在步兵旅戰鬥隊中，唯一的火箭排雷器平台為尾車且僅能運用其旅屬工兵營建制車輛實施牽引。在輕裝步兵旅中，特別是空降旅包含 M1151(具裝甲防護力強化之悍馬車)和中型戰術輪車，這些載具中，每部載具在聯合破障作業中都有顯著的缺點。在準則中規範，火箭排雷器的操作手不能在未具裝甲防護力強化之載具上進行發射，這意味著悍馬車及中型戰術輪車必須符合這些準則。

Even with additional armor, these lighter vehicles are not able to withstand the withering fire of a well-defended obstacle; which required the use of the MICLIC in the first place. Additionally, firing a MICLIC from a trailer connected to a wheeled vehicle is more challenging than firing from one connected to a tracked vehicle. Both the HMMWV and LMTV must angle to the left or right when firing from a trailer in order to avoid the detonation of the charge, and this situation can make the minute adjustments required for accurate fire extremely challenging.

即有了額外的裝甲，這些輕型輪車仍無法在良好防禦的障礙中，抵抗其毀滅性的火力，故火箭排雷系統優先運用於破壞防禦性障礙物上。此外，在由輪型車輛連接的尾車上發射火箭排雷器，比在由履帶車輛連接時具備更多挑戰。自尾車發射火箭排雷器時，悍馬車與中型戰術輪車同時必須調整左右轉角度，以避免受爆藥的爆炸影響，且這此情況使得保持精準射擊度所進行的微調作業具備極大的挑戰。

The foremost challenge in an IBCT commander's mind is protection. A savvy enemy will know to target a MICLIC once they see it. The vehicles of an IBCT are not able to provide the armor to withstand direct and accurate enemy fire, and they are not able to provide sufficient suppression in order to deny the enemy the ability to return fire. Logically,

the answer to the proposed problem is concealment: prevent the enemy from discovering the MICLIC and directing fire at it until it's too late.

在步兵旅戰鬥隊指揮官心中最重要的挑戰就是如何防護火箭排雷器，當精明的敵人發現此項裝備時，即知應將它列為攻擊目標。步兵旅戰鬥隊的車輛並不具備承受敵人直接且精準的火力之防護能力，且亦無法提供充足之制壓火力以避免敵人有回擊之能力。在邏輯上，針對前述所提出問題，其解決方案即為隱蔽，避免敵人發現火箭排雷器並且運用直射武器對其攻擊，但都為時已晚。

307th AEB's Proposed Solution

第 307 空降工兵營提出之解決方案

It is not easy to conceal a MICLIC trailer. The rocket is easily identifiable, as is the tub used to hold the nearly 2000 pounds of C4 explosive. With this in mind, the 307th AEB changed the firing platform, removing the launcher from a towed trailer and attaching it to the bed of an LMTV. This process proved simple, using chains and binders to attach the tub, meaning an operator could remove the launcher at the conclusion of the operation. The launcher itself was oriented facing rearward. To complete the modification, a camouflage net was placed over the top of the LMTV bed, and modified to be rolled back quickly.

隱藏一輛裝有火箭排雷器的尾車並不容易，因為火箭很容易識別，如同一桶裝了將近 2000 磅的 C4 炸藥一樣。基於這個概念，第 307 空降工兵營改變了發射平台，從拖車上移除發射器並加裝在中型戰術輪車的板台上。此過程經證明很簡單，運用鍊條和固定帶將裝備裝在盒子中，意味著在作業結束後，操作手可以移動發射器。而發射器本身面向後方。為了完成此次的改裝作業，在中型戰術輪車頂棚設置偽裝網並修改成可快速地向後捲起。



What resulted from these simple modifications was a MICLIC firing platform that meets the challenges created by lack of armor. An LMTV alone does not present a significant target, and with the MICLIC launcher concealed beneath a camouflage net, it would be difficult for an enemy to identify such a significant part of a breaching force, giving a breach team the valuable time, they need to complete their work. Additionally, by mounting the launcher on the vehicle, the precise adjustments necessary for firing are simplified, leading to a faster launch.

針對火箭排雷系統發射平台透過簡單的修改後，卻可以讓火箭排雷系統克服缺乏防裝甲防護力的問題。單獨的一輛中型戰術輪車並不會被視為一個重要的目標，且將火箭排雷系統發射器隱藏在偽裝網下方，這個在破障部隊重要的裝備即難以被敵人識別，且給予破障編組完成工作所需之寶貴時間。此外，在安裝將發射器於車上時，射擊時所需實施的精確調整亦完成簡化，可更快速完成發射作業。



Testing the Modification

測試與修改

After modifying the LMTV, the 307th developed a battle drill to make the most of the new system. First, the modified LMTV would stop in the last covered and concealed position before the firing point. There, the team would make all final firing preparations, except for the final steps of arming the rocket for launch. Supporting the LMTV would be two vehicles armed with M2 .50 caliber machine guns to serve as the local security and suppression of enemy defenses.

在針對中型戰術輪車實施改裝後，第 307 工兵營發展了戰場訓練方式，使其幾乎成為一個新的系統。首先改良後的中型戰術輪車將進入會在射擊位置點前，停在最後一個可以掩護與隱蔽之地點，在此地點小組人員將會實施除了開啟火箭射擊的保險外，其餘最後的射擊準備。通常會由兩部配賦 M2 .50 口徑機槍中型戰術輪車擔任支援部隊，以作為區域警戒及制壓

敵人防禦部隊使用。

The three vehicles would emerge from the final covered and concealed position and move together to the firing point. There, both escort vehicles positioned themselves at either side of the LMTV to provide suppression while the LMTV backed into position. Once lined up, the crew of the LMTV disembarked, removed the camouflage from the launcher, raised it to its firing position and armed the rocket for launch. After returning safely to the inside of an armored vehicle and receiving the launch command, the crew would fire the rocket, detonate the charge, and then drive away from the point of the breach. Once complete, the LMTV would move back to a covered position to refit and rearm, followed closely by the escort vehicles.

上述三部車輛將自最後的掩護及隱蔽點共同移動至射擊位置，在射擊位置時，兩部戒護車輛將各配置於裝有火箭排雷器之中型戰術輪車的兩側，以提供當火箭排雷器之中型戰術輪車退回陣地時，所需之制壓火力。當列隊完成後，裝有火箭排雷器之中型戰術輪車車上乘員會下車移除火箭排雷器上之偽裝網，將其舉升至射擊位置，並完成火箭備發。在安全回到裝甲車內並收到射擊命令後，乘員將發射火箭，將爆藥進行引爆並隨後自破障點離開，當完成後，裝有火箭排雷器之中型戰術輪車將返回受掩護之位置並重新調整及重新裝填，後方由戒護車輛緊密跟隨。

307th AEB put this battle drill into practice on 18 August 2018, when conducting the first live MICLIC firing at Fort Bragg. Over the course of the exercise, the battalion fired two MICLIC charges. The first iteration used a traditional platform, an M1151 up-armored HMMWV towing a MICLIC trailer. For the second iteration, Bravo Company, 307th AEB executed the previously discussed battle drill, which they had rehearsed for the entire week prior. With precise and well-drilled movements, the modifications worked exactly as designed, and the company executed the battle drill as rehearsed. The team positioned the MICLIC and fired it extremely efficiently, with no deviation from the planned firing angle or technical issues with the rocket or the charge. Effectively, Bravo Company conducted an initial validation of the new technique, as well as the procedure for firing it.

在西元 2018 年 8 月第 307 空降工兵營將此戰場訓練方式運用於實際訓練中，並首次於布拉格堡實施此種模式的實彈射擊。在整個訓練課程中，該營射擊了兩枚火箭排雷彈，在第一輪的射擊為運用傳統平台，以一輛 M1151 裝甲強化型悍馬車牽引火箭排雷器尾車，在第二輪時第 307 空降工兵營 B 連以其先前討論的戰場訓練模式執行射擊，並在正式訓練前的針對此種模式已預演了整整一個星期左右，伴隨著精準及訓練良好的機動，這個修改的訓練模式在執行階段幾乎與設計構想一樣，並且這個連隊在執行戰場訓練時如同預演時的狀況，這個射擊隊伍在部署及射擊火箭排雷器時效率極高，且不存在任何計畫射擊角度偏差與火箭或炸

藥技術爭議，B 連非常有效率的實施一次新技術的初次鑑定及其射擊程序作業。

Conclusions and Application

結論與運用

The creation of an improvised system such as this has potentially far-reaching impacts. Currently, the trailer mounted MICLIC has proven difficult to use effectively in an IBCT. 307th AEB has proven that using unit organic materials and simple modifications, units can modify to be both harder to identify by the enemy, and easier to aim.

此應急式系統的創造，已有深遠的影響潛力，依現況而言，運用尾車裝載火箭排雷器以被步兵旅戰鬥隊證實為難以有效運用之方法。第 307 空降工兵營已經證明運用單位原有材料且簡單的修改，單位可改裝出既難以遭敵人識別並更容易實施瞄準的裝備。

By reducing the amount of time that a MICLIC breach team is in danger while reducing an obstacle, an IBCT commander can mitigate much of the extreme risk in breaching an obstacle. All of the modifications done to the MICLIC and LMTV were done at the company level, with no outside support or requisitions, and were simple to perform by a relatively small group of Soldiers. While not codified now, there is great potential to standardize this modification across the Army, allowing light infantry units similar heavy breaching capability to even the heaviest of armored units.

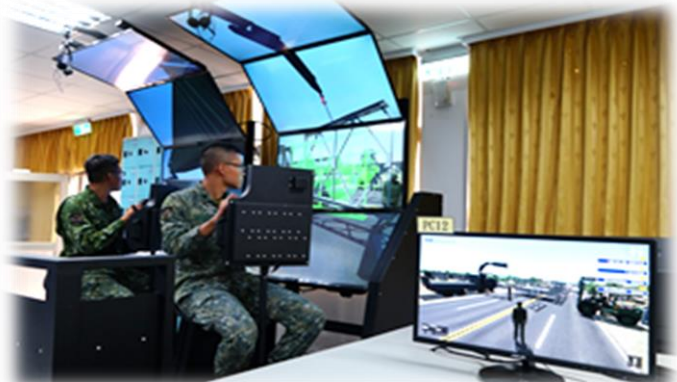
藉由大量降低火箭排雷器破障小組實施障礙物排除時處於危險之時間，一個步兵旅戰鬥隊指揮官可以減輕在執行障礙物排作業時的極高風險。上述針對火箭排雷器與中型戰術輪車的改裝作業軍可以由連級階層執行，不須外部支援與申請，且可由相對較少的士兵執行。雖然這個改裝方法尚未正式納為規範，但在陸軍中將這個改裝的作法標準化在具備極大的潛力，使輕裝步兵單位甚至能與最重型的裝甲單位備與相似的重型破障能力。

期刊專欄 工兵大小事

建置新式模擬系統 提升學員訓練成效



陸軍工兵訓練中心於 107-108 年執行「LSB 重框橋架設、雷區、障礙物及爆破設置模擬系統」採購建案，硬體設備主要區分教官控制台、單機版電腦、吊臂模擬座艙、堆高機模擬座艙及 VR 仿真訓練器等項目，軟體系統內容可執行單機或多人操作之固定橋架橋訓練、橋車吊臂操作、堆高機操作、雷區、爆破及障礙物等課程。此系統建置一高擬真度仿真艙體，運用仿真地形如臨實境訓練，軟體採用美國 VBS(Virtual Battle Space) 虛擬戰場空間系統，具備主運算機、視效、音效、智慧型目標物、各式武器載具模擬、任務編輯和任務歸詢等功能模式；而其硬體部分將吊臂、堆高機仿真艙體建置仿真設計，功能操作依實車狀態進行模擬，且所有介面中文化，使人員能順利操作，加強單兵架橋臨場感及模擬戰場環境。



資料來源：

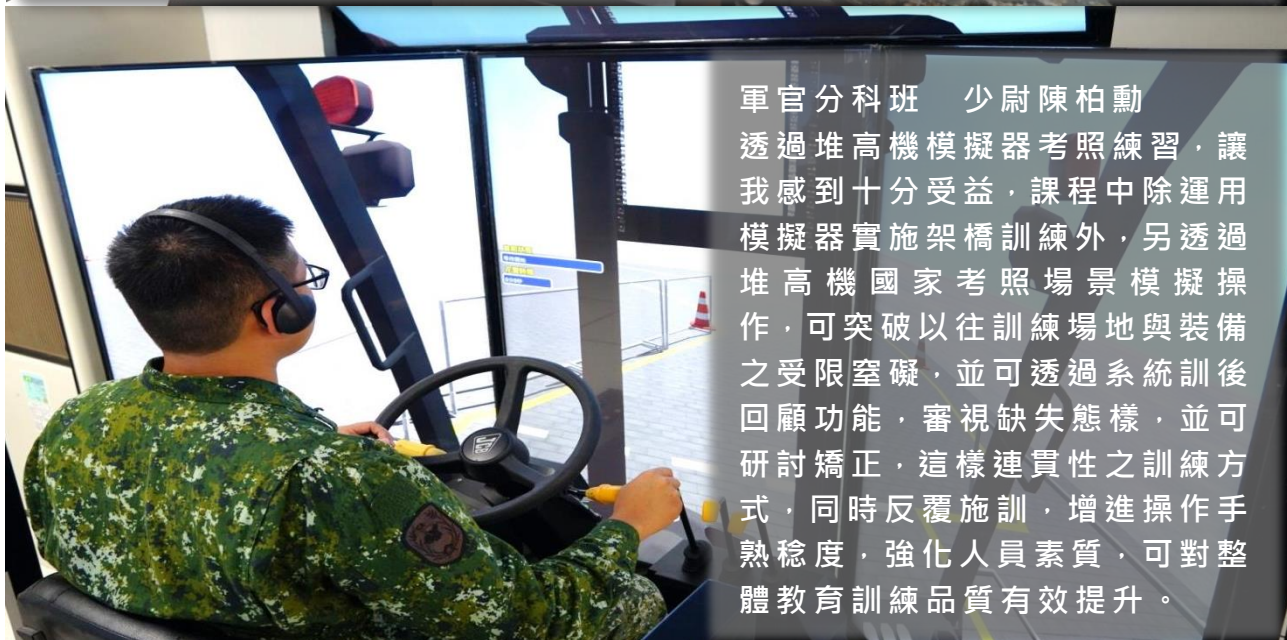
1. 內文：渡河組教官林右朗少校。
2. 照片：陸軍工兵訓練中心作發室王嘉聖上士拍攝。

期刊專欄 工兵大小事



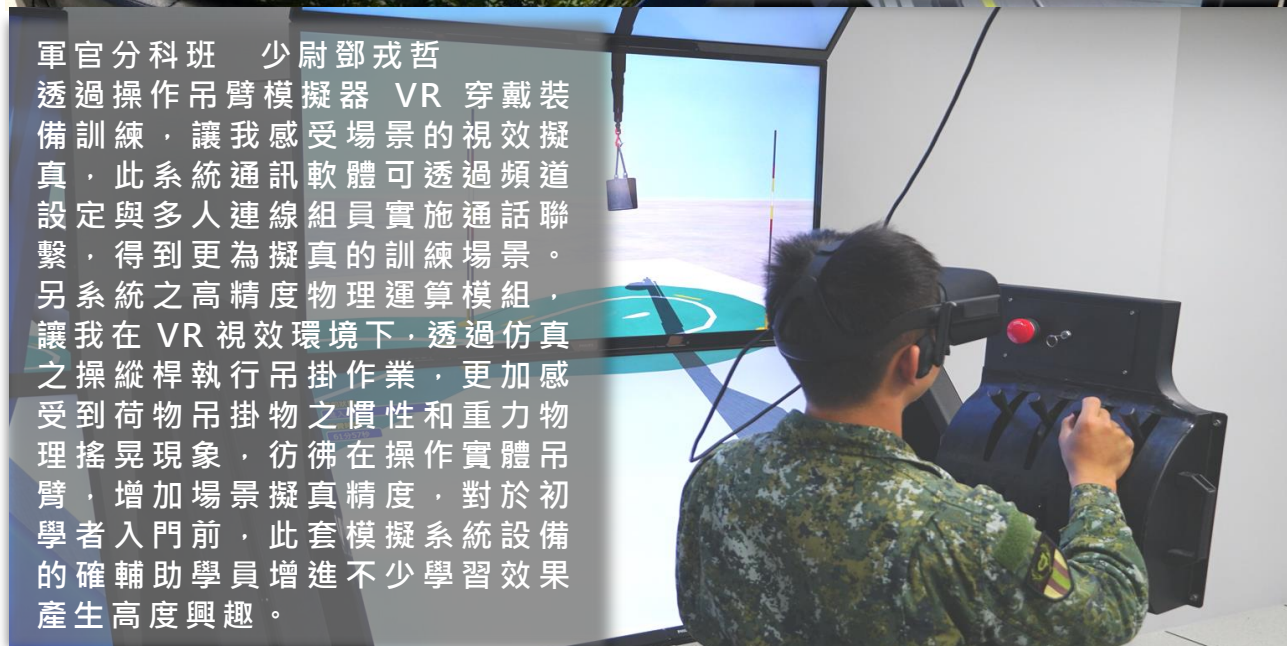
軍官分科班 少尉王泰安

透過此次操作架橋模擬器系統，讓我可以針對個人較弱科目實施練習，亦可與同學實施組合訓練、機械協建等多元訓練內容，且處在完全低風險的環境下實施，在實作訓練前能夠更快吸收與融入課程，對於後續實地訓練更加效率化、簡單化及個人化，有利於初學者學習的一套模擬訓練系統。



軍官分科班 少尉陳柏勳

透過堆高機模擬器考照練習，讓我感到十分受益，課程中除運用模擬器實施架橋訓練外，另透過堆高機國家考照場景模擬操作，可突破以往訓練場地與裝備之受限窒礙，並可透過系統訓後回顧功能，審視缺失態樣，並可研討矯正，這樣連貫性之訓練方式，同時反覆施訓，增進操作手熟稔度，強化人員素質，可對整體教育訓練品質有效提升。



軍官分科班 少尉鄧戎哲

透過操作吊臂模擬器 VR 穿戴裝備訓練，讓我感受場景的視效擬真，此系統通訊軟體可透過頻道設定與多人連線組員實施通話聯繫，得到更為擬真的訓練場景。另系統之高精度物理運算模組，讓我在 VR 視效環境下，透過仿真之操縱桿執行吊掛作業，更加感受到荷物吊掛物之慣性和重力物理搖晃現象，彷彿在操作實體吊臂，增加場景擬真精度，對於初學者入門前，此套模擬系統設備的確輔助學員增進不少學習效果產生高度興趣。



陸軍工兵半年刊
第 156 期



ISSN:2225-5400 建議售價:非賣品
GPN:48097-0442
陸軍工兵訓練中心發行