

探討灘岸阻絕設置效率之研究-以反戰車壕規格為例

宋仁方少校、陳鴻鈞上校

提要

- 一、共軍近年在臺海周邊常態侵擾我外島與防空識別區及進行跨軍種「聯合軍事行動」，提升對臺威懾力度，企圖達成「以武促統、以戰逼談」目標；我軍就防衛作戰中的地面作戰言，須藉火力與阻絕阻止、遲滯及削弱登陸之敵戰力。
- 二、灘岸阻絕規劃應考量共軍兩棲突擊車障礙之研改重點，其中反戰車壕為能運用機具就地設置的一種「單純」且相對即時性障礙，戰時如時間充裕，可設置較寬、較深之反戰車壕，增強阻滯效果，但如為受限時間下，則應考量反戰車壕設置規格，以提升設置效率。
- 三、本篇透過等比模型試驗，針對不同規格反戰車壕實施比較，尋求具有阻絕效能之最小挖掘土方量型式，以精進障礙設置效率，進而提升整體阻絕效益。

關鍵字：反戰車壕、障礙物、阻絕、設置效率、設置規格

前言

依據國防部民國 112 年國防報告書內容「共軍對臺針對性軍事作為轉趨頻密及多樣化，以『海峽無中線、臺海非國際水域』認知作戰混淆國際視聽」，另中共亦在民國 112 年 6 月發布《軍隊非戰爭軍事行動綱要(試行)》，「為部隊遂行任務提供法規依據，並藉在臺海周

邊常態侵擾我外島與防空識別區，及進行跨軍種『聯合軍事行動』，提升對臺威懾力度，擾亂我民心士氣，企圖達成『以武促統、以戰逼談』目標。」¹，顯示中國武力犯臺機率未減反增；中華民國為島嶼型國家，共軍如欲以武力犯臺，仍必須取得海空優勢後實施登陸作戰，建立灘頭堡掩護後續梯隊登陸

¹ 中華民國國防部，《國防部 112 年國防報告書》(臺北：國防部，西元 2023 年 9 月)，頁 34。

及行政下卸，以有效增長戰力持續攻擊，故我國防衛作戰除運用海、空兵力阻敵船團登陸外，就地面作戰而言，第一優先課題即是如何運用各式地面火力和阻絕障礙阻止、遲滯及削弱登陸之敵攻勢、行動及戰力；依過往戰史紀錄，第二次世界大戰德軍曾在奧馬哈海灘設置延緩盟軍登陸速度的障礙物，如由鋼條焊接而成的捷克刺蝟、空心三角錐的惡魔方塊、龍牙樁及纏繞刺絲的木樁等阻絕設施² (如圖 1)，以及專門對付裝甲車輛的反戰車壕，與現今國軍工兵部隊所運用之補強障礙如蛇腹型鐵絲網、鋼刺蝟、鋼錐、反戰車壕及圓木障礙多有相似；就海灘地形而言，我國西部海岸多處平緩，高低差地形較少，缺乏既有天然障礙，相對

易使敵提升登陸作戰發展速度，在這一不利條件下，各項障礙效能就是影響阻絕成敗的關鍵，故阻絕系統的規劃設計、障礙物(設施)的創新及設置效率研究更是刻不容緩的議題。

以目前陸軍阻絕教範規範，灘岸阻絕區分水際阻絕、灘際阻絕及岸際阻絕，歷年演習中運用之障礙多以軌條砦、鋼刺蝟、原木斜排、消波塊、反戰車壕、沙牆、屋頂型鐵絲網防線布設詭雷作為灘際阻絕項目，另亦增加廢棄車輛、貨櫃、電線桿等民間資材使障礙得以多樣化，多重阻滯敵軍登陸；另翻閱歷史戰爭紀錄及近代「俄烏戰爭」，不難發現，最常被廣泛使用的障礙物為「龍牙」、「反戰車壕」及「地雷」(如圖 2)；但多數障礙設置均需考量材料來



² 雷曼軍事發表，一條長 2700 公里的防線：二戰德國的大西洋壁壘，
<https://kknews.cc/history/ya6ybb.html>，檢索日期：西元 2023 年 1 月 2 日。



源、數量及運輸問題，而反戰車壕則能運用機具就地設置，是一種「單純」且相對即時性之障礙，故本研究係針對「反戰車壕」規格設置的探討，尋找相同阻絕效益之最省時、省力之設置規格。

我國位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界，四周環海，總海岸線長達 1,200 公里，部分紅色海灘為沙質海灘，有利於登陸作戰，故須規劃廣正面灘岸阻絕，以現行準則律定反戰車壕規格為寬度 6 公尺，深度 2 公尺，構築正面 1 公里之

反戰車壕，需挖掘 1 萬 2,000 立方公尺之土方量，作戰時如時間充裕，可挖掘較寬、較深之反戰車壕，增加遲滯效果，但如於有限時間作業下，則需謹慎考慮反戰車壕的設置規格。

我國工兵部隊已有撥發履帶機動橋這類促進機動能力之作戰支援裝備，國防部「陸上機動布雷系統」採購案亦於 112 年 6 月 21 日決標³，為建置快速布設防禦障礙作戰支援裝備邁出一大步，但目前我國無戰壕挖掘機，如以工兵部隊 320 系列挖掘機作為構築反戰車壕之主要裝備，以 20 噸級挖掘機計算，如該鏟斗為 1.19 立方公尺，每小時挖掘土方量概約為



圖3 共軍掘壕機
資料來源：麥田軍事觀察，美國稱中國欺騙世界多年：原來解放軍早就裝備了這款神器挖掘機，<https://kknews.cc/military/8925yn.html>，檢索日期：西元2023年1月2日。

³ 政府電子採購網決標公告，<https://web.pcc.gov.tw>，檢索日期：西元 2024 年 4 月 15 日。

214.2 立方公尺；反觀共軍配賦 GJW320 型履帶式掘壕機(如圖 3)，可挖掘寬 3.5 公尺、深 0.45 公尺，作業速率約每小時 300 公尺，每小時挖掘土方量概約為 472.5 立方公尺。

如以上述兩款裝備於我國紅色海灘上(正面 1-7 公里不等)挖掘反戰車壕，挖掘機概需約 56.2-392.16 小時，掘壕機概約需 25.4-177.78 小時，挖掘機作業效率較低(如表 1)，我國紅色海灘長度多為 3 至 7 公里長，故布設綿延數公里長之反戰車壕，作業效益就更顯重要。故本次研究運用等比例模型，比較分析模擬戰車在不同寬度及深度反戰車壕之通行狀況，作為在有限時間下構築反戰車壕之規格參考依據，藉此提升整體構築之效益，供各級幹部參考，持續精進各項障

礙物設置作業效率進而強化整體阻絕設置能量。

一、戰壕與反戰車壕介紹

戰壕為自地面向下挖掘一定深度之連續空間，作為士兵之防禦工事；古代軍隊為抵禦外敵入侵即已有建造「塔」、「堡」之設施，當時軍隊規模小、武器射程近，防禦工事多用於單一據點或短距離防線；隨著科技日新月異，火砲發明，彈藥裝填方式不斷研改精進，攻擊正面及守備防線也越加寬廣，對戰場阻絕設置亦形成新的挑戰；當第一次世界大戰中鐵絲網被大量運用在戰場後，使原本就不斷增加的交戰距離更難被突破；隨裝甲車輛投入戰場突破鐵絲網的限制後，因應阻絕戰場裝甲車輛的戰壕就成為另一個阻絕形式，然我國陸軍工事教範未針對戰

表1 反戰車壕設置所需時數表

單座反戰車壕設置所需時數表						
						單位：小時
設置正面	1公里	3公里	4公里	5公里	6公里	7公里
挖掘土方量	12,000 立方公尺	36,000 立方公尺	48,000 立方公尺	60,000 立方公尺	72,000 立方公尺	84,000 立方公尺
挖土機 (每小時挖掘214.2 立方公尺)	56.02	168.07	224.09	280.11	336.13	392.16
掘壕機 (每小時挖掘472.5 立方公尺)	25.40	76.19	101.59	126.98	152.38	177.78

資料來源：作者自行繪製。

壕釋義，經查閱民國 80 年陸軍總司令部頒行工事教範中即已明確定義戰壕為用以連接陣地內各戰鬥工事，便於觀測、射擊、聯絡、補給、協調支援、發揚火力，使陣地形成一戰鬥體系⁴。

反戰車壕為增加戰壕寬度及深度，使戰車於越壕時因重心通過戰壕之邊緣且履帶前緣尚未接觸地面，導致車身前傾滑入壕內陷困難逃，第一次世界大戰中，英國為了破解僵持不下的塹壕戰局面，研發載運士兵的步兵戰車，這一發明改變了作戰方式，這類裝甲車具備防護步槍射擊能力，能快速通過陣地前的鐵絲網及戰壕，大幅提升作戰效能；但也在作戰中發現，戰壕的寬度及深度會影響裝甲車的通行狀況，甚至能達到阻滯效果，故本研究將針對其寬度及深度探討設置效率問題。

二、反戰車壕效能關鍵分析及設置規範要則

戰車之所以能夠攀爬緩坡，跨越戰壕，克服凹凸地面，遊走複雜地質，穿梭於高原，馳騁於沙場，主要係因為車體履

帶及乘載裝置，陸軍司令部頒 CM21 系國造履帶裝步戰鬥車操作手冊針對履帶及乘載裝置說明為承載輪承受車輛全部重量，承載輪裝於輪臂上，而承載輪臂則分裝於扭力桿上，扭力桿橫貫車身，履帶供承載輪在其上滾動，履帶導齒保持履帶不偏離承載輪，每一惰輪內側均有履帶張力調整器，另前後承載輪上裝有避震器，在崎嶇地形行駛可保持車輛平穩⁵。

反戰車壕寬度大於戰車前端及後端 2 個負重輪間水平距離之半，將使通過戰壕時車體因重力作用向下，重心超過地面後，即造成車身前傾，力矩呈現向前方下端指向土壤底層(如圖 4)，主動輪向上抬起脫離地面，降低作用力，再運用戰壕



圖4 裝甲車陷入壕溝情形
資料來源：YouTube，<https://www.youtube.com/watch?v=MxINkB9C6ic>，
檢索日期：西元2024年1月11日。

⁴ 司令部，《工事教範》(桃園：司令部，西元 1991 年 6 月 30 日)，頁 3-184。

⁵ 司令部，《CM21 系國造履帶裝步戰鬥車操作手冊》(桃園：司令部，西元 2007 年 5 月 2 日)，頁 1-37。

側邊穩定邊坡原理使戰車殘存動力無法破壞土壤朔性平衡，形成停止狀態；惟海灘屬沙質土壤，顆粒表面圓滑、稜角少，摩擦係數小，易受外力變形，經過轟炸衝擊及戰車動力撞擊後容易破壞反戰車壕側邊垂直壁面結構，故反戰車壕守備側如無增加垂直壁面強度或敵側地面無減少動力介質，將使登陸戰車提升前進速率，進而增加衝撞力道，影響反戰車壕之阻絕效能。

陸軍阻絕教範規範反戰車壕為運用機械挖掘寬 6 公尺、深 2 公尺，設置於灘岸邊緣或陣地前沿，能妨礙敵機甲部隊運動，造成步戰分離⁶；另陸軍障礙物設置手冊亦敘述戰防壕區分梯形壕及三角壕，規格分別為梯形壕為上底寬 4 公尺、下底寬 3 公尺、深度 1.8 公尺，三角壕為寬 4 公尺、深度 1.8 公尺⁷。陸軍於民國 80 年頒行之工事教範內反戰車壕區分三角壕、山腹阻壁及梯形壕等 3 種，三角壕通常構設於高地之前斜面，並在壕之敵側，豎設一圓木障架，使敵

戰車減低速度，掘出之土方堆積於敵方，使敵戰車爬越時曝露其車底，以利反戰車武器狙殺，山腹阻壁通常構設於高地之四週，或連綿高地之一側，壕底與高地之等高線略成平行，守備側成垂直被覆，梯形壕為最佳之防戰車壕，掘出之土方堆放於守備側⁸。

美軍野戰教範內提及戰防壕是一種降低攻擊部隊速度與機動力的方法，配合既有天然障礙補強，壕溝坡度應大於 35 度，深度 1.5 公尺以上，寬度 3 公尺以上，沼澤地深度 1 公尺以上；壕溝可配合山坡設置，可以建造溝渠導水，泥濘的土壤更能降低機動性，另可於壕溝兩側布設反戰車地雷，特別是在鬆散的土質，可增加阻絕效果，戰壕中放置蛇腹型鐵絲網、水及人員殺傷雷，防止人員下車通行；戰壕依據土壤性質，溝渠側邊應設法加固防止崩塌，可使敵戰車更難以穿越，反戰車壕設置時應與敵軍行進路線成 90 度角⁹。

綜上所述，反戰車壕影響通行要素區分寬度與高度、垂

⁶ 司令部，《陸軍阻絕教範》(桃園：司令部，西元 2021 年 8 月 25 日)，頁 5-125。

⁷ 司令部，《陸軍障礙物設置作業手冊(第一版)》(桃園：司令部，西元 2009 年 8 月 19 日)，頁 4-83-98。

⁸ 同註 3，頁 3-433。

⁹ US Army Forces Command, FM5-102, p131-134, (1985/3/14)。

直壁面強度及地面性質，其中應以寬度為最大影響者，深度次之，垂直壁面強度及地面性質則可增加其阻滯功能性；另針對國軍與美軍之軍事書籍之比較，美軍野戰教範出版時間為民國 74 年，規範為寬 3 公尺、深 1.5 公尺，但隨科技與時間推演，戰車體積明顯加大，越壕能力增強，我國陸軍阻絕教範已將反戰車壕規格提升至寬 6 公尺、深 2 公尺，故在有限時間下，反戰車壕效能之關鍵因子應首重於其寬度及深度，故本研究將探討在兩種深度下比較不同寬度之反戰車壕設置效率。

三、反戰車壕於年度演習之運用

國軍民國 112 年度「漢光 39 號」實兵操演於民國 112 年 7 月 24 日至 28 日實施，陸軍第六軍團於八里海灘設置灘岸阻絕(如圖 5)，海岸「第一道」防線為消波塊、鋼刺蝟及反戰車壕等設施，限制登陸之敵突入動線；並將其引導入預定的

路線，「第二道」防線為縱火區、廢電桿、廢汽車與沙包等等阻絕設施，拖慢並限制敵軍人車的速度，藉此提供密集火力打擊，以重擊敵人，「第三道」防線則由鐵絲網與詭雷組成，敵軍必須穿越雷池才能近距離打擊國軍後方部隊¹⁰。陸軍十軍團也於本次演習在伸港海灘設置消波塊與大量鋼刺蝟、油桶，挖掘反戰車壕、安插詭雷、鐵絲網、紐澤西護欄等，期以層層的防禦性設施，達到阻絕共軍舟艇、兩棲戰鬥車輛及人員進入海灘，進而保障內陸城市安全¹¹。馬防部配合演習驗證「灘岸阻絕設置」，分別架設鋼刺蝟、油桶、反戰車壕、蛇腹型鐵絲網及刺絲等障礙物形成多重阻絕，並將各阻材予以偽裝及加裝詭雷，增加威懾及殺傷效果，期能遲滯敵軍行動，誘敵進入預想殲敵地區，為作戰形成有利態勢¹²。

近年共軍威脅不斷提升擴大，我國在兵力與裝備數量上

¹⁰ 自由時報軍武頻道，〈漢光 39 號反登陸排軍佈陣圖曝光 決戰共軍於八里海灘〉，http://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4363815?utm_campaign=MOREPAGE&utm_source=DEF&utm_medium=1，檢索日期：西元 2024 年 1 月 11 日。

¹¹ 自由時報軍武頻道，〈多重防線阻共軍搶灘 工兵於彰縣海岸佈鋼刺蝟〉，<http://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4373982>，檢索日期：西元 2024 年 1 月 11 日。

¹² 馬祖日報，〈演習驗證工兵排灘岸阻絕設置 架設阻絕工事驗證臨戰效能〉，<http://www.matsu-news.gov.tw/news/article/213041>，檢索日期：西元 2024 年 1 月 11 日。



無法與其抗衡相較，不對稱作戰思維更顯重要，從上述新聞摘述民國 112 年度執行演訓任務中，均將反戰車壕納入阻絕規劃，不難看出陸軍已將其視為重要且必須設置之障礙，除可阻滯進犯敵軍戰車攻勢或迫使步戰分離之有效手段，在爾後縱深作戰亦可對突入之敵造成威脅，在共軍研發並持續量產兩棲登陸戰車後，反戰車作為更顯重要。

四、反戰車壕於重要戰史之運用

中東地區戈蘭高地位於以色列與敘利亞間之緩衝區，最

高海拔 2,814 公尺，利於軍事監偵，其西南部的太巴列湖，具地勢戰略及水資源重要關鍵¹³；西元 1973 年 10 月 6 日，敘利亞派遣 3 個裝甲師及 3 個步兵師企圖從戈蘭高地北部 2 個地段向以色列實施兩翼包圍，開啟了第四次中東戰爭，以色列為抵抗敘利亞衝向戈蘭高地的戰車大軍，於高地前緣構築了反戰車壕(因地點於戈蘭高地，俗稱戈蘭壕)，壕溝口寬 6 公尺，底寬 4 公尺，深度 4 公尺；當敘利亞戰車大軍全速衝鋒壓境不久時，即遇到了這條

¹³ 青年日報，軍事論壇，〈以色列全國動員 贖罪日戰爭逆轉勝〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1536167>，檢索日期：西元 2024 年 1 月 11 日。

「戈蘭壕」，以致從頭到尾有數英里長的隊形發生混亂，以軍的反戰車武器也同時射擊，敘軍戰車被打的體無完膚，只能派遣士兵和推土機冒著砲火攻擊的危險進行填壕作業，至 10 月 7 日晨間，敘軍被擊毀的戰車及裝甲車約 100 輛，至下午 3 時左右，被擊毀數量已達 200 餘輛¹⁴。

西元 2023 年烏克蘭春季反攻前，英國廣播公司(British Broadcasting Company,BBC)分析數百張衛星圖像發現自西元 2022 年 10 月以來俄軍在烏克蘭南部軍方控制區域構築大規模防禦壕溝和其他工事情形，其中在托克馬克北部挖掘戰壕及反戰車壕，反戰車壕寬度概約為 3-4 公尺，深度約為 1.8-2 公尺，主要用以困住烏軍戰車；另俄軍深知 E105 公路在戰略上十分重要，故在 E105 公路也挖掘一整排的戰壕及反戰車壕¹⁴；烏克蘭於 6 月開始大規模反攻，從相關資料中顯示，烏軍在韋爾博韋以北突破了俄

軍防禦工事，但僅有步兵通過，未見戰車突入，原因是俄羅斯已預期烏克蘭的反擊作為，並花費幾個月的時間建造了大規模的縱深分層防禦系統，從空中俯視，是一排排的反戰車壕、龍齒障礙、戰壕和雷區，每一區都在火力打擊範圍內¹⁵。

綜上歷史經驗可以得知，即便是在這軍事科技快速發展的時代，反戰車壕還是能在守勢作戰中的阻絕系統內扮演重要角色，當其寬度為 3-6 公尺時，可達阻止、遲滯、轉向之效果，進而影響敵戰機發揮不對稱作戰效果，故上述寬度將作為本研究訂定規格之參考。

研究設計

一、比較研究法介紹

比較研究法顧名思義就是對物件與物件之間，人與人之間的思維判斷、行為舉止，作業程序之間的流程步驟、時間路徑等項目之相似性或相異程度的研究與判斷，可以理解為是根據一定的標準，對兩個或兩

¹⁴ 解放軍出版社，《中東戰爭全史》(中國大陸：解放軍出版社，西元 1985 年 1 月)，頁 212-215。

¹⁵ BBC NEWS 中文，〈BCC 透過衛星圖片披露俄羅斯軍隊的防禦部署〉，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-65670095>，檢索日期：西元 2024 年 1 月 12 日。

¹⁶ BBC NEWS 中文，〈烏克蘭對俄軍的反攻是否正在取得進展〉，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-66841236>，檢索日期：西元 2024 年 1 月 12 日。

個以上有相關的事物進行觀察，從中發掘其中相同與不同之部分及形成關係，尋求項目間差異形成之規律理則，本研究即依此方法理則針對反戰車壕之規格等實施比較研究。

二、訂定反戰車壕設置寬度及深度

本次研究試驗使用美造 M41A3 戰車模型，模型比例為 16:1，戰車長為 5.819 公尺，寬為 3.2 公尺，高為 2.71 公尺，依比例縮小後長度為 0.363 公尺，寬度為 0.2 公尺，高 0.169 公尺；準則訂定梯形反戰車壕規格尺寸為寬度 6 公尺，深度 2 公尺，依比例縮小寬度為 0.375 公尺，深度為 0.125 公尺(如圖 6)。

戰車車體長度影響前、後負重輪間距，綜觀 2023 年世界軍事排名前 3 名國家現役戰車車體長度，美國 M1 艾布蘭主力戰車車體長為 7.93 公尺¹⁶，俄國 T-90 主力戰車車體長為 9.53 公尺¹⁷，另聞名世界之德國豹 2 型戰車車體長為 8.66 公尺¹⁸；依文獻資料中各相關準則及手冊中得知，較高規格之反戰車壕規格為寬 6 公尺、深

2 公尺，重心位置概約為 3.8-4.76 公尺周遭處，故本次研究寬度設定為 3-7 公尺，區分 9 個區間，間距為 0.5 公尺，深度設定以我國陸軍準則規範 2 公尺為基準，另測試最低高度以美軍野戰教範律定深度應達 1.5 公尺以上為基礎，故設定 1.6 公尺作為比較高度。

本次試驗反戰車壕規格(因後續試驗尺寸較小，統一更換單位為公分)訂定 X 為模擬深度 160 公分，依模型戰車比例(16:1)縮小後模擬深度為 10 公分，Y 為模擬深度 200 公分，依比例縮小後模擬深度為 12.5 公分，編號 1-9 號分別為模擬寬度 300-700 公分，間距為 50 公分，依上述尺寸縮小比例後編號 1-9 號寬度分別為 18.75-43.75 公分，予以代號分別為



圖6 美造M34A1戰車模型
資料來源：作者自行拍攝。

¹⁷ 化學工業出版社，《陸戰之王全球坦克精選 100》(中國大陸：化學工業出版社，西元 2019 年 3 月)，頁 131。

¹⁸ 同註 16，頁 161。

¹⁹ 同註 16，頁 56。

「X-1(代表模擬寬度為 18.75 公分，模擬深度為 10 公分(以下按此類推)」、「X-2」、「X-3」、「X-4」、「X-5」、「X-6」、「X-7」、「X-8」、「X-9」、「Y-1」、「Y-2」、「Y-3」、「Y-4」、「Y-5」、「Y-6」、「Y-7」、「Y-8」、「Y-9」，等 18 種規格，如表 2 所示。

三、訂定模擬戰車越壕通行試驗

模型戰車測試速率為秒速 50.505 公分，正常通行 100 公分距離為 1.98 秒換算實體戰車每秒可運動 16 公尺；「標槍飛彈」為現役之反裝甲武器，射程為 2 公里，飛行時間需 14 秒²⁰；我國紅色海灘縱深約為 200 至 600 公尺不等，海灘距第一線守備區域概約 900-1,800 公

尺不等，標槍飛彈之 7 秒飛行距離可達 1,000 公尺，12 秒即可飛行 1,713 公尺，顯示如戰車於同一地停留逾 7 秒即會增加遭擊之風險，故定義本次試驗通行狀況為通過 100 公分距離(含反戰車壕寬度)之時間，可區分為「可通行(3.98 秒內)以 A 符號紀錄」、「勉可通行(6.98 秒內)以 B 符號紀錄」、「通行困難(11.98 秒內)以 C 符號紀錄」及「無法通行(逾 11.98 秒)以 D 符號紀錄」等 4 種。

通行試驗步驟為隨機日期、天候於沙灘上設置上述規格之反戰車壕尺寸之框架，並將框架內之沙挖除，兩側自然崩塌後不加以修整坡度、調整

表2 反戰車壕通行試驗規格乙覽表

規格區分 (單位:公分)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	實際寬	300	350	400	450	500	550	600	650	700
	縮小尺寸	18.75	21.875	25	28.125	31.25	34.375	37.5	40.625	43.75
	實際深	160	160	160	160	160	160	160	160	160
	縮小尺寸	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Y	實際寬	300	350	400	450	500	550	600	650	700
	縮小尺寸	18.75	21.875	25	28.125	31.25	34.375	37.5	40.625	43.75
	實際深	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	縮小尺寸	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5

資料來源：作者自行彙整。

²⁰ 陸軍司令部，《標槍飛彈操作手冊(第一版)》(桃園：陸軍司令部，西元 2008 年 4 月 8 日)，頁 2-5。

含水量及壓密夯實，俟靜止後操控模型戰車依表 2 訂定之 18 種規格反戰車壕實施通行試驗，藉以觀察在不同寬度及深度狀況下(試驗場地示意圖如圖 7)之通行狀況，記錄於表(如表 3)後實施比較分析。

研究分析

一、不同寬度及深度反戰車壕通行情形

通行測試以模擬戰車採直線前進，中途不退後及轉向及橫移(紀實照片如圖 8)，在模擬深度為 160 公分(實際 10 公分)狀態下，測試第 1-9 項類型壕寬越壕情形，「X-1」、「X-2」、「X-3」、「X-4」、「X-5」、「X-6」、

「X-7」等 7 型壕寬為可通行(3.98 秒內)，「X-8」、「X-9」等 2 型為勉可通行(6.98 秒內)；在模擬深度為 200 公分(實際 12.5 公分)狀態下，測試第 10-18 項壕寬越壕情形，經測試，均為無法通行(均超過 11.98 秒)，實驗紀錄詳如表 4。

囿於第 1 次試驗成果模擬深度 200 公分之形式均無法通行，為維持研究成果有效性，試驗時除直線前進方式外，另增加直線前進受阻後，以退後再前進方式，增加通過反戰車壕成功機率；在模擬深度為 200 公分(實際 12.5 公分)狀態下，測試第 10-18 項壕寬越壕情形，經測試，「Y-1」型為可通行(3.98 秒內)，「Y-2」

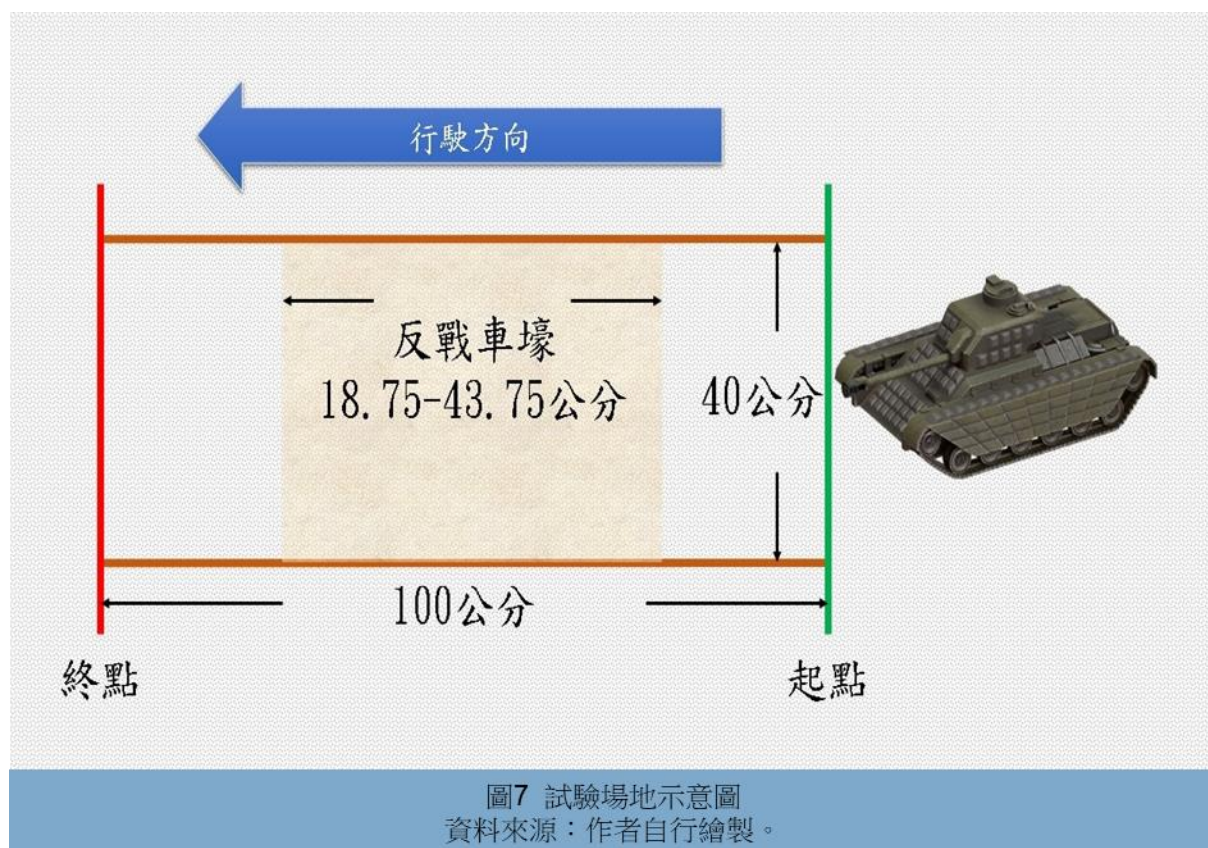
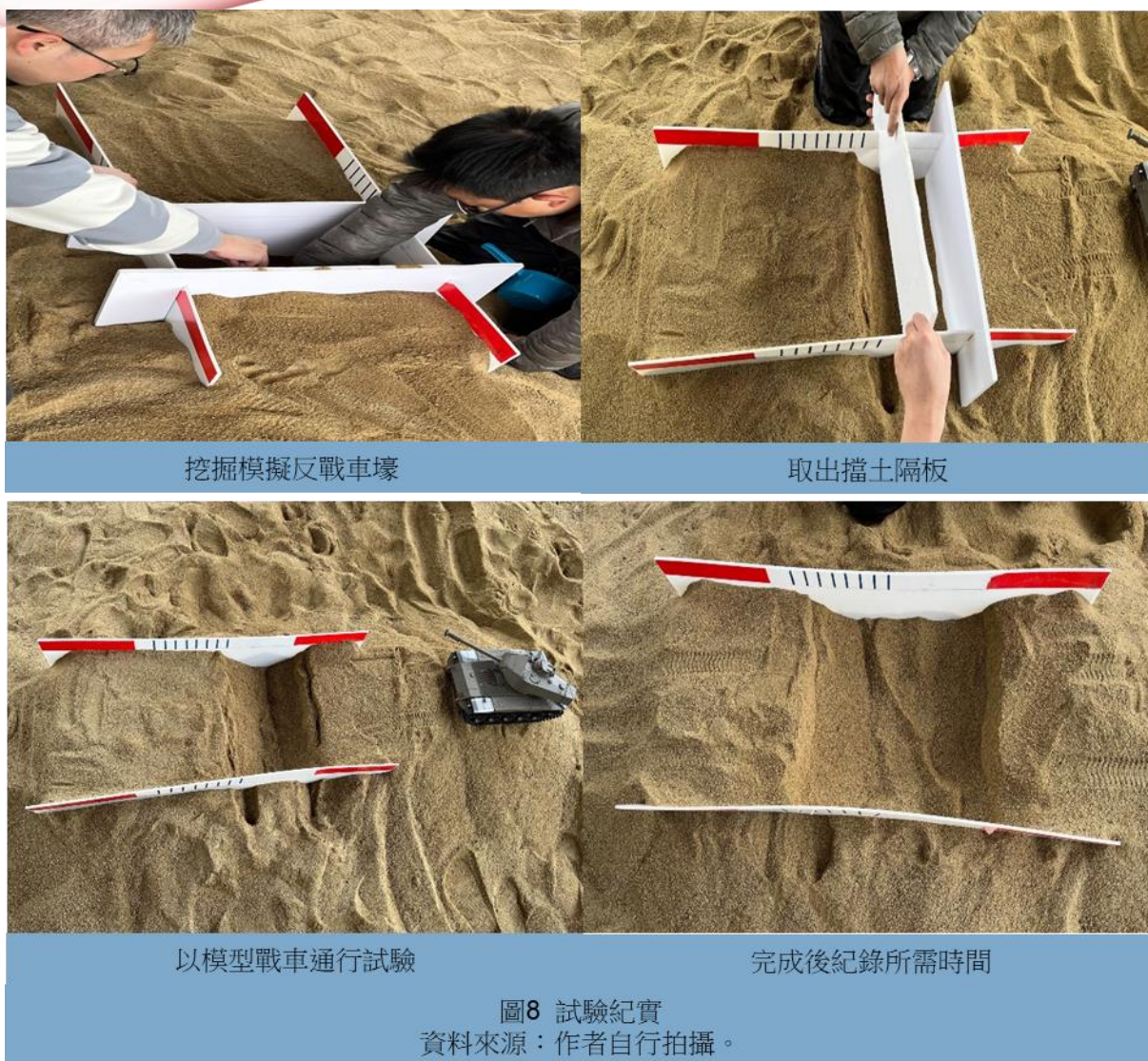


表3 反戰車壕通行試驗空白紀錄表

模型戰車速率		通行狀況區分	可通行	勉可通行	通行困難	無法通行
測試距離(公分)	100	水平通行時間 + 增加時間	1.98 + 2秒	1.98 + 5秒	1.98 + 10秒	1.98 + 10秒以上
基準時間(秒)	1.98	符號	A	B	C	D
秒速(公分)	50.505	戰車諸元	長581.9公分		寬320公分	高271公分
秒速(公尺)	0.505	模型諸元	長36.3公分		寬20公分	高16.9公分
項次	X 深度160公分	壕寬實際距離	通行時間	通行狀況	側視面積 (平方公分)	模擬壕溝土方量 (正面40公分)
1	X-1 壕寬300公分	18.75			187.5	7500
2	X-2 壕寬350公分	21.875			218.75	8750
3	X-3 壕寬400公分	25			250	10000
4	X-4 壕寬450公分	28.125			281.25	11250
5	X-5 壕寬500公分	31.25			312.5	12500
6	X-6 壕寬550公分	34.375			343.75	13750
7	X-7 壕寬600公分	37.5			375	15000
8	X-8 壕寬650公分	40.625			406.25	16250
9	X-9 壕寬700公分	43.75			437.5	17500
項次	Y 深度200公分	壕寬實際距離	通行時間	通行狀況	側視面積 (平方公分)	模擬壕溝土方量 (正面40公分)
10	Y-1 壕寬300公分	18.75			234.375	9375
11	Y-2 壕寬350公分	21.875			273.4375	10937.5
12	Y-3 壕寬400公分	25			312.5	12500
13	Y-4 壕寬450公分	28.125			351.5625	14062.5
14	Y-5 壕寬500公分	31.25			390.625	15625
15	Y-6 壕寬550公分	34.375			429.6875	17187.5
16	Y-7 壕寬600公分	37.5			468.75	18750
17	Y-8 壕寬650公分	40.625			507.8125	20312.5
18	Y-9 壕寬700公分	43.75			546.875	21875

資料來源：作者自行彙整。



及「Y-3」型為勉可通行(6.98 秒內),「Y-4」、「Y-5」、「Y-6」、「Y-7」等 4 型為通行困難(11.98 秒內),「Y-8」及「Y-9」型為無法通行(均超過 11.98 秒),實驗紀錄詳如表 5。

二、不同寬度及深度反戰車壕通行狀況分類比較

第 1 次試驗成果中，具阻絕效能為「Y-1」型等 9 項(如表 6)，其中通行狀況為無法通行計有「Y-1」至「Y-9」型等 9 項，最小挖掘土方量為「Y-1」型之反戰車壕，為模擬 300 公分寬

及 200 深之規格，實際尺寸為 18.75 公分寬及 12.5 公分深，移除土方量為 9,375 立方公分。

第 2 次試驗針對「Y-1」等 9 項試行，具阻絕效能為「Y-4」至「Y-9」型等 6 項(如表 7)，其中通行狀況為通行困難計有「Y-4」、「Y-5」、「Y-6」、「Y-7」等 4 型，通行狀況為無法通行計有「Y-8」及「Y-9」等 2 型，最小挖掘土方量為「Y-4」型之反戰車壕，為模擬 450 公分寬及 200 深之規格，實際尺寸為 28.125 公

表4 反戰車壕第1次通行試驗紀錄表

模型戰車速率		通行狀況區分	可通行	勉可通行	通行困難	無法通行
測試距離(公分)	100	水平通行時間 + 增加時間	1.98 + 2秒	1.98 + 5秒	1.98 + 10秒	1.98 + 10秒以上
基準時間(秒)	1.98	符號	A	B	C	D
秒速(公分)	50.505	戰車諸元	長581.9公分		寬320公分	高271公分
秒速(公尺)	0.505	模型諸元	長36.3公分		寬20公分	高16.9公分
項次	X 深度160公分	壕寬實際距離	通行時間	通行狀況	側視面積 (平方公分)	模擬壕溝土方量 (正面40公分)
1	X-1 壕寬300公分	18.75	2.54	A	187.5	7500
2	X-2 壕寬350公分	21.875	2.37	A	218.75	8750
3	X-3 壕寬400公分	25	3.68	A	250	10000
4	X-4 壕寬450公分	28.125	3.95	A	281.25	11250
5	X-5 壕寬500公分	31.25	3.35	A	312.5	12500
6	X-6 壕寬550公分	34.375	3.12	A	343.75	13750
7	X-7 壕寬600公分	37.5	3.86	A	375	15000
8	X-8 壕寬650公分	40.625	4.13	B	406.25	16250
9	X-9 壕寬700公分	43.75	4.03	B	437.5	17500
項次	Y 深度200公分	壕寬實際距離	通行時間	通行狀況	側視面積 (平方公分)	模擬壕溝土方量 (正面40公分)
10	Y-1 壕寬300公分	18.75	-	D	234.375	9375
11	Y-2 壕寬350公分	21.875	-	D	273.4375	10937.5
12	Y-3 壕寬400公分	25	-	D	312.5	12500
13	Y-4 壕寬450公分	28.125	-	D	351.5625	14062.5
14	Y-5 壕寬500公分	31.25	-	D	390.625	15625
15	Y-6 壕寬550公分	34.375	-	D	429.6875	17187.5
16	Y-7 壕寬600公分	37.5	-	D	468.75	18750
17	Y-8 壕寬650公分	40.625	-	D	507.8125	20312.5
18	Y-9 壕寬700公分	43.75	-	D	546.875	21875

資料來源：作者自行彙整。

表5 反戰車壕第2次通行試驗紀錄表

模型戰車速率		通行狀況區分	可通行	勉可通行	通行困難	無法通行
測試距離(公分)	100	水平通行時間 + 增加時間	1.98 + 2秒	1.98 + 5秒	1.98 + 10秒	1.98 + 10秒以上
基準時間(秒)	1.98	符號	A	B	C	D
秒速(公分)	50.505	戰車諸元	長581.9公分		寬320公分	高271公分
秒速(公尺)	0.505	模型諸元	長36.3公分		寬20公分	高16.9公分
項次	Y 深度200公分	壕寬實際距離	通行時間	通行狀況	側視面積 (平方公分)	模擬壕溝土方量 (正面40公分)
10	Y-1 壕寬300公分	18.75	3.28	A	234.375	9375
11	Y-2 壕寬350公分	21.875	6.8	B	273.4375	10937.5
12	Y-3 壕寬400公分	25	6.27	B	312.5	12500
13	Y-4 壕寬450公分	28.125	10.75	C	351.5625	14062.5
14	Y-5 壕寬500公分	31.25	11.69	C	390.625	15625
15	Y-6 壕寬550公分	34.375	10.99	C	429.6875	17187.5
16	Y-7 壕寬600公分	37.5	8.14	C	468.75	18750
17	Y-8 壕寬650公分	40.625	18.24	D	507.8125	20312.5
18	Y-9 壕寬700公分	43.75	14.84	D	546.875	21875

資料來源：作者自行彙整。

表6 第1次通行試驗具阻絕效能反戰車壕挖掘土方量統計表

項次	反戰車壕 類型	寬度 (公分)	深度 (公分)	通行 狀況	是否具 阻絕 效能	側視面積 (平方公分)	模型壕溝 土方量 (正面40公分)
1	Y-1	18.75	12.5	D	是	234.375	9375
2	Y-2	21.875	12.5	D	是	273.4375	10937.5
3	Y-3	25	12.5	D	是	312.5	12500
4	Y-4	28.125	12.5	D	是	351.5625	14062.5
5	Y-5	31.25	12.5	D	是	390.625	15625
6	Y-6	34.375	12.5	D	是	429.6875	17187.5
7	Y-7	37.5	12.5	D	是	468.75	18750
8	Y-8	40.625	12.5	D	是	507.8125	20312.5
9	Y-9	43.75	12.5	D	是	546.875	21875
註記：A：可通行、B：勉可通行、C：通行困難、D：無法通行							

資料來源：作者自行彙整。

表7 第2次通行試驗具阻絕效能反戰車壕挖掘土方量統計表

項次	反戰車壕 類型	寬度 (公分)	深度 (公分)	通行狀況	是否具 阻絕效能	側視面積 (平方公分)	模型壕溝 土方量 (正面40公分)
1	Y-4	28.125	12.5	C	是	351.5625	14062.5
2	Y-5	31.25	12.5	C	是	390.625	15625
3	Y-6	34.375	12.5	C	是	429.6875	17187.5
4	Y-7	37.5	12.5	C	是	468.75	18750
5	Y-8	40.625	12.5	D	是	507.8125	20312.5
6	Y-9	43.75	12.5	D	是	546.875	21875
註記：A：可通行、B：勉可通行、C：通行困難、D：無法通行							

資料來源：作者自行彙整。

分寬及 12.5 公分深，移除土方量為 14,062.5 立方公分。

三、比較成果分析

就裝甲部隊而言，攻勢作戰必須配屬工兵部隊，旅工兵主力通常於主力部隊前緣(概約砲兵部隊前或後方)，依狀況適時支援前線，如未配屬工兵之裝甲部隊遇反戰車壕僅能尋找替代道路或就地疏散待工兵部隊排除障礙，惟共軍登陸作戰場景為平緩海灘，無適當遮蔽地形，同時將遭我軍火力攻擊，無法「就地疏散」等待，勢必強行越壕，確保後續攻勢遂行；則彰顯反戰車壕存在價值，如反戰車壕深度越深，強行通過、開設便道效益將大幅降低，必須倚賴架設橋樑通行。

就本次試驗深度(縮小尺寸為 10 公分及 12.5 公分)規格

比較，以深度 2 公尺(模擬深度為 12.5 公分)之反戰車壕規格(Y 型)具遲滯戰車通行效果；就試驗寬度(縮小尺寸 18.75-43.75 公分)規格比較，以寬度 4.5 公尺(模擬寬度為 28.125 公分)之反戰車壕規格(4 型)具遲滯戰車通行效果。

另針對「Y-4」型與相近「Y-4」型規格之具阻絕及未具阻絕效能反戰車壕規格實施「壕寬長度與戰車長度比例」與「遲滯時間增加倍數」比較分析，「Y-2」、「Y-3」、「Y-4」、「Y-5」、「Y-6」等 5 型試驗長度均為 100 公分，反戰車壕寬與平行路面長度如表 8，「壕寬長度與戰車長度比例」為(反戰車壕寬度)/(戰車長度)100%，「越壕遲滯時間增加倍數」為(試驗中通過反戰

車壕時間)/(通過反戰車壕之等距平面時間)，其中以「Y-3」至「Y-4」段斜率最大(如圖 9)，顯示提升至「Y-4」型時，壕寬長度與戰車長度比例為 77.48%，通行時間增加 6.6 倍，效益較高。

綜上，本次試驗中具阻絕效能之最高效益反戰車壕為「Y-4」型，寬度為 4.5 公尺，高度 2 公尺，壕寬長度與戰車長度比例 77.48%，越壕遲滯時

間增加倍數為 6.6 倍，每 1 公里防禦正面所需挖掘土方量為 9,000 立方公尺，較現行準則訂定規格之 12,000 立方公尺減少 25%。

結論與建議

一、結論

俄羅斯入侵烏克蘭作戰初期，俄軍欲分別從烏克蘭北、中、南部採三併列作戰方式發起供及，其中北部攻勢意圖以第二次世界大戰德軍之「閃電

表8 壕寬長度與戰車長度比例與越壕遲滯時間增加倍數統計表

項次	反戰車壕型式	通行狀況	通行長度(公分)	壕寬長度(公分)	非壕溝長度(公分)	總通行時間(秒)	非壕溝通行時間(秒)	壕溝通行時間(秒)	增幅(倍)	模型戰車長度(公分)	壕寬長度與戰車長度比例
1	Y-2	B	100	21.875	78.125	6.8	1.55	5.25	3.4	36.3	60.26%
2	Y-3	B	100	25	75	6.27	1.49	4.78	3.2	36.3	68.87%
3	Y-4	C	100	28.125	71.875	10.75	1.42	9.33	6.6	36.3	77.48%
4	Y-5	C	100	31.25	68.75	11.69	1.36	10.33	7.6	36.3	86.09%
5	Y-6	C	100	34.375	65.625	10.99	1.30	9.69	7.5	36.3	94.70%

資料來源：作者自行彙整。

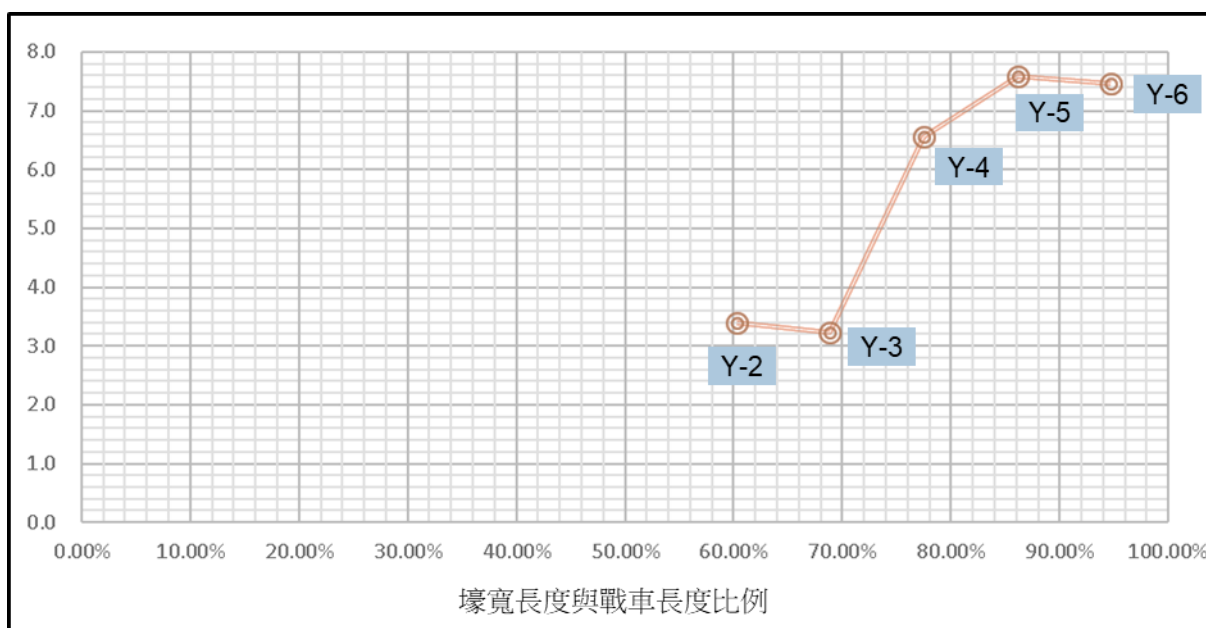


圖9 遲滯時間增加倍數曲線圖
資料來源：作者自行繪製。

戰」方式快速突入，預期在烏克蘭尚未完成防禦準備即予以殲滅，該地區攻勢初期迅速，一度突入基輔市區，在烏軍的防禦下，不僅遲滯部隊推進速度，也有效阻止俄軍攻勢；戰車問世後，反裝甲作戰方式及裝備之研發就成為各國地面部隊之重要議題，俄烏戰爭最知名之反裝甲武器就屬美國援助的「標槍飛彈」，障礙物的設置可減緩戰車部隊通行速度，進而增加反裝甲武器精準打擊機率；依試驗比較成果分析，在有限時間下，我國應運用制式挖掘機優先設置4.48-7.48公尺寬(為戰車長度77%)，2公尺深反戰車壕，以達有效遲滯敵戰車通行目的且提升整體阻絕設置效率。

二、建議

就建軍發展面向，反戰車壕運用模型戰車試驗仍有實際重量、引擎扭力、土壤飽和度等相關因子，建議國軍可運用戰演訓時機併同裝甲兵部隊及海軍陸戰隊共同實施實體試驗，求取更精準試驗數據，藉以整合相對攻防立場、相互對抗方式、相關支援做法，共同強化反戰車壕之運用概念，相關成果應納入陸軍阻絕教範、障礙物設置手冊及裝甲旅作戰教則修纂依據；另應針對我國各種土

壤性質深入研究，評估採購挖掘設備必要性納入建軍規劃。

就作戰實務面向，如完成反戰車壕設置後，防禦準備時間仍有餘，應加強反戰車壕深度，使戰車前傾角度增加，增加遲滯及脫困時間；另防禦一側之垂直壁面可運用海沙及海水混成砂漿，配合鋼筋或鋼樁加入水泥混合形成混凝土(如圖10)，以增加垂直壁面強度，避免遭轟炸、砲彈射擊、裝甲車撞擊等方式輕易破壞反戰車壕之側邊結構，避免產生斜面形成「通路」，另鋼樁或鋼筋外層可增加具緩衝減震材料，或以廢棄輪胎包覆，雖然此種方式之混凝土中含有大量氯離子，抗化學腐蝕以及抗彎折強度都會有所降低，為短期防禦使用仍具有一定硬度。

如防禦準備時間充裕，可於反戰車壕之敵來襲一側增加挖掘深度並加入粉土或黏土拌合，使海灘表面呈現泥濘的狀態，除可遲滯輪型裝備，亦可使履帶型裝備空轉無法行動(如圖11)，人員徒步時亦會深陷其中無法動彈(如圖12)；另可於防禦一側地面上設置鬆軟土堤、不規則形狀物體或地雷，影響進犯之敵架設橋樑；另在設置有效之灘岸阻絕障礙地區，



圖10 增強反戰車壕作為示意圖
資料來源：作者自行繪製。

於防禦實施時，守備部隊火力應優先攻擊敵登陸之破障、機動架橋裝備，以發揮障礙物阻止、遲滯功能，使進犯之敵陷入障礙動彈不得，不僅失去作戰能量，亦增加遭後方友軍火力誤擊機率，更成為後續梯隊前進之障礙，也提供守軍後續火力發揚效果。



圖11 俄軍戰車陷入泥潭地形
資料來源：中時新聞網，俄軍坦克在烏克蘭步履蹣跚，泥潭成了最大對手，
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220303005000-260417?chdtv>，檢索日期：西元2024年1月29日。



圖12 烏軍戰壕內泥潭地形不利於人員行動
資料來源：資料來源：Newtalk新聞，戰場全是泥潭，俄烏戰爭陷塹壕戰，
<https://autos.yahoo.com.tw/影-戰場全是泥潭-俄烏戰爭陷塹壕戰-俄-新戰術-062916301.html>，檢索日期：西元2024年1月29日。