

由八輪甲車發展趨勢與戰場威脅論我軍機步排雲豹甲車的戰鬥編組

作者/曾煥凱 備役少尉



台灣大學政治系學士，美國喬治華盛頓大學政治學博士，義務役步兵科預官 55 期，曾任排長。

提要

- 一、CM33 型八輪甲車的服役提升了我軍機動力與防護力，未來在換裝 30 公厘機砲構型後，將大幅度強化我軍打擊火力。
- 二、隨著近年來區域衝突中戰場環境威脅程度的升高，各國無不強化其現役輪型甲車的火力，以及採取特殊任務編組的形式以因應不同程度的威脅。共軍在近年來亦積極強化其各式戰甲車的防護力及兩棲/空運投射能力，我機步旅火力及反甲能力已不足以與之對抗。
- 三、機步排的雲豹甲車編組有改制以提升火力的必要。本文經由亂數模擬實驗，分析三種不同甲車編組方式在彈藥裝填所需時間佔總作戰時間的比例；模擬結果顯示混合編組的車型配置組合在此指標下表現最佳。
- 四、本文以此模擬結果為基礎，提出了對機步排雲豹甲車「車型配置」與「軟硬體提升」兩方面的建議。

關鍵詞：雲豹甲車、30 公厘機砲、亂數模擬、車型配置

壹、前言

我們並沒有要改變史崔克裝甲車的作戰方式，但是如果當你與敵軍在高度威脅的戰場近距離交戰時，擁有能投射 30 公厘高爆彈藥的機砲把對方打爆將會是很好。

—美國陸軍中將赫伯特·麥克麥斯特 (Herbert R. McMaster)¹

本軍自民國一百年（2011 年）換裝雲豹八輪裝甲車（以下簡稱雲豹甲車）以來，憑藉其優異的車身設計與內裝卡特皮勒（Caterpillar）C12 引擎所帶來之每小時高達一百公里的高機動力，使其較一般履帶車輛享有更高的戰術部署優勢與行駛上較佳的寧靜度與匿蹤性；在武器配置上，首先撥交部隊服役的 CM33 運兵構型（如圖一）車裝之國造 TS-96 式遙控槍塔（如圖二），透過內建的光電追瞄裝置使車組乘員可以在車內操作各種車裝武器，除彈藥補給外大部時間無須暴露車外，有助於提高人員安全性。此兩項操作特性大幅提升了本軍機步單位的機動力與防護力。而在民國 105 年（2016 年）一月 11 日，適逢馬英九總統視導軍備局 202 廠當日正式對外公布的配備 30 公厘鏈砲構型（如圖三），亦將自 106 年（2017 年）起量產。此型車的服役將有效的強化機步部隊與其他友軍的機動力與打擊火力。

無疑的，雲豹甲車車系將成為我軍未來機步旅的骨幹，而兩種同樣肩負打擊功能的衍生車型同時進入機步部隊服役也凸顯了妥善規劃兩種車型數量配置，以有效協調單位內打擊火力的必要性與迫切性。

¹ 發表於 2015 年九月 29 日於美國喬治亞州班寧堡(Fort Benning, GA)舉行的戰術暨準則會議(Maneuver Conference 2015)。網址連結：<http://www.military.com/daily-news/2015/09/16/us-army-wants-more-firepower-across-formations-general-says.html>。

圖一 雲豹甲車運兵型



資料來源：Wikipedia 雲豹裝甲車主頁

圖二 國造 TS-96 式遙控槍塔



資料來源：Nownews

圖三 雲豹甲車 30 鏈砲構型



資料來源：聯合報(Udn)

本文旨在透過分析比較近年西方國家陸軍與我軍機步單位輪型戰鬥車輛火力配置的發展趨勢，輔以情境導向亂數模擬，來探討如何適切規劃兩種雲豹甲車構型在我軍機步部隊的配置，期能達成部隊火力的極大化。本文架構如下。文章第二段分析介紹近期各國輪型打擊車輛的火力配置趨勢。第三段介紹亂數模擬方式並討論模擬結果。第四段引申討論模擬結果對車型數量配置的意涵，同時給予相關改良芻議。第五段總結。

貳、近年輪型甲車火力配置的發展趨勢

隨著底盤技術的進步和道路鋪設的普及，輪型甲車在過去二十年來有逐漸取代輕裝履帶車輛而成為各國陸軍機步部隊主要武器載台的趨勢。輪型甲車的高速行駛能力與寧靜度賦予其極大的戰術優勢，而輪型甲車的輕量化特性，更使其成為主要國家快反打擊部隊的新寵。

以美國陸軍為例，自 2002 年開始裝備以瑞士食人魚八輪甲車 (Piranha III) 為基礎改良的史崔克 (Stryker) 輪型甲車，截至 2015 年底已生產了超過 4500 輛各衍生型，組建了超過九支具有 72 小時部署全球能力的史崔克打擊旅 (Stryker Brigade Combat Team, SBCT)，²並經過伊拉克戰場的實戰驗證。與美國軍事關係密切的加拿大與澳洲，亦以同樣衍生自改良型食人魚甲車的 LAV III (加拿大) 及 ASLAV 輪型甲車(澳洲)做為兩國機步打擊部隊的作戰主力。亞太地區中，鄰近的中共與日本在近年也投入八輪甲車的研發，研製出 ZBL-09(中共)與目前首先搭配 105 公厘戰車砲進行驗證的機動戰動車 (日本)；在東南亞地區，與我國雲豹甲車系出同源的新加坡 Terrex 八輪甲車已服役多年且在外銷市場有所斬獲，³而泰國在近年更引進外國技術在 2015 年推出國產的黑寡婦蜘蛛(Black Widow Spider)八輪甲車。最後，歐洲對八輪甲車的研發與使用更是行之有年。芬蘭 Patria 公司研製的 AMV 八輪甲車與義大利 Iveco 的 SuperAV 八輪甲車不但為歐洲多國採用，近年甚至與美國廠商合作雙雙投入美國海軍陸戰隊的兩棲戰鬥車 (Amphibious Combat Vehicle, ACV) 競標計畫。

在武器配置的選擇上，這些八輪甲車不約而同的採用了遙控武器站 (Remote Weapon Station, RWS) 做為車載武器(機槍、榴彈機槍)的操作平台。由於遙控武器站可透過光電追瞄儀器由人員在車內操作，除了重新補給或排除故障外人員無須暴露在車身裝甲保護外，相當程度的提高了人員安全性；同時，由於無須人員在一旁手動操作，遙控武器站也因此省略了砲塔的設計，此特性除了可略為

² 美軍於 2014 年裁撤駐防於華盛頓州隸屬第二步兵師的第四 SBCT 旅，此舉將美國陸軍現役史崔克打擊旅的總數降為 9 支。

³ 我國雲豹甲車及新加坡 Terrex 八輪甲車的研製過程中皆有尋求愛爾蘭 Timoney 公司的技術協助。

降低車身輪廓外，亦可減少車身總重，使輪型甲車在機動上更為輕便敏捷。

值得注意的是，此種武器配置與使用者對這類新式八輪甲車的任務設定有著密切的關係。首先，並非所有採用此類八輪甲車的國家在先前都有佈署操作搭配機砲的履帶裝步戰車的經驗；一般而言，這些國家大多使用搭配機槍的裝甲運兵車（如美造 M113），在作戰準則的設定上僅要求此類車輛運送步兵至戰場，而非主動的擔負打擊的任務。其次，遙控武器站減少了對砲塔的需求，但某種程度上也隱含了對車載武器裝甲保護的減少，增加了車載武器的易損性。另外，由於此類遙控武器站的大小設計要求，對於搭載武器的重量亦有一定的限制，一般多以 20 公厘以下機槍或 40 公厘口徑榴彈機槍為主，少有裝置大口徑機砲；裝置大口徑機砲的遙控武器站或無人砲塔無形中增加了車體輪廓大小與車重，少數為了方便模組化改裝而將彈鏈及彈箱收納於武器站上層的無吊籃設計，則相對降低了遙控武器站環視偵蒐與接戰的運轉速度。⁴

因此，在任務想定上，這些八輪甲車的運用主要是低強度的快反任務，而非主要的打擊車輛，只具備有限的反甲與直射火力投射能力。以美國為例，史崔克戰鬥旅的主要任務想定是對全球潛在衝突地帶的快速武力投射，是美軍重裝部隊介入前的「救火隊」。該旅級單位的主力車種 M1126 步兵運輸車（Infantry Carrier Vehicle, ICV）與我軍雲豹甲車運兵型相似，只備配了以遙控武器站操作的 50 口徑機槍或 40 榴彈機槍做為主要車裝武器，該旅唯一的反甲火力來自配備 105 公厘低膛壓戰車砲的 M1128 機動火砲系統（Mobile Gun System, MGS）或 M1134 反戰車飛彈發射載具。⁵整體而言，史

⁴ 無吊籃設計的遙控武器站或無人砲塔允許砲塔下方能多容納 1-2 名兵員及彈藥，增加甲車內收容空間。無吊籃的遙控武器站設計也意味著在設計甲車時無須預留吊籃空間，保留更換車裝武器或變更用途的彈性。

⁵ 美軍教範 FM3-21.21 及 FM3-21.31。

崔克戰鬥旅並不具備與敵軍重裝部隊直接對抗的能力。當威脅程度升高，戰區指揮官仍須請求空中火力獲砲兵裝備 M1 主力戰車與 M2/3 步兵戰鬥車的重裝單位以較強的反甲火力壓制敵軍。

所幸自史崔克裝甲成軍以來，美軍的海外部署多以低強度綏靖任務居多，在戰區內少有敵軍重裝武器的威脅。然而，過去五年來隨著地緣政治因素所引發的敘利亞內戰、俄烏 2014 克里米亞危機及 2015 年迄今的葉門內戰，卻迫使美軍及盟國重新思考此類輕裝八輪甲車的火力配置問題。在這幾個美軍可能介入的潛在衝突地帶，美軍地面單位面對的將不是輕裝的游擊隊民兵，而是裝備大量先進反裝甲飛彈與戰車的叛軍，甚或裝備完整的俄軍重裝部隊。

對此，美軍的反制之道，如同本文一開頭的引言所述，便是對規劃中預置在波羅的海國家(立陶宛)的史崔克裝甲車單位進行火力提升，替少數 M1126 步兵運輸車換裝搭配 XM813 型 30 公厘機砲 MCT-30 無人砲塔 (Feichert 2015: 19-20 [如圖四])，此項計畫已經由緊急戰備需求的名義在 2015 年年中獲得美國國會的撥款 (USAREUR 2015)。⁶此項改裝計畫根本性的改變了史崔克裝甲旅中機步排連的火力配置。首先，30 公厘機砲的安裝使原先以「裝甲運兵車」為任務導向的史崔克排連成為具有遠距直射反甲火力投射能力的打擊車輛。再者，砲塔的安裝一定程度的影響了車內乘員與車載步兵數量的配置。火砲射手的編制與砲塔下方的儲彈空間壓縮車內運兵艙的空間，迫使原先以運兵任務為主的史崔克裝甲車必須

⁶ Joe Gould. "US Army: Strykers Need Bigger Gun to Fight Russia." DefenseNews.com. 24th July, 2015.

圖四 測試 MCT-30 無人砲塔的史崔克裝甲車



資料來源：GDLS

減少兵員的搭載，此將影響車載步兵班下車戰鬥任務的遂行，甚至需要增加甲車數量以維持現有戰鬥編制下步兵搭載總數。⁷

根據一份美國蘭德公司近期的比較研究（Gordon et al. 2015: 82-4），步兵班人數（9 人）搭載的完整性影響了步兵班下車戰鬥的效能，為了遷就甲車的裝載量，一個步兵班的乘車編制越是分散（需分散至 2 車甚至 3 車），則下車戰鬥的效能越低。進一步言之（如圖五及表一）所示，甲車兵員裝載量深刻的受到該甲車是否配備砲塔的影響，因為砲塔的存在意味著 1 名火砲射手的編制需求以及砲塔下方吊籃空間的佔用，此兩因素減少了甲車的兵員裝載量，也將造成一個步兵班的乘車編制更為分散。簡言之，裝有砲塔的裝步戰車相當程度地減損了車載步兵下車戰鬥的效能。另一份加拿大國防軍的研究報告（Sattler and M. O'Leary 2010: 27-8）亦推導出類似的結論，從而建議該國軍方應因應威脅等級，採用不同的 LAV III 輪型甲車武器配置。

⁷ M1126 步兵運輸車的成員編制為 2 名車組成員搭配 9 名全副武裝車載步兵。

裝有 20 公厘以上機砲的甲車所具有直射反甲火力固然優於僅配備機槍與榴彈機槍的同級甲車，但這項優勢是透過車載步兵班下車戰鬥力的減損所換取來的。職是之故，我們在探討八輪甲車作戰部隊內車裝武器火力最適配置時，需將此潛在的互抵（trade-off）效應納入考量。

現在我們將討論的重心轉回我軍機步部隊的兩款雲豹甲車之上。雲豹甲車的服役有效提升了我機步部隊的機動力與防護力。較之各機步旅先前使用的 CM21 裝甲運兵車，CM33 型雲豹甲車上所裝置的國造 TS-96 式遙控槍塔具有武器選擇模組化、人員防護力高、以及內建光電瞄準裝置的優勢。反之而言，相對於 CM21，CM33 的

圖五 數款輪型/履帶甲車乘員配置比較圖

Service	Vehicle	Crew			Dismounts													
AUS Army	ASLAV	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE								
CDN Army	LAV III	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE							
UK Army	F510 Warrior	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE							
AUS Army	M113	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon						
U.S. Army	M2 Bradley	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon						
U.S. Army	M1126 Stryker	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon						
UK Army	FV432	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon						
U.S. Marine Corps	AAVP7	Driver	Commander	Recon	Section Cmdr	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon						
					LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon	Section 2IC	M203 Grenadier	LANE	Recon

資料來源：Gordon et al. (2015: 83 [Figure 7.2])

表一、各輪型/履帶裝甲車車載步兵班作戰效益評比

兵員裝載量					
國別	車種	駕駛/車長	射手	步兵	作戰效益評比
美國	M2	2	1	6	-3
美國	M1126	2		9	0
美國	AAVP7	2	1	11	8
加拿大	LAV-III	2	1	7	-3
澳洲	ASLAV	2	1	6	-2
澳洲	M113	2		8	2
英國	FV510	2	1	8	-1
英國	FV432	2		10	2
法國	AMX-10P	2	1	8	0
德國	Boxer	3		8	0
德國	Condor	2		6	4
註：				履帶車輛	
				輪型車輛	
美國海軍陸戰隊步兵班為 13 人					
評比結果來自 Gordon et al. (2015: 表 7.3)，					

資料來源：作者自行編繪

主要車載武器仍使用幾乎同等級的 50 口徑機槍或 40 公厘榴彈機槍（以及槍塔左側的自衛用 T74V1 機槍），火力投射能力未有顯著提升，且搭載兵員（7 名）較 CM21（12 名）為少。

近來中共積極研發及改良其現役各型輪式/履帶裝甲車輛，包括 97 式步兵戰車（ZBD-04/04A）、ZBD-03 空降步兵戰車、ZBD-05 兩棲戰車、與前述之 ZBD-09 輪型甲車。根據演訓照片，在部分新型甲車上已可見到加裝額外的附加裝甲版與反應裝甲（如圖六），以增強甲車對直射武器甚至反裝甲火箭/飛彈的防護能力。而中共近年來亦大力發展戰略空運能力，包括發展「大運機」（運 20），增購俄製 Il-76 運輸機，引進烏克蘭製「野牛級」（Zubr-class）大型氣

圖六 加裝模組化附加裝甲的中共 ZBD-04A 步兵戰車



資料來源：環球軍事

圖七 中共於 2015 年七月中演習施放 96 式戰車搶灘登陸的解放軍野牛級氣墊登陸艇

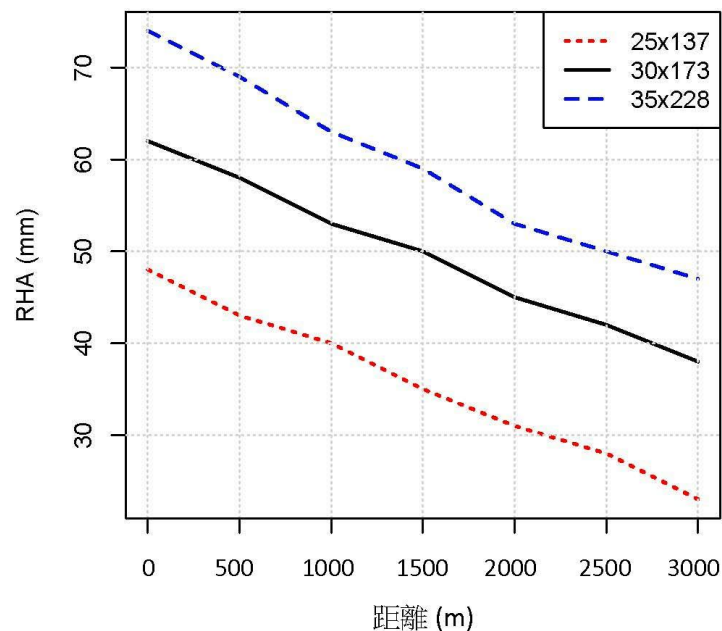


資料來源：中共中央電視台畫面

墊登陸艇。⁸這些大型運輸載具的引進增強了解放軍對我國實行登陸作戰與機降作業的能量，將各式重型戰甲車快速佈署於我軍各戰區。此一發展態勢已引起我軍不同軍種間同仁的關注。

在可預見的未來，我軍第一線機步打擊單位所要面對的不僅是共軍各式輕裝輪型/履帶甲車，而是防護能力更佳、火力強大的重型裝步戰車甚或主力戰車（如圖七）。就此趨勢觀之，僅以 CM33 運兵型雲豹甲車為主體的我軍機步單位將無法對共軍登陸部隊進行有效的反制。所幸在 30 公厘機砲型雲豹甲車服役後將可抵消我軍機步單位此項劣勢。此車所配備之美造 Mk44 鏈砲具有在 1500 公尺處貫穿以 60 度擺放的 50 公厘軋壓均質裝甲（Rolled Homogeneous Armor, RHA），⁹並可選用空爆（Air Burst）彈藥對特定目標區進行「面殺傷」。此砲的貫穿力能對主戰車以外的共軍現役大多數輪型/履帶甲車及載具遂行有效攻擊。

圖八 各型機砲彈藥對 60 度傾斜均質鋼板浸徹力比較



資料來源：Orbital ATK（作者自行比較及繪製）

⁸ 此級登陸艇具有同時裝載 3 輛 40 噸級戰車或 8 輛 15 噸級步兵戰鬥車的運輸能力。以目前共軍所操作且數量不斷擴充中的 071 級船塢登陸艦為例，據研判一艘 071 級可攜帶 4 艘大型氣墊登陸艇（劉啟文 2008），相當於能一次施放 3 個戰車排或連級機步單位的登陸能量。

⁹ 參見圖八。圖八列出了 ATK 廠生產之各口徑機砲在不同距離下的浸徹力表現。

即使如使，30 公厘機砲價格高昂，無法對我軍現有之雲豹車系全面改裝，而根據軍備局於立法院答詢時所公布之資訊，此型車未來也僅將生產 284 輛。¹⁰同時，砲塔的安裝意味著車內將裝載更少的兵員，此將影響機步班的編組及下車作戰的效能。因此 30 公厘機砲型雲豹甲車勢必將與運兵車型進行一定比例的混合編組，才可在不減損機步班作戰效能的前提下，維持機步單位的反甲火力。

然而，兩種雲豹甲車車型要以怎樣的比例混編？如何方能使最小作戰單位（機步排）的火力配置達到最大化？欲回答此問題，我們必須將武器的操作特性納入考量，以量化方式將評估結果客觀的呈現，以增加未來政策評估與實兵驗證時的可參照性。我們固然知道 30 公厘機砲具有優異的直射火力投射能力，而 TS-96 式遙控槍塔亦具有人員保護性高、單價較低能大量部署的優勢，但機步排的整體火力發揮亦同時受到兩種不同系統重新裝填時間與特定時間內可用於接敵的甲車數量之影響。在下一段的討論中，筆者將這些影響機步排火力調度的因素予以量化，透過隨機亂數模擬的實驗來估算機步排的最適化火力配置與甲車型式組合。

參、亂數模擬實驗：評估機步排火力配置與甲車型式組合

根據我軍機步排連教範，如同西方國家同級單位，機步排是機步單位行機動作戰的最小戰術單位（BDE），一個機步排裝備有 4 輛雲豹甲車，搭載步兵班前往目標區，並協同步兵班對目標進行直接攻擊（Direct Assault）。其中，CM33 運兵型雲豹甲車配備有曲射武器（40 公厘榴彈機槍）與直射武器（T74V1 7.62 公厘機槍），可直

¹⁰ 洪哲政，〈機砲裝步型雲豹甲車 預計生產 284 輛〉（2014 年 12 月 29 日），聯合報。網址連結：<https://video.udn.com/news/255228>。

接攻擊目標區或對下車作戰的車載步兵予以直射火力掩護。30 公厘鏈砲型雲豹甲車則可以車裝鏈砲對敵高價值目標或硬性目標(戰甲車、掩體)進行直射火力攻擊，亦可施放車載步兵下車戰鬥。根據已知資料，CM33 運兵型雲豹甲車的攜彈量為 40 公厘榴彈 240 發，機槍彈 1400 發。¹¹此攜彈量相當於 48 發裝 40 公厘高速槍榴彈彈箱 5 箱及 200 發裝 7.62 公厘機槍彈盒 7 盒，意即在不額外補給，車輛滿載開赴目標區的戰鬥任務中，可能進行至多 4 次的主要武器彈藥再裝填。而在 30 公厘鏈砲型雲豹甲車的部分，目前尚無正式公布相關性能諸元，但我們可從當代西方國家數款主流 25-30 公厘機砲砲塔的諸元推估鏈砲型雲豹甲車的攜彈量及換彈頻率。表二表列出 4 款 25-30 公厘機砲砲塔的口徑、砲塔內備射彈數的諸元，以砲塔大小與鏈砲型雲豹甲車相似的 Delco 砲塔與同樣使用 Mk44 型 30 公厘機砲的 Hitfist 砲塔推估，鏈砲型雲豹甲車的砲塔內備射彈總數應落在 150~200 發這個區間。¹²而車體體積大小略小於雲豹甲車車體的加拿大 LAV III (大小略同史崔克甲車)可攜帶總數近 600 發的 25 公厘鏈砲砲彈，可合理的推估車體較大、總重較重的雲豹甲車應可攜帶同數量而口徑較大的 600 發 30 公厘鏈砲砲彈，亦即 3 次的重新裝填量。

在大多數的戰術情況下，甲車無須撤離接戰區域進行重新裝填。其中，運兵型甲車可在車載自衛用機槍或友車的掩護下由車組人員進行裝填，而有砲塔的裝步戰甲車則可在砲塔裝甲的保護下進行彈鏈的重新裝填。然而，為了避免車輛在重新裝填的空檔遭到敵火攻擊，車長可能選擇將車輛駛至敵直射武器有效射距外進行裝填作業。如此，該車能重新加入戰鬥的時間間隔將受到彈鏈/彈藥箱重量、

¹¹許紹軒，〈憲兵操演 雲豹八輪甲車首亮相〉(2012 年 9 月 7 日)，聯合報。網址連結：<http://www.udn.com/news/e404#ixzz25rKG7F4e>。

¹² M242 機砲的裝彈量為主彈艙 150 發高爆彈與副彈艙 60 發穿甲彈，可依據目標類型切換使用。MCT-30 為左右並列彈艙設計，其 XM813 機砲為 Mk44 機砲的衍生型。

車組成員訓練、及戰場威脅程度的影響，同時，排組內可用於接敵的甲車數量也因此減少。

表二、各種當代西方國家機砲砲塔的諸元比較

砲塔型式	Delco III	Hitfist	Bionix 25	MCT-30
機砲型號	M242	Mk44	M242	XM813
口徑	25mm	30mm	25mm	30mm
備射彈量 (發)	150+60 (主+次)	200	180	75+75 (左+右)
有人/無人	雙人	雙人	雙人	無人
製造商	Delco Defense Systems	Oto Melara	Singapore Technologies Kinetics Ltd.	Kongsberg Defence Systems

資料來源：作者自行製作

一般說來，根據美加澳軍方的八輪甲車作業標準，一組訓練有素的車組成員可在 2 分鐘內完成更換 25 公厘機砲彈鏈的作業。¹³而遙控槍塔則平均可在 4-5 分鐘內完成主要武器彈藥的裝填與重新校正。我們可依據這些經驗數據來推算兩型雲豹甲車更換彈藥所需時間以及這個空窗期佔總作戰時間的比例，以此評估最適當的甲車型式組合。

一個簡單的估算方式便是透過二項式系數 (binomial coefficient) 計算一個特定時間點上一個既定數量(n)中出現需要重新裝填彈藥的車輛數(x)的可能組合， $n! / x!(n-x)!$ ，並將此數值帶入一組連續性的二元隨機變數 (binary response) 計算公式，求出累積連乘值 (Π)，即為對 x 輛甲車裝填彈藥時間佔總作戰時間的估計。

¹³ 參見美國海軍陸戰隊教範 MCWP 3-14.1 (LAV-25)、加拿大國防軍 B-GL-321-006/007 (LAV III)、澳洲國防軍 SIGC 2320-66-139-4586 (ASLAV)。

這個計算可分兩個面向細論。首先，透過 $n!/x!(n-x)!$ ，我們可以算出在隨機條件下出現 x 輛甲車需要重新裝填彈藥的各種情形。舉例來說，一個 4 輛車的排組中出現 1 輛 30 公厘鏈砲型雲豹甲車打完砲塔內備射彈需要更換彈藥，而其他 3 輛車仍保持作戰狀態，則此事件發生的可能組合為：

$$\frac{4!}{1!(3-1)!} = 4$$

意即排組中 4 輛車中的任一輛(1 至 4 車)皆可能發生需要重新裝彈的情形。假設出現同時有 2 輛車需要重新裝填彈藥的情形則可能發生於排組裡 4 輛車中的任 2 輛，共有六種不同組合 $4!/2!(4-2)! = 6$ 。依此類推，但排組中同時出現需要重新裝填彈藥的車輛總數不得超過 4 輛，因為此狀況意味著整個機步排因戰損或機械因素被迫退出戰場，而不在我們的計算範圍。

從估算此問題的另一個面向切入，假設一輛甲車在一個固定的戰鬥任務時間 (T) 內重新裝填彈藥所需的時間為 t ，則在整個戰鬥時間內甲車耗費在裝填彈藥而無法投入作戰的時間比例即為 t/T 。

再次以 30 公厘鏈砲型雲豹甲車為例，假設重新裝填彈鏈所需時間為 2 分鐘，則在整個任務時間內總共再裝填 3 次所需的時間為 $2 \times 3 = 6$ 分鐘。根據美加等國戰場經驗教訓中 (Army Lessons Learned Center) 所歸結的單次 4 小時的高威脅性戰鬥任務時間想定，則在單次戰鬥任務中，機步排中出現 1 輛裝有 30 公厘機砲的甲車因重新裝填彈藥的需求而無法投入戰鬥的時間佔總任務時的比例可表示為 $(2 \times 3)/(60 \times 4) = 0.025$ ，或 2.5%。以常見的統計機率值來

解式，這代表了每 4 小時的任務時間中，將可預期有 2.5%的機會出現 1 輛 30 公厘鏈砲甲車因需要重新裝填彈藥而無法投入機步排的作戰，而以互補概率（complementary probability）言之，這同時也代表了在這個 4 小時的任務中整個排組在其他 97.5%的時間俱備火力投射能力。

因此，在出現 x 輛甲車需要裝填彈藥的情況下，整個機步排因需要裝填彈藥而無法投入作戰的時間佔總時間的預期機率，即為發生此條件的二項式系數與連續機率值的乘積：

$$p(x) = \binom{N}{x} \left(\frac{t}{T}\right)^x \left(1 - \frac{t}{T}\right)^{N-x}, \quad (1.1)$$

此公式由 Blumenfeld (2001) 所定義，也曾應用於車輛補給的作業研究 (Pond 2010)，計算方式與二元變數統計分佈常用的 logit 模型類似。¹⁴再次以先前使用的 30 公厘鏈砲甲車為例，一個全部配備 30 公厘鏈砲甲車的機步排中出現 1 輛甲車因需要裝填彈藥而無法投入作戰，佔整個機步排戰鬥時間的預期機率為：

$$\begin{aligned} p(1) &= \binom{4}{1} (0.025)^1 (1 - 0.025)^{4-1} \\ &\cong 0.09268 \\ &\cong 9.3\% \end{aligned} \quad (1.2)$$

可解釋為在出現一輛甲車在 4 小時戰鬥時間內需要多次重新裝填彈藥的情況下，機步排無法投入作戰的時間比例 (9.3%)，反言之，在 $(100 - 9.3)\% \cong 90.7\%$ 的時間，整個機步排是隨時可以投射火力的。

以配備 40 公厘榴彈機槍的運兵型雲豹甲車為例，在一個 4 小時的戰鬥時間內，總共 4 次，每次 5 分鐘的裝填時間，佔總作戰時間

¹⁴ 推導方式可參見 Long (1997: Ch. 3)。

的比例為 $\binom{5 \times 4}{(60 \times 4)} = 0.083$ ，或 8.3%。套用公式 (1.1)，一

個全部配備運兵型甲車的機步排中出現 1 輛甲車因需要裝填主要武器（40 公厘榴彈機槍）彈藥而無法投入作戰，佔整個機步排戰鬥時間的預期機率為：

$$\begin{aligned} p(1) &= \binom{4}{1}(0.083)^1(1 - 0.083)^{4-1} \\ &\cong 0.2560 \\ &\cong 25.6\% \end{aligned} \tag{1.3}$$

即有 25.6% 的作戰時間需用於重新裝填彈藥，相較於 74.4% 全排皆能投射火力的時間比例。其他的預期狀況，包括同時出現 2 至 3 輛甲車需要重新裝填的情形，可以同樣的方式，透過公式 (1.1) 推算。

然而，有兩種情況必須特別提出討論。首先，在出現超過 1 輛甲車需要重新填彈而無法投入戰鬥的情況下，是否會增加排組內其他甲車的耗彈速率（易即增加其他車輛需要重新裝填彈藥的機率）進而影響的 $p(x)$ 的估計。對此，我們需假設不同車輛間產生需要重新裝填彈藥的機率為獨立事件，即 $\left(t/T^i \perp t/T^j\right) \mid p(x) \forall i \neq j$ ，

即任意 i 與 j 車各自所需的裝填彈藥占總作戰時間比例不受到 x 車退出戰鬥之機率的影響。當然，在實際戰術情況下此種影響是存在的，因為當排組中的 i 車退出戰鬥進行裝填時， j 車可能必須接戰更

多目標，增加彈藥的消耗，而加快了裝填彈藥的需求。但在便於估算的情況下，我們必須作此簡化的假設。

另一方面而言，我們也可以透過多車($1 < x < 4$)需要同時進行彈藥裝填的情況想定將這此潛在影響納入考量，而這也引出來計算公式 (1.1) 上的第二個問題，即機率組合的問題。進一步言之，在機步排全為 30 公厘鏈砲型或運兵型的單一構型 (pure fleet) 編組時，¹⁵對於不同車數的 $p(x)$ 值的計算，可以直接套用公式 (1.1) 並代入兩車型各自所需的裝彈時間占總作戰時間的比例 (0.025 或 0.083) 求解。但是當機步排的編組是採用混編的方式，例如 2 輛 30 公厘鏈砲構型 (以字母 T (turret) 代表) 搭配 2 輛運兵型 (以字母 R (RWS) 代表)，則在計算上需考慮「併集」($\cup$) 與「交集」($\cap$) 的問題。例如當一個混編的機步排中同時出現兩輛甲車需要裝填彈藥的可能狀況有以下幾種組合：

$$\begin{aligned} p(x=2) &= \underbrace{p(T=2 \cap R=0)} \cup \underbrace{p(T=0 \cap R=2)} \cup \\ &\quad \underbrace{p(T=1 \cap R=1)} \\ &= \binom{2}{1}(0.025)^2 + \binom{2}{1}(0.083)^2 + \\ &\quad \binom{2}{1}(0.025)^1(1-0.025)^{2-1} \times \end{aligned}$$

¹⁵ 此處對 pure fleet 的翻譯採用國防部訂《外文軍語統一譯名通報九十九年增訂本》之用法，參見頁 17。

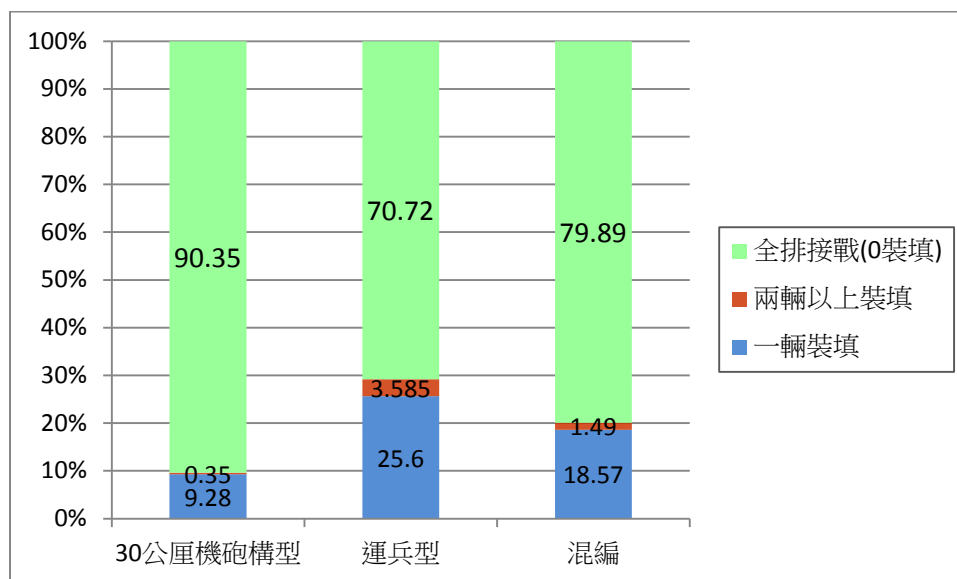
$$\begin{aligned} & \binom{2}{1} (0.083)^1 (1 - 0.083)^{2-1} \\ & \cong 0.0149 \\ & \cong 1.49\% \end{aligned}$$

且假設 30 公厘鏈砲構型與運兵型甲車兩車型間出現需要重新裝填彈藥的需求（純機械因素）為獨立事件。其他的各種狀況組合也可以透過相同的方式推導出 $p(x)$ 值。

以下我們就以公式 (1.1)，設 $x=1, 2, 3$ ， $t/T^T = 0.025$ 、 $t/T^R = 0.083$ 的初始條件，分別計算在三種不同機步排甲車編組—(1) 30 公厘鏈砲單一構型、(2) 運兵型單一構型、(3) 2 輛鏈砲型/2 輛運兵型混編—的情況下，各種重新裝填彈藥之需求的出現對機步排在一定作戰時間（4 小時）內火力運用能力的影響。

圖九列出三種甲車構型編組下，裝彈需求對機步排火力運用能力的影響。我們可以看出在整個排組 4 輛車都是 30 公厘鏈砲構型的情況下，全排火力運用能力受到甲車重新填裝彈藥的時間需求影響最小，其中兩輛以上裝填的時間需求僅占總作戰時間的 0.35%，而此種編組下的機步排有超過九成的作戰時間（90.35%）是全排都可投射火力的。而在混合編組的建制下，全排皆可投射火力的時間比例下降為八成以下（79.89%），其中，兩輛以上甲車同時發生需要重新裝填彈藥的百分比上升為 1.49%。最後，運兵車型單一構型編組在各種條件預設下的表現最差，全排皆可投射火力的時間比例降為七成（70.72%）左右，而兩輛以上甲車同時發生需要重新裝填彈藥的百分比達到 3.58%，意味著全排在這些時間內只剩一半的戰力。

圖九、不同甲車構型編組下，裝彈需求對機步排火力運用能力的影響



資料來源：作者自行製作

在這樣的預設下，30 公厘鏈砲構型雲豹甲車在作戰時間內對機步排火力運用能力的貢獻顯而易見。

但這是否意味著將整個機步排的雲豹甲車編組全面「機砲化」便可達成火力運用能力的極大化（或裝填時間的最小化）呢？對此，由於在圖九中對 $p(x)$ 值的計算是建立兩型甲車裝填彈藥時間佔總作戰時間百分比， $\left\{t/T^T = 0.025, t/T^R = 0.083\right\}$ ，為固定的假設下，

且估計值僅依賴一次性的計算。在實際戰術情況下，裝填時間可能受到下列各種情況的影響：

- (1) 戰損
- (2) 車組人員疲勞、傷亡、訓練不良
- (3) 武器故障需先行排除
- (4) 需離開作戰區域，駛至隱蔽與掩蔽後方進行裝彈
- (5) 其他因素

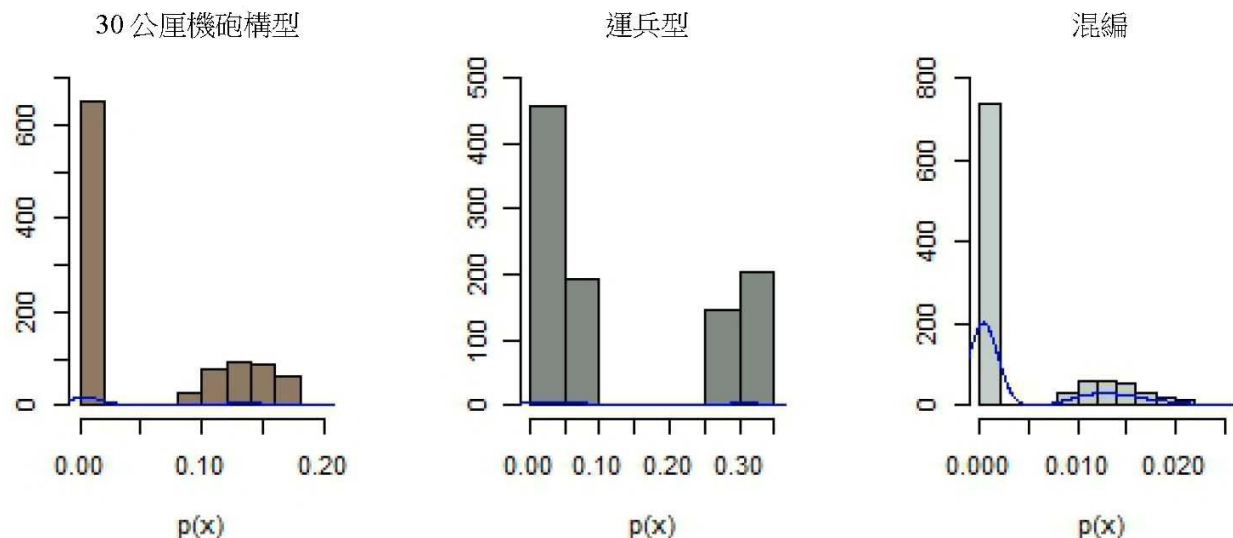
因而導致在 t/T^T 與 t/T^R 的估算上有誤差的空間。另外，在實際戰術情況下，可能有各種的裝填彈藥甲車數 (x) 與裝填彈藥時間 t/T ，甚至與不同甲車構型編組的組合。一個更直接將這些變數估算的方式便是透過隨機亂數模擬，允許不同變數組合進入對公式 (1.1) 的估算，透過迴圈 (loop) 重複運算，取得較大樣本的估測值，並比較各次估計值的分佈結果。

以下，作者設定一個模擬運算的迴圈模擬先前界定之二項式機率公式 (1.1)。其中 N 為每排車輛總數，固定為 4。模擬公式 (1.1) 的步驟為從 N 及有限範圍的 t/T 中選隨機抽樣 $x = 1, 2, 3 < N = 4$ 及 $t^{Min}/T \leq t/T \leq t^{Max}/T$ 。其他的初始設訂同前， x 須為整數， t/T 為推算之重新裝填所需時間占總接戰時間比例的數值。在 30 公厘機砲構型雲豹甲車的部分，以先前所定之 2 分鐘裝填時間做為最小值 (minimum; $t^{Min}/T \cong 0.025$)，以 $t + 2$ 分鐘做為最大值 (maximum; $t^{Max}/T \cong 0.05$)，從 0.025 至 0.05 的連續小數中選取隨機數值。而在配備 40 公厘榴彈機槍的運兵型甲車部分，則以 5 分鐘裝填時間加上 3 分鐘的誤差值，從 $t^{Min}/T \cong 0.083$ $t^{Max}/T \cong 0.133$ 的連續小數中選取隨機數值。

模擬的次數設定為 1000 次，意即各隨機選取 1000 組 x 與 t/T 任意搭配， $\{x, t/T\}$ ，求得 1000 個 $p(x)$ 的估計值。整個亂數模擬的執行步驟如下：¹⁶

- (1) 設定模擬次數為 1000 次
- (2) 設定亂數產生函式(set seed)為 1
- (3) 隨機選取 1000 個 x (可重複選取)
- (4) 隨機選取 1000 個 t/T (可重複選取)
- (5) 將 1000 組 x 與 t/T 隨機配對，計算公式 (1.1)
- (6) 儲存 1000 個估算之 $p(x)$

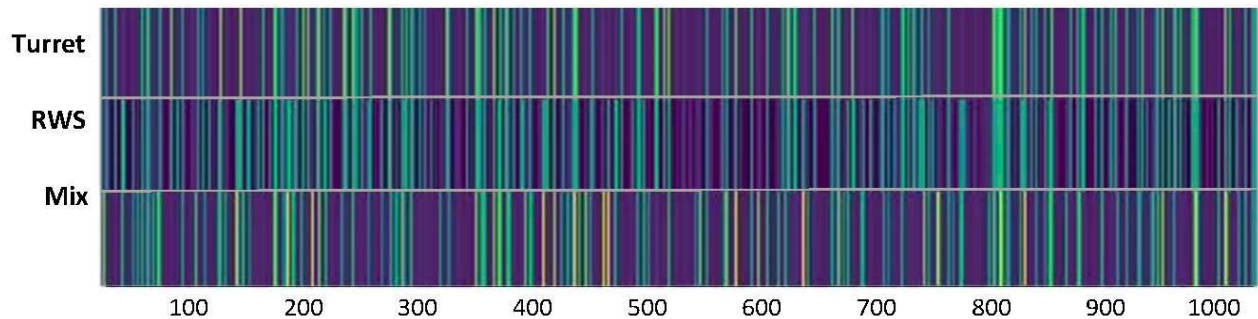
圖十、不同甲車構型編組的 $p(x)$ 值估計在亂數隨機模擬下的分佈情形



資料來源：作者自行製作

¹⁶ 此模擬以統計軟體 R 執行。

圖十一 $p(x)$ 值模擬結果顯示



資料來源：圖十

圖十呈現了三種不同甲車構型編組的 $p(x)$ 值估計在隨機亂數模擬下的次數分佈情形，其中縱軸為次數，密度分佈 $f(x)$ 以藍色曲線標示出，統計分佈值列於附錄表 A1。由圖十的分佈狀況及表 A1 的相應數據可以看出，純運兵構型的編組仍然有著較高的 $p(x)$ 估計值（意即因裝填彈藥而無法投入戰鬥的時間比相對較高），且 $p(x)$ 估計值多分佈於橫軸的兩個極端值上。反之，30 公厘鏈砲單一構型及混合編組（兩車型各 2 輛）兩種模式下的估計值分佈狀態極為相似，眾數皆趨近於 0，然而後者的 $p(x)$ 估計值在後 50% 組距的區間內皆較前者為低（對照附錄表 A1），且在圖十中也呈現了較低的離散程度（dispersion），絕大部分的 $p(x)$ 估計值發生頻率落在組距相對較窄的 $[0.005, 0.02)$ 區間內，遠小於 30 公厘鏈砲單一構型的 $[0.05, 0.2]$ 。因此，在各種可能情況下，採混合編組的雲豹甲車排所需的重新裝填時間占總作戰時間的預期比例（ $p(x)$ ）低於由 30 公厘鏈砲單一構型組成的機步排編組。簡言之，採混合編組的雲豹甲車排擁有較好的火力運用能力，在絕大部分的作戰時間內全排皆能對敵目標投射火力，且排中 2 輛運兵型甲車的編組替機步排保留

至少 4 名車載兵員的能量（相較於 4 輛皆為 30 公厘鏈砲構型的編組）。

圖十一透過熱區圖（heat map）顯示了本次亂數模擬中對 $p(x)$ 值的模擬結果，其中亮色系的條紋代表較低的 $p(x)$ 估計值，而偏深色系的條紋代表較高的 $p(x)$ 估計值，橫軸則為模擬的次數（共 1000 次）。¹⁷ 圖十一中所顯示的趨勢與圖十的分佈結果大致吻合，純運兵構型的編組普遍有著較高的 $p(x)$ 值，而純 30 公厘機砲單一構型和混合編組兩種配置的熱區度數大致類似，但後者的熱區中低 $p(x)$ 值的條紋更偏亮色系，代表 $p(x)$ 值較前者為低。綜言之，混合編組的雲豹甲車機步排用於裝填彈藥的預期時間比例較另外兩種單一構型的編組為低，是本次模擬結果下表現最佳的車型配置組合。

肆、配置與改良芻議

經由上述的分析討論，我們可以歸納出幾項重點，作為未來我軍操作雲豹甲車的機步單位在編裝與系統改良上的參考。作者認為可以從兩個面向討論，分別為「車型配置」與「軟硬體提升」，並可歸結為以下四個要項。

一、車型配置：

前段的亂數模擬結果指出兩個重要的車型配置方向。第一，30 公厘鏈砲構型雲豹甲車的數量與機步排火力有著正面但不完全是線性的影響。第二，以混合編組的雲豹甲車排擁有較好的火力運用能力，這顯示在其較低的（相較於其他兩種單一構型編組）重新裝填彈藥時間占總作戰時間的比例（ $p(x)$ ）上。30 公厘鏈砲火大強大，裝彈量多，具有較長的火力持續性，且重新裝填時間短，機步排內編制較多的機砲構

¹⁷ 機砲構型(Turret)，遙控武器站(RWS)，混合編組(Mix)。

型甲車對排火力的發揚有正面的效果，此皆無庸置疑，然而單輛鏈砲構型甲車對於機步排火力的邊際效應可能是遞減的。

另一方面，當機步單位遭遇的目標大多數為軟性目標時（此為無法預測的戰場因素），30 公厘鏈砲可能並非接敵武器上的首選，反觀 40 公厘榴彈機槍與車裝機槍似對軟性有較佳的殺傷效益。也正因為這個因素，採用「30 公厘鏈砲—運兵型」混合編組的機步排在火力運用上有較大的彈性，可協調排內甲車對敵硬性與軟性目標實施不同程度的攻擊；同時，根據前述 Gordon et al. (Ibid) 的研究，在機步排內保留運兵車型的編制可降低因需容納機砲吊籃空間及 1 名射手的編制而減損的車載步兵班下車戰鬥能力。

兵科學校及實兵單位在 30 公厘鏈砲型雲豹甲車正式撥交部隊服役前，有必要對機步排（及連）的甲車配置編組進行驗證。例如，可採取本文中亂數模擬的模型架構，選擇不同比例的「30 公厘鏈砲—運兵型」編組（1-3、2-2、3-1）實施戰術情況下各種作為與處置的驗證，甚至將此編組驗證方式應用在連/營的層級。

二、軟硬體功能提升的建議：

（一）先進光電觀測儀器與目標標定裝置：

在配備不同車裝武器的雲豹甲車排執行偵蒐打擊任務時，相當程度的倚賴對敵目標的「先視」與標定能力，以期及早確認目標、協調排組內火力進行攻擊。現役 CM33 型雲豹甲車上之 TS-96 式遙控槍塔內的光學觀瞄系統具有熱成像能力（吳承叡 2015），但並不具備主動目標標定的功能，有效觀測距離僅約與 40 榴彈機槍射程相當，且操作時此觀瞄裝置須與槍塔共同俯仰動作，嚴重限制其偵蒐範圍。在 30 公厘鏈砲構

型雲豹甲車的部分，目前尚未對外公布其砲塔內建雷射測距儀的諸元，但據信其觀瞄範圍應與先前雲豹甲車樣車所採用

圖十二 裝於 M2A3 步兵戰鬥車砲塔右後方的 Battleguard 獨立熱影像偵蒐儀



資料來源：Raytheon

圖十三 裝於 M1127 史崔克偵察車車頂的 LRAS3 熱影像偵蒐儀



資料來源：The AFV Database

之 Delco 砲塔的雷射測具移性能相仿，約為 2 公里上下，熱成像偵蒐範圍亦近似。兩型甲車皆不具備主動目標標定能力及主要車裝武器射距外的偵蒐能力。

近年來西方國家戰甲車普遍加裝了獨立於主要車裝武器射瞄軸線外，具有 360 度環視能力甚至 720 度迴旋視野的獨立熱影像偵蒐儀。美軍 M2/3A3 步兵戰鬥車便裝有第二代熱成像技術，¹⁸具 360 度環視及上下俯仰能力的雷神公司（Raytheon）製 Battleguard 車長獨立熱影像儀（如圖十二），有效偵蒐距離可達 8 公里以上。

我機步旅在未來可以考慮於營連層級編制中選擇數輛機砲型雲豹甲車的砲塔後端加裝此類偵蒐裝置，如此當此類甲車進行彈藥裝填作業時，仍能透過（甚至在敵直射武器射距外）此偵蒐裝置保持環視與遠端警戒的能力，提供友軍車輛敵情資訊，甚至替反裝甲武器提供目標標定。¹⁹惟機砲型雲豹甲車可能有砲塔空間限制與車重的考量，無法安裝，則我軍亦可考慮選擇無砲塔的 CM33 型甲車車頂的遙控槍塔安裝同為雷神公司生產的 LRAS3（Long Range Scout Surveillance System）熱影像偵蒐儀（如圖十三），替同單位的機砲型雲豹甲車執行遠端情蒐和目標獲取，亦不失為一實用的改裝方案。

（二） 微型遙控槍塔及可程式空爆彈藥（PABM）：²⁰

遙控武器站在操作上的人員安全性這項特性也可應用在 30 公厘鏈砲構型雲豹甲車之上。當鏈砲型雲豹甲車進行重新裝填彈鏈的作業時，需由至少 2 名車內組員作業，僅餘一人可操作砲塔頂端的車裝 T74 機槍以供自衛，但在此同時也將自身暴露在敵火威脅下。可行的改良方案包括在砲塔頂端的

¹⁸ 可升級為第三代。

¹⁹ 此系統共容於我軍新建案採購之 ITAS（Improved Target Acquisition System）拖式飛彈系統（使用第三代熱成像技術），參見 Jones and Wagner (1998: Figure 1)。

²⁰ Programmable Airburst Munitions，此譯法引自國防部訂《外文軍語統一譯名通報九十九年增訂本》，頁 17。

車長戰鬥艙蓋四周加裝防彈護盾(如圖十四) 以增強成員於車外觀測及自衛射擊的安全性，²¹或是在原先 T74 槍架的位置以微型遙控武器站(如圖十五)取代，如此一來，當車組成員進行裝填彈藥作業時，另一成員可於車內遙控車頂的機槍射擊，而無須暴露在外。另外，兩型雲豹甲車也可透過引進可程式空爆彈藥來增強對「面」的殺傷力。以電子程式設定引信的高爆彈藥，可準確的在目標上空或任何彈道內的特定高度/距離爆炸，達到最佳的殺傷效果。單發彈藥對敵的有效攻擊可減少後續彈藥的消耗，減少重新裝填彈藥的需求，維持機步排的火力持續性。

在 30 公厘雲豹甲車所採用的 Mk44 機砲方面，製造商 ATK 公司早已開發出 Mk310 空爆榴彈供客戶選用，而在 40 公厘高速槍榴彈部分，歐美各國及包括韓國新加坡等亞洲國家已發展出空爆模式彈種搭配榴彈機槍使用(如圖十六)。

圖十四 美國海軍陸戰隊的 LAV-25 甲車於砲塔四周加裝有觀景窗的防彈護盾
(黃圈內所示)



資料來源：Defencetalk

²¹ 此為選擇性防護套件，平日演訓時可拆除，不會增加承平時的车重及油耗。

圖十五 新式微型遙控武器站(左為 deFNder，右為 R-400 ILWS)



資料來源：FN Herstal、Recon Optical

圖十六 萊茵金屬公司(Rheinmetall)的 40 公厘空爆槍榴彈



資料來源：Rheinmetall

我軍未來應尋求引進或自行開發此類彈藥，以強化兩型雲豹甲車的火力。

(三) 數位化指揮系統：

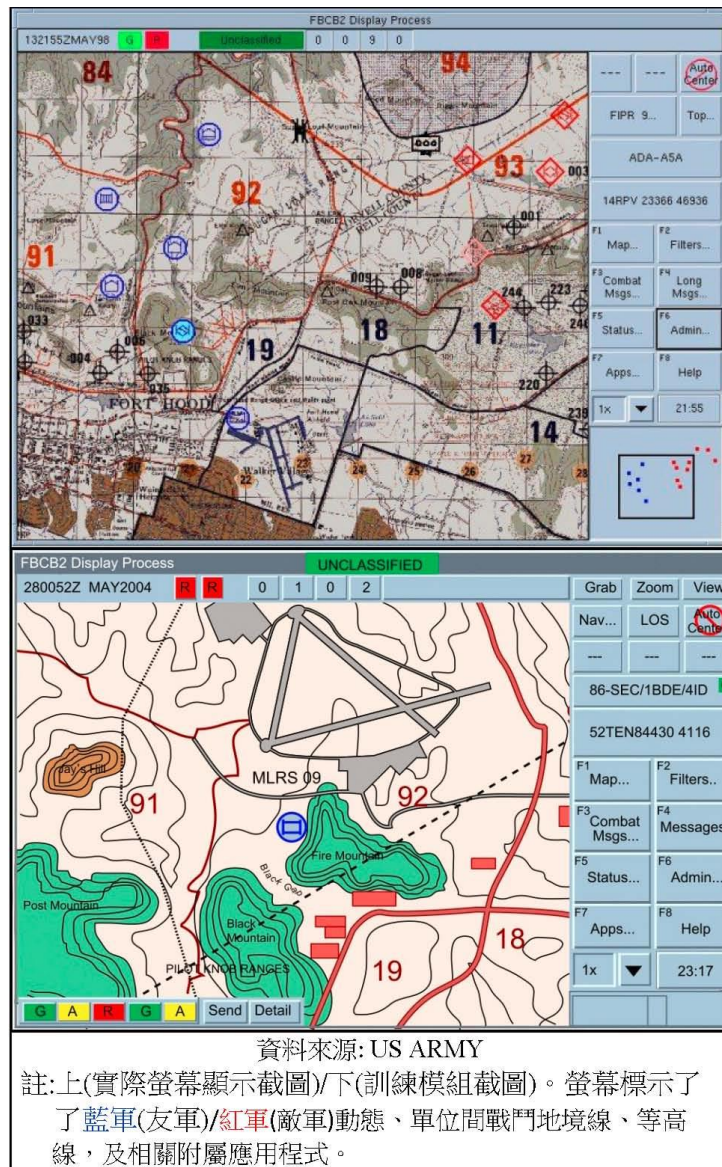
為增強機步旅各層級間火力協調與及時訊息傳遞能力，有必要建立旅級暨以下部隊戰鬥指揮系統，將各作戰車輛概念化為戰場網路中的「節點」，透過光纖網路傳遞近即時（near real-time）數據及影音，協助各「節點」掌握全局性的「戰場覺知」（Situational Awareness, SA），去除戰場迷霧（fog of war）。事實上，自民國 90 年（2001）起，本軍已陸續在旅營連各級部隊嘗試數位化指管系統建置與測試，以陸軍戰術區域通信系統（陸區系統（IMSE））為核心介接國軍光纖系統與戰術通信系統、旅營指揮所自動化設施之規劃與驗證、旅營級戰術通信系統整合進階設備介面（Integrated Access Device, IAD）之設計與驗證（鍾榮翰 2002：頁 2-3）。然而，在機步旅最小作戰單位（排級）方面及時訊息傳遞與戰場狀況分享能力的建立，仍尚未落實。

在未來，我軍有必要補強此一在網絡化作戰中遺失的環節，參考美「旅級暨以下部隊戰鬥指揮系統」（Force XXI Battle Command Brigade and Below, FBCB2），²² 研發與現役「陸區」、「安捷」等資訊交換平台相容之野戰部隊層級作戰指揮系統，提供最小作戰單位及時交換敵情偵查、火力協調、及油彈消耗的資訊（如圖十七），提升整體作戰效能。另外，此類系統也應與中研院正在建構中的，結合 3S（GIS/GPS/RS）技術的國土資訊系統相結合，²³ 內建於現役的車裝 GTF CS/PRC-37A 無線網路資料鏈，並應將部分資訊定期更新儲存於車內任務電腦中，允許使用者在離線情況下使用，降低敵軍電子干擾的影響。

²² 參見 DOT&E（2011）。

²³ 地理資訊系統（Geographic Information System, GIS），衛星定位系統（Global Positioning System, GPS），遙感探測（Remote Sensing, RS）。

圖十七 美國陸軍 FBCB2 作戰指揮系統螢幕示意圖



伍、結語

因應兩型雲豹甲車的成軍服役，本文從現今戰場威脅的角度切入，簡述各國現役八輪甲車發展趨勢，對照我國當前兩型雲豹甲車的性能諸元與表現，指出未來可能面臨的潛在威脅與因應之道，對未來機步旅最小作戰單位機步排—機步排—的車輛編組提出了建議。

本文並透過亂數模擬的實驗，分析了三種甲車編組方式（30 公厘機砲單一構型、運兵型單一構型、混合編組）在彈藥裝填所需時間佔總作戰時間的比例。模擬的結果顯示雖然 30 公厘機砲對於強化機步排的火力有著正面但非線性的影響，混合編組的配置在火力調度上表現出最高的效益。本文最後從此模擬結果為基礎，從「車型配置」與「軟硬體提升」兩個面向，提出對兩型雲豹甲車後續改良及車型編組的建議。

期望藉由本文的討論，引起有關單位對此議題的重視及後續的測評驗證，作為機步旅未來提升雲豹甲車作戰效能的參考。

陸、附錄

表 A1、 亂數模擬的統計分佈

$p(x)$	30 公厘機砲構型	運兵型	混編
最小值	0	0.002	0
25th	0	0.006	0
眾數	0.007	0.056	0
平均值	0.049	0.125	0.003
75th	0.118	0.288	0.009
最大值	0.171	0.346	0.022

資料來源：表四

參考資料

一、中華民國國防部，《外文軍語統一譯名通報九十九年增訂本》。

台北市：國防部史政編譯室，民國 100 年 2 月。

二、吳承歡，〈精進搖控槍塔覘視校準程序之研析〉《步兵季刊》，

第 257 期，民國 104 年。

三、洪哲政，〈馬視察鏈砲型雲豹 106 年開始量產〉(2016 年 1 月 11 日)，聯合報。網址連結：

<http://udn.com/news/story/1/1434290-%E9%A6%AC%E8%A6%96%E5%AF%9F%E9%8F%88%E7%A0%B2%E5%9E%8B%E9%9B%B2%E8%B1%B9-106%E5%B9%B4%E9%96%8B%E5%A7%8B%E9%87%8F%E7%94%A2>。

四、高旻生，〈由中共新型運 20 運輸機-淺談空運籌載能量之研究〉《步兵季刊》，第 250 期，民國 102 年。

五、許紹軒，〈憲兵操演 雲豹八輪甲車首亮相〉(2012 年 9 月 7 日)，聯合報。網址連結：

<http://www.udn.com/news/e404#ixzz25rKG7F4e>。

六、劉啟文，〈從中共建造大型兩棲作戰艦評估其兩棲犯台之能力〉《海軍學術雙月刊》，第 43 卷 3 期，民國 97 年 6 月。

七、鍾榮翰，〈應用整合進接技術構建陸軍戰術資訊網路〉《陸軍通信兵 91 年度戰法研討會論文集》，民國 91 年 11 月。

Blumenfeld, Dennis. 2001. *Operations Research Calculations Handbook*. New York, NY: CRC Press.

Cox, Matthew. “US Army wants more firepower across formations, general says.” Military.com. Sep. 16, 2015.

Department of the Army. 2003. “The Stryker Bridge Combat Team Infantry Battalion.” Field Manual 3-21.21, April 2003.

Department of the Army. “The Stryker Bridge Combat Team Infantry Battalion.” Field Manual 3-21.31, April 2003.

Department of Defence (Australia). 1995. “Armoured Vehicle Light, 8 X 8 Wheeled, W/winch, 25 Mm Cannon, Reconnaissance, Australian ASLAV T-1.” 2320-66-139-4586, SIGC, 2320-0153.

Department of National Defence (Canada). 2003. “Combat Team Operations (Interim).” B-GL-321-006.

Department of National Defence (Canada). 2003. “LAV Company Tactics (Interim).” B-GL-321-007.

Feickert, Andrew. 2015. “The Army's M-1 Abrams, M-2/M-3 Bradley, and M-1126 Stryker: Background and Issues for Congress” Congressional Research Service 7-5700 R44229.

Gordon, John IV, John Matsumura, Anthony Adler, Scott Boston, Matthew E. Boyer, Natasha Lander, and Todd Nichols. 2015. *Comparing US Army Systems with Foreign Counterparts*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

Gould, Joe. “US Army: Strykers Need Bigger Gun to Fight Russia.” DefenseNews.com. Jul 24th, 2015.

Jones, Michel and Christopher Wagner. 1998. “Long Range Scout Surveillance System (LRAS3).” ARMOR (November-December), 22–24.

Long, J. Scott. 1997. *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Orbital ATK. 30mm x 173mm Air Burst Ammunition System.

Pond, Geoffrey T. 2010. "Vehicle availability during a mounted combat engagement." *Operational Research Insight* 23: 172-86.

Sattler, V. and M. O'Leary. "Organizing Modern Infantry: An Analysis of Section Fighting Power." *The Canadian Army Journal* 13 (3) 2010: 22-52.

The Office of the Director, Operational Test and Evaluation (DOT&E). 2011. Force XXI Battle Command Brigade and Below (FBCB2), Joint Capabilities Release (JCR)/Blue Force Tracker 2 (BFT2).

USAREUR. Operational Needs Statement (ONS) for Increased Lethality for the 2nd Cavalry Regiment (2CR) US Army Europe (USAREUR) (HQDA ONS 15-20590) 22 April 2015.

U.S. Marine Corps, Department of the Navy. 1997. "Light Armored Vehicle -25 (LAV-25) Gunnery and Employment." MCWP 3-14.1. 19 December 1997.