

從近代戰爭探討戰車地面戰生存之道—如何提升戰場存活力

黃煜庭

國防安全研究院

摘要

2022 年俄烏戰爭及 2023 年以巴戰爭，呈現新世代高科技武器的較量與展示，從此可見新戰爭型態的作戰模式已完全改變。而國軍即將接裝的新式主力戰車 M1A2T，是否可因應臺海衝突承受現世代的反裝甲武器攻擊，或是有其他防護方式確保戰力維持，形成新世代矛與盾的對決；就國軍現有主力戰車 CM11 及 M60A3 戰車，對於地面戰所面臨的多元威脅，可由低成本被動防護或持續研發及採購強化防護能力的系統，以提升戰場存活力。人工智慧科技的新起、互聯網作戰環境的改變、新作戰無人載具的威脅，對於地面作戰的戰車，可藉由近代戰爭的研究，新科技的研發、主被動防護系統的獲得、戰術戰法的運用及新世代作戰的思維，進而提升作戰的攻擊效能與戰場存活力，以確保地面主戰裝備在臺澎防衛作戰發揮最大的效能。

關鍵詞：M1A2T 戰車、新戰爭型態威脅、人工智慧、互聯網作戰環境

壹、前言

戰車一直為地面作戰的決勝主力，但由於反裝甲武器的演進（雙縱列彈頭）、新世代科技的發展（人工智慧）及戰爭型代的改變（網路資訊戰、無人機群等），導致戰車的裝甲防護及戰術運用是否適合新世代的作戰而遭到質疑。但從世界各國持續針對新世代戰車投入研發，包括主被動防護、全視界影像、人工智慧系統等，表示目前在地面作戰時，戰車依然是不可或缺的戰具，但要戰車在作戰時充分發揮強大的攻擊及威嚇能力，重點是要能先確保其戰場的存活力。從 2022 年的俄烏戰爭及 2023 年的以巴戰爭，均能看出戰車在戰場上發揮的功用，但也看到戰車因戰術運用失當、反裝甲飛彈的襲擊、無人機攜帶破甲彈攻頂等情況，導致部分戰車即使有堅固的裝甲，仍然無法抵擋相對的反裝甲武器攻擊而遭摧毀。我國即將在 2024 年接裝美售的戰車 M1A2T，成為國產 CM11 勇虎戰車服役 30 多年後，首批的新世代戰車，負責執行重要地區的打擊任務，但要如何藉由近代戰爭的經驗檢討，將符合未來作戰場景與軍事能力需求等條件，納入五年兵力整建計畫，確保陸軍主戰部隊在臺澎防衛作戰所扮演的角色，在妥善的配置（戰術運用）、完備的支援（多層防空網）、裝甲的防護（主被動防護）及新科技作戰（人工智慧及互聯網）下完成戰力保存，進而發揮強大的打擊能力，達到所望的戰果。

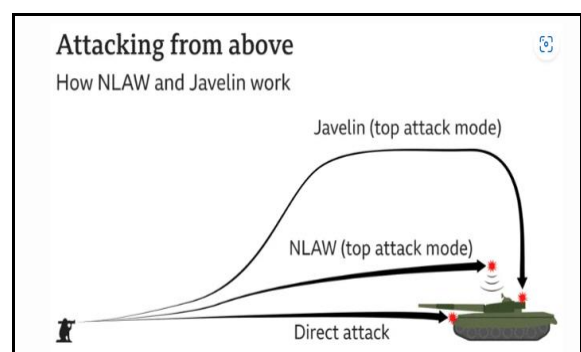
貳、近代戰爭「戰車」作戰趨勢

一、2022 年俄烏戰爭作戰概況

俄羅斯 2022 年 2 月 24 日以特別軍事

行動（special military operation）之名大舉入侵烏克蘭，各國普遍認為，由於烏克蘭整體軍事實力與俄羅斯相比極其薄弱，因此無法有效地抵禦俄軍的攻擊[1]，但烏克蘭藉由歐美國家提供的人攜式反裝甲武器，加上北約及美國分享各項即時的戰場情報、資訊網路戰及認知宣傳作戰，以及人民的抗敵意志堅定，導致雙方作戰至今，俄軍遲遲無法使烏軍投降的主要因素。

但俄羅斯入侵烏克蘭，在初期兩個月期間俄羅斯損失了數百輛裝甲車。軍事專家認為，俄羅斯損失如此多的戰車，一是因為西方國家提供烏克蘭的反裝甲武器非常先進，二是由於俄軍戰術運作不利而導致，軍事情報博客網站「Oryx」表示，俄羅斯初期損失了超過 460 輛戰車以及 2000 多輛裝甲車輛。在戰事開始時，美國提供烏克蘭 2000 枚標槍導彈，後來又增加 2000 枚，英國也提供了至少 3600 枚輕型反坦克武器（NLAW）。而標槍飛彈發射後，飛彈會在戰車上方，也就是裝甲最薄弱的地方爆炸，許多俄羅斯戰車都配備了反應複合裝甲，能夠吸收反裝甲飛彈爆炸的衝擊力，但是標槍飛彈配備雙縱列彈頭，一顆彈頭能炸掉反應裝甲，第二顆彈頭就能貫穿裝甲下的車體（如圖一）[2]。

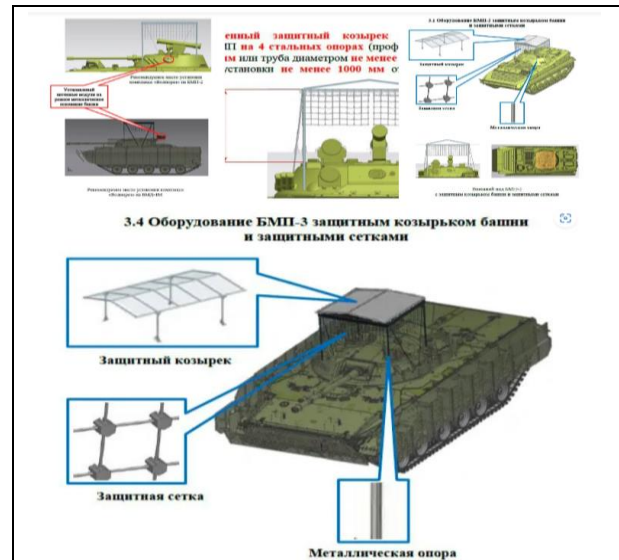


圖一：反裝甲飛彈攻擊彈道示意圖[2]

因應新時代科技的研發，無人機的功用不只提供空中地面的監偵情資，也成了新式的攻擊武器，，俄烏戰爭中雙方以無人機投擲榴彈或是以自殺式攻擊方式造成戰甲車重大損壞，以不對稱作戰方式展示新戰爭型態的改變。美國智庫外交政策研究所（FPRI）研究員羅伯·李（Rob Lee）也分享無人機攻擊的影片，其中烏克蘭無人機利用空中監偵影像，發現躲藏在樹林中的俄軍戰車，並以高空投入砲彈的方式，造成俄軍戰車嚴重毀損 [3]。烏克蘭也使用人工智慧技術的 Saker Scout 無人機系統，Saker Scout 無人機可以自行發現、識別和攻擊 64 種不同類型的俄羅斯「軍事目標」，包括戰車、運兵車和其他物體，並在無線電干擾阻礙通訊，以及其他無人機無法操作的區域執行任務[4]。而俄軍因應戰場威脅，為 T-90M 和 T-80BVM 主戰車（MBT）配裝「競技場-M 主動防禦系統」（Arena-M active protection system），該系統是俄軍最新一代的主動反制系統，號稱不僅可攔截美國「標槍」（FGM-148 Javelin）、以色列「長釘」（Spike）等反裝甲飛彈，還可反擊自殺式無人機[5]。另外也在戰車頂部加裝防護頂籠及反應裝甲，甚至俄羅斯戰車局發布一系列的柵欄裝甲安裝標準指南（如圖二）[6]。由圖可看出，裝甲頂棚由多根高強度的鋼制立柱作為支撐結構，在砲塔上方的是斜面的複合裝甲板，兩側安裝的則是高強度的網格裝甲，並配有柔性的鋼絲網狀裝甲。

俄烏戰爭至今也歷經了 2 年時間（2022 年 2 月至 2024 年 3 月），僅以觀察戰車的作戰模式和戰損，新時代的作戰型

態是否還需要大規模大數量的主戰戰車才能控制戰局，還是以小規模的反裝甲部隊或是無人機就能掌控戰場，答案可能還無法定論。就俄烏戰爭的過程來看，小規模作戰確實能造成極大的損害，但要控制區域的戰局，勢必可能還需要地面的主戰部隊才能達成，甚至達到威嚇的震撼效果。

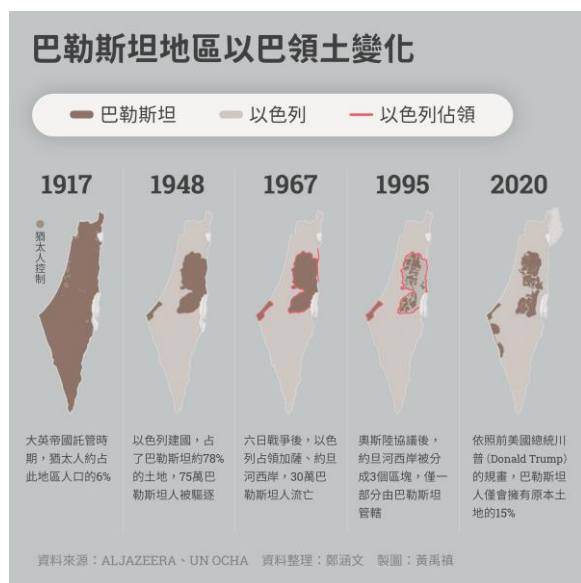


圖二：俄軍柵欄裝甲安裝標準指南[6]

二、2023 年以巴戰爭作戰概況

2023 年 10 月 7 日，巴勒斯坦激進組織哈瑪斯（Hamas）突襲以色列，派出千名武裝戰士跨過以色列重兵防守的邊境隔離牆，攻擊以色列南部邊境的城鎮，殺傷軍警、民眾，也綁架平民當人質，稱為「阿克薩洪水行動」（Operation Al-Aqsa Flood）。而以以色列報復的「鐵劍行動」（Operation Iron Sword）密集轟炸加薩走廊。不到一個月，兩方死傷已逾 7,000 人，是以巴衝突 50 年來最慘烈的一役。以色列建國後和阿拉伯國家衝突不斷，巴勒斯坦原本寄望能靠阿拉伯國家幫忙回歸家園，但經過 5 場大型戰爭後（1948 年的獨立戰爭、1956 年的蘇伊士運河危機、1967 年的六日戰爭、1973 年的贖罪日戰爭和 1982

年的黎南戰爭)，不但沒有收復失土，以色列甚至控制、占領更多土地，遠超過當初聯合國的決議，其中，以色列在六日戰爭中占領了原被劃給巴勒斯坦的東耶路撒冷、約旦河西岸和加薩，並長期控制，讓更多巴勒斯坦人流亡（如圖三），巴勒斯坦國土愈來愈破碎且被高度控制，就變成了2023年發動攻擊的激進組織哈瑪斯崛起的重要原因。此外，2023年是1973年贖罪日戰爭（又稱十月戰爭）50週年。贖罪日戰爭（10月6日）是阿拉伯國家試圖奪回以色列占領地的重要一役，而這次的「阿克薩洪水行動」則選在10月7日攻擊，具有象徵意義[7]。



圖三：巴勒斯坦地區以巴領土變化[7]

以色列徵召預備役軍人的規模是四十年來前所未有的（36萬名），再加上對加薩110萬巴勒斯坦人的撤離令[8]，表明在這場戰爭結束時，哈瑪斯不應再具備「威脅或殺害以色列平民」的軍事能力[9]。根據軍聞網站「Defence Blog」報導，近期在加薩走廊周圍集結的以色列裝甲部隊已有部分戰車在砲塔頂部加裝頂籠式裝甲

（如圖四），用以防禦火箭彈和無人機襲擊，顯示在戰場環境日益複雜下，戰車已不僅止於因應地面威脅，來自空中的威脅也日益增加，反制無人機攻擊的手段已愈趨重要[10]。



圖四：以軍「梅卡瓦」戰車加裝籠式裝甲[10]

據《觀察者》網等媒體的報導顯示，截至開戰一個多月時間，在進攻加薩的城市巷戰中，以軍裝甲部隊已損失了88輛包括「梅卡瓦」坦克、「雌虎」裝甲車、推土機在內的重型戰鬥車輛。以軍損失的這些裝甲車輛大部分都是被哈瑪斯武裝力量利用「亞辛-105」（RPG火箭筒的升級版）火箭筒給擊毀的。而根據有關資料顯示，哈瑪斯自產的「亞辛-105」火箭筒是蘇制RPG-7VR火箭筒的仿製品，最大進破甲能力可達600mm左右。實戰條件下，AI-Yassin 105mm火箭彈擊破以軍「梅卡瓦」主戰坦克的反應裝甲和附加將甲之後，還能取得破甲深度為60mm的實戰效果。雖然以軍「梅卡瓦」主戰坦克號稱號全球防禦能力最強的主戰坦克，它裝備的「戰利品」主動防禦系統裝備有先進的平板型火控雷達能夠對車體外部進行360°監控，且在2014年的加薩行動中攔截了數十枚火箭彈和導彈。但在地面戰鬥之中，

哈馬斯武裝戰士往往會從地道口迂迴至「梅卡瓦」主戰坦克附近，隨後在「戰利品」防禦系統附近安放炸彈將其破壞，然後隱藏在 100 米遠處外的哈馬斯利用「亞辛-105」火箭筒對梅卡瓦戰車進行射擊摧毀[11]，哈瑪斯也利用多管火箭彈發射器並聯，先發射 1 枚普通的火箭彈誘騙主動防禦系統，再發射第 2 發威力較強的縱列式彈頭來摧毀戰車[12]。縱使戰車防護力因主動防禦系統的安裝及裝甲材料的發展而有所提升，但在沒有步兵協同作戰的城鎮戰中，深入巷戰確實遭遇到很大的威脅，而戰車部隊該如何因應，可將俄烏戰爭及以巴戰爭的戰場經驗納入研究，啟發國軍裝甲部隊在城鎮戰的運用。

三、小結

現代主戰戰車的防禦技術如何發展，實戰條件下對手仍有各種手段能夠將其破解，再加上反裝甲武器的迅速發展，主戰戰車似乎已經不適用於城鎮巷戰[13]。然而，綜觀烏克蘭戰場和加薩戰場，各國是否開始放棄戰車發展，結果相反，反而仍持續改進戰車性能。例如為戰車增加環景視野系統，以減少死角增加視界，在戰車砲塔上增加柵欄頂棚，攔截無人機投擲的彈藥、加強電戰干擾能力，讓抗干擾性差的空拍機無法有效使用等[14]。戰車仍是陸戰的主角，目前也沒有戰具可以取代，但在新時代作戰模式及戰具的發展，戰車要如何在戰場發揮極大效用及提升戰場存活率，都是必須多面向所思考及改變。

參、新世代矛與盾的對決及發展

一、戰車裝甲防護發展演進

第一次世界大戰後期，戰車首次出現

在戰場，其目的主要是為了能突破壕溝和機槍陣地，此時期的戰車裝甲厚度約在 5 至 12 釐米間，材料也多為鍋爐用鋼或艦用裝甲鋼，車體裝甲的連接方式多為鉚接或者螺紋連接。在 20 世紀初期至二戰結束時，因反裝甲砲的性能提升，進而使戰車裝甲的防護水平持續發展，從均質裝甲及熱處理技術不斷地提升，連接方式也由螺紋和鉚接發展為焊接，裝甲厚度已達到 45 至 100 釐米，並設計大傾角樣式及低矮車形。雖然裝甲防護等級提升，但主要還是依靠增加裝甲厚度，進而也影響戰車機動性及性能。隨著反裝甲飛彈的普遍及發展，為了應對當前威脅，各國針對戰車裝甲的材料及熱處理技術持續研製，藉由硬化處理及低碳鋼陣列裝甲，提升裝甲防護的水平。

1970 年代，隨著材料技術的發展，新型的裝甲材料如耐高溫和高韌性的鈦合金裝甲、非結晶態合金裝甲，逐漸取代傳統的均質低碳鋼裝甲。在這一時期，氧化鋁、碳化矽、硼化鈦陶瓷及碳纖維材料的複合間隙裝甲也開始得到廣泛應用，且爆炸反應裝甲的技術成熟，也使裝甲防護手段有更多的選擇[15]。綜合以上所述，戰車裝甲防護類型區分傾斜裝甲（傾斜設計，發揮優異防護能力）、間隙裝甲（多層設計，強化裝甲防護效率）、複合裝甲（複合材質，防護力強且重量輕力）及反應裝甲（外掛強化防護）[16]。即使如此，反應裝甲也有缺點，目前最先進的穿甲彈已經發展成多段式結構，錐形裝藥也有縱列彈頭設計，能先行引爆惰性炸藥，讓主彈頭針對主裝甲進行突破，儘管反應裝甲可採雙層或多層設計應對，但缺點也顯示在增加重

量和厚度上[17]。

單就戰車本身的裝甲材質，區分均質鋼裝甲（Rolled Homogenous Steel Armor，簡稱 RHA）、精密陶瓷裝甲（Ceramic Armor，簡稱 CA）、合成纖維裝甲（Synthetic Fiber Armor，簡稱 SFA）、乏鈾層裝甲（Depleted Uranium Armor，簡稱 DUA）等四種[18]。但不論是均質、複合還是反應裝甲的掛載，都是以材料本身的結構來消除彈藥的破壞能量，都還是可能造成車體及人員的損傷，且隨著反裝甲武器的技術進步，戰車的防護還是遭遇了當世代所面臨的困境[19]。於是，1990 年代開始，戰車主動防禦系統因應新型的反裝甲武器而被設計產出，主動防護系統不同於裝甲防護本身，是透過感知、探測並獲取反裝甲武器的飛行軌跡，提前摧毀阻止飛彈命中車輛。隨者技術的演進，主動防禦系統又區分干擾型、攔截型和綜合型，進而有效提升戰車防護能力[20]。干擾型（軟殺）主動防禦系統並不侷限高科技的干擾手段，而是只要透過非攔截手段方式都是屬於軟殺，包括紅外線干擾、電磁干擾、傳統的煙幕等[21]；而攔截型其中最具代表的就是以色列研發的「戰利品」主動防禦系統（Trophy Active Protection System，簡稱：Trophy APS）（如圖五）[22]。但新世代的作戰型態改變，無人機成為另一種威脅戰車的攻擊模式，究竟戰車的裝甲防護及主動防禦系統是否能跟上時代的變革，依舊是必須面對的課題。



圖五：美 M1 戰車加裝「戰利品」主動防禦系統[22]

二、我國新式戰車 M1A2T 的防護能力

我國為符合現代戰爭型態需求及強化反登陸作戰能力，在 2018 年以「銳捷專案」為名，向美採購 108 輛 M1A2T 戰車，總金額為 405 億餘元，也將在今年（2024 年）起陸續撥交，預計至 2026 年全數交付完畢[23]。

目前美軍最新使用的戰車型號為 M1A2 SEPv3 與 M1A2 SEPv4，也就是 M1A2C 與 M1A2D，以更加簡單表示其升級的型號[24]。裝甲防護方面，M1A2 的裝甲較 M1A1 經過大幅強化，車體正面、砲塔前方與砲盾等最易被擊中的部位都裝設附加二重硬度均質裝甲塊的第二代查布漢複合裝甲。第二代查布漢複合裝甲由英美聯合研發，英國稱之為 Dorchester 裝甲，外表第一層是高硬度裝甲板（HHA），第二層為高硬度陶瓷，第三層是網狀的衰變鈾合金裝甲，第四層是均質鋼裝甲（RHA），最內部還加裝凱夫勒內襯[25]，而凱夫勒內襯的主要目的是防止遭砲彈擊中後鋼鐵碎片在車內飛散而傷害乘員與車內設備。砲塔正面在面對反裝甲飛彈與 HEAT（反戰車高爆彈：High-Explosive Anti-Tank）時，號稱擁有相當於 1300 至 1600 釐米 RHA 的防護能力，而抵抗

APFSDS（尾翼穩定脫殼穿甲彈：Armor-piercing fin-stabilized discarding sabot）的能力約為 880 至 900 釐米 RHA[26]。而美軍所採用的版本，為多層貧鈾裝甲及安裝主動防禦系統，且據美國聯邦政策規定，美軍要出售 M1A2 戰車，不得包含美軍使用的貧化鈾等機密裝甲套件[27]，僅能以其他裝甲套件替代。

而我軍即將接裝的 M1A2T 戰車對應的裝甲是屬於哪一種等級，就公開資料及推測來看，對應的可能是第二或第三代衰變鈾合金裝甲，其正面抗動能 960 釐米，抗化學能 1620 釐米，足以抵抗 125 釐米三期含以下 APFSDS 和紅箭系列反裝甲飛彈直擊（如表一）[28]。而戰車在戰場的存活力也不能單就裝甲防護就下定義，還有很多影響的因素，如戰術戰法運用、指揮官的決策與指揮、作戰場景及地點、戰車機動力、通信指管、核生化防護及滅火系統、戰場情資透明程度與資訊傳輸等來作研究及評估。就歷代戰爭來看，沒有一種武器是完全沒有缺點和無敵的，只能單就作戰目的和載台的運用，把武器能力發揮到最大極致，不管目的是摧毀、嚇阻，甚至是國力軍力展示，能達到符合原先設定的目標，就沒有武器載具無用論的說法。

表一：我國主力戰車裝甲防護力統計表 [25]

型號 區分	M1A2T （第二代查布 漢複合裝甲）	CM11	M60A3
裝甲 型式	第一層：高硬度 裝甲板（HHA） 第二層：高硬度 陶瓷 第三層：網狀的 衰變鈾合金裝	均質裝甲 （RHA）	

	甲 第四層：均質鋼 裝甲（RHA） 第五層：凱夫勒 內襯	
抗化 學能 H EAT	1320~1620mm	220~350mm
抗動能 KE	940~960mm	

三、戰車地面戰所面臨的多元威脅

由於現代軍事科技的飛速發展，數位化的高技術戰場正在悄然崛起。現代裝甲兵的發展已面臨著嚴峻的多元威脅。主要有（1）空中打擊力量的直接威脅（2）單兵操作反裝甲武器及縱列彈頭的隱蔽威脅（3）無人機攻擊的廣泛威脅。第一，在空中精確武器的打擊下，即使是有堅厚裝甲的主戰戰車也容易被摧毀，尤其是直升機的靈活機動性加上反裝甲飛彈的作戰效能，使攻擊直升機成為最有效的反戰車武器。第二，單兵攜行式的反裝甲發射器尺寸小、重量輕，士兵能直接扛在肩上，還可在室內空間發射、容易掩蔽，甚至部分採用「攻頂模式」可以射後不理，而縱列式彈頭設計，將彈體內前、後配置兩個彈頭，如此雖然第一個彈頭被中空裝甲、爆炸反應等裝甲引爆，第二個彈頭還是可以擊穿車體[29]。第三，俄烏及以巴戰爭，均利用無人機攜帶破甲彈藥，從空中採攻頂方式摧毀戰車最脆弱的頂部，這也是因應新戰爭型代的改變而採取的作戰模式。

軍事科技的發展證明，當任何一種先進的軍事理論或技術被應用於實戰時，都將極大地提高軍隊和武器的作戰效能，甚至改變作戰方式。未來戰場將是一個數位化高技術戰場。裝甲戰車作為一種數位化

作戰平台，其自身的技術性能和戰術運用將決定其在未來戰場中的地位和作用[30]。而未來裝甲兵的技術要求是更有效的主被動防禦系統、符合現在戰爭型態的戰術戰法革新、將人工智慧技術整合情監偵指管系統以及具備情資影像和電子對抗能力，裝甲兵只有迎接新技術革命的挑戰，才能適應 21 世紀的作戰。

四、小結

人類的戰爭始終處於矛與盾的對決演進，而這樣的競爭關係永遠不會停止，其中最受矚目的「矛盾關係」就是戰車防禦與反戰車武器[31]。2024 年發生的俄烏戰爭，初期俄軍戰甲車遭烏軍的反裝甲飛彈攻擊損失慘重，導致主力戰車的必要性再次被提出討論。在裝甲兵的發展不斷面臨著威脅，戰術運用上受到越來越多的限制的同時，隨著科技的發展，與之相對的卻是空中打擊力量、反裝甲飛彈及無人機的異軍突起。但這並不等於裝甲兵就不重要，航空兵雖然擁有強大的火力，單兵反裝甲飛彈雖然有破壞力及隱密性以及無人機的不對稱作戰，但以上都無法實施戰略要地的占領和控制，因此，裝甲兵的地面突擊作用是其他兵種不可替代的，戰爭的最後結局還是由地面裝甲部隊來決定[32]。

不對稱作戰是臺灣防衛作戰構想的核心理心，縱使有優異的飛彈系統及防空武器的佈署，然而假設進入到陸地作戰，中共得突破灘頭守備部隊，且必須登陸夠多的戰車或反戰車兵力才敢向內陸推進。攻擊就是最好的防禦，國軍由 M1A2T 擔任反擊作戰的主要部隊，勢必讓中共在登陸作戰造成極大的威懾及顧慮[33]，而戰車的主

要功用就在於能擔任攻勢作戰的矛頭，利用戰車的三大優勢「火力、機動、防護」來摧毀敵人的陣地。但不可避免地，新科技將會持續考驗戰車存在的價值，未來戰車科技發展也必須適應現代戰場環境，唯有平時加強部隊訓練，擬定多兵種聯合作戰想定，並與時俱進規劃 M1 戰車相關戰術運用，以保持戰車無可取代的關鍵地位[34]。

肆、對新戰爭型態威脅的啟示與策應

一、主動防禦系統研發及採購

美軍因應新世代戰甲車的威脅，公開表示會加速 M1 戰車主動防禦系統(Active Protection System，以下簡稱 APS)的整合和開發，其中包括以色列鐵拳系統(Iron First APS)及美製鐵簾(Iron Curtain)等，但在測試過程中，還是以色列拉斐爾先進防禦系統公司(Rafael Advanced Defense)所製造生產研發的主動防禦系統「戰利品」(Trophy APS)較為出色，且經過實戰驗證及攔截過反裝甲飛彈[35]。戰利品主動防禦系統是一種能提前攔截來襲物的硬殺防禦系統，由小型主動向位陣列雷達構成 360 度的偵測範圍，偵測到來襲的反戰車飛彈、火箭後發射少量的複數動能成型彈丸(Multiple Explosively Formed Projectile，簡稱 MEFP，其實也就是散彈)，形成一個非常緊密、精確的方陣，瞄準來襲威脅加以擊毀，主要分為四個功能，分別是威脅偵測、威脅追蹤、主動防禦反制啟動以及威脅消除[36]。且為了降低周邊的風險，發射器只會在戰車本體附近攔截摧毀，讓車體承受大部分的爆裂破片，而非提前引爆誤傷周邊人員或是裝備

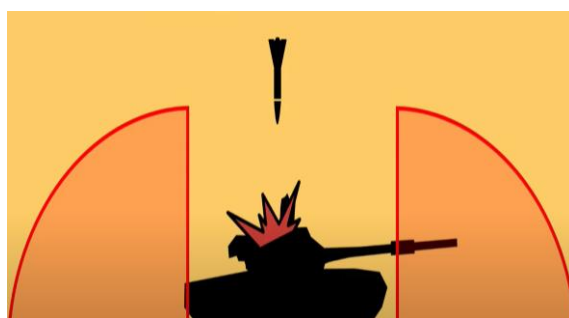
的損害(主動防禦系統作動原理如圖六)。



圖六：戰車主動防禦系統作動原理[36]

主動防禦系統之所以被各國戰甲車青睞及重視，主要是反裝甲武器技術不斷提升且單兵攜帶的武器更加地輕便及隱蔽，戰甲車在城鎮戰、叢林道路相對的視角確實產生很大的盲點。尤其是以色列特別有感而決心改變的就是 2006 年的以黎衝突，在此衝突中以色列的戰車多達 52 輛遭到飛彈擊中(其中 5 輛擊毀、22 輛貫穿及 45 輛被反裝甲飛彈擊中)，對於人員安全第一優先的以軍來說，這種損傷是無法接受的，同時意會到傳統裝甲已無法有效發揮防護作用，勢必要有主動防禦系統的協助，才能在戰場提高戰車及人員的存活率。而戰利品的實戰紀錄於 2011 年 3 月、2012 年 8 月及 2014 年的加薩行動中，均成功攔截多達數十枚火箭與反裝甲飛彈，且沒有任何一次未偵測到或是攔截不到，成功讓戰車毫髮無傷在戰鬥中存活[37]。被譽為世界上最好戰車之一的以色列「梅卡瓦」戰車，配備最先進的主動防禦系統

「戰利品」第四代，按常理及加薩衝突的實戰經驗中來看，梅卡瓦戰車在中東戰場應該是所向披靡，但依然在 2023 年底的以巴衝突中被哈瑪斯以無人機投擲反裝甲榴彈擊毀[38]，說明新世代戰爭無人機的運用以及主動防禦系統的防護並非無死角，而戰車的正上方就可能是雷達偵測的盲點(如圖七)，故後續以軍持續在戰車正上方安裝頂籠式柵欄及配有步兵部隊隨伴掩護，防止無人機從雷達盲點實施攻擊。



圖七：主動防禦系統雷達偵測示意圖[38]

既然主動防禦系統並非無敵，為何各國主力戰車都還是持續採購安裝？原因在反戰車武器威力驚人及技術突破(攻頂模式)的現代，即使有再厚重的裝甲，也抵擋不了飛彈的射擊摧毀，且戰車在至今的戰場上仍然佔有很重要的戰術地位，目前也無戰具可以取代，故要如何提升戰車在戰場上的存活率，主動防禦系統就是其中一個關鍵。而主動防禦系統又區分硬殺(攔截型)及軟殺(干擾型)，前述提到的以色列「戰利品」是屬於硬殺攔截擊毀來襲物的系統，而軟殺則是透過非攔截系統的手段均屬之，其中又以光電干擾系統為目前研發的主流(如圖八)，指在迷惑反裝甲導引武器，使其在命中前就先行失效。美軍也成功模組化主動防禦系統(Modular Active Protection Systems, MAPS)，該技

術主要採用開放架構處理器（Open Architecture Processor）搭載被動紅外線指示器（Passive Infrared Cueing Sensor, PICS）以及多功能光電系統反制器（Multifunction Electro-Optic System Countermeasure, MEOS），該模組化框架與控制介面能裝載在現今和未來的戰具上，屬於一種開放式的電子系統，能在不需重新升級或是接線的情況下，直接安裝的新組件[39]，對於國軍即將接裝的 M1A2T 或是現有的 M60A3、CM11 戰車及八輪甲車，甚至是其他的軍用載具，都能快速提升現有的防護能力。



圖八：光電干擾軟殺系統[39]

主動防禦系統不論是硬殺（攔截型）或是軟殺（干擾型），在實際的戰場及各國研發試驗的成果中，都驗證了能有效提供戰具在戰場的生存率。臺灣擁有豐富的高科技電子技術和人才，在國防自主推動的情況下，國軍戰力籌建均依十年建軍構想、五年兵力整建計畫實施，要如何在有效度的國防預算，運用現有的能力整合軍事與民間的能量共同發展軍工產業，或是以軍事採購的方式獲得相關的裝備，持續強化自身的防衛能力，都是必須詳加計算和規劃納入的重要事項，以發揮國防預算最大投資效益[40]。

二、優化視界系統結合戰術戰法運用

以巴衝突隨著以軍展開地面攻勢，各型戰甲車突進加薩，而哈瑪斯組織亦利用反裝甲火箭彈等武器反擊，造成以軍損失，可見強大的裝甲部隊在進入城鎮作戰後，亦面臨許多威脅。首先是「視界受限」，這是所有裝甲部隊都會遇到的難題，在城鎮和叢林中，密集的建築物與樹林會分割視線，甚至密集阻擋，使視野受限，更加劇死角問題。在這種環境中，若車長要出艙觀察，人員被擊殺機率相對提高，但如果關艙用潛望鏡，則視界受限甚多。其次是「戰術戰法」的運用，現代的戰爭已不像二次大戰可以用戰車輾平一切障礙物和敵方部隊，隨著反裝甲武器的發展，戰車更需要機步部隊隨伴掩護，甚至是無人機先期完成機動道路的偵蒐及戰場情報的獲得等，避免遭敵襲擊造成主力戰車嚴重損失。由以上所述，戰車是否因視野死角就不能進入城鎮作戰呢，當然不是，在裝甲部隊於城鎮中使用成功的案例，例如美軍在越戰的順化戰役，以及伊拉克戰爭的第二次法魯加戰役等，皆運用戰車配合步兵進行掃蕩，一步步清除城鎮中的頑抗據點，達到殲滅敵軍目的[41]。

戰車的視野死角確實是影響乘員戰場生存的因素之一，因此以色列歷經多年研發，讓戰車首度配備先進全天候瞄觀能力，並加裝多部攝影機，再透過車組員的觸控螢幕，以及車長配備的埃比特系統「鐵視」（IronVision）顯像頭盔，「直接看穿裝甲」，了解外部狀況，減少車長探出車外檢視狀況，或與友軍溝通協調時傷亡的可能性，亦能在城鎮戰等複雜地形戰場，有效遂行作戰任務[42]，而 360°態勢感知和高操作能力的 IronVision 頭戴式顯示器（如

圖九)，搭配感知器及人工智慧系統的處理，能針對可疑的物體甚至是隱藏身形的威脅[43]，都能標示及顯示於乘員的頭盔影像，供戰鬥人員辨識及應對作戰，減少戰車戰場死角的隱憂。



圖九：「鐵視」(IronVision)頭戴式顯示器及影像顯示[43]

中華民國 112 年國防報告書在兵力結構規劃，考量國防安全及防衛作戰需求，因應敵情威脅，前瞻未來戰爭型態，陸軍 112 年底完成新編 5 個步兵旅及漸次調整後備指揮部所屬縣市後備步兵旅基幹人力，以發揮守備部隊拘束登陸敵軍、主戰部隊實施反擊之殲敵效果及建構「城鎮」作戰韌性[44]。城鎮作戰可說是不利裝甲部隊作戰的環境，但就臺灣的地形及城鄉發展而言，如發生地面戰時，是乎無可避免。主力部隊從灘岸反擊、後勤補給、裝備搶修到進入城鎮作戰，每個階段要將戰車如何部署，發揮地利的優勢以獲取戰果。從美國裝甲期刊中「裝甲部隊部署」的文章，針對部署的九大原則及原因（如表二），納入現代科技的變化實施分析，且在偵蒐技術的科技進步（包含無人機、網路、衛星等）和遠程打擊火力的威脅，裝甲部隊必須要有更高的機動性及靈活的戰術運用，保持分散、快速機動、快速打擊的能力[45]，並重新審視自己的思維和現

有的戰術戰法，避免因敵的新科技而無法發揮戰力。

表二：裝甲部隊部署九大原則[45]

項次	原則	說明
1	裝甲作戰是運動戰（Mobile Warfare），不全是機動戰（Maneuver Warfare）	1、裝甲部隊不忘其迅速移動的能力，在攻擊上可提供優勢，在防禦上提供靈活性，包括反擊的機會。 2、必須了解後勤和補保，其為戰術與作機動的源頭，主要任務在穿透、擴大戰果和追擊。 3、裝甲部隊指揮官必續清楚聯合部隊的差異，如何運用兵種並投入戰鬥。
2	裝甲可主宰作戰和會戰的節奏	在戰場掌握節奏及操縱時間，讓敵人陷入被動，消耗其大量資源。
3	裝甲指揮官必須是決斷性且積極主動	指揮官可察覺戰場的步調和時間性，以及環境對戰術行動的影響。
4	裝甲部隊本行是突穿，擴大戰果並追擊	裝甲部隊主要任務是攻擊步兵與砲兵，藉機步、砲兵部隊聯兵作戰在戰線上撕開一個洞，再由裝甲部隊擴大戰果。
5	地面機步部隊為裝甲部隊之眼	機步部隊執行偵察與保護任務，是已經過驗

		證有效支援裝甲作戰的方式。
6	裝甲部隊跑馬拉松	裝甲部隊必須耐住疲勞及意志堅定。
7	裝甲部隊與指揮官才知道裝甲部隊如何戰鬥	數位化科技可提供指揮官決策參考，但戰場千變萬化，必須更有前瞻性，跳脫準則框架，投入實地演訓及評估部隊戰力。
8	裝甲部隊必須盡量在頂門內（車上）戰鬥	裝甲部隊在戰場保持靜態，並仰賴數位化基礎設施（指揮所）是件危險的事，必須擺脫數位的枷鎖，在車上遂行指揮和戰鬥。
9	裝甲是視時機投入的武器	透過裝甲部隊的速度、火力和靈活性，震懾敵人並進行攻擊。

不論是以新科技技術而排除戰車的視角盲點，提高戰車乘員視野及減少被隱藏威脅擊殺的機率，或是藉由俄烏戰爭及以巴衝突的經驗，透過分析、研究及修正，持續發展相關準則、精進部隊訓練及戰術戰法的運用，以建立有效嚇阻及符合現代化戰爭型態戰車部隊的戰力。

三、情監偵指管融合人工智慧技術，打造新科技聯網作戰環境

美軍既有的 C4ISR（Command、Control、Communications、Computers、Intelligence、Surveillance、Reconnaissance）在西元 2000 年出現後沿用將近 20 年，並成為各軍事先進國家建構現代指揮鏈的基

準，當然其中也包含我國軍參考使用。但在科技日新月異的改變和進化後，美國陸軍在 2019 年成立「C5ISR 中心」，並明確定義 C5ISR 在原有的 C4ISR 基礎加上「Cyber 網路」，且在以網路作為基礎並連結與整合指揮及作戰平台的架構中，野戰無線網路將是關鍵科技。

中國指揮與控制學會也於於 2020 年針對智能機器作戰的 C5ISR 理論方法與系統技術實施研究，主要為習近平指示「加快軍事智能化發展，提高基於網絡信息體系的聯合作戰能力、全域作戰能力」[46]。

互聯網的資訊作戰及人工智慧科技的發展，從近代戰爭均可看出其運用的方式和成果，如俄烏戰爭的星鏈 Starlink 使用[47]，在俄羅斯軍隊入侵烏克蘭並關閉地面互聯網服務和移動電話網絡後不久，太空探索科技公司（SpaceX）創辦人馬斯克開始在烏克蘭提供星鏈服務，幫助烏克蘭迅速恢復了政府與關鍵地區及戰場上部隊之間的通訊連接[48]；如以巴衝突中被突襲的以色列，利用互聯網及人工智慧發展出「火網織工」系統（如圖十），打造數位戰場的聯網作戰，該系統可連結所有友軍狀況至同一戰場畫面，可看到相同目標，將敵軍位置標示在實境環境並相互結合影像，目的是使戰鬥部隊可以在幾秒鐘內，更快速與敵方目標接觸，可向城鎮戰場中典型的「消失目標」迅速射擊，且系統也可協調在最適合與目標交戰戰台的節點，自動選擇即通知射手戰台執行任務（包括無人機、戰車、火炮等），是一個兼具快速、精準、有效與資安的交換連結系統[49]。



圖十：以色列的「火網織工」系統[49]

中華民國 112 年國防報告書在第四章戰力發展的建軍規劃訂定，綜合考量部隊戰力發揮之整體性，置重點於強化指管韌性與分散式指揮平臺及共同作戰圖像，增進整體聯戰效能，遂行聯合作戰任務[50]。其中提及的「分散式指揮」平臺及「共同作戰圖像」，而要能讓聯兵旅（指揮部）甚至是聯兵營都能有共同作戰圖像，進而達到各層級的分散指揮機制運作，野戰的無線網路及運作系統就是一個關鍵。以陸軍來說，「銳指專案」就是一套模擬美陸軍作戰指揮的系統，並在 2023 年實兵演習中實施驗證，主要是以陸區通資架構為骨幹，用以執行部隊指揮管制、情報偵搜研析、目標與火力支援、整體防空、後勤支援作業等功能，在旅營指揮所、戰車、甲車、砲車及直升機上裝設各種野戰平板電腦，彼此相互連線、分享資訊[51]。

112 年國防報告書也指出，依據「聯合戰力規劃要項」，以「遠距、精準、機動、無人化及人工智慧」之不對稱防衛韌性為目標，並結合分散、可存活性、備援及跨域的指管通情監偵能力之原則，納列「五年兵力整建計畫」分年執行，整建重點在結合國內、外產能，強化現有 C4ISR 系統整合及指管韌性，俾利達成去中心化指管之目標[52]。在銳指系統正式配發戰鬥部

隊使用後，期望能藉由戰備任務訓練、重大演訓及聯訓基地的驗證，逐次的改善及修正，甚至參考以色列的火網織工系統加入「人工智慧」，使戰鬥部隊在實際戰場上，藉由系統分析並分配火力的優先順序，考量最適合接戰的武器系統，讓指揮官能有效調度部隊，且能強化城鎮戰環境效率[53]，進而提升戰場的存活率；至於要如何讓系統全時段保持互聯網的資訊提供，確保通訊網路層的防護及維持足夠的頻寬，國軍也許可能在戰時能獲得像烏克蘭一樣的星鏈 Starlink 支援作戰，但這只是其中一個選項，也應該參考烏克蘭的經驗以強化網路韌性，如建立網路備份和節點，在必要時關閉主要節點、儲備足夠的零件在網路設備遭破壞時能立即修復等[54]，現代戰場就是以網路為中心的聯網作戰，如何運用科技讓部隊能更快掌握戰場，在現階段就是依五年兵力整建計畫，有規劃地建構新科技指管韌性。

四、防空武器及系統建置，建構多層次防護網

因應中共的導彈（飛彈）威脅，臺灣防空飛彈的部署密度世界排名第二，已成外界所稱的刺蝟島，僅次於在中東地區長期處於戰爭衝突威脅的以色列。臺灣各型的防空飛彈大約 5 至 6 千枚，並持續不斷更新與增補，其主力有從美國引進的「愛國者」防空導彈（二、三型）及自主研發的「天弓」系列防空飛彈（一、二、三型）以及將向美採購的「NASAMS」防空系統[55]，「NASAMS」防空系統主要用以整合美製及中科院研發之防空飛彈資訊及任務分配，可有效提供三軍部隊防空掩護與戰力保存。而我國在野戰防空任務的規劃，

將以「混合配置、長短相輔」的方式，結合人攜式刺針防空飛彈系統與陸射劍二飛彈系統裝備獲得，搭配現有復仇者飛彈系統，採「混合配置」方式部署，彌補防空間隙，達成「重層攔截」的效果[56]。

從俄烏戰爭的作戰發展來看，新戰爭型態的武器使用，反而是輕中型的無人機穿梭低層空域，攜帶反裝甲的高爆彈藥，造成地面裝甲部隊的嚴重威脅。對於近期中共小型無人機多次闖入我外島及離島的領空，國防部已下令按處置程序可用 7.62 公厘以下輕兵器予以干擾及擊落[57]，也配發干擾槍至各營區反制使用，但可能侷限在小型偵察無人機才有機會反制，如在戰場遇到攻擊型無人機又有何應對方式。在高、中、低空皆有部署防空系統及飛彈以維護部隊、重要設施及目標安全，降低被擊毀的機會，形成綿密且交相掩護之火網，然而觀察國軍地面部隊防空配置，一個聯兵營的野戰防空武器僅有自身配賦的機槍，一個聯兵旅可能有防空連（復仇者、刺針飛彈等）配屬在作戰地區實施管制運用，野戰防空實屬薄弱。以下就提升地面部隊野戰防空能力，提出兩點建議：

（一）機動式防空火炮系統

從俄烏戰爭的經驗來看，德國提供烏克蘭「獵豹防空戰車」(FlakPz Gepard)（如圖十一），該車經戰場驗證後，攔截無人機的效果佳，且操作成本與彈藥費用低，砲彈具有近發空炸設計，產生的彈片雲能有效摧毀目標，雖已是 40 年前的武器，但對於無人機及直升機依然能達到效果[58]。



圖十一：獵豹防空戰車（每分鐘射速 550 發，最大射高 4000 公尺）[58]

德國所研發的 Skyranger 自走防空火炮（如圖十二），一次可發射 25 枚新式 AHEAD 彈藥，每枚砲彈可拋射 152 枚鎢合金子彈，每顆鎢合金子彈質量為 3.3 克（圓柱型），在目標航路上 3800 枚鎢合金子彈將形成一個縱深約達 10 米，直徑不超過 8 米的攔截彈幕，對中小型無人機甚至是蜂群攻擊，具有絕對的摧毀能力[59]。而更新的 Skynex 高射砲複合體是在現有的 Skyranger 的基礎上創建的，是近程防空系統領域的創新之一，Skynex 系統可有效擊毀飛機、直升機、AGM-88 HARM 導彈和無人機，屬於多用途系統，也可以安裝在裝甲運兵車或卡車的底盤上，能在 5 公里的距離內進行有效射擊[60]。



圖十二：Skyranger 自走防空火炮[59]

（二）雷射防空武器

英國防部近期公布「龍火」雷射防空系統測試成功，成為繼美國、以色列之後第三個公開擁有軍規雷射防空武器的國家，主要因應小型無人機的反制，此類的

尖端武器可減少對昂貴彈藥的依賴，同時降低附帶損害風險。「龍火」射擊高度約為一千公尺的低空層、功率則為 50 千瓦。同樣地，已部署美國陸軍「導能機動短程防空系統」(DE M-SHORAD) 功率為 50 千瓦，以色列的「鐵束」(Iron Beam) 雷射系統更達到 100 千瓦功率（如圖十三）[61]。而雷射武器之所以受到各高科技國家積極的研發，主要是比起防空飛彈一枚動輒數百萬，雷射武器更省錢，英國國防部宣稱每發只要 10 英鎊（約 403 元臺幣），有望成為目前某些飛彈任務的低成本替代方案。美國智庫「蘭德公司」(RAND) 的歐洲防禦安全處助理處長布萊克 (James Black) 指出，低成本的無人機和火箭已改變攻防成本概念，雷射武器確實有可能扭轉局面[62]。



圖十三：以色列「鐵束」(Iron Beam) 雷射防空系統[61]

而中科院也持續推進高能量雷射武器的研發，繼去年完成小功率車載型雷射砲的科研案後，今年在 50KW 雷射武器將配備在臺灣自產的雲豹八輪裝甲車之上，以便進行車載雷射砲的系統測試[63]，如測試結果符合作戰實需，將成為國軍採購的國造武器系統之一，陸軍也可搭配現役的復仇者飛彈車(系統)，對敵火箭彈及無人機進行反制攔截，獲取最好的戰果及減

少戰損[64]。

防空乃維繫戰力之基石，隨著空中威脅日趨多元且殺傷力不斷提升，防空戰力已成為部隊戰力保存之關鍵要件。國軍除積極研發新興武器與引進各式先進防空飛彈系統，更深入研析最適合臺灣作戰環境之戰術戰法，至於防空部隊(武器)是否要編制在聯兵旅或營等單位，以提高作戰效率及減少作戰損失，打造具高度韌性與彈性之防空網，發揮最佳戰力防護效能[65]，也是後續要持續精進研討的事項。

五、低成本被動防護裝甲

我國目前主力戰車為 CM11 及 M60A3 戰車，CM11 於 1984 年與美國通用動力公司合作開發新一代的主力戰車，並命名為「勇虎」戰車，於 1989 至 1994 年間共生產 450 輛；而 M60A3 則是在 1990 年代中期引進 460 輛美軍除役的戰車[66]。兩款主力戰車至今已服役 30 年以上，雖然都有排程回陸軍兵工整備發展中心實施戰車翻修，但都僅限於引擎、電路及射控系統整修等等，對於裝甲防護力(均質裝甲)還是沒有提升，而戰車正面對於抗動能及抗化學能反戰車飛彈僅有 260 至 350 釐米，對於現代中共的反裝甲飛彈及主力戰車的火力，根本無法達到防護效果；且即將在今年接裝的 M1A2T 戰車未配備貧化鈾裝甲套件及主動防禦系統，從 2022 年的俄烏戰爭及 2023 年的以巴戰爭，新戰爭型態的改變和新時代的反裝甲武器及無人機的運用，對於戰車造成很大的威脅。

在國防預算有限及如何即時提升和達到防護的效果，國防安全研究院國防戰略與資源研究所所長蘇紫雲表示，裝甲方面可以使用低成本「柵欄裝甲」，經過美軍實

戰驗證，柵欄裝甲可以有效阻擋一般反裝甲火箭彈，安裝一套柵欄裝甲約 6000 至 7000 美元，共軍首批犯臺部隊登陸後，不管是空降、機降、登陸部隊主要會使用輕型反裝甲武器，國軍有必要思考低成本高效應的改良方案[67]。

柵欄裝甲很多人認為是讓反裝甲火箭提前引爆，這其實不完全正確。部分的火箭彈使用的是壓電引信，如果恰好卡在柵欄裝甲的網格中間，因衝擊作用導線會和殼體短接而無法引爆火箭（如圖十四）；至於非壓電引信的火箭彈，則是在命中柵欄提前起爆，柵欄和車體間的空隙會使火箭彈威力下降，然後再面對車體裝甲[68]。以戰場經驗來看，俄烏戰爭走到中期，相比於昂貴的反戰車飛彈，烏克蘭更多使用無人機以佩掛迫擊砲彈的方式打擊俄羅斯戰車，這種簡易的設備，柵欄是可以擋下來的；以巴戰爭哈瑪斯也利用無人機攜帶迫擊砲彈，飛到以色列梅卡瓦戰車的正上方，重力下落的迫擊砲彈成功擊毀了一輛梅卡瓦戰車，於是以色列立即將戰車加裝柵欄裝甲[69]。



圖十四：火箭彈擊中柵欄裝甲未引爆[68]

柵欄裝甲若能參考俄烏戰爭及以巴戰爭的戰場經驗，並針對戰場上可能遇到的反裝甲飛彈（火箭彈）的尺寸、彈頭形式、爆炸威力等先行分析，規劃柵欄裝甲的材

質、樣式、防護位置，以及要固定式還是拆卸式等[70]，以最小的成本即時提升戰車最大的防護效益，應是當前所應立即解決及思考的問題（如圖十五）[71]。



圖十五：M60 戰車加裝柵欄裝甲和防護側裙[71]

伍、結論

我國自 2013 年的國防報告書引進〈創新/不對稱〉作戰思維後，國軍五年兵力整建、十年建軍構想就已朝這個方向持續發展，但在俄烏及以巴戰爭的作戰過程，顯示新世代戰爭型態的改變，如：無人機、人攜式反裝甲飛彈及互聯網作戰等，對於地面部隊的作戰環境及威脅，應該更謹慎的研究及思考，要發揮地面部隊的戰力，尤其是主要打擊火力的戰車裝甲部隊，要如何完成戰力保存，運用戰術戰法、新科技武器研發採購、建立多層次防空火網、強化資訊電子作戰及人工智慧的融入等，甚至是最傳統的柵欄裝甲安裝，只要是能提升戰場存活力的方式都是可以參考運用。

在國防預算有限的情況，要如何在戰機、戰車、火炮等「傳統戰力」的高價值戰具，與無人機、防空飛彈、資訊互聯網及人工智慧等「新科技武器系統」間抉擇採購及建軍發展，是國軍作戰思維調整及作戰模式重大改變所需面臨的問題。不對

稱作戰是臺灣防衛作戰構想的核心，但就各國的武器發展研發來看，擔任地面作戰主力的戰車目前還是無法由其他戰具取代，不可避免地，新科技將會持續考驗戰車存在的價值，要如何使戰車科技的發展適應新世代的戰場環境，確保完整的戰力發揮，也是後續需要一直檢討及精進的方向。

參考文獻：

- [1] 杜長青，〈俄烏戰爭對中國的衝擊以及對臺灣的啟示〉《戰略安全研析》，第 173 期，頁 19，2022 年 4 月。
- [2] BBC NEWS 中文，〈俄羅斯入侵烏克蘭：俄軍坦克損失慘重的兩大原因〉《BBC NEWS 中文》，2022 年 4 月 12 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-61080086>，檢索日期：2024 年 1 月 22 日。
- [3] 鍾如婷，〈烏克蘭無人機鷹眼精準揪敵「俄戰車躲樹林」仍變活靶被炸翻〉《民視新聞網》，2022 年 3 月 26 日，<https://www.ftvnews.com.tw/news/detail/2022326W0045>，檢索日期：2024 年 1 月 22 日。
- [4] 陳成良，〈人工智慧加持！烏軍 Saker Scout 無人機首創自主攻擊俄軍、識別軍事目標〉《自由時報》，2023 年 10 月 19 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4463418>，檢索日期：2024 年 1 月 22 日。
- [5] 陳成良，〈避免「易開罐」！俄軍為戰車加裝「護體金鐘罩」〉《自由時報》，2023 年 4 月 5 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4261512>，檢索日期：2024 年 1 月 22 日。
- [6] Bryan，〈戰車不死 只是不斷地進化〉《軍傳媒》，2023 年 12 月 10 日，<https://mmedia.com.tw/%E6%88%B0%E8%BB%8A%E4%B8%8D%E6%AD%BB%EF%BC%8C%E5%8F%AA%E6%98%AF%E4%B8%8D%E6%96%B7%E7%9A%84%E9%80%B2%E5%8C%96/>，檢索日期：2024 年 1 月 22 日。
- [7] 鄭涵文，〈以巴的百年之爭〉《少年報導者》，2023 年 11 月 2 日，<https://kids.twreporter.org/article/israel-and-palestine-conflict-six-keywords>，檢索日期：2024 年 1 月 25 日。
- [8] TRENDRADARS，〈What will Israel's ground offensive in Gaza against Hamas look like?〉《TRENDRADARS》，2023 年 10 月 16 日，<https://www.trendradars.com/h/article-255709-what-will-israels-ground-offensive-in-gaza-against-hamas-look-like/>，檢索日期：2024 年 1 月 25 日。
- [9] 保羅科比，〈以巴衝突：以色列軍隊攻入加薩，地面戰的目標和危機是什麼？〉《BBC NEWS 中文》，2023 年 10 月 14 日，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-67110265>，檢索日期：2024 年 1 月 25 日。
- [10] 吳哲宇，〈有效認證 以色列戰車學俄羅斯「頂樓加蓋」〉《自由時報》，2023 年 10 月 18 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4461836>，檢索日期：2024 年 1 月 25 日。
- [11] 超越新聞，〈損失近四分之一！600 美元 RPG 擊潰中東最強，以軍裝甲部隊被打懵〉《超越新聞網》，2023 年 11 月 23 日，<https://beyondnews852.com/20231123/141532/>，檢索日期：2024

- 年 1 月 25 日。
- [12] 李思平,〈戰車城鎮戰的威脅與應對戰術〉《青年日報》,2023 年 12 月 2 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1634081&type=forum>, 檢索日期:2024 年 1 月 25 日。
- [13] 同註[11], 檢索日期:2024 年 1 月 25 日。
- [14] 同註[12], 檢索日期:2024 年 1 月 30 日。
- [15] 李思平,〈戰車之盾 裝甲與防護力〉《青年日報》,2022 年 3 月 21 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1491008&type=forum>, 檢索日期:2024 年 1 月 30 日。
- [16] 許智翔,〈【韜略談兵】戰車的金鐘罩鐵布衫〉《青年日報》,2023 年 1 月 30 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1557394&type=forum>, 檢索日期:2024 年 2 月 19 日。
- [17] 李思平,〈戰車反應裝甲 提升戰場存活率〉《青年日報》,2023 年 10 月 12 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1621550&type=forum>, 檢索日期:2024 年 2 月 19 日。
- [18] 黃譯模,〈戰車裝甲防護力〉《軍傳媒》,2023 年 2 月 15 日, <https://media.com.tw/%E6%88%B0%E8%BB%8A%E8%A3%9D%E7%94%B2%E9%98%B2%E8%AD%B7%E5%8A%9B/>, 檢索日期:2024 年 2 月 20 日。
- [19] 彈痕,〈老兵簡說坦克裝甲演進史〉《每日頭條》,2018 年 10 月 30 日, <https://kknews.cc/zh-tw/military/g9qeql.html>, 檢索日期:2024 年 2 月 20 日。
- [20] 章妍、艾弘博,〈誰是戰車的護身軟甲?〉《人民網》,2018 年 7 月 6 日, <http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2018/0706/c1011-30130643.html>, 檢索日期:2024 年 2 月 22 日。
- [21] 李思平、黃竣民,〈戰車部署 2020〉,(臺北市,尖端科技軍事雜誌社,2020 年 1 月 13 日),頁 245。
- [22] 陳治程,〈「戰利品」再+1 英「挑戰者 3 型」戰車加裝主動防禦系統〉《自由時報》,2023 年 9 月 12 日, <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4425623>, 檢索日期:2024 年 2 月 22 日。
- [23] 李俊毅,〈M1A2T 戰車明年陸續抵臺 陸軍 2 裝甲旅將優先接裝〉《中天新聞網》,2023 年 8 月 24 日, <https://tw.news.yahoo.com/m1a2t%E6%88%B0%E8%BB%8A%E6%98%8E%E5%B9%B4%E9%99%B8%E7%BA%8C%E6%8A%B5%E5%8F%B0-%E9%99%B8%E8%BB%8D2%E8%A3%9D%E7%94%B2%E6%97%85%E5%B0%87%E5%84%AA%E5%85%88%E6%8E%A5%E8%A3%9D-004120228.html>, 檢索日期:2024 年 2 月 25 日。
- [24] 王光磊,〈新型艾布蘭戰車 更名 M1A2C/D〉《青年日報》,2018 年 9 月 14 日, <https://today.line.me/tw/v2/article/9Y9Bpq>, 檢索日期:2024 年 2 月 25 日。
- [25] 黃譯模,〈淺談複合裝甲材料〉《裝甲兵季刊》,第 265 期,2022 年 9 月,頁 16。
- [26] MDC 軍武狂人夢,〈M-1 艾布蘭系列主力戰車〉《MDC 軍武狂人夢》,2023 年 12 月 2 日, <http://www.mdc.idv.tw/mdc/army/m1-2.htm>, 檢索日期:2024 年 3 月 1 日。
- [27] 同註[23], 檢索日期:2024 年 3 月 1 日。
- [28] 尖端科技軍事雜誌,〈認識 M1A2T 外銷裝甲:何為外銷?對應什麼等級?〉《尖端科技軍事雜誌》,2021 年 9 月 7 日, <https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=1030>, 檢索日期:2024 年 3 月 1 日。
- [29] 薩爾斯,〈烏俄衝突 標槍飛彈、NLA W 抗俄反裝甲利器〉《青年日報》,2022 年 3 月 14 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1489518&type=1>, 檢索日期:2024 年 3 月 2 日。
- [30] 資訊咖,〈俄烏衝突讓「坦克無用論」再升溫!兩大因素決定,坦克仍是陸

- 戰王》《資訊咖》，2023 年 4 月 23 日，<https://inf.news/military/92f949903ecb41cd73f034a650a2e381.html>，檢索日期：2024 年 3 月 2 日。
- [31] 同註[21]，頁 218-219。
- [32] 資訊咖，〈俄烏衝突讓「坦克無用論」再升溫！兩大因素決定，坦克仍是陸戰王〉《資訊咖》，2023 年 12 月 2 日，<https://inf.news/military/92f949903ecb41cd73f034a650a2e381.html>，檢索日期：2024 年 3 月 5 日。
- [33] 戰略風格，〈560 億元臺幣的 108 輛 M1A2T 採購案值得嗎？對臺灣的攻守作戰能強化到什麼境界？〉《戰略風格》，2021 年 5 月 23 日，<https://strategy.style/archives/taiwan-m1a2t-tank-decisive-battle>，檢索日期：2024 年 3 月 5 日。
- [34] 李思平，〈新科技加持 戰車仍主導陸戰勝負關鍵〉《青年日報》，2023 年 3 月 23 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1573574&type=forum>，檢索日期：2024 年 3 月 5 日。
- [35] 尖端科技軍事雜誌，〈最可靠的戰利品 主動防禦系統：戰場上生與死的差別〉《尖端科技軍事雜誌》，2022 年 10 月 2 日，<https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=468>，檢索日期：2024 年 3 月 10 日。
- [36] 全球防衛雜誌，〈「矛盾大對決」：戰車上的主動防禦系統將成主流趨勢？〉《鳴人堂》，2022 年 5 月 19 日，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/6321778>，檢索日期：2024 年 3 月 10 日。
- [37] 尖端科技軍事雜誌，〈上帝的金鐘罩：以軍採購數百具「戰利品」主動防禦系統〉《尖端科技軍事雜誌》，2022 年 9 月 2 日，<https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=163>，檢索日期：2024 年 3 月 12 日。
- [38] 陳成良，〈借鑒烏俄衝突經驗 哈瑪斯無人機炸毀以軍「梅卡瓦」主戰車〉《自由時報》，2023 年 10 月 8 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4452519>，檢索日期：2024 年 3 月 12 日。
- [39] 尖端科技軍事雜誌，〈模組化主動防禦系統完成初步整合：預計在 M1 戰車上測試軟殺干擾系統〉《尖端科技軍事雜誌》，2024 年 1 月 5 日，<https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=391>，檢索日期：2024 年 3 月 13 日。
- [40] 中華民國國防部，〈國防部發布新聞稿，說明有關媒體報導國軍「整體防衛構想」相關議題〉《中華民國國防部新聞稿》，2019 年 4 月 12 日，<https://www.mnd.gov.tw/Publish.aspx?p=76143&title=%E5%9C%8B%E9%98%B2%E6%B6%88%E6%81%AF&SelectStyle=新聞稿>，檢索日期：2024 年 3 月 13 日。
- [41] 同註[12]，檢索日期：2024 年 3 月 18 日。
- [42] 王光磊，〈以色列閃電戰車搭載人工智慧強化戰場覺知能力〉《青年日報》，2023 年 9 月 22 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1617123&type=vision>，檢索日期：2024 年 3 月 18 日。
- [43] Dylan Malyasov，〈Israel unveils new generation of Merkava tank〉《DEFENCE BLOG》，2023 年 9 月 20 日，<https://defence-blog.com/israel-unveils-new-generation-of-merkava-tank/>，檢索日期：2024 年 3 月 25 日。
- [44] 國防部，中華民國 112 年國防報告書，臺北市，國防部，頁 70-71，2023 年。
- [45] 福斯少校 (MAJ.Amos FOX)、編譯：李思平，〈戰車部署九原則！在機動戰中尋求運動戰！〉《尖端科技軍事雜誌》，2020 年 5 月 15 日，<https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=942>，檢索日期：2024 年 3 月 25 日。
- [46] 蘇紫雲，〈C5ISR 指戰一體化及產業發展〉《國防安全週報》，第 78 期，2019 年 12 月 20 日。
- [47] 星鏈：透過巨大的衛星網絡提供互聯

網服務。

- [48] BBC NEWS 中文,〈星鏈 Starlink 為什麼在烏克蘭對抗俄羅斯戰爭中很重要?〉《BBC NEWS 中文》,2022 年 10 月 21 日, <https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-63314791>, 檢索日期:2024 年 4 月 2 日。
- [49] 寧博,〈以軍創新聯網作戰 數位戰場里程碑〉《青年日報》,2021 年 1 月 9 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1310796&type=76>, 檢索日期:2024 年 4 月 2 日。
- [50] 國防部,中華民國 112 年國防報告書,臺北市,國防部,頁 73,2023 年。
- [51] 洪哲政,〈仿美陸軍作戰指揮系統架構首度由官方曝光〉《世界新聞網》,2023 年 10 月 30 日, <https://www.worldjournal.com/wj/story/121221/7538659>, 檢索日期:2024 年 4 月 2 日。
- [52] 國防部,中華民國 112 年國防報告書,臺北市,國防部,頁 73,2023 年。
- [53] 許智翔,〈以色列採購人工智慧系統輔助城鎮戰〉《國防安全週報》,第 85 期,2020 年 4 月 8 日。
- [54] 汪哲仁,〈烏克蘭戰時維繫網路運營之觀察〉《國防安全週報》,第 51 期,2022 年 4 月 8 日。
- [55] Edward,〈導彈洗地臺灣?真相令人啼笑皆非!臺灣防空超越想像〉《看中國》,2023 年 10 月 18 日, <https://www.seretchina.com/news/b5/2023/10/18/1047711.html>, 檢索日期:2024 年 4 月 9 日。
- [56] 羅添斌,〈擲樹飛彈系統 112 年底全數汰除 陸射劍二接力強化野戰防空戰力〉《自由時報》,2023 年 10 月 14 日, <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4458149>, 檢索日期:2024 年 4 月 9 日。
- [57] 王烱華,〈中共無人機侵擾外島 國防部下令用 7.62 公厘以下輕兵器擊落〉《YAHOO 新聞》,2023 年 3 月 17 日, <https://tw.news.yahoo.com/%E4%B8%AD%E5%85%B1%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E4%BE%B5%E6%93%BE%E5%A4%96%E5%B3%B6-%E5%9C%8B%E9%98%B2%E9%83%A8%E4%B8%8B%E4%BB%A4%E7%94%A87-62%E5%85%AC%E5%8E%98%E4%BB%A5%E4%B8%8B%E8%BC%95%E5%85%B5%E5%99%A8%E6%93%8A%E8%90%BD-021500911.html>, 檢索日期:2024 年 4 月 12 日。
- [58] Dylan Malyasov,〈Germany to send more Gepard air-defense tanks to Ukraine〉《DEFENCE BLOG》,2022 年 12 月 1 日, <https://defence-blog.com/germany-to-send-more-gepard-air-defense-tanks-to-ukraine/>, 檢索日期:2024 年 4 月 12 日。
- [59] 周宇平,〈面對共軍無人機「機海戰術」 機動式防空火炮系統是臺灣最後的防線〉《聯合新聞網》,2023 年 8 月 19 日, <https://udn.com/news/story/11596/7379235>, 檢索日期:2024 年 4 月 12 日。
- [60] Yuri Svitlyk,〈烏克蘭勝利的武器:來自 Rheinmetall 的 Skynex 高射砲系統〉《ROOT NATION》,2024 年 4 月 1 日, <https://root-nation.com/zh-TW/ua/articles-ua/weapons-ua/ua-skynex-rheinmetall/>, 檢索日期:2024 年 4 月 12 日。
- [61] 蘇紫雲,〈【戰略快評】雷射防空系統日趨成熟 防衛添利器〉《青年日報》,2024 年 2 月 5 日, <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1650625>, 檢索日期:2024 年 4 月 13 日。
- [62] 林宜萱,〈號稱每發只要 400 元的防空武器 英國「龍火」能打破低成本無人機優勢?〉《YAHOO 新聞》,2024 年 3 月 15 日, <https://tw.news.yahoo.com/%E8%99%9F%E7%A8%B1%E6%AF%8F%E7%99%BC%E5%8F%AA%E8%A6%81400%E5%85%83%E7%9A%84%E9%98%B2%E7%A9%BA%E6%AD%A6%E5%99%A8-%E8%8B%B1%E5%9C%8B-%E9%BE%8D%E7%8>

- 1%AB-%E8%83%BD%E6%89%93%E7%A0%B4%E4%BD%8E%E6%88%90%E6%9C%AC%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E5%84%AA%E5%8B%A2-063424771.html，檢索日期：2024 年 4 月 13 日。
- [63] 美國之音，〈臺灣車載雷射砲研發獲突破 應對中國無人機威脅有辦法〉《美國之音》，2024 年 3 月 12 日，<https://www.voacantonese.com/a/taiwan-developing-armored-laser-vehicles-to-counter-chinese-drone-20240311/7522895.html>，檢索日期：2024 年 4 月 14 日。
- [64] 羅添斌，〈中科院建案研製 50KW 車載型雷射砲 技術獲突破有「好朋友」幫忙〉《自由時報》，2024 年 3 月 5 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4597489>，檢索日期：2024 年 4 月 14 日。
- [65] 青年日報，〈打造強韌防空網 提升整體防衛戰力〉《青年日報》，2023 年 8 月 17 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1608241>，檢索日期：2024 年 4 月 15 日。
- [66] 呂炯昌，〈CM-11 戰車陸軍主力中型戰車〉《鉅亨網新聞中心》，2016 年 8 月 16 日，<https://news.cnyes.com/news/id/2158462>，檢索日期：2024 年 4 月 15 日。
- [67] 呂炯昌，〈國軍戰車老舊 學者提經濟化解決方案〉《NOWnews 今日新聞》，2023 年 7 月 2 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%9C%8B%E8%B%8D%E6%88%B0%E8%BB%8A%E8%80%81%E8%88%8A-%E5%AD%B8%E8%80%85%E6%8F%90%E7%B6%93%E6%BF%9F%E5%8C%96%E8%A7%A3%E6%B1%BA%E6%96%B9%E6%A1%88-020700817.html>，檢索日期：2024 年 4 月 20 日。
- [68] 突擊軍事，〈格柵裝甲的前身竟曾是鋼絲床墊？卻對 RPG 的防護率超過一半〉《每日頭條》，2017 年 7 月 3 日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/zmpabng.html>，檢索日期：2024 年 4 月 20 日。
- [69] 江飛宇，〈無人機太可怕 以色列梅卡瓦坦克也加蓋「頂籠」〉《中時新聞網》，2023 年 10 月 17 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231017005095-260417?chdtv>，檢索日期：2024 年 4 月 20 日。
- [70] Giovan，〈【以巴戰爭】從實戰學習經驗 以色列迅速增加防護柵欄〉《軍傳媒》，2023 年 10 月 19 日，<https://mmedia.com.tw/>【以巴戰爭】從實戰學習經驗-地面戰生存之道 | /，檢索日期：2024 年 4 月 20 日。
- [71] Global New Weapon Overview，〈Raytheon M60 Tank Service Life Extension Program〉《Global New Weapon Overview》，<https://www.facebook.com/profile/100067223109918/search/?q=m60>，2020 年 8 月 11 日，檢索日期：2024 年 4 月 20 日。

Exploring Ground Combat Survival Strategies for Tanks in Modern Warfare – Enhancing Battlefield Survivability

YU-TING HUANG

Institute for National Defense and Security Research

Abstract

The 2022 Russia-Ukraine War and the 2023 Israel-Palestine War have highlighted the transformative impact of next-generation high-tech weaponry, underscoring a paradigm shift in modern warfare. In this context, a pressing question arises: can Taiwan's soon-to-be-acquired M1A2T main battle tanks withstand the challenges posed by advanced anti-armor systems in a potential Taiwan Strait conflict? Alternatively, what protective measures are necessary to maintain their combat effectiveness amidst the evolving dynamics of offensive and defensive strategies?

For Taiwan's existing main battle tanks, such as the CM11 and M60A3, countering the broad spectrum of ground combat threats requires a dual approach: integrating cost-effective passive protection systems and advancing or acquiring innovative protective technologies to enhance survivability on the battlefield.

The rapid advancements in artificial intelligence, the proliferation of network-centric warfare, and the rising threat of unmanned combat vehicles demand a comprehensive transformation in tank warfare strategies. By learning from recent conflicts, Taiwan can integrate cutting-edge technologies, combine active and passive protection systems, employ innovative tactics, and adopt forward-thinking operational doctrines. These measures are critical for bolstering the military's offensive capabilities while ensuring the survivability of its ground forces. Such initiatives are vital for maximizing the utility of Taiwan's armored units in safeguarding the defense of Taiwan and Penghu.

Keywords: M1A2T tanks, modern warfare, artificial intelligence, network-centric operations