

俄烏戰爭俄軍武裝直升機戰鬥表現與影響之研析

作者/簡宏宇少校



國防大學理工學院 94 年班、美和科技大學經營管理碩士班；曾任隊長、所長、兵工修護官，現任職於陸軍步兵訓練指揮部特業組教官。

提要

- 一、俄羅斯為直升機研發與生產大國，「Ka 系列」和「Mi 系列」直升機性能受到國際高度肯定，在民用及軍用直升機市場佔有領先地位；俄羅斯直升機數量在全球僅次於美國，在直升機的作戰力量佔有極大的優勢；然而在俄烏戰爭中，俄羅斯卻遭遇到前所未有的作戰損失，引發國際間開始思考，在單兵防空系統與無人機廣泛使用的戰場上，其戰鬥效能與戰鬥損耗是否失衡，部分國家已積極研究直升機未來的發展與戰場存活相關問題。
- 二、分析直升機大規模參戰之戰史，在越南戰爭、阿富汗戰爭(1955)及波灣戰爭相關數據，直升機戰損比例是呈現平穩下降趨勢；但俄烏戰爭卻呈現反轉上升趨勢，直升機具備高度機動、偵察、火力支援地面作戰等優勢，但在現代戰場面臨新穎且複雜的武器威脅，其作戰效能不如預期，作戰損失不斷上升；但從另一個視角觀察俄羅斯承受著直升機持續「高」損耗，但又高頻率運用直升機執行戰鬥任務，反應出直升機在低空/超低空的火力支援，在戰場上仍具有關鍵性重要地位。
- 三、中共軍方認為武裝直升機是對我國登島作戰的重要核心，2024 年 11 月珠海航空展，中俄簽署《航空技術及裝備引進的合作協議》，隨著中俄逐步強化航太產業合作，未來共軍將可加速技術上的突破，爭取自主研發並生產符合其作戰需求的武裝直升機；美軍在策略運用上，仍然相當重視遠程縱深突擊作戰方式，直升機未來將朝向遠程突擊與無人駕駛之目標發展；檢視國軍因防空火網密度高居全球第二位，武裝直升機在防衛作戰中角色與定位非常明確，目前的戰備重點是在戰力保存與戰力運用，因國內無直升機之軍工產能，在科技發展飛速時代，持續關注武裝直升機長遠發展亦是非常重要的議題。

關鍵詞：武裝直升機、空中戰力、防空作戰、無人載具

壹、前言

俄羅斯在 2022 年 2 月 24 日向烏克蘭發動全面性的軍事侵略行動，戰爭發展由攻勢速決演變成兩軍長期對峙，身為直升機生產大國的俄羅斯，從戰爭初期就陸續傳出武裝直升機在戰場上被大量摧毀，引發軍事觀察家的重視與關注，甚至出現直升機在戰場的存活率不如預期、直升機是過時的武器等觀點；然因應俄烏戰爭的局勢發展，俄軍各型直升機遭到單兵肩射防空飛彈，以及各型短程、中長程防空飛彈威脅，損失相當慘重，相較於戰前同樣遭到質疑的主力戰車，在戰爭期間仍然證明其戰場價值的重要性，直升機則是證明了在現代化戰爭中的脆弱性。¹美國在 2024 年 2 月宣布取消攻擊偵察機 (FARA) 專案，造成重大轉變的理由是無人機的快速崛起，需要重新審視與規劃組建未來直升機編隊的結構；²因此，本研究著重在探索俄烏戰場上的直升機作戰效能與成果，將可作為我軍在地面防衛作戰及戰術戰法研究的重要參考。

貳、俄羅斯的空中戰力

參考世界現代軍用飛機名錄(World Directory of Modern Military Aircraft, WDMMA) 在 2024 年針對全球各國空軍(或擁有空中戰力的其它軍種)整體戰力，包含現代化、後勤支援、攻擊和防禦能力等面向進行評比，其中俄羅斯名列全球第三名，僅次於美國空軍與海軍，³顯示俄羅斯空中戰力具備非常強的實力，但在俄烏戰爭中卻未能充分展現，以下就俄羅斯空中戰力初步探討。

一、俄羅斯質與量遠勝烏克蘭

俄羅斯在 2024 年現役軍機總數為 3,649 架，包含戰機 912 架、轟炸機 121 架、近距離空中支援機 197 架、直升機 1,430 架、運輸機 410 架、訓練機 487 架、空中加油機 19 架、特殊任務機 73 架，其中以直升機佔比 39.2% 為最高；烏克蘭現役軍機總數為 259 架，包含戰機 87 架、轟炸機 16 架、直升機 39 架、運輸機 56 架、訓練機 58 架、特殊任務機 3 架；(如圖一)俄烏戰事持續至今，俄軍仍陷僵局，其中俄羅斯空軍似未能在戰爭中扮演重要關鍵角色。俄空軍不論戰機性能及數量都遠優於烏克蘭，且在戰爭初期，烏克蘭空軍及防空力量已遭壓制，俄空軍卻未在後續作戰中充分發揮戰力支援地面作戰，⁴可能與其空射精準導引武器(precision-guided munitions, PGM)不足有關，

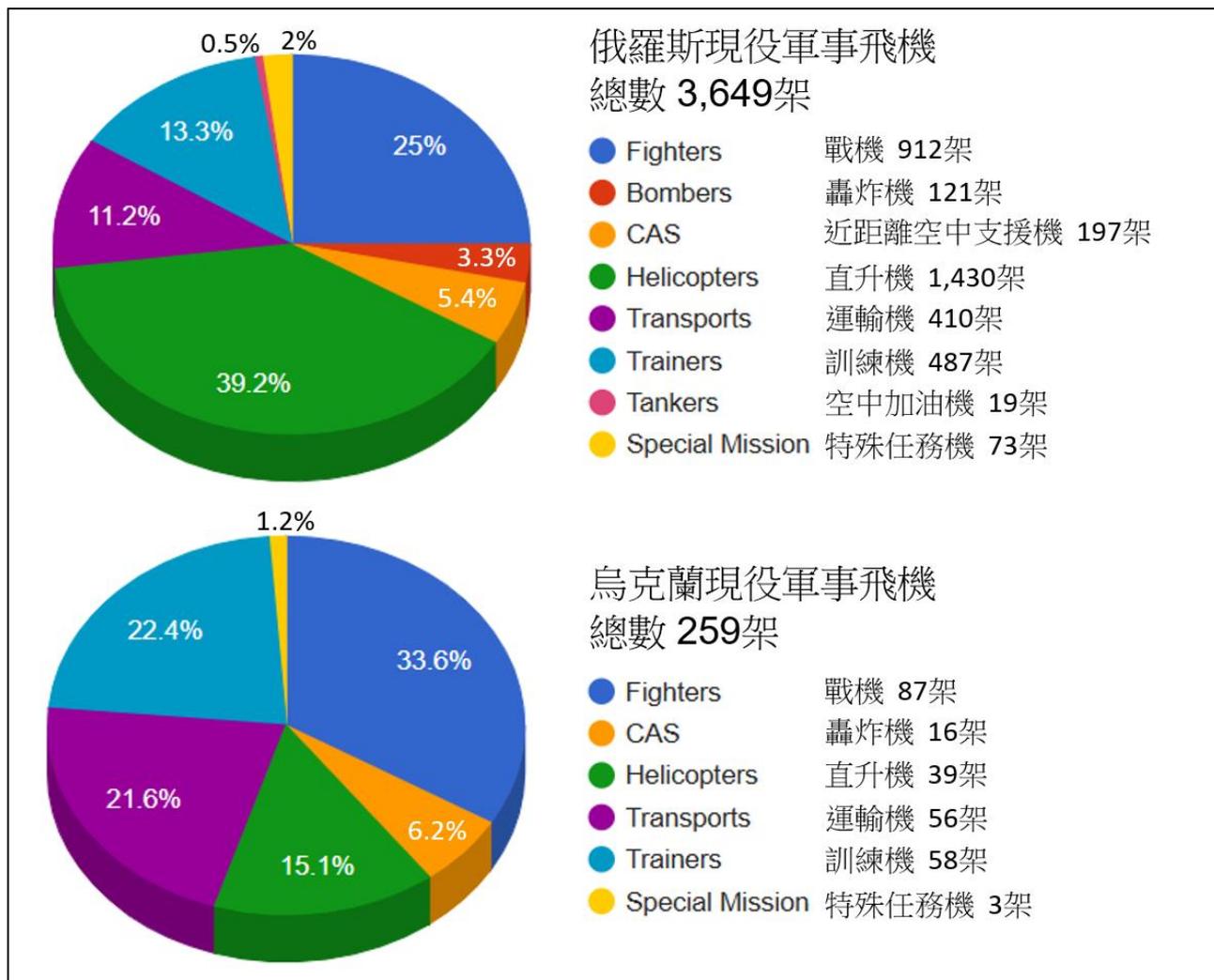
¹科技新報，〈美軍取消 FARA 影響產業，眾議院向五角大廈討說法〉，<https://technews.tw/2024/03/08/lawmakers-press-army-aviation-leadership-on-fara-cancelation/>，2024 年 3 月 8 日，(檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。

²未來攻擊偵察直升機(Future Attack Reconnaissance Aircraft, FARA)是美國陸軍「未來直升機」(Future Vertical Lift, FVL)的子計畫，用來取代 OH-58D 偵察直升機的輕型直升機，美軍在取消 FARA 計畫時表示，由於直升機的危險性以及無人機興起，國防部對於陸軍航空隊的計畫產生極大轉變，除了 FARA，最新版黑鷹 UH-60V、通用電子新型 T901 渦輪軸發動機也遭到取消或延後，參考自 Jen Judson，〈Army was right to kill multibillion-dollar helo program, analysts say〉《Defense News》，13 February 2024，〈<https://www.defensenews.com/land/2024/02/12/army-was-right-to-kill-multibillion-dollar-helo-program-analysts-say/>〉，(檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。

³大紀元，〈美國空軍有多少架飛機？戰力有多強？〉，<https://www.epochtimes.com/b5/24/3/31/n14214818.htm>，2024 年 3 月 31 日，(檢索日期：2024 年 11 月 4 日)。

⁴舒孝煌，〈俄、烏空軍對比及俄空中作戰能力觀察〉，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=274&typeid=30>，2022 年 4 月 1 日，(檢索日期：2024 年 11 月 11 日)。

大部分戰機仍在使用非導引飛彈或火箭。⁵這普遍限制了攻擊烏克蘭有生戰力與支援俄軍挺進的能力，俄空軍可能也缺乏大規模作戰能力，且烏克蘭防空系統仍能對俄空軍造成嚴重威脅，導致無法全面奪取制空權，且持續在烏克蘭防空火力下出現損失。⁶



圖一 俄羅斯與烏克蘭現役軍事飛機數量分析圖(2024年)

資料來源：WDMMA，〈Russian Air Force (2025) Aircraft Inventory〉，

<https://www.wdmma.org/russian-air-force.php>，2024年11月26日，作者整理。

二、俄羅斯為直升機生產大國

俄羅斯為全球直升機生產大國，早期為「卡莫夫設計局」和「米爾設計局」兩個直升機設計生產單位，其產品分別是「Ka系列」和「Mi系列」直升機，(如表一)⁷現都隸屬俄羅斯直升機公司；「卡莫夫設計局」的創建任務是專為俄羅斯海軍開發直升機，⁸核心技術是「同軸反轉雙主旋翼」直升機，無尾部反扭矩旋翼設計是其最大特色，可節省

⁵ “Why has Russia’s superior air force failed to conquer Ukraine’s skies?”, The Week, 2 Mar 2022. Retrieved from <https://theweek.com/news/world-news/russia/955942>.(檢索日期：2024年11月13日)

⁶ “Send Missiles Not Planes”, CSIS, 9 Mar 2022. Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/send-missiles-not-planes>.(檢索日期：2024年11月13日)

⁷孫習譯，飛利浦·布萊原著，《世界各國直升機精粹》，(北京：人民郵電出版社)，2015年9月，頁15。

⁸卡莫夫設計局官方網站，〈卡莫夫簡介〉，<http://www.kamov.ru/knet.htm>，(檢索日期：2024年11月6日)。

停放空間，已為海軍航空作戰需求開發多項用途和類型直升機，⁹其中 Ka-50(陸軍，單一飛行員)和 Ka-52(海軍，2 員飛行員)武裝直升機，可執行戰場偵察、目標搜索辨識、電子對抗及火力支援等任務，先進的多功能航空電子設備，具備體積小、機動性高、偵蒐範圍廣、火力強大、高防護力等優異性能，可全天候執行作戰任務。¹⁰

「米爾設計局」是全世界為數不多具備現代民用和軍用直升機設計、生產、維護與試驗的單位，其生產的直升機總數量超過 3 萬架，占俄羅斯國產直升機總數的 95%，並且外銷超過 80 個國家服役；¹¹其中 Mi-24 武裝直升機裝配雙發動機、五葉主旋翼、三葉尾旋翼構型、獨特的引擎雙前進氣口、有角度的溫室型座艙罩，機身重裝甲和鈦質旋翼可以直接抵檔 12.7mm 口徑武器射擊，兼具攻擊與運輸的兩用直昇機，在 1980 年代的阿富汗戰爭幫助前蘇聯完成多項作戰任務；¹²Mi-28 攻擊直升機為適應現代化戰場，主要任務在搜索和摧毀裝甲車，可對開闊和複雜地形的地面部隊提供火力支援，其配備優良的動力系統、先進的光電設備及強大的火力，綜合性能受到國際間高度肯定。¹³

全球空中力量的競爭，早已超越了單純的戰機數量對比，更多的焦點集中在各國的戰機產能上。擁有強大的生產能力，這代表國家不僅能夠快速擴充現役戰機數量，還可以在未來的軍事行動中保持戰機的充足供應與更新能力。¹⁴俄羅斯為全球頂尖的直升機生產國家，在《飛行國際》(Flight global)雜誌發佈的《World Air Forces 2024》報告中指出，¹⁵俄羅斯的直升機數量(如表一)約占全球 8%，僅次於美國(占全球 27%)，其在直升機的戰力占有極大的優勢。

表一 俄羅斯現役直升機類型與數量統計表(統計時間為 2024 年 11 月)

機型	數量	圖示	裝備概述
Mi-2	4		1965 年開始生產，為輕型多用途直升機，主要用於運輸貨物及醫療救護。

⁹每日頭條，〈卡莫夫設計局的傳奇〉，<https://kknews.cc/zh-tw/military/lgrm889.html>，2021 年 11 月 21 日，(檢索日期：2024 年 11 月 6 日)。

¹⁰西風，《現代軍用直升機》，(北京：軍事誼文出版社)，2010 年 8 月，第 1 版，頁 146~151。

¹¹俄羅斯衛星通訊社，〈米爾直升機工廠：「米」系列直升機受到全世界的尊重〉，

<https://big5.sputniknews.cn/20170718/1023135468.html>，2017 年 7 月 18 日，(檢索日期：2024 年 11 月 8 日)。

¹²嶋田久典等 5 人，《Mi-24/-35 雌鹿直升機完全專集》，(日本：伊卡洛斯出版社)，2016 年 11 月，頁 18~20。

¹³俄羅斯直升機工廠官方網站，〈Mi-28 直升機發展歷史〉，<https://web.archive.org/web/20100808151918/http://www.mi-helicopter.ru/rus/index.php?id=145>，(檢索日期：2024 年 11 月 22 日)。

¹⁴Newtalk 新聞，〈中美俄戰機數量比一比!美 5,189 架光 F-35 就破千，俄 4,063 架，中國大陸多少呢?〉，

<https://newtalk.tw/news/view/2024-10-14/940110>，2024 年 10 月 14 日，(檢索日期：2024 年 11 月 22 日)。

¹⁵FlightGlobal 是全球航空界新聞、數據、見解和專業知識的主要來源，提供全球航空界新聞、數據、分析和諮詢服務，參考自 FlightGlobal 官方網站，〈World Air Forces 2024〉，<https://www.flightglobal.com/reports/2024-world-air-forces-directory/156008.article>，(檢索日期：2024 年 11 月 23 日)。

<p>Mi-8 Mi-17 (外銷版)</p>	<p>786</p>		<p>1967 年開始服役，可執行戰場運輸、醫療後送和攻擊等作戰任務，為全球產量最多的直升機，外銷超過 80 個國家，作戰效能概同美軍 UH-1 直升機。</p>
<p>Mi-24 Mi-35 (外銷版)</p>	<p>328</p>		<p>1972 年開始生產，主要任務為對地攻擊和運載少量兵員，可掛載多種彈藥對裝甲車、掩體及地面部隊進行攻擊，作戰效能概同美軍 AH-1 武裝直升機。</p>
<p>Mi-26</p>	<p>44</p>		<p>1983 年開始服役，俄羅斯現役最重、最大的軍民通用重型直升機，貨艙可裝運 2 輛步兵裝甲車(或容納 80 員士兵)，載運量較美軍 CH-47 直升機大。</p>
<p>Mi-28 A/N/NM</p>	<p>103</p>		<p>1996 年開始生產，可掛載現代化彈藥，執行多類型戰場任務，但俄羅斯缺乏預算無法大量採購，作戰效能概同美軍 AH-64 武裝直升機。</p>
<p>Ka-27/29</p>	<p>6</p>		<p>1995 年開始服役，採用雙發動機，為俄羅斯海軍主力反潛機，另有 Ka-29 衍生型攻擊機。</p>
<p>Ka-50/52</p>	<p>115</p>		<p>1995 年開始服役，為性能優異的武裝直升機，具備裝甲防護、火力強大、作戰半徑大、全天候作戰等，作戰效能概同美軍 AH-64 武裝直升機。</p>

Ka-226	36		2003 年開始生產，採用雙發動機，為輕型多用途直升機，主要用於搜索、運輸貨物、醫療救護、救災及巡邏。
AS355	5		1975 年開始生產，為輕型多用途直升機。
H225	3		1995 年開始生產，為長程客運直升機。
合計	1,430 架		

資料來源：WDMMA，〈Russian Air Force (2025) Aircraft Inventory〉，

<https://www.wdma.org/russian-air-force.php>，2024 年 11 月 26 日，作者整理。(檢索日期：2024 年 11 月 7 日)。

參、戰場威脅與戰損

依據英國國防部統計至 2023 年 3 月底，俄羅斯各型直升機投入作戰約 600 餘架，占其直升機裝備總數量 45%，且作戰期間單日派遣量約為 50~70 架次，是繼冷戰後全球規模最大的直升機實戰應用紀錄。¹⁶另參考荷蘭 Oryxspioenkop 官方網站統計，¹⁷俄羅斯在(2022~2024)作戰期間損失的直升機數量約為 144 架，¹⁸以下就俄羅斯直升機戰場威脅與作戰損失等面向進行探討。

一、單兵防空飛彈嚴重威脅直升機存活率

英國智庫「皇家三軍聯合國防研究所」(Royal United Services Institute, RUSI)在 2023 年 4 月發布報告指出，俄烏戰爭第一天，俄羅斯即鎖定烏克蘭的陸基防空系統為

¹⁶陳曉楠等 3 人，〈俄烏衝突中俄空軍直升機運用對直升機裝備建造的啟示〉《指揮控制與模擬》(中國大陸江蘇省)，第四十五期第六卷，2023 年 12 月，頁 19~22。

¹⁷Oryx 或 Oryxspioenkop 是一個荷蘭的公開來源情報分析和統計網站以及戰爭研究團體，由 Stijn Mitzer 和 Joost Oliemans 二人創立和維護，以其在 2022 年俄羅斯入侵烏克蘭期間的工作而聞名世界，利用社交媒體和公開來源情報歸類統計了交戰雙方各類有圖像證據的裝備損失，眾多世界著名媒體，例如路透社、BBC、衛報、經濟學人、Newsweek、CNN 和 CBS 都曾引用過該網站的統計，參考自 Oryx 官方網站，<https://www.oryxspioenkop.com>。

¹⁸Mitzer, S., et al., "List Of Aircraft Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine", Oryx, 2022.

<https://www.oryxspioenkop.com/2022/03/list-of-aircraft-losses-during-2022.html> (accessed 24 November 2022).(檢索日期：2024 年 12 月 21 日)

目標，¹⁹首先是一波飛彈攻擊，之後是數十架電戰支援轟炸機，使烏克蘭防空雷達失效，再由戰鬥機掩護支援，派遣大批直升機，並對進行攔截的烏克蘭戰機造成重大損失；²⁰但俄羅斯未能跟進最初的攻擊，使烏克蘭能夠迅速重組，在防空系統遭受最初的挫折後，到了作戰的第三天，調集足夠的機動部隊重新投入使用，他們能夠擊落多架飛機，迫使俄羅斯撤回其攻擊機，並使其失去關鍵優勢。英國國防部也曾在 2022 年 10 月指出，俄羅斯現役的 Ka-52 機隊，超過 25% 在烏克蘭遭擊毀，主要是受到烏克蘭單兵防空飛彈(MANPADS)嚴重威脅，²¹且俄羅斯作戰初期大量派遣武裝直升機深入烏克蘭後方 50 公里執行突擊任務，但由於損失慘重被迫改變戰術。²²

俄羅斯在 2022 年作戰初期，憑藉 1968 年奪取布拉格機場、1979 年奪取喀布爾機場等成功空中突擊奪取目標的經驗；以 34 架直升機實施戰術編隊，突襲空降佔領位於基輔市郊外約 10 公里距離的安托諾夫機場(Antonov Airport)，以 Mi-8 運輸空降部隊為主，由 Mi-24、Mi-28 和 Ka-52 武裝直升機擔任護航，任務中至少有 6 架直升機(1 架 Mi-8、1 架 Mi-28 和 4 架 Ka-52)被單兵防空飛彈(Man-Portable Air-Defence System) (簡稱 MANPADS)所擊落，(如圖二)²³雖然成功完成空降突擊，但因情報判斷不準確、制空權未能完全掌握等狀況下執行任務，雖一度佔領機場，隨後又被守軍奪回。



圖二 烏克蘭士兵使用單兵防空飛彈(MANPADS)擊落 Ka-52 攻擊直升機

資料來源：重返戰場，〈復盤安東諾夫機場爭奪戰，俄軍精銳慘遭圍剿〉，

<<https://www.youtube.com/watch?v=i8ryDs2IBYQ>>，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。

Ka-52 是俄羅斯主力武裝直升機，其掛載的主要武器是 Vikhr (9K121 旋風反戰車

¹⁹烏克蘭在戰爭爆發前擁有的防空武器，主要是蘇聯時代的 S-300 和山毛櫸(9K37 Buk)中程防空飛彈系統，這些系統擊中俄羅斯巡航飛彈的成功率約為 80%，參考自大紀元，〈烏防空部隊成功 只是幸運嗎？〉，<<https://www.epochtimes.com/b5/23/5/20/n14000734.htm>>，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。

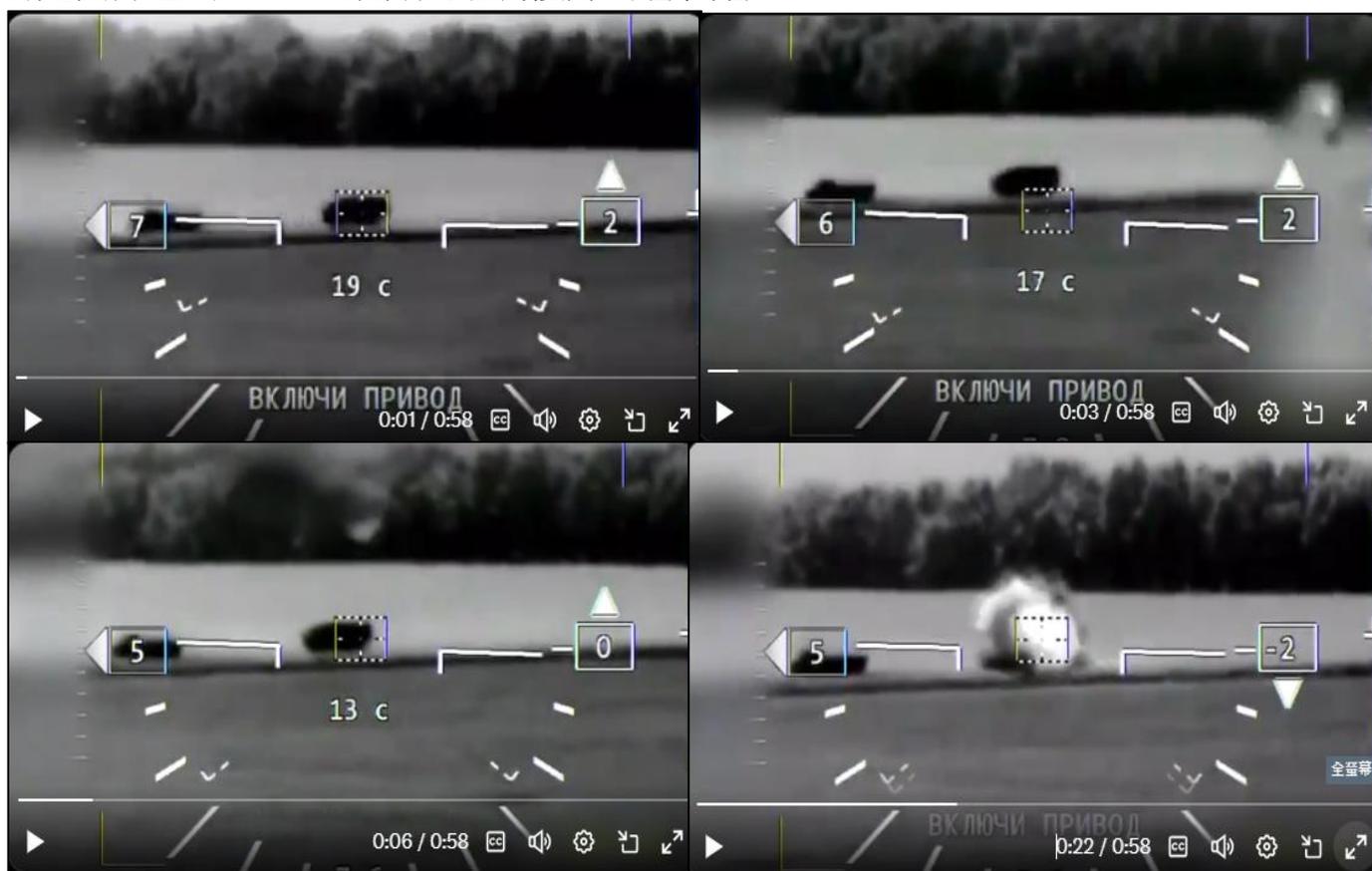
²⁰科技新報，〈西方武器加經驗累積，烏克蘭成功抵禦俄空襲〉，<https://technews.tw/2023/05/19/ukraine-successfully-defends-against-russian-airstrike/>，2023 年 5 月 19 日，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。

²¹自由時報，〈俄軍 Ka-52 直升機頻遭擊落 現有機隊已損失逾 25%〉，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4076545>，2022 年 10 月 26 日，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。

²²Professor Justin Bronk, Dr Jack Watling, 'How the Russian Air Force Failed in Ukraine', 17 November 2022, RUSI. Retrieved from <https://rusi.org/explore-our-research/publications/external-publications/how-russian-air-force-failed-ukraine>。(檢索日期：2024 年 12 月 21 日)

²³Jakub Janovsky, naalsio26, Aloha, Dan and Kemal, "Destination Disaster: Russia's Failure At Hostomel Airport", Oryx, 13 April 2022. <<https://www.oryxspioenkop.com/2022/04/destination-disaster-russias-failure-at.html>>。(檢索日期：2025 年 1 月 8 日)。

飛彈)，雖然具備自動瞄準系統，可在 30 秒內自動搜索和識別目標，由飛行員確認識別後，進行鎖定、追蹤和攻擊，且同時可設定 2~4 個攻擊目標，²⁴但其缺點是「採用雷射導引方式，飛行員必須將直升機「滯空」在離地面數百英尺的高度，從 6 英里外向目標發射雷射光束，再發射飛彈，持續以雷射將飛彈導引至目標，為求命中射擊，直升機在發射飛彈後的幾十秒內無法大幅移動，(如圖三)這就是提供防空飛彈射手最佳射擊時機」，在烏克蘭長期的激烈戰鬥中，俄羅斯損失了大量的 Ka-52 以及許多經驗豐富的機組人員，飛行員的陣亡比飛機毀損更為嚴重，俄羅斯可能需要數年時間才能為所有在烏克蘭陣亡的 Ka-52 飛行員培養優秀的替代者。²⁵



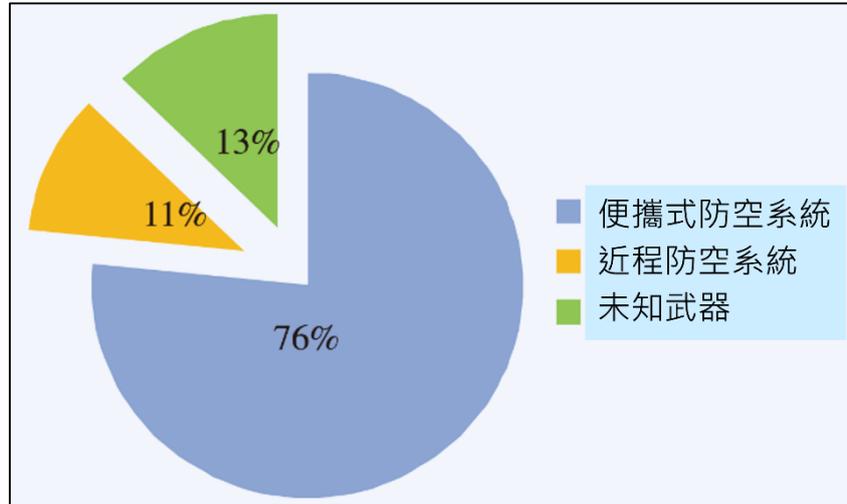
圖三 俄羅斯 Ka-52 攻擊直升機滯空停留，射手操作 Vikhr 反戰車飛彈鎖定目標(左上)、發射飛彈(右上)、雷射導引(左下)、擊毀目標(右下)

資料來源：Peter Suciú，〈Video Shows Russian Ka-52 Helicopter Shooting Up Friendly Column In Kursk〉《Forbes News》，15 August 2024，〈<https://www.forbes.com/sites/petersuciú/2024/08/15/video-shows-russian-ka-52-helicopter-shooting-up-friendly-column-in-kursk/>〉，(檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。

²⁴俄羅斯 Vysokotochnye Kompleksy 控股公司官方網站，〈9K121 Vikhr 反戰車飛彈〉，〈<http://rostec.ru/en/about/company/142>〉，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。

²⁵David Axe，〈A Ukrainian Racing Drone Nearly Kamikaze'd A Russian Attack Helicopter〉《Forbes News》，6 September 2023，〈<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2023/09/06/a-ukrainian-racing-drone-nearly-kamikazed-a-russian-attack-helicopter/?sh=ad6b1511af9b>〉，(檢索日期：2024 年 12 月 17 日)。

烏克蘭接收西方國家支援的單兵防空飛彈超過 7,000 餘枚，其具有隱蔽性和機動性高、操作簡單、部署靈活及目標特徵小等優點，導致直升機在低空及超低空作戰環境日趨惡化，²⁶據統計，俄羅斯直升機的戰損，有超過一半是被單兵防空飛彈擊落，(如圖四)綜上所述，單兵防空飛彈是威脅俄羅斯直升機戰場存活的重要因素。



圖四 俄羅斯直升機戰損原因分析圖

資料來源：同註 16。

二、無人載具戰力形成新興威脅

另烏克蘭在 2024 年多次對克里米亞的單獨襲擊中，運用裝載炸藥的無人水面艦艇「Sea Babies」及「Magura V5s」，²⁷擊毀了俄羅斯護衛艦、登陸艦、巡邏艇和拖船各 1 艘，對黑海艦隊造成了嚴重破壞；俄羅斯海軍則派遣武裝 Mi-8 直升機和猛禽巡邏艇加強克里米亞和南部海軍基地周圍的防禦，然而烏克蘭在多架無人水面艇裝備機槍、機砲及小型火箭彈，駛入克里米亞和俄羅斯之間的刻赤灣，與俄羅斯守軍展開激烈的戰鬥，並向 Mi-8 直升機攻擊，(如圖五)烏克蘭截獲的俄羅斯無線電訊號顯示，直升機上有人員傷亡，機體受到嚴重損壞，需要返回基地進行大修。²⁸另在 2024 年 12 月，烏克蘭運用無人水面艦艇在克里米亞半島西側黑海上發射 R-73 防空飛彈，擊落兩架 Mi-8 直升機。²⁹

²⁶馮曉峰、王樹宗，〈手提式防空飛彈系統作戰效能研究〉《彈箭與導引學報》(中國大陸北京)，第 26 期，2006 年 12 月，頁 731~732。

²⁷Sea Babies(海嬰)及 MAGURA V5(海上自主防衛無人載具)為烏克蘭研發的無人水面艦艇(USV)，前者可搭載防空飛彈、無人機(UAV)及大口徑機槍，可以攻擊海面、水下、陸地或空中的部隊和裝備；後者被認為是在抵禦俄羅斯全面入侵期間最有效的無人載具，其標榜戰績包括成功攻擊了 14 艘俄羅斯船隻，其中 8 艘被完全摧毀，對俄羅斯造成的總損失估計超過 5 億美元。參考自 Ryan Robertson，〈Ukraine's Sea Babies are once again changing naval warfare〉《SAN News》，2 February 2024，<<https://san.com/cc/ukraines-sea-babies-are-once-again-changing-naval-warfare/>>，(檢索日期：2024 年 12 月 12 日)。

²⁸David Axe，〈Ukraine's Sea Baby Drone Boats Shoot Back Now〉《Forbes News》，9 December 2024，<<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2024/12/09/ukraines-sea-baby-drone-boats-shoot-back-now/>>，(檢索日期：2024 年 12 月 10 日)。

²⁹大紀元，〈人類首次 烏克蘭無人艇擊落俄直升機〉，<https://www.epochtimes.com.tw/n461636/>，2025 年 1 月 6 日，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。



圖五 烏克蘭無人水面艦艇 Sea Babies(左上)及 Magura V5s(右上)對俄羅斯 Mi-8 直升機執行攻擊(左下及右下)

資料來源：Tayfun Ozberk，〈Ukraine arms Sea Baby drones with rockets or missiles〉《NAVAL News》，2 January 2024，〈<https://www.navalnews.com/naval-news/2024/01/ukraine-arms-sea-baby-usvs-with-rockets-or-missiles/>〉，(檢索日期：2024 年 12 月 12 日)。

2023 年 9 月，烏克蘭運用競速無人機裝載炸藥，企圖攔截一架俄羅斯 Ka-52 武裝直升機，快速的小型四軸飛行器尾隨 Ka-52，直到直升機的機組人員注意到了無人機，馬上緊急加速脫離戰場，本次雖未成功完成攻擊，但一架重量僅 2 磅、售價 3,000 美元的 DJI Mavic 3 FPV 無人機³⁰的最高時速僅為每小時 40 英里，已經嚴重威脅一架重 12 噸、價值 1,000 萬美元、飛行速度可達每小時 200 英里的 Ka-52 直升機。³¹(如圖六)

³⁰俄烏戰場前線密集部署防空系統，傳統戰機易受威脅而較少出現，使小型、廉價的「第一視角無人機」(first-person view, FPV，廣泛用於空中運動、風景等攝影，常被稱為空拍機)成為戰場中最強大的武器之一，烏克蘭在 2024 年合計採購 100 萬架 FPV 無人機。FPV 由地面人員控制，載有炸藥或穿甲彈頭，用於撞擊目標；DJI Mavic 3 FPV 是中國大陸「大疆」的四軸無人機產品，售價約 1 千 5 百至 3 千美元，參考自舒孝煌，〈俄烏戰場 FPV 無人機作戰效益及反制〉，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2722&typeid=25>，2024 年 9 月 13 日，(檢索日期：2024 年 11 月 11 日)。

³¹同註 25。



圖六 烏克蘭無人機對 Ka-52 攻擊直升機搜索、接近、遭敵發現、敵脫離戰場
資料來源：同註 25。

2024 年 8 月烏克蘭在東部頓內茨克附近偵測到一架 Mi-8 直升機，正在執行攻擊、運輸和醫療後送任務，在直升機起飛的那一刻就立即被鎖定，由戴著虛擬實境裝置的操作員，遠端操縱 DJI Mavic 3 FPV 無人機，第一次擊落了俄羅斯直升機，而無人機造成的威脅變得如此嚴重，以致俄軍必須再派遣多架次的武裝直升機來護航，以掩護執行主要任務之直升機。³² (如圖七)

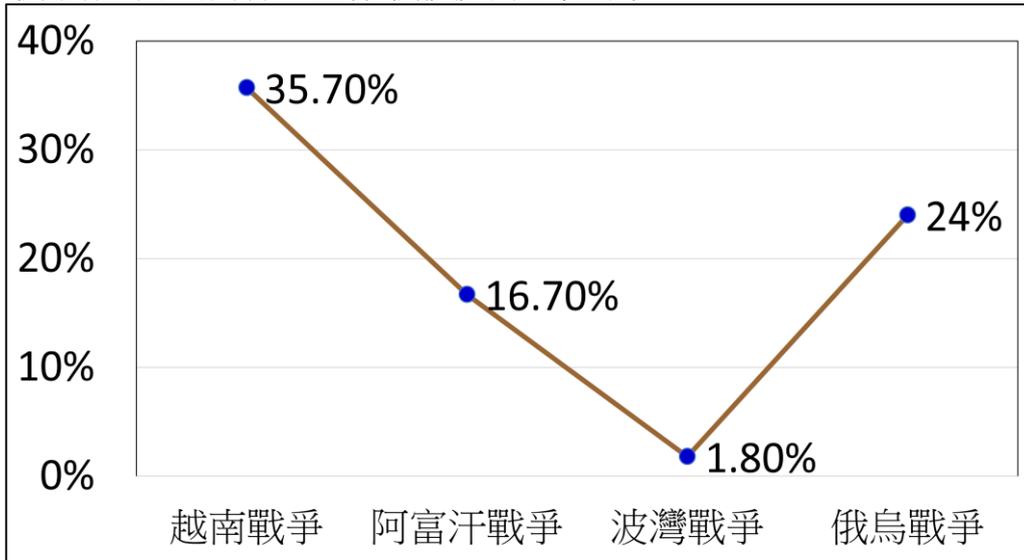


圖七 烏克蘭士兵穿戴虛擬實境裝置控制 FPV 無人機擊毀俄羅斯 Mi-8 直升機
資料來源：同註 32。

³²David Axe, < A Two-Pound Ukrainian Drone May Have Shot Down A 12-Ton Russian Helicopter > 《Forbes News》, 31 July 2024, < <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2024/07/31/a-two-pound-ukrainian-drone-just-shot-down-a-12-ton-russian-helicopter/> >, (檢索日期：2024 年 12 月 17 日)。

三、由重要戰史分析直升機損耗比例

參考歷次直升機大規模參戰戰史，越南戰爭美軍投入 7,000 多架 UH-1 通用直升機，戰損 2,500 架(35.7%)；阿富汗戰爭中，前蘇聯投入 Mi-8、Mi-24、Mi-6、Mi-10 等 2,000 餘架直升機，戰損 333 架(16.7%)；波灣戰爭中，美軍投入 277 架 AH-64 攻擊直升機，戰損 5 架(1.8%)；³³俄烏戰爭中，俄羅斯投入 600 餘架各型直升機，戰損 144 架(24%)；前 3 次戰爭中，直升機戰損比例呈現平穩下降態勢，但俄烏戰爭卻呈現反轉趨勢，(如圖八)從統計數據可發現，直升機雖然具備高度機動、廣泛偵蒐、快速支援地面作戰等優勢，但在現代化戰場環境，直升機面臨單兵防空飛彈與無人載具的直接威脅，造成作戰效能不如預期，且作戰損失不斷上升。



圖八 歷次戰爭直升機戰損比例分析圖

資料來源：同註 16，作者整理。

統計迄 2024 年底，俄羅斯作戰損失的直升機數量約為 144 架，其中以 Ka-52 攻擊直升機 61 架(戰損比例 42.4%)最多，其次為 Mi-8 直升機 43 架(戰損比例 29.9%)；若以戰損可區分為空中被摧毀、地面受損、地面被摧毀及被俘等 4 類，其中空中被摧毀 88 架(分類比例 61.2%)最多，其餘則為停放於機場或停機坪，尚未起飛即遭飛彈或砲火襲擊。(如表二)

³³郭澤弘，〈俄直升機在阿富汗戰場上的應用實錄〉《國際航空》(中國大陸北京)，第六期，2000 年 6 月，頁 33~36。

表二 俄羅斯作戰期間直升機損失分析表(2022~2024)

機型	戰損數量	戰損比例	戰損分類			
			被摧毀 (含迫降)	地面受損	地面 被摧毀	被俘
Mi-8	43	29.9%	25	9	8	1
Mi-24	8	5.6%	6	2	-	-
Mi-35	10	6.9%	9	1	-	-
Mi-28	14	9.7%	9	4	1	-
Ka-29	1	0.7%	1	-	-	-
Ka-52	61	42.4%	37	12	11	1
未知型號	7	4.8%	1	-	6	-
合計	144	100%	88	28	26	2
戰損分類比例			61.2%	19.4%	18%	1.4%
備註	1.地面受損為停放於機場或停機坪遭敵砲火攻擊(尚有修復價值) 2.地面被摧毀為停放於機場或停機坪遭敵砲火攻擊(無修復價值)					

資料來源：同註 18，作者整理。

肆、探討直升機在中低空戰場之優劣勢

一、戰鬥中攻擊直升機仍具有重要地位

日本在 2022 年 12 月通過的「防衛力量整備計畫」中，考量近年無人機在戰爭中的作用已不可忽視，提出取消採購新型攻擊直升機來取代 AH-1 機隊，並將採購更多的無人機，取代現有偵蒐和攻擊直升機隊的計畫，在轉換過程中，現役偵蒐和攻擊直升機隊仍會具備最低限度的戰備能力，同時針對這項重大變革，逐步調整陸上自衛隊航空隊的組織架構。³⁴

受到俄烏戰爭啟發，包括北約成員在內的歐洲國家，近期不斷加速提升國土防禦能力，除了反彈道飛彈、無人機的防空系統之外，針對地面裝甲戰力進行打擊的能力，也是各國優先考量的選項，德國在 2023 年批准 62 架 H145M 輕型戰鬥直升機的採購，(如圖九)並與空中巴士集團(Airbus)簽署採購合約，預計逐步取代現役虎式攻擊直升機；³⁵愛爾蘭也在 2024 年簽署採購 4 架，藉以強化空中突擊、偵察和運輸能力；H145M 直升機除了快速轉換任務模組的多用途作戰能力外，更具備「有人/無人組合」等未來作戰整合能力。³⁶

³⁴Mike Yeo, 〈Japan to replace attack, observation helicopters with drone fleet〉《Defense News》, 10 February 2023, <<https://www.defensenews.com/smr/defending-the-pacific/2023/02/09/japan-to-replace-attack-observation-helos-with-drone-fleet/>>, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

³⁵許智翔, 〈高科技改寫戰場面貌 促陸航戰力改革〉《青年日報社》(臺北), 2024 年 1 月 24 日, <<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1647326&type=universal>>, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

³⁶上報, 〈德國一口氣採購 62 架 H145M 直升機 強化對地面裝甲打擊力〉,



圖九 德國現役虎式攻擊直升機(左)與 H145M 輕型戰鬥直升機(右)

資料來源：Tim Martin，〈Ireland and Airbus agree to \$95 million H145M helicopter deal〉《Forbes News》，02 January 2025，〈<https://breakingdefense.com/2025/01/ireland-and-airbus-agree-to-95-million-h145m-helicopter-deal/>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

美國在 2024 年 2 月宣布取消未來攻擊偵察機(FARA)專案，陸軍參謀長蘭迪·喬治上將(Randy George)提出，我們已在俄烏戰爭中發覺空中偵察已產生根本性的變化，安裝在各種無人系統和太空中的感測器及武器比以往都更加普遍、影響範圍更廣、價格也更便宜；美國陸軍透過加速未來軍用及商用小型無人機系統的創新、採購和部署，能夠為全球及優先戰區的聯合作戰部隊提供協助，但美國仍會採購未來遠程攻擊機(FLRAA)計畫的 V-280 傾斜旋翼機。³⁷

綜合觀察上述國家戰略變化，雖然俄烏戰爭引發全球對直升機戰場存活性的質疑，但對攻擊直升機而言，為地面部隊提供強大的火力支援及反制敵軍的地面裝甲車輛，仍為其主要的核心任務，另從直升機戰損與派遣數據觀察，俄羅斯一邊承受著直升機「高」戰損率帶來的損失，一邊仍高頻次派遣直升機繼續執行作戰任務，反映出直升機在低空/超低空作戰支援，在戰場上仍具有不可被取代的重要地位。

二、攻擊直升機與戰鬥機仍是空中優勢關鍵軍力

雖然在俄烏戰爭中，烏克蘭成功運用無人機與單兵防空飛彈對俄羅斯的直升機造成重大戰損，但主要原因仍在於雙方均缺乏絕對戰場制空權，³⁸且烏克蘭陸續獲得西方國家提供的防空系統支援，俄軍直升機在戰場上為躲避防空系統雷達偵測，僅能採用超低空飛行或利用地形地貌掩護，此時，便進入單兵防空飛彈的最佳射程範圍，面臨極大的戰場威脅；另俄羅斯作戰準則只將空軍戰鬥機視為類似「超長程火炮」的輔助角色，主要任務只在前線 100 英里(約 161 公里)的範圍內提供密接空中火力支援，不像美國

https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=189934，2023 年 12 月 15 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

³⁷自由時報，〈貝爾、塞考斯基功虧一簣 美陸軍取消 FARA 戰搜直升機計畫〉，

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4576266>，2024 年 2 月 9 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

³⁸同註 37。

空軍可以深入敵方領土，打擊遠離前線的機場、長程防空系統等戰略目標，³⁹以獲得絕對優勢。

空優定義，是一方兵力對空域的控制程度，進而讓其能在特定時間與地點執行作戰任務，並且沒有來自空中武力與飛彈威脅與干擾；換言之，空優可以是暫時性的，也可以是永久性的，後者通常又被稱為制空權。實現空優的關鍵要素，端視對手能力與戰區情況而異，獲取空優的作戰行動，就是透過消除敵空中威脅與地面防空系統、攻擊敵關鍵節點，在獲得空優同時，確保友軍空中與地面作戰行動自由，不受敵軍空中威脅干擾。其又分成進攻型空中作戰(OCA)與防禦型空中作戰(DCA)兩種，而烏克蘭現階段屬於後者；美智庫「米契爾研究所」研究報告指出，烏克蘭若要改變當前僵持戰況，勢必要重新掌握空優，可透過獲得合適戰機、搭配有效武器，以及更先進的作戰概念，發展與提升空地整合能力，藉以扭轉地面戰局，奪回失土。⁴⁰

另外，攻擊直升機是各國不可或缺的裝備，其最大的優勢在於強大的機動性、靈活的飛行操作、快速支援地面作戰等，可為地面部隊提供空中火力支援，加速步兵的作戰推進，並透過空中火力快速有效地壓制敵軍砲火，大幅增快戰場的節奏，雖然地面防空火砲、飛彈是直升機的剋星，各國在投入直升機赴戰場前，必會先建立作戰地區的空優，一旦完全掌握制空權，攻擊直升機即可發揮其最大優勢支援地面作戰。⁴¹

綜上所述，制空權乃是影響戰爭勝負的關鍵因素，且隨著直升機、無人機、巡弋飛彈等低空作戰裝備的快速發展與大規模運用，必須同步獲得高空與中低空域空優，才能完全掌握制空權，而攻擊直升機與戰鬥機仍是建立空中優勢的重要軍力之一。

三、無人飛行載具與直升機未來發展取決於 AI 發展速度與規範

人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱 AI)被視為是繼火藥及核武之後的第三次戰爭革命，⁴²美國國防部多年前即強調 AI 的重要，前助理部長鮑伯沃克(Bob Work)在 2015 年時指出這是第三次抵銷戰略(Third offset strategy)的核心，5 項關鍵技術領域包括自主深度學習系統(autonomous deep learning systems)、人-機協同(human-machine collaboration)、輔助人類操作(assisted human operations)、先進人-機戰鬥編組(advanced human machine combat teaming)、針對網路(攻擊)和電子戰環境下以網絡強化的半自主武器(network-enabled semi-autonomous weapons)。⁴³

³⁹中時新聞網，〈為何俄軍拿不到制空權又損失慘重？專家曝 3 大弱點〉，

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220320000022-260417?chdtv>，2022 年 3 月 20 日，(檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。

⁴⁰蔡馥宇譯，〈奪取制空權 先期掌握戰場優勢 (下)〉《青年日報社》(臺北)，2024 年 9 月 28 日，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1711577&type=forum>>，(檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。

⁴¹宋磊，〈大陸武裝直升機的最新發展〉《觀察》(臺北)，2024 年 5 月，<<https://www.observer-taipei.com/book2021/item/3515>>，(檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。

⁴²Kai-Fu Lee, "The Third Revolution in Warfare," the Atlantic, September 11, 2021, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2021/09/i-weapons-are-third-revolution-warfare/620013/>。

⁴³Bob Work, "Deputy Secretary of Defense Speech CNAS Defense Forum," US DoD, December 14, 2015, <https://www.defense.gov/Newsroom/Speeches/Speech/Article/634214/cnas-defense-forum/>.

美軍在 2024 年 12 月成功進行由 UH-60 直升機發射 ALTIUS 700 無人機的空中投放測試，ALTIUS 700 無人機系統可搭載約 15.9 公斤的彈藥，並採模組化設計，可執行各項偵察任務，未來可能由「長距離突擊航空器」(FLRAA) 搭載，進一步拓展對地打擊能力，⁴⁴由此可見，運用直升機搭配無人機執行作戰任務，可能成為世界先進國家發展方向。

和碩聯合科技董事長童子賢在 2024 年創新論壇中提出，目前 AI 已成為全球產業的熱潮，人類有歷史來挖掘出的黃金總價值約 13 兆美元，但 4,000 年來累積挖金礦的收益，不及現在 AI 大廠短時間內的收入，石油的商業價值也已經輸給 AI 產業，說明現階段全球 AI 產業的蓬勃發展；過去常說「算力即國力」，但現在也可以反過來說「國力即算力」，⁴⁵因為 AI 的算力非常貴，伺服器機櫃動輒要價數千萬至數億美元，一旦國家經濟狀況不佳，根本無法建置動輒要價數十億美元的算力機房，直接對 AI 的發展速度產生了限制。

隨著 AI 在軍事上的運用快速增加，美國國防部在 2022 年公布《負責任的人工智慧戰略和實施途徑》(Responsible Artificial Intelligence Strategy and Implementation Pathway)，⁴⁶主要目的在降低隨著 AI 在軍事系統中使用日益廣泛而可能導致的意外後果；另外，在 AI 的運用限制，美國的國防創新小組(Defense Innovation Unit, DIU)提出 5 項原則，包括：

1. 人類需對 AI 發展負責。
2. 以慎重措施減少 AI 發展偏差。
3. AI 發展需由相關人員瞭解技術、發展過程、操作、部署，包括透明及可審計的方法。
4. 國防部的 AI 技術需有明確定義的任務，確保其安全、保障性及有效性。
5. 確保 AI 實現預期功能，並具有檢測及避免意外後果的能力，包括解除及停止已部署系統的使用，由於技術的快速發展，美國對自動化武器的規則有必要重新思考。⁴⁷

這也說明有人/無人飛行載具整合作戰，在現代的 AI 技術支持下，雖已具備良好的發展基礎，但仍需取決於在軍事應用中的規範與限制，避免造成無法預期與管控的大型風險。

⁴⁴自由時報，〈直升機發射無人機！美開始驗證 ALTIUS 700 協戰能力〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4539014>，2024 年 1 月 2 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

⁴⁵經濟日報，〈2024 創新論壇／和碩董座：國力即算力…代價很高〉，<https://money.udn.com/money/story/5648/8102211>，2024 年 7 月 18 日，(檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。

⁴⁶U.S. Department of Defense Responsible Artificial Intelligence Strategy and Implementation Pathway, U.S. DoD, June 2022, <https://media.defense.gov/2022/Jun/22/2003022604/-1/-1/0/Department-of-Defense-Responsible-Artificial-Intelligence-Strategy-and-Implementation-Pathway.PDF>.

⁴⁷"Responsible AI Guidelines in Practice," Defense Innovation Unit, March 2020, <https://www.diu.mil/responsible-ai-guidelines>.

伍、未來直升機發展趨勢

俄烏戰爭的經驗顯示，廣泛使用高效能的防空系統與無人機，迫使各國重新思考直升機的戰術運用。法國陸軍輕型航空兵司令梅耶(Pierre Meyer)少將在 2024 年 6 月舉行的巴黎航空論壇(Paris Air Forum)上，以俄軍直升機的大量戰損為借鏡，提醒各國軍事將領必須正視直升機戰術的變革。⁴⁸然而觀察各國在直升機部隊的調整方針，攻擊直升機仍有重要戰場地位，以及中共在新加坡與珠海航展的表現，其仍積極研發更能符合兩棲攻擊艦作戰需求的艦載攻擊直升機，對臺海安全的影響日益顯著。

一、中共仍積極尋求俄羅斯合作研發攻擊直升機

中共「075 型」兩棲攻擊艦在 2021 年開始服役，其作戰任務可擔任指揮艦、兩棲登陸艦、海上後勤補給平台及醫療支援艦，若擔任作戰指揮旗艦，原規劃搭載國產之「直-18」、「直-20」及「直-10」等 3 種直升機型，但作戰半徑相當受限；⁴⁹因此在同年 10 月計畫向俄羅斯採購 36 架 Ka-52 攻擊直升機，藉由其優秀的偵察、攻擊能力與作戰半徑，在兩棲作戰中可擔任先鋒攻擊者的角色，突破守軍的防禦，為後續大規模登陸提供突破口。⁵⁰

2024 年 2 月新加坡航展，中共的 Z-10(直-10)攻擊直升機首次前往新加坡參展(如圖十)，強烈爭取外銷 Z-10 直升機。華府智庫「國防重點」(Defense Priorities)和蘭德公司(RAND Corporation)學者分析，中共戰略人士非常關注俄羅斯攻擊直升機在烏克蘭的表現，並且認為攻擊直升機仍是對臺登陸作戰的戰略核心。⁵¹另在同年 3 月中共對外展示新型攻擊直升機的試飛場景，(如圖十)從機體外觀判斷可能是從 Z-20 通用直升機衍生而來，且符合大多數現代攻擊直升機的典型串聯雙座配置，初步研判可能比 Z-10 具有更優越的性能和戰場存活能力，同時攜帶更重的載荷，是美軍 AH-64 對應機型，並且計畫在 2 到 3 年內投入服役，⁵²上述跡象表明中共積極部署比目前裝備的更重、性能更強的攻擊直升機，倘若研發成功，將可能取代原計畫採購 Ka-52 成為兩棲攻擊艦艦載機，促使艦隊戰力加速成形。

2024 年 11 月珠海航展時，中俄圍繞航空技術展開深度交流與合作，簽署了《航空技術及裝備引進的合作協議》，中共以先進無人機研發應用領域，將協助俄羅斯突破產業鏈核心技術難題，為其未來自主研發無人機奠定基礎，俄羅斯則派遣烏法國立航空

⁴⁸自由時報，〈烏俄戰場成試金石 直升機戰術面臨變革〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4744306>，2024 年 7 月 22 日，(檢索日期：2024 年 12 月 5 日)。

⁴⁹簡宏宇，〈共軍 075 型兩棲攻擊艦未來配賦(Ka-52K)作戰效能之研析〉《步兵季刊》(高雄)，第 284 期，步兵季刊社，2022 年 5 月，頁 16~18。

⁵⁰東森新聞，〈中國大陸擬購 36 架俄製 Ka-52 武裝直升機 075 型兩棲攻擊艦添戰力〉，<https://www.ettoday.net/news/20211001/2090514>，2021 年 10 月 1 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

⁵¹Newtalk 新聞，〈攻擊台灣利器？新加坡航空展中國大陸首展示 Z-10 攻擊直升機〉，<https://newtalk.tw/news/view/2024-03-05/910978>，2024 年 3 月 5 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

⁵²Thomas Newdick，〈China's New Heavy Attack Helicopter Spotted For The First Time〉《The Warzone》，21 MAR 2024，〈<https://www.twz.com/land/chinas-new-heavy-attack-helicopter-spotted-for-the-first-time>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

技術大學專家長期駐紮廣西-梧州，在直升機研發技術、人才、教學等多方面給予支持，在這場技術互換中，中共精準出擊，將目光聚焦俄製大型載重直升機相關技術，這項合作在複雜國際情勢下，展現出獨特戰略意義。⁵³



圖十 中共 Z-10 參加新加坡航展(左)與研發試飛的新型攻擊直升機(右)
資料來源：同註 51。

另外，中共也在珠海航展正式發布自主研發的 AES100 渦輪軸發動機，(如圖十一)設計功率 1,100KW、使用壽命 3,000 小時，雙發動機可滿足 5 至 6 噸級直升機，單發動機可滿足 3 至 4 噸級直升機動力需求，⁵⁴雖然發動機的壽命太短(普惠公司為美軍研製的 F119 發動機使用壽命可達 12,000 小時)，仍是中共自 1980 年代投入航空產業長久無法突破的瓶頸，但隨著中俄逐步強化航太產業合作，未來將可能加速獲得技術突破，自主研發並生產符合其作戰需求的攻擊直升機，對台海的安全將造成重大的影響。



圖十一 中共在 2024 年珠海航展正式發布自主研發的 AES100 渦輪軸發動機
資料來源：同註 54。

⁵³香港新聞網，〈中俄簽署航空技術及裝備引進合作協議〉《香港中通訊社》(香港)，2024 年 11 月 5 日，〈<https://www.hkcna.hk/docDetail.jsp?id=100827756&channel=2808>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

⁵⁴科技日報，〈國產首型先進民用渦流發動機正式發布〉，

https://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2024-11/14/content_580527.htm?div=-1，2024 年 11 月 14 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。

二、美國未來直升機朝向遠程突擊與無人駕駛發展

俄烏戰爭爆發前，美國意識到未來的戰場上，將會需要更靈活且更具機動性的軍力，也必須具備科技和硬體層面上的先進性，因此在 2011 年啟動「未來直升機」(Future Vertical Lift, FVL)計畫，規劃在未來 25~40 年間以全新研發的機種來汰換現有的直升機隊，主要區分為三個階段進行，第一階段為聯合多用途技術展示機(Joint-Multi-Role Technology Demonstration 或稱 JMR-TD)；第二階段(JMR-Phase I)為針對該機進行發展階段；第三階段(JMR-Phase II)為開發任務系統階段，美軍透過 JMR 先導計畫所展現的科技，後續制定 FVL 計畫的性能指標，其主要計畫可區分五個子項目。(如表三)⁵⁵

表三 美軍聯合多功能直升機計畫項目表

區分	說明
輕型 JMR	原計畫目標在 2030 年引進，用以取代 OH-58 的偵搜直升機；在 2018 年發展為「未來攻擊偵察直升機」計畫(Future Attack Reconnaissance Aircraft, FARA)，2020 年由貝爾和洛克希德馬丁集團旗下西科斯基兩家公司的產品被選中進入競標第二階段，但在 2024 年受到俄烏戰爭無人機的影響，美國宣布取消計畫，並對整體研發策略進行調整。
中輕型 JMR	尚無詳細計畫。
中型 JMR	原計畫目標在 2028 年間引進以取代 UH-60 及 AH-64 的通用型直升機；在 2019 年發展為「未來遠程攻擊機」計畫(Future Long-Range Assault Aircraft, FLRAA)，並在 2022 年由貝爾公司的 V-280 傾斜旋翼機得標，將影響美軍和其他 28 個黑鷹直升機使用國的未來換裝計畫。
重型 JMR	計畫在 2035 年引進，以取代 CH-47 的運輸型直升機。
超重型 JMR	計畫 2025 年引進服役，其功能類似 C-130 戰術運輸機。

資料來源：同註 55，作者整理。

俄烏戰爭爆發後，全世界開始正視未來大國衝突的可能，過往圍繞在反恐小規模局部區域戰爭的模式已不再適用，接下來有可能面對的是類似美、中、俄、北約等大型集團或國家之間的衝突；⁵⁶從美國取消 FARA 計畫，但繼續發展 FLRAA 計畫中，可以得知美國在未來的戰略上，仍然相當重視遠程縱深突擊作戰，主要目標為破壞敵防空系統及重要設施；FLRAA 計畫由貝爾公司(Bell Textron)得標，其根據開發 V-22 魚鷹式(Osprey)傾斜旋翼機的經驗，繼續研發 V-280 傾斜旋翼機，全長 15.4 公尺，寬 24.93

⁵⁵李思平，〈誰是未來的旋翼機霸主？淺談未來直升機計畫〉《尖端科技軍室雜誌社》(台北市)，2017 年 6 月，〈<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=606>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

⁵⁶全球防衛雜誌，〈世界將走向大國衝突？美國陸軍展開「重型直升機升級計畫」〉，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/6258046>，2022 年 4 月 22 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

公尺、高 7 公尺、空重 8.2 公噸、螺旋槳翼展為 10.7 公尺、可搭載 14 名全副武裝士兵、巡航時速為 520 公里、最大起飛重量 14 公噸、作戰半徑為 930~1,480 公里，其特點是兩個旋翼轉軸可以在水平向前與垂直向上之間運用油壓方式轉動，轉軸處於水平姿態時，旋翼只對機體產生強大推力，升力則由固定機翼提供，尤如一般固定翼飛機；轉軸處於垂直姿態時，機體升力全由旋翼提供，達到具備垂直起降且具有較高航速及較遠航程的性能，可為美軍提供遠程突擊、醫療後送等能力。(如圖十二)⁵⁷



圖十二 V-280 傾斜旋翼機垂直起降、空中懸停、吊掛運輸及高速飛行
資料來源：貝爾公司(Bell Textron)官方網站，〈V-280 型錄〉，
<https://www.bellflight.com/products/bell-v-280>，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

另外，美國洛克希德馬丁集團旗下西科斯基(Sikorsky)獲得美國國防高等研究計畫署(DARPA)600 萬美元預算，將其先進的 ALIAS/MATRIX 自主飛行系統，安裝到 UH-60M 黑鷹直升機上，這項升級將使美軍能夠測試從單飛行員操作，到完全無人駕駛的各種自主飛行能力，(如圖十三)此計畫的目標是讓直升機能夠自主執行複雜任務，使其能夠在高度擁擠且具挑戰性的環境中執行任務，而黑鷹直升機的無人化改裝，代表著軍事航空科技的重大進展，預計將大幅提升軍事行動的效率與安全性，相關技術的成熟與應用，勢必對未來的軍事戰略和武器裝備發展產生深遠影響。⁵⁸

⁵⁷科技日報，〈黑鷹直升機接班人揭曉，美軍宣布貝爾 V-280 得標〉，<https://technews.tw/2022/12/06/us-army-announced-bell-textrons-v280-valor-won-flraa-contract/>，2022 年 12 月 6 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

⁵⁸自由時報，〈未來戰場革命 美軍黑鷹直升機變身無人機〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/483107>，2024 年 10 月 15 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。



圖十三 美軍黑鷹直升機無人駕駛測試
資料來源：同註 58。

三、北約下一代直升機強調歐洲共享著重模組化通用性

為維持歐洲各國適應未來戰場的需要，同時滿足永續發展的長遠需求，法國、德國、希臘、義大利、荷蘭和英國等歐洲 6 國在北約框架下，於 2022 年正式啟動了下一代直升機換裝(NGRC)項目，主要以模組化、通用性、經濟性、可靠性和互用性為目標，更強調歐洲全體「共享」直升機的需求，製造出具有互用性的歐洲下一代軍用直升機，以保證到 2040 年替換約 1,000 架退役的軍用直升機，保持歐洲未來的作戰能力。

其中德國提出未來幾十年作戰任務對重型運輸直升機的需求；英國提出中型多用途直升機(NMH)計畫，具備通用性和配備模組化多任務武器裝備的軍用直升機；法國與空中巴士直升機公司簽訂合約，開發和訂購 H160M「獵豹」軍用直升機，使陸海空 3 個軍種能在單一平台上完成多種任務；波蘭從義大利萊奧納多公司採購 AW149 軍用直升機用來汰換老舊直升機，以應對來自俄羅斯日益增長的威脅；義大利預計購買萊奧納多公司的 AW249 新型攻擊直升機，可進行網路中心戰，與無人機協同作戰等任務。⁵⁹

下一代直升機換裝項目是北約國家合作開發的高能見度項目，其宗旨是開發適用於海陸空作戰的通用中型多用途直升機，其性能要求在傳統直升機基礎上，對速度、航程、航時進行升級，最大起飛重量要達到 17 公噸、巡航時速要達到 333~407 公里、航程達到 1,900 公里、載重能力至少 4 公噸，具有多種功能等級以滿足不同國家作戰需求，並採用模組化設計、開發及採購。

北約各國再次選擇共同研發直升機，主要在於裝備普遍老舊亟需更新的現實需求，並且重視未來戰場對中型直升機的無人駕駛、隱匿及武器系統性能提出更高要求，同時推動國防工業發展，英、法、義等國各自需要的中型直升機數量很難以全面推動國內航空工業的發展，若北約下一代直升機(NGRC)項目一旦成功，能為各國直升機產業和國

⁵⁹肖蔓等 4 人，〈歐洲軍用直升機及其動力的更新換代〉《航空動力科技期刊》(中國大陸北京)，2023 年第一期，2023 年 2 月 18 日。

防工業注入新的活力，同時新研發的先進技術還能應用到民用領域，提升歐洲在全球直升機市場的優勢地位。⁶⁰

四、直升機在軍民多種用途仍有很大市場需求

直升機相較於定翼機，具備垂直起降、空中懸停、靈活機動及可在複雜地形執行任務等優點，在軍用方面廣泛應用於對地攻擊、機降登陸、人員及武器運輸、後勤支援、戰場救護、偵察巡邏、指揮控制、通信聯絡、反潛掃雷及電子對抗等任務，在民用方面則用於短途運輸、醫療救護、災難搶救、緊急營救、吊裝設備、地質探勘、護林滅火及空中攝影等用途。⁶¹

Research Nester 市場調查公司指出，全球民用直升機市場在 2019~2027 年的複合年增長率將達到 5%，海上運輸與緊急醫療需求持續增加，是推動市場增長的主要因素，其他因素也包含偏遠地區、高海拔地區及自然災害持續增加產生的救災需求。⁶²

另 Fortune Business Insights 市場調查公司也提到，自主技術、電動垂直起降飛機和城市空中交通(UAM)是直升機突出的市場趨勢，這項創新利用先進的自動化系統和人工智慧，使直升機能夠以不同程度的自主運作，執行監視、偵察、貨物運輸與客運服務任務；⁶³例如 Rotor Technologies 公司在 2023 年 12 月發表創新產品 R550X 自主直升機，(如圖十四)是目前全球最大的無人駕駛民用直升機，專為安全關鍵的貨運、公用事業和海上作業設計，具備 550 公斤的載重能力，飛行航程可達 650 公里，巡航速度為 202km/h，其性能已大幅超越傳統無人機。⁶⁴



圖十四 Rotor Technologies 公司研發的 R550X 自主直升機

資料來源：同註 64。

⁶⁰中共國防報，〈北約下一代直升機步入新階段〉，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2022/0629/c1011-32460089.html>，2022 年 6 月 29 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

⁶¹東森新聞，〈軍民方面廣泛運用！直升機優缺點一次看〉，<https://www.ettoday.net/news/20211001/2090514>，2021 年 10 月 1 日，(檢索日期：2025 年 2 月 18 日)。

⁶²Research Nester 市場調查報告，〈Civil Helicopter Market〉，<https://www.researchnester.com/tw/reports/civil-helicopter-market/1443>，2023 年 2 月 2 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

⁶³Fortune Business Insights 市場調查報告，〈直升機服務市場規模分析〉，<https://www.fortunebusinessinsights.com/zh/industry-reports/helicopter-market-101685>，2025 年 2 月 10 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

⁶⁴Rotor Technologies 公司官方網站，〈R550X 無人直升機型錄〉，<https://www.rotorhub.com/rotor-technologies-and-robinson-plan-series-production-of-r550x/>，2023 年 12 月 5 日，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

另從全球地緣政治分析，美國市場佔據主導地位，主要需求在新型旋翼機軍事計畫的增加，用於研究、救援、監視和軍事安全行動；歐洲為全球第二大市場，主要需求在於多數國家機隊老化、直升機產業擴張以及現代化科技導入；亞太地區則是市場成長最快的地區，主要為新興國家國防開支的增加和政治緊張局勢的加劇；中東市場未來將顯著成長，主要是商務、包機服務、海上石油、天然氣勘探和軍用旋翼機的需求均持續增長，⁶⁵上述說明直升機在全球多數國家或地區，仍然存在豐富的使用需求，並且在需求方面與創新科技是相輔相成，形成市場穩定增長和產業持續擴張的樂觀景象，預期未來在軍用、民用及軍民多用途機型仍會持續研發出科技化、現代化、自主化並且提升任務安全性與滿足特殊操作環境需求的直升機。

陸、結語

自俄烏戰爭爆發後中共即派遣國務院副總理何立峰成立跨部會小組，長期觀察這千載難逢的機遇，因為這場戰爭的規模是共產集團與歐美民主國家在二戰後發生的最大軍事衝突，歐美國家對俄羅斯全面制裁範圍廣、力道強，中共即在觀察西方國家制裁項目，以及俄羅斯應對政策，在軍事上歐美國家經濟與軍事支援模式，俄羅斯如何啟動戰略核武威攝與恐嚇以爭取戰爭主控權？俄美雙方在軍事紅線如何劃分？又如何相互侵蝕？以上種種都對中共「武力犯臺」起了很大的引導與示範作用。中共有了這套武力犯臺教科書，相信會預擬歐美國家對臺海戰爭爆發時，對中共的經濟制裁、能源封鎖與地緣政治的軍事干涉，戰略啟動、戰爭耐性、妥協空間等方方面面做足功課，並預擬武力犯臺劇本，中共在武力犯臺企圖上是步步進逼。因此，就我國而言，觀察俄烏戰爭最重要就是一開戰大量導彈重創烏克蘭陸基防空系統，相信此舉共軍必定會加深導彈戰力攻擊我防空網，為其空優奠定優勢，是不爭的事實，所以防空系統戰力保存是防衛作戰的重中之重。在此基礎之下，關注俄烏戰爭有關直升機戰鬥表現或對未來直升機發展趨勢的問題，才會有意義。但是就目前我國整體情勢而論，應該只有如何加強直升機戰場戰力運用與戰場存活的問題，對未來直升機換裝與否的問題要視美軍高性能直升機研發與量產狀況，與國軍直升機妥善狀況再去討論，但是在直升機戰力運用與戰場存活這兩個戰備問題，必須要從平日即加強戰備防務與工事強度，因為直升機最好擊毀的時機就是在停機坪與機庫，因為我國是海島型態，直升機基地位置非常有限，直升機雖然有很高的機動性，但是維修廠與後勤補給庫遭到攻擊，直升機的運用將受到極大約制。另就是無人載具的運用與防範，中共是無人機產能大國，也是商業用途主要輸出國，對於無人機的威脅防範，國軍要使用防空武器一定要考慮彈藥庫存量，對於無人機最佳防範還是電子干擾器為主，除非是大型無人機以防空飛彈或紅外線導引之反裝甲飛彈都是可以考慮的，而這一切作為都要納入國軍平日教育訓練之中，武器數量或許無法超越敵人，但是官士兵腦力開發一定要設法凌駕敵人之上，戰鬥前思考力要細膩，中共常講無

⁶⁵同註 63。

論黑貓、白貓，只要會抓老鼠就是好貓，引用這句話的延伸，只要能以低廉成本摧毀敵軍直升機或無人機無論是傳統防空武器、單兵配賦步槍、干擾器或其他創意，最重要的是重視科技研發成果，從科技成果中找到弱點，例如多架小型無人機攜帶高爆炸藥，升空去碰撞敵軍大型直升機，這就要研判敵軍使用地點、時間、天候、航道、航高、數量、類型、時機、飛行慣性。官兵再依據戰場情報整備觀察敵軍使用武力程序與可能顯現之徵候，戰鬥有其突發性與規則性，待深入了解之後再擬定攻擊策略，依據目標判定、武器種類、數量、部署方式、射擊時機、要領、偽裝作為、欺敵措施、指揮管控、彈藥補充，自我防護作為，方方面面都確實做好準備，如此就能提高攻擊效率與成功比例，並能節約戰鬥成本與損耗，他山之石可以攻錯，烏克蘭後方有北約，國土面積有足夠戰略縱深，我國則不一樣，一定要秉持勝兵先勝，千萬不可落入先求戰再求勝之境地，防衛作戰最大弱點就是缺乏主動權，要在戰爭過程中從被動中尋求優劣形勢轉換，以爭取主動權，戰鬥也是一樣，敵我互相爭奪關鍵核心要點，爭取攻擊與防禦之優勢，如何集注戰力導向敵人弱點，以小勝為大勝開啟有利基礎，製造爭取地面作戰主動權與致勝機率。

參考文獻

- 一、科技新報，〈美軍取消 FARA 影響產業，眾議院向五角大廈討說法〉，<https://technews.tw/2024/03/08/lawmakers-press-army-aviation-leadership-on-fara-cancellation/>，2024 年 3 月 8 日，(檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。
- 二、Jen Judson，〈Army was right to kill multibillion-dollar helo program, analysts say〉《Defense News》，13 February 2024，<<https://www.defensenews.com/land/2024/02/12/army-was-right-to-kill-multibillion-dollar-helo-program-analysts-say/>>，(檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。
- 三、大紀元，〈美國空軍有多少架飛機？戰力有多強？〉，<https://www.epochtimes.com/b5/24/3/31/n14214818.htm>，2024 年 3 月 31 日，(檢索日期：2024 年 11 月 4 日)。
- 四、舒孝煌，〈俄、烏空軍對比及俄空中作戰能力觀察〉，《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=274&typeid=30>，2022 年 4 月 1 日，(檢索日期：2024 年 11 月 11 日)。
- 五、WDMMA，〈Russian Air Force (2025) Aircraft Inventory〉，<https://www.wdmma.org/russian-air-force.php>，2024 年 11 月 26 日。
- 六、“Why has Russia’s superior air force failed to conquer Ukraine’s skies?”，The Week, 2 Mar 2022. Retrieved from <https://theweek.com/news/world-news/russia/955942>。(檢索日期：2024 年 11 月 13 日)
- 七、“Send Missiles Not Planes”，CSIS, 9 Mar 2022. Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/send-missiles-not-planes>。(檢索日期：2024 年 11 月 13 日)
- 八、孫習譯，飛利浦·布萊原著，《世界各國直升機精粹》，(北京：人民郵電出版社)，2015 年 9 月。
- 九、卡莫夫設計局官方網站，〈卡莫夫簡介〉，<http://www.kamov.ru/knet.htm>，(檢索日期：2024 年 11 月 6 日)。
- 十、每日頭條，〈卡莫夫設計局的傳奇〉，<https://kknews.cc/zh-tw/military/lgrm889.html>，2021 年 11 月 21 日，(檢索日期：2024 年 11 月 6 日)。
- 十一、西風，《現代軍用直升機》，(北京：軍事誼文出版社)，2010 年 8 月，第 1 版。
- 十二、俄羅斯衛星通訊社，〈米爾直升機工廠：「米」系列直升機受到全世界的尊重〉，<https://big5.sputniknews.cn/20170718/1023135468.html>，2017 年 7 月 18 日，(檢索日期：2024 年 11 月 8 日)。
- 十三、嶋田久典等 5 人，《Mi-24/-35 雌鹿直升機完全專集》，(日本：伊卡洛斯出版社)，2016 年 11 月。
- 十四、俄羅斯直升機工廠官方網站，〈Mi-28 直升機發展歷史〉，

- <https://web.archive.org/web/20100808151918/http://www.mihelicopter.ru/rus/index.php?id=145>，(檢索日期：2024 年 11 月 22 日)。
- 十五、Newtalk 新聞，〈中美俄戰機數量比一比!美 5,189 架光 F-35 就破千，俄 4,063 架，中共多少呢?〉，<https://newtalk.tw/news/view/2024-10-14/940110>，2024 年 10 月 14 日，(檢索日期：2024 年 11 月 22 日)。
- 十六、FlightGlobal 官方網站，〈World Air Forces 2024〉，<https://www.flightglobal.com/reports/2024-world-air-forces-directory/156008.article>，(檢索日期：2024 年 11 月 23 日)。
- 十七、陳曉楠等 3 人，〈俄烏衝突中俄空天軍直升機運用對直升機裝備建造的啟示〉《指揮控制與模擬》(中國大陸江蘇省)，第四十五期第六卷，2023 年 12 月。
- 十八、Mitzer, S., et al., “List Of Aircraft Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine” , Oryx, 2022. <https://www.oryxspioenkop.com/2022/03/list-of-aircraft-losses-during-2022.html> (accessed 24 November 2022).(檢索日期：2024 年 12 月 21 日)
- 十九、郭澤弘，〈俄直升機在阿富汗戰場上的應用實錄〉《國際航空》(中國大陸北京)，第六期，2000 年 6 月。
- 二十、大紀元，〈烏防空部隊成功 只是幸運嗎?〉，<https://www.epochtimes.com/b5/23/5/20/n14000734.htm>，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 二十一、科技新報，〈西方武器加經驗累積，烏克蘭成功抵禦俄空襲〉，<https://technews.tw/2023/05/19/ukraine-successfully-defends-against-russian-airstrike/>，2023 年 5 月 19 日，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 二十二、重返戰場，〈復盤安東諾夫機場爭奪戰，俄軍精銳慘遭圍剿〉，<https://www.youtube.com/watch?v=i8ryDs2lBYQ>，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 二十三、自由時報，〈俄軍 Ka-52 直升機頻遭擊落 現有機隊已損失逾 25%〉，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4076545>，2022 年 10 月 26 日，(檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 二十四、Professor Justin Bronk, Dr Jack Watling, ' How the Russian Air Force Failed in Ukraine ', 17 November 2022, RUSI. Retrieved from <https://rusi.org/explore-our-research/publications/external-publications/how-russian-air-force-failed-ukraine>。(檢索日期：2024 年 12 月 21 日)
- 二十五、Jakub Janovsky, naalsio26, Aloha, Dan and Kemal, “Destination Disaster: Russia’s Failure At Hostomel Airport” , Oryx, 13 April 2022. <https://www.oryxspioenkop.com/2022/04/destination-disaster-russias-failure-at.html>。(檢索日期：2025 年 1 月 8 日)。

- 二十六、Peter Suciuciu, 〈Video Shows Russian Ka-52 Helicopter Shooting Up Friendly Column In Kursk〉《Forbes News》, 15 August 2024, <
<https://www.forbes.com/sites/petersuciuciu/2024/08/15/video-shows-russian-ka-52-helicopter-shooting-up-friendly-column-in-kursk/>>, (檢索日期：2024 年 12 月 16 日)。
- 二十七、俄羅斯 Vysokotochnye Kompleksy 控股公司官方網站, 〈9K121 Vikhr 反戰車飛彈〉, <
<http://rostec.ru/en/about/company/142>>, (檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 二十八、David Axe, 〈A Ukrainian Racing Drone Nearly Kamikaze' d A Russian Attack Helicopter〉《Forbes News》, 6 September 2023, <
<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2023/09/06/a-ukrainian-racing-drone-nearly-kamikazed-a-russian-attack-helicopter/?sh=ad6b1511af9b>>, (檢索日期：2024 年 12 月 17 日)。
- 二十九、馮曉峰、王樹宗, 〈手提式防空飛彈系統作戰效能研究〉《彈箭與導引學報》(中國大陸北京), 第二十六期, 2006 年 12 月。
- 三十、Tayfun Ozberk, 〈Ukraine arms Sea Baby drones with rockets or missiles〉《NAVAL News》, 2 January 2024, <
<https://www.navalnews.com/naval-news/2024/01/ukraine-arms-sea-baby-usvs-with-rockets-or-missiles/>>, (檢索日期：2024 年 12 月 12 日)。
- 三十一、Ryan Robertson, 〈Ukraine' s Sea Babies are once again changing naval warfare〉《SAN News》, 2 February 2024, <
<https://san.com/cc/ukraines-sea-babies-are-once-again-changing-naval-warfare/>>, (檢索日期：2024 年 12 月 12 日)。
- 三十二、David Axe, 〈Ukraine' s Sea Baby Drone Boats Shoot Back Now〉《Forbes News》, 9 December 2024, <
<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2024/12/09/ukraines-sea-baby-drone-boats-shoot-back-now/>>, (檢索日期：2024 年 12 月 10 日)。
- 三十三、大紀元, 〈人類首次 烏克蘭無人艇擊落俄直升機〉,
<https://www.epochtimes.com.tw/n461636/>, 2025 年 1 月 6 日, (檢索日期：2025 年 1 月 26 日)。
- 三十四、舒孝煌, 〈俄烏戰場 FPV 無人機作戰效益及反制〉, 《國防安全研究院》,
<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2722&typeid=25>, 2024 年 9 月 13 日, (檢索日期：2024 年 11 月 11 日)。
- 三十五、David Axe, 〈A Two-Pound Ukrainian Drone May Have Shot Down A 12-Ton Russian Helicopter〉《Forbes News》, 31 July 2024, <
<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2024/07/31/a-two-pound-ukrainian-drone-just-shot-down-a-12-ton-russian-helicopter/>>, (檢索日期：2024 年 12 月 17 日)。
- 三十六、自由時報, 〈烏俄戰場成試金石 直升機戰術面臨變革〉,
<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4744306>, 2024 年 7 月 22 日, (檢索日期：

- 2024 年 12 月 5 日)。
- 三十七、Tim Martin, 〈Ireland and Airbus agree to \$95 million H145M helicopter deal〉
《Forbes News》, 02 January 2025, <<https://breakingdefense.com/2025/01/ireland-and-airbus-agree-to-95-million-h145m-helicopter-deal/>>, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 三十八、Mike Yeo, 〈Japan to replace attack, observation helicopters with drone fleet〉
《Defense News》, 10 February 2023, <<https://www.defensenews.com/smr/defending-the-pacific/2023/02/09/japan-to-replace-attack-observation-helos-with-drone-fleet/>>, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 三十九、許智翔, 〈高科技改寫戰場面貌 促陸航戰力改革〉《青年日報社》(臺北), 2024 年 1 月 24 日, <
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1647326&type=universal>>, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 四十、上報, 〈德國一口氣採購 62 架 H145M 直升機 強化對地面裝甲打擊力〉,
https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=189934, 2023 年 12 月 15 日, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 四十一、自由時報, 〈貝爾、塞考斯基功虧一簣 美陸軍取消 FARA 戰搜直升機計畫〉,
<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4576266>, 2024 年 2 月 9 日, (檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 四十二、中時新聞網, 〈為何俄軍拿不到制空權又損失慘重？專家曝 3 大弱點〉,
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220320000022-260417?chdtv>, 2022 年 3 月 20 日, (檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。
- 四十三、蔡馥宇譯, 〈奪取制空權 先期掌握戰場優勢 (下)〉《青年日報社》(臺北), 2024 年 9 月 28 日, <<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1711577&type=forum>>, (檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。
- 四十四、宋磊, 〈大陸武裝直升機的最新發展〉《觀察》(臺北), 2024 年 5 月, <
<https://www.observer-taipei.com/book2021/item/3515>>, (檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。
- 四十五、Kai-Fu Lee, “The Third Revolution in Warfare,” the Atlantic, September 11, 2021, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2021/09/i-weapons-are-third-revolution-warfare/620013/>。
- 四十六、Bob Work, “Deputy Secretary of Defense Speech CNAS Defense Forum,” US DoD, December 14, 2015, <https://www.defense.gov/Newsroom/Speeches/Speech/Article/634214/cnas-defense-forum/>.
- 四十七、自由時報, 〈直升機發射無人機！美開始驗證 ALTIUS 700 協戰能力〉,

- <https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4539014>，2024 年 1 月 2 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 四十八、經濟日報，〈2024 創新論壇／和碩董座：國力即算力…代價很高〉，
<https://money.udn.com/money/story/5648/8102211>，2024 年 7 月 18 日，(檢索日期：2025 年 2 月 17 日)。
- 四十九、U.S. Department of Defense Responsible Artificial Intelligence Strategy and Implementation Pathway, U.S. DoD, June 2022,
<https://media.defense.gov/2022/Jun/22/2003022604/-1/-1/0/Department-of-Defense-Responsible-Artificial-Intelligence-Strategy-and-Implementation-Pathway.PDF>.
- 五十、“Responsible AI Guidelines in Practice,” Defense Innovation Unit, March 2020,
<https://www.diu.mil/responsible-ai-guidelines>.
- 五十一、Newtalk 新聞，〈攻擊台灣利器？新加坡航空展中國首展示 Z-10 攻擊直升機〉，<https://newtalk.tw/news/view/2024-03-05/910978>，2024 年 3 月 5 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十二、簡宏宇，〈共軍 075 型兩棲攻擊艦未來配賦(Ka-52K)作戰效能之研析〉《步兵季刊》(高雄)，第 284 期，步兵季刊社，2022 年 5 月。
- 五十三、東森新聞，〈中國大陸擬購 36 架俄製 Ka-52 武裝直升機 075 型兩棲攻擊艦添戰力〉，<https://www.ettoday.net/news/20211001/2090514>，2021 年 10 月 1 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十四、Thomas Newdick，〈China’s New Heavy Attack Helicopter Spotted For The First Time〉《The Warzone》，21 MAR 2024，〈<https://www.twz.com/land/chinas-new-heavy-attack-helicopter-spotted-for-the-first-time>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十五、香港新聞網，〈中俄簽署航空技術及裝備引進合作協議〉《香港中通社》(香港)，2024 年 11 月 5 日，〈<https://www.hkcna.hk/docDetail.jsp?id=100827756&channel=2808>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十六、科技日報，〈國產首型先進民用渦流發動機正式發布〉，
https://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2024-11/14/content580527.htm?div=-1，2024 年 11 月 14 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十七、中國大陸科技網，〈國產首型先進民用渦流發動機正式發布〉，
https://www.stdaily.com/web/gdxw/2024-11/13/content_257553.html，2024 年 11 月 13 日，(檢索日期：2025 年 2 月 3 日)。
- 五十八、李思平，〈誰是未來的旋翼機霸主?淺談未來直升機計畫〉《尖端科技》尖端科技軍事雜誌社(台北市)，2017 年 6 月，〈<https://www.dtmdatabase.com/News.aspx?id=606>〉，(檢索日期：2025 年 2 月 24 日)。

- 五十九、全球防衛雜誌，〈世界將走向大國衝突？美國陸軍展開「重型直升機升級計畫」〉，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/6258046>，2022年4月22日，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十、貝爾公司(Bell Textron)官方網站，〈V-280型錄〉，<https://www.bellflight.com/products/bell-v-280>，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十一、科技日報，〈黑鷹直升機接班人揭曉，美軍宣布貝爾 V-280 得標〉，<https://technews.tw/2022/12/06/us-army-announced-bell-textrons-v280-valor-won-flraa-contract/>，2022年12月6日，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十二、自由時報，〈未來戰場革命 美軍黑鷹直升機變身無人機〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/483107>，2024年10月15日，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十三、肖蔓等4人，〈歐洲軍用直升機及其動力的更新換代〉《航空動力科技期刊》(中國大陸北京)，2023年第一期，2023年2月18日。
- 六十四、中共國防報，〈北約下一代直升機步入新階段〉，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2022/0629/c1011-32460089.html>，2022年6月29日，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十五、東森新聞，〈軍民方面廣泛運用！直升機優缺點一次看〉，<https://www.ettoday.net/news/20211001/2090514>，2021年10月1日，(檢索日期：2025年2月18日)。
- 六十六、Research Nester 市場調查報告，〈Civil Helicopter Market〉，<https://www.researchnester.com/tw/reports/civil-helicopter-market/1443>，2023年2月2日，(檢索日期：2025年2月24日)。
- 六十七、Fortune Business Insights 市場調查報告，〈直升機服務市場規模分析〉，<https://www.fortunebusinessinsights.com/zh/industry-reports/helicopter-market-101685>，2025年2月10日，(檢索日期：2025年2月24日)。