

共軍偵打一體無人機之研究 – 以 KVD - 002 無人機為例

作者：林玉倫

提要

- 一、隨著科技發展及近年世界區域衝突的觀察，發現越來越多無人機投入作戰，而運用各式無人機及各空用、地面武器裝備搭配在戰場運用，已衍生出新型態的戰爭模式。無人機具有降低人員傷亡，減少成本付出及增加作戰武器選用特性，故已從原有靶機及近程偵察，逐漸向高空長航時、偵打一體與自殺攻擊等方向演進，亦成為未來為戰場用兵方向之一。
- 二、所謂「知己知彼、百戰不殆」，共軍發展偵打一體無人機已有一段時間，研究觀察 2023 年 1 月共軍新年開訓相關報導，首次出現東部戰區陸軍裝備彩虹 - 4 無人機，而至同年 9 月 17 日中共天津直升機博覽會場，公開以彩虹 - 4 為構型，修改定名為陸軍使用型號「KVD - 002」正式展出。共軍推出此款遠程監視和精準打擊無人機，研判可與直升機配合戰術行動，實施戰場偵察及導引攻擊等作戰，且機身下方可攜掛空對地飛彈及偵察裝置，提供戰場情報和火力支援。¹
- 三、筆者以共軍偵打一體無人機「KVD - 002」及美國同意軍售「MQ - 9B」（海上衛士）無人機為分析比較對象，透過比較分析，發掘其裝備之特、弱點及對我之影響，研擬對該無人機克制對策，俾提升我應對能力，另提出對建軍備戰之建言，期為未來我方無人機發展監偵與反制提供建議。

關鍵詞：KVD - 002、戰場偵察、偵打一體、無人機威脅

前言

偵打一體無人機為現代戰場中不可缺少的重要武器裝備，在運用上具有高度威嚇武器，能在偵獲地面部隊戰術、陣地或裝備的同時實施打擊，實為戰場主要攻擊手段，²如能使用偵打一體無人機在空中協助偵察，及早探知敵軍動態並實施攻擊，使敵軍防不勝防自亂陣腳，贏得勝仗將勢在必得。除此之外，各國為了減少人員損傷實現「零傷亡」的目標，³在戰場上能即偵即打，可為小規模戰鬥提高勝算；由此觀之，未來軍用無人機將朝著低價格、高效能、多元化及人工智慧為其後續發展方向。

偵打一體無人機不斷朝其動力技術、光電、雷達、導航與衛星數據傳輸等技

1 安東，〈澎湃中國心 - 直博會上的中國航發展品〉《兵工科技》，2023 年 1 月 9 日，西安，頁 40 - 63。

2 舒孝煌、許智翔〈無人機反制概念與系統之發展〉《國防情勢特刊》，第 16 期，2022 年 3 月 28 日，頁 59 - 70。

3 宋蔚泰，〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第五期，2017 年 10 月 1 日，頁 135 - 157。

術整合研發。技術研發代表預算需提高，且有足夠的資金，才能籌建無人機，而國軍用無人機產品現在仍處於外購或研製、測試併行之階段。

本研究另提出建議對共軍無人機偵測與反制，對於現行防空預警系統不僅要防禦戰鬥機、直升機、巡弋飛彈、中大型無人機等航空目標，⁴更應強化我防空系統預警反制能量。⁵

因「KVD－002 無人機」為新型編號武器，公開資訊內容研究甚少，筆者藉原「彩虹－4 型無人機」之研究，透過大量文獻內容分析及蒐集其裝備之特、弱點，瞭解對我之影響，提出克制對策做出應變制變的作為，提供建軍備戰之建議，期為未來我方無人機偵測與反制技術能更上一層樓。

情報摘要

一、共軍偵打一體無人機沿革

筆者從國際歷史發展脈絡來探究共軍偵打一體無人機沿革，發現最早使用的無人飛行裝備可回溯到西元 1849 年義大利獨立戰爭及 1861 到 1865 年美國內戰，以操控「氣球」做為戰場上偵蒐器具。⁶早期的無人飛行裝備未具備攻擊能力，僅僅用於情報蒐集為主，而 1914－1918 年第一次世界大戰期間，美軍首次驗證藉由風力將無人投射魚雷「凱特靈小飛蟲」（Kettering Bug）操作成無人攻擊型武器，⁷然在測試成功前，第一次世界大戰即結束。⁸

迄第二次世界大戰（1939－1945 年），世界各國持續無人機的研製，包含美製「螢火蟲無人偵察機」、英製「女王蜂」（Queenbee）以及德製「CT－10、CT－20、R20 小型戰術無人機」，⁹持續將研發無人機的成果投入戰場使用；越戰時期（1955－1975 年），美國的雷恩航空公司為軍方開發的「AQM－34 火蜂」（Ryan Firebee）為偵察無人機正式投入戰爭，最後在美阿戰爭時，以名為「掠奪者」的偵打一體無人機裝載「地獄火」飛彈實施作戰，成為首次武裝使用的例證，無人機才逐漸加入飛彈裝載與發射功能成為「偵打一體」。¹⁰

近年隨著國際科技進步，中共亦持續投入研製符合戰場運用的偵打一體無

4 黃進華，王建升〈空軍短程防空部隊如何有效支援基地防衛作戰〉《空軍軍官雙月刊》，第 219 期，2021 年 8 月，頁 17－28。

5 康曉嵐，〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉《戰略與評估》，第十一卷第一期，2021 年 6 月，頁 73－106。

6 許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第五期，2017 年 10 月 1 日，頁 115－134。

7 陳伯勳、黃鶴群、陸宇倫，〈輕型魚雷的發展現況與未來〉《海軍學術雙月刊》，第五十三卷第四期，2019 年 8 月 1 日，頁 69－82。

8 吳蕙蘭，〈野戰防空網運用與精進作為〉《陸軍步兵季刊》，卷期 233，2009 年 9 月，頁 76－92。

9 沈明室，〈來自空中的新威脅－無人飛機(UAV)的發展與運用〉《國防雜誌》，第十二卷第十二期，2023 年 10 月 19 日，頁 74－84。

10 蔡志銓，〈中共強化無人飛行載具發展及我海軍因應之作為〉《海軍學術雙月刊》，No.2 Vol.40，2023 年 10 月 11 日，頁 12－31。

人機，無論「彩虹系列」或「翼龍系列」性能、光電設備及武器上的提升，直至2023年9月17日中共天津直升機博覽會場，公開陸軍使用型號「KVD002」正式展出，沿革階段如圖1。

二、KVD - 002 無人機概述

型號「KVD - 002」為中共陸軍使用，滯空時間長、具攻擊能力，可適應高原作戰環境及戰場瞬息萬變特性。研判目前可能列裝於共軍東部及西部戰區陸軍，戰時中共可於戰役整備及先期作戰階段執行戰術偵察，獲得我方敵情後實施先制攻擊或整備，後續登島或陸上作戰階段即可為攻擊直升機執行開路先鋒，協助打擊航路上的地面火力威脅，或為攻擊直升機進行目標攻擊導引相關作為，¹¹策應登陸部隊登陸；亦可能搭配有人機、近程無人機、地面部隊及指揮控制系統實施遠近同步偵察及打擊，¹²對運用於城鎮地形作戰較不適合，但是對我方城鎮地形內裝甲目標、重要設施或鋼筋混凝土建築攻擊後，一樣能帶來損傷效果。

據新聞報導，2015年12月伊拉克軍隊使用「彩虹 - 4」無人機對極端組織伊斯蘭國（IS）實施攻擊，摧毀了伊斯蘭國的武裝車輛，幫助伊拉克奪回重鎮拉馬迪；¹³另2022年2月巴基斯坦用「彩虹 - 4」無人機清剿巴基斯坦恐怖組織俾路支軍人，因為俾路支省經濟落後、地廣人稀，用傳統的大兵清剿方式很難奏效，所以運用了中共「彩虹 - 4」偵察取得有效的情報資訊後，攻擊俾路支軍人至少有10名被無人機擊斃，讓其遭受了相當的損失。¹⁴

有成功運用此款偵打一體無人機案例，相反的也會有失敗的案例，據2020年12月新聞報導，葉門反叛軍胡塞武裝部隊運用車載式防空飛彈系統追蹤無人機一段時間後，飛彈擊中1架沙烏地阿拉伯向大陸購買的彩虹4無人機，也間接證實中高空無人機是容易被偵獲而成為防空武器的目標。¹⁵

該偵打一體無人機是由中共「航天科技集團公司」旗下「航天彩虹公司」研

11 王亞男，〈中印邊境新打法，解放军“開地圖”先鋒已出現，印軍最好小心頭頂〉《中國國防報》，2023年9月19日，https://www.sohu.com/a/721714657_121451128，檢索日期：2024年6月9日。

12 彭冰潔，〈第9版兵器大觀：中國智造點亮未來天空〉《解放軍報》，2023年9月22日，http://www.81.cn/szb_223187/szbqxq/index.html?paperName=jfjb&paperDate=2023-09-22&paperNumber=09&articleid=915872，檢索日期：2024年6月8日。

13 張國威，〈彩虹 - 4 轟 IS 助伊政府軍奪回重鎮〉《中時新聞網》，2015年12月11日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BD%A9%E8%99%B9-4%E8%BD%9Fis-%E5%8A%A9%E4%BC%8A%E6%94%BF%E5%BA%9C%E8%BB%8D%E5%A5%AA%E5%9B%9E%E9%87%8D%E9%8E%AE-215006990-finance.html>，檢索日期：2024年6月9日。

14 陳嫻蓉，〈中國報仇了！巴基斯坦用「彩虹4」無人機清剿俾路支解放軍 造成重創〉《Newtalk 新聞》，2023年1月6日，<https://tw.news.yahoo.com/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%A0%B1%E4%BB%87%E4%BA%86-%E5%B7%B4%E5%9F%BA%E6%96%AF%E5%9D%A6%E7%94%A8-%E5%BD%A9%E8%99%B9-4-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%B8%85%E5%89%BF%E4%BF%BE%E8%B7%AF%E6%94%AF%E8%A7%A3%E6%94%BE%E8%BB%8D-023813619.html>，檢索日期：2023年11月23日。

15 江飛宇，〈沙烏地空軍的大陸製彩虹無人機被胡塞叛軍擊落〉《中時新聞網》，2020年12月27日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201227004050-260417?chdtv>，檢索日期：2024年6月9日。

製，¹⁶以原型機「彩虹－4 無人機」為例，其翼展 18 公尺、長 8.5 公尺，發動機為中共「航瑞航空動力」產製的「DB416 雲雀重油發動機」，可大幅提高續航里程。中共稱重油發動機油耗要比傳統無人機所使用之汽油發動機（如 Rotex914 發動機）油耗下降 30%－50%，¹⁷因此依「彩虹－4」無人機 32 小時滯空時間計算，「KVD－002 無人機」預計會達到 40 小時的續航時間，其升限提升到 9,000 公尺，高於出口型「彩虹－4B」的 7,200 公尺，酬載能力上升了 50%，可以掛載空對地飛彈和監偵裝備。¹⁸中共也自稱其自製生產之無人機重油發動機已完全「國產化」，擺脫無人機需靠國外進口發動機動力的鉗制。

該型無人機酬載能力部分，其最大起飛重量為 1,300 公斤，有效載重 345 公斤，可攜帶 AR－1（4 公斤）空對地飛彈、FT－5 輕型對地精確導引飛彈 4 枚；另以「彩虹－4 型無人機」推估，「KVD－002 無人機」可以在機身下方安裝具備信號截取功能的電戰酬載，或者是合成孔徑雷達（SAR）及地面移動目標指示（SAR－GMTI）系統，研判具備偵察、蒐集、通訊中繼和電子戰等功能，也號稱能夠偵察和接收敵方雷達或通訊信號，判斷敵人的無線電頻率和方位，找到重點目標鎖定後發射飛彈攻擊。¹⁹該無人機具有衛星通訊系統能將數據或參數傳輸至地面控制站能力，²⁰地面操作員能夠在 1,000 公里以外，透過衛星通訊的性能，指揮控制偵打一體無人機對敵方地面指揮所、砲陣地、雷達站、防空陣地、鋼筋水泥建物和慢速移動目標實施高空偵察和精準襲擊，²¹性能諸元判斷如表 1。

在 2023 年 5 月時，解放軍出動了「TB－001」、「BZK－005」和「彩虹－4 無人機」對於臺灣進行警巡，其中「彩虹－4」經研判應為「KVD－002」。²²該型無人機因具備 3,500 公里之最遠航程，越過海峽後，從臺灣北部空域飛行經過東北部、東部、東南部、西南部空域，再飛回大陸沿海基地，²³航跡如圖 2。

16 舒孝煌，〈中共無人機偵打支援能力評估〉《國防情勢特刊》，2022 年 11 月 15 日，頁 36－45。

17 李宗芳，〈彩虹無人機首次披露航瑞公司的重油發動機〉《奇摩新聞》，2022 年 11 月 03 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BD%B1-%E7%8F%A0%E6%B5%B7%E8%88%AA%E5%B1%95%E5%80%92%E8%A8%88%E6%99%82-%E5%BD%A9%E8%99%B9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E9%A6%96%E6%AC%A1%E5%85%A8%E8%AD%9C%E7-074633080.html>，檢索日期：2023 年 10 月 13 日。

18 軍武中心，〈陸軍擁第二個彩虹－4 旅，解放軍向全球秀無人機實力〉《ETtoday 新聞雲》，2023 年 10 月 20 日，<https://www.ettoday.net/news/20231007/2597625.htm#ixzz8Jt0QqWIN>，檢索日期：2023 年 10 月 25 日。

19 何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《環球時報》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2023 年 11 月 02 日。

20 〈光大證券軍用無人機產業深度報告：作戰新勢下深度部署，萬里長空上曙光初露〉《遠瞻智庫》，2023 年 1 月 31 日，https://www-fhyanbao-com.translate.google/rpview/734061?_x_tr_sl=zh-CN&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc，檢索日期：2023 年 12 月 27 日。

21 許文雄，〈共軍無人飛行載具發展與運用之研析〉《陸軍學術工兵半年刊》，第 148 期，2016 年 5 月，頁 47－64。

22 蕭秉儀、馮浩宇〈共機連闖 8 處中線，彩虹 4 型無人機繞台挑釁〉《台視新聞網》，2023 年 5 月 12 日，<http://news.ttv.com.tw/news/11205120032300L/amp>，檢索日期：2023 年 11 月 12 日。

23 王育偉，〈共軍 BZK－005 無人機繞台飛行，台、日均掌握動態〉《中央社》，2023 年 8 月 29 日，<https://www.rti.org.tw/news/view/ld/2178126>，檢索日期：2023 年 12 月 29 日。

三、共軍偵打一體無人機未來趨勢

中共 2023 年「天津直升機博覽會」時，陸軍「KVD-002」偵打一體無人機公開亮相。透過該區進行光電酬載攝影開幕式時對地面，並通過全自動視覺的人工智慧技術，展示自動識別與多目標跟踪能力。不僅同時跟踪了數 10 個武器裝備目標，而且通過標定框顏色，對目標進行了分類。²⁴

無人機技術持續精進、成熟，逐步帶動各種產業應用快速發展，陸續出現諸多創新應用模式，此種「戰略性」偵打一體無人機成為能遠距離監偵及具備攻擊武器之空中力量，更可在戰場爭取優勢。中共強調 2025 年建立完整及優良性能的無人機類型，號稱國內無人機軍工產業自產自造實力，²⁵將能裝載更多精準武器，為火力打擊增加了多元性選項，且自詡成為無人機主要出口國。²⁶

為了藉此增加自身優勢，中共積極經營其軍用無人機產業，以其所稱性價比遠高於美國等軍用無人機製造大廠，企圖拓展其銷售的優勢；²⁷另俄羅斯與烏克蘭戰爭引起各國對於無人機的注意，具備偵察與攻擊的偵打一體無人機，更是全球軍用無人機重視方向，且將來灌注太陽能的技術，有機率增加無人機續航力的特性。²⁸總體來說，未來偵打一體無人機發展將朝向人工智慧、有無人裝備協同、機身匿蹤及長時滯空的方向發展，以提高作戰效能和應對多樣性威脅。



圖 1 沿革階段圖

資料來源：作者自行整理

24 何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《亞洲時報》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2024 年 1 月 20 日。

25 謝佳良，〈中共無人機對臺海作戰威脅與因應之研究〉《陸軍學術雙月刊》，第五十九卷第 589 期，2023 年 6 月，頁 77-97。

26 〈【社論】自製軍購並進強化國軍無人機戰力〉《青年日報》，2023 年 5 月 17 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1586988&type=%E8%AB%96%E5%A3%87>，檢索日期：2023 年 9 月 28 日。

27 臺北 8 日電，〈中共若武力犯台，戰略專家示警無人機是戰場主力〉《中央社》，2023 年 7 月 8 日，https://udn.com/news/story/10930/7286684?from=udn-relatednews_ch2，檢索日期：2023 年 10 月 8 日。

28 TrendForce，〈TrendForce：全球軍用無人機需求持續攀升，預估 2023 年全球市場規模可達 197 億美元〉，《新聞中心新興科技》，2022 年 12 月 7 日，<https://www.trendforce.com.tw/presscenter/news/20221207-11489.html>，檢索日期：2023 年 12 月 17 日。

表 1 共軍 KVD－002 無人機裝備性能諸元表

機型 性能	 		
翼展	18 公尺	長度	8.5 公尺
機高	2.7 公尺	最高時速	230 公里/小時
滯空時間	40 小時	最大起飛重量	1,300 公斤
最遠航程	3,500 公里	有效酬載	345 公斤
觀測距離	250 公里	偵照範圍	35 公里
實用升限	9,000 公尺	作戰半徑	5,000 公里
發動機類型	DB416 雲雀發動機	價格	約 31 億
攜油量	-	彈藥	4 個武器掛架：AR－1 空對地飛彈、FT－5 輕型精確導引飛彈
設備酬載	合成孔徑雷達、光電/紅外線酬載、雙頻無線電(VHF/UHF)、地面控制站、電戰酬載	內建系統	北斗衛星定位系統、衛星通訊系統、地面移動目標指示(SAR-GMTI)系統

資料來源：1. 〈中共為臺灣戰爭而製造的新型 KVD－002 無人機〉《ASIA TIMES》，<https://asiatimes.com>。2. 〈作戰新勢下深度部署，萬里長空上曙光初露〉《新浪財經》，<https://www.baogaoting.com/info/236812>。3. 〈國產彩虹－4 無人機實現千里外遙控殺敵打擊精度提高〉《新華網》，<http://news.xinhuanet.com>。4. 〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《俄羅斯衛星通訊社新聞》，<https://big5.sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>。5. 舒孝煌，〈共軍無人機發展及對台影響〉《國防安全研究院》，<https://ws.mac.gov.tw/>。6. 舒孝煌，〈中共無人機偵打支援能力評估〉《國防安全研究院》，<https://indsr.org.tw/>。

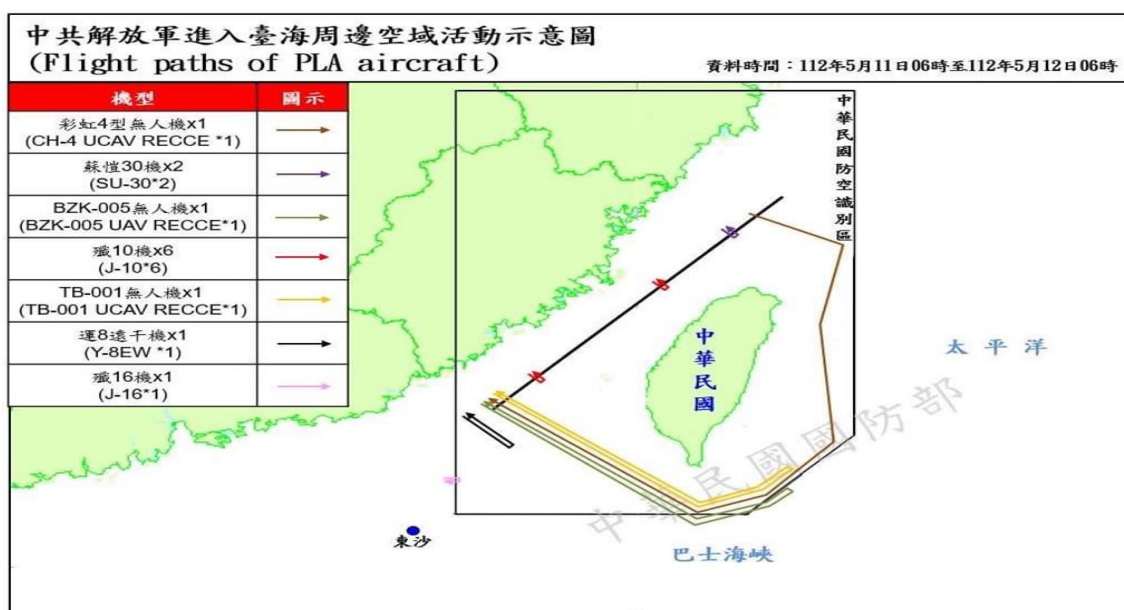


圖 2 共軍進入臺海周邊空域活動示意圖

圖片來源：1. 〈陸軍擁第二個彩虹－4 旅解放軍向全球秀無人機實力〉《ETtoday 新聞雲》，https://www.hk01.com/article/944429?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral。2. 〈中共解放軍臺海周邊海、空域動態 2023 年 5 月 12 日〉《中華民國國防部》，<https://air.mnd.gov.tw/TW/News/>。

研究分析

一、敵我相關事項之比較

「KVD - 002」之性能屬中空長航程無人機，故筆者以共軍「KVD - 002」、美國軍售「MQ - 9B 無人機」（海上衛士）及中科院研發的「騰雲無人機」為比較對象，針對性能、設備酬載以及武器酬載實施分析。

美國「MQ - 9B」無人機（海上衛士）4 架、地面控制站及其系統、備援與模組，²⁹該型機憑藉著長時高空偵察的特點，最久滯留於高空巡航可達 35 小時，最遠航程達 11,000 公里，通常被用於執行監偵、目標搜尋、打擊和救援等各種任務；另 MQ - 9B 能在高空盤旋擔任中繼站，維持指揮管制能力，可有效提高我監偵距離與攻擊效率。³⁰其本身透過衛星通訊系統，即可與美國海軍太平洋艦隊通聯分享情報資訊。³¹

MQ-9B 可與其機載感測器和情報功能設備同時進行信號、通信和其他情報收集，將情資透過數據鏈路匯入聯戰指揮系統形成共同作戰圖像，供聯戰指管單位能夠看到敵情，再藉由無線或有線通訊系統通報，使部隊（例如無人機、其他直升機或戰鬥機、其他單位）可以部署到現場，並攜帶有關目標位置和航向的精確數據，然後進行攻擊，為部隊創建一個大型感測器網路，提供早期預警。³²

據查相關 MQ - 9B 報導，大部分皆為負面居多，美國證實 MQ - 9 無人機遭葉門青年運動叛軍使用防空飛彈擊落；俄軍的戰機在歐洲和中東都有對執行任務中的 MQ-9 騷擾與干擾，並造成其中部分無人機損壞甚至墜機的紀錄。³³

另我方刻正研發「騰雲」偵打一體無人機，根據中科院資訊顯示，具備自主起降、衛星導控、地面聯網導控與多重導控鏈路等功能，亦可攜掛語音航管通訊、合成孔徑雷達、電子光學／紅外線及電子偵蒐設備，發揮了高空長航時、多酬載等特性，提供早期預警功效及遠距偵蒐情資；³⁴該型無人機運用在防衛作戰時，

29 經濟部航太產業發展推動小組，〈現行最強！我向美採購 MQ - 9B 海上衛士無人機首批 2 架 2026 年抵台〉《中時新聞網》，2022 年 9 月 8 日，<https://www.casid.org.tw/NewsView01.aspx?NewsID=5e8647b1-e76a-468a-aeec-a0d075625fbd>，檢索日期：2023 年 10 月 8 日。

30 General Atomics，〈MQ-9 Reaper〉《U.S.Air Force》，2022 年 8 月 31 日，https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper，檢索日期：2024 年 6 月 9 日。

31 曾心榮、楊玟欣，〈「2022 移動式衛星通訊國際供應鏈結線上論壇」即將登場，國際大廠齊聚，低軌衛星最新商機大揭密〉《工業技術研究院》，2022 年 7 月 18 日，https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmlID=1036276263153520257&MGID=111071815503848053，檢索日期：2023 年 11 月 28 日。

32 General Atomics，〈MQ-9B SeaGuardian®: Redefining Maritime Domain Operations〉《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2022 年 8 月 31 日，<https://www.ga-asi.com/mq-9b-seaguardian-redefining-maritime-domain-operations>，檢索日期：2024 年 6 月 9 日。

33 徐榆涵，〈造價 9.6 億！美軍第 2 架 MQ - 9 無人機遭葉門叛軍擊落〉《聯合報》，2024 年 2 月 21 日，<https://udn.com/news/story/6811/7781850>，檢索日期：2024 年 2 月 27 日。

34 黃雅詩，〈獨家〉騰雲無人機滯空突破 20 小時，具全天候監控台海能力〉《自由時報》，2023 年 12 月 23 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4530283>，檢索時間：2024 年 1 月 2 日。

亦可擔負中繼站，協助國軍進行 C5ISR（指管通資情監偵作戰系統）情資取得與處置，能由遠端地面站，傳輸數據至反艦飛彈、反制或火力發揮。³⁵ 日前「騰雲無人機」性能經不斷調整提升後，滯空時間判已達 24 小時，可日、夜監控臺海周邊海、空域，未來搭配「MQ－9B」無人機滿足臺海的偵察任務。³⁶

表 2「MQ－9B 無人機」裝備性能諸元表

機型 性能			
翼展	24 公尺	長度	11 公尺
高	1.6 公尺	最高時速	370 公里/小時
滯空時間	35 小時	最大起飛重量	5,670 公斤
最遠航程	11,000 公里	有效酬載	1,769 公斤
觀測距離	460 公里	偵照範圍	41 公里
實用升限	13,000 公尺	作戰半徑	5,556 公里
發動機類型	蓋瑞特 TPE331 - 10 渦輪螺旋槳發動機	價格	約 54 億
攜油量	2,721 公斤	彈藥	9 個武器掛架，可攜掛： 1.AGM - 114 地獄火飛彈 （射程 8 公里） 2.JDAM 聯合直接攻擊彈 藥（射程 24 公里） 3. AIM - 9 空對空飛彈（射 程 26 公里）
設備	合成孔徑雷達、光電與 紅外線感測器、AIS 自 動辨識系統、Lynx 多 模式雷達、全方位海上 搜索雷達、特種酬載、 雙 頻 無 線 電 （VHF/UHF）、地面 控制站、MS-110 光電 空照酬載 150 公里	系統	導航系統、衛星通訊系統、 MX - 20 多光譜瞄準系 統、SAGE 750 電偵系統、 SeaVue 多功能巡邏雷達 系統、機載跟蹤和瞄準系 統(ATTS)、360 度多模式 海上水面搜索雷達及自動 資訊系統

資料來源：1.〈【輜略談兵】MQ－9B 海上衛士，滯空偵巡〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/>。2.〈加入 Link－16 系統，空軍買 MQ－9B 無人機決標金額略增 1 億元〉，《自由時報》，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4510013>。3.〈空軍採購 4 架 MQ－9B 無人機增資料鏈加美援 4 架 2027 年 8 架服役〉《中時自由網》，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231205001669-260417?chdtv>。4.〈MQ－9B 無人機掌握情資美軍先看？空軍澄清：由我方運用〉《自由時報》，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4338583>。

35 黃雅詩，〈騰雲二型無人機繞島測飛 學者：國防自主里程碑〉《中央社》，2022 年 6 月 26 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202206260156.aspx>，檢索時間：2023 年 11 月 11 日。

36 游太郎，〈騰雲無人機地面導控站首公開 劍翔俯衝攻擊畫面亮相〉《僑務電子報》，2023 年 8 月 21 日，<http://ocacnews.net/article/348092>，檢索時間：2023 年 12 月 23 日。

表 3 騰雲無人機裝備性能諸元表

機型 性能	 		
翼展	18 公尺	長度	8 公尺
高	1.6 公尺	最高時速	462 公里/小時
滯空時間	24 小時	最大起飛重量	-
最遠航程	296 公里	有效酬載	1,590 公斤
觀測距離	-	偵照範圍	-
實用升限	15,000 公尺	作戰半徑	-
發動機類型	蓋瑞特 TPE331 型 渦輪螺旋槳發動機	價格	約 34 億
攜油量	-	彈藥	2.75 英吋火箭彈（射程 10 公里）
設備	熱影像光學偵蒐系統、電子偵蒐裝置、救生酬載、地面控制站、紅外線雷達、合成孔徑雷達	系統	衛星通訊系統、遠距導航與自動起降、多重導控鏈路與地面聯網導控等新功能、廣播式自動相關監視、語音航管通訊

資料來源：1.〈大型騰雲無人機〉《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=306&catalog=56。2.〈騰雲無人機滯空突破 20 小時 可大幅提升台海巡防偵蒐能力〉《公視新聞網》，<https://news.pts.org.tw/article/672999>。3.〈騰雲無人機 2.0 版大躍進，輕鬆掌握對岸敵情〉《自由時報》，<https://www.storm.mg/article/1358213?page=1>。

（一）性能比較

共軍「KVD - 002」無人機雖為陸用型，惟其長航程及偵打一體之特性，與「MQ - 9B 無人機」及「騰雲無人機」屬性相近，故本研究以此 3 種無人機比較；共軍使用的「KVD - 002」已經改換安裝了重油發動機，實用升限上升至 9,000 公尺，續航力提升到 40 小時，酬載能力提高到 50%，能攜帶空對地飛彈和偵蒐設備。³⁷「MQ - 9B」及「騰雲無人機」是使用蓋瑞特 (Garrett/Honeywell) TPE331 型渦輪螺旋槳發動機，³⁸可長時間（24 小時含）於高空偵察，配備高解析度光學鏡頭及彈性多元酬載配置，使「MQ - 9B」及「騰雲無人機」可執行各種任務。³⁹「騰雲無人機」實用升限較高，可居高臨下取得主動權，另最高時速也較快，其餘性能皆屬於弱項需持續研改才能追平「MQ - 9B」，價格以「KVD - 002」最

37 何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《環球時報》，2023 年 9 月 20 日，https://blog.udn.com/H10109_4880/179911576，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。

38 朱明，〈美建議無人機改裝 - S - 2T 反潛機發動機軍方漠視虛耗 30 億公帑〉《中國國防報》，2019 年 6 月 4 日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=64600，檢索日期：2024 年 1 月 14 日。

39 陳治程，〈可與美製 MQ - 9 無人機混搭，中科院揭露騰雲無人機海上監偵畫面〉，《自由時報》，2019 年 9 月 15 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4429274>，檢索日期：2024 年 2 月 15 日。

便宜。

綜上所述，安裝蓋瑞特（Garrett／Honeywell）TPE331－10 渦輪螺旋槳發動機之 MQ－9B 最大起飛重量最重，⁴⁰有效酬載更多設備，巡航航程最遠且觀測距離及偵照範圍、作戰半徑都較「KVD－002」優，但外型不利戰術行動（MQ－9B 翼展比 KVD－002 長），滯空時間沒有比「KVD－002」長。對國軍事作戰而言，擁有「MQ－9B」及「騰雲無人機」確實能對我軍偵察敵情有所幫助，而且在惡劣天氣下，可以代替 E2K 和 P－3C 進行巡邏，並且可以與 E2K 和 P－3C 高低搭配，提升大範圍偵察能力，⁴¹並減輕戰機偵察負擔。不過「MQ－9B」不具備自我保護的能力，例如匿蹤設計、飛彈警報系統、干擾絲或誘餌等自衛裝備，也成為隱憂，若敵方發射飛彈，「MQ－9B」若無法回避，將難以在高威脅戰場中生存；⁴²另無人機價格確實比戰鬥機等有人機便宜很多。

（二）設備酬載比較

在「偵打一體」戰術觀念下，無人飛行載具需要長時間的高空巡航，監控或偵察，以及有效的數據連線系統，故隨著全球衛星定位以及光電科技的越發精良，各式數據傳輸是否能相互分享，提供清楚戰場景況或是不受干擾，也是能否有效打擊的關鍵。⁴³

共軍「KVD－002」可外掛電戰酬載，高功率發射器有效輻射功率，自稱可成功反制最接近的電戰威脅並可生成同步干擾技術，反制多種同時存在的威脅。

「MQ－9B」裝備增加了 360 度多模式海上水面搜索雷達及自動資訊系統（Automatic Identification System）及設備能在海面上實施反潛任務。⁴⁴此外，2017 年美軍驗測「MQ－9B」掛載特種莢艙，能自動佈設聲納浮標，蒐集海中敵艦資料進行比對傳送至「MQ－9B」，同時配合反潛直升機在任務海域使用此設備，並且通過衛星通訊系統傳送給地面控制站，讓陸、海、空部隊擬定出應變作戰方案；⁴⁵另「MQ－9B」（海上衛士）其新型抗干擾雷達和高穩定性光學攝影機，能夠在惡劣氣象條件及海況下看清海上目標，亦可安裝 MS－110 光電空照

40 何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《戰略研究所》，2023 年 9 月 20 日，https://blog.udn.com/H101_094880/179911576，檢索日期：2023 年 9 月 20 日。

41 〈彩虹 6 比美國 MQ－9B 有何優勢？〉《人民日報》，2024 年 6 月 9 日，<https://min.news/zh-hant/military/849e6e0e5be4947baed80120a1426c9b.html>，檢索日期：2024 年 6 月 15 日。

42 舒孝煌，〈【輜略談兵】MQ－9B 海上衛士 滯空偵巡〉《青年日報》，2023 年 8 月 24 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1609692&type=76>，檢索日期：2023 年 10 月 15 日。

43 林穎佑，〈解放軍無人機的運用與對我之威脅〉《全球政治評論》，第八十二期，2023 年 4 月，頁 27－31。

44 陳成良，〈提升偵蒐戰力 加拿大擬採購 MQ－9B「海上衛士」無人機〉，《自由時報》，2023 年 9 月 26 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4440425>，檢索時間：2023 年 10 月 16 日。

45 呂炯昌，〈最強海上巡邏無人機！MQ－9B 國防展首度展出〉《中央社》，2023 年 9 月 16 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%9C%80%E5%BC%B7%E6%B5%B7%E4%B8%8A%E5%B7%A1%E9%82%8F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-mq-9b%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%B1%95%E9%A6%96%E5%BA%A6%E5%B1%95%E5%87%BA-105246094.html>，檢索時間：2024 年 3 月 10 日。

酬載，觀測距離達 150 公里。⁴⁶

「騰雲無人機」特殊掛載救生酬載，自動起降及廣播式自動相關監視系統，雖無法與「KVD - 002」相比，但未來搭配「MQ - 9B 無人機」，期能滿足我軍的偵察任務。⁴⁷

綜上分析，大部分酬載設備類型相似，除上述特殊設備及系統外，「MQ - 9B」因有較多設備及酬載量，觀測距離及偵照範圍較優，識別目標更加清晰準確，⁴⁸續航能力達 35 小時可完成多種任務，在戰役整備及先期作戰階段能發揮重要作用，對海上情、監、偵能進行強化，⁴⁹且亦能協助在各作戰節點快速提供戰場情況，供各部隊應變，達到聯合作戰之目的。

（三）武器酬載比較

共軍「KVD - 002」無人機有 4 個武器掛架，彈藥為 AR - 1 空對地飛彈（45 公斤）、飛騰 - 5 輕型精確導引飛彈（100 公斤），在戰術運用上可靈活調配實施精準打擊，⁵⁰但僅具備對地之攻擊。AR - 1 空對地飛彈是「中國航天科技集團」研製，可以用於攻擊包括戰車或甲車、地面掩體及水面小型移動目標。⁵¹AR - 1 空對地飛彈彈頭重量約 10 公斤，整體飛彈重量 45 公斤，其穿甲力為 1 公尺，而對鋼筋水泥建築的穿透力為 1.2 公尺。⁵²FT - 5 輕型精確導引飛彈重量約 100 公斤，彈頭重 35 公斤，有效射程 2 至 5 公里，非常適合攻擊點目標，例如地面有生力量、建築物，橋梁等，破壞威力大。

經美同意售予我方 4 架「MQ - 9B」偵打一體無人機，有 9 個武器掛架，彈藥可攜行 AGM - 114 地獄火飛彈（需加裝雷射標定器導引）、AIM - 9 空對空飛彈或聯合直接攻擊武器（JDAM），具三維陸海空多層次攻擊。⁵³2018 年美軍已

46 〈彩虹 6 比美國 MQ - 9B 有何優勢〉《人民日報》，2024 年 6 月 9 日，<https://min.news/zh-hant/military/849e6e0e5be4947baed80120a1426c9b.html>，檢索時間：2024 年 1 月 24 日。

47 游太郎，〈獨家〉騰雲無人機滯空突破 20 小時 具全天候監控台海能力〉《自由時報》，2023 年 12 月 23 日，<https://def.lt.n.com.tw/article/breakingnews/4530283>，檢索時間：2023 年 12 月 30 日。

48 茂柏，〈建構多層次防禦 反制無人機威脅〉《青年日報》，2023 年 4 月 1 日 <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1575884&type=forum>，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。

49 謝沛學助理研究員〈建構多層次防禦 反制無人機威脅〉《青年日報》，2023 年 4 月 1 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1575884&type=forum>，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。

50 閻嘉琪，〈詳解國產 AR 系列導彈：使彩虹無人機如虎添翼〉《人民網軍事》，2018 年 11 月 8 日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2018/1108/c1011-30389592.html>，檢索日期：2018 年 11 月 8 日。

51 張謙，〈陸彩虹 5 無人機試飛成功進入量產〉《中央社》，2017 年 7 月 15 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E9%99%B8%E5%BD%A9%E8%99%B9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%A9%A6%E9%A3%9B%E6%88%90%E5%8A%9F-%E9%80%B2%E5%85%A5%E9%87%8F%E7%94%A2-015152869.html>，檢索日期：2024 年 1 月 15 日。

52 〈AR - 1 Missile〉《GlobalSecurity.org》，2021 年 8 月 1 日，<https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ar-1.htm>，檢索日期：2023 年 10 月 17 日。

53 〈MQ-9B SeaGuardian®: Redefining Maritime Domain Operations〉《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2024 年 4 月 8 日，<https://www.ga-asi.com/mq-9b-seaguardian-redefining-maritime-domain-operations>，檢索日期：2024 年 4 月 23 日。

驗證「MQ－9B」掛載空對空飛彈打擊之空戰能力，而且其機體比戰鬥機小，可有效執行遠程監控及攻擊任務；⁵⁴另「MQ－9B」也配備 LINK－16（資訊鏈路系統）能直接傳輸數據或參數給國軍武器裝備計有 F－16 戰鬥機、海馬斯多管火箭及魚叉飛彈等，⁵⁵可縮短參數傳送的時間實施精準火力打擊，免除因數據或參數傳輸冗長，導致敵目標已脫離火力打擊區。

「騰雲無人機」有 4 個武器掛架，可掛載彈藥為 2.75 英吋火箭彈，據中科院描述能攜掛美製的 AGM－114「地獄火」飛彈，⁵⁶這類飛彈主要對 0.5 到 8 公里內的目標發動精準打擊，但此項飛彈，需有美國同意售予之驅動發射飛彈的軟體及航電系統整合與授權等，評估近期可能不會使用。目前僅能掛載 2.75 英吋火箭彈。⁵⁷

經比較分析，「MQ－9B」有效酬載、觀測距離、偵照範圍、作戰半徑及彈藥上都較具優勢。在軍事作戰上，運用於登島及陸上作戰階段，對登島部隊及行政下卸船艇或戰（甲）車實施破壞損傷，使其登陸失利。「MQ－9B」支援搭配有人機、船艦或各部隊可以使作戰效果加乘，發揮偵打一體能力，所以在陸軍、海軍、空軍戰術上，有一定程度造成敵人混亂、嚇阻及損傷效果，能有效提升無人機作戰效果及嚇阻敵人之作用。⁵⁸

表 4 性能比較表

型號	KVD002	MQ-9B	騰雲無人機
翼展	18 公尺	24 公尺	18 公尺
長度	8.5 公尺	11 公尺	8 公尺
高	2.7 公尺	1.6 公尺	1.6 公尺
最高時速	230 公里/小時	370 公里/小時	462 公里/小時
滯空時間	40 小時	35 小時	24 小時
最大起飛重量	1,300 公斤	5,670 公斤	-
最遠航程	3,500 公里	11,000 公里	296 公里
有效酬載	345 公斤	1,769 公斤	1,590 公斤
觀測距離	250 公里	460 公里	-

54 〈MQ-9B SeaGuardian®〉《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2024 年 4 月 8 日，〈<https://www.ga-asi.com/remotely-piloted-aircraft/mq-9b-seaguardian>〉，檢索日期：2024 年 4 月 23 日。

55 陳治程，〈加入 Link－16 系統空軍買 MQ－9B 無人機決標金額略增 1 億元〉《自由時報》，2023 年 12 月 4 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4510013>，檢索日期：2023 年 12 月 24 日。

56 楊幼蘭，〈可武裝地獄火 騰雲無人機隊將巡防台海岸線〉《中時電子報》，2018 年 9 月 4 日，<https://www.casid.org.tw/NewsView01.aspx?NewsID=f50b6551-60e6-466c-9b59-ac52156f519b>，檢索日期：2023 年 9 月 24 日。

57 吳明杰，〈無法發射地獄火飛彈，「騰雲」無人機將掛載國造遠距遙攻武器〉《亞洲時報》，2018 年 1 月 3 日，<https://www.storm.mg/article/391242?page=1>，檢索日期：2024 年 1 月 3 日。

58 康曉嵐，〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉《戰略與評估》，第十一卷第一期，110 年 6 月，頁 73－116。

偵照範圍	35 公里	41 公里	-
實用升限	9000 公尺	13,000 公尺	15,000 公尺
作戰半徑	5,000 公里	5,556 公里	-
發動機類型	DB416 雲雀重油發動機	蓋瑞特 TPE331 - 10 渦輪螺旋槳發動機	蓋瑞特 TPE331 型渦輪螺旋槳發動機
預估售價	約 31 億	約 54 億	約 34 億
攜油量	-	2721 公斤	-

資料來源：1.〈中共為臺灣戰爭而製造的新型 KVD - 002 無人機〉《ASIA TIMES》，<https://asiatimes.com/2023/09/chinas-new-KVD-002-drone-built-for-a-taiwan-war/>。2.〈【韜略談兵】MQ-9B 海上衛士，滯空偵巡〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1609692&type=forum>。3.〈大型騰雲無人機〉《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=306&catalog=56。4.作者自行整理。

表 5 設備酬載比較表

型號	KVD002	MQ-9B	騰雲無人機
有效酬載	345 公斤	1,769 公斤	1,590 公斤
觀測距離	250 公里	460 公里	-
偵照範圍	35 公里	41 公里	-
作戰半徑	5,000 公里	5,556 公里	-
設備	合成孔徑雷達、光電/紅外線酬載、雷射酬載、紅外線探測器、雙頻無線電(VHF/UHF)、地面控制站、電戰酬載	合成孔徑雷達、光電與紅外線感測器、AIS 自動辨識系統、Lynx 多模式雷達、全方位海上搜索雷達、特種酬載、雙頻無線電(VHF/UHF)、地面控制站、MS - 110 光電空照酬載	熱影像光學偵蒐系統、電子偵蒐裝置、救生酬載、地面控制站
系統	北斗衛星定位系統、衛星通訊系統、地面移動目標指示(SAR-GMTI)系統	導航系統、衛星通訊系統、MX - 20 多光譜瞄準系統、SAGE 750 電偵系統、SeaVue 多功能巡邏雷達系統、機載跟蹤和瞄準系統(ATTs)、360 度多模式海上水面搜索雷達及自動資訊系統	衛星通訊系統、遠距導航與自動起降、多重導控鏈路與地面聯網導控等新功能、廣播式自動相關監視、語音航管通訊

資料來源：1.〈中共為臺灣戰爭而製造的新型 KVD - 002 無人機〉《ASIA TIMES》，<https://asiatimes.com/2023/09/chinas-new-KVD-002-drone-built-for-a-taiwan-war/>。2.〈【韜略談兵】MQ-9B 海上衛士，滯空偵巡〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1609692&type=forum>。3.〈大型騰雲無人機〉《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=306&catalog=56。4.作者自行整理。

表 6 武器酬載比較表

型號	KVD002	MQ-9B	騰雲無人機
有效酬載	345 公斤	1,769 公斤	1,590 公斤
觀測距離	250 公里	460 公里	-
偵照範圍	35 公里	41 公里	-
實用升限	9000 公尺	13,000 公尺	15,000 公尺
作戰半徑	5,000 公里	5,556 公里	-
攜油量	-	2,721 公斤	-
彈藥	4 個武器掛架 (AR - 1 空對地飛彈、FT - 5 輕型精確導引飛彈、巡飛彈等)	9 個武器掛架，可攜掛：1.AGM - 114 地獄火飛彈 (射程 8 公里) 2.JDAM 聯合直接攻擊彈藥 (射程 24 公里) 3. AIM - 9 空對空飛彈 (射程 26 公里)	4 個武器掛架 (2.75 英吋火箭彈，射程 10 公里)

資料來源：1.〈中共為臺灣戰爭而製造的新型 KVD－002 無人機〉《ASIA TIMES》，<https://asiatimes.com/2023/09/chinas-new-KVD-002-drone-built-for-a-taiwan-war/>。2.〈【韜略談兵】MQ-9B 海上衛士，滯空偵巡〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1609692&type=forum>。3.〈大型騰雲無人機〉《國家中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=306&catalog=56。4.作者自行整理。

二、敵特、弱點分析

(一) 特點

1.即偵即打且戰場透明度高：「KVD－002 無人機」滯空時間在性能上較持久，不只發揮監偵功能，能讓戰場更透明化，還能當下發現目標後，發揮「即偵即打」特性立即攻擊目標，使目標受損；⁵⁹另相較於有人駕駛飛機，在執行任務時，不用考慮飛行員的生理極限及人員傷亡等因素，可以隨設定飛行到適切戰場範圍又可符合其速度、高度及航程等，發揮其續航時間長及飛行高度特點，對任務地區實施長時間的偵察、監視，因此運用此型無人機提供戰場指揮官更即時之戰況實施情報偵蒐作業，大幅提高戰場透明度且降低直接衝突之可能，且「KVD－002 無人機」在發現對方重要目標後，如果地面導控站指揮人員在授權後即可進行攻擊，不需要等待作戰中心額外派遣火力支援，節約作戰時間，這樣打擊效率會高很多，進一步提高了作戰效能，可同步發揮情監偵與打擊能力，⁶⁰

2.可執行多種任務且維持費用低廉：「KVD－002」偵打一體無人機其滯空時

59 游凱翔，〈齊立平：偵打一體、即偵即打 發展無人機〉《中央通訊社》，2022 年 12 月 30 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202212300292.aspx>，檢索日期：2023 年 12 月 15 日。

60 陳柏宏，〈我國無人機軍事運用現況與未來發展〉《國防戰略與資源研究所》，2022 年 3 月，<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202203/c01eb154-30ae-478e-8e62-01ba942f26e1.pdf>，頁第 39－43 頁，檢索日期：2023 年 10 月 13 日。

間長特性又具有攻擊能力，可以為前線指揮官節省大量的需深入敵人防線來完成同樣任務的情監偵系統、偵察部隊、戰鬥機或偵察機等，⁶¹使軍事行動更加能靈活運用並能執行各項任務，且因無人機不需要駕駛艙，機體體積相較有人機更小，結構更加簡單，因此，無人機在設計製造、戰場使用和維修費用上，相較有人駕駛戰鬥機成本也大幅降低，且因不存在人員傷亡或遭擊落人員被俘的危險，⁶²從而可以替代有人駕駛之戰鬥機在高風險環境下執行多種任務，如敵方防空系統、高風險目標之偵察、對重點目標進行精準打擊等，此種針對特定偵察目標，需要長時滯空進行區域偵蒐或監控任務成本較有人機低廉。⁶³

3. 支援部隊協同作戰：「KVD - 002」偵打一體無人機本身具偵察攻擊特性，不僅僅是個體的任務執行，還會與其他無人機、戰鬥機、直升機、地面部隊及指揮控制系統實現高度協同，這種協同作戰模式可以提高整體戰術效能和作戰靈活性，強調人機協同，即人類與無人機共同合作，共同執行複雜任務。⁶⁴「KVD - 002」能夠在目標區域長時間停留，執行偵察、攻擊和損害評估的任務，因具有滯空時間長特性，可於高空靜肅秘密至目標區上空環繞飛行，並將畫面即時傳遞給地面控制站掌握，⁶⁵而偵打一體無人機的協同作戰則可即時提供戰場景況予地面導控人員下達攻擊指令，或依地面部隊所提出之攻擊需求，從而控制無人機完成協同作戰任務，提升與地面部隊共同執行任務的能力。⁶⁶

（二）弱點

1. 易受電子干擾及電子誘騙：「KVD - 002」無人機系統攜帶之電子設備並不少，在作戰時通常依賴通信和遙控系統，透過這些設備與地面導控站進行無線通聯來發送情報訊息、接收指令或傳送數據，無人機系統的資訊傳輸鏈路對下要聯通地面導控站，對上要聯通通信衛星，如此長的傳輸距離容易受到電磁攻擊和電子戰的影響。針對無人機進行干擾或攔截通信信號，均需要安全可靠之數據鏈和安全性高的電磁環境，所以在執行任務時一旦遭到敵方攻擊性之電子干擾，將導致指令出現錯誤或傳感器失靈，無人機將會因此無法執行任務，可能導致失控即啟動自動返航功能；另新聞報導在俄烏戰爭中，俄羅斯出動無人機誘騙烏克蘭防

61 〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《解放軍報》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 10 月 20 日。

62 許邁德，〈無人機時代來臨改變戰場態勢〉《青年日報》，2023 年 2 月 28 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1568271&type=forum>，檢索日期：2023 年 12 月 11 日。

63 葉原松，〈無人飛行載具遂行海上監偵任務之研究〉《海軍學術雙月刊》，第 52 卷第 2 期，107 年 4 月 1 日，頁 93 - 109。

64 曾復生，〈國際無人機軍備競賽與戰略意涵研析〉《國政基金會》，2023 年 4 月 20 日，<https://www.npf.org.tw/2/25746>，檢索日期：2024 年 1 月 15 日。

65 〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《俄羅斯衛星通訊社》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 10 月 1 日。

66 陳律萍、徐名敬，〈中國大陸無人機集群作戰發展之研究〉《空軍學術雙月刊》，第 680 期，2021 年 2 月，頁 64 - 78。

空飛彈系統開機，同時配合電子戰攻擊干擾了烏克蘭偵打一體無人機之通信及導航設備及地空的火力壓制，促使烏克蘭無法有效使用防空飛彈及無人機反制，為俄羅斯最初幾個月的軍事行動在此區域的空戰中獲取優勢。⁶⁷雖無共軍「KVD－002」無人機遭干擾誘騙事件發生，但是依照上述俄烏戰爭新聞報導中對無人機進行電子干擾方面來研判，「KVD－002」受電子干擾跟電子誘騙機率頗高，且無人機系統大多採取自動程序進行導控，在執行任務前須預先將航路起點、途中轉彎點、目標位置等訊息進行整合，而無人機系統在輸入訊息時通常使用的是預先偵知的情報，因此，如果無人機系統升空後偵察或攻擊目標情況突然發生變化，例如，目標位置超出無人機系統預定偵察或攻擊的區域，無人機便無法適時作出應變以完成任務，削弱其整體作戰效能，甚至使其資訊系統癱瘓，毀其耳目。

2.戰術行動影響飛行高度：「KVD－002」無人機的飛行高度均達 5,000 公尺以上，系統易受天候干擾，飛行對氣象條件要求比較嚴苛，惡劣氣象環境是無人機系統飛行的一大限制，⁶⁸氣象中的大氣擾動和不規則的氣流、氣旋等對「KVD－002」無人機系統的傳輸鏈路和飛行的穩定性也會產生很大的影響；另無人機系統的偵察精度、即時影像、照相效果及投彈準確度會明顯下降。「KVD－002」無人機系統為獲得精確的情報、良好的即時影像及飛彈精準命中率，通常會降低高度、減慢速度實施飛行以進行偵察及投彈，並在必要時近距離偵察及攻擊敵方嚴密的防空系統，這時就容易可能受到雷達和其他感測技術的檢測，遭敵地面防空火力的攻擊。因此地形也對「KVD－002」執行任務造成影響；另在起伏的山巒、狹長的山谷會引起渦流和急速下降的氣流，導致飛行航向及姿態易發生變化，且操作人員無法臨時因應此種變化變換無人機之航向以避開危險，這種情況下無人機系統易失去控制而墜毀。

3.空中防護脆弱且隱匿性不佳：「KVD－002」缺乏空對空飛彈以及空中反制措施，可能會受到物理攻擊，例如射擊或使用防空武器等，無法及時正確的判明目標的真偽，遇到地面或空中威脅時也不能突然改變航線以躲避，遭到擊落的機率高。對於「KVD－002」無人機而言，機體較為脆弱，容易受到損傷，這可能影響其飛行能力和任務執行。⁶⁹另一方面，「KVD－002」無人機系統的飛行速度和航路均為任務執行前之預設路徑，因此在戰場上遭遇臨時威脅時，無法攻擊及

67高志榮，〈講武堂－高志榮：俄烏戰爭中電子戰運用與影響〉《自由時報》，2023 年 10 月 22 日，https://def.tn.com.tw/article/breakingnews/4463625?utm_campaign=MOREPAGE&utm_source=DEF&utm_medium=1，檢索日期：2023 年 11 月 24 日。

68 葉原松，〈無人飛行載具遂行海上監偵任務之研究〉《海軍學術雙月刊》，第五十二卷第二期，2018 年 4 月 1 日，頁 96－109。

69 于成森、蕭新武，〈中共反介入戰略對我防衛作戰影響之研析〉《National Defense》，10.6326/NDJ.201429 (3).3，Journal VOL.29, No.3, MAY 2014，頁 45－62。

臨時轉換航向迴避。在飛抵目標空域後，一般按固定航線巡邏飛行，飛行路線固定易被偵知，容易遭受攻擊。在遭遇突發事件，如電磁干擾、異常氣流、機械或電路故障等，遠在地面的導控人員也無法即刻救援，無人機系統自身無法實施故障排除，因此空中防護脆弱且隱匿性不佳。

三、對我之影響

（一）運用空防罅隙，壓縮我反應時間：中共偵打一體無人機越來越多元化、多樣化且數量也多，以「KVD-002」無人機武器而言，運用於地面作戰其首要目標即是能造成部隊作戰混亂的高價值目標為主。該無人機能搭配有人機或無人機，群起攻擊，以多擊寡，損耗我方防空武器資源及我方反制手段，讓我方忙於接戰之餘，產生多處空防缺口，極可能對我發起奇襲，造成應接不暇，勢必影響我反制時間。由此可判斷，中共藉各型機（含 KVD-002）於我西南防空識別區頻繁訓練，測試及施予壓力於我空防應處，壓縮我反應時間及活動空域，威脅臺海空防安全。⁷⁰

（二）攻擊我地面固定和低速移動目標：「KVD-002」偵打一體無人機可長時間廣域監視，對地面進行持續火力壓制，也對高價值目標實施精確攻擊，能極大縮短從發現到摧毀目標的時間。該無人機能破壞軍事基地、重要基礎設施和人口密集區域，包括機場、港口、雷達系統、飛彈陣地和通信設施，這將直接影響國防和應對能力對我安全造成潛在危害，亦對我形成威脅，壓縮我防空及地面部隊反應時間。更可對我裝甲目標、地面掩體、鋼筋混凝土建築等，進行精確打擊並造成嚴重傷損。⁷¹

（三）消耗應對戰力資源與物資補充：偵打一體無人機被我方情監偵雷達偵測後，確實會啟動防空作為實施防護，逼不得已可能發射多枚飛彈來對付無人機，這樣彈藥消耗量大且防空飛彈比無人機造價還高，導致無效攻擊損耗資源；另對於物資補充上，除了彈藥量不足外，我方油彈庫、車輛亦可能已遭遇攻擊，無法有效執行物資補充。偵打一體無人機也會攻擊駐紮於城市內之部隊，可能對我的民生安全構成威脅，這可能連帶因城市、重要交通樞紐和經濟區域的攻擊，造成道路中斷物資補充不易。另中共在我周邊加強無人機行動可能是更廣泛的空中消耗戰略的一部分，增加我方心理恐懼。研判中共無人機的行動是向我釋放軍事恫嚇信號，導致飛行員和地勤人員精疲力竭、設備損壞、後勤和維護問題以及事故等造成誤判和意外提高。

70 蔡志銓，〈中共軍事威脅對我國家安全情勢發展之研析〉《海軍學術雙月刊》第五十二卷第二期，第五十二卷第二期，2018年4月1日，頁41-54。

71 許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，2017年10月6日，頁115-134。

克制對策及對建軍備戰之建言

一、克制對策

（一）運用防空武器實施反制：運用防空武器對共軍 KVD002 偵打一體無人機實施反制，是維護制空權的一項重要部分，能夠應對這類無人機的偵察打擊，並且有效地整合防空體系，增強對空防禦能力，可大幅提升我戰場反制，以應對高空和低空的無人機攻擊。⁷²因此需部署有效的防空武器系統，包含對無人機的探測、追蹤和攔截技術；另縱深配置防空兵力，依防護目標數量，分布以及優先順序，除了運用空軍防空兵力（攔截機、地對空飛彈、防空砲兵、愛國者系列、天弓系列飛彈、地對空麻雀飛彈等），也有陸軍防空兵力（M39 機砲、T-75 機砲、復仇者飛彈、陸劍二飛彈系統）做適切的縱深重層部署，增進火力韌性，並使相互配合，有效防護各重要目標，擊滅空中來犯之敵，於重要地點部署俾對敵來襲之無人機予以摧毀，國軍各式防空飛彈系統整理如表 7。

（二）活用戰場經營降低風險：克制目前共軍 KVD002 偵打一體無人機，我軍作戰之成功必須先期經營戰場，做好戰力保存措施及戰力防護。可以是轉移重要防護目標及物資囤儲地區，如油、彈、糧秣、裝備零附件、廠庫、保修廠、各級指揮處所、砲陣地、指管設施、軍事政治中心及交通要道等，或是偽裝於民間垃圾場、資源回收場、市場、高架橋下及各式廠房等，這些重要設施裝備及對外交通系統應平時做好規劃和維護，在遇到危機時能迅速完成轉移及偽裝作業並做好掩蔽，我方亦能加強其防護工事強度等；另利用原有設施予以地下化或移入坑道，加強遭受攻擊時抗力，亦應盡量疏散、機動並做好隱蔽與掩蔽，分散敵人攻擊目標減低傷害。由波灣及科索沃戰史中可知在戰力懸殊的情勢下，戰力保存得當，可在敵第一擊之下維持應有戰力，並保有第二擊的反擊能力，藉以改變敵我優劣形勢。

（三）整合防情指管系統，發揮監偵功能：反制共軍 KVD002 偵打一體無人機之空中偵察與襲擊，首重預警。各類情監偵裝備，尤其是機動雷達或空中預警雷達，適切組織部署，消除偵蒐死角，嚴密情監偵所望區域，早期獲知敵空中進襲徵候。現階段國軍運用指管系統全面監控敵情，能傳輸及判讀偵打一體無人機大致航路，且國軍防空指管亦已整合中長程防空飛彈、空軍戰機及海軍主戰艦艇，能迅速鑑別，以利防空作戰之處置。⁷³當前國軍情傳鏈路系統之情資分享、連結尚待完整結合及強化，為有效提供部分武器系統載台及部隊數據系統情資交換能量，導致處置不當或無處置作為，所以應加速與美國洽談 Link-22 數據

72 宋蔚泰，〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉《海軍學術雙月刊》，第 51 卷第 5 期，2017 年 10 月 6 日，頁 135－157。

73 唐承平，〈反制中共巡弋飛彈具體作為之研究〉《陸軍砲兵季刊》，第 192 期，2021 年 3 月，頁 101－114。

鏈路系統的獲得是勢在必行。全面性整合後，增進敵情識別、分享情資，達到聯合作戰共識及有效情資共享，能使國軍有效應處，達成整體戰力提升之目標。⁷⁴

表 7 國軍各式防空飛彈系統表

名稱	射高或射程	性質
天弓三型防空飛彈	射高45公里	反制飛彈與戰機
愛國者三型飛彈	射高25公里	反制飛彈與戰機
天弓二型防空飛彈	射程200公里	反制戰機
陸射劍二飛彈	射程15公里	反制戰機、軍用直升機
雙聯裝刺針飛彈	射程4公里	反制戰機、軍用直升機
復仇者防空飛彈系統	射程4.8公里	反制戰機、軍用直升機
捷羚防空飛彈系統	射程8公里	反制戰機、軍用直升機

製表：記者吳書緯

資料來源：1.〈防禦系統〉《中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/catelogs_Middle.aspx?catelog_id=8。2.〈無人機威脅日增專家：我各型防空系統應整合〉《自由時報》，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/1580136>。



圖 3 轉移、疏散、機動



圖 4 隱蔽掩蔽



圖 5 地下化、洞庫化

圖片來源：1、〈漢光演習限定版戰車塗裝曝光 陸軍 M60A3 抹土偽裝現身〉《聯合報》，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%BC%A2%E5%85%89%E6%BC%94%E7%BF%92%E9%99%90%E5%AE%9A%E7%89%88%E6%88%B0%E8%BB%8A%E5%A1%97%E8%A3%9D%E6%9B%9D%E5%85%89%E9%99%B8%E8%BB%8Dm60a3%E6%8A%B9%E5%9C%9F%E5%81%BD%E8%A3%9D%E7%8F%BE%E8%BA%AB-135852381.html>。2、〈「漢光 38 號」Day1 第四作戰區機步 333 旅防空疏散戰力保存〉《青年日報》，<https://news.owlt.com/articles/133232>。3、〈模擬戰備 甲車衝出馬祖坑道（圖）〉《中央社》，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%A8%A1%E6%93%AC%E6%88%B0%E5%82%99%E7%94%B2%E8%BB%8A%E8%A1%9D%E5%87%BA%E9%A6%AC%E7%A5%96%E5%9D%91%E9%81%93%E5%9C%96-091101111.html>。

二、對建軍備戰之建言

（一）籌購反制無人機雷射武器：面對中共偵打一體的無人機，雷射武器被考慮用於對抗無人機，頻率干擾器被用來干擾無人機的通信系統，使其無法接收指令或回報訊息。雷射與微波武器可以是最優先選擇的反制武器類型，⁷⁵特點為射速快、攻擊成本便宜、準確攔截多個目標、無噪音、沒有彈藥補給或彈種問題且較少受到天候干擾，而此類型反制武器不會遺留飛彈殘骸或大量彈殼在戰場

74 國防安全小組，〈Link-22 數據鏈路對我聯合作戰之影響〉，《臺灣智庫國防安全》，2023 年 12 月 14 日，<https://voicetank.org/link-22%E6%95%B8%E6%93%9A%E9%8F%88%E8%B7%AF%E5%B0%8D%E6%88%91%E8%81%AF%E5%90%88%E4%BD%9C%E6%88%B0%E4%B9%8B%E5%BD%B1%E9%9F%BF1/>，檢索日期：2024 年 6 月 6 日。

75 賀增原、林傳凱、謝沛學，〈運用 CMO 模擬雷射反制無人機威脅之研究〉《陸軍後勤季刊》，DOI:10.53106/230674382022111114005，2022 年 11 月，頁 62 - 73。

上，因此被視為未來無人飛行載具的殺手鐮。我方可籌購有效高能雷射武器、防空系統或微波武器如次：

1. 美軍高能雷射武器系統「定向能量機動短程防空」(Direct Energy M – SHORAD, DEM – SHORAD)，安裝於史崔克輪型裝甲車，搭載 50 千瓦功率雷射可以摧毀無人機目標，目前美軍測試結果僅 10 公里內(如圖 6)。⁷⁶

2. 引進美國加州新創公司「無人機之敵」的微波戰車命名為史崔克－李奧尼達(Stryker Leonidas)，⁷⁷經美軍測試，成功證實可以摧毀單一無人機與多數無人機群，距離僅 300 – 5000 公尺。用於攔截、干擾或破壞無人機的通信和控制信號，這包括使用電子戰裝置來發射雜訊、瞬態干擾、頻率干擾等手段。此車輛也配備了先進的雷達系統，用於偵測無人機的存在，並提供其位置、速度和高度等訊息，此外，光學和紅外線感測器可用於追蹤目標，提供無人機的影像，同時在夜間或低光環境中也能進行追蹤；另有自主系統裝備了專門的導彈系統，能夠自動探測並擊落無人機，減輕人工操作的需求，這類裝置通常包括網羅器、撞擊器、或其他物理手段(如圖 7)⁷⁸

3. 美國「車載雷射武器，HELMD」系統能夠以超速度和準確性打擊目標，通過發射高能雷射光束擊落敵火箭、火炮、飛彈和無人機，但未透露相關參數(如圖 8)。⁷⁹

(二)採購無人機干擾系統：首先無人機干擾系統內預警雷達以偵獲、辨別、跟隨敵目標後運用射頻干擾器對無人飛行載具遙控頻段及圖傳系統執行干擾，⁸⁰能有效干擾無人機的控制系統和導航系統，使其失控墜機，而在不同的地理區域和戰術環境中，部署多種防禦系統以應對可能的無人機攻擊，建議採購無人機干擾系統如次：

1. 美國「陸戰隊空防整合系統」(MADIS)具 360 度雷達、光電及紅外線感測器與無線射頻干擾器。可以裝設在 Polaris MRZR 全地形車或軍車上的電子干

76 江飛宇，〈「光稜坦克」成軍，美國陸軍獲得 4 輛史崔克雷射防空車〉《中時新聞網》，2023 年 9 月 28 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230928004423-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 11 月 12 日。

77 江飛宇，〈新創公司展示「無人機之敵」的微波戰車〉《中時新聞網》，2023 年 10 月 16 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231016004314-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 10 月 16 日。

78 陳成良，〈反制無人機威脅，五角大廈著眼開發微波武器〉《自由時報》，2023 年 12 月 20 日，<https://def.lt.n.com.tw/article/breakingnews/4526958>，檢索日期：2024 年 1 月 20 日。

79 吳俊憲、蘇園展，〈共軍雷射武器發展對我影響與應處作為〉《海軍學術雙月刊》，第五十二卷第六期，2018 年 12 月 1 日，頁 120 – 132。

80 郭宏章，〈【2024 國防預算】國軍投資逾 50 億 購軍用商規無人機與反制手段並重〉《青年日報》，2023 年 8 月 31 日，<https://tw.news.yahoo.com/2024%E5%9C%8B%E9%98%B2%E9%A0%90%E7%AE%97%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E6%8A%95%E8%B3%87%E9%80%BE50%E5%84%84%E8%B3%BC%E8%BB%8D%E7%94%A8%E5%95%86%E8%A6%8F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%88%87%E5%8F%8D%E5%88%B6%E6%89%8B%E6%AE%B5%E4%B8%A6%E9%87%8D-085436376.html>，檢索日期：2023 年 9 月 26 日。

擾系統。⁸¹此系統能偵獲目標，自動辨別及追蹤入侵機場、關鍵設施或禁航區的無人飛行載具，⁸²如圖 9。

2.美國空軍微波武器名為「戰術高能作戰反擊系統」(Tactical High – power Operational Responder, THOR)，能一次擊毀大批無人機，瞬間癱瘓所設定空域裡的所有電子系統，是透過高功率微波擾亂電子設備，可干擾無人機通訊的能力，破壞無人機電子系統（如圖 10）。⁸³

（三）強化偽裝備及偽設施整備：偽裝作為對抗無人機是一種防範無人機攻擊的方法，使敵軍誤判目標達到欺敵效果，所謂「偽裝欺敵、隱真示假」是亙古不變的道理。委商製作高品質偽設施及偽裝備使用視覺、抗紅外線、雷達偽裝技術，使無人機難以被發現或辨識，這可能包括採用與原武器裝備相似的外觀、材料和顏色，因而從空中俯瞰，各項設施裝備呈現出與現地環境一樣的颜色。委商強化戰場偽裝，運用與時俱進之多功能性隱形及匿蹤之技術應用到偽裝設施上，協助完成各項裝備或設施的偽裝，可以是採用複合工藝材料、隱形吸波塗層、低噪音發動機、防紅外線反射型隔熱塗料或使用紅外線遮蔽技術，減少無人機對於熱能的感知，從而減低其紅外線導引武器的準確性，也可以減小偽裝設施表面縫隙，減少雷達反射面，使用強光或雷射，干擾或破壞無人機的光學感測系統，其難以正確感知目標，削弱無人機對地面的雷達探測能力，這可能包括使用雷達吸收材料、產生干擾信號或模糊雷達影像。亦可用充電錶面塗漆料，讓偽裝設施及裝備具有變色的特性，有鑑於偽裝發揮效益，使偽裝品質實用簡單及高效，軍方應投注巨額經費推展民間廠商一同協力偽裝作為。



圖 6 DEM-SHORAD

圖片來源：〈反制無人機的新選擇：雷射與微波武器的發展現況〉《鳴人堂》，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/7223381>；Leonardo

81 舒孝煌、許智翔，〈無人機反制概念與系統之發展〉《中共政軍與作戰概念研究所》，2023 年 11 月 11 日，<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202203/c1685867-7dc4-4608-9f63-922d42bee796.pdf>，檢索日期：2023 年 12 月 21 日。

82 〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《俄羅斯衛星通訊社》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 11 月 28 日。

83 陳俊村，〈美國空軍正研發反制無人機武器「索爾」〉《中央社》，2019 年 4 月 29 日，<https://www.epochtimes.com/b5/19/4/28/n11219130.htm>，檢索日期：2023 年 11 月 29 日。



圖 7 微波戰車 史崔克－李奧尼達（Stryker Leonidas）

圖片來源：〈新創公司展示「無人機之敵」的微波戰車〉《中時新聞網》，<https://www.chinatimes.com/realtime/news/20231016004314-260417?chdtv>；Epirus



圖 8 美國陸軍－HELMD 車載雷射武器

圖片來源：〈HEL－MD 利用車載雷射摧毀迫擊砲和無人機〉《NEW ATLAS》，<https://newatlas.com/hel-md-vehicle-mounted-laser-test/30116/>。



圖 9 陸戰隊空防整合系統

圖片來源：〈美「陸戰隊空防整合系統」實測防空戰力〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1626300&type=vision>。



圖 10 戰術高能任務回應機

圖片來源：〈反制無人機的新選擇：雷射與微波武器的發展現況〉《鳴人堂》，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/7223381>；（Tactical High－power Operational Responder, THOR）U.S. Air Force.



圖 11 多頻譜偽裝網（雷達波散射偽裝網）

圖片來源：〈新興先進技術〉《中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=252&catalog=39

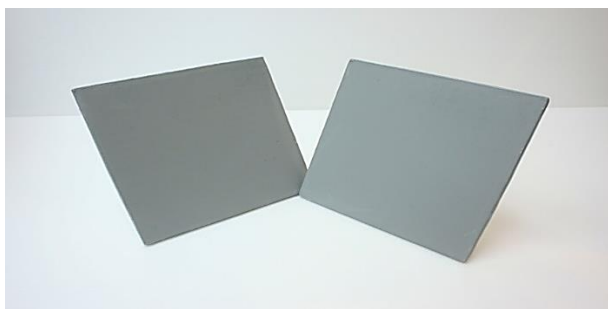


圖 12 結構匿蹤材料

圖片來源：〈新興先進技術〉《中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=252&catalog=39



圖 13 電磁波吸收材料

圖片來源：〈新興先進技術〉《中山科學研究院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=252&catalog=39

結語

中共近幾年來致力研發精進偵打一體及複合型功能的無人機，以 KVD-002 中空長航時無人機為例，該機是中共地面部隊第一種中大型無人偵察和攻擊機，具有良好能力，控制和維護方便以及多任務處理能力，亦可對地面目標實施精準打擊；⁸⁴ 也可能來支援作戰部隊，目前部分無人機也已撥交其軍隊使用。⁸⁵

84 舒孝煌、許智翔，〈無人載具的未來戰場關鍵角色〉《國防情勢特刊》，第 16 期，2022 年 3 月 28 日，頁 1-70。

85 陳柏宏，〈我國無人機軍事運用現況與未來發展〉《國防戰略與資源研究所》，2024 年 3 月 27 日，頁 37-46。

偵打一體無人機的問世無疑增添了部隊指揮官在戰場上對於偵察和打擊有更多元的運用，偵打一體無人機將發揮最大功能，其發展趨勢係現在各國及我方軍用無人機迫切的未來展望，甚至可透過軍工產業配合無人機人工智慧與自動判斷目標等性能提升，製造「即偵即打」等更高層次的無人飛行載具。⁸⁶從過往只單純的執行偵察，現在藉由增加飛彈等攻擊武器，躍升為達成作戰任務之偵察及攻擊，在戰場上提供部隊圖像情資並直接對敵打擊；另包括整合人工智慧技術，讓偵打一體無人機智慧化增加在戰場上對於偵察及攻擊力度提升，改變未來智慧化作戰模式來贏得勝利，形成戰場上奪取制空權的重要戰術，⁸⁷對未來戰爭影響甚鉅。

正視當前共軍偵打一體無人機威脅，規劃國軍建軍備戰整備，將作戰需求依緊急性及研發技術發展逐步籌獲反制裝備，⁸⁸並研發能夠自主探測、分析和擊毀敵方無人機的系統，可能包括精進通信系統的抗干擾能力，以減少無人機攻擊對通信的影響。同時，發展和應用電子戰技術，對抗敵方的無人機控制和通信系統。

近年中共為了超越西方國家軍事技術，積極運用技術掠取、軍民共融、培育人才、合作研究等作為，多次在國際航展上展現各種類型無人飛行載具，成為全球少數具有匿蹤隱形、酬載武器、超音速巡航及滯空時間長等研製能力國家。在技術能力與科技不斷成長下，無人飛行載具多元化運用，在未來將提升對我國防衛作戰之威脅，因此我國應賡續結合軍民技術或採購各式硬、軟式反制武器，總而言之，共軍未來如何使用偵打一體無人機協同各部隊實施作戰值得我們持續關注和研究，以作為陸軍評估未來我國防衛作戰因應作為的參考。

參考文獻

期刊

- 一、安東，〈澎湃中國心－直博會上的中國航發展品〉《兵工科技》，2023 年 1 月 9 日，西安。
- 二、舒孝煌、許智翔〈無人機反制概念與系統之發展〉《國防情勢特刊》，第 16 期，2022 年 3 月 28 日。
- 三、宋蔚泰，〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第五期，2017 年 10 月 1 日。
- 四、黃進華，王建升〈空軍短程防空部隊如何有效支援基地防衛作戰〉《空軍軍官雙月刊》，第 219 期，2021 年 8 月。
- 五、康曉嵐，〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉《戰略與評估》，第十一卷第一期，110 年 6 月。

86 游凱翔，〈齊立平：偵打一體、即偵即打發展無人機〉《中央社》2022 年 12 月 30 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202212300292.aspx>，檢索日期：2023 年 10 月 30 日。

87 康曉嵐，〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉《戰略與評估》，第十一卷第一期，2021 年 6 月，頁 73－106。

88 孫亦韜，〈中共無人飛行載具發展與運用〉《海軍學術雙月刊》，54 卷 2 期，2020 年 4 月，頁 6－21。

- 六、許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》，第五十一卷第五期，106年10月1日。
- 七、陳伯勳、黃鶴群、陸宇倫，〈輕型魚雷的發展現況與未來〉《海軍學術雙月刊》，第五十三卷第四期，108年8月1日。
- 八、吳蕙蘭，〈野戰防空網運用與精進作為〉《陸軍步兵季刊》，卷期233，2009年9月。
- 九、沈明室，〈來自空中的新威脅－無人飛機(UAV)的發展與運用〉《國防雜誌》，第十二卷第十二期，2023年10月19日。
- 十、蔡志銓，〈中共強化無人飛行載具發展及我海軍因應之作為〉《海軍學術雙月刊》，No.2 Vol.40，2023年10月11日。
- 十一、舒孝煌，〈中共無人機偵打支援能力評估〉《國防情勢特刊》，2022年11月15日。
- 十二、許文雄，〈共軍無人飛行載具發展與運用之研析〉《陸軍學術工兵半年刊》，第148期，2016年5月。
- 十三、謝佳良，〈中共無人機對臺海作戰威脅與因應之研究〉《陸軍學術雙月刊》，第五十九卷第589期，2023年6月。
- 十四、林穎佑，〈解放軍無人機的運用與對我之威脅〉《全球政治評論》，第八十二期，2023年4月。
- 十五、康曉嵐，〈無人飛行載具在防衛作戰運用的探討〉《戰略與評估》，第十一卷第一期，110年6月。
- 十六、葉原松，〈無人飛行載具遂行海上監偵任務之研究〉《海軍學術雙月刊》，第52卷第2期，107年4月1日。
- 十七、陳律萍、徐名敬，〈中國大陸無人機集群作戰發展之研究〉《空軍學術雙月刊》，第680期，2021年2月。
- 十八、葉原松，〈無人飛行載具遂行海上監偵任務之研究〉《海軍學術雙月刊》，第五十二卷第二期，107年4月1日。
- 十九、于成森、蕭新武，〈中共反介入戰略對我防衛作戰影響之研析〉《National Defense》，10.6326/NDJ.201429(3).3，Journal VOL.29, No.3, MAY 2014。
- 二十、蔡志銓，〈中共軍事威脅對我國家安全情勢發展之研析〉《海軍學術雙月刊》第五十二卷第二期，第五十二卷第二期，107年4月1日。
- 廿一、邱詠涵，〈中共察打一體無人機發展之研究〉《國防大學政治作戰學院中共軍事事務研究所》，碩士論文，109年6月。
- 廿二、許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，2017年10月6日。
- 廿三、宋蔚泰，〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，2017年10月6日。
- 廿四、唐承平，〈反制中共巡弋飛彈具體作為之研究〉《陸軍砲兵季刊》，第192期，2021年3月。

- 廿五、賀增原、林傳凱、謝沛學，〈運用 CMO 模擬雷射反制無人機威脅之研究〉《陸軍後勤季刊》，2022 年 11 月。
- 廿六、吳俊憲、蘇園展，〈共軍雷射武器發展對我影響與應處作為〉《海軍學術雙月刊》，第五十二卷第六期，107 年 12 月 1 日。
- 廿七、舒孝煌、許智翔，〈無人載具的未來戰場關鍵角色〉《國防情勢特刊》，第 16 期，2022 年 3 月 28 日。
- 廿八、陳柏宏，〈我國無人機軍事運用現況與未來發展〉《國防戰略與資源研究所》，2024 年 3 月 27 日。

網際網路

外文

- 一、General Atomics，〈MQ－9 Reaper〉《U.S.Air Force》，2022 年 8 月 31 日 https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper，檢索日期：2024 年 6 月 9 日
- 二、General Atomics，〈MQ－9B SeaGuardian®: Redefining Maritime Domain Operations〉《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2022 年 8 月 31 日，<https://www.ga-asi.com/mq-9b-seaguardian-redefining-maritime-domain-operations>，檢索日期：2024 年 6 月 9 日。
- 三、〈AR－1 Missile〉《GlobalSecurity.org》，2021 年 8 月 1 日，<https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ar-1.htm>，檢索日期：2023 年 10 月 17 日。
- 四、〈MQ－9B SeaGuardian®: Redefining Maritime Domain Operations〉《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2024 年 4 月 8 日，<https://www.ga-asi.com/mq-9b-seaguardian-redefining-maritime-domain-operations>，檢索日期：2024 年 4 月 23 日。
- 五、〈MQ－9B SeaGuardian®〉，《GENERAL ATOMICS AERONAUTICAL》，2024 年 4 月 8 日，〈<https://www.ga-asi.com/remotelypiloted-aircraft/mq-9b-seaguardian>〉，檢索日期：2024 年 4 月 23 日。

中文

- 一、王亞男，〈中印邊境新打法，解放军“開地圖”先鋒已出現，印軍最好小心頭頂〉，《中國國防報》，2023 年 9 月 19 日。
- 二、彭冰潔，〈第 9 版兵器大觀：中國智造點亮未來天空〉《解放軍報》，2023 年 9 月 22 日 http://www.81.cn/szb_223187/szbxq/index.html?paperName=jfjb&paperDate=2023-09-22&paperNumber=09&articleid=915872，檢索日期：2024 年 6 月 8 日。
- 三、張國威，〈彩虹－4 轟 IS 助伊政府軍奪回重鎮〉《中時新聞網》，2015 年 12 月 11 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BD%A9%E8%99%B9%E8%BD%9F%E5%8A%A9%E4%BC%8A%E6%94%BF%E5%BA%9C%E8%BB%8D%E5%A5%AA%E5%9B%9E%E9%87%8D%E9%8E%A%E-215006990--finance.html>，檢索日期：2024 年 6 月 9 日。

- 四、陳嫻蓉，〈中國報仇了！巴基斯坦用「彩虹 4」無人機清剿俾路支解放軍造成重創〉《Newtalk 新聞》，2023 年 1 月 6 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%A0%B1%E4%BB%87%E4%BA%86-%E5%B7%B4%E5%9F%BA%E6%96%AF%E5%9D%A6%E7%94%A8-%E5%BD%A9%E8%99%B9-4-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%B8%85%E5%89%BF%E4%BF%BE%E8%B7%AF%E6%94%AF%E8%A7%A3%E6%94%BE%E8%BB%8D-023813619.html>，檢索日期：2023 年 11 月 23 日。
- 五、江飛宇，〈沙烏地空軍的大陸製彩虹無人機被胡塞叛軍擊落〉《中時新聞網》，2020 年 12 月 27 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20201227004050-260417?chdtv>，檢索日期：2024 年 6 月 9 日。
- 六、王育偉，〈共軍 BZK - 005 無人機繞台飛行台、日均掌握動態〉《中央社》，<https://www.rti.org.tw/news/view/ld/2178126>，發布日期：2023 年 8 月 29 日。
- 七、李宗芳，〈彩虹無人機首次披露航瑞公司的重油發動機〉《奇摩新聞》，2022 年 11 月 03 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%BD%B1-%E7%8F%A0%E6%B5%B7%E8%88%AA%E5%B1%95%E5%80%92%E8%A8%88%E6%99%82-%E5%BD%A9%E8%99%B9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E9%A6%96%E6%AC%A1%E5%85%A8%E8%AD%9C%E7%B3%BB%E4%BA%AE%E7%9B%B8-074633080.html>，檢索日期：2023 年 10 月 13 日。
- 八、軍武中心，〈陸軍擁第二個彩虹 - 4 旅，解放軍向全球秀無人機實力〉《ETtoday 新聞雲》，2023 年 10 月 20 日，<https://www.ettoday.net/news/20231007/2597625.htm#ixzz8Jt0QqWIN>，檢索日期：2023 年 10 月 25 日。
- 九、何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《環球時報》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2023 年 11 月 02 日。
- 十、〈光大證券軍用無人機產業深度報告：作戰新勢下深度部署，萬里長空上曙光初露〉《遠瞻智庫》，2023 年 1 月 31 日，https://www-fhyanbao-com.translate.goog/rpview/734061?_x_tr_sl=zh-CN&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc，檢索日期：2023 年 12 月 27 日。
- 十一、蕭秉儀、馮浩宇〈共機連闖 8 處中線，彩虹 4 型無人機繞台挑釁〉《台視新聞網》，2023 年 5 月 12 日，<https://news.ttv.com.tw/news/11205120032300L/amp>，檢索日期：2023 年 11 月 12 日。
- 十二、王育偉，〈共軍 BZK - 005 無人機繞台飛行，台、日均掌握動態〉《中央社》，2023 年 8 月 29 日，<https://www.rti.org.tw/news/view/ld/2178126>，檢索日期：2023 年 12 月 29 日。
- 十三、何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《亞洲時報》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2024 年 1 月 20 日。

- 十四、〈【社論】自製軍購並進強化國軍無人機戰力〉《青年日報》，2023 年 5 月 17 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1586988&type=%E8%AB%96%E5%A3%87>，檢索日期：2023 年 9 月 28 日。
- 十五、台北 8 日電，〈中共若武力犯台，戰略專家示警無人機是戰場主力〉《中央社》，2023 年 7 月 8 日，https://udn.com/news/story/10930/7286684?from=udn-relatednews_ch2，檢索日期：2023 年 10 月 8 日。
- 十六、TrendForce，〈TrendForce：全球軍用無人機需求持續攀升，預估 2023 年全球市場規模可達 197 億美元〉，《新聞中心新興科技》，2022 年 12 月 7 日，<https://www.trendforce.com.tw/presscenter/news/20221207-11489.html>，檢索日期：2023 年 12 月 17 日。
- 十七、經濟部航太產業發展推動小組，〈現行最強！我向美採購 MQ－9B 海上衛士無人機首批 2 架 2026 年抵台〉，《中時新聞網》，2022 年 9 月 8 日，<https://www.casid.org.tw/NewsView01.aspx?NewsID=5e8647b1-e76a-468a-aeec-a0d075625fbd>，檢索日期：2023 年 10 月 8 日。
- 十八、曾仸榮、楊玟欣〈「2022 移動式衛星通訊國際供應鏈結線上論壇」即將登場，國際大廠齊聚，低軌衛星最新商機大揭密〉《工業技術研究院》，2022 年 7 月 18 日，https://www.iti.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036276263153520257&MGID=111071815503848053，檢索日期：2023 年 11 月 28 日。
- 十九、徐榆涵，〈造價 9.6 億！美軍第 2 架 MQ－9 無人機遭葉門叛軍擊落〉《聯合報》，2024 年 2 月 21 日，<https://udn.com/news/story/6811/7781850>，檢索日期：2024 年 2 月 27 日。
- 二十、黃雅詩，〈獨家〉騰雲無人機滯空突破 20 小時，具全天候監控台海能力〉，《自由時報》，2023 年 12 月 23 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4530283>，檢索時間：2024 年 1 月 2 日。
- 廿一、黃雅詩，〈騰雲二型無人機繞島測飛 學者：國防自主里程碑〉《中央社》，2022 年 6 月 26 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202206260156.aspx>，檢索時間：2023 年 11 月 11 日。
- 廿二、游太郎，〈騰雲無人機地面導控站首公開 劍翔俯衝攻擊畫面亮相〉《僑務電子報》，2023 年 8 月 21 日，<https://ocacnews.net/article/348092>，檢索時間：2023 年 12 月 23 日。
- 廿三、何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉，《環球時報》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。
- 廿四、朱明，〈美建議無人機改裝－S－2T 反潛機發動機軍方漠視虛耗 30 億公帑〉《中國國防報》，2019 年 6 月 4 日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=64600，檢索日期：2024 年 1 月 14 日。
- 廿五、陳治程，〈可與美製 MQ－9 無人機混搭，中科院揭露騰雲無人機海上監

- 偵畫面〉《自由時報》，2019 年 9 月 15 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4429274>，檢索日期：2024 年 2 月 15 日。
- 廿六、何偉，〈解放軍的 KVD002 無人機對台灣構成威脅〉《戰略研究所》，2023 年 9 月 20 日，<https://blog.udn.com/H101094880/179911576>，檢索日期：2023 年 9 月 20 日。
- 廿七、〈彩虹 6 比美國 MQ-9B 有何優勢？〉《人民日報》，2024 年 6 月 9 日，<https://min.news/zh-hant/military/849e6e0e5be4947baed80120a1426c9b.html>，檢索日期：2024 年 6 月 15 日。
- 廿八、舒孝煌，〈【韜略談兵】MQ-9B 海上衛士 滯空偵巡〉，《青年日報》，2023 年 8 月 24 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1609692&type=76>，檢索日期：2023 年 10 月 15 日。
- 廿九、陳成良，〈提升偵蒐戰力 加拿大擬採購 MQ-9B「海上衛士」無人機〉《自由時報》，2023 年 9 月 26 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4440425>，檢索時間：2023 年 10 月 16 日。
- 三十、呂炯昌，〈最強海上巡邏無人機！MQ-9B 國防展首度展出〉《中央社》，2023 年 9 月 16 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%9C%80%E5%B7%B7%E6%B5%B7%E4%B8%8A%E5%B7%A1%E9%82%8F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-mq-9b%E5%9C%8B%E9%98%B2%E5%B1%95%E9%A6%96%E5%BA%A6%E5%B1%95%E5%87%BA-105246094.html>，檢索時間：2024 年 3 月 10 日。
- 卅一、〈彩虹 6 比美國 MQ-9B 有何優勢〉《人民日報》，2024 年 6 月 9 日，<https://min.news/zh-hant/military/849e6e0e5be4947baed80120a1426c9b.html>，檢索時間：2024 年 1 月 24 日。
- 卅二、游太郎，〈獨家〉騰雲無人機滯空突破 20 小時具全天候監控台海能力〉《自由時報》，2023 年 12 月 23 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4530283>，檢索時間：2023 年 12 月 30 日。
- 卅三、茂柏，〈建構多層次防禦 反制無人機威脅〉《青年日報》，2023 年 4 月 <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1575884&type=forum>，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。
- 卅四、謝沛學助理研究員〈建構多層次防禦 反制無人機威脅〉，《青年日報》，2023 年 4 月 1 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1575884&type=forum>，檢索日期：2023 年 10 月 22 日。
- 卅五、閻嘉琪，〈詳解國產 AR 系列導彈：使彩虹無人機如虎添翼〉《人民網軍事》，2018 年 11 月 8 日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2018/1108/c1011-30389592.html>，檢索日期：2018 年 11 月 8 日。
- 卅六、張謙，〈陸彩虹 5 無人機試飛成功進入量產〉《中央社》，2017 年 7 月 15 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E9%99%B8%E5%BD%A9%E8%99%B9%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%A9%A6%E9%A3%9B%E6%88%90%E5%8A%9F-%E9%80%B2%E5%85%A5%E9%87%8F%E7%94%A2-015152869.html>，檢索日期：2024 年 1 月 15 日。

- 卅七、陳治程，〈加入 Link - 16 系統空軍買 MQ - 9B 無人機決標金額略增 1 億元〉《自由時報》，2023 年 12 月 4 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4510013>，檢索日期：2023 年 12 月 24 日。
- 卅八、楊幼蘭，〈可武裝地獄火 騰雲無人機隊將巡防台海岸線〉《中時電子報》，2018 年 9 月 4 日，<https://www.casid.org.tw/NewsView01.aspx?NewsID=f50b6551-60e6-466c-9b59-ac52156f519b>，檢索日期：2023 年 9 月 24 日。
- 卅九、吳明杰，〈無法發射地獄火飛彈，「騰雲」無人機將掛載國造遠距遙攻武器〉《亞洲時報》，2018 年 1 月 3 日，<https://www.storm.mg/article/391242?page=1>，檢索日期：2024 年 1 月 3 日。
- 四十、游凱翔，〈齊立平：偵打一體、即偵即打 發展無人機〉《中央通訊社》，2022 年 12 月 30 日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202212300292.aspx>，檢索日期：2023 年 12 月 15 日。
- 四十一、陳柏宏，〈我國無人機軍事運用現況與未來發展〉《國防戰略與資源研究所》，2022 年 3 月，<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202203/c01eb154-30ae-478e-8e6201ba942f26e1.pdf>，檢索日期：2023 年 10 月 13 日。
- 四十二、〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《解放軍報》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 10 月 20 日。
- 四十三、許邁德，〈無人機時代來臨 改變戰場態勢〉《青年日報》，2023 年 2 月 28 日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1568271&type=forum>，檢索日期：2023 年 12 月 11 日。
- 四十四、陳成良，〈攔截 1 次 112 元！以色列加速部署「鐵束」雷射系統〉《軍武頻道》，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4459894>，發布日期：2023 年 10 月 16 日。
- 四十五、曾復生，〈國際無人機軍備競賽與戰略意涵研析〉《國政基金會》，2023 年 4 月 20 日，<https://www.npf.org.tw/2/25746>，檢索日期：2024 年 1 月 15 日。
- 四十六、〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《俄羅斯衛星通訊社》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 10 月 1 日。
- 四十七、高志榮，〈講武堂 - 高志榮：俄烏戰爭中電子戰運用與影響〉《自由時報》，2023 年 10 月 22 日，https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4463625?utm_campaign=MOREPAGE&utm_source=DEF&utm_medium=1，檢索日期：2023 年 11 月 24 日。
- 四十八、國防安全小組，〈Link - 22 數據鏈路對我聯合作戰之影響〉《臺灣智庫國防安全》，2023 年 12 月 14 日，<https://voicetank.org/link-22%E6%95%B8%E6%93%9A%E9%8F%88%E8%B7%AF%E5%B0%8D%>

E6%88%91%E8%81%AF%E5%90%88%E4%BD%9C%E6%88%B0%E4%B9%8B%E5%BD%B1%E9%9F%BF1/，檢索日期：2024 年 6 月 6 日。

四十九、江飛宇，〈「光稜坦克」成軍，美國陸軍獲得 4 輛史崔克雷射防空車〉《中時新聞網》，2023 年 9 月 28 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230928004423-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 1 月 12 日。

五十、江飛宇，〈新創公司展示「無人機之敵」的微波戰車〉《中時新聞網》，2023 年 10 月 16 日，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231016004314-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 10 月 16 日。

五十一、陳成良，〈反制無人機威脅，五角大廈著眼開發微波武器〉《自由時報》，2023 年 12 月 20 日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4526958>，檢索日期：2024 年 1 月 20 日。

五十二、郭宏章，〈【2024 國防預算】國軍投資逾 50 億 購軍用商規無人機與反制手段並重〉《青年日報》，2023 年 8 月 31 日，<https://tw.news.yahoo.com/2024%E5%9C%8B%E9%98%B2%E9%A0%90%E7%AE%97%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E6%8A%95%E8%B3%87%E9%80%BE50%E5%84%84%E8%B3%BC%E8%BB%8D%E7%94%A8%E5%95%86%E8%A6%8F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%88%87%E5%8F%8D%E5%88%B6%E6%89%8B%E6%AE%B5%E4%B8%A6%E9%87%8D-085436376.html>，檢索日期：2023 年 9 月 26 日。

五十三、舒孝煌、許智翔，〈無人機反制概念與系統之發展〉《中共政軍與作戰概念研究所》，2023 年 11 月 11 日，<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202203/c1685867-7dc4-4608-9f63-922d42bee796.pdf>，檢索日期：2023 年 12 月 21 日。

五十四、〈中國陸軍推出首款察打一體無人機系統 KVD002〉《俄羅斯衛星通訊社》，2023 年 9 月 18 日，<https://sputniknews.cn/20230918/1053451063.html>，檢索日期：2023 年 11 月 28 日。

五十五、陳俊村，〈美國空軍正研發反制無人機武器「索爾」〉《中央社》，2019 年 4 月 29 日，<https://www.epochtimes.com/b5/19/4/28/n11219130.htm>，檢索日期：2023 年 11 月 29 日。

作者簡介

林玉倫少校，專業軍官班 98 年班、步校正規班 101 年班；曾歷任排長、副連長、連長、情報官、反情報官，現就讀於國防大學陸軍指參學院。