

俄烏戰爭無人機應用於觀測作業之我見

作者：王昱翔、曾裕峯

提要

- 一、近年戰爭型態的改變及戰場透明化，隱匿部隊機動愈趨困難，觀測人員使用傳統方式抵達前線，實施搜索敵軍目標亦是難度增加，除效率不高，亦擴大人員傷亡風險。
- 二、觀察俄烏戰爭實況，發現雙方大量使用無人機尋找敵方位置，並導引砲兵部隊實施精確打擊或射彈修正，故運用無人機實施觀測，已成為現今戰場趨勢。
- 三、筆者期許借鏡俄烏戰爭中之現況觀察，配合當前國家政策發展，針對我國砲兵未來無人機觀測裝備發展，提出個人觀察結果及建議。

關鍵詞：俄烏戰爭、無人機、衛星定位、反無人機系統

前言

在過去的數年，無人機技術持續迅速發展，由最初的軍事應用逐漸擴展到商用領域的各個層面，包括娛樂、攝影、測繪、農業和物流等各個領域；隨著技術的不斷創新和進步，在近期戰爭中，無人機又再被廣泛運用於軍事用途，國軍砲兵如能加以運用，可大幅提升戰力及射擊精準度。

無人機發展及應用

一、無人機軍事運用方式

現今科技發展迅速，無人機運用於軍事方面，已具備相當多用途，目前大致可分為靶機、偵察、標定、中繼、電子戰、偵打一體及後勤補給等方式，相關應用方式依筆者觀察，區分說明如次：¹

（一）武器測試與訓練：無人機最開始為應用於打靶使用，2018年解放軍海軍於南海演習更是使用無人靶機進行模擬導彈攻擊演練，以提升實戰化訓練效果。

（二）偵察及監視敵軍：此種運用方式是最為常見的方式，無人機於空中進行偵察及監視，效率遠超過使用人員搜索，並且不易發現。

（三）標定與戰損評估：無人機可進行攻擊目標位置標定、座標回傳、精準砲彈導引及戰損評估，可提高效率與精準打擊目標。

（四）數據中繼及傳輸：無人機進行任務時，常需要遠距離數據傳輸及通信，因此，部分任務使用數臺無人機執行任務，其中包含中繼載臺，或是提供地面通信中繼使用。

1 全球防衛雜誌，〈美中無人機的後勤發展與應用，台灣如何借鏡？〉，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/7141161>，檢索日期：2024年2月16日。

(五) 電子戰干擾運用：無人機可用於進行電子戰，特別在現今高科技武器裝備發展下，運用於電戰反制時，可於資訊化戰場上取得絕對優勢。

(六) 壓制敵軍雷達：運用反輻射無人機，輔助壓制敵軍雷達系統，具備雷達波尋標器及彈頭。例如，我國自行研發劍翔反輻射無人機當臺海衝突之際，²可直接攻擊高價值目標。

(七) 偵打一體：高階無人機可用於遠距離作戰中的力量投射，運用其長航程的特性，可掛載各式精準彈藥，實施視距外攻擊，向前延伸攻擊範圍，另一種方式則為自殺式攻擊，無人機本身即為炸彈，發現目標後，飛向目標攻擊。

(八) 後勤補給：無人機具快速、準確性和靈活性等優勢，針對緊急料件或補給品可直接採取小群多路方式，有效配送至單位。

二、俄烏戰爭無人機運用

俄烏戰爭自 2022 年 2 月 24 日爆發開始，俄軍初期運用兵力及火力的優勢，以多管火箭及導彈密集轟炸烏克蘭，迅速佔領赫爾松等重要城市，然後續北約國家不斷援助烏軍各項武器後，開始有了局勢上的逆轉，其中無人機扮演著功不可沒的角色，俄烏戰爭又被認為堪稱是第一場無人機之戰，因雙方都大量使用無人機進行各種戰術上的應用，惟戰爭仍在進行，雙方公開資訊蒐集不易，筆者僅就俄羅斯及烏克蘭雙方於作戰期程，較常將無人機運用於砲兵觀測之機型特點及運用上之差異實施比較。

(一) 俄羅斯

1. 格拉納特「Granat-1」(圖 1)：翼展 81 公分，起飛重量 2.5 公斤，最大飛行速度 120 公里/小時，最大飛行高度 3,000 公尺，續航 1 小時 30 分鐘，作業半徑 10 公里，動力採用電力系統，該型無人機使用模組化感測器套件，指揮官可根據任務和條件自訂感測器，俄羅斯已將格拉納特「Granat-1」納入姆斯塔 S (Msta-S) 自走砲兵營，該款無人機可以非常快速地定位和發射（小於 20 分鐘），運用數位通訊通道將目標座標回傳給指揮所。³

2. 塔克翁 (Takhion) (圖 2)：翼展 200 公分，起飛重量 25 公斤，最大飛行速度 100 公里/小時，最大飛行高度 4,000 公尺，續航 6 小時，作業半徑 40 公里，動力採用電力系統，⁴該款無人機早在 2016 年開始在駐亞美尼亞軍事基地服役，與 Orlan-10 無人機相同，配屬於 Msta-B 牽引砲單位，負責實施目標偵

2 吳書緯，〈國防 MIT 反輻射「劍翔」進化 2 款新攻擊型無人機首曝光〉，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/4239029>，檢索日期：2024 年 2 月 16 日。

3 defencerussia，〈Central Military District Artillery applied “Granat-1” UAV〉，<https://defencerussia.wordpress.com/2014/07/03/central-military-district-artillery-applied-granat-1-uav>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。

4 RUSSIAN NEWS AGENCY，〈Russia's latest recon drones successfully employed in Ukraine operation — source〉，<https://tass.com/politics/1545685>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。

察及標定，為砲兵部隊提供敵方精確為置。⁵

3.海鷹-10 (Orlan-10) (圖3)：翼展 130 公分，起飛重量 14 公斤，最大飛行速度 150 公里/小時，最大飛行高度 5,000 公尺，續航 18 小時，作業半徑 140 公里，動力採用燃油引擎，⁶ Orlan-10 通常由三架無人機「集群」使用，第一架無人機在 1 至 1.5 公里的高度進行光學偵察，第二架無人機執行電子情報或電子戰的功能，遠處的第三架無人機充當前兩架的通信中繼器，因此在俄烏戰爭中可以看見，當其發現目標之後 3 至 5 分鐘實施火炮攻擊。⁷該機種具備多種不同型式，可支援多種任務，其中可用於目標定位機型式如次：

(1) 無線電技術 (Global System for Mobile Communications, GSM) 情報、光學、紅外偵察型：該型無人機搭載 GSM 900/1800 頻段的電子智能模組，可以執行無線電偵察、攔截敵人對話，及檢測到攜帶智慧型手機的烏克蘭士兵的坐標，還可以阻止有效範圍 6 公里內的通信，甚至可以向敵方士兵發送宣傳投降手機簡訊，進行心理戰。⁸

(2) 日間偵察型：該無人機在陀螺穩定平台上配備了旋轉攝像鏡頭及相機，⁹另外還配備了雷射導引設備，可配合俄羅斯 152 公厘精準導引砲彈「紅土地」(圖4)以雷射導引方式實施攻擊，該砲彈以尾翼穩定配合雷射精準導引，在飛行的最後階段，可自動調整的空氣動力舵對軌跡進行修正，有效射程為 20 至 25 公里。¹⁰

(3) 雷達和無線電台偵測型：此型號使用微型電子偵察站偵測敵方指揮所、通訊站、火炮陣地和多管火箭系統，但最新的無人機火炮偵察系統的主要用途是探測北約反砲兵雷達的座標，如 AN/TPQ-36、AN/TPQ-48，此型號的無人機會與俄羅斯的砲兵部隊進行直接連接通信，以便在探測到雷達或無線電台後儘快對其進行攻擊。¹¹

5 Defence & Security News – Russia, 〈Russian army artillery units use Takhion mini-UAV to perform reconnaissance missions〉, https://armyrecognition.com/july_2016_global_defense_security_news_industry/russian_army_artillery_units_use_takhion_mini-uav_to_perform_reconnaissance_missions_11007162.html, 2023 年 11 月 13 日。

6 Alan Chen, 〈飛行單眼相機，俄羅斯 Orlan-10 偵查無人機構造簡陋令烏軍傻眼〉, <https://technews.tw/2022/04/12/ukrainian-teared-down-an-russian-orlan-10-drone-and-dound-canon-camera-inside/>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。

7 〈海鷹-10 無人機〉, <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B5%B7%E9%B9%B0-10%E6%97%A0%E4%B%A%E6%9C%BA>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。

8 Ashish Dangwal, 〈Russia Is 'SMS Bombing' Ukrainian Troops With Orlan-10 UAVs; Claims Intercepting Enemy Conversations & Positions〉, <https://www.eurasiantimes.com/russia-is-sms-bombing-ukrainian-troops-with-orlan-10-uavs/>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。

9 同註 11

10 張威翔, 〈千萬別抬頭！無人機制導 俄全新 152 毫米精準導引砲彈〉, <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230523005856-260417?chdtv>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

11 Алексей Рамм, 〈Российская артиллерия получит беспилотники для борьбы с радарми〉, <http://iz.ru/news/636937>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。



圖 1 Granat-1

資料來源：defencerussia，〈Central Military District Artillery applied “Granat-1” UAV〉，<https://defencerussia.wordpress.com/2014/07/03/central-military-district-artillery-applied-granat-1-uav/>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。

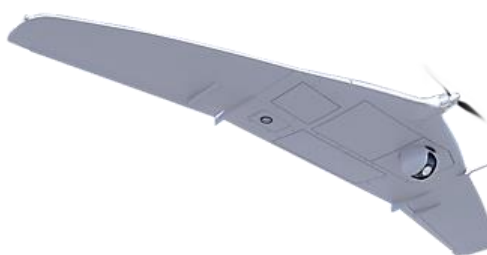


圖 2 Takhion

資料來源：塔克翁，<https://fr.wikipedia.org/wiki/Takhion>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。



圖 3 Orlan-10

資料來源：Amos Chapple，〈The Drones Of The Ukraine War〉，<https://www.rferl.org/a/ukraine-russia-invasion-drones-war-types-list/32132833.html>，檢索日期：2023 年 11 月 14 日。



圖 4 紅土地精準導引砲彈

資料來源：張威翔，〈千萬別抬頭！無人機制導俄全新 152 毫米精準導引砲彈〉，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230523005856-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

（二）烏克蘭

1. 鵲式 (Leleka-100) (圖 5)：翼展 246 公分，起飛重量 6 公斤，最大飛行速度 120 公里/小時，最大飛行高度 1,500 公尺，續航 2.5 小時，作業半徑 100 公里，動力採用電力系統，¹²Leleka-100 最大特點是具備自動控制能力，不但減輕操作者負擔，更能將精力集中在分析無人機所獲得的各項情資及數據，為降低遭敵方反偵察發現，無人機系統也能在保持無線訊號靜默的狀態下起飛，隨時可開關視訊傳輸功能，並具有反電戰系統及優異的抗干擾能力。¹³

2. 人民無人機 2 號 (PD-2) (圖 6)：翼展 500 公分，起飛重量 55 公斤，最大飛行速度 140 公里/小時，最大飛行高度 4,700 公尺，續航 8 小時，作業半徑 180 公里，動力採用油電混合，該款無人機特色為採用模組化設計，機身部件均以「快速連桿鎖」固定，可在 15 分鐘內組裝完成，並以垂直起飛至一定高度後，改以後螺旋槳給予機身動力，以定翼方式飛行，節省能源損耗。¹⁴

3. 飛眼 (Flyeye) (圖 7)：翼展 360 公分，起飛重量 12 公斤，最大飛行速度 120 公里/小時，最大飛行高度 3,500 公尺，續航 2.5 小時，作業半徑 50 公里，動力採用電力系統，¹⁵自 2017 年以來，波蘭一直向烏克蘭提供這類無人機，除了遂行目標位置標定任務外，其可搭載火砲聲源探測器，也稱為聲學向量感測器 (Acoustic Vector Sensor, AVS, AVS)，其主要作用是能夠指示敵方射擊方向，精度為 1 度，該系統能夠偵測最遠距離為 3 公里的火砲和火箭砲，以及最遠 2 公里的機槍陣地和狙擊手，無人機操作員能夠檢測和追蹤砲擊/射擊的來源，並回傳指揮所，提高反擊能力。¹⁶

4. 輔助軟體：為使無人機在觀測上發揮最其效用，烏克蘭民間公司也自行研發多款運用於無人機的輔助軟體，如目標標定、火力協調及戰場管理等，因其公開資訊有限，筆者僅就該國網路公布影片，較符合用於輔助砲兵射擊所需軟體「ComBat Vision」，以作為後續建案需求之參考，於圖 8 的畫面中可以看到左半邊為無人機鏡頭視角，右半邊為建置在軟體內的衛星空照圖，圖 9 為飛至目標區如發現敵軍，可於左半邊視窗點選目標位置後，選擇該目標的軍隊符號標示

12 ArmyTechnology, 〈Leleka-100 Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Ukraine〉, <https://www.army-technology.com/projects/leleka-100-unmanned-aerial-vehicle-uav-ukraine/?cf-view&cf-closed>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

13 陳成良, 〈Leleka-100 無人機+「神劍」發威 絕殺俄軍影片曝光〉, <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4099836>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

14 Ukrspecsystems, 〈PD-2 unmanned aerial system〉, <https://ukrspecsystems.com/drones/pd-2-uas>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

15 WB GROUP, 〈FLYEYE Unmanned Aerial System〉, https://www.wbgroup.pl/app/uploads/2017/06/flyeye_eng_large_21q03.pdf, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

16 JAKUB PALOWSKI, 〈Flyeye UAV's With Acoustic Detection System for Detecting Shots Fired by Artillery And Small Arms〉, <https://defence24.com/flyeye-uavs-with-acoustic-detection-system-for-detecting-shots-fired-by-artillery-and-small-arms>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

並儲存，軟體具備量測角度及距離功能如圖 10，圖 11 右半邊紅線部分為無人機所顯示的視界，所有功能僅需使用平板操作，毋需大型導控台攜帶便利。¹⁷

三、小結

搜尋兩國網路公開資訊，俄羅斯砲兵較多以無人機標定目標位置及精準導引砲彈之資訊，反觀烏克蘭公開資訊可見其開發許多可提升作戰效率的輔助軟體，然此為網路公開資訊，並無法代表俄羅斯即不具備相似軟體，綜整兩國公開情資使用無人機方式實施比較，飛行速度均在 100km/h 以上，平均作業高度在 3-4km，作業半徑約在 80km，續航約為 6hr，並可看出續航力以燃油較佳，混合動力次之，彙整如表 1。



圖 5 鸛式 (Leleka-100)

資料來源：陳成良，〈Leleka-100 無人機+「神劍」發威 絕殺俄軍影片曝光〉，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4099836>，檢索日期：2023 年 11 月 15 日。



圖 6 PD-2

資料來源：Ukrspesystems，〈PD-2 unmanned aerial system〉，<https://ukrspesystems.com/drones/pd-2-uas>，檢索日期：2023 年 11 月 15 日。



圖 7 Flyeye

資料來源：WB GROUP，〈FLYEYE Unmanned Aerial System〉，https://www.wbgroup.pl/app/uploads/2017/06/flyeye_eng_large_21q03.pdf，檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

17 @combat.vision，〈ComBat Vision〉，<https://www.youtube.com/@combat.vision/videos>，檢索日期：2024 年 4 月 8 日。



圖 8

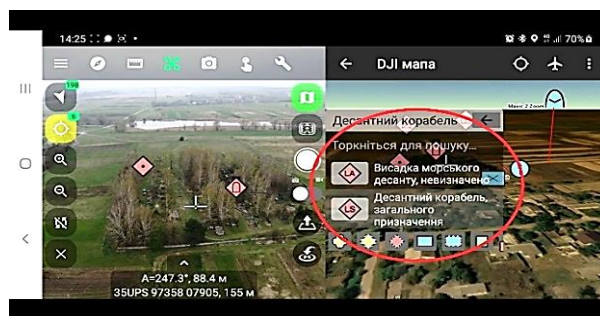


圖 9



圖 10

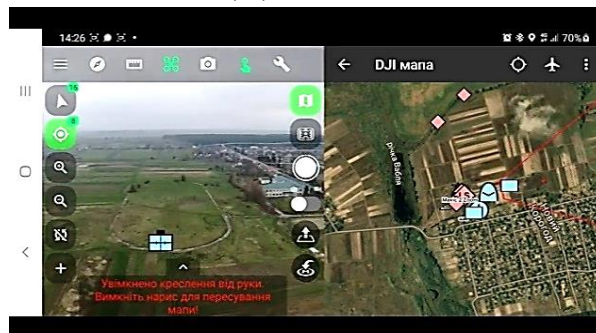


圖 11

資料來源：@combat.vision，〈ComBat Vision〉，<https://www.youtube.com/@combat.vision/videos>，檢索日期：2024 年 4 月 8 日。

表 1 俄烏戰爭無人機運用機型比較表

國家	機型	翼展 cm	速度 km/h	高度 km	半徑 km	續航 hr	動力	戰術運用
俄羅斯	Granat-1	81	120	3	10	1.5	電力	除了以觀測鏡頭搜索目標外，部分機型酬載電子偵蒐裝備，以無線電訊號定位敵方位置後實施攻擊。
	Takhion	200	100	4	40	6	電力	
	Orlan-10	130	150	5	140	18	燃油	
烏克蘭	Leleka-100	246	120	1.5	100	2.5	電力	運用民間公司開發輔助軟體，無人機標定目標位置後，可運用軟體分享情資，使戰場透明化。
	PD-2	500	140	4.7	180	8	混合	
	Flyeye	360	120	3.5	50	2.5	電力	

資料來源：筆者自行繪製

國軍野戰砲兵觀測運用限制

國軍砲兵部隊自承接美系裝備以來，除了觀測裝備更新外，長期以傳統方式實施目標觀測及射彈修正，在面臨瞬息萬變的戰場，現今戰術戰法已逐漸無法滿足作戰需求，以近期俄烏戰爭的戰場透明程度來看，觀測人員傷亡風險大幅提升，因此砲兵觀測限制如次：

一、觀測效率待提升

前進觀測官接受任務後，需至受支援部隊報到，並了解任務及目標位置後，搭車或步行至目標區，以我國目前火炮射程概約 10 至 24 公里，雷射觀測機可測得距離最大為 20 公里，但為求精準觀測，因此，前進觀測官需向前推進至距離目標至少約 2 至 3 公里之位置實施觀測，也就是必須向前移動至少 10 公里，路程相當耗時，如使用無人機即可於受支援部隊發射無人機，迅速抵達目標上空實施搜索，回傳目標位置。

二、戰場存活率較低

前進觀測官在長距離移動中，極易遭受敵方偵察發現，使人員生命受到極大威脅，且到達目標區後，需尋找制高點以有效觀測目標，使用無人機觀測後，它們進行地形及目標偵察時，可以更快、更安全地傳輸資訊並且具備即時的影像，觀測官的生命就不再受到威脅處於危險之中，無人機的隱密性和精確性，使其更具有價值。

三、觀測死角及誤差

觀測所雖選定於目標附近制高點，然仍極易受地形、建築物遮擋，無法有效觀察目標，特別是移動中之目標，一旦遠離或超過觀測視界，即錯失良機；另對射擊效果掌握與射彈修正具有一定程度的誤差，不及空中鳥瞰視角清晰，且無人機若配備具備距離測算裝置，計算彈著點與目標相差之距離，將可精準修正射彈，使射彈更快速、更容易命中目標。

無人機目標指示方式

國軍《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》指出空中觀測為砲兵重要觀測手段之一，適宜運用空中觀測可彌補地面觀測與射彈修正之不足，因空中觀測具有巨大的優勢，能夠遠距離發現敵人。過往空中觀測方式，為使用陸航部隊直升機載運前進觀測官實施目標搜索、射彈觀測、修正及效果監視，¹⁸戰術運用相當困難，且風險極高。現代的無人機提供此方面的優勢，因為它們可以飛得很近，甚至直接從敵人正上方觀察，無人機的鳥瞰視角，可以消除視差問題，更容易將砲彈引導到目標上，甚至回傳目標座標，減少地面觀測產生的誤差，經研究發現，在當前科技發展下，以無人機觀測引導火炮實施射擊方式概略可以區分以下方式：

一、座標指示

此方式為最原始的方式，係以無人機觀察敵人現地位置與地圖實施對照後判斷估計其座標，用於無人機僅具備一般鏡頭，未配備其他定位設備時，觀測人員須加以磨練，距離參考點越遠，目標精度越差，¹⁹烏克蘭軍隊一些簡單版本的

18 《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 11 月 10 日），頁 7-417。

19 同註 18，頁 7-439。

無人機，不使用衛星定位導航，操作員需依賴地面地標尋找方向，由於對地形熟悉，烏克蘭軍隊利用此類型無人機大量偵察打擊俄羅斯的砲兵部隊。²⁰（圖 12）

二、衛星定位

以無人機飛至敵人上空，由無人機自帶衛星定位功能回傳目標座標至指揮所，此方式較易遭敵人發現，受到敵方防空火力攻擊或無人機干擾槍干擾；另因國軍砲兵部隊射擊所使用座標為方格座標（Urchin Tracking Module，UTM），一般無人機衛星定位通常顯示為經緯度，需經過轉換為軍用方格座標後，以提供砲兵部隊使用。

三、雷射測距

此方式以無人機搭載雷射測距儀，以本身座標、攝影機方位角、鏡頭俯仰角度進而換算目標座標，目前我國智飛科技公司，型號 TU-H33-RS 所搭載的 CM100 熱像鏡頭即具備此功能，另有等級較高，具備測距可達 4 公里的 CM160 及 10 公里的 CM202（圖 13）雷射測距鏡頭，惟重量也相對提高，分別達到 1.5 公斤及 3.5 公斤，也就是說酬載裝備越重，相對所需起飛重量越大，無人機機體需求也越大。²¹

四、多方位定位

此方法為雷射測距之延伸應用，可多方位重複定位目標位置，以尋求更精準之目標座標，類似以傳統雷觀機觀測，開設多個觀測所實施交會觀測，惟此方式需以多個觀測所同時觀測同一目標，耗費較多人力，使用無人機實施多方位定位並取得座標中心，即可達成所需目的。²²

五、終端雷射導引

此方式如同 OH-58D 的桅杆偵蒐儀，以雷射標定方式，導引砲彈實施攻擊，現在的科技技術已可將雷射指示設備縮小到無人機可酬載範圍，缺點是必須標定目標直至射彈完成攻擊，射擊時也必須獲得目標概定諸元，否則誤差過大，一樣無法精準命中目標，目前國內使用雷射標定導引砲彈為銅斑蛇砲彈，惟後續無引進及研發相關精準彈藥。

六、手機電磁定位

俄羅斯電子戰系統 RB-341V「Leer-3」，由俄羅斯聖彼得堡公司「特殊技術

20 Gioven,〈俄烏戰場低成本的無人機才方便用過即丟才是王道台灣無人機國家隊方向是否正確〉, <https://mmmedia.com.tw/%E4%BF%84%E7%83%8F%E6%88%B0%E5%A0%B4%E4%BD%8E%E6%88%90%E6%9C%AC%E7%9A%84%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%89%8D%E6%96%B9%E4%BE%BF-%E7%94%A8%E9%81%8E%E5%8D%B3%E4%B8%9F%E6%89%8D%E6%98%AF%E7%8E%8B%E9%81%93/>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。

21 尖端科技軍事雜誌社,〈砲兵前觀的未來?智飛科技 TUH33RS 旋翼無人機〉, <https://www.dtmdatabase.com/News.aspx?id=788>, 檢索日期：2023 年 11 月 17 日。

22 胡元傑,〈俄羅斯砲兵無人機系統之整合〉《砲兵季刊》(臺南),第 175 期,陸軍砲兵訓練指揮部,2017 年 1 月,頁 100。

中心」開發，配備了 Orlan-10 無人機，RB-341V「Leer-3」整合系統主要功能在「監控 GSM 通訊網絡，確定移動站的系統識別碼及其位置，以及傳輸所獲得的資料」，無人機攜帶電子戰（Electronic Warfare，EW）設備，可定位電磁發射源並抑制半徑 6 公里的無線通信，即在不使用 GPS 狀況下，以手機訊號定位敵方資訊。²³

七、小結

上述各種無人機觀測定位方式，僅就目標定位，後續射彈修正應配有雷射測距儀，並配合測算軟體計算彈著點座標或彈著點與目標相差之方位角及距離，惟迄截稿前網路資訊尚未搜尋到國內現貨市場已有類似之無人機。



圖 12 座標指示

資料來源：胡元傑，〈俄羅斯砲兵無人機系統之整合〉《砲兵季刊》（臺南），第 175 期，陸軍砲兵訓練指揮部，2017 年 1 月，頁 99，筆者參考自行繪製。



圖 13 無人機雷射測距儀 CM202

資料來源：尖端科技軍事雜誌社，〈砲兵前觀的未來？智飛科技 TUH33RS 旋翼無人機〉，<https://www.dtmdata.com/News.aspx?id=788>，檢索日期：2023 年 11 月 17 日。

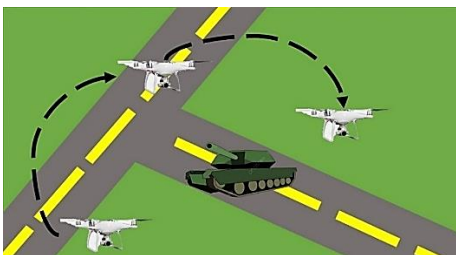


圖 14 多方位定位

資料來源：同圖 12，頁 100，筆者參考自行繪製。

²³ Dylan Malyasov，〈In Syria spotted new Russian RB-341V «Leer-3» electronic warfare system，DE FENCE BLOG〉，<https://defence-blog.com/in-syria-spotted-new-russian-rb-341v-leer-3-electronic-warfare-system/>，檢索日期：2023 年 11 月 17 日。



圖 15 雷射指示器

資料來源：TELEDYNE FLIR，〈Teledyne FLIR Defense Introduces New Laser Target Designator Payload for Small (Group 1) Unmanned Aerial Systems〉，<https://www.flir.asia/news-center/military/teledyne-flir-defense-introduces-new-laser-target-designator-payload-for-small-group-1-unmanned-aerial-systems/>，檢索日期：2023 年 11 月 17 日。



圖 16 俄羅斯電子戰系統 RB-341V 「Leer-3」

資料來源：DEFENCE BLOG，〈In Syria spotted new Russian RB-341V «Leer-3» electronic warfare system〉，<https://defence-blog.com/in-syria-spotted-new-russian-rb-341v-leer-3-electronic-warfare-system/>，檢索日期：2023 年 11 月 17 日。

國軍應用無人機於觀測作業之挑戰

經研究發現，使用無人機實施砲兵射彈觀測雖然具備許多優點，然現因各國大量使用無人機，因此也研發出許多反制措施對抗，國軍運用使用時也須避開其反制，方能在戰場上發揮有效戰力。

一、無人機易受電子戰干擾

俄烏戰爭前，俄羅斯部隊即將衛星定位干擾設備集中至俄軍部隊，在不斷升高的衝突中，俄軍積極利用干擾設備，使烏克蘭軍隊武器裝備無法使用衛星定位，直至美國特斯拉總裁伊隆·馬斯克將旗下星鏈系統（低軌衛星）送往烏克蘭使用，才得以解決其通信及相關衛星定位需求。²⁴

烏克蘭也由該國電子公司「食人魚科技」（Piranha-Tech）開發出相關電子戰系統，簡稱食人魚系統（圖 17），該裝備功率 ≥ 200 瓦，可以在周邊覆蓋 360 度保護區域，直徑約 600 公尺，當系統啟動時，敵方無人機或四軸飛行器，將受到大量電子雜訊干擾，使之無法接收命令或傳輸資料，可使敵方無人機與控制端失聯，「食人魚」系統亦可干擾衛星導航，當然包括俄羅斯的「格洛納斯」

24 Heemie，〈俄羅斯頻頻干擾！美軍：烏克蘭恐無法使用 GPS 系統〉，Inside，<https://www.inside.com.tw/article/27667-the-us-russia-army-gps>，檢索日期：2023 年 11 月 22 日。

（GLONASS）衛星導航系統。²⁵

二、中共反制無人機技術持續擴大應用

中國大陸在 2022 年第 14 屆珠海航展，首次展示由航天科工研發的反無人機系統，該系統兼具「目標探測、指揮控制、攔抗防禦」三大技術要素，將現有防空系統與新式反無人機系統實施整合運用，結合近程防空導彈、微小型導彈高砲、人攜式防空飛彈、網捕及雷射等各種反制手段，可以預想，將來我方運用無人機觀測將遭遇對岸反制技術對抗。

該反制系統透過整合 FD-2000 遠程防空反導彈系統、FK-2000/3000 地空導彈武器系統、HQ-17AE 野戰防空導彈系統、JCL-100 遠程低空目標監視雷達、DK-1 低空探測雷達等裝備，實施搜索後將目標資訊回傳給 ZK-K20 指揮車，匯整各種目標訊息後，再分配給 FD-2000 遠程防空反導彈系統、FK-2000/3000 地空導彈武器系統、HQ-17AE 野戰防空導彈系統、LW-30 雷射防禦武器系統、ZR-1500 多用途無人化智能防禦武器系統、天網車載無人機防控系統及 QW-19 單兵便攜式導彈等武器系統，選擇最適合的火力單位實施打擊，就遠、中、進程區可分為「火力攔截」、「電磁干擾」、「雷射攔截」及「網捕」等方式。²⁶



圖 17 食人魚電波干擾器

資料來源：江飛宇，〈對抗無人機威脅 烏克蘭開發食人魚電波干擾器〉，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231106004410-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 11 月 22 日。



圖 18 中共反無人機體系

資料來源：光明網，〈我國反無人機體系首秀航展：由哪些法寶組成？〉，https://kepu.gmw.cn/2022-11/08/content_36146550.htm，檢索日期：2023 年 2 月 18 日。

25 江飛宇，〈對抗無人機威脅 烏克蘭開發食人魚電波干擾器〉，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231106004410-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 11 月 22 日。

26 宋雅娟、尚春芳，〈直擊 2022 中國航展 我國反無人機體系首秀航展，由哪些法寶組成？〉，https://kepu.gmw.cn/2022-11/08/content_36146550.htm，檢索日期：2023 年 2 月 18 日。

表 2 中共反無人機系統能力彙整表

區分	名稱	照片	雷達	能力/武器	射程
預警系統、攔截系統	FD-2000 防空系統		120公里	地對空導彈*4	距離 125公里 高度 27公里
	FK-2000 防空系統		25公里	防空導彈*12 6管30機砲*2	距離 100公里 高度 27公里
	FK-3000 防空系統		30公里	防空導彈*6 微型飛彈*48 30高砲	導彈6公里 飛彈4公里
	HQ-17AE 防空系統		45公里	防空導彈*8	距離 1.5~20公里 高度 10公里
指揮系統	ZK-K20 指揮系統			接收預警雷達 目標情資，並分 配最適打擊火 力。	
攔截系統	LW-30 雷射 防禦系統			30kw雷射	4公里
	ZR-1500 無人防禦 武器系統			小型飛彈*4 微型飛彈*12 巡飛彈*2	5公里
	天網 無人機 防空系統			以無人機方式 發射捕捉網攔 截敵方無人機	3公里
	QW-19 人攜式導彈			採用雷射及紅 外線導引	距離 6公里 高度 4公里

資料來源：筆者整理網路資訊自行繪製

三、操作人才培養耗時

依據無人機管理規則，第 20 條第 2 款，具備普通操作證者，可操作最大起飛重量 2 公斤以上、未達 15 公斤且裝置導航設備之遙控無人機，具備專業操作證者，可操作最大起飛重量 15 公斤以上之遙控無人機；另依其附件 9 遙控無人機操作證相關規定及無人機管理規則第 28 條第 2 款，須具備高級專業操作證方可於 400 呎（120 公尺）以上空域飛行。²⁷就軍方執行任務而言，勢必超過此高度限制，且高級專業操作證區分 Ia、Ib、IIc 及 IIId 等級，可操作重量級別各有不同，證照等級又必須持有前一級證照一定時間後才能考照，因此人才培育必須提前準備，雖然戰時可忽略不考慮證照限制問題，但飛行技術非一蹴可及，需要長時間練習，才可熟稔操控技巧及識別。

表 3 遙控無人機操作證分類級別

重量級別	執行政府機關（構）、學校或法人業務	
	基本及專業操作證	高級專業操作證
未達2公斤	I	Ia（領有I級1個月以上）
2公斤以上、未達15公斤		Ib（領有Ia級1個月以上）
15公斤以上、未達25公斤		IIc（領有II級或Ib級3個月以上）
25公斤以上、未達150公斤	II（領有I級1個月以上）	IIId（領有基本III級1個月以上）
150公斤以上	III（領有IIc級3個月以上）	

資料來源：筆者參考無人機管理規則自行繪製

四、戰時生產補充不易

構成軍用無人機主、次要系統包括：無人機（載具）本體、動力系統、飛行/任務控制系統、飛行感測裝置、通訊裝置、酬載裝置、地面控制站等系統，²⁸如開戰前國內無相關備料，後續生產補充將較為不易，經報導統計，在俄烏戰爭中，僅就烏克蘭每月估計損失一萬架無人機，²⁹雖然報導內容統計數量中包含大多數的自殺式無人機，但受到攻擊損失的無人機也不在少數。觀測人員有如砲兵的眼睛，若無有效觀測設備，就無法精準攻擊目標，如若未來使用無人機實施觀測，也需考慮戰時補充問題。

五、小結

總體來說無人機為未來作戰不可或缺的裝備，其使用方式相當廣泛，但也因為如此所面臨的挑戰也相對較多，如若仔細研究，仍可避開敵人反制措施，為國軍提升戰力。

27 全國法規資料庫，〈遙控無人機管理規則〉，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0090083>，檢索日期：2023 年 12 月 30 日。

28 熊治民，〈臺灣軍規商用無人機發展現況與商機〉，<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=51908>，檢索日期：2023 年 11 月 23 日。

29 江飛宇，〈勞民傷財 烏克蘭每個月損失 1 萬架無人機〉，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230522004840-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 2 月 16 日。

建議

一、納入建案規劃

為提高砲兵觀測效率及觀測人員存活率，在俄烏戰爭中兩國交戰過程，已驗證無人機運用於砲兵觀測之可行性，因此，宜確立需求後，納入聯合戰力規劃要項及五年兵力整建計畫，籌獲適用砲兵觀測使用之無人機，並就其使用方式適切調整準則及訓練，惟仍應保有傳統觀測方式，戰時視戰場狀況，交互使用，以發揮其效能。

二、需求規格建議

為有利觀測人員攜帶與操作及因應中共反制作為，在不增加原有編制狀況下，筆者建議野戰砲兵觀測官所使用的無人機基本規格及配備如次：

（一）飛行模式：現行無人機飛行模式大致區分為定翼型、直升機型、多旋翼型及混合型無人機，各有其優缺點，為利酬載、較長航時及觀測，建議以混合型無人機較佳，並以可組裝、攜行容易為優先考量，類似烏克蘭所使用的 PD-2 無人機。³⁰

（二）引擎動力：無人機引擎動力多數區分為燃油引擎、電動馬達、混合動力（油電），載重量、體積與續航時間的抉擇上，必須取得一個平衡點。砲兵觀測程序為搜索目標、回傳座標、下達射擊要求、射彈修正、效果監視及回報，全部過程毋須太長時間，並盡量縮小體積以利攜帶之考量下，如混合動力可符合上述條件則納為優先考量，在以電動次之。³¹

（三）酬載裝備：砲兵觀測目標主要需求為定位敵人位置，以及日、夜間觀測需求，建議基本需求如下：

1. GPS 衛星定位系統。
2. 雷射測距儀，並具備鏡頭方位測算，用以換算敵人位置座標。
3. 熱顯像儀，用以夜間偵蒐、觀測。

（四）續航時間：砲兵陣地為避免遭敵反砲兵作為，全部射擊程序不可過於冗長，但觀測人員加上搜索目標及效果監視的時間，建議至少滯空時間需 1 個小時以上。

（五）作業高度：依共軍反制無人機武器系統，飛彈、導彈應用於大型無人機以發揮相對應價值，小型無人機硬殺方式應該使用機砲、雷射攻擊或網捕，軟殺則以電子干擾，故研判作業高度至少應達 5 公里以上仍可清晰判定目標。

（六）輔助軟體：就網路公開資訊可看到烏克蘭民間公司自行研發多款輔助

30 林昱甫、馬鈞文、陳文彥、彭智冠，〈無人機酬載與應用趨勢分析〉《專題報導》（臺北），第 93 卷第 04 期，中國工程師學會，2020 年 12 月，頁 65。

31 拓攻農業，你了解無人機的動力系統嗎？，<https://kknews.cc/zh-tw/tech/leea4jg.html>，檢索日期：2023 年 11 月 29 日。

軟體，並且與無人機介接，使其使用更為方便；另 2018 年 12 月《美國陸戰隊月報》提及，美軍渡鴉和美洲獅無人機可提供精確目標位置，其測距和定向工具還能直接提供砲兵觀測官 10 公尺以內的精確射彈修正參數，測距和定向工具是黃蜂、渡鴉和美洲獅無人機現有飛行操控軟體的其中一項應用程式，可用於測量某個攝影畫面內的兩個定點距離，在截取某個畫面後，可以使用測距和定向工具判斷兩地點之間的距離和方位角，觀測官僅需將彈著點設定為「S」點，目標設定為「T」點，即可由程式計算射彈修正的必要參數，測距和定向工具讓使用無人機執行射彈修正時，毋須再做任何計算動作，惟其必須與砲目線平行。³²

另外中國大陸已有配備雷射測距儀之商用規格無人機，可利用其雷射測距量測無人機至目標距離，且可直接顯示目標座標於操作平台（如圖 19、20），雖然法規限制不得採購大陸製造武器裝備，然我國砲兵未來採購使用之無人機建議應具備此功能，用於標定目標及彈著點座標，對於目標指示及射彈修正都具有相當大的效益。

三、現貨市場比較

參考烏克蘭採購德國製造的 Vector 無人機，翼展 280 公分，起飛重量 7.4 公斤，最大飛行速度 72 公里/小時，續航 2 小時，作業半徑 15 公里，動力採用電力系統配備有 EO/IR 多光譜系統，10 倍光學變焦、720p 彩色（EO）錄影、480p 熱影像（IR）錄影、雷射瞄準器、紅外光測距儀，內鍵加密數據鏈路，能將即時影像傳輸到多個地面控制站，智慧運算功能可即時自動檢測、分類識別、區域測繪等，單價 585 萬臺幣（圖 21），機翼上的 2 個螺旋槳以及尾翼上的 1 個螺旋槳，以類似美軍 V-22「魚鷹」傾轉旋翼機運作，使無人機像直升機一樣垂直起降，在高空又能像定翼機飛行。³³

國家中山科學研究院亦刻正研發「紅雀三型」無人機，該款無人機預計導控距離可達 60 公里、滯空時間 1 小時以上，飛行速度 60 公里/小時，並配有光學攝影、熱顯像及雷射測距功能，特色是與 Vector 無人機相同具備垂直起降可變螺旋槳功能。³⁴

結語

砲兵部隊最重要的就是前方觀測的眼睛，如無法獲得目標，即無法確準射擊，就算有再遠的射程，再強大的殺傷面積，都無法發揮其效用。民國 112 年國

32 黃文啟，〈呼叫火力支援：如何有效運用〉《國防譯粹》（臺北），第四十六卷第八期，史政編譯處，2019 年 8 月 2 日，頁 6-8。

33 陳成良，〈為砲兵開天眼！烏克蘭加購 105 架德國 Vector 偵察無人機〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4301588>，檢索日期：2024 年 5 月 9 日。

34 朱明，〈中科院公告紅雀三型無人機邀商 為海軍陸戰隊採購預作準備〉，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=173673，檢索日期：2024 年 5 月 9 日。

防報告書提到國防預算已成長至 5,803 億元，占 GDP2.5%，³⁵面對當前緊張的局勢，我國無法與中共進行軍備競賽，僅能在有限的時間與資源下做適切的分配，以求得最佳的建軍規劃。雖然我們在俄烏戰爭中看到兩國大量地使用無人機進行攻擊，但許多時候仍用於偵察、搜索及標定目標後，由砲兵以火砲實施攻擊，其原因在於砲彈成本較低，且殺傷範圍也大於一般自殺式無人機，因此，顯示其具有極大效益，仔細觀察我國相關科技產業能力，估計應可達到符合砲兵射擊精度之水準，只要加以運用，相信國軍砲兵部隊戰力絕對可以大幅提升。



圖 19 DJI Matrice 30T 操作畫面截圖

資料來源：Drone Nerds，〈How to Use the DJI Matrice 30T Laser Rangefinder in Search-and-Rescue Missions〉，https://www.youtube.com/watch?v=av56_EtOLBA&t=10s，檢索日期：2024 年 5 月 7 日。



圖 20 Autel EVO Max 4T 操作畫面截圖

資料來源：AutelPilot，〈Introducing the Laser Rangefinder and Tripod Tracking features of the EVO Max series drones!〉，<https://www.youtube.com/watch?v=AJJbIAcPWmc>，檢索日期：2024 年 5 月 7 日。



圖 21 德國 Vector 無人機

資料來源：MILITARNYI，〈The Ministry of Defense of Ukraine ordered 105 Vector UAVs in Germany〉，<https://mil.in.ua/en/news/the-ministry-of-defense-of-ukraine-ordered-105-vector-uavs-in-germany/>，檢索日期：2024 年 5 月 9 日。

35 中華民國 112 年國防報告書編纂委員會，〈中華民國 112 年國防報告書（中文版）〉（臺北市：國防部，2023 年 9 月），頁 129。

參考文獻

書籍

中華民國 112 年國防報告書編纂委員會，《中華民國 112 年國防報告書（中文版）》（臺北市：國防部，2023 年 9 月）。

軍事準則

《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 1 月 10 日）。

期刊

- 一、胡元傑，〈俄羅斯砲兵無人機系統之整合〉《砲兵季刊》（臺南），第 175 期，陸軍砲兵訓練指揮部，2017 年 1 月。
- 二、林昱甫、馬鈞文、陳文彥、彭智冠，〈無人機酬載與應用趨勢分析〉《專題報導》（臺北），第 93 卷第 04 期，中國工程師學會，2020 年 12 月。
- 三、黃文啟，〈呼叫火力支援：如何有效運用〉《國防譯粹》（臺北），第四十六卷第八期，史政編譯處，2019 年 8 月 2 日。

網路

- 一、吳書緯，〈國防 MIT〉反輻射「劍翔」進化 2 款新攻擊型無人機首曝光〉，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/4239029>，檢索日期：2024 年 2 月 16 日。
- 二、全球防衛雜誌，美中無人機的後勤發展與應用，台灣如何借鏡？<https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/7141161>，檢索日期：2023 年 2 月 16 日。
- 三、defencerussia，Central Military District Artillery applied “Granat-1” UAV，<https://defencerussia.wordpress.com/2014/07/03/central-military-district-artillery-applied-granat-1-uav/>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。
- 四、RUSSIAN NEWS AGENCY，Russia’s latest recon drones successfully employed in Ukraine operation — source，<https://tass.com/politics/1545685>，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。
- 五、Defence & Security News – Russia，Russian army artillery units use Takhion mini-UAV to perform reconnaissance missions，https://www.armyrecognition.com/july_2016_global_defense_security_news_industry/russian_army_artillery_units_use_takhion_mini-uav_to_perform_reconnaissance_missions_11007162.html，檢索日期：2023 年 11 月 13 日。
- 六、Alan Chen，飛行單眼相機，俄羅斯 Orland-10 偵查無人機構造簡陋令烏軍傻眼，<https://technews.tw/2022/04/12/ukrainian-teared-down-an-russian-orland-10-drone-and-found-canon-camera-inside/>，檢索日期：2023 年 1 月 14 日。
- 七、海鷹-10 無人機，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B5%B7%E9%B9%B0-10%E6%97%A0%E4%BA%BA%E6%9C%BA>，檢索日期：2023 年 1 月 14 日。

- 八、Ashish Dangwal, Russia Is 'SMS Bombing' Ukrainian Troops With Orlan-10 UAVs; Claims Intercepting Enemy Conversations & Positions, <https://www.eurasiantimes.com/russia-is-sms-bombing-ukrainian-troops-with-orlan-10-uavs/>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。
- 九、張威翔, 千萬別抬頭！無人機制導 俄全新 152 毫米精準導引砲彈, <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230523005856-260417?chdtv>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十、Алексей Рамм, Российская артиллерия получит беспилотники для борьбы с радарами, <https://iz.ru/news/636937>, 檢索日期：2023 年 11 月 14 日。
- 十一、ArmyTechnology, Leleka-100 Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Ukraine, <https://www.army-technology.com/projects/leleka-100-unmanned-aerial-vehicle-uav-ukraine/?cf-view&cf-closed>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十二、陳成良, Leleka-100 無人機+「神劍」發威 絕殺俄軍影片曝光, <https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4099836>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十三、Ukrspesystems, PD-2 unmanned aerial system, <https://ukrspesystems.com/drones/pd-2-uas>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十四、WB GROUP, FLYEYE Unmanned Aerial System, https://www.wbgroup.pl/app/uploads/2017/06/flyeye_eng_large_21q03.pdf, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十五、JAKUB PALOWSKI, Flyeye UAV's With Acoustic Detection System for Detecting Shots Fired by Artillery And Small Arms, <https://defence24.com/flyeye-uavs-with-acoustic-detection-system-for-detecting-shots-fired-by-artillery-and-small-arms>, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十六、Gioven, 俄烏戰場低成本的無人機才方便用過即丟才是王道台灣無人機國家隊方向是否正確, 〈<https://mmedia.com.tw/%E4%BF%84%E7%83%8F%E6%88%B0%E5%A0%B4%E4%BD%8E%E6%88%90%E6%9C%AC%E7%9A%84%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%89%8D%E6%96%B9%E4%BE%BF-%E7%94%A8%E9%81%8E%E5%8D%B3%E4%B8%9F%E6%89%8D%E6%98%AF%E7%8E%8B%E9%81%93/>〉, 檢索日期：2023 年 11 月 15 日。
- 十七、DEFENCE BLOG, In Syria spotted new Russian RB-341V «Leer-3» electronic warfare system, <https://defence-blog.com/in-syria-spotted-new-russian-rb-341v-leer-3-electronic-warfare-system/>, 檢索日期：2023 年 11 月 17 日。
- 十八、Heemie, 俄羅斯頻頻干擾！美軍：烏克蘭恐無法使用 GPS 系統, <https://www.inside.com.tw/article/27667-the-us-russia-army-gps>, 檢索日期：2023 年 11 月 22 日。

- 十九、江飛宇，對抗無人機威脅 烏克蘭開發食人魚電波干擾器，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20231106004410-260417?chdtv>，檢索日期：2023 年 11 月 22 日。
- 二十、王臻明，反制無人機的新選擇：雷射與微波武器的發展現況，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/7223381>，檢索日期：2023 年 11 月 22 日。
- 廿一、宋雅娟、尚春芳，〈直擊 2022 中國航展 我國反無人機體系首秀航展，由哪些法寶組成？〉，https://kepu.gmw.cn/2022-11/08/content_36146550.htm，檢索日期：2024 年 2 月 18 日。
- 廿二、全國法規資料庫，遙控無人機管理規則，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=K0090083>，檢索日期：2023 年 12 月 30 日。
- 廿三、熊治民，臺灣軍規商用無人機發展現況與商機，<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=51908>，檢索日期：2023 年 11 月 23 日。
- 廿四、江飛宇，勞民傷財 烏克蘭每個月損失 1 萬架無人機，<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230522004840-260417?chdtv>，檢索日期：2024 年 2 月 16 日。
- 廿五、陳成良，〈為砲兵開天眼！烏克蘭加購 105 架德國 Vector 偵察無人機〉，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4301588>，檢索日期：2024 年 5 月 9 日。
- 廿六、朱明，〈中科院公告紅雀三型無人機邀商 為海軍陸戰隊採購預作準備〉，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=173673，檢索日期：2024 年 5 月 9 日。

作者簡介

王昱翔中校，指揮職軍官 92 年班、砲校野砲正規班 101 年班、國防大學陸軍指揮參謀學院 105 年班；曾歷任連長、營長、計畫參謀官，現於國防大學戰爭學院就讀，為本研究主要作者。

曾裕峯上校，陸軍官校 85 年班、國防大學陸軍指揮參謀學院 105 年班、國防大學戰爭學院 111 年班；曾歷練連長、砲兵訓練官、編裝官、計畫參謀官，目前任職於國防大學管理學院國管中心法制及武獲組主任教官，為本研究共同作者。