



# 民用無人機運用於俄烏戰爭 攻防雙方對我防衛作戰之借鏡

## 作者簡介



周建佑中校，陸軍指參學院107年班、戰爭學院113年班；曾任排長、連長、營長、科長，現任陸軍司令部人軍處人參官。

## 提要

- 一、112年國防報告書指出，「近年中共對臺軍事脅迫日益加劇，頻繁以軍機、艦與『無人機』操作灰色地帶襲擾，不定期在我國周邊海空域進行針對性軍演等軍事恫嚇行動」。中共擁有世界最大無人機產業，頻繁以無人機等方式對我國操作灰色地帶襲擾。
- 二、俄羅斯進攻烏克蘭不如預期，其原因除以美國為首的支援外，民用無人機在戰場上的運用亦功不可沒。無人機的加入，從根本上改變現代戰爭模式，而俄烏戰爭是史上軍事衝突中，無人機使用最密集的戰場。
- 三、本文針對俄烏戰爭中民用無人機運用及中共民用無人機發展進行分析，歸納俄羅斯、烏克蘭與中共三方民用無人機特點，考量我國地理環境特性及不對稱作戰思維，本文提出全面提升人員素質與推動各式無人載具研製建議，以強化我國防禦韌性，確保國土安全。

關鍵詞：俄烏戰爭、民用無人機、防衛作戰

## 前言

全球資訊與科技快速發展，無人機已成為不可或缺的戰場利器。民國112年國防報告書指出，「近年中共對臺軍事脅迫日益加劇，頻繁以軍機、艦與『無人機』操作灰色地帶襲擾，不定期在我國周邊海空域進行針對性軍演等軍事恫嚇行動」。<sup>1</sup>2022年2月24日俄羅斯對烏克蘭實施「特別軍事行動」，2023年6月俄羅斯總理普丁於公開場合使用「戰爭」來描述俄烏間之軍事衝突。<sup>2</sup>俄羅斯入侵烏克蘭事件已可稱為「俄烏戰爭」。俄羅斯於2020年軍費支出617億美元，相比烏克蘭的軍費支出59億美元。<sup>3</sup>俄、烏兩國軍費支出相差超過10倍。但進攻烏克蘭不如預期，其原因除美國為首的支援外，民用無人機在戰場上的運用亦功不可沒。無人機的加入，從根本上改變現代戰爭模式，而俄烏戰爭是史上軍事衝突中，無人機使用最密集的戰場，這代表著戰術和技術的轉變，「

俄烏戰爭可說是世界上第一次全面的無人機戰爭」。本文擬針對俄烏戰爭民用無人機運用及中共民用無人機發展實施分析，歸納俄羅斯、烏克蘭、中共三方民用無人機特點，據以提出防衛作戰作為參考，以強化防禦韌性確保國家安全。

## 無人機發展與運用

無人機(Drone)，又稱無人飛行載具(UAV)，能運用遠端遙控、導引、衛星定位及自動飛行等方式執行任務。<sup>4</sup>

### 一、無人機發展歷史

本節以時間序方式，從奠基探索、中期發展到近代多用途三階段，說明無人機之歷史發展。

#### (一)奠基探索階段

自1918年勞倫斯·斯佩里製造的Aerial Torpedo首次成功飛行。到1944年英國、德國研發的無人靶機、可返航無人機及巡航飛彈的先驅「復仇者一號」問世。<sup>5</sup>無人機技術逐漸萌芽，但無法成熟運

1 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》(臺北市：國防部，2023年9月)，頁15。

2 王嘉語，〈從特別軍事行動到戰爭 俄國改變對烏克蘭衝突用詞〉《中央通訊社》，2023年6月8日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202306080355.aspx>，檢索日期：2023年9月27日。

3 張方瑀，〈俄羅斯軍力狠甩烏克蘭！一張表看懂烏俄國防差距艦艇數18倍輾壓〉《ETtoday新聞雲》，2022年2月22日，<https://www.ettoday.net/news/20220222/2191347.htm#ixzz8EzBE0wBf>，檢索日期：2023年10月2日。

4 楊浩、王小斌著，〈無人機的相關技術及發展趨勢〉《尖兵之翼—第三屆中國無人機大會論文集》(中國無人機大會論文集編審組編)，2010年6月，頁20。

5 於下頁。



用在各領域。

## (二) 中期發展階段

1945年第二次世界大戰結束後，將多餘及退役的飛機改裝成靶機，開啟近代無人機的使用先河。1947年冷戰爆發後，美國於1951、1963年研發出，以噴射推進為動力的無人機照相偵察機。<sup>6</sup> 以色列「偵查者」無人機在1982年黎巴嫩戰爭中獲得成功，引起全球關注。同時也促成和美國的合作，共同研發偵查兵加強版「先鋒」無人機。<sup>7</sup> 此階段無人機技術結合作戰需求，發展出以偵查為需求的無人機，並實際運用在黎巴嫩及波斯灣等實戰中。

## (三) 近代多用途階段

1994年美國將偵查無人機改造成攜帶武器並執行攻擊的掠奪者武裝無人機

。<sup>8</sup> 2006年起無人機關鍵零組件製造成本下降，通訊技術提升，無人機擺脫玩具地位和軍事用途，走入大眾消費市場。<sup>9</sup> 2008年開始，中共大疆等民用無人機公司相繼成立，並於2015年推出多款成本低、靈活性強，安全性高的各式民用無人機。自1994年起無人機從軍事用途發展至商用、娛樂等非軍事領域，改變了多個領域的運作模式。

## 二、無人機種類概述

本文參考交通部民航局遙控無人機管理規則將民用無人機依最大起飛重量區分微型(<250公克)、輕型(250公克~2公斤)、小型(2~15公斤)、中型(15~25公斤)及大型(>25公斤)五種。另依構造將無人機分為定翼型、單旋翼型、多旋翼型及固

5 國防部，〈國防科技：大學暨在職教育授課參考〉《國防部政戰資訊服務網》，民國100年12月，[https://gpwd.mnd.gov.tw/filectrl/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E7%A7%91%E6%8A%80\\_%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E6%9A%A8%E5%9C%A8%E8%81%B7%E6%95%99%E8%82%B2%E6%8E%88%E8%AA%B2%E5%8F%83%E8%80%839\\_2.pdf](https://gpwd.mnd.gov.tw/filectrl/%E5%9C%8B%E9%98%B2%E7%A7%91%E6%8A%80_%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E6%9A%A8%E5%9C%A8%E8%81%B7%E6%95%99%E8%82%B2%E6%8E%88%E8%AA%B2%E5%8F%83%E8%80%839_2.pdf)，頁102，檢索日期：2023年11月28日。

6 林鈺航，〈國家安全風險與管制之研究—以無人飛行載具發展為例〉(新北市：淡江大學國際事務與戰略研究所碩士在職專班，109年)，頁10、11。

7 紀沈廷，〈【飛往無限I】從玩具到載具 遙控飛機進化無人機的演變〉《匯流新聞網》，2019年5月15日，<https://tw.news.yahoo.com/%E9%A3%9B%E5%BE%80%E7%84%A1%E9%99%90i-%E5%BE%9E%E7%8E%A9%E5%85%B7%E5%88%B0%E8%BC%89%E5%85%B7-%E9%81%99%E6%8E%A7%E9%A3%9B%E6%A9%9F%E9%80%B2%E5%8C%96%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%9A%84%E6%BC%94%E8%AE%8A-083016684.html>，檢索日期：2023年11月28日。

8 Ann，〈飛吧，從夢想到現實！無人機發展歷史〉《飛行學院》，2021年8月27日，[https://arklab.tw/arklab/%E9%A3%9B%E8%A1%8C%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E5%A0%82\\_%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%AD%B7%E5%8F%B2/](https://arklab.tw/arklab/%E9%A3%9B%E8%A1%8C%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E5%A0%82_%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%AD%B7%E5%8F%B2/)，檢索日期：2023年11月28日。

9 無人機網，〈無人機的發展歷史〉《每日頭條》，2019年11月7日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/na9yrm5.html>，檢索日期：2023年11月28日。

定翼混合型四種類型。定翼型無人機航程長、抗風性強、酬載能力高、速度快等，但需要跑道起降，造價較高。單旋翼具垂直起降功能，場地要求較低，使用更為靈活。多旋翼機則由多個旋翼組成，具備垂直起降功能，操作容易，成本更為低廉。<sup>10</sup> 固定翼混合型結合多旋翼和定翼結構，可利用多旋翼進行垂直起降，同時擁有定翼型航程長、速度快等優點。現將四者差異整理於表1。

### 三、無人機用途區分

無人機從19世紀軍事用途，至21世紀脫離遙控飛機和軍事用途；現今無人機依用途發展出軍用及民用兩大類型。

#### (一)軍用無人機

專為軍事任務而設計的無人機，在設計及性能上有極高要求，包括規格、續航力、速度、高度、距離、酬載及抗干擾能力等。其用途包括偵查、攻擊、識別、通信、運補、訓練等軍事任務，並具攻擊能力。相較非軍用無人機，管制更嚴格，成本更高。

#### (二)民用無人機

民用無人機可分為消費級和工業級兩種類型。消費級主要用於航拍和娛樂，注重拍攝功能和易用性；而工業級則追求經濟效益，強調巡航速度、續航能力等性能，對專業應用有更高要求。工業級無人機通過不同設備搭載以實現多功能，主要應用於測繪、地理資訊等領域。<sup>11</sup> 民用

表1 無人機類型差異表

分析	種類	定翼型	單旋翼型	多旋翼型	固定翼混合型
飛行範圍		廣	小	小	廣
抗風力		較強	普通	較弱	較強
續航力		較長	普通	較短	較長
酬載力		較高	普通	較低	較高
機動力		較弱	普通	較強	普通
起降方式		跑道／彈射	垂直起降	垂直起降	垂直起降
飛行模式		航線飛行	航線飛行／定點停懸	航線飛行／定點停懸	航線飛行／定點停懸
適合地形		空曠地區	複雜地區	複雜地區	空曠地區
操作門檻		較高	普通	容易	較高
價格		較高	普通	較低	較高

資料來源：筆者整理自製。

10 徐百輝，〈無人飛行載具簡介及其於測繪領域之應用〉《杜風電子報》，2022年3月23日，[http://www.ntuce-newsletter.tw/vol.67/T4\\_1n.html](http://www.ntuce-newsletter.tw/vol.67/T4_1n.html)，檢索日期：2023年11月28日。

11 小可，〈成都縱橫自動化技術股份有限公司〉《MoneyDJ理財網》，2022年3月23日，<https://www.moneydj.com/kmdj/wiki/wikiviewer.aspx?keyid=4a91be11-0b3b-43e2-a5fc-870b1627533e>，檢索日期：2024年2月21日。



無人機設計簡單，不具攻擊性，規格要求低於軍用無人機，成本相對較低且更易普及。由於軍用無人機供應不足，俄烏戰爭後兩國均設廠生產廉價、易操作的無人機以滿足作戰需求。這類無人機成本低廉且未達軍用標準，本文將此類無人機歸入民用無人機範疇。

#### 四、民用無人機攻擊及襲擾事件

無人機技術在近年迅速發展，廣泛應用於商業、科學和娛樂等領域。隨著應用範圍擴大，無人機的危安及攻擊事件也日益增多，以下是整理2023年民用無人機攻擊及襲擾事件(如表2)。

無人機快速發展為生活帶來了便利和創新，但也伴隨著潛在危險。從上表可

表2 近年民用無人機攻擊及襲擾事件列表

項次	時間	事件	內容概述
1	2023.10.5	敘利亞軍校攻擊事件	敘利亞荷姆斯省軍校畢業典禮遭無人機攻擊，至少112死、120傷。
2	2023.9.10	蘇丹露天市場襲擊事件	蘇丹首都喀土穆南方露天市場遭無人機襲擊，至少43人死亡，55人受傷。
3	2023.5.3	克里姆林宮襲擊事件	兩架不明無人機進入克里姆林宮上空，其中一架在克里姆林宮上空爆炸。

資料來源：1.貝魯特，〈敘利亞軍校遭無人機攻擊至少百死 防長躲過一劫〉《中央通訊社》，2023年10月6日，<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202310060005.aspx>，檢索日期：2023年11月28日。  
2.李馨，〈蘇丹首都一市場遭無人機襲擊 至少40人遇難〉《大紀元》，2023年9月10日，<https://www.epochtimes.com/b5/23/9/10/n14070953.htm>，檢索日期：2023年11月28日。  
3.黃韻玲，〈克里姆林宮遭無人機攻擊 俄控美幕後黑手遭否認〉《公視新聞網》，2023年5月5日，<https://news.pts.org.tw/article/635364>，檢索日期：2023年11月28日。  
4.筆者整理自製。

以得知，運用民用無人機進行攻擊或軍事行動已是現代戰爭的趨勢。綜上所述民用無人機運用於各領域已相當普遍，包括空拍、娛樂、工業與農業等，若將其運用於戰場，則可增添戰場的存活率與殺傷力，是克敵制勝的利器。

### 俄、烏、中三方民用無人機運用暨我國無人機發展現況概述

俄烏戰爭大量使用無人機進行偵察和攻擊，但軍用無人機替換成本高。一架柳葉刀軍用無人機成本約35,000美元。而小型民用無人機，如大疆Mavic 3僅約1,600美元，相差超過21倍。另中共是全球無人機主要製造商，其中超過400家無

人機製造商位於中國。<sup>12</sup> 本章針對俄羅斯、烏克蘭、中共三方民用無人機運用及特點實施分析並將我國無人機發展現況實施概述。

#### 一、烏克蘭民用無人機運用概況

俄烏戰爭初期烏克蘭藉大量廉價民用無人機改變戰局，

12 吳佩蓉，〈無人機服務市場—2026年全球預測〉《科技發展觀測平臺》，2021年8月，<https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=362&typeid=25>，檢索日期：2023年12月4日。

烏克蘭民間志願者組成無人機單位，與軍隊整合，加強地面情報監控、目標定位和攻擊能力。<sup>13</sup> 現依其機種類型分述如下：

### (一)定翼型無人機(如圖1)

烏克蘭民用定翼型無人機均為輕型機型，並使用非金屬材質以提高滯空時間。如Spy Gun無人機、PDDS紙板無人機、Titan Falcon無人機和3D列印定翼型無人機。Spy Gun無人機具成本低、製造速度快、設計簡單、外觀隱密、不易察覺、具電子干擾防護力等特性。<sup>14</sup> PDDS紙板無人機內設極小航空電子設備和電機模塊，機身由紙板製造，不易被雷達追蹤。<sup>15</sup> Titan Falcon無人機為3D列印組裝，機

翼、水平穩定器和垂直穩定器可拆裝更換。<sup>16</sup> 3D列印定翼型無人機機身以塑膠或碳纖維等複合材料製成，雷達反射少，不易被偵測。<sup>17</sup> 定翼型無人機具有飛行距離長和滯空時間久特性。能用於搜索敵人火炮及防空系統位置，迫使敵人將火炮移出無人機偵測範圍，從而減少火炮對俄羅斯步兵的支援。<sup>18</sup>

### (二)多軸中、大型無人機(如圖2)

烏克蘭初期使用大疆Agras T30農用無人機、Matrice系列無人機進行作戰，並因應需求，採軍用商規模式自行研改製造Aerorozvidka R18無人機。Agras T30農用無人機具有強大動力系統、俯視雷達模組及智慧返回功能

13 許智翔，〈烏軍活用民間無人機能量強化戰力〉《財團法人國防安全研究院》，2022年6月6日，<https://indsr.org.tw/focus?typeid=30&uid=11&pid=362>，檢索日期：2023年12月4日。

14 陳成良，〈成本低製造快 烏克蘭「間諜槍」無人機即將上戰場〉《軍武頻道》，2023年8月19日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4390292>，檢索日期：2024年1月29日。

15 朱冠宇，〈澳洲軍援烏克蘭「100架紙飛機」傳每臺價格高達15萬元〉《周刊王CTWANT》，2023年3月5日，[https://www.ctwant.com/article/242424?utm\\_source=yahoo&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=242424](https://www.ctwant.com/article/242424?utm_source=yahoo&utm_medium=rss&utm_campaign=242424)，檢索日期：2024年1月28日。

16 Espresso, "Titan Falcon: 3D-Printed UAV for Ukrainian Armed Forces," Espresso, 2024/1/12, <https://global.espresso.tv/weapons-supply-ukraine-titan-falcon-3d-printed-uav-for-ukrainian-armed-forces>，檢索日期：2024年1月28日。

17 Федір Бондар&Світлана Кльосова, "Крилата" зброя. На Миколаївщині виготовляють дрони для ЗСУ," СУСПІЛЬНЕ НОВИНИ, 2023/11/15, <https://suspilne.media/617959-krilata-zbroa-na-mikolaivsini-vigotovlaut-droni-dla-zsu/>，檢索日期：2024年1月28日。

18 Giovan, 〈俄烏戰場低成本的無人機才方便用過即丟才是王道 臺灣無人機國家隊方向是否正確〉《軍傳媒》，2023年10月2日，<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：2024年2月5日。



SpyGun無人機



PDDS紙板無人機



Titan Falcon無人機



3D列印定翼無人機

圖1 烏克蘭民用定翼型無人機

資料來源：同註14、15、16、17。

。<sup>19</sup> 改裝後可搭載Bullspike-AT榴彈發射器和PKM 7.62x54mmR機槍。<sup>20</sup> Matrice系列無人機具備熱成像、雷射測距等功能，能全天候作業。<sup>21</sup> Aerorozvidka R18無人機為多旋翼型八軸無人機，由烏克蘭非政

府組織Aerorozvidka開發，具有民事和軍事應用功能。<sup>22</sup>

(三)一般小型無人機(如圖3)

19~22 於下頁。

初期以大疆無人機為主，後續增加Autel EVO 及Parrot Anafi等無人機。烏克蘭總理於2023年10月8日在基輔國際經濟論壇上宣布，烏克蘭購買了大疆全球產量60%的Mavic無人機。<sup>23</sup> DJI無人機配備GPS導航，可精確標記位置，使火砲精確摧毀陣地和裝備，另可透過3D列印技術改裝投下簡易炸彈，並將影片變成宣傳材料。<sup>24</sup> Autel EVO系列無人機搭配即時動態定位套件，增加飛行準確性，可搭載熱成像和可見光兩種鏡頭，用於偵察、監控砲彈射擊成果，改裝後並可用來投擲Vog-17手榴彈。<sup>25</sup> Parrot Anafi無人機主要用於

搜救勘災、短距離偵察和工業工程巡檢，搭載熱成像傳感器，利於夜間偵蒐使用。<sup>26</sup>

烏克蘭運用民用小型無人機於目標定位及偵查，改裝後可攜帶小型炸彈實施攻擊。

#### (四)FPV無人機(如圖4)

FPV無人機是具有「第一人稱視角」(First Person View, FPV)功能的無人機，與一般多軸無人機不同。一般無人機操作者可透過觀察機身或全球定位系統進行操控；而FPV無人機則強調靈活性和速度，操作者必須透過眼鏡、手機等裝置

- 19 〈DJI AGRAS T30 農業無人機〉《TS2 SPACE》，<https://ts2.store/tw/%E6%97%A0%E4%BA%BA%E6%9C%BA/11075-dji-agras-t30-%E8%BE%B2%E6%A5%AD%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-6941565910202.html>，檢索日期：2024年7月16日。
- 20 David Hambling,“Ukrainian farm drone now armed with PKM 7.62mm machine gun and Bullspike-AT grenade launcher”, “Army Recognition Group”,2022/1/23, <https://www.popularmechanics.com/military/a40298287/drone-fighting-ukraine-war-russia/>，檢索日期：2024年1月29日。
- 21 即時新聞，〈無人機上裝反戰車武器 烏克蘭無人轟炸機隊曝光〉《自由時報》，2022年9月7日，<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4050034>，檢索日期：2024年2月18日。
- 22 Orysia Hrudka,“Meet the R18, Ukraine's formidable night strike drone transforming the battlefield,” Euromaidan Press,2023/5/24, <https://euromaidanpress.com/2023/05/24/meet-the-r18-ukraines-formidable-night-strike-drone-transforming-the-battlefield/>，檢索日期：2024年1月29日。
- 23 曲颯蓉，〈烏克蘭也搶無人機 自曝握有大疆逾60%產量〉《科技島》，2023年10月17日，<https://www.technice.com.tw/technology/drone/75751/>，檢索日期：2024年2月1日。
- 24 Mike Sangma,“Ukraine has an unlikely ally in fight against Russia: DJI drones,” East Mojo2022/12/25, <https://www.eastmojo.com/recent-top-news/2022/12/25/ukraine-has-an-unlikely-ally-in-fight-against-russia-dji-drones/>，檢索日期：2024年2月1日。
- 25 David Hambling, “Every.Single.Drone.Fighting In Russia's War Against Ukraine,” POPULAR MECHANICS, 2022/6/23, <https://www.popularmechanics.com/military/a40298287/drone-fighting-ukraine-war-russia/>，檢索日期：2024年1月28日。
- 26 〈美國製造工業級無人機ANAFI USA〉《翔隆航太》，<https://www.dragonflyuas.com.tw/parrot-anafi-usa>，檢索日期：2024年1月28日。



Agras T30 農用無人

Matrice 系列無人機

Titan Falcon 無人機

圖2 烏克蘭民用多軸中、大型無人機

資料來源：1.同註19、20。

2.sexyloser1128,“Ukraine's latest drone concoction. They modified a Chinese DJI Matrice 300 RTK to carry 2 RPG-7 warheads.” reddit,2023/3/6, [https://www.reddit.com/r/LessCredibleDefence/comments/10ps7ox/ukraines\\_latest\\_drone\\_concoction\\_they\\_modified\\_a/](https://www.reddit.com/r/LessCredibleDefence/comments/10ps7ox/ukraines_latest_drone_concoction_they_modified_a/), 檢索日期：2024年2月18日。

3.葉沃洛夫斯基的隨想，〈烏克蘭 DJI Matrice 300 無人機，配備 82 毫米迫擊砲彈〉《facebook》，2023年2月15日，<https://www.facebook.com/watch/?v=1113839686147706>，檢索日期：2024年7月15日。

4.RFE/RL,“Drone Wars: Ukraine's Homegrown Response To 'Deadly' Chinese Detection Tech”,RadioFreeEurope RadioLiberty,2022/7/14, <https://www.rferl.org/a/drone-detection-war-ukraine-china-russia/31943191.html>，檢索日期：2024年7月15日。

畫面來操控飛行。<sup>27</sup> FPV無人機時速可達120~230公里，最早FPV無人機以競速無人機運動為起點，被視為「三大智能科技

運動」之一。<sup>28</sup> 與空拍無人機相比，空拍

27、28 於下頁。



大疆小型無人機改裝



Autel EVO系列無人機



Parrot Anafi無人機

### 圖3 烏克蘭民用一般小型無人機

- 資料來源：1. 雅虎香港 Yahoo Hong Kong，〈烏克蘭「傻瓜無人機」助攻抗俄 3分鐘學會起飛、可精準投彈〉，2023年7月1日，<https://www.youtube.com/watch?v=0pXcNUM4quM>，檢索日期：2024年2月1日。
2. 李昭希，〈大疆無人機大變身 烏克蘭將其改裝成轟炸機〉《新唐人電視臺》，2023年5月9日，<https://www.ntdtv.com/b5/2023/05/09/a103707946.html>，檢索日期：2024年2月1日。
3. Haye Kesteloo, "AEROROZVIDKA RECEIVES FOUR AUTEL ROBOTICS EVO II ENTERPRISE DRONES TO FIGHT OFF RUSSIANS," DroneXL, 2022/4/29, <https://dronexl.co/2022/04/29/aerorozvidka-4-autel-evo-ii-drones/>，檢索日期：2024年1月28日。
4. 同註25、26。

27 大紀元，〈世界最長FPV無人機一鏡到底畫面拍了啥？〉，2021年12月24日，<https://www.epochtimes.com/b5/21/12/24/n13457168.htm>，檢索日期：2024年1月28日。

28 尋夢園，〈試騷機 篇二十九：從DJI FPV開始，進入穿越無人機的世界吧「本站首發」〉，2019年9月6日，<https://ek21.com/news/tech/137388/>，檢索日期：2024年1月28日。



圖4 FPV與一般無人機組件差異

資料來源：1.〈飛穿越機先問自己，我的目的是什麼？〉《FLYCAT FPV穿越家族》，<https://sites.google.com/view/lycatfpv/%E5%85%A5%E5%9D%91/%E5%85%A5%E5%9D%91%E5%89%8D>，檢索日期：2024年1月28日。  
2.TrendForce集邦科技，〈地緣政治衝擊無人機需求〉《工商時報》，2023年9月20日，<https://www.ctee.com.tw/news/20230920700093-439901>，檢索日期：2024年1月28日。

機從軍用無人機發展出來，FPV無人機更源自航空模型，強調手作能力和自行組裝、維修的特性，使其操作相對容易。FPV系統包括飛行平臺、動力系統和遙控系統，機體組件相對簡單，不像一般無人機包括飛控導航系統、鏈路系統、任務系統和地面站等組件。FPV無人機科技含量較低，成本相對較低。<sup>29</sup>

烏克蘭戰爭初期利用大疆FPV無人機(Avata穿越機、FPV穿越機)進行偵搜

及火力修正等任務。<sup>30</sup> 隨著大疆公司於2022年4月暫停俄烏商業活動，使烏克蘭加速自行生產改裝FPV無人機(烏克蘭民用FPV無人機如圖5)於戰場使用。無人機在戰爭中消耗巨大，商業無人機存在資訊滲透風險，迫使烏克蘭加速自製無人機。<sup>31</sup> 開戰後烏克蘭政府鼓勵本土藉由3D列印技術生產FPV無人機，並推出「國家無人機計畫」，指導民眾自行組裝提供給軍方。<sup>32</sup> 自製FPV無人機成本約

29 〈細說無人機、航模、玩具飛機三者的區別〉《佛山市實達科技有限公司》，2016年5月16日，<http://www.shida-batteries.com/index.php?m=News&a=show&id=27>，檢索日期：2024年1月28日。

30 信天翁，〈大疆的數位黑科技〉《FLYCAT FPV 穿越家族》，<https://sites.google.com/view/flycatfpv/%E7%9F%A5%E8%AD%98/dji%E5%A4%A7%E7%96%86>，檢索日期：2024年1月28日。

31、32 於頁13。



DJI Avata 穿越機



DJI FPV 穿越機



烏克蘭FPV無人機



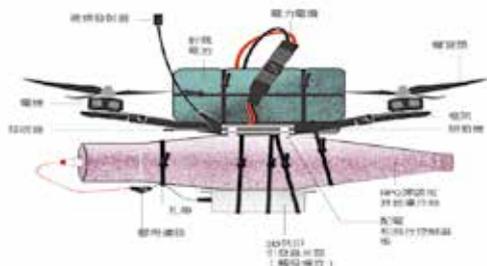
DJI FPV 與 烏製 FPV



烏國人民自製FPV無人機



烏克蘭自製FPV無人機



烏克蘭FPV改造示意圖



烏克蘭FPV改造無人機

圖5 烏克蘭民用FPV無人機

資料來源：同註30、31、32、34。

450美元，僅大疆無人機價格的四分之一。<sup>33</sup> 俄烏戰爭雙方自2023年開始大量運用FPV無人機進行偵察和自殺攻擊，使其在

戰場上的運用達到新高度。<sup>34</sup> FPV自殺無

34、35 於下頁。



人機已可等同於彈藥成為戰場上的消耗品。

3D列印機不僅能製造無人機零件，還能生產止血帶、炸彈外殼和各種裝備零件。這種技術正在革新戰爭的後勤支援方式，使烏克蘭在對抗俄羅斯時擁有著一定的軍事工業優勢(如圖6)。

烏克蘭將民用無人機運用於軍事和安全領域，這些無人機通常用於監偵、目標定位甚至攻擊，烏克蘭民用無人機特性及用途如表3。

## 二、俄羅斯民用無人機運用概況

1990年代蘇聯解體後，俄羅斯錯失無人機發展的黃金時代，加上2014年入侵

烏東與克里米亞受到西方國家經濟制裁，導致俄羅斯軍用與民用無人機技術都落後於其他大國。<sup>35</sup> 俄羅斯在此次戰爭中，使用的民用無人機大部分來自中共。<sup>36</sup> 並於戰爭期間開始自行研發和生產大量軍用商規無人機。

### (一)定翼型無人機(如圖7)

俄羅斯定翼型無人機因國情、技術及材料關係，以來自中共(Mugin系列無人機)及自製(木製無人機)居多，因天竺葵自殺式無人機等定翼型無人機，為仿伊朗軍用無人機自製故不列入探討。烏克蘭武器追蹤組織在推特上發布照片，顯示烏克蘭擊落一架攜帶海軍炮彈的Mugin-4

- 31 陳彥婷，〈俄烏戰爭直擊 | 拯救士兵的眼睛3D打印、烏軍土炮無人機抗敵記〉《集誌社》，2023年12月21日，<https://thecollectivehk.com/%E4%BF%84%E7%83%8F%E6%88%B0%E7%88%AD%E7%9B%B4%E6%93%8A%EF%BD%9C%E6%8B%AF%E6%95%91%E5%A3%AB%E5%85%B5%E7%9A%84%E7%9C%BC%E7%9D%9B%E3%80%803d%E6%89%93%E5%8D%B0%E3%80%81%E7%83%8F%E8%BB%8D%E5%9C%9F%E7%82%AE/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 32 Arthur Herring, "Ukraine Encourages Citizens to Build FPV Dron0065s at Home for National Defense," *Isp Today*, 2024/1/16, <https://isp.today/ukraine-encourages-citizens-to-build-fpv-drones-at-home-for-national-defense/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 33 同註31。
- 34 Alex Horton, "In Ukraine, explosive DIY drones give an intimate view of killing," *Democracy Dies in Darkness*, 2023/10/4, <https://www.washingtonpost.com/world/2023/10/04/fpv-drone-ukraine-russia/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 35 歐錫富，〈俄軍無人機表現不出色〉《財團法人國防安全研究院》，2023年6月20日，[https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2630&typeid=30#\\_ftnref2](https://indsr.org.tw/focus?uid=11&pid=2630&typeid=30#_ftnref2)，檢索日期：2024年2月15日。
- 36 王予知，〈硬把北京拖下水! 俄「首次公開」承認前線無人機都是來自中國〉《Newtalk新聞》，2023年10月17日，<https://tw.news.yahoo.com/%E7%A1%AC%E6%8A%8A%E5%8C%97%E4%BA%AC%E6%8B%96%E4%B8%8B%E6%B0%B4-%E4%BF%84-%E9%A6%96%E6%AC%A1%E5%85%AC%E9%96%8B-%E6%89%BF%E8%AA%8D%E5%89%8D%E7%B7%9A%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E9%83%BD%E6%98%AF%E4%BE%86%E8%87%AA%E4%B8%AD%E5%9C%8B-100745183.html>，檢索日期：2024年2月15日。



3D列印槍枝握把



3D列印瞄準具



3D列印止血帶



3D列印無人機彈藥固定器



3D列印炸彈外殼



3D列印無人機零組件

圖6 3D列印裝備零件

- 資料來源：1.Суспільства,“ Друкує безпілотники: підприємець із Полтавщини виробляє військове спорядження на 3D-принтерах,” АРГУМЕНТ, 2023/4/6, <https://argumentua.com/novini/druku-bezp-lotniki-p-dpri-mets-z-poltavshchini-viroblya-v-iskove-sporjadzhennya-na-3d-printer>，檢索日期：2024年2月5日。
- 2.Andriy Hrunykha,“ Студенти УКУ налагодили 3D-виробництво і тестування турнікетів для ЗСУ — як ми це робимо (доповнено),” DOU,2022/5/4, <https://dou.ua/forums/topic/37968/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 3.Рина Мадісон,“Житель Переяславщини Віктор Салтиков на 3D-принтері допомагає армії знищувати окупантів,” Proslav,2023/9/24, <https://proslav.info/zhytel-pereyaslavshhyny-viktorsaltykov-na-3d-prynteri-dopomagaye-armiyi-znyshhuvaty-okupantiv/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 4.Департамент массовых коммуникаций МО РФ,“Школа операторов FPV-дронов – от изготовления до боевого применения,”Присоединяйтесь,2023/8/11, <https://aviation21.ru/shkola-operatorov-fpv-dronov-ot-izgotovleniya-do-boevogo-primeneniya/>，檢索日期：2024年2月5日。
- 5.同註31。



表3 烏克蘭民用無人機一覽表

類型	定翼型無人機				多軸中、大型無人機		
型號	Spy Gun 無人機	PDDS 紙板無人機	Titan Falcon 無人機	3D列印 定翼無人機	Agras T30 農用無人機	Matrice 系列無人機	Aerorozvidka R18無人機
諸元	飛行時間：160分鐘 飛行高度：1.5公里 飛行時速：90公里	翼長：2公尺 航程：120公里 飛行時速：60公里	翼長：2.1公尺 機重：5.3公斤 飛行時速：45~70公里 航程：400公里 滯空時間：6小時		軸距：21.45公尺 機身高：7.90公尺 飛行時間：20.5分鐘	軸距：5.85公尺 機身高：2.15公尺 飛行時間：36分鐘	軸距：12公尺 飛行距離：20公里 飛行時間：45分鐘
特性	搭載線上軌跡相機和GoPro相機，引擎關閉時可沿規劃路線滑行節省電量。	可攜3~5公斤載重，搭載GoPro相機。紙板機身內設有小型航電設備和電機模塊，不易被雷達追蹤，具備獨立降落能力。	3D印表機製造，機翼下可安裝影像發射器和無線電接收器，機頭裝有FPV鏡頭。	3D印表機製造，機身以塑膠或碳纖維等複合材料製成，雷達反射少，不易被偵測，且可變頻躲避干擾。	雙FPV鏡頭提供前後影像；可一個遙控器同時操作多架無人機。改裝後可搭載榴彈發射器和7.62mm機槍。	具備雷射測距功能，可為砲兵部隊提供精確目標定位。改裝後可搭載RPG彈頭及迫砲彈。	主要用於夜間攻擊，有八個螺旋槳具更高的可靠性，可攜帶RKG-1600炸彈。
軍事用途	偵蒐	偵蒐、運送	監視、欺敵	偵蒐	偵蒐、運送、攻擊	偵蒐、運送、攻擊、精準定位	偵蒐、攻擊
生產國	烏克蘭	澳大利亞	德國	烏克蘭	中共	中共	烏克蘭
類型	一般小型無人機			FPV無人機			
型號	大疆小型無人機	Autel EVO 系列無人機	Parrot ANAFI	大疆FPV無人機	烏克蘭自製 FPV無人機		
諸元	軸距：35~38公分 飛行距離：4~30公里 飛行時間：25~45分鐘	軸距：40公分 飛行距離：9公里 飛行時間：40分鐘	軸距：37公分 飛行距離：4公里 飛行時間：32分鐘	軸距：18~19公分 飛行距離：11~17公里 飛行時間：18~20分鐘	軸距：18公分 飛行距離：5~20公里 飛行時間：18~20分鐘		
特性	可精確標記協助砲兵摧毀目標，經改裝後能投下簡易炸彈。其小巧便攜，可快速裝備手榴彈並懸停在目標上空，投擲炸彈且生成宣傳影片。	可搭載熱成像和可見光鏡頭實施日、夜間偵蒐，及協助砲兵摧毀目標，改裝後能投擲30毫米Vog-17手榴彈進行轟炸。	主要用於偵蒐，搭載熱成像傳感器，可於夜間操作，並具資料加密和隱私功能。	具備高清晰延遲數位圖傳功能，能提供即時影像傳輸，其精確機動性能使其能通過門窗進入建築物，適合在複雜環境中執行任務。	自製FPV無人機成本低，可用於偵察和自殺攻擊，且已成為戰場消耗品。其機身零件均可由3D列印機製造，降低成本並提高生產效率。		
軍事用途	偵蒐、攻擊	偵蒐、攻擊	偵蒐	偵蒐	偵蒐、攻擊		
生產國	中共	美國品牌(中共製造)	德國	中共	烏克蘭		

資料來源：1. 〈R18 (Drohne)〉《Wikipedia》，[https://de.wikipedia.org/wiki/R18\\_\(Drohne\)](https://de.wikipedia.org/wiki/R18_(Drohne))，檢索日期：2024年7月16日。  
 2. NATALIA YERMAK AND THOMAS, “In a Ukraine workshop, the quest to build the perfect grenade,” NEW YORK TIMES, 2023/1/8, <https://www.japantimes.co.jp/news/2023/01/08/world/ukraine-grenade/>，檢索日期：2024年7月16日。  
 3. Russia Ukraine War 2022, “Ukraine acquires 2,000 Autel Evo Max 4T Chinese-made drones,” Army Recognition Group, 2023/10/10, <https://armyrecognition.com/focus-analysis-conflicts/army/conflicts-in-the-world/russia-ukraine-war-2022/ukraine-acquires-2-000-autel-evo-max-4t-china-made-drones>，檢索日期：2024年7月16日。  
 4. Mariano Zafra, Max Hunder, Anurag Rao and Sudev Kiyada, “How drone combat in Ukraine is changing warfare,” REUTERS, 2024/3/26, <https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/DRONES/dwpkeyjwqpm/>，檢索日期：2024年7月16日。  
 5. 同註14、15、16、17、19、20、21、22、24、25、30、31、32、34。  
 6. 筆者整理自製。



擊落之Mugin-4無人機



擊落之Mugin-5無人機



木製無人機

圖7 俄羅斯民用定翼型無人機

資料來源：1.Ukraine Weapons Tracker,“Ukraine: A Russian 04e0596 VTOL UAV was downed by the Ukrainian army in #Kherson Oblast,” twitter2023/2/16, [https://twitter.com/UAWeapons/status/1625978378086936577?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Cwterm%5E1625978378086936577%7Ctwgr%5E98b376929e36eefb91dfa863d2aaf00d750458a2%7Ctwcon%5Es1\\_&ref\\_url=https%3A%2F%2Fwww.popularmechanics.com%2Fmilitary%2Fweapons%2Fa42944173%2Frussia-buys-drones-from-china-online-alibaba-ukraine-war%2F](https://twitter.com/UAWeapons/status/1625978378086936577?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Cwterm%5E1625978378086936577%7Ctwgr%5E98b376929e36eefb91dfa863d2aaf00d750458a2%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.popularmechanics.com%2Fmilitary%2Fweapons%2Fa42944173%2Frussia-buys-drones-from-china-online-alibaba-ukraine-war%2F) 檢索日期：2024年2月17日)

2.Defense Express,“New russian Wooden Drone: So Simple an Aeromodelling Club Can Make It, But No Less Dangerous,” Defense Express,2023/10/23, [https://en.defence-ua.com/weapon\\_and\\_tech/new\\_russian\\_wooden\\_drone\\_so\\_simple\\_an\\_aeromodelling\\_club\\_can\\_make\\_it\\_but\\_no\\_less\\_dangerous-8336.html](https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/new_russian_wooden_drone_so_simple_an_aeromodelling_club_can_make_it_but_no_less_dangerous-8336.html)，檢索日期：2024年2月17日。

3.同註38。

無人機，墜毀於赫爾松州。<sup>37</sup> CNN於2023年3月16日報導，烏克蘭東部擊落一架經

3D列印改裝可攜帶炸彈的Mugin-5無人機。<sup>38</sup> 另木製無人機透過網購發動機，在航

37 SEBASTIEN ROBLIN,“Russia Is Buying and Weaponizing Cheap Drones From Chinese Websites,” PopularMechanics,2023/2/17, <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a42944173/russia-buys-drones-from-china-online-alibaba-ukraine-war/>，檢索日期：2024年2月17日。

38 Rebecca Wright,Ivan Watson,Olha Konovalova，Tom Booth,“Exclusive: Chinese-made drone, retrofitted and weaponized, downed in eastern Ukraine,” CNN,2023/3/16, <https://edition.cnn.com/2023/03/16/europe/china-made-drone-downed-eastern-ukraine-hnk-intl/index.html>，檢索日期：2024年2月17日。



模俱樂部組裝，機身由木膠合板製成，改裝瓶子作油箱，加裝角反射器提高雷達可見度，從而降低烏克蘭攔截巡弋飛彈的機率。<sup>39</sup>

### (二)多軸中型無人機-Matrice無人機

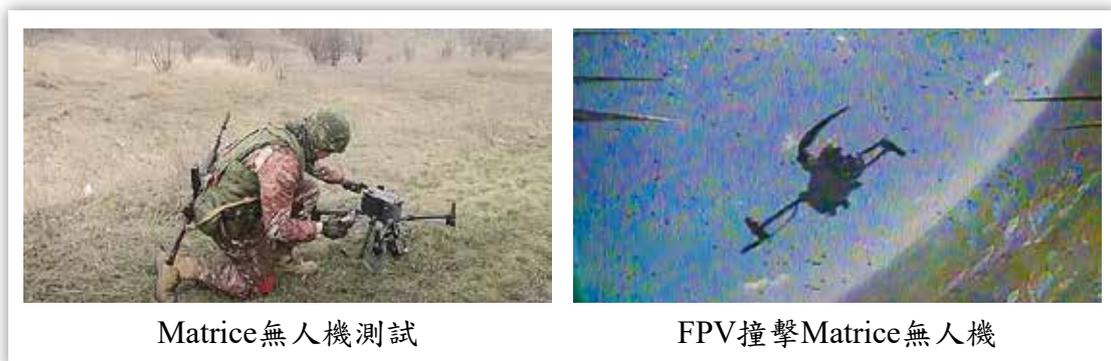
2022年4月12日youtube影片顯示俄羅斯摩爾多瓦公共人權組織向頓巴斯保衛者移交DJI Matrice 300無人機。<sup>40</sup>另外2023年5月26日大疆.COM報導烏克蘭FPV無人機在空中自殺式擊落俄羅斯DJI Matrice 30T(如圖8)。<sup>41</sup>

### (三)一般小型無人機—大疆小型無人機

俄羅斯前總參謀長尤里·巴盧耶夫斯基將軍在其新書中提到「大疆無人機給傳統火炮帶來真正的革命，徹底解決偵查，目標指示和火力修正問題」。並盛讚「大疆製造的Mavic無人機已成為現代戰爭真正象徵。」<sup>42</sup>除Mavic系列外，俄羅斯、頓內茨克人民共和國(DPR)亦使用Phantom及Mini等系列(如圖9)大疆小型無人機。

### (四)FPV無人機(如圖10)：

FPV無人機已成為俄烏戰爭的重要角色，根據烏克蘭國防快車報導，俄烏兩國FPV無人機使用數據，顯示俄羅斯



Matrice無人機測試

FPV撞擊Matrice無人機

圖8 俄羅斯民用多軸中型-Matrice無人機

資料來源：同註40、41。

- 39 Defense Express, "The Real Threat of Russia's 'Poor Man's Drones' Explained on Example of a Wooden UAV," Defense Express, 2023/6/13, [https://en.defence-ua.com/news/the\\_real\\_threat\\_of\\_russias\\_poor\\_mans\\_drones\\_explained\\_on\\_example\\_of\\_a\\_wooden\\_uav-6999.html](https://en.defence-ua.com/news/the_real_threat_of_russias_poor_mans_drones_explained_on_example_of_a_wooden_uav-6999.html), 檢索日期：2024年2月17日。
- 40 DroneXL, "Powerful DJI Matrice 300 RTK in Russian hands" Youtube, 2022/4/12, <https://www.youtube.com/watch?v=VVp8UvIFuMo>, 檢索日期：2024年2月17日。
- 41 Suchomimus, "Amazing FPV Drone strike on a Russian Drone (DJI Matrice 30)--Incredible Accuracy," Youtube, 2023/5/25, <http://youtube/yZvHi800K3C?Si=56XS3FrftM9npIyo>, 檢索日期：2024年9月11日。
- 42 李淨, 〈俄羅斯將軍讚中國無人機幫助俄軍 大疆急發聲〉《每日頭條》, 2022年8月14日, <https://www.epochtimes.com/b5/22/8/13/n13802020.htm>, 檢索日期：2024年2月17日。

俄羅斯前總參謀長巴魯耶夫斯基將軍：

- 中國製造的普通商用四旋翼無人機給傳統身管炮和火箭炮的應用帶來一場真正的革命，實際上徹底解決了砲兵偵察、目標指示和火力修正方面的老問題。
- 當無人機持續懸停目標區上空進行調整時，火炮可以使用常規彈藥，其精度和效率堪比精確制導彈藥，同時殺傷所需的彈藥和火炮數量大幅減少。
- 中國大疆公司製造的 Mavic 四旋翼無人機原則上已成為現代戰爭的真正象征。



俄羅斯駐中共大使館發文



DPR軍人手與DJI Mini



DPR炮兵營指揮官與Mavic



Phantom與Mavic

圖9 俄羅斯民用一般小型無人機

資料來源：1.同註42。

2.FAINE GREENWOOD,“Drones in the Ukraine War: April 3rd to April 11th, 2022,” Little Flying Robots,2022/4/13, <https://faineq.substack.com/p/drones-in-the-ukraine-war-april-3rd?s=w>.

有超過烏克蘭趨勢。<sup>43</sup> 可知俄羅斯將重心逐漸轉移至FPV無人機上面。俄羅斯運用於戰場的FPV無人機種計有大疆FPV系列、Hortensia、Upir、Boomerang等4款。根據無人機新聞網站DroneXL報導，俄

羅斯使用各種大疆無人機其中包括FPV無人機，無人機機身描繪字母Z標誌，這個標誌也成為俄羅斯軍隊的代名詞。<sup>44</sup> Hortensia是專為戰鬥、情蒐、設計的FPV無人機。另配備熱成像技術，適合夜間作

43 Defense Express,“Detailed FPV Drone Usage Statistics Show russia's Starting to Outpace Ukraine,” Defense Express,2024/1/31, [https://en.defence-ua.com/analysis/detailed\\_fpv\\_drone\\_usage\\_statistics\\_show\\_russias\\_starting\\_to\\_outpace\\_ukraine-9361.html](https://en.defence-ua.com/analysis/detailed_fpv_drone_usage_statistics_show_russias_starting_to_outpace_ukraine-9361.html)，檢索日期：2024年2月18日。

44 Haye Kesteloo,“RUSSIAN MILITARY USE DJI FPV DRONE MARKED WITH LETTER Z,” dronexl,2022/5/17, <https://dronexl.co/2022/05/17/russian-military-dji-fpv-drone/>，檢索日期：2024年2月18日。



DJI FPV無人機



Hortensia無人機



Upir無人機



Boomerang無人機

圖10 俄羅斯民用FPV無人機

資料來源：1.同註44、45、46、47。

2. Oleg Burunov, "Russia-Ukraine Drone Warfare: How Advanced Drone 'Upyr' Wreaks Havoc on Ukrainian Troops," Sputnik, 2023/9/15, <https://en.sputniknews.africa/20230915/1062140553.html>，檢索日期：2024年2月18日。

戰。<sup>45</sup> Upyr無人機設計用於攜帶RPG-7反坦克彈藥或炸藥。有效載重2公斤，具有一定的抗電子戰干擾能力，可打擊12公里外目標。並在惡劣天氣及複雜地形中移動運行。<sup>46</sup> Boomerang無人機有4個螺旋槳和4個電機，搭載大容量電池能在空中停留至少三個小時，最大時速可達170公里／小時。主要優點是能夠攜帶裝有爆炸物或易燃物質的容器。<sup>47</sup>

俄羅斯使用民用無人機進行偵搜和攻擊，如改裝DJI Mavic投擲手榴彈，FPV無人機用於精確打擊，還組裝木製無人機以吸引防空系統注意力，降低烏克蘭攔截巡弋飛彈的機率，俄羅斯民用無人機諸元及特性等請參見表4。

### 三、中共民用無人機發展現況

根據德國研究公司Droneii 2023年度排名(如圖11)，全球前五大民用無人機製造公司中包括中共的大疆創新、極飛科技

和成都縱橫。<sup>48</sup> 中共擁有超過400家無人機製造商，本文將依全球市占率取前5名，針對大疆創新、極飛科技和成都縱橫3家公司依定翼型、多軸中大型、小型等類型進行歸納。

#### (一)定翼型無人機(如圖12)

此三家無人機公司中，以成都縱橫公司的定翼型無人機型號最多，該公司是中共「中國軍工網」品牌公司之一，曾在「中航工業盃」無人機大賽中屢獲殊榮。並實現「定翼型無人機」在移動平臺上精確全自主起降。其產品獲得中共航太科工等專業用戶採購，並在大陸及韓國、美國等地銷售。<sup>49</sup> 成都縱橫公司無人機產品主要為垂直起降定翼型無人機，廣泛應用於智慧城市、測繪、警用等領域。<sup>50</sup> 2022年10月於網路上出現中共航空母艦山東號甲板上有2款不同類型無人機，都具有垂直起降功能，其中一款像是成都縱橫的大

45 Sputnik, "The Russian Army's deployment of cutting-edge first-person view drones is reshaping the battlefield in the Ukraine conflict, marking a pivotal shift in defense strategies.," twitter, 2024/1/2, <https://twitter.com/SputnikInt/status/1742095625724788742>, 檢索日期：2024年2月18日。

46 Chimauchem Nwosu, "How Russian First-Person View Drones Change the Frontlines," Sputnik, 2024/1/1, <https://sputnikglobe.com/20240101/how-russian-first-person-view-drones-change-the-frontlines-1115932708.html>, 檢索日期：2024年2月18日。

47 Минобороны России, "Boomerang (kamikaze drone)," TAdviser, 2023/3/1, [https://tadviser.com/index.php/Product:Boomerang\\_\(kamikaze\\_drone\)](https://tadviser.com/index.php/Product:Boomerang_(kamikaze_drone)), 檢索日期：2024年2月18日。

48 Ishveena Singh, "Ranked: Top 5 drone manufacturers of 2023," TAdviser, 2023/12/12, <https://dronedj.com/2023/12/12/top-drone-manufacturer-ranking-2023/>, 檢索日期：2024年2月19日。

49 同註12。

50 〈成都縱橫自動化技術股份有限公司JOUAV-官方網站〉《JOUAV》，<https://www.jouav.com/zh/>，檢索日期：2024年2月19日。



表4 俄羅斯民用無人機一覽表

類型	定翼型無人機		多軸中型無人機	一般小型無人機
型號	Mugin系列無人機	木製無人機	Matrice無人機	大疆小型無人機
諸元	翼長：5公尺 飛行時速：137公里 飛行時間：4~8小時		軸距：5.85公尺 機身高：2.15公尺 飛行時間：36分鐘	軸距：35~38公分 飛行距離：4~30公里 飛行時間：25~45分鐘
特性	最大載重為15公斤，能有效承載各種裝備，經3D列印技術改裝後，可攜帶炸彈實施攻擊。	用改裝瓶子作為油箱，並加裝角反射器以提高雷達可見度，吸引防空系統注意力。該機發動機和零件能在航模俱樂部購買。	具備雷射測距功能，可為砲兵部隊提供精確目標定位。改裝後可搭載RPG彈頭及迫砲彈。	可精確標記協助砲兵摧毀目標，改裝後能投下簡易炸彈。可快速裝備手榴彈並懸停在目標上空，投擲炸彈且生成宣傳影片。
軍事用途	偵蒐、運送、攻擊	欺敵	偵蒐、運送、攻擊、精準定位	偵蒐、攻擊
生產國	中共	俄羅斯	中共	中共
類型	FPV無人機			
型號	大疆FPV無人機	Hortensia	Upyr	Boomerang
諸元	軸距：18~19公分 飛行距離：11~17公里 飛行時間：18~20分鐘	軸距：5.85公尺 飛行距離：6公里 飛行時間：5~8分鐘	載重：2公斤 飛行距離：12公里	飛行時速：170公里 飛行時間：3小時
特性	具備高清低延遲圖傳功能，能提供即時高質量的影像傳輸，其精確機動性能使其能輕鬆通過門窗進入建築物，適合在複雜環境中執行任務。	配備熱成像技術，適合夜間作戰。由於電動機高功率及輕量化設計，提升Hortensia無人機的機動性和應用效能。	可裝載反裝甲彈和常規炸藥，並以其流線型空氣動力學設計提升戰鬥效能，並具備抗電子戰干擾能力。	搭載高爆塑膠炸藥，電池容量大，飛行時間至少三小時，並提升飛行速度。不需衛星通信模組，具備抗無人機電子攔截能力。
軍事用途	偵蒐	偵蒐、攻擊	偵蒐、攻擊	偵蒐、攻擊
生產國	中共	俄羅斯	俄羅斯	俄羅斯

資料來源：1.同註37、38、39、40、41、44、45、46、47。  
2.筆者整理自製。

鵬CW-20(如圖13)。<sup>51</sup> 另極飛科技公司亦有一款M2000定翼型無人機，具自動光學對焦主要用於航測任務。<sup>52</sup>

(二)多軸中、大型無人機(圖14)

此三家無人機公司中，以大疆創新(DJI)的多軸中、大型無人機型號最多，極飛科技次(XAG)之。大疆創新，主要的商用無人機系列包括：Matrice、Agras

51 JOSEPH TREVITHICK,“Chinese Aircraft Carrier Seen With A Fleet Of Drones On Its Deck,” THE WAR ZONE,2022/6/2, <https://www.twz.com/chinese-aircraft-carrier-seen-with-fleet-of-drones-onboard>, 檢索日期：2024年2月19日。

52 〈極飛M2000 2022年遙桿無人機〉《廣州極飛科技股份有限公司》，2023年12月12日，[https://www.aamev.com.translate.google/sell/show-29.html?\\_x\\_tr\\_sch=http&\\_x\\_tr\\_sl=zh-CN&\\_x\\_tr\\_tl=zh-TW&\\_x\\_tr\\_hl=zh-TW&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www.aamev.com.translate.google/sell/show-29.html?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=zh-CN&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc), 檢索日期：2024年7月17日。



圖11 2023年全球民用無人機市占率排行圖

資料來源：同註48。

、Spreading Wings、FlyCart、MG等系列，這些無人機以其高性能、可靠性和靈活性受到全球商業和專業用戶的廣泛認可和選擇。<sup>53</sup> 另極飛科技公司是中共一家農業無人機生產及研發公司。2019年第一個榮獲農業科技界奧斯卡(Agrow Awards)「最佳精準農業技術創新獎」的中共公司，2020年首個榮獲路透社「全球商業責任大獎」的中共企業。<sup>54</sup> 成都縱橫亦有一款PH-20無人機，該款無人機屬於工業應用的大型多旋翼無人機，主要用於巡檢、測繪和安全監控，能夠攜帶多種專業設備完成精確任務。<sup>55</sup>

### (三)多軸小型無人機(圖15)

此三家無人機公司中，以大疆創新(DJI)的多軸小型無人機型號最多。大疆創新公司(DJI)，主要生產航拍消費級無人機。機型包括：Mavic、Air、Mini、Inspire、Phantom、Spark、Avata、FPV等8款。這些無人機系列各具特色，針對不同的使用需求和應用場景提供了多樣化的選擇。<sup>56</sup> 另極飛科技亦有一款M500小型無人機，具全自主飛行自動圖像採集，能快速拼接圖像。<sup>57</sup>

中共民用無人機在全球具有重要地位，其中大疆創新、極飛科技及成都縱橫

53 〈DJI-官方網站〉《DJI》，<https://www.dji.com/tw>，檢索日期：2024年2月19日。

54 〈極飛科技XAG-官方網站〉《XAG》，<https://www.xa.com/>，檢索日期：2024年2月19日。

55 同註50。

56 同註53。

57 〈極飛M500〉《廣州極飛科技股份有限公司》，2023年12月12日，[https://www.aamev-com.translate.google.com/sell/show-28.html?\\_x\\_tr\\_sl=zh-CN&\\_x\\_tr\\_tl=zh-TW&\\_x\\_tr\\_hl=zh-TW&\\_x\\_tr\\_pto=sc&\\_x\\_tr\\_sch=http](https://www.aamev-com.translate.google.com/sell/show-28.html?_x_tr_sl=zh-CN&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc&_x_tr_sch=http)，檢索日期：2024年7月17日。



圖12 中共民用定翼型無人機

資料來源：同註50、52。

均是領先公司。這三家公司推動了中共無人機的多樣化和快速增長。另於表5民用無人機一覽表中，包含大疆創新、極飛科技及成都縱橫三間公司生產的無人機。

#### 四、我國無人機發展現況概述

我國無人機發展可追溯自1980年代

中科院研發UAV技術，至今已有超過30年的發展歷程。

##### (一)國軍無人機現況概述(圖16)

國軍目前軍用軍規無人機包括紅雀、銳鳶、劍翔、騰雲、巡飛彈、魔羯旋翼無人機等六款無人機，皆為中科院設計



圖13 航空母艦山東號搭載無人機

資料來源：同註51。

、生產。這些軍用無人機不僅是我國科技實力的體現，也是國防實力重要的組成，在國防安全上扮演關鍵角色。

紅雀無人機主要用於強化連級野戰部隊偵察和情報蒐集能力，並提供砲兵火力標定指示。<sup>58</sup> 銳鳶無人機具長時間滯空、全球定位系統導航、自動飛行控制等特性。可執行日／夜間偵蒐、戰場監控、目標搜尋等任務。<sup>59</sup> 劍翔無人機採發射箱方式發射。彈頭尋標器能夠追蹤敵防空雷達訊號並對其進行攻擊，以達反制效果。<sup>60</sup> 騰雲無人機目前為「軍種作戰測評階段」，滯空時間達20小時，具備衛星導控

、長時間滯空等特點，同時擁有自主起降、多重導控等功能。可攜帶電子光學、紅外線、合成孔徑雷達、語音航管通訊等設備，提供遠距即時情監偵能力。<sup>61</sup> 巡飛彈無人機區分一、二型兩款。一型可由單兵攜帶操作，透過平板電腦進行打擊，同時搭載AI鏡頭，協助射手判斷攻擊目標。二型處於「工程發展階段」具備多管發射能力，能攜帶大量高爆彈藥，打擊範圍大，實現無人機群攻作戰。<sup>62</sup> 魔羯旋翼無人機，主要用於城鎮和灘岸地區情監偵任務，擁有自主起降、雙機導控、即時影像傳輸、抗干擾等功能，可強化近海與岸陸地

58 國家中山科學研究院，〈小型紅雀無人機〉，2024年2月7日，[https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product\\_Id=19&catalog=56](https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=19&catalog=56)，檢索日期：2024年2月19日。

59 國家中山科學研究院，〈中型中翔無人機〉，2024年2月7日，[https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product\\_Id=20&catalog=56](https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=20&catalog=56)，檢索日期：2024年2月28日。

60 舒孝煌，〈由「劍翔」評估國內無人機產業發展〉《國防安全雙週報》，2019年8月23日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=722&pid=2719>，檢索日期：2024年2月28日。

61 游太郎，〈獨家騰雲無人機滯空突破20小時 具全天候監控臺海能力〉《自由時報》，2023年12月24日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4530283>，檢索日期：2024年2月28日。

62 游凱翔，〈巡飛彈2型無人機亮相 採多聯裝對敵發起群攻〉《中央社》，2023年9月13日，<https://www.cna.com.tw/news/aip/202309130239.aspx>，檢索日期：2024年2月28日。



圖14 中共民用多軸中、大型無人機

資料來源：同註50、53、5。

區戰術偵察與監視，同時能與國軍情傳系統進行對接。<sup>63</sup>

(二)軍用商規無人機發展現況概述

借鏡俄烏戰爭我國鏈結民間產能，合作生產艦載監偵、陸用監偵等5款軍

用商規無人機(如表6)。<sup>64</sup>軍用軍規與軍用商規無人機在設計流程、飛控導航等要求均有其差異(如表7)，商用無人機生產成

63、64 於下頁。

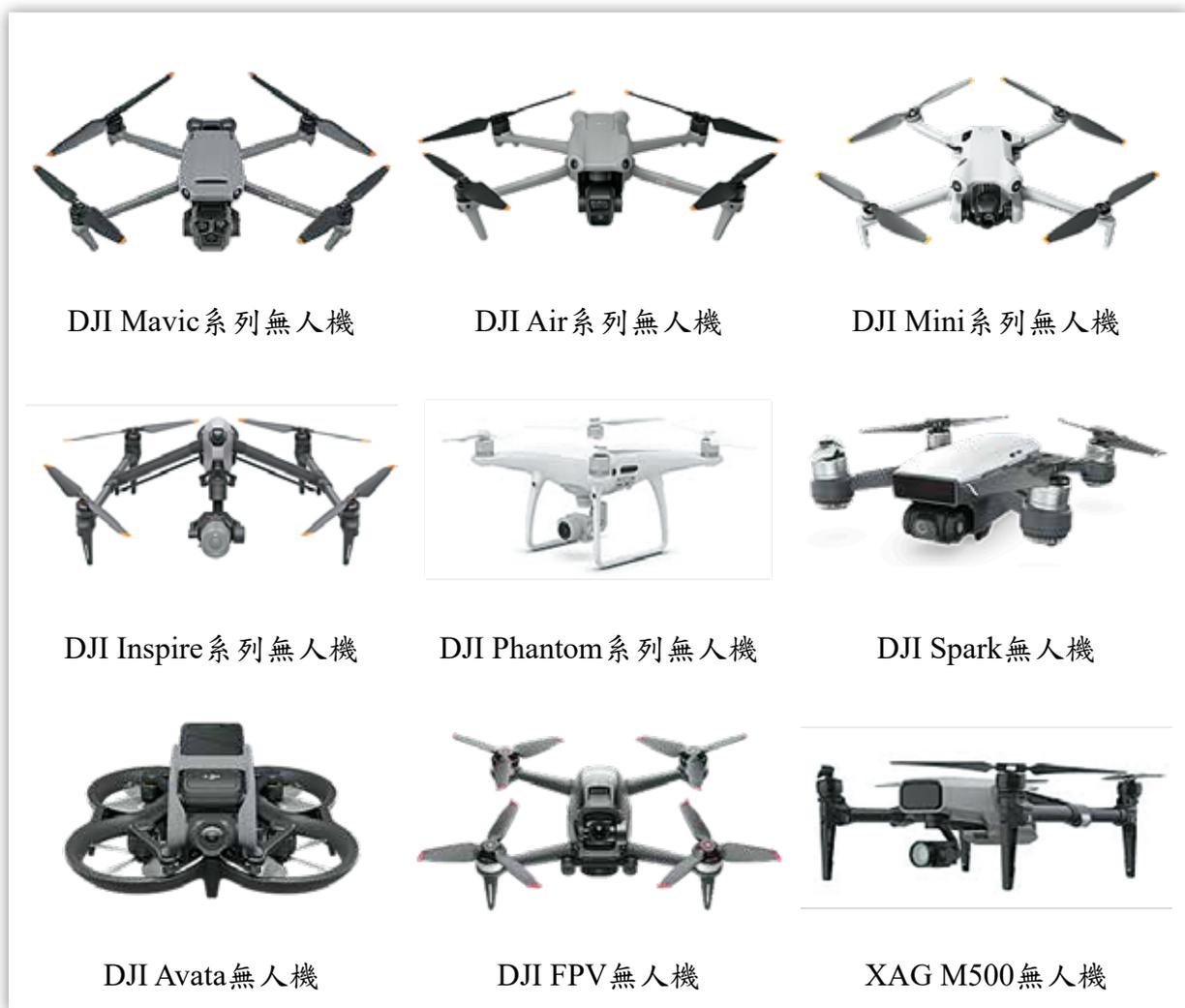


圖15 中共民用多軸小型無人機

資料來源：同註53、57。

本低且生產效率高。在執行低難度或高危險任務時，可優先選用商用無人機，以有

效管理國防資源。<sup>65</sup>

### (三)我民用無人機發展現況概述

63 呂炯昌，〈國造戰術型近程無人機 首度曝光〉《今日新聞》，2022年11月15日，<https://tw.news.yahoo.com/%E5%9C%8B%E9%80%A0%E6%88%B0%E8%A1%93%E5%9E%8B%E8%BF%91%E7%A8%8B%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-%E9%A6%96%E5%BA%A6%E6%9B%9D%E5%85%89-044234838.html>，檢索日期：2024年2月28日。

64 游凱翔，〈借鏡俄烏戰爭 國軍將採購819架軍用商規無人機〉《中央社》，2023年8月31日，<https://www.cna.com.tw/news/aipl/202308310111.aspx>，檢索日期：2024年3月1日。

65 〈解析軍規無人機產業：4種已量產，軍方未來幾年採購計畫？受惠臺廠有哪些？〉《經濟日報》，2024年1月17日，<https://money.udn.com/money/story/5612/7716613>，檢索日期：2024年3月1日。



表5 中共民用無人機一覽表

類型	定翼型無人機								
型號	CW-007無人機	CW-15無人機	CW-25無人機	CW-25E無人機	CW-25H無人機	CW-40無人機	CW-100無人機	M2000無人機	
諸元	翼長：2.2公尺 飛行時速：61公里 滯空時間：55分鐘	翼長：3.54公尺 飛行時速：61公里 滯空時間：3小時	翼長：4公尺 飛行時速：100公里 滯空時間：6小時	翼長：4.6公尺 飛行時速：90公里 滯空時間：6小時	翼長：4.4公尺 飛行時速：80公里 滯空時間：3.5小時	翼長：4.6公尺 飛行時速：90公里 滯空時間：6小時	翼長：5.15公尺 飛行時速：130公里 滯空時間：10小時	翼長：1.7公尺 最大航程：80公里 滯空時間：90分鐘	
特性	有效載重1公斤，支援垂直起降，輕便便攜，2分鐘內完成裝卸。	有效載重3公斤，支援垂直起降，能自動避障，並在複雜電磁環境中飛行。	有效載重6公斤，具有長航時、高速度，擁有高可靠性，如GPS或數據連結超時會自動返回。	為油電混合動力，15分鐘快速拆裝，適用於車載和船艦移動平臺，也支持異地異軌起降。	為氫電混合動力，更換氫氣罐後繼續飛行，增強航程和載重能力，能用於更複雜的工業應用。	大型固定翼無人機，具備長航時、高載重(10kg)能力。適用於大範圍監測和偵察任務。	超大型固定翼無人機，具備垂直起降、高載重(45kg)能力，並配備先進導航和通信設備。	農業專用無人機，專為大面積農田設計，用於精準農業操作。	
用途	短程監測、測繪	精確測繪、巡檢	測繪、監控	測繪、監控	測繪、工業應用	運輸及監偵	運輸及監偵	農業操作	
廠牌	成都縱橫	成都縱橫	成都縱橫	成都縱橫	成都縱橫	成都縱橫	成都縱橫	極飛科技	
類型	多軸中、大型無人機								
型號	Matrice系列	Agras系列	Spreading Wings	FlyCart	MG系列	PH-20無人機	P系列四軸無人機	V系列雙軸無人機	
諸元	重量：6.47公斤 最大高度：7,000公尺 飛行時間：55分鐘	重量：52公斤 飛行半徑：2,000公尺 最大耐風：6m/s	重量：6公斤 懸停時間：15分鐘	重量：65公斤 最大高度：6,000公尺 懸停時間：29分鐘	重量：6.47公斤 最大高度：7,000公尺 飛行時間：55分鐘	重量：6.47公斤 最大高度：7,000公尺 飛行時間：55分鐘	重量：2.5公斤 飛行半徑：2,000公尺	重量：2.5公斤 飛行半徑：2,000公尺	
特性	具全方位的環境感知、定位和避障能力，安裝毫米波雷達，能即時避障，有效探測距離最遠可達30公尺。	採用堅固可靠的摺疊式機架，確保無人機操作高效便捷，便於運輸。配備可靠的全向數位雷達。	具飛行穩定、承載能力強、長時間飛行等優點，能夠執行精確懸停、持續巡航、靈活轉彎等飛行動作。	具長距離重型運輸機支援貨箱和空吊兩種模式，提供安全、經濟實惠且高效的空中運輸解決方案。	為農業植保機，配合智能規劃和管理平臺，可實現作業規劃、飛行實時管理。	採用輕便堅固的碳纖維結構，機臂插拔式設計便於維護，適用於多種應用場景如安防、測繪、巡檢。	具自主飛行、高載重、優越避障能力，動散熱技術，極速充電。適用於農田照片拍攝與遙感測繪。	雙旋翼結構，有效載重20公斤，可執行測繪、實施自主飛行、懸停、自動返航。	
用途	巡檢、測繪、監控	農用、測繪	專業航拍	物資運輸	農用、測繪	巡檢、監控、運輸	農用、測繪	農用、測繪	
廠牌	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	成都縱橫	極飛科技	極飛科技	
類型	多軸小型無人機								
型號	Mavic無人機	Air無人機	Mini無人機	Inspire無人機	Phantom無人機	Spark無人機	Avata無人機	FPV無人機	M500無人機
諸元	重量：958公克 飛行時間：43分鐘	重量：720公克 飛行時間：46分鐘	重量：249公克 飛行時間：34分鐘	重量：3,995公克 飛行時間：28分鐘	重量：1,391公克 飛行時間：30分鐘	重量：300公克 飛行時間：15分鐘	重量：377公克 飛行時間：23分鐘	重量：795克 飛行時間：20分鐘	重量：3,240公克 飛行時間：90分鐘
特性	便攜折疊式航拍機，配備前視和下視視覺系統，能執行智慧跟隨、自動返航等功能。	小巧可折疊，具備自動返航及避障功能，可實施全景拍攝及智能拍攝等功能。	超輕小機身，攜帶極為便捷，支援多種拍攝模式，具備自動返航功能。	採用鋁鎂合金製造，配備雙冗餘電池系統，即使一塊電池故障，仍可靠另一塊繼續飛行。	配備先進視覺定位和障礙物感知系統，具備跟隨、自動返航功能，並能在室內穩定懸停。	支援一鍵錄影等功能，並具備自動返航功能，能在室內外穩定懸停和進行飛行。	配備禁飛保護罩、GNSS系統和視覺定位系統，能夠在室內外穩定懸停並實現靈活飛行。	配備FPV飛行眼鏡、圖傳模組、相機和遙控器，使用者可遙控調整圖傳設定，具備抗干擾能力。	可選擇智能或手動飛行模式，配備Wi-Fi雙通訊系統，支持遠距離控制操作。
用途	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	監測、錄影	測繪
廠牌	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	大疆創新	極飛科技

資料來源：1.同註50、53、54。

2.筆者整理自製。

根據我國無人飛行載具法規，超過25公斤的無人機須向民航局申請及檢驗，增加行政成本。市場主要以消費級無人機為主，因此大多數無人機為重量在25公斤以下之空拍機與農用噴藥無人機。無人機產業涵蓋多個細項，包括

材料(如鋁合金由燁鋒輕合金提供，碳纖維原料則由臺塑生產)、引擎(如雷虎等供應商)、電池、飛行控制電腦、伺服機、GPS天線模組等，並有多家公司參與全機設計與製造，如雷虎科技、經緯航太、中光電智能等。儘管我國民用無人



圖16 國軍各式軍規軍用無人機圖

- 資料來源：1. 劉宇捷，〈圖解軍武〉二型比一型大1.5倍！「銳鳶」前世今生差多少？〉《自由時報》，2023年9月23日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4436553> 檢索日期：2024年2月28日。  
 2. 楊俊斌，〈劍翔易受干擾 難突破S-400防空 第一代反輻射無人機受低空探測系統監視〉《旺報》，2020年11月5日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20201105000107-260301?chdtv>，檢索日期：2024年2月28日。  
 3. 同註58、61、62、63。

表6 軍用商規無人機圖

類型					
	艦載監視型無人機	陸用監視型無人機	目獲型無人機	監視型無人機	微型無人機
軍種	海軍	海軍	海軍	陸軍	陸、空軍
需求數量	16	96	1552	72	1485

- 資料來源：1. 吳哲宇，〈5款軍用商規無人機量產將逾3000架 原型機7月底交機見真章〉《自由時報》，2023年3月10日，<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/4235238>，檢索日期：2024年2月28日。  
 2. 筆者整理自製。

機產業基本完整，但在原物料取得、廠  
 商規模、技術整合等方面仍須進一步努

力。<sup>66</sup>  
 我國雖力推無人機產業，但市面

66 陳柏宏，〈臺灣無人機供應鏈現況與安全盤點〉《財團法人國防安全研究院》，2022年11月15日，<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202211/39fe576c-56e1-454e-90c4-f3932effec65.pdf>，檢索日期：2024年3月1日。



表7 軍用軍規與軍用商規無人機比較表

區分	性能諸元	軍規無人機	商規無人機
設計流程	動力實驗	經完整推力分析與試驗	無
	風洞吹試	經完整風洞吹試實驗	無
	結構應力試驗	經材料、結構、疲勞試驗	無
飛控導航	飛控電腦	高可靠度硬體與客製化飛控軟體	開源軟體與Pixhawk電腦
	導航模組	高精度感測元件	一般感測元件
干擾保密	抗干擾	具備	無
	保密功能	軍規加解密技術	商規加解密技術
	使用頻率	申請專用頻率	2.4G/5.8GHz
情傳通訊	情傳指管系統	可與軍方指管系統介接	無
	通訊協定	標準軍用協定(STANAG 4586等)	開放協定
武裝彈頭	各式炸藥	有	無
操作環境	環境溫度	耐高低溫、循環等嚴苛環境	一般操作環境
	雨淋試驗	須通過雨淋試驗	無要求
	裝配線束	軍規(MIL-22759)	商規
	環境規範	MIL-STD-810	無

資料來源：蕭介雲，〈無人機大未來〉軍民整合「卡卡」競合是最大挑戰 融合還有長路要走〉《信傳媒》，2023年7月11日，<https://www.cmmedia.com.tw/home/articles/40439>，檢索日期：2024年3月6日。

上可採購的臺灣製造無人機甚少，現階段產業面臨諸多挑戰。首先，「去中化」政策使大陸品牌無人機受限，市場出現空窗期，消費者選擇有限。其次政府推動「資通安全責任等級分級辦法」，確保產品安全性和數據保護，但也增加廠商成本和技術門檻，加劇產業壓力。隨著去中化政策實施，我國廠商須迅速提升技術和競爭力以填補市場空缺。而技術整合挑戰和關鍵技術尚未完全掌握，使得臺灣無人機產業難以在短期內實現自給自足。

### 五、俄、烏、中三國民用無人機特點與我國無人機現況

在全球無人機產業迅速發展下，俄羅斯、烏克蘭和中共在民用無人機領域各有所長。相較我國無人機產業雖然在政策

支持和創新能力方面具備一定優勢，但在技術整合、產業鏈完善等方面仍面臨諸多挑戰。現將俄羅斯、烏克蘭、中共與我國無人機特點與現階段挑戰整理於表8。

我國無人機產業雖有政府政策支持，但在技術整合、產業鏈仍需改善。借鑒俄烏戰爭經驗，我國須加速操作手人員培訓和無人載具技術研發與製造，提升產量和技術水平，以應對未來防衛作戰挑戰。

### 對我防衛作戰之省思與啟示

我國無人機技術近年發展迅速，但與俄羅斯、烏克蘭及中共相比，仍有發展空間。以我國無人機發展現況為基礎，借鑒俄、烏、中三方特點，提出「全面人員

表8 俄羅斯、烏克蘭、中共與中華民國民用無人機分析表

	主要特點	現階段挑戰
烏克蘭	民眾支援與捐贈無人機產業，基層透過軍事創新，改裝民用無人機，使其能投入戰場作戰。同時，利用3D列印技術支援自主研發和生產無人機，並進行大規模操作手的培訓。	因處戰爭時期，經濟狀況不穩定，民用無人機需求因戰爭大增，急需國際支援。
俄羅斯	戰爭初期較慢將民用無人機投入作戰，隨戰況發展加強製造和發展，尤其專注研發FPV無人機的應用，使用量有超過烏克蘭趨勢。	受國際制裁影響，無人機技術、進口和國際合作受到限制，影響了技術發展和市場擴展。
中共	技術領先，具備完整的生產線和軍民融合特性。具有強大的技術整合能力，能夠進行大規模生產且內需市場需求龐大。	無人機市場受到國際「去中化產業鏈」影響，技術方面存在被超越可能，連帶影響無人機國際市占率。
中華民國	發展起步較晚，但政府積極支持；科技創新能力強，然技術整合和部分關鍵技術仍面臨挑戰，現階段無人機仍無法普及於大眾市場。	關鍵技術仍處突破階段，且尚無法普及於消費級市場。依俄烏戰爭經驗，烏克蘭軍隊每月需消耗數萬架無人機，相較之下我國無人機產量和技術發展相對落後，另在改裝民用無人機方面，缺乏技術支援，導致在平戰轉換應用效果方面恐受限制。

資料來源：筆者整理自製。

素質」及「推動各式無人載具研製」等兩大方向以提升我國防衛能力與韌性。

### 一、全面提升人員素質

借鏡烏克蘭民間無人機操作手(飛手)運用於俄烏戰爭經驗，可從四個方向進行調整，於平時提升無人機操作手素質，建立並廣儲戰時無人機操作手能量。

#### (一)納入動員編管，厚植國防戰力

根據統計至112年10月無人機註冊總架數已達4萬2,000餘架，並核發超過2萬2千人的操作證。<sup>67</sup>可透由民航局調查

具操作手證書符合動員資格人員，於年度教育召集時機實施無人機專長複訓。另不符資格民間飛手及民用無人機可依據《全民防衛動員準備法》第三十四條第四項及三十九條實施民、物力徵購、徵用，即時轉為軍事用途；並將無人機運用納入相關戰術、戰法準則修訂，以提升無人機防衛作戰中效能，並落實相關操作規範，厚植國防戰力。

#### (二)鼓勵人員考照，提升專業能力

因應小型無人機操作手需求日益

67 耿驊，〈無人機活動逐年攀升，民航局提醒務必遵守操作規範〉《交通部民用航空局》，2023年10月31日，<https://www.caa.gov.tw/NewsPublish-Content.aspx?a=381&nid=2254&lang=1>，檢索日期：2024年3月1日。



增多，國防部於今年3月表示，規劃成立無人機訓練中心，委託民間公司培訓種子教官，5年內將訓練4124位合格飛手，並整合基本操作與戰術課程，實施偵蒐、情傳、打擊等訓練項目。<sup>68</sup>無人機已是戰爭之重要工具，然軍職人員普遍對無人機知識和操作了解不足。可將無人機考照納入公餘進修補助範疇，鼓勵志願役人員考照，以提升專業能力。

### (三)舉辦全國競賽，凝聚全民國防

配合民航局研擬修正遙控無人機管理規則將操作年齡下修至14歲，讓國中學子可申請操作。<sup>69</sup>國軍可與國家科學及技術委員會合作，推動「國防應用無人機挑戰賽」，將參加對象擴大至國中、高中及社會組，舉辦全國無人機競賽。並將中科院和即將成立的無人機訓練中心納入其中，以促進技術交流和教學相長，累積技術能量。此舉有助提升國人無人機興趣與參與度，並促進學術界、業界與國軍間交流，激發無人機技術創新與應用，凝聚全民國防共識，提高國家整體安全防衛意識。

### (四)增加軍事教育課程，強化幹部本質學能

無人機技術的迅速發展，使防衛作戰效能得到大幅提升。為使國軍能更了解現在戰爭型態，可在基礎軍事教育中增加無人機課程，從而增進幹部本質學能。可藉國防大學、官、專校之通識教育課程或寒暑訓等教育，由軍、民間專家擔任授課教師，提供專業知識與實務訓練。通過課程全面瞭解無人機性能、功用與限制，並學會在作戰中如何有效運用無人機。此舉能提升幹部應變與戰術運用能力，也能強化國軍整體防衛作戰效能，確保國土安全。

## 二、推動各式無人載具研製

將無人載具運用於戰場已是未來戰爭趨勢，可從四個方向推動各式無人載具研製和發展，以提升作戰效能，進一步創新戰術戰法。

### (一)研發FPV無人機，發揮不對稱效能

俄烏戰爭雙方共同特點是大量運用FPV無人機進行作戰，在資源有限情況

68 復興電臺新聞組，〈國軍規劃成立無人機訓練中心 5年內訓練4214位合格飛手〉《復興廣播電臺》，2024年3月27日，<https://fhbs.com.tw/newsnews/%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E8%A6%8F%E5%8A%83%E6%88%90%E7%AB%8B%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%A8%93%E7%B7%B4%E4%B8%AD%E5%BF%83-5%E5%B9%B4%E5%85%A7%E8%A8%93%E7%B7%B44214%E4%BD%8D%E5%90%88%E6%A0%BC%E9%A3%9B/>，檢索日期：2024年7月15日。

69 蔡亞樺，〈無人機操作年齡 將下修至14歲〉《中國時報》，2023年12月4日，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20231204000366-260114?chdtv>，檢索日期：2024年3月1日。

下，有效運用資源至關重要，低成本FPV無人機成為最佳選擇。我國尚未有製造商進行FPV無人機生產，可以借助現有的航模FPV技術為基礎，研發並量產FPV無人機。於戰時這些無人機可結合3D列印技術進行改裝攜帶炸彈，用於戰場偵察和自殺攻擊。對敵方前線戰車、通信設施等高價值及高效益目標實施自殺攻擊，發揮不對稱作戰效能，達到更大戰術效果。

## (二)開發低成本無人機，儲備戰時能量

透由俄烏戰爭經驗，認識到低成本無人機的重要性。部分烏克蘭軍隊選擇運用價格低廉無人機進行任務，而非特定型號無人機。特別是塑膠或硬質泡沫製造的無人機，體積小、反射材料少，更難被雷達偵測到，提高其生存能力。<sup>70</sup> 開發低成本、具隱密性無人機不僅有助於提升軍隊戰備水準，同時也能在戰時保有持續的監偵和作戰能力，有效地儲備戰時所需的能量。

## (三)建立3D列印技術，確保戰略持久

我國雖具備無人機生產技術，但多數原物料依賴進口，一旦海、空域遭受封控，將嚴重影響軍事生產和作戰能力。

可參考烏克蘭運用3D印表機，製造無人機機體及各類裝備零件，以取代原有製造流程。同時國防部可委由中科院籌組研發團隊，通過3D列印技術和模組化設計，改裝民用無人機，使其具備投放炸彈、自殺攻擊等能力，以便在應急作戰階段迅速完成平戰轉換，讓民用無人機除具備監偵功能外，轉變為具有攻擊能力的戰場利器。建立3D列印技術系統能使戰爭勤務支援方式更加多樣化，確保戰略持久性，並提高戰爭的自主應變能力。

## (四)發展無人艇(車)，彌補戰力間隙

我國無人機研發已逐漸成形，但無人艇(車)仍屬起步階段。無人艇(車)具有自主性、靈活性和多功能性等優點，可於聯合截擊、聯合國土防衛作戰發揮關鍵作用。烏克蘭自殺無人艇於俄烏戰爭中屢有立功，突顯無人艇在海上戰場的重要性。國軍已委託中科院研發水面(下)無人艇，作為水下突擊及反登陸作戰關鍵力量。<sup>71</sup> 然無人車研發尚無具體規劃。無人車在城鎮建築和地下室等限制空間具有較高的生存性和靈活性，有助於彌補戰力間隙，增強我軍在複雜環境中的作戰能力。無人載具技術門檻相對於大型軍事裝備較低，其研發和製造在推動國防自主方

70 同註20。

71 洪哲政，〈中科院快奇與慧龍專案研發水面水下無人載具 成果受矚〉《聯合報》，2024年3月4日，<https://udn.com/news/story/10930/7806651>，檢索日期：2024年3月5日。



面具有顯著優勢。可通過國防科技移轉民間、發展軍民通用科技、資源釋商等措施。<sup>72</sup>吸引產業界投入與參與，促進技術的快速發展與應用。

指揮官是戰爭的主導者，無人機則是戰場上的工具，能協助指揮官撥開戰場迷霧，並擔任情、監、偵、攻擊等角色。要有效運用無人機，必須有相應的組織架構和編組，因此完善的「兵力整建規劃」至關重要，該規劃應涵蓋人員素質提升、無人載具研製等方面，並將民用無人機從力、空、時三方面，結合主從關係整體角度出發，透由動員驗證、準則修訂整合進國防體系。這不僅能提升了人員、裝備質量，也增強「全民國防」認知，進一步強化「同氣連枝、唇亡齒寒」的愛國觀念。

## 結語

「知人者智，自知者明」。俄烏戰爭的發展使我們更加了解自身的現況，這成為提升防衛作戰的起點。這場戰爭中民用無人機扮演關鍵角色，為作戰雙方提供了不可或缺的支援。國防是國家整體力量的展現，須靠全民群策群力，透由俄烏戰爭深刻明白「軍力有限，民力無窮」的道理。在國防科技發展中，我國必須與民間

產業緊密合作，以厚植國防科技實力，實現國防現代化目標。這種合作可充分利用國家的人力和物力資源，還能加速科技創新和技術應用的進程，並有效支援聯合作戰需求，達成建軍備戰目標、快速獲得必要戰力，提高國防的整體效能。

運用創新不對稱作戰思維，將民用無人機納入「毀敵於水際灘頭、殲敵於城鎮陣地」的防衛作戰用兵理念，藉由凝聚軍、民間統合戰力，提升防衛作戰韌性，強化國軍作戰優勢，有效遏止敵方行動。在這過程中，必須持續調整戰略，運用先進的科技和戰術，發展有效戰力至為關鍵，以因應不斷變化的安全挑戰。這種戰略上的調整需要政府跨部會和民間企業的合作，共同構建更為強大和靈活的國防體系，以有效應對各種安全威脅，確保國家的長期穩定和發展。

(113年6月6日收件，113年7月2日接受)

72 中華民國106年國防報告書編纂委員會，《中華民國106年國防報告書》（臺北市：國防部，2017年9月），頁102、104。