



民用型無人機反制之研究

作者/劉采婕

提要

- 一、因科技不斷的創新與進步，同時無人機技術也不斷求新，近年來受到資訊與網路發展，無人機運用已在生活及其他產業上扮演著不可或缺的角色。
- 二、面對不法人士使用無人機進行非法監控或攝影，對個人、社會及國家均受到不少的衝擊，國家及軍方也開始以法規及反制裝備對其展開約束。
- 三、無人機反制程序區分先期偵測（頻率、衛星、光學）、持續追蹤、進行識別和發動攔截等，而常見反制手段為「硬殺」及「軟殺」，藉以摧毀或使其喪失應有之能力。

關鍵詞：無人機、反制裝備、硬殺、軟殺

前言

在充滿創新及科技進步的時代，無人機已成為現今矚目的焦點。無人機發展已有數十年的歷史，近年來因無人機技術愈發成熟，受到物聯網的影響及資訊、網路整合，消費型、商用型無人機（後續以民用型無人機統稱）開始迅速發展，應用範圍不僅於消費者平時生活中的拍攝錄影，亦可於農業用途、工業領域及電影及MV拍攝等都不難發覺它的存在。¹

無人機具有避免造成人員傷亡、機動靈活、成本低廉及隱蔽性高的優點，亦可執行蒐集情資、先期預警及小型攻擊等危險任務，²同樣的，「事物用之得當則有利，反之必有弊害」，若無人機操作與運用不當，相對帶來危害，如個人隱私被侵犯、無人機闖進重要設施、處所、甚至有恐怖分子改造無人機掛載武器進行攻擊等，值得我們深入關切。

當前無人機已廣泛應用於民用及軍事領域，具有機動靈活、打擊精準等優點，並且能在較困難的情況下進行軍事作戰。若無人機被不法人士運用，將對國家安全和軍事方面造成威脅和危害；本文藉由民用型無人機的分類及近年來機場、營區遭襲擾及其他危安議題所帶來的影響，進而探討目前反制民用型無人機所採用的方式，並提出相關建議。

1 董曉棋、李宥潔，〈無人機的崛起 最強產業趨勢〉，<https://great.nctu.edu.tw/article/detail/3>，2020年5月7日，檢索時間：2023年7月17日。

2 蔡凌漢，〈無人飛行載具對艦艇戰術之運用〉，《海軍學術雙月刊》，第50卷，第2期，2016年4月，頁58。



民用型無人機簡介

一、無人機系統架構

無人機是由飛行器機架、飛行控制系統、推進系統、遙控器、遙控接收器及雲台相機圖傳系統6大架構組成 (如圖1)。³

圖 1 無人機架構組成



資料來源：Lock Sir，〈一定要知的無人機結構與飛行原理〉，<https://dronesplayer.com/aerial-photography/一定要知的無人機結構與飛行原理/?lang=zh-hant>，檢索時間：2023年4月15日

(一)機架

機架的尺寸，決定於旋槳的材質、型式大小及無刷馬達的尺寸：旋槳愈長，馬達愈大，機架大小及重量便會隨之而增加。機架一般採用輕物料製造為主（如塑膠、碳纖維及鋁材），用以減輕無人機的負載重量，在一定程度上增加滯空時間。

(二)飛行控制系統

飛行控制系統簡稱「飛控」，通常內建了控制器、陀螺儀、加速度計和氣壓計等傳感器。無人機就是使用這些感測器來保持機體的穩定性，同時利用G

³ Lock Sir，〈一定要知的無人機結構與飛行原理〉，<https://dronesplayer.com/aerial-photography/一定要知的無人機結構與飛行原理/?lang=zh-hant>，檢索時間：2023年4月15日。



PS和氣壓計顯示的資料，就能夠將無人機固定在特定的位置及高度，此控制方式可減少無線電遙控訊號被偵獲之機率。

(三)推進系統

無人機的推動系統主要由旋槳和無刷馬達所組成。槳翼旋轉產生的反作用力（推力）可以促使機體飛行。系統內建了電子變速器，用於調節眾多馬達的轉速一致，使之達成機體平衡及運動姿態。

(四)遙控器

操作手通過頻率控制技術（2.4GHz頻率）對無人機操控飛行動作、攝影、拍照或投擲物品。

(五)遙控接收器

主要作用是接收由遙控器發出的遙控指令訊號（2.4GHz頻率）。4軸無人機至少需要4個頻道（飛控線傳頻道）來傳輸訊號，以利於判定控制前後左右4組電子變速器及馬達，使飛行器得以變換飛行姿態及各項動作。

(六)雲台相機及圖傳系統

相機主要透過雲台安裝於飛行器之上，航拍的畫面是否穩定主要看雲台電機（馬達）數，原則上電機越多雲台則越穩定，而雲台一般設置2至3組電機，分別控制雲台的左右移動（轉向）、上下擺動(俯仰)和左右側翻(翻滾)，以保持雲台上架設的攝影機拍攝方向及角度不會因飛行器震動而造成航拍的畫面晃動，進而影響分析判斷。

而圖傳系統乃是利用5.8GHz頻率，將航拍畫面回傳至操作手或相關控制處所，使地面人員參考運用之手段。

二、無人機構造分類

無人機有多種分類的方式，依照民用航空法遙控無人機管理規則第99條之17規定，⁴依其構造可分為4類。

(一)無人飛機

又稱為定翼型無人機(如圖2)，具有航行速度快、酬載能力大、飛行效率高且具高抗風性，機體能夠自主的抵抗氣流並保持穩定飛行，無須透過複雜的控制，適用於長距離越野拍攝。⁵然而其缺點有起降必須提供足夠長的跑道、改變無人飛機飛行姿態(軌跡)須透過操控控制面進行操作、活動範圍需要較大的空間等，因此並不適合在都會區使用。

⁴ 交通部民用航空法遙控無人機管理規則。

⁵ 內政部國土測繪中心，〈無人機系統介紹〉，<http://www.nlsc.gov.tw/cp.aspx?n=13658>，檢索時間：2023年7月19日。



圖 2 無人飛機(此為 Sky Arrow 無人機)⁶



資料來源：經緯航太科技股份有限公司，<https://www.geosat.com.tw/TW/product-uav-skyarrow.aspx>，檢索時間：2023年7月19日

(二)無人直升機

又稱為單旋翼型無人機(如圖3)，利用旋翼的槳葉產生升力與推力，使其能夠自由調整飛行姿勢，進行定點盤旋、起飛與落地。同時旋翼還能夠快速改變飛行姿態，具有自主懸停、速率控制及導航飛行的特性，並可垂直起降與懸停。

圖 3 無人直升機(此為「神農」無人直升機)⁷



資料來源：經緯航太科技股份有限公司，<https://www.geosat.com.tw/TW/product-uav-alpas.aspx>，檢索時間：2023年7月19日

⁶ 經緯航太科技股份有限公司，<https://www.geosat.com.tw/TW/product-uav-skyarrow.aspx>，檢索時間：2023年7月19日。

⁷ 同註6



(三)無人多旋翼機(如圖4)

為多個旋翼動力組所組成的飛行器，透過各旋翼間協調以控制其姿態，不需要跑道，可以垂直起降及空中懸停，與無人直昇機相似。無人多旋翼機分為小型及大型2種型式，取決於其酬載及滯空能力。若機械發生故障，無人多旋翼機必須仰賴飛控系統重新協調各旋翼之間的運作，緊急狀況發生時不容易處置。

(四)複合式無人機

為多軸-定翼混合型無人機，兼具多個旋翼且於機尾設有螺旋槳可供推進，具有垂直起降能力，並於飛行至一定高度後可改以定翼機模式水平飛行，可長時間航行。

圖 4 無人多旋翼機(此為 M470L 多旋翼機)



資料來源：亞拓科技股份有限公司，<http://www.align.com.tw/index.php/multicopter/m470l/>，

檢索時間：2023 年 7 月 19 日

三、無人機對我之威脅

近年來，無人機帶來不少爭議性的話題，對個人及社會、國家的安全帶來威脅，因其能實施高空俯瞰的特性，有些不法人士便會運用於非法監控或是拍攝他人的私人活動，導致隱私權遭洩漏；此外無人機的空中飛行也可能造成航空交通遭受干擾而影響飛行，甚至導致航空事故的風險增加。

(一)個人隱私問題

1. 一名22歲的金姓男子，趁夏天天氣炎熱，普遍女生在家穿得比較少，在夜間專挑沒有以窗簾遮蔽的窗台運用無人機進行偷拍，並將拍到的畫面傳送至手機，並進行實況直播，討網友歡心，吸引他們送禮物。⁸

⁸ 大陸中心綜合報導，〈用無人機偷拍+直播屋內裸體女子 西安男被判拘留10天〉，ETToday新聞雲，2017年7



2.一名位於永和仁愛公園旁高樓層的嬾嬾抱怨，與女兒正在享用早餐時，女兒突然對著窗外大叫，當媽媽往外看發現有一架空拍機正對著他們家中的客廳及小孩拍攝，媽媽趕緊將窗簾拉上，但空拍機仍在拍攝約莫30秒的時間。⁹

(二)社會安全問題

1.一架無人基於臺北101第34及35樓飛行，沒有轉向，最後直接撞上該樓層後向下墜落，雖未造成人員傷亡，且大樓外牆無明顯損傷。據《蘋果日報》報導，臺北101已向警方報案，並保留對無人機主任的追溯權。據了解該無人機主人住在附近的飯店，是一名中共的觀光客，因操作不慎才導致這場意外。¹⁰

2.倫敦蓋特威克機場（Gatwick Airport）於2018年12月21日上午才剛擺脫無人機闖入之亂造成停飛的影響，同日下午5時又遭無人機闖入空域，當晚航班再次取消，但軍警出動相關器材，將2名涉嫌操作無人機的民眾逮捕；此行為於2018年12月19日至21日實施襲擾，預估有12萬名旅客及數百班航班受影響。¹¹

3.桃園國際機場2023年3月4日下午3時接獲航警局通報，無人機於跑道外圍活動，為維護飛航安全，即刻通知塔台暫停起降作業，雖然約莫23分鐘後排除狀況，但也影響了14架航班及1747名旅客。民航局表示，去(111年)年共發生7起無人機於機場周邊活動事件，影響已超過三千名旅客。¹²

(三)國家安全問題

1.一架無人機於2015年1月26日在美國白宮南草坪意外墜毀，因擔心危安，保全部門立刻緊急關閉白宮所有出入口，時任總統歐巴馬正在印度受訪。特勤處的調查結果顯示，此架無人機為美國政府雇員所有，聲稱操控單純為娛樂，失控後不知無人機去向；¹³同年5月一名男子於白宮旁的公園遙控一架無人機，當時該架已飛離地面約30米，即刻被專責保護總統的特工處勒令將其無人機降落公園，並將該名男子扣留。¹⁴

2.中共於2022年8月以民用無人機對臺灣離島地區(金門、馬祖)襲擾，根據金防部資料顯示，截至8月底侵擾金門的無人機已有29架次；然官兵丟石頭及

月8日，<https://www.ettoday.net/news/20170708/962081.htm>，檢索時間：2023年7月17日。

9 東森新聞，〈獨/偷拍？空拍機潮「住家」拍逾30秒，民航局：最高罰150萬〉，EBC東森新聞，2020年12月11日，<https://news.ebc.net.tw/news/society/240419>，檢索時間：2023年7月17日。

10 劉子維，〈無人機撞臺北101事件：世界各國如何規範？〉，BBC新聞，2015年7月22日，http://www.bbc.com/zhongwen/trad/science/2015/07/150722_drone_taipei101_regulation，檢索時間：2023年7月17日。

11 國際新聞，〈英機場「無人機之亂」延燒 軍方出動儀器找到人了〉，自由時報，2018年12月22日，<http://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/2649916>，檢索時間：2023年7月15日。

12 丁奕，〈無人機又闖桃機 影響14航班〉，自由時報，2023年3月5日，<http://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1570313>，檢索時間：2023年7月15日。

13 Linli，〈無人機意外墜毀白宮，監管問題再度引發關注〉，科技新報，2015年1月27日，<http://technews.tw/2015/01/27/drone-that-crashed-at-white-house-was-quadcopter/>，檢索時間：2023年7月16日。

14 兩岸國際，〈美漢白宮外遙控無人機被扣查〉，2015年5月15日，<http://news.now.com/mobile/international/player?newsId=136081>，檢索時間：2023年7月16日



使用信號彈警示的作法引發社會熱議，使人民對於此舉提出質疑。此波作法，無非是「灰色地帶衝突」的操作。¹⁵

四、小結

無人機目前廣泛應用於各領域上，對於各產業確實帶來許多便利之處，若無人機被有心人士或是不法分子運用，對個人及社會與國家安全方面確實也會帶來衝擊，如何反制無人機值得我們思考並解決。

無人機反制基礎介紹

反制無人機的程序可分為先期偵測、持續追蹤、進行識別和發動攔截；其中以「偵測」為首要任務，透過雷達、光學、紅外線及無線電等方式進行感測，於第一時間發現無人機的存在，才能展開後續的反制作為。

而無人機反制的常見手段為「硬殺」及「軟殺」兩種方式，前者是以火砲、飛彈或高能量武器（雷射及微波）直接將無人機摧毀，後者利用干擾無線電頻率、或植入信號誘騙衛星導航定位系統等方式，可干擾、誤導、入侵無人機訊號，從而讓無人機無法正常操作造成其迫降、懸停或返航。¹⁶

電子反制即透過「軟殺」手段使對方無人機迫降或無法按正常路徑行進而返航，以下針對「軟殺」提出兩個概念：

一、衛星訊號反制概念

衛星訊號反制是利用高頻電波產生器發射頻率和功率來干擾信號，將無人機與其地面站、衛星之間的通訊信號干擾或阻斷，使無人機失去控制或無法接收指令，進而使無人機的控制和駕駛員的阻斷，衛星訊號反制技術有GPS（頻段）干擾及GPS（頻段）誘騙兩種。¹⁷

（一）GPS（頻段）干擾：

在相同通訊頻段上發射干擾訊號，使得無人機的定位訊號被干擾，對GPS訊號的接收產生斷訊，使其無法正常操作，進而失去定位和控制。

（二）GPS（頻段）誘騙：

透過發射錯誤的定位訊號讓無人機接收，使飛控無法正常判斷方位點，進而達成誘騙硬殺或自毀之效果。

15鍾志東，〈中共無人機侵擾外島營區警訊不容小覷〉，《國家安全研究所》，2022年9月9日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=1912&pid=3403>，檢索時間：2023年7月16日

16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/newsIns idePage?chapterID=1575884&type=forum>，檢索時間：2023年4月9日。

17陳炫旻，〈防止無人機影響機場飛行安全之策略〉，〈國立成功大學 碩士論文，2022〉，頁17~頁19。



二、頻率訊號反制概念

頻率訊號反制是指使用裝置來干擾或阻斷無人機的通訊訊號或控制訊號，進而使其不能正常操作或將其迫使降落，最常見的頻率訊號反制技術為射頻（電子）干擾訊號，主要是對無人機發射高強度的無線電干擾源，使其無法接收來自控制站的控制指令及通訊連線（影像回傳），阻止其正常作業。

電子反制應用分析

近年來新型態低成本微型與小型無人機的發展技術，再加上擁有的作戰能力的機型與日俱增，已成為各國空域的最新挑戰，本研究彙整目前各國與我國無人機反制的裝備實施概述及分析。

一、各國反制裝備介紹

(一)美國

1.無人機干擾槍Drone buster

Dronebuster為輕量型反制系統(如圖5)僅2.2公斤，若瞄準無人機後，可中斷GPS或遙控訊號，迫使其降落或自動返航至起飛地點，若持續干擾模式下電力可維持3小時，但以偵測方式時電力可長達10小時，干擾頻段有433MHz、445MHz、455MHz、915MHz、2.45GHz和5.8GHz，亦可干擾GPS訊號及GLONASS訊號，干擾距離可達1公里。¹⁸

目前除了作為軍用反制無人機用途外，許多執法及救災單位也使用此套裝備，若出現不明無人機影響任務執行，可快速反制。

圖 5 無人機干擾槍 Drone buster



資料來源：Alan Chen，〈無人機剋星，阿聯酋美軍基地配發雷達槍〉，科技新報，2021年12月6日，
<https://technews.tw/2021/12/06/usaf-in-emirate-starting-to-issue-dronebusters-for-cuas-mission/>

¹⁸Alan Chen，〈無人機剋星，阿聯酋美軍基地配發雷達槍〉，科技新報，2021年12月6日，<https://technews.tw/2021/12/06/usaf-in-emirate-starting-to-issue-dronebusters-for-cuas-mission/>。



2.RF-300無線射頻傳感器

RF-300主要作為偵測民用型無人機(如圖6)，¹⁹重量為3.1公斤，最大偵測範圍為1.5公里，具有無線電導航的技術，可計算無人機和遙控器間傳播的無線電波距離，查出無人機與操作手的地理位置，若於監控範圍內加裝2台以上傳感器，可加強其定位精準度。

圖 6 RF-300 無線射頻傳感器



資料來源：Dedrone初創科技公司，<https://www.dedrone.com/products/drone-detection/rf-sensors/rf-300>，檢索時間：2023年8月12日

(二)以色列-無人機哨兵(如圖7)

無人機哨兵為一套針對非法入侵無人機的防禦系統，²⁰利用頻譜、無線電干擾壓制及雷達偵測等相關技術，用以防禦和應對非法入侵的行為。這套系統的偵測單元用於收集無人機管控區域內的訊號，一旦偵測到非法入侵的無人機，系統會發出警告並向干擾壓制單元傳送相關訊息，此時干擾壓制單元便會進行干擾措施，以迫使入侵的無人機中斷行動或強制降落。這套系統可提供保護及安全防禦，確保特定區域避免受無人機的威脅。²¹

¹⁹Dedrone初創科技公司，<https://www.dedrone.com/products/drone-detection/rf-sensors/rf-300>，檢索時間：2023年8月12日。

²⁰何天玉、於金智、周文斌、歐陽強，〈美軍採購無人機哨兵，加強反無人機作戰武器裝備研發〉，人民網軍事頻道，2020年08月27日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0827/c1011-31838842.html>，檢索時間：2023年6月12日。

²¹何天玉、於金智、周文斌、歐陽強，〈美軍採購無人機哨兵，加強反無人機作戰武器裝備研發〉，人民網軍事頻道，2020年08月27日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0827/c1011-31838842.html>，檢索時間：2023年6月12日。



圖 7 無人機哨兵²²



資料來源：蘇尹崧，〈因應威脅 IAI「無人機哨兵」再升級〉，2019年2月12日，青年日報，檢索時間：2023年7月14日

(三)俄羅斯- REX-1電磁反無人機槍(如圖8)

由Kalashnikov Concern公司研發，REX-1外型類似步槍，槍身為電磁脈衝發射器，槍管為發射天線，當發現無人機時，使用反無人機槍發射電磁干擾波，使其導航系統失靈，進而失去控制，然後降落地面。

REX-1可發出900MHz、2.4GHz、5.2–5.8GHz的干擾電波，迫使無人機降落，並可阻斷1公里內的遙控信號，讓操控者無法掌控其無人機。²³

圖 8 REX-1 電磁反無人機槍



資料來源：每日頭條，<https://kknews.cc/zh-tw/military/kazbpqq.html>，檢索時間：2023年8月12日

²²蘇尹崧，〈因應威脅 IAI「無人機哨兵」再升級〉，青年日報，2019年2月12日，<https://tw.yahoo.com/style/影片-因應威脅-iai-無人機哨兵-再升級-160000193.html>，檢索時間：2023年7月14日

²³每日頭條，<https://kknews.cc/zh-tw/military/kazbpqq.html>，檢索時間：2023年8月12日



(四)英國-反無人機電磁砲台AUDS(如圖9)

反無人機電磁砲台能在複雜的機場環境、任何天氣下晝夜運作，且不會干擾其他機場裝置，能有效的強行遙控違規無人機，在機場內或外的範圍安全著陸。²⁴此外AUDS有效操作距離為8公里，搭配雷達及光學系統，只要鎖定目標後，便會發射功率干擾射頻，切斷其與控制端的聯繫，使其降落甚至接管控制權，此一過程僅需8秒至15秒，而目標為市面上均能夠買到的小型無人機。

圖 9 反無人機電磁砲台 AUDS



資料來源：陳成良，〈神奇!烏軍裝備英國AUDS電戰裝備 能接管俄軍無人機控制權〉，自由時報，2023年7月30日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4380509>，檢索時間：2023年7月30日

(五)我國

1.無人機防禦系統(如圖10)

此套機制先以預警雷達蒐查入侵的無人機，再以無線電系統監測、分析來方操控頻率，同時藉由全天候光電系統追捕目標進而判斷對我設施、人員、載具之危險性。經過人員或系統鑑定具危險性，則可使用無線電系統或目標頻率實施干擾，讓無人機與其操控方失去掌控，使其返航或旋停；針對旋停部分可使用捕捉系統將無人機攔截，最終讓入侵的無人機移至無危害風險的地方處置。²⁵

此套系統之預警雷達偵測的有效距離5公里、跟蹤距離2公里，光電系統追蹤距離1公里，無線電偵測系統偵測距離5公里，無線電干擾距離為2公里，

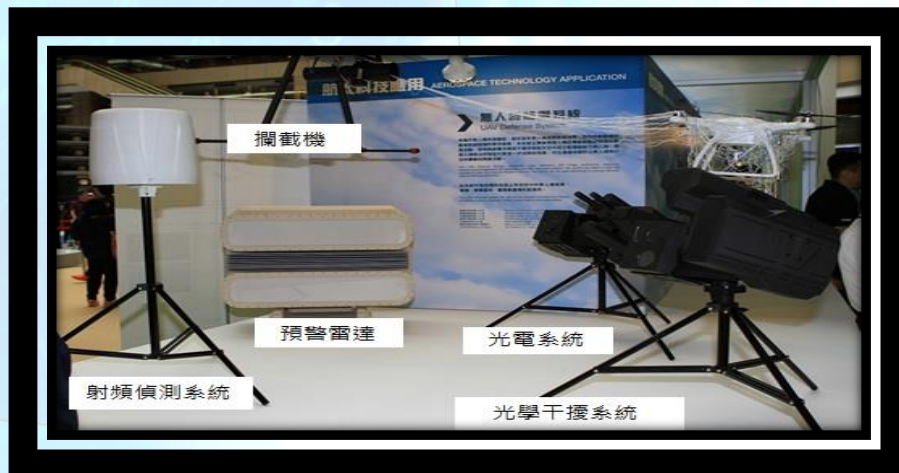
²⁴陳成良，〈神奇!烏軍裝備英國AUDS電戰裝備 能接管俄軍無人機控制權〉，自由時報，2023年7月30日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4380509>，檢索時間：2023年7月30日

²⁵軍事家，〈因應解放軍威脅，國軍反制無人機方案〉，Ettoday新聞雲，2021年4月22日，<https://forum.ettoday.net/news/1965259>，檢索時間：2023年4月19日



遙控導航系統干擾頻段5.8-5.9GHz/1.2-1.63GHz。

圖 10 無人機防禦系統



資料來源：軍事家，〈因應解放軍威脅，國軍反制無人機方案〉，Ettoday新聞雲，2021年4月22日，<https://forum.ettoday.net/news/1965259>，檢索時間：2023年4月19日

2.四頻干擾槍(如圖11)

此款干擾槍機動性高，方便人員攜帶及操作，可於發現無人機時實施干擾，其干擾頻段包含國家通訊傳播委員會(NCC)所核定目前商用無人機遙控頻段、圖傳頻段及全球導航衛星系統(GNSS)頻段(如表1)，干擾距離可達2公里以上，干擾距離比為1(目標)：2(干擾系統)(如圖12)；另配有瞄準鏡，可協助操作手於300公尺處辨識無人機。²⁶

圖 11 四頻干擾槍

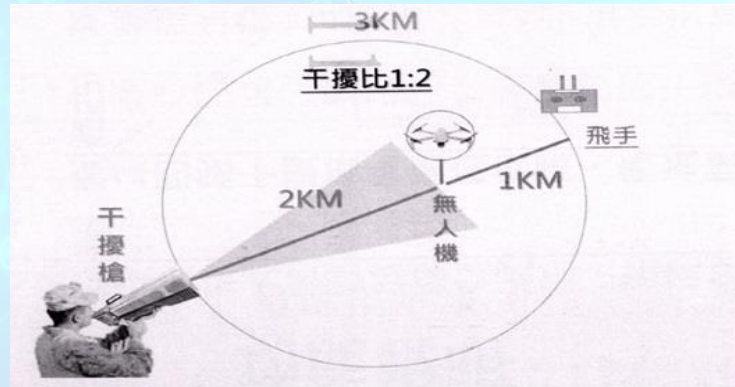


資料來源：中科院，國家中山科學研究院四頻干擾槍接裝會驗暨教育訓練手冊

²⁶中科院，國家中山科學研究院四頻干擾槍接裝會驗暨教育訓練手冊，頁15



圖12干擾槍干擾比



資料來源：中科院，國家中山科學研究院四頻干擾槍接裝會驗暨教育訓練手冊

表 1 四頻干擾槍干擾頻段說明

干擾頻段	1.2GHz	1.5GHz	2.4GHz	5.8GHz
作用	北斗、GPS、伽利略、GLONASS 阻斷		遙控、圖傳阻斷	
發射功率	$\geq 5W$		$\geq 10W$	
天線涵蓋	有效水平角度 ≥ 35 度 有效俯仰角度 ≥ 35 度		有效水平角度 ≥ 25 度 有效俯仰角度 ≥ 25 度	

資料來源：中科院，國家中山科學研究院四頻干擾槍接裝會驗暨教育訓練手冊

就上述反制無人機裝備，依照操作方式可分為單人/手持式及防禦系統兩種，實施分析及比較(如表2及表3)。

表 2 各國無人機干擾槍對照

操作方式		單人/手持式		
裝備型式		Drone buster	REX-1	四頻干擾槍
諸元性能	偵測	X	X	X
	追蹤	X	X	X
	干擾	V	V	V
干擾距離		1 公里	1 公里	3 公里
		○		◎
續電力		3 小時	4 小時	2 小時
		○	◎	△
重量		2.2 公斤	5 公斤	6 公斤
		◎	○	△
產地		美國	俄羅斯	中華民國
附記		比較符號: ◎優、○次之、△再次之		

資料來源：作者整理



表 3 各國無人機防禦系統對照

操作方式		防禦系統		
裝備型式		反無人機電磁砲臺 AUDS	無人機哨兵	無人機防禦系統
諸元性能	偵測	V	V	V
	追蹤	V	V	V
	干擾	V	V	V
干擾距離		2 公里	1.6 公里	2 公里
		◎	○	◎
產地		英國	以色列	中華民國
附記		比較符號:◎優、○次之		

資料來源：作者整理

二、現況分析

藉以上述綜合分析，以目前無人機防制作為中，區分無人機干擾槍及無人機防禦系統；手持無人機干擾槍主要以電力續航力及射程範圍為主，目前較優異為我國產制之干擾槍，惟其缺點為重量較重，使用上較不易操作，而無人機防禦系統部分，距離為最主要優勢，未來可針對防禦範圍加以研究，擴大偵測範圍及功率。反制無人機而言，RF-300無線射頻傳感器適用於先期偵測階段，無人機干擾槍Drone buster、REX-1電磁反無人機槍及四頻干擾槍則為發動攔截階段，而無人機哨兵、反無人機電磁砲臺AUDS及無人機防禦系統就涵蓋先期偵測、持續追蹤、進行識別及發動攔截等全程(如表4)。

表 4 反制裝備能力

反制階段		先期偵測	持續追蹤	進行識別	發動攔截
裝備	RF-300 無線射頻傳感器	V	X	X	X
	無人機干擾槍 Drone buster	X	X	X	V
	無人機干擾槍 REX-1	X	X	X	V
	四頻干擾槍	X	X	X	V
	無人機哨兵	V	V	V	V
	反無人機電磁砲臺 AUDS	V	V	V	V
	無人機防禦系統	V	V	V	V

資料來源：作者整理



反制無人機干擾槍對操作手而言，機動型最佳，目視偵測後即可以實施反制干擾；相對來說無人機防禦系統較適合機場、政府重要設施及軍事重地，可同時偵測目標、追蹤並實施干擾，未來可以朝向無人機防禦系統發展。

結論與建議

一、結論

近年民用型無人機在桃園、松山機場及軍事重地範圍飛行，在現今軍事領域及國家安全上已不容小覷，讓我們更加重視其應用、管制及反制作為，現今各國的無人機機型、能力及數量越來越多，尤其在通訊控制方面，未來將朝著更靈活、適應力更高、強化抗干擾的方向發展，使得先期偵測越顯困難。整體來說，無人機已經成為世界各國的實質威脅，不僅於軍事部門也是政府與民間迫切要審慎處理的課題。

二、建議

(一)結合現有技術、偵測導控頻率

因應現有威脅的情況，應以市面上現有的偵測產品，搭配未來更高階的軍用偵測裝備，用來偵測商用及軍用頻率，全面監控900MHz至6GHz的導控及圖傳訊號來源（方位角、速度、高度），以利判斷威脅來襲的反應時間及空間，使後續反制作為更具彈性及應變手段。另在己方情報不足之處，應與產學界構成聯繫，多方溝通及技術合作，強化未來對無人機之偵搜能力。

(二)因應來方企圖、進行點穴反制

因應無人機機型多樣，應瞭解各類機種特性（飛行軌跡、動力方式），始可於受威脅時迅速研判其類別、滯空時間及企圖；針對假想敵國家或威脅方面須廣泛蒐整無人機發展與運用並實施研究，俾利爾後利用大數據分析，取得反制先機。

(三)簡化指揮程序、強化應變效率

在精準反制作為前題之下，第一線人員往往承受著被動的角色，無法於發現無人機第一時間內，作出相關反制作為，需聽命於上級，甚至更高層，導致喪失反應的先機；應在合法合理的範圍內，下授反制自主權予第一線人員，使應變時間及空間取得最大的彈性。

(四)發展全面監測、系統穩定可靠

因應日趨多樣的導控及圖傳頻率，現行市場上單一偵測系統已無法滿足需求，目前中科院已研發「無人機防禦系統」，可針對民用型無人機實施偵獲及電子干擾，建議政府及軍方相關單位運用，並與已開發的「近程自動化防禦武器



系統」實施整合，朝具有 AI 自動化及軟硬殺功能之防禦系統發展，藉以具備全頻率、全空間、全自動及 AI 化的監測系統，俟系統運作成熟與穩定後，可依靠系統作出正確的判斷。

(五)多元反制選項、系統輕巧便攜

多種類、多頻率的無人機眾多，如何有效反制成為大家關心的議題，因應來方無人機的企圖，可模組化反制選項，不再以固定式反制系統為主，而以輕巧便攜為主軸，各類平臺均可搭載，增加機動性，並可由單兵完成操作，減少人力負擔，發揮最大效益。

參考文獻

一、期刊論文

(一)董曠棋、李宥潔，〈無人機的崛起 最強產業趨勢〉，<https://great.nctu.edu.tw/article/detail/3>，2020年5月7日。

(二)蔡凌漢，〈無人飛行載具對艦艇戰術之運用〉，《海軍學術雙月刊》，第50卷，第2期，2016年4月，頁58。

(三)林俊賢，〈從一、二類無人機威脅談野戰防空之應處〉，《砲兵季刊》，第197期，2020年6月，頁57。

(四)鍾志東，〈中共無人機侵擾外島營區警訊不容小覷〉，《國家安全研究所》，2022年9月9日，<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=1912&pid=3403>

二、手冊

(一)交通部民用空航法遙控無人機管理規則

(二)中科院，國家中山科學研究院四頻干擾槍接裝會驗暨教育訓練手冊

三、網際網路

(一)Lock Sir，〈一定要知的無人機結構與飛行原理〉，<https://dronesplayer.com/aerial-photography/一定要知的無人機結構與飛行原理/?lang=zh-hant>，檢索時間：2023年4月15日。

(二)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>，檢索時間：2023年4月9日。

(三)何天玉、於金智、周文斌、歐陽強，〈美軍採購無人機哨兵，加強反無人機作戰武器裝備研發〉，人民網軍事頻道，2020年08月27日，<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0827/c1011-31838842.html>，檢索時間：2023年6月1



2日。

(四)軍事家，〈因應解放軍威脅，國軍反制無人機方案〉，Ettoday新聞雲，2021年4月22日，<https://forum.ettoday.net/news/1965259>，檢索時間：2023年4月19日。

(五)大陸中心綜合報導，〈用無人機偷拍+直播屋內裸體女子 西安男被判拘留10天〉，ETToday新聞雲，2017年7月8日，<https://www.ettoday.net/news/20170708/962081.htm>，檢索時間：2023年7月17日。

(六)東森新聞，〈獨/偷拍？空拍機潮「住家」拍逾30秒，民航局：最高罰150萬〉，EBC東森新聞，2020年12月11日，<https://news.ebc.net.tw/news/society/240419>，檢索時間：2023年7月17日。

(七)劉子維，〈無人機撞台北101事件：世界各國如何規範？〉，BBC新聞，2015年7月22日，http://www.bbc.com/zhongwen/trad/science/2015/07/150722_drone_taipei101_regulation，檢索時間：2023年7月17日

(八)國際新聞，〈英機場「無人機之亂」延燒 軍方出動儀器找到人了〉，自由時報，2018年12月22日，<http://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/2649916>，檢索時間：2023年7月15日。

(九)丁奕，〈無人機又闖桃機 影響14航班〉，自由時報，2023年3月5日，<http://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1570313>，檢索時間：2023年7月15日。

(十)Linli，〈無人機意外墜毀白宮，監管問題再度引發關注〉，科技新報，2015年1月27日，<http://technews.tw/2015/01/27/drone-that-crashed-at-white-house-was-quadcopter/>，檢索時間：2023年7月16日。

(十一)兩岸國際，〈美漢白宮外遙控無人機被扣查〉，2015年5月15日，<http://news.now.com/mobile/international/player?newsId=136081>，檢索時間：2023年7月16日。

(十二)蘇尹崧，〈因應威脅 IAI「無人機哨兵」再升級〉，青年日報，2019年2月12日，<https://tw.yahoo.com/style/影片-因應威脅-iai-無人機哨兵-再升級-160000193.html>，檢索時間：2023年7月14日。

(十三)每日頭條，<https://kknews.cc/zh-tw/military/kazbpqq.html>，檢索時間：2023年8月12日。

作者簡介

劉采婕上士，士官高級班第38期、元智大學社會政策工作學系碩士，曾任通保組長、通電班長、衛星台台長，現任於陸軍通信電子資訊訓練中心綜合保修組教官。