

從一、二類無人機威脅談野戰防空之應處

作者：林俊賢

提要

- 一、因應中共持續加速軍事現代化發展與進程，及不間斷在臺海周邊頻繁的軍事演習行動與繞島飛訓挑釁，國軍為達成防衛固守之目的，運用重層嚇阻手段，以「創新／不對稱」作戰思維，發揮聯合戰力，使敵陷入多重困境，嚇阻其不致輕啟戰端。¹
- 二、近期國際各項戰役或局部衝突中，無人機扮演重要角色，包括沙國 2 處油田遭無人機攜帶炸藥行飽和式攻擊，造成國際原油價格大漲。²另外，自西元 2020 年納卡衝突戰場上，亞塞拜然使用先進的無人機，擊毀或癱瘓亞美尼亞的主力戰車，³乃至近期俄烏戰爭，無人機作戰運用，愈發超越傳統戰爭型態與顛覆想像，利用造價相對低廉之無人機攻擊成本極高的重要目標，皆創下可觀的結果。
- 三、無人機系統特性，可自主與結合 AI 智能，藉「偵打一體」無人機發射精準武器，並攻擊目標或自毀攻擊。⁴尤其近期，以色列於加薩走廊衝突中，運用微小型無人機，採用蜂群、協同偵搜／攻擊技術，⁵可同時運用數量龐大無人機於寬廣戰場執行自主（協同）索敵與接戰任務。
- 四、反制無人機之前提，首先要發現無人機，主要是靠雷達偵測；另一種方式則是紅外線（IR）熱感應偵測，以追蹤熱源為主。⁶目前各國現貨市場區分軟殺（電子干擾與誘騙）及硬殺（擊殺武器）手段，及未來趨勢朝向整合軟殺與硬殺手段、發展經濟雷射武器、並以蜂群反制及研發多重反制（任務）之機動載具，期以最經濟方式，反制無人機威脅。
- 五、國軍現今因應無人機猝然襲擊威脅，其反制手段係由聯合防空作戰體系，

¹ 《中華民國 108 年國防報告書》（臺北：國防部，民國 108 年 9 月），頁 58。

² 《精進技術與研發，反制無人機攻擊》（青年日報社論），2019 年 9 月 19 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7amyhW6kDH%2fU2bS%2fWMehO2NRbM1%2f441Z0kc3lmQsBUI0KUzuvMu9JD27HtRknwNiLlnPpjV9pe6H10sGKiX1WGg%3d>。（擷取日期：110 年 10 月 12 日）

³ 《無人機強勢興起，啟發武器轉型》（青年日報軍事論壇），2021 年 7 月 31 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7at5bWTCbNPA8a8RPh6fiHfaCdEljJMEAqQppTUKedQrFLKcjeig2L4%2bctNP1mKI%2fNm%2bJe4eEanHYBvltwzZW15M%3d>。（擷取日期：110 年 9 月 9 日）

⁴ 張立德，〈先進國防科技對「不對稱作戰」致勝原則之影響〉《洞見與攻略季刊》（臺北），國防部，民國 108 年 9 月，頁 7。

⁵ 《以色列無人機蜂群攻擊哈瑪斯，全球首見 AI 戰爭》（中央通訊社），2021 年 7 月 4 日，<http://www.cna.com.tw/amp/news/202107040207.aspx>。（擷取日期：110 年 10 月 12 日）

⁶ 《反無人機技術創新，因應新興威脅》（青年日報軍事論壇），2021 年 3 月 10 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7at5bWTCbNPA8a8RPh6fiHfaCdEljJMEAqQppTUKedQrFkSWe1xrb6EtL3xsDn0PsgpqvLQhANDtvLyIlG2I3Tzo%3d>。（擷取日期：110 年 9 月 9 日）

藉中、長程防空部隊、野戰防空及部隊防空等接戰機制應處，面對第一、二類（微型）無人機，國軍致力發展適切防禦手段。⁷筆者認為應參考各國反制趨勢，除作戰區應整合現有軟硬殺手段，並改變防空接戰權責及機制，未來可朝科研各式軟殺方式、就現有基礎研改多任務型反制武器，強化野戰防空應處能力。

關鍵詞：不對稱作戰、第一、二類無人機、防空部隊、部隊防空、野戰防空

前言

鑑於近期各式無人機在國際間實戰運用，充分發揮「不對稱作戰」思維，獲得相對以小成本造成對方莫大的損害。面對中共不放棄武力犯臺威脅，且持續增加軍事投資比率及發展，同時考量沙烏地阿拉伯油田遭襲擊案、納卡衝突、西元 2021 年以色列已於加薩走廊衝突中運用無人機（蜂群戰術）重挫哈瑪斯組織攻擊行動及 2022 年俄烏戰爭，盱衡國際間實戰趨勢，無人機的運用必將列為爾後戰事上之必要手段。

其中，利用第一、二類（微型）無人機微小體積及低速、低空飛行，極難以偵測等特性，可同時結合 AI 智能並採用蜂群自殺性攻擊，對敵方重要防護目標造成嚴重危害。現今中共已成為無人機生產大國，並出口至中東國家，⁸在高度發展及威脅背景下，反制無人機作為乃當前首要課題。

無人機的反制須藉感測系統之偵測、標定、識別、定位及追蹤來襲的無人機企圖，在初步偵測後，並須與第二感測器交叉辨識，以確認無人機之意圖（是否攜帶爆炸物），施以反制作為。其反制手段包括直接擊落的「硬殺」，及以干擾等方式使其失效的「軟殺」方式。⁹筆者冀藉研析各國反無人機現貨市場及發展趨勢，思索如何整合現有資源及反制作為，期供未來野戰防空發展方向參考及有效預應。

第一、二類無人機威脅

無人機威脅日漸增加，已被用以精準打擊重要設施，近年來尤以第一、二類（微小型）款式，造成破壞及損失更愈嚴重，因此美國國防部於 2015 年，將無人飛行載具區分成五個類別作定義¹⁰，其中第一、二類威脅說明如次。

⁷張立德，〈先進國防科技對「不對稱作戰」致勝原則之影響〉《洞見與攻略季刊》（臺北），國防部，民國 108 年 9 月），頁 33。

⁸舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北），國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日，頁 30。

⁹“DRONES AN “IMMEDIATE THREAT”: DoD Plans Rapid Acquisition of Counter-UAS Systems,” Breaking Defense, March, < 2020, <https://breakingdefense.com/2020/03/ebrief-drones-an-immediatethreat-dod-plans-rapid-acquisition-of-counter-uas-systems>>。（擷取日期：110 年 9 月 6 日）

¹⁰US Department of Defense, 〈Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan〉, <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>。（擷取日期：110 年 9 月 6 日）

一、區分

(一) 第一類(超近程無人機): 又稱「微型無人機」, 是眾多無人機中尺寸最小, 尺寸介於 30 – 50 公分之間, 可控飛行距離限制於 5 公里內, 單次航行時間介於 20 – 45 分鐘, 可簡易地執行偵查任務。¹¹

(二) 第二類(近程無人機): 近程無人機尺寸介於 50 – 200 公分之間(不超過 2 公尺), 可控飛行距離在 50 公里以內, 其單次航行時間介於 1 – 6 小時, 近程無人機由於重量較輕, 通常也可以採人力的丟擲方式起飛,¹²可控飛行距離在 50 公里以內, 通常用來執行偵查與監視任務, 或可經易改搭載炸彈, 自毀攻擊無人機之進化版, 可以微型/小型無人機改裝, 造價低廉; 其運用人工智慧(AI)技術, 可具自動目標影像識別/鎖定功能, 並能自主攻擊目標(操控人員僅需負責下達同意攻擊指令)。¹³

二、運用

(一) 能力(特點)

- 1、速度慢、高度低, 現役雷達將其訊號視為雜波而濾除,¹⁴不易偵測。
- 2、可垂直起降或藉迫砲、飛彈發射管、單兵攜行發射。¹⁵
- 3、導引系統簡單、成本低, 可攜帶熱像鏡頭, 提供戰場共同作戰圖像, 或配合攜載武器(炸藥)改為自殺式無人機, 未來結合蜂群戰術, 威力更鉅。
- 4、可以人工智能(AI), 自動識別/鎖定,¹⁶進而自主攻擊目標, 避免軟殺反制。
- 5、可彼此相互通聯、扮演空中通信中繼, 也可抗電波干擾, 依路線執行原任務。

(二) 限制(弱點)

- 1、因構造簡單, 欠缺防護能力及機動能力, 且資訊傳輸頻率易受干擾。
- 2、因電力容量小, 限制作戰半徑及在空飛行時間。
- 3、需要利用載運平臺運送至作業範圍內方可釋放, 否則無法發動攻擊。

(三) 各國實戰運用

¹¹Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets, 〈Aurora Flight Sciences Skate〉, http://10.22.155.231/File/?File=REC_01318916&Gid=REC_01318916&Sess=1939928e-d02e-4818-9fb7-f08ff194b6d6&IntSec=3T1sGX//ctS4d/g7IZxwIXUWn WM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(擷取日期: 110 年 9 月 6 日)

¹²Jane's Fighting Ships, 〈Textron Systems RQ-7 Shadow〉, http://10.22.155.231/File/?File=REC_01357588&Gid=REC_01357588&Sess=fa242d07-fc21-47ea-ad23-680581f1a98c&IntSec=zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvck=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(擷取日期: 110 年 9 月 6 日)

¹³張立德, 〈共軍無人機作戰運用及反制〉《洞見與攻略季刊》(臺北), 國防部, 民國 109 年 3 月, 頁 37。

¹⁴舒孝煌, 〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》(臺北), 國防安全研究院, 民國 109 年 7 月 10 日, 頁 36。

¹⁵舒孝煌, 〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》(臺北), 國防安全研究院, 民國 109 年 7 月 10 日, 頁 36。

¹⁶舒孝煌, 〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》(臺北), 國防安全研究院, 民國 109 年 7 月 10 日, 頁 37。

1、混合運用與重要目標攻擊：¹⁷

(1) 沙國油田遭無人機襲擊案，據傳葉門胡塞組織運用薩曼德 (Samad - 3) 與打擊者 (Qasef - 1) 兩款大小型無人機相互搭配，襲擊沙國油田，其中一架攜行電子壓制設備，掩護多架無人機從多地點滲透抵近沙國目標不被發現。

(2) 藉無人機偵蒐及回報敵防空死角，以超低空飛行繞過愛國者的低空目標接戰 40 公里區域。

2、電偵與電戰攻擊：¹⁸

(1) 雙亞衝突中，亞賽拜然先運用無人機對敵方實施電戰攻擊，¹⁹使敵方亞美尼亞相關監偵設備及能力失效，促其餘無人機能有效避免亞美尼亞防空系統的偵搜。

(2) 亞賽拜然運用無人機感應器及監視鏡頭，提供後方砲兵與戰術飛彈部隊目標導引及射效監視，除對敵方 (亞美尼亞) 具有巨大威脅，可提高戰場透明度，並可對亞美尼亞防空主戰裝備進行偵察並掌握其部署情況。²⁰

3、蜂群戰術制壓作戰：²¹

(1) 加薩走廊衝突中，以色列首例以無人機部隊偵測、辨識哈瑪斯武裝份子，並精準打擊其重要戰略設施，重挫哈瑪斯組織之滲透行動、狙擊手埋伏及反坦克導彈伏擊等攻擊行動。

(2) 利用無人機自動駕駛功能、透過 AI 進行群組與一對多控制、部署最佳偵查或戰略隊型。

(3) 分配第一線陸軍部隊攜帶，整合裝甲車或其他武裝，優先掌握制空權。

(4) 運用在加薩走廊複雜地形處迅速定位敵軍位置後，並實施打擊及射擊效果評估。

4、有／無人載具協同作戰：²²有／無人機群發動聯合及蜂群作戰，就近進行戰場監控、打擊或遂行消耗戰。

三、中共第一、二類無人機威脅

中共已成功研發無人機「編隊飛行」與「蜂群飛行」，因模組化設計而可快速更換模組設備，於空中構成無人機偵察網、通訊中繼、電子與衛星信號干擾，

¹⁷洪安妮、謝志淵，〈2019 年沙烏地阿拉伯油田遭無人機攻擊事件研究—論陸軍野戰防空〉《陸軍學術雙月刊》(桃園)，國防部陸軍司令部，民國 109 年 10 月，頁 50。

¹⁸陳奕穎，〈從 2020 年納卡衝突中探討戰力防護之道—以中共無人機對我中部地區縱深守備部隊之影響為例〉《陸軍工兵半年刊》(高雄：國防部陸軍司令部，民國 110 年 6 月)，頁 29。

¹⁹林彥廷，〈雙亞軍事衝突中的無人機作戰運用〉《洞見與攻略季刊》(臺北)，國防部，民國 110 年 3 月，頁 47。

²⁰林彥廷，〈雙亞軍事衝突中的無人機作戰運用〉《洞見與攻略季刊》(臺北)，國防部，民國 110 年 3 月，頁 46。

²¹《全球首見 AI 戰爭!以色列出動「無人機蜂群」攻擊激進組織哈瑪斯》(太報)，2021 年 7 月 5 日，<http://www.taisounds.com/Global/Top-News/US-EURPO/uid5593166270> (擷取日期：110 年 10 月 12 日)。

²²孫亦韜，〈中共無人飛行載具發展與應用〉《海軍學術雙月刊》(臺北)，國防部海軍司令部，民國 110 年 4 月，頁 16。

以及實施無人機轟炸等多種不同任務，²³其中屬第一、二類無人機，研判計有彩虹系列、哈比等無人機，其威脅及系統諸元如次。

(一) 攻擊重要目標：運用哈比／JWS-01 反輻射無人機，攻擊射控雷達與較高頻段偵搜雷達等重要目標。²⁴

(二) 制壓作戰：輕量化自毀式攻擊無人機，或智能 (AI) 攻擊 (蜂群) 無人機，可透過飛機、船艦或特工／特戰部隊大批施放，執行搜尋、攻擊等制壓任務。

(三) 登陸作戰前支援任務：除運用近程偵察、微型無人機，協助登陸部隊進行偵察，以利後續作戰行動規劃，²⁵亦可以偵察校射無人機，協助海上火力支援艦、登陸部隊砲兵進行目標偵察與彈著修正，及雷射精準武器導引等。

(四) 干擾電子裝備：以哈比反輻射無人機電子攻擊，對雷達偵測頻率範圍內實施制壓，研判可涵蓋國軍監視預警及射控雷達頻率達數小時之久，迫使地面預警／射控雷達關機，可有效掩護其後續波次空中進襲。

(五) 破壞情傳指管系統：多數是類無人機尺寸小、速度慢、飛行高度低，不易掌握其進襲徵候，且雷達系統可能將此種目標的雷達回波，視為雜訊自動排除，致執行任務期間，不易透過雷情偵測，易形成偵視預警的罅隙及空防漏洞，進而藉其負載武器，破壞防空情傳指管系統。

表 1 中共第一、二類無人機性能諸元表

中 共 第 一 、 二 類 無 人 機 性 能 諸 元 表	
彩虹 CH-901 ¹	1.機翼長度：1.2 公尺。 2.機身長度：3.6 公尺。 3.重量：9 公斤。 4.速度：14 - 150 公里／小時。 5.最大作戰半徑：15 公里。 6.最小 (大) 航程：50 - 109 公里。 7.續航時間：2 小時。 8.全系統包括 3 架無人機、發射管及控制系統，由單兵或搭載越野車使用，具偵查搜索裝備，可偵蒐 2 公里內目標，定位精度小於 50 公尺，偵蒐 2 小時後可自動返回原發射地。可結合無人機／巡弋飛彈達偵查搜索或對地攻擊之目的，視需求實施自殺式攻擊。



²³吳殊璇，〈中共無人飛行載具發展對我防衛作戰威脅之研究〉《陸軍學術雙月刊》(桃園)，國防部陸軍司令部，民國 108 年 12 月，頁 92。

²⁴張立德，〈共軍無人機作戰運用及反制〉《洞見與攻略季刊》(臺北)，國防部，民國 109 年 3 月，頁 33。

²⁵張立德，〈共軍無人機作戰運用及反制〉《洞見與攻略季刊》(臺北)，國防部，民國 109 年 3 月，頁 33。

彩虹 802 (CH - 802) ²	1.機翼長度：2.5 公尺。 2.機身長度的：1.8 公尺。 3.重量：6.5 公斤。 4.負載：1 公斤。 4.速度：50 - 80 公里／小時。 5.最大作戰半徑：15 公里。 6.最大航程：70 公里。 7.續航時間：70 分鐘。 8.可迅速部署及自主飛行等能力。 9.由單兵於 20 分鐘內完成組裝，手持發射起飛，收納後可裝於背包中，列裝於特種部隊及地面部隊營級單位。
中共 ASN - 15 ³	1.機翼長度：0.9 公尺。 2.機身長度的：3.3 公尺。 3.重量：11.8 公斤。 4.負載：2.7 公斤。 5.速度：90 公里／小時。 6.續航時間：1 小時。 7.可拋擲或滑軌發射，利用機腹或降落傘降落，為中共陸軍偵察營列裝使用。
哈比 HARPY／JWS - 01 ⁴ 反輻射無人機	1.機翼長度：2.1 公尺 2.機身長度的：2.4 公尺 3.飛行高度：3350 公尺 4.最大航程：800 公里 5.速度：170 公里／小時 6.最大續航時間：5 - 6 小時 7.掛載：內裝 32 公斤高爆炸藥

資料來源：1.〈CH-901〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫。(擷取日期：110 年 10 月 26 日)。2.〈CH-802〉《JANES》，詹氏年鑑電子資料庫〈<https://y.qichejiashi.com/tupian/16680975.html>〉。(擷取日期：110 年 10 月 26 日) 3.〈ASN-15〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫。(擷取日期：110 年 10 月 26 日)。4.〈HARPY〉《JANES》，詹氏年鑑電子資料庫。(擷取日期：110 年 10 月 26 日)。5.筆者綜整。

美軍六層防空網暨國軍反制手段之我見

筆者擬參照美軍反制無人機之六層防空網概念，探討國軍可以採取的反制手段，然囿於第三類以上無人機屬軍規體積大小，可為我各式雷達偵獲，屬聯合防空作戰接戰範疇，以下僅就第一、二類無人機使用之低層空域，提出個人見解。

一、美軍六層防空網概念²⁶

(一) 第一層最低空的高機動保護系統：稱為「刀鋒系統」(BLADE)，是「彈道低空無人機接戰」(Ballistic Low Altitude Drone Engagement)的簡稱，目標獲得系統為低空相列雷達與紅外線偵測器，再與遠端射控系統(CROWS)配合使用，因其重量相當輕盈，可安裝於悍馬車上。

(二) 第二層以固態雷射砲為核心的多任務高能雷射(Multi-Mission High Energy Laser, MMHEL)：運用雷射最大的好處是沒有彈藥限制，能夠以較低的成本摧毀來襲的飛彈和無人機。MMHEL目前技術已經達到七級，可安裝在史崔克(Stryker)八輪甲車上。

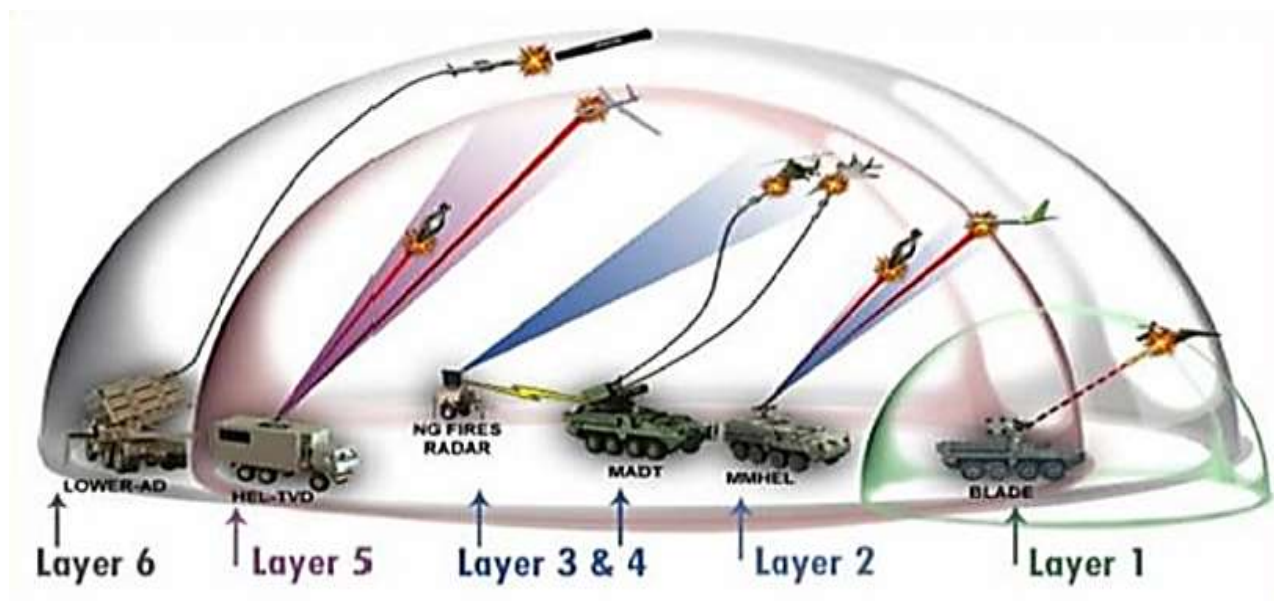


圖 1 美軍反無人機之六層攔截防空網

資料來源：Maj. Gen. Cedric T. Wins, CCDC'S road map to modernizing the Army air and missile defense <<https://www.army.mil/article/226920/ccdcs-road-map-to-modernizing-the-army-air-and-missile-defense>>。(擷取日期：110年9月10日)

二、國軍應處手段之我見

(一) 部隊防空

1、係部隊為防止敵空中偵察、攻擊等威脅，以求降低損害，確保部隊安全，

²⁶Maj. Gen. Cedric T. Wins, <CCDC'S road map to modernizing the Army air and missile defense> <https://www.army.mil/article/226920/ccdcs-road-map-to-modernizing-the-army-air-and-missile-defense>。(擷取日期：110年9月10日)。

所採取之一切對空防護措施。²⁷

2、考量近期地面部隊採取之「部隊防空」作為僅能運用建制直射武器（五〇機槍、T-91步槍）實施對空接戰，效能有限。²⁸

3、現況藉編組部隊防空網，以既有建制武器，並納編編組部隊輕、重槍砲等武器，採複式配置，結合對空監視哨與防空情報網，再與無人機攔截槍及捕捉網配合使用，執行部隊反制無人機工作。

（二）防空部隊

1、乃配以防空武配擔任防空任務之部隊，在陸軍中係指戰區陸軍以下各級單位之建制、編配或配屬之防空單位。以遂行積極防空為主要任務。²⁹

2、作戰區依重要防護目標之優先順序，統合編組與運用三軍短程防空兵火力，構建高、中、低空的防空體系，採「混合配置、長短相輔」編組，以「重點防禦、縱深部署」方式，建立防空火網，針對猝然攻擊之無人機，實施多層攔截。

（三）野戰防空

1、野戰防空係陸軍軍團（作戰區）以下部隊，在其作戰地區內，運用防空武器對低空採取積極防空手段與消極防空措施。³⁰

2、野戰防空部隊為地面防空作戰之主力，為國軍聯合防空作戰之一環，藉靈活防務部署，發揮武器效能，維護我軍安全。³¹

3、由作戰區指揮官管制責任地區內之防空火力，對威脅我之航空器實施接戰，抑制敵空中攻擊行動，降低敵空襲之損害，掩護基（陣）地安全，俾確保我野戰部隊行動自由與戰力完整。轄區內各部隊無論在任何時間、狀況與作戰任務下，均應編組最低需求之防空戰備兵力，保持對空警戒，並肆應敵情發展執行防空作戰任務。

4、作戰區野戰防空作戰指管，接受聯合空中作戰指揮中心（JAOC／ACC）間接管制，以獲得早期預警，併同三軍防空兵（火）力，合力摧毀或削弱敵空中進襲之目標；當聯合防空指管體系中斷，或接獲 JOCC 命令時，則由作戰區（防衛部）統一管制三軍短程防空部隊，遂行防空作戰。³²

（四）現況探討

1、綜上所述，在未獲得有效偵測系統及裝備捕獲目標前，欲以目視方式，

²⁷ 《國軍軍語辭典》（臺北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日），頁 6-2。

²⁸ 朱峻緯，〈短程防空武器在城鎮複雜地形作戰之運用〉《砲兵季刊》（臺南：砲訓部，民國 109 年 3 月 30 日），頁 1。

²⁹ 《國軍軍語辭典》（臺北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日），頁 6-2。

³⁰ 《國軍軍語辭典》（臺北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日），頁 6-2。

³¹ 《陸軍砲兵部隊指揮教則》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 106 年 11 月 21 日），頁 1-1-4。

³² 《陸軍野戰防空砲兵營連作戰教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 109 年 08 月 10 日），頁 7-1。

並藉部隊既有槍、砲武器擊殺進犯無人機，其攔截戰果有限；再者，以現有攔截槍及捕捉網性能，受限天候及環境因素，僅能在無風空曠處適用，攔截效果發揮有限。

2、面臨第一、二類（微型）無人機，對傳統防空武器帶來極大挑戰，國軍現役各型雷達為增進對快速飛機、巡弋飛彈、火箭、彈道飛彈的偵測，常會將其視為空中不明飛行物（鳥類、浮空器）之雜波訊號，因無法識別而自動濾除，影響整體防情預警成效。

3、第一、二類（微型）無人機因成本低廉、容易獲得且飛行時不易偵知等因素，無論國土防衛各作戰階段，如對我作戰區重要防護目標發起猝然攻擊行動，以目前中共無人機能力及性能現況，及遵現有聯合防空指管權責及接戰規定，必然不及防範，勢必接受第一波襲擊，續以現有防空武器予以接戰，因為此時部隊防空能力亦無法有效協處，如此一來，將虛耗我價格高昂防空飛彈，不符成本效益。

現貨市場反制手段研析

無人機反制須藉感測系統之偵測、標定、識別、定位及追蹤來襲的無人機，³³並經交叉辨識，以確認無人機之意圖（是否攜帶爆炸物），其反制手段則區分為以非動能的反制手段（如 GPS 干擾或訊號截斷）等干擾方式，使其任務失效的「軟殺」方式，及直接攻擊（如機槍、機砲或高能雷射）的「硬殺」，各國反制第一、二類無人機裝備分析如次。

一、軟殺（電子干擾與誘騙）

美軍反無人機之高能雷射，功率至少約 2 - 5 萬瓦，目前中科院具備數千瓦功率雷射技術，雖無法在適當距離擊落無人機，仍可對無人機上主要感測器之光電系統造成損傷或干擾，阻斷其任務執行。

（一）中科院「誘標車」³⁴：可透過適切部署中科院研發之誘標車，並配合與雷達系統透過部署位置及同步操作，避免遭反輻射飛彈偵獲之被動防護功能。

（二）中科院「干擾機動車」³⁵：可偵測通信頻段無線電波信號，支援電子戰攻防任務，藉由掌握戰場上通信電子設施與活動狀態，提供我方先期預警，及支援監偵識別、指管決策、作戰行動及效益評估，具分析、比對、識別、紀

³³舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北：國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日），頁 38。

³⁴國家中山科學研究院，〈誘標〉《國家中山科學研究院》，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=260&catalog=10，（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。

³⁵國家中山科學研究院，〈偵蒐測向機動車與干擾機動車〉《國家中山科學研究院》，2018 年 10 月 12 日，<http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=74&catalog=11>，（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。

錄、儲存多種通信發射源參數，並能精確測向等功能。

(三) 中科院「無人機防禦系統 (UDS)」³⁶：中科院研發之反無人機系統 (UDS)，可持續加速高能雷射武器系統或定向能武器系的研發進程，增加國軍反制共軍無人機蜂群戰術的可用選項。

(四) 英國「反無人飛行器防禦系統 (AUDS)」³⁷：結合 KU 波段電子掃描防空雷達、光電指示器及結合 EO/IR 追蹤軟體，採都卜勒處理程序，可全天候 24 小時探測高／低速移動之微型目標，具自動追蹤並進行識別，有地面雜波抑制能力，採用智能、放大或非動能方式干擾或制止無人機所使用的資訊鏈路。

表 2 反制無人機現貨市場 (軟殺)

反 制 無 人 機 現 貨 市 場 (軟 殺)	
中科院誘標車 ¹	
	裝備能力：機動誘標車除機動性外另兼具高隱蔽性，具多種運作模式，可搭配受防護雷達特性調整運用。
中科院干擾機動車 ²	
	裝備能力：對通信發射源頻譜監控、干擾分析，具 VHF/UHF 頻段測向功能，可影響無人飛行載具之定位導引接收器。
中科院無人機防禦系統 (UDS) ³	
	裝備能力：主要為破壞無人機從事敵對監視和潛在惡意的活動，並使用無線電控制頻率干擾技術，能在空中主動攔截對方無人機，並可在遠端地區防止無人機執行恐怖襲擊與間諜活動。

³⁶ 林彥廷，〈雙亞軍事衝突中的無人機作戰運用〉《洞見與攻略季刊》(臺北：國防部，民國 110 年 3 月)，頁 49。

³⁷ 〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫，2017 年 8 月 18 日 (擷取日期：110 年 9 月 8 日)。

英國 AUDS 反無人機防禦系統⁴



- 1.偵蒐距離：10 公里
- 2.截面積（RCS）：0.01 平方公尺
- 3.方位：360°
- 4.頻率：Ku
- 5.雷達類型：E 掃描頻率調節連續的波（FMCW）都卜勒監視雷達
- 6.電源輸出：1 W（標準）、4 W（高功率）
- 7.升高報導：+/- 40°

資料來源：1.國家中山科學研究院，〈誘標〉《國家中山科學研究院》，〈http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=260&catalog=10〉，〈擷取日期：110 年 9 月 8 日〉。2.國家中山科學研究院，〈偵蒐測向機動車與干擾機動車〉《國家中山科學研究院》，2018 年 10 月 12 日，〈http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=74&catalog=11〉，〈擷取日期：110 年 9 月 8 日〉。3.《2019 航太暨國防工業展》，〈軍聞社〉，2019 年 8 月 16 日，〈<http://www.gpwd.mnd.mil.tw/Publish.aspx?p=70131>〉，〈擷取日期：110 年 9 月 8 日〉。4.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫，〈擷取日期：110 年 9 月 8 日〉。5.筆者綜整。

二、硬殺（各式擊殺武器）

在實質上直接攻擊、破壞或殺傷敵無人機系統、裝備或系統鏈結節點，可藉防空飛彈、砲彈、槍砲或高能雷射等手段執行。

（一）美軍「機動多功能主動相列雷達（KuRFS）」：可使用 Ku 射頻系統偵測微型無人機及「火箭、榴砲、迫砲彈與飛彈（RAMM）」來襲，並具精密追蹤能力，亦可搭配高能雷射、低成本防空飛彈、「郊狼」（Coyote）自毀式反無人機系統運用，以執行反無人機任務為主，亦可兼負野戰防空及 RAM 反制任務。³⁸

（二）瑞典長頸鹿雷達（Giraffe AME）可由舉升臂升高的雷達及飛彈模組：³⁹偵蒐低飛、小型的無人機，具目標辨視，接戰多重目標，具多任務能力；另可整合其他系統，如 MBD 系統或強化模組式防空系統（EMADS），使用 8 聯裝共同防空模組飛彈（Camm）或是延程型（Cammerr）飛彈，可縮短部署時間。

（三）美軍「多任務高能雷射（MMHEL）」：係由多任務發射器（MML）結構發展為運用高功雷射系統，如以史崔克（Stryker）八輪甲車配備雷達、飛彈、雷射及防空火砲，能夠以較低的成本摧毀來襲的飛彈和無人機。

（四）美雷神公司「高能雷射武器系統（HELWS）」⁴⁰：可運用輕型野戰車輛裝載，於各種地形使用，搭配「多光譜標定系統（MTS）」EO/IR 感測器後，

³⁸KuRFS, Deagel.com, http://www.deagel.com/Sensor-Systems/KRFS_a003730001.aspx; Tammy Waitt, "Coyote UAS& KRFS Radar to Acquire, Track & Engage US Enemy Drones", American Security Today, July 23, 2018, <http://americansecuritytoday.com/coyote-uas-krfs-radar-acquire-track-engage-us-enemy-drones/>, "Coyote UAS", Raytheon, <<https://www.raytheon.com/capabilities/products/coyote>> (110 年 9 月 23 日擷取)

³⁹舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北）國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日，頁 43。

⁴⁰舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北）國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日，頁 41。

可偵測、追蹤並導引雷射武器對鎖定目標接戰；該系統使用 220 伏特電源充電，充飽後可讓 EO/IR 感測器運作 4 小時，並發射 20 - 30 次雷射，於 2 - 3 秒內擊落數百公尺處之無人機目標。⁴¹

（五）美軍雷神公司「高功率微波系統（PHASER）」⁴²：該系統可整合於貨櫃中，發射之高能微波波束能一次擊落 2 - 3 架無人機，並連續接戰；美陸軍在演習中，以 PHASER 擊落 33 架無人機。顯示 PHASER 不僅能對付一個無人機群，更可對付多個無人機群，相較於其他反無人機系統更具優勢。

表 3 反制無人機現貨市場（硬殺）

反 制 無 人 機 現 貨 市 場 （ 硬 殺 ）	
美軍機動多功能主動相列雷達（KuRFS） ¹	
	機動多功能主動相列雷達（KuRFS） 1. 頻率：Ku 射頻系統，12 - 18 GHz 2. 範圍：18 公里 3. 方位：360° 4. 可偵測微型無人機及搭配高能雷射、低成本防空飛彈、「郊狼」（COYOTE）自毀式反無人機系統運用，目前係以執行反無人機任務為主，亦可兼負野戰防空及 RAM 反制任務。
美軍郊狼（COYOTE） ¹	
	郊狼（COYOTE） 1. 長 X 寬 X 高度：0.79X1.47X0.30 公尺 2. 負荷重量：5.9 公斤 3. 最大載重：1.4 公斤 4. 操作高度：150 - 365 公尺 5. 飛行高度：6 公里 6. 速度：60 - 157 公里／小時 7. 最大射程：37 公里 8. 航程：1.5 小時

⁴¹“Laser Solution”, Raytheon, <https://www.raytheon.com/capabilities/products/lasers>。(110 年 10 月 5 日擷取)

⁴²“Beam on— A Wide Range of Counter-Drone Technologies Comes of Age”, Raytheon, <https://www.raytheon.com/news/feature/beam-on>。(110 年 10 月 5 日擷取)

瑞典長頸鹿雷達（Giraffe AME）² 及飛彈模組	1.長 X 寬 X 高度：10.3X2.5X4 公尺 2.頻率：5.4 – 5.9 GHz 3.方位：360° 4.掃描速度 30 – 60 RPM 5.部署時間：10 分鐘 6.車載式雷達，可接戰低飛無人機，具極佳目標辨視率，可接戰多重目標，具多任務能力，特別是針對小型目標，使用 8 聯裝共同防空模組飛彈（CAMP）或是延程型（CAMMER），可快速部署。
	史崔克（STRYKER） 1.長 X 寬 X 高度：6.9X2.7X2.6 公尺 2.防護：14.5 毫公尺鋼板 3.速度：60 – 100 公里／小時 4.作戰範圍：500 公里 5.機動系統：8 輪獨立懸吊 6.配備武器：可依需求，選擇搭配模組式武器，如迫砲、機槍、榴彈、雷射、雷達等。 7.延伸車型特色可在車輛基礎上，運用模組（即時套件）組裝於載臺，除提供機動性外，更增加運用上的彈性。
美雷神公司高能雷射武器系統（HELWS）⁴	高能雷射武器系統（HELWS） 1.長 X 寬 X 高（公尺）：待搜 2.功率：5 – 200 仟瓦 3.續行力：4 小時 4.電力需求：220 伏特 5.系統可在快速移動中偵測、識別、追蹤及擊落無人機，可提供 4 小時的情報、監偵作業能力，並提供 20 – 30 束雷射照射能量，如雷射光束投射在目標上 5 秒時間，可擊落 3 公里內無人機。
	

美軍百夫長防禦系統（Block1B） ⁶	1.長 X 寬 X 高：10.48X2.43X4.7 公尺 2.最大有效射距：3660 公尺 3.最近射距：100 公尺 4.射速：4500 發／分； 5.一波射擊：250 發 6.彈鼓容量：1500 發 7.搜索距離 8 公里（0.1m ² 目標）－ 13.5 公里（2m ² 目標） 8.追蹤距離 5 公里（0.1m ² 目標）－ 11 公里（2m ² 目標） 9.彈藥：M246 或 M940 高爆縱火曳光彈，具自毀功能 10.射界：方位 360 度，俯仰－10 至 70 度 11.射擊精度：1 米位 12.具備波段搜索、追蹤雷達和前視紅外線射控系統導引功能。
---------------------------------	---



資料來源：1.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。2.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。3.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。4.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。5.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。6.〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫，（擷取日期：110 年 9 月 8 日）。7.筆者綜整。

三、現貨市場發展趨勢

防範無人機威脅部隊、軍事基地及重要關鍵基礎設施安全，是目前各國發展反制系統重要項目，經觀察各國反無人機之應處及現貨市場發展趨勢如次。

（一）以雷射防空系統預應：目前美歐許多軍火集團均推出雷射防空系統，以雷射武器用於短程防空，對付無人機、巡弋飛彈等低空或低成本的威脅，因雷射發射成本低廉，如能解決電力供應問題，發射一次的成本僅約為一美元，成本遠遠低於飛彈。⁴³

（二）利用蜂群反制：美國陸軍發展的群集式（Swarm）自殺攻擊無人機，裝置在集束炸彈內，可攻擊多重目標，如美國雷神公司發展的「郊狼」系統（Coyote）也衍生為低成本自殺攻擊無人機，係以撞擊或自爆方式攻擊目標，可用於監視戰場，也可以群集方式大量發射。⁴⁴

（三）多重反制（任務）方式：各國現有有效反制方式涵蓋雷達及光電偵測，如美合併組成並研改 AN／MPQ-64 及 KuRFS 等 2 款雷達，以標定無人機

⁴³舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北），國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日，頁 41。

⁴⁴舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北），國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日，頁 41。

的威脅；武器以整合所有防空系統，包括刺針肩射飛彈及鐵穹（Iron Dome）飛彈系統合運用；多重任務模組反制，如史崔克（Stryker）八輪甲車，可視需求配備不同接戰裝備（雷達、飛彈、雷射及防空火炮），同時對不同目標接戰。

（四）強化野戰防空：美陸軍「固定短程空防系統」（MSHORAD）目的在彌補「機動短程防空」能力不足之處，如陸基近迫武器系統（百夫長）用於反制火箭、砲彈、迫砲與飛彈（C-RAMM），對低空慢速目標也具備一定打擊能力。

反制建議

為肆應第一、二類無人機威脅，國軍應積極秉持創新、不對稱防禦思維，同時密切掌握各國科技發展趨勢，強化各作戰區重要目標防護措施，並科研、發展經濟有效之反制手段，反制方式建議可在現有的資源上先行整合運用，未來並朝多元方向發展：

一、研發偵測及反制軟體

相較開發新式反制系統或裝備，研發新軟體耗費較低成本，可在現有雷達（如蜂眼）可偵測無人機的基礎上，加上民間研發團隊發展的紅外線、被動偵測等方式，並設法使防空系統能連網，以升級各式雷達系統，使能有效偵獲低 RCS 之低空、慢速」空中目標；另依據無人機操控，初期仍須以原有基地臺執行「導控、起飛、接收／執行命令」等特性，研發反制及干擾鏈結軟體，以大功率電磁訊號干擾器，有效反制無人機。

二、科研高效反制能量

中科院除利用既有的反制基礎，在無人機防禦系統（UDS）架構下，加速科研具備高功率雷射及微波武器（HPM）等反制能量，期在有限國防經費限制下，運用經濟、高效益之研改裝備，提升攔截敵無人機效率。

三、發展多任務型反制武器

參考美軍設計多任務發射器（MML）集一身之運用概念，國軍可依不同部隊需求，以雲豹八輪裝甲車（TIFV）為載臺基礎，發展裝配不同武器於甲車上，如裝置雷達系統、防空飛彈、雷射武器及防空火炮等不同裝具，具備可同時執行多任務型之機動載具，以有效預應對空及對地之威脅。

四、整合電戰能力與防空系統，組建多層攔截

電戰能力並非萬能，應與其他防空系統整合，才能有效防禦空中威脅；⁴⁵作戰區應先整合轄區內各式電戰裝備，如資通電軍電子偵蒐系統及 GPS 干擾車，配合三軍防空兵火力統合運用，明確律定接戰空域及劃分，對猝然襲擊之無人機，實施重層攔截；另針對敵可能攻擊之目標，可參考空軍基地為執行安全防

⁴⁵林彥廷，〈雙亞軍事衝突中的無人機作戰運用〉《洞見與攻略季刊》（臺北），國防部，民國 110 年 3 月，頁 47。

護工作，設置中科院無人機防禦系統（UDS）反制無人機，據此檢討建置於各作戰區重要防護目標周邊，以 UDS 搭配聯合防空火網，達早期預警、偵知、干擾及接戰之效果。

五、整合重層防情指管系統

為有效對空接戰，即必先獲得即時防情。綜觀近期衝突（戰役），第一、二類無人機因微小體積，且多採低空、慢速飛行，相對雷達截面積較小，致各型雷達感測系統的偵測距離相對縮短，故須整合作戰區內各式雷達系統，提高目標判讀及預判可能飛行航路。因此，作戰區應整合多層防情指管系統，如作戰區防空作戰中心及各式短程防空武器系統，建立雷情共享機制，使各指管系統、武器載臺可在同一平臺作業，提供各防空系統足夠的攔截資訊，⁴⁶供防空部隊及早採取因應作為。

六、明確劃分防空權責

就以以色列防空作戰為例，國家整體防空作戰以空中作戰中心（JAOC）視戰況選擇分散或集中管制 3 個地區指揮部中的防空群；如為分散管制，仍以側聽所有接戰過程，以利狀況不利時收回指管權。⁴⁷反觀國軍各作戰區防空接戰現作法，無論平戰時接戰指管仍受 JAOC／ACC 間接管制，對於第一、二類無人機微小及猝然襲擊之特性，衡量防空目標交付及接戰時間急促因素，接戰權責必須下放，並明確劃分防空權責，由作戰區統籌運用轄區內三軍短程防空兵火力，以求指揮鏈盡量簡短，俾利接戰明確、迅速、精準，確保重要防護目標安全及有生戰力之完整。

結語

所謂「他山之石，可以攻玉」，對於國際間各國善用無人機擔任各式衝突（戰役）中之首選手段，在面對中共無人機的高度威脅，且極可能在臺海衝突中被運用之外，國軍不可置若罔聞，無動於衷；反之應由上而下詳細檢視現有可用裝備與資源，經過適切整合運用，並調整現行應處機制，期對猝然對我發起襲擊之第一、二類型無人機有效預應，盡可能降低第一擊所造成之傷損。

為有效遂行野戰防空作戰，作戰區指揮官可運用轄區內各式資源及防空武器對敵低空威脅，採取積極防空手段與消極防空措施，俾利作戰地區內重要防護目標安全及行動自由。作戰區內除三軍短程防空部隊外，資通電軍偵蒐系統及干擾裝備亦應納入整合及戰備輪值，期組建及獲得多層攔截能力，經各式雷情整合提供共同作戰圖像，並在上級充分下授作戰區防空作戰指管權責後，可

⁴⁶唐承平，〈反制中共巡弋飛彈具體作為之研究〉《砲兵季刊》（臺南），砲訓部，民國 110 年 3 月，頁 111。

⁴⁷蔣緯達，〈從以色列全國防空探討我國防空機制〉《砲兵季刊》（臺南），砲訓部，民國 104 年 9 月 30 日，頁 72。

有效縮減接戰時限及指管程序，減少是類無人機所造成的危害。

再者，參考各先進國家反制發展經驗與趨勢，將研發偵測及反制軟體、科研高效反制能量、發展多任務型反制武器等無人機反制手段列為國防自主的重要項目，未來期可結合多種軟殺（干擾）或硬殺（擊殺）無人機，如高功率干擾、高效雷射機砲、複合式機動防空接戰武器，並透過多層部署，減少應付此種不對稱威脅的成本，消除無人機威脅，保護地面打擊部隊及重要設施安全。

參考文獻

- 一、《中華民國 108 年國防報告書》（臺北：國防部，民國 108 年 9 月）。
- 二、《精進技術與研發，反制無人機攻擊》（青年日報社論），2019 年 9 月 19 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7amyhW6kDH%2fU2bS%2fWMehO2NRbM1%2f441Z0kc3lmQsBUI0KUzuvMu9JD27HtRknwNiLlnPpjV9pe6H10sGKiX1WGg%3d>。（擷取網路資料）。
- 三、《無人機強勢興起，啟發武器轉型》（青年日報軍事論壇），2021 年 7 月 31 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7at5bWTCbNPA8a8RPh6fiHfaCdEIjJMEaqQppTUKedQrFLKCjeig2L4%2bctNP1mKI%2fNm%2bJe4eEanHYBvltwzZW15M%3d>。（擷取網路資料）。
- 四、張立德，〈先進國防科技對「不對稱作戰」致勝原則之影響〉《洞見與攻略季刊》（臺北），國防部，民國 108 年 9 月。
- 五、《以色列無人機蜂群攻擊哈瑪斯，全球首見 AI 戰爭》（中央通訊社），2021 年 7 月 4 日，<<http://www.cna.com.tw/amp/news/202107040207.aspx>>。（擷取網路資料）。
- 六、《反無人機技術創新，因應新興威脅》（青年日報軍事論壇），2021 年 3 月 10 日，<http://news.gpwd.mnd.mil.tw/news.aspx?ydn=w2u5S9CJZGAXB%2fzPg%2fq7at5bWTCbNPA8a8RPh6fiHfaCdEIjJMEaqQppTUKedQrFkSWe1xrb6EtL3xsDn0PsgpqvLQhANdtvLyIIG2I3Tzo%3d>。（擷取網路資料）。
- 七、舒孝煌，〈反制無人載具的途徑〉《國防情勢特刊》（臺北），國防安全研究院，民國 109 年 7 月 10 日。
- 八、“DRONES AN “IMMEDIATE THREAT” : DoD Plans Rapid Acquisition of Counter - UAS Systems,” Breaking Defense, March, 2020, <https://breakingdefense.com/2020/03/ebrief-drones-an-immediatethreat-dod-plans-rapid-acquisition-of-counter-uas-systems>。（擷取網路資料）。
- 九、US Department of Defense, 〈Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan〉, <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>。（擷取網路資料）。
- 十、Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets, 〈Aurora Flight Sciences Skate〉, http://10.22.155.231/File/?File=REC_01318916&Gid=REC_01318916&Ses

s=1939928e - d02e - 4818 - 9fb7 - f08ff194b6d6&IntSec=3T1sGX//ctS4d/g7IZxwIXUWn WM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(擷取網路資料)。

- 十一、Jane's Fighting Ships,〈Textron Systems RQ - 7 Shadow〉, http://10.22.155.231/File/?File=REC_01357588&Gid=REC_01357588&Sess=fa242d07-fc21-47ea-ad23-680581f1a98c&IntSec=/zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvc k=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(擷取網路資料)。
- 十二、張立德,〈共軍無人機作戰運用及反制〉《洞見與攻略季刊》(臺北),國防部,民國 109 年 3 月。
- 十三、洪安妮、謝志淵,〈2019 年沙烏地阿拉伯油田遭無人機攻擊事件研究 - 論陸軍野戰防空〉《陸軍學術雙月刊》(桃園),國防部陸軍司令部,民國 109 年 10 月。
- 十四、陳奕穎,〈從 2020 年納卡衝突中探討戰力防護之道 - 以中共無人機對我中部地區縱深守備部隊之影響為例〉《陸軍工兵半年刊》(高雄),國防部陸軍司令部,民國 110 年 6 月。
- 十五、林彥廷,〈雙亞軍事衝突中的無人機作戰運用〉《洞見與攻略季刊》(臺北),國防部,民國 110 年 3 月。
- 十六、《全球首見 AI 戰爭!以色列出動「無人機蜂群」攻擊激進組織哈瑪斯》(太報),2021 年 7 月 5 日,<<http://www.taisounds.com/Global/Top-News/US-EURPO/uid5593166270>>。(擷取網路資料)。
- 十七、孫亦韜,〈中共無人飛行載具發展與應用〉《海軍學術雙月刊》(臺北),國防部海軍司令部,民國 110 年 4 月。
- 十八、吳姝璇,〈中共無人飛行載具發展對我防衛作戰威脅之研究〉《陸軍學術雙月刊》(桃園),國防部陸軍司令部,民國 108 年 12 月。
- 十九、Maj. Gen. Cedric T. Wins,〈CCDC'S road map to modernizing the Army air and missile defense〉<https://www.army.mil/article/226920/ccdcs-road-map-to-modernizing-the-army-air-and-missile-defense>。(擷取網路資料)。
- 廿、《國軍軍語辭典》(臺北:國防部,民國 93 年 3 月 15 日)。
- 廿一、朱峻緯,〈短程防空武器在城鎮複雜地形作戰之運用〉《砲兵季刊》(臺南),砲訓部,民國 109 年 3 月 30 日。
- 廿二、《陸軍砲兵部隊指揮教則》(桃園:國防部陸軍司令部,民國 106 年 11 月 21 日)。
- 廿三、《陸軍野戰防空砲兵營連作戰教範》(桃園:國防部陸軍司令部,民國 109 年 08 月 10 日)。
- 廿四、國家中山科學研究院,〈誘標〉《國家中山科學研究院》, http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=260&catalog=10, (擷取網路資料)。
- 廿五、洪哲政,〈資通電軍「北斗干擾車」服役要攻向總統府的飛彈失準〉《聯

合報》，2018 年 10 月 12 日，〈 <http://www.mesotw.com/bbs/viewthread.php?tid=79556> 〉，（擷取網路資料）。

廿六、〈AUDS〉《JANES》詹氏年鑑電子資料庫（擷取網路資料）。

廿七、KRFS, Deagel.com, http://www.deagel.com/Sensor-Systems/KRFS_a003730001.aspx > Tammy Waitt, "Coyote UAS& KRFS Radar to Acquire, Track & Engage US Enemy Drones", American Security Today, July 23, 2018, < <http://americansecuritytoday.com/coyote-uas-krfs-radar-acquire-track-engage-us-enemy-drones/> 。 "Coyote UAS", Raytheon, <https://www.raytheon.com/capabilities/products/coyote> （擷取網路資料）。

廿八、"Laser Solution", Raytheon, <https://www.raytheon.com/capabilities/products/lasers> 。（擷取網路資料）。

廿九、"Beam on - A Wide Range of Counter-Drone Technologies Comes of Age", Raytheon, <https://www.raytheon.com/news/feature/beam-on> 。（擷取網路資料）。

卅、唐承平，〈反制中共巡弋飛彈具體作為之研究〉《砲兵季刊》（臺南），砲訓部，民國 110 年 3 月。

卅一、蔣緯達，〈從以色列全國防空探討我國防空機制〉《砲兵季刊》（臺南），砲訓部，民國 104 年 9 月 30 日。

作者簡介

林俊賢中校，陸軍官校 ROTC 91 年班、正規班 192 期、陸院 103 年班，歷任排長、連長、營長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部防空戰術教官組。