

# 探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為 – 一、二類無人機

作者：楊培毅

## 提要

- 一、2019 年 3 月以色列軍隊使用 UAV 空投催淚彈，對付迦薩走廊的巴勒斯坦人，8 月於 UAV 上裝置炸彈攻擊黎巴嫩；同年 9 月沙烏地阿拉伯的 2 處重要石油設施遭受葉門叛軍胡賽組織使用伊朗製的 UAV 攻擊，造成沙國關閉近半石油設施，減少原油約近 5 成的產量，損失極為慘重，此效應也間接地影響到全球國際的油價市場。
- 二、美國國防部於 2015 年將無人飛行載具區分成五個類別定義，其分類的依據除以無人機的尺寸與重量外，最主要乃依其飛行距離與航行能力來界定。
- 三、第一、二類無人機的特性為成本低廉、容易獲得、體積小、物體結構由木材或塑膠複合式材料製成，其雷達截面積（RCS 值）為 0.5 平方公尺以下，雷達偵蒐不易，且飛行噪音低（約 65 – 80 分貝），亦不易被人為提早發現，再加上機群以低速、低空飛行，躲避野戰防空預警雷達，因此易造成奇襲效果。
- 四、中共航空技術對無人機的發展從未間斷，現今已擁有將軍用無人機的功能整合偵查、攻擊平台於一體的能力，使偵打合一的無人機同時具備目標獲得、目標識別、攻擊接戰、電戰干擾與效果監控等能力，以大幅提高作戰效益。近年中共將第一、二類無人機研改成具備攻擊能力的機種，例如四軸式無人機 – MR40 與六軸式無人機 – MR150，可藉無線寬頻網路鏈結多架武裝攻擊之超近程無人機，裝配反坦克飛彈或藍箭 – 5 空對地飛彈或甚至 LG5A 管式火箭彈等武器，其特點不僅是雷達截面積小，不易被偵測，飛行動力來自電能或低燃料引擎，甚至無法被紅外線飛彈鎖定，還具備 GPS 定位可藉蜂群式飛行、飽和式攻擊、自殺攻擊之模式等以進行破壞與癱瘓、擾亂等能力。
- 五、中共無人飛行載具大都屬於第三類以上之無人機，其特性為高空飛行、航程極大，均已超過復仇者飛彈系統接戰能力範圍，故第三類以上之無人機以我國土防衛作戰而言，乃由海、空軍之中高空飛彈或空中攔截機來應戰，因此復仇者野戰防空部隊除面對共軍往昔武裝直升機、低空進襲之定翼機與巡弋飛彈等威脅外，還得接受新崛起之一、二類無人機的挑戰。
- 六、美軍鑑於前述事件突顯在現代戰場環境中不對稱戰爭的威力，憑著極為低價的無人機，就能達到相當巨大的破壞，因此規劃出反無人機之六層攔截防空網，而美軍復仇者飛彈系統現行所使用的刺針飛彈，則在多層攔截防

空網中的第三、四層。

關鍵詞：SHORAD、蜂群式無人機（UAV Swarm）、中共無人機

## 前言

隨著科技突飛式的躍進發展，軍事武器性能與其使用方式，亦大幅改變以往傳統戰術與準則運用的範疇。傳統戰爭型態的轉變，皆拜現代科技的進步所賜，例如第二次世界大戰之後，飛彈逐步取代第一次世界大戰傳統火砲的運用模式，針對飛彈的射程、殺傷範圍的掌控能力和打擊的精準度，都已經成為當時評斷戰力指標的重要原則。另外，當戰場從傳統的三維空間擴展到太空時，彈道飛彈的運用也改變空層的攻擊與防禦模式，再加上近十年來網際網路廣泛領域的運用，高價值之精準武器打擊的趨勢，再次被低價值之寬頻無線 UAV（無人飛行載具或稱無人機）戰術攻擊運用方式所挑戰。

2018 年 1 月，俄羅斯在敘利亞的軍事基地，攔截到了一架裝滿炸藥攻擊的 UAV（圖一），<sup>1</sup> 2019 年 3 月，以色列軍隊使用 UAV 空投催淚彈，對付迦薩走廊的巴勒斯坦人，同年 8 月於 UAV 上裝置炸彈攻擊黎巴嫩；同年 9 月沙烏地阿拉伯的 2 處重要石油設施（圖二），慘遭葉門叛軍胡賽組織使用伊朗製的 UAV 攻擊，造成沙國關閉近半石油設施，減少原油約近 5 成的產量，損失極為慘重，此效應也間接地影響到全球國際的油價市場。<sup>2</sup>

顯然，無人空中載具在軍事上的攻擊運用，在近兩年已經成為新的防空特殊威脅。其中，中共在 UAV 研製發展技術進步，中國電子技術公司（CETC）為發展無人機技術的公司，過去曾經創可單次遙控 67 架 UAV 的紀錄，在 2017 年 6 月，就以單控 119 架 UAV 的世界紀錄（圖三），擊敗了美國波音公司單控 103 架的紀錄，而獲得 UAV 蜂群式遙控技術成熟的名聲。<sup>3</sup>

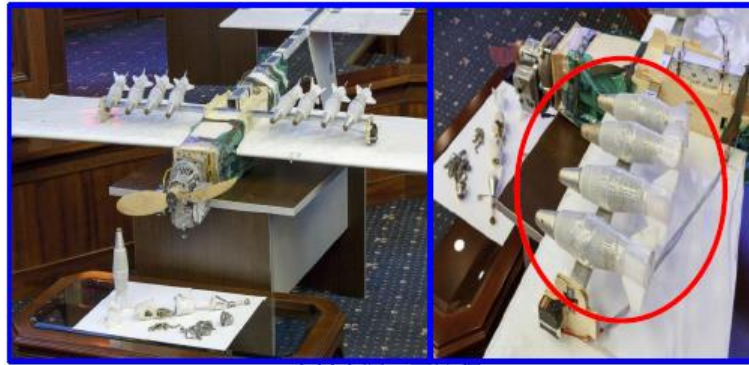
中共無人飛行載具運用，從偵查、監視與攻擊整合，到蜂群式運用技術突破，顯示中共在軍事作戰運用強烈企圖；國軍陸軍現今野戰防空的能力當中，就屬復仇者飛彈系統為最新的防空武力，能否對應中共新崛起的蜂群式無人機（UAV Swarm）挑戰，而成為反無人機的角色，乃是筆者所要討論的重點。

---

<sup>1</sup> Jeremy Binnie (Jane's Defence Weekly), 〈Russians reveal details of UAV swarm attacks on Syrian bases〉, [http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01826578&Gid=REC\\_01826578&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01826578&Gid=REC_01826578&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/01/12)

<sup>2</sup> 中天電子新聞，〈沙 9 兆年軍費竟不敵 46 萬無人機攻擊〉, <https://gotv.ctitv.com.tw/2019/09/1127212.htm>。(2019/09/17)

<sup>3</sup> Andrew Tate (Jane's Defence Weekly), 〈China launches record-breaking UAV swarm〉, [http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01809801&Gid=REC\\_01809801&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01809801&Gid=REC_01809801&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/06/21)



圖一 俄軍自敘利亞攔截到裝滿炸藥攻擊的 UAV  
資料來源：同註釋 1



圖二 沙烏地阿拉伯重要石油設施遭受 UAV 攻擊  
資料來源：同註釋 2



圖三 中國電子技術公司（CETC） 單控 119 架 UAV 的世界紀錄  
資料來源：同註釋 3

## 無人飛行載具介紹

無人飛行載具（UAV）俗稱無人機、無人航行載具、無人作戰飛機、蜂型機等，廣義上不需要飛行員登機駕駛操作的各式遙控飛行器，在用途上通常區分為民用型和軍用型。<sup>4</sup>

<sup>4</sup> 維基百科，〈UAV 無人飛行載具〉，<http://zh.m.Wikipedia.org/zh-tw/%E7%84%A1%E4%BA%BA%E8%88%AA%E7%A9%BA%E8%BC%89%E5%85%B7>。(2019/11/18)



## 一、無人飛行載具分類等級

早期無人飛行載具的產製，依科技的進步與市場的需求而來，其機種類型千奇百種，近 10 年世界各國尚未對 UAV 有明確的分類，因此美國國防部於 2015 年，將無人飛行載具區分成五個類別來定義（表一），<sup>5</sup>其分類的依據除了以無人機的尺寸與重量外，最主要乃依其飛行距離與航行能力來界定。

（一）超近程無人機（Very close – range UAVs）：又稱「微型無人機」，顧名思義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，超近程無人機代表機種有以色列的 IAI Malta 與美軍的 Skate 微型無人機（圖四）。<sup>6</sup>

（二）近程無人機（Close – range UAVs）：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，其代表機種為美軍 RQ – 7 Shadow 近程無人機（圖五），常用來執行偵查（reconnaissance）與監視（surveillance）任務。<sup>7</sup>

（三）短程無人機（Short – range UAVs）：短程無人機尺寸通常比輕航機小，翼展介於 5~10 公尺，因尺寸與動力的關係，載重能力達 100 公斤以上，可裝載空對地精準導引飛彈或電子干擾、反監視電子設備，甚至作為通信中繼等，所以到達此等級的無人機，已經無法單靠個人進行搬運。短程無人機可控距離在 150~200 公里以內，單次航行時間介於 8~12 小時；短程無人機代表機種有以色列的 US Hunter 與美國波音的 Eagle Eye 與英國的 Watch keeper 無人機（圖六）。<sup>8</sup>

（四）中程無人機（Mid – range UAVs）：中程無人機通常有超高速飛行能力，性能更優於短程無人機，可控距離達 300 公里之遠，單次航行時間介於 14~24 小時間，中程無人機代表機種為美國的掠奪者 – Predator（圖七）。<sup>9</sup>

<sup>5</sup> US Department of Defense, 〈Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan〉, <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>。(2015/08/06)

<sup>6</sup> Jane'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/g7IZxwIXUWnWM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01318916&Gid=REC_01318916&Sess=1939928e-d02e-4818-9fb7-f08ff194b6d6&IntSec=3T1sGX//ctS4d/g7IZxwIXUWnWM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2016/09/10)

<sup>7</sup> 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=/zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvck=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01357588&Gid=REC_01357588&Sess=fa242d07-fc21-47ea-ad23-680581f1a98c&IntSec=/zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvck=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2019/04/16)

<sup>8</sup> Jane's Defence Weekly, 〈Watch keeper achieves full operational capability〉, [http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01857353&Gid=REC\\_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-76841c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01857353&Gid=REC_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-76841c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376http://10.22.155.231/File/?File=REC_01857353&Gid=REC_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-76841c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2019/02/07)

<sup>9</sup> Jane's Defence Weekly, 〈Certifiable Predator B completes integration〉, [http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01782995&Gid=REC\\_01782995&Sess=514b2f9a-46f8-4283-a74e-8445d3be78b8&IntSec=NhEvYxqUEDIGKhZr7cdvmolF4C8=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01782995&Gid=REC_01782995&Sess=514b2f9a-46f8-4283-a74e-8445d3be78b8&IntSec=NhEvYxqUEDIGKhZr7cdvmolF4C8=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2016/09/08)

（五）長程續航無人機（Endurance UAVs）：長程續航無人機的特點，不再是遠達 300~650 公里的可控距離，而是它驚人的單次航行時間可達 24~36 小時的作業時間與高達 20 公里的飛行高度，其載重能力也相對提升超過 500 公斤以上，可裝載更多的電子設備，長程續航無人機的代表機種有美國的全球鷹 – Global Hawk（圖八）。<sup>10</sup>

表一 美國國防部無人機分類表

| 分類    | 重量（ 磅 / 公斤 ）           | 飛行高度（公尺）   | 速度（m/s）    |
|-------|------------------------|------------|------------|
| 第 1 類 | 0 - 20 磅（0 - 9 公斤）     | 小於 400 公尺  | 小於 50 m/s  |
| 第 2 類 | 21 - 55 磅（9.5 - 30 公斤） | 小於 1200 公尺 | 小於 130 m/s |
| 第 3 類 | 小於 1320 磅（小於 598 公斤）   | 小於 6000 公尺 | 小於 130 m/s |
| 第 4 類 | 大於 1320 磅（大於 598 公斤）   | 小於 6000 公尺 | 可達任何速度     |
| 第 5 類 | 大於 1320 磅（大於 598 公斤）   | 大於 6000 公尺 | 可達任何速度     |

資料來源：同註釋 5



圖四 以色列 IAI Malta（左）與美軍 Skate 微型無人機（右）

資料來源：Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets，〈Aurora Flight Sciences Skate〉，<http://10.22.155.231>（2016/09/10）



圖五 美軍 RQ - 7 Shadow 近程無人機

資料來源：同註釋 7

<sup>10</sup> Jane's Defence Weekly，〈USAF enlisted personnel to operate Global Hawk UAVs〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01760960&Gid=REC\\_01760960&Sess=05bbbdea-82e8-4fd7-a333-00bd83ee54f2&IntSec=y8CG4sPMQtKd4yuZKGvGTG9XC0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01760960&Gid=REC_01760960&Sess=05bbbdea-82e8-4fd7-a333-00bd83ee54f2&IntSec=y8CG4sPMQtKd4yuZKGvGTG9XC0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。（2016/01/21）



圖六 短程無人機機種  
資料來源：同註釋 8



圖七 美國的掠奪者 - Predator  
資料來源：同註釋 9



圖八 美國長程續航無人機 - 全球鷹 Global Hawk  
資料來源：同註釋 10



## 二、中共無人飛行載具介紹

無人飛行載具之所以常被用來執行偵查與監視任務，乃因為其攝像鏡頭、電池技術、光電設備、陀螺儀與寬頻無線網路等之微型科技已明顯進步許多，能夠將上述所裝備的重量，限制於固定範圍內，並將動力耗能輕量化，使無人機可靜默飛行或固定盤旋，即時傳送所拍攝之影像，傳至指揮管制中心，然也可隨著無人機體積與酬載能力，增加攻擊與電子干擾等設備以遂行軍事行動。

中共無人飛行載具發展可追溯至 1960 年代越戰期間，當時美軍常使用火蜂無人機（Fire bee）（圖九）<sup>11</sup>在越南戰場執行偵查與電戰任務，經常侵入中國大陸領空。1964 年 11 月 15 日共軍以殲 - 6 戰機將其擊落，中共將墜地的火蜂無人機殘骸搜整，交由北京航空航天大學進行逆向工程研究予以仿製，因而研製出長虹一號無人機之雛型機（圖十），<sup>12</sup>於 1972 年 11 月 28 日成功執行首飛，1980 年定型後正式裝備部隊運用，其軍用型號改以取名為「無偵 - 5」。

此後，中共航空技術對無人機的發展從無間斷過，而現今中共已擁有能將軍用無人機的功能整合偵查、攻擊平台於一體的能力，使偵打合一的無人機同時具備目標獲得、目標識別、攻擊接戰、電戰干擾與效果監控等能力，以利大幅提高作戰效益，以下為中共無人飛行載具的代表機型與圖鑑（表二、圖十一至圖二十）。<sup>13</sup>



圖九 美軍火蜂無人機（Fire bee）

資料來源：同註釋 11



圖十 中共長虹一號無人機

資料來源：同註釋 12

<sup>11</sup> San Diego (Jane's IHS Markit), 〈Fire bee aircraft〉, <http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=juav0187-juav>。(2018/08/16)

<sup>12</sup> Jane's IHS Markit, 〈WZ-5 Chang Hong (Long Rainbow)〉, <http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=juav0005-juav>。(2015/09/22)

<sup>13</sup> 鍾圳宸, 〈中共偵察打擊一體化無人飛行載具之研究〉《陸軍學術雙月刊》(桃園), 第五十二卷第 546 期, 陸軍教準部, 2016 年 4 月, 頁 5-10。

表二 中共無人飛行載具機型

| 型式        | 性能                                                    | 用途                                                                          | 圖號參考<br>(分類)               |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 長虹一型      | 飛行航程：2500 公里<br>飛行高度：17500 公尺<br>滯空時間：3 小時            | 使用可見光照相機，晝間執行高空攝影及偵照任務。                                                     | 圖十一<br>(第五類)               |
| 長空二型      | 飛行航程：950 公里<br>飛行高度：18000 公尺<br>滯空時間：3 小時             | 可用於核武器試驗的取樣工作亦可供低防空武器系統鑑定用，並具有高機動盤旋能力，供空對空導彈和殲擊機鑑定試驗用。                      | 圖十二<br>(第五類)               |
| ASN - 104 | 飛行航程：300 公里<br>飛行高度：3200 公尺<br>滯空時間：2 - 6 小時          | 提供戰場空中偵察情報與進行即時監視。                                                          | 圖十三<br>(第四類)               |
| ASN - 206 | 飛行航程：150 公里<br>飛行高度：6000 公尺<br>滯空時間：4~8 小時            | 晝夜空中偵察、戰場監視、偵察目標定位、校正 火炮射擊、戰場毀傷評估、邊境巡邏等軍事領域，也可用於航空攝影、地球物理探礦、災情監測、海岸緝私等民用領域。 | 圖十四<br>(第三類)               |
| 哈比        | 飛行航程：600 公里<br>飛行高度：3000 公尺<br>滯空時間：4 小時<br>攻擊精度：5 公尺 | 為空對地反輻射飛彈之一種，具定位運算能力，可搜尋雷達源進行攻擊。                                            | 圖十五<br>(第四類)<br>(由以色列購置獲得) |
| WZ - 2000 | 飛行航程：2000 公里<br>平飛速度：236 公尺/秒<br>滯空時間：12 小時           | 具衛星通訊能力，可即時提供戰區圖像、情報，完成偵查與監視任務。                                             | 圖十六<br>(第五類)               |
| 翼龍系列      | 飛行航程：4000 公里<br>飛行高度：5300 公尺<br>滯空時間：20 小時            | 對地面目標進行定位、識別、跟蹤、監視、偵查與對地攻擊。                                                 | 圖十七<br>(第四類)               |
| 彩虹系列      | 飛行航程：2400 公里<br>飛行高度：5300 公尺<br>滯空時間：6 - 16 小時        | 偵蒐、通訊中繼、情報蒐集、火炮校射、電子戰、地面目標精準定位及即時打擊等作戰任務。                                   | 圖十八<br>(第四類)               |
| B - 2     | 飛行航程：15 公里<br>飛行高度：50~5000 公尺<br>滯空時間：1 小時            | 提供地面防空部隊進行接戰射擊訓練。                                                           | 圖十九<br>(第二類)               |
| 多軸式無人機    | 飛行航程：5 公里以內<br>飛行高度：1200 公尺以下<br>滯空時間：1 - 6 小時        | 目標偵蒐、目標精準定位、識別、攻擊                                                           | 圖二十<br>(第一類)               |

資料來源：同註釋 13





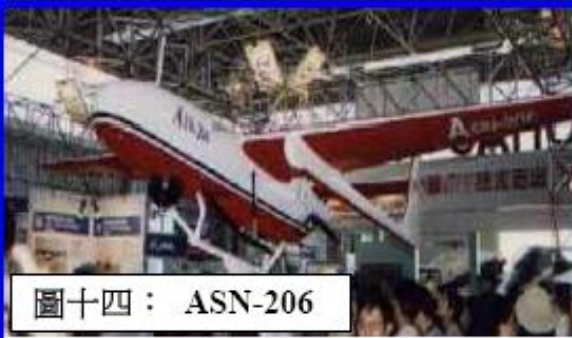
圖十一：長虹一型



圖十二：長空二型



圖十三：ASN-104



圖十四：ASN-206



圖十五：哈比



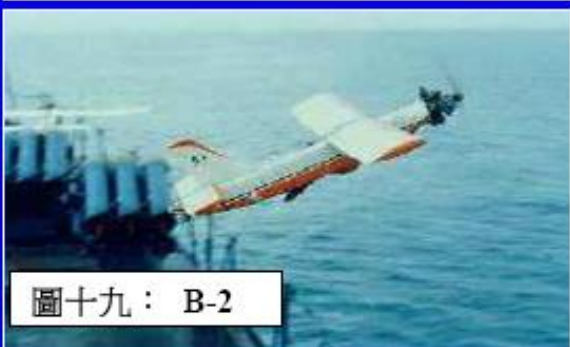
圖十六：WZ-2000



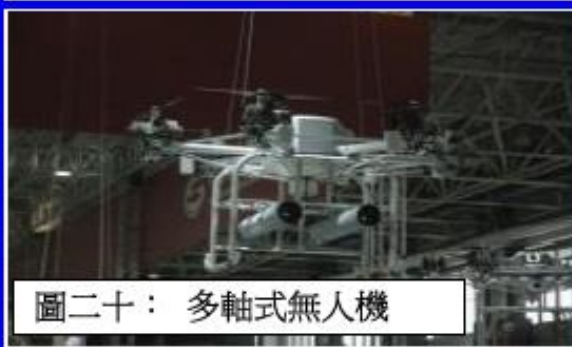
圖十七：翼龍系列



圖十八：彩虹系列



圖十九：B-2



圖二十：多軸式無人機

### 圖十一至圖二十 中共無人飛行載具圖鑑

資料來源：China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC)，〈CHINA UAV〉，  
[http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=jsd\\_3059-jsd\\_](http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=jsd_3059-jsd_)。(2016/12/12)

### 三、中共無人機可能對我之威脅

中共軍用無人飛行載具，具有航程長、巡航高度高、滯空時間久、飛行速度快、載荷重量大等特點，加上共軍已成功研發無人機「編隊飛行」與「蜂群飛行」，且因模組化設計而可快速更換模組設備，可於高空中構成無人機偵察網、通訊中繼、電子與 GPS 信號干擾以及實施無人機轟炸等多種不同任務。

1. 制壓消耗我防空系統：利用無人機先行耗損我國地空飛彈、攔截機等防空資源，減輕其後續航空兵主力採取後續行動之威脅。

2. 重點地區打擊：預先設定對我重要防護目標地區，如機場、軍（商）港、後勤設施、通信中心、交通樞紐、軍事工業、能源建設等脆弱固定目標，採單機或多機編隊模式進行襲擊、破壞進而癱瘓我後續戰力之維持。

3. 敵情蒐報：在情報支援方面，可協助即時影像情報蒐集、戰場監控部隊兵力移動監控；另在通信運用方面，可協助做為通信中繼，還可發揮其潛在功能，諸如蒐集通信、雷達頻段情報或者干擾、誤導我相關通信電子設備，使我誤判當前相關情勢等狀況。

4. 導引火力，精準打擊：共軍可運用其無人機相關偵蒐設備，利用其衛星訊號精準導引其火力、射擊控制和戰果評估。

5. 第一、二類無人機的蜂群戰術：近年來中共將第一、二類無人機研改成為具備攻擊能力的機種，例如四軸式無人機 - MR40 與六軸式無人機 - MR150，可藉由無線寬頻網路鏈結多架武裝攻擊之超近程無人機，裝配反坦克飛彈或藍箭 - 5 空對地飛彈或甚至 LG5A 管式火箭彈等武器（圖二十一），<sup>14</sup>其特點不僅是雷達截面積小，不易被偵測，飛行動力來自電能或低燃料引擎，甚至無法被紅外線飛彈鎖定，還具備 GPS 定位可藉蜂群式飛行、飽和式攻擊、自殺攻擊之模式等以進行破壞與癱瘓、擾亂等能力。



圖二十一 藍箭 - 5 空對地飛彈（左）與 LG5A 管式火箭彈（右）

資料來源：同註釋 14

<sup>14</sup> Nikolai Novichkov, 〈Airshow China 2018: Norinco presents UAV swarm concept〉, [http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01843770&Gid=REC\\_01843770&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01843770&Gid=REC_01843770&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/11/08)



## 復仇者飛彈系統能否有效擔任反無人機（第一、二類）角色之探討

因中共無人機飛行載具大都屬於第三類以上之無人機，其特性為高空飛行、航程極大，均已超過復仇者飛彈系統接戰能力範圍，故第三類以上之無人機以我國土防衛作戰而言，乃由我海、空軍之中高空飛彈或空中攔截機來應戰，因此復仇者野戰防空部隊除了面對共軍往昔武裝直升機、低空進襲之定翼機與巡弋飛彈等威脅外，還得接受新崛起之一、二類無人機的挑戰。

### 一、復仇者飛彈系統接戰能力限制

復仇者飛彈系統為美國於西元 1980 年起開始研發，飛彈車體結構由美國波音公司設計，使用美國雷神公司的刺針飛彈，曾參與波灣戰爭與伊拉克自由行動等戰役。我國陸軍復仇者防空部隊於民國 90 年成軍，可接戰目標為低空進襲之無人載具、旋翼機及定翼機、巡弋飛彈等航空器，搭配蜂眼雷達指管系統，可大幅增加作戰預警時間，提升全系統作戰效能。然該系統也並非完美無敵，仍有其運用上的限制，以下為該系統的接戰能力分析。

1.車體結構限制：復仇者飛彈系統之悍馬車結構為鋁合金車體構造，<sup>15</sup>而為減輕悍馬車所承載全裝彈藥之重量，其飛彈塔設計為蜂巢狀木質結構與化合物所塑造而成，防彈、抗破片、防爆能力稍弱，美軍準則 FM 44-100-2 中亦說明了復仇者飛彈系統不可暴露於直接火力、輕兵器（small arms）與間接火力之下，<sup>16</sup>因此就單以外部結構方面來說，較為脆弱，在城鎮戰中若遭遇敵地面突擊部隊或遇武裝無人機攻擊，威脅人員與裝備且影響戰場存活率。

2.早期預警與目標獲得限制：第一、二類無人機特性為成本低廉容易獲得、體積小、物體結構由木材或塑膠複合式材料製成，其雷達截面積（RCS 值）為 0.5 平方公尺以下，雷達偵蒐不易，且飛行噪音低（約 65-80 分貝），亦不易被人為提早發現，再加上機群以低速、低空飛行，躲避我野戰防空預警雷達，因此易對我造成奇襲效果。

3.火力發揚限制：復仇者飛彈系統全武裝（圖二十二），計有數枚刺針飛彈與一挺擁有數百發子彈之電控擊發式 M3P 五〇機槍，飛彈及機槍有效射程限於視距內的低空進襲目標，以下再針對飛彈與機槍的接戰運用限制說明。

（1）刺針飛彈弱點：我陸軍復仇者飛彈系統線所使用的飛彈具有被動紅外線尋標導引的功能，意思就是刺針飛彈僅能接戰有熱源的空中目標，且該目標的熱源要有像一般航空器引擎所排放出來的高溫熱能特徵（圖二十三）一樣才可接戰；另外，從物理學量化的角度分析，一般紅外線尋標器依照物理學家「維

<sup>15</sup> 陳信彬著，〈復仇者飛彈系統操作手冊-第二版〉，（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日），頁 1-4。

<sup>16</sup> JOEL B HUDSON, AIR DEFENSE ARTILLERY REFERENCE HANDBOOK (Washington: Headquarters Department of the Army, 2000), P3-16。



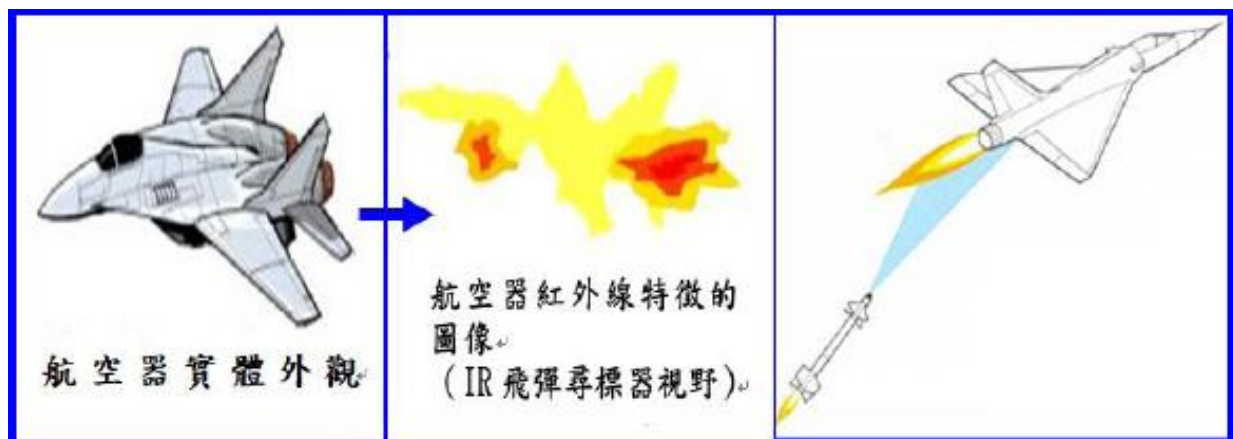
斯定律」的公式可推算，紅外線波長與溫度的關係（ $\lambda$  波長  $\times T$  絕對溫度=2892  $\mu\text{mK}$ ），<sup>17</sup>所以目標熱能至少需要約 550°C 以上的溫度才能讓刺針飛彈尋標器鎖定，然而以現今第一、二類無人機的飛行科技，不管是多軸式還是定翼式所需飛行動力均是靠電力或是低燃料引擎所提供，因此其動力所產生的溫度（或紅外線），是否足以讓紅外線尋標器有效鎖定，有待討究。

（2）M3P 五〇機槍弱點：機槍對復仇者飛彈系統而言，可彌補飛彈射擊時所產生的超仰死角與進行地面自衛戰鬥之用，然機槍彈射速快，彈藥快速用罄需耗時再裝填，因此以機槍接戰第一、二類無人機群效能有限。



圖二十二 復仇者飛彈系統（刺針飛彈與 M3P 五〇機槍）

資料來源：作者自攝



圖二十三 航空器引擎所排放出來的紅外線特徵

資料來源：Doug Jackson，〈Missile Countermeasures〉，<http://www.aerospaceweb.org/question/electronics/q0191.shtml>。（2004/08/29）

<sup>17</sup> Shripad P. Mahulikar, "Infrared signature studies of aerospace vehicles," *Progress in Aerospace Sciences*, (India), (2007), P. 220-221.

## 二、美軍復仇者飛彈系統反無人機之運用規劃

中東地區自上世紀中葉起，成為主要武器試驗場，伊朗更自 1980 年展開無人機研發計畫，範疇從情報行動至攻擊手段皆有。無人機具備便宜、安全與遠端操作等特性，因此，吸引區域內激進組織和國家，將其作為戰略型武器。近期，以色列無人機攻擊黎巴嫩真主黨設施，以及伊朗試圖以無人機攻擊航經荷莫茲海峽美軍船艦，都受到舉世矚目。<sup>18</sup>美軍鑑於上述事件突顯在現代戰場環境中不對稱戰爭的威力，憑著極為低價的無人機，就能達到相當巨大的破壞，因此規劃出反無人機之六層攔截防空網（圖二十四），而美軍復仇者飛彈系統現行所使用的刺針飛彈，則在多層攔截防空網中的第三、四層，以下為各層防空網介紹。<sup>19</sup>

1.第一層防空網：為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（圖二十五），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。

2.第二層防空網：由固態雷射武器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。

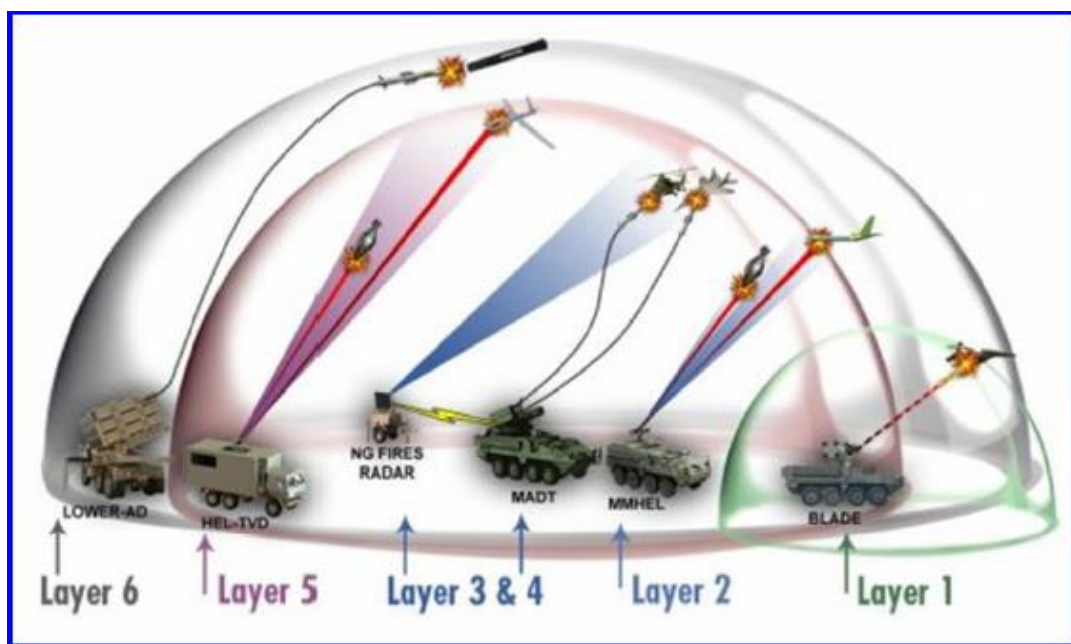
3.第三、四層防空網：此 2 層防空網乃使用美軍全新一代的機動防空技術（Maneuver Air Defense Technology, MADT）與先進的火控雷達搭配，武器主要為兩枚地獄火反裝甲飛彈、一挺 M230LF 30mm 機砲、一具 7.62mm 機槍、四聯裝刺針飛彈（圖二十七），此系統將成為美軍新一代的機動短程防空武器系統（M - SHORAD），未來預計於 2021 年完成測評並取代現存老舊的復仇者飛彈系統。

4.第五層防空網：第五層防空網乃再次使用高能雷射武器（圖二十八），於中型戰術輪車上安裝 10 萬瓦等級的雷射系統，以達到最佳防空攔截效益之需求，系統名稱為高能雷射戰術輪車（High Energy Laser Tactical Vehicle Demonstrator, HEL - TVD）。

5.第六層防空網：第六層防空網的構想乃以更低的成本製成防空武器，其系統佔用空間小，飛彈酬載量多，並可大量部署來對抗亞音速的巡弋飛彈和攻擊式無人機，第六層防空網名稱為低成本遠程防空系統（Low - cost Extended - Range Air Defense, LOWER - AD）（如圖二十九）。

<sup>18</sup> 青年日報電子報，〈精進技術與研發 反制無人機攻擊〉，《青年日報社論》，民國 108 年 9 月 19 日。

<sup>19</sup> Maj. Gen. Cedric T. Wins，〈CCDC'S road map to modernizing the Army air and missile defense〉[https://www.army.mil/article/226920/ccdc\\_road\\_map\\_to\\_modernizing\\_the\\_army\\_air\\_and\\_missile\\_defense](https://www.army.mil/article/226920/ccdc_road_map_to_modernizing_the_army_air_and_missile_defense)。(2019/09/10)



圖二十四 美軍反無人機之六層攔截防空網



圖二十五 美軍反無人機第一層防空網－刀鋒系統（BLADE）



圖二十六 美軍反無人機第二層防空網－多任務高能雷射（MMHEL）





圖二十七 美軍反無人機第三、四層防空網 - MADT



圖二十八 美軍反無人機第五層防空網 - 高能雷射戰術輪車 (HEL - TVD)



圖二十九 美軍反無人機第六層防空網 - 低成本遠程防空系統 (LOWER - AD)  
資料來源：圖二十四至圖二十九來源同註釋 19

## 復仇者野戰防空部隊針對第一、二類無人機建議作為

近年第一、二類無人機在戰場嶄露頭角，優異表現開始讓各國重視其運用效能，少量又廉價的無人機群可以造成重要設施，如防空陣地、通信雷達站、機場、煉油廠、港口、軍艦或商船、醫院等重要防護目標嚴重損壞，因此為不對稱作戰運用首選之一。筆者認為我陸軍野戰防空雖未訂立類似美軍反無人機多層攔截防空網，亦應將無人機列重大威脅項目，並制定反制手段。筆者研究美軍作為及相關準則，歸納反制第一、二類無人機之作為供參考。

### 一、強化無人機認知教育訓練

一般地面部隊對第一、二類無人機認知不深，因此相對地對其威脅性也一知半解，我復仇者野戰防空部隊應從其發展歷史、性能與飛行特性與其對我威脅有正確又完整性的認知，才能有效掌握應變時機與對其反制手段。

### 二、添增目獲、標定設備以利識別

復仇者飛彈系統的目獲裝備，現為前視紅外線接收器（FLIR），該模組可讓操作手觀看數公里遠的視野，適用於晝夜間與不良天候下操作，然系統經長久使用，效能逐漸衰減，恐難以長時間不間斷地開機運轉；此外，單位望眼鏡配賦數有限，實難讓每位官兵擁有遠距的目獲能力，而若於夜間發現無人機蹤跡，也無雷射光投射標定其位置，供即時通知所有人無人機正確位置，以利接續反制手段；因此，建議單位應適量添增配賦目獲裝備，如雙目望眼鏡、夜視鏡與雷射指示器等裝備（圖三十），以加強我對無人機之發現與識別。

### 三、建立高效完整之反無人機機制

反無人機程序依序為偵查、識別、攻擊等三大步驟，其中偵查方式區分為空中監視與雷達的訊號探測方式；識別方式則區分為以目視或藉由電子、光學、紅外線與訊號偵測器等，將無人機目標識別出其意圖而給予其反制；攻擊方式則區分為直接攻擊（如機槍、機砲或高能雷射）與非動能的反制手段（如 GPS 干擾或訊號截斷）。各部隊應成立反無人機分隊，定期組織人員進行平日防範與應急處置訓練，搭配多種途徑設置科目，進行實戰操演，如此反無人機機制的建立，才可讓反制任務得以順利進行。

### 四、構建反無人機武器系統

目前全球反無人機技術，主要著重於偵測與預警、攔截科技、干擾技術與偽裝欺騙等四大部分。偵測與預警主要在於運用人工或雷達等感測器，偵蒐無人機之入侵；攔截科技著重於雷射、火力、微波等；干擾技術則包括數據鏈、訊息干擾或 GPS 定位干擾等（圖三十一），使無人機失去控制；<sup>20</sup>偽裝欺騙則包

<sup>20</sup> Lt. Matthew Becker, 〈South Korea-based Short Range Air Defense Battery Integrates Counter-UAS into Core Competencies〉, [https://www.army.mil/article/218755/south\\_korea\\_based\\_short\\_range\\_air\\_defense\\_battery\\_integrates\\_counter](https://www.army.mil/article/218755/south_korea_based_short_range_air_defense_battery_integrates_counter)

含光學、電子等方式隱真示假，降低敵方無人機作戰效能。

| 裝備      | 說明                              | 缺點                                        | 圖片                                                                                  |
|---------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 雙目望遠鏡   | 提供觀察者放大的遠端目標圖像，能夠清楚確認無人機種類。     | -光源問題(夜間)<br>-限制的視野                       |  |
| 夜視鏡     | 提供觀察者在低光源狀況下觀察目標的能力，同時也能偵測紅外線光。 | -光源問題(日間)<br>-容易被霧、煙及灰塵遮蓋<br>-對已偽裝的目標仍然有效 |  |
| 軍規雷射指示器 | 提供觀察者標示區域或目標，尤其在低光源狀況下效果特別顯著。   | -光源問題(日間)<br>-所有人都可以看見光束                  |  |

圖三十 反無人機之目獲裝備（雙目望眼鏡、夜視鏡與雷射指示器）

資料來源：作者自製



圖三十一 反無人機之攔截與干擾科技

資料來源：同註釋 20

## 結語

現代化戰爭不再是以價格高昂尖端科技武器的較勁比拚，也不再是用傳統機甲重兵武器的攻城掠地之戰略模式，審視第一、二類無人機這種小型但滲透性強的裝備，目前已為許多國家普遍使用，可預見此類型無人機將成為各地區不對稱作戰的新式手段。國軍應當正視無人機作戰將改變戰爭特徵之可能性，並構思如何調整傳統防空作戰思維，以肆應從精確打擊到無人機蜂群戰術破壞行動，因威脅不僅來自飛彈和炸彈，更可能肇於自毀式無人機蜂群自殺式撞擊。



<sup>21</sup>除在重要設施周邊建置可靠偵蒐雷達和攔截能力外，更要積極建構出多層攔截之防空網。

## 參考文獻

- 一、Jeremy Binnie (Jane's Defence Weekly)，〈Russians reveal details of UAV swarm attacks on Syrian bases〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01826578&Gid=REC\\_01826578&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01826578&Gid=REC_01826578&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/01/12)
- 二、中天電子新聞，〈沙9兆年軍費竟不敵46萬無人機攻擊〉，<https://gotv.ctitv.com.tw/2019/09/1127212.htm>。(2019/09/17)
- 三、Andrew Tate (Jane's Defence Weekly)，〈China launches record-breaking UAV swarm〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01809801&Gid=REC\\_01809801&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01809801&Gid=REC_01809801&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/06/21)
- 四、維基百科，〈UAV 無人飛行載具〉，<http://zh.m.Wikipedia.org/zh-tw/%E7%84%A1%E4%BA%BA%E8%88%AA%E7%A9%BA%E8%BC%89%E5%85%B7>。(2019/11/18)
- 五、US Department of Defense，〈Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan〉，<https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>。(2015/08/06)
- 六、Jane'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/g7IZxwIXUWnWM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01318916&Gid=REC_01318916&Sess=1939928e-d02e-4818-9fb7-f08ff194b6d6&IntSec=3T1sGX//ctS4d/g7IZxwIXUWnWM=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2016/09/10)
- 七、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=/zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvck=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01357588&Gid=REC_01357588&Sess=fa242d07-fc21-47ea-ad23-680581f1a98c&IntSec=/zCk6R5pnPy6ZuCHFXtZARjwvck=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2019/04/16)
- 八、Jane's Defence Weekly，〈Watchkeeper achieves full operational capability〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01857353&Gid=REC\\_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-76841c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01857353&Gid=REC_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-76841c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01857353&Gid=REC\\_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-7684](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01857353&Gid=REC_01857353&Sess=1a54888b-8392-44c2-9ccf-7684)

---

<sup>21</sup> 楊于勝，〈析精確打擊與蜂湧式攻擊之運用〉《青年日報軍事論壇》，(2018/06/30)。

1c929196&IntSec=xmraKIJUU/7OF4LunM9Z9UWxBdw=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376。(2019/02/07)

- 九、Jane's Defence Weekly，〈Certifiable Predator B completes integration〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01782995&Gid=REC\\_01782995&Sess=514b2f9a-46f8-4283-a74e-8445d3be78b8&IntSec=NhEvYxqUEDlGKhZr7cdvmoIF4C8=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01782995&Gid=REC_01782995&Sess=514b2f9a-46f8-4283-a74e-8445d3be78b8&IntSec=NhEvYxqUEDlGKhZr7cdvmoIF4C8=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2016/09/08)
- 十、Jane's Defence Weekly，〈USAF enlisted personnel to operate Global Hawk UAVs〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01760960&Gid=REC\\_01760960&Sess=05bbbdea-82e8-4fd7-a333-00bd83ee54f2&IntSec=y8CG4sPMQtfKD4yuZKGvGTG9XC0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01760960&Gid=REC_01760960&Sess=05bbbdea-82e8-4fd7-a333-00bd83ee54f2&IntSec=y8CG4sPMQtfKD4yuZKGvGTG9XC0=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2016/01/21)
- 十一、San Diego (Jane's IHS Markit)，〈Fire bee aircraft〉，<http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=juav0187-juav>。(2018/08/16)
- 十二、Jane's IHS Markit，〈WZ-5 Chang Hong (Long Rainbow)〉，<http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=juav0005-juav>。(2015/09/22)
- 十三、鍾圳宸，〈中共偵察打擊一體化無人飛行載具之研究〉《陸軍學術雙月刊》(桃園)，第五十二卷第 546 期，陸軍教準部，2016 年 4 月。
- 十四、China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC)，〈CHINA UAV〉，[http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=jsd\\_3059-jsd\\_](http://10.22.155.203:8081/Display/Viewer?id=jsd_3059-jsd_)。(2016/12/12)
- 十五、陳信彬著，〈復仇者飛彈系統操作手冊 - 第二版〉，(桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日)。
- 十六、Nikolai Novichkov，〈Airshow China 2018: Norinco presents UAV swarm concept〉，[http://10.22.155.231/File/?File=REC\\_01843770&Gid=REC\\_01843770&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376](http://10.22.155.231/File/?File=REC_01843770&Gid=REC_01843770&Sess=5a7662ce-cb53-414d-895e-389fc5fae57a&IntSec=FQi143L9o25eDfQRqCYoJ+RoyWc=&Lic=654c2a70e38142c8974deb95f07e6376)。(2018/11/08)
- 十七、Doug Jackson，〈Missile Countermeasures〉，<http://www.aerospaceweb.org/question/electronics/q0191.shtml>。(2004/08/29)
- 十八、Shripad P. Mahulikar，"Infrared signature studies of aerospace vehicles," Progress in Aerospace Sciences, (India), (2007), P. 220 - 221。
- 十九、青年日報電子報，〈精進技術與研發 反制無人機攻擊〉《青年日報社論》，民國 108 年 9 月 19 日。
- 二十、Lt. Matthew Becker，〈South Korea - based Short Range Air Defense Battery Integrates Counter - UAS into Core Competencies〉，[https://www.army.mil/article/218755/south\\_korea\\_based\\_short\\_range\\_air\\_defense\\_battery\\_integrates\\_counter\\_uas\\_into\\_core\\_competencies](https://www.army.mil/article/218755/south_korea_based_short_range_air_defense_battery_integrates_counter_uas_into_core_competencies)。(2019/03/19)

廿一、楊于勝，〈析精確打擊與蜂湧式攻擊之運用〉《青年日報軍事論壇》，2018/06/30。

### 作者簡介

楊培毅士官長教官，85 年入伍，由義務役士兵轉服自願役士官，86 年領導士官班 5 期，89 年野砲士高班 8 期，92 年士官長正規班 23 期，93 年英語儲備訓練班，94 年美國復仇者飛彈系統保修班，遠東科技大學應用外語系學士，現任於陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組。