

淺談對中共滯空彈藥 FH-901 作戰運用與防護作為

作者/李祥豪士官長



陸軍專校 100 年班、陸專士官長正規班 58 期畢業；曾任分隊長、區隊長，現任職步訓部兵器組教官。

提 要

- 一、中共滯空彈藥 FH-901 體積輕巧可由單兵攜帶、車載及機載等多種裝載模式，並使用電力驅動可降低飛行噪音不易遭雷達偵測，對第一線作戰提供戰場情報和立即破壞等效果，其破壞目標多為多人操作武器、高價值裝備、彈藥庫及油料庫等重要據點，對滯空彈藥 FH-901 的防護與處置應為本軍訓練與軍備重點之一。
- 二、我國中央科學研究院持續研發並製造相關電子干擾系統與裝備，國軍至今已獲撥 310 支無人機干擾槍，可發射訊號覆蓋滯空彈藥 FH-901 射頻頻段，使其無法正常執行指令致使迫降或驅離，並針對八輪甲車安裝格柵裝甲，可有效減少滯空彈藥 FH-901 對八輪甲車直接撞擊破壞，除軟殺手段外，也可利用步機槍等武器建置簡易防空火網，利用火力覆蓋飛行方向使其破壞。
- 三、針對滯空彈藥 FH-901 應具備多重防護作為，從近期的國際戰場可得知單一防護作為難以有效防範滯空彈藥帶來的危害，本軍可參照戰爭實例調整與訓練相關防護作為，並逐漸研發與配裝強而有力的防護裝備，如：單兵攜行式干擾器、雷射型輪甲車等，以提升本軍作戰能力與對滯空彈藥 FH-901 的防護力。

關鍵字：FH-901 滯空彈藥、自殺式無人機防護、FH-901 滯空彈藥防護作為

壹、前言

烏克蘭與俄羅斯已戰爭三年之久，如今戰場上隨處可見不同型態的無人機，從釋出的相關戰爭影片可得知，其中最令人頭疼莫過於無人機與彈藥相互結合的滯空彈藥，具備即時影像偵察能力和立即破壞目標效能，如：彈簧刀-300 (Switchblade 300)、柳葉刀 (Lancet) 與見證者-136 (HESA Shahed 136)。滯空彈藥逐漸改變以往作戰模式，因其體積輕巧、反截面積小，容易躲避雷達偵測，且若使用傳統防空武器攻擊滯空彈藥成本又過高，因此戰爭初期第一線部隊在面對具備低空飛行的滯空彈藥，僅能被動躲避滯空彈藥的偵察或是盲目使用步機槍掃射，無法採取有效的反應措施，促使各國開始重視滯空彈藥的作戰運用與防護作為，研發相關反制武器，如：以色列的「鐵穹防空系統」、美國的「人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統」等均是針對滯空彈藥反制手段，進而強化士兵於戰場上面臨滯空彈藥處置作為，期望增強第一線部隊反制作戰能力。

參照國際形勢，共軍類似彈簧刀滯空彈藥的武器，便是滯空彈藥 FH-901，該武器可針對 20 公里內的目標實施偵察與破壞，並具備聚能炸藥彈頭，可對輕裝甲車輛有效殺傷，發射模式多元化可由單兵攜帶使用發射筒發射、搭配輪型車輛發射或配合 FH-97 無人機實施作戰，且造價約 9000 美元，若使用刺針飛彈、愛國者飛彈等防空武器對 FH-901 實施破壞，兩者成本相差巨大，且會間接消耗本軍防空作戰能力，因此需藉由分析 FH-901 諸元效能與作戰運用，提供本軍面對 FH-901 時，能採取有效的防護措施，本篇期藉由探討共軍滯空彈藥 FH-901 及其戰場相關運用方式，通過了解滯空彈藥的偵察、搜索能力與作戰效能，藉以提供應對措施及防護方案，提高本軍在面臨 FH-901 威脅時的應變能力和防禦效果。

貳、中共滯空彈藥 FH-901 簡介

從俄烏戰場公布的影片可得知雙方部隊均使用低成本的滯空彈藥攻擊高價值目標和重要據點等設施，該類型滯空彈藥搭載偵察類型無人機，對戰場環境實施偵察與判斷後，指揮滯空彈藥飛行至目標區實施轟炸，滯空彈藥相對精準彈藥較為便宜，但其酬載彈藥較為不足，對高防護裝備需多枚才能造成破壞，而對比傳統彈藥火炮優勢則是較為精準，無須經由複雜的計算便能修正其飛行軌跡，並對目標立即破壞。共軍於 2017 年期間仿製以色列「哈比(Harpy)」反輻射滯空彈藥，命名為 ASN-301 反輻射滯空彈藥；2021 年於珠海航展展視「CH-817」微型攻擊滯空彈藥，該款滯空彈藥總重僅 850 公克，但已具備人員殺傷效果。¹由此可見，中共在滯空彈藥的發展已逐步取得一定成果，本段介紹的中共滯空彈藥 FH-901 便是該類型其中之一。

一、沿革

滯空攻擊彈藥(loitering attack munition) 為無人機類型之一，是一種無人機和彈藥相互結合的新式武器，在無人機添加戰鬥部放置各類型式的炸藥，使其與神風特攻隊

¹ 舒孝煌、許智翔，共軍無人載具發展，《國防科技趨勢年度報告》，第四篇第十一章，110 年 12 月，頁 123-124

有異曲同工之處，利用裝載的彈藥俯衝飛向目標，進而對目標及設施造成破壞或毀損，藉由低成本換取對方高價值目標。無人機自第二次世界大戰後開始發展，首先發展演習訓練用的靶機，使空中或地面部隊可對空中目標實施追瞄射擊，其次為 1955-1975 年越南戰爭的無人偵察機，無論是越南戰爭或是波灣戰爭都能迅速搜索戰場情報，提供後方指揮所即時戰況，後續則設計出可欺騙雷達系統的小型無人機，使敵軍的防空系統及雷達系統無法有效識別和破壞，最後更提供尺寸微小、成本低廉且可攜帶炸藥的滯空彈藥。²其主要攻擊方式，可由操作手利用平板電腦或控制臺導引滯空彈藥穿越各種複雜地形，並藉由滯空彈藥回傳的即時圖像，對目標及周圍地區實施監控和搜索，操作人員確認完攻擊目標便可操作滯空彈藥進行俯衝攻擊。³兩亞戰爭中使用的哈比滯空彈藥破壞防空雷達設施、俄烏戰爭中投入的滯空彈藥炸毀戰車、以哈戰爭中哈瑪斯使用中國製造的大疆無人機對基地周邊執行拍攝任務及手榴彈和炸彈等。⁴綜合上述，無人機與彈藥相互結合後，將無人機的使用更上推一層高度，使其逐漸發展可簡易操控或無須操作手便可 AI 自主編隊，無須後方砲兵部隊遠程火力支援及戰鬥部隊投入，即可深入敵軍後方直接對目標造成破壞或傷害，這種類型的無人機便是戰場新式利器-滯空彈藥，循以往現代戰爭的案例中，便可得知滯空彈藥戰場使用的靈活度與便利性。

二、中共滯空彈藥-飛鴻 901 (FH-901)

FH-901 為中國航天集團基於 CH-901 無人機技術改良而成的滯空彈藥。其設計原先側重偵察功能，後經改良使機翼可折疊以便收納於發射筒內，轉型為易於儲放與攜帶的發射式滯空彈藥。⁵未發射時機體呈長筒狀以節省儲存空間；發射後展開前後機翼並啟動後置螺旋槳進入巡航狀態。

(一)機體：機翼設置主要偏向高翼機，此種設置重心較低可使飛行穩定性提升，面對強風吹襲造成偏航時，減少失速的狀況發生以提升任務達成率，而翼面構型是挑選常見的矩形翼，⁶機翼可折疊以收納於發射筒，未發射前為長筒狀，提升儲放與攜帶便利性，而機中段為主機板與電力模組所在，為整機作戰與電力供應核心。總系統重量為 45 公斤，其中包含三架 FH-901 滯空彈藥、一具發射筒與控制系統平臺。

(二)尺寸：翼展 1.3 公尺，機身長 1 公尺，摺疊時收納直徑約 110-140 公尺，最大起飛重量為 3.5-9 公斤⁷。

² 無人機的發展歷史是怎麼樣的 <https://kknews.cc/zh-tw/history/vyvg5kq.html> (檢索日期:112 年 05 月 20 日)

³ 李祥豪，我國滯空彈藥發展概況之研析，《步兵季刊》，第 290 期，112 年 11 月，頁 3。

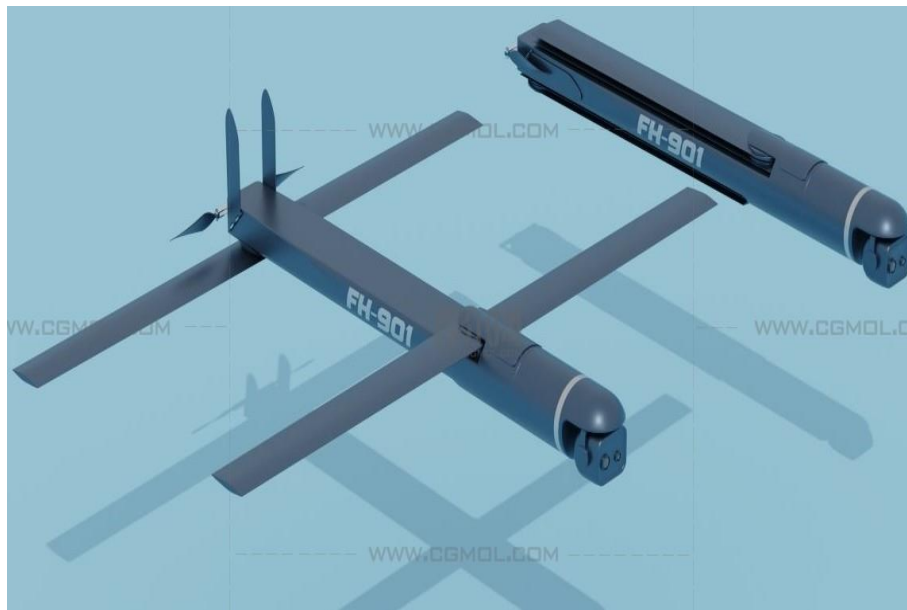
⁴ 抓到了！以媒曝哈瑪斯採用中製無人機攻擊以色列 <https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/4458384>，(檢索日期：113 年 8 月 3 日)

⁵ FH-901 中國版彈簧刀，蜂群技術的應用顛覆傳統戰爭的規則 https://k.sina.com.cn/article_6346774524_17a4c17fc001012mgx.html，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)

⁶ 林中彥、林智毅編著，《無人飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106 年 6 月，頁 6-10、11。

⁷ FH-901 /901A Loitering Munition Drone <https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)。

- (三) 巡航速度、距離與高度：巡航速度為 108-180 公里/時，末端俯衝速度上限可達 288 公里/時，飛行距離為 15-20 公里，續航力可達 1 小時，巡航高度限制為 150 公尺。⁸
- (四) 感測器配置：可見光攝影機、熱顯像儀與雷射測距（支援日夜作戰），可對 2 公里的目標實施識別。
- (五) 有效酬載：可配備破片炸藥殺傷半徑約 5-10 公尺或採用聚能炸藥彈頭具備厚度 10 公尺的穿甲破壞能力⁹，彈頭重量依據機型區分 1.3 公斤和 0.5 公斤兩種。
- (六) 精準度：誤差可達 2 公尺以內。
- (七) 配賦部隊：主要提供難以獲得空中支援火力部隊，如：特戰、兩棲部隊等。¹⁰



圖一：FH-901

資料來源: <https://www.cgmol.com/model/9/88369.html>

(檢索日期:114 年 06 月 29 日)

⁸ 中國灰色地帶戰術激臺擊落無人機 美媒：兩岸情勢恐升高
<https://taiwandomnews.com/%E5%85%A9%E5%B2%B8/32993/>，（檢索日期：114 年 6 月 28 日）。

⁹ Rainbow CH-901 Suicide Drone (CH-901 loitering munition)
<https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-price-manufacturer-procurement-portal-p00167p1.html>，（檢索日期：114 年 9 月 21 日）。

¹⁰ 搜敵後直接化身為飛彈！ 解放軍新無人機 CH-901 曝光 <https://www.ettoday.net/news/20170802/979812.htm>，（檢索日期：114 年 9 月 21 日）。



圖二：FH-901

資料來源：

<https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>

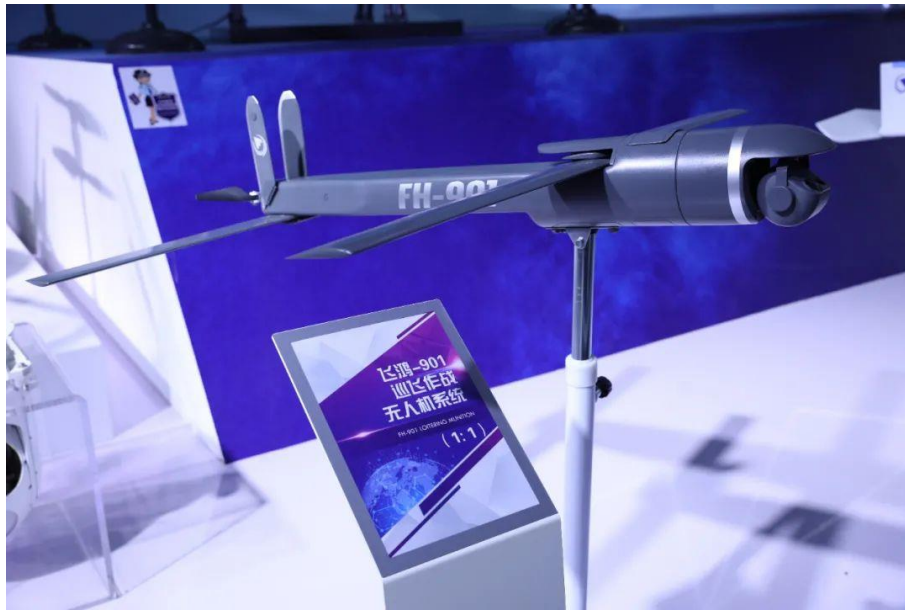
(檢索日期:114 年 06 月 29 日)

FH-901 滯空彈藥共有兩種形式，相似於彈簧刀 300 型與 600 型，就作戰用途、飛行距離、重量、彈藥攜行量及飛行時間等，區分為 FH-901 及 FH-901A 等型號，其主要為單兵攜帶使用的發射筒，其次也可與 FH-97 組合執行多元化作戰模式，藉由機載或車載等其他平臺發射。可由單兵配備野戰背包執行作戰，配件亦有發射筒、平板電腦、火控系統等設備，並藉由定位系統操控 FH-901 至目標地區徘徊巡視，也可以由操作手藉平板電腦挑選重要路線至目標區，蒐集相關情資。

FH-901 型因其戰鬥部攜帶彈藥量較多可針對輕裝甲車輛實施破壞，而 FH-901A 型彈藥重量為 0.5 公斤，對於裝甲車輛的破壞程度較為不足，飛行半徑最遠可達 20 公里，續航時間則為 1 個小時之久，配賦單兵作戰可大幅度提升偵察探測能力，從原本的望遠鏡觀測改由滯空彈藥升空偵察，縮短戰場偵察時間並提升偵察範圍，從原本的 2D 平面提升到 3D 空間的高度，並可即時擷取有效情資回傳後方指揮所，亦可直接對重要目標與高價值目標實施立即攻擊與破壞等軍事行動。¹¹整套系統則區分「機體分系統」、「發射設備分系統」、「資料鏈分系統」、「載重分系統」、「引戰設備分系統」、「指揮控制與資訊處理分系統」、「綜合保障分系統」等七項組成。¹²

¹¹ 同註 8，(檢索日期：113 年 8 月 17 日)。

¹² 同註 7，(檢索日期：114 年 6 月 29 日)。



圖三：FH-901

資料來源: https://m.thepaper.cn/baijiahao_14723982?sdkver=e06426d6&clientprefetch=1
(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

表一 FH-901/ FH-901A 性能規格

區分	FH-901	FH-901A
重量	9 公斤	3.5 公斤
飛行速度	30~50 公尺/秒	30~50 公尺/秒
飛行半徑	20 公里	15 公里
飛行高度	100-150 公尺	100-150 公尺
續航時間	60 分鐘	40 分鐘
武器	3.5 公斤高爆炸彈頭	0.5 公斤高爆炸彈頭

資料來源: FH-901 /901A Loitering Munition Drone

<https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html> (檢索日期:113 年 08 月 18 日)

三、FH-901 各類型限制因素

(一)技術限制：滯空彈藥因造價低廉、構造簡單且具有蒐集情資等任務，飛行距離與高度均有一定限制，因其飛行範圍與續航時間受燃料、電力、環境天候等因素影響，飛行半徑約莫 20 公里、續航時間最久可達 60 分鐘，因此，對於起飛地點的選擇尤為重要，若距離目標地太遠則滯空時長相對較短難以執行後續任務，距離目標地太近則容易使操作手位置暴露而遭遇攻擊，需由具備經驗的操作手才能做出正確的判斷和選擇。FH-901 為全球衛星導航系統控制，若途中遭遇敵軍電子干擾或無人機反制系統截斷訊號源，亦造成其失去控制可能造成墜落或誤擊的狀況產生。

(二)環境限制：天候和環境影響著飛行安全和任務達成率，面對雷雨氣候，操作手需衡量雷擊和閃電對 **FH-901** 的影響，瞬間閃電容易造成訊號之間傳遞不夠穩定，可能導致操作畫面有黑頻或水波紋現象產生，間接促使操作手無法有效操控 **FH-901**，對飛行穩定性和航道安全皆有危安疑慮，雷擊則會毀損 **FH-901** 機翼與機體，而附帶的電流可能會導致系統及內部電子零件失效，致使 **FH-901** 失衡墜落，更嚴重者可能會對不明區域造成一系列的破壞。而複雜的環境則會影響偵察效率，如城鎮大樓林立對滯空彈藥偵察具有一定影響，與平原開闊地相比，視線與飛行路線均受限制，飛行過程除需穿越各式障礙物外，也需注意藏身大樓的敵人，避免因飛行高度限制，而遭受敵人伏襲與破壞，導致後續任務無法遂行。¹³

(三)操作限制：**FH-901** 攜帶的炸藥具有一定範圍殺傷效果，雖然精準度可達誤差值小於 2 公尺內，但仍可能對攻擊目標周圍會產生連帶破壞，視其裝藥容量產生的破壞效果不同，會因操作不甚而導致非軍事目標或設施毀損，俄烏戰爭中便有往例可循，該案例是彈簧刀對在布良斯克地區的海關檢查站進行軍事行動，最後結果卻導致俄羅斯平民受傷及非軍事目標破壞，且有一平民因此身亡。¹⁴由此可見，**FH-901** 使用不僅驗證操作手的訓練，同時也是考驗著士兵對於武裝衝突法及日內瓦公約等國際人道法的遵守，避免執行軍事任務過程中因操作失慎造成非軍事目標傷亡。

FH-901 具備攜帶方便與成本低廉的滯空彈藥，可提升前線部隊的即時偵察能力與實施近距離的精準打擊，且配備熱顯像可支持日夜間作戰，續航與速度足夠支撐巡邏與突擊任務。但其航高限制、有限續航與彈頭能量對於破壞輕裝甲車輛、殺傷多人操作武器與執行戰術偵察任務效果較為顯著，而非用於對抗坦克或遠距離打擊與偵察任務。整體而言，**FH-901** 適合作為提高地面小單位火力與偵蒐靈活性的戰術性補充工具，但在面對電子對抗、高效短程防空或重裝甲目標時，其戰術價值會顯著下降。

參、滯空彈藥 **FH-901** 戰場運用

隨著各國無人機技術越趨成熟，加速提升無人機各項運用，從最早單一偵察功能逐漸發展具備察打一體的無人機、能與敵玉石俱焚的滯空彈藥、具備中繼功效或是具有能減少雷達探測功能的隱形無人機，藉由戰場需求逐步提升無人機效能，除能夠強化原有的空中部隊亦可減少飛行員的訓練成本，且無人機配合 **AI** 系統逐漸取代並配合有人機形成作戰運用，更有各種形式與用途的無人機陸續發展成型，而面臨戰場各式各樣的變化，士兵更有可能因地制宜將部分小型無人機或民用型無人機改裝增添致命性武器、化學武器及放射性物質作戰運用等。

¹³ 陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊，頁 1-12，111 年。

¹⁴ CTWANT 俄烏戰爭/烏派「彈簧刀」無人機 襲擊俄海關站 1 死 2 傷 <https://youtu.be/VYcUtPJhOlw>，（檢索日期：113 年 9 月 3 日）

一、接敵前的偵察與情報蒐集

孫子兵法曾提到「知己知彼，百戰不殆」，減少危險和失敗發生其中有一部分是取決於對敵方的了解程度，正確的情報來源可以有效的減少戰爭迷霧，而各類情報的整合可以完成戰場情報準備、敵可能行動圖解與徵侯圖解等，提供我指揮官判斷與下達命令之依據。¹⁵由此可見，戰場情報的重要性，而 **FH-901** 體積輕巧、反截面積小等優勢，不易被防空雷達偵測，且多數防空武器彈藥造價較高，用來對 **FH-901** 滯空彈藥實施破壞不符合成本效益。**FH-901** 滯空彈藥順利深入戰場後即可實施戰場搜索、偵察，並將攝影機捕抓的即時影像，藉由其他 **ISR** 平臺分享指引砲兵火力破壞其重要裝甲車輛或電子武器系統等設施，當目標未命中破壞時也可通知指揮所修正方向，以減少彈藥消耗並增加其精準度，而士兵僅是隱蔽於掩體或障礙物減少暴露自身位置即可完成操作飛行，訓練成本、效益與戰場存活率都可獲得極大提升。¹⁶



圖四：無人機戰場搜索畫面

資料來源：

https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87

(檢索日期:113 年 08 月 03 日)

二、主要攻擊或防禦階段的任務

FH-901 與以往的有人機、偵打一體的無人機不盡相同，機體本身裝載戰鬥部，無傳統武器艙配置，而是相似於彈簧刀滯空彈藥，不須額外掛載和更換彈藥，機體本身便是炸藥，藉由俯衝目標撞擊產生爆炸，與目標共同損毀為主要攻擊手段，而目標選擇性則取決於 **FH-901** 攜帶的炸藥量，會根據目標選定與軍事用途區分兩種形式，一種為輕型滯空彈藥，彈藥裝載量通常不超過 1 公斤，其威力大小為一顆手榴彈的爆炸效果，如 **FH-901A** 型可針對人員殺傷、壕溝、彈藥車或油罐車等無裝甲配備的目標，而另一種滯空彈藥 **FH-901** 便針對戰場的輕裝甲目標為主，戰鬥部配置錐形炸藥使其爆炸時威力集中藉此穿透目標裝甲以達殺傷效果。

¹⁵ 高旻生，戰場情報分析人才培育之研究，《步兵季刊》，第 288 期，112 年 5 月，頁 58、59。

¹⁶ 烏克蘭軍隊如何用無人機定位俄軍

https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87，(檢索日期：114 年 1 月 3 日)。

- (一) 提升單兵作戰能力：單兵配備 **FH-901** 可具備遠程打擊能力，最遠可對二十公里外的目標實施摧毀，且可減少暴露自身位置，面對機槍陣地可繞過堅固工事對後方敵人實施殺傷效果，對輕裝甲車輛也無須近距離使用火箭彈破壞，可利用頂攻模式執行精準打擊。
- (二) 增加縱深打擊能力：**FH-901** 具備約一小時的滯空能力，可持續偵察所在區域，對敵人實施壓迫，且彈藥碎片能造成約五到十公尺的範圍殺傷，迫使敵人需分散隊形，也可深入敵人後方針對補給點實施破壞，大幅度限制敵人補給運輸路徑，間接瓦解敵人內心防線。
- (三) 利用蜂群執行飽和攻擊：**FH-901** 搭配東風猛士輕型戰術車共可發射 48 具，每具發射間隔時間約莫 2 秒左右，並具有 AI 自主編隊能力，可藉由輸入指令與任務參數，即具備自主作戰的能力，可使敵人防空武器難以負荷，以提高任務達成率。¹⁷

FH-901 投入戰場後，使共軍偵察和攻擊能力大幅提升，可深入後方對我重要設施實施探查和破壞，本軍應在重要道路設置障礙或戰場遮蔽，使 **FH-901** 無法輕易獲取本軍資訊，並藉由各式防護作為以確保第一線作戰部隊任務遂行。

肆、對滯空彈藥 **FH-901** 的防護作為

隨著滯空彈藥陸續發展並投入戰場運用，各國逐漸意識到傳統防空武器和系統已無法滿足抗衡滯空彈藥與無人機的需求，因其成本低廉可快速並大量投入戰場，且升空平臺多元化無需仰賴機場跑道，可藉由車載、艦載或發射筒等方式升空飛行。而滯空彈藥造價相對防空武器來的便宜許多，致使防空武器和系統超過以往的負荷，除須監控以往的傳統有人機，亦須面對層出不窮的滯空彈藥與無人機，且目標挑選與效益也考驗著士兵的經驗與系統的技術。因此，各國逐漸發展防制無人機武器及系統，如：干擾槍、無人機反制系統、無人機捕捉網、無人機獵鷹等，除反制型武器外，各國亦提升車輛外掛式裝甲避免滯空彈藥直接俯衝車輛裝甲及人員面臨無人機處置訓練等。由此可見，提高滯空彈藥防護作為已逐漸被各國重視，對我國更是刻不容緩的軍備與訓練之一。

一、針對 **FH-901** 情報蒐集時的防護作為

FH-901 執行情報蒐集任務時，採用低空飛行搜索目標使本軍不易覺察，單憑人眼目視難以提早發現與捕捉 **FH-901** 的動態及飛行軌跡，需近距離時方能辨識，倘若無法提前識別目標，將具有殺傷破壞效果的 **FH-901** 識別成偵察使用的無人機，對於戰場上恐造成嚴重傷亡和破壞。

FH-901 就結構上，機身採用塑膠複合式材料製造，材料不僅輕便、造價便宜也具有良好的隱蔽性，且雷達截面積(RCS 值)低於 0.5 平方公尺，使其更難被雷達探測。飛行噪音不高於 80 分貝，利用其低速及低空飛行有助於躲避高空雷達系統，可深入後

¹⁷ China Conducts Test Of Massive Suicide Drone Swarm Launched From A Box On A Truck
<https://www.twz.com/37062/china-conducts-test-of-massive-suicide-drone-swarm-launched-from-a-box-on-a-truck>
(檢索日期：114 年 9 月 27 日)

方進行偵察與破壞，進一步降低被偵察和攔截的風險。¹⁸綜上所述，若本軍能多加配備雙目望眼鏡、夜視鏡等觀測裝備用以提升目標獲取與識別能力，可由觀測人員提前預警後方部隊，以增加本軍的反應時間與反制作為，並藉由軍事訓練課程加強官士兵的敵機識別能力，針對 FH-901 特徵實施辨別，如：黑色矩形機翼、長筒形機身等，使本軍可在極短時間完成部署與反應，大幅度地減少 FH-901 對本軍的偵察與破壞。¹⁹

城鎮戰中需要面對高樓大廈林立的複雜環境地形，若直接派遣軍隊進入城鎮容易被敵軍所探查進而推測後續行動，而且因其需沿著街道行進難以隱蔽其自身的位置，對攻擊方而言是難以完成取得情報、偵察優勢和風險極高的行動。因此，當共軍派遣 FH-901 執行城鎮偵察任務時，本軍可依照 FH-901 的探測距離約為 2 公里及飛行高度 150 公尺限制，利用廣告、競選看板、防水布及窗簾等既有材料，佈署於房屋周邊遮蔽道路及設施，使 FH-901 無法順利偵察及蒐集相關軍事佈署與配置或誘使 FH-901 需低空飛行穿越道路蒐集情資，致使本軍可近距離捕獲或摧毀 FH-901，減少防空武器消耗，並降低本軍位置暴露機率及屏蔽本軍重要設施等。²⁰亦可使用煙幕彈或木材燃燒，利用其持續發煙功效遮蔽本軍重要行動或後勤補給點等，使 FH-901 無法順利穿透煙幕對本軍佈署探測或判斷本軍精確位置，致使其無法順利完成作戰任務。

¹⁸ 楊培毅，探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為——二類無人機，《砲兵季刊》，第 188 期，109 年 3 月，頁 32

¹⁹ 同註 1，頁 47。

²⁰ The Eight Rules of Urban Warfare and Why We Must Work to Change Them，城市防禦者迷你手冊

<https://mwi.westpoint.edu/the-eight-rules-of-urban-warfare-and-why-we-must-work-to-change-them/>（檢索日期：民國 113 年 7 月 31 日）

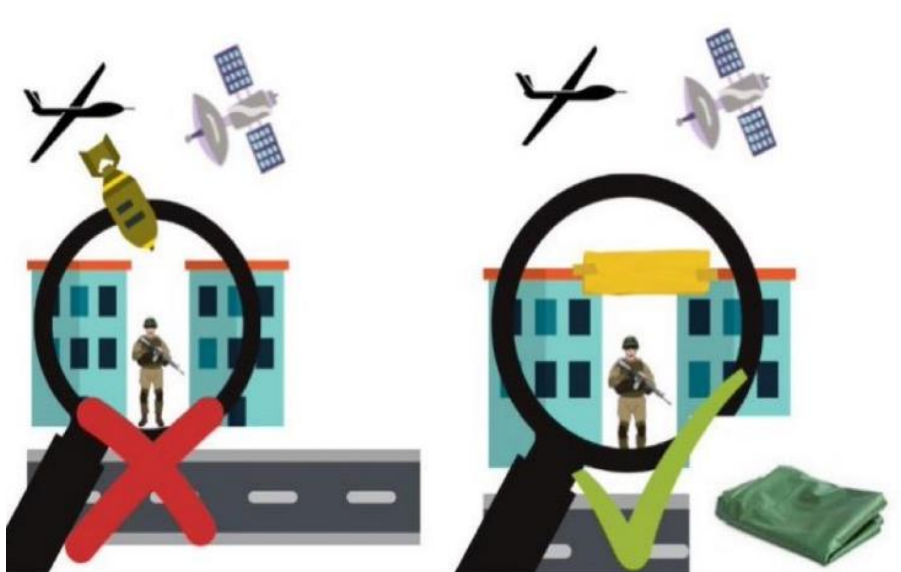


圖五：戰場遮蔽

資料來源: Veiled Aleppo

<https://theviifoundation.org/veiled-aleppo-by-franco-pagetti/>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)



圖六：戰場遮蔽示意圖

資料來源: 城市防禦者迷你手冊

<https://www.johnspenceronline.com/the-mini-manual-for-the-urban-defender-mandarin>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

對於重要交通樞紐或重要設施則可佈置防護網，使目標與彈藥之間保持一定距離，以減少直接對目標破壞，從俄烏戰場來看，通常會佈置在重要設施周圍，如：電力設施、煉油廠、具有電子設備車輛等目標，這些具有高價值且範圍較大，可利用防護網隔絕滯空彈藥的襲擾與破壞，減少後勤能量的消耗，也可架設於裝甲車上，用於替代格柵裝甲，甚至士兵連戰壕內的休息區域都可能佈置防護網，並且防護網相較於格柵裝甲更具有便利性跟靈活性且取得容易，如：鐵絲網、漁網、尼龍網、偽裝網等等，網格縫隙較為狹小的細網均可防範 FH-901，亦可佈置在重要幹道上，干擾 FH-901 飛行軌跡與方向。²¹



圖七：防護網通道

資料來源：道路安裝保護網，坦克頭上頂個棚，俄想招破解無人機防禦難題

<http://www.news.cn/milpro/20250213/fa60280ccdb24385906d1f6cad50578a/c.html>

(檢索日期:114 年 06 月 30 日)

二、針對 FH-901 攻擊階段的防護作為

針對 FH-901 接近本軍實施攻擊時，可利用 30 機砲切換對空刻劃射程實施攻擊，射程最遠可達 1500 公尺，本軍現有配備高爆彈和穿甲彈，對 FH-901 命中和破壞效果有限，期望後續能增添 MK310 可編程空爆彈，該款彈藥由轉圈數時間控制，彈藥飛至攻擊區域後可實施引爆造成破片大範圍的殺傷，其散佈的破片可對 FH-901 的機翼或機體實施破壞，使 30 機砲對 FH-901 更具備威脅能力。該款彈藥可設定三種模式分別為空爆模式：空中目標附近引爆；觸發爆炸模式：撞擊即引爆；延遲觸發模式：撞擊後短延遲引爆，可藉由射擊士判斷調整模式，空爆彈藥爆炸半徑為 5 公尺，若 FH-901 實施蜂群戰術時，能有效對多機破壞，減少彈藥消耗。²²

²¹ 烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高

<https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU> (檢索日期：114 年 6 月 30 日)

²² 30 x 173mm Advanced Ammunition

而 50 機槍則可搭配 M63 對空腳架實施射擊，射程可達 1400 公尺，有效應對 FH-901 低空飛行的威脅，實施狙殺與驅離，但因 FH-901 體積小且靈活特性，對 FH-901 的命中率及彈藥消耗率仍需評估是否合理。步槍有效射程 400 公尺、班用機槍有效射程 1000 公尺、排用機槍有效射程 1200 公尺上述武器，則無搭配對空腳架，需由士兵執行高角度射擊，30 機砲或同軸機槍俯仰角度限制最高為 45 度，而搖臂式槍架不易實施高角度射擊，步、機槍可針對車載武器無法射擊的角度實施弭補並減少射擊死角。若 FH-901 無法於一千公尺外破壞，仍持續向本軍逼近，則須利用步槍、班用機槍、排用機槍等可相互結合對空部署形成多層次的簡易火網，以力求 FH-901 進入有效射程時破壞，避免對本軍直接攻擊。

最後防護手段則為干擾槍和格柵裝甲，干擾槍為我國中央科學研究院製造相關電子干擾設備之一，射程約莫 200 公尺左右，本軍至今已獲撥 310 支無人機干擾槍，主要為四頻段無人機干擾槍，但目前無大量配發至各部隊使用，多數干擾槍僅配發給待命班，且無偵蒐手段輔助必須依靠士兵目獲能力搜尋敵軍目標。當 FH-901 進入 200 公尺範圍後，除簡易防空火網也可利用干擾槍驅離。²³格柵裝甲並非近期生產的裝備，其發展可追溯約莫二次世界大戰期間，原先主要用來防禦具備空心裝藥的火箭筒，此種火箭彈的特點便是撞擊後可產生錐形金屬噴流，藉由網狀金屬提前架設於裝甲車重要部位，使彈藥無法直接作用裝甲上，避免造成甲車乘員傷亡，可有效避免 FH-901 直接造成裝甲車損壞或人員傷亡，提升裝甲車輛存活率。²⁴本軍針對 CM34 輪型戰鬥車配備格柵裝甲，其主要防護安裝位置為砲塔四周與成員艙上方，採用菱形鋼網且網狀間隔不超過 4 公分，能有效防止迫砲彈、手榴彈與滯空彈藥的破壞，降低人員殺傷效果。此格柵裝甲能有效攔截 FH-901 對 CM34 輪型戰鬥車主要作戰系統與成員直接撞擊，減少車輛破壞或人員傷亡的風險。

https://www.fbcinc.com/source/Northrop_Resources/30_x_173mm_Full_Ammo_Suite.pdf（檢索日期：114 年 9 月 28 日）

²³ 國造無人機干擾槍不好用？國防部：待命班採「目獲」攔截 <https://udn.com/news/amp/story/10930/8757107>，（檢索日期：114 年 7 月 2 日）

²⁴ 格柵裝甲 https://www.taipeiforum.org.tw/article_d.php?lang=tw&tb=3&id=10467（檢索日期：114 年 6 月 29 日）



圖八：俄軍展示配備 6 支突擊步槍的反無人機越野車

資料來源: <https://www.youtube.com/watch?v=CUCP8UBgYMI>

(檢索日期:114 年 06 月 29 日)

現有裝備針對 FH-901 威脅有一定限度，本軍應持續研發相關反制裝備，使第一線部隊面對 FH-901 能執行有效的反制措施，各國也參照俄烏戰場現況，陸續研發相關電子干擾設備、雷射武器或遙控槍塔等武器，試圖解決第一線部隊面臨的困境，本軍可參考各國新型武器或設備，作為本軍對 FH-901 防護作為的未來發展趨勢。

伍、對滯空彈藥 FH-901 防護作為未來發展趨勢

近年來，無人化武器系統在現代戰爭中扮演越來越關鍵的角色，其中滯空彈藥因具備偵察與打擊一體的特性，被廣泛應用於各大衝突地區。而中國研發的 FH-901 即為此類武器之一，其小型化、機動性高與即時打擊能力，使其備受各界關注。近期國際戰事不斷，包括戰事膠著的俄烏戰爭、加薩戰爭及以伊衝突等，至今尚未見 FH-901 現身戰場。因此，僅能藉由與其性能相似之滯空彈藥，如美國製造的彈簧刀與俄國製柳葉刀等戰場使用概況與實戰經驗，作為評估與推演的依據。透過比對分析，將有助於研擬本軍未來可增購或研發的防護型軍用設備，以利有效驅離或摧毀包括 FH-901 在內的潛在威脅。

一、單兵攜行式電子干擾系統

美國陸軍則有研發新款單兵攜行式電子干擾系統，將稱為「人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統」(TLS-BCT Manpack)，該系統是將原有的車載干擾器卸除不必要裝載併完成研改，將干擾器縮小及降低重量使其較適合單兵攜行，目前美軍陸續配發給各部隊實施測評，期望 2028 年能普及各部隊使用且能夠在靜止或機動狀態下均能有效發揮電子干擾，以符合作戰需求。²⁵俄羅斯則是在戰場使用可攜式反無人機電子

²⁵ 美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權 <https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130> (檢索日期: 114 年 7 月 2 日)

戰系，該款系統可以檢測敵軍滯空彈藥訊號並自動使用無線電雜訊干擾替換，使滯空彈藥失去操作手控制導致其自行墜毀，為前線士兵提供有效的反制手段。²⁶

電子干擾設備被視為對付無人機和滯空彈藥最有效的反制武器，主要工作原理為電子設備發射電磁波，導致其信號混亂、受干擾及遮蔽，致使其迫降、驅離或墜毀。第一線部隊配賦此裝備能使 FH-901 接近本軍範圍時，能屏蔽或干擾其訊號源，可有效降低 FH-901 的威脅，避免 FH-901 對本軍部隊直接實施攻擊。



圖九：人攜背負式旅級戰鬥部隊地面層次電戰系統

資料來源：美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權

<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130>

(檢索日期:114 年 07 月 02 日)

二、AI 智能化遙控槍塔或砲塔

烏克蘭在前線部署的新型自動砲塔系統代表其軍事技術自主研發的重要成果，也反映出現代戰場對於「低成本、高效能」無人機反制手段的迫切需求。該系統搭載 M2 重機槍，結合雷達偵測裝置與 AI 智能化系統，可自動執行目標搜索、辨識與追蹤，並具備鳥類排除演算法，能有效降低誤擊率與彈藥浪費。儘管該系統高度自動化，但仍保留人工射擊授權機制，確保在人道法與交戰規則框架下操作，這種「人機協同」設計也正是未來智慧武器發展的核心趨勢。根據目前戰場資料，該系統已成功攔截六架來襲無人機，顯示其實戰效能已經過驗證，具備快速反應與持續壓制能力。本軍在遙控槍塔和砲塔已具備發展歷程，若後續能搭載 AI 智能化系統，即可大幅度提升本軍擊落 FH-901 的機率。

²⁶ 自殺無人機沒用了？不開一槍就能將無人機擊落？美軍天線寶寶/俄羅斯單兵護身符，能有效阻擋無人機？
<https://www.youtube.com/watch?v=JSIhxXV6QUg>，(檢索日期：114 年 7 月 2 日)



圖十：M2 重機槍遙控槍塔

資料來源： 烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高

<https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU&t=638s>

(檢索日期:114 年 07 月 02 日)

三、雷射武器

雷射武器主要利用電能轉換成光束破壞物體結構，如同電影場景展現的雷射槍一般，其中最具代表性的便是以色列和美國共同研發的鐵束系統，該款雷射武器以實際投入戰場和愛國者飛彈、鐵穹防空系統等組成以色列強大的防空網，除定點型的雷射武器外，各國亦有發展搭載動力裝置的雷射武器，以增加雷射武器的靈活度與便利性，如：史崔克雷射砲、英國的「龍火計畫」等，此類型的武器被視為對抗滯空彈藥的利器之一。

- (一)能力：雷射武器無需攜帶彈藥，僅需電力便能轉換源源不斷的雷射光束，達到破壞目標的效果，相較於傳統的防空武器可減少彈藥補給運送與生產等不便之處，亦降低消耗成本，一發雷射光束僅幾美元的電力成本，而防空導彈少則幾萬美元，多達幾十萬美元都有，因此，使用防空導彈制衡滯空彈藥往往不符合成本效益。
- (二)限制：雷射武器射擊時，無法如同防空導彈同時發射多發彈藥，僅能對單一目標實施攻擊，需持續照射目標數秒後破壞方能繼續攻擊下一目標，此情況下面對敵方飽和攻擊的狀態無法達到有效的反制，且雷射武器對環境限制要求較大，空氣中的懸浮粒子容易影響雷射光束凝聚效果，使雷射光束減弱無法達到破壞目標的效果。

雷射武器發射彈藥成本低廉，可針對 **FH-901** 執行蜂群戰術時，能快速且有效破壞 **FH-901**，避免因飽和攻擊而降低本軍防空能力，若能搭配車輛研發出雷射型八輪甲車，可使雷射武器具備機動力，讓第一線部隊更能抵禦 **FH-901** 攻擊。



圖十一：雷射防空系統「鐵束」

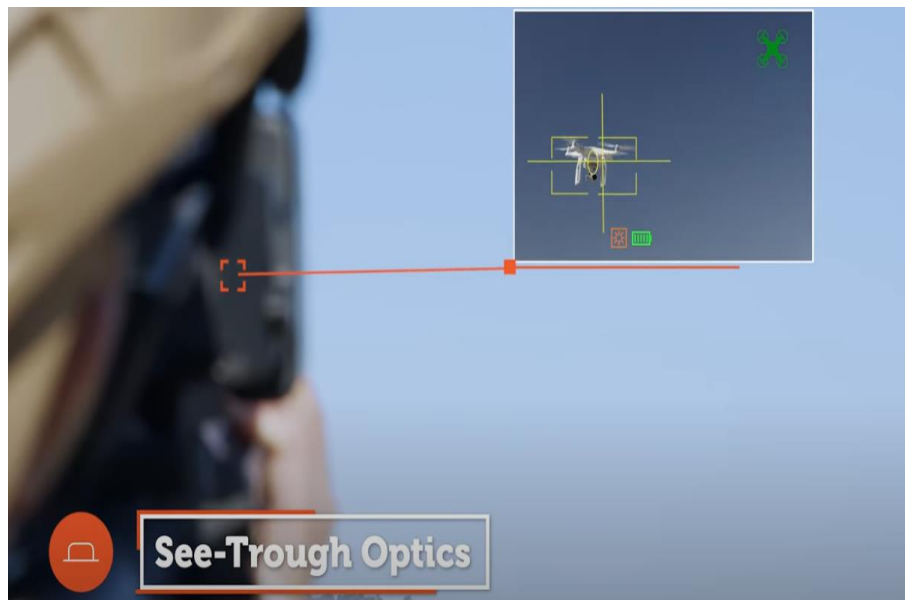
資料來源:以色列斥 172 億加速研發「鐵束」雷射防空系統 拚 1 年內實戰

<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4844944>

(檢索日期:114 年 07 月 01 日)

四、新式射控輔助系統

SMASH 射控系統為以色列一款先進的射控系統，能夠與步、機槍直接結合使用，針對低空飛行的無人機實施硬殺，該系統藉由其內建的射控計算機功能，能夠提前捕捉無人機的飛行軌跡，再由單兵控制瞄準裝置將紅色十字絲對準目標可完成精準射擊，無需消耗大量彈藥修正彈道，提高單兵整體射擊命中率及減少彈藥的浪費，亦可減少後勤補給的消耗。針對我國步槍後續配發的瞄準具可參考 **SMASH** 射控系統相關數據研改或採購，將無人機反制的射控系統結合至步槍上使用，將大幅提升單兵的戰鬥力。這不僅能夠提高單兵面對無人機的作戰能力，還能夠為整體部隊提供更多的戰術選擇和靈活性。該系統雖未明確指出能對 **FH-901** 飛行軌跡實施捕捉，但 **FH-901** 在未俯衝攻擊前飛行速率與常規無人機無異，因此，可以合理推斷能在 **FH-901** 徘徊時予以一定程度的威脅及破壞。



圖十二：SMASH 電子瞄準校正系統

資料來源：SMASH AD

<https://www.youtube.com/watch?v=9JZVXts8LuU>

(檢索日期:113 年 08 月 24 日)

面對 FH-901 的威脅，本軍應採用多層級、混合式的防護體系，可優先建置與配發「單兵攜行式電子干擾系統」，提高一線部隊的即時反制能力，能在最接近的戰術範圍內降低 FH-901 命中率，並發展機動化雷射防空能力，作為面對蜂群飽和攻擊時的有效反制武器，且本軍應同時進行對 FH-901 情資蒐集與對類似裝備的實測評估，以提升本軍防護能力。

陸、結語

滯空彈藥於戰場取得的成效是大家有目共睹，不論是前方第一線部隊、後方油料補給，甚至是防空雷達站都無法逃脫滯空彈藥的破壞，滯空彈藥的橫空出世，改變戰場現況也改變了戰術應用，俄烏戰爭明確的使我們注意到反制滯空彈藥的重要性，步機槍對滯空彈藥的威脅程度極低，需利用霰彈槍藉由多發彈藥破壞其結構，或使用網槍阻止滯空彈藥飛行，但不能完全確保士兵的安全，士兵仍有可能承受滯空彈藥的碎片殺傷，至於其他的反制武器，各國也陸續研發和測試。

因此，本軍應迫切注重第一線士兵抵禦 FH-901 的手段與裝備，避免第一線區域守備形成突破口。固守臺灣而言，各種定點守備的各式機槍、機砲等遙控槍塔設置低空火網，同時，須配合防空部隊雷達提早預警，使戰場空中目標透明化，以利第一線地面部隊提早實施反應、反制，於 FH-901 飛行過程中提早預警於予摧毀，有效減少第一線守備破口。後續，我國雷射武器、簡易式雷達等技術逐步成熟，同步搭配軍購裝備，納裝後修訂地面第一線部隊編制武器及裝備，以強化地面部隊針對各自戰鬥地境內之低空要點增添軟殺、硬殺手段，有效提升地面部隊在面對敵軍來襲時非手忙腳亂而是能夠從容面對來自空中、地面各種形式目標之威脅，並且第一時間完成處置和反擊，增加整體戰場存活率。

參考文獻

- 一、楊宇，孔祥蕊，《無人機結構與操作》(中國大陸北京)，(化學工業出版社)，109年5月
- 二、林中彥，林智毅，《無人機飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106年06月。
- 三、楊培毅，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，《砲兵季刊》第188期，109年。
- 四、高旻生，戰場情報分析人才培育之研究，《步兵季刊》，第288期，112年。
- 五、蔡凌漢，無人飛行載具對艦艇戰術之運用，《海軍學術雙月刊》，第五十卷第二期，105年。
- 六、烏克蘭部隊高度無人機化 改裝大疆無人機俄軍懼怕
<https://news.tvbs.com.tw/world/2165793>，(檢索日期：113年5月3日)。
- 七、無人機的發展歷史是怎麼樣的 <https://kknews.cc/zh-tw/history/vyvg5kq.html> (檢索日期:112年05月20日)。
- 八、李祥豪，我國滯空彈藥發展概況之研析，《步兵季刊》，第290期，112年。
- 九、抓到了！以媒曝哈瑪斯採用中製無人機攻擊以色列
<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/4458384>，(檢索日期：113年8月3日)。
- 十、FH-901 中國版彈簧刀，蜂群技術的應用顛覆傳統戰爭的規則
https://k.sina.com.cn/article_6346774524_17a4c17fc001012mgx.html，(檢索日期：114年6月29日)。
- 十一、中國灰色地帶戰術激臺擊落無人機 美媒：兩岸情勢恐升高
<https://taiwandomnews.com/%E5%85%A9%E5%B2%B8/32993/>，(檢索日期：114年6月28日)。
- 十二、林中彥、林智毅編著，《無人飛機設計與實作》(中華民國新北)，(全華圖書股份有限公司)，106年。
- 十三、陸軍戰術型近程無人飛行載具運用手冊，111年。
- 十四、CTWANT 俄烏戰爭/烏派「彈簧刀」無人機 襲擊俄海關站1死2傷
<https://youtu.be/VYcUtPJhOlw>，(檢索日期：113年9月3日)。
- 十五、國造無人機干擾槍不好用？國防部：待命班採「目獲」攔截
<https://udn.com/news/amp/story/10930/8757107>，(檢索日期：114年7月2日)。
- 十六、美軍實測單兵電戰系統 掌握制電磁權
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1730130>，(檢索日期：114年7月2日)。

- 十七、自殺無人機沒用了？不開一槍就能將無人機擊落？美軍天線寶寶/俄羅斯單兵護身符，能有效阻擋無人機？<https://www.youtube.com/watch?v=JSIhxXV6QUg>，（檢索日期：114 年 7 月 2 日）。
- 十八、格柵裝甲 https://www.taipeiforum.org.tw/article_d.php?lang=tw&tb=3&id=10467（檢索日期：114 年 6 月 29 日）。
- 十九、烏軍指揮官談無人機作戰 無人機比火炮炸彈更有效 光纖無人機命中率更高 <https://www.youtube.com/watch?v=wz66C8NUoeU>（檢索日期：114 年 6 月 30 日）。
- 二十、苗昊春等編著，《智能化彈藥》（中國大陸北京），（國防工業出版社），103 年。
- 二十一、舒孝煌、許智翔，共軍無人載具發展，《國防科技趨勢年度報告》，110 年。
- 二十二、FH-901 /901A Loitering Munition Drone <https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>，（檢索日期：114 年 6 月 29 日）。
- 二十三、Rainbow CH-901 Suicide Drone（CH-901 loitering munition）
<https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-price-manufacture-r-procurement-portal-p00167p1.html>，（檢索日期：114 年 9 月 21 日）。
- 二十四、搜敵後直接化身為飛彈！ 解放軍新無人機 CH-901 曝光 <https://www.ettoday.net/news/20170802/979812.htm>，（檢索日期：114 年 9 月 21 日）。
- 二十五、烏克蘭軍隊如何用無人機定位俄軍 https://www.youtube.com/watch?v=uCfi31cC2II&ab_channel=BBCNews%E4%B8%AD%E6%96%87，（檢索日期：114 年 1 月 3 日）。
- 二十六、Swarm Launched From A Box On A Truck <https://www.twz.com/37062/china-conducts-test-of-massive-suicide-drone-swarm-launched-from-a-box-on-a-truck>（檢索日期：114 年 9 月 27 日）。
- 二十七、30 x 173mm Advanced Ammunition https://www.fbcinc.com/source/Northrop_Resources/30_x_173mm_Full_Ammo_Suite.pdf（檢索日期：114 年 9 月 28 日）。