

「中」美白殺式無人機發展與反制解放軍斬首作戰評析－兼論臺灣衛戍反白殺式無人機作戰之道

作者／林宗達

提要

二十一世紀是人工智慧科技的世紀，也是運用此科技而被世界各國的民間與軍方大量列裝無人機的世紀，然作為無人機類型之一的自殺式無人機，更已成為贏得現代化戰爭的關鍵性因素之一，並早就獲得中共和美國極大的重視。當前美國至少已經開發出「彈簧刀、郊狼與阿特斯」等三大系列之十種款型以上的自殺式無人機；至於中共的現況則更為驚人，不只擁有類似美國彈三大系列、十種款式之小型自殺式無人機—彩虹-90與飛鴻-901，尚有飛龍-60B、CM-501GA和CM-501XA等三款中型自殺式無人機，以及ZT-180和衛士-43兩款大型自殺式無人機。更美國憂慮的是，中共自殺式無人機價格的「白菜價化」，以及據此建構的「蜂群」戰術，頗令美國瞠乎其後而望塵莫及。另外，鑑於中共自殺式無人機極可能對我造成嚴重的威脅，以至於確保衛戍區的安全與反斬首作戰的迫切性，遂為本文所欲探究之關鍵。

關鍵詞：無人機、自殺式無人機、蜂群戰術、手動操控、自主飛行、反制無人飛行系統

自殺式無人機(suicide drone)又名遊蕩彈藥(loitering munition)或巡飛彈(loitering munition drone)，這是一種配備先進感應器(advanced sensors)、導引系統(guidance system)和爆炸彈頭(explosive warhead)，而能夠對敵目標定位與追蹤，並可對高價值性目標進行精確定位(pinpoint accuracy)之既有對敵偵察、監視，乃至於進行直接攻擊的無人飛行載具(unmanned aerial vehicles, UAVs)。¹為求名詞統一，故以下本文所論均以自殺式無人機作為遊蕩彈藥與巡飛彈之統稱。

自殺式無人機之武器運用概念雖始於1980年代，然真正被大量運用於軍事衝突和局部戰爭，則是興起於二十一世紀。尤其是在俄烏戰爭中，俄羅斯與烏克蘭以大量自殺式無人機所組成之「蜂群」戰法，作為攻擊敵軍之重要武器。然此自殺式無人機之「蜂群」戰法，遂被當代諸多軍事專家視為是未來戰爭的重要特徵之一。²

2012年，美國推出單兵攜帶式之彈簧刀300(Switchblade suicide drone)自殺式無人機。³如此大大地擴展自殺式無人機的使用範圍，自此之後，美國可

1 Editorial Staff, "Loitering Munition," *UVISION*, Jun. 12, 2024, <<https://uvisionuav.com/loitering-munitions/>>.

2 編輯部，〈一聲令下，國產巡飛彈顯神威，在海拔4600米高原上，一擊命中〉，《網易》，2023年12月10日，<<https://www.163.com/dy/article/ILEIFL4U05561T0I.html>>.

3 Editorial Staff, "Switichblade 300 Loitering Munition," *Army Recognition*, May 22, 2024, <<https://armyrecognition.com/military-products/army/unmanned-systems/unmanned-aerial-vehicles/switchblade-300>>.

說是不遺餘力地發展諸多款型之自殺式無人機。對此，吾人可從其後續作為得以論證。

作為當代唯一可以與美國在傳統軍備抗衡的中共，憑藉經濟的強勢與科技的發展，不僅國營軍工體系擁有雄厚的科研與產製自殺式無人機之實力，即便是民間廠商或科研企業，一旦獲得中共中央的意旨，即可快速轉換軍民兩用無人機，用於軍事衝突和局部戰爭。以時下的俄烏戰爭為例，俄羅斯將其從購自中共之數千架民用無人機，改裝成自殺式無人機而用於對烏克蘭的戰爭之中。⁴平實而論，中共已經成為全球最熱衷於開發自殺式無人機的國家。

關於本文所論之美國與中共之自殺式無人機的發展，基於篇幅所限，而將探究的重點置於二十一世紀中美兩大強權所開發之重要與知名度較高的自殺式無人機，並據此進行比較分析，餘者暫不贅述。

另外，因中共自殺式無人機之發展日趨精良，且款式也越來越多，相對的，這類型武器對臺灣的威脅也越來越大，反制中共自殺式無人機之論述，遂為本文的重中之重。

壹、美國

雖言自殺式無人機運用之概念始於1980年代，然其卻是興起於二十一世紀，而美國所研製的自殺式無人機更是全球各國所開發之無人機中，最具實戰經驗的武器，尤其是以下所論之彈簧刀系列(Switchblade series)自殺式無人機、郊狼系列(Coyote series)自殺式無人機與阿特斯系列(Altius Series)自殺式無人機等多有經歷戰場試煉，而聞名於世之軍備，更是相當值得深入瞭解與探究的現代化武器。

一、彈簧刀300／600自殺式無人機

若論當代最為世人所熟知的自殺式無人機，無可置疑的是，當以美國彈簧刀自殺式無人機最為矚目。

2011年7月，美國為反制埋伏於阿富汗境內的敵軍，而想要擁有一款單兵背負式之可以快速部署與具有超視距外(beyond-line-of-sight, BLOS)精確打擊小部隊的自殺式無人機。因此，美國陸軍遂給宇航環境公司(AeroVironment)四百九十萬美元，用以發展此類武器。2012年3月，美國陸軍又給宇航環境公司五百一

十萬美元研製之。在美國陸軍一千萬美元的支援下，宇航環境公司將其所發展的單兵背負式之精確打擊自殺式無人機命名為彈簧刀(Switchblade)。

然因該款自殺式無人機裝配實時錄像機(real-time video)與游標全球定位系統(Cursor-on-Target GPS)，而具有蒐集信息、標定目標與物體辨識等能力，且可以由單兵遙控或自主飛行能力，因此，彈簧刀是一款典型的自殺式無人機。正因如此，美國海軍陸戰隊也對此武器頗感興趣，並於2012年5月訂購之。同年年底，宇航環境公司將其所研製的75架彈簧刀300(Switchblade 300)自殺式無人機交付美國陸軍，並旋即被用於阿富汗戰場之上。直到2024年之前，美國除了提供彈簧刀300自殺式無人機給烏克蘭使用之外，包括法國在內都是該款武器的使用國。⁵

事實上，裝配光學／紅外線(electro-optical/infrared, EO/IR)實時錄像機與游標全球定位系統(Global Positioning System, GPS)之彈簧刀300自殺式無人機，可以提供部隊士兵對敵目標的實時性訊息，以利其進行打擊之外，該款自殺式無人機亦可直接予以打擊。⁶因為，機長61公分，重2.7公斤（含發射器），最大航程30公里，最長滯空時間可達15分鐘，最大飛行速度每小時160公里之彈簧刀300自殺式無人機，可以配載高爆彈(high explosive warhead)、穿甲彈(armor piercing warhead)和破片彈(fragmentation warhead)，具有40毫米榴彈的威力，爆炸殺傷半徑在14至20公尺之間，而可以殺傷暴露的敵人與輕型裝甲車輛，猶如一顆會飛的手榴彈。因此，當該款自殺式無人機在鎖定打擊目標後，就可直接以每小時160公里的速度，快速俯衝攻擊之。⁷

另外，宇航環境公司在開發彈簧刀300型無人機之後，又發展出重量更大與威力更強之彈簧刀600(Switchblade 600)自殺式無人機。該款自殺式無人機彈藥本身重15公斤，如含發射器則有31公斤之重。因此，不同於彈簧刀300自殺式無人機只需一名單兵，且不到兩分鐘即可發射，彈簧刀600自殺式無人機則需一個無人機小組攜帶之。不過，該小組從組裝至發射亦不過10分鐘。然無論是彈簧刀300或者彈簧刀600，均可經由迫擊砲進行軟發射。這兩款自殺式無

4 陳冠榮，〈中國民用產品改裝而成，俄軍接受數千自殺式無人機〉，《科技新報》，2023年6月5日，〈<https://technews.tw/2023/06/05/russian-drones-from-china/>〉。

5 Editorial Staff, "Switchblade 300 Loitering Munition," *Army Recognition*, 〈<https://armyrecognition.com/military-products/army/unmanned-systems/unmanned-aerial-vehicles/switchblade-300>〉。

6 陳志程，〈與我國「巡飛彈」同場較勁 美製「彈簧刀」無人機首現台北國防展〉，《自由時報》，2023年9月15日，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4429748>〉。

7 編輯部，〈美國裝備志—彈簧刀-300無人機〉，《資訊咖》，2024年6月6日，〈<https://inf.news/zh-hant/military/0948a53d7c19adeb0e92da191d5f8d4b.html>〉。

人機經迫擊砲炮口發射後，就會自動展開摺疊翼，並啟動螺旋槳自主飛行。在飛行途中，發射者既可藉由飛行控制器下達指令，且能採取自主飛行，然在其自主飛行期間，發射者在必要時亦可介入操控之。⁸

值得關注的是，基於彈簧刀600自殺式無人機本身彈藥重量就高達15公斤，且飛行距離可達40公里，續航力15分鐘，最大飛行速度每小時達到185公里，故而在攻擊裝甲載具方面，更具威力，且在實戰中，亦有相當亮眼的表現。蓋烏克蘭部隊在俄烏戰爭中，已多次運用該款自殺式無人機成功擊中俄羅斯的主力戰車。⁹

最後，基於彈簧刀300自殺式無人機之攜帶容易與操作簡便，故宇航環境公司在此基礎下，又開發出一款彈藥重1.68公斤，包含發射器共重3.27公斤，航程30公里，但續航力可達20分鐘，巡航速度每小時101公里，以及最大俯衝速度每小時亦可達161公里之攻擊精準度更佳與更致命性的彈簧刀300 Block 20自殺式無人機，藉以增強美軍單兵對敵之攻擊戰力。¹⁰

二、郊狼系列自殺式無人機

在二十一世紀越來越講求無人機作戰之現代化戰爭中，無人機的發展受到前所未有的重視。正因如此，美國在大力發展更多先進之不同類型的無人機之際，亦相當看重反制空中系統(counter unmanned air system, C-UAS)的發展，而郊狼(Coyote)反無人空中系統之自殺式無人機正是為此而發展的武器。

2004年，專為美國海軍與海軍陸戰隊探索新型武器裝備之海軍研究辦公室(Office of Naval Research, ONR)著手草擬一項關於運用空載聲納浮標投射器發射無人機之「聲納槽-發射無人機」(Sonochute-Launched Unmanned Aerial Vehicle, SL-UAV)的計畫。隨後，美國海軍空中系統指揮部(Naval Air System Command, NAVAR)遂給予先進製陶研究公司(Advanced Ceramics Research Inc.)研發經費，進而發展出滿足美國海軍空中系統指揮部所需之郊狼無人機(Coyote UAV)。¹¹

2007年，郊狼無人機首次測試，乃是由C-12飛機為平臺進行發射。該款無人機有兩對機翼與兩副垂直尾翼（均可折疊），並配備全球定位系統導航裝置，且完全擁有自主飛行作戰的行動能力，然亦可由控制站進行操控。另外，最初生產的郊狼無人機裝配數位式錄像機(digital video recorder, DVR)或非冷式紅外線相機(uncool infrared camera)，以為其偵察的所需。然值得關注的是，先進製陶研究公司為了滿足美國海軍的要求，故在研發郊狼無人機之際，就將其可以被收納而置於聲納浮標投射器之內，再由空中飛行平臺進行投射，列為必要的性能。¹²

郊狼無人機在2007年進行首次飛行測試之七年後，美國國家海洋氣象局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)即運用WP-3D飛機發射郊狼無人機，用以收集颶風內的實時大氣訊息。¹³由此可見，郊狼無人機是一款軍民兩用的無人飛行器。

先進製陶研究公司在開發出郊狼無人機之後，美國軍方為提升該款無人機的軍事用途，遂與雷神公司(Raytheon)簽署進行郊狼無人機的合約。在此合約中，雷神公司對郊狼無人機改進的重點是為其配備新型通訊裝置與提升控制站的遙控範圍，以及據此開發出能以壓氣管發射器(pneumatic tube launcher)的陸射型(ground-launched)，並有附加動能彈頭(kinetic warhead)的選項，使其符合一款擁有情報的蒐集、監視與偵察(intelligence, surveillance and reconnaissance, ISR)，以及兼具攻擊作戰性能的自殺式無人機。然此由雷神公司立足於此前先進製陶研究公司的郊狼無人機而改良的武器，美軍將其稱為郊狼Block 1自殺式無人機。¹⁴

郊狼Block 1或稱郊狼-1 (Coyote-1，後均以此稱之)自殺式無人機的機長0.60公尺，翼展長1.473公尺，重量5.9公斤，配備一顆1.8公斤動能彈頭，或者是近信引爆和破裂爆炸彈，並裝配電子作戰(electronic warfare, EW)武器，可用於反制無人機之用。另外，該款自殺式無人機配備一臺電力發動機(electric motor)，最大飛行速度每小時可達130公

8 李思平，〈彈簧刀徘徊式彈藥〉，《尖端科技》，2024年6月7日，〈<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=1062>〉。

9 李思平，〈猛炸俄軍坦克！「彈簧刀600美軍再買上千架」〉，《ETtoday新聞雲》，2024年5月9日，〈<https://www.ettoday.net/news/20240509/2735248.htm>〉。

10 Editorial Staff, "Switchblade 300 Block 20," *AeroVironment*, Jun. 6, 2024, 〈<https://www.avinc.com/lms/switchblade>〉。

11 Andreas Parsch, "Raytheon Coyote," *Designation System*, Jun. 10, 2024, 〈<https://www.designation-systems.net/dusrm/app4/coyote.html>〉。

12 Ibid.

13 Ibid.

14 Ibid.

里。¹⁵郊狼-1自殺式無人機可以每小時102公里的飛行速度巡航，且續航力有60分鐘之久，航程約100公里，加上其作戰升限高達9,100公尺。所以，美國陸軍和海軍於2017年時都採購該款自殺式無人機，用以反制敵軍的無人機。2018年，雷神公司又對此型自殺式無人機進行改良，從而發展出配備無線電波(radio frequency, RF)尋標器的郊狼-1B自殺式無人機。¹⁶該款自殺式無人機之反制無人機的性能相當優越，而只需一架郊狼-1B自殺式無人機就能夠摧毀11至12架敵軍的無人機。¹⁷2023年年初，3架無人機攻擊美軍在敘利亞東南方的軍事基地，然其中兩架就是被美軍防空系統發射的郊狼自殺式無人機所擊落。¹⁸正因該款自殺式無人機性能優越，故美國陸軍與海軍陸戰隊已大量列裝。據此，除了用來進行空中監視與偵察，以及對地攻擊之外，更將該款自殺式無人機運用於反制無人機之上。¹⁹

事實上，當雷神公司在推出郊狼-1B自殺式無人機不久之後，其所開發的一款比郊狼-1更為先進，且速度更快之郊狼-2 (Coyote-2 or Coyote Block 2)自殺式無人機，亦完成研製工作。²⁰

郊狼-2自殺式無人機是雷神公司專為彌補郊狼-1自殺式無人機在反制敵軍具有快速飛行性能之無人機而發展的武器。為此，前者以渦輪噴射發動機(turbojet engine)取代後者的電力發動機，飛行速度可達每小時555公里。²¹不過，郊狼-2自殺式無人機之可控範圍則只有15公里之遙。²²據此，郊狼-2自殺式無人機擁有比郊狼-1自殺式無人機更快與更佳之因應更大與速度更快的無人機。²³至於該款自殺式無人機反

制敵軍群攻無人機之利器應是其所配備的電子干擾作戰武器。蓋美國曾於2021年進行以非動能的電子干擾作戰武器，成功反制10架模擬敵軍群攻的無人機。因此，電子干擾作戰實為郊狼-2自殺式無人機的反制無人機最為重要的裝備。²⁴

值得關注的是，配備Ku波段無線電波系統的多功能同步雷達(Ku band radio frequency system multi-mission simultaneous radar)之郊狼-2自殺式無人機，可以在獲取與追蹤當代所有類型的無人機，並依據該先進雷達的優越性能與彈頭，用以甄別和剷除空中飛行系統的威脅。²⁵值得一提的是，Ku波段無線電波系統的多功能同步雷達是一款性能相當優越，而具有追蹤小型飛行物體，並能提供控制站高解析度圖像的主動電子掃描陣列(active electronically scanned array, AESA)雷達，更為重要的是，該雷達是以許多小型天線取代一個強力天線，如此才能夠安裝在小型自殺式無人機之上，並使郊狼-2自殺式無人機擁有更為優越的性能。²⁶

另外，事實上，郊狼-2自殺式無人機攻擊機除了配備Ku波段無線電波系統的多功能同步雷達，還裝配一款性能優越的AN/TPQ-50空中監視雷達(air surveillance radar)。該款雷達是立足於AN/TPQ-48雷達之基礎而發展的裝備。AN/TPQ-50空中監視雷達具有持續360度與三維監視，以及辨別10至15公里範圍的敵軍目標，且其不只對地面的小型火炮目標擁有相當強之偵測力，在發現空中之小型無人機的探測能力方面，亦是相當優越，而成為郊狼-2自殺式無人機之反制小型無人機與地面裝甲火炮的良好輔助裝

- 15 Editorial Staff, "Military Knowledge: FS-LIDS And M-LIDS Anti-Drone System," *Islamic World News*, Sep. 16, 2023, <<https://english.iswnnews.com/30311/military-knowledge-fs-lids-and-m-lids-anti-drone-systems/>>.
- 16 Andreas Parsch, "Raytheon Coyote," *Designation System*, <<https://www.designation-systems.net/dusrm/app4/coyote.html>>.
- 17 Jon Harper, "Raytheon to Provide Army with Drones for Killing Other Unmanned Systems," *National Defense*, Jul. 17, 2018, <<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/7/17/raytheon-to-provide-army-with-drones-for-killing-other-drones>>.
- 18 Chris Gordon, "Coyote Air Defense Weapon Shoots Down Drones Attacking US Outpost," *Air & Space Forces Magazine*, Jan. 20, 2023, <<https://www.airandspaceforces.com/coyote-air-defense-weapon-shoots-down-drones-us-syria/>>.
- 19 Joseph Trevithick, "Army Buys Small Suicide Drones To Break Up Hostile Swarms And Potentially More," *The War Zone*, Jul. 17, 2018, <<https://www.twz.com/22223/army-buys-small-suicide-drones-to-break-up-hostile-swarms-and-potentially-more>>.
- 20 Editorial Staff, "First International Sale of Coyote Counter-UAS System Next Year," *Aerospace Defence*, Jun. 19, 2019, <<https://gbp.com.sg/stories/first-international-sale-of-coyote-counter-uas-system-next-year-2/>>.
- 21 Andreas Parsch, "Raytheon Coyote," *Designation System*, <<https://www.designation-systems.net/dusrm/app4/coyote.html>>.
- 22 陳成良，〈無人機打無人機 傳美擬援烏「郊狼」神器〉，《自由時報》，2023年5月23日，<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4299490>>.
- 23 Nathan Gain, "SAS 2019: Raytheon Lifts Veil On Coyote Block 2 Suicide Drone," *Naval News*, May 9, 2019, <<https://www.navalnews.com/event-news/sas-2019/2019/05/sas-2019-raytheon-lifts-veil-on-coyote-block-2-suicide-drone/>>.
- 24 Alan Chen, 〈可偵察、自殺、反無人機，美軍將和雷神大量採購「郊狼」〉，《科技新報》，2023年12月26日，<<https://technews.tw/2023/12/26/us-army-is-planning-to-buy-more-coyote-drones-from-raytheon/>>.
- 25 Andreas Parsch, "Raytheon Coyote," *Designation System*, <<https://www.designation-systems.net/dusrm/app4/coyote.html>>.
- 26 Editorial Staff, "Military Knowledge: FS-LIDS And M-LIDS Anti-Drone System," *Islamic World News*, <<https://english.iswnnews.com/30311/military-knowledge-fs-lids-and-m-lids-anti-drone-systems/>>.

備。²⁷

最後，為因應美國無人水面載具(unmanned surface vehicles, USVs)與無人水下載具(unmanned underwater vehicles, UUVs)的大量遠程精確打擊(High Volume Long Range Precision Strike, HVLPRS)，以強化美國海軍無人載具武器的群攻作戰能力，雷神公司正在研製一款具有自動攻擊之郊狼-3(Coyote-3 or Coyote Block 3)自殺式無人機。²⁸

目前，郊狼-3自殺式無人機尚處於發展階段，不過，從西方媒體所公布的訊息可見，這是一款外形更接近郊狼-1自殺式無人機，²⁹而可執行攻擊、電子作戰與偵察任務的武器。³⁰

因為郊狼-3自殺式無人機尚未進入服役階段，故外界對其所知甚為有限，不過，為了強化其反制無人機的戰力，該款自殺式無人機可能配備相當先進之非傳統武器。蓋依據美國《戰區》(The War Zone)軍事網站所述，郊狼-3自殺式無人機很可能會配載洛克希德馬丁公司(Lockheed Martin)最近展示之MORFIUS反無人機微波武器(anti-drone microwave weapons)。基於洛克希德馬丁公司早在2021年之際，即已將MORFIUS反無人機微波武器裝配於阿特斯-600之上，進行測試。³¹因此，可以預期的是，將此微波反無人機的技術運用於郊狼-3自殺式無人機之時，應已是更加成熟的武器。至於郊狼-3自殺式無人機的動力裝置為何種型式，則是較具爭議之論。或言該款自殺式無人機採用與郊狼-1自殺式無人機相同的電力發動機，³²然或論郊狼-3自殺式無人機的動力裝置要比郊狼-2自殺式無人機更為先進，而更像是一款具有向量推力發動機，因為該發動機擁有四個機動操縱面，使

其除了擁有較佳的初始推力之外，機動性也更強。³³

三、阿特斯系列自殺式無人機

彈簧刀300和彈簧600兩款自殺式無人機在俄烏戰爭大出風頭，而成為全球聞名的巡飛彈。不過，就當前美國在自殺式無人機的發展而言，還有更先進與更具殺傷力的自殺式無人機，此即是安杜里爾工業公司(Anduril Industries)為美軍開發的阿特斯系列(Altius series)自殺式無人機。

杜里爾工業公司現今為美軍研製的阿特斯系列自殺式無人機主要有阿特斯-600/M、阿特斯-700/M和阿特斯-900等三款。

(一)阿特斯-600/M自殺式無人機

阿特斯-600自殺式無人機是杜里爾工業公司為美軍開發自殺式無人機的重要代表作。這是一款可以執行情報蒐集、監視、偵察、目標鎖定、對地攻擊與電子作戰，³⁴且可以從地面車輛、固定翼飛機、直升機與海上艦艇等發射平臺或者經由發射管和氣動集成系統的平臺，進行發射，以利使用者擁有對其運用之多重選擇性的自殺式無人機。³⁵阿特斯-600自殺式無人機採用摺疊式機翼，故若是從發射管進行發射，該款自殺式無人機在發射後會自動彈開機翼。然無論如何，該款自殺式無人機一經發射後，既可由操作員使用遙控系統，進行手動操控，亦能透過地面控制站先行預編作戰行程與飛行途徑，由其進行自主飛行與執行作戰任務的武器。³⁶

阿特斯-600是一款結構設計相當緊湊的自殺式無人機，且機身相當光滑，機後設置推進式雙葉螺旋槳發動機，機後末端下方還有一對倒V字型尾翼設計。該款自殺式無人機的機長只有1公尺，機身寬0.152公

27 Ibid.

28 Editorial Staff, "US Military Acquiring Underwater Swarm Warfare Technology," *i-HLS*, Sep. 29, 2022, <<https://i-hls.com/archives/107435>>.

29 Brett Tingley, "This Footage Of Jet-Powered Coyote Drones Obliterating Other Drones Is Incredible," *The War Zone*, Jan. 10, 2024, <<https://www.twz.com/43799/this-footage-of-jet-powered-coyote-drones-obliterating-other-drones-is-incredible>>.

30 Paolo Valpolini, "Raytheon: C-UAS capabilities move to the next level," *European Defence Review*, Sep. 17, 2019, <<https://www.edrmagazine.eu/raytheon-c-uas-capabilities-move-to-the-next-level>>.

31 Brett Tingley, "Jet-Powered Coyote Drone Defeats Swarm In Army Tests," *The War Zone*, Jul. 26, 2021, <<https://www.twz.com/41689/latest-coyote-drone-variant-defeats-drone-swarm-in-new-army-tests>>.

32 Paolo Valpolini, "Raytheon: C-UAS capabilities move to the next level," *European Defence Review*, <<https://www.edrmagazine.eu/raytheon-c-uas-capabilities-move-to-the-next-level>>.

33 陳成良，〈無人機打無人機 傳美擬烏「郊狼」神器〉，《自由時報》，2023年5月12日，<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4299490>>.

34 Eric Sof, "ALTIUS-600: The Modular Drones for Attack, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance," *Space OPS Magazine*, May 9, 2023, <<https://special-ops.org/altius-600-family-of-drones/>>.

35 Ibid.

36 編輯部，〈美軍「阿特斯」系列巡飛彈：ALTIUS-600及ALTIUS-700〉，《頭條匯》，2024年6月7日，<<https://min.news/zh-hant/military/78320a76f2d6e5880b285c75979f4b53.html>>.

尺，翼展長2.54公尺，重量12.25公斤，最大酬載力3.17公斤，可以每小時60公里巡航，最大飛行速度每小時90公里，航程440公里。³⁷值得關注的是，阿特斯-600自殺式無人機的外掛酬載力既可以附加有助於情報偵蒐的攝像機與小型信情報系統，亦可加掛增加對敵毀傷作用之殺傷性彈頭。³⁸

另外，美軍為驗證阿特斯-600自殺式無人機為各種飛行平臺所攜帶與發射的情況，2020年3月，美國UH-60發射阿特斯600自殺式無人機。2021年6月，美軍又以MQ-1C灰鷹(Grey Eagle)察打一體無人機，發射阿特斯-600自殺式無人機，進行對敵的情報蒐集、監視與偵察，以及鎖定敵軍目標，並傳送敵情信息的測試。2022年3月，美國又以X-58A女武神(Valkyrie)無人戰鬥機(combat unmanned aerial vehicle, CUAV)為發射平臺，試射阿特斯-600與進行其性能的測試。³⁹

事實上，阿特斯-600除了是一款可用於情報蒐集、監視、偵察與對地攻擊的自殺式無人機，更是一款能夠反制無人機的無人飛行載具。對此，吾等可從杜里爾工業公司的官方網站所公布的阿特斯-600自殺式無人機之反制無人飛行系統(counter unmanned aerial system, CUAS)、反入侵(counter intrusion)與海上反入侵(maritime counter intrusion)之三大武力保護(force protection)的任務可以得知。⁴⁰然該款自殺式無人機之反制無人飛行系統的武器，就是其所配載的电子作戰干擾器。⁴¹

最後，基於阿特斯-600自殺式無人機性能優異之故，杜里爾工業公司在2022年又推出其改良型—阿特斯-600M自殺式無人機。⁴²

阿特斯-600M自殺式無人機的重量、最大酬載力、航程與巡航速度均與阿特斯-600自殺式無人機相同，不過，該款自殺式無人機的最大飛行速度則提高兩倍以上，可達每小時185公里。另外，基於阿特斯-600M是一款自殺式無人機，因此，杜里爾工業公司除了保留阿特斯-600自殺式無人機模組化設計之外，還為其配載3公斤的彈頭，且最後階段的導航作業是由該款自殺式無人機的攝影系統所導引，藉以強化其對地攻擊作戰的能力。⁴³

(二)阿特斯-700/M自殺式無人機

阿特斯-700自殺式無人機也是杜里爾工業公司為美軍研製的阿特斯系列自殺式無人機之一。

基本上，阿特斯-700自殺式無人機是一款擴大版的阿特斯-600自殺式無人機，兩者的設計構型與氣動布局相當類似，作戰任務性質也是相同的。⁴⁴只是相較於阿特斯-600自殺式無人機而言，阿特斯-700自殺式無人機擁有3.66公尺之更長機翼。據此，該款自殺式無人機的航程不只可比阿特斯-600自殺式無人機更遠25%，⁴⁵且最大酬載力也更大，而可達15公斤之譜。⁴⁶

另外，杜里爾工業公司在立足於阿特斯-700自殺式無人機的基礎下，又於2024年3月推出改良款型—阿特斯-700M自殺式無人機。

阿特斯-700M自殺式無人機的重量高達30公斤，最大酬載力16公斤，⁴⁷航程160公里，滯空時間75分鐘。由於該款自殺式無人機的重量要比阿特斯-600自殺式無人機更重，且酬載力更大，使其可以配載殺傷力更強的彈頭，因此，這是一款相當適合用於

37 同前註36。

38 編輯部，〈美軍無人機大突破 成功投射更小無人機 中共震驚〉，《新唐人電視台》，2021年4月7日，〈<https://www.ntdtv.com/b5/2021/04/07/a103090683.html>〉。

39 Eric Sof, "ALTIUS-600: The Modular Drones for Attack, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance," *Space OPS Magazine*, <<https://special-ops.org/altius-600-family-of-drones/>>.

40 Editorial Staff, "ALTIUS," *ANDURIL*, Jun. 7, 2024, <<https://www.anduril.com/hardware/altius/>>.

41 Eric Sof, "ALTIUS-600: The Modular Drones for Attack, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance," *Space OPS Magazine*, <<https://special-ops.org/altius-600-family-of-drones/>>.

42 編輯部，〈Anduril研發Altius 600型自殺式無人機〉，《SBDJI》，2022年10月13日，〈<https://sbdji.cc/news/new-products/66366.html>〉。

43 編輯部，〈美軍「阿特斯」系列巡飛彈：ALTIUS-600及ALTIUS-700〉，《頭條匯》，〈<https://min.news/zh-hant/military/78320a76f2d6e5880b285c75979f4b53.html>〉。

44 賴名倫，〈美UH-60空射無人機 驗證人機協作戰力〉，《青年日報》，2024年1月2日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1641868&type=vision>〉。

45 編輯部，〈美軍「阿特斯」系列巡飛彈：ALTIUS-600及ALTIUS-700〉，《頭條匯》，〈<https://min.news/zh-hant/military/78320a76f2d6e5880b285c75979f4b53.html>〉。

46 編輯部，〈Anduril研發Altius 600型自殺式無人機〉，《SBDJI》，〈<https://sbdji.cc/news/new-products/66366.html>〉。

47 Editorial Staff, "Anduril Details New Altius 600M, 700M Loitering Munition," *Defense Daily*, Jun. 7, 2024, <<https://www.defensedaily.com/anduril-details-new-altius-600m-700m-loitering-munitions/advanced-transformational-technology/>>; 編輯部，〈美軍「阿特斯」系列巡飛彈：ALTIUS-600及ALTIUS-700〉，《頭條匯》，〈<https://min.news/zh-hant/military/78320a76f2d6e5880b285c75979f4b53.html>〉。

攻擊包括主力戰車在內之重型裝甲的武器，且在俄烏戰爭中，亦驗證該款自殺式無人機在攻擊重型裝甲車的優越性能。⁴⁸正因如此，西方軍事專家認為阿特斯-700M自殺式無人機對重型裝甲的攻擊能力堪比AGM-114地獄火(Hellfire)反戰車飛彈(anti-tank missile, ATM)的武器。⁴⁹

事實上，阿特斯-700M自殺式無人機在俄烏戰場的優越表現，並不只侷限於對地面重型裝甲車輛的精準攻擊與毀傷能力，且其對防空飛彈系統的打擊作戰效果，亦有令人震驚之處。蓋烏克蘭部隊將該款自殺式無人機多次用於攻擊俄羅斯防空部隊的薩姆-17(SA-17)防空飛彈系統之上，戰果也相當豐碩。⁵⁰

基於阿特斯-700M自殺式無人機具有高精確之對地與對海打擊作戰性能，因此，這款武器運用並不只侷限於大型地面目標或裝甲車輛，海上的艦艇與重要基礎設施也是其打擊的作戰目標。⁵¹

最後，值得關注的是，由於阿特斯-700M自殺式無人機在俄烏戰爭中的表現十分亮眼，故美國陸軍已在2024年的軍備購置預算中，編列購買該款自殺式無人機的經費，預計2025年之際，美國陸軍即可列裝阿特斯-700M自殺式無人機。⁵²

(三)阿特斯-900自殺式無人機

當前，杜里爾工業公司所研製的阿特斯系列自殺式無人機，除了阿特斯-600、阿特斯-600M、阿特斯-700和阿特斯-700M之外，更加值得關注的是還有一款重量更重與射程更遠的自殺式無人機，此即是阿特斯-900自殺式無人機。

阿特斯-900自殺式無人機是杜里爾工業公司優化此前自殺式無人機的科技，而可以被裝配於

諸如MQ-1C灰鷹察打一體無人機之上的軍備。該款自殺式無人機配備熱成像光電(thermal imaging optoelectronics)裝置，使其得以不用暴露在敵軍航空火力射程範圍內，即可執行對敵偵察的任務。另外，阿特斯-900自殺式無人機還採用整合多模組推進(Integrated Multi-Mode Propulsion)裝置，這套混合推進系統(hybrid propulsion system)不只可以讓該款自殺式無人機擁有高速飛行性能，且續航力也相當強，而可達15小時之譜。⁵³

最後，目前外界對阿特斯-900自殺式無人機的性能諸元的瞭解，仍是相當有限，只知該款自殺式無人機的重量為36.3公斤，航程則有1,000公里之譜。⁵⁴

貳、中共

在現代化戰場中，運用自殺式無人機不只能有效增強攻擊火力的射程、覆蓋範圍與打擊能力，並聯合其他作戰武器系統，進行聯合攻擊作戰，增強作戰效果與部隊戰鬥能力。除此之外，基於自殺式無人機本身所配備的光學、電子、紅外線與雷達等偵察、搜索與監視，以及數據資料鏈與通信傳輸等裝備，故能將其搜索、偵察與監視目標的信息，傳送給指揮控制站，以利後方部隊進行遠程火力打擊，且在必要之時，自殺式無人機還能夠為遠程飛彈進行導航，使之能更為精確地打擊敵軍目標。正因如此，自殺式無人機在現代化戰場中的地位，越來越高，越來越重要。⁵⁵

基於自殺式無人機現代化戰爭的關鍵性地位，中共目前亦甚為積極研發此類武器，不只國營企業努力為之，且民營企業更加用心用力，而多有創新與驚世之作。對此，吾等可從以下對中共自殺式無人機之多種款型的論述可以得知。

- 48 賴名倫，〈美Altius新型無人機亮相 展優異打擊力〉，《青年日報》，2024年3月16日，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1659987&type=vision>>.
- 49 Thomas Newdick, "Our First Look At The ALTIUS-700M Loitering Munition Obliterating A Target," *The War Zone*, Mar. 14, 2024, <<https://www.twz.com/air/our-first-look-at-the-altius-700m-loitering-munition-obliterating-a-target>>.
- 50 Erick Tegler, "This Video Of Anduril's New Loitering Weapon Is Effectively Stark," *Forbes*, Mar. 14, 2024, <<https://www.forbes.com/sites/erictegler/2024/03/14/this-video-of-andurils-new-loitering-weapon-is-effectively-stark/?sh=494b02f06fb3>>; 賴名倫，〈美Altius新型無人機亮相 展優異打擊力〉，《青年日報》，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1659987&type=vision>>.
- 51 Thomas Newdick, "Our First Look At The ALTIUS-700M Loitering Munition Obliterating A Target," *The War Zone*, <<https://www.twz.com/air/our-first-look-at-the-altius-700m-loitering-munition-obliterating-a-target>>.
- 52 Editorial Staff, "Anduril Industries unveils Altius 700M a new loitering munition," *Army Recognition*, Mar. 15, 2024, <<https://armyrecognition.com/news/army-news/2024/anduril-industries-unveils-altius-700m-a-new-loitering-munition>>.
- 53 Amit Walewar, "ALTIUS-900, an air-launched, high-endurance drone with 1,000km range," *Inceptive Mind*, Nov. 11, 2020, <https://www.inceptivemind.com/altius-900-air-launched-high-endurance-drone/16129/#google_vignette>.
- 54 Eric Sof, "ALTIUS-600: The Modular Drones for Attack, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance," *Space OPS Magazine*, <<https://special-ops.org/altius-600-family-of-drones/>>.
- 55 編輯部，〈中國軍貿閥聲發大財之WS-43巡飛彈系統 最大射程20-60公里〉，《今日頭條》，2023年2月25日，<https://www.toutiao.com/article/7203893322534879779/?&source=m_redirect>.

一、CM-501GA/XA自殺式無人機

1997年，美國陸軍提出一項可以因應在小規模軍事衝突中，進行防區外(stand off)的偵察敵軍目標，且能對其所發現的目標進行快速打擊之網絡化火力打擊的「網火」(Net Fires)飛彈武器系統發展構想。在此構想中，美國陸軍發展出一款既能在目標區上盤旋巡航30分鐘，而對戰場之敵進行監視、目標搜索、毀傷評估與無線電中繼等作戰任務，且還能夠直接攻擊目標，以及傳輸攻擊目標訊息給我軍的精確導引武器(precision-guided weapons, PGW)。除此之外，為求擴展戰力，必須減少該款武器的體積而置入垂直發射系統(vertical launching system, VLS)之中。據此，美國遂著手發展之。只不過，美國陸軍最終因該武器系統可靠性低，且價格過於昂貴而放棄。八年之後，美國陸軍的「網火」飛彈武器系統之發展構想卻由人民解放軍陸軍現役的CM-501GA多用途戰術精確打擊系統(multi-function tactical precision strike system)實現之。⁵⁶

2018年，中共在珠海航空展中展示一款集目標偵察、指揮控制、精確打擊與毀傷評估於一體，而由精確打擊飛彈、自殺式無人機所組成的多用途戰術精確打擊系統。該系統主要是由一臺第三代猛士輕型高機動裝甲車為底盤，而在車體後搭載裝置一套CM-501GA自殺式無人機的垂直飛彈發射器。⁵⁷事實上，就目前該武器系統的發展而言，研發廠商的保利科技公司(Poly Technology, Inc.)已經發展出兩款搭載GM-501GA自殺式無人機的垂直飛彈發射裝置，一為16單元垂直飛彈發射器；二是12單元垂直飛彈發射器。不只如此，兩組垂直飛彈發射器除了可以裝配CM-501GA自殺式無人機之外，還能配備最新研發的CM-

501XA自殺式無人機。兩組垂直飛彈發射器可以自由組合兩款不同的自殺式無人機，以使作戰部隊擁有更佳的打擊目標類型之靈活性。⁵⁸

CM-501GA自殺式無人機的機長（彈長）2公尺，機寬（彈徑）0.18公尺，重量100公斤，配備一顆20公斤的高爆炸彈頭。該款自殺式無人機裝配連接慣性導航(inertial navigation system, INS)與衛星資料鏈(satellite datalink)的雙中途導引系統(dual mid-course guidance system)，而在終端飛行階段(terminal flight phase)則有電視和紅外線導引(television and infrared guidance)。因此，CM-501GA自殺式無人機對目標的擊殺率相當高，可達90%之命中目標的成功機率。⁵⁹值得關注的是，為了提升CM-501GA自殺式無人機的戰力，研製廠商還為其配備主動／被動雷達尋標器(active/passive radar seeker)，藉以強化該款自殺式無人機的全天候與抗電子干擾(counter electronic interference)的戰力。⁶⁰至於該款自殺式無人機的射程約為70公里，⁶¹然地面控制站對其遙控的距離，則是5至40公里之範圍內。⁶²

至於CM-501XA則是一款與CM-501GA自殺式無人機氣動外型殊異的自殺式無人機。蓋後者的機體與一般飛彈無異，機身中段有四面細長主翼，機體末端則有四面短尾翼；然前者的機頭雖是橢圓體，但機體則更近似長方體，且機身中段只有兩面主翼，機身末端一樣是四面尾翼。另外，CM-501XA自殺式無人機的機長2公尺，重量超過100公斤，配備的彈頭則是8.5公斤之小型高爆破片彈(small high pop-up rupture disc warhead)，航程70公里，控制站的遙控範圍可達60公里的半徑，續航力30分鐘。⁶³

CM-501GA自殺式無人機與CM-501XA自殺式無

56 編輯部，〈CM-501GA多用途戰術精確打擊系統亮相防務展，可無人值守自主作戰〉，《騰訊網》，2021年3月2日，〈<https://new.qq.com/rain/a/20210228A03G0A00>〉。

57 編輯部，〈這款被稱為「中國網火」的多用打擊系統，究竟有多厲害〉，《湖南省軍民融合公共服務平台》，2021年4月6日，〈<https://www.hnjmrh.gov.cn/newweb/newinfo/detail/5037/>〉。

58 編輯部，〈超遠打擊、空中待機，多款兼容，中國CM-501導彈系統威力不俗〉，《搜狐》，2019年3月7日，〈https://www.sohu.com/a/299650981_120088061〉。

59 Editorial Staff, "China promotes new CM-501GA lightweight multi-purpose missile at DIMDEX 2024," *Army Recognition*, Mar. 6, 2024, 〈<https://armyrecognition.com/news/army-news/2024/china-promotes-new-cm-501ga-lightweight-multi-purpose-missile-at-dimdex-2024>〉。

60 Editorial Staff, "CM-501G precision attack weaponry," *Xinhuanet*, May 27, 2015, 〈http://www.xinhuanet.com/mil/2015-05/27/c_127846853_2.htm〉。

61 Editorial Staff, "CM-501XA/CM-501X Loitering Munition," *China Defence*, Jun. 11, 2024, 〈<https://www.militarydrones.org.cn/cm-501xa-cm-501x-loitering-munition-p00206p1.html>〉。

62 Editorial Staff, "China promotes new CM-501GA lightweight multi-purpose missile at DIMDEX 2024," *Army Recognition*, 〈<https://armyrecognition.com/news/army-news/2024/china-promotes-new-cm-501ga-lightweight-multi-purpose-missile-at-dimdex-2024>〉。

63 Editorial Staff, "CM-501XA/CM-501X Loitering Munition," *China Defence*, 〈<https://www.militarydrones.org.cn/cm-501xa-cm-501x-loitering-munition-p00206p1.html>〉。

人機都是可以在戰場上空徘徊，執行對敵目標搜索、偵察與監視的任務，且還可以尋找最具價值性的目標，進行攻擊作戰任務，故兩者均為性能優異而對軍地面目標甚具威懾力與威脅性的巡飛彈。⁶⁴

二、彩虹-901、飛鴻-901與飛龍-60B自殺式無人機

就當前中共50公斤以內的小型自殺式無人機而言，主要有彩虹-901(Cai Hong-901, CH-901)、飛鴻-901(Fei Hong-901, FH-901)與飛龍-60B(Fei Long-60B, FL-60B)等三款自殺式無人機。

首先，就彩虹-901自殺式無人機而言。當前，美國彈簧刀系列自殺式無人機在俄烏戰爭中大出鋒頭，但在該系列之彈簧刀-300自殺式無人機於2012年問世之際，中共也推出一款與之類似的自殺式無人機，此即是彩虹-901。

彩虹-901是中國航天科技集團(Chia Aerospace Science and Technology Corporation, CASC)研製彩虹系列無人機中之一款可用於「蜂群」攻擊作戰的自殺式無人機。

2012年，中國航天科技集團開發出與美國彈簧刀與郊狼自殺式無人機的機體結構類似、重量相近與攻擊模式相似之低成本與多用途的自殺式無人機。該款無人機能以車載、直升機與單兵等多種機動投射方式，並可組成自殺式無人機攻擊機群，故其在2014年參加土耳其防務展時，贏得美國諸多軍工企業的好評。⁶⁵

彩虹-901自殺式無人機的機長1.2公尺，重量9公斤，最大飛行速度每小時150公里，且能以每小時7公里至120公里巡航，續航力40分鐘，遙控範圍15公里，作戰高度在450公尺至1,500公尺之間。⁶⁶該款自殺式無人機採取推進式雙葉螺旋槳發動機，各有一對主翼、尾翼與垂直尾翼，且均採摺疊翼之設計。因此，該款自殺式無人機既可由迫擊砲發射，亦能裝入

集裝箱的發射器內，再行投射。另外，彩虹-901自殺式無人機的機首配備先進的光電探測器，故其亦能進行搜索、偵察與監視的任務，然一旦發現具有高價值性的敵軍目標，則可逕行攻擊之。⁶⁷

就當前人民解放軍陸軍對彩虹-901自殺式無人機的作戰運用而言，一輛4X12的機動越野車可以搭載48聯裝的彩虹-901自殺式無人機，且兩分鐘內即可完成全部無人機的投射作業，一個作戰連10分鐘內就可投放192架彩虹-901自殺式無人機。故依照人民解放軍陸軍之多個無人機蜂群作戰連隊進行協同作戰的理論，其可同時投放與操縱超過千架，甚至更為龐大的彩虹-901自殺式無人機，進行大規模的「蜂群」作戰，攻擊敵軍。⁶⁸由此觀之，彩虹-901自殺式無人機是一款對敵極具威懾性與震撼性的作戰武器。

其次，就飛鴻-901自殺式無人機而論。基於自殺式無人機的「蜂群」作戰，不只極具攻擊威力，且更具震撼力，故中共在推出彩虹-901自殺式無人機之四年後，中國航天科技集團（簡稱中國航天）又於2016年再為人民解放軍開發出堪比美國彈簧刀自殺式無人機，而具有對地面戰車進行空中攻頂打擊戰力之飛鴻-901自殺式無人機。⁶⁹

飛鴻-901是由中國航天所研製的一款可折疊式的固定翼自殺式無人機。該款自殺式無人機的機長1公尺，機高0.26公尺，翼展長1.3公尺，重量9公斤，彈頭酬載力1.3至3.5公斤，最大飛行速度每小時可達180公里，巡航速度150公里，作戰半徑15公里，續航力60至120分鐘（視配載的彈頭重量而定）。⁷⁰另外，飛鴻-901自殺式無人機還有一款輕型版，此即是飛鴻-901A自殺式無人機。該款自殺式無人機的重量3.5公斤，彈頭重0.5公斤。儘管如此，重量只有3.5公斤的飛鴻-901A自殺式無人機的航電裝備，亦是相當先進，而配有光電與紅外線感測器，以為偵測與標定目

64 編輯部，〈超遠打擊、空中待機，多款兼容，中國CM-501導彈系統威力不俗〉，《搜狐》，〈https://www.sohu.com/a/299650981_120088061〉。

65 編輯部，〈集群智能—國產自殺無人機「蜂群」〉，《資訊咖》，2024年6月13日，〈<https://inf.news/zh-hant/military/45d6ab4d10ebc9c1e104bffc7f00d005.html>〉。

66 Editorial Staff, “Rainbow CH-901 Suicide Drone (CH-901 loitering munition),” *China Defence*, Jun. 13, 2024, 〈<https://www.militarydrones.org.cn/rainbow-ch-901-suicide-drone-china-price-manufacturer-procurement-portal-p00167p1.html>〉。

67 編輯部，〈彩虹901堪稱中國版彈簧刀無人機，是未來戰場敵人最害怕的黑科技〉，《雪花新聞》，2018年11月19日，〈<https://www.xuehua.us/a/5ebdd83e178fd6a55c82d6eb?lang=zh-hk>〉。

68 編輯部，〈集群智能—國產自殺無人機「蜂群」〉，《資訊咖》，〈<https://inf.news/zh-hant/military/45d6ab4d10ebc9c1e104bffc7f00d005.html>〉。

69 Kris Osborn, “Meet China’s Copycat of the American Switchblade Mini-Drone,” *The National Interest*, Sep. 14, 2022, 〈<https://nationalinterest.org/blog/buzz/meet-china%E2%80%99s-copycat-american-switchblade-mini-drone-204777>〉。

70 Editorial Staff, “FH-901/901A Loitering Munition Drone,” *China Defence*, Jun. 11, 2024, 〈<https://www.militarydrones.org.cn/fh-901-loitering-munition-fh-901a-loitering-munition-p00612p1.html>〉；編輯部，〈「威龍」無人僚機 空射飛鴻〉，《大公報》，2023年10月9日，〈<https://www.takungpao.com.hk/news/232108/2023/1009/900720.html>〉。

標之用。⁷¹

飛鴻-901自殺式無人機採用推進式螺旋槳為動力裝置，故發動機在機體の後段，機體最末端有雙葉螺旋槳。另外，該款自殺式無人機的機體前後各有一對機翼，機首配備光電／紅外線探測器，具有相當優越的態勢感知能力與高機動性。然更為重要的是，該款自殺式無人機具有良好的通用性，既能以單兵背包攜帶，亦可以車載、機載與艦載方式發射，故中共最新型的飛鴻-97A隱形無人戰鬥機就可攜帶飛鴻-901自殺式無人機。另外，在中共列裝之48管飛鴻-901自殺式無人機的發射車中，人民解放軍可以發射數架、十數架，乃至數十架的飛鴻-901自殺式無人機，用以組成空中無人機網的機隊，而對敵進行「蜂群」飽和攻擊，進而極大化地提升其攻擊火力密度與毀傷力。⁷²

另外，由於飛鴻-901自殺式無人機的重量不到10公斤，因此，不只中共的彩虹-4和彩虹-5兩款察打一體無人機可配載之，即使像最大起飛重量只有350公斤的彩虹-10傾旋翼無人機亦能攜帶之，使得該款自殺式無人機擁有更為廣泛的作戰用途，而不只侷限於正規作戰，且亦可用於反恐作戰(anti-terrorism operation)之上。⁷³

最後，就飛龍-60B自殺式無人機而言。相較於彩虹-901和飛鴻-901兩款10公斤級的自殺式無人機，機身長1.8公尺，翼展長2.5公尺，重量60公斤，彈頭重10公斤，航程可達100公里，作戰升限6,000公尺的飛龍-60自殺式無人機，⁷⁴就顯得更大一些了。

從目前公布的照片來看，飛龍-60B自殺式無人機的機身前後各有一對水平翼，前面之一對主翼設置於機身上方，後面之一對尾翼則設計於機身下方，在水平尾翼之後，還有一對垂直尾翼，主翼、尾翼與垂直尾翼，均可折疊。然在水平尾翼之後，則是其推進式

雙葉螺旋槳發動機。中共應是在2018年至2020年之間即已完成該款自殺式無人機研製工程，且曾在2021年珠海航空展中公開展示之。⁷⁵儘管如此，目前外界對飛龍-60B之所知卻是相當有限，以至於無法更為深入瞭解其性能，乃是較大的缺憾。

三、ZT-180自殺式無人機

ZT-180是中共無人機製造商西安冰果智能航空科技有限公司(Xian Bingo Intelligent Aviation Technology Corporation, Ltd.)所開發之一款性能優異的自殺式無人機。

ZT-180自殺式無人機的外型與當前中共大部分的自殺式無人機大異其趣，卻與被西方指控剽竊德國發動機技術之伊朗的「見證者-136」(Shahed-136)自殺式無人機造型相似。⁷⁶蓋中共的ZT-180與見證者-136兩款自殺式無人機大小與重量相近，且都是採用推進式螺旋槳發動機，並均為兩槳葉的螺旋槳，更為重要的是，這兩款自殺式無人機的機身都是近似飛彈之彈體，而在機體兩側均各有一面大梯形主翼，亦即言，這兩款自殺式無人機都是採用三角翼(delta wing)的設計，且ZT-180自殺式無人機與見證者-136自殺式無人機的兩面主翼的翼尖上下都有兩面小翼。因此，若不仔細檢視，單從外面粗略觀之，一般人很難辨別何者是ZT-180自殺式無人機或見證者-136自殺式無人機。然ZT-180自殺式無人機之所以會模仿伊朗見證者-136自殺式無人機的構型設計，究其原因乃在於如此構型的氣動布局設計，不只外型相當緊緻，且能夠降低機身橫截面積(cross-sectional area of fuselage)，有助於提升ZT-180自殺式無人機的隱身性，並能降低飛行阻力，更有利於飛行速度與續航力。至於推進式之螺旋槳發動機的尾推力設計，則可增強推進效率。⁷⁷

71 張威翔，〈頭頂又多個新威脅〉，《陸展出新的自殺無人機》，2022年9月1日，〈中時新聞網〉，2022年9月1日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220901002592-260417?chdtv>>.

72 編輯部，〈「威龍」無人僚機 空射飛鴻〉，《大公報》，2023年10月9日，<<https://www.takungpao.com.hk/news/232108/2023/1009/900720.html>>.

73 Fan Wei and Liu Xuanzun, "Switchblade suicide drone in action," *Global Times*, Sep. 8, 2022, <<https://www.globaltimes.cn/page/202209/1274963.shtml>>.

74 編輯部，〈解放軍研製的「飛龍-60B巡飛彈」，突破創新，空中封控新一步〉，《網易》，2023年8月23日，<<https://www.163.com/dy/article/ICQHV9HU05534H4O.html>>.

75 編輯部，〈「珠海航展2021」戰力優先的巡飛彈〉，《搜狐》，2021年11月7日，<https://www.sohu.com/a/499652301_121118976>.

76 編輯部，〈英研究組織揭露 伊朗見證者無人機引擎竊取德國科技〉，《自由時報》，<<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4284760>>.

77 Editorial Staff, "How China's ZT-180 Drone Compares to Iran's Shahed-136 Drone," *Newsweek*, Feb. 28, 2023, <<https://www.newsweek.com/china-zt-180-drones-compare-iran-shahed-136-ukraine-russia-1784315>>; Editorial Staff, "ZT-180 Loitering Munition Drone (Suicide Drone)," *China Defence*, Jun. 12, 2024, <<https://www.militarydrones.org.cn/zt-180-drone-p00703p1.html>>.

ZT-180自殺式無人機的機長2.8公尺，翼展長2.6公尺，巡航速度每小時260公里，最大起飛重量180公斤，最大酬載力40公斤，續航力6小時（酬載40公斤），作戰升限3,000公尺，起飛方式則是以火箭助推起飛(rocket boost take-off)。⁷⁸至於ZT-180自殺式無人機的航程，若從其擁有每小時260公里的巡航速度與6小時的續航力論之，則該款自殺式無人機的最大航程超過1,500公里以上。

綜觀而論，ZT-180自殺式無人機具有結構設計緊緻、價格低廉、快速部署、快速組裝與易於運送等特點，⁷⁹而是一款性能優異，作戰範圍大的巡飛彈。正因如此，俄羅斯目前才積極向中共採購該款自殺式無人機，以為投入烏克蘭戰場之用。⁸⁰雖然北京同意提供上百架該款自殺式無人機給予莫斯科，⁸¹不過，中共給予俄羅斯的是該款飛機的零組件與部分技術，以協助俄羅斯能夠自行量產ZT-180自殺式無人機。⁸²然不論如何，美國的《新聞週刊》(Newsweek)認為俄羅斯在取得中共的ZT-180自殺式無人機之後，這對於烏克蘭的部隊是一大威脅，而可能會成為改變俄羅斯在俄烏戰爭未來命運的重要武器。⁸³

四、衛士-43自殺式無人機

衛士-43(Weishi-43, WS-43)自殺式無人機是中國兵器工業集團有限公司，又名為中國北方工業集團有限公司(China North Industries Group Corporation

Limited)所研製的一款操控範圍在60公里內的巡飛彈。

衛士-43自殺式無人機首次公開展示於2014年的珠海航空展，這是一款以火箭彈系統而發展的武器，故能輕易地與衛士-33(WS-33)精確導引火箭(precision guided rocket)共同使用多管火箭發射器進行發射的滑翔巡弋火箭(gliding cruise rocket)。該款自殺式無人機配備慣性導航系統(inertial navigation system, INS)與全球定位系統作為中途飛行導航方式(mid-flight guidance method)，並以紅外線成像導引(infrared imaging guidance)裝置作為終端導引系統(terminal guidance system)。因此，衛士-43自殺式無人機不只能夠精確攻擊固定目標(fixed target)，且還能有效地追蹤和攻擊移動性的目標(moving target)。⁸⁴更為重要的是，當衛士-43自殺式無人機發現敵軍眾多目標，而自身無法應付之際，還可藉由數據資料鏈的信息傳輸裝備，通知地面控制站發射更多火箭彈，進行對敵遠程打擊。⁸⁵這種自殺式無人機與火箭彈相互結合的攻擊型式，大大提升中共火箭部隊遠程打擊力與毀傷力。⁸⁶

衛士-43自殺式無人機的機長3.4公尺，機寬0.2公尺，最大起飛重量220公斤，酬載力20公斤，有效控制範圍在60公里之內。⁸⁷目前外界對該款自殺式無人機的動力裝置類型，暫且無法確定。不過，或認為衛士-43自殺式無人機可能是配備一款採用埋入式進氣

78 Ibid.

79 Ibid.

80 編輯部，〈德媒：俄洽購中國製造商100架自殺式無人機〉，《華僑日報》，Feb. 25, 2023, <<https://www.overseaschinesedailynews.com.my/news.cfm?NewsId=107153>>.

81 Ashish Dangwar, “China To Supply Hundreds Of Suicide Drones To Russia By April; Will ‘Activate’ Su-27 Fighters: German Media Claims,” *The Eurasian Times*, Feb. 24, 2023, <<https://www.eurasiantimes.com/china-to-supply-dozens-of-suicide-drones-to-russia-by-april/>>; Cahal Milmo, “China accused of manufacturing ‘clone’ Iranian Kamikaze drones for sale to Russia,” *iNews*, Mar. 15, 2023, <<https://inews.co.uk/news/china-iranian-kamikaze-drones-moscow-2209554>>.

82 編輯部，〈中國供俄羅斯100架自殺式無人機 輸出技術協助量產〉，《稜角媒體》，2023年2月24日，<<https://points-media.com/%E4%B8%AD%E5%9C%8B/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E4%BE%9B%E4%BF%84%E7%BE%85%E6%96%AF100%E6%9E%B6%E8%87%AA%E6%AE%BA%E5%BC%8F%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E8%BC%B8%E5%87%BA%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%8D%94%E5%8A%A9%E9%87%8F%E7%94%A2/>>.

83 Editorial Staff, “How China’s ZT-180 Drones Could Change Russia’s Fortunes in Ukraine War,” *Newsweek*, Feb. 28, 2023, <<https://www.newsweek.com/how-china-zt-180-drone-russia-ukraine-war-iran-shahed-1784237>>.

84 Editorial Staff, “Weishi WS-43/Defender-43 – Loitering Munition,” *Global Security.org.*, Jun. 12, 2024, <<https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ws-43.htm>>.

85 盧伯華，〈中國航展亮點：無人機加火箭炮 中國版海馬斯還能發射巡飛彈〉，《中時新聞網》，2022年11月8日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221108005876-260409?chdtv>>.

86 編輯部，〈中國軍貿聞聲發大財之WS-43巡飛彈系統 最大射程20-60公里〉，《今日頭條》，<https://www.toutiao.com/article/7203893322534879779/?&source=m_redirect>.

87 Editorial Staff, “China’s Deadly Suicide Drone Army Is In The Works,” *The Daily Guardian*, Jan. 12, 2024, <<https://theguardian.com/chinas-deadly-suicide-drone-army-is-in-the-works/>>; Editorial Staff, “WS-43 Loitering Munition Drone (Suicide Drone),” *China Defence*, Jun. 12, 2024, <<https://www.militarydrones.org.cn/ws-43-loitering-munition-system-p00202p1.html>>.

口的小型渦輪噴射發動機。⁸⁸

另外，值得關注的是，衛士-43自殺式無人機的機身並非採取圓桶型的彈體設計，而是更近似長方體。這種非圓截面積的機身設計，或似德國的KEPD 350「金牛座」(Taurus)防區外攻擊飛彈。如此構型設計可提高該款自殺式無人機的升阻比，藉以提升戰場的生存力與突防能力。⁸⁹

最後，衛士-43自殺式無人機的機身後部有一臺火箭助推器，作為其從發射管發射之用。至於該款自殺式無人機的機翼則是採取摺疊翼設計，當該款自殺式無人機自發射器發射，而由火箭助推器推進飛行至一段距離之後，機體中段之大展弦比的平直彈翼，以及機身末端的X型尾翼會自動展開。配備小型渦輪噴射發動機的衛士-43自殺式無人機即以每小時120公里的速度，在地面控制站所能操控之60公里範圍內，進行約略30分鐘的巡航飛行。操控的方式主要是與後方作戰機群連接的數據資料鏈系統和偵察衛星的圖像信息，但亦可接受地面控制站的指令，選擇攻擊的目標。⁹⁰然拜多模組彈頭設計之賜，衛士-43自殺式無人機除了可以配載高爆燃燒彈(high-explosive combustion warheads)，亦可酬載反輻射彈頭(anti-radiation warheads)。⁹¹只是，擁有20公斤酬載力的衛士-43自殺式無人機，卻並非只能配載攻擊彈頭，亦可配載光電或雷達傳感器，作為空中偵察與監視任務之用。⁹²

參、綜合評析

當前中共與美國在發展自殺式無人機，可說是不遺餘力，且雙方均已開發出不少相關類型的武器。然若欲對兩國在自殺式無人機發展進行評論與分析，概可從發展重點、整體作戰與市場競爭等三大面論之。

一、發展重點

關於中共與美國的自殺式無人機發展重點之評析，主要可從以下兩方面深論之：

首先，機型。若以重量而論中美當前發展自殺式無人機之類型，概可分成50公斤以內的小型自殺式無人機、51公斤至100公斤的中型自殺式無人機、101公斤至250公斤的大型自殺式無人機。然從2010年

至今，美國在發展自殺式無人機方面，主要是集中於2.5公斤至40公斤之間的小型自殺式無人機。蓋在這十五年期間，美國發展的自殺式無人機的最輕者是重量只有2.7公斤的彈簧刀-300自殺式無人機，最重者為36.3公斤的阿特斯-900自殺式無人機。對此，吾等可從「表1 中美現役主要自殺式無人機比較概覽」可以得知。

然從「表1 中美現役主要自殺式無人機比較概覽」可以得知，不同於美國側重於50公斤以內的小型自殺式無人機為發展之主軸，中共自2010年以降至今所發展的自殺式無人機，既有9公斤的彩虹-901和飛鴻-901兩款小型自殺式無人機，亦有60公斤至100公斤的CM-501GA、CM-501XA和飛龍-60B等三款中型自殺式無人機（相對於50公斤的小型自殺式無人機而論者），更有100公斤至250公斤之間的ZT-180和衛士-43兩款大型自殺式無人機（相對於小型與中型自殺式無人而論者）。

表1 中美現役主要自殺式無人機比較概覽

		重量 (公斤)	彈頭重 (公斤)	飛行速度 (公里/小時)	續航力 (分鐘)	航程 (公里)
美國	彈簧刀-300	2.7	-	160	15	30
	彈簧刀-600	15	-	185	15	40
	郊狼-1	5.9	1.8	130	60	100
	郊狼-2	-	-	555	-	15
	阿特斯-600	12.25	3.17	90	-	440
	阿特斯-700M	30	16	-	75	160
	阿特斯-900	36.3	-	-	-	1,000
中共	CM-501GA	100	20	-	-	70
	CM-501XA	100	8.5	-	30	70
	彩虹-901	9	-	150	40	70
	飛鴻-901	9	3.5	180	120	300
	飛龍-60B	60	10	-	-	100
	ZT-180	180	40	260+	360	1,500
	衛士-43	220	20	120+	30	60

資料來源：依據本文章內容彙整之。

88 編輯部，〈WS43巡飛彈，可以發動攻擊的自殺性偵察無人機〉，《壹讀》，2016年10月29日，<<https://read01.com/zh-tw/dLNkma.html>>。

89 編輯部，〈WS43巡飛彈，可以發動攻擊的自殺性偵察無人機〉，《壹讀》，2016年10月29日，<<https://read01.com/zh-tw/dLNkma.html>>。

90 同前註89。

91 Editorial Staff, "Weishi WS-43/Defender-43 – Loitering Munition," *Global Security.org.*, <<https://www.globalsecurity.org/military/world/china/ws-43.htm>>。

92 編輯部，〈WS43巡飛彈，可以發動攻擊的自殺性偵察無人機〉，《壹讀》，<<https://read01.com/zh-tw/dLNkma.html>>。

其次，用途。承上所論，自殺式無人機是一種配備先進感應器、導引系統和爆炸彈頭，而能夠對敵目標定位與追蹤，並可對高價值性目標進行精確定位之際能對敵進行偵察、搜索與監視的任務，且能直接攻擊敵軍目標的無人飛行載具。據此可見，兼具對敵重要目標的偵察、監視與攻擊，乃是自殺式無人機之用途。然對敵重要目標的偵察與監視，確是自殺式無人機用途之較為清晰者，至於攻擊目標為何，則須對中共與美國的自殺式無人機的發展用途進一步探究，方能得悉。

事實上，從對本文之探究可以得知中共和美國的自殺式無人機的主要用途，除了是以攻擊敵人的地面部隊和具有高價值性的固定性目標之外，兩國發展自殺式無人機還有兩個重要企圖與用途：

第一，攻擊主力戰車。當前，中共和美國的自殺式無人機越來越強調對於攻擊重型裝甲車，特別是擊毀主力戰車的能力。所以，中共與美國對其所發展之自殺式無人機，或有側重對主力戰車進行攻頂打擊，以求能夠徹底摧毀的用途。蓋美國的彈簧刀系列自殺式無人機，或者郊狼系列自殺式無人機，抑或是阿特斯系列自殺式無人機，均相當重視攻擊主力戰車的性能，且在俄烏戰爭中，亦多有突出表現者。至於中共，雖然從上述之論中，只有飛鴻-901自殺式無人機曾展示對主力戰車攻頂的性能測試，但這並不代表其他自殺式無人機並不強調此作戰性能，因為，自殺式無人機最終必會尋找最具價值性或最具威脅的目標，進行搏命一擊，然就地面部隊而言，敵軍的主力戰車部隊不啻是最具威脅性目標之一。

第二，反制無人機。在無人機充斥的現代戰場中，如何反制無人機已成為現代化部隊之作戰重點，而以自殺式無人機反制無人機就是重要的作戰手段之一。正因如此，故中共和美國現今所發展的自殺式無人機，或有強調配備電子干擾裝備，以為反制無人機之用者。不只如此，美國還計畫發展專為攻擊敵軍無人機之配備微波武器的自殺式無人機，而郊狼-3自殺式無人機即屬之。

二、整體作戰評析

美國印太司令巴帕羅(Samuel Paparo)在2024年6月參加新加坡的區域安全論壇—「香格里拉對話」(Shangri-La Dialogue)時，曾在休息期間接受《華盛

頓郵報》(Washington Post)專欄作家羅金(Josh Rogin)關於臺海局勢的專訪中表示：「美國已在發展一項名為「地獄」(Hellscape)之應變臺海軍事衝突的計畫。在該計畫中，美軍將會以快速部署數以千計之無人潛艇、無人艦艇與無人機，遲滯中共人民解放軍對臺入侵之軍事行動，藉以爭取美國與其盟友進行軍事集結之時間。」⁹³

從美軍印太司令巴帕羅上述專訪之語，吾等可以清晰瞭解到未來中共與美國如因臺灣問題而爆發軍事衝突或戰爭之際，無人機將會是作戰的急先鋒，且是如此之作戰型態，乃是臺海上空會有成千上百之「蜂群」無人機作戰。暫且不論，美軍發動這種作戰方式的成效如何，然不可否認的是，當代無人機作戰方式，的確已有朝「蜂群」作戰之趨向前進。因為，印太司令巴帕羅所言之無人機是包括自殺式無人機在內之各類型無人機，然就當前美國與中共發展自殺式無人機之作為，均有建構「蜂群」作戰之企圖與規劃。因此，「蜂群」作戰的確是中美兩國未來無人機作戰的主要型態之一。不過，基於在此所論是中共與美國的自殺式無人機的整體作戰，故以下將以中美自殺式無人機之整體作戰為評論與分析的重點。

單就中共與美國自殺式無人機的整體作戰而論，無可置疑的是，兩國除了強調單兵背負與發射的自殺式無人機的發展之外，更為重要的是，無論是美國，或者是中共，均已發展出具有一部陸基、海基或空基載具可以投射數架，乃至數十架自殺式無人機的武器裝備。即以美國而言，該國先進製陶研究公司在開發郊狼無人機之際，就將該款自殺式無人機可以被收納而置於聲納浮標投射器之內，再由空中飛行平臺進行投射，列入基本要求。⁹⁴

至於中共則更有明確的自殺式無人機的「蜂群」作戰理論與規劃。就以人民解放軍陸軍對彩虹-901自殺式無人機的作戰運用而言，一輛4X12之機動越野車可以搭載48聯裝的彩虹-901自殺式無人機，一個作戰連10分鐘內就可投放192架彩虹-901自殺式無人機。在多個無人機蜂群作戰連隊進行協同作戰的理論之下，一支無人機多個作戰連隊就可同時投放與操縱超過千架，甚至更為龐大的彩虹-901自殺式無人機，進行大規模的「蜂群」作戰，攻擊敵軍。⁹⁵

由此觀之，中美雙方均有能力發動大規模自殺式

93 編輯部，〈印太司令：中國若犯台 美軍將投入大量無人機「把台海變地獄」〉，《聯合新聞網》，2024年6月11日，〈<https://udn.com/news/story/6809/8022357>〉。

94 Andreas Parsch, "Raytheon Coyote," *Designation System*, 〈<https://www.designation-systems.net/dusrm/app4/coyote.html>〉。

95 編輯部，〈集群智能—國產自殺無人機「蜂群」〉，《資訊咖》，〈<https://inf.news/zh-hant/military/45d6ab4d10ebc9c1e104bffc700d005.html>〉。

無人機之「蜂群」作戰的戰術思維與建構相對應武器的準備。只不過，單就自殺式無人機的「蜂群」作戰，而不加入其他有人機或無人機的指揮與協調的情況下，中共在此方面要更勝於美國。究其原因，主要有二：

其一，中共自殺式無人機的酬載力與重量普遍都更重於美國的自殺式無人機。蓋就本文所論之當前美國自殺式無人機的酬載力最大者，莫過於阿特斯-700M自殺式無人機的16公斤（阿特斯-900尚在研製中，且諸多性能諸元暫且無法確認），但是，中共自殺式無人機至少就有三款酬載力大於美國的阿特斯-700M自殺式無人機，此即是CM-501GA（酬載力50公斤）、ZT-180（40公斤）與衛士-43（酬載力20公斤）。然此，概可從「表1 中美現役主要自殺式無人機比較概覽」得見之。

基本上，自殺式無人機的酬載力大，除了可以攜帶的彈頭越重，強化殺傷力之外，亦可酬載更多的電子裝備，包括指揮無人機群之協同作戰的通信傳輸裝備。更為重要的是，本文所論之中共列裝的自殺式無人機除了彩虹-901與飛鴻-901是屬於小型自殺式無人機之外，其餘均為中型或大型自殺式無人機，而這些中型與大型自殺式無人機能夠配載的航電裝備的種類與精密程度，自然要更多與更優於小型自殺式無人機。所以，純粹只論自殺式無人機的整體作戰，無可置疑的是，中共遠勝於美國。只不過，在此必須強調的是，現代化的無人機整體作戰，並非只是自殺式無人機單一機種的群體作戰，其中亦必會加入其他類型的無人機，乃至於後方還有飛行員駕駛之有人機的參與。

其二，中共的「蜂群」作戰遠勝美國的「蜂群」作戰。承前所述，1997年，美國陸軍曾提出一個以自殺式無人機為主之對敵部隊進行群攻打擊的「網火」軍備建構計畫，只不過，最終卻因該款武器系統可靠性低，且價格過於昂貴而放棄。但是，進入二十一世紀之後，美國陸軍的「網火」飛彈武器系統的發展構想卻由人民解放軍陸軍現役的CM-501GA多用途戰術精確打擊系統實現之。不只如此，從當前的發展來看，具有模塊化配置、通用性佳、反應速度快、殺傷力強，生存能力優與後勤保障簡便的CM-501GA多用途戰術精確打擊系統，不只擁有諸如慣性導航系統與

全球定位系統的中途導航，以及電視與紅外線的終端導引，而即使與地面指揮站的通信聯絡網絡被敵切斷，自己亦可自行尋找目標，進行精確打擊作戰，且還能執行毀傷評估，傳訊或引導尚在戰場上空徘徊搜索、偵察與監視的CM-501GA或其他自殺式無人機，進行新一輪的攻擊。所以，這套多用途戰術精確打擊系統的威力更強於1997年美國陸軍所提出的「網火」計畫。⁹⁶相形之下，美國至今尚未有如此以自殺式無人機所建構之攻擊火力強大的「網火」軍備計畫。

三、市場競爭評析

自古以降，打仗打的就是錢，所以戰爭可說是國家一項最會「燒錢」的活動，亦常常是國家由盛轉衰，從強變弱的最大原因。儘管自殺式無人機的單價遠遠比不上當代各國的主力戰車，更無法與第四代或第五代戰鬥機相提並論，但就當前與未來戰場的趨勢，想要贏得一場現代化的戰爭，除了依靠各類型先進武器裝備與優越的軍隊訓練之外，更需憑藉擁有大量科技先進的無人機，故自殺式無人機亦是多多益善。值此之際，裝備先進與性能優越的價格相對低廉，且能夠大量，乃至於海量列裝的自殺式無人機，即成為左右戰場勝負的關鍵要素之一。

事實上，在性能接近的情況下，價格相對低廉的軍備，除了有助於研製本國部隊增加採購的數量，爭取優勢之外，亦更具國際軍火市場的競爭力。然一旦能擴展出口，則不只可爭取更多外匯，且還能降低研發成本，使得生產成本與購買的單價亦隨之下降，如此又會反饋本國部隊列裝此軍備的優勢。由此觀之，武器裝備價格對軍隊戰力影響之巨大，已是不言而喻。

然就同等級自殺式無人機單價的市場競爭力（包括研製該款武器國家的採購意願）而論，中共就比美國更具優勢。即以美國的彈簧刀系列自殺式無人機與中共的飛鴻-901自殺式無人機的單價比較來看，前者在2022年的報價已經達到12,600美元／套，而後者的報價則是8,999美元／套。⁹⁷

不過，上述對美國彈簧刀系列自殺式無人機與中共飛鴻-901自殺式無人機單價的記述時間，乃是在2022年9月。然依據美國《國家利益》(The National Interest)2024年3月7日的報導，美國陸軍之所以不再續購彈簧刀-300自殺式無人機的原因，除了該款武器

96 編輯部，〈CM-501GA多用途戰術精確打擊系統亮相防務展，可無人值守自主作戰〉，《騰訊網》，2021年3月2日，〈<https://new.qq.com/rain/a/20210228A03G0A00>〉。

97 編輯部，〈俄烏戰場，美制「彈簧刀」令俄軍吃了大虧，如今中國版彎道超車〉，《網易》，2022年9月13日，〈<https://www.163.com/dy/article/HH58JO3B053518R1.html>〉。

在俄烏戰場表現不佳之外，更為重要的是，每套彈簧刀-300自殺式無人機的單價已高達90,000美元。⁹⁸由此觀之，彈簧刀-300只是一款3公斤級自殺式無人機的單價，乃是9公斤級之飛鴻-901自殺式無人機的10倍。亦即言，美國陸軍列裝一套彈簧刀-300自殺式無人機的金額，中共陸軍就可購置10套飛鴻-901自殺式無人機，兩者在市場競爭的優劣，高下立判。正因如此，所以烏克蘭國防部官員才會有捨棄又爛又貴的美國無人機，轉而購買更為便宜的中共無人機（應是商用無人機）而改裝成自殺式無人機之舉。⁹⁹

長期以來，美國各軍種經常因武器裝備過於昂貴，以致於列裝數量有限。DDG-1000朱姆沃特級驅逐艦(Zumwalt-class destroyer)原本建造28艘，然因過於昂貴，最終海軍只購買三艘。¹⁰⁰另外，美國空軍的F-22猛禽(Raptor)戰鬥機之所以最終只採購187架，究其原因，亦是價格太貴之故，以致於無法大量購置。¹⁰¹如今，美國的自殺式無人機也是如此。相對的，中共的自殺式無人機卻是「白菜價」，使得中共國內民間科技廠商，競相研發此類型武器，如此不只可讓人民解放軍海量列裝，且包括自殺式無人機在內，中共無人機已有席捲全球之勢。¹⁰²

肆、臺灣衛戍反自殺無人機作戰之道

就中共對臺之威脅而言，無可置疑的是，人民解放軍火箭軍之短程彈道飛彈(short-range ballistic missile, SRBM)是對臺首波攻擊之主力，然就中共進行登陸臺灣之作戰而論，無人機將居於至關重要的地位，而自殺式無人機更是頗具關鍵性的武器，故如何反制中共的自殺式無人機即成為國軍衛戍臺灣的重點。就此論之，以下將先從中共自殺式無人機之特點與缺陷論起，而在對敵具有重大威脅之武器的優劣擁有一定程度的認知後，再探究反制之道。

一、中共自殺式無人機之特點與缺陷

從古至今，任何武器均有其長，亦有其短，自

殺式無人機也是如此。然中共自殺式無人之特點與缺陷，正是以下論述之重點。

(一)特點

經由上述之論，綜觀當前中共自殺無人機的發展而言，具有以下五大特點：

第一，價格便宜。相較於臺灣購自美國之彈簧刀-300和阿斯特-600M兩款自殺式無人機而言，中共同類型的自殺式無人機更為便宜。誠如前述所論，中共的飛鴻-901自殺式無人機的單價為8,999美元／套，但美國之彈簧刀-300自殺式無人機在2022年的報價就已高達12,600美元／套。然就常理而論，武器價格越便宜，相對的，就越能進行大批量列裝，進而對意圖打擊的對象之威脅也更大。

第二，蜂群攻擊。1997年，美國陸軍曾計畫可在短時間對敵發動數以千計之無人機作戰的「網火」(Net Fire)武器發展計畫，不過，美軍最終卻因該武器系統可靠性低與價格過於高昂而放棄之。然在2010年之前，中國卻已建構具備美軍「網火」計畫之短時間發動數以千計之無人機「蜂群」作戰的軍備戰力，此即是CM-501GA自殺式無人機作戰連隊。如今，在中國自殺式無人機之「白菜價化」的良好形勢下，人民解放軍已擁有CM-501GA、CM-501XA、彩虹-901與飛鴻-901等多款可以在短時間內對敵發動「蜂群」作戰的自殺式無人機。¹⁰³

第三，機動力強。經由上述之論可知，當前中國研製與列裝的自殺式無人機相當多樣，且都是採取機動發射平臺，進行攻擊作戰的武器，而這些發射自殺式無人機的作戰平臺包括戰鬥機、大型無人飛行載具、戰艦、地面無人機發射車，乃至單兵所攜帶之簡便無人機發射器。¹⁰⁴由此可見，中共自殺式無人機之作戰機動性相當強。

第四、攻擊精準。目前中共自殺式無人機都普遍配備先進的光電探測器，戰場態勢感知作戰能力相當強，而可對主力戰車進行攻頂擊毀之精確作戰行動。

98 Harrison Kass, "Switchblade: What Ever Happened to Ukraine's Kamikaze Drone?" *The National Interest*, Mar. 27, 2024, <<https://nationalinterest.org/blog/buzz/switchblade-what-ever-happened-ukraines-kamikaze-drone-210254>>.

99 張威翔，〈烏克蘭官員：美國無人機貴又爛 路無人機便宜可靠〉，《中時新聞網》，2024年4月10日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20240410005431-260417?chdtv>>.

100 施怡姣，〈美「朱瓦特號」匿蹤驅逐艦站系安裝啟動 成本過高僅買3艘〉，《ETtoday新聞雲》，2023年3月31日，<<https://www.ettoday.net/news/20200331/1679863.htm>>.

101 Kyle Mizokami, "The U.S. Air Force F-22 Raptor's Achilles Heel," *The National Interest*, Feb. 28, 2024, <<https://nationalinterest.org/blog/reboot/us-air-force-f-22-raptors-achilles-heel-209745>>.

102 編輯部，〈珠海航展蜂群飛彈白菜化，各種載具都能打，各廠商開啟瘋狂內捲〉，《騰訊網》，2022年11月11日，<<https://new.qq.com/rain/a/20221111A0283Y00>>.

103 林宗達，〈靠美攻擊無人機 保台難如登天〉，《聯合報》，2024年6月22日，版A4。

104 林宗達，〈自殺式無人機〉，《中美無人機發展評析》（新北市：國際軍務雜誌社，2024），頁380-401。

尤其是衛士-43自殺式無人機配備的導引系統，更是相當先進。蓋其既採用慣性導航系統與全球定位系統作為中途飛行導航方式，且還以紅外線成像導引裝置作為終端導引系統。據此，衛士-43自殺式無人機不只能夠精確攻擊固定目標，且還能有效地追蹤和攻擊移動性的目標。

第五，殺傷力大。相對於俄烏戰場普遍採用之單兵攜帶之多旋翼無人機而言，中共現役之大多數的自殺無人機之殺傷力要更大許多。即以俄羅斯所使用之RUD-250多旋翼無人機為例，該款無人機是靠電力驅動之可以攜帶1.5公斤彈藥的輕型攻擊武器，¹⁰⁵但中共除了飛鴻-901A自殺式無人機的彈頭是0.5公斤之外，現役的自殺式無人機之最大酬載力都在3公斤以上，甚至還有可達40公斤者，如ZT-180自殺式無人機。據此可知，中共的自殺式無人機的殺傷力遠非單兵攜帶之多旋翼無人機可以比擬的。

(二)缺陷

儘管中共現役之自殺式無人機具有價格便宜、蜂群攻擊、機動力強、攻擊精準與破壞力大等特性，但就防禦者而言，中共的自殺式無人機卻都有以下有利於反制作戰的三大缺陷：

其一，速度慢。中共現役之自殺式無人機的最大缺陷就是速度太慢。蓋從檢視「表2 中共各式自殺式無人機性能諸元概略」可知，中共列裝的自殺式無人機飛行速度最慢是彩虹-901之150公里／小時，最快之ZT-180自殺式無人機亦不過是260公里／小時。如此之速度，只比第一次世界大戰之驅逐機快一些，而遠遜於第二次世界大戰之驅逐機。雖言速度慢是當代現役自殺式無人機之普遍現象，而非是中共的自殺式無人機性能差，但無論如何，速度慢就給予防禦者更為有利之反制作戰。

其二，目標大。事實上，中國現役之自殺式無人機不只有速度慢之缺陷，且其還有目標大之問題。從查看「表2 中共各式自殺式無人機性能諸元概略」可以得見，中國現役的自殺式無人機，除了彩虹-901與飛鴻-901兩款自殺式無人機的機長在1.2公尺以內之外，其餘之機長都在1.8公尺以上，更有高達3.4公尺者（衛士-43自殺式無人機），如此之長度，再加上速度慢，從而有利於防禦者進行反制作戰。

其三，防護弱。就當前中共現役的自殺式無人機性能缺陷而言，除了速度慢與目標大之外，還有一大

缺陷，即是防護力亦甚為薄弱。仔細檢視「表2 中共各式自殺式無人機性能諸元概略」可知，中國現役之自殺式無人機的重量與其彈頭重量的比值最大者約為11.8（CM-501X自殺式無人機），最小者只有2.6，更多是在4至6之間。在無人機之燃料與導引系統裝備重量固定之情況下，其彈頭酬載的重量越重，機身重量與彈頭的比值越小，相對的，可以酬載的反制(counter-counter measures, CCM)裝置就更少，而更有利於防禦者進行軟殺(soft-kill)反制作戰。然即使機身重量與彈頭的比值大，而可以裝配更多的先進反反制作戰裝備之自殺式無人機，但因這些飛行載具多未有厚實裝甲之防護，所以防禦者可採取硬殺(hard-kill)手段反制之。

表2 中共各式自殺式無人機性能諸元概略

性能諸元 機 型	機長／ 翼展長 (公斤)	重量 (公斤)	彈頭重 (公斤)	飛行速 度(公里 ／小時)	續航力 (分鐘)	航程 (公里)	控制 範圍 (公里)
CM-501GA	2.0/-	100	20	-	-	70	5-40
CM-501XA	2.0/-	100	8.5	-	30	70	60
彩虹-901	1.2/-	9	-	150	40	70	15
飛鴻-901	1.0/1.3	9	3.5	180	120	300	15
飛龍-60B	1.8/2.5	60	10	-	-	100	-
ZT-180	2.8/2.6	180	40	260+	360	1,500	-
衛士-43	3.4/-	220	20	120+	30	60	60

資料來源：依據本文章內容彙整之。

二、強化反制中共自殺式無人機之作戰武力

關於臺灣強化反制中共自殺式無人機之作戰武力方面，以下將從硬殺反制與軟殺反制等兩大面向論之。

(一)硬殺反制

自第一次世界大戰飛機用於對地偵察與攻擊以降，戰機對地攻擊之作戰模式遂為硬殺手段之一環，時至今日，仍是各國應對無人機的主流，而未來面對中共無人機之作戰，國軍也將整合既有的飛彈體系與機炮作為，形塑硬殺反制之主要武器。¹⁰⁶

105 編輯部，〈俄RUD-250無人機亮相戰場〉，《人民網》，2023年6月6日，〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2023/0606/c1011-40007587.html>〉。

106 涂巨旻，〈國軍買26套固定式無人機反制系統後 硬殺、機動化都是「藍海」〉，《自由時報》，2025年1月19日，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4928090>〉。

整合飛彈與機炮之硬殺手段，既是當代反制無人機的主流，也是共軍運用無人機遂行對臺作戰的重要手段。然在此所要強調的是，整合飛彈與機炮這種彈炮合一之武器及其反制共軍自殺式無人機的侷限，特別是10公斤以下之小型自殺式無人機的問題。鑑於中共對臺作戰越來越側重化整為零之戰術作為，共軍各式小型無人機之攻擊目標，亦將未必侷限在國軍固定之軍事通訊、管制與指揮中樞等重要節點，以及諸如主力戰車、裝甲運兵車與拖曳火炮等移動車輛；更為重要的是，共軍為徹底消除臺灣化整為零之小部隊對其產生的威脅，不排除運用自殺式無人機攻擊之，而彩虹-901、飛鴻-901與飛鴻-901A等小型無人機都是攻擊國軍小部隊戰鬥人員的有力武器，特別是重量3.5公斤與彈頭重0.5公斤之配備光電與紅外線感測器的飛鴻-901A自殺式無人機，極可能成為狙擊國軍各級部隊有生力量的殺手。

其次，考量國軍彈炮合一武器系統數量有限，且該類型武器都需要車載，故並非連級單位可用於反制小型自殺式無人機的武器，更遑論排級以下的作戰單位。然基於中共現役自殺式無人機之速度較慢，且除了飛鴻-901A自殺式無人機之外，其餘各式自殺式無人機之機長都超過1公尺以上，因此，國軍只需善加運用現有之武器與技術，即可打造出獵殺共軍自殺式無人機的利器。例如，在俄烏戰爭中，烏克蘭士兵即運用六挺聯結在一起之AK-47自動步槍，作為擊毀俄羅斯無人機之廉價而有實用的防空機槍，可資參考。¹⁰⁷

職是之故，當前國軍在強化反制中共自殺式無人機之硬殺方面，除了應持續建構彈炮一體的武器系統與作戰模式之外，還應重視研製供單兵攜帶之殺傷力強的小口徑防空機槍，並將此列為班級以上之小部隊的標準配備。據此，國軍即可建構較為完整之反制中共自殺式無人機的硬殺戰力。再者，值得關注的是，目前國內軍事專家或學者，對反制中共無人機之炮彈結合的硬殺手段之論述仍有諸多盲點，此即應對中共自殺無人機的作戰模式，不宜侷限在俄烏戰爭之

同一時間內的單一或少數無人機攻擊來襲的模式，而是考量多達數百，乃至上千之蜂群戰術來襲時的相應之道。

換言之，國軍絕不能只依靠現今諸多軍事專家提出反制無人機之硬殺手段的通論，而更應思考如何進行源頭打擊，以及建構相對應之作戰武器，以期能有釜底抽薪之法，進而徹底或盡量去除敵可能採取蜂群作戰之發射平臺，給予敵致命性的打擊。若然，當前就必須重視與思考～如何在國軍岸基反艦飛彈與防空陣地，一旦臨戰都將成為中共火箭軍短程彈道飛彈、陸軍衛士系統遠程火箭與各式戰鬥機、戰鬥轟炸機或無人機，對其發動多層次、多波次打擊的目標。換言之，在此情勢之下，國軍猶能對中共自殺式無人機蜂群的發射平臺進行致命的打擊；抑或是，適時掌控與運用相應的作戰方式與武器系統據以反制，允為落實反制中共蜂群無人機來襲，亟待謀劃與補強之道。

(二)軟殺反制

不同於以摧毀或擊毀武器的軍事武器或作戰裝備之硬殺手段，軟殺手段則是強調使具有威脅之武器或裝備失能，使其無法有效運作之作戰方式。然就當代反制自殺式無人機的軟殺手段而言，以下三項都是當前與未來國軍可資運用的作戰方式：

其一，電子作戰。這是運用中共無人機（包括自殺式無人機）普遍裝配光電儀器之特性，而採用電子干擾技術，使來襲之敵機喪失作戰效能或自行墜毀的反自殺式無人機之作戰方式。基於包括無人機在內之中共各型無人機均配備精密電子儀器之故，現今國軍已在各營區、博愛特區與臺灣島內之重要政治與經濟據點、關鍵性基礎設施列裝反無人機之電子作戰裝備。¹⁰⁸

其二，雷射武器。承上所述，中共包括自殺式無人機在內之無人機都普遍裝配光電儀器，因此，運用雷射武器使敵機之光學裝備失能或損壞，而無法有效運作，也是一種相當重要之反制自殺式無人機的手段。¹⁰⁹目前，臺灣尚未有此類型之反制無人機作戰武器，然美國已有相當成熟之反制無人機的雷射武器，且正在加強接戰速度。¹¹⁰基於反無人機之雷射

107 劉宇捷，〈六聯裝AK-47防空機槍？幕後製作、優劣評比看這裡〉，《自由時報》，2023年7月8日，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4357766>〉。

108 涂巨旻，〈研究機炮結合AI 國軍反無人機要「軟硬兼施」〉，《自由時報》，2025年3月3日，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4967583>〉。

109 蔡馥宇譯，〈「寰宇韜略」加速整合技術 反制無人機威脅（下）〉，《青年日報》，2025年1月4日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1735427&type=forum>〉。

110 Alan Chen，〈增加接戰效率，美軍訓練AI操作雷射反無人機〉，《科技新報》，2025年2月20日，〈<https://technews.tw/2025/02/20/us-navy-is-training-ai-to-shoot-laser-for-cuas-missions/>〉。 & 陳成良譯，〈反制無人機威脅 美軍在中東實

是戰術性武器，且臺灣是美國最大的武器出口國之一，未來應可在華府的同意下購得反無人機之雷射武器。

其三，高功率微波(High-Power Microwave, HPM)武器。除了雷射武器之外，美國當前在反無人機之高功率微波武器發展方面，也取得一定成果，而正在朝反制自殺式無人機的蜂群攻擊作戰之途努力。¹¹¹然與雷射武器一樣，臺灣未來只有經由向美國購置高功率微波武器，才能建構更為完善之反制中共自殺式無人機的蜂群攻擊作戰。

伍、結語

當前，無人機在俄烏戰場成為最吸睛的武器，然因烏克蘭部隊大量使用美國無人機打擊俄羅斯的入侵部隊，故許多美國無人機廣為世人所熟知；相對的，北京對俄烏戰爭所採取的立場是中立，而不會對參戰國出售軍用無人機，所以，世人對中共無人機的所知就較為有限。實際上，因為美製無人機戰力不佳，且價格昂貴，烏克蘭軍方多有抱怨，遂轉而採用價格相對低廉，而可以大量採購的中共民用無人機並加以改裝，使之攜帶彈藥，即成為攻擊俄軍與黑海艦隊水面戰艦最佳的自殺式無人機。¹¹²

至於俄羅斯，從俄烏戰爭開戰之後，即多方採購中共民用無人機進行改裝，使之成為搜索、監視、偵察與打擊烏軍隊的重要軍備。中共民營企業所研製的無人機，廣受俄軍喜愛，此期間，尤以深圳大疆創新科技有限公司(SZ Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd.)研製的無人機最受俄軍喜愛。¹¹³有趣的是，大疆的產品也頗受烏克蘭的青睞，也被烏軍大量採購與改裝，用於攻擊俄軍。¹¹⁴

由上觀之，中共不只有專為軍方使用而設計的自

殺式無人機，且即使民營企業研製的民用無人機，經過改裝之後，亦優於美國軍用自殺式無人機。不只如此，中共民用無人機的價格低廉，相當有利於俄、烏兩國爭相採購與列裝。有鑑於此，包括中共在內的各國自殺式無人機，大都有速度慢、目標大之缺陷，只要國軍能夠建構相應的反制武器裝備，中共的自殺式無人機亦非無懈可擊的武器。

所謂「天下攘攘，皆為利往；天下熙熙，皆為利來」，在國內與國外龐大無人機之經濟利益的驅使下，二十一世紀之中共研製包括自殺式無人機在內的各類型民營企業，猶如雨後春筍般地創設，且多有驚世之作。即以自殺式無人機而言，深圳致空科技有限公司(SZ Zhikong Equipment Manufacturing Corporation, Ltd.)最近才成功研製的Y20和Y35等兩款自殺式無人機，就是相當值得重視的產品。前者的最大飛行速度每小時150公里，續航力6小時，航程900公里；後者的最大飛行速度每小時也是150公里，然其續航力高達8小時，航程遠達1,200公里。如此情勢，不只有助於中共實現遠程自殺式無人機的價格低廉化，而能夠大量購置與列裝，¹¹⁵且還可大大提升研製此類武器的科技，取得更大的突破與創新，拉大美中的研製科技落差。據此，或論中共是當前最有可能會率先發展出全球首款跨洲際的自殺式無人機國家。¹¹⁶

作者簡介

林宗達 博士

國際軍務雜誌社社長

國立臺灣大學政治學博士

測雷射武器圖型》，《自由時報》，2024年3月4日，<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4596778>>。

111 魏光志，〈「軍事論壇」美研發微波武器 反制無人機威脅〉，《青年日報》，2024年9月24日，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1710459&type=forum>>。

112 編輯部，〈漏氣！美製無人機戰力不佳 烏克蘭軍方被迫改用中國產品〉，《上報》，2024年4月12日，<<https://today.line.me/tw/v2/article/GgpjDO5>>。

113 李淨，〈俄羅斯將軍讚中國無人機幫助俄軍 大疆急發聲〉，《大紀元》，2022年8月14日，<<https://www.epochtimes.com/b5/22/8/13/n13802020.htm>>。

114 周辰陽，〈美製無人機戰場表現太差 烏克蘭改用中製大疆產品〉，《世界新聞網》，2024年4月11日，<<https://www.worldjournal.com/wj/story/121339/7892145>>。

115 編輯部，〈1200公里的巡飛彈來了，自主識別目標，48發齊射摧殘對手〉，《網易》，2024年6月4日，<<https://c.m.163.com/news/a/J3SB3RGP05564VJT.html>>。

116 編輯部，〈全球首款跨洲際巡飛彈，或在中國誕生，轟6K載彈量有望翻N倍〉，《搜狐》，2023年7月21日，<https://www.sohu.com/a/704915443_121452400>。