



軍事作戰

DOI:10.29683/AFOB.202501_(240).0003

中共無人機繞臺對空軍之威脅與影響 (以TB-001無人機為例)

空軍少校 黃耀霆、空軍中校 陳則佑

提

要

無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)的起源最早可追溯至19世紀晚期，到了20世紀中期，隨著無人機在以阿戰爭和黎巴嫩戰爭的貢獻，進一步證明了其投入軍事作戰的發展潛力，2012年，中共軍方透過「珠海航展」大量曝光軍用無人機並展示其性能，被主辦方認為是最成功的一次，2023年4月，中共藉由舉辦「環臺軍事演練」，更是首次運用TB-001中長程無人機(Medium-altitude long-endurance UAV)以逆時針的方向完成繞臺動作，其動作之意涵耐人尋味，本文透過政治面、作戰面以及防空面等多面向視角探討中長程無人機繞臺之意涵，以分析其對我軍之防空與作戰威脅與影響，隨著中共在中長程無人機的運用相較以往，更有可能針對我東部空軍基地的防空及作戰構成威脅，不可不慎。

筆者將針對中共無人機繞臺行動之意涵，未來對我空軍實際威脅與影響進行研析及探討。

關鍵詞：珠海航空展、中長程無人機、繞臺意涵、TB-001。

壹、前言

無人載具的起源被認為是1896年5月6日，蘭利博士(Samuel Pierpont Langley)曾發射一架蒸氣動力飛機，飛越了美國東岸的波多馬克河，而造就在航



空史上被認為是比重大於空氣的飛行器進行的首次持續動力飛行^{〔註1〕}，若時間拉回現代戰爭的運用上，1947年的「以阿戰爭」以色列首先使用無人遙控飛機(Remotely Piloted Vehicle, RPV)作為戰場監偵裝備^{〔註2〕}。

不過，RPV通常僅用於較短航程的任務，仍需要遠端飛行員進行手動的遙控駕駛^{〔註4〕}，並且在1982年黎巴嫩戰爭中有較廣泛的運用，1998年以色列首次亮相的Hermes 1500系列與既往擔任短程任務的小型無人機不同，這款大型無人機(Large Unmanned aerial vehicle, LUAV)隨後投入於2006年黎巴嫩戰爭，為以色列提供了重要且關鍵的偵查與情報任務^{〔註4〕}，更被視為無人機擴張的決定性關鍵，有了這些成功經驗後，無人機發展成為各國在軍備上相互競爭的主要項目^{〔註5〕}。

然而，近年來隨著中共無人機頻繁的繞臺行動，使得中共無人機的議題對我軍應對上構成探討之必要，事實上，中共針對無人機的研製在早期就已經多次投入技術及資金，譬如2009年10月1日於國慶閱兵展示的ASN-207無人機，以及2011推出的SW-1天翼號，象徵了共軍早已重視軍用無人機的相關發展^{〔註6〕}，乃至2010年至2020年間，中國的無人機性能蓬勃發展。

透過近年備受矚目的中國國際航空航天博覽會(簡稱珠海航展)歷年展示情況探討其發展歷程，例如2012年第九屆珠海航展上，展示了諸多中、近程戰術無人機，除手持起飛的單兵無人機，也有車載中型無人機等，被主辦方喻為最為成功的一次展覽^{〔註7〕}；第十一屆珠海航展於2016年11月在廣東珠海舉辦，其中來自42個國家700多家廠牌參展(境外展商約占45%)^{〔註8〕}，展示內容包括各型飛機、飛彈及雷達系統等60多款型號900多件武器與裝備等，這年也是TB-001無人機首次曝光的一年，其體積與以色列的Hermes 1500系列同屬大型無人機，由四川騰盾公司研製^{〔註9〕}，起初設計於民間使用，但在其後續的珠海航展中可觀察到，其運用慢慢導入軍事發展，於2022年第十三屆珠海航展上，更展示了TB-001無人機擁有攜掛武器彈

註1 洪兆宇，〈無人飛行載具過去、現在及未來〉，《陸軍學術月刊》，第39卷第456期，2003年3月。

註2 紐先鍾，〈以色列的國防工業經驗與教訓〉，《國防雜誌》，第2卷第11期，1987年5月。

註3 賴盈誌，〈讓我替你飛——無人機機型大盤點〉，《科學月刊》，2020年3月1日。〈<https://www.scimonth.com.tw/archives/3723>〉(檢索日期：2024年1月5日)。

註4 鄧詠政，〈中共無人飛行載具發展及作戰運用之研析〉，《陸軍步兵季刊》，第23卷第7期，2010年9月。

註5 Borg, S, "Assembling Israeli drone warfare: Loitering surveillance and operational sustainability," Security dialogue, 2021 〈<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0967010620956796>〉(檢索日期：2023年12月1日)。

註6 歐錫富，〈解放軍空軍4代戰機的衝擊與影響〉，《國防雜誌》，第26卷第2期，2011年4月。

註7 中國航太科技集團，〈第九屆中國航展〉，2014年11月10日。〈<http://zhuantian.spacechina.com/n1952846/n1952979/c1953343/content.html>〉(檢索日期：2023年10月24日)。

註8 應紹基，〈中共反介入戰略的新武器：新一代軍用無人機〉，2021年3月4日。〈<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202009240343.aspx>〉(檢索日期：2024年1月5日)。

註9 蘇紫雲、洪瑞閔，〈國防科技趨勢—中共新世代軍事科技評估〉，五南圖書出版，2021年，頁120。



藥的設計^{【註10】}，後續更外銷至沙烏地阿拉伯，合約達74億美元。^{【註11】}

以上，珠海航展公開了TB-001無人機相關性能諸元與應用，而在對外公開的背後更具有軍事和政治層面的意義，2023年4月28日中共藉「環臺軍事演習」首次運用TB-001無人機逆時針繞臺一周，號稱是對付我國的「斬首利器」，其意涵耐人尋味，因此，為了面對逐漸升高的中共軍用無人機威脅，我們不僅需要從戰略思維上預警並且研擬因應之道，也需要更多觀點的面向協助我空軍打開中共派遣TB-001無人機繞臺的神秘面紗，以抵制中共企圖利用「攻心戰」擊潰我民心士氣之意圖^{【註12】}。

回到空中作戰的層面，無人機技術發展及應用範圍十分廣泛，其特點具備了成本低廉並節省人力資源^{【註13】}，同時，新一代的無人機核心將會鎖定在飛控、遙控、導航設備和人工智慧等技術，共軍在無人機的發展中又以中國航天科技集團的研發成果為龍頭，被視中國大陸研究航太科技的測試基地，用於商規和軍規的測試使用^{【註14】}。總體而言，中共在無人機的研發，受制於西方國家關鍵技術等限制，反而催生了自主研發的能量，進而藉由航空展上大放異彩，彰顯其無人機開發實力與其未來性^{【註15】}。

戰時因無人機運用不計人員傷亡等優勢，可執行的任務複雜程度及風險，比起實體戰鬥機而言更利於運用，且能及時提供戰場相關資訊，進而成為致勝關鍵因素之一，若以貝卡山谷戰役、科索沃戰爭、波斯灣戰爭及美軍對阿富汗之斬首行動中，其共通點均運用無人機執行監視、偵蒐、目標分析、定位、通訊中繼載臺、攻擊及損勘等任務，取代戰轟機執行高風險性之作戰任務，串聯各軍種執行相關聯戰作為^{【註16】}，綜上所述，如何削弱或癱瘓敵空中作戰能力，利用無人機投入戰場掌握相關情資及偵蒐能力已是現代戰爭環境中不可或缺的趨勢，特別是近年中長程、長

註10 陳筠，〈珠海航展落幕 專家評中國新武器和無人機研發〉，《美國之音》，2021年10月5日。〈<https://www.voacantonese.com/a/the-booming-chinese-drone-industry-aiming-at-defense-and-offense-20211005/6257943.html>〉(檢索日期：2023年10月24日)。

註11 蔡雨婷，〈雙尾蠟無人機有何魅力？沙烏地阿拉伯斥資 74 億元向中國進口生產線〉，《新頭殼》，2023年5月18日。〈<https://reurl.cc/aLbLpl>〉(檢索日期：2024年2月14日)。

註12 林子奇，〈鷹蠟繞臺鍛戰力偵察懾壓斬首〉，《大公報》，2023年5月8日。〈<https://www.wenweipo.com/epaper/view/newsDetail/1655274569323384832.html>〉(檢索日期：2024年2月14日)。

註13 時先文，〈有時無人（UAV）勝有人—未來戰爭趨勢〉，《空軍學術雙月刊》，第622期，2011年6月。

註14 劉自強，〈當前中共國防工業組織與人力資源面向分析〉，《國防部整合評估室民國100年自行研究案》，2011年12月。

註15 王齊龍，〈中國高端無人機正「趕超西方」〉，《新華澳報》，2023年12月11日。〈<https://reurl.cc/L4M3aa>〉(檢索日期：2024年1月5日)。

註16 朱正傑，2017/1，〈美國無人機發展之研究—以武裝攻擊型機（UCAV）為例（2000-2015年）〉，《淡江大學國際事務與戰略研究所碩士論文》，頁57。



程無人機與微型自殺型無人機大量於俄烏戰爭中曝光，更彰顯了其重要性。

透過珠海航展的各類無人機種裡鎖定中長程無人機，除了包括「彩虹」、「翼龍」無人機系列之外，由於TB-001無人機的逆時針繞臺動作展現了其機種的獨特性，因此本文將深入探討TB-001無人機對我國空軍作戰可能面臨的威脅及影響進行探討，換言之，藉由瞭解TB-001的發展及其作戰（攻擊）及運用（偵查）意涵，能提升我空軍在防空作戰方面的認知，最後，回到中共可能對我實施的積極情監偵作為，我國應審慎檢討既有條件下如何運用無人機執行電子情蒐及反制因應作為，使我軍有效防護重要情資外洩，確保後續作戰有利態勢，透過公情資料、書報雜誌發表之文章及網路篩選資料作為研究資料來源和圖表整理，並歸納出內容的精度及深度，期許能達到拋磚引玉的關注及研究效果。

貳、中共無人機發展與運用

一、從珠海航展看見中共無人機的發展

中共軍用無人機的發展最早於1950年間，藉由抄襲美國和蘇聯的技術研發之軍用無人機，如伊爾-28等^{〔註17〕}，中共的軍用無人機主要以中央政府主導、透過「產學軍」之研發網絡由上而下地發展及研製^{〔註18〕}，若以中共無人機的公開資訊而言，「珠海航展」可以做為主要觀察的切入點，其中本文就2012、2016以及2022年的發展歷程進行研究，以利其後結合主要客觀事件分析中共無人機對我國空軍之作戰威脅及防空影響。

（一）2012年珠海航展簡析

2012年珠海航展被視為近幾年以來最為成功的一屆，^{〔註19〕}在此次裡中共首次發布了運用手持起飛的單兵作戰無人機，也有中型無人機款式高達25種以上，主要展出了CH-901、翼龍以及彩虹-4，被外界認定是複製外國無人機的設計^{〔註20〕}，在微型無人機方面例如CH-901主要強調了可單兵背負，快速展開、作戰、撤收，以可見光及紅外線(Infrared, IR)技術實施近程戰術偵查及監視能力，並即時回傳資訊至地面作戰部隊，以利導引砲兵射擊或戰車(裝甲車)作戰運用，如此一來便能極大化地搭配陸軍提高戰鬥效能，近

註17 邱越、閻嘉琪，〈高清：中國無人機大會神秘新機搶先看〉，《人民網》，2014年9月10日。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n/2014/0910/c1011-25636054-2.html>〉（檢索日期：2024年2月20日）。

註18 黃安偉，〈中國駭客緊盯美國無人機技術〉，《紐約時報中文網》，2013年9月23日。〈<https://cn.nytimes.com/china/20130922/c22drone/zh-hant/>〉（檢索日期：2024年1月4日）。

註19 同註10。

註20 同註15。



而成為重要的資訊化裝備^{〔註21〕}，戰鬥型無人機為「刀鋒」型無人機；戰術型為「翔雁」與「ASN-104」等兩型無人機；戰略型包括「彩虹(Rainbow)」與「翼龍(Wing Loong)」等兩款無人機，這些顯現出中共擴展無人機的多樣性以利於不同戰場環境下執行作戰任務的發展。

(二)2016年珠海航展簡析

第11屆的珠海航展是中共首次宣稱自主研發多款以及強調多款中長程(Medium-altitude long-endurance, MALE)無人機種問世的一屆，在兩大主要軍用無人機系統裡，均於本次展示升級版本，「彩虹-5」以及「翼龍-2」無人機，^{〔註22〕}前者由中國航太科技集團公司研製，後者由成都飛機工業集團研製，除此之外，還有強調高空高速如「雲影」(Chengdu)無人機，其號稱中國版全球鷹^{〔註23〕}；在微型無人機也有「彩虹-805」、「長空-20」等超音速無人靶機^{〔註24〕}，同年，民間企業四川騰盾公司成立後，即宣布TB-001無人機之研製，並且宣稱主要用於民間和商業用途，諸如非軍用貨物之運輸，TB-001無人機在2017年於東協上首次公開，隨後在多次珠海航展上展出軍用裝備升級版本，根據中共人民網引述專家的說法，這類中高階無人機種的生產及運用，是為了取代部分戰機的能力，同時減少戰鬥人員的傷亡^{〔註25〕}。

(三)2022年珠海航展簡析

距離2012至2022年，無人機技術在經過十年發展以來，中共逐漸在全球作戰無人機市場佔據主導地位，部分原因是國家出資甚鉅，目的在於將中共的武裝力量提升至「世界一流的標準」^{〔註26〕}，中共領導人習近平將無人機描述為「能夠深刻改變戰爭情境的武器」，並在中共十九大上承諾「加快發展無人駕駛的智慧作戰能力」^{〔註27〕}，這些政策宣示以及資金技術的投入

註21 姜國棟，〈從2012年珠海航展看中共大陸無人機發展〉，《尖端科技軍事雜誌》第343期，2013年3月，頁18-64。

註22 人民網，〈第11屆中國國際航空航太博覽會〉。2016年11月3日。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/8221/72028/407069/>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註23 人民軍事網，〈中國雲影無人機首次亮相 多項性能領先全球鷹〉。《環球時報》，2016年11月1日。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2016/1101/c1011-28823941.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註24 微文庫，〈美刊“窺探”中國先進軍用無人機〉。2016年11月6日。〈https://www.gushiciku.cn/dc_tw/54297〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註25 人民網，〈專家：國產無人機可代替有人戰鬥機 未來或上航母〉。2016年10月28日。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2016/1028/c1011-28814351.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註26 何至中，〈淺析中共「人工智慧」之國防運用對我防衛作戰之影響〉，《海軍學術雙月刊》，第56卷第5期，2022年10月，頁72-87。

註27 王金志，珠海航展明星武器遍佈“海陸空天”，《環球時報》，2022年11月7日。〈http://www.xinhuanet.com/mil/2022-11/07/c_1211698409.htm〉(檢索日期：2023年1月3日)。



，使得2022年珠海航展可謂有了「質」的提升，在兩大主要軍用無人機系統（「彩虹-7」及「翼龍-10」）裡，與2016年相比，更強調機身隱形（Stealth）以及突破防線的能力^{〔註28〕}，除了既有軍用無人機型的升級之外，此航展當中更強調TB-001無人機導入攜掛各類武器彈藥的能力，也是首款運用各四具發動機之中共無人機^{〔註29〕}。

二、中共主要武裝攻擊型機的種類與性能

（一）2012年武裝攻擊型機

中共的「彩虹」與「翼龍」型無人機為「察打一體」之武裝攻擊型機，同時具備有外銷國際的水準，這兩款擁有飛行高度6公里以上，滯空時間18個小時以上，作戰半徑長達500公里以上，起飛重量在800公斤以上之作戰能力，可攜掛100公斤的高性能有效載荷量，並且在戰區內可擔負偵查、監視、電子對抗以及火力打擊等任務。^{〔註30〕}

其中彩虹-4無人機（如圖1）航程達到3,500公里，採用了當時新一代遠長航無人機技術，能夠搭配高水準的衛星資料鏈及複合材料加工處理能力^{〔註31〕}，2012年第九屆珠海航展不僅公開其機體，也意味著無人機技術逐漸能在戰略上擴大應用範圍，以翼龍-1無人機（如圖1）為例，其外型參考了美國

圖1. 2012年於航展公開的彩虹-4及翼龍-1



資料來源：本研究整理。

註28 同註9。

註29 魏齊，〈里程碑！中國大型無人機編隊飛行，軍事專家解讀〉。《環球時報》，2023年6月30日，〈http://www.news.cn/mil/2023-06/30/c_1212239401.htm〉（檢索日期：2024年1月9日）。

註30 中華人民共和國官網，〈“翼龍”無人機系統實物亮相珠海航展〉。2012年11月13日。〈http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/jrzq/2012-11/13/content_2264258.htm〉（檢索日期：2024年1月5日）。

註31 Mark McDonald，〈中國無人機珠海航展初露鋒芒〉。《紐約時報中文網》2012年11月29日，〈<https://cn.nytimes.com/china/20121129/c29drones/zh-hant/>〉（檢索日期：2023年11月24日）。



的MQ-1(又名為掠奪者)，在通訊功能上有所提升，使得翼龍-1能透過中共軍方搖控，將需要的軍事情資即時回傳至中共情報中心運用^{〔註32〕}。

此外孔徑雷達、精密導航搭載於長程無人機之中，使偵查過程中更維持長時間不中斷的探測，以及在攻擊武器上之精準度，具有一定的威脅性，其中精確導航武器系統得以讓工程師依照路程設計飛行路徑，實現自動駕駛能力^{〔註33〕}，相關性能比較如表1。

表1. 2012年珠海航展主要機種整理

機型名稱	彩虹-4	翼龍-1
最大起飛重量(公斤)	4,500	1,100
續航時間(小時)	35	20
作戰半徑(公里)	約 1,000	200
使用升限(公尺)	7,200	5,000
巡航速度 (公里/時速)	180	150
最大速度 (公里/時速)	350	280
任務載荷(公斤)	345	310
全機長度(公尺)	11	9
機翼長度(公尺)	18	20
配載武器	可攜帶4枚小型導 航炸彈	可攜帶8枚輕型飛彈
航電設備	合成孔徑雷達	

資料來源：本研究整理。

(二)2016年武裝攻擊型機

2016年珠海航展強調軍用無人機機種性能提升，「彩虹-5」同樣屬於大型「偵打一體」無人機(如圖2)，翼展達21公尺，巡航高度3,000至5,000公尺，最大升限8,300公尺，最大續航時間40個小時，最大飛行速度300公里/時速，最大起飛重量3,300公斤，任務載荷重量500公斤^{〔註34〕}，可透過共用資料鏈路技術，與CH-3和CH-4無人機鏈結，該無人機於2015年8月進行了首飛，並於2017年7月進行了首次航展飛行(在河北省北部)^{〔註35〕}。

彩虹-5的性能與美國的MQ-9「死神」定位用途類似；但價格可能不到後者的一半^{〔註36〕}，顯現出其外銷競爭能力，彩虹-5比起當時中共過去研製的同類型無人機提升了翼展長度到21公尺，並研製出了關鍵發動機技術^{〔註37〕}

註32 蔡志銓，〈共軍無人飛行載具發展現況與我海軍因應作為〉。《海軍學術雙月刊》，第54卷第2期，頁23-26，2022年4月。

註33 同註15。

註34 徐康榮、孫亦韜，〈中共運用無人載具對我海軍艦隊作戰影響〉。《海軍學術雙月刊》，第55期第5卷，頁72-85，2018年10月。

註35 安，〈中國CH-5無人機完成試飛〉。《新華網》，2017年7月15日，〈http://www.xinhuanet.com/english/2017-07/15/c_136446198_3.htm〉(檢索日期：2024年1月5日)。

註36 Xiang Bo, "Production variant of China's CH-5 drone completes trial flight," Xinhua net, 2017/7/14/<<https://defpost.com/chinas-ch-5-drone-completes-trial-flight/>>(檢索日期：2024年1月5日)。

註37 根據馮光燦，周明，〈重油航空活塞發動機技術路線分析〉。《清華大學學報(自然科學版)》，2016年，第56卷



」，擺脫過往歐美壟斷發動機技術的局面^{〔註38〕}，象徵中共首次成功的朝向察打一體之大型無人機技術邁進，「翼龍-2」亦同樣屬於察打一體的長程無人機(如圖2)，除了續航時間可達32小時，最大特色為可攜掛6枚飛彈^{〔註39〕}，值

圖2. 2016年於航展公開的彩虹-5及翼龍-2



資料來源：本研究整理。

得一提的是，2018年珠海航展曝光翼龍-2的改良版，名為「攻擊-2」，目前已確定編入中共解放軍^{〔註40〕}，「翼龍-2」旨在執行監視和空中偵察等任務，目的也是為了在沙烏地區打開軍武貿易大門^{〔註41〕}，僅須由一名操作員使用控制站，透過數據通訊鏈路接收來自

表2. 2016年珠海航展主要機種整理

機型名稱	彩虹-5	翼龍-2
起飛重量(公斤)	2,720	4,200
續航時間(小時)	40	32
作戰半徑(公里)	1,700	1,500
最大升限(公尺)	9,000	9,900
巡航速度(公里/時速)	480	160
任務載荷(公里/時速)	300	370
全機長度(公尺)	450	480
機翼長度(公尺)	11.2	11
配載武器	最多可攜帶16枚空對地飛彈，包含80公斤級AR-1空對地飛彈	可攜帶12枚空對地飛彈，包含80公斤級AR-1空對地飛彈
航電設備	合成孔徑雷達	

資料來源：本研究整理。

第10期，頁1114-1121的研究，重油發動機(重燃料飛機活塞發動機)比起與傳統汽油活塞引擎相比有幾種優勢，包括：引擎安全性更高，用料容易取得、後勤保障簡易、高度特性好(適合長高空飛行)以及通用性強、應用前景廣闊。

註38 王宏、李偉，〈「彩虹」-5無人機的五個優點〉，《中國青年報》，2016年12月30日，〈https://zqb.cyol.com/html/2016-12/30/nw.D110000zgqnb_20161230_1-06.htm〉(檢索日期：2024年1月5日)。



無人機的有效訊息，運用於各項戰訓任務之中，相關性能比較如表2。

(三) 2022年武裝攻擊型機

2022年珠海航展強調提升具備隱形作戰能力，將「戰術級」提升為「戰略級」無人機^{〔註42〕}，預計均於2025年正式服役運用^{〔註43〕}，「彩虹-7」無人機(如圖3)擁有機長10公尺，翼展22公尺，最大起飛重量達13,000公斤，並能利用隱形與長航時的性能，執行偵察監視任務，目前尚在研製階段^{〔註44〕}。

「翼龍-3」無人機(如圖3)擁有機長12.2公尺，翼展22公尺，最大起飛

圖3. 2022年航展公開的彩虹-7及翼龍-3



資料來源：本研究整理。

重量6,200公斤^{〔註45〕}，並在航展首次公開，是高空長航時(High-altitude long-endurance, HALE)無人機，具隱身特性，用於偵察和精確打擊任務^{〔註46〕}，根據中共宣稱，翼龍-3宛如「炸彈卡車」，採用雙連裝掛架時最多可

註39 張現傑，〈無人機與陸航遂行國土防衛作戰之研究—以反登陸作戰為例〉，《航空兵暨特種作戰部隊半年刊》，第77卷3期，2023年6月，頁1-29。

註40 李國偉、李偉與楊茹，〈攻擊-2型無人機可以用來幹什麼〉，《無人機網》，2018年11月29日。〈http://m.xinhuanet.com/mil/2018-11/29/c_1210005173.htm〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註41 人民網，〈中國翼龍II無人機：世界一流可“無人”操控〉。2017年3月01日。〈<http://ccnews.people.com.cn/BIG5/n1/2017/0301/c141677-29115708.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註42 曾復生，〈國際無人機軍備競賽與戰略意涵研析〉。2023年4月20日。《中國青年報》，〈<https://www.npf.org.tw/2/25746>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註43 Military Factory, 2022/11/8/ “Chengdu (AVIC)Wing-Loong III (Pterodactyl III),” Chinese Drone Aircraft, 〈https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=2560〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註44 楊幼蘭，〈陸4代機搭檔 彩虹7隱形無人機揭神秘面紗〉。2018年11月05日。《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20181105003100-260417?chdtv>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註45 晨楓，〈翼龍-3不簡單〉。2022年11月10日。《觀風聞》，〈<https://user.guancha.cn/main/content?id=882074>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註46 同註解38。



攜掛16枚導彈或炸彈，不僅能用於偵查，亦可對地目標進行攻擊，發揮戰場即時運用^{〔註47〕}，相關性能比較如表3。

三、TB-001無人機作戰能力與運用

根據《簡氏世界飛機年鑑》(Jane's All the World's Aircraft)的整理，TB-001無人機(如圖4、5)的設計目的是能夠在機身中部的貨艙內搭載感測器和通訊設備，從而支援在陡峭的山區內解決無線電傳輸困難的地區執行資訊中繼^{〔註48〕}，儘管四川騰盾科技當時並未承認TB-001無人機的軍事用途，但已證實該機在2017年的中國東協博覽會上進行的地面展示

，就搭載了紅外/電子

光學攝像匣艙^{〔註49〕}，2021年TB-001無人機被進一步證實有攜掛24枚武器之能力，這些資訊使得該機種很可能成為中共外來採納之軍用無人機^{〔註50〕}，在簡述了TB-001無人機的基本性能之後，接下來將分為基本性能、作戰面及運用面進行探討研究。

表3. 2022年珠海航展主要機種整理

機型名稱	彩虹-7	翼龍-3
最大起飛(公斤)	13,000	6,200
續航時間(小時)	研製中	40
作戰半徑(公里)	3,500	2,000-2,500
最大升限(公尺)	10,000	10,000
巡航速度(公里/時速)	研製中	260
任務載荷(公斤/時速)	研製中	370
全機長度(公尺)	研製中	2,000
機身高度(公尺)	10	11
機翼長度(公尺)	22	24
配載武器	預計可攜帶巡弋飛彈或雷射導航炸彈	攜帶8枚巡弋飛彈彈頭
航電設備	有源相控陣雷達	

資料來源：本研究整理。



圖4. TB-001(雙尾蠍D)正面照

註47 中國即時，〈珠海航展 | 反無人機戰鬥群 航展露真容〉。2022年11月8日。《大公文匯》，〈<https://reurl.cc/Qel5Xp>〉(檢索日期：2023年1月3日)。

註48 Oishee Majumdar, "China deploys UAVs near Taiwan, Japan," Janes, 2020/1/17/, 〈<https://www.janes.com/defence-news/news-detail/china-deploys-uavs-near-taiwan-japan>〉(檢索日期：2023年12月2日)。

註49 許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉，《海軍學術雙月刊》，第55卷第5期，2017年10月。

註50 歐錫富，〈解放軍幹擾日本周邊海空域〉。2021年9月2日。《國防安全研究院》，〈<https://indsr.org.tw/>〉



(一)TB-001基本性能

與中共兩大武裝攻擊型機的前輩不同，TB-001無人機原先用途目的是定位於商用無人機，目的僅是為了偵查與空拍^{〔註51〕}，但如今中共將其定義為偵打一體之武裝攻擊型無人機^{〔註52〕}



圖5. 2022年航展公開的TB-001

，根據製造商四川騰盾科創股份有限公司(CASC)網站的說明，TB-001無人機為中高度、長航時之無人機，由兩具發動機提供動力，外觀具雙尾翼，可以攜掛相關武器和監視感測器在空中停留時間達35小時，航程約6,000公里，系統能夠與衛星通訊技術相容，並可投射空地飛彈，公情宣稱機身長10公尺，翼展20公尺，高3.1公尺，最大起飛重量3.2公噸，最高巡航速度280公里/時速，最高飛行高度約9,500公尺^{〔註53〕}，相關諸元如表4。

表4. TB-001 性能一覽

機種	TB-001(又名雙尾蠟D)
起飛重量(公噸)	4.35
續航時間(小時)	35
作戰半徑(公里)	3,000
最高升限(公尺)	8,000
巡航速度(公里/時速)	280
武器載荷(公斤)	250
全機長度(公尺)	10.5
翼展(公尺)	20
配載武器	最多可攜帶24枚飛彈，包含AR-2、AR-4空對地飛彈
輔助裝備	合成孔徑雷達

資料來源：本研究整理。

focus?typeid=23&uid=11&pid=188>(檢索日期：2023年1月4日)。

註51 Top war, “In China, tested a new heavy three-engine drone,” Top War, 2020/1/18/<<https://en.topwar.ru/166872-v-kitae-ispytali-novyy-tjazhelyj-trehdvigatelnyj-bespilotnik.html>>(檢索日期：2023年1月3日)。

註52 軍情觀察，〈解放軍雙向戰巡，無人機三面合圍，鷹蠟繞臺鍛戰力〉。2023年5月08日。《大公文匯》，<<https://reurl.cc/lgeKbY>>(檢索日期：2023年1月4日)。

註53 四川騰盾科創股份有限公司，〈雙尾蠟〉。《四川騰盾科創股份有限公司》，2022年10月，<<https://www.tengden.com/product/6.html>>(檢索日期：2023年11月27日)。



(二) 作戰面

TB-001無人機被認為擁有獨立作戰能力，並且透過遠端操作技術同時可攜掛導引飛彈和炸彈(包括80公斤的AR-4空對地飛彈)，最大射程為8公里，最高速度為735公里/時速，^{〔註54〕}可以使用多種導航方式，其威力足以摧毀輕型車輛、地面武裝人員等目標，^{〔註55〕}其導彈重量經調整後，可承載於四個掛架上使用，運用於摧毀重型裝甲目標和工事設施^{〔註56〕}，AR-4空地飛彈已投入沙烏地阿拉伯市場，其威力之強大，射程可達20公里，可從7,000公尺高度發射，其效果可能優於美國的「地獄火」，而且作戰半徑可達3,000公里，可實現超視距攻擊(Beyond Visual Range, BVR)^{〔註57〕}。

(三) 運用面

TB-001無人機在運用能力方面，可分成偵查及運輸乘載，在偵查方面，TB-001無人機飛行半徑可達8,000公里，最高巡航速度280公里/小時，飛行高度8,000公尺^{〔註58〕}，在運輸乘載方面，TB-001的改良版TB-001D，於2022年10月25日於四川自貢鳳鳴通航機場完成「雙尾蠍D」版本的成功首飛，被認為是全球首款具備四具發動機的大型無人機，並證實有能力攜掛大型貨運吊艙，最大載重重量1.5噸、最大裝載空間5立方公尺，其載彈量增加了原先6倍之多^{〔註59〕}，未來有沒有投入作戰使用，仍有待觀察。

四、珠海航展之無人機性能發展趨勢分析

透過2012、2016及2022年三次的珠海航展觀察中共無人機的研發與作戰性能走向，可以觀察出數個發展趨勢，如大型化、隱匿性、作戰能力以及運輸與戰力保存等面向，並且在性能上也有所變化，相關分析比較如表5及圖6。

根據圖6可以發現TB-001無人機相較於其他機種(除了尚在研製中的彩虹-7)，在作戰半徑以及最大飛彈掛載數量皆為最高，再加上具備「偵打一體」的特性，對我空軍在作戰方面必定提升其威脅性，這也使得TB-001無人機有能力繞臺之偵查活動格外具有意涵。

註54 加特林，〈中國TB001無人機，曝光最強戰鬥力姿態！殲殺敵人於3000公里之外〉。2019年12月1日。《新浪網》，〈<https://jmqlm.sina.cn/spider2/doc-iihnzahi4541799.d.html?vt=4>〉(檢索日期：2023年1月4日)。

註55 洪子傑，〈解放軍不對稱作戰思維之初探〉。《國防情勢特刊》，2020年8月。

註56 蔡雨婷，〈雙尾蠍無人機有何魅力？沙烏地阿拉伯斥資 74 億元向中國進口生產線〉。2023年5月18日。《新頭殼》，〈<https://newtalk.tw/news/view/2023-05-18/871856>〉(檢索日期：2023年1月4日)。

註57 謝露瑩，〈彩虹家族「AR系列空對地導彈亮相中國航展〉。2022年11月8日。《中國網》，〈https://m.china.com.cn/wm/doc_1_8_2367765.html〉(檢索日期：2023年1月4日)。

註58 同註12。

註59 吳賜山，〈全球首款「4發」雙尾蠍無人機成功首飛 6倍載運量嚴重威脅臺海安全〉。2022年10月26日。《新頭殼》，〈<https://reurl.cc/Z9174p>〉(檢索日期：2023年1月4日)。



表5. 珠海航展之無人機性能發展趨勢分析

大型化	無論是彩虹、翼龍、TB-001 等，皆被定義為大型無人機，機翼皆有 20 公尺以上，這表示運載能力、航程和持久性有所提升，使各機種能夠執行更多元的任務，包括遠程偵察、精確打擊和戰場監控，並能夠搭載更多武器裝備，強化戰場運用。
隱匿性	意味著無人機更難被敵方雷達探測，提高在領空執行偵察或打擊任務的生存能力，例如 2022 年航展的彩虹及翼龍系列均強調了隱匿性，不過，TB-001 無人機迄今尚未有隱匿性外型的構改，也成為該武器的弱勢。
作戰能力	無人機可攜掛空對地和空對空武器，顯示出無人機作戰角色的擴展不再僅僅是偵察和監視工具，而可以獨立執行打擊任務的載臺，意味著可依任務屬性完成各項作戰任務，增加作戰彈性。
後勤運輸和戰力保存	可有效克服地理屏障，縮短敵後物資補給、撤離傷員或進行特種作戰支援的時間與窒礙，TB-001 無人機迄今能夠滿足軍民兩用的無人機種。

資料來源：本研究整理。

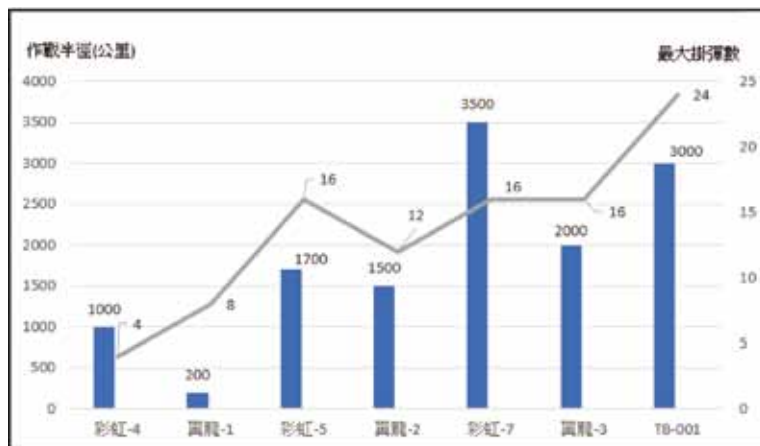


圖6. 中共大型無人機威脅性發展

資料來源：本研究整理。

參、中共無人機的繞臺意涵

一、歷年來中共如何對臺海來犯

在探討TB-001無人機繞臺意涵之際，中共各種機型早已對我國「擾臺常態化」^{【註60】}，然而，本文指出「擾臺」不能與「繞臺」畫上等號，我們需要先知道為什麼「繞臺」對我空軍而言是一件非同小可之事，事實上，中共以各種方式侵犯領空也不是從無人機開始；早在1953年韓戰爆發，為了阻止毛澤東為首的解放軍趁機來犯，美國派遣第七艦隊協防臺灣，隔年，美國總統艾森

註60 張延廷，〈共機常態性擾臺戰略意涵與國人抗敵意志之研究——以2020年為例〉，《新世紀智庫論壇》，第92期，2020年12月，頁46-57。



豪於韓戰後與我國簽訂《中美共同防禦條約》，正式將臺灣納入第一島鏈^{〔註61〕}。

同年，由美國主導由臺灣及中國共同協商確立了防空識別區(Air Defense Identification Zone ADIZ)^{〔註62〕}，以此用於國家安全和空防需要，單方面所劃定的空域，並沒有強制規範能力。

此默契直到2022年8月美國眾議院議長裴洛西(N. Pelosi)訪臺後，中共宣布跨越中線舉行實彈演習區，展開原訂為期三天的「環臺軍事演練」，迄今中共已不承認海峽中線之存在，隔年透過民用無人機頻繁襲擾金門部隊，我國國防部宣布於2023年部署「無人機防禦系統」，應象徵我國面對中共無人機來犯之空防思維到達了新的歷史階段^{〔註63〕}。

二、從「擾臺」到「繞臺」之意涵

海峽中線，在過去2000年至2010年以來，兩岸戰機均以不跨越中線為原則執行各自飛行訓練，直到2019年有2架殲-11戰鬥機跨越中線，隔年中共更是宣稱沒有海峽中線之存在。^{〔註64〕}

自2016年8月，我國防部首度公布共機在我國周邊海域襲擾以來，中共擾臺行為逐漸形成常態化，根據國防部公布資料，自2020年9月迄今，中共大多透過各式戰轟機配合輔戰機種進行襲擾。

可以進一步從政治、軍事及法律三個面向分析，在政治層面，共機可能向美國釋放政治訊息，一方面針對美國對臺灣之軍售交流上表達強烈的譴責，二方面向美國於太平洋之軍演表達不滿，在軍事層面，則是彰顯出中共在空權思維的轉變，從以往的攻守兼備轉化為天空一體，利用輪戰基地換防方式，強化中共各部隊熟悉海上飛行訓練，俾銜接未來戰場環境之實戰化訓練，在法律層面，則是透過修法使臺海定義中國內海化，企圖將對臺行動合理化。

2022年8月，美國眾議院議長裴洛西訪臺，中共各類軍機包括無人機，一口氣跨越包括海峽中線及防空識別區之區域，徹底打破中線共識，並展開長達9日之環臺軍演，針對中共襲擾之趨勢，我國防部針對中共無人機進犯有了防禦新思維。

從圖7中可以得知，藍箭頭是中共戰機諸如殲-16戰機，運-8各式機型試

註61 林瀚城，〈臺灣海峽中線在美中的地位〉，《國會季刊》，第49卷第3期，2021年9月，頁84-106。

註62 黃名璽，〈總統：防空識別區無主權涵義〉，《中央社》，2013年12月26日。〈<https://reurl.cc/4jX4v3>>> (檢索日期：2023年1月4日)。

註63 關鍵評論網，〈國防部將部署無人機防禦系統，學者籲設置防空氣球〉，2022年8月25日，〈<https://www.thenewslens.com/article/172224>> (檢索日期2024年1月5日)。

註64 BBC中文，〈「海峽中線」：中國與臺灣爭議熱點的過去與現在〉。2020年9月23日。《BBC中文網》，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/chinese-news-54248933>> (檢索日期2024年1月5日)。

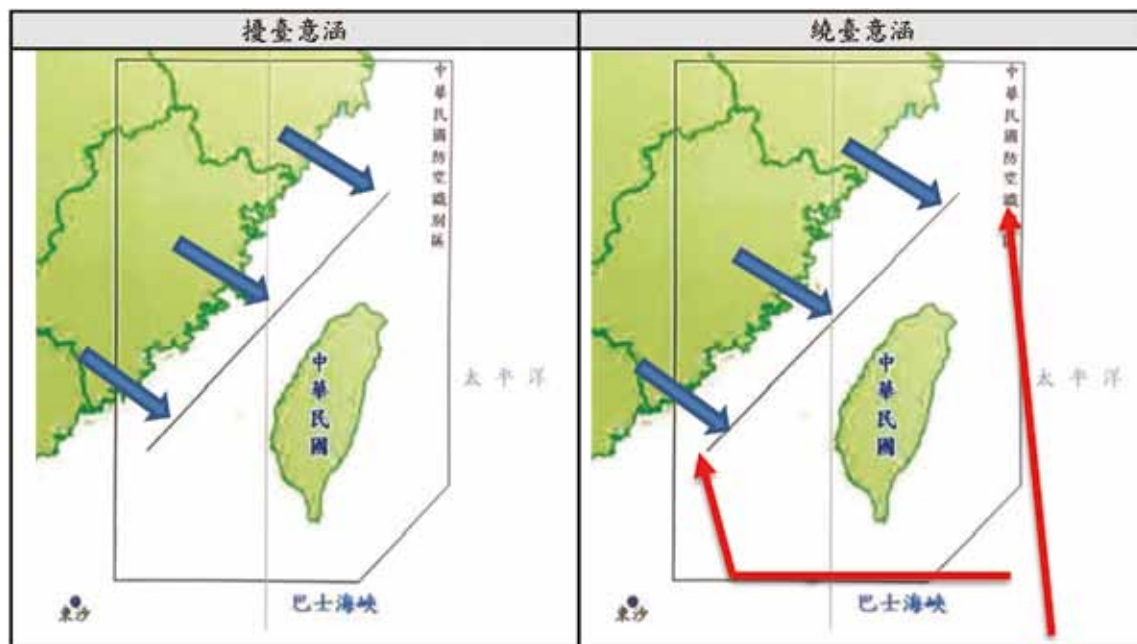


圖7. 從擾臺到繞臺之差異

資料來源：本研究整理。

圖測試臺灣海峽中線的底線，是謂「擾前」，但是紅箭頭則不再以臺海中線為依據，而是逼近臺灣本島領空範圍，並且繞到本島背後，即東部地區，是謂「繞背」，兩種意涵的差異不應混淆一談，但另一方面，擾臺與繞臺的動作可以同時實施，也可以僅實施其中一種，兩種動作並不衝突。

在掌握基礎的意涵概念之後，再結合本文第二章整理的中共無人機發展，並且根據2022年的發展規模來檢視，除了彩虹及翼龍兩大武裝攻擊型無人機系統之外，還有來自TB-001無人機的威脅^[註65]，以下將闡述這些無人機如何搭配中共戰轟機擾臺逐步實現繞臺的過程，並進一步討論其意涵。

三、中共無人機近期繞臺意涵：一個多面向的視角

中共在「常態化擾臺」的軍事策略上，中共近年來經常透過戰轟機對周邊海空域實施「灰色地帶」(Grey-zone)行動，包括襲擾東海、南海以及臺灣海峽，2022年中國無人機首次進入我國的防空識別區，統計有71次無人機侵犯我國領空，在東海及臺海早期出現的無人機包括彩虹4、BZK-005等型機^[註66]。

註65 郭宏章，〈中共無人機TB-001「雙尾蠍」首度繞臺一圈〉。《太報》，2023年4月28日，〈<https://reurl.cc/v0maN1>〉(檢索日期2024年1月5日)。

註66 林蘭，〈中國軍機擾臺2022年增加近一倍 專家解讀〉。《法廣 RFI》，2023年2月18日，〈<https://reurl.cc/4jDYeY>〉(檢索日期2024年2月21日)。



2023年4月27日，中共透過TB-001無人機首次逆時針環繞臺灣飛行，目的是針對在瓜地馬拉總統賈麥岱(Alejandro Giammattei)結束訪臺行程之際，以及美國和南韓共同發表「華盛頓宣言」，重申重視臺海和平穩定的敏感時刻^{〔註67〕}。

故此，本文研究將持續探討中共無人機的繞臺意涵，如何看待中共無人機的繞臺意涵，至少有三個面向作為檢視基礎，首先是作戰面，包括傳統戰機及無人機作戰特性與效果，其次是運用面，包括飛行員身心負荷以及後勤油料影響，最後是政治面，包括心理戰以及恫嚇之影響，以下分別結合具體事件論述之。

(一) 作戰面

針對中國無人機對臺灣防空識別區的襲擾，我國目前已有防空飛彈部署作為應對基礎，並建立了相關預警系統來偵測威脅^{〔註68〕}，這些無人機的威脅主要來自其匿蹤攻擊的能力，在匿蹤有幾個層面，首先是對雷達的匿蹤，因為無人機體積遠小於有人飛機，速度相對也非常小，因此更不易被偵蒐^{〔註69〕}，再加上研判未來中國的新式無人機研發之匿蹤外形以及複合材料機體，大幅減少了地面和預警系統雷達所發現的距離，使得入侵之無人機不易被發現和攔截^{〔註70〕}，例如2022年珠海航展所展出無人機強調了匿蹤功能的研發，而在作戰半徑、續航力以及攜掛武器方面，TB-001無人機將是首要的威脅來源。

國防安全研究院副研究員舒孝煌指出TB-001無人機從宮古海峽出海到臺灣東部目的以情蒐與遠端遙控測試為主，並測試情報偵察與資料回傳能力，國政基金會副研究員曾表示，此次TB-001無人機繞臺之企圖除驗證該型無人機的遠海長航性能外，也有擴張其武力發揚之意涵，從中更看出中共於武力犯臺時對臺灣東部各重要軍事設施直接構成威脅之能力^{〔註71〕}。

根據我國防部所公布的航跡圖(如圖8)可判出，中共運用TB-001無人機自中國福建及廣東省交界處出海飛入我防空識別區西南空域，隨後行經東南

註67 莊志偉，〈中國改派無人機擾臺 臺國安人士：緩解戰機高勤務維修壓力〉，《美國之音》，2023年9月7日。
< <https://www.voacantonese.com/a/pla-drones-around-tw-20230907/7258096.html> > (檢索日期：2023年12月5日)。

註68 史書華、辜樹仁，〈最危險的峽：共機為何轉向臺灣西南角？〉，《天下雜誌》，2021年10月31日，< <https://web.cw.com.tw/taiwan-strait-2021/> > (檢索日期：2023年12月3日)。

註69 曾復生，〈國際無人機軍備競賽與戰略意涵研析〉，《國政研究報告》，2023年4月20日，< <https://www.npf.org.tw/2/25746> > (檢索日期2024年1月5日)。

註70 同註解68。

註71 美國之音，〈最大無人機首次繞臺，解放軍想幹嗎？專家：演練武力犯臺前的這件事〉，《風傳媒》，2023年4月29日，< <https://www.storm.mg/article/4783155> > (檢索日期：2023年12月5日)。



及東部空域，再從北面空域飛返中國，過程中配合，「蘇愷30」戰機、「殲10」戰機、「殲16」戰機、「運8」反潛機、「運8」技偵機等多批次戰轟機及輔戰機種襲擾，逾越海峽中線及我西南空域，對我執行威懾及恫嚇效果。



圖8. TB-001首次以逆時針繞臺路徑

從此次行動為例，可以發現戰轟機（資料來源：本研究整理。

如蘇愷-30、殲-10及殲-16等)僅逾越臺海中線後並未進一步進犯，此為過去較常見的擾臺意涵，但是TB-001無人機並非如此，而是首度透過逆時針的方式繞行臺灣本島東部空域，顯見完成繞臺行動的背後有其後續實戰運用上之考量。

可以發現，中共無人機的繞臺往往結合傳統戰機伴飛，只不過無人機更有能力跨越以往的規範及共識進而完成繞臺行動，具體而言，軍用無人機屬於灰色地帶的競逐領域，正如美國空軍Avery和Fricker指出，無人機對國家而言是一種投資報酬率極高的策略，引發國際批評程度較傳統戰機小^{〔註72〕}，美國加州大學戴維斯分校(UC Davis)也有學者指出，無人機的攻擊比地面部隊的攻擊更具侵略性，無人機軍事行動可以降低在國內和國際上使用武裝部隊的政治成本^{〔註73〕}，使得無人機在作戰層面，可以有效避免人員傷亡，保存其武裝力量，其次是無人機通常價格比起傳統戰機便宜許多，因此有利於降低空軍的人力資源耗損及作戰成本，背後目的為提高我國針對來犯共無人機之抵禦成本。

除了這些路徑行為之意涵外，在作戰層面上也具備實質意義，根據日本

註72 Plaw, Avery and Matthew S. Fricker, "Tracking the Predators: Evaluating the US Drone Campaign in Pakistan," International Studies Perspectives, Vol. 13, No. 4, 2012/4, pp.344-365.

註73 Brunstetter, Daniel and Megan Braun, "The Implications of Drones on the Just War Tradition," Ethics & International Affairs, Vol. 25, No. 3, 2011/9/20, pp.337-358.

註74 同註：72。



《每日新聞》在2023年2月的報導^{〔註74〕}，無人機從偵察朝向攻擊的技術將顛覆既往的制空權概念，這是在於無人機活動的低空域成為新的戰場，其特點是能夠低成本地跨兵種（陸軍、海軍）進行協同作戰，其運用包括偵查、透過將敵人座標回應給砲兵部隊或是導彈系統，更可以提高砲擊的精確度，甚至是結合AI人工智慧技術提高行動自主性等，換言之，中共藉無人機繞臺之成熟，展現出未來對我執行封控階段時，搭配有人機於海上（水下）及空中作戰中運用，我國在制空權和制電磁權上之掌控更加棘手，進而壓縮阻滯敵奪島的反應時間，更影響其他軍事盟友對我國相關的國際援助。

（二）運用面

受制於人體的生理限制，在執行空軍各項作戰任務環境下，長時間對於人體負荷及精神耗損很不可忽視的，因為高性能戰鬥機在進行戰術動作產生6-9個G力(G-force)是稀鬆平常的事，所以抗G動作是每位飛行員必要的技能，但受制於各種情況下（精神或體力狀態不佳的情況等）可能導致飛行員暈厥，稱為G力昏迷(G-LOC)，進而人機兩失，根據美國軍醫研究，一旦執行空軍任務長期下來每達到100小時，就會慢性產生骨骼與肌肉痠痛，光是脊椎疼痛風險就會增加6.9%，有高達20%的高性能戰機飛行員因此患有局部痼疾^{〔註75〕}。

然而，無人機可以免除這些生理上的限制，而能執行長達超過24小時的續航力，並且執行情報、監視和偵察(ISR)、精確打擊、電子戰和資料中繼等任務，可於高空長時間待命，以因應局勢和蒐集情資等作戰，對於我國「戰力保存」作為（東部基地）是個挑戰^{〔註76〕}，換言之，無人機也能替代傳統戰機的例行任務，保留飛行員的身體負荷，可延長戰機的使用壽命、維修和出勤成本。

在偵察方面，除了TB-001無人機首次逆時針繞臺之外，共軍其後也搭配彩虹-4型無人機自東海南下（如圖9），沿臺灣以東之空域向南飛行，並且轉向巴士海峽之後，跨越海峽中線後折返回中國境內，並且搭配傳統戰機實施襲擾^{〔註77〕}，有意圖測試其他無人機機種在情監偵(ISR)的能耐。

註75 Rintala, H., Häkkinen, A., Siitonen, S., & Kyröläinen, H, "Relationships between physical fitness, demands of flight duty, and musculoskeletal symptoms among military pilots," Military medicine, Vol. 180, No. 12, 2015/12, pp.1233-1238.

註76 游太郎，〈漢光演習登場！全臺戰機升空警戒、疏散 全面保存戰力〉。2023年7月23日，《自由時報》，<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4373574>>。（檢索日期：2023年12月6日）。

註77 吳書緯，〈中國36機艦擾臺「彩虹4」型無人機繞臺半圈〉。2023年5月12日，《自由時報》，<<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4299144>>。（檢索日期：2023年12月6日）。



(三) 政治面

中共解放軍除了對我國實施擾臺行動及無人機襲擾外，對於鄰近國家諸如日本亦展現出入侵空域等跡象，亦是針對第一島鏈之國家行使軍事威懾的部份，2021年8月，當時英國皇家海軍伊莉莎白女王號航空母艦與日本海上自衛隊艦艇正在東

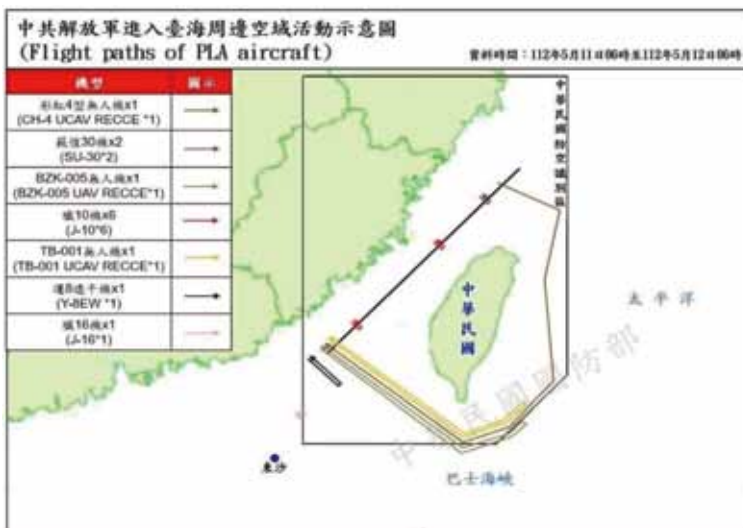


圖9. 彩虹-4首次以順時鐘繞臺路徑

資料來源：本研究整理。

太平洋進行聯合軍演，中共運用TB-001無人機在運9(中型中程戰術運輸機)的隨伴下飛越宮古海峽進入進行相關情蒐^{〔註78〕}，於2022年7月，TB-001無人機沿著同一航線單機航行行經宮古海峽飛往東太平洋(如圖10)，在2022年8月，在美國前眾議

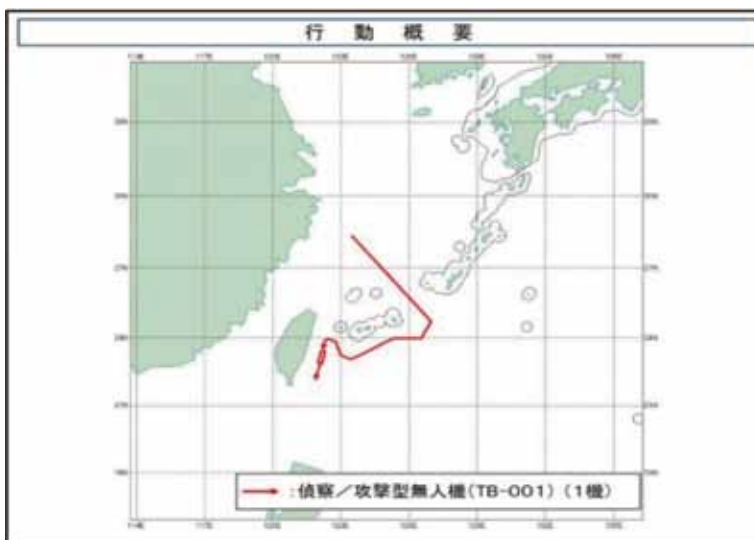


圖10. 日本視角下的TB-001繞臺意涵

資料來源：本研究整理。

院院長裴洛西訪問後宣布於臺灣周邊設立禁航區，實施環臺軍演，當時公情顯示一架TB-001無人機和一架BZK-005無人機也參與本次演習^{〔註79〕}，由此可觀察出其衛星導控能力已具備突破第一島鏈，未來可配合中共航母戰鬥群

註78 陳彥名，〈中共無人機近期於臺灣附近空域活動之研究〉，《展望與探南》，第21卷第6期，2023年6月。

註79 Thomas Nedrick, "Chinese TB-001 Scorpion Drone 'Encircled' Taiwan," The Warzone, 2023/4/28/<<https://www.thedrive.com/the-war-zone/chinese-tb-001-scorpion-drone-encircled-taiwan>>(檢索日期：2023年12月15日)



、長程空中預警機、空中加油機、高超音速導彈等武器裝備，強化區域拒止與反介入能力。

回到在政治面的意涵上，由於我國為島嶼型國家，並不像烏克蘭能在俄烏衝突下持續透過道路後勤與俄國對抗，很可能得仰賴於國際友善軍事盟友提供彈藥補給以及軍備資源對抗中共侵犯，從無人機的偵查範圍可以得知，

運用無人機來突破第一島鏈，以獲取資訊情報很可能並非困難，一旦未來爆發武裝衝突時，中共可以在第一時間內派出偵查無人機來對我國第一島鏈周遭實施偵查及嚇阻，因此若開戰，對於外國欲援助具有一定戰略嚇阻能力，相關繞臺紀錄整理如表6。

型號	類型	首次繞臺
翼龍系列	翼龍-1(攻擊-1)	無明確繞臺日期
	翼龍-2(攻擊-2)	2023年10月4日
	翼龍-3(攻擊-3)	研製中
彩虹系列	彩虹-1	無明確繞臺日期
	彩虹-4	2022年9月17日
	彩虹-5	無明確繞臺日期紀錄
	彩虹-7	研製中
TB-001(又名雙尾蠟)		2023年4月28日繞臺東部一圈 2023年12月22日伴機飛行

表6. 中共主要運用之中長程無人機繞臺紀錄

資料來源：本研究整理。

肆、無人機繞臺對空軍之威脅及影響

一、TB-001無人機繞臺作戰面之威脅影響

延續上一章節將中共無人機對我空軍的威脅及影響，區分為威脅面、運用面以及政治面的多層次視角，結合平時以及戰時狀態之情境，以下分別討論：

(一)威脅面

1. 平時威脅

中共在東海周圍部署了多種類型的中長程無人機，並且利用無人機來加強其在該地區的影響力，並主動藉由無人機執行情監偵任務(ISR)來實現資訊擷取優勢，除了降低人力及燃料成本，也能藉由巡航時間拉長提供長期的偵察(蒐)能力，平時TB-001無人機的活動可視為一種心理作戰和主權宣示行為，透過在我國周邊飛行，中共意圖展現其軍事力量及偵察能力，進而對我國民眾和政府產生心理壓力，此外，這種活動也可能用於收集我國的電子情報和監視我空軍之部署，增加中共對我國的情報優勢，若從路徑圖顯示中共有意圖繞到臺灣東部，很可能是在尋找我國戰力保存之弱點，以利戰時能夠在第一時間掌握情資，並對我東西部進行打擊，試圖限縮我軍戰力發揚。



2. 戰時威脅

在戰時，包括TB-001等中長程無人機的威脅將大幅提升，除了持續進行情蒐活動之外，可能直接攻擊我國的關鍵基礎設施和軍事目標，混亂我空軍之通訊和指揮系統或作為先鋒部隊進行突襲等行動，須注意的是，TB-001無人機擁有3,000公里之作戰距離，這對我空軍來說，意味著必須建立一個高科技、高自動化的反制系統，並迫使我國應在軍事策略和防禦機制上做出相應調整，中共積極開發無人機單兵作戰、密集編隊，還可進一步與傳統戰機搭配作為「忠誠僚機」，增加單一編隊群的武器載臺數量及減少人員耗損的作法，使我空軍即便在人員技術和機種優勢的前提下，中共藉無人機在戰時運用很可能會削弱我方空軍作戰之優勢^{〔註80〕}，考慮到中共各式無人機的威脅，通訊和電戰系統在加速擊殺鏈方面的應用尤其重要，從俄烏戰場學到的經驗顯示，現代戰爭中快速的資訊傳輸和決策速度對勝負有著決定性的影響，針對中共無人機對空作戰可能的威脅項目如表7。

表7. 中共大型無人機對空軍威脅之作戰項目

快速反應與資訊共享	中共擁有北斗衛星系統，可實現的即時資訊共享，從而加快其擊殺鏈的速度，我國應強化自身或友邦的通訊網絡和資訊共享機制，並建立更加快速有效的反擊或防禦體系。
電子戰與反制措施	考慮到電子戰在現代戰爭中的重要性，透過情資，中共已大力投資於電子支援、電子攻擊及電子防護等作為(高新工程)，以發揚各式電子戰能力，我國需要防護相關電子戰反制能力，包括反干擾技術和反制措施，來保障關鍵通訊和指揮系統的正常運作。
破解與干擾	中共可能會採用各種手段來破解或干擾我國的擊殺鏈，包括物理破壞、電磁干擾和資訊損壞等，我國應建立健全的多層次防護體系，從硬體到軟體，從物理到網絡，全方位防護軍事資產。
人力情報與偵蒐能力	考慮到中共可能在我國境內進行人力情報收集和關鍵目標偵蒐，我國應加強內部安全和反間諜工作，並提升自身的偵蒐能力和情報分析能力，以便於早期識別和預防潛在威脅。

資料來源：本研究整理。

綜上所述，我國應從提升自身的快速反應能力、加強電子戰反制作為及建立多層次的防禦系統，以及強化情報收集和分析等方面著手，來應對中共可能採取的作戰策略，這不僅需要技術上的創新和突破，也需要在策略和戰略層面上獲得支持。

註80 盧伯華，〈中國航展亮點：陸國產人工智慧忠誠僚機 武器系統首次亮相〉，《中時新聞網》，2022年11月07日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221107004660-260409? chdtv>〉(檢索日期:2024年2月25日)。



(二) 影響面

1. 平時影響

中長程無人機的平時運用對於我國的長期安全環境造成挑戰，這不僅會影響國軍的防禦部署考量，也可能迫使我國在軍事預算和資源分配上必須做出調整，在我國GDP還尚未達到3%的局勢下，意味著我國防上更須把人民納稅錢「花在刀口上」，也就是國防預算優先性的考量，例如國防部應針對無人機展開相關防禦部署及研究，以強化對抗無人機威脅的能力。

2. 戰時影響

在戰時，中共在中長程無人機的運用可能實施飽和打擊，對我國防空系統極具挑戰，影響我各項軍種的作戰效能和應對能力，特別是我國仰賴愛國者系統來保衛重要設施，以防護我方戰力，但這有成本及彈藥數量等限制^{〔註81〕}，此外，對於民用設施的攻擊可能造成人員傷亡和社會恐慌，進一步損害我國社會秩序和破壞經濟穩定。

二、TB-001無人機繞臺運用面之研析

(一) 威脅面

1. 平時運用威脅

在平時，中長程無人機的運用展示了中共在無人機技術和遠程控制方面的進步，這不僅增強了中共的偵察和監視能力，也提升了其在區域內的軍事影響力，對我國而言，必須持續投資反無人機技術和情報防禦系統的壓力，根據聯合國報告，光是2018年4月至2019年11月期間，利比亞發生了一千多次無人機襲擊，其中800次與翼龍-2有關^{〔註82〕}，此外，還得考量到無人機毋須讓飛行員承受G力以及墜落傷亡的風險，讓中共在開戰初期就能有效運用無人機使我空軍疲於奔命，再藉由中共戰機對我方在空襲擾，使我空軍作戰更為容易遭致不利，另外在兩岸開戰時期可預見的是，石油對傳統戰機是寶貴的資源，因此石油儲備也考驗後勤的能耐。

2. 戰時運用威脅

在戰時，中長程無人機的運用將是中共實施軍事策略的一部分，包括進行精確打擊軍事基礎設施、阻斷敵方通訊和指揮系統、甚至作為先鋒部

註81 Matthew Revels, "Denying Command of the Air: The Future of Taiwan's Air Defense Strategy," *Journal of Indo-Pacific Affairs*, Vol. 6, No. 6, 2023/4/24/, pp.136-145.

註82 United Nations, "Foreign Involvement in Libya Must Be Stopped, Top Official Tells Security Council, describing 'Race against Time' to Reach Peaceful Solution, Spare Lives," United Nations, 2019/12/18/ <<https://press.un.org/en/2019/sc14023.doc.htm>> (檢索日期：2024年1月9日)



隊進行偵查和路徑開拓使用，對我國來說，這意味著必須準備面對一個高科技、高度自動化的敵人，並在軍事策略和防禦機制上做出相應調整，但是這有成本以及實際作戰的限制，特別是愛國者飛彈單枚飛彈成本約400萬美元，^{〔註83〕}因此，未來若真的發生戰爭，在彈藥有限的情況下，從戰略、戰術、成本和節省貴重彈藥的考量，不期待使用愛國者飛彈擊落來犯中長程無人機。

在俄烏戰爭中，無人機對於雙方在基礎設施的打擊也讓全球矚目，鑒於南韓和我國同樣面臨地緣政治衝突的風險，發展無人機技術的同時，考慮其反制措施顯得尤其重要，目前國防部規劃僅針對小型無人機制定反制程序，採購手持干擾槍和利用輕兵器進行打擊，仰賴人員教育訓練及操作來執行，因此建立有效的無人機自動反制系統是當務之急的，國家關鍵基礎設施可能面臨敵特工使用廉價無人機進行恐怖襲擊的風險，這對民眾心理和社會秩序構成威脅，影響全民防禦的決心^{〔註84〕}。

(二) 影響面

1. 平時運用影響

中共可能運用TB-001進行晝夜間全時段之繞臺襲擾，可能直接造成軍隊疲勞及相關對應武器的軍耗外，更直接影響民間士氣，造成恐慌，進一步可能構成外資撤離，擾亂國內經濟，長遠看來對社會影響甚鉅。

2. 戰時運用影響

平時利用灰色地帶，造成社會恐慌，可能由演轉戰之企圖，如果突襲本島，將造成接戰縱深不足，對我軍事和重要防護設施之防護作為難度增加。

一、TB-001無人機繞臺政治面之研析

(一) 威脅面

1. 平時政治威脅

中長程無人機的平時活動是對我國政治壓力的一種體現，旨在透過展示軍事力量來影響我國政策決定和國際立場，這種策略可能對國家內部政治產生分裂效果，增加政治不穩定和社會動盪，尤其是中共透過各類媒體宣傳TB-001的首次繞臺之活動，以達到包圍臺灣或斬首臺灣之政治宣傳

註83 Pierre Bouvier, "War in Ukraine: What is the Patriot missile system," lemonade, 2023/5/23/< <https://reurl.cc/v0m8bL>>(檢索日期:2023年12月29日)。

註84 張子鴻,<關鍵基礎設施反制無人機之困境>，《國防安全研究院》，2023年8月7日，< <https://indsr.org.tw/focus?typeid=29&uid=11&pid=2659>>(檢索日期:2024年3月16日)。



，不僅提高了中共軍士氣，我國媒體也可能直接引用中共媒體內容，弱化我軍士氣。

2. 戰時政治威脅

在戰時，中長程無人機的運用可能被視為對我國主權的直接挑戰，激化臺海危機，這不僅對我國造成政治和軍事上的威脅，也可能引起國際社會的關注和介入，影響區域和全球的地緣政治格局。

(二) 影響面

1. 平時政治影響

中長程無人機的行為可能促使我國加強與其他國家的軍事和安全合作，尋求外部支持來對抗來自中共的壓力，這種外交策略的調整，雖可能增強我國在國際上的地位，但也可能陷入更複雜的國際政治環境之中，考驗我國在外交及國際政治戰略的能耐。

2. 戰時政治影響

在戰時，中長程無人機的運用和其所造成的影響將是評估國際社會對我國支持程度的重要因素，我國國際關係和外交策略將面臨嚴峻考驗，尤其在尋求國際干預和支持以抵抗中共侵略，中共很可能會一舉運用中長程無人機大肆對我國實施「封控作戰」，以武力威嚇組織國際盟友和物資的援助，進而削弱我國民間社會抵抗中共的信心。

二、建議因應措施

(一) 針對中共大型無人機建立專屬的防空系統

從上述「雙亞戰爭」在無人機針對防空系統的實際作戰案例來看，這意味著針對無人機來犯，持續確保更新我國防空網，並且在微型無人機的部分同樣應持續更新，無人機防空網能夠針對來犯之無人機進行打擊，更重要的是透過合乎成本及減少人員傷亡的代價為前提，根據舒孝煌與許智翔的整理，反制無人機的防空系統包括陸軍「前進區域防空指揮管制」(Forward Area Air Defense Command and Control, FAAD-C2)、陸戰隊「空防系統整合者」(Air Defense System Integrator, ADSI)、空軍的「多重環境領域無人系統應用指揮及管制」(Multi-Environmental Domain Unmanned Systems Application Command and Control, MEDUSA C2)^[註85]以及德國軍工巨擘萊茵金屬(Rheinmetall)研發之Skynex 35毫米防空砲系統，迄今

註85 舒孝煌、許智翔，〈無人機反制概念與系統之發展〉，《國防情勢特刊》，第16期，2022年3月28日，頁59-70。



已部屬烏克蘭境內，在面對無人機襲擾時，防空快砲的效果和性價比遠遠勝過動輒數百萬美金的飛彈系統，^{〔註86〕}中共藉由無人機對我國首次繞臺意義重大，而我國防部也提出部署無人機防禦系統，建議後續應持續針對無人機防空系統能力進行盤點，以阻制中共無人機繞背或長時段繞臺的行動，試圖探測我國軍事情報。

在面對中共可能對我國的軍事威脅上，防空飛彈部隊扮演著至關重要的角色，防空飛彈部隊不僅是國家防禦體系的關鍵，也是確保空域安全、保護關鍵基礎設施和重要政治經濟中心免受空襲之影響，針對中共可能採取的作戰策略，相關考量如表8整理所示。

表8. 空軍因應中共無人機作戰項目

即時反應與攔截能力	隨著無人機和精準打擊武器的廣泛應用，戰場情況變得更加複雜和快速變化，防空飛彈部隊需具備高度的警覺性和快速部署能力，以對來襲的威脅進行及時攔截和中和，這要求部隊不僅要有高效的指揮控制系統，還要有快速決策和反應的能力。
全天候作戰能力	考慮到可能的夜間或低能見度之攻擊，防空飛彈部隊必須具備全天候作戰能力，這包括在各種氣象條件和能見度下，都能準確識別、追蹤和攔截目標的能力。
高度移動性和靈活性	為了有效對抗敵方的快速打擊和電子戰干擾，防空飛彈部隊需要具備高度的移動性和部署靈活性，通過快速移動和重新部署，可以有效避免被敵方精確打擊，並根據戰場形勢的變化調整防禦策略。
電子戰和反干擾能力	面對敵方強大的電子戰能力，防空飛彈部隊需要加強自身的電子防護和反干擾技術，保障雷達和通訊系統正常運作，這包括提升對電子干擾的抵抗力，以及開發先進的電子對抗技術，確保在電子戰環境下仍能有效執行任務。
多層次防禦系統	建立由短程、中程到長程防空系統組成的多層次防禦體系，可以有效應對不同範圍和高度的空中威脅，這種整合防禦策略能夠提供全方位的保護，從而大幅降低敵方空中攻擊的成功率。

資料來源：本研究整理。

(二) 持續強化無人機國機國造及研發

我國防部公布了2022年戰略計劃，以大幅提升臺灣的無人機能力，最新舉措涉及國內商用無人機製造商以及航空航太公司的合作，並得到了我國軍方的大力支持，根據我國政府計畫，目標是到2024年中期製造超過3,200架軍用無人機^{〔註87〕}，範圍從重量不到2公斤的微型飛機到航程 150 公里的大型無人偵察機，並且開放私人公司參與研發，例如在2023年9月中旬，臺北航空航太與國防技術展覽會(TADTE)上，數十家本地無人機公司展示了其

註86 張威翔，〈萊茵金屬樂壞了！烏克蘭：打無人機用它最划算〉，《中時新聞網》，2024年1月27日，〈www.chinatimes.com/realtimenews/20240127003201-260417?chdtv〉(檢索日期：2024年3月20日)。

註87 楊俊斌，〈外媒曝光 我國2024「無人機戰略路線」3200架上陣〉，《聯合報》，2023年8月4日，〈<https://udn.com/news/story/11596/7344664>〉(檢索日期：2023年12月21日)。



技術，雷虎集團提出了航程為400公里的遙控艦載或陸基監視直升機的概念，另一家公司Geosat則展示了與 Fortunio Japan 開發的反無人機系統。

根據路透社報導，我國目前無人機機隊數量有數百架，包括四種類型的無人機，而北京方面估計有數萬架無人機，涵蓋50多種類型，從地面部隊使用的小型四軸飛行器到遠程偵察機等。

2023年，我國除了提高國內產量外，更積極與國外廠商合作以強化無人機的作戰能力，在TADTE上，臺灣與英國Flyby Technology公司達成協議，將進口160架Flyby與土耳其FlyBVLOS科技公司合作的「豺狼」戰鬥無人機，「豺狼」可能會為臺灣帶來非常有用的戰術運用能力，期許可以成為一種低成本、易磨損、具有強大打擊能力的無人機，以強化以機制機的作戰效果。

(三) 參考美國無人機學校

2024年1月2日，在美國陸軍裡創辦了無人機作戰學校(U.S. Military's New Drone Warfare School)，其針對美軍之無人機教育訓練影響甚鉅，藉由課程安排奠定了相關操作之基礎，^[註89]考量無人機用途廣泛且價格低廉，各軍種應於協同作戰時增進對無人機作戰運用，及無人機防空系統建立相關操作、科技、與作戰等本職學識，我國可納入參考，對於長遠的建軍備戰上有實質的幫助，因此建議我國未來能與美軍無人機作戰學校學習，無論是課程內容及組織編裝規劃等。

伍、結論與建議

一、研究結論

本文透過中共舉辦的珠海航展探討了中共中長程無人機的發展，以中國大陸於2012年、2016年以及2022年舉辦的珠海航展為開端，探討其TB-001對於我國繞臺之意涵及現狀，並研判的可能之後續發展，為我國安全提出結論與建議，研究發現，中共使用TB-001繞臺的意涵，除了展現出中高續航能力，其資料鏈結及傳輸可見已相當成熟，本文亦從既往的「擾臺」提升到「繞臺」之間的差異並且做出比較，如圖11所示。

註88 劉孜芹，〈我國採購160架土耳其「豺狼」無人機可搭載Martlet輕型飛彈〉，《上報》，2023年9月24日，〈<https://reurl.cc/pryaV8>〉(檢索日期：2023年12月23日)。

註89 Nick Smith, "US Army opens drone defense school as technology changes war," "News Nation, 2024/1/3/〈<https://www.newsnationnow.com/us-news/military/us-army-drone-university/>〉(檢索日期：2024年1月8日)



右圖為本文根據共軍繞臺意涵提供了多面向視角框架，在作戰面、運用面與政治面儘管在內容上有所重疊，但三個面向皆環環相扣，首先在作戰面，中共的繞臺目的是藉由無人機本身具有低政治風險、低成本以及資源耗損和長續航力等考量因素，我空軍在作戰方面應考量如何「以機制機」的方式因應，以保留我空軍戰力與資源之可能，其次在運用面則是與中共運用TB-001無人機首次執行繞臺行動，若考量無人機擺脫飛行員的生理限制及高續航力等特性

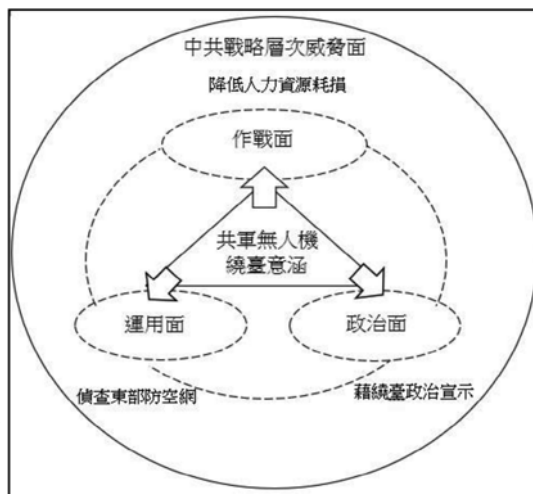


圖11. 共軍無人機繞臺意涵的多面向視角

資料來源：本研究整理。

，再加上東部為我國空軍重要空軍基地之部署，因此要如何在東部空軍基地部署針對「偵打一體」之無人機設立反制防禦系統，應是接下來我國須克服的挑戰，最後是政治面，透過中共繞臺行動引起了日方的注意，因此在繞臺意涵上不只是針對臺灣，而是展開區域地緣政治的宣示，不僅是中共有意藉由無人機突破第一島鏈「完成繞臺」，可能也為中共軍隊帶來提升士氣之效果，操作和演練大型無人機之常態化，為我國應當需面對的威脅。

二、研究建議

(一) 定期藉珠海航展追蹤中長程無人機技術升級與動向

儘管各式中長程無人機離2022年在珠海航展亮相至今不過僅經過兩年的時間，然而隨著地緣政治風險提高，我國不能不慎防並且掌握中共TB-001、彩虹及翼龍無人機之最新發展；至於新款的彩虹和翼龍系列在後續詳細資訊及作戰性能等持續掌握，而TB-001無人機則有諸多改良版，這些都值得後續追蹤。

(二) 持續強化我國無人機領域以及外購無人機發展

根據我國政府計畫推動之無人機國家隊發展研究，也同步須積極向國際無人機發展成熟之國家進行交流，透過尋求國際合作的方式，提升國內國造之能力，並試圖採購國外無人機，可運用於臺海情勢之兵力部屬與對應兵力使用。

(三) 在民間單位交流的基礎上與國際建立情報交流

我國並非是受到來自中共中長程無人機的唯一受害國，諸如鄰國的日本



同樣也是中共TB-001無人機受到海空領域來犯的國家，我國受制於現實的國際壓力下無法任意對他國進行軍事交流，以及軍事資訊情報交換，然而我國和日本同為民主國家，我國軍應當持續與日韓進行相關情報交流，以達資訊資料共享，鞏固我國及日韓在軍事情報上之友好交流。

(四) 建置防空系統強化無人機防禦

考量採購相關無人機反制裝備運用，俾利後續臺海情勢之預應，列舉德國軍工巨擘萊茵金屬(Rheinmetall)研發之Skynex 35毫米防空砲系統，迄今已投入烏俄戰爭之戰場實戰運用，因此因應TB-001無人機具備繞臺之反制作為，部屬此類型的反制武器具有其必要性。

(五) 國際參訪或交流美國無人機學校

美國於2024年創辦無人機作戰學校，提供了我國在面對中共無人機威脅下，幫助我國培養相關無人機操作及作戰人才，於國際交流上納入如何因應大型無人機威脅之作戰學術研討交流會等，皆是我國重要部會可納入參考及規劃之議題。

(六) 建立無人機作戰部隊

無人機的作戰成本比起大部分之作戰部隊(例如一個營級的地面部隊)少，無人機作戰人員之訓練成本也比訓練戰鬥機飛行員低，例如根據蘭德公司的報告，即使培訓一名最先進無人機MQ-9掠奪者的飛行員，成本也不超過68,968美元，但是培訓一名F-35飛行員的成本卻需要10,170,000美元^{註90}，但實際上如何建立專屬的無人機作戰部隊以因應共軍未來的戰爭出擊模式，必定具有挑戰。

參考文獻

中文部分

一、專書譯著

(一)蘇紫雲、洪瑞閔，2021年。《國防科技趨勢-中共新世代軍事科技評估》。臺北：五南圖書出版，頁120。

二、期刊論文

(一)何至中，2022/10。〈淺析中共「人工智慧」之國防運用對我防衛作戰之影響〉，《海軍學術雙月刊》，第56卷第5期，頁72-87。

(二)宋蔚泰，2017/10。〈共軍運用無人飛行載具遂行「一體化聯合作戰」研析〉，《海軍學術雙月刊》，第51卷第5期，頁135-137。

(三)林瀚城，2021/9。〈臺灣海峽中線在美中的地位〉，《國會季刊》，第49卷第3期，頁84-106。

(四)洪子傑，2020/8。〈解放軍不對稱作戰思維之初探〉，《國防情勢特刊》，第4卷。

(五)洪兆宇，2003/3。〈無人飛行載具過去、現在及未來〉，《陸軍學術月刊》，第39卷第456期。

註90 McCarthy, Nial, "The Cost of Operating America's Fighter Planes," Statista, 2016/8/17/ <<https://reurl.cc/N4GLQ9>> (檢索日期：2024年1月8日)

中共無人機繞臺對空軍之威脅與影響(以TB-001無人機為例)



- (六)徐康榮、孫亦韜，2018/10。〈中共運用無人載具對我海軍艦隊作戰影響〉。《海軍學術雙月刊》，第55期第5卷，頁72-85。
- (七)時先文，2011/6。〈有時無人(UAV)勝有人—未來戰爭趨勢〉，《空軍學術雙月刊》，第622期。
- (八)紐先鍾，1987/5。〈以色列的國防工業經驗與教訓〉，《國防雜誌》，第2卷第11期。
- (九)張延廷，2020/12。〈共機常態性擾臺戰略意涵與國人抗敵意志之研究—以2020年為例〉，《新世紀智庫論壇》，第92期，頁46-57。
- (十)張琨傑，2023/6。〈無人機與陸航遂行國土防衛作戰之研究—以反登陸作戰為例〉。《航空兵暨特種作戰部隊半年刊》，第77卷3期，頁1-29。
- (十一)許文雄，2016/7。〈共軍無人飛行載具發展與運用之研析〉，《陸軍工兵半年刊》，第148期。
- (十二)許然博，2017/10。〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉，《海軍學術雙月刊》，第55卷第5期。
- (十三)陳偉寬，2018/8。〈論「八二三臺海戰役」中之一空軍作戰〉。《空軍軍官雙月刊》，第201期，頁1-16。
- (十四)舒孝煌、許智翔，2022/3。〈無人機反制概念與系統之發展〉，《國防情勢特刊》，第16期，頁59-70。
- (十五)楊宗新，2022/8。〈共機擾臺意涵及對我國之影響〉。《空軍學術雙月刊》，第698期，頁22-33。
- (十六)劉自強，2011/12。〈當前中共國防工業組織與人力資源面向分析〉，《國防部整合評估室民國100年自行研究案》。
- (十七)歐錫富，2011/4。〈解放軍空軍4代戰機的衝擊與影響〉，《國防雜誌》，第26卷第2期。
- (十八)蔡志銓，2022/4。〈共軍無人飛行載具發展現況與我海軍因應作為〉。《海軍學術雙月刊》，第54卷第2期，頁23-26。
- (十九)鄧詠政，2010/9。〈中共無人飛行載具發展及作戰運用之研析〉，《陸軍步兵季刊》，第23卷第7期。
- 三、報章雜誌
- (一)姜國棟，2013/3。〈從2012年珠海航展看中共大陸無人機發展〉，《尖端科技軍事雜誌》第343期，頁18-64。
- 四、學位論文
- (一)朱正傑，2017。〈美國無人機發展之研究—以武裝攻擊型機(UCAV)為例(2000-2015年)〉。臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所碩士論文。
- 五、網際網路
- (一)BBC中文，2020/9/23。〈「海峽中線」：中國與我國爭議熱點的過去與現在〉，《BBC》，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/chinese-news-54248933>〉(檢索日期2024年1月5日)。
- (二)Mark McDonald，2012/11/29。〈中國無人機珠海航展初露鋒芒〉。《紐約時報中文網》，〈<https://cn.nytimes.com/china/20121129/c29drones/zh-hant/>〉(檢索日期：2023年11月24日)。
- (三)人民軍事網，2016/11/1。〈中國雲影無人機首次亮相 多項性能領先全球鷹〉。《環球時報》，〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2016/1101/c1011-28823941.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (四)人民網，2016/10/28。〈專家：國產無人機可代替有人戰鬥機未來或上航母〉。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2016/1028/c1011-28814351.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (五)人民網，2016/11/3。〈第11屆中國國際航空航太博覽會〉。〈<http://military.people.com.cn/BIG5/8221/72028/407069/>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (六)人民網，2017/3/01。〈中國翼龍II無人機：世界一流 可“無人”操控〉。〈<http://ccnews.people.com.cn/BIG5/n1/2017/0301/c141677-29115708.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (七)中國即時，2022/11/8。〈珠海航展 | 反無人機戰鬥群 航展露真容〉，《大公文匯》，〈<https://www.tkww.hk/a/202211/08/AP63699fbee4b0a46902belad0.html>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (八)中國航太科技集團，2014/11/10。〈第九屆中國航展〉。〈<http://zhuanti.spacechina.com/n1952846/n1952979/c1953343/content.html>〉(檢索日期：2023年10月24日)。
- (九)中華人民共和國官網，2012年11月13日。〈“翼龍”無人機系統實物亮相珠海航展〉。〈http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/jrzg/2012-11/13/content_2264258.htm〉(檢索日期：2024年1月5日)。
- (十)王宏、李偉，2016/12/30。〈“彩虹”—5無人機的五大優點〉。《中國青年報》，〈https://zqb.cyol.com/html/2016-12/30/nw.D110000zgqnb_20161230_1-06.htm〉(檢索日期：2024年1月5日)。
- (十一)王金志，2022/11/7。〈珠海航展明星武器遍布“海陸空天”〉，《環球時報》，〈http://www.xinhuanet.com/mil/2022-11/07/c_1211698409.htm〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (十二)王齊龍，2023/12/11。〈中國高端無人機正「趕超西方」〉。《新華澳報》，〈<https://reurl.cc/L4M3aa>〉(檢索日期：2024年1月5日)。



- (十三)加特林，2019/12/1/。〈中國TB001無人機，曝光最強戰鬥力姿態！殲殺敵人於3000公里之外〉，《新浪網》，〈<https://jmqqmil.sina.cn/spider2/doc-iihnzahi4541799.d.html?vt=4>〉(檢索日期：2023年1月4日)。
- (十四)史書華、辜樹仁，2021/10/31/。〈最危險的海峽：共機為何轉向我國西南角？〉，《天下雜誌》，〈<https://web.cw.com.tw/taiwan-strait-2021/>〉。
- (十五)四川騰盾科創股份有限公司，2022/10/。〈雙尾蠍〉，《四川騰盾科創股份有限公司》，〈<https://www.tengden.com/product/6.html>〉(檢索日期：2023年11月27日)。
- (十六)安，2017/7/15/。〈中國CH-5無人機完成試飛〉，《新華網》，〈http://www.xinhuanet.com/english/2017-07/15/c_136446198_3.htm〉(檢索日期：2024年1月5日)。
- (十七)自由時報，2020/6/26/。〈西亞角力不斷 亞塞拜然將採購土國TB2無人機〉，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3209455>〉(檢索日期：2023年12月19日)。
- (十八)吳書緯，2023/5/12/。〈中國36機艦擾臺 「彩虹4」型無人機繞臺半圈〉，《自由時報》，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4299144>〉〉(檢索日期：2023年12月6日)。
- (十九)吳賜山，2022/10/26/。〈全球首款「4發」雙尾蠍無人機成功首飛 6倍載運量嚴重威脅臺海安全〉，《新頭殼》，〈<https://reurl.cc/Z9174p>〉(檢索日期：2023年1月4日)。
- (二十)李國偉、李偉與楊茹，2018/11/29/。〈攻擊-2型無人機可以用來幹什麼〉，〈http://m.xinhuanet.com/mil/2018-11/29/c_1210005173.htm〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (二十一)美國之音，2023/4/29/。〈最大無人機首次繞臺，解放軍想幹嗎？專家：演練武力犯臺前的這件事〉，《風傳媒》，〈<https://www.storm.mg/article/4783155>〉(檢索日期：2023年12月5日)。
- (二十二)軍情觀察，2023/5/08/。〈解放軍雙向戰巡，無人機三面合圍，鷹蠍繞臺鍛戰力〉，《大公文匯》，〈<https://reurl.cc/lgeKbY>〉(檢索日期：2023年1月4日)。
- (二十三)香港文匯網，2012/11/15/。〈珠海航展翼龍無人機引外媒關注〉，《香港文匯網》，〈<http://news.wen-weipo.com/2012/11/15/IN1211150062.htm>〉(檢索日期：2023年11月24日)。
- (二十四)涂鉅鈺，2022/1/13/。〈F-16V墜海 張延廷：飛官可能面臨G力昏迷風險〉，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/1495463>〉〉(檢索日期：2023年12月6日)。
- (二十五)晨楓，2022/11/10/。〈翼龍-3不簡單〉，《觀風聞》，〈<https://user.guancha.cn/main/content?id=882074>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (二十六)莊志偉，2023/9/7/。〈中國改派無人機擾臺臺國安人士：緩解戰機高勤務維修壓力〉，《美國之音》，〈<https://www.voacantonese.com/a/pla-drones-around-tw-20230907/7258096.html>〉(檢索日期：2023年12月5日)。
- (二十七)郭宏章，2023/4/28/。〈中共無人機TB-001「雙尾蠍」首度繞臺一圈〉，《太報》，〈<https://reurl.cc/v0maNl>〉(檢索日期2024年1月5日)。
- (二十八)陳筠，2021年10月5日。〈珠海航展落幕 專家評中國新武器和無人機研發〉，《美國之音》，〈<https://www.voacantonese.com/a/the-booming-chinese-drone-industry-aiming-at-defense-and-offense-20211005/6257943.html>〉(檢索日期：2023年10月24日)。
- (二十九)曾復生，2023/4/20/。〈國際無人機軍備競賽與戰略意涵研析〉，《中國青年報》，〈<https://www.npf.org.tw/2/25746>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (三十)游太郎，2023/7/23/。〈漢光演習登場！全臺戰機升空警戒、疏散全面保存戰力〉，《自由時報》，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4373574>〉〉(檢索日期：2023年12月6日)。
- (三十一)黃名璽，2013/12/26/。〈總統：防空識別區無主權涵義〉，《中央社》，〈<https://reurl.cc/4jX4v3>〉〉(檢索日期：2023年1月4日)。
- (三十二)黃安偉，2013/9/23/。〈中國駭客緊盯美國無人機技術〉，《紐約時報中文網》，〈<https://cn.nytimes.com/china/20130922/c22drone/zh-hant/>〉(檢索日期：2024年1月4日)。
- (三十三)微文庫，2016/11/6/。〈美刊「窺探」中國先進軍用無人機〉。〈https://www.gushiciku.cn/dc_tw/54297〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (三十四)楊幼蘭，2018/11/05/。〈陸4代機搭檔 彩虹7隱形無人機揭神秘面紗〉，《中時新聞網》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20181105003100-260417?chdtv>〉(檢索日期：2023年1月3日)。
- (三十五)楊俊斌，2023/8/4/。〈外媒曝光 我國2024「無人機戰略路線」3200架上陣〉，《聯合報》，〈<https://udn.com/news/story/11596/7344664>〉(檢索日期：2023年12月21日)。
- (三十六)劉孜芹，2023年9/24/。〈我國採購160架土耳其「豺狼」無人機可搭載Martlet輕型飛彈〉，《上報》，



- <<https://reurl.cc/pryaV8>>(檢索日期:2023年12月23日)。
- (三十七)歐錫富,2021/9/2/。〈解放軍幹擾日本周邊海空域〉,《國防安全研究院》,<<https://indsr.org.tw/focus?typeid=23&uid=11&pid=188>>(檢索日期:2023年1月4日)。
- (三十八)蔡雨婷,2023/5/18/。〈雙尾蠍無人機有何魅力? 沙烏地阿拉伯斥資 74 億元向中國進口生產線〉,《新頭殼》,<<https://newtalk.tw/news/view/2023-05-18/871856>>(檢索日期:2023年1月4日)。
- (三十九)盧伯華,2022年11月07日。〈中國航展亮點:陸國產人工智慧忠誠僚機 武器系統首次亮相〉,《中時新聞網》,<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221107004660-260409?chdtv>>(檢索日期:2024年2月25日)。
- (四十)賴盈誌,2020/3/1/。〈讓我替你飛— 無人機機型大盤點〉,《科學月刊》,<<https://www.scimonth.com.tw/archives/3723>>(檢索日期:2024年1月5日)。
- (四十一)應紹基,2021/3/4/。〈中共反介入戰略的新武器:新一代軍用無人機〉,<<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202009240343.aspx>>(檢索日期:2024年1月5日)。
- (四十二)謝露瑩,2022/11/8/。〈“彩虹家族”AR系列空對地導彈亮相中國航展〉,《中國網》,<https://m.china.com.cn/wm/doc_1_8_2367765.html>(檢索日期:2023年1月4日)。
- (四十三)張威翔,〈萊茵金屬樂壞了!烏克蘭:打無人機用它最划算〉,《中時新聞網》,2024年1月27日,<www.chinatimes.com/realtimenews/20240127003201-260417?chdtv>(檢索日期:2024年3月20日)。
- (四十四)關鍵評論網,2022/8/25/。〈國防部將部署無人機防禦系統,學者籲設置防空氣球〉,<<https://www.thenewslens.com/article/172224>>(檢索日期2024年1月5日)。

外文部分

一、期刊論文

- (一)Brunstetter, Daniel and Megan Braun, 2011/9/20. “The Implications of Drones on the Just War Tradition,” *Ethics & International Affairs*, Vol. 25, No. 3, pp.337-358.
- (二)Matthew Revels, 2023/4/24/. “Denying Command of the Air: The Future of Taiwan’s Air Defense Strategy,” *Journal of Indo-Pacific Affairs*, Vol. 6, No. 6, pp.136-145.
- (三)Plaw, Avery and Matthew S. Fricker, 2012/4. “Tracking the Predators: Evaluating the US Drone Campaign in Pakistan,” *International Studies Perspectives*, Vol. 13, No. 4, pp.344-365.。
- (四)Rintala, H., H kkinen, A., Siitonen, S., & Kyr l inen, H, 2015/12. “Relationships between physical fitness, demands of flight duty, and musculoskeletal symptoms among military pilots,” *Military medicine*, Vol. 180, No. 12, pp.1233-1238.

二、官方文件

- (一)United Nations, 2019/12/18/ “Foreign Involvement in Libya Must Be Stopped, Top Official Tells Security Council Describing ‘Race against Time’ to Reach Peaceful Solution, Spare Lives,” <<https://press.un.org/en/2019/sc14023.doc.htm>>

三、網際網路

- (一)Borg, S,2021 “Assembling Israeli drone warfare: Loitering surveillance and operational sustainability,” *Security dialogue*, <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0967010620956796>>
- (二)Jeffrey Lin And P.W, 2018/1/23/ “Singer China’s new drone company is building a UAV with a 20-ton payload,” *Popular Science*, <<https://www.popsoci.com/chinas-new-drone-company-has-big-plans/>>
- (三)Jonathan Marcus, 2019/4/5/ “China-Taiwan tensions grow after warplane incursion,” BBC, <<https://www.bbc.com/news/world-asia-china-47786324>>
- (四)Military Factory, 2022/11/8/ “Chengdu (AVIC)Wing-Loong III (Pterodactyl III),” *Chinese Drone Aircraft*, <https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=2560>
- (五)Nick Smith, 2024/1/3/ “US Army opens drone defense school as technology changes war,” *News Nation*<<https://www.newsnationnow.com/us-news/military/us-army-drone-university/>>
- (六)Oishee Majumdar, 2020/1/17/ “China deploys UAVs near Taiwan, Japan,” *Janes*, <<https://www.janes.com/defence-news/news-detail/china-deploys-uavs-near-taiwan-japan>>
- (七)Pierre Bouvier, 2023/5/23/ “War in Ukraine: What is the Patriot missile system,” *lemonade* <<https://reurl.cc/v0m8bL>>
- (八)RFA Staff, 2022/7/ “Chinese strike drone flies near Taiwan as island stages military,” drills,



<<https://www.rfa.org/english/news/china/chinese-strike-drone-flies-near-taiwan-as-the-island-stages-military-drills-07262022060016.html>>

(九)Thomas Nedrick, 2023/4/28/ "Chinese TB-001 Scorpion Drone 'Encircled' Taiwan," The Warzone, <<https://www.thedrive.com/the-war-zone/chinese-tb-001-scorpion-drone-encircled-taiwan>>

(十)Top war,2020/1/18/ "In China, tested a new heavy three-engine drone," Top War, <<https://en.topwar.ru/166872-v-kitae-ispytali-novyj-tjazhelyj-trehdvigatelnyj-bespilotnik.html>> (檢索日期：2023年1月3日)。

(十一)Xiang Bo,2017/7/14/ "Production variant of China's CH-5 drone completes trial flight," Xinhua net, <<https://defpost.com/chinas-ch-5-drone-completes-trial-flight/>>

作者簡介

空軍少校 羅凱哲

學歷：國管院102年班、空官作參班108年班；經歷：飛行官、飛安官、作訓官；
現職：國防大學空軍指揮參謀學院113年班少校學員。

空軍上校 鄒志勇

學歷：空官校88年班、空軍指參101年班、戰院109年班；經歷：中隊長、大隊作
維科長、參謀本部訓次室般參官；現職：國防大學空軍指參學院教育行政室主任教
官。