

我國航太科技發展與軍事戰略運用研析

空軍上校 王大宇 空軍少校 呂彥霈

提 要

現代化戰爭空間已演變為陸、海、空、太空、電磁及資訊網路等六維，各國均積極建構太空思維戰略。中國大陸長期戮力發展航天科技，迄今為止所發射運行之軍、民用衛星總數已超越俄羅斯，成為全球第二多國家，近年更是成功完成神舟十一號太空船與天宮二號實驗艙對接，其目標為達到可與美、俄兩國相互抗衡的強國。反觀臺灣航太科技產業推展進度緩慢。本研究目的即是以SWOT分析我國內、外部現況，供未來訂定國家長遠策略與軍事戰略運用方向，藉由地緣戰略關係，建立軍事合作夥伴，提升我國UAV遠距作戰能力及反制性武器精準打擊度，並積極爭取國際太空合作計畫，不斷提升技術，進而自主研發小型衛星運載火箭，建置主控區域性軍事用衛星，除帶動我國產業升級外，亦能提升國防科技與軍事戰力，以達重層嚇阻之戰略效果。

關鍵詞：航太科技、SWOT分析、軍事戰略、地緣戰略關係、精準打擊

前 言

航太工業發展為人類帶來科技進步與生活便利，是國防與其他科技工業的火車頭，其涉及領域涵蓋電子、半導體、光學、材料、電腦、機電等技術；另部分國家更是積極運用在國防軍事上，中國大陸亦不例外，近年來共軍利用各種管道與手段，不斷提升航天科技，¹且進步快速，逐步使其空軍戰略達到「空天一體，攻防兼備」。現代的戰爭無空防即無國防，制空、天權將影響作戰成敗之關鍵因素，臺灣應加以重視與面對，並確實檢討國內航太科技領域發展的困境及未

來精進作法。

中國大陸於2016年相繼成功完成「神舟十一號」與「天宮二號」對接及「量子通信試驗衛星」與「長征五號火箭」發射等，與美國及俄羅斯等成為航太科技強國，在軍事運用上更是具備指揮管制、監視偵察等能力，並加倍提升中國大陸聯合作戰效能與軍力現代化，在彼長我消的狀況下，對我國軍勢必造成安全威脅。

兩岸科技發展差距日益擴大，我國在人力、資源有限情況下，更應制定合適的因應對策。臺灣在航太方面研發能量太小，和國外相比，國研院太空中心規模約200餘人，其

1 中國大陸稱「航天科技」，我國與國際其他國家稱為「航太科技」或「太空科技」。

人力相對較小，必須有所選擇，無法什麼都做，主要仍針對關鍵技術研發，後續發展方向持續加強和學校、產業界及國際合作，²惟我國航太科技目前仍以民間發展結合民生為主，未能與國防軍事運用共同開發，稍有不足之處，未來戰爭只要控制太空權，就掌握戰略上之優勢，我國應掌握瞭解中國大陸航天科技在軍事運用之戰略意圖，並重新檢討我國航太科技發展策略與軍事戰略方向。

我國自1991年成立太空計畫，已陸續發射「福衛系列衛星」及「探空火箭」，第一顆遙測衛星「福爾摩沙二號」於2004年5月21日在美國加州范登堡空軍基地發射升空，原訂任務壽命5年，在執行任務持續運轉12年2個月後，國家實驗研究太空中心於2016年8月19日正式宣告該衛星功成身退，³原接替之「福爾摩沙五號」受限於臺灣迄今仍無法自行研發衛星運載火箭；另委託美國太空探索科技公司(Space X)日前發生火箭發射爆炸的影響，而延宕發射期程，⁴我國航太工業發展進度緩慢，本研究期望藉由SWOT分析我國優、劣勢現況，探討國內航太科技發展策略與軍事戰略運用之方向，以達成「航太科技

自主」及「促進國家經濟發展」雙贏目標。

全球航太科技發展與軍事上運用

衛星運用於軍事實戰價值在1991年波灣戰爭，以美國為主的聯軍部隊首次運用航太系統遂行陸、海、空作戰，作戰期間由美國航太司令部統一指揮約70顆衛星，負責戰場指揮與調度，其中「KH-11及KH-12偵察衛星」能精確掌握伊拉克部隊部署情報，把握戰場主動權；在沙漠戰場上運用氣象衛星精準預報沙塵暴出現地區，使聯軍提早準備，避免武器裝備受損，並能提供聯軍戰略決策及作戰時機選擇之依循；「全球定位系統(GPS：Global Positioning System)導航衛星」運用於導彈與砲彈能精準打擊目標，減少彈藥消耗，提升作戰效率；另外運用預警衛星即時發現地面點火發射之「飛毛腿飛彈」，並快速計算出彈道，指揮美軍發射「愛國者飛彈」進行攔截，有效提升攔截效率。在這場戰役美國完全掌握了制天權，美國國防部稱為「太空時代的第一場戰爭」。⁵

一、遙測衛星

2 黃麗芸，〈福衛五號何時升空？〉，《中央通訊社》，2016年10月20日，〈<https://today.line.me/TW/article/5664435edbd81e17433c377414d25fb5b862d076c0e1b8737dd60ce1ede1709?openExternalBrowser=1>〉(檢索日期：2017年4月1日)。

3 劉嘉律，〈老兵不死，只是逐漸凋零-福爾摩沙衛星二號光榮除役〉《尖端科技軍事雜誌》(2016年10月)，第386期，頁118。

4 同註2。黃麗芸，〈福衛五號何時升空？〉，《中央通訊社》，2016年10月20日，〈<https://today.line.me/TW/article/5664435edbd81e17433c377414d25fb5b862d076c0e1b8737dd60ce1ede1709?openExternalBrowser=1>〉(檢索日期：2017年4月1日)。

5 宋忠平，〈天宮二號 助力中國未來量子通訊〉，《杭州電視台軍事頻道》，2016年9月19日〈<https://www.youtube.com/watch?v=rBv4FTGaSrQ>〉(檢索日期：2017年4月2日)。

現在全球使用最先進偵察與監視衛星技術主要包括利用可見光、紅外、多光譜及超光譜傳感器等光學成像偵察設備，最高解析度達到0.1米(10公分)，如美國「鎖眼系列」光學偵察衛星；合成孔徑雷達(SAR：Synthetic Aperture Radar)衛星，具備全天候、全天時偵察能力，並依觀察目標使用不同頻率，可識別偽裝、水下或地下目標，彌補光學偵察衛星不足，最高解析度達到0.3米(30公分)。⁶

日本以應對北韓發射彈道飛彈為由，於20世紀末開始發展偵察衛星，迄今已發射兩代共8顆光學衛星及7顆雷達偵察衛星，確保日本對全球各地的目標每天偵察多次。中國大陸在航天衛星研發，更是不留餘力，於1970年開始研究SAR雷達(微波遙測)，目前共軍遙測衛星發展主要以「遙感系列(1號至30號)」為主，目前在軌運行共有39顆，區分為電子偵察(15顆)、光學(17顆)、合成孔徑雷達(7顆)等三種衛星，其中包含3顆1組的海洋監視衛星，技術仿照美國海軍衛星監視系統(又稱白雲系統)，用途在偵測海上船艦所發出電波並計算發射源所在位置，依目前共軍架構之偵察衛星可以在2至8小時內偵測臺海附近船艦，其所屬光學及雷達衛星構成網絡每日

通過臺海地區約8至13次不等，通過間隔約15分鐘至8小時。⁷

二、導航衛星

利用太空衛星作無線電導航，可全天候發送信號，被廣泛使用在導彈、戰機、民航機、船艦、汽車、手持通信設備等，其定位及導航功能運用在軍事裝備上，可提高各型武器打擊精準度；另戰場指揮官也能隨時掌握武器裝備及作戰人員部署位置等圖像，提升聯合作戰指揮機制。目前以美國「全球定位系統GPS」、俄羅斯「格洛納斯系統GLONASS」、歐盟「伽利略GALILEO」及中國大陸「北斗系列BDS」等為主；另日本、印度等國亦正建設自己的區域系統或增加系統，衛星導航產業逐步進入多系統並存、多技術融合的發展。⁸

1996年臺海危機時中國大陸朝我國海域發射3枚東風導彈，其中2枚東風15導彈因美國關閉GPS全球定位系統，無法控制而失蹤，大陸更深刻自覺應自行研發導航衛星，避免戰時受制於美國。⁹因此，中國大陸透過各種手段汲取歐盟伽利略衛星技術下，於2000年成功研發並發射北斗衛星，第一代北斗衛星(屬導航試驗系統)由3顆衛星提供區域定位服務；第二代北斗衛星亦陸續建置使用

6 張保慶，〈國外偵察與監視衛星系統發展現狀〉，《國防科技工業》，刊號1009-5225第194期，2016年8月，頁68-71。

7 潘宜輝，〈中共航天科技戰略對我之影響-以衛星為例〉，發表於「空權與國防」學術研討會(地點：國防大學空軍指參學院，105年10月25日)，頁34-36。

8 汪勇、丁金學，〈全球衛星導航系統的市場應用前景〉，《中國航太》，第9期，2012年，頁28。

9 黃創夏、黃世聰，〈美軍動了GPS手腳兩顆導彈人間蒸發，不關機的北斗衛星衝著臺灣？〉，《關鍵時刻》，2016年11月15日，〈<https://www.youtube.com/watch?v=In2lclgVGU8>〉(檢索日期：2017年4月2日)。

中，迄至2016年3月及6月已成功發射第22及23顆，¹⁰未來將是一個包含35顆衛星的全球衛星導航系統，並規劃2018年向「一帶一路」沿線及周邊國家提供基本服務；¹¹另2020年完成部署後，除可為全球用戶提供服務，打破美國GPS獨占市場(目前約90%以上)外，經濟效益至少達2,600億元人民幣，更能藉以遂行航天作戰之野心，提升軍事應用價值。¹²在戰術運用部分更可控制殲六無人機執行飽和攻擊，值得我國省思與提早檢討因應策略。

三、通信衛星

通信衛星因不受山川、河流、海洋及沙漠等地理限制，具通信距離遠、容量大、可靠度高等優點，在軍事應用上，能增強遠程作戰情報、通信、控制及指揮等能力。¹³中國大陸於1970年開始發展「東方紅系列」通信衛星，並於1984年4月成功發射第一顆通信衛星「東方紅2號」，¹⁴經多年持續發展，現行主要以亞太、亞衛、中星及鑫諾等四個通信網，再加上天鏈1號(01-03)三顆中繼衛星¹⁵所構成。

日本第1顆國防通訊衛星「煌2號(Kirameki-2)」於2017年1月24日從鹿兒島由H2A火箭32號機發射升空，並成功進入預定軌道，規劃使用期限15年。該系列通信衛星計畫發射3顆，預定2018及2020年再分別發射「煌1號」與「煌3號」，衛星通信採用不易被切斷的X波段，傳輸速度快、容量大，有助於救災及飛彈防禦等資訊和影片傳輸，提升日本自衛隊的指揮與情報共享。¹⁶

四、共軍衛星發展之戰略構想

中國大陸以1991年波斯灣戰爭為借鏡，加速發展航天科技係為強化情報、監視與偵察能力，並結合指管通資情監偵(C4ISR)系統及太空衛星鏈路，以供未來執行資訊與電子戰作為之優勢戰力，進而打贏「信息化局部戰爭」。近年來共軍更因為1996年臺海飛彈危機，未能阻止美國兩組航空母艦戰鬥群接近臺灣海域，被視為重大挫敗，因此，積極提升偵測、確認與追蹤系統及攻擊系統的「反介入／區域拒止」(A2/AD：Anti-Access/Area Denial)能力，¹⁷特別是太空偵察系統的

10 "ANNUAL REPORT TO CONGRESS：Military and Security Developments Involving the People's Republic of China, 2016", office of the Secretary of Defense, April 26, 2016, P.36

11 中華人民共和國國務院新聞辦公室，《中國北斗衛星導航系統》白皮書，2016年6月15日。

12 鄭大誠，〈北斗：中共的千里眼——中共成功發射第2顆北斗二代衛星之意義與成效〉，《尖端科技軍事雜誌》，第299期，2009年7月，頁8-10。

13 寇世維，〈中共衛星科技發展對我軍事作戰之影響〉，《國防雜誌》，第20卷第5期，2005年3月，頁108。

14 桑志強，〈中共制天權理論與航天載具發展之研究〉，國立中山大學大陸研究所，碩士專題，2007年6月，頁88-92。

15 利用3顆中繼衛星及3個地面接收站所構成的通訊鏈路，立即回傳各衛星所偵搜之資訊，達到即時情資獲取，惟礙於天線指向性的限制，目前大多數衛星仍無法有效利用中繼衛星執行資訊傳遞。李勝義、黃雯禧，〈中共太空衛星科技的發展現況與趨勢探討〉，《國防雜誌》，第27卷第4期，2012年2月，頁95。

16 林序家，〈日首顆國防通訊衛星發射成功 有助飛彈防禦〉，《新頭殼newtalk》，2017年1月24日〈<http://newtalk.tw/news/view/2017-01-24/81335>〉(檢索日期：2017年2月4日)。

建置，增加敵侵犯目標預警時間與方位追蹤準確度及縮小武器射程範圍誤差，尤以共軍研製部署之「東風-21D型」反艦彈道飛彈，可搭載6枚450公斤彈頭，發射進入太空再返回大氣層，精準導向航行中的船艦，¹⁸其戰略構想為當中國大陸決意攻取臺灣時，阻止美國軍事力量介入，尤其是防止美國航母艦隊戰鬥群進入西太平洋地區，挑戰美國在該區域的自由行動。¹⁹

五、天宮與神舟對接之戰略意涵

中國大陸載人航天工程(CMS：China Manned Space)於1992年9月21日正式實施，三步走計畫第一步是將太空人送入太空往返(神舟一號至神舟七號)，第二步建立短期的空間站「天宮一號」及中期停留30天的空間試驗站「天宮二號」，第三步建立長期空間站。²⁰

「天宮二號」空間試驗站於2016年9月15日成功發射，負責航天員中期駐留、推進劑在軌補加、在軌維修技術試驗等三大任務。²¹該空間實驗站是中國大陸未來在2022年實現發射長期駐員空間站²²(或稱太空站)的前

身，配合載人太空船「神舟十一號」於2016年10月17日發射升空，並於10月19日與「天宮二號」在393公里的近圓軌道成功對接(如圖一)，兩位太空人在太空生活33天，完成各項實驗任務，2016年11月17日「天宮二號」與「神舟十一號」成功分離，返回地球著陸內蒙古，為中國大陸自主建立太空站的計畫打下基礎。²³對美國與俄羅斯等國共同合作建置之國際太空站(ISS：International Space Station)預計於2024年除役，屆時中國大陸天宮空間站可能成為唯一在太空長期駐留的國



圖一 神舟十一號與天宮二號成功交會對接圖

資料來源：徐尚禮，〈天神對接提升陸太空偵測潛艇戰力〉，《中時電子報》，2015年10月19日，〈<http://www.chinatimes.com/realtimenews/>〉(檢索日期：2017年4月2日)

17 A2AD此名詞是美國的一個軍事用語(非共軍使用語)，首度出現在2001年美國四年期國防總檢討中，包含「反介入」與「區域拒止」兩個詞，共軍用語是「殺手？」，意涵為阻擾美國兵力(航母戰鬥群)進入西太平洋，挑戰美軍在該區域之自由行動。

18 葛惠敏，〈中共對當代戰爭型態之認知與作為〉，《空軍學術雙月刊》，第644期，2015年2月，頁79。

19 黃楓台，〈中國大陸「反介入/區域拒止」太空系統評估〉，發表於「空權與國防」學術研討會(地點：國防大學空軍指參學院，102年11月20日)，頁1-2。

20 王太宇，〈中國大陸航天科技發展對我之影響〉，《空軍學術雙月刊》，第635期，2013年8月，頁11。

21 中國航天科技集團公司，〈天宮二號空間實驗室三大任務詳解〉，《中國航太報》，2016年9月6日〈<http://zhuanli.spacechina.com/n1465027/n1465039/c1466020/content.html>〉(檢索日期：2017年4月2日)。

22 太空站(國際用語)又稱空間站，是運行在外太空的人造艙，廣義上為太空飛行器的一種，是中國大陸引用名稱。

23 江飛宇，〈反衛星武器將成大國軍備重點〉，《中時電子報》，2016年10月26日，〈<http://www.chinatimes.com/realtimenews/>〉(檢索日期：2017年4月2日)。

家。另美國早在2012年度中國大陸軍力評估報告內指出，勿低估共軍能力與意圖，其太空飛行器對接技術，可用於監測與摧毀敵方衛星，軍事用途廣泛。

「天宮二號」亦搭載了多種尖端科技裝備，且大多數為目前全球最前瞻性之探索領域，並結合成功發射之量子衛星(墨子號)執行「空地量子通訊試驗」，也引起各國關注，其以「量子密鑰分配」為核心的量子保密通信技術，如試驗成功，將可提升國防軍事通訊保密性與金融銀行信息傳遞安全。²⁴

六、未來航太科技發展趨勢

(一)民間商業性競爭發展

航太科技屬高投資、高風險產業，同時也具備高附加價值，其商業化可以獲得相當利潤與市場競爭力。²⁵2016年起美國商業太空公司陸續成立，且民間公司表現不比過去美國太空總署NASA包辦太空運輸的時代遜色，並逐步朝向商業化競爭發展，有別於過去是國家競爭模式，現在是由民間企業間的第二次太空競賽。最有名就是美國太空探索科技(Space X)與藍色起源(Blue Origin)等兩家公司，正在以將人類載運登陸火星為目標。²⁶

隨著航太科技發展，人類活動對衛星

的依賴越來越強，商業衛星發射需求逐漸增大，全球商業發射服務對低成本運載火箭需求日益增加。因此，美國Space X公司獨步全球，分別於2015年12月21日及2016年4月8日發射「獵鷹-9號」，並成功讓第一級火箭返回預定陸地平台與海上平台，成為航太領域具有重大里程碑的意義，也代表可重複使用火箭技術邁出一大步，運載火箭一次性使用之浪費程度就像一架波音747客機執行單趟跨大陸飛行就報廢一樣，如果人類能有效掌握火箭回收與重複使用技術，未來發射成本將大幅降低，進而也會縮減太空旅行花費，預估發射成本將降低99%。²⁷

(二)反衛星武器

2007年1月中國大陸成功發射一枚高度約1000公里左右的反衛星飛彈，並以近距離爆炸方式，擊毀一顆除役之氣象衛星，證明共軍擁有攻擊低軌道衛星之能力，並持續改善精進，以因應未來太空作戰爆發時，阻止對手利用太空資產。²⁸直到2015年共軍第三階段反衛星試驗，也是第8次試驗反衛星彈道飛彈，經驗證可攻擊3.6萬公里軌道的美國GPS衛星，已嚴重威脅美俄兩國，並規劃2020年完成反衛星彈道飛彈部署；另持續發展之太

24 李偉，〈天宮二號 助力中國未來量子通訊〉，《杭州電視台軍事頻道》，2016年9月19日〈<https://www.youtube.com/watch?v=rBv4FTGaSrQ>〉(檢索日期：2017年4月2日)。

25 楊楠，〈基於軍民融合的運載火箭商業化轉型思考〉，《國防科技工業》，月刊號1009-5225第189期，2016年2月，頁36。

26 江飛宇，〈民間火箭公司業務熱絡 太空競賽再起〉，《中時電子報》，2016年11月2日〈<http://www.chinatimes.com/realtimenews/>〉(檢索日期：2017年4月3日)。

27 李大光，〈獵鷹-9火箭著陸回收又一次嘗試〉，《國防科技工業》，月刊號1009-5225第189期，2016年2月，頁67-69。

28 ANNUAL REPORT TO CONGRESS Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2010,(Office of the Secretary of Defense,2010), P36。

空戰武器亦包括陸基雷射和小型機動衛星，並研發可監視或攻擊敵方衛星的雙用途共軌衛星。²⁹

美國空軍艾瑪尼歐(Nina Armagno)少將說過：「太空已成大國競爭的領域，到2025年俄國與中國大陸就有可能對美國衛星發動攻擊，意味軍備競爭已到太空層面」。現在的衛星還不具備自我保護的能力，對來襲飛彈完全束手無策，未來可能會在衛星上設計電子反制系統，就如以往地面的軍事設備一樣。

我國航太科技發展

臺灣於1991年成立太空計畫，由國家實驗研究院太空中心負責並策訂國家太空科技發展計畫第一期15年(1991年至2006年)及第二期15年(2004年至2018年)，建造衛星、儀器、火箭、地面觀測設備及太空相關科技等，期藉由臺灣現有基礎結合產業界與學術界，建立全方位太空科技實力。

一、臺灣發展人造衛星現況

我國第一顆自主擁有的衛星「福爾摩沙一號」，於1999年1月27日成功發射，任務壽命2年，設計壽命4年，實際運轉近5年半，並於2004年6月17日結束任務，是一顆低軌道的科學實驗衛星，同時亦奠定我國後續研發「福爾摩沙系列」衛星(如附表一)。

「福爾摩沙二號(簡稱福衛二號)」是臺

灣第一顆遙測衛星，於2004年5月21日成功發射運轉12年2個月後，於2016年8月19日結束任務，運作期間對國內及全球陸地與海域進行遙測作業，在防災救災、環境保護、資源探勘、國土規劃等幫助相當大，使得東南亞、歐洲、北美、中東等國家對其影像資訊及品質極感興趣，³⁰該衛星當時堪稱世界頂尖的影像衛星，軌道夠高且視野大，可延伸到極區進行即時影像攝影，因此，才能獨步全球拍到北韓核子試爆地下設施衛星空照圖。聯合國亦曾低調提出請求，希望將臺灣納入世界性災難監測協調系統的一部分，為全球各地的天然災害提供即時影響協助。

由於衛星的零件都有壽命限制，為了能接續「福衛二號」的任務，並建立自主衛星

表一 臺灣人造衛星發展表

臺灣太空計畫－國研院國家太空中心(NSPO)	
通信衛星	中新一號(與新加坡合作)、中新二號(與新加坡合作)
地球觀測衛星	福爾摩沙衛星二號、福爾摩沙衛星三號(與美國合作)
科學實驗衛星	福爾摩沙衛星一號、塔堤揚娜二號微衛星(與俄羅斯合作)
研發中(含待發射中)	福爾摩沙衛星五號、福爾摩沙衛星七號(與美國合作)
計畫終止	福爾摩沙衛星四號(ARGO衛星)、福爾摩沙衛星六號
其他	蕃薯號衛星、AMS計畫

資料來源：維基百科，〈臺灣太空計畫〉，《維基百科網》，2016年11月20日，<<https://zh.wikipedia.org/wiki/>>(檢索日期：2017年4月2日)

29 林明智，〈中共空軍戰略「空天一體、攻防兼備」發展對我防衛作戰之影響〉，發表於「空權與國防」學術研討會(地點：國防大學空軍指參學院，105年10月25日)，頁106-107。

30 劉嘉律、張立德，〈福爾摩沙衛星二號升空週年慶〉，《尖端科技軍事雜誌》(2005年6月)，第250期，頁4-5。

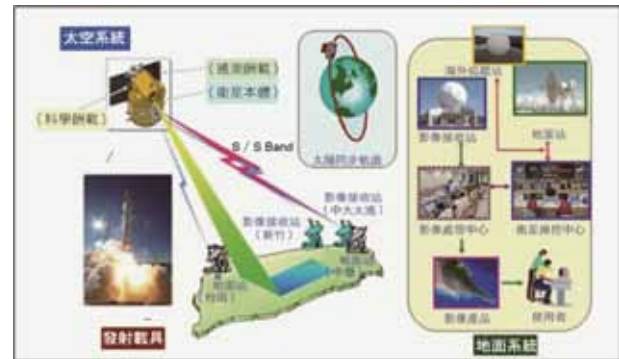
平台，我國太空中心在2008年提出新一代的遙測衛星計畫「福爾摩沙五號(簡稱福衛五號)」，該衛星設計預定高度為離地面720公里的太陽同步軌道，³¹所攝得的衛星影像也將比運行高度890公里的「福衛二號」更清晰。³²其主要差異在於彩色影像解析度由8公尺提高為4公尺，黑白影像解析度維持2公尺，拍攝範圍能涵蓋全球(如附表二)。

我國「福衛五號」衛星系統設計架構(如附圖二)將搭載兩個酬載，惟當時受到臺灣政治情勢及大多數國家限制出口衛星科技的關鍵零組件，決定由國內自行研發，其中遙測酬載是由國研院太空中心與儀器科技研

表二 福衛二號與五號衛星比較表

衛星	福衛二號	福衛五號
軌導	離地面891公里，繞地一周約103分鐘。	離地面720公里，繞地一周約99鐘。
再訪週期	同地點每日再訪一次，每天通過臺灣正上空2次。	同地點每2日訪一次。
形狀	六角柱形，高2.4公尺，外徑約1.6公尺。	八角柱形，高2.8公尺，外徑約1.6公尺。
重量	760公斤	555公斤
解析度	黑白影像2公尺，彩色影像8公尺。	黑白影像2公尺，彩色影像8公尺。
設計任務壽命	五年	五年

資料來源：劉珈均，〈福衛五號光學酬載MIT為地球拍寫真集〉，《PS泛科學》，2015年5月25日〈<http://pansci.asia/archives/>〉(檢索日期：2017年3月6日)



圖二 福衛五號系統架構圖

資料來源：蔡東宏，〈福爾摩沙衛星五號系統〉，《科學發展-專題報導》，第518期，2016年2月，頁7

究中心結合國內技術能量自主開發而成的；另一個科學酬載「先進電離層探測儀」，由中央大學太空科學研究所負責研製，是國際間首創以單一探測儀實現多合一的電漿量測儀器，可量測離子密度、離子速度、離子溫度、電子溫度等。³³目前受限我國仍無法自主研發與發射運載火箭，原接替「福衛二號」任務之「福衛五號」衛星因委託美國太空探索科技公司(Space X)延宕發射，已嚴重影響我國太空發展進度；另「福衛五號」衛星耗資36.64億，其中約20億為火箭發射成本，³⁴亦造成我國研發經費支出不平衡問題。

我國通信衛星發展是由中華電信與新加坡電信共同投資，並委由日本三菱電機建造，其中「中新一號」通信衛星於1998年8月

31 蔡東宏，〈福爾摩沙衛星五號系統〉，《科學發展-專題報導》，第518期，2016年2月，頁8-10。

32 國家實驗研究院，〈福衛五號遙測酬載100%臺灣製造〉，《國研院太空中心電子報》，第6期，2010年2月12日，〈<http://www.narlabs.org.tw/tw/epaper/>〉(檢索日期：2017年4月3日)。

33 同註蔡東宏，〈福爾摩沙衛星五號系統〉，《科學發展-專題報導》，第518期，2016年2月，頁6。

34 劉珈均，〈福衛五號光學酬載MIT為地球拍寫真集〉，《PS泛科學》，2015年5月25日，〈<http://pansci.asia/archives/79898>〉(檢索日期：2017年3月6日)。

成功發射，任務壽命12年，2011年屆滿使用年限後，由「中新二號」取代，並於同年5月發射升空，該衛星為赤道上空3萬6千公里之同步軌道衛星，使用KU及C頻段，服務範圍包含中亞、東南亞、印度、地中海及中東地區，任務壽命設計15年，使得臺灣衛星通訊產業由傳統類比，轉入高畫質數位時代。³⁵

二、我國火箭發展現況

我國在1972年開始研製射程100公里的運載火箭，中科院也配合軍事需求加入火箭技術研發，期望發展彈道飛彈、衛星發射等能力。80年代初期臺灣啟動「天馬計畫」發展投射1,000公里以上的載體，80年代末期轉而研發衛星運載火箭，惟當時遭受美國和國際組織阻擾，臺灣發展火箭技術只能自力更生，³⁶再加上我國政策不夠持續下，歷經10年努力，僅研製出初級探空火箭。³⁷

臺灣國家太空中心於1997年主導探空火箭(HTTP系統火箭)³⁸計畫，1998年12月15日首次發射「探空一號」火箭，長度4至5公尺、直徑30至40公分，具四片尾翼，使用固態燃料，僅執行溫度及震動資料蒐集，無運載任何科學酬載，並於2009年太空中心開始

推展混合式火箭技術研發，與國立成功及交通大學等團隊合作發展，該技術是最環保及安全的火箭推進技術，為現行各國發展太空旅行業者所使用，對未來產業應用具有相當潛力；另外研發成功的碳纖高壓燃料筒技術，將來可應用於氫燃料車及太陽光電綠能產業中，實質展現產業應用的效益。³⁹計畫自1997年起至2014年計發射10枚固態探空火箭，其中9枚成功、1枚失敗(如附表三)。

我國「探空十號」火箭於2014年10月7日在屏東九鵬基地成功發射(如附圖三)，搭載先進科學酬載「磁阻磁力計」、「藍米爾探針」及「離子能量分析儀」，並搭配國內首次研製的中性粒子分析儀，以及與日本宇宙航空機構(JAXA：Japan Aerospace Exploration Agency)合作發展的「太陽姿態計」及「磁閥磁力計」等三項儀器，共同進行量測，在臺灣南部上空90到286公里間完成大氣電離層與熱氣層的動態量測，過程中所有資料數據，經由火箭的通訊系統即時傳遞至地面接收站，並在發射後520秒落入海中，成功完成階段性次軌道科學實驗計畫。另國內首次研發滾轉控制機制，是以改變轉動慣量方式，降

35 江明晏，〈中新二號衛星順利升空〉，《中央通訊社》，2011年5月21日〈<http://appweb.cna.com.tw/webm/news/firstnews/201105210015.aspx>〉(檢索日期：2017年4月3日)。

36 左秋子，〈臺灣發展火箭情況透視〉，《華夏經緯網》，2016年4月22日〈<http://hk.huaxia.com/lasd/twzlk/jqda/2016/04/4813700.html#>〉(檢索日期：2017年4月1日)。

37 50公里以內的地球大氣層屬於探空氣球探測範圍，50至300公里間太空探測由探空火箭執行，300公里以外的太空探測任務多由衛星執行。

38 HTTP系列為採用混合式火箭推進器的探空火箭，系統簡單、低成本、安全性高、可多次點火調整火箭速度等特性。HTTP是由四所合作學校所在的縣市命名，依次為新竹(Hsinchu)國立交通大學、臺北(Taipei)科技大學、臺南(Tainan)國立成功大學及屏東(Pintung)的屏東科技大學。

39 維基百科，〈臺灣探空火箭〉，《維基百科網》，2016年11月20日修訂，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/>〉(檢索日期：2017年4月1日)。

表三 臺灣探空火箭發射紀錄表

次別	發射日期 (西元年-月-日)	酬載	結果
1	1998年12月15日	無，蒐集溫度及震動資料	成功
2	2001年10月24日	TMA (Tri-Methyl Aluminum, 三甲基鋁)科學酬載，進行電離層E層(80~150公里)大氣中性風場及亂流參數測量	未達預定高度落海
3	2003年12月24日	TMA (Tri-Methyl Aluminum, 三甲基鋁)科學酬載，TMA燃料釋放、火焰軌跡影像	成功
4	2004年12月14日	光度計、GPS(全球定位系統)	成功
5	2006年01月18日	離子探測儀、三軸磁力計	成功
6	2007年09月13日	回收艙回收實驗	成功
7	2010年05月05日	電漿探測儀	成功
8	2013年06月05日	過氧化氫單基推進系統、科學儀器回收艙	成功
9	2014年03月26日	太空電漿量測儀	成功
10	2014年10月07日	電離層探測儀器	成功

資料來源：維基百科，〈臺灣探空火箭〉，《維基百科網》，2016年11月20日，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/>〉(檢索日期：2017年4月1日)

低並精確控制火箭的滾轉速度，俾利科學酬載量測作業。⁴⁰

目前我國正進行「探空十一號」火箭先期研究工作，將持續累積火箭發射技術；另一方面臺灣國內學術機構也在積極參與火箭研究與製作，國立交通大學前瞻火箭研究中心(ARRC: Advanced Rocket Research Center)是於2012年成立的探空火箭研究學術機構，



圖三 臺灣探空十號火箭發射情況圖

資料來源：維基百科，〈臺灣探空火箭〉，《維基百科網》，2016年11月20日，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/>〉(檢索日期：2017年4月1日)

其宗旨在促進臺灣太空科技的發展，其目標是未來由臺灣自主研發與製造運載火箭，並達成運送衛星上軌道的能力。

藉由歷次探空火箭計畫，我國逐步建立探空火箭本身的技術，包括鼻錐罩開啟、酬載分離等，惟火箭發射GNC⁴¹(旋轉運動控制)及發動機噴火熱段成型等關鍵技術，仍無法突破。臺灣未來的計畫(第二期太空計畫)是研發小型衛星(30~50公斤)發射火箭(SLV: Satellite Launch Vehicle)，從近地點500km到遠地點700km是改良原有的探空火箭，在四段式的固體燃料火箭上，裝設同固體燃料的2架補助火箭，裝載能力將考量比照印度開發之SLV-3火箭程度。

三、臺灣航太科技結合軍事運用之效益

40 TechNews，〈探測實力再進擊！國研院探空十號科學實驗飛試成功〉，《TechNews科技新報》，2014年10月9日，〈<http://technews.tw/2014/10/09/sr-x/>〉(檢索日期：2017年4月3日)。

41 GNC(導航和控制系統)：計算火箭速度與姿態，負責火箭飛行全程的姿態、軌道與本體運(轉)動行程等控制，簡稱為GNC系統。

從波斯灣、阿富汗、科索沃等近代戰爭，可知遠距、精進打擊武器的重要性，中國大陸傾全國之力積極發展衛星，亦是為了提高自行研製之導彈及巡弋飛彈攻擊精準度，降低目標距離誤差，發揮威脅效果。我國在中程飛彈研發上已具備相當的成果，中科院研發雄二E飛彈，其性能與巡弋飛彈相近，射程可達600至800公里，並藉由導引技術提高對目標打擊精準度。⁴²

美軍在各項軍事行動的分析均強調太空活動對資訊化戰爭的重要性，戰場監視及控制、定位與精準制導，均須依靠衛星。臺灣已汰除之「福衛二號」衛星，在運作期間除了有助於防災救災、環境保護、資源探勘及國土規劃等，在軍事運用上，亦有相當程度的貢獻，後續接替之「福衛五號」遙測衛星，將取代「福衛二號」執行對臺灣及全球陸地與海域進行遙測作業；另國軍目前使用之「天頻系統」也是由中科院研發地面行動衛星通訊載台，並結合我國之「中新系列」通信衛星，雖有部分使用窒礙仍待改善，惟目前無論是遙測衛星或通信衛星，均達到軍、民共用及平時能救災、戰時能支援作戰等效益。

臺灣火箭技術則採取政府與民間通用方式發展，除為了整合資源外，也期能減少政府預算負擔，惟發展迄今，尚無法自行運載30至50公斤小型衛星到太空，我國太空計畫

進展緩慢，仍有很長的路要走，再者火箭技術亦是發展彈道飛彈的基礎，如果我國能研製小型衛星運載火箭，並成功發射入軌，將會提升軍事偵察、通信及飛彈發射等能力。我國探空火箭是由「天弓二型飛彈」⁴³為基礎改造研發，但推力離衛星運載火箭及彈道飛彈的標準仍有一段距離，因此，必須不斷透過探空火箭發射，探索多級火箭技術、彈道飛行數據、火箭姿態控制與返回等技術，才能逐步完成自主發射衛星到太空及彈道飛彈的研發，以提升軍事力量之嚇阻。

衛星配合無人飛行載具(UAV：Unmanned Aerial Vehicle)的運用，提升情監偵與先制奇襲效果，因無人機造價便宜，符合軍事投資效益，可大量生產製造，再加上配置GPS系統、攝影裝置、資料鏈傳輸及武器等，於戰場隨時執行情報偵搜外，並即時傳回情資或反制作為。UAV在美軍發動的波灣、科索沃及阿富汗等戰爭都證實它的作戰效益，並減少作戰人員傷亡與高價值裝備損耗。

我國航太產業發展策略

本研究利用策略分析之SWOT分析法，透過「內部、外部」條件與「正面、負面」因素等兩軸交錯，得出4個分析面向，並在完成分析後，藉由提升優勢、降低劣勢、把握可利用機會及消除潛在威脅等策略，找出臺灣有力的發展對策與方向。

42 吳傳國，〈嚇阻在國家安全戰略上的運用與實踐〉，《國防雜誌》，第24卷第2期，2009年4月，頁15。

43 天弓二型飛彈：由我國(中山科學研究院)自行研發的防空飛彈，採用固態火箭，最大射程約200公里，移除彈頭(高爆炸藥約90公斤)及導引系統部位後，有效載荷約150公斤，可達300公里高度之探空火箭。

表四 我國航太科技發展SWOT分析表

內部環境	優勢(Strengths)	
	劣勢(Weaknesses)	
外部環境	- 目前政府執政策略，支持推動「航太、航空(艦)、資安」等三大國防產業。 - 具備衛星與中程飛彈研發的技術與經驗。 - 國內具有良好電子產業基礎。	- 經濟因素國家預算有限。 - 我國缺乏長期整體規劃與企圖心。 - 國內市場過小，民間產業投資意願低。 - 航太領域科研人員不足。
機會 (Opportunities)	SO(掌握內部優勢，運用外部機會)	WO(克服內部劣勢，利用外部機會)
- 各國積極發展航太科技，合作開發機會增加。 - 利用地緣戰略關係，與周邊國家建立軍事合作夥伴關係。	積極爭取與其他國家建立合作研發或戰略夥伴關係，以期能引進關鍵技術，自主研發運載火箭。	訂定長期發展策略與具體目標，積極輔導民間企業參與國內投資，或與國外廠商共同合作發展航太科技。爭取國際市場，生產航太零件，成為供應商，持續引進關鍵技術，扶植產業供應鏈，以達長遠發展目標。
威脅(Threats)	ST(利用內部優勢，免除外部威脅)	WT(減少內部劣勢，避免外部威脅)
- 國際規範限制火箭發展。 - 國際地位受中國大陸打壓，關鍵技術不易取得。	整合國內產官學界共同合作研發，並以民生與科研為基礎，多管道爭取突破國際合作空間。	依不對稱作戰模式，加強中共衛星監控機制，並持續發展干擾或反衛星武器裝備。重視學校教育訓練與航太人才培育，並經常性舉辦國內、外學術研究與交流。

資料來源：本研究整理

一、SWOT分析

就目前我國航太科技發展政策、技術、產業、供應鏈等面向情況執行內、外部分析，期能完整探討後續發展策略(如表四)。

(一)內部優勢

1. 國內政府執政策略支持：我國於1991年發展航太產業迄今，囿於國內政經因素，

導致發展進度遲緩，2016年政黨再次輪替後，目前政府對國防策略支持推動「航太(空)、航艦、資安」等三大國防產業。

2. 具備飛彈研發技術與經驗：我國由中科院研發「天弓系列」飛彈，因應國軍需求，不斷提升改良，2016年更是成功研發垂直艦射型天弓三型飛彈。

3. 具備衛星研發技術與經驗：我國從「中新系列」到「福爾摩沙系列」等衛星，分別和新加坡、美國合作開發，已具備衛星研製技術與經驗。

(二)內部劣勢

1. 國家預算有限：中國大陸在經濟發展快速下，投入預算相對較多，然而臺灣囿於資源不足、政治惡鬥與人口結構等因素，經濟發展有限，導致國防預算逐年縮減，相關科技研發經費更是不足。

2. 缺乏長期整體規劃與企圖心：中國大陸在美國高科技產品與技術禁止輸出大陸的限制下，仍然展現推動國家航天科技的企圖心，擬定長期發展計畫，利用各種手段獲取相關技術，並投入國家整體資源。反觀，臺灣依照第二期(2004年至2018年)太空計畫，仍未完成小型衛星運載火箭自製與發射能力。

3. 國內市場過小，民間企業投資意願低：航太科技投資預算龐大、發展時間長，再加上我國的內需市場小，造成臺灣企業退卻，幾乎不願投入資金與時間。

4. 國內科研人員不足：臺灣航太科技人員主要集中在國家太空中心及中科院部分系所，跟目前航太科技大國及成熟發展中國家

之科研人數相較下，仍遠遠不足。

(三)外部機會

1.各國積極發展航太科技，增加合作開發機會：全球在資源過度開發、複合式天災增加與軍事運用發展等因素下，各國均積極投入發展能自行控制之衛星，並持續向外太空發展，尋求月球資源利用及火星移民探索等。

2.建立地緣戰略軍事合作夥伴關係：全球在美國、俄羅斯、中國大陸等成為航太科技大國後，日本及印度等亞洲國家，為避免與中國大陸產生過大發展差距，近幾年也積極發展國內航太科技，臺灣應利用亞太區域地緣戰略關係，爭取軍事合作或共同開發之可能性。

(四)外部威脅

1.國際規範限制火箭發展：臺灣在國際「飛彈技術管制公約(MTCR：Missile Technology Control Regime)」⁴⁴的約束下，運載火箭發展技術受限，目前均依賴國外合作廠商協助發射衛星。

2.關鍵技術取得不易：臺灣國際地位受中國大陸打壓及各國生產關鍵零組件限制出口或技術輸出管制等困境，相關航太科技關鍵技術取得不易，自製雖能掌握技術，惟國內沒經驗的情況下，必須長時間投入人力與

資金，重頭摸索累積技術。

二、增長型策略(S-O)

臺灣總體經濟規模與實力無法與大國相比，發展航太科技屬尖端科技，須投入大量財力與人力，再加上我國財政預算有限，難以支撐航太工業發展，除了採取軍、民通用方式，整合民間產業、官方機構、學術與研究單位外，更應向國際拓展爭取與國外政府機構或企業共同合作開發之機會。

日本有鑑於中國大陸快速成長的航天技術，且為避免完全依賴美國，自行研發「準天頂衛星系統(QZSS：Quasi-Zenith Satellite System)」是輔助GPS導航衛星之擴增系統，增進GPS信號可用性，提升導航準確度與可靠度，並針對移動應用系統提供視訊基礎服務(影像、聲音和資料)，共有三顆衛星，屬區域性功能，服務範圍覆蓋東南亞，後續將增加第四顆衛星，並於發展中的「多功能運輸衛星」結合。QZSS於2002年開始推展亦是由政府機構部門主導，並授權民間各企業(包括三菱電機、日立、豐田汽車等59家)及技術公司等團隊共同合作發展。⁴⁵另日本接著於2017年1月24日以自製「H2A運載火箭」⁴⁶成功發射首顆國防通訊衛星，提升日本自衛隊的指揮與情報共享等軍事運用能力。

印度自行發展自由區域型導航衛星系統

44 MTCR是一個多邊出口管制制度，它是35個國家之間的非正式和自願夥伴關係，以防止能夠運載500公斤以上有效載荷300多公里的導彈和無人機飛行器技術的擴散。

45 維基百科，〈準天頂衛星系統〉，《維基百科網》，2016年9月16日修訂，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw>〉(檢索日期：2017年4月5日)。

46 H2A運載火箭是日本三菱重工業和日本宇宙航空研究開發機構(JAXA)共同研發，於2001年發射第一枚，迄今已發射30枚、成功29枚、失敗1枚，屬捆綁式2級火箭，採用液態氫氧燃料，火箭直徑4公尺，高度53公尺。

(IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System), 提供民用標準定位服務及特定軍用限制型等兩種, 擁有完全的掌控權, 亦是因為考量在敵對的狀況下, 無法保證可以取得GPS系統信號。另印度太空研究組織(ISRO: Indian Space Research Organisation)於2017年2月15日發射「極軌衛星運載火箭(PSLV-C37)」搭載104顆衛星升空, 經過17分鐘飛行後, 約505公里的高度, 開始逐步在不同角度的軌道分離衛星, 整個任務持續約30分鐘, 成功創下單一火箭把104顆衛星送入太空規道的紀錄,⁴⁷其中101顆是為外國發射, 包括96顆衛星是屬於美國, 以色列、哈薩克、阿聯酋、瑞士及荷蘭等國各佔一顆; 而104顆衛星當中有103顆均屬納米衛星(總重664公斤), 餘一顆是印度所屬「Cartosat-2同步軌道地球觀測系統衛星計畫」的第6顆衛星(重量714公斤)。⁴⁸此次破紀錄發射, 代表印度太空計畫已臻成熟, 未來更希望超前中國大陸, 成為亞洲區第一的目標。印度德里的智庫「政策研究學會」主任巴期卡指出, 印度太空計畫的優勢是因為勞動成本較低, 能夠比其他國家四成, 甚至三成的成本完成衛星發射任務, 惟自製的火箭仍無法運載重型衛星, 必須持續研發克服發動機技術之問題。

亞太地區各國因應中國大陸軍事武力擴

大的威脅, 以及國際市場航太商業經濟效益等因素, 紛紛投入龐大人力與資金發展航太科技, 提高軍事戰略運用與威懾能力, 臺灣位處亞太一份子, 且直接面對中國大陸的文攻武嚇, 更應利用目前局勢, 積極爭取與日本、印度等國家建立合作研發或戰略夥伴關係, 以期能引進關鍵技術, 提升我國航太科技實力, 建置所屬能掌控之軍事用衛星, 並能自主研發衛星運載火箭, 最終發展戰略彈道飛彈, 真正達到有效嚇阻之戰略目標。

三、多元型策略(S-T)

各國對航太技術都有嚴格控管及保密作為, 限制出口衛星科技的關鍵性零組件, 因此, 特殊規格要求之零組件或關鍵性技術, 無法透由市場採購模式獲得。人造衛星是航太科技重要之一部分, 能運用在民生與軍事方面, 在災害防救與國土防衛上更是能發揮其重要性, 全球各國都競相發展, 附加經濟效益亦相當可觀。⁴⁹我國目前發展航太科技仍是以民生用途、資源探勘、環境保護及防災救災為主, 科學研究為輔, 為了能拓展國際合作發展空間, 應多管道爭取與相同需求之國家, 採共同合作研發之方式, 組成研發團隊, 或透由技術相互交流機制等, 期能在短時間內獲得關鍵性技術。

臺灣與日本共同合作的第一顆人造衛星, 於2016年12月20日順利從日本內之浦太

47 「一箭多星」紀錄: 俄羅斯於2014年一箭37星, 美國紀錄一箭29星, 中國大陸於2015年一箭20星, 目前掌握一箭多星技術國家為俄、美、中國、日本、印度及歐洲太空中心。

48 中央社於新德里專電, <一火箭送104枚衛星, 印度公開歷史畫面>, 《聯合新聞網》, 2017年2月17日, <<https://udn.com/news/story/5/2291704>>(檢索日期: 2017年4月2日)。

49 同註7, 潘宜輝, <中共航天科技戰略對我之影響—以衛星為例>, 發表於「空權與國防」學術研討會(地點: 國防大學空軍指參學院, 105年10月25日), 頁24。

空中心成功發射，衛星升空後太陽能板順利展開充電，地面接收站也順利收到衛星訊號。該枚科學衛星(ERG: Exploration of energization and Radiation in Geospace)⁵⁰是日本宇宙航空研究開發機構(JAXA)主導的一項「地球輻射帶衛星探索計畫」，⁵¹我國於2013年由中央研究院(天文所)與成功大學(太空與電漿科學研究所)共同參與打造，臺灣團隊主要的工作是負責 ERG 衛星中「量測低能量電子分布的酬載(LEP-E，如圖四)」，衛星收集的所有科學資料，連結到成功大學的ERG數據中心網，供全國學術研究及分析地球太空環境，了解地球輻射帶的各種物理現象；另本合作案亦提升我國尖端太空科技儀器的製造經驗與能力，並預期未來在太空研究領域中創造其他國際合作機會。⁵²

四、扭轉型策略(W-O)

上個世紀美國阿波羅計畫工程總設資約254億美元(相當於現在約1,360億美元)，參與阿波羅計畫總人數超過40萬人，包含2萬多企業、200多所大學、80多個科研機構，當時1960至1970年代產生了液態燃料火箭、微



圖四 LEP-E儀器實體(左)及結構(右)圖

資料來源：王祥宇，〈中央研究院天文所新聞稿〉，《中研院天聞網》，2016年12月22日，〈<https://sites.google.com/a/asiasa.sinica.edu.tw/astronews/home/>〉(檢索日期：2017年4月5日)

波雷達、無線電制導、合成材料、電腦等大批高科技，這些科技技術轉移至民間，帶動整個工業發展，其效益遠超過阿波羅計畫本身的直接經濟效益。依據美國統計阿波羅計畫生產出約3,000種應用技術，涵蓋太空、航空、軍事、通信、材料、醫療衛生、電腦等產業。⁵³

近年來，國際太空事業商業化、全球化趨勢加快，軍事與民用太空產品不斷發展，2014年全球航太產業經濟總量約3,300億美

50 「ERG衛星」屬小型科學研究衛星，臺灣於2013年加入負責「低能量電子量測儀(LEP-E)」，從設計開發、零組件製造、組裝與整合測試，乃至於後續資料格式設定，都是由臺灣團隊負責，該衛星遠地點達3萬公里，是臺灣自製科學儀器航行最遠的新紀錄。

51 「地球輻射帶衛星探索計畫」：科學目的是為了深入探索地球磁層高能輻射帶，了解當中相對論性粒子的加速機制，並對其中複雜的波動與粒子之間的關係找出關鍵性的證據，以了解大氣輻射層如何保護地球不受太空中的高能粒子入侵。

52 王祥宇，〈中央研究院天文所新聞稿-與日本合作之 ERG科學衛星成功發射升空〉，《中研院天聞網》，2016年12月22日，〈<https://sites.google.com/a/asiasa.sinica.edu.tw/astronews/home/zhongyanyuantianwensuoyuribenzyzhouhangkongyanjiukaifajigouhezuozhiergekexueweixingyu12yue20richengongfasheshengkong>〉(檢索日期：2017年4月5日)。

53 同註32，王大宇，〈從嫦娥工程探討月球戰略新形勢〉，《空軍學術雙月刊》，第644期，2015年2月1日，頁21-22。

元，商業航太佔全球航太產業總收入比重已達到76%，成為各國航太活動的主體，有數據顯示商業化航太領域每投入1美元，可以拉動7至14美元的回饋。⁵⁴

尖端科技發展是必須持續透過生產、研發與創新等循環，方能不斷提升技術，臺灣航太產業內需市場有限，不易維持與提升國內航太技術，政府應訂定長期發展策略與具體目標，積極輔導與鼓勵民間企業廠商參與國內、外投資，共同合作發展航太科技，才能減少財政預算壓力和分散資金挹注之風險，並藉由臺灣電子、通信、材料、工具機及航太等產業基礎優勢能力，爭取國際市場，生產高品質、高可靠性之航太零件，成為供應商，持續引進關鍵技術，扶植產業供應鏈，以達國家長遠發展目標。

五、防禦型策略(W-T)

臺灣航太內需市場過小，在國際政治情勢上又遭受中國大陸的打壓，我國在未來爭取國際市場合作之機會，勢必遭遇困難。目前臺灣面臨最大問題就是尚無能力研製與發射衛星運載火箭，亦未有足夠數量與完全自我掌控之軍事用衛星(如導航衛星)，與中國大陸現階段航天科技力量無法抗衡，惟臺灣仍須不斷發展航太科技，提升國內經濟產業與軍事運用，並以不對稱作戰(AO：

Asymmetric Operation)⁵⁵思維應對，加強共軍衛星監控機制，持續發展干擾或反衛星武器裝備，用最少投資預算及時間，獲得最有效反制手段。

美國及以色列就是不斷發展與創新高科技技術，保有國防自主與強悍的優勢，即使像以色列這樣國家資源有限，若能有效控制關鍵技術，仍能「以質勝量」贏得戰爭。國防科技關鍵技術主要係分布在電子、航太、光電、材料與生化等不同領域，尤其在部分領域內，我國已具備了良好之基礎，所生產之產品與其他先進國家相比毫不遜色，國防部軍備局應整合中科院、工研院、太空中心與航發中心等研發機構，共同致力於保有國內具優勢的國防關鍵技術，以求「質」的優勢彌補「量」的差距，才能長遠推動國防自主。

各領域科技優勢之確保有賴卓越之研發人才獲得，因此，專業人才培育是相當重要的。中國大陸於1956年在北京航空學院開設航天及火箭設計專業班，隨後相繼在哈爾濱工業大學等10多所校學成立航天(宇航)學院，並列入國家重點大學，專門研究航天技術，培養航天人才，從學士、碩士到博士完整的學歷教育。⁵⁶目前我國臺灣大學、成功大學、交通大學、中央大學、中山大學、海洋

54 同註27，楊楠，〈基於軍民融合的運載火箭商業化轉型思考〉，《國防科技工業》，月刊號1009-5225第189期，2016年2月，頁36。

55 「不對稱作戰」一詞最早見於美軍相關軍事準則；臺灣國軍軍語辭典內「不對稱作戰」定義：為一種作戰概念，係以不對稱手段、非對等力量與非傳統方式進行之作戰，旨在迴避敵人強點，並以適當戰法、戰具攻擊敵人的弱點，從而改變戰爭的結果，使戰爭朝向有利我方的方向發展。

56 餘瑞冬，〈中國已初步建成自主培養航天科技人才的教育體系〉，《北京：中國新聞社》，2003年11月，頁29。

大學等學校皆具有專業衛星科技的組系或學術研究編組，若能結合中科院、中研院、工研院等研發機構與民間相關科技產業，以國家力量全力發展航太科技，不僅可永續培育人才，更可結合產業工作機會，留住國內專業人才，甚至將優秀人才送往國外學習，吸取最新技術新知，提高科技人員素質，並時常舉辦國內、外學術交流研討會，期能大幅提升國家太空科技能力。

結論與建議

美國前總統歐巴馬於接受自然科學雜誌專訪，曾表示美國需要強而有力的太空專案，不僅有助於維持我們在太空領域的優勢地位，也能幫助教育、科學、技術、環境及國家安全方面的優勢地位，並贊成在2020年前重返月球計畫，這是朝向火星等更遠太空邁進的前哨。另一方面隨著人類太空飛行發展歷程來看，已由過往國家主導演變至民間商業性競爭，更加速人類探索太空的夢想。

一、結論

中國大陸向國際宣稱以和平發展航天科技，惟仍不斷強化軍事方面運用，並以2020年為目標，建立一個能遂行區域聯合作戰為主的軍力邁進，持續發展航天科技產業，且逐步轉向全球服務化，進入國際市場，提升其綜合國力，⁵⁷其發射衛星數量已超越俄羅

斯，躍升航天科技大國。中國大陸在採取政左經右策略下，經濟快速發展，科技進步迅速，並推動國防現代化改革，已逐漸展現共軍強大武力成果，其中空軍戰略調整為「空天一體、攻防兼備」，搶佔太空戰略制高點，朝建立一支整合太空資訊與太空反制作戰，且更具攻擊導向的新軍隊發展；⁵⁸另共軍亦建立能遂行太空作戰的天軍，並於2015年12月31日成立戰略支援部隊，集天軍、網軍、電子對抗等部隊於一體，在太空、空中及電磁等空間，支援其他傳統兵種遂行作戰任務，⁵⁹提升聯合作戰效能，更能支撐共軍空軍戰略，其目的在於未來能牽制大量依賴衛星的美國，目前更具備可攻擊衛星之飛彈、雷射外，並持續發展電磁波等能摧毀衛星電子設備的硬殺能力及建構太空資訊作戰等軟殺能力，增加與美國戰力抗衡。

習近平為實現強國夢，穩固其亞太強國地位，推行一帶一路策略，積極與巴基斯坦、馬來西亞等國家合作，並協助興建港口、鐵(公)路等交通運輸設施，共同發展貫穿歐亞大陸之海(陸)經濟走廊，更使共軍派兵海外駐軍及海軍向外擴展正當化，進而影響美國、新加坡、印度、日本等相關國家經濟利益與地緣政治影響力。因此，使得印度國會議員組織「印度－臺灣國會友誼論壇」，致力國會、經濟、文化等各項事務交

57 蔡和順，〈中共衛星發展對我地面防衛作戰威脅〉，《陸軍學術雙月刊》，第44卷第498期，2008年4月，頁52。

58 羅傑·克里夫(Roger Cliff)等作，黃文啟翻譯，21世紀中共空軍用兵思想，〈臺北室：國防部史政編譯室，2012年〉，頁80。

59 陳津萍，〈習近平深化國防和軍隊改革之戰略涵義〉，《空軍學術雙月刊》，第656期，2017年2月，頁16-18。

流與合作；另美國在歐巴馬前總統任內簽署同意，允許臺美現役資深將領、官員互訪，展現美國對臺灣國防安全與雙方軍事交流的關心與支持。鑑此時機，我國應深化實質交流作為，加強與印度、日本共同合作開發航太產業，並建立地緣戰略夥伴關係。

從近代美國發動波斯灣戰爭等戰史中，可知目前大多數武器裝備或系統必須結合太空衛星，提供全天候、高精度、立體空間及全球覆蓋等精準打擊、情資偵搜、戰場監控與指揮管制，如UAV無人飛行載具、精準導引打擊飛彈、地對地彈道飛彈等，均須藉由衛星遂行遠距離精準導引攻擊及通信鏈結傳遞資訊或指揮控制，我國因無自主控制之導航衛星，亦無足夠數量，且專屬軍事使用之通信或中繼衛星，導致中科院自行研發之UAV僅能依靠地面通信(情資)接收載台，無法遂行遠距離偵察或攻擊任務，影響軍事作戰效益。

目前臺灣航太產業發展困境是受到中國大陸打壓與各國高科技產品或技術出口限制等因素，無法掌握關鍵性技術，但在國內電子產業基礎優勢下，仍克服相關困難完成福衛五號遙測衛星酬載自製，其中在研發衛星光學鏡頭過程，就有兩項技術導入半導體製程而帶來突破與改良，但衛星運載火箭尚未能自主研發，導致我國航太產業發展進度緩慢，且亦無法有效結合國防軍事運用；另我國時常因政治考量與市場機制，未能延續科技研發，嚴重打擊國人的信心與努力過程，影響國家整體戰力發展。

我國缺乏長期建軍規劃與前瞻思維，大

多數武器裝備均由外購獲得，無法真正達到國防科技自主，也不能吸引國內民間產業參與國防工業建設，進而帶動國內經濟發展。國防科技自主不是呼口號，必須結合產、官、學、研界，首先必須重視科技人才培育，並不斷研發與創新科技，才能保持經驗與掌握關鍵性技術，美國及以色列之所以維持國防軍事力量優勢，就是不斷研發與創新科技，領先世界各國先行發展新一代武器裝備，並建構全球軍火買賣市場，達到經濟及國防同步發展與永續經營。

二、建議

我國面對兩岸軍力持續失衡，共軍已具備從臺灣東、西岸同時進行攻擊能力，因此，新政府重新修訂軍事戰略指導為「防衛固守、重層嚇阻」，未來建軍規劃以強化戰力保存及資通電作戰能力為主，再來是籌建具垂直或短場起降之F-35型隱性戰機，期望能從空中、海上、灘頭、城鎮多層截擊，累積小勝為大勝，惟現代化戰爭型態，已朝向陸、海、空、太空、電磁、資訊網路等多維空間，應多面向考量與發展具有有效嚇阻之反制性武器。即使面對中國大陸優勢的太空科技與臺灣經費及資源不足之劣勢，我國仍應訂定長遠目標，整合現有政府與民間資源發展航太產業，並提升軍事運用效益，以下提出幾點建議作為未來推展方向：

(一)航太科技發展納入國家與軍事戰略構想

藉由國家政策計畫支持下，不受政治因素干擾，明確訂定長期發展目標及方向，再由國軍提出軍事戰略及建軍構想；另由國

家太空中心主導國內航太科技產業，並整合中科院與民間產業及學研界等技術、人才、資金等資源，積極參與國際相關太空合作計畫，加速我國航太科技發展與軍事作戰之運用，提升臺灣航太產業經濟效益及國家整體戰力。

(二)與日本建立軍事戰略合作夥伴關係

中科院研製UAV無人飛行載具，未能結合衛星系統，導致作戰效益有限，僅能執行境內救災任務。亞太地區距離臺灣較近之日本已擁有自主軍事通信衛星及區域加強型導航衛星(輔助GPS系統)，依地緣戰略關係我國應與日本建立軍事合作夥伴，爭取使用其通信與導航衛星系統，提升UAV區域性遠距離偵察或攻擊等作戰能力。

目前我國反制性打擊武器，均使用美國GPS系統導引，可檢討同時建置日本準天頂導航衛星擴增系統之可行性，期藉由導引技術，提高對目標打擊精準度，增強精準打擊反制能力。

(三)積極爭取與印度、日本合作發展航太產業

目前印度、日本均有能力發射運載火箭，我國應透由外交手段，採取聯合抗衡中國大陸日益壯大之航天與軍事實力，積極爭取共同合作發展航太產業，透由政府機關或民間廠商辦理航太技術、人才、學術研究等交流，期能獲取關鍵性技術，最終達成自主研發衛星運載火箭，除提升我國航太科技力量外，並建構具嚇阻性之戰略武器。

我國雖有能力完全自製光學遙測衛星(福衛五號)，惟跟中國大陸航天科技與衛星使用

數量相較下，仍有相當大的差距，必須持續發展各系列自主衛星，不斷提升技術水準，建置區域性軍事用導航、通信、電子偵察與遙測衛星，真正達到航太科技與國防自主之目標。

(四)建立有效衛星反制作為

中國大陸發射運行衛星總數已是世界第二多之國家，我國實在無法抗衡，因此，在不對稱作戰思維下，必須隨時掌握共軍最新衛星發展現況與動態，除持續精進相關軍事衛星干擾技術等被動防禦外，更應發展主動反制攻擊作為，如電腦網路作戰，癱瘓衛星系統等軟殺、反衛星飛彈及定向能武器(雷射、粒子砲、高功率微波束)等硬殺。目前具備反衛星武器的國家僅有美國、俄羅斯與中國大陸，國內中科院具有飛彈、光電技術基礎與研發能力，我國應積極透由臺、美雙方軍事交流方式，協商採購或轉移技術自行研製這些高科技的反衛星武器(ASAT: Anti-satellite weapon)裝備，方能有效反制中國大陸衛星之作戰運用，確保臺灣安全和維持美國在亞太地區之利益。

作者簡介

王大宇上校，空軍機校專科78年班、國防大學空軍指揮參謀學院96年班、元智大學工業工程與管理研究所博士生；曾任中隊長、科長、專業教官；現任職於國防大學空軍指揮參謀學院作戰支援組主任教官。

呂彥霽少校，空軍航空技術學校89年班、空軍指揮參謀學院106年班；曾任軍電官、飛修官、分隊長；現任職於國防大學空軍指揮參謀學院學員。