

中共氣象衛星 之發展與現況

海軍上校 毛正氣、海軍少校 戴世杰



提 要：

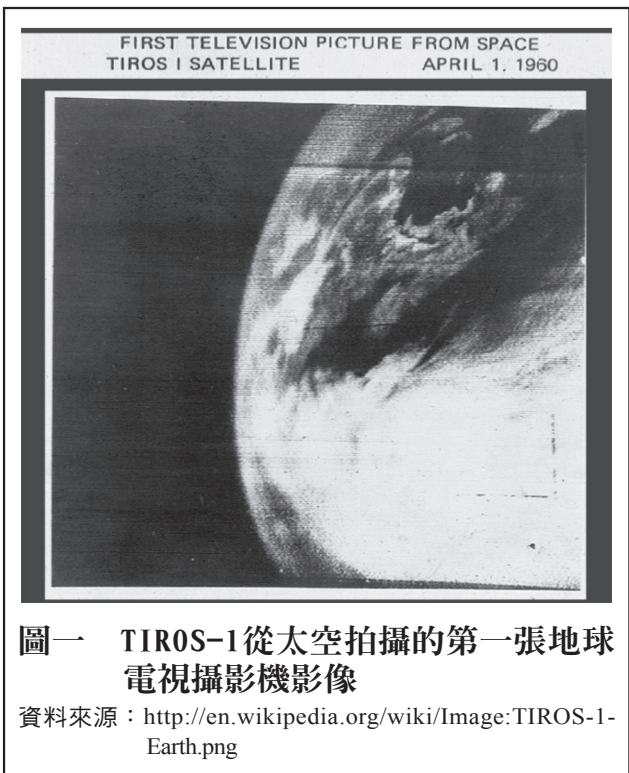
- 一、1970年4月24日，中共第一枚自行研發的人造衛星「東方紅1號」由航天運載火箭「長征1號」自甘肅酒泉衛星發射中心升空，順利進入預定軌道。1977年開始氣象衛星的研發工作。
- 二、中共氣象衛星系列稱為「風雲(Feng Yun)」。第一顆試驗性氣象衛星「風雲1號」於1988年9月7日從山西太原衛星發射中心，由「長征4號」火箭運載升空並成功進入預定軌道。之後持續研發改良，至今風雲3號A星已加入作業的行列，另外風雲4號衛星也進入研製階段，目前中共共有5顆氣象衛星在空中。
- 三、風雲氣象衛星為中共大氣科學帶來的效益包含：氣象科學研究的資料來源、全球氣象、氣候環境及劇烈天氣的監測、經濟貿易的發展及境外軍事活動氣象情資的蒐集。
- 四、中共風雲系列衛星的發展，使其躋入氣象科學發展的先進國家之列。不論是影響中國大陸天氣形態的極地渦旋系統，或是地球大氣系統的輻射平衡研究等，使得中共在冬季寒潮爆發、暴雨天氣的成形、氣候變化分析等大氣科學研究皆有了長足的進步。

關鍵詞：風雲氣象衛星、地球同步衛星、極軌衛星、遙測

壹、前言

自從1947年V-2火箭由高度110公里至160公里上空處拍攝地球的照片之後，許多氣象學家便計畫嘗試藉由太空平台酬載的觀測儀器來監測全球的天氣狀況。由於蘇聯於

1957年10月4日發射第一顆人造衛星史潑尼克1號(Sputnik I)，因而促使美國加速航太工業的發展及衛星的研製，終於美國航空暨太空總署NASA在1960年4月1日發射了第一顆氣象衛星泰洛斯1號(TIROS-1)(如圖一)。它的電源來自9,200組太陽能電池，重約120公



斤的載體內設置兩部電視攝影機，當衛星超出地面控制中心的資料傳輸範圍時，配備的兩組磁帶記錄器可儲存拍攝的照片。上面裝載的電視攝影機成功觀測到地球上空的雲系分布，這是大尺度天氣系統的實際影像首次為人類所見，氣象學自此開啟了另一個新的紀元。

環境及氣象衛星是用來遙測地球及周遭大氣的輻射強度(Radiant Intensity)，科學家可利用獲得的資料來演算需要的氣象要素(海溫、風場等等)，透過地面衛星中心的分析處理，即可使用在天氣預報上；此外，在地球環境監測、海洋、農、漁業和自然災害等方面亦有廣泛的應用。例如美國

的地球同步作業環境衛星(Geostationary Operational Environmental Satellite, GOES)、DMSP(Defense Meteorological Satellite Program)衛星、歐洲太空總署的Meteosat及日本多功能傳送衛星(Multi-functional Transport Satellite, MTSAT)等，就是這類衛星。

中共應用衛星的發展開始於1958年，其自行研製的第一顆衛星「東方紅1號」於1970年4月24日發射成功並順利運行。到目前為止已陸續研發「東方紅」通信廣播衛星系列、返回式遙測衛星系列、「實踐」科學探測與技術試驗衛星系列、「風雲」氣象衛星系列，地球資源衛星系列及「北斗」導航定位衛星系列等應用衛星。

中共氣象衛星系列稱為「風雲(Feng Yun)」。第一顆試驗性氣象衛星「風雲1號」於1988年9月7日從山西太原衛星發射中心，由「長征4號」火箭運載升空並成功進入預定軌道。之後持續研發改良，至今風雲3號A星(2008年5月27日發射)已加入作業的行列〔註一〕，另外風雲4號衛星刻正處於研製發展階段。

貳、中共氣象衛星之發展與現況

在描述中共氣象衛星的發展之前，先簡略介紹其衛星的命名方式。中共氣象衛星為「風雲」系列，其命名方式與其他擁有氣象衛星的國家並不相同。各顆型號系列衛星發射前按照01, 02, 03, ……編號，發射成功

註一：宗晨亮，「我國風雲三號B星將於2010年發射」，《中國新聞網》，2008年12月6日，<http://news.sina.com.cn/c/2008-12-06/202314840525s.shtml>。

後即依A, B, C, ……編號運行。例如風雲2號FY-2 01星在發射基地爆炸，使得FY-2A對應的是FY-2 02星。

1970年4月24日，中共第一枚自行研發的人造衛星「東方紅1號」由航天運載火箭「長征1號」自甘肅酒泉衛星發射中心升空，順利進入預定軌道。1977年開始氣象衛星的研發工作。

FY-1衛星於1985年列入中共「七五」期間衛星重點發展項目。風雲1號衛星為1.4公尺×1.4公尺×1.2公尺的六面體，外側安裝6面太陽能帆板，展開後衛星總長達8.6公尺。距地表高度為901公里、軌道傾角99度，繞行地球一周約102分鐘，為太陽同步衛星〔註二〕，每天環繞地球14周。對地指向精度約0.3度，星下點〔註三〕解析度為1.1公里。FY-1A為試驗衛星，於1988年9月7日由「長征4號」火箭運載進入軌道，在運行了39天後即因姿態控制系統故障而失能；1990年9月3日FY-2B(同樣為試驗衛星)亦由「長征4號」火箭搭載升空，同樣僅工作165天後便故障失去正常功能。

第二批風雲1號衛星解決了三軸穩定繞極軌道衛星的穩定性和可靠度問題，FY-1C及FY-1D兩顆作業衛星分別於1999年9月3日及2002年5月15日送入軌道，目前仍正常運作。風雲1號衛星有幾項技術特徵。首先，它是中共首次使用大面積折疊式太陽能電池帆板的衛星，解決了帆板展開機制等關鍵技

術。其次，它採用高可靠性及壽命長的三軸穩定姿態控制系統，可連續不間斷地遙測全球資料，且資料可用率大於97.5%。

風雲2號是以九〇年代日本地球同步衛星(Geostationary Meteorological Satellite, GMS)與歐洲太空總署Meteosat氣象衛星為目標，加上中共自行發展的新技術，於1980年代開始研製，計畫發射5顆，包含兩顆試驗星(A及B)和三顆業務星(C, D及E)。FY-2A於1997年6月10日由「長征3號」運載火箭在西昌衛星發射中心發射進入預定軌道，最後並於6月17日距地球赤道36,000公里上空、東經105度定位。它的外形結構為直徑2.1公尺，高1.6公尺的圓柱體，自旋轉速度約為每分鐘100轉，總重約600公斤，外部設置約2,000組太陽能電池片，使用壽命3年。酬載多頻道掃描輻射計、數據蒐集平台、雲圖轉發器及空間環境監測儀器。風雲2號A星在作業10個月後，消旋系統故障，運作出現異常。2000年6月25日風雲2號B星發射升空，並於2001年1月1日完成在軌測試正式進行作業，它具有三個頻道的掃描輻射計。風雲2號C星於2004年10月19日由長征3號火箭運載升空，進入地球同步軌道。10月24日西安衛星測控中心對FY-2C星實施多次捕獲控制(如表一)，於東經105度上空36,000公尺處成功定位。2006年12月8日風雲2號D星在西昌衛星發射中心發射，12月12日14時獲取第一張圖像，13日成功定位於東經86.5度的

註二：太陽同步衛星是指這種衛星的軌道面和太陽始終保持相對固定的取向，由於它的軌道傾角接近90度，衛星繞行時會通過地球兩極附近，所以近似繞極軌道衛星。
註三：衛星正對至地球表面的位置。

表一 中共在軌氣象衛星一覽表	
衛星名稱	技術性能
FY-1D	一、太陽同步衛星，為中共第一代氣象觀測衛星。 二、基本功能為向世界各地即時廣播衛星遙測的局部可見、紅外光高分辨率衛星雲圖，並可獲得地表圖像、海溫等氣象、環境資料，支援天氣預報、減災防災、科學研究，以及政府部門決策作業。 三、包含10頻道掃描輻射計，可見光圖像空間分辨率達1.1公里，紅外光圖像空間分辨率達4公里。
FY-2B	一、地球同步衛星。 二、非汛期每小時、汛期每半小時可以遙測地球1/3涵蓋面積的全景圖像，包含1個可見光頻道（分辨率約1.25公里）及4個紅外頻道（分辨率約5公里），圖像可即時傳輸至應用系統。 三、利用可見光頻道可得到間間的雲和地表反射的太陽輻射資料，紅外頻道可得到晝夜雲和地表發射的紅外輻射資料，水汽頻道可得到大氣對流層中上部水汽分布的資訊。另可利用前述資料反演出多種圖像及氣象參數。
FY-3A	一、以風雲1號衛星為基礎發展的新一代繞極軌道衛星。 二、除可見光和紅外光掃描輻射計外，增加微波溫度、濕度計、微波成像儀、紅外分光計、中分辨率光譜成像儀、空間環境監測器等遙感儀器。 三、具有遙測全球、全天候、多頻段、三維、定量探測和地表、海洋及空間環境參數的能力，世界氣象組織已將FY-3衛星納入世界繞極軌道衛星觀測網。

資料來源：中共國家衛星氣象中心

赤道上空，其觀測範圍涵蓋了亞洲大陸、印度洋及西太平洋，與風雲2號C星形成雙星組網觀測能力。2008年12月23日風雲2號E星由西昌衛星發射中心發射升空，次年2月28日完成在軌測試，同時備便接替已超過服役年限的風雲2號C星，並在同年12月23日起正式執行業務運作。2008年5月27日風雲3號A星從太原衛星發射中心發射升空，並於2008年5月29日測得第一張可見光圖像。目前風雲3號已被納入了國際新一代極軌氣象衛星網絡。

參、我國衛星發展概述

在我國的衛星發展方面，經過15年「第一期太空科技發展長程計畫」之後，研製出福爾摩沙1號至3號。福爾摩沙1號於美國佛羅里達州卡那維爾角(Cape Canaveral)美

東發射場由洛克希德馬丁公司的雅典娜1型(ATHENA-1/LMLV1)載具運載升空。為科學實驗衛星，高2.1公尺，寬1.1公尺的六角柱形，太陽能電池板展開約7.2公尺。軌道傾角35度，距地球表面約600公里，屬於低軌道衛星，繞行地球一周約97分鐘。主要任務為電離層電漿電動效應測量、海洋水色照相以及通訊實驗等三項科學實驗。任務壽命2年，設計壽命為4年，實際運行將近5年半，於2004年6月17日結束其任務。

福爾摩沙2號衛星為我國第一枚自主擁有的遙測衛星，2004年5月21日發射成功，進入距離地表891公里的太陽同步軌道。為高2.4公尺，外徑約1.6公尺的六角柱形，重約760公斤。繞行地球一周時間約103分鐘，其黑白及彩色影像解析度分別為2公尺及8公尺，任務壽命5年。主要任務為針對全球進

表二 我國在軌衛星一覽表	
衛星名稱	技術性能
福爾摩沙2號	一、太陽同步衛星，為我國自主擁有的第一枚衛星。 二、酬載儀器包含遙測照相儀、高空大氣閃電影像儀等，其任務為對台灣及全球陸地及海洋進行近即時的遙測作業，在白晝地區觀測的影像資料可應用於國土規劃、資源探勘、環境保護及防災救災等；運行到黑夜地區時，進行對高層大氣閃電等自然現象觀測，提供科學實驗研究。
福爾摩沙3號	一、由6顆微衛組成的星系，又稱為「氣象、電離層及氣候之衛星星系觀測系統」。 二、觀測範圍涵蓋全球大氣層及電離層，約每3小時可完成全球氣象資料蒐集與計算分析，每90分鐘更新一次。 三、酬載儀器包含全球定位系統氣象量測儀、小型電離層光度計及三頻段信標儀等。 四、任務在提升氣象預報更新的頻率，使其具有實際效益外，亦可使用於長時間的氣候變遷研究、動態監測電離層、全球太空天氣預報以及提供地球重力研究等相關科學研究。
ERSEMS 微衛星	一、屬台俄微衛星合作計畫(俄方稱為Tatyana II)，由台俄雙方大學提出研究計畫共同出資合作。 二、我國參與計畫的單位包含中央大學及成功大學，其任務主要目的在：(一)研究軌道上電漿溫度及磁場強度的分布，並分析電離層物理現象；(二)驗證與確認實驗型衛星電腦的操作性能。 三、ERSEMS微衛星已於2009年9月17日由俄羅斯Soyuz-2火箭發射並成功入軌，已完成軌道測試程序，正進行後續科學實驗及資料下傳事宜。

資料來源：國家太空中心

行近即時的遙測作業，地球白天地區拍攝的影像可應用於防災救災、資源及環境探勘、國土規劃等等；黑夜地區拍攝的影像可用來觀測大氣高層的自然現象，提供科學研究使用。

「福爾摩沙衛星三號計畫」又稱為「氣象、電離層及氣候之衛星星系觀測系統」(Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate)，簡稱FORMOSAT-3/COSMIC計畫。是一大型台美雙邊國際合作計畫，我方為國家太空中心(National Space Organization，簡稱NSPO)與美方的美國大學大氣研究聯盟(University Corporation for Atmospheric Research，簡稱UCAR)共同合作執行，以建立全球大氣即時觀測網的先進技術發展計畫。

本計畫一次發射6顆微衛星，每顆重約62公斤，外型呈圓扁柱形，直徑約103公分，高約16公分；有兩片圓形太陽能電池板，分別以121度和59度的角度展開。軌道傾角72度，分佈於地球表面700至800公里高之不同軌道中，繞行地球運轉一周為100分鐘左右，這6顆微衛星組成涵蓋全球的低軌道星系來接收美國24顆全球定位衛星所發出的訊號。觀測範圍涵蓋全球大氣層及電離層，每天提供全球平均2,500點的輸入資料值。這些資料均勻分佈於全球上空，且約每3小時可完成全球氣象資料蒐集及計算分析，約每90分鐘更新一次。這組衛星不僅提高氣象預報更新的頻率，使氣象報告具有實際的效益外，亦可用於長時間的氣候變遷現象之研究、對電離層進行動態監測、進行全球天氣之

預報、和提供地球重力研究等相關科學研究，並與國外進行氣象觀測資料交流。經過15年的「第一期太空科技發展長程計畫」，我國「第二期太空科技發展長程計畫－遙測衛星計畫」提出的第一個衛星計畫為福爾摩沙衛星五號(如表二)，主要目標為接續福衛二號遙測影像供應，並將重點置於衛星本體及光學遙測與科學酬載自主能力的建立。

「蕃薯衛星(YamSat)計畫」是另一項由國家太空中心結合國內研究機構、大學及企業界共同執行的衛星研製計畫，於2001年4月啟動，2003年3月完成組裝及測試工作，研發出第一顆皮級衛星(Pico-Sat，又稱為微微衛星)。它是每邊10公分的正立方體衛星，重量僅857公克，任務壽命為一個月，設計壽命為兩個月，軌道高度為600至650公里。它的體積雖然小，但一些類似大型衛星上維持運作必須具備的元件以及與地面衛星中心聯繫所需的設備，蕃薯號一應俱全。其酬載的科學儀器為應用微機電技術發展的微光譜儀，這種儀器可以量測大氣層對太陽可見光譜的散射量，用來進行大氣成分分析。蕃薯號火箭原預計由俄國火箭搭載升空，但因故取消，目前無發射計畫。

肆、我國與中共衛星發展與運用價值之比較

一、衛星研發歷程之差異

以中共氣象衛星與我國福爾摩沙及番薯等衛星的發展來看，中共自行研製衛星能力較我為成熟。如同前文所述，中共在衛星的

結構控制系統、熱控制系統、電源系統及姿態和軌道控制系統等等是經過了一系列的設計、實驗驗證的程序，在這些過程中透過衛星運行時所發生的問題不斷進行改良，配合其成熟的空間技術，而建立了一套衛星研製技術；另一方面並持續拓展氣象衛星的應用領域。

而我國的衛星發展過程中，因受限於人力及資源，是以人員選派赴國外培訓的方式學習衛星製造技術，藉著實地參與衛星本體的發展、設計、製造、整測及管理工作，加上國家太空中心內部相對應人員，以複式學習方式同時吸收在國外培訓工作人員的經驗與資料。這種方式的好處是加速了我國衛星工業的發展，不需經過長時間的試誤過程而有顯著的成果；但缺點是，較為精細深入的技術可能因為國外培訓單位不願透露，發展因而受到限制。

二、運用價值

(一)中共風雲氣象衛星近30年來的發展及應用〔註四〕在幾個方面表現出明顯優勢

1. 氣象科學研究的資料來源

達爾文說過：「……科學就是整理事實，以便從中得出普遍的規律或結論。」我們可以說資料是一切科學的基礎，沒有資料科學家就無法對其科學研究實施驗證。在過去沒有衛星的時代，氣象資料的蒐集需靠傳統觀測儀器如風向風速計、雨量筒、百葉箱、浮標等等來進行，但這些儀器在全球分布的密度有限，尤其在沙漠、海洋及高山這些人煙罕至的地區所能得到的資料更是少得可憐

註四：中共國務院辦公廳，「風雲衛星全球資料的應用」，民國95年12月7日，中共中央政府網站，www.gov.cn。

。有了氣象衛星，可以透過地球同步衛星（一顆衛星約可觀測三分之一至四分之一的地球及大氣系統範圍）的分布，或是藉由繞極軌道衛星一至數天其觀測範圍便能涵蓋全球的特性，進行大範圍、長時間的即時觀測，資料密度（對衛星來說就是解析度）更是隨衛星科技的發展而不斷增加。

中共風雲系列衛星的發展，使其躋入氣象科學發展的先進國家之列。不論是影響中國大陸天氣形態的極地渦旋系統，或是地球大氣系統的輻射平衡研究等，使得中共在冬季寒潮爆發、暴雨天氣的成形、氣候變化分析皆有了長足的進步。

2. 全球氣象、氣候環境及劇烈天氣的監測

氣溶膠(Aerosol)為目前全球氣象研究的重要課題之一，它對於全球氣候變化有很重要的影響，藉著風雲衛星相關頻道資料的演算，可以進一步分析氣溶膠對大氣有怎樣的作用。其次，海溫及水氣分布在全球環境變遷方面亦扮演了重要的角色，這些資料同樣可由風雲衛星獲取；此外，對草原及森林火災的監測它也發揮重要作用。

由於風雲衛星可提供每半小時一次的高頻次觀測資料，所以能夠近即時動態監測各類突發的天氣系統，特別是對於全球劇烈天氣如颱風、中尺度對流系統等等先期掌握的利器，在開闊洋面上，更可以充分彌補傳統氣象觀測資料的不足。例如2008年8月下旬，美國受到Katrina颶風的嚴重侵襲，中共

即時利用FY-1D衛星對其進行監測，並將相關資訊交由決策部門參用。

3. 經濟貿易的發展

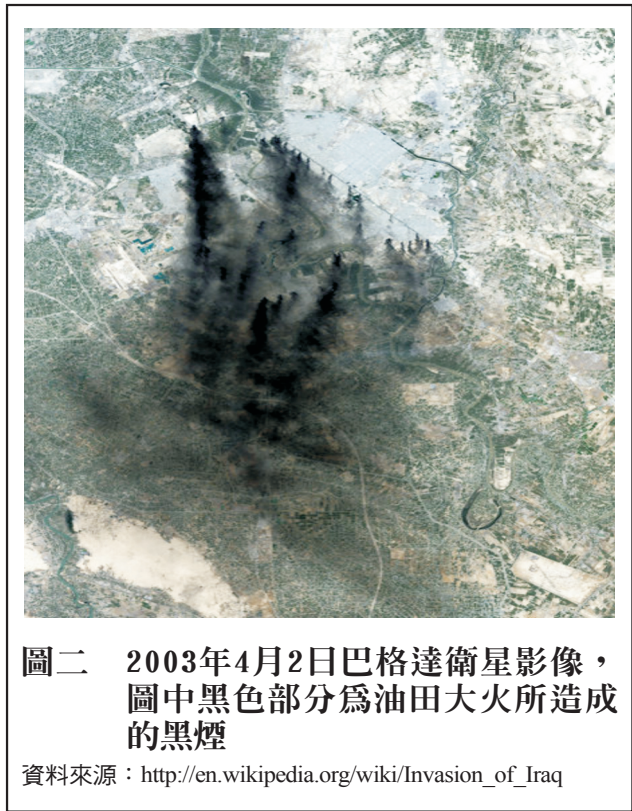
在這裡特別是指農業經濟的發展。運用風雲衛星的全球遙測資料計算出各地區的植被指數〔註五〕，可以持續監控各類作物的生長情形及產量評估，對於農作物生產環境維護及產品的量化有極大的幫助。

4. 境外軍事活動氣象情資的蒐集

風雲衛星可針對某一地區的軍事活動提供詳細的氣象要素數據，供任務指揮官決策計畫參考運用。例如2003年美國出兵伊拉克，除了美國本身加強了對伊的衛星監測之外，中國氣象局亦設立了「利用風雲1號C星資料遙感監測伊拉克地區環境」的專案任務，風雲衛星以海外區域觀測模式(LDPT)對其進行特別遙測作為。在專案任務期間，成功地觀測到伊拉克的油田大火、沙塵暴及油井煙霧等資訊，同時製作了14期伊拉克地區環境監測報告，提供總參二部、總參氣象局等單位，顯示了在軍事事務方面亦有相當重要的功能。

雖然中共氣象衛星(如圖二)有前述幾項特點，但其技術能力仍稍落後於西方國家，這是由於這些衛星是中共自行研製，他們有自己發展的一套技術，在研發作業中仍需經過驗證或是錯誤嘗試的過程，而這些過程都是相當花費時間的，自然無法在短時間內即達到西方國家的水準。這也是目前中共期望取得或以合作的方式獲得更多的外國技術和

註五：植被指數是衛星遙感領域中用來表示地表植被覆蓋，生長狀況的一個度量參數。它被廣泛的用於陸地表面分類資訊的描述。



硬體設備，以加速衛星發展的緣故。

(二)我國作業衛星近年來在國家太空中心的積極規劃下，在土地利用、農林規劃、環境監控、災害評估及科學研究與教育等方面亦有顯著發展。就氣象業務來說，福爾摩沙3號衛星每日可提供即時、高精度的大氣觀測資料(囊括各層空氣密度、溫、氣壓和濕度剖線等近500項大氣環境資料)，再配合美方GPS定位系統，使其成為天氣及氣候預報及太空研究的利器。

三、中共氣象衛星發展對我之影響

中共風雲氣象衛星不僅在其國內發揮了重要作用，同時也受到世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)以及世界各國的關注，這些具體成果帶動了中共

氣象科學研究的進步，也提高了聲望與國際地位。目前其業務衛星已納入國際氣象觀測網，所蒐集的遙測資料提供各國免費使用，在這方面來看，我國的氣象科學發展是因此受惠的。

如同前面所提到的，風雲衛星除對天氣預報和氣候監測的能力外，它在自然災害、地球環境遙測和海洋、航空、航海以及農業、漁業等方面皆有廣泛應用，甚至在國防軍事、戰場環境都有重要的功用。而中共氣象衛星的發展和其他應用衛星的研製或是整體航太工業的進展其關係自然是密不可分。藉由對衛星工業各項科技的逐步掌握，使其在導航、通信、海洋監視、軍事偵察、預警等皆有了一定的能力。在這方面的資訊我們還需透過與國外衛星公司購買相關產品才得以獲知，因而受到極大限制，在遙測資料的蒐集上顯然處於弱勢。

四、我太空科技發展因應之道

我國在15年的「第一期太空科技發展長程計畫」之後，邁入了「第二期太空科技發展長程計畫」，這期間研發出福爾摩沙1至3號及番薯衛星等，相對來說在缺乏資源及人力、沒有任何衛星設計基礎和經驗傳承的狀況下，仍藉由與國外廠商合作的方式、奠定了衛星設計的能力，並且將技術轉移到國內逐漸建立完成衛星本體自主發展的技術。隨之而來的效益是，使得我國在相關的科學研究上展現亮眼的成果，如：紅色精靈(閃電)與大氣輝光現象等論文，屢次在國際著名科學期刊呈現重大突破。

中共氣象衛星科技蓬勃發展的同時，

我們必須持續精進衛星產業。是否有另一種方法或科技能達到相同的成效呢？研發探空火箭似乎是另一種因應之道。除了人造衛星外，地面觀測設備、探空氣球及探空火箭是目前太空科學研究的工具。這些探測工具各有其特性與限制，彼此之間相輔相成。探空火箭可以用來彌補探空氣球與衛星遙測之不足。通常來說，50公里以內的地球大氣層屬於探空氣球探測的範圍，300公里以外太空的探測任務多由人造衛星執行，而50公里到300公里範圍間的太空探測則由探空火箭來實施。探空火箭的研發計畫事實上是與第二期國家太空科技發展長程計畫同時並進的。

伍、結語

自中共「七五」發展計畫起，風雲衛星近30年來的研發作業透過不斷的試驗及錯誤嘗試的過程，相當紮實地建立了衛星研製的技術。由一開始的風雲1號太陽同步軌道衛星提高了衛星觀測能力，延時雲圖影像記錄技術的改良，使得儲存容量增加而能獲取全球覆蓋資料，另外在衛星設計壽命、產品品質和可靠度也有了大幅提升。接下來的風雲2號地球同步衛星則在自旋穩定結構設計、姿態穩定技術以及多頻道掃描輻射計的應用有了突破。風雲3、4號目前也進入了研製驗證階段，將取代風雲1號及2號的業務。

經過幾十年來國家級的科技建設，中共培養了一支專業素質、技術能量優良、經驗豐富的科技團隊。這些發展可說是中共在氣象科學上達到國際水準的原因之一，另一方面也帶來了國際地位提升的效益。

＜參考資料＞

一、宗晨亮，〈我國風雲三號B星將於2010年發射〉，《中國新聞網》，民國97年12月6日，<http://news.sina.com.cn/c/2008-12-06/202314840525s.shtml>。

二、中共國務院辦公廳，〈風雲衛星全球資料的應用〉，《中共中央政府網站》，民國95年12月7日，www.gov.cn。

三、應紹基，〈中共航天科技的發展歷程〉，《海軍學術月刊》，第38卷，第5期，民國93年5月1日，頁31-45。

四、王永剛及劉玉文，《軍事衛星及應用概論》，北京，國防工業出版社，民國92年5月，頁275。

五、曾忠一，《大氣衛星遙測學》，台灣台北，渤海堂文化事業有限公司，民國93年3月，頁630。

六、中國氣象局網頁<http://www.cma.gov.cn/>。

七、國家太空中心網頁<http://www.nspo.org.tw/>。

八、國家航天局網頁<http://www.cnsa.gov.cn/n615708/index.html>。



作者簡介：

毛正氣上校，海軍官校77年班，美國紐約州立大學石溪分校海洋環境科學碩士，美海軍參謀學院2000年班，美國紐約州立大學石溪分校海洋暨大氣科學博士，現服務於海軍大氣海洋局。
戴世杰少校，中正理工學院應用物理系88年班，國立中央大學大氣物理研所碩士95年班，現服務於大氣海洋局。