

巨人的眼睛—— 福爾摩沙衛星二號

湛藍的海水、碧綠的山脈、銀白的大地；日復一日，透過巨人的眼睛可以觀察到地球四季的變化，感受這藍色星球的美麗與哀愁。

■ 劉蓓蓓、周士傑

太空計畫的誕生

「什麼！台灣也有太空中心？」不要懷疑，位於新竹科學園區內的國家實驗研究院國家太空中心緣起於 1991 年 10 月，行政院核定第一期「國家太空科技發展長程計畫」，因而設立了太空中心做為執行太空計畫的主要單位。太空中心負責執行及運作台灣的太空計畫至今已逾 20 年，成功地建立台灣自主的衛星系統整合能力，並且奠定台灣太空科技發展的良好基礎。

福爾摩沙衛星二號（以下簡稱福衛二號）的規畫始於 1997 年，屬於小型的遙測衛星。其中，衛星的本體由法國衛星製造商為主合約商，美國的衛星發射公司提供衛星發射服務，太空中心與國內廠商則負責地面接收站和相關資料處理與分析系統的軟硬體建置，並且由太空中心自主操作衛星執行任務。經過 6 年的籌備與整合測試，福衛二號終於在 2004 年 5 月 21 日於美國加州的范登堡發射場發射成功，2004 年 6 月 2 日成功進入預定的任務軌道運行。



從太空中俯瞰地球，一窺地球的神祕面紗。（圖片來源：種子發）

太空中心負責執行及運作台灣的太空計畫，成功地建立自主的衛星系統整合能力，並且奠定台灣太空科技發展的良好基礎。

福衛二號從太空中俯瞰地球，並且記錄著地球上的動態，讓我們得以一窺地球的神祕面紗。

在福衛二號的研發過程中，太空中心派遣了優秀的工程師團隊前往法國全程參與衛星製造，還負責衛星系統及部分次系統的設計分析與衛星整合測試。另外和國內廠商協力完成衛星電腦、天線、飛行軟體的設計，讓太空中心從中獲得了許多寶貴的經驗，使台灣得以朝向自主發展衛星的目標順利前進。

福衛二號是個什麼樣的衛星

當登上高山，自山上俯瞰山下時，可以看到壯闊的山陵線、蜿蜒的河道、繁華的市鎮等。而福衛二號就像巨人的眼睛，從太空中俯瞰地球，並且記錄著地球上的動態，讓渺小的我們得以一窺地球的神祕面紗，了解所居住的環境，以及我們對這環境所帶來的影響與衝擊。

福衛二號的總重量約 760 公斤，高約 2.4 公尺，外徑 1.6 公尺，具有執行主要任務的遙測照相儀，以及執行科學任務的高空大氣閃電影像儀，因此可進行地表遙測影像的拍攝及高空大氣閃電現象的觀測。

福衛二號目前正在距離地球表面 891 公里的太陽同步軌道上飛行，每日早晚都會經過台灣上空。衛星行經白晝地區時會執行遙測影像的拍攝，這些影像資料提供的地表資訊可應用於國土規畫、自然資源保護與調查、環境監測、災害防治等；當

行經黑夜地區時，則會進行高層大氣向上閃電的科學觀測，觀測結果是科學研究的重要資料。

福衛二號的主要任務是拍攝遙測影像，影像的幅寬是 24 公里。遙測影像可以用黑白或彩色呈現，黑白影像的對地解析度是 2 公尺，彩色影像的對地解析度則是 8 公尺。

福衛二號每天以南北方向繞行地球 14 圈，因為軌道高且衛星的視角大，所以每天會針對同一地點進行遙測影像拍攝，這樣獨特的衛星軌道設計，稱為「每日再訪」。「每日再訪」是福衛二號的特色招牌，每當國內外有重大事件發生時，由於福衛二號可以「每日再訪」同一地點拍攝遙測影像，因此即時提供了第一手的遙測影像資料，對於救災工作有相當大的助益，也讓福衛二號成為國際間提供即時救災遙測影像的先鋒。

福衛二號兼具「遙測」與「科學」兩大任務功能，又是台灣第一顆自主操作的遙測衛星，奠立了台灣太空發展的重要基石，並且驅使台灣的太空科技日漸成熟，得以邁向太空世代的里程碑。

發射衛星上太空吧

究竟福衛二號是如何發射升空的呢？讓我們把時間倒轉至 2004 年。當時福衛二號組裝及測試完成，接下來太空中心工程

由於福衛二號可以「每日再訪」同一地點拍攝遙測影像，因此即時提供了第一手的遙測影像資料，對於救災工作有相當大的助益。

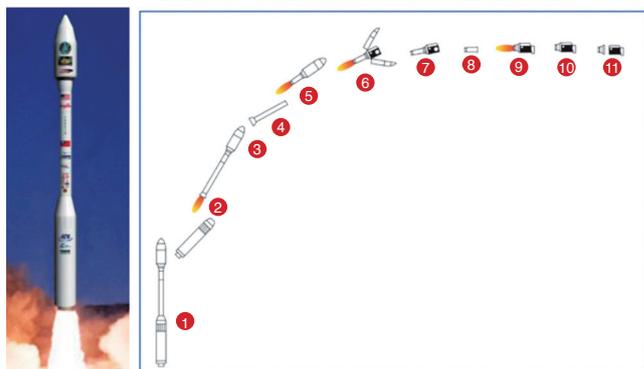
人員面臨的挑戰，便是設法把這個龐然大物送到 891 公里處的地球軌道上運行。

三百多年前，物理學先驅艾薩克·牛頓首先發現，物體因受到地球重力的影響，最終會落到地面。若想擺脫重力，必須使物體達到逃逸速度後才能擺脫地球的引力而不致掉落地面。因此為了順利把衛星送上太空中指定的軌道，就需把它搭載在擁有足夠推力的發射載具上，使它能加速到足以維持在軌道面上的速度。

為此太空中心與美國軌道科學公司合作，把福衛二號搭載於名為陶洛斯的 XL 型火箭載具上。陶洛斯火箭包括最上端裝置衛星的酬載護罩共有 4 節，總長達 35 公尺（約 10 層樓高），使用固態燃料，總重約 80 公噸，在第二、三、四節火箭填裝聯氨燃料，利用噴嘴控制火箭飛行路徑和方向，第三節火箭前端則增加導引系統。

準備發射的過程是繁瑣而富挑戰性的，太空中心的工程人員首先把福衛二號安裝在酬載轉接錐及發射載具的分離系統上，再以兩片酬載護罩封裝，並且架設在陶洛斯火箭的最上節，然後進行吊掛作業，把火箭安裝到發射架上，如此便完成發射前的預備動作。在火箭預定發射前的 24 小時，必須先打開衛星推進系統的燃料阻流閥，為最後一天發射倒數計時各項繁雜的預備工作揭開序幕。

這時太空中心、美國軌道科學公司及發射場 3 個單位的發射團隊須在發射 3 小時前分別進駐衛星、火箭與發射 3 個任務控制中心，準備倒數計時作業。發射工作由美國軌道科學公司工程人員擔任發射執行官，進行倒數程序中 133 項的檢驗動作，再由坐鎮在 3 個控制中心的指揮官回報各項檢驗動作的結果。

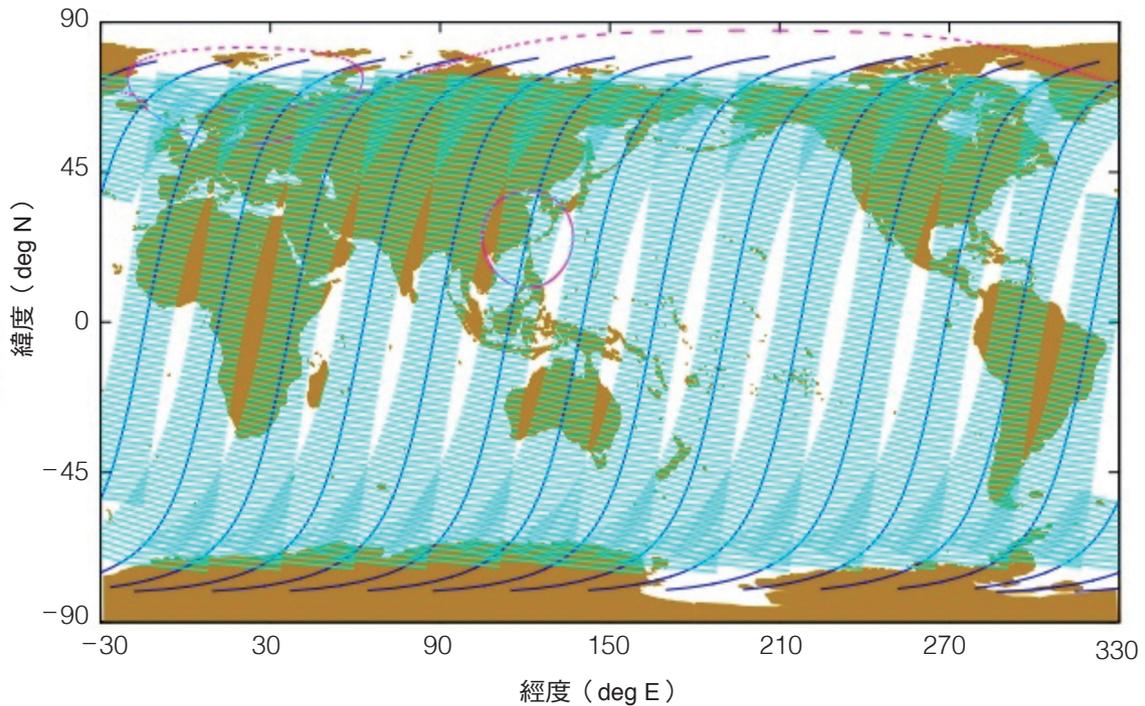


福衛二號火箭升空與火箭脫離分解圖

坐鎮於任務指揮中心的載具指揮官須根據載具數據中心的技術人員提供的資料掌控火箭狀態，並控制發射倒數計時操作，還要向發射執行官報告載具狀態。在完成各項檢驗工作並逐一確認各次系統一切正常後，2004 年 5 月 21 日台北時間凌晨 1 點 47 分，福衛二號終於帶著所有台灣人民的期望由美國加州范登堡空軍基地發射升空。

火箭發射升空後約 83 秒，第一節火箭首先脫離，約 166 秒，第二節火箭又脫離，約 174 秒時，高度已經到了 175 公里高空的熱層。這時大氣層中的空氣密度很小，衛星本體較不易受到大氣的破壞，因此衛星的酬載護罩開始脫離，約 310 秒時，第三節火箭脫離。最後約 800 秒時，陶洛斯第四節火箭把福衛二號射入約 729 公里高的暫駐軌道，隨後火箭以每秒約 7.5 公里的水平速度飛行約 850 秒鐘後，衛星與火箭在南太平洋上空脫離。

之後，衛星就開始使用自身的推進系統運行。在經過為時 11 天共 32 次的推升後，終於在 6 月 2 日 16:05 順利進入 891 公里高的任務軌道。其後，就依賴地球的引力不斷地繞著地球飛行。



藍色的軌道表示福衛二號每日 14 圈的繞行軌道，淡藍色的細線則表示福衛二號能拍攝的地區。

在發射過程中，為了確保各節火箭可達成其任務以及衛星各次系統能正常運作，地表人員須持續透過不同方式監控衛星。在福衛二號與載具分離前，不斷地由發射場及海上巡邏機接收來自火箭的訊號，再由美國航空暨太空總署位在南極的地面站繼續監控衛星，直到確認福衛二號已成功發射升空為止。

加入守護地球的行列

2004 年 6 月 4 日，福衛二號的遙測照相儀拍攝了第一張遙測影像，拍攝的地點是新竹沿海的南寮漁港。這張極具代表性的影像象徵台灣可成功地自主操作遙測衛

星，也驗證了太空中心自主研發的相關系統確實能運作於衛星操作，是台灣太空科技研發的一大躍進。

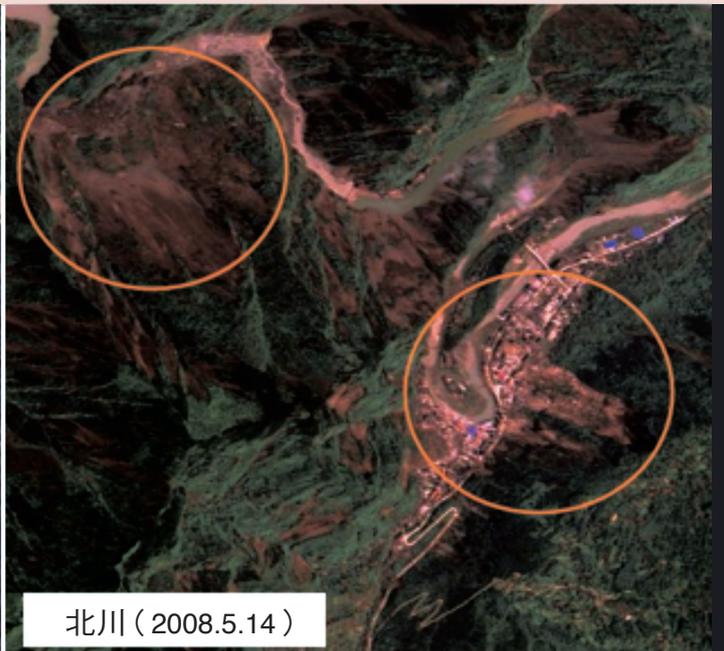
緊接著於 2004 年 7 月 4 日，福衛二號的科學酬載—高空大氣閃電影像儀—又成功地首次觀測到地表上未曾見過的高空大氣發光現象，提高了我們看這個世界的視野。從此之後，福衛二號便正式加入守護地球的行列。

能提供什麼服務

遙測衛星影像究竟對我們的生活有什麼幫助呢？為什麼遙測衛星近幾年會成為國際太空界注目的焦點？



北川 (2006.5.14)



北川 (2008.5.14)

2008年5月汶川大地震的災情前後影像比對

衛星影像是利用衛星攜帶的感測器對地面拍攝而成的影像，衛星影像應用範圍包含地理、水文、農業、森林、國土規畫、環境汙染、生態保育、災害防治、海洋觀測等，幾乎包含一切地表的自然與非自然現象都可利用衛星影像進行分析與辨識。

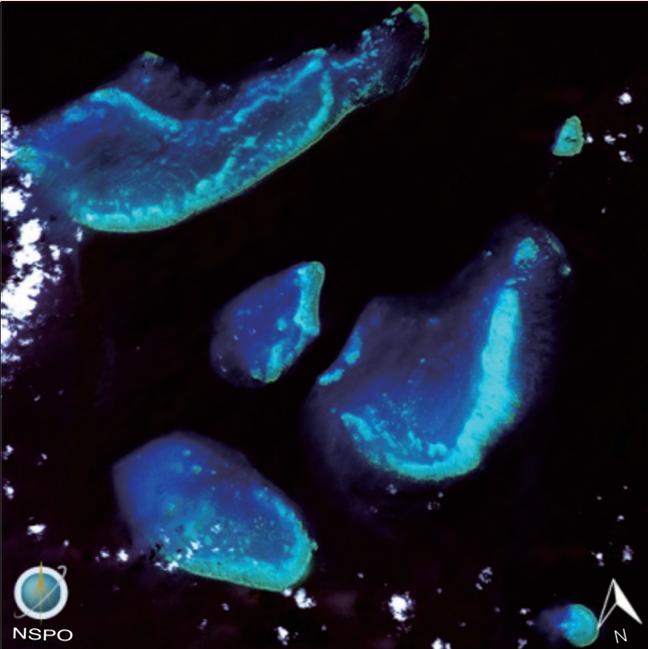
這十年來，福衛二號影像廣泛地應用於許多國內外的研究計畫與我國政府的施政規畫，例如生態保育、自然災害、土地利用、環境監測、礦物開發、都市規畫、世界遺產監測、農作物監測、國家安全與國際外交等。民生應用上的觀測則包含颱風、地震、土石流、火山、礦坑、港口、機場、戰爭、水質、汙染監測、冰川、氣候變遷、搜救、海洋等。

2004年12月，發生了震驚全球的南亞海嘯，福衛二號身為地球守護者當然不能缺席。太空中心團隊以最快的反應時間取得了災區衛星影像，提供給救災組織進行

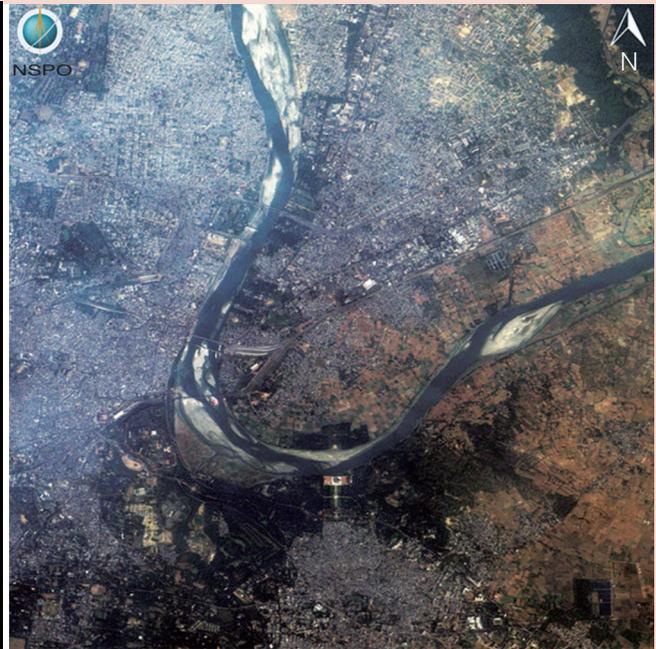
判釋與救援，並在災後持續拍攝了1個月的影像，無償提供給國際救災機構使用。

2008年5月，中國汶川發生規模7.8的強震，形成唐家壩堰塞湖。由於福衛二號在汶川地震後持續拍攝災區影像進行分析，發現地震後連續的大雨造成堰塞湖積水近7,000萬公噸，中國當局根據這資料緊急把堰塞湖炸出缺口，引水宣洩化解了危機。為此，中國國家科學院遙感應用研究所特致函感謝福衛二號的支援。

2011年3月11日，日本福島發生規模9.0的大型地震，是日本有觀測紀錄以來規模最大的地震。太空中心得知消息後，立即安排福衛二號以最快時間進行影像拍攝，並把影像提供給日本的內閣府及國土交通省，協助日本官方掌握災區的淹水情勢與損害評估。此外，福衛二號連續近2周拍攝衛星影像，這資料提供給各災害防救單位做為災區救災路線與災情評估的最佳支援。



列為世界遺產的澳洲大堡礁是有人氣旅遊天堂

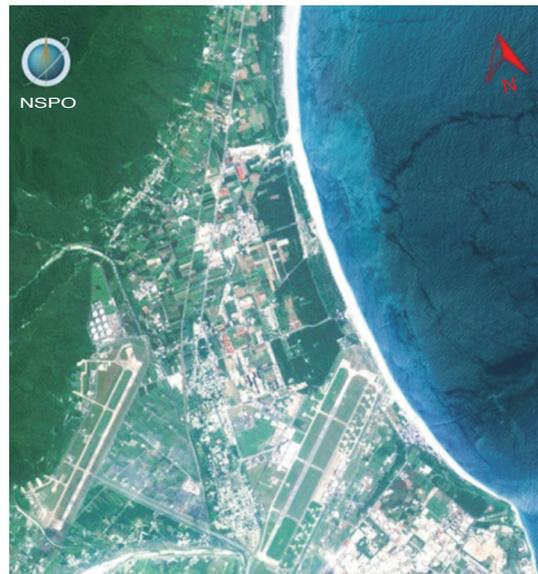


印度詩人泰戈爾說，泰姬瑪哈陵是「一滴愛的淚珠」。

除了國際救災外，福衛二號對於台灣本土的救災支援也不缺席。2009年，中度颱風莫拉克造成台灣自1959年八七水災後最嚴重的水患，使得台灣地區多處淹水、山崩、土石流，尤以高雄縣甲仙鄉小林村滅村事件最為慘重。為此太空中心提供福衛二號針對災區所拍攝的歷史影像資料與即時的影像資料，給災害防救科技中心進行災情分析。

歷年來，福衛二號的全球取像面積已超過35,280個台灣，約大於全球陸地總面積的8.4倍。另與國內外救災組織（國際 Sentinel Asia、International Charter、UNOSAT 及國內慈濟基金會）合作，提供緊急與災區影像，協助國際人道救援，共計超過63個國家，289個事件申請使用福衛二號災後影像資料，顯見福衛二號提供世界各國所需的緊急支援不遺餘力。

2014年5月21日，國家實驗研究院國家太空中心為福衛二號舉辦盛大的10周年



從太空看見美麗的月牙弧形海灣—台灣花蓮七星潭。

成果發表會，會中聚集了來自各地防救災單位的專家學者與科學家，共同回顧歷年來福衛二號的影像支援的事件與科學研究



想體驗破冰旅程嗎？來看看日本鄂霍次克海氣勢如虹的流冰。

成果。一張張的影像記錄著這十年來地表自然與人為的變化，也讓我們進一步反思未來人類與自然的互動。現在，它仍持續地守護著我們，提供必要的協助。

福衛二號每日守護著台灣、守護著世界，透過它的眼，得以清楚看見台灣雲嘉沿海的外傘頂洲逐漸消失、淡水河出海口的挖子尾泥灘地周遭的變遷、交通網絡的興建、新市鎮的崛起等環境變遷。

福衛二號也記錄著美麗的地球景觀，例如藍色大海串聯著珍珠般的島嶼、冰天雪地的銀白大地。看著這些圖片，提醒人們這個美麗的藍色星球孕育著無數生命，滋養人類的雋永文明，觸動著我們思考如何與這藍色星球永續共存。

福衛二號發射至今已逾 10 年，持續提供我們無數珍貴的衛星影像，從不同的角度記錄著這個星球的美麗與哀愁，也讓我們得以立足台灣，放眼世界，透過科技的翅膀與巨人的眼睛，繼續探索這炫目的藍色寶石。

劉蒨蒨、周士傑

國家實驗研究院國家太空中心影像組
