

# 福爾摩沙 衛星五號系統

蔡東宏

參與太空研究除了彰顯國家實力之外，利用太空特殊的環境對地球遙測研究更有特殊的價值。福爾摩沙衛星五號是國人第一顆自製的遙測衛星，具有承先啓後的重要意義。

人類對太空一直充滿著神祕與好奇，但是上太空有一定的困難度，因此一向只有具備太空實力的科技強國才能發射火箭搭載人造衛星進入軌道繞著地球旋轉，甚至更進一步去探月或其他星體。國家太空中心自 1991 年創立以來就一直是台灣探測太空的先鋒部隊，自 2004 年福衛二號發射成功後，台灣便具備對地進行光學遙測的自主權。只要天氣情況允許，福衛二號每天會在同一個時間通過台灣上空遙測取景。這 11 年來，福衛二號已累積全球的無數照片，對於本土以及全球遙測影像的使用者有莫大的貢獻。

## 福衛五號系統架構

由於衛星使用的零件都有壽命限制，為了接續福衛二號的任務並建立自主的衛星平台，太空中心在 2008 年提出新一代的遙測衛星計畫，這就是福衛五號的開始。這新一代遙測衛星雖然沿用了部分先前的系統架構以達到最佳成本效益，但為了能夠有更高的光學品質、更快的影像下傳速度，以及更好的影像處理技術，整個衛星系統也有一些新的設計。

福衛五號使用 720 公里高度的太陽同步軌道，每兩天會再訪一次，表示每兩天會在同一時間通過同一地點上空。在台灣本島設立了兩個地面接收站，以便操控通過的福衛五號，一般的衛星健康資料是使用 S 頻段傳送，遙測影像資料則使用 X 頻段下傳。因為衛星繞著地球運行，只靠台灣兩個地面接收站並不夠，所以在靠近北極的區域會尋找一個地面站以涵蓋全球。

自 2004 年福衛二號發射成功後，台灣便具備對地進行光學遙測的自主權。



福衛五號系統架構圖

福衛五號使用美國的獵鷹九號發射載具，發射地點在美國加州，發射後約二至三小時就會通過海外地面上空，可以立即使用地面站檢查衛星發射後的健康狀況。在衛星操控中心有各領域的專家提供即時的回覆與處理方案，以確保其安全操作。國內外各有一個 X 頻段的地面接收站，傳送數量龐大的影像資料以提供涵蓋全球的遙測影像。

### 福衛五號衛星架構

衛星的架構比個人電腦複雜，其運作的核心是一部衛星電腦，電力的來源是使用太陽能板把太陽能轉換成電能，再透過電力控制單元與電池適當地調節後，再提供給衛星上所有的元件使用。

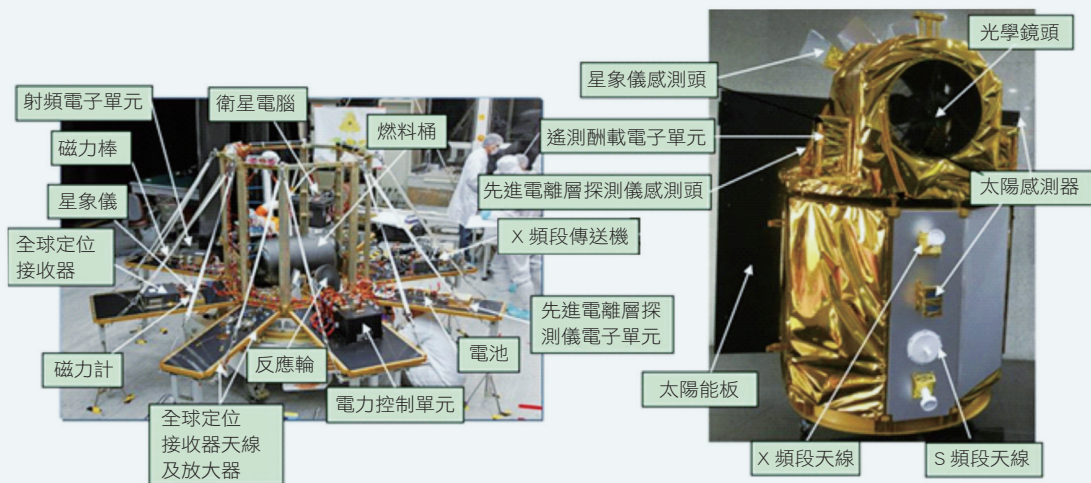
衛星由發射載具送入預定軌道後，雖然可以藉著重力持續繞行地球，但是若只是不斷地翻轉不能穩定，或不能受控制指

向某特定方向，也無法執行遙測任務以獲取有意義的遙測影像，因此衛星有一個很重要的功能就是姿態控制。福衛五號使用太陽感測器偵測太陽方位，同時使用磁力計量測地球磁場，並使用磁力棒產生設定的磁場與地球磁場產生反作用力，便可以使翻轉中的衛星慢慢穩定。

但是這樣的控制並不够精準到可執行遙測取像，因為衛星在 720 公里的高度，只要些微的角度誤差，地球上取像的位置就會偏差很遠。為了達到更精準的姿態控制，福衛五號設計了星象儀與反應輪。使用星象儀來比對衛星與外太空星星的相對位置，可以得到非常精準的方位，再利用多個反應輪來微調衛星的角速度，就可以使衛星瞄準到要照相的方位。

衛星在太空中是利用全球定位接收器來標定自己的位置，在軌道上運行一段時間後，會因為各種阻力慢慢降低高度，這時候衛星的軌道參數會改變，就不再依原

為了接續福衛二號的任務並建立自主的衛星平台，太空中心在 2008 年提出新一代的遙測衛星計畫，這就是福衛五號的開始。



衛星架構配置圖

來預定的時間通過預定的地點。因此配置了燃料桶及噴嘴，當軌道參數變化至超過預設值時，把衛星噴嘴轉至後方，噴出適量燃料後使衛星加速，就可以回到原來的軌道。所有的中低軌道衛星若要有較長的壽命，都必須具備這項功能。

與地面站通訊的 S 頻段及 X 頻段天線也是必備的。為了讓衛星在翻轉時能與地面站通訊，在對地及對太空的方向各安裝一支 S 頻段天線。

### 福衛五號搭載的酬載

福衛五號衛星搭載了兩個酬載，其中一個是執行遙測任務的遙測酬載，這是由太空中心與同樣隸屬於國家實驗研究院的儀器科技研究中心結合國內技術能量自主開發而成的。遙測酬載基本上包含了光學鏡片、以複合材料製成的結構體、帶通濾光片、以互補式金屬氧化物半導體技術製作的影像感測器，以及數位影像資料處理單元。



鏡片拋光 / 清洗 / 鍍膜。



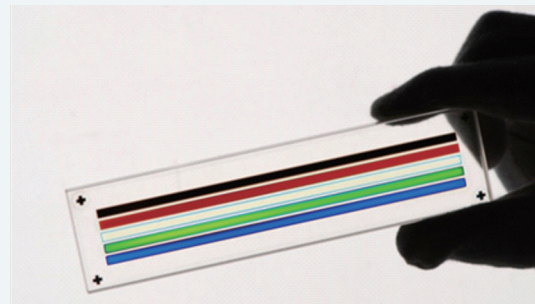
使用複合材料製造的遙測酬載結構體



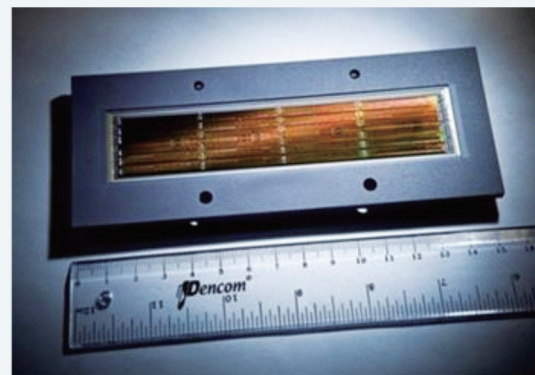
組裝完成的遙測取像儀

光學鏡片是使用國外購入的光學材料，再由儀器科技研究中心使用特殊的拋光設備研製而成，它的特性是受溫度影響的變形量很低。為了建立高強度、低質量且不易受溫度影響而變形的光學結構體，因而選用複合材料當素材，並且在成品的保存期間維持低溼度環境，以避免吸收太多的溼氣而變形。由於遙測酬載須感測不同波長的光線，因此由儀器科技研究中心開發帶通濾光片來區隔不同波長的光線。

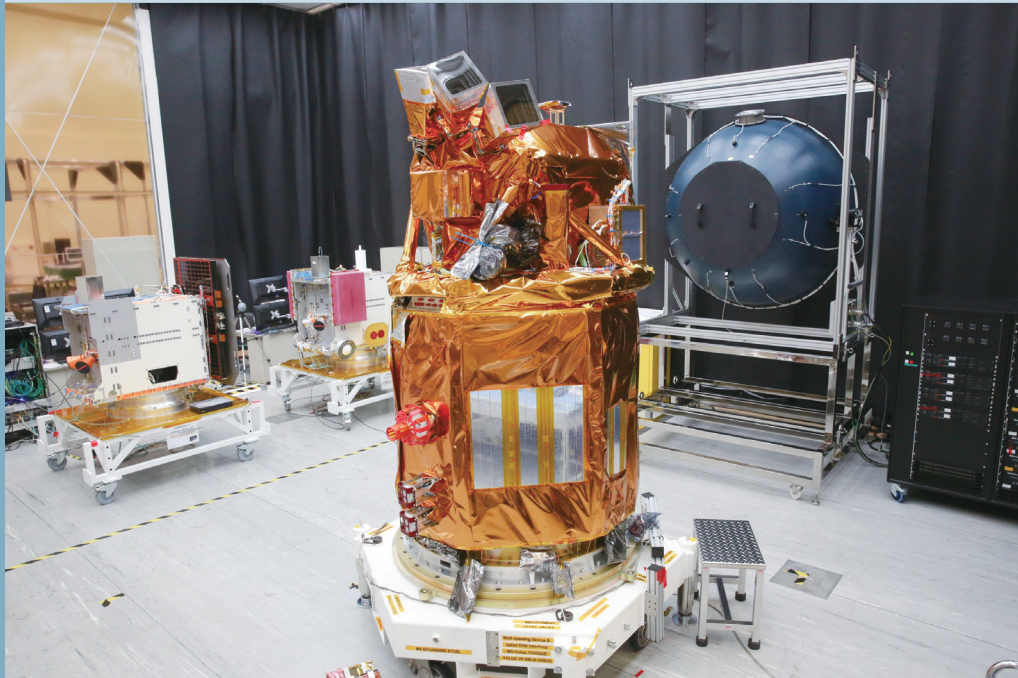
使用互補式金屬氧化物半導體技術來製作影像感測器是台灣電子科技的強項，具體的產品就是數位相機，但是製造符合太空環境且滿足衛星使用的影像感測器仍然是一項新的挑戰。國家太空中心以既有的太空環境驗證能量，整合國內的感測器設計團隊與半導體晶圓廠製造技術，成功開發世界第一片符合太空使用的大尺寸互補式金屬氧化物半導體影像感測器。這些自主技術研發的元件最後組裝成遙測取像儀，由福衛五號搭載送入太空執行遙測任務。



帶通濾光片

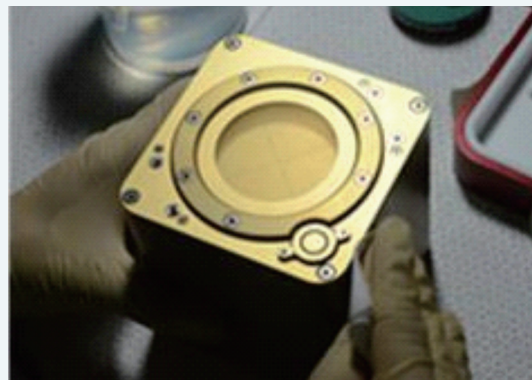


互補式金屬氧化物半導體影像感測器



組裝完成的福衛五號衛星

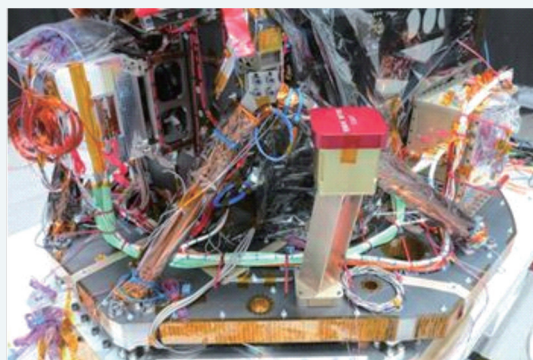
福衛五號另外搭載了一個科學酬載——先進電離層探測儀，由中央大學太空科學研究所負責研製，是國內自製科學酬載首度登上福爾摩沙系列衛星，也是國際間首創以單一探測儀實現多合一的電漿量測儀器，可量測離子密度、離子速度、離子溫度、電子溫度等。先進電離層探測儀的「最高取樣率」可達每秒 8,192 次，當衛星在空中高速飛行時，量測電離層「電漿不規則體」的空間解析度可由公尺級邁向公分級，對於電離層電漿不規則體的特性研究會有突破性的成果。



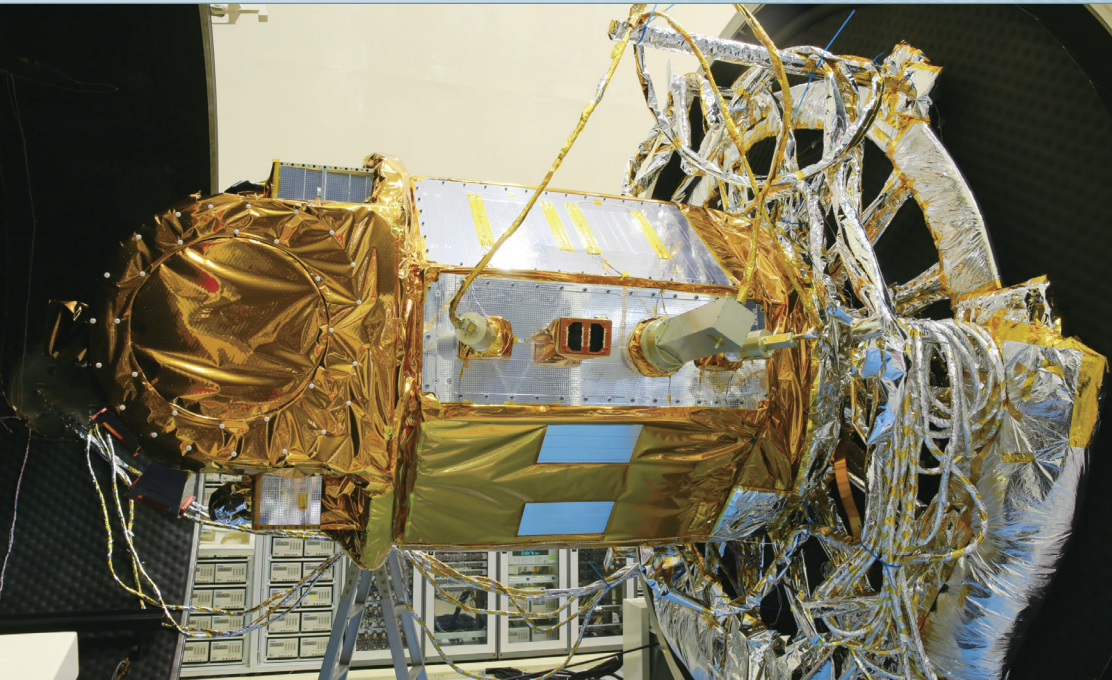
先進電離層探測儀的探測器

### 福衛五號的整合與測試

所有衛星元件都製作完畢後，會在國家太空中心的整合測試廠房進行福衛五號衛星的機械與電機組裝。整合測試廠房提供潔淨度 100,000、1,000 與 100 的無塵室，分別提供一般測試、衛星組裝及光學組裝使用。



安裝在衛星上的先進電離層探測儀



福衛五號衛星吊掛於熱真空艙門

在機械組裝階段，所有衛星元件會安裝在衛星結構體中預定的位置，並依需要在界面處安裝散熱或隔熱材料，以增加或減少安裝界面的熱通量，再搭配安裝在元件上的加熱器，便可以在外太空真空環境中把元件控制在適當的工作溫度。衛星外部也安裝熱輻射器或以多層絕熱材料包覆，以便在真空環境中利用輻射方式控制衛星的溫度。

在電機組裝階段，所有的衛星元件會用特製的飛行線束連接，以便接收衛星電腦的控制。飛行線束就像人體中的血管和神經，它提供電力給所有元件，並且負起傳遞控制訊號的責任。

衛星在完成組裝後，會經歷各種太空環境測試，以確認可以通過嚴苛的發射環境，並且在高低溫變化劇烈且真空的環境中正常工作。這些測試包含了振動測試、音震測試、太陽能板展開測試、熱真空測試、電磁相容性測試、質量特性量測等。

在每次的環境測試期間，都會重複執行衛星功能測試以確保其正常運作，因此一個完整的衛星環境驗證約需要2年的時間才能完成。

### 福衛五號系統的驗證

衛星系統是由許多需求所組成，所有的測試或分析都是為了驗證需求而執行。在完成所有的工作後，須透過電腦系統的輔助對所有需求進行完整的檢查，以確認所有需求都獲得驗證。完成這些程序後，衛星才算正式通過驗證可以送至發射場發射。

---

蔡東宏

國家實驗研究院國家太空中心

---