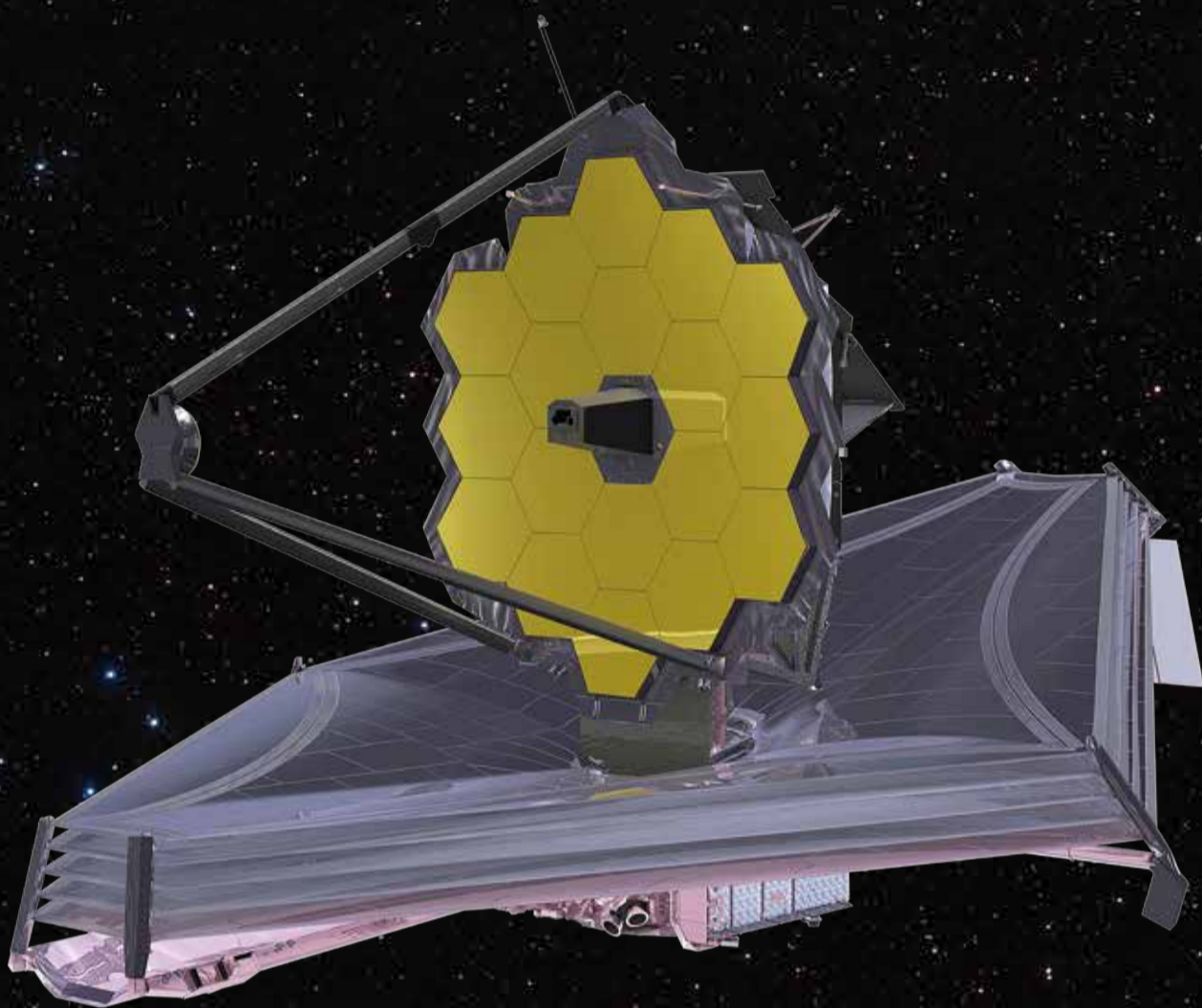


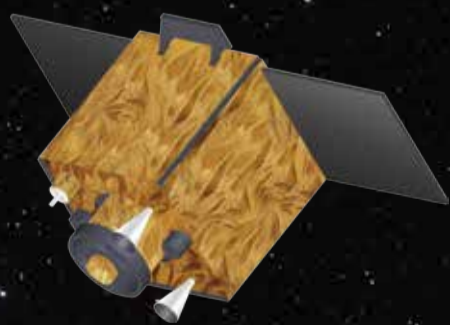
# 天聞

中華民國110年  
秋季號

中研院天文所季報  
ASIAA Quarterly Press  
<http://www.asiaa.sinica.edu.tw>



## 臺灣天文上太空



韋伯太空望遠鏡（右上）及福衛八號（左下）示意圖。

© NASA/國家太空中心/中研院天文所/王為豪



#Interstellar Dust

#James Webb Space Telescope

# 使用韋伯太空望遠鏡 研究星際塵埃



作者

Sascha Zeegers

譯者

周美吟



韋伯望遠鏡的最後測試之一，要將 6.5 米的主鏡完全展開並鎖定位，就像在太空中一樣。© NASA

今年備受矚目的天文盛事就是韋伯太空望遠鏡的升空。它的 6.5 米主鏡約為一個網球場大小，將成為至今最大的太空望遠鏡。這是一項艱鉅的任務，尤其當望遠鏡在距地球 150 萬公里的地方運行時，需要將主鏡、遮陽板和太陽能板展開。這個望遠鏡將在可見光到中紅外波段開啟一扇充滿各種可能性的全新窗口，例如觀察宇宙最年輕、最遙遠的星系，或觀察恆星從初始形成階段到形成行星系統。開發和建造望遠鏡花了 25 年的時間，發射日期也被推遲了幾次。然而，今年終於確定在 11 月或 12 月初升空！

去年已有許多天文學家提出他們想要使用這個新望遠鏡的研究計畫，並在今年 3 月宣布了哪些觀測提案被接受。本文作者的「用 JWST 照亮在瀾漫星際介質中的塵埃特性」計畫也是雀屏中選的提案之一。本計畫的重點是獲得更多關於宇宙塵埃的知識。在恆星生命的最後階段，塵埃會在恆星的大氣層中產生，之後被吹入星際空間，成為所謂的星際介質。儘管您可能會以為太空是真空狀態，但它其實並不是空的。大部分的星際介質是由稀薄的氣體組成，但大約有百分之一是極小的塵埃顆粒，大小約為人類頭髮寬度的千分之一、也就是約 0.1 微米。這種塵埃在宇宙中隨處可見，在宇宙的許多過程中，尤其是在恆星的生命週期裡，扮演非常重要的角色。這些微小的粒子構成了地球等行星的起始材



銀河中由塵埃和氣體造成的暗帶（2017 年攝於智利的 La Silla）。

© Gilles Otten

料，而我們和周圍的一切實際上都是由星塵構成的，聽起來是不是很浪漫呢？

直到今天，我們對星際塵埃的大部分了解都還是來自銀河系中心附近的有限區域。這些區域提供了足夠的星際塵埃來讓我們觀察它們在恆星光譜上的微弱印記。光在前往地球途中穿過銀河系的幾個旋臂，使得追蹤塵埃的位置變得非常困難。從這些視線所及的區域中，我們確實了解了許多有關塵埃的特性。塵埃似乎主要由兩種類型組成，大部分是矽酸鹽，類似沙灘上的細沙，另一種類型是含碳塵埃，類似煙塵或煙霧顆粒。觀測顯示，塵埃顆粒中幾乎不存在任何晶體結構，然而恆星剛製造出的塵埃卻顯示出晶體

特徵。因此，還有很多細節我們不知道。塵埃的確切成分是什麼？往不同方向看到的塵埃，成分會改變嗎？如果銀河系不同區域的塵埃成分不同，這將如何影響行星的形成？結晶的塵埃顆粒發生了什麼變化？星際介質實際上對塵粒來說是一個非常惡劣的環境。它們可能會因恆星輻射和宇宙粒子的轟擊而熔化，或者可能會被超新星衝擊波摧毀。這讓我們想知道塵粒是如何在這種環境下生存的。為何塵埃依然存在？

就在去年疫情來襲之前，一群來自世界各地的宇宙塵埃愛好者提出了使用 JWST 調查地球附近 (<10000 光年) 瀾漫星際介質的觀測計畫。通過探索這些鄰近區域，可以避免掉之前看銀河系中心時經過太多雲

氣造成的困擾，而且我們也可以從不同的方向探索塵埃。JWST 非常靈敏，它不需要透過大量塵埃就能觀測到微弱光譜。因此，我們提議觀測被星際塵埃遮蔽的十二顆年輕恆星的光譜，以探索銀河系不同區域的塵埃特性。我們還做了一些預測，希望能回答上面提到的一些基本問題，期待這次觀測能獲得更多關於塵埃成分和結構的知識！

即使 JWST 到達了距地球 150 萬公里的觀測點，它仍需要一段測試時間才能進行第一次觀測。所有儀器經過徹底測試的階段約需六個月，一切正常才會開始觀測。我們的整個觀測計畫大約需要三年時間完成，敬請期待！



哈伯太空望遠鏡拍攝的橢圓星系半人馬座 A，塵埃構成的暗帶清晰可見。  
©NASA, ESA, and the Hubble Heritage (STScI/AURA)

# 台灣的第一個 太空天文望遠鏡



#台灣  
#GTM  
#福衛八號

作者 張祥光 教授 國立清華大學天文研究所與物理學系

台灣的國家太空中心已經成立三十年。在過去的第一期以及第二期國家太空發展計畫裡，太空中心成功地建立自主發展衛星的能力，執行了福衛二號及福衛五號兩項大家比較常聽到的遙測任務，同時也有其他許多技術創新與科學探索的計畫。在目前的第三期國家太空發展計畫裡，正在如火如荼進行的，是福衛八號計畫。福八計畫預計從 2023 年到 2028 年每年發射一顆遙測衛星，提升遙測照片解析度以及每日再訪

頻率。同時，為了提供國內學界太空任務平台，以進行各種實驗、量測與觀測，每一顆福八衛星規劃了大約 2 公斤質量與 2 瓦電力向學界徵求科學任務計畫。所以，每一顆福八衛星除了主要的遙測酬載，也會有一個次要的科學酬載。其中，福衛八號第二顆衛星的科學酬載是國立清華大學天文所（筆者帶領的團隊）及動力機械系（曹哲之教授團隊）與中央研究院物理所（林志勳博士團隊）所共同研製的“伽馬

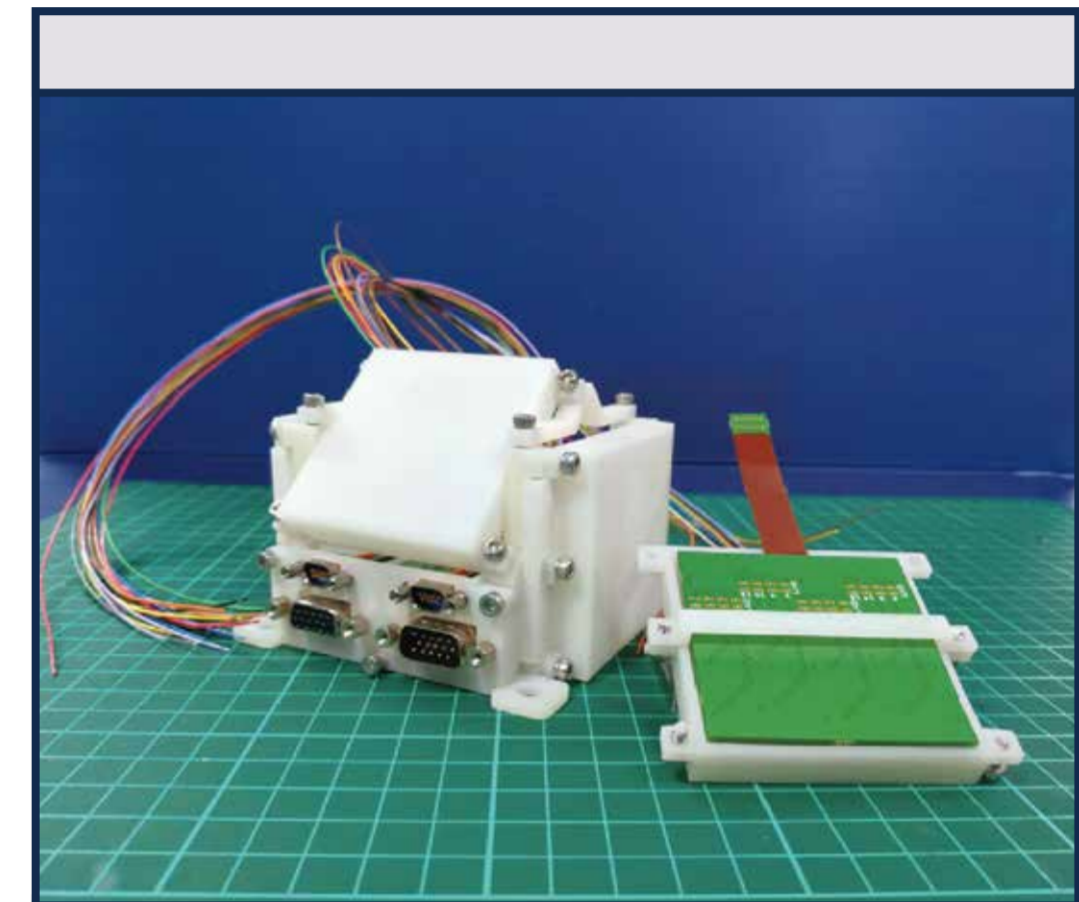
射線瞬變事件監測儀” (Gamma-ray Transients Monitor, 簡稱 GTM)，主要的科學目標是監測來自宇宙深處的伽馬射線爆 (Gamma Ray Bursts, 簡稱 GRBs)。GTM 將會是台灣的第一個太空天文望遠鏡。

GRBs 是當代天文物理中的重要主題，尤其在 2017 年觀測到一個重力波事件 (GW 170817) 與一個短伽馬射線爆 (GRB 170817A) 相關聯，不僅證實了該短伽馬射線爆是兩個中子星碰撞合併造成的爆炸事件，也從此開創了多信使天文學 (Multi-Messenger Astronomy)。GRBs 是在 1967 年由美國的數個 Vela 核爆監測衛星意外發現的。這些從外太空四面八方來的伽馬射線持續時間約在幾十毫秒到幾百秒之間，其中持續時間在兩秒以下的稱為“短伽馬射線爆”，兩秒以上的則稱為“長伽馬射線爆”。它們的本質一直是天文物理界的重大謎題。經過半個世紀的觀測與理論探討，天文學界一般認為短伽馬射線爆是兩個中子星或一個中子星與一個黑洞碰撞合併造成的“千倍新星” (kilonova)

爆炸事件，而長伽馬射線爆則是極大質量恆星演化末期因重力塌縮造成的“極超新星” (hypernova) 爆炸事件。這兩類事件都發生在很遙遠的距離（光譜中有很大的宇宙紅位移，也就是很遙遠的過去），在爆炸過後也都很可能留下一個新形成的黑洞。尋找極大紅位移的 GRBs 可以讓我們知道宇宙中的第一代恆星是多久以前形成的，GRBs 也有可能作為宇宙學研究中的標準燭光，來探討宇宙早期的演化歷史。GRBs 的觀測除了可以與重力波測量來共同檢驗廣義相對論之外，也助於了解中子星結構、宇宙間重元素的產生、黑洞的形成，以及宇宙的演化。

上述進展主要是得助於近三十年來許多天文觀測衛星進行的大天域 GRBs 監測及其所促成的伽馬射線爆餘輝 (afterglow) 與宿主星系 (host galaxy) 的觀測。提高監測 GRBs 發生的天區涵蓋率對於前述各項研究有重大幫助。此外，多個伽馬射線天文觀測儀器對於 GRBs 的獨立測量也有助於 GRBs 在天球上的定位，讓伽馬射線爆餘輝與宿主星系的搜尋觀測，以及可能的重力波事件對應，更有效率。因此，GTM 在 2024 年升空進入地球軌道開始運作後將加入國際天文學界多顆天文觀測衛星監測 GRBs 的行列，成為一個新的生力軍。

GTM 作為一個監測器，對天空的視野要越大越好。同時，為了也監測可能從地面方向發出的伽馬射線瞬變事件，以及配合可用的體積、重量與功耗，GTM 設計有兩個相同的模組，分別安裝在衛星某相對的兩側。每個模組裡有四片偵測器，

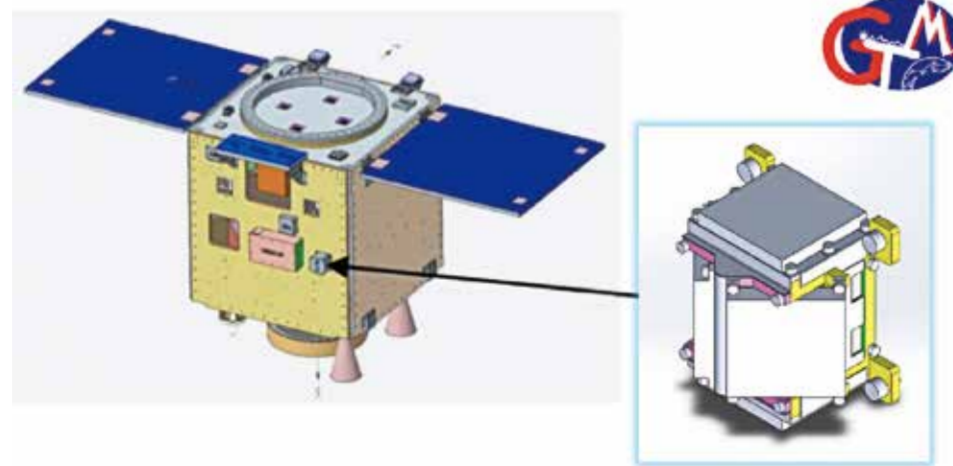


GTM 模組的 3D 列印模型。一個模組有四片偵測器單元。右邊顯示一片偵測器單元朝向模組內部的那一面，綠色的部分是數據讀出電路板，GAGG 閃爍體陣列就在它的下方，包圍在一個大小約 5.5 cm x 5.5 cm x 1 cm 的鋁製扁形方盒裡。© 張祥光團隊

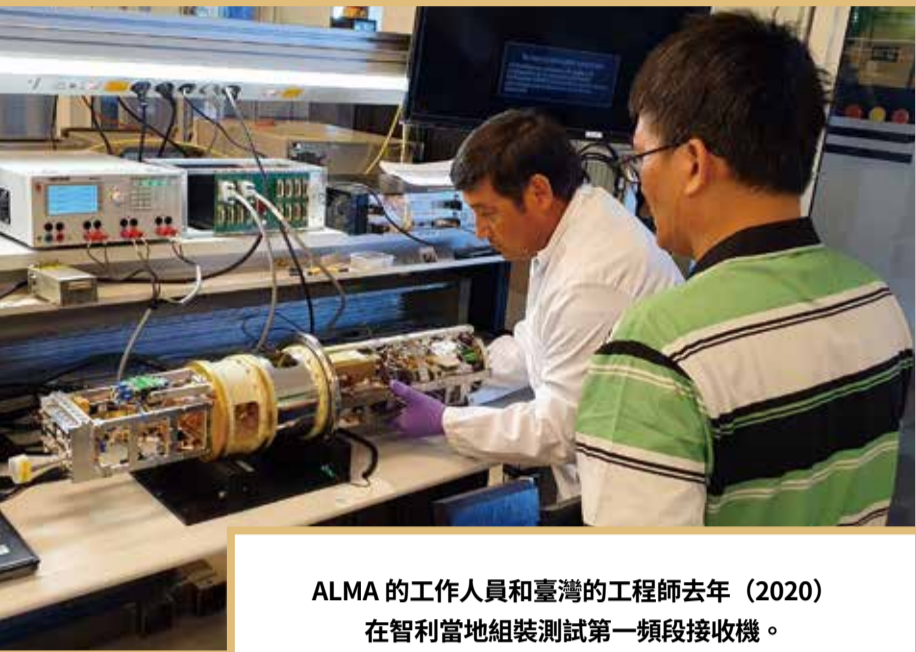
分別朝向衛星本體外的不同方向。兩個模組共八片偵測器涵蓋了整個天球。每一片偵測器都是相同的，由塊狀釷鋁鎂榴石 (Gadolinium Aluminum Gallium Garnet, 簡稱為 GAGG) 閃爍體陣列構成。每個塊狀 GAGG 閃爍體五面包覆硫酸鋇 (BaSO4) 反光層。伽馬射線會在閃爍體內部造成閃爍光，這些閃爍光經由反光層反射，會被導向沒有反光層的那一面，再由適當的半導體感光晶片把光轉成電流訊號，這樣就可以知道有伽馬射線打到偵測器。同時，電流訊號的強度可以告訴我們伽馬射線光子的能量大小。另外，監測器的一個重要任務是定位，也就是決定 GRBs 在天球上的位置。因為偵測器對於不同入射方向的光

子有不同的有效面積，因此 GTM 可以利用不同面向的偵測器所測得的不同流量來決定 GRBs 的發生位置。

GTM 長得和大家印象中的“望遠鏡”可能不一樣，這主要是因為不同波段的電磁波要用不同的偵測技術。伽馬射線比可見光波長短很多，通常用光子的概念來描述，也需要相當不同的偵測方法。除了 GRBs 以外，GTM 也可以偵測到來自太陽閃焰以及某些中子星的伽馬射線爆發事件。伽馬射線“望遠鏡”所研發的技術也能應用在環境輻射偵測與醫學影像等領域。GTM 在 2024 年年底發射升空後，經過一段時間的調整驗證，2025 年就會開始令人興奮且期待已久的太空天文觀測了！



GTM 在福衛八號衛星上的位置。黑色箭頭所指的就是一個 GTM 模組，另有一個相同的模組在相對的另外一面。右邊是 GTM 模組的示意圖，右上方則是 GTM 計畫的標誌。  
© 張祥光團隊



ALMA 的工作人員和臺灣的工程師去年 (2020) 在智利當地組裝測試第一頻段接收機。  
©G.Siringo - ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

## 臺灣電波天文儀器技術居世界領導地位 本所研發的 第一頻段接收機 成功接收到天體訊號

由本所領導的國際團隊，在臺灣研發組裝的阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列（簡稱 ALMA）「第一頻段接收機」，現已成功安裝在智利的 ALMA 天線上，並首次成功接收到天體訊號，是第一頻段（Band-1）計畫經過十多年的努力後，達到的重要里程碑。

ALMA 位於智利北部、海拔 5000 公尺高的阿塔卡瑪沙漠，由 66 座天線形成干涉儀，是目前世界最大的望遠鏡。ALMA 能偵測到毫米到次毫米波段的細節，並獲得比哈伯太空望遠鏡清晰十倍的影像，締造電波天文學的開創性研究。目前 ALMA 配備 8 個不同頻段的接收機，範圍涵蓋 84 GHz 到 950 GHz，並規劃最終將完成 10 個頻段。Band-1 是目前剩餘兩個尚未安裝接收機的頻段之一。

第一頻段接收機憑藉著在 35 GHz 至 50 GHz 超廣頻寬範圍內的極低雜訊，成為

這個世代最靈敏的接收機之一。ALMA Band-1 計畫主持人、本所副研究員高培邁 (Patrick Koch) 認為，「第一頻段接收機的實現證明了臺灣卓越的工程能力，這使我們能夠站在電波天文學儀器的最前沿，並為最先進的觀測儀器做出貢獻。」

對每個全新的接收機來說，成功獲取第一道訊號標誌著一項重大突破，因為它是天體發出的訊號（光）第一次通過整座望遠鏡：從集光天線起，進入接收機與接續的後端訊號處理系統，最後抵達顯示著觀測結果的電腦螢幕上。為了達成此目標，接收機安裝在天線後，首項測試是在 8 月 14 日，藉由觀測月球邊緣取得單一接收機的第一道訊號，緊接著在 8 月 17 日，利用觀測類星體成功「聯結」安裝在兩個不同天線上各自的第一頻段接收機，而獲得「第一道干涉條紋」，之後更在 8 月 27 日取得第一道電波光譜——此項測試是對設計、製作、組裝等階段大功告成的一項終極檢

驗，十多年艱苦的工作終告一段落。

第一頻段接收機一旦安裝在全部 66 座 ALMA 天線上之後，可望在各科學領域中開闢新疆界。它是 ALMA 望遠鏡上頻率最低的接收機，靈敏波段在 7 毫米左右，比 ALMA 的其他頻段接收機更能深入觀察遙遠的紅移宇宙，從而探測到次毫米宇宙中最遙遠的天體。科學家也引頸期盼著第一頻段接收機能在行星形成研究方面，取得進一步的突破性發現。ALMA Band-1 計畫科學家、本所助研究員顏士韋表示：「它使我們能夠在可能形成行星的地區探測到厘米大小的塵埃顆粒和小卵石。有了第一頻段接收機，我們可以研究塵埃顆粒的生長，並最終瞭解行星是如何從星際塵埃中形成的。」臺灣預計在 2022 年底完成交付 66 台第一頻段接收機以及 7 台備用機至智利 ALMA 天文台，所有接收機的安裝工作也將在交付後不久完成。（摘自本所新聞稿）

天聞季報編輯群感謝各位閱讀本期內容。本季報由中央研究院天文所發行，旨在報導本所相關研究成果、天文動態及發表於國際的天文新知等，提供中學以上師生及一般民眾作為天文教學參考資源。歡迎各界來信提供您的迴響、讀後心得、天文問題或是建議指教。來信請寄至：「臺北市羅斯福路四段 1 號 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收」。歡迎各級學校師生提供天文相關活動訊息，有機會在天聞季報上刊登喔！



發行人 | 彭威禮。執行主編 | 周美吟。美術編輯 | 王韻青、楊翔伊。執行編輯 | 曾耀寰、劉君帆、蔣龍毅。  
發行單位 | 中央研究院天文及天文物理研究所。天聞季報版權所有 | 中研院天文所。ISSN 2311-7281。GPN 2009905151。  
地址 | 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓。（臺北市羅斯福路四段 1 號）。  
電話 | (02)2366-5415。電子信箱 | epo@asiaa.sinica.edu.tw。