

臺北星空

Taipei Skylight No.128 2025.11

跨越星辰的腳印—阿波羅與阿提米絲計畫
通往深空宇宙的月之門—阿提米絲的探索藍圖
邁向太空殖民之路—月球上的資源運用

為星星之間命名的天文學家—薇拉·魯賓

月食高動態範圍影像拍攝與處理

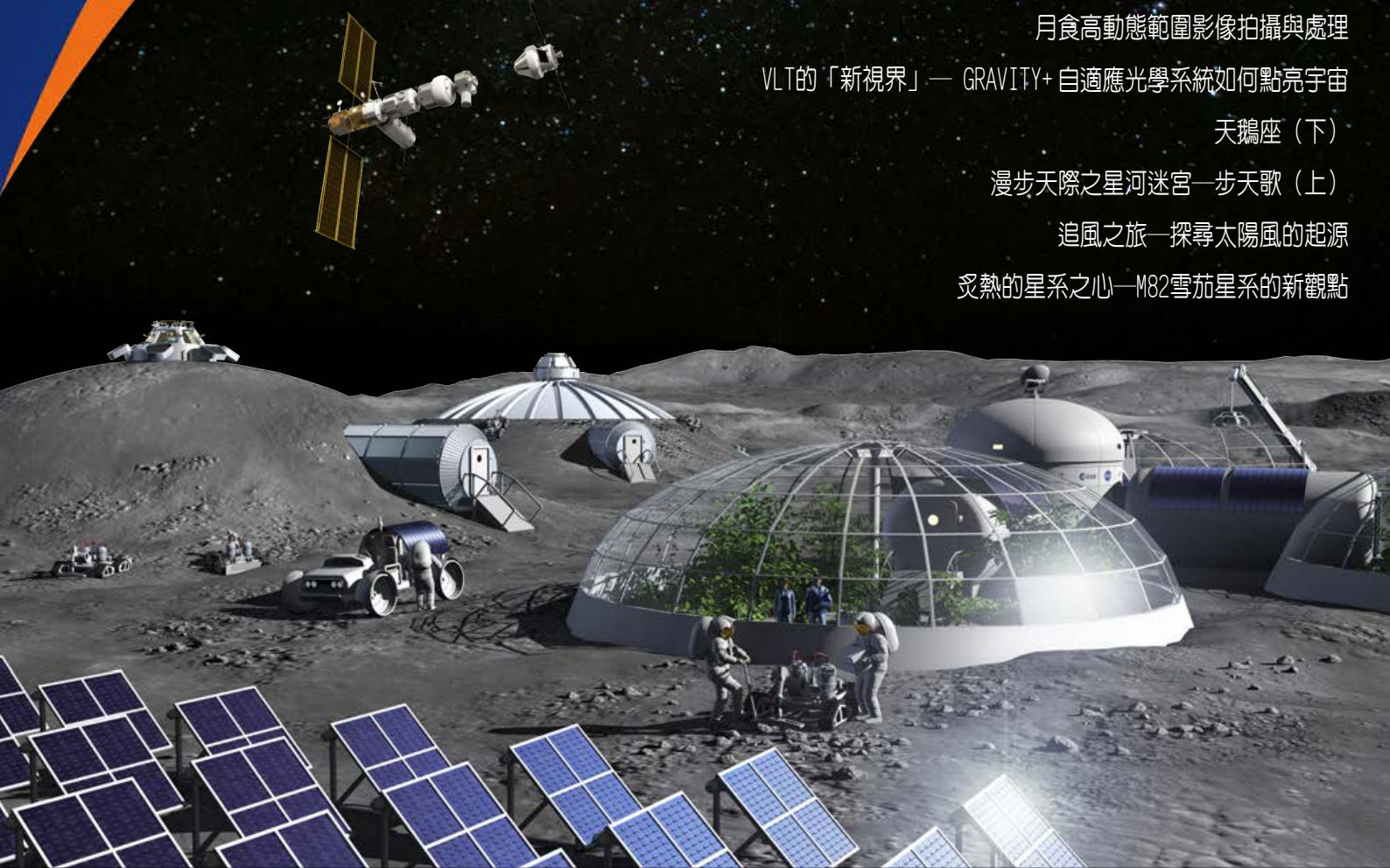
VLT的「新視界」— GRAVITY+ 自適應光學系統如何點亮宇宙

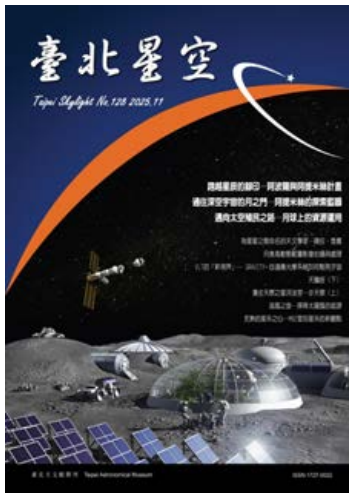
天鵝座(下)

漫步天際之星河迷宮—步天歌(上)

追風之旅—探尋太陽風的起源

炙熱的星系之心—M82雪茄星系的新觀點





圖說：阿提米絲計畫中，太空人長期駐留的月球基地想像圖。

圖片來源：NASA/ESA

刊名：臺北星空期刊
 GPN：4811300001
 中華民國87年10月1日創刊
 中華民國114年11月1日出版
 刊期頻率：雙月刊
 本刊刊載於臺北天文館網站

發行人 陳岸立

發行委員 林修美、吳志剛
 林琦峯、陳俊良
 吳昆臻、謝翔宇
 溫淑宜、李麗卿
 卞欣婷、鄭伊宸

編審委員 陶蕃麟、黃麗君
 張彩鳳、顧德生

總編輯 石中達

編輯 蔡承穎、吳昆臻
 段皓元

美術編輯 蔡承穎

封面設計 蔡承穎

出版機關 臺北市立天文科學教育館

地址 臺北市士林區基河路363號
 電話 (02) 2831-4551
 傳真 (02) 2831-4405
 網址 <https://tam.gov.taipei>

中華民國行政院新聞局出版事業登記證
 局版北字第2466號

目次

總編輯的話	編輯部	1
天文館活動布告欄	編輯部	2
新知與天象	王彥翔、王庭萱	3
天文新聞追蹤報導		
VLT的「新視界」— GRAVITY+ 自適應光學系統如何點亮宇宙	林建爭	7
通往深空宇宙的月之門		
阿提米絲的探索藍圖	許仁愷	12
邁向太空殖民之路		
月球上的資源運用	賴彥霖	20
謎樣星宿		
漫步天際之星河迷宮—步天歌（上）	歐陽亮	28
天文觀測教室		
天鵝座（下）	陶蕃麟	33
天文展品導覽		
跨越星辰的腳印—阿波羅與阿提米絲計畫	許晉翹	38
天文學教室		
追風之旅—探尋太陽風的起源	周毅桓	46
女性天文學家		
為星星之間命名的天文學家—薇拉·魯賓	劉淑雯、黃譯平	52
天文攝影實戰教學		
月食高動態範圍影像拍攝與處理	吳昆臻	58
天體映象		
炙熱的星系之心—M82雪茄星系的新觀點	謝翔宇	68
美星映象館	彙整/吳昆臻	69

總編輯的話

本期《臺北星空》以「阿提米絲計畫 (Artemis program)」為核心主題，帶領讀者回顧阿波羅登月計畫的歷史榮光，並展望人類再度踏上月球、邁向深空探索的新時代。從〈跨越星辰的腳印—阿波羅與阿提米絲計畫〉開場，重現半世紀前阿姆斯壯「人類一大步」的經典瞬間，並介紹現今NASA如何以阿提米絲任務再度延續這份冒險精神。接續的〈通往深空宇宙的月之門—阿提米絲的探索藍圖〉則揭示計畫的完整架構：從SLS超重型火箭到獵戶座載人太空船，再到繞月太空站與月球基地的長期布局，建構人類航向火星前的關鍵一步。〈邁向太空殖民之路—月球上的資源運用〉延伸討論登月後的永續課題，從月壤提煉氧氣、水冰開採到氦-3 (^3He) 能源的潛力，讓「現地資源利用」成為建造、維運長期駐留的月球基地與太空殖民的關鍵技術。與此同時，〈追風之旅—探尋太陽風的起源〉帶領讀者回顧太陽觀測衛星SOHO與SDO的研究成果，揭示太陽活動與太空環境的緊密連結。

此外，本期亦收錄多篇精采專題：〈VLT的「新視界」— GRAVITY+ 自適應光學系統如何點亮宇宙〉介紹歐南天文臺突破大氣擾動限制的觀測新技術；〈為星星之間命名的天文學家—薇拉·魯賓〉向天文學的暗物質研究先驅致敬，並銜接阿提米絲計畫的女性力量與科學精神。從〈炙熱的星系之心—M82 雪茄星系的新觀點〉到〈月食高動態範圍影像拍攝與處理〉與〈天鵝座 (下)〉、〈漫步天際之星河迷宮—步天歌 (上)〉，更展現宇宙觀測與人文詩意的多元面貌。

這期《臺北星空》不僅紀錄人類再啟登月夢想的壯闊藍圖，也串連起科技、歷史與文化的星際篇章——邀您一同仰望夜空，迎接阿提米絲時代的來臨。

臺北星空 臺北天文館期刊

投稿需知

- 本刊歡迎各界人士投稿並提出指教，投稿內容請寄至：tsaijulien@gmail.com。
- 本刊對來稿有刪改權，如作者不願稿件被刪改，請註明。
- 文稿請自行影印留底，投稿文字、圖表、圖片與照片，均不退件。
- 文章一經採用，將刊登於臺北天文館網站。並請同意授權全本刊登於政府出版品相關宣傳網站，如「臺北市政府出版品主題網」、「國家圖書館—臺灣期刊論文索引系統」。
- 投稿「美星映像館」，請提供相關攝影資料，系列照片三張以下每張以單張計價，三張以上不論張數均以三張計價。
- 本刊文字及圖片，未經同意，不得轉載。

新專欄徵稿中，歡迎投稿！

專欄名稱	性質	說明	投稿字數	投稿圖片
天文教育	天文科普教育	1. 歡迎各級現職及退休教師投稿。 2. 天文教學分享、課程設計等天文教育相關主題。	1,500字以內	3張以內

天文館活動布告欄 十一、十二月活動訊息

表中所列項目之辦理情形可能依實際狀況調整，以
官網公布資訊為主。

天象直播	雙子座流星雨直播	12/14 (日)									
夜間觀測室 開放	第一觀測室 (觀賞星體)	11/15 (六) (土星)									
	第二觀測室 (觀賞星體)	11/1 (六) (月亮)	11/8 (六) (土星)	11/15 (六) (土星)	11/22 (六) (天王星)	11/29 (六) (土星)	12/6 (六) (昴宿星團)	12/13 (六) (土星)	12/20 (六) (土星)	12/27 (六) (月亮)	
劇場	宇宙劇場 19:00/19:30 免費星象節目	11/1 (六)	11/8 (六)	11/15 (六)	11/22 (六)	12/6 (六)	12/13 (六)	12/20 (六)			
	天文科學電影欣賞 「接觸未來」	11/15 (六)									
	星空下的宇宙紀事	11/29 (六)	12/27 (六)								
館內營隊	天文親子營 (主題)	11/22 (六) (流星)	11/23 (日) (流星)	11/29 (六) (流星)	11/30 (日) (流星)	12/21 (日) (月亮)	12/27 (六) (月亮)	12/28 (日) (月亮)			
	樂齡談天 (主題)	12/18 (四) (星座)									
館內活動	星姊姊說故事	11/8 (六)	11/22 (六)	12/13 (六)	12/27 (六)						
	宇宙尋寶地圖	11/9 (日)	11/16 (日)	11/30 (日)	12/14 (日)	12/28 (日)					
	大學天文日	11/15 (六)	11/16 (日)								
	天文魔法小書包	12/6 (日)	12/20 (日)								
戶外營隊	秋季市民營 (地點：天文館/杉林溪)	12/12 (五)	12/14 (日)								
	新住民天文營	12/20 (六)									
戶外活動	最大滿月快閃 (地點：國父紀念館)	11/5 (三)									
課程與講座	非正規教育課程 (宇宙爆米花：電影中的天文學)	11/1 (六)	11/8 (六)	11/15 (六)	11/29 (六)	12/6 (六)					
	專家演講 (主題) (演講者)	11/2 (日) (大氣光象-太陽把戲天空秀) (李美英)			12/7 (日) (臺灣氣象衛星的過去、現在、與未來) (葉文豪)						
	教師天文研習	11/16 (日)									
	幼教天文師資培育	11/22 (六)									



新彗星SWAN25B突現西方天空！

新小行星以史上第二近的距離飛掠地球

JWST與SPHEREx對星際彗星3I/ATLAS的觀測報告

穀神星可能曾經很「宜居」？

毅力號發現火星上的疑似生命痕跡

暗物質造就神秘的愛因斯坦十字架？

洞察號揭示火星內部凹凸不平的性質

天文學家發現與以往不同的神秘伽瑪射線暴

太陽閃焰的溫度比先前認為的高出6.5倍

天文學家發現迄今最遙遠的黑洞

全新EHT影像揭示M87*驚人的偏振翻轉

從隕石追溯木星的形成歷史

小行星龍宮與貝努來自同個家族

2025年接近尾聲，但夜空依舊星光燦爛！在11月與12月間，月亮、行星與流星雨輪番登場，將為今年的天象畫下精彩的句點。首先，11月5日迎來今年最大滿月，肉眼即可欣賞到碩大明亮的「超級滿月」，巨大滿月與地面景觀往往構成令人驚嘆的美景，值得觀賞。在11月8日，C/2025 A6 萊蒙彗星（Lemmon）將通過近日點。雖然亮度預測仍需觀察，但預期最大亮度可達4等左右，有機會角逐今年下半年最明亮的彗星。

行星動態方面，11月21日將發生天王星衝，屆時天王星亮度將達5.6等，整夜可見。水星於12月8日迎來本年度三次西大距中的最後一次，亮度-0.5等，距角 20.7° ，可在日出前東方低空找到水星明亮的身影。

年末適逢流星雨的盛宴，在11月與12月各有一場流星雨。11月17日是獅子座流星雨極大期，根據國際流星組織的預報，今年的ZHR（每小時天頂流星出現率）約為10，午夜0時獅子座於東北東方升起，月亮約凌晨4時左右升起，月相為殘月，整夜都是欣賞的好時機。而12月14日的雙子座流星雨極大期更是年度盛宴，預估的ZHR可高達150，輻射點自晚間19時升起，入夜不久後即可觀賞，愈近午夜數量越多，觀賞條件極佳。

推薦

11/5 今年最大滿月

推薦

11/8 C/2025 A6 萊蒙彗星過近日點

11/17 獅子座流星雨極大期 ZHR~10

11/21 天王星衝 5.6等，視直徑 $3.8''$

12/7 木星合月

12/8 水星西大距 距角 20.7° ，-0.5等

推薦

12/14 雙子座流星雨極大期 ZHR~150

12/21 冬至



十一、十二月 天象焦點

11/5 (三)

今年最大滿月

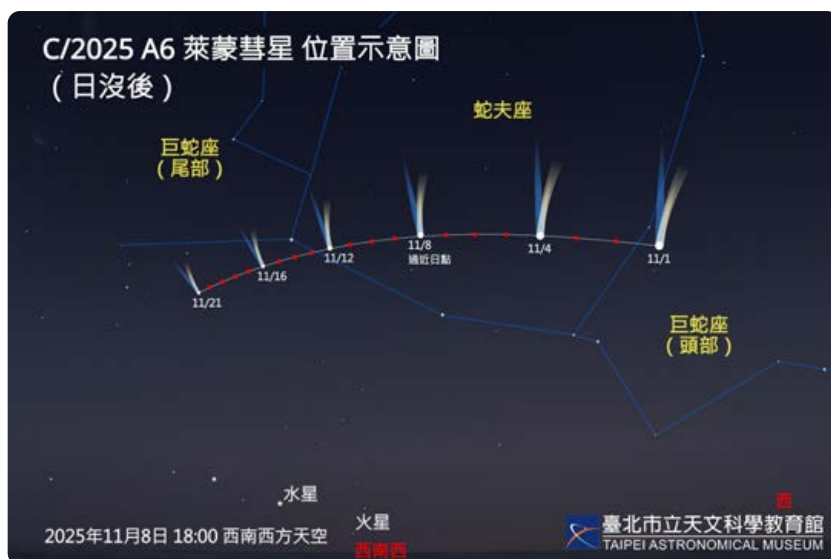
今年最大滿月將發生於11月5日，月亮在21時19分到達望的位置，此時地心至月心距離約為356,978公里，月亮的視直徑為33.98'。與發生在今年4月13日的最小滿月相比(29.13')，視直徑增加約16.6%，亮度增加約36%，肉眼並不容易察覺差異，但可透過攝影方式記錄滿月大小的變化。



11/8 (六)

C/2025 A6 萊蒙彗星過近日點

C/2025 A6 萊蒙彗星 (Lemmon) 在今年年初由美國萊蒙山巡天計畫發現，10月中旬開始出現在日落後的西北方低空，每晚的仰角將愈來愈高，10月22日至11月11日間，日落時刻仰角均達25度以上。萊蒙彗星在10月21日通過近地點後繼續接近太陽，並預計在11月8日通過近日點，距離太陽僅0.53天文單位，在近日點前後預期最大亮度可達4等左右，有機會成為今年下半年最明亮的彗星。11月上旬過後，萊蒙彗星的亮度將迅速降低，若想欣賞這顆千年一遇的彗星可要好好把握機會。



11/17 (一) 獅子座流星雨極大期

獅子座流星雨發生於11月6日至11月30日，極大期落在11月17日，估計每小時天頂流星出現率ZHR值為10，輻射點約23時30分從東方地平線升起。由於月球約於次日4時20分才升起，且近殘月，因此月光干擾少，觀賞條件佳，建議選擇開闊無遮擋、光害少的地點來觀賞。



11/21 (五) 天王星衝

天王星於11月21日20時25分到達衝的位置，此時天王星位於金牛座，亮度5.6等，視直徑3.8"，整夜可見。天王星的視直徑不足滿月的500分之1，即便使用天文望遠鏡也無法看出它的表面特徵，只能看到一個青色小點。





12/8 (一)

水星西大距

水星在12月8日5時3分到達西大距的位置，為今年三次西大距中的最後一次，水星亮度達-0.5等，日距角 20.7° ，清晨6時仰角約為 14° 。在西大距前後數日的日出前，向東南東方低空觀察，就有機會找到這顆最靠近太陽的明亮行星。



12/14 (日)

雙子座流星雨極大期

年度壓軸天象—雙子座流星雨發生於12月4日至12月20日，今年極大期預估落在12月14日，ZHR值為150。輻射點位在雙子座頭部的北河二附近，約18時40分從東北方地平線升起，暮光漸暗後不久就可以欣賞流星，到15日凌晨2時輻射點將移動至天頂附近，越接近午夜越容易看到流星。月亮在15日凌晨1時左右升起，月相逢下弦月，因此上半夜將完全不受月光干擾，觀賞條件佳。



在智利阿塔卡馬沙漠海拔約2,600公尺的帕拉納山頂（Cerro Paranal），歐南天文臺（ESO）的甚大望遠鏡干涉儀（Very Large Telescope Interferometer，簡稱VLTI）傲然矗立，如下圖，它們是世界上最先進的光學望遠鏡之一。自啓用至今，甚大望遠鏡干涉儀不僅是天文研究的先鋒，也持續透過技術革新拓展我們對宇宙的視野。然而，即使是如此強大的望遠鏡，觀測遙遠宇宙仍面臨一個巨大的挑戰：地球大氣層的擾動。現在，甚大望遠鏡干涉儀正迎來一次劃時代的升級：GRAVITY+計畫，將在人類探索宇宙的旅程中再跨出關鍵一步。



歐南天文臺甚大望遠鏡在帕拉納山美麗的暮色中的樣子。影像來源：ESO

就像湖面上的漣漪會扭曲水下物體的影像一樣，地球大氣層中的氣流和溫度變化，會使來自遙遠恆星的光線發生扭曲和模糊。這就是為什麼我們

看到的星星總是在「閃爍」。為了消除這種干擾，天文學家們開發了一種「黑科技」：自適應光學（Adaptive Optics，簡稱AO）系統。

什麼是自適應光學？

簡單來說，自適應光學系統就像是望遠鏡的「神經中樞」，它能即時檢測並修正大氣層造成的扭曲。它主要由三部分組成：

- ①**波前感測器 (Wavefront Sensor)**：用來測量進入望遠鏡的光線扭曲程度。
- ②**變形鏡 (Deformable Mirror)**：一個能迅速改變形狀的鏡子，用來修正光線的扭曲。
- ③**即時電腦 (Real-Time Computer)**：用來快速處理感測器的數據，並指揮變形鏡做出精確的調整。

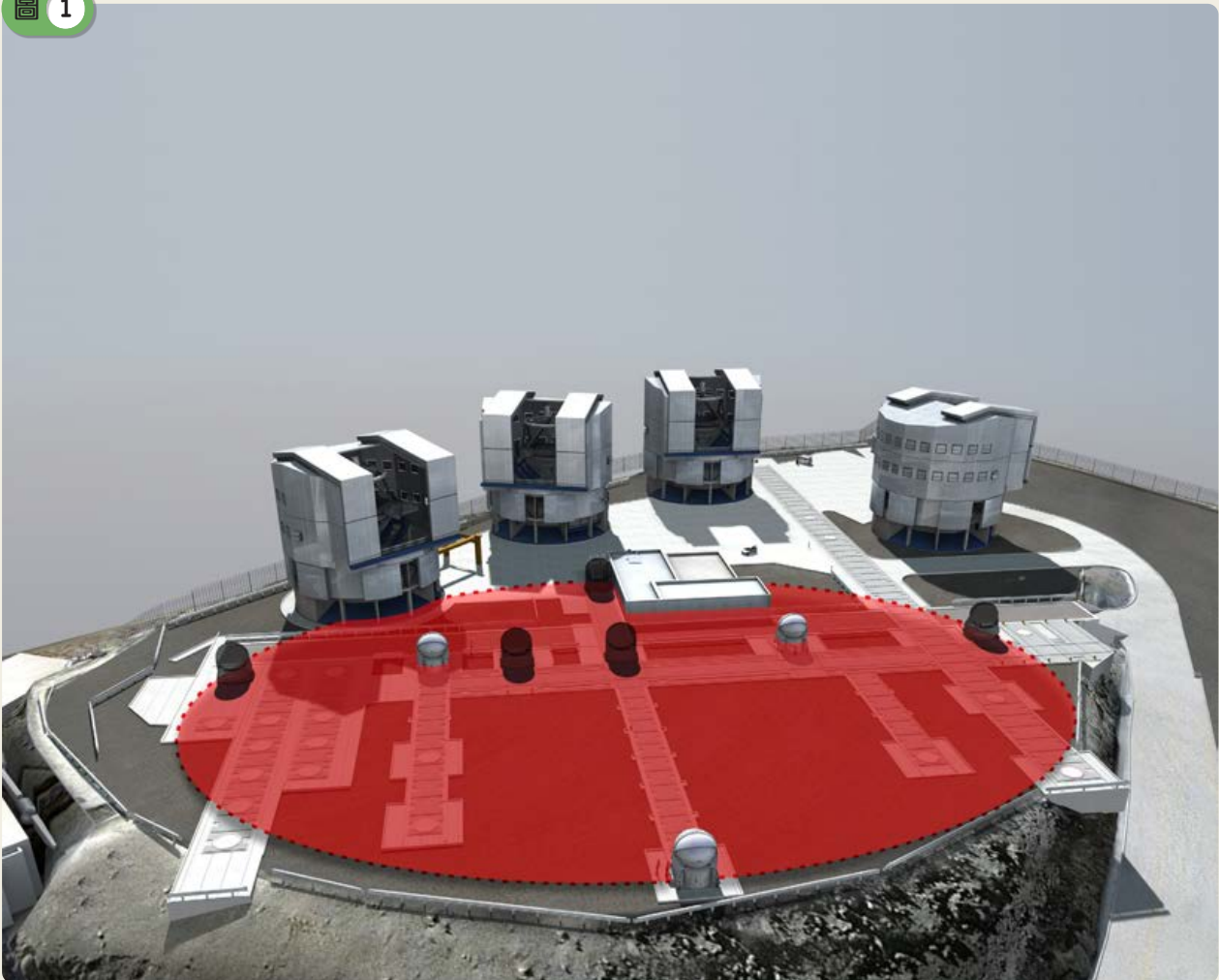
透過這個系統，望遠鏡能夠在每秒數千次的頻

率下，不斷地修正光線，讓最終的影像變得無比清晰。這項技術在甚大望遠鏡干涉儀上尤為重要，因為它能夠將多個望遠鏡的光線精準地結合，以達到超乎想像的解析度。

干涉儀的奧秘：多眼合一

一般望遠鏡的解析力受到鏡面大小限制，但甚大望遠鏡 (VLT) 採取了不同的策略：甚大望遠鏡干涉儀是一種把多臺望遠鏡的光線結合在一起的技術，利用光學干涉測量法，能模擬出直徑超過百公尺的「巨型虛擬望遠鏡」，如圖1。然而，要讓不同望遠鏡的光線精準重疊，需要克服大氣擾動與光程延遲的挑戰，難度極高。

圖 1



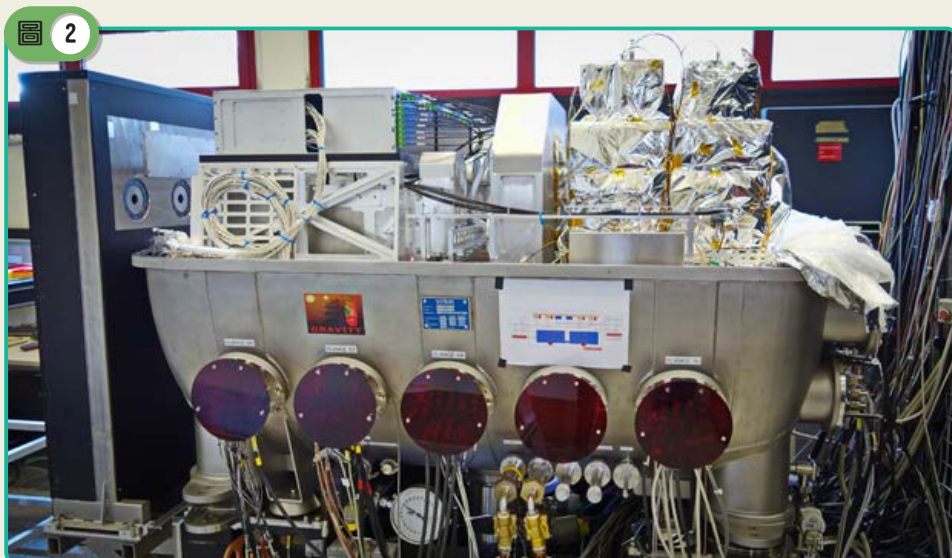
後方四座8.2公尺望遠鏡由左至右分別是「太陽」(Antu)、「月亮」(Kueyen)、「南十字」(Melipal)及「金星」(Yepun)，前方四座1.8公尺輔助望遠鏡可以在此平臺上移動到30個不同的位置，最大可以組成一座直徑相當於200公尺的虛擬望遠鏡。圖片來源：ESO

GRAVITY+ 的「神之眼」 極致自適應光學

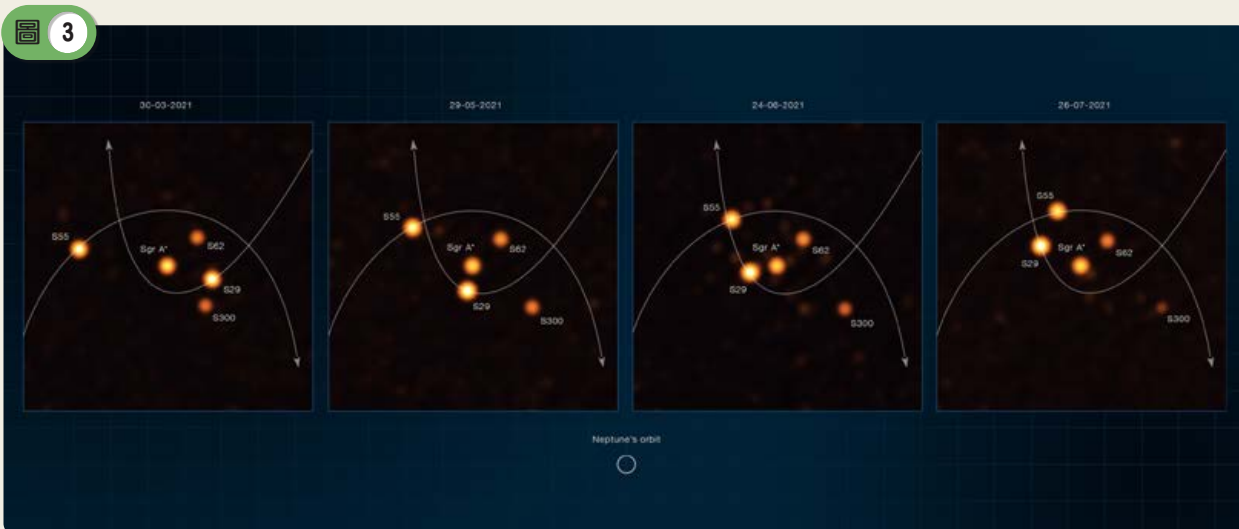
在甚大望遠鏡干涉儀的核心，有一個名為GRAVITY的儀器，如圖2，用來收集不同望遠鏡的光線並重疊一起，它已經為我們帶來了諸多驚人發現，例如確認銀河系中心黑洞的存在，如圖3，相關新聞請參見《臺北星空108期》天文新聞追蹤報導，以及精確測量系外行星的軌道。而現在，一個名為GRAVITY+的重大升級計畫正在進行中，其中最核心的部分就是GRAVITY+自適應光學（GRAVITY Plus Adaptive Optics，簡稱GPAO）系統。

GPAO的目標是將甚大望遠鏡干涉儀的性能推向極致，顯著提升其敏感度、天空覆蓋率和高對比度觀測能力。過去的自適應光學系統，需要明亮導引星來測量大氣擾動。但宇宙中並非所有區域都有明亮的恆星。GPAO解決了這個問題，它引入了雷射導星系統（Laser Guide Star System，簡稱LGS），如圖4、圖5。

這個系統會在望遠鏡進行干涉觀測時，同時將強力的雷射光束打向高層大氣，激發鈉原子發光，從而創造出一個「人造導引星」。這使得即使在沒有明亮恆星的宇宙區域，也能進行高精確度的觀測。



GRAVITY是甚大望遠鏡干涉儀第二代的干涉集光儀器，2015年7月在帕拉納天文臺安裝測試。影像來源：ESO



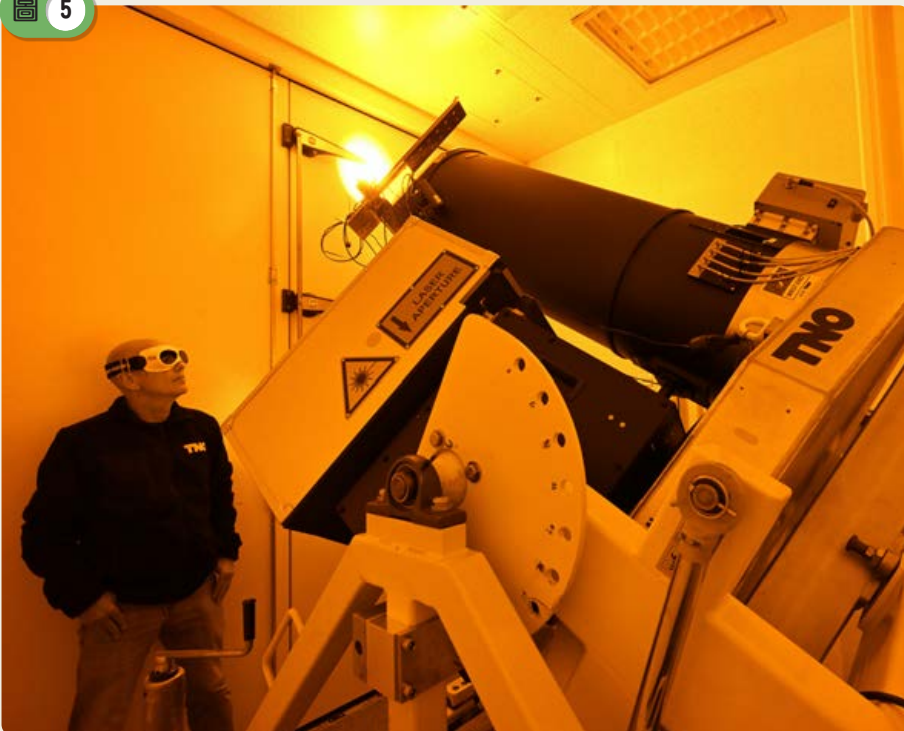
甚大望遠鏡干涉儀的GRAVITY儀器捕捉到恆星近距離環繞銀河系中心黑洞Sgr A*的軌跡，並首次發現新恆星S300。圖片來源：ESO

圖 4



GRAVITY+儀器整合4臺甚大望遠鏡同時用雷射導星的概念圖。圖片來源：ESO

圖 5



GRAVITY+用於導星的雷射發射器。圖片來源：ESO

突破極限 實現新科學

GPAO系統的強大性能在實際觀測中得到了驗證。在測試階段，它成功觀測了多個代表性的天體，包括宇宙最亮類星體（J0529-4351，紅移值4）：它為我們提供了一種全新的、直接測量遙遠超大質量黑洞質量的方法。系外行星（HR 8799）：GPAO系統的高對比度能力，讓天文學家能夠更精確地觀測到系外行星，如圖6。另外還有解析出年輕恆星金牛座T型星（HL Tau）這樣年輕恆星周圍的盤狀結構。這些初步的觀測結果證明了GPAO系統帶來的巨大潛力，它不僅提升了現有儀器的能力，更開啓了全新的研究領域。

望遠鏡的未來

GPAO系統的成功，代表著天文學進入了一個新紀元。它不僅是望遠鏡技術的又一次飛躍，更為我們打開了一扇通往宇宙深處的窗戶。未來，科學家們將繼續探索這項技術的潛力，例如將其應用於更短波長的觀測，並結合其他先進技術，以達到前所未有的解析度。這項技術，讓甚大望遠鏡開啓了「新視界」，引領我們更深入地探索宇宙的奧秘。

參考資料：

<https://arxiv.org/abs/2509.21431>

<https://www.eso.org/public/blog/gravity-leap-vlti/>

<https://phys.org/news/2025-09-exomoons-host-planet.html>

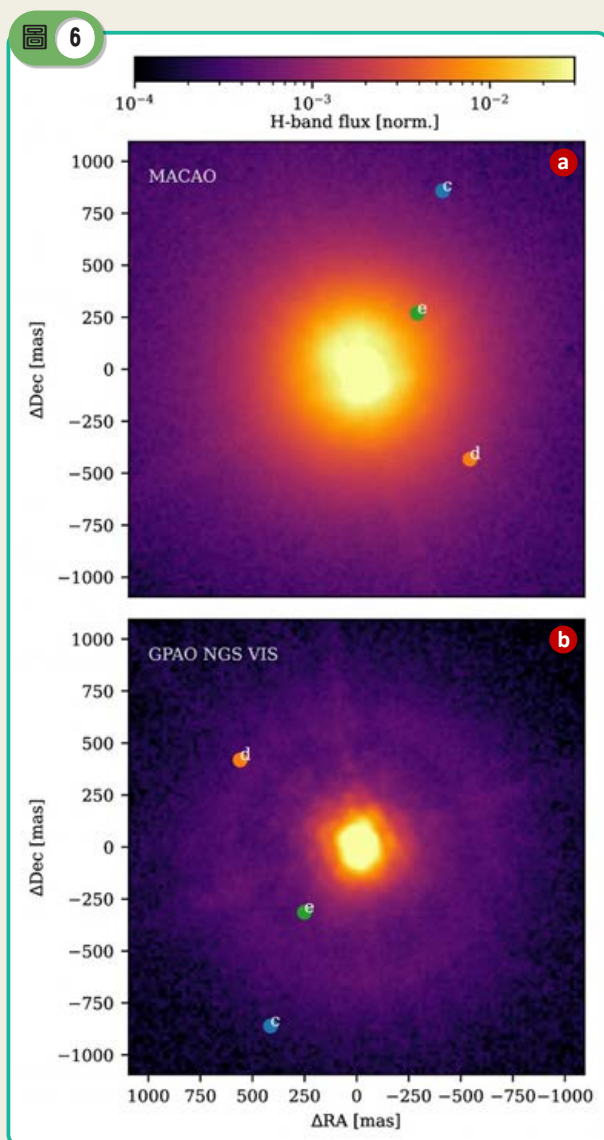
YouTube 相關影片：

Zooming into Sagittarius A*

<https://www.youtube.com/watch?v=DRCD-zx5QFA>

Animation of the path that an incoming light ray traces through the GRAVITY instrument

<https://www.youtube.com/watch?v=Zc2oMnTB08E>



a 使用舊版自適應光學系統觀測時，恆星HR 8799周圍達到飽和，形成一個強烈的光暈。**b** 使用GPAO觀測時，恆星的光暈得到顯著抑制，呈現出更清晰、更集中的影像。影像來源：<https://arxiv.org/abs/2509.21431> 的圖10

林建爭：美國夏威夷大學天文研所泛星計畫博士後研究員

王品方：美國夏威夷專案文物修復師 校稿

通往深空宇宙的月之門

阿提米絲的探索藍圖

文／許仁愷

「我的一小步是人類的一大步。」五十多年前，阿波羅計畫首次把人類送上月球，尼爾·阿姆斯壯（Neil Armstrong）的話成為了世紀經典。自從1972年的阿波羅17號登月之後，人類便再也沒有踏上月球。這段空白的半個世紀裡，太空探索的焦點轉向了國際太空站的營運、對火星的探測，以及木星與土星等深空世界的任務。

如今，人類為什麼要再一次踏上月球？原因不是單純的懷舊或紀念，而是因為我們正準備邁向更遙遠的目標。月球被視為前往火星甚至更深空的前哨站。在這裡，我們可以驗證長期駐留的可能性，嘗試利用月球上的水冰與土壤資源，稱為現地資源利用（In-Situ Resource Utilization，簡稱ISRU），並逐步建立下一代的太空基礎設施。推動這一切的，是由美國航空暨太空總署（NASA）主導的阿提米絲計畫（Artemis Program）。任務的重點不再是單純的登月，而是要打造一個能長期運作的月球基地與探索架構，並透過多項核心技術與配套計畫相互支撐。



由美國太空總署規畫的阿提米絲任務想像圖，太空人在月球南極收集樣本並進行科學實驗。圖片來源：NASA

阿提米絲計畫的架構

要讓人類真正重返月球，只靠一枚火箭或一艘太空船是不夠的。阿提米絲計畫就像一幅龐大的拼圖，需要各種載具、太空站和配套系統互相配合，才能完成從地球出發、繞月飛行、登陸、駐留基地到返回地球的整個流程。

獵戶座太空船 Orion

獵戶座太空船是阿提米絲計畫的核心載具，由美國太空總署主導研發，並搭配歐洲太空總署（ESA）提供的服務模組。它的設計目標，是支援人類在深空中長時間活動，尤其針對月球甚至更遠的任務。目前，獵戶座是唯一能載人飛離近地軌道，並在高速重返大氣層時安全返回地球的

太空船。

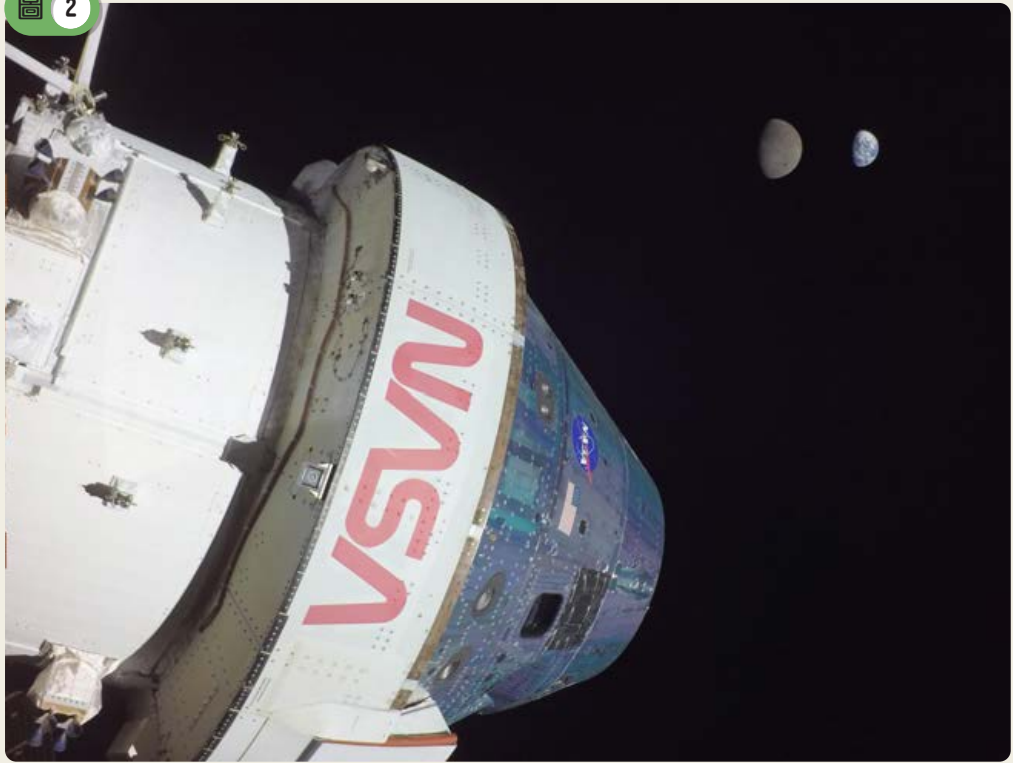
乘員艙最多可容納四名太空人，設計上能支援長達21天的任務。艙體配有改良型隔熱罩，可抵擋返回地球時高達攝氏2,700度的高溫，並具備輻射與微流星體的防護。生命維持系統則能自動監控與調節氧氣、氮氣、溫度與濕度，讓太空人在深空環境中維持穩定狀態，如圖1。

與乘員艙相連的歐洲服務模組（European Service Module，簡稱ESM）由空中巴士公司（Airbus）建造，負責推進、能源供應與資源補給。模組上的四片太陽能板展開後總長約19公尺，可產生11千瓦電力，相當於兩戶家庭的用電量。推進系統採用一具改裝自太空梭的OMS-E主引擎，推力約6,000磅，並搭配多組輔助推進器，確保太空船在深空中能進行操作與姿態控制。



圖 1 獵戶座太空船的主要組成，包括乘員艙、歐洲服務模組、太空船接合器，以及發射逃逸系統。圖片來源：NASA

圖 2



2022年11月28日，Artemis I 任務第13天，獵戶座太空船航行至到距離地球約43萬公里處，在影像背景中可以同時看到地球與月球。影像來源：NASA

2022年，Artemis I 無人試航成功，如圖2，驗證了獵戶座太空船從發射、繞月到重返地球的整套流程。下一步的Artemis II 將進行首次載人繞月航行，四名太空人會親自測試體驗這艘太空船在深空環境中的表現。

太空發射系統火箭 SLS

要把獵戶座太空船送上月球軌道，需要一枚能提供強大推力的火箭。這就是太空發射系統火箭（Space Launch System，簡稱SLS），是美國自阿波羅時代的農神五型火箭（Saturn V）以來，首次打造的超重型運載火箭，如圖3。

太空發射系統的設計融合了太空梭的經驗與新一代技術。核心部分由波音公司建造，高度約64公尺，能裝填近200萬公升液態氫與74萬公升液態氧，總質量約1,000公噸。推進力來自四具由太空梭升級的RS-25引擎，可在短時間內達109%的輸出功率，每具推力超過50萬磅。火箭兩側配置由諾斯洛普·格魯曼公司（Northrop Grumman）製造的固態輔助火箭，由四節式延伸成五節式，單枚輔助火箭最大

推力約360萬磅，燃燒時間約兩分鐘。

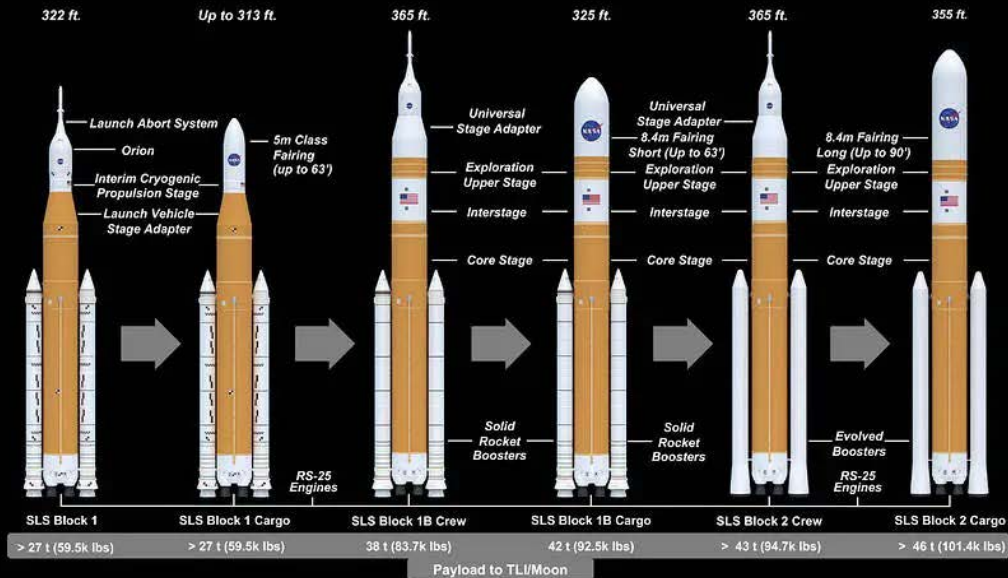
在Block 1 模組的配置下，SLS全高98公尺，發射時總重量約2,600公噸，起飛推力達880萬磅（3.91萬千牛頓）。這個推力相當於30架波音747客機同時起飛的總和，能夠將95公噸的酬載物體送入近地軌道（Low Earth Orbit，簡稱LEO），或將27公噸的酬載物體送入月地轉移軌道（Trans-Lunar Injection，簡稱TLI）。火箭上級為「臨時低溫推進段」（Interim Cryogenic Propulsion Stage，簡稱ICPS），沿用了與Delta IV 重型火箭上級相同的技術，搭載一具RL10引擎，負責執行最後的軌道變換，將獵戶座太空船推向奔月軌道。

2022年底，太空發射系統火箭在Artemis I 任務中首次升空，如圖4，順利將獵戶座太空船送上繞月航程，驗證了火箭的整體性能。接下來的Artemis II 與Artemis III 將繼續使用Block 1 模組；後續的Block 1B 計畫換裝EUS（Exploration Upper Stage），讓太空發射系統火箭的酬載能力提升至38公噸；最終的Block 2 模組則會搭配運用新一代複合材質的輔助火箭，進一步提升運載能力，甚至可以支援火星任務。

3

SLS EVOLVABILITY

FOUNDATION FOR A GENERATION OF DEEP SPACE EXPLORATION



太空發射系統火箭（SLS）的演進設計。從最初的Block 1模組，到更強大的Block 1B與Block 2模組，能將越來越重的酬載送往月球，支援未來的載人與貨運任務。圖片來源：NASA/MSFC

4



2022年11月16日，搭載獵戶座太空船的太空發射系統火箭，從甘迺迪太空中心39B發射台升空，執行Artemis I 測試任務。這是美國太空總署首次整合深空探索系統進行的試飛。影像來源：NASA/Joel Kowsky

月球門戶太空站 Gateway

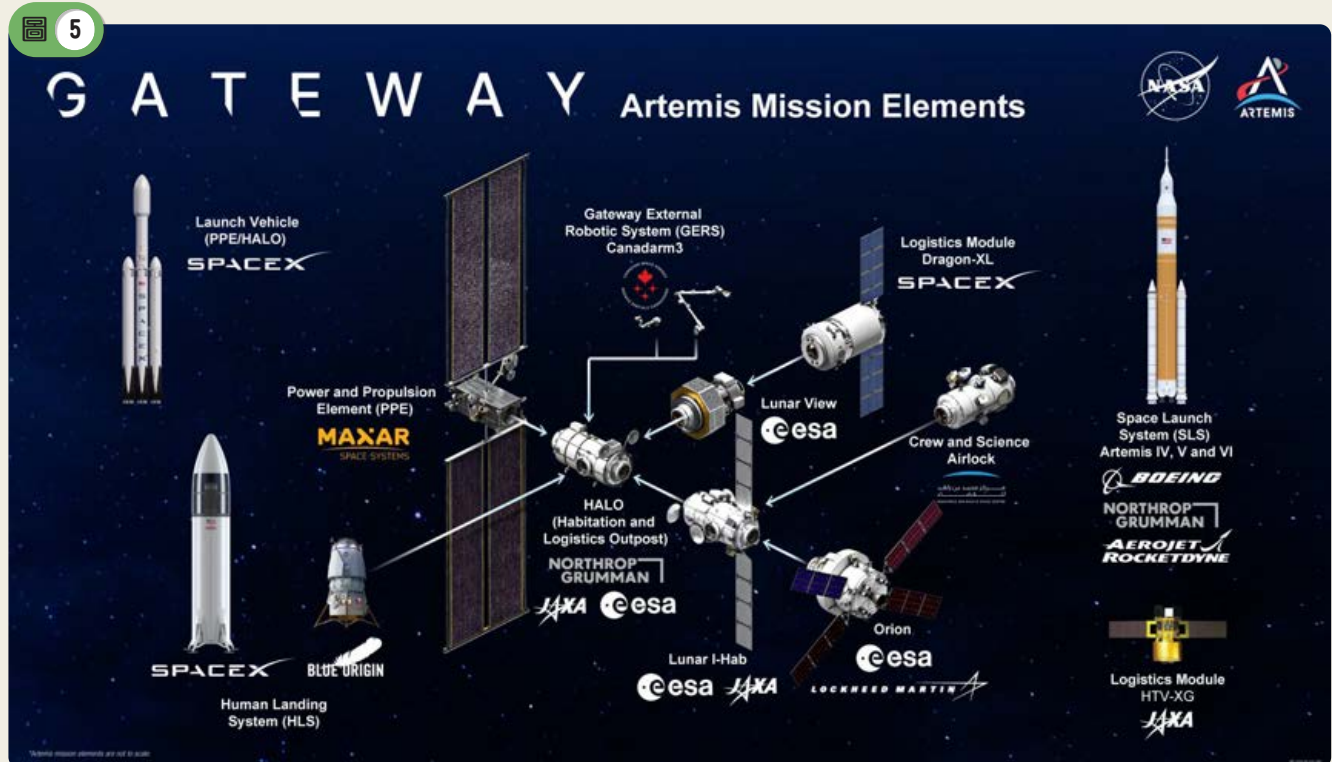
阿波羅任務是一去一回的短暫停留，而阿提米絲的目標則是建立能長期探索、開發月球的運作與物流機制。為了支援長期探索開發，NASA規劃在月球軌道建造一座太空站「月球門戶」（Lunar Gateway）。這將是人類第一座繞月球運行的太空站，位於「暈輪軌道」（Near-Rectilinear Halo Orbit，簡稱NRHO）。這條軌道形狀類似一個狹長的橢圓，距離月球最近時約3,000公里，最遠時約6.4萬~7萬公里，繞行一圈約七天。這個獨特的軌道能讓月球門戶太空站保持穩定運行，並與地球維持良好通訊、大幅節省燃料，使其成為理想的地月航行中繼站，用來人員休整、物資補給與物流轉運，並支援更長期的月球探索活動。

月球門戶太空站採模組化設計，壽命規劃至少十五年，如圖5。最初由兩個核心單元組成：電力與推進模組（Power and Propulsion Element，簡稱PPE），提供能源、姿態控制與通訊；居住與後勤前哨艙（Habitation and Logistics Outpost，簡稱HALO），內含睡眠、備餐與運動空間，並具備指

揮與分配功能。隨後將逐步加入更多模組，由歐洲與日本合作的I-Hab，提供完整的生命維持與研究環境；歐洲建造的Lunar View，能進行燃料補給並設有觀測窗；阿聯酋提供的Crew and Science Airlock，讓太空人與科學設備能進出艙外；加拿大則貢獻新一代機械臂Canadarm 3，能支援維修與自動化操作。

物流補給則由商業與國際夥伴負責，包括Space X公司的貨運系統與日本的HTV-XG補給太空船，定期將物資、實驗設備與燃料送往月球門戶太空站。根據規劃，PPE與HALO預計於2027年由獵鷹重型火箭發射，並花約一年時間進入NRHO。Artemis IV太空人將首次進駐太空站，並接上I-Hab 模組艙；隨後Artemis V與Artemis VI會接上Lunar View與Airlock模組，逐步完成太空站的整體架構。

月球門戶太空站的模組由不同國際夥伴提供，各自貢獻核心技術，使這座太空站成為阿提米絲計畫中真正的國際合作成果。



月球門戶太空站（Gateway）是美國、歐洲、日本、加拿大與阿聯酋等國際夥伴共同建造的太空站，將作為阿提米絲計畫的核心節點，除了支援月球的長期探索，也將為接下來的火星任務做準備。圖片來源：NASA

人類登月系統 HLS

在人類重返月球的規劃中，獵戶座太空船負責把太空人送上月球軌道，但真正將他們載往月面的，則是「人類登月系統」（Human Landing System，簡稱HLS）。這是一種專為登月設計的載具，負責完成最後一段旅程，並在任務結束後將太空人送回軌道，與獵戶座太空船會合再返回地球。

美國太空總署採取多廠商合作的策略，目前同時與Space X公司和Blue Origin公司開發不同版本的人類登月系統。Space X以「星艦」（Starship）為基礎，打造出星艦人類登月系統（Starship HLS），如圖6 a。在Artemis III階段，它將在月球軌道與獵戶座太空船對接，把兩名太空人送往月球南極，並停

留約一週進行科學探索。到Artemis IV，這款載具將升級至能與月球門戶太空站對接，並攜帶更多設備到月面。Blue Origin則主導研發「藍月登月艇」（Blue Moon HLS），如圖6 b，計畫在Artemis V任務中投入使用，由新一代的大型火箭New Glenn發射。它的設計方向與登月星艦類似，同樣具備與月球門戶太空站對接、多酬載能力與部分重複使用性。

任務初期，這些登月載具除了交通功能外，還能暫時作為居住艙，讓太空人休整，並支援樣本採集、環境監測與技術測試。未來，美國太空總署和業界也將開發貨運版本，能將月球車、棲息艙或其他大型基礎設施送上月面。這種與商業公司合作的模式，讓美國太空總署能分攤研發成本，同時促進整個航太產業的成長。

圖 6



a Space X公司與 b Blue Origin公司提出的人類登月系統概念圖。未來它們可將加壓型月球車、月球基地等基礎設施送上月球表面，每次約能運載15公噸設備。圖片來源：Space X/Blue Origin/NASA

月球南極與未來展望

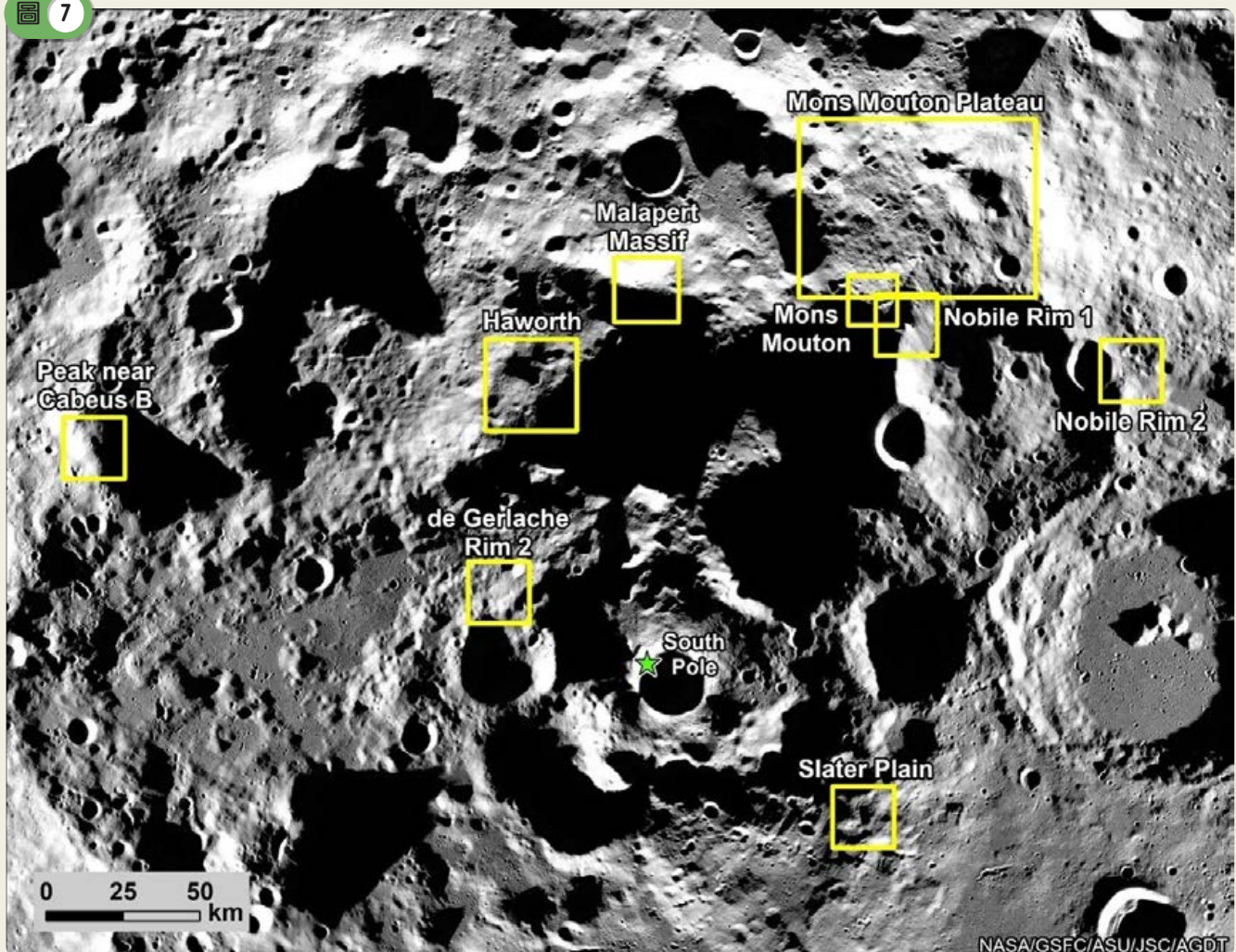
阿提米絲計畫裡，最引人注目的就是登陸月球南極，如圖7。與阿波羅任務的登陸地點在赤道附近不同，南極擁有特殊的地理與資源條件。部分地形長年不見陽光，氣溫低至攝氏零下200度，且探測數據顯示地下可能蘊藏大量水冰。這些水冰能轉化為飲用水與氧氣，滿足太空人生存需求；透過現地資源利用技術，水分子中的氫與氧還能製成火箭燃料。如果能在月球就地生產這些資源，未來的月球基地將更具自主性，甚至有機會成為火星探險的補給站，徹底改變深空探索的模式。

不過，南極環境同時也充滿挑戰。永久陰影

區的嚴寒和複雜地形對設備與人員都是嚴峻考驗，地勢更可能影響通訊品質。為此，美國太空總署計畫先透過商業月球酬載服務（Commercial Lunar Payload Services，簡稱CLPS）的登陸器與探測儀器，進行詳細測量與環境監測，以支援後續的載人登月任務。

展望未來，美國太空總署已經不再把登月視為單一次來回的任務，而是採取分階段推進的方式。前期以短期停留與基礎建設為主；接下來會陸續部署更多設備，包括月球地形車（LTV）、加壓型月球車（Pressurized Rover）和初始月球棲息地（Initial Surface Habitat），逐步建立能支持長期駐留月球的基礎。隨著這些要素到位，人類在月球上的活動將

圖 7



Artemis III 分布在月球南極的九個候選登陸區域，每個區域內都有多個可能的登陸點。影像中的地形來自LRO廣角相機的拼裝成果。影像來源：NASA

會從短期任務進展為長期駐留。

結語

從阿波羅到阿提米絲計畫，人類對月球的想像與追尋已經跨越半個世紀。阿波羅計畫實現了劃時代的首次登月，而阿提米絲則在此基礎上更進一步，嘗試讓人類能在月球上長期生活與工作，如圖

8，使月球成為深空探索的實驗基地與中繼站，並推動我們邁向火星的步伐。

或許不久的將來，當人們仰望夜空時，會明白月球上早已有人類踏足，甚至還有基地在運行。那一刻起，月球已不再只是遙遠的天體，而是人類邁向太空之路的起點。

許仁愷：中央大學天文研究所博士後研究

圖 8



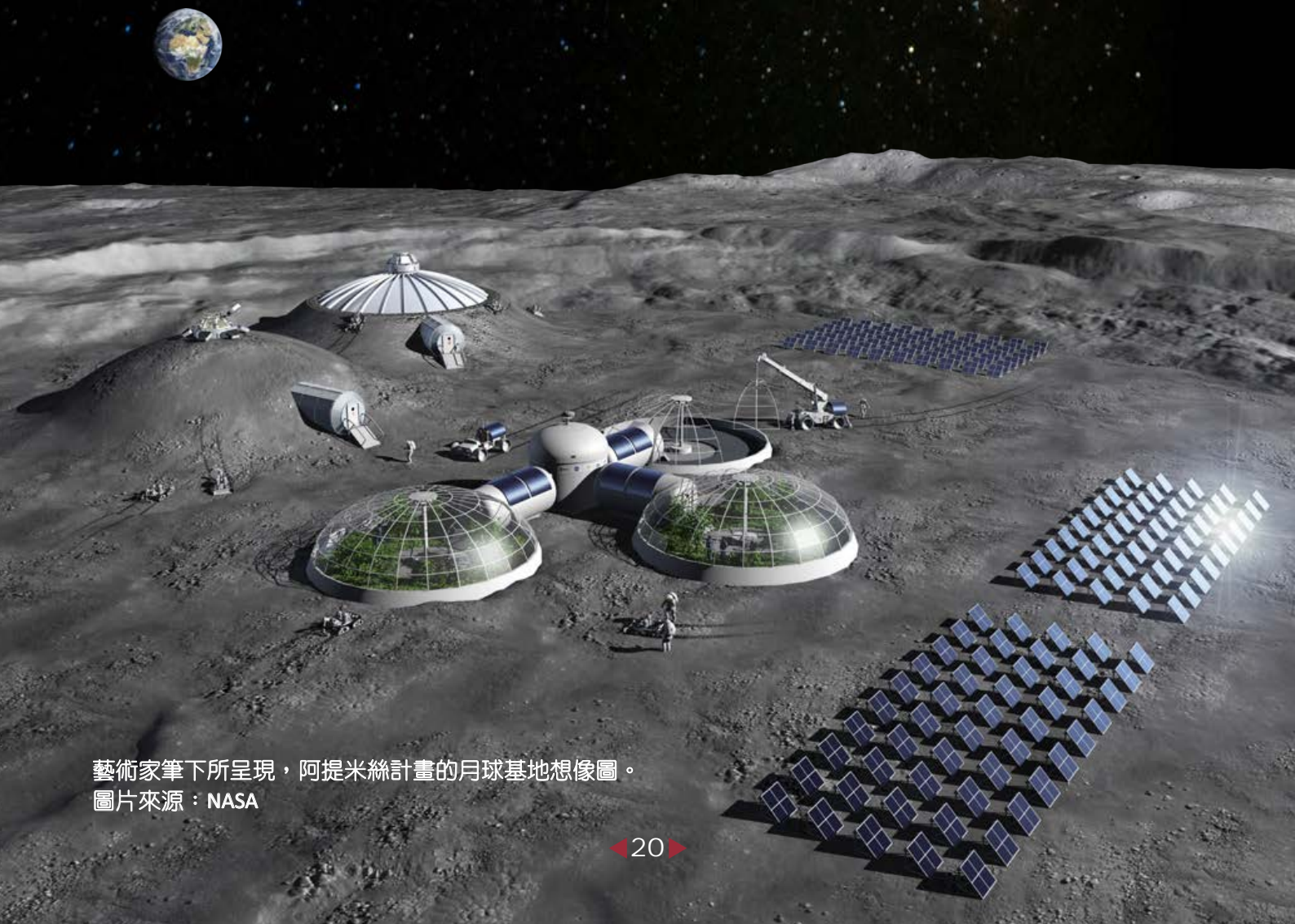
美國太空總署在休士頓的中性浮力實驗室模擬月球南極的昏暗光照環境，為未來阿提米絲太空人的月面行走訓練做準備。
影像來源：NASA /Lauren Maples

邁向太空殖民之路

月球上的資源運用

文／賴彥霖

隨著阿提米絲計畫推進，人類將再次踏上月球，這一次的目標將不只是插旗與短暫停留，而是要建立能長期運作的基地，如下示意圖。但問題在於地球與月球之間的距離與運輸成本極高，每公斤成本高達數萬美元，因此單靠從地球運送物資並不實際。若要在月球上達到真正「落地生根」，就必須善用當地的資源。因此「當地資源運用」(In-Situ Resource Utilization，簡稱ISRU)將成為未來月球探測與定居的重要技術。



藝術家筆下所呈現，阿提米絲計畫的月球基地想像圖。
圖片來源：NASA

月球資源概況

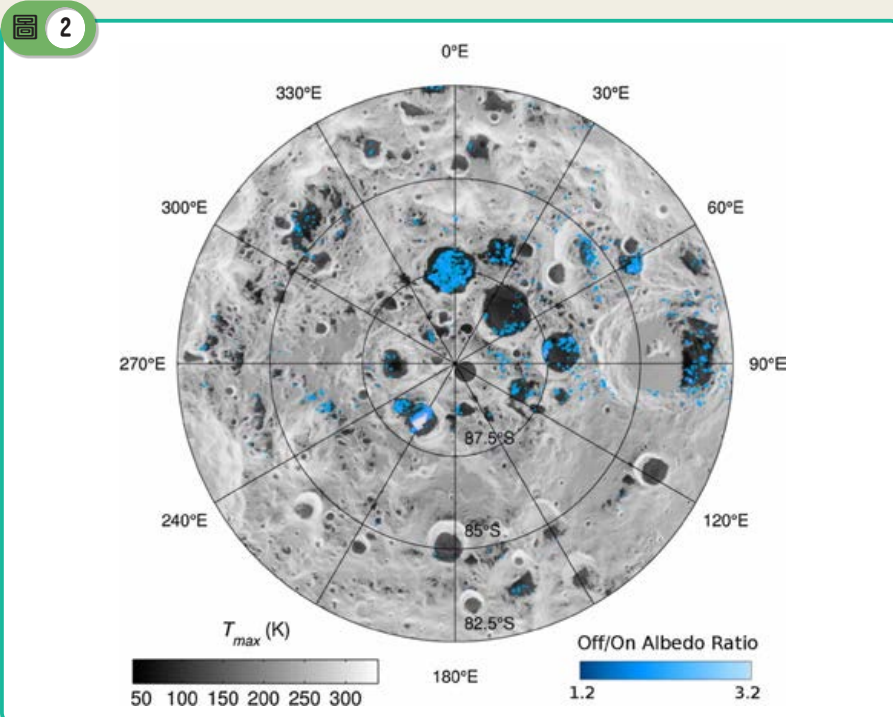
月球的環境與地球有如天壤之別，由於缺乏厚實大氣的保護，月球表面長期承受高能太陽輻射與宇宙射線的轟擊，再加上微隕石撞擊，岩石在這些作用下反覆被擊碎，瞬間熔融後又急速冷卻，最終形成大量含有玻璃質的微小顆粒。這些顆粒直徑多在數十微米以下，比地球沙粒細得多，形狀則尖銳而不規則。經過無數次循環堆積，整個月球表面被覆蓋上一層鬆散的灰色碎屑——我們稱之為「月壤」（Lunar soil），如圖1。

月壤是月球最容易取得的資源。其成分相當豐富，其中約有40%~45%的是氧元素，主要以各種氧化物的形式存在，例如二氧化矽（ SiO_2 ）、氧化鋁（ Al_2O_3 ）、氧化鐵（ FeO ）與氧化鎂（ MgO ）。若能收集並利用合適的技術將這些氧化物分解，除了氧氣可供人類呼吸之外，其餘矽、鐵、鎂和鋁之類的元素都是製造物品或建材的重要來源。

除了月壤之外，另一個重要的資源是月球上的水冰，如圖2。二十一世紀以來，多個探測任務已經確認，在月球極區的永久陰影區（Permanently



月球表面的月壤。影像來源：www.sciencedirect.com



月球勘測軌道飛行器在月球極區永久陰影區探測到水冰。影像來源：ars.els-cdn.com

Shadowed Regions，簡稱PSRs）中存在水冰，科學家推測，這些水冰可能源自兩大機制：彗星或小行星撞擊時帶來的揮發物，另一則是太陽風中的氫離子與月壤中的氧結合形成水分子。當這些水分子在月球表面或內部遷移時，如果進入那些從未受陽光照射、深陷坑谷的永久陰影區，便會因為長期低於零下150度的極端低溫而被穩定保存下來。這樣一來，月球極區的永久陰影區就成為天然的水冰冷凍庫，也為未來人類探索與資源利用提供了潛在的儲備。

資源與應用

空氣與水

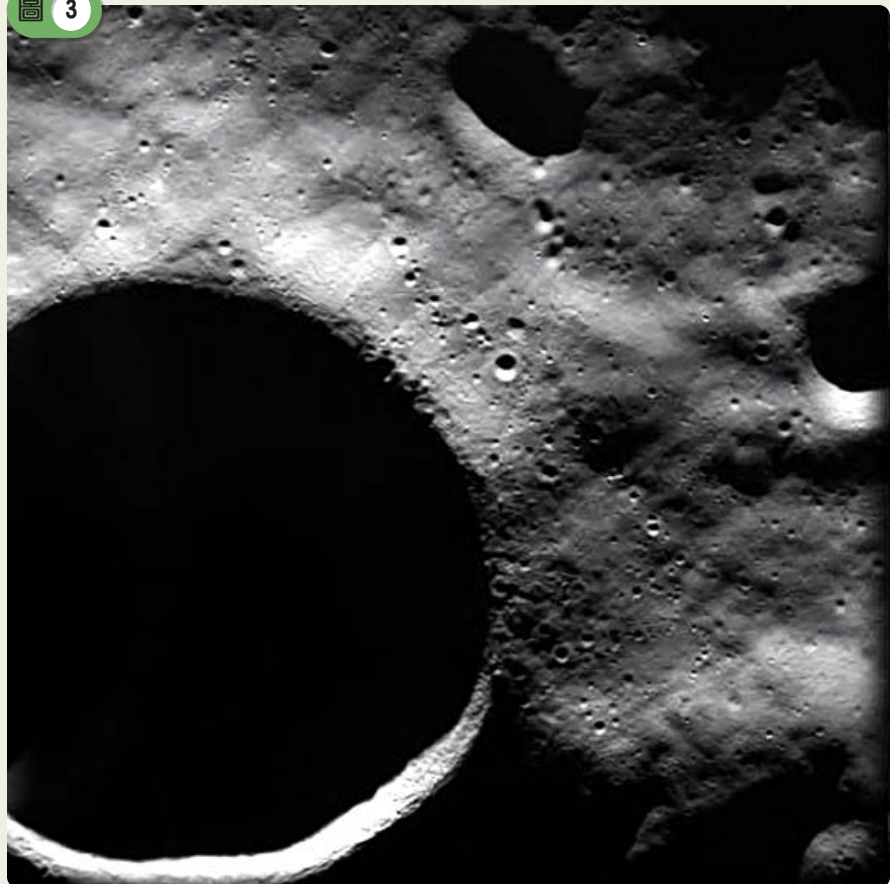
可呼吸的空氣與水是人類在月球長期生存最基本、也是最重要的資源。極區永久陰影區中所保存的水冰，經過開採、萃取與淨化後，可直接供應人類飲用、清潔與農業栽培等用途。水也可以透過電解分解成氫氣與氧氣。氧氣能滿足人類呼吸需求，

並可用於基地維持穩定的生存環境。除了水冰之外，月壤本身也蘊含大量氧元素，可經過高溫熔融或化學還原，萃取出氧氣。根據估算，僅僅一立方公尺的月壤，就可能釋放出數百公斤的氧氣。

能源應用

月球表面因為無濃厚大氣且沒有雲層干擾，幾乎全天候能夠利用太陽能，尤其在極區高處的「永晝山」（Peaks of Eternal Light）可以長時間獲得日照，成為太陽能基地的理想地點。圖3為月球南極附近的沙克爾頓隕石坑（Shackleton），此隕石坑直徑約21公里，深度約4.2公里，由於位於高緯度地區，周圍高起的邊緣幾乎在任何時段都有日照，是一個設置太陽能發電極佳的候選地點。除了太陽能之外，月壤中含有氦-3（ ^3He ），這是一種被期待應用於未來核融合能源的同位素。若能大規模開採與利用，將可能成為地球與月球的重要能源來源。另一方面，極區水冰電解的氫與氧也能為基地提供能源，或作為火箭推進劑，應用於月球表面運輸與探索。

圖 3



月球南極的沙克爾頓隕石坑，其邊緣地勢較高，幾乎在任何時段都能受到陽光照射。影像來源：ESA

建材

月球表面的月壤也可作為建築資源。透過高溫燒結或加入膠結劑，可製成「月磚」，用於建造牆體與防護設施。或是利用3D列印技術，直接將月壤加工為結構材料，快速製造居住模組、道路或設施。圖4是歐洲太空總署使用3D列印技術印製的月球中空建築結構，此結構約使用了1.5噸的材料。

金屬與稀土元素

月壤中蘊含多種金屬資源，例如鐵、鋁、鈦與鎂，這些金屬可透過熔融分離或化學還原提取，用於製造工具、結構件與電子設備。某些地區如靜海、風暴洋等還富含鈦鐵礦，提煉鈦金屬的重要來源。此外，月球風化層中可能存在少量稀土元素（rare earth elements，簡稱REEs），對於高科技產業非常重要。若能開發這些稀土資源，也可能成為地球工業供應鏈的一環。

挑戰與限制

月球資源利用雖然前景廣闊，但實際應用仍面臨諸多挑戰與限制。首先是月球的極端環境。表面溫度在白天可達攝氏120度，夜晚則可降至-170度，巨大的溫差對設備材料與能源管理構成嚴峻考驗。除此之外，月球表面缺乏厚大氣層保護，容易受到高能粒子輻射與微隕石轟擊，這些因素都可能造成機械損壞，縮短設備壽命。另一方面，月壤的細碎結構與高黏附性，對各類機械系統同樣帶來挑戰。微米級的尖銳顆粒會造成齒輪與軸承的磨損，並可能堵塞運動部件；同時，它們也可能附著在光學鏡面、太陽能板與散熱器上，降低效率並增加維護難度。這些問題若未妥善解決，將嚴重限制長期資源利用的可行性。

在工程面，如何在低重力環境下保持穩定挖掘是一項關鍵難題。由於重力僅為地球的六分之一，

圖 4



歐洲太空總署利用3D列印技術和月壤製作的建築結構。影像來源：ESA

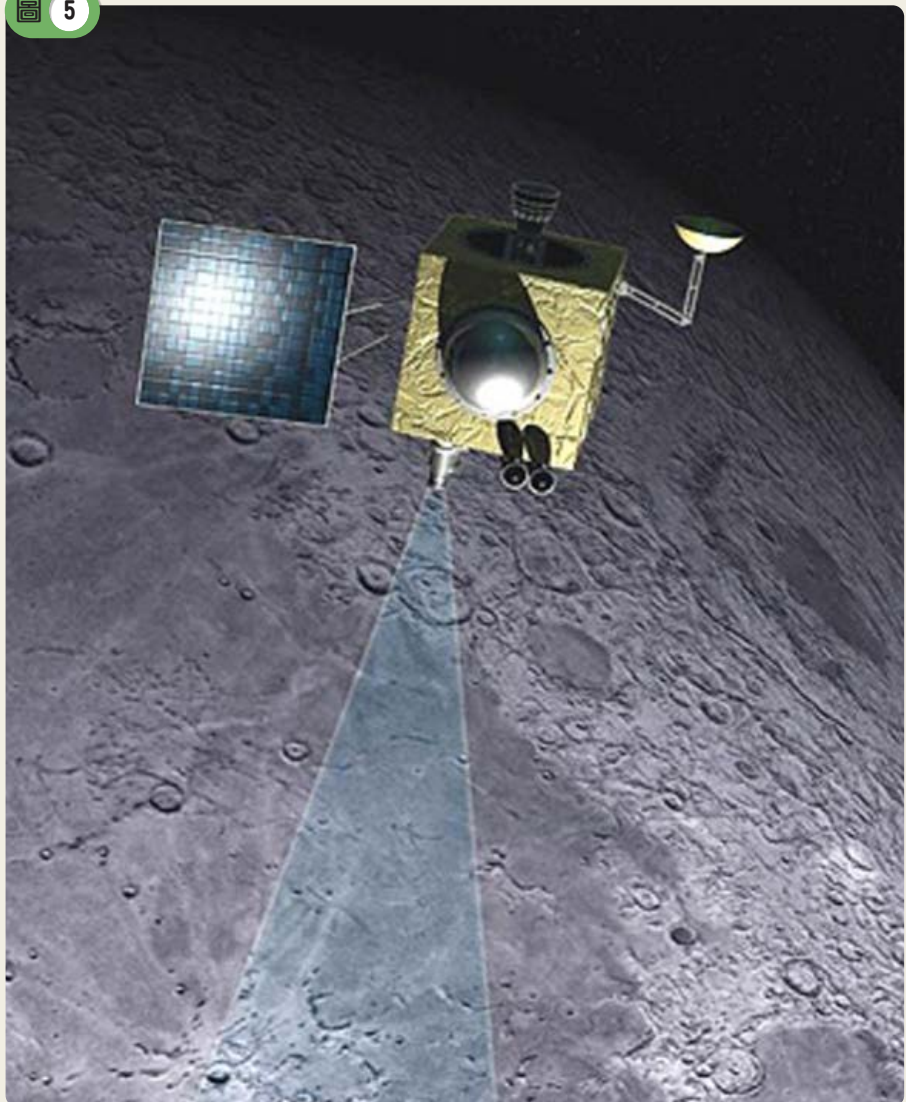
傳統的推進或壓實方式容易失效，需要特殊設計的機械結構來平衡挖掘反作用力。另一方面，能源供應同樣是挑戰。月球晝夜長達各14天，漫長的月夜意味著太陽能系統將經歷超過兩週的能源斷層，如何儲能或補能成為核心問題。至於建立自動化資源處理與生產線，則需要高度成熟的演算法、機械系統與可靠度，而相關技術目前仍處於研發階段。

最後是經濟與政策問題。即便技術可行，能否實際回收開採與運輸成本仍有疑問。國際合作與太空法規也尚未完善，關於月球資源的歸屬權、使用權與共享機制仍有待國際間協調。如何在避免衝突的前提下建立明確的法律框架，將決定未來月球資源開發的可持續性。

當地資源運用與相關任務

月球極區被認為蘊藏水冰資源，要進一步利用這些資源，首先必須尋找並確認其分布與含量。在過去二十多年裡，多項國際探測任務逐步建立了月球水冰存在的證據。1998年，美國太空總署月球探勘者號（Lunar Prospector）所搭載中子光譜儀，首次在月球南北極偵測到氫含量異常增強，顯示永久陰影區可能存在水冰。2008至2009年間，印度的月船一號（Chandrayaan-1）任務，如圖5，搭載美國太空總署的M³（Moon Mineralogy Mapper）光譜儀，在近紅外波段量測到月表水分子與羥基（-OH）的吸收特徵，確認了高緯度與陰影區存在水冰訊號。2009年，月球勘測軌道飛行器（Lunar

圖 5



執行月面探測任務的月船一號示意圖。圖片來源：ESA

Reconnaissance Orbiter，簡稱LRO) 透過LEND中子偵測器與LAMP紫外光譜儀等儀器，繪製出極區氫含量與揮發物的精細分布，並對永久陰影區環境進行遙測，顯示其中可能富含水冰與其他揮發物，如圖6~圖8。同年，月球坑觀測和傳感衛星

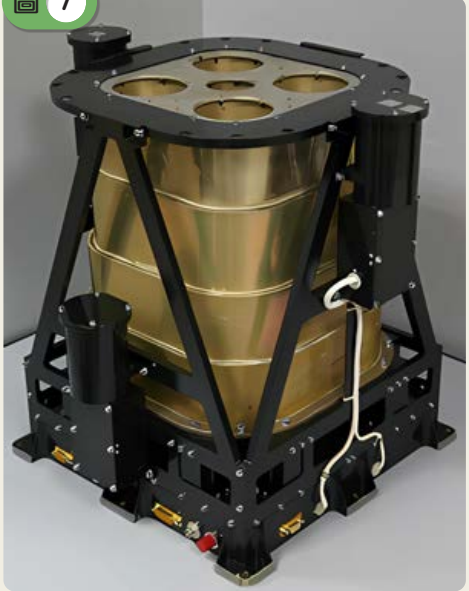
(Lunar Crater Observation and Sensing Satellite，簡稱LCROSS) 以撞擊器撞擊南極的卡比厄斯環形山(Cabeus)，從噴出物中直接檢測到水冰與其他揮發性物質，首次以實驗手段明確證實了永久陰影區內存在水冰。

圖 6



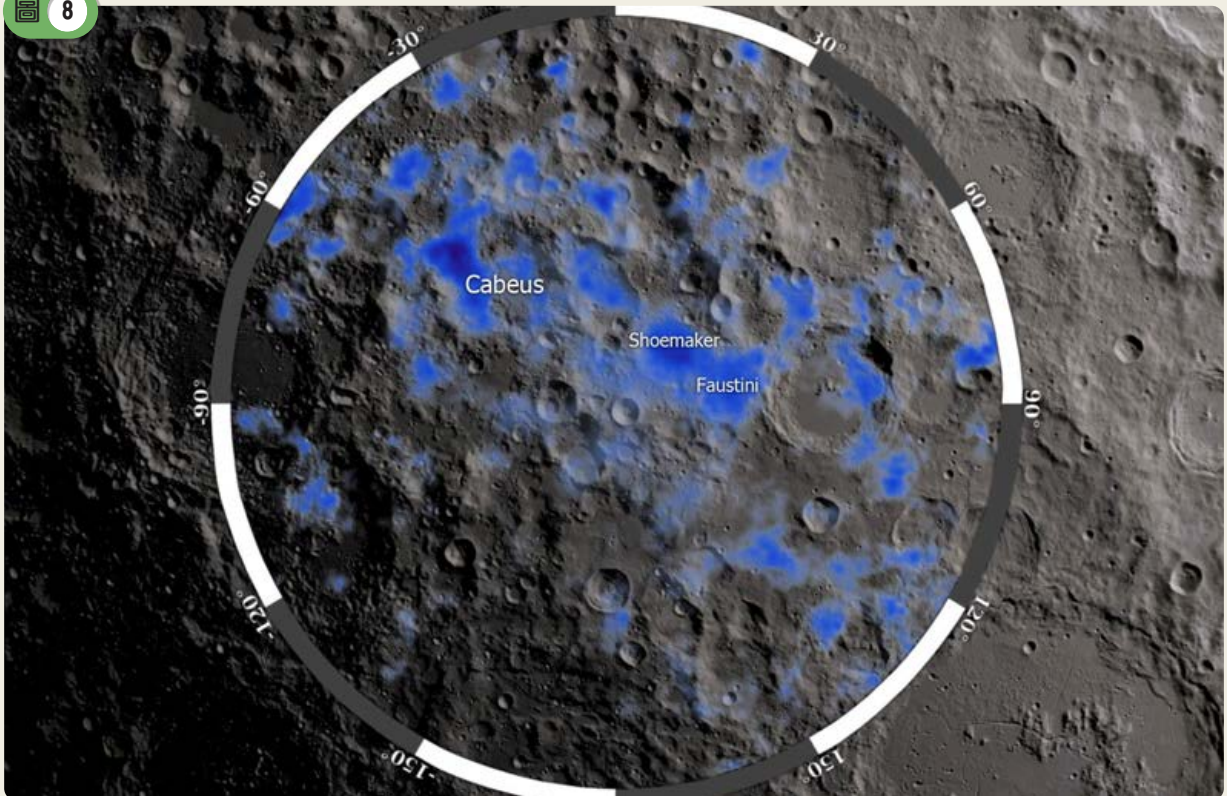
藝術家筆下的月球勘測軌道飛行器示意圖。圖片來源：NASA

圖 7



LEND中子偵測器。圖片來源：NASA

圖 8



月球勘測軌道飛行器探測月球南極，獲得月面氫含量與揮發物質分布圖，其中藍色部分的氫含量高，顯示或許含有水冰。圖片來源：NASA

近年，美國太空總署的另一項任務，當地資源運用試驗挖掘機（ISRU Pilot Excavator，簡稱IPEX）是美國太空技術任務理事會（Space Technology Mission Directorate，簡稱STMD）「關鍵技術開發計畫」（Game Changing Development，簡稱GCD）的一部分，目標是研製一台機器人挖掘機，能夠在月球上展示最多10公噸月壤的挖掘能力，如圖9。IPEX的設計基礎來自甘迺迪太空中心所開發的先進月壤地表作業機器人，採用反向旋轉鏟斗滾筒的概念，用以平衡在低重力天體上挖掘時所產生的反作用力。為了充分利用這項反向旋轉滾筒的機制，目前正在開發新的自主挖掘策略與演算法。這些演算法將使IPEX在為期11天的任務中，能夠半自主地完成挖掘、移動以及輸送總量10公噸月壤的目標。由於頻寬與延遲的限制，人工遠端操作將儘可能減少，地面操作人員只會定期確認與驗證挖掘機的高階任務與運

作。目前進行的最佳化自動挖掘解決方案仍在研發當中。

從月球到火星

月球的當地資源運用研究，是阿提米絲計畫邁向月球長期基地的重要基礎，同時也是全人類開啓深空探索的試驗場。從月壤中萃取氧氣、利用水冰作為燃料與生命維持，到發展太陽能與核能供應，再到以3D列印方式打造建築結構，這些努力共同指向一個目標——減少對地球後勤補給的依賴，在太空環境建造自給自足的基地，如圖10。月球距離地球相對較近，通信延遲短，運輸成本雖高但仍可負擔，因此成為理想的太空殖民技術驗證基地。一旦相關技術在月球成熟，它們便能被應用到更遙遠、環境更嚴苛的星球。



當地資源運用試驗挖掘機。影像來源：ESA

圖 10



太空人運用設計在月球環境使用的土木工程機具，進行月球基地的地基與道路鋪設工程示意圖。影像來源：NASA/ICON

從月球到火星是美國太空總署月球計畫的終極目標，如圖11，相較於月球，火星擁有稀薄大氣與相對豐富的揮發物資源，其中二氧化碳大氣和極區冰帽都是寶貴的可利用原料。以美國太空總署毅力號火星探測任務中的MOXIE實驗為例，已經成功從火星大氣中分離出氧氣，這正是當地資源運用在外星實地應用的先驅示範。未來若能放大這項技術的規模，便可為火星人類任務提供生命維持所需的呼吸氧氣，以及火箭推進所需的氧化劑，大幅降低從地球運送燃料的需求。同樣地，火星極區存在的冰凍水資源，也可能成為生活用水與能源的來源。

然而，火星的挑戰比月球更為嚴苛。通信延遲動輒數十分鐘，意味著自動化與人工智慧更為重要；加上極端的日照變化與頻繁的沙塵暴天氣，也是能源供應與設備維護的一大挑戰。因此，月球當地資源運用的試驗與突破，將直接決定人類能否把火星變成下一個探索前哨。在地球以外尋找並利用資源，將使人類真正成為跨行星文明，拓展我們的活動範圍與生存空間。當地資源運用不只是一項技術，更是一把鑰匙，開啓從月球到火星，乃至更遠太陽系邊疆的太空新時代。

賴彥霖：中央大學天文研究所博士後研究

圖 11



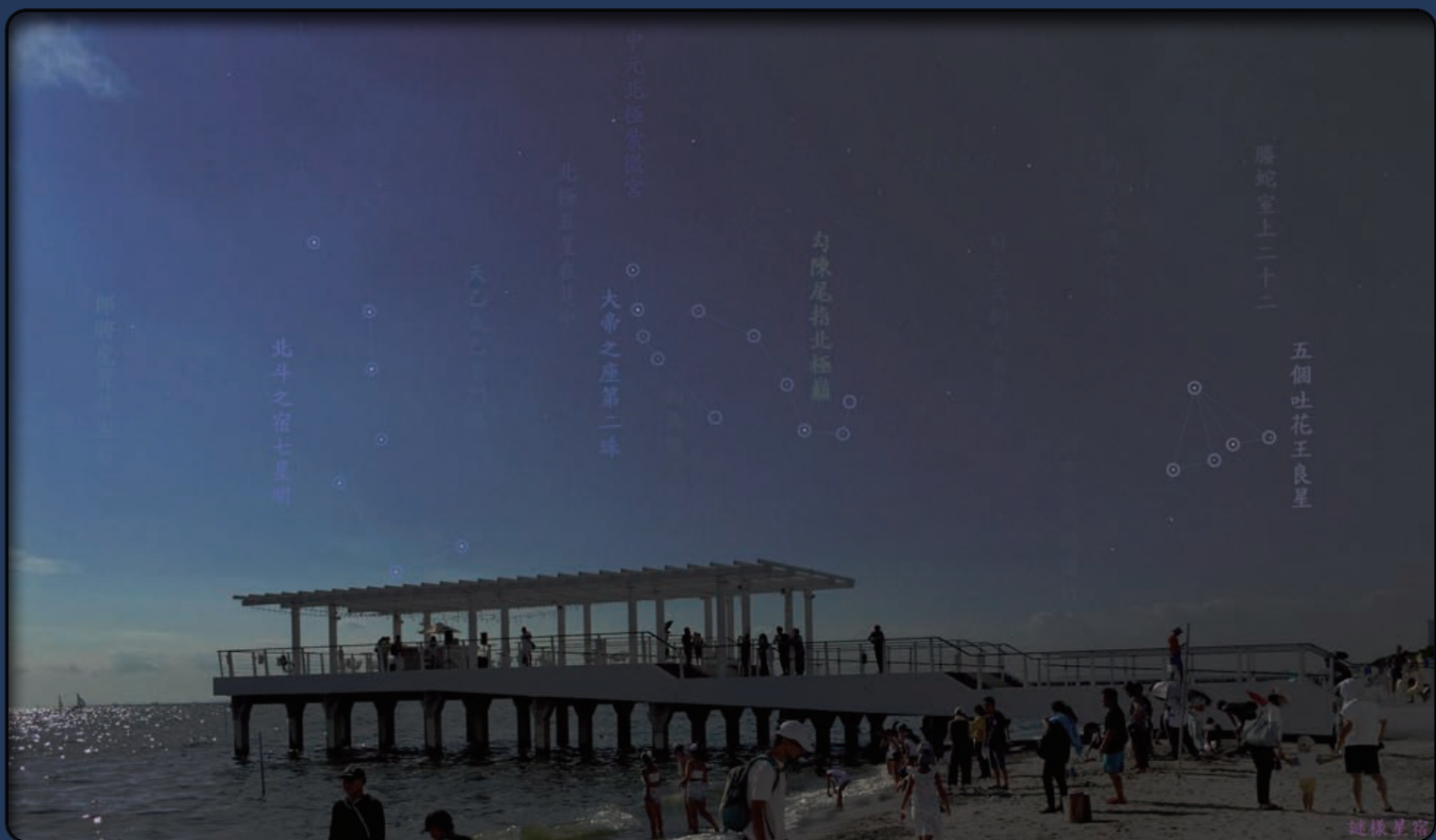
阿提米絲計畫的終極目標，是替未來的火星殖民任務預做準備。影像來源：NASA



漫步天際之星河迷宮一步天歌（上）

星座是一種浪漫，卻也是一團迷霧。從古至今，不分老少，迷惑於星光點點、懷著深沉疑問、掉進預言陷阱、甚至誤解星星會賜予愛情的人，絡繹不絕地踏上觀星的旅途。這次讀書會再度輪到我來選書，因此《步天歌》¹便成為我指定的讀物，因為那是一把通往天際謎題的鑰匙——古人用來認識星星的詩歌，如下圖之文句。

文／歐陽亮



以《步天歌》文句呈現於天際的想像圖。星點取自Stellarium軟體，地景取自日本千葉稻毛海濱公園，筆者攝於2025年。請注意此圖純屬虛構，並非當地所見，星座方位和高度與千葉無關。

但即使我努力解釋藉由它可找出古老的**東方星座**、大家只需觀察有趣的形狀或是特別的故事就好、不必全部認識，然而讀書會成員們的驚訝反應，比起上次艱澀的《哲學研究》還要誇大，甚至有人鼓起臉頰以示無聲的抗議，我只好「抗議駁回」企圖強渡關山。

平常看似沉著理性的雲霓皺著眉頭微舉右手問

道：「這次選書的考量是什麼？難道是用來報復上次我選的書？」我努力忍住點頭動作來肯定她一針見血的衝動，並趕緊把事先想好的理由列舉出來：

「它用詩歌的形式介紹**東方星宿**，韻律清爽好讀；它的星象排列與平常熟知的西洋星座完全不同，另有一番趣味；而且，我還設計了有獎徵答喔！」話才一說完，就讓原本面有難色的紫依突然

精神百倍。「另外在讀書會之後，可以直接到戶外賞星，現學現賣，更有加乘的效果。」最後這一點簡直就像約會的藉口，不過我們看著彼此閃爍的眼神，都沒有互相戳破，於是大家就含糊其詞地默默認可了這次選書。

我選擇了週末下午坐捷運可抵達的鄰近海邊，討論後可以直接欣賞夕陽與星星，但這次竟然只有三個人參加，難道其他成員都知難而退了？我們三人各自帶著晚餐、扇子、防蚊噴霧等，坐在海堤上的涼亭裡，吹著微微海風，接著開始天空踏青的旅程。「大家應該都有看完吧？」話才說完，兩人之中就有個背影頓了一下。雖然我早就猜到，不過沒關係，這種偷懶又被抓到的情形，她都會以撒嬌那招來完美脫身。

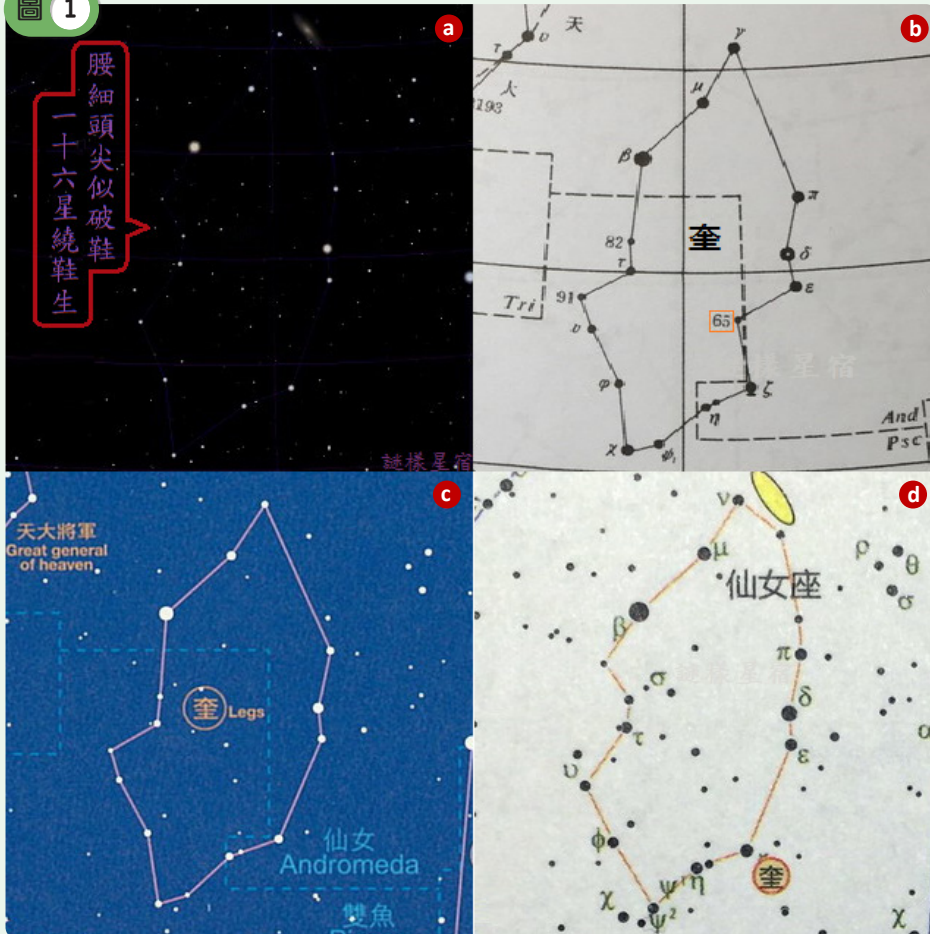
「星座，不是平常人所講的黃道十二宮或占星

術，這一點你們知道嗎？」我用這個說明開場，以免有人想要歪樓。紫依立刻說：「我知道！我的星座不是我的星座，是大家的星座。」可以請這位星座迷不要這樣玩弄文字遊戲好嗎？

「可是天上為什麼看不到星座連線？你們看星座盤上或星空軟體App都有畫啊。」紫依馬上指著我帶來的星座盤問道。「如果星星之間有那種構造，它必須要長達幾光年以上、而且還要夠粗，讓我們在地球上也看得到。」我暗自耐著教導小孩的心情說道。「而且它還要會發光喔！」雲霓冷酷地補了一刀。「阿阿阿……我知道了啦！」紫依雖然笑著回應但是又偷偷嘟嘴。

我接著說明：「連線只是讓我們容易記得的方式，你們看這張圖，如圖1，有連線的星官是不是比

圖 1



只依據《步天歌》的純文字企圖聯想星座形狀有其難度，例如 **a** 為二十八星宿之奎宿，其描述「腰細頭尖似破鞋，一十六星繞鞋生」，其實並不容易看出，需連線後才方便認識與記憶。不過現代人所復原的宋代星官連線卻各有不同，**b** 為潘彙《中國恆星觀測史》版，**c** 為香港太空館版，**d** 為齊銳、萬吳宜《漫步中國星空》版。

沒連線的星點更容易認出來？占星術裡的黃道十二星座，只是全天星座的一部份，而且是西洋流傳過來的連線方式，古代東方不是這麼看。這些位於黃道與赤道附近的星星，在東亞地區古人眼中所看到的樣子，是二十八個比較小的星群，我們稱之為星宿，像這張的金色星點，如圖2。」紫依問：「為什麼現在課本或科普書裡只有星座、不教星宿？」雲霓則說：「我發現《步天歌》寫的星名，好像都是古早生活用品或古代的官職與事物，太繁雜又過時……那些名字對現代人來說有點無趣吧？」

「無趣或過時並不是真正原因。的確，認識星座要有神話或傳說搭配才有趣，畢竟人類還是比較喜歡聽故事。但其實有些東方星名也有故事且仍在使用，例如牛郎織女星、天狼星、北斗七星等。不過為了方便天文科學的研究，得有一種國際共有的劃分方法，不然就會很難找到彼此想指出的是哪一顆星，畢竟天空又不能貼個箭頭來標註。但這種方便性也讓我們現在只能認得西洋星座了。」

「如果我們不想跟國際同步，也不見得要改

掉呀？」雲霓質疑著。「的確，就像紀年的方式一樣，伊斯蘭曆或是日本年號就是這樣。不過在科學研究上，比較沒有國界，大家願意統一名稱以方便學術交流。有興趣的話可以看另一本書²的介紹。」

「那麼你為什麼想要我們了解這個？既然已經快要沒人記得的話。」雲霓又追問得更深入。「沒人記得，不等於不值得記住。古代有許多天象紀錄是以這些古星名記載下來的，如果不知道它們在哪，就沒辦法運用古天象資料進行現代科學研究了。」

我接著補充：「天文學是為了解釋宇宙奧秘而誕生，可是我們生命太過短暫，時間尺度太短，不一定能親眼目睹天體演化，所以才開發出各種望遠鏡與光電儀器來探索，以便看見更深更暗的角落，可以說擴大了空間軸；至於時間軸就得靠歷史記載來加長了，如圖3。」

「我理解了，因為天文學是一種無法實際做實驗的長期現象研究，只好運用幾千年來的天象紀錄

圖 2



日本馬道良《天球十二宮象配賦二十八宿圖說》於1795年繪製，可見東西方星座共處一室，且有部份星星共用，其中金色星點為東方星宿，灰色星點為西方黃道星座。其視角為天球外。資料來源：日本國立國會圖書館。

幫助我們延伸觀測時間的長度。」雲霓撥了撥長髮微笑道。此時我對雲霓的看法又突破了原有印象，她的邏輯思考能力果然很強。

「我還看出《步天歌》編排方法是依照傳統二十八星宿的順序，而紫微垣、太微垣、天市垣這『三垣』卻放在最後，跟一般常講的三垣二十八宿剛好相反？」「雲霓果然好眼力，**三垣是比較晚才形成的三塊區域**，那麼你知道為什麼後來版本會改到前面嗎？」「是因為政治考量？三垣之中，似乎許多星名跟皇帝有關。」「沒錯，是宋代之後才改變順序。³」

「皇帝在古代這麼重要啊？」「對，而且星星會命名成宮廷人物、官員職位，或是與戰爭相關的事物，就是為了讓帝王可以用星星來占卜國家大事。」

「原來如此，以前的人這麼迷信喔？」「現在的人也沒有好到哪裡，你還不是每天在看**星座運勢**？」我逮到機會諷刺一下。「我只是參考一下啦！」紫依看著遠方海灘企圖掩飾尷尬。

「你們看了之後有什麼疑問？」「我覺得這裡面用了很多黑色形容詞來描述星星，像是烏、玄、鴉這些字，如圖4紅框，是不是有點奇怪？」「對呀，星

星怎麼可能是黑色的？黑色明明看不見呀！」「哎呀，你把我原本想要當做有獎徵答的問題問出來了，這樣我的獎品就省下來了，嘿嘿。」「欸這樣不行，雲霓你趕快收回你的問題。」「我就算收得回來，你應該也答不出來吧？」雲霓有點俏皮地微笑著。「啊哈，也是啦！」紫依邊用手指捲弄著頭髮邊回應著。

「那麼有沒有可能是形容那些星星比較暗所以說成黑色？」「唉呦，紫依有概念喔！」我趕緊鼓勵她一下，以免下次她不想參加了。「在其他的古書像是《史記》中『**黑比奎大星**』的說法，就是偏暗的意思。但在這裡不是這個意思。」

「你看，在《步天歌》還有許多黃色的星，但就是沒有白色、紅色或藍色的，明明星星有很多顏色啊？」「沒錯，妳的觀察很正確。這要牽涉到占星術起源的時候了，當時主要有三個占星網紅名嘴……」「等等，網紅用在這裡不對吧？」雲霓對用詞也太過認真了。「我的意思是很有名氣啦，就像現在的網紅一樣。後人為了區分出他們三種不同門派所流傳下來的占卜辭句，於是在星圖上用**三種不同顏色**標示。這裡所有黑色的形容都是指甘德這一



部份古星圖曾繪出當時客星位置或彗星路徑，可大幅延伸天文研究的觀測時間尺度。**a**為《赤道南北兩總星全圖》記錄到的客星，收錄於法國國家圖書館；**b**為韓國觀象監記錄之1664年彗星移動圖，途經軫、翼、張宿，收錄於《17세기밤하늘》（十七世紀夜空）頁117，其中彗星字樣為筆者添加，非原圖所有。

派命名的星官，黃色則是指巫咸派。」

「那沒有寫的是？」「大多是指石氏門派的星，是最主要的一派。其實《步天歌》較早期版本也有寫出紅色來形容石氏⁴，但後來已不太在意區分這三派⁵，目前常見版本中也已刪去紅色。」「好複雜喔！」「嗯，古書有很多傳抄或刪改的情形，星座位置也被改來改去，所以研究者要採用時，得小心手中的對照星圖不能用到其他年代畫的。」

我特別再說明：「就像有些科學研究誤用了清代星圖來對應宋代超新星，有點『張飛打岳飛，打得滿天飛』的味道。」「你是什麼時代的人，用的歇後語也太老了。」等等，雲霓妳也聽得出來不就表示跟我一樣老？「我聽過張飛！好像是《三國演義》裡面的人，但是岳飛是誰？歇後語又是什麼？」紫依妳的歷史應該重修了，喔，還有國文。

「現在時間差不多了，先吃晚餐，準備看星星吧！」我趕緊轉移話題，以免又有人撅起嘴。我們各自拿出食物，邊看著美麗的夕陽邊閒聊著。

「你們看完《步天歌》之後，覺得有辦法認出那些星官嗎？」「當然沒辦法，能看懂都很困難了！」「嗯，也對，它的說明其實蠻含糊的，像是二十八宿第一個『角宿』一開始就寫『南北兩星正直懸』，只用一句話怎麼可能表達出那兩顆星在哪裡？」雲霓補充說道。「所以，一定要搭配星圖來使用，《步天歌》其實只是輔助記憶用的口訣。」「這就像有一本

輕小說曾經說『插圖才是重點，內容不用太計較』的意思嗎？」「妳也看太多輕小說了吧？」不過能聽懂紫依話語的我好像也看太多了。

「然而古書上畫的星圖也都是很粗略的示意圖，如圖4，沒畫出星等亮度，與真實位置相差很多，我們要用現代星圖才能找到真的古代星官。只是這方法也有許多問題，因為中西對照時所引用的圖面或數據版本、年代、方法，都會影響結果，加上東方星座流傳兩千多年以來，至少可分為三類排列方法，詳細情形就不說了，以免有人睡倒。」我才一說完，就被她們同步瞪了兩眼。（待續）

歐陽亮：天文愛好者，曾獲2001年尊親天文獎第二等一行獎，於2009全球天文年特展擔任解說員。

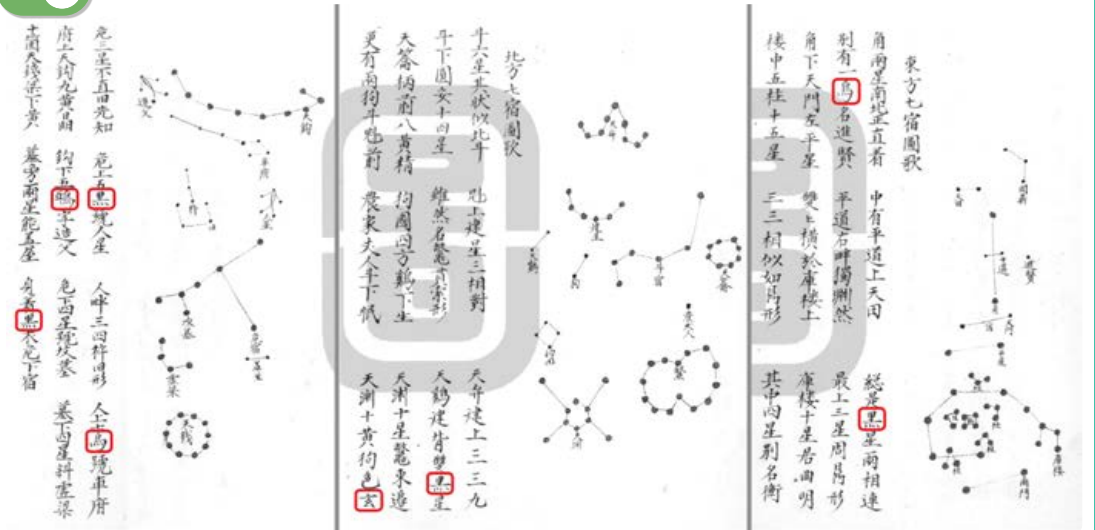
部落格：「謎樣星宿」—

<https://liangouystar.blogspot.com/>

附註：

- 1.由於版本眾多，本文以《靈臺秘苑》版本為準。
- 2.常福元《中西對照恆星錄》，中央觀象臺，1920，引言頁1。
- 3.周曉陸《步天歌研究》，中國書店，2004，頁250-251。
- 4.流傳到朝鮮的步天歌傳本，曾有許多星官標示為紅赤之色。詳見石云里《朝鮮傳本步天歌考》，《中國科技史料》，1998第3期，頁71。
- 5.潘籟《中國恆星觀測史》，上海學林出版社，2009，頁183。不過《步天歌》並沒有完全寫出每個星官所屬的顏色。

圖 4

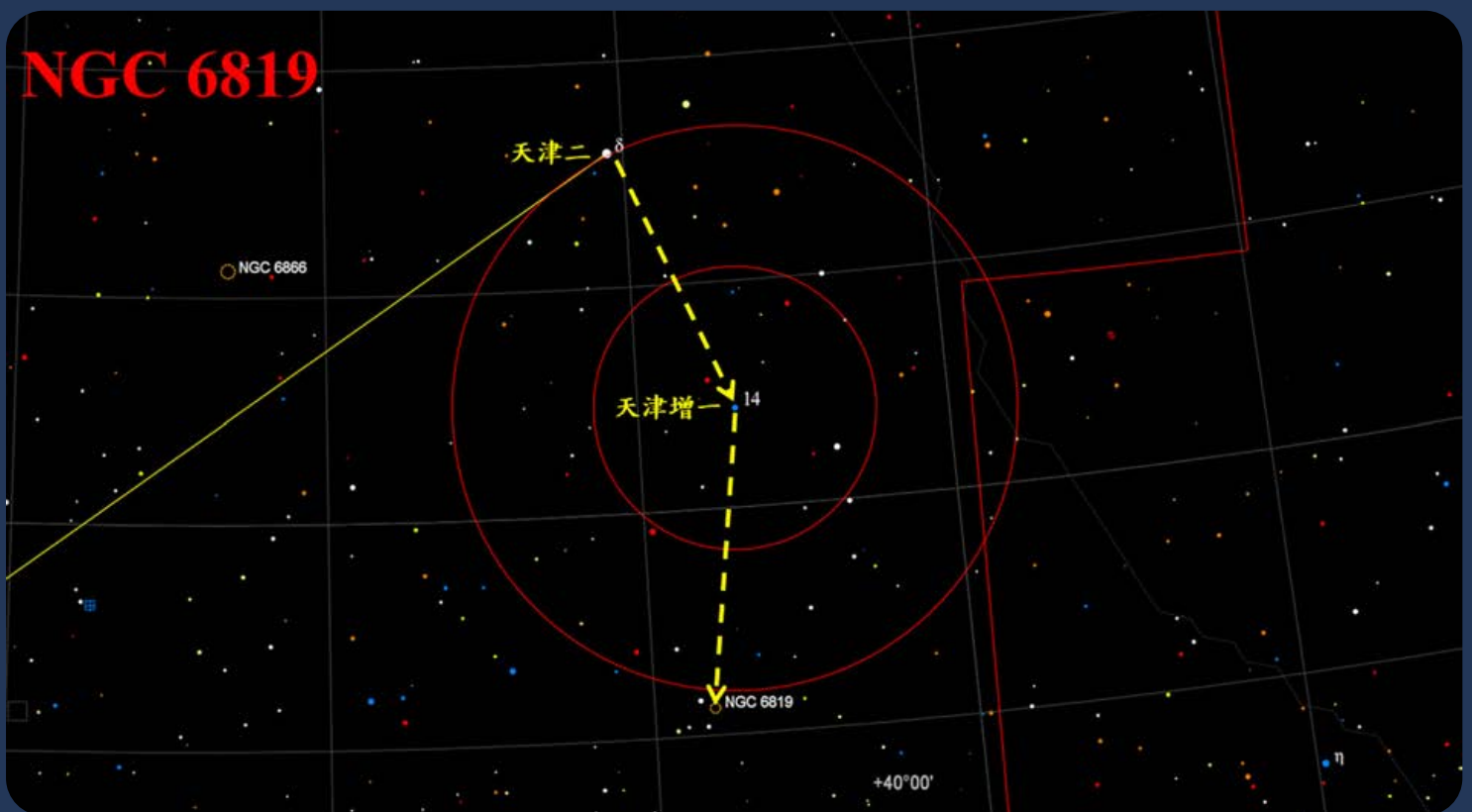


《靈臺秘苑》收錄的《步天歌》星圖與文句，紅框內皆為黑色的形容字。資料來源：中華古籍資源庫。

天鵝座(下)

NGC 6819也是一個疏散星團，是卡洛琳·赫歇爾於1784年5月12日發現的。它的位置接近天鵝和天琴座交界處，鄰近天津增二（天鵝座19，視星等5.18），在其西北方約2.3度（ $+02^{\circ}18'32.1''$ PA: 310° ），整體的視星等為7.3等，大約有20多顆10至12等的恆星，還有更多更暗的恆星。年齡估計約為2.5億年，距離太陽系約7,200光年。

文／陶蕃麟



NGC6819尋星圖。

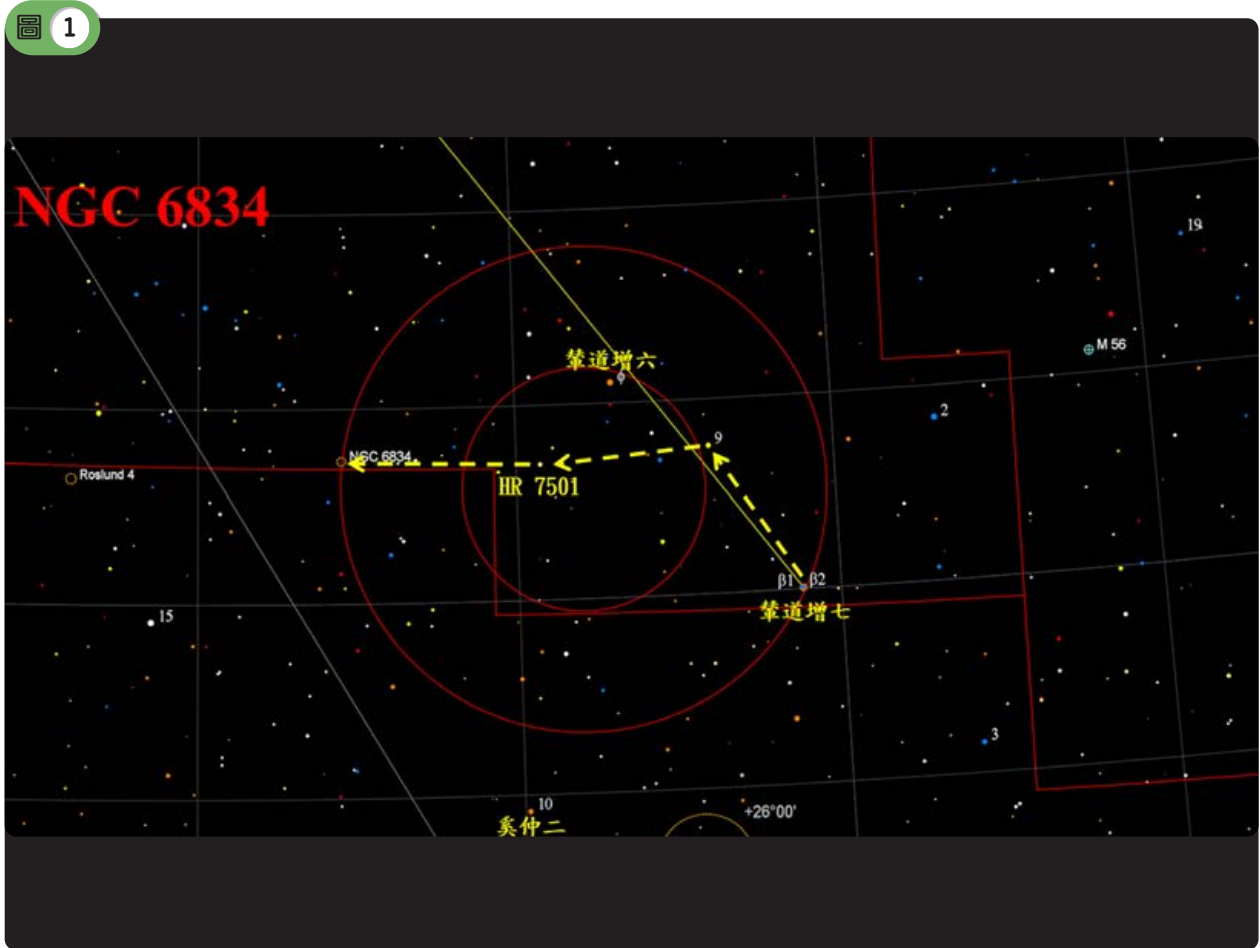
由於在銀河中尋找一顆4等星已經不容易，要直接鎖定5等星就更困難。所以從天津二出發，向南行會比較容易找到目標。NGC 6819在天津二南方約5度（ $+04^{\circ}59'36.7''$ PA: 188° ），方位幾乎就在正南方。因此，雙筒望遠鏡的視野只要大於5度，就可以將天津二置於視野的最北邊，在視野正南方的邊

緣就可以看到NGC 6819。同時，可以在視野中心附近看見在天津二南偏西方，距離2.5度（ $+02^{\circ}31'03.8''$ PA: 204° ）的天津增一（天鵝座14，視星等5.41），藉由天津增一的輔助再往南偏東些，距離約2.7度（ $+02^{\circ}39'28.5''$ PA: 172° ），就能找到NGC 6819了。

NGC 6834

NGC 6834是一個年輕的疏散星團，位於天鵝座與狐狸座交界之處，距離太陽大約10,850光年。它是天文學家威廉·赫歇爾於1784年7月17日發現的。由於距離較遠，星際塵埃的消光使其亮度降低了2.1星等，導致視星等降為7.8等。

這個星團的川普勒分類為II 2 m，表示它的恆星數量中等（m），亮度範圍適中（2），恆星向中心集中的密度很低（II）。它的成員星超過100顆，大約有260顆，數量的標示應該是r（rich）。但在川普勒進行分類時，他並沒有實際查核恆星的數量，只是快速估算或參考前人的資料。



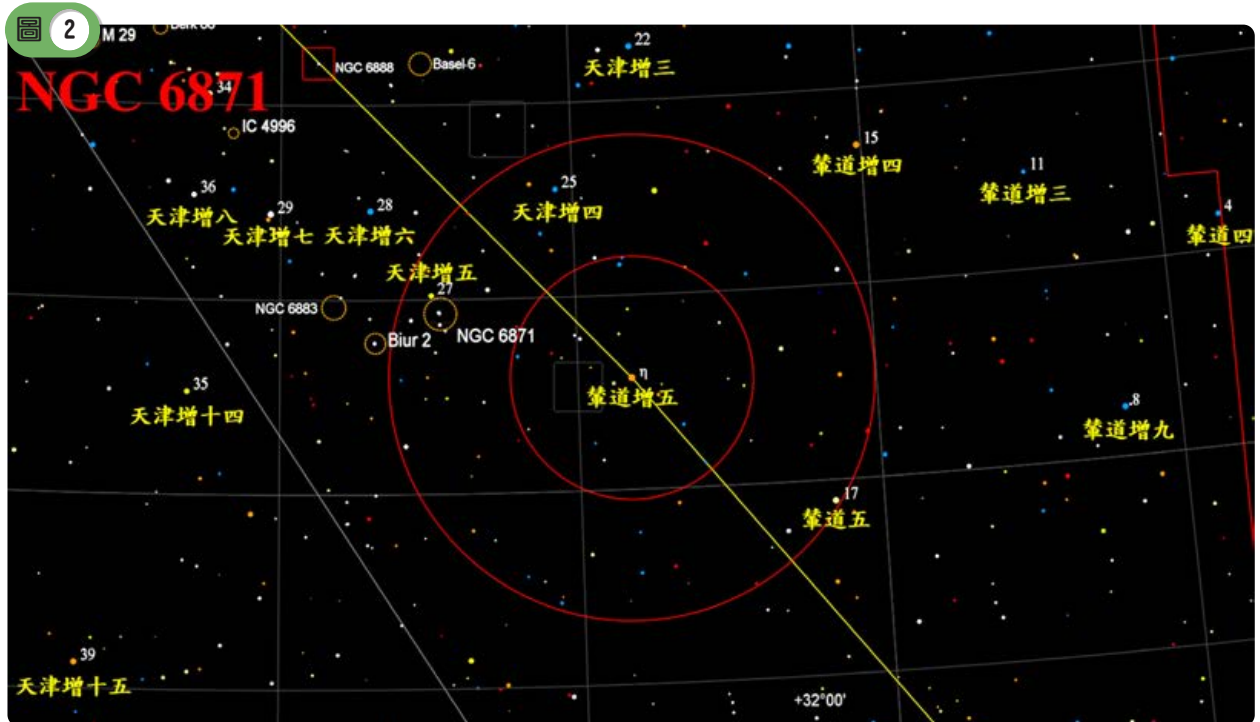
NGC 6834 尋星圖。

尋找NGC 6834可以從輦道增七出發，先沿著北十字的基柱移動約1.75度（+01°45' 17.1" PA:31°），找到5.39等的天鵝座9，然後再向東移約1.75度

（+01°44' 27.8" PA:94°），會遇到6.54等的HR 7501，再繼續東移2度（+02°02' 40.6" PA:87°）就能看到目標：NGC 6834。

NGC 6871

NGC 6871是天鵝座中一個小且年輕的疏散星團。該星團的成員不到50顆恆星，其中大多數是藍白色的恆星，整體的視星等為5.2。它距離地球5,135光年。它至少與其它6個疏散星團誕生在同一個巨大的分子雲中，但它與這些疏散星團間沒有引力聯繫，而且NGC 6871本身似乎已在瓦解。



NGC 6871 尋星圖。由於目標周圍有眾多星體，為了避免遮蔽所以未加註指標線段。

尋找NGC 6871非常簡單，只要將北十字基柱上的輦道增五（天鵝座 η ，視星等3.89）置於雙筒望遠鏡的視野中心，就可以在東北偏東約2.1度

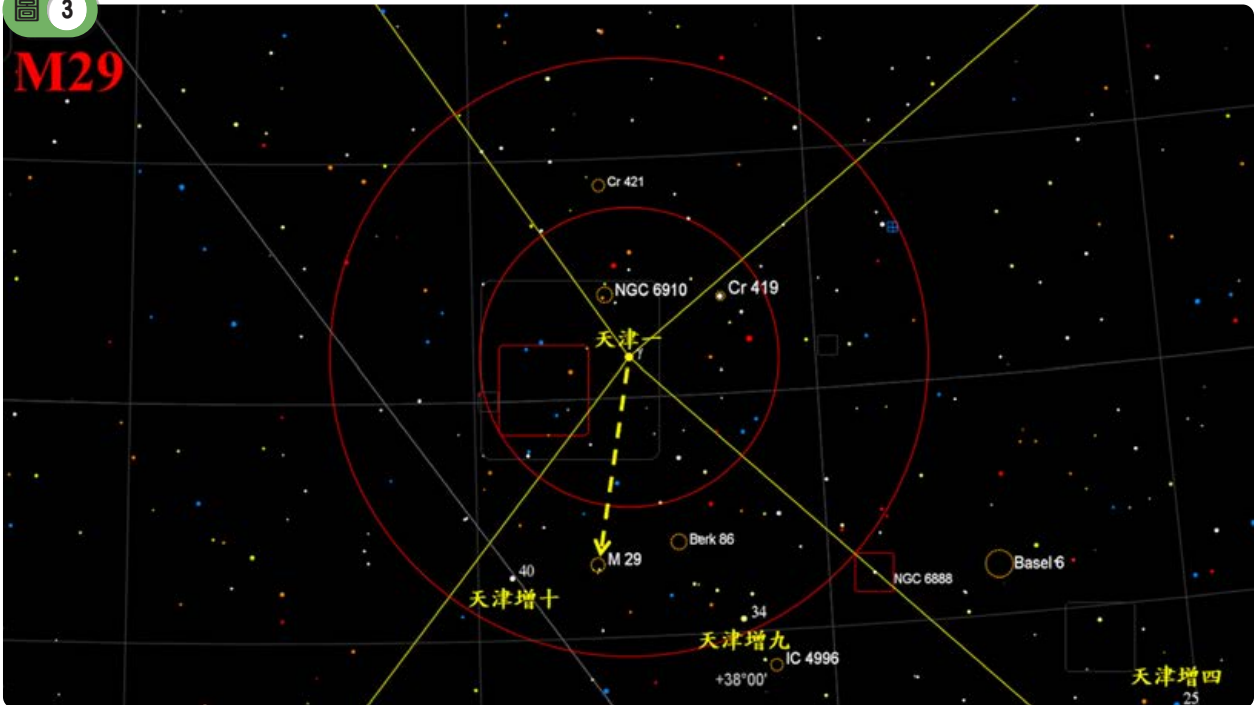
（ $+02^{\circ}05' 17.3''$ PA: 69° ）之處看到它緊鄰著天津增五（天鵝座27，視星等5.38）。星團中心位置的恆星HD 190918，視星等6.77，是很容易看到的一顆恆星。

M29

(NGC 6913)

M29是一個相當小但夠明亮的疏散星團，位置在星座中央明亮的天津一南方。它是梅西耶在1764年7月29日發現的，使用雙筒望遠鏡就能看見。過去認為它與太陽系的距離約4,000光年，但根據蓋亞EDR3的恆星視差數據，給出它與太陽系的距離大約是5,240光年。這種距離上的差異被認為是由於星團附近有大量的星際物質，對M29的亮度量測造成影響，而這方面我們所知甚少。

圖 3



M29 尋星圖。

M29也是個很容易找到的疏散星團，它的位置在天津一的南方1.75度（+01°45' 11.7" PA:169°），只要將天津一移到雙筒望遠鏡的視野中心，就可以在他的南方看到這個明亮的小星團。它的視直徑大約7弧分，真實的尺寸大約11光年。

它的川普勒分類存在著多種版本，川普勒本人

將它分類為III 3 p n，這意味著它所擁有的恆星沒有向中心匯聚的現象（III），星團中恆星光度的分布範圍很廣，有亮星也有暗星（3），它的恆星數量少於50顆（p），並且有與之相關的星雲（n，在照片中可以看到背景中泛著發射星雲的紅光）。其他的學者，例如格茨（Götz）認為是II 3 m，而吉普爾（Kepple）給出的是I 2 m n。

天鵝座沉浸在銀河之中，因此有相當多的深空天體隱藏在這個星座內。除了本文介紹視星等在8等以上的疏散星團外，北美洲星雲（NGC 7000）和眉月星雲（NGC 6888）也是相當明亮的星雲。但因為是擴散在較大範圍的雲氣，所以比較適合拍攝來欣賞，在用雙筒望遠鏡觀天時通常會看不清它們的型態。

在尋找M39時所經過的導引星，車府四就緊挨著北美洲星雲；眉月星雲（NGC 6888）位於北十

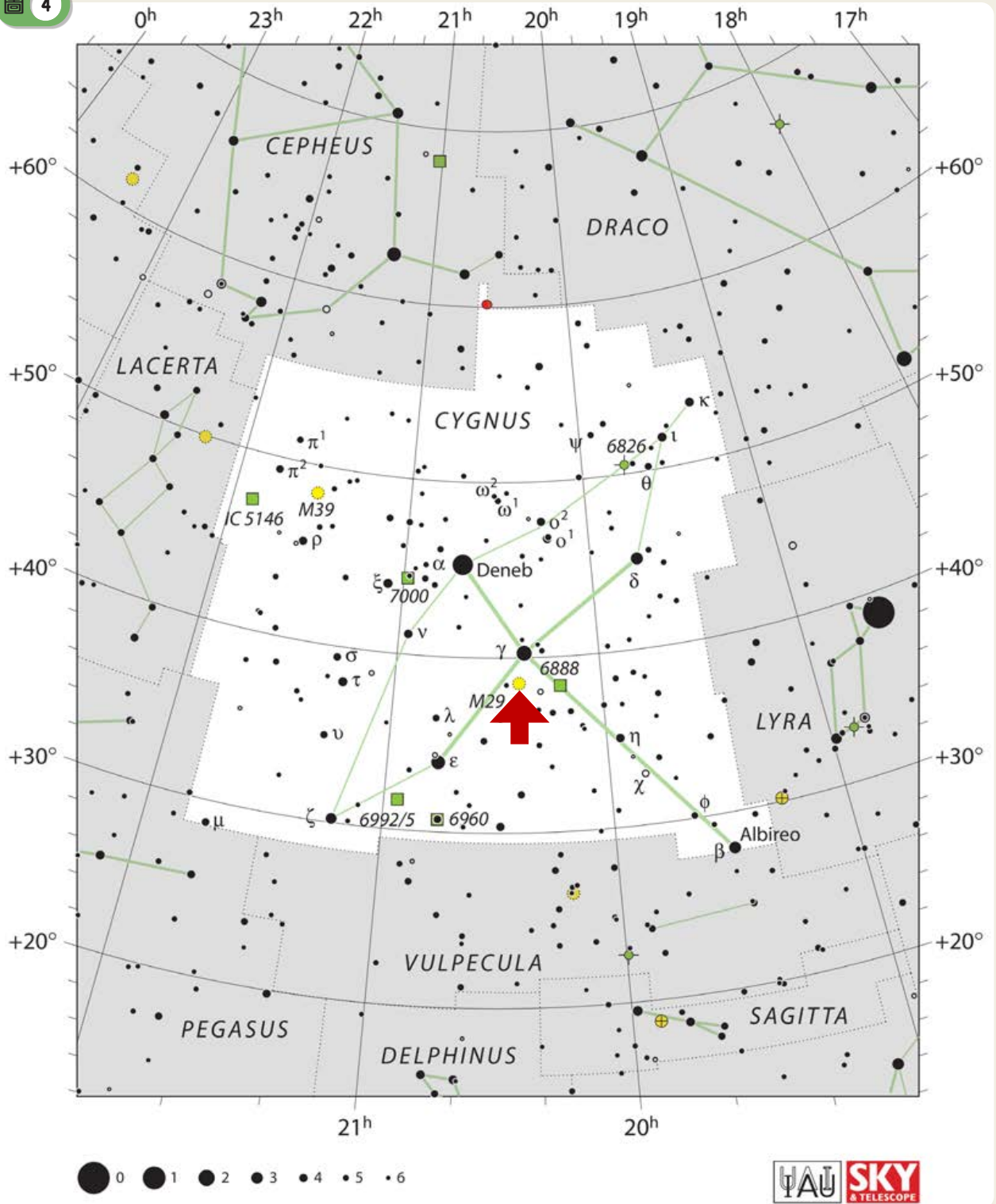
字的基柱上，在天津一的西南方約2.75度（+02°44' 01.0" PA:226°），它的中心是一顆視星等7.50的沃夫-瑞葉星，在尋找M29時稍微西偏移些，就會進入雙筒望遠鏡的視野中，但未必會注意到。

陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

附註：

疏散星團的川普勒分類法請參見臺北星空99期：川普勒三角。

4

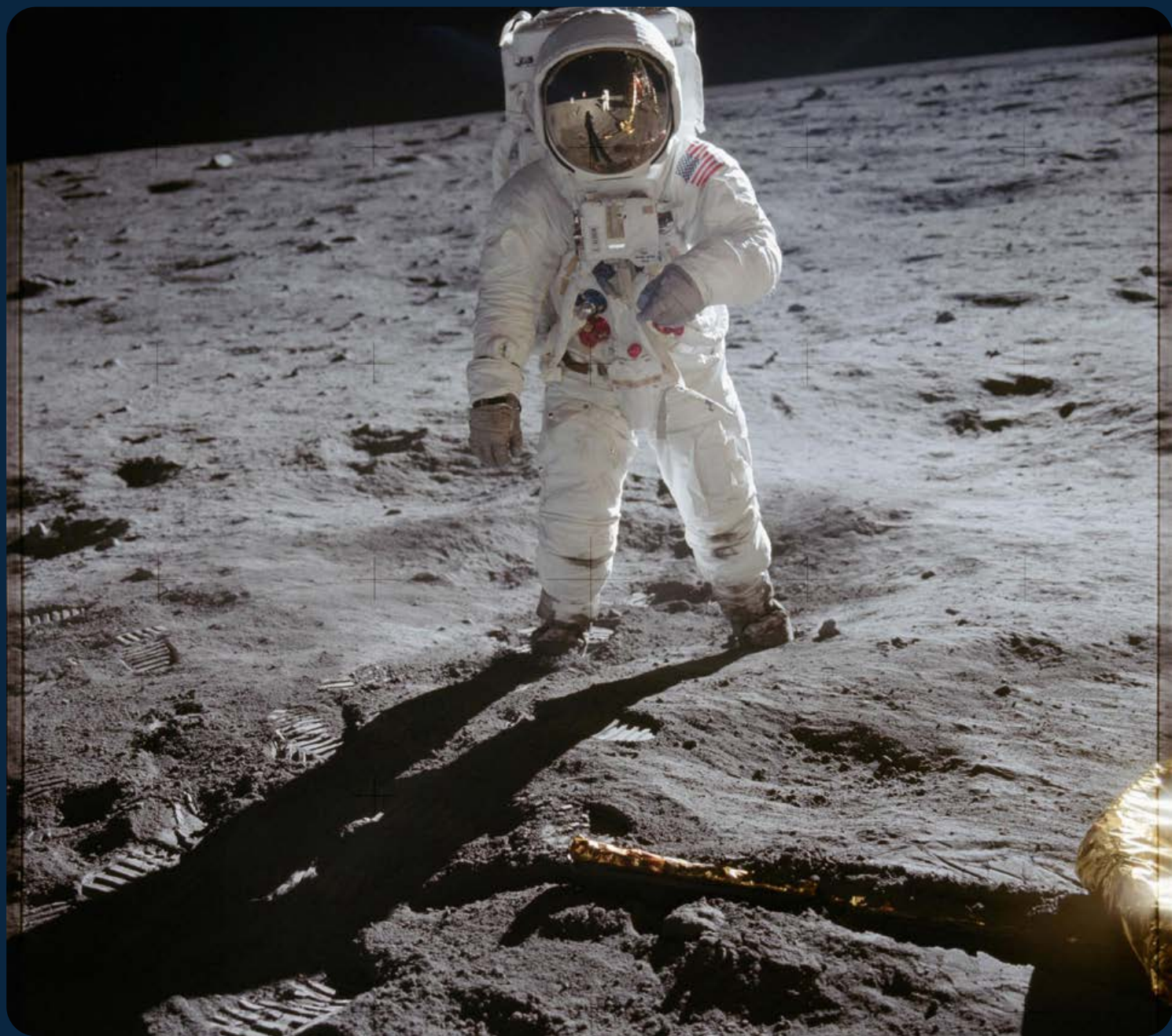


M29在天鵝座中的位置。圖片來源：IAU

跨越星辰的腳印—阿波羅與阿提米絲計畫

「我的一小步，是人類的一大步。」這是尼爾·阿姆斯壯（Neil Armstrong）在1969年7月20日踏上月球表面時，對全世界發出的莊嚴宣告。這一小步，不僅是太空探索史上的里程碑，更是人類文明膽識與工程智慧的巔峰。它證明了，只要擁有足夠的決心和創新，沒有什麼目標是遙不可及的，而這個腳印，在合理的推算下，也將存在數百萬年。

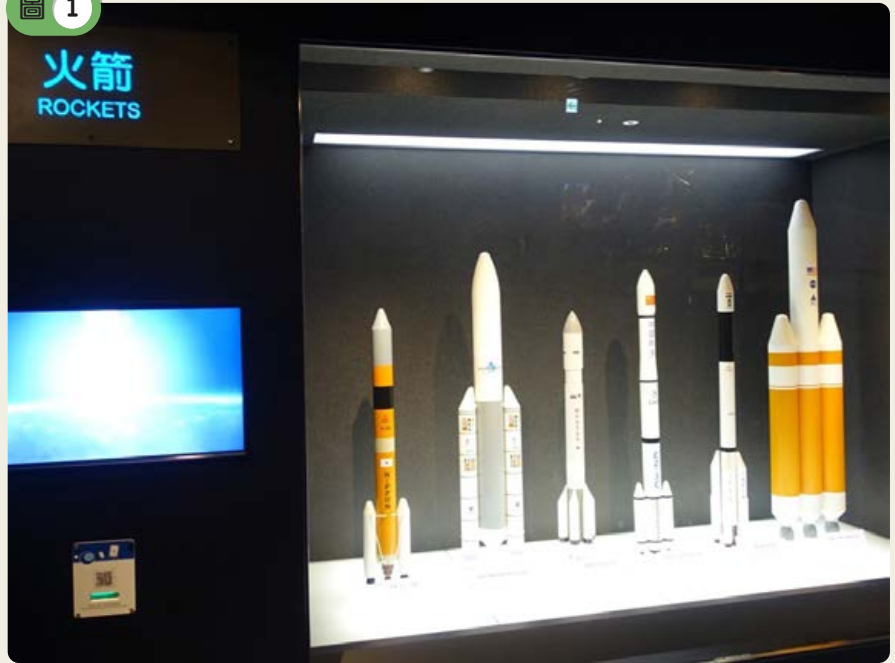
文／許晉翹



阿姆斯壯登陸月球時拍攝的隊友巴斯·艾德林（Buzz Aldrin）與月面景觀。圖片來源：NASA

展示場內的模型——無論是靜立的登月艙、馳騁的月球車，還是無畏的太空服，都代表著無數科學家、工程師和太空人為實現這「一大步」所付出的跨世紀努力。在這片模擬的月球景觀前，讓我們穿越時空，重溫那段輝煌的阿波羅歲月，並展望未來由阿提米絲計畫所開啓的新篇章，如圖1、圖2。

圖 1



展示場的多種火箭模型

圖 2



展示場內的登月任務相關模型，由左至右分別為登月艙、太空服、月球車。

阿波羅時代 人類對月球的初次擁抱與挑戰

在二十世紀六零年代的太空競賽中，美國啟動了阿波羅計畫，目標是將人類送上月球並安全返回。這是一項前所未有的超級工程，當時，人類需要克服地

球的強大引力、穿越數十萬公里的太空，並在一個陌生天體上精確著陸。該計畫的火箭高達111公尺，在阿提米絲計畫之前，是史上最強大的運載工具。它的設計必須確保能夠將重達數十噸的太空載具組合體（指令艙、服務艙和登月艙）送入地月轉移軌道。農神五號的成功，代表著人類工程學在液態燃料火箭推進技術上的極限突破，如圖3、圖4。

圖 3



在暮色中準備發射的農神五號火箭。影像來源：NASA

4



組裝完成後，正運往發射臺途中的農神五號火箭。影像來源：NASA

一旁的登月艙模型，如圖5，是阿波羅任務成功的關鍵。它結構輕盈、外觀看似脆弱，卻是唯一能在真空月球環境下獨立起降的載具。它分為兩個部分：下降級作為著陸緩衝和地面工作平台，而頂部的上升級則肩負著兩位太空人脫離月球、返回地球軌道的工具，如圖6。事實上在阿波羅11號登月成功的當下，差點因為一個小零件而失敗，當太空人阿姆斯壯和艾德林（Buzz Aldrin）準備啟動上升引擎離開月球時，艾德林發現一個關鍵的無熔絲開關被意外弄斷了。這個開關負責將電力輸送到上升引擎的點火線路，如果無法閉合，引擎便無法啟動，他們將永遠被困在月球，尼克森總統的文膽也確實準備了一份備用的月球災難演講稿，內容包含了宣告殉職、歌頌英雄、人類團結及最後的祝禱，不過好在這份未發表演說稿最終並沒有成真，也因此被鎖進了國家檔案館成為了歷史。

圖 5



展示場的登月艙模型

圖 6



阿波羅11號任務中，從指令艙上所看到，正緩緩離開準備進入登月最後航程的登月艙。影像來源：NASA

阿波羅11號中，唯一沒登月，也終身未參與後續登月任務的指令艙駕駛員柯林斯（Michael Collins）的故事則充滿了孤獨。當他的兩位同伴在月球表面活動時，柯林斯獨自駕駛著指令艙在繞月軌道上航行，如圖7，每當指令艙繞到月球背面時，他會經歷一段長達47分鐘的「通訊截段」期，與地球及同伴完全失聯，因此他也在當時被形容為「自亞當以來最孤獨的人」。在任務結束後，他也婉拒了擔任後續任務（阿波羅17號）指揮官的工作，他在1970年離開美國航太總署，成為了美國國家航太博物館的第四任館長，任職服務8年。

月球車與太空服 月面移動與生存的關鍵

太空服不僅僅是一件衣服，它是一個功能齊全，可獨立運作的微型太空船，在月球真空、極端溫差（從 120°C 到 -150°C ）和強輻射的環境下，太空服必須提供氧氣、壓力、溫控、輻射防護，以及清除二氧化碳的能力，如圖8。此外，月球塵土是一種由微小、鋒利玻璃狀顆粒組成的物質。它對人類和設備都有極大的威脅，當時並沒有針對此狀況設計太空服，不過活動時間不長並沒有很大的影響。因此，未來的太空服必須能更好地抵禦這種塵土，這是阿提米絲計畫必須克服的關鍵挑戰。

圖 7



從登月艙上級所看到，航行在繞月軌道上的指令/服務艙，圓錐狀的上級為指令艙，圓柱狀的下級為服務艙。影像來源：維基百科

圖 8



阿姆斯壯在任務開始前，練習如何穿著太空服進行月面樣本採集與回收作業。影像來源：NASA

從阿波羅11號到14號，太空人主要是靠步行，活動範圍有限，因此採集到的樣本數量相對較少，三次（其中13號失敗）加起來不到100公斤。一旁的月球車，在阿波羅15號任務後開始使用，如圖9、圖10，太空人的活動半徑大幅增加，能夠前往更遠、地質更多樣化的區域進行採集，這使得後續任務帶

回的樣本數量顯著提升：15至17號帶回的月岩樣本共計281.4公斤。月球車採用輕量化鋁合金骨架、可折疊設計，能夠塞入登月艙的狹小空間，配備了獨特的網狀輪胎增加抓地力，以適應月球鬆軟的沙土和凹凸不平的岩石，並由獨立的電動機驅動，它的成功運作證明了人類載具在太陽系其他天體上運行的可行性。

圖 9



阿波羅16號任務的太空人，在地球上練習如何駕駛月球車。影像來源：National Aeronautics and Space Administration

圖 10



阿波羅16號任務的太空人，實際在月球上駕駛月球車。影像來源：NASA

阿提米絲計畫 重返與永續的未來

在阿波羅計畫於1972年結束之後，人類對月球的探索進入了長達半個世紀的沉寂。如今，一項雄心勃勃的阿提米絲計畫（Artemis Program）已經啟動，它不僅是要重返月球，更是為了在月球上建立永久存在，並將月球作為前往火星的跳板。與阿波羅計畫直接登月類似之外，阿提米絲計畫還將在月球軌道上建造一個永久的小型太空站——「門戶」（Gateway）太空站，如圖11，它將成為往返月球表面以及未來前往更深遠太空的中轉基地。

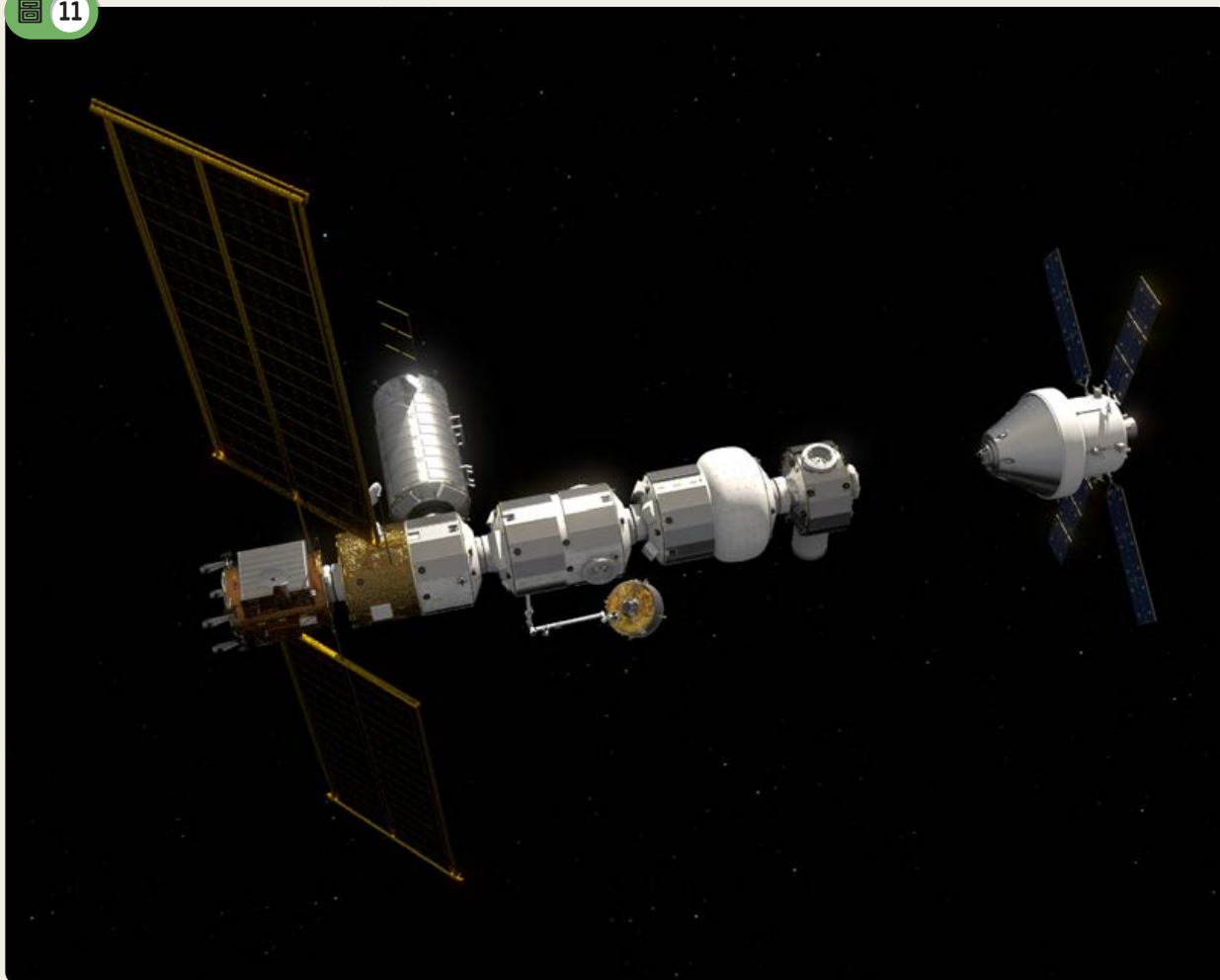
阿提米絲計畫的著陸點也將不再是阿波羅任務的赤道區域，而是月球的南極地區。科學家認為，在南極永恆陰影中的隕石坑內，可能蘊藏著大量的

水冰，水冰是人類在太空中建立永續基地的關鍵資源，因為它可以分解成氧氣（用於呼吸）和氫氣（用於火箭燃料）。「阿提米絲」是希臘神話中太陽神阿波羅的雙胞胎姊妹，這象徵著在阿提米絲計畫中，人類將首次送女性太空人踏上月球，體現了太空探索對性別和種族的開放與包容。

阿波羅計畫是冷戰時期的「競賽」，但阿提米絲計畫則是為了「永續」和「合作」。它要求人類克服更複雜的工程挑戰，包括長時間的太空輻射防護、月球資源利用技術、以及新型太空服的研發。阿波羅11號阿姆斯壯在月面留下的第一道腳印，到未來阿提米絲太空人腳下更現代的登月艙和月球車，人類對未知宇宙的探索從未停歇。

許晉翊：臺北市立天文科學教育館

圖 11

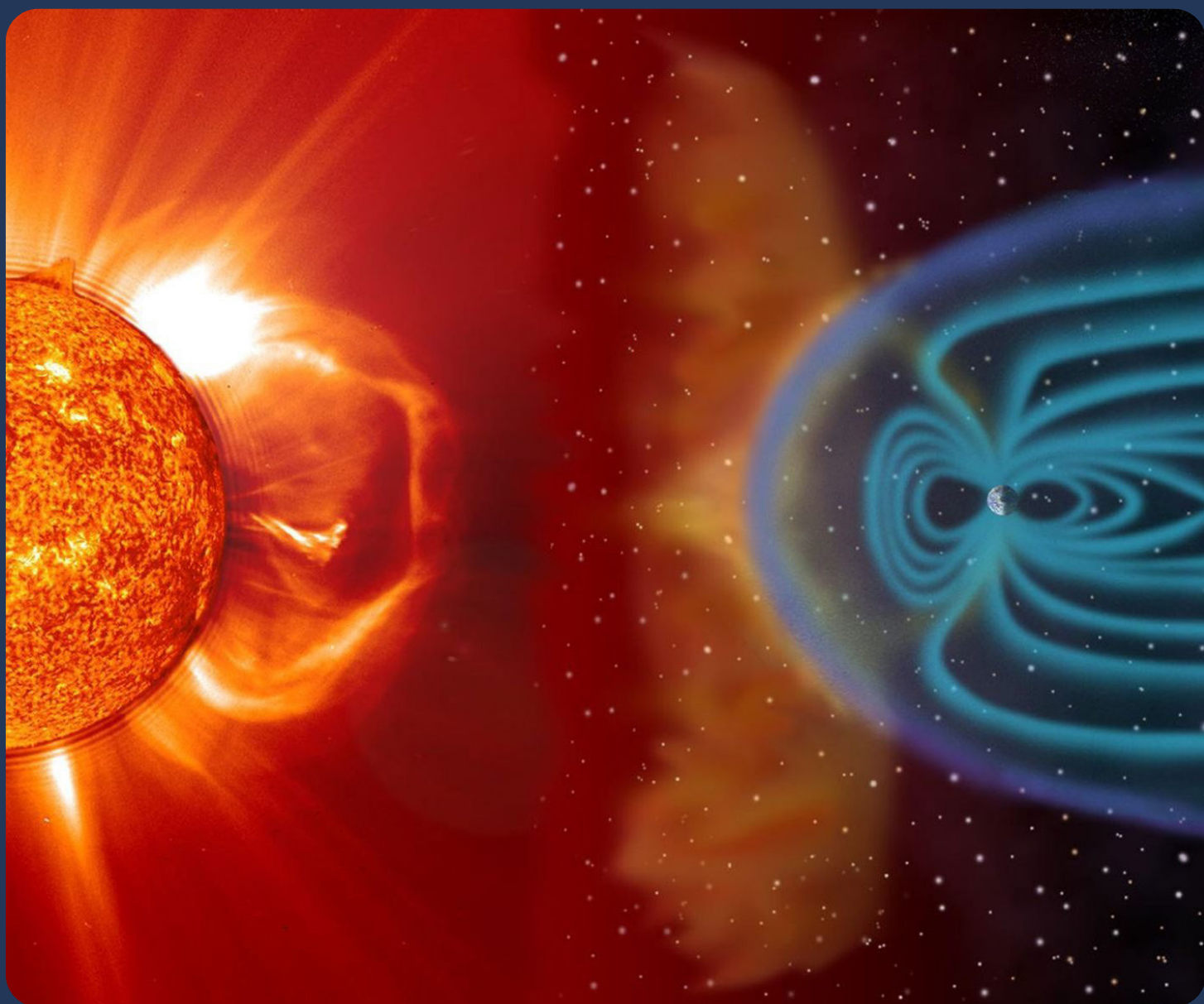


阿提米絲任務中，搭載太空人的獵戶座號太空船，正準備與在繞月軌道上的月球門戶太空站進行對接的想像圖。圖片來源：ESA

追風之旅—探尋太陽風的起源

自太陽系形成之後，至今大約經過了46億年。46億年以來，太陽持續提供地球光和熱，使地球上的生命能逐漸成長、茁壯。太陽不只發出太陽光，也會發出太陽風這樣高能的帶電粒子，衝擊著地球的磁場。本期的天文教室，要帶大家一起跟著太陽及太陽圈探測衛星（SOHO）及太陽動力學天文臺（SDO）的發現，一起踏上追尋太陽風起源的旅程。

文／周毅桓



太陽風是從太陽發出的高能量帶電粒子，會無時無刻的高速衝擊地球，由於地球有磁場保護，使地球上的生命可以免於受到這些高能量粒子的危害。圖片來源：NASA/ESA/SOHO。

太陽的謎團

科學家們早在SOHO與SDO兩架太陽探測衛星升空以前，就對太陽有許多的好奇。

他們知道太陽最外圍的大氣層，包覆著一層日冕，它的溫度高達上百萬度。科學家們知道太陽表面有一些劇烈的活動，像是日冕物質拋射、太陽閃焰等，但科學家不確定這些劇烈活動的成因是什麼？科學家們知道，太陽會無時無刻發出高能量的帶電粒子，科學家們稱為太陽風，它們會不斷的衝擊地球的磁場，使地球產生極光。但太陽風起源的位置一直無法確定。科學家們感到越深入研究太陽，卻產生越多的謎團。

為了解開這些謎團，科學家們從1980年代開始陸續發射了一些衛星和探測器，去觀測太陽的活

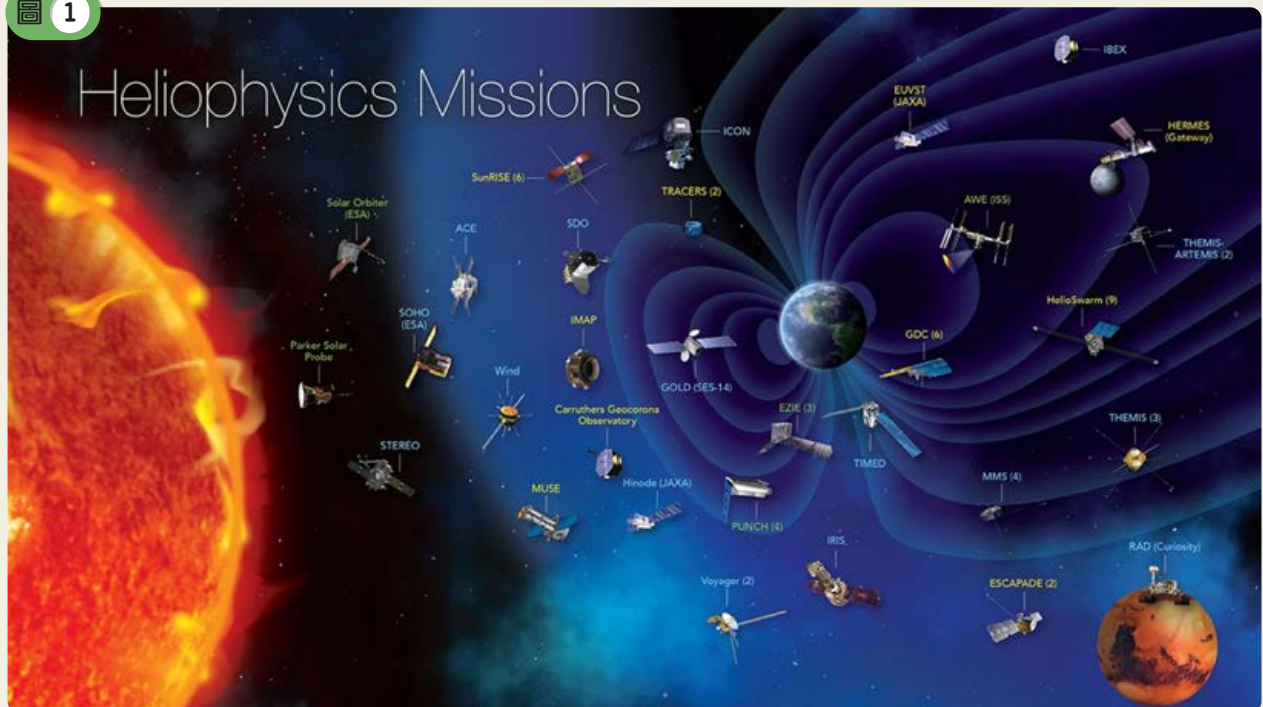
動。直到目前為止，一共有27架衛星和探測器加入太陽觀測任務。有一些已經停止運作，有一些已經完成了主要任務，並以延展任務的形式停留在太空中持續工作，如圖1。

太陽圈探測衛星SOHO 與太陽動力學天文臺SDO

歐洲太空總署（ESA）的太陽及太陽圈探測衛星（Solar and Heliospheric Observatory，簡稱SOHO）及美國太空總署（NASA）的太陽動力學天文臺（Solar Dynamics Observatory，簡稱SDO），在太陽觀測的過程中扮演了關鍵的角色。

SOHO是ESA跟NASA合作的太空任務，1995年升空，1996年開始觀測任務，任務的主要目標是研

圖 1



直到目前為止，一共有超過30個觀測任務、27架探測器加入觀測與探索太陽的行列。本篇的主角是SOHO與SDO，但目前最主要的兩架探測器，是ESA的太陽軌道載具（Solar Orbiter）與NASA的派克太陽探測器（Parker Solar Probe）。

圖片來源：NASA's Goddard Space Flight Center

究太陽的大氣層、太陽風和太陽的內部構造。原先預計任務到1998年4月結束，主任務完成後，SOHO因儀器損壞一度停止運作。ESA與NASA最後採取行動延長SOHO的壽命，這一延長，就延長了6次，一直到了今天，SOHO仍然待在它的崗位持續工作，並連續觀測太陽超過22年，如圖2。

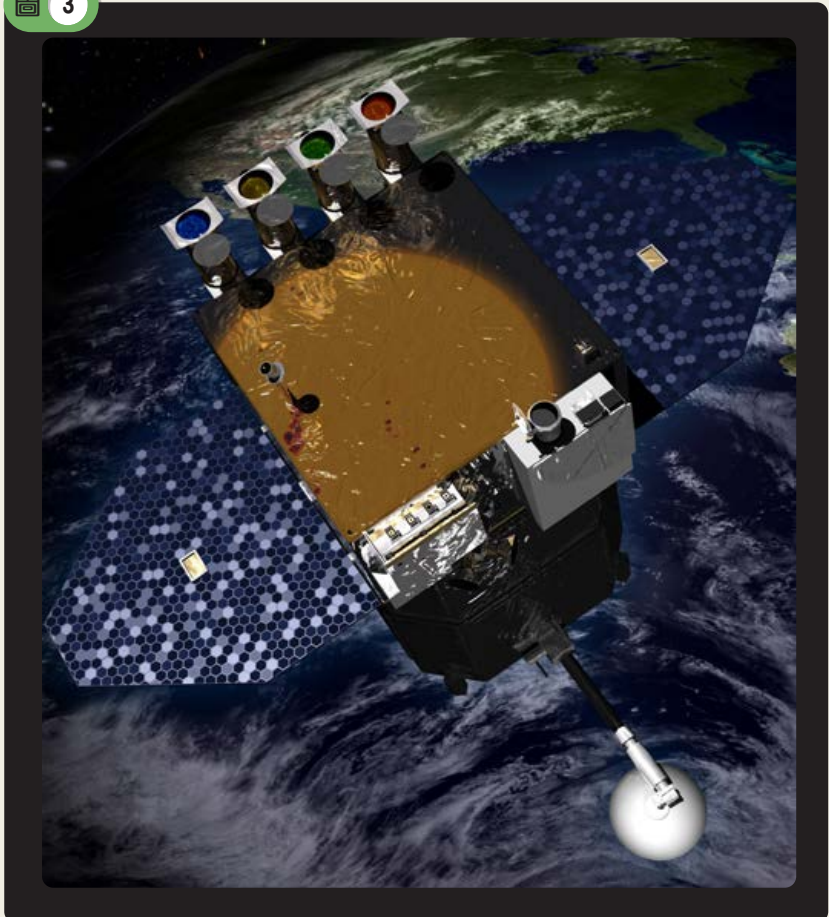
由於科學家們當時還不了解太陽的大氣層許多活動發生的原因，在SOHO完成主要任務之後，NASA與ESA再次合作，在2010年時將太陽動力學天文臺（SDO）送往太空中，如圖3。接下來我們以太陽風為例子，來看看SOHO和SDO究竟如何聯手解決太陽風起源的謎團。

圖 2



SOHO自1995年升空後，在當時是最重要的太陽觀測衛星，並協助科學家建構了太陽內部構造模型。後續的太陽探測任務，大多是以SOHO當時的觀測成果為基礎，繼續深入的研究。圖片來源：SOHO/ESA/NASA

圖 3



太陽動力學天文臺（SDO）在2010年升空，主要的任務是觀測太陽磁場、太陽表面活動，並進一步了解太陽內部與表面活動對地球的影響。圖片來源：NASA/Goddard Space Flight Center Conceptual Image Lab

兩種不同速率的太陽風

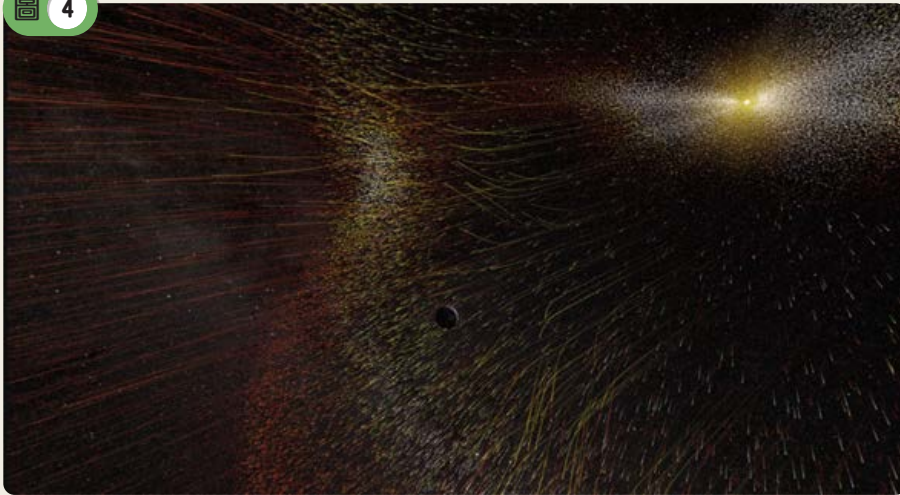
太陽除了發出太陽光之外，也會無時無刻向外發射溫度高達百萬度的高能量帶電粒子，這些帶電粒子大多由質子、 α 粒子和電子所組成，科學家把這些高能量的帶電粒子稱為「太陽風」。太陽風有兩種速度，一種是比較慢的太陽風，時速大約150萬公里。另一種則是時速高達300萬公里的高速太陽風。這些太陽風無時無刻的在衝擊地球的磁場，如圖4。

高速太陽風源自極區日冕洞的底層

起初科學家不是很清楚太陽風的成因，不過在1994年時，ESA的尤里西斯號（Ulysses spacecraft）飛越了太陽的南北極，發現強烈的太陽風從日冕洞中發出。

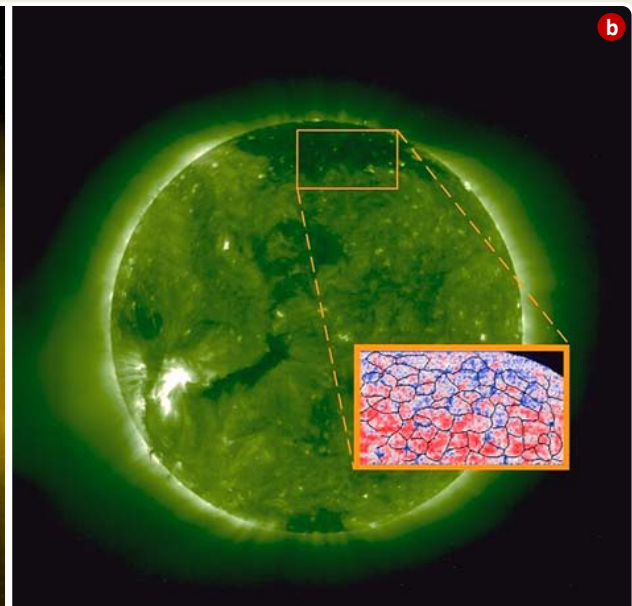
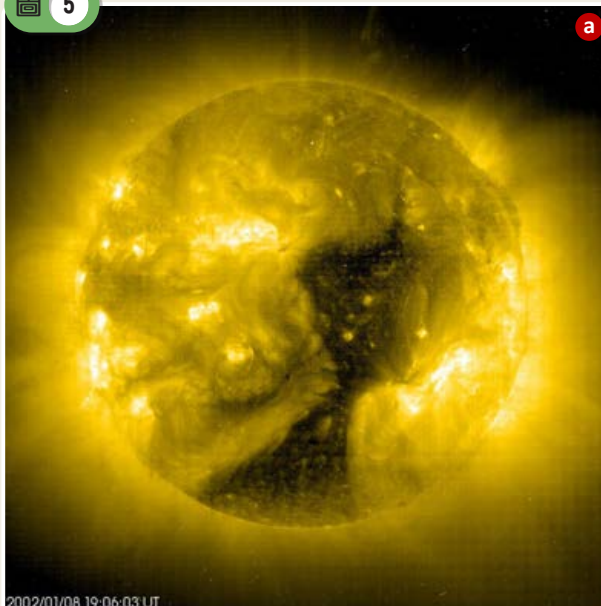
緊接著，SOHO在1998年時，發現有太陽風從太陽的蜂窩狀磁場邊緣向外流出。科學家們分析都卜勒雷達的影像後發現，那個區域正是太陽風的發源地—日冕的底層，如圖5。

圖 4



太陽風從太陽發出後，會在太空中高速的向四面八方掃出去。太陽風中的帶電粒子大多由質子、 α 粒子和電子所組成。圖片來源：NASA Goddard's Conceptual Image Lab/Greg Shirah

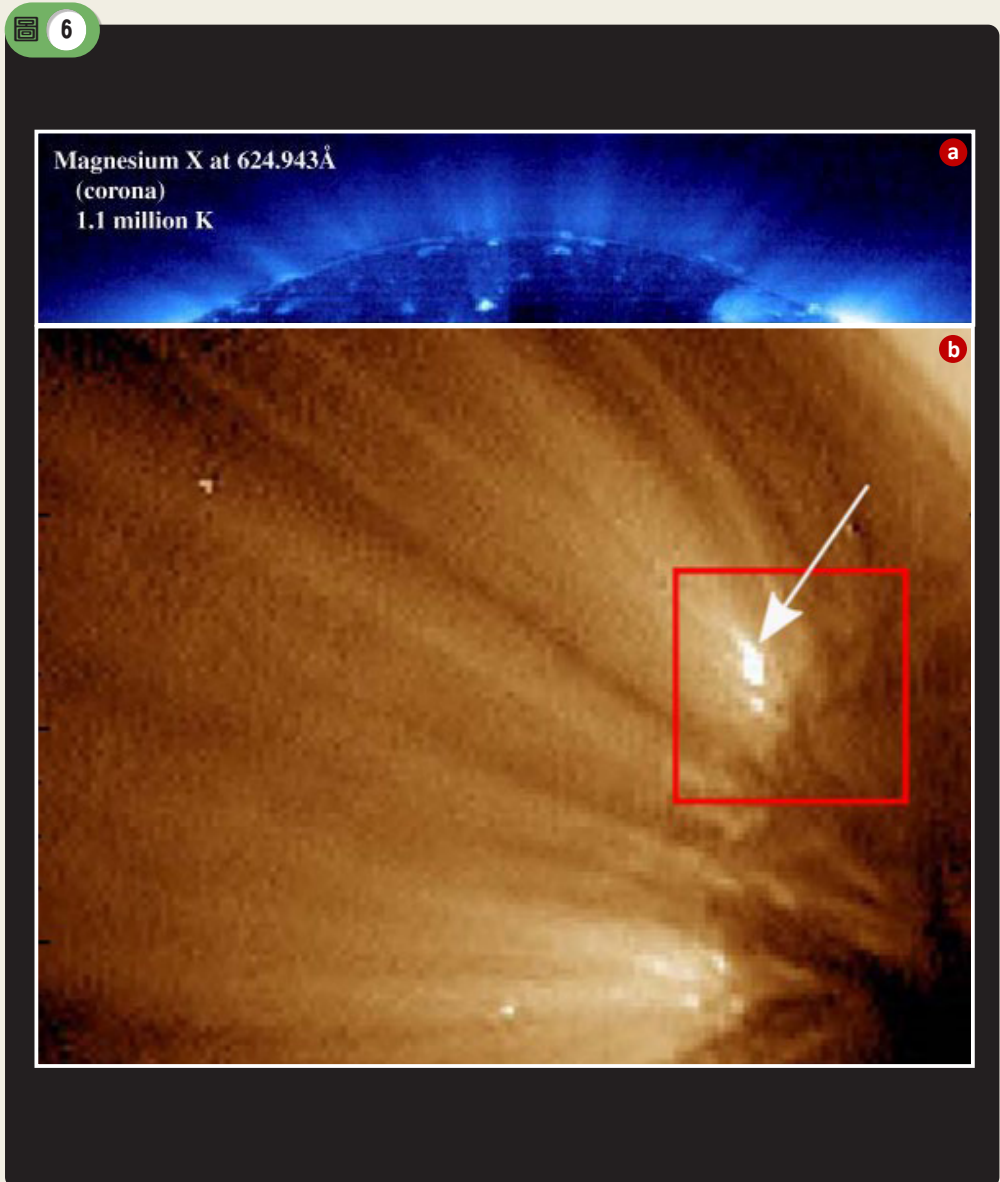
圖 5



a 紫外光波段下的日冕洞假色影像，那是科學家們最初發現太陽風發出的地方。**b** 方框是都卜勒光譜影像，紅色部分，表示太陽大氣的氣體往下沉，藍色部分，表示氣體往外衝出。藍色位置是SOHO發現的太陽風的發源地。影像來源：SOHO/ESA/NASA

而產生高速太陽風的謎題，也由SOHO找到答案。SOHO在1996年第一次發現太陽極區的羽流，是一根根像羽毛一樣的結構。原先科學家們大多認為高速的太陽風是由羽流之間的空隙所發出。但在

2003年時，科學家們分析SOHO觀測羽流的影像，發現羽流底部的色球層區域存在大量間歇性出現的小型噴流，這些小型噴流向上延伸後形成羽流結構，提供了高速太陽風的粒子來源，如圖6。



a SOHO在2003年觀測到高速太陽風由羽流尖端發出。**b** 科學家利用SDO發現羽流底部有許多小型間歇噴流，科學家們認為那可能為高速太陽風的起源。影像來源：**a** SOHO/ESA/NASA，**b** Kumar 2022 et al., NASA/SDO

帕克太陽探測器與太陽軌道載具

雖然科學家們解開了高速太陽風起源之謎，但關於太陽仍有許多問題仍然還沒找到答案。NASA與ESA再次攜手合作，由NASA派遣帕克太陽探測器（Parker Solar Probe）、ESA派遣太陽軌道載具（Solar Orbiter）前往觀測太陽，如圖7。帕克太陽探測器就像一根銳利的探針，穿過

太陽大氣層，近距離接觸進行測量。而太陽軌道載具則從距離太陽不遠處，圍繞太陽進行整體觀測。這兩架探測器的觀測任務正密集展開，也都已經取得豐碩的觀測成果，值得持續關注。

周毅桓：臺北市立天文科學教育館

7



a NASA帕克太陽探測器與**b**ESA太陽軌道載具，在觀測太陽的角度上，就像是地球上的科學家為了觀測大氣層的狀況，使用探空氣球直接進入雲層之中近距離的接觸量測，與使用氣象衛星在高空中總覽地球大氣層、雲層的操作模式相同。各自的觀測數據可以互為補充，使合併後的觀測資料更完整。圖片來源：**a** NASA/Johns Hopkins APL/ Steve Gribben，**b** ESA/ATG Medialab。



女性天文學家

為星星之間命名的天文學家—薇拉·魯賓

文／劉淑雯、黃譯平

全世界最有名的AI晶片公司輝達（NVIDIA），2026年下半年將推出下一代AI超級晶片Vera Rubin，其中GPU稱為「Rubin」，CPU則命名為「Vera」。Vera Rubin是誰？為什麼一個最先進的電腦晶片，要用一位天文學家的名字來命名？

這位被致敬的人是薇拉·魯賓（Vera Rubin）。她並不是打造電腦的人，而是一位抬頭看星空、專心研究星系的天文學家。她的發現徹底改變了人類對宇宙的想像。薇拉·魯賓讓我們知道星星之間的空隙，並不是空的；讓我們知道，看不見卻存在的力量。

M31 仙女座星系



薇拉·魯賓

早期天文學家認為星系中的恆星受到重力影響，距離核心愈遠的恆星，旋轉速率應該會愈慢。但是當薇拉·魯賓開始觀測距離我們銀河系最近的大型漩渦星系（M31仙女座星系），研究HII區域的旋轉速率時，卻發現星系邊緣HII區域的旋轉速率與靠近核心附近HII區域的旋轉速率幾乎相同，也就是星系中的物質分布與所見的完全不同，其中大部分的質量都下落不明！從此開啓了天文學上最重要的研究之一：尋找暗物質的存在。肖像來源：American Institute of Physics、底圖來源：維基百科

為紀念她的貢獻，人類史上口徑最大、最先進的地面巡天望遠鏡天文臺，也以她的名字命名，即是今年才啓用的「薇拉·魯賓天文臺（Vera C. Rubin Observatory）」。

看見星星之間黑暗的薇拉·魯賓

《The Stuff Between the Stars: How Vera Rubin Discovered Most of the Universe》這本繪本描述天文學家薇拉·魯賓的故事。1928年，她出生於美國賓州費城，從小就對太空、天文充



滿興趣。晚上，她會從房間的窗戶朝外看向星空，當父母都以為他關燈睡著了，其實她還在看著天空。她開始研究天文，自製簡易的望遠鏡，希望能看得更多更遠，如圖1。

求學時，女性在科學領域，更別說是天文領域都是不受歡迎的，但這都無法阻止她對天文求知的渴望。甚至因為是「女性」，研究所的申請也被拒絕。即便經歷結婚生子，薇拉·魯賓依舊在每個丈夫和孩子睡覺的夜晚，獨自和月亮和星星一起熬夜。最後，在丈夫的支持下，她到了喬治城大學天文學攻讀博士。

1965年，魯賓開始在卡內基研究所工作，如圖2，她除了是第一位在地磁系（Department of Terrestrial Magnetism）聘僱的女性，也是第一位獲准在帕洛瑪天文臺進行觀測的女性天文學家，如圖3。最終，她用數據和實驗證明了星星之間黑暗的存在，改寫了天文界的一頁。

圖 1



年幼時期的薇拉·魯賓與她自製的簡易天文望遠鏡。影像來源：Carnegie Science

圖 2



薇拉·魯賓於卡內基研究所測量光譜。影像來源：Carnegie Science

圖 3



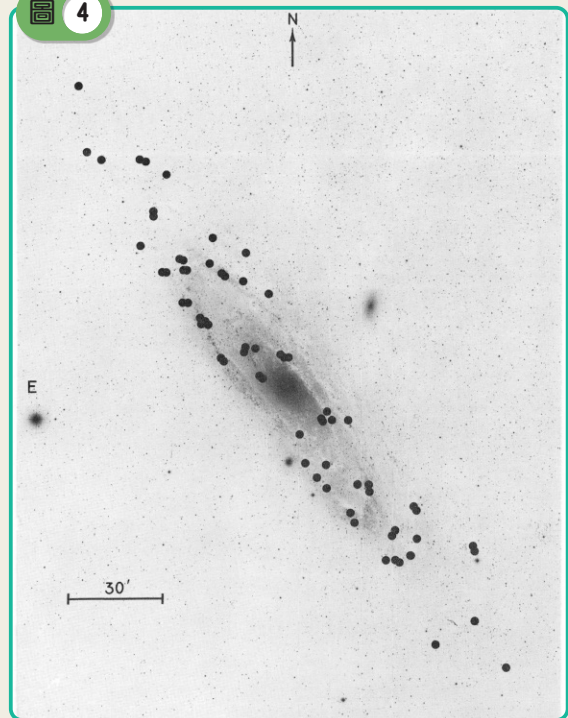
在帕洛瑪天文臺工作的薇拉·魯賓。影像來源：Carnegie Science

困境與挑戰

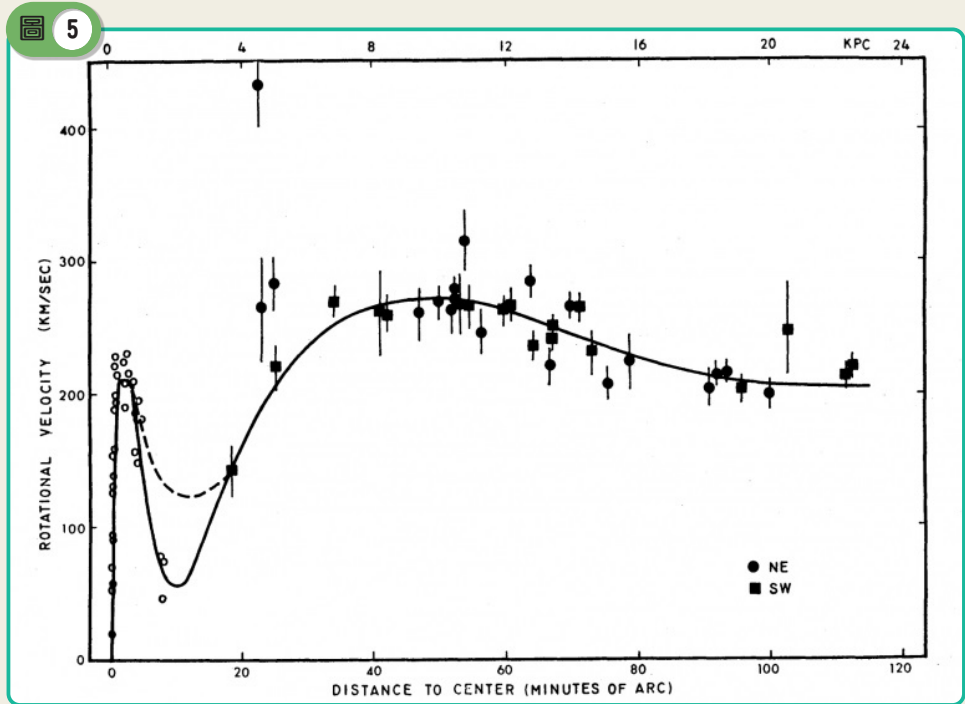
薇拉·魯賓的高中老師曾和她說：「只要妳遠離科學，妳應該會做得很好」，就是在這個對女性在科學領域充滿歧視的環境下，如果她沒有堅持，或許現在還不會有「暗物質」這個名詞出現。

魯賓的研究，也差點被掛在系主任威廉·肖（William Shaw）的名下。一次，因為魯賓懷孕已經接近預產期，而年度的天文學會又將至，系主任認為魯賓不可能親自出席，因此向她提出了有條件的發表，將研究以系主任的名字在會議上發表。魯賓當然不接受，挺著肚子也要上臺自己展示成果，如圖4～圖5，而隔天《華盛頓郵報》的標題卻是〈Young Mother Finds Center of Creation〉（年輕母親揭開了創造的中心），有意的突顯他身為「母親」而非「天文學家」的身份。

圖 4



薇拉·魯賓觀測M31仙女座星系中，由星系邊緣至核心附近的HII 區域光譜，運用都卜勒效應算出這些區域繞星系旋轉的速率。圖片來源：astrobites.org



計算結果發現星系中 HII 區域的旋轉速率與天文學家認為，距離中心愈遠速率會明顯變慢的情況相差甚遠，顯示星系中隱藏許多看不見卻擁有質量的物質，從此開啓了尋找宇宙中暗物質的重要研究。圖片來源：astrobit.es

共讀故事時的提問思考

透過這本書，你會認識一位傑出的天文學家、一位堅韌有毅力的科學家、和一位勇於突破困境、看見宇宙黑暗的女性。她除了留下了重要的科學篇章，也留給我們可以反思的問題。

心理韌性與數據成果同等重要

薇拉·魯賓的研究數據與成果固然重要，是作為科學家最重要且不可替代的基礎，但若沒有她面對質疑仍願意站上舞臺的勇氣，這些成果可能會有意识地被取代，甚至永遠不會被看見。一位科學家的成功，會做實驗只是基本，還需要能承受壓力、堅持到底、相信自己的心理韌性。

站在星空與家庭中間

薇拉·魯賓是一位有四個孩子的媽媽，她也曾經是全職母親，但這也未澆熄對天文的熱情。當社會認為女性的重心應該放在家庭時，她卻選擇同時擁抱母職與研究，故事中也呈現了她在帶小孩去公園玩的同時，一邊在長椅上繼續思考著研究。這讓我們思考，為什麼女性就必須要在這兩者之間選擇？未來的我們能不能創造一個更公平的環境？

科學不是所有問題都有答案，也不是現在的答案就一定正確。薇拉·魯賓用數據告訴我們，原本以為正在研究的天文，其實只是其中10%，剩下更多的是80%看不見的暗物質。分享三個延伸思考問題，在閱讀後討論與反思。

- ①如果你是薇拉·魯賓，在面對故事中的困難時，你有勇氣和她做一樣的決定嗎？你會怎麼做？
- ②為什麼薇拉·魯賓的故事讓我們明白「看不見的東西」也可能很重要？
- ③如果你要介紹魯賓給朋友，你會如何形容她？

結語：能不能看見別人看不見的

薇拉·魯賓的發現讓我們知道宇宙不是空空的黑夜，而是藏著無數秘密。她的故事告訴我們「不被看見的努力，也能照亮人類對宇宙的理解」。

暗物質至今仍是天文界未解之謎，針對它的定義和究竟是什麼，目前所知甚少，這或許就是科學迷人之處，你是否能在黑暗中看到別人看不見的，在看似空白的地方發現新的可能。

1990年《發現》雜誌在對薇拉·魯賓的採訪中提到：「名聲轉瞬即逝，而我的數據比我的名字更有意義。如果多年以後天文學家仍在使用我的數

據，那將是我最大的讚美。」即便人們為他沒獲得諾貝爾獎而惋惜，但就像她所說，名字或許會被遺忘，但真實的發現將永遠留在後人仰望的星空裡。

劉淑雯：臺北市立大學 退休教授 黃譯平：用繪本談SDGs，與國際教育接軌一書作者

圖 6



今年才啓用的薇拉·魯賓天文臺，是目前全球望遠鏡口徑最大，所搭載的數位相機像素最高，觀測性能最強的地面大型望遠鏡天文臺。圖片來源：Vera C. Rubin Observatory

圖 7



薇拉·魯賓天文臺啓用後所拍攝的第1張影像，顯示分布在三裂星雲與礁湖星雲附近氣體塵埃的構造與細節。圖片來源：Vera C. Rubin Observatory



月食高動態範圍影像拍攝與處理

你有去追2025年9月8日月全食並拍攝嗎？作者整備多組器材希望能夠好好的記錄整個月食，無奈當天天氣狀況欠佳，奔波多處最後還是被雲追上，進入全食階段前月球就被厚厚的雲層遮蔽，之後月球再也沒露臉，最後還飄起雨來，僅記錄到月全食前部分階段，如下圖。

文／吳昆臻



作者拍攝的2025年9月8日月全食過程，為了找較無雲地點拍攝而錯過半影月食始至初虧階段，好不容易架好儀器拍攝，天上雲又變多，只有拍攝至月全食前的階段。

月食發生過程在雲來雲去間，作者有把握月球露臉時機拍攝了幾組影像，後續透過影像處理合併成高

動態範圍影像，如圖1，能同時呈現地影在月面上亮暗情況，本期就來介紹月食高動態範圍影像拍攝與處理。

圖 1



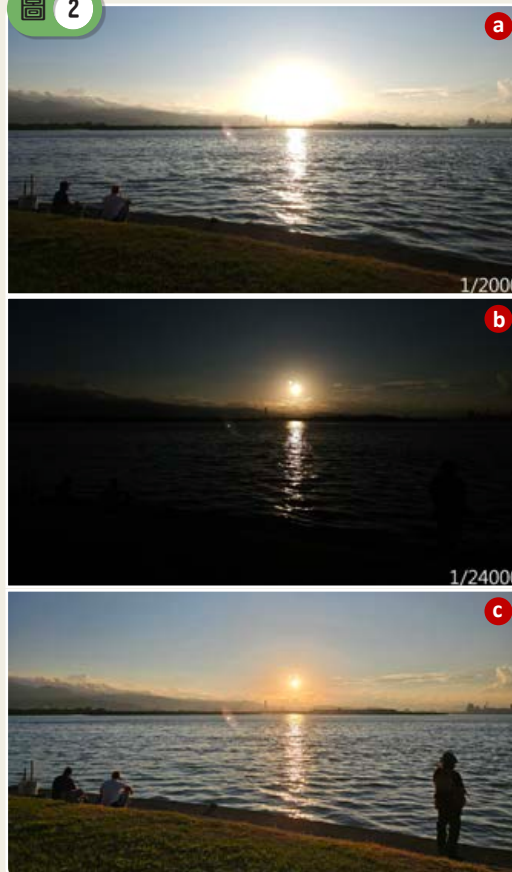
合併快門1/4000秒至1秒間13幅影像，組成月食過程HDR高動態範圍影像，影像中呈現月面最亮至最暗所有區域以及色調情況，另外還有周邊亮星與薄雲。

高動態範圍影像

相較於人眼能辨識相同場景最亮到最暗範圍的動態範圍，一般相機單幅影像能涵蓋的動態範圍要窄很多，為使相機攝得影像接近人眼動態範圍情況，相機可對相同場景拍攝多幅不同程度曝光影像，並透過數位處理將影像合併，使影像呈現比傳統單幅曝光影像更廣的動態範圍，即為高動態範圍影像（HDR，High Dynamic Range Image）。

HDR高動態範圍影像早已廣泛的應用拍攝日常生活影像，市面照相手機都有配置HDR功能，當拍攝場景明亮落差大或逆光，相機會自動啟動HDR功能，使拍攝影像接近現場人眼所見情況，如圖2。

圖 2



影像動態範圍比較：

a 是對取景前方草皮測光拍攝，太陽及周邊區域因亮度更亮而呈現整片曝光過度情況。

b 以較高速快門拍攝，使太陽周邊區域不致過曝，前景則因曝光不足變為一整片漆黑。

c 為手機拍攝情況，影像中太陽周邊區域及前景皆能不曝光過度正常呈現，主要是手機在影像存取過程有進行HDR處理，使影像動態範圍更廣。

月食高動態範圍影像拍攝

月偏食過程中，月面亮度差異極大，若對未進入地球本影區域設定拍攝，本影區內的月球會呈現曝光不足不可見，但若將曝光時間拉長，本影中的月面將可見，但未進入地球本影區域月面則會曝光過度，以傳統方式單一曝光值拍攝是無法呈現整個月球樣貌，如圖3。在數位時代，我們可以拍攝多幅不同程度曝光影像並使用軟體進行HDR高動態範圍處理，就能將月面最亮到最暗區域同時呈現於單幅影像中，如前頁的圖1。

要獲得月球HDR高動態範圍影像，要在相同時間對月球進行不同程度曝光拍攝，拍攝步驟如下：

月偏食過程不同曝光值影像：
圖中第一行影像使用較短曝光時間，可見未進入地球本影區域曝光較恰當、不曝光過度，第二行隨著曝光時間增加地球影邊緣漸趨明顯，未進入地球本影區域轉趨曝光過度，下半段影像使用快門更慢，地球影中區域漸趨明顯。



開始 開啓RAW格式存取

RAW格式能儲存及保有影像最完整資訊，後續在做HDR高動態範圍影像處理時也能確保較多影像細節，存取RAW格式對影像後製及處理是最基本必要的。

步驟 1 確認曝光範圍

選擇適當ISO值後，設定不同快門對月面不同區域進行拍攝，在確定最亮及最暗曝光數值後，即可依數值差異情況決定曝光組合。

步驟 2 適當曝光間距

曝光間距的大小會影響HDR高動態範圍影像中亮度過渡的平滑程度，若間距過大，容易出現明暗斷層；反之，間距越小，HDR影像的亮度變化會越平滑自然。不過在實務上不建議使用過小的間距，因為要完整涵蓋月球從最亮到最暗的亮度範圍，間距越小所需拍攝的影像數量就越多，後製合併也相對費工。作者實際拍攝時，多以1EV（曝光值）為間隔進行拍攝。

步驟 3 拍攝影像

製作HDR高動態範圍影像取景必須一致，故在調整快門時要儘量保持取景不動，除設定快門時動作要輕柔外，亦可利用相機包圍曝光功能，一次設定曝光值後拍攝多幅不同曝光值影像，以減少影像位移機會。

以圖3為例，月球最亮區域使用快門為1/1000秒、最暗區域快門為2秒，拍攝時以間隔1個EV（曝光值）為間距進行拍攝；實務上隨著月食過程演進，需適時調整曝光區間拍攝。

HDR高動態範圍影像合併

要合併HDR高動態範圍影像需透過具備HDR功能或及專用影像軟體合成，不同軟體在影像合併處理、亮度轉換及細節調整各略有不同效果，多數軟體都須付費使用，以下以Adobe Photoshop示範：

開始 影像輸出與對齊

將影像Raw格式轉換輸出成16位元Tiff檔格式，以保留最多影像細節。另得確認各影像是否有對齊，多數HDR軟體雖都有提供影像對齊功能，但有時影像合併結果以放大檢視仍會有沒對齊狀況，此時需以手動方式逐一將全部影像對齊，如圖4。

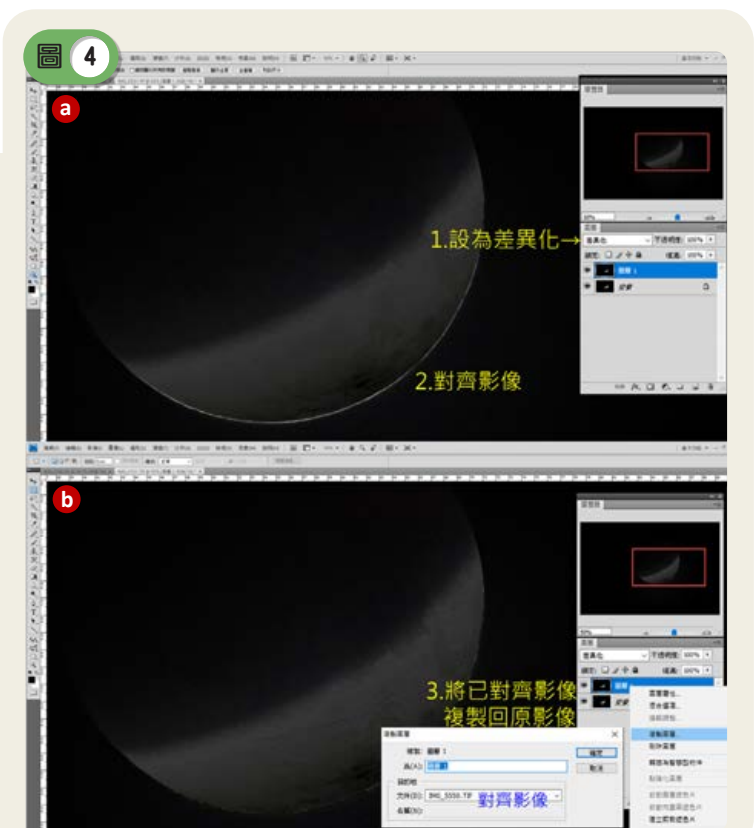
影像對齊：

a 將對齊影像複製並貼上至基準影像，此時基準影像圖層中會新增圖層1（對齊影像），將圖層1的圖層模式設為差異化，二影像間差異區域會以白色顯示；使用鍵盤方向鍵移動圖層1位置，將白色區域減至最少。

b 完成對齊後再將圖層1複製回原影像。

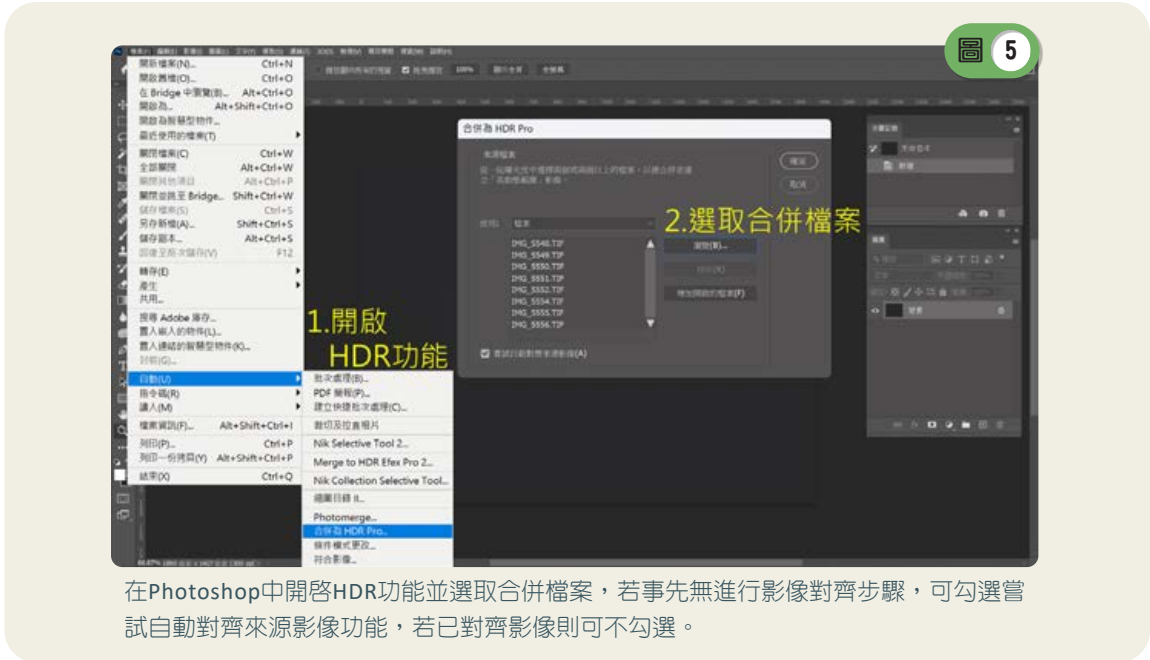
於基準影像圖層1按右鍵選複製圖層，將已對齊影像複製回對齊影像，在對齊影像中將圖層1（已對齊影像）的圖層模式設為正常，接著合併圖層（Ctrl+E）並儲存影像，完成影像對齊。將已對齊影像覆蓋於原影像儲存作法，主要目的是要保留影像EXIF資訊，以利後續進行HDR處理時讓軟體抓到影像曝光資訊。

各影像間因曝光差異很大，在對齊時應選擇曝光差異接近影像對齊，以免因影像亮度差異過大致抓不準邊界對齊。



步驟 1 開啟HDR功能、選取合併檔案

在Photoshop中於**檔案>自動>合併為HDR Pro...**開啟HDR功能，選擇欲合併檔案後，按下確定按鈕即開始執行合併影像處理，如圖5。



在Photoshop中開啟HDR功能並選取合併檔案，若事先無進行影像對齊步驟，可勾選嘗試自動對齊來源影像功能，若已對齊影像則可不勾選。

步驟 2 確認合併檔案

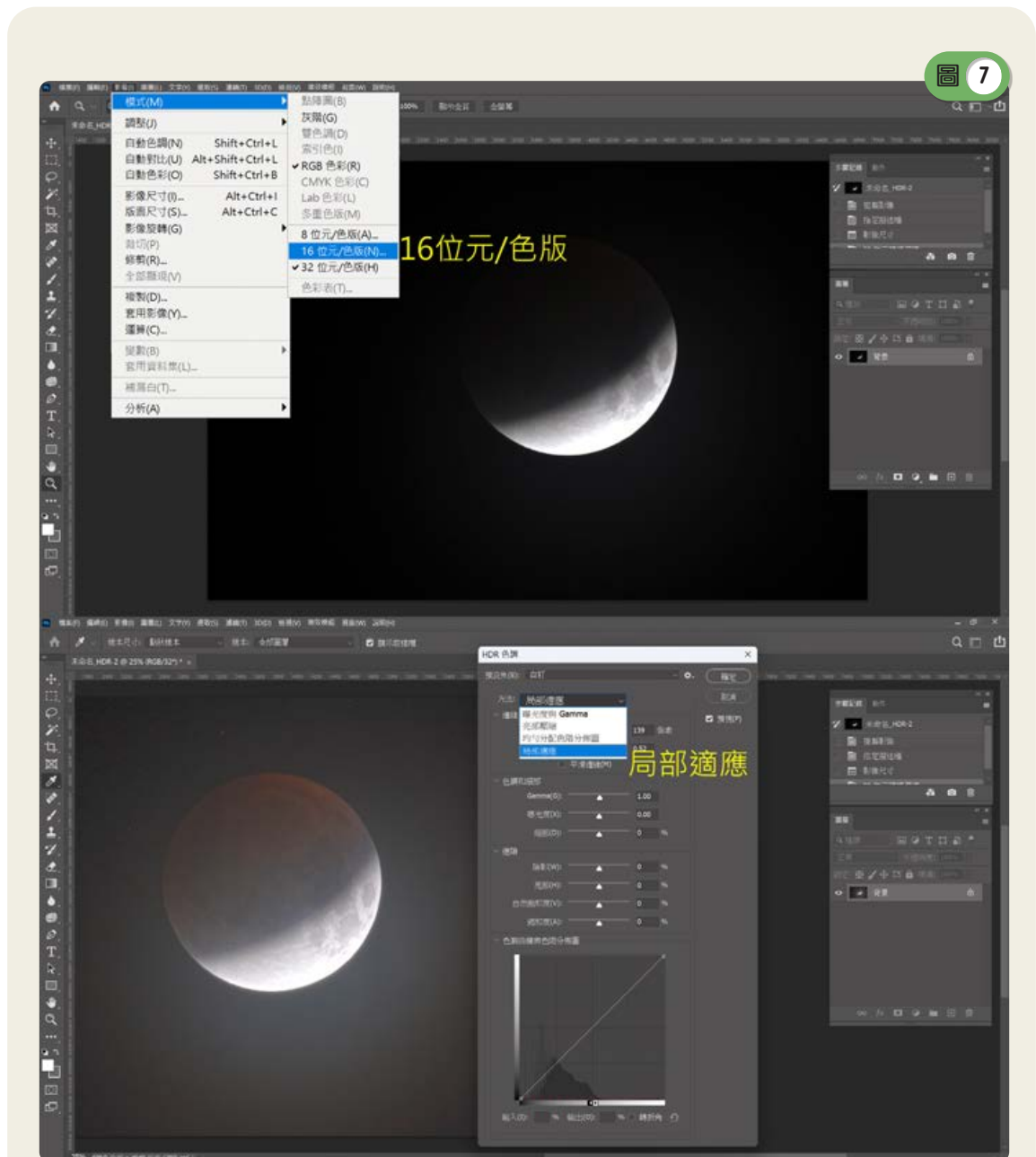
如圖6，畫面上方顯示合併完成預覽圖，畫面下方則會顯示全部影像及曝光值排序，在這邊要先確認影像曝光值間距及排序是否正確（軟體會抓取影像EXIF資訊並做排序，若有排序不正確需另做確認，必要時得更改EXIF資訊），取消勾選過亮過暗及未對齊影像，最後將畫面右上角最亮點預設位置設定調至最右側，按下確定按鈕進行最終影像合併。



確認合併影像：從預覽影像可大致得知合併影像情況，若影像沒完全對齊會有殘影情況，曝光值間距或順序不對預覽影像也會有不自然情況，可分別取消勾選影像，選取找出造成問題影像。

步驟 3 HDR影像轉換

到這邊我們已完成HDR合併影像，但因影像為32位元影像，亮度分布超過一般螢幕顯示範圍，看起來會有亮部過亮及暗部過暗情況，為使影像符合正常檢視情況，得再進行色調映射（Tone Mapping）動作，將影像從32位元轉換成16位元影像，轉換設定於**影像>模式**從原**32位元/色版**設為**16位元/色版**，此時會跳出HDR視窗，方法選擇**局部適應**並適當調整相關參數，如圖7。



HDR影像轉換：

影像轉換過程要選擇局部適應以符合亮暗顯示正常需求，同一視窗有一些參數可以調整影像情況，調整參數除邊緣調整外，其他後續都可於Photoshop中調整，範例中作者就未特別做參數調整，直接按下確定按鈕轉換影像。

步驟 4 影像調整

將影像做最終細部調整，可於**影像>調整**中調整，範例影像中使用**色階**及**曲線**將影像背景底色調暗及微調不同區域亮度情況，另於**陰影/亮部**中調整亮部數值使最亮區域亮度略降低，減少曝光過度區域，完成處理之影像如圖8。

使用Photoshop合併之高動態範圍影像：

本影像以圖3其中8幅間隔1EV影像進行HDR合併，影像中同時呈現月面最亮到最暗各區情況，在紅色調地球本影區域邊緣還有藍色調區域，俗稱藍帶，其光線來源與地球高層大氣層中臭氧有關。



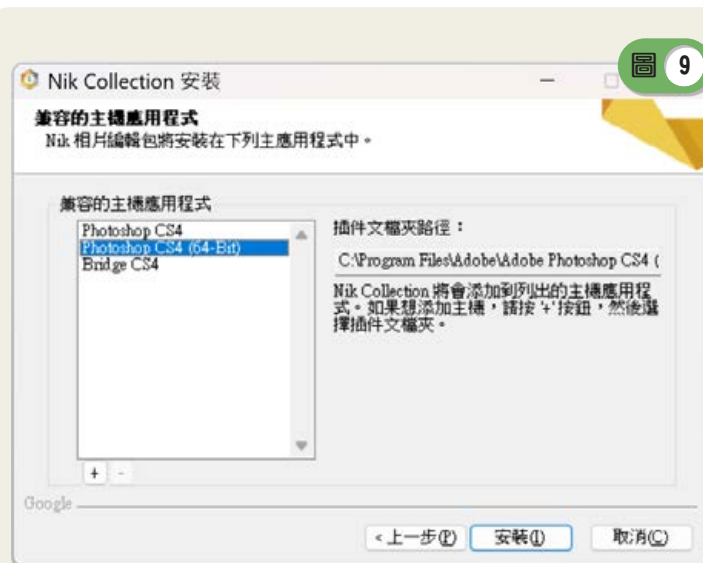
好用的HDR影像處理工具推薦－Nik Collection濾鏡

DxO出品的**Nik Collection**濾鏡（需付費）是一款執行於Photoshop及Lightroom的外掛濾鏡，其中HDR Efex Pro 2有能執行HDR影像處理功能，效果及可調參數較Photoshop內建HDR功能更完備，其前身**Google Nik Collection**早期有釋出免費版本，用於處理月食HDR高動態範圍影像也有不錯成效。

開始 安裝Nik Collection濾鏡

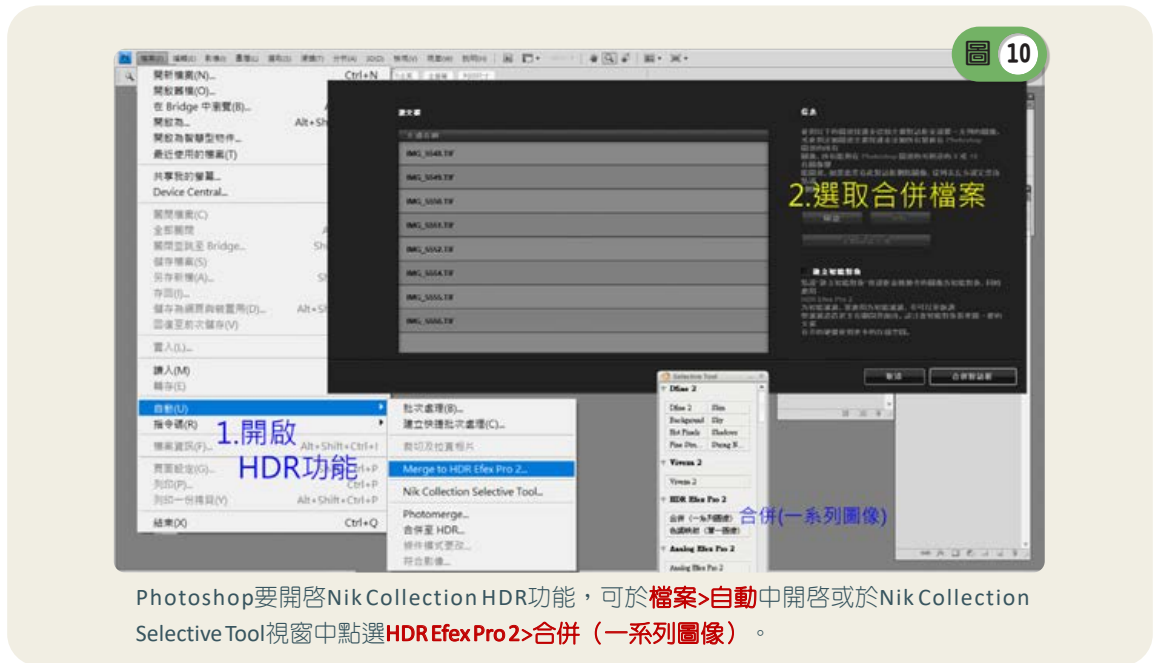
Nik Collection濾鏡需於Photoshop或Lightroom影像軟體中運作，安裝Nik Collection濾鏡過程若軟體無法對應到電腦的Photoshop或Lightroom，需以手動方式指定影像軟體Plug-ins檔案夾位置，如圖9，完成安裝後Photoshop可於**檔案>自動**中找到**Merge to HDR Efex Pro 2...**及**Nik Collection Selective Tool...**（工具視窗）選項。

Nik Collection安裝過程需將Photoshop或Lightroom的Plug-ins資料夾加入清單，才能在影像軟體中啟用Nik Collection濾鏡功能。



步驟 1 選擇合併檔案

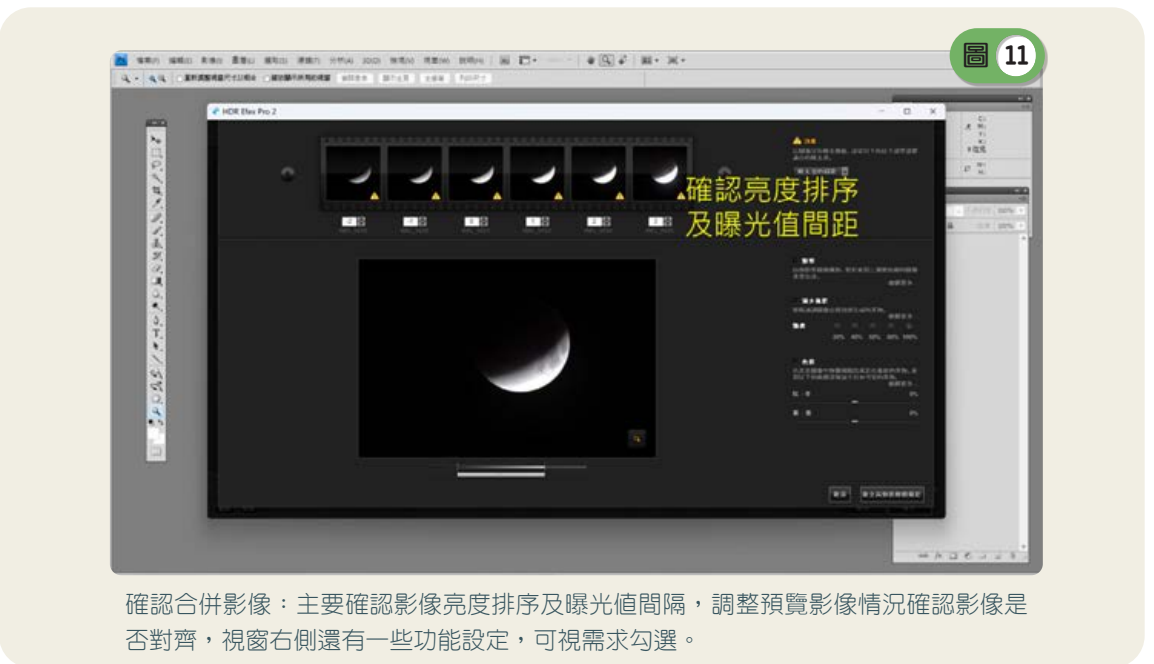
在Photoshop中於**檔案>自動>Merge to HDR Efex Pro 2...**開啟HDR功能，並於視窗中選取合併檔案（建議事先對齊影像），完成後按下合併對話框按鈕，即開始合併影像，如圖10。



Photoshop要開啟Nik Collection HDR功能，可於**檔案>自動**中開啟或於Nik Collection Selective Tool視窗中點選**HDR Efex Pro 2>合併（一系列圖像）**。

步驟 2 合併檔案確認

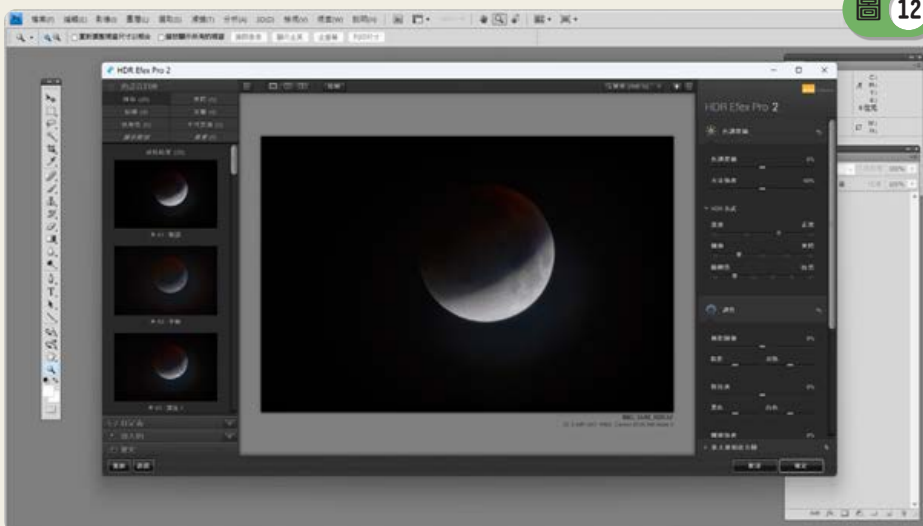
如圖11，在畫面下方顯示了合併預覽圖，畫面上則顯示全部影像及曝光值排序，與Photoshop內建HDR步驟一樣，要確認影像曝光值間距及排序是否正確及影像對齊，必要時也能取消勾選有問題影像，較大不同的是HDR Efex Pro 2能以手動方式輸入設定各影像曝光值，完成設定後按下建立高動態範圍攝影按鈕執行合併影像。



確認合併影像：主要確認影像亮度排序及曝光值間隔，調整預覽影像情況確認影像是否對齊，視窗右側還有一些功能設定，可視需求勾選。

步驟 3 HDR影像調整

完成合併影像後，會直接進入影像調整視窗，如圖12，在視窗右側有些調整選項，色調壓縮中可調整影像不同程度HDR情況及影像細節強化，在調性中可調整影像整體及特定區域亮度對比、細節、銳化強度，可依影像情況及個人喜好進行調整，完成後按下確定按鈕即完成影像HDR合併及影像調整，完成處理之影像，如圖13。



HDR影像調整：影像調整有多項參數可以調整，若是處理多組影像，還可於左側自定義中儲存設定參數，後續套用於其他影像。



使用Nik HDR Efex合併及處理之月食HDR影像：與Photoshop合併HDR影像相比，Nik HDR Efex在暗部表現較為優秀，影像細節及光線色彩層次也較討喜。

圖 14



食既前HDR影像：由12幅快門介於1/500秒至4秒影像合併之高動態範圍影像，拍攝時機為進入月全食前5分鐘，此時月球僅剩影像右下角較明亮區域尚未進入本影區域，進入地球本影月面呈現明顯的紅色調，亮度也暗許多，需要更長時間曝光才能呈現，長時間曝光也使月球周邊更多星星入鏡露臉，放大檢視月球右下方邊緣，還可見到先前被月球遮掩，剛復出的恆星寶瓶座81。

本篇介紹月食過程HDR影像拍攝及處理方式，下次進行月偏食拍攝時，不妨進一步用不同曝光參數拍攝月球亮暗不同區域情況，後續進一步合併成HDR影像，相信能對月食有更多更全面的拍攝記錄。臺灣地區在明年2026年3月3日傍晚又將再度可見到月全食奇景，很快就能讓大家大顯身手。

〈EASY拍星空〉將繼續分享拍下美麗的星空的訣竅，敬請期待。

吳昆臻：臺北市立天文科學教育館



粉絲專頁：Kenboo 愛看星星的昆布

<https://www.facebook.com/AstroKenboo/>



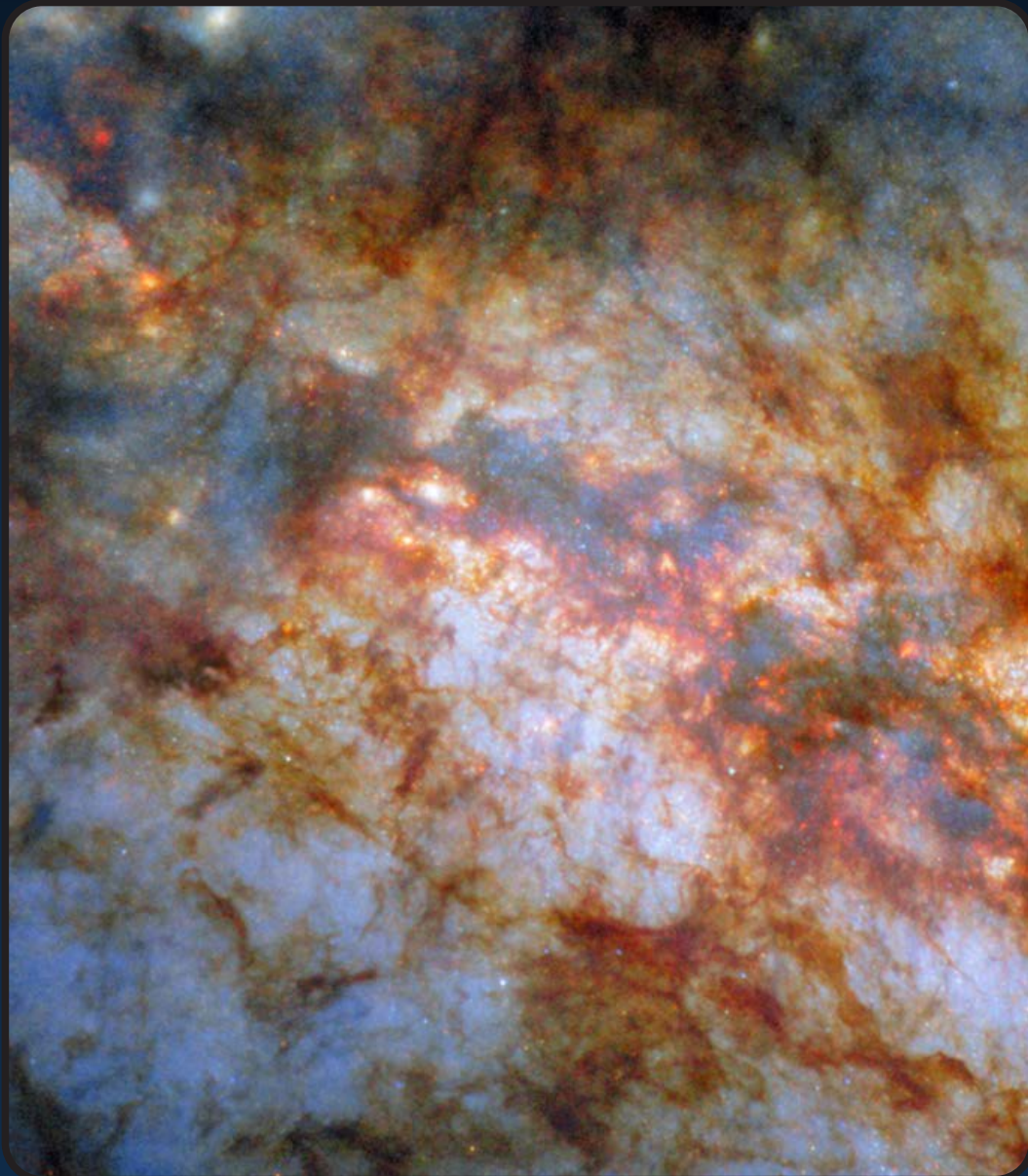
炙熱的星系之心—M82雪茄星系的新觀點

一個僅僅只有滿月百分之二的微小視野，卻蘊藏著星系核心區域的數十億顆恆星！這裡是位於大熊座北斗七星尾端、距離地球1,200萬光年的雪茄星系（M82）的核心區域——同時也是該星系中恆星誕生活動最劇烈的地方之一。天文學家發現，雪茄星系擁有銀河系十倍的恆星誕生速率，被歸類為所謂的「星暴星系」（starburst galaxy）。從外觀上看，也會清楚發現有明顯的紅色星雲從核心區域蔓延而出，長期以來是天文學家與業餘天文愛好者關注的目標。

這張哈伯太空望遠鏡所拍攝的影像中，星系中心充滿著塵埃與氣體，呈現出複雜的結構與層次，連帶使得星系的真正核心位置變得模糊不清。其中含有由數十萬顆新誕生恆星組成的「超級星團」，每一顆都比銀河系中常見的球狀星團更為龐大與明亮，也是研究星團演化的重要對象。

值得一提的是，這張重新處理的影像來自於哈伯「先進巡天照相機」（ACS）中負責高解析力、窄視野觀測的「高解析通道」（HRC）所留下的歷史影像資料。HRC能完全發揮哈伯望遠鏡的超高光學解析力，每個畫素對應的角解析度甚至僅0.025角秒！HRC作為ACS的附屬相機，在2002年的維修任務（SM 3B）中隨哥倫比亞號太空梭一起發射並安裝啟用，卻僅僅運作了5年，便因為電子故障而在2007年停用，在2009年的最後一次維修任務（SM 4）中也無法將其修復，這也使得這些珍貴的觀測資料顯得特別珍貴。

網址：<https://esahubble.org/images/potw2537a/>



來源：ESA/Hubble & NASA, W. D. Vacca

美星映象館

Astronomical photo gallery

責任編輯／吳昆臻

2025 月全食與藍帶 林聖翰



- ◀ 時間：2025/09/08
地點：高雄市
儀器：GSO RC8"望遠鏡、
Canon EOS 5D Mark IV
相機、iOptron GEM45
赤道儀
參數：3幅不同曝光影像HDR
合成
半影區: ISO1000、單
幅曝光1秒，控制過曝
本影區與藍帶過渡區:
ISO8000、單幅曝光1
秒
本影中心:ISO8000、
單幅曝光8秒，提高亮
度及細節
後製：Adobe Photoshop
說明：今年的月全食在臺灣
雖然全程月球都在地
平面上，但多數時間
都被雲層遮蔽。出人
意料地，在食既前出
現短暫晴空，得以拍
攝月面細節與光影層
次。提升飽和度後，
可見本影與半影過渡
區出現淡淡的藍紫色
帶狀區域，成為這次
觀測的難得記錄。

月全食特寫組圖 王彥翔



▲ 時間：2025/09/08 01:28~05:00 (UTC+9)

地點：日本山梨縣

儀器：Tamron SP 150-600mm F5-6.3 Di VC USD (A011)鏡頭@600mm、Nikon D7500相機、iOptron SkyGuider Pro星野赤道儀

參數：ISO125~8000、光圈F6.3、快門1/1250秒~1秒

後製：NX Studio、PowerPoint

說明：此次月全食遇上富士山周圍難得的好天氣，得以順利記錄下本影食全部過程。不過當初為了節省行李重量，改以市售瓶裝礦泉水代替星野赤道儀重錘，似乎因此造成拍攝時架台穩定度降低，產生些微晃動。組圖挑選間隔約10分鐘之個別影像，影像經NX Studio修飾與轉檔，再以PowerPoint組合。

2025 月全食 陳宜婷



▲ 時間：2025/09/08 00:16~02:57

地點：臺南市新營區

儀器：Sony FE 100-400mm f/4.5-5.6 GM OSS鏡頭@400mm、Sony α 7R III相機、iOptron GEM45赤道儀
(自由追蹤)

參數：ISO3200、光圈F5.6、快門1秒~1/1250秒

說明：今年難得遇上一場全程可見的月全食，本來盤算了好幾個拍攝地點，但因天候不佳，最後還是選擇在離家不到200公尺的國小操場就近觀測。雖然生光到復圓的過程終究被雲雨遮蔽，但能在雲層縫隙間完成初虧到生光的記錄，已覺得相當幸運。

▶ 時間：2025/09/08 01:30

地點：高雄市左營區

儀器：Canon RF 24-240mm f/4-6.3 IS鏡頭@240mm、
Canon EOS R6 Mark II相機

參數：ISO2500、光圈F6.3、單幅曝光1/5秒、1秒、
2.5秒，3幅HDR處理

說明：這次月全食天候狀況不佳，許多攝影計畫都
無法施行，索性就配合天候，等待紅月從雲
縫中露臉時，記錄下這張雲中的紅月。

雲中的紅月 歐震



藍帶月食 林東宏



◀ 時間：2025/09/08

地點：臺南市安平區

儀器：高橋FSQ-106望遠鏡、1.6X加倍鏡、Canon
EOS 60Da相機、WarpAstron WARPDRIVE
WD-17赤道儀

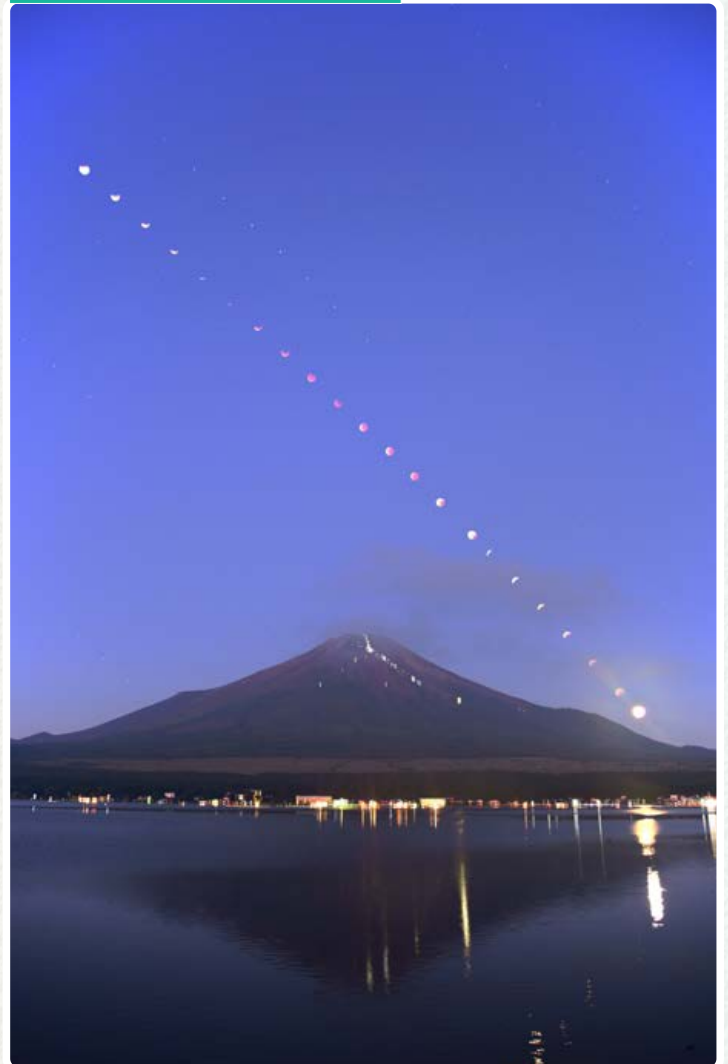
參數：ISO400、單幅曝光1/160秒、1/250秒、1/20
秒，3幅HDR合成

後製：Adobe Lightroom Classic

說明：期盼的月全食居然在食既前白雲密布、隨後
飄雨，所幸之前有在雲縫中搶拍幾張藍帶月
食以作紀念。

血月富士 王彥翔

▶ 時間：2025/09/08 01:32~04:59 (UTC+9)
地點：日本山梨縣
儀器：Sigma 17-50mm F2.8 EX DC OS HSM鏡頭
@17mm、Nikon D7100相機
參數：ISO640~3200、光圈F2.8~F5.0、快門1/3200
秒~5秒
後製：NX Studio、Startrails、Photoshop CS6 Portable
說明：利用網路資料推算月球移動方向並回推，
正好在山中湖得以拍攝月全食與富士山同
框的畫面，找好地點後便使用固定攝影法
進行拍攝。後續處理挑選間隔約10分鐘之
個別影像，經NX Studio修飾與轉檔後，再
以Startrails疊合，最後再以Photoshop CS6
Portable做亮度及對比修正。



下弦月 楊順嘉



◀ 時間：2025/08/17
地點：南投縣仁愛鄉合歡山鳶峰
儀器：Celestron EdgeHD 8"望遠鏡、GSO X2 2"增
距鏡、ZWO ADC大氣色散修正鏡、ZWO
AM5N赤道儀、SVBONY SV705C行星相機、
SVBONY UVIR Cut 2"濾鏡
說明：這是一張28幅馬賽克，由SharpCap Lunar
Mosaic Planner自動拍攝完成。比起過去手動
控制，需一邊查看已拍攝資料並比對實時畫
面是否對齊，自動拍攝不僅解放雙手，也更
有效率且精確。

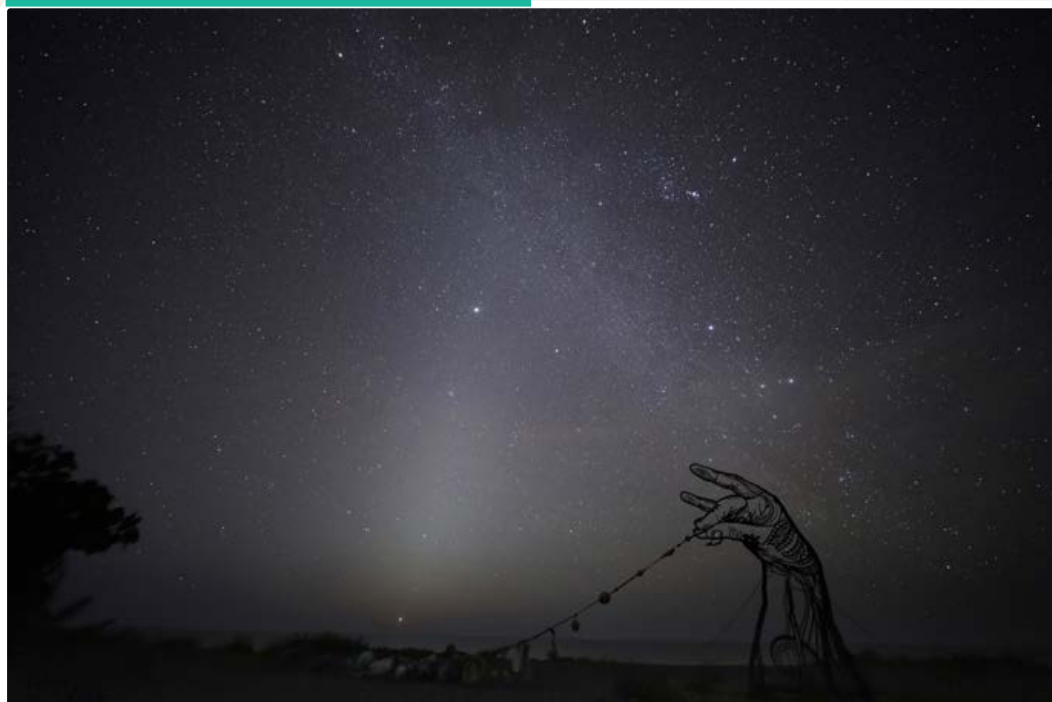
C/2025 A6 (Lemmon) 彗星 施勇旭

- ▶ 時間：2025/09/29、09/30、10/02
地點：南投縣仁愛鄉清境觀星園
(遠端遙控)
儀器：APM LZOS 130/F6望遠鏡、
ZWO EAF電調系統、ZWO
ASI 2600MM Pro冷卻相機、
ZWO FEW 7×2"濾鏡盤(宇
隆LRGBHSO兩吋)、iOptron
CEM120赤道儀、APM
60/250mm導星鏡、ZWO CAA
旋轉器、ZWO ASI 290MM
MINI導星相機、Nighttime
Imaging 'N' Astronomy
(N.I.N.A) 拍攝軟體
參數：冷卻至-10° C、單幅曝光120
秒、Bin2，40幅疊合，總曝光
80分鐘
後製：PixInsight 1.9.3
說明：C/2025 A6 (Lemmon) 是一
顆於2025年發現的非週期彗
星。要拍攝這顆彗星仰角高
度非常友善，且天氣良好，
於9月底至10月初順利完成一
連串觀測紀錄。目前彗尾已
經伸展至將近12度長。



秋分後的黃道光 游惠麟

- ▶時間：2025/9/28 04:09～04:12
地點：臺東縣達仁鄉南田村
儀器：LAOWA 12mm F2.8 D-Dreamer鏡頭、Canon EOS R相機
參數：ISO10000、光圈F2.8、單幅曝光15秒，10幅疊合
後製：Sequator、Adobe Photoshop
說明：秋分前後是觀察黃道光的最佳時機。在樺加沙颱風過後，難得遇上好天氣，半夜驅車前往臺東南田，捕捉黃道光與冬季銀河交會於海廢之手上空。於連續拍攝過程中，挑選其中10張照片，使用Sequator程式疊圖後，再以Photoshop修圖，以呈現如X字形的秋季限定天文景象。



黃道光中的木金雙星 王文正



- ◀時間：2025/08/23 04:26:01
地點：南投縣仁愛鄉合歡山鸞峰
儀器：HD PENTAX-DA FISH-EYE 10-17mm F3.5-4.5 ED [IF]鏡頭@17mm、Pentax K1 II相機
參數：ISO6400、光圈F5、單幅曝光50秒、STC StarMist 1 Clip filter內置濾鏡
說明：使用STC星柔內置濾鏡，拍攝日出前黃道光與冬季星空以及木金雙星（畫面左下角最亮的星是金星、位於金星右上角的亮星是木星）。

月亮與昴宿在月華中相遇

李美英

- ▶ 時間：2025/8/16 23:48
地點：臺北市
儀器：Sigma 60-600mm F4.5-6.3 S DG OS HSM Sports鏡頭@348mm、Canon EOS R7相機
參數：ISO25600、光圈F6.3、快門1/20秒，相機採HDR模式拍攝
當天風超大，為了同時曝出昴宿、月華及月面，採短曝光、拉高ISO至25600拍攝
後製：以FastStone Image Viewer微調亮度、飽和度及對比
說明：月掩昴宿的天文盛會，月華天象卻華麗登場，到底誰是贏家？8月16日深夜，月亮在多雲中升起，昴宿星團也剛從月亮暗部出來，沒想到本來令人心煩的雲朵直接化身為美麗的月華一起來湊熱鬧，這個月華顏色實在太銷魂，硬是把主角給比了下去！



大麥哲倫星系 - 兩幅馬賽克 (H α L+H α RGB)

王派鎡、施勇旭

- ▶ 時間：2025/09/29、09/30、10/02
地點：澳洲，882 Timor Rd, Coonabarabran NSW 2357
儀器：William Optic MiniCat 51 178mm/F3.5望遠鏡（雙鏡拍攝）、ZWO AM5赤道儀、ZWO EAF電動調焦系統、ZWO 2600MC Pro彩色冷卻相機、ZWO 2600MM Pro冷卻相機（拍L與H α ）、ZWO 30/120mm導星鏡、ZWO CAA旋轉器、ZWO ASI290MM Mini導星相機
參數：冷卻至-10°C、RGB 46張×2幅300秒、L 10張×2幅300秒、H α 25張×2幅300秒，總曝光810分鐘
後製：PixInsight 1.9.3
說明：南半球最著名的大麥哲倫星系，其瑰麗是所有天文愛好者心神嚮往的。它像一位許久未見的老友，總令人期待下一次帶著孩子們再次造訪。在南半球的星夜下促膝長談，訴說數不盡來自星星的故事。



M8、M20、NGC 6559

黃歆杰



◀ 時間：2025/08/21
地點：雲林縣臺西鄉自宅樓頂
儀器：Askar FRA400望遠鏡、Nikon D610相機、Sky-Watcher AZ-GTi電動經緯儀（赤道儀模式）、L-Quad Enhance濾鏡
參數：ISO500、單幅曝光10分鐘，17幅疊合，總曝光2.83小時
後製：PixInsight、Adobe Photoshop
說明：M8礁湖星雲（中下），非常明亮的星雲，很好拍。M20三裂星雲（右上）因為被暗帶分成三瓣而得名。NGC 6559（左上）結構很漂亮，帶有紅色發射區與藍色反射區。

M27 啞鈴星雲

林啓生



▲ 時間：2024/07/03
地點：南投縣信義鄉塔塔加地區
儀器：高橋MT160望遠鏡、Baader MPCC3彗差修正鏡、PLAYER ONE URANUS-C PRO相機、多尼爾OAG-14S離軸導星裝置、圖譜290M導星相機、信達EQ6-R赤道儀
參數：冷卻-15°C、單幅曝光70秒，81幅疊合，總曝光1.57小時
後製：PixInsight、Adobe Photoshop
說明：M27啞鈴星雲位於狐狸座，但狐狸座的星星不亮，要找它，反而要從天箭座下手。天箭座主要有四顆星由東到西排列成1-1-2，找到最東邊的那一顆星，再將望遠鏡視野移向北方，即可看到略帶圓盤狀的霧狀天體。使用望遠鏡在高山觀測，白霧狀光芒確實像啞鈴狀；這是一個行星狀星雲，借助攝影可見不同顏色，應是其中白矮星的作用所形成。

NGC 1333 胚胎星雲

丁南昌



- 時間：2025/09/20
地點：南投縣信義鄉塔塔加
儀器：Askar 103 APO望遠鏡、ZWO ASI2600MC 冷卻相機、iOptron GEM28赤道儀
參數：冷卻至-10° C、單幅曝光300秒，50幅疊合，總曝光4.17小時
後製：PixInsight、Adobe Photoshop
說明：NGC 1333位於英仙座，距離我們約千光年。濃密的星際塵埃隱藏著無數新生恆星，藍色反射雲映照著年輕星光，而橙紅色的亮斑則是恆星噴流與氣體碰撞所形成的赫比格-哈羅天體。NGC 1333是一座宇宙育嬰房，見證了恆星從黑暗中誕生的歷程，也提醒我們銀河仍在不斷孕育新的光芒。

B150 海馬星雲

鄭期元



- 時間：2025/08/28
地點：新竹縣北埔鄉五指山停車場
儀器：Celestron RASA6望遠鏡(F2.2)、Sony IMX178相機、Celestron Origin EQ Mount 赤道儀、ZWO IR/UVC濾鏡
參數：ISO200、單幅曝光30秒，371幅疊合，總曝光3.09小時
後製：PixInsight 1.9.3、RC Astro、Adobe Lightroom
說明：位於仙王座的B150是一個典型的暗星雲，濃密的星際塵埃阻擋了背景星光，形成清晰的絲狀與海馬形輪廓。這種結構展現出銀河系中塵埃雲的三維分布與遮蔽效果。

NGC 7331超新星&史帝芬五重奏

陳志航



◀ 時間：2025/08/18、08/20、08/22、08/24、08/29、09/27、09/29、10/02

地點：新北市汐止區

儀器：高橋TOA-130望遠鏡、FL0.99X平場鏡、Canon EOS 500D (改)、Kenko LPR2濾鏡、Rainbow RST-300赤道儀、ASI220MM導星相機、WO 50/200導星鏡、ZWO ASIAIR Plus智慧型天文主機

參數：ISO800、單幅曝光180秒，203幅疊合，總曝光10.15小時

後製：PixInsight、Adobe Photoshop

說明：超新星SN2025 rbs是今年7月於NGC 7331核心附近爆發的超新星，初期看起來是比NGC 7331星系核心更亮，然後逐漸黯淡，從10月2日拍攝的資料觀看，已黯淡許多。SN2025 rbs為Ia型超新星，因熱核爆炸後光度大致相同，可用來計算超新星的距離。

豺狼座新星V462 Lupi

吳文皓

▶ 時間：2025/06/23 23:19

地點：臺中市西屯區自宅頂樓

儀器：ZWO Seestar S50自動天文望遠鏡

參數：單幅曝光10秒，18幅疊合

後製：Affinity Photo、小畫家、Stellarium截圖

說明：豺狼座在今年6月出現了一顆新星（由ASAS-SN所發現），看到新聞後趕緊上樓拍攝（右圖）。比對電子星圖（左圖），可以看到在本應暗淡的深空位置，出現了一顆亮星V462 Lupi。



浩瀚宇宙無限寬廣

穹蒼之美盡收眼底

