

臺北星空

Taipei Skylight No.124 2025.03



哈伯太空望遠鏡的歷史與演進
哈伯的科學成果與後續太空望遠鏡發展
夜裡絢爛的高空煙火

為冥王星命名的女孩-Venetia Burney
從黑洞到火星-打造國、高中自主學習新體驗
全球最黑暗夜空的天文臺址即將消失
古天文研究小勘誤(二)
昴宿星團(下)
大彗星再度現身!



圖片來源
左下地球：NASA，哈伯望遠鏡：NASA

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3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、石中達
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 謝翔宇

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** 許晉翎、王庭萱 3
- 天文新聞追蹤報導
全球最黑暗夜空的天文臺址即將消失 林建爭 7
- 哈伯太空望遠鏡的歷史與演進** 徐麗婷 11
- 哈伯的科學成果與後續太空望遠鏡發展** 徐麗婷 18
- 夜裡絢爛的高空煙火** 林偉竣 26
- 謎樣星宿
古天文研究小勘誤（二） 歐陽亮 34
- 天文觀測教室
昴宿星團（下） 陶蕃麟 40
- 天文展品導覽
太空望遠鏡 王彥翔 46
- 天文學教室
銀河系測繪的演進 段皓元 51
- 女性天文學家
為冥王星命名的女孩—Venetia Burney 劉淑雯、蕭淑芬 55
- 天文教育
從黑洞到火星—打造國、高中自主學習新體驗 段皓元 61
- 天體映象
大彗星再度現身！ 謝翔宇 67
- 美星映象館** 彙整/吳昆臻 68

總編輯的話

本期的《臺北星空》以哈伯望遠鏡為專題，收錄精采專文，其中《哈伯太空望遠鏡的歷史與演進》與《哈伯的科學成果與後續太空望遠鏡發展》回顧了天文科學研究史上重要的里程碑——哈伯太空望遠鏡如何改變人類對宇宙的認識，並展望韋伯、羅曼等新一代太空望遠鏡如何接續開創未來。另《夜空裡的絢爛煙火》詳盡介紹紅色精靈與巨大噴流等中高層大氣放電現象，並提供拍攝建議，適合科學與攝影愛好者。這些文章不僅帶來知識，也讓人見證科技如何拓展我們的視野。

《新知與天象》列出即將登場的水星東大距、月掩五車五等重要天象，為大眾提供最佳欣賞時機與指南。《大彗星再度現身！》記錄了於南半球天空拖出長尾巴的彗星C/2024 G3，在分解前夕的壯麗身影。《全球最黑暗夜空的天文臺址即將消失》提出嚴肅議題，探討帕瑞納天文臺正面臨的光害威脅，提醒我們保護黑暗夜空的迫切性。《為冥王星命名的女孩》說明不論性別與身分，一位平凡的女孩也能對天文學做出重大貢獻。《銀河系測繪的演進》回顧人類如何透過數百年的努力，從赫歇爾的觀測到蓋婭任務，逐步揭開銀河系的結構。《從黑洞到火星》介紹臺北天文館的自主學習專區，將科學教育與數位資源完美結合，啟發年輕學子對天文學的興趣。

《臺北星空》兼具科學深度與人文關懷，不僅帶來最新的天文研究，也讓人重新思考人類在宇宙中的位置。從現在開始，讓我們一同穿越時空，探索無垠的星空之美！

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。
- 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 三、四月活動訊息

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	月掩五車五直播	4/3 (四)								
夜間觀測室 開放	第二觀測室 〈觀測目標〉	3/1 (六) 〈木星〉	3/8 (六) 〈月球〉 (盈凸月)	3/15 (六) 〈火星〉	3/22 (六) 〈木星〉	3/29 (六) 〈火星〉	4/5 (六) 〈待定〉	4/12 (六) 〈待定〉	4/19 (六) 〈待定〉	4/26 (六) 〈待定〉
	第一觀測室 〈特殊天象〉	3/8 (六) 〈水星東大距〉								
劇場	宇宙紀事 〈球幕投影解說天文新知〉	3/29 (六)	4/26 (六)							
	兒童節宇宙劇場 早場免費短片	4/3 (四) 4/6 (日)								
館內營隊	天文親子營 〈主題〉	3/8 (六) 〈星座〉	3/9 (日) 〈星座〉	3/16 (日) 〈星座〉	4/12 (六) 〈極光〉	4/13 (日) 〈極光〉	4/20 (日) 〈極光〉			
館內活動	天文魔法小書包 〈天文DIY綜合收藏包〉	3/15 (六)								
	宇宙尋寶地圖 〈搜尋館內天文知識寶藏〉	3/2 (日)	3/23 (日)							
	星姊姊說故事	3/8 (日)	3/22 (日)	4/12 (日)	4/26 (日)					
	兒童月活動	4/4 (五) 4/6 (日)	4/12 (六) 4/13 (日)	4/19 (六) 4/20 (日)	4/26 (六) 4/27 (日)					
	樂齡談天	3/21 (五)								
戶外營隊	偏鄉教師營	3/29 (六) 3/30 (日)								
課程與講座	學分班 〈系外行星與外星生命〉	3/15 (六)	3/22 (六)	3/29 (六)	4/12 (六)	4/19 (六)	4/26 (六)			
	專家演講 〈主題〉 〈演講者〉		3/23 (日) 〈橫空出世 彗星很有事〉 李照岱		4/27 (日) 〈極光—來自太陽的禮物〉 楊雅惠					
	幼教天文師資培育	4/20 (日)								



韋伯望遠鏡首度解析遙遠單一星系中的多數個別恆星

碳元素如何形成並在宇宙中傳播？

蓋婭太空望遠鏡迎來最後的星光

首次有彩色攝影機全程捕捉隕石墜落地面瞬間（附影片）

首次偵測到銀河系中心的中紅外光閃焰

興奮之情轉瞬即逝，新發現的小行星實際上是特斯拉跑車

小行星2024 YR4將於2032年底撞地球？

太陽系外最狂風暴：風速9公里/秒

歐幾里得望遠鏡發現完美愛因斯坦環

錢卓望遠鏡拍攝到蜘蛛星雲最新的X射線影像

天文學家找到可能支持生命存在的系外行星

微風拂面，春水輕流，宣告春天的到來，3月與4月的天空也毫不遜色，有多種精彩的天象等著欣賞。3月的全球重要天象非3月14日（五）的月全食莫屬，很可惜的是臺灣無法看見，但整個北美地區都有機會欣賞到完整的月食過程，令人期待於全食可見地區記錄下來的精彩天象過程。

今年春分時刻為3月20日（四）17:01，此時太陽恰巧通過黃道與天球赤道的昇交點，也就是赤經0時、黃經0°的位置，陽光直射地球赤道，全球晝夜等長。

行星動態方面，水星將於3月8日（六）達到東大距，是今年第一次的東大距，亮度達-0.4等，與太陽日距角18.2°；4月22日（二）時水星來到太陽對側，達到西大距，亮度達0.3等，與太陽日距角27.4°。3月24日（一）土星環的傾角為0°，雖然距離太陽較近不易觀察，但透過望遠鏡或仍有機會看到土星環完全消失的景象。

4月3日（一）將發生月掩五車五，五車五是亮度1.7等的亮星，這次月掩星事件出現在傍晚日落後，臺灣全程可見，觀賞條件絕佳。



3/5 行星排列與月入昴宿星團

3/8 水星東大距 距角18.2°，-0.4等

3/14 月全食（臺灣不可見）

3/20 春分



3/24 土星環傾角0°

4/3 月掩五車五 亮度1.7等

4/22 水星西大距 距角27.4°，0.3等

4/22 4月天琴座流星雨極大 ZHR~18



三、四月 天象焦點

3/5 (三) 行星排列與月入昴宿星團

3月5日(三) 當天傍晚日沒後，於暮光漸暗的天空中，可見從西方地平線起，水星、金星、月球、昴宿星團、木星、火星等天體依序呈現約直線排列的美麗景象，此時水星亮度-0.8等、金星-4.7等、木星-2.3等、火星-0.2等，位於排列位置中心的月球則十分靠近昴宿星團。夜間約21時起月球將遮擋部分昴宿星團，直到月沒，是值得一看的天文美景。



3/8 (六) 水星東大距

3月8日(六) 14:09水星將抵達今年第一次東大距位置，水星與太陽之間的日距角為 18.2° ，日落時位於西方低空，視亮度為-0.4等，雖然日落時仰角僅剩 17° ，但水星此時亮度較高，只要尋找到西方開闊且較無地面景物遮擋的地點，就可以仔細觀賞。大距前後數日可以見到金星與水星在日落後西方天空中相伴。

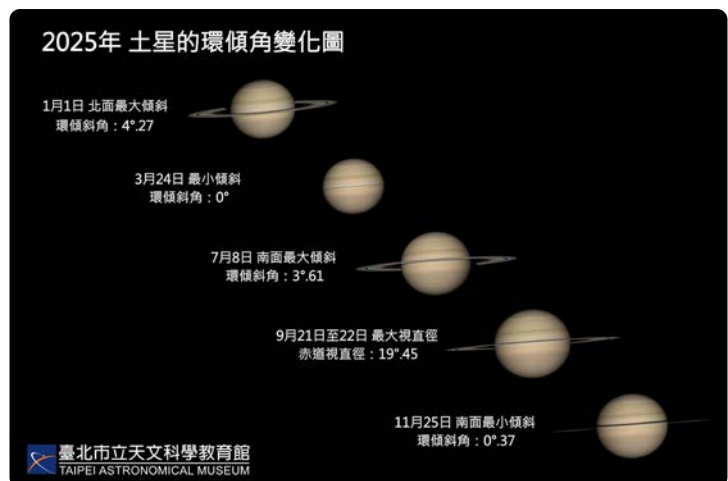


3/20 (四) 春分與黃道光

今年春分的時刻為3月20日(四) 17:01，此時太陽的在黃道與天球赤道的昇交點上，也就是赤經0時、黃經 0° 處，陽光直射地球赤道，晝夜等長。春分前後數星期是欣賞黃道光的最佳時機，黃道光為積聚在黃道面附近的微塵粒子反射陽光造成的景象，最亮的區域幾乎與銀河一樣亮，只是因接近地平線受到大氣消光的效應及光害等影響較不容易看見。在春分前後黃道光較垂直於地面，適合在沒有光害區域觀察，春分前後可於日落後約2小時內的西方天空看見黃道光。

3/24 (一) 土星環傾角 0°

由於土星的自轉軸與軌道面有 27° 的傾角，因此土星環相對於地球的傾角會隨著土星繞太陽的公轉而改變，再加上土星的軌道面與黃道之間也有 2.5° 的夾角，使得土星環相對於地球的傾斜角在一年之中會有波浪性的變化。自2009年9月起，從地球上看到的土星環一直是北面朝向地球。2017年底時，土星環傾角達到 27° ，之後傾角開始變小，並在2025年3月24日達到最小傾角 0° 。但由於土星在這段期間的位置與太陽較近，觀察它將非常具有挑戰性。



4/3 (四) 月掩五車五

本次月掩星發生於4月3日(四)且全程可見，掩星當日月齡5.0，19:17起位於西方天空的五車五將自月球暗緣掩入，20:14從亮緣復出。五車五是金牛座中第2亮的恆星，亮度1.7等。由於本次月掩星發生於傍晚日落後，因此相當適合觀賞。用雙筒望遠鏡或小型望遠鏡即可清楚地觀察月掩星事件，亦可採用攝影方式記錄掩星完整過程。





4/22 (二)

水星西大距

水星於4月22日(二) 02:49抵達今年第一次西大距的位置，此時水星與太陽之間的日距角為 27.4° ，亮度為0.3等。若於日出前觀察東方天空，除了水星之外，同時可看到金星與土星相互輝映，三星連成三角形，建議早起的朋友們可以往東方尋找太陽系行星夥伴的美麗身影。



4/22 (二)

4月天琴座流星雨極大

4月天琴座流星雨是已知最古老的流星雨之一，發生在4月14日(一)至4月30日(三)之間，今年預測極大期將出現於4月22日(二)夜間21:30前後，每小時天頂流星率(Zenith Hour Rate, 簡稱為ZHR)約為18。由於輻射點約於極大期前1小時東昇，且當晚月齡為24，月相近殘月，月球出現於下半夜且月光影響微弱，上半夜觀賞條件極佳。若想要觀察流星雨可以尋找無光害且天空開闊的地點，用肉眼即可輕鬆欣賞。



全球最黑暗夜空的天文臺址即將消失

你是否曾在夜晚遠離城市燈光，抬頭仰望暗空時，才發現銀河竟如此壯麗？對天文學家而言，黑暗的夜空不僅是美景，更是探索宇宙奧秘的窗口。然而這片夜空目前正遭受前所未有的威脅。位於智利阿塔卡瑪沙漠北方的帕瑞納天文臺（Paranal Observatory），如下圖，是全球夜空最黑暗、光害最少的地點。這裡擁有全球最先進，4座口徑8.2公尺的甚大望遠鏡（Very Large Telescope，簡稱為VLT），此望遠鏡至目前為止已見證了許多劃時代的天文發現。如今由於一項大型工業計畫正逐漸近逼，可能導致夜空將不再黑暗的嚴重後果。

文／林建爭

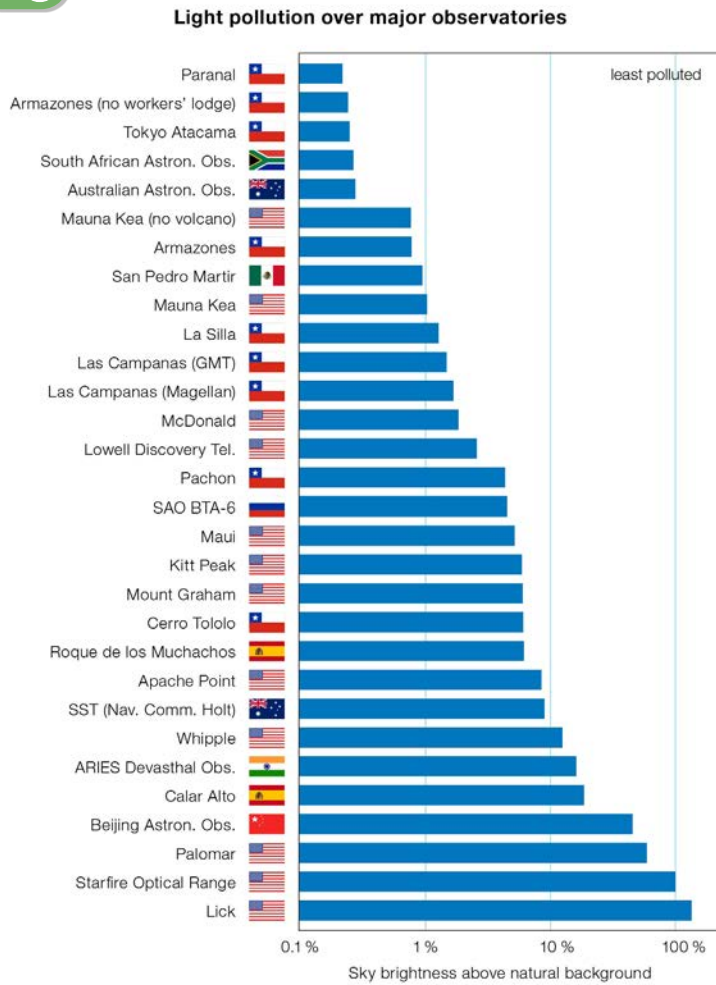


隸屬於歐洲南方天文臺的帕瑞納天文臺（ESO Paranal Observatory）以及黑暗夜空中的壯麗銀河景象。圖片來源：ESO/P. Horálek

歐洲南方天文臺（ESO）於1999年在智利阿塔卡瑪沙漠北方建造了帕瑞納天文臺並負責運營，由於這裡的夜空非常黑暗，幾乎不受人為光線影響，讓天文學家得以利用此天文臺窺探宇宙最深處的奧秘。根據2023年Falchi等人發表於《皇家天文學會月報》的研究，如圖1，帕瑞納是全球28個主要天文臺中夜空最黑暗的地點。由於此處擁有高海拔、濕度低、大氣穩定、雲層覆蓋率低等氣候與環境優勢，讓帕瑞納天文臺成為全球最理想的天文觀測基地之一。

過去幾年中，帕瑞納天文臺的甚大望遠鏡已累積了許多重要天文發現：拍攝全球第一張系外行星影像，如圖2，取得證實宇宙加速膨脹的證據，甚至幫助科學家們研究銀河系中心的超大質量黑洞，如圖3，該研究並於2020年獲得諾貝爾物理學獎。此外，歐洲南方天

圖 1



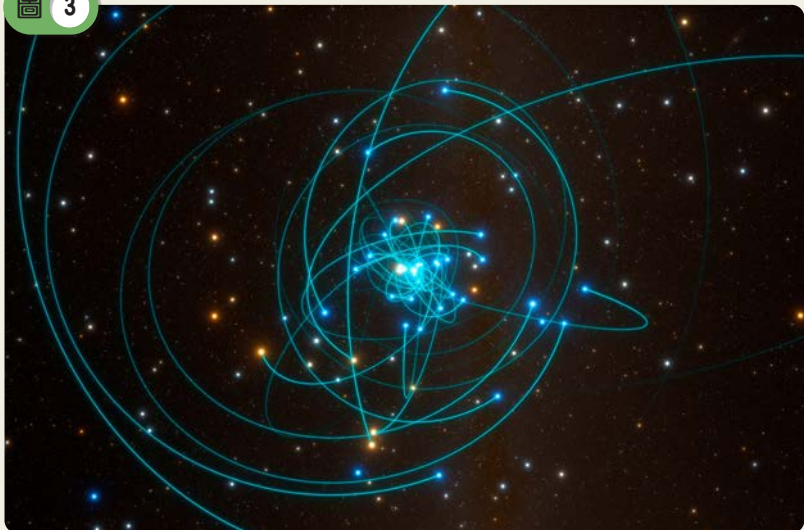
上圖顯示了國際上28個主要天文臺正天頂的天空亮度與自然背景亮度比較值，帕瑞納天文臺是其中光害最少的地點。圖片來源：Falchi et al. 2023

圖 2



甚大望遠鏡於2004年拍攝到繞著棕矮星公轉的系外行星，這是全球首張直接拍攝到的系外行星影像。圖片來源：ESO

圖 3



甚大望遠鏡於2018年拍攝記錄銀河系核心附近的恆星動態，經計算分析軌道後，確認了銀河系核心的超大質量黑洞，而此項研究於2020年獲頒諾貝爾物理學獎。圖片來源：ESO

圖 4



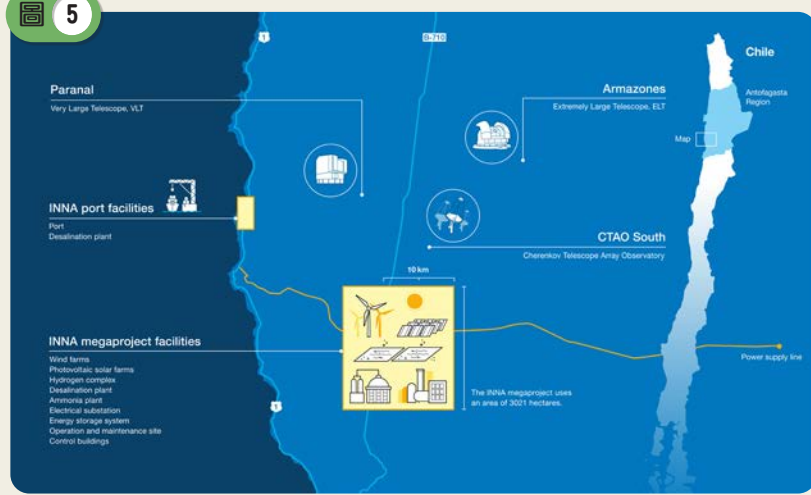
藝術家經由電腦繪圖與合成技術，呈現位於智利阿塔卡瑪沙漠高約3,046公尺的塞羅阿馬索內斯山頂，新一代的極大望遠鏡想像圖。圖片來源：ESO

文臺正在帕瑞納附近建造新一代的極大望遠鏡（Extremely Large Telescope，簡稱為ELT），如圖4，這將是人類史上最強大的地面光學望遠鏡，不僅能觀測到宇宙誕生時期最初光芒，更能尋找有機會孕育生命的系外行星。

然而，這一切重大科學突破，正面臨著嚴重的威脅。美國電力公司 AES 集團旗下的 AES Andes 公司計畫在距離帕瑞納天文臺僅5至11公里處，建設佔地3,000公頃的工業設施，包括港口、氦氣與氫氣生產廠、大規模發電設施，如圖5。這項計畫一旦執行，將對周遭天文觀測環境產生毀滅性的影響。

由於工業設施的大量燈光

圖 5



AES Andes公司即將在距離帕瑞納天文臺不遠處，興建港口（左上方黃色小方塊處），及化學工廠、發電設施（中央下方黃色大方塊處），此舉將嚴重影響天文望遠鏡的運作與觀測，以及全球的天文研究。圖片來源：ESO

會產生嚴重的光污染，即俗稱的「光害」，將使帕瑞納失去全球最黑暗夜空的優勢。天文望遠鏡需要極端黑暗的環境來觀測光線微弱的天體，任何額外的光害都可能讓許多關鍵研究無法進行。而建設過程與工業生產時所釋放大量粉塵與氣體將污染周圍大氣，飄落的塵埃附著在望遠鏡光學設備上會讓觀測影像模糊，進而影響資料的準確性。另

外，排放的工業熱廢氣將擾亂並增強周圍大氣的對流，不穩定的大氣將導致天文觀測影像變形，讓長期精確觀測變得困難。這些影響將是長遠且不可逆的災難。且歐洲南方天文臺與全球天文學界迄今已投入數十億歐元於此，如果這片夜空不再黑暗，將讓未來全球的天文研究蒙上陰影。

因此歐洲南方天文臺與天文學界強烈呼籲智利政府與企業重新評估該工業計畫的選址，這項措施不僅可以守護天文學的未來，還可以保護地球上最後真正原始的黑暗天空之一。類似的議題雖然也在臺灣發生，但在臺灣星空守護聯盟與各界專家的努力下，臺灣已經成功保護了一片黑暗夜空。2019年，南投縣合歡山的「暗空公園」正式通過國際暗空協會（International Dark-Sky Association，簡稱為IDA）認證，成為全臺第一座暗空公園，如圖6。

這項成就不僅讓臺灣擁有可供天文愛好者與科學家觀測星空的場域，也證明了透過政府、學界與民間的努力，保護黑暗天空是可行的。帕瑞納天文臺的危機提醒我們，黑暗夜空是一種珍貴資源，一旦失去將無法挽回。因此，也許智利政府可以效法各國保護暗空成功的經驗，透過政策規範、科技應用與公眾教育，共同守護全球最後的黑暗天空。

參考資料：

<https://scitechdaily.com/the-battle-to-save-the-darkest-skies-on-earth-from-industrial-light-pollution/>

https://www.eso.org/public/news/eso2501/?fbclid=IwY2xjawHx15JleHRuA2FlbQIxMAABHa3Ebl7cuxCaWNcRPI6wthVN5sqy0kO7Rypk6WIY6IMOOJ5MyS6kzCkVzw_aem_b3Y_MNIUefV47ZvQUBjwOg

<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201908020079.aspx>

YouTube 相關影片：

Hehuan Mountain International Dark Sky Park

<https://www.youtube.com/watch?v=9QEhZP3qOX4>

Where Are the Stars? See How Light Pollution Affects Night Skies

https://www.youtube.com/watch?v=0FXJUP6_O1w

光污染衝擊人與生態，暗空公園制認證守護夜空

<https://www.youtube.com/watch?v=CL00jGa4pho>

林建爭：美國夏威夷大學天文研所泛星計畫博士後研究員

王品方校稿：美國夏威夷專案文物修復師

圖 6



合歡山與奇萊山上的積雪與銀河。圖片來源：國際暗空協會/Sean Huang，<https://darksky.org/places/hehuan-mountain-dark-sky-park/>

哈伯太空望遠鏡的歷史與演進

人類對於夜空和宇宙的好奇心，推動了近三、四百年來天文望遠鏡的發展。從伽利略發現木星的四大衛星開始，人類觀看宇宙的視野，隨著望遠鏡的進步，從太陽系擴展飛躍出銀河系之外，一直延伸至早期的宇宙。由於望遠鏡技術的突破，人類對宇宙的認識也不斷地翻新。而哈伯太空望遠鏡在天文研究的歷史上，就是這樣一個占有獨特地位的望遠鏡。

文／徐麗婷



位於低軌道的哈伯太空望遠鏡。
影像來源：NASA

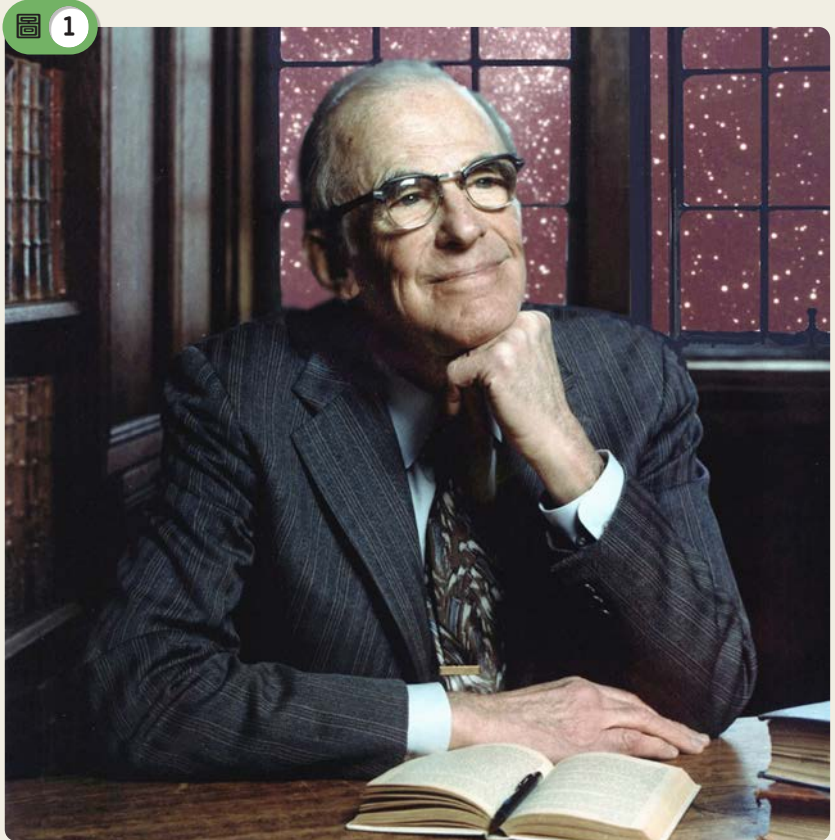
哈伯望遠鏡的升空，提升了人類觀測宇宙的廣度和深度，更幫助科學家解決自古以來的問題。例如：宇宙是如何誕生的？太陽是怎麼出現的？太陽系的未來會如何？組成我們生命的元素從何而來？宇宙中還有像地球一樣有生命的地方嗎？黑洞真的存在嗎？科學家從哈伯望遠鏡的相機所拍攝的影像中，嘗試著向我們展示更加不可思議的宇宙。

太空望遠鏡 為什麼重要？

哈伯太空望遠鏡是人類發明的第一台大型太空望遠鏡。然而，是誰想出太空望遠鏡這樣的點子？為什麼把望遠鏡發射到太空這麼重要？這個想法早在1940年代後期就出現了，是由普林斯頓大學的天文物理學家萊曼·史匹哲（Lyman Spitzer），如圖1所提出。相較於地面望遠鏡，史匹哲在論文中提到太空望遠鏡有兩個主要的優點：

① 避免了大氣擾動的影響

當我們觀看天空中的星星時，會有「一閃一閃」的效果，這是因為星星發出的光穿過地球大氣層時，受到大氣擾動的影響，光線被大氣層散射而產生的現象。這樣閃爍的效果會使得望遠鏡拍到的影像變得很模糊（也就是解析度變差），如圖2。同樣口徑的望遠鏡，太空望遠鏡的解析度可以達到地面望遠鏡的十倍以上。



天文物理學家萊曼·史匹哲（Lyman Spitzer）。圖照來源：維基百科

圖 2



這兩張影像是相同的在天區，使用不同的望遠鏡所拍攝的同一對雙星。圖 a 是由口徑2.5公尺的地面望遠鏡所拍攝，圖 b 是由口徑2.4公尺的哈伯望遠鏡所拍攝。圖 a 因為大氣擾動的影響，兩顆星的影像模糊不清，看起來像是一顆星。圖 b 的哈伯影像則是非常清晰地辨別出兩顆星。影像來源：NASA

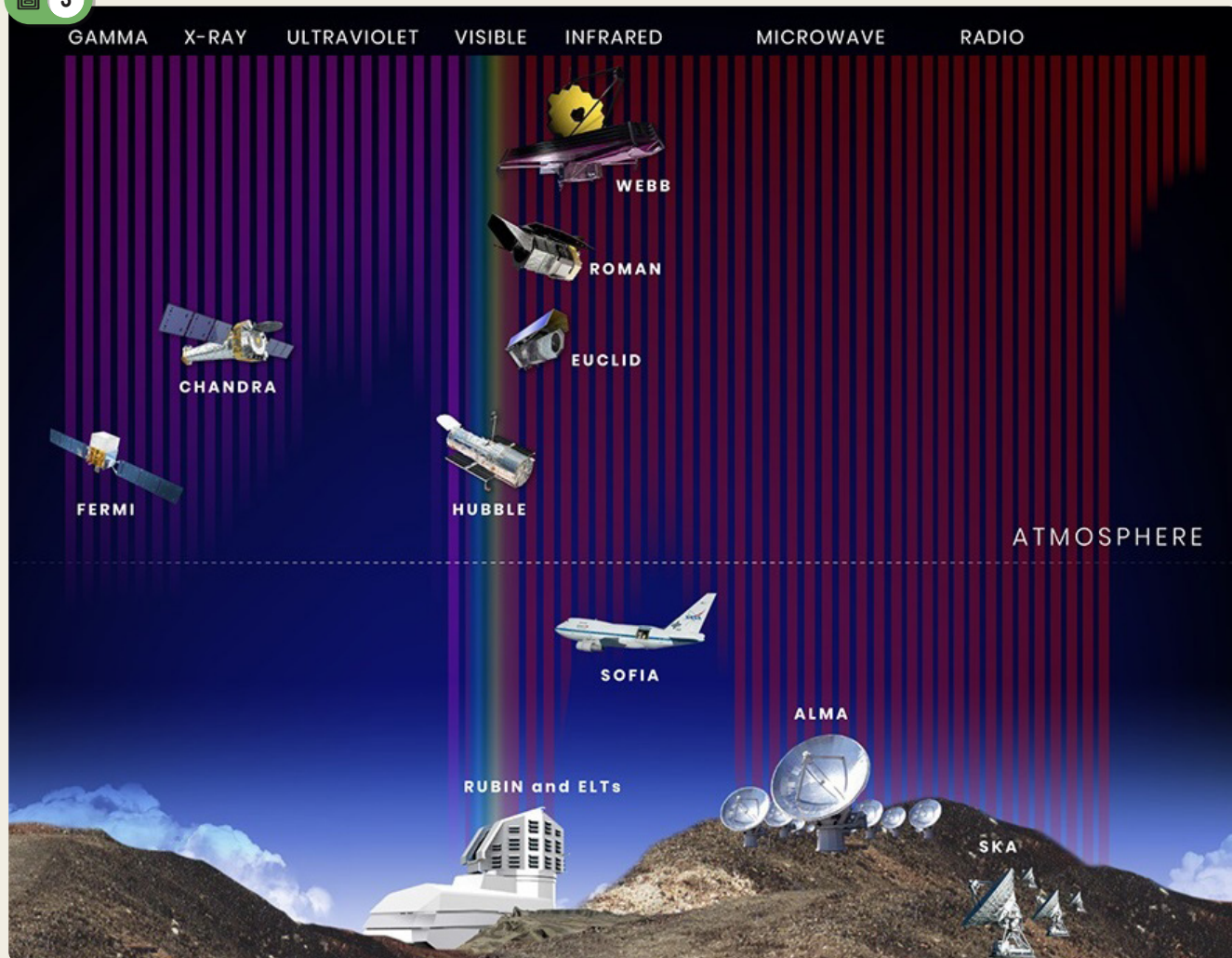
②能夠看到可見光波段以外的光，像是紅外線和紫外線。

太空望遠鏡的另一項優勢，就是可以看到地球表面上看不到的光。宇宙中的天體會發出各種不同波段的電磁波，包括無線電波、紅外線、可見光、紫外線、X光、伽瑪射線等等。但是並非所有波段的光都能在地表上被觀測到，像是大部分的紅外線和紫外線會被大氣層吸收或反射，X光和伽瑪射線更是無法進入大氣層。大氣層保護人類免於受到這些光線的傷害，但也讓天文學家無法看見天體的全貌。但是，若把望遠鏡發射到太空，這些光線就不會受到大氣層的阻擋了，如圖3。

哈伯望遠鏡的早期發展

然而，以人類在1940年代的科技發展來看，那時甚至還沒有能力發射火箭到太空，更不用說把望遠鏡放到太空中了。另外發射太空望遠鏡的經費十分龐大，這讓當時很多天文學家起身反對這樣的計畫。所以史匹哲在1940年代提出的想法，並沒有受到太多重視。直到1960年代，美國太空總署（簡稱NASA）成立，成功地發射多個小型太空望遠鏡，而且也證明了觀測天體其他波段的光線，具有很大的科學潛力。此時，史匹哲再度提出大型太空望遠鏡（Large Space Telescope，簡稱LST，也就是未來的哈伯望遠鏡）的計畫，並且努力不懈地說服那些還抱持反對意見的同事們。但是，在1960到1970年代，阿波羅登月計畫花費了龐大的資金，NASA因而縮減了其他計畫的預算。在1974年，LST的計畫預算甚至被國會全數刪除了，大型太空望遠鏡的計畫因此陷入了困境。

圖 3



示意圖中標示了不同大型地面望遠鏡與太空望遠鏡的觀測波段，由於地球大氣會吸收大部分的紅外線與紫外線，因此在地面上多以觀測可見光與無線電波為主。若要觀測紅外線與紫外線，就必需將望遠鏡送至大氣層之外。圖片來源：NASA

南西·葛蕾絲·羅曼的貢獻

在LST的計劃中，南西·葛蕾絲·羅曼（Nancy Grace Roman），如圖4，扮演著非常重要的角色。她主要的工作是設計太空望遠鏡的藍圖，並且嘗試把CCD（Charge Coupled Device，電荷耦合元件）應用在望遠鏡上面。CCD是一種積體電路，能感應光線，並將影像轉變成數位訊號，是目前很多望遠鏡上所使用的光線偵測儀器。而哈伯則是第一個使用CCD的太空望遠鏡，如圖5。

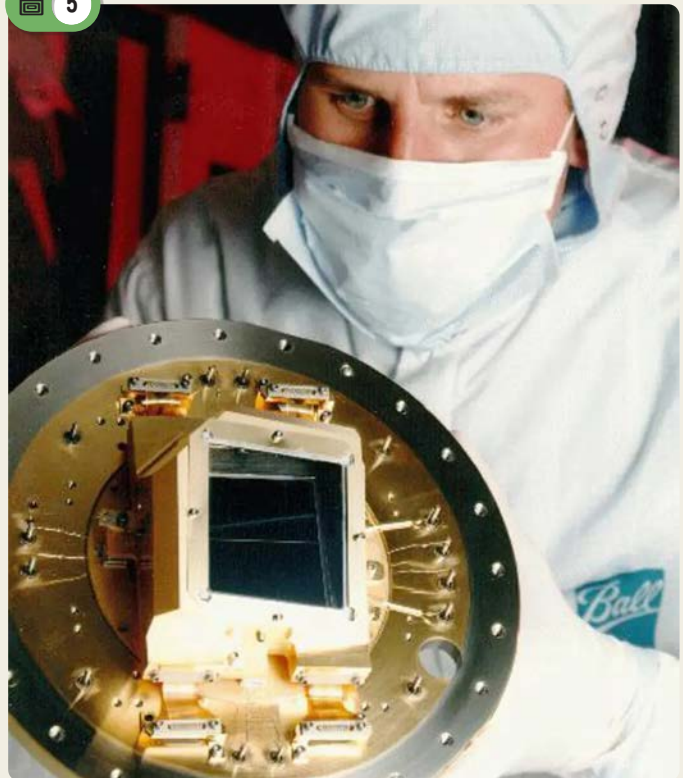
在LST計畫預算被刪除的期間，南西努力地與各個相關的政治與學術單位溝通，希望國會能夠再次考慮太空望遠鏡的發展，並重新撥出預算給LST計畫。南西同時也在全國各地進行大量的公眾演說，她發起了全國性的遊說和寫信活動，希望能取得美國民眾的支持。南西在一次演說中說：「每個美國人只需要省下一個晚上一場電影票的錢，你就可以得到15年令人興奮的科學成果。」終於在1977年，國會重新撥出預算給LST計畫，如圖6。1978年，LST計畫開始進行，望遠鏡以及載運太空梭的詳細設計工作正式展開。南西也因此被NASA的同事們稱為「哈伯之母」，感念她在哈伯望遠鏡的貢獻。

圖 4



天文學家南西·葛蕾絲·羅曼（Nancy Grace Roman）。圖照來源：維基百科

圖 5



哈伯望遠鏡是第一個使用CCD作為感光元件的天文望遠鏡。圖照來源：NASA

圖 6



美國國會於1977年正式撥款，隔年LST計畫終於正式展開。圖照來源：NASA

哈伯望遠鏡的 國際合作與命名

由於計畫的預算考量，望遠鏡的口徑從3公尺縮小到2.4公尺以降低成本。另外，NASA也尋求國外的資金與技術合作，他們與歐洲太空總署（European Space Agency，簡稱ESA）協議，ESA將提供太陽能板和一台望遠鏡儀器，以換取歐洲天文學家獲得15%的望遠鏡觀測時間。1986年，在預定發射日期前，NASA決定以美國天文學家愛德溫·哈伯（Edwin P. Hubble），如圖7，來命名望遠鏡。哈伯在1920到1930年代，透過觀測星系的距離與運動，發現銀河系以外還存在很多跟銀河系一樣規模的星系。同時，藉由觀察星系的運動，哈伯發現大多數的星系都在遠離我們，他是最早發現宇宙正在膨脹的科學家之一。因此，NASA將望遠鏡命名為「哈伯」來紀念他的貢獻，全名為哈伯太空望遠鏡（Hubble Space Telescope，簡稱HST）。

命運多舛的發射日程

發射哈伯望遠鏡的工程設計十分複雜，除了望遠鏡的本體與鏡面，負責發射的載運太空梭，在技術上也非常困難。所以，在整體的製作過程中，發生很多延誤和成本超支，望遠鏡發射的時間也從1983年一直推遲到1986年。1985年底，哈伯太空望遠鏡已經準備就緒，發射日期也已排定。就在一切計劃看起來都很不錯的時候，1986年一月，挑戰者號太空梭在發射後不久，發生了悲劇性的爆炸，這使得太空梭的發射工作全面停擺。NASA必須要即刻開始調查意外發生的原因，太空梭也因而無限期停工。哈伯望遠鏡的發射因此被迫延後到三年多以後。終於在1990年4月24日，發現號太空梭將哈伯送上太空，如圖8。

圖 7



天文學家愛德溫·哈伯（Edwin P. Hubble）。圖照來源：維基百科

圖 8



哈伯望遠鏡終於在1990年4月24日正式升空，太空望遠鏡的時代就此展開。圖照來源：NASA

令人大失所望的第一次觀測

哈伯望遠鏡從規劃、執行、到發射成功，花了十幾年的時間，成本更是從最初的4億美元增加到47億美元以上，天文學家對於哈伯的拍攝成果充滿著的期待。然而，哈伯拍出來的第一張影像，卻讓天文學家大失所望。向他們迎來的不是歷史性的一刻，而是一張嚴重失焦的照片。原本大家預期哈伯在太空中拍到的影像應該會非常清晰，但實際上拍到的第一組照片，解析度卻比預期的糟糕十倍，與地面望遠鏡拍的效果差不多。

根據後續的調查報告顯示，哈伯望遠鏡的主鏡在製作過程中發生錯誤，鏡面被磨得太平了，與正確的鏡面弧度相差了大約2.2微米（相當於人類頭髮直徑的五十分之一）。這個差異使得望遠鏡的影像出現了「球面像差」，影像無法聚焦，所以看起來很模糊，如圖9 a。

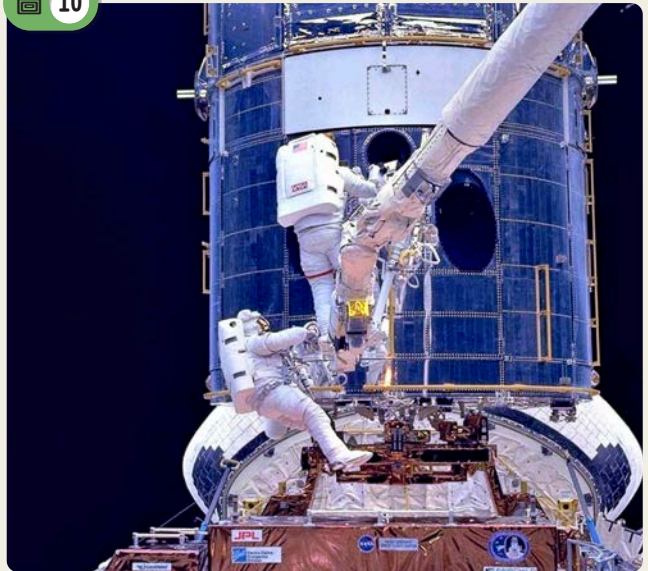
哈伯望遠鏡的維護任務

因為磨錯主鏡發生的失誤，使得哈伯望遠鏡在1990年升空之後，就立刻停工了。當時很多天文學家認為這個任務有可能就此徹底失敗，而大眾和美國國會也因為這個錯誤感到憤怒，哈伯更成了電視節目和社論漫畫上的笑柄。但是，幸運的是，這個錯誤是有機會可以挽救的。

NASA的工程師想到了一個方法：設計出一副

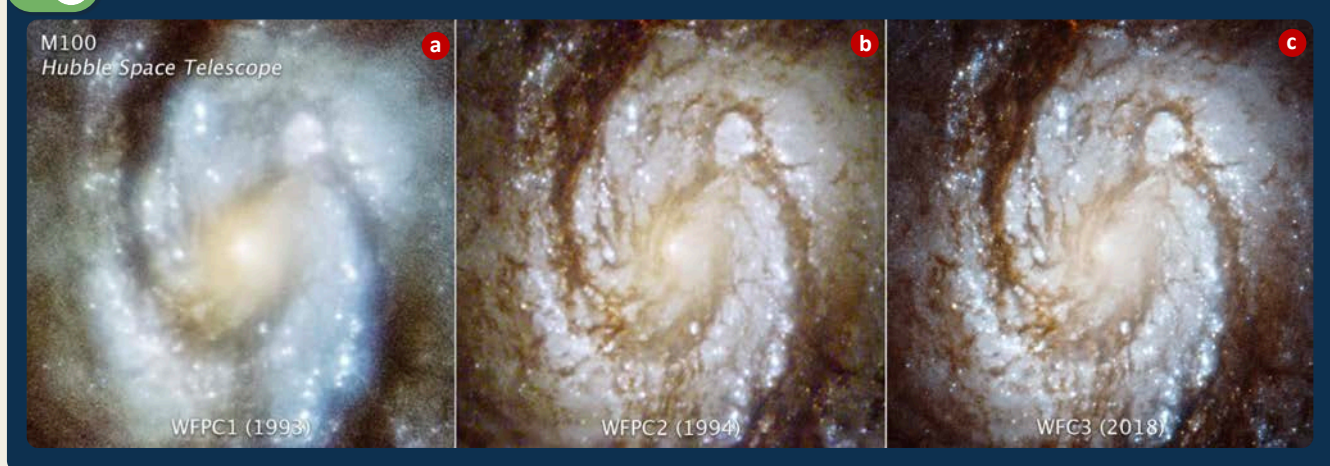
矯正眼鏡來修正望遠鏡的對焦。此外，哈伯望遠鏡還有另一項優勢：望遠鏡位於近地軌道上，距離地球表面只有大約550公里，NASA可以利用太空梭把太空人送到太空中作維修服務，幫望遠鏡戴上眼鏡。1993年，NASA派遣奮進號太空梭執行第一次的哈伯望遠鏡維修任務，這個任務稱為「第一次維護任務」（Servicing Mission 1，簡稱為SM-1），如圖10。這個修復任務執行得非常成功，在安裝上矯正鏡片後，哈伯的影像變得如預期一般的清晰，望遠鏡也達到最初所設計的靈敏度和解析度。圖9 b的影像為第一次維護任務之後，哈伯戴上矯正鏡片後所拍到的影像，明顯比左邊矯正前所拍的影像清晰許多。

圖 10



太空人正在低軌道進行哈伯望遠鏡史上最重要的第一次維修。圖照來源：NASA

圖 9



哈伯望遠鏡升空後所拍攝的漩渦星系M100影像，如圖 a，影像品質讓天文學家大失所望。在1993年進行維修後，影像品質大幅改善，如圖 b，哈伯迄今為止共經歷5次維修，最終調校出極高解析度的影像，如圖 c。圖照來源：NASA

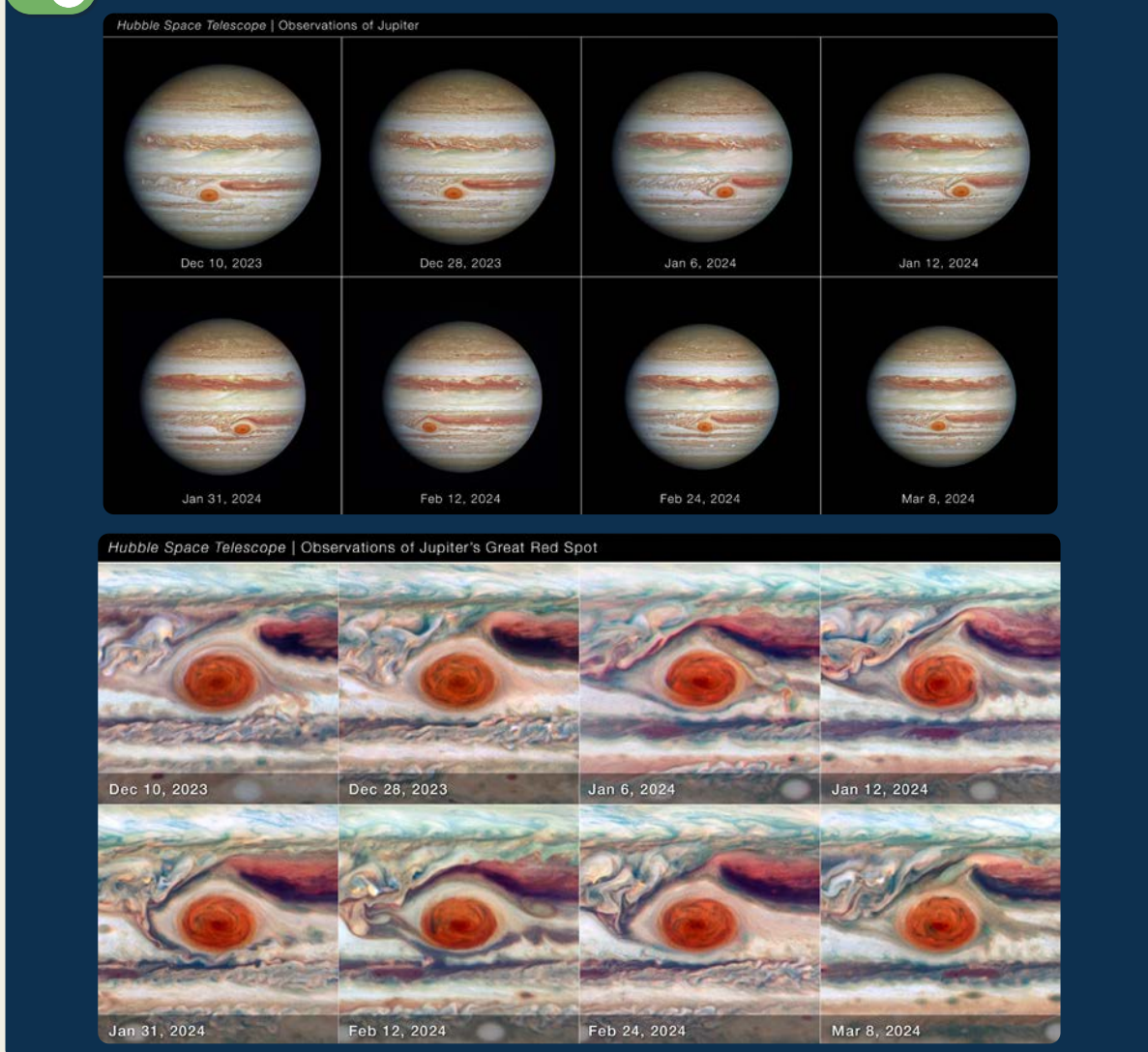
哈伯一共進行過五次的維護任務，分別是在1993、1997、1999、2002、和2009年。太空人在每一次的任務中，都會以太空漫步為望遠鏡更新不同的儀器設備，包括光學校正系統、陀螺儀、電力設備、電腦、和相機。每一次哈伯儀器的更新，都讓人類對宇宙有更多的認識。例如，2002年第四次維護任務所安裝的先進巡天照相機（Advanced Camera for Surveys，簡稱ACS），拍攝到了能夠證實宇宙正在加速膨脹的數據；2009年第五次維護任務所安裝的第三代廣域照相機（Wide Field Camera-3，簡稱WFC3），拍攝到了大霹靂（the Big Bang），即宇宙的起源後十億年內誕生的早期星系。另外，哈伯望遠鏡上的紅外線與紫外線儀器，更讓人類的視野終於能突破地球大氣層的限制，揭開宇宙天體在其

他波段下的面貌（與可見光全然不同），像是恆星誕生的秘密、系外行星系統、和宇宙暗物質的間接觀測證據等等。

當初NASA預估哈伯望遠鏡的壽命大約是15年，很少人能想像得到，哈伯竟然能在軌道上持續運作三十年以上，一直到今日都還在工作，如圖11。如果沒有這五次的維護任務，哈伯不可能達成它現在所實現的科學成果。這五次的哈伯維護任務是太空史上最危險、技術上最複雜的太空任務，也注定將會在人類文明發展史上名垂青史。

徐麗婷：政治大學應用物理所兼任助理教授

圖 11




在哈伯太空望遠鏡大約90天（2023年12月至2024年3月）的攝影紀錄中，天文學家發現大紅斑並不像看起來那麼穩定，它的外部輪廓會不斷振盪，像果凍一樣搖晃。影像來源：NASA

哈伯的科學成果與後續太空望遠鏡發展

哈伯望遠鏡是全世界最負盛名的太空望遠鏡，不論是否在天文領域工作，都可能在生活中見過哈伯望遠鏡所拍攝的華麗天文影像。當大家被這些驚人又夢幻的圖片所震懾時，是否曾想過，這些美麗不只是美麗，更是成千上萬科學家的智慧結晶。NASA發布這些華麗影像，不只是為了讓你看見它的美麗，更是為了讓你認識這些美麗背後的奧妙科學。

文／徐麗婷



哈伯望遠鏡拍攝從濃密星際塵埃中現身的恆星影像，影像中央可見三顆類太陽原始恆星：HP Tau、HP Tau G2、HP Tau G3，它們共同組成一個三星系統。而HP Tau又稱為金牛座T型星，是一種即將發展成類似太陽，但核融合反應尚未啟動的年輕變星，大部分金牛座T型恆星的年齡都在1,000萬年以下。影像來源：NASA/ESA/G. Duchene

哈伯望遠鏡的優勢

為什麼哈伯能拍出這麼多令人震撼的影像？首先，哈伯望遠鏡擁有卓越的解析度，這提供了天文學家前所未有的天體細節，讓我們可以看到太陽系內的行星、小行星、矮行星、或彗星的表面紋理，或是看到更清晰的星雲或星系結構。另外，哈伯望遠鏡的高靈敏度，讓哈伯更容易偵測到來自遙遠宇宙的微弱光源。哈伯還有一項強大的能力，就是穿越時空看見過去的能力。事實上，所有的望遠鏡都有這樣的能力，因為光的傳遞需要時間，例如，太陽光傳到地球需費時約8分20秒，織女星的光傳到地球需要25年，仙女座大星系的光傳到地球需要250萬年。所以我們在觀測天體的當下所看到的光，都是過去發出來的光。而望遠鏡就像一台時光機，從這台時光機中，我們可以看見由遠而近、從古至今的天體演變。受惠於哈伯的高解析度與高靈敏度，天文學家可以藉由哈伯看到更深、更遠、更老的宇宙。

除此之外，在2009年第五次維護任務中安裝的紅外線相機WFC3，更有助於哈伯觀測高紅移星系（高紅移星系指的是非常遙遠的星系。星系愈遙

遠，遠離速度愈快，紅移的幅度愈大，紅移的數值就愈高）。高紅移星系因為距離很遠，星系遠離地球的速度很快，原本位於可見光波段的光，其波長會因為宇宙紅移效應而變長，移動到波長較長的紅外線波段。因此，相較於可見光相機，紅外線相機可以偵測到更多遙遠的、古老的星系（這也是之後升空的韋伯紅外線太空望遠鏡的科學目標之一），並幫助天文學家了解早期宇宙的演化過程。

紅外線觀測的好處，除了有助於偵測高紅移天體，還能夠穿透宇宙中的塵埃，讓天文學家看到深埋在氣體與灰塵深處的年輕恆星，如圖1，這是夜空中非常著名的恆星形成區「創生之柱」，圖 a 是可見光影像，我們在圖中可以看到大片黑暗的陰影區域，這些區域是大量氣體與灰塵聚集的地方。在這些陰暗的柱狀物內，蘊藏著剛誕生的年輕恆星。它們發出強烈的光與熱，但由於星光被外圍的灰塵遮擋，可見光無法穿透，因此我們無法直接觀測這些恆星。然而，利用哈伯的紅外線相機來拍攝，我們可以看到原本左圖中陰暗的柱狀物區域，變成半透明狀，如圖 b，深埋在灰塵裡的大量年輕恆星都變得清晰可見，這是因為紅外線可以穿透灰塵而看到裡面的恆星。因此，紅外線觀測有助於天文學家研究恆星形成區，了解恆星誕生的環境與成因。

圖 1



由於可見光無法穿透濃密星際塵埃，剛誕生的年輕恆星常隱藏其中而無法被直接觀測，如圖 a。但如果透過能夠穿透塵埃的紅外線觀察，就能明顯看見這些年輕恆星，如圖 b。影像來源：NASA

哈伯望遠鏡的科學成就

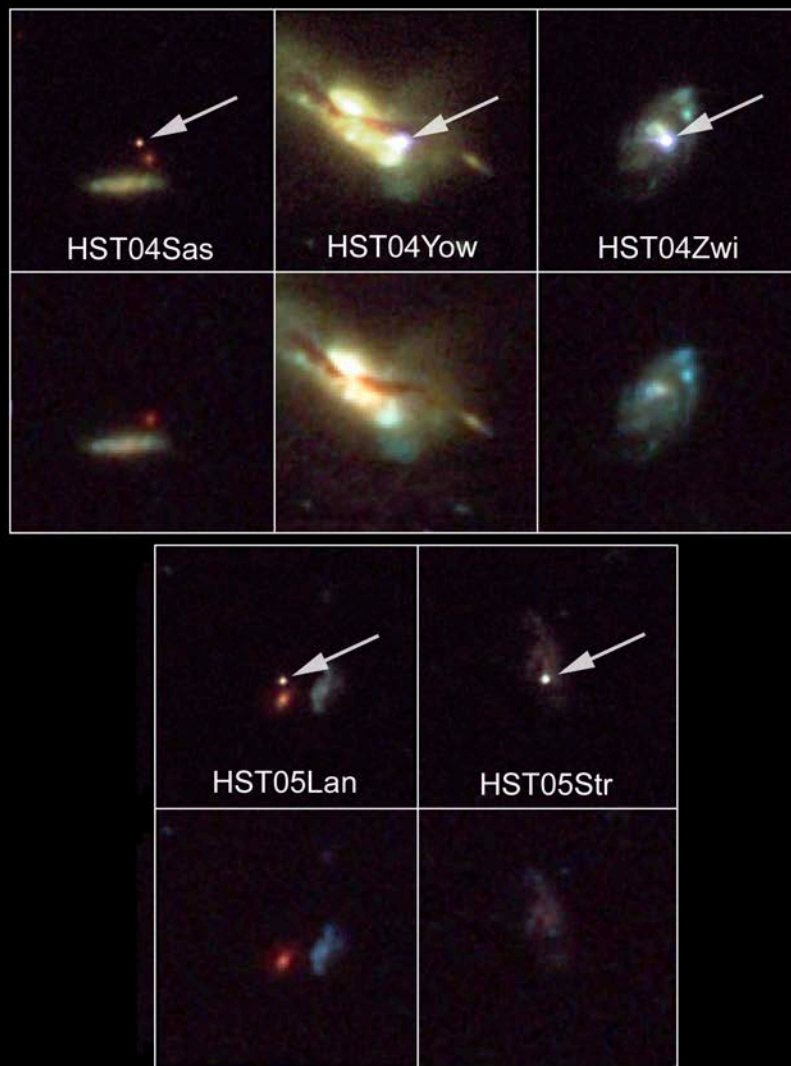
哈伯在三十多年的觀測工作中，獲得了許多重要的科學成果。下面我們選幾張非常重要的影像來說明哈伯的科學成就：

宇宙加速膨脹

宇宙正在膨脹，所以我們可以觀測到夜空中幾乎所有的星系都在遠離地球，但是宇宙到底以什麼速度在膨脹？為什麼會膨脹？Ia型超新星爆發就是天文學家用來研究宇宙膨脹的其中一種重要的工具。圖2中白色箭頭標示的是五顆Ia型超新星爆發

的影像，在這些影像的正下方，是在相同的天區拍攝的同一個星系，但是沒有出現超新星爆發。Ia型超新星可以作為量測天體距離的標準燭光，因為Ia型超新星爆發時所產生的光度是固定不變的。天文學家發現這五顆Ia型超新星的亮度比預期中的暗，以此估算出的星系距離比預測值還要遠15%。這說明宇宙膨脹的速度比預期更快，並且間接證明了暗能量的存在。這張影像是由哈伯的先進巡天照相機（簡稱ACS）所拍攝，提供了證實宇宙正在加速膨脹的數據。這個研究成果也使得亞當·瑞斯（Adam Riess）、布萊恩·施密特（Brian Schmidt）和索歐·珀爾馬特（Saul Perlmutter）獲得了2011年諾貝爾物理獎。

圖 2



哈伯太空望遠鏡憑藉優異的觀測能力，捕捉遙遠的Ia型超新星爆發事件並測量這些超新星的距離，以推測宇宙膨脹的速度。影像來源：NASA

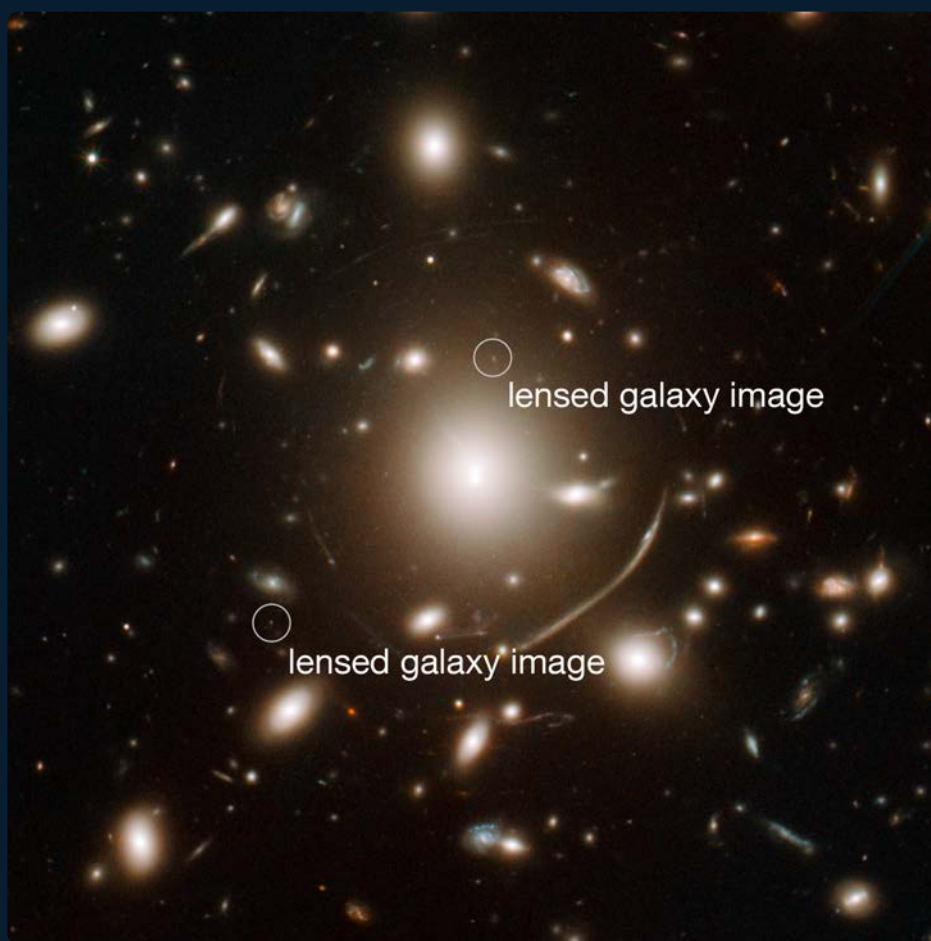
宇宙早期星系的起源與演化

宇宙的第一道光從何時開始的？第一個星系是如何誕生的？科學家為了解答這些疑惑，必須要能夠看到宇宙深處最暗、最遙遠的光，才能藉此研究星系的起源與演化。在韋伯望遠鏡升空之前，哈伯是有史以來看得最遠的望遠鏡，它的高靈敏度與高解析度讓科學家能夠收集來自遙遠宇宙極其微弱的光。科學家使用的測量工具是由愛因斯坦所提出來的重力透鏡效應（Gravitational lensing effect）——當遙遠天體的光經過星系團這樣龐大的天體時，光線會被星系團的巨大質量所彎曲，亮度也會被放大。科學家期望藉此效應可以觀測到宇宙的第一代星系，也希望藉由背景星系的光線扭曲程度，來估算星系團中暗物質的分佈。

我們可以在圖3中看到這樣的重力透鏡效應。

這是由哈伯的WFC3與ACS相機所拍攝的橢圓星系團Abell 383。這個星系團距離地球約25億光年，質量大約是太陽的 7.5×10^{14} 倍（包含一般物質與暗物質）。這張照片除了星系團Abell 383之外，背景中還隱藏許多驚人的秘密。在圖片中央右下，可以看到一抹弧形的曲線，這個曲線並不是屬於星系團Abell 383，而是來自於星系團後方的背景星系。這個背景星系受到前方星系團的重力透鏡效應影響，光線被放大扭曲成一條弧線，投影到前方的星系團周圍。另外，我們在圖中可以看到兩個被圈起來的微弱星系，這兩個星系的影像其實都是來自於同一個背景星系，它們的光因為星系團的重力透鏡效應而被投影到前方，亮度也被放大了11倍，我們稱之為透鏡星系（lensed galaxy）。這兩個透鏡星系在宇宙大霹靂過後兩億年就誕生，有可能是宇宙最早出現第一代星系。

圖 3



哈伯太空望遠鏡捕捉因星系團的重力透鏡效應，將背景遙遠星系聚光的影像。天文學家藉由研究這些影像，推測宇宙誕生初期的星系演化過程。影像來源：NASA

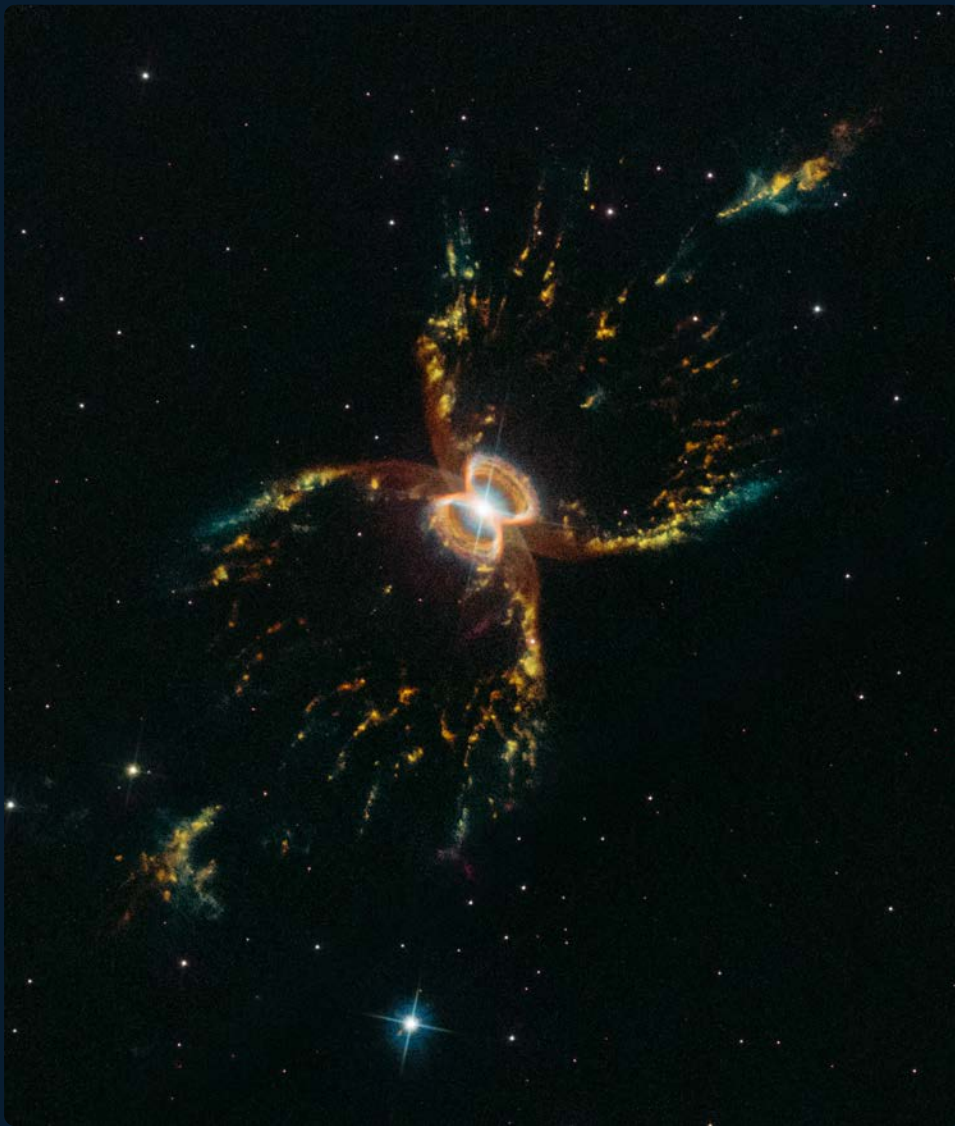
恆星的誕生與死亡

研究恆星的演化與生命週期，也是哈伯主要的科學任務之一。例如圖1中的「創生之柱」，可以幫助科學家了解恆星是如何在恆星生成區（star-forming region）這樣的環境中誕生。除了恆星的出生，科學家也藉由研究恆星的死亡，了解恆星的生命週期。圖4是南蟹狀星雲（Southern Crab Nebula），這是研究恆星死亡過程的一個非常有趣的例子。南蟹狀星雲是一個行星狀星雲，通常在恆星瀕臨死亡的過程當中，紅巨星會向外噴出氣體而形成行星狀星雲——我們在南蟹狀星雲的影像中可以看到兩邊對稱的沙漏狀結構，看起來像蟹腳一

樣。這個奇特形狀的成因，是由於中央的紅巨星噴出氣體時，受到相互旋轉的伴星白矮星的重力影響，而造成這樣的沙漏結構。

天文學家在1960年代第一次看到南蟹狀星雲時，以為中央只是一顆普通的恆星。一直到1999年哈伯望遠鏡再次觀測，天文學家才發現這是一個雙星系統，中央有一對旋轉的恆星，由一顆衰老的紅巨星和一顆燃盡的白矮星所組成。圖4是哈伯使用ACS和WFC3相機所拍攝的可見光和紅外線合成影像。圖片中的紅色代表硫，綠色代表氫，橘色代表氮，藍色代表氧。

圖 4



哈伯太空望遠鏡拍攝的南蟹狀星雲影像，恆星接近死亡時，外層氣體因膨脹會呈現許多層的同心球狀殼層，並逐漸向外擴散，而南蟹狀星雲因伴星白矮星公轉的重力影響，讓膨脹的氣體變成沙漏型狀。影像來源：NASA

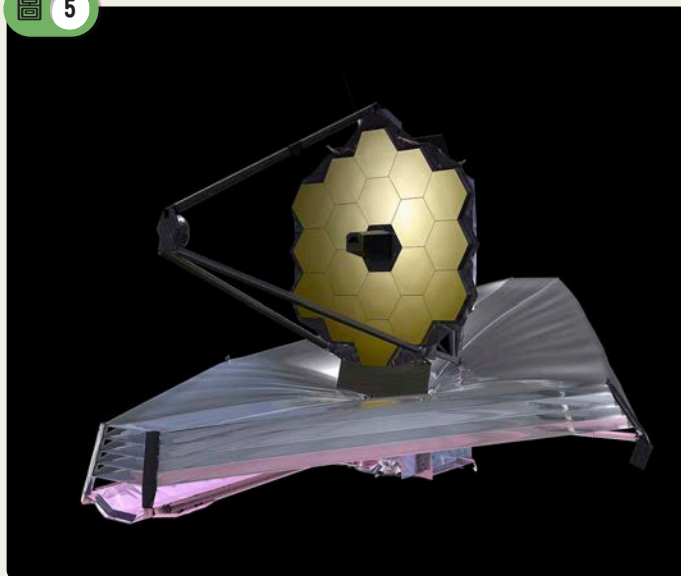
眾所矚目的未來之星

韋伯太空望遠鏡 (James Webb Space Telescope)

韋伯望遠鏡被稱為哈伯的繼承者，如圖5，擁有比哈伯更靈敏的紅外線儀器、更高的解析度。它在2021年底升空，目前是世界上 strongest 的太空望遠鏡。韋伯的任務是延續哈伯的科學目標，包括觀測宇宙第一道光、研究星系演化、探索恆星和行星的誕生、和尋找宇宙中可能的生命。韋伯的鏡面口徑有6.5公尺，以紅外線（0.6~28.3 μm ）為主要觀測波段，就如同我們上面所提到觀測紅外線的優勢，韋伯能夠幫助科學家：**①更有效率地偵測高紅移天體，看到宇宙第一道光。****②**穿透充滿塵埃和氣體的分子雲。這些分子雲是恆星誕生的搖籃，科學家能藉此來研究恆星與行星的生成與演化。**③**更容易偵測到溫度很低的天體，有助於科學家尋找系外行星、或是有可能的系外生命。

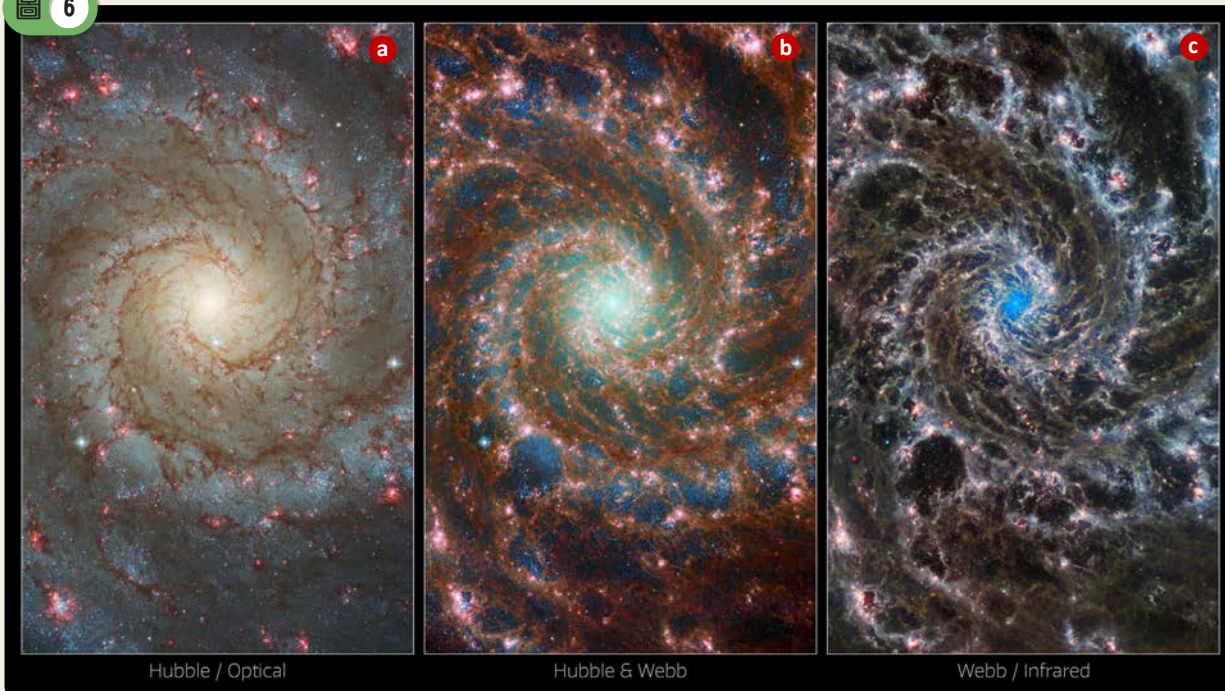
圖6中，我們可以看到**a**哈伯與**c**韋伯影像的比較，中央的**b**是哈伯與韋伯的合成影像。這個螺旋星系名為M74，又稱為幽靈星系。在左邊的哈伯影像中，我們可以看到明顯的旋臂結構。旋臂上明亮的粉紅色結點，是恆星形成的區域，被稱為HII區域。然而，把哈伯與右邊的韋伯影像比較，尤其是在旋臂之間充滿塵埃和氣體的區域，韋伯比哈伯更能清楚的看到這些雲氣在旋臂間的分布與結構。從這個比較中就可以看出紅外線觀測的優勢。

圖 5



藝術家筆下的韋伯太空望遠鏡外觀構造。圖片來源：NASA

圖 6



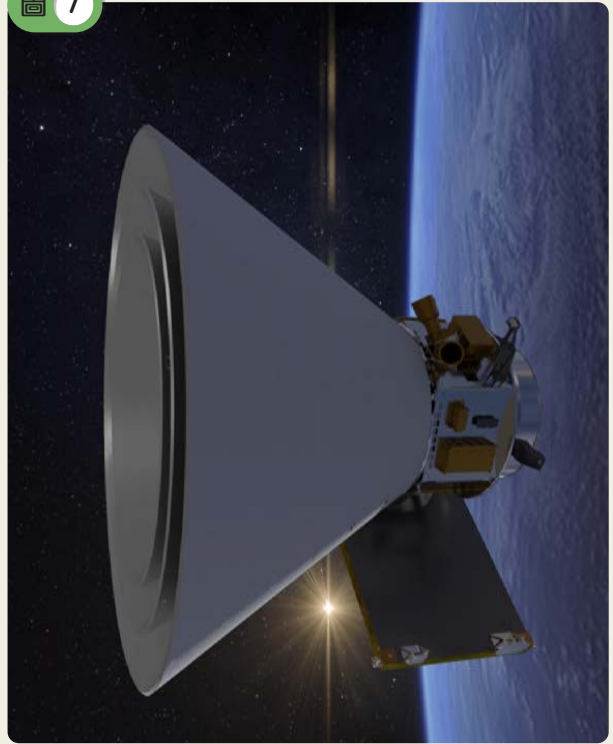
在哈伯拍攝的**a**影像，可以明顯看出漩渦星系M74中，分布著許多發出粉紅色光芒的高溫恆星形成區域，以及完整的旋臂結構。而在韋伯所拍攝的**c**影像，則可見低溫雲氣與塵埃呈現類似碎形幾何的結構，影像來源：NASA

SPHEREx 太空望遠鏡

SPHEREx (The Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization and Ices Explorer)，如圖7、圖8。是一項為期兩年的太空任務，預計在2025年發射升空。SPHEREx望遠鏡的觀測波段在可見光和近紅外線波段。相較於韋伯望遠鏡對特定小範圍的天區作長時間的曝光，SPHEREx則是計劃繪製整個天空的地圖，並藉此過程進行全天的光譜調查，預計收集超過4.5億個星系和超過1億顆銀河系內恆星的數據，期望能解開宇宙起源的秘密。

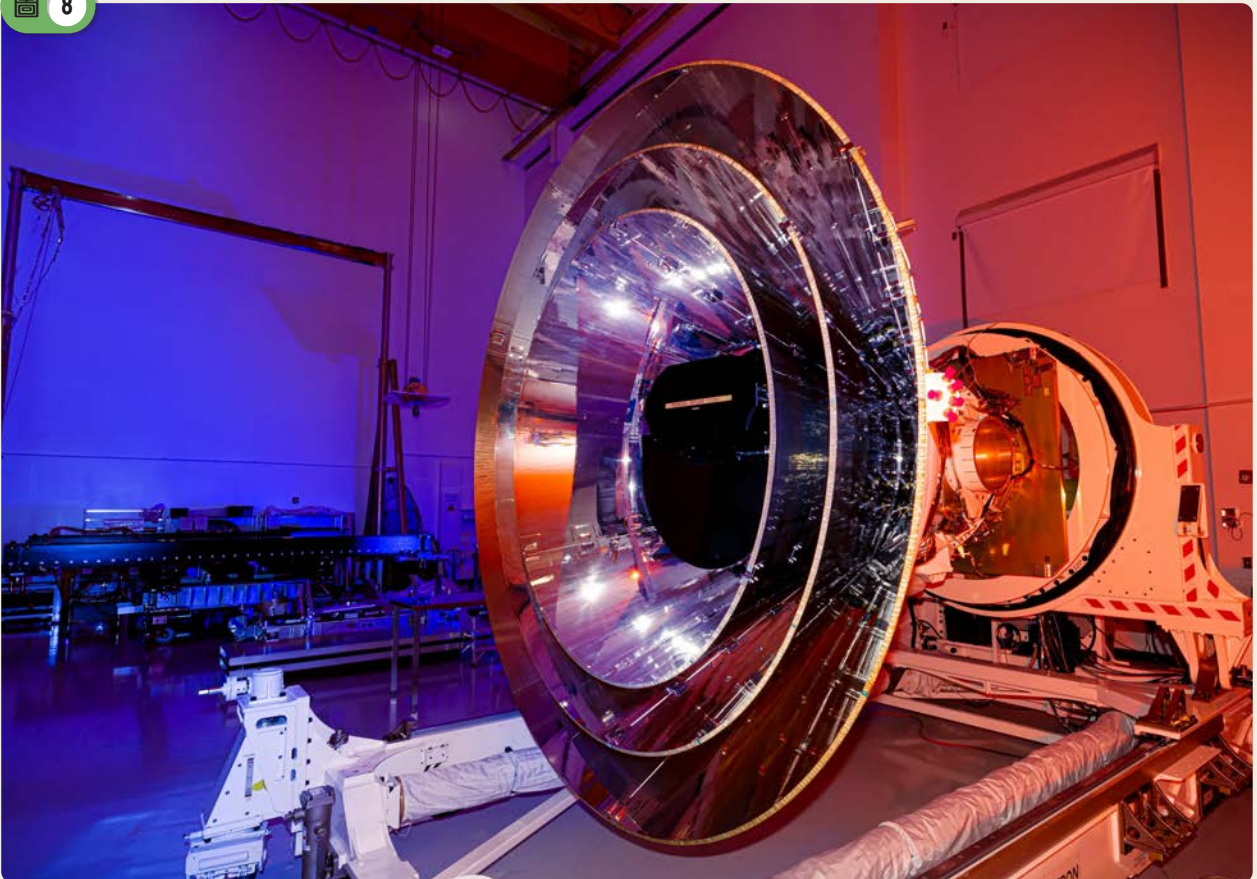
SPHEREx每六個月會進行一次巡天觀測，它的靈敏度和解析度雖然沒有比哈伯和韋伯更傑出，但是它的觀測視野夠大，有助於繪製宇宙全景圖。SPHEREx的科學任務除了大範圍地測量數億個星系、探索銀河系內的恆星生成區，還有在充滿氣體和塵埃的原始恆星盤面中尋找水和有機分子——生命誕生的必要因素。

圖 7



SPHEREx太空望遠鏡示意圖。圖片來源：NASA/JPL

圖 8



SPHEREx太空望遠鏡在地面進行各項功能測試。圖片來源：NASA/JPL

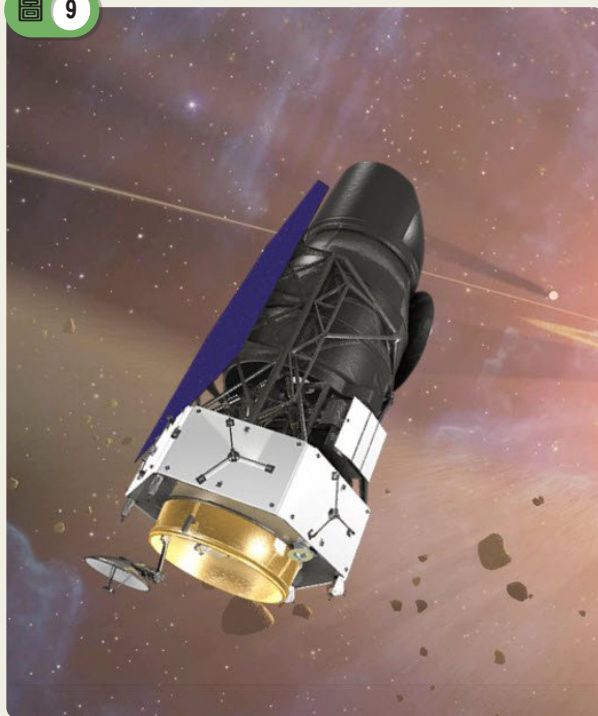
羅曼太空望遠鏡 (Roman Space Telescope)

南西·葛蕾絲·羅曼太空望遠鏡（簡稱羅曼太空望遠鏡），如圖9。是NASA研發的下一代紅外線太空望遠鏡，預計2027年5月發射。它是以NASA前科學家南西·葛蕾絲·羅曼（Nancy Grace Roman）來命名，以紀念南西對太空望遠鏡的貢獻（南西被稱為哈伯之母，請見上一篇關於南西的故事）。

羅曼太空望遠鏡的主鏡口徑為2.4公尺，觀測波段涵蓋可見光和近紅外線。它將攜帶兩台科學儀器：廣域相機（WFI），如圖10，與較小視野的光譜儀（CGI）。羅曼太空望遠鏡主要的科學目標，是要利用重力微透鏡效應來尋找太陽系外行星、探索暗能量對於宇宙結構演化的影響，並且驗證廣義相對論對於宇宙時空曲率的預測。

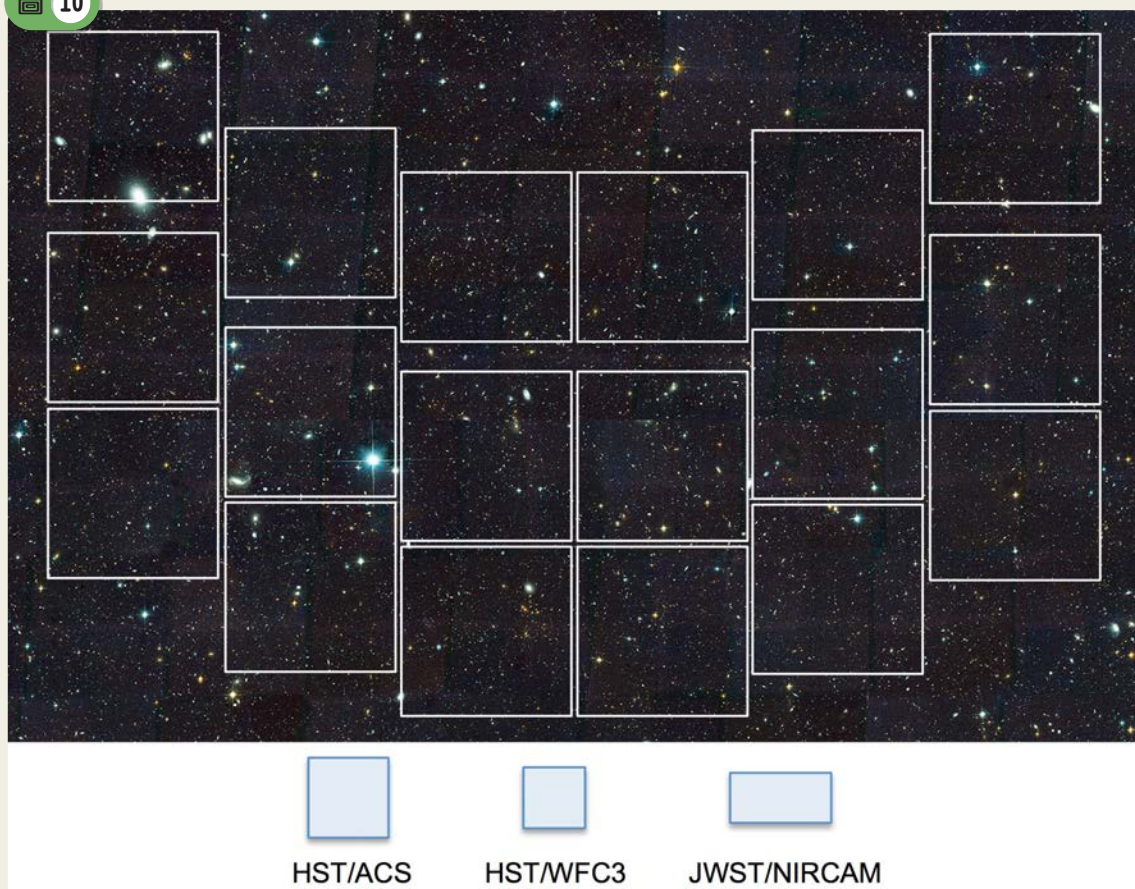
徐麗婷：政治大學應用物理所兼任助理教授

圖 9



羅曼太空望遠鏡示意圖。圖片來源：NASA/Nancy Grace Roman Space Telescope

圖 10



羅曼太空望遠鏡搭載的廣域相機（WFI）擁有寬廣的視野，圖中白框範圍是哈伯太空望遠鏡的視野，而整張影像的範圍則是羅曼太空望遠鏡的視野。影像來源：NASA/Nancy Grace Roman Space Telescope

夜裡絢爛的高空煙火

文／林偉竣

紅色精靈為我們最常聽到的中高層大氣放電現象之一，早在1730年，就有文件描述到中高層大氣放電現象。到了1989年7月6日明尼蘇達大學的科學家偶然拍攝到第一張相片，但一直要到1994年7月4日在一架研究飛機上，才拍攝到第一張太氣高空放電現象的彩色相片¹。時至今日已有無數的中高層大氣放電影像在國外被記錄到。而國內除了成大、中大等研究機構外，中高空大氣放電現象的拍攝在攝影界仍處於萌芽階段。



此照片為2024年6月8日凌晨於大屯山記錄到的低空雲海與紅色精靈，左方突出在雲海上的山峰是七星山。

什麼是瞬態發光事件

中高層大氣放電現象又稱為瞬態發光事件 (Transient Luminous Events, 簡稱為TLEs), 可因現象發生時的形狀、顏色、大小及持續時間區分為: Pixies、藍色啟動器、藍色噴流、紅色精靈、淘氣精靈、鬼火精靈、精靈暈盤、次生噴流和巨大噴流等不同類別, 如圖1, 詳述如下。

藍色系成員

Pixies 呈現為藍色或紫色, 發生於發展中的雷雨胞上, 如圖2。**藍色啟動器** 可能是藍色噴流的前身, 亮度更亮、長度卻較短, 不足20公里, 形似短樹枝, 如圖3。**藍色噴流** 為自雷雨胞高速向上噴發的帶電粒子, 激發氮分子而放出藍光。長度最可達40~50公里, 如圖4。

紅色系成員

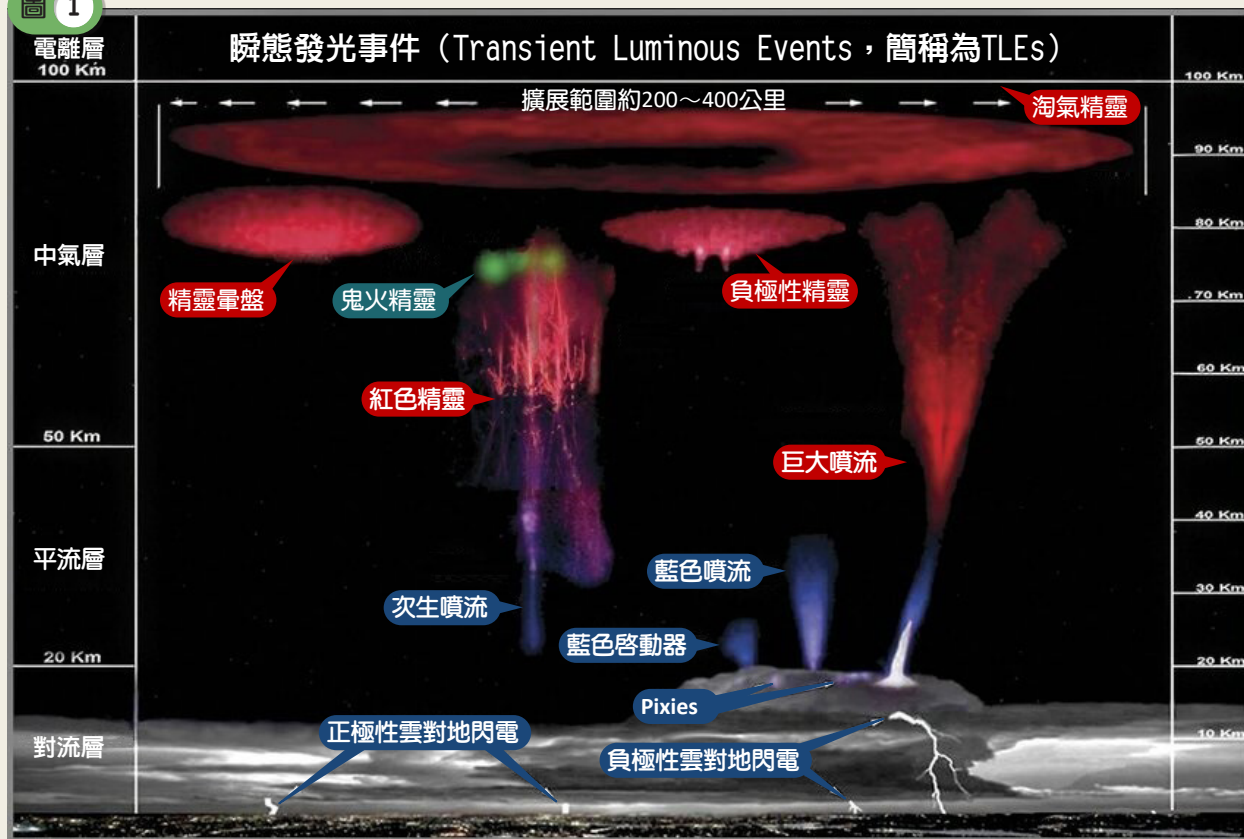
紅色精靈 發生高度介於30~90公里。形狀多變, 大多數為柱狀或胡蘿蔔狀, 水母或天使形狀則較少見, 如圖6、圖8。依雷雨胞雲對地閃電的放電極性,

紅色精靈又區分為占大多數的**正極性紅色精靈**以及較少見的**負極性紅色精靈**, 如圖8。**精靈暈盤**, 外型呈圓盤狀, 其直徑小於100公里, 發生高度介於離地70~85公里的空中, 常伴隨紅色精靈一起出現, 此為負極性紅色精靈的特有結構, 單獨出現的情況較少, 大約僅占了2.6%², 如圖7、圖8。**淘氣精靈** 發生高度大約是75~100公里、水平直徑可達200~400公里, 厚度約為10公里。顏色為紅色, 亮度較暗, 持續時間短, 為圓盤狀或甜甜圈形狀, 如圖6。

其他放電現象

巨大噴流 發生高度介於15~90公里, 長度約為75公里。頂部為紅色, 底部為紫色。目前有三種類形狀, 依頭部結構分為: 樹枝狀、蕈狀、及兩者混合。**次生噴流** 在紅色精靈發生後, 有時候會引發藍色的次生噴流連接雷雨雲的頂部至紅色精靈的底部。**鬼火精靈** 直到近年來才被發現, 於紅色精靈發生後的極短時間內出現。位置在原先紅色精靈或巨大噴流的頂部, 會出現小範圍的綠色區域, 此即鬼火精靈。而目前次生噴流和鬼火精靈在台灣尚未有攝影師拍到影像。

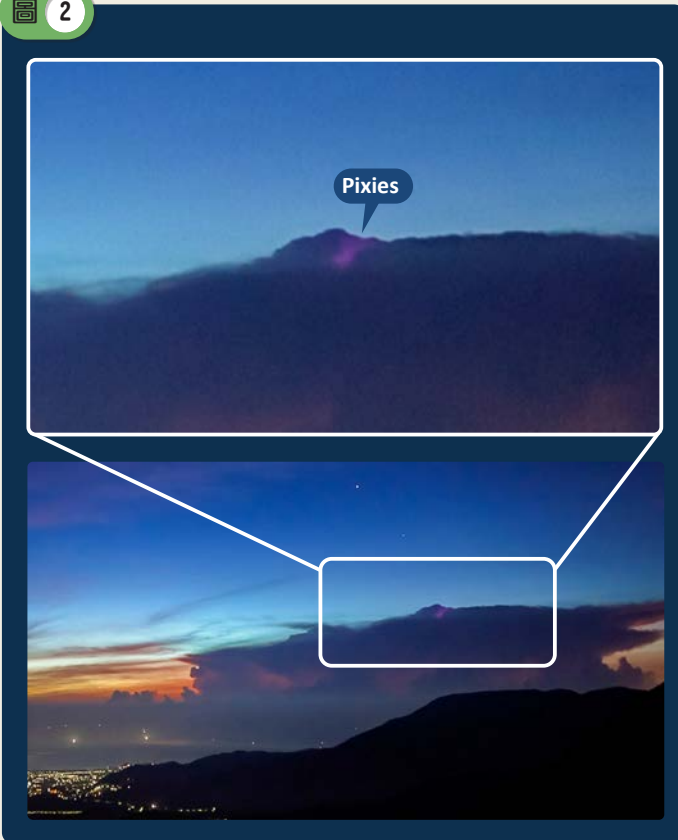
圖 1



各種不同型態瞬態發光事件的顏色、形狀、及發生時高度。圖片來源: Walter Lyons/Inside the World of Sprite Chasing

各種瞬態發光事件實例

圖 2



Pixies發生於快速發展的雷雨胞頂部，呈現出藍色或紫色。

圖 3



藍色啟動器可能是藍色噴流的前身，形狀像短樹枝，長度雖不足20公里，但卻比藍色噴流更亮。

圖 4



藍色噴流是雲層中高速向上噴發的帶電粒子，與空氣中氮分子碰撞後所發出的藍光，噴流長度可達40~50公里。照片來源：蕭翔耀

圖 5

照片資訊

時間：2024.08.31 01:29AM

地點：台北碧山巖

距離雷雨胞：約400公里

相機：Sony a7S III

錄製幀幅：30 fps

ISO:8000，光圈：1.8，焦距：85mm



巨大噴流長度約為75公里，通常出現在高度15~90公里的空中，上半部為紅色，下半部為紫色。

圖 6



照片資訊

時間：2024.08.31 01:31AM

地點：台北碧山巖

距離雷雨胞：約400公里

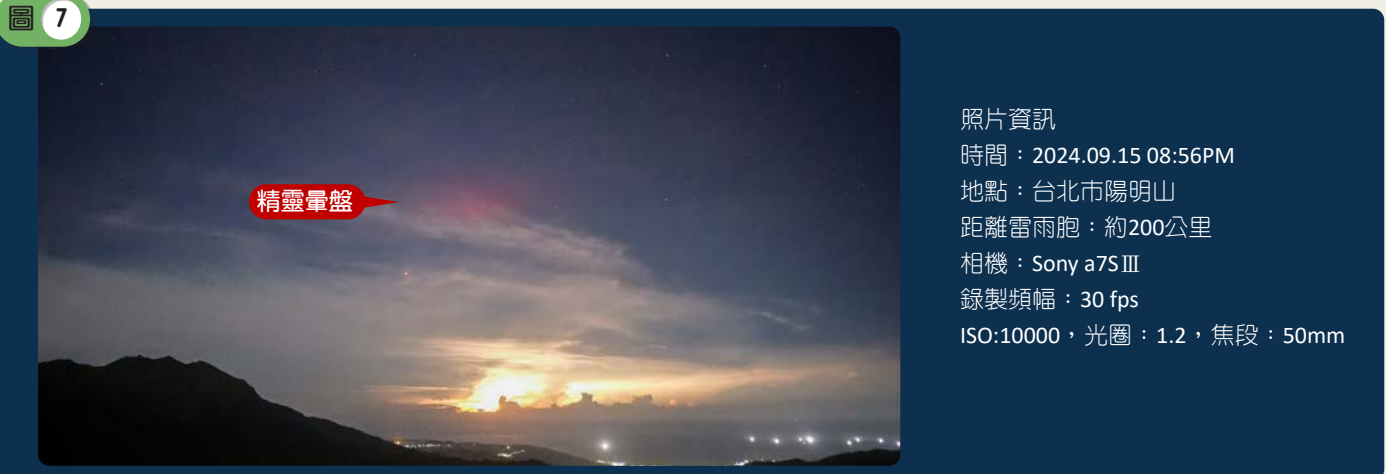
相機：Sony a7S III

錄製頻幅：30 fps

ISO:8000，光圈：1.8，焦段：85mm

淘氣精靈出現在高度75~100公里的高空，形狀像圓盤或是壓扁的甜甜圈，直徑可達200~400公里，呈現紅色，亮度較暗。而紅色精靈則出現在30~90公里空中，大多像胡蘿蔔形狀或是柱狀，少數會呈現出類似水母或者天使的形狀。

圖 7



照片資訊

時間：2024.09.15 08:56PM

地點：台北市陽明山

距離雷雨胞：約200公里

相機：Sony a7S III

錄製頻幅：30 fps

ISO:10000，光圈：1.2，焦段：50mm

精靈暈盤出現在高度70~85公里空中。

圖 8



照片資訊

時間：2024.05.18 03:19AM

地點：台北市陽明山

距離雷雨胞：約300公里

相機：Sony a7S III

錄製頻幅：30 fps

ISO:6400，光圈：1.8，焦段：85mm

照片為負極性紅色精靈，由精靈暈盤和紅色精靈組成。

拍攝中高層大氣放電的雷雨胞選擇

選擇距離適當的雷雨胞

國外的攝影師在水平距離閃電密集處100~700公里都有記錄到中高層大氣放電現象，而150至300公里的距離為筆者經驗上的最佳的拍攝距離。當距離小於100公里時，中高層放電的視野範圍會急遽變大、仰角會急遽升高，且拍攝地點的天氣或天空雲量都容易受到雷雨胞干擾。

鎖定閃電密集區

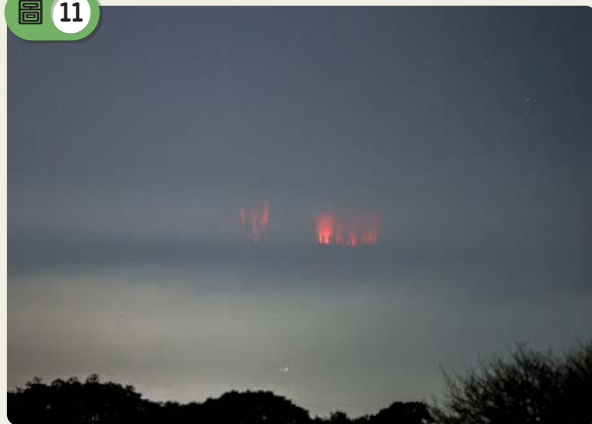
可利用中央氣象署的閃電監測系統以及Blitzortung的即時閃電網站判斷對流雲是否有閃電，如圖9、圖10，有閃電的對流系統才有出現中高空大氣放電的機會，如圖11。但中央氣象署的閃電監測系統只能應用在臺灣附近約300公里的雷雨系統，實際閃電發生至偵測到的時間差較為明顯。因此建議以Blitzortung的即時閃電系統為主要的參考對象。最好能設定偵測的閃電

時間及頻率，筆者的經驗為選擇20分鐘內在目標雷雨胞範圍內能偵測到5~10次或更高頻率閃電的系統為佳。

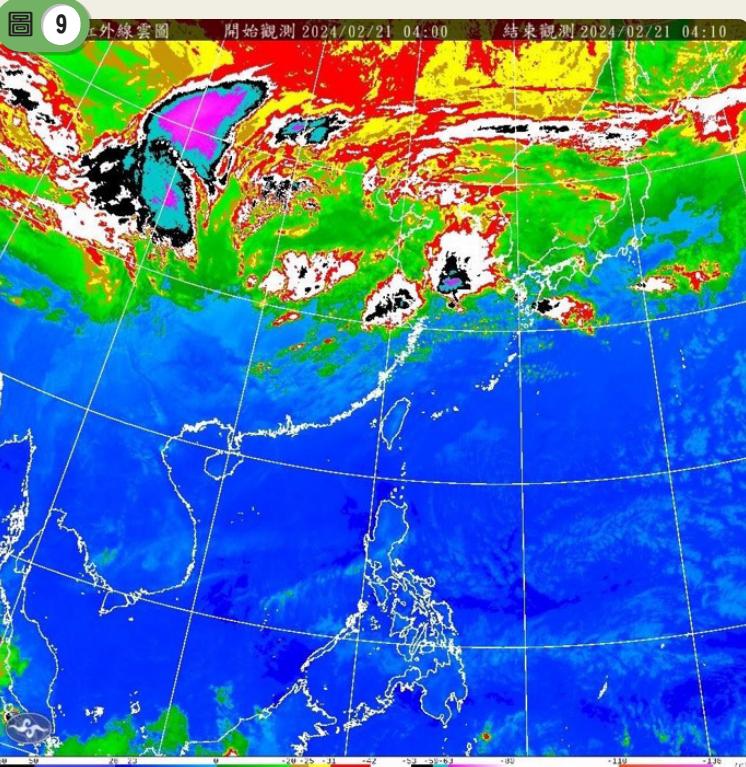
從衛星雲圖尋找

搜尋色調強化的衛星雲圖，筆者建議選擇藍色無雲區中能和其他色塊壁壘分明的雷雨胞，原因是在拍攝方向中高雲層的干擾較少。另外可使用夜間真實色雲圖幫忙判別，當拍攝方向上雲圖有紅色區塊存在時，表示有低雲干擾的可能。

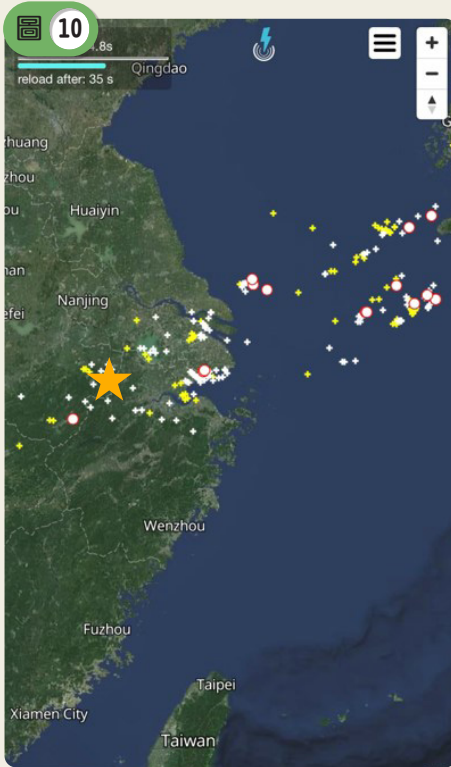
圖 11



從大屯山二子坪附近的半山腰往北方攝影，拍攝到「幾乎同時發生」的數個紅色精靈。



中央氣象局2024年2月21日的紅外線雲圖，顯示長江流域出現一道冷鋒。



從Blitzortung的即時閃電網站來看，有一條明顯的「閃電密集帶」，星號為筆者所選擇的拍攝方向。

注意干擾因素

空氣汙染與光害均會影響拍攝，因此最好尋找空氣品質佳、能見度好、無光害及水氣較少的地點進行攝影，可利用在晴朗夜晚是否能清楚看見銀河作為指標。

預測雷雨胞的發生時間和地區

使用Windyty app在歐洲模式下點選雷暴、雲量模式，可幫助預測雷雨胞出現的區域以及時間。但因為預報變動大，需要時常查看，避免因預報改變而影響拍攝。

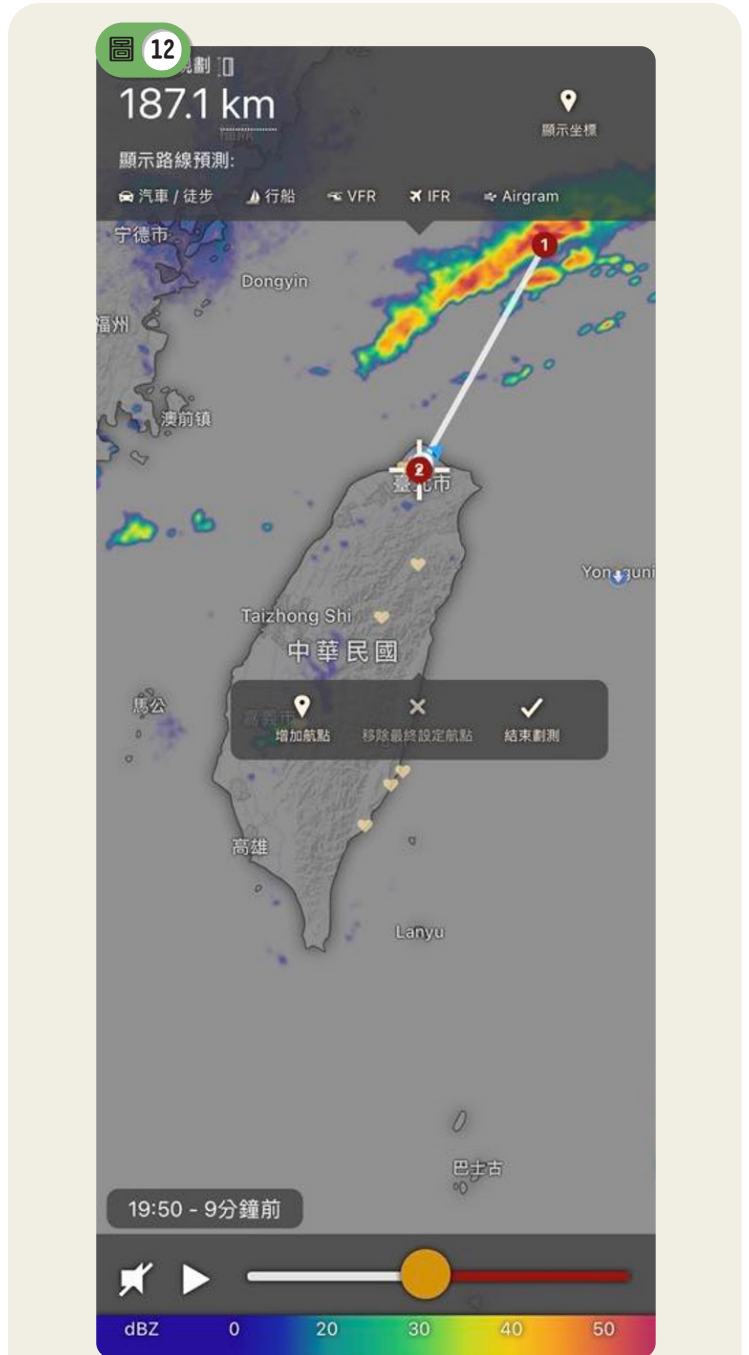
中高層大氣放電的距離、仰角、及方位角的估算

距離估算

選擇Windyty App的雷達或衛星，利用距離與規劃功能計算拍攝者與雷雨系統所在的水平距離，如圖12。

仰角估計

目前已知紅色精靈發生高度介於30~90公里，根據「Red sprites over thunderstorms in the coast of Shandong Province, China」，假設觀察者距離雷雨胞的水平距離為D公里³，這篇文章給予的公式四捨五入後計算出的紅色精靈最大高度H1及最低高度H2所對應的仰角，如表1³。



將Windyty App的雷達和距離疊圖之後，估計雷雨胞距離拍攝位置約190公里。

表 1 紅色精靈最大高度、最低高度與仰角對應表

與雷雨胞 水平距離D (公里)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
精靈最高、 最低高度 H1/H2仰角(度)													
H1	41.3	30.1	23.2	18.6	15.2	12.8	10.8	9.2	7.9	6.8	5.8	4.9	4.1
H2	16.2	10.6	7.6	5.7	4.4	3.3	2.5	1.8	1.2	0.6	0.2	—	—

方位角估計

將方向簡單分成16方位即可，因為中高層大氣放電現象可能和母體閃電存在水平距離0~100公里的誤差⁴（意即中高層大氣放電現象並不一定發生在母體閃電的正上方）。另外可以用Star walk以及Stellarium app去找尋可供參考的星星或星座，例如：大角星、獵戶座等，能更精確的判斷仰角及方位角。

攝影器材的選擇與拍攝

選擇器材

一般中高階以上擁有高感光、低噪點功能的相機都可以嘗試。但根據國外拍攝友人及筆者經驗，Sony系列的相機在錄影模式下，相同的感光度具有較少的噪點及雜訊干擾，故較建議使用Sony系列的相機，其中目前又以Sony a7s III為佳。鏡頭光圈建議大於f/2，鏡頭焦距建議在16至100mm之間。

設定參數

在光害較嚴重的地方，拍攝的曝光秒數愈短愈好，至少要低於2秒，ISO在8000以上。若在光害較輕微的地方，曝光秒數可以較長，但建議短於10秒，ISO則視當時所處環境調整。

因中高層大氣放電為瞬間發光，所以長時間曝光

無法讓中高空放電更明顯或更清晰，反而會因背景曝光量增加讓訊號雜訊比升高。因此短時間曝光，特別是高感光的錄影拍攝較適合用來捕捉中高層大氣放電現象。而單張拍攝就需要大量的記憶卡空間，否則難以捕捉到理想畫面。

若要採用錄影方式記錄，錄製格數建議每秒10~30張相片，ISO大約介於8000至100000，仍需視當時所處地點及背景光害再行調整。

在網路上亦有相關視頻介紹如何拍攝中高層大氣放電現象，筆者推薦YouTube上面的「How to SEE and PHOTOGRAPH Sprites!」這部影片。國外有部分拍攝者會使用天文相機，加強紅色波段的光並減少其他波段的光量，亦可以參考使用。

影像後製

錄製的影片需要用肉眼慢慢檢視，目前筆者建議以兩倍速檢視原始影片，如果超過此速度將難以用肉眼檢出瞬間即逝的放電現象。待疑似高空放電現象出現後，再用軟體慢速播放影片並截圖處理，目前筆者是使用Mac內建的iMovie來執行此項工作，接下來的後製工作除了利用Lightroom及Photoshop加強影像的明暗、對比、飽和度外，還可以利用需付費下載的topaz photo AI軟體，對噪點進行降噪處理並適度還原影像，如圖13。

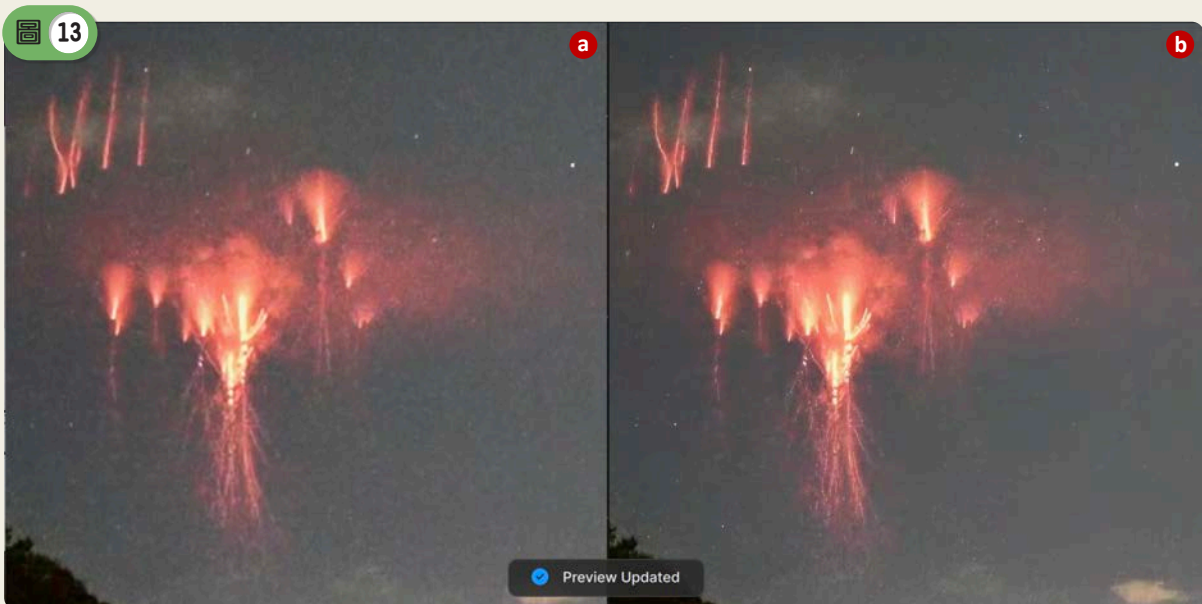


圖 a 為使用topaz photo AI軟體前的截圖圖片，圖 b 則為後製後的圖片，可見噪點降噪且亦稍微增強細節。

後記

前期準備

拍攝前的準備可藉由Windyty app的雷暴預報，提早預測雷雨胞可能發生的時間及地點，而雲量預報及拍攝地附近的即時影像可以幫助我們判斷是否合適出門。器材部分以Sony a7s III為優先選項，若沒有則選擇高感光度、大光圈（光圈需大於f/2）的相機，建議將鏡頭的焦距設定在16~100mm之間。除非雷雨胞距離太近或拍攝目標為淘氣精靈，筆者不建議使用超廣角鏡頭拍攝。

台灣因四周環海且山地多，因此環境的濕度較高，筆者建議以「能近就不跑遠，能暗就不要亮」作為選擇拍攝地點的依據。由於雷雨胞的閃電密集週期通常只有數十分鐘至數小時，因此若選擇離自身所在位置超過30分鐘車程的地點，非常有可能就此和心目中想捕捉的畫面擦身而過。也可能在看完雲圖及當地監視器判斷無雲後出門，抵達拍攝地點時已烏雲密布，只好敗興而歸。因此如果可以的話先想好要拍攝的畫面，白天的時候最好能到拍攝點現場觀察能拍到的仰角、方位角、晚間能先觀察周邊的光害程度，畢竟有些景如果錯過，未來就不知何時能再相遇。

最後，請記得出門前一定要檢查相機電量是否充足、備用電池是否已充飽電、以及是否攜帶備用的記憶卡等。

拍攝過程

拍攝時請保持耐心，忙了一整晚毫無收穫的情況其實蠻常見的，會出現哪種類型的高空閃電目前仍無法預測（目前研究僅知道整體為藍、紫色光的中高層放電現象很少和整體為紅光的放電現象在同一顆雷雨胞出現），而筆者的經驗是高空放電只有在整晚的某段或某幾段時間比較容易出現，其他時間可能毫無收穫。至於選擇大量中高空放電現象出現的雷雨胞以鋒面系統為首選、再者是熱帶氣旋在附近引發的雷雨胞、最後才是浙江、福建、廣東附近因天氣不穩定產生的較大對流系統，可持續至深夜或隔天凌晨。至於一般午後熱對流引發的小雷雨胞，通常入夜後就會逐漸消散，出現中高層大氣放電現象的機會相對較低。

隨時注意安全

拍攝中高層放電都是在夜間，需注意自身安全。若雷雨系統有接近的情況，亦需留意天氣上的變化。正確的對焦可以呈現出最好畫面，請記得一定要將鏡頭對好焦之後，再進行攝影。

用肉眼來感受

筆者目前僅有透過相機螢幕看到中高層大氣放電的經驗，但根據國外拍攝中高層大氣放電的攝影師表示，在黑暗環境下肉眼可以看到紅色發光的瞬間。但筆者尚無相關經驗，估計是和所在拍攝地的光害、空气中的水氣與大氣污染相對嚴重所致。

參考國外攝影師作品

筆者建議可參考國外攝影師的作品，例如：Paul M Smith（有拍攝到鬼火精靈以及同時發生多個藍色噴流）、Pecos Hank、Nicolas Escurat（拍攝出的細節最清楚）、安久、董書暢等攝影師。

最後特別感謝劉清煌教授、蕭翔耀先生、李美英老師、鄭佩佩小姐、許淑玲小姐、傅譯鋒先生建議與指導，希望這篇文章能幫助到所有想拍攝高空放電現象的讀者們。

林偉竣：業餘天文愛好者

附註：

1. 維基百科：紅色精靈
2. 臺灣附近地區紅色精靈特性與分布之研究。
3. Jing Yang, et al. January 2008 Red sprites over thunderstorms in the coast of Shandong Province, China
4. Lu G, Cummer S A, Chen A B, et al. 2017 Analysis of lightning strokes associated with sprites observed by ISUAL in the vicinity of North America[J]. Terr., Atmos. Ocean. Sci., 28 (4) : 583-595. doi: 10.3319/TAO.2017.03.31.01

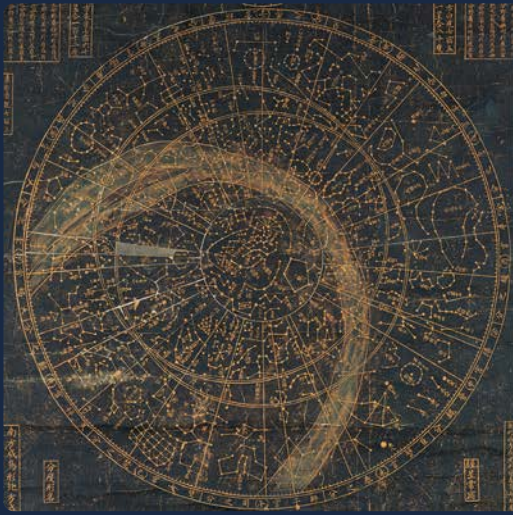


古天文研究小勘誤（二）

每種事物都會歷經時間的考驗，形成各自的歷史，天文也不例外，一般人大多會用「古天文」來稱呼天文的歷史¹。雖然它常常被視為占星與迷信，不過其中卻仍含有些現代科學的成份，例如古代的彗星、新星、極光等紀錄。若想要正確運用東方古籍內的天文資料，就得先認識古人所畫的星座位置。但它們必然不是我們現在熟知的西洋星座，卻也不一定是時下常見、依照清代資料繪成的中國星象，因為清代之前這些資料難保沒有變化。那麼真相如何判斷？

文／歐陽亮

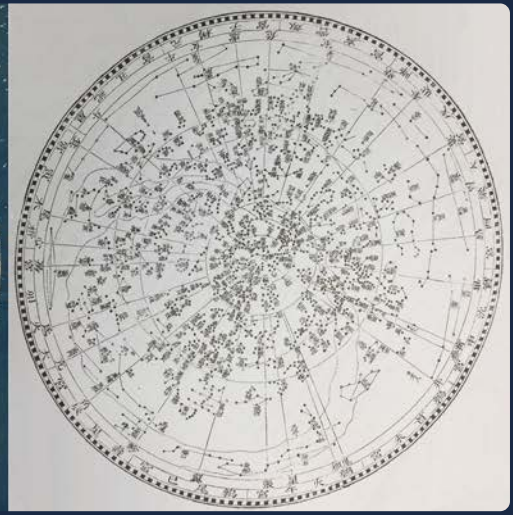
古星圖的「分期」觀念



上古時期宜採用《天象列次分野之圖》



中古時期則可參考蘇州石刻天文圖



近代時期才可參照《儀象考成》系列的通用星官圖

還好已經有人幫大家整理出來了！已成為小行星的天文學者潘彙先生在他的畢生精華著作《中國恆星觀測史》提出了重要的「分期」觀念：上古時期宜採用古風猶存的《天象列次分野之圖》；中古時期則可參考《新儀象法要》、蘇州石刻天文圖、宋代皇祐星表復原圖²等；明末之後的近代時期才可依照《見界總星圖》系列、清代《方星圖》、或根據《儀象考成》為基準製作的通用星官圖來定位³，如上圖。

為什麼要這麼麻煩？因為星座其實一直在變遷。古星象歷史看似無關緊要，但卻會影響現代

物理有關超新星遺跡的光度曲線研究與演化過程。作為星空背景的古星圖，就像度量衡的基準一樣重要，不能採用隨手取得的資料或網路對照圖，以免時代錯亂、找錯遺跡，造成後續推論偏離事實，空耗精力與生命，建議天文研究者千萬別將歷史翻頁後就遺忘了。

由於謎樣星宿專欄經常引用潘彙先生的巨著，偶爾會發現一些小錯字或問題點，曾在《臺北星空》113期發表過。不過兩年後，又累積了足夠資訊，因此再度集結為第二篇，希望能夠幫助研究者避開這些小問題，節省珍貴的研究時間。

誤植與誤認

- ①頁13：倒數第二段之「三十八宿」應為「二十八宿」，在1989年舊版頁12則是正確的。
- ②頁215：《敦煌星圖》甲本表格內「丈人」記為小圈，但原圖繪為黑點。
- ③頁288：周琮星表中序號15之陰德距星 GC 20532 UMj應為UMi。
- ④頁292：周琮星表序號180之星名誤印為天禽，應為天弁。
- ⑤頁467：作者描述明末《乾象考究》的星圖「以小圈與黑點分示石氏巫咸氏和甘氏」，然而頁466的蓋圖卻顯示，只有三垣二十八宿、天皇、北斗、帝、候、五帝座以及北極等星官採用小圈，其餘則皆用黑點。而頁471~474的分區圖亦僅多出文昌、太尊、大角、十二國等繪為小圈。不過此圖在清末的另一摹本⁴則依三家星官繪出圈與點。

宋代復原星圖

此書中極具貢獻的一幅圖，即利用宋代皇祐星表所製成的復原版星圖，已被廣泛採用，不過其中

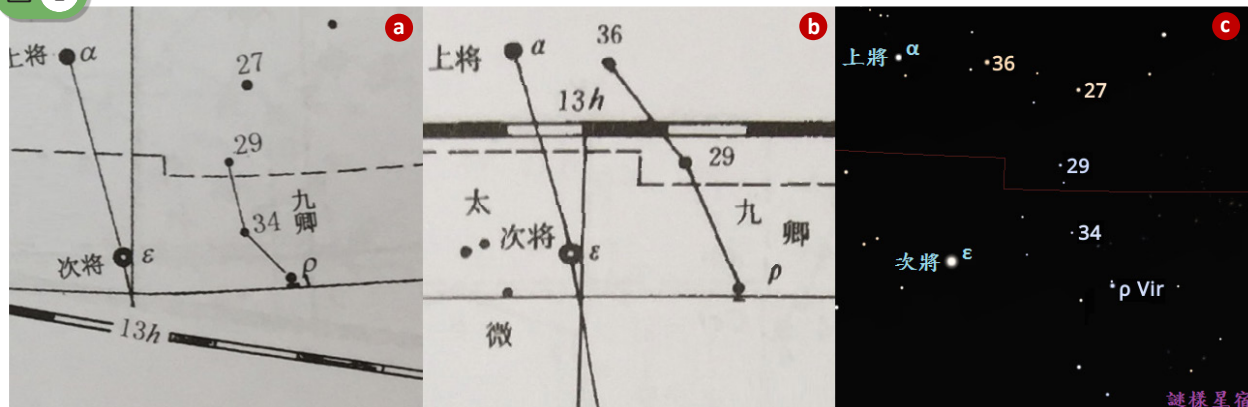
有若干小問題如下：

- ①九卿星官：在此圖的分區圖3與分區圖6之中，九卿畫得並不相同，如圖1，有一星之差異，由於星官位於跨頁位置，不易判斷是作者想藉此表示有兩種可能或僅是因跨頁造成的誤認。
- ②香港太空館2002年出版的《中國古星圖》原本只有清代星圖，在2007年的增強版中則特意增加了宋代皇祐星官復原圖，並提及他們主要參考潘彙先生《中國恆星觀測史》資料來繪製。從書內的再版序和參考文獻中，未見其他宋代星圖來源，但比較兩圖時，卻仍發現少許不同之處：

星型不同者包括陰德⁵、天床⁶、扶筐⁷、勢⁸、折威⁹、天廐¹⁰、奎¹¹、座旗¹²、翼¹³、天倉¹⁴、九旂¹⁵、市樓¹⁶、車騎¹⁷，如圖2；另外也有星名掩蓋了部份恆星，包括五帝內坐¹⁸、六甲¹⁹。這些連線彼此相異的原因主要是香港版企圖將過暗恆星微調成附近較亮者，還有些則是連線想法略有不同而造成。

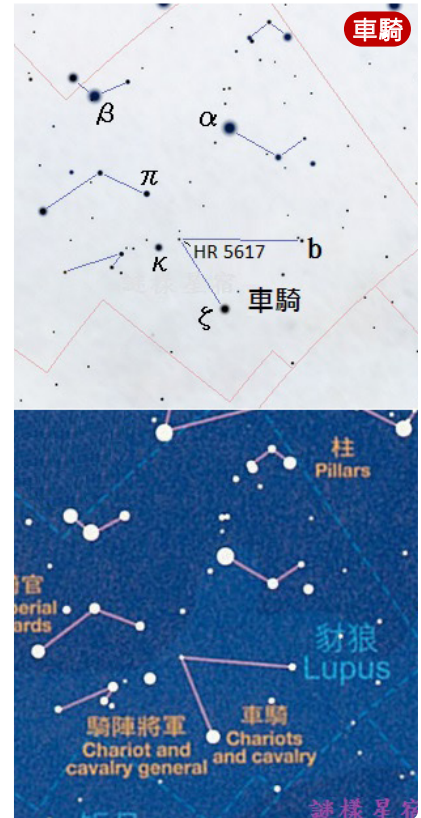
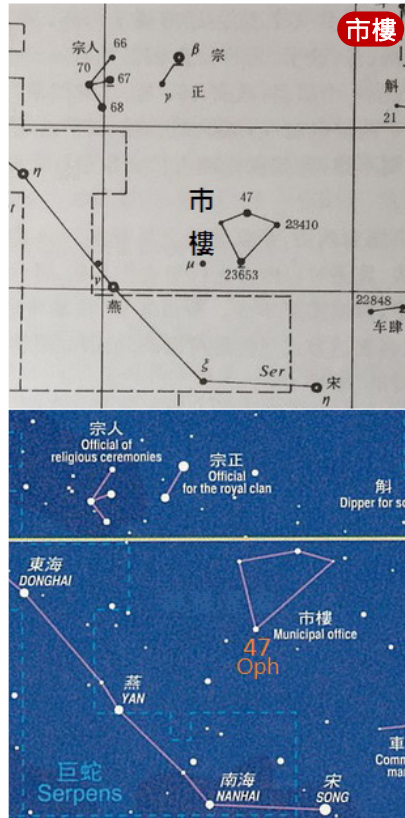
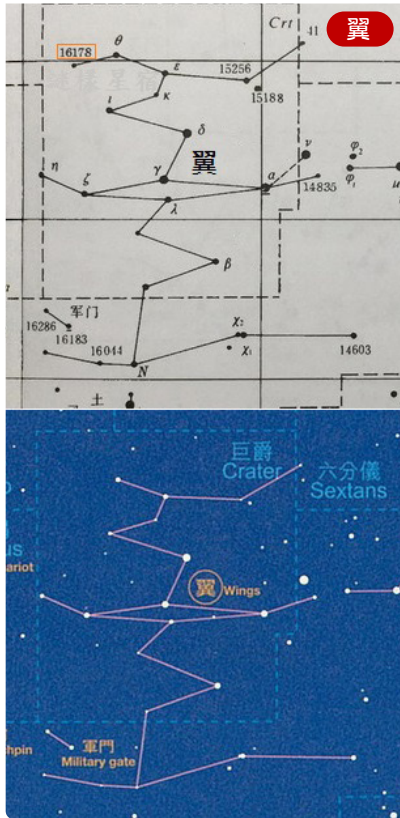
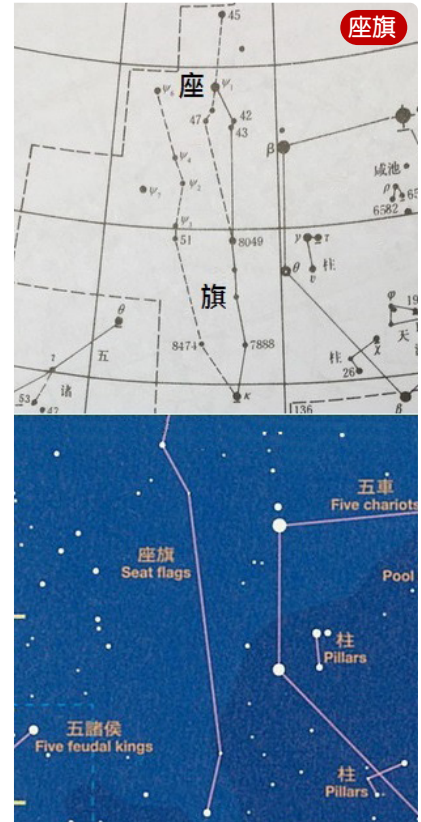
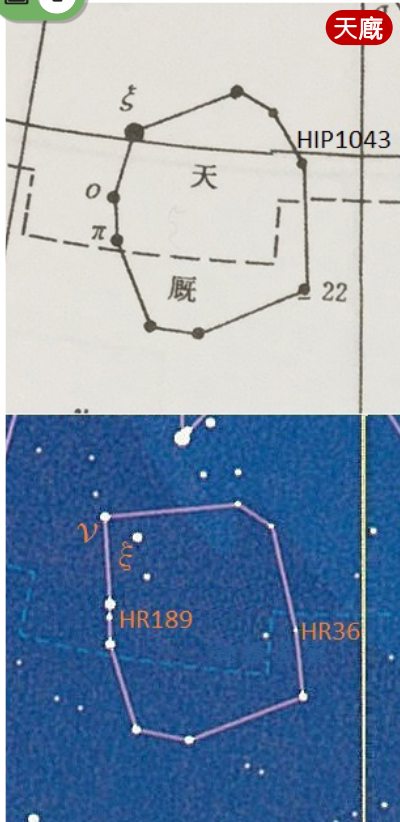
另外還有一本《漫步中國星空》²⁰的宋代復原星圖，是以《中國恆星觀測史》資料為骨架再加上《新儀象法要》、蘇州石刻天文圖等參考而繪製，不同之處更多，也可做為連線參考。至於天文軟體Stellarium的中世紀復原星圖，許多連線亦不同於前述三種出版品。

圖 1



九卿星官在復原版宋代皇祐星官圖之畫法有兩種，如 a 與 b。c 則為Stellarium軟體顯示的實際星空。

圖 2



宋代皇祐星官復原圖有部份星型不同，上圖中灰色或白色底為潘彙版，藍色底為香港太空館版。潘彙版之車騎採用 Stellarium 軟體為背景重繪。

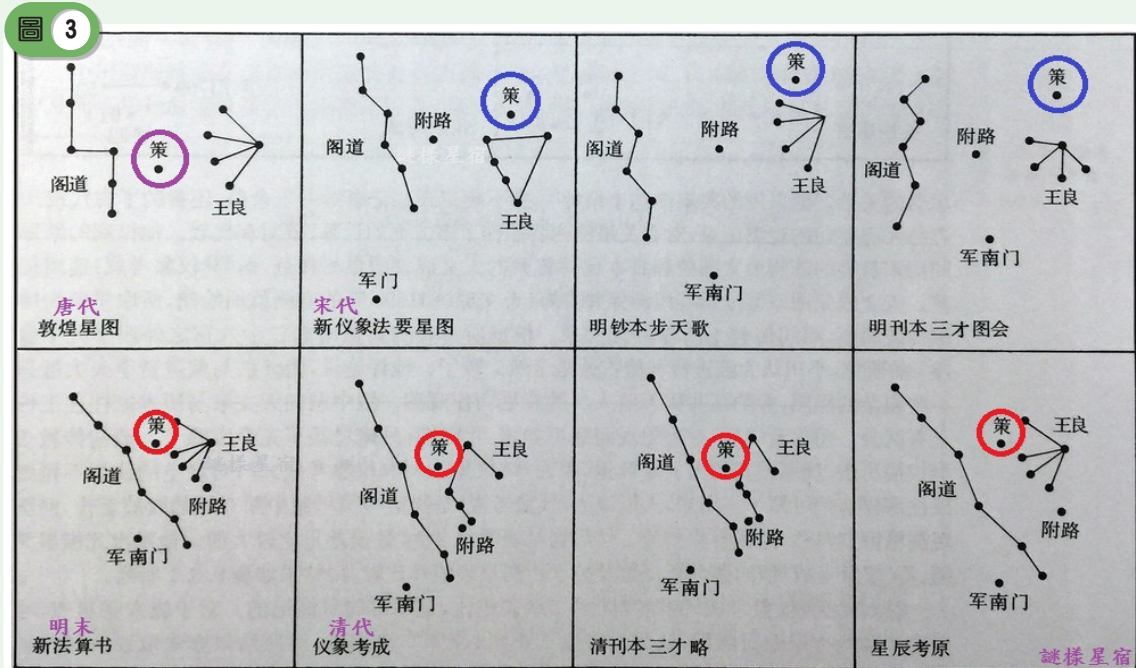
「策」會跑來跑去？

在書頁712繪有「王良等星座²¹的方位」在不同時期的對照，如圖3，然而「策」這顆星為什麼看起來跑來跑去的？若以王良和閣道位置為準，「策」有時居於中間（唐代）、有時在上（宋明）、有時又跑回中間（明末至清），沒有因年代而有一致的趨向。

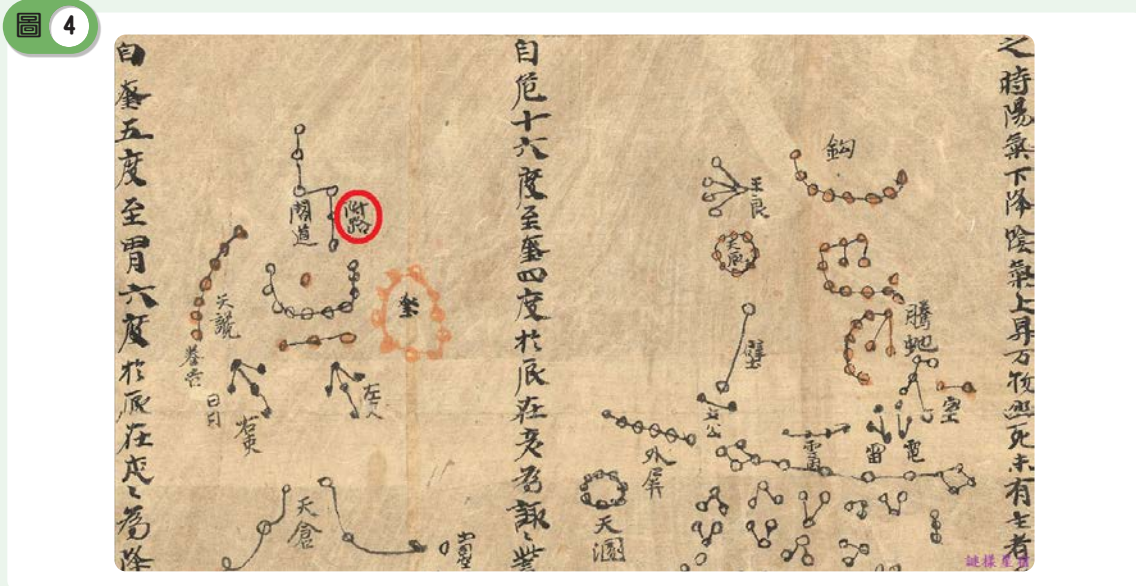
雖然古星象在戰國至宋代變化了10~30%，明清之後則變化了40~60%，但是「策」的早期位置

反而與後期一樣，這一點並不尋常。若對照原版《敦煌星圖》，就會發現答案：圖中根本沒有畫「策」這顆星！

由於《敦煌星圖》依十二次劃分，王良與閣道分別被畫在不同區域，其間只寫了一個星官「附路」但沒畫出星點，如圖4，而《中國恆星觀測史》整理出敦煌星圖的校核表中，也只有「附路」而沒有「策」，因此，應該是《中國恆星觀測史》對照圖的誤植，其敦煌星圖內的「策」應為「附路」，如此就沒有跳來跳去的年代錯亂問題了。



王良附近星官在不同時期的對照，其中策星的位置變化很劇烈。



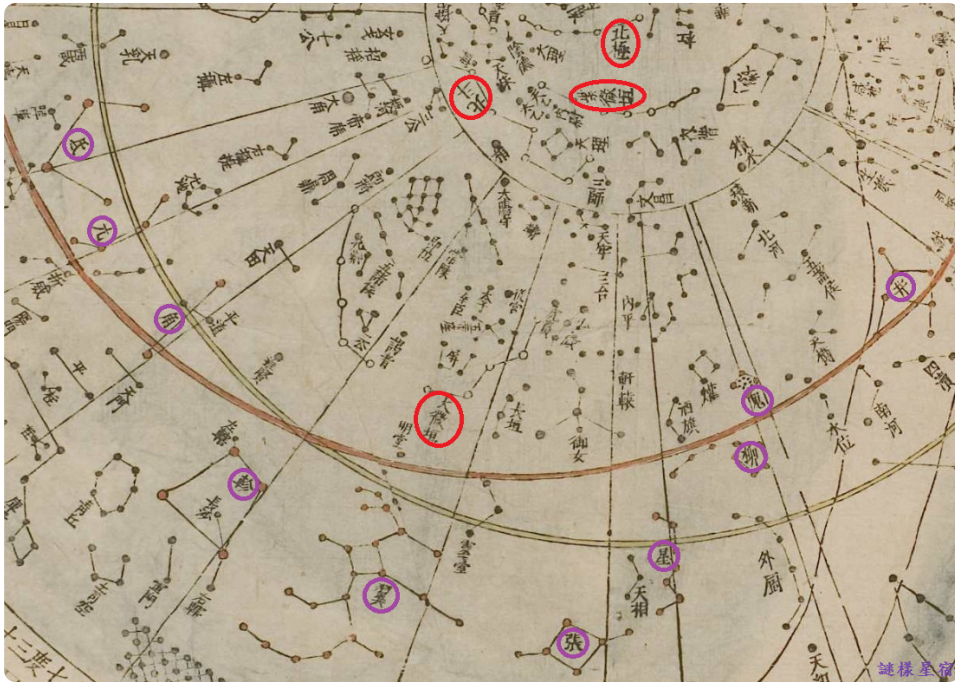
《敦煌星圖》的王良與閣道被畫在不同區域，其間並無策星，且只寫了一個星官「附路」但未畫出星點。

黑白vs彩色照片

①頁517：作者認為澀川春海《天文分野之圖》按三家星²²而繪，但其依據為當時的黑白照片。若以彩色照片來看，如圖5，可見北斗、北極與三垣為空心，二十八宿為空心加紅色，其餘則均為黑點。

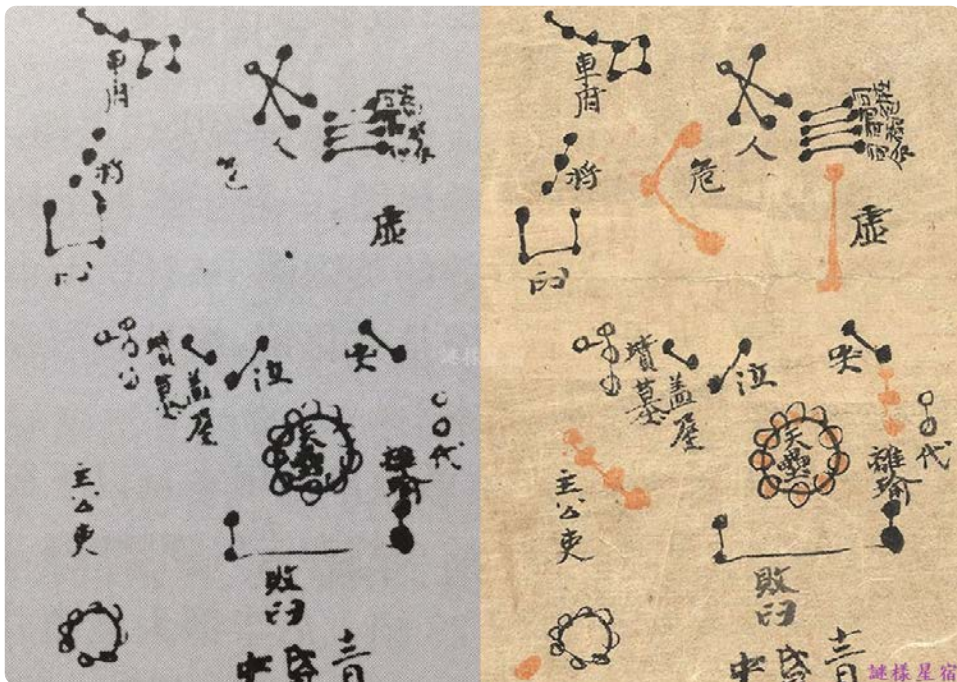
②頁213：作者提及目前已知世界最早的紙本全天星圖《敦煌星圖》「少量僅著黃橙色而漏繪小圈，在黑白照片上呈現極淡的點子」，導致不易辨別，彷彿隱形了，如圖6。對照頁214~216的整理表與《敦煌星圖》彩圖可知，作者很可能是以黑白照片整理出表格數據。

圖 5



澀川春海《天文分野之圖》並非按三家星而繪。資料提供：日本國立天文台三鷹圖書室。

圖 6



敦煌星圖甲本之黑白影本與彩色版對照，黃橙色星點在黑白版本上難以看見。

謎樣星宿以彩圖修正該表格資料，可發現原圖橙色星點造成的問題有七處：玄枵部份有五處認為漏畫但其實有畫（奚仲、虛、危、離瑜、土公吏），翼宿應有19星（表中為18星，最南排多一淡點），東咸應有2星（心宿上有兩淡點）。另外此表格其他誤認之處有：土公吏多繪2星呈4星、昴8星應為7星、玉井4星應為5星、柱17星應為16星。

一千多年前的《敦煌星圖》，是多種歷史巧合加乘在一起才能出現在我們面前。如果紙本不是藏在沙漠地區、如果藏經洞沒被人發現、如果沒被外國人掠奪並保存、甚至西夏若未攻下敦煌歸義軍地方政權（此點尚有爭議），我們都很可能看不到這份隨興臨摹的古代星圖。為何說隨興？因為在這幅星圖中有許多畫了星點卻無名稱、以及寫了星名卻看不到星點的星官，還有星數不對、錯字、標錯位置等各種問題，為數甚多，都已詳列於此書的整理表內。

以上所列出的書中各種問題，歡迎大家來信指正，亦可提供您的獨家發現給謎樣星宿，若查證確實，將會公開發表於部落格或第三次勘誤文章。由於出版社前社長雷群明先生認為此書再版可能性不高，因此參閱這些勘誤表對於目前工作上需要運用這本書的人應該會有點幫助。如果未來真的有機會再版，也希望能夠納入這些校正資料，以縮短研究者繞路的時間。

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.也有學者稱之為「天學」，不過此名詞已被用在天主教相關知識，且在明代就已出現，詳見歐陽亮〈凝望《詩經》星空：〈大東總星圖〉的牛郎織女〉，《中華科技史學會學刊》第28期，2023，頁20。
- 2.潘鼎《中國恆星觀測史》，上海學林出版社，2009，頁299~311。
- 3.潘鼎《中國恆星觀測史》，頁529、752。
- 4.來憲伊臨摹於清咸豐三年，收錄於潘鼎《中國古天文圖錄》，上海科技教育出版社，2009，頁87、277~284。
- 5.在潘鼎版復原圖頁299除了已標示GC 20532之星外，另一星在實際星空卻無，位置近似《新儀象法要》，而在香港版則連至HR 5589（GC 20170），相距較遠。
- 6.香港版少連一星HR 5492（GC 19825）。
- 7.潘鼎版頁299除了已標示39 Dra、45 Dra兩星之外，另一星連至HR 6849僅6.6等，香港版則連至HR 6817，稍亮一些。
- 8.雖然香港版少繪兩星HR 4344（GC 15399）、HR 4427，但潘鼎版表中對應星則列問號。
- 9.僅連兩星，略去潘鼎版打問號之一星。
- 10.香港版東北星連至25 γ Cas星，潘鼎版則用19 ξ Cas星。另外距星22 And往北第一顆星，在香港版為六等星HR 36，潘鼎版則連了一顆仙后座七等暗星HIP 1043。而天廡在潘鼎版的兩張分區圖中亦有所不同，一圖僅9顆，如圖2；另一圖則加上HR 189與HR 36共11顆。
- 11.香港版少連一星65 Psc。
- 12.香港版只連了五星，潘鼎版則有七至九星並繪有兩三種可能連法，如圖2虛線所示。
- 13.香港版少連一星HR 4529（GC 16178）。
- 14.香港版連線的46 Cet星，在潘鼎版則連至47 Cet星。
- 15.香港版少連一星55 Eri。
- 16.兩版本僅有47 Oph星相同，另三星皆不同，香港版偏北。潘鼎版距星GC 23653亦標示問號。
- 17.距星 ζ 之北一星HR 5617（GC 20315）香港版繪製位置偏西半度多，該處並無六等以上恆星。
- 18.香港版僅繪兩星，文字區域遮掩的兩星為7等暗星。
- 19.香港版文字區域遮掩的一星為潘鼎版表格中疑似星GC 1546。
- 20.齊銳、萬昊宜《漫步中國星空》，科學普及出版社，2014。
- 21.書中的圖說將王良等星官寫為「星座」並無不可，詳見歐陽亮〈星座、星宿、星官傻傻分不清楚？〉，《臺北星空》第100期，2021。
- 22.三家星是指石氏、甘氏、巫咸氏三家占星體系，詳見歐陽亮〈星宿的畫法〉，《臺北星空》第122期，2024，頁26。

昴宿星團 (下)

在上一期的介紹中，我們已經陸續認識了從昴宿一至昴宿六，這六顆昴宿星團中的亮星。這一期將繼續介紹昴宿七、昴宿增九、昴宿增十二、梅洛普星雲，以及附篇中的內布拉星盤。

文／陶蕃麟

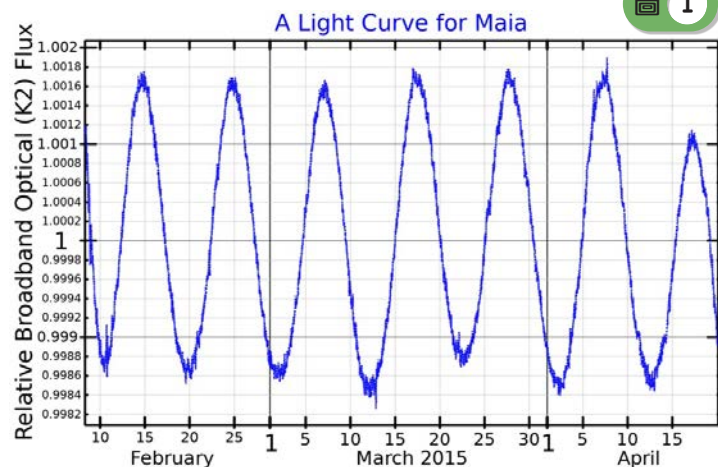


昴宿七在昴宿星團中的位置。

昴宿七 (金牛座27, 27 Tau)

昴宿七是顆三合星，由一對光譜雙星和伴星組成。這個系統距離地球431光年，位於天球黃道北方3.92度。整體的視星等為+3.62，伴星的視星等為+6.28，比主星暗約3星等，兩星之間相距僅0.8角秒，因此不容易被注意到。在華盛頓雙星目錄中，還有另外8顆恆星，標示從B至I，它們都被歸類為昴宿七的伴星。

在一些星表上昴宿七被標記為「金牛座27+BU」，其實是錯誤的。不過，昴宿七確實也是顆變星，是變星分類中的慢脈動B型變星。這種變星是光度脈動變化週期在0.5日至5日之間的主序星，而光度變化在0.1星等以內，如圖1，僅靠目視觀測實在難以區分。



慢脈動B型變星，昴宿七的變光曲線。

昴宿星團介紹（下）



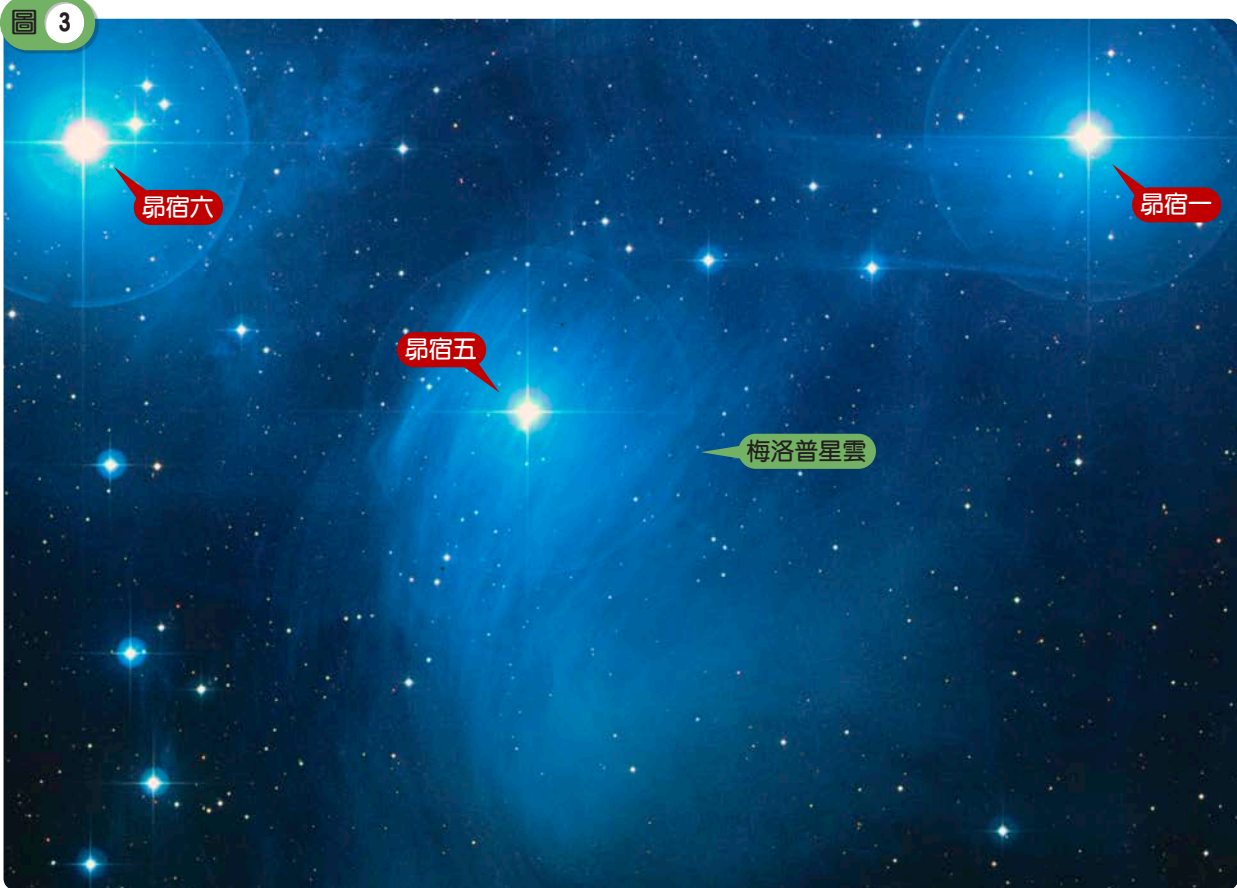
昴宿增十二在昴宿星團中的位置。

昴宿增十二 (金牛座28, 28 Tau)

昴宿增十二是距離地球約 450 ± 8 光年的一對雙星。雖然昴宿增十二是一顆炙熱的主序星，光譜類型為 $B8V_{ne}$ ，表面溫度 $11,058K$ ，光度是太陽的190倍，視星等 $+5.05$ 。但由於它距離明亮的昴宿七僅有5弧分的角度，讓觀賞者很難直接用肉眼分辨出昴宿增十二，如圖2。

昴宿增十二是一顆仙后座 γ 型變星，視星等在 $+4.8$ 和 $+5.5$ 之間變化。根據變星命名法，被命名為金牛座BU。他是一種在光譜中主要呈現出極寬的吸收譜線，再加上一些非常窄吸收譜線的恆星，其中也包含一些來自巴耳末系的發射譜線。由於存在這些譜線，光譜類型才會有 ne 這兩個附加腳註，表示昴宿增十二發出的星光中含有發射譜線。

梅洛普星雲 (Merope Nebula, NGC 1435)



梅洛普星雲在昴宿星團中的位置。

如果你正在特別晴朗的夜晚仔細觀察夜空，可能會在昴宿星團中較亮的星團恆星周圍瞥見一些看似柔軟的縷縷薄紗。這些柔和的雲屬於一大片正在穿越昴宿星團的星際塵埃雲：NGC 1435，又稱為梅洛普星雲，如圖3。

發現圍繞昴宿星團的反射星雲需要確實清理乾淨的望遠鏡、經過精確校正的光學元件，和一個視相度一流的夜晚。最微弱的干擾，無論是來自月球的微光，還是經過雲層反射的光污染，都可能使它們變得不可見。

NGC 1435是整個昴宿星團的星雲中最亮的部分，位於昴宿星團碗狀亮星排列中的恆星昴宿五（金牛座23、Merope）周圍。在理想條件下，使用口徑70mm的雙筒望遠鏡可以看到這片星雲，像是一縷從恆星向南延伸，非常暗淡呈扇形的微光，如圖3。NGC 1435的形狀和方向並不容易確認。霧霾和狀態不佳的光學元件都會導致恆星周圍出現朦朧的光芒，除非你特別看到昴宿五周圍的光芒是向恆星的南方呈扇形散開，就像彗星的尾巴從彗髮中伸出一樣，否則你很可能看到的是受到干擾或是更黯淡的光暈。為了確保所見真的是梅洛普星雲，可以檢查附近的畢宿星團來確認，因為那裡是不可能星雲狀的光暈痕跡。

後記

昴宿星團在宇宙中繁衍生息了大約1億年。現代精確的測量數值認為它分布在兩度之間的範圍，大約有500顆恆星屬於這個星團，其中絕大多數太暗和分散，無法在業餘的望遠鏡中看到。天文學家估計，這些恆星的相互引力能讓星團再維持2.5億年左右，之後昴宿星團將慢慢瓦解。

照片中結構錯綜複雜的藍色反射星雲，交織在M45的恆星周圍。多年來，人們很自然而然地認為這些星際塵埃雲是星團誕生後所殘存下來的分子雲。然而，經由最近的研究證實，星雲和星團實際上是沒有關聯的，只是此時恰好穿過而於同一個空間中。所以外表是會騙人的！

表 1 星官昴的成員

中文名稱	對應西方名稱		視星等	中文名稱	對應西方名稱		視星等
昴宿一	17 Tau	Electra	+3.72	昴宿增四	(待確認)	—	—
昴宿二	19 Tau	Taygeta	+4.30	昴宿增五	32 Tau	—	+5.62
昴宿三	21 Tau	Sterope	+5.76	昴宿增六	(待確認)	—	—
昴宿四	20 Tau	Maia	+3.87	昴宿增七	(待確認)	—	—
昴宿五	23 Tau	Merope	+4.14	昴宿增八	18 Tau	—	+5.66
昴宿六	25 Tau	Alcyone	+2.85	昴宿增九	16 Tau	Calearo	+5.45
昴宿七	27 Tau	Atlas	+3.62	昴宿增十	24 Tau	—	+6.28
昴宿增一	11 Tau	—	+6.11	昴宿增十一	26 Tau	—	+6.47
昴宿增二	7 Tau	—	+5.89	昴宿增十二	28 Tau	Pleione	+5.05
昴宿增三	9 Tau	—	+6.72	昴宿增十三	HD 23923	—	+6.17

附註：

根據陳遵媯著《中國天文學史》星象篇的附表七：「西中星名對照表」，金牛座16為昴宿增六，金牛座22為昴宿增九，金牛座26為昴宿增十三。這與維基百科的不同，還需要進一步查證才知道何者是正確的。

附篇：內布拉星盤

內布拉星盤（Nebra sky disc）是1999年在德國的內布拉出土的文物，考古學家測定其年代為西元前1800至1600年，屬於青銅時代的歐洲烏尼蒂茨文化（Unetice culture）。由對該星盤發現地點的其他物品所進行的各種科學分析，證實了確實是青銅時代早期的文物。

內布拉星盤具有世界上已知最古老的具體天文

現象描述。2013年6月，它被聯合國教育、科學及文化組織登錄在世界記憶計劃內，被稱為「20世紀最重要的考古發現之一」，如圖4。

內布拉星盤是一個直徑約為30公分，重量2.2公斤的青銅圓盤，具有藍綠色光澤的綠色銅鏽，並鑲著以黃金製成的符號。其中，最大的圓形常被解釋為太陽或滿月；眉月形的則毫無懸念地代表眉月。其餘的小圓點被認為是恆星，特別是一組由七顆恆星組成的集團，合理地被解釋為昴宿星團。

圖 4



出現於約西元前1800~1600年的內布拉星盤。

圓盤兩側的邊緣原本應該各鑲著一條金色弧線，但現在缺少了一條，被認為標誌著兩至點之間的角度。底部具有內部平行線的另一個弧形，通常被解釋為帶有很多船槳，由太陽神駕駛的太陽船和戰車。然而，也有一些學者認為它可能代表彩虹、北極光或鐮刀。

個人認為，如果將盤中的大圓解釋為太陽，那麼邊緣兩側的金色弧線應該分別為日出、日落的最南、最北位置，對應著太陽在至點的出沒方位。實

測兩側黃金弧線對應於圓盤中心展開的角度為82.7度，正好符合北緯51度所見太陽在冬至與夏至出沒時的角度變化，而不是與至點之間的47度角。同理，將下方的弧視為太陽神駕駛的船或戰車，應是最恰當的解釋，如圖5。

陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

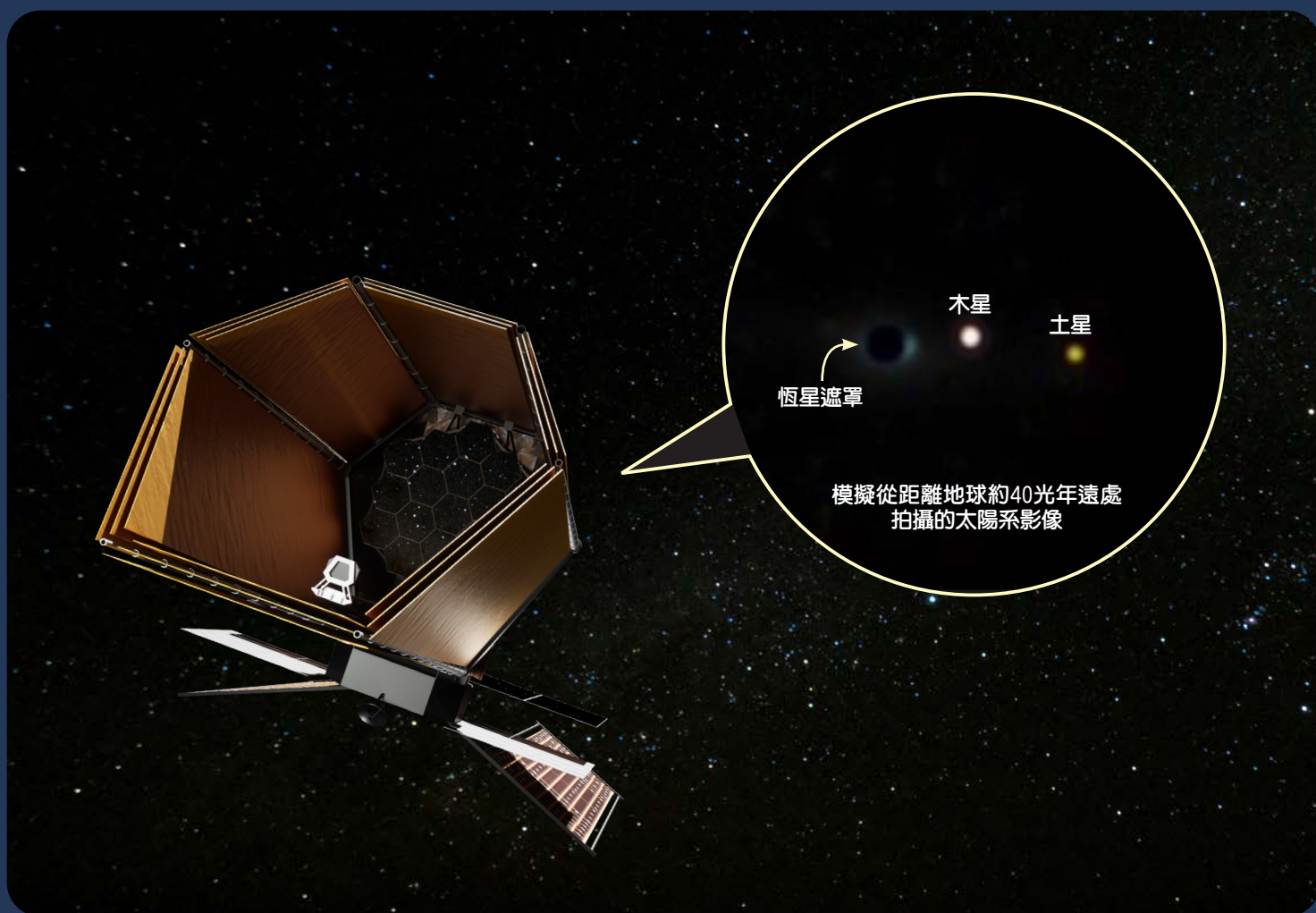
圖 5



利用星盤兩側金色弧線，得出弧線對應於圓盤中心的張角為82.7度。這相當於北緯51度所見的太陽分別在冬至與夏至，地平線出沒方位角的改變量。

人類觀測星空的歷史已有上千年之久，不過直到伽利略首次將望遠鏡指向星空，我們對於天文星象的認識才有大幅度進展。20世紀太空時代來臨，科學家更前仆後繼將望遠鏡搬上太空，遙望深邃的宇宙。現在，就讓我們來到天文館展示場認識這些望向宇宙的千里眼吧。

文／王彥翔



由美國太空總署（NASA）研發的宜居世界望遠鏡想像圖（Habitable Worlds Observatory，簡稱為HWO），作為韋伯太空望遠鏡的後繼機種，強大的觀測能力主要將用於探索系外行星以及外星宜居世界。圖片來源：NASA/Habitable Worlds Observatory

窺向宇宙的望遠鏡

據說最早的望遠鏡是由荷蘭眼鏡商漢斯·李伯謝（Hans Lippershey）所發明。他將兩塊玻璃透鏡重疊後，意外發現如此做竟神奇地能清楚看見遠方

物體。1609年，義大利天文學家伽利略耳聞有關望遠鏡的訊息後，便依此原理自製了一支望遠鏡，如圖1，接著將望遠鏡指向天空。透過望遠鏡他清楚地看見以前認為光滑的月球表面其實凹凸不平；原本以為以地球為中心的世界，卻發現四顆小星星圍繞

著木星運轉；金星的盈虧變化更是直接證實了波蘭天文學家哥白尼的日心說，如圖2。望遠鏡不僅為過去只能透過位置測量來理解星空運行的科學家們提供新的研究方法，更是大大衝擊了當時的宗教與社會價值觀。

伽利略所使用的望遠鏡是由凸透鏡組合而成的折射式望遠鏡。凸透鏡可藉由折射原理將光線匯聚到焦點上，因此具有形成放大實像的功能。但折射式望遠鏡也存在因不同色光的折射率不同而讓影像產生色差的缺點，且製造成本也相對較高。後來牛頓製作的反射式望遠鏡問世，採用凹面鏡作為匯聚光線及放大影像的主鏡。反射式望遠鏡因重心位置較低，所以製作成本相對低廉，但也容易因鏡面拋光的瑕疵而產生像差。

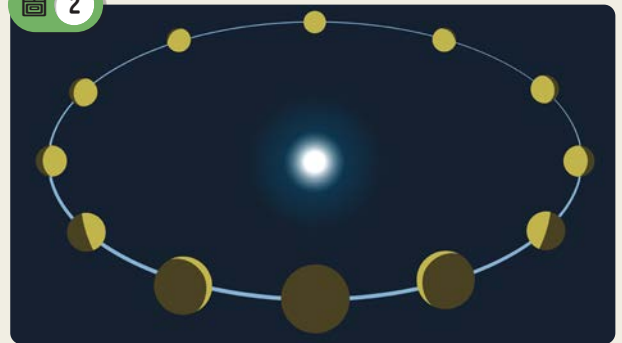
望遠鏡的集光力與解析度取決於主鏡口徑的大小。隨著技術進步，架台支撐結構簡單，建造價格低廉的反射式望遠鏡逐漸成為主流，各國紛紛打造口徑更大、性能更精良的地面望遠鏡，以捕捉更遙遠、微弱的星光，如圖3。

圖 1



伽利略當時所使用的望遠鏡現藏於義大利佛羅倫斯的伽利略博物館內，圖中為該博物館收藏的其中一支望遠鏡，鏡筒長927mm、口徑僅約15mm。圖片來源：Museo Galileo

圖 2



伽利略看到的金星盈虧變化，證實了哥白尼的日心說。因為只有太陽位於金星公轉軌道內，才會產生如此的盈虧形態變化。圖片來源：編輯部繪製

圖 3



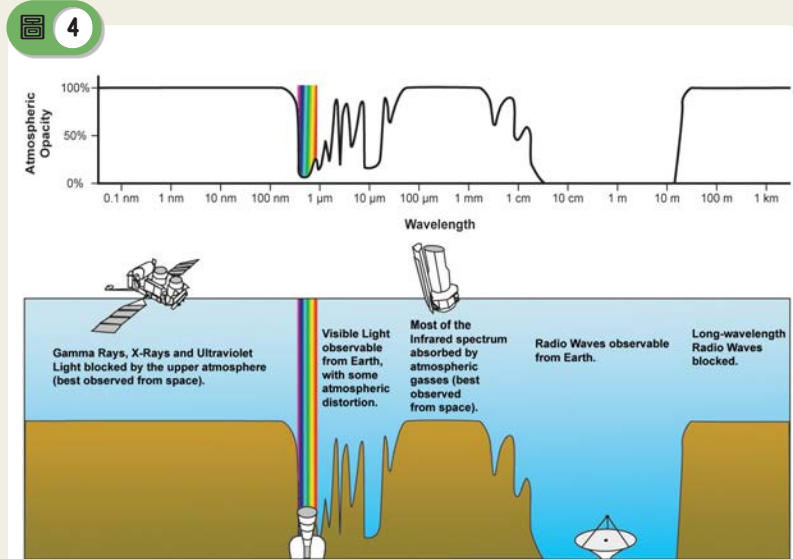
最新一代的地面望遠鏡-極大望遠鏡完工想像圖，考量建造成本及望遠鏡的重量，現今的大型地面望遠鏡均採用反射式望遠鏡的設計。圖片來源：ESA

天文觀測的 先天限制：大氣層

我們與遙遠宇宙天體之間仍隔著一層無形的屏障——環繞地球的大氣層。除了雲層可能遮蔽視線外，即使在晴朗的天氣裡，高空大氣的氣流擾動仍會使光線產生折射，使望遠鏡中所見的影像如同透過波動的水面觀察游泳池底部的磁磚般，晃動且模糊不清。為了減少這種影響，科學家選擇將天文台建於高山或乾燥寒冷的沙漠地區。然而，這仍無法解決所有問題，因為人眼可見的光只是所有電磁波頻譜中的一小部分。

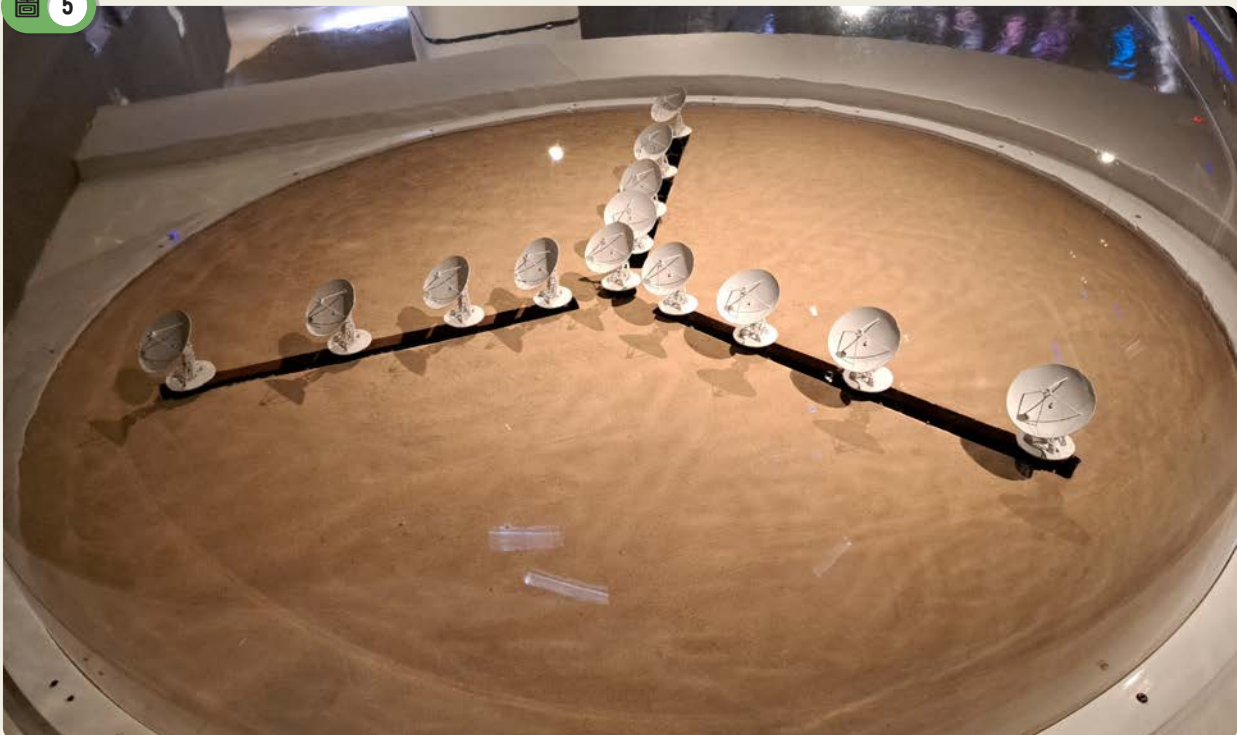
電磁波依據頻率的不同，可分為無線電波、微波、紅外線、紫外線、X射線與γ射線等等，

如果只能觀察到可見光就好比瞎子摸象，無法全面解析來自宇宙的訊息，如圖4。美國貝爾實驗室的工程師卡爾·央斯基（Karl G. Jansky）於1930年發現除了雷雨能干擾無線電波通訊之外，還會受到來自銀河系中心的訊號影響，從此開啓了無線電波天文學的新領域，如圖5。然而，地球大氣層雖能保護我們免受高能輻射傷害，卻也阻擋了部分紅外線、X射線等不可見光，使得地面望遠鏡的觀測受限。



大氣層會大幅吸收可見光和無線電波以外的電磁波能量，導致地面能觀測到的天體輻射波長範圍極為受限。圖片來源：維基百科

圖 5



由於無線電波的波長較長，非常適合透過多個天線組成陣列來進行干涉觀測。

地球之外的大型軌道天文台

為了突破大氣層的限制，1946年天文學家萊曼·史匹哲（L. S. Spitzer, Jr.）提出直接將望遠鏡送到太空的構想。隨著太空科技的發展，1960年代蘇聯的質子系列衛星首先開啓在太空中進行宇宙射線與伽瑪射線的觀測，緊接著美國NASA也在1970年發射了第一架觀測X射線用的Uhuru衛星，將望遠鏡送上太空終於不再是遙不可及的夢想。

在天文館展示場三樓的太空望遠鏡展區，您可以認識1990年代以來美國NASA所主導的大型軌道天文台計畫（Great Observatories）中的4架太空望遠鏡，以及於2021年末升空的詹姆斯·韋伯太空望遠鏡（JWST）。大型軌道天文台計畫的成員包括康普頓 γ 射線天文台（CGRO）、錢卓拉X射線天文台（Chandra）、哈伯太空望遠鏡（HST）及史匹哲太空望遠鏡（Spitzer），4架望遠鏡正好涵蓋了從高頻率的 γ 射線、X射線，到可見光與紅外線的電磁波譜，如圖6。

1990年升空的哈伯太空望遠鏡主鏡口徑達2.4公尺。原本被科學家寄予厚望，不料當時升空後才發現鏡片製造有瑕疵，耗費47億美元的望遠鏡成了大近視。所幸哈伯太空望遠鏡的位置在低地球軌道上，NASA後續派遣太空人上去加裝輔助鏡片才終於恢復他的視力。哈伯太空望遠鏡的名字取自1920年代證明M31星系位在銀河系之外，並發現宇宙空間正在膨脹的天文學家愛德溫·哈伯（E. P. Hubble）。就如同哈伯所做出的貢獻，服役35年的哈伯太空望遠鏡不斷傳回深遠宇宙的清晰影像，一再改變世人對於宇宙的認知。

和哈伯太空望遠鏡一樣在地球上空繞著地球旋轉的望遠鏡還有康普頓 γ 射線天文台（CGRO）與錢卓拉X射線天文台（Chandra）。科學家們藉由他們所提供的高頻率電磁波影像，得以了解超新星、星系核心與黑洞等等會釋放高能量的宇宙天體。兩架望遠鏡的名字分別取自兩位曾獲得諾貝爾獎的物理學家，發現電磁輻射粒子性的康普頓（A. H. Compton），以及提出白矮星質量極

圖 6



展示場三樓展示著美國自1990年代以來著名的大型太空望遠鏡，包含：**a** 康普頓 γ 射線天文台、**b** 哈伯太空望遠鏡、**c** 錢卓拉X射線天文台、**d** 韋伯太空望遠鏡、**e** 史匹哲太空望遠鏡。你可以透過前方的螢幕閱讀每個望遠鏡的介紹，和看見他們眼中的宇宙。

限、對星體結構和進化理論作出貢獻的錢德拉塞卡 (Subrahmanyan Chandrasekhar)。

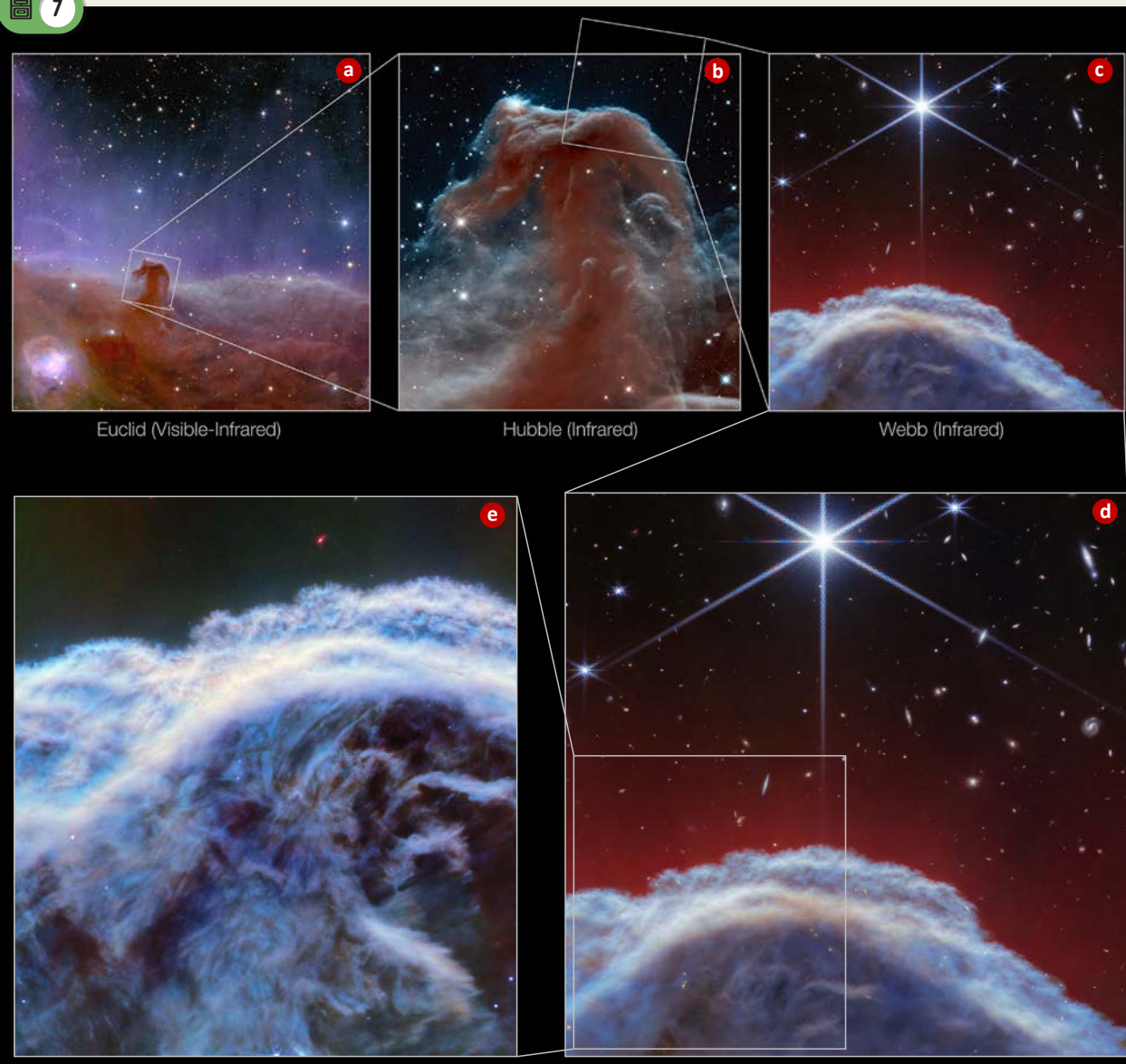
史匹哲望遠鏡是最後一架升空的大型軌道天文台，名字正是取自前面提到的萊曼·史匹哲。史匹哲望遠鏡的觀測波段位在紅外線，由於紅外線觀測對溫度極為敏感，因此這架望遠鏡並未在地球周圍運行，而是放置於地球繞日軌道後方，與地球一同繞著太陽公轉。紅外線觀測可以讓我們看見溫度比恆星還低的星際塵埃和星雲，有助於我們了解恆星誕生的過程。

同樣放在遙遠太空中觀測宇宙的還有為了接

替哈伯太空望遠鏡而升空的詹姆斯·韋伯太空望遠鏡，名字取自NASA進行阿波羅登月計畫時的署長詹姆斯·韋伯 (J. E. Webb)。韋伯太空望遠鏡的籌備期歷經16年，主鏡口徑達6.5公尺，和史匹哲望遠鏡一樣以紅外線觀測為主，因此被放在距離地球150萬公里的第二拉格朗日點上進行觀測活動。透過大口徑帶來的極高解析度，韋伯太空望遠鏡升空後所傳回的最新紅外線影像，不斷顛覆世人對恆星誕生、星系演化、乃至於宇宙起源的認識，如圖7。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

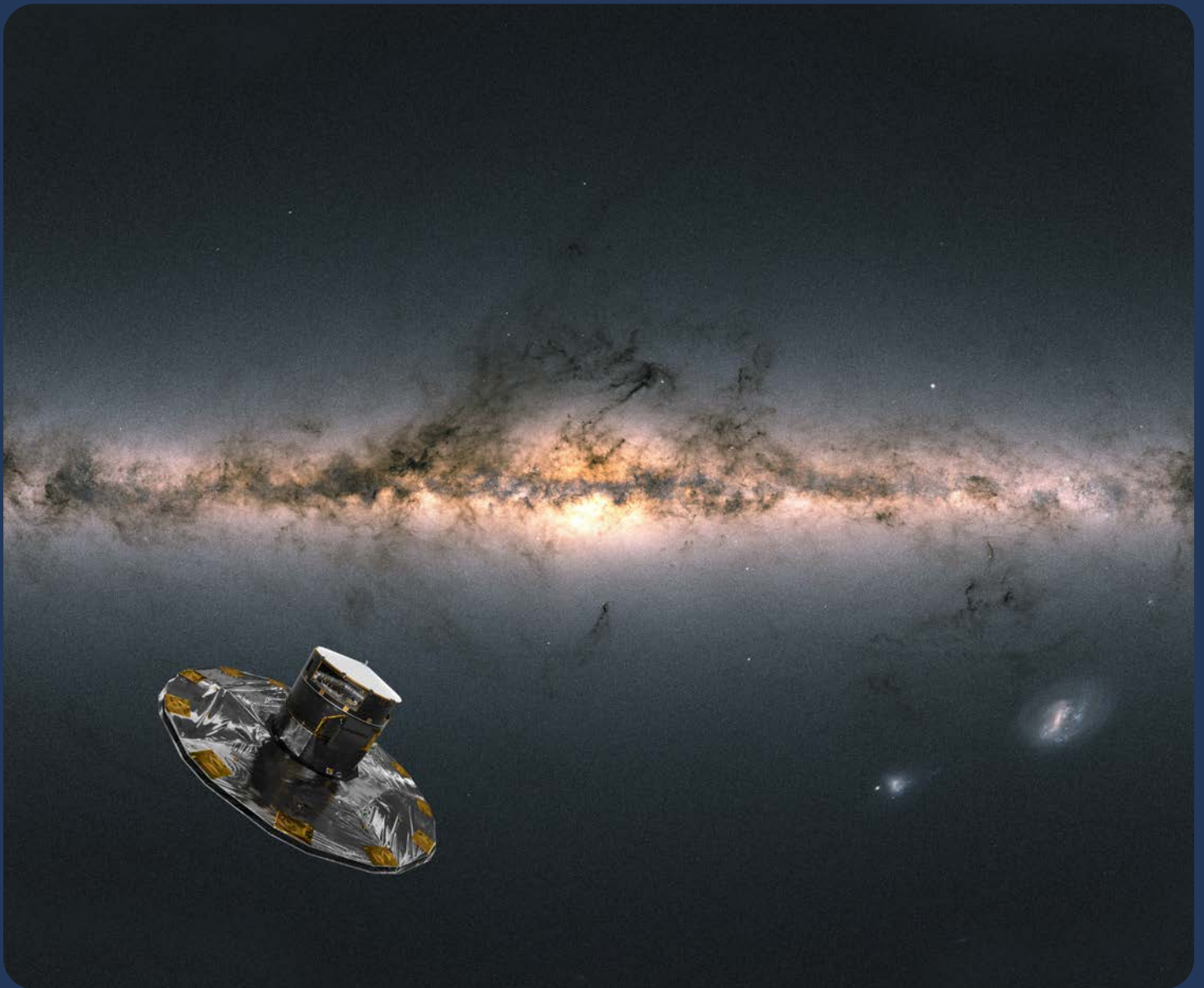
圖 7



由 a 歐幾里得望遠鏡、b 哈伯望遠鏡、c d e 韋伯望遠鏡所拍攝的馬頭星雲影像，於 e 可見其中塵埃的細微構造。影像來源：NASA

人類對銀河系結構的理解，經歷了數個世紀的探索與修正。從最初憑藉肉眼觀測星空的推測，到現今透過高精度太空望遠鏡與大數據分析測繪銀河系的細節，天文學家逐步揭開我們所在星系的真實面貌。以下將介紹三個關鍵階段，從18世紀赫歇爾的恆星計數，到20世紀沙普利對球狀星團的研究，最後到21世紀蓋婭任務，使銀河系測繪達到前所未有的精確度，並揭示多項重大新發現。

文／段皓元



藝術家筆下所展現的蓋婭（Gaia）探測器與銀河系。於2013年發射升空的蓋婭至2015年耗盡燃料為止，已繪製出人類迄今最精確的銀河系地圖。圖片來源：ESA

赫歇爾與銀河系的最初輪廓

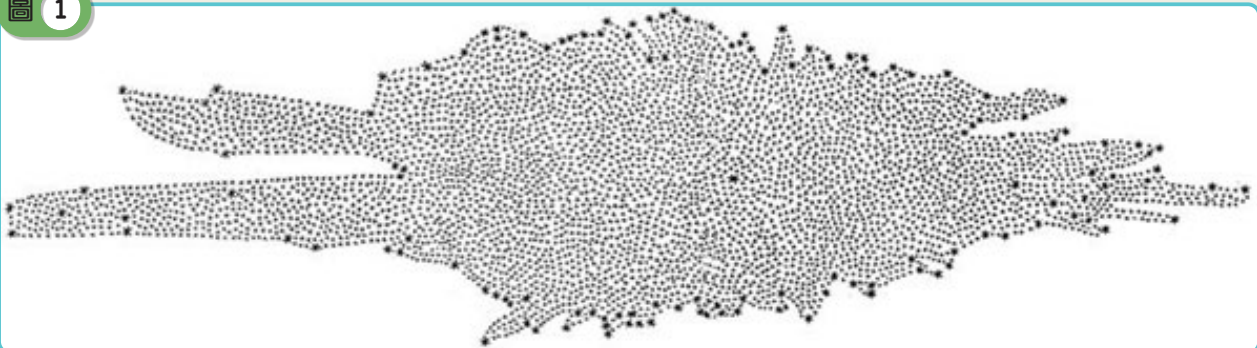
1785年，英國天文學家威廉·赫歇爾（William Herschel）透過「數星法」（star gauging）繪製了銀河系的恆星分布圖。他在超過600個不同的天區進行觀測，統計各個方向上的恆星數目，試圖確定太陽在銀河系中的位置。他的觀測結果顯示，恆星的分布呈扁平的橢圓形，據此推測太陽所在的系統是一個盤狀結構，並認為太陽位於該盤面的中心。赫歇爾假設所有恆星具有相同的光度，藉此推算每顆

恆星與地球的相對距離。然而，他並未考慮星際塵埃消光的影響，導致對太陽附近結構的理解出現偏差。儘管如此，這張圖仍是人類歷史上首張銀河系地圖，如圖1。

沙普利與銀河系中心位置的重塑

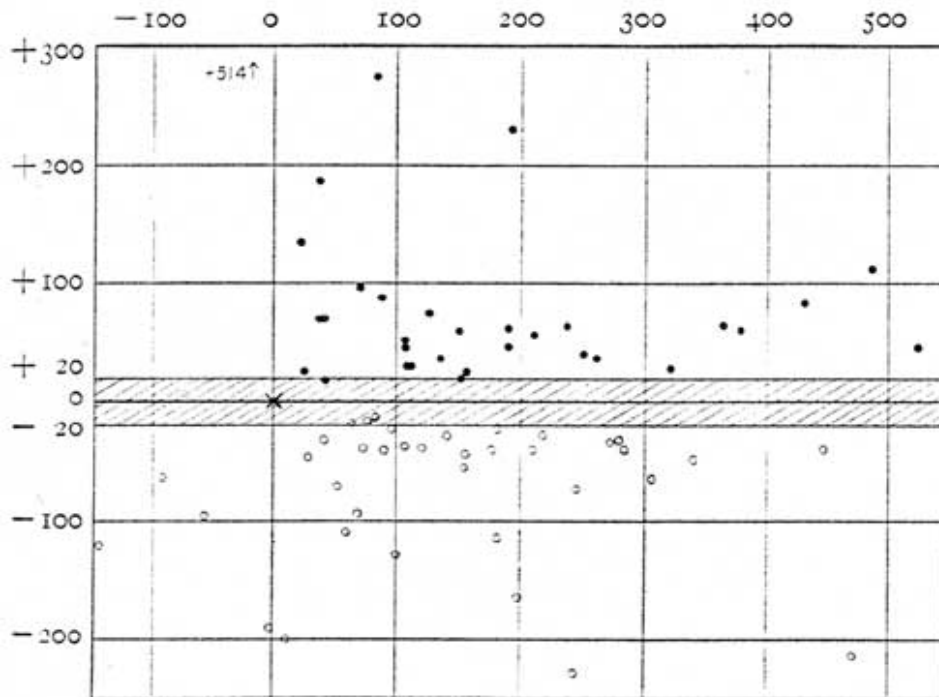
進入20世紀，天文學家開始利用新的觀測方法，突破先前的限制。1918年，美國天文學家哈羅·

圖 1



赫歇爾於1785年發表的首張銀河系地圖，根據他對天空各區域的恆星計數結果繪製而成。圖中顯示銀河系的扁平盤狀結構，太陽位於中央偏暗的黑點。圖片來源：William 1785

圖 2

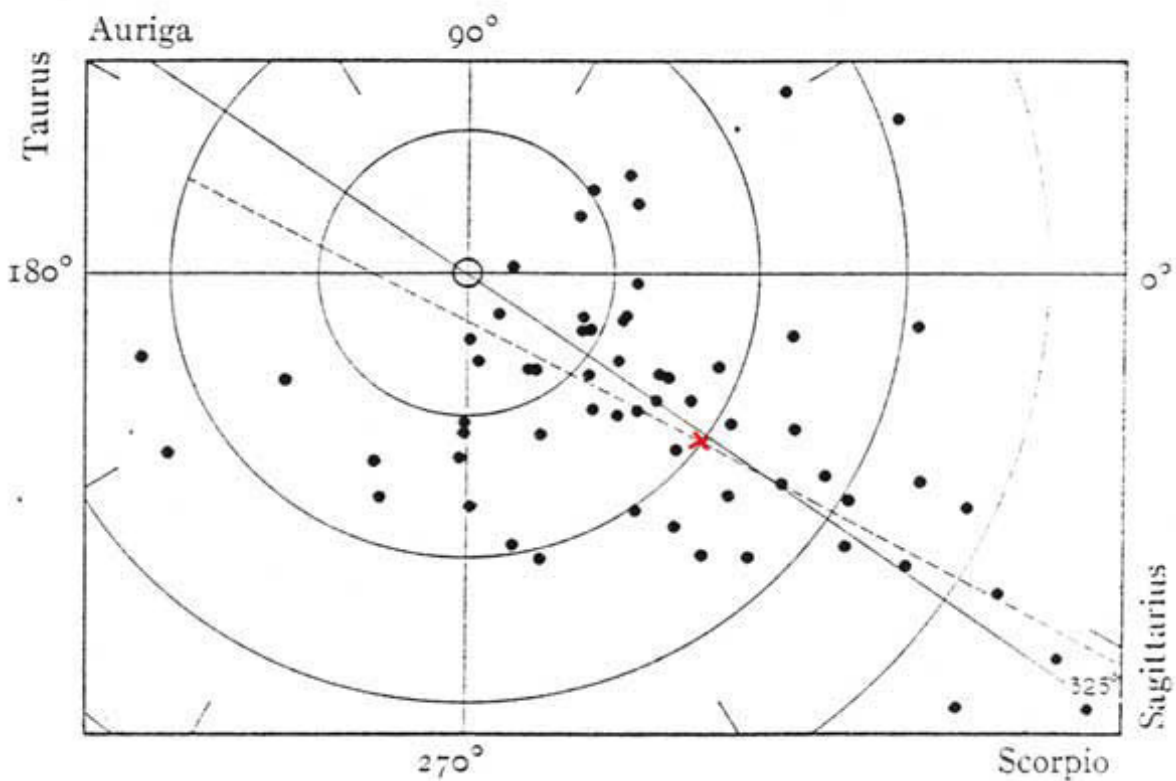


沙普利測定的球狀星團分布圖（側視圖），顯示球狀星團在銀河系內的垂直分布。陰影區域代表銀河系的盤面，太陽的位置以「x」標示，位於盤面內靠近左側。黑色圓圈表示位於盤面上方的球狀星團，白色圓圈則代表盤面下方的星團，兩者數量大致相當。圖片來源：William 1785

沙普利 (Harlow Shapley) 發表研究，他透過測量球狀星團在銀河系內的分布來探討銀河系的大小與結構。他利用球狀星團中的變星測定其距離，並繪製這些星團在空間中的分布圖。結果顯示，球狀星團並非以太陽為中心分布，而是環繞著人馬座方向的一個點呈球狀分布。這表明銀河系的中心位於該方

向的球狀分布中心，而非太陽所在的位置。沙普利估算銀河系的直徑約為30萬光年，太陽距離銀河系中心約5萬光年。他的研究顛覆了當時對銀河系結構的認識，證明太陽並不位於銀河系中心，而是處於偏遠位置。他的研究方法與結果為後續天文學對銀河系結構的探索奠定了基礎，如圖2、圖3。

圖 3



沙普利測定的球狀星團分布圖（俯視圖），呈現球狀星團在銀河系盤面上的投影，描繪銀河系的形狀與範圍。太陽系以小圓圈標示，虛線代表銀河系的長軸，中心位置以紅色「X」標記。大圓的半徑以每1萬秒差距（約32,600光年）為間隔遞增，顯示球狀星團的空間分布特徵。圖片來源：Shapley 1918

蓋婭任務：精確繪製銀河系的時代

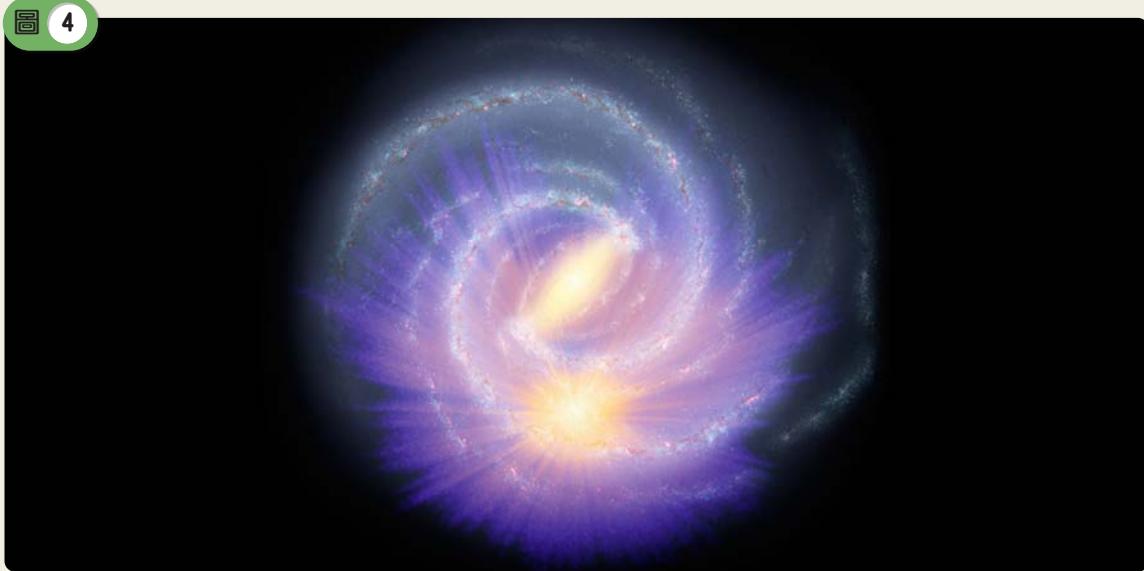
21世紀的銀河系測繪，已經進入高精度及大數據的時代。歐洲太空總署 (ESA) 於2013年發射蓋婭 (Gaia) 探測器，開啓人類迄今最精確的銀河

系測繪計畫，旨在測量銀河系內約20億顆恆星的位置、距離與運動，以建立前所未有的三維銀河系地圖。蓋婭的數據精確描繪銀河系的主體結構，並修正先前模型。蓋婭揭示銀河系中央的棒狀結構與旋轉特性，解析螺旋臂的細節與盤面扭曲現象，並藉由發現至少19個恆星流，驗證銀河系過去與其他星

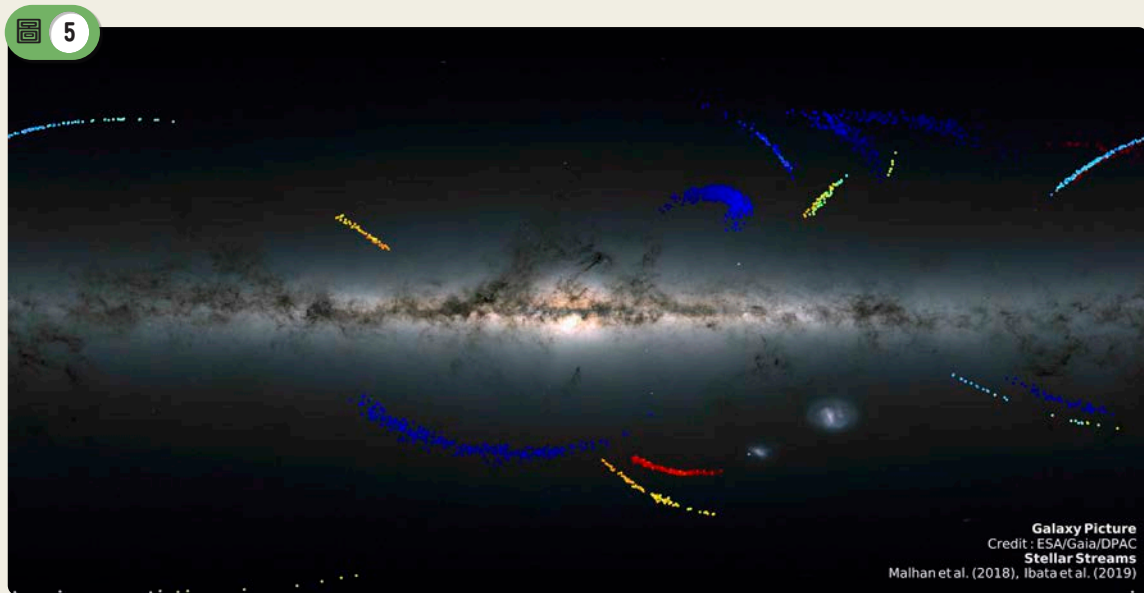
系的交互作用，如圖4、圖5。2025年1月15日，蓋婭因燃料耗盡停止科學觀測，但這並不代表任務的結束。在進入退休軌道前，蓋婭計畫仍將進行多項技術測試，並於2026年及之後發布更多數據，持續深化我們對銀河系的認識。其龐大數據將影響未來數

十年的天文學發展，推動我們對銀河系的理解邁向新紀元。

段皓元：臺北市立天文科學教育館



這張圖展示了銀河系中約1.5億顆恆星的分布，數據主要來自蓋婭任務自2014年7月至2016年5月的觀測。圖中黃色區域代表恆星密度較高的區域，這些數據被疊加在一幅銀河系的藝術俯視圖上。圖中下方較大的黃色區域並非因為該處實際上有更多恆星，而是反映了觀測上的限制，距離太陽越近，我們能獲得的數據越多，因此該區域的恆星分布特別清晰。然而，在銀河系中央還能看到一個龐大且延伸的恆星聚集結構，這是首次透過幾何方法確認銀河中心棒狀結構的存在。圖片來源：ESA/Gaia/DPAC, A. Khalatyan (AIP) & StarHorse team; Galaxy map: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech)



這張圖顯示了透過蓋婭任務數據結合其他大數據分析後，在銀河系內發現的多條縱橫交錯的恆星流。圖中每一個色點代表位於恆星流中的一顆恆星，不同顏色對應不同的恆星流。這些恆星流是銀河系與矮星系或星團交互作用的遺跡。當這些相對小型天體接近並穿越銀河系時，銀河系的重力會牽引並扭曲它們，使其拉長並形成環繞銀河系的細長星流。也就是說，恆星流是由矮星系或星團在潮汐力作用下解體後形成的細長恆星群，為銀河系過去與其他矮星系的交互作用提供了直接證據。圖片來源：ESA/Gaia



女性天文學家

宇宙星空的神話密碼

為冥王星命名的女孩—Venetia Burney

永續發展目標 (SDGs) 強調性別平等與教育公平。女性力量在天文、科技等領域日益重要。太空探索與永續發展息息相關，教育應引導所有人勇敢追逐宇宙夢想。

文／劉淑雯、蕭淑芬

Pluto



Venetia Burney

現列為矮行星「冥王星」的名稱，是於1930年由當時年僅11歲的Venetia Burney提出，接著在發現此天體後，經由天文學家Herbert Hall Turner向羅威爾天文台推薦，最後終獲採用。圖片來源：左為Lowell Observatory，右為NASA

天文教育不僅啟發人們對星空的熱愛，更是性別平等教育的良好起點。本文結合真人傳記繪本與桌遊，將性別意識融入天文學習，幫助我們從故事

中汲取靈感，從遊戲中學習合作，並在星空下找到自我價值。

用故事彩繪星空的奧秘 —以《為冥王星命名的女孩》為例

你聽過冥王星的名字怎麼來的嗎？繪本《為冥王星命名的女孩》，如圖1，講述了11歲的Venetia Burney，如何以豐富的想像力與勇氣，為這顆遙遠的星球命名，展現了小女孩的想像創造與夢想實踐的力量，如圖2。

1930年，熱愛希臘羅馬神話的Venetia提議將新發現的第九顆行星命名為「冥王星」（Pluto），此名不僅象徵黑暗與神秘，更巧妙地向天文學家Percival Lowell致敬（其首字母與冥王星縮寫相同）。她的提議透過家人傳遞至天文學界，最終被正式採用。

在冥王星被發現前不久，Venetia Burney曾跟隨學校參加了一次自然探索之旅，期間他們按照比例將行星分布排列出來，甚至土星也需要走上1,019步之遙，因此她非常清楚海王星之外是一片黑暗。此外，她還在閱讀Thomas Bulfinch的《神話時代》（The Age of Fable），這是一本介紹神話的流行書籍，因此她知道所有行星的名字都源自神話人物。再加上探索過程提

及了天文學家Percival Lowell，她聯想到這些事情後，靜靜地告訴她的祖父：「我認為Pluto是個不錯的名字。」冥王星（Pluto）羅馬神話中的冥界之神，而其名字的首字母正好與Percival Lowell的名字縮寫相符。她的祖父將此建議傳遞給天文學教授Herbert Hall Turner，再由他推薦給羅威爾天文台，最終於1930年5月1日正式採用，如圖3。

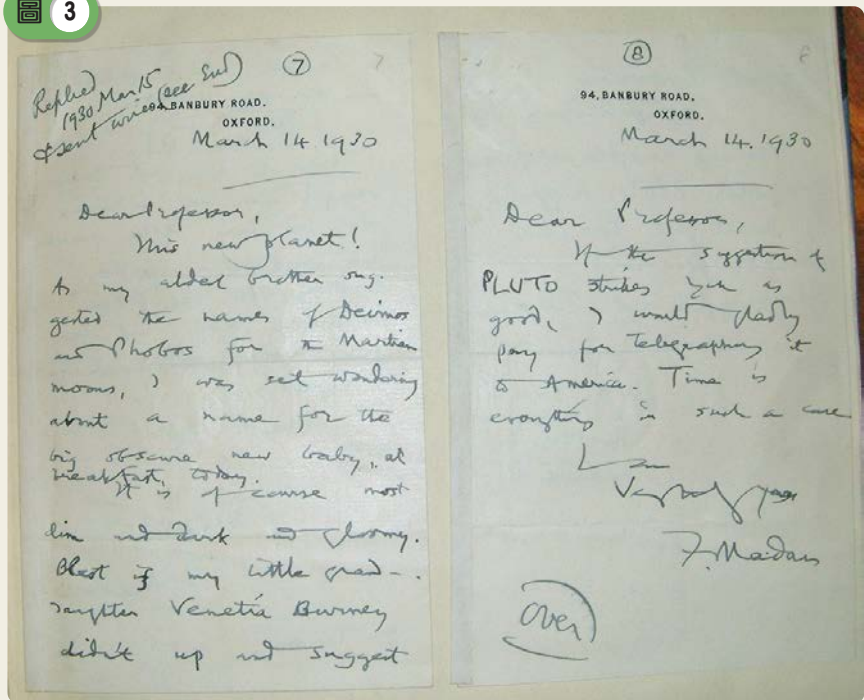


圖 2



為冥王星命名的Venetia Burney。
圖片來源：Lowell Observatory

圖 3



Venetia祖父寫給Professor Henry Herbert Turner的信。圖片來源：cherrycache.org

天文台對這個名字十分認可，因為它既符合行星的冷暗特性，也巧妙地向Percival Lowell致敬。經過討論，1930年5月1日冥王星正式成為新發現行星的名稱。當消息傳回英國時，小小年紀的Venetia一夜成名，她的創意不僅被天文學界讚揚，更成為英國與美國之間的一段佳話。

2006年，當人們重新審視冥王星的行星地位時，國際天文聯合會將冥王星重新分類為「矮行星」，引發了全球天文愛好者的熱烈討論。當時已87歲的Venetia Burney接受採訪時，她仍以自己在命名過程中的小角色感到自豪，認為這是她人生中獨特的亮點。她幽默地說：「無論它被稱為什麼，這顆星體依然是那顆我命名的冥王星。」她的

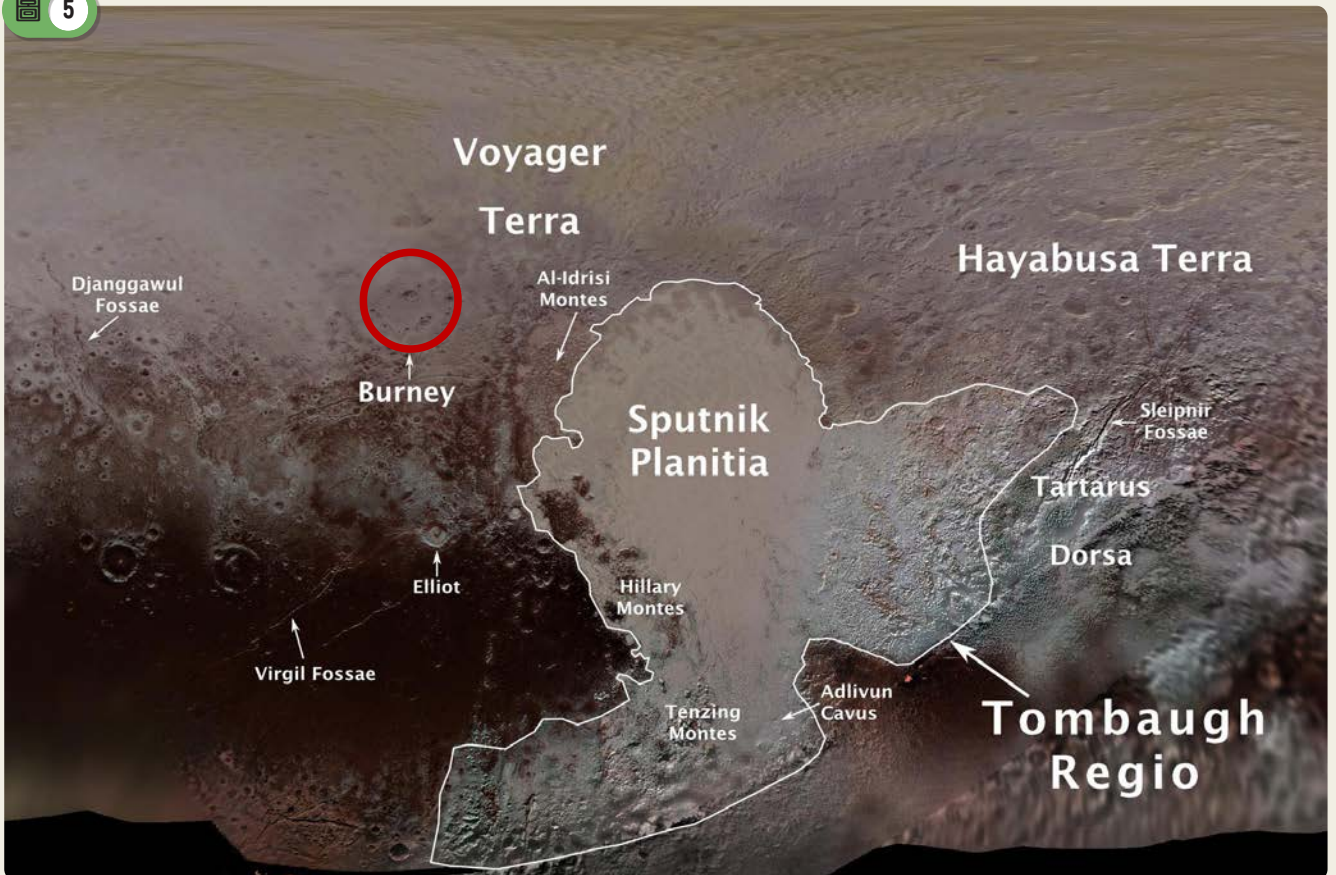
從容態度展示了對學術研究的尊重，也讓人們更加欣賞這段歷史中的人性溫度，讓我們看到孩子的創意也能閃耀星空，如圖4、圖5。

圖 4



2005年，Venetia與她的「冥王星」資料合影。圖片來源：cherrycache.org

圖 5



冥王星表面上以Venetia Burney命名的Burney隕石坑，紀念她對於天文學上的貢獻。圖片來源：Johns Hopkins University

共讀故事時的提問 思考，拓展多元視野

繪本不僅是閱讀的媒介，更是易於觸發思考的作品。《為冥王星命名的女孩》透過生動的故事情節，激發人們對天文科學的興趣。在共讀過程中，如何以多元廣闊的視角思考，提供以下問題參考：

- ①【想一想】如果可以為一顆星星命名，你會取什麼名字？為什麼？歷史上有哪些女性科學家曾獲得支持，從而持續發展並實現夢想？
- ②【查一查】如何創造共融平權的科學探究環境？性別如何影響科學成就的認可？
- ③【說一說】我們如何看待自己對世界的影響？如何鼓勵更多人樂於參與天文探索與研究呢？

在未來，我們期待更多人實踐夢想站上天文的星空舞台，無論性別，都能展現天賦與熱情，為世界增添光彩。而我們所能做的，就是透過這樣的故事與討論，為他們鋪就通往宇宙星辰的道路。

一本繪本，一個女孩的故事，卻能激發無限的可能。從繪本故事中，我們看到小小的夢想也能成就大事。讓我們一起從現在開始，種下天文的種子，培養下一代的天文學家，共同創造一個更美好的未來。這不只是關於太空探索，更是關於每個人都能追逐夢想，實現自我價值。

「發現星星」互動合作型桌遊教具的各項配件。

在星空中發現自己 —以《發現星星》桌遊為例

想像一下，浩瀚的宇宙中，一群志同道合的夥伴正合作探索未知星系，為新發現的星體取名。這並非科幻小說的情節，而是桌遊《發現星星》帶來的沉浸式學習體驗。在這場結合知識與創意的宇宙探險中，玩家們將體驗到合作的力量與探索的樂趣，並在星空下找到屬於自己的價值，如圖6、圖7。

《發現星星》的靈感來自於繪本《為冥王星命名的女孩》。科學家、天文學家們的研究，讓我們聽見宇宙的聲音、在宇宙中發現行星，而Venetia Burney得以為星星命名的背後，是外公和許多人的支持。

在浩瀚的宇宙中，發現星星會遇到許多問題，需要多人的互助與合作，玩家需要在火箭能量耗盡之前，排除問題找到星星，並且為新發現的星星命名。一群幼教老師受到繪本故事的啟發，將其轉化為互動的合作型遊戲，更是深化學習效果的教學創新，如圖8。



圖 7

遊戲方式

遊戲人數：2-6人

1. 抽取星球卡片放置終點位置

(各抽一張星星形狀卡、星星紋路卡、星星聲音卡，面向下，待遊戲結束找到星星後才能翻開。)

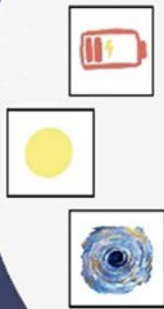
2. 每一回合，以順時針輪流出牌，每次要做以下幾個動作：

- (1) 出一張手上的卡片。若手上有能量卡，則一定要出能量卡。
- (2) 移動角色或能量標記。
- (3) 抽一張新卡。



「發現星星」互動合作型桌遊教具的遊戲規則說明。

遊戲方式



3. 卡牌說明：

- (1) 能量卡，可於能量指示物往後退一格。
- (2) 顏色卡，可選擇一位角色移動至最近與顏色卡同色的格子。
- (3) 黑洞卡，可抽取一張問題卡，由玩家共同討論並選擇共同答案，根據答案卡指示內容移動，只有出牌會觸發黑洞，當答案卡移動至黑洞，則自動往前一格。

4. 遊戲結束：

- (1) 當所有角色在能量指示物最後一格時(能量耗盡)前找到星星，玩家勝利。
- (2) 找到星星後，可以一起翻開一開始所抽的星星形狀卡、星星紋路卡、星星聲音卡，根據卡牌選擇形狀，畫上紋路，聆聽聲音，並且根據特徵為找到的星星命名。



圖 8

「發現星星」互動合作型桌遊的實施紀錄照，過程中學生充分投入體驗。



點亮星空，展望未來

星空是人們探索未知、發現自我的起點。《發現星星》桌遊不僅傳遞天文知識，更教導學生合作、尊重與創造。透過繪本《為冥王星命名的女孩》與此桌遊，我們將天文知識與性別平等結合，讓玩家在故事與遊戲中感受天文魅力，沉浸星空旅行之外，也學習合作與尊重多元。而天文館更是連結教育、文化與創新的橋樑，成為我們踏進天文探索的重要路徑之一。

我們期盼這些跨學科設計啟發人們更加認識性別平等與尊重彼此，並鼓勵人們追尋星空夢想。未來的星空教育不僅在於天文知識，更在於培養多元視角。讓我們攜手合作，讓星空成為未來世代探索永續發展的起航點，點燃他們對天文科學與世界的熱情。

劉淑雯：臺北市立大學 退休教授
蕭淑芬：臺北市立中正幼兒園 園長

SDGs 與天文教育的連結

SDGs 永續發展目標是什麼呢？面對氣候異常、經濟發展、社會平權及貧富懸殊等多重挑戰，2015年聯合國公布了「2030永續發展目標」（Sustainable Development Goals，簡稱為SDGs），此17項目標涵括了脫貧、防範氣候惡化、促進性別平等，目的是引領全球各國攜手合作，共創永續未來。當時共有193個國家承諾持續努力不懈地推動，預計於2030年前全力達成這17項目標。其中第9、10、17項目標與本文所提及的天文教育和活動有相當程度連結，說明如下：

SDG 9 產業、創新與基礎設施



天文啟蒙是人們接觸科學的入口，透過遊戲與故事激發其對未知的興趣。

SDG 10 減少不平等



將性別平等理念融入活動，幫助彼此理解並尊重差異，打破刻板印象。

SDG 17 夥伴關係



強調團隊合作，讓玩家在遊戲中體驗每個角色的重要性，學習互相尊重。

參考資料：

Venetia Burney Phair (1918~2009)
<https://science.nasa.gov/people/venetia-burney-phair/>

維基百科：威妮夏·伯尼
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A8%81%E5%A6%AE%E5%A4%8F%C2%B7%E4%BC%AF%E5%B0%BC>

Venetia, the Woman who Named Pluto
<https://cherrycache.org/2020/10/18/venetia-the-woman-who-named-pluto/>

The girl who named a planet
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4596246.stm>

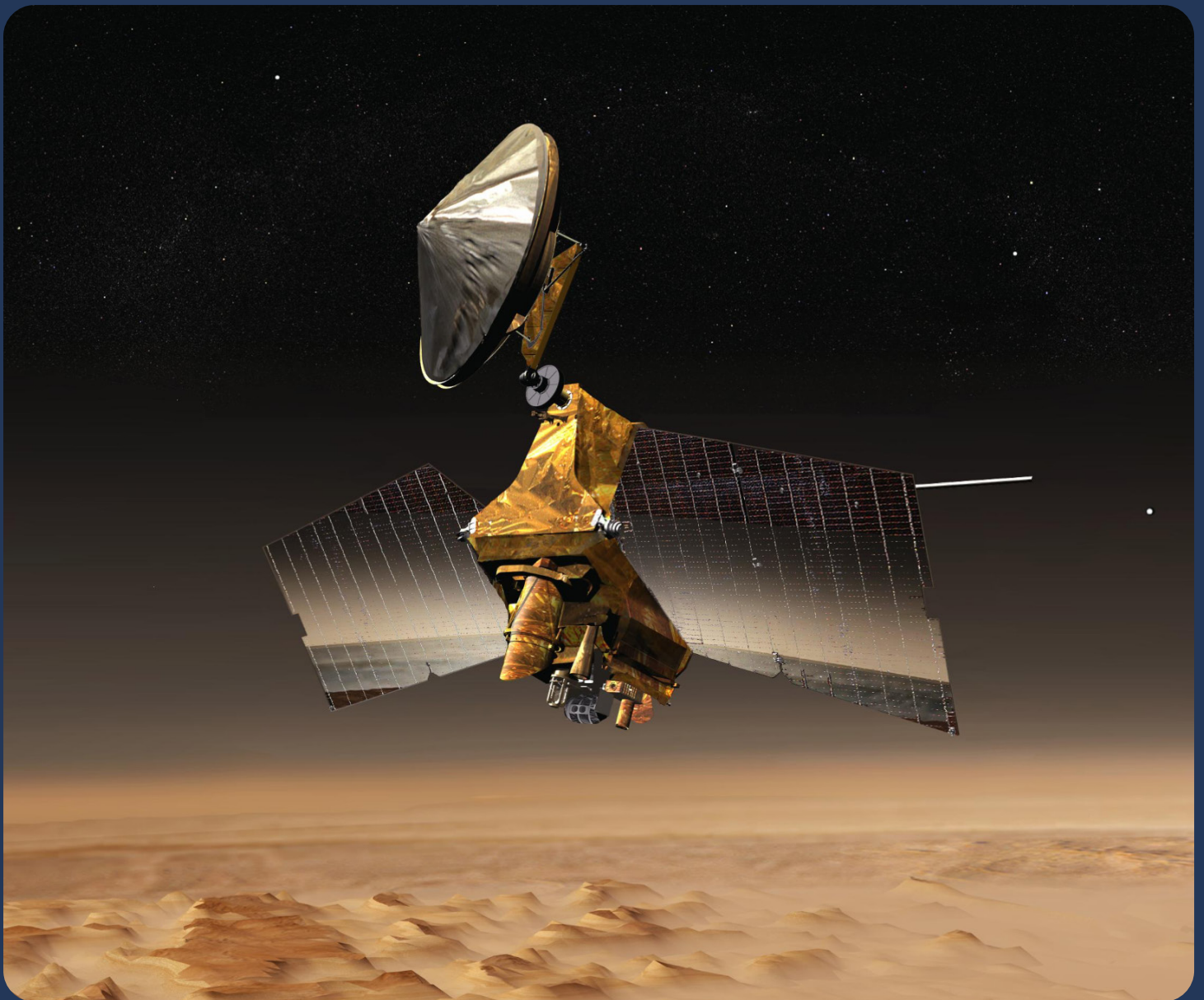
YouTube 相關影片：

Naming Pluto - 209124 - A short doc made by Father Films on the girl who named Pluto
<https://www.youtube.com/watch?v=Y6D9AQuB3QU>

從黑洞到火星—打造國、高中自主學習新體驗

在數位學習日益盛行的今天，各式線上資源正幫助國高中師生拓展課堂以外的學習。臺北天文館自主學習專區是一個極具啟發性的例子，透過主題式教材帶領學生從神秘黑洞到火星探險，將複雜的科學原理融入實際學習中，啟發求知熱情。本文將於黑洞專區與火星專區中，各挑選一個單元進行介紹，說明自主學習專區內容如何與國高中的學校課程接軌。

文／段皓元



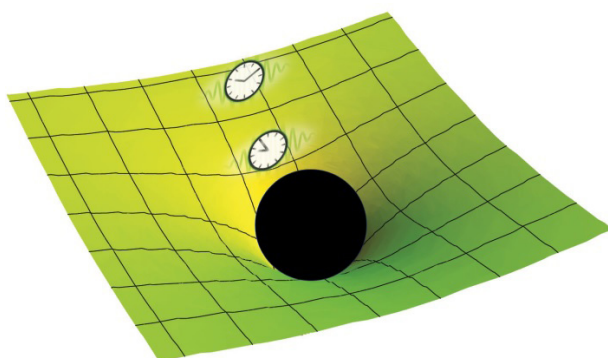
位於火星低軌道上的「火星偵察軌道衛星」想像圖。在《解碼「火星偵察軌道衛星」的軌道祕密》單元中，學生需要運用國中所學的物理與數學觀念，解答衛星繞行火星的相關問題。圖片來源：NASA

黑洞學習專區單元舉例： 時間膨脹效應

以**黑洞專區**中的「時間膨脹效應」為例，此單元針對高中學生設計，利用相對論概念說明強重力場中時間流逝的相對變化。教材中不僅提及愛因斯

坦相對論基本概念，還運用數學模型讓學生透過公式，理解時間膨脹對於接近黑洞觀察者與外界觀察者之間的關係。與高中物理課程中相對論、近代物理的內容相呼應，補充了傳統課本中較為抽象的理論。學生不僅能夠藉此掌握學習的核心概念，更能培養批判性思維，學會在日常生活中應用科學原理解釋自然現象。

時間膨脹效應 單元內容



黑洞專區

第7單元：時間膨脹效應

-----本課程適合高中以上-----

根據愛因斯坦的狹義相對論，測量相對高速運動的慣性座標系統時，在該座標的時間會減慢，或稱為時間膨脹。時間膨脹效應的公式為：

$$\text{公式 7-1: } T_0 = \frac{T}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

T為相對移動中的坐標系時間。

T_0 為相對靜止後測到相對移動中的坐標系時間。

c為光速。

而從廣義相對論的等效原理，我們可以把重力位能與動能的速度做相對應的轉換，即當你在距離質量M的黑洞中心距離為r的地方，速度v為：

$$\text{公式 7-2: } v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

G為萬有引力常數： $6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$ (牛頓·公尺²/公斤²)

當在質量M的黑洞的事件視界時，速度即為光速：

$$\text{公式 7-3: } c = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

R為黑洞的半徑。

將公式7-2、7-3帶入7-1，即得到：

$$\text{公式 7-4: } T_0 = \frac{T}{\sqrt{1-\frac{2GM}{rc^2}}}, \text{ 且 } r > \frac{2GM}{c^2}$$

從公式7-4得知，在距離黑洞越近的地方，時間過得越慢！而時間在事件視界上將靜止（無限膨脹）。

練習7-1:

請計算當你在距離一個太陽質量黑洞中心10公里的地方，相對於遠處靜止觀察者而言，時間膨脹效應是多少？

練習7-2:

假設現在有一艘太空船，從地球出發前往遠處的黑洞。請分別以地球的觀察者，以及太空船上的觀察者，描述太空船抵達黑洞之前的場景。

相關檔案

07時間膨脹效應_學習單 pdf(192.31 KB)

07時間膨脹效應_解答 pdf(207.00 KB)

表 1 黑洞學習地圖

這份自主學習教材以黑洞為主題，專為國中7年級以上的學生設計，旨在為學校數學和物理課程提供額外挑戰和補充。你也可以下載「[布雷克的黑洞之迷](#)」繪本著色畫，發揮創意為這場黑洞探險之旅描繪出屬於自己的色彩！

我們設計了13個單元，從簡單到複雜，你可以自由選擇適合自己的單元。教材中使用了一些代數數學技巧，來幫助你理解黑洞的概念。雖然每個單元都與黑洞有關，但這不是一個全面涵蓋所有黑洞知識的課程。例如，我們沒有討論重力波與黑洞之間的關係，但你可以本網站的[天文新知](#)中搜尋相關的內容。

每個單元提供的資訊可能不是最新的，但你可以單元最後的延伸閱讀部分找到最新的黑洞知識。此外在[天文新知](#)當中，也可以閱讀天文學的最新研究成果。

單元	主題	適合年級	使用到的數學或物理觀念
前言	什麼是黑洞？	全年齡	無
1	我們與黑洞的距離	國中7年級以上	直角坐標、畢氏定理
2	質量與半徑的關係	國中7年級以上	斜率、一元一次方程式
3	史瓦西半徑	國中8年級以上	代數、指數
4	重力	國中9年級以上	萬有引力
5	義大利麵效應	高中以上	潮汐力
6	軌道速度	高中以上	動能及位能轉換
7	時間膨脹效應	高中以上	相對論
8	重力紅移	高中以上	相對論、都卜勒效應
9	能量輸出	高中以上	能量單位、質能互換
10	吸積盤	高中以上	多元多次方程式
11	噴流	高中以上	三角函數
12	銀河系中心黑洞	高中以上	克卜勒定律
13	事件視界望遠鏡	高中以上	角度計算

火星學習專區單元舉例： 解讀火星隕石坑的撞擊印記

火星專區中的「火星隕石坑的撞擊印記」單元，專為國中學生設計。該單元以火星表面的隕石

坑為例，探討撞擊事件如何形成獨特的地貌特徵，同時結合國中課程的幾何學概念，計算撞擊後隕石坑的輪廓比例，了解輪廓比例與撞擊角度有關。這不僅使學生能夠從宏觀角度認識火星環境，也將數學中的比例、幾何圖形實際應用於探究宇宙奧秘。

火星隕石坑的撞擊印記 單元內容

火星專區

第5單元：火星隕石坑的撞擊印記

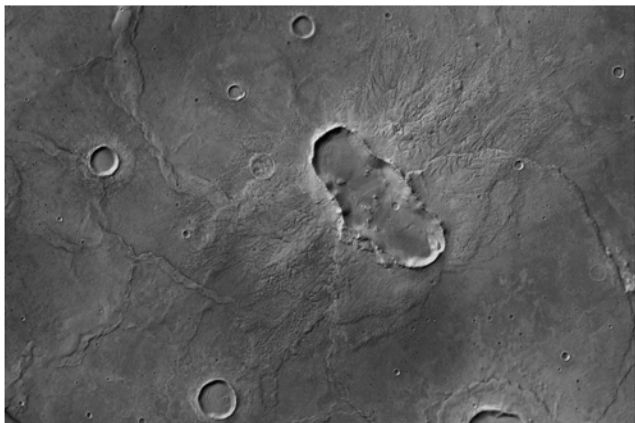
隕石坑是當物體撞擊行星或衛星等岩質表面時形成的。撞擊會在表面留下圓形或不規則的凹痕，隕石坑周圍通常環繞著被拋射出的物質。這些噴射物不僅提供撞擊過程的信息，也包含行星表面下方結構的線索，因此成為科學家研究的重點。

火星表面顯示的隕石坑數量明顯多於地球，這反映了兩者環境的差異。地球的大氣層較厚，能夠燃燒或破壞大部分進入的隕石，阻止其形成巨大的撞擊。此外，地球表面受到風化作用以及地震和火山活動的頻繁地殼改變，使許多古老的隕石坑逐漸被抹去。相較之下，火星的大氣層較稀薄，無法有效防禦隕石進入，而其表面地質活動緩慢，因此保存了大量隕石坑的痕跡，提供研究撞擊歷史的寶貴資料。

隕石撞擊的角度會顯著影響隕石坑的形態。當物體以小於20度的角度撞擊火星時，隕石坑往往呈現不規則形狀，且噴射物質沿撞擊方向呈蝶形分布。有些區域甚至可能缺乏噴射物覆蓋。為了分析這些特殊形態，科學家會測量隕石坑的圓度比值 (circularity ratio) 來推估隕石撞擊地表的夾角。

圓度比值的公式為： $(4\pi A) / (P)^2$ ，A為隕石坑面積，P為隕石坑周長。

如果圓度比值低於0.925，通常表示撞擊角度較低，並與蝶形噴射物分布相關。研究這些特徵有助於揭示撞擊事件如何改變行星表面的地質結構與演化過程。



圖說：由歐洲太空總署火星快車號 (Mars Express) 拍攝的火星蝶形隕石坑。畫面中可見一個大型狹長撞擊坑，長約24.4公里、寬約11.2公里，最大深度約650公尺，低於周圍平原地帶。此次撞擊產生的噴射物沿隕石坑向外延伸，包括位於西北與東南方向的兩個顯著舌狀區域，呈現典型的蝶形分布。資料來源：ESA

問題：

下圖為火星上兩個隕石坑的示意圖，分別為：

1. Aveiro隕石坑：面積 (A) = 67平方公里，周長 (P) = 30公里。
2. 未知隕石坑：面積 (A) = 32平方公里，周長 (P) = 21公里。



請計算這兩個隕石坑的圓度比值，並判斷其中哪一個可能具有蝶形噴射物分布。

參考資料：['Butterfly' impact crater in Hesperia Planum](#)

延伸閱讀：[火星上有個熊臉隕石坑？](#)

相關檔案

05火星隕石坑的撞擊印記 pdf(1.60 MB)

05火星隕石坑的撞擊印記_解答 pdf(1.60 MB)

表 2 火星學習地圖

這份自主學習教材以火星為主題，專為國中學生設計，旨在為學校數學和物理課程提供額外的挑戰與補充。

教材共設計了7個單元，學生可自由選擇適合自己的內容。透過運用數學技巧，幫助理解數學在火星任務中的實際應用。雖然各單元皆與火星相關，但本教材並非全面涵蓋所有火星知識的課程。單元中提供的資訊可能未必是最新資料，但每個單元的延伸閱讀部分將引導你探索最新或相關的火星研究。

第0單元：火星基本知識

第1單元：「機會號」的輪子總共轉幾圈？

第2單元：「好奇號」的探險與打滑的輪子

第3單元：解碼「火星偵察軌道衛星」的軌道祕密！

第4單元：火星沙塵暴吹不到的地方

第5單元：火星隕石坑的撞擊印記

第6單元：「洞察號」的火震紀錄

第7單元：「機智號」的飛行任務

此外，你也可以透過天文新知以及天象預報獲得更多與火星相關的最新資訊。

學習與延伸閱讀搭配 ，共創自主學習

上述兩個單元分別展現了天文館如何利用自主學習教材引領學生，從抽象理論走向實際應用。

透過黑洞中時間膨脹效應的探討，學生學會從數學模型中解讀宇宙規律；而火星隕石坑的單元則讓學生從數學知識實際解釋自然現象。附帶連結的「天文新知」作為搭配的延伸閱讀，進一步加強學習成效。

對國、高中學生 與教師的啟發

對於國、高中學生與教師而言，這樣的**自主學習專區**不僅豐富了傳統課堂的內容，也提供了一個跨領域整合的範例。教師可將黑洞與火星等主題引入科學、數學等課程，透過案例探討啟發學生自主學習與探究精神。同時，「**天文新知**」和「**天象預報**」等資源更可作為課堂補充材料，讓學生在家中亦能持續學習並進行自我評量。

對學生來說，這是一個開啓宇宙探險之門的契機。當他們能夠利用自主學習專區深入瞭解時間膨脹與火星地貌等最新的天文概念時，不僅能培養對科學的濃厚興趣，更能在自主學習的過程中獲得解題與批判思考的能力。這樣的學習模式，有助於培養學生「學會學」，即學會如何學習的能力，為未來的深造打下堅實的基礎。

臺北天文館**自主學習專區**以黑洞與火星為主題，結合「**天文新知**」和「**天象預報**」等多元線上資源，成功打造了一個跨領域、互補且啟發性的學習環境。這種模式既滿足了國高中學生對科學知識的好奇，也為教師提供了創新教學的靈感與工具。未來，隨著數位學習資源的不斷進步，這樣的自主學習與正規課程結合模式，必將成為提升教學品質與學生學習成效的重要途徑。

段皓元：臺北市立天文科學教育館

參考資料：

臺北天文館火星學習地圖

https://tam.gov.taipei/News_Content.aspx?n=B28FF83AAE77C9DD&sms=946749C7A7CCF015&s=88031B7101F4AACCC

臺北天文館黑洞學習地圖

https://tam.gov.taipei/News_Content.aspx?n=A2F7381512F89DFB&sms=8DB4DFD3C6946BB3&s=4B5893FDE69CAF7F

臺北天文館「**天文新知**」

https://tam.gov.taipei/News_Photo.aspx?n=EF86D8AF23B9A85B&sms=F32C4FF0AC5C2801

臺北天文館「**天象預報**」

https://tam.gov.taipei/News_Link_pic.aspx?n=B64052C7930D4913&sms=2CF1F5E2E0B96411

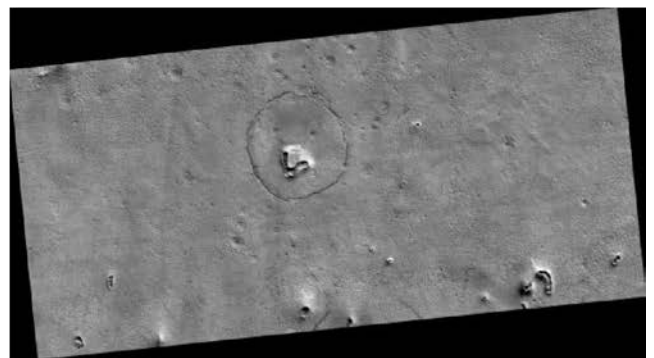
火星隕石坑的撞擊印記 搭配的延伸閱讀

天文新知

火星上有個熊臉隕石坑？

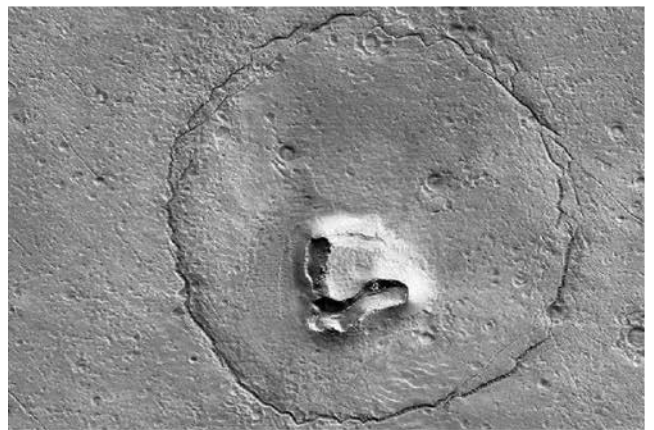
上版日期：112-01-29

臉部幻覺或空想性錯視是一種心理現象，人們常有在沒有生命的物體中看到人臉的傾向或錯覺，例如看到月亮上的人，或在吐司上看到耶穌的臉。但這次在火星上新發現的隕石坑，看起來像熊的臉，這可能是熊臉症的一個例子。



圖說：火星上熊臉隕石坑的區域。圖片來源：NASA/JPL-Caltech/UArizona。

多年來，我們透過火星偵察軌道衛星（MRO）的高解析度成像科學設備（HiRISE）在火星上看到了一些有趣的隕石坑，例如塞東尼亞區著名的「火星人臉」，或一頭大象和一隻鳥。而這次看到的火山口，不可否認看起來的確像熊的臉，那麼到底什麼可能造成在火山口中間形成了一個形狀像熊鼻子的奇怪特徵呢？



圖說：火星上的熊？圖片來源：NASA/JPL-Caltech/UArizona。

研究人員表示這座山丘上有個V形塌陷結構（鼻子）、兩個隕石坑（眼睛）和一個圓形的斷裂圖案（頭部）。而此圓形斷裂圖案可能是由於埋在撞擊坑上的沉積物沉降造成，也許鼻子是火山口或泥漿噴口，沉積物可能是熔岩或泥流？事實是由什麼造成呢？只要有一天我們自己去了火星，就有機會可以好好探索這個隕石坑，找出究竟是什麼讓這個隕石坑看起來像一頭熊，並且可以使用由HiRISE資料所創建的地圖來進行定位，如此便可以輕易地在火星上展開這樣的冒險，若是沒有這樣的地圖，我們在火星上的旅程將寸步難行。（編譯 / 趙瑞青）

資料來源：[UNIVERSE TODAY](#)



大彗星再度現身！

文／謝翔宇

想像你現在身處於帕瑞納天文臺（Paranal Observatory），海拔2,635公尺，時間是2025年1月19日。右前方的白色圓頂是四座口徑1.8米的輔助望遠鏡（Auxiliary Telescope）的3號鏡，它們和你身後的四座口徑8.2米的單元望遠鏡（Unit Telescope）組成了歐南天文台（ESO）的旗艦：甚大望遠鏡（Very Large Telescope，簡稱為VLT），它們是世界上最先進的可見光干涉儀之一，能提供比肉眼黯淡40億倍的天體影像。

但我相信此刻最令你屏息的，不是身後巨大的天文臺和偉大的觀測成就，而是眼前在暮色中現身的大彗星C/2024 G3（ATLAS），此時它正散發出超過15度長的壯觀彗尾，朝向遠離太陽系的方向飛去。這顆發現於2024年4月5日的彗星，2025年1月中旬達到最高亮度-3.8等，是2025年已知最亮的彗星。不過在1月19日之後，這顆彗星的彗核開始解體，最終以只剩下彗尾的姿態逐漸遠離，消失在我們的視野中，留下這幅傳奇的身影。

網址：<https://www.eso.org/public/images/potw2505d/>



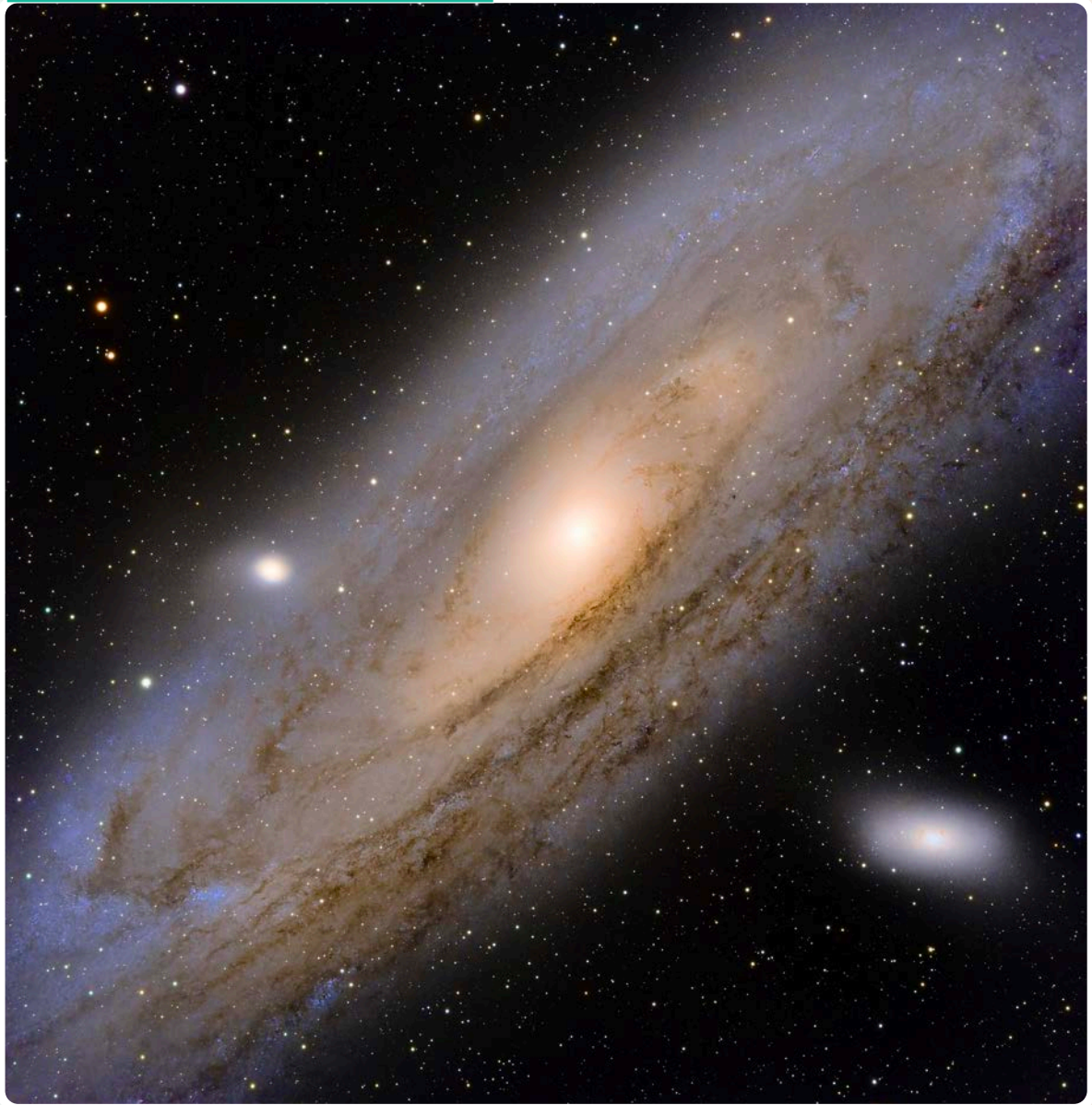
來源：Y. Beletsky (LCO) /ESO

美星映象館

Astronomical photo gallery

責任編輯／吳昆臻

M31仙女座大星系 丁南昌



▲ 時間：2024/12/10

地點：南投縣信義鄉新中橫塔塔加

儀器：William Optics Zenithstar 73 APO望遠鏡、ZWO ASI533MC冷卻相機、iOptron GEM28赤道儀

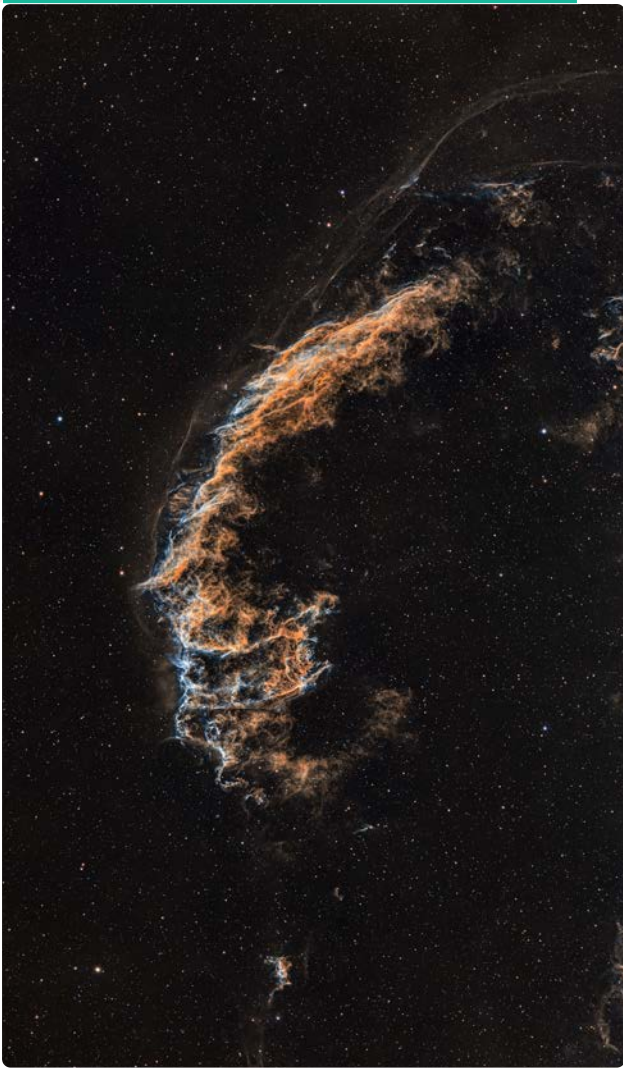
參數：冷卻至0°C、單幅曝光600秒，30幅疊合，總曝光5小時

後製：Pixinsight、Adobe Photoshop

說明：M31仙女座星系（Andromeda Galaxy）真的是每年必修煉的目標，每一年拍都有不一樣的驚喜跟成就感。

城市中的窄頻攝影- 東面紗星雲

張家銘



◀ 時間：2023/09/19~2023/09/26
地點：新竹市東區清大天文臺屋頂
儀器：SharpStar Askar 80 PHQ望遠鏡、ASI6200MM Pro冷卻相機、iOptron iEQ30 Pro赤道儀、窄頻濾鏡
參數：RGB各曝光15秒45幅、H α 曝光300秒101幅、OIII曝光300秒83幅、SII曝光300秒95幅，總曝光23小時20分
後製：PixInsight、Adobe Photoshop
說明：城市中的光害經常是天文攝影的一大阻礙，透過窄頻濾鏡篩選出特定波長的光，進而濾掉光害，這幅東面紗星雲拍攝時間約24小時，其細節之豐富，讓人難以想像城市中能拍攝出如此黯淡卻壯麗的天體。

▼ 時間：2024/11/2、2024/11/3
地點：新竹市東區自宅屋頂
儀器：William Optics RedCat 51 WIFD望遠鏡、iOptron GEM28赤道儀、ZWO ASI 2600MC Pro冷卻相機、ZWO OAG離軸導星、ZWO ASI 662MC導星相機、ANTLIA TriBand RGB濾鏡
參數：冷卻-10°C、Gain 100、單幅曝光300秒，105幅疊合，總曝光525分鐘
後製：Astro Pixel Processor、Adobe Photoshop
說明：仙后座中有個愛心形狀的星雲，是編號IC 1805的心臟星雲，心臟星雲的尾端（影像最左下角）有個形狀像魚頭的星雲，大家也會稱他為魚頭星雲（IC 1795），在心臟星雲旁邊有個看似小Baby狀的是靈魂星雲（IC 1848、左上）。

IC 1805心臟星雲與IC 1848靈魂星雲

楊中鼎



LBN 576 Popped Balloon Nebula

黃 歆 杰

- ▶ 時間：2024/9/26、2024/9/27
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）、SV220濾鏡
參數：ISO500、單幅曝光10分，3幅疊合；ISO800、單幅曝光10分，28幅疊合，總曝光5小時10分
後製：PixInsight、Adobe Photoshop
說明：LBN 576超新星遺跡，十分暗淡。想要在平地拍攝它十分不容易，除了良好的天氣，還需要加上雙峰濾鏡拍攝，配合一定的後製技巧以及大量的累積曝光時間才有機會。拍攝兩晚也只累積5小時光子，希望未來還能再多多增加總時數，給自己更多挑戰。



LDN 1454 林 啓 生



- ▶ 時間：2023/11/18
地點：南投縣信義鄉新中橫塔塔加地區
儀器：高橋E-130望遠鏡、彗差修正鏡、NIKON D810（改）、QHY5導星相機
參數：單幅曝光300秒，30幅疊合
後製：PixInsight、Adobe Photoshop，萬明德影像處理
說明：天文攝影愛好者都知道在金牛座、英仙座、御夫座之間的這一大片天區，有好多的星際塵埃，而在著名的M81附近乃至於北極星方向也有；其實秋天的夜空中也有不少星際塵埃，LDN 1454位在白羊座靠近金牛座天區，採用強力影像處理，終於讓它現蹤了。

NGC 2359太空史迪奇 蔡明翰



- ◀ 時間：2023/11/2~2023/11/3
地點：美國新墨西哥州，遠端遙控拍攝
儀器：Planewave CDK 14"望遠鏡、Moravian C5A-100M冷卻相機、Astro-Physics 1100w赤道儀、Chroma RGBHO 50×50mm濾鏡
參數：RGB各單幅曝光3分鐘6幅疊合、H α 單幅曝光5分鐘23幅疊合、OIII單幅曝光5分鐘30幅疊合，總曝光4小時9分鐘
說明：NGC 2359整體形狀看起來類似頭盔（亦稱雷神的頭盔），帶有兩側的翼狀附加物，這是由中心恆星的強烈恆星風將周圍分子雲膨脹成泡狀結構所形成。

- ▼ 時間：2025/1/25
地點：南投縣仁愛鄉清境觀星園景觀山莊
儀器：SharpStar Askar FRA600望遠鏡、ZWO ASI 2600MC Pro冷卻相機、iOptron GEM45赤道儀
參數：單幅曝光180秒，80幅疊合
說明：NGC 5139亦稱 ω 星團，是一環繞著銀河系的球狀星團。是銀河系內最大，也是迄今所知最大的球狀星團。NGC 5139是少數能以肉眼看見的球狀星團，但除非你是千里眼，不然也只是看到模糊的一小坨。

NGC 5139 (ω 星團) 劉羿宏

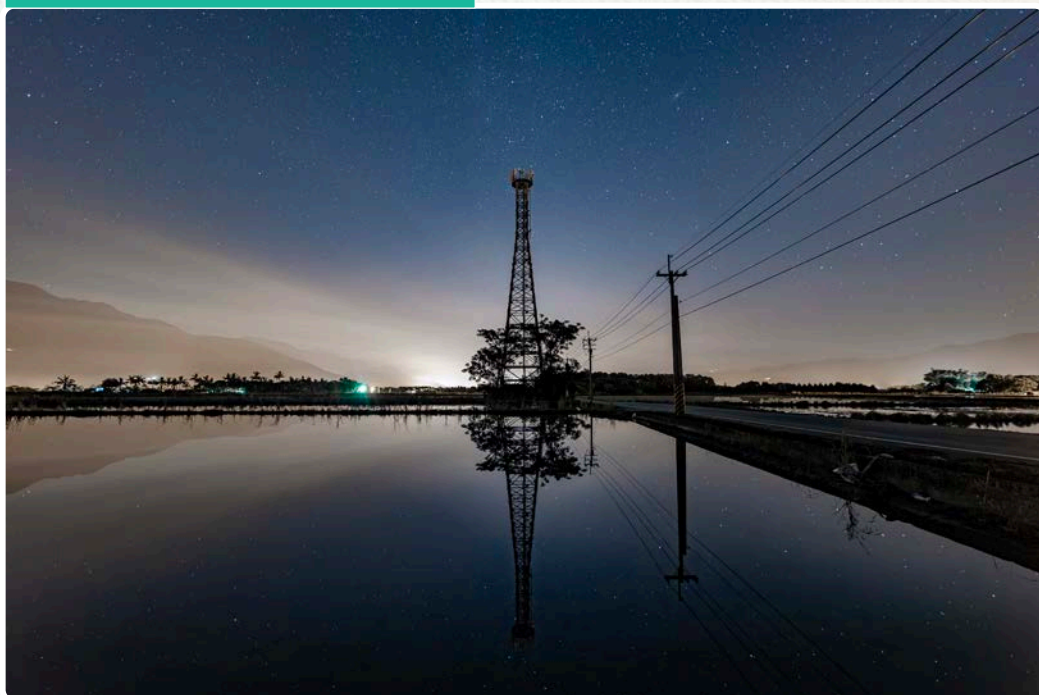


3萬英尺的Kp值8+極光 林明濬

- ▶ 時間：2024/10/10 21:00
- 地點：加拿大航空AC311班機
- 儀器：Sigma 24-70mm F2.8 DG OS HSM Art鏡頭 @24mm、Canon EOS 6D相機
- 參數：ISO3200、光圈F4.0、單幅曝光15秒
- 說明：於加拿大蒙特婁飛往溫哥華班機上，巧遇Kp值8+的強烈極光，不僅目視可見明顯的柱狀光芒，連機翼都映射出明顯的紅色反光。



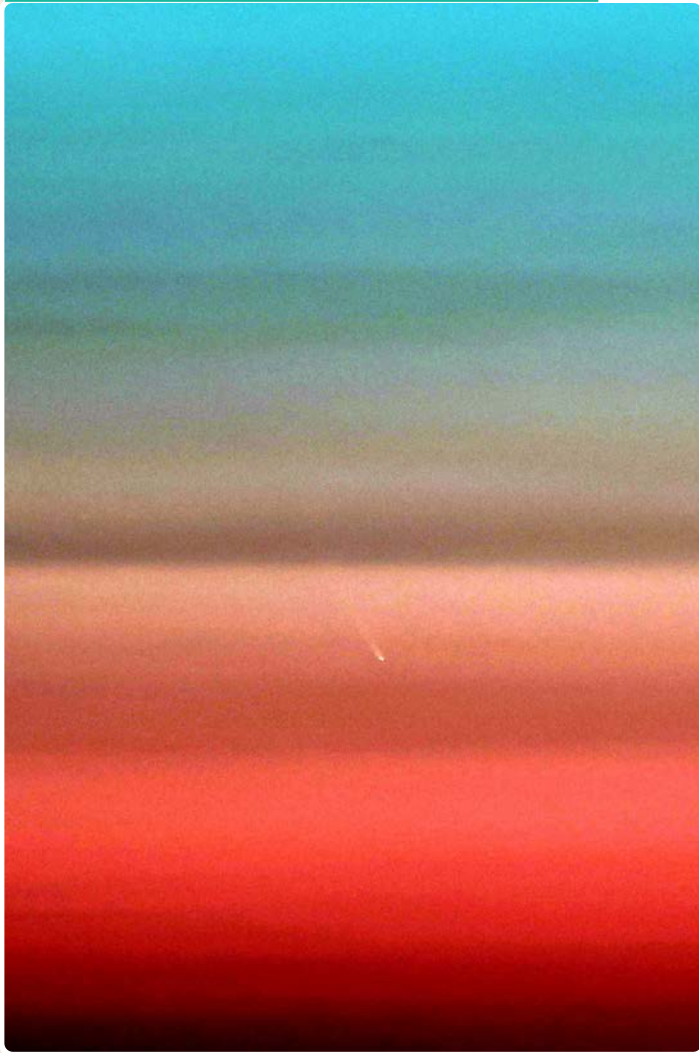
鄉間星空倒影 林柏偉



- ◀ 時間：2023/7/7 22:16
- 地點：花蓮壽豐鄉豐裡村
- 儀器：Sigma 14mm f1.8 DG HSM ART鏡頭、Canon EOS R6相機
- 參數：ISO 1250、光圈F2.0、單幅曝光20秒
- 說明：鄉村水稻田的星空倒影，星空中也可見M31星系（中央右上）。

暮色中的C/2024 G3 ATLAS彗星

李美英



◀ 時間：2025/1/17 18:09
地點：苗栗縣三義鄉薑麻園觀景台
儀器：Sigma 60-600mm F4.5-6.3 S DG OS HSM Sports
鏡頭@233mm、Canon EOS R6相機
參數：ISO1600、光圈F5.66、單幅曝光0.1秒
後製：FastStone Image Viewer
說明：據說可能會扇開大把彗尾的C/2024 G3 ATLAS彗星，可惜在臺灣只有很短的觀測時間，而且必須在日落後與天光比拚！1月17日難得天晴，日落後我用雙筒努力地尋找，卻無論如何也拚不過天光，就在彗星幾乎要落下地平線（高度角約1度）之際，終於在相機螢幕中看到彗星的芳蹤，雖然傳說中的大把彗尾還沒形成，但它細細長長的尾巴就是告訴你：我就是彗星啦！

餘暉下的C/2024 G3 ATLAS彗星

陳欣暉



▶ 時間：2025/1/19 18:05
地點：桃園市大溪區中庄景觀土丘
儀器：Canon RF70-200mm F4L鏡頭@200mm、
Canon EOS R8機身
參數：ISO 50、光圈F8.0、單幅曝光4秒
說明：這顆彗星因北半球的觀測條件很差，臺灣在下半場的觀測機會只剩下太陽下山後到天黑前，這一點點的時間有機會拍到。拍攝當下完全是盲拍，只看到天色由藍轉紅轉黑，心想應該是涼了，回家調整照片的時候才發現原來有捕捉到彗星！非常的開心！

C/2023 A3紫金山-阿特拉斯彗星

陳子耀



▼ 時間：2024/10/18 17:53

地點：花蓮縣新城鄉七星潭

儀器：Canon EF70-200mm f/4L USM鏡頭、Canon EOS RP相機

參數：ISO1250、光圈F4.0、單幅曝光6秒

說明：以階梯上的遊客為前景拍攝紫金山-阿特拉斯彗星，就這麼拍攝一張，剛好一顆流星也亂入。

雲上的C/2023 A3 紫金山-阿特拉斯彗星

陳宏哲、許紋嫻



► 時間：2024/10/13

地點：臺南市七股區七股潟湖南灣碼頭遊憩區

儀器：Canon RF70-200mm f/2.8L IS USM鏡頭 @200mm、Canon EOS R6II 相機，固定攝影

參數：ISO2500、光圈F2.8、單幅曝光2秒，180幅疊合

後製：Sequator、Adobe Photoshop

說明：自2020年之後連續四年都拍攝到彗星，也因為這幾年的練習，拍攝上已駕輕就熟，而最難的準備功課是觀測地點，得隨時查看衛星雲圖，移動找尋最佳觀測拍攝地！拍攝當下風起雲湧，感謝老婆雲圖導航+大強運+一路支持！

2025象限儀座流星雨

謝易翰



- ◀ 時間：2025/1/4 03:14~05:12
- 地點：嘉義縣竹崎鄉阿里山公路62k茶園
- 儀器：Sigma 14mm f1.8 DG HSM ART 鏡頭、NIKON D810A相機
- 參數：ISO8000、光圈F1.8、單幅曝光8秒，7幅疊合
- 後製：Sequator、Adobe Photoshop
- 說明：象限儀座流星雨號稱是年度三大流星雨之一，但個人以前均未能記錄成功。今年它的極大期適逢月初，看著網路上石棹的即時影像裡滿天星斗，午夜驅車上山記錄，然開拍不久雲層旋即蓋滿，天亮前檢視檔案，雖然鏡頭結露仍幸運捕獲13顆流星入鏡。選取雲霧前相片做底圖，逐一比對用Photoshop將流星剪貼於底圖恆星之相對位置，最後成功疊合7顆象限儀座流星。

太魯閣國家公園與冬季銀河

簡承禾

- ▶ 時間：2024/11/29 00:16
- 地點：南投縣仁愛鄉昆陽停車場太魯閣國家公園界碑
- 儀器：Nikon NIKKOR Z 24-70mm F4 S 鏡頭 @24mm、Nikon Z5相機
- 參數：ISO2000、光圈F4.0、單幅曝光25秒
- 後製：Adobe Lightroom、Adobe Photoshop
- 說明：在深夜且零度的群山之中，銀河從東南方緩緩升起，淡藍色搭配幾顆亮星，悄然立於眼前，似乎預告著，群山將染成雪白。



浩瀚宇宙無限寬廣

穹蒼之美盡收眼底

