

臺北星空

天文館期刊 Taipei Astronomical Museum Magazine

TAIPEI
SKYLIGHT
NO.121 2024.09
ISSN:1727-0022

彗星到來

紫金山－阿特拉斯彗星

彗星小百科

古人眼中的彗星

彗星探測任務

紫金山－阿特拉斯彗星拍攝

歐幾里得太空望遠鏡的首批科學成果

以假亂真

真善美星座盤

臺北星空



令人期待的紫金山-阿特拉斯彗星即將通過近日點。本期以彗星作為主題，詳細帶您了解從古到今對彗星的各種觀察和探索，一直到近代幾項深具野心的太空任務，從近距離飛掠到實際登陸彗星，未來還有針對像紫金山-阿特拉斯彗星這種來自歐特雲、帶有太陽系邊緣資訊的長週期彗星的探測任務，非常令人期待。

您可以跟著本期天文攝影實戰教學的指示，仔細安排這顆彗星的拍攝計劃。就讓我們一起期待能欣賞到彗星的美景吧！

【封面照片】

曙光中的NEOWISE彗星 吳昆臻

時間：2020/7/12 04:19

地點：新北市蘆洲區自宅頂樓

儀器：Canon EF 70-200mm f/4L IS II USM鏡頭、Camon EOS 700D相機

參數：ISO800、光圈F4.0、單幅曝光2秒，固定攝影

後製：Adobe Photoshop

說明：C/2020 F3 (NEOWISE)在接近太陽時亮度急速暴增，成為北半球久違23年最明亮的彗星，拍攝當日彗星升起時天空也漸亮，得把握時間在曙光中找到彗星並作拍攝，此時彗星亮度約2等，明亮程度在都市中也能進行觀測。

Contents

02 天象與新知 蔡承穎、許晉翊

05 天文新聞追蹤報導

歐幾里得太空望遠鏡的首批科學成果 林建爭

10 謎樣星宿

古人眼中的彗星 歐陽亮

31 天文攝影實戰教學/EASY拍星空 42

紫金山-阿特拉斯彗星拍攝 吳昆臻

39 天文展品導覽

星星的生命軌跡和探索 王彥翔

44 天文觀測教室 25

天鷹座 陶蕃麟

48 天文學教室

以假亂真 段皓元



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113年9月1日出版

刊期頻率：雙月刊

本刊刊載於臺北天文館網站，

網址<https://tam.gov.taipei/>

發行人 陳岸立

發行情員 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、謝偉寶

臺北星空

臺北天文館期刊

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。

文章內容所採用的圖片及文字，如係引自他處，請先行取得原作者及出版社同意後使用；本刊不負責有關著作權爭議之訴訟。如係譯稿，請附加原文並註明來源，並先取得同意權。

來稿請寄：

臺北市立天文科學教育館 研究組
臺北市士林區基河路363號

歡迎以電子郵件投稿

E-mail address :
tam.fb99@gmail.com

1999市民熱線，24小時日夜服務

《專輯：彗星到來》

09 紫金山-阿特拉斯彗星 段皓元

16 彗星小百科 莊幼玲

23 彗星探測任務 賴彥霖

53 天文劄記 真善美星座盤 林志重

62 天體映象 鯨魚與曲棍球棒 謝翔宇

64 宇宙天體攝影 美星映像館 彙整/吳昆臻



總編輯 謝翔宇
編輯 劉愷俐、蔡承穎、趙瑞青
吳昆臻、段皓元

美術編輯 劉愷俐

封面設計 劉愷俐

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

天文新知



宇宙早期類星體已演化至令人驚訝的成熟階段



韋伯望遠鏡發現宇宙形成初期的原始球狀星團，再度挑戰宇宙演化理論



中國嫦娥六號從月球背面回收樣本



發現了太多的超暗矮星系？



韋伯透過重力透鏡看到類星體的4個影像



1181年記錄的明亮恆星其實是一顆超新星



天文學家捕捉到極為罕見的超激亮紅外線星系



在銀河系中心附近發現中等質量黑洞



太陽極小期之謎也許將隨著克卜勒的觀測而解開



紅矮星爆發閃焰將影響周遭宜居行星的環境



韋伯拍攝到寒冷系外行星

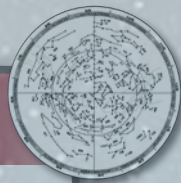


洞察號數據顯示火星地下儲藏著大量液態水



韋伯捕捉到原始恆星與氣體的新影像

九、十月重要天象



九、十月時序已入秋季，精彩天象接續登場，尤其是九月底至十月初的紫金山-阿特拉斯彗星最為令人期待。此外，土星衝將於9月8日發生，此時土星視直徑將達最大，且亮度可達0.6等，全夜可見。不論是用肉眼欣賞或是用小型望遠鏡觀察土星環，都是夜空中最令人期待的天體。

行星合月部分，9月17日中秋節發生土星合月，月亮與土星於漸暗的天色中東昇，目視即可欣賞中秋明月與緊靠的土星形成的美麗景象，然而隨著時間愈來愈晚，土星與月球將漸行漸遠。

掩星部分，10月31日將發生今年第二次臺灣可見的月掩角宿一。本次掩星為掠掩，在北部可見月球以極近距離掠過角宿一、中部可見月緣恰巧掠過角宿一、南部為全程可見。但因發生在白天較難觀察，必須使用望遠鏡觀賞此有趣的天象。

行星動態方面，水星於9月5日到達西大距，亮度-0.3等，距角18.1°，日出時仰角約為17.2°。日出前搜尋東方低空，就有機會觀賞這顆於晨曦中東昇的明亮行星。



9~10月 紫金山-阿特拉斯彗星，2等或更暗

9/5 水星西大距，-0.3等，距角18.1°

9/8 土星衝，0.6等，視直徑19.2"



9/17 (中秋節) 土星合月

10/17 今年最大滿月，視直徑 33.43'

10/31 月球掠掩角宿一，亮度1.0等

天象焦點

9~10月 紫金山-阿特拉斯彗星

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

紫金山-阿特拉斯彗星目前預估的最大亮度約為2等，9月27日通過近日點，將於當天和之後數日，現身於清晨的東方低空。當10月12日彗星通過近地點後，將再度與金星一同現身於日沒後西方低空。此時仰角雖逐日迅速增加，但彗星亮度也快速變暗。因此最好把握近日點前後數天，用望遠鏡搜尋或拍攝彗星身影。



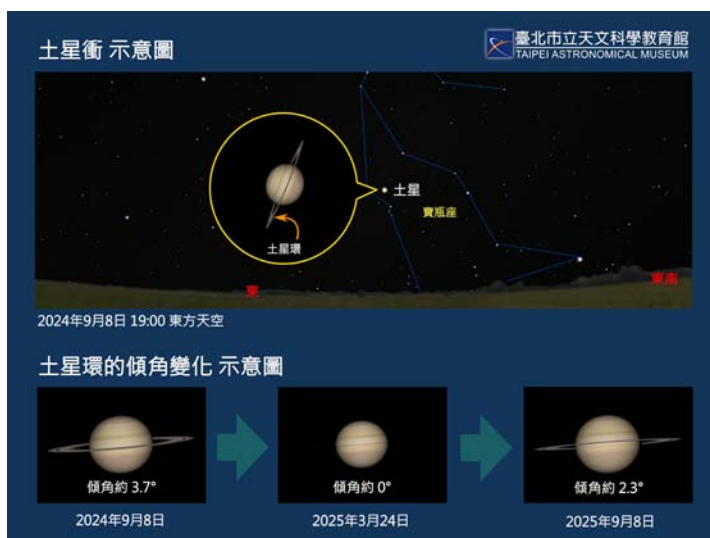
9月5日 (四) 水星西大距

水星在9月5日上午10時30分到達西大距的位置，此時亮度-0.3等，日距角 18.1° ，日出時仰角約為 17.2° 。若天氣良好，於太陽初升前向東方低空搜尋，就能欣賞到這顆東升中的明亮行星。此時若用小型望遠鏡觀察，可見相位如同弦月狀。



9月8日 (日) 土星衝

土星於9月8日上午12時35分到達「衝」，此時土星距離地球最近，並且全夜可見。土星視直徑達 $19.2''$ ，亮度0.6等，觀賞條件極佳。若用小型望遠鏡可觀察視直徑達 $44.7''$ 的美麗土星環。今年9至11月中旬間，土星環的傾角約為 $3.5^\circ \sim 5.2^\circ$ ，之後傾角漸減，直到2025年3月24日完全側向地球，屆時將看不到土星環。



9月17日（二）土星合月

土星合月發生於9月17日中秋節的傍晚18時22分，此時土星亮度為0.6等，月相近滿月。本次合月天象發生時兩星十分靠近，僅有 0.3° ，若於日落後向東方低空觀察，可見相互緊靠的土星與中秋明月於漸暗的暮光中東昇，形成一幅天文美景。當晚賞月之餘持續觀察月球與土星，可見兩星漸行漸遠，十分值得欣賞。



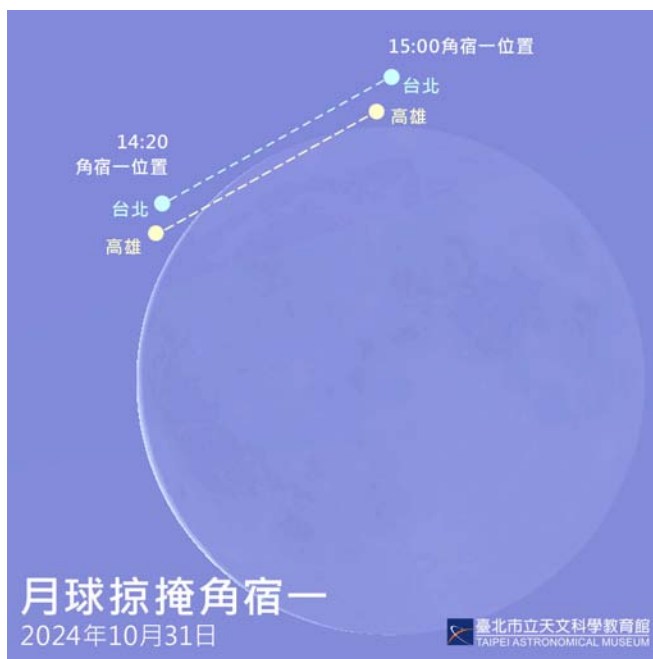
10月17日（四）今年最大滿月

今年最大滿月出現在10月17日的19時26分，此時月球距離地球為357,367公里，視直徑 $33.43'$ 。與出現於2月24日，離地球約405,917公里，視直徑 $29.43'$ 的最小滿月比較，直徑增加了約14%。若用肉眼直接觀察，會因缺乏參考標準而難以察覺大小的變化。建議採用相同的器材，攝影記錄下滿月時的影像並相互比較，才能顯示出月球大小的差異。



10月31日（四） 月球掠掩角宿一

這是今年臺灣可見的第二次月掩角宿一，發生於10月31日下午14時38分前後。本次掩星十分特別，北部為月球以極近距離掠過角宿一。中部可見月緣恰巧掠過角宿一，將有機會目睹因月緣地形起伏遮掩，讓恆星不斷消失又出現的奇特景象。南部可見完整過程的掩星事件。本次掩星因出現於白晝，且月相近朔而難以觀察。需使用小型望遠鏡以連續攝影或錄影方式記錄其過程。月球掠掩角宿一在臺灣十分罕見，從2025至2124年的百年間僅有一次，將發生於2087年11月22日，同樣也是臺灣中部可見掠掩。



歐幾里得任務（Euclid Mission），是歐洲太空總署（ESA）2015-2025宇宙願景計劃中的一項中型任務（參考《臺北星空115期》：太空望遠鏡歐幾里得）。歐幾里得太空望遠鏡（圖1）提供了高解析度的光學影像、近紅外影像及光譜觀測，覆蓋了約16,000平方度的天區。該任務旨在於六年間繪製銀河系外宇宙的詳細星圖，從而提供獨特的數據，幫助天文學家深入了解暗能量和暗物質在宇宙中的分布。

歐幾里得 太空望遠鏡 的首批科學成果

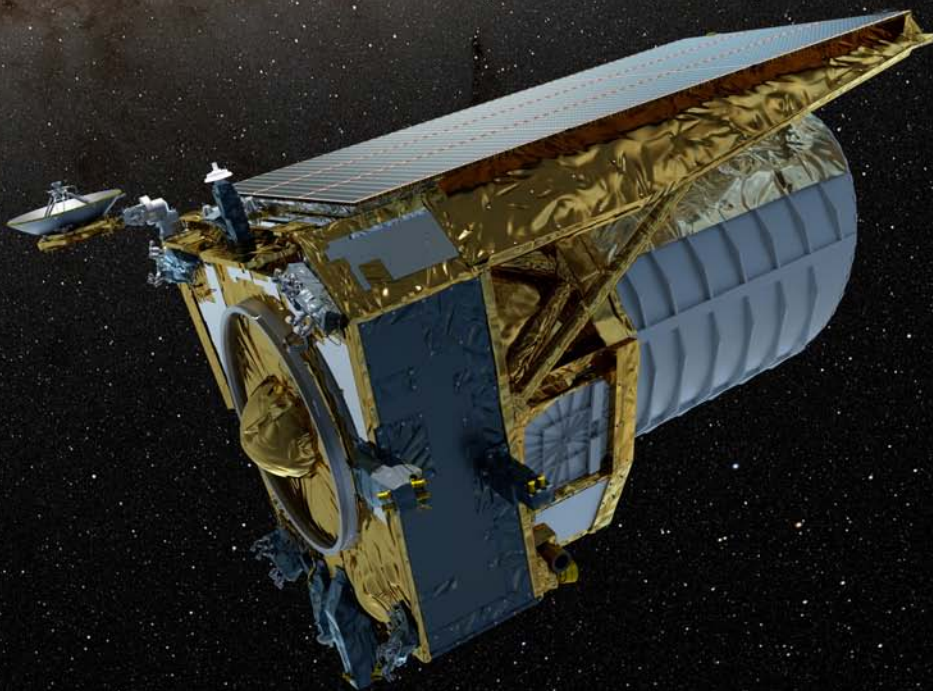


圖1. 歐幾里得太空望遠鏡模擬圖，背景左邊是銀河系盤面，右邊是大小麥哲倫星系。圖片來源：ESA

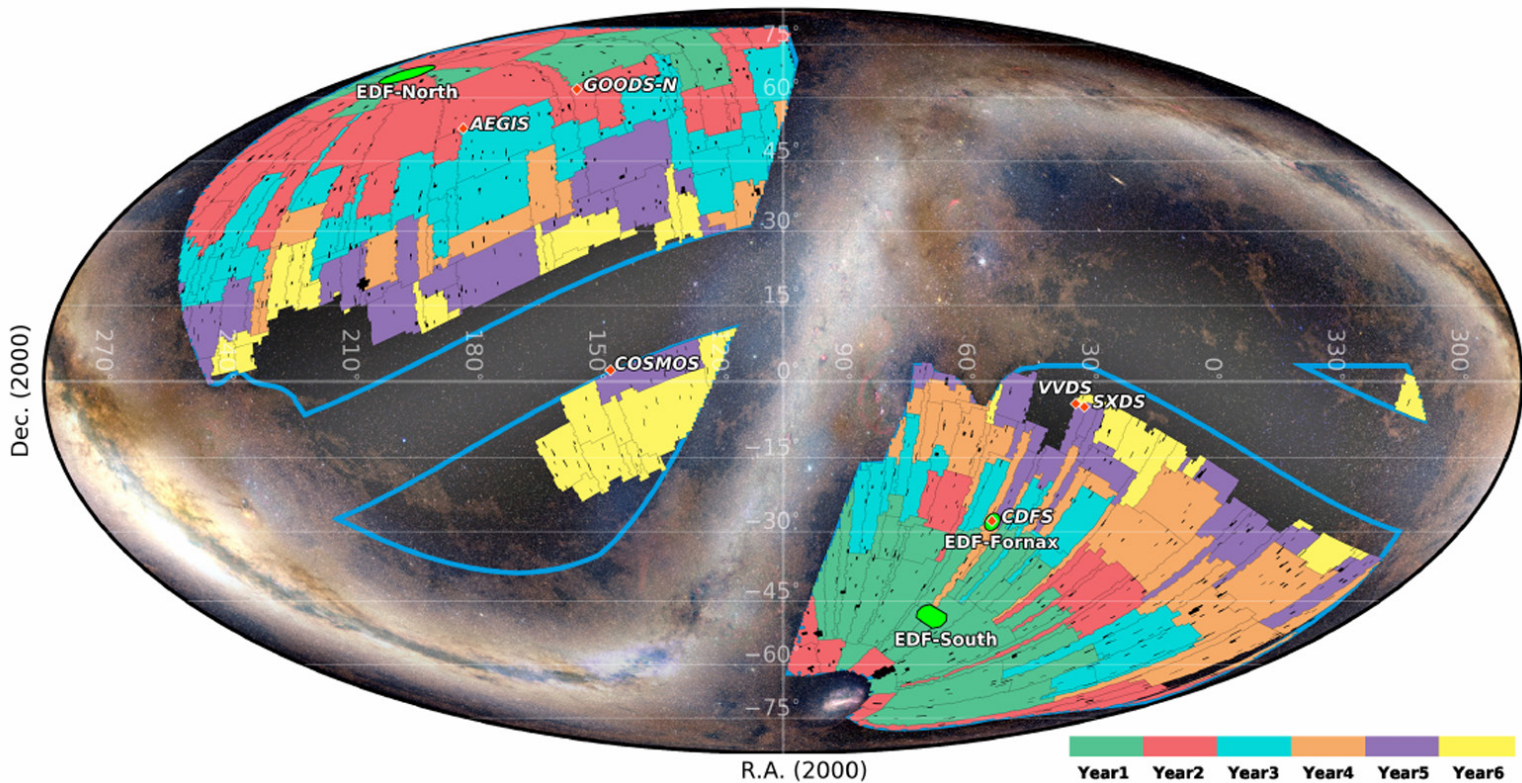


圖2. 歐幾里得巡天計畫，該任務避開銀河盤面及黃道面，框區域涵蓋約16,000平方度，預計觀測約13,416平方度，不同顏色表示不同年份的觀測目標。淺綠色顯示歐幾里得深空巡天計畫，深紅色標示深空巡天的輔助觀測目標（未按比例）。圖片來源：<https://arxiv.org/pdf/2405.13491>

歐幾里得太空望遠鏡於2023年7月1日成功發射，經過半年多的調整與測試，於2024年2月14日正式啟動對銀河系外宇宙的巡天觀測。2024年5月，歐幾里得聯盟發表了基於歐幾里得太空望遠鏡的初期成果論文，其中五篇文章描述了歐幾里得任務的概述、科學儀器及其性能，另外十篇則展示了根據初期公布的觀測（Early Release Observation, ERO）資料所進行的研究成果。

歐幾里得任務參考文獻包括：該任務概述文章，總結了歐幾里得任務的各方面資訊，包括科學目標、太空船狀況、巡天計畫（圖2）、資料產出及分析計畫等。這份文件將成為整個任務期間，對於有興趣分析歐幾里得資料和科學成果的廣泛科學社群的重要參考。儀器與儀器校正文獻詳細描述了歐幾里得各項儀器的規格、設計、開發及在任務中的功能。可見光相機擁有六億像素，用於光學影像觀測；而近紅外線相機及光譜儀則是一個多波段光學相機，具備無狹縫光譜測量功能。這些儀器提供精緻的資料，用於繪製宇宙的大尺度結構，以界定暗能量的性質和廣義相對論在宇宙尺度上的有效

性。經過數月的測試，這兩個儀器的運行完全符合預期。另外一篇文章介紹了基於宇宙學模擬的星系模擬目錄，它幫助科學家和工程師測量、校準和修正系統性偏差，確保地面系統在處理和分析來自歐幾里得任務的資料時能夠準確可靠。

在歐幾里得任務啟航的最初幾個月，進行了一項初期釋出的觀測計畫，目的是要初步展示歐幾里得太空望遠鏡能夠提供的科學深度和多樣性。歐幾里得聯盟選擇決定以呈現令人驚艷的影像，也同時對科學研究具有重要意義的觀測目標，總共累積觀測一天的時間。其中五張圖像於2023年11月發表，其餘五張則在2024年5月23日由 ESA 發表，包括以下：

Dorado星系群：展示了正在演化和合併的星系群，顯示了潮汐尾和殼層，這些都是星系相互作用的結果。科學家們利用這些資料研究星系的演化，改進宇宙歷史模型，並了解星系如何在暗物質光暈中形成。歐幾里得儀器的廣角視野和高解析力，使得各種星系的特徵得以在同一畫面中顯現，包括細

微的（如星團）、寬廣的（如星系核心）和擴展的（如潮汐尾）等特徵。



圖3. Dorado星系群。

M78星雲：這是一個充滿星際塵埃的恆星形成區。歐幾里得使用紅外相機深入觀察，首次揭示了隱藏的恆星形成區域，詳細描繪了氣體和塵埃的複雜絲狀結構，並發現了新形成的恆星和行星。歐幾里得的儀器能夠探測到質量僅為木星幾倍的星體，並在這一視場內發現了超過30萬個新星體。科學家們利用這些資料研究恆星和亞恆星的數量和比例，對理解恆星族群的形成和演變至關重要。



圖4. M78星雲。

NGC 6744螺旋星系：一個與我們銀河系相似的螺旋星系。歐幾里得的廣角視野捕捉了整個星系，不僅展示了螺旋結構的大尺度，還清晰顯示了小尺度上的細節，包括從螺旋臂伸出的羽毛狀塵埃帶。這些資料幫助科學家們理解塵埃和氣體如何與恆星形成相關聯，並分析不同恆星群在星系中的分布和形成位置，探索螺旋星系結構的物理原理。



圖5. NGC 6744螺旋星系。

Abell 2390星系團：影像顯示了超過50,000個星系，以及重力透鏡效應，其中一些彎曲弧線實際上是同一遙遠星體的多重視角。歐幾里得利用重力透鏡效應技術探索暗宇宙，通過測量暗物質的數量和分布，幫助我們了解星系團及其他地方的暗物質。科學家們還研究了星系團質量和數量隨時間的變化情形，以揭示宇宙的歷史和演化。



圖6. Abell 2390星系團。

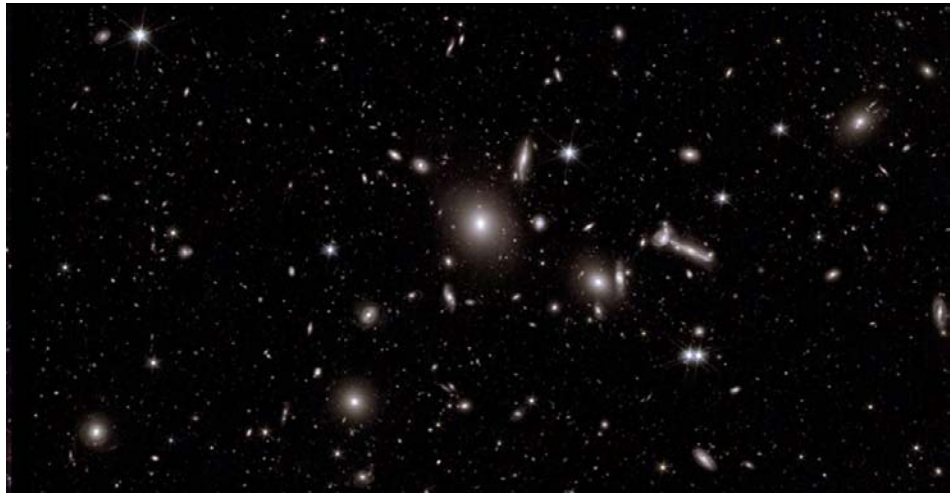


圖7. Abell 2764星系團。

Abell 2764星系團：包含數百個星系，分布在一個廣闊的暗物質光暈中。歐幾里得捕捉了星系團中的背景星系、遙遠星系團及星系交互作用的現象。這些觀測幫助科學家探索遙遠宇宙暗時期的星系，類似於對Abell 2390星系團的研究。

這些令人驚嘆的結果僅僅是冰山一角，因為歐幾里得太空望遠鏡觀測這些目標的時間尚未達到預計巡天時間的0.1%。這些科學成果展示了歐幾里得太空望遠鏡的優異性能以及對各種目標達成預期精度的能力，並顯示出歐幾里得聯盟內部的資料分析過程順利有效，為未來的任務奠定了良好的基礎。歐幾里得任務的下一個資料發布將包括正式的巡天內容，預計2025年3月會有首次快速發布（Quick Euclid release 1, Q1）的資料，而更大範圍的第一期資料則預定於2026年6月公開。在2031年之前，預計將有至少三次快速發布資料和兩期正式觀測資料公開。

參考資料：

<https://www.euclid-ec.org/public/press-releases/first-science-results-and-exclusive-ero-data/>

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_s_first_images_the_dazzling_edge_of_darkness

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/ESA_s_Euclid_celebrates_first_science_with_sparkling_cosmic_views

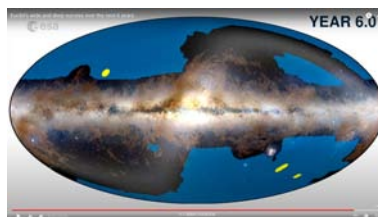
YouTube相關影片：



Five new stunning images from Euclid's Telescope
<https://reurl.cc/myv8nY>



Euclid celebrates first science with sparkling new images
<https://reurl.cc/bYnQYo>



Euclid's wide and deep surveys over the next 6 years
<https://reurl.cc/345gM8>



Euclid | ESA's mission into the unknown
<https://reurl.cc/OrkZ6r>

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

文/ 段皓元

紫金山-阿特拉斯彗星亮度下降 挑戰觀賞者的觀測能力

今年備受關注的「紫金山-阿特拉斯彗星」原本預計在十月中亮度會達到0等左右，但根據最新的觀測資料，預測的最大亮度已調降至2等或更暗。在都市中，使用肉眼觀察這顆彗星將變得極具挑戰性，但對於天文攝影愛好者來說，這仍是一個值得拍攝的目標。

2023年2月22日，ATLAS（阿特拉斯）南非天文臺通報發現了一顆新彗星。經過比對，發現該彗星與2023年1月9日由中國紫金山天文臺通報但後來失蹤的目標是同一顆天體。因此，這顆彗星的命名採用了兩個發現者的名稱並列，正式名稱為C/2023 A3（Tsuchinshan-ATLAS）紫金山-阿特拉斯彗星。

根據2024年8月的資料顯示，紫金山-阿特拉斯彗星將於9月27日過近日點，屆時距離太陽僅0.391天文單位；在10月12日，它將通過近地點，距離地球0.472天文單位。在這段期間，從地球看出去，彗星將非常靠近太陽，與太陽同時升起和落下，因此幾乎無法觀

測。但從10月12日起，臺灣地區將可在日落後的短暫時間內於西方低空觀察到紫金山-阿特拉斯彗星。



圖1. 2024年7月30日在納米比亞拍攝的紫金山-阿特拉斯彗星。攝影：Gerald Rhemann 圖片來源：Sky Vistas

預報來源：<http://astro.vanbuitenen.nl/comet/2023A3>

段皓元：臺北市立天文科學教育館



圖2. 2024年10月12日至30日，每晚18:00紫金山-阿特拉斯彗星（C/2023 A3）在天空中的位置。由於預測亮度已調降到2等或更暗，且彗星出現時尚有暮光影響，使用肉眼觀察極具挑戰性，建議使用雙筒望遠鏡觀察。尋找彗星時，可以從明亮的黃色大角星及金星的相對位置入手。10月過後，儘管彗星位置仰角會逐漸升高，但亮度也將迅速下降，最終彗星將遠離地球而變得不可見。

綜觀古今，人們對於「彗星」這種奇異天象的態度反差大到不可思議。古代懼怕彗星的程度，幾乎就像日食，僅僅一百年前，還有人害怕有毒彗尾即將掃過地球而搶購防毒面具或練習悶水閉氣。不過，現在兩者都已變成天文嘉年華會，只是彗星沒辦法像日食一樣，準確預測出亮度，無法提早辦個盛大星趴，因而更增添了幾分神秘感。

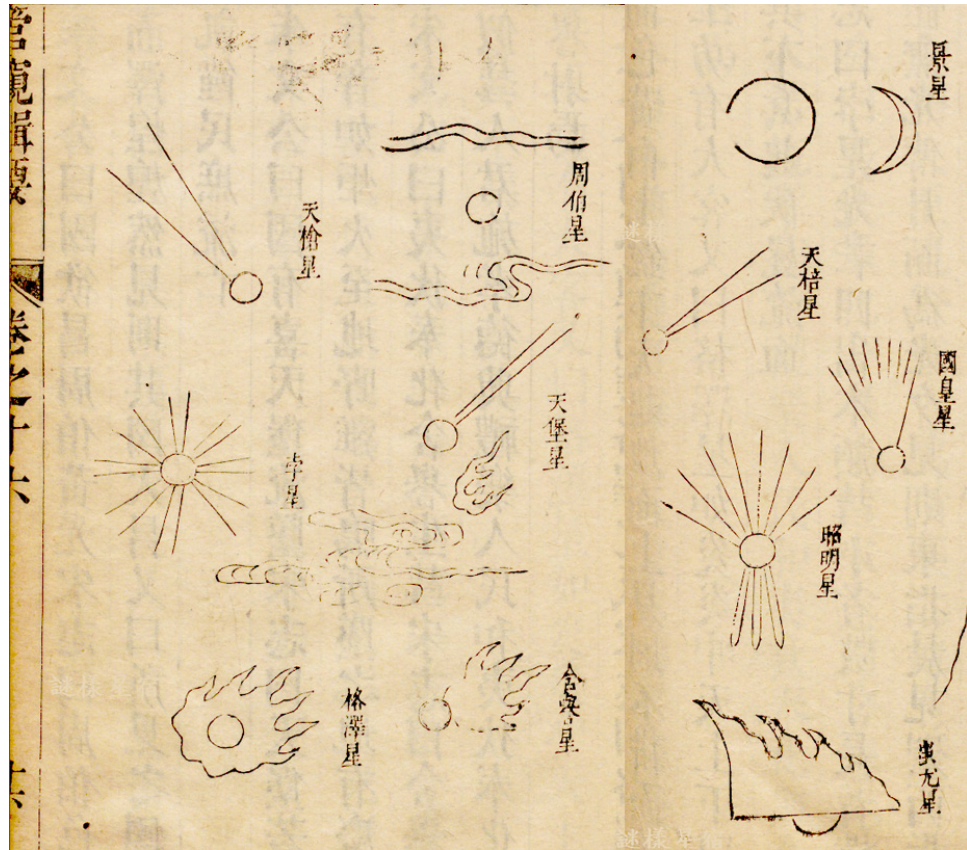


圖1.《管窺輯要》收錄的異星形態，不一定是指彗星，有些可能是客星，抑或流星、流星串與極光等大氣現象。

古人眼中的彗星

文/ 歐陽亮

從持續力來看，大型彗星可在空中盤桓超過十天或更久，可見範圍也較廣，有時甚至白天也能看到，還會變化出各種奇形怪狀（圖1），因此對古人造成的震撼也許比半天不到就結束的日食還大。

統計兩千多年以來（春秋至清末），在較可靠的歷史文獻中記錄了四百多次彗星¹，略少於日食，平均約六年就會看到一顆肉眼易見的彗星。²但是長到幾乎跨越天空的彗星只有18顆³，約一百多年才有機會看到一次⁴，算是十分稀有的景象。

彗星名稱由來

彗字的本意為掃把，《說文解字》記載：「彗，埽竹也。」古人借其掃除之形義，稱呼這種長著尾巴的星星，因此占星上有除舊佈新或易主之意，常被認定為不祥。然而這並不能用來逆推此字在甲骨文裡（圖2上）就是指彗星，因為學界尚有爭議。⁵有些學者猜測甲骨的虹或霓字可能在缺乏字詞時被借來表示彗星（圖2下），因為長尾的彗星如同白虹，形態相近，且其甲骨占辭中亦表現出不同於彩虹的驚異感。⁶

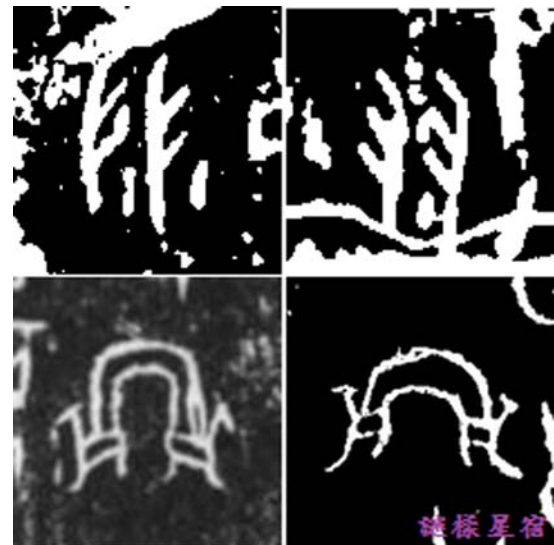
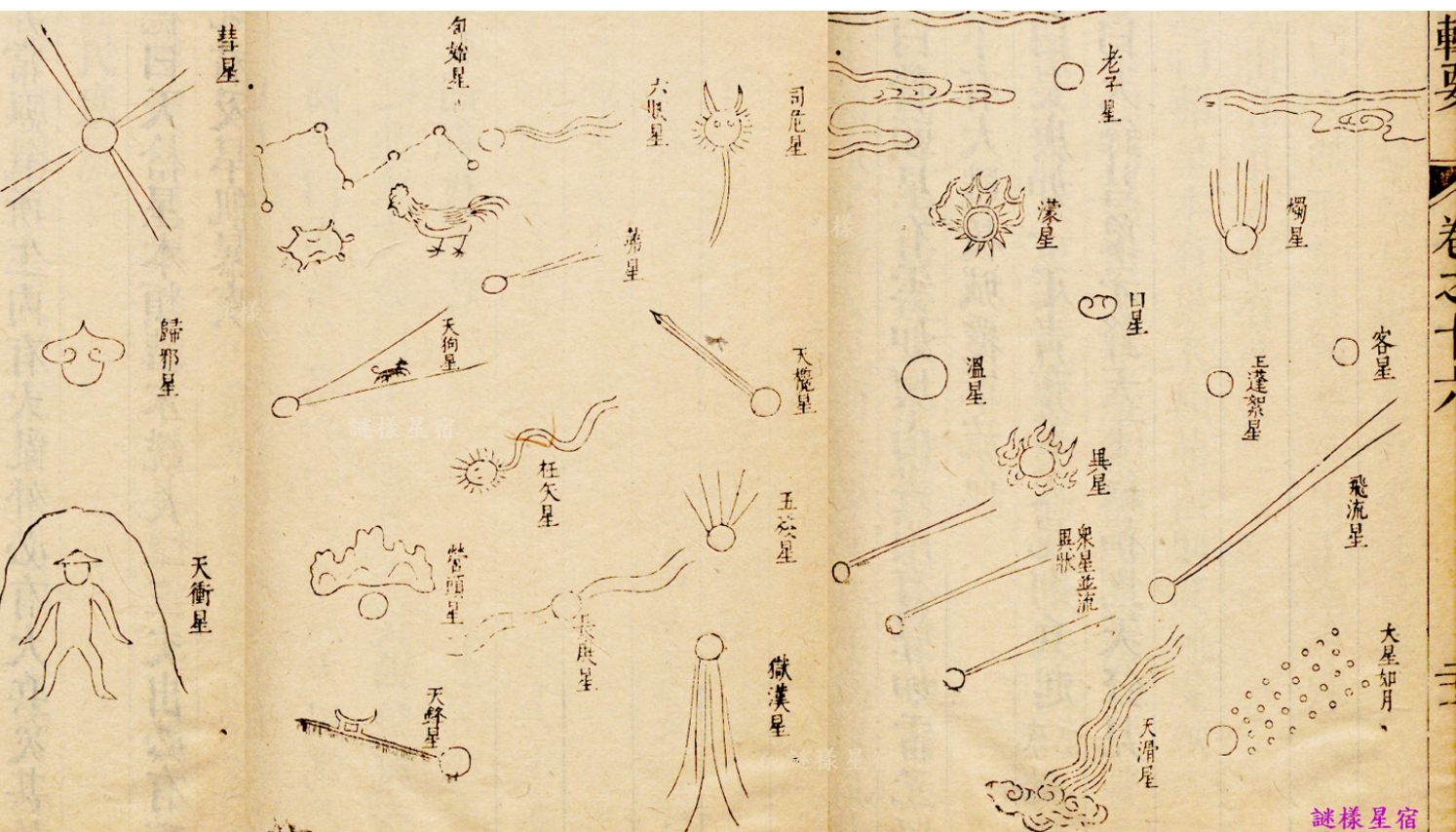


圖2. 甲骨文的「彗」與「虹」。左上：甲骨文合集698正，右上：甲骨文合集3266，左下：殷虛書契前編卷七-7-1，右下：甲骨文合集10405反。



彗星接近太陽時，噴發程度與角度會不斷變化，呈現出多種形狀，因此古人記錄時的名稱也很多樣，以「彗」最多、「孛星或星孛」居次⁷，雖然《隋書·天文志》中解釋「孛星，彗之屬也…芒氣四出曰孛」，應指無尾而蓬如棉花的彗星，不過彗孛兩字其實在唐代之前的史書中常交替使用。⁸例如最早有確實時間記錄⁹的《春秋》魯文公十四年（西元前613年）秋七月「有星孛入於北斗」，其注解就指出孛即彗星。另外有人認為這是著名的哈雷彗星最早的紀錄，但並不是很確定，因為哈雷回歸周期會不斷變化且計算上也相差了兩年。¹⁰

彗或慧？

有時在部份文章會看到彗被寫成「慧」，這兩字難道也像食或蝕一樣可以通用？若普查它們在史書中的用法，可發現慧字僅有《北史》其中一種版本是彗星之意，另外三種版本則寫為彗，因此前者應為誤寫；而彗字也僅有三處不是指彗星，是掃把或掃除之意。¹¹若再看其他古籍，亦未發現混用。所以彗與慧的問題較單純，不像食或蝕兩者並用是因為沒有統一。彗星的彗是單一用法，慧是錯字。

古人已知的彗星形態

五十年前發現了目前世界上最早的彗星圖《天文氣象雜占》，是漢代馬王堆出土的帛書之一，這幅二千多年前的作品共繪製了三十種左右的彗星形態（圖3）¹²，圖中可見粗尾、細尾、彎尾、多尾、三角尾、羽狀尾、旋轉尾，還有多重彗髮等形狀，種類超乎想像，畢竟人的一生見不到幾顆大型彗星。它們各有專屬命名，但僅少數被後代沿用。近代西方的觀察中也出現過類似的形態（圖4）。

要畫出這麼多種彗星需要觀察多久？有人假設每十年可見到一兩顆，並且觀察過上百顆，歸類出三十種，這樣可能需要上千年。¹³不過同一顆彗星常會出現不同形態，史書中就有許多例子，若假設有一半到三分之一出現兩種變化被觀察到，則只需六七百年¹⁴，大致上是從春秋時代至西漢初年，不用花上千年。

然而《天文氣象雜占》還有其他許多雲氣與日月想像圖，看起來並不一定是被觀察到的，例如其中有雲朵像牛、鳥、正方形網格、女子、樹木或彗形，日暈像一朵花或長出兩尾（兩彗並見雖稀有，但曾被看



圖3. 馬王堆漢墓帛書之《天文氣象雜占》所繪的各種彗星形態。

過），甚至還有小月丞大月、四月並出等（圖5）¹⁵，其目的「純為占望雲氣天象之作，並無現代意義上的科學動機」¹⁶；馬王堆帛書有另一篇《五星占》亦摻雜許多占星內容，且有不合天象的推算成份。¹⁷若再看同是占卜類的《開元占經》與《天文要錄》裡描述過「行星入紫微」等不符合天體物理學的天象，也寫過三彗或五彗並出等超稀有奇觀，我們其實無法排除《天文氣象雜占》所繪的多樣化彗星形態有一部份是前人依豐富想像力而創作出來的可能性，因此不必細究到底需要多久才能畫出三十款彗星。

若看正史中較為詳細的彗星記載，會提到長度、寬

度、顏色、位置、如何移動、還有彗核分裂甚至無核等情形。其中顏色有白、青白、蒼白、正白、粉白、黃白，偶爾有赤白、黃赤、上白下赤與黑色。至於彗星位置大多僅寫星官名，但每個星官的大小不一，可能會有±4度誤差，若加上「南」、「旁」、「指」、「掃」等形容，則誤差可能大到一二十度¹⁸，造成今人若想引用古老紀錄推算彗星軌道時有許多不確定性。

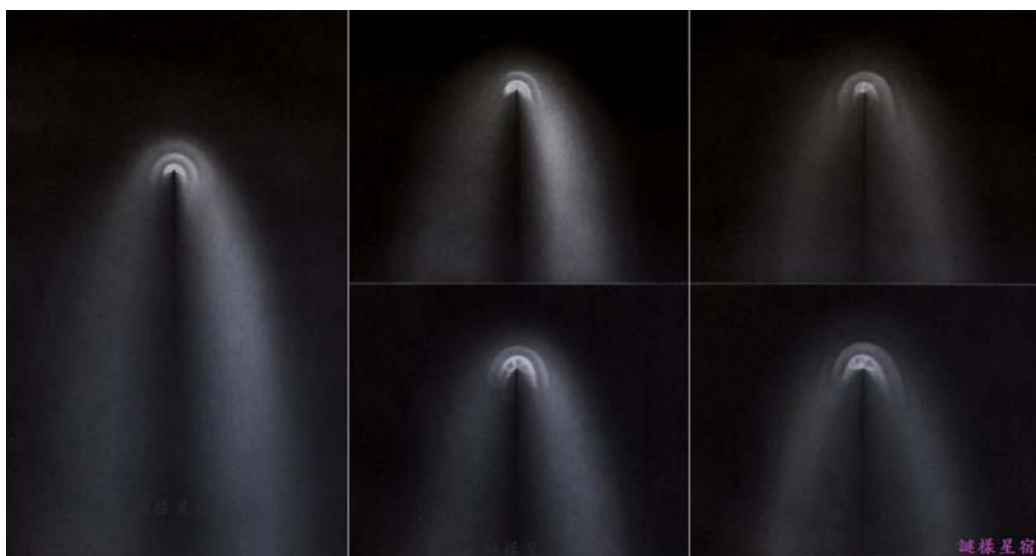


圖4. 西方繪製的彗星細節圖，可見多重彗髮，出自George Phillips Bond著作《Account of the great comet of 1858》，1862年，頁214、218、260之夾頁。



圖5. 馬王堆漢墓帛書之《天文氣象雜占》所繪的雲氣與日月圖，無法排除其為幻想創作。

除了帛書與史書之外，數百年前還有朝鮮觀象監所記載的「星變謄錄」，彙集了許多圖文並用的彗星紀錄（圖6）。¹⁹這種以圖像來表達的彗星位置，會比純文字更為精確。²⁰若依序觀看位置變化圖，十分有臨場感。即使天候不良，也會記下「陰雲蔽天不得測候」，意外附加了當時的氣象訊息在裡面。

由於韓國與日本深受古代中國的影響，因此天象記錄的背景星圖為中國的傳統星宿，而非西洋星座。但若想研究這些彗星圖，需注意韓日星官連線與中國並不完全相同，必須對照同時期中國星官位置，再以文字載明的度數重複驗證比較安全。

至於清初黃鼎編纂的《天文大成管窺輯要》收錄了許多祥異諸星形態（圖1），雖然其中有很多像彗星，但不一定是指彗星，有些其實應為客星（即新星或超新星），抑或流星、流星串與極光等大氣現象。特別是極光的變化就像雲一樣，可能有各種形狀。它們也不一定被認為是災星，因為祥不祥瑞只是人訂的，到了清初編成的《明史·天文志》中已認為不必硬分瑞星或妖星了。有時流星紀錄也會用彗星的模樣來形容，例如「有星出紫微北，尾跡丈餘，如彗而有聲，墜於壁、室間」、「有大飛星，餘光若彗」。

彗星驚嚇度

天下大亂時，彗星真的會來清掃一下嗎？若看秦始皇在位的37年間，只有四次彗星紀錄，並沒有高於

前述的平均值。倒是晉末劉裕的天文官竟然以彗星為祥瑞來勸進、唐末彗星三現被朱全忠利用拿來篡國，這些用天象當藉口的政治鬥爭才該警覺。更有甚者如奸臣秦檜，他竟然因為有人上書說彗星不足畏而大喜，已經近乎天不怕地不怕了。

雖然彗星被普遍認定不祥，不過卻也幫助過人類登上皇位：宋仁宗原本對於立太子一事猶豫不決，此時遇到一顆彗星停留在心宿，而心宿的前星名為太子，大臣就故意以「妖彗乘之」來提醒，才讓仁宗下定決心立養子為太子。只不過這顆彗星並沒有發現自己的助人事蹟或感覺被嫌棄，它只是繼續無意識地努力飛向黝黑無垠的那一方。

古彗星對現代天文貢獻

西方從古希臘時期即認為彗星是大氣現象，羅馬時期已有彗星不祥的預言，諸如凱撒即將被刺、尼祿謠傳被廢等²¹，中世紀更為大眾所恐懼的對象。到了400多年前，第谷才終於證實彗星是離地球很遠的星體，讓後來的天文學解釋由幾何學轉向物理學。²²隨後哈雷發現彗星也有週期，於是後人才想要運用東方天象紀錄企圖找出更多彗星回歸證據²³；相反地，東方只是一直視之為占星徵兆，從沒有這樣思考過，因而顯示出東西方文化的巨大差異。

想要運用東方天象紀錄，必須先認識做為固定背景的中國傳統星象，因此西方在1782年出現了第一

幅中西對照星圖，並翻譯了《文獻通考》之彗星記載，可用來確認古彗星位置以推算軌道。理論上，只要精確測定三個位置就可算出，然而大部份彗星紀錄粗糙，記載過兩組位置以上的不多。古籍中可以用來計算的僅有130多筆，其中哈雷彗星就佔了1/4。²⁴且彗星軌道的計算又與星官位置判別、各大行星與彗星故鄉的引力、以及彗星逐漸揮發變小等問題有關，其實並不容易確定。

回顧了以上的古彗星之後，再來看今年十分令人期待的C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) 彗星，雖然年初預測最亮時可能高達零等，但這種長週期彗星可能是第一次接近太陽，結構鬆散容易揮發，大量反射陽光雖使得亮度遽增，但若揮發過快而用盡，亮度就不再增加，結構也不穩定，可能會崩解消失。因此亮度是否會真如預測，還有待觀察。不過就算「大彗星來了」快要等於「狼來了」同義詞，天文迷只要認為有微弱的希望，還是會忍不住

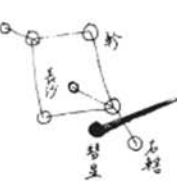
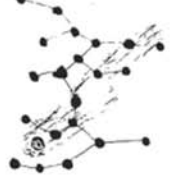
혜성이 진수(軫宿)에서 보였다.				
	1664. 11. 30.	1664. 12. 1.	1664. 12. 3.	1664. 12. 4.
				
	1664. 12. 5.	1664. 12. 6.	1664. 12. 7.	1664. 12. 11.
혜성이 우할성(右轄星)과 익수(翼宿)에서 보였다.				
	1664. 12. 12.	1664. 12. 13.	1664. 12. 14.	1664. 12. 15.
혜성이 익수(翼宿)에서 보였다.				
	1664. 12. 16.	1664. 12. 17.	1664. 12. 18.	1664. 12. 19.
혜성이 익수(翼宿)와 장수(張宿)에서 보였다.				
	1664. 12. 20.	1664. 12. 21.	1664. 12. 22.	1664. 12. 23.

圖6. 韓國觀象監記錄之彗星移動圖，途經軫、翼、張宿，後續的記錄至1665年初，移行至奎宿南邊的右梗（右更）。出自《17세기밤하늘》（十七世紀夜空），頁288。

喊聲狼來了，因為追星族寧可被騙一百次，也不能漏掉一次真的。它會像古老彗星圖中的哪一種呢？讓我們拭目以待。

附註：

- 1 為獲得較可靠的平均值，故排除時代過久卻只記三筆的甲骨文時期，另外古代分類不夠周全，需將記錄為「彗」但無尾或無移行度數者，歸於新星；記為「客星」卻有尾或會移動者，歸為彗星。有時亦會記錄客星轉為彗。其他如長星、奇星、蓬星、蚩尤星、妖星等古怪星名記載，則需個別判斷是否為彗星。詳見陳遵媯《中國天文學史》第三冊，明文書局，1987，頁271~272。
- 2 統計是從春秋時代計算到清末，約2600年左右。但明清時期記錄平均兩年左右就有一顆，原因與大量出現的地方志有關，見莊威鳳主編《中國古代天象記錄的研究與應用》，中國科學技術出版社，2013，頁149、395、405。
- 3 此數值為《中國天文學史》第三冊表41中描述為「長竟天」或彗尾超過十丈的彗星數目。
- 4 加上大量的明清地方志紀錄後，則三十多年就能看到一顆（王玉民《以尺量天》，山東教育出版社，2008，在頁11表列出超過十丈的彗星達71顆，其數據統計自北京天文台《中國古代天象記錄總集》彗星篇，江蘇科學技術出版社，1988，頁381~565）。這可能與觀測記錄者的水準和概念混亂有關，因此地方志的可信度需存疑。
- 5 馮時《百年來甲骨文天文曆法研究》，中國社會科學出版社，2011，頁89~92。
- 6 陳遵媯《中國天文學史》第三冊，頁272~274。
- 7 陳遵媯《中國天文學史》第三冊，頁271。
- 8 同一顆彗星在本紀與天文志卻用不同稱呼，詳見盧仙文〈中國古代彗星記錄的證認〉，《天文學進展》，2000年第1期，頁39。
- 9 《中國古代天象記錄總集》第一筆記錄為武王伐紂，記載於《淮南子》，但並無年代。張鈺哲在〈哈雷彗星的軌道演變趨勢和它的古代歷史〉（《天文學報》，1978年01期，頁109~118）假定該筆紀錄若是哈雷彗星，就可以回推武王伐紂年份為西元前1057年，造成文史學界誤以為是科學結論。然而此彗星是哈雷的機率小於1%，因此不可做如此假定，詳見江曉原、鈕衛星《回天：武王伐紂與天文歷史年代學》，上海交通大學出版社，2014，頁88。

- 10 見張鈺哲〈哈雷彗星的軌道演變趨勢和它的古代歷史〉。另外Yeomans與江濤（Mon. Not. R. astr. Soc. 1981, 197, p644）認為西元前240年之前不太容易看到哈雷彗星，因為距離過遠，16次回歸中將近90%都超過0.25AU。
- 11 以上查詢採中國哲學書電子化計劃所收錄的正史，至《明史》為止。其中慧字超過1200處，彗字超過1100處。
- 12 湖南省博物館編《馬王堆漢墓帛書》二，岳麓書社，2013，頁401~408。
- 13 Jean-Marc Bonnet-Bidaud《4000年中國天文史》，中信出版社，2020，頁36。
- 14 估算法：a.一半出現兩種變化， $100/(0.5 \times 1 + 0.5 \times 2) = 67$ 。
b.三分之一出現兩種變化： $100/(0.67 \times 1 + 0.33 \times 2) = 75$ 。
- 15 同註12，頁385、392、394、405、406。
- 16 江曉原《天學外史》，上海人民出版社，1999，第六章：天象與天學秘籍之13。
- 17 何幼琦〈試論五星占的時代與內容〉，《學術研究》1979第1期，頁85~86。
- 18 莊威鳳主編《中國古代天象記錄的研究與應用》，頁199~201。
- 19 或寫為天變曆錄，收錄於韓國氣象廳《17세기 밤하늘》（十七世紀夜空）觀象監記錄，2013。
- 20 上述1664到1665年的彗星紀錄在《中國天文學史》第三冊頁315編號386。
- 21 江曉原《12宮與28宿：世界歷史上的星占學》，遼寧教育出版社，2005，頁91~92。
- 22 Michael Hoskin主編《劍橋插圖天文學史》，山東畫報出版社，2003，頁93。
- 23 早期包括潘格雷（Alexandre Guy Pingré）、小畢奧（Édouard Constant Biot）等人有參考與整理過東方彗星紀錄。
- 24 莊威鳳主編《中國古代天象記錄的研究與應用》，頁259。

歐陽亮：天文愛好者，中華科技史學會理事，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://liangouyestar.blogspot.com/>

彗星小百科

文/ 莊幼玲

彗星自古便引起人們的好奇與敬畏，古代人類將其視為天上的異象，常與神話和預兆相聯繫。然而隨著天文學的發展，17世紀後期，彗星開始成為科學研究的對象。

1656年，愛德蒙·哈雷（Edmond Halley）根據牛頓力學成功預測了哈雷彗星在1758年的回歸，標誌了彗星科學的開端。自此以後，彗星的週期性軌道被確立。

彗星的種類

根據彗星軌道特徵，主要可以分為三類：

(1) 短週期彗星（Short-period Comets）

這類彗星的軌道離心率通常較小，週期小於200年，主要來自於海王星以外的古柏帶（Kuiper Belt），軌道受到較大的行星引力影響。

(2) 長週期彗星（Long-period Comets）

這類彗星的軌道離心率較大，週期長於200年。它們通常來自歐特雲（Oort Cloud），軌道較無規律，受太陽系外部擾動影響較大。

(3) 單次 / 非週期彗星 （Single-apparition / Non-periodic Comets）

這類彗星的軌道離心率非常高，接近1或者大於1，為雙曲線軌道或拋物線軌道，表示它們在接近太陽一次後就會被拋出太陽系不會再返回，它們也可能來自太陽系外。



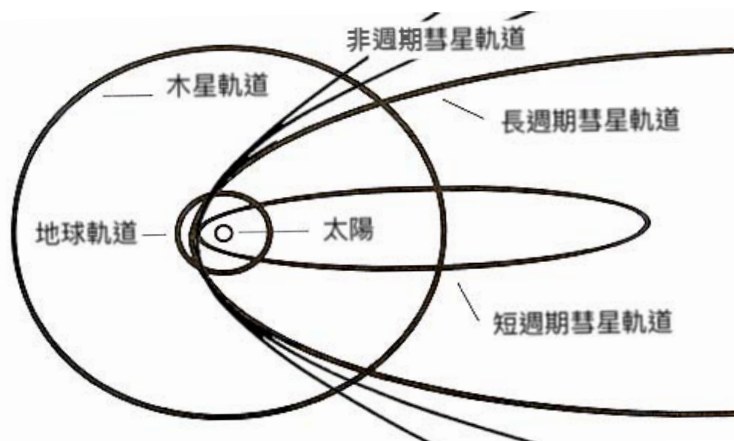
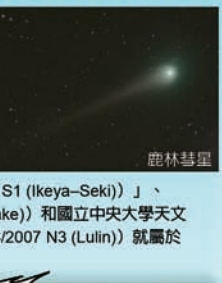
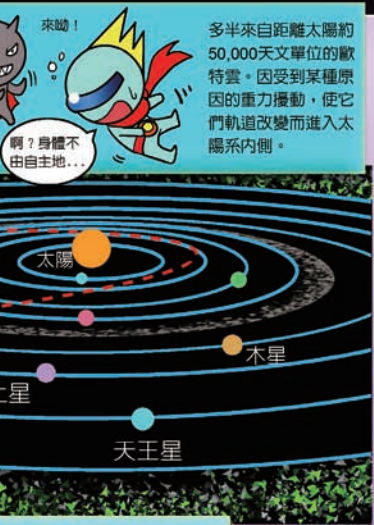
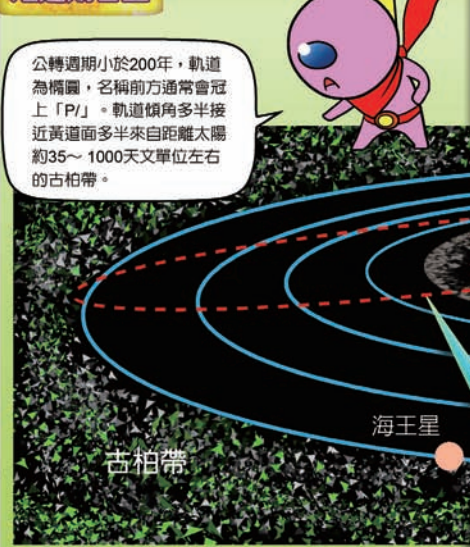


圖1. 彗星軌道示意圖

的種類



短週期彗星



這些彗星的軌道常會受到太陽系最大的行星—木星的重力影響而改變，1994年撞擊木星的休梅克-李維9號彗星，就是受到木星重力影響而分裂成23個較大的碎片後撞擊木星的。



最著名的短週期彗星就是分別列為第1和第2號週期彗星的哈雷彗星 (1P/Halley) 和恩克彗星 (2P/Encke)。



哈雷彗星 (1986年，JPL拍攝)

各種軌道傾角都有，並沒有集中在某一個角度上。可能來自歐特雲，也可能來自太陽系以外。

僅一次性進入太陽系內側者，軌道為拋物線或雙曲線、名稱前通常會冠上「C/」。

2013年4月哈伯望遠鏡所拍攝的艾森彗星 (C/2012 S1) (下圖) 就是其中之一。

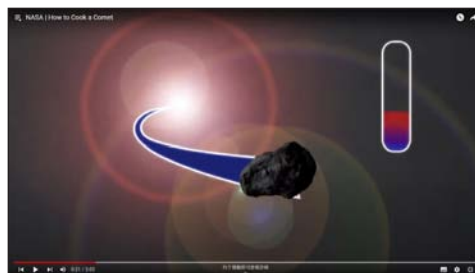


歐特雲

彗星組成成分與結構

彗星主要由冰、塵埃和有機化合物組成，最常見的成分包括水冰、二氧化碳冰、甲烷冰和氨冰。結構上可分為彗核 (nucleus) 彗髮 (coma) 和彗尾 (tail)。

當彗星接近太陽時，彗核中的冰昇華，形成彗髮和彗尾。彗髮是由氣體和塵埃組成的雲狀結構，而彗尾則分為離子尾和塵埃尾，離子尾是由離子化的氣體構成，受太陽磁場影響，指向遠離太陽的方向，而塵埃尾則由細小的塵埃顆粒組成，同時受太陽風與彗星行進方向影響，因此與離子尾的方向不一定會一致。



NASA | How to Cook a Comet

https://www.youtube.com/watch?v=0IxM_9AVaXc&list=PLiuUQ9asub3TDPzGOi_L2hYJGnYwWUAVU&index=14



歷史上著名的彗星及其科學發現

哈雷彗星（Halley's Comet，1P/Halley）

哈雷彗星因其76年的週期性回歸而聞名。觀測歷史可追溯至古代，在二十世紀八十年代，歐洲太空總署（ESA）計畫探測哈雷彗星的太空任務。並將探測器命名為喬托號（Giotto），以紀念義大利畫家喬托·迪·邦多納；喬托曾在1301年親自觀賞過哈雷彗星，視其為伯利恆之星而繪製於教堂壁畫上。1986年喬托號成功執行飛掠任務，首次揭示彗核的具體形狀和結構，並證實彗核的黑暗表面含有有機物質。



圖2. 喬托於1303-1305年為義大利帕多瓦帕多瓦斯克羅威尼小堂的北牆繪製的一幅濕壁畫《三賢士來朝》（Adorazione dei Magi）。位於壁畫中正上方的便是喬托視為伯利恆之星的哈雷彗星。圖片來源：wikiart

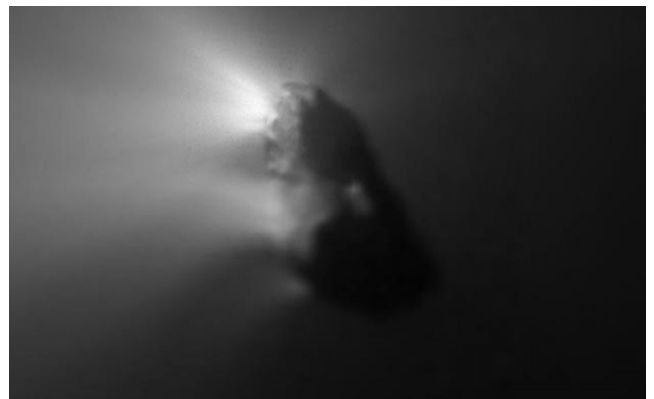


圖3. ↑↑哈雷彗星於1986年的回歸。圖片來源：NASA。↑1986年3月13日至14日間，喬托號飛到距離哈雷彗星僅596公里的地方，首次揭示了彗核近距離觀察的情況。圖片來源：ESA/Giotto/HMC

霍姆斯彗星（17P/Holmes）

17P彗星週期約6.9年。彗核直徑估計約為3.4公里。其最著名的事件發生在2007年10月23日；彗星突然爆發，亮度在42小時內增加了超過一百萬倍，從17等星變成肉眼可見的2.8等星。這次爆發使得其彗髮直徑迅速增大，最終達到太陽直徑的1.4倍。引起了全球天文學家的高度關注。科學家們認為，這次爆發可能是由於彗核內部壓力突然釋放，導致表面物質劇烈昇華和噴發。



圖4. 17P彗星於2007年10月23日爆發，球狀彗髮清晰可見。照片攝於2007年11月4日。圖片來源：wiki

海爾-波普彗星（Comet Hale-Bopp，C/1995 O1）

海爾-波普彗星由兩位美國天文學家艾倫·海爾（Alan Hale）和湯瑪斯·波普（Thomas Bopp）在1995年7月23日幾乎同時發現。在隨後的兩年中，海爾-波普彗星的亮度逐漸增強，並在1997年達到其峰值亮度。

海爾-波普的彗核直徑約為60公里。其巨大而活躍的核，釋放出大量的塵埃和氣體，形成長達數百萬公里的彗髮和雙彗尾。得益於其亮度和長期可觀測性，天文學家得以獲得大量有關彗星化學成分和動態的數據，特別是其富含有機分子和水冰的組成特徵。



圖5. 海爾-波普彗星於1997年4月1日過近日點達到最大亮度，藍色離子尾與白色塵埃尾清晰可辨，期間長達18個月維持肉眼可見亮度。圖片來源：wiki

百武彗星（Comet Hyakutake，C/1996 B2）

百武彗星由日本業餘天文學家百武裕司（Yuji Hyakutake）於1996年1月30日發現。它在1996年3月25日達到近地點，距地球僅0.1天文單位，為歷史上最接近地球的彗星之一，且亮度極高，肉眼即清晰可見。這顆彗星的觀測揭示了其彗髮中存在氰分子（CN）的高濃度，並首次在彗星中檢測到乙醇（ C_2H_5OH ）和甲醛（ CH_2O ），為彗星的化學組成提供了新的線索。



圖6. 百武彗星於1996年3月25日達到近地點，並於5月1日飛掠其近日點，距太陽0.25天文單位。圖片來源：wiki

博雷利彗星（19P/Borrelly）

19P彗星的週期約為6.86年，軌道受木星重力的顯著影響。其軌道半長軸約為3.6天文單位，彗核直徑約為4.8公里。NASA深空一號（Deep Space 1）任務，於2001年9月22日成功飛掠彗星，並拍攝到其表面高解析度的影像。圖像顯示其表面有光滑區域和崎嶇不平的地形，包括山脊、谷地和活躍的噴發區域，而活躍區域集中在較小的區域。

圖7. 深空一號飛掠19P博雷利彗星，於2001年9月22日取得最接近的影像。到地表的距離為3,556km，解析度為47 m/像素。圖片來源：NASA/JPL



維爾特2號彗星（81P/Wild 2）

維爾特2號彗星的週期約為6.41年。最初它的軌道遠離太陽，但在1974年一次與木星接近後，軌道被顯著改變，近日點距離縮短到約1.59天文單位。

NASA星塵任務（Stardust）探測器，於2004年1月2日穿越了其彗尾收集了塵埃顆粒，並帶回地球進行分析。這些塵埃顆粒提供了關於彗星形成和太陽系早期歷史的信息。

樣本分析顯示，其塵埃顆粒中含有高溫下形成的物質，例如鈣鋁包裹體（CAIs）和橄欖石，這些物質通常在太陽系內部的高溫環境中形成，表明太陽系內部和外部物質之間存在著物質交換。此外，在塵埃樣本中還發現了氨基酸甘氨酸，提供了彗星可能在地球生命起源中扮演重要角色的證據。

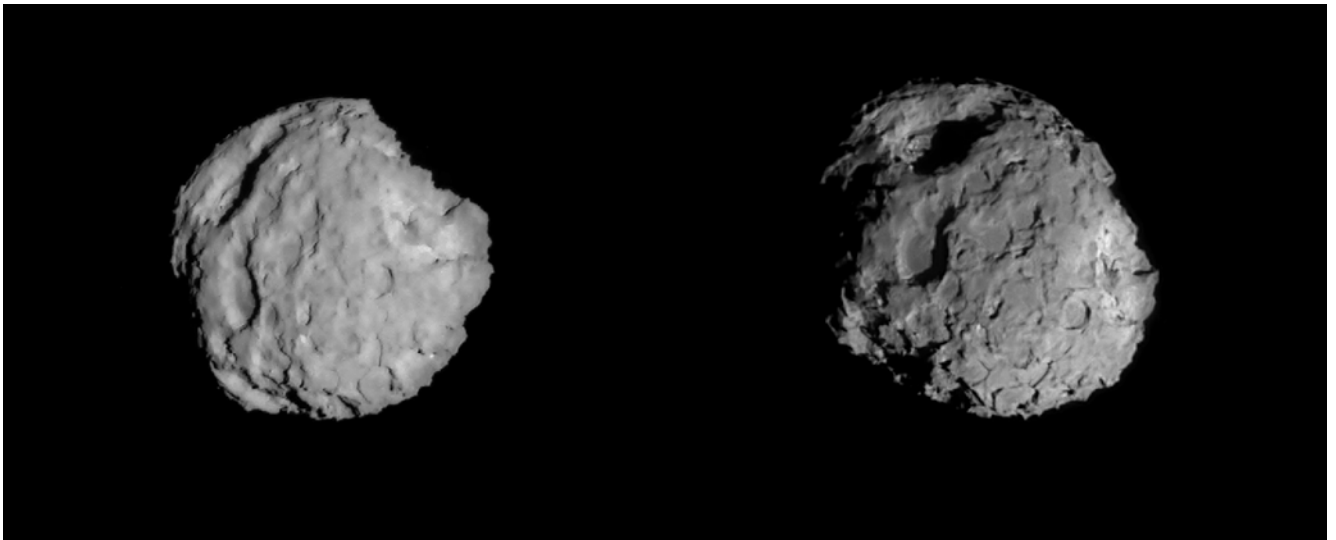


圖8. NASA 星塵號探測器上的導航相機拍攝的兩張彗星 81P/Wild 2 影像。來源影像拍攝於 2004 年 1 月 2 日 19:21:28 和 19:21:48，距離分別為 237 公里和 257 公里。圖片來源：NASA/NSSDC

坦普爾1號彗星（Comet Tempel 1，9P/Tempel）

坦普爾1號彗星軌道週期約為5.5年，為NASA「深度撞擊」（Deep Impact）任務的目標。

2005年7月4日，深度撞擊號向彗星釋放了一個撞擊器，製造了一個直徑約150米的撞擊坑。這是人類首次主動改變彗星表面並直接觀測其內部結構的任務。研究發現，彗星表面下的物質相對於表面更為鬆散。表明彗星在形成過程中經歷多次表面改變和演化。

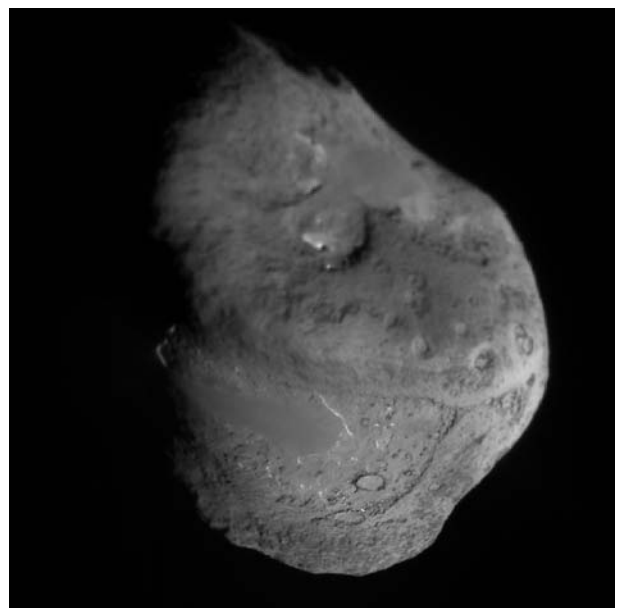


圖9. 「深度撞擊」偵測器撞擊坦普爾1號彗星表面之前的情況。由偵測器的撞擊器瞄準感測器拍攝的影像合成。撞擊地點在彗星中心和底部附近的兩個黑邊隕石坑之間。此圖像是於撞擊發生約4秒前距離彗星表面幾公尺處，所拍攝的高解析度影像。圖片來源：NASA/ JPL/ University of Maryland

哈特雷2號彗星（103P/Hartley 2）

哈特雷2號彗星的週期約為6.46年，是NASA的EPOXI任務的目標之一。EPOXI任務是基於深度撞擊探測器（Deep Impact）的延續任務，旨在深入觀測和研究彗核和噴發活動。

2010年11月4日，EPOXI探測器成功近距離飛掠彗星，獲得大量高分辨率圖像和數據。彗星的表面顯示出明顯的冰和塵埃區域，而表面大量的二氧化碳冰和水冰，在接近太陽時昇華，形成活躍噴發羽流。

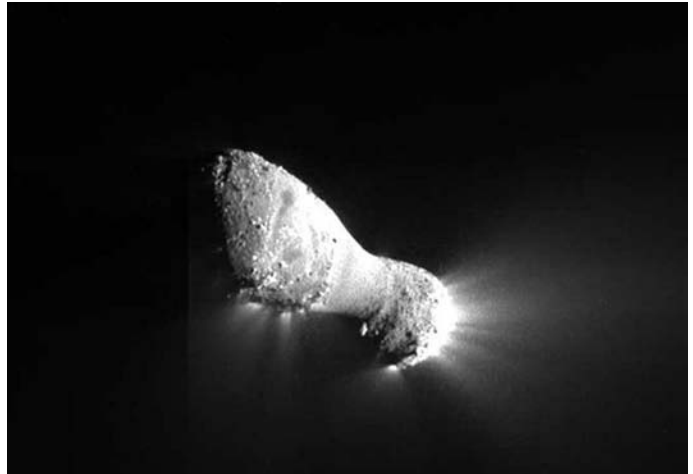


圖10. EPOXI任務所取得的哈特雷2號彗星影像。揭示了彗星表面明顯的冰和塵埃區域，雙葉形狀顯示由兩個主要部分組成。圖片來源：NASA/JPL-Caltech/UMD

楚留莫夫－格拉希門克彗星

（67P/Churyumov-Gerasimenko，67P/C-G）

67P彗星週期約為6.45年，因ESA的羅塞塔（Rosetta）任務而廣為人知。探測器於2004年3月2日發射，並在2014年8月6日抵達彗星。此任務重點是深入研究彗星的物理和化學特性，包括彗核的結構、表面組成和活動特徵。搭載的菲萊號（Philae）亦是人類首次成功登陸彗星表面的著陸器。

羅塞塔任務發現彗星的水冰成分與地球上的水不同，對於理解彗星在太陽系形成中的角色具有重要意義。



圖11. 羅塞塔號太空船看到的 67P/C-G 彗星的景象，雙葉外型顯著。圖片來源：ESA/Rosetta

鮑里索夫彗星（2I/Borisov）

鮑里索夫彗星是第二個被確認的星際天體，也是首個被觀測到的星際彗星，是由業餘天文學家根納季·鮑里索夫（Gennady Borisov）於2019年8月30日發現。與此前的星際天體‘Oumuamua不同，鮑里索夫彗星展現出典型彗星的特徵。其化學成分與太陽系內的彗星非常類似；含有水、氰化氫和碳氫化合物。然而鮑里索夫彗星的塵埃顆粒比太陽系彗星更大，暗示它的形成環境有所不同。這顆彗星的軌道以高傾斜度從太陽系外進入，並以高速掠過太陽後離開，軌跡顯示它並非來自太陽系內，而是來自另一個恆星系統。這也使得鮑里索夫彗星成為天文學家研究星際物質和恆星系統形成的重要窗口。

莊幼玲：師大天文與重力中心博士後研究員



EPOXI Mission Captures
Jets in Action
<https://www.youtube.com/watch?v=I9JbOYyvpCg>



Interstellar Comet 2I/
Borisov - What We Know
So Far
<https://www.youtube.com/watch?v=P0VYAgiIe2U>

文/ 賴彥霖

探索太陽系與 生命起源

彗星探測任務

羅賽塔任務（Rosetta）。圖片來源：ESA

「秋七月，有星孛入於北斗。」——《春秋》魯文公十四年。早在西元前613年，古書春秋就有關於彗星的紀錄。彗星在天空中拖著長長的尾巴，隨著太陽與群星東升西落，如此天文奇景，在古代時常有人把它當作厄運的象徵，然而，隨著科學的演進，人們對彗星的理解逐漸加深，瞭解到彗星也如同恆星、行星和衛星一樣，都是太陽系的一份子。十六世紀時，哈雷彗星的觀測也幫助人類驗證了牛頓的天體動力學。惠普爾教授於1950年提出的「髒雪球模型」奠定對彗星理解的基礎。接著於1980年代開始的一系列彗星探測任務，讓我們得以一窺彗星的神秘面紗。

彗星的來源與結構

彗星是太陽系中較為特殊的天體，根據來源位置的不同，可以大致分為週期大於200年的長週期彗星與週期小於200年短週期彗星，長週期彗星來自於太陽系外圍的歐特雲（Oort cloud），短週期彗星來自海王星外的古柏帶（Kuiper belt）；這些小天體可能會因為附近行星或較大天體的引力攝動而改變軌道並進入內太陽系。

圖1為地球上見到海爾-波普彗星（Hale-Bopp），彗星的結構可以簡單分成由彗核、彗髮與彗尾。惠普爾（F. L. Whipple）教授（圖2）在1950年提出髒雪球（Dirty snow ball）模型：彗星的核心，彗核，來自太陽系的外圍，就像是一個髒雪球一樣，主要由水冰和塵埃所組成，當彗星靠近太陽時，溫度升高，這些水冰就開始昇華成氣體並帶著塵埃離開彗核表面，形成彗髮。彗星噴出的塵埃會受到太陽光壓影響，形成彎曲的塵埃尾。而彗核噴出的

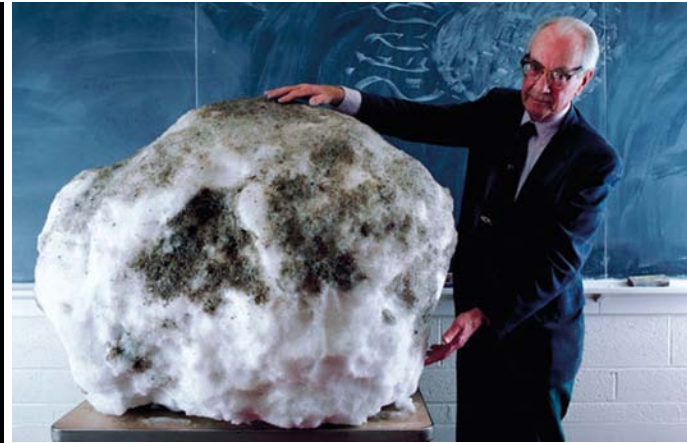


圖2. 惠普爾 (F. L. Whipple) 教授與彗星髒雪球模型。
圖片來源：DAVID DARLING

圖1. 海爾-波普彗星 (Hale-Bopp)。圖片來源：NASA

大量氣體會與太陽風交互作用，形成反太陽方向的離子尾。

探測彗星是一項艱鉅的任務。

彗星任務的重要性

彗星被視為太陽系的「時間膠囊」，因彗星源自於外太陽系，在遠離太陽的地方，較不容易受到太陽高能粒子和太陽風的侵蝕，因此能保有太陽系剛形成時的古老樣貌。這使得彗星成為研究太陽系早期歷史的重要對象。此外，彗星上帶有另一個古老生命的必要元素——水和有機物。科學家認為，彗星可能在地球形成初期就將這些生命必需的元素帶到了地球上。在彗星撞擊地球的過程中，水和有機物可能隨之進入地球環境，為地球上的生命起源提供了必要的材料。

當彗星從遙遠的外太陽系進入內太陽系，使得我們有機會一窺其內部結構和組成，但由於彗星噴發大量的氣體與塵埃，阻擋了我們從地球上對彗核的觀測，唯一的辦法便是派遣太空船接近彗星才能獲得彗星的詳細觀測資料，因此彗星任務具有極高的重要性。然而，當太空船接近彗星時，彗星周圍的小塵埃顆粒非常容易損害太空船上的儀器。這些塵埃顆粒以極高的速度運動，一旦撞擊太空船，可能會造成嚴重的損壞。此外，由於彗星在內太陽系的移動速度很快，要追上彗星也非常不容易，因此

喬托任務與哈雷艦隊

自太空競賽以來，蘇聯發射人類第一顆人造衛星，美國實現了人類登陸月球，歐洲太空總署(ESA)則以探測彗星為志向，開始計劃人類第一個以彗星探測為目的的任務——喬托任務(圖3)。此任務也是歐洲太空總署主導的第一個飛離地球引力圈的任務。喬托任務的主要目標是對哈雷彗星進行近距離觀測，這是一項前所未有的挑戰。當時對於彗星環境還不是非常了解，加上彗髮中有大量的塵埃粒子，無法利用地面望遠鏡觀測去了解內部情況。為了成功完成這項任務，其他國家和組織也參與了對哈雷彗星的觀測，組成了所謂的「哈雷艦隊」。(圖4) 這些任務包括：

1. 蘇聯的維加1號 (Vega-1) 和維加2號 (Vega-2)：這兩個探測器在1986年飛掠哈雷彗星之前，還成功探測了金星。

2. 日本的先鋒號 (Sakigake) 和彗星號 (Suisei)：其中先鋒號還是日本首個行星探測任務，彗星號也成功拍攝了哈雷彗星彗髮的紫外線波段影像。

3. 美國的國際彗星探測器 (ICE)：最初是

ISEE-3衛星，後來重新命名並用於彗星探測。

最終，喬托探測器成功地以596公里的距離飛掠哈雷彗星並拍攝了人類第一張彗核的影像（圖5），並獲得了大量寶貴的數據。以下是一些關鍵發現：

1. 彗核的組成主要包括水冰（80%）、一氧化碳（10%）、二氧化碳（2.5%）、甲烷、氨與碳氫化合物。
2. 彗核表面非常暗，如同木炭一樣，且覆蓋著一層沙塵。
3. 彗核形狀不規則，表面崎嶇不平。
4. 彗核是多孔材質，密度僅有0.3克每立方公分。



圖3. 喬托號與哈雷彗星。圖片來源：ESA

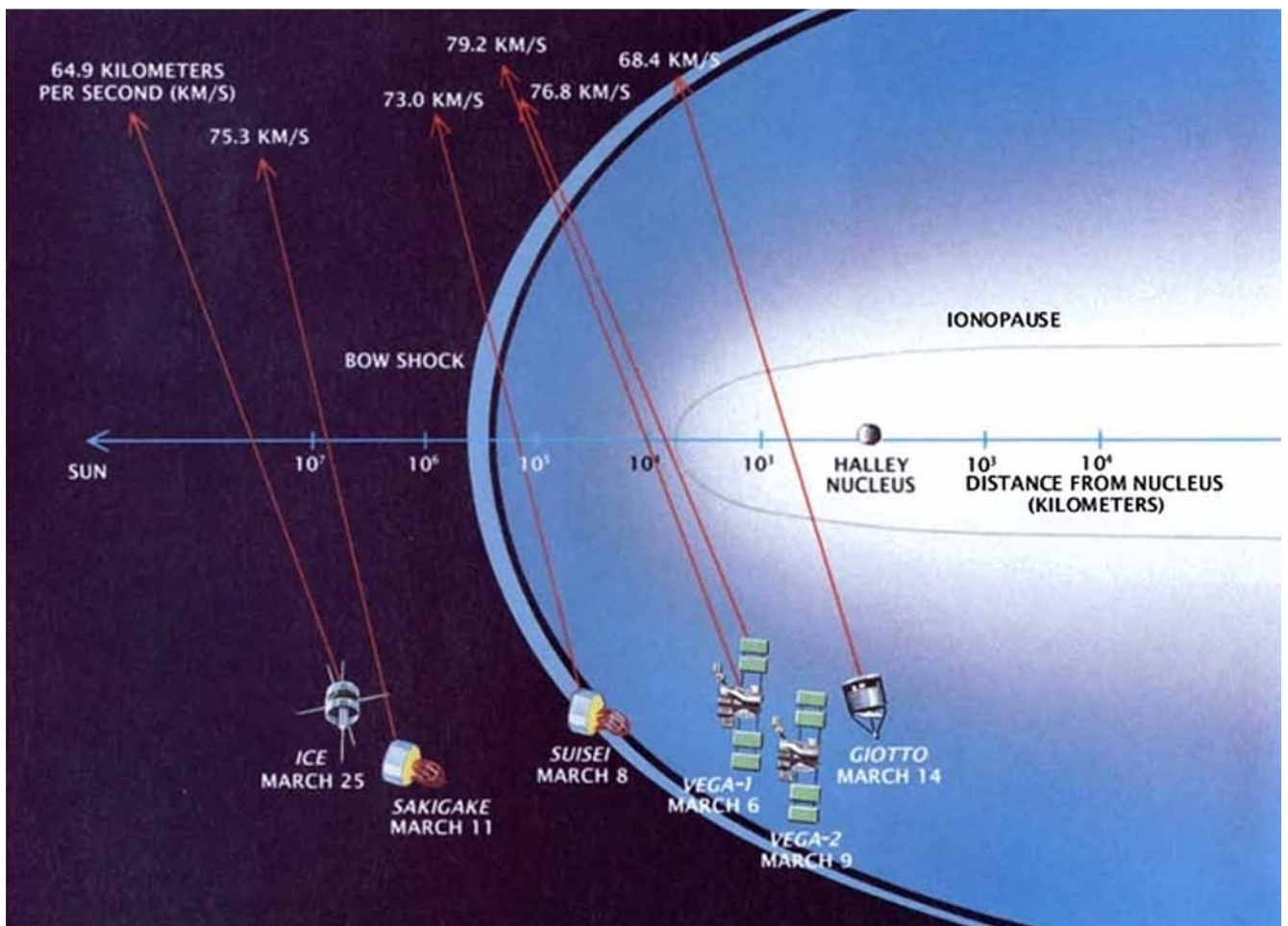


圖4.哈雷艦隊飛掠哈雷彗星。圖片來源：ESA

5. 彗星的灰塵噴流每秒產生約3,000公斤的揮發物。
6. 大部分的灰塵都非常小，如煙霧般的粒子（小於0.04克）。

喬托任務及哈雷艦隊不僅成功地完成了人類首次彗星探測，揭開彗星的神秘面紗，並激勵了後續的彗星探測任務，這次任務也為人類彗星探測開啓了一個新的篇章。

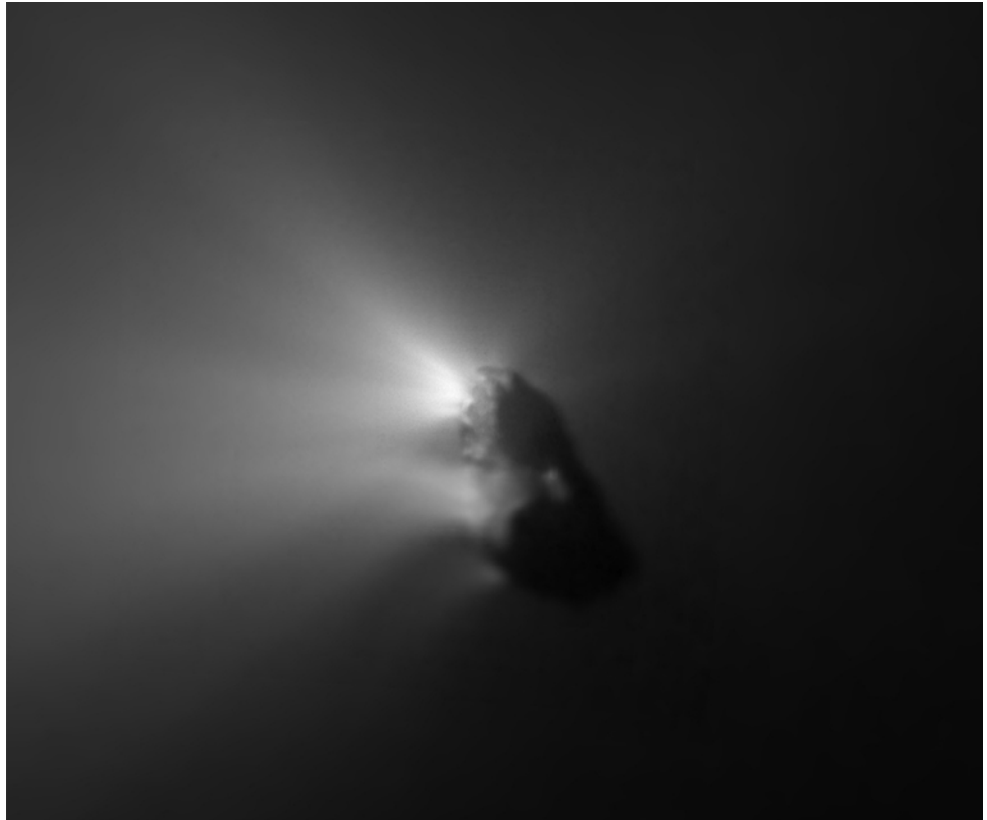


圖5. 哈雷彗星之彗核與塵埃噴流。圖片來源：ESA

深空一號與星塵任務

深空一號（Deep Space 1）是美國太空總署的儀器測試與驗證任務，也是第一艘採用離子推進引擎的太空船。這次任務的主要目標是測試和驗證新技術，以便應用在未來的深空探測任務中。深空一號成功地在1998年發射，並在1999年成功飛掠了布瑞爾小行星（9969 Braille），隨後於2001年成功飛掠了波略利彗星（19P/Borrelly），這兩次飛掠提供了寶貴的數據和圖像，並證明了離子推進引擎的實用性和效率。

星塵任務（Stardust）是美國太空總署的另一項重要任務，旨在收集維爾特2號彗星（81P/Wild 2）的塵埃樣本，並將樣本送回地球。這是人類歷史上第一個成功帶回彗星樣本的無人太空任務。星塵任務於1999年發射，並在2004年以低速（6.5公里/秒）成功飛掠維爾特2號彗星，利用氣凝膠

材質內的小孔來收集的彗星塵埃樣本（圖6）。這些樣本於2006年安全返回地球後，透過對樣本的分析，發現了許多複雜的有機化合物。

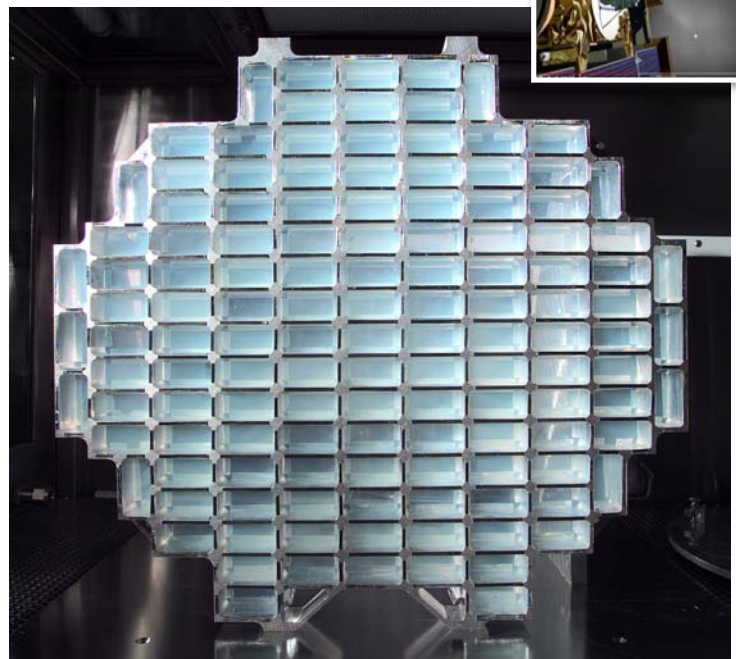


圖6. 星塵號的塵埃收集器，淺藍色部分為搜集塵埃之氣凝膠。圖片來源：NASA



圖7. 深度撞擊號。圖片來源：NASA

深度撞擊任務

美國太空總署的深度撞擊任務（Deep Impact）（圖7）的主要目標是研究彗星的內部結構和組成。太空船在接近彗星時釋放出一個重達372公斤的撞擊器，並以每秒10公里的速度撞擊坦普爾1號彗星（9P/Tempel 1）。這次撞擊激起了大量的閃光和塵埃（圖8），這些物質的噴發為科學家提供了獨特的數據。在碰撞時，深度撞擊任務的母船和地面上的望遠鏡同步觀測了這一壯觀的事件，並對噴出的塵埃和氣體進行了詳細分析。這些觀測幫助科學家了解彗星的內部結構、物質組成及其形成過程。此次撞擊任務揭示了彗星坦普爾1號的表面下隱藏著豐富的揮發性物質和有機化合物。接著，在延長任務中，太空船還飛掠探查了哈特雷2號彗星（103P/Hartley 2）彗星。

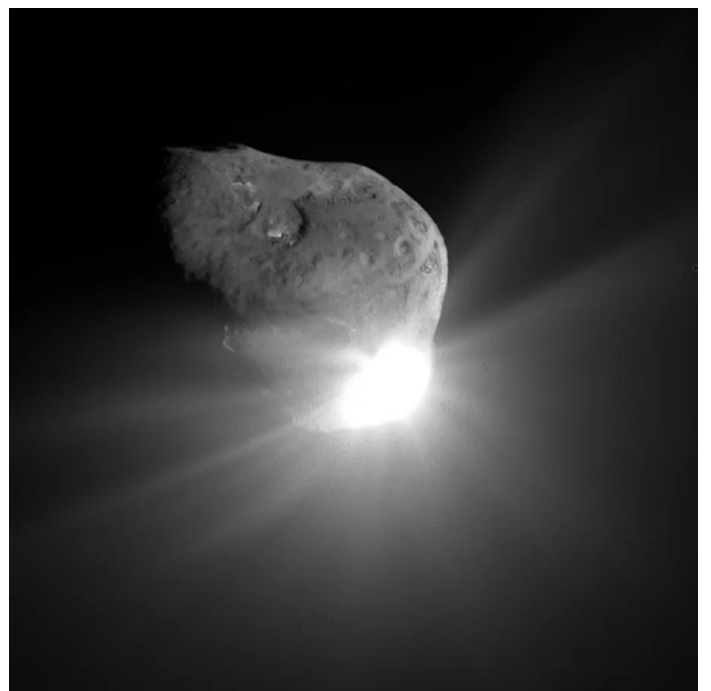


圖8. 深度撞擊號的撞擊器與坦普爾1號彗星撞擊，產生的強烈的爆炸與亮光。圖片來源：NASA



圖10. 羅賽塔太空船與登陸器菲萊。
圖片來源：ESA

羅賽塔任務

自喬托任務成功後，歐洲太空總署希望能夠再次重返彗星，於是啟動了羅賽塔（Rosetta）任務。該任務的命名源自埃及發現的羅賽塔石碑（圖9），羅賽塔石碑的發現使人類在轉譯古埃及文方面取得了重大突破。命名為羅賽塔任務（圖10），期許此

任務能夠像羅賽塔石碑一樣，成為了解太陽系生命誕生的關鍵。但這次的任務不再是快速地飛掠彗星，而是要太空船繞著彗星進行長時間的觀測，並將登陸器菲萊（Philae）投放到彗星表面進行研究，這使得這次任務困難重重。

羅賽塔太空船於2004年發射，為了追上彗星的速度，經歷了三次地球和一次火星的引力助



圖11. 67P彗星的彗核。來源：ESA

圖9. 羅賽塔石碑。圖片來源：筆者攝於大英博物館

推，終於在十年後的2014年8月，與楚留莫夫-格拉希門克彗星（67P/Churyumov-Gerasimenko）會合（圖11）。羅賽塔太空船投下登陸器菲萊後，持續對彗星進行探查，並隨著彗星在2015年8月13日通過近日點，這是人類第一次能以這麼近的距離且長時間來觀測和研究彗星上的各種變化，羅賽塔任務帶來了許多令人興奮的發現：

- 彗核表面特徵：彗核表面覆蓋了一層沙，並有著許多大大小小的坑洞（圖11），這些坑洞源自於內部掏空崩塌而非隕石撞擊。
- 塵埃噴流與爆發：光學攝影機觀測到了彗星表面頻繁的塵埃噴流和突然的爆發現象（圖12），顯示了彗星活動的劇烈性。
- 地表變化與山崩：藉由比較彗星經過近日點前後的影像，發現表面發生的山崩與地表型態改變（圖13），這些源自於彗核上揮發物噴發的劇烈活動。
- 彗星氣體產生率：太空船上的質譜儀測量了彗核釋放的各種氣體，幫助科學家了解彗星在接近

與遠離太陽時的活躍程度。在距太陽三個天文單位以外以產生一氧化碳和二氧化碳為主，但越接近太陽水氣的產生率逐漸上升，是因為水冰的昇華溫度高於一氧化碳和二氧化碳。

- 蛋白質胺基酸：在彗星噴發的氣體中發現了胺基酸等有機分子，這些分子是生命的基本構件，顯示了彗星可能為地球帶來生命的關聯性。
- 氘氫比例：質譜儀同時也測量了彗星水中的氘氫比例，發現地球海洋與67P彗星的比例不同，表示較彗星67P的水和地球水的起源，可能來自不同的地方。
- 彗核演化與質量傳輸：67P彗星特殊形狀的彗核可能由兩個不同的小天體低速碰撞組成演變而來，在經過風化與堆積之後變成現在的形狀，這些研究可以讓我們更進一步了解彗星的起源和長期演化。

羅賽塔任務不僅深化了我們對彗星的認識，也為了解太陽系的生命起源提供了關鍵線索。最後在2016年9月，羅賽塔太空船以軟著陸降落在67P彗星上結束了長達2年的研究。

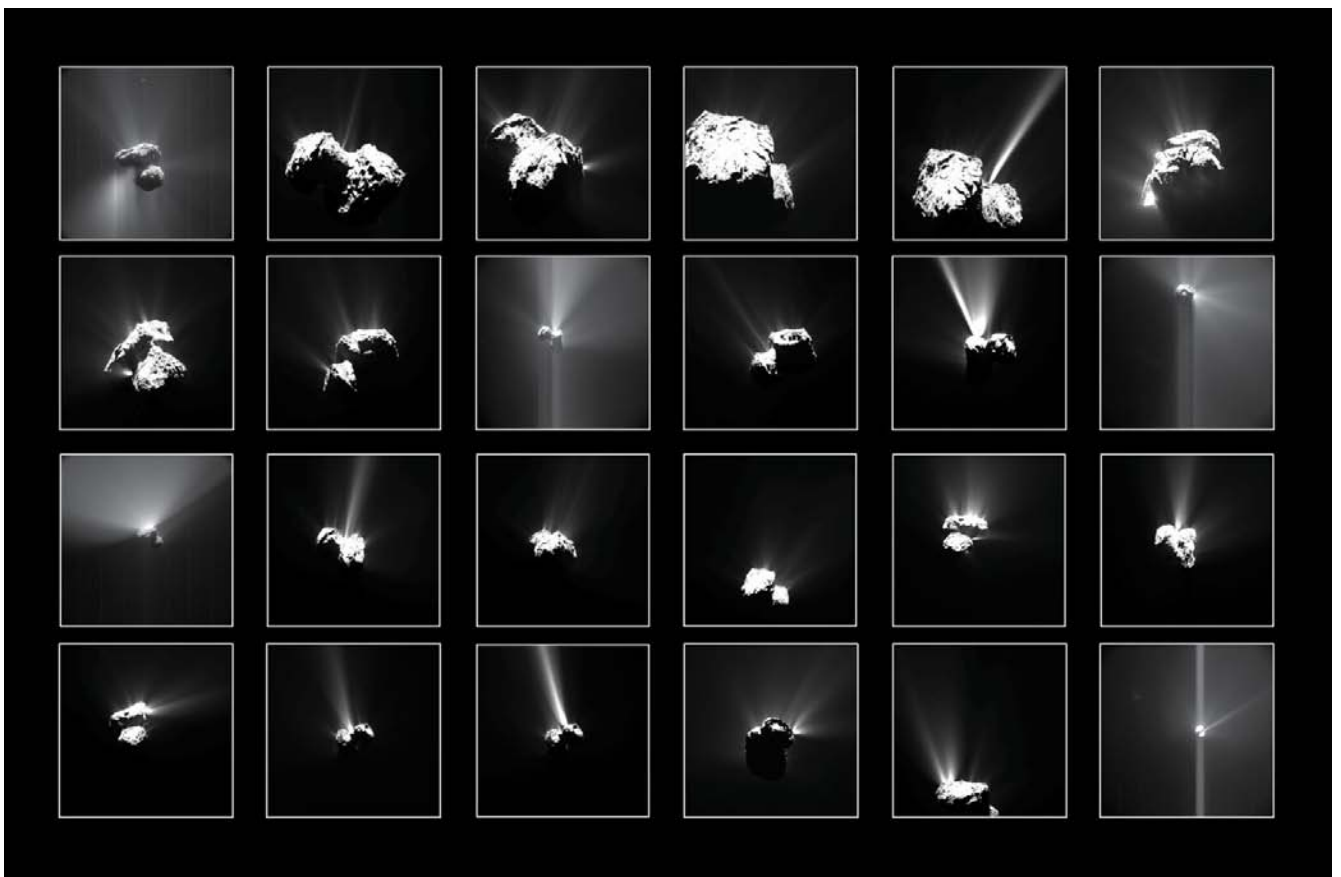


圖12. 67P彗星的塵埃噴流爆發。圖片來源：Vincent et al. 2016

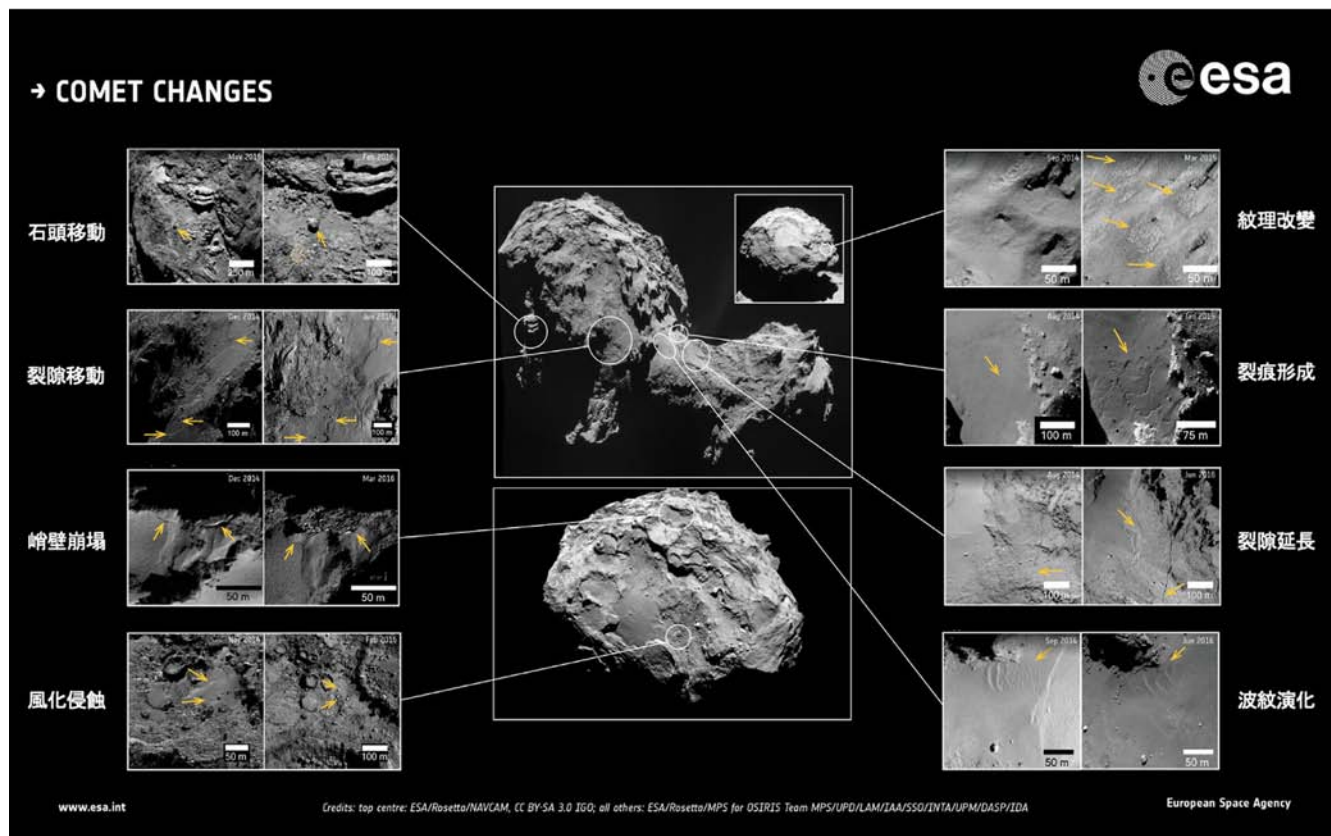


圖13. 67P彗星的表面變化。圖片來源：ESA

未來的彗星任務：彗星攔截者

隨著這些彗星任務的研究與分析，讓人類對彗星與太陽系誕生更為了解，但仍有許多謎團尚待我們一一去探索。歐洲太空總署正規劃一項新的彗星探測任務，稱為彗星攔截者任務（Comet Interceptor）。與以往主要針對短週期彗星的探測不同，這次的探測目標將是長週期彗星。長週期彗星來自太陽系的外圍歐特雲，這些彗星上的物質可能比短週期彗星更為原始，未經太陽的頻繁加熱和風化，保存了更多古老太陽系的資訊。根據計劃，太空船將首先發射到地球附近的軌道待命，隨時準

備啟動任務。當新的長週期彗星被發現並進入內太陽系時，太空船便會立即前往探測目標。這樣的設計使得任務具備了靈活性和快速反應能力，彗星攔截者任務目的在於提供關於長週期彗星的第一手數據，從而填補現有科學知識的空白。科學家們期望通過這次任務，能夠獲得更多關於彗星組成、結構以及動力學的資料，進一步理解太陽系的形成和演化過程。將推動我們對太陽系早期歷史的認識，並有助於解開更多關於生命起源的謎團。就讓我們拭目以待，期待這次任務帶來更多驚人的發現吧！

賴彥霖：中央大學天文所博士後研究

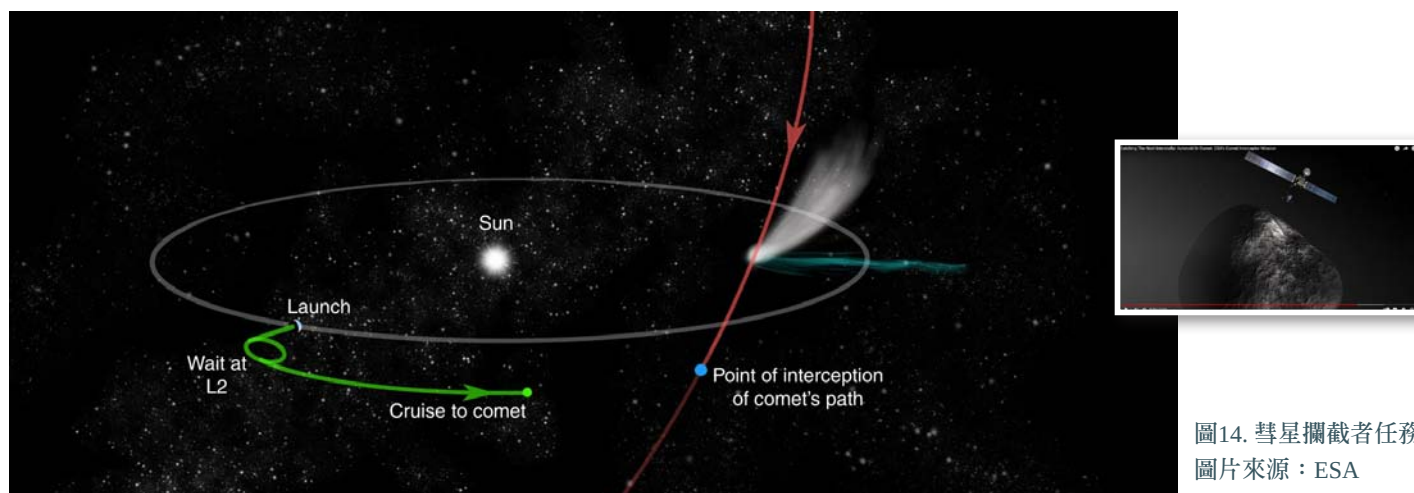


圖14. 彗星攔截者任務。
圖片來源：ESA

文、圖 / 吳昆臻

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) 紫金山-阿特拉斯彗星正在接近太陽變亮中，有望成為今（2024）年最明亮的彗星，先前於〈[EASY拍星空40 彗星觀測資訊查詢](#)〉已先針對彗星觀測情況做簡單的介紹，本期將提供最新彗星觀測預報及詳細介紹彗星拍攝。

圖1. 2024年7月初拍攝的紫金山-阿特拉斯彗星，彗星亮度僅約10等，已經可見明顯的彗尾，彗尾長度約10'。

攝影：何文華 2024/7/4 攝於臺東達仁鄉南田村，ZWO Seestar S50，總曝光時間約15分。



紫金山-阿特拉斯彗星 最新亮度預報

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) 紫金山-阿特拉斯彗星過去幾個月實際觀測數據顯示，亮度增亮的情況並不如預期，觀測到的亮度比原先預期要暗約2至3個星等，各預報也陸續下修彗星的最大亮度，從原本最大亮度亮於0等下修為2至4等（以8月20日預報：[吉田誠一](#)預報略暗於2等、[Comet Observation database \(COBS\)](#)預報2等、[astro.vanbuitenen.nl](#)預報3等（圖2）、IAU小行星中心（IAU MPC）預報4等），從最新的預報數據看來，原本預期的大彗星或許會稍微暗了些，但亮度2等的彗星還是非常難得一見，值得去追彗星，親眼目睹明亮彗星的風采。

紫金山-阿特拉斯彗星 拍攝裝備

拍彗星需依彗星情況決定使用鏡頭焦長，進而決定拍攝方式，彗星亮度達6等使用500mm焦段即有不錯效果，能涵蓋彗星從頭到尾，使用更長的焦段就能對彗星做特寫（圖3）；彗星亮度達4等使用150mm鏡頭約可拍到整個彗星，300mm以上鏡頭能做特寫（圖4-1、圖8）；每顆彗星情況及樣貌情況都不同，也會隨拍攝環境與背景亮度等差異不一樣，規劃拍攝時可先上網參考國內外同好拍攝情況選擇最適合鏡頭。

彗星拍攝方式得從使用鏡頭、拍攝環境（是否受日光、光害影響）、拍攝主題（取景整個彗星、特寫、廣角取景）等多方面做考量，但最基本的是以自己持有器材去做規劃，主要方式如下：

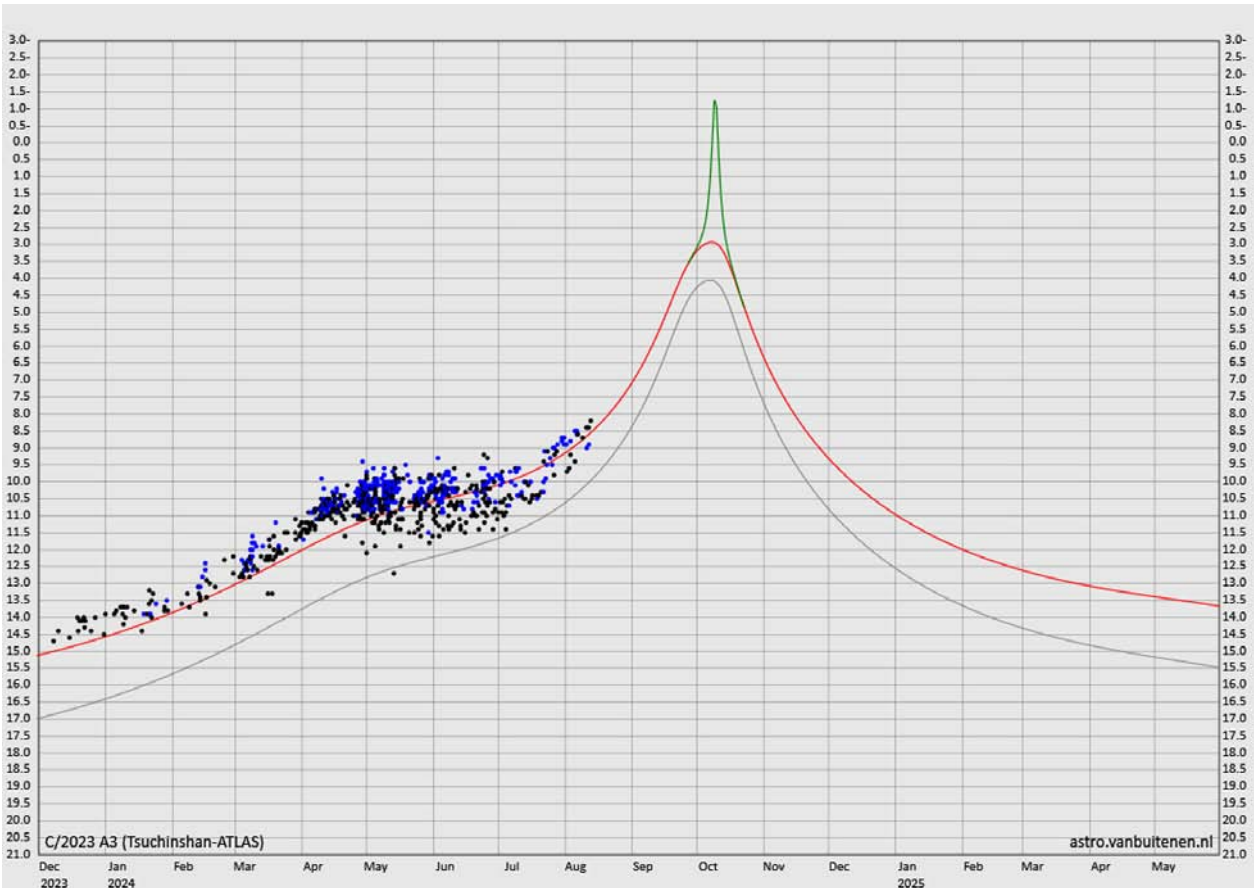


圖2. astro.vanbuitenen.nl網站最新紫金山-阿特拉斯彗星亮度曲線圖，灰色線是IAU小行星中心預報（最亮4等），藍色及黑色點為實際觀測情況，紅色線為參考觀測數據後修正之亮度曲線，預測彗星最亮可達3等；綠色線則是加入彗星前向散射效應（forward scattering）預測亮度將超過-1等。



圖3. C/2012 S1 (ISON)彗星
拍攝時彗星亮度約5等，左圖較廣角影像為等效焦距400mm，上圖影像等效焦距為1,664mm，長焦段影像能對彗星做特寫，較廣角影像能拍到彗尾整體及彗星周邊星野情況。



圖4. C/2014 Q2 (Lovejoy)彗星拍攝時彗星亮度約4等，使用300mm鏡頭拍攝，彗尾已經爆框了（左），同時使用較廣角等效焦距80mm鏡頭（右），雖攝得彗星較小但能將周遭星野天體一同記錄下來，影像中為M45、上為NGC 1499、左下為畢宿星團。

固定攝影〈EASY拍星空2〉

將鏡頭固定於三角架上拍攝，因沒有對星空進行追蹤，曝光時間不宜太長，否則拍出來的彗星跟星星會因地球自轉拖線，曝光時間可用估算拍星空星點不拖線的400法則概估，曝光時間（秒）=400/鏡頭焦長（mm）；紫金山-阿特拉斯彗星日出前時段及較明亮時段，因受日光影響曝光時間不能太久，長鏡頭固定攝影雖允許曝光時間短但剛好適用於此場合，圖5及本期封面影像即以此方式拍攝。

追蹤攝影〈EASY拍星空8〉

將鏡頭或望遠鏡架設於追蹤裝置（攝星儀或赤道儀）追蹤星空拍攝，相對於固定攝影的限制，可對彗星進行更長時間曝光拍攝（圖4-2），連續拍攝恆星也會維持在影像固定位置，有利於後製疊圖處理，焦長超過500mm鏡頭必需採此方式才能獲得較佳影像；紫金山-阿特拉斯彗星在10月中後不受日光影響時段，最適用此方式拍攝，而具備自動導入功能的追蹤裝置，也有助於找到彗星位置，特別是彗星較靠近太陽的時段。

彗星追蹤攝影〈EASY拍星空25〉

裝備配置與拍攝深空天體一樣，藉由導星裝

置鎖定彗星，並依彗星位置做導星，持續追蹤彗星移動可對彗星做長時間曝光，紫金山-阿特拉斯彗星在10月中後不受日光影響時段適用此方式拍攝。此方式因是對彗星做追蹤，長時間曝光背景星點會因彗星移動而拖線（圖4-1）。若是要記錄彗星與周邊星野天體情況（圖4-2），就不適合用此方式拍攝。

拍彗星除基本的拍攝器材外，另外還需準備星圖與雙筒望遠鏡做輔助：

星圖

彗星每天位置都不同，觀測前一定要確定彗星位置，彗星位置查詢及星圖儲存請參考〈EASY拍星空40〉，進行拍攝也必須確定相機取景範圍，故應準備拍攝區域附近的星圖，確認拍攝位置並指向彗星，相機取景查詢可參考〈EASY拍星空32〉介紹，手機也可以安裝較專業的星圖APP（如SkySafari）直接現場做比對。

雙筒望遠鏡

雙筒望遠鏡有助於現場彗星搜索及定位，能幫助我們在現場快速地找到彗星，此外也能用眼睛好好地欣賞彗星、彗尾。

紫金山-阿特拉斯彗星拍攝 I (9月16日-10月6日)

彗星9月中至10月初見於日出前東方低空，此時段彗星亮度驟增並達最亮，詳細資訊如表1，但彗星位置較接近太陽，觀測受日光影響大，天亮前彗星真正適合觀測的仰角不到10度（彗星可見位置情況請參閱〈EASY拍星空40〉圖7，但該圖彗星亮度及彗尾情況預期會下修），因此東方地平面必須是開闊且無雲遮蔽，因可觀測時間短，可先架設好器材及攝影裝備等彗星升起，彗星可見後要趕快搶拍，動作慢些天就要亮了，大致如下拍攝步驟如下：

★利用天上亮星對焦

在確定器材已經與環境溫度平衡後，先利用天上亮星進行對焦。

★指向彗星

●裝置可自動導入：先透過天空東側亮星做定位校正，完成後指向彗星，若裝置不可指向地平線以下，可先指向大致方位，待彗星升起後再將彗星導入。

●裝置無導入功能：大致對準彗星升起方位，透過地平面附近亮星確認彗星升起方位，可先使用高ISO（如10,000以上或最高ISO）搭配數秒曝光拍攝星空，與星圖比對確認拍攝範圍，確定鏡頭指向彗星升方位。

★拍攝設定

彗星仰角較高較適合拍攝應在航海曙光開始之後，此時東方地平面天空已經微亮，曝光設定會與使用長時間曝光拍攝星空方式不同，需以短秒數曝光進行拍攝（圖5影像曝光僅1秒、封面影像僅2秒），相機設定調整如下：

●光圈：將光圈開至最大，以獲取最多星光。

●ISO：800-3200，不需太高ISO，高ISO會使影像雜訊明顯，可放大影像檢視雜訊情況，維持影像雜訊在可接受情況。一開始天色較暗，拍攝彗星可用較高ISO（如3200）搭配長秒數曝光拍攝，隨著天色變亮，可逐漸縮短快門或微幅降低ISO（如800），ISO也不建議降至過低，過低的ISO有時需要更多長的曝光時間。

●快門：設定數秒拍攝，曝光時間由攝得影像亮度情況做調整，彗星剛升起時天色稍暗曝光時間可能是10-30秒（長鏡頭固定攝影應直接設於星點不拖線最大允許值，若影像過暗暫先增加ISO值），隨著彗星仰角變高、天色漸亮，所需曝光時間得隨之縮短，最後可能只需1-4秒，當天色亮到一定程度，天光會漸將彗星淹蓋，就是可以收工的時刻；後續再從各時段拍攝影像中，挑選彗星與天空亮度最匹配影像做後製調整。

圖5. 七星山上的C/2020 F3
(NEOWISE) 彗星

彗星剛升起方位被七星山擋住，只能等待彗星仰角更高，影像拍攝時間為航海曙光開始後3分鐘，天色已大亮，預報彗星亮度1.7等，彗星明亮情況在都市裡也能拍到彗尾。

2020/7/11 攝於新北市蘆洲區
ISO3200、光圈F4.0、快門1秒，等效焦距:174mm，彗星仰角5.8°



★取景

若彗星彗尾明顯，記得將彗星取景於適當位置，以便能將彗尾拍攝進來，紫金山-阿特拉斯彗星於日出前觀測時段，彗尾應會出現在彗頭右

上側（可參考〈EASY拍星空40〉圖7），取景時可將彗頭取景於畫面左下方，依實際彗尾情況做適當取景；較特別是，在日出前觀測彗星，會先看到彗尾升起，之後才看到彗頭升起情況。

表1. 紫金山-阿特拉斯彗星日出前可見情況列表

彗星於9月中旬可見於日出前東方低空，但升起時已過天文曙光始，得在曙光中尋找彗星；9月27日彗星與太陽角距最大，前後數日有較多觀測時間，亮度也持續增加，是彗星日出前最佳觀測時機。

日期	彗星 升起	COBS 預報星等	天文 曙光始	航海 曙光始	民用 曙光始	日出	離日角距 (度)	移動量 "/分
2024/9/16	05:00	4.2	04:24	04:51	05:17	05:40	17.0	0.4
2024/9/17	04:55	4.0	04:24	04:51	05:18	05:41	17.8	0.3
2024/9/18	04:52	3.9	04:25	04:52	05:18	05:41	18.5	0.3
2024/9/19	04:48	3.7	04:25	04:52	05:19	05:41	19.2	0.3
2024/9/20	04:44	3.5	04:26	04:52	05:19	05:42	19.9	0.2
2024/9/21	04:40	3.3	04:26	04:53	05:19	05:42	20.6	0.3
2024/9/22	04:37	3.1	04:26	04:53	05:20	05:43	21.2	0.4
2024/9/23	04:34	2.9	04:27	04:54	05:20	05:43	21.8	0.6
2024/9/24	04:31	2.8	04:27	04:54	05:20	05:43	22.3	0.9
2024/9/25	04:29	2.6	04:28	04:54	05:21	05:44	22.6	1.2
2024/9/26	04:27	2.5	04:28	04:55	05:21	05:44	22.9	1.5
2024/9/27	04:26	2.3	04:28	04:55	05:22	05:44	23.0	1.9
2024/9/28	04:25	2.2	04:29	04:55	05:22	05:45	22.9	2.4
2024/9/29	04:25	2.1	04:29	04:56	05:22	05:45	22.7	3.0
2024/9/30	04:26	2.1	04:30	04:56	05:23	05:46	22.1	3.6
2024/10/1	04:28	2.0	04:30	04:57	05:23	05:46	21.4	4.3
2024/10/2	04:31	1.9	04:31	04:57	05:24	05:46	20.3	5.2
2024/10/3	04:36	1.9	04:31	04:58	05:24	05:47	18.9	6.0
2024/10/4	04:42	1.9	04:31	04:58	05:24	05:47	17.1	7.0
2024/10/5	04:49	1.9	04:32	04:58	05:25	05:48	14.9	8.1
2024/10/6	04:58	1.9	04:32	04:59	05:25	05:48	12.3	9.2
2024/10/7	05:09	1.9	04:33	04:59	05:26	05:49	9.4	10.3
2024/10/8	05:21	1.9	04:33	05:00	05:26	05:49	6.2	11.4

紫金山-阿特拉斯彗星拍攝 II

(10月11日-10月23日)

彗星10月中旬起可見於日落後的西方天空，10月13日前彗星亮度較高，但彗星西沈時間早於天文暮光結束，受日光影響稍大，但彗星在天空

移動速度快，與太陽離角迅速增加，很快就不受暮光影響，適合觀測時間持續增加，但亮度卻也逐漸下降，相關資訊如表2。

10月15日前彗星較接近太陽，彗星拍攝情況會與彗星日出前時段類似，需以短秒數曝光拍攝，惟無法先用星空亮星定位，得在暮光中搜尋

表2. 紫金山-阿特拉斯彗星日落後可見情況列表

10月中旬彗星見於日落後西方天空，可觀測時間逐漸拉長，不妨把握彗星尚明亮時機進行觀測；彗星移動速度快，拍攝時注意彗星移動量，過長曝光時間會拍出彗星拖線影像。

日期	彗星西沉	COBS預報星等	日落	民用暮光終	航海暮光終	天文暮光終	離日角距	移動量"/分
2024/10/11	18:09	2.1	17:31	17:54	18:20	18:47	8.6	13.8
2024/10/12	18:29	2.2	17:30	17:53	18:19	18:46	13.2	14.1
2024/10/13	18:49	2.3	17:29	17:52	18:18	18:45	17.9	14.0
2024/10/14	19:08	2.5	17:28	17:51	18:17	18:44	22.5	13.7
2024/10/15	19:26	2.6	17:27	17:50	18:16	18:43	26.9	13.0
2024/10/16	19:42	2.8	17:26	17:49	18:16	18:42	31.0	12.2
2024/10/17	19:57	3.0	17:25	17:48	18:15	18:41	34.8	11.3
2024/10/18	20:11	3.2	17:24	17:47	18:14	18:40	38.1	10.3
2024/10/19	20:23	3.4	17:23	17:46	18:13	18:40	41.1	9.4
2024/10/20	20:33	3.6	17:22	17:45	18:12	18:39	43.7	8.5
2024/10/21	20:41	3.9	17:21	17:45	18:11	18:38	45.9	7.6
2024/10/22	20:49	4.1	17:21	17:44	18:11	18:37	47.9	6.9
2024/10/23	20:55	4.3	17:20	17:43	18:10	18:37	49.5	6.2
2024/10/24	21:00	4.5	17:19	17:42	18:09	18:36	50.9	5.6
2024/10/25	21:05	4.7	17:18	17:42	18:08	18:35	52.1	5.1
2024/10/26	21:08	4.9	17:17	17:41	18:08	18:34	53.1	4.6
2024/10/27	21:11	5.1	17:17	17:40	18:07	18:34	53.9	4.2
2024/10/28	21:14	5.2	17:16	17:39	18:06	18:33	54.6	3.8
2024/10/29	21:15	5.4	17:15	17:39	18:06	18:32	55.2	3.5
2024/10/30	21:17	5.6	17:15	17:38	18:05	18:32	55.6	3.3
2024/10/31	21:18	5.8	17:14	17:37	18:04	18:31	55.9	3.0

彗星並趕快拍攝，再晚彗星就會仰角漸低、西沉。

10月16至20日，拍彗星已完全不受日光影響（會受月光影響，但也只能接受），此時彗星較明亮、亮度維持在3等，天文暮光結束後約有半小時至1個多小時的時間可拍攝，作者認為這段時間是紫金山-阿特拉斯彗星最佳拍攝時機；而10月21至31日，彗星亮度從4等逐漸降至6等，可到無光害處把握這最後目視的機會，並拍下彗星美美的身影。

10月16日彗星漸擺脫日光影響後，拍攝曝光時間就可以適度的拉長，此時採追蹤攝影會得到較好的效果，但追蹤攝影直接對星空（恆星時）追蹤，曝光長度應將彗星移動幅度考慮進來，曝光時間久，拍攝過程中，彗星在星空移動幅度可能過大，攝得影像彗星會有拖線情況（圖6-1），適當的曝光時間，可透過公式計算自己器材的彗星容許位移量，進而推算出理想曝光時間。想要獲得較長時間彗星曝光影像，除採短曝光時間多幅連拍，再後製疊合影像外（圖6-2），也可用彗星追蹤攝影方式，直接對彗星彗頭最亮區域做導星，或計算彗星在赤經跟赤緯移動量，並於導星軟體或星圖軟體中輸入修正量追蹤，相關資訊可參考《臺北星空61期·淺談彗星攝影》介紹。



圖6.C/2012 K5（LINEAR）彗星

上圖為長時間曝光影像，局部放大圖可很清楚看到彗星亮部拖線情況，下圖是以多幅短時間曝光疊合影像，從背景星點拖線情況，可見到整個拍攝過程彗星的移動幅度。

彗星容許位移量計算

$$\text{彗星容許位移量}(") = 206.265 / (\text{鏡頭焦距}(\text{mm})) \times (\text{相機像元大小}(\mu\text{m})) / 2$$

範例：某相機像元大小為 $6.5\mu\text{m}$ 使用500mm鏡頭，其彗星容許位移量為 $1.34''$ ，從表2查得10月20日彗星移動量為 $8.5''/\text{分}$ ，若進行30秒拍攝彗星移動量為 $4.25''$ （ $8.5''/\text{分} \times 30\text{秒} = 4.25''$ ）是遠高於容許位移的 $1.34''$ ，放大檢視彗星一定有拖線情況，要避免拖線情況得降低曝光時間。

$$\text{理想曝光時間}(\text{秒}) = \text{彗星容許位移量}(") \times 60 / (\text{彗星移動量}("/\text{分}))$$

範例器材的理想曝光時間為9.5秒（ $1.34 \times 60 / 8.5 = 9.5$ ），超出理論值越多彗星拖線情況會越明顯；實務上，若以範例中算得理想曝光時間進行拍攝，影像可能整體偏暗，除提高ISO獲得較明亮影像，若拍攝現場時間允許，可試著增加曝光時間並放大檢視影像中彗星最亮區域移動情況，決定最佳曝光時間。

紫金山-阿特拉斯彗星 觀測小叮嚀

觀測除要掌握好時機，觀看彗星方向視野必須開闊外，地點的選擇也是很重
要，若彗星真的如預報亮度達2等左右，
在有光害的市區要看到彗星最亮彗頭區域
應不是問題，但要看到彗尾可能就需藉雙
筒望遠鏡輔助，要肉眼就能看到彗尾得前
往稍無光害的市郊、海邊或山區才有機會
（圖7），選擇市郊山區除避開部分光害
外更可避掉一些空氣懸浮微粒影響，大氣
透明度會加分不少，彗星清楚程度會比平
地好很多。若各方面允許，真心建議到高
海拔山區追彗星（必須確認彗星方位是否
有高山遮擋），高海拔山區無光害及高
透明度的星空，絕對是看彗星的最佳地
點，彗尾情況也一定會更長、更清楚（圖
8）；不管您在哪邊追彗星都建議攜帶支
雙筒望遠鏡，不但可用於彗星搜索，可以
透過雙筒望遠鏡欣賞彗星的彗尾情況，雙
筒望遠鏡絕對是觀測彗星的最佳工具。

從作者多年追彗星經驗，彗星亮度
是浮動多變的，有的彗星原本預期會很明
亮，但最後期望落空，甚至有彗星近日過
程就解體變暗，但也有一些彗星在過近日
點後是超乎預期的爆亮，故文章中及表
1、表2的彗星亮度預報數值就僅供參考及
預知其變化趨勢，紫金山-阿特拉斯彗星8
月中後位置靠近太陽，暫時無法以實際觀
測預報亮度，彗星最後會以怎樣的姿態在
天空展現，就待我們到時去現場觀測體驗
了。〈EASY拍星空〉將繼續分享拍下美
麗的星空的訣竅，敬請期待。

※彗星預報資訊來源：

Comet Observation database（COBS）、
2024年天文年鑑、星圖軟體Stellarium

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/>



C/2020 F3(NEOWISE)彗星
吳昆臻 2020.7.18 桃園 許厝港

圖7. 於海邊拍攝的
C / 2 0 2 0 F 3
(NEOWISE) 彗
星，彗星預報亮度
為3.2等，現場肉
眼可見彗星，但
必須透過雙筒望
遠鏡才能看到微
幅彗尾，長時間
曝光影像已能區
分離子尾（藍色）
及塵埃尾。

2020/7/18 攝於桃
園市許厝港
ISO1600、光圈
F4.5、單幅曝光6
秒，12幅疊合，等
效焦距:300mm



圖8. 於無光害的合歡山拍攝的C/2020 F3（NEOWISE）彗
星，拍攝時彗星亮度已降至4等，但在無光害高透明度環境
直接用肉眼即可見到長達10度的彗尾，長時間曝光影像彗
星的離子尾與塵埃尾超清楚的。

2020/7/23 攝於合歡山
ISO1600、光圈F2.8、單幅曝光60秒，12幅疊合
等效焦距：300mm

在《臺北星空116期》的天文展品導覽中，我們認識了19到20世紀初期的天文學家們，如何進行天上的「星口普查」，並產出了以圖像化方式呈現恆星特徵分布的赫羅圖（HR diagram）。然而，在赫羅圖上的點點繁星中誰是老人？誰是小孩？要回答這個問題，不可迴避地須要了解恆星到底是如何發光發熱的，因此這一期將帶大家跟著理論科學家的腳步，探尋星星們的生命軌跡。

現代恆星模型的基礎 氣體球理論

透過恆星吸收光譜的研究，天文學家在19世紀便意識到太陽與天上的恆星是同一類的天體。但太陽到底是什麼？如何產生光和熱？一開始有人認為太陽是燃燒中的固體，也有人認為是液體，直到科學家強納生·萊恩（Jonathan Homer Lane）才提出太陽是由氣體構成的想法。萊恩出生於美國的務農家庭，在耶魯大學畢業之後進入美國的專利局工作，之後便自立門戶協助發明家申請專利。不過在工作期間卻遇上美國南北戰爭，生意一落千丈之下萊恩只好回到兄弟經營的農莊生活。然而在這段期間，萊恩不但開發了用氣體膨脹裝置來冷卻的低溫設備，也投入了天文學的研究。

恆星內部構造與能量來源

星星的生命軌跡探尋

文/王彥翔



圖1. 展示場的大型太陽剖面由內向外依序是太陽的核心、輻射層、對流層，科學家經由近百年的知識累積，才終於能略知恆星內部的構造。

萊恩假定太陽是一個完全由氣體構成的星球，且遵守實驗室得出的氣體定律。在恆星內部除了氣體壓力會與本身的重力達成平衡之外，同時內部不斷產生熱能的氣體與外層的冷氣體也會產生對流平衡，兩個平衡成為支撐恆星結構的力量。萊恩的研究成果與後來同樣提出的氣體球理論的奧古斯都·里特爾（August Ritter）的研究，在瑞士天文學家羅伯特·埃姆登（Jacob Robert Emden）手上集大成，推導出可以預測恆星內部溫度與密度分布的萊恩-埃姆登方程式，成為後人探討恆星結構的基礎。

英國天文學家亞瑟·愛丁頓（Arthur Stanley Eddington）在1910年代於氣體球理論的基礎上再加入恆星內部的輻射壓力平衡機制。由於恆星內部的輻射壓力和恆星本身的質量大小有關，他認為大質量恆星會傾向於透過輻射壓力來與重力對抗，小質量恆星則主要以熱對流來抗衡重力。

此外，藉由雙星互繞的觀測結果，愛丁頓還發現了主序星的質量與光度具有正相關性，這個發現顯示巨星與矮星之間的質量差距過大，讓當時基於收縮說所推論出來的恆星演化路徑出現重大瑕疵，巨星和矮星很可能不是同一演化路徑上的星星。但不論恆星內部結構與演化路徑是如何，驅動這一切的關鍵還是內部不斷產生的熱能。那麼，恆星內部的熱源從何而來？

恆星的能量來源

過去科學家普遍認為恆星的能源是經由燃燒等化學作用產生，並從高溫慢慢降溫到低溫狀態。但在氣體球理論出現之後，收縮說逐漸成為20世紀初期的主流論述。收縮說認為恆星源於龐大且低溫的氣體球，當氣體球經由絕熱過程收縮時溫度便會跟著上升（和按壓打氣筒後內部溫度會升高是一樣的原理），之後氣體球隨著能量逐漸消耗，最後又回到低溫狀態。不過學界很快地注意到以收縮說估算出來的太陽年齡遠遠少於地質學估算出來的地球年齡，還一度引起天文與地質學者之間的論戰。然而，相對論當中的質能互換概念被提出之後，終讓恆星能源問題出現曙光。



圖2. 亞瑟·愛丁頓（Arthur Stanley Eddington）肖像。圖片來源：維基百科



圖3. 不同大小的恆星由於內部的平衡狀態不同，在理論中呈現不同的結構分布。

物理學家們根據理論先後提出了由氫核融合成氦的元素轉換、陰陽粒子結合、放射性衰變等三種恆星內部可能的能量產生方式，但由於當時對於原子內的運作機制仍所知甚少，例如核融合過程導致恆星質量遞減的速率、帶有同樣電性的質子是如何克服排斥力而融合等問題，使得理論預測一直無法與觀測結果相符。幸好在量子力學學者發現了穿隧效應可以降低質子間排斥力的能量障壁後，核融合理論的進展終於在1930年代被漢斯·貝特（Hans Albrecht Bethe）突破。

漢斯·貝特出身於德國，他在1924年進入法蘭克福大學就讀，畢業後進入慕尼黑大學攻讀博士學位與工作，專攻於結晶物理學領域。然而由於貝特的母親擁有猶太人背景，讓他在納粹統治下的德國失去教職，因而輾轉在1935年來到美國康乃爾大學，但這段境遇卻為貝特開啓另一扇窗。當時美國的核物理研究如日中天，1938年喬治·伽莫夫（George



圖4. 漢斯·貝特（Hans Albrecht Bethe）肖像。圖片來源：維基百科

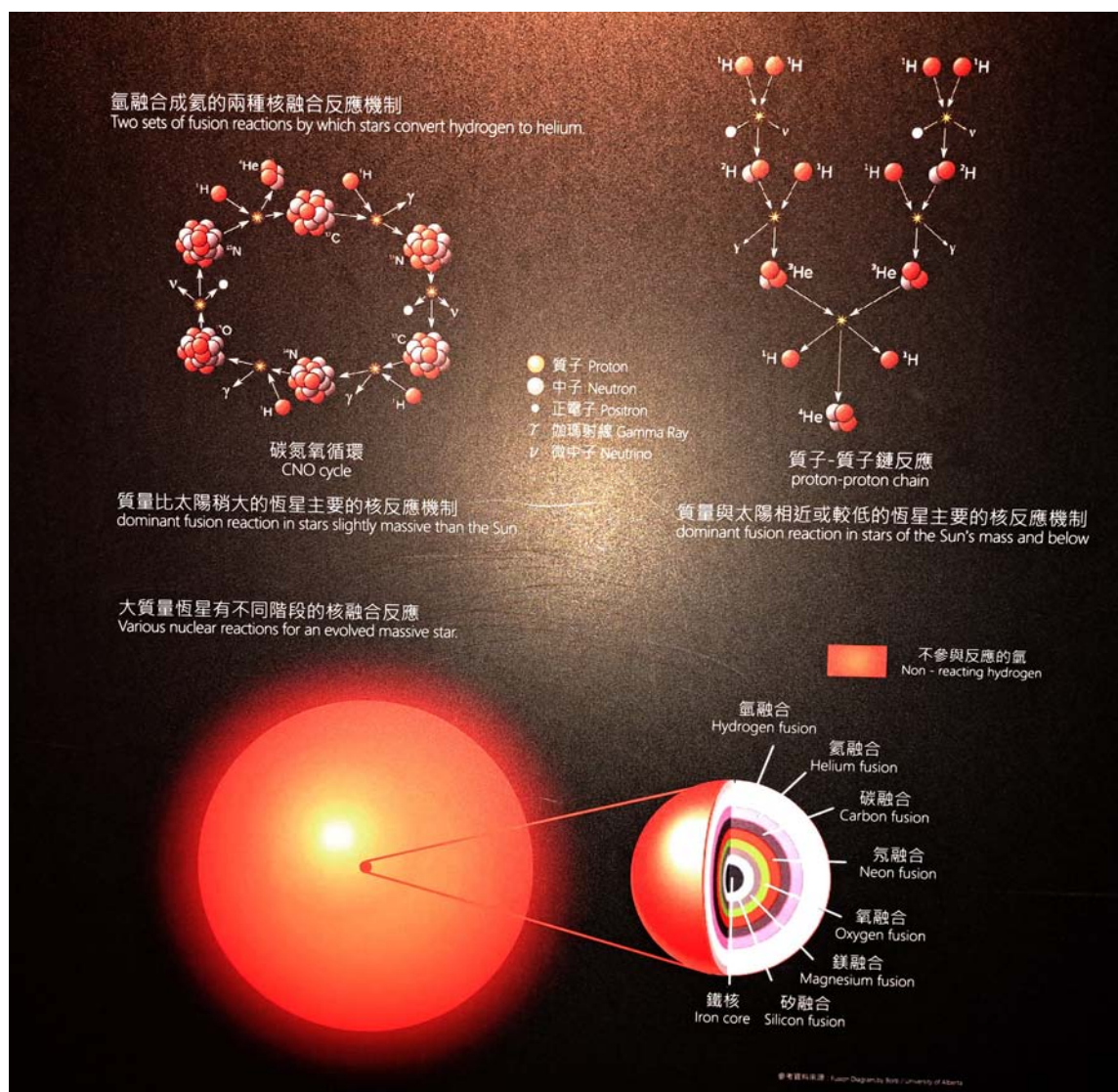


圖5. 展示場二樓的解說板上半部清楚說明了恆星內部核融合反應的過程，下半部則是恆星演化末期因核融合反應變化而產生的殼層構造。

Gamow) 找來多名天文物理與核物理學家討論恆星的能源議題，受邀參與這次會議的貝特因此產生對恆星能源問題的興趣，並在隔年出版論文闡述了恆星核心核融合反應的兩條路徑。

第一種路徑被稱為「質子—質子鏈反應 (p-p chain)」，步驟一是由兩個氫原子融合成1個氫的同位素：氘，步驟二再由氘和氫結合為氦的同位素：氦-3。貝特認為步驟二反應產生的氦-3會再與氦-4結合狀態不穩定的鈹，鈹衰變成鋰，鋰再與氫結合形成2個氦-4，這段反應現今被稱為pp2分支，大約貢獻了太陽內14%的質子—質子鏈反應。另外佔太陽內近86%的pp1過程則是在步驟二之後，由2個氦-3融合成2個氫原子、1個氦-4。兩條分支最後的淨反應均為4個氫原子核可以融合成1個氦-4，現今理論估計約1,000-2,300萬度就能觸發反應。

第二種路徑則被稱為「碳氮氧循環 (CNO cycle)」，其過程簡單來說就是碳-12原子會與氫原子結合，依序形成的氮和氧經過衰變、與氫原子再結合等步驟，最後又回到碳-12，並產生1個氦-4，淨反應仍為4個氫原子核融合成1個氦-4。在高溫核心狀態下，碳氮氧循環的產能效率會高於質子—質子鏈反應，反之則是質子—質子鏈反應高於碳氮氧循環。貝特的理論解釋了赫羅圖上主序星們產生能量的重要過程，讓他成功在1967年獲得諾貝爾物理獎。不過，碳氮氧循環中比氦還重的元素從何而來，低溫的紅巨星是如何產生足夠的能量來支撐龐大的結構，貝特的理論並沒有給出答案。

恆星的非均質結構

恆星的能量來源與內部結構的力量平衡理論雖然在20世紀上半有快速的發展，足以說明主序星的內部正在發生什麼事情，但主序星和紅巨星之間的關係到底是什麼？在恆星演化路徑上的順序是誰先誰後？時間來到1952年，德裔美籍天文學家馬丁·史瓦西 (Martin Schwarzschild) 出版了兩篇論文說明了恆星的非均質結構模型，為糾纏超過近半世紀的主序星和紅巨星之間的關係提供了解答方向。

馬丁·史瓦西的父親卡爾·史瓦西是在學界相當有名的天文學家，過去曾經提拔共同列名赫羅圖的赫茨普龍。雖然卡爾·史瓦西在第一次世界大戰

的戰場上因病過世，當時才4歲的馬丁長大後仍繼承父親衣鉢成為天文學家。馬丁在論文中假設了恆星內部結構並非均質，也就是當核心的氫隨著核融合反應消耗的同時，外層的氫補充的速度無法趕上消耗的速度，因此恆星內部會形成貧氫和富氫層的殼層。當核心的氫漸漸枯竭，邊界殼層上的壓力和溫度上升，因而提供氦核融合的條件。由於進行核融合反應的熱源部位向外移動，導致恆星外層氣體受熱而膨脹，表面平均溫度下降，主序星因此成為紅巨星。非均質結構模型不僅清楚解釋了紅巨星的誕生，也為碳氮氧循環中比氦還重的元素的來源提供解答。

星團赫羅圖再驗證

在恆星模型建構的同時，讓我們把目光放回赫羅圖上。赫羅圖誕生之後，瑞士裔美籍天文學家羅伯特·朱利葉斯·特朗普 (Robert Julius Trumpler) 在1925年首先將這項工具應用在呈現疏散星團的「星口普查」上。之所以選擇星團是因為同一星團的成員與太陽系的距離幾乎可視為相同，那麼影響個別成員亮度與光譜型的關鍵就只有恆星自身的質量與年齡大小。星團中又以疏散星團相較於球狀星團有較多目標距離太陽系比較近，要針對星團進行個別成員的分光測量較為容易。

特朗普發現疏散星團成員星除了沿著赫羅圖從左上到右下的主序星帶分布外，部分星團的巨星在赫羅圖上的分布卻是從中間向右彎曲。他認為造成這些不同星團赫羅圖之間成員星分布差異的原因和成員星演化的階段有關。1940年代末，擔任愛德溫·哈伯助手的艾倫·桑德奇 (Allan Sandage) 利用帕洛瑪天文台剛落成不久的5.08公尺口徑反射式望遠鏡進行球狀星團赫羅圖的觀測，也發現成員星分布從主序星帶往右上紅巨星彎出的現象。

馬丁的非均質結構理論提出之後，桑德奇根據理論重新計算了氦核心的溫度等物理狀態，發現理論預測恆星演化路徑與星團赫羅圖的成員星分布高度吻合，觀測與理論終於在1950年代後半合流，紅巨星不是恆星誕生以來的模樣，也不是成為主序星前的狀態，而是恆星演化路徑上的晚期狀態。因此，我們可以推測一個星團的赫羅圖上紅巨星比例

越多，代表這個星團大多數成員都進入演化晚期。桑德奇便將星團赫羅圖上成員星分布從主序星帶往右上紅巨星轉彎的點（轉離點）作為判斷星團年齡的依據，轉離點越偏向右下方，代表星團的年齡越老。

在天文館展示場二樓的恆星區，觀眾可以看到太陽內部核心之外有輻射層與對流層，便是基於理論計算恆星內部能量傳遞、輻射壓與氣體壓力平衡所預測的結構。至今不斷照耀地球，給予我們光與熱的太陽則是透過核心不斷進行的質子—質子鏈反應產生能量。在過去一百多年以來無數天文學家們透過理論計算與恆星普查觀測接力之下，我們才能用遠比恆星還要短暫的生命拼湊出恆星從成熟到邁向老年的過程。有興趣的讀者，不妨來一趟天文館透過互動模型，重新認識這些科學家們留給後人的知識結晶。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

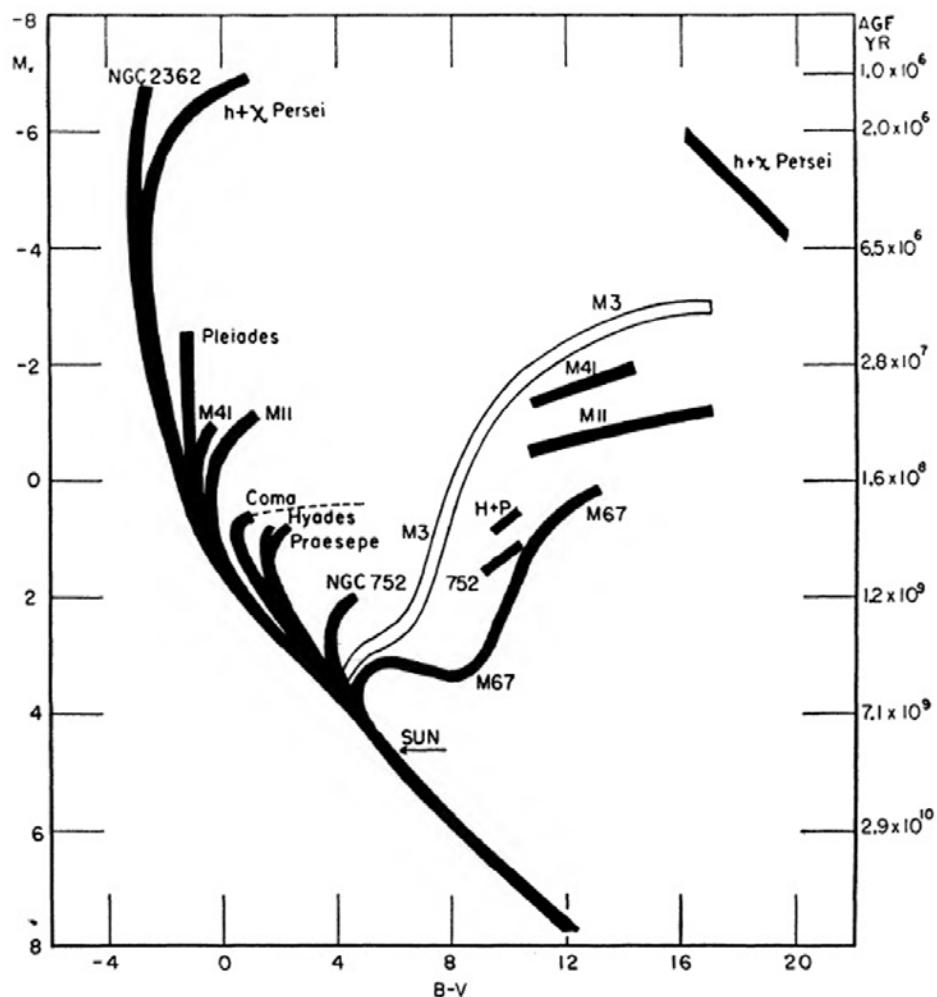


圖6. 圖中標示出了十個疏散星團與一個球狀星團的成員星在B-V色指數（橫軸）與絕對星等（左側縱軸）圖上的分布，轉離點越偏圖片上方的星團擁有較多的藍巨星、較少的紅巨星，越偏下方的星團則反過來。桑德奇利用轉離點的位置來推估星團的年齡，並標註在圖片右側縱軸上。圖片來源：Sandage, A. (1957)

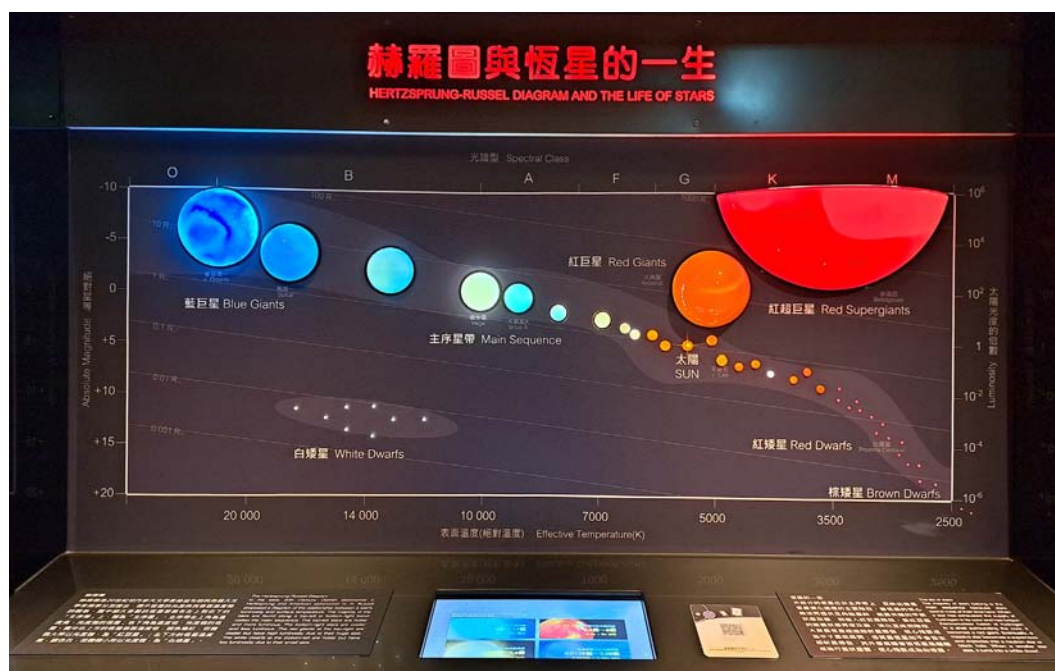


圖7. 觀眾可以利用本館展示場赫羅圖下方的觸控螢幕，認識圖上不同演化階段的恆星們。



雙筒望遠鏡觀天-25

文/ 陶蕃麟

雙筒望遠鏡使用方便，可以隨時移動，為觀星提供了許多優勢，是入門者進入天文領域的最佳工具。

天鷹座

提到天鷹座，大家最先想到的應該是七夕主角之一的牛郎星。它與天琴座的織女星隔著銀河遙遙相望，而橫梗在銀河中的天鵝座，則扮演起鵲橋的角色。這不僅創造了神話，也成就了夏季大三角。

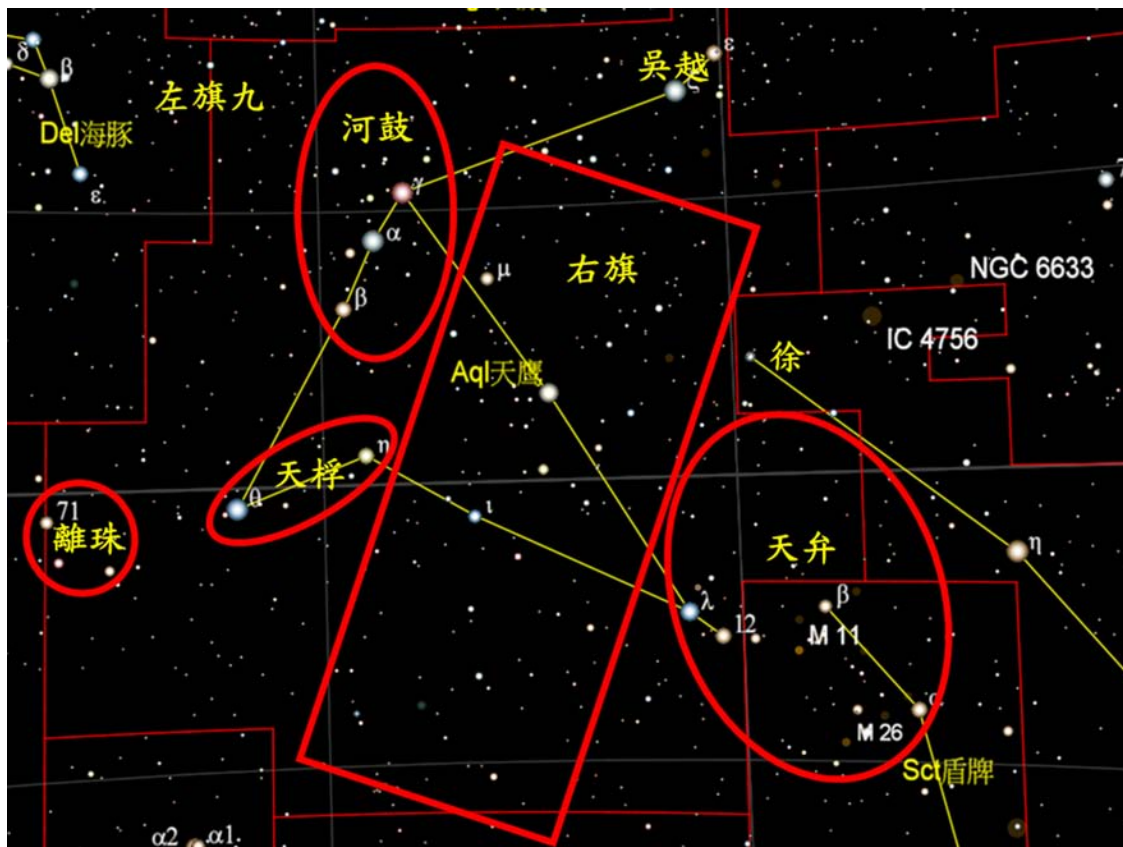


圖1. 標示出與天鷹座相關星官概略位置的星圖。

天鷹座是位於天球赤道上的一個星座，在中國傳統的星官中，天鷹座有五個主要的星官：河鼓、右旗、天桴、離珠和跨入盾牌座的天弁，以及三垣中天市左垣的星官吳越和跨入巨蛇座的徐，還有主要在天箭座的星官左旗中的左旗九。

以雙筒望遠鏡觀賞這一天區，從天鷹座的吳越（天市左垣六，天鷹座ζ）開始是個很好的選擇，因為利用它可以尋找下面列出的幾個目標：NGC

6738、NGC 6709、IC 4756和NGC 6633，以及HD 180262和巨蛇座的徐（天市左垣七，巨蛇座θ）。吳越是一顆三合星，視星等2.98，可以很容易用肉眼看見。但它的兩顆伴星都很黯淡，視星等都僅有12等，因此雙筒望遠鏡難以窺見。它在西方世界的固有名稱是Deneb el Okab，翻譯過來意思是獵鷹的尾巴。但是，按照西方神話的造型，它是鳥翼西側的尖端。

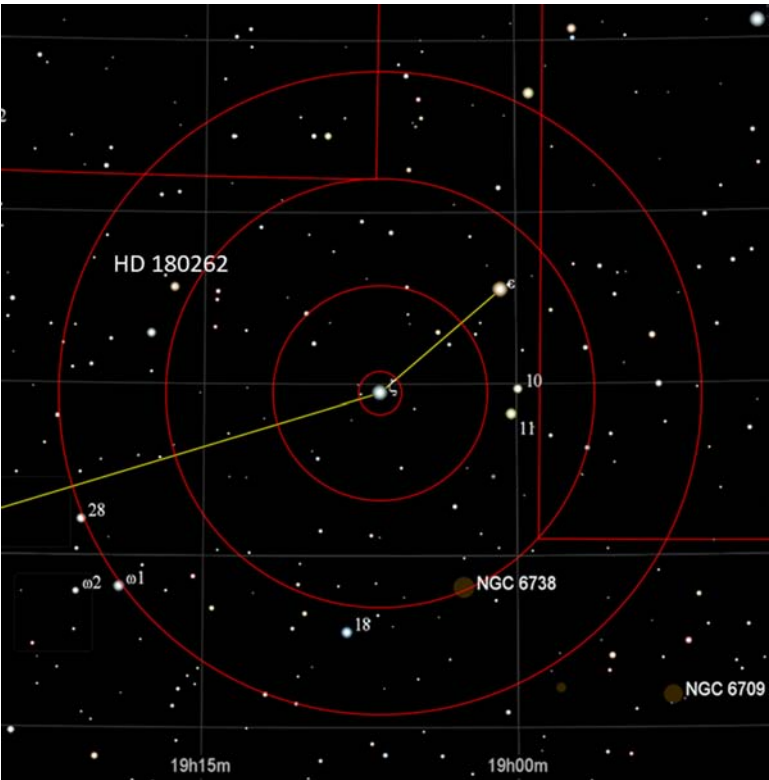


圖2. NGC 6738和HD 180262的尋星圖。本期新增了7.5°的視野圈，其餘各圈的視野依序為0.5°、2.5°、5.0°。

NGC 6738

當你將吳越置於7X 50雙筒望遠鏡的視野中心時，在視野的西南邊緣（ $\sim 2.5^\circ$ ，PA:203°），有一個模糊的光斑：NGC 6738。由於它們的星等約為8~9等，整體光度為8.3等，所以必須很專注才能感覺它的存在。可以試著將它移動到視野中心，並以側視法，即以眼角餘光讓對光比較敏感的視桿細胞來感受它的光芒。如果望遠鏡的口徑較大，則由於集光力的增加，要看到這個小星群應該沒有困難，就更可以感受到這些恆星發出的光輝。

對於NGC 6738的分類仍然有些爭議。雖然在一些天文資料庫中被列為疏散星團，但多數觀測者認為它只是個星群。自1993年以後，已經知道這只是恆星偶然排列形成的景觀，只應該稱為星群。2003年發表在《天文與天體物理學報》上的一篇文章就將其描述為「少數明亮恆星聚集在斑片狀背景上」，確實只將它視為一個小星群。儘管如此，如果你能清楚的看到這個小星群，還是一個令人愉快的事。



圖3. 使用15公分折射鏡描繪的NGC 6738。視場 0.9° ，NGC 6738的大小約 $15'$ 。

NGC 6709

在確認了NGC 6738之後，再繼續向西南方移動（ $\sim 2.7^\circ$ ，PA:243°），可以看見另一個目標：NGC 6709。這

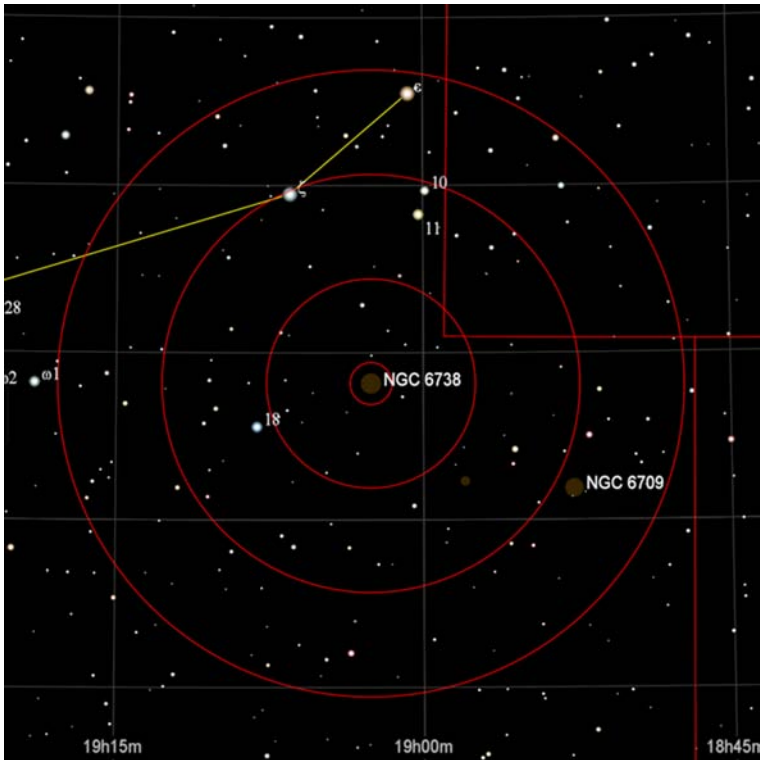


圖4. NGC 6709尋星圖。

是一個無可爭議但看似星場的疏散星團，擁有305顆恆星成員，且亮星和暗星的數量相當，所以在川普勒分類為IV 2 m，是個中等豐富度的疏散星團。但因為距離約為3,510光年，雖然整體的光度為6.7等，以7X 50的雙筒望遠鏡仍無法分辨出其中的任何一顆恆星。它們在背景天空的襯托下，只是有如幽靈般散發出昏暗的光線，彷彿是三角形的薄霧、奇怪的三角形，必需使用更大的雙筒望遠鏡才能解析出少許的亮星。

HD 180262 (OSS 178)

接下來，我們換種天體，觀賞一下雙星斯特魯夫178 (Otto Struve 178, HD 180262)。儘管這對雙星的視星等僅為5.58等，但一旦找到，兩星相距90"的角距離，讓視場再小的雙筒望遠鏡也能分辨出這是一對由黃色和白色恆星組成的雙星。

徐

一個更具挑戰性的聯星系統就在天鷹座與巨蛇座邊界的另一邊，即位於巨蛇座尾部的徐（天市左垣七，巨蛇座 θ ）。通過放大倍數小於14倍的雙筒望遠鏡，乍看之下徐就像其它大多數的4等星一樣。但在更高的倍率下，徐可以輕鬆的分解成一對幾乎相同，相隔僅22"的恆星。這兩顆恆星都是A型主序星， θ_1 的視星等為+4.62等； θ_2 稍微暗一點，視星等為+4.98等兩顆星的視星等相差僅0.36等。

如果受限於雙筒望遠鏡的解析力，未能分解出這一對聯星，也可以往東北方尋找第三顆星： θC 。它的視星等為6.71等，角距離6.7'，方位角56°。

IC 4756 和 NGC 6633

當你在星圖上要確認徐的位置時，你可能會注意到在星圖西側（角距離4°28'，PA:286°）還標示著一個天體：IC 4756。這是一個疏散星團，川普勒分類為III 2 m，幾乎覆蓋了天空中1°大小的視野。它不需要像大型望遠鏡那種強大且精準的儀器就能夠看到。事實上，由於它的寬度，使用大多數傳統的天文望

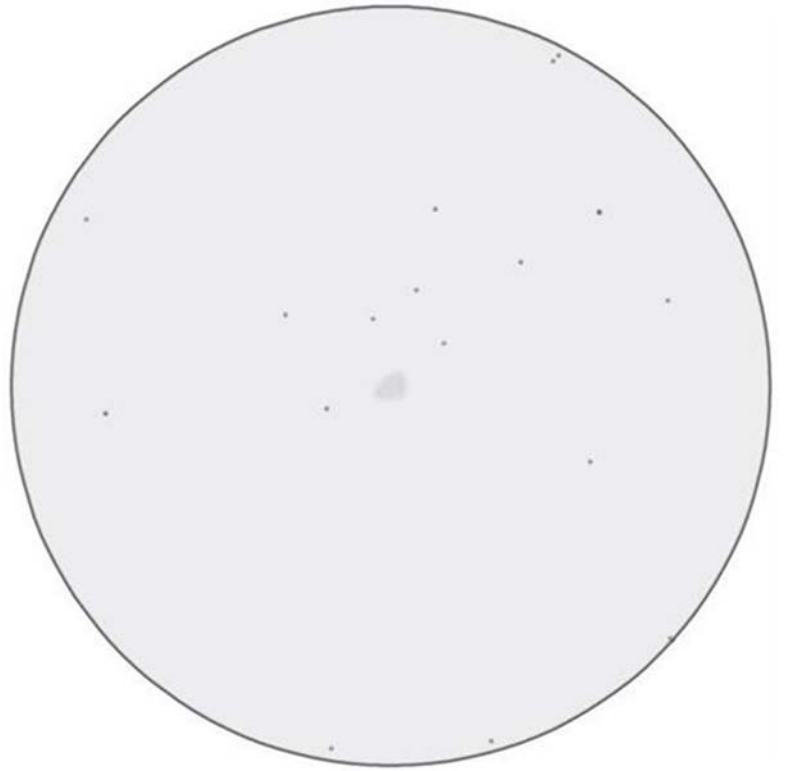


圖5. 菲爾·哈林頓 (Phil Harrington) 通過10X 50雙筒望遠鏡描繪的NGC 6709，就是視野中心淡淡的光斑（北方在上）。



圖6. 第二次數位化巡天 (DSS2) 的紅/藍波段彩色合成影像的HD 180262。量測跨度為30弧分，兩星的角距離為90弧秒。

遠鏡時，它可能會被完全忽視。但用一隻普通的雙筒望遠鏡瞄準它，你會看到50餘顆9等和10等恆星組成的薄霧狀星團。星團中最亮的恆星是位於東南邊緣，視星等6.4等的SAO 123778。

IC 4756也被暱稱為格拉夫的星團（Graff's Cluster）。這個稱謂是對德國天文學家卡西米爾·格拉夫（Kasimir Graff）的尊榮，他於1922年獨立發現了IC 4756。然而，他並不是第一個關注這個星團的人。這要歸功於英國天文學家韋伯（T.W. Webb），他在 1859年就發現了它。

繼續向西移動大約半個視野，我們越過巨蛇座的邊界進入蛇夫座，可以看見另一個燦爛的疏散星團NGC 6633。NGC 6633的直徑與滿月一樣大，川普勒分類與IC 4756一樣，也是III 2 m。它總共有30顆亮度達到8等的恆星共同組成，使其總視亮度為5等，即使通過袖珍的口袋型雙筒望遠鏡也還是很容易識別出這個引人注目的星團。

IC 4756和NGC 6633都是很明亮的疏散星團，雖然在不同的星座內，但相距不遠（03°05.9'），可以在雙筒望遠鏡的同一個視野中觀賞，因此常被結合在一起合稱為特威德星團（Tweedledum Cluster）。

你可能會注意到，這些恆星的分布並不均勻，而是成團分佈的。密度最大的族群在星團的南部邊緣附近，而第二個較小的族群在中心以北。

對雙筒望遠鏡而言，天鷹座、巨蛇座、蛇夫座的這一隅是個豐富的區域，非常適合舒適地躺在躺椅上緩慢掃描。當你這樣做的時候，可以參考下面的表格，多欣賞幾個目標。

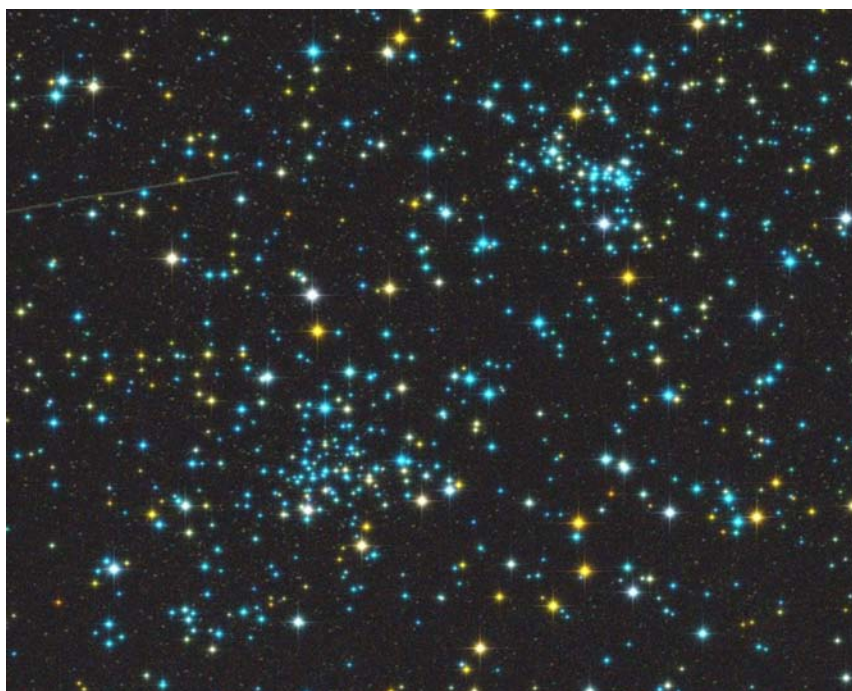


圖7. 疏散星團IC 4756（左）和NGC 6633（右上）的天文照片。

名稱	星座	視星等	視直徑	類別	赤經	赤緯
NGC 6709	天鷹座	6.7	13'	疏散星團	18h51.5m	+10°21'
NGC 6738	天鷹座	8.3	15'	疏散星團	19h01.4m	+11°36'
NGC 6755	天鷹座	7.5	15'	疏散星團	19h07.8m	+ 4°14'
OSS 178	天鷹座	5.6, 7.8	90"（角距）	雙星	19h15.3m	+15°05'
NGC 6572	蛇夫座	9.0p	8"	疏散星團	18h12.1m	+ 6°51'
NGC 6633	蛇夫座	4.6	27'	疏散星團	18h27.7m	+ 6°34'
IC 4756	巨蛇座	5.4	52'	疏散星團	18h39.0m	+ 5°27'
徐（巨蛇座 θ ）	巨蛇座	4.62, 4.98	22"（角距）	聯星	18h56.2m	+ 4°12'
Cr 399	狐狸座	3.6	60'	星群	19h25.4m	+20°11'

【註】：疏散星團的川普勒分類法請參考臺北星空99期，【川普勒三角區(下)】。Cr 399是衣架星群，請參考97期的【休斯頓三角區】。

陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

以假亂真

模擬天文學的過去、現在與未來

在20世紀以前，天文研究大致可分為觀測天文學和理論天文學。觀測天文學家精進技術以發現新天體和現象；理論天文學家則利用物理或化學定律來解釋和預測觀測現象，並驗證這些定律的適用範圍。20世紀以來，電腦科學迅速發展，使許多原本無法解的物理數學方程式可以透過超級電腦運算解出，「模擬天文學」因此誕生。

模擬天文學家利用已知定律和數學方程式，配合適當的初始條件，製造出「假」天體，並用數值模擬解析其演化過程。這些結果需經縝密測試、檢查並與理論和觀測結合，以解釋觀測資料，甚至預測未來技術進步後才能觀測到的細節。模擬天文學作為理論天文學的延伸，構成了與觀測天文學之間的橋樑，成為天文研究的第三大支柱。

以下這篇文章將回顧近年的兩個經典模擬成果，並介紹一個正在進行中的未來望遠鏡計畫預測模擬。

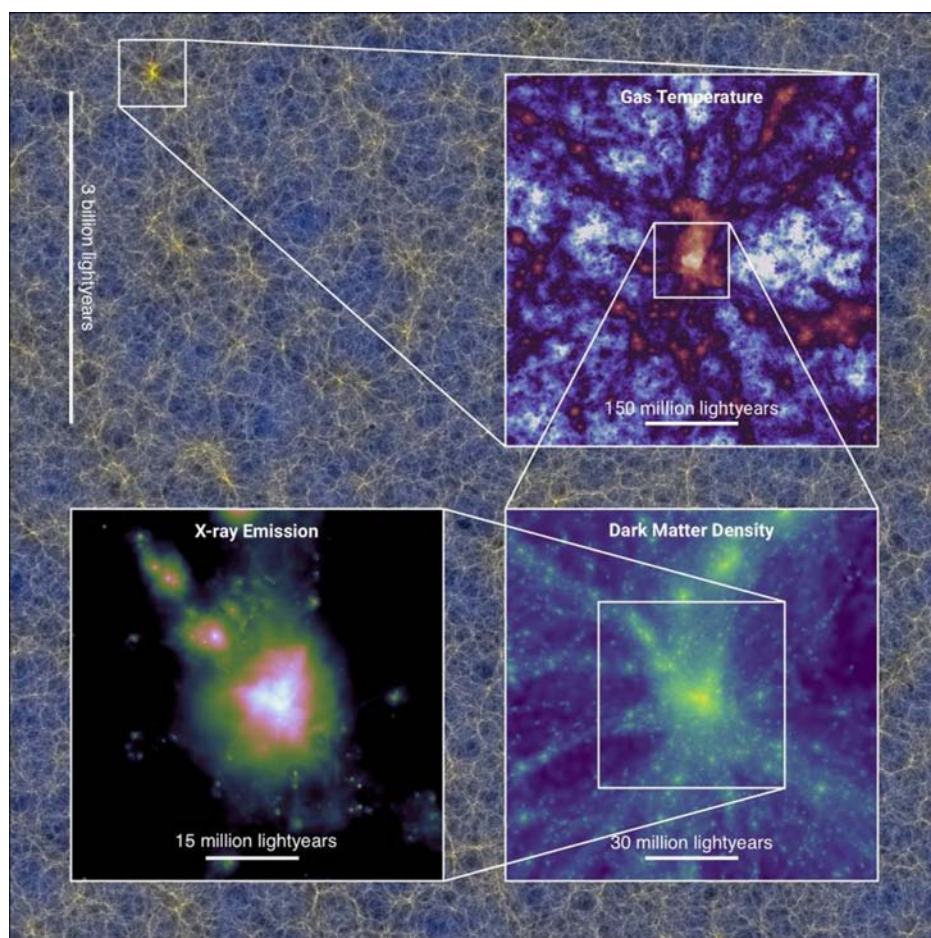


圖1. 迄今最大規模的宇宙學數值模型FLAMINGO的最新運算結果，模擬了宇宙大尺度結構中的物質分布。底圖中亮黃色為暗物質的分布情形，三張連續縮放圖分別為氣體溫度（右上）、暗物質密度（右下）與X射線觀測（左下）的模擬結果。

超級比一比：宇宙大尺度結構的觀測與模擬比對

這張圖片以地球為中心，從不同角度向外觀察，每個點代表一個星系的位置。圖中記錄了距離地球20億光年的範圍，展示了宇宙的大尺度結構。圖中的資料點以紅色和藍色區分，一半是真實觀測數據，另一半是電腦模擬結果。你能判斷出哪個顏色是真實觀測，哪個是模擬的嗎？

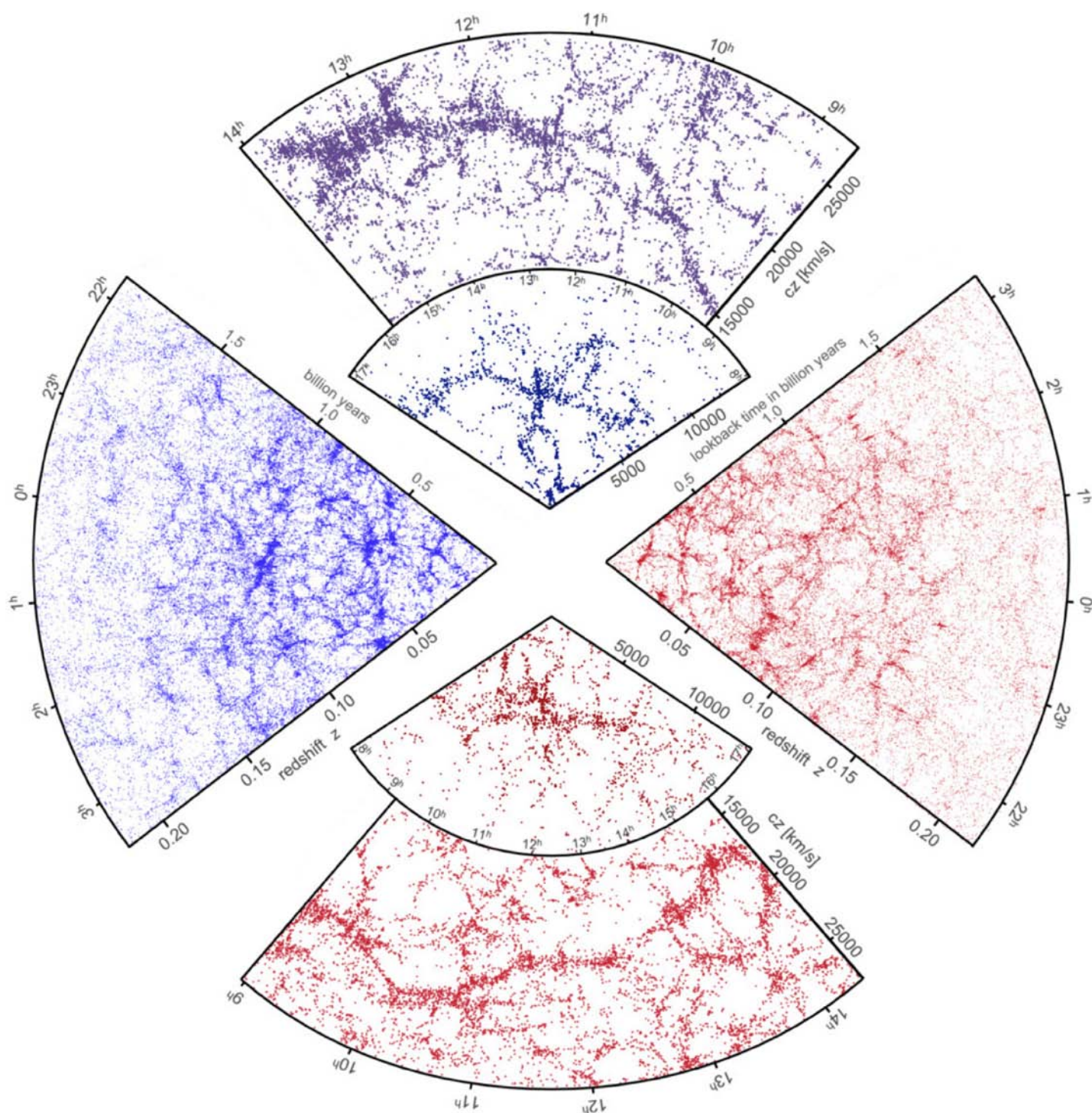


圖2. 這張圖展示了距離地球20億光年的宇宙結構，其中紅色和藍色資料點分別來自真實觀測與電腦模擬。你能分辨出哪一部分是真實的嗎？

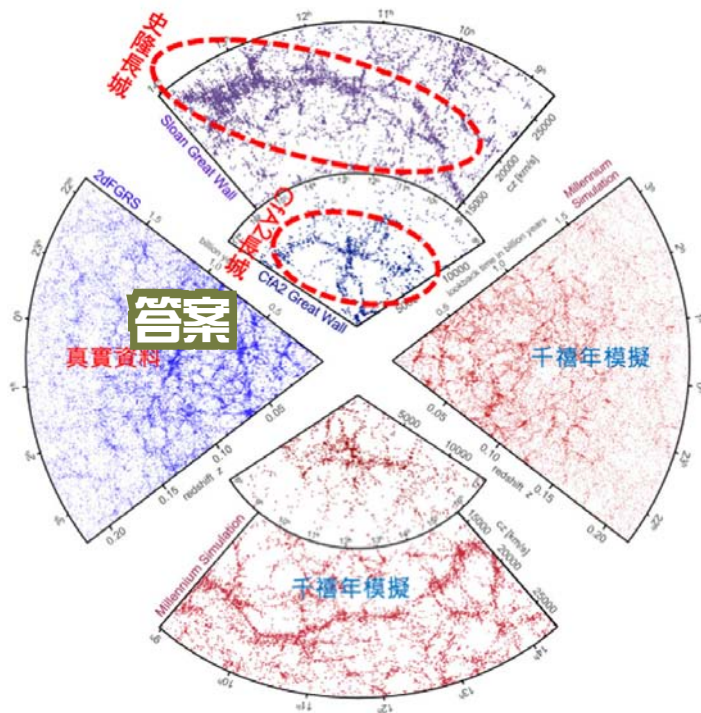
答案

藍色系資料點代表真實觀測，紅色系則代表電腦模擬。

如何分辨呢？以圖的上部四分之一區域為例，其上半部資料點是「史隆數位巡天」（SDSS）觀測所得，顯示了宇宙網的結構，包括2003年發現的「史隆長城結構」。這個已知結構幫助我們辨別圖的下部四分之一區域下半部未見過的結構是電腦模擬。

另一例子是上部四分之一區域的下半部，由哈佛-史密松天體物理中心（CfA）的巡天觀測所得，發現1989年的「CfA2長城結構」，這個結構在下部四分之一區域上半部的模擬宇宙中並未出現。

若沒有這兩個已知長城結構，我們幾乎無法分辨真實觀測和電腦模擬的資料點。換句話說，電腦模擬出的宇宙網已非常接近真實宇宙的樣貌。



千禧年模擬 天文模擬的里程碑

上述提到的宇宙網模擬，正是著名的「千禧年模擬」（Millennium Simulation Project），這是模擬天文學的一個里程碑。2005年，德國馬克斯·普朗克天體物理研究所發表了這一模擬的運算結果。

千禧年模擬使用了100億個暗物質粒子，在邊長23億光年的立方體中計算暗物質量和星系的形成與演化，其結果與實際觀測數據高度吻合，進一步增強了天文學家對宇宙標準模型的信心。

千禧年模擬的模擬結果被公開，提供研究者下載使用，至今在大尺度宇宙結構的研究中仍然具有重要地位。許多開創性研究會先利用千禧年模擬來評估真實觀測的效果或檢驗研究方法的準確性。近20年來，與千禧年模擬相關或基於該模擬所發表的論文已超過一千篇。

模擬哈伯極深空場

幾可亂真的挑戰

這張圖是哈伯極深空場（Hubble eXtreme Deep Field），但只有一半是真實的。你能分辨哪邊是真實觀測，哪邊是模擬嗎？

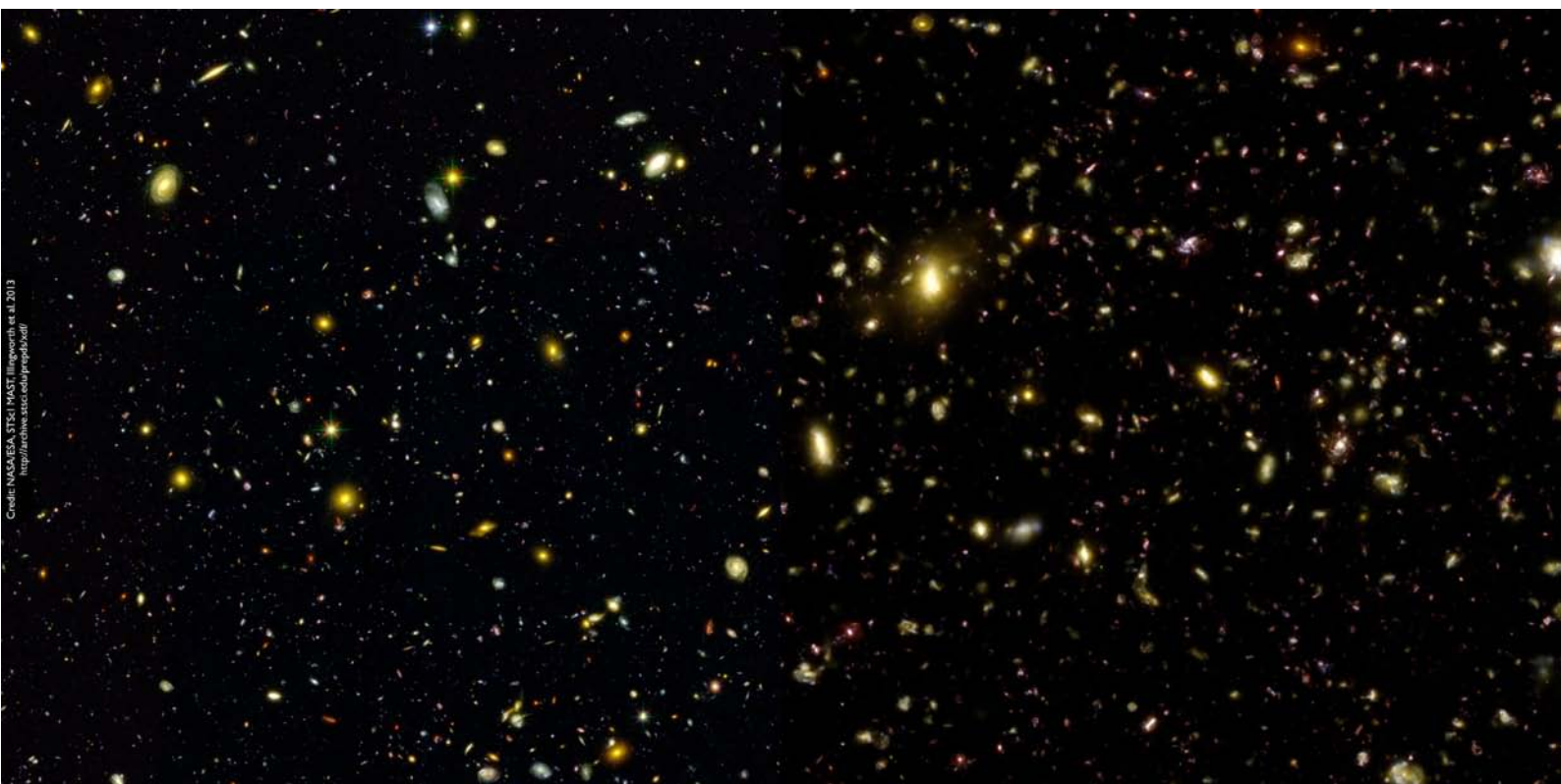


圖3. 這張圖展示了哈伯極深空場中的數千個星系，其中一半來自真實觀測，另一半由電腦模擬生成。你能分辨出哪一側是真實的觀測結果嗎？

答案

左半邊為真實哈伯觀測，每個天體都是星系，除了三顆具有十字光芒的前景恆星。右半邊是2013年「光輝計畫」（Illustris Project）的模擬結果，該計畫是一項大型宇宙學模擬計畫，專注於星系形成的研究。

仔細端詳，雖然模擬在解析度和顏色上略遜，但仍展示了宇宙中複雜而輝煌的結構和過程。

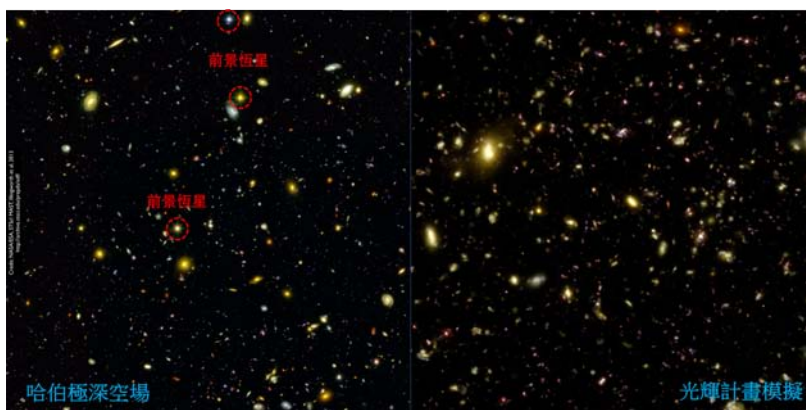




圖4. 這幅影像展示了相同天區的「預覽」，分別為模擬魯賓天文臺（左）與羅曼太空望遠鏡（右）未來觀測到的結果。

展望未來：預覽新一代望遠鏡資料

如今，天文學家利用電腦模擬，可以「預覽」未來天文望遠鏡觀測時可能獲得的資料。今年6月，科學家在美國伊利諾伊州的國家實驗室，利用超級電腦生成了近400萬張模擬圖像，這些圖像模擬了「薇拉·魯賓天文臺」（Vera C. Rubin Observatory）和「羅曼太空望遠鏡」（Roman Space Telescope）兩個即將上線的望遠鏡的觀測結果。

薇拉·魯賓天文臺位於智利，擁有8.4公尺口徑的可見光望遠鏡，配備史上最大的32億像素相機，預計2025年運行。NASA的羅曼太空望遠鏡則為2.4公尺口徑的紅外線望遠鏡，計劃於2027年5月前發射。

未來，薇拉·魯賓天文臺將與羅曼太空望遠鏡聯合研究暗物質與暗能量，而這些模擬結果提供了對未來數據的預覽，幫助天文學家規劃最佳的觀測策略。通過這些模擬，天文學家能夠研究「未來的數據」，尋找微小的特徵，並理解每個儀器對圖像的獨特影響，提前完善數據處理方法，從而能更準確地解讀未來的觀測數據。屆時，科學家將能夠從微弱的信號中獲得重大發現，解開宇宙學中的重大謎團。

本篇文章提到的這些模擬是天文學家根據已知的物理、化學定律和數學方程式，透過電腦運算一

步步得出的結果。在這些過程中，沒有加入任何人類的幻想或人工智慧的判斷，因此模擬結果完全符合自然法則，而且可以用相同的方法重現。另一方面，利用人工智慧的機器學習來處理天文大數據，確實是未來研究天文的強大工具和趨勢。

參考資料

千禧年模擬：

<https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/galform/virgo/millennium/#semi>

<https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/millennium/>

<https://www.youtube.com/watch?v=74IsySs3RGU>

光輝計畫：

<https://www.illustris-project.org>

<https://www.youtube.com/watch?v=NjSFR40SY58>

NASA's Roman Mission Gets Cosmic 'Sneak Peek' From Supercomputers:

<https://www.nasa.gov/missions/roman-space-telescope/nasas-roman-mission-gets-cosmic-sneak-peek-from-supercomputers/>

段皓元：臺北市立天文科學教育館

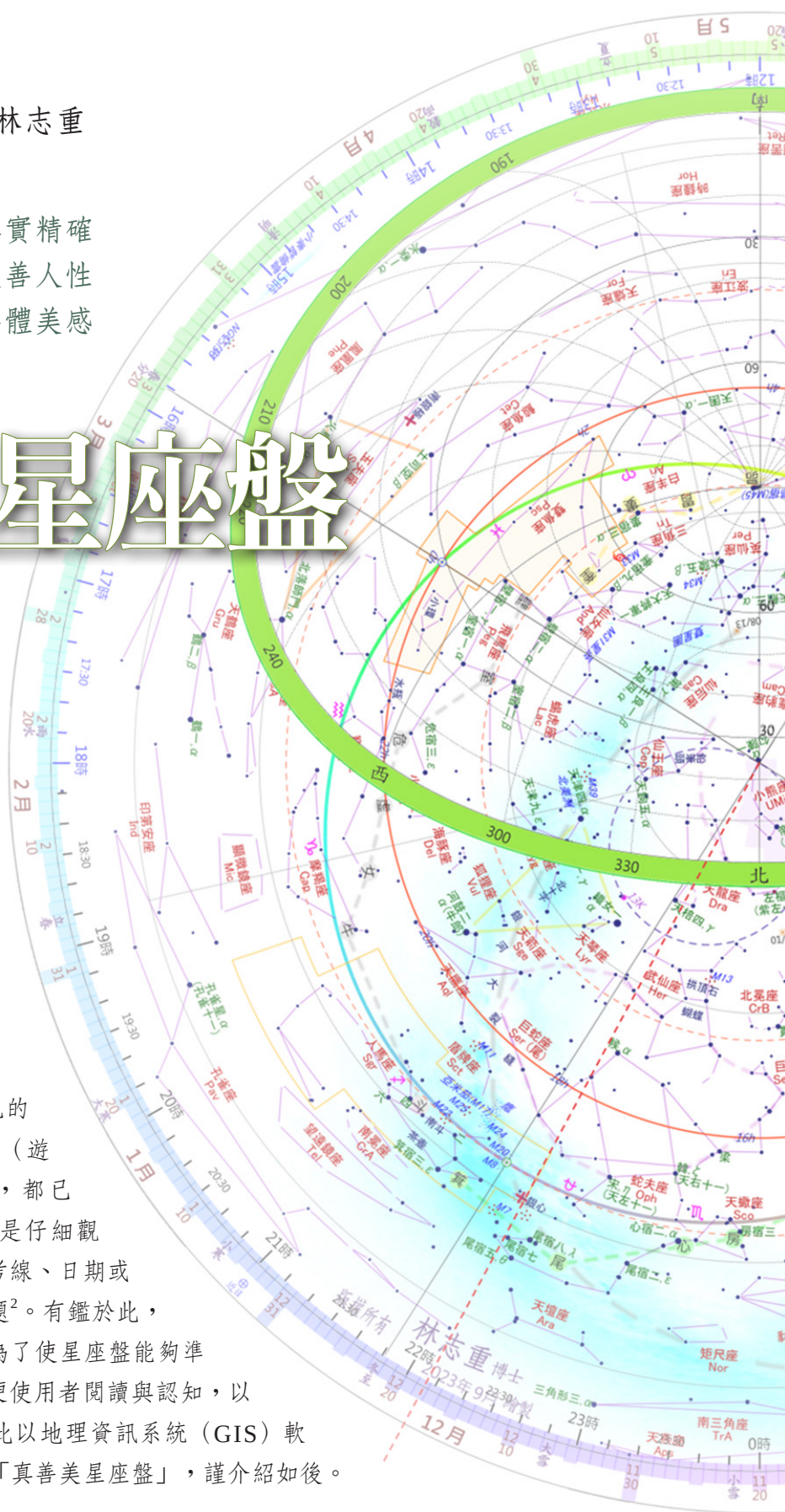
圖、文/ 林志重

所謂真者，以其資料真實精確
所謂善者，以其圖形友善人性
所謂美者，以其盤面整體美感

真善美星座盤

十二年國教課程綱要
相關領域課程有列入星座
盤的運用，讓學生操作星
座盤並認識其基本原理，
以觀察了解天體的相關位
置、星星的移動與季節星
空；在《臺北星空107期》
〈變形的星空—星座盤〉
也曾提到星座盤的優劣勢，
並介紹過自製星座盤¹。

雖然市面或公開流通常見的
星座盤、或教科書裡或公園（遊
樂區）的星空圖與星座盤，都已
具備基本的內容和功能，但是仔細觀
察，經常發現星星位置、參考線、日期或
標示等內容有未盡準確的問題²。有鑑於此，
工欲善其事，必先利其器，為了使星座盤能夠準
確的應用於觀測星空，且方便使用者閱讀與認知，以
增添觀星的興趣與樂趣，因此以地理資訊系統（GIS）軟
體精心建立星空資料、研製「真善美星座盤」，謹介紹如後。



資料真實精確

星座盤包含兩張圓盤，一張是以天球座標系為基礎的全天星圖，周邊標繪有日期，可視為地球一年的公轉，該日期與黃道上的太陽日期、位置、方向是一致的；因為在星座盤的下面，可稱為「下盤」；另一張是以地平座標系為基礎的觀測所在地經緯線與地平線，其周邊有24小時刻度，可視為地球一天的自轉，因為同軸放在星座盤的上面，稱為「上盤」。

為了能有準確的星空觀測，本星座盤的上下盤都運用地理資訊系統（GIS）軟體—QGIS繪製。首先蒐集HYG（Hipparcos、Yale Bright Star和Gliese）恆星數據、Stellarium星圖軟體數據，以及臺北天文科學教育館《天文年鑑》恆星資料，精準建構下盤星空圖層的空間分布及其屬性資料，包括：

1. **亮星**：以圓點標繪亮度超過4.5等以上的亮星，總計985顆，恆星位置數據為赤經時角與赤緯角度，其中赤經時角（0h~24h）需轉換為地球座標系統的經度（ $-180^{\circ}\sim+180^{\circ}$ ）。各星圓點的大小是以該視星等的比例尺度，以公式轉換而得，圓點越大表示星等越亮。亮度超過2.5等以上或重要恆星，則標記恆星中文名稱，計有108顆，部分星名包括其別稱或拜耳命名法中的希臘字母，例如「天樞， α （北斗一）」，如圖1。

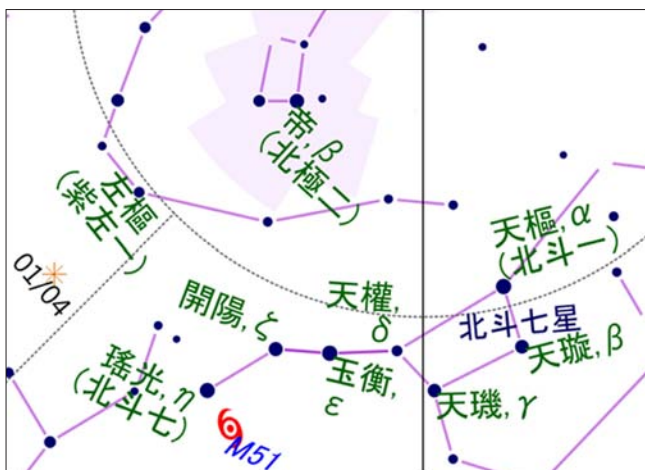


圖1. 亮星星等以圓點大小表示，並標記其名稱。

2. **深空天體**：依星雲、星團、星系分成三類，以不同符號標繪主要深空天體的位置，總計62個，並以藍字標記名稱，如圖1之獵犬座M51星系符號與名稱，圖2 雙子座M35星團、麒麟座玫瑰星雲（NGC 2237）符號。

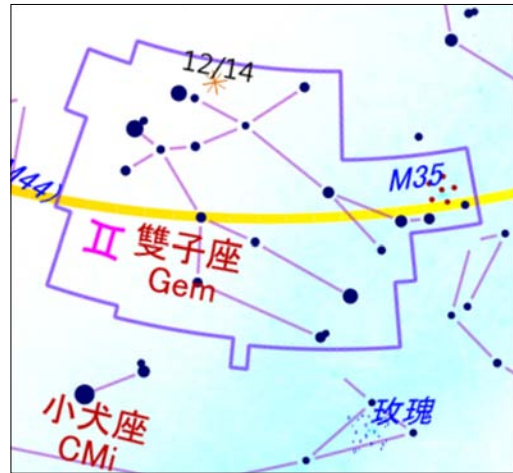


圖2. 雙子座流星群輻射點並標記極大值出現日期。

3. **流星群**：標繪象限儀座、英仙座與雙子座三大流星群輻射點位置，並標記極大值出現日期，如圖2 雙子座流星群極大值為12月14日。
4. **銀河**：一般星座盤大多以畫線或塗單色表示銀河區域，本星座盤為了讓使用者便於觀察分辨銀河的明暗，所以依據銀河影像轉換為濃淡的淺藍色彩建立影像圖層。深濃的藍顏色表示銀河較明亮的部分，淺淡的藍顏色表示銀河較暗的部分，因此可以容易地在銀河圍成的區域中心附近，找到北銀極所在的后髮座；從北銀極往天北極方向繼續延伸，經過天球赤道，可以找到其對蹠點—南銀極所在的玉夫座，圖3銀河顏色的濃淡可以

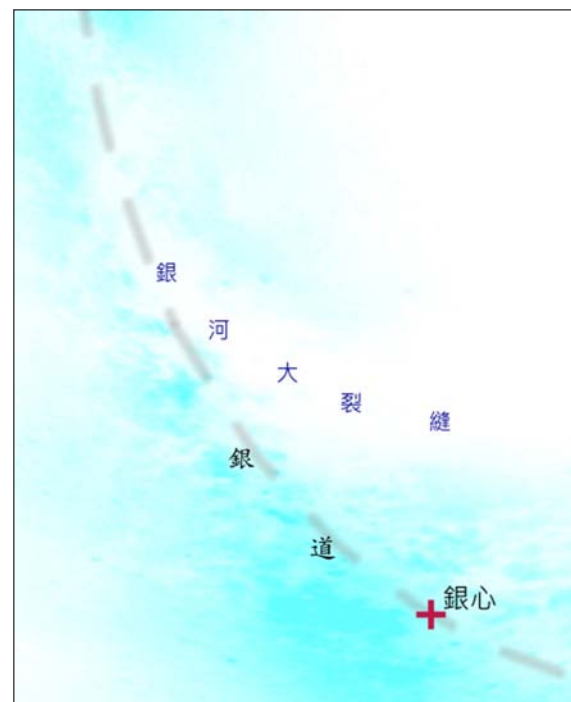


圖3. 以濃淡的淺藍色表示銀河的亮暗，並標繪銀道、銀心。

看出銀河大裂縫。

5. **二十八宿**：依據中國星空文化的角宿、亢宿……翼宿、軫宿各宿的主要星官，標繪角、亢……翼、軫等28星官位置與名稱。例如朱雀的第一宿—井宿，天區廣闊，北從較亮的北河二，南到全天第二亮星—老人星，總計19個星官，本星圖就「井」星官所在中心位置標繪之，依此類推，如圖4。

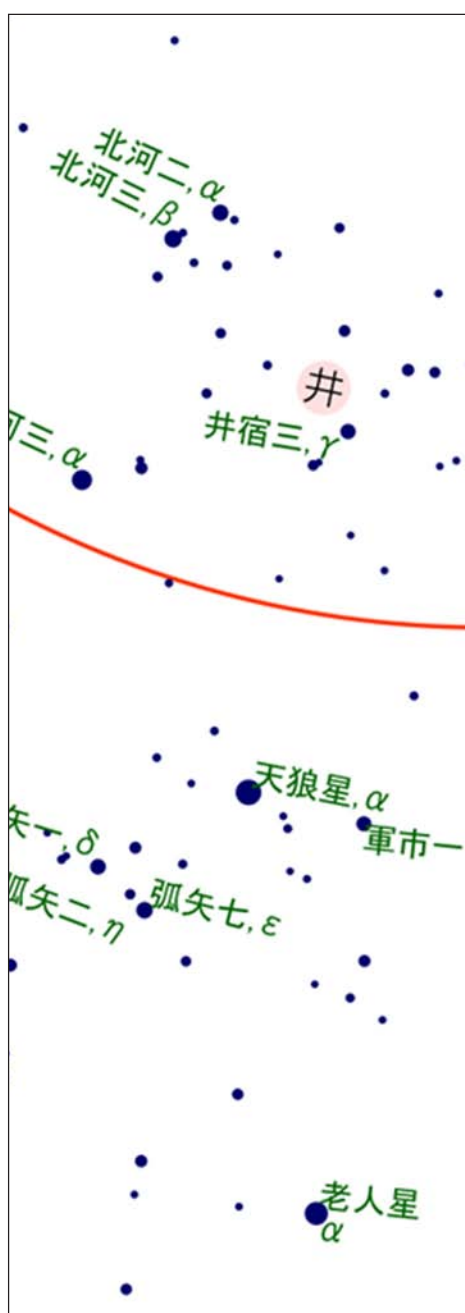


圖4. 井宿分布與井星官位置圖。

圖形友善人性

除了標繪前述下盤星空圖層資料之外，並標繪符合人性閱讀辨識的天球與星空相關參考線、參考點，包括：

1. **赤緯線、赤道線**：以黑色細虛線標繪南北30度、60度的赤緯線，也就是天北極的同心圓。赤緯0度線即赤道線，劃分天球的南北半天區，以紅色實線表示。
2. **赤經線**：標繪每3h的赤經線，其中 0h、6h、12h、18h為黑色實線通過天北極，並在赤道線上標記每兩小時的赤經時角 0h、2h、4h……18h、20h、22h。如圖5的黑色線條與標記。
3. **黃道線、分至點**：黃道線即太陽一年在天球的視路徑，依據地球的自轉軸角度，繪製「大圓」的180小段黃道線，每小段以四季遞變顏色表示，春天綠色、夏天黃色、秋天橙色、冬天藍色，從顏色可看出太陽四季的視運行軌跡方向，如圖5。圖中黃道線與紅色天球赤道線交會於兩點（藍色⊙太陽符號），為晝夜平分點。太陽由南向北經過天球赤道為春分點或黃道升交點（為黃經0度，或赤經時角0h），由北向南經過的點為秋分點或黃道降交點（為黃經180度，或赤經時角12h）。
4. **回歸線**：於天球座標系統的赤緯正負23.4度，以紅色虛線標繪；南北兩條回歸線分別與黃道線相切。北回歸線與黃道線的黃經90度相切為夏至點，南回歸線與黃道線的黃經270度相切為冬至點，如圖6綠色的⊙符號即為二至點太陽的位置。
5. **歲差圈、歲差點**：簡單的說歲差圈就是地球自轉軸對準天球位置所形成的軌跡圈，南北天極各一圈，周期約25,800年。本星座盤因運用於北半球，所以僅繪製天北極偏西半徑約23.425°的小圓，採

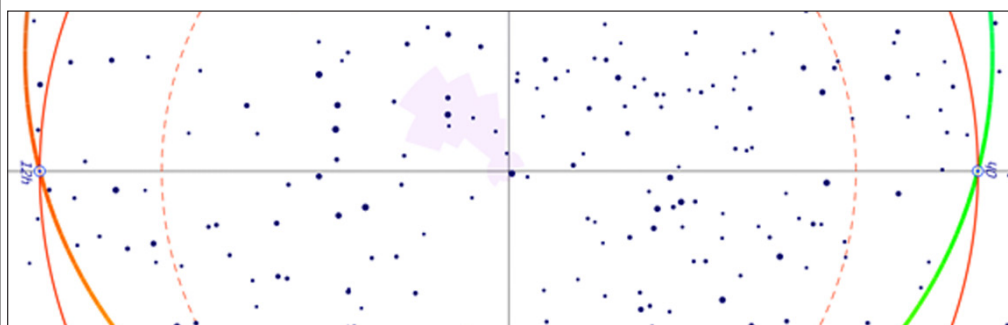


圖5. 黃道線（左方橙色線、右方綠色線）與天球赤道線（紅色實線）相交於兩點。



圖6. 圖右方的北回歸線與黃道線（黃色）在夏至點（黃經90°）相切。

用51段虛線表示，每段約500年，並標示西元0K、-2K、7K年與周期的一半約西元13k年的天北極位置，如圖7。因為該圈會經過目前的天北極，所以可看出勾陳一與目前天北極所在歲差圈的關係位置。

6. **銀道線、銀極點、銀心**：銀道為銀河座標系的赤道，依據北銀極位置繪製大圓，並以模糊的灰色虛線表示，如圖3。銀道線大致與淺藍的銀河系最亮的盤面分布一致，南北兩銀

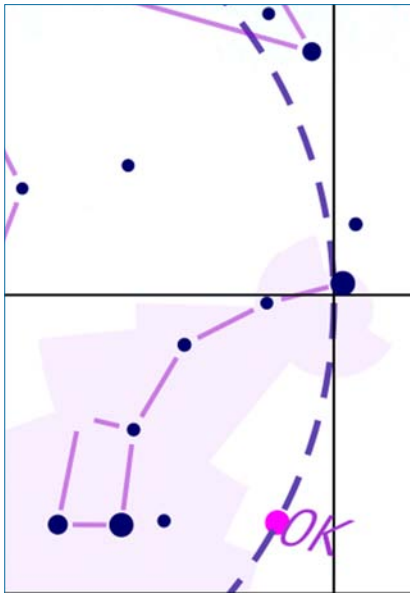


圖7. 天北極與歲差圈。

極互為對蹠點，銀道線通過銀心；當北銀極在中天時，則銀河出現於北半球地平線。

7. **日期、節氣點、近日點、遠日點**：一般星座盤周邊的每段日期大多固定長度，因此觀察星體運轉會有誤差，事實上地球公轉速度有快慢³。為了使觀測星體會更為精準，本星圖在赤緯-78~90度標繪日期，日期長短設定遠日與近日兩點的角速度快慢比為1.07，因此計算365段的日期長短都

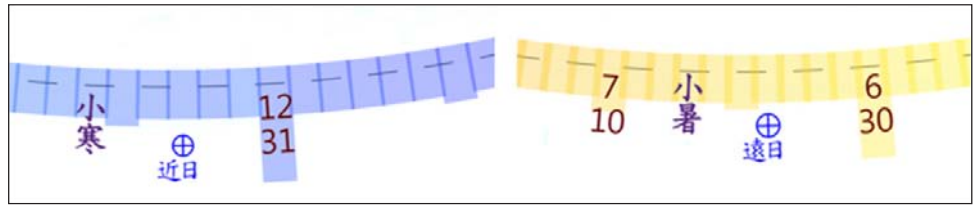


圖8. 星座盤周邊每段日期長短有差異，並標記節氣、近日點與遠日點。

不一樣，位於近日點這半圈04/02~10/05，地球公轉速度較快為186天，遠日點這半圈10/06~04/01，公轉速度較慢為179天。每段日期顏色也採用四季遞變顏色表示，以利辨識，並對照黃經度數所在日期標記二十四節氣、每旬日期，並在地球的近日點（01/03）與遠日點（07/04）的日期位置，標記文字與藍色的地球符號（⊕），如圖8。

8. **星座連線、名稱、邊界**：本星圖以北半球使用，所以除了靠近南天極的南極座、水蛇座與蠍蛇座連線，因變形太大不予顯示之外，其餘85星座則依據一般常見的星座連線標繪，其中人物類的星座，如牧夫座、室女座、武仙座、英仙座則調整連線，使接近於較合理的人形，以便於識別。

星座名稱以明顯顏色標記，包括中文與規定的英文縮寫以利辨識，其中黃道13星座並標示其符號；為了避免文字與符號遮蓋到星星，必須將文字仔細標記在適當位置，以方便觀察使用為原則。

在星座邊界方面，則依據國際天文學聯合會（IAU）劃分的邊界建立圖層，但為了避免圖面過於複雜紊亂，僅就黃道13星座標繪，以利觀察太陽行經日期，其中室女座與雙魚座則填滿該季節顏色，以便於整體星座盤的識別。

9. **星群連線**：依據四季三角形的星群，以季節顏色分別連線其亮星，另標記北斗七星、南斗、茶壺、拱頂石、假十字.....所在位置的名稱⁴。

10. **三垣、四象、二十八宿連線**：紫微垣、太微垣、天市垣各有左右垣環繞，本圖層分別依據紫微左垣8星、紫微右垣7星、太微左垣5星、太微右垣5星、天市左垣11星、天市右垣11星，共計47顆星，以模糊的淡紫色虛線分別繪製6條連線，並標記各垣首尾主要星名，以方便辨識各左右垣名稱，如圖9標繪天市垣的左右二垣。

依據蒼龍、朱雀、白虎、玄武四象的各七個主要星宿位置，分別以季節顏色的模糊虛線連線，以利觀察四象的昇落，如圖9標繪蒼龍七宿。

11. **下盤圖層資料**，以QGIS軟體建立完成後，以地球的標準經緯座標系（WGS84）呈現結果，如圖10，下盤可依使用者對南北半球的需要，設定投影參數呈現所需的星圖。本文星圖以北半球使用為例，

關閉部分不需要的圖層線條後，以北極為中心作方位角等距投影。

12. 本星座盤的上盤，仍是以QGIS軟體處理，主要建立地平座標系的經緯線，包括地平線以上每10度的高度角，並在南北子午線上30、60度位置標記數值。為強調地平線，則在地平0度至地平下6度的區域塗滿淺綠色，其他區域則留空，以利觀察整體星空的升起沉落，以及全天亮星或星座的相關位置，避免如一般星座盤僅開放地平線以上區域，似有「以管窺天」之憾。

方位角（北方起順時針方向， $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ）也是以每10度角建立圖層。並在地平線的下方附近標記北、東、南、西，以及各方位角度。

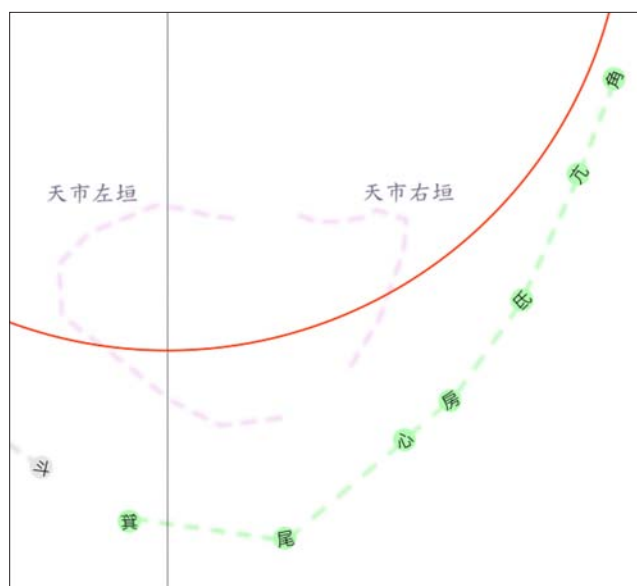


圖9. 天市左垣、天市右垣，以及蒼龍的主要星官位置與連線。

周邊的時間以24小時制，每10分鐘為刻度，18:10~05:50屬於夜間以黑色字體標記，其餘為白天時間用藍色字體，以利全天全時辨識觀察。

因為在地球上不同觀測點，天頂的方位指向不同，所見視窗的星空也會不同。上盤的圖層可依使用者需要依各緯度投影。本文製作北緯24度的上盤，因為越靠近北方的方位角就越密集，為考慮閱讀效果，所以方位角只顯示30、60、120、140、150、160、170、190、200、210、220、240、300、330度線，以及北、東、南、西等共18條線，其餘方位角的線條關閉，再以北緯24度為中心作方位角等距投影。

盤面整體美感

雖然美感是見仁見智，本星座盤除了講究前述內容真確精準、符合人性使用之外，也針對盤面整體美感嚴謹的標繪，例如顏色的調配、線條粗細、圖形樣式與文字標記的大小、位置等。

經輸出上下兩圓盤後，將上盤北方高度角24度與下盤天北極對準，形成有轉軸的星座盤。再以觀測日期與時間為01月18日20時為例，對準結果如圖11。

比對檢核與結語

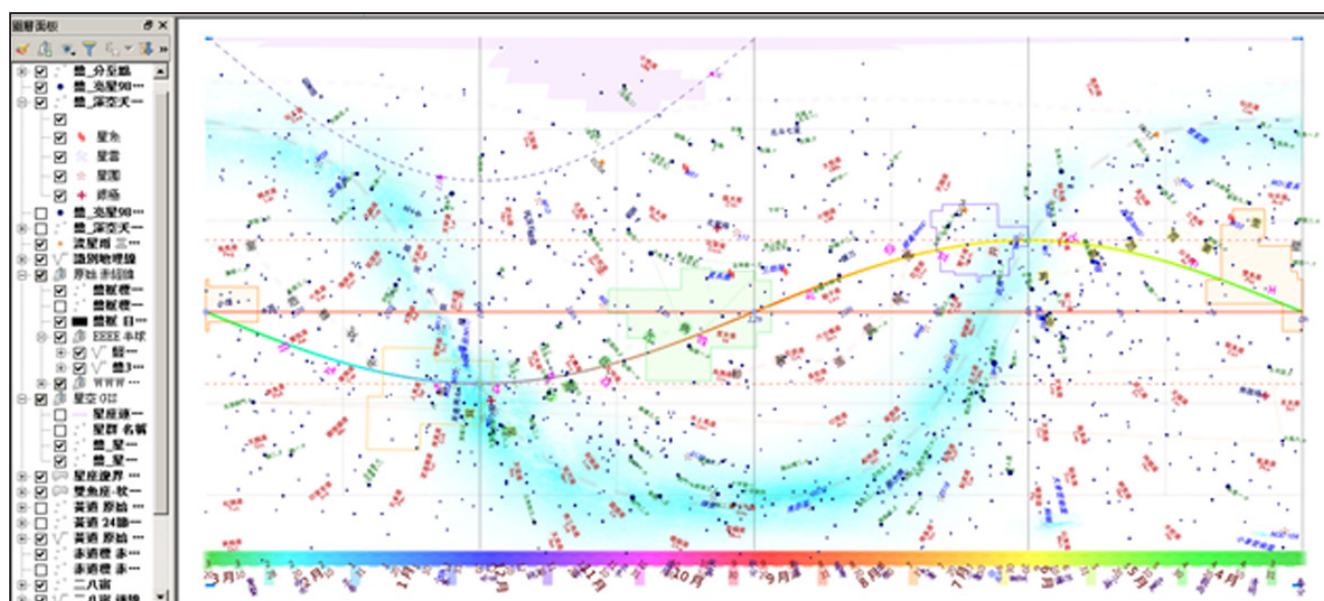


圖10. 本星座盤下盤在QGIS軟體建立圖層的結果。

Stellarium星圖軟體可模擬各地、各個時間的星空情況，成為星空教學及天象查詢常用的軟體。本文利用Stellarium與本星座盤來比對檢核相同觀測緯度與時刻的星空情況。設定Stellarium的觀測地點為北緯24度，東經120度，結果如圖12。查對兩者以下亮星的星空位置，比較結果都非常接近，例如：昴宿星團剛

過天頂、北斗三在方位角30度與北斗四連線於地平線上接近水平、軒轅十四比星宿一更接近地平、北落師門在方位角240度地平線上比前兩者都要高一些、壁宿一接近正西方（方位角270度）高度角40度。

將星座盤的北天極與12月18日連線，該直線與

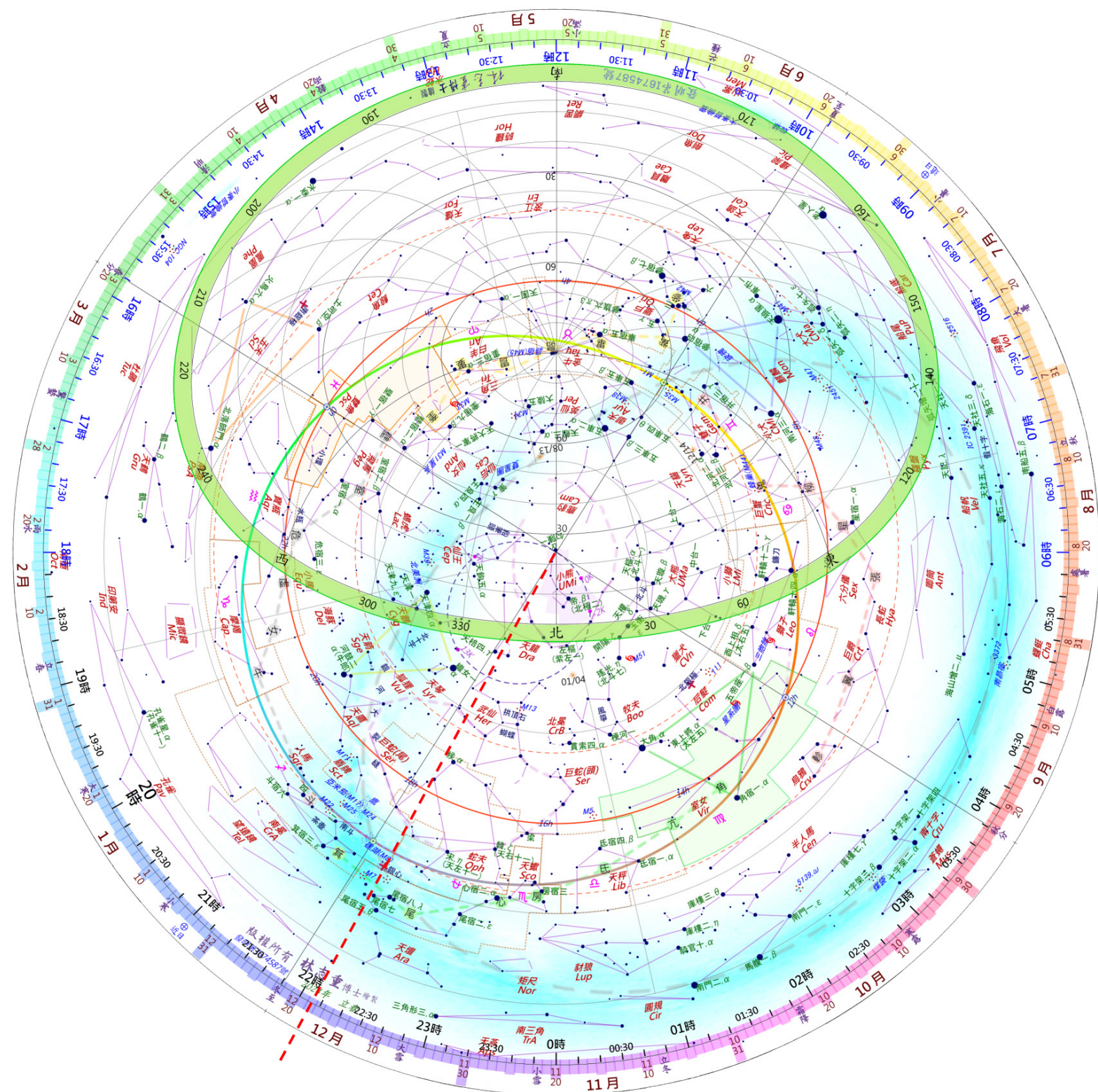


圖11. 本星座盤以1月18日20時為例，日期與時間對準的結果圖。

黃道線相交，交點剛好也位於人馬座邊界，如圖11的紅色虛線，表示12月18日是太陽離開蛇夫座，進入人馬座的日期，與Stellarium 星圖一致，如圖13。

結語：以GIS方法建立與繪製星座盤，可以達到精確的成果，也可依實際需要調整內容、改變投影用於不同觀測點緯度，甚至製作不同尺寸星座盤，或加入圖像，如圖14的東方蒼龍、北斗、仙后與仙王座。

礙於星座盤是平面且盤面較小，會產生變形且標繪亮星內容有限。如果改用幅投影製作成球體的天球儀，不但無變形失真之虞，且可標繪更多的資料，例如以本文相同圖層的架構製作的天球儀，標繪6等星以上亮星約9,800顆，其中385顆星標記有名稱，如圖15。

附註：

1 歐陽亮，2022，《星座盤—變形的星空》，臺北市立天文科學教育館，臺北星空，107期，2022年5月，頁19-24。

2 比較常見星座盤失準樣態，如圖16。

3 林志重，2020，《星座、黃道、節氣的時空關係圖》，臺北市立天文科學教育館，臺北星空，94期，2020年3月，頁11-13。

4 林志重，2022，《基於星群與星宿連線的星空圖》，臺北市立天文科學教育館，臺北星空，108期，2022年7月，頁19-23。

參考資料：

地理資訊系統軟體 QGIS 3.32，<https://www.qgis.org/zh-Hant/site/>。

星圖軟體 Stellarium 23.2，<https://stellarium.org/zh-TW/>。

胡佳伶 譯，2019，國家地理 圖解恆星系，大石國際文化。原著 Robert Dinwiddie等人，The Stars: The Definitive

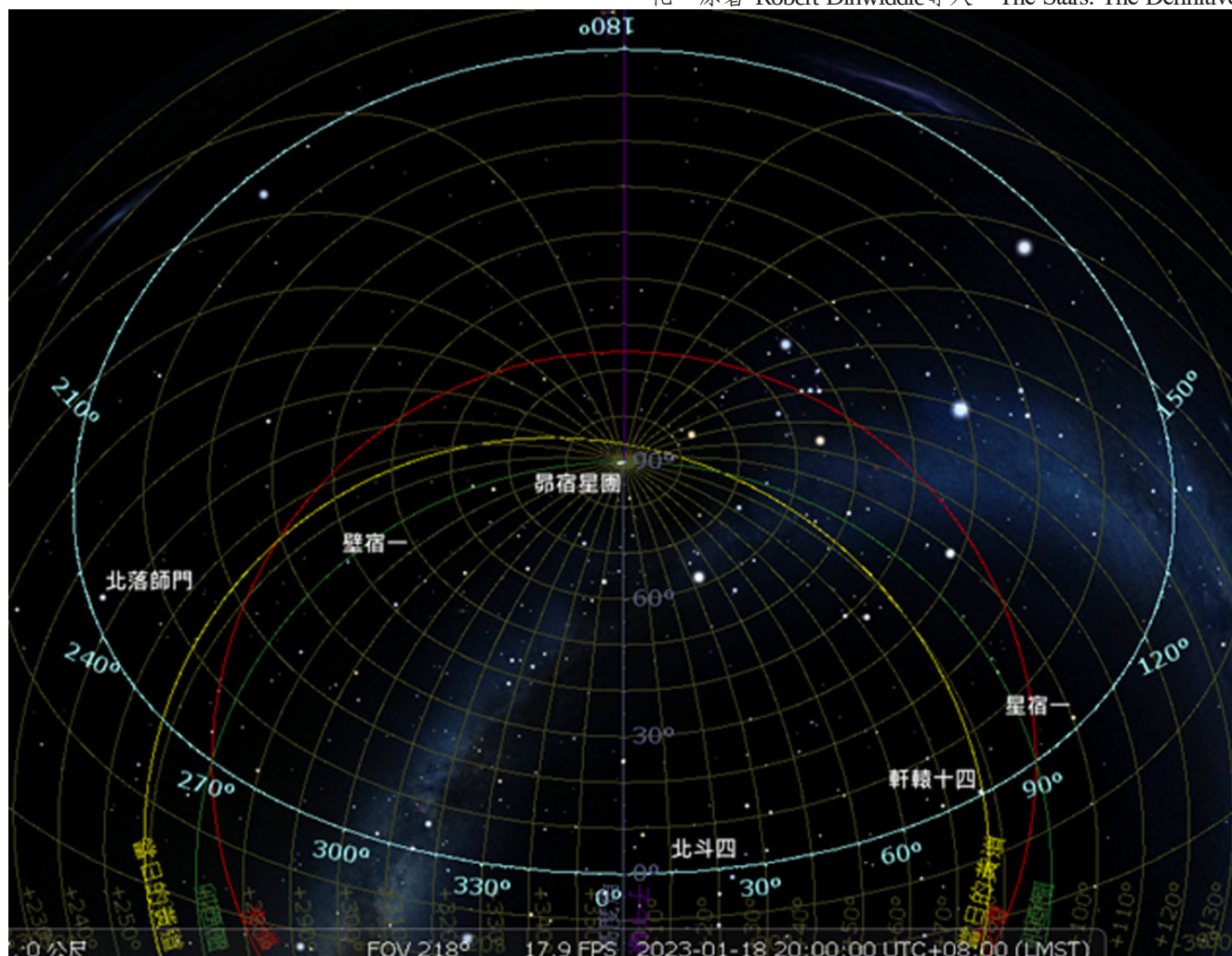


圖12. 設定Stellarium星圖軟體與前述相同觀測地點、日期與時間的星空圖。

Visual Guide to the Cosmos °

徐剛、王燕平，2019，*星空帝國：中國古代星宿揭祕*，新北市：楓樹林。

臺北市立天文科學教育館，2023，*2023年天文年鑑*。

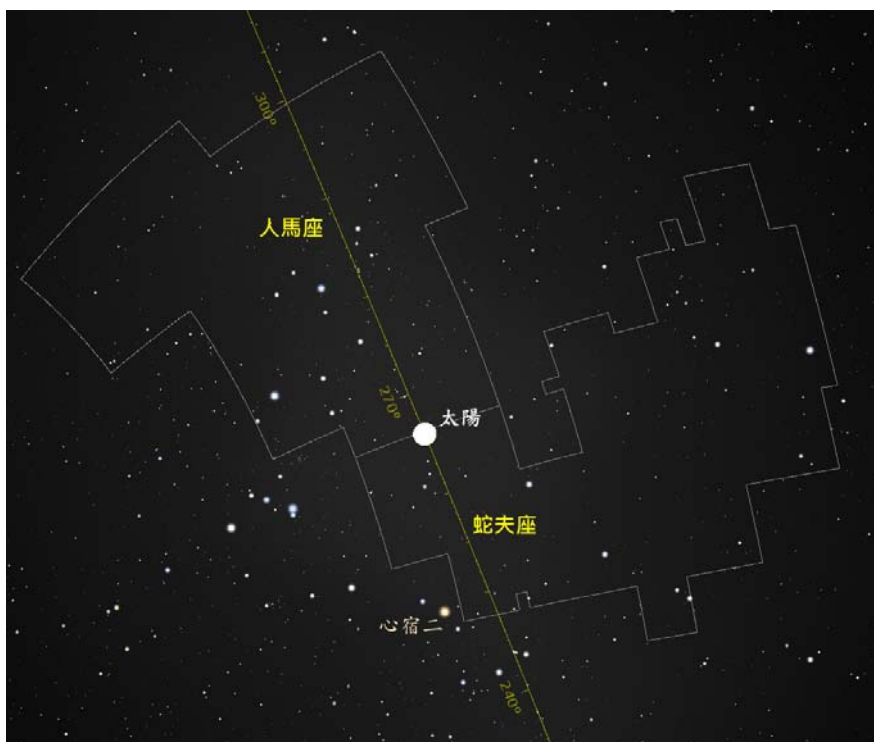


圖13. 太陽、黃道、黃經與星座邊界圖。
圖片來源：Stellarium星圖模擬2023/12/18



圖14. 於星圖裡加繪
星座或星宿圖像。

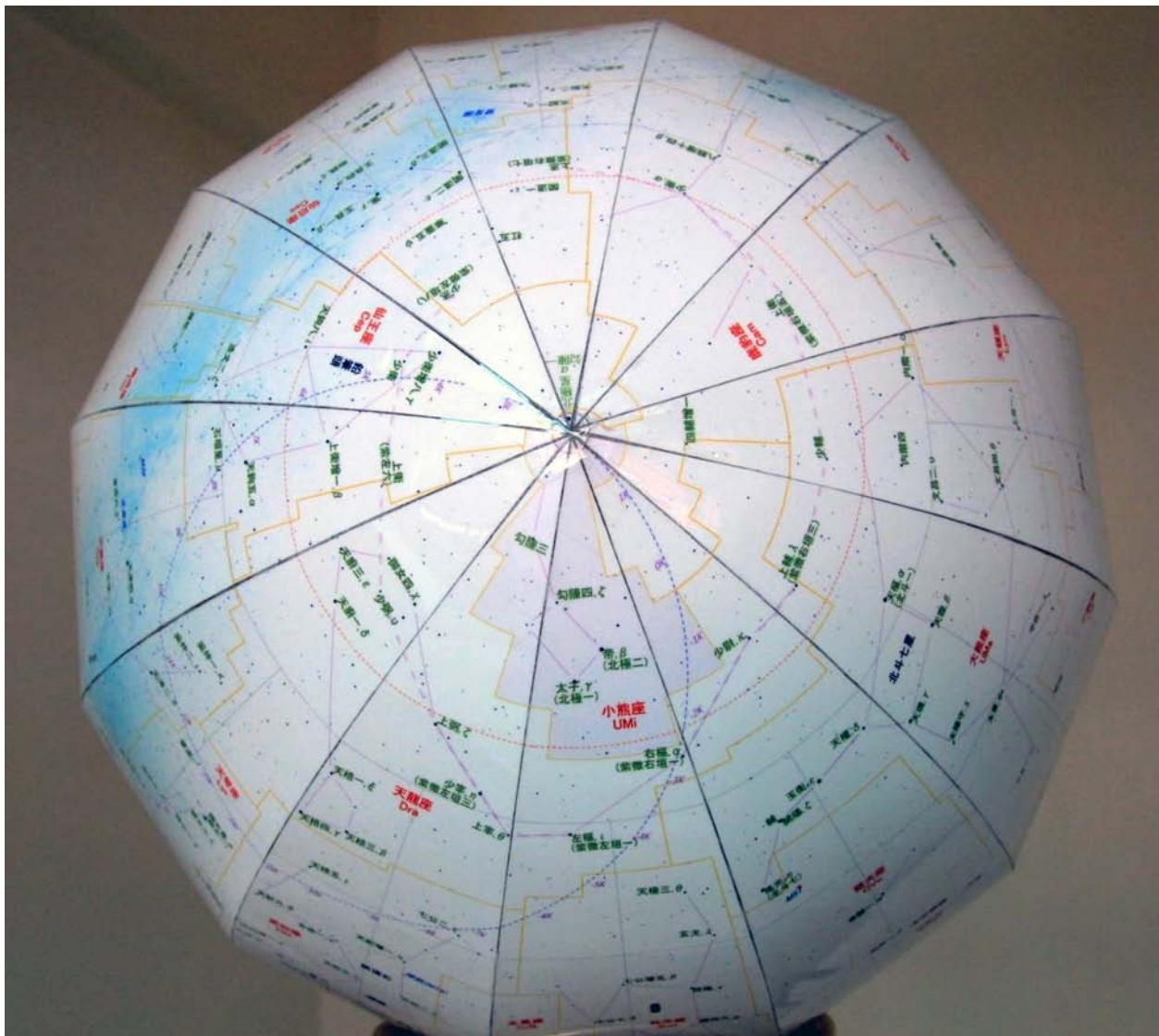


圖15. 以本文相同圖層架構製作的天球儀，不會變形且資料更豐富。

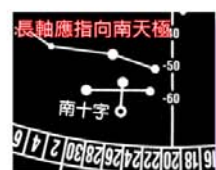
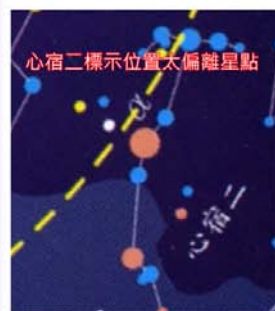
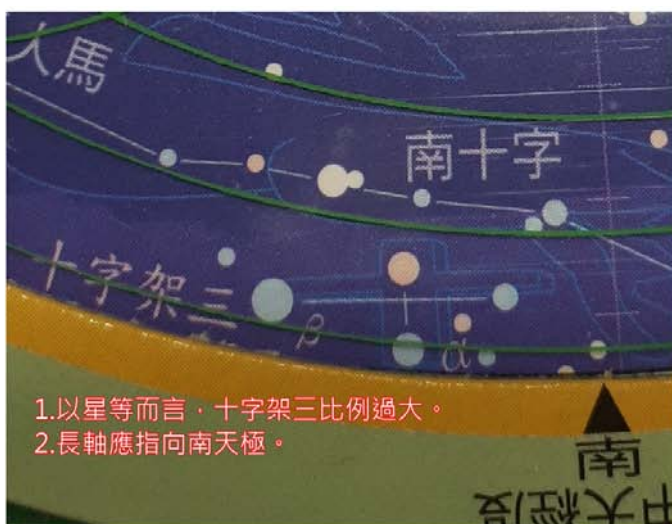


圖16. 幾種常見星座盤有失準的樣態圖。

林志重：地理學博士、助理教授退休、都市計畫技師、GIS幅面球儀發明專利、臺中市南湖社區大學教師。

編譯：謝翔宇

鯨魚與曲棍球棒

畫面中的兩個星系，你覺得哪一個是鯨魚、哪一個又像是曲棍球棒呢？這類外形扭曲的星系，天文學家稱其為「交互作用星系」，兩者之間由於重力影響，導致外形發生變化，星系內部的恆星、氣體與塵埃也改變了位置分布，產生奇異而美麗的圖形。曾是全世界最大口徑單一鏡片主鏡的Subaru望遠鏡利用超廣視野的Hyper Suprime-Cam（HSC）捕捉了這幅高解析力的影像。

位於畫面右上方的NGC 4631鯨魚星系，其近旁緊靠著的是NGC 4627，分類上屬於矮橢圓星系。它們之間的關係像是我們熟悉的M31仙女座大星系與旁邊的衛星星系M110，在兩者互繞的過程當中不停地受到質量較大的星系影響。而位於畫面左下方的NGC 4656/57曲棍球棒星系，它奇特的細長外形像是一根正在穿越太空的棒子，扭曲明亮的上端像是曲棍球棒般翹起，這種形狀被認為是和鯨魚星系以及其伴星系產生重力交互作用所造成的。

來源：Tohoku University/NAOJ

網址：

<https://subarutelescope.org/en/gallery/pressrelease/2024/08/14/3431.html>





Astronomical 美星映象館 *photo gallery*

責任編輯/ 吳昆臻



IC 4685及周邊 邱志揚

時間：2024/7/4～2024/8/2（共7日）

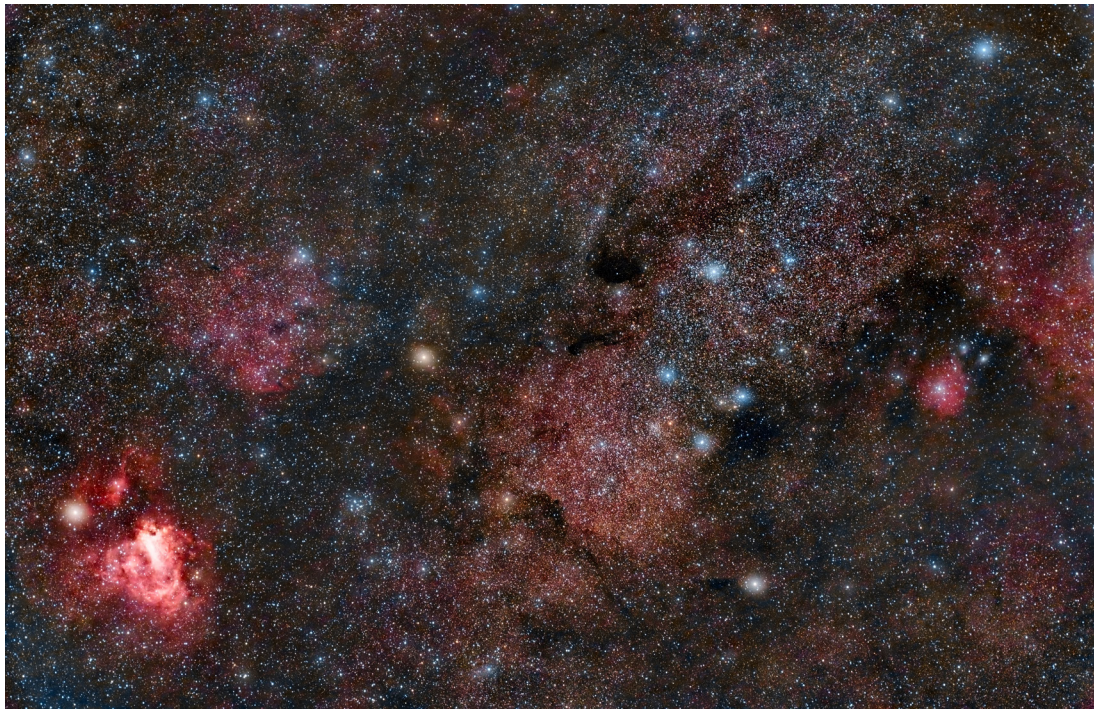
地點：南投縣仁愛鄉翠峰卡爾小鎮、新竹縣北埔鄉五指山

儀器：Vixen SD103S望遠鏡、ZWO ASI 2600MC Pro冷卻相機、ZWO ASI 2600MM Pro冷卻相機、iOptron GEM45赤道儀、William Optics 50mm導星鏡、ZWO ASI 120MM MINI導星相機

參數：RGB 300秒42幅、L 300秒28幅、 $H\alpha$ 300秒27幅、O III 300秒98幅疊合，總曝光約16小時

後製：Astro Pixel Processor、Adobe Photoshop、PixInsight

說明：IC 4685位於銀河核心方向，周邊有很多為人熟知的天體目標，使用O III窄頻濾鏡累積長時間曝光後，拍出了超新星殘骸（SNR G007.5-01.7）的部分影像（影像中青藍色區域）。



M17、M24及其周邊星雲

黃歆杰

時間：2024/5/10

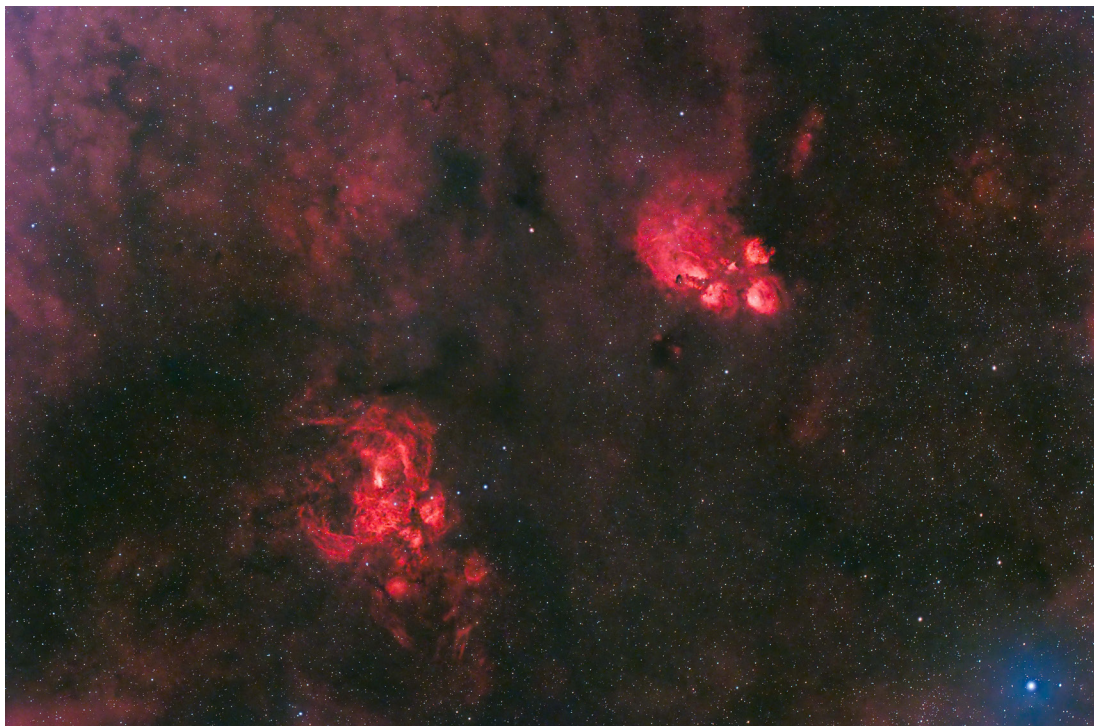
地點：雲林縣臺西鄉自宅樓頂

儀器：Askar FRA400望遠鏡、Nikon D610相機、Optolong L-Quad Enhance濾鏡、Sky-Watcher AZ-GTi電動經緯儀（赤道儀模式）

參數：ISO500、單幅曝光5分，16幅疊合，總曝光80分

後製：PixInsight、Adobe Photoshop

說明：隨著科技的進步，只要有心，加上一個濾鏡，即使在梅雨的季節，雲來雲去的半個夜晚內，在波特爾暗空分類法8的自家樓頂，也能挑出80分鐘可用照片疊圖，影像處理後還是有一點點可看性，這是以往自己做不到的事，不斷的突破，不停的超越，這才是人生。



貓爪星雲&龍蝦星雲（NGC 6334、NGC 6357） 楊中鼎

時間：2024/7/9、2024/7/11

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、ANTLIA TriBand RGB濾鏡、ZWO OAG離軸導星裝置、ZWO ASI 662MC導星相機

參數：冷卻至0°C、Gain100、單幅曝光300秒，41幅疊合，總曝光205分鐘

後製：Astro Pixel Processor、Adobe Photoshop

說明：夏季銀河中，在天蠍座尾巴附近的兩個瀾漫星雲，一個像是可愛的貓爪（NGC 6334，右），另一個則像是有著兩個大螯的龍蝦（NGC 6357，左）。

NGC 2736 鉛筆星雲 施勇旭、王派鏘

時間：2024/1/11 ~12

地點：南投縣仁愛鄉翠峰卡爾小鎮

儀器：Takahashi FSQ-130望遠鏡、ZWO ASI 2600MM Pro冷卻相機、ZWO ASI 6200MC Pro冷卻相機、ZWO EAF電動調焦、iOptron CEM70EC赤道儀、APM Guiding Scope 50/205導星鏡、ZWO ASI 290MINI導星相機

參數：冷卻至-10°C，2600MMP+Antlia 3nm H α 300秒37幅、6200MCP無濾鏡300秒34幅，總曝光5小時55分

後製：PixInsight 1.8.9-2 Ripley

說明：NGC 2736位在船帆座脈衝星附近，是南天星座深空天體的著名景點之一。屬於船帆座超新星殘骸（Vela SNR）的一部分，那一抹淡藍綠色的O III雲氣，猶如一隻小小筆尖的鉛筆而聞名。



IC 1795魚頭星雲 林啓生

時間：2023/12/15

地點：南投縣信義鄉新中橫塔塔加地區

儀器：高橋MT160望遠鏡、Baader MPCC3修正鏡、PLAYER ONE Uranus-C Pro彩色冷卻相機、Sky-Watcher EQ6-R赤道儀、DONELL OAG14S離軸導星裝置、QHY5導星相機

參數：冷卻至-15°C，單幅曝光200秒，60幅疊合

後製：PixInsight、Adobe Photoshop，萬明德影像處理

說明：IC 1795魚頭星雲位在仙后座到英仙座連線之間偏北處，這邊深藏著兩片不小的散光星雲，大的這片IC 1805形狀像心臟稱為心臟星雲（另一片為IC 1848靈魂星雲），魚頭星雲就位在心臟星雲的一角。這條魚頭大大的，魚身卻小小的，2024年秋天就等你來將牠捕下。





鳶尾花星雲 楊順嘉

時間：2024/8/3

地點：南投縣仁愛鄉合歡山鳶峰

儀器：Celestron EdgeHD 8望遠鏡、
SVBONY SV605CC冷卻相機、
ZWO AM5n赤道儀

參數：冷卻至0°C、Gain100、Offset6、單
幅曝光300秒，81幅疊合

後製：Pixinsight、Adobe Photoshop

說明：NGC 7023鳶尾花星雲是一個位於仙
王座的反射星雲，距離地球約1,300
光年。這個美麗的星雲因其獨特的
形狀而得名，看起來就像一朵盛開
的鳶尾花。星雲中心有一顆明亮的
年輕恆星HD 200775，是這片星雲
的光源。恆星發出的藍光被周圍的
宇宙塵埃反射，形成了迷人的藍色
光芒。



M81波德星系、M82雪茄星系 劉羿宏

時間：2024/2/12~2/14 地點：南投縣仁愛鄉清境觀星園景觀山莊

儀器：Askar FRA600望遠鏡、ZWO ASI 2600MC Pro冷卻相機、ZWO ASI 2600MM Pro冷卻相機、iOptron CEM70赤道儀

參數：RGB 300秒192幅、H α 300秒90幅

說明：同框拍下M81、M82星系，並利用單色相機收集星系內的H α 訊號，以強化M82（左）內強烈的星系活動呈現於畫面之中。

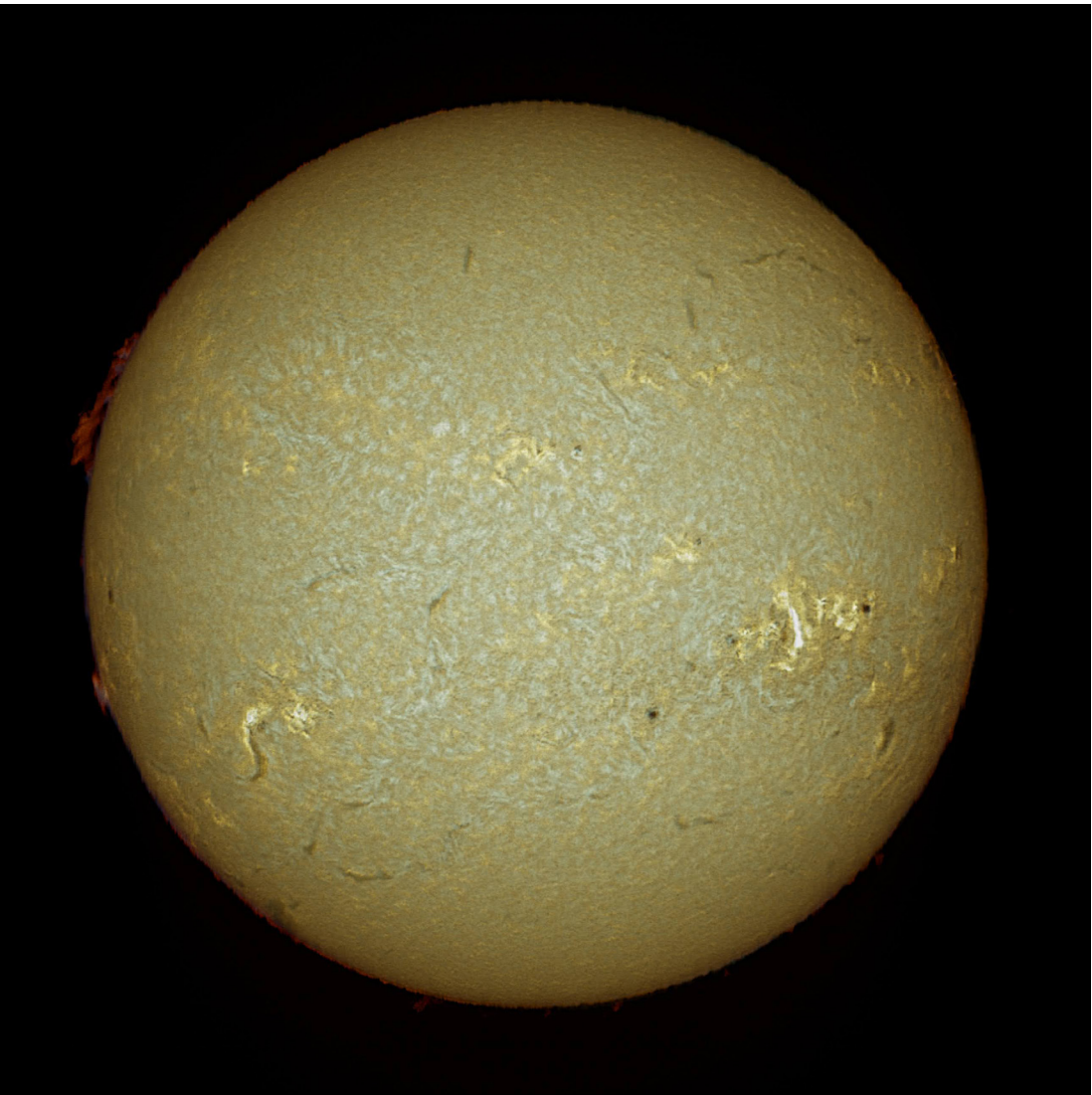
極幼弧月 李美英

時間：2024/8/5 19:02
地點：臺北市文山區萬美街上
儀器：SIGMA 60-600mm F4.5-6.3
S DG OS HSM Sports鏡頭
@600mm、Canon EOS R6
參數：ISO3200、光圈F6.3、曝光
1/60秒
後製：以FastStone Image Viewer
略為調整亮度與銳利度
說明：8月5日傍晚，臺北西北方
低空仍有薄雲，太陽18:36
才下山，天空還亮著。爲
了尋找最年輕最細的新
月，我站在人行道上用雙
筒很努力地找，二十幾分
鐘後終於在高度角約3度、
滿佈紅色薄雲的低空中看
到了非常非常細的這一輪
新月！此時，它被照明的
部分只有0.9%，離朔不到
一天！



炙熱而活躍的太陽 劉韋宏

時間：2024/7/23
地點：桃園市八德區自家陽臺
器材：William Optics GS61望遠
鏡、Hoya PRO ND16減光
鏡、Sol'EX光譜儀、Player-
One Neptune-M相機、
iOptron HEM27赤道儀
參數：H α （6562Å）、Gain120，
D2/D3（5875 Å~5890 Å）、
Gain80，H β （4861 Å）、
Gain50，曝光均爲3.91ms，
採16X恆星時速率全盤面掃
描。
後製：JSolEx、GIMP
說明：由光譜還原成的彩色（假
色）太陽，不僅可以讓我
們看到色球層上的細節，
更可以藉由色彩表現，感
受到另一層次的感動！





藍眼淚與星流跡共舞 游惠麟

時間：2024/5/6 02:58～03:35

地點：馬祖東莒犀牛嶼（47
哨景觀臺）

儀器：SIGMA 14mm F1.8
DG HSM ART鏡頭、
Canon EOS R5相機

參數：ISO3200、光圈F2.0、
單幅曝光15秒，140幅
疊合

說明：每年五月是馬祖追藍
眼淚的最佳時刻，在
夜裡海面上藍眼淚伴
隨浪花打上犀牛嶼岸
邊，發出陣陣藍光與
天空星光閃閃一起共
舞，令人萬分著迷，
經拍攝140張照片後，
以Photoshop進行疊
圖，呈現星流跡與藍
眼淚相互輝映的特殊
景象。



紅色精靈 林偉竣

時間：2024/8/4

地點：臺北市北投區陽明山國家公園巴拉卡公路

儀器：Sony FE 50mm F1.2 GM、SONY α 7SIII相機

參數：ISO10000、光圈F1.2、快門1/30秒、60FPS錄影

後製：將錄製的其中一幀畫面截圖後，再用Adobe Photoshop Lightroom及Topaz Photo做後製輸出

說明：經過漫長等待，突然相機螢幕閃過明顯紅光。後續檢查影片後發現明顯的紅色精靈，其清晰度
是目前拍過上百個紅色精靈最明顯的。國外攝影師會根據其形狀命名為水母精靈（Jellyfish Red
sprites）。

To experience
the beauty of the heaven.....
To view the beauty of the universe.....

浩瀚宇宙無限寬廣，穹蒼之美盡收眼底



攝影 / 周紀宇

GPN:4811300001