

臺北星空

天文館期刊 Taipei Astronomical Museum Magazine

TAIPEI
SKYLIGHT
NO.103 2021.09
ISSN:1727-0022

天宮太空站

國際太空站

天文展品導覽：國際太空站

邁向第五代的史隆數位巡天計畫

「疫」薄雲天

人馬座

固定攝影拍金星

臺北星空



今年對於太空迷來說是令人振奮的一年：在7月維珍銀河與藍色起源的太空船首航成功，帶來「普通人」也能上太空的夢想。中國也於4月發射天和號核心艙，並於6月載運3名太空人抵達，成為人類在太空中第二個家園。

本期專文報導天宮二號太空站及國際太空站，並探討太空人在太空站如何生活。這一年新冠肺炎也影響大眾的生活，「疫」薄雲天介紹古人如何從天象占測吉凶。人馬座是夏季醒目的星座，擁有許多明亮的天體，如何以雙筒望遠鏡找到它？篇篇精彩的文章與您共享。

【封面】

2021英仙座流星雨 周銀王

時間：2021/8/13 00:37~02:10

地點：花蓮縣富里鄉六十石山

器材：Nikon D5600相機、Meike 8mm f3.5

參數：ISO8000、單幅曝光10秒，多幅疊合

處理：星空9張疊圖，地景1張，星空與地景Photoshop後製拼接

說明：行前夢想中的景致，金針花加流星雨，雖有如願拍到，但今年，流星數量不如預期，能置身於金針花海裡觀賞流星雨，真是一大樂事。

Contents

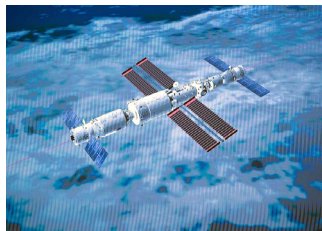
02 天象與新知 許晉翊、趙瑞青

04 天文新聞追蹤報導
邁向第五代的史隆數位巡天計畫 林建爭

19 天文展品導覽
國際太空站：人類最遙遠的家 陳姝蓉

27 謎樣星宿
「疫」薄雲天 歐陽亮

33 天文觀測教室-8
人馬座 陶蕃麟



刊名：臺北星空期刊
統一編號：2008700083
中華民國八十七年十月一日創刊
中華民國一百一十年九月一日出版
刊期頻率：雙月刊
本刊刊載於臺北天文館網站，
網址<https://www.tam.gov.taipei/>

發行人 陳岸立

發行情員 王錦雄、林琦峯
吳志剛、陳俊良
吳昆臻、石中達
廖怡喻、林修美
林坤蓉、管怡雯

編審委員 陶蕃麟、許錫鑫
計修邦、胡憲華

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

本期專文

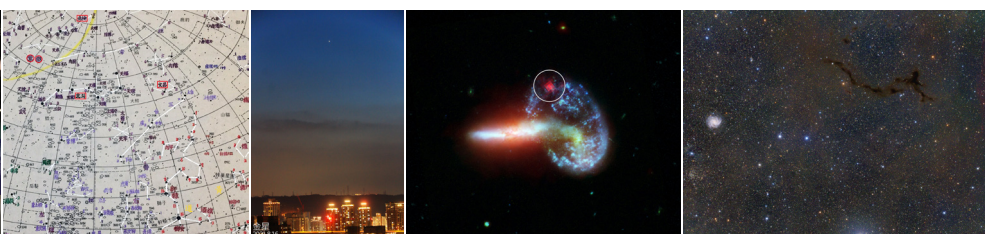
08 國際太空站 徐麗婷

14 天宮/中國太空站時代正式開啓 范賢娟

38 天文攝影實戰教學/EASY拍星空 29 固定攝影拍金星 吳昆臻

44 天體映象 隱身在黑暗之中的超新星 虞景翔

46 宇宙天體攝影 美星映像館 彙整/吳昆臻



總編輯 李瑾
編輯 劉愷俐、趙瑞青
吳昆臻

美術編輯 劉愷俐、莊郁婷
邱幗鳳

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://www.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



重力透鏡效應讓同一顆超新星重複上演



科學家首次確認中子星與黑洞的碰撞實例



霍金關於黑洞的主要預測，終於被觀測到了



科學家發現迄今為止體積最小質量最大的白矮星



天文學家發現了兩顆可能引發超新星爆炸的恆星



哈伯太空望遠鏡恢復運行



科學家利用洞察號的地震資料繪製火星內部結構



黑洞背後的光也看得到！愛因斯坦又對了



中子星上的山脈只有不到1毫米高



觀察到超新星爆炸的最早時刻



蛇夫座RS新星爆發，肉眼可見！

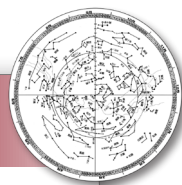


滅絕恐龍的撞擊物可能來自外小行星帶



2021年8月14日臺灣時間14時～17時英仙座流星雨大爆發！

九、十月重要天象



九、十月的天象除了海王星衝以外，著重於內行星的大距，其中水星及金星肉眼可見，水星需要運氣，金星則非常容易見到，今年水星的最後兩次大距是讓各位挑戰眼力的好時機，其中水星西大距時的水星，日出前的仰角也非常高，不過要相當早起喔。

目前在黃昏時分已經可以在西方見到的極亮天體為金星，隨著日子越來越接近年底，金星也會越來越亮，海王星則必須至少使用8公分以上的天文望遠鏡才能見到它的身影。

9/11 智神星衝，視亮度8.5等

9/14 水星東大距，日距角26.8度，亮度0.1等

9/14 海王星衝，視亮度7.8等

10/25 水星西大距，日距角18.4度，視亮度-0.7等、10/28 日出時水星達仰角極大（18度）

【 推薦】

10/30 金星東大距，日距角47.0度，視亮度-4.6等

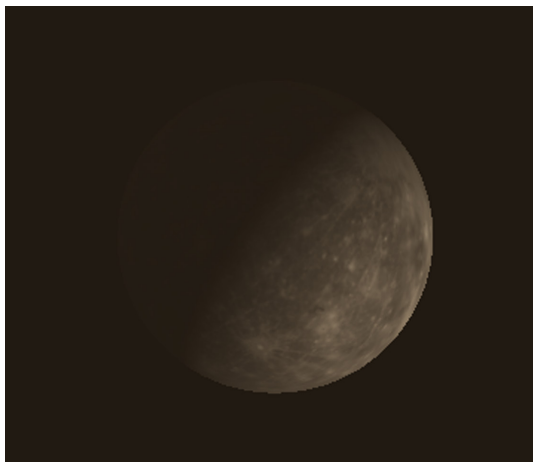
天象焦點

9月11日 智神星衝

09:48，編號為2號的智神星到達衝的位置，是一年中智神星最亮的時候且整夜可見，但它的體積較小，反射的太陽光也較微弱，亮度僅有8.5等，必須使用8公分以上望遠鏡才可能見到它的身影。

9月14日 水星東大距

14日12:24，水星達本年度最後一次東大距位置，水星在太陽以東26.8度，亮度約0.1等，在日落時相對仰角極大的日期在9月3日，約可達14度，這是今年最後一次在日落後見到水星的機會，下一次就要等到明年了，建議利用雙筒望遠鏡協助觀賞。



9月14日 海王星衝

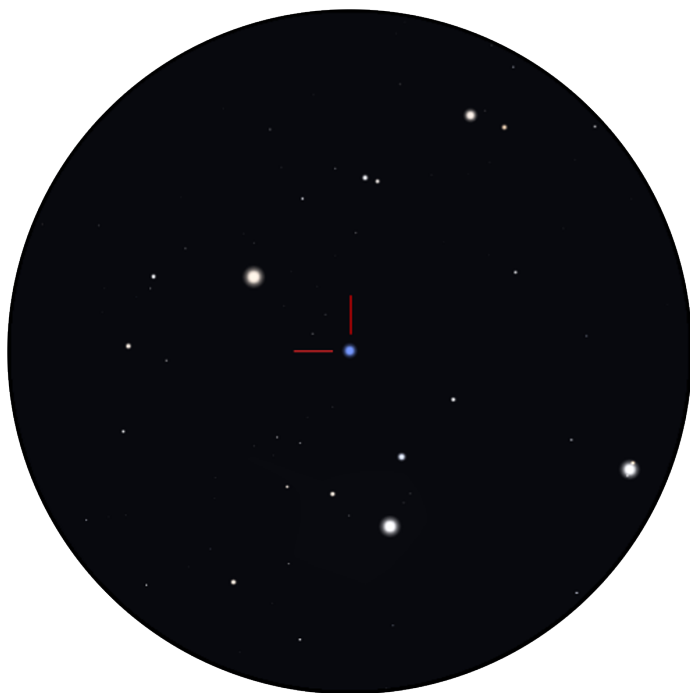
17:21，太陽系最遠行星－海王星抵達衝的位置，這是一整年中海王星最大最亮的時候並且整夜可見，它雖然遙遠且昏暗，肉眼無法見到，但是非常與眾不同的是它的顏色。在晴朗的夜空下，透過較大口徑的望遠鏡觀看可見其藍色小圓盤狀，在衝的前後一個月都是相當好的觀測及拍攝時機。

10月25日 水星西大距

13:30，水星達本年度最後一次大距位置，水星在太陽以西18.4度，視亮度達-0.6等，也同時是今年水星觀測條件最佳的時機，其中在10月28日，水星在日出時的仰角達18度，亮度達-0.8等，較容易觀察，但是必須要在日出前起床，早起的朋友才有可能見到這次的水星了。

10月30日 金星東大距

04:52，金星達本年度唯一一次的大距位置，金星在太陽以東47.0度，視亮度達-4.6等，在這個時間點觀賞金星是最佳時機，近期每到日落，在西方天空可見亮星即為金星，一直持續到年底都可以在日落後至19時看見金星，尤其是10月底左右的亮度較大且滯空時間較長，可觀賞時間更久。



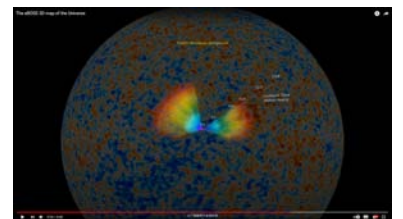
文/ 林建爭

Cosmic Microwave Background

邁向第五代的史隆數位巡天計畫

打著描繪宇宙地圖的口號，史隆數位化巡天計畫（Sloan Digital Sky Survey，SDSS）自2000年起，超過20年的營運歷經四代，今年正式邁向第五代。史隆數位化巡天計畫因獲得Alfred P. Sloan基金會的主要資助，因此以該基金會名字命名。該計畫早期使用位於美國新墨西哥州阿帕契點天文臺（Apache Point Observatory）的史隆基金會2.5公尺望遠鏡僅對北天進行影像及光譜巡天，對比較亮的星體用 NMSU（New Mexico State University）1公尺望遠鏡追蹤觀測（見圖1）；到了第四代 SDSS 增加了位於智利拉斯坎帕納斯天文臺（Las Campanas Observatory）的杜邦2.5公尺望遠鏡（Irénée du Pont Telescope）對南天進行光譜巡天（見圖2）。

早期SDSS的影像巡天觀測使用五個濾鏡（u, g, r, i, z）從1998年9月19日拍攝了它的第一幅影像至2009年11月18日為止，主要覆蓋了北天約 14,055平方度的天區（註：全天約41,252平方度）；2009年後SDSS完全以光譜模式進行巡天，而第五代主要使用兩種光譜儀，可見光光譜儀（BOSS spectrographs）及近紅外線光譜儀（APOGEE spectrographs）。其中可見光光譜儀解析度R約2,000，表示能在可見光波長6000埃處區分出波長3埃的差異，目前該儀器已經觀測約超過四百多萬個光譜，包括銀河系外和銀河系內星體的光譜；而近紅外線光譜儀是高解析度的光譜儀R約22,500，也就是該儀器能在近紅外波段約16,500埃處區分出波長0.73



The eBOSS 3D map of the Universe
<https://www.youtube.com/watch?v=KJJXbcf8kxA&t=106s>

↓圖1. 美國新墨西哥州阿帕契點天文臺，中間前方是NMSU 1公尺望遠鏡圓頂，右後方是史隆基金會2.5公尺望遠鏡，在滿月時用近紅外光譜儀（APOGEE）觀測銀河中心部分的星體，遠方地平面的光害來自美國德州艾爾帕索市（El Paso）。圖片來源：S. R. Majewski/SDSS



↑圖2. 智利拉斯坎帕納斯天文臺，杜邦2.5公尺望遠鏡。圖片來源：SDSS

埃的差異，目前該儀器已經觀測了銀河系內約50萬顆恆星。

為什麼光譜觀測對天文學家這麼重要？英語有句諺語說一張圖勝過千言萬語，不過對天文學家來說一條光譜勝過千百張圖，例如星系的光譜可以告訴我們許多資訊，比如它有多遠，它的恆星形成多久，甚至這些恆星如何圍繞星系中心的超大質量黑洞。被黑洞吸入的氣體光譜可以用來估算黑洞有多大以及黑洞的增長速度有多快。如果是單顆恆星，一條光譜可以告訴我們它的溫度、構成它的化學元素豐度以及它朝向或遠離地球移動的速度，如果對同一顆恆星在不同時間觀測多次光譜，我們甚至可以用來檢測該星是否有行星或低質量伴星的存在。

幾個世紀以來，天文學家一



圖3. 觀測人員正在把光纖插入已經鑽好洞的鋁片，上面是光譜儀，待光纖安裝完畢，會將整個儀器倒置並安裝在望遠鏡焦平面的底部。圖片來源：SDSS

直在研究不同星體的光譜，但過去天文學家每一次的觀測只能將一個恆星或星系的光引導到光譜儀中，因此光譜觀測通常是一件曠時費力的過程。隨著天文學家研究的天區越來越大，想要收集越來越多的恆星及星系光譜，用傳統方法來觀測星體似乎變得不切實際。因此在1990年代末，當時SDSS的天文學家和工程師們

嘗試在鋁板上一次鑽數百個孔，每個孔的位置與特定天區的恆星或星系對齊；當該鋁板安裝在望遠鏡後，觀測人員再將一根一根的光纖，手動小心地插入每個孔上（見圖3），將來自恆星或星系的光傳送到光譜儀中。這樣的方式能夠同時收集數百條光譜，大大提高了觀測星體的速度。SDSS第四代計畫主持人Mike

Blanton進一步解釋：『事實上，我們在2000年初觀測的資料量幾乎和之前所做過的觀測資料一樣多，而這只是前一、兩個月的觀測資料而已！』

從SDSS計畫開始執行以來，已經由美國華盛頓大學（University of Washington）機械工程所製作出超過12,000片鋁板並鑽孔，接著由美國墨西哥州或智利天文臺人員手動插上光譜，然後再進行觀測。這些鋁板的總重量約12噸重（約十臺小客車）；對於天文學家來說，大約跟白矮星上葡萄差不多大小的物體一樣重（註：白矮星平均密度每立方公分約一噸重），這些鋁板甚至可以回收製出四百多萬個鋁罐。這些鋁板的外觀跟孔洞設計隨著計畫、光譜儀或是望遠鏡的不同而有所改變（見圖四），

這些鋁板有的有一千多個孔觀測恆星或星系，有的有幾十條光纖捆在一起同時觀測同一星系的孔。直至今日，已經鑽了超過五百多萬個孔，如果你一秒數一個孔，差不多要連續數兩個月才數得完。

那我們從穿過這些洞的星光學到了些什麼？截至目前，SDSS已經收集超過四百多萬個星系、類星體及恆星光譜，而天文學家分析這些光譜來測量宇宙的年齡、估算宇宙有多少暗物質、解釋宇宙如何加速膨脹，以及數十億個星系如何隨著時間形成和演化。隨著SDSS觀測更多銀河系內的恆星，我們越來越能夠了解銀河系裡恆星的誕生、演化及老死的故事。

SDSS不僅限天文學家使用，

一般人有興趣的話隨時隨地都可以到SDSS官方網站下載使用，使用SDSS資料的人來自世界各地，有時候不同領域的人也會想出當初設計觀測時沒有想到的資料分析方法。此外，SDSS也在教育方面做出不少貢獻，SDSS的教育計畫把觀測過的鋁板捐給世界各地的學校、博物館或是其他教育機構，此計畫也有教學材料，幫助各單位的教育工作者們如何認識他們手上的鋁板，並納入教學課程以教授更多天文物理的觀念。SDSS甚至也激起了藝術家們的創意（見圖5）。

西元2000年SDSS在光譜觀測上突破了限制，開啓了多目標光譜觀測的大航海時代，表一列出目前或未來規劃的光譜巡天計畫，其中中國的LAMOST巡天計畫利用機器手臂定位光纖，讓多

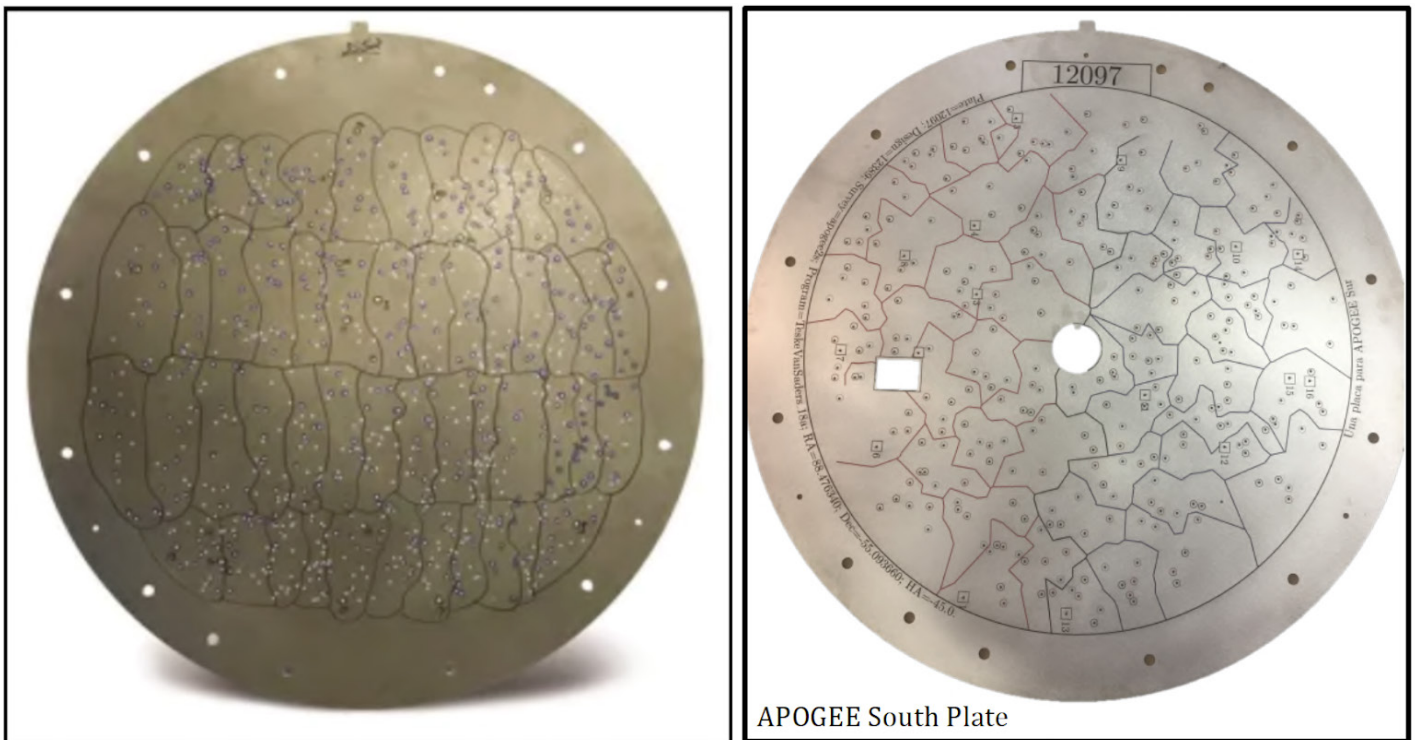


圖4. 左圖鋁板是設計給可見光光譜儀（BOSS spectrographs）專門觀測星系及測其紅移大小，用以研究星系的形成與演化及宇宙膨脹的歷史；右圖鋁板是設計給近紅外線光譜儀（APOGEE spectrographs）專門觀測恆星及測量其化學豐度、逕向速度，用以研究恆星的形成與演化以及在銀河系中的運動軌跡。圖片來源：SDSS。

目標光譜巡天的效率有效提升好幾倍。SDSS也即將進入機器手臂自動定位光纖的時代，自動化的改變讓SDSS在短時間內能最有效率地觀測更多的星體。SDSS第五代計畫主持人Juna Kollmeier認為：『藉由SDSS第五代儀器及其機器手臂的結合，我們將能夠更及時或重複地用光譜儀觀測整個天空，並將這些資料提供給全世界。未來累積更多不同時間的資料後，我們或許能製作出宇宙變化的電影。』

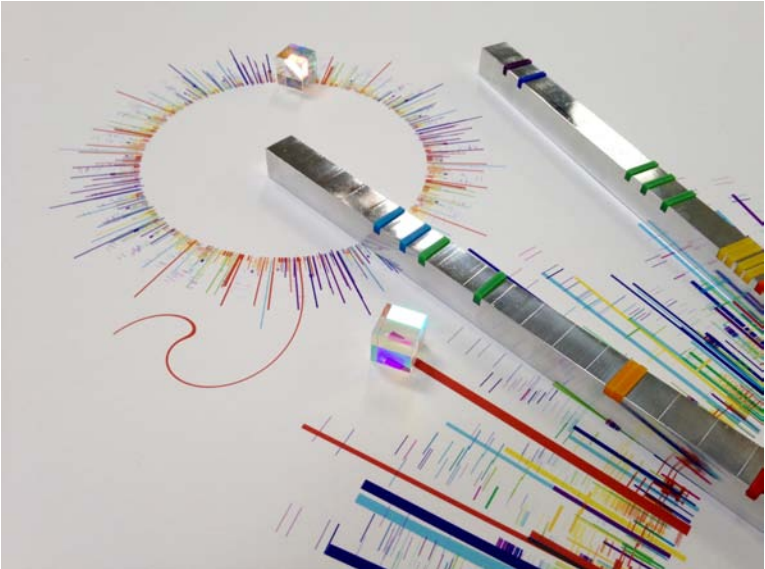


圖5. 藝術家展示 SDSS 的光譜意象圖。
圖片來源：Tim Fitzpatrick/SDSS

參考資料：

<https://www.sdss.org/>
<https://www.sdss.org/press-releases/serving-up-the-universe-on-a-plate/>
<https://www.sciencemag.org/news/2021/02/robots-are-speeding-most-boring-job-astronomy>

林建爭：美國夏威夷大學天文研究所、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

儀器	地點	望遠鏡口徑	光纖數目	觀測起始年份
LAMOST	中國	4.9 公尺	4000	2008
DESI	美國亞利桑那州	4.0 公尺	5000	2019
SDSS-V	美國新墨西哥州、智利	2.5 公尺	1600	2021
WHT/WEAVE	西班牙	4.2 公尺	1000	2021
Subaru/PFS	美國夏威夷州	8.2 公尺	2400	2021
VISTA/4MOST	智利	4.1 公尺	2400	2023
VLT/MOONS	智利	8.2 公尺	1000	2023
MSE	美國夏威夷州	11.25 公尺	4000	2027

表一：目前或未來規劃的光譜巡天計畫。

YouTube相關影片：



SDSS 製作鋁板及鑽孔過程
<https://www.youtube.com/watch?v=iYyO7pGaJNw>



SDSS 觀測人員手動插光纖縮時
<https://www.youtube.com/watch?v=i6ZOUdWRwtg>



SDSS 巡天介紹
<https://www.youtube.com/watch?v=n7vzVcKEqIU>

文/ 徐麗婷

國際太空站（International Space Station，ISS）是地球軌道上最大的衛星，也是太空中最大的人造物體，其大小約有一個足球場這麼大，有時候我們從地表用肉眼就可以看到它快速地在夜空中劃過。國際太空站在距離地球表面400公里高的低地球軌道上運行，並且以每秒約7.7公里的速度繞行地球。以這個速度繞地球一圈只需要93分鐘，所以太空站每天會繞行地球15.5圈（這也表示太空站上的太空人每天可以看15次以上的日出與日落）。

圖1. 由奮進號太空梭（Endeavour）於2010年執行任務時所拍攝的國際太空站。© NASA

國際太空站



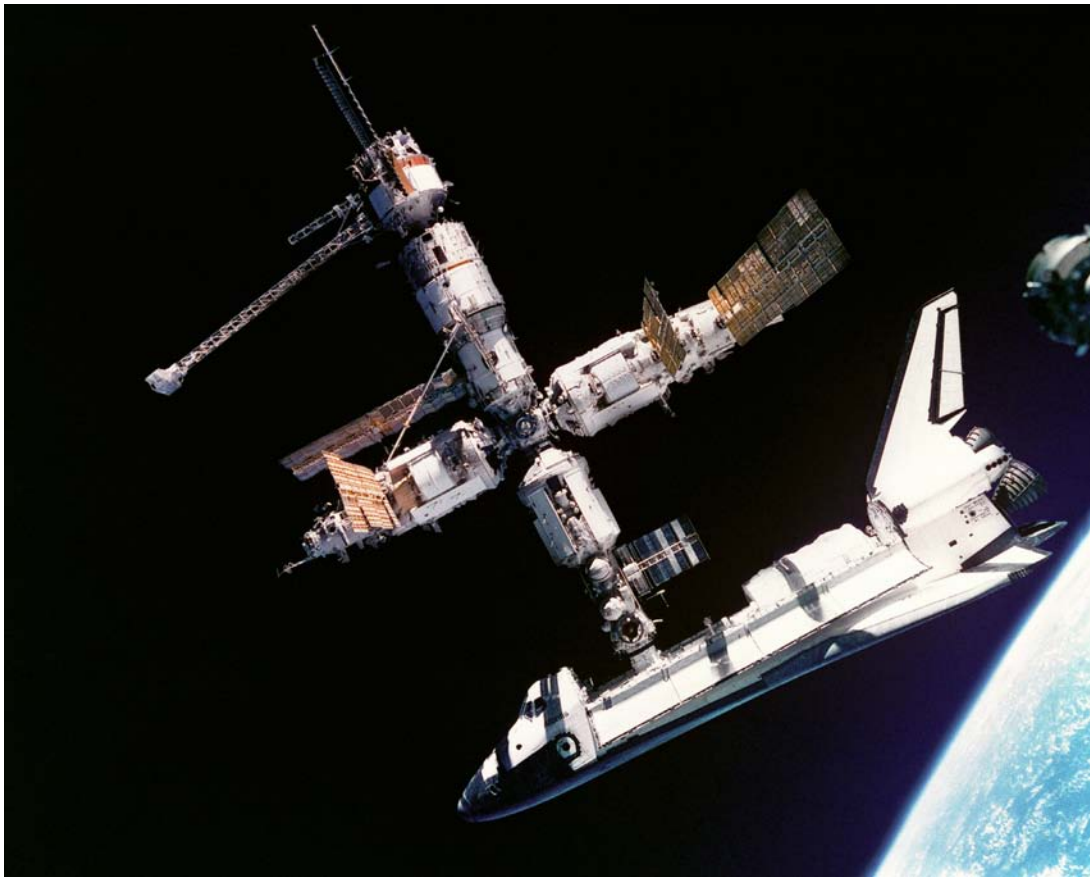


圖2. 1995年，俄羅斯「和平號」太空站（Mir）和美國的太空梭「亞特蘭提斯號」（Atlantis）對接。
圖片來源：wiki

冷戰時代的太空競賽

設置國際太空站的目的，主要是作為太空實驗室、天文臺，以及為未來可能的月球和火星登陸計劃提供運輸、維護和中繼站的服務。在2010年美國國家太空政策中，國際太空站更被賦予了為商業、外交和教育服務的額外目的。

然而，最初設立太空站的想法，其實是源自於冷戰時期美國與蘇聯的太空競賽。蘇聯在1980年代已經率先發射了模組化的太空站到地球軌道上，而美國政府擔憂蘇聯擁有比美國更強大的核武攻擊力量，因此在1984年提出了「戰略防禦計畫」，又稱為「星戰計畫」（Strategic Defense Initiative, 或稱 Star Wars Program），其目標是要建造太空中的反彈道飛彈系統，以阻止敵方的洲際飛彈和太空飛行器。美國太空總署提出的自由號太空站（Space Station Freedom）計劃就是這個「星戰計畫」的一部分，雷根總統更在1984年宣示將在10年內完成太空站的建設。

但是由於太空站預算龐大、加上1986年挑戰者號太空梭的爆炸意外，太空站計劃不斷地被延宕。

一直到1991年蘇聯解體後，冷戰正式結束，美國和蘇聯的太空競賽也失去了意義。冷戰結束後，美國總統柯林頓於1993年宣布結束自由號太空站的計劃。同年，在美國副總統高爾的推動下，美國太空總署開始與俄羅斯聯邦太空總署協商合作建立太空站的構想，這也促成了兩國初步的太空合作計畫：「太空梭-和平號計劃」。

國際太空站的前身 太空梭-和平號計劃 （1993-1998）

國際太空站的成立主要分為二個階段：第一階段是從1993到1998年，由美國太空總署（NASA）和俄羅斯聯邦太空總署（Roskosmos）所合作的「太空梭-和平號計劃」（Shuttle-Mir Program），而這個計劃也可以說是國際太空站的前身（見圖2）。

其中俄羅斯在1986年升空開始興建的和平號太空站（space station Mir），是世界上第一個模組化的太空站，也是第一個讓人類可以長期居住的太空

研究中心。在這個「太空梭-和平號計劃」其間，NASA一共執行了11次太空梭任務，並且派了7名美國太空人長駐在和平號上（累計將近1000天）向俄羅斯太空人學習長時間的太空生活經驗、操作太空站、太空漫步訓練、和進行各種科學實驗。其目的就是為了建造之後的國際太空站而作準備。

2001年，因為和平號太空站的設備老化且缺乏維修經費，俄羅斯聯邦太空總署決定將其墜毀於地球大氣層，而其碎片則是掉入南太平洋海域中，結束它長達15年的太空服役生涯。

國際太空站 (1998-現在)

國際太空站目前由五個太空機構聯合運作，包括美國太空總署（NASA）、俄羅斯聯邦太空總署（Roscosmos）、日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）、加拿大太空總署（CSA）和歐洲太空總署（ESA）。最初在命名國際太空站時是提議稱之為「阿爾法太空站」，但是俄羅斯方面並不贊成「阿爾法」（Alpha， α 是希臘字母表裡的第一個字母）這個名字，因為「阿爾法」有表示「第一個」

的意涵。事實上俄羅斯的和平號才是第一個模組化的太空站，所以他們認為國際太空站的名字應該稱作「貝塔」（Beta， β 是希臘字母表裡的第二個字母）會更合適。在各國商談之後才決定直接定名為「國際太空站」（International Space Station）。

1998年11月，國際太空站的第一個模組：俄羅斯的曙光號功能貨艙（Zarya）發射升空；同年12月，美國的團結號節點艙（Unity）發射進入軌道並與曙光號連接；2000年7月，俄羅斯的星辰號服務艙（Zvezda）升空與太空站連接。星辰號服務艙主要是提供太空人的生命維持系統，包括太空人睡眠的區域、健身器材、飲用水裝置、廚房設備、廁所以及其他衛生設施。這些設備都是為了2000年11月首批登上國際太空站的太空人做準備。（圖3的三張照片可以看到最初三個模組陸續建構太空站的演進。）

國際太空站的架設工作一直持續到2002年。不幸的是，在2003年發生了哥倫比亞號太空梭（Columbia）的失事事件，NASA停飛了所有的太空梭，國際太空站的建設也因此受到拖延。在太空梭停飛的兩年半裡，太空人的物資完全依賴俄羅斯聯盟號（Soyuz）太空船的輸送，一直到2005年NASA太空梭才再度重返太空。之後太空梭連續運送了大量的桁架與太陽能板到太空站上組裝（見圖



圖3a. 1998年從奮進號太空梭上拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya），這也是第一個升空的國際太空站組件。圖片來源：wiki



圖3b. 1998年從奮進號太空梭上所拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya）和團結號節點艙（Unity）。© NASA

4)。日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）於2008年也加入了建造國際太空站的行列，陸續在太空站增設了希望號實驗艙（Kibo）；2012年，美國太空探索科技公司（SpaceX）發射了第一艘商業用太空船飛龍號（Dragon spacecraft）。

國際合作太空站的組裝

目前國際太空站的空間大小約為1,000立方公尺，總質量約41萬公斤。整個站體長約108公尺，寬約74公尺（大概是一個足球場的大小）。要建造完整的太空站，需要40多次的太空飛行任務才能達到。到2020年為止，NASA太空梭一共執行了36次任務來運送國際太空站的模組，另外負責運送模組的還包括俄羅斯的質子號（Proton）和聯盟號（Soyuz）運載火箭，以及美國太空探索科技公司的「獵鷹9號」（SpaceX Falcon-9）。太空站的模組主要是先在地面上建造完成，再運送到太空中組裝。下面列出一些規模較大的太空站模組：

- ◆曙光號功能貨艙（Zarya，於1998年11月升空）
- ◆團結號節點艙（Unity，於1998年12月升空）
- ◆星辰號服務艙（Zvezda，於2000年7月升空）
- ◆命運號實驗艙（Destiny Laboratory Module，於

2001年2月升空）

- ◆協和號節點艙（Harmony，於2007年10月升空）
- ◆哥倫布號實驗艙（Columbus orbital facility，於2008年2月升空）
- ◆日本希望號實驗艙（Japanese Experiment Module，又稱Kibo，於2008~2009年間分批發射升空）
- ◆綜合桁架結構與太陽能板（於2000~2009年間分批發射升空）
- ◆科學號實驗艙（Nauka，於2021年7月升空）

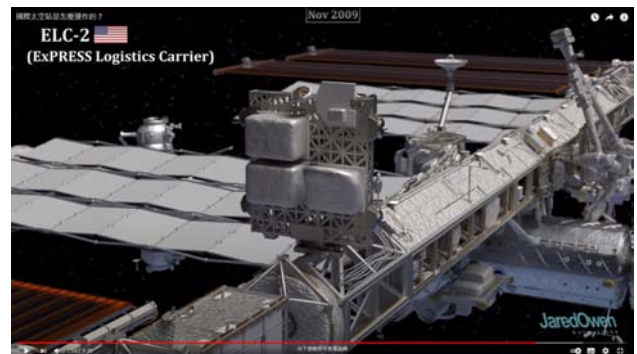
國際太空站在繞行地球的過程中，高度會逐漸下降。為了維持太空站的軌道高度，會以太空站的推進系統、或是以來訪的飛行載具引擎來提供推力，藉此推高太空站的軌道高度。太空站所在的低地球軌道上，同時也存在很多太空碎片。前面所提到的改變太空站軌道高度的方法，也可以應用在避開太空碎片撞擊的操作上（Debris Avoidance Manoeuvre, DAM）。萬一太空站來不及執行DAM以躲避太空碎片，那麼所有的太空人將會集合到俄羅斯的聯盟號（Soyuz）太空船上，若太空站受到嚴重破壞時就可以緊急撤回地球。這樣的緊急疏散事件在2009、2011、2012和2015年都虛驚過一次，但只有進入聯盟號，沒有撤離。

國際太空站上的實驗

由於國際太空站以高速繞著地球轉，太空站上的地心引力與離心力幾乎相互抵消。但是實際上，太空站上的重力環境其實並非是全然



圖3c. 2000年從亞特蘭提斯號太空梭上所拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya）、團結號節點艙（Unity）和星辰號服務艙（Zvezda）。圖片來源：wiki



影片：國際太空站是怎麼運作的？

https://www.youtube.com/watch?v=oLrOnEmy_GA



圖4. 2006年，太空人正在安裝桁架，桁架是用來安置太陽能板和艙外機器的結構。圖片來源：wiki



圖5. NASA太空人Nicholas Patrick正在用太空漫步執行艙外任務，攝於2010年。圖片來源：wiki

的「零重力空間」，而是還受到非常微小的重力影響，我們稱之為「微重力環境」（micro-g environment）。太空站設立的其中一個重要目的，就是做為在微重力環境下的實驗室，其研究領域包括天文生物學、天文學、氣象學、物理學、材料科學和太空天氣等。

在微重力的環境下研究植物生長、流體力學、材料合成、燃燒現象和結晶過程等，都有助於科學家更加了解在無重力下的各種物理現象。例如，圖6是非常著名的火焰實驗：在太空中燃燒的火焰會因為在微重力的環境下變成圓形的。另外一個重要的實驗，

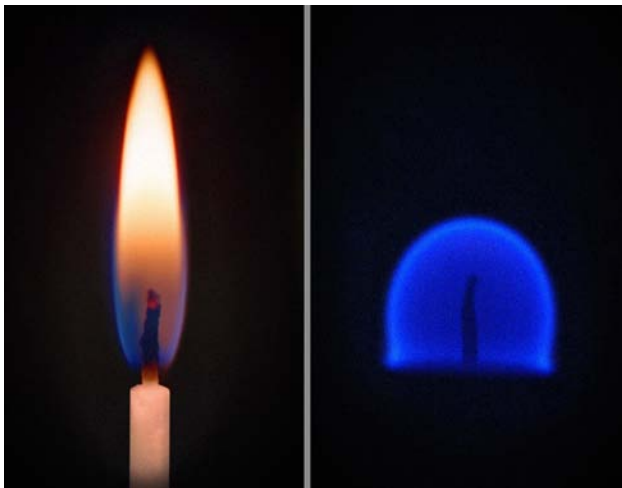


圖6. 左：在地表上的火焰形狀。右：在微重力環境下的火焰形狀。圖片來源：wiki

是研究長期在太空中生活對人體的影響，包括肌肉萎縮和骨質流失等問題。研究顯示長時間的太空旅行可能會造成太空人有重大骨折的風險，所以現在太空站上裝有為太空人設計的健身器材，讓太空人每天都能有固定的運動量，以防止肌肉萎縮及維持人體循環系統的健康運作。

國際太空站的未來發展

在太空站上的各項實驗與儀器測試，對於NASA即將執行的重返月球計畫以及之後的火星登陸計畫尤其重要。除了累積在太空中操作與維修各種儀器的經驗之外，對於微重力、宇宙輻射和隔離對太空人身心健康的長期影響，也能研究出較可行的應對之道。

到2010年為止，國際太空站所花費的金額已經高達1,500億美金，遠遠超過了最初的預算。雖然很多人對國際太空站未來的持續運作抱持著反對的意見，但是基於考量到未來重返月球與登陸火星的計畫，2018年美國國會還是通過相關法案，確定延長國際太空站的使用期限到2030年。

參考資料：

1. International Space Station
https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station
2. Shuttle-Mir program
https://en.wikipedia.org/wiki/Shuttle%E2%80%93Mir_program
3. Assembly of the International Space Station
https://en.wikipedia.org/wiki/Assembly_of_the_International_Space_Station
4. Strategic Defense Initiative
https://en.wikipedia.org/wiki/Strategic_Defense_Initiative
5. 福爾摩沙衛星二號10週年專題報導-4
<https://www.nspo.narl.org.tw/userfiles/files/21-no68p08-13.pdf>

YouTube相關影片：



NASA/JSC專家 陳啓明談「國際太空站」：人類地球之外的家

<https://reurl.cc/yE3Em2>



國際太空站的組裝過程

<https://youtu.be/yRqUPjl3tTQ>



太空人的日常生活

<https://youtu.be/X9vOoXU56KI>



國際太空站從太陽前方飛越而過

<https://youtu.be/pWEmvZyFZ9Y>

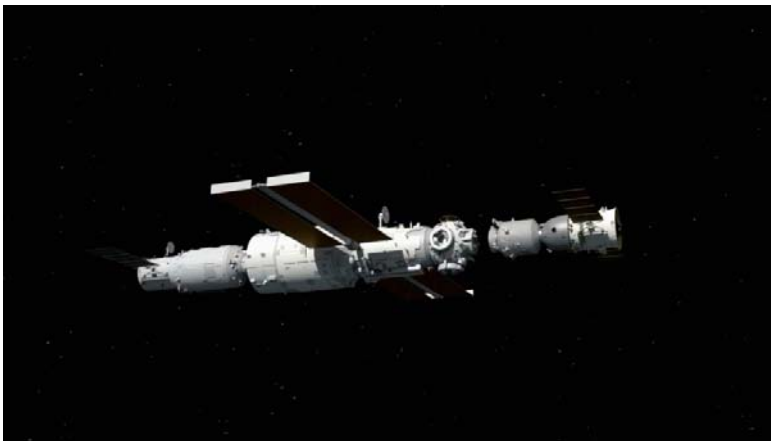
徐麗婷：政大應用物理所兼任
助理教授

文/ 范賢娟

今年6月17日，中國大陸社群媒體不斷洗版的訊息是電視臺直播神舟十二號搭載三名太空人，聶海勝、劉伯明、湯洪波升空進入到天宮二號太空站的過程。這代表了中國人首次進入太空站，而且是自己的太空站，過去數十年所受到的排擠與委屈，至此總算一吐怨氣，宣示中國航天進入太空站時代。

中國太空站時代正式開啓

天宮



神舟12號載人太空船與天和核心艙完成自主快速交會對接。© CASC



太空站的功能與歷史縮影

太空站（space station）是在繞行地球軌道上的人造結構，其中具有電源、維生系統，可以讓人在那裏長期停留，從事各式各樣的微重力實驗與任務，推動科學技術進步。除了有助於解答科學問題，還可產生巨大的經濟效益和社會效益，成為衡量一個國家經濟、科技和綜合國力的重要指標，受到先進國家的高度重视。

太空站的想法最早是由前蘇聯來實踐，其中最為代表的當屬和平號太空站（Mir），它在上世紀80年代裝置完成，到本世紀初除役。之後由美國主導的國際號太空站（ISS，International Space Station）接手，主要由美國、俄羅斯、歐盟、日本、加拿大等地的航天太空機構來共同經營，廣邀各國太空人上去以符合「國際」之名。然而國際太空站卻獨獨排斥中國，並刻意對中國技術封鎖，主要是擔心中國學後會快速發展，對美國的既有優勢產生威脅。所以無論中國大陸釋放出多少善意，其他參與國家或者航天前輩如何勸說，都不為美國政府所接受，甚至還直接立法阻絕這些雜音。

中國大陸

「三步走」載人飛行器發展計畫

中國大陸從1992年就開始發展載人航天工程，採取「三步走」的實施策略：第一步是載人飛行器的研製，實現了太空人在太空與地面往返等目標；第二步是太空站實驗室階段，要掌握出艙、交會對接技術，驗證太空人中期駐留太空的可能性，並確認在軌補加技術；第三步則進行太空站建設，有人長期進駐太空站。

中國想參與國際太空站的計畫受阻，卻沒停下載人航天工程的腳步，而是更加篤定自主研发關鍵技術，不斷有所進展，今年更是堂堂進入到第三步太空站建設階段，開始有人長期進駐太空站，預期用兩年的時間建設好天宮太空站。

目前三名太空人順利進入今年4月29日升空進入軌道的太空站核心艙，但太空站主體還未建

設完成，這三名先鋒部隊的主要任務是檢查、調整並在必要時修理軌道站核心艙的設備，過程中還會進行幾次太空漫步。這組成員會在太空待上三個月，未來預期還需要數次發射補充人、貨，由這些先發部隊接力在軌道上組裝建造。

天宮太空站

天宮太空站是一個多模塊在軌組裝的太空實驗平臺，一次可容納三人長期駐守並生活、工作，目前屬於建設階段，預期在2022年才會建立完成，建成後會有兩個實驗艙，設計壽命十年。運行期間會有載人太空船往返運送太空人輪換，並由貨運太空船進行物資補給和廢棄物下送的工作。

相較於過去中國太空人在太空中停留的最高紀錄33天，因此所需的水和氧等物質都由地面攜帶上去，這次預計停留三個月，之後還會有人上去，因此太空站設計了不同的生命保障系統，要讓這些水、氧等物質能夠循環再生，排出的尿液要回收淨化，呼出的水蒸氣也會冷凝回收，另外也有方式來加速氧循環，降低對氧氣的補給需求。

這個階段需要驗證的關鍵技術包括在軌太空站推進劑補加、再生生保（生物再生生命保障系統，Bioregenerative Life Support System，BLSS）、柔性太陽電池翼和驅動機構、大型柔性組合體控制、組裝建造、艙外操作、在軌維修等七大關鍵技術，為實施太空站組裝建造和長期營運任務奠定基礎。

大眾高度關注 太空站的任務

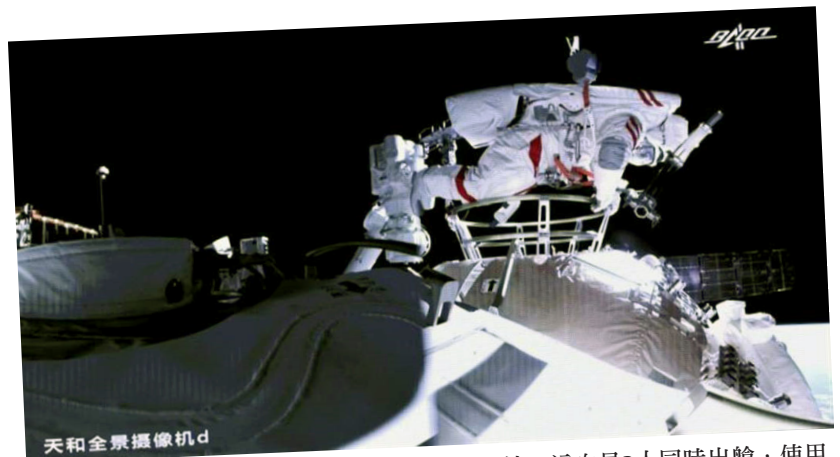
6月17日的直播吸引廣大民眾注意到國家的尖端科技發展，媒體也用輕鬆



聶海勝（中）、劉伯明（右）、湯洪波（左）3名太空人執行神舟12號載人飛行任務，由聶海勝擔任指令長。圖為神舟十二號飛船3人乘組。（中新社）



3名中國太空人此次長達3個月的飛行任務主要就是進行太空站的建設工作，他們將為該太空站安裝設備和測試多項關鍵功能。



相較於神舟7號太空人出艙時間僅有大約20分鐘，這次是2人同時出艙，使用站上機械臂輔助，並工作了7小時之久。

中國太空站的各區功能

載人太空站「天宮」，代號「TG」，可分為三個部分。

中間是核心艙「天和」，代號「TH」，是太空人主要長期駐留所在，長16.6米，最大直徑4.2米，兩個實驗艙分居兩側，整體成T字結構，供太空人工作活動的空間達110平方米，裡面區分了工作區、睡眠區、衛生區、就餐區、醫監醫保區和鍛鍊區六個部分。

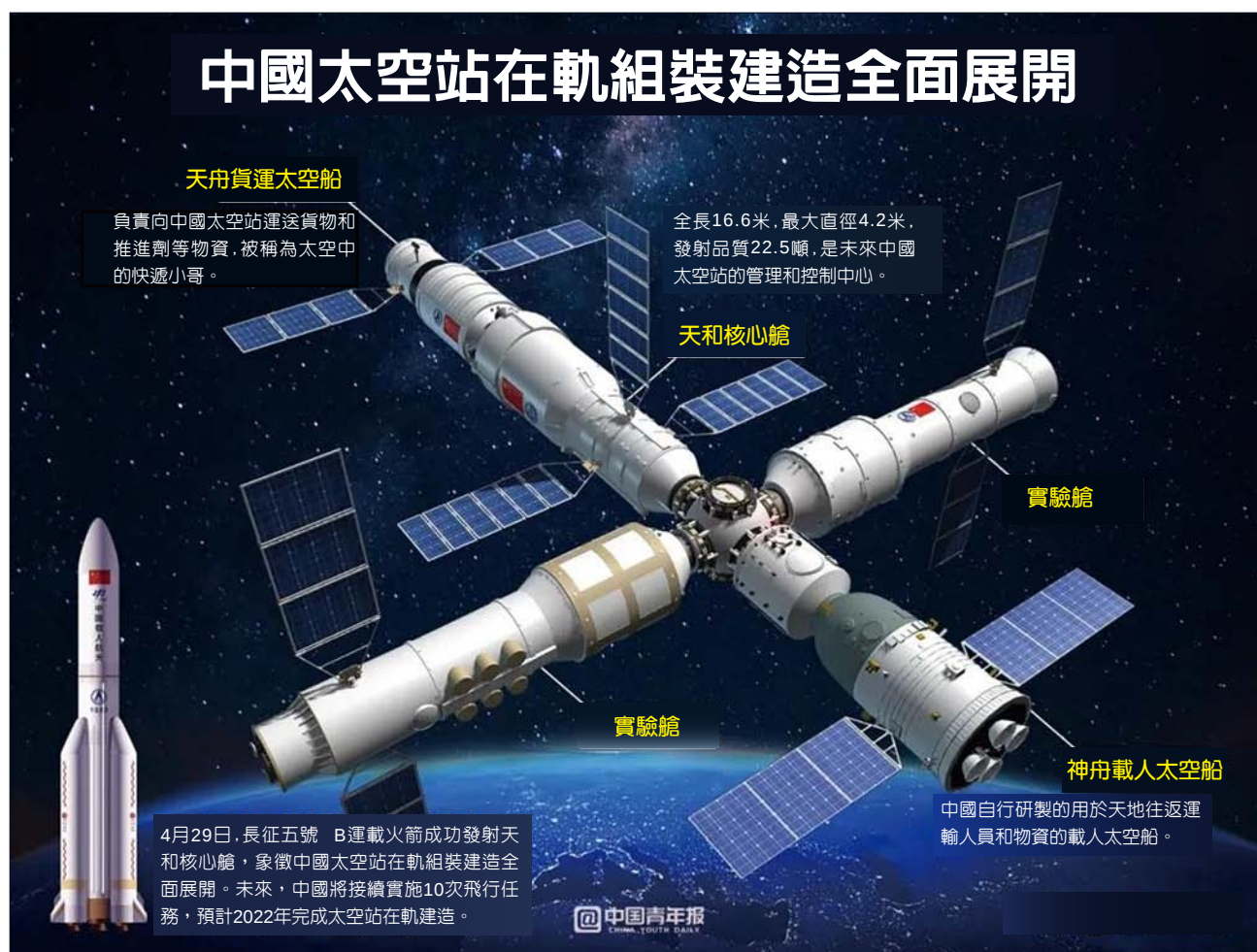
實驗艙I「問天」，代號「WT」，主要任務是開展艙內和艙外太空科學實驗和技術活動，還具有核心艙的部分關鍵功能，也可充當太空人的工作生活場所和應急避難所。

實驗艙II「夢天」，代號「MT」，部分功能與實驗艙I相類似，其獨特處在於貨物、酬載也可由這裡進出。

載人太空船「神舟」，代號「SZ」，這是專門為太空站人員運輸的載具，命名寓意為天河之舟，又與中華的代名詞「神州」諧音。

貨運太空船「天舟」，代號「TZ」，是由地面運送貨物和推進劑的使者，在太空站建設過程中，每次發射載人飛行器之前都會將所需的貨物送上去，確保「兵馬未動，糧草先行」，而天舟更被民衆暱稱為「快遞小哥」。

還有人打趣比喻說，過去驗證技術用的天宮一號和天宮二號都是一室一廳的房子，而現在正在構建的太空站則是三室兩廳還帶儲藏間的豪宅。



易懂的方式介紹各項科學重點突破，而且全程中文，讓人對艱深的太空科技，不再感到有隔閡，大家都感同身受地體會三名太空人在各個階段環境的巨大變化，了解這些太空人的心理素質、體能訓練等要求都非常高，才能承受高重力、微重力的快速極端變化。

而三度上太空的聶海勝與第一次上太空的湯洪波之間的行為差異，也讓人體會到老兵有經驗的篤定，以及新手上太空處處感到新鮮的樂趣，光是丟個筆在空中不斷震動旋轉就可以玩很久。這當然不是單純的「玩」，而是很有趣的力學現象，對觀眾而言是很好的學習觀察機會。而第一次出艙任務七小時，也在大眾關注下順利完成。

放眼未來

國際太空站則預計在2030年左右退休，俄羅斯則要到2025年才開始建立下一個太空站ROSS，到真正完成可以運作還有段不算短的時間，因此中國太空站將會成為此階段地球軌道上唯一的太空站。中國此時對其他國家表示歡迎，已經針對包括天文學、微重力物理學、微生物學等9項研究課題的17個國家的專家學者廣發邀請，許多國家也躍躍欲試。還有些志願當太空人的人也已經開始布局學習中文，希望將來有機會入選進入天宮二號太空站，能夠無障礙的聽懂新的太空溝通語言。

范賢娟：福建寧德師院副教授

YouTube相關影片：



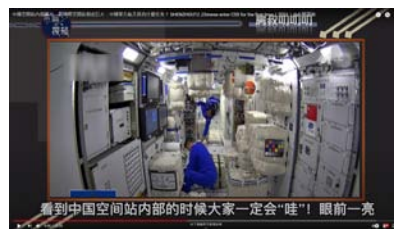
神州12號集錦(TVBS新聞)

<https://www.youtube.com/watch?v=wXO992UTJEI>



神舟12號太空人進行首次艙外活動短片

<https://www.youtube.com/watch?v=Zp68q7z2yr0&t=86s>



中國太空站全面性介紹

https://www.youtube.com/watch?v=3P_MF2xnMqo



圖解：中國VS美俄日歐，和平號，國際太空站、中國天宮太空站

https://www.youtube.com/watch?v=l_Yi3fSnJt0

文/ 陳姝蓉



人類最遙遠的家 國際太空站

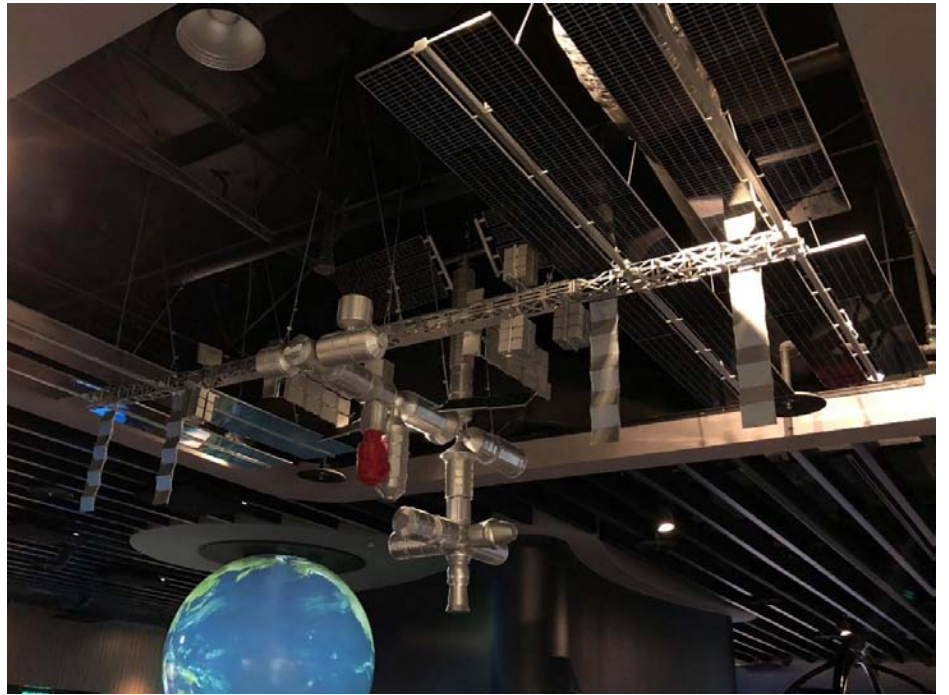
國際太空站是人類離地最遠的家，擁有獨特的微重力與太空環境。太空站由不同功能的模組艙組成，各模組艙就像樂高一樣，太空人會在機械手臂的協助下進行組裝，模組化讓組成更彈性、擴充更容易。1998年太空站的第一塊模組——曙光號（Zarya）控制艙，由質子火箭運載升空，太空站有了基本的運作功能，兩周後奮進號太空梭帶來團結號（Unity）節點艙，之後的兩年間太空梭陸續帶來其他模組。第一批太空組員在2000年11月抵達，太空站約在2011年完工。



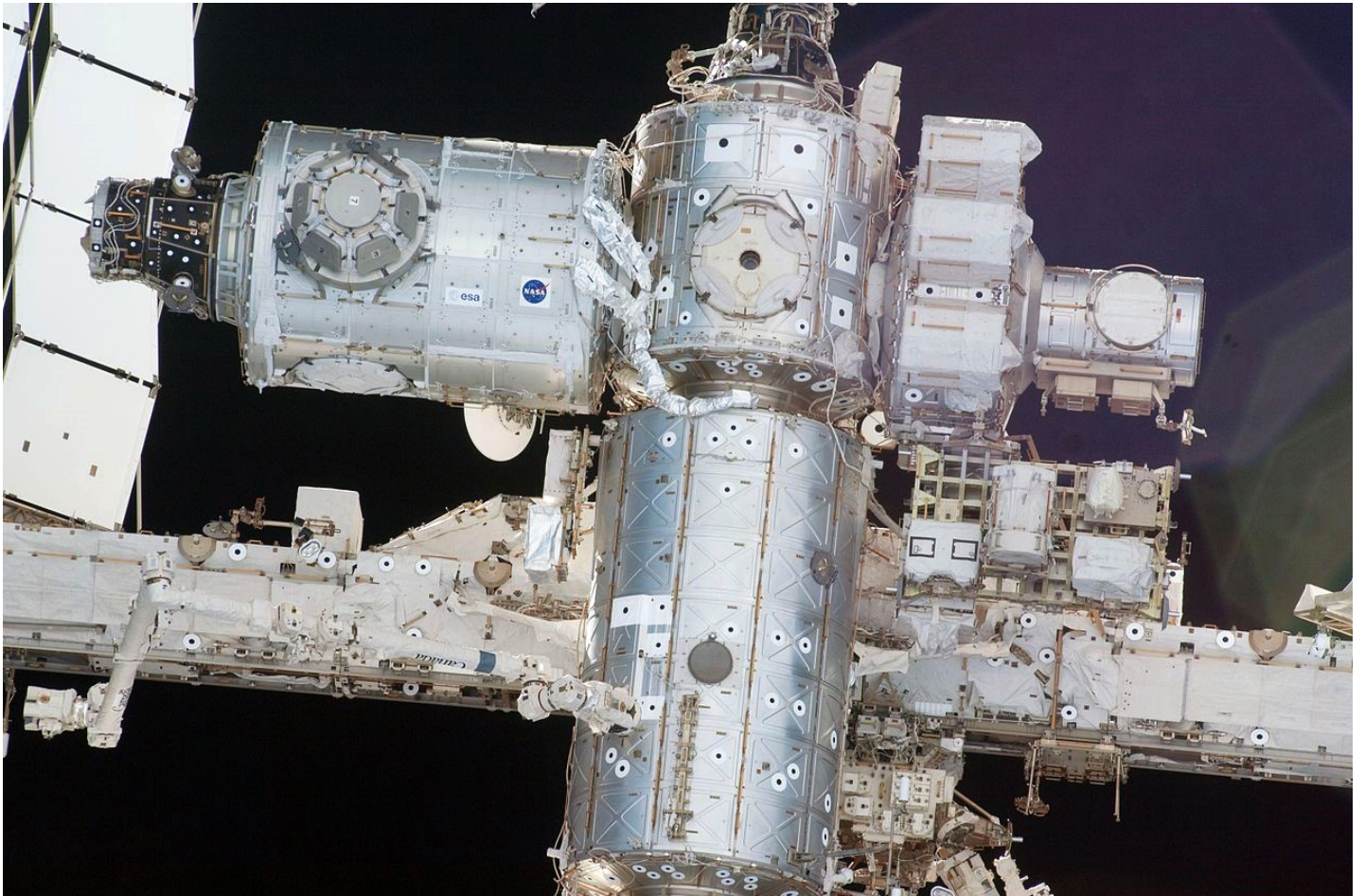
天文館展示場一樓，國際太空站的寧靜號節點艙的模型內藏玄機。

太空站在離地約400公里（傾角51.6度）的軌道上，由西向東繞行，繞行一周約需93分鐘，因此每天可見到15~16個日出與日落，而每天繞轉的距離總和相當於來回月球一趟。太空站約美式足球場大（包括達陣區），體積相當於兩架波音747，可容納6位組員及數位訪客，搭太空梭約需6小時（最快約3小時）才能抵達。

太空人可以在加壓艙室自由移動，包括曙光號功能貨艙、星辰號服務艙、實驗室和連結各模組的節點艙…等。供應電力的太陽能板向兩側延伸，白面板面會追蹤太陽來獲得更多電力，而夜晚時板面會平行地面以降低阻



展示場內國際太空站模型，標記紅色的為寧靜號節點艙。



自太空站下方拍攝，圖片左側可以見到寧靜號節點艙與穹頂艙、中間與寧靜號相連的是團結號節點艙、其右是尋求號氣密艙、下方為命運號實驗艙、橫向的為桁架與Canadarm2機械手臂。

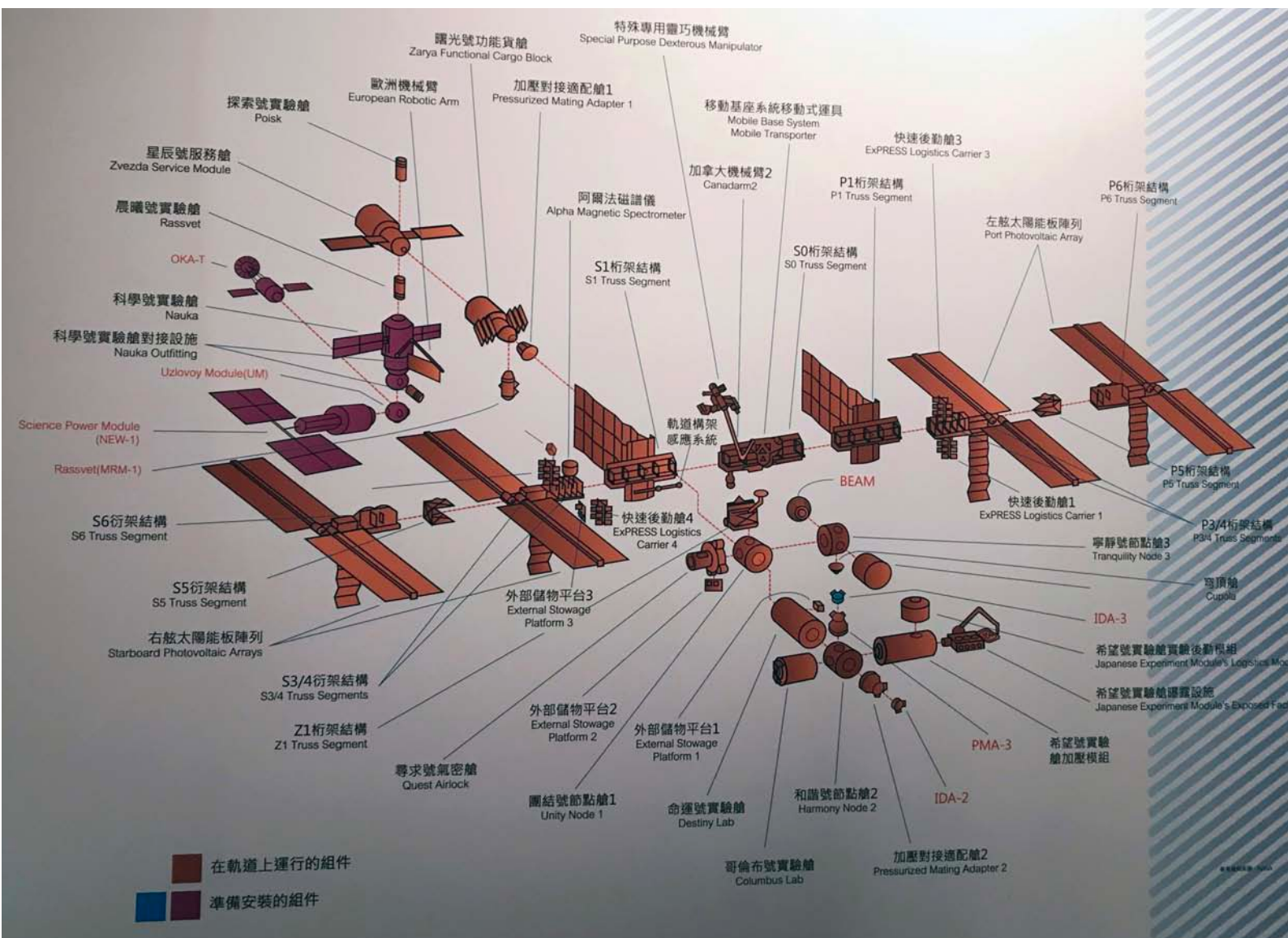
力。太陽能板藉由前後延伸的桁架與太空站連結，而在桁架上還有散熱板、冷確劑（氨）循環管線與移動基座系統。移動基座系統幫助機械手臂在桁架上移動，並為其提供電力和傳輸資料及影像。可在桁架上移動的機械手臂有二，其中Canadarm2機械手臂可以移動、組裝太空站或協助太空漫步的太空人移動。而Dextre則如同多功能機器人，擁有靈活的關節、配備工具與相機，可由地

面控制中心操作進行日常維護與維修工作，減少太空漫步次數。太空站上也有暴露於太空環境的艙外實驗室，進行地球遙測、材料測試等。

阿爾法磁譜儀為粒子物理實驗設施，用來蒐集和分析宇宙射線，除宇宙射線來源外、也尋找暗物質、反物質存在的證據以對宇宙有更多了解，是由丁肇中博士主持的國際合作計畫。

國際太空站詳細結構請參

考下方圖片，以下稍微介紹部分加壓艙室。首先是俄羅斯營運（ROS）部分的太空站：Zarya曙光號功能貨艙，組裝初期提供電力、推進、高度控制等功能，目前是儲藏空間。星辰號（Zvezda）服務艙，是中央指揮所，具有飛行控制、推進器（維持高度）、通訊系統、維生設施（產生氧氣、去除二氧化碳等）、提供電力。緊急狀況時組員會在此集合處理。接送太空人的聯合號太空船與補充物資的進步號太空船



國際太空站結構圖

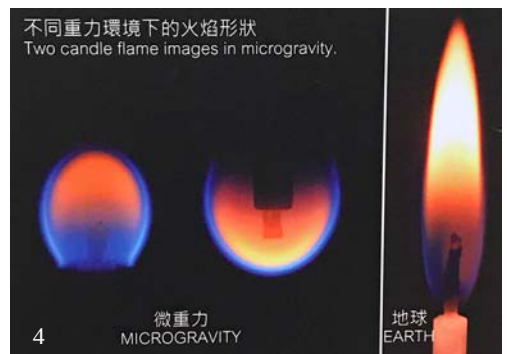
可在此停泊。另一側為美國與歐洲、加拿大、日本所營運的部分（USOS），首先介紹有多個對接口以連接其他模組的節點艙。團結號節點艙是太空人一起吃飯和儲存食物的地方，和諧號節點艙，連接命運號、哥倫布號和希望號實驗室與載貨太空船，並將來自桁架的資源如空氣、電力、水等分散到相連的實驗室，這裡有四個可讓太空人睡覺、休息的空間。寧靜號節點艙，除了淨化與監測空氣、製造氧氣、淨化水質外，還有廁所及運動設備。穹頂艙，除了可觀測地球外也是操作機械手臂的工作站。尋求號氣密艙是通往太空的出口、太空人在此為艙外活動進行準備，而Bishop氣密艙，是由商業贊助設立，用於釋放立方衛星等小衛星。命運號實驗艙，研究微重力下的物理現象及太空種植，另有觀測地球的窗口可用來研究地貌變化。哥倫布號實驗艙，進行生物實驗、研究流體性質等，並監測太空人身體狀況以了解太空環境對人體的影響。希望號實驗艙，內部實驗室研究流體物理、溶液結晶、蛋白質結晶等，而艙外實驗平臺有X射線望遠鏡、地球遙測、宇宙射線探測器等。

太空實驗

自由漂浮的太空人令人印象深刻，會如此不是因為離地球太遠引力微弱（太空站受到的地心引力約是地表的90%），而是太空人與太空站都在自由落體狀態。就像水平拋出的棒球，在往前飛的同時也因引力往下掉，太空站因移動速度與重力配合的剛好，使太空站與太空人持續繞著地球轉。

在太空中進行實驗，控制重力這個變因，可幫助科學家了解重力外的其他作用力的影響。例如微重力環境中的水滴因表面張力而呈球狀，如凸透鏡般使遠方太空人呈現倒立縮小的影像（如右圖1）。仔細看右圖2葉上的水珠內有氣泡，由於水和空氣都沒有重量，氣泡不會因為較輕而浮出水面。如右圖3，在微重力環境，水分子與物品間的作用力變得更明顯，毛巾和手上的水看來充滿黏性，利用這個特性，太空食物也常用液體來當黏著劑。

燃燒現象在微重力環境與地球上不同，如右圖4的燭火。在地球上點燃蠟燭，燭芯的蠟油受熱汽化後會與氧氣結合，產生水、二氧化碳和煙。熱空氣會因較輕而上升，順勢帶走燃燒的產物，下方冷空氣隨後流入補充新鮮氧氣。生活中向上延伸、時而搖曳的燭火與熱對流有關。而太空中空氣不論冷熱都感受不到重量，因此沒有熱對流使燭火呈球狀。太空中沒有對流，新鮮的氧氣和燃燒的產物藉由擴散（濃度高往濃度低移動）來交換。火焰外的氧氣往火焰靠近，燃燒發生在火焰表面，但因擴散效率差火焰較小。



展項中「燃燒現象」影片裡可見到冷火焰，燃料滴持續燃燒著，但火焰卻在點火不久後消失。消失的火焰是因為溫度較低（約攝氏200~500度，一般火焰約1,200~1,700度）而看不見，燃燒產物也變成一氧化碳和甲醛。冷火焰在地表上會瞬間熄滅，而在太空站約可持續1分鐘。了解冷火焰，可以幫助科學家設計更無污染的引擎點火方式。

上頁照片最後一張裡是太空站的第一朵花（百日菊）與展場櫥窗中萵苣，吸引大家的目光。在太空站種植物，除了了解植物生長機制，如在沒有上、下之分的微重力環境，根朝光源的反方向生長。太空種植技術，對長期的太空旅行也很重要（如單趟的火星旅程約需9個月），除能攜帶的食物有限與補給不易外，部分維生素也無法長期保存，會對健康造成影響。太空種植實驗 Veggie，採用特殊設計的基質，讓水、空氣及養分均衡的分佈在根周圍。因太空中水（空氣）會聚集成水珠（氣泡），根要麼淹沒在水裡，要麼被空氣吞沒。為節省能源使用紅藍色LED作為光源（植物反射綠光），使實驗室看來呈現紫紅色。植物除了提供營養與維他命外，綠意盎然的植物讓人想起地球，有助於心理健康。

科學家也觀察蜘蛛如何在微重力環境結網，雖然頭幾日網較雜亂，適應後網就和地表上一樣有秩序。在太空中長出的蛋白質結晶較大、品質較好，能揭露關鍵蛋白質的結構細節與預測新藥的表現，幫助癌症和肌肉萎縮症



太空食物



太空馬桶



太空人的食衣住行，在太空也要運動才能維持健康



穹頂艙，右上窗格上顯示的是其外觀，中央螢幕播放的是穹頂艙看出去的景象（可見到機械手臂、太空梭、以及地球上的夜景極光等）。

等疾病找到更好的治療方法。太空實驗可提升地球上人類生活的福祉。

太空生活

每次太空任務約6個月，太空人一週工作五日，每日工時約12小時，週六是清掃日，每日皆需運動2小時。太空站中使用格林威治標準時間。

模擬寧靜號的太空艙展示著太空食物，早期食物裝在牙膏狀的鋁管中，目前太空食物多採真空包裝，並經過熱處理或脫水以延長保存，食用前加水還原即

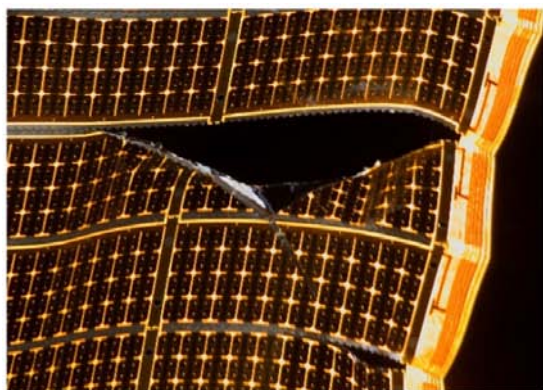
可。由於有來自各國的太空人，食物也越來越多元（例如日本、韓國料理）。太空中因味覺改變，辛辣的食物特別受歡迎。太空站內的物體因失重而漂浮，因此包裝上都有魔鬼氈固定，而餐具則用磁鐵固定。用來喝飲料或水的吸管也裝有開關，以防止液體飄出。有碎屑的食物，因容易飄到太空人的眼、鼻中或卡在儀器和通風口，因此不能列入清單或需做成液狀（如鹽和胡椒），水在太空食物中扮演黏著劑，幾乎所有食物裡都有加一些。想念三明治的話，沒碎屑、方便堆疊打包且保存期長達一年的墨西哥餅成為極佳的替代品。太空人會

在團結號節點艙一起用餐，這對心理健康和團隊士氣都很重要。

太空站中因感受不到重力，血液和水會集中在上半身（臉較浮腫），身體會調節降低心臟輸出的壓力和減少血液（剛返回地球的太空人常因此有低血壓的狀況）。腿、背的肌肉與骨密度皆因不需撐住體重而減少，為此太空人每日皆需運動2小時以維持健康。寧靜號節點艙中有跑步機（用彈力帶將人固定在機器上）和阻抗機器，而各運動器材上都有減震機制，避免影響實驗進行。

太空中沒有上下左右之分，在和諧號節點艙各方向上皆有獨立的小空間供太空人休息。睡覺時身體要用睡袋固定，以防漂浮、手腳撞到東西。在太空中睡覺除了要適應失重環境與機械聲音外，偶爾還會見到宇宙射線與視神經或視網膜作用產生的閃光。

太空中要如何維持清潔呢？太空人用免沖洗的沐浴產品或擦拭的方式清潔身體，除了水很珍貴外，要抓住四處飄散的水滴需耗費一番功夫。櫥窗內展示的是太



左：太陽能板撕裂處的特寫，中：太空人站在機械臂上靠近損壞處，右：接近撕裂處進行修復。



空馬桶，馬桶開口約4公分（瞄準也是訓練項目），坐墊兩側的白色橫桿用來固定大腿，而前方水管裝上漏斗後是上小號的地方，兩者分別導向不同的蒐集處。太空馬桶依靠氣流（如同吸塵器）來「沖水」。在太空站中昨日的廢水就是今日的咖啡，珍貴的水需要不斷循環利用（回收率約93%），擦澡的毛巾、運動的汗水甚至尿液，都在回收淨化後循環使用。

寧靜號節點艙旁是穹頂艙，是太空站上最方便觀察地球的地方（太空站經過約90%地球表面），約可容納2位太空人，2個梯形側窗與中央的玻璃觀景窗，

除了方便操作機械手臂，也提供觀察地球的絕佳視野。影片中可見到由穹頂艙拍攝的極光、星點、夜晚城市的燈光等。外側打開的防護窗可避免流星體撞擊，左上角是方便機械手臂抓握的接環。

太空漫步

寧靜號節點艙背後展示的是，太空漫步時穿著的太空衣（EMU），太空衣像是單人太空船，除具備維生系統、通訊與移動能力，還可抵擋沙塵（沙塵速度約7公里/秒，比子彈速度快上數倍）撞擊、太陽輻射和極端的溫差（面對太陽時約120度，背對時約-160

度）。太空漫步通常持續5~8小時，太空人藉此組裝、維修太空站或裝設實驗儀器、太空船等，還曾維修過哈伯太空望遠鏡。

太空衣結構可參考附圖。最內層的是冷卻服，由萊卡布料和約90公尺長的管線組成，利用水帶走活動產生的熱量而通風可帶走汗水。硬式的上衣用來連接背後的維生系統（包含水及氧氣的循環管線）、前方的控制模組、頭盔、手臂與下身。白色的軟質防護衣由多層結構組成，底層可包住氧氣並提供適當氣壓，而上方約束層則將氧氣包圍靠近身體。中間是由潛水衣材質及6層鍍鋁聚脂樹脂組成的隔

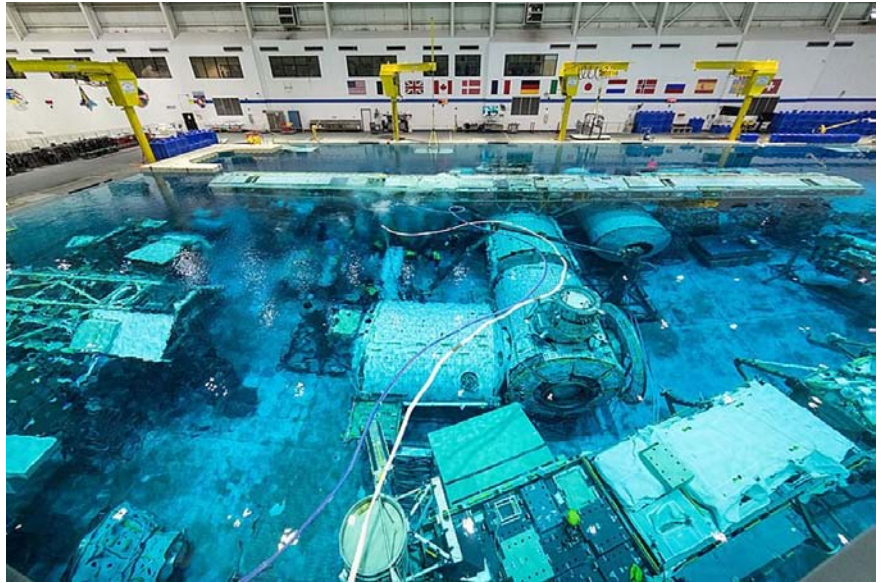
熱層，用來抵擋太空中極端的溫度。外層是由防水、防彈、防火的三種材料混紡而成，可抵擋微隕石撞擊，而白色可反射較多陽光降低溫度。

太空衣後方背包狀的是維生系統，可提供氧氣、維持壓力、吸附二氧化碳、提供循環冷卻水、利用風扇帶動氧氣循環，提供電力以及維持與地面和太空站的通訊等。顯示與控制模組，是太空衣的控制面板，鏡像標示方便太空人用手腕上的鏡子讀取。頭盔裡的通風襯墊引導氧氣到頭盔內（防止二氧化碳聚集），透明的塑膠氣泡包住氧氣。外層是遮陽面罩，鍍金的面罩可濾掉有害光線、抵擋溫度變化和灰塵撞擊。配備通訊設備的頭套，可用來溝通、並聽到各種警告。頭盔上的燈是必需品，大約每45分鐘就會在黑暗中度過。太空人除了利用安全繫繩防止漂走，還有用小型氮氣噴射推進器SAFER（Simplified Aid For EVA Rescue）來移動回太空站。

為讓太空人可以靈活工作，太空衣內的氣壓約是0.29大氣壓，而太空站內壓力則與地球相同。為了避免太空人在壓力快速轉換時，產生潛水夫病，在進行太空漫步前會呼吸純氧去除氮氣，並慢慢降低環境壓力。

太空碎片

今年五月在加拿大機械臂上發現破洞，幸好沒有影響操作。地球附近有許多碎片，有些是火箭與人造衛星的碎片，有些則是來自彗星和小行星的微隕石。有越來越多



NASA的中性浮力實驗室，泳池底有國際太空站的模型太空人會接收任務中心指令操作，每1小時太空漫步約需7小時訓練。訓練用太空衣經過配重調整，讓著裝太空人的浮力與重量相當（中性浮力），模擬外太空的失重環境。

衛星（星鏈衛星、立方衛星等）發射到地球軌道，不免讓人擔心如電影「地心引力」中引發一連串災難的太空碎片。太空站較重要的模組可以抵擋小於1公分的碎片，美國的太空監測網持續追蹤2.3萬個比壘球大的碎片，需要時太空站會移動來避開碎片並請太空人撤離到聯盟號（Soyuz）太空船上。

國際太空站是人類太空探索

的第一步，在此學到的經驗都將成為未來重返月球（阿提米絲計畫）或是火星任務的基石。在太空站做的實驗，除了幫助科學家進一步了解各種現象，各種前沿的科技也使地球上的人們受益。

參考資料：https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html

陳姝蓉：臺北市立天文科學教育館

YouTube相關影片：



ISS - International Space Station - Inside ISS - Tour - Q&A - HD

https://www.youtube.com/watch?v=06-Xm3_Ze1o



若有超大隕石可能擊中國際太空站時，該怎麼辦!?

<https://www.youtube.com/watch?v=9C0f7oVmSV4>

「疫」 薄雲天

都是星星惹的禍之

文
歐陽亮

疫情最近席捲了地球上的人類，擾亂了日常生活的規律。在這個戶外活動驟減與無法出門觀星的時刻，宇宙彼端那些遙遠的星辰們，是否也會像近來野生動物的「生態大爆發」一樣，紛紛蜂擁而出、顯現特別活躍的異象呢？

如果對宇宙尺度有些概念的人，就會知道這當然不可能。地球並不是宇宙中心，星星們怎麼會在意並企圖影響微塵般的地球呢？只不過古人並沒有被現代科學衝擊過，所以直覺上理所當然會認為地球是最重要的，其他星星的一舉一動都在暗示或警告著自以為萬物之靈的人類。於是，天文學跟疾病就有了交集，不論東方世界或西方世界都是一樣。

幾百年前，西方的占星術竟然是提供流行病爆發預報的唯一途徑。表面上看起來，這種預報似乎很有科學精神：他們先列出過去疾病大流行時刻，再與當時的天象進行比較，企圖找出兩者關係。¹曾經在全球肆虐的黑死病，是歷史上致死人數最多的流行病，當時的占星學者就曾找出彗星、日食、木星合土星、或火木土三星在同方位等徵兆預言了這次災難。然而這有點像是現在的疫情指揮中心竟依照天空異象來發佈防疫警戒一樣荒謬，而這些預言也無法幫助那些被病魔纏身的人們脫離苦海。²

至於在東方的古代，中國的占星術除了預言各種宮廷禍亂與兵災饑荒之外，也可用來預測大規模的流行病，古人的字典《說文解字》說：「疫，民皆疾也。」《字林》則寫：「疫，病流行也。」都以「疫」來稱呼流行病，不過「疫」其實包含了許多種傳染病或流行病，例如鼠疫、瘧疾、天花、霍亂、流感等，占星書並沒有依病症去明確細分。現在我們當然不會再將這些預測當真，不過仍可藉此觀察一下古人會把哪些天象視為疫病徵兆，並且猜猜看為什麼會有這些聯想。

首先來看歷代正史有關「疫」的占辭。《史記·天官書》寫著「亢宿：亢為疏廟，主疾…氐為天根，主疫」（圖1），但到了《晉書》、《隋書》、《宋史》就變成「亢宿主疾疫」，疾已擴張到疫的範圍。不過雖說亢、氐兩宿主疾疫，但是也有許多其他星官跟疫病有關。若不計牛馬等動物的疫情，就有以下幾十種天象預兆³（二十八宿僅寫宿名，如牛宿寫為牛，但南方七宿的星宿則寫為七星）：

日暈在亢、觜

月入犯牛、鬼、南河、人星

月食在壁

キトラ龜虎古墳天文圖拓印 攝影/歐陽亮

月暈在氐、尾、奎、柳
土星入鬼、昴、五車
火星入犯斗、鬼、井、守胃
金星入氐、犯鬼、守觜
水星犯守尾、七星、張、軫
木星守婁、觜、參、犯軫
彗星在亢、氐、人、大陵
妖星、長星出現（可能指彗星）

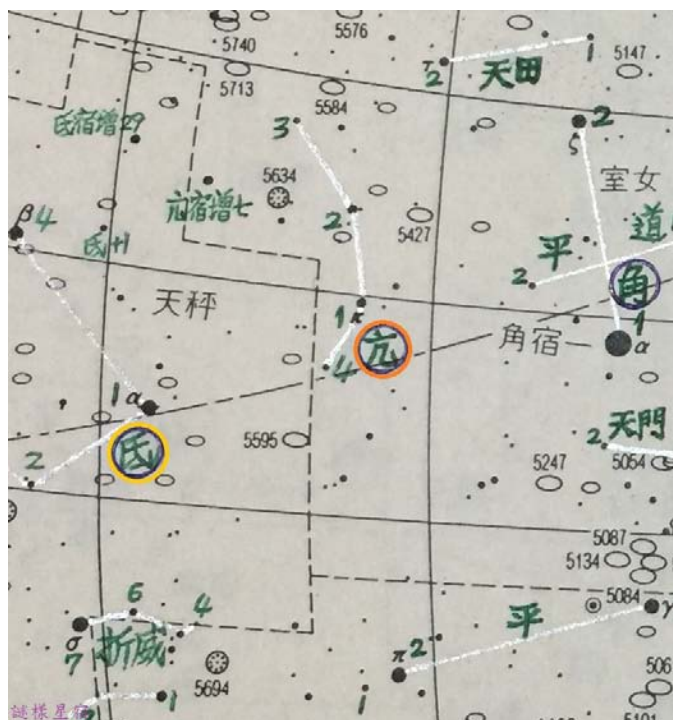
白色客星犯六甲
客星犯人、大陵、老人、守南河
赤流星入天市垣、犯木星
大陵中星繁

其中只有「大陵中星繁」較容易理解，因為陵指陵墓，其星若繁盛明亮就不太吉利，相較於其他天象算是比較直觀的。不過依亮度變

化來占測吉凶，容易被大氣影響而難以判斷、不易應用。例如關於歷代北斗的占驗記錄只有月暈、彗星與流星，並沒有亮度的實際運用。

至於日暈、月暈之類的大氣現象，在古代也被視為天文異象的一種（圖2）。還有白蒼赤黑等各色雲氣，同樣能拿來占卜，它們也許

圖1. 《史記·天官書》之亢宿與氐宿記載（圖右），兩星宿皆位於角宿東方（圖左，筆者繪）



理法官也故元命包云左角理物以起右角將大角者率而動又石氏云左角為天田右角為天門也天門者天王帝廷也其兩旁各有三星鼎足句之曰攝提格則其明盛黃潤也其兩旁各有三星鼎足句之曰攝提格提者直斗杓所指以建時節故曰攝提格如攝提格之曲所紀八節察萬事者也占色溫溫不明亢為疏廟主而大者人君古客星入之主人受制也亢為疏廟主疾以爲疏外也廟或爲朝也所聽政之所也其占明大則輔臣忠天下其南北兩大星曰南門正義南門二寧之外門占明則氏羌貢暗則氏爲天根主疫經云氏諸夷叛客星守之外兵且至也天根氏也孫炎以爲角亢誠圖云氏爲宿宮也爾雅云天根氏也孫炎以爲角亢

圖2. 《宋史》日暈占辭（圖右）與日暈照片（圖左，筆者攝於臺北，2020年7月18日上午10點）



天門四星皆在二十八宿之外唐武密及景祐書乃與步天歌合亢宿四星爲天子內朝總攝天下奏事聽訟理獄錄功一日疏廟主疾疫星明大輔忠民安動則多疾爲天子正坐爲天符秋分不見則穀傷糴貴太陽犯之諸侯謀國君憂日暈其分大臣凶多雨民饑疫月犯之君憂或大臣當之左爲水右爲兵月暈其分先起兵者勝在冬大人憂歲星犯之有赦穀有成守之有兵人多病留三十日以上有赦又日犯則途臣爲亂焚惑犯居陽爲喜陰爲憂有芒角大人惡之守之久民憂多雨水又爲兵

是指大氣層內的雲霧、也可能是指極光。

再來看古代占星術之集大成作品《開元占經》，這本由唐朝天文官瞿曇悉達所主持編纂的術書，保留許多東周時期恆星觀測數據，可視為中國最早星表⁴，其記錄的星官位置與星數，依然對現在的天文史研究有幫助。而書中不常被關注的占星部份，與疫有關的占辭更是遠多於正史。⁵其中與正史重覆者包括：月暈在柳、月入南河、亢宿有彗星、木星守婁觜參、火星守胃入鬼、土入守鬼昴舍五車、金星犯鬼守觜、水星犯守尾七星軫、大陵星明、赤流星入天市垣等。

《開元占經》比較特別的是敘述了三種無疫情的徵兆：「亢星明大，民無疾疫」、「王良附路星明…萬民無疫癘之殃」、「漢星明」。由於星占的主要功能是預警，所以報憂的天象必然比報喜的數量多。另外卷九十三的季節錯亂現象則可能是曆法出現誤差所造成。

相較之下，淵源於魏晉時期的《三家星官簿贊》，只有從官與疾病有關，其他皆未提及病疫。唐代的《敦煌寫本》Pelliot chinois 2512則提到亢宿「主疾，動，人多病」，但氐宿「主徭役，動者，人役苦」，與正史所主之「疫」變成同音不同字了（圖3）。⁶其他與疾病相關的只有三個。

《天文要錄》是一本類似開元占經的古書，由唐初的李鳳編撰⁷，收錄了一些開元占經沒有的占星家占辭，例如昆吾、唐昧、挺生、公連、紫辨、三靈紀、勅鳳符表、九州分野星圖等。此書殘抄本在日本，且其中錯字非常多。它與開元占經的共同點是繁瑣瑣碎且矛盾，因為都是集各家占辭而成。

此書關於疫的占辭也遠超過正史⁸，與正史相似的天象包括：月暈尾、辰星犯守尾、歲星守參、月守凌鬼、熒惑入舍居守鬼、填星入留舍守鬼、太白入留舍鬼、辰星守凌七星、大陵星繁、月行南河中、客星守南河等。若再跟正史與《開元占經》都有的天象相比，交集頗多（包括辰星犯守尾與七星、歲星守參、熒惑入鬼、填星入鬼、太白入鬼、大陵星繁、月行南河中等），原因是由於兩書其實有部份來源相同。

值得注意的是，《開元占經》與《天文要錄》同時記載了行星跑到天津、騰蛇、王良、閭道、文昌、

北斗等星官（圖4），甚至還能進入紫微與北極（圖5）！而在南方竟然也可犯軍市、野雞、天廟等非常遠的星官。這是不可能發生的天象，因為這些星官離黃道至少30度。⁹

目前已知五大行星大約都在黃道上下10度以內運行，若考慮東周時期測量誤差最多可達7度¹⁰，並放寬為10度，兩者相加也頂多20度。兩千年前若真的有五星脫離黃道面南北各30度的劇烈變動，那麼現在我們應該難以預測它們的軌道。

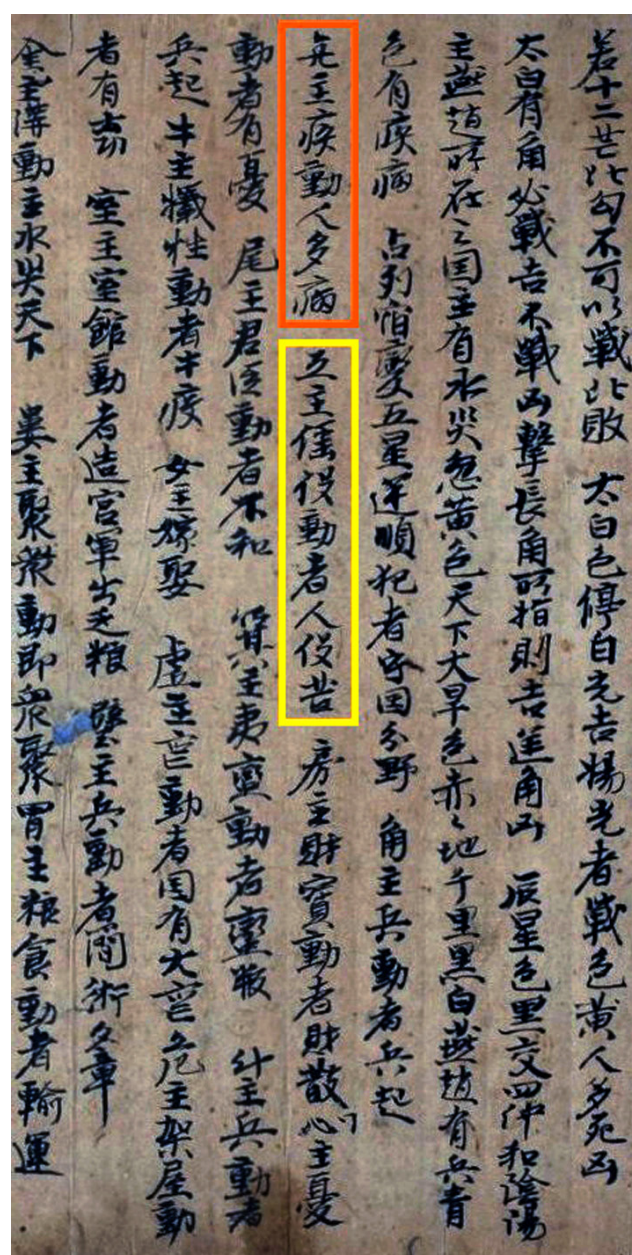


圖3.《敦煌寫本》Pelliot chinois 2512所寫的亢氐兩宿，圖片來源：法國國家圖書館

除此之外，這兩本占書還描述了更詭譎的現象，變色、變暗、變不見都不稀奇，有個「卷舌」星官竟然能夠變直或舒張（圖6）！若有同好親眼看見，請先確認是否認錯星或酒精濃度偏高，若都沒有，請趕緊拍照並連絡天文館。另外書中還有北斗晝見、月犯北斗、月掩北斗，也是令人驚異但不會出現的天象。

《乙巳占》是由唐代傳奇人物李淳風所撰，但沒有他另一本預言著作《推背圖》有名。此書「採摭英華，刪除繁偽」，比起同時代的《天文要錄》或是

稍晚數十年的《開元占經》都精簡許多，因為李淳風對占星術的看法比較有個性，認為「多言屢中，非余所尊」，並不尊崇靈驗，而是將之視為一種「權宜時政，斟酌治綱，驗人事之是非，托神道以設教」的輔政措施。若「天降災祥以示其變」，就是在提醒帝王修德以禳之。他還用「唯爾學徒，幸勿膠柱」來指導後學者，不過唐宋之後各種因素讓古占星術逐漸沒落，反而是占卜個人命運的另一種占星術風行起來，這應該是李淳風預想不到的吧？

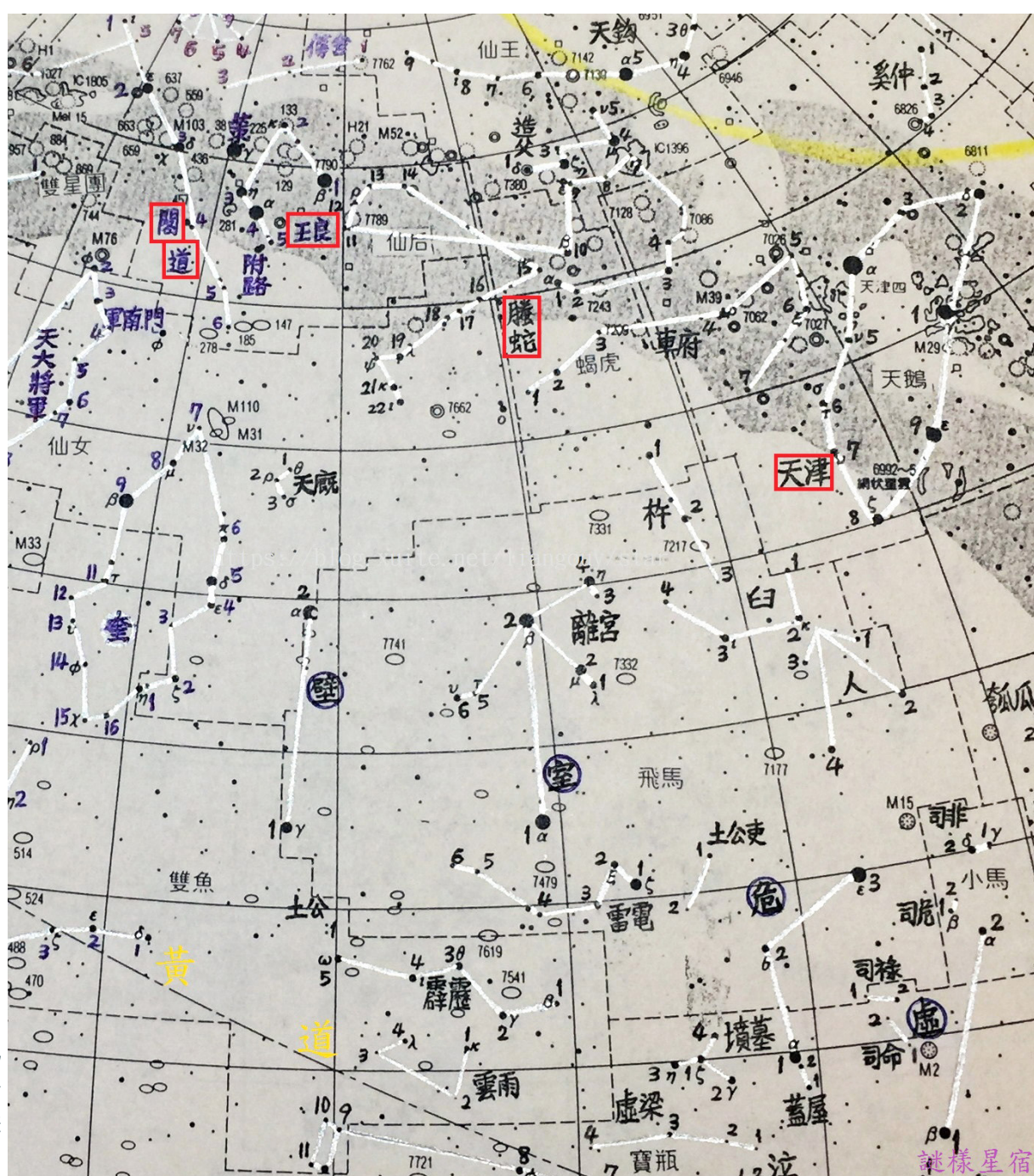
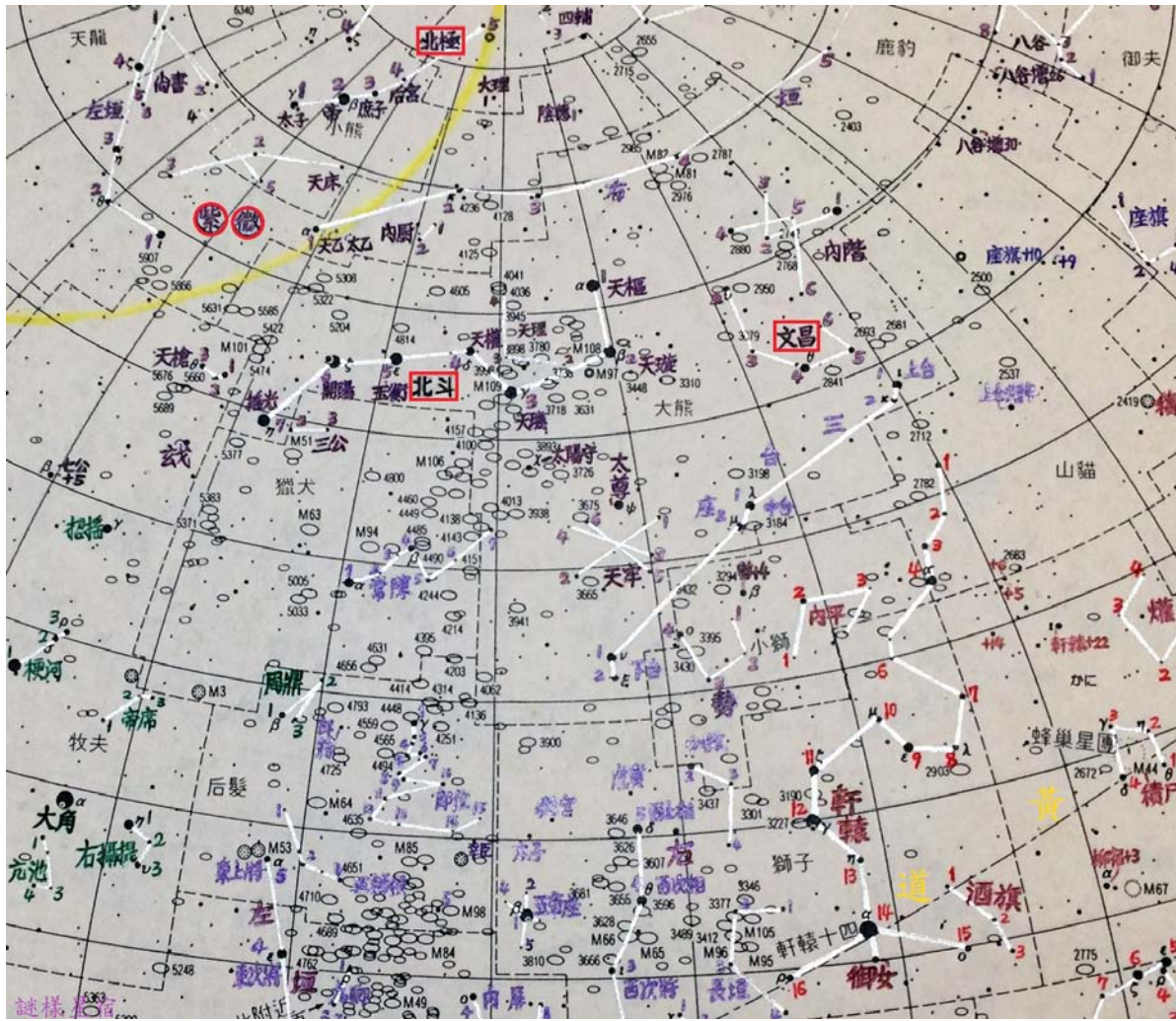
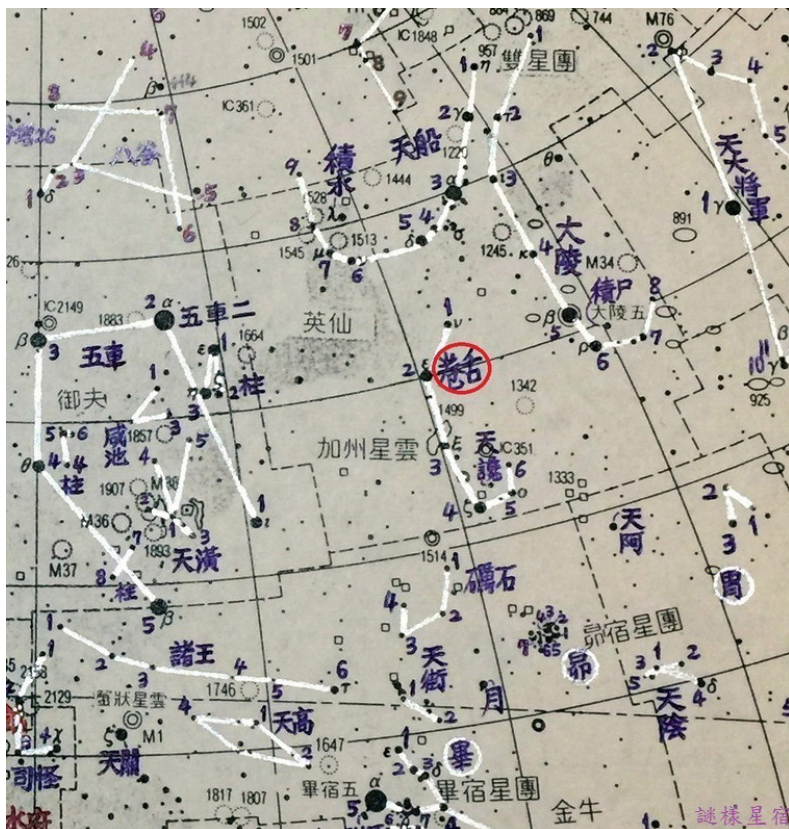


圖4. 天津、螣蛇、王良、閣道等星宮距離黃道（左下方）至少30度，筆者繪



←圖5. 文昌、北斗、紫微與北極距離黃道（右下方）至少30度，筆者繪

↓圖6 《天文要錄》的卷舌占辭（圖右），同一占辭在《開元占經》則寫為：「卷舌星曲如舌，即吉；舌直，天下多口舌之害」。卷舌星官位於五車旁（圖左，筆者繪）



○世卷主卷古言語也 魏石申曰卷古六星布昂北
卷古知倭說昂星近主議疑故知倭也一名勝
古一名積薪故卷古曲如舌即去直天下名曰台
告也 東晉紀曰卷古主天口傳也君臣之說
告也
卷古玄龍曰卷古星舒張天下以口語多死者
郁萌曰卷古出不居漢中天下盡為國口古言
卷古星繁盛天下多口古多疾死起死人的山
丘若其希則无古 春秋緯曰卷附耳搖世方
諄倭諄用 紫微曰卷古不見天下无勝說絕

此書刪去許多不可能發生的凌犯¹¹，有關疫病者也較少，其中與正史相近的天象包括：月犯鬼、熒惑守胃、熒惑入鬼、太白入氐入鬼、彗星出氐。相同於前述兩書與正史交集者，只有熒惑入鬼、太白入鬼兩筆。這也許是由於鬼宿的字面意思所造成的聯想？

占星術是統計學嗎？

地球上常有疾病流行，天上也常出現古書所寫的疫病徵兆，兩者皆五花八門不可勝數，而正史與占書都記載過的「疫」象交集，就一定跟疫情有顯著關連嗎？其實，統計上常常有看似相關卻沒有因果關係的例子，若不問因果，只是強行找出相關性，有時候反而會被誤導得更嚴重。占星的原則是「[凡天變，過度乃占](#)」¹²，只對異象占卜，不占卜經常出現的，否則各種災變就會有難以置信的週期性，降低占星家自己的可信度。不過在某些週期尚未發現前，古人就先用來占卜了，例如《開元占經》蒐集的古籍資料中就有許多行星逆行或守於某宿，但對於現代人來說，只是再平常不過的現象罷了。

另外，占辭會依星官重要性而設定，因此遠離黃道的重要星官（如北極）也會有五凌犯占辭，而在黃道附近但不重要的小星官就不太記載五星犯守了。這很明顯地說明，號稱是大數據資料庫的占星術並不是依靠曾經發生過而記錄下來的統計，而是占星家為了用異象占卜，憑空想像出五星犯紫微或北極等過度奇異的天象。科學最基本的原則是「符合觀測」，但是這些古書顯示，占星術並沒有達到這個標準。¹³書中許多聳人聽聞的災禍，就像現在網路上容易被轉傳的疫情謠言一樣，都是不知真假、難以查證、讓人看到的當下常震驚到「不能只有我看到」。你想要相信純粹想像而非統計出來的古書，還是不斷依觀測而修正的科學呢？

附註：

1. 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193。

2. 江曉原《12宮與28宿：世界歷史上的星占學》，頁131。

3. [各正史之原文詳列於此連結](#)，至於形容行星運動之「近犯合乘出入居處宿舍留守」等現象可參考盧央《中國古代星占學》，中國科學技術出版社，2007，頁403~405。

4. 潘鼎《中國恆星觀測史》，上海學林出版社，2009，頁77。

5. [《開元占經》相關占辭資料詳列於此連結](#)。

6. 資料來源：[法國國家圖書館](#)。

7. 此書記錄了兩筆甘氏星官觀測數據，說明甘氏星表曾經存在。詳見潘鼎《中國恆星觀測史》，頁99。

8. [《天文要錄》相關占辭資料詳列於此連結](#)。

9. 上述星官即使因[歷代變遷](#)，位置也未曾偏移超過20度以上。接近星官創始期的石氏星表雖然曾被質疑是後人在唐代才測得，但仍可比較唐宋之際星官改變，詳見[《所謂名字，能流傳多久不變？古星象流傳千年的轉變——石氏星表與宋代星表之比較》](#)。比較結果可發現，兩星表的星官變化不大，故不是星官變遷所造成的問題。

10. 潘鼎《中國恆星觀測史》，頁32。

11 此書註解指出：「攝提非月行之所及」，因為攝提距離黃道20度，不過無法確定註解是否本人所作。[《乙巳占》相關占辭資料詳列於此連結](#)。

12. 語出司馬遷《史記·天官書》。

13. 即使有部份占辭真的應驗，也可能是被人為處理過、或事後諸葛找出的對應關係，詳見趙貞《唐宋天文星占與帝王政治》，北京師範大學出版社，2016，頁278。

歐陽亮：天文愛好者，中華科技史學會會員，曾獲2001年尊親天文獎第二等一行獎，擔任2009全球天文年特展解說員。

部落格：[謎樣的二十八星宿](#)
<http://blog.xuite.net/liangou/star>



雙筒望遠鏡觀天-9(1)

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。

人馬座（上）

你想來壺茶提神嗎？當然，我們說的是天空中的那只壺茶：人馬座中的茶壺星群。在神話中，人馬座是個半人半馬的射手，拉滿的弓弦上扣著箭矢，無時無刻不瞄準著西邊天蠍的心臟。

然而，在現代人的眼光中，星座中最亮的8顆恆星組成了一個完美的茶壺：有壺蓋、壺嘴、壺身和可供手持的壺柄。茶也泡好了，正從壺嘴冒出蒸氣，讓觀星者好整以暇的來觀賞銀河中的美景。



圖1. 人馬座的茶壺與茶匙。黃線為星座連線，白線為赤經與赤緯線。

使用我們的雙筒望遠鏡和一點想像力，先為我們添加一把茶匙。這把茶匙由人馬座的建增六（ ν -1，4.9）、建增七（ ν -2，5.0）、建五（ ρ -1，3.9）、建四（43號星，4.9）、建三（ π ，2.9）、建二（ σ ，3.8）、建增二（ ξ -1，5.0）和建一（ ξ -2，3.5）組成，是已故匈牙利裔美籍天文製圖員喬治·洛維（George Lovi，1939-1993）為大家準備的。使用雙筒望遠鏡可以很輕鬆的——捕捉

這些較暗的星，但茶匙在天球上的長度大約8度，就算用廣角的雙筒望遠鏡還是很難一窺全貌。所以建議選個足夠黑暗的場所，在使用雙筒望遠鏡——審視之後，還可以肉眼來綜覽全景。

從壺柄的斗宿四（ σ ，2.05）往正北方移動約3度（ $+03^{\circ}37'33.5''$ PA:359°），可以看見三顆暗弱的小星（建增六、建增七、HR7128）組成的小三

角形，再往北方偏東些不到2度（ $+01^{\circ}40'40.1''$ PA:21°）可以看見建一，在它的北北東方不到半度（ $+27^{\circ}34.1''$ PA:348°）是建增二。將建一置於視野中心，就可以在靠東南東約2度（ $+02^{\circ}01'37.0''$ PA:123°）看見建二；以視野5度的雙筒望遠鏡可以將杓子完全置於視野中，看完茶匙的杓子部分。將杓與柄連結的建二置中，在它的東北東方不到1.5度（ $+01^{\circ}23'00.0''$ PA:59°）可以看見建三；再往建



圖2. 散布在茶壺周邊的五個球狀星團。

三的東北方約2.5度（+02°46'34.7" PA:42°）是建四，再往東北方約1.5度（+01°27'47.1" PA:41°）就是茶匙柄端的建五。這樣，就完成了茶匙的雙筒望遠鏡巡禮，而建這個星官的正星，只有在建五正北方的建六（ υ ，4.5，+01°53'31.8" PA:0°）不在茶匙中。

相距不到半度的建一和建增二為人馬座的茶匙增添了額外的光澤，但不要被它們的外觀迷惑，以為它們是一對聯星。其實它們只是在視覺上方向相同的光學雙星，看起來較暗的建增二是一顆距離2,300光年的藍超巨星，而較亮的建一是距離僅372光年，溫度比太陽還低的黃矮星。

歐美喝茶的習慣與我們不同，會依個人口味加入適量的糖。我們找到了茶匙，接著就該找可以調味的糖（星團）與牛奶（星雲）來調味了。依照不同的喜好，可以加入糖塊（球狀星團）、砂糖（疏散星團）或牛奶

（星雲）。單就梅西耶目錄中尋找，在人馬座有七個球狀星團：M22、M28、M54、M55、M69、M70、M75，四個疏散星團：M18、M21、M23、M25，還有三個星雲：M8、M17、M20，與一個恆星雲M24；這15個幾乎都可以用雙筒望遠鏡觀看。

在茶壺周邊，我們可以看到五個球狀星團：M22、M28、M54、M69和M70，最顯眼的就是M22和M28，它們就在茶壺蓋上，另外三個比較小的則在壺底。

球狀星團是很緊密的恆星集團，有數以萬計的恆星聚集在數十光年的小範圍內，而且多數散居在銀河系的邊緣，也就是球狀星團與地球的距離多在數萬光年之外。因此，以雙筒望遠鏡觀賞球狀星團時，通常只能看見模糊的一塊光斑，而不會解析出星點。這就像在天鵝絨的黑色背景上，看到糖塊散落在其間。

M22

最容易找到的球狀星團是M22，是北半球大部分地區可見最好的球狀物。先找到茶壺頂端的斗宿二（人馬座 λ ，2.8），也就是茶壺蓋的頂端，將它置於雙筒望遠鏡的視野中央，M22就會在東北偏東約2.5度（+02°26'49.5" PA:52°）之處看見它，而且在它東邊與東北邊還有三顆黯淡的小星星。由於距離地球10,000光年之遙，使M22看起來是一個模糊的圓盤，視直徑達到32弧分，視星等+5.1。實際上，它的真實直徑達到100光年，且估計有70,000顆恆星聚集在這兒。

M28

當你將斗宿二置於雙筒望遠鏡的視野中心時，M28就已經在視野之中，它就在斗宿二的西北西方1度（+57°44.1" PA:305°）。相較於M22，它看起來是一個小

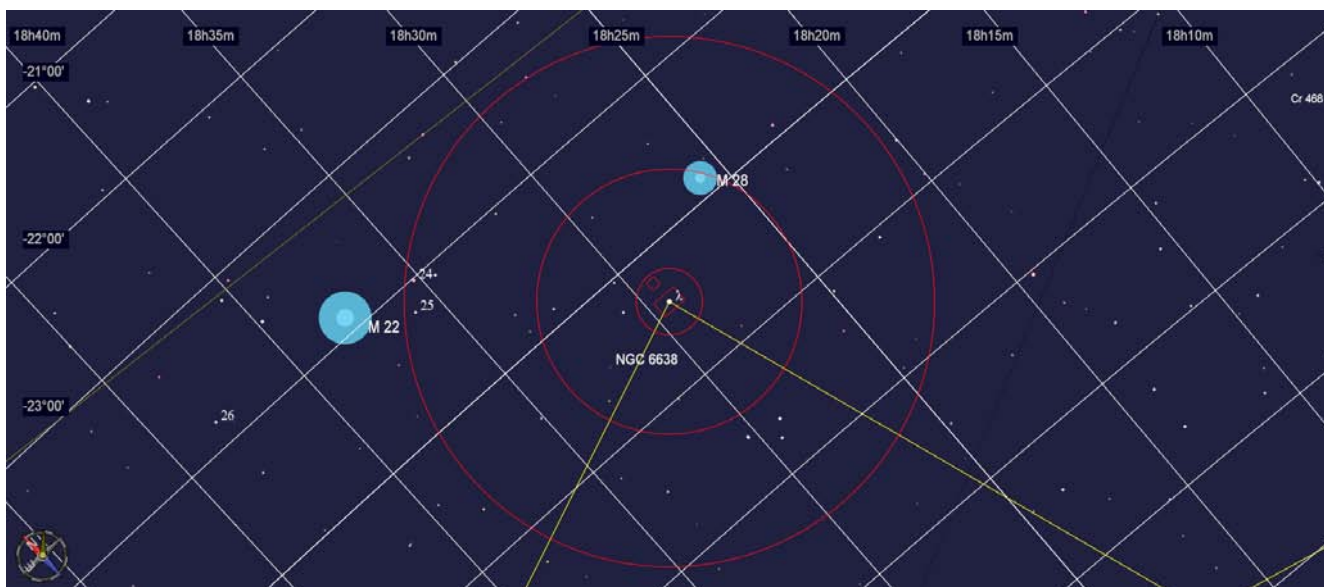


圖3. 尋找M22與M28的星圖。

汙斑，直徑大約是M22的三分之一，只有11弧分，視星等+6.8，也比較暗。所以，需要多花點心力才能看到。

另外三個在壺底的M54、M69和M70，對標準的雙筒望遠鏡（7X50）來說是會令人生畏的考驗，所以不建議立刻去搜尋它們。應該等到有著清澈無雲霧的夜晚，也就是極為良好的觀測環境下，才嘗試尋找他們。

M54

將壺底與柄相連結的斗宿六（人馬座ζ，2.60）置於視野中心，在它的西南西方不到2度（+01°43'55.6" PA:249°）的視野範圍內，就可以看見視星等+8.4等，視直徑12弧分的M54。它是壺底三個球狀星團中最大的。看到它會讓你留下深刻的印象，因為它看起來雖然是一個微小的模糊光點，但中心會稍微明亮一些而顯得較為突出。

M69

將壺嘴底端與壺底相接的箕宿三（人馬座ε，1.8）置於雙筒望遠鏡的視野中央，M69應該就會出現在東北偏北約2.5度（+02°32'02.4" PA:37°）的視場邊緣。但是它的視星等為+8.3等，視直徑約11弧分，不是很明顯的天體，所以需要良好的環境配合，50mm的雙筒望遠鏡才能看見它。

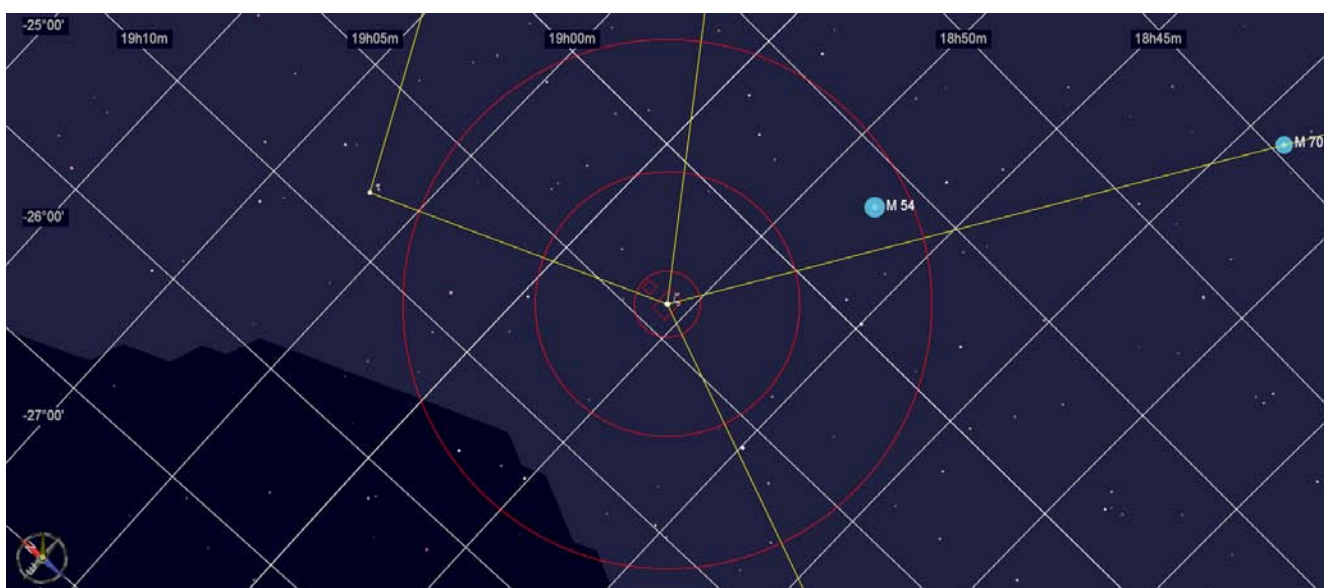


圖4. 尋找M54的星圖。

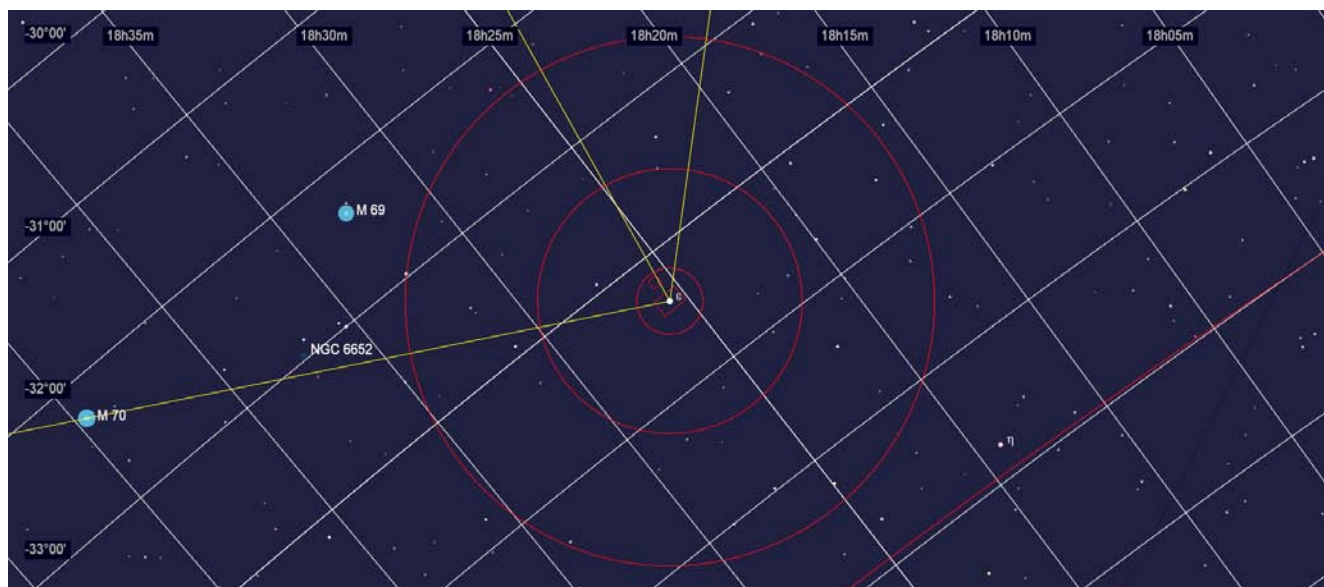


圖5. 尋找M69的星圖。

M70

M70距離壺嘴底部的箕宿三東北東方約4.5度（ $+04^{\circ}29'15.6''$ PA:63°），雙筒望遠鏡很容易就可以同框看見這兩個天體。只要將箕宿三置於視野西北西方靠邊緣處，在東南東方就可以看見M70。但如果你對空間的感覺良好，能夠在視野中沒有斗宿六和箕宿三的情境下，對準這兩顆星連線的中間，也就是茶壺底的中間，M70就會出現在視野的中

心，比較靠箕宿三之處。M70的視星等為+9.0等，視直徑8.0弧分，比同為球狀星團的近鄰M69更小也更暗淡，所以更不容易看到。說M69是它的近鄰，不僅是因為在天球上的位置相距只有2.5度（ $+02^{\circ}29'36.3''$ ），兩者之間的實際距離可能也只有1,800光年。

M55

M55是由法國天文學家尼可拉·路易·拉卡伊在南非觀測時，於

1752年6月16日發現的。梅西耶從1754年開始，就曾多次嘗試在巴黎尋找這個天體，但就因為它的緯度太偏南，出現在地平線上的時間很短，使他在1778年才觀測到，並將它編入目錄中。這個星團的視星等為+7.4等，視直徑19弧分，使用50mm的雙筒望遠鏡很容易就能看到，但因為缺乏夠亮的導引星，要找到它得要借助於星圖上的一些暗星引導。

M55和斗宿六、觜六（南冕



圖6. 尋找M70與其周邊天體相對位置的星圖。

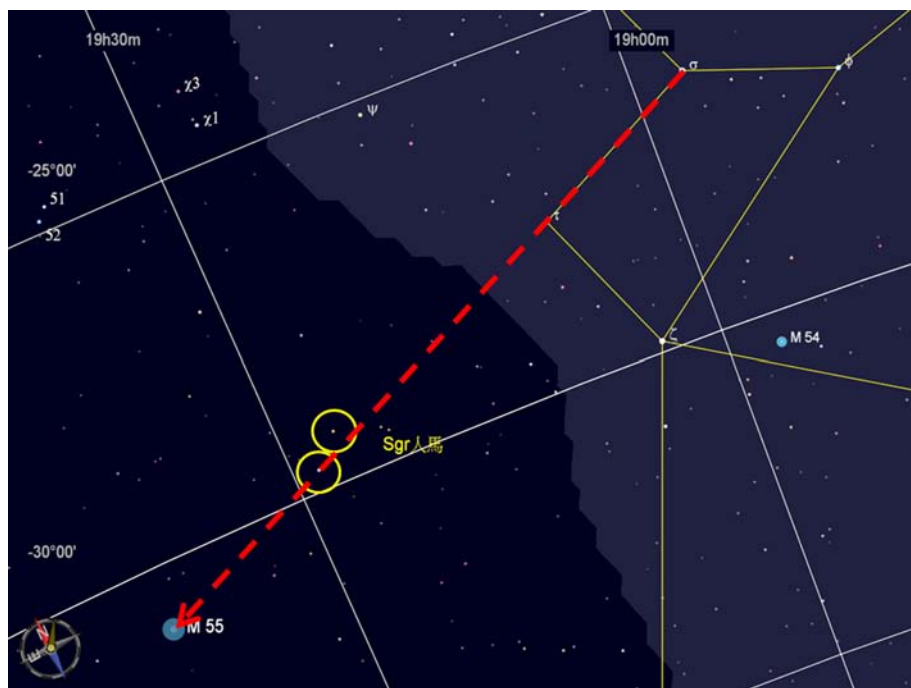


圖7. 尋找M55的星圖。黃圈標示的是HR 7360（下）與HR 7380（上）。

座 α ，4.1）構成一個接近正三角形的等腰三角形，而蟹六位於頂角上。以肉眼可以很容易定出M55的位置，但肉眼看不到+7.4等的M55，雙筒望遠鏡也不能將相距8-9度的這三個天體中的任何兩者同時看見。因此，尋找M55是利用斗宿四（人馬座 σ ，2.0）和斗宿五（人馬座 τ ，3.3），也就是壺柄把手（外緣）兩顆星的連線延伸來尋找。在延伸的路徑中途，當斗宿五接近視野西邊時，在東側應該可以看見HR7360（+04°51'01.1" PA:116°）和HR7380（+04°18'23.7" PA:113°）兩顆相距僅0.6度的6等星，再繼續延伸，當這兩顆6等星越過視野中心之後，M55（+03°04'15.8" PA:114°）就會出現在東側了。

M75

M75，是一個非常緊湊和集中的星團，視星等僅+8.7等，視直徑6.8弧分。它與地球的距離大

約是67,500光年，換算之下它的實直徑大約是130光年。由於距離的遙遠使它的光度黯淡，需要更大的雙筒望遠鏡，才有機會看到它：一個小的、模糊的斑點。

它位於人馬座與摩羯座交界處，尋找M75得要利用摩羯座的星體來引導。摩羯座的恆星形成一個大大的、張開的笑嘴，M75在它的西南方。它與摩羯座的牛宿二（摩羯座 α ，3.6）和天田四（摩羯座 ψ ，4.1）組成一個等腰三角形。利用這個三角形可以協助找到M75，不過因為周圍都沒有亮星，因此很難直接引導找到M75。只能參考視野中一些暗星，特別是M75西南方組成小三角形的三顆星來判斷是否找對了。

找完所有的糖塊，就可以來找砂糖，也就是雙筒望遠鏡可以分辨出星點的疏散星團與星雲等。其中最顯眼的是M24，它雖然列在梅西耶的目錄中，但它並不是深空天體。

陶蕃麟：臺北市立天文科學教育館展示組組長退休

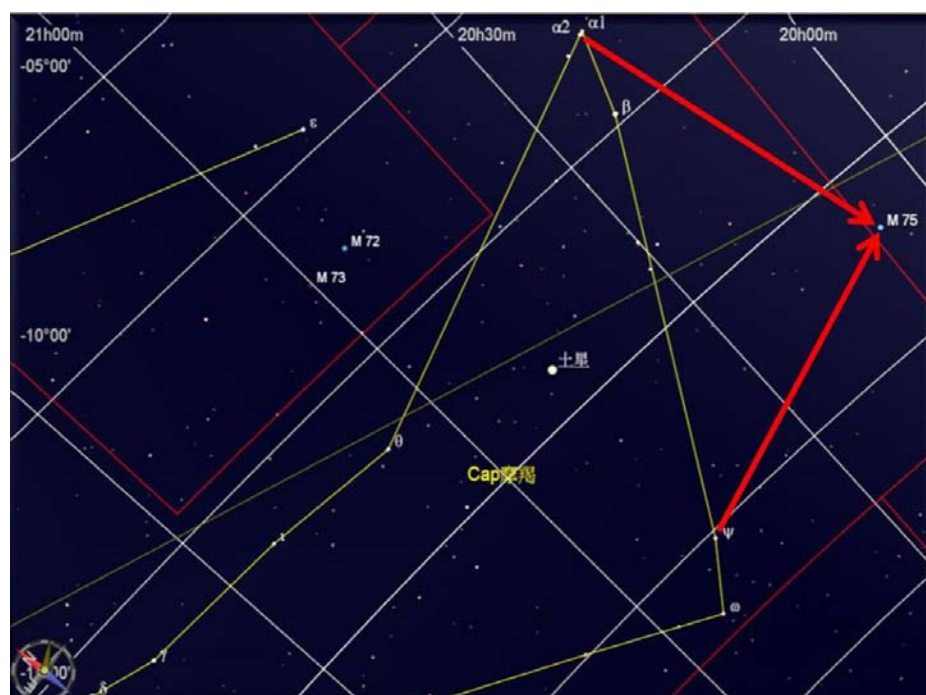


圖8. 利用摩羯座尋找M75的星圖。

Easy

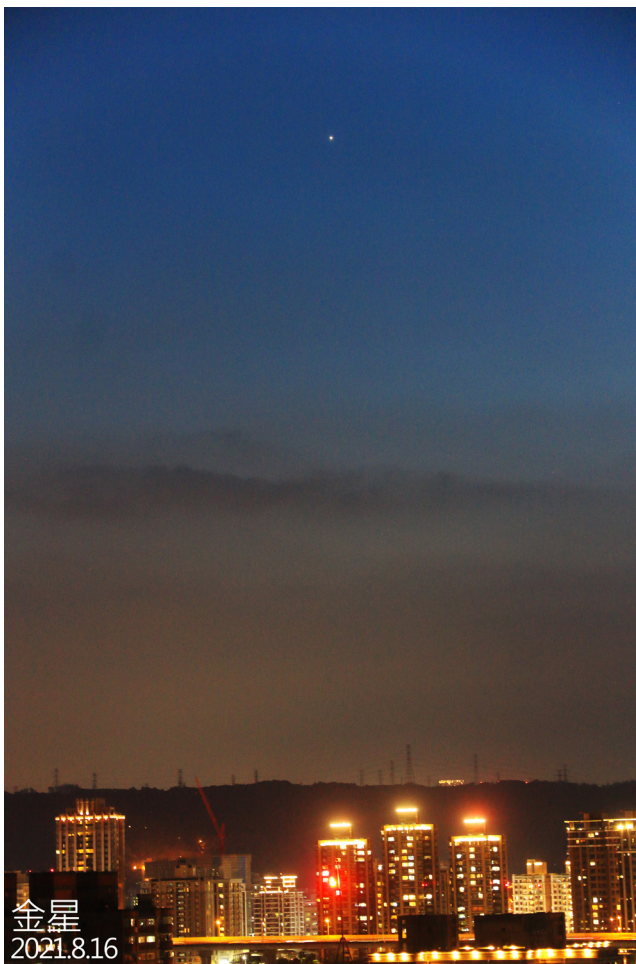
拍星空29 固定攝影拍金星

文、圖 / 吳昆臻

最近黃昏西方天空可見到一顆很明亮的星星，她就是有美麗的女神維納斯稱呼的金星，明亮的金星在都市中還是可以輕易地看到她，甚至偶會被誤認為不明飛行物，本篇將介紹觀察金星及拍攝的方式。

如何尋找金星

金星只會出現在黃昏與黎明的天空，因為金星繞日軌道在地球繞日軌道內側，從地球上觀看，她只會出現在太陽二側，位在太陽東側時，會比太陽晚落下，見於日落後西方天空，若位在太陽西側，會比太陽早升起，見於日出前東方天空，金星絕對不會出現在與太陽相反方位午夜的天空；金星在2021年3月26日外合太陽（與太陽同方向，下頁上圖位置1），之後與太陽的離角漸增，成為日落後西方天空的明星，10月30日來到與太陽離角最大的東大距位置（位置3），在這前後可觀察時間最長，東大距後與太陽的離角漸變小，到2022年1月9日來到與太陽同方向的内合位置（位置5），所以未來幾個月金星都會出現在日落後西方的天空。

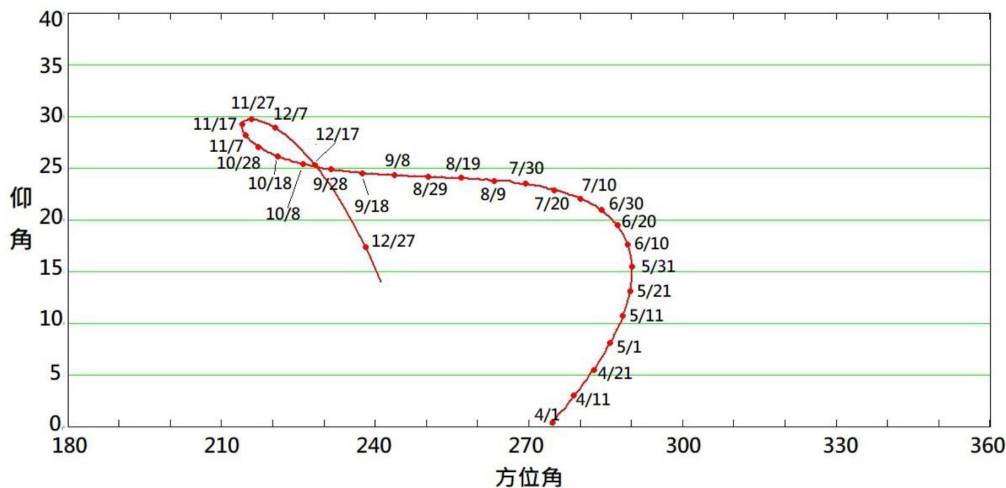


金星
2021.8.16

金星近期位於日落後西方天空，天色剛暗即在暮色中閃耀著光芒，在光害嚴重的都市中也能輕易看到。

日沒時金星位置

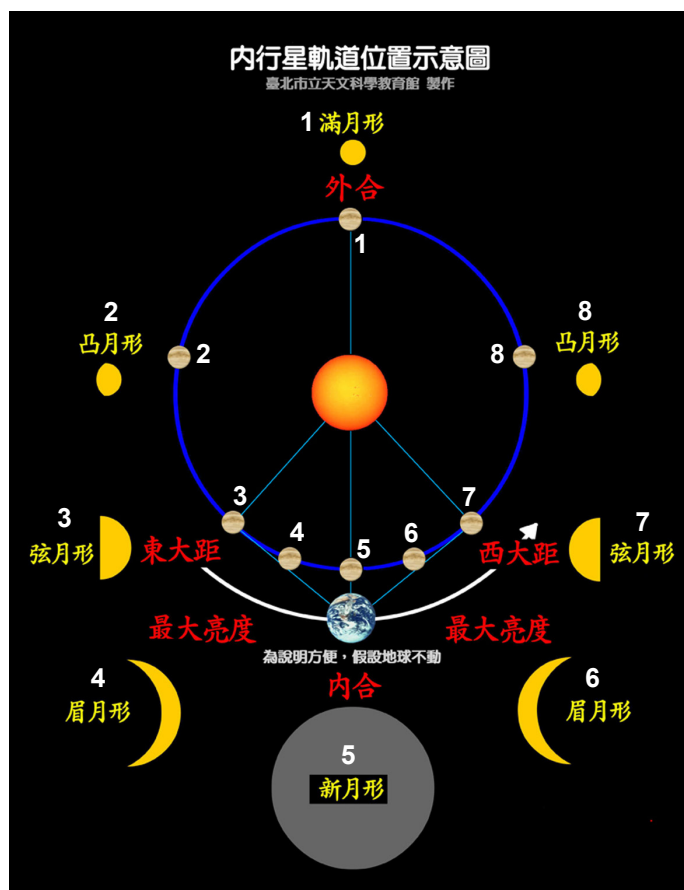
2021年金星於黃昏西方天空位置圖，未來幾個月都可於日落後西方天空看到金星，此圖為日落當下金星的位置，隨著時間越晚金星位置會因地球自轉漸接近地平線，所以實際等到天色較暗能看到金星時，其仰角位置會比此圖要低一些。



什麼是「大距」？

從地球觀察金星與水星他們都只會位在太陽的二側，當行星與太陽的離角最大時稱為大距，在太陽的東邊最大離角稱為東大距，反之稱為西大距，大距時與太陽的離角最大，可觀察的時間最多，金星最多觀察時間可長達3個多小時。

附帶一提金星本身是不發光的，其光線是反射自太陽，使用天文望遠鏡觀察金星，可觀察到盈虧的現象。

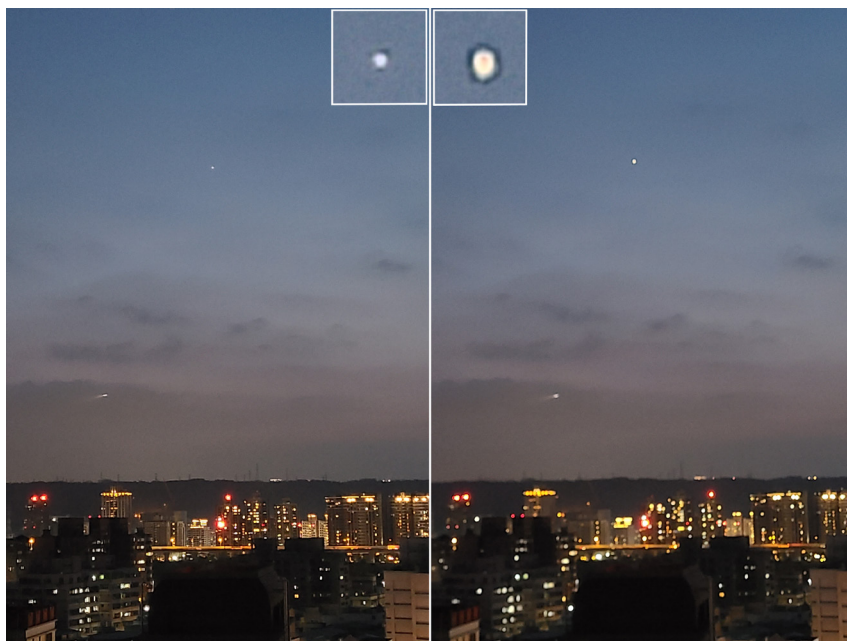


金星在天空中亮度僅次於太陽與月球，亮度都在-4等以上，十分的明亮，只要知道她的位置並選對時機，要看到金星是很容易的。

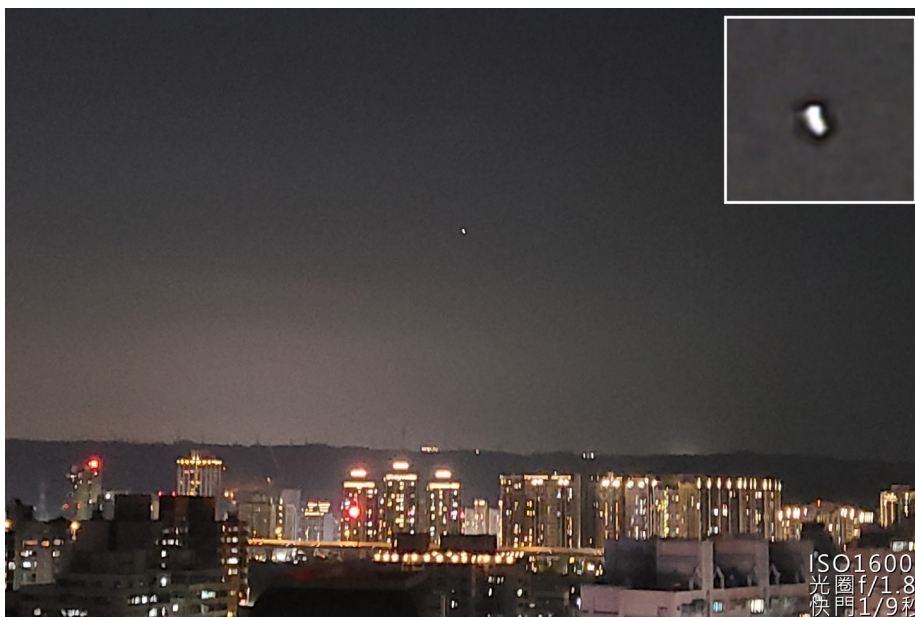
用手機拍金星

金星亮度夠高，一般照相機多數可以偵測到金星，並對金星進行對焦及拍攝，拍攝步驟就跟拍風景一樣，拿起手機對準金星拍攝即可，但若求拍攝效果較佳，建議將手機固定在固定架上，以固定攝影方式降低手持晃動。若能用專業模式（手動模式）以低ISO進行數秒拍攝，將能獲得品質較佳影像，手機固定攝影拍攝可參考《[臺北星空76](#)

期·EASY拍星空2相機基本設定&簡易固定攝影》介紹。



手機拍金星，點選螢幕中的金星，手機就會自動進行對焦，若手機靈敏度不夠無法對焦，可改以點選遠方較明亮燈光對焦；有些時候會有對焦失誤情況（圖右，星點虛胖、地景失焦），要確定是否準焦，可放大影像檢視確認。



手機拍金星需要比拍風景較多的曝光時間，自動模式下會以高ISO低速快門（約1/10秒）拍攝，單純手持很難保持拍攝過程穩定，可將手肘倚靠欄杆或圍牆增加拍攝過程穩定度，拍攝完成後應檢查影像是否準焦及晃動。範例影像局部放大後，可明顯看到金星有拖線情況。



手機拍攝要尋求穩定不晃動清晰的影像，最好的方式是將手機以手機夾座固定於三腳架上，相關資訊請參考〈EASY拍星空2〉內文說明及示範影片。

單眼相機 固定攝影拍金星

手機拍金星雖然很方便，但手機相較於單眼相機感光元件小很多，影像的解析度及銳利程度會低許多，手機影像後續可後製的空間也不大，若要得到更清晰及更多細節影像，及拍攝更多的拍攝主題，單眼相機還是最佳選擇；將相機固定在三腳架上以固定攝影方式拍攝就能拍下金星，拍攝設定及步驟雖比手機拍攝要多許多，但這些都是拍攝的基本功，只要各步驟確實做到位，就能拍下美美的星空影像：

相機基本設定

RAW格式存取：保留影像最多細節與資訊，以利後製處理。

M（手動）模式拍攝：自行控制ISO、光圈、快門3個數值，取得理想的影像亮度。

WB白平衡控制：拍金星單幅影像即可完成、不需多幅影像疊合後製，可設於自動白平衡拍攝，現場檢視影像，若色調與現場差很多可改自訂白平衡拍攝，後續在RAW格式轉檔前也可以針對白平衡情況進行調整。

NR長時間曝光消除雜訊開啓：拍金星曝光時間只需數秒鐘，若拍攝時間充足不需搶拍情況下，可將NR開啓，現場直接減除雜訊，較能精準的減除雜訊，也省去後製扣除雜訊步驟，NR原理請參考《臺北星空77期·EASY拍星空3星軌拍攝》。

拍攝步驟

STEP1.取景

切至MF（手動對焦），大致對焦後取景構圖。



大光圈鏡頭有機會直接對金星進行自動對焦，可從觀景窗中將點對焦框對準金星或於Live View中局部放大金星區塊，然後持續輕按快門進行自動對焦，相機若能進行自動對焦（對焦框會由白框變成綠框），且金星星點呈現最細小，即完成對焦，完成後要將鏡頭對焦模式由AF切至MF，不然拍攝時對焦位置又會跑掉。若星點無法縮至最細，就要改採手動對焦（STEP.2-STEP.3）。

STEP2. 開啓Live View即時影像顯示功能

開啓Live View功能，並設定大光圈（光圈值小）、調整ISO及快門使螢幕中場景亮度適中，金星應可於螢幕中看到。

STEP3.對焦

將金星區域局部放大，手動調焦將金星星點縮至最小，即完成對焦。關閉Live View或於完成STEP4.後關閉。



在LiveView中以最大局部放大進行調焦，將星點縮至最小，即完成對焦。

STEP4.確認取景構圖

使用變焦鏡頭要注意，不同焦段準焦的位置會有些微不同，拍攝過程若有改變取景範圍，就必須要重新對焦，否則會拍到失焦模糊的影像。

STEP5.調整曝光量

影像曝光量由ISO、光圈、快門決定，設定順序可先決定光圈大小，然後ISO與快門相搭配。

光圈：拍攝星空都會將鏡頭光圈開大，以獲取足夠光量，若是使用光圈f/2.8以上的大光圈鏡頭，可稍縮小光圈1-2格，使影像暗角較不明顯、提升星點情況，大光圈鏡頭成像情況可參考

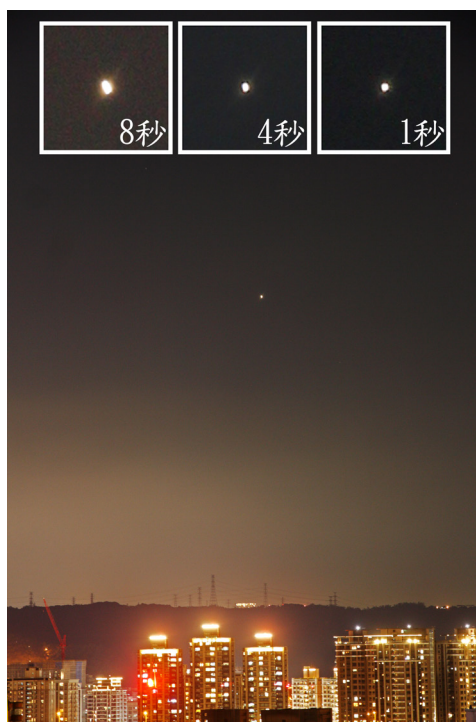
《臺北星空85期·EASY拍星空11星座拍攝I》說明。

ISO：一般情況下，低ISO影像放亮比例較低，影像雜訊較低，畫質會較佳；當天色未全黑時，所需曝光較少可用較低ISO如ISO100-400拍攝，隨著天色較暗或曝光時間過長時，可提高到ISO800-1600或更高。

快門：天上星星都會因地球自轉持續移動著，以固定攝影方式拍攝若以較長的曝光時間拍攝，影像上的星點就會有拖線的情況，想拍到圓潤的星點，曝光時間就不能太長，簡單的評估方式使用「400法則」，即以400除以鏡頭的等效焦距（焦段），就是影像大致可以維持星點的最長曝光時間。

STEP6.正式開拍

按下快門線進行拍攝，當快門大於1秒時，NR即會啟動減除雜訊，所以曝光結束後需多等待一段與曝光時間相同的減除雜訊過程。



等效焦距100mm鏡頭拍攝8秒的影像，縮圖檢視是看不出星點是否有脫線，若將影像局部放大，就可看到金星有微幅脫線情況，要減少脫線情況就得縮短曝光時間。400法則只是個概估方式，每個人對影像的要求都有所不同，拍攝後可將影像放大檢視，依星點情況調正適合的曝光時間。

STEP7.放大檢視影像

放大檢視影像細節，確定對焦情況、星點脫線可接受，還有影像背景雜訊情況，若需修正現場即可調整重拍。

固定攝影拍金星，因主體夠明亮所需曝光時間短、累積雜訊低，後製不需像拍攝深空天體那樣，需要用多幅影像疊合增加訊噪比，單一影像即是成品，後續後製可調整影像亮度、對比、飽和度等，使影像更加分及接近現場情況（影像調整後續作業將另開專篇介紹），另外，只要拍攝設定得宜，未後製的影像其實已經很棒了，是可以直接上傳分享的。

金星與天體會合

金星在天空移動過程中，有時會跟其他天體會合，較明顯的就是月球、行星及明亮恆星，特別是月球每個月都有一次與金星接近的機會，不

妨將這特別的會合記錄下來，拍攝時機可查詢《[天文年鑑](#)·[各月星象表](#)》，尋找金星與其他天體「合」的日期，就是二天體較接近的時候，就可利用星圖軟體預先模擬情況並規劃拍攝，相關細節可參考《[臺北星空78期](#)·[EASY拍星空4 固定攝影拍攝行星與取景規劃](#)》介紹。

明亮的金星

金星是星空中亮度僅次於太陽及月亮的自然天體，白天天空清澈無雲情況下是有機會在白晝天空中目視到金星，不妨趁著金星較明亮時機挑戰看看，可先使用手機搭配星圖APP輔助找到金星的方位，再用敏銳的眼睛在蔚藍的天空中找尋



金星近月

圖中可見金星與月球靠近，下方還有火星與水星，金星與月球會合都會是在新月或殘月階段，此時還可以拍到地球照（月相暗的一側）的現象。



金星合木星

行星在天空中運行偶會相會，觀測條件及接近情況都不同，每次的會合都是獨一無二的畫面。

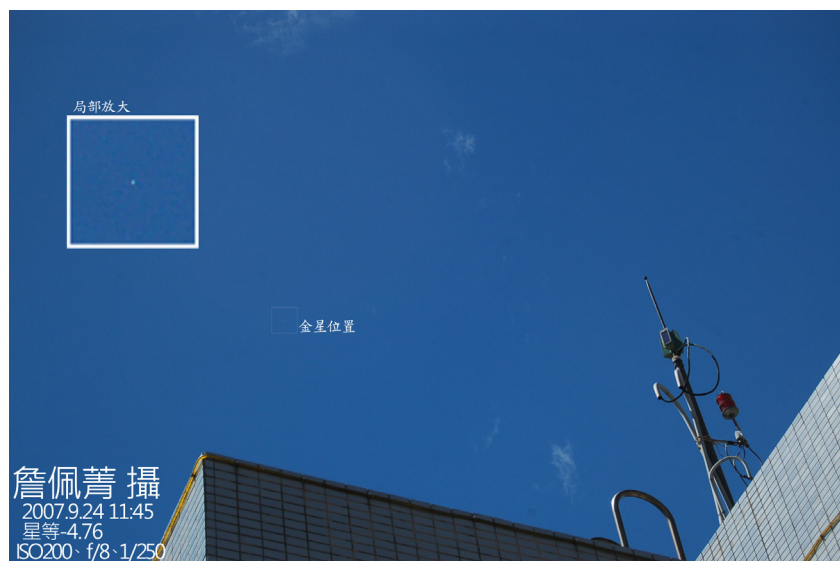
小光點，若要拍攝記錄，白天天空較明亮所需曝光時間短，在確定相機已對焦至無限遠後，直接手持相機就能拍攝記錄。

金星在東大距後及西大距前有一段時間亮度會達到最亮，最大亮度期間星等-4.9等，比最暗時要亮上約1個星等，近期金星最大亮度為今年11月29日至12月15日（10月30日東大距後）及2022年2月5日至2月15日（2022年3月20日西大距前）。

在金星較明亮時機，若能身處極黑暗無光害的環境，明亮的金星是可以照出淡淡的影子的，有機會不妨注意看看，會是很特別的經驗。

本期針對金星拍攝做一詳細的介紹，明亮的金星只要知道她出現的時機，即使在光害嚴重的都市中也能輕易地進行拍攝，本期文章中的影像都是於市區拍攝的，要看到她並記錄下來是很容易的，建議讀者一定要自己實做拍攝喔，後續將延

續本期介紹內容，介紹與金星同為內行星但很不容易觀察到的水星拍攝。〈EASY拍星空〉將繼續分享拍下美麗的星空的訣竅，敬請期待。



金星最大亮度時的白晝金星

白天要尋找金星，必需趁金星較明亮與太陽離角較大時進行，好天氣、極清澈天空當然也是必要的條件。

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/>



金星最大亮度前夕

金星很明亮，要在水面中映出倒影並非難事，有機會不妨觀察欣賞一下。

隱身在黑暗之中的超新星

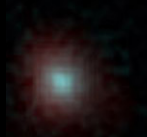
超新星是大質量天體演化盡頭的產物，能在短時間內放出超過太陽一生總和的能量，並在所有電磁波段都有明亮的訊號。不過短波長的高能輻射容易被塵埃散射，許多明亮的超新星就這樣隱身在黑暗之中。

科學家針對這些遺失的超新星發起搜尋計畫，利用史匹哲太空望遠鏡的紅外光波段觀測，發現了隱藏在星系深處，被厚重塵埃所覆蓋的超新星。雖然塵埃遮蔽了能量較高的可見光波段，但波長較長的紅外光不易被微粒散射，得以輕鬆地穿越出星系之外。

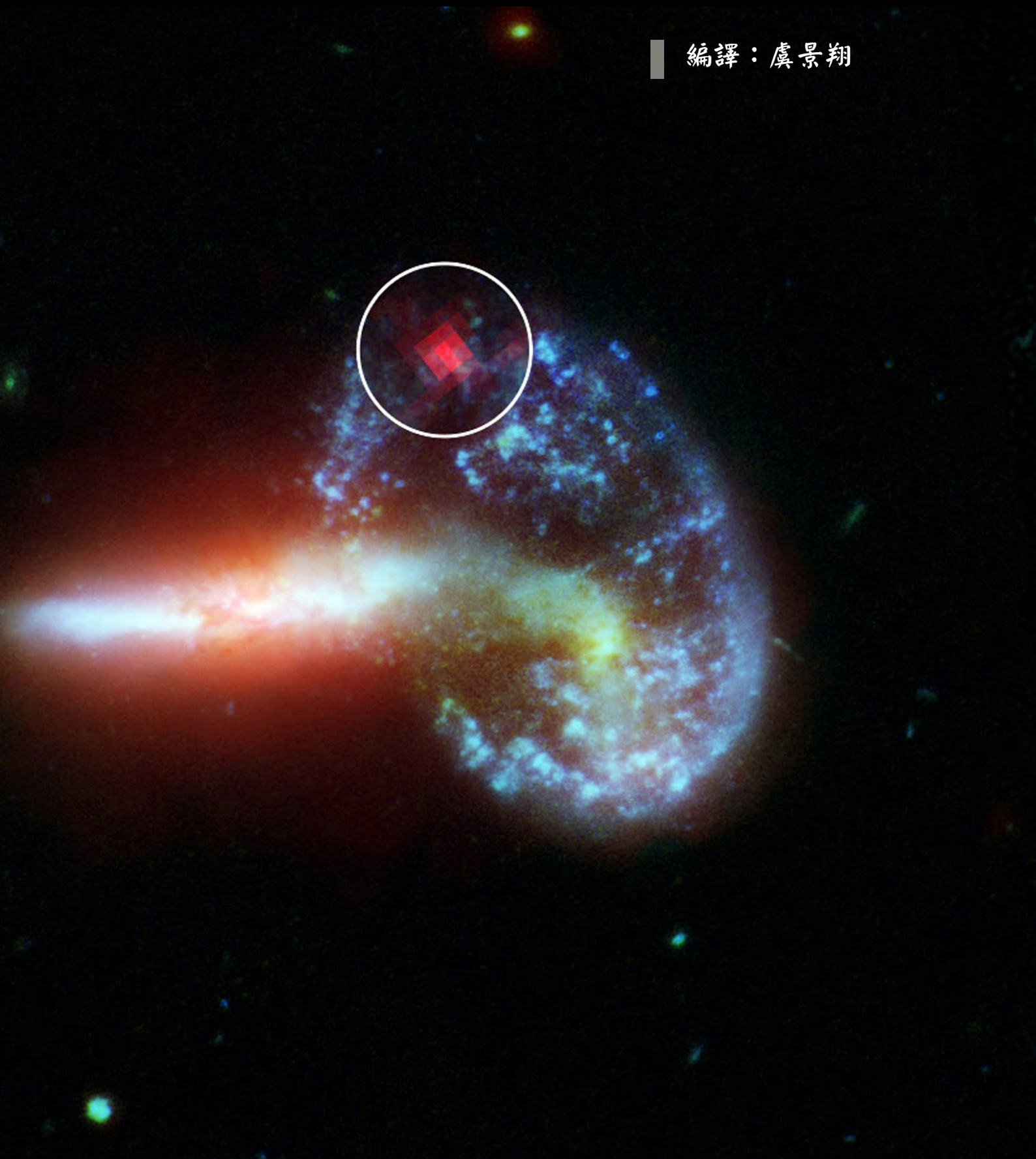
圖中不規則形狀的天體是收錄在「特殊星系圖集」中，兩個星系產生交互作用而成的Arp 148。這張照片主要由哈伯太空望遠鏡的可見光波段拍攝，結合白色圓圈內由史匹哲太空望遠鏡所拍攝的紅外光影像。

「史匹哲」已在2020年除役，「哈伯」也邁入任務尾聲，但這些太空望遠鏡還有許多尚未被分析的豐富資料，仍會是天文學家未來的寶藏。

Image Credit: NASA/JPL-Caltech

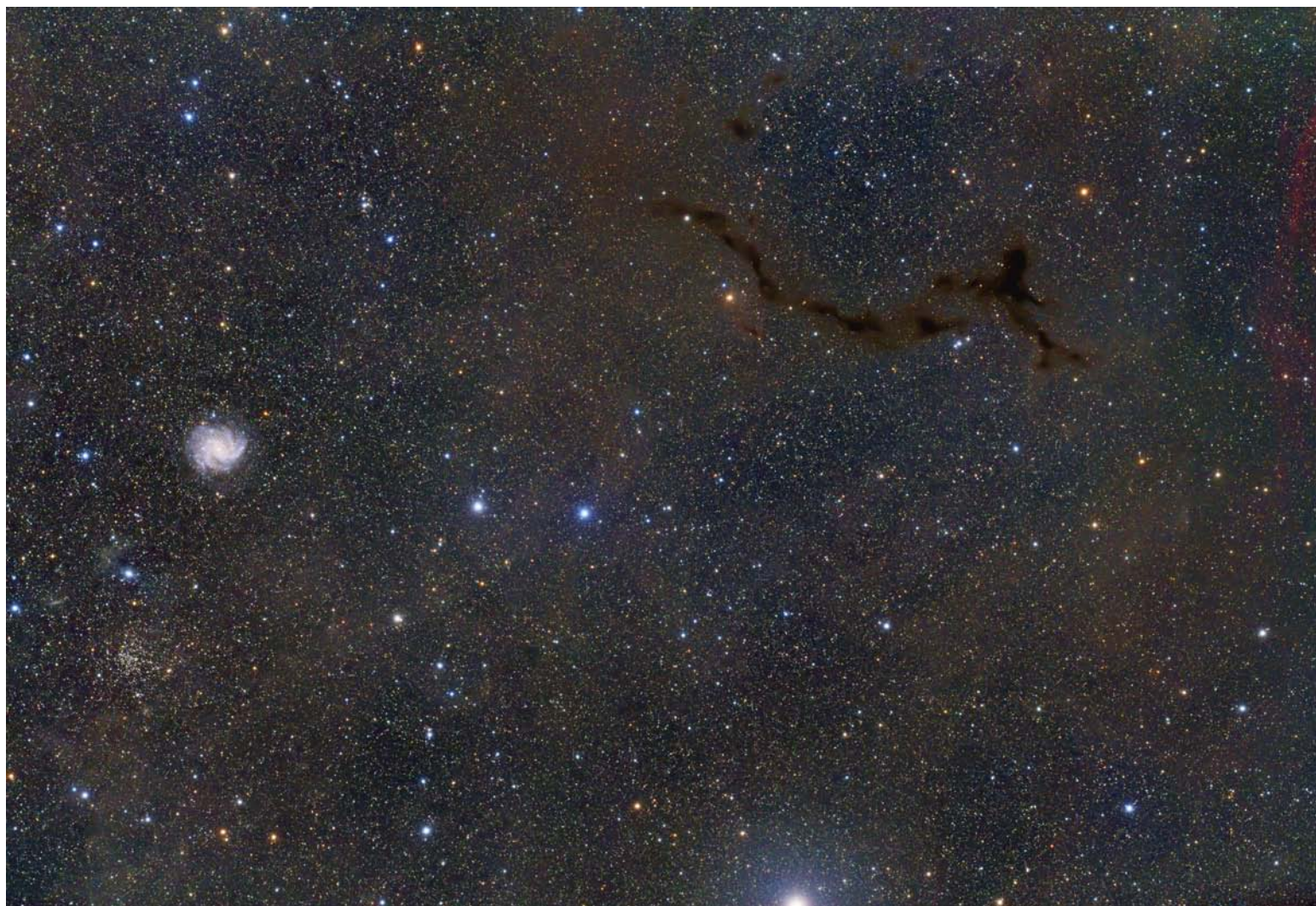


編譯：虞景翔



Astronomical 美星映象館 *photo gallery*

責任編輯/ 吳昆臻



Barnard 150、NGC6946、NGC6939

施勇旭&王派鏞

時間：2021/7/12-13

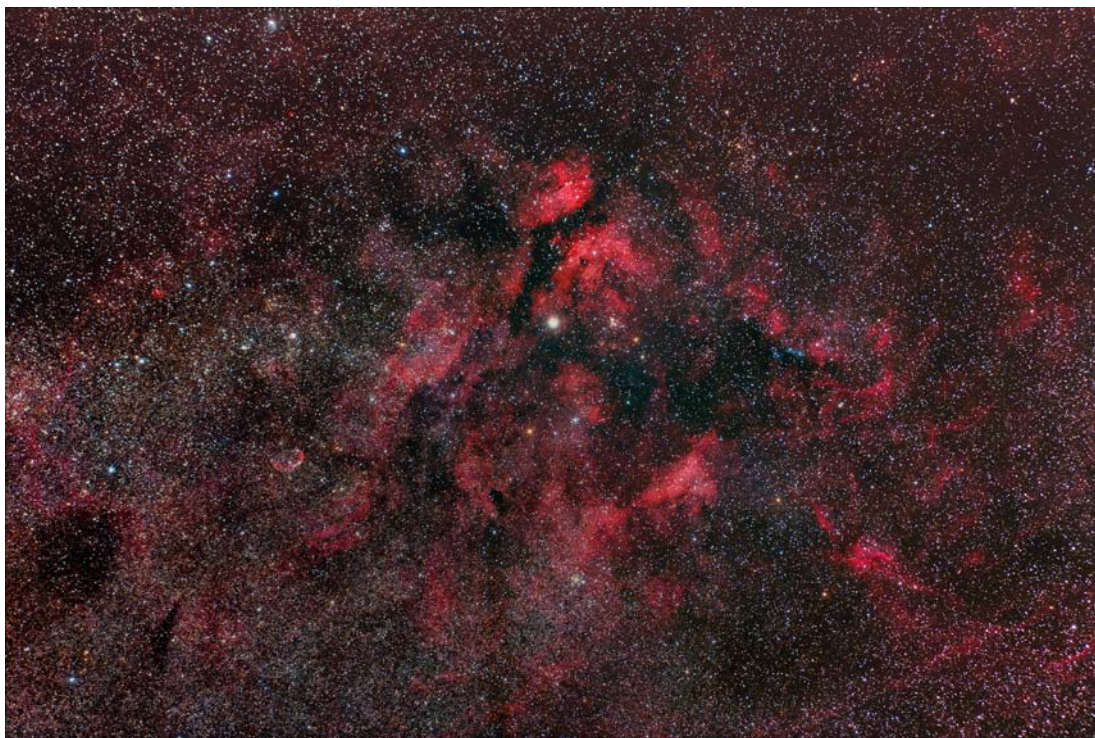
地點：南投縣合歡山鳶峰觀景台

儀器：Takahashi FSQ-130ED望遠鏡、PENTAX 645Z(改)相機、iOptron CEM70-EC赤道儀(自由追蹤)

參數：ISO800、單幅曝光300秒，累計曝光75分

處理：PixInsight 1.8.8-7 Ripley

說明：仙王座附近的天區，Barnard 150神似海馬（右上），NGC6946則是個小風車星系（左）與星團NGC6939（左下）一同在這區域內構圖，背景的雲氣也非常豐富，將來也許可以跟更右側的深海大魷魚馬賽克拼再一起。



IC1318與天津一週邊

詹榆芃

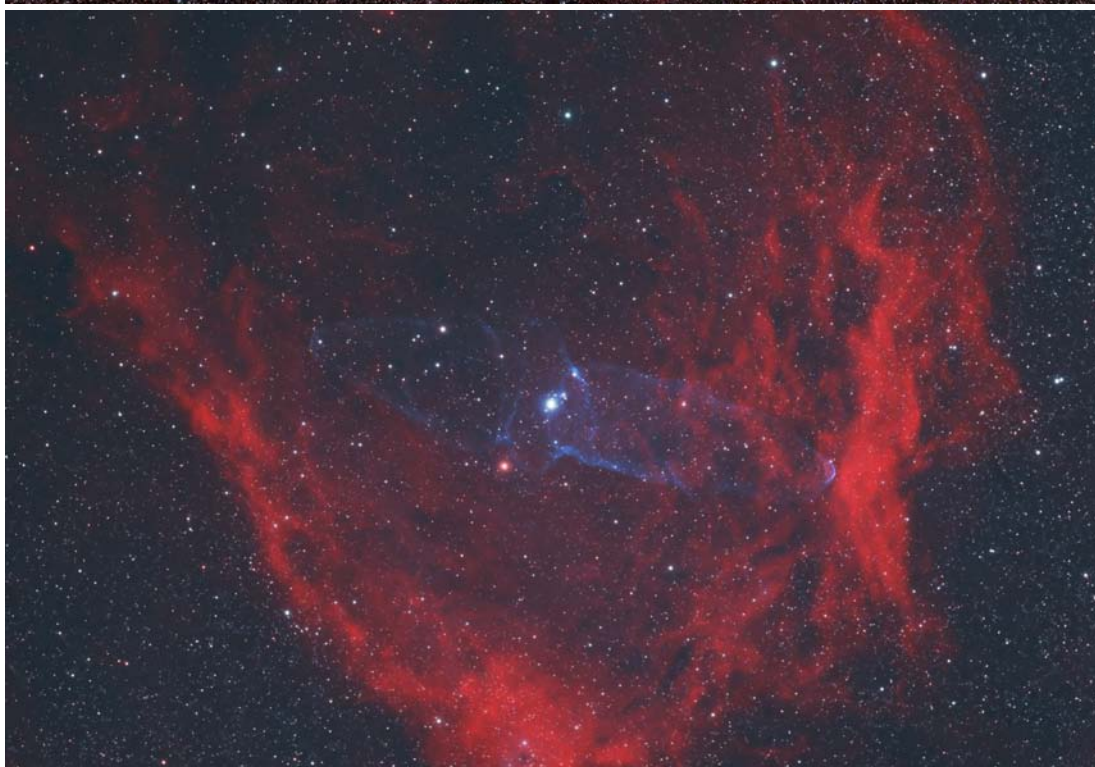
時間：2020/08/20

地點：南投縣合歡山翠峰卡爾小鎮

儀器：BORG 55FL望遠鏡、
Canon 6D(改)相機、
Vixen AP-WM赤道儀

參數：單幅曝光180秒，40幅
合

說明：IC 1318位於天鵝座中心，是一個包圍著天津一（中央偏上）的發射星雲。周遭還有蝴蝶星雲、眉月星雲。除了發射星雲，此區域還有許多暗星雲。



OU4 and SH2-129 施勇旭&王派鏞

時間：2021/7/11-13

地點：合歡山鳶峰觀景台

儀器：Takahashi FSQ-106EDX4望遠鏡、ZWO ASI 2600MM Pro@-10度冷卻相機、iOptron GEM45EC赤道儀、APM Guiding Scope 50/205導星鏡、ZWO ASI 120MM MINI導星相機、ZWO ASIAIR Pro智慧型WiFi天文主機

參數：3nm $H\alpha$:600秒18幅、3.5nm OIII:300秒31幅、3.5nm OIII:600秒12幅，累計曝光455分

處理：PixInsight 1.8.8-7 Ripley

說明：仙王座的深海大魷魚，極強烈的 $H\alpha$ 與微弱的OIII雲氣，透過HOO方式將其呈現出來。過往拿DSLR不太敢挑戰的目標，在高效率的冷卻相機下，更能將光子榨的淋漓盡致。



面紗星雲（天鵝座環）

Cygnus Loop

王立宇

時間：2020/07/22-23

地點：南投縣合歡山昆陽停車場

儀器：William Optics GT-102望遠鏡、Flat 68Ⅲ平場鏡、Nikon D800(mod.)相機、Skywatcher EQ6-R Pro赤道儀、QHY Mini Guide Scope導星鏡、QHY-5Ⅱ導星裝置、QHY PoleMaster極軸鏡

參數：ISO 800、單幅曝光5分、5幅疊合，Dark Flat Bias校正

處理：DeepSkyStacker、Photoshop、StarNet++

說明：天鵝座環是一個位於天鵝座的巨大超新星殘骸，在天空中的視角達到3度之廣，但因為亮度較低，所以相較於其他夏季明亮的星雲來說不易觀測與拍攝。天鵝座環左右較為明亮的絲狀結構就是我們俗稱的西/東面紗星雲，其中紅色的部分來自於H-alpha與SII，而青藍色則來自於OIII。



心宿一與星空調空盤 謝翔宇

時間：2021/03/21 03:16~04:32

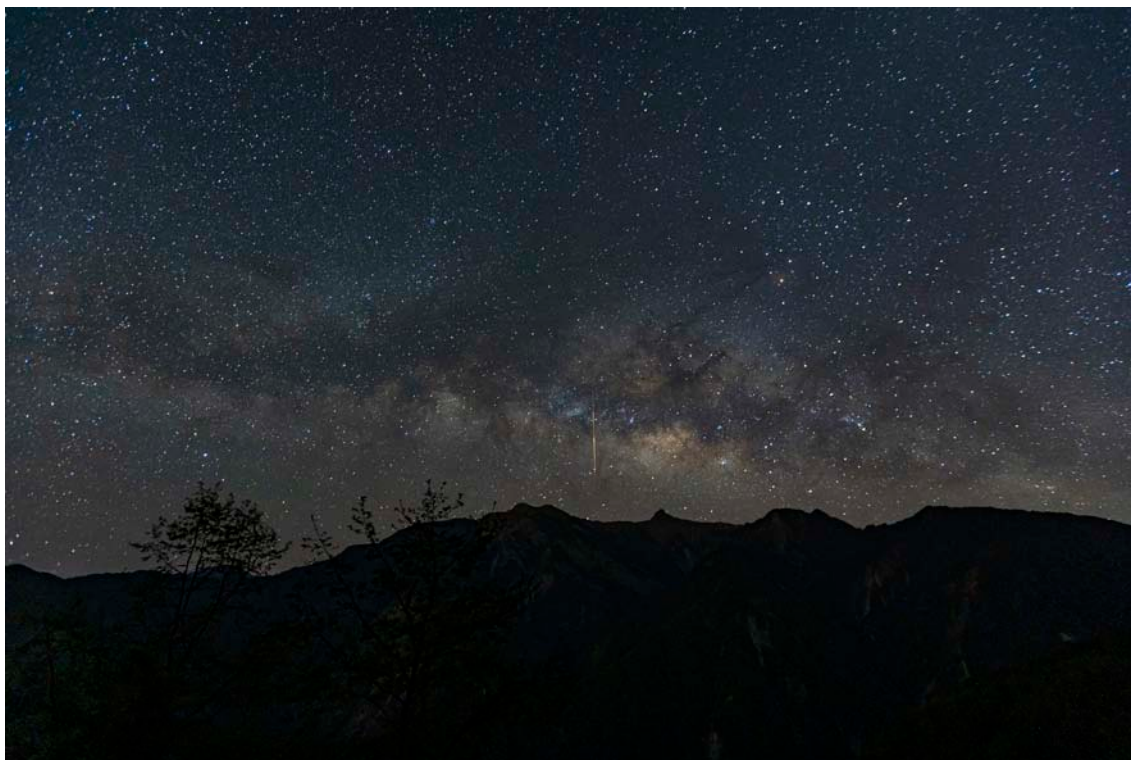
地點：南投縣合歡山翠峰卡爾小鎮

儀器：Takahashi ε-180ED望遠鏡、Canon EOS 6D(改)相機、Takahashi EM-200temma2Z赤道儀、M-GEN導星裝置

參數：ISO1600、單幅曝光180秒，22幅疊合，總曝光1小時6分鐘

處理：DeepSkyStacker、StarNet++、Adobe Photoshop

說明：位於天鵝座核心區的星空調色盤向來令人深深著迷，每一個角落都有驚喜。這次對準了心宿的第一顆星，可以見到SH2-9散光星雲與IC4603黑暗星雲之類細緻的結構，以及像寶石一樣的M4球狀星團，還有心宿二周遭像是一片金黃大地的質感，都是星空攝影中令人為之神往之處。



繁星落塵-玉山銀河流星

周昭伶

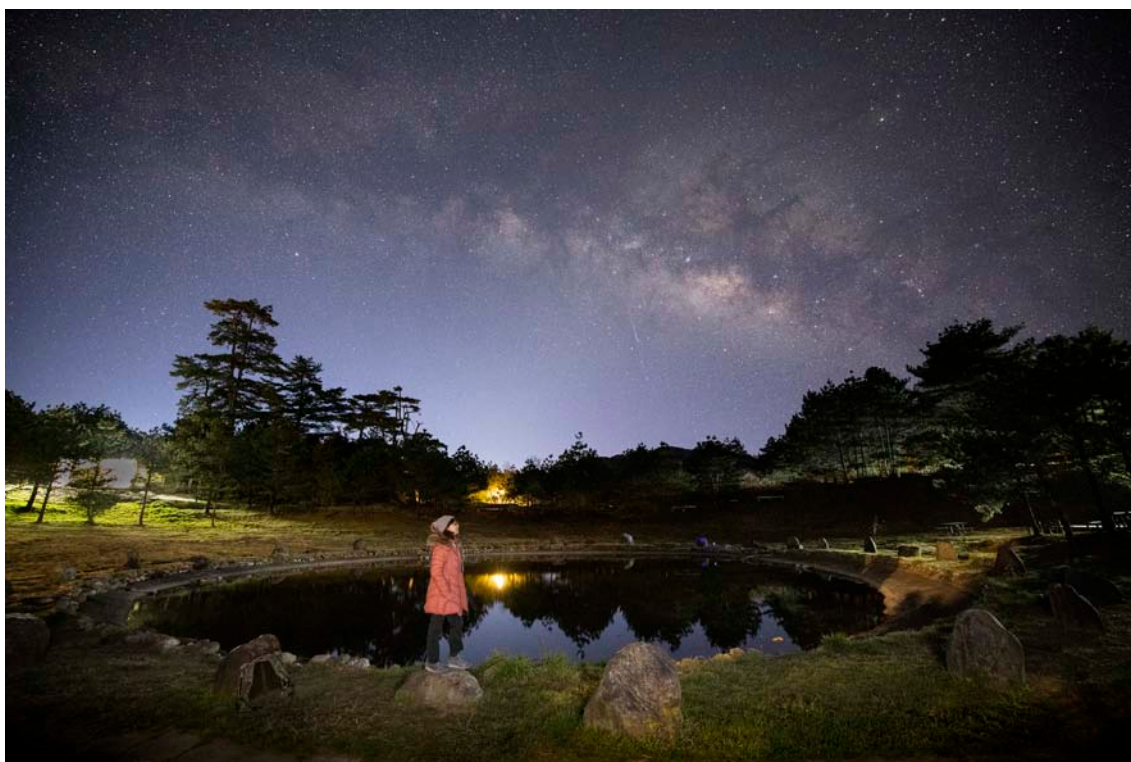
時間：2021/05/08 23:25

地點：南投縣新中橫公路
39.5K

儀器：16mm SONY A7III 相機、Canon 16-35mm 鏡頭@16mm

參數：ISO 3200、單幅曝光 30 秒、光圈 f/3.2

說明：玉山-台灣雄偉屹立的地標，銀河-星空中千古不互的存在，能有多少的機緣，星空中的一顆落塵穿越銀心、燃燒生命，墜殞在玉山主峰和北峰間？



池邊上的銀絲帶

游惠麟

時間：2021/02/22, 05:21:27

地點：臺中市福壽山農場

儀器：Canon RF 15-35mm F2.8L IS USM 鏡頭、Canon EOS R 相機

參數：ISO 12800、單幅曝光 8 秒、光圈 f/2.8

說明：追銀季節絕不能錯過就是高山銀河，2月銀河初升，橫臥於福壽山農場露營區水池上的天空，極度美麗又迷人，利用高ISO短秒數方式，以人帶景方式表現追銀人的夢想意象。



夏季銀河

陳宜婷

時間：2021/04/24 03:55

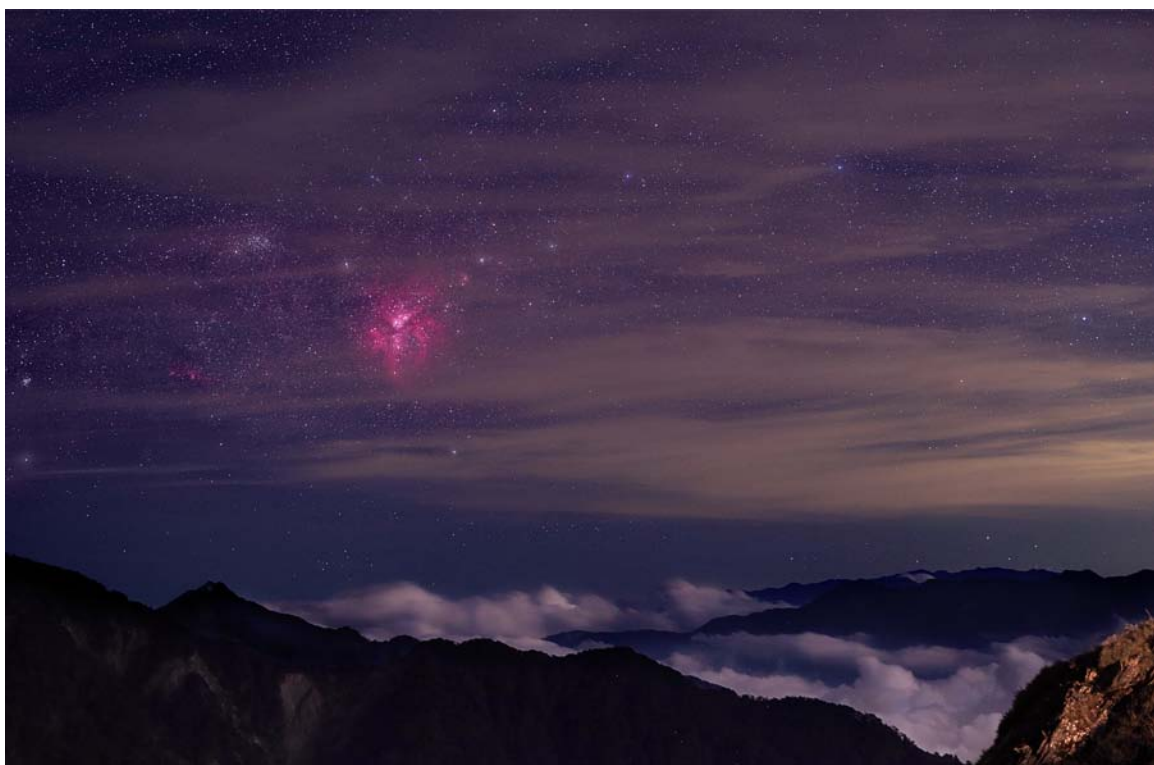
地點：合歡山石
門山

儀器：SIGMA 14mm
F1.8 DG HSM
ART鏡頭、
Nikon D810A相
機

參數：ISO6400、光圈
f/2.8、單幅曝光
13秒，12幅拼接

處理：Photoshop

說明：遇到難得的大晴
夜，月亮西沉
後，璀璨耀眼的
夏季銀河在眼前
呈現。日出前從
東南方升起的兩
顆亮星分別是土
星和木星。



合歡山上的雲中鑰匙 歐震

時間：2021/5/16 20:19

地點：南投顯合歡山武嶺

儀器：Sigma 85mm F1.4 DG HSM鏡頭、Canon EOS 6D (改)、Takahashi P-2Z赤道儀參數：ISO
1600、單幅曝光20秒、光圈f/2.5，19疊合

說明：天黑後不久，初五的新月還未落下，將山谷間的雲海給照亮了，天空中雲來雲去，真不是拍星的好時機。但赫然發現，台灣難得見到的鑰匙孔星雲恰高掛在山頭雲海之上；這也是她升起最高的高度了，於是趕緊拿起相機留下這幅「合歡山上的雲中鑰匙」



5月26日月出帶食月流跡 王朝鈺

時間：2021/5/26 19:06~20:53

地點：新竹縣竹北市

儀器：Nikon AF-S DX

NIKKOR 18-140mm

F3.5-5.6G ED VR鏡頭、

Nikon D7100相機

參數：ISO 400、光圈f/8、單幅曝光1秒，間隔30秒拍攝，210幅疊合

處理：Sequator、Photoshop CS6

說明：將相機固定在三角架上，以固定的曝光條件記錄月升過程中月球亮度與顏色的變化，一個如同火箭發射升空的弧形軌跡，在結合地景後呈現一種自然與文明融合的美。



海港城月全食 林聖翰

時間：2021/05/26 19:44

地點：高雄市

儀器：Canon EF70-200mm鏡頭@70mm、Canon EOS 5D相機

參數：ISO 1600、光圈f/4、快門1/4秒

說明：那天夜晚，超級血月當空，大樓的外牆浮現「平安」與「加油」的溫暖祝福，祈願臺灣疫情能有如月全食般，早日度過食甚般的紅色高峰，早日生光。期待復圓、萬事圓滿落幕的那一刻。

月全食食甚八連拍

甘御成

時間：2021/5/26 19:15~19:24

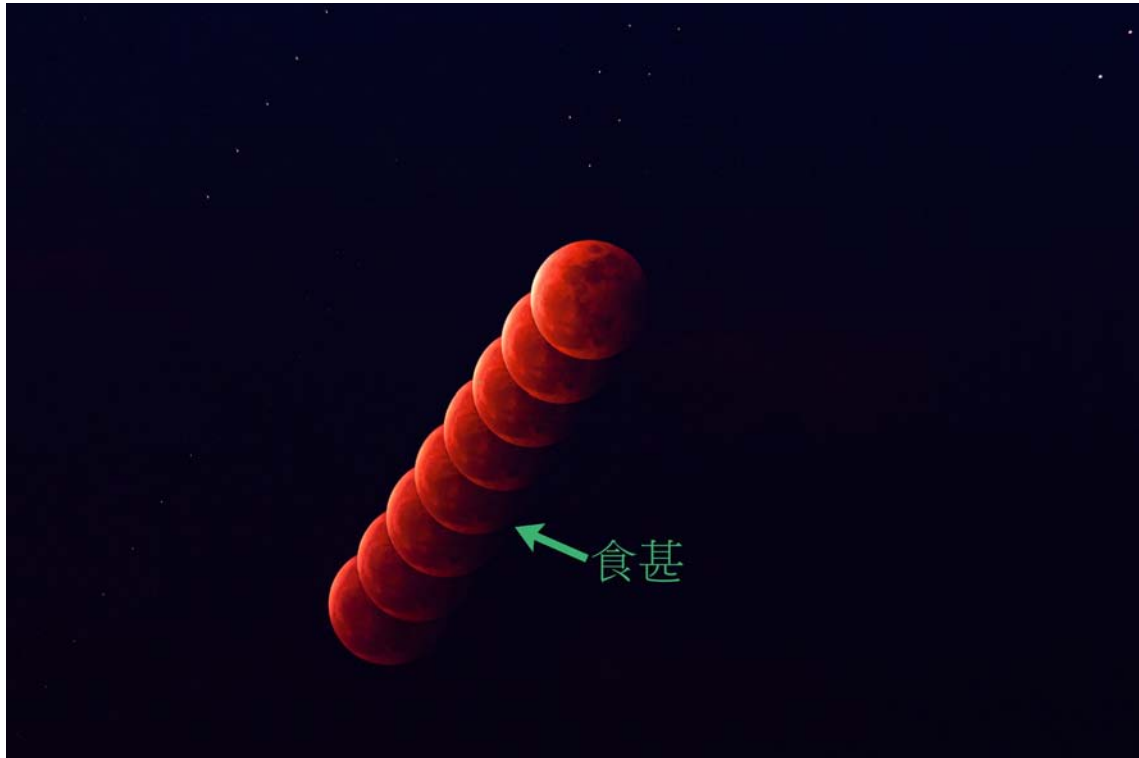
地點：苗栗縣苗栗市自家樓頂

儀器：Sigma 150-600mm f/5-6.3 DG OS HSM鏡頭@300mm、Canon EOS 6D

參數：ISO 1600、f/8、單幅曝光0.6秒，間隔65秒拍攝，8幅疊合

處理：Adobe Photoshop CC疊圖、Lightroom後製

說明：此次月全食是月出帶食，日落後由於東方地平的積雲，看到月亮升起時已是全食階段(19:14)，內心一陣驚嘆，接著到19:19前後的食甚(照片中由下往上第四個月亮)，月亮完全變成血紅色，再次讚嘆宇宙的各種奇觀；畫面右上角的亮星為天蠍座 δ 。



彩虹橋上的月全食 吳昆臻

拍攝時間：2021/05/26 19:24:44

地點：桃園市大園區竹圍漁港

儀器：Canon EF-S15-85mm IS USM鏡頭@85mm、Canon EOS 700D相機

參數：ISO 1600、光圈f/5.6、快門1秒

說明：月全食當天，台北的天空情況一直不優，最後一刻決定離開多雲的台北，往南移動到桃園的竹圍漁港拍攝；全食時以事先規劃的取景，將月全食的月球與地標彩虹橋同框合影，記錄本次月全食情況。



↑ 月全食變化 張玉文

時間：2021/05/26 19:01~20:53

地點：新竹自家頂樓

儀器：Vixen ED81SII(f=625mm, f /7.7)望遠鏡、Canon EOS 50D相機、赤道儀

參數：ISO400、快門1/320~4.0秒

說明：感覺這次月全食時間緊湊，月面光影與顏色變化明顯，可以說是近年來，印象最深刻一次的月全食。

影像經編排非月球在天空實際位置，從左下往右上依序為：19:01、19:09食既、19:18食甚、19:28生光、19:36、20:02、20:28、20:53復圓

← 2021/05/26 月全食 魏榛均

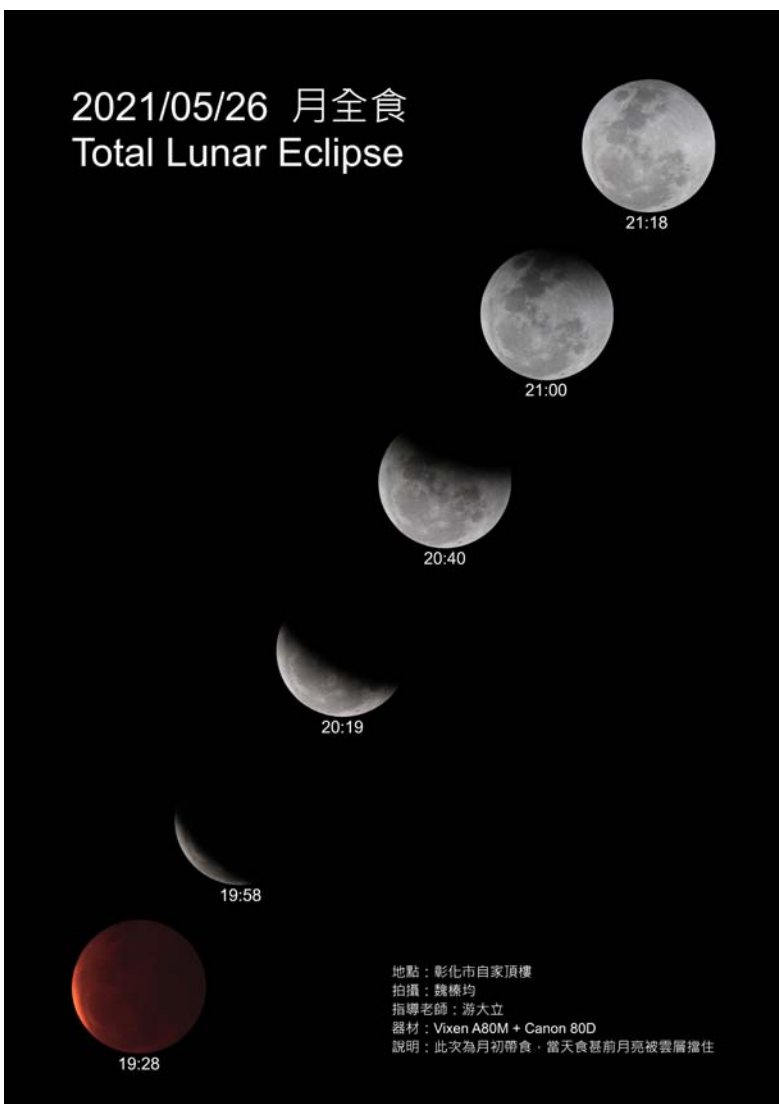
時間：2021/05/26 19:28~21:18 (影像經編排非月球在天空實際位置)

地點：彰化市

儀器：Vixen A80M(f=910)望遠鏡、Canon EOS 80D相機、Vixen SX2赤道儀

參數：ISO1000~3200、曝光1/1000秒~5秒

說明：月升到食甚期間仰角較低，月亮完全被雲層遮住，直至食甚過後月亮才露面；拍攝過程中，時有雲飄過去，所以相機參數不固定，最後挑選月食不同階段組成本幅記錄海報。



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:2008700083