

臺北星空

天文館期刊 Taipei Astronomical Museum Magazine

TAIPEI
SKYLIGHT

NO.53 2011. 秋

ISSN:1727-0022

《破解2012末日預言》專輯之1/天外飛來的輻射。宇宙線的世紀探索。

我的天文研究/ 訪黃偉彥教授。天文攝影/土星觀測。

天文攝影/數位時代—給天文攝影入門新手的建議(下)。

天文萬花筒/藍色部落—「里佳」。秋季星空。天體映像。美星映像館。





獵犬座M51中的超新星SN2011dh 吳昆臻

地點：南投縣合歡山鳶峰停車場

器材：高橋FS-128(f=1040mm)+Canon 450D(clear)+高橋EM-200B+QHY5+PHD Guiding導星 截圖：33%

左(爆發前):

時間：2011年2月9日 01:26~03:52

曝光：12分*11幅 總曝光132分

右(爆發後)

時間：2011年6月8日 21:16~23:25

曝光時間：10分*12幅，總曝光120分



大熊座M81與M82星系 饒仁炫

時間：2011年4月1日 地點：南投縣合歡山鳶峰停車場

器材：TOA130F折射鏡+ EM200 Temma2 Jr赤道儀+ STL11000+ Baader L,RGB+ SG4導星

曝光：L:10分 * 16，RGB各 10分*3 影像處理：DeepSkyStacker疊圖

邱國光

2012年的世界末日說猶言在耳，511臺灣末日預言提前引起很大的漣漪，為使媒體及民眾，進一步了解末日說所涉及的天象，特別在本館網址首頁右下方，網路天文館內的「天文FAQ」中，增設第32項—天文迷思 (http://tamweb.tam.gov.tw/bew/TW/list3.asp?mtype=c6&cate_id=49)，將相關問題加以說明，以解決大眾對末日說的迷惑，本期也有相關專輯報導。



天文館一年一次的特展，在展場一樓展出，以尋找外星生命為主軸，引發「外星人在哪」話題，重點介紹科學家研究外星生命的成果，以及模擬火星地景和多種火星探測器，展期到10月10日。7、8兩個月期間，全國12歲以下小朋友參觀展示場及特展免費，歡迎有興趣的民眾來館參觀，於此感謝教育局馮清皇主秘、睦濤平名主播、陳輝樺副研究員蒞臨開幕現場致詞，以及國立自然科學博物館的支持合作。

7月7日本館新購置的數位星象儀，在明湖國小醒獅團表演慶賀中啟用，由12部50萬比1超高對比度的極黑投影機，將數位影像分六區域投射於直徑25公尺半球形銀幕，拼接成全天域影像，利用全國最大型的數位星象儀，首次推出同仁精心自製的數位「夏季星空」節目，成為宇宙劇場數位星象的新里程碑。

典禮後進入宇宙劇場正式啟用數位星象儀時，特別以現場鋼琴演奏配合數位星空影像的放映，並利用雷射投射器，投影出小朋友創意線條星座圖繪，讓您彷彿置身黑暗的太空之中，遨遊星際間飛向銀河系，體驗數位科技的新時代。於此國光感謝教育局林信耀副局長、進懋公司洪麗娟董事長、石尚公司蕭語富執行長、牛頓教科書孫鐵志董事長、黃崇城執行長、典藏公司陳盈瑛總編輯及Global Immersion原廠代表 Dave Pavitt、鹿林天文台林宏欽台長等貴賓蒞臨，陳雅敏音樂老師指導蘇暉涵同學演奏，一起揭開「數位星象儀」的啟用典禮。



想快速瞭解每月星空概況與日月行星動態嗎？想深入認識各星座和學習天文常識嗎？7月12日是那顆行星，自發現以來，剛好繞太陽公轉一圈的日子？天文館第一組同仁，自2005年2月開始，每月出版一份「當月星空導覽」，在館內提供單色印刷版供大眾免費參閱，並置於「網路天文館/每月星空導覽」項下，供下載列印公告張貼，歡迎取用。

想進一步實際觀星，本期介紹最新的觀星基地—阿里山里佳「藍色部落」。6月16日月全食有觀看嗎？美星映象館可欣賞到同好精美作品。立體劇場放映巴塔哥尼亞恐龍，了解如何尋得恐龍化石，暑假期間宇宙探險車票價也特價優惠每人50元（原票價70元），歡迎闔家光臨。

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
中華民國一百年八月一日出版
刊期頻率：季刊
其他類型版本說明：本刊同時刊載於臺北天文館網站，網址<http://www.tam.gov.tw>
定價：100元 本刊印製數量有限，優先贈送學校及圖書館，一般讀者歡迎上網閱覽
展售處：臺北市立天文科學教育館
ISSN：1727-0022
版權所有，翻印必究

發行人 邱國光
編審 王錦雄、吳福河
委員 陳俊良、黎福龍
王永川、楊雪萍
黃美綾、林修美
林芳如

特約編審 陶蕃麟、許錫鑫
特約編輯 范賢娟

總編輯 徐毅宏

編輯 劉愷俐、洪景川
葛必揚、張桂蘭
楊曄群、張維元

美術編輯 莊郁婷、邱幗鳳
黃蘋

封面設計 黃蘋、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 <http://www.tam.gov.tw>

承印 冠順數位有限公司
地址 臺北市中正區羅斯福路二段140號2樓之5

電話 02-23652563

中華民國行政院新聞局出版事業登記證
局版北字第2466號

當季天文記實

編譯：楊曄群

發現只有熱咖啡溫度的最低溫類恆星天體

夏威夷大學天文研究所的Michael Liu發現編號為CFBDSIR 1458+10B的棕矮星其表面溫度約為攝氏 100 ± 40 度。棕矮星由於質量小，無法產生或持續核融合反應，被稱為「失敗的恆星」，基本上並不算正式的恆星。它距離地球約75光年，是雙星系統其中較暗的一顆，另一顆星的表面溫度也只比B高一點而已，兩者相距約3AU，互繞一周約為30年。這對雙星也是到目前為止已知表面溫度最低的雙星系統。(2011-03-25，搜尋關鍵字: brown dwarf, Michael Liu, CFBDSIR 1458+10)

克卜勒衛星發現獨特的食三星系統HD 181068

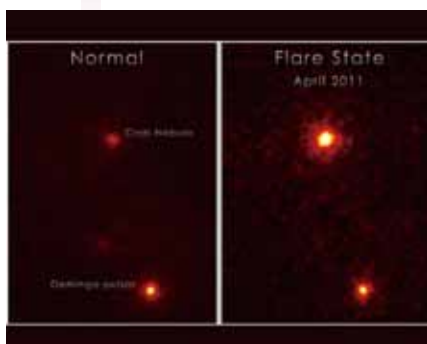
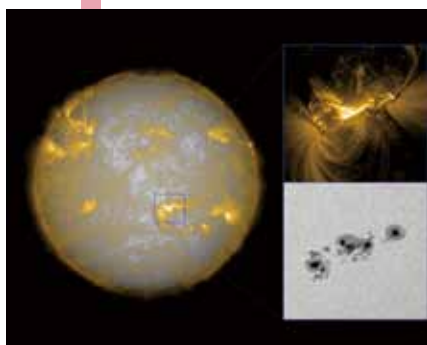
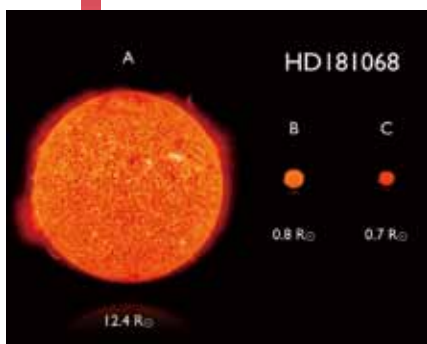
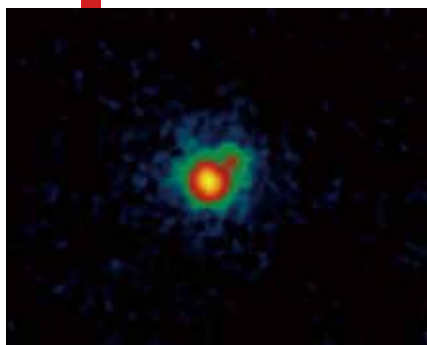
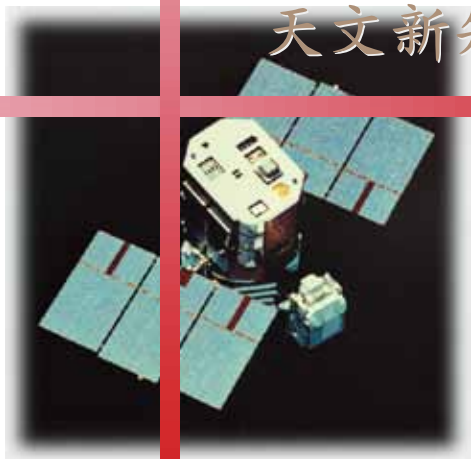
由歐洲、澳洲、美國組成的小組指出：克卜勒觀測衛星任務資料中發現距離地球約815光年的HD 181068是三合星且會互相掩食，亮度約7.1等原本以為發現的是行星，經過分析及地面望遠鏡的觀測，Aliz Derekas等人發現其中最亮的主星A是紅巨星，另外兩顆B與C是對密近雙星的紅矮星，與紅巨星互繞週期約為45.5天，由於軌道恰好幾乎側向地球，構成非常特別的「食三星」系統。(2011-04-14，搜尋關鍵字: HD 181068, KOI-126, kepler mission)

旋轉黑子激出超級閃焰

太陽黑子誕生過程中能量儲存在被扭曲的太陽磁場，能量瞬間釋出時爆發太陽閃焰。2011年2月15日英國蘭開郡大學Daniel Brown發現產生閃焰的AR 11158活動區5個新形成的黑子5天之內的旋轉角度達 $50\sim 130$ 度，因此認為：旋轉黑子是將磁場甩入太陽大氣非常有效的方式，幾乎同時出現的5個旋轉黑子向太陽大氣磁場拋出大量能量，這才成就了5年來最強的閃焰。(2011-05-13，搜尋關鍵字: sunspot, solar flare, AR 11158, Daniel Brown, 第24太陽活動週期)

蟹狀星雲爆發超級閃焰

距離約6500光年，在金牛座方向的蟹狀星雲超新星殘骸爆發強烈閃焰，其強度達之前觀測記錄的5倍以上，爆發時間延續6天。費米伽瑪射線太空望遠鏡在2011年4月12日首度觀察這個閃焰爆發。哥達德太空中心Alice Harding認為可能是因為中子星附近的磁場突然發生重整狀況的結果，類似太陽爆發閃焰。4月爆發事件中科學家估計發出輻射的區域大約僅相當於太陽系大小而已。(2011-05-18，搜尋關鍵字: Crab Nebula, Fermi Gamma-ray Space Telescope, FLARE, Alice Harding)



木星衛星再添2顆，總數為64顆

太陽系行星之王—木星再添2顆新衛星，使得木星衛星總數達64顆穩居擁有天然衛星數的冠軍，緊追在後的是土星的62顆。這2顆新衛星的暫時編號分別為S/2010 J1和S/2010 J2，S/代表衛星，2010代表發現年份，J代表木星，J後的數字代表當年度發現木星衛星的順序；經過軌道確認後，現已知這2顆新衛星都是不規則、逆向公轉的衛星。前者周期約為724.3天，直徑僅約2公里，後者周期約588.8天，直徑約1公里。(2011-06-06，搜尋關鍵字: Jacobson, M. Brozovic, B. Gladman, M. Alexandersen, C. Veillet, CHFT)

首度在原恆星雲外圍發現「橄欖石雨」

根據史匹哲太空望遠鏡與赫歇爾太空望遠鏡觀測結果，天文學家Poteet在獵戶星雲中編號為HOPS-68原恆星周圍雲氣發現綠色的微小礦物「橄欖石」像是下雨一樣落向中央的恆星。這是首度在還在形成階段的恆星周圍塵埃雲氣中發現這種晶體，可能成因是原恆星表面物質在成長過程中被向外噴流帶進溫度低得多的周圍拱星物質中，最後又逐漸落向恆星。(2011-06-06，搜尋關鍵字: Spitzer Space Telescope, Herschel Space Observatory, Orion Nebula, Poteet)

來自太陽系邊緣的大驚奇

140億公里外的航海家號太空船於2007年進入人類從未探索過的「日鞘層」區域。此處就是太陽系與星際空間交界之地。根據電腦模擬結果這個區域充滿了直徑較日地距離稍大的磁泡。波士頓大學天文學家Merav Opher表示該處磁場受太陽影響，並因太陽自轉而扭轉，產生皺褶，當皺褶密到一定程度時，擁擠的磁場會自我重整，進而形成磁泡。50年代的理論預測尚無法解釋航海家號太空船發現的現象。(2011-06-10，搜尋關鍵字: magnetic bubbles, heliosheath, Merav Opher, Jim Drake)

黑洞自轉愈來愈快

樸茨茅斯大學Alejo Martinez-Sansigre和牛津大學Steve Rawlings兩位綜合觀測資料發現星系中心巨大黑洞自轉速度會加快。這些質量高達太陽的數百萬倍到數十億倍的黑洞，常會在吸積盤垂直方向產生兩道噴流，最重要的機制應是黑洞的自轉。經估算這些黑洞的自轉速度較宇宙年輕一半時的平均速度還快，可能是由於星系合併造成自轉加速。未來還可能觀測到合併時產生的重力波。(2011-06-22，搜尋關鍵字: Alejo Martinez-Sansigre, Steve Rawlings, MNRAS, supermassive black hole)

參考資料

臺北市立天文科學教育館 <http://www.tam.gov.tw>

美國太空總署 <http://www.nasa.com>

英國皇家天文學會 <http://www.ras.org.uk>

史匹哲太空望遠鏡計劃 <http://www.spitzer.caltech.edu/>

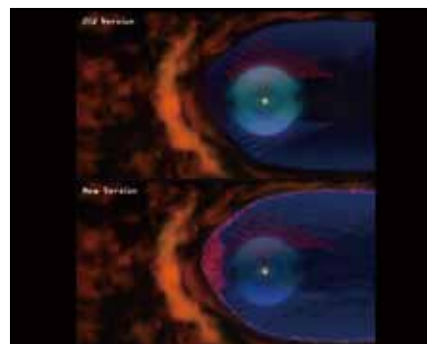
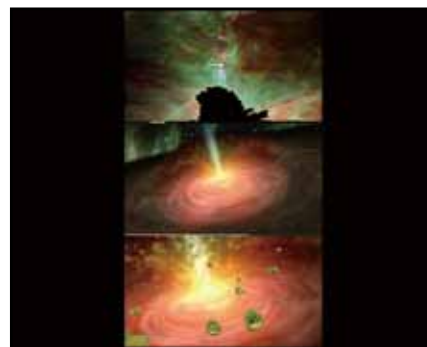
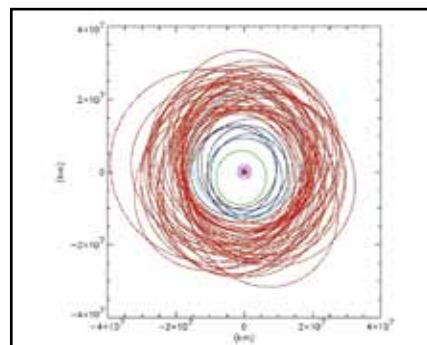
卡內基研究所 <http://www.dtm.ciw.edu>

錢卓X射線觀測衛星計劃 <http://www.chandra.harvard.edu>

克卜勒觀測衛星計劃 <http://kepler.nasa.gov>

凱克天文臺 <http://keckobservatory.org>

歐洲太空總署 <http://www.eso.org>



文/ 黃明輝

序 言

本系列的專文將以四篇文章在2011年8月起分四期刊出，各期主題分別如下，

一. 介紹自然輻射的主要來源：宇宙線，及有關的地磁場其相關的謠言。二. 介紹與天文相關的謠言：馬雅曆、銀心連線、光子帶、X行星等。三. 介紹與太陽微中子相關的謠言：微中子、太陽的核融合反應、太陽壽命、微中子加熱地球、冰立方等。四. 介紹與太空天氣相關的謠言：太陽表面活動（黑子、閃焰、太陽風）、太陽週期、太空天氣（太陽風暴、地磁風暴）、太陽風暴的地面效應。

預言與科學

探索未知與未來是推動人類文明進步的原動力，預言或者科學都是這種動力產生的成果。在人類還是懵懂未明的時代，人們只能依賴以往的經驗與知識來『合理』的解釋未知與預測未來；但是仍有許多無法理解的層面，就只能托詞為『神』的旨意。

在人類的絕大部分歷史中，這個『理(自然)』與『神』的界線常常是模糊不清的。在古代，預言與科學並沒有明確的區分。例如17世紀中期之前，占星術與天文學都一直在歐洲的大學中傳授。實證主義出現後，人類的經驗與知識不斷地相互檢驗，逐漸演變成爲一個符合邏輯關係的知識系統，也就是科學。慢慢地，不符合邏輯關係的就被排除在外，變成『非科學』或『偽科學』。現代人可以根據科學原理解釋未知或預測未來；未來是否符合預測，又變成可以檢驗的根據。科學因此形成可信賴與可預測的學問。

即便科學昌明的現代，宗教仍是撫慰人心的有效方式。即使不是虔誠的信徒，許多人心中仍有天或神的存在。天意或神意永遠是凡人無法預知的，眾多的偽科學便能以其似是而非的理論，做出各

破解 2012末日預言

種預測。許多的預測就化身成為傳達神意的預言，或者是毫無科學根據的謠言。

預言就像所有的擲骰子實驗一樣，只要不斷嘗試，總有一次會對！人們就會記得對的一次，並且以「心誠則靈」、「機緣未到」等理由忽略眾多失敗的嘗試。科學預測只要錯一次，就得更正錯誤的理論；而預言卻是只要對一次，就會被傳頌千里。這種統計的錯誤，讓許多人以為真的有預言成功的案例與『預言大師』，偽科學也因此得以繼續流傳。

世界末日預言

世界末日(Doomsday、Judgement day)預言起源於基督教的神話，上帝在毀滅地球之前，重回人間解救信徒。但是何時是末日卻沒有明確的記載。各種教派、神學者，各有自己的解讀。一個預言不準，隔幾年就會有新的預言出現。

東方宗教或民族中並無類似神話。但16世紀以來，西方的思想隨著強勢武力與經濟入侵東方。由於時代久遠，末日的想法已經超越宗教隔閡。許多人都會把人為的社會亂象與自然災變當成是末日的預警。不論東西方，上自宗教大師、中到政客、下至騙子，都樂得以末日為題，吸收更多的信徒。末日之說已經成為一種現代流行文化。

2012末日預言

在上個世紀的最後數年裡，西方盛傳著千禧末日預言。除了一些電腦程式需要修正外，地球上並未出現任何大災難。電腦的千禧蟲，是人為的疏漏，與宗教的末日預言無關。西元2000年安然渡過了，世界末日的謠言也隨之煙消塵沒了一陣子。但是追尋預言的熱情並未停止，有心人士又找到2012年馬雅曆終止的題材，借著新太陽週期開啓、與全球暖化議題結合，創造出新的2012末日預言。這一次搭配了更多的科學素材，例如太陽風暴、微中子等似懂非懂的內容。在八卦

作家的催生、媒體不斷地炒作、與科幻電影的強力煽動下，2012末日彷彿是真的要降臨世間了！2012末日儼然成為一股強大的流行風潮。

回顧這些內容，科學家憂喜參半。一方面，這些書籍與電影幫助推銷這些冷門的科學。另一方面，錯誤的引用、或者過度的誇大，會引起社會的不安。多數人對這類謠言只是當笑話，娛樂一下而已；但是也有許多人對此嗤之以鼻，只要是預言所講的內容都當成八卦，不信任可能的現象。這些過度的反應，可能反過來傷害這些科學的信用，甚至危害後續的研究經費或阻礙研究進行。因此有必要將這些末日預言裡的成份分析清楚，認識哪些是純粹幻想，哪些是真正的科學！哪些科學的部分是可能發生與何時發生，哪些科學的部分是不會在地球發生或非常久以後才會發生。

科與幻

為了釐清『科』與『幻』，本系列的專文將針對這些方向，一一剖析2012末日預言的許多疑點，將以四篇文章在2011與2012年的「臺北星空」分四期刊出。本期為第一篇文章，將搭配日本地震議題介紹自然輻射的主要來源：宇宙線，及有關的地磁場其相關的謠言。同時也配合宇宙線發現一百週年紀念。十一月份的第二篇會配合『日環食』特輯，介紹與天文相關的謠言：馬雅曆、銀心連線、光子帶、X行星等。2012年二月份介紹與太陽微中子相關的謠言：微中子、太陽的核融合反應、太陽壽命、微中子加熱地球、冰立方等。最後一篇將於傳說末日發生的五月出版，介紹與太空天氣相關的謠言：太陽表面活動(黑子、閃焰、太陽風)、太陽週期、太空天氣(太陽風暴、地磁風暴)、太陽風暴的地面效應。在讀完這幾篇後，讀者不但可以安心迎接2012年，不再擔心世界末日，還可以認識這裡面許多有趣的科學。

天外飛來的輻射

1. 引言

2011年3月11日在日本東部發生規模9的超級大地震，引發海嘯破壞了福島核電廠的冷卻系統，爐心溫度升高，最後引起氫氣爆炸，將廠房屋頂炸開。廠房內具有輻射性的物質隨著爆炸，逸散到大氣中形成輻射塵。接著又有廠房內的冷卻水池，因為地震產生裂隙，造成輻射水外洩至太平洋[1]。大眾害怕輻射會對生物產生致癌傷害，連日本食品、臺灣東部捕獲的魚類都受到恐慌性的關注。政府單位在宣導時都不斷地提到，其實臺灣的輻射值都在「自然輻射」範圍之內，民眾無需恐慌。只要嚴格把關日本輻射災區的物品就可以防止輻射了。

不過這自然輻射到底是什麼？本文將解開這疑問，並且發現這個來源竟然跟天體的一個劇烈活動有關係！第二節首先介紹輻射是什麼？哪些輻射源？輻射怎麼造成傷害？臺灣的輻射劑量是多少？第三節接下來認識地球防護這些天外飛來的輻射的「金鐘罩」，還有萬一「金鐘罩」沒有了會怎樣？第四節對坊間的一些流言作澄清。最後一節再回顧自然輻射與天體活動的關係。

2. 自然輻射與其來源

2.1 甚麼是游離輻射

『輻』是輪子裡連接軸心與輪框的直條，例如腳踏車輪子的輻條。這種由中心往外發散的形式就稱為輻射。電磁波就是將能量往四面八方發射，因此也稱為電磁輻射。電磁波依頻率由低往高分成無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X射線、與 γ 射線。高頻電磁波則會將原子游離成電子與陽離子，所以紫外光、X射線、與 γ 射線另外稱為『游離輻射』。有致癌風險的是這種游離輻射。其他低頻的電磁波主要作用是加熱與電磁干擾，例如：可見光提供照明；紅外線、微波可加熱食物。

並不是所有輻射都是恐怖的致癌風險！

除了電磁輻射，還有帶電粒子也可以產生類似的游離作用。宇宙中也充滿著帶電粒子，例如：宇宙線與太陽風，這些高能的帶電粒子通過物質時也會經由電場游離物質，因此也是重要的游離輻射源。某些礦物或宇宙線是由不穩定元素組成，會釋放出 α (氦核 He^{2+})、 β (電子)、 γ 射線或中子；或者會從不穩定能階躍遷至穩定能階而放出X或 γ 射線。雖然中子本身不帶電，但容易與原子核反應，可使原子分裂或改變成放射性元素。因此放射性礦物與中子也都列入游離輻射源。游離輻射依來源可分成兩類型：自然的與人造的。表一列出這些可能的輻射來源、用途與作用形式。

2.2. 游離輻射的生理效應與劑量

游離輻射進入物質後，會經由一些反應釋放能量。最主要的作用是游離，將中性原子游離成電子與離子對，或是將分子的鍵結打斷。游離之後最可能的反應是電子與離子復合，能量釋放成熱量；熱雖然是物理性變化，但大量的熱輻射可能造成輻射灼傷。一般紅外線的灼傷發生在表層組織，游離輻射可能深入組織內部，造成不易治療的組織內灼傷。短期大量的輻射性灼傷，就不易治療，甚至因感染而死亡；但是這種狀況只有在核彈爆炸、或嚴重的核能災難才會發生。平常的自然輻射，只有微量的灼傷，組織容易修補，恢復正常。

游離作用也可能產生化學變化，分子被活化成離子(自由基)，可能與其他物質重組成新化合物，改變了化學特性。另外極少部分高能量的粒子或中子可以產生核反應，例如將氮轉變為碳。這些化學變化可能破壞細胞組織或者DNA。當DNA重組時，由於雙螺旋結構具有複製的功能，多數可恢復原狀；但有少數可能會產生變異，造成基因突變；部分不正常的細胞大量孳生，可能變成腫瘤；部分無法存活，細胞會死亡，組織會再補充新的細胞。

輻射對人體健康的影響取決於輻射釋放的總能量、輻射種類及受輻射的人體細胞種類等。不同的輻射源釋放能量的方式不同，即使相同的能量對不同生理組織的效果也不同。為簡化這些複雜機制，一般常用「等效吸收劑量」(簡稱劑量)來表示輻射對人體健康的影響，以西弗(Sievert, Sv)為單位，習慣上常用毫西弗 $\text{mSv} = 10^{-3} \text{ Sv}$ ，或微西弗 $\mu\text{Sv} = 10^{-6} \text{ Sv}$ [3]。

輻射強度則是每單位時間內組織所吸收的等效劑量。短期的輻射強度常用微西弗每小時 ($\mu\text{Sv/h}$)；長期的輻射強度常用毫西弗每年(mSv/y)。輻射劑量就像是水量(多少公升)，而輻射強度就像水的流量(每分鐘多少公升)。水量是流量乘以水龍頭打開的時間。同理，輻射強度必須對時間積分才是輻射劑量。

2.3. 輻射劑量

在沒有特定核災意外的時候，全球平均每人每年所受的輻射劑量約為2.93 mSv，其中自然輻射約為2.4 mSv (82%)，人造輻射約為0.53 mSv (18%)，其分佈如圖一所示。臺灣每人每年平均自然輻射劑量為2mSv(71%)，人造輻射0.82mSv(29%)。請注意，許多人引用18%的人造輻射，這是指全球平均值，跟臺灣人的真正劑量(29%)有不少差異。

對於一般人，法定的輻射劑量標準值是每年1 mSv，這數字是以自然輻射的一半作為參考。對於與輻射相關的職業人員(核電廠員工、空中飛航

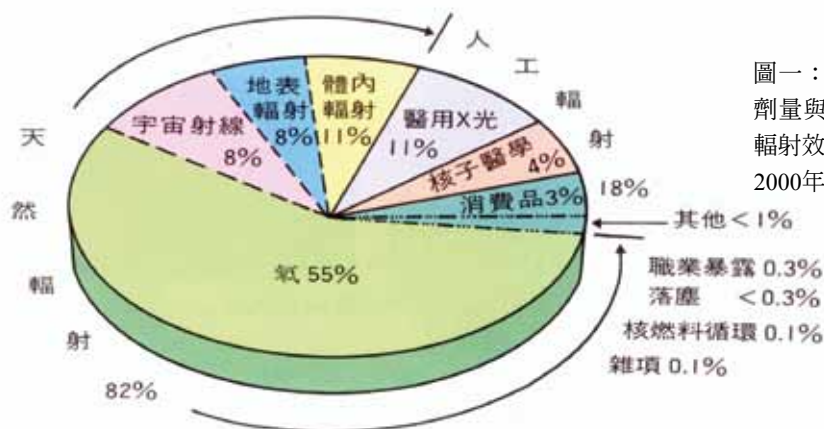
分類	來源		輻射形式
自然	生物體		鉀 ⁴⁰ K、碳 ¹⁴ C
	地殼		放射性礦物鈾(U)、鐳(Ra)與釷(Th)等與氡氣(Rn)： α 、 β 、 γ 射線
	宇宙線	大氣	次級宇宙線(電子 e^- 、綫子 $\mu^\pm$)、 ¹⁴ C、中子
		太陽	太陽風(電子 e^- 、質子 p^+)
		銀河	宇宙線(電子 e^- 、質子 p^+ 、氦核 He^{2+} 、其他重核子)、 γ 射線
人造	醫療		X光攝影與斷層掃描(CT)：X射線 癌症治療：鈷 ⁶⁰ Co (γ 射線)；正子治療使用正子(e^+ positron)與其產生的 γ 射線；質子或重離子治療術使用帶電粒子(質子或重離子)。 β 輻射源的治療(¹³¹ I, ⁸⁹ Sr, ¹⁵³ Sm...) 體內造影術用的放射性示蹤劑：碘 ¹²³ I, ¹²⁵ I、鎝 ^{99m} Tc、鉍 ²⁰¹ Tl、鎳 ⁶⁷ Ga 正電子發射斷層成像術(PET)： ¹⁸ F, ¹¹ C, ¹⁵ O
	保健		醫療用品、食品的殺菌、農業的基因改造： γ 射線
	安檢		X光掃描、X光可做材料的非破壞性檢查
	民生用品		菸霧偵測器、夜間螢光物(²²⁶ Ra)、陰極射線管的顯示器電視(β)、高空飛行等
	核武器		鈾(U)或釷(Po)等放射性元素： α 、 β 、 γ 射線、中子
	核能設施意外		輻射落塵、燃料棒、輻射污染物： α 、 β 、 γ 射線、中子

表一：游離輻射的分類、來源及個別形式 [部分來源2]。

人員、太空人等)，規定五年的總劑量不得超過100 mSv，單一事件的總劑量不得超過50 mSv [4]。這是根據高輻射劑量的致癌率，推測30年累積劑量約增加0.5%的致癌可能性而規定。相對於臺灣人約有28%會染上癌症而死亡[5]，由這些輻射所增加的風險都算是微量。實際上，並沒有長期低劑量(每年250 mSv以下)的輻射傷害的醫學根據。長期低劑量的生理效應是好是壞，醫學界仍無定論(詳見4.4節)。

2.4. 人造輻射劑量

人造輻射以醫療用X光及核子醫學佔最大比率，且因人因時而有很大差異。美國人的平均醫療用輻射約為0.54 mSv/年，其他民生消費品、輻射落



圖一：每年平均每人所受的輻射劑量與其來源，根據聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR) 2000年報告。[6]

塵、核廢料與其他等約為0.12 mSv/年；合計人造輻射劑量約0.66 mSv/年，約佔美國人每年總劑量的18%。臺灣的人造輻射劑量卻高達0.82mSv/年，主要源自醫療診斷所造成的劑量就佔0.81 mSv/年，明顯高於國際平均值。根據筆者在臺灣與美國的癌症治療經驗，臺灣醫師或病患都有濫用健保資源，多做無謂檢查的習性，因此人造輻射劑量遠高於美國人，使得臺灣人的人造輻射的比率高達29%。

圖三顯示一些醫療用的輻射的劑量。一次胸部電腦斷層掃描的劑量高達7mSv，是七年的法定劑量，是一般胸部X光攝影的350倍！國人應該更審慎地使用這些醫療輻射，避免過度使用，造成輻射劑量過高與浪費醫療資源。

2.5. 自然輻射劑量

自然輻射隨時都有、隨處都有，人類無法逃脫自然輻射，圖二比較全球平均、美國、與臺灣的輻射來源與劑量 [6]。欲知現在全臺的輻射強度，可到全國輻射監測網查詢[7]。表一中列出自然輻射有三類來源，圖二將地殼又分開成氡氣與地表兩種。分析臺灣人的輻射來源，前兩名禍首是氡氣與地表，而其最大來源就是保護我們的建築物以及地表釋放的氡氣與其他放射性！美國人習慣住在有地下室的房屋，地下室容易累積地殼釋放出來的氡氣。臺灣的住家多為樓房，住在地下空間的人非常少，為何臺灣的氡氣也這麼嚴重呢？原因是臺灣的建築使用大量的礦物製品，包括磁磚、鋼筋、水泥與石材。臺灣還有一個世界第一名：平均每人的水泥使用量！其實這些礦物

製品免不了會有鈾鐳鈾等的放射性礦物，其衰變產生的氡氣就會瀰漫在室內！。貼滿磁磚與花崗石的房子，看起來富麗堂皇，但卻是製造氡氣的溫床[2]。人體會吸入氡氣，也會將其排出體外。但若在此時間內氡氣產生衰變，其 α 粒子就可能直接攻擊肺部與血管附近的組織，因此氡氣是肺癌的主要禍首之一。這兩項因素其實是可以避免的，多使用木製建材，就可以減少礦物產生的輻射。

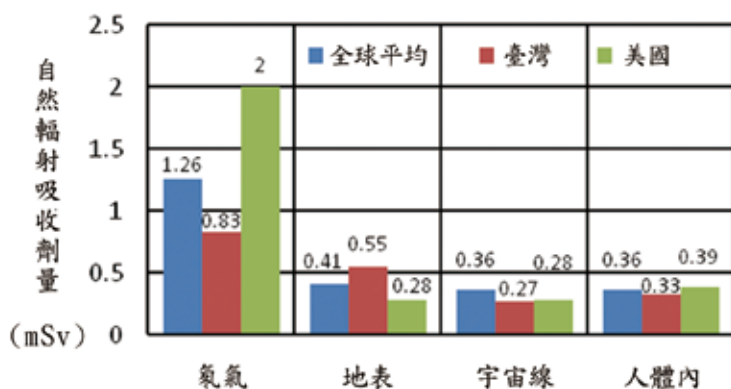
第三名是體內的 ^{40}K ，因為天然的鉀就含有0.0118%的放射性 ^{40}K ，而鉀與鈉是調節水分進出細胞的重要成份，身體不能沒有鉀。最後一項是宇宙線，這是唯一來自地球以外的輻射源。體內的輻射與宇宙線這兩項都是無法避免的自然輻射。

宇宙線是來自銀河的輻射源，從發現至今年恰好是一百週年，本期另一篇專文「宇宙線的世紀探索」對宇宙線的發現及其與現代科學的關係有詳盡的解說[8]。表一將宇宙線分成大氣中的次級宇宙線、來自太陽的太陽風與太陽風暴、與來自銀河的宇宙線。太陽風與太陽風暴是許多2012末日預言的情節，將在下一期討論。以下只談宇宙線。

3. 宇宙線的作用

3.1. 地球的防護罩

太空中宇宙線的通量約每平方公分每秒1~4個，與太陽的黑子週期有關。如此強的輻射，地球上如何繁衍出數十億年的生命呢？多虧地球有兩個「防護罩」。第一個防護罩是地磁場，由於宇宙線與太陽風都是帶電粒子，會被磁場偏轉。比較低能



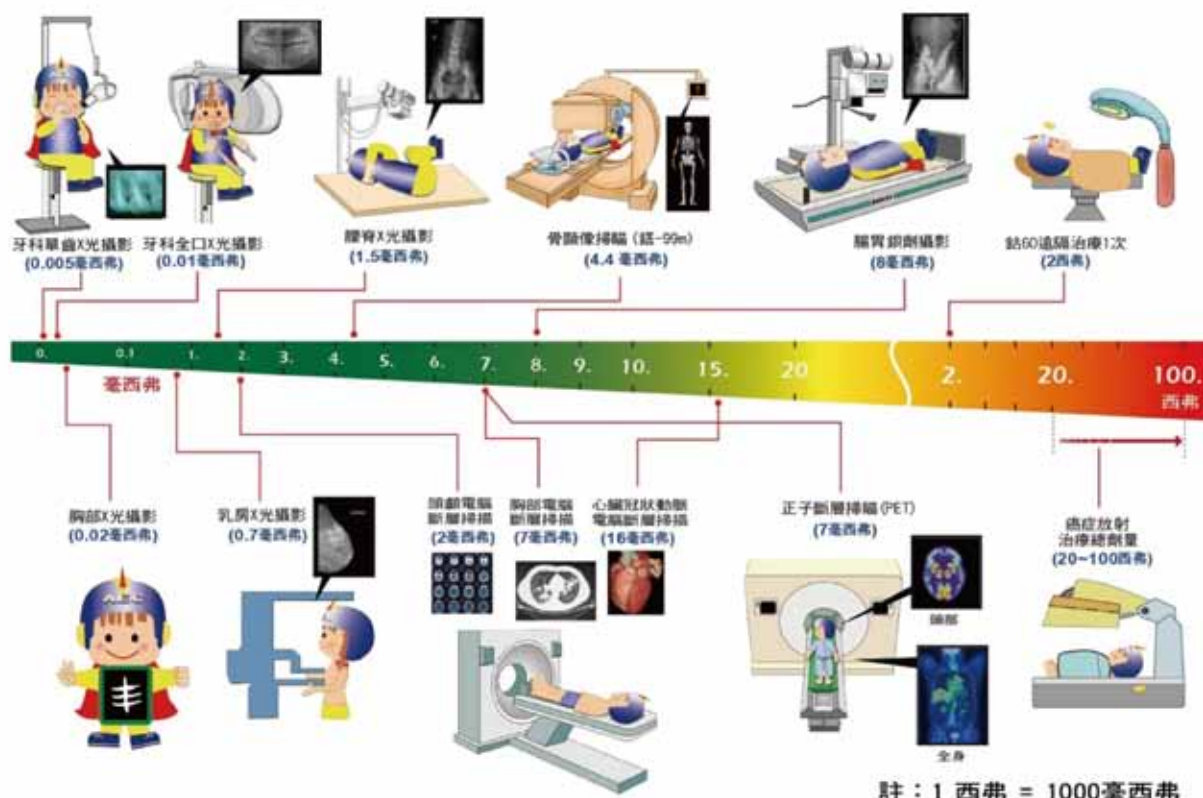
圖二：比較全球平均、美國、與台灣的其輻射來源，根據聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR) 2000年報告。[6]

量的粒子就無法進入特定區域。而宇宙線能譜的特徵就是能量越低通量越高。因此地磁場擋掉大多數的宇宙線，此阻擋能力與地磁緯度有關[8]。越靠近赤道處，宇宙線的能量要更高才能抵達地面。因此地面上次級宇宙線的輻射就越弱；靠近磁極處宇宙線的輻射最強。這是臺灣的宇宙線輻射劑量比全球平均值低的原因。

即使有磁場屏蔽，仍有許多高能粒子可穿越磁場，這時就遇

上第二個防護罩：大氣層。除了微中子以外，所有原始宇宙線都被大氣層擋住，宇宙線跟大氣不斷碰撞，損失的能量產生許多次級粒子。最後連次級粒子也會損失能量而被大氣吸收(這過程稱為簇射[10])。能量越高的宇宙線就可以穿越到越低的海拔高度。這些次級粒子，通稱為次級宇宙線，主要成分是電子與繃子(muon)。電子容易被屋頂擋住，繃子的穿透力很強。臺北天文館三樓有個閃光箱，就是利用繃子通過時，游離附近的氣體。氣體離子與電子迅速被帶高電壓的導線吸走；瞬間的導電，形成火花。將火花相連就可看到繃子的軌跡。假如在閃光箱加上磁場，還可以觀察到帶正負電荷的繃子，向不同方向彎曲。偶而還可以看到一分为二的軌跡，這是繃子產生另一組次級粒子的反應。

醫療游離輻射劑量比較圖



行政院原子能委員會 製作

圖三：醫療用的游離輻射劑量比較圖，圖來自原子能委員會網站[9]。

3.2. 大氣中的輻射強度

次級宇宙線隨高度的分佈與空氣密度及簇射的形成有關。同一地區，約隨高度而增加，到了20公里高，游離粒子數到達最大值，然後因為空氣密度快速減少，所以游離粒子數也跟著減少，圖六顯示此關係[11]。這個關係圖上的數字與高點的位置與太陽週期及地磁緯度有關。

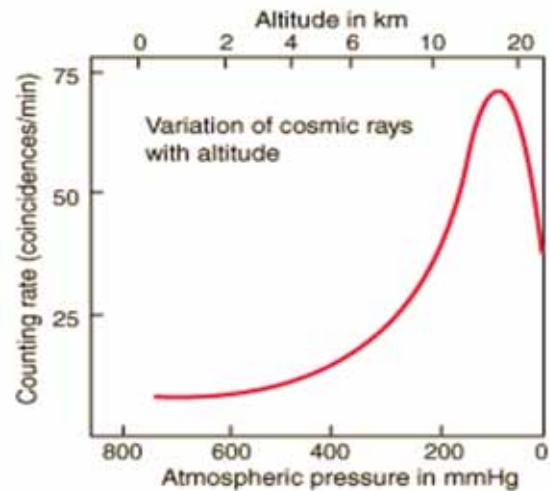
從圖四可發現在10公里高空，游離粒子數約為地面的3~4倍。由於次級宇宙線的平均能量也比較高，實際的輻射強度的倍數會更高。海平面宇宙線的輻射強度約0.03~0.04 $\mu\text{Sv/h}$ ；在高度約10公里高，輻射強度約2~10 $\mu\text{Sv/h}$ [12]；在400公里高的太空站外強度約54 mSv/h。由此可知大氣層削弱了宇宙線的輻射強度約1500倍。

3.3. 都是宇宙線惹的禍

再來看一個與民生有關的數據。一趟臺灣來回歐洲或美洲的國際航線約12 hr，累積的輻射劑量約60~120 μSv (依航線而異，靠近極區的航線的劑量較大)。按照一般人一年法定劑量1 mSv來算，則一年約可飛行五次來回旅程。空中服務人員的法定劑量約是每年20 mSv [4]，因此其飛行時數受到嚴格的管控。

太空人的職業風險最大因素就是起飛與降落的失敗，其次就是太空輻射。太空人與人造衛星在太空中則受到宇宙線、太陽風與輻射層的作用。1972年4月及11月的阿波羅登月任務，每次任務太空人的輻射劑量高達130 ~ 910 mSv，若是遇上當年8月的太陽風暴，這些太空人可能會因急性輻射傷害而死亡[13]。美國對太空人的限制是依年齡規定總劑量最大值，例如35歲男性是2.50 Sv，女性是1.75 Sv[14]。這些劑量對應的終生致癌機率約增加3%。因此太空人的職業壽命(飛行時數)跟職業運動員一樣短暫。。

人類登陸火星已經講很久了，現在也有火箭足以發射登陸火星的太空船，但是無法克服18個月飛行與在火星一年所受到高達2.26Sv的太空輻射，已經接近1~4 Sv的導致血癌的劑量[15]。



圖四：游離粒子數(縱軸)隨大氣壓力(橫軸下標)或海拔高度(橫軸上標)的關係[11]。

4. 流言澄清

4.1. 福島核災落塵超標上千倍？

福島核電廠氫氣爆炸數次，媒體數度傳出輻射超標上千倍，引起大眾人心惶惶！其實都是新聞記者的錯！正確說法是：爆炸時的最大輻射「強度」超過1000 mSv/年！看起來像是法定「劑量」每年1 mSv的一千倍！但是爆炸持續的時間遠小於一年，真正的總劑量是強度與時間的積分，簡單的估算最大值1000mSv/年乘上爆發時間例如5分鐘，這只有0.01mSv，是一年法定劑量的1%而已，而非一千倍！所以是記者報導時把強度當成劑量了！

即使以最大的爆炸，福島四號機在3/15 5:45 ~ 11:16的持續爆發期間，最大強度約為12 mSv/小時，估計總劑量最大值約是12 mSv/小時 × 5.5小時 = 66 mSv，考慮不是全程都在最高劑量，實際總劑量約只有40~50mSv。此劑量絕對不是超標千倍，也還在聯合國原子輻射效應科學委員會定義的低劑量範圍之內 (< 100 mSv)。這些福島勇士們，並非全程連續在事故現場，因此他們累積的劑量也在規定的單一事件50 mSv以內。

即使輻射塵飄到臺灣，由於距離遙遠，擴散作用使其輻射塵分佈到廣大區域，中途也會有許多下沉到海面，輻射的強度與劑量都會下降很多。臺灣

的民衆其實不需要驚慌！假如這麼怕輻射的話，應該多花心思在減少家庭內的輻射源(磁磚、石材)與醫療的輻射。

4.2. 外星人與宇宙線

從上面所說的宇宙線強度可以推測，離開地球的磁場與大氣的雙重金鐘罩後，就要面對強烈的宇宙線輻射的致癌劑量！假如真的有外星人要做長途星際旅行到地球來訪問，這趟旅程絕對會是自尋死路。因此飛碟與外星人的傳說應該都是以訛傳訛的流言！

相信飛碟與外星人存在的人一定會說：外星人若有足夠的文明來訪問地球，當然也應該知道銀河裡到底有多毒！也會知道該如何保護自己，只是現代地球人還不知道而已！反過來說，假如有一天人類真的得移民外星時，宇宙線科學家絕對是「逃生方舟」中不可或缺的專家！

4.3. 登山有輻射超標的危險

玉山上的宇宙輻射線強度約為平地的三倍左右，接近一年法定劑量的1 mSv。有人就認為登山具有輻射超標的危險！最簡單的方式是跟幾個自然輻射劑量很高的地區做比較。學者發現世界上有數個天然輻射比平均值高4 - 5倍的地區，其癌症發生率或不孕率或死亡率卻比較低[16]。因此可以確定玉山頂

不會比海平面更危險！加上山上空氣清新汙染少，應該是比較健康的環境，登山絕對是健康的運動。

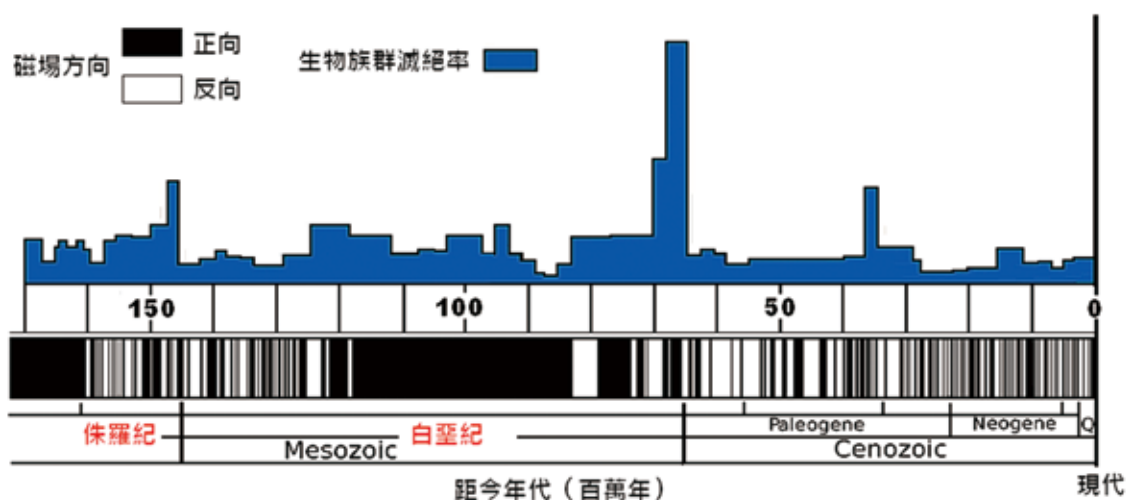
4.4. 自然輻射有害還是有益？

第二節提到游離輻射可能造成基因突變。惡性的突變產生腫瘤，可能致死，其不良基因就不會遺傳下來。良性的突變使子代與母代產生變異，其基因便能流傳下來。對於生物組織或是整個族群，都有汰弱留強的作用。所以自然輻射有促進基因演變，增加物種多元化的功能。對於不幸的少數會罹癌致死，輻射當然是有害的；但從族群而言，這種輻射是有益於族群生存。

同樣的道理，地球上的生命從單細胞生物開始到現在，已經受到這些低強度的自然輻射照射數十億年了，生物會因自然輻射而嚴重到致死的，其基因都已經消失了！留下來的我們，自有一套因應機制。有一派學者支持「輻射激效學說」，認為低劑量輻射可加速細胞的汰舊換新、提升免疫力、與降低癌症罹患率等[17, 18, 19]。這些學者也提出許多統計數據與實驗的證據來支持此學說，醫學界對此仍無定論。官方組織仍採用比較保守的態度，也不建議民衆自行採用號稱具有輻射激效功能的產品。

4.5. 地磁反轉引起生物大滅絕？

最近有流言提到地球磁場正在減弱中，甚至



圖五：地磁反轉與生物族群滅絕的對照關係。橫軸是距今年代，單位是百萬元。黑色區是正向磁場(與現在的方向一致)，白色區是反向磁場。第五次大滅絕是在6500萬年前白堊紀末期。從此圖即可發現大滅絕與地磁反轉無關。[資料來自20, 21]

可能產生地磁反轉。地球的磁場是主要的防護罩，萬一沒有磁場的保護，大量的宇宙線可能會傷害生物，引起生物大滅絕。這個憂慮並非不可能出現。不過地球的歷史上已經發生過數百次了[20]，對照這些考古紀錄就可以了解可能的後果了。

首先來檢視地磁場是否正在反轉，根據以往紀錄(圖五)，地磁穩定的時期或反轉的週期都不固定，反轉歷時約五千年[22]。自1590年到1840年之間地磁場的強度幾乎不變，只憑1840年至今減少的10%的變化，不足以證實地磁反轉，更不會在我們有生之年反轉磁場。生物大滅絕在地球歷史上發生過五次[21]，但與地磁反轉出現的時間並不一致。地磁反轉的次數比生物大滅絕的次數高出數十倍，兩者可能關連性不大！最近的兩次的地磁反轉約在90及78萬年前的新生代[20]，人類的祖先直立猿人經歷了這兩次反轉事件，人類繼續生存下來了。所以可以推論地磁反轉應該不可能毀滅地球生物。

不必看歷史，現在地球上就在進行實驗。靠近磁極區，宇宙線與太陽風只受大氣層的阻擋，此狀況與地磁消失的情況類似。南北極區並沒有因為宇宙線的輻射較強而使生物減少，在夏季時還會因為太陽提供的能量多而吸引大量生物聚集。由這個每年都發生的事實，以及上一段的考古紀錄，可以推測即使沒有地磁場、只剩大氣層的保護，地球的生命也能存活下來。

4.6. 超新星爆炸毀滅地球

今年有個澳洲天文學家Brad Carter接受訪問時提到紅巨星參宿四會爆發成為超新星[23]，時間從現在開始、最遲會在100萬年內。爆發開始的一星期裡，連白天都可以看到超新星。這一番話被記者渲染成為『第二個太陽』與『最快明年』。超新星爆炸會使宇宙線大量增加，是否會毀滅地球生命呢？雖然Carter說不會對地球有影響，但是堅持末世論的人卻硬是解釋成2012末日的另一種可能！

此種災難很可能已經發生過了。Ellis & Schramm指出距今2.25億年前曾有過一次超新星爆發，離地球不足30光年處，可能導致了全球的大規模生物滅絕[24]。所以這種危險不是不可能！危

險的確存在，但實際機率就難以判斷。首先銀河系產生超新星的頻率約百年一次，相對於上一次2.25億年前，就可以猜出大毀滅機率很低。另一方面，即使爆炸了，宇宙線也不會跟可見光一樣朝著地球直射而來。因為宇宙線是帶電粒子，會受星際磁場偏轉，使其傳播方式趨近於擴散。從某些宇宙線裡放射性同位素分析，宇宙線約在銀河系內遊蕩了1~3千萬年[8]，所以遠處的超新星爆炸不會對地球產生立即的危險。我們現在觀測的宇宙線其實是累積了數十萬個超新星爆炸製造出來的宇宙線，經過擴散分配到廣大的銀河系，所以宇宙線的通量就低很多。不過若是鄰近的超新星爆炸了，傷害的機率就大幅提高，距離近相對地宇宙線通量較大，且傳播時間也變短了。麻煩是連受訪問的Carter都說不準何時會爆炸，因為百萬年的誤差太大了。

我們無法阻擋星球爆炸，只能被動地自求多福了。幸虧還有大氣層可以把宇宙線擋住。97%的宇宙線的能量在 10^{10} eV以下，這些在高層大氣就被擋住了。可以穿透到地面的宇宙線能量需在 10^{14} eV以上，只佔了約0.01%的比率。但是超新星爆炸要加速宇宙線到此能量也需要很長的時間，所以超新星剛產生時其宇宙線的平均能量更低，更容易被大氣層阻擋。由此推測，若有鄰近的超新星爆炸，太空中的輻射量可能會大量增加，但是地面的輻射增加量非常有限。比較可能的傷害是大量的紫外線破壞臭氧，使得地面的紫外線強度增加。

4.7. LHC造成迷你黑洞吞噬地球

霍金(Steven Hawking)曾提出理論說微型黑洞可能存在。德國生化學家羅斯勒(Otto Rossler)為首的一個團體，聲稱大強子對撞機(LHC)的實驗可能會在加速器中產生「微型黑洞」(MBH)或者「玻色新星」(Bosenova)，黑洞開始吞噬地球。但是霍金也說質量越小的黑洞越可能產生霍金輻射(Hawking radiation)蒸發成能量。有個簡單的事實可以說明：LHC的能量換算成宇宙線約 10^{17} eV。全球每一秒約有60萬個能量大於 10^{17} eV的宇宙線打到地球。而地球已經存活了45億年！假如LHC真的可以產生微型黑洞吞沒地球，那我們現在就不可能存在了！

5. 回顧

自然界的輻射有天地人三種：從生物體內的，有來自地殼的放射性礦物，以及來自銀河的宇宙線。其實這三個都跟超新星爆炸有關！恆星從氫製造出氦以上的元素，超新星爆炸時又產生超鐵元素。沒有超新星爆炸，就沒有放射性礦物！這些星系物質結合成為我們所在的太陽系、地球與生物。這些星系物質也在超新星的暴震波被加速成為宇宙線[8]。所以說這三種自然輻射都與超新星爆炸有關！雖然宇宙線可造成輻射傷害，但是地磁場與大氣層保護著地球的生命，微量的宇宙線輻射甚至創造出更多元的生命，卻也將生命拘束在地球上。宇宙線與超新星，多巧妙的組合！

參考資料：

1. 蔡明達編譯，日本福島核電廠事故報告，國科會科技簡訊: http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=1000422019 http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=1000422020
http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=1000422021
2. 張欽然，游離輻射，教育部安全衛生教育中心安全衛生通識課程
3. 黃惠敏，從日本福島核廠災變淺談輻射危險之度量，國科會科技簡訊: http://stn.nsc.gov.tw/view_detail.asp?doc_uid=1000401001&kind_no=A01
4. 國際放射防護委員會(ICRP)第60號報告規定：職業暴露的劑量限值5年總和不能超過100 mSv，期中一年最高不得超過 50 mSv。
5. 衛生署公佈民國98年死亡人數142,240人，死於癌症39,919人，比率是28%。
6. 原子科學教育網http://www.nucl.nthu.edu.tw/nu_info/rad/healthy/healthy1w.rad.html
7. 全國輻射監測網<http://203.69.102.242/gammadetect.php>
8. 黃明輝，宇宙線的世紀探索，臺北星空，本期，(2011)
9. 原子能委員會網站 http://www.aec.gov.tw/www/service/other/index_03_1.php

10. 黃明輝，(2009/8)，極高能宇宙線望遠鏡的發展與近況，臺北星空(天文館期刊)，45: 6-14

11. G. Pfozter, Z. Physik ,102: 23 (1936).

12. L.W. Townsend, Radiation exposures of aircrew in high altitude flight, J. Radiol. Prot. 21 : 5-8, (2001)

13. J. L. Parsons and L.W. Townsend, Interplanetary Crew Dose Rates for the August 1972 Solar Particle Event, Radiation Research 153(6):729-733. (2000)

14. <http://srag-nt.jsc.nasa.gov/RadDocs/TM104782/techmemo.htm>

15. Wallace Friedberg, Health aspects of radiation exposure on a simulated mission to Mars, Radioactivity in the Environment, 7: 894, (2005)

16. CRIEPI 日本電力中央研究所 www.criepi.denken.or.jp

17. 輻射激效創始論文: T.D. Luckey, Physiological benefits from low levels of ionizing radiation, Health Phys, 43, 771-789, (1982)

18. 近代研究綜合探討PCCRP <http://www.pccrp.org/docs/PCCRP%20Section%20VII.pdf>

19. 汪志偉，輻射激效，臺北馬偕醫院演講 (5/10/2008);

20. 維基百科 zh.wikipedia.org/zh-tw/地磁反轉

21. Raup, D. & Sepkoski, J.. Mass extinctions in the marine fossil record. Science. 1982, 215: 1501-1503; 維基百科 zh.wikipedia.org/zh-tw/生物集群滅絕

22. David Gubbins, Fall in Earth's Magnetic Field Is Erratic, Science, 312: 900(5/12/2006)

23. <http://www.news.com.au/technology/sci-tech/betelgeuse-not-likely-to-explode-in-2012/story-fn5fsgyc-1225992757166>

24. Ellis & Schramm, Proc. National Academy of Science, 92:235, 1995

黃明輝副教授:任教於國立聯合大學 能源工程學系及 共同教學中心物理組，國立台灣大學 梁次震宇宙學與粒子天文物理中心
E-mail: mahuang@nuu.edu.tw

宇宙線的世紀探索

文/ 黃明輝

引言

2011年除了慶祝中華民國創立百年之外，物理界也有個百年紀念：宇宙線發現一百年。聽到宇宙線，一般人的直覺是「來自宇宙的射線」，然後就不清楚了。其實我們生活週遭到處有宇宙線的蹤跡，宇宙線也一直是科學探索的前沿。本文將從宇宙線是如何被發現開始，然後從一些經典實驗中認識宇宙線的一些特性，了解宇宙線到底是甚麼？哪些科學跟宇宙線有關聯？。最後再回顧整體的宇宙線研究。

發現宇宙線

19世紀末期，電磁學已經完成，化學的原子說也已成型。科學家開始研究次原子的領域，從輻射性礦物看到有三種輻射線 α 、 β 、 γ 。1897年，湯姆森(Joseph John Thomson)測量到陰極射線(與 β 射線具有相同性質)的電荷質量比(e/m)，遠比其他原子的值大，暗示有質量極小的帶負電的粒子。1909年密立根(Robert Andrews Milikan)從油滴實驗發現電荷有最小的單位 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫，由此可推測出陰極射線的質量 m ；這個粒子就是電子。接下來就

是研究原子中的帶負電的粒子與帶正電的粒子是如何分佈的。1911年拉塞福(Ernest Rutherford)由 α 射線在金箔的散射實驗，發現原子內的構造類似行星與恆星的關係，證實了原子核的存在。此時科學家只知道原子裡有電子與原子核而已。

當時檢驗輻射的方式除了感光底片外，還可用驗電器。驗電器裡的帶電金箔分開成倒Y形，但是大氣中的游離粒子會使電量逐漸消失(漏電)，最後金箔就會合在一起。游離粒子越多，金箔越快復合。因此驗電器可以用來測量大氣中的游離粒子數。1910 沃爾夫(Theodore Wulf)帶著驗電器到巴黎鐵塔測量大氣游離量，發現塔底的離子數約6個離子每立方公分。到了330m高的塔頂，下降到3.5個離子每立方公分。當時已知的輻射性最強的是 γ 射線，約可穿透80公尺的空氣。依此估計，塔頂應該只剩下 $6/2^{(330/80)} = 0.34$ 個離子每立方公分。實際測量值卻是此值的10倍，多出的部分難道有來自地表以外的輻射源嗎？

1911-1912海斯(Victor Hess)與助手羅西(Rossi)等人首先將驗電器帶上氣球，飛行到高空測量大氣游離量，參見圖1。海斯發現海拔一公里以上，



圖1：(左) 沃爾夫驗電器，(中) 海斯所用的氣球，(右) 海斯在氣球起飛前的留影。圖的來源[1]。

游離量隨高度上升而增加，如圖2所示[1]。明顯地此種游離輻射的來源不是地表的放射性礦物！海斯也發現此現象沒有明顯的日夜變化，應該與太陽無關。直到1932年密立根(Millikan)命名此種輻射為“cosmic ray 宇宙線”，1936年海斯因發現宇宙線而獲得諾貝爾物理獎 [2]。1919年拉塞福才發現質子，所以宇宙線其實比質子有著更悠久的歷史！

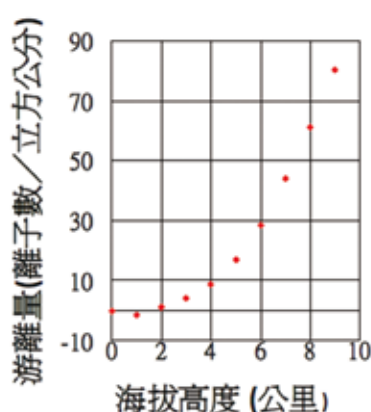


圖2：海斯與羅西測量大氣游離輻射隨高度變化的關係[1]。

當年海斯使用沒有加壓的開放式吊籃，飛到最高7.5公里高空做實驗，其困難猶如攀登聖母峰，比起當今的極限運動毫不遜色！今年是發現宇宙線的一百週年，為了紀念海斯百年前的先鋒英雄式的創舉，國際宇宙線學界將在今年八月的國際宇宙線年會舉辦紀念活動。國內也有配合的紀念活動[3, 4]，本文將簡短回顧宇宙線物理的發展。

宇宙線與地磁場

海斯雖然確認這些高空的輻射來自地球以外，且可能與太陽無關，但當時只知道電子與原子核，仍無法確認這些輻射到底是什麼。後來有其他學者在各地、甚至在輪船上，進行類似實驗。集合各地的數據，顯示宇宙線的通量與地磁場的緯度有關。這種

跟磁場有關的現象，顯示宇宙線應該是帶電的粒子。但是帶什麼電？想像中宇宙是電中性，是否宇宙線也有等量的正負電嗎？

宇宙線研究時常用到一個重要技術，就是「同時觸發」(coincident trigger)：一個粒子在極短時間內穿越兩個偵測器，例如兩個蓋格計數器。這樣就可以去除這些靈敏儀器由雜訊所引起的假訊號。假如把兩個偵測器分得夠遠，由兩訊號的時間差，可能測出粒子的速度與方向。從觀測的數據發現，由西方來的宇宙線比由東方來的還要多，南北方則是對稱的。這現象就稱為東西效應(East-West Effect)。

綜合緯度效應與東西效應，宇宙線學家發現一個簡單的原理就可以解釋這兩個現象。地球是個約略等於磁偶極的磁場，帶電粒子(電量 q)在磁場(B)中運動(速度 v)會受到磁力 $F=qv \times B$ ，由於磁力與速度方向垂直，只會使其軌跡彎曲。在磁偶極場中，假如粒子的能量小於某個臨界值，這個粒子只會在地磁場裡繞圈圈，脫離不了地磁場的束縛[5]。反過來說，宇宙線的能量必定要在此臨界值以上，才能進入大氣層，否則會被偏轉回太空。圖3為從北極往下看赤道面的示意圖，紅色的曲線是宇宙線，綠色的曲線是則是被地球擋住，宇宙線無法抵達的禁區。由圖上可知來自西方的宇宙線可以有較低的能量，因此從西方來的宇宙線比從東方來的多。這個現象證實宇宙

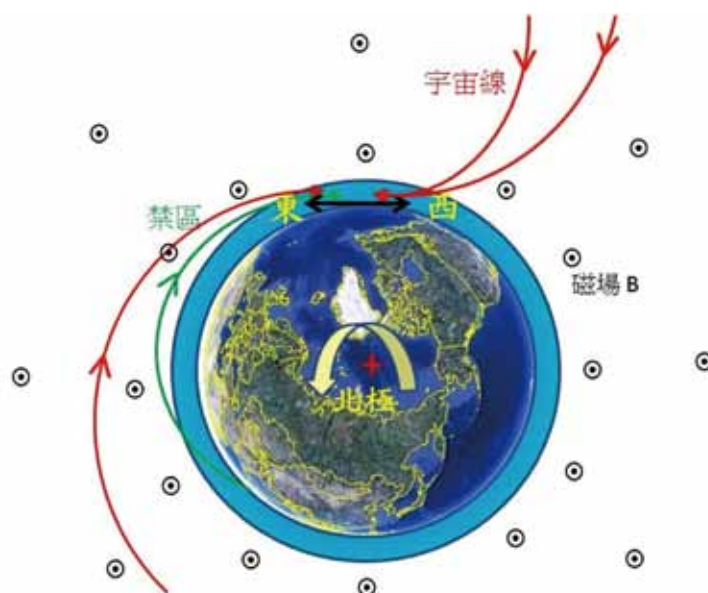


圖3：東西效應的示意圖。從北極往下看赤道面，磁場穿出頁面，帶正電的宇宙線(質子)會做順時針的轉動。圖上顯示兩組不同能量的粒子，高能量的轉彎半徑較大。部分低能量的軌跡會被地球阻擋，形成宇宙線的禁區；造成來自西方的宇宙線多於來自東方的宇宙線。

線主要是由帶正電的粒子組成。能量的臨界值也與地磁緯度、地心距離有關。

以下舉兩個東西效應的例子。由丁肇中院士領導的反物質質譜儀(Alpha Magnetic Spectrometer, AMS)計畫是要偵測反物質，AMS在1998年的試飛中偵測到大量的正子(帶正電、電子的反物質)與部分的反質子。丁院士將此發現定為最高機密，學界一度盛傳AMS有重大突破，可能找到反物質。我當時在中研院AMS團隊，我們證明這些正子與反質子大部份來自大

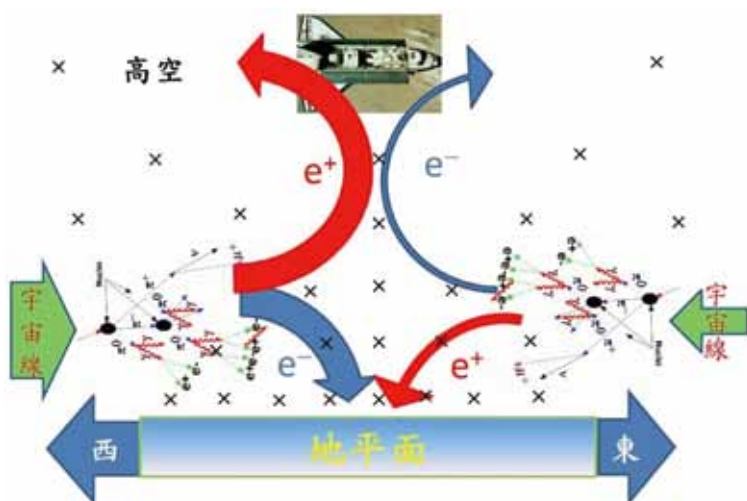


圖4：此圖下方為地面，上方為太空，左邊為西方，右邊為東方，讀者面對北方，故磁場進入頁面。次級宇宙線中的帶電粒子受磁力作用產生迴旋的軌跡，部分粒子可以反射進入高空而被AMS偵測到。綜合東西效應與此圖即可解釋AMS所見正子較多的謎題。

氣，並非原始宇宙線[6, 7]！我又用東西效應解釋為何正子會是電子的四倍(磁赤道附近)，如圖4所示。西方來的宇宙線，與大氣作用產生電子(e^-)與正子(e^+)，地磁的方向會使正子朝太空彎曲，電子朝地面。反過來，東方來的宇宙線產生的電子朝太空彎曲，正子朝地面。因為東西效應，西方來的宇宙線較多，所以太空中的正子自然會比電子多。實際上這種電子與正子的數量是一樣多，不能證實是宇宙大爆炸時的原始反物質。

2009年暑假在臺北天文教育館有個『宇宙線與基本粒子特展』，聯合大學團隊製作了一個門型的宇宙線偵測器(稱為宇宙門Cosmic Gate)，擺放在展場入口。此偵測器約略成西南往東北方排列，如圖5所示。其中任意兩側偵測器的同時觸發可以提供粗略的方向。圖5右顯示數據資料，明顯可看出由西南方來的通量高於由東北方的通量[8]。

地磁場的作用不僅用在宇宙線！1960年代進入太空時代，發現太空中的另兩個輻射源：太陽風與輻射層，還喊出「天呀！太空既非真空，而且有輻射

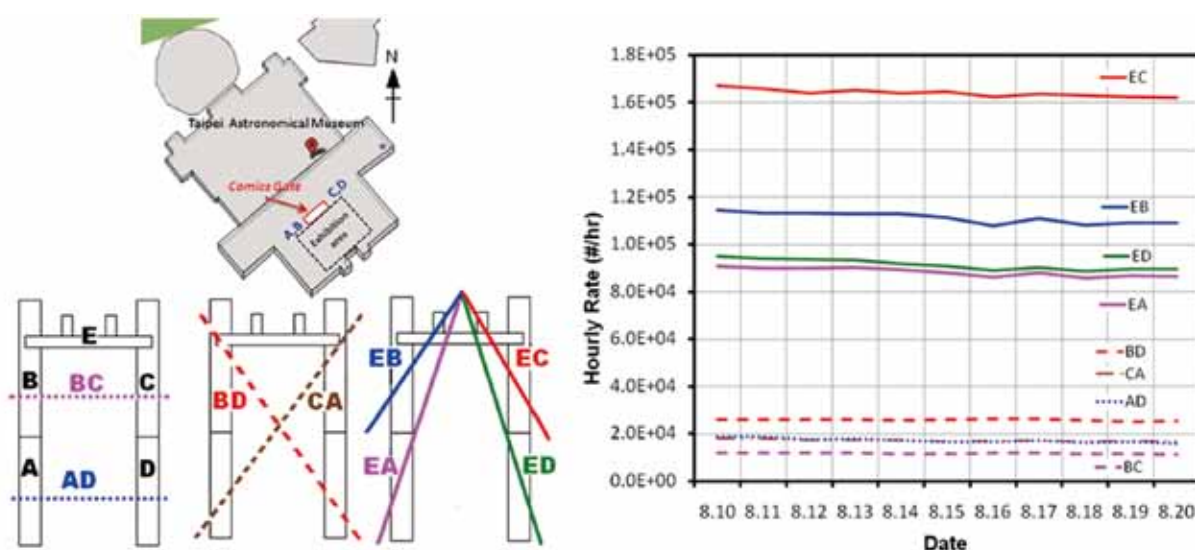


圖5：臺北天文教育館的宇宙線與基本粒子特展時，宇宙門排列在展區入口，如左上所示。宇宙門由五個(A~E)閃爍計數器組成，任意兩個的同時觸發，可成為八組，如左下所示。右邊顯示各組的每小時的事例數。由西南方來的(EC、ED、BD)都比由東方來的(EB、EA、CA)頻率高，證實了東西效應[8]。

性！」。輻射層的帶電粒子能量低於臨界值，因此是被磁場束縛住的輻射(trapped radiation)。太陽風的能量大多小於宇宙線，只能從南北磁極上空進入大氣；偶而有比較強烈的太陽風暴會進入大氣層，產生漂亮的極光。這些粒子的數量多且混雜磁場，形成電漿，因此電漿物理與宇宙線物理合流而成為太空物理。這些研究加上太陽表面的電漿活動，就成為當今熱門的日地關係(Sun-Earth Connection)研究；再加上近地太空與地面受太陽風暴的影響，就成為太空天氣(Space weather) 研究。在2012末日流言中有許多與這主題有關，我將在下一期臺北星空中針對此主題再來詳談。

直接測量宇宙線

宇宙線進入大氣後會與大氣產生許多作用，因此要知道宇宙線到底是什麼粒子，就得到大氣頂層或太空中。早期宇宙線學家用氣球攜帶各式偵測器到高空作實驗，後來也用衛星來測量宇宙線。早期衛星的載重較少，宇宙線偵測器大部分用氣球進行。現代的高空氣球可攜帶重達數千公斤的儀器、飛到約40公里高空(只剩下約0.5%的大氣)，已可滿足大部分實驗的需求。傳統氣球約只有1~2天的飛行時間，但是最新的超長期氣球飛行已經可以到達45天以上了。另外，要上衛星的儀器也常用氣球飛行先驗證其功能。由於這些優點，氣球飛行仍是宇宙線實驗的主要方式。國內也有一個國際合作計畫，由清華大學、中央大學、聯合大學共同與美國加州柏克萊大學合作開發核康普吞望遠鏡 (Nuclear Compton Telescope, NCT) [9]，其目的就是開發新的康普吞望遠鏡來偵測星體的伽瑪射線，以



圖6：AMS-02在今年5月由太空梭STS-134任務發射升空，已經安置在國際太空站[12]。

競爭NASA下一世代衛星任務[11]。NCT在2009年在美國試飛一次，已經觀測到蟹狀星雲的康普吞影像[10]。

現代太空科技也同樣有很大進步，早期的衛星偵測器都不大，AMS算是企圖心最大的宇宙線偵測器。第一版AMS-01在1998年測試飛行成功，AMS團隊繼續升級磁鐵為超導磁鐵，並增加三項新偵測器。因為太空梭意外，AMS差一點就被撤消任務；甚至於在最後一年又將超導磁鐵換回永久磁鐵，AMS-02終於在今年五月由奮進號太空梭帶上國際太空站[11]，這也是太空梭永久退休前的最後一趟任務。圖6為AMS-02在太空站上的照片，此刻在太空中最大的宇宙線偵測器就是AMS-02，未來AMS-02將會是最重要的實驗。

直接測量可以知道宇宙線是何種元素與能量，從這些直接測量宇宙線的實驗中發現，實際比例隨著能量而變，宇宙線大約有86%的質子、12.7%的氦核、1.3%的其他重核[1]。宇宙線的成分與太陽系的成分類似，但多了一些O型與B型恆星的成分；而且有微量的比鐵核還重的核種。這些成分證實宇宙線是由恆星風與超新星爆炸的產物組成。另外有一些核種是來自宇宙線與星際物質作用產生的次級粒子，部分是放射性核種。由其數量可以推測宇宙線在銀河中可能繞了數百萬年！宇宙線並不像星光一樣走直線，而是在星際磁場中繞圈圈，以近似擴散的方式傳播開來。因此星際空間裡宇宙線的通量是很穩定的；但在地球上，宇宙線的通量會受到地磁場與太陽週期的變化而有較大的變動。

能到達地球附近的宇宙線的能量都非常高，約大於 10^9eV (十億電子伏特)；假如我們要把一個質子加速到這個能量，需要十億伏特的電位差！圖7顯示直接測量的宇宙線能譜公分每秒一個[13]。能量大於 20GeV 時，能譜正比於能量的 $-\gamma$ 次方($dF/dE \propto E^{-\gamma}$)， γ 稱為能譜指數，在此能區約為2.7。當能量每增加10倍，通量變成 $10^{-2.7}$ 倍或是約500分之一！因此高能量的宇宙線通量迅速衰減。

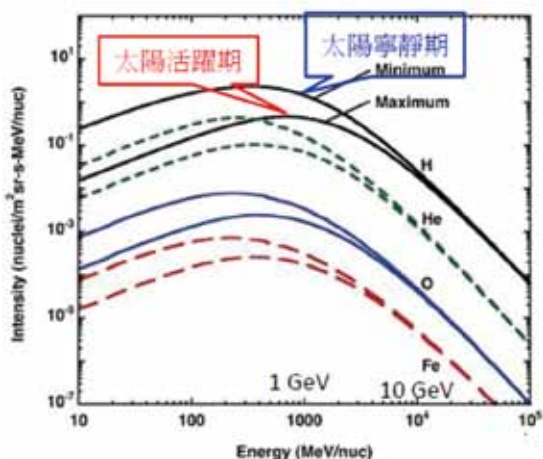


圖7：直接測量的宇宙線能譜[13]，依照不同核種列出。橫軸為單位核子的動能，縱軸為通量。

在能量20GeV以下宇宙線的通量與太陽週期有密切關聯，太陽風會壓制宇宙線的通量與能量。太陽活躍期(黑子數最多時)，太陽風較強、宇宙線通量較低；太陽寧靜期(黑子消失時)，太陽風較弱、宇宙線通量較高。圖7中顯示不同太陽週期的宇宙線通量變化。這種太陽調制(Solar modulation)的影響層面不僅只在太空，地面也有影響。

許多人會問：宇宙線的能量這麼高，要是把這些粒子的能量收集起來，那我們就不怕能源危機了！其實把宇宙線的能量變換成常用的能量單位焦耳，還需乘上基本電荷 1.6×10^{-19} 庫倫，因此 $1 \text{ GeV} = 1.6 \times 10^{-10}$ 庫倫·伏特 $= 1.6 \times 10^{-10}$ 焦耳！每平方公尺每秒有 10^4 個宇宙線，總照度是 $1.6 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ，相對於太空中太陽的照度 1367 W/m^2 ，宇宙線的貢獻是微乎其微！其次，要利用這種能量非常困難，因為它會穿透物質，以游離輻射的方式逐漸釋放能量。跟核電廠燃料棒釋放能量類似，只不過反應速率超級低而已。

間接測量宇宙線

上段提到高能宇宙線通量衰減很快，衛星上的儀器可能只能測到約 10^{11} eV 就沒有足夠靈敏度了！氣球實驗可以用更大的儀器彌補部分高能區域，終究無法高過 10^{14} eV 。其他就得靠地面的偵測器了。

宇宙線進入大氣後，會跟大氣作用，產生次級粒子(又稱次級宇宙線)，分散能量到次級粒子；只要次級粒子能量夠高，也會繼續作用產生更多次級粒子。因此次級粒子數目會隨著穿透距離而增加，但平均能量則下降；直到某個臨界能量，無法產生新的次級粒子，次級粒子數目開始下降，能量也因被大氣吸收而繼續下降。這種過程稱為「大氣簇射」，取名模擬次級粒子朝外延伸，猶如射出一把箭一樣 [14]！

在人造加速器出現前，從大氣簇射中發現許多基本粒子[3]，例如1932年發現的正子。不過這些是無法控制的反應，等人造加速器出現後，基本粒子的研究便與宇宙線分開，演變成為現代的核物理與粒子物理。宇宙線在星體或地球的大氣中作用會產生微中子(ν_μ, ν_e)、太陽也有核反應的微中子(ν_e)，偵測微中子也是宇宙線研究的重要分支[15]。雖然現在粒子物理變成顯學，宇宙線物理與微中子物理常被歸類為「非加速器的粒子物理」。不過三者仍有密切的交流，許多研究工具(偵測器、模擬軟體)是共用的，許多研究人員也是參與多種相關的研究。

不論是太空中的宇宙線、太陽風，或者是大氣中的次級宇宙線，都會產生游離，對儀器或生物造成一些傷害。這些輻射性就是自然輻射的一部分，太空人或飛航人員的工作時數都是跟這些宇宙線輻射有關[3]。研究輻射的生理效應與如何避免輻射的傷害的學問演變成輻射物理或保健物理；在本期另一篇「天外飛來的輻射」文章中會再詳談。

次級宇宙線也有不帶電的中子。許多地面的中子計數器從1950年代運作至今，提供了長期的數據，可以發現其計數與太陽黑子數明顯成逆相關[16]。直到最近20幾年來，也有人發現次級宇宙線可能是促進水氣凝結成雲的重要機制，因此可能是氣候變遷的因素之一[17]。另一方面，也有人發現雷雨閃電時有X射線與 γ 射線產生，可能與雷雨的電場加速次級宇宙線有關；也有人認為閃電是由超高能宇宙線的簇射所形成的游離粒子連接了雲底與地面。或許又要開啓另一頁宇宙線與地球環境的跨領域研究。

簇射的偵測方式可分三種：(一)契忍可夫望遠鏡(Cherenkov Telescope)，(二)帶電粒子偵測器陣列(Charged particle detector array)，(三)大氣螢光望遠鏡，有關細節見[18]。有了各種間接測量的偵測器，宇宙線的能譜可以一路從 10^9 eV 測到 10^{20} eV 。由於通量與能量的 $-\gamma$ 次方成比

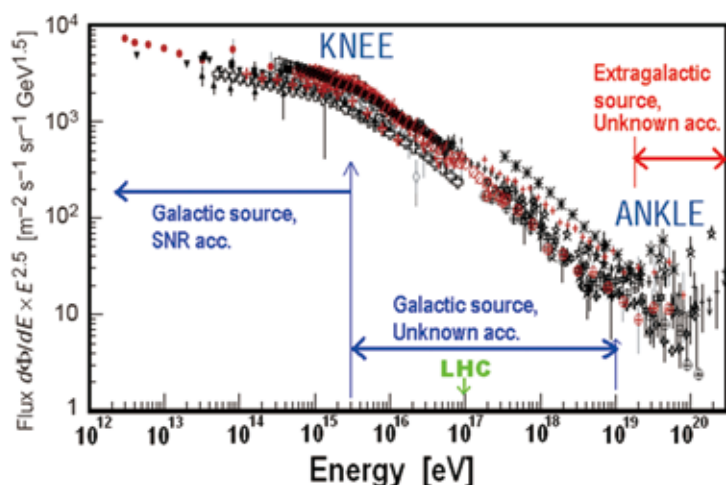


圖8: 宇宙線的能譜，資料點代表不同實驗[19]。橫軸是粒子的能量，縱軸是通量乘上能量的2.5次方。由於每個實驗有自己的特性，使不同實驗的通量與轉折點有些差異。

例，習慣會乘上此倍率，以看出細微變化。圖8顯示間接測量的能譜[19]，此圖猶如一隻腳尖翹起的腿，圖上顯示出兩個轉折點：膝點(knee)約在 3×10^{15} eV，踝點(ankle)約在 3×10^{18} eV。

宇宙線加速機制

目前最高能量的人造加速器大強子對撞機(LHC)，將其對撞的質心能量轉換成宇宙線單一粒子的能量，也只有約 10^{17} eV而已(見圖8)，比起最高能量的宇宙線 3×10^{21} eV還差了三萬倍！宇宙線如何得到這麼高的能量？為何會有指數律的關係呢？

最成功的理論是爆震波加速理論，帶電粒子通過爆震波會被加速，類似衝浪者被浪頭往前推而獲得能量。但是帶電粒子受磁場彎曲可能會再繞回來，再度被加速。能量越大，繞回來機率越小，再加速到更高能量的機率就越低，因此形成指數律關係。這種爆震波加速的現象在太陽系與銀河裡都可以觀測到。圖9是X射線衛星ASCA對超新星SN1006的觀測[20]，可以看到超新星的球形爆震波。兩側的紅色區域是強烈的X光發射區，由能譜推測這是高能量電子($\sim 10^{14}$ eV)所產生的制動輻射，證實超新星爆震波可以將電子加速到 10^{14} eV。由理論推測，同樣機制可使質子加速到膝點附近；只是質子的制動輻射非常少，所以無法觀測到。

宇宙線在銀河內的能量密度約為 1 eV/cm^3 ，從銀河的宇

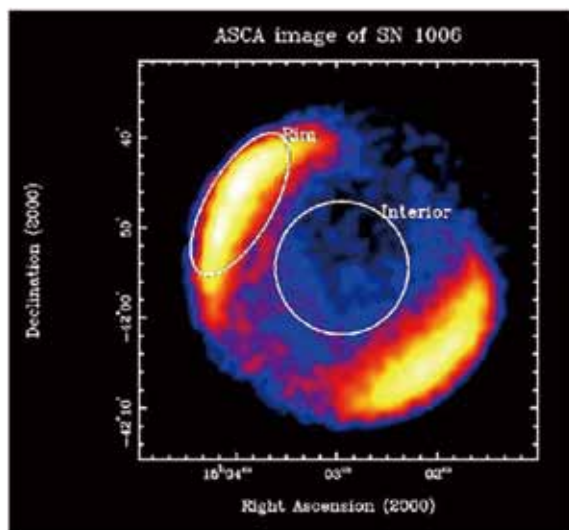


圖9: X射線衛星ASCA 對超新星SN1006的觀測，這是X射線強度的假色圖[20]。圓球形的爆震波明顯可見，這種X射線是電子在磁場中的制動輻射，由這些X射線的能量可推測電子能量約 10^{14} eV。這是證明超新星的爆震波可以加速宇宙線。[26]

宙線總能量與百萬年的傳播期來分析，每世紀約一次的超新星爆炸具有足夠的功率提供宇宙線的加速。綜合前面提到的超重元素、爆震波加速，宇宙線學家確信膝點以下的宇宙線與超新星爆炸有密切關聯。而這些星體也是高能天文學(X射線與 γ 射線)的重要目標。近年超高能($\sim 10^{12}$ eV) γ 射線的契忍可夫望遠鏡有了快速發展[3]，與其他衛星不同波段的觀測構成多信息觀測(multi-message observation)，可以更精確地研究這些高能光子的由來及其背後的激烈星體活動。星光等電磁波的能量密度也在 1 eV/cm^3 左右；因此對於天文研究，不能忽略宇宙線的影響。天文與宇宙線的研究也有許多互補的地方。

已知的爆震波加速機制可以到達膝點，膝點以上就不清楚了。膝點約在 3×10^{15} eV附近，能譜指數由2.7變成3.1，然後又連續到踝點。多數實驗顯示，膝點以上宇宙線成分逐漸變重(質子比率降低、鐵核比率增加)。膝點的原因有兩類型理論：一是加速機制的終點，若以質子加速到 10^{15} eV，則鐵核應可加速到 26×10^{15} eV。但在此以上又需要一個新的加速機制，兩者如何銜接的如此平滑？另一個理論是膝點約為銀河磁場拘束宇宙線的臨界值，膝點以上宇宙線開始逃離銀

河磁場的束縛。此理論必須使加速機制到達更高能量 $\sim 10^{18}$ eV。兩種理論都只能解釋部分現象。因為有這些疑點，膝點附近的實驗最多，但仍無一致結論。反而膝點到踝點的能譜數據不多，現在只剩下美日合作的TA (Telescope Array)[21]與歐洲的Kascade-Grande [22]兩計畫要從上下往中間會合！

踝點是宇宙線的能譜在 3×10^{18} eV附近的轉折，能譜指數又由3.1變成2.7；成分的變化一說是變輕(由鐵核為主，轉變為以質子為主)，另一說是不變。大部分宇宙線學家認為踝點以下是銀河系內的宇宙線，以上則是銀河以外的宇宙線，臺北星空45期(2009/8)有更完整的介紹[16]。

回顧

百年來，宇宙線的研究已經發展成多種現代科學。本文第三節說明宇宙線與太空科學的關係，第四節與第六節提到跟天文學的互補互動。第五節提到宇宙線研究演變成為現代的核物理、粒子物理、微中子物理、及輻射物理，與及可能與氣候氣象的關聯。百年前海斯發現宇宙線時，一定無法想像現在這種枝繁葉茂的盛況。今日的成就，可說是對海斯與早期宇宙線物理學前輩們最大的敬意。

參考資料：

1. M.S. Longair, High Energy Astrophysics, (third edition) 2011, Cambridge: Cambridge University Press.
2. 諾貝爾基金會有關海斯的網頁http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1936/
3. 宇宙線百週年紀念專輯，物理雙月刊，刊印中(2011/8)
詳見物理雙月刊：<http://psoc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/>
4. 宇宙線發現一百週年紀念網頁<http://crp.nuu.edu.tw/Hess.htm> (建構中)
5. Strömer, C. Zeits. Astrophys. 1, 231-274, 1930.; Strömer, C. The Polar Aurora. Oxford University Press, London, 1950.
6. M.A. Huang, (9/25-27/2001) 輻射層中的高能反射粒子, 第七屆全國大氣科學學術研討會, 台北, p149
7. M.A. Huang, (8/7/2000), Atmospheric secondary particle in near earth orbit, Proc. of the 8th Asia Pacific

Physics Conference, (台北中央研究院), ed. Y.D. Yao et al. (World Sci., Singapore, 2001) 161-166; astro-ph/0009106

8. M.A. Huang, R.S. Run, C.R. Chen, Cosmic-gate: A Cosmic Rays Detector for Public Exhibition, proc. of 32nd Int'l Cosmic Ray Conf., Aug. 9~17, 2011, Beijing.

9. Chang, H.-K., for NCT collaboration, Adv. Space Res., 2007, 40: 1281

10. M. S. Bandstra, for NCT collaboration, (7/2011) Detection and Imaging of the Crab Nebula with the Nuclear Compton Telescope, to be appeared in Astrophys. J.

11. AMS02 官網 <http://www.ams02.org/> ; 技術性資料參閱<http://ams.cern.ch/>

12. AMS02 照片來源NASA : <http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-134/html/s134e007532.html>

13. R.A. Mewaldt, (1994) Galactic cosmic ray composition and energy spectra, Advances in Space Research, 14, 737-747

14. 黃明輝, (2009/8), 極高能宇宙線望遠鏡的發展與近況, 臺北星空(天文館期刊), 45: 6-14

15. 黃明輝, (2004/10), 微中子天文物理與NuTel計畫, 物理雙月刊, 26: 679-687

16. <http://ulysses.sr.unh.edu/NeutronMonitor/Misc/neutron2.html>

17. 黃明輝, (2009/10), 太陽、宇宙線與氣候的關聯, 物理雙月刊31卷5期 (2009年10月)

18. 黃明輝, (2001/08), 混沌未明的新疆界—極高能宇宙射線物理, 物理雙月刊, 24: 538-546

19. J. Hoerandel, On the knee in the energy spectrum of cosmic rays, Astroparticle Phys. 19:193, (2003)

20. K. Koyama, et al., Evidence for shock acceleration of high-energy electrons in the supernova remnant SN1006, Nature 378, 255 - 258 (16 November 1995)

21. Telescope Array官網: <http://www.telescopearray.org/>

22. Kascade-Grande官網: http://www-ik.fzk.de/KASCADE_home.html

黃明輝副教授:任教於國立聯合大學 能源工程學系及 共同教學中心物理組, 國立臺灣大學 梁次震宇宙學與粒子天文物理中心

E-mail: mahuang@nuu.edu.tw

樂學物理

文/ 范賢娟

天文是個充滿問題的學術寶庫

臺大物理系黃偉彥教授年輕的時候就是一位受國際矚目的物理學者，他從理論物理轉到天文界，埋首於宇宙學已有十多年的時間。治學嚴謹、勤奮的他，對天文研究相當有興趣，受訪時很高興地表示天文是一個充滿問題的領域，十分吸引人。但提到自己本身的研究，他只願意提示給我們許多問題，至於答案，他認為目前還不成熟。

在正式進入科學研究前，我們先介紹他成長過程中影響到他走上研究的一些關鍵。

純樸天性與弄人命運

黃教授是苗栗山間的客家人，從小學習農家事務，他五歲就開始實習用柴火煮飯，六歲就能獨當一面煮好一頓十人份的晚飯，閒暇的時候則在山間奔跑、樹間跳躍，過著自然又單純的生活。

進入小學念書的時候，學校中來自不同家庭背景的人會彼此較量——鎮上的一國、眷村的一國、大姓村莊的一國，黃偉彥這樣的山間小孩也勢單力薄地自成一國，各國之間常常鬥嘴吵架，甚至打架。小孩子在學校的嬉鬧或許沒什麼，但沒料到有一次在路上被同學推了一把，剛好有輛軍用大卡車駛來轆過，頭破血流的黃偉彥送醫時還進入太平間，準備宣告不治，所幸地方人士積極奔走，再加上許多阿兵哥挽袖捐血，他總算從鬼門關前救回，不過從此失去右腳。

塞翁失馬 焉知非福

重回學校面對別的小孩在旁恥笑「跛腳」，尷尬、難堪，卻想逃也逃不掉。默默承受的時，黃偉彥也思考自己的長處，希望快快建立起自信。他在車禍前就知道自己的記憶力和理解力很好，但是當時只是用來趕快背完書、寫完功課後出



去玩。現在他不能在山野中玩耍，讀書就成為強化自信的重要基礎，他常常主動去看學校還沒教到的部分，等到老師教到的時候，他往往能當個小老師站上講臺協助教學。國小他第一名畢業，初三那年他已經念完高中數學，高一時又自學念完微積分，這時候在數學領域周遭已經沒有人能再提供新的內容給他，而他們那時代又受到李政道與楊振寧得到諾貝爾獎的影響，因此他的興趣慢慢轉到物理，大學時考上第一志願臺大物理，此時他還去數學系修了不少的課，不過對他而言，這時候學習數學都是為了研究物理。

成績之外的實力

到美國賓州大學念書的時候，黃偉彥想要找普林馬可夫（Primakoff，以下簡稱普氏）博士當指導教授學作理論，教授查了查這位學生的資格考成績，覺得並無特殊因此不想收。黃偉彥從大學開始對「考試」很反感，認為只要自己專注、認真的學習，考試成績好壞並不能代表什麼。他理直氣壯的說明自己的想法，這就讓普氏有點為難，他反問：「除了考試，難道你有什麼方式可以證明出自己的能力嗎？」

黃偉彥建議等自己回去寫些東西來給普氏看了之後，教授再作決定。於是他回去針對當時的幾個物理研究問題，用自己的思考角度加以分析，寫了一疊頗有份量的稿子交給教授，裡面還包含了一些自己對自然、宇宙的哲學態度在其中，同時隱含了他對生命的思考。他花了一星期寫完，教授看完之後二話不說，歡迎他跟著做研究。



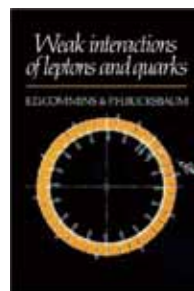
黃教授的恩師普林馬可夫

躋身物理世界 感嘆文人相輕

黃偉彥在學習上常會有些奇特的想法，跟普氏聊起來，教授不但不以為怪，還會提供進一步的分析，或者介紹相關的參考資料，幾年之後他的想法從天馬行空逐漸具體，他已經掌握到了物理研究的視野，在理論物理上發展出具有個人風格的研究路線。

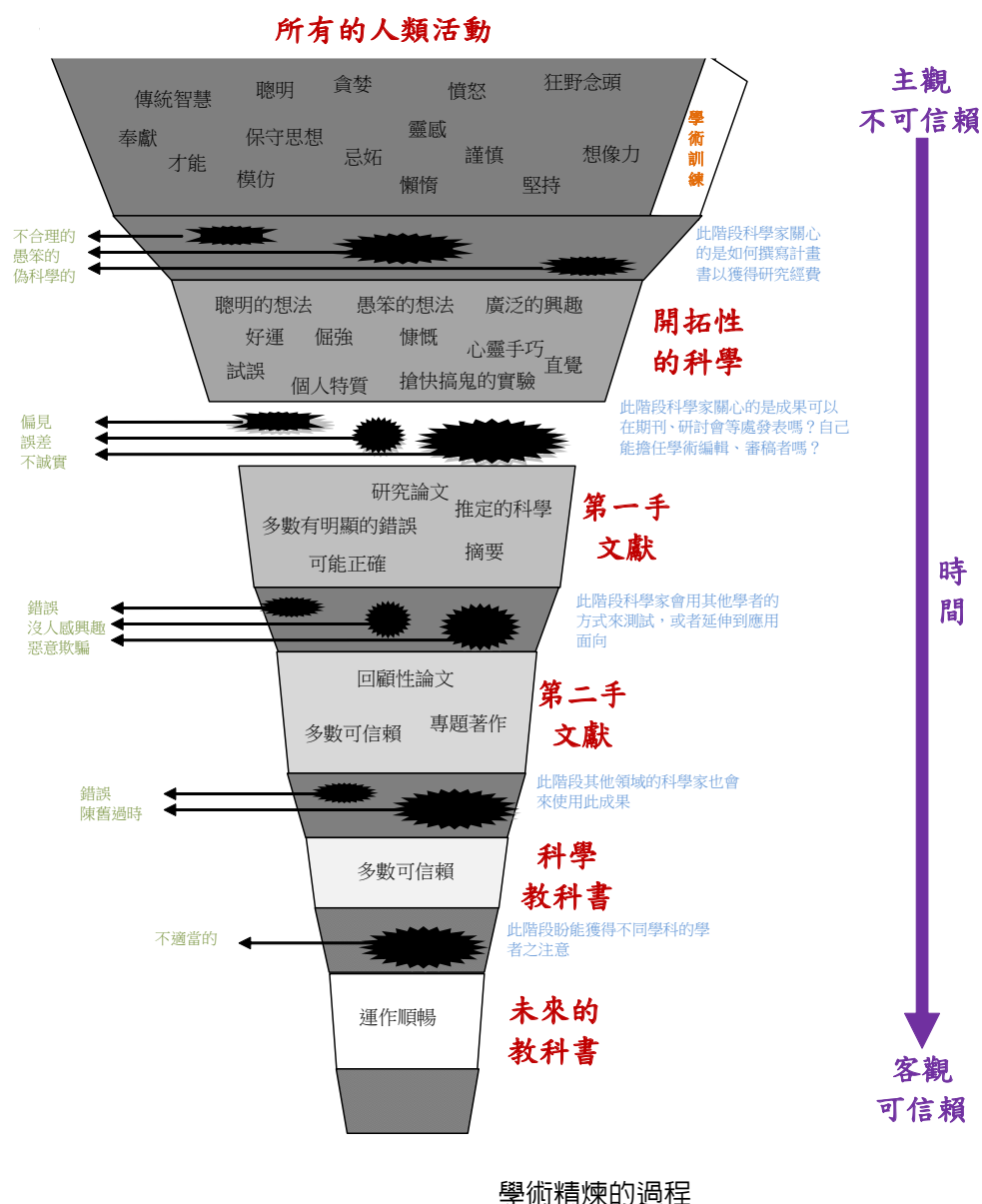
當黃偉彥於1977年拿到博士學位，不久他就和指導教授針對當時吳健雄博士的向量流保守律（Conservation of Vector Current, CVC）實驗的研究結果重新肯定，認為過去吳博士遭人質疑沒考慮的次類流（second class current），其實那也的確並不存在。1979年，他兩篇重要的論文於學術期刊上發表，引起物理學界的廣泛注意，迫使普林斯頓大學與東京帝國大學的實驗要重做，而論文結果也很快被柯明斯教授（Commins，華裔諾貝爾獎得主朱棣文博士的指導教授）收進他1983年出版的經典教課書中《輕子和夸克的弱交互作用力》（Weak Interactions of Leptons and quarks）。

這裡用下頁「學術精煉的過程圖」說明一般科學研究進入人類文化的過程。多數的學術研究只是試探性的，在學術界發表後還要經過同儕反覆的質疑驗證，才能修正成更加穩固的學說，進入到科學教科書中，在去蕪存菁之後未來才有可能再進入一般人的文化裡。黃教授和普氏的研究能夠在短短不到5年的時間，很快獲得學術界的肯定進入經典教科書中，相當不容易。



1983年的這本教科書，至今已再版多次，仍是經典教科書。

至於對吳博士未能獲諾貝爾獎，黃教授也非常感嘆。他覺得吳博士的實驗能力很好，早年即以原子核 β 衰變的精密實驗而聞名於物理界，1956年針對李政道博士和楊振寧博士提出在弱交互作用中的奇偶性不守恆（parity violation）想到以鈷六十為放射源來驗



敵手卻非常嚴厲地藉此全盤否定其實驗價值。

黃教授說，等到他進來這個吵翻天的領域時只是個後生小輩，他發現過去談的都是講 β 衰變，以 ^{12}B 衰變成 ^{12}C 的基態來看，無法有定論。黃教授另外引入用繃子捕獲（muon capture）來分析，說明了CVC仍然是對的，次類流也的確找不到，吳博士的實驗還是有價值。

到了現在，這些縱橫當代的學者都已經凋零，但可惜的是最後雙方陣營始終沒有和解，原本該是學術界的重大進展，卻因為不能分享、彼此攻擊，給人些許遺憾。

證，非常完美地確定了李楊的理論，促使他們二人得到1957年的諾貝爾獎。

但吳博士在當時面對芝加哥大學學者的類似成果刻意忽略，導致棋逢敵手的雙方從此結下樑子，吳博士樹敵太多給人互扯後腿的印象，因此錯失得諾貝爾獎的機會。後來她轉換去做CVC實驗，經過十多年的辛苦，結果出來的時候卻被對手挑剔她在 β 衰變中沒有考慮到三個產物之間的交互作用，導致所用的費米函數（Fermi function）有誤，另外也沒有考慮到次類流。這如果是別人犯錯的話可能也會將就過去，但她的

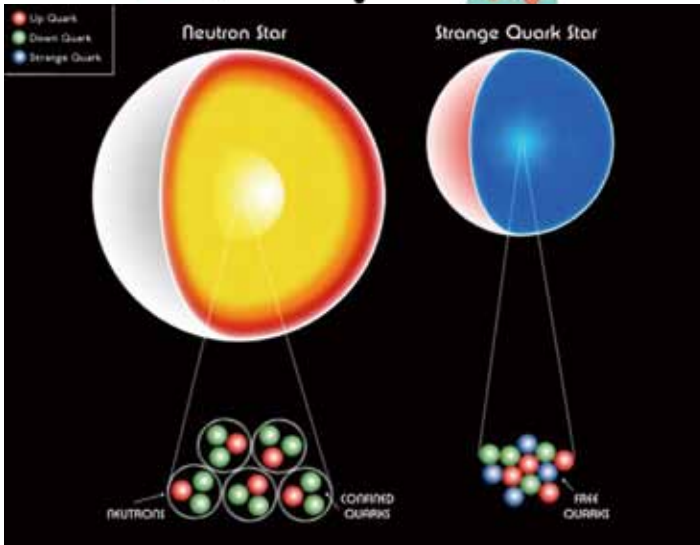
天文是個學術寶庫

為什麼進入天文界？黃教授認為，所有的人都對天文感興趣，他也不例外。他求學過程中有關天文這一部分的資訊很缺乏，而他開始做理論物理時也不知道天文是甚麼東西，只是在做研究的過程裡頭，陸陸續續會聽人提到宇宙中的各類環境與天體。後來他曾對夸克星、緻密星體（compact star）有興趣，於是便運用自己在物理的基礎，思考宇宙中的各種可能。

可能一般人會對「中子星」這名詞較熟悉，



從很簡單的數學加減當中就可以發現中子星的怪異，因此科學家認為中子星內的部分中子可能已經無法維持個別的特性，因此認定「夸克星」會是更適當的名稱。



中子星與夸克星的差異，左為中子星，代表每個中子還維持個別中子的特性，右則是夸克星，中子已經被壓碎了。

但學者計算後卻會發現中子星裡面的所有中子合起來的體積，比一個中子星還來得大，因此推斷在其緊密的核心，中子已經不是中子了，就像葡萄被緊密壓在一起，會破碎流汁一樣，葡萄不能再保有其單一特性，而是更基本的物質。

至於用什麼名稱，代表了物理學家對事情的理解。「中子」的概念比「夸克」更早被人確認，因此在提到緻密星體時自然會先有「中子星」這名詞，但經過簡單體積總和的計算就可以了解，那樣的环境中，中子無法維持住自己的「中子」特性，會變成別的東西。

緻密星體是黃教授的興趣之一，但他現在比較全心在發展的是宇宙學。他認為宇宙學在過去都停留在「宇宙論」的階段，只有很多理論假說與哲學思辯，實證資料不多。直到Ia型超新星爆炸、太陽微中子的測量、宇宙背景輻射等觀測與實驗的資料越來越多，科學的宇宙學才正式誕生。就他的觀念而言，2000年算是宇宙學開始發展的關鍵年代，而他也剛好在那時候接了教育部「追求卓越」計畫案中的「宇宙學與粒子天文物理學」計畫的總主持人。更是全心的投入宇宙學這個領域。希望能讓人類對那占宇宙中70%的黑暗能量與25%的黑暗物質多一點了解。

至於更具體的內容呢？黃教授則是不斷地提出問題：太陽系怎麼來的？木星怎麼來的？地球和金星這麼相似，但為何演化起來又有那麼大的差異？

各位天文館的朋友是否會覺得：「教科書當中好像已經有答案了啊！我可以來幫忙回答！」

不過黃教授思考的是基於近代物理與宇宙學結合之後，引導而出的更深入的問題。他希望我們知道教科書上的描述只是權威，缺乏科學基礎，他們現在重新檢驗這些問題，了解答案並不簡單。



思考帶來樂趣 維持社會安定

看似一些簡單問題，黃教授不斷重複，告訴大家答案絕不簡單，有的已經有線索，需要時間去解決；有的甚至連線索都還不知道在哪裡。他緩緩地說，對於他這樣一個60多歲的人，還能對單純的物理感興趣，不斷地追尋這些問題的答案，他覺得是相當幸福的事。而社會上，他希望能有更多這樣的人，他相信這是一個社會維持安定的重要基礎。

范賢娟:天文館期刊《臺北星空》特約採訪。

藍色部落

文/詹佩菁

「里佳」

里佳，一個以前從未聽過的地名、一個完全陌生的地方，因為一通電話而聯繫起天文館與它的情誼！

這個多數人從未耳聞的阿里山原鄉部落，就座落於中央山脈的深山群落中，是中央山脈最南端的鄒族部落。部落民風純樸、環境幽美，長期以來深受大自然的照顧與呵護。而這原本美麗寧靜、不受外界干擾的世外桃源，在98年8月8日遭受莫拉克颱風無情的侵襲、三千多毫米雨量的密集灌注後，使得貫穿部落的小野溪，瞬間沖刷成跨徑200公尺寬、滿是土石堆積的大河床。而部落的連外道路，也因沿路山壁多條土石流而中斷。

在遭受這般的風雲變色後，居民間更加團結、感情更加融洽。家家戶戶互通有無，用餐時間一起煮、一起吃，不分你我；救援物資公平分配、不搶不鬧，大家有秩序地接受外界的援助。記得第一次和里佳社區發展協會的溫理事長一起吃飯時，桌上有一道菜是白斬雞，他熱情地叫我們要多吃一些，因為這是當地居民養的，很好吃！但他們曾經有一度相當害怕吃雞肉，因為在八八風災當時，各家都會貢獻自己的物資與其他人分享，而山上人家幾乎每戶都有養雞，而當時因缺乏飼料，所以乾脆就把雞給宰了，因此



里佳村周圍景觀，主要聚落就在中間河川左上方的白點處

雞肉很多！為了讓餐餐的雞肉好吃，部落婦女用盡各種烹調方式—清蒸、油炸、火烤、…，但做得再好吃，吃久了還是會膩！所以那段時間，大家都『聞雞色變』！現在聽來是笑話，但從這邊就可瞭解他們當時大家在一起生活的那份革命情感！

不過，上天還是眷顧著純樸的里佳居民，因為有一份隱藏在里佳已久的財富，這時才顯露出來！在風災發生後的兩個多月中，因電力受創嚴重，所以里佳居民都是在斷電的條件下生活。少了文明物件的干擾，夜晚居民們一起到戶外乘涼、閒話家常，這時目光朝向天空才發現，里佳的夜幕掛滿了數不清的星斗，更有夏季銀河迤邐於天際，這幕景象自此深深地刻畫在里佳人的心裡。讓里佳人體認到，原來里佳還有藏在天空這塊區域、為數眾多的星星寶

天文新花

藏！風災過後沒幾天，所出現的壯觀天象--英仙座流星雨，更是讓他們驚呼連連、久久難以忘懷！直到現在，他們還相當懷念那一段沒電、但可以天天看星星的日子呢！

因著這段機緣，居民才瞭解，為何十多年前阿里山國家風景區管理處的長官在蒞臨里佳後，要送給里佳另一個美麗的別稱--『藍色部落』！因為里佳除了擁有地面有難得可見之自然景物外，還有一片少有的藍色天幕，讓人得以徹底放鬆、神遊天際呢！

該如何好好運用里佳這一片天呢？就在今年年初行政院莫拉克風災重建委員會協助部落規劃重建重點工作方向時，除了要重建以往舊有的產業發展之外，部落民眾及重建會人員也達成共識，想針對天空這塊新領域進行發展，於是乎透過行政院重建會直接電話聯絡臺北天文館館長詢問相關協助事宜，而館長本著天文推廣之初衷，熱心幫助部落居民進行天文教學及訓練，這項活動的相關經費則是由台積電熱情贊助，得以順利進行。



100年3月4日天文種子人員培訓課程開幕



對天文種子人員及學校學生進行望遠鏡教學

教學中除了傳授既有之天文知識外，亦結合鄒族之歷史及神

話脈絡，讓天文知識更有在地風味，也使部落居民增加對自己族群文化的認同！例如：讓居民們知道，由中央大學鹿林天文臺發現編號175586的小行星，是第一個用臺灣原住民族名稱命名的，稱為『鄒族小行星』。



100年4月23日台積電致贈天文器材，供里佳社區推展天文觀星活動使用

過程中許多居民都很認真學習，還有準備筆記本將授課重點逐一整理。在下課閒聊之餘突然發現，其中一位的筆記本相當特殊，因為她的筆記本上面就寫著『藍色部落』，筆記封面是一張秋季星空的星跡照片，可明顯看出北極星及仙后座就在其中！居民驚訝地說，這本筆記本是阿里山國家風景區管理處在十多年



前印製、分送給部落居民的，但因筆記本內一片空白，並沒註記封面的圖像意義，所以他們一直認為那只不過是一些無意義的線條罷了！而在經過我們解說介紹之後才知道，原來這些線條是透過天文攝影，將天上星星實際所走過的軌跡記錄下來、所拍成的星跡照片。經過這層認識之後，讓他們更加珍惜這本筆記，並想盡辦法，找出部落中剩餘的『藍色部落』筆記本，因為他們覺得這麼棒的筆記本，經過了十多年，到今天才認識瞭解它獨特、珍貴之處！

而在里佳多次實際進行星空教學時發現，里佳的天空有兩點真的很獨特：（一）『天空很黑』（二）重點區域皆可見星。

（一）天空很『黑』：這種黑的程度，是我們觀星這麼多年來少見的，因為光害會影響天空的黑暗度。而光害越少，天空就越黑，就適合觀星。這是因為里佳部落周圍層層疊峰，把光害都阻隔在外了！

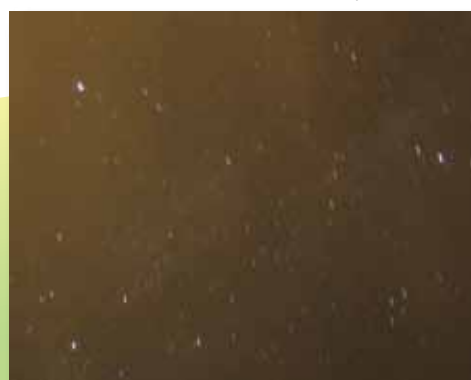
（二）重點區域皆可見星：從前面第一張照片中可見里佳位於近山

谷區，周圍的山也不低，但是卻不影響觀星。因為觀星時所要見的幾個重點區域，剛好都落在山凹處，例如北邊的北極星，剛好在山凹處，所以可以順利看到。而東邊及西邊也都有山凹處，對清晨或黃

昏的行星觀測也不會有阻隔。而南邊天空最低處，還可以看到冬季星座中的老人星呢！



里佳社區夜間實際天文觀星活動



里佳星空，夏季大三角

所以喜歡觀星的人，一進到這個部落就會愛上它喔！

天文新花吸

除了
夜間觀星的
活動之外，
晚上還有一
個特色景觀
也很吸引



人，那就是里佳4月的螢火蟲，種類以黑翅螢居多。螢火蟲！在里佳一年四季都可以看到不同種類的螢火蟲輪替出現，其中尤以4~6月間所出現的黑翅螢最為壯觀，只要走在黑暗處便可見一波波的螢火蟲飛舞其中，像是把樹叢掛滿會飛的聖誕燈泡一般！

而白天在里佳部落，也有許多值得體驗的活動！如果你喜歡到處走走，看自然景物，則可以請部落安排接駁及道地的導覽解說，帶你到別地方沒有、長達600公尺的『巨石板』，帶有鄒族部落故事的『風流洞』、『鬼屋』、『情人瀑布』，風景優美的『里美步道』等。而部落中也生產許多山上、在地的新鮮特產，如轆高筍、桂竹筍、愛玉子以及茶葉，如果你要雙手實際體驗挖筍、採愛玉、採茶等農忙活動，也可以配合適當的農忙季節，

請部落讓你當一天『要付錢的女工』喔！忙完之後，還可以洗洗愛玉來犒賞一下自己呢！如果你對以上所描述各種景象萌生高度興趣，可以安排住到里佳別具特色、熱情相待的民宿（資料見下表），來個『里佳之旅』，給自己放輕鬆、感受一下『藍色部落』的各式風情，相信不會讓你失望的！

★里佳民宿資料★

民宿名稱	聯絡電話	聯絡人
嘉娜民宿	0933680382	趙翠蓮
里佳第一景	0912012528	莊秋華
亞亞竹	0972343355	溫惠珍
亞伊木斯	0912486629	汪生明
里佳小吃部	05-2511507	楊李阿花



有空來里佳走走吧！



巨石板解說導覽

★里佳交通資訊★

需自行開車前往，車程從國道3號下中埔交流道後，接上阿里山公路，在63K處抵達石棹後，再右轉進入169縣道。沿途經樂野、達邦，共走23公里後，便抵達位於169線道51K的里佳村。

詹佩菁：現任職於臺北市立天文科學教育館

星期天談星

地球面面觀

星空傳奇之秋季篇與月食傳奇

尋找外星生命

資料提供/ 王心怡

吳典諺

彙整/ 張維元

地球面面觀

地球是太陽系第三顆行星，也是人類及萬物賴以生存的家，但是我們真的瞭解地球嗎？地球有許多得天獨厚的條件，它與太陽的距離適中，使得溫度適合生命生存，液態水也得以存在，再加上大氣層擋掉大多數來自外太空來的輻射線和流星體，使其成為已知太陽系中，唯一有生命存在的星體。

從外太空看地球，由於水覆蓋了地球70%的表面，使它成為一顆美麗的藍色行星。水是已知的生命型態不可或缺的元素；同時水的比熱大，所以廣大的海洋能一邊保留來自太陽的熱能，一邊將此能量藉由水的循環傳遞至大氣層中，使地球上的溫差不至過大，適合生命繁衍。

地球外面還覆蓋著一層薄薄的大氣層，它就好比防護罩，隔絕有害的輻射線並燒毀大多數進入地球的流星體。目前地球大氣的組成為78%的氮、21%的氧，微量的氫、二氧化碳及水氣。一般星球大氣中很少有這麼多氧氣存在，因為氧活性很強，很容易和其它元素相化合而消失，而地球大氣中能夠維持這麼多氧完全要歸功於生物作用。此外水氣及二氧化碳所造成的溫室效應提高了原本酷寒的地表溫度，使生命得以開展。同時，水氣更是地球水循環及天氣變化中不可或缺的要角。

地球表面的大氣層、海洋、陸地和生物看似各自獨立存在，實則相互影響，形成一個環環相扣、平衡的狀態。而這整個複雜的生存空間其實只佔地球極小的一部分而已，絕大多數



的地球內部區域是無法到達的，但根據地震震測資料，已知地球內部大致可分為一層很薄但厚度變化頗大的固態地殼，一層很厚的地函，一個液態外核和一個固態鐵鎳的核心。

雖然目前地球相當適宜居住，但早期的地球可不是這麼一回事，不但沒有海洋，大氣中也沒有氧氣，只是一團熾熱的火球，它是如何演化成今日的樣貌呢？而在人類大肆掠奪地球資源下，又會走向何種命運呢？想要知道地球的過去與現在，以及可能的未來，就在「地球面面觀」演講中。

星空傳奇之秋季篇與月食傳奇

秋季的星空是四季中最不顯眼的，由於沒有太多的亮星，因此對初學者而言，找尋秋季的星座可說是非常具有挑戰性的。但是，也不用太過緊張，只要利用一些技巧和方法，也可以把秋季的主要星座盡收眼底。



隨著夏季星座的西落，北斗七星也墜入地平線，整個夜空只剩下一些較黯淡的星星點綴其中。此時，尋找北極星的重要角色便由秋季北方星空的主角「仙后座」來扮演。秋季星座可區分兩大主題，分別是北天的「王族星座」，以及南天的「水族星座」。「王族星座」包括仙王座、仙后座、仙女座、英仙座和飛馬座，這些星座在希臘神話中彼此相關喔。

「水族星座」包括南魚座、鯨魚座、寶瓶座和雙魚座等。南魚座的 α 星「北落師門」，因為位於魚嘴部位，所以又稱「魚嘴星」，它可是秋夜中唯一的一等星喔！所以在秋季認星歌中寫道：「南天寂靜亮星少，北落師門費明燈」。另外，秋季星空的另一個大指標是由仙女座的 α 星「壁宿二」和飛馬座的 α 星「室宿一」、 β 星「室宿二」、 γ 星「壁宿一」共同組成的秋季四邊形。在希臘神話中，飛馬座是從英仙帕修斯所砍下蛇髮女妖梅杜沙的頭中飛奔而出的一匹駿馬，後來成為英仙的座騎。

今年的6月16日凌晨4點多的月全食，假如在夢鄉中錯過的話，本季還有一次機會，12月10日晚上8點45分左右開始的月全食，時間更適合觀看，不要再錯過了！想認識秋季星空嗎？想了解月食的成因嗎？為何月全食時月亮不是看不見，而是呈現暗紅色的樣子？假日撥空來參加本活動吧！「天涼好個秋，星空好個美」，有空出外體驗一下喔！

尋找外星生命

除了我們地球之外，宇宙間真的有智慧生命嗎？這是我們一直想要尋找的答案。在1970年代科學家利用位於波多黎各山谷中的Arecibo

電波望遠鏡向武仙座的球狀星團M13發射無線電波訊號，訊息內容包括：1到10的數字、人類外型身高、地球在太陽系中的位置等，希望總有一天會有外星人收到，但這種早期的想法是有點浪漫的，因為星球與星球之間的距離非常遙遠，就算是M13星團真的有外星人居住，能理解此訊號並傳回地球，一來一回的時間也需要花上5萬年，到時地球上有人類存在都是未知數。

因此目前科學家合理的選擇是發射太空船到離我們比較近又適當的星球去尋找生命，例如火星的南北極有冰，和地球一樣有春夏秋冬四季、木衛二Europa有液態海洋、土衛二Enceladus有水噴泉。這些星球的共同特徵是可能存有液態水，因為生命三要素中，水是最重要的元素。在我們的銀河系中約有上千億顆恆星，太陽只是其中一顆。太陽系有八顆行星，眼前唯一有生物存在的行星只有地球。而除了尋找太陽系內的星球外，科學家也嘗試使用火箭、太空船、人造衛星等太空探測工具尋找太陽系以外的世界，高科技的各種波段太空天文望遠鏡亦是利器之一。人類尋找外星生物的努力有許多含意，在探求的歷程中可以幫助我們更珍賞生命出現的奇蹟想知道更多有關外星生命的事嗎？本活動將以淺顯易懂的方式進行，歡迎各位嘉賓屆時蒞臨參加哦！



十月主題：地球面面觀

10月2日及10月16日(周日)……主講人：王心怡

十一月主題：星空傳奇之秋季篇與月食傳奇

11月6日及11月20日(周日)……主講人：吳典諺

十二月主題：尋找外星生命

12月4日及12月18日(周日)……主講人：曾俊貴

作者：現任職於臺北市立天文科學教育館

文/ 孫桂琴



步入涼意逐漸加深的秋、冬之季，綺麗曼妙的星空，也訴說著浪漫神秘的星座故事。這一季的星姊姊說故事，我們除了準備了黃道十二宮中的**天秤座**、**天蝎座**、**人馬座**等當月主題星座；另外，秋季王族星座的**仙女座**，以及冬季最亮麗的**獵戶座**，也有我們不容錯過的星座故事。而身處最美麗的地球，我們這一季特別企畫關於地球故事的天文繪本，歡迎小朋友踴躍參與。

正義之神－天秤座

在希臘羅馬神話故事中，天秤座的正義女神也是室女座的農業女神，所以天秤座總是在室女座的身邊，她用天秤評斷人們靈魂的善惡。話說，人與神在遠古時代是一起生活，且互相照應的。但是，普羅米修斯偷竊天火帶至人間，讓人們有了智慧與文明，他這種偏袒人類的行為卻得罪了天神宙斯。宙斯設計出潘朵拉的盒子，釋出邪惡與種種罪惡因子到人間，引發不幸與戰爭，讓人間成了煉獄。原先與人類和平相處的衆神紛紛回到了天界，只剩正義女神還留在人間。

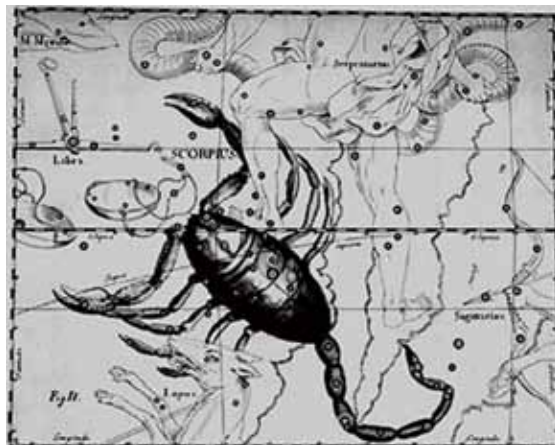
然而，人類的墮落連正義女神阿絲特利亞也受不了，最後黯然地回到天界。但是，正義女神終究沒有放棄對人類的最後一絲希望，她與海神進行一場競賽，她以生生不息的橄欖樹，象徵對人類的希望，贏得了這場比賽。宙斯為了紀念這事，就把正義女神隨身攜帶的天秤，往天上一拋，成為現在的天秤座。

永遠的宿敵－天蝎座與獵戶座

冬季最美麗的星座，當推獵戶座莫屬，而

十一月的黃道星座
一天蝎座，與獵戶座
正是天命上的宿敵，這
兩個星座在星空中老死不相
往來，永遠不會同時出現在天空中。獵戶座為冬季星座，天蝎座則是夏季星座，這種情形也與其星座故事相呼應。

獵戶座的主角－獵人奧利恩，正是海神波賽頓的兒子，由於天生擁有神力，他成了威名遠播的狩獵者，甚至連衆神也不放在眼裡。他的傲慢得罪了衆神，衆神祈求天后主持公道，希拉乃派出了大蝎子去懲罰奧利恩。這隻擁有大毒螫的蝎子，預先埋伏





在奧利恩會出現的森林樹叢中。當奧利恩滿載著豐富的獵物，終於出現時，大蝎子悄悄地用力往前螫了奧利恩一口，強烈的毒性讓英勇的奧利恩也不支倒地，他倒地的同時也壓死了這隻毒蝎子。於是獵人與蝎子同歸於盡，雙雙一命嗚呼了。

天神宙斯憐惜奧利恩與蝎子的命運，讓他們升上了天，成了獵戶座與天蠍座，但也讓他們免除同時出現在天空的窘境。這就是天生宿敵獵戶座與天蠍座的故事。

人馬座與王族星座—仙女座

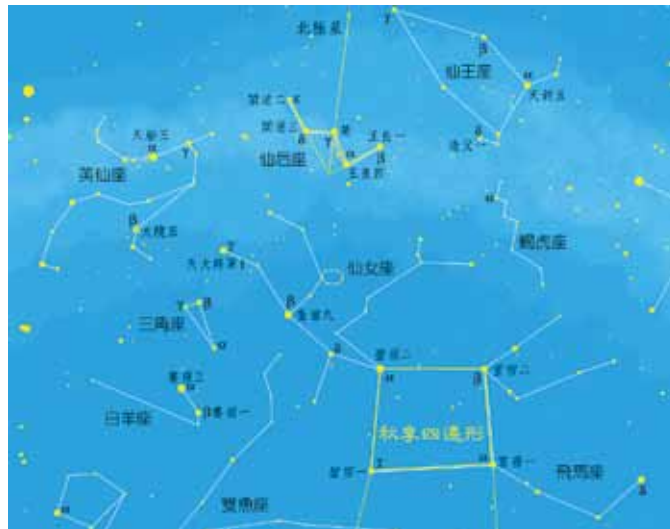
秋季星空以飛馬四邊形為主體，圍繞著王族星座：英仙座、仙女座、仙王座、仙后座，這也正是秋季星空最浪漫的故事。英仙座是關於英雄帕修斯的故事，他背負天生的宿命要去殺死蛇髮女妖梅杜莎。當他完成任務，乘著飛馬途經海中時，發現一位公主被綁在岩石上，成為大海怪鯨魚的祭品。原來是王后到處炫耀自己與女兒的美色，勝過海中的女神們，因此得罪了海神。海神波賽頓發動海嘯懲罰這個國家，最後要求將公主將做祭品。帕修斯以砍下的梅杜莎人頭讓海怪變成石頭，救起了公主，而後與公主過著美滿的生活。而在英仙座與仙女座附近，就圍繞著飛馬座、仙后座與仙王座，這就是關於秋季王族星座的故事。

至於人馬座的故事，也與大英雄有關，是天

神宙斯在人間的一位私生子海克力斯。話說海克力斯在執行十二項不可能任務途中，經過他的恩師凱龍處所。凱龍屬於一種半人半馬的族群，這是一個具有獸性的凶猛族群。但凱龍卻是一位允文允武的好手，善良又高貴，被喻為「山中的賢者」。

凱龍看到海克力斯的到訪，非常高興，拿出好菜以及自己所釀造的好酒招待。海克力斯一下就喝完了這些好酒，意猶未竟地央求恩師再拿些美酒來。凱龍因為德高望重，被賦予保管人馬族人所釀美酒的重任。但是因為這美酒味道相當濃厚，一旦開啓將會立刻引來半人馬族人，而這些人馬族可是不好惹的。海克力斯仗著本身力大無窮，根本不把恩師的勸誡放在眼裡，他執意開啓酒缸，且愈喝愈順口，就將一罇罇的酒缸打開喝光了。人馬族人聞到了酒香，立刻就與酒醉的海

克力斯大打出手，居中協調的凱龍就在這一場混戰中，被海克力斯浸泡過蛇毒血的箭射中了，這讓擁有不死之身的凱龍痛不欲生。於是海克力斯向天神宙斯祈求，收回了凱龍不死之身，將他升上天，成為人馬座。



十月活動主題：

10月08日(周六).....黃道十二宮：天秤座

10月22日(周六).....秋天的星座：仙女座

十一月活動主題：

11月12日(周六).....黃道十二宮：天蠍座

11月26日(周六).....地球的故事

十二月活動主題：

12月10日(周六).....黃道十二宮：人馬座

12月24日(周六).....獵戶座的故事

孫桂琴:現為臺北市立天文科學教育館「星姊姊說故事」志工

巴塔哥尼亞恐龍

GIANTS OF PATAGONIA

DINOSAURS



「巴塔哥尼亞恐龍」(Dinosaurs: Giants of Patagonia) 將帶領觀眾一起回到六千五百萬年前的巴塔哥尼亞——那兒是阿根廷南美大陸的一大片廣闊區域。那時，人類還沒有出現，恐龍主宰了地球。目前已發現最早的恐龍就來自這兒，並迅速散佈到全球。古生物學家還在巴塔哥尼亞找到迄今最大的恐龍——阿根廷龍，這種四足長頸草食恐龍成年後將長到40米長，就像14頭大象串在一起一樣長，比當今最大的動物——海洋裡的藍鯨還要大。

這裡還有兇猛肉食恐龍中最早出現的巨獸龍，最大的草食恐龍和最大的肉食恐龍幾乎在一個歷史時期，活躍於巴塔哥尼亞。遠古地球的廣闊原野究竟是如何產生阿根廷大恐龍？我們對恐龍仍然知之甚少，古生物學研究也才剛開始揭開恐龍世界的神奇面紗。

到目前為止，人類只發現了大約700種恐龍。恐龍王國延續了一億八千萬年，是否還有更多等待我們去探索？在所有的發現中，百分之十的恐龍是在阿根廷發現的，而且大都發生在最近30年。隨著科技的進步，我們對恐龍的認識日新月異。在歷史的長河中，不計其數的物種消失了，沒有留下任何痕跡。由於消失的東西太多了，你可以讓你的想像力自由翱翔。一億年前的恐龍留下了原本隨風而逝的腳印，然而化石使這些腳印成為了永遠。這些恐龍遺留下來的痕跡可以告訴我們許多細節，如牠們的體積和奔跑速度，是兩條腿走路還是四條腿走路。是單騎，還是結隊。牠們在遊逛，還是在捕獵，或者是在被追殺。歲月如梭，百萬元似乎一瞬間，

文 / 胡佳伶

古大陸不斷漂移，地球開始接近今天的面貌。新的物種誕生、進化，老物種消失，大自然從不停止變化。有好幾個可能導致恐龍的消亡的原因。哺乳動物越長越大，更具有生存競爭的能力。原本漂移隔絕的大陸板塊接觸在一起，新的敵手出現，新的疾病散播。在恐龍時代結束前的五百萬年，火山活動相當頻繁，氣候變得越來越冷，在很多地方，空氣根本無法呼吸，植被遭到酸雨毀壞，充滿火山灰的昏暗天空更將恐龍的綠色食物摧殘殆盡。

一顆大如聖母峰的巨大彗星，撞擊了今天墨西哥的尤卡坦半島，北美和南美大陸所有的森林都被大火夷盡。已經百般遭難的恐龍遭受致命打擊，在轉瞬間成為了歷史！你可能很難想像哺乳動物是如何與巨大的恐龍一同進化，但如果恐龍沒有消亡，也許今天的我們也就不會存在。反過來說，在空中遨翔的鳥兒，可是恐龍留下最矯健、最美麗的遺傳！

片中古生物學家現身說法：每一個新的發現，無論大小都同樣重要！他還說：通往發現的路程與發現本身有著一樣的價值；有時候，最大的發現並不是已經掌握在手中的東西。

天文館立體劇場透過數位高畫質3D放映設備，活躍於眼前的逼真立體視覺，配合上臨場震撼的音響效果，讓你與恐龍共遊六千五百萬年前的巴塔哥尼亞，這兒還有更多的發現等待著我們！

胡佳伶：現任職於臺北市立天文科學教育館



文.攝影/ 劉佳能

土星觀測

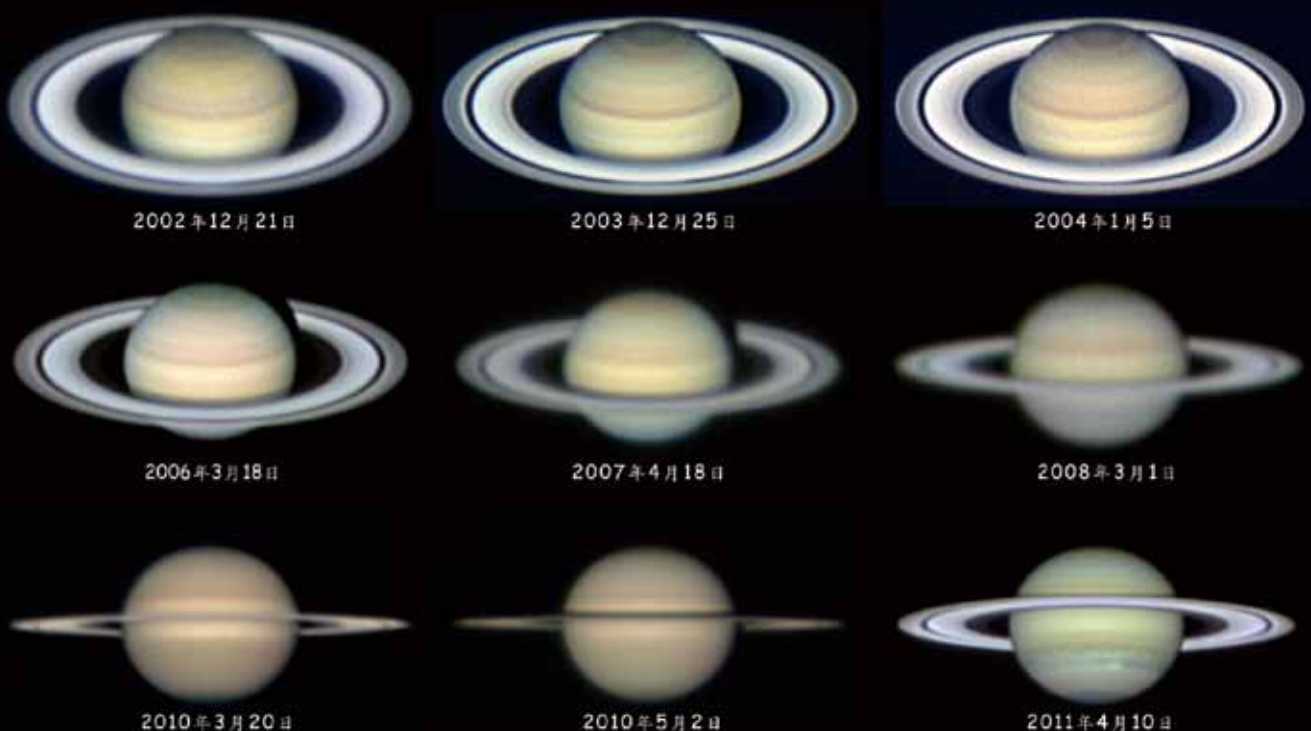
土星環 繞太陽公轉的周期約29.5年，土星衝現象相隔約378天便出現一次。由於土星環與土星的公轉平面有27度夾角，在地球上，土星環傾角會隨時間而改變，並且每隔約15年橫向地球一次，在小型望遠鏡中消失。由於土星的光線來自反射太陽光，土星環傾角愈大土星便愈明亮，有利觀測和拍攝。上次土星環傾角達到最大在2002年8月，下次在2017年11月。上次土星環橫向地球在2009年9月，下次在2025年3月。

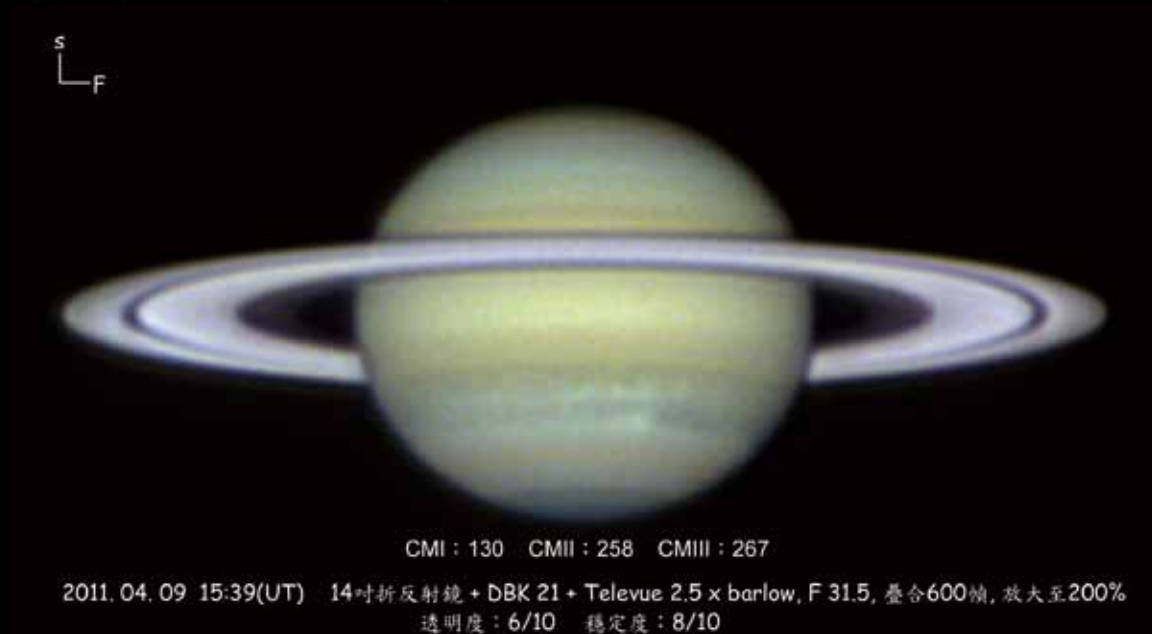
土星環傾角變化

在2000年開始學習數位攝影後，筆者差不多每年都有拍攝土星。當土星環傾角達到最大，除了亮度增加，有利觀測、拍攝外，我們還有機會觀看到土星的南極區域或北極區域。以下圖片大致記錄了這些年間土星環傾角的變化。2010年前的土星採用C14加Philips Toucam拍攝，其後採用C14加Imaging Source DBK21拍攝，合成焦比都是F31.5。

↑
F

土星環傾角變化 2002 - 2011





土星方位、中央子午線經度及其他拍攝資料

方位：筆者拍攝的行星照片，發布前都會校正方位，南向上北向下，這主要是跟從國際做法，以牛頓反射鏡的目視視場方位為準，亦便於日後需要比對照片時，能即時拿自己的照片跟別人拍攝的比對。照片左上角的S是South，南極，F是Following，即離開暗面的方向（土星自轉的方向）。有些同好還會標示P（Preceding），即進入暗面的方向。

中央子午線經度：Central Meridian Longitudes簡寫CM。土星表面不是固體，我們看到土星球體上的橫紋，都是土星的大氣現象，無法以固定地標來做為經度訂定的依據。因此科學家經過長期觀測與校訂，最後訂出以格林威治時間1969.06.28(JED 2440400.5)為起始點，已經可以計算出在地球上任一時刻所看到的土星中央子午線經度，提供給觀測者使用。但由於自轉時流體不同部分有不同的速度，赤道部分快一點，是為CM I系統，自轉周期10 h 14 min 00 s，其他部分便是CM II了，自轉周期10 h 39 min 24 s。從無線電波探測，又發現土星自轉周期為10 h 39 min 22.4 s，這便是CM III系統。

計算土星的中央子午線經度，以及獲取其他行星的基本數據，可以登入The Association of Lunar and Planetary Observers（ALPO）的網頁，下載其免費程式Wimp，其網址為：<http://www.alpo-astronomy.org/jbeish/UpWimp.zip>

日期、時間：日期和時間我大部分標示為世界時UT，即香港時間減8小時。時間採24小時制。因為多數計算中央經度的軟件都需要輸入世界時，劃一換算為世界時，既方便輸入又方便尋找他人照片作比對。

大氣穩定度：在使用底片拍攝的年代，筆者沒有記錄透明度和穩定度的習慣。2000年使用數位相機拍攝開始，有時我會一併拍攝位於中天的星點，以判斷拍攝當晚的大氣狀況。大氣穩定度以1至10表示，1/10最差，10/10最穩定。具體描述1/10的穩定度，是採用200多倍看土星，連土星環都不能分辨，整個土星有如一顆橄欖的樣子。相反，遇上10/10的穩定度時，恆星的繞射環能清晰呈現。



大氣透明度：筆者一直採用的只是一個粗疏的標準，同樣是1至10，以1最差、10最好。大致上，這項資料只是給自己作為當晚透明度相對好壞的一份參考記錄。要客觀記錄下大氣透明度，可以採用Association of Lunar & Planetary Observers (ALPO) 的6級標準，以觀測當時肉眼可見星等極限作為等級，例如只見1等星是1級，見6等星是6級。The American Association of Amateur Astronomers亦有一套標準：

0級：不能觀星；全天密雲，甚至下雨。

1級：極差；大部分天區有雲。

2級：差；部分天區有雲或者嚴重煙霞，可見小北斗七星中的一至二顆星。

3級：有些天區清；有中度煙霞，見小北斗七星中的三至四顆星。

4級：部分天清；有輕微煙霞，見小北斗七星中的四至五顆星。

5級：天清；無雲，肉眼可見銀河和小北斗七星中六顆星

6級：天空非常清；肉眼可見銀河、M31和全部七顆小北斗七星

7級：天空極清澈；肉眼可見M33和M81。

土星風暴

通過天文望遠鏡觀測，大多數時間我們只能從土星表面分辨出一些平行赤道的橫紋，土星大氣出現白斑等是很罕有的現象。2010年12月10日，澳洲天文同好Anthony Wesley使用其14.5吋牛頓反射鏡發現土星北半球出現一個巨大風暴，在今年2月初，風暴已經發展為橫跨超過半個土星的大氣特徵，可惜該時候香港正值霧季，遲至3月13日筆者才能成功拍下風暴的面貌。通過望遠鏡觀察，該特徵有一個較黑的部分，其餘部分比土星本體略光一些，而且微帶綠色。下圖4幅土星拍攝時間前後只相距1小時，從土星北半球的風暴位置（從下圖的右

往左移動），可以看見土星已自轉了相當多。但需要留意，由於拍攝當晚的大氣透明度非常低，在曝光不足下，土星嚴重偏了紅色。

這次土星風暴約在北緯30至50多度區域出現。以下兩張土星分別拍攝於世界時4月7日和4月9日，以CMI系統計算，中央經度相差達139度（271-132），但從照片所見，土星風暴東西伸延都達大半個土星。這顯示，由風暴產生的大氣特徵，最少橫跨了200多度，只要照片的解像度夠高，不論任何時間拍攝，都一定會拍攝到這風暴，蔚為奇觀。





S
└─F

2011. 04. 07 16:29 UT

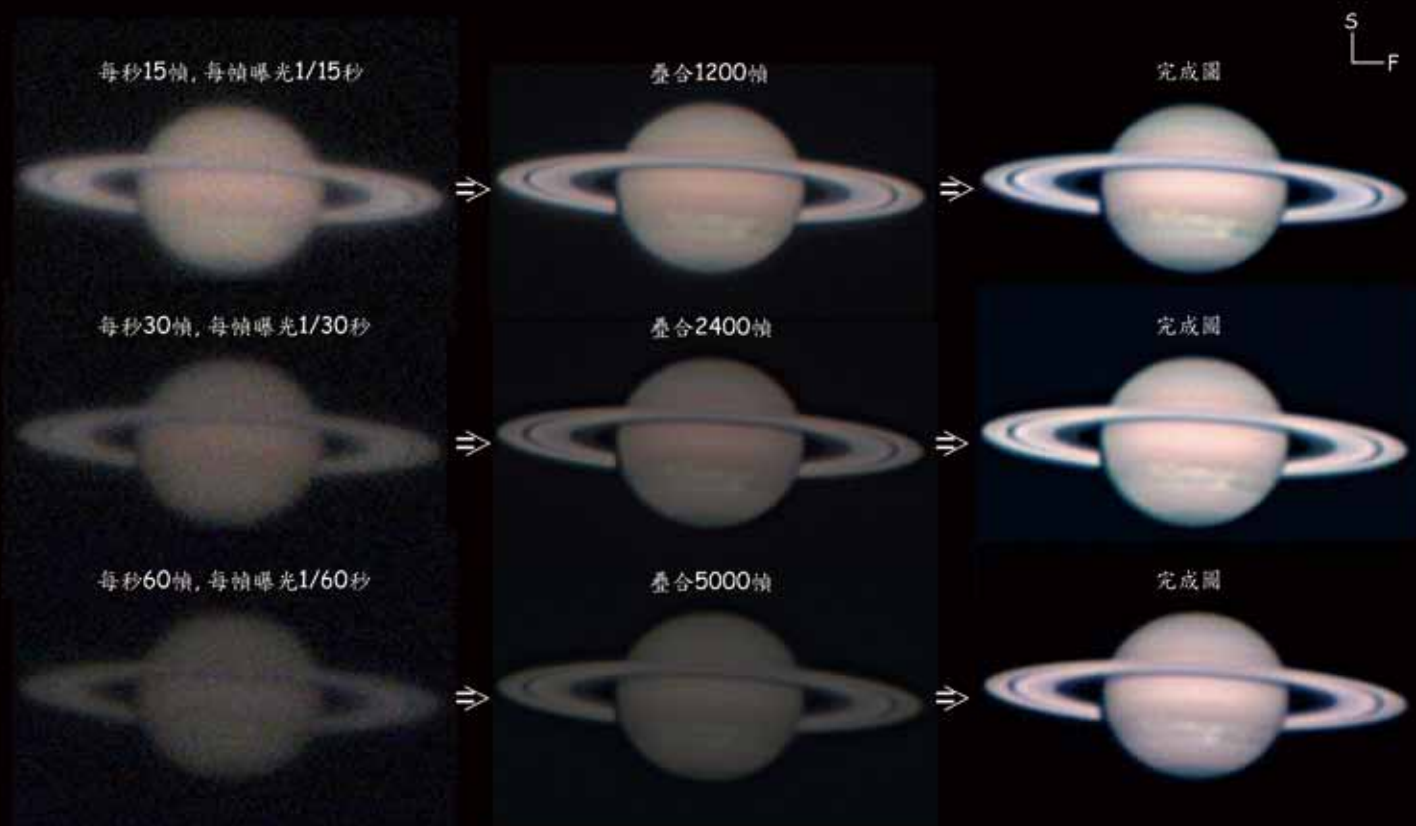


CMI : 271 CMII : 102 CMIII : 114

2011. 04. 09 15:41 UT



CMI : 132 CMII : 259 CMIII : 269



2011. 03. 21 23:32 - 23:50 14吋折反射鏡 + DBK 21 + 2 x barlow, F24 透明度：5/10 穩定度：5/10

簡單談談土星的拍攝

現今由業餘人士拍攝，世界上最高水平的行星照片，都採用視頻方法拍攝。這方法好處是每秒最多能夠拍攝數十至一百多張單幀。若時間長度相同，採集的單幀愈多，疊加後拍攝物的雜訊便愈少，能夠施以較重的圖像處理，顯現出拍攝物的更多細節，因此不少人士傾向採用「極速」拍攝。如筆者使用的Imaging Source DBK21攝影機，解像度為640X480像素，最多能夠拍攝每秒60幀的視頻。但每秒60幀，每幀曝光最多便只有1/60秒，曝光這樣短，拍攝月球不會有問題，拍攝木星便往往曝光不足，拍攝土星更會嚴重不足。

如果C14採用一貫F31.5焦比拍攝，曝光必須降到1/8秒才足夠，每秒亦只能拍攝7幀。在這樣的大氣條件下，筆者做了一個比較，改以F24拍攝，分別採用每秒15幀、30幀、60幀，曝光則是1/15秒、1/30秒、1/60秒，看那個效果較好。以這次為例，雖然每秒15幀得到的單幀最少，但保持了足夠的曝光，獲取較多顏色訊息，亦得到較高訊噪比，因此最終獲得較佳效果。曝光不足的視頻檔案，雜訊大，容易偏色，要花費很多時間做後製處理、補救，即使疊合10000張也是徒勞，不會有好效果。

3月21日晚上，香港的空氣污染比較嚴重，

劉佳能:香港資深天文攝影同好



數位時代

文.攝影/ 蔡逸龍

給天文攝影入門新手的建議 (下)

上期我們介紹了天文攝影的基本觀念、參考書籍、網站，以及各類型的天文攝影所需要的設備；這期將談談台灣的觀星地點、電力知識、天氣判斷、可以拍攝的題材、影像處理、光害濾鏡的使用、初學者常會面臨的問題、天文馬賽克與冷卻CCD。

臺灣何處好拍星

要適合業餘同好觀星拍攝地點，大致上要滿足幾個條件：

a. 遠離光害 b. 路況良好無特殊管制，一般私家房車能夠抵達 c. 晴天率高 d. 視野良好能看到北極星，便於極軸校正。

以下是目前臺灣觀星拍攝比較熱門的地點：

1. 合歡山地區如翠峰、鳶峰、昆陽、武嶺及小風口，合歡山有高度上的優勢，臺北出發不到四個小時車程就能到達，是筆者最常前往的攝星景點。合歡山的風景特別，日出日落時刻尤其精彩，圖10為合歡山莊附近的日出景致。

2. 新中橫塔塔加遊客中心附近停車場，臨近的夫妻樹是知名的星跡固定攝影拍攝景點，圖

11為在日出前在夫妻樹所拍攝的星軌。

3. 大雪山森林遊樂區

4. 梨山天池附近福壽山農場

5. 武陵農場露營區附近

提醒從來沒上過海拔2500公尺以上高山的同好，第一次上山時最好要攜伴或帶藥，如果有高山症引起身體不適狀況發生，下山降低高度是最直接的改善方式。因為海風帶有鹽份，會侵蝕光學鏡片的鍍膜，所以一般天文同好，比較少到海邊從事天文攝影。

上山前的電力準備

數位時代要拍攝天空星體，要用到的電子設備不少，上山前基本的電力知識還是要具備。



圖10



圖11



一般同好多半是以電瓶供電，要瞭解一個電瓶到底能使用多久，必需先知道你相關設備(赤道儀,NB,CCD...)的個別耗電量，一般車用免保養電瓶容量可以參考以下湯淺網站：<http://www.yuasa.com.tw/>。

當你的耗電量愈高，電瓶可用容量其實是會減少的，以一般常見宣稱容量為45AH的46B24L(R)車用電瓶為例，2.25A耗電時可以使用20Hr(這時候可用容量為 $2.25A \times 20Hr = 45AH$)，但是7.2A耗電下只能使用5Hr(此時可用容量只有36AH)。如果考量山上低溫及壽命衰減(一般車用電瓶在正常使用三年後大約只剩下50%的容量)，實際可用容量還得再七折八扣。以天文攝影用途來說，深循環電池(多用於中低價位的電動車)結構較一般車用電瓶要好，適合做較深度的放電使用，合理放電的電量約80%，比一般車用電瓶50%要多，雖然單價高些，但是電池壽命約可增加一倍，新購買者還是可以考慮。

觀星天氣判斷

業餘天文攝影拍攝的波段幾乎都是可見光，需要看天吃飯，以臺灣中南部2500公尺以上山區，一年365天，可能只有不到一半日子的天氣狀況適合拍攝星空，若再扣除月光影響，大概只有1/6不到的時段適合大費周章上山拍攝，掌握好天氣資訊，才能夠有足夠的拍攝時間，增加好作品的產出。觀星天氣資料的判斷，可以參考以下網頁

1. 中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/V6/index.htm>, 一週的晴雨預報及等壓線圖, 近兩三天的數值預報, 幾個景點即時影像及最新的衛星雲圖都可以參考。

2. 阿炫提供的即時氣象站 <http://202.133.248.90/roger/other/doc5.asp>。

3. 歐洲預報 <http://www.ecmwf.int/>, 有提供10天長期預報。

4. 鹿林天文臺<http://www.lulin.ncu.edu.tw/>, 可以看到即時星空與過去的天氣資料，晴天鐘有提供未來幾天的天文氣象預報。

5. 翁Bird寫的 尋找高空下沉氣流 天文觀測者所追求的完美天空 實做篇 <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!103MVmaERmIefsa8zh9qimaCv1rkA--/article?mid=2923>。

那些題材可以拍

一般都是由明亮的星雲星團開始著手

1. 梅西爾星表(Messier Catalogue)，所列一百多個星雲星團，多數是大型或明亮的，適合業餘同好觀測或拍攝的，這個在網路、電腦星圖或是年度出版品(如天文年鑑或天文日曆)中，很容易找到相關圖片及位置資訊

2. 阿炫同好提供的 <http://202.133.248.90/roger/other/doc19.asp>。

3. 筆者的網路相簿是依器材分類<http://photo.xuite.net/tsaibill5838>，與一般依日期或題材分類不同，也可以做為參考。

初學者常會面臨到的問題

1. 使用太差的設備拍攝，例如沒有B快門的消費型數位相機、會搖晃的相機腳架或雲臺，能夠拍攝的題材當然會明顯受限。

2. 使用數位單眼相機但沒有以RAW格式存檔，許多初學者可能會延續一般數位相機習慣使用檔案較小的JPG格式，但JPG只有8bit且存在影像壓縮失真問題，一般的天文攝影儘量避免使用。

3. 沒有準備夠多的電力，一顆鋰電B快門長期曝光下無法拍攝整個晚上，建議在家就要先試拍，瞭解自己該準備多少電池。最好的方式是直接使用降壓器，讓相機(通常是使用8V左右)直接使用12V電瓶上的電力。

4. 當下沒有拍攝對應的dark frame(暗電流)，也沒開啓Noise Reduction(雜訊消除)功能，事後難以消除Fixed Pattern Noise。



5. 單張曝光時間太短(例如不到1min)，較暗目標不容易拍得好。在臺灣的山上無嚴重光害環境下，如果單張的追蹤沒有問題，多數DSLR的感光度(ISO)可以設在800左右，光學系統F6下單張曝光約8~15分鐘為宜，如果是光圈F2.8大約是3~6分鐘。

6. 環境潮濕造成鏡片結霧，這個在山上夏季時經常發生，主動改善方式：可以適當增長遮光罩的長度，或是利用電熱線或電阻加熱鏡片前的空氣，讓光學鏡片不容易結霧；被動方法則是準備DC12V露營用的低瓦數吹風機(輸入功率大約90W)，真的發生結露時，可以儘快排除。

7. 貪多，一個晚上拍了幾十個標的，而同一目標拍攝張數/曝光總時間太少，無法透過影像疊合消除Random Noise。好的天文攝影作品，是需要耐心與較長的曝光時間才能蘊育出來的。以現在數位時代的標準，一個深空天體最少要拍一兩個小時才會比較有看頭，如果要拍得更棒，一二十個小時以上的加總曝光，通常也不嫌多。

8. 追蹤不準星點橢圓甚至於拖線，如果是300mm以下焦距單張曝光3min以內，可能是極軸沒對準，赤道儀機械結構受損或精度較差，或是鏡頭因重量下垂變形等問題。

9. 沒有使用導星設備，或者導星設備與主鏡間有嚴重的非同步變型問題存在，單張曝光時間一長星點就拖線了，建議上山前就要先試拍；在確認這類問題時，可以多試幾組曝光時間(如5,10,20分鐘)，拖線長度若正比於曝光時間，在有導星的情況下，多半就是存在非同步變型問題了。通常將導星鏡多點固定、換好一些的微動雲臺或是排線重新整理固定後，就能改善此類問題。

10. 對焦不準星點肥大，一般使用刻度對焦+DSLR play放大或是有Live View功能的DSLR，大約能平均對到90%準確。若要100%精確通常需要配合電動對焦座(如Robo Focus), Mask甚至於軟體輔助，請參考 Bahtinov Mask <http://www.btinternet.com/~gfcarey/bahtinov.htm>，及The

Carey Mask <http://www.btinternet.com/~gfcarey/careymask.htm>。另外，溫度變化(溫差)也是一個重要的變因，剛入晚或光學器材由屋內車內搬出戶外時，需要一段時間讓鏡筒與環境溫度同步；以一般F6光學系統來說，溫差變化達3~4度C，就很有可能需要重新對焦。

11. 取景構圖欠佳，目前電腦星圖已經可以直接規劃取景構圖(如The Sky 6)，參考網路上現成作品也是一種方式，配合GOTO赤道儀及DSLR即時play觀看，這部分多試幾次應該就能夠克服。

12. 設備要如何保管防潮？滾石不生苔，設備經常使用偶爾曬曬陽光就不容易發霉。一般鏡頭多半是放置在電子防潮箱，假如望遠鏡長期不使用，可以把鏡片及鏡座取下裝好，放進防潮箱，電子防潮箱的濕度設定，維持在50%左右即可，太過乾燥不見得好。不想時常拆裝望遠鏡，可以把望遠鏡與防潮劑，放到棉被衣物用的收納袋中，再抽掉空氣；或是想辦法找置物箱密閉當做大型防潮箱。

所需要的電腦及影像處理軟體

1. 數位時代，讀者所看到的的天文影像(不管是相片或網路上的影像)，多數都是經過影像處理過的，圖12與圖13是影像處理前後的差異，可以看到NGC1333附近的影像經過處理後，暗淡的影像細節都呈現出來了。

2. 由於現在的數位單眼像機解開後的原始16bit TIFF影像檔案通常不會太小，電腦等級不宜太差(例如已經買了四五年以上或只夠上網需求)，如果是兩千萬像素等級的影像，RAM的數量尤其重要，最好是2GB以上。

3. 為了能處理16bit色深的影像，多數天文攝影同好影像處理所使用的軟體為Photoshop CSX，目前最新版本為CS5，其功能很多，不過一般入門者只要掌握到最基本的RGB Level/Curve調整技巧，應該就能處理出不錯的作品了。影像



圖12



圖13

處理部分也可參考我舊作 http://home.pchome.com.tw/service/tsai_bill/Astro/IPP/IP_bill.htm

4. 固定攝影如果合成張數少直接使用 Photoshop 就好，但如果張數太多可以使用像 Startrails 這類軟體，下載點 <http://www.startrails.de/html/software.html>，Startrails 軟體的操作十分容易，將要合成的影像開啓(open)後，一指合成 (Startrails) 即可。

5. 星野攝影，免費的 DeepSkyStacker 很值得推薦，可以將暗電流 (Dark)/平場 (Flat)/影像疊合 (Stack) 三個步驟一次處理到位，原始下載點 <http://deepskystacker.free.fr/english/download.htm>，基本操作 Step by Step 可以參考 <http://202.133.248.90/roger/other/doc12.asp>

6. 行星/月面擴大軟體，就免不了要提 Registax 了，Registax 下載點 <http://www.astronomie.be/registax/>，Registax 5 版本有多區域

定位校正的功能，可以獲得更銳利的行星/月面影像，而功能更強的 Registax 6 也在開發中了。

Registax 4 操作說明可以參考以下連結 <http://bbs-mychat.com/reads.php?tid=586173&toread=1>

平場處理

影像處理除了最基本的暗電流消除 (dark subtraction) 外，最重要的就是平場處理，可以有效改善光學系統週邊減光及 sensor 感光不一致 (如濾鏡有髒污) 之影響，這也是初學者比較常忽略的流程之一。圖14與圖15是 NGC1499 做平場處理前後的比較，可以明顯看到經過平場處理，整體影像能夠呈現出更多暗淡的雲氣，提供讀者參考。平場圖的取得方法如下：對焦點務必要放在無窮遠處，曝光時要避免 over 或 under，取多張計算有助於改善影像之 SNR，以消除單張光線不均勻 (甚至有天體或飛行物) 之影響。



圖14



圖15



1. 利用晨昏灰暗之際拍攝中天多張取中間值，建議移動望遠鏡至不同區域拍攝

2. 白天拍攝白紙或淺色牆壁，其亮度儘可能要均勻，仍要移動取多張中間值

3. 自製均勻光源，如看片箱

光害濾鏡的使用

1. IDAS LPS-P2 <http://icas.to/space/optical-filter/LPS-P2/LPS-P2.htm> 及LPS-V4濾鏡 <http://icas.to/space/optical-filter/LPS-V4/LPS-V4.htm>，透過多層鍍膜讓特定波段光域(如鈉、汞等發射線光譜)被阻隔，在市區就能拍攝星空，圖16就是使用LPS-P2光害濾鏡在臺北市南港住家樓上拍攝的M27行星狀星雲。以功能性來說，LPS-V4比LPS-P2濾鏡能隔絕更多光害，適合用在嚴重的光害區，但是對於影像的色彩層次表現，也會因此降低。

2. Baader UHC-S http://www.baader-planetarium.de/sektion/s43b/s43b.htm#uhc_s，此款光害濾鏡效果接近LPS-V4，但整體光害阻隔還是比LPS-V4少了些。

陳立群同好曾在臺北星空38期發表過”如何透過光害濾鏡去除光污染影響” <http://tcgwww.taipei.gov.tw/public/Attachment/0617153576.pdf>，可供參考。另外，這些原先設定光害濾鏡用途，山上也適合使用在拍攝特定題材，讓DSLR也能夠有類似HaRGB的攝影效果。圖17是在合歡山用UHC-S濾鏡拍攝的M33星系。



圖16



圖17

如何拍得好又有效率

受限於月齡、個人休假、天氣..等等因素，長期平均下來，多數同好通常一個月能有兩三晚拍攝星空已經算是很不錯了，如何拍得好又有效率也是門學問，以下是個人的小小叮嚀：

1. 儘量選擇天氣穩定時才上山拍照，不然在雲霧干擾下，很難有好作品。當然，若為了要休閒放鬆，就不用這麼care天氣了。較差的天氣或月光影響時，可以考慮拍些小品(如星團、固定攝影、月暈、夕陽雲海..)，圖18是在有月光且有雲影響下所拍攝月光星空與海景，提供參考。

2. 熟悉自己的器材才容易拍得有效率。就算是老手，一套新的設備通常也是要使用個兩三次才能很順利上手，熟悉新設備對有些同好可能需要是一年半載的時間，所以更換



圖18

新設備的頻率不宜太高。

3. 事先規劃好拍攝計畫，如果要求品質好，每個目標曝光時間最好不要少於兩小時，且儘量在過中天前後(仰角高時)拍攝。天氣好時按表操課並記錄，不要浪費美好的夜晚。對於德式赤道儀來說，拍攝過程如果不要翻身，可以減少重新GOTO及導星Calibration的時間；不過當晚若只鎖定單一目標(通常是子夜前後過中天的)，就重質不重量，專心好好拍一個大作吧。

4. 入晚前提早架設好器材，還沒天文暮光就可以開始拍攝，不過要留意溫度變化，如果是要記錄環境溫度變化，溫度計最好要離地一定距離(如1.2M以上)，不要放在金屬材質的平臺上；但如果要記錄鏡筒溫度，溫度計放在鏡筒中段為宜。

5. 同時使用兩套設備拍攝，大約能增加六~八成佳作產量，不過這通常代表

著要多花錢，而且架收搬運兩套器材，當然也更加費力。

6. 拍攝過程相機取景不要固定不動，利用每隔一段時間檢查影像過程中，順便做Dither, 可以提高最終疊合影像的品質。

7. 同樣(或相近)的器材在不同的時間以相近的取景拍攝，才容易有效混搭疊合；除了更換設備外，增加總曝光時間，仍然是得到高品質天文作品最佳法門。

8. 家中能先測試的不要帶到山上玩，例如導星剛性、RA/Dec配重平衡、追蹤精度、電力設備續航性等等。

9. 拍攝張數 ≥ 3 , 才能取mean/median; 拍攝張數 >10 , Sigma Discard(or Sigma Clip)這類數值運算才比較能派上用場。

10. 在同款DSLR中，選擇較新的機子來改IR濾鏡拍攝深空天體，因為其sensor micro lens間隙或厚度改善，拍攝星空時通常會有較高的效率。不過以Canon DSLR來說，50D/500D以上(包含)機子其實已經接近某種瓶頸了，再新或畫素再多還得看相關器材是否能夠匹配。

天文馬賽克(mosaic)

自從個人電腦等級愈來愈高，天文同好也開始以影像拼接手法(天文馬賽克)方式，從事進階的天文攝影，如同風景mosaic, 其目的有：

1. 既有設備增加視野，如果望遠鏡/相機(或CCD)規格是固定的，透過天文馬賽克的方法，可以擴大拍攝的視野，不一定要更換設備才能拍攝超過視野的大型目標。

2. 得到高解析度高畫質作品，以32位元Window作業系統/電腦軟體的處理能力，mosaic總畫素可以達到1億以上沒問題，若是64位元作業系統軟體會更好。目前市售數位單眼相機或中高階冷卻CCD，單幅影像不過一兩千萬像素而已。

從事大型的天文馬賽克影像拼接前，需要具備幾個條件：

a. 需要一些電腦操作知識，電腦(CPU/HD)等級不宜



太差，最重要是RAM要夠多。

b. 單幅作品已經能夠精確處理(包含對焦、追蹤、平場、Dither)。

c. 最好選擇適合的設備(口徑愈大拍攝效率愈高)，甚至採用雙架(同樣光學及sensor有兩套)甚至於三架方式，來增加天文馬賽克拍攝效率。

不過要特別提醒，目前要進行天文馬賽克，不僅要花較多心力規劃拍攝，後製時間也相當可觀，假如單幅作品拍攝要花上2小時，平均1小時能完成後製處理(包含電腦執行時間)，若10幅作品想要順利地拼接起來處理，不僅拍攝時得費時(如20小時)，後製的時間可能又得再花超過20小時以上。在享受迷人的天文馬賽克作品時，要先想清楚是否值得這麼地費時來完成鉅作。圖19的夏季銀河，使用Nikon 180mm F2.8與Canon 300D, 40 frames mosaic加總曝光達10Hr, 雖然使用的器材不是很高檔，但經過天文馬賽克與長時間曝光，原圖可以放相到30吋掛牆壁欣賞。

雖然像Photoshop/PhotoImpact/Deep SkyStacker也可以進行天文影像拼接，不過面對光學週邊彗差像差、天體不同緯度的投影變形，以及馬賽克各幅間的顏色與反差，卻難以進行調整修正，目前天文馬賽克處理軟體許多仍需要藉助如Auriga Registrar，下載處在 <http://www.aurigaimaging.com/>，提供1.07三十天試用版(但不包含存檔功能)。

Mosaic step by step <http://www.robgendlerastropics.com/AdvancedMosaics.html>

冷卻CCD

影響CCD/CMOS天文攝影性能的，主要是以下四個因素：總畫素量、讀出雜訊、量子效率以及暗電流。一般專業天文攝影之所以使用冷卻CCD，主要是在量子效率(QE)較數位相機要好很多，不過對於一般業餘天文



圖19

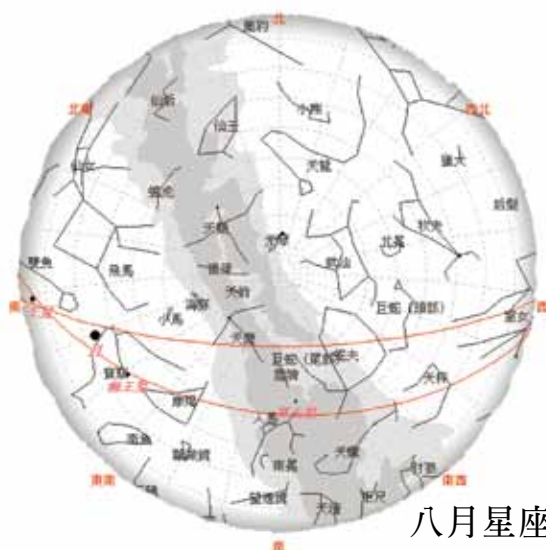
攝影入門，數位相機還是比較容易上手。天文攝影入門者除非打算直接攻窄頻攝影(例如不方便上山到低光害區，打算直接在都會區內拍攝深空天體)，一開始可以先不用考慮價格貴上許多的冷卻CCD，等到所使用的望遠鏡，已經重到一個人快要扛不動時，再來考慮購買冷卻CCD吧。

好圖共欣賞

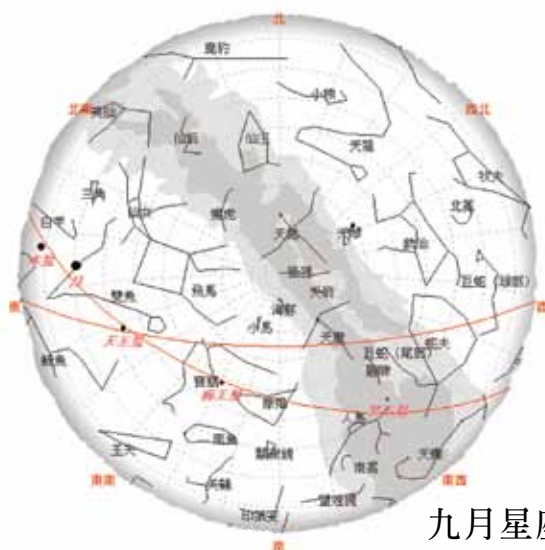
1. 拍攝完的作品經過適當影像處理後，就可以分享給大家了，除了mail給親朋好友外，PO圖到之前提的網站討論區也是一個不錯方式，至少有數以百計的網友會欣賞到，即使有同好給予負面評價，也應該正面思考當做改善建議，讓自己的作品更加完善。有提供影像外連，上傳不壓縮且容量夠大的PO圖網站 <http://www.fotothetrade.com/>，<http://xuite.net/> 及flicker

2. 如果覺得拍得還不錯，希望分享給更多的同好，也可以投稿給臺北星空雜誌，讓更多讀者欣賞到您的作品。

蔡逸龍：民國75年學習天文攝影，民國92年開始以數位單眼相機拍攝天文，國內資深業餘天文攝影同好



八月星座圖



九月星座圖

8月之後，雖然要漸漸步入涼爽的秋天，但隨著氣候的變化，炎熱的氣候恐怕還會持續一陣子，不過秋夜的王族星座及水族星座，已經準備好在天空中大展身手囉。

行星	可見時間
水星	8月第四週～9月中旬清晨可見 10月第二週～11月第四週於黃昏時可見
金星	8月底～12月底清晨可見
火星	下半夜後可見
木星	下半夜後可見，出現時間將越來越提早 10月下旬後～11月初整晚可見。
土星	黃昏可見

詳細的行星動態如下介紹。

【行星動態】

♂ 水星：由獅子座經室女座到天秤座，順行，8月2日留，逆行至8月17日內合、8月20日留，之後順行。9月3日西大距（距角 18.1° ）、9月29日外合。

♀ 金星：由巨蟹座經獅子座、室女座到天秤座，順行，8月16日外合。8月初於日出時在東偏北方可見，中旬後離太陽近不可見，8月底後出現於西方近地平面，視亮度約-3.9等；視直徑由 $9.6''$ 增加至 $10.6''$ 。

♂ 火星：由金牛座經雙子座、巨蟹座至獅子座，順行。升起時間由凌晨2.5時慢慢提早到0.5時升起，日出時在東方的高度越來越高，由 40° 上升至 70° 天空；視亮度也由1.4增亮至1.1等；視直徑由 $4.4''$ 增大到 $5.9''$ 。

♃ 木星：在白羊座，順行，8月31日留，之後逆行，10月29日木星衝，視亮度約-2.9等，衝的前後數日，是觀察木星的好時間。本季木星出現時間會越來越早，從23.5時提早至18時，10月下旬～11月初整晚可見。視亮度由-2.4~-2.9等逐漸變亮；視直徑由 $40.6''$ 到 $49.6''$ 。

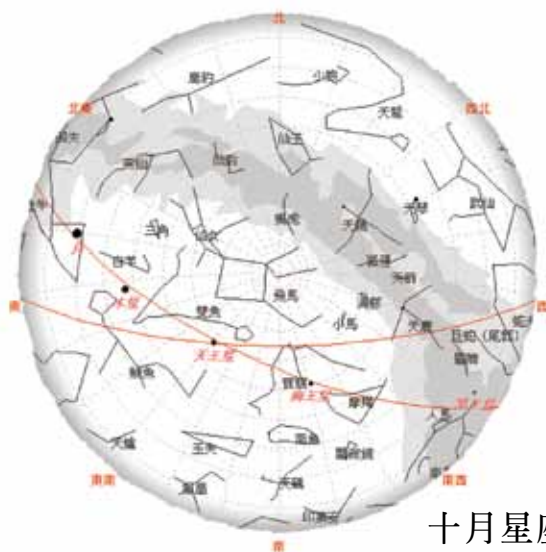
♄ 土星：在室女座，順行，10月14日合。西沉時間由22時提早至18時，日沒後於西南方天空 40° 天空可見，之後越來越靠近地平，到10月上旬後，因近太陽，故不可見；10月下旬後，於日出時出現於東偏南近地平面處。視亮度0.9等增亮到0.7等；視直徑由 $16.5''$ 到 $15.6''$ 。

♅ 天王星：在雙魚座，逆行，9月26日天王星衝。晚間21.5時～19時升起，9月後半月整夜可見，10月後約於清晨3.5時西沉。視亮度約5.7等；視直徑約 $3.7''$ 。

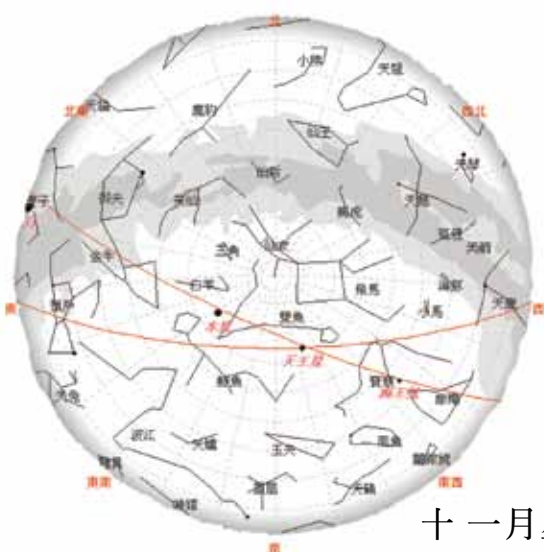
♆ 海王星：在寶瓶座，逆行，8月23日海王星衝。8月前半月於日落前升起，之後整月可見，10月

秋季

Observation Guide 當季星空



十月星座圖



十一月星座圖

於子夜1~3時西沉。視亮度約7.8等；視直徑約2.4"。

【特殊天象】

流星雨

◎英仙座流星群：

極大期約在8月12日，雖然平均ZHR預測值約有100，但月相近滿月，觀測條件不佳。

◎天龍座流星雨：

10月8~9日的天龍座流星雨，預測可能會出現ZHR約750的大爆發，非常值得注意，即使逢月齡11-12的盈凸月，幾乎整晚都會受到月光影響，但仍可見許多流星。

◎獵戶座流星群：

10月21日的獵戶座流星群，ZHR約為25，月相為下弦過後，受月光影響，因此觀測條件不佳。

行星與日、月動態

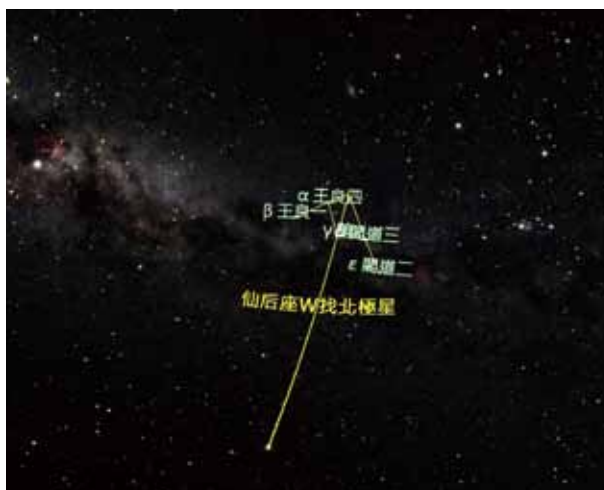
◎今年最小滿月：

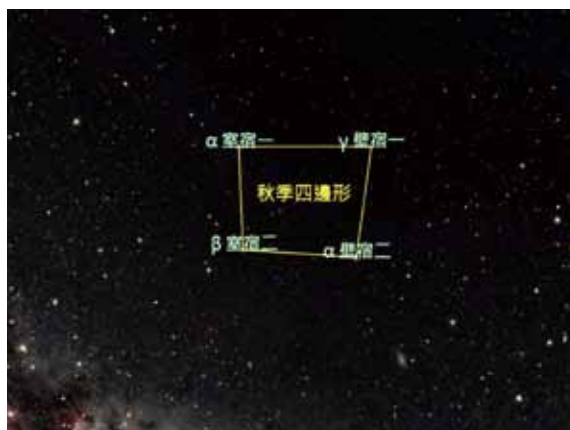
10月12日月球通過遠地點，離地球約406433.650公里遠，雖然不是今年月球離地球最遠的時候，逢滿月時，但因月球的視直徑只有29'03"，為今年最小的滿月。

【秋季星座】

秋季的夜空雖然是一年四季中星光最黯淡的季節，但秋天星空的精彩度，可一點也不輸其他季節喔！因為它有著最完整的王族星座與水族星座故事，還有幾顆重要的變星，如仙王座的造父變星、鯨魚座的米拉變星，及英仙座的大陵五變星，還有在北半球肉眼就可以看到的系外星系(仙女座大星系)……等等，都讓秋季的夜空增添許多迷人的光彩。

此外，在秋冬兩季，尋找北極星的主要方法，便是利用仙后座。仙后座是由5顆排列成略不規則的W或M形狀的星座，形狀極易辨認，其中4顆為二等亮星和1顆三等星組成。利用仙后座左上方兩顆星， β 王良一往 α 王良四方向做一延伸





線。再利用右下方兩顆星， ϵ 閣道二往 δ 閣道三方向做一延伸線。這二條不平行的延伸線會相交於一點，將這個虛擬的交點再與第三顆星 γ 策之間的間距，往下延伸五倍，就可以找到北極星。秋天裡不只可以利用仙后座來找北極星，把我們的秋季四邊形，往較窄的兩邊延伸出去的交點也可以找到北極星喔。

秋季的大指標：秋季四邊形則由室宿一（飛馬座 α ）、室宿二（飛馬座 β ）、壁宿一（飛馬座 γ ）和壁宿二（仙女座 α ）四顆星所組成。帕修斯的那匹飛馬所變成的飛馬座，馬頭下兩隻馬前腳正抬起來奔向西方，因此我們也可以用馬頭和馬腳來辨別西方。靠東方的這顆壁宿二正是安卓美達公主，也就是仙女座的頭部，繼續往東北延伸，可以找到她的肩膀、腰和她的腳丫子，連成一字形，也就是認星歌中所說的「仙女一字指東北」；在仙女座腰旁，也就是奎宿九，再到她的膝蓋旁，可以看到一個模模糊糊的光斑，就是 M31 仙女座大星系，屬於本星系群裡的一份子，仙女座大星系正以大約每秒 300 公里的速度接近太

陽，朝向我們銀河系的方向靠近。天上除了北斗七星、南斗六星外，還有個特大號的勺子呢，只要將秋季四邊形再加上仙女的一字形，就形成了秋季大勺子。

英雄帕修斯變成的英仙座，一手拿著盾牌，一手提梅杜莎的頭，大陵五正是英仙座伯修斯手中所提，蛇髮女妖梅杜莎頭上的眼睛。實際上，大陵五是一顆典型的食雙星，在大陵五旁有一顆大而暗的伴星，兩顆恆星近距離沿質量中心互相繞行，形成一個「雙星系統」。

這個王國的一家之主—仙王座，雖然星光又比其他星座來得黯淡些，但只要朝著仙后座及北極星中間望去，就可以找到一個像斜屋頂形狀的房子。仙王座 δ 星造父一，是一種周期極具精確規律性的脈動變星—「造父變星」，隨著亮度的增加，「造父變星」的週期以對數的關係增加，這就是著名的「周光關係」。天文學家可以利用這樣的關係，測量出天體的距離尺度。M31 仙女座大星系，就是利用造父變星測出與我們之間的距離。

接下來是由南魚座、寶瓶座、鯨魚座、雙魚座所組成的水族星座。利用秋季四邊形的室宿二往室宿一方向往南延伸可以找到秋季唯一的一等亮星—北落師門，南魚座的主星，整隻南魚座的形狀就像是一顆大水滴般，高掛在南方的天空，而這隻南魚喝了好多從上面傾倒下來的水，這些水波連線的星點就是寶瓶座。寶瓶座範圍雖然很大，但大都是3等星以下的星星，因此，不妨先找到北落師門，然後順著串串星點往上延伸，就可以找到寶瓶座了。

若是從「秋季四邊形」東側的那兩顆星往南畫一弧線，延伸約2.5倍的距離，可以找到一顆二等的亮星，是鯨魚尾巴上的第2亮星土司空，再往上找到牠的前腳、和五邊形的頭，鯨魚座可是緊跟在長蛇、室女、大熊座後面，是排名第四大的星座喔！

而雙魚座可以從飛馬座背部小v，往下找到一個大v就是雙魚座的絲帶，這雙魚的絲帶好像把飛馬包起來般，沿著絲帶的兩端找過去就可以找到這兩隻魚。

趙瑞青：任職於臺北市立天文科學教育館

【說文解字】

凌

「凌」與「掩」是常見的天文現象，說穿了跟天象中「食」的原理是一樣的，主要的差別在於掩蔽者與被掩者視面積的大小不同。而這以小遮大的現象，便稱為凌日。

從地球上看來，只會發生水星凌日及金星凌日，因為所謂的凌日指行星恰好擋在地球和太陽中間，從地球上看來就像是一個黑點從在太陽盤面緩緩掠過，稱之為「凌日」，「凌」有以小犯大的意思，因而此現象只會發生在內側行星。

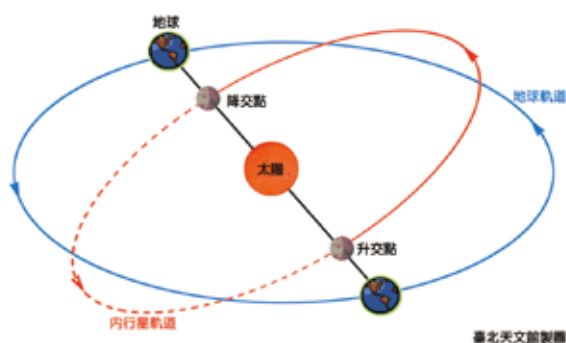
由於行星的公轉軌道和黃道並不完全重合，水星和地球夾7度，金星和地球夾3.4度，所以不是每次地球和它們交會時，都會剛好產生凌日現象，就像並非每次的朔，都會發生日食一樣。且太陽的視直徑只有0.5度，因此只有當內行星與太陽內合時，此時太陽、內行星與地球又連成一直線，才會發生凌日。

水星及金星的體積雖然比月球大，但和月球比起來，距離地球要遠上許多，且與太陽相比，內行星的直徑約只有太陽的幾百分之一，因此觀測水星凌日或金星凌日時，僅能見到一顆小黑點從太陽面緩緩地掠過。而觀測凌日的方法，可以利用裝置了太陽濾鏡的小型天文望遠鏡進行觀測，最安全的方法則是利用投影法。切記不要在沒有任何減光情況下直接目視太陽，因為太陽強烈的光線以及有害的紫外線都會永久損害視力。

水星凌日3至7年發生一次，平均每百年13次。上一次發生於2006年11月8日，臺灣地區全程可見；下一次是2016年5月9日，但臺灣地區不可見；接下來臺灣可見的水星凌日，則要等到2032年11月13日（日沒帶凌）。

金星凌日的發生條件比水星凌日嚴苛許多，大約每隔一百多年會連續發生兩次（相隔八年），如果錯過了就要再等一百多年。上一次的金星凌日是2004年6月8日，錯過了朋友還可以等待2012年6月6日，再錯過就要等到2117年囉！

行星凌日發生原理示意圖



浴火鳳凰臨終前吐出的火圈

這幅影像是歐南天文台2.2米MPG/ESO望遠鏡上的廣角相機（Wide Field Imager）拍攝的NGC 3582星雲。影像中可見到如同日珥般的巨大氣體環圈，天文學家認為這些環圈可能是瀕臨死亡的恆星在垂死掙扎之際拋出的物質所形成的，但周遭環境中的雲氣被這些環圈影響所致，反而開始誕生新恆星。這些新恆星發射出強烈紫外輻射，使星雲中的氣體被激發發光，製造出這個美麗的色調。

NGC 3582其實是銀河系中一個龐大的恆星形成區RCW 57的一部分，距離地球約10,000光年左右。RCW 57位在船底座方向，恰好位在銀河盤面的中心線上。約翰·赫歇爾（John Herschel）在訪問南非期間，於1834年發現這個亮星雲和暗星雲交雜的複雜區域。像NGC 3582這樣的星雲中，有些正在誕生的恆星的質量比太陽大很多，這些恆星怪以驚人的速度向外散發能量，因此往往活得不長久，很快地就發生超新星爆炸而步入死亡，向外炸出的物質推擠周圍的氣體和灰塵而形成泡狀結構，或許這就是影像中所見的環圈來源。

圖中的影像組合自多幅不同波段濾鏡所拍攝的結果，紅綠色來自可見光的紅光濾鏡資料，紅色來自於氫分子濾鏡資料，藍色來自於數位巡天資料庫的紅外光濾鏡資料。

影像由歐南天文台合成，原始組成的想法來自於一位美國人Joe DePasquale，出自歐南天文

台於2010年舉辦的天文影像比賽—Discover ESO's Hidden Treasures 2010 competitio「尋找ESO的影像寶藏比賽」，這個有趣的比賽鼓勵參賽者利用歐南天文台的觀測資料庫比對及合成原始研究目的之外的天體影像，去年第1名的獎品是Paranal(帕瑞納)天文台（VLT 超大望遠鏡）之旅，第2名是iPod Touch，去年其他的得獎者及其找出來的天體影像記錄可在歐南天文台的網站www.eso.org找到。

參考資料：

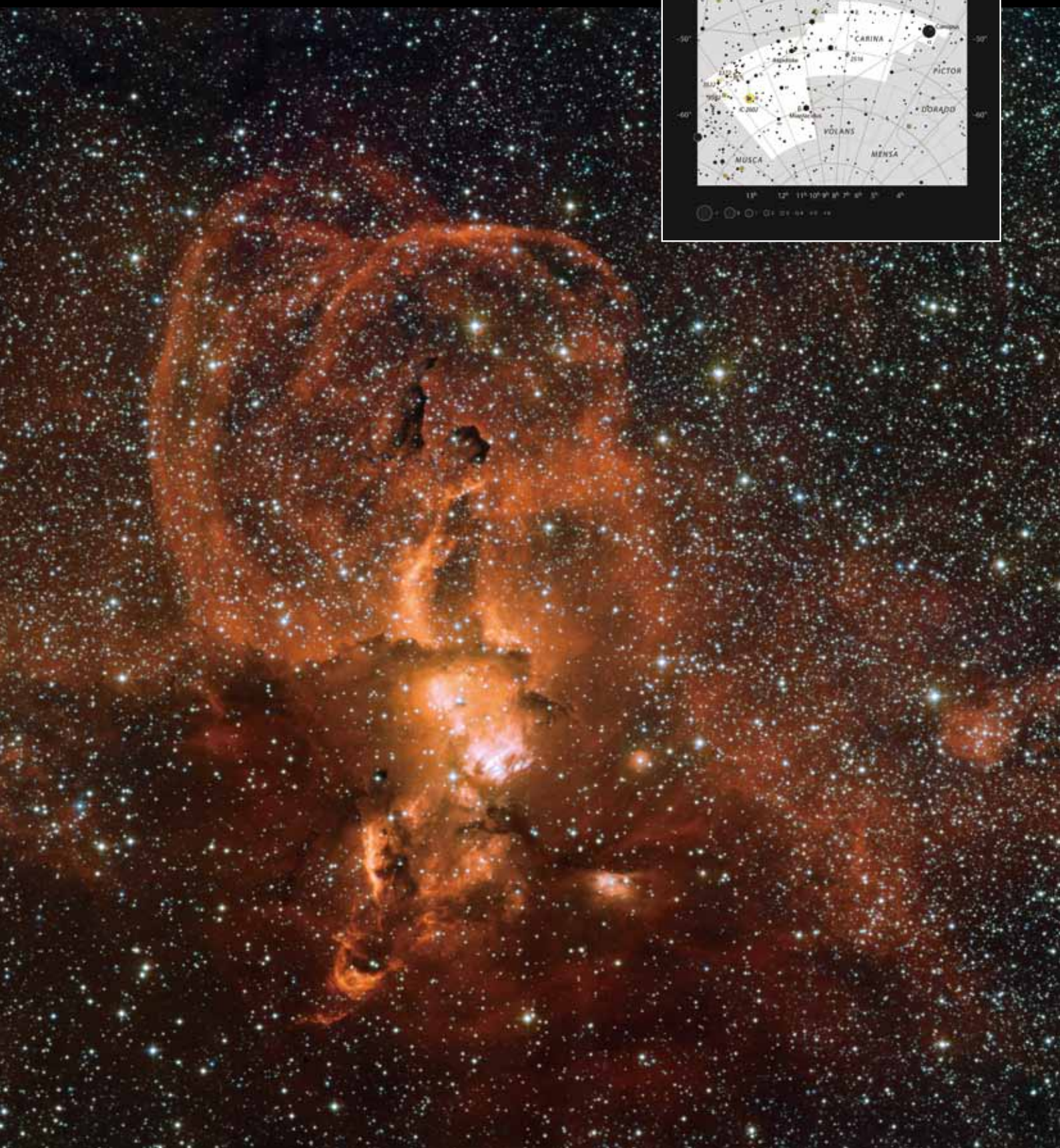
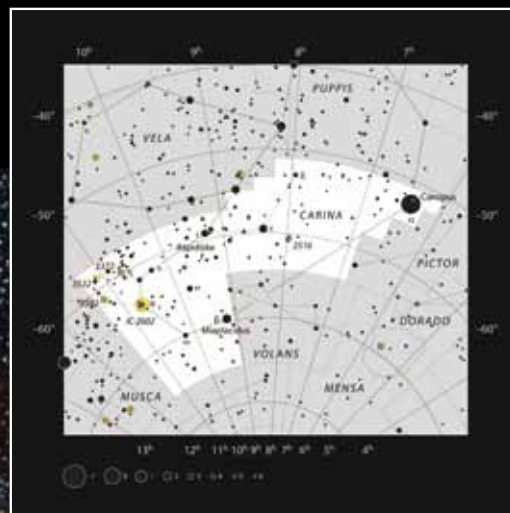
臺北市立天文科學教育館 <http://www.tam.gov.tw>

歐南天文台 <http://www.eso.org/public/news/eso1113>

楊曄群：任職於臺北市立天文科學教育館



可見光波段的NGC3528周圍星空圖，合成自數位巡天計劃2(DSS2)與La Silla天文臺影像。



La Silla天文臺拍攝的NGC3528 恆星形成區。



1) 04:31，曝光: 10 秒



2) 04:34，曝光: 8秒



3) 04:36，曝光: 8秒

美國發射間諜衛星 鄧啓浩

2011年5月8日凌晨，馬來西亞天文愛好者所拍攝的南天星流跡的照片中，拍到美國正在發射間諜衛星。

據網路上的資料顯示，衛星在美國佛羅里達以ATLAS 5型火箭發射。在照片中，由於火箭處於點火狀態，亮度約3等星，方向由西南向東北方運行。

資料提供：馬來西亞尋星天文學會攝影組

<http://www.starfinder.org.my/>

時間：2011年5月8日凌晨3時23分至4時03分

器材：Canon 30D+ 17-40mm鏡頭

曝光：每張照片30秒，73張疊加

拍攝地點：馬來西亞

(經度: 2°56'56.74"N, 緯度: 102°13'47.18"E)

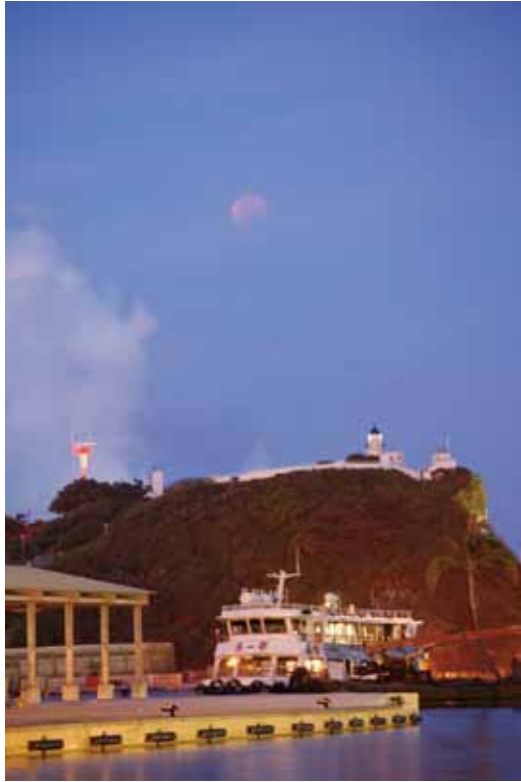
影像處理：Photoshop



處於赤道的馬來西亞所見的南天星空，3時23分，美國ATLAS 5型火箭“闖”入像場。



3) 3時37分，火箭的亮度開始變暗，並可見到霧狀光芒。



4) 04:38，曝光: 8秒

港都紅月(月沒帶食過程) 王敏智

時間: 2011年6月16日 地點: 高雄市哈瑪星

器材: NIKON D50+Nikon VR55-200mm

本次月全食發生時，由於月亮即將西沉，接近曙光已經開始的時間，月球的明暗與顏色變化都將受到曙光的影響。時間愈來愈靠近食甚時，月球愈來愈接近地影中心，月亮的紅色調也會變得愈來愈暗沉。相反地，當過了食甚之後，月球的紅色調會愈來愈亮，偏向橘紅色調，但此時已嚴重受到曙光的影響，感覺會比較沒那麼明顯。本次月食由於月亮深入地球本影，接近地影中心，食甚前後的月亮會偏暗，甚至暗到不可見，再加上曙光的影響，觀測難度又更高。也正因如此，月亮從進入地球半影開始到食甚前後的亮度與顏色都會劇烈變化，值得觀測者特別注意。

備註：

天文曙光：6月16日03:34(太陽在地平線下18度，天空全暗)。

航海曙光：6月16日04:07(太陽在地平線下12度，天空感覺微微變亮)。

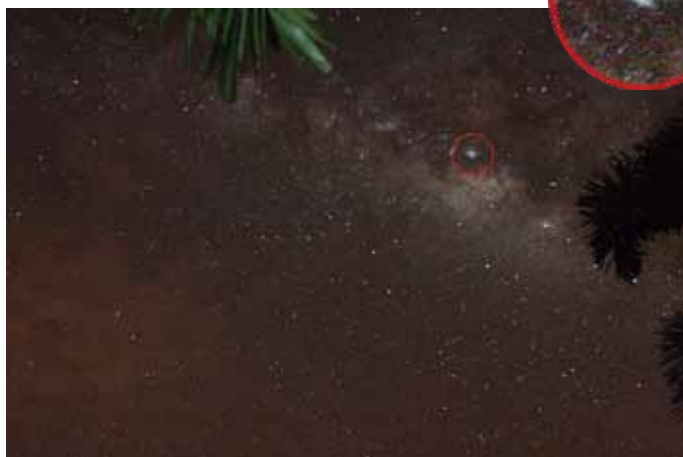
民用曙光：6月16日04:38(太陽在地平線下6度，天空明顯感覺變亮)。



1) 3時26分，火箭亮度約3等星，由於火箭正在發射，在曝光30秒的照片中呈長型。



2) 3時30分，火箭可能噴口對向拍攝者，亮度達到1等星。



4) 3時43分，火箭飛越銀河，噴射氣體反射陽光而形同彗尾。(資料顯示火箭高度約3萬公里)。



5) 3時54分，火箭開始消失，已暗淡至肉眼無法見到。

Astronomical photo gallery

美 星 映 象 館

資料彙整/ 洪景川

月全食與蛇夫座51星掩入 周紹孔

時間：2011年6月16日

03:49:31(上)、

03:49:50(下)

地點：新北市淡水區漁人碼頭

器材：Vixen VC200L

+ EM200赤道儀

+Canon 5D MarkII

備註：本次月全食因月球路徑幾乎從地影中心經過，使全食階段長達100.2分鐘，在本世紀85次月全食中，名列第5長。月食過程中，月球剛好從蛇夫幾顆亮度約4-5等的亮星前經過，可以順便觀察月掩星的現象。其中被掩的最亮星為蛇夫座51星（SAO 185470），亮度4.78等，天文館所在地可見於3:50:21掩入，4:29:14復出，



2011年6月16日月全食 初虧過後



臺北天文館/張桂蘭 2011.06.16.02:25 攝於臺北天文館第一觀測室

2011年6月16日月全食的偏食階段



臺北天文館/林琦峰 2011.06.16.03:11 攝於淡水漁人碼頭



掩入時的前一張 攝影時間3h53m48s

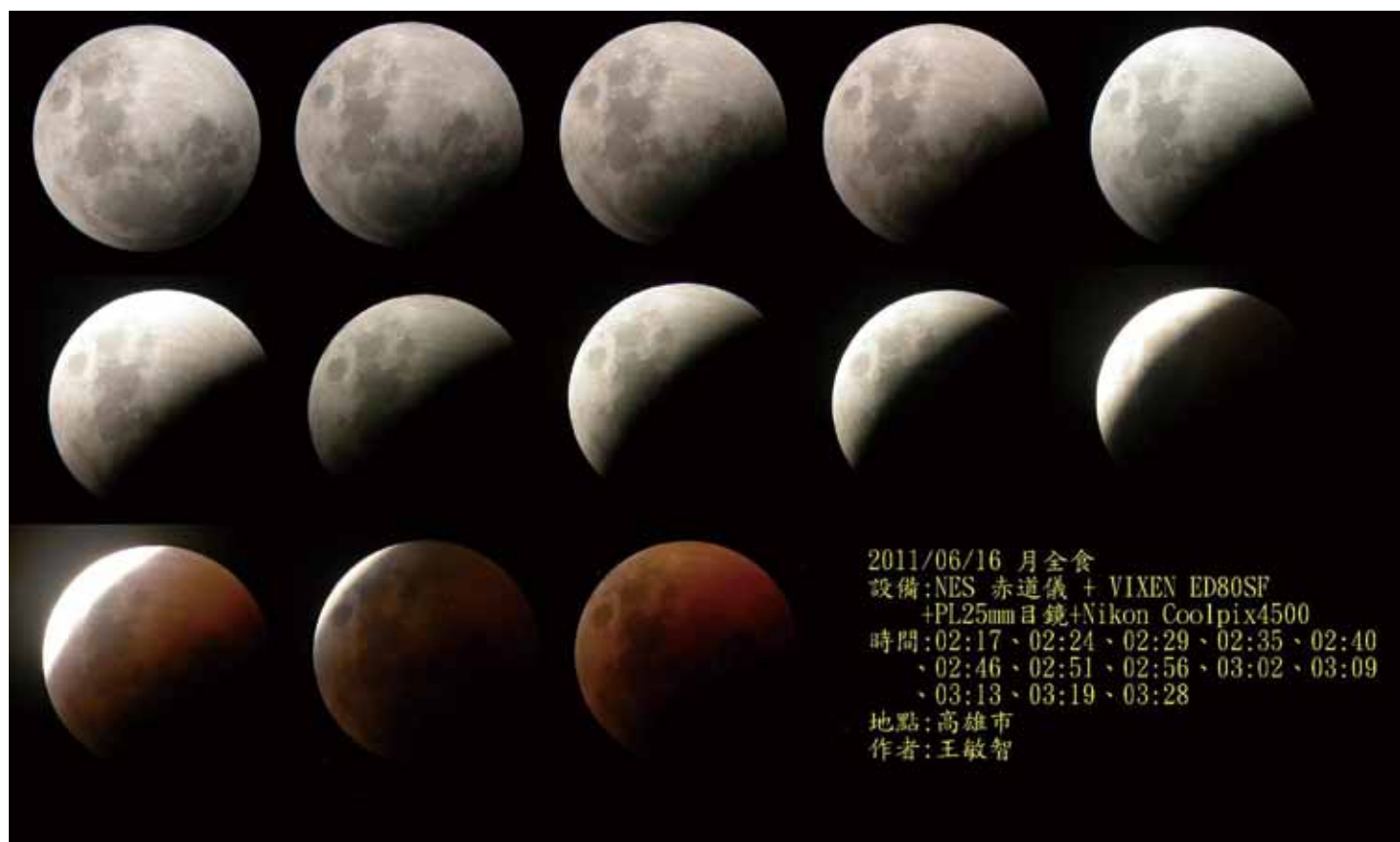


掩入後的下一張 攝影時間3h53m50s
曝光: 1秒, 3張連拍

月全食掩星 林啓生

時間: 2011年6月16日 地點: 南投縣鹿林前山

備註: 因為要拍搶瞬間的現象，曝光秒數必須要短，照片在PHOTOSHOP內調整過亮度。前兩張拍攝時有薄卷雲，後兩張拍攝時卷雲更濃密但曝光時間更短，造成有橫條紋(原檔案曝光就極度不足)。



月全食半紀錄 王敏智

時間: 2011年6月16日02:17~03:28

器材: NES赤道儀+ VIXEN ED80SF

+ PL25mm目鏡 + Nikon Coolpix 4500相機

地點: 高雄市



復出的前一張，攝影時間04h26m21s



復出的後一張，攝影時間04h26m22s
曝光: 0.5秒, 3張連拍 (ISO1600)



月全食與掩星 黃翊展

時間：2011年6月16日 03:56

地點：嘉義市國立新港藝術高中琴房8樓

器材：Vixen R200ss+Nikon D90

曝光：2.5秒 (ISO800)



月齡7.6的月球和地暉 顏鴻選

時間：2011年3月12日 地點：臺南市林默娘公園

器材：Takahashi MT-160 + Takahashi EM-200+Canon EOS 7D

曝光：1/125秒~2秒，共9張疊合 (ISO400)

影像處理：Photoshop CS2



清晨出現在玉山上空的水星、木星與金星 林啓生

日期：2011年5月9日4:45 地點：鹿林天文台

器材：CANON 450D +CANON 100-400mm (f/ 5.6)

曝光：1/3秒 (ISO800)

Saturn Storm

May 10th, 2011 13:05 UTC



C11 TV2.5X Flea3 Baader LRGB
TAIWAN Taichung 耿崇華