

在夜空飄搖的極光一直是不少人嚮往的極地風景，但自2024年5月以來，包括日本、美國、澳洲等距離極區數千公里的中緯度國家卻不時出現極光的觀測紀錄，引發海外網路社群極大的討論度。極光究竟是什麼？又是如何發生？這一期的展示場導覽，就讓我們從認識造成極光的風暴，以及造成這場風暴的源頭—太陽開始說起。

文／王彥翔



本館展示場2樓太陽模型上的太陽黑子構造圖像。美國太空總署宣布太陽已進入太陽黑子數量最多的極大期，這些太陽表面看起來小小的黑點，同時也正醞釀著下一場風暴。

太陽上的黑影

太陽是太陽系中唯一可以自行發出可見光的天體，它散發的光與熱更成為驅動地球系統運作的能量來源。不過，太陽並不會像黑暗中的電燈泡那樣

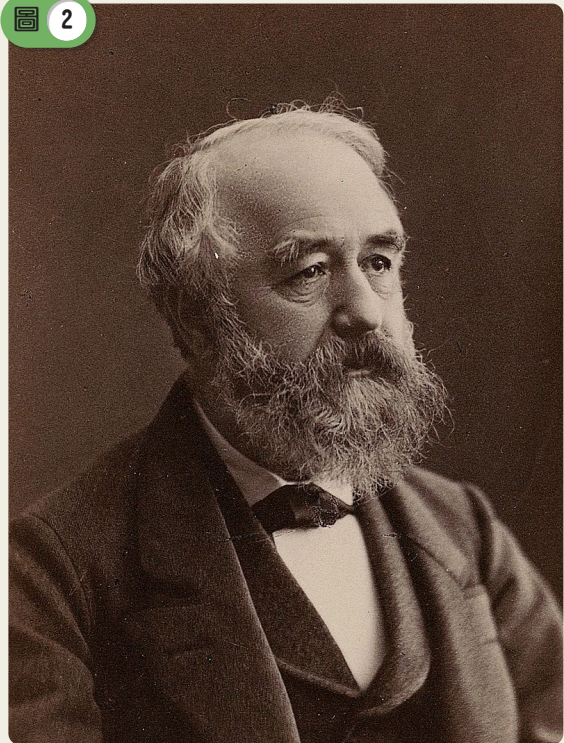
均勻地發光。早在西元前三世紀，東、西方的歷史中已記載有人看見太陽上出現黑影。雖然這些發現一度被認為是其他行星經過太陽前方造成的現象，但在17世紀的天文學家們透過望遠鏡長期觀察才確認了黑影是太陽表面的現象，將其命名為「太陽黑

子」，黑子的存在與在太陽表面的移動也證實了太陽正在自轉，如圖1。

儘管太陽黑子是太陽表面的現象，但是仍有天文學家聲稱自己看到行星從太陽前方通過的現象，尤其當時穀神星等小行星陸續被發現，讓不少人懷疑水星內側還有未被發現的行星。於是德國業餘天文學家海因里希·施瓦貝（Heinrich Schwabe）自1826年開始，一連觀察了太陽17年的時間，記錄下太陽前方所有可能的蛛絲馬跡。雖然施瓦貝最後並沒有找到新行星，不過他意外記錄下來的資料卻讓他發覺太陽黑子的數量似乎是以十年為週期變化。這項發現引起瑞士伯恩天文台台長魯道夫·沃爾夫（Rudolf Wolf）的注意，在他投入太陽黑子觀測並爬梳過往的歷史紀錄後，確認了太陽黑子數量變化的確存在大約11年的週期，如圖2。

就在世人對於太陽黑子是什麼？為什麼數量會有週期性變化？都還摸不著頭緒的時候，一起大事件的發生衝擊了當時的工業社會。而罪魁禍首正是1.5億公里外的太陽。

圖 2

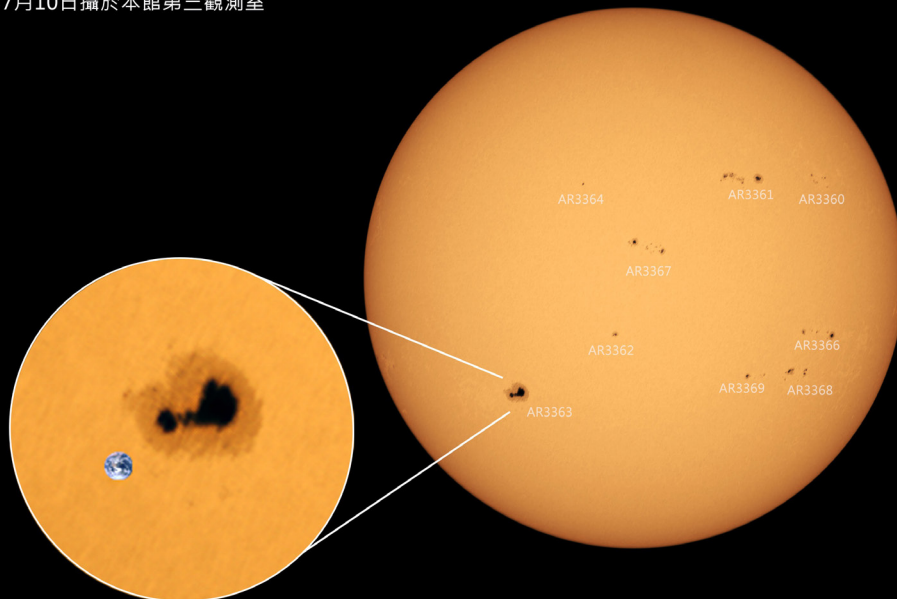


魯道夫·沃爾夫回顧歷史資料確認了太陽黑子數量存在週期性變化，並以當時最古老的可考證資料的年份1755年作為計算太陽週期的起始年。圖片來源：維基百科

圖 1

大型太陽黑子AR3363

2023年7月10日攝於本館第三觀測室



太陽黑子AR3363與地球大小比較

太陽表面的大型太陽黑子會隨著太陽自轉移動，古人看見這些移動的黑影，以為是行星經過太陽前方，遮蔽部分太陽盤面所造成。圖片來源：臺北天文館

極光降臨世界各地

1859年8月28日夜晚，夜空中色彩斑斕的簾幕覆蓋了北美洲大陸，那時連遠在北回歸線的古巴也驚訝地看著頭上「不合時宜」的極光。當時在赤道上航海的船隻紛紛留下「血紅色的光延伸到半天高」的紀錄，如圖3，船員還以為是遠方有大火發生。極光大範圍發生的同時，各地的電報系統湧進混亂的電流，紀錄地球磁場變化的儀器也接連顯示異常數值。

在大範圍極光事件的幾天後，9月1日英國業餘天文學家卡靈頓（Richard C. Carrington）正在天文臺內利用投影法，描繪一群面積大得誇張的太陽黑子群，如圖4。就在這時，黑子群旁邊出現不可思議的亮光，數分鐘後就消失。卡靈頓馬上連絡同行有沒有人看到那道神秘的光，但可惜的是卡靈頓是極少數有看到那道光的人，這現象後來被稱為「閃焰」，如圖5。在卡靈頓看見閃焰17小時之後，第二波極光再次籠罩北美洲，當時的礦工甚至誤以為即將天亮而起床準備上工，人們還可以就著極光閱讀報紙。同一時間，電報系統再次大亂，不少電報站因為過載的電流而電線走火，即使關閉電源也無法停止電流。

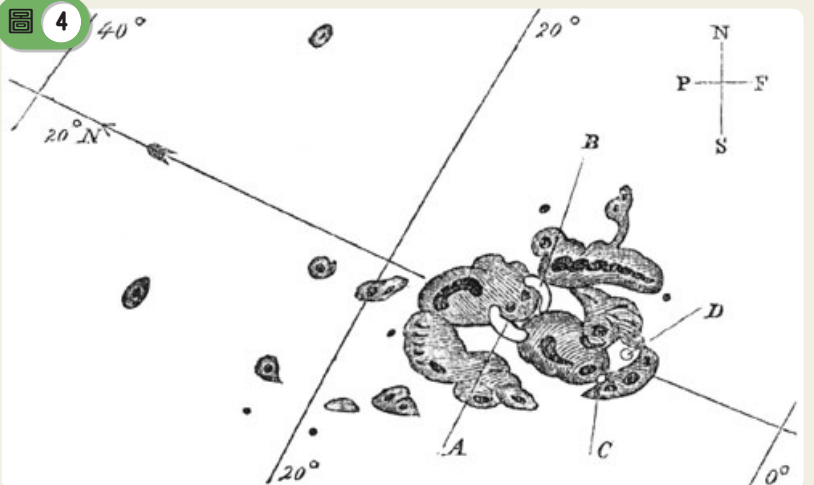
後來人們將1859年9月1日首次觀測到的太陽閃焰事件稱之為「卡靈頓事件」。過去有人說極光是冰層的反光、彗星的物質，抑或是高空的閃電，對於極光的起源一無所知。但在這起卡靈頓事件之後，科學家們很快地便將極光、太陽閃焰、地磁異常及各地電報站陷入的混亂原因全部串起來。

圖 3



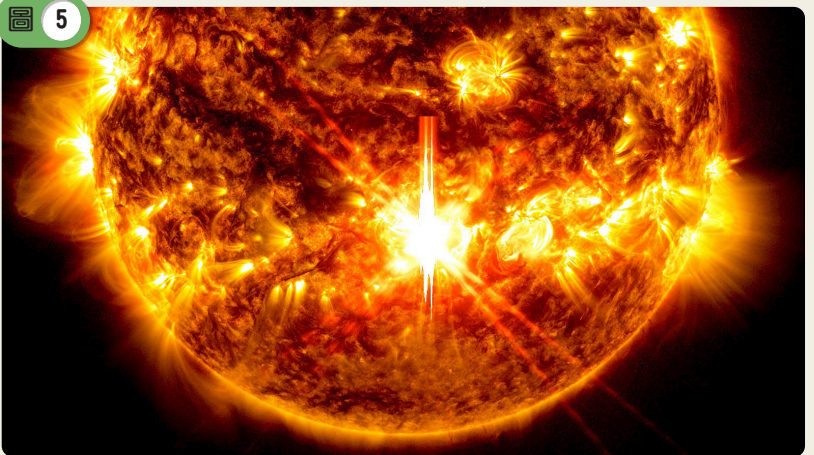
其實極光不只延伸到半天高，在這張從國際太空站所拍攝的極光影像可以看見，極光頂端的高度比大氣層頂還高。圖片來源：NASA

圖 4



1859年9月1日由卡靈頓繪製的太陽黑子。他在A和B的位置標記這起強烈閃光事件的初始位置，亮光在消失之前移動到C和D的位置。圖片來源：維基百科

圖 5



NASA的太陽動力學觀測站（SDO），於2024年10月拍攝到強烈太陽閃焰爆發時，發出強烈閃光的影像，而當時卡靈頓所看到的的就是「那道光」。圖片來源：NASA/SDO

太陽打了個噴嚏

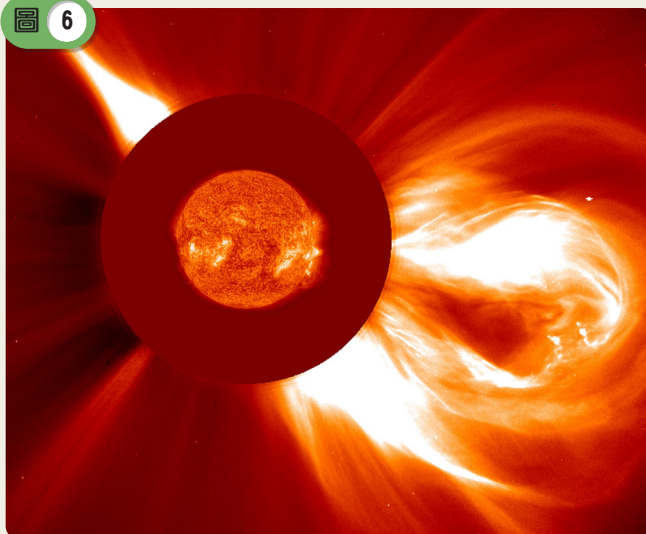
現在我們知道太陽不但是團高溫的氣體，同時處於會將分子拆解成帶電離子的電漿態。太陽表面的帶電離子透過表面高熱及磁場獲得大量的動能，進而得以脫離太陽引力的束縛，衝向宇宙空間形成所謂的「太陽風」。太陽風粒子朝向四面八方，但在地球自身的磁場引導以及和大氣層交互作用之下，能量大多削減不少，不至於對地球上的生物造成傷害。

不過，太陽黑子卻是太陽表面相當特別的地方。雖然這裡的溫度比周圍低，以至於亮度相較之下也比較暗，但卻是太陽表面磁力線最為密集之處，像個壓力鍋一樣累積了不少磁場能量。當累積到達臨界時，爆發出來的能量產生以X射線為主的閃光形成閃焰，同時也讓包含日冕在內周圍的大量帶電離子，以每小時數百萬公里的高速率，向宇宙空間噴射出一團直徑達數百萬公里的電漿，形成所謂的日冕物質噴發（Coronal mass ejection, CME），如圖6。

當CME到達地球軌道時直徑可達約五千萬公里，但幸好地球直徑只有大約一萬多公里，距離太陽則有約1.5億公里，CME要完全命中地球的機率還是很低。但CME若不幸打中地球會如何呢？CME的磁場將會和地球磁場產生交互作用，如果CME磁場和地球磁場方向相反，雙方的磁力線將重新鏈結，並讓帶電離子得以長驅直入地球系統。屆時地球上的生命會暴露在高能量輻射中，但所幸輻射劑量還算低，不至於引發健康疑慮。不過對於現今生活已離不開電器的我們來說，帶電粒子磁場帶來的感應電流卻可能讓輸配電系統過載，太空中的人造衛星也會承受損壞風險。因此各國政府成立太空天氣部門來監控地磁、電離層，以及太陽動態，做好準備以防卡靈頓事件等級的太陽風暴再次來襲，如圖7、圖8。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

圖 6



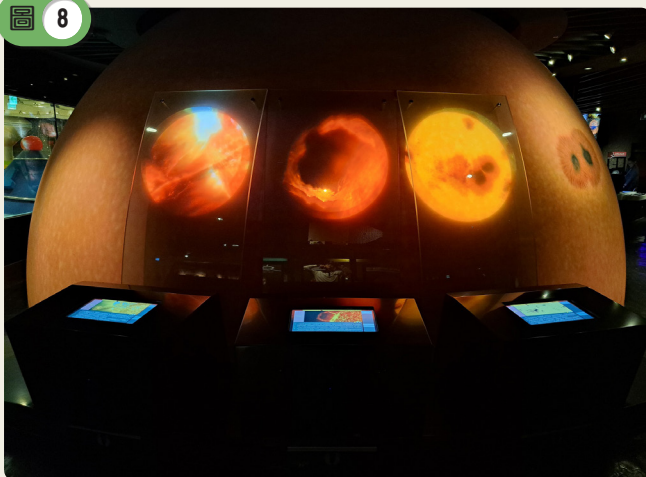
SOHO太陽衛星觀測到以每秒約3,000公里速率噴出電漿的日冕物質爆發（CME）。圖片來源：SOHO（ESA & NASA）

圖 7



透過針對太陽的多種不同電磁波波段觀測研究，科學家得以監測太陽表面不同高度大氣及磁場的活動。

圖 8



天文館展示場2樓在太陽模型旁的螢幕可將不同的現象投影到太陽表面，遊客可以點選螢幕來認識這些太陽表面活動。