

飄飄飛舞的 極光

極光，在極區上空飛舞的光幕，宛若光之舞姬一般飄舞，奇幻莫測。

有些像青綠般的竹籬，發出綠瑩瑩的光芒，
隨著高空的風飄移舞動，有些又像紅色光幕般幻動。
極光，令人一見難忘，難怪有人一再重返極區觀賞。

■ 傅學海



古籍中的「極光」片羽

中國古籍中有豐富的極光記載，也多簡短地註明極光發生的日期、形狀、大小、方位，以及一些對極光的看法。

早在兩千多年前的漢朝，便有極光的記載。例如《漢書·天文志》：「漢惠帝二年（西元前193年），天開東北，廣十餘丈，長二十餘丈。」認為極光是天被打開後的情形，而且描述了極光出現的方位、寬度與長度。此外，在《古今圖書集成》中也有一段生動的記載：「漢成帝建始三年七月（西元前30年8月21日至9月19日）夜，有青黃白氣長十餘丈，光明照地，或曰天裂，或曰天劍。」顯示極光旺盛，亮度可以照亮大地，而且形狀一束一束像是劍狀。

還有一些記載清楚地描述極光的大小與形狀。例如《漢書·天文志》記載：「漢永始二年二月癸未（西元前15年3月27日）夜，東方有赤色，大三四圍，長二三丈，索索如樹。南方有大四五圍，下行十餘丈，皆不至地滅。」描述了南方極光下降的情形，顯示極光也有上下的動態，並注意到了極光並不會抵達地面。

更有少數記載了極光的聲音。例如在《晉書·帝紀》中記載了極光會發出聲音：「晉太安二年十一月（西元前303年12月）……壬寅（27日）夜，赤氣竟天，隱隱有聲。」這現象即使在現代也是一個待解的謎，因為極光發生的高度，

許多粒子由太陽表面發射出來，在太陽系的空間中流動就形成「太陽風」。不同的是，太陽風中的粒子不是一般的原子與分子，而是帶有電性的離子。

離地面約90公里以上，大氣密度非常稀薄，比實驗室能產生的真空還稀薄，應該不會形成人耳能聽見的聲音。極光發生時，或許產生了某種機制，讓地面的空氣震動，產生我們可以聽見的聲音。

自古以來，人類對極光的認識，一直停留在觀察極光的外形、顏色與變化上，夾雜著情緒上的驚嘆、恐懼。直到20世紀，了解地球磁場與太陽風的關聯後，才認識了極光的起因與本質。

太陽風

風，在日常生活中隨時隨地感受的到。微風吹拂使人清爽，狂風使人驚懼，寒風刺骨，春風拂人……

那，什麼是風呢？或風是什麼？

從電風扇或手搖扇可以知道，扇葉轉動或扇子搖動使空氣流動會形成風，也就是說空氣中的分子流動時就形成風。空氣分子越多、流動越快，風越大。同樣地，許多粒子由太陽表面發射出來，在太陽系的空間中流動就形成「太陽風」。不同的是，太陽風中的粒子不是一般的原子與分子，而是帶有電性的離子。

太陽表面溫度高達攝氏6,000度，許多原子都被游離成爲帶電粒子，其中最多的是質子與電子，而帶電粒子會受到磁場的影響。與地球一樣，太陽也是一個大磁鐵，表面布滿許多磁力



在極區上空飛舞的極光

線。多數磁力線突出太陽表面又彎回太陽表面，形成一個個拱橋似的曲線。帶電粒子沿著磁力線運動，又回到太陽表面。

使用X光波段觀測太陽，可以發現太陽發出很強的X光，緊裹在色球之外，屬於內層日冕。由X光波段所拍攝到的太陽影像中，可看到許多亮點與拱弧形，這些都是磁力線變化劇烈或磁力線密集的区域。但是也可以看到一長條暗黑、不發出X光的條痕區，稱為「日冕洞」。

經由許多太空衛星或太空船的偵測，科學家一路追蹤太陽風粒子，可以追溯到日冕洞，顯示太陽風是由日冕洞發出的。經過太陽物理學家的研究顯示，日冕洞是太陽表面磁力線開放區。也就是說，磁力線由日冕洞延伸出去後並不會彎回太陽表面，帶電粒子沿著日冕洞的磁力線運行，就一路出發不復返而成為太陽風。

另外，太陽表面有一些磁場密集的所在，磁力線會突然崩解，磁能瞬間釋放形成「閃焰」事件，爆發出大量帶電粒子，形成太陽風。閃焰事件有大有小，規模大的閃焰可以把好幾千億噸的太陽物質一股腦兒拋射出去。閃焰爆發的速度可以高達每秒900公里，通常速度大約是每秒300~500公里，這些太陽風粒子約1~3天的時間就到達地球附近，會明顯影響地球的磁場與大氣。

范艾倫輻射帶

地球磁場捕獲太陽風中的帶電粒子形成輻射帶，保護了地球上的生命，也是極光形成的原因之一。



蘇活號X光太陽望遠鏡所拍攝的日冕，其中一條上下走向的粗黑條紋便是日冕洞。

如果高速運動的太陽風粒子直接轟擊地球表面，會對生命造成嚴重的威脅。所幸地球有一個磁場，當太陽風粒子吹到地球附近時，便會沿著地球磁場的磁力線運行。當進入磁極區上空後，會再反轉逆行。因此，帶電粒子在兩極區間流竄，形成「輻射帶」。

范艾倫博士在1958年負責火箭探空，在發射升空的探測者一號火箭上，裝置偵測高能粒子的蓋格輻射計數器，偵測到地球大氣之外有一個密集高能粒子的區域。隨後在同一年又發射了探測者三號，顯示地球大氣之外，有一個高能帶電粒子聚集區圍繞著地球。為了紀念范艾倫博士的發現，就把這個區域稱為「范艾倫輻射帶」。

「輻射帶」這個名詞很容易使人誤解，

因為它的形狀並不是帶狀的，而是比較像甜甜圈。有人建議依據它的磁性而稱為「磁球」，木星、土星等行星也具有類似的輻射帶，一般就稱為「磁球」。

太陽風、閃焰與極光

太陽風中的帶電粒子被地球磁場捕獲，束縛在范艾倫輻射帶中流竄。當這些粒子進入極區上空時，與極區上空大氣中的原子或分子碰撞，使大氣中的原子或分子被激發而放光，便形成美麗的極光，並隨著空氣的流動飄移，形成舞動的光幕，如絲如緞，動人心弦。

極光的顏色主要來自氧原子與氮分子的激發，一般有紅色、綠色，也有黃色與紫色。極光高度約在100~300公里之間，

太陽風中的帶電粒子被地球磁場捕獲，便束縛在范艾倫輻射帶中流竄。當這些粒子進入極區上空與大氣中的原子或分子產生碰撞時，這些原子或分子被激發而放光，就形成美麗的極光。

再高，通常沒有足夠的中性原子可供激發形成極光。

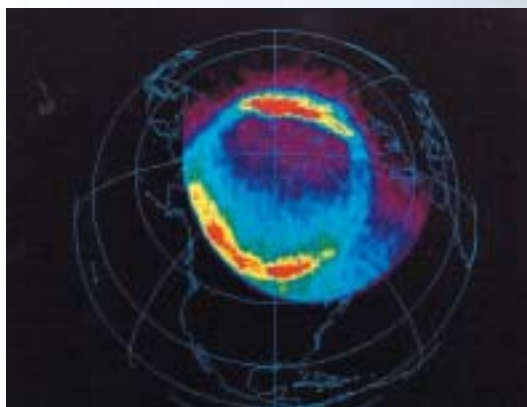
極光的顏色、高度與成分

顏色	高度(公里)	成分
紫色	90~100	氮 (N_2 與 N_2^+)
紅色	90~100	氮 (N_2 與 N_2^+)
藍色	90~100	氮 (N_2 與 N_2^+)
綠色	100~150	氧原子
深紅色	150~300	分子, 氧原子

極光的學名叫做 *aurora*，發生在北極地區的稱為「北極光」(*aurora borealis*)，發生在南極上空的稱為「南極光」(*aurora australis*)。

太陽活動與黑子數量有密切的關係，當黑子數量達到極大期時，閃焰次數增多，規模也比較大，轟擊到地球上的太陽風粒子也多而密集，使極光發生的次數較多、規模也較大，是觀賞極光的好時機。1989年與2001年初正是太陽活動極大期，產生許多大規模的極光，讓專家與大眾都大飽眼福。

當太陽發生大型閃焰時，雖然有機會觀賞到壯觀的極光，但湧到的大量帶電粒子會對地球大氣造成影響。所造成的影響主要有兩項。一是大量帶電粒子轟擊地球大氣，影響游離層反射短波無線電的能力，使短波通訊受到干擾或斷訊。二是大量帶電粒子的轟擊加熱了地球高層大氣，使得大氣膨脹，增加了人造衛星的空氣阻力，讓人造衛星的速度減緩，高度也降低，縮短了人造衛



極光分布圍繞著極區形成一個環帶，是適合觀賞極光的地區。

星的使用年限。

在上一次太陽活動極大期時，所發生的一次閃焰就使加拿大海防部隊通訊中斷1天，也使觀察太陽的太陽極大期任務衛星縮短壽命，最後在1989年12月2日墜落於地球大氣的過程中焚毀。

科學家曾利用衛星測量極光的強度，但是1989年那次極光的範圍之廣，才真正讓大多數人見識到極光的不凡之處。

極光通常只能在高緯度(60度以上)地區見到，在1989年發生的極光，卻是南至美國佛羅里達州的威斯特礁和墨西哥的猶加敦半島都可見到。有人被天空火光般的色澤嚇壞了，打電話報警，有些人則看得心醉神迷。

這一次的極光出現在加拿大魁北克上空後不到90秒鐘，伴隨而來的磁暴便癱瘓了魁北克全省的供電系統，6百萬加拿大人有好幾個小時無電

飄飄飛舞的極光



在極區上空飛舞的極光，以燦爛的星光為背景。



冰雪覆蓋的育空河與極區

可用。同一時間，羅盤的讀數變得不準確，車庫電動門自行開關的事件頻傳，無線電傳輸與海岸導航系統遭到干擾，部分衛星回傳的資料也暫時中斷了。

就像所有美麗的奇景一樣，雖然能夠預期極光發生的可能性，極光仍然是可遇而不可求的。如果遇上滿天雲或是暴風雨的天氣，即使發生極光現象，也無法觀賞。

人們對極光的認識，也與日全食、彗星一樣，花了數千年才從外貌、顏色的觀察而進入本質的了解，由驚懼轉為觀賞。人類對大自然的認識，由無知轉向了解的過程何其漫



到了極區何妨來個雪橇之旅

長，極光只不過是其中一例罷了。

觀賞極光

極光發生的區域，圍繞著極區成為「極光帶」。美國阿拉斯加、加拿大有空位於極區邊緣（北緯60度左右），是觀賞極光的最佳地點之一。通常，每年的9月、10月與2月、3月，氣候比較穩定，適合觀賞極光。一般人觀賞極光的地點，最好找有合適旅館設施的地方。

白天無法看見極光，即使黃昏或清晨微弱的光芒都會掩蓋微弱的極光。通常，午夜前後的極光最令人激賞。

極光的規模與次數與太陽的活動有密切的關係，當太陽活動處於極大期時，閃焰與日冕爆發之類的事件次數多、規模大，連帶地，抵達地球的帶電粒子數量也多、規模也大，便容易看到大規模的「極光秀」。

2002年是太陽活動極大期，預計下一次太陽活動極大期是2013年，相信到時候仍然會引起一陣極光熱。然而喜歡觀賞極光的人，卻是年年可去，懷著「見之我幸」的情懷，即使看不到極光，極區風光仍有相當的特色。況且只要多待幾個晚上，總能看見極光的。

極光的網路資源

想要觀賞美麗的極光影像，可以到這網頁一遊，極光影像數量之多、變幻無窮，一定讓你驚嘆：<http://climate.gi.alaska.edu/Curtis/curtis.html>。

研究極區上空的大氣與電離層的波克·佛來特研究所，位於阿拉斯加費爾班克斯（也是觀賞



現代觀賞極光是一件休閒的活動，窩在溫暖的木製小屋內，看極光時才步出室外。

極光的理想地點之一）以北約50公里處，是世界上唯一由大學（阿拉斯加大學）擁有的科學火箭發射場，與美國航空暨太空總署簽有合約。專屬網頁中，有用監視器記錄的黑白極光動態影像（mpeg檔），有興趣的人可以至下址觀賞：<http://www.pfrr.alaska.edu/aurora/INDEX.HTM>。

「極區任務」是美國航空暨太空總署的計畫，在1996年2月24日發射一個繞極轉動的觀測衛星，每17小時繞地球一圈，以多重波段拍攝極光影像，包含了紫外線、可見光與X光，其網址是：<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/polar/>。 □

傅學海

台灣師範大學地球科學系