

# 從《太陽風暴》 一書為例看科學發展

文／金若蘭

本文從《太陽風暴》一書內容談起，以太陽觀測研究為例，作者金若蘭老師認為，科學發展過程往往開始於既瘋狂又具想像力的假設，而且伴隨著其他關鍵性的問題被解決後獲得驗證。另外，天文學家的個人際遇及人格特質，也與科學發展息息相關。

## 世界又不末日了

2012年的末日預言一如往常地沒有中獎，去買樂透看來似乎比相信各類世界末日預言傳說更顯得「科學」與「理性」。而那些趁著末日謠言大大獲取利益的人，卻仍然可以不必為自己聳動視聽而負上責任。我們的社會對這些惑眾之人似乎分外「寬容」與「不計前嫌」，等到下次末日之說再起時，又願意懷著「盼望」與恐懼地相信這些人。這些預言世界末日之人慣用的手法，除了乩童式聲稱是神諭的預言外，則是用一些似是而非、沒有根據的不科學數據做為他們所謂的科學上的佐證來

誑騙大眾。因為說法聳動，「情節感人」，因此在口耳間傳遞的速度遠比科學家說破嘴的理性分析快上許多。

在末日之說中，其中一個被懷疑可能造成世界末日的「嫌疑犯」是太陽風暴。事實上太陽風暴也許在短暫的未來不見得會造成世界末日，但是卻有極大的可能會影響你我的生活。當太陽閃焰噴出的粒子到達地球前，航空公司都會指示飛機的機長要降低飛行高度，好讓更厚的大氣層可以保護乘客與機組員躲過比平常更強的輻射，並且許多航班為了要避開飛行太高的緯度都需要改道。以上兩者都會使得飛機需要花費更多的燃料與時間，因此造成航



The screenshot shows the homepage of spaceweather.com. At the top, there's a navigation bar with links like 'AURORA ALERTS', 'SUBMIT YOUR PHOTOS!', '3D SUN', 'CONTACT US', 'SUBSCRIBE', 'FLYBYS', and 'SCIENCE@NASA'. The main content area is divided into several sections:

- Current Conditions:** Displays solar wind speed (365.8 km/sec), density (3.5 protons/cm<sup>3</sup>), and X-ray Solar Flares (B9 0559 UT Mar05). It also shows the sunspot number (103) and spotless days (0).
- What's up in space:** Features a 'Spaceweather Radio' player and news updates. The 'SOLAR CYCLE UPDATE' mentions that 2013 is supposed to be the year of Solar Max, but activity is lower than expected. The 'BRIGHT COMET PAN-STARRS' update notes its proximity to Mercury's orbit.
- Archives:** A dropdown menu for selecting months and years.
- Solar Telescope:** A recommendation by Dr. Tony Phillips for a telescope.
- space toys.com:** A logo with the tagline 'What's your mission?'.
- averted imagination:** A logo with a grid of colorful icons.
- FINE:** A logo featuring a satellite or probe.

圖 1：「太空氣象站」網頁，提供即時的太陽觀測資料與太陽風暴預警訊息，並有各種最新特殊天文現象的報導。  
資料來源：http://spaceweather.com

班延誤與支出增加。另外太陽黑子也會干擾無線電通訊、使得 GPS 衛星的讀數錯誤、以及手機系統失效等。當太陽爆發所射出的微粒襲擊地球的磁層後，還會造成地面上電源線電壓突然增強，導致發電廠毀壞，造成大停電。因此現在科學家及有關單位十分注意監控這樣的太陽風暴，並且在網站上即時公告訊息，好提供給社會大眾作為預警（圖 1）。人類可以針對太陽上的活動，進行地球上磁暴的預測，可是由歷代以來許多科學家們花了很多力氣與時間才逐漸明白，《太陽風暴》這本書正是描述這段發展的歷史。

## 從歷史上某次的太陽風暴開始談起

《太陽風暴》一書英文名稱的副標「卡林頓的意外悲劇及現代天文學發展的濫觴」(The Unexpected Tragedy of Richard Carrington and the Tale of How Modern Astronomy Began) 其實更貼切地說明了此書的鋪陳方式，作者藉由一位研究太陽的天文學家卡林頓 (Richard Carrington) 為主角，描述人類了解太陽活動與地球上發生磁暴、極光等現象的探尋過程。這段尋覓過程的舞台背景，正是現代天文學蓬勃發展的起始點。

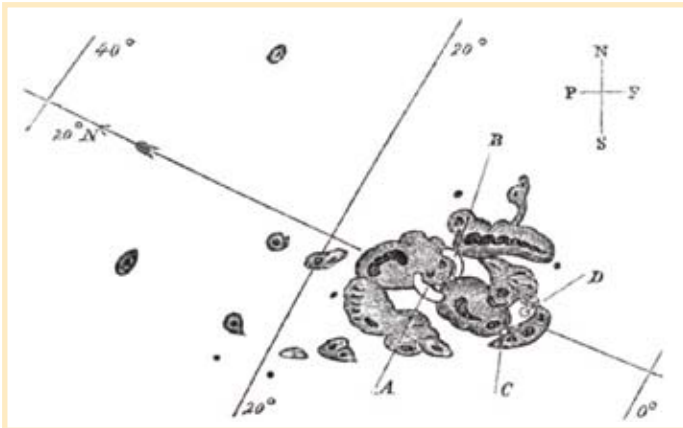


圖 2：天文學家卡林頓根據 1859 年 9 月 1 日他所觀測到的太陽閃焰所繪製的太陽黑子素描圖。圖中可看到白色腰果狀太陽閃焰，連結兩個太陽黑子。（圖片來源：[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carrington\\_Richard\\_sunspots\\_1859.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Carrington_Richard_sunspots_1859.jpg)）

故事起源於 1859 年 9 月 1 日的一次太陽觀測，書中的主角卡林頓，觀察到太陽閃焰出現在一群太陽黑子群的上方（圖 2）。卡林頓受過一流教育（劍橋大學），自 1853 年開始，他就決心要每天且長期觀測太陽和太陽表面短暫出現的黑子。這次的意外發現，看來是辛勤工作的獎賞，殊不知這個禮物，後來成為他生命中魂牽夢縈、不曾止息的追尋。就在卡林頓觀測到該現象後 18 小時，在歐洲黎明將至的天空被極光照亮，甚至在北緯十多度地區都記錄到該次極光現象。除此之外，世界各地電報局紛紛傳出因為電流太大造成的線路故障甚至發生火花，並且各地羅盤的指針都被明顯的干擾。但是「太陽黑子」、「閃焰」、「極光」、「磁場變化」，這些現象彼此之間到底有何關聯呢？不單卡林頓，整個科學界當時都不清楚，並且迫切希望能找到答案，這本書就是用說故事的方法，將其追尋的過程詳細呈現出來。

### 從《太陽風暴》一書看科學的發展過程

在此筆者不細述其發現的細節，但是願與各位分享在看完本書後，一些個人感到有趣的地方。

其中一個是科學的發現過程：  
(一) 一開始的科學假設往往既瘋狂又具想像力：

人類在一開始進行最嚴謹的科學驗證前，往往開始於大膽的假設。有時這些假設在我們後世的人看來，簡直就像是科幻小說。例如發現天王星的著名天文學家威廉·赫歇爾 (Frederick William Herschel)，他宣稱「太陽不是靈魂的歸宿，也不是惡魔的巢穴，反之，太陽上有很多生物，就跟地球一樣充滿生機。」他假設「有一團透明的太空氣體，藉由太陽發亮的大氣層浮上來，所造成的開口就是我們看到的太陽黑子。」在發現太陽黑子的數量並非始終一致後，他稱就好像「太陽似乎花了一段時間對抗病魔，現在已經進入康復階段了。」對於一個現象的建立，一開始可能是後來看來很好笑的假設，有些人很相信，有些人很質疑，相信的人想辦法要找到支持的證據，質疑的人也想辦法要找到推翻該理論的破綻，就這樣，更多的觀測結果，也許因此而支持、或是推翻、或是修正了原來的看法。

(二) 許多難以被理解的發現，需等待其他關鍵性問題被解決後才得以得到驗證：

一位在劍橋天文台任職的天文學家蒙德 (Edward Walter Maunder)，在妻子也是研究上的得力助手安妮 (Annie Scott Dill Maunder) (圖 3) 的協助下，發現著名的「太陽黑子蝴蝶圖」(圖 4)。他們比對太陽黑子與地球出現磁暴的紀錄後，發現每次地球上出現磁暴時，太陽靠近中心的同一個地方都有巨大的太陽黑子，或從大變小的太陽黑子，也就是磁暴需要太陽黑子，但是他們一直無法解釋太陽上的黑子到底是如何影響地球上的磁場。

在此同時，物理學家關於陰極射線的研究正在展開，發現這種神祕的射線帶有電荷，在穿過真空玻璃管時完全不會扭曲。湯木生 (Joseph John Thomson) 發現磁力或電力會改變陰極射線的方向，他猜測這種神祕的能量射線，由許多帶負電的的粒子所組成，他稱它們為「電子」。電子的速度比光速慢許多。所以正是太陽黑子所射出的帶電粒子，到達地球，與地球磁場交互作用後，才形成各種在地球上看到的磁暴現象。若不是當時的物理發展成熟，蒙德夫婦所觀測到的現象也會因為沒有好的理論解釋而被質疑。

## 科學家際遇及人格特質與科學發展息息相關

另外，我也從這本書中看到一些關於科學家特質的有趣敘述：

(一) 科學家們並非可以不問世事：

本書的主角卡林頓，他雖醉心於科學的研究，但是卻在父親過世後，他被迫必



圖 3：發現「太陽黑子蝴蝶圖」的天文學家蒙德(左)與重要工作夥伴也是第二任妻子安妮(右)。(圖片來源：<http://www.astro.umontreal.ca>)

須要兼顧父親遺留下的酒廠生意，以照顧母親及精神異常的弟弟。因此他必須不斷努力，好在酒廠生意和科學研究之間找到平衡點。

而另一位德國的天文學家史瓦貝 (Heinrich Schwabe)，原本是一位藥劑師，他並未受正統的天文教育，只因為某次贏得樂透的獎品：一支望遠鏡，開始了他長達 42 年的太陽觀測生涯。他一開始，也因為需要負擔家計，所以必須利用餘暇進行觀測。他所觀測的地點就在家中的小閣樓上，環境十分簡陋，但是他卻由此發現了太陽黑子變化的週期。

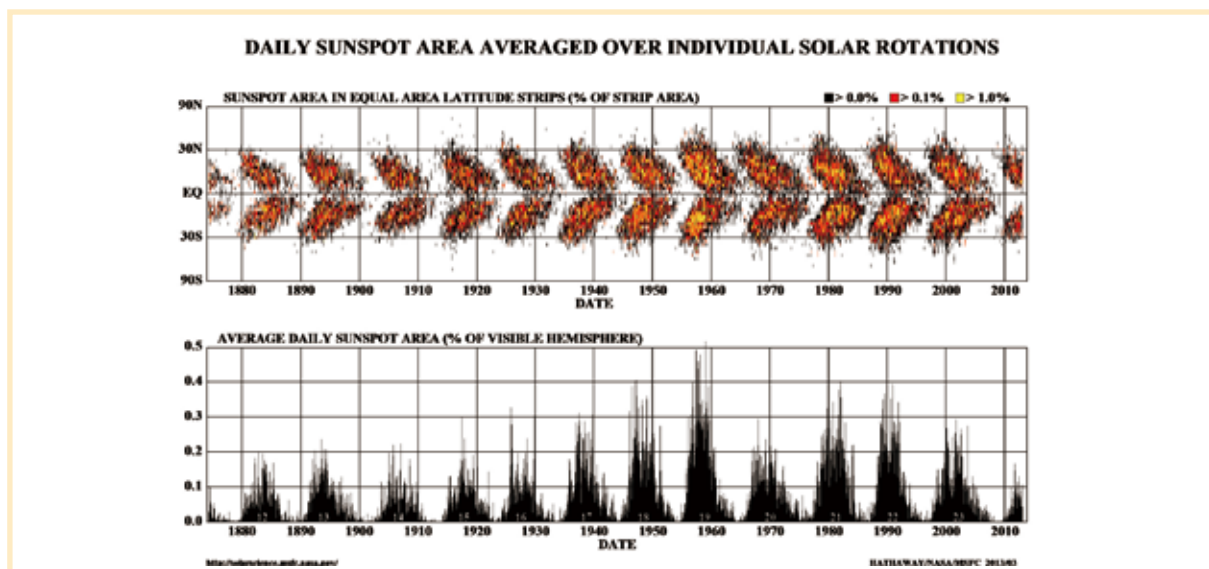


圖 4：太陽黑子蝴蝶圖。本圖上半為太陽黑子不同年份出現在太陽不同緯度變化圖，可看出太陽黑子會先出現在太陽上大約緯度三十多度的位置，之後出現的位置會逐漸往赤道移動，但卻不太會出現在赤道；圖的下半為太陽黑子數量的變化圖，由圖中可看到太陽黑子的數量變化有大約 11 年的週期。(圖片來源：<http://solarscience.msfc.nasa.gov>)



(二) 不同的人格特質影響研究上所得到的支持：

卡林頓曾有段時間十分希望能接任劍橋天文台台長，好實現他許多在天文觀測上的理想，但是「上不了檯面的政治手腕、個人恩怨和他沒耐心的激烈個性聯合起來毀掉他。」最後一直當不成台長，甚至沮喪到賣掉原本自己的天文台，最後因為他離奇的婚姻狀態（編按：與妻子聚少離多，甚至發生妻子外遇與情殺事件），導致他悲劇的結束一生。

相對的，另一位前面提到的天文學家蒙德，認識他的人都稱他「態度溫和、語調輕柔」、「有慈善的心靈和可親的個性，比外在的表現更深刻」。因為他深信人生而平等，因此他還撰寫科普著作，希望可以介紹天文學給更多的人認識，並常公開演說推廣天文學。蒙德於 1875 年受邀成為皇家天文學會會員後，就一直為女性爭取加入會員的權利。當時女性只有在得到特別邀請時，才可以參加學會的會議，但是他們卻無法成為真正的會員。1890 年，在其他人的鼓勵下，蒙德創立英國天文協會 (British Astronomical Association, BAA)，所有人都可以參加這個協會，不論男女，也不論只是偶爾觀測天象的人，還是忠誠的擁護者。

(三) 不同的人生際遇影響其後的研究生涯：

本書中也看到許多科學家，都是因為不同的原因開始了他們的科學研究生涯，除了樂透中獎獲得望遠鏡開始進行觀測的史瓦貝外，以蒙德為例，1866 年，14 歲的他，在放學回家的路上，看到傍晚太陽上清晰的太陽黑子，自此激發起他在天文學方面的好奇心。蒙德的家境不好，但信仰虔誠，父親是衛理公會牧師。雖然從來都沒有受到正規的天文學教育（蒙德於 1871 年

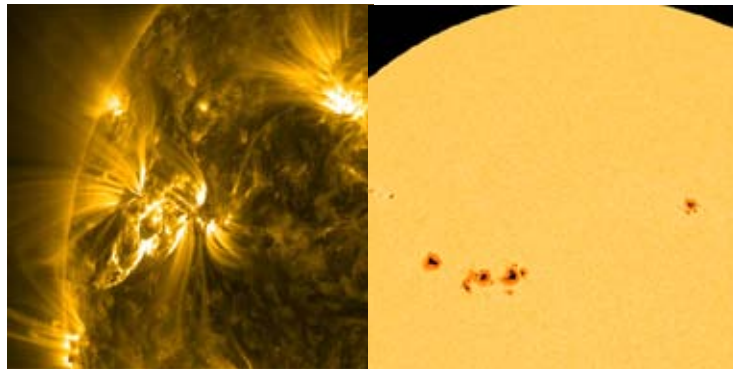


圖 5：圖左為 2013 年 1 月 9 日至 15 日 SDO 以紫外線波段所觀測到的一群強大的黑子群（編號 AR1654），可看到一對太陽黑子間的交互作用，包括活躍與扭曲的磁場，及許多不斷噴發的太陽閃焰。而圖右所看到的太陽黑子，即為圖左中的太陽黑子區域。（資料來源：<http://sdo.gsfc.nasa.gov/gallery/main.php?v=item&id=179>）

進入倫敦國王學院，主修化學、數學與自然哲學，該校提供高等教育機會給無法進入牛津和劍橋大學的學生就讀，但他並未順利畢業，但在 1872 年底，蒙德看到皇家天文台徵求助理的公告後，原本在銀行工作的他即被吸引而前往應考。

又例如發現太陽光譜上吸收譜線並且將其進行編號的德國物理學家夫朗和斐 (Joseph Fraunhofer)，他自小父母雙亡，在玻璃工作坊當工人時，發生工作坊倒塌事件，他在被活埋許久後獲救，碰巧被當時的選帝侯<sup>1</sup> 約瑟夫四世發現他有一種特別的氣質。約瑟夫四世除了送書給他，並要求雇主要留時間給他讀書，但是夫朗和斐最後卻在 39 歲時就因病過世。

接續夫朗和斐研究的是物理學家克希何夫 (Gustav Robert Kirchhoff)，他早年出了意外，造成身體殘障，但是他仍在陰暗的實驗室裡心無旁騖地使用精密的設備，以最精確的方式將光線導入儀器中，在與化學家本生 (Robert Wilhelm Bunsen) 的合作中，進一步發現光譜的重要發現（後稱「克希何夫三大定律」）。這個對於光譜的重要發現，深深影響與震撼了天文界，並且對於太陽與其他天體的成分與其上各項特性的研究造成極大的革命。

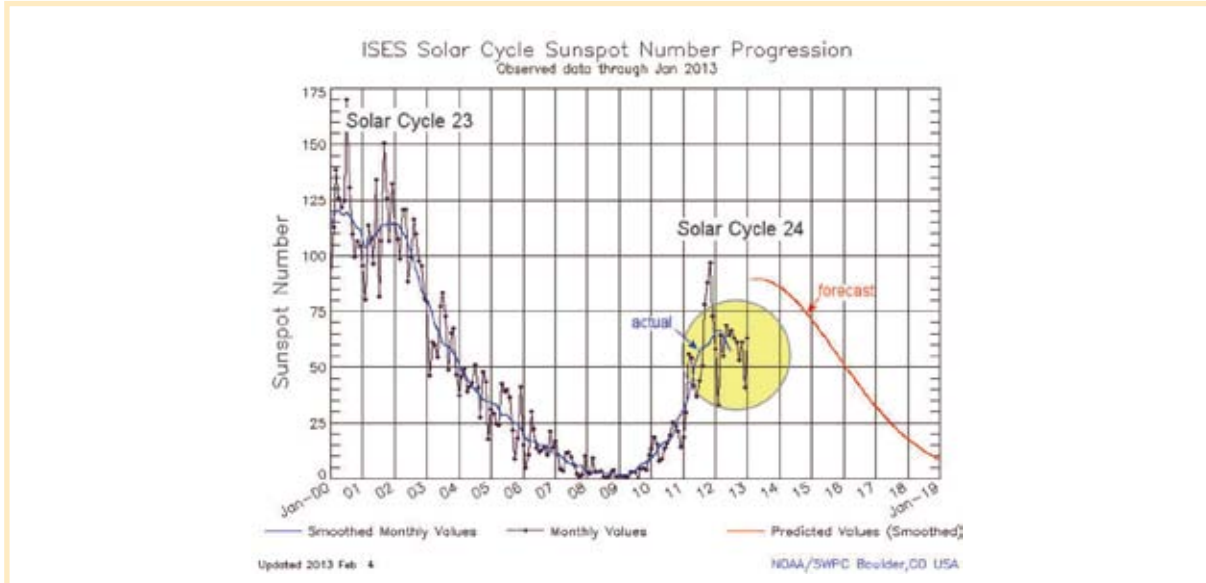


圖 6：本圖為 21 世紀以來的太陽黑子數量變化圖。圖中橫軸代表年分，縱軸代表太陽黑子數目，紅色曲線為科學家所預測未來可能的太陽黑子數量變化圖。從圖中可看出今 (2013) 年的太陽黑子數量雖為近年來的高峰，但卻遠低於上一次的太陽週期的極大期黑子數目。(資料來源：美國大氣與海洋署太空天氣預測中心 Space Weather Prediction Center)

## 2013 年可否再造太陽黑子數量的「雙」峰？

直至今日，科學家們對於太陽的觀測從未停止過。在《太陽風暴》一書問世時，SOHO 衛星 (Solar and Heliospheric Observatory) 還是最重要的太陽活動的監測者，但是現在設備更加新穎的「太陽動力學天文台衛星」(SDO, Solar Dynamics Observatory) 已於 2010 年升空，以前所未有的精緻動態影像，捕捉太陽上的風吹草動 (圖 5)。

《太陽風暴》一書的篇章止於描寫上次的太陽黑子極大期，也就是大約在 2003 年，到了今 (2013) 年又是天文學家所預測的另一次極大期。雖然太陽黑子在這一兩年數目的確逐漸增加，但是情況似乎與上次的極大期很不一樣。首先直到今年 2 月為止，太陽黑子數量似乎遠不如上一次的太陽黑子極大期的數目 (圖 6)，甚至有科學家們預測，2013 年的太陽黑子高峰期可能會出現「雙峰」現象，也就是會有兩個

比較弱的最大期。至於是否真是如此，答案很快就要揭曉。

正如書中所說「沒有人知道甚麼時候科學家才能累積足夠的證據，提供深入的解讀，也沒有人知道甚麼時候科技才會發展成熟，提供最終的定論」。即便尚未得到最終的定論，但是科學家們在大膽的假設後，是投入了畢生的心血去小心的求證，而人們與其相信不負責任、穿鑿附會的末日謠言，不如好好聽聽科學家們謙卑的追尋與嚴謹的推論結果，並且為他們的努力給予應有的掌聲與支持。

註 1：選帝侯，德國歷史上的專有名詞，意指德意志民族神聖羅馬帝國諸侯中有權選舉德意志皇帝的諸侯。

## 延伸閱讀：

《太陽風暴》，史都華·克拉克 (Stuart Clark) 著，2009 年，博雅書屋出版社。

金若蘭 北一女中地球科學教師