

## 科學哲學的增智模式 ——以極光的解謎為例

林崇安  
中央大學太空所

### 一、前言

●總綱：科學哲學是以「科學方法」對各種「存在」追根究底，以增加智慧、減除疑惑的一門學問。此中針對「極光」的存在問題追根究底，出現了太空物理中的「極光物理學」，這是探究物質世界的一個實例。

### 二、應用型的增智模式

自然界裡有形形色色的現象吸引著人們的注意，為了滿足好奇心，為了滅除心中的疑惑，人們自動地去探索這些現象，想揭開它們的神秘面紗。在探索的過程中，離不開科學與哲學的交織運作。以下以科學哲學的「增智模式」來說明人們對「極光」現象的理解過程，此中先由觀測和猜測，累積資料與線索，最後豁然貫通，理解到極光這一現象只是太陽擾動下，因果系列中的一項結果而已。

#### 【前科學 1】

〔觀測〕→〔找出可能的理論〕→〔檢驗〕

〔背景〕極光是在極區（約緯度70-80左右）上空以肉眼就能觀測到的一種自然現象，有時如同彩帶或簾布在夜空擺動著。另一方面，早期也有人觀測極區地面的地球磁場，發現常有微小的磁場擾動。

早期有人猜測極光是由極區的冰雪將陽光反射到大氣所形成。

1719年，哈雷（Halley）猜測極光是由地球的磁性粒子沿著磁力線所形成。

1731年，狄麥冉（de Mairan）猜測極光是由太陽的氣體射到地球大氣所

形成，並猜測北極和南極都有極光。

1928年，胡柏特（Hulburt）猜測極光是由太陽紫外線照射地球大氣的粒子產生正負離子後，沿著磁力線到極區上空所形成。

◎以為造成極光的高速電子是直接由太陽表面打出來的。

有人質疑（推理）：能夠產生明亮極光的高速電子濃度一定很高，怎麼可能一路由太陽表面跑出來，而不散掉呢？（電子們都帶負電，彼此應相斥！）

(1) 問：為何極光只發生在極區？為何極光只發生在高空中？

(2) 問：極光的產因為何？為何極光下的地面磁場有微小的擾動？

(3) 問：極光為什麼有不同的顏色？

(4) 問：產生極光的入射粒子是哪裡來的？

(5) 問：分立狀極光為什麼會盤旋飛舞呢？

〔以上的問題必須整體考量，同時以一理論解決（簡單性的原則）〕

### 【科學 1】

〔通過檢驗後，歸入合乎科學的檔案、實例〕

此階段存有論和認識論的追根究底：

◎科學觀察：

以感官或儀器，有計畫地考察對象。

1 極光存在的地方：位在北極的極光稱為「北極光」，位在南極的稱為「南極光」。

2 極光的種類：可分為不連續的「分立狀極光」以及連續一片的「擴散狀極光」。「分立狀極光」呈現許多極光弧，如同彩帶或簾布在極區的夜空擺動。「擴散狀極光」：光度暗淡且均勻的分布在中高緯度的夜空中。

◎建立理論：

譬喻：極光的產生與霓虹燈管的發光原理相似。霓虹燈管內，藉著兩極的電位差將電子加速，然後將管內稀薄的氣體撞擊而發光。【利用譬喻、類比來解釋現象，是屬於認識論的一個方法，以易釋難！】

◎極光入射粒子的來源：

當吹到地球的太陽風（由太陽吹出的電漿＝電子＋離子）的速度突然增加，或是所攜帶的太陽磁場變成朝南的方向，都可引發地球上

強烈的磁場擾動：使得原來位在日間高空磁層頂區或夜間磁層區的高濃度電子與離子，一起沿磁力線進入極區上空。

#### ○極光的產因：

一起來到極區上空的電子與離子最後會在沿著磁力線的方向產生電位差，並將電子加速下射到大氣層，大氣中的原子、分子或離子受到碰撞而發出不同的光（如，氧原子從激態回到基態便發出 557.7 奈米的光，此即最常見的白綠色彩帶般的極光）。

#### ○極光發生在極區：

由於地球極區（高緯度）的磁場向上延伸就是太陽風與地球磁場的主要作用區。

#### ○極光發生在高空中：

由於沿著地球磁場向下射到大氣層的電子，所遇到的大氣氣體的密度越來越高，於是在很短的距離就與很多的氣體分子相撞而跑不動，因而停在地表上方約八十公里的空中。

#### ○極光下的地面磁場有微小的擾動：

由於高空有電流的產生，地面同時就測到磁場的擾動。

#### ○極光有不同的顏色：

極光光譜由紫外線到紅外線。在可見光範圍的極光顏色，可由打入之電子能量及大氣的成分而得知。

- (a) 在較弱的磁場擾動時：打入之電子能量不太高，可將大氣層氧原子撞成激態氧原子。此激態氧原子回到基礎態氧原子便發出白綠色的光，波長557.7 奈米，此即最常見的白綠色彩帶般的極光。
- (b) 在一般強度的磁場擾動時：打入大氣層的電子能量略高，可將較下層氮分子撞成不穩定的氮分子離子。當此激態離子回到基礎態便放出青藍色的光，波長427.8 奈米。此時的極光如青龍般在極區夜空盤旋飛舞。
- (c) 在超強的磁場擾動時：打入的電子能量非常高，電子得以深入低層大氣層，將下層之氧分子打成兩種激態的氧原子，其中一種是O(1D)可放出紅光630 奈米；另一種激態的氧原子是O(1S)，可放出綠光。此時的極光是紅色或紅綠相間的極光。
- (d) 太空梭由上往下所拍攝的極光，多呈淺紅色，這是氮所發的紅光。

#### ○分立狀極光會盤旋飛舞：

由於極光兩側的電場反向，與地球磁場作用後，兩側游離的氣體也會反向運動而形成渦流，導致分立狀極光會盤旋飛舞。檢驗此理論是否正確：由地面的磁場變化，所推算出高空中極光兩側的電場方向，確實符合理論。

◎小結：

極光是由來自上空的高速電子，順著地球磁場落下，撞擊大氣層中的原子、分子或離子，使成激態，而後跳回較低的能階，放出一定波長的光所成。所放出的光之顏色與高度，決定於大氣氣體的成分、濃度以及入射電子的能量大小等因素。經過長期的研究，人們終於知道極光與地球地面的磁場擾動是相關的一自然現象。太陽風的擾動是因。極光與地球地面的磁場擾動等現象是果。

◎略評：

以上是以「應用型」的增智模式來解題，猜出適當的原理和初始條件，而後透過推理以解決謎題，此屬於「偵探類」。

○此階段存有論的看法：極光的性質、類別、產因等都有科學的明確性而不再有神秘的色彩。

○此階段認識論的方法：探索極光是一整合型的研究，因為自然界的現象都是息息相關的，因而有如下學科的整合：

A 與極光相關的基礎知識：電磁學、流體力學、電漿物理學、光學、化學、原子物理學、光譜學…。

B 與極光相關的學科：大氣物理學（含大氣光化學、大氣光譜學）、電離層物理學、太空物理學、太陽物理學、地磁學…。

【後科學 1】

再提出哲學問題，給出「前科學」的解答。→…

問：產生極光的高能電子是如何被加速的？

答：造成高速電子的成因可能不只一種，以下只提出一種做說明：磁暴展開後，原來位在日間高空磁層頂區或夜間磁層區的高濃度電子與離子，沿磁場線一塊兒進入極區上空，由於磁力線幅合的效應，使這些帶電粒子繞著強磁場迴旋，由於離子比較重，迴旋半徑比較大，因此佔據比較寬廣的空間，而質量較輕的電子則仍集中於所在的磁力線附近迴旋。由於兩者在空間上分布的不一致，出現電荷分

離現象。於是離子與電子之間產生了垂直磁場的電場。這些垂直磁場的電場在接近電離層時，會在沿磁場線方向產生一個電場（上負下正的電位差）。電子就被這一電位差的所加速，因而高速地打入大氣層。

○地磁副暴是一種強烈的磁場擾動。當磁副暴發生時，磁尾的磁場發生變形，會將地磁磁層夜間部位電漿片中的熱電漿擠出來，灌入大氣層，到達大氣層上空時，也會造成「場向電場」，並加速電子，造成極光。

○地磁磁層日側磁層頂發生「磁場線重聯」時，磁層頂電漿片會產生熱電漿，當它們流到達大氣層上空時，會形成日側極光。

### 三、結語

以上是以「應用型」的增智模式來解「極光」這一謎題，採用已有的原理配合適當的初始條件，以推理來偵探，所以和「躍升型」的增智模式有所不同。經過長期的研究，人們終於知道極光與地球地面的磁場擾動是相關的一個自然現象。任何生滅變化的現象，形成一因果系列，有主體因果與外緣因果。極光的主體因果，是指主角「光」本身的生滅變化系列：高空大氣的原子或分子受電子的撞擊而有不同頻率的光生起，這些光接著被原子或分子吸收而消失。極光的外緣因果中，因是太陽風的擾動…，果是極光的呈現。自然界的現象是息息相關的，極光便是一個整合型的研究，因而對極光追根究底的整個過程中，離不開多門學科的結合以及哲學存有論和認識論的反覆運作。

---

附錄：【後科學 1＝前科學 2 的例子】

### 從地球物理學角度來研究胎兒性別預測

科學家們把太陽磁暴比喻為太陽打噴嚏。太陽的活動對地球至關重要，因而太陽一打噴嚏，地球往往會發「高燒」。

說明：太陽磁暴是太陽因能量增加向空間釋放出的大量帶電粒子流形成的高速粒子流。由於太陽風暴中的氣團主要是帶電電漿，並以每秒鐘 400 公里到 800 公里的速度闖入太空，因此它會對地球的空間環境產生巨大的衝擊。太陽磁暴發生時，包括電力系統、衛星和無線電通訊系統在內的諸多設施將受到嚴重影響，甚至破壞臭氧層。

科學家們早已經知道太陽的活躍程度會對生物圈有所影響，但是它究竟是通過什麼辦法來調節生物過程，到現在也沒人能說清楚。

古希臘人認為，未來孩子的性別直接同氣候有關：熱天容易懷男孩，冷天容易懷女孩。

俄羅斯聯邦衛生部聖彼德堡 X 光放射學中央研究所的科研人員排除各種演算法和說法，決定從醫學、生物學和地球物理學的角度來研究這個問題，一開始抱定研究「小劑量輻射」對人體所產生的生物效應，而磁場正是通過少量放射性輻射對人和動物的機體施加有害影響。最新的研究結果顯示中風和血壓都和地磁場的強度增大有關。通過對老鼠的試驗可以明顯看出，地磁擾動所產生的不可避免的放射化學物質會破壞動物的免疫力，並常常奪去性命。那麼人的生殖細胞在這些過程中又會怎樣呢？

為了回答這個問題，科學家對聖彼德堡市和列寧格勒州的 600 名居民進行調查。為了取得無懈可擊的結果，必須得考慮兩個主要因素：

(01) 所調查對象的出生日及其性別。

(02) 地磁活動指數也相當重要，否則無法開展調查。有關自 1914 年來對地球磁場觀察得出的結果由電磁學、電離層和無線電波傳播研究所所提供。

(03) 剩下來的只須將那些地磁觀測指數和已掌握在科學家手裏的那些人的資料，攏到一起就行了。

(04) 問題是很難精確地判斷出孩子受孕時間。這可能是為了探求真理所碰到的最棘手的問題。研究人員將某個人的出生日往前減去 280 天，算是胎兒的受孕時間。

(05) 之後再根據工具書查出 1914-1979 年間不同人受孕日的地磁場情況。研究人員只注意地磁的總強度，忽略一般振盪狀態和自身擾動之間的區別。

(06) 結果科學家們意外發現，受孕時刻地磁擾動情況和未來孩子性別的形成有著某種聯繫，調查結果表明：

- a 在地磁場強度下降的情況下，男孩的出生率要高於女孩出生率。這就是說，在地磁活動減弱的日子裏受孕；9 個月後，生男孩與生女孩的比例是 16:10。
- b 當地磁場波動的曲線圖達到最高極限時，生女孩與生男孩的比例是 15:10。

問：究竟地磁場是怎樣影響生殖細胞？

- (1) 聖彼德堡科學家們的方法可以視為在這個領域勇敢邁出的第一步。當他們取得這些結果後，開始試圖對這種性別形成和地磁活動狀況的關係作出解釋。
- (2) 很多研究人員都認為，正是有了地磁場，地球上才有了生命。這個磁場遮罩著整個地球表面，阻隔了以大量存在於環繞太陽空間的有害輻射。由於地磁場和太陽電漿流的相互作用，地球周圍形成一個被稱之為磁層的空間，而在它的底方出現氣體離子化的電離層。這兩個外殼層便是發生近地電磁過程的介質。人類就是生活在這個磁層和電離層的內部，所以他們的進化發展與電磁的擾動不無關係。
- (3) 實際上，一個人性別的形成絕不只是 X 和 Y 染色體的偶然組合，而是機體為了作為生物體的一個人生存和順利發展的複雜過程。地磁擾動起外界因素的作用，能對機體造成一種負面影響，使細胞受損處驟增。機體同樣啟動自己的防護機制，比如說，受孕過程一般偏向於出女性胚胎。之所以會出現這種平衡差度，是因為男性和女性在人類進化過程中被賦予的使命有所不同：女性求穩，男性則求變，經常想有所創新。這就意味著，每當外部條件不是那麼好，像地磁場擾動水平上揚，生殖細胞便提供了生女的先決條件；反之，如果擾動水平下降，也就是說在較好的條件下，生男的幾率就增加。
- (4) 這些先決條件出現的機理目前尚不清楚。不過科學家們推測，它跟血液細胞中的自由基質點數量有關。研究結果表明，健康人的自由基質點數量同磁場狀態有關，地磁擾動期數量減少，也許就是因為這種血液成分的改變決定了生男生女？
- (5) 生物學家們還發現了一個很有意思的事實。冬天不是一般的難熬，

而簡直是遭罪，比如溫度驟然下降，雪代替了雨，大氣壓急劇變化，每個生物體都會啟動它的保護機制。人類正是想方設法來生育賴以保持其數量的女性。現在就明白了，為什麼近 50 年來女性多於男性的緣故。正是在這個時期，太陽活動明顯加強，地球上空出現磁暴的次數也明顯增多。

(6) 但要得出放之四海而皆準的真理，還得做大量嚴肅的實驗工作。