

新聞稿

即時發放

## 港大天體物理研究揭示垂死恆星 130 年演化奇觀

2025 年 8 月 20 日



圖 1. IC418，別名「螺旋圖星雲」，來自哈勃太空望遠鏡的創用 CC 圖像  
圖片來源：NASA（改編自原始哈勃太空望遠鏡圖像）

科學家首次成功捕捉著名的「螺旋圖」行星狀星雲 IC418 歷時 130 年的非爆炸性演化歷程——幾乎是人類平均壽命的兩倍。這項成果由英國曼徹斯特大學天體物理學教授艾伯特·齊爾斯特拉（Professor Albert ZIJLSTRA）以及香港大學（港大）太空研究實驗室主任柏坤靈教授（Professor Quentin PARKER）共同發表，並已刊登於國際權威期刊《天體物理學快報》（*Astrophysical Journal Letters*）。

這一發現不僅刷新了在行星狀星雲（Planetary Nebula, PN）中觀測恆星演化的時間紀錄，甚至可能是迄今在所有恆星中所觀測到的最長演化過程，其變化幅度亦十分顯著。

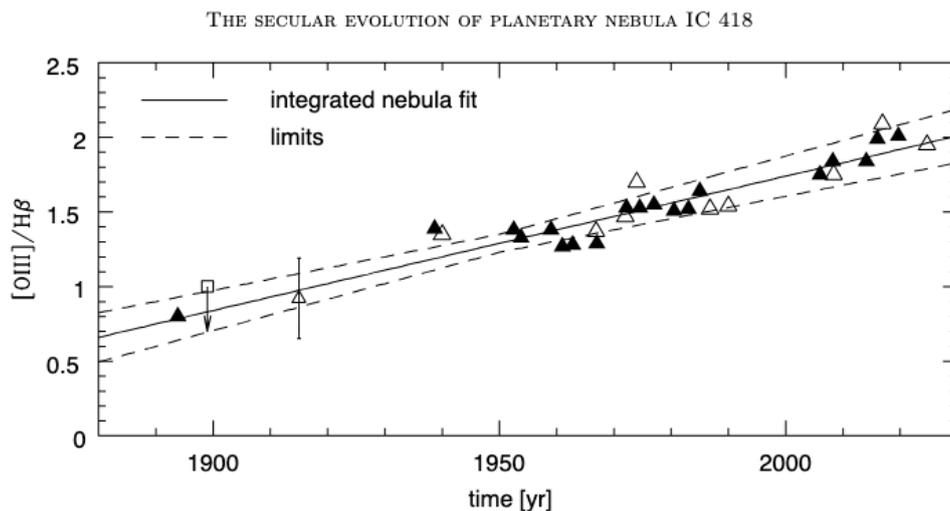
此研究對恆星演化理論具有深遠影響。現有模型可能需要修訂，以解釋這種更緩慢的恆星演化速度；同時，碳星\*形成所需的質量下限亦可能需要調整，因為 IC418 是由一顆質量較大的碳星演化而來，這一點與現行理論預測有所出入。

### 拼湊超過一個世紀的觀測資料

IC418 是最早被發現的行星狀星雲之一，同時也是最明亮、最美麗且易於研究的星雲之一。行星狀星雲是垂死恆星所拋出的發光外殼，由恆星在死亡前劇烈掙扎時噴出的氣體組成，並受到殘留恆星核心的激發與電離。這一核心會在此過程中逐漸升溫，最終演化成白矮星。白矮星的直徑通常與地球相當，但質量約為太陽的 0.6 倍，因而呈現高溫且極為緻密的特性。由於核心收縮與升溫導致的電離作用，使得拋出外殼中的氫、氧、氮和硫等元素，同時在光譜中產生狹窄的發射線。

因此，IC418 也是最早進行光譜觀測的星雲之一。早在 1893 年，天文學家便已開始觀測其光譜，當時甚至尚未流行運用攝影底片記錄觀察結果，而許多發射線背後元素也尚未被辨識。例如，所謂的「星雲素」（Nebulium）發射線，直到 1927 年才被確認為雙電離氧的產物。自被發現以來，IC418 便持續受到觀測，數十年如一日。即使觀測光譜的技術多次革新，從人工目視測量，進展到攝影底片、數碼相機，直至今日常用的固態 CCD 探測器，對這一星雲的觀測從未間斷。

研究團隊仔細整理了過去 130 年來對 IC418 的公開光譜觀測資料，揭示了其藍光區域的關鍵發射線呈現引人注目的演化。具體而言，氫（H-beta）與雙電離氧（[OIII]）發射線的比率在過去 130 年中發生了顯著變化，顯示星雲正在持續演化，且這一過程是可被量度的。這是在行星狀星雲，甚至可能是任何恆星中所觀測到最明顯、歷時最長、演化速度最快的變化紀錄。



5

**圖 2.** 簡易圖表顯示 IC418 中 [OIII] 與氫  $H\beta$  發射線比率在 130 年時間跨度內的變化。基於涵蓋整個行星狀星雲的 IC418 發射測量數據中最可靠的部分以實心三角形標示。空心三角形表示可靠性較低的測量數據，通常來自未涵蓋整個星雲的寬縫或孔徑。空心方形表示極限值。圖中顯示了最佳擬合線及極限值，排除來自窄縫的數據。（圖像改編自相關期刊論文）

## 克服追蹤 IC418 快速演化的挑戰

對於涵蓋長度 130 年的不同光譜測量數據，研究團隊必須進行嚴謹的篩選、評估和測試，以獲得盡可能一致的發射線比率值，這本身已是一項極具挑戰性的工作，而嘗試透過恆星演化模型去理解這些現象，更是一大難題。這項研究的一個關鍵成果，是成功精確推算出恆星的加熱速率，並據此準確估算殘留核心的質量，並通過現有的初始質量與最終質量推算出原始恆星的質量。

共同作者之一、港大太空研究實驗室主任柏坤靈教授表示：「我們相信這項研究意義重大，因為它提供了行星狀星雲（PN）中央恆星演化的獨特且直接的觀測證據。這將促使我們重新思考現有恆星生命週期模型。這是一項強而有力的合作，我們花了大量時間收集、驗證並仔細分析橫跨一個世紀的天文觀測資料，然後將其與恆星演化模型融合。這是一個充滿挑戰的過程，遠遠超過簡單的觀測。我們很感激有機會以這種方式在此領域作出貢獻。」

另一主要作者 Zijlstra 教授指出：「我們常會忽略年代久遠的科學數據，然而在此次研究中，這些塵封的觀測資料卻揭示了典型恆星迄今為止直接觀測到的最快演化速度。這些來自過去的數據提醒我們，天穹並非如我們所想的恆久不變。」

如需更多詳情，請參閱期刊論文：<https://doi.org/10.3847/2041-8213/adf62b>

如有媒體查詢，請聯繫香港大學理學院（電話：852-3917 4948 / 3917 5286；電郵：caseyto@hku.hk / cindycst@hku.hk）。

圖片下載及說明：<https://www.scifac.hku.hk/press>

## 補充資料

### \*關於碳星

碳星是一種明亮、較低溫的紅巨星，其大氣中的碳含量高於氧含量。大多數恆星，包括我們的太陽，屬於氧富星。碳的豐富含量促進了恆星大氣中碳化合物的形成，使其呈現出寶石般的紅色。資料來源：NASA。

### IC418 相關資訊

#### 天體資訊

赤經位置：05 時 27 分 28.2 秒

赤緯位置：-12°41'50.25"

星座：天兔座

距離：約 2000 光年

尺寸：星雲直徑約 0.2 光年或 13,000 天文單位（18 角秒）

#### 數據描述

主要天文學家：R. Sahai 和 J. Trauger（噴氣推進實驗室）、A. Hajian（美國海軍天文台）、Y. Terzian（康奈爾大學）、B. Balick（華盛頓大學）、H. Bond 和 N. Panagia（太空望遠鏡科學研究所）

儀器：哈勃太空望遠鏡 WFPC2

曝光日期：1999 年 2 月及 1999 年 9 月，曝光時間：35 分鐘

濾鏡：F502N [O III]、F656N ( $H\alpha$ )、F658N [N II]