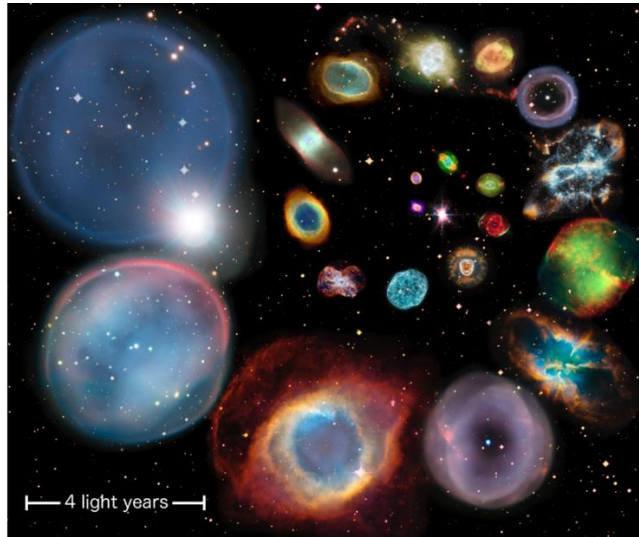


新聞稿

即時發放

2024年2月7日

## 港大天體物理學家破解了行星狀星雲的「疏失」之謎



由研究團隊製作的一張標誌性拼貼圖像，展示了22個獨立知名行星狀星雲，並按照近似物理大小以順序排列成螺旋形圖案。最大的行星狀星雲的表面亮度比最小的暗淡約十萬倍，並且可以達到3秒差距(3 parsecs)的寬度(1秒差距等於約3.26光年)。圖片來源：ESA/Hubble和NASA、ESO、NOAO/AURA/NSF(詳情請參看附錄一)。

行星狀星雲(Planetary Nebulae、PNe)中硫元素(Sulphur)的含量低於預期，一直是困擾了天體物理學界二十年的難題。近日，香港大學(港大)太空研究實驗室(The Laboratory for Space Research、LSR)的兩位天體物理學家終利用高精度和可靠的數據，揭示了硫元素「失蹤」的秘密。此發現已在《天體物理學期刊快報(Astrophysical Journal Letters)》上發表。

### 研究背景

行星狀星雲(PNe)是由垂死恆星所噴射出來的氣體包圍層，其短暫發光的過程呈現色彩繽紛的形狀，長期以來深受學術及業餘天文學家的關注。相較於它們的宿主恆星，PNe的壽命只有幾萬年，而宿主恆星卻須經歷數十億年方可步入PN階段，演化成最終的「白矮星」。因此，PNe為恆星的衰落階段提供了「即時快拍」；而由於PNe含有豐富的發射線光譜，天文學家可透過分析它們所發出的特定光線來研究PNe的化學組成，並以此作為研究恆星晚期演化的重要指標之一。

### 神秘的硫異常現象

過去的研究表明，PNe的光譜中明顯缺乏了硫元素，這一直令學界大惑不解，原因是硫被稱為「 $\alpha$ 元素」，理論上在大質量的恆星中應與氧(Oxygen, O)、氖(Neon, Ne)、氬(Argon, Ar)和氯(Chlorine, Cl)等更重的元素同步產生，因此，它的宇宙豐度也應該與其他元素成正比。

但令人奇怪的是，雖然在H II區域（氫電離區域）和藍緊湊星系中觀察所得的硫和氧含量呈現出很明顯的相關性（見圖二），但低到中等質量恆星的PNe卻一直呈現出較低的硫水平——這種「硫異常」現象令天文學界困擾了二十年之久。

### 港大團隊致力破解「硫失謎團」

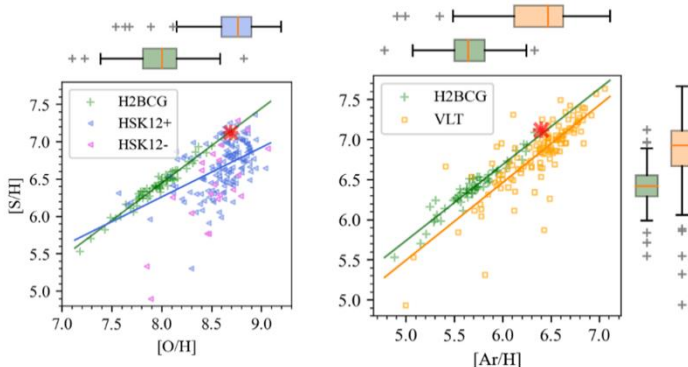
港大太空研究實驗室研究助理及物理學系碩士畢業生譚舒宇女士（第一作者）和她的導師、太空研究實驗室總監柏坤霆教授（Professor Quentin Parker、第二作者），利用了一組前所未有、訊噪比（signal-to-noise ratio, S/N）極高的光譜數據，對大約130個位於銀河中心的PNe進行了研究。這組數據的雜質極小，讓團隊可對光譜特徵進行清晰而詳細的檢查，有效地解開了此謎團。

團隊利用位於智利、屬於歐洲南方天文台（European Southern Observatory、ESO）的8米大型望遠鏡進行了觀測。結果發現，硫元素在PNe光譜中的發射線數據質量較差，這導致使用氧作為金屬豐度比較的方法不太準確。相反，氫與氧之間的相關性較強，被認為是更可靠的金屬豐度指標。

經過團隊篩選的高訊噪比數據首次揭示了PNe中硫元素與其他元素同步的證據，因而否定了先前學界的觀點，即行星狀星雲中的硫異常是由低估了高硫離子化階段或弱硫發射線通量所導致的。這一發現凸顯了高質量數據在解開科學謎團中的重要性。

參看研究論文：<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad1ed9/pdf>

附錄一：圖像靈感來自第二作者和Ivan Bojičić，並由David Frew和作者的協助下由Ivan Bojičić創建。圖中行星狀星雲的名稱從左上角開始按照螺旋形排列依次為：Abell 33、K 1-22、NGC 7293、IC 5148/50、NGC 2818、NGC 6853、NGC 5189、IC 4406、Shapley 1、IC 289、Fleming 1、NGC 3132、IC 4406、NGC 6720、NGC 2440、NGC 1501、NGC 2392、NGC 6543、NGC 6826、NGC 7009、IC 418、NGC 7027及HD 44179。



圖二. 破解「硫失」謎團的兩個關鍵圖表。  
縱軸為硫相對於氫的豐度：

左圖 - 硫異常（藍色點為PNe，綠色點為HII區和藍緊湊星系），其中硫相對於氧顯示。與其他 $\alpha$ 元素在PNe中的1:1同步行為相比，PN的測量結果有很大的分散。

右圖：綠色點與左圖相同，但這一次橙色點是來自我們VLT銀河系中心PN樣品的PNe，硫與氫

而不是氧繪制。在這裏，硫首次出現了同步行為，並且有一個平行軌跡和更緊密的關係，其中硫異常幾乎消失了。圖片來源：《天體物理學期刊快報》（*The Astrophysical Journal Letters*），961卷L47（共9頁），2024年2月1日出版。



圖三. 這是由歐洲南方天文台望遠鏡拍攝的行星狀星雲PN NGC 5189的圖像。圖片來源：歐洲南方天文台 (ESO)。

(此新聞稿的內容以英文版本為準。)

傳媒查詢，請聯絡港大理學院外務主任杜之樺女士 (電話：3917 4948；電郵：[caseyto@hku.hk](mailto:caseyto@hku.hk) /  
助理傳訊總監陳詩迪女士 (電話：3917 5286；電子郵件：[cindycst@hku.hk](mailto:cindycst@hku.hk))。

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