

# 看不見，可是依舊存在的行星

依據目前恆星演化理論，天文學家預測太陽在其生命週期終結階段將經歷膨脹，其大小將增加超過目前半徑的200倍，超出地球與太陽軌道半徑，導致地球面臨被太陽吞噬的命運。事實上，許多系外行星系統也會因為它們的母恆星進入演化末期而將面臨與地球相似的命運。儘管如此，在宇宙的浩瀚蒼穹下，總會有一些特例。近期，美國夏威夷大學的天文學家們發現了一顆非凡的行星，這顆行星處於原本應該被其母恆星吞噬的危機之中，然而卻奇蹟地倖存下來。相關研究成果已在《自然》期刊中發表。

該系外行星系統最早於2015年由韓國天文學家首次發現，因此他們將原本位在小熊星座裡（圖1）的8 Ursae Minoris恆星命名為白頭山星（Baekdu），而該系統中的行星8 Ursae Minoris b則取名為漢孛山星（Halla）。漢孛山星是一顆類似木星的氣態行星，與地球的距離約為520光年，漢孛山星繞著白頭山紅巨星運行，兩者距離僅日地距離的一半。韓國團隊也利用普賢山光學天文臺（Bohyunsan Optical Astronomy Observatory，圖2）的觀測，估計該系統週期約為93天。這兩顆星體的命名皆來自朝鮮半島的山，白頭山坐落於北韓和中國的邊界，是長白山山脈中的活火山主峰；漢孛山位於韓國濟州島上，是該國最高的山峰。

最近，由夏威夷大學天文研究所與美國太空總署哈伯學者Marc Hon研究員率領的團隊，對這個行星系統進行了深入的分析研究。他們利用位於夏威夷島上

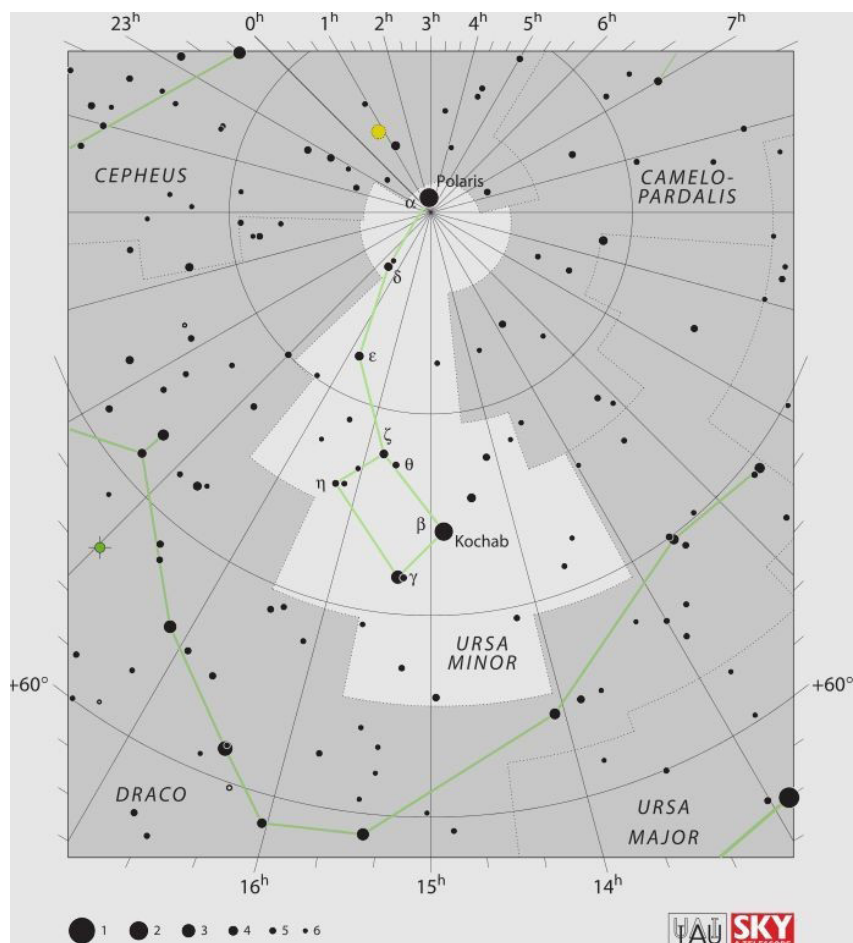


圖1. 小熊座示意圖，白頭山星位在北極二（Kochab/ $\beta$  UMi）附近。圖片來源：IAU和Sky & Telescope雜誌 [https://en.wikipedia.org/wiki/Ursa\\_Minor](https://en.wikipedia.org/wiki/Ursa_Minor)

的凱克望遠鏡（Keck）和加法夏望遠鏡（CFHT），結合約十年前韓國團隊的資料，估算出該系統的週期也約為93天。這一長期穩定的週期特徵表明，該系統有一顆繞軌道運行的伴星，而非恆星表面活動。美國太空總署的凌日系外行星巡天衛星（TESS）在2019年7月至2020年6月以及2021年6月至2022年6月期間，正好觀測了白頭山星，該研究團隊因此利用了總計12個月的觀測資料，分析了該恆星的表面振盪形態，並通過星震學方法確定了其演化狀態。根據恆星演化模型，他們估計白頭山星的質量約為太陽質量的1.5倍，而漢孛山星的質量則為木星質量的

1.65倍。研究結果表明，白頭山星是一顆正在燃燒氦的紅巨星，也就是說其核心的氫已經耗盡。

不過，此分析結果讓科學家們感到困惑，因為當白頭山星的氫燃料耗盡時，理論上會膨脹至漢孛山星目前軌道距離的1.5倍，已經完全覆蓋漢孛山星所在位置。圖3是該研究團隊針對漢孛山星的起源所提出來的解釋示意圖。一般認為，類似漢孛山星這樣的氣態巨行星，通常在形成初期距離其宿主恆星會較現在在遠，然後逐漸遷移到更近的位置。然而，漢孛山星的情況可能並不適用於這種情形。它繞著一顆快速演化的恆星運行，有可能

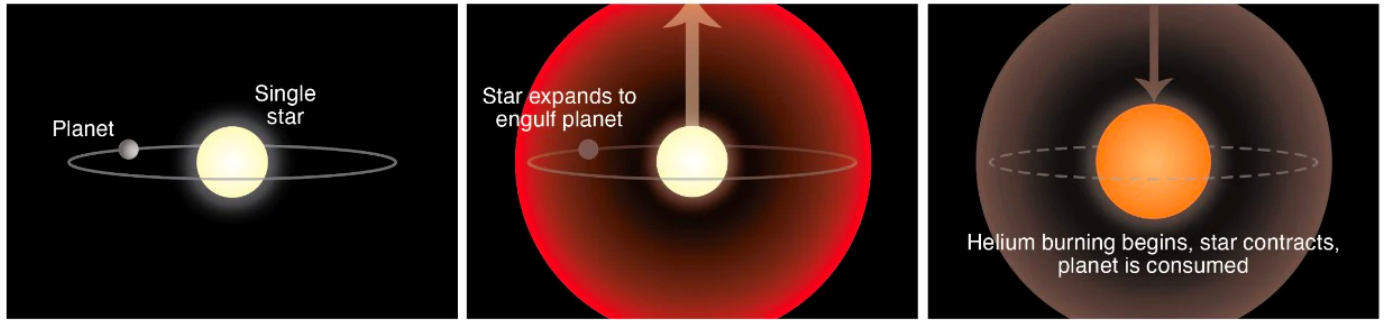
在漢孛山星尚未遷移到現在的軌道位置之前，白頭山星就已經演化完畢，這使得這種解釋不太可能是漢孛山星的起源。

另一種解釋是，漢孛山星從未面臨過被白頭山星吞噬的威脅。這個系統可能類似於《星球大戰》中著名的虛構行星塔圖因，它繞著兩個太陽運行。如果白頭山星最初由兩顆恆星組成，它們的合併可能會阻止其中任何一顆恆星膨脹到足以吞噬漢孛山星的程度，如圖4。在恆星進行從氫燃燒過渡到現在的氦燃燒紅巨星過程中，這兩顆恆星可能會相互交換表面大氣，直到合併為止，都不足以膨脹大到對漢孛山

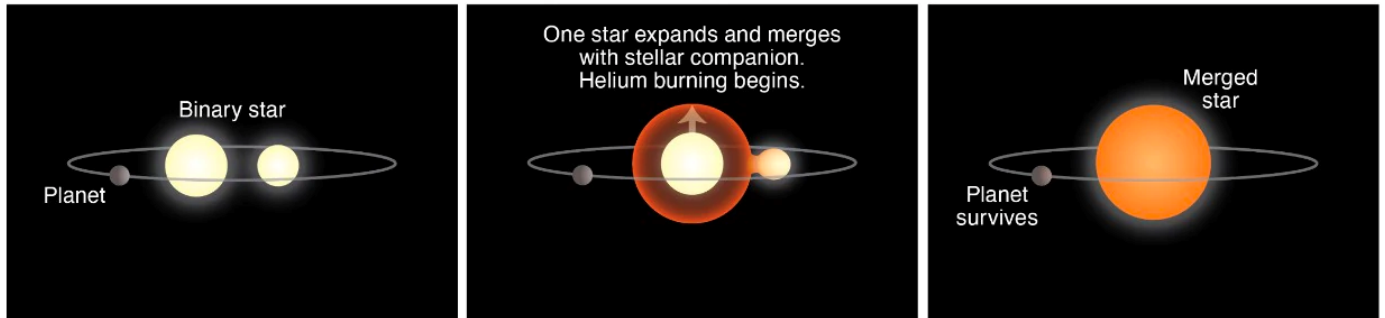


圖2. 普賢山光學天文臺。這是發現漢孛山星圍繞白頭山星運行的地方。圖片來源：KASI/韓國天文研究院

## Normal scenario: Planet consumed



## Scenario 1: Planet escapes engulfment



## Scenario 2: Planet forms from stellar merger

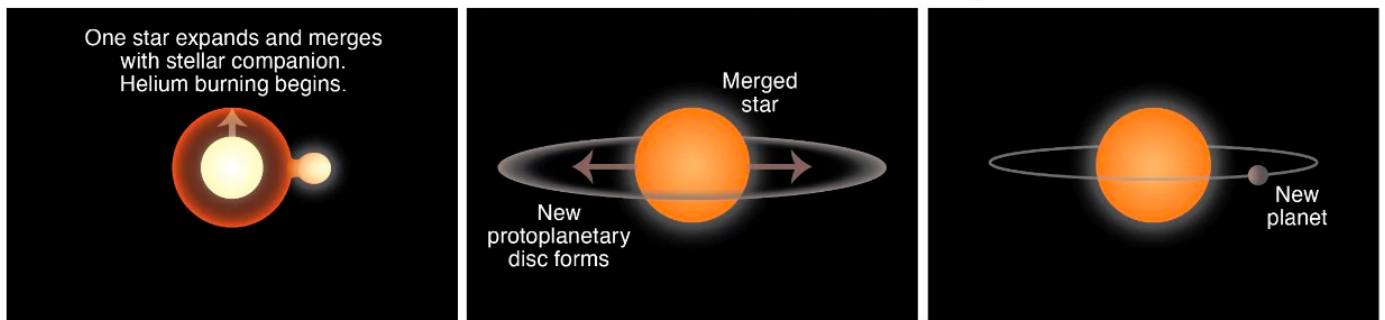


圖3. 三種白頭山星系統的演化模型。

上：如果行星緊密圍繞一顆恆星運行，那麼該恆星的膨脹就會摧毀該行星。中、下：兩顆恆星的合併提供了兩種核心氦燃燒恆星的周圍還有行星生存的情況。圖片來源：Brooks G. Bays, Jr、SOEST/夏威夷大學

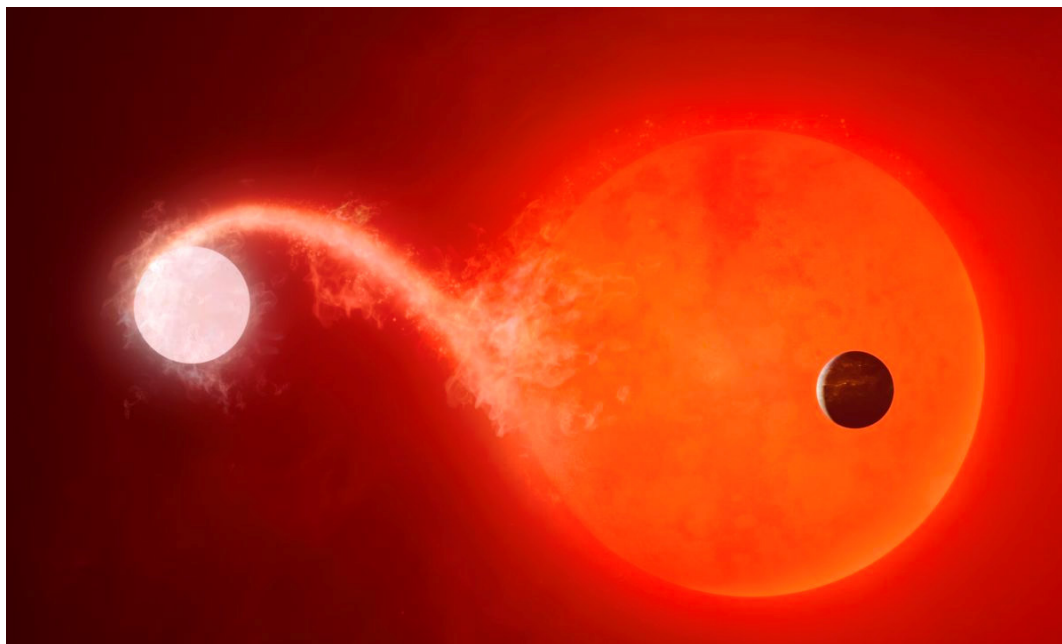


圖4. 白矮星從紅巨星中吸取表面大氣，這一過程拯救了繞其運行的行星。圖片來源：凱克天文臺/Adam Makarenko

星構成威脅。當然，還有另一種可能性，漢孛山星可能是這個恆星系統中的「星二代」，白頭山星原本是一個雙星系統，它們合併時的劇烈碰撞產生了氣體和塵埃，從而孕育出了漢孛山星，如圖5。

無論哪種解釋是正確的，發現一顆在氦燃燒紅巨星附近運行的行星，表明宇宙中系外行星的發現可能仍然讓我們感到驚奇，因為它們出現在恆星周圍最意

想不到的地方。Hon研究員也指出，大多數恆星實際上存在於雙星系統中，然而我們對行星在這種環境中形成與演化的過程尚不完全了解。因此，存活在類似白頭山星這種後主序星時期的系外行星系統也許比我們目前發現的更多也不一定。

林建爭：美國夏威夷大學天文研究所泛星計畫博士後研究員  
王品方校稿：美國夏威夷專案文物修復師

參考資料：

<https://www.nature.com/articles/s41586-023-06029-0>

<https://www.hawaii.edu/news/2023/06/28/death-defying-planet/>

<https://www.cfht.hawaii.edu/en/news/Halla/>

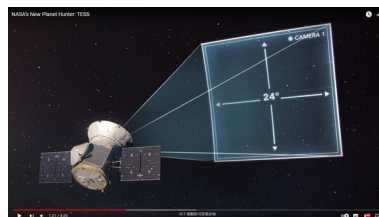


圖5. 兩顆恆星之間的劇烈合併，可能形成了氦燃燒巨星。雙星合併的塵埃與氣體，孕育出了二代行星。圖片來源：凱克天文臺/Adam Makarenko

YouTube相關影片：



Planet Survivor  
[https://www.youtube.com/watch?v=B1RN1-OlaNY&ab\\_channel=FacultyofScience%2CUniversityofSydney](https://www.youtube.com/watch?v=B1RN1-OlaNY&ab_channel=FacultyofScience%2CUniversityofSydney)



NASA's New Planet Hunter: TESS  
[https://www.youtube.com/watch?v=Q4KjvPIbgMI&ab\\_channel=NASAGoddard](https://www.youtube.com/watch?v=Q4KjvPIbgMI&ab_channel=NASAGoddard)



What Is an Exoplanet?  
[https://www.youtube.com/watch?v=0ZOJJe\\_7GrE&ab\\_channel=NASA](https://www.youtube.com/watch?v=0ZOJJe_7GrE&ab_channel=NASA)