

尋找「地球雙胞胎」的史詩式探索之旅¹

以下是系外行星獵人克里斯多福·沃森（Christopher Watson）與安妮莉絲·莫蒂爾（Annelies Mortier）講述尋找可維持生命的「地球雙胞胎」之漫長歷程。

1995年10月6日，在意大利佛羅倫斯舉行的一場科學會議上，兩名瑞士天文學家發表了一項改變人類對太陽系以外宇宙認知的重大發現。瑞士日內瓦大學的米歇爾·馬約爾（Michel Mayor）與其博士生迪迪耶·奎洛茲（Didier Queloz）宣布，他們偵測到繞行恆星的一顆行星，而該恆星並不是太陽。

該顆恆星名為飛馬座51（51 Pegasi），位於飛馬座，距地球約50光年。其伴星「飛馬座51b」的特性顛覆教科書中對行星的既有認知。

這是一顆氣體巨星，質量至少為木星的一半，繞行母星一圈僅需四天多。它與繞行母星的距離僅為地球與太陽距離的二十分之一，遠在水星軌道之內，其大氣層如同熔爐，溫度高達攝氏1,000度（華氏1,830度）。

這項發現所使用的儀器是「艾洛蒂」（Elodie）光譜儀，由法國及瑞士團隊設計，於兩年前安裝在法國南部的上普羅旺斯天文台。「艾洛蒂」能將星光分解成不同顏色的光譜，呈現出一道道細緻的暗線，如同「恆星條碼」，可揭示恆星的化學成分。

馬約爾與奎洛茲觀察到，飛馬座51的光譜條碼每4.23天規律地前後移動，這是恆星受到一顆未被直接觀測到的伴星引力牽引而產生擺動的明確訊號。

在排除其他可能性後，兩名天文學家最終確認，光譜變化是由一顆氣體巨星在距離繞行類太陽恆星所造成。

他們的研究刊登於《自然》期刊，封面標題為：「飛馬座有行星？」

這項發現令科學界感到困惑，《自然》封面上的問號也反映出初期的懷疑態度。

這是一顆被認為存在的巨型行星，緊鄰其母星，但在如此炙熱的環境中，當時並無已知的形成機制可解釋這樣的天體如何誕生。

儘管其他研究團隊在數週內確認該訊號，但對其成因的疑慮持續近三年，最終才被排除。

飛馬座51b不僅成為首顆被發現繞行類太陽恆星的系外行星，也代表一種全新類型的行星。此後，「熱木星」（Hot Jupiter）一詞便用來形容這類行星。

這項發現如同打開了一扇門，隨之而來的是大量新發現。過去30年間，科學家已編錄超過6,000顆系外行星及候選天體。

這些行星的多樣性令人驚嘆：不僅有熱木星，還有軌道週期不到一天的「超熱木星」；如《星球大戰》中塔圖因般繞行雙星的世界；體積大於木星但質量極低的「超蓬鬆」氣體巨星；以及一連串緊密在軌道排列的小型岩石行星。

飛馬座51b的發現引發了一場革命，並於2019年為馬約爾與奎洛茲贏得諾貝爾獎。

如今，科學家已能推論大多數恆星皆擁有行星系統——然而，在數千顆已知系外行星中，尚未發現一個與太陽系相似的行星系統。

尋找「地球雙胞胎」——一顆在大小、質量與溫度上皆類似地球的行星——仍是現代探索者持續追尋的目標。

雖然我們的探勘不如過去地球探險家般驚險萬分，但我們仍有機會造訪世界各地偏遠地區的壯麗高山天文台。

我們是一個國際系外行星獵人聯盟的成員，負責建造、操作並維護「HARPS-N」光譜儀。

該儀器安裝於位於加那利群島拉帕爾馬島（Canary Island of La Palma）的意大利伽利略國家望遠鏡（Telescopio Nazionale Galileo）上。

這套精密設備能夠粗暴地中斷星光的旅程——這些星光可能以每小時6.7億英里（約時速10.8億公里）的速度穿越宇宙，歷經數十年甚至數千年才抵達地球。

每一個新訊號都有可能讓我們更接近理解類似太陽系的行星系統是否普遍——背後的可能是，有一天我們將偵測到另一顆類似地球的行星。

系外行星研究的起源

直到1990年代中期，人類所知的行星系統僅限於太陽系。

所有關於行星形成與演化的理論，皆建立在這九顆行星的極為有限資料上（2006年，冥王星被降級後，行星數量減為八顆，國際天文學聯合會當時通過新的行星定義）。

這些行星僅繞行銀河系約1,000億顆恆星中的其中一顆。而宇宙中可能存在至少1,000億個星系，這一事實更突顯人類對宇宙的無知。

這就像外星人試圖了解人類的本性與行為，卻只研究住

在同一棟房子裡的一群學生。

但這並未阻止歷史上一些最偉大的思想家對宇宙之外的猜測。

哲學家伊比鳩魯（Epicurus，西元前341-270年）在寫給希羅多德（Herodotus）的信中曾說：「世界是無限的，有些像我們的世界，有些則不然。」

這並非基於天文觀測，而是源自他的原子論哲學。

他認為，若宇宙由無限數量的原子構成，那麼不可能沒有其他行星。

他也清楚意識到這可能意味著其他地方可能孕育生命：「我們不應假定所有世界的形狀必然相同。在某些世界中，可能存在動植物及我們所見萬物的種子；而在另一些世界中，這些事物則可能完全不存在。」

與此同時，希臘哲學家亞里士多德（Aristotle，西元前384-322年）則提出地心宇宙模型，認為地球靜止不動，位於宇宙中心，月亮、太陽與已知行星皆繞地球運行。

對亞里士多德而言，太陽系即是整個宇宙。他在《論天》（On the Heavens，西元前350年）中主張：「因此，不可能有多於一個世界。」

這種認為行星在宇宙中極為稀有的觀念延續了兩千年。

20世紀初，著名數學家、物理學家與天文學家詹姆斯·金斯（Sir James Jeans）於1916年提出潮汐假說，他認為行星是由兩顆恆星近距離掠過時，彼此引力拉出氣體流，這些氣體後來凝聚成行星。由於宇宙空間極為廣闊，這類近距離掠過事件極為罕見，金斯因此認為行星必定非常稀有——甚至如其訃聞所述：「太陽系可能是宇宙中唯一的行星系統。」

然而，人類對宇宙的理解隨後已逐漸改變。

1920年，美國天文學家哈羅·沙普利（Harlow Shapley）與希伯·柯蒂斯（Heber Curtis）在華盛頓特區史密森自然歷史博物館（Smithsonian Museum of Natural History）舉行的「大辯論」中，針對銀河系是否為整個宇宙展開爭論。

證據逐漸傾向柯蒂斯的主張——銀河系只是眾多星系之一。

這項認知——宇宙不僅包含數十億顆恆星，還包含數十億個星系，每個星系都包含數十億顆恆星——開始動搖過去對行星稀有性的悲觀預測。

1940年代，科學界的共識出現重大轉變。

首先，金斯的潮汐假說未能通過科學檢驗。主流理論轉向認為行星形成是恆星誕生的自然副產品，每顆恆星都有可能擁有行星系統。

1943年，有科學家宣稱在蛇夫座70（70 Ophiuchus）天鵝座61C兩顆肉眼可見的近距離恆星周圍發現行星。

然而，這些訊號後來被證實為誤判，極可能是當時望遠鏡觀測精度不足所致。

儘管如此，這些主張仍深刻影響了行星研究思維。人們開始認為，銀河系中存在數十億顆行星的可能性是真實且可科學探討的。

對我們而言，最能突顯這種思維轉變的，是美國天文學家亨利·諾里斯·羅素（Henry Norris Russell）於1943年7月在《科學人》（Scientific American）撰寫的一篇文章。

早在20年前，羅素曾預測行星「在恆星中應該很少出現」；但此時他的文章標題已改為《人類中心主義的消亡》，導語寫道：「新發現顯示，銀河系中可能存在數千個有生命的行星。」

值得注意的是，羅素不僅預測行星的存在，更預測「有生命的行星」。燃眉之問是：它們在哪裡？這個問題，直到半世紀後才開始有答案。

如何探測系外行星？

當我們透過位於拉帕爾馬島、由意大利建造的伽利略望



「熱木星」（Hot Jupiters）具有多種顏色與大小，其中最小的一顆，其尺寸約與太陽系中的木星相當



系外行星「飛馬座51b」是人類首次在太陽系以外偵測到的行星

遠鏡，使用「HARPS-N」光譜儀觀測無數恆星時，很難不驚嘆自1995年馬約爾與奎洛茲宣布發現飛馬座51b以來，人類在系外行星研究上的進展。

如今，我們不僅能有效測量類木星行星的質量，甚至能偵測到數千光年外的小型行星。自2012年加入「HARPS-N」合作計畫以來，我們得以近距離參與小型系外行星科學的前沿探索。

另一個重要里程碑出現在飛馬座51b被發現四年後。

當時，加拿大籍哈佛大學博士生大衛·夏邦諾（David Charbonneau）偵測到另一顆已知系外行星的凌日現象（transit）——這是一顆名為HD 209458b的熱木星，亦位於飛馬座，距地球約150光年。

凌日現象指的是行星在恆星前方經過，從觀測者角度看，恆星星光會短暫變暗。

凌日技術不僅可用於偵測系外行星，還能測量行星半徑。

透過持續觀測恆星亮度，並等待因行星通過而造成的光度下降，科學家可推算行星大小。遮蔽星光的程度取決於行星半徑，例如：若由外行星觀測者觀察，木星會使太陽亮度降低約1%，而對地球來說，這種影響會減弱一百倍。

迄今為止，透過凌日技術發現的系外行星數量已是「光譜條碼技術」（即瑞士天文學家最初用來發現飛馬座51b的徑向速度法）的四倍。

儘管如此，徑向速度技術仍廣泛應用，包括我們目前的研究，因為它不僅能偵測行星，還能測量其質量。

當行星繞行恆星時，會施加引力，使恆星產生週期性擺動，從地球觀測者角度看，恆星的速度會隨之變化。徑向速度技術透過反覆測量恆星的速度，尋找穩定的週期性擺動，以此判斷是否存在行星。

然而，這些速度變化極其微小。

舉例而言，地球對太陽的引力僅使其速度改變每秒9公分（約3.5英寸）——比烏龜還慢。為了以徑向速度技術偵測行星，我們必須測量距離地球數兆英里外恆星的微小速度變化。

我們所使用的尖端儀器堪稱工程壯舉。

聖路易服務中心

翻譯公證服務

- ★各種文件表格合約製作、填寫及翻譯
- ★法院、移民、醫院、商業口頭翻譯

國際學生

- ★協助中學生、大學生申請入學
- ★協助安排寄宿家庭及當地交通

短期參訪

- ★各種類型團體接待
- ★遊學、考察、短期進修
- ★安排食宿、交通、參觀

其它服務項目

- ★個人收入及公司報稅、成立公司
- ★工作傷害及車禍意外律師諮詢
- ★房地產買賣、租賃、管理、餐館買賣
- ★專業顧問諮詢可上網

www.bfconsulting.us

- ★國際學生可上網

www.tyhusa.com