

尋找「地球雙胞胎」的史詩式探索之旅²

最新的光譜儀，如「HarpS-N」與「Espresso」，能精準測量速度變化至每秒不到一公分的等級——儘管仍不足以偵測真正的地球雙胞胎。

然而，徑向速度技術目前仍受限於地面望遠鏡觀測，且一次僅能觀測一顆恆星；相較之下，凌日技術可應用於太空望遠鏡，例如法國的Corot（2006-2014）、美國太空總署的Kepler（2009-2018）與TESS（2018年至今）任務。

這些太空望遠鏡已偵測到數千顆多樣化的系外行星，我們可以輕鬆地從太空測量恆星亮度，並且可以同時測量多顆恆星的亮度。

儘管兩種技術在偵測成功率上有所差異，科學家仍持續發展兩者。結合使用這兩種方法，可同時獲得行星的半徑與質量，進一步開啟研究其組成與結構的多種可能性。

為了估算已發現系外行星的可能組成，我們通常先假設小型行星與地球類似，由富含鐵的核心、較輕的岩石地函、部分地表水與薄層大氣所構成。

透過質量與半徑的測量，我們可以建立各種可能的內部結構模型，並估算各層厚度。

這項研究仍在持續發展中，而宇宙則不斷以多樣化的行星類型回應我們的探索。

我們已觀測到岩石行星被撕裂的證據，以及暗示過去曾發生碰撞的奇特行星排列。

目前已在銀河系各處發現行星，從位於銀河中心區域、距地球近28,000光年的Sweeps-11b，到距離僅4.2光年的比鄰星（Proxima Centauri）周圍的行星，範圍廣泛。

尋找「另一個地球」

2013年7月初，我（克里斯多福·沃森）首次前往拉帕爾馬島，操作剛啟用不久的「HarpS-N」光譜儀。為了不出差錯，我的筆電（手提電腦）裡塞滿了試算表、圖表、操作手冊、簡報與筆記。其中一份剛收到的三頁文件標題為《機會目標觀測特別指示》（Special Instructions for ToO, ToO為Target of Opportunity）。

文件開頭寫道：「執行委員會已決定，應將最高優先權賦予此目標。」

該目標是一顆疑似繞行Kepler-78的行星候選體。Kepler-78是一顆位於天鵝座、距地球約125光年，略小且較冷的恆星。

讀下去，我看到這樣的描述：「7月4日至8日觀測……Chris Watson」，並列出10個觀測時段——每晚兩次，每次間隔精確為4小時15分鐘。

當我在撰寫本文時重新翻閱這些筆記，發現我名字上方列的是迪迪耶·奎洛茲。

當時，他還未獲得諾貝爾獎。

這顆行星候選體最初由開普勒太空望遠鏡（Kepler）發現。該望遠鏡的任務是搜尋銀河系中如地球般小型的系外行星。

在這個案例中，開普勒偵測到一顆凌日行星候選體，其半徑估計為地球的1.16倍（±0.19），顯示可能發現了一顆與地球大小相近的行星。

我當時在拉帕爾馬島，利用徑向速度技術測量該行星的質量。結合開普勒提供的半徑數據，便可推算其密度與可能的組成結構。

翻閱當時的筆記，我寫道：「希望質量誤差控制在10%以內，以便能準確推估其平均密度，進而判斷其是否類似地球、富含鐵（如水星），或含有大量水分。」

在為期97天的觀測計畫中，我們團隊對克卜勒78（Kepler-78）進行81次曝光，其中我負責當中10次。期間，我們得知一個由美國主導的團隊也在觀測這顆潛在行星。秉持科學精神，雙方達成協議，同步提交各自的獨立研究結果，並同時公開彼此的發現。

在約定日期，雙方如同「交換囚犯」般互換結果，結果一致。我們在數據誤差範圍內，對該行星的質量得出了相同的結論。

該行星的最可能質量為地球的1.86倍。當時，這使克卜勒78b（Kepler-78b）成為首顆質量測量精確、且體積最小的系外行星。其密度與地球幾乎相同。

但相似之處僅止於此。

克卜勒78b的「一年」僅持續8.5小時。這也是我當時被指示每隔4小時15分鐘觀測一次的原因——這正是行星位於軌道兩側、恆星擺動幅度最大的時刻。我們測得恆星以每秒約2公尺（約6.6英尺）的速度前後擺動，速度僅相當於慢跑。

Kepler-78 b的極短軌道週期意味著其表面溫度極高，足以使所有岩石熔化。儘管在大小與密度上，這顆行星是

當時最接近地球的系外行星，但除此之外，它是一個極端炙熱的熔岩世界，遠離我們所熟知的宜居條件。

2016年，開普勒太空望遠鏡再度取得重大突破。

在巨蟹座方向發現一個擁有至少五顆凌日行星的行星系統，母星為類太陽恆星HIP41378。這項發現令人興奮的原因在於行星的位置：大多數已知凌日行星都位於比水星更靠近母星的軌道上（這與我們的偵測能力有關），但該系統中至少有三顆行星的軌道半徑超過金星。

我們決定使用「HarpS-N」光譜儀測量HIP41378系統中五顆凌日行星的質量。

然而，經過一年多的觀測後，我們意識到僅靠一套儀器無法解析這組複雜的訊號。其他國際團隊也得出相同結論。於是，與其競爭，我們選擇攜手合作，組成一個至今仍持續運作的全球合作聯盟，歷年來已累積數百筆徑向速度數據。

目前，我們已成功測得該行星系統中多數行星的質量與半徑。

然而，研究這些行星仍是一場耐心的長期戰。由於這些行星距離母星較遠，凌日現象與恆星擺動的週期也相對較長，因此需耗費數年時間、累積大量數據，才能深入了解這個系統。

但這樣的努力是值得的。

這是首個在結構上開始接近太陽系的行星系統。

儘管這些行星比太陽系的岩石行星略大、質量略高，但它們與母星的距離相仿，有助於我們理解宇宙中行星系統的形成機制。

系外行星探險者的終極目標

經過三十年的觀測，已發現大量不同類型的行星。

最初發現的是「熱木星」，這類大型氣體巨星靠近其母恆星，因為凌日現象較深、徑向速度訊號較強，是最容易被偵測的行星。

儘管最早發現的數十顆系外行星都是熱木星，但如今我們知道，這類行星其實非常罕見。

隨著儀器技術進步與觀測數據累積，科學家陸續發現一類全新的行星，其大小與質量介於地球與海王星之間。儘管我們已知曠日累積的數千顆太陽系外行星，至今仍未發現真正類似太陽系的行星系統，也尚未找到真正類似地球的行星。

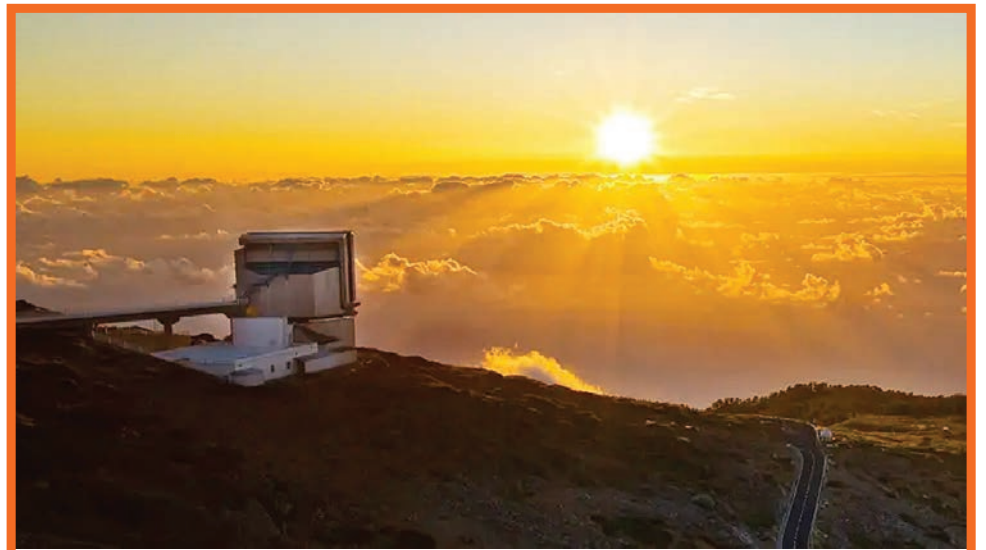
我們或許會因此認為地球是獨特的行星，位於一個獨特的行星系統中。

儘管這仍有可能為真，但機率不高。

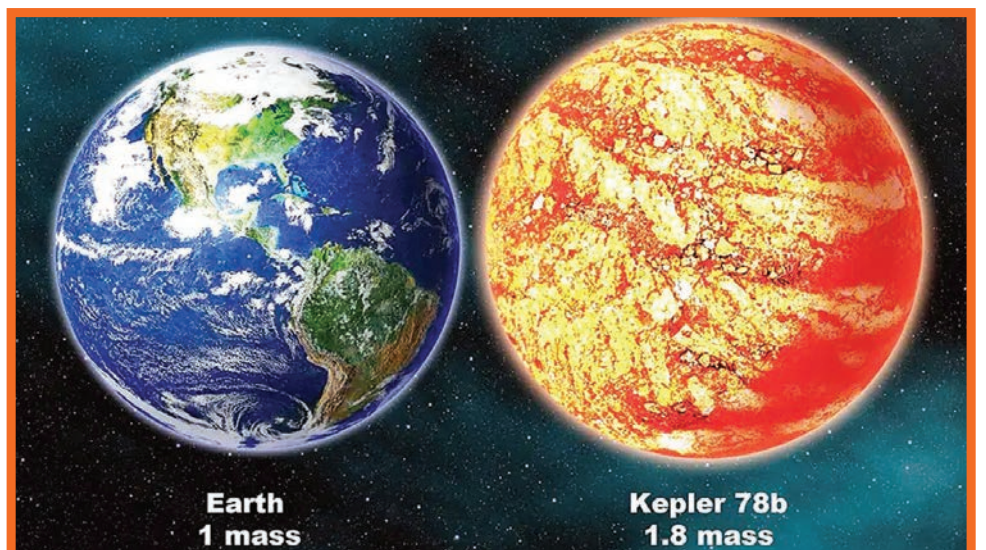
更合理的解釋是，儘管我們擁有先進的天文技術，在這個浩瀚無垠的宇宙中，我們偵測類地行星的能力仍相當有限。

對許多系外行星研究者而言，包括我們在內，尋找真正的地球雙胞胎仍是終極目標——一顆質量與半徑與地球相近的行星，繞行一顆類似太陽的恆星，距離也與地球與太陽的距離相仿。

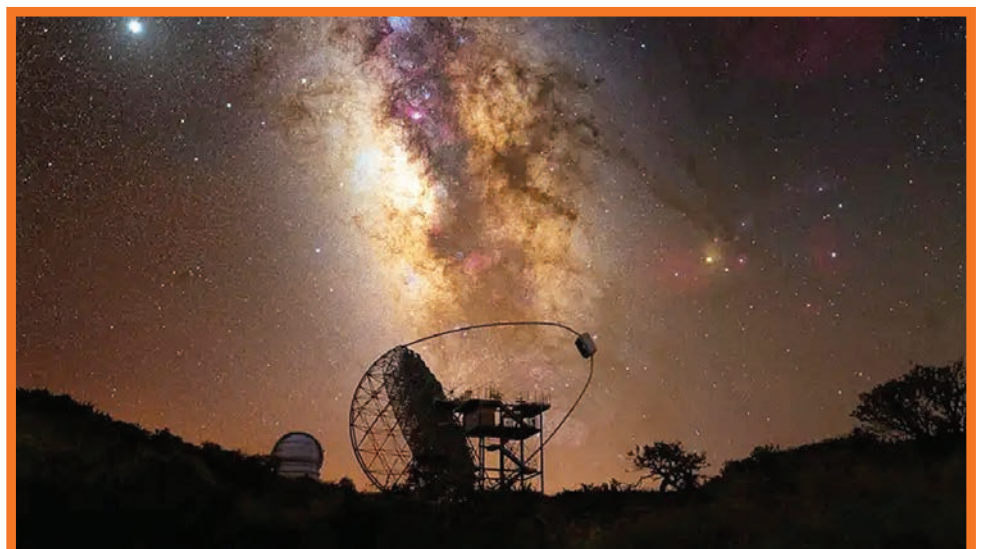
儘管宇宙充滿多樣性，擁有許多與地球截然不同的行星，發現真正的「地球雙胞胎」，仍是尋找已知生命形式



「HarpS-N」光譜儀安裝在拉帕爾馬島的伽利略國家望遠鏡上



克卜勒78b並不比地球大很多，但它是一個極其炎熱的世界，繞行速度非常快



我們的銀河系只是宇宙中約1,000億個星系之一，擁有巨大的系外行星潛力

的最佳起點。

目前，徑向速度法——也是首顆系外行星的發現方法——仍是有可能找到這類行星的技術。

距離那項獲得諾貝爾獎的發現已過三十年，開創系外行星探索的先驅迪迪耶·奎洛茲，如今正領導首個專門以徑向速度法尋找類地行星的觀測計畫。

一項大型國際合作正在打造專用儀器「HarpS3」，預計今年稍後安裝於拉帕爾馬島的艾薩克·牛頓望遠鏡（Isaac Newton Telescope）。根據其性能，我們相信十年的觀測數據應足以發現首顆「地球雙胞胎」。

除非我們的地球真的如此獨一無二。

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