

## 太陽系外行星的類型（二）

文／陳輝樺

### 摘要

早在 16 世紀，義大利哲學家布魯諾(Giordano Bruno)已提出太陽系外存在類似太陽系裡的行星繞著固定的恆星運行的論點；而在 19 世紀就有天文學家聲稱發現系外行星(exoplanet)，但是這些早期的論點和觀測都被認為是可疑的。直到 1988 年，加拿大天文學家布魯斯·坎貝爾(Bruce Campbell)等人利用視向速度法發現圍繞少衛增八（仙王座  $\gamma$ , Alrai）行星並經確認，以及 1995 年首次發現一顆主序星飛馬座 51 行星 b (51 Pegasi b)，才掀起了當代發現系外行星的序幕。至今在距離我們 300 光年內已確認約 2,000 顆系外行星，其中 100 多顆極可能適合生物存活。因此，在這麼多系外行星中，會有什麼特徵、呈現哪幾類型呢？科學家將這些行星的組成、大小、結構、大氣成分、運行方式等特徵分類，分別以**碳行星**(Carbon planet)、**環聯星運轉行星**(Circumbinary planet)、**冥府行星**(Chthonian planet)、**無核行星**(Coreless planet)、**類木行星**(Gas giant)、**熱木星**(Hot Jupiter)、**大離心率類木行星**(Eccentric Jupiter)、**氦氣行星**(Helium planet)、**熱海王星**(Hot Neptune)、**鐵行星**(Iron planet)、**海洋行星**(Ocean planet)、**脈衝星行星**(Pulsar planet)、**類地行星**(Terrestrial planet)、**超級地球**(Super-Earth)等類型來進行探討。

關鍵詞：系外行星、碳行星（鑽石行星）、環聯星運轉行星、冥府行星、無核行星、類木行星、熱木星、大離心率類木行星、氦氣行星、熱海王星、鐵行星、海洋行星、脈衝星行星、類地行星、超級地球

八、**氦氣行星(Helium planet)**：是低質量白矮星流失後所形成的一種假想系外行星。原本它的母恆星類似太陽系內的木星或土星，主要組成成分是氫氣，其次才是氦氣，但在經歷恆星的核融合反應後，絕大部分的氫已融合成氦和較高原子序的元素。理論上，**氦氣行星**已無力繼續演化成恆星，但它的質量可以超過木星質量的 13 倍（圖 1）。

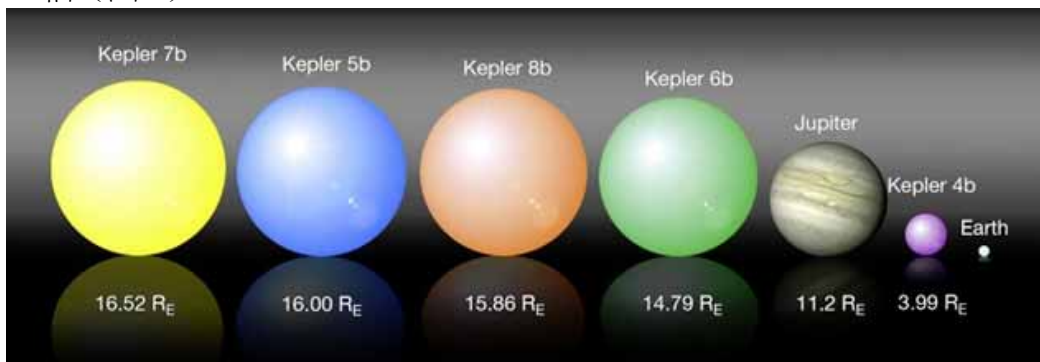


圖 1. 天體藝術家筆下刻卜勒任務太空望遠鏡於 2010 年首次發現的 5 顆系外行星與木星、地球的大小比例示意圖

九、**熱海王星(Hot Neptune)**：**熱海王星**距離母恆星約 1 個天文單位（1 AU 約  $1.5 \times 10^8$  公里），質量約和天王星或海王星相當。因為**熱海王星**距離母恆星近，且質量與體積大，所以在觀測上母恆星被遮掩的機會多且明顯，因此也是以凌日變光的觀測法最容易發現（圖 2）。

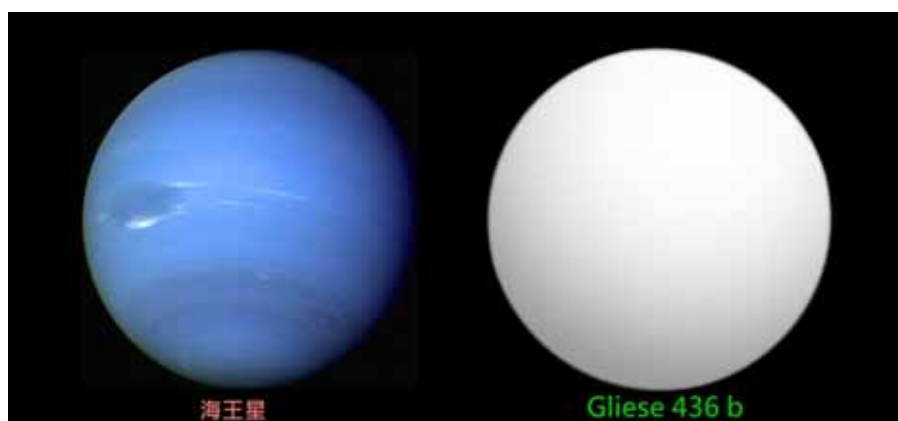


圖 2. 天體藝術家筆下系外行星 Gliese 436 b 與海王星的大小比較示意圖

十、**鐵行星(Iron planet)**：是指擁有巨大金屬鐵質核心，且僅有或無岩質地幔的類地行星，在太陽系裡的水星就是此類行星的典型。由現有行星的形成理論推測，在近母恆星處受到其他星體撞擊或是原行星旋轉盤面充斥鐵質物質的狀態下，均有可能形成**鐵行星**。一般而言，鐵行星體積較小，且沒有板塊構造，也缺乏強烈

的磁場（圖 3）。

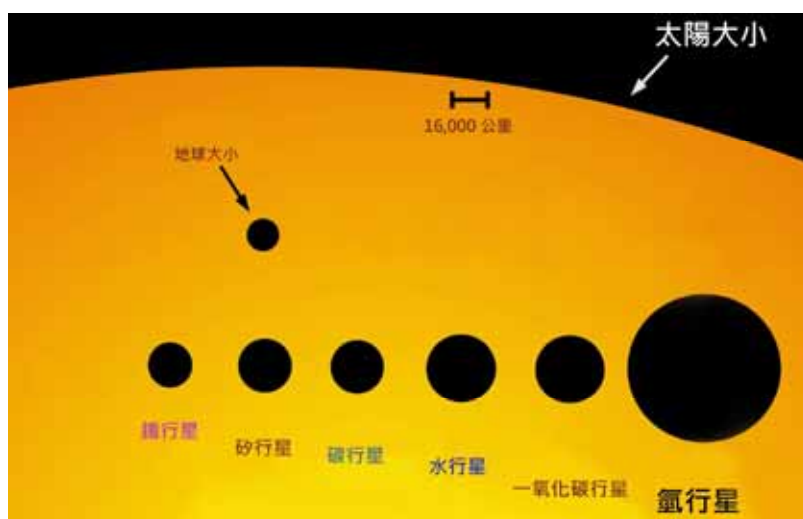


圖 3. 天體藝術家筆下不同物質系外行星與太陽、地球的大小比較示意圖。

十一、**海洋行星(Ocean planet)**：馬克 坎納(Marc Kuchner )和阿蘭 萊傑(Alain Léger) 在 2003 年首次提出，理論上星際間可能存在著一種表面完全被由液態水構成的海洋所覆蓋的系外行星。該類行星上的海洋可能深達數百公里，遠深於地球上的海洋。巨大的壓力會使得海洋的較深地區形成一個由固態冰構成的地幔，其中的非常態冰並非如我們所理解的那樣處於低溫狀態。如果該行星距離其母恆星夠近，則行星上的海水溫度就可能接近於沸點，海水將會處於超臨界狀態，從而使得海洋缺乏確定的表面。2012 年 2 月哈佛史密森尼天體物理中心(CfA)公布，發現 1 顆截然不同的行星 GJ1214b，它的主要組成物質不是岩石、氣體或其他一般的物質，而是水。位於蛇夫座內距離我們約 40 光年的 GJ1214b，外觀是個被平均溫度約在絕對溫度 393~555 度的厚厚蒸氣層所包覆的水世界。

十二、**脈衝星行星(Pulsar planet)**：是圍著高速自轉的中子星公轉的行星。因為脈衝星的自轉速度極為穩定，因此可以透過精密的脈衝計來偵測脈衝的周期性變化，即可推斷到該脈衝星是否有行星存在，並可計算出行星公轉週期。所以 1992 年波蘭天文學家亞歷山大 沃爾茲森(Aleksander Wolszczan )和美國天文學家戴爾 弗雷(Dale Frail)宣布發現一個圍繞著脈衝星 PSR 1257+12 的行星（目前已確認出 4 顆行星），這項發現迅速被確認，這也是首次對系外行星的確認。

十三、**類地行星(Terrestrial planet)**：又名「岩石行星」，是指以矽酸鹽岩石為主要成分，且擁有岩質地幔的行星，迥異於以氫、氦和水氣為主，可能沒有固體表面的「氣體巨行星」。類地行星的構造特徵是以金屬鐵為主的核，加上以矽酸鹽為主的地函，星球表面充斥峽谷、撞擊坑、山脈和火山等地形景觀，大氣層都是再生大氣層，有別於類木行星直接來自於太陽星雲的原生大氣層。理論上，類地行

星還可細分成以矽化合物為主的矽酸鹽行星，以及以碳化物為主的碳行星兩類。地球所在的太陽系有水星、金星、地球和火星等 4 顆類地行星，和一顆類地矮行星：穀神星(1 Ceres)。2005 年 6 月起，天文學家也陸續發現太陽系外類地行星的存在（圖 4）。

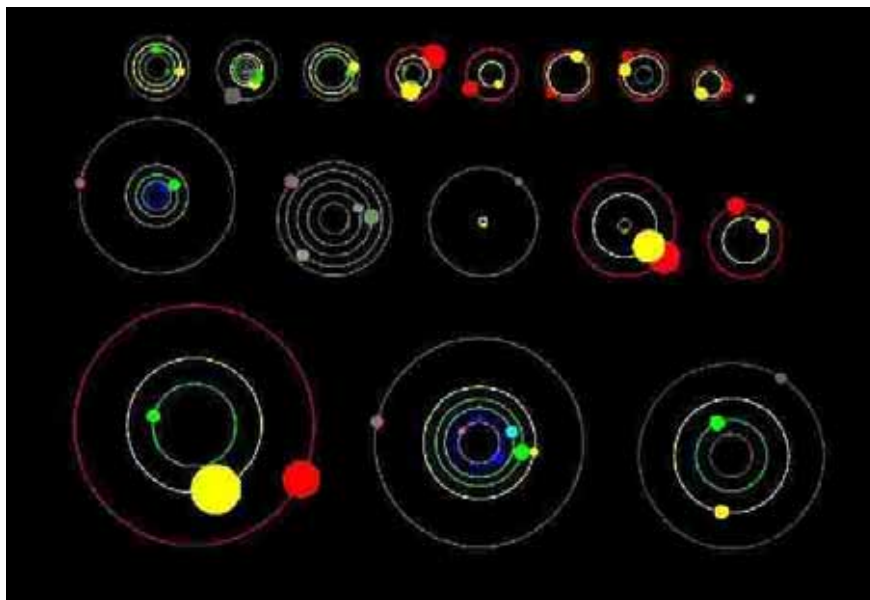


圖 4. 刻卜勒衛星觀測到的系外類地行星運行的分類

十四、**超級地球(Super-Earth)**：顧名思義是以我們所居住的地球環境為標準，盼望找到與生氣盎然的地球生存條件類似的系外行星，期望它在地表溫度、組成分、運行方式與公轉軌道、適居帶(habitable zone) 等特徵都和我們居住的地球相仿，我們若移民後可立即適應生存。理論上，它的質量約為地球質量的 1.9~5 倍（頂多到 10 倍地球質量的矮氣體行星下限）、表層溫度或許稍熱但無冰層覆蓋，體積也許介於地球和類海王星之間。2005 年 6 月，天文學家首度發現位於寶瓶座內，距離我們約 15 光年遠的紅矮星 Gliese 876 旁環繞著類地行星 Gliese 876 d，它的質量約地球質量的 7.5 倍、公轉週期為 2 個地球日、表層溫度在 430~650 K 之間，它是第一顆被發現的超級地球。2006~2007 年陸續發現位於天秤座內，距離我們約 20.5 光年環繞紅矮星 Gliese 581 的類地行星 Gliese 581 c (~ 5 M )和 Gliese 581 d (~ 7.7 M ) 等超級地球；2008 年發現 MOA-2007-BLG-192Lb (~ 3.3 M )、HD 40307 b ( 4.2 M )、HD 40307 c ( 6.8 M )和 HD 40307 d ( 9.2 M ) 等 4 顆超級地球；2009 年發現 COROT-7b (~ 4.8 M )、Gliese 581 e (~1.9 M )、GJ 1214 b (~ 2.7 M ) 和其他 30 顆超級地球；2010 年發現 HD 156668 b (~ 4.15 M ) 和 Gliese 581 g (~ 3.1 M )；至 2011 年 2 月刻卜勒太空任務號探索衛星已發現近 2,000 顆準系外行星，其中約 100 顆為超級地球。