

古代的人們看到天上的星星，剛開始只分得出太陽、月亮和星星，但是慢慢的發現所謂的星星其實還有不同種類，它們還可以分不會動的恆星和會動的行星。累積了更多觀測經驗與紀錄之後，便可以發現並分別越來越多的星星種類，這其中有許多是眼睛無法直接看到，而必須借助望遠鏡的幫助才看得到。

早在巴比倫時代就有所謂「七曜」的記日方法，也就是所謂的「星期」，而七曜便是日、月、火、水、木、金、土這7顆會在天上跑來跑去的星星。這表示人類早在4000多年前就已經知道所謂的

「五行」(火水木金土)這5顆行星。但是，除了後來因為從地心說轉變成日心說而了解地球也和這5顆行星一樣是繞著太陽公轉，所以多了地球這一顆行星之外，人類4000多年來一直都沒有再發現其他行星。

但是，這其實也不能怪以前的人不認真，在望遠鏡和攝影術發明之前，人類的觀測能力嚴重受限於先天的生理極限。人的眼睛張得再大，瞳孔直徑也就只有大約7毫米那麼大，瞪得再久也就只能累積吸收大約1/15秒的光線，所以太暗的東西人類是看不到的。

在火水木金土和地球之外被發現的下一顆行星是天王星，它是在1781年才被威廉·赫歇爾(William Herschel)所發現，自巴比倫人發現5顆行星以來已經相隔超過4000年了，其中的關鍵就是17世紀初荷蘭人發明的望遠鏡。一般人對於望遠鏡的關注大多是在它的放大倍率，但是對於天文學家來說，望遠鏡的重要性主要是在於其「集光力」，也就是提高亮度的能力。

天王星的亮度會隨著和地球的相對位置和距離而變化，最亮的時候可以達到5等多，剛好就比人類肉眼所能看到的極限6等星再亮一點點而已，所以它可能很早之前就曾經被人類看到過。但是，它的亮度變暗之後人類就無法用肉眼繼續追蹤，也就無法計算它的軌道得知它是否是一顆行星了。

但是，望遠鏡的最大功用是透過主鏡的鏡片把大面積的光線集中到一個小範圍中，就像拿放大鏡在太陽底下聚光一樣，鏡片越大收集的光線越多，所以亮度也就越高，自然也讓我們看得到越暗的東西。所以有了望遠鏡之後，天文學家就可以持續追蹤昏暗的天體並計算出它們的軌道。赫歇爾一開始還以為他只是發現了一顆彗星，但是另一位天文學家馬斯基林計算後赫然發現，這是一顆軌道近乎圓形的新「行星」!

在發現天王星之後，天文界便掀起了一陣尋找新行星的熱潮，但是要去哪裡找?要怎麼找呢?基

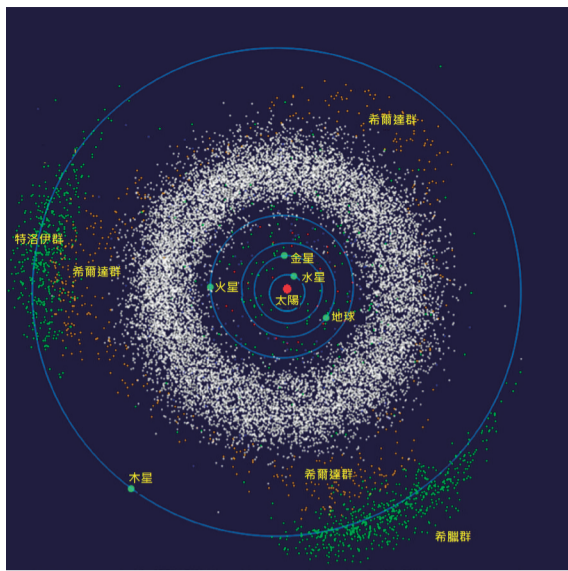


圖1 太陽系內圈的水、金、地、火4個行星的軌道與木星之間有很大的一塊空缺，這裡頭充斥著數以萬計的小行星。

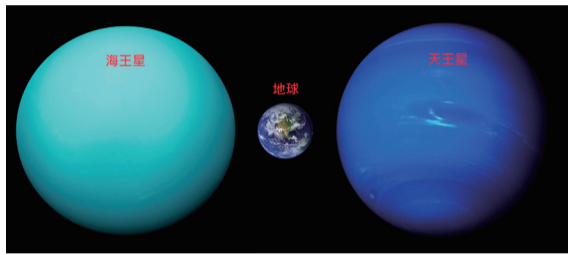


圖3 新發現的天王星以及海王星都比地球大很多，但是因為離太陽太遠，所以黯淡到難以用肉眼觀測到(天王星的亮度接近人眼極限)。

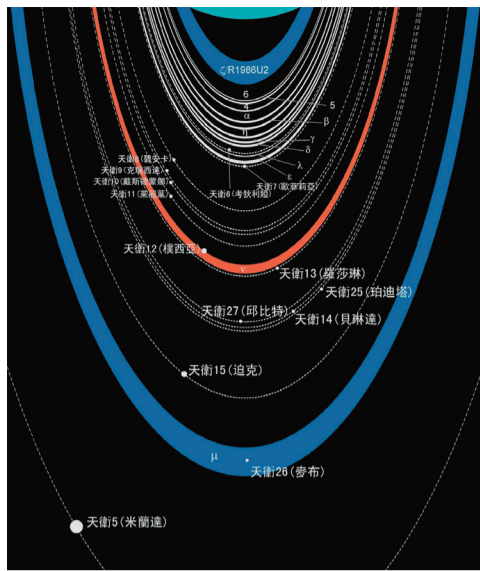


圖2 在傳統的五行之外，天王星是4000年來第一次新增的行星，主要是借助望遠鏡的發明。天王星也有環，在今年的6月25日清晨，臺灣地區可以看到天王星接近一顆10等星，極有可能會看到天王星環掩星的現象。(取自維基百科，Zanhsieh中文標示)

本上，太陽系這時已知的行星軌道大致都在地球公轉軌道的平面(黃道面)附近，傾斜角度都不大，所以大家會把注意力集中在假

想天球的黃道周圍。但是如果更精確的縮小範圍，那就要靠軌道計算了。根據後人的考證，海王星跟天王星其實在正式發現之前都曾經有人觀測到，只是前面的人沒注意或沒持續追蹤，所以錯過了這留名青史的機會。

在天王星被發現並測定軌道之後，當然就會對其運行進行各種預報測算。但是後續的觀測卻和預報有一些差距，基於對天王星的經驗，這時的人們對於還有未知行星已經有了心理準備，甚至是抱持著期待的心理。於是便有人開始計算這個可能的新行星的位置，當時英、法兩國的科學家還掀起了一番競爭。後來在1846年，普魯士的約翰·格弗里恩·伽勒(Johann Gottfried Galle)根據法國的勒維耶(Urbain Jean Joseph Le Verrier)的計算找到了這一顆傳說中的X行星，就是「海王星」。

在發現天王星跟海王星之前，1766年德國的提丟斯(Johann Daniel Titius)在整理當時已知的6大行星軌道時，發現其間似乎有一個規律，後來經過柏林天文臺的波德(Johann Elert Bode)改進，成為極有名的「提丟斯-波德規律」(Titius-Bode law)。這個規律可以寫成 $a = (n+4)/10$, $n=0, 3, 6, 12, 24, 48, \dots$ ，除了0之外，每個數字都是前一個的2倍。而得到的a則是恆星軌道半徑和地球軌道半徑的比例。例如，代進 $n=0$ 得到 $a=0.4$ ，而水星的軌道半徑就是地球的0.3871倍。但是，當代進第5個數字 $n=24$ 的時候，a會等於2.8，在當時所知這個地方並沒有行星，所以也引起許多人的關注而投入觀測搜尋，而當時連天王星都還沒被發現呢!

在天王星被發現之後，如果繼續把代表天王星的第8個數字192代入，得到的19.6和實際的19.2相差並不大。但是在海王星被發現之後，如果把下一個數字384代進去得到38.8，卻和實際的海王

星軌道半徑30.06天文單位(AU)有相當差距。但是這個規律還是引起了非常多的討論，直到今天都還有不少人在這上面做文章。但這是個非常典型的知其然不知其所以然的規律，至今還是沒有人能提出一個說法解釋為什麼會有這樣的數學規律。

不管「提丟斯-波德規律」是否真的有科學上的成因，或只是數字上的巧合，它對太陽系由內往外數第5顆行星(不是木星)的軌道半徑的預測，確確實實在18世紀末帶動了一波觀測的熱潮。而這一波觀測，也的確得到了很重要的成果。只是科學發展上常常會發生「種瓢仔生菜瓜」的趣事。

自從1760年代末提丟斯提出了行星軌道的規律性，再經過波德的潤飾並提出在2.8AU附近可能有一個幽靈行星的預測，當時的天文學界首次跨國際的組織了一次巡天觀測。這次觀測並沒有得到明確的結果，所以一直要到1801年皮亞齊(Giuseppe Piazzi)才發現了第一顆小行星「穀神星」(Ceres)。剛開始大家以為這就是預測中的幽靈行星，因為它的亮度非常暗，所以可能表皮非常黑，是還蠻符合幽靈這樣的稱謂的。

隨著穀神星的發現，之後陸續又在同一個軌道區域發現了好幾顆類似的天體。剛開始大家很高興，把它們每一個都列為(大)行星。但是到了1851年，太陽系的行星已經有20幾個，其中有15個是塞在同一個軌道裡面，大家就開始覺得情況不對了。所以1851年開始有人把位在火星與木星軌道之間的這一些和原本的大行星採用不同的編號標示，這一些後來被稱為「小行星」的天體自成一族，並在名稱之前加上一個數字以標示被發現的順序，例如穀神星是第一個被發現的小行星，就標成1

Ceres。以前會把數字用括號括起來，不過現在很多人偷懶連括號都省略了。後來的研究發現，這些曾經被誤認為(大)行星的小行星其實都不大，最大的直徑也只有900多公里，和目前最小的行星—水星(直徑約4880公里)相比明顯小多了。甚至和後來被發現、列

為大行星又被除名改列的冥王星(直徑約2374公里)相比也小多了。而且後續又在同一軌道發現了許多小行星，如果連後來在其他軌道發現的一起算下去的話，到目前為止已經發現的就編到一百多萬號了，未來的發現數量只會越來越多、越來越快。

在探尋太陽系新的大行星，歷史上還有一個很重要的里程碑：冥王星。它和穀神星它們一樣，剛開始的時候被列為大行星，但是一段時間後就有人發現不對而另開一個家族。所以，冥王星被踢出大行星家族的慘劇其實不是第一次發生。不過，這又是另外一個故事了。

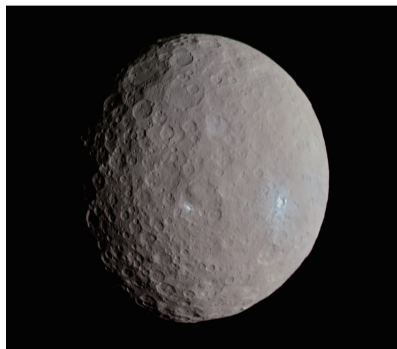


圖4 穀神星(1 Ceres)是第一個被發現的小行星，曾經被列為(大)行星，後來被降為小行星，目前又和冥王星同列為矮(中)行星，命運乖舛曲折。