

太陽系的起源—行星的形成與演化

文／林志隆

摘要

一般人在天空中肉眼看得到的天體除了太陽、月亮之外就是星星了。星星看起來好像只有亮暗的差別而已。但是它們其實還分成恆星、行星、衛星……等不同種類。顧名思義，恆星就是位置恆久不變的星星，「星座」就是由恆星構成的；行星則是不安其位而會在星座中四處亂跑的星；衛星則是繞著行星轉的小星體。目前的恆星演化學說認為，恆星誕生時附贈幾顆行星似乎是再自然不過的事情。恆星從低溫、稀薄均勻的雲氣開始聚集、收縮而誕生，當雲氣中有恆星誕生（核融合反應開始）的時候，不可能所有雲氣都已聚到核心，那些趕不上門禁的物質只能在門外徘徊，那些物質最後會自己聚集成許多小集團再合併而形成大行星。

關鍵詞：太陽系、行星、類地行星、類木行星

一般人在天空中看得到的天體除了太陽、月亮之外就是星星了。星星看起來好像都一樣，頂多只是亮暗的差別而已。但是這些小亮點其實還分成恆星、行星、衛星……等不同種類。顧名思義，恆星就是位置恆久不變的星星，「星座」就是由恆星構成的；行星則是不安其位而會在星座中四處亂跑的星；衛星則是繞著行星轉的小天體，像我們的月亮就是。它們之間的區別並不單純以大小來分，而主要是以誰環繞誰公轉來分，像木星和土星最大的衛星都比水星（行星）大，但是它們也只能稱為衛星，因為它們繞著行星轉。如果有一天，它們宣告獨立，自己找個軌道去繞太陽公轉了，絕對有資格成為第九、第十大行星。

考古學家認為在 5000 年前的巴比倫，甚至更早的蘇美人就知道太陽、月亮還有 5 顆星會在星座中跑來跑去，所以這 5 顆就被叫做「行星」，意思就是會走來走去的星。中國早在戰國時期，諸子百家之中就有一家以陰陽五行的運行做為占卜依據的「陰陽家」，顯示中國早在此之前就已經知道有 5 顆行星了。由於五行加上日、月（合稱「七曜」）的運行不像恆星那麼穩定而規則，因此曾經令遠古的巫師們（古科學家）感到困惑不已，例如像火星的移動快、順逆行變化明顯、亮度變化範圍大、顏色又是鮮紅熒熒如火，所以古名就稱之為「熒惑」。

目前的恆星演化學說認為，恆星誕生時附贈幾顆行星似乎是再自然不過的事情。恆星從低溫、稀薄均勻的雲氣開始聚集、收縮而誕生。當雲氣中有恆星誕生「核融合反應開始」的時候，不可能所有雲氣都已聚到核心，那些趕不上門禁，進不了核心的物質只能在門外徘徊，那些物質最後會自己聚集成許多小集團，同一軌道區域的小集團互相併吞的結果就可能形成大行星。

由物理上的角動量守恆原理來看，恆星雲盤的越內圍轉得越快，因此演化速度也越快。所以核心的地方首先產生恆星。在恆星誕生後，來不及進門的周圍物質則形成行星雲盤。行星雲盤也是一樣，越裡面演化越快，所以行星雲盤內圍演化比較快的部分會形成單一的「大行星」，而外圍演化太慢的則只來得及由小型聚集成一些中型的矮行星，並且還剩下許多稱為小行星或是彗星的小碎片。以往我們會把有尾巴、軌道較扁（橢圓、雙曲線、拋物線）的分類為彗星；軌道較裡面（大多在火星與木星之間的小行星帶）、較圓而且沒有冰雪覆蓋，不會長尾巴的稱為小行星，但是有些彗星沒有尾巴、有些小行星卻會長尾巴，軌道也混雜在一起，實在是很難明確區分，於是現在就把它們通通稱為「太陽系小天體」了。

太陽系的八大行星由內依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。雖然同樣是大行星，可是它們卻又分成兩類，比較內圍的水、金、地、火這 4 個以地球為首的稱為「類地行星」，外圍的 4 個，木、土、天、海則以木星為首稱為「類木行星」。不管從外觀或內涵上，類地行星跟類木行星都有

很大的不同。類地行星的特性有：比較靠近太陽，質量跟體積很小，氣體成份很少、有岩石質地的硬殼（陸地）。而類木行星的特性則剛好相反：它們離太陽較遠、體積跟質量很大，以氣體為主要成分，而且沒有岩石質地的硬殼（它們其實也有矽、鐵等構成岩石的成分，但是因為位於高溫高壓的核心而處於熔融狀態，所以不會形成凝結的固態硬殼）。兩者之間（在火星和木星軌道之間）還夾了一個「小行星帶」做為分界，這是一個原本有機會形成大行星，但是卻因為木星的影響而無法聚合成形的區域，目前已經發現有數以萬計的小行星散布在這個範圍中。

為什麼行星會分成兩類？為什麼這兩類會有這麼大的差異？其實說來又是太陽惹的禍，誰叫它是太陽系中最大的天體呢？太陽系有 99.9% 的質量都在太陽身上，八大行星加上其他雜七雜八的所有東西也還不到其 1/1000，所以太陽主宰整個太陽系演化的方向與步調也不足為奇。

在太陽剛誕生的時候，它的周圍還聚集著濃密的雲氣盤，和現在這種乾淨透明的樣子完全不一樣。可是太陽核心的融合反應速度越來越快、越熱，於是往外飛奔的光子、太陽風粒子就產生一股巨大的推擠力量把物質往外推。比較輕的氣體成分（氫、氦、氖、氧等）容易被推動，所以很快的就從太陽周圍被清除掉了，只有比較重的元素成分還可以留得下來，像構成地球的重要成分就是鐵、矽、鋁……等比較重的元素，所以太陽系內圍的類地行星所含氣體的成份非常少。許多人可能不感覺地球空氣有多稀罕，但是如果拿地球的半徑 6378 公里跟大氣層厚度約 100 公里相比，就會知道地球上氣體的比例實在很少。地球上的氫氣若不是靠著和氧結合成水分子，恐怕早就被吹光光了，至於屬於鈍氣一族的氬氣就沒有這麼好運了，所以它可是有名的「稀有氣體」呢！

目前的地質考古以及太陽系演化理論認為，地球最先的熔融狀態是無法留住水的。現在地球海洋裡的這些水可能是在場地球外殼冷卻形成地殼之後，由於當時太陽系中還有許多彗星、小行星等大小碎片，地球就靠著捕捉這些經過的彗星截留了它們所攜帶的水分而聚積成海洋。

在原始的太陽系雲團中，應當是越靠近中間其密度、濃度越高，所以除了中間的那顆恆星－太陽之外，緊臨太陽的地方應該有最多物質。可是我們現在看到最靠近太陽的地方卻是最空曠的地方，只有一顆小小的水星，其他東西都不見了，甚至是金星、地球及火星的軌道看起來也是空蕩蕩的。那麼這些東西都到哪裡去了呢？

其實從前面的敘述，很多人應該都猜到了，這些東西都被太陽的光和熱給推到外面去了。可是這些東西會被推到哪裡呢？這就要看那一顆恆星的大小以及能產生多大的熱力了。陽光的能量以及太陽風的能量大概只能把物質推到木星軌道附近就會停下來，所以木星在形成過程中除了吸收本身軌道附近的物質當養分之

外，還額外接收到許多從太陽系內圍推送出來的氣體，因此讓木星得以長成太陽系的第一大行星，甚至一個木星就可以抵得上其他 7 大行星加上所有的矮行星、小行星以及彗星的質量。

至於土星在這次事件中也分到了一杯羹，它也得到許多額外養分而形成太陽系第二大行星，至於天王星跟海王星則因為離太遠了，從太陽系內圍吹出去的物質幾乎到不了這麼遠的地方，所以它們的大小就沒有像木星、土星那麼大。但是，它們至少沒有受到太陽光熱的侵害而減損，所以它們都還能維持相當的大小（地球直徑的 4 倍左右）。



新生的恆星周圍仍有濃密的雲氣盤，是行星誕生的溫床。剛開始的雲氣盤還有兩極噴流，但很快就會停止消失。（取材自噴射推進實驗室

<http://www.spitzer.caltech.edu/images/3205-sig10-012-A-Disk-Around-a-Massive-Baby-Star>)



當恆星誕生後最內圍的氣體會被往外趕，這時周圍會形成空洞並且逐漸變大，只

有重的物質才能留在原地而形成行星，所以靠近恆星(太陽)的行星通常都比較小，氣體成分也比較少。