

宇宙繼起之生命

徐邦琪

國立台灣師範大學地球科學系

燦爛的超新星爆炸是垂暮老星瀕死的極致揮霍。自古，死亡總令人心寒畏懼。黑幕中絢目的星雲飄散著死亡淡淡哀傷。

可是，星際主宰並不喜歡結束一切的死亡型態。所以給了一群蓄勢待發的生命在其中繼起萌生，去細訴下一季流遠的故事……。

宇宙間的生死輪迴卻也是悲哀地如此美麗。

遠離城市的霓虹閃爍，抬頭仰望滿天星斗的夜空，在這樣一個滿綴恆星的浪漫星空下，可曾起疑：自然界如何去掌握這些點點繁星？星球是如何不斷地誕生而使星空綿延常存？而星際寶寶長得是什麼樣子？它們在成熟穩定之前又經歷過那些過程與考驗？

其實一顆星的出生就如同孕育嬰孩般奧妙，新生命的誕生總是令人雀躍，這般喜悅也許是含辛茹苦後的成功欣慰，也許是成就了一項神聖莊嚴的使命感，總之，我們同樣期待著新生，包括所有宇宙萬物。

在星際的國度中，星球的死亡多半是令人驚歎的，在臨別之際總大肆宣揚一番，如超新星爆炸，自然吸引了許多人的目光。很極端的，一顆星球的出生卻十分隱密，如同包覆在母親子宮內的胎兒，我們只能用超音波窺得一二，天文學家也只能利用紅外線和無線電波才能看見深藏於濃厚氣體塵埃中的初生星球，就因為人類肉眼無法看到星球孕生的過程，所以直到近代的觀測設備完整後，天文學家才漸漸明白星球形成的機制與過程。

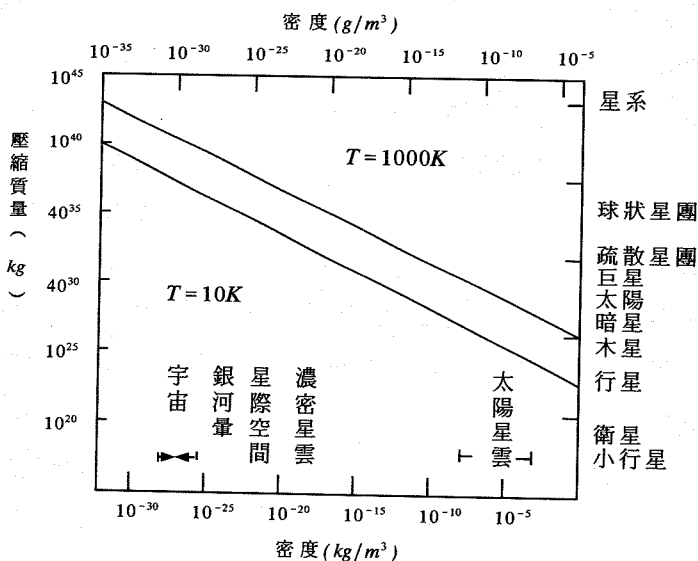
初生星球的溫床—分子雲

星球的產生毫無例外地，都是由瀰漫於星際中的塵埃及氣體，一點一點累積起來的，所以古人說的「積微塵以成世界」真是一點也不錯啊！

在太空中有些地方的塵埃及氣體的密度較高，可以比周圍的真空密度高上10000倍以上，也就是其每立方公分的體積中含有10000個粒子，在如此密度下，這些粒子就有可能會相互碰撞而形成分子，太空中的這些區域稱為「分子雲」(Molecular Clouds)。

分子雲內富含粒子、塵埃顆粒及各種不同的分子，如氫 (H_2)、水 (H_2O) 或其他複雜的乙醇 (C_2H_5OH) 和氨基酸 (NH_2CH_2COOH) 等等，這些複雜的分子在太空中大多數的區域是缺乏的。分子雲區域的密度雖然比其他地方來得大，但是和我們一般空氣比起來，還是近乎真空，（一般空氣的密度為每立方公分含有 2×10^9 個分子），但是如此的雲氣密度已足夠使裡頭的分子產生重力作用而互相吸引，達到星球形成的先決步驟。

氣團開始收縮後，溫度會上升，壓力也就變大了，這個氣體壓力抵抗著重力收縮，除非這團氣體夠大，產生的重力要強過氣體壓力，才可能形成星球，而這團氣體形成星球的臨界質量稱做「金斯質量」 (*Jeans mass*)，由英國天文學家金斯 (*Sir James Jeans*) 於1902年提出，利用金斯定理 (*James Theory*) 來推算，顯示不同密度的星際物質要進行重力潰縮，一定要有不同的溫度及質量條件，這項關係以〈圖一〉表示。



〈圖一〉：此張圖顯示了質量對於不同氣體密度與溫度，要產生重力潰縮的相關性。

取自 William K. Hartmann, *Astronomy: The Cosmic Journey* P386

一開始天文學家十分納悶的是他們尋找不到大於金斯質量的雲氣團。那時知道星際中氫是最重的元素，也包含其他其他少數較重的元素，所以對於雲氣團的探測都是利用氫原子所發出的21公分譜線，和一些重元素的可見光吸收譜線，但因為大型雲氣中的氫大多是以分子狀態存在，用21公分譜線不易看到這些大分子雲。

至於氫分子的結構是對稱於旋轉軸，所以分子內兩個電子的位置也在旋轉軸上，因

此氫分子的旋轉不會造成電子震盪，電子也就不會發出能量，再加上分子雲的低溫，使我們難以測得氫分子的輻射線。

之後，天文學家找到了一氧化碳，一氧化碳在低溫時仍可發出很強的輻射線，它是由一個碳原子和一個氧原子構成，由於兩個原子質量不同，使得一氧化碳的旋轉軸和電荷軸不相重合，當一氧化碳與氫分子相碰撞後，會產生不同旋轉能階的轉移，而放出輻射，我們就可以利用一氧化碳放出的輻射推得氫分子的分布狀態，利用一氧化碳觀測而得的分子雲直徑大都超過300光年，溫度只有10K，總質量為 $10^4 \sim 10^6$ 個太陽質量，遠大於分子雲的金斯質量（一般而言，分子雲的金斯質量為130個太陽質量），所以可以確定星球在這些分子雲內形成是沒有問題的。

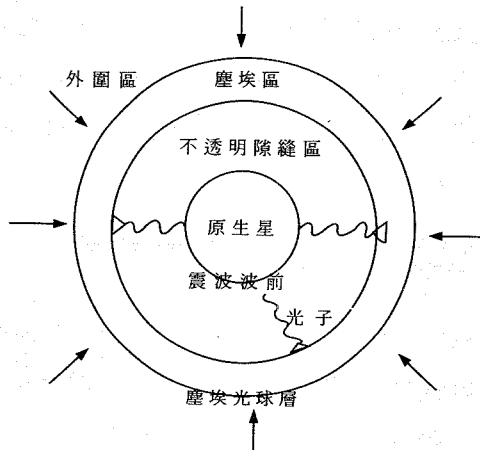
踏出成功的第一步—原生星球

星球通常在分子雲中較為稠密的區域中產生，這些密度較大的區域稱為「稠密核」（*dense core*）。據觀測得知：稠密核的直徑約幾個光月，密度為每立方公分約有3萬個氫分子，溫度大約為10K，依以上數據可推算出稠密度核的壓力剛好可以抵擋本身的重力收縮，是處於平衡狀態，但這卻是一種不穩定的平衡，可以由一些輕微的擾動造成不穩定，使重力稍微大於氣體壓力而開始收縮，直到稠密核收縮到中心區域的密度大到光子難以穿透後，我們就可以把中心區域想像成一個實心氣球體，稱之為「原生星球」（*Protostar*）。

透過電腦模擬，天文學家有一套描述原生星球的理論。原生星球的四周不斷會有質量流入，加州大學柏克萊分校的徐遐生院士提出證明：質量流入中心的速度只取決於分子雲剛開始的溫度，溫度愈高，速率愈大，其結果亦顯示正在收縮的中心，需要10~100萬年才可累積一個太陽質量的氣體流入。天文學家發現，當流入的氣體以高速撞擊到原生星球時，並不是緩慢地墜落，而是以超音速掉落到其表面後產生震波向外傳播，當氣體進入震波內，會被加熱到百萬度，然後再透過輻射降溫到一萬度後才一層層地在原生星球表面累積。也就是因為進入震波波前的氣體會被加熱而產生高亮度的光，所以年輕的星球會非常亮。

原生星球雖然很亮，但是卻無法在可見光的範圍內看到，因為此時光子從震波波前向外流出時會與向內收縮的氣體塵埃相撞，這些本來要向內縮的塵埃會被震波內光子的高熱蒸發掉，天文學家稱此塵埃蒸發的區域為「不透明隙縫區」（*Opacity gap*），離此區較遠的區域因為溫度較低，所以塵埃不會被蒸發，反而可以吸收震波內的光子，再重

新輻射出波長較長的電磁波，接著這些波長較長的電磁波又被更遠的塵埃吸收，再輻射，如此反覆動作，直到光子的平均波長落在紅外線的範圍時才停止，此時光子的位置大約在離原始星球幾個光時的區域，稱為「塵埃光球層」(Dust photosphere)。光子的波長也已長到連塵埃都無法吸收，這時光子就可以飛到地球的紅外線天文望遠鏡中。(圖二)為原生星球周圍結構示意圖。



(圖二)：原生星球周圍的構造圖。

取自曾耀寰(1996.3)「生之星」，科學月刊第二十七卷 第三期、P223

星際中的育嬰室—孵化星蛋的天鷹星雲

圖三(見底封面)是太空中的怪蛇?是被施了魔法的城堡?還是深海中的畜欄?

其實這個外型怪誕的陰森森柱狀結構，是由冷的星際氫氣和灰塵所組成的天鷹星雲，也稱做M16—是18世紀梅西爾(Charles Messier)所編的非彗星之模糊天體目錄的第十六號。這兒是新生星球的孵化所，位於距離我們約7000光年的巨蛇座。

天鷹星雲名字來源是它的對稱外貌，有如伸展的羽翼和長爪，天鷹的爪是一連串露出於星雲內部的高密度柱，這些柱狀物因為比它們周圍來得緻密，所以不易受鄰近熱而巨大的O、B型星所發出之紫外線吹散，(此過程稱為「光汽化」[Photoevaporation])，就像美國西南方沙漠上突出之平頂山，平頂山是由玄武岩及其他高密度的岩石所組成，不易被風化侵蝕，而被保留了下來。其中一根最高的柱狀物大約沿伸了一光年距離，而每一個柱狀突出都大於我們的整個太陽系，其中蘊含著許多新誕生的星球。

上面所提到的光汽化過程，會使埋藏於星雲中的氣球體逐漸從柱狀物中裸露出來，這些氣體球被稱為「Eggs」，它是「蒸發氣態球體物」(Evaporating Gaseous Globules)的字頭縮寫，恰巧可以描述這些物質正如一顆蛋般將星球孵出來。但是這些在天鷹星雲

頂端所發現的 *Eggs* 並不一定會生成恆星，它們本身正在進行內部重力塌縮，又同時受到型恆星強烈的紫外線輻射蒸發，使質量逐漸減少，若在紫外線未完全吹散周圍氣體時，這些胎星已累積足夠質量去產生氫融合反應，則一顆新生恆星便誕生了。否則，這些星蛋中的星球也就只是死胎了。

參考資料

1. 曾耀寰 (1996年3月)，生之星，科學月刊第二十七卷 第三期。
2. 曾耀寰 (1994年4月)，恆星的童年，科學月刊第二十五卷 第四期。
3. William K.Hartmann (1944)，*Stellar Evolution I: Birth and Middle Age, Astronomy: The Cosmic Journey Forth Edition, Wadsworth Publishing Company Belmont, California*。
4. <http://www.stsci.edu/EPA/gif/M16WF2.txt>
5. <http://www.stsci.edu/EPA/gif/M16Full.txt>
6. <http://www.stsci.edu/EPA/background-text/M16eggs.txt>