

# 知識天地

## 雙星與多星之原恆星系統的形成

林仁良（天文及天文物理研究所籌備處副研究員）

大多數恆星誕生於雙星或多星系統。這類多星系統的形成過程，仍是恆星形成研究上的一個重要課題。我們的研究顯示：在 L1551 IRS5 原恆星系統中，兩顆主要星體的拱星盤彼此平行，也與環繞它們之分子凝聚物的盤面平行。這兩顆星可能在近乎圓形的軌道上作順時針方向運動，與環繞它們之凝聚物（又稱為母盤）的旋轉方向一致。這些現象提供了明確的證據，顯示 L1551 IRS5 的兩顆主要星體是由於其母盤中央區域碎裂而形成。

太陽是個單一的恆星。從這個角度來說，太陽並非典型的恆星。比較起來，約有三分之二的類日恆星是雙星或多星系統，其形成過程便成為恆星形成研究的重要課題。

我們目前已相當瞭解單一恆星如何形成。恆星的前身是稠密的氫氣分子雲。當螺旋星系的旋臂掃過恆星間的稀薄氣體，這些分子雲便形成了。其中的超密集區域（稱為凝聚物）因重力而收縮產生原恆星。凝聚物的內部結構有時類似旋轉的鬆餅（稱為假盤—pseudodisks），中央有原恆星，周圍有拱星盤。但並非所有經過拱星盤的物質都會加入原恆星，有些物質會以雙極外流的形式噴出。隨著時間的進行，凝聚物或是變少，或是被雙極外流驅散（或是兩者都有），留下一個新生恆星，周圍有稀薄的拱星盤環繞。

雙星或多星系統如何形成？相關學說主要有二派：一派是假設恆星依前述方式個別形成，然後被其他恆星（或恆星系統）捕獲，形成雙星（或多星）系統。一派是假設個別凝聚物在碎裂過程中產生多個原恆星。

捕獲形成的系統其拱星盤與軌道很可能不在同一個平面上。而碎裂形成的系統，其原恆星的軌道運動很自然地遵循原來凝聚物的自旋。這些預測可透過觀測雙星或多星之原恆星系統直接驗證。然而，這類觀測對目前的望遠鏡設備是一大挑戰。

在典型雙星系統或有階式結構的多星系統中，星與星之間的距離大約是 40 個天文單位，即冥王星與太陽之間的平均距離。這樣的系統若是位於最近的恆星形成區域（距離我們約 456 光年），則分辨系統中各個星體所需的角解析度高於 0.3"，描繪各拱星盤需要的角解析度更高。此外，光學望遠鏡不能看穿原恆星周圍的氣體與塵埃凝聚物，只有紅外線或無線電波才能穿透這些凝聚物，研究埋藏在裡面的原恆星。在紅外線或無線電波望遠鏡中，只有特大天線陣（Very Large Array, VLA）具有前述的高靈敏度及高角解析度。

LDN 1551 IRS5 位於金牛座內的分子雲層中，是一個可見光觀測不到的原恆星系統，距離我們約 456 光年。2002 年初我們使用升級後的完整 VLA 在 7 毫米波長對它進行觀測，此外也使用與 VLA 即時連線的 Pie Town (PT) 天線，使角解析度又提高大約一倍。Pie Town 天線屬於特長基線陣列 (VLBA)。圖一顯示我們觀測到的 LDN 1551 IRS5 影像。我們偵測到兩個相距  $46.3 \pm 0.5$  天文單位之南北向已知天體。以下我們用 N 代表朝北的那一個，用 S 代表朝南的那一個。此外，我們首度發現在 N 東南方僅  $11.4 \pm 1.2$  天文單位處有先前未知的另一個天體。這個由三顆星組成的原恆星系統，大小與我們的太陽系差不多。左圖為使用 VLA 取得 L1551 IRS5 的影像。兩個類似十字形的物體（即 N 及 S），其中一個軸與拱星塵盤平行，另一個軸與雙極噴流（以相反的紅色箭號表示）平行。在 N 的左下方有第三個物體，是另一個拱星塵盤。虛線的橢圓形代表 S 繞 N 的軌道運動。右圖：環繞 L1551 IRS5 之分子假盤的影像（取自 Momose 及大橋永芳等人的研究成果，發表於 1998, ApJ, 504, 314），圖中的十字形標示出它的位置。依箭頭指示，這個假盤沿順時針方向旋轉。值得注意的是 S 及 N 的拱星盤都與假盤平行，而這兩個天體的軌道運動方向也與假盤的旋轉方向相同。這些特性形成明確的證據，表明這兩個原恆星的形成是假圓中央區域碎裂的結果。

如圖 1 所示，N 與 S 之拱星盤的長軸彼此近乎平行。由於這些沿著短軸的盤是可以辨識的，我們可以推出他們與天球面的斜傾角都是大約  $60^\circ$ ，N 與 S 天體的拱星盤確實是彼此平行。爲了研究這些天體的軌道運動，我們已收集了所有 N 與 S 分開之 LDN 1551 IRS5 影像。這些影像顯示 S 正往 N 的東南方移動。我們發現 S 的移動方向與它繞行 N 之圓形共面軌道一致（也就是說，它的軌道面與拱星盤的平面平行）。

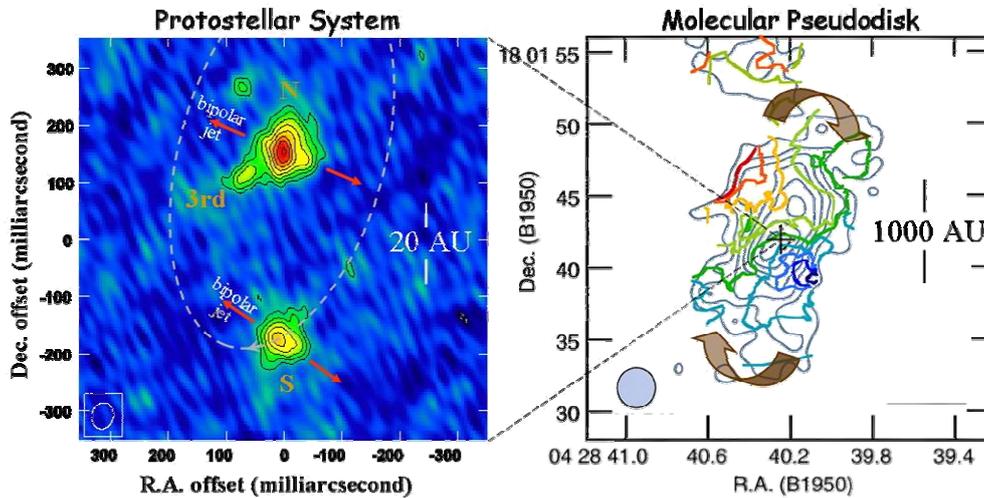


圖 1

已知 LDN 1551 IRS5 周圍有分子假盤環繞，這也顯示在圖 1 中。此假盤呈順時針旋轉，長軸方向爲北北西往南南東方向，與天球面的傾斜角約爲  $64^\circ$ 。這樣，N 與 S 的拱星盤確實與假盤的平面平行。再者，N 與 S 的軌道運動與其周圍假盤的旋轉方向相同。這些特性構成確鑿的證據，證明 N 與 S 的形成是其母假盤內部區域碎裂的結果。這是科學家首度獲得這類觀測證據，支持雙星原恆星系統的碎裂模型。

第三顆星的形成方式則沒有這麼明確。它的拱星盤並未與 N 及 S 的拱星盤或周圍的假盤平行。理論研究顯示，如果某顆原恆星附近有一些質量較大且拱星盤亦較大的原恆星，重力能使得這顆原恆星的拱星盤傾斜。另一方面，這顆原恆星也可能是被捕獲來的。若要區分以上兩種可能性，則必須進一步測量其軌道運動。

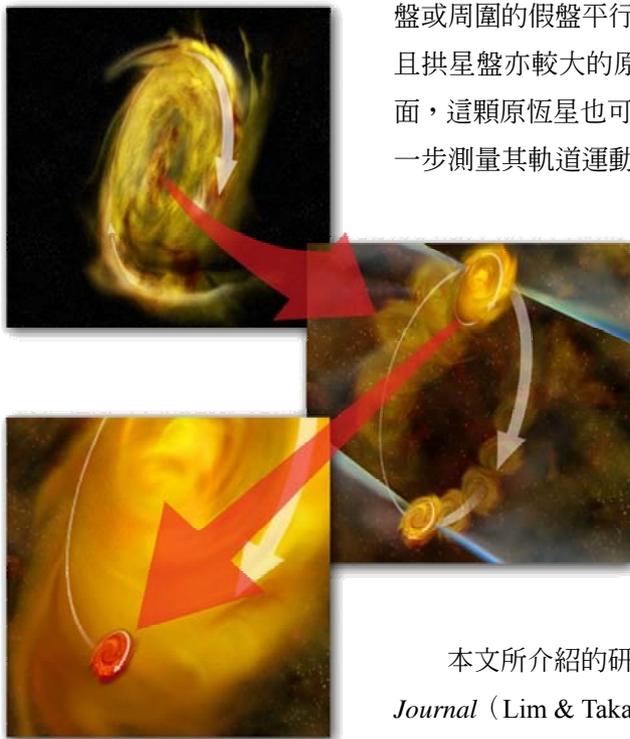


圖 2

圖 2 爲 VLA 觀測多星系統 L1551 IRS5 得到之形成模型的示意圖。左上圖顯示一個旋轉中的較大氣體塵埃盤，中間的圖顯示兩個較小的氣體塵埃盤從大盤碎裂而成，並且開始凝結成原恆星，每個原恆星有各自的氣體塵埃盤和從兩極方向噴出的噴流。左下圖顯示第三個更小的氣體塵埃盤和原恆星，可能是透過相同的碎裂過程形成，也可能是被重力捕獲而來。（圖片版權：Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF）

本文所介紹的研究成果已發表於 2006 年 12 月 10 日出版的 *Astrophysical Journal* (Lim & Takakuwa 2006, ApJ, 653, 425)。本研究由筆者的國科會計畫資助。