

知識天地

探索類日恆星形成之謎

李景輝助研究員（天文及天文物理研究所籌備處）

我們已知恆星是在氣體與塵埃雲中藉重力塌縮形成。首先形成稱為原恆星的稠密凝聚物，隨著氣體與塵埃持續落入，原恆星便成長為恆星。不過，由於有磁場與角動量存在，這個過程的細節很複雜。尤其天文學家發現，氣體與塵埃也會由原恆星的周圍噴出，形成超音速的原恆星噴流，與周圍的物質產生交互作用。

目前科學家認為噴流是由環繞原恆星的吸積盤射出，這使得我們有機會探究迄今尚未解開的吸積過程之謎，因為它需要我們在天文單位尺度下直接觀測吸積盤內部。因此，噴流便成為揭開恆星形成奧祕的關鍵。儘管天文學家已進行了很多研究，我們對噴流的速度、周期特性、準直（collimation）、角動量等物理特性仍知之不詳。位於夏威夷毛納峰頂的次毫米波陣列（Submillimeter Array，簡稱 SMA）具備在高角分辨率下探測溫暖稠密分子氣體的性能，因此能用來詳細研究噴流的物理特性。

赫比格-哈羅 211（Herbig-Haro 211，簡稱 HH 211）是一個界限清楚的雙極（往兩側噴出的）噴流，位於離我們僅有 1,000 光年遠的英仙座（constellation Perseus）內，因此是最佳的研究對象。位於此噴流中心處，有一個深深埋在雲氣中的原恆星。它只有 2 萬年歷史，質量僅為太陽的 6%。數千萬年後，它終將成長為類似太陽的恆星。

藉助於次毫米波陣列，我們詳細觀察了這個噴流並取得關鍵資訊，目前已獲得兩項重要的資訊。首先，我們發現這個噴流的質量流失率（即單位時間內噴出的物質總質量）隨著時間而改變，週期約 30 年，而且質量流失率的週期變化可能由類似太陽的磁性循環造成。已知太陽磁場的極化隨時間而改變，週期約 22 年，這造成太陽活動的週期特性。類似的循環可能在原恆星階段、遠在恆星誕生前即已開始，導致噴流週期性的質量流失。另一種解釋是，這種週期性變化可能肇因於另一個尚未觀測到的伴星帶來的週期性擾動（此伴星應在大約 4 個天文單位外以 30 年的週期繞行此原恆星）。其次，我們首度發現這個噴流將多餘的角動量帶離這個原恆星。每單位質量的角動量很小，不到每秒 50 天文單位-公里，強烈指明此噴流是由緊鄰原恆星的吸積盤發射出來的，其發射點與原恆星的距離比水星到太陽的距離還要近。這項發現與前清華大學校長徐遐生及其合作者所建立的恆星形成理論模型（稱為 X-風模型）之預測相符。進一步的觀測也證實我們的結果。

次毫米波陣列望遠鏡是由美國史密松天文臺與臺灣中研院天文所合作興建，為一無線電波段的干涉儀。它由 8 座 6 米的天線組成，操作波段為次毫米波，使我們能詳細地觀測噴流。觀測能力更強的無線電波干涉儀 — Atacama 大型毫米及次毫米陣列（簡稱 ALMA）— 目前正於智利北部興建中，可視為次毫米波陣列的加強版。ALMA 將使我們能夠深入觀測恆星形成區域的中心地帶，得到更多的細節，並直接揭開恆星誕生的奧祕。ALMA 計畫是有史以來最大的地面天文望遠鏡興建計畫，中研院天文所已於 2005 年加入此計畫。

本文所介紹的研究成果已發表於 2007 年 12 月 1 日出版的 *Astrophysical Journal* (Chin-Fei Lee, Paul T. P. Ho, Aina Palau, Naomi Hirano, Tyler L. Bourke, Hsien Shang, and Qizhou Zhang, 2007, ApJ, 670, 1188-1197)。

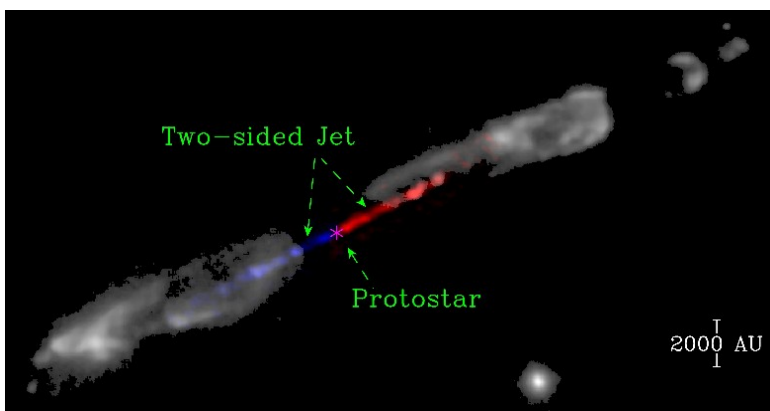


圖 1：使用次毫米波陣列觀測往兩側噴出的 HH211 噴流，圖中的紅色部份正在噴離我們，藍色部份正在噴向我們（取自 2007 年李景輝等人的研究成果）。灰色的影像顯示此噴流產生的震波輻射（shock emission）（取自 2006 年平野尚美等人的研究）。

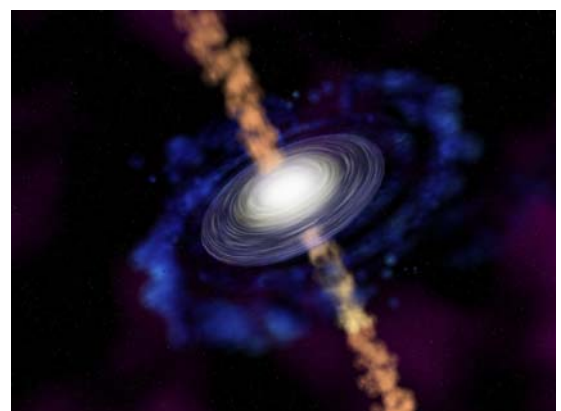


圖 2：原恆星周圍的圓盤噴出超音速噴流的示意圖（蔡殷智繪）。

※各期知識天地文章請逕於本院網頁：<http://www.sinica.edu.tw/>「常用連結」之「週報〈知識天地〉」項下瀏覽。※