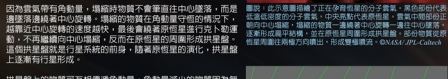
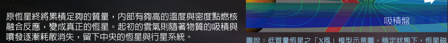


低質量恆星形成

恆星屬於低低質量的分子雲。恆星藉由自身重力塌縮在一起；由於磁場、內亂或磁化重力波或自身重力塌縮成「種子」磁場。剩餘重力對稱的塌縮。一旦塌縮，它便成為低質量恆星。低質量恆星形成的過程，受到來自磁場、內亂或磁化重力波的影響。磁場或磁化重力波引導內塌縮。分子雲帶有磁場能防止坍縮。因此，磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。低質量恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。



因為磁場角動量，塌縮的物質往中心塌縮。而是垂直塌縮成中心磁場。塌縮的物質在角動量的作用下，形成盤狀結構。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

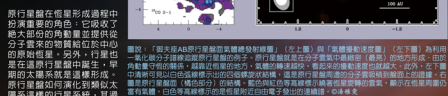


恆星與行星塌縮的質量，內部的重力塌縮與磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

低質量恆星形成過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

行星磁

一般認為恆星在分子雲中形成。分子雲結構塌縮成恆星。行星磁場的形成，與恆星磁場的形成過程相似。行星磁場的形成，與恆星磁場的形成過程相似。行星磁場的形成，與恆星磁場的形成過程相似。



行星磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

行星磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

行星磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

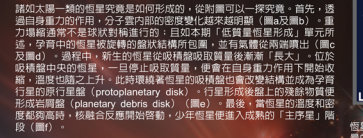
行星磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

2013年中研院院區開放天文所活動

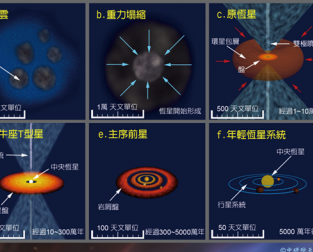


簡介恆星形成

如成人一樣，恆星（好比我們的太陽）也是有「生命」的循環。恆星孕育和成長於分子雲和稠密的雲氣。也是具有不同密度的區域，因此恆星具有不同於地球結構的「內部結構」。所以說恆星具有不同於雲內的平均溫度，只有10K~265K。典型的分子雲密度僅為每立方公分中僅含有100至1,000顆原子，在我們日常的眼中，這狀態並不以為意。其實，恆星實際上並不是我們所謂的「空無如也」。由於雲氣中仍然存在著磁場和內亂，塌縮的物質在角動量的作用下，形成盤狀結構。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。



如果恆星「發育」過程中，無法獲取足夠的質量（0.08倍太陽質量以上），溫度與光度無法提高，最終不能脫離分子雲。這顆恆星最終的質量就成為所謂的「棕矮星」。至於棕矮星的形成過程是和一顆的恆星類似。

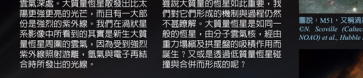


恆星一樣，至今仍不得而知。另一個恆星形成的未解之謎是一顆星進入大質量恆星的那個質量恆星是如何形成的。雖然恆星形成的過程，仍是未解之謎。

大質量恆星如何火葬則猶如，天

大質量恆星形成

恆星屬於高質量的分子雲。恆星藉由自身重力塌縮在一起；由於磁場、內亂或磁化重力波或自身重力塌縮成「種子」磁場。剩餘重力對稱的塌縮。一旦塌縮，它便成為高質量恆星。高質量恆星形成的過程，受到來自磁場、內亂或磁化重力波的影響。磁場或磁化重力波引導內塌縮。分子雲帶有磁場能防止坍縮。因此，磁場在恆星形成過程中扮演著至關重要的角色。高質量恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

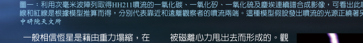


由於大質量恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

大質量恆星如何火葬則猶如，天

大質量恆星如何火葬則猶如，天

【恆星形成之謎】超光速雙極噴流



超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。超光速雙極噴流是恆星形成過程中的一股強勁的風。

恆星形成

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

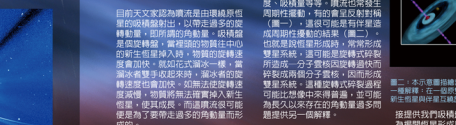
恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

恆星形成的過程，包括磁場、內亂或磁化重力波對塌縮過程的影響。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。磁場和內亂的相互作用，導致磁場和內亂在塌縮過程中扮演著至關重要的角色。

艾奧基星傳奇



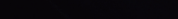
艾奧基星傳奇，這顆彗星在近日點附近，展示了令人驚嘆的雙極噴流結構。

艾奧基星傳奇，這顆彗星在近日點附近，展示了令人驚嘆的雙極噴流結構。

艾奧基星傳奇，這顆彗星在近日點附近，展示了令人驚嘆的雙極噴流結構。

艾奧基星傳奇，這顆彗星在近日點附近，展示了令人驚嘆的雙極噴流結構。

艾奧基星傳奇，這顆彗星在近日點附近，展示了令人驚嘆的雙極噴流結構。



恆星形成區—蛇夫座ρ星

與我們太陽相似的恆星，產生於氣體與塵埃組成的星際分子雲中。分子雲在可見光波段下有著烏雲般的外觀，這是分子雲中的塵埃吸收了背景星光所造成。然而，在紅外線波段，分子雲的影像卻變得清晰可見；在波長比紅外線更長的波段範圍，分子雲甚至還會「閃閃發亮」。藉由波長較長的紅外線或無線電波，天文學家終能向世人展現恆星形成之處。

此處以蛇夫座ρ星分子雲為例，其與地球間的距離約為400光年。

背景塵為夏季銀河特寫一跨越左上至右下的天體是銀河，右方為天鵝座，左方屬人馬座。這段位於銀河中心附近的區域，黑暗塵雲和瀾漫星雲交織成壯麗的景觀。

可麗爾天文台主鏡



蛇夫座ρ星

天鵝座α星

這是天鵝座心臟部位的特寫，中偏下的亮星是天鵝座α星（心宿二），該星右上方可以辨認出天座ρ星，直線區域有許多稠密星雲和瀾漫星雲，熱氣層稱為閃閃發火一般。

© 王嘉慶

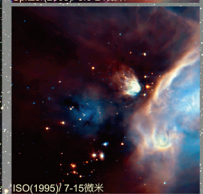
右側是紅外線波段下所拍的蛇夫座ρ星分子雲稠密區；由上至下分別為：各小星影像資料來源，由上至下分別為：史匹哲太空望遠鏡 (Spitzer Space Telescope)、紅外線太空天文台 (the Infrared Space Observatory, 簡稱ISO)、歐空米天文台太空望遠鏡 (the Two Micron All Sky Survey, 簡稱2MASS)。

觀察範圍在紅外線波段的2MASS拍攝到蛇夫座ρ星分子雲的中央部份，但稠密部至僅一片黑。相較之下，在3.6-24微米範圍具有較寬的波段範圍的史匹哲望遠鏡，便能清楚拍攝到從稠密區透出的亮光，更顯縹緲在分子雲中年輕恆星的神秘蹤跡。

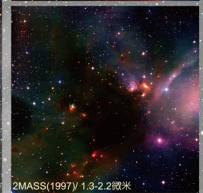
© Spitzer/ISO/2MASS



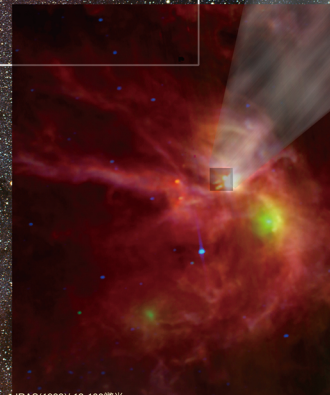
Spitzer(2003) 3.6-24微米



ISO(1995) 7-15微米



2MASS(1997) 1.3-2.2微米



IRAS(1983) 12-100微米

本圖為紅外線波段下所拍的蛇夫座ρ星分子雲稠密區，影像來自紅外線天文衛星 (the Infrared Astronomical Satellite, 簡稱IRAS)。圖中灰色方塊標示區域即拍攝於左邊三張圖的拍攝區域。

分子雲稠密區的2MASS影像看起來漆黑一片，其IRAS影像卻光芒四射。

© IRAS

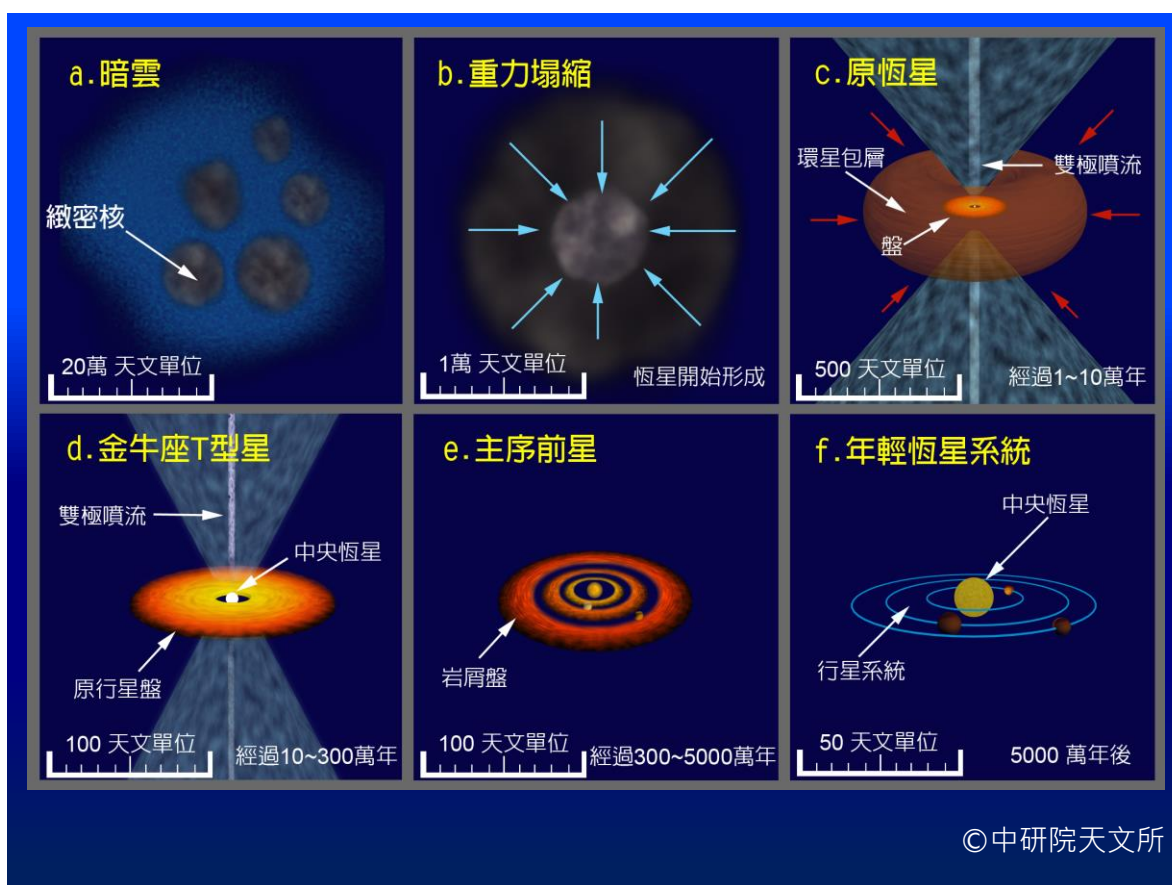


中央研究院
天文及天文物理研究所
ACADEMIA SINICA
Institute of Astronomy and Astrophysics

簡介恆星形成

如同人類一般，恆星（好比我們的太陽）也是有「生命」的個體。恆星孕育自充滿星際氣體與塵埃的雲氣中。星際氣體雲內密度較高的區域，因其主要氣體成分是分子型態的氫氣(H_2)，所以被起名為「分子雲」。分子雲內的平均溫度極低，只有10 K (-263°C)。典型的分子雲密度每立方公分中僅含有100至1,000顆微粒，在我們日常的認知中，這狀態差不多就叫做「真空」；但實際上卻又不是我們以為的「空空如也」。由於雲氣中的塵埃顆粒阻擋了隱身雲中的恆星所發出的光，因此可見光下的分子雲看起來像「烏雲」，科學家稱之為「暗雲」(dark cloud)。既然恆星是在暗雲裡形成的，用可見光來觀測便看不出個所以然；想要研究恆星形成區域內的林林總總，如紅外線、次毫米波、毫米等較長波長的觀測更能派上用場。

諸如太陽一類的恆星究竟是如何形成的，從附圖可以一探究竟。首先，透過自身重力的作用，分子雲內部的密度變化越來越明顯(圖a及圖b)。重力塌縮通常不是球狀對稱進行的；且如本期「低質量恆星形成」單元所述，孕育中的恆星被旋轉的盤狀結構所包圍，並有氣體從兩端噴出(圖c及圖d)。在這些過程中，新生的恆星從吸積盤吸取質量後漸漸「長大」。位於吸積盤中央的恆星，一旦停止吸取質量，便會在自身重力作用下開始收縮，溫度也隨之上升。此時環繞著恆星的吸積盤也會改變結構並成為孕育行星的原行星盤(protoplanetary disk)。行星形成後盤上的殘餘物質便形成岩屑盤(planetary debris disk)(圖e)。最後，當恆星的溫度和密度都夠高時，核融合反應開始啟動，少年恆星便進入成熟的「主序星」階段(圖f)。



如果恆星在「發育過程」中無法獲取足夠的質量（0.08個太陽質量以上），溫度和密度就無法衝高、不能啟動氫原子融合。這種質量很低的恆星就成了所謂的「棕矮星」。至於棕矮星的形成途徑是否和一般的低質量恆星一樣，至今仍不得而知。另一個恆星形成的大哉問則是一質量超過八個太陽質量的那些大質量恆星是如何形成的？最近的觀測結果顯示，有些光譜型B型的大質量恆星也和低質量恆星一樣，是透過類似的質量吸積過程而成形的。不過，質量更大的那些O型恆星究竟如何形成，仍然是個未解之謎。

（作者/平野尚美；翻譯/陳筱琪）



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

低質量恆星形成

恆星源自於低溫低密度的分子雲氣。氣體藉由自身重力凝聚在一起；並由於磁場、內部亂流或氣體壓力與自身重力對抗而達成（靜力）平衡狀態。與自身重力對抗的機制一旦減弱、或受到外來的壓力，雲氣將無法維持平衡態，因為受到自身重力吸引而向中心塌縮。分子雲氣帶有磁場和些許的離子，因此塌縮時，氣體比較容易沿著磁力線移動而不易跨過磁力線，塌縮的區域會傾向形成與磁場方向垂直的扁平結構。



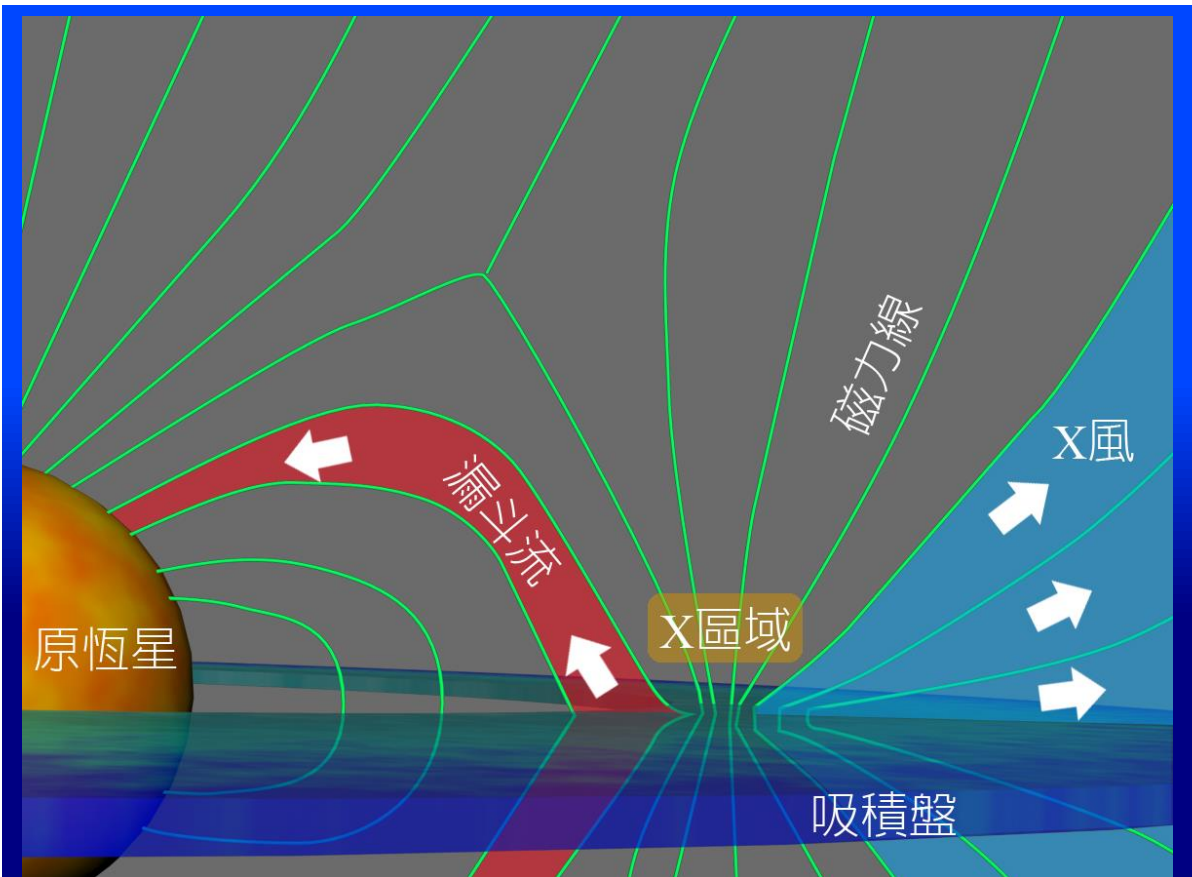
圖說：此示意圖描繪了正在孕育恆星的分子雲氣。黑色部份代表低溫低密度的分子雲氣，中央亮點代表原恆星。雲氣中間部份正朝向中心塌縮，塌縮的物質一邊繞著中心旋轉一邊往中心墜落，逐漸形成扁平結構，並在原恆星周圍形成拱星盤。部份物質從原恆星周圍往兩極方向噴出，形成雙極噴流。© NASA/JPL-Caltech

隨著塌縮，物質往中心聚集，中心的溫度、密度持續上升，當溫度及密度夠大時，中心區域的氣體壓力和重力一旦達到平衡，便形成一個流體靜力平衡的核心，此核心就是恆星的前身—原恆星。此時，雲氣的外圍仍然保持較低的溫度與密度，包覆著原恆星、並繼續朝中心塌縮。原恆星則不斷吸積往中心塌縮的物質，增加質量並提高內部的溫度及密度。

因為雲氣帶有角動量，塌縮時物質不會筆直往中心墜落，而是邊墜落邊繞著中心旋轉。塌縮的物質在角動量守恆的情況下，越靠近中心旋轉的速度越快，最後會繞著原恆星進行克卜勒運動，不再繼續向中心塌縮，反而

在原恆星的周圍形成拱星盤。這個拱星盤就是行星系統的前身，隨著原恆星的演化，拱星盤上逐漸有行星形成。

拱星盤上的物質可互相傳遞角動量。角動量減少的物質因為無法維持穩定的克卜勒運動而往原恆星靠近，最終被原恆星吸積，成為其質量的來源；而獲得角動量的物質則從原恆星的兩極方向被噴發出去，形成雙極噴流。本所徐遐生院士等人提出了 X 風模型（X-wind model）來解釋這個物質吸積與噴發的機制：來自原恆星的磁場會和拱星盤的內緣交互作用，部份磁力線就像橋樑一樣連接著原恆星與拱星盤，讓拱星盤上物質流向原恆星，並將多餘的角動量透過磁力線傳回拱星盤；另一部份的磁力線則以拱星盤的內緣為起點如扇形一般向外延伸，帶有過多角動量的物質便透過離心力順著磁力線向外拋出，形成噴流。



圖說：低質量恆星之「X風」模型示意圖。穩定狀態下，恆星磁場與拱星盤交互作用造成的磁力線分布如綠色線所示，在拱星盤內緣集中穿過盤面，形似字母X，稱為「X區域」。在此區域裡的物質唯有沿著特定的磁場方向方能離開盤面。沿著紅色區域內磁場進入恆星者為漏斗流，沿著藍色區域內磁場遠離恆星者為「X風」。(參考自徐遐生院士等人1993年論文) ©中研院天文所

原恆星終將累積足夠的質量，內部有夠高的溫度與密度點燃核融合反應，變成真正的恆星。起初的雲氣則隨著物質的吸積與噴發逐漸耗散消失，留下中央的恆星與行星系統。

(作者/顏士韋)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

大質量恆星形成

欣賞著渦狀星系（Whirlpool Galaxy），點綴在星系旋臂上珍珠般的亮點是大質量恆星的所在。所謂大質量恆星是指質量達八至十倍以上乃至上百倍太陽質量的恆星。相較於類似太陽的恆星其數十億年生命，大質量恆星僅存活數百萬年。這樣的生命期在宇宙與星系演化的尺度下，可謂是「短暫的瞬間」。

由於大質量恆星的生命短暫，剛誕生時通常仍埋藏於孕育它們的分子雲氣深處。大質量恆星散發出比太陽更強更亮的光芒，而且有一大部份是強烈的紫外線。我們在渦狀星系影像中所看到的其實是新生大質量恆星周圍的雲氣，因為受到強烈紫外線照射游離，氫氣與電子再結合時所發出的光線。



圖說：M51，又稱渦狀星系（Kitt Peak + HST） ©N. Scoville (Caltech), T. Rector (U. Alaska, NOAO) et al, Hubble Heritage Team, NASA



圖說：由哈柏望遠鏡（Hubble Space Telescope）所拍攝的獵戶座星雲（Orion Nebula）。在影像中央可見四邊形星團（Trapezium Cluster）。Crucible of Creation: Panoramic Image of Center of the Orion Nebula

觀測顯示，與類似太陽的恆星數目相比，大質量恆星的數目要少了許多。然而大質量恆星卻常常群聚而生。位居獵戶座大星雲（Orion Nebula）中的四邊形星團（Trapezium Cluster）可說是最好的例子。獵戶座大星雲是距離我們最近的大質量恆星形成區域，其中心四邊形星團明亮的四角不僅僅都是大質量恆星，其中兩角還各是雙星或多星系統！這幾顆星，照亮了整個獵戶座星雲！

大質量恆星如煙火般稍縱即逝，天文學家便藉由可觀測到的大質量恆星數量來推衍當下星系雲氣中恆星誕生的狀態。大質量恆星在生命中持續散發出恆星風，為星系中的星際介質不斷注入能量。在它們的生命末期則經由（超新星）爆炸將內部透過各種原

子核合成過程產生的鐵、鎳，或甚至更重的核物質散播出來，是星系中多種重元素的主要來源。恆星本身更進而演化為令人好奇的黑洞！

雖說大質量的恆星如此重要，我們對它們形成的機制與過程仍然不甚瞭解。大質量恆星是如同一般的恆星，由分子雲氣核，經由重力塌縮及拱星盤的吸積作用而誕生？又或是透過低質量恆星碰撞與合併而形成的呢？

由於它們生命短、數量少、多群聚、並深埋於雲氣中的特性，使得觀測大質量恆星相當困難。然而近年來高解析度毫米波觀測技術的發展，讓天文家的視界能夠穿透到雲氣深處，進而仔細瞭解大質量恆星誕生的情形。雖然目前的證據似乎指出大多數的大質量恆星可能是以類似一般質量恆星的形成方式誕生，但我們期待更多的觀測與理論研究能夠在不久的將來為我們揭示答案。

(作者/呂聖元)

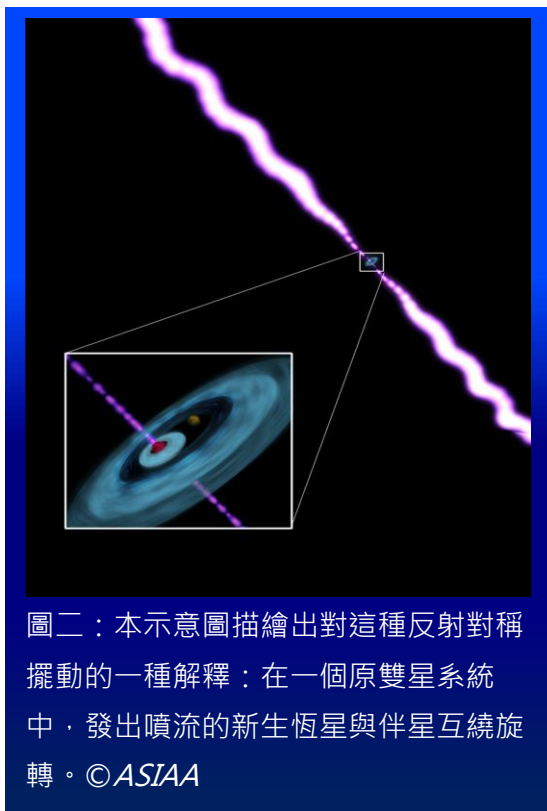
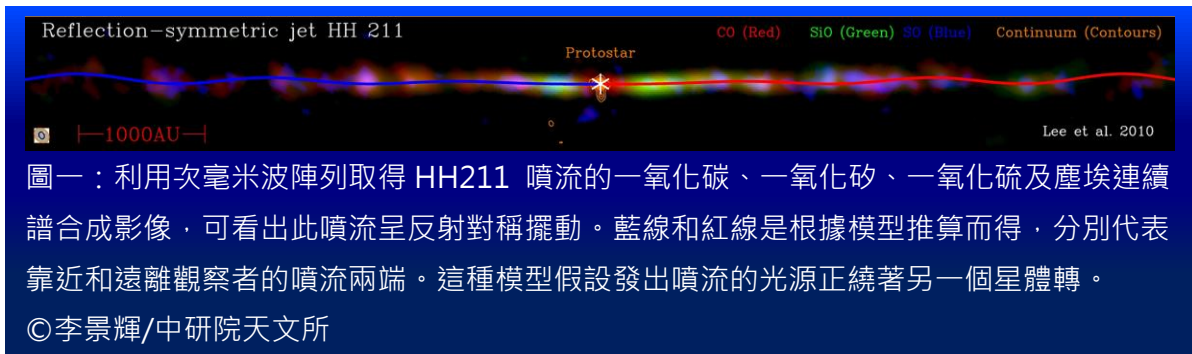


天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

超音速雙極噴流 恆星形成的標竿

一般相信恆星是藉由重力塌縮，在稱為分子雲核的塵埃繭狀物中形成的，不過由於磁場和角動量的存在，恆星形成過程涉及許多十分複雜的細節。最初的恆星形成理論只有預測物質往中心的新生恆星掉入，並沒有預測部份掉入的物質也會往兩極旋轉軸快速噴射，形成極為壯觀的準直超音速雙極噴流。如今，噴流已公認為恆星形成的標竿，也就是說有噴流的地方就必有恆星正在形成。

目前天文家認為噴流是由環繞原恆星的吸積盤射出，以帶走過多的旋轉動量，即所謂的角動量。吸積盤是個旋轉盤，當裡頭的物質往中心的新生恆星掉入時，物質的旋轉速度會加快。就如花式溜冰一樣，當溜冰者雙手收起來時，溜冰者的旋轉速度也會加快。如無法使旋轉速度減慢，物質將無法確實掉入新生恆星，使其成長。而這噴流很可能便是為了要帶走過多的角動量而形成的。



噴流的發射機制造今尚未確定。目前天文學家多認為是磁場和角動量的合作結果，部份吸積盤裡的物質被磁離心力甩出去而形成的。觀測到的噴流都呈高度準直，很可能便是帶有環形磁場的結果。就如橡皮筋一樣，環形磁場可以綁住噴流，使其物質不會散開。目前天文學家正忙著要測量噴流的角動量和磁場強度，以驗證現有的噴流發射機制。此外，噴流其他的物理特性，如速度、密度、質量流失率、噴發周期等等也很關鍵，可讓我們推導吸積盤內發射基地的特性，如距離、旋轉速度、吸積量等等。噴流也常發生周期性擺動，有的呈反射對稱（圖一），這很可能是有伴星造成周期性擾動的結果（圖二）。也就是說恆星形成時，常常形成雙星系統，這可能是旋轉式碎裂所造成一分子雲核因旋轉過快而碎裂成兩個分子雲核，因而形成雙星系統。這種旋轉式碎裂過程可能比想像中來得普遍，並可能為長久以來存在的角動量

過多問題提供另一個解釋。

目前天文觀測儀器還無法透徹地解析新生恆星的形成區域，因為它需要我們在天文單位尺度下直接觀測吸積盤內部。噴流因能間接提供我們吸積盤內部的特性，便成為揭開恆星形成奧祕的有力鑰匙，使得我們有機會探究迄今尚未解開的吸積過程之謎。

(作者/李景輝)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

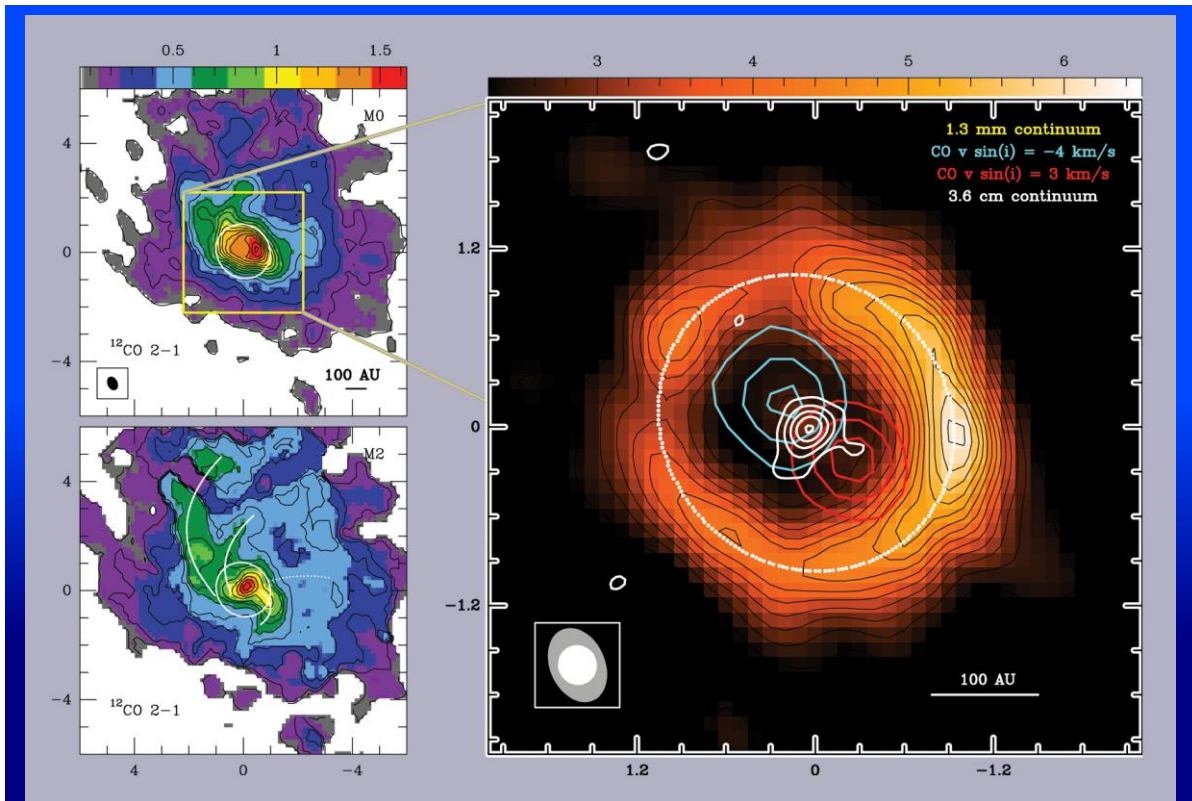
原行星盤

一般認為恆星在分子雲中形成。分子雲會隨著時間慢慢演化，形成一些密度比較高的「緻密核」(dense core)；當這些核的重力高到足以抗衡熱與其它壓力，周遭的分子雲便開始重力塌縮。而在密度核持續吸積物質的過程中，核中心溫度也會持續升高；當中心溫度高到足以進行核融合反應時的型態，就是我們所看到的恆星了。然而這些分子雲氣塌縮的過程裡，因為角動量守恆的關係，塌縮到恆星附近的分子雲會以高速旋轉；因此，在原恆星形成處幾乎都可以看到旋轉的原行星盤。

原行星盤在恆星形成過程中扮演重要的角色：它吸收了絕大部份的角動量並提供從分子雲來的物質給位於中心的原始恆星。另外，行星也是在這原行星盤中誕生，早期的太陽系就是這樣形成。原行星盤如何演化到類似太陽系這樣的行星系統，其過程仍然充滿爭議。例如：從分子雲來的物質如何演化成一個個行星、盤面上的物質如何消耗掉它的角動量而吸積到原恆星、類地行星與類木行星是如何演化到目前的軌道上等等。因此，研究盤上的運動與結構是個重要的課題。

原行星盤的組成和周遭分子雲類似，分子氣體與塵粒質量比例約為 100 比 1；於是我們可以藉由觀測分子發射譜線的都卜勒效應來分析原行星盤的運動。然而，由於盤面上的溫度隨著恆星間距增加而遞減，距離恆星數個天文單位 (au) 的盤面上，溫度就已經降到 100K 以下。在這樣的環境中，只有分子氣體的發射譜可以被激發。其中，最容易被偵測到的分子是一氧化碳；因此，天文學家很常用一氧化碳的分子譜線來研究原行星盤的運動。

主導盤面物質運動狀態的動力主要是盤中心恆星的重力；因此，一般我們期望盤面的運動會遵守克卜勒定律：運動速度與距離的平方根成反比，而盤內物質最密的地方應該在中心且向外遞減。然而，目前越來越多的觀測證據卻顯示：盤的結構與運動遠不止這些。如圖中介紹的名為御夫座 AB (AB Aurigae) 的原行星盤，它從分子塌縮開始至今已經 2 百萬年了。御夫座 AB 的觀測結果顯示，從分子雲吸積到盤面上的過程中形成一個個螺旋狀結構，這表示恆星吸積的過程可能長達數百萬年。此外，天文學家藉由塵埃連續譜的分析，發現越來越多原行星盤的內部有空洞或極為不對稱，這或許是行星已經在盤內形成的間接證據。然而，目前只有少數幾個觀測數據有足夠的解析力可以分辨出這些結構。位於智利的阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列 (ALMA) 大大提升了觀測數據的準確度與靈敏度，近年內或許有機會解答恆星與行星形成之謎。



圖說：「御夫座 AB 原行星盤氣體總發射線圖」（左上圖）與「氣體擾動速度圖」（左下圖）為利用一氧化碳分子譜線追蹤原行星盤的例子。原行星盤就是在分子雲氣中最緻密（最亮）的地方形成。由於角動量守恆的關係，越靠近恆星的地方，氣體的轉速越快，看起來的擾動速度也就越大。此外，左下圖中清晰可見以白色弧線標示出的四個螺旋狀結構，這是原行星盤周遭的分子雲吸積到盤面上的證據。右圖是原行星盤面（橘色部分）的結構。藍色與紅色等高線標示繞著恆星旋轉的雲氣，顯示在恆星周圍仍富有氣體。白色等高線標示的是恆星附近自由電子發出的連續譜。©湯雅雯

（作者/湯雅雯）



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
 以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
 天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
 創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

來自橡膠園的天文學家－李景輝專訪



圖說：李景輝博士於 2013 年攝於美國加州。©Chin-Fei Lee

晨起而作，日落而息，與家人一起在橡膠園工作是李景輝博士小時除了上學以外的生活。務農生活雖辛苦，與家人一起共享勞作的收穫卻是無比快樂，再加上個性像媽媽一般無憂無慮，童年生活養成了李博士樂觀的性格。1988 年李博士隻身從家鄉馬來西亞來到臺灣就讀中央大學物理學系，畢業後直升天文研究所，1994 年取得碩士學位後進入本所（當時還是籌備處）任職研究助理，同時為出國深造做準備，隔年順利申請到柏克萊-伊利諾-馬里蘭協會（Berkeley-Illinois-Maryland Association, BIMA）獎學金後進入美國馬里蘭大學天文學系深造，並於 2001 年取得博士學位。2001 到 2006 年間先後在加州的 JPL（Jet Propulsion Laboratory）與哈佛的 CfA（Center for Astrophysics）任職博士後研究員，接著便回到臺灣在本所任職，現任本所副研究員，同時也是阿塔卡瑪大型毫米與次毫米波陣列（Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, ALMA）計畫

區域研究中心臺灣支站的負責人。李博士的研究在 2007 與 2010 年分別獲選中研院重要研究成果，更於今 2013 年獲得中研院前瞻計劃獎助。以下是訪談李博士研究之路的內容。

問：您大學唸物理系，碩博便專攻天文學，請問您這一路走來是否有經歷過轉折，或是自然而然地走上天文這條路？

答：高中開始我就對天文特別有興趣，因為在圖書館看到科普雜誌上太陽系的漂亮圖片，覺得很有興趣；還有一次跟同學去看哈雷彗星，看到彗星後心裡很感動；再來就是以前在中國文學上讀到一句「太初有道」，想知道這個「道」是什麼，也就想知道宇宙的起源是什麼；另外還看到科幻小說裡的星空照片覺得很漂亮，也覺得小說裡提到的黑洞、蟲洞很神秘很有趣。那時聽一位學姐說臺灣中央大學有天文課程可以修，很高興地就來申請了，申請時還填了中央物理系為第一志願，後來就過來唸書了。雖然物理系有學其他東西，但我對天文還是比較有興趣，之後就一直做天文方面的研究，算是自然而然走上天文這條路。

問：在您各個研究的階段中，研究方向不盡相同，可否請您與讀者聊聊在不同階段您是如何選擇研究的題目，並淺談一下這些研究的內容？

答：大三時我開始接觸天文研究，那時孫維新老師剛回臺灣任教，我就跟著孫老師研究活躍星系核（Active Galactic Nuclues），一直到碩士論文都是在孫老師的指導下研

究活躍星系核光譜，算是做觀測，然後再做一些模擬去推測觀測結果背後的物理。碩士班畢業後，中研院天文所袁旂老師正好在聘研究助理，我就跟袁老師做了點密度波的研究。後來去馬里蘭大學攻讀博士的時候想做一點跟星系不一樣的題目，那時系上有位用觀測研究恆星形成的老師 Lee Mundy，在他的指導下我用當時算蠻新的高解析 BIMA 陣列看了 10 個有外流（outflow）的原恆星目標，發現這些原恆星的外流幾乎都是中空的，以前這些中空用單天線（single dish）是看不到的，因為解析度太低。中空，代表裡面可能有張角很小的噴流或是張角很大的風（wide angle wind）。外流跟噴流和風的因果關係不是很清楚，我們猜想可能是噴流產生的弓型衝擊波推出外流，或是張角很大的風直接推出外流。當時我們系上有位做模擬的老師 James Stone，我在他的指導下寫了這兩個模型去解釋，但是我們發現兩個模型都解釋的不是很好，各有優缺點，所以一定兩個東西都有，也就是說再怎麼張角小的噴流，都一定會伴隨著一點稀薄張角大的風。模擬有了不錯的結果後就需要理論來解釋，當時剛好有位做理論的老師 Eve Ostriker 來系上任教，我就找她討論我們模型理論的東西。在這三位分別做觀測、模擬、理論的老師指導下，我後來陸續寫了三篇期刊文章，並完成博士論文。在 JPL 做博士後研究時，我將之前做原恆星噴流和風的研究應用到原行星狀星雲（Protoplanetary Nebula）上。之後在 CfA、在中研院天文所、直到現在，我的研究主題主要是恆星形成的噴流，還有一些關於原行星狀星雲的研究。

問：您提到研究之路是始於星系相關的題目，後來才專攻恆星形成和原行星狀星雲，請問為何您會留在恆星的研究，而沒有選擇星系呢？

答：我對恆星形成這個領域蠻有興趣，而且馬里蘭大學當時給學生很多機會，只要觀測計畫書的科學目標明確，學生申請觀測時間大多都能被核准；而且 BIMA 陣列的解析度很好，所以一開始做恆星形成研究就有不錯的收穫。此外，這是很新的研究領域，還有很多尚未解決的問題值得深討，所以一直到現在都是做相關的研究。

從上面三段問答可以看出李博士對天文單純的執著，一如小時樂於勞作的收穫，在天文之路上一步步耕耘，沿路享受著研究成果帶來的快樂。筆者曾在李博士的指導下完成碩士論文，寫論文時李博士經常提醒筆者做研究態度必須嚴謹，因為要對發表出去的成果負責，即使筆者已離開研究領域，這樣的態度在工作上依然很受用，在此與讀者們分享。

（採訪撰文/楊淳惠；審校/李景輝）



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

天文新知：艾桑彗星傳奇

艾桑彗星(C/2012 S1)於2012年9月21日由國際科學光學監測網所發現，發現時位置在木星軌道之外，視星等僅有18.8等。經過IAU小行星中心自動程式計算後，推估亮度可能與月亮相當，2013年2月的一份論文更是佐證了這樣的推估。這篇論文，根據1,897筆觀測資料推算出艾桑彗星將可在近日點附近達到最大亮度-16±2等，比月亮還亮，也因此「世紀大彗星」之名不脛而走。

艾桑彗星在進入火星軌道之後，水汽增加的數量不如預期導致亮度增加得非常緩慢，讓眾多觀星者失望不已。一直到臺灣時間11月14日下午，它的亮度突然由8.9等驟增至6等內，再度讓大家燃起希望。

未來會怎樣？科學家提出了三種故事結局。結局一：根據歷史經驗（2000年的Comet LINEAR (C/1999 S4) 與2011年的Comet Elenin (C/2010 X1)），在彗星進入距太陽0.8 au後，常會因某些原因而解體，目前艾桑已經進入了這條死亡線；結局二：由於艾桑彗星近日點僅有0.0124AU，屆時溫度將可達2,700°C，這個溫度將可能導致彗星燒毀；結局三：艾桑彗星安然通過，繼續它的旅程。

艾桑彗星的未來會是哪一個結局，科學家沒有把握！目前就只能套句電視台詞：就讓我們繼續看下去～。



艾桑彗星(C/2012 S1(ISON))

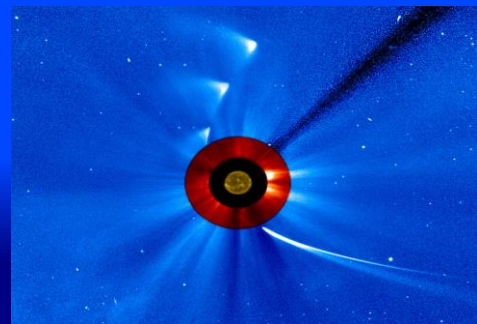
攝影:吳昆臻

地點:南投縣 合歡山 昆陽停車場

時間:2013.11.5 03:50-04:26

3min ×12幅 總曝光時間36分鐘

高橋FS-128+Canon 450D(clear)



圖說：美國國家航空暨太空總署所拍攝的艾桑彗星繞日系列影像。© NASA

(作者/臺北市立天文科學教育館 徐毅宏)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

天文所活動花絮 2013年中研院院區開放日天文所活動

本院院區開放日於10月19日(周六)舉辦,本所活動地點依往例在人文社會科學館。今年活動跨三樓及四樓,比往年更盛大,場場精彩,處處爆滿。甚至吸引了聯邦星艦企業號的艦長與科學官,自三百年後的世界蒞臨會場共襄盛舉。下圖為活動盛況剪影。



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

編輯資訊

發行人\賀曾樸

執行主編\陳筱琪

美術編輯\蔡殷智

執行編輯\金升光、曾耀寰、楊淳惠、蔣龍毅

網路版製作\陳筱琪

發行單位\中央研究院天文及天文物理研究所

地址\臺北市羅斯福路四段一號天文數學館 11 樓

電話\ (02)2366-5391

電子信箱\ epo@asiaa.sinica.edu.tw

天聞季報版權所有\中研院天文所

底圖版權聲明：

位於天鵝座的恆星形成區 Sh 2-106 經影像處理而成。原圖版權© NASA & ESA

天聞季報編輯群感謝各位閱讀本期內容。本季報由中央研究院天文所發行，旨在報導本所相關研究成果、天文動態及發表於國際的天文新知等，提供中學以上師生及一般民眾作為天文教學參考資源。歡迎各界來信給我們，提供您的迴響、讀後心得、天文問題或是建議指教。

來信請寄至『10617 臺北郵政 23-141 號信箱 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收』；或是寄至電子信箱：epo@asiaa.sinica.edu.tw。

