





中央研究院

天文及天体物理研究所

# 從臺灣走向世界

## 中研院天文所正式成所

**位**於夏威夷的“毛納基峰”是夏威夷人的聖山，但對天文學家來說，[毛納基峰卻是最接近宇宙的地方]。

為了支援山上的天文台，在海拔2800公尺處，有一個中繼站，專門提供天文學家以及工程師用餐、住宿。如果您有機會走進這一棟建築，你會發現臺灣的國旗飄揚在其他國家的國旗之間，當中包括美國、法國、日本、智利、加拿大等等。在三十年前，這裡是先進國家設置天文設備的地方，三十年後，在這個海拔4205公尺，整個太平洋最接近天堂的地方，開始有來自臺灣天文學家、工程師的出現，當然還有臺灣的國旗。這一切改變，完全都跟中央研究院天文研究所的歷史息息相關。

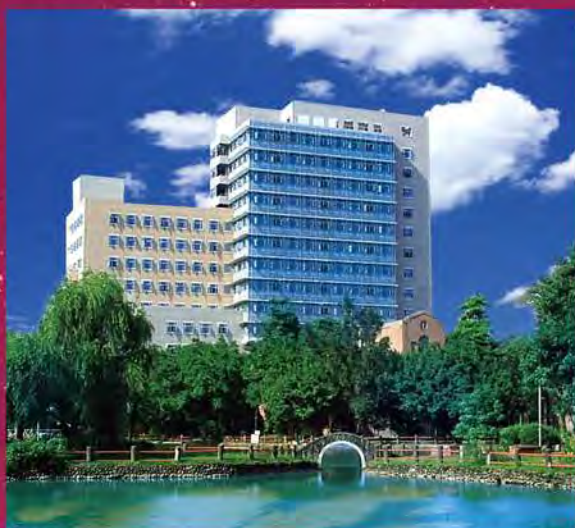


在東方，提起天文學，不少華人一定會引以為傲。因為在中華民族最早開始有系統的紀錄天象的變化，也在古代的中國有相當傲人的成就。但是進入19世紀之後，由於許多歷史的因素，華人世界的天文學發展卻無法與世界尖端的研究接軌，更別說是戰亂頻傳的20世紀了。1928年，中央研究院成立，當時的院長蔡元培聘請中央觀象台台長高魯代行所長，並在南京紫金山設立天文研究所。1949年，政府播遷來臺，天文研究所不及撤退。當中央研究院在臺復院之後，也無人才可聘。一直到1990年，在一個偶然的機會中，徐遐生院士來臺訪問的時候，與臺灣的天文學者交談，看到了在臺灣發展天文的機會。1991年，許多旅美的華裔天文學家，如李太楓、徐遐生、賀曾樸、余光超、袁旂等，提出在臺灣發展天文學。同時，也提出臺灣天文發展的「十年計畫」。在當時，這些天文學家們開始規劃天文所的藍圖，計畫即將參與的國際合作計畫。1993年，中央研究院天文與天文物理研究所正式成立籌備處。接下來，中研院天文所在李遠哲前院長的支持下，正式參與「次毫米波陣列」的興建，由臺灣製造其中的兩個天線，將整個設備的能力提昇30%。在此同時，天文所也積極與美國柏克萊、伊利諾、馬里蘭等大學合作，培養下一代能夠利用這個設備的天文學家。經過了十年的光陰，次毫米波陣列已經在夏威夷的山頂上正式運作，為天文學家收集來自天邊的微弱訊號，嘗試為人類解答無窮盡的科學疑惑。

有了次毫米波陣列的合作典範，天文所積極地開疆擴土，首先是與臺大物理系合作，在夏威夷建造「李遠哲陣列」（見上一期季報），用以觀測星系團，希望解答宇宙肇始之謎。另外，我們也開始「尖端光學與紅外線儀器」的計畫，不僅與加法夏望遠鏡合作建造「廣角紅外線相機」，也與日本國立天文台合作，為Subaru望遠鏡建造次世代的光學相機。這幾個合作計畫的誕生，將天文所真正地帶向國際舞台，也使得臺灣的研究人員，在夏威夷的天空佔有一席之地。

在參與國際合作計畫的同時，中研院天文所也積極的招聘與培養頂尖的研究人員。直到今天，天文所的研究人員、博士後研究學者、工程技術人員、行政人員以及研究生，合計已超過170名，是一個國際化的研究單位，許多研究人員及博士後研究學者皆來自不同的國家，包括澳洲、加拿大、法國、印度、日本、韓國、瑞士、美國、及越南等國。回首草創之初，天文所一直沒有自己的辦公大樓，一直委身於其他研究所之間。興建研究大樓需要不少的經費，但比起參與重要的國際計畫，在歷任的籌備處主任心中，有自己的大樓，便成了微不足道的小事。2009年，天文數學館大樓落成，中研院天文所、數學所及臺大天文所、數學系四個單位共用一個辦公大樓。今年6月1日，中研院天文所正式成所，不再沿用「籌備處」的名稱。但是，國際上許多與我們合作甚深的學者與單位，早就視天文所為國際學術界的一份子。在眼前，我們即將面臨的挑戰，就是世界上最大的電波望遠鏡建造計畫「阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列」。來自臺灣的中研院天文所，將與世界上其他天文先進國家，在海拔五千多公尺的智利沙漠，共同建造人類史上最大的望遠鏡。利用電波，來探索天文學家仍然未知的宇宙。不僅是夏威夷，在不久的將來，我們將和臺灣的天文學家、工程師到南美的安地斯山脈，再一次讓臺灣的國旗與其他的國家並列。

# 醉月湖畔 大師"畫"天文



中華民國天文學會2010年年會於5月29-30日在臺北舉行，天文年會一向以精采的研究成果發表、心得交換和合作機會洽商著稱，不但提供國內天文學家一個能彼此交流的平台，同時它也是研究生發表天文和天文物理相關研究成果的首選之處。

本次年會由理事長清華大學張祥光教授擔任主席，場地輪到由中央研究院天文所提供，適逢天文所慶祝「成所」的歡欣季節，會議在啟用尚不滿一年、嶄新的「天文數學大樓」（位於臺大校園「醉月湖」畔）一樓熱鬧舉行。在天文所所長賀曾樸院士親自帶領和大力支持下，力邀中研院李太楓院士及多位重量級學者，親臨參與本屆盛會。兩場大會演講分別邀請賀所長介紹中研院天文所的歷史與展望，以及臺大孫維新教授回顧2009臺灣全球天文年活動。中研院特聘研究員井上允教授，特別為VLBI計畫（特長基線干涉儀，Very Long Baseline Interferometry）向與會者進行一場比大家原來所期待的更精采的報告-提到了最新研究成果和科學技術能如何協助「捕捉宇宙超大質量黑洞」，令人驚嘆連連。VLBI計畫是跨20餘國、跨六大洲的全球大型合作計畫，井上教授是該計畫的重要推手。

賀所長、李太楓院士及井上允教授，並應邀出席「年輕學子與資深天文學家共餐」的午間討論活動，與青年學生面對面交流心得、傳承在科學研究中的甘苦經驗，展現愛護莘莘學子的用心、積極為我國栽培下一代優秀科學家。

在海報展覽的部分，今年獲獎的包括清大天文所慶道沖（韓籍）的作品「NGC1333、IRAS 4A原恆星核假星盤的環形磁場結構」以及清大物理系穆美蓉（Nadia M. Murillo，哥斯大黎加籍）的作品「解析Class 0 原型雙星VLA 1623的兩組噴流」等。與會者對本年度以來，臺灣和國際天文學界在「新興恆星形成」和「黑洞觀測」領域的豐沛研究成果最為印象深刻。重要學者專家輪番上台講演了十餘場代表天文領域多樣化研究面向的精采演講，展現各校院所最新的天文研究成果。

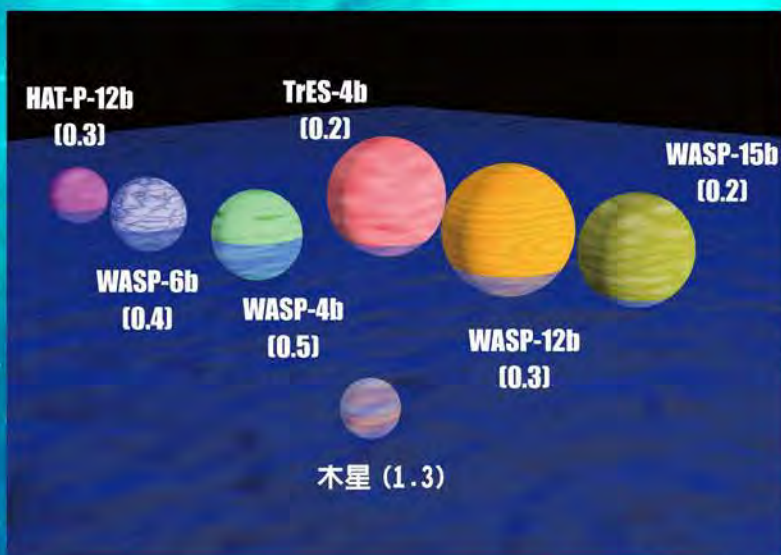
會議議程除了大會所邀請的演講、學術論文口頭報告、論文壁報，會員大會、廠商展覽攤位以外，也特闢兩個時段進行臺灣天文教育和臺灣天文研究論壇，分別由臺師大陳林文教授和中央大學陳文屏教授主持，為我國天文發展白皮書催生。5月29日晚間，中研院天文所更別出心裁的以藍調歌手、吉他、爵士薩克風樂團組成的音樂晚會招待佳賓，在一片「安可」聲中，與會者對這場美麗心靈與科學知識相遇的盛宴，留下了深刻印象，和中研院天文所共享從「籌備處」邁向正式成所的熱情歡慶。

兩天的活動當中，共有200多人與會，來自清華大學及中研院天文所的參加者，人數最多，各校系所碩博士生則佔參加總人數過半以上。當道別聲響起，大家也開始期待明年再相會！

# 熱木星為什麼瘦不下來？

從地球的角度看過去，當某行星從它的母恆星前穿越、造成小量星光被擋住，這時所發生的現象就叫做「凌日」，要想尋找系外行星（系外行星=在太陽系以外的行星），最主要方法之一就是要藉助於凌日現象的觀察。此外，凌日現象還能使我們得知行星體積大小。大多數透過凌日觀測發現的系外行星都算「熱木星」一族，這些體積和木星同級的巨行星，因為緊貼著它的母恆星運行，承受恆星強烈輻射而溫度極高；因為既巨大又高熱，所以得到「熱木星」（Hot Jupiter）的稱呼。（註：木星是太陽系體積最大的行星，體積是地球的1,321倍，表面平均溫度只有約 $-100^{\circ}\text{C}$ ，而各個熱木星的表面溫度卻可高達 $1,000\sim 2,000^{\circ}\text{C}$ 以上不等）

按觀測加上計算得知一些熱類木星的密度數據後，現在，想像一下，倘若把它們放在一個虛擬的大水槽裡，其中許多熱類木星竟然是「輕」到足以浮在水面上（如下圖，圖中括號內的數值為密度，以公克/立方公分為單位，不同顏色僅為區分不同的熱木星，不具任何物理意義）。驚訝嗎？當然呀！熱木星隨著數十億年的時間經過，大部分原始熱能都已輻射冷卻，加上自身重力的關係，它應該內縮變小，造成密度變大 - 怎麼可能輕飄飄浮在水面呢？



壽命有數十億年的熱木星，本來應該因本身重力的緣故體積漸縮，但它卻不縮；甚至密度遠遠小於1而輕漂在水面上，是不是虛胖？要揪出使它「膨風」的元兇，線索指向了一個不斷從內部加熱的源頭。或許是它在對抗由行星表面而來的輻射冷卻、減緩行星收縮、也暗中支持著熱木星身材「瘦不下來」？這個頭號嫌疑犯就是-潮汐熱。潮汐熱從何而來？是鄰近母恆星施加在熱木星上的潮汐形變所產生的。就像木星的木衛一有著橢圓的軌道一樣，潮汐力不斷改變木衛一的形狀，造成內部生熱；同樣的，母恆星對熱木星也有著相類似的潮汐熱影響。

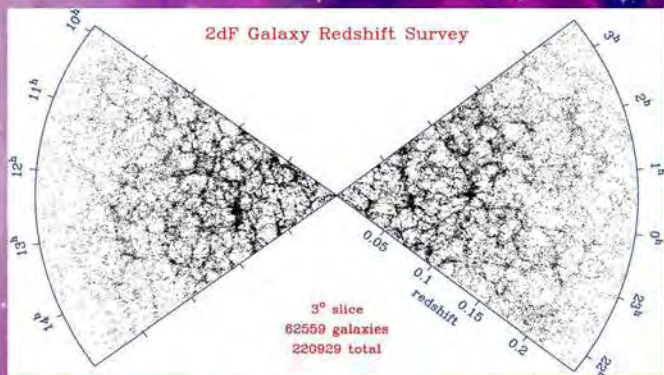
為了驗證潮汐熱的假設，天文學家開發出數學模型，將熱木星所有的內部結構和外在恆星輻射這些資料，全都放進模型裡，算一算：「較大的軌道離心率」和「較高的潮汐熱效率」會擴大半徑，「大氣的不透明度」則像保溫毯一樣，可保存內部熱能，因而減緩行星收縮，相反，「較大的行星核」則因重力緣故，可使行星半徑變小。熱木星很有可能就是藉由這潮汐熱，抵銷了其表面的輻射冷卻，達成了熱平衡，也維持它有個膨脹的~嗯，瘦不下來的身材。

# 欲知暗能量？ 先測氫原子！

**暗**能量(dark energy)是一種假想的作用力，用來解釋宇宙的加速膨脹；科學家相信宇宙中約有75%的質量和能量是來自暗能量。自1998年發現宇宙正在加速膨脹的現象以來，天文學界出現許多理論爭相解釋暗能量形成的原因。多年來天文學家一直就「測量大尺度宇宙結構」的方法層面上（例如針對星系團等龐大結構之測量），致力尋找更完美的技術，以驗證各種不同暗能量理論的正確性。

一般認為，宇宙形成初期的聲波會在星系和氣體的大尺度分佈上，留下可偵測的足跡，使之形成現今的模樣。在大尺度結構中，星系不僅會聚集在一起，星系和星系之間也有巨大的空隙，形成如海綿般的泡狀結構，即一般所熟悉的「宇宙網」（如下圖）。科學家深信，只要測量出這些大尺度結構在幾十億年間經歷過的變化，即可判斷哪一種暗能量學說最為正確。

圖：為2dF星系紅移巡天的結果，當中可看到宇宙網般的結構  
(credit:Matthew Colless (ANU) et al., 2dF Galaxy Redshift Survey)



中研院天文所博士後研究員張慈錦博士與兼任研究員彭威禮博士最近主持一項跨國研究計畫，成功研發出用來繪製「大尺度宇宙結構」(large cosmic structures)的新技術。藉此技術，科學家將能更深入地探索謎樣的暗能量，以及暗能量的本質和特性。

研究團隊藉由太空中極遙遠的氫原子氣體所發出的21公分波長電波，描繪出「宇宙網」的圖像。一般而言，個別星系所發出的氫原子21公分波長電波訊號太過微弱，導致大尺度宇宙網的偵測困難，本研究採用一種另類研究途徑，透過位於美國國家電波天文台的綠堤望遠鏡(Robert C. Byrd Green Bank Telescope，或簡稱GBT)，搜尋並描繪多個星系內的氫氣體分佈，同時測量在宇宙網中許多不明星系之放射電波的加總值。更重要的是，此新技術能移除人為電波和較近距離天體的電波干擾，最後存留的電波大多來自非常遙遠的宇宙所蘊涵之氫氣體。這份作圖結果，與先前使用「可見光觀測」(optical study)所繪製的結構圖詳加比對，吻合度相當高，成功驗證新方法的正確性。

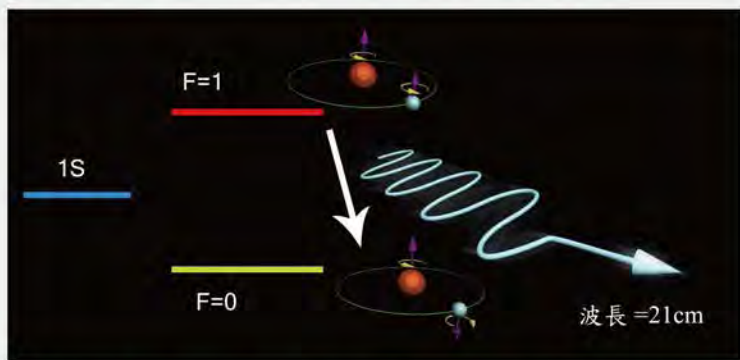
張慈錦博士表示：「根據我們的研究結果繪製出的氫氣圖，已達到了前所未有的宇宙遙遠處，並且也顯示出我們的新技術，在作圖上，能夠處理資料量龐大的宇宙三維圖，也能用來驗證在當前數種暗能量理論中，何者最為正確。」

◆ 此篇研究已於2010年7月22日發表在國際頂尖期刊「自然」(Nature)雜誌。

# 氫原子的21公分譜線

## 探索星系結構的有利工具

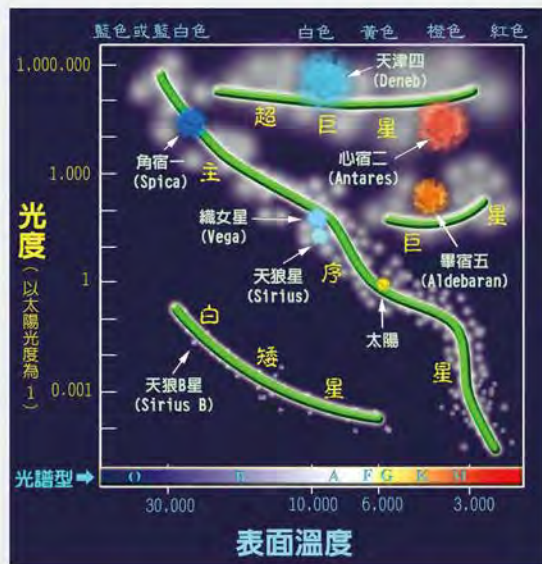
氫原子21公分譜線係氫原子因基態超精細能階轉換所輻射之電磁波譜線。宇宙中瀰漫著大量的氫原子。氫原子是由一個質子和一個電子所組成，根據量子物理理論，原子內質子和電子都會自旋。當電子和原子核內的質子自轉方向相同時，會產生方向相同的磁場，此時能階較高；若電子和質子具相反的自轉方向時，會產生方向相反的磁場，此時能階較低。當氫原子從能階較高的不穩定狀態變至能階較低的穩定狀態時，便會發出頻率為1420.4 MHz的輻射。這相當於波長21公分，落在無線電波段上的電磁波就是氫原子21公分譜線。雖然這種能態轉換的頻率極低：一個氫原子約一千萬年才發生一次，但宇宙星際物質中蘊含的中性氫原子數量多到讓我們可以觀測得到。



由於可見光會被星際物質(如塵埃等)吸收，這使得用可見光觀測時，尤如被濃霧包圍而無法看得太遠；但是氫原子21公分譜線，其波長比可見光大上許多，所以可以穿透星際物質及地球大氣的遮蔽。天文學家已利用21公分譜線描繪星系裡「中性氫原子雲氣(HI)」的分布，以及其密度、溫度、視向速度等資料，藉此得以描繪出星系的結構，因此它是電波天文學探索星系結構的有力工具。

# 赫羅圖

## 從赫羅圖看恆星的種類與演化



天上星星何其多，我們該怎樣瞭解之間的不同？1910年天文學家赫氏(Ejnar Hertzsprung)和羅素(Henry Norris Russell)提出赫羅圖的概念，對恆星的分類以及演化有很大的幫助。

赫羅圖是由恆星兩個特徵所構成的分布圖(如圖)，通常在橫座標所表示的特徵是恆星的表面溫度(例如太陽的表面溫度是絕對溫度5800度)，越朝左邊，代表溫度越高。而縱座標是恆星的光度(例如太陽的光度 $3.9 \times 10^{26}$ 瓦)，越向上，代表光度越高。有時候橫座標的溫度也可以用恆星的光譜型態表示(光譜型態有O、B、A、F、G、K、M)，或者是恆星的顏色表示，這是因為光譜型態和顏色都和恆星的表面溫度有關。有時候縱座標也可以用直接觀察的亮度表示，這時赫羅圖所標示的恆星必須有相近的距離。

天文學家若將同一個星團內的恆星表面溫度和光度(或亮度)標示在赫羅圖上，結果顯示這些恆星並不是任意的分佈，大多數的恆星會分佈在一條對角線上，另有一些分佈在右上角上，少數會分佈在左下角區域。對角線的帶狀分佈稱作主序帶，是屬於壯年階段的恆星，又稱主序星。表面溫度越高的主序星越亮，顏色偏藍白色，並且質量較大，例如馬腹一A(半人馬座 $\beta$  A,  $\beta$  Centauri A)的質量是太陽的10.7倍，位在赫羅圖的左上方。此外，表面溫度越低的主序星越暗，顏色偏紅，質量較小，例如比鄰星(Proxima Centauri)的質量只有太陽的0.12倍，顏色偏紅，在赫羅圖的右下方。

在赫羅圖的右上方有兩種恆星聚集的區域，位置較低的屬於巨星，位置較高的是超巨星，看起來較亮，但顏色偏紅。之所以稱做巨星是因為赫羅圖右上方的區域屬於體積較大恆星分布的位置，越向右上走，體積越大。反之，在赫羅圖左下方，屬於體積較小的恆星，又因為靠近左方，表面溫度較高，顏色偏藍白，所以稱做白矮星。

赫羅圖除了顯示恆星溫度和亮度的分布狀況，更重要的是能夠顯示恆星演化的過程。恆星花了大部分的時光在主序帶，當進入老年期，便從主序帶的位置移往巨星、紅巨星的位置，當恆星死亡後，便移往左下方的位置，例如太陽就會移到白矮星的區域。





[賀曾樸所長]



**Q1：請問賀所長您是在什麼樣的時空背景下參與天文所的籌備設立？**

A：這一切都要從李太楓院士開始說起。20年前，亞洲—尤其是日本—的天文學研究已經開始蓬勃發展，但是在中研院裡卻沒有天文研究單位，所以李院士便想要在臺灣重新建立起天文研究的領域。為什麼說重新建立呢？其實中研院在大陸時期，天文學研究已是重點單位，但民國38年政府遷台時，天文所未能跟隨搬遷。李院士於是便邀請來了當時天文界已享譽國際的徐遐生院士。在徐院士了解了當時臺灣的天文學術環境後，他認為我們應該從推動電波天文學開始。他便找了我及魯國鏞院士開始參與天文所的籌備計劃。而我們在海外的華人也想替亞洲及華人的天文研究盡一份心力，於是在開了許多會議後，我們建議政府啟動了天文所的籌建。

**Q2：回顧過往，請問所長的感想。**

A：籌備設立一個研究所其實很像我們天文學家在架設天文望遠鏡一樣。剛開始什麼都沒有，我們只能想像它應該是什麼樣子，然後從描繪望遠鏡的模樣開始，進而討論它該有的性能。在20年漫長的努力後，每一個螺絲，每一條纜線終於能就定位，所有的接收器都能無誤的接收信號，於是我們才能進行科學分析與理論相比對，進而了解大自然的奧秘。天文所剛開始籌備時也是一樣的情形：從一個空房間，從想像它會是什麼樣子開始，如今20年過後，我們看到上百位天文學家齊聚在此，我們也能自製天文儀器，我們更看到臺灣的天文研究開始蓬勃發展，而軟硬體基礎設施也漸漸到位，所以我們可以說是在天文研究的環境上達到了我們可以實現的成熟度。這一個例子亦說明了我們必需小心運用有限的資源，來建立自己在國際上的競爭力。成功發展的重要關鍵點在於投入的資源要集中，並選定少數幾個重要的科學問題來研究。

**Q3：為什麼天文所籌備處等了17年才能正式成所呢？**

A：研究計劃為一個研究所的重心，而最重要的是參與研究的人力。在天文所籌備之前，中央大學為當時臺灣最大的天文學術單位，其天文研究發展雖稍具雛型，卻不足以提供天文研究所需的人力。故此我們在過去的17年間不斷培訓碩博士班學生，博士後研究生，年輕及資深研究及技術人員，以充實我們多項研究計劃中所需的人力。

**Q4：您認為天文所籌備處17年來最大的成就為何？**

A：人才永遠是我們最珍貴的資源。所以我們最大的成就係培訓了一批年輕的天文學者，包括天文所內的年輕學人以及所內訓練，現分布各大學的優秀天文學家，物理學家及工程師等等。而天文人才的培育有一些不可或缺的要項：除了我們要提供良好的軟硬體設施來鑽研當今最前沿的科學問題，同時也要有天文專業方面的就業機會。我們要讓臺灣的學子在天文研究的職業生涯規劃上能看得到未來，好讓他們能繼續在這條路上繼續努力。我們極需要政府在研究計劃及科研經費的大力支持來達到上述目標。

**Q5：您對天文所及臺灣的天文物理研究的未來看法為何？**

A：我們現在在研究上非常有國際競爭力，所以我覺得非常振奮。我們已經在探索當前宇宙中一些最有趣的科學問題。我們不僅使用（別的天文望遠鏡），我們也參與（望遠鏡的）設計建造，分析觀測所得的數據並提供理論來了解其中的來龍去脈，而這些是一個國際級研究所所應具備的。在各大學裡的天文人才也逐漸增多了，他們的學生也能夠接觸到世界級的望遠鏡和儀器作觀測。臺灣天文物理研究的未來看起來還不錯，但我們需要持續保持水準及政府的支持，以確保我們的研究創新能繼續向前邁進。

**Q6：在臺灣我們已經看見有越來越多年輕學子有志從事天文物理研究。請問您對他們有什麼建議嗎？**

A：從事天文研究最重要的是要保持不斷的好奇心；腦子裡永遠要有what, why, how, when 這些問題。其次必須要有深厚的基礎訓練，我們總是希望學生們努力且快速的把底子打好。在當今各個領域都處在知識爆炸的時代，越早得到完整的訓練越好。你也要儘可能的找專業天文研究人員多談談，並找尋機會與他們作一個小專題，看看你是否真正喜歡天文研究，了解研究是什麼樣子，因為作研究與讀懂教科書完全不同。其實我說的這些對其他自然學科如物理，生物的研究領域亦然。

# [天文所成立的第一把推手]



[李太楓院士]



在歡慶天文所正式成所、並邁向世界一流的天文研究機構之際，我們絕對要提到催生天文所的李太楓院士。李院士為美國德州大學奧斯丁校區天文博士，1984年回國任職於中研院地球科學所。李院士在繁忙的研究工作之餘，參與中學地球科學教材的編寫，有感於當時的臺灣為天文研究之荒島：全國天文博士屈指可數，天文基礎教育必須從零開始，便倡議天文研究所的設立。

由於臺灣學界較偏重應用科學，傳統上，天文學又隸屬物理研究的一支，一開始各方對成立天文所頗有異議，當中的阻力包括：天文研究需要較高的計劃經費以及國內人才短缺的問題。李院士極力說服並排除各方的疑慮，包括來自本院、國科會以及各個大學等，「那時常常是背包裡裝著資料，在會議上舌戰群雄，還被笑話為武訓興學」李院士回憶道。

值得一提的是，為了要爭取當時的科技大老、兼任中央研究院評議員李國鼎先生的支持，著實費了一番苦心。李院士從通訊和遠端遙控的觀點切入，讓原本認為天文無實際應用價值而反對的李國鼎先生改變了想法。除此之外，當時的吳大猷院長雖然贊成，但因本院經費不足，而遲遲未能設立天文所，直到善於爭取預算的李遠哲院士接任中研院院長後，一切困難才得以解決。

另外，李院士還邀請當時任職美國加州大學柏克萊分校天文系主任的徐遐生院士共同規劃，當時決定透過國際合作的方式，將電波天文干涉法列為我國天文的主要研究方向，撰寫天文研究的第一個十年計劃，並邀集在美國任教的袁旂教授，魯國鏞院士及賀曾樸院士，確立了天文所第一個國際合作的研究計劃：次毫米陣列（SMA）。1993年，天文及天文物理研究所籌備處正式成立，李太楓院士兼任籌備處首任主任，借駐地球科學所的六樓一隅，當時整個籌備處含主任僅有四員，與現今天文數學館七層樓的使用面積、研究工作人員超過170名相比，真可說是「蕞路藍縷，以啟山林」。

發行人 / 賀曾樸

編輯 / 王為豪、金升光、黃珞文、辜品高、曾耀寰、  
蔡殷智、蔣龍毅、顏吉鴻（依姓氏筆劃）

攝影 / 蘇裕農

發行單位 / 中央研究院天文及天文物理研究所

地址：台北市羅斯福路四段一號天文數學館11樓

電話：(02) 3365-2200

電子信箱：[outreach@asiaa.sinica.edu.tw](mailto:outreach@asiaa.sinica.edu.tw)

---

背面圖片 / 螺旋星系M33-

本星系群中僅次於仙女座星系與銀河系的第三大星系

圖片版權 / 中央研究院天文及天文物理研究所 / 王為豪