

天聞

中華民國113年
秋季號

中研院天文所季報
ASIAA Quarterly Press
<http://www.asiaa.sinica.edu.tw>



開啟 宇宙新視界

在星空下的魯賓天文台。

©Rubin Observatory/NOIRLab/NSF/AURA/H. Stockebrand

探索深空中的大秘寶： 淺談 LSST 計畫

作者 林彥廷

簡單來說，透過肉眼可見，天上會發亮的物體，除了太陽與月亮之外，大致上就是恆星與行星。在古代，不管你同不同意地球是宇宙的中心，總是會接受有五顆亮星在天空中會明顯移動的事實，而它們就被稱為是行星。現在我們知道它們（也就是水星、金星、火星、木星跟土星）是因為太陽的重力而繞著太陽轉動。至於恆星，顧名思義，就是位置及亮度不隨時間改變的星體。不過聰明的古人，透過長期的觀測，也發現有不少恆星雖然位置不動，但是亮度會有周期性的變化，我們稱它們為變星。有的時候，在先前沒有星星的地方（其實是原先的星太暗看不見），甚至會無端出現非常、非常亮的星，古人稱之為客星，而我們現在把它們叫做超新星。有些超新星可以超級亮，超過它們所處的星系之中其他星的光度總和！由此我們知道夜空並不是亙古不變的。

利用各式太空望遠鏡（例如哈伯、蓋亞、克卜勒），透過先進的觀測技術，我們現在可以量出大量恆星移動的方式（是的，恆星終究也是因為銀河的重力而運轉，只是古代的儀器測不出來），亮度的變化以及到地球的距離，

據此得到相當豐富的資訊：例如銀河系的質量、地球到大小麥哲倫雲（銀河系的兩個衛星星系）的距離、銀河系跟仙女座大星系的相對運動方式、銀河中心超大質量黑洞的存在、以及系外行星的存在和這些行星的性質。人們也發現 Ia 型超新星是一種可校準的標準蠟燭，因此可以用來得到遙遠星系跟地球間的距離。這種長時期監控天體位置以及亮度，被稱為 time domain（時域）天文學，是現在天文研究中非常熱門的主題。

其實 time domain 的研究，在 100 年前就已經對天文及宇宙學做出劃時代的貢獻：在 1930 年代，哈伯透過造父變星的觀測發現宇宙正在膨脹。而在千禧年之前，兩個團隊透過對

Ia 型超新星的觀測發現宇宙不僅是在膨脹，而且是在加速的膨脹！天文學家現在普遍把讓宇宙加速膨脹的神秘『力量』稱之為暗能量。大約 50 年前，魯賓（Vera Rubin）及她的合作者利用其他星系中的恆星及氣體繞行星系的運動方式，推論出星系中應該含有大量不發光的質量存在，如今我們把這種『東西』稱為暗物質。在現在廣為天文學家所接受的宇宙學標準模型當中，暗能量及暗物質扮演了決定性的角色：暗物質佔宇宙中物質質量的 80%，控制宇宙中結構成長的程度，而暗能量會影響宇宙最終的命運。絕大多數的天文學家以及物理學家同意，了解暗物質及暗能量的性質是物理科學中最重要的兩個目標。

LSST（Legacy Survey of Space and Time）這個計畫，主要就是為了深度探討暗物質及暗能量的性質而生。



位於智利的魯賓天文台。©Olivier Bonin/
SLAC National Accelerator Laboratory



在銀河系及其周圍可被魯賓天文台觀測到的棕矮星示意圖。
© RubinObs/NOIRLab/NSF/AURA/J. da Silva

位於智利山頭上的魯賓天文台中的望遠鏡有三個大鏡子，其中主鏡直徑是 8.4 公尺，不過中間挖掉一大塊去當第三副鏡，因此實際的主鏡集光力相當於 6.7 公尺的口徑。這個望遠鏡的特殊設計，加上它超廣角的相機（擁有 3.2Gpix，乃是世界上最大的數位相機），讓它一次可以觀測非常大的天區（大致是四十個滿月的大小），因而每三個晚上就能夠把整個南半球的天空都看過一遍。這個計畫造價 6.8 億美元，為期 10 年，預計在 2025 年底正式展開。LSST 所產生的資料相當豐富，不僅能夠對於暗物質及暗能量的研究帶來新的面向，也讓我們能夠對於太陽系中的小天體（例如大多數有可能與地球相撞並造成災害的隕石，或是傳說中的『第九行星』）、銀河系的結構、宇宙中星系的形成與演化、超大質量黑洞活躍的機制、以及重力波事件的相對應可見光源

（optical counterpart）等，都能有海量的資料來使用。有鑒於該計畫的超強潛力，本所及中央大學天文所都加入了 LSST。

LSST 一次能看近 10 平方度的天區，每次觀測 30 秒，已經能夠得到相當深的影像（每晚預計的資料量是 20TB）。在 10 年的觀測之後，南半天球的每個區域大概都會被 LSST 看八百多次。把這些影像疊加起來（60PB 的影像），我們將能輕易地偵測到 27 等的天體，這是前所未有的大數據（大約包含 200 億個星系及 170 億顆星的資料），可以讓我們看透宇宙過去八九十億年間的演化！另一方面，把每三天南半天球的影像接連起來分析，我們便像有個片長十年的星空電影，任何發生時間介在數分鐘乃至數年的天文現象，都能夠被偵測到。事實上，人們估計 LSST 一

個晚上能夠偵測到一千萬個天球上的變化事件（variable events）；在這麼多的事件當中，絕大多數可能不會很有趣，例如只是一個雙星系統之中，因為兩顆星互相遮蓋導致的亮度變化，但也有可能是一顆超新星的爆發，或是一顆太陽系中前所未見的天體。因此怎麼去篩選出值得進一步分析的事件，便是 LSST 最重要的工作之一，而人工智慧便扮演了非常重要的角色。這些負責從海量數據中篩選出有意義的訊號的程式（稱為 broker），會向全世界廣播值得進一步利用其他望遠鏡觀察分析的事件，讓人們可以及早對於一些稀有的天文現象，例如中子星的對撞，或是各種超新星發生的最初時刻，進行即時的觀測，藉以了解其中的物理機制。讓我們滿心期待，接下來的十年，LSST 將會為我們揭開宇宙中隱藏的大秘寶吧！





IC2118，又稱為女巫星雲。© 王為豪 / 中研院天文所

仰望天空的大眼睛 — 巨型麥哲倫望遠鏡

作者 周瞿毅、王祥宇

自人類有史以來，仰望天際並讚嘆宇宙星空的浩繁，一直主宰著人類的好奇心。遠古的人類，看著天空，向子孫們訴說這世界的形成與自身由來的神話；現代的人類，研究夜空告訴大家這驚奇宇宙的開始與演變，以及千奇百怪、多采多姿的種種現象。天文學總是豐富了人們心中最深處的渴望。也因此，我們總是想要看得更遠、看得更深。熱切地想知道我們究竟是身在何處，從何而來？當我們放眼未來，我們又會往何處而去？透過了天文望遠鏡，把這些疑團逐一解開。

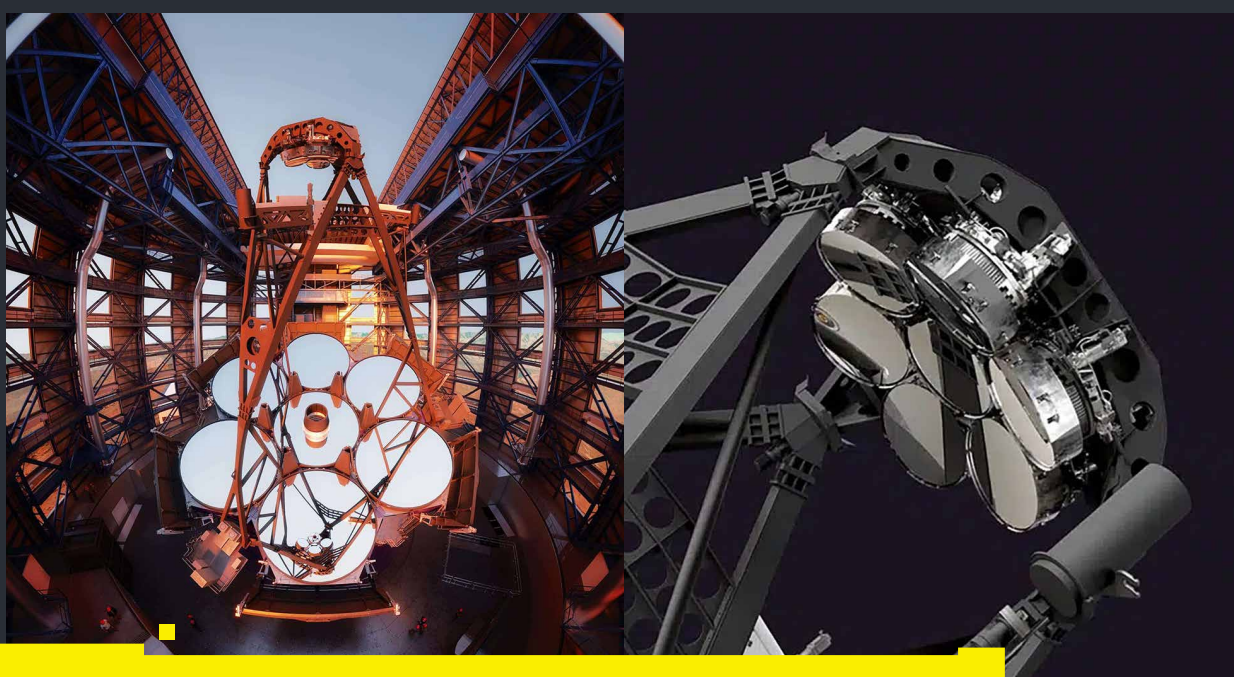
自從望遠鏡在 17 世紀被發明出來以後，天文望遠鏡的尺寸便逐漸地變大。400 多年前伽利略手持的望遠鏡口徑只有 5-10 公分的大小。但已經足夠發現環繞木星的四顆衛星，讓人們了解到地球並不是宇宙的中心。到了 20 世紀初，人們建造了威爾遜山頂的 60 英吋望遠鏡，美國天文學家哈伯用它發現了宇宙不是靜態的，而是正在膨脹。1990 年代人們把望遠鏡的尺寸推進到了 10 公尺等級。凱

克望遠鏡就是在那個時間點，被建造在夏威夷大島的火山頂。而人們更藉此發現了宇宙不只正在膨脹，而且還是正在加速膨脹！除了可觀測的到的物質外，宇宙間還充滿了未知的“暗物質”。到了 2024 年的今天，人類已經在籌建下一世代的大望遠鏡。他們的口徑都落在 30 公尺這個級距。未來，還有什麼驚奇在等著我們去發現呢？

巨型麥哲倫望遠鏡（Giant Magellan Telescope，簡稱 GMT）是次世代大望遠鏡計畫之一，為目前現役的麥哲倫望遠鏡（口徑 6.5 公尺）的下一世

代。GMT 望遠鏡與歐南天文台的極大望遠鏡（ELT，口徑 39 公尺），還有美國的三十米望遠鏡（TMT，口徑 30 公尺）並列為下一個世代的三大望遠鏡計畫。

一個望遠鏡的主鏡，是望遠鏡最重要的靈魂之窗。因為主鏡的大小尺寸決定了這個望遠鏡收集光線的能力。越大的主鏡，能在相同時間內收集到更多的光線，可以讓觀測更有效率，也更有希望捕捉到遙遠宇宙的黯淡天體。GMT 的主鏡是由七面鏡子以花朵的型態排列。每一面鏡子都是目前當代工藝所能製作的最大單一鏡面。單面鏡片的直徑達到 8.4 公尺。因此，由這七面鏡面組合起來 GMT 的主鏡大小，就相當於一個直徑為 25.4



左圖是 GMT 的全景示意圖，七個直徑 8.4 公尺的鏡片以花朵型態排列，構成直徑 25.4 公尺的主鏡。
右圖是 GMT 的自適應光學次鏡。© Giant Magellan Telescope – GMT Corporation



工作人員正在清理 GMT 其中一片主鏡上面的灰塵。©Damien Jemison, Giant Magellan Telescope – GMTO Corporation

公尺的鏡面。這個長度與一個籃球場的長度相仿。而該主鏡的集光能力，是人眼的五千萬倍。若是以目前最大 10 公尺級望遠鏡來相比，GMT 的集光能力還能再高出將近五倍之多。這個特色，對於極暗天體的觀測來說，有著關鍵的重要性！

另一個特色，則是 GMT 的次鏡採用可以形變的自適應光學（adaptive optics）次鏡。因為天體的光線在穿透地球的大氣時會被擾動的氣流干擾，造成影像“模糊”的現象。自適應光學次鏡藉由磁力與鏡子背面的眾多推進器，以每秒大約 2000 次的頻率改變鏡子表面的形狀，藉此來修正大氣層氣流造成的干擾。有了這個自適應光學次鏡的加持，GMT 的影像得以達到更銳利的畫質。影像解析度最高可以到達 0.12 角秒，是目前地面上最佳觀測位址的 8 - 10 倍小，甚至可以超越韋伯太空望遠鏡。

GMT 望遠鏡的本體有 12 層樓高，總重量達到 2100 公噸。如果連同保護望遠鏡的主體建築，整個建築物的高度會達到 22 層樓高，總重量超過 5000 公噸。然而，如此龐大的建築物，可以在四分鐘之內完成自體旋轉一圈。靈敏的移動速度可以更效率的利用寶貴的觀測時間，把時間大幅地保留給天文觀測，而不是花在移動望遠鏡上。GMT 未來將會坐落在智利的 Las Campanas 天文台，位於著名的阿塔卡瑪沙漠的南緣。阿塔卡瑪沙漠是世界上最棒的觀測地點之一，許多的大望遠鏡都設置在這個位置，例如歐南天文台的極大望遠鏡，或是許多國家合作的阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列（ALMA），都坐落在阿塔卡瑪沙漠裡。GMT 設計的觀測波段介於 320 - 25000 奈米，涵蓋了近紫外光波段到紅外光的波段。與其他兩個下一代望遠鏡相比，GMT 具有相對短焦比

的設計，因此 GMT 的視野達到了 20 角分，是其他極大望遠鏡的數倍。在這樣的設計基礎之上，GMT 可以進行各種最前沿的科學觀測，例如尋找太陽系外的行星與探討他們的演化、恆星的形成與死亡、尋找構成我們本銀河系的微小星系、以及找尋最遙遠的星系，並且透過這些最遙遠的星系來研究宇宙的歷史。下一世代望遠鏡的計劃規模龐大，無法由單一國家或是研究機構來進行，必須藉由跨國合作來達成。在這個 GMT 計畫裡，總共有六個國家的 14 個研究單位共同合作，分布在北美洲、南美洲、澳洲、亞洲等地，本院就是東亞的兩個合作夥伴之一。台灣作為 GMT 的合作夥伴，除了出資之外，預計會在科學儀器的開發上做出貢獻。加入 GMT 計畫，將使得台灣天文學家可以使用最先進的觀測設備，研究最前沿的天文課題。

韋伯太空望遠鏡 見證銀河系邊緣的 新星「煙火秀」

環境如何影響恆星形成過程？韋伯太空望遠鏡觀測銀河系邊緣，距離銀河系中心超過 58,000 光年，被稱為「極外銀河」（Extreme Outer Galaxy，簡稱 EOG）的區域，對兩個被稱為「Digel Clouds 1」和「Digel Clouds 2」的分子雲進行成像。憑藉韋伯望遠鏡的高靈敏度和解析度，顯示出其中正在經歷爆發性恆星形成的星團。

論文第一作者、曾任本所博士後研究、現任職於日本岐阜大學和國立天文台的泉奈都子，針對她在本所擔任博士後研究期間所做的這項研究表示：「過去，我們知道這些恆星形成區的存在，但無法深入了解它們的特性。韋伯望遠鏡的資料建立在我們多年來從不同望遠鏡和天文台觀測逐步累積的基礎上，利用韋伯望遠鏡獲得這些雲團非常強大且令人印象深刻的影像。以 Digel Clouds 2 為例，我沒想到會看到如此活躍的恆星形成和壯觀噴流。」

儘管 Digel Clouds 位於我們的銀河系內，但它們的元素組成相對貧乏，主

要是氫和氦，類似於矮星系以及銀河系早期的狀況。韋伯望遠鏡捕捉到了包含年輕新生恆星的主要星團，這個密集區域非常活躍，有多顆恆星往各個不同方向發射噴流，有點像煙火，看到各種物質往不同方向噴出。

韋伯望遠鏡的影像僅僅觸及了 EOG 和 Digel Clouds 的表面，這只是研究起點。團隊計畫再次探索這片銀河系的偏遠區域，尋找各種未解之謎的答案，其中包括測量 EOG 星團中各種質量恆星的相對豐度。這種測量類似於對不同類型的恆星進行人口普查，可以幫助天文學家了解環境如何影響恆星形成。

科學家利用韋伯太空望遠鏡，用近紅外和中紅外光觀測「極外銀河」中的特定恆星形成區，看到了年輕的新生恆星及其延伸的噴流。©NASA, ESA, CSA, STScI, Michael Ressler (NASA-JPL)



泉奈都子認為：「我對繼續研究這些區域的恆星形成過程很感興趣。透過結合不同天文台和望遠鏡的資料，我們可以檢視演化過程中的每個階段。我們還計畫研究極外銀河中的拱星盤。我們仍然不知道為什麼它們的壽命比附近的恆星形成區更短。當然，我也想了解我們在雲團中觀測到的噴流動力學。」

儘管恆星形成的故事複雜，且部分章節仍然籠罩在謎團中，但韋伯望遠鏡正在收集線索，幫助天文學家解開這個錯綜複雜的長篇故事。（改編自本所新聞稿）

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：「臺北市 羅斯福路四段 1 號 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收」。歡迎各級學校師生提供天文相關活動訊息，有機會在天聞季報上刊登喔！

發行人 | 彭威禮。執行主編 | 周美吟。美術編輯 | 王韻青、楊翔伊。執行編輯 | 曾耀寰、劉君帆。
發行單位 | 中央研究院天文及天文物理研究所。
天聞季報版權所有 | 中研院天文所。ISSN 2311-7281。GPN 2009905151。
地址 | 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓。(臺北市羅斯福路四段 1 號)。
電話 | (02)2366-5415。電子信箱 | epo@asiaa.sinica.edu.tw。

