

「宇宙是凹的、凸的，還是平的？」

孫維新

中央大學天文研究所

sun@astro.ncu.edu.tw

自從二十世紀 20 年代，美國天文學家史萊佛 (Vesto Slipher) 和哈柏 (Edwin Hubble) 相繼證實了我們的宇宙在不斷的膨脹之後，科學家最想得到解答的一個問題，就是：我們的宇宙將會無休無止的膨脹下去，還是它的膨脹會逐漸減緩，直到有一天停下來，甚至開始反向回縮？這個問題換個白話文的說法，就是「宇宙未來的命運是什麼？」，這也是許多宇宙學家窮畢生之力，要追求答案的宇宙最終極的問題。由宇宙學家的理論分析，我們知道宇宙的未來命運有 3 種可能：(1) 持續膨脹，永無休止，這叫做「開放式宇宙」，在宇宙學的術語中稱做「凹的」，或「馬鞍形的」；(2) 膨脹減慢，終至回縮，叫做「封閉式宇宙」，或稱做「凸的」，或「圓形的」；以及(3) 膨脹減緩，但減緩的速度很慢，一直要到時間窮盡時才會停下來，這種情況稱做「臨界式宇宙」，或稱做「平的」宇宙。

任何一本當今市面上買得到的普通天文學教科書，都告訴我們，宇宙未來的命運決定於宇宙裏包含的「總質量」。「質量」產生「重力」，「重力」是物質間互相吸引的力，如果宇宙裏四散紛飛的星系之間的重力夠大，那宇宙的膨脹應該逐漸減緩，終至停止。但直到二十年前，天文學家在宇宙裏所觀測到的星雲、星團、星系，全部加在一起，也不到能夠停止宇宙膨脹所需質量的十分之二三。但這並不是故事的結束，因為天文學家發現了「黑暗物質」！

「黑暗物質」的本質是什麼，至今仍無定論，但它是乎到處都有。宇宙裏的萬千星系很可能都被大量的「黑暗物質」包裹環繞，而每一個星系周遭的「黑暗物質」，可能包含了十倍或百倍的星系質量。這些質量不會發出我們看得到的任何形式的「光」(像是可見光，紫外線，紅外線等等)，而使得我們無法用一般的天文儀器偵測，但它卻有「重力」，會對周遭人們可見的物質產生影響，也就是透過了這些影響，人們才知道宇宙裏有大量的「黑暗物質」存在。然而人們仍然無法準確的量度「黑暗物質」的總量，因此故事不但沒有結束，反而益趨複雜。

有些天文學家於是改絃更張，由問題的源頭下手，去看宇宙形成的初期是什麼樣子，用來判斷宇宙未來是什麼命運，這個方法最近有了新的進展！

就在今(2000)年 4 月，美國加州理工學院的藍教授 (Andrew Lange) 和義大利羅馬大學的狄伯納迪斯教授 (Paolo de Bernardis) 在太空總署召開記者會，宣佈了他們最近在南極所作高空氣球的最新發現。他們所進行的實驗叫做 "Balloon

Observations of Milli-metric Extragalactic Radiation and Geophysics”，簡稱為“Boomerang”（“Boomerang”是澳洲土著用來飛擲擊殺獵物的「回力棒」，此處沒有什麼特別意義，只是念來響亮好聽而已。美歐各國進行太空任務，首要工作就是要找一個聳動而好記的簡名，若能如此，則諸事順利。）

這個實驗使用高空氣球，把重達 1.4 噸的科學儀器帶上 35 公里的高空，對一小塊特定天區的宇宙背景進行詳細觀測。觀測的對象是宇宙的微波背景輻射，這種輻射充塞宇宙空間，是一百二十億年前創造宇宙的高熱大爆炸所遺留下來的餘溫，但宇宙不斷膨脹，高熱早已消失，目前這個餘熱的溫度不過 2.7K，約合攝氏零下 270 度，在電磁光譜上的波段是微波輻射。過去針對宇宙背景輻射進行研究的天文衛星(e.g. COBE, 1989)，測量了這個低溫背景輻射的均勻性，看到了在均勻到十萬分之一的背景輻射中，存在著稍許的不均勻，這些不均勻的地區，也就是現今星系團的前身。這個偵測和分析的過程，有助於我們瞭解宇宙的本質和未來的命運，但是過去的衛星觀測，解析率不夠好（大約 7 度左右），也就因為如此，才有了了解析度可達 1/3 度的“Boomerang”實驗。

這個實驗是在 1998 年 12 月在南極進行的，經過一年多的數據分析，科學家們終於有了結果—宇宙不會無休止的膨脹下去，但也不會最終回縮，宇宙應該是兩者之間的一個臨界狀況—持續膨脹，但是越來越慢，最後在時間達到無限大的時候，宇宙的膨脹停止，這也就是我們前面所說的三種可能中的第三種：宇宙是「平的」！

綜觀宇宙學過去八十年的發展，科學家就在這三種可能的情形內打轉，最先看到宇宙裏的億萬星系，浩渺無窮，但是把所有看得到的物質加在一起，所產生的重力也不夠維繫宇宙的分崩離析，所以早年的宇宙學家認為宇宙應該無休止的膨脹下去；但後來「黑暗物質」的發現，卻使得宇宙裏物質的含量遠超過人們的想像，宇宙學家的思考天平又擺向「封閉宇宙」；但多數人承襲希臘哲人數千年以降要求完美的觀念，寧願「執兩用中」，希望宇宙是介於兩個極端中間的臨界狀況。而令人驚訝的是，“Boomerang”實驗竟然告訴我們，宇宙真的有可能走在這條「臨界狀況」的鋼索上。

“Boomerang”的實驗牽涉了太多的物理及數學，在此我們不作贅述，但這個實驗卻讓我們知道，經過了八十年的研究分析，「宇宙學」這個天文物理裏最古老的領域，不但沒有走上「完全了解以至於無聊」的路子，反而不斷的創造驚奇，註定在下個世紀中成為天文學中領銜演出的主角。

參考網站：www.physics.ucsb.edu/~boomerang/

