

天體測量學-從 GOOGLE MAP 到 GOOGLE UNIVERSE

文·圖／王斌威

摘要

天文學是個古老的學科，當然隨著時間的發展，現在的天文學家研究的項目多不勝數，有研究恆星組成、宇宙演化、行星探測、星際分子甚至大家感興趣的外星生命是否存在等等，都是天文學上的熱門話題。但今天筆者要讓大家了解的是，數千年前，還沒有望遠鏡、沒有攝影技術、沒有電腦，那時的天文學家在研究些什麼，而這項最早的天文學分支，就是今天的主題－天體測量學。

關鍵詞：天文觀測、天文史、視差法

任何科學研究的基礎都會以測量為起點，就算是數千年前我們的祖先還不具備現代的物理知識及數學工具，對於天上的星星，也可測量它們的位置和紀錄亮度以及顏色，這就是天體測量學－繪製天空的科學。但也只有這幾項，可以輕鬆紀錄（其實也沒那麼容易），而像星星離我們多遠，星星有多重，星星在宇宙中的運動速度，這些聽起來很基礎的物理量測，都是到了近代以後，人類才能解決的問題。又像我們知道行星，也是在多夜觀測後發現，天空中有些亮點的相對位置會隨著時間改變，因而知道這些星點和其他恆星不同。

歷史上系統天文觀測的記錄可以追溯到公元前 1000 年左右的亞述人，當然東方中國那時是殷商時代，也有一些天體測量的文字記載。而最古老的已知恆星目錄是在公元前 2 世紀由尼西亞（位在土耳其）的希臘天文學家希帕克斯 (Hipparchus) 所編制的。他在目錄中列出了 850 顆星的位置（有一派說法是 1025 顆），其精度約小於 1 度（滿月在天空上所佔的角度是 0.5 度，所以 1 度就當作是兩個滿月的精度），而他也是星等這項概念的創始人，把天空亮暗星分成 6 個等級（從一等星到六等星），因為這些是天體測量上的創見，現代天文學家也尊稱他為天體測量學之父。

由上一段的敘述，你會發現現代的天文愛好者，趁假日夜晚出去觀星，所做的事情，就是兩千多年前天文學家所研究的課題。但接下來的一千多年，希帕克斯已經把能做的事做得差不多了，唯一的差別就是隨著工藝技術的成長，做出更好的六分儀、渾儀，把星圖上的恆星位置定得更精確（當然這也很重要），畢竟希帕克斯的星圖誤差將近到 1 度，雖然以那時的技術來說這已經是不得了成就了，但以現代的觀點來看還是大了些。

這一千多年中，比較有名的星圖像是中國的敦煌星圖以及蘇州石刻天文圖，均約有 1400 顆左右的恆星記載。在 15 世紀，帖木兒王朝的兀魯伯 (Ulugh Beg) 統治著中亞，但他也是一名天文學家和數學家，並在撒馬爾罕建造了一個半徑為 36 公尺的巨大六分儀，進而編制了 994 個恆星位置的星圖目錄。而這千年來的天體測量的嘗試突破，在 16 世紀後期邁入了轉型前的高峰，丹麥天文學家第谷·布拉赫 (Tycho Brahe) 在瑞典文島（當時是歸丹麥管轄）的天文臺使用大象限儀和六分儀測量了大約 1000 顆恆星的位置，精度約為 1 角分（1 角分為 1/60 度）。這可說是人類肉眼觀測的極限了，而這些天文觀測也引發了後期天文科學的大進展（克卜勒三大定律）。

如上所述，不管是東方中國的水運儀象臺或是西方世界的觀天堡都已經是把肉眼對天文的測量發揮到極致了。現代的科學背景讓我們理解，在當時不管儀器

再怎麼精良，然而因恆星離我們太遙遠了，肉眼限制了我們無法看到更暗的星光，以及更微小的變化。不過隨著望遠鏡的發明，終於帶領我們破除迷霧，向天體測量學的下一步邁進。

17 世紀初期，望遠鏡的發明，讓人類可以觀測更暗的星體以及許多之前看不到的微細的星體運動。1725 年，英國天文學家佛蘭斯蒂德(John Flamsteed)發表了第一個借助望遠鏡所編制的恆星目錄，列出了近 3000 顆恆星的位置，精度為 10-20 角秒（1 角秒為 $1/60$ 角分，也是 $1/3600$ 度）。法國天文學家傑羅姆拉蘭德(Jérôme Lalande)在 1801 年發表了一個更大的目錄，訂出將近 5 萬顆恆星的位置，精度約為 3 角秒。和第谷所屬時代的星圖比較起來，人類對天體位置的測量精準度已進步千倍。

看到這裡，大家可能會懷疑，這跟肉眼的測量相比固然有飛躍的進步，但好像沒有什麼質變。其實不然，當我們可以做到這般精度之後，天文學家終於可以再挑戰一項很重要的測量，也就是測星星跟我們的距離。古時候有部分天文學家就懷疑恆星在天上的相對位置不會改變的概念，而認為它們的位置之所以不會改變是因它們離我們太遠了所以看不出來而已。在這邊要提一個很重要的測天體距離的方法，它叫做視差法。視差法的概念很簡單，比如我們坐高鐵的時候，列車在移動，如果這時往窗外看，會發現離列車越近的物體或景色，它的移動變化最快，離列車越遠的景色它的變化量會越小。因此，如果我們要知道一個物體離我們有多遠，我們只要改變觀察的位置，再看物體隨著我們移動時變化的角度，我們就能利用簡單的三角函數算出距離。這就像我們雙眼同時看一個東西才會有距離感，如果你閉一隻眼睛看東西，你判別距離就會受影響，因為兩眼之間有距離差（我們稱作瞳距），讓你觀察物體有角度變化，進而判斷出距離。

在 1838 年，德國天文學家貝塞爾(Bessel)率先發布了一個可靠的視差測量方法，即利用地球繞太陽公轉位移（將近 3 億公里差距）。貝塞爾對恆星 61 Cygni（天鵝座 61 號星）的測量值為 0.314 角秒，進而算出該恆星距離我們約為 10 光年。簡單來說，就是你夏天的時候觀測一顆星，等到半年後的冬天再去觀測同一顆星，利用地球繞太陽的位置改變，再來看被觀測的星星的角度是否有差別，來推算出該星的距離。其實從這些數字就可以看出來，為什麼以前的天文量測無法算出恆星的距離。恆星相對於我們的距離太遠了，就連現在知道離我們很近的恆星的變化量也比 1 角秒還小，這對 300 年前的技術來說，是太強人所難了，更何況更早之前的天文觀測。

而從 1850 年代之後，攝影技術開始大量運用在天體測量，這項新技術又幫助天文測量進入一個新境界。在 20 世紀初荷蘭天文學家卡普坦(Jacobus Kapteyn)進行許多攝影觀測，測量了幾百顆恆星的視差，這在 19 世紀之前是難以想像的

天文研究以及成果。攝影技術加上光學望遠鏡的完美結合，在 20 世紀為天文測量打下一片江山，在 90 年代左右天文學家已經得到 8000 顆左右的恆星精準視差，其精確度可達到 0.01 角秒，而這已經是地面觀測的極限了，因為若要更精確的資料已不是光學技術或觀測的問題，而是地球大氣層的折射對這精度的量測已經影響很大了。

但這些天然的障礙並不能阻礙天文學家的繼續探尋，太空望遠鏡時代的開啓使天體測量學不必受限於地面。歐洲太空總署(ESA)的依巴谷(Hipparcos)任務，從 1989 年到 1993 年，使用第一個專門用於測量恆星位置的太空望遠鏡。其目錄於 1997 年發布，包含 200 萬顆恆星的位置，而其中的 117955 顆還有恆星視差和自行運動的資料，精度為 0.001 角秒，使天文學家能夠探測超過 300 光年的恆星距離。而 2013 年開始觀測的蓋亞(Gaia)太空望遠鏡打算在 5 年內確認 10 億顆恆星的位置、距離，而其最佳精確度可達到 7 微角秒（1 微角秒為 1 角秒的百萬分之一），打個比方來說，就是把一根頭髮放在 1000 公里外的地方還能確認那根頭髮的寬度，這真的太不可思議了。



圖 1. 西元前 9 世紀左右的巴比倫石牌，上面記載了天象和神話故事。

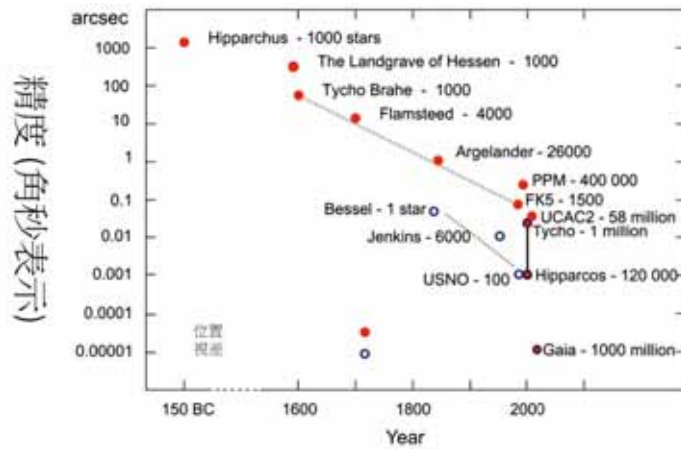


圖 2. 天文測量的演進圖



圖 3. 宋朝時代的蘇州石刻天文圖

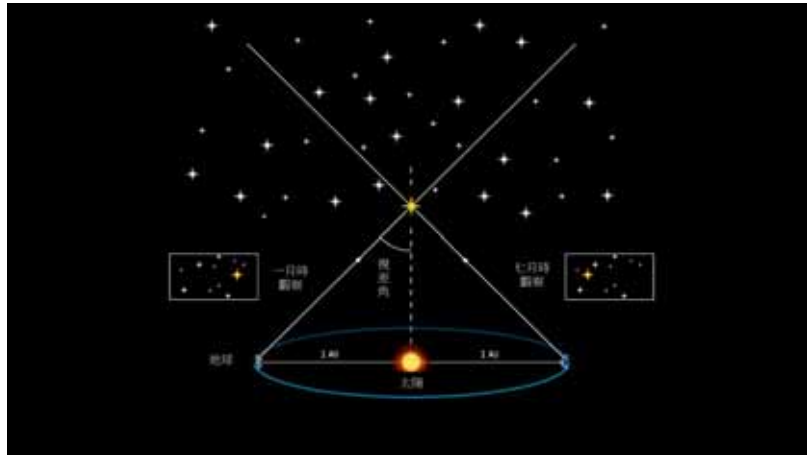


圖 4. 視差法在天文測量上的運用



圖 5. 蓋亞太空望遠鏡所拍的銀河全圖