

文/ 王彥翔

每當我們抬頭仰望星空，星星好像是鑲嵌在同一個碗蓋，蓋在地面之上。這是因為星星都距離我們十分遙遠，人類雙眼的視覺立體感在此無用武之地。那麼，天文學家又是如何測量星星的距離呢？這一期的天文展品導覽來帶大家看看古早時代的天文學家量度天體用的尺是什麼。

星星有多遠？

量度天體的尺（上）

雷達

太陽系內的直接測量

第一種最直接的測量方式是利用電磁波到達的時間。由於電磁波在真空中的速度是相同的，不受觀測者運動狀態影響而有所改變，因此透過測量電磁波傳遞的時間就能得到其旅行的距離。例如利用雷達從地球上發射雷達波打向天體，測量雷達波往返的時間就能算出往返的距離，這個距離的一半就是地球與該天體之間的距離。

這個方法最適合用在月球、小行星等太陽系內的天體距離測量，美國在1970年代進行的阿波羅計畫還特地在月球表面裝設反光板，進一步將測量精確度提升到毫米等級。不過隨著天體距離地球越遠，反射回來的訊號也會越弱，且所需的時間也會長到難以想像。此外，面對自己就會發

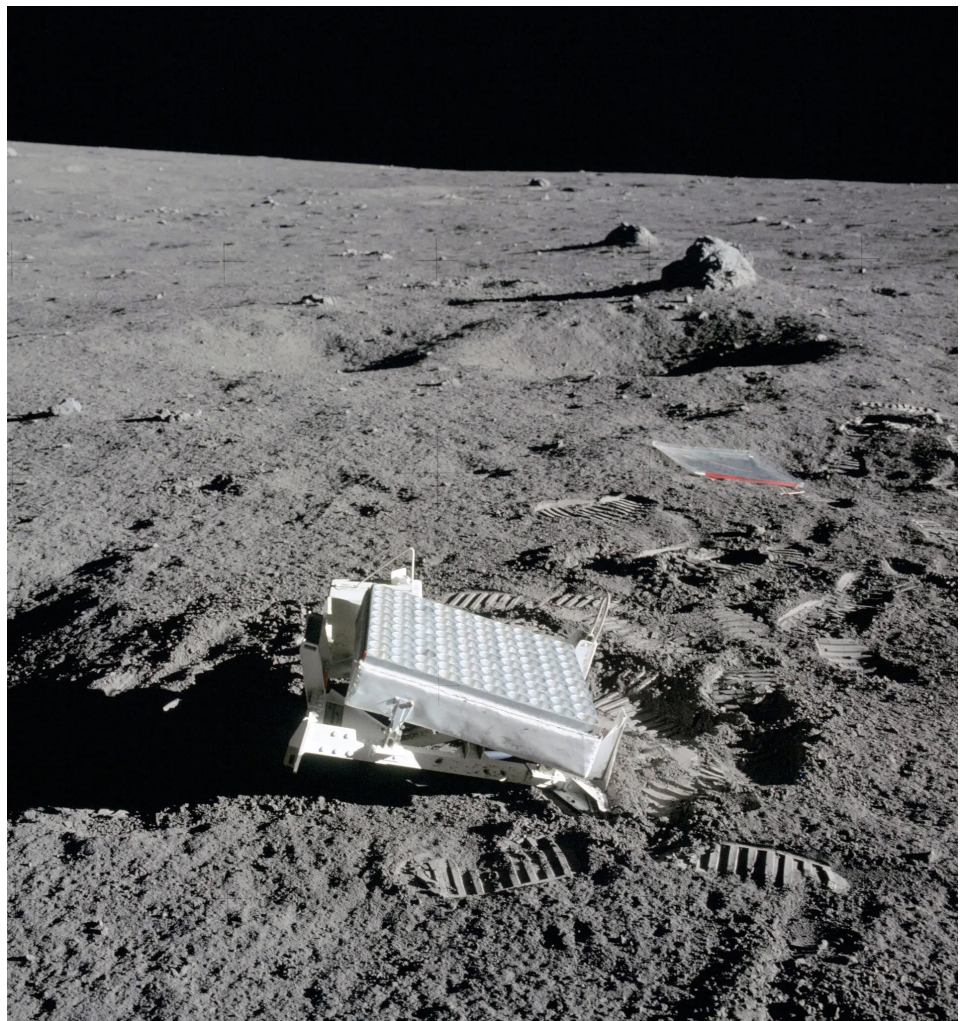


圖1. 阿波羅14號留在月面上的反射板是目前能夠精確測量地月距離的功臣之一。圖片來源：NASA

出強烈光線的太陽，人類製造的雷達波再強也是無用武之地。那麼，我們是怎麼知道地球與太陽之間的距離呢？

視差

古典的數學計算

當你把手指放在眼前並輪流只用左眼或右眼觀看，看起來手指好像移動了。這是因為左眼和右眼看東西的視角不同，與遠方

景物比較時便產生了錯覺。我們的大腦一直在試圖整合這兩個看起來不太相同的影像，整合的結果便形塑出物體的立體感，使我們能夠判斷眼前的東西距離我們多遠，這就是視差的應用。

天文學上的三角視差法就是在相距遙遠的不同位置一同觀察天體（兩位置間距離為基線 s ），比較天體在背景的視線角度差異（ θ ），就可以利用三角函數得到天體的距離 d （ d

$\tan(\theta/2)=s/2$ ）。三角視差法不需要知道恆星的物理性質，因此具有相當高的準確度，成為最早用來測量天體距離的方法。

16世紀天文學家第谷為了證明地球是否繞著太陽公轉，便想到了利用地球公轉軌道的直徑作為基線，觀察恆星在半年之間的視差。如果地球真的繞著太陽公轉，他預期應該會觀察到恆星的視差變化。不過他並沒有觀察到視差現象，這是因為天體距離我

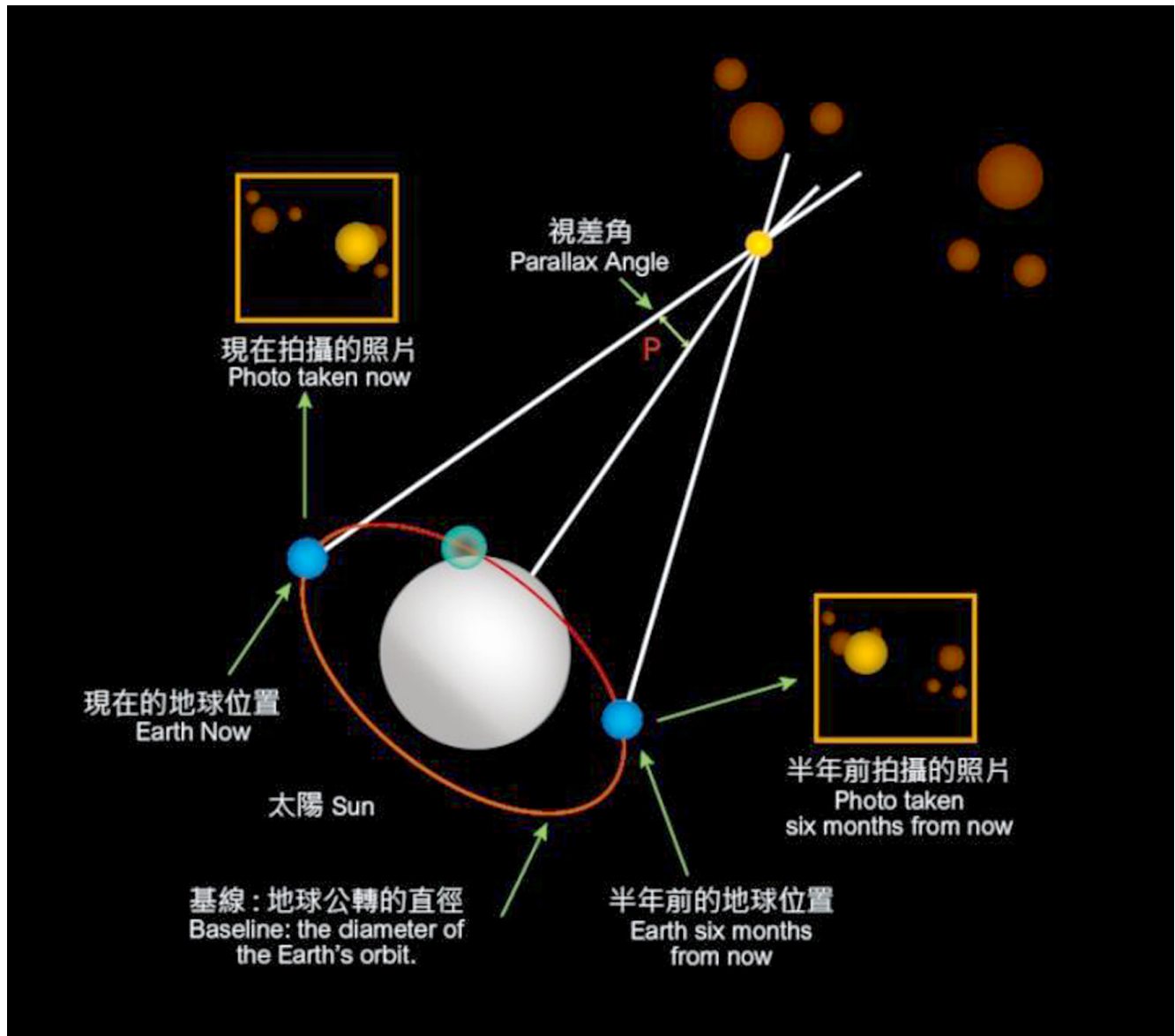


圖2. 比較相隔半年拍攝的天體照片，觀測天體在更遙遠的背景星空的移動幅度，就可以計算出天體距離我們多遠。

們越遠、周年視差的角度也越小，甚至遠遠小於第谷所持有儀器的觀測極限，因此讓第谷誤以為地球並沒有在移動。一直到望遠鏡被用於天文觀測之後，觀測解析度提高，我們也終於可以用這個方法測量遠方恆星的距離。

至於太陽的距離要怎麼測量呢？那得依靠金星凌日！金星凌日是金星從太陽前方通過的現象，早在1716年英國天文學家愛德蒙·哈雷就提出可以藉由金星凌日測量太陽距離的方法。這個方法是透過相距遙遠的兩個地點，分別測量金星通過日面的時間，由於視差導致兩地觀察到的金星通過日面路徑長短不同，就可以從時間差推算出視差，進而算出金星與地球之間的距離（圖四）。先前克卜勒已經用觀測數據整理出行星軌道半長軸長度的立方和繞日週期的平方成正比的關係，將地球與金星的距離帶入之後就能得到日地距離的精確數值。

隨著望遠鏡解析度提升，我們能夠測量的恆星視差角度也越來越精確。不過，三角視差法卻有兩個缺點，一是每組觀測得相隔半年，非常耗費時間；二是以目前的儀器極限能測量的距離，連銀河系都還沒踏出去！那麼，如果要測量更遙遠的恆星或星系該怎麼辦呢？就留待下期再為各位解答。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

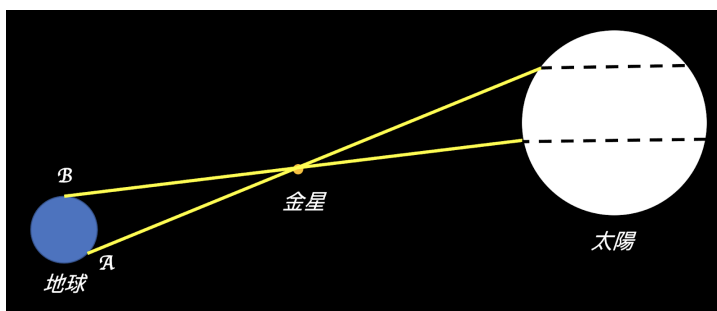


圖3. 展示場內的互動模型可以讓遊客看到三角視差法的運作，也可以比較一下A星與B星距離和視差的大小。

圖4. 從兩地測量得到金星凌日通過日面的路徑長可以推算金星的視差，進而可以得出金星與地球的距離。圖片來源：全國大學天文社聯盟

