

附錄三、月球天平動

月球繞地公轉的速率與其本身自轉的速率相同，使得月球總是以相同的半個表面對向地球，天文學上稱這種現象為同步自轉。理想情形下，我們應該看見剛好一半的月球表面，但因為軌道運動、觀測位置、與物理條件等因素的影響，使得在地面上觀測到月球表面的邊緣有上下左右晃動的現象，而使得總共能夠觀測到的月球表面約達月球總表面的 59%。這現象便是月球天平動 (libration)。

造成月球天平動的原因可分為幾何與物理兩大類。幾何天平動是由於觀測位置與月球之間的幾何因素造成；物理天平動則是月球本身真正擺動的效應。

幾何天平動也稱為視天平動或光學天平動，其造成的原因又可細分為 4 項：

1. 經度天平動：由於月球軌道為橢圓形，依據刻卜勒定律，當月球位於近地點附近時，其公轉角速率較快；反之，在遠地點附近時，其公轉角速率較慢。但月球的自轉速率卻始終不變，因此月球在近地點與遠地點時，其公轉角速率就超前或落後於自轉的角速率。所以我們在地球上就能夠多見到月面東西兩側邊緣各約 $7^{\circ}45'$ 的部分，這種現象稱為經度天平動。經度天平動的周期為一個近點月的時間長度。
2. 緯度天平動：是月球自轉軸的方向與繞地公轉軌道平面的方向有約 $6^{\circ}41'$ 的傾斜角所造成的。由於月球的自轉軸方向固定，所以當月球運行到黃道面之上與黃道面之下時，月球南北兩極各約 $6^{\circ}41'$ 部份即可為地面所觀測到，這現象與地球公轉太陽時，南北極在冬夏兩季受陽光照射有多寡不同的情形類似。緯度天平動的周期為一交點月。
3. 周日天平動：是由於地球自轉所造成的，影響程度較小。地球半徑約 6,400 公里，月球距離地球平均約 38 萬公里，約合 60 個地球半徑，當地面上的觀測者從月出至月落，其位置便在太空中移動了一個地球直徑的距離。因此當月出時，便可先多看見一些月球的東側，而月落時則可多見到一些月球的西側，多見到月面經度約各有 1 度的範圍。

4. 視差天平動：這是由於在地面上選取不同的觀測位置所造成，在南北兩極便可多觀測到月球南北兩極的部分區域。

關於月球運動的狀態，卡西尼(G.D. Cassini)在 1693 年以理想化均勻性的條件提出了三點定則：

- (1) 月球以等角速度繞固定軸由西向東自轉，自轉周期為一個恆星月；
- (2) 月球自轉軸與黃道的交角不變；
- (3) 月球赤道面與黃道面的交線，和月球軌道面與黃道面的交線重合；月球赤道面和月球軌道面分別位於黃道面的兩側。

但由於月球並非一個均勻的正球體，它的三個慣性軸長度互不相等，因此在地球引力作用下，月球的自轉並不均勻，實際的自轉狀態比卡西尼定則複雜，因而產生對平均位置的偏移。偏移的量就造成了月球物理天平動，這是月球真正的擺動，通常以 r 、 s 、 t 三個分量來表示； r 反映月球自轉軸與黃極交角的變化； s 反映月球自轉的不均勻性； t 反映月球沿經度方向的擺動。

物理天平動比幾何天平動的影響小得多，它的擺動從未大於 0.04° ，所以一般都忽略不予考慮。