

象位渾天儀之研製

汪 仁 虎 劉 佩 珠

摘 要

「象位渾天儀」為使用中國古代「渾天儀」相似的造型改進而來。由已知日期、時間、地方緯度及星體的赤經、赤緯，可推出地球上任何地點、任何時刻，日、月、星辰的仰角及方位角。

由於此儀器體積小、顯示大、操作簡便，而日、月、星辰的位置，對氣象、海洋潮汐、天文無線電通訊等頗多影響，故此「象位渾天儀」可用於教學、研究及日常生活當中。

關鍵詞：渾天儀、星象座標。

一、引 言

中國古代天文學的輝煌成就，十分得力於「渾天儀」的發明，今天在北京觀象台、南京天文台等地仍留有古代渾儀的各式造型，供人景仰。而現代天文台裡，大望遠鏡的赤道儀裝置，甚至星象館裡的星象機（the planetarium），基本上與古代的渾天儀均有密切的關係。

「渾天儀」是由相當於天球大圈的許多環所組成的，主要繞與地軸平行的極軸旋轉，可以測出星體的位置，用以協助曆法計算及校驗，為十七世紀發明望遠鏡以前，所有天文學家測定天體位置，缺少不了的儀器。

日、月、星辰對自然界的影響很大，很多人習以為常反不去注意它們，也有不少人想進一步去了解，却限於設備不足、資料欠缺，或感覺複雜而退縮，尤其都市中人，因天空受地面燈火及空氣污染影響，變得十分昏暗，加以生活忙碌，絕少機會接觸自然星空，學子們則須借用儀器設備，幫助了解，目前有關天文的教學器材，如活動星象盤、天球儀、星象儀……等，雖有很好的構思，給人不少方

便之體認，但仍有欠缺之處，如星象儀須要配合龐大的星象館，與昂貴的設備。天球儀、活動星象盤等，或觀測估算不易精確，或使用受限制，令許多有志之士望而却步，殊為可惜。

筆者亦有感於我國天文學自古成就輝煌，今天太空競技反而落後，頗為遺憾，完成此「象位渾天儀」之研製，若能拋磚引玉，增廣眾人探索之信心與趣味，則屬倖甚。

二、原理及說明

因為地球自轉，所以大、小繁星看來全是東升西落，因為地球也繞日公轉，且群星間彼此也相對運動，所以它們的循環週期並不正好一致。但對一般的觀察者而言，將它們分為太陽系以內諸星及太陽系以外眾星，則升降循環的變化較容易明瞭。

在太陽系以外的星體，因為距離地球太遠了，它們在天球上的關係位置，於我們有生之年來看，變化極小，並且地球也幾乎以不變的角動量自轉，對每個恒星日，群星總是週而復始，永不止息。若以我們習用的太陽日來說，群星每天却分別早起了約4分鐘，造成春、夏、秋、冬的夜空觀察到的部

分不同。但只要它們在天球上的位置維持不變，推測它們的方位應該不難。

太陽系以內諸星，因為距離太近了，任何相對運動都會造成很大的差異。天文學家也許已將它們在各個季節，於天球上的位置及軌道均已算出，但若有更直接的方法推出它們的方位，或許能讓更多的人不會因為感覺高深莫測而疏遠它們，尤其與我們關係最密切的太陽與月亮，多一分了解，就多一分方便。

從地球上看到太陽在黃道上運動，週期 365.25 天，陽曆平年 365 天，潤年 366 天，平均太陽日為 24 小時，雖然各地隨地區經度不同而有不同時差，但每日正午 12 時，太陽應上凌於通過當地的子午線。

月亮在白道上運行，當行至太陽與地球之間時為陰曆的初一（朔），行至正好地球在太陽與月亮之間時為陰曆的十五（望）。曆法總是根據日、月星體的運行週期與位置來決定。那麼反過來，根據已知的曆法，回推星體的位置，應該同樣可行。

「象位渾天儀」便是使用回推的方法來測定星體的方位。其造型分渾、象兩種。除支架及支軸等外，渾型安置十個環及二個弧，結構如圖 1 A 所示，簡稱「渾儀」：

- (一)仰角環：如圖 2 A 所示，週緣有 0° 至 90° 之標示，鉛錘支軸貫穿上下兩處 90° 位置，以連接子午環（圖 4 A），上方 90° 表天頂，下方 90° 表天底，兩處 0° 在地平線上，上標度顯示向上之仰角，下標度顯示向下之俯角，在地平線以下的位置。
- (二)方位環：如圖 3 所示，其週緣標以 0° 至 360° 之方位角，此環維持水平狀態，故也稱地平圈，與仰角環之 0° 正交。0° 表正北方，90° 表正東方，180° 表正南方，270° 表正西方，在 0° 與 180° 位置與子午環密接正交，渾型兩支軸通過 90° 與 270° 處與連結環（圖 5）相連以繞轉。
- (三)子午環：如圖 4 A 所示，此環表通過南、北極、天頂、天底之大圓，與方位環密接、正交，貫穿天頂與天底之鉛錘支軸與仰角環連接，天底位置加重，可使諸環隨時繞潤滑之支軸旋轉，而致天底在最下方，天頂在最上方，仰角環在垂直方向，方位環在水平方向穩定下來。
- (四)連結環：如圖 5 所示，環緣有 0° 至 90° 之標示，兩段極軸穿過兩處 90° 位置，與赤緯環（圖 11

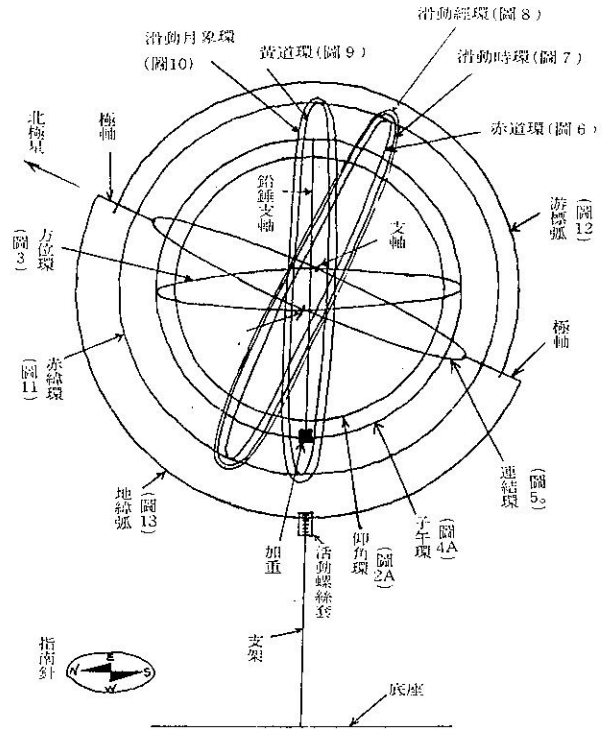


圖 1 A 象位渾天儀略圖（渾型）
Fig: 1A the simple figure of Armillary Sphere of Coordinates (Hun Type)

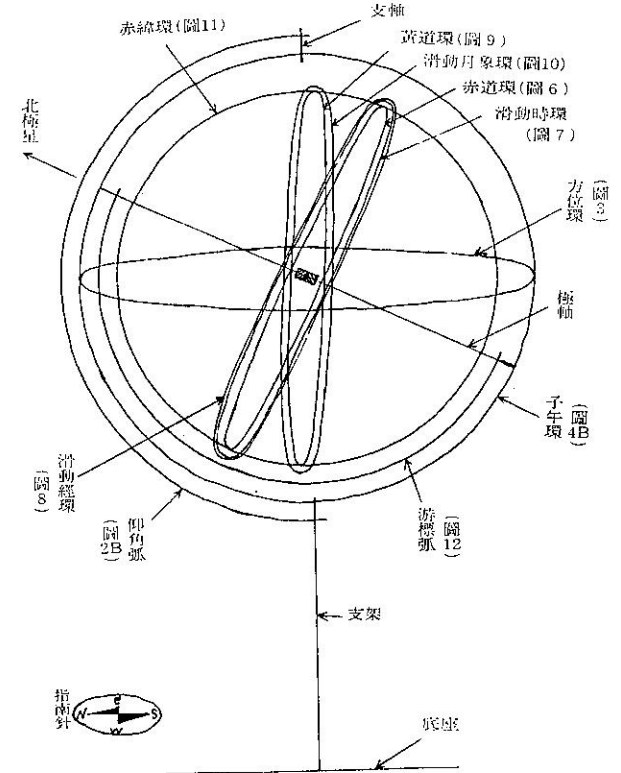


圖 1 B 象位渾天儀略圖（象型）
Fig: 1B the Simple figure of Armillary Sphere of Coordinates (Siang Type)

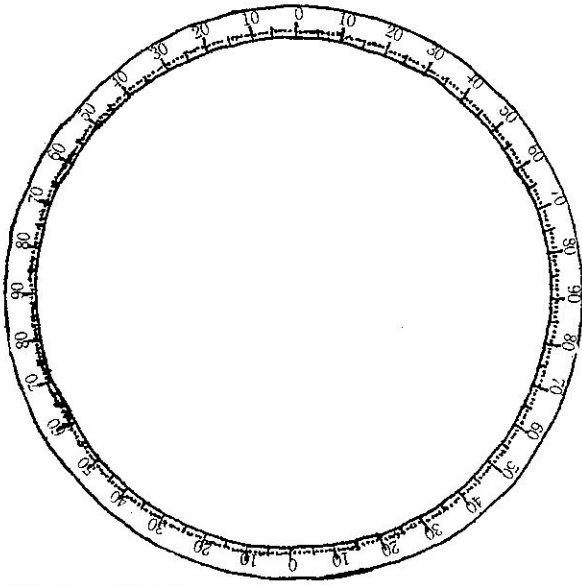


圖 2 A 仰角環

鉛錘支軸貫穿上下兩處 90° 位置。

Fig. 2A Altitude Ring upright axis through 90° positions at up and down.

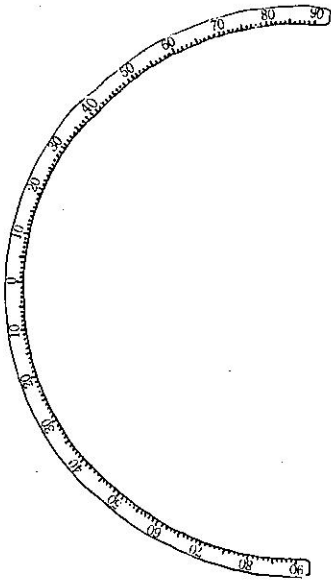


圖 2 B 仰角弧

Fig. 2B Altitude Arc

及兩弧 (圖12、13) 相連接, 此環主要在將環內各圈與環外各圈相結合, 並得以順利繞轉而設, 其標示之角度與赤緯一致。另兩支軸穿過兩 0° 位置, 以與方位環相連。

(五)赤道環: 如圖 6 所示, 此環週緣表赤經, 顯示 0 時至 24 時之標示, 與黃道環 (圖 9) 夾 $23^\circ 27'$, 相交於 0 時 (黃道春分點) 及 12 時 (黃道秋分點) 處, 與赤緯環 (圖 11) 正交於 6 時及 18 時處。

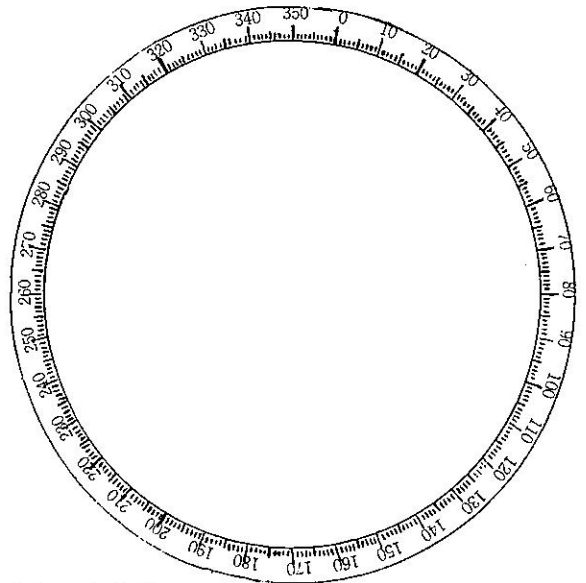


圖 3 方位環

渾型一支軸穿過 90° 位置處, 另一支軸穿過 270° 位置處。

Fig. 3 Azimuth Ring one axis through 90° position another through 270° position in Hung Type.

(六)滑動時環: 如圖 7 所示, 此環外緣顯示 0 時至 24 時之標示, 緊貼於赤道環上, 配合地區之標準時間滑動, 以定出星體的位置。

(七)滑動經環: 如圖 8 所示, 此環外緣顯示東經 0° 至 180° 度及西經 0° 至 180° 度之標示, 緊貼於赤道環上, 平行滑動時環, 配合當地之經度與時間滑動, 可定出星體正投影於地球上之位置, 與此位置當時的地區時間。

(八)黃道環: 如圖 9 所示, 其週緣顯示全年的日期, 與赤道環夾 $23^\circ 27'$, 交赤經 0 時於春分點 (約 3 月 20 日), 交赤經 12 時於秋分點 (約 9 月 23 日), 交赤緯環之北緯 $23^\circ 27'$ 於夏至 (約 6 月 21 日), 交南緯 $23^\circ 27'$ 於冬至 (約 12 月 21 日)。

(九)滑動月象環: 如圖 10 所示, 環上標繪陰曆全月的日期與對應之月象圖, 緊貼於黃道環上, 配合陽曆及陰曆時辰滑動, 以定月球位置。

(十)赤緯環: 如圖 11 所示, 此環上有 0° 至 90° 的標示, 兩支 (象型為一支) 極軸, 穿過兩處 90° 位置。此環與赤道環的 6 時及 18 時處正交於兩處 0° 位置, 與黃道環之夏至交於北緯 $23^\circ 27'$, 冬至則交於南緯 $23^\circ 27'$ 。赤緯之標示與地球緯度之標示相同。

(十一)游標弧: 如圖 12 所示, 為一半圓環, 有 0° 至 90°

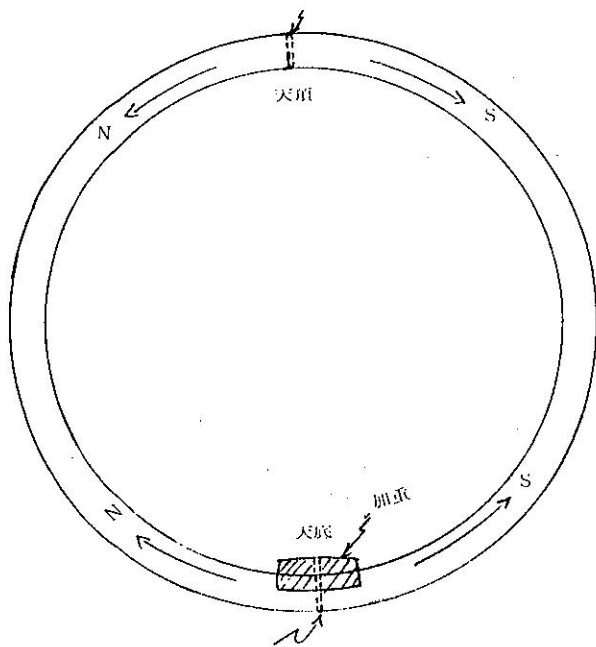


圖 4 A 子午環

鉛錘支軸貫穿兩支軸孔。

Fig. 4A Meridian Ring upright axis through holes at up and down.

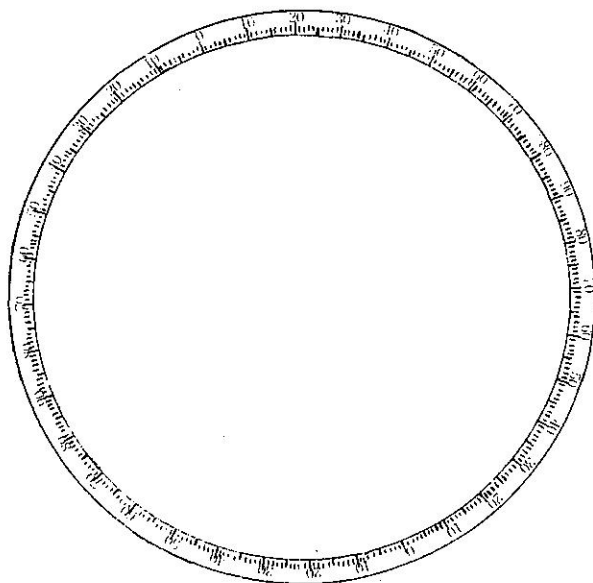


圖 5 連結環

四支軸分別穿過兩處 0° 與兩處 90° 位置。

Fig. 5 Link Ring four axes through two 0° positions and two 90° positions one to one.

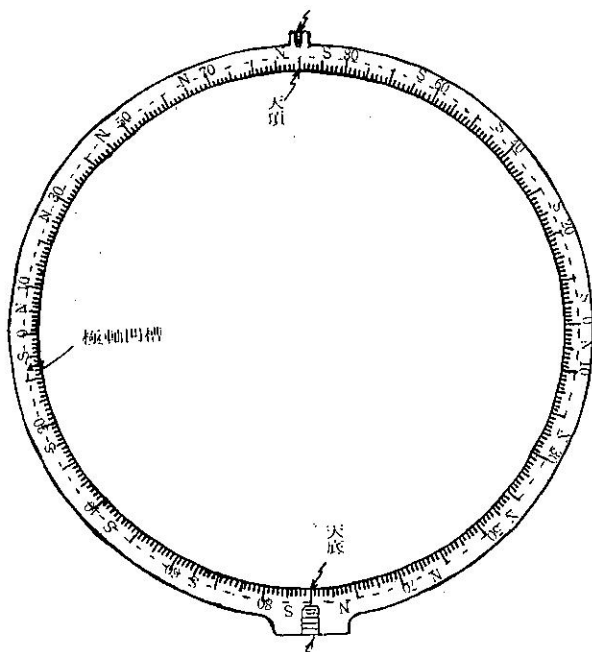


圖 4 B 子午環

Fig. 4B Meridian Ring.

的赤緯標示，兩支（象型為一支）極軸穿過兩端 90° 位置，中央為 0° ，此弧繞極軸旋轉以定赤經，弧上設一滑動指標，以定赤緯。

(三)地緯弧：如圖13所示，亦為半圓環，標有 0° 至 90° 之南、北緯度，兩支極軸分別穿過兩處 90° 位置，以與游標弧、赤緯環及連結環等相連接。

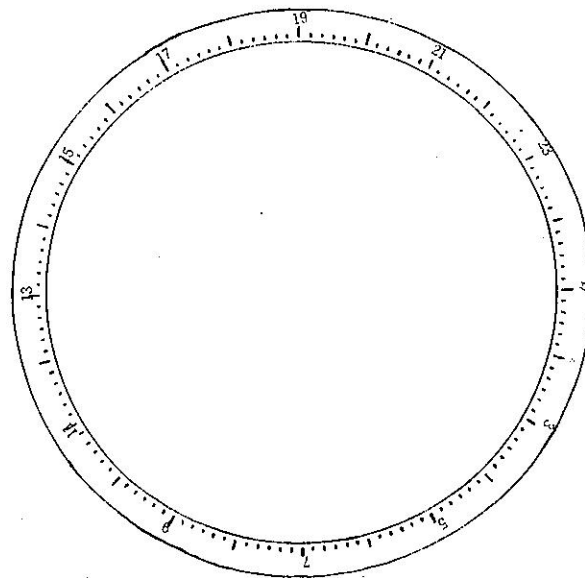


圖 6 赤道環

Fig. 6 Equator Ring.

並可套入一活動之螺絲套，以與支架鎖定。

象型則安置八個環及二個弧，其結構如圖 1 B 所示，簡稱「象儀」，其功能與渾型完全相同，唯操作更為簡明。此型無連結環及地緯弧，仰角弧為半圓環，如圖 2 B，位於最外層，向內有正交之子午環（圖 4 B）與方位環，子午環上有 0° 至 90° 之

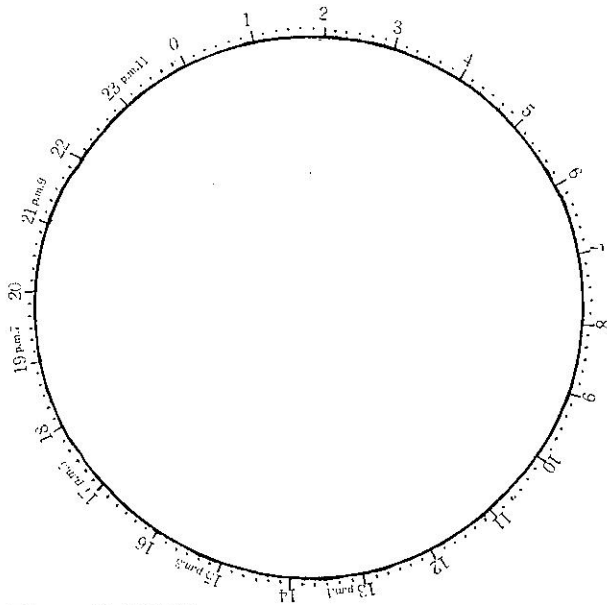


圖 7 滑動時環

此環貼於赤道環外緣滑動，時間之標示係顯示於此環之外緣處。

Fig. 7 Slip Time Ring This ring is keep close and slip on the outer surface of equator ring, hours are index on the outer surface of this ring.

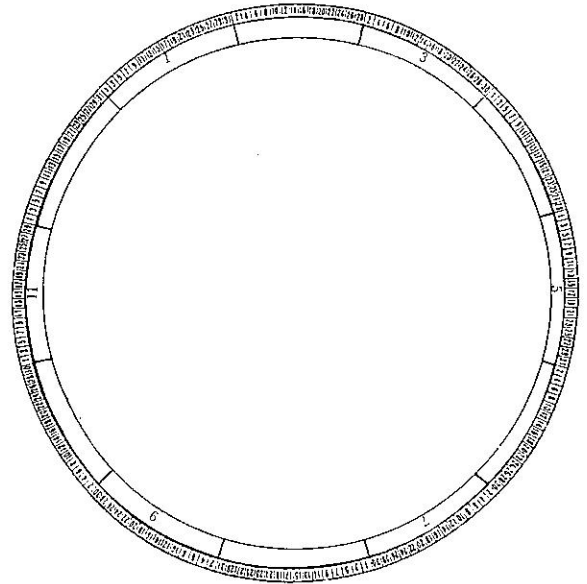


圖 9 黃道環

Fig. 9 Zodiac Ring.

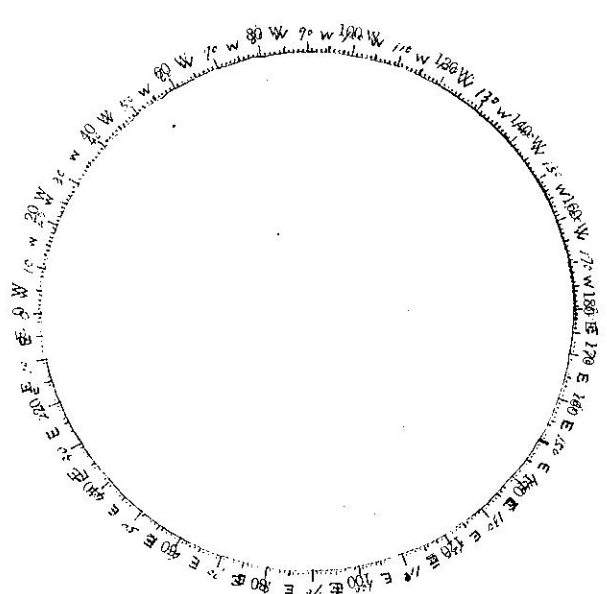


圖 8 滑動經環

此環貼於赤道環外緣，與滑動時環相平行滑動，經度之標示係顯示於此環之外緣處。

Fig. 8 Slip Longitude Ring This ring is keep close on the outer surface of equator ring and parallel slip with the slip time ring, the longitudinal indexes are on the outer surface of this ring.

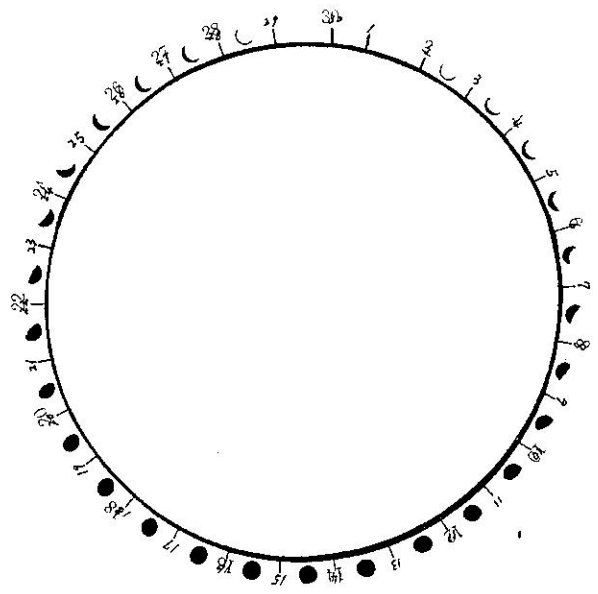


圖 10 滑動月象環

此環貼於黃道環外緣活動，陰曆日期及月象係顯示於此環之外緣處。

Fig. 10 Slip Lunar Calendar Ring This ring is keep close and slip on the outer surface of zodiac ring, the Lunar days and phases of the moon are index on the outer surface of this ring.

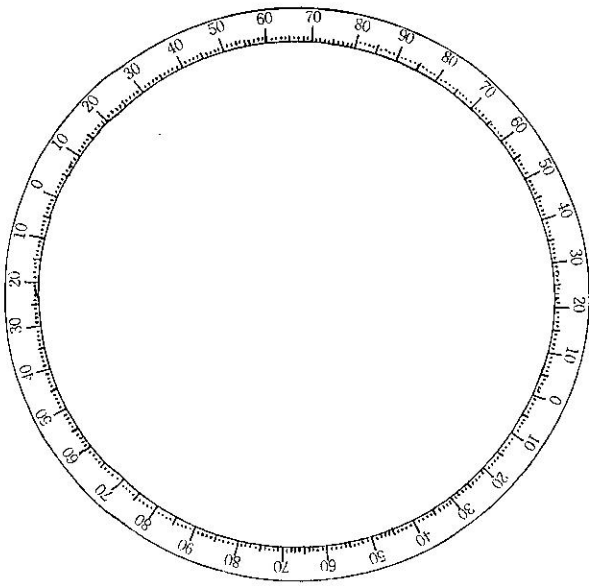


圖11 赤緯環

兩支(渾型)或一支(象型)極軸分別穿過兩處 90° 位置。赤道環交於 0° 位置，黃道環交於 $23^\circ 27'$ 位置。

Fig. 11 Dedination Ring Two (Hun Type) or one (Siang Type) polar axis through two 90° positions, the equator ring to cross at 0° position the zodiac ring to cross at $23^\circ 27'$ position.

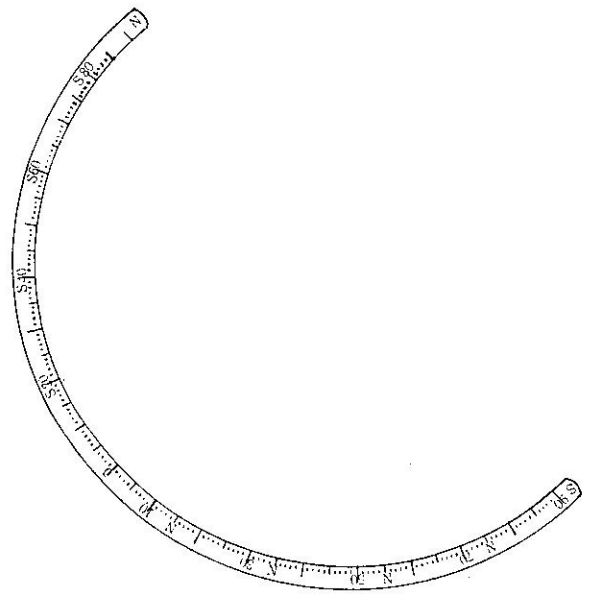


圖13 地緯弧

兩支極軸分別穿過兩端 90° 位置處。

Fig. 13 Latitude Arc two polar axes through two 90° position one to one.

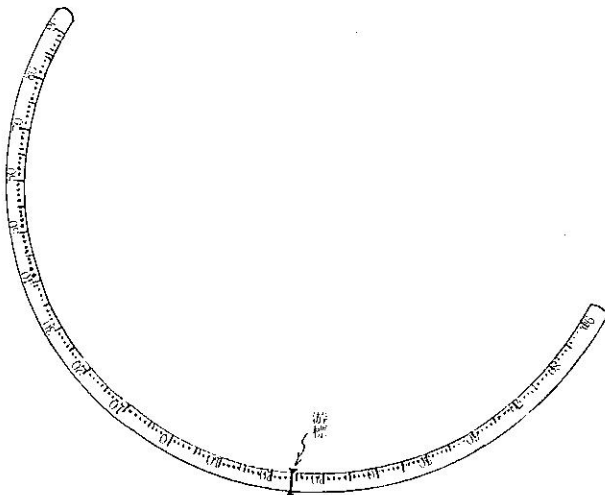


圖12 游標弧

極軸穿過兩處 90° 位置。

Fig. 12 Vernier Arc a polar axis through two 90° positions.

標示，與方位環正交於兩處 0° 位置，天頂、天底各位於上、下 90° 位置，支架鎖於天底，使方位環固定保持水平，子午環內緣有凹槽，可使極軸對應當地緯度之環上標示處伸長鎖定。極軸上套接游標弧、赤緯環、赤道環、滑動時環、滑動經環、黃道環、滑動月象環，均與渾型相似。

三、作用及特點

將渾型及象型之「象位渾天儀」分別如圖1 A及圖1 B狀架設。對「渾型」調整地緯弧上的活動螺絲套，滑至當地緯度，再與支架螺絲鎖定。對「象型」則調整極軸在子午環內緣凹槽位置，使兩端相應當地緯度，伸長鎖定。由指南針或其它方法決定南北方向，使地緯弧、子午環沿南北而立，則極軸皆與地球旋轉軸平行，其延伸線則指向天球南北極。

若想知道5月14日下午3時(15時)的太陽位置，可將滑動時環的12時滑至與黃道5月14日的標示在同一赤經上，再轉動赤緯環，帶動滑動時環上的15時位於保持垂直的子午環上。此時赤道環與天體赤道相應；黃道環與黃道相應；子午環與子午圈相應；方位環與地平圈相應。轉動仰角環(弧)，使其延伸而通過黃道面上的5月14日，則此處5月14日位置所對應的仰角，即為其時太陽的仰角，而

仰角環（弧）向5月14日這邊，交於方位環上之標示，即為其時的太陽方位角。若想知道此時月亮的位置，須先查出5月14日這天的陰曆日期，若為陰曆初十，則維持赤道環、黃道環、滑動時環位置如上，僅將滑動月象環上的初一滑至5月14日處，再轉動仰角環（弧），對應至月象環上之初十，此仰角即為其時月亮的仰角，對應之方位角，即為其時月亮的方位角。由於月球軌道（白道）面與黃道面夾約 5° 角，故此時推出的月球位置，可能有相當之誤差，若要求並不十分嚴格的話，甚至在太陽系裡，大多數的星體都可在黃道上尋找。若要求較嚴格時，則須先從天文年鑑等資料上查出某星體當天在天球上的赤經、赤緯，再推測其仰角及方位角。

對於太陽系以外的星體，在天球上的赤經、赤緯位置，一經列表，便可說是永久固定了。例如想知道5月14日15時，織女星（天琴座 α 星）的位置，先查出它位於赤經約18.5小時，赤緯 $+39^\circ$ 。日期與時間的轉動方式如前所述，再將游標弧轉至赤經18.5小時，弧上之小游標推移至 $+39^\circ$ ，轉動仰角環，對應於此指標之仰角，即為其時織女星的仰角，對應之方位環標示，即為其時織女星的方位角，若再將滑動經環上所對應觀測位置之經度滑至與滑動時環15時位置並列，則此織女星之赤經、赤緯對應於地球之經度及緯度，即為此星正投影於地球上之位置，所對應滑動時環上之標示，即為此正投影位置當時的地區時間。

「象位渾天儀」可以推測過去、現在、及未來在地球上任何地點，任一星球的仰角及方位角。如果我們想追索由某星系處發出的某種波動訊息，也許根本看不到它在哪裡，但若能夠推出它的位置，較容易去偵測。

我們若須要知道某處海岸，在某時刻的海潮漲落之幅度。由於潮汐主要受月亮及太陽（影響力約為月亮之半）引力的切線分量之影響，如果能知道在那時刻，由那處海岸上看來的太陽及月亮之關係位置，便容易估算了。雖然日、月也許並不在我們上空的位置，但仍舊有著某些影響的作用。畢竟能知道日、月、星辰的位置，在教學、研究、及日常生活上，均有不少的幫助。

四、結 論

「象位渾天儀」之天頂、天底維持在正上、下方，子午環、仰角環保持垂直，方位環保持水平，

由已知南、北方向、日期、時間、地方緯度、星體的赤經、赤緯而調整地緯弧（象型為調整子午環及極軸）、滑動時環、滑動經環、赤緯環、滑動月象環、游標弧等，可使極軸對應地球自轉軸、赤道環對應天體赤道圈，黃道環對應黃道圈，子午環對應子午圈……。至此浩瀚宇宙運行軌跡指標，好似被具體化的投影到這一個小小的「象位渾天儀」上了。而其對星體位置推測的精確性，受以下幾點因素之影響：

- (一)儀器製做的精與粗：若是製做不夠精細、刻度不準確，當會造成異於實際的誤差。
- (二)黃道非正圓：地球繞日軌道稍呈橢圓，太陽距地球夏至稍遠，冬至稍近，黃道環製為正圓，不能完全對應真實黃道，可依稍橢圓製做，或將環上每日距離標示稍做疏密不同的對應安排來改進。
- (三)陽曆閏年及陰曆大小月的影響：「象位渾天儀」的刻度標示是固定的，但曆法上對年、月、日不成整數之週期配合，常有彈性調整，會引發些許誤差。
- (四)區域時間的影響：地區時間範圍涵蓋 15° 經度，與特定地點的正確時間（正午時太陽應投影在正南、北連線上），可能有點不同，可依經度及時差稍行修飾。
- (五)正南、北確認的差異：以指南針定南、北方位，須考慮當地的磁偏角，以北極星定方位，也有約 1° 的誤差。
- (六)大氣折射：直接觀察星體，在接近地平線處的折射效應較明顯，會造成誤認的差異。
- (七)其它：包括人為的觀測錯覺、或觀測面非水平，甚至觀測位置不在地球中心等都可能造成些許誤差。

「象位渾天儀」推測的結果，或多或少有些誤差，但只要仔細製做及使用，可使誤差約束在 5° 角以內。

天文數學上可導出一些計算日、月、星辰位置的公式，納入電腦程式，推算迅速又確實。然「象位渾天儀」的實用價值仍將不可磨滅。例如一旦熟悉使用此儀，便可在腦海中浮現一個「象位渾天儀」的天象結構，用思想推轉，估測出星體的位置。結果與作用若得以驗證，人、天關係將不會陌生，心胸或許也會更開朗吧！

五、誌 謝

作者感謝空軍官校星象及航行學楊政杰老師，多次借用星象教室，並顯示星象儀之各種運作，以助了解。驗證儀器行余天珍女士，更熱心提供天文望遠鏡、自動追蹤赤道儀等器材，使研製工作順利完成，一併致謝。本製作正申請專利中，特此聲明。

六、參考資料

陳曉中著“中國古代科技”明文書局，1981。
李約瑟著，陳立夫譯“中國之科學與文明”台灣商

務印書局，1980。

Charles-Albert Reichen “ a History of Astronomy ” Hawthorn Books Inc. New York 1963.

Dinsmore Alter , Charence H. Cleminshaw , John G. Phillips “ Pictorial Astronomy ” Thomas Y. Crowell Company , New York 1963.

“天文日曆”中央氣象局編印，1987。

蔡獻章主編“天文年鑑”台北市立天文台，1988。

THE FABRICATION OF ARMILLARY SPHERE OF COORDINATES

Jen-hu Wang

Pei-chu Liu

ABSTRACT

The “Armillary Sphere of Coordinates” is developed from the “Armillary Sphere” which is come from antique China. We can use it to indicate the azimuth and altitude of the solar the luna and every star at any time and position on the earth if we know the date, the time the latitude, the right ascension and delination of the star.

It is a useful instrument to the teaching, the study and the daily round, because it is a little volume but largest show and easy labor. The star's location has heat influence to meteorology, tides, radio astronomy, etc.

Key Words: Armillary Sphere, Astronomical Coordinates.