

清華大學天文社 天文通訊

第三期

發行日期：2005/10/13

Astronomy Communications of AstroClub, NTHU

ISSUE 3

本期內容

朔望月、進動、章動、曆法 洪偉倫

黑體輻射 陳小白

對極望 廖官榆

導星

# 朔望月

定義：月球由朔至望再回到朔平均約 29.5 日稱為朔望月，此為陰曆月的長度。

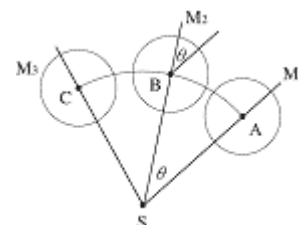
月球因本身不發光，我們所見的月光是經月面反射的太陽光，由於月球繞地球公轉，當太陽和月球在天球上經度相同時，月球的背光面向著地球所以看不到月光，叫做合朔，定為陰曆月的開始，當月球繞到距日 180 度時，這時受光面全部對著地球，



我們可見一輪明月，叫做望，

月球繞地球公轉時，當它運行至與太陽經度相差 180 度時稱為望，此時月球受光面對著地球，可見到一輪滿月。

月亮繞地球一周平均為 29.53 日，但地球本身也在公轉，所以從地球看月亮在群星中繞一圈的日數  $y$ ，比盈虧月的 29.53 日要短些。此  $y$  稱為恆星月，其計算方式如下：



圖中兩個相同的角度  $\theta$ ，各有一個數學上的解

釋： $\angle ASB$  這個  $\theta$  為地球走了  $y$  日後所轉的角度（相對於太陽而言），與轉了一周角所需要的 365.25 日相比，得

$$\theta = \frac{y}{365.25} \text{ (周角)}$$

另外一個  $\theta$  相應於月亮完成一盈虧月的時間 29.53 日，與完成一恆星月的  $y$  日之差，所以

$$\theta = \frac{29.53 - y}{29.53} \text{ (周角)}$$

兩式相等，得

$$\frac{y}{365.25} = \frac{29.53 - y}{29.53} \text{ 即}$$

$$P = 1 / \left( \frac{1}{365.25} + \frac{1}{29.53} \right) = 27.32 \text{ 日}$$

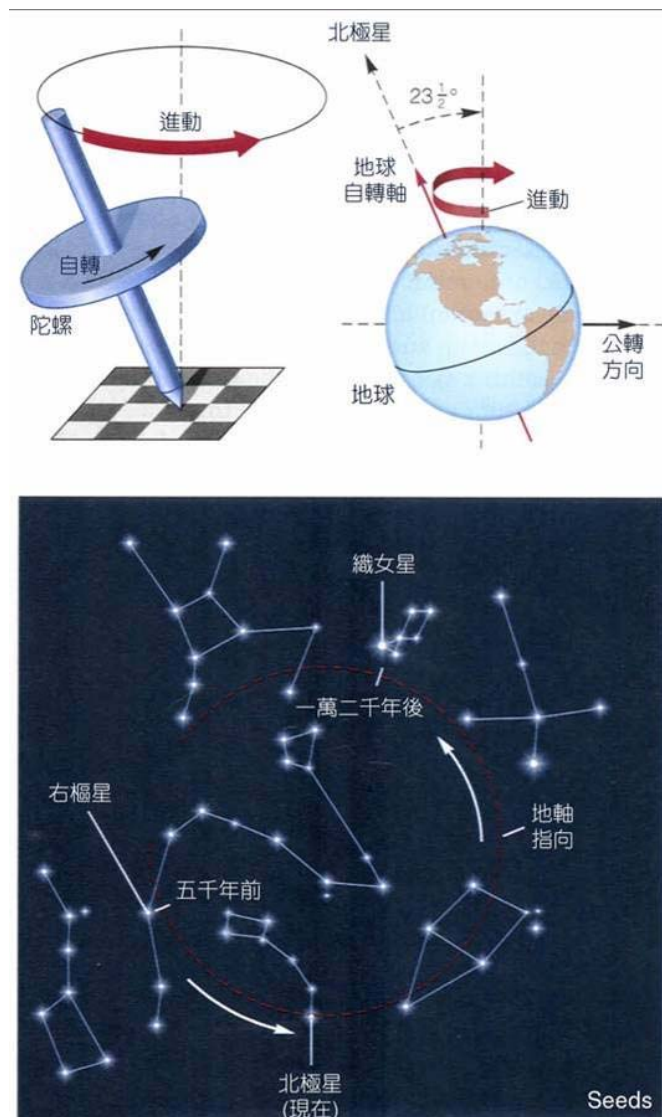
一恆星月為 27.32 日，但我們在天上卻準備了 28 個宿舍，讓月亮一日一宿，不免使月亮無所適從。於是有時候古人會把其中的兩個宿場（譬如室、壁兩宿）合併，而成為 27 宿。

假定地球在 A 的位置時，正好看到滿月，亦即太陽 S、地球 A 及月亮 M1 在垂直於黃道的同一平面上。過了一盈虧月後，A 移到 C，M1 移到 M3，又是滿月，即 S、C、M3 還是在同一平面上。但是還不到一個盈虧月，而剛好滿了一個恆星月時，亦即，相對於恆星，月亮回到同一方位時，則 A 移到 B，M1 移到 M2，而 BM2 與 AM1 平行。

# 進動(歲差)precession 及章動 Nutation

定義：簡單的說，歲差就是自轉軸繞圈圈（就像陀螺要倒地之前，陀螺會傾斜著轉圈圈的樣子）的現象，地球歲差的週期大約是兩萬六千年左右；進動（precession）就是歲差，兩者名稱不同，在於進動是物理學的名詞，而歲差則是天文學上的用法。與進動有關的一種作用，稱為章動（Nutation），是進動過程中，地球自轉軸輕微擺動的現象。這兩種作用，都是因為天體自轉軸傾斜，以及因為自轉所造成的形狀改變，還有周遭天體位置的改變所產生。

觀測：地軸在地面上的運動，叫做極移。極移的原因主要有兩種，一種是地軸對於慣性軸偏離的結果，週期大約為 14 個月。另一種是大氣季節性運行導致，其週期為一年。還有其他一些次要的原因，極移的振幅一般不超過 15 米。極移的結果使地球上的緯度和經度發生變化。地軸的進動是一種圓錐形的運動，其規律性如下：圓錐軸線垂直於地球公轉軌道平面，指向黃道兩極。圓錐的半徑是黃赤交角。運動的方向是自東向西，即同地球自轉的方向相反。運動的速度是每年 50 秒點 29，週期是 25800 年。表現為天極的週期性運動。造成北極星的變遷。地球赤道面和天赤道發生系統性的變化。二分二至點每年在黃道上以 50 秒點 29 的速度西移。（歲差）使回歸年小於恒星年



原因：陀螺之進動與章動

$L = (\text{轉動慣量}) \times (\text{自旋速率})$   
當有力矩  $\tau$  作用到鋼體時，  
角動量的變化率

$$dL/dt = \tau$$

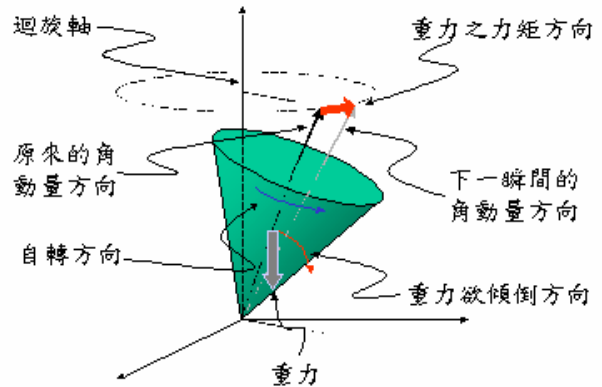
即角動量的軸向會朝著力矩  
的方向進動，進動角速率  $\Omega$

$$\Omega = \tau/L$$

但角動量朝著力矩方向的運  
動，除了進動外還包含一個  
點頭式的章動，章動在力矩  
剛開始作用時比較明顯，如  
果力矩持續依照某一方向作

小改變時，章動就不明顯，它是屬於一種瞬態反應。由以上的說明，可知進動角速率和角動量成反比，而角動量又和自旋角速率成正比，因此進動角速率和自旋角速率好像有反比的關係，不過角動量的大小可能是由轉動慣量大所產生，自旋速率不一定要大，例如衛星的轉動慣量就很大，衛星在太空中的自旋速率不必很大，也就可以得到一個大的角動量，以保持衛星的軸向穩定在某一個方位。因此進動和自旋角速率兩者之間並沒有直接的關連。章動是陀螺在力矩作用下，必然會產生的一種瞬態運動，由於它會讓自旋軸向產生較大幅度的擺動，在實用上要用章動阻尼器來設法消除。

### 力矩與自轉軸垂直—進動



### 地球進動與章動

第一，地球形狀。因為地球是一個明顯的扁球體，所以隆起的部位所受的附加引力總是稍大於另一側。二者之間的差值，總是存在於接近日月的一側。第二，黃赤交角。由於黃赤交角的存在，使得日月經常在赤道面以外對赤道隆起施加引力。這樣上述引力差就成爲一個力矩，使得地軸趨近黃軸，天極趨近黃極。第三，地球自轉。因為上述的引力差，給地球的自轉的角動量增加了一個增量，使得地球的自轉方向發生偏轉。這就是地軸的進動，也就是歲差。

資料來源：

1. 維基大百科  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E7%90%83%E8%87%AA%E8%BD%AC>
2. 中山科學院材料暨光電研究所林慶平研究員擔綱  
[http://www.ytlee.org.tw/publish/find/menu\\_show.asp?period=70#1](http://www.ytlee.org.tw/publish/find/menu_show.asp?period=70#1)
3. 成大物理 認識天空講義

## 國曆

月球因本身不發光，我們所見的月光是經月面反射的太陽光，由於月球繞地球公轉，當太陽和月球在天球上經度相同時，月球的背光面向著地球所以看不到月光，叫做合朔，定為陰曆月的開始，當月球繞到距日 180 度時，這時受光面全部對著地球，我們可見一輪明月，叫做望，月球由朔至望再回到朔平均約 29.5 日稱為朔望月，此為陰曆月的長度。

由於朔望月長度不是整數，所以這次合朔到下一次合朔期間在日期上有時跨廿九日有時跨卅日，因此陰曆有大小月之分，大月卅日，小月廿九日，又大小月的排列並不固定，完全視相鄰兩次合朔時刻而定，有時可能連續三個大月或連續兩個小月，較罕見的如民國十七年農曆九月至十二月是連續四個大月。

陽曆訂地球繞太陽公轉一周為一年，全年合計 365 日，稱為平年（平均太陽年的簡稱），但實際上地球繞日公轉一周平均為 365.2422 日，因此每積四年就會多出約 0.9688 日，為了使曆法能配合天象，規定當西元年數是四的倍數時，二月就增加 1 天成 29 天，該年稱為閏年，又因此法每四年又會多加 0.03 日左右，故再規定每四百年需減 3 天，當西元年數逢百年的倍數時，必需是 400 的倍數才是閏年，如 1700、1800、1900 都是平年，只有 2000 年能被 400 整除才是閏年。

陽曆月份大小的分佈，是人定分配的結果，與月球圓缺無關，當古羅馬儒略凱撒（Julius Caesar）於西元前 46 年，依天文家索西琴（Sosigenes）建議修訂古羅馬曆而制定儒略曆時，將一年分為十二個月，規定單數月為 31 日，雙數月為 30 日，而平年時二月是 29 日，閏年是 30 日。至西元前八年羅馬議會將八月改成奧古斯都皇帝（Augustus Caesar）之名，稱為 August，同時將八月改為大月而成 31 日，使它和紀念凱撒（Julius Caesar）的七月（July）日數相同，以顯示他和凱撒的功業同等偉大，而八月後的大小月全都反過來，即將九月和十一月改為 30 日，而十月和十二月則改為 31 日，八月所增的一日由二月裡扣減，因此二月於平年時為 28 日，閏年時才有 29 日。此大小月安排至改革成格勒哥里曆時仍然沿用，直至今日。

## 農曆

我國古代所行的曆法是屬陰陽合曆，月份是配合月象的圓缺，而年要配合四季寒暑的變換，可是十二個陰曆月（朔望月）不過約 354 日左右，而一個回歸年卻有 365.2422 日，兩者相差 11 日左右，因此大約每三年須加一個閏月，精確地說十九年須加七個閏月，其計算方法：

$$19 \text{ 個回歸年} = 365.2422 \text{ 日} \times 19 = 6939.6018 \text{ 日}$$

$$12 \text{ 個朔望月} \times 19 + 7 \text{ 個朔望月} = 29.53059 \text{ 日} \times 235 = 6939.6887 \text{ 日}$$

以上 19 個回歸年和 235 個朔望月的日數相當接近，亦即農曆和陽曆日期大約每十九年會相遇一次，亦即今天兩者的日期和十九年前或十九年後的今天日期大多相同，即使有不同亦不過相差一天而已。

七個閏月安插到十九年當中，其安插方法可是有講究的。農曆閏月的安插，自古以來完全是人爲的規定，歷代對閏月的安插也不盡相同。秦代以前，曾把閏月放在一年的末尾，叫做“十三月”。漢初把閏月放在九月之後，叫做“後九月”。到了漢武帝太初元年，又把閏月分插在一年中的各月。在農曆月裡通常包含一個節氣和一個中氣，如果僅出現節氣而無中氣時，曆法上就規定這個月爲閏月，作爲前月的附屬月，例如民國八十四年國曆九月廿五日至十月廿三日的那個朔望月只有節氣寒露，而沒有中氣，因此定爲閏月，又因前月是八月，故該月定爲閏八月。至於朔望月中有中氣而無節氣時，即不予置閏。爲什麼有的月份會沒有中氣呢？節氣與節氣或中氣與中氣相隔時間平均是 30.4368 日（即一回歸年排 65.2422 日平分 12 等分），而一個朔望月平均是 29.5306 日，所以節氣或中氣在農曆的月份中的日期逐月推移遲，到一定時候，中氣不在月中，而移到月末，下一個中氣移到另一個月的月初，這樣中間這個月就沒有中氣，而只剩一個節氣了。上面講過，古人在編制農曆時，以十二個中氣作爲十二個月的標誌，即雨水是正月的標誌，春分是二月的標誌，穀雨是三月的標誌……把沒有中氣的月份作爲閏月就使得曆月名稱與中氣一一對應起來，從而保持了原有中氣的標誌。從十九年七閏來說，在十九個回歸年中有 228 個節氣和 228 個中氣，而農曆十九年有 235 個朔望月，顯然有七個月沒有節氣和七個月沒有中氣，這樣把沒有中氣的月份定爲閏月，也就很自然了。

由於農曆置閏的安排，主要是用以控制陰曆月在年中的位置，使它能配合一年四季寒暑的變化，因此閏月在年中出現的機會較多，靠近年頭年尾則較少。下圖是西元 1849 年至 2031 年的資料統計圖，我們可以發現其中以閏五月次數最多，而沒有閏正月、閏十一月和閏十二月。由統計圖我們也可以發現，閏月的分佈並無規律性。

									2028							
									2009							
									1998							
								1990	2020							
								1971	2012							
								2025	1952	2001						
								2017	1933	1982						
								1987	1922	1974	2031					
								2006	1979	1914	1963	1993	2023			
								1995	1968	1960	1903	1944	1966	2004		
								1976	1949	1941	1895	1925	1955	1947		
								1957	1938	1930	1884	1906	1936	1928		
								1900	1919	1911	1876	1887	1898	1917		
								1984	1862	1881	1892	1865	1868	1879	1909	
								1870	2014	1851	1854	1873	1857	1849	1860	1890
								閏十月	閏九月	閏八月	閏七月	閏六月	閏五月	閏四月	閏三月	閏二月

然而，望的日期並非都在農曆十五日，依統計發現，由民國七十年至民國八十四年，望在農曆十四日有二次，十五日有七十次，十六日有八十六次，十七日有二十八次，可見望大都在十五日及十六日，在十四日時最少，僅見於民國七十三年農曆五月十四日及民國八十四年農曆閏八月十四日。

資料來源：<http://hk.geocities.com/seareport/main.page.html>



## 對極軸 廖育倫

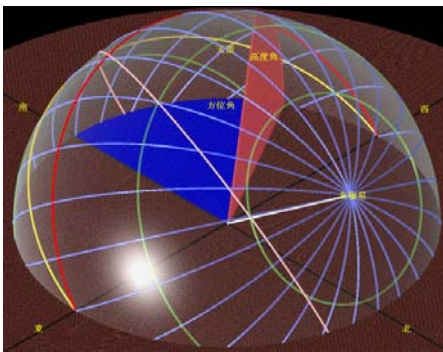
- 爲什麼要對極軸？
- 爲什麼不能把北極星放極望中心？
- 如何對極軸？

## 爲什麼要對極軸？

### 1 名詞解釋：

- **天北極、天南極**  
地球自轉軸的延伸跟天球的的交點，北邊的稱之爲北天極、南邊的稱之爲南天極。
- **極軸**  
北天極跟南天極的連線，即地球自轉軸的延伸。
- **赤經軸、赤緯軸**  
赤道儀中與地球自轉軸平行稱爲赤經軸，與赤道面平行軸稱爲赤緯軸。
- **極軸望遠鏡**  
赤道儀在極軸上的一支小型望遠鏡。

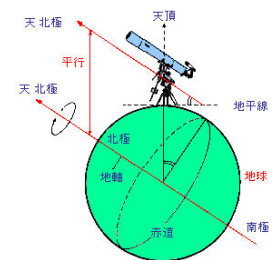
## 天球圖解



圖片來源：<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwamuro/LECTURE/OBS/coord.html>

### 2 爲什麼可以追蹤星體

望遠鏡的赤道儀對極軸後，由於地球也是繞極軸自轉，由於所觀測的天體非常遠，所以可以看成是同軸。而這時所看到的星體運動在同一赤緯，只有赤經有改變。所以追蹤星星只要以地球自轉的速度往地球自轉的反方向進行赤經軸的轉動即可保持星體在視野內。



圖片來源：<http://www.dogstar.net/sys/show.php?articleid=331>

### 3 對極軸有什麼用處

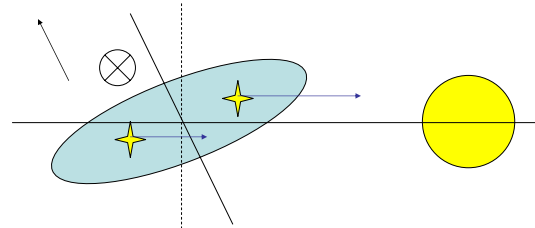
最大的用處在於**天文攝影**，當拍攝星體時由於進光量少，需要長時間曝光。而這時望遠鏡就要跟著星星走，這樣才能保證星點在照片上的成像是同一位置。

同時就算是**普通的觀星**，如果要一直看一顆星，對好極軸後就只需改變赤經軸就可方便追星。

## 爲什麼不能把北極星放極望中心？

### 1 名詞解釋：

- **進動、歲差**



## 原因

### 一、形狀

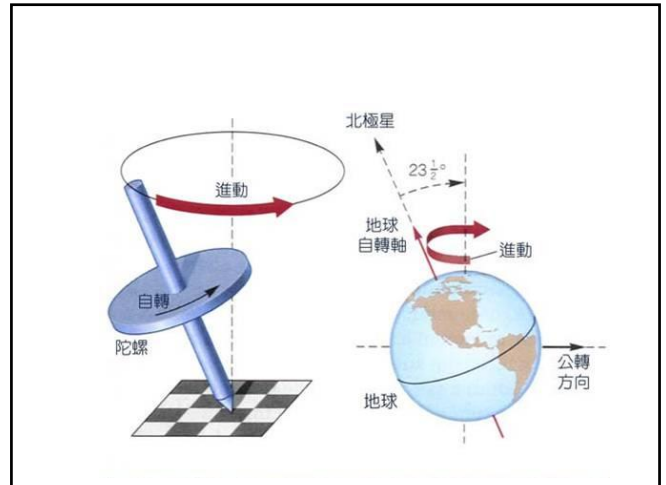
因為地球是一個扁球體，所以隆起的部位所受的附加引力總是稍大於另一側。二者之間的差值，總是存在於接近日月的一側。

### 二、黃赤交角

由於黃赤交角的存在，使得日月經常在赤道面以外對赤道隆起施加引力。這樣上述引力差就成爲一個力矩，使得地軸趨近黃軸，天極趨近黃極。

### 三、地球自轉

因爲上述的引力差，給地球的自轉的角動量增加了一個增量，使得地球的自轉方向發生偏轉。



週期：  
25800年



圖片來源：<http://crab0.phys.nthu.edu.tw/~hchang/ga1/f0202-polaris.JPG>

## 爲什麼不能直接把北極星放極望中心？

- 一、北極星根本不在地球自轉軸上，只是一顆很靠近自轉軸的亮星。
- 二、而且由於進動的緣故，北極星在極望裡也不會一直是固定位置。
- 三、北極星不在極軸上，所以也會繞著極軸轉。

## 如何對極軸？

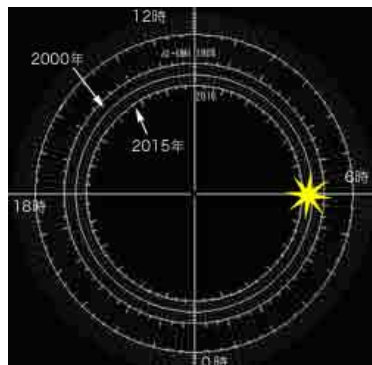
### 1 極望介紹

- 一、由仰角鎖的螺絲調整仰角，水平螺絲調整左右位置。
- 二、三個實線圓圈，由外到內分別代表1985、2000、2015年北極星所應在的位置。最外側的虛線，用來對南半球的南極星〔八分儀座 alpha〕
- 三、視度調整環，用以對焦。
- 四、視野照明，有些極望有視野照明。

### 2 極望沒刻度？

指極盤的使用，又稱北極星方位盤。簡單的說，指極盤就是把原本在極望裡的刻度畫到紙盤上。

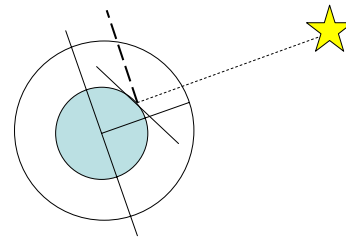
### 3 北極星在極望裡的位置找法



圖片來源：[www.jttk.zaq.ne.jp/ryutao/kyokujiku.html](http://www.jttk.zaq.ne.jp/ryutao/kyokujiku.html)

### 4 看不到北極星或沒極軸望遠鏡怎麼辦XD

#### 一、導星鏡法



### 5 精確對極軸的方法——飄移法 ( Drift Method )

其實精確的對好極軸是不需要極軸望遠鏡的，但是有極軸望遠鏡可以先把極軸對得差不多，更方便我們用這一方法。

1. 先以前述方法對好極軸。
2. 然後用下面步驟漂移法 ( drift method ) 精確地對極軸。
  - a. 使用有視野照明的十字線目鏡，儘量提高望遠鏡倍率，倍率越高，極軸可以對得越準確。
  - b. 將一顆在「天頂子午線附近離天球赤道  $5^\circ$  以內」的亮星導入望遠鏡視野內，天球赤道的赤緯值是  $0^\circ$ 。

c. 將星置入十字線交點中心，切換赤緯馬達「高速」運轉模式，驅動赤緯馬達使星移動，調整目鏡使星沿著十字線中的一條重合運動，此方向即為赤緯方向；另一條線與星移動方向垂直，即為赤經方向。

d. 監視亮星在赤緯方向上的漂移，調整「水平方位微調鈕」使亮星回到赤緯線上，直到此星一直保持赤緯線上，而沒有赤緯方向上的漂移運動為止，這時請忽略任何赤經方向上的漂移量。

e. 重複同樣的程序，將一顆在「東方高度  $20^\circ$  以上 ( 附近 ) 離天球赤道  $5^\circ$  以內」的亮星導入望遠鏡視野內。重複步驟 c. 只監視亮星在赤緯方向上的漂移，調整「傾斜角微調鈕」使亮星回到赤緯線上，直到亮星一直保持赤緯線上，沒有赤緯方向上的漂移運動為止，這時亦請忽略任何赤經方向上的漂移量。

這樣一來，在任何觀測及攝影的場合下赤緯幾乎不會有任何的漂移；可以完全地忽略赤緯的修正。所有的可能誤差來自於赤經軸蝸桿蝸輪的週期性運動及大氣折射的效應，所以只需要考慮赤經方向上的修正。這也適用於沒有赤緯馬達電動修正的赤道儀欲從事長焦距天文攝影的時候使用。

## 6 概念

簡而言之，不論是用導星鏡法或是飄移法原理是一樣的。

修正	極軸方位調整	極軸高度調整
參考星位置	天球赤道位於中天的恆星	距子午線達6個時角的東北天恆星
極軸修正方向	恆星北移，極軸東移	恆星北移，極軸調低
	恆星南移，極軸西移	恆星南移，極軸調高

## 7 誤差

一、蒙氣差，因大氣折射，實際星星的位置會比觀測的位置低。

緯度	對應的蒙氣差
10度	5分17秒
20度	2分38秒
30度	1分40秒
40度	1分09秒

台灣北極星的高度約 25 度，所受蒙氣差的影響約 2 分角，也就是說就算把北極星對準到同心圓漂亮繞著望遠鏡極軸中心轉的程度，實際上仍有約 2 分角的誤差。

## 二、赤經軸的週期性運動

赤道儀本身的機械誤差，例如主渦輪的軸運動。可利用「追蹤精確度實測」法找出。將望遠鏡完全組裝好之後，「將極軸對在東西方向上」。直接做星空攝影得到南北方向的星跡影像。

這時放大照片就可看到所攝得的星跡是不是一直線了。

## 導星專題

對完美精確度有執著的人看過來喔...

## 先認真把極軸對好

- 極軸望遠鏡的精確度
  - 1.時區與經度校正
  - 2.安裝誤差
  - 3.馬達、軸承、齒輪誤差
- 極軸望遠鏡的校正
- 進一步對極軸

## 極望精確度

- 赤道儀所在地經度；你使用的時區之經度
- 極望安裝精確度 ~2'
- 大氣的問題 ~2'
- 馬達周期性誤差

## 確定極望可信嗎？

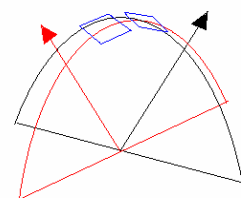
- 水平氣泡的校正
  1. 內建北極星位置的極望  
算好北極星在春分過中天的時刻，調整到那個時間，同時將北極星的位置轉到視野最下方，然後檢驗水平氣泡
  2. 需要指極盤的極望  
極望內兩條垂直線，隨便挑一條以遠方大樓等物，確認其是否垂直，然後校正水平氣泡
- 安裝精度的校正  
找技術人員校正吧...

## 極望之後

- 選用短焦目鏡，放大倍率越大越好
- 目鏡內最好有十字線，讓你能確定視野中，赤經與赤緯的方向，有導星目鏡更好
- 選定天球上，赤緯0度附近的星

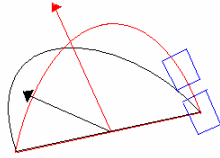
## 修正赤道儀的水平方位

- 找子午線附近的星
- 忽略赤經方向的偏移
- 星點往北漂，往東修
- 星點往南漂，往西修



## 修正赤道儀的仰角

- 找東方低仰角的星
- 忽略赤經方向的偏移
- 星點往北漂，向下修
- 星點往南漂，向上修



## 開始長時間追蹤之後

- 乖乖導星吧！
- 不要離目標太遠，可接受的範圍是5度
- Vixen GA-4 導星目鏡



Copyright© www.nick.com.tw

## 手動導星

- 這叫做獵線
- 以 Vixen GA-4 導星目鏡而言，如能保持星點在最內圈，應付中短焦的攝影已經足夠



Copyright© easyweb.easynet.co.uk

## 自動導星

- ST-4
- 用 CCD 代替我們的眼睛導星
- 偵測星點的移動之後，發出相對應的回饋指令給馬達



Copyright© www.company7.com



Copyright© www.astrofoto.net

## 有導星就一切完美嗎？



- 像場的旋轉 - 以導引星為圓心旋轉
- 解決方法
  1. 對好極軸
  2. 選擇離目標近的導引星