

高等學校交流講義

天文學

武漢大學曾昭安編

(內部交流 * 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

天文學通論目錄

第一章 緒論

面數

- 一、 天文學的意義..... 1
- 二、 天文學的分類..... 2

第二章 天球坐標

- 一、 天球..... 4
- 二、 地平坐標..... 4
- 三、 赤道坐標..... 5
- 四、 黃道坐標..... 7

第三章 星宿

- 一、 四象二十八宿..... 9
- 二、 十二次和十二宮..... 14
- 三、 甘石星經與黃裳天文圖..... 25
- 四、 八十八星座..... 30
- 五、 星名..... 32
- 六、 星圖和星表..... 33
- 七、 北極星和北斗..... 33
- 八、 頭等明星..... 40

第四章 恆星

- 一、 星等..... 60
- 二、 星數..... 61
- 三、 星的顏色溫度..... 62
- 四、 星的大小..... 70
- 五、 星的質量..... 61
- 六、 星的構造..... 62
- 七、 星的成分..... 61
- 八、 星的能量..... 62
- 九、 星的距離..... 70
- 十、 星的運動..... 85

第五章 雙星

一、 雙星的性質.....	89
二、 目視雙星.....	90
三、 分光雙星.....	93
四、 食雙星.....	94

第六章 變星

一、 變星的性質.....	96
二、 新星.....	97
三、 長期變星.....	98
四、 不規則變星.....	99
五、 短期變星.....	100

第七章 星團

一、 疏散星團.....	104
二、 球狀星團.....	107
三、 星協.....	111

第八章 星雲

一、 銀河.....	114
二、 星際物質.....	115
三、 銀河星雲.....	116
四、 河外星雲.....	126

第九章 宇宙論

一、 我國古代的宇宙觀.....	140
二、 星的分佈.....	140
三、 宇宙構造.....	143
四、 星體演化.....	146
五、 無限的宇宙.....	149

第十章 月亮

一、 月亮的故事.....	151
二、 月亮的遠近大小.....	152

三、月亮的表面	153
四、月亮的盈虧	154
五、月亮的明亮長久	156
六、月亮對於我們的好處	157
七、月亮的運動表現	165

第十一章 太陽

一、太陽的威力	169
二、太陽的遠近大小	169
三、太陽的組織	170
四、太陽黑子	173
五、太陽的運動	175
六、太陽的光度溫度和熱量	177
七、太陽的能量	178

第十二章 日月食

一、概說	182
二、日月食記載和傳說	182
三、世界最古日食的考證	183
四、造成日月食的陰影	188
五、月食	189
六、日食	190
七、日月食的次數	192
八、日月食的用途	195
九、日月食的週期	196

第十三章 太陽系

一、古代學說	212
二、哥白尼學說	212
三、刻卜勒三定律	217
四、萬有引力	217
五、行星的運行	216
六、行星的物理性質	21
七、行星與太陽的距離	223
八、大行星	224

九、 小行星	235
十、 衛星	238

第十四章 彗星

一、 彗星的形狀大小	245
二、 彗星的物質	246
三、 彗星的軌道	248
四、 彗星的變態	248
五、 彗星族與彗星羣	254
六、 哈雷彗星	255
七、 恩刻彗星	258

第十五章 流星

一、 流星是什麼	259
二、 流星雨	260
三、 流星雨與彗星的關係	262
四、 隕星	265
五、 隕星的物質大小	267
六、 隕星坑	268
七、 隕星的記載	270
八、 黃道光與對日照	271

第十六章 太陽系的起源

一、 太陽系的概況	274
二、 星雲說	275
三、 碰撞說	279
四、 天體物理學的發展	280
五、 施密特俘獲說	282
六、 費辛柯夫的見解	285

天文學通論

第一章 緒論

一、天文學的意義

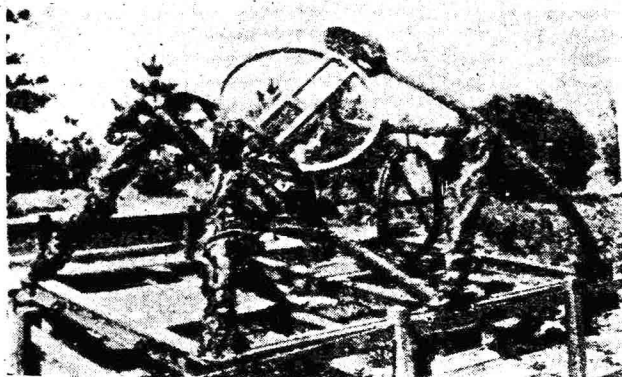
天文學是研究天體的學科。詳細說來，這學科是研究天體的運行，形狀，體積，質量，物理的性質，天體彼此間的引力和輻射關係。並觀察宇宙全部的構造，推知它們過去的歷史，未來的演進和發展。因此天文學確能引導我們形成辯證唯物論的世界觀，把科學知識實際應用到國民經濟的各種領域裏去，具有特殊的意義。

天文學在實用方面，如定方位，授時曆，測量高空與經緯度，繪製地圖海圖等工作，是起了決定性的作用。例如農人的耕耘收穫，必須掌握季節，才可以保證生產。旅客的夜行遠遊，技術員的航海航空，都必須知道方向與時候，才可以順利地達到目的地。所以在世界文明古國中，如中國，巴比倫，希臘，印度等，都有早期發達的天文學。在這些國家中，尤以我國在天文學上的貢獻最為偉大，天文的觀測工作最為精確可靠。

書經堯典載：「堯三百有六旬有六日，以閏月定四時成歲。」這是說在堯時（公元前2330年頃）我國曆法，一方面用了三百六十六日的陽曆年，一方面參用閏月來配合月亮的運行周期。這種陰陽曆並用的情形，和古代巴比倫的曆法用意相同。但巴比倫在公元前2000年是規定三百六十日或十二月為一年。我們從殷代（公元前1385年起）遺傳下來的甲骨文字，可以看到在三千年以前，已經有十三月即閏月的名稱。在周公時代（公元前1220年頃）制定一年有二十四個節氣。在春秋中葉（公元前600年頃）知道十九年七閏的方法。這比希臘人米吞於公元前430年發明這個周期，早了一百七十年。在魯文公宣公時（公元前622年至前591年）採用土圭觀測日影，來決定冬至和夏至的日期。但希臘人亞諾芝曼德用同樣方法測定冬至和夏至，是在公元前六世紀中，比我國遲後了幾十年。在秦時（公元前246年至前207年）我國用顓頊曆，漢武帝時（公元前104年）用太初曆，都以三百六十五日又四分日之一為一年，但在西洋，當我國西漢末季，曆法還是非常紊亂，一直到公元前46年，羅馬凱撒頒行儒略曆，和我國的顓頊曆相同，才初上軌道。這比我國至少遲後了二百年。到了元時，我國的郭守敬制立授時曆，確定一年為365.2426日，比地球繞日一周的實際時間祇差26秒。這個曆法於1281年頒行，和現在全世界通行的公曆即格里曆相同。但格里曆於1582年才使用。也是說，我國的授時曆比公曆的發明，早了三百多年。

周髀算經是我國一部保留到現在的最古數學書。書中載有周公和商高的談話，黃道的傾斜角度，竟和西洋十九世紀拉普拉斯由理論推算出來的數目相同。這正顯示我國的文化，早已跑在西洋人前面幾千年。

堯典載：「舜（公元前2220年頃）察璿璣玉衡，以齊七政。」有人認為璿璣



(圖 1) 「簡儀圖」 這是我國現存明代正統年間(1450年頃)天文儀器之一。用來以測量日月五星的方位。

者蔡邕(132--192)參觀了這個儀器後，欽佩不已，竟發表有「願意終生仰臥在渾天儀裏面觀察星辰」的感嘆，足見張衡學問的淵博，渾天儀的精巧絕倫了。現在南京紫金山天文台還保存有明代正統年間(1450年頃)製造的「渾儀」，「簡儀」等天文儀器十餘件，可算是稀世的寶貝。

我國天文台的設置，也是很古的。早在三千多年前，周公在河南登封縣告成鎮(古陽城)建築了測景台和觀星台。大概在公元第五世紀，南京台城有司天台的建築，元世祖正元十六年(1279年)北京泡子河建立有司天台，洛陽等五處分置有儀表，等於分台，到明太祖洪武十八年(1385年)在南京雞鳴山北極閣上，建立有觀象台。這在歐洲，要到1560年哥白尼才認識它的重要性。南京觀象台成立的年代，比英國格林治觀象台於1675才建立，要早三百年，實在是世界最早的觀象台。

二、天文學的分類

天文學按照它的研究目的和方法，可分為許多類門。但各個類門彼此間仍互有關係，常保持着密切的聯繫。所分類別如下：

- (一)「天體法則學」亦稱「星象學」
 以研究天體。再細分為五門：
 - (1)「球體天文學」亦稱「位置天文學」
 以天體的幾何學上的相互關係，方向，位

可以轉動的測天儀器。也就是世界最古的天文儀器。漢代有科學家張衡(78--139)創造觀測星辰的球形儀器，名叫「渾天儀」。立有黃赤二道，相交成二十四度。分球體天空為三百六十五又四分之一度。另立南北兩極，佈置二十八宿和日月五星，利用水的滴漏，使球能夠自由旋轉。這樣就可以從儀器上看出今天哪顆星出來，哪顆星沒落，哪顆星在天空當中及所在各方位，和天上星的實際位置完全相同。漢代學



(圖 2)「測景台」圖 這是河南登封縣告成鎮的周公測景台。用來以測量太陽在一年內所投射影子的長短。

置，距離，大小，形態，天體的真運動，視運動等。例如日月食及行星凌日等現象，都屬於這門所究的範圍。

(2)「實用天文學」亦稱「實際天文學」 研究「測天儀器」的理論，使用的方法，消滅誤差的原理與方法，並包括各種觀測的計算方法。

(3)「天文測量學」 測量天體的距離和大小，天體的相對位置 and 分佈情況，並包括由攝影底片以計算天體的位置。

(4)「天體力學」亦稱「天體軌道法」 根據力學和萬有引力原理，以研究天體的真運動，計算天體的軌道。例如編製天文年曆，航海通書等。

(5)「統計天文學」 應用數理統計原理，以研究天體現象，大宇宙的構造，星體的進化發展等。

(二)「天文物理學」 研究天體的物理性質。亦細分為五門：

(6)「星光測量學」 用視力測光法和攝影測光法，以研究天體表面的模樣和天空的狀態。

(7)「光力測量學」 測定各種天體放射光線的強弱。

(8)「天體光譜學」 用分光儀攝取天體的光譜，以探測星體運動的速度，溫度，壓力，和成分等。

(9)「天體比色學」 研究星體的顏色，區別由肉眼和乾片所感受不同的光線。

(10)「天體物理學」 研究天體的物理性質，內部構造和表面蒙氣現象等。更進一步去測算天體的運動狀態。

(三)「天體演化學」 用辯證唯物論的觀點，以研究宇宙的過去未來。再細分為二門：

(11)「宇宙構造論」 研究天體的構造與形成。批判關於宇宙底唯心論的結論。

(12)「宇宙演化論」 了解宇宙是物質在無限時間和無限空間裏展開的發展過程。康德和拉普拉斯的假說以及恩格斯對於它們的評價。莫爾頓張伯倫泰斯澤夫立力武敦撞說的批判。蘇聯科學家施密特隕星說即俘獲微星說和費辛柯夫的見解。

問 題

1. 天文學所研究的是什麼？
2. 研究天文學需要些什麼科學？
3. 天文學有些什麼用處？
4. 天文學發達最早的國家是哪個？有些什麼事實？
5. 我國古代的天文儀器，現在還有存在的麼？
6. 天文學怎樣分類？有些什麼類門？

第二章 天球坐標

一、天 球

我們所看見的一切天體，都排列在一個圓球的天空上。因此要表示天體的位置，可想像以觀測者為中心，取極大的長度為半徑，畫一個大球面。我們將一切天體都投影在這個球面上；這樣的球叫做「天球」。天球上天體的位置，祇表示它們的方向，並不考慮它們的距離遠近。天球上兩星彼此間的距離，是以兩星各別和天球中心相連接的兩個半徑間所成的角度表示它；這叫做「角距」。太陽和月亮的視直徑也是用角度來表示，大約是31分，所以我們說太陽或月亮的直徑大約是半度。因為天球的半徑是極大的，所以中心位置雖然有所移動，天球上天體的位置還是不變；換句話說，從地球上任意距離的兩處所看天球上星體的方向都是一樣的。遇有必要的時候，天球中心可以移動；有時以地球中心或太陽中心作為天球的中心，均無不可。

要定地球上天體的位置，非用種種坐標不可；天文學中所常用的坐標有下列三種：即地平坐標，赤道坐標和黃道坐標。每一種坐標都是先通過球心，作兩個互相垂直的平面，與天球相交於兩個大圓，就以這兩個大圓作為準則，去決定經緯度。經緯度既定，天體的位置自然也定了。

二、地平坐標

如圖，設觀測者在球的中心 O ，通過它的重力方向作垂直線 ZOZ' ，叫做「鉛垂線」。將鉛垂線向觀測者頂上的方向延長，和天球相交於點 Z ，叫做「天頂」。將鉛垂線向觀測者脚下的方向延長，和天球相交於點 Z' ，叫做「天底」。

通過球心和鉛垂線相垂直的平面，叫做「地平面」；地平面和天球的交線 $SWNE$ ，叫做「地平圈」。於地平上， S 為南， W 為西， N 為北， E 為東，這叫做「四方點」。

天球上通過天頂和天底諸大圈，叫做「地平經圈」。這都是和地平互相垂直的，如圖中 ZLZ' ， ZWZ' 等。又在

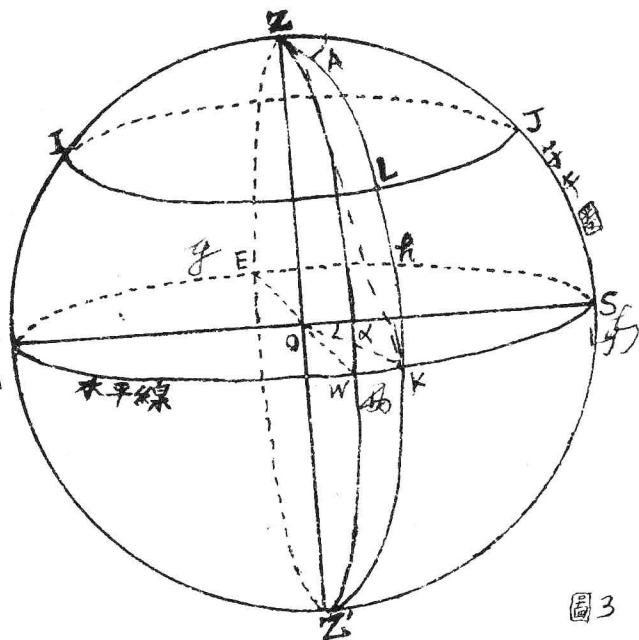


圖 3

天球上和地平相平行諸小圈，叫做「地平緯圈」，如圖中的 LIJ。

經圈通過南北兩點的叫做天球的「子午圈」，通過東西兩點的叫做「卯酉圈」。

今設有一個星體在點 L，通過 L 作經圈 ZLK，和地平相交於 K，那麼角 SOK 等於角 SZK，叫做星體 L 的「地平經度」，亦稱「方位角」，是從子午圈的南方為起點，順時針（即向南）計算，從零度到三百六十度為一周（方位角亦可從子午圈的北方起，順時針或逆時針計算）。又角 KOL 叫做「地平緯度」，亦稱「高度」，是以地平為起點，向上為正，向下為負。再者角 ZOL 叫做「天頂距」，和地平緯度是互為餘角；也就是說，「高度」和「天頂距」相加等於九十度。

星體的地平經度，地平緯度，天頂距，我們用角度，弧度（下式裏面的箭號，表示弧度的起點和方向）或文字去記，都是一樣的，如下：

$$\text{地平經度} = \text{方位角} = \widehat{SOK} = \widehat{SK} = \widehat{SZK} = A,$$

$$\text{地平緯度} = \text{高度} = \widehat{KOL} = \widehat{KL} = h,$$

$$\text{天頂距} = \widehat{ZOL} = \widehat{ZL} = z.$$

因此我們若知道一個星體的地平經度和地平緯度（或天頂距），就可以確定它在天球上的位置。用這種方法，決定星體的位置，叫做「地平坐標」。

地平坐標是最容易知道的，可用以在地面上測量角度；但必須注意：第一，觀測者的位置不同的時候，鉛垂線的方向就不同，所用的地平坐標也就不同。第二，星體的地平經度和地平緯度是隨着時刻而變化，所以我們應該把時刻和地點隨時記載出來。

三、赤道坐標

設以地球中心作為天球的中心，將地球自轉的軸向兩端延長，和天球相交於兩點，叫做「天極」。在北的叫做「北極」，如圖中 P；在南的叫做「南極」。又將地球赤道面延長，和天球相交，叫做天球「赤道」，如圖的 OT，所以天球赤道和地球赤道面是互相疊合的。

天球北極對於地球的北半球各地都是處在地平面以上。因此我們看見它就是衆星圍繞的總中心。在它那裏不遠的地方有一顆亮星叫做「北極星」（在 1951 年至 1954 年北極星離開天極為 57'。至

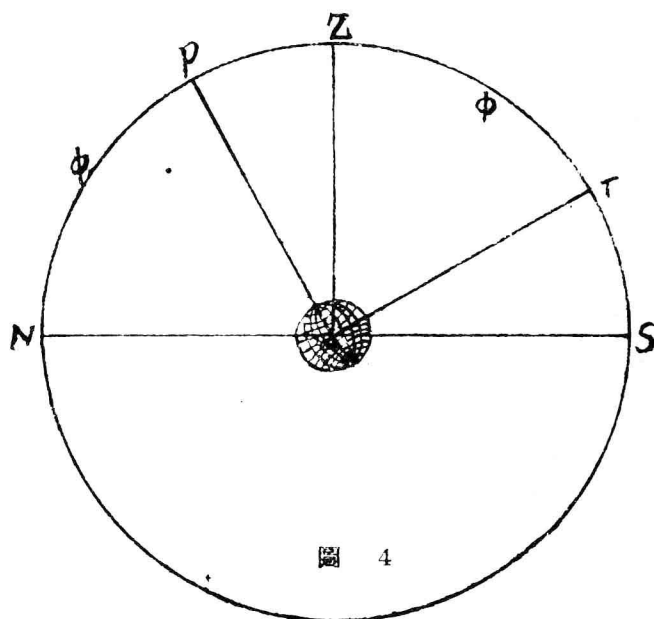


圖 4

2102 年北極星離開天極祇有 $27'37''$ 。現在有一顆極近於天極的九等星，離開天極不過三分之一度，但肉眼不能看見它）。故我們認識了北極星，就可斷定那個方向必是北方。又在圖上，角 PON 等於觀測者所在地的緯度，且

$$OZ \perp OS, \quad OP \perp OT,$$

故得

$$\text{天極高度} = \widehat{PN} = \widehat{ZT} = \text{地球緯度} = \phi.$$

例如武昌是在北緯 $30^{\circ}34'48''$ ，故我們可以說，北極星距地平的高度約為 $30^{\circ}35'$ 。

用赤道坐標去決定天體的位置，有兩個法子如下：

[第一法] 通過天球兩極，作一些和赤道相垂直的大圈，叫做「赤經圈」，亦稱

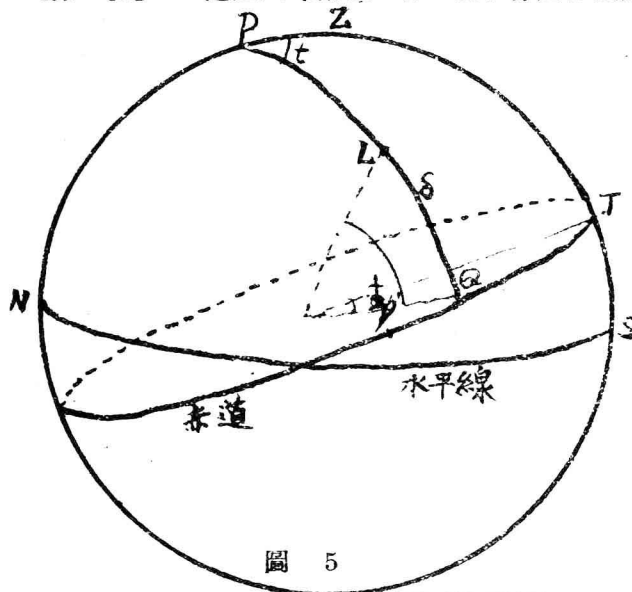


圖 5

「時圈」。其中通過天頂的時圈，可以決定觀測者的南北方向，就是「子午圈」。又在天球上和赤道相平行的諸小圈，叫做「赤緯圈」。

今設有一個星體在 L ，通過 L 作時圈 PLQ ，和赤道相交於 Q ，那麼角 TOQ （圖中未繪出）等於角 TPQ ，叫做「時角」。這是赤經的一種，本來是用角度來計算的。但因天球在二十四時轉一周，用時分秒制計算更較方便。惟須注意彼此間的關係：

時 間	度 數
24 時	360 度
1 時	15 度
1 分	15 分
1 秒	15 秒

「時角」的算法，如同「方位角」一樣，是從子午圈的南方起，順時針（即向西）計算的。例如太陽恰從東方出來的時候，它的時角是 18 時，於正午是 24 時，也就是 0 時。

又角 QOL （圖中未繪出）叫做星體 L 的「赤緯」，亦稱「傾斜角」。是以赤道為起點，在北的為正，南的為負。例如在赤道上星體的赤緯為 0° ，北極的赤緯為 $+90^{\circ}$ ，南極的為 -90° 。

因此得第一赤道坐標的決定法爲：

$$\begin{aligned}\text{時角} &= \widehat{TPQ} = \widehat{TQ} = t, \\ \text{赤緯} &= \widehat{QL} = \delta.\end{aligned}$$

第一種赤道坐標，是適用於對時角有關係的問題，拿來去推算時間。

〔第二法〕 延長地球軌道的平面，和天球相交的大圈，叫做「黃道」；我們從地球看過去，太陽每年在天球上行走一周的道路，也就是「黃道」。黃道和赤道的交點有兩個，太陽從赤道南向北走過交點時，是3月21日，就是春分日，所以那點叫做「春分點」，如圖中的 γ 。另外的交點叫做「秋分點」。黃道面和赤道面相交，大概爲 $23^{\circ}27'$ ，這叫做「黃赤交角」。在春分點和秋分點的中央，黃道上最近於天球北極的一點，叫做「夏至點」；在秋分點和春分點的中央，黃道上最南的一點，叫做「冬至點」。

通過春分點的時圈，可作爲一切時圈的「本初經線」。設通過星體 L 的時圈交赤道於 Q ，那麼角 γOQ （圖中未繪出），叫做星體 L 的「赤經」。赤經是從春分點爲起點，逆時針（即向東）計算，從零度到三百六十度爲一周。但通常計算，都是採用時分秒制，從零時到二十四時。又星體 L 的「赤緯」，是和第一法相同。

因此得第二赤道坐標的決定法爲：

$$\begin{aligned}\text{赤經} &= \gamma OQ = \gamma Q = \alpha, \\ \text{赤緯} &= \delta.\end{aligned}$$

例如織女星的位置，是赤經 18 時 34 分 24 秒；赤緯 $38^{\circ}42'48''$ 。

第二種赤道坐標，是適用於繪製星圖。因恆星的赤經赤緯差不多沒有什麼變化，所以用這個坐標，表示恆星對時間不生變化的位置，甚爲適宜。

再者計算觀測者的「恆星時」，是以春分點經過那地的子午圈時爲 0 時，以後春分點移動，便隨着和子午線漸遠，於是以本初時圈和子午圈所成的角度或恆星移動這樣角度所需要的時間來表示恆星時。換句話說，恆星時就是春分點的時角，設命它爲 s ，於是 s 就可用弧線 γT 表示，方向是從 T 到 γ 或從 γ 到 T 都可以。因得

$$\text{恆星時} = \text{赤經} + \text{時角},$$

$$\text{即} \quad \widehat{\gamma T} = \widehat{\gamma Q} + \widehat{QT},$$

$$\text{即} \quad s = \alpha + t.$$

四、黃道坐標

黃道坐標和赤道坐標相似，祇是以黃道面代替赤道面。如圖 γDG 爲黃道圈。自黃道圈的中心作垂直於黃道面的直線，和天球相交於兩點，叫做「黃極」。這兩極和天極相距各等於黃赤交角，約爲 $23^{\circ}27'$ 。如圖中的點 P' ，就是黃道的北極。又

$$\text{黃赤交角} = \widehat{T\gamma G} = \widehat{PP'} = \varepsilon.$$

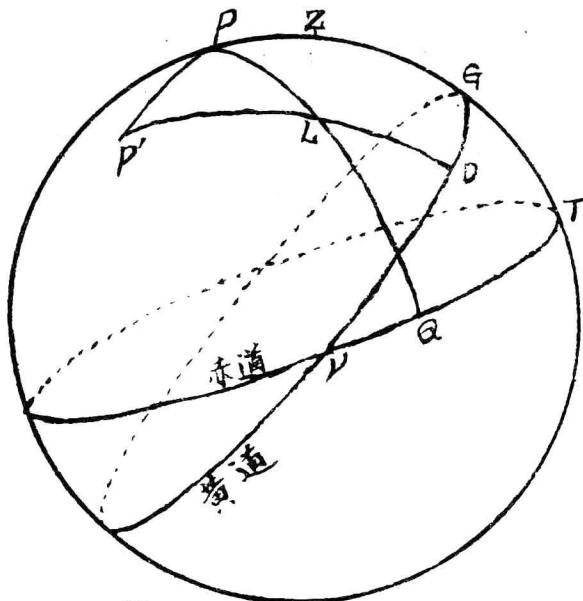


圖 6

通過黃極兩點的諸大圈，叫做「黃經圈」。和黃道相平行的諸小圈，叫做「黃緯圈」。

今設有一個星體 L ，通過 L 作黃經圈 $P'LD$ ，和黃道相交於 D ，就得

$$\text{黃經} = \widehat{\gamma D} = l,$$

$$\text{黃緯} = \widehat{DL} = b.$$

黃道坐標是以星體的黃經和黃緯表示它的位置。這種坐標適用於研究行星對於太陽的運動時候。因為太陽差不多只有黃道的變化。但黃經黃緯不能由直接觀測法求得，要先得赤經赤緯，然後再改算為黃經黃緯。

此外，還有以銀河平面為基準的坐標法，叫做「銀河坐標」。那是研究恆星分佈時候所常用的。

問 題

1. 天球是什麼？有什麼用途？
2. 決定星體在天球上的位置，要用幾個數目來表示？試舉例來說明它。
3. 天文學中所用的坐標有哪幾種？
4. 「子午圈」，「卯酉圈」是什麼意思？
5. 繪製星圖最便利是用什麼坐標？
6. 「春分點」，「秋分點」是什麼意思？
7. 為什麼用「時分秒制」來表示「時角」和「赤經」的角度？又「時數」和「度數」的交換關係怎樣？

第三章 星宿

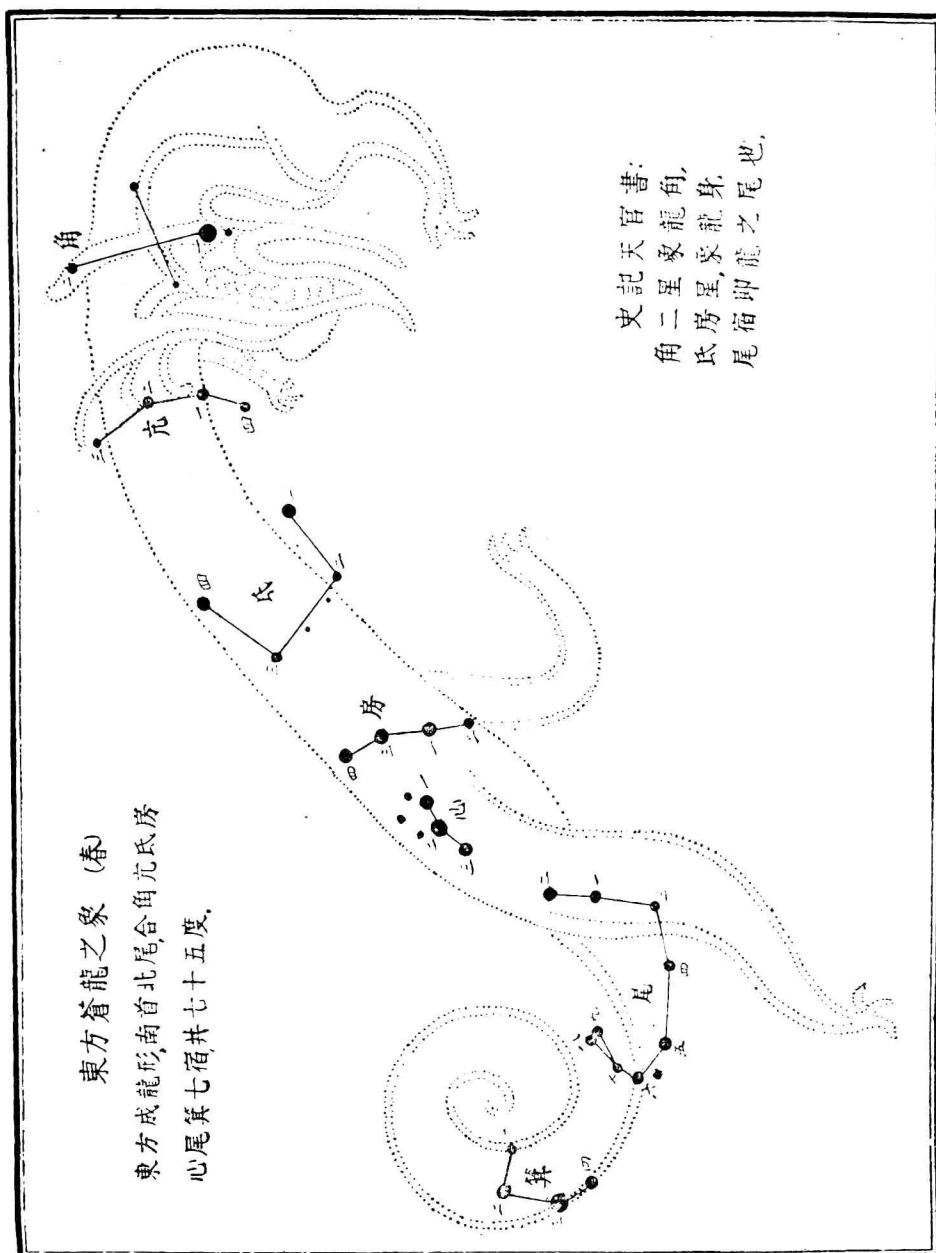
一、四象二十八宿

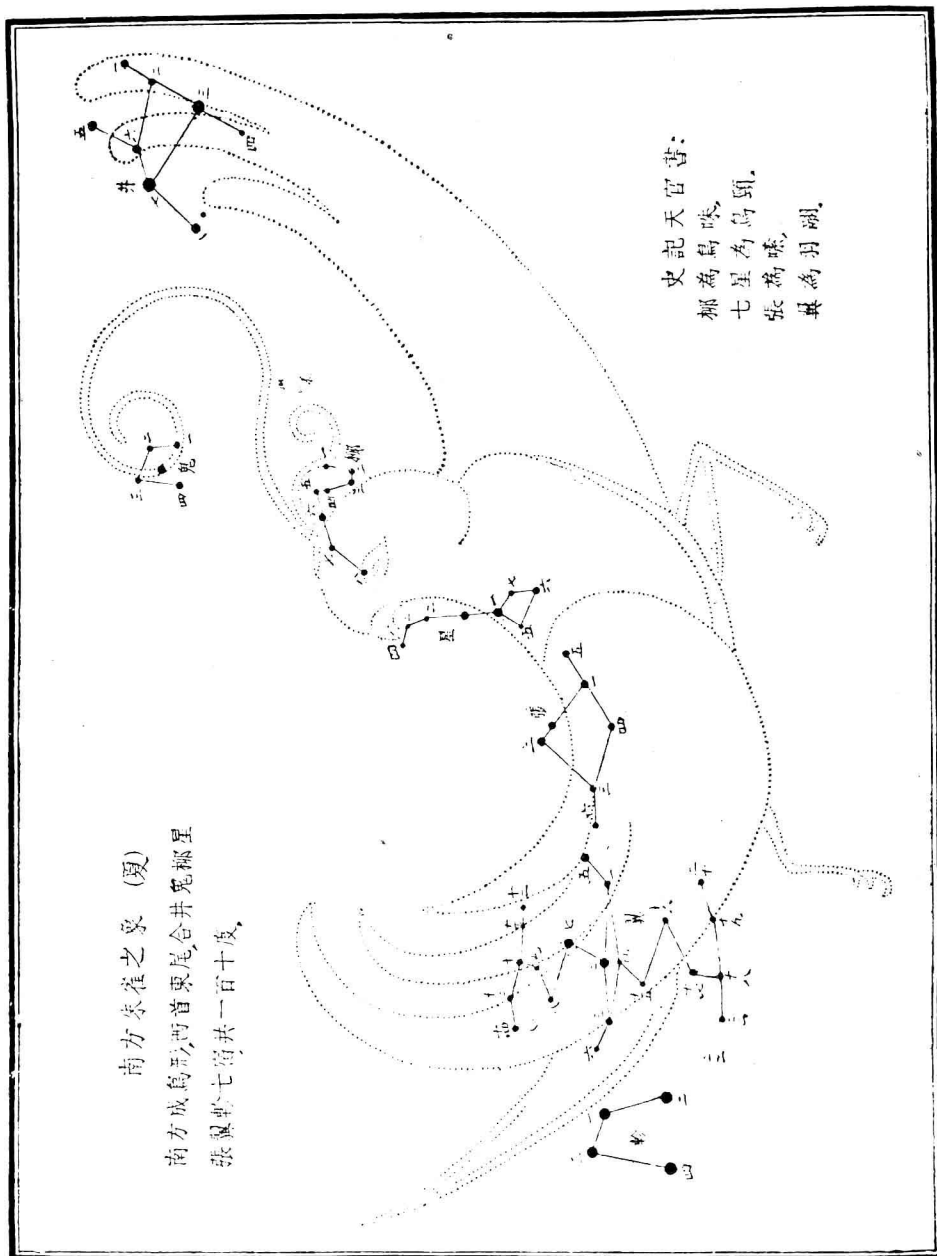
我國古代天文學家爲表示星的位置起見，把天空中諸星，分爲若干區域，叫做「星宿」。星宿的範圍，寬狹可不相同。聚集幾個星宿，合成一個圖象，叫做「星象」。在堯（公元前 2330 年）時冬至日夜半，面向北方，對着黃道上下兩側觀天，有形似靈龜的星象在北方，形似白虎的星象在西方，形似朱雀的星象在南方，形似青龍的星象在東方，這叫做「四象」。現時距堯已有四千多年，因歲差的關係，星象已有轉移。故現在若要使青龍（即蒼龍）在天的東方，白虎在天的西方，朱雀（即鶉鳥）在天的南方，靈龜（即玄武）在天的北方，那麼就要按下表的時間去觀察：

節 日	觀 察 時 間
小 雪	上午六時
大 雪	上午五時
冬 至	上午四時
小 寒	上午三時
大 寒	上午二時
立 春	上午一時
雨 水	夜 半
驚 蟄	下午十一時
春 分	下午十時
清 雨	下午九時
穀 雨	下午八時
立 夏	下午七時
小 滿	下午六時

四方星象各含有七宿。司馬遷（公元前 145—前 86 年）著史記天官書載：「東方七宿名蒼龍，南方七宿名朱鳥，西方七宿名白虎，北方七宿名玄武」。東方青龍星象的七宿是角亢氐房心尾箕，北方玄武星象的七宿是斗牛女虛危室壁，西方白虎星象的七宿是奎婁胃昂畢觜參，南方朱雀星象的七宿是井鬼柳星張翼轸，合共叫做「二十八宿」，如下圖：

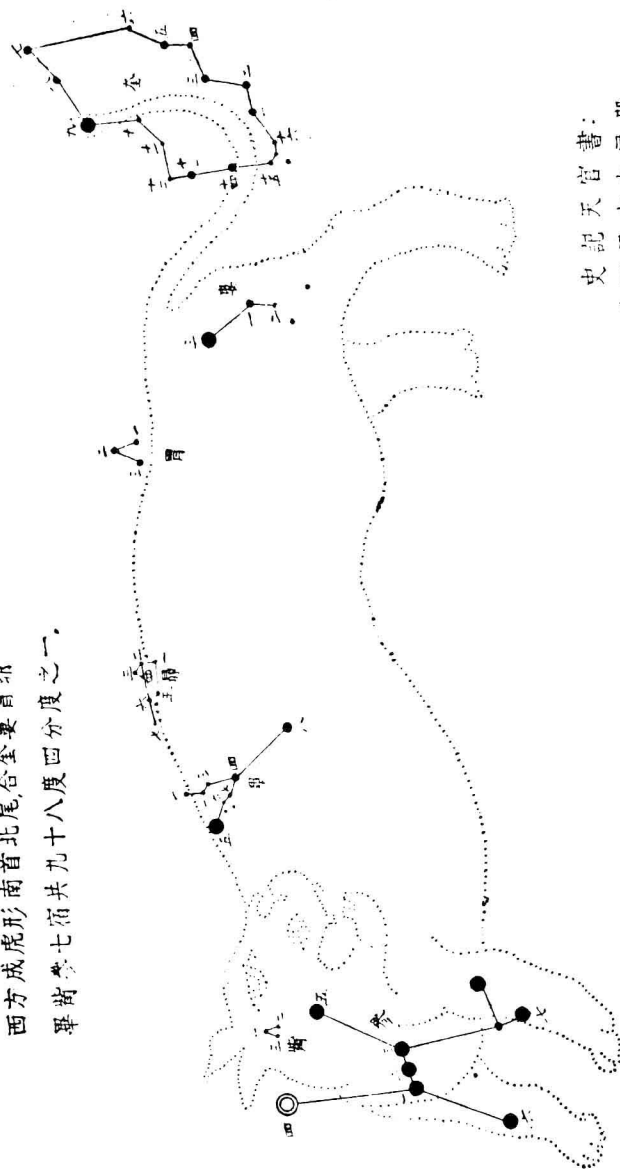
四象圖(圖7-10)





西方白虎之象 (秋)

西方成虎形南首北尾，合奎婁胃昂畢衛參七宿共九十八度四分度之一。



史記天官書：外四星左右肩股，小三星開置曰觜觿為虎首。