



普通天文学实验

程廷芳 編 著

商 务 印 书 馆

普通天文学实验

程廷芳編著

商务印书馆

本書一部分系根据几种外文实验教材编写而成，一部分系编者所写。师范学院或综合大学中开设普通天文学时都可采用。对于教学计划中所规定实验时数较少的专业，可选用其中一部分实验。

普通天文学实验

程廷芳编

★版權所有★

商 务 印 书 馆 出 版

上海河南中路二一一号

(上海市书刊出版业营业许可证出字第〇二五号)

新 华 书 店 总 经 售

商 务 印 书 馆 北 京 厂 印 刷

13017·3

开本 850×1168 1/32 印张 47/16 附图 21 字数 103,000

一九五六年五月初版

印数 1—3,500

定價(10) 1.50

目 錄

实验一 地平坐标系	5
实验二 时角坐标系(第一赤道坐标系)	9
实验三 赤道坐标系(第二赤道坐标系)·黄道坐标系	10
实验四 天球仪的应用·赤經和赤緯	12
实验五 天球仪的应用·對於一已知地点作天球仪的矯正	16
实验六 太陽的周日圈	18
实验七 日照时数	21
实验八 時間	22
实验九 時間換算仪	26
实验十 吳耳夫(Byльφα)立体平面網	29
实验十一 坐标变换一	36
实验十二 坐标变换二	38
实验十三 坐标变换三	39
实验十四 天文望遠鏡·光学原理	39
实验十五 赤道仪一	42
实验十六 赤道仪二	43
实验十七 由天文年曆決定白道	43
实验十八 由观测研究月亮的視运动(应用十字量角尺)	46
实验十九 白道交点的逆行	48
实验二十 日食和月食	48
实验二十一 月食的計算(作圖法)	49
实验二十二 歲差·章动·光行差	52
实验二十三 歲差	53
实验二十四 火星的运动	54
实验二十五 火星和地球的日心位置	55
实验二十六 內行星的运动	56
实验二十七 行星的視动和动态	57
实验二十八 行星軌道的表示法	59

实验二十九 行星在其轨道上的位置	62
实验三十 行星的地心位置	65
实验三十一 小行星的轨道	68
实验三十二 光谱学原理	70
实验三十三 太阳的研究·太阳黑子的周期性	71
实验三十四 从太阳黑子决定太阳的自转	74
实验三十五 月形学	77
实验三十六 水星、金星和火星的观察	78
实验三十七 木星和土星观察	79
实验三十八 恒星距离的研究·本星团	80
实验三十九 变星·典型光变曲线	82
实验四十 大陵五(英仙座 β 星)的观测	84
实验四十一 星团的研究·半人马座 ω 星团	86

附 錄

一 天球投影法	88
二 实验四十二 星图的绘画一(拱极区)	98
实验四十三 星图的绘画二(赤道区)	100
实验四十四 星图的绘画三(赤道区)	102
三 恒星坐标	105
四 实验四十五 活动星图的应用(以南京区活动星图为例)	126
五 实验四十六 日晷和日圭	127
六 太阳的地平坐标	插表

附 圖

赤道区域星座圖
 黃道區域星圖
 黃道區域星圖之一
 黃道區域星圖之二
 拱極星座圖
 活動星圖(南京區)
 太陽黑子圖

实验一 地平坐标系

工具：十字量角尺，星圖。

目的：地平坐标系的研究。

說明：在实验以前先了解下列名詞的意义：天球，鉛垂綫，地平平面，地平，天頂，天底，基点，大圓，小圓，地平經圈，地平緯圈，子午圈，卯酉圈，地平經度，地平緯度。

天气晴朗的晚上，全班学生到一个較高的地方，周圍沒有障碍物，也沒有强烈灯光的照射，更要避免城市里的閃光。面朝北極星來決定北方，以后面朝南方向以估計天頂的位置。對於估計的天頂來定星的位置，記下估計天頂的位置以作参考。用十字量角尺測量以下的距离以实验各人用十字量角尺的測角本領和精確度：(1)北極星的高度約等於觀測者的緯度；(2)兩指極星間的距离約等於 6° ；(3)近北極星的指極星和北極星間的距离約為 28° 。(十字量角尺的作法和用法參看下頁。)

面向南方，从西南象限中选出一星，用十字量角尺自南点沿着地平向西計量到星的正下点所張的角度，这就是星的地平經度。再用相似的方法測量它的地平緯度。在其他象限中各选一星作同样的測量，學習过球面三角学以后用計算核對觀測的結果。

在这个实验中，也應該注意地平以上的行星；最亮的星在星座中的位置。

最后將結果和計算的值排列如下：

觀測地点： $\phi =$ $\lambda =$

工具号数： 十字量角尺 号， 星圖 号。

实验时间：自到 年 月 日 时 分(北京时间)。

观测者：..... 年級..... 班..... 組。

記 錄

观测时刻	象限	星名	地 平 經 度			地 平 緯 度		
			观测值(度)	計算值(度)	%誤差	观测值(度)	計算值(度)	%誤差

十字量角尺的制造和应用

十字量角尺是一个有刻度的直桿，它上面能放一根“橫桿”或“十字桿”。刻度桿的一头放在眼前(圖 1)，刻度桿上的十字桿向前

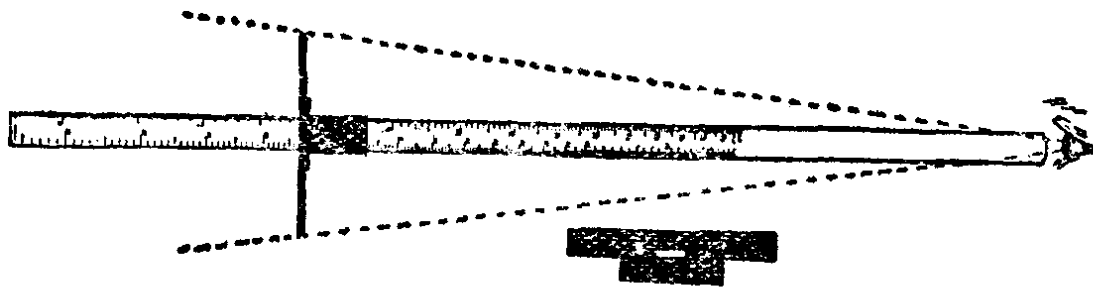


圖 1. 十字量角尺和十字桿。

后移动，直到一天体和十字桿的一头在同一視綫中：同时十字桿的另一头和另外一天体也在一根視綫中，这时十字桿在眼中所張的角就是二个天体間的角距。顯然地，十字桿的任何一个位置就有一个相当的張角。为要測量大小不同的角，每个刻度桿就有長短不同的十字桿。一般地，有 20 厘米和 10 厘米的兩种，厚度都是 5 厘米。刻度桿上刻有度数，可以直接讀出張角的度数。若以米尺代替刻度桿也一样，不过距离和角度間的关系須參看 8 頁的表。若

刻度桿是特別制造的，就刻上三種度數在桿的兩邊和背面，這是為不同的十字桿而刻的。

用 20 厘米的十字桿所量的角自 12° 到 30° ；用 10 厘米的可量 6° 以上的角；對於更小的角可以用十字桿的厚度來代替 5 厘米的十字桿，用它可量 3° 的小角。用 20 厘米的十字桿所量的角若超過 30° 就不正確，因為眼睛不恰在桿的一頭，對結果的影響很大。為要熟練對十字量角尺的應用，可從星圖上選取任意兩星而量它們的角距，再從星圖或計算求它們的角距來核對觀測的結果。

記 錄

觀測者：_____年級_____班_____組。

觀測地點：_____

觀測時刻	二星名稱	角距的觀測值(度)	角距的計算值(度)	%誤差

表一 十字桿所張的角

表二

自眼的 距離(厘米)	十字桿的長(厘米)			自眼的 距離(厘米)	十字桿的長(厘米)			20 厘米十字 桿所張的角	
	20	10	5		20	10	5	張角	自眼的 距離(厘米)
100	11.4	5.7	2.9	62	18.3	9.2	4.6		
99	11.5	5.8	2.9	61	18.6	9.4	4.7		
98	11.6	5.8	2.9	60	18.9	9.5	4.8		
97	11.8	5.9	3.0	59	19.2	9.7	4.9		
96	11.9	6.0	3.0	58	19.6	9.9	4.9		
95	12.0	6.0	3.0	57	19.9	10.0	5.0		
94	12.1	6.1	3.0	56	20.2	10.2	5.0	12°	95.1
93	12.3	6.2	3.1	55	20.6	10.4	5.2	13	87.8
92	12.4	6.2	3.1	54	21.0	10.6	5.3	14	81.4
91	12.5	6.3	3.1	53	21.4	10.8	5.4	15	76.0
90	12.7	6.4	3.2	52	21.8	11.0	5.5	16	71.1
89	12.8	6.4	3.2	51	22.2	11.2	5.6	17	66.9
88	13.0	6.5	3.3	50	22.6	11.4	5.7	18	63.1
87	13.1	6.6	3.3	49	23.1	11.6	5.8	19	59.8
86	13.3	6.7	3.3	48	23.5	11.9	6.0	20	56.7
85	13.4	6.7	3.4	47	24.0	12.1	6.1	21	54.0
84	13.6	6.8	3.4	46	24.5	12.4	6.2	22	51.4
83	13.7	6.9	3.5	45	25.1	12.7	6.4	23	49.1
82	13.9	7.0	3.5	44	25.6	13.0	6.5	24	47.0
81	14.1	7.1	3.5	43	26.2	13.3	6.7	25	45.1
80	14.3	7.2	3.6	42	26.8	13.6	6.8	26	43.3
79	14.4	7.2	3.6	41	27.4	13.9	7.0	27	41.6
78	14.6	7.3	3.7	40	28.1	14.3	7.2	28	40.1
77	14.8	7.4	3.7	39	28.8	14.6	7.3	29	38.7
76	15.0	7.5	3.8	38	29.5	15.0	7.5	30	37.3
75	15.2	7.6	3.8	37	30.2	15.4	7.7	31	36.1
74	15.4	7.7	3.9	36	31.0	15.8	7.9	32	34.9
73	15.6	7.8	3.9	35	31.9	16.3	8.2	33	33.8
72	15.8	7.9	4.0	34	32.8	16.7	8.4	34	32.7
71	16.0	8.1	4.0	33	33.7	17.2	8.7	35	31.7
70	16.3	8.2	4.1	32	34.7	17.7	8.9	36	30.8
69	16.5	8.3	4.2	31	35.8	18.3	9.2	37	29.9
68	16.7	8.4	4.2	30	36.9	18.9	9.5	38	29.0
67	17.0	8.5	4.3	29	38.1	19.6	9.9	39	28.2
66	17.2	8.7	4.3	28	39.3	20.2	10.2	40	27.5
65	17.5	8.8	4.4	27	40.6	21.0	10.6		
64	17.7	8.9	4.5	26	42.1	21.8	11.0		
63	18.0	9.1	4.5	25	43.6	22.6	11.4		

实验二 时角坐标系(第一赤道坐标系)

工具: 十字量角尺, 星圖(拱極区, 赤道区或黄道区)。

目的: 时角坐标的度量。

說明: 在实验以前, 先了解下列名詞的意义: 地軸, 天軸, 天赤道, 时圈, 时角, 赤緯。

从星圖指出天赤道的位置。务必記着天赤道交地平於东西兩点, 並且記清楚天赤道附近的亮星, 用以下的兩種方法估計一天体的时角和赤緯: (甲)若天体离开天極不很远, 並且同时可以看見天体和天極, 观测者就假想有一个时鐘面放在天球上, 它的中心在天極, 鐘面正向着观测者, 12时在子午圈上, 並且在北極星以上, 6时也在子午圈, 可是在北極星以下, 3时在过东点的时圈上, 9时在过西点的时圈上。观测者就看一个天体在鐘面上所指示的鐘点, 鐘面上一小时相当於时角二小时。时角是从子午圈向西計量, 自0时到24时。如果时圈所指的是5时, 那末时角應該是14时, 如果所指的是7时, 那末时角應該是10时, 依此类推。以后用十字量角尺測該天体的北極距就是赤緯的余弧; (乙)對於离天極很远的天体就用实验一的方法求它的时角和赤緯, 並以天赤道代替地平, 天赤道和子午圈的交点离南点的角距为 $90^\circ - \phi$; ϕ 为观测者的緯度。观测者可以估計东西二点和天赤道同子午圈的交点所定的大圓, 这就是天赤道, 或从星圖來定这大圓, 如上面所寫的。記錄式如下:

观测地点: $\phi =$ $\lambda =$

实验時間: 自 年 月 日 时 分(北京時間)。
到

工具号数: 十字量角尺 号, 星圖 号。

觀測者：_____ 年級 _____ 班 _____ 組。

記 錄

觀測時刻	星 名	觀測的時角	計算的時角	差	觀測的赤緯	真赤緯	差

實驗三 赤道坐標系(第二赤道坐標系) 黃道坐標系

工具：黃道區星座圖或赤道區星座圖，十字量角尺。

目的：測量天體的赤經，黃經，黃緯。

說明：實驗以前應當了解下列名詞的意義：黃道，春分點，秋分點，二至點，赤經，黃經，黃緯。

若有幾顆行星分佈在天球上，就可借它們來確定黃道的近似位置，因為它們的軌道平面幾乎和地球者一致；若沒有這樣的行星，可以用表一的星來決定。

表 一

星 名	近似黃經	近似黃緯
昴宿星團和畢宿五(金牛座 α 星)的中點	61°	-1°
北河三(雙子座 β 星)	112°	$+6^\circ$
軒轅十四(獅子座 α 星)	149°	$+1^\circ$
角宿一(室女座 α 星)	204°	-2°
心宿二(大火或天蠍座 α 星)	249°	-4°

不幸黃道的另一半附近沒有很亮的星。黃北極近於天龍座的頭中最亮的星(γ 星)和北天極的中點。在實驗二中曾提到不需要星的幫助來定天赤道,近天赤道的下列各星也可以用來定天赤道,不幸這樣的亮星比近黃道的更少。近二分點都沒有很亮的星。

表 二

星 名	赤 經	赤 緯
霧 蠡 增 二 (鯨魚座 σ 星,著名變星,有時候很亮有時候肉眼不能見)	$34^{\circ}.2$	$-8^{\circ}.2$
參宿三 (獵戶座 δ 星,獵戶的腰帶中偏北的星)	$82^{\circ}.4$	$-0^{\circ}.3$
角宿一	$200^{\circ}.6$	$-10^{\circ}.9$
河鼓二 (天鷹座 α 星)	$297^{\circ}.1$	$+8^{\circ}.7$

要得南部星的赤經,可以計量它的時角和表二中一星的時角如實驗二。兩者的時角差就是它們的赤經差,對於天球北部的星可以利用指極星的赤經(約 165°),估計所要測的天體和指極星的時角差,如實驗二中對於北部天體所用的方法。應用時角差求赤經和對於南部的天體相同。

估計天體的黃經和黃緯,它的精確度比求赤經和赤緯少差。觀測者尽可能定出黃道和黃極的位置,定出過星和黃極並垂直於黃道的圓,在這圓上可測得星的黃緯像從時圈測赤緯,再從這圓的垂足沿着黃道計量到最近的一星的角度,該星為表一中所有的,應用這角求黃經。

記 錄

觀測時刻	星 名	觀測的赤經(度)	真赤經	差	黃經(度)	黃緯

在記錄中不要忘記寫明下列各項：實驗時間、觀測地點、工具號數、觀測者的年級姓名各項。

實驗四 天球儀的应用·赤經和赤緯

工具：天球儀全套，附有地平緯度量度尺或象限尺。

目的：利用天球儀來熟習球面坐標，研究天球儀的構造和不需要對它作矯正的有關問題。

說明：天球儀是一小的天球模型，我們來看天球好像是一個半徑很大的球面，觀測者好像在它的中心。要作一個从天球里边來看的天球儀必須耗費大量的金錢才能作一個能進到球內觀測的天球儀。一般地，它的半徑僅几寸，球面上的星圖是从天球以外所看的形狀。若觀測者面向天球儀的北極來看，繞天球的反時針方向為東方。

天球儀中的球支持在一根軸上，這軸穿過旋轉軸的兩極，在這個球面上繪有星圖，赤道和黃道；並在球面上繪有赤經圈和赤緯圈，十二個主要的赤經圈中的每一個交

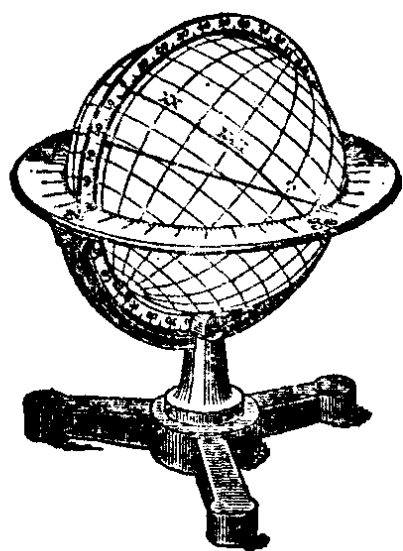


圖 2. 天球儀。

赤道於兩點，沿着赤道在這些交點上記上數字，所記的數是从春分點起自 0 時到 24 時，這些赤經圈在赤道上所截的每段弧分為 15 等分，每分表示 1° 或 4 分鐘，有的天球儀是分為 6 等分，每分表示 10 分鐘。黃道也以類似的方法分為若干等分，每分以若干度來表示。大多數天球儀沿着黃道印上日期，指示太陽在全年中所在的位置。天球儀用豎環支

持在它的軸的兩端如圖2,这环常是銅作的叫做銅子午圈。天球儀的中心就在环一边的平面中,这一边的刻度从赤道的 0° 到每一極的 90° 。环的另一半刻度和这相反,从赤道的 90° 到每一極的 0° 。

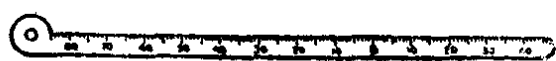


圖 3. 量度尺。

环的这一边是过兩極的地平經圈,代表觀測者的子午圈。銅子午

圈支持在一个木制或金屬制的架上。架的上部为一环表地平,也刻有度数。預备一个薄而可以弯曲的量度尺(圖3)可以鉗在銅子午圈上,它上面刻有度数自 0° 到 90° 。当量度尺定在天頂或銅子午圈的最高点时就代表一地平經圈,用來測量天体的地平緯度很方便。

若安置天球儀使它的軸指向天極,並繞着它的軸旋轉直到天球儀上某日所記太陽的位置轉到銅子午圈平面的下半部中,球面所顯示的就是該日子夜所見的天空。若天球儀校正到这种情形,就叫做天球儀的矯正。

当天球儀已經作这样的校正,若过中心到球面上任何一星作直綫,並把它引長將遇真實的天球於一点,这点就是真實的星所在天球上的位置,天球儀的这种用法,對於初步辨認星座的人們幫助很大。在天球儀上,太陽路徑的平面若擴展到天球,就和天球交出黃道,並且天球儀上的赤經圈和赤緯圈,也同样的在天球上交出它相当的赤經圈和赤緯圈。

若天球儀繞着它的軸慢慢的旋轉,並使赤道上一點从东向西每小时轉过 15° 的弧,这就是天球周日运动的样子。在天球儀上,我們可以量出所要求的弧和角,这样對於天球的視动作初步研究的人們可解許多問題的近似解答。这种儀器的由來很早,對於天文家和學習天文学的学生們幫助很大。

有若干和時間及地点毫無关系的問題,可以將天球儀安放在

任何適當的位置而求得其解答。例如決定星的赤經和赤緯；當星的位置已知時辨認是甚么星；求兩天體間的角距。

方法：I. 用天球儀來決定赤經和赤緯。

應用天球儀來決定一星的赤經和赤緯最方便的方法如下：

旋轉天球儀直到該星在銅子午圈有刻度的一面的下邊，而後讀它的度數，這就是它的赤緯。再讀銅子午圈有刻度的一面的下邊赤道上的刻度是多少小時多少分，這就是它的赤經，為什麼？

在天球儀上求出下列各星的位置(赤經和赤緯)。在記錄簿中將結果排列如下表：

號數	星名	赤經 (天球儀)	赤經 (年曆)	差	赤緯 (天球儀)	赤緯 (年曆)	差
1	軒轅十四						
2	畢宿五						
3	天狼星(大犬座 α 星)						
4	河鼓二						
5	五車二(御夫座 α 星)						
6	大陵五(英仙座 β 星)						
7	北河二(雙子座 α 星)						
8	北河三						
9	參宿七(獵戶座 β 星)						
10	心宿二						

II. 已知星的坐標辨認為何星。

從一個天體的赤經和赤緯找這天體在天球上的位置，可以在天赤道上指出已知的赤經讀數，而後旋轉天球直到這點恰好在銅子午圈刻度面的下邊，並在刻度環上讀出已知的赤緯，尋找恰好在這一刻度下的星。星在天球儀上的位置和星表或年曆上所記載的

位置常略有不同。

从 1950 的天文年曆給出某些星的位置如下：

- | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1. 赤經 = $0^{\text{h}} 6^{\text{m}}$ | 赤緯 = $+28^{\circ}.8$ | 6. 赤經 = $13^{\text{h}} 23^{\text{m}}$ | 赤緯 = $-10^{\circ}.9$ |
| 2. 赤經 = $0 7$ | 赤緯 = $+58.9$ | 7. 赤經 = $18 35$ | 赤緯 = $+38.7$ |
| 3. 赤經 = $0 11$ | 赤緯 = $+14.9$ | 8. 赤經 = $20 40$ | 赤緯 = $+45.1$ |
| 4. 赤經 = $6 43$ | 赤緯 = -16.7 | 9. 赤經 = $22 55$ | 赤緯 = -29.9 |
| 5. 赤經 = $7 37$ | 赤緯 = $+ 5.4$ | 10. 赤經 = $23 02$ | 赤緯 = $+14.9$ |

这些星是甚么名称？从天球仪上所得的坐标和年曆上所記載的有甚么差别？發生这些差别的原因是甚么？

在記錄簿中將結果排列如下表：

号数	星名	年曆上的 赤經	天球仪上的 赤經	差	年曆上的 赤緯	天球仪上的 赤緯	差

III. 星間的視距計量。

計量兩星間的視(角)距，可以应用一紙条的一边放在球面上，联結所給出的二星，並在紙条的边上記出二星的位置，於是放这紙条上有記号的一边在黃道或赤道或天球仪上有刻度的任何大圓上，以后讀出二記号間的距离为若干度。

在天球仪上尽可能精确地計量以下的距离(度数)：

1. 天狼星到参宿四(獵戶座 α 星)。
2. 参宿四到南河三(小犬座 α 星)。
3. 天狼到南河三。
4. 大角(牧夫座 α 星)到角宿一(室女座 α 星)。
5. 角宿一到五帝座一(獅子座 β 星)。
6. 五帝座一到大角。

IV. 決定太陽在已知日期的位置。

在天球儀上很顯著的大圓為黃道，黃道是太陽在眾恆星中的周年視路徑，太陽在不同日期的視位置，用日期印在黃道的一邊，黃道的另一邊印有度數借着它來讀太陽的黃經，或自春分點沿着黃道向東計量的距離為若干度。這種坐標在古代常應用，現在對於有關行星的若干問題仍常應用。

對於下列日期，自天球儀上得出太陽的赤經，赤緯和黃經：

三月二十一日；六月二十二日；十一月十五日；

四月十五日；九月二十三日；十二月二十二日。

在記錄簿中將結果列成一表。

實驗五 天球儀的應用。對於一 已知地點作天球儀的矯正

工具：天球儀全套，附有地平緯度量度尺。

目的：熟習地面上不同緯度的地方所見天球的形態。對於一已知地點作天球儀的矯正。

說明：現在再說明以下的基本關係：在觀測點所見天極的地平緯度等於觀測點的緯度。

細察天球儀的裝置，即知銅子午圈可以在它自身的平面中旋轉，這就是為上述的目的而設置的。因此在天球的下邊裝一小螺旋用來固定銅子午圈。為要容易安置儀器的軸在一個所需要的角度，就在銅子午圈的一半上刻有在極為 0° 在赤道為 90° 的角度。

安置天球儀的軸在這樣的位置：使它可以正確表示地面上某已知地點（緯度）的觀測者所見的星空，就叫做對於已知地點作天球儀的矯正。

所以天球儀的矯正只須轉動銅子午圈直到它在地平（北或南）