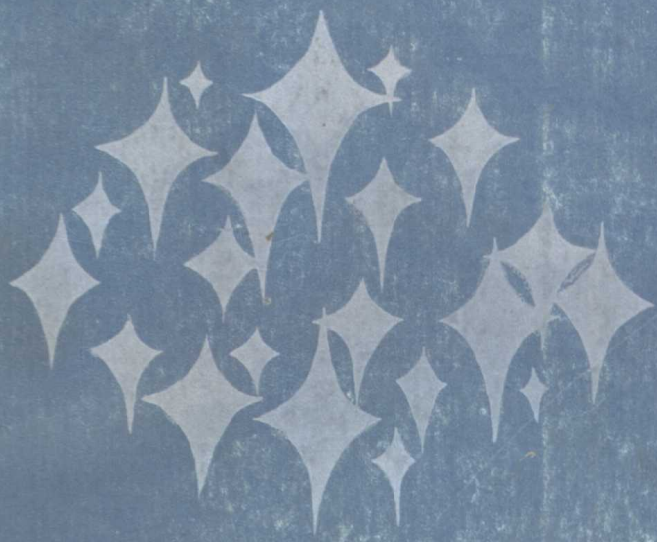


618037



星空观测原理与方法

陈平章编著

重 庆 出 版 社

星空观测原理与方法

陈平章 编著

重 庆 出 版 社

一九八六年·重庆

责任编辑：王镇寰、石琼生
封面设计：郑 勇

星空观测原理与方法

陈平章编著

重庆出版社出版、发行（重庆长江二路二〇五号）

新华书店经销

重庆新华印刷厂印刷

*

开本：850×1168 1/32 印张：9 插页：5 字数：220 千

1986年10月第一版

1986年10月第一次印刷

科技新书目135—269

印数 1—2, 400

书号：13114·36

定价：2.50元

说 明

一

我国是天文学发达最早的国家之一，天文现象的观测由来已久，观测记录既早且多。明清之际的进步思想家顾炎武就说过：“三代以上，人人皆知天文”，可见天文学在我国的兴起不仅年代久远，而且其普及的程度曾经是妇孺皆知了。引导广大青少年继承这个传统，扩展思想境界，培养正确的宇宙观，投身振兴中华和四化建设事业，应是当今天文工作者的一项重要任务。

目前国内有关星空观测的书籍和文章，大多着重四季星座形象的描述，附以希腊神话，强调趣味性，而对天文知识的传播则嫌不够；或者个别地介绍一些具体的观测方法，而少原理的说明。至于全面而系统地阐述星空观测的原理与方法，既普及天文科学的基础知识，又从中可以得到加深与提高的读物，则不多见。

作者试图把星空观测的原理与星空观测的方法结合起来，以普及为主又能达到提高的目的，因而不揣浅陋编写了本书，希望由此引起国内专家学者的同感，抛砖引玉而已。

二

本书是以中学地理教师、业余天文爱好者和大专院校天文、地理专业的学生为读者对象而编写的，是一本中级的星空观测读

物，其内容包括星空观测的原理与星空观测的方法两个方面。原理是指与星空观测有关的基础知识和基本理论，但不限于星空观测的需要，还有意扩大了这方面的范围，较多地介绍了恒星世界，目的是要读者由此触及近代天文学的几个部门，以便继续提高。方法是以实际可行的，利用简易仪器的肉眼观测为主，也提到一些近代的天文观测手段。

在安排这两方面的内容和章节结构时，大体是按照“寓方法于原理、从原理导出方法”的原则进行构思的；力图使两者紧密结合，互相注释，让读者从原理中悟出方法，在方法中了解原理，并从中发现自创方法和自制仪器的途径，收到理论与实践全面提高之效。在某些章节内，为了阐述的方便，也有按各自的体系分别介绍的。

三

全书分章、节、目三级标题，共10章40节约170目，章节要点如次：

第一章是全书的绪论，介绍了“天穹”与“天球”两个概念，并作了历史的考查，重点是说明天球的数学性质。

第二章和第三章都是基础知识。第二章没有照一般的坐标系来介绍，而是从星空观测的需要，着重指出天球坐标和地理纬度的关系以及太阳在天球上的位置。

第三章的重点是关于太阳时和恒星时的关系以及两种时间的换算，除介绍了几种换算方法外，还附有例题。

第四章和第五章是恒星天文学的基本内容，前者是有关恒星的几种物理量，后者是近代天文学的新理论，这对于扩大我们的视野、树立正确的宇宙观和进一步学习近代天文科学都是有益的。

第六章和第七章是认识星象及其变化的基础知识，对于星空观测者特别重要。

第六章中，对古代星象学特别是对我国古代的星空分区作了扼要的介绍。这些知识不仅在民间广泛地流行，而且为学术界所应用。既是祖国优秀文化遗产，又有其现实意义。这一章的重点是拱极星座、黄道和天极，它们是星空观测的出发点和查阅星表与年历所必需知道的。

第七章是把星空变化的几个方面归纳在一起，让读者对变化频繁的星空形象有系统、全面的了解，并掌握其规律性；除把这些变化规律用数学式表达外，还附以图解的方法并举例说明，这样就比较具体、形象，易于理解。

第八章和第九章是关于恒星、行星、彗星和流星观测的具体内容与方法，是全书的重点。所列观测项目和要求，大都是用简易仪器凭肉眼观测可以办到的。

第十章是关于工具图、表和天球仪的使用，较多地介绍了基本星表的编制、星空观测用图的绘制和利用天球仪换算时间等方面的实用知识。

四

参考文献只列出了主要的书目，次要的未能一一列举。在编写过程中，得到西南师范大学地理系领导和绘图室有关同志的大力支持与帮助，谨此一并致谢。限于编者水平，错误之处，敬请指正。

编著者

一九八五年元旦

目 录

第一章 天穹与天球

- 一、天穹..... 1
 天穹的扁平 天穹的蓝色 天穹的高度
- 二、天球..... 9
 盖天说与浑天说 天球的性质 在天球上的计量

第二章 天球上的经纬网

- 三、球面上决定点的位置.....18
- 四、天球上的点、线、圈.....20
 天轴和天极 天赤道 天顶和真地平 天球子午圈和四方点
 黄道和春分点
- 五、天体的几种坐标值.....23
 赤经 α 和赤纬 δ 时角 t 高度 h 和方位角 A 视地平 天球坐标和地理纬度 天文三角形
- 六、太阳在天球上的位置.....31
 太阳的黄经 太阳的赤经和赤纬

第三章 恒星时与太阳时

- 七、太阳日长于恒星日.....36
- 八、恒星时与赤经.....38
- 九、视太阳时与平太阳时.....39
- 十、时间和地理经度.....41

十一、平太阳时和恒星时的换算.....43

两种时间的实用意义 世界时 O^h 的恒星时 地方平子夜恒星时的改正量 平时化为恒星时 恒星时化为平时 近似的换算公式 求世界时 O^h 的恒星时近似值 恒星时的简易算法 恒星时的图解法

第四章 恒星的物理状况

十二、恒星的距离.....54

三角视差 恒星周年视差 恒星距离单位

十三、恒星的亮度和星等.....60

视星等 绝对星等 光度 热星等

十四、恒星的光谱型.....69

三种光谱 光的波长和频率 恒星光谱分类 哈佛分类法 摩根—基南分类法 赫罗图

十五、恒星的质量和大小.....78

开普勒第三律 求双星的质量 质光关系 恒星的大小 恒星物理性质的对比

十六、恒星的运动.....85

恒星的自行 恒星的切向速度 恒星的视向速度 太阳的运动 卡普坦星流 速度椭圆 移动星团 恒星会不会碰撞

第五章 恒星世界的结构

十七、双星和聚星.....96

物理双星 目视双星 交食双星 分光双星 聚星

十八、变星和新星102

物理变星 天琴座RR型变星 长周期造父变星 蒭藁型变星 新星 超新星

十九、星团和星云110

疏散星团 球状星团 星协 行星状星云 弥漫星云

球状体 星际物质

二十、我们的银河系118

银河 银道坐标 星数的统计 恒星的数目 银河系的

组成 银河系的结构 太阳的位置 银河系的运动

二一、宇宙中的岛屿——星系129

宇宙岛之争 星系的分布和分类 肉眼可见的星系 星

系的谱线红移 总星系

第六章 星空分区和星座

二二、我国古代的星空区划138

星官 二十八宿 四象 十二辰与十二次 三垣

二三、国际通用的88个星座147

古代的星座 近代的星座 星座的名称 恒星的命名

二四、北极星与拱极星座156

拱极区 小熊星座和北极星 大熊星座和北斗七星 仙

后星座

二五、天极的位移与岁差166

地轴的进动 天极的位移 岁差 岁差常数 恒星坐标

的变化

二六、黄道星座与黄道十二宫173

黄道在天球上的意义 黄道十二宫 黄道十二星座 天

体运动的方向

第七章 星空变化的规律

二七、星空的纬度变化181

在地球两极 在地球赤道 在中纬地区 恒显星与恒隐

星

二八、恒星的出没变化	183
出没时角 出没方位 星座的出没	
二九、恒星的高度变化	188
恒星在子午圈上——恒星中天 恒星中天图解法 在地	
球上的图解法 任意时刻的恒星高度	
三十、星空的季节变化	196
季节变化的原因 所谓四季星空	

第八章 恒星和行星的观测

三一、星空观测一般事项	198
场地选择 时间选择 简易器具	
三二、恒星观测	204
认识主要星座和亮星 确定天球上基本的圈和点 恒星	
的简易测量——1.出没幅角的测定 2.地平坐标测量	
3.周日弧的测绘 4.中星观测 5.时角和赤纬的测量	
6.赤经的测量 7.用望远镜观测双星、星团和星云	
三三、行星的视运动	215
五星七曜 行星的会合运动 晨星和昏星 行星在恒星	
间的逆行	
三四、行星观测	222
亮度和颜色 出没时间 行星方位 高度和中天 凌日	
行度和逆行 望远镜观测行星 九大行星的会合	

第九章 彗星和流星观测

三五、彗星及其寻找方法	233
彗星的形态和结构 怎样寻找彗星	
三六、哈雷彗星回归	238
三七、流星及其观测	242

流星 流星雨 流星观测——1.高度和速度观测 2.亮度
和质量估测 3.流星数目统计 4.确定辐射点 5.
流星群的研究 6.大流星的记录

第十章 星表、星图和天球仪

三八、星表	252
恒星的视位置和平位置 星表的类型 天文年历	
三九、星图	257
星图的类型 星图绘制 活动星图	
四十、天球仪	265
天球仪的构造 天球仪的校正 天球仪的应用	

第一章 天穹与天球

人们把地球以外的宇宙空间叫做“天”。天和地是相对而言的，往往相提并论，合称“天地”。

人类对于“天”的形状的描述，大概经历了三个阶段：古代的原始民族，把宇宙空间看作是一个半球状的“天穹”笼罩在大地上；稍后，则是一个有限的“天球”硬壳包围着我们，它的中心是地球；近代天文学上的天球，只是一个假想的无限的球体，它的中心是可以任意选定的，和古代的天球概念有本质的区别。然而，这三种“天”的形状的描述。——天穹、天球硬壳和无限的天球，它们在历史上有着继承和扬弃的关系，是人类认识宇宙逐步深化的三个发展阶段的反映。

一、天穹

公元六世纪，生活在我国西北草原上的游牧民族。曾经用诗歌生动地描述了苍天和大地：

“敕勒川，阴山下，
天似穹庐，笼盖四野；
天苍苍，野茫茫，
风吹草低见牛羊。”

这里的“天似穹庐”，简言之就是“天穹”；“天苍苍”说的是天

穹的蓝色；苍天笼罩在大地上，是我国古代的一种宇宙观“盖天说”在民歌中留下的痕迹。

盖天说形成于公元前一世纪，根据《晋书天文志》的记载说：“天似盖笠，地法覆槃，天地各中高外下。北极之下为天地之中，其地最高”。意思是说天和地都是一个穹形，是两个互相平行的弧形曲面。好象覆盖着的斗笠和盘子。北极是这个斗笠状的天穹的中央。盖天说还认为日月星辰就在这两个曲面之间。回环不息地平行于地面运转。它们离远了就看不见。离近了就看到它们照耀。白天和黑夜就是这样形成的。

世界上许多古老民族都产生过和盖天说相类似的看法。古代巴比伦人把天想象为半圆的天穹覆在水上，水则包围着圆盘形的大地。古代埃及人认为天是一块平坦或穹窿状的天花板，有四个天柱支撑着。古代的希伯来人则认为地面上充满了空气，空气之上是一个圆形的苍穹，外面还包着一层天。公元前六、七世纪之

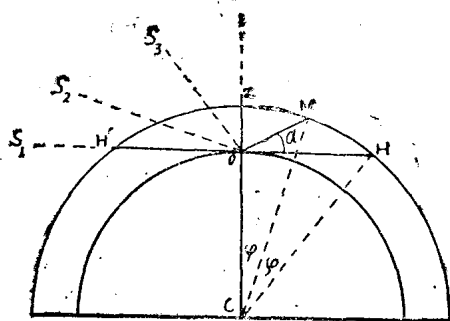


图1 天穹曲面

间，希腊泰勒斯认为，扁平圆盘形的大地浮在水上，上面倒扣着一个圆盖形的天，星星嵌在圆盖里面，好像一枚枚铜钉。可见，把宇宙看作是一个有限的半球状的“天穹”，原是早期

人类对天地的共同看法，是他们根据长期的实际观察所得来的直观感觉，朴质而又形象地反映了他们对于宇宙的认识水平。

天穹的扁平 直觉地看来，天穹确象古人所说的“盖笠”。每当我们站在海船的甲板上，或者站在辽阔的原野上，总觉得有一

个苍茫的伞状曲面笼罩着我们，这个曲面在头顶上似乎近些，而在天边又似乎远些，呈现为一个扁平的形状，这就是我们日常所实际看到的天空。

天穹为什么是扁的？因为地球外面包围着一层大气，我们的眼力有限，所看到的苍天，只是这层大气的光学现象。又限于地平面，我们看到的也不是大气圈的半个球面，而只是它的一部分，即是一个曲面。如图1所示： C 为地心， O 为观测点， Z 为天顶， HOH' 为地平面，观测者所看到的天空，就是曲面 HZH' 。

为了表示天穹的视觉扁平程度，我们用天顶到地平的弧线 ZH 的中点 M 的高度角 α 来度量。因为 CO 为地球半径，等于6370千米； $\angle ZCM = \angle MCH$ ，用 φ 表示；天顶距离 $OZ = CH - CO$ ； OH 即水平距离。如果 α 角已测出，我们就可以用直角三角形 HOC 和 $\triangle MOC$ 中的边角关系算出 φ 角，得到 OZ 与 OH 的长度。

在平均状况下， α 角约等于 23° ，据此算得 $OH = 4100$ 千米， $OZ = 1200$ 千米，即天穹曲面的天顶距离(OZ)和水平距离(OH)之比，约为3.4:1。

事实上， α 角的大小并不恒定，它随大气状况，时刻早晚和季节变化而异，甚至观测者的生理和心理状态也有影响。因此，

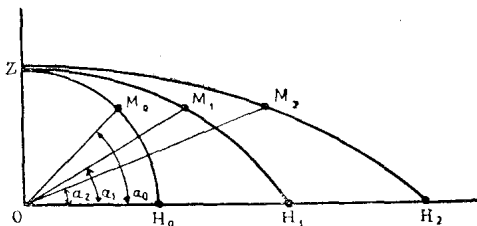


图2 天穹的扁平程度

观测者实际所看到的天空是不完全相同的。但就其基本的形状而言，大体上是一个伞状曲面。

α 角的大小，表示天穹的视觉扁平程度， α 角愈小，天穹的形状愈扁平。如图2所示，若天穹是半球形(ZM_0H_0)，则 α_0 角应为 45° ，但实际上比这小得多，所以天穹是扁平的样子。当图

中的天穹曲面是 ZH_1 或 ZH_2 弧形的时候,高度角分别为 α_1 和 α_2 ,显然, $\alpha_0 > \alpha_1 > \alpha_2$.

根据一些学者在不同地点、不同时间和不同天空亮度下,观测到的 α 角,介于 $20^\circ \sim 40^\circ$ 之间(见表1)。大致是:白昼的天穹比夜间扁平,阴天比晴天扁平,月夜比没有月光的夜间扁平。可见大气状况和天空亮度是影响天穹视觉扁平程度的重要因素。

前已提到,天穹的视觉扁平程度还可以用水平距离(OH)和天顶距离(OZ)的比值来表示。当 α 角愈小时,两者的比值愈大,天穹就愈扁平(见表2)。

表1 不同情况下的天穹扁平程度
(以 α 角大小表示)

观 测 者	白 昼		薄 明	无云夜间	
	昼 天	晴 天		有月光	无月光
丹白与犹布 (Dember, H. & Uibe, M.)	29.0°	32.0°	32.2°	36.7°	40.1°
密勒 (Miller, A.)	29.9°	34.6°		—	—
莱曼 (Reimann)	21.0°	22.5°		26.6°	30.0°

表2 α 角 与 $OH:OZ$ 的 关 系

α (度)	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°
$OH:OZ$	4.94	3.98	3.55	3.19	2.88	2.60	2.36	2.14

天穹呈现为扁平形状,还与天穹各部分的地平高度有关。前面图1的左上方,表示在不同高度下的星光穿过大气圈的厚度不

同，愈靠近天顶的星光射程愈短(如 S_3)，愈靠近地平面的星光射程愈长(如 S_1)；因此，星光被大气中的微粒尘埃所削弱的程度随着高度而变。这就是说，空气的透明度因高度而异。当我们向天顶方向看天穹上的物体时，觉得最清楚，也似乎最近；而向天边的地平方向看天穹上的物体时，就有些朦胧不清，也觉得遥远些。这就使我们所看到的天穹不是半球形，而是一个扁平的弧形伞状了。在天空愈光亮的时候，这种地平方向与天顶方向的距离差异就愈加显著，天穹就愈显得扁平。

天穹的扁平形状往往给我们观察星空时造成错觉。由于扁平弧形与半球圆弧的差异，相等的地平仰角，与天穹扁弧和半球圆弧相截的弧长不同，因此，天体的实际高度和我们用肉眼观察的视高度之间有很大的误差。

如图3所示， HZH' 表示半球圆弧，每隔 30° 的等分数字，表示某天体的实际高度，分别为 30° ， 60° ， 90° ； $HZ'H'$ 表示天穹曲面，方向线与曲面交截的数字，表示天体在天穹上的视高度，

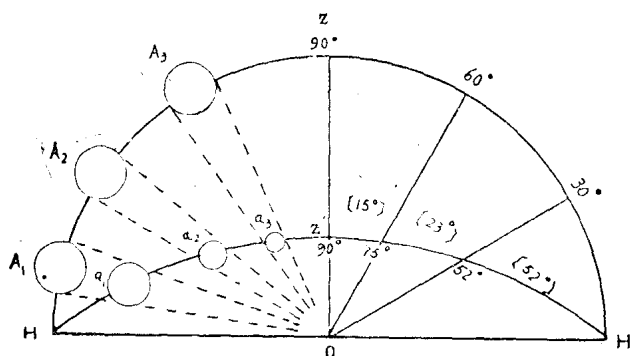


图3 在扁平天穹上估计高度和大小的错觉

分别为 52° ， 75° ， 90° ；二者相差很大。这种误差程度自天顶向地平增大，除天顶外，视觉高度都比实际高度大，使我们用肉眼

估计天体在天穹上的高度时产生错觉。由计算求出的视高度与实际高度的数值，表列如下：

表 3 天穹上各点的实际高度和视高度

实际高度	视高度		实际高度	视高度		实际高度	视高度	
	白天 ($\alpha = 22^\circ$)	夜间 ($\alpha = 30^\circ$)		白天 ($\alpha = 22^\circ$)	夜间 ($\alpha = 30^\circ$)		白天 ($\alpha = 22^\circ$)	夜间 ($\alpha = 30^\circ$)
5°	13.3°	9.6°	35°	59.5°	50.4°	65°	78.9°	74.6°
10°	24.7°	18.2°	40°	63.7°	55.3°	70°	81.3°	77.9°
15°	34.1°	25.9°	45°	67.4°	59.7°	75°	83.6°	81.0°
20°	42.2°	33.0°	50°	70.7°	63.7°	80°	85.8°	84.0°
25°	48.9°	39.4°	55°	73.7°	67.6°	85°	87.9°	87.0°
30°	54.6°	45.2°	60°	76.4°	71.2°			

天穹的扁平，对于我们用肉眼观测恒星间的距离和星座的范围以及日月的大小时，都要产生类似的错觉。同一个天体或星座在地平附近时似乎大些，而在天顶附近时又似乎小些。如图左中的 $A_1 = A_2 = A_3$ ，而 $a_1 > a_2 > a_3$ 。《列子》一书中有“两个小儿辩论太阳远近”的故事，有个说早晨太阳大些所以离得近些的小孩，就是这种错觉造成的。

天穹的蓝色 我们经常看到天穹呈蓝色，特别是天气晴朗的时候，蓝天就愈加澄澈。大气本无色，为什么天穹是蓝色的？这是太阳光的颜色和太阳光通过大气圈的散射作用所造成的。

太阳是炽热的辐射体，它的辐射波长主要是在150~4000mu(毫微米)之间，人类肉眼所能看到的波长只限于390~760mu之间的一段波长，按照波长的顺序排列，依次为紫、蓝、青、绿、黄橙、红等颜色的光波，其中红色光波最长(760mu)。紫色光波最