

· N · 巴什 著

通俗天文学

科学普及出版社

P-49

1.5

通俗天文学

[美] F. N. 巴什 著

王鸣阳 张大卫 译

(TW=7/28)

TW=7/27



科学普及出版社

003549

内 容 提 要

本书是作者为文科学生学习天文知识而写的通俗教材。它详细而系统地介绍了天文学的基本知识和现代天文学中各个领域所取得的成就。本书对一些数学、物理概念和天文学的定律、公式，都是用生动的比喻，形象地表达出来，是当前一部不可多得的有份量的天文知识普及读物。

本书适合于具有中等文化水平的读者阅读。对广大天文专业的学生以及科技工作者，也是一本有价值的参考书。

通俗天文学

[美] F. N. 巴什 著

王 鸣 阳 张 大 卫 译

封面设计：王庭福

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

开本：737×1092毫米 1/16 印张：22 字数：511千字

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数：1—7,150册 定价：2.50元

统一书号：13051·1388 本社书号：0843

序

任何一本书的作者照例都要写上一篇序言，可是读它的人寥寥无几。作者要告诉你们的，多半就是说明他自己为什么要写这本书的来由。他必须在序言里把这一点讲清楚，因为很少有人能在正文里把写作的意图表达明白。当然，这种情况很可能是由于写书的主要原由就在作者本人，只有一小部分是考虑到想象中的读者。

首先，尽管这本书的提纲和重点是我拟定的，然而别人也付出了不少心血。我要对席勒（Dan Schiller）和巴纳莫（Dilip Balamore）两位表示衷心感谢，虽然他们都不愿署名，但是他们高超的写作技巧和辛勤工作的确使本书生色不少。如果本书有成功之处，应有他们的一份劳绩。

我给不是学自然科学专业的大学生讲授天文学概论课程达十年之久，前后学生有好几千人。课程时间为一学期。正是这种经历，促使我计划来写这本书。我在教学中发现，我所能找到的天文学课本都不合我的需要。它们要么过繁，简直把学生当成未来的天文学家；要么过简，完全不用数学，这样大砍大删，会破坏天文学本身的逻辑结构。

我时时记住我所教班上的一个中等水平的学生，他是属于没有把数学学好的那一类学生。他还在小学低年级时就有了这样一种印象，好象数学不过是一套需要死记硬背的规则，毫无逻辑结构可言。一旦把那些规则忘光之后，他感到自己在数学计算上简直无能为力。可是他读过一些关于黑洞、类星体和占星术的文章，对天文学发生了兴趣。我有时候想，他一定以为我上第一堂课走上讲台时，身上穿的是黑袍，头上载一顶尖帽，而且它们上面饰满了月亮、星星和占星术符咒。他一定还指望我在一个学期里就向他讲完神话中提到的星座及其神话传说，类星体和黑洞。所以，当我坦率地告诉他们，我其实只认得四个星座，我是从物理学的角度来讲授天文学时，他感到不胜惊诧。因为我认为科学（特别是物理学）可以变化出许许多多新的“妖怪”来。这个学生不相信以往科学发现的成果，而且有些害怕，我潜意识地感到他多多少少地认为科学总是枯燥无味，与他不相干的东西。他认为科学是一种只是在课堂上玩的与自然界无关的“超级游戏”。这种游戏由一群人发明出来，而且故意把游戏规则搞得模棱两可，无比深奥。他们不过是自己打扮成只有他们才会玩这种游戏的超人而已。此外，科学家们还掌握了一种叫做“科学方法”的诀窍。由此我们不妨设想这样的一幅图画：挤满一屋子的白发蓬松的老人，坐在高凳上（就象狄更斯作品中的一个场面），用自来水笔写着什么。他们呆头呆脑地运用着这种科学方法；不时吐出一句：“啊，我找着了！”一切失败皆是由于粗枝大叶地使用这种“方法”造成的。

我一直认为，重要的是应该让我的学生明白，科学之所以能够成功，是因为科学处理的都是简单的问题，也就是那些只涉及少数变量的问题。科学还是定量的，总是离不开各种测量。最后，科学的目的在于描述，而不在于说明。我有一种担心，由于科学的成功，科学会被用于本来并不适于应用它的地方，也就是被用于变量太多，或者包含了一些不能定量处理的变量的那些问题。

从事科学的过程往往不合常理。你正驾驶着汽车赶路，可是某些念头竟一下子闯入脑际，这时的机会并不比你专心致志专门搞研究时差。正确的描述往往竟是从错误的结果作出来的，甚至有时会是被相反的证据促成的。某些科学思想就那样产生出来了，而它们不一定有实用价值。但是在科学中，在传播这些想法之前，必须来一番去伪存真、使之定量化的功夫，并加以检验。我认为，正是由于经过了这样的加工，才使这些想法看起来总是好象合乎逻辑地出现的。

在一切科学中，天文学特别能说明对真理的探索不是一帆风顺的。举例说，早在公元前三世纪就有人提出地球环绕着太阳旋转的观点，可是我们知道，哥白尼的发现却是十六世纪的事。那就不禁会问，这种观点在这一千八百年中的遭遇如何？追究其原因，柏拉图和亚里士多德多半要为那种观点的被扼杀负责。他们认为，只要凭借纯粹思考，便能够发现宇宙的某些“不证自明”的道理。他们以及其他持有这种看法的人其实是错了，实际上还需要进行观察。

回顾一下我们对自然界的认识的发展过程是很有意思的。在牛顿时代，也就是在公元1700年前后，那时好象已经清楚地认识到宇宙是由许多部分所组成的一个巨大的机械体系，而且是我们最终能够完全认识的一个体系。现在我们却有了一条物理定律，它说明我们的认识能力是有限的。我们现在能以极高的精确性预言光照射到一群原子上时会发生什么，可是在这个过程中，要说明光到底是什么，我们却完全无能为力，而且我们也无法知道一个给定的单个原子会发生什么情况。

在本书中，我们并不打算全面介绍天文学的整个领域。我们集中谈的是恒星。我们打算向你们说明，关于恒星我们现在知道了些什么，特别是，我们是怎样知道的。我们希望你们明白你们在地面上的那些经验是怎样被归纳成为定量描述的物理定律的，以及是怎样把这些定律推广应用于地球之外的。我们希望你们明白我们是如何得出这样一些耸人听闻的结论：你们身体内的碳元素原来是过去在一颗恒星上生产出来的；如果你们能放眼极目望去，你们现在仍能看见宇宙的诞生。我们还希望让你们明白，我们有办法弄清恒星的演化，虽然年龄最小的恒星也要比有记录的人类历史长久得多。

我是一个非常热爱自己专业的天文学家，对于自然界的天然之美及其逻辑构造之美，一向怀有崇敬的感情。我热爱天文教学工作，我跟我所见过的任何一位天文学家一样，是本专业的一个传教士。我承认我并非始终没有矛盾，甚至我爱我亲爱的人和我爱自己的专业这两者之间也不是没有矛盾。我也不能不顾天文学的实际应用。我要感谢社会有这样一种结构，使我能够不愁衣食，象从事艺术、历史或哲学的那些人一样，作为一名脑力劳动者专门从事天文学研究。天文学当然不是一切，但这的确是十分有趣、吸引力很强的一种美丽的事业。

本书最成功的地方当是让你们领悟到不仅天体是美丽的，而且人类对于宇宙中某种逻辑结构的理解力，以及把地面上的经验推广到天体上去的那种能力，也同样是美丽的。

有一首诗，伯伦特·罗素 (Bertrand Russell) 说这首诗表达了他的科学情感，我也特别喜爱它，或许它充分传达了 my 上述情感：

无 涯

这孤寂的小山连那挡住我

大部分视野的树篱，
总是使我感到十分亲切。
每当我静坐凝视，我的思想
就飞向那广袤无垠的宇宙，
那儿是死一样的沉寂，
无声无息；吓得我
肉跳心惊。我听见
风在树丛中呼啸，但我感到
风声还是打不破宇宙的寂静；
于是我想到了永恒，
那逝去的无数岁月，还有眼前
沸沸扬扬的年华。我的思想
就淹没在这无极的天涯：
那意境有若茫茫大海吞噬着一只船儿。

——G. 列奥帕迪(1798—1837)

关于使用本书的说明

本书从恒星天文学讲起，在谈过星系天文学和宇宙学之后才讨论太阳系。但是并不是只能按这样的方式来使用本书。按照传统的依历史发展的顺序来组织教学，也是可以的。如果按后一种方式，可以这样来安排各章次序：第一章，第十二章，第五章(只需前半章)，第十三章，第十四章，最后再根据教师的爱好讲第十一章或者第二章。按照这样的安排，可能有的教师愿意讲一讲视差(见第二章)，作为第十二章的补充材料。

本书大部分地方采用厘米-克-秒制单位，但也并未死板遵守这一规定。在一两处地方采用了米-千克-秒制单位，因为在那些地方用这种单位制比较方便。在一些从日常经验找出来的例子中，也用到了英制单位(如 40 英里/小时，200 英寸望远镜， 800°F 等)。

目 录

第一章 天空和宇宙	1
一、宇宙的尺度.....	1
二、天空.....	3
天球.....	3
辅助材料：角度.....	5
辅助材料：恒星和星座.....	6
太阳.....	8
季节.....	9
历法.....	10
月球.....	10
辅助材料：日月食.....	11
行星.....	13
练习.....	14
第二章 太空里的恒星	15
一、难以捉摸的恒星.....	15
探索恒星.....	16
辅助材料：视差计算.....	18
寻找恒星视差.....	21
辅助材料：平方反比律.....	22
二、恒星概况.....	22
恒星的距离.....	23
恒星的运动.....	24
参考系.....	27
测量恒星的亮度.....	29
我们的近邻.....	31
小结.....	32
练习.....	33
第三章 光及其用途	34
一、光.....	34
波.....	35
频率和波长.....	35
辅助材料：罗麦和光速的测定.....	36
光学.....	36
二、天文仪器.....	39
望远镜.....	39
辅助材料：赫歇耳一家.....	41
望远镜的使用和局限.....	44

摄谱仪	47
三、电磁辐射	48
电磁波谱	49
四、多普勒效应	50
辅助材料：多普勒效应的用法	52
辅助材料：可见光以外的领域	53
小结	57
练习	58
第四章 辐射、原子和光谱	59
一、辐射和物质	59
吸收和发射	59
辅助材料：辐射定律的用法	62
二、原子和光谱	63
量子假说	63
光谱线	64
原子	66
谱线的由来	67
辅助材料：原子内部	71
三、恒星光谱的解释	73
温度	74
光谱型	75
组成	75
压强	76
多普勒谱线展宽	76
磁场	77
小结	77
练习	79
第五章 恒星的质量和测量	80
一、运动、力和质量	80
惯性	81
牛顿第一定律	81
牛顿第二定律	82
牛顿第三定律	83
辅助材料：动量守恒	86
引力	88
相互绕转的轨道	91
辅助材料：预言新的行星	93
二、双星	96
目视双星	97
确定恒星的质量	97
分光双星	100
食双星	102

小结	105
练习	106
第六章 恒星的结构	108
一、把零星知识综合起来	108
恒星光度	109
恒星典型	109
恒星质量	112
辅助材料：恒星的寿命	114
赫罗图	115
二、恒星的内部结构	119
太阳	119
辅助材料：关于赫罗图的一个练习	120
气体定律	120
气体分子运动论	121
流体静力平衡	122
热平衡	123
三、恒星的能量	126
质量和能量	128
能量产率	129
小结	132
练习	134
第七章 恒星的生与死	133
一、问题的提出和研究的方法	135
恒星的模型	136
恒星演化的计算	139
二、恒星的起源和初始阶段	139
年轻恒星和星际云	140
原恒星	143
恒星的成年	144
三、成熟阶段和年龄	146
主星序里的生活	147
红巨星阶段	150
氦闪	150
辅助材料：简并态	152
接近末日	153
四、死亡和转化	154
白矮星	154
质量损失	156
辅助材料：双星系统中的质量交换	157
超新星	159
中子星	162
黑洞	163

辅助材料：能量收支的平衡	166
辅助材料：脉冲星和黑洞	167
小结	172
练习	173
第八章 银河	175
一、银盘	176
银盘的形状	176
银河系的自转	178
辅助材料：银河系的质量	180
旋臂	180
银核	182
二、银晕	183
银晕的动力学	184
辅助材料：弛豫时间	184
球状星团	185
两个星族	185
三、星际物质	187
星际气体	188
星际尘埃	190
辅助材料：宇宙线	192
射电观测	193
辅助材料：星际化学	194
小结	198
练习	199
第九章 星系	200
一、星系世界	200
推测与争论	200
星系的分布	202
辅助材料：造父量天尺	205
辅助材料：距离金字塔	207
星系的类型	210
二、星系的形成	211
银河形状的启示	213
星系的凝聚	214
辅助材料：星系云的坍缩	215
三、活动星系	216
射电星系	217
碰撞中的星系	220
爆发星系	221
塞弗特星系	222
类星射电源与类星体	223
小结	224

练习	225
第十章 宇宙学	227
一、对宇宙的描述	227
宇宙的形状	228
宇宙的均匀性	229
宇宙的膨胀	230
二、宇宙学模型	232
稳恒态模型	232
辅助材料：为什么会有黑夜降临？	233
演化模型	233
宇宙的未来	233
辅助材料：失踪的物质究竟在何处？	236
辅助材料：类星体	237
小结	242
练习	243
第十一章 太阳	244
一、作为恒星的太阳	244
太阳模型	245
二、宁静太阳	246
光球	247
辅助材料：追踪中微子	249
色球	250
日冕	252
太阳的自转和磁场	253
三、活动太阳	254
太阳黑子	255
其他现象	256
辅助材料：关于太阳活动的一种理论	259
四、太阳与地球	260
太阳黑子对地球气候有影响吗？	260
太阳风	262
对地球的影响	262
小结	263
练习	264
第十二章 太阳系中的运动	265
一、地球是静止的	265
希腊天文学	266
一种不同的看法	268
辅助材料：两种希腊算法	269
完善的地心说	271
二、地球是运动的	273

哥白尼.....	273
辅助材料：第谷.....	275
开普勒.....	276
伽利略.....	278
小结.....	279
练习.....	280
第十三章 行星及其他	282
一、行星	282
地球与月亮.....	284
辅助材料：大陆漂移.....	286
水星.....	288
金星.....	289
火星.....	291
辅助材料：火星上的运河.....	294
木星.....	296
土星.....	299
天王星和海王星.....	300
冥王星.....	300
二、较小的天体与太阳系的动力学	301
波得定则.....	301
小行星.....	302
彗星.....	305
卫星和它们的轨道.....	307
潮汐力.....	308
流星.....	310
小结.....	312
练习.....	314
第十四章 太阳系的起源和历史	315
一、太阳系的结构	315
轨道周期与自转.....	315
角动量.....	316
波得定则.....	316
类木行星与类地行星.....	317
磁场：发电机理论.....	319
二、太阳系的起源	319
起源理论：历史概观.....	320
偶遇理论.....	320
后继形成理论.....	322
星云假说.....	322
现代的理论.....	323
小结：一种综合模型.....	325
太阳系的演化.....	325

辅助材料：大气的演化.....	326
辅助材料：宇宙中的生命.....	327
小结	332
练习	333
附录	334
表一：太阳	334
表二：最亮的恒星	334
表三：星云、星团、星系	335
表四：行星的卫星	336

第一章 天空和宇宙

天文学曾经是研究天空的一门学问，而在今天，它研究的是宇宙。本章的目的就是要向你大致介绍这两个领域。这里安排的内容，是打算让你熟悉一下肉眼所见的天空。在这一章中，我们将扼要说明天体的运动以及与这些运动相联系的一些随时间而变化的现象（如昼夜、四季和年），并用地球的运动和太阳系里其他天体的运动来解释这些所观察到的现象。

有史以来人们就知道天体在运动，早在公元前数百年，就开始出现了对于这些运动的正确解释。到了十七世纪，人们对于太阳系的动力学性质已经有了相当清楚的了解。本章内容对于一个生活在1776年（甚至1676年）前后，并受过良好教育的人来说，也许没有什么新奇。但是自那以后，人类对于宇宙的认识就开始超出了太阳系的范围，宇宙的形象实际上也有了极大的变化。在1776年前后的那个时代，人们确切知道距离的最远的天体是土星，这是一颗行星，当它离我们最远时，距离是十六亿公里。这个数字乍看起来大得惊人，可是，凡是学习天文学的人，不久便都会习惯于比这还要大得多的数字。今天我们已经观测到比土星还要远五十万亿倍的天体。

在过去几个世纪里，每一代人都曾亲眼目睹过宇宙尺度的不断扩大，我们不敢担保今后在你的一生中就不会再发生这样的事情，或许还不只一次哩！

一、宇宙的尺度

宇宙是非常巨大而又非常空虚的。一个直径为一百万英里的空间区域，平均只包含有一磅物质。不过，宇宙中的物质并不是均匀分布的，它们成团块，集结成一些实体，即我们称之为行星、恒星和星系的天体。

地球就是一颗行星，它是一个由岩石和金属组成的球体，直径为12,750公里。地球围绕着太阳运转，而太阳是一个直径约1,392,000公里的炽热气体球。太阳是一颗极平常的恒星，它是组成名为银河系的大约 10^{11} 颗恒星中的一个成员。这个银河系的直径为 10^{17} 公里。而这个银河系，也只不过是我们在望远镜拍摄到的几十亿个星系中的一个。

天文学家当然要同十分巨大的数字打交道。虽然他们对这些大数字可以象对小数字那样处理自如，但是，运算大数字是一回事，而把握住它们的涵义则又是另一回事了。我们可以轻易地说出百万和十亿这样的大数，可是，我们很少去思索一下这些数字到底有多大。一个普通人从一数到一百万大约需要十天，数到十亿需要二十五年。要想象出一百万公里距离有多长，那就更加困难了。

为了对宇宙的尺度有个印象，让我们来考虑几个不同的尺度模型。

在第一个模型中，把地球缩小为一个直径10厘米的球，也就是一只柚子大小。这时

月亮相当于在三米远处(这正好是一间房子的宽度)的一颗李子。太阳是一个直径11米的大球,同“柚子”的距离为1.2公里。最外边的那颗行星——冥王星——则位于47公里远处(说起来,这已经在邻县县境了)。可是,那最近的一颗恒星,半人马座的比邻星,还要远在314,000公里远的地方,这已超出了地球上所能有的最大距离。显然,在谈到恒星距离时,我们必须换用一个模型。

在第二个模型中,把太阳系缩小到10厘米大小,于是地球直径只有0.00001厘米,这同细菌的大小差不多。太阳这时象是一粒尘埃,肉眼勉强能看见,离地球只有 $\frac{1}{8}$ 厘米。

最近那颗恒星位于 $\frac{1}{3}$ 公里远处。银河系中心在这个模型里远在2400公里的地方。最近的那个河外星系更加遥远,这个模型已无法表示了。

在第三个模型中,把整个银河系缩小到10厘米大小。这时,银河系里相邻两恒星的间隔只有0.0002厘米,只有在高倍显微镜下才能分辨开来。离我们最近的那个河外星系大约有一臂之远,而已观测到的最远的天体是在10公里远的地方。我们可以从容地在一小时内走到目前所观测到的宇宙的那个“边缘”。

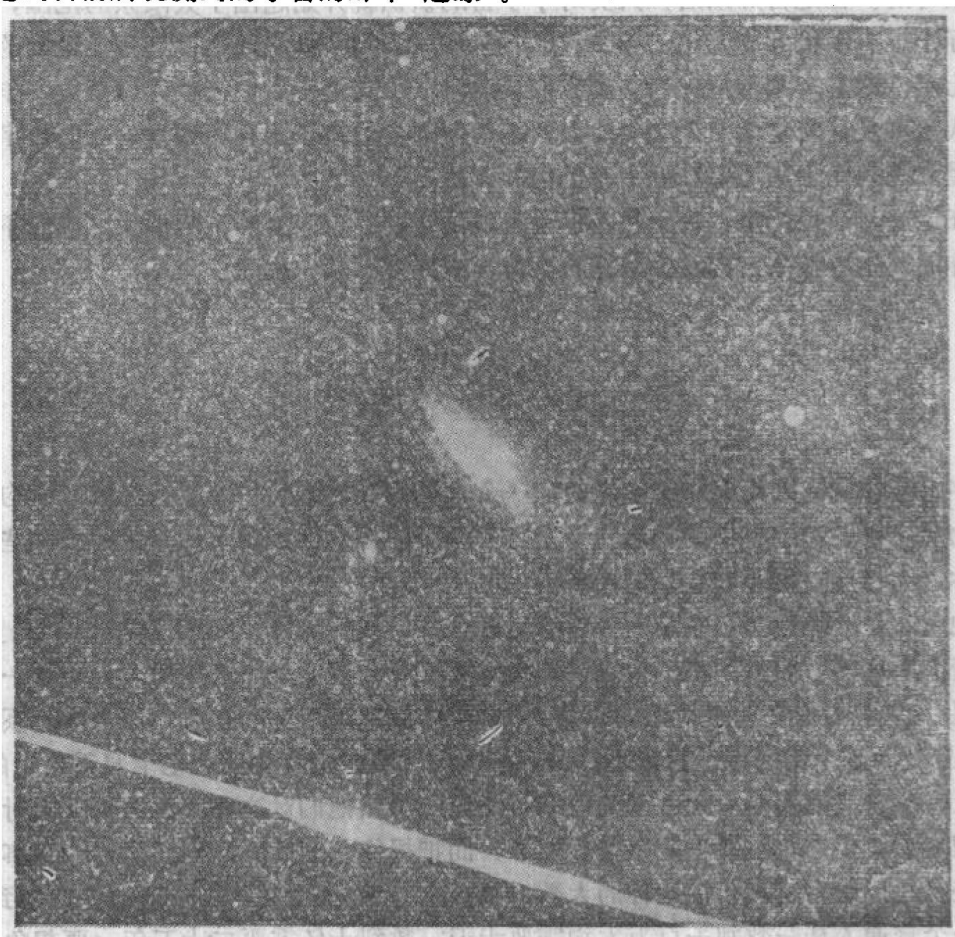


图 1-1 仙女座大星云 M 31。这个星系是离我们最近的那些星系之一,可是它的光线到达我们这里也要二百万年。在这个星系旁还可以看到两个小的椭圆伴星系。图下方的亮条,那是在长时间曝光拍摄这张照片时偶然划过这一天区的一个火流星造成的

二、天 空

在晴朗而漆黑的夜晚，仰望天空，会感到整个天空宛如一只倒扣着的大碗，在它的内壁上缀附着点点繁星。这个印象如此强烈，以致它正普遍地反映在我们的语言中，如我们把头顶上的天空叫做“天穹”或“苍穹”。我们不难把天空想象成是一个球体，只是它的另一半在地平线以下，我们看不见罢了。在天文学中如同对其他事物的研究一样，我们必须以我们所看到的東西作为出发点。因此，我们就从这个球——天球——讲起。

天 球

古人确信天球是一个实实在在的球，并认为它有着巨大的半径。可是，就我们这里的讨论来说，天球不过是一种几何学上的虚构，它的大小无关紧要。从下面几章的内容中我们便会知道，大多数天体离我们都十分遥远，要测量出它们的距离，必须依靠相当复杂的技术才能办到。在目前，我们关心的只是天体的方位，而不是它们和我们之间的距离。许多恒星在天上构成一种持久不变的图形，这些恒星之间的相互位置几乎并不发生变化。然而，在作了非常仔细的观测之后，人们发现，这些恒星是有运动的，只是由于它们运动得极其缓慢，所引起的变化要经过数千年才能被肉眼觉察到。因此，我们可以认为恒星在天球上的位置是静止不动的。

但是，在地球上的观测者看起来，天球作为一个整体，时时刻刻都在改变它的方位。既然天球是由恒星规定的，我们就可以把恒星作为标志。只要注视天空几小时，我们便能够发现各星座移动了地方。一些星座沉落在西方地平线下，另一些星座从东方升了起来。整个天球象是在围绕着观测者旋转。我们现在知道，这正是地球绕着通过其南北极的一根轴作自转的反映。在感觉不到自己站立的地球在转动的观测者看来，就好象天球在转动似的。天球转动所绕的那根轴和地球的自转轴是重合的。在地球南北极正上方天空上的两点是不动的，它们分别叫做南天极和北天极，天球的转轴就是这两点的连线。距两个天极等远平分天球的一个大圆，叫做天赤道，它正好对应着地球的赤道(图 1-2)。

地球每23 小时 56 分绕自己的轴自转一周。因此，看起来天球正好是以这个速率向相反方向转动。换句话说，如果有一颗恒星今天是在下午 9 时升起，那么，在过了 23 小时 56 分之后，也就是在第二天下午 8 时 56 分的时候，它又会再次升起。这段时间就叫做一个恒星日。

如果我们能象对地球表面那样用纬度和经度去精确地描述天球上的位置，那就太方便了。在地球上，纬度从赤道量起，这是出于地理学上的方便；而经度从格林尼治天文台所在子午线量起，却是在英国海军极盛之时出于政治上的考虑人为规定的。不过，在天球上有好几种选择基本圈的方法，根据各种方法，我们都能够定出天球上的位置。关于这些方法，在本书附录中有更详细的说明。

图 1-2 上左右两图分别画出站在北纬 30° 的一个人和站在北纬 60° 的另一人所看到的天球。在第一位观测者看来，北天极高出地平 30° ；在第二位观测者看来，北天极高出地平