T W A H Z S C

天文爱好者手册

洪韵芳 主编



四川辞书出版社

天文爱好者手册

书　　名　天文爱好者手册
主　　编　洪韵芳

责任编辑　张传德　戴　雯
封面设计　赵　涛
版面设计　王　跃

出版发行　四川辞书出版社
　　成都盐道街三号　邮编 610012
印　　刷　郫县犀浦印刷厂
印　　次　1999 年 9 月第五次印刷
规　　格　850×1168　1/32
　　17.375 印张　497 千字
定　　价　26.00 元
ISBN 7-80543-475-1/P·1

EXLIBRIS
郭伟杰珍藏
MIRAGE10@163.COM
1981

版权所有·翻印必究

·本书如有印装质量问题，请寄回出版社调换。
·电话：（028）6660384

前　言

浩瀚无垠的宇宙，为人类提供了一个不断开拓进取、溯源探新的广阔领域。天文学是研究宇宙空间物质运动的科学。几千年来，在生产活动和科学实验的领域内，天文学家掌握了一个又一个重要的自然规律，为人类认识自然、利用自然做出了巨大的贡献。

科学技术在迅速地发展。时代要求我们努力跟上其前进步伐。尤其是在为实现四个现代化而奋斗的今天，更需要用人类获得的新知识丰富我们的头脑，以便增长才干，积累智慧。广大青年、天文爱好者及教师、学生渴望获得更多的天文知识，希望有一本既实用又相宜的天文基础知识手册，以便随时查阅。编写这本书，就是为满足广大读者的这个要求而贡献我们的绵薄之力。

按照当今最新的探索，宇宙的面貌是怎样的？天文学有哪些新发现？各类天体有些什么特点？如何自制简易的天文望远镜？怎样进行天文观测……。本书对这些问题都作了较详细的介绍。书中还介绍了春、夏、秋、冬四季的星空和星图，并有 37 个附录。

愿这本《天文爱好者手册》能成为一条小路，引导人们步入天文科学的殿堂。

图书在版编目（CIP）数据

天文爱好者手册/洪韵芳编著．—成都：四川辞书出版社，1999.9 重印

ISBN 7-80543-475-1

Ⅰ.天… Ⅱ.洪… Ⅲ.天文学-普及读物 Ⅳ.P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 44897 号

EXLIBRIS
郭伟杰珍藏
MIRAGE10@163.COM
STARGATE 86536750
1981

全 国 优 秀 畅 销 书

主 编 洪韵芳

编写者 (以姓氏笔画为序)

朱晔华 许 梅 李芝萍 李 良

EXLIBRIS
郭伟杰珍藏
MIRAGE10@163.COM
STARGATE 86536750
1981

四川辞书出版社

目　录

前　言

第一章　天文学概述

一、天文学的研究内容 …… (1)
二、研究天文学的意义 …… (4)

第二章　太阳系、太阳系天体

一、太阳系 …… (7)
太阳的家族(7)　太阳系新貌(11)
二、地　球 …… (14)
形状和大小(14)　内部结构(16)　地球大气(18)
地球辐射带(18)　地球磁层(19)　地球在宇宙中(20)
三、月　球 …… (21)
月球概貌(21)　月球的运动(24)　人类登上月球(25)
四、太　阳 …… (28)
空间位置(28)　日地距离(28)　太阳的大小和质量(29)
太阳常数(30)　太阳的结构(30)　太阳活动与地球(35)
五、日食和月食 …… (37)
日食和月食的基本原理(37)　日食和月食的种类(39)
日食和月食的规律与周期(41)
六、水星和金星 …… (44)

运动情况(45) 物理情况(46)
七、火 星…… (50)
运动情况(50) 物理情况(51) 火星的卫星(55)
八、木 星…… (57)
运动情况(57) 物理情况(57) 木星的卫星(62)
九、土 星…… (65)
运动情况(65) 物理情况(66) 土星的卫星(70)
十、天王星、海王星和冥王星 …… (72)
发现历史(72) 运动情况(73)
物理情况(74) 光环和卫星(77)
十一、小行星…… (79)
发现和命名(80) 小行星的一般性质(82)
轨道分布(82) 小行星的卫星(83)
研究小行星的意义(84)
十二、彗 星…… (86)
运行轨道(86) 命名(87) 形态和结构(88)
彗星模型(89) 起源假说(90) 研究进展(91)
苏梅克-列维 9 号慧星(93)
十三、流星和陨星…… (95)
流星(95) 流星余迹(96) 流星雨(97)
陨星(98) 陨星母体(101)
十四、太阳系的起源 …… (101)
太阳系的主要特征(102) 康德-拉普拉斯星云说(102)
灾变说和俘获说(104) 现代星云说(106)

第三章 恒星、星系

一、恒 星 …… (109)
星座和星名(109) 恒星的亮度和视星等(110)
恒星的距离(111) 恒星的光度和绝对星等(112)

恒星的颜色和表面温度(113)
二、恒星世界的形形色色 …… (115)
恒星的"指纹"——光谱(115)
恒星的大小、质量和密度(117)　恒星的运动(119)
三、双星和聚星 …… (121)
双星的分类(121)　著名的双星和聚星(121)
研究双星的意义(123)
四、不稳定的恒星 …… (124)
变星(124)　几何变星(124)　脉动变星(126)
爆发变星(128)　奇异的脉冲星(130)
五、恒星的起源和演化 …… (132)
恒星的起源(132)　恒星的演化(133)
恒星的归宿(135)　研究恒星起源和演化的意义(137)
六、星团和星云 …… (137)
银河星团(137)　球状星团(138)　星协(140)
行星状星云(142)　弥漫星云(143)　星际物质(144)
七、银河系 …… (145)
银河和银河系(145)　银河系的结构(148)
银河系的运动(150)
八、星系和宇宙 …… (152)
形形色色的星系(152)　红移和类星体(155)
星系团和宇宙(158)
九、现代宇宙学概述 …… (161)
大爆炸宇宙学(162)　稳恒态宇宙学(165)
等级式宇宙模型(166)　正、反物质宇宙模型(167)
暴胀宇宙学(168)
十、空间天文探测技术的发展 …… (169)
早期的空间天文观测(169)　70年代以来的迅速发展(170)

第四章 可见光外天文学

一、红外天文学 …… (177)
发展简史(178) 研究对象和意义(178) 红外望远镜(179)
空间观测(180) “红外天文卫星”(IRAS)(181)
二、紫外天文学 …… (183)
太阳系紫外天文学(183) 太阳系外紫外观测(185)
“国际紫外探险者”(IUE)(186)
“国际紫外天文-1 号”(Astro-1)(187)
“极紫外探险者”(EUVE)(188)
三、X 射线天文学 …… (188)
太阳 X 射线天文学(189) 非太阳 X 射线研究(189)
四、γ 射线天文学 …… (194)
太阳 γ 射线天文学(195) 银河高能 γ 射线(195)
超高能 γ 射线源(196) 宇宙 γ 射线爆发(196)
γ 射线背景辐射(198) “康普顿 γ 射线天文台”(198)

第五章 普通天文摘要

一、天文坐标 …… (200)
天球和天球的基本点和基本圈(200)
天球坐标系(202) 坐标换算(206)
二、天体的周日视运动和太阳的周年视运动 …… (208)
天体的周日视运动(208) 天体的中天高度(210)
天体的出没(210) 太阳的周年视运动(211)
三、时间与历法 …… (212)
时间的计量(212) 历法(219)
四、月球的运动 …… (220)
月球的公转(220) 月球的位相变化(222)

五、行星的运动 …… (225)
行星运动定律(225)　行星的视运动(225)
行星的轨道根数和星历表的计算(229)
六、恒星的运动 …… (230)
恒星的自行(230)　恒星的视向速度和空间速度(231)
太阳的运动(232)　恒星的自转(233)

第六章　天文观测入门

一、天文望远镜的使用 …… (234)
"120"型望远镜的主要性能(234)
望远镜的组装与调整(236)　使用望远镜观察天体(238)
二、流星的观测 …… (240)
观测流星前的准备(240)　观测与记录方法(241)
观测天区的选择和范围(243)
云量的估算和极限星等的计算(245)　观测报表(247)
三、彗星的搜寻观测 …… (251)
寻彗星的准备工作(252)　观测方法(253)
发现彗星以后(255)
四、天体摄影指南 …… (257)
仅用照相机的天体照相(257)
望远镜与照相机的接续摄影(259)
目镜后天体摄影(262)　注意事项(263)

第七章　业余天文望远镜的制作

简论(265)　必备的知识(266)
简易折射式望远镜的制作(269)
牛顿式反射望远镜的制作(271)
磨制物镜的材料和工具的准备(273)
磨制镜面的过程(274)　化学镀银的方法(287)

平面镜的加工(292)　目镜的选择(296)
寻星镜的制作(299)　反射式望远镜的组装(300)
寻星镜的安装(304)　望远镜全面组装前的校准(304)
望远镜架装置(308)　自制简易的赤道装置(311)

第八章　星空和星图

星空的变化(319)　春季星空(321)
夏季星空(328)　秋季星空(335)
冬季星空(340)　星图(345)

附录 1　天文大事年表 …… (347)
附录 2　主要天文机构、天文刊物、星表、人造天体的缩写词 …… (366)
附录 3　主要天文符号 …… (393)
附录 4　希腊字母表 …… (394)
附录 5　天文学常用数据 …… (395)
附录 6　地球常用数据 …… (397)
附录 7　月球常用数据 …… (398)
附录 8　月面图 …… (399)
附录 9　太阳常用数据 …… (403)
附录 10　行星轨道的基本数据 …… (405)
附录 11　大行星、太阳、月球的物理要素表 …… (406)
附录 12　太阳系的卫星 …… (407)
附录 13　小行星表 …… (411)
附录 14　紫金山天文台发现的，已获得国际正式编号和命名的小行星轨道参数 …… (412)
附录 15　周期彗星表 …… (416)
附录 16　主要流星群 …… (422)
附录 17　月食表(1822～2020 年) …… (423)

附录 18　1995～2020 年我国 32 个城市见日食情况表 …… (433)
附录 19　日食(中心食)表(1821～2028 年) …… (455)
附录 20　21 颗最亮的恒星 …… (466)
附录 21　银河系数据 …… (468)
附录 22　星座表 …… (469)
附录 23　较亮的星云 …… (473)
附录 24　较亮的星系 …… (475)
附录 25　较亮的球状星团 …… (479)
附录 26　较亮的疏散星团 …… (480)
附录 27　梅氏星云星团表 …… (482)
附录 28　变星 …… (486)
附录 29　星际分子 …… (489)
附录 30　人造天体名称 …… (492)
附录 31　中国天文台一览表 …… (503)
附录 32　国外主要天文台简表 …… (504)
附录 33　世界主要天文馆简表 …… (523)
附录 34　世界大型天文望远镜简表 …… (528)
附录 35　国际天文学联合会(IAU)专业委员会 …… (533)
附录 36　中国主要城市经纬度表 …… (535)
附录 37　世界主要城市经纬度表 …… (537)
后　记 …… (544)

·第一章

天文学概述

天文学是一门古老的科学，它是伴随着人类文明的进程产生和发展起来的。翻开人类的文明史，各文明古国都用自己的文字写下了天文学的第一章，中国的甲骨文、埃及的金字塔、巴比伦的泥碑都是历史的见证。

一、天文学的研究内容

天文学和数学、物理学、化学、生物学、地学同为六大基础学科，它是人类认识宇宙的一门科学，其研究的对象是辽阔空间中的天体。几千年来，天文学家们通过接收天体投来的辐射，发现它们的存在，测量它们的位置，研究它们的运动、结构及演化规律，并逐步扩展人类对广阔宇宙空间中物质世界的认识。

人类对宇宙的认识是由近到远逐步扩展的，起初从地球到太阳系，随后从恒星到银河系，目前已扩展到数以十亿计的河外星系。利用现代的观测手段，人类已能探测到比 100 亿光年更远的宇宙深处。

天体测量学是天文学中最先发展起来的一个分支，也是应用最广泛的一门学科。在天文学产生后的一段很长时间里，人类只限于用肉眼观测太阳、月亮、行星和恒星在天空中的位置，研究它们的位置随时间变化的规律。在对星星测量的基础上，古代的天文学家注意到恒星在天空的位置相对不动，由此绘制出星图，划

分星座和编制星表；进而研究太阳、月亮及行星的运动，在测量天体视运动的基础上编制历法。17 世纪初发明了望远镜；17 世纪下半叶又创立了微积分，发现了万有引力定律。拥有望远镜的巴黎天文台和格林尼治天文台相继建立起来了。天体测量学的新发现，如光行差现象、地轴的章动现象、恒星视差的测定等等接连为人们所认识，天体测量学的成果通过时间服务和历书编算（即授时和编历）等，被运用到大地测量和航海事业等方面。

天体测量学的主要任务是研究和测定天体的位置和运动，建立基本参考坐标系和确定地面点的坐标。它包括球面天文学、方位天文学、实用天文学和天文地球动力学。球面天文学的主要任务是确定天体的位置及其变化。为此，它首先要研究天体投影在天球上的坐标的表示方式，还要研究坐标之间的关系和各种坐标的修正。方位天文学的研究内容是测定天体的位置和运动。实用天文学的课题是以天体作为参考坐标，来测定地面点在地球上的坐标，为大地测量、地球物理学、地质学、地理学和制图学以及航空、航海的导航提供必要的参考数据。对地球自转与地壳运动的研究，又发展成为天文地球动力学，它是天体测量与地学各有关分支之间的边缘学科。目前，天体测量学的手段已从可见光观测发展到射电波段，以及红外、紫外、X 射线和 γ 射线等波段；观测的天体也向星数更多、星等更暗的光学恒星、星系、射电源和红外源等扩展，观测的精度也不断地提高。

天体力学也是较早形成的天文学的另一个分支学科。16 世纪哥白尼提出的日心体系，17 世纪开普勒提出的行星运动三定律以及伽利略在力学方面的研究，为天体力学的创立奠定了基础。17 世纪后期，牛顿根据前人在力学、数学和天文学方面的成就，以及他自己 20 多年的反复研究，于 1687 年提出了万有引力定律，把人们带进了动力学范畴，天体力学在此基础上诞生了。天体力学的诞生，使天文学从单纯描述天体的几何关系，进入到研究天体之间相互作用的阶段。

天体力学主要研究天体的力学运动和形态，其主要研究对象是太阳系内的天体。自天体力学诞生到19世纪后期，是天体力学的奠基时期，牛顿和莱布尼茨共同创立的微积分学，是天体力学的数学基础，分析力学是它的力学基础。19世纪后期到20世纪50年代，是天体力学的发展时期，在研究对象上增加了太阳系内大量的小天体（小行星、彗星和卫星等），这段时期可称作近代天体力学时期。20世纪50年代以后，由于人造天体的出现和电子计算机的广泛运用，天体力学进入了一个新时期，研究对象又增加了各种类型的人造天体以及成员不多的恒星系统。天体力学主要有6个分支学科：摄动理论、天体力学数值方法、天体力学定性理论、天文动力学、历书天文学、天体的形状和自转理论。

天体物理学是天文学中最活跃、内容最丰富的分支学科。19世纪中叶，人们将物理学和化学的最新成果——光谱分析、光度测量和照相术用于天体观测后，对天体的结构、化学组成和物理状态的研究形成了完整的科学体系——天体物理学。

天体物理学是应用物理学技术、方法和理论研究天体的化学成分、物理性质、运动状态和演化规律的学科。它的研究对象、内容、方法多样而广泛，其分支学科也很多，主要有：实测天体物理学、理论天体物理学、太阳物理学、太阳系物理学、恒星物理学、恒星天文学、星系天文学、宇宙学、宇宙化学、天体演化学等分支学科。另外，射电天文学、空间天文学、高能天体物理学也是它的分支。

随着科学技术的发展，探空火箭、人造卫星和探测器的相继发射，突破了地球大气与磁场这两道屏障，赋于天文学以崭新的生命力。气象卫星、测量卫星、地球资源卫星等等从环绕地球的轨道上，居高临下仔细观测地球，使我们对地球的认识大大前进了一步。千百年来，我们对太阳系中的其他天体只能从远处凭眺，可望而不可及。现在，我们既能发射探测月球和各行星的卫星，并已把探测器降落到几个行星表面，直接收集第一手材料。随着观

测设备和手段的不断进步，观测的波段也由单一的光学观测发展到全波段观测，使X射线天文学、γ射线天文学、红外天文学和紫外天文学等新的研究领域争放异彩。在空间技术高度发展的今天，天文观测研究已由地面观测进入空间时代。

二、研究天文学的意义

在人类文明发展的初期，人类的生活中不能没有时间、日期、季节和年代。上古时代，太阳的出没成为人们判断时间和日期的标准和安排劳动的依据。春秋时期，我国就发明了用土圭测定日影长短来确定季节和一年长度的方法。在战国至西汉期间，逐渐形成了天文、气象、农业相结合的二十四节气，成为重要的农业生产准则。古埃及人则根据天狼星在天空中的位置来确定季节，掌握尼罗河泛滥的时间。天文历法是由生产的需要发展起来的。

在近代生产活动中，天文学也有许多重要的应用，如授时、编历、导航、人造卫星轨道设计以及大地测量等等。在现代化的社会中，卫星的发射和操纵、遥测遥感信号的同步、精密的测量和实验都要求精确的时间。由于人类的一切活动都在地球上进行，要求有一个同地球自转相联系的时间系统。因此，观测天体的位置、测定地球自转和公转的周期，对于确定精确时间仍是必不可少的。现代测量更离不开天文学。要准确地知道一个地点在地球上的位置，把大范围的测量统一联系起来，就必须对天体进行观测。所以，天文大地测量是近代测量的主要方法。在现代的远洋航行中，利用六分仪观测天体的位置，可以定出船舶在海上的位置。星际航行中，天文学就更加不可缺少了。火箭、卫星和飞船的发射、回收条件、运行的轨道，都需要运用天体力学理论来进行设计、计算，飞行中的位置需要用天文方法来观测确定，姿态的保持要按照天体的位置来校正和控制。此外，在研究天体对地球的影响方面，天文学也有重要作用。例如，太阳表面的激烈活动往往抛射

出大量的带电粒子和强紫外线，使地球的磁场和电离层受到严重的骚扰，以致引起短波无线电通讯中断。因此，必须仔细观测太阳，监视和预测太阳表面的各种活动现象。随着现代化技术的发展，人类对于天体的影响将会更加敏感，从而对天文学提出更高的要求。

由于天文学是人类认识宇宙的科学，因而它在人类自然观的发展中起着特殊的作用。例如，在人类自然观的发展史上，托勒密地心体系是在一定的历史条件下形成的人类对宇宙结构的认识模型。由于它与宗教把地球视为宇宙中心的观点一致，因而在欧洲维持了 1400 多年。随着天文学的发展，地心体系越来越不能与观测结果相符合。当时，一些具有进步思想的哲学家和天文学家对这个体系产生怀疑。哥白尼的日心体系就在这样的历史条件下诞生了。哥白尼主张以简单的几何图形或数学关系来表达宇宙的规律，把统率整个宇宙的支配力量赋于太阳，而各个天体则都有其自然的运动。哥白尼日心体系的建立，是人类认识史上的一次大变革。为了传播和维护哥白尼体系，意大利思想家布鲁诺在 1600 年 2 月 17 日被宗教裁判所活活烧死在罗马繁花广场上；意大利著名物理学家伽利略也因为维护哥白尼学说，1633 年遭到罗马宗教裁判所的两次审判。直到 1846 年，天文学家用望远镜在勒威耶和亚当斯应用天体力学推算的位置上找到了太阳系的第八颗大行星——海王星，才有力地证实了日心体系的正确性，使哥白尼的日心说由假说变成了科学理论。

天文学的观测和研究证明了宇宙是物质的，无论我们观测到多么遥远的宇宙空间，都是由各种各样天体构成的物质世界。天文学不仅证明一切天体不但有位置变化的机械运动，而且它们的物理、化学性质也在不断地变化。康德-拉普拉斯关于太阳系演化的星云说揭示了天体的发展过程，说明了天体物质不同形式间的质的转化。近代恒星演化理论用充分的科学论据和详细的数值计算描绘了恒星的起源、演化和衰亡的过程。此外，天文学的观测

研究还充分说明了宇宙间一切物质都是按一定客观规律演变的，这种变化是从量变到质变的发展，天体演变的动力是它内部的矛盾运动，其结果是不断向新的状态发展。

作为自然科学的一门基础学科，天文学同其他自然科学有着密切的联系，能动地促进着其他科学的发展。数学中的一个基本概念——角度的概念是从天文学中产生出来的；球面三角学是为测量和计算天体的位置而发展起来的。由于天体力学的需要，使微分方程的解法有了很大的发展。由于天文学的观测研究对象是宇宙中的天体，对暗弱星体的研究就必须用精密的大型天文望远镜才能进行，这样就促进了光学的发展。由于地球和周围的天体是相互联系、相互影响的，因而研究地球的地学，其发展也需要天文学的成果。寻找矿藏（地质学）、探索地震成因（地震学）和气候变迁的规律（气候学）就要弄清地球内部和大气的构造及其运动规律，就要追溯地球的起源和发展史，因而就必须探索太阳系的演化史。对于生物学来说，火星就是一个探讨生命发展的、不受人为因素干扰的环境；而星际空间更可以使我们把生命起源追溯到从简单分子合成有机物的过程。对于物理学和化学，天体的研究更具有直接意义。30 年代，物理学家从理论上发现原子核聚变反应能释放出极大的能量。当时，没有实验条件去试验这种理论。天文学家对太阳能量来源的探索促进了原子能科学的发展，热核反应理论就是首先在太阳这个天然的物理实验室里得到验证的。于是，人们积极地在地球上实现了这种反应，果然释放出巨大的能量，结果研制成了氢弹。化学元素的起源，也必将从宇宙学和天体演化的角度来探索。

现在，我们在天体上观测到更强的能量辐射和极大规模的爆发，而这些都是地面上物理实验室中无法实现和获得的。对高能天体本质的探索和研究，可为揭示未知的物质状态及其规律、探寻新能源等，展现难以预计的前景。天文学中的新发现和新问题，可能就是自然科学中的突破点，使自然科学中的一些新课题别开生面，使人类对宇宙的认识越来越深刻。

·第二章

太阳系、太阳系天体

一、太阳系

在太阳周围的空间里，有一些天体在太阳的引力作用下，按椭圆轨道绕着太阳运动。太阳和围绕它运动的这些天体，构成了一个大家庭，称为太阳系。（图 2.1.1）



图 2.1.1　太阳系

太阳的家族　太阳系的成员包括太阳和九颗大行星、已证实的 66 颗天然卫星、已正式编号的 3000 多颗小行星、为数众多的彗星、流星体以及散布在行星际空间的稀薄气体和尘埃等物质。

太阳　太阳是太阳系的中心天体，是离我们最近的一颗恒星。太阳系的九大行星和其他天体都围绕它运动。太阳与地球的平均距离为 14960 万公里，半径为 69.6 万公里，为地球半径的 109 倍，体积为地球的 130 万倍，质量为地球的 33 万倍（占整个太阳系质量的 99.86%），平均密度为 1.4 克/厘米^3。太阳具有强大的引力，是控制太阳系天体运动的主要力量源泉。

太阳是一个炽热的气体球，表面温度约 6000℃，愈向内部温

度愈高，中心温度高达 1500 万 K。在这样的高温高压下，太阳中心区不停地进行着氢核聚变成氦核的热核反应，产生巨大的能量。太阳每秒钟释放出约 4×10^{33} 尔格的能量，相当于 0.5 亿亿亿马力；其中只有二十二亿分之一的能量辐射到我们的地球，是地球上光和热的主要来源。

太阳是银河系中的一颗普通恒星，位于银道面之北的猎户座旋臂上，距银心约 2.3 光年，它以每秒 250 公里的速度绕银心转动，公转一周约需 2.5 亿年。太阳也在自转，其周期在日面赤道带约 25 天，在两极区约为 35 天。通过对太阳光谱的分析，得知太阳的化学成分与地球几乎相同，只是比例有所差异。太阳上最丰富的元素是氢，其次是氦，还有碳、氮、氧和各种金属。据推算，太阳的寿命约为 100 亿年，目前已度过约 50 亿年。

行星 沿椭圆轨道环绕太阳运行的、近似球形的天体叫行星。太阳系有九大行星，按距离太阳远近的次序是：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。冥王星离太阳最远，其轨道直径约 120 亿公里。天文学家认为太阳系的疆界可能比这个范围还要大得多。(图 2.1.2)

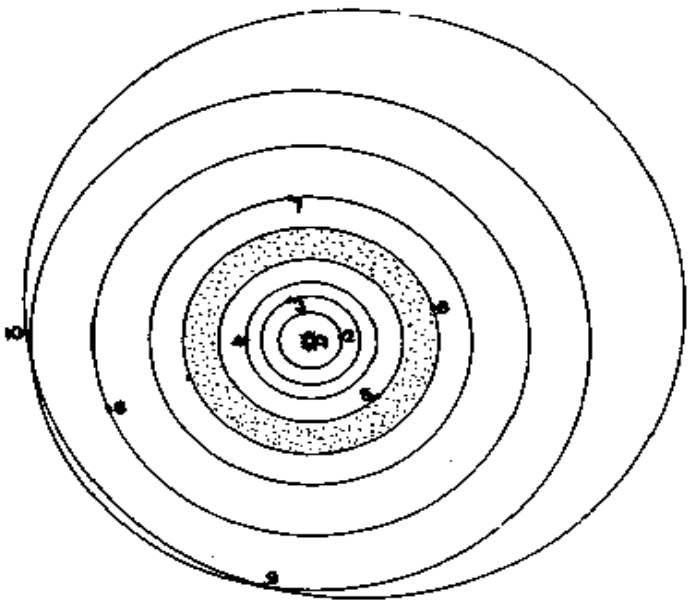


图 2.1.2 太阳系中的行星（1. 太阳；2. 水星；3. 金星；4. 地球；5. 火星；6. 土星；7. 木星；8. 天王星；9. 海王星；10. 冥王星）

九大行星按它们距离太阳的远近分为内行星和外行星两群：水星、金星、地球和火星为内行星；木星、

土星、天王星、海王星、冥王星为外行星。若按它们的质量、大小和结构特征，则分为类地行星和类木行星两类。体积小而密度大、自转慢、卫星少的行星，如水星、金星、火星及地球称为类地行星；体积大而密度小、自转相当快、卫星多的行星称为类木行星，土星、木星、天王星、海王星和冥王星都是类木行星。

行星本身不发射可见光，以其表面反射太阳光而发亮。在星空背景上，行星有明显的相对移动，这种移动都沿着黄道进行。九大行星中，最先被人们知道的是水星、金星、火星、木星和土星。太阳系中的另外三颗行星是在发明天文望远镜后发现的。1781 年英国 F. W. 赫歇耳发现天王星；法国的勒威耶和英国的亚当斯各自推算出海王星的位置，1846 年由德国的伽勒所观测到；冥王星则是 1930 年由美国的汤博发现。

卫星　围绕行星运动的天体叫卫星。月球就是地球的卫星，它像一个忠实的卫士一样，既绕着地球运动，又伴随着地球一起绕太阳运动。除了水星和金星之外，太阳系的其他行星周围都有卫星。到目前为止，连月球在内，太阳系中共发现 66 颗卫星：地球 1 颗，火星 2 颗，木星 16 颗，土星 23 颗，天王星 15 颗，海王星 8 颗，冥王星 1 颗。

卫星与行星一样，本身不发射可见光，以其表面反射太阳光而发亮。较大的小行星，如第 532 号大力神小行星及 18 号小行星也有卫星。从 20 世纪 50 年代起，人类先后发射了一批卫星，称为“人造卫星”。大多为人造地球卫星，也有人造月球卫星和人造行星卫星等等。

小行星　太阳系里较小的天体，一般分布在火星和木星的轨道之间。它们和大行星一样，沿着椭圆轨道绕太阳运行。已发现并正式编号的小行星有 3000 多颗，绝大多数小行星的直径都在 1 公里以下；直径在 50 公里以上的小行星大约有 560 颗，其中最大的一颗叫谷神星，直径约 1000 公里。直径大于 100 公里的小行星的形状一般较规律，接近于球形；直径小于 100 公里的小行星形

状不规则，有的为长柱形，有的呈哑铃状。一般认为，小行星的总质量为1000亿吨，其中谷神星大约占了总质量的一半。

近年来，从小行星掩恒星的光电观测中，发现第532号大力神小行星有一颗卫星，命名为1978（532）I。532号小行星和其卫星的直径分别为243公里和45.6公里，彼此相距977公里。以后又发现第18号小行星也有卫星。18号小行星及其卫星的直径分别为135公里和37公里，彼此相距460公里。至今，科学家们发现，大约有30～40颗小行星都可能有卫星。

彗星 太阳系中比较特殊的成员。环绕太阳运行或行经太阳附近的云雾状天体。绝大部分彗星都沿着很扁的椭圆轨道绕太阳运行。彗星的结构比较复杂，一般来说，中央密集而明亮的固体部分叫彗核，由一些“冰块”（冰冻的水、甲烷、氨等）、石头和尘埃组成。核的四周被一种云雾状的物质包围着，叫做彗发。彗核和彗发合成彗头。1970年，人造卫星在地球大气层外观测两颗明亮的彗星，发现彗头周围还有一层直径达1000万公里的氢云。当彗星逐渐接近太阳时，太阳辐射压力和太阳风把彗星蒸发出来的气体物质推向和太阳相反的方向，形成了彗尾。

彗星绕太阳运动的轨道一般分为三类：抛物线、双曲线和椭圆。在抛物线或双曲线轨道上运行的彗星叫做“非周期彗星”，它们接近太阳一次就一去不复返了。在椭圆轨道上运动的彗星称为“周期彗星”，周期最短的三年多；最长的可以到1000多年。现在发现的彗星有1600多颗。

流星体和行星际物质 流星体是太阳系内更小的天体，也绕太阳运动，但轨道千差万别。有些流星体是成群的，称为流星群，已证实的流星群是彗星瓦解的产物。当流星体进入地球大气层时，由于速度很高，与地球大气分子碰撞而生热发光，形成明亮的光迹，称为流星现象。大流星体降落在地面称为陨石。陨石中含有许多种矿物岩石，近年来还发现在陨石中存在有机物。

在行星际空间还存在着稀疏的尘埃和气体。行星际尘埃是些

极小的微流星体，大量集中在黄道面附近，黄道光和对日照都是这些尘埃反射太阳光形成的。行星际气体主要是指离子和电子等，它们主要来自太阳的连续微粒辐射——太阳风。

太阳系新貌　1957 年 10 月 4 日，第一颗人造地球卫星发射成功，开辟了人类探测太阳系的新时代。1959 年苏联宇宙飞船绕月飞行，开始了现代太阳系天体表面的研究。它拍摄了月球背面照片，第一次把月球的另一面展示在人们面前。1962 年 12 月 14 日，美国“水手 2 号”到达金星附近，揭开了行星近距离探测的新篇章。从那时起，行星探测器纷纷升上天空。至今，对金星作近距离空间考察的探测器已达 30 多个；有一个探测器测量了水星的地形；17 个探测器飞到火星附近；测量地球和月亮的探测器就更多了。美国还先后发射了“先锋”10 号、11 号和“旅行者”1 号、2 号考察外行星。截至 1989 年 8 月 25 日“旅行者 2 号”飞近海王星，太阳系的九大行星已有八个被行星探测器考察过了。目前，太阳系的 4 个内行星表面状况已初步了解，一大批卫星的地形也现端倪。行星探测器向地球传回成千上万张照片和考察数据，为我们描绘出太阳系天体的一些新貌。

本世纪 50 年代以来，人造卫星和向月飞行的航天器，开辟了观测地球的新途径。同步卫星在离地面 36000 公里高空，拍摄到清晰的地球照片。最为精彩的是“阿波罗 17 号”在向月球飞行中所拍摄的地球照片。只见蓝色的地球，上面海洋陆地都轮廓分明，浩浩苍穹，地球出现在天上。

过去，人们认为地球的形状是个圆球或像个桔子。通过人造卫星的观测，发现地球是一个不规则的球体，赤道以南比赤道以北高 7.6 米，南极离地心距离比北极短 15.2 米。地球的形状像个梨，梨柄在北极；梨底在南极。在 60 年代，空间探测器还发现，由于太阳风的影响，地球磁场被压缩成一个彗星状的区域（磁层），在这个区域里，有两条高能带电粒子的辐射带——范艾伦带。

1969 年 7 月 21 日，美国的“阿波罗 11 号”宇宙飞船把第一

批宇航员送上了月球，实现了人类登月的夙愿。宇航员们利用带去的月球车，在月面上进行了多学科的考察，收集到 270 多公斤月岩和土壤的样品。通过分析这些样品，发现月岩的化学成分与地球岩石基本相似，没有发现可生存的月球有机物，也不存在古微生物的证据。在月球上还发现有地震那样的月震，但月震很弱，最大的月震只有 1～2 级。通过测定月球的放射性元素，得知月球和地球同龄，它们都有 46 亿岁了。

空间探测结果告诉我们，月球已不是唯一布满环形山的天体了。水星、金星、火星的表面都很像月球，环形山星罗棋布，既有高山，也有平原。火星上的奥林匹斯火山口，是太阳系中最大的火山口，直径为 600 多公里。探测器发回的信息告诉我们，土卫四和土卫五上的环形山，多得与月球不相上下。

金星探测器为我们描述了金星风光：金星天空（云）是橙黄色的，金星的大部分表面都覆盖着一层“浮土”。金星表面的温度是 460℃左右，气压约为地球的 90 倍。在金星上，既有山脉 也有峡谷，一条 2000 多公里长的大裂缝，自南向北穿过金星赤道，裂缝最深的地方有 2900 米左右。这是目前在太阳系天体上发现的一条最大的裂缝。

金星上空闪电频繁，每分钟达 20 多次，有一次竟持续了 15 分钟。土星的大气中也常常是电光闪闪，雷声隆隆，“旅行者 2 号”曾记录到数千次威力比地球上强烈数万倍的闪电。

自从 1877 年意大利天文学家斯基帕雷利提出火星运河以来，火星上的水一直为人们所关注。1973 年，美国天文学家休古宁注意到火星赤道以南的“太阳湖”地区异常明亮，他认为是有水存在。后来，“海盗号”飞船发现那里上空的水蒸汽也比别的地方丰富。经天文学家们研究，并从该地区的雷达探测发现，在一个直径为 300～500 公里地带，雷达回波随季节而变化，这也是水的特征。“水手号”还发现火星表面有干涸的河床。科学家们认为，火星表面虽然现在没有水，但在古代却存在过海洋。

在对太阳系行星研究中，进度较大的是火山。1979 年 3 月，“旅行者 1 号”发现木卫一上至少有 8 座活火山活动，其中有一座正以每小时 1600 公里的速度喷发着气体和固体物质，喷发物的高度达 480 公里。以后又发现木卫二和海卫一上有活火山活动。除活火山外，在太阳系固体行星表面上复杂的地形形成过程中，火山起着相当重要的作用。

本世纪上半叶，除了地球磁场外，其他行星是否存在磁场，是行星物理学研究的一个新课题。20 多年来，大量空间飞行器携带着磁场计、太阳风粒子谱仪和带电粒子望远镜飞到行星附近进行近距离的直接探测。现在，除冥王星外，其他八大行星都被宇宙飞船考察过了。这些空间飞行器发回地球的数据表明，地球、木星、土星都具有极强的磁场；水星的磁场较地球、木星、土星的弱一些；金星的磁场比地球弱得多；火星存在磁场，但有无固有磁场目前尚无定论。此外，“旅行者 2 号”在天王星和海王星附近也进行了磁场测量，结果表明这两颗大行星都有磁场存在。行星存在磁场，磁场与行星周围运动物质相互作用，便可以形成一种特殊区域——磁层。磁层中有等粒子体套、尖点、等离子体片、辐射带和等粒子体层等。地球磁层里有内外两个辐射带，分别由质子和电子组成。空间飞行器发回的数据表明，水星、木星、土星都具有磁层；金星和火星的磁层面目尚不很清楚；天王星和海王星也可能有磁层存在。

地球上有极光，其他行星上是否也有极光？过去有人认为木星上也会有极光，但探测了 20 多年，一直未发现。1979 年，“旅行者 1 号”发现木星背着太阳的一面，有长达三万多公里的极光，在地球以外第一次探测到太阳系天体上的极光。

土星曾以它有光环缭绕而被称为最美丽的行星。土星光环是怎样组成的呢？1980 年 11 月，“旅行者 1 号”在飞近土星时，对土星光环进行了“面对面”的考察。原来，土星光环平面内有 100～1000 条大小不等的环，环内还有环，很像唱片上的纹路。有些

光环还像发辫那样互相扭结在一起，难解难分。土星光环是由无数颗大小不等的微粒组成的。

现在，土星已不是唯一有光环的行星了。1977 年，美国、中国、印度、南非等国的天文学家在观测天王星掩恒星时，意外地发现天王星也有光环。1979 年 3 月，“旅行者 1 号”考察木星时，发现木星也有一条宽达数千公里、厚约 30 公里的光环。1989 年 8 月，“旅行者 2 号”飞到海王星附近探测时，发现海王星也存在光环。经研究，太阳系九大行星中，4 个类木行星（木星、土星、天王星和海王星）均有光环结构；4 个类地行星（水星、金星、地球和火星）则一颗都没有光环。冥王星离我们太远，它有没有环仍然是一个谜。

1979 年以后，宇宙飞船先后访问了土星，相继发现了土星的一些新卫星。现在发现土星共有 23 颗卫星，是太阳系中最大的一个家族。木星有 16 颗卫星，是第二大家族。“旅行者”1 号和 2 号在行星际空间的大旅行，使地面基地观测已知的 33 颗太阳系天然卫星增加到 66 个，极大地丰富了人类关于太阳系天体的知识宝库。

二、地　球

1948 年，著名的美国天体物理学家霍伊耳曾说：“一旦有了一张从地球外部拍摄的地球照片，一旦离开地球到空间成了常事，人们就将得到一个新的概念，这个新概念将同历史上任何一个新的概念那样强有力。”随着科学技术的发展，人类渴望全面认识地球的强烈愿望实现了。不但利用人造卫星拍摄了地球遥感照片，宇航员还亲自从太空鸟瞰地球的全貌，获得了地球丰富多彩的信息资料（图 2.2.1）。

形状和大小　公元前五六世纪，古希腊哲学家从球形最完美这一概念出发，认为地球是球形的。亚里士多德根据月食时月球

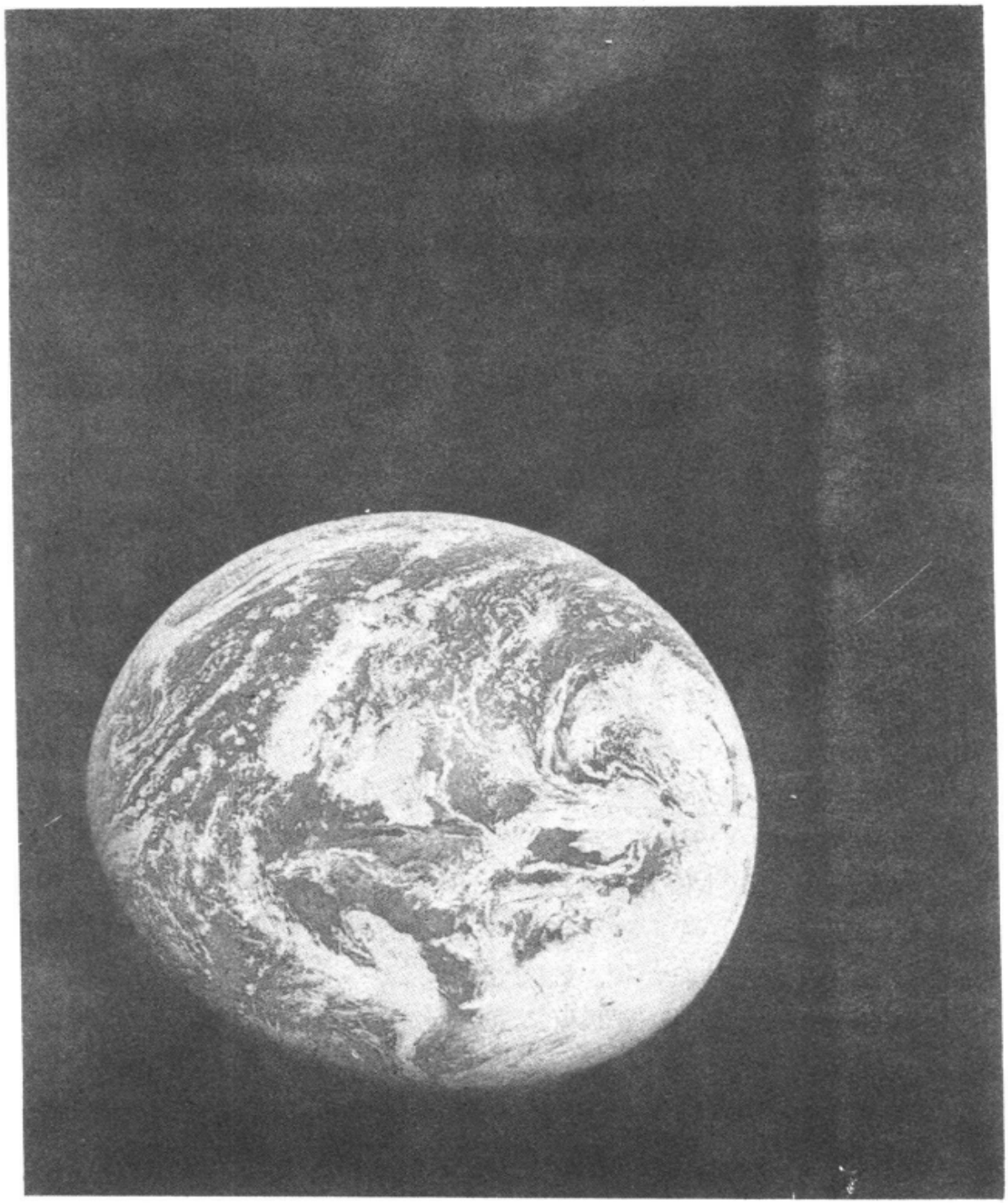


图 2.2.1　卫星在空间拍摄到的地球照片

上的地影是一个圆，第一次科学论证了地球是个球体。16 世纪，葡萄牙航海家麦哲伦领导的环球航行第一次用实践证明地球为球形。

最早算出地球大小的，应该说是公元前 3 世纪的希腊地理学家埃拉托斯特尼。他成功地用三角测量法测量了阿斯旺和亚历山大城之间的子午线长，算出地球的周长约为 25 万希腊里（39600 公里），与实际长度只差 340 公里，这在 2000 多年前实在是了不起。

17 世纪末，牛顿研究了地球自转对地球形态的影响，从理论上推测地球不是一个很圆的球形，而是一个赤道处略为隆起，两极略为扁平的椭球体，赤道半径比极半径长 20 多公里。1735～1744 年法国巴黎科学院派出两个测量队分别赴北欧和南美进行弧度测量，测量结果证实地球确实为椭球体。

本世纪 50 年代后，科学技术发展非常迅速，为大地测量开辟了多种途径，高精度的微波测距，激光测距，特别是人造卫星上天，再加上电子计算机的运用和国际间的合作，使人们可以精确地测量地球的大小和形状了。通过实测和分析，终于得到确切的数据：地球的平均赤道半径为 6378.14 公里，极半径为 6356.76 公里，赤道周长和子午线方向的周长分别为 40075 公里和 39941 公里。测量还发现，北极地区约高出 18.9 米，南极地区则低下去 24～30 米。所以有人说，地球像一个倒放着的大鸭梨。其实地球确切地说，是个三轴椭球体。见图 2.2.2。

内部结构 今天探测器可以遨游太阳系外层空间，但对人类脚下的地球内部却鞭长莫及。目前世界上最深的钻孔也不过 12 公里，连地壳都没有穿透。科学家只能通过研究地震波、地磁波和火山爆发来揭示地球内部的秘密。一般认为地球内部有四个同心球层：内核、外核、地幔和地壳。

地壳实际上是由多组断裂的，很多大小不等的块体组成的，厚度并不均匀。大陆地壳平均厚约 30 多公里，海洋地壳仅 5～8 公

里。地壳上层为花岗岩层，主要由硅-铝氧化物构成；下层为玄武岩层，主要由硅-镁氧化物构成。理论上认为地壳内的温度和压力随深度增加，每深入 100 米温度升高 1℃。近年的钻探结果表明，在深达 3 公里以上时，每深入 100 米温度升高 2.5℃，到 11 公里深处温度已达 200℃。

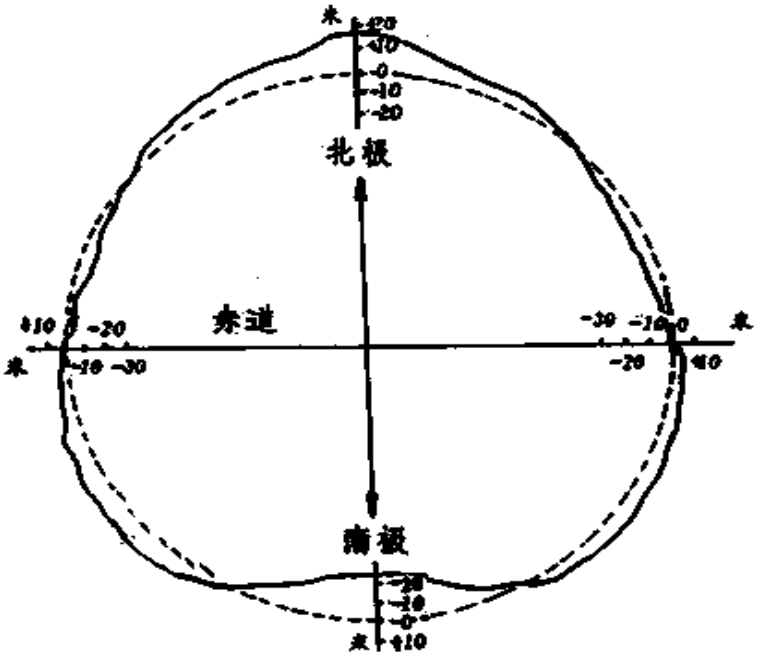


图 2.2.2　地球的形状

目前所知地壳岩石的年龄绝大多数小于 20 多亿年，即使是最古老的石头——丹麦格陵兰的岩石也只有 39 亿年；而天文学家考证地球大约已有 46 亿年的历史，这说明地球壳层的岩石并非地球的原始壳层，是以后由地球内部的物质通过火山活动和造山活动构成的。

地幔厚度约 2900 公里，主要由致密的造岩物质构成，是地球的主体。地幔分成上地幔和下地幔。一般认为上地幔顶部存在一个软流层，推测是由于放射元素大量集中，蜕变放热，将岩石熔融后造成的，可能是岩浆的发源地。下地幔温度、压力和密度均增大，物质呈可塑性固态。

地核的平均厚度约 3400 公里，外核呈液态，可流动。内核是固态的，主要由铁、镍等金属元素构成。中心密度为每立方厘米 13 克，温度最高可达 5000℃左右，压力最大可达 370 万个大气压。

最近，美国一些科学家用实验方法推算出地幔与外核交界处的温度为 3500℃以上，外核与内核交界处温度为 6300℃，核心温

度约 6600℃。

地球大气 在地球引力作用下，大量气体聚集在地球周围，形成数千公里的大气层。探空火箭在 3000 公里高空仍发现有稀薄大气，有人认为，大气层的上界可能延伸到离地面 6400 公里左右。据科学家估算，大气质量约 6000 万亿吨，差不多占地球总质量的百万分之一，其中包括：氮 78%、氧 21%、氩 0.93%、二氧化碳 0.03%、氖 0.0018%，此外还有水汽和尘埃等。

根据各层大气的不同特点（如温度、成分及电离程度等），从地面开始依次分为对流层、平流层、中间层、电离层和磁层。

接近地表的一层为对流层，它的厚度不一，赤道地区厚约 16 公里，两极厚约 8 公里，是大气中最稠密的一层。大气中的水汽几乎都集中于此，是展示风云变幻的“大舞台”。

对流层上面，直到高于海平面 50 公里这一层，气流主要表现为水平方向运动，称为平流层，这里基本上没有水气，晴朗无云，适于飞机航行。在 20～30 公里高处，氧分子在紫外线作用下，形成臭氧层，像一道屏障保护着地球上的生物免受太阳高能粒子的袭击。

平流层以外的大气因受太阳辐射，温度较高，气体分子或原子大量电离，复合机率又少，形成电离层，电离层能导电，反射无线电短波。

地球辐射带 早在 20 世纪初，就有人提出太阳在不停地发出带电粒子，这些粒子被地球磁场俘获，束缚在离地表一定距离的高空形成一条带电粒子带。50 年代末 60 年代初，美国科学家范艾伦根据“探险者”1 号、3 号、4 号的观测资料证实了这条辐射带的存在，确定了它的结构和范围，并发现其外面还有另一条带电粒子带。于是离地面较近的辐射带称为内辐射带，离地面较远的称为外辐射带，因是范艾伦最先发现的，故又称为内范艾伦带和外范艾伦带。

这两条地球辐射带对称于地球赤道排列，且只存在于低磁纬

地区上空。内辐射带的中心约在1.5个地球半径，范围限于磁纬±40°之间，东西半球不对称，西半球起始高度低于东半球，带内含有能量为50兆电子伏的质子和能量大于30兆电子伏的电子。外辐射带位于地面上空约2～3个地球半径处，厚约6000公里，范围可延伸到磁纬50°～60°处，其中的带电粒子能量比内带小。一般说来，在内辐射带里容易测得高能质子，在外辐射带里容易测得高能电子。

地球辐射带是空间探测时代的第一项重大天文发现。1992年2月初，美国和俄罗斯的空间科学家宣布，他们发现了地球的第三条辐射带。新辐射带位于内外范艾伦带当中的位置，是由所谓的反常宇宙线——大部分是丢失一个电子的氧离子构成的。

地球磁层　地球磁场，简言之是偶极型的，近似于把一个磁铁棒放到地球中心，使它的N极大体上对着南极而产生的磁场形状。当然，地球中心并没有磁铁棒，而是通过电流在导电液体核中流动的发电机效应产生磁场的。地球磁场不是孤立的，它受到外界扰动的影响，宇宙飞船就已经探测到太阳风的存在。太阳风是从太阳日冕层向行星际空间抛射出的高温高速低密度的粒子流，主要成分是电离氢和电离氦。因为太阳风是一种等离子体，所以它也有磁场，太阳风磁场对地球磁场施加作用，好像要把地球磁场从地球上吹走似的。尽管这样，地球磁场仍有效地阻止了太阳风长驱直入。在地球磁场的反抗下，太阳风绕过地球磁场，继续向前运动，于是形成了一个被太阳风包围的、彗星状的地球磁场区域，这就是磁层。

地球磁层位于地面600～1000公里高处，磁层的外边界叫磁层顶，离地面5～7万公里。在太阳风的压缩下，地球磁力线向背着太阳一面的空间延伸得很远，形成一条长长的尾巴，称为磁尾（图2.2.3）。在磁赤道附近，有一个特殊的界面，在界面两边，磁力线突然改变方向，此界面称为中性片。中性片上的磁场强度微乎其微，厚度大约有1000公里。中性片将磁尾分成两部分：北面

的磁力线向着地球，南面的磁力线离开地球。1967 年发现，在中性片两侧约 10 个地球半径的范围里，充满了密度较大的等离子体，这一区域称作等离子体片。当太阳活动剧烈时，等离子片中的高能粒子增多，并且快速地沿磁力线向地球极区沉降，于是便出现了千姿百态、绚丽多彩的极光。由于太阳风以高速接近地球磁场的边缘，便形成了一个无碰撞的地球弓形激波的波阵面。波阵面与磁层顶之间的过渡区叫做磁鞘，厚度为 3～4 个地球半径。

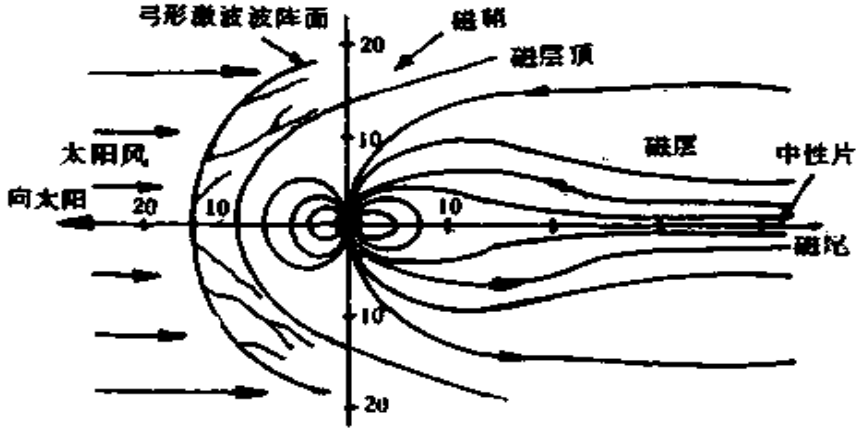


图 2.2.3　地球磁层

地球磁层是一个颇为复杂的问题，其中的物理机制有待于深入研究。磁层这一概念近来已从地球扩展到其他行星。甚至有人认为中子星和活动星系核也具有磁层特征。

地球在宇宙中　在茫茫宇宙中，地球是个很不起眼，但又得天独厚的星球。行星际探测的结果表明，地球是太阳系中唯一适宜于生命存在的天体，只有它处于太阳系的“生态圈”内，如果想寻找其他智慧生物居住的星球，必须飞出太阳系，至少在 4.2 万光年的范围里是不会找到的。

探测地外行星系的经典研究方法是精选一批近距离的太阳型恒星，精确地测量它们的空间运动，考察它们是否有行星或行星系所引起的恒星环绕系统的公共重心的运动。目前为止，已发现了一批可能带有行星或行星系的恒星，但尚未确认。1989 年，欧

洲空间局发射了载有口径 30 厘米望远镜的天体测量卫星“伊巴谷”，它在 2～3 年内将获取亮于 12.4 星等的全天 12 万颗恒星的位置、视差和自行的资料，其测量精度达到 0.002 角秒，比迄今为止的地面天体测量的精度高 10～20 倍。天文学家预计“伊巴谷”巡天一定会发现许多拥有行星或行星系而显示出运动异常的恒星，为 90 年代的地外行星系探索开辟更为广阔的道路。

三、月　球

月球是地球的天然卫星。自古以来，多少诗人和画家，用美妙的笔墨描绘过它，赞美过它；民间也流传着许多动人的神话故事。直到 1609 年伽利略用自制的望远镜对准月亮后，人类才逐步认识了月球的真面貌（图 2.3.1）。

月球概貌　月亮是离地球最近的天体，它是围绕地球运转的、唯一的天然卫星，与地球的平均距离为 384401 公里。月亮绕地球的公转轨道为椭圆形，其近地点平均距离为 363300 公里，远地点平均距离为 405500 公里。月亮比地球小，直径是 3476 公里，大约等于地球直径的 3/11。月球的表面面积大约是地球表面积的 1/14，比亚洲的面积还稍小一些；它的体积是地球的 1/49，换句话说，地球里面可装下 49 个月亮。月球的质量是地球的 1/81，物质的平均密度为每立方厘米 3.34 克，只相当于地球密度的 3/5。月球上的引力只有地球的 1/6，也就是说，6 公斤重的东西到了月球上只有 1 公斤重了。人在月面上走，身体显得很轻松，稍稍一使劲就可以跳起来，宇航员认为在月面上半跳半跑地走，似乎比在地球上步行更痛快。

在望远镜发明之前，古代的人们只能在晴朗的夜晚，用眼睛仰望皎洁的明月。看到月亮表面有明有暗，形状奇特，于是人们就编出美丽的神话，如嫦娥奔月、吴刚伐桂、玉兔捣药等等，流传于民间。其实，月球上既没有水，大气也极少。由于月球上几

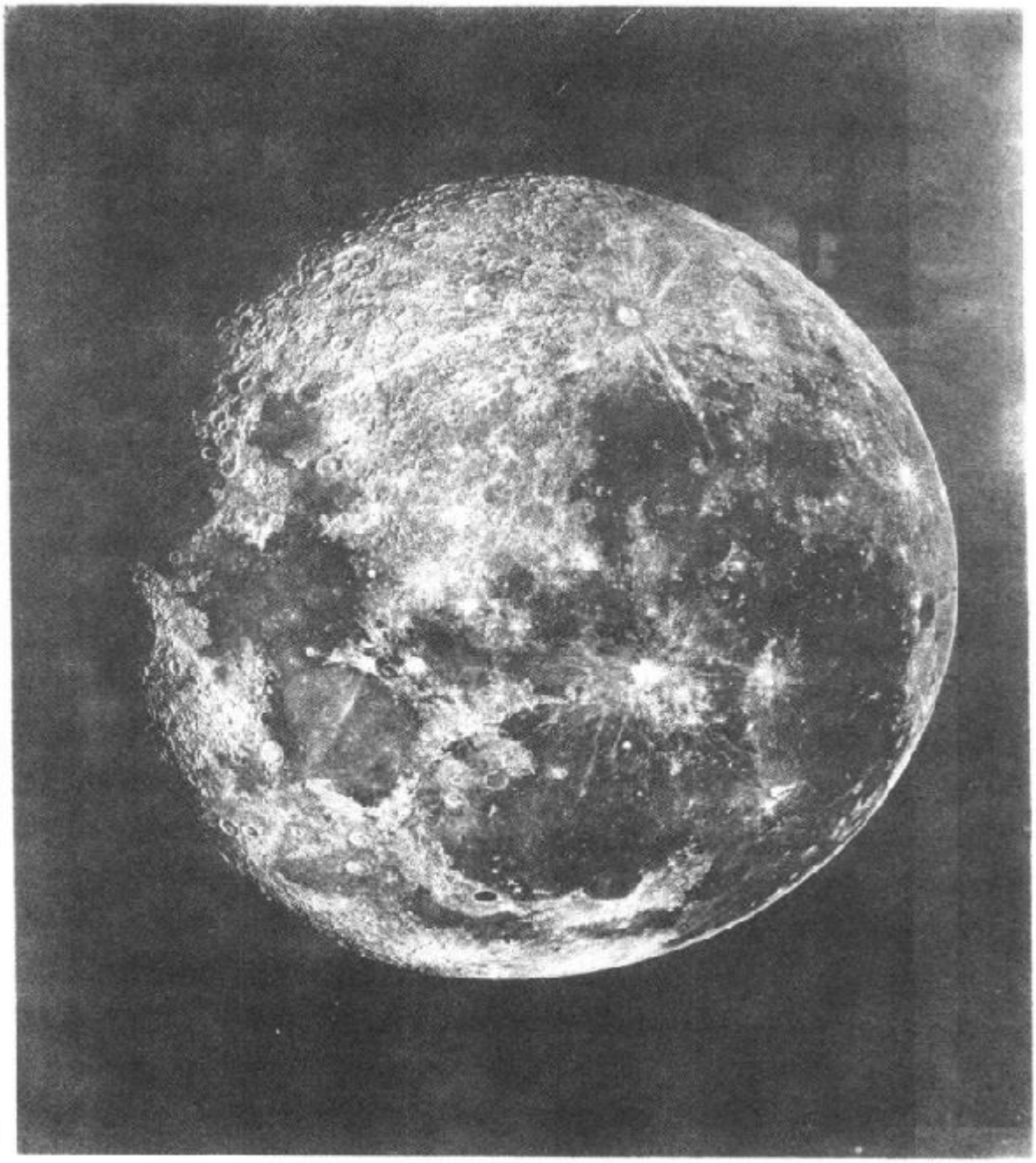


图 2.3.1 从望远镜中看到的月球

乎没有大气，因而月球上的昼夜温差很大。白天，在阳光垂直照射的地方，温度高达 127℃；夜晚温度可低到－183℃。由于没有大气的阻隔，使得月面上日光强度比地球上约强 1/3 左右；紫外

线强度也比地球表面强得多。由于月球大气少，因此在月面上会见到许多奇特的现象，如月球上的天空看起来不像地球的那样蔚蓝和明亮，而是呈暗黑色，太阳光照射是笔直的，日光照到的地方很明亮；照不到的地方就很暗。由于没有空气散射光线，在月球上星星看起来也不再闪烁了。

在月球上，山脉纵横，坑沟密布，岗峦起伏，月尘遍地。人们把用望远镜看到的较暗区域称为“月海”。其实这些“海”中连一滴水都没有，它们是一些广阔的平原，是月面上低凹的区域。在月亮向着地球的一面，月海面积占整个半球的一半。已知的月海有 22 个，其中最大的叫风暴洋，面积约为 500 万平方公里；雨海面积约为 90 万平方公里；月面中央的静海约有 26 万平方公里。除此之外，较大的月海还有澄海、危海、丰富海等。月海四周是山脉，大多呈封闭的圆形；有些伸向陆地的月海称为湾，小的月海则称为湖。

月面上较亮的区域称为“月陆”。月陆是月面上高出月海的地区，一般高出 2～3 公里。月球上的山脉大多以地球上的山脉名称来命名，如高加索山脉、亚平宁山脉、阿尔卑斯山脉等等。最高的山脉在月球南极附近，高达 8～9 公里，和地球上的珠穆朗玛峰差不多高；亚平宁山脉高出月海 3～4 公里，长达 1000 公里，是月球上最长的山脉。

环形山是月面上最明显的特征。环形山的中间有一个陷落的深坑，四周圈有高耸直立的岩石，环形山的高度一般在 7～8 公里之间，最大的环形山是月球南极附近的贝利环形山，直径达 295 公里，比我国的浙江省小一点；小的环形山直径也在 1 公里左右。在月面上，直径大于 1 公里的环形山总数达 33000 多个，占月球表面积的 10%；至于更小的、名副其实的月坑则数不胜数了。大多数环形山都以著名天文学家的名字命名，如阿基米德环形山、伊巴谷环形山、哥白尼环形山、卡西尼环形山等。月球背面的环形山中，有四座分别以我国古代天文学家石申、张衡、祖冲之、郭

守敬的名字命名。现在认为，大多数环形山或月坑是由流星体、小行星和彗星撞击而成；个别的环形山则是由火山爆发而成。

在少数环形山四周有月面辐射纹，它是以环形山为中心，亮条纹向四周放射状延伸。第谷环形山有 12 条辐射纹，最长的辐射纹长达 1800 公里，与北京到广州的距离差不多。一般认为，月面上的辐射纹是小天体撞击月面，形成环形山时从环形山中抛出的碎小物体堆积而成的。至今，辐射纹还保持着完整的形态，说明它们形成得稍晚些，比月面上的其他“地貌”年轻。

月面上也有像地面上大峡谷那样的结构，称之为月谷。不少地区曾发现一些黑色大裂缝，弯弯曲曲延伸数百公里，宽几公里到几十公里。月谷往往有一定的走向，它的产生原因是一个很有意义的值得研究的课题。

像地球一样，月球也是南北极稍扁，赤道稍隆起的扁球。它的平均极半径比赤道半径短 500 米，南北极也不对称，北极区隆起，南极区凹陷约 400 米。

月球的运动 和其他天体一样，月球也处于永恒的运动之中。月球除东升西落外，它每天还相对于恒星自西向东平均移动 13° 多，因此，月亮每天升起来的时间，都比前一天约迟 50 分钟。月亮的东升西落是地球自转的反映；而自西向东的移动却是月亮围绕地球公转的结果。月亮绕地球一周叫做一个“恒星月”，平均是 27.32 天。月亮绕地球公转的同时，它本身也在自转。月亮的自转周期和公转周期是相等的。由于月亮绕地球公转的周期和它的自转周期相等，所以它永远以一面对着地球。

随着月亮每天在星空中自西向东移动一大段距离，它的形状也在不断地变化着，这就是月亮位相变化，叫做月相。由于月亮自己不会发光，靠反射太阳光才发亮；随着月亮相对于地球和太阳的位置变化，就使它被太阳照亮的一面有时对向地球，有时背向地球；有时对向地球的月亮部分大一些，有时小一些，这样就出现了不同的月相。当月亮运行到地球和太阳之间，被太阳照亮

的半球背着地球，我们看不见月亮，叫做“新月”，也叫“朔”，这时是农历初一。过了新月，月亮被照亮的部分逐渐转向地球，我们看到一钩弯月，称为“娥眉月”，这时是农历初三、初四。初七、初八看到的是半个月亮（凸边向西），叫做“上弦月”；到了农历十五、十六、十七，月亮上亮的一面全部对着地球，我们能看到一轮圆月，称为“满月”，也叫“望”。满月过后，月亮的明亮面逐渐变小。到农历二十二、二十三，又能看到半个月亮（凸边向东），叫做“下弦月”。下弦月半夜时分才能从东方升起。再过一星期，月亮又回到“朔”。月相就是这样周而复始地变化着。如果用月相变化的周期来计算，从新月到下一个新月，或从满月到下一个满月，就是一个“朔望月”，为 29.53 天左右。中国农历的一个月长度，就是根据“朔望月”确定的。

有时在阴历朔的时候，月亮运行到地球和太阳之间，如果这时太阳、月亮、地球三者正好处于或接近于一条直线，在地球上被月影锥扫过的地区就会看到月亮把太阳射到地球上的光线遮住一部分或者全部，这就是造成了日偏食或日全食。有时候在满月的日子里，地球在太阳和月亮之间，如果这时三者正好或几乎处于一条直线，月亮被地球的影锥遮住一部分或全部，这就是造成了月偏食或月全食。由于天文学家掌握了日月运行的规律，便可以预先把日食、月食的时间计算出来，刊登在每年的历书上。

人类登上月球　飞到月亮上去，这是人类千百年来的幻想。随着空间技术的发展，1959 年，苏联发射的“月球 1 号”飞到月球附近，进行绕月飞行，开始了人类对月球的考察。1961 年 5 月，美国总统肯尼迪在国会上提出了在 60 年代末把人送到月球上探测的计划——“阿波罗月球探测计划”。“阿波罗”计划的任务包括为载人月球飞行作准备（由“阿波罗”1～10 号完成），并进行载人月球飞行（由“阿波罗”11～17 号承担）。1969 年 7 月 20 日，“阿波罗”登月舱降落到月面，开始了人类有史以来的登月活动。到了 1972 年，人类先后登月 6 次，对月球进行了一系列的科学考

察，使人类对月球的认识更加全面，更加深入。

“阿波罗”11～17 号，每次登月飞行都获得了数目不等的、高分辨率的月球照片，每次登月飞行的实验内容和技术设备都有所发展。“阿波罗 11 号”的宇航员在月面上安装了月震仪、激光测距仪等，并作了太阳风收集等实验。宇航员们还在月球上留下刻有下述文字的“纪念碑”：公元 1969 年 7 月，地球行星上的人类，在此首次踏上月球，我们代表全人类的和平来此。“阿波罗 12 号”登月舱携带一辆双轮车，供宇航员考察时装载 工具和摄影机之用。“阿波罗”15～17 号各带去一辆月行车，宇航员可乘坐月行车旅行考察。“阿波罗”14～17 号除了在月面进行实验外，还进行了在环月轨道中的许多测量实验。6 次登月，宇航员在月面停留的时间共约 300 小时，在月面上探测时间合计 80 小时，其中“阿波罗 17 号”在月面上停留 75 小时，探测时间约 22 小时。6 次登月采集到的月球岩石和土壤样品 270 多公斤，有采自月面“海”的和“山”的，有古老的也有新生的。这些岩石和土壤标本是研究月球物质成分、结构及其形成和演化过程的珍宝（图 2.3.2）。

宇航员们放在月球上的地震仪记录表明，月球和地球一样，也有一层外壳，其厚度为 40～60 公里。这个数据是在风暴洋和弗·拉摩洛等地区测定的。月壳下面是月幔。月幔大致又分为三层。上层月幔厚 240 公里左右，主要由古代“岩浆海”里沉淀下来的较重物质构成。中层月幔厚达 480 公里以上，这里大概还保存着混沌时代形成原始月球的“胚胎物质”。上述两层都是固态的，但具有可塑性。内层月幔处于局部熔融状态。月球的中心部分是月核，其温度约为 1000℃，远远不如地核那么热（地核温度为 5000℃～6000℃）。月核很可能是熔融的，可能是由低熔点的硫化铁物质构成。对月球的探测还发现月球的质量分布不均匀，月球近侧存在几个“质量瘤”的重力异常区。

在“阿波罗”科学实验站里装设了很先进的月震仪器。经探测，月球上也有月震，但月震的次数比地震少得多，释放的能量

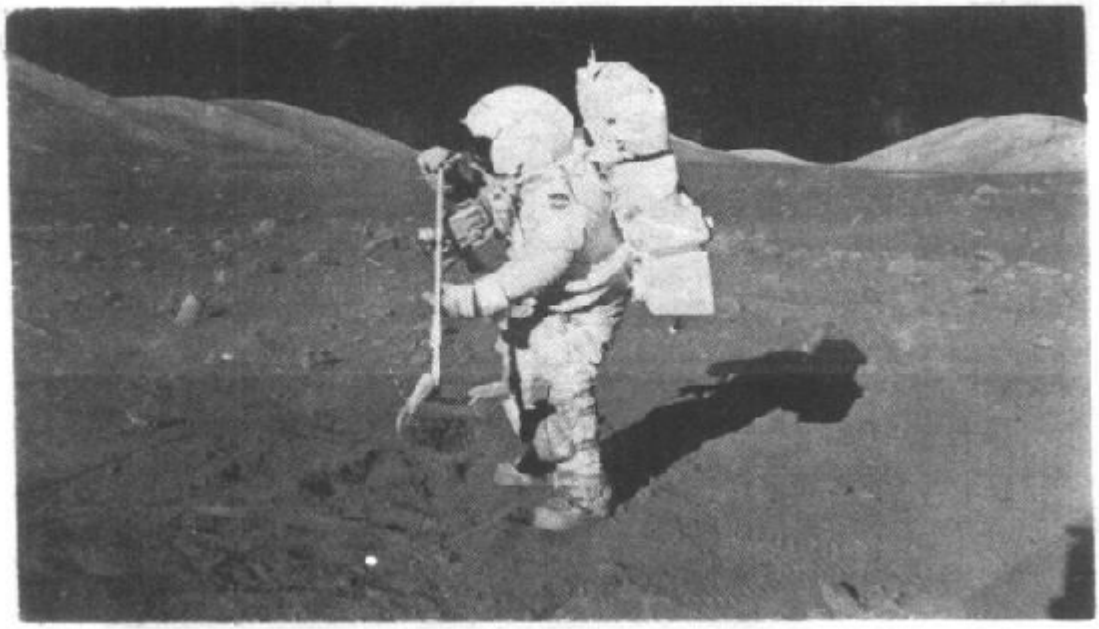


图 2.3.2　宇航员在月球上采集土壤和岩石标本

也远远小于地震。月震很弱，最大的月震为 1～2 级。除了陨星撞击引起的震动之外，当月亮离地球最近或最远的时候，由于地球的起潮力作用，常会出现月震。

许多国家的科学家对宇航员带回的月岩样品进行了多种项目的共同研究。经实验室分析得出：月岩中已发现近 60 种矿物，其中有 6 种在地面上尚未发现；在月岩和月土中发现了地球上的全部化学元素；没有发现可生存的月球有机物，也无古微生物的证据；在某些月岩中有微弱的剩余磁性；月球样品中存在许多太阳活动事件踪迹；根据样品的同位素分析，得出月球年龄约 46 亿年。

在大部分被月尘和岩屑覆盖的月球表面上，宇航员看到各种形状、大小、出现频率不一的岩石，还发现月球表面散布着一些具有光泽的玻璃物质。月尘在各处的厚度不同，薄的地方只有几厘米，厚的地方有 5～6 米。

到达月球的宇航员在漆黑的月空中看到大而发光的地球。月球探测器还在月球空间拍下地球的照片以及绕观月球和地球的照片。月球上的地球光要比地球上的月光明亮 8 倍多。

本世纪50年代以来，人类对月球探测所取得的成就，远远超过了多少世纪以来的地面观测。“阿波罗”登月成功，是人类科学的结晶，开创了人类认识月球的新纪元。随着科学技术的发展，人类将可能建立沿月球轨道飞行的实验室，巨大的天文望远镜也将在月球上从没有空气的太空观测天空；人类也将可能把月球作为出发到遥远行星的一个落脚点。

四、太　阳

太阳是距离地球最近的恒星，太阳系的中心天体。太阳系质量的99.87%都集中在太阳，它以强大的引力控制着大小行星、彗星等天体的运动。它是一个巨大的能源，不断地向周围发射大量的光和热，它作为蕴育着人类文明的天体，始终在影响着地球生物。由于它是唯一的近到可以详细研究其表面结构的恒星，对它的各种表面现象和大气都可以进行研究，现代天文学家设法把这些引伸到一个个发光点的恒星上去。对科学家来说，太阳是一个巨大的天体物理实验室，现代太阳物理学涉及了原子物理、原子核物理、磁流体力学和等离子体物理学等多种学科。

空间位置　太阳是银河系内10^{11}颗恒星中的普通一员，它位于银河系的对称平面附近，距离银河系中心约33000光年，在银道面以北约26光年。它一方面绕着银河系中心旋转（速度约为250公里/秒），另一方面又相对于周围恒星以19.7公里/秒的速度朝着织女星附近运动。

日地距离　通常说的日地距离泛指太阳与地球的平均距离，它是天文学上常用的一把尺子，称为天文单位，其意义是指质量可以忽略不计的无摄动行星沿着开普勒轨道绕太阳公转，当其公转周期为365.256893263平太阳日的情况下，其椭圆轨道的半长径。1976年国际天文联合会的天文常数系统规定，1个天文单位等于149597870公里，此数值从1984年开始采用。

测定日地距离的方法有多种，早期的有视差测量法和现代的雷达测距。所谓太阳视差，是指观测者以地球半径为基线，测得其两端点相对于日面上一点的张角，其值约为 8.″8（角秒）；然后利用测得的地球半径值由三角公式就可以计算出日地距离。事实上，测量太阳视差值是相当困难的，故通常采用测定运动规律已知的小行星——爱神星（即小行星 433 号）的视差去推算太阳视差。本世纪 30 年代初开始使用此法，所测得日地平均距离为 149500000 公里。现代天文学家根据上述途径，利用雷达测定金星到地球的距离，再根据天体力学理论便推算出日地距离。

太阳的大小和质量　知道了日地距离，再从地球上测得太阳圆面的视角直径对地球所张的角度的一半，称为太阳的视半径（θ），其值为 15′ 59″.63＝959″.63＝0.0046524 弧秒。如图 2.4.1 所示，太阳的线半径 SA 即 $R_\odot = a\sin\theta$，a 为日地平均距离，$\sin\theta = 0.00465$，由此得出 $R_\odot = 6.96\times10^5$ 公里，它约为地球半径 6378.164 公里的 109 倍。由此可求得太阳表面积约为地球表面积的 12000 倍，太阳体积约为地球体积的 130 万倍。

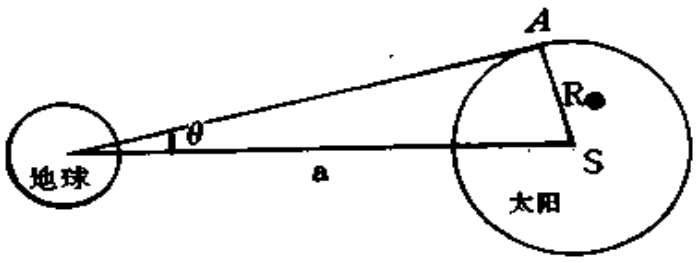


图 2.4.1

太阳的质量可根据地球的质量利用牛顿所改进的开普勒第三定律求得，即 $M+m=\frac{4\pi^2a^3}{G\cdot P^2}$，式中 M 为太阳质量；m 为地球质量，约等于 5.976×10^{27} 克；a 是日地距离；G 是万有引力常数，等于 6.672×10^{-8} 厘米³/克·秒²；P 是地球绕太阳运行一周的时间（即一年）。由此计算出太阳的质量约为 1.9891×10^{33} 克，是地球质量的 33 万倍。由太阳的体积和质量，算出其平均密度为 1.409 克/厘米³，约为地球平均密度 5.517 克/厘米³ 的 0.255 倍。太阳表面的重力加

速度等于 2.7398×10^4 厘米/秒^2，约为地球表面重力加速度 980.665 厘米/秒^2 的 28 倍。

太阳常数 在距太阳一个天文单位的区域内，不受地球大气的影响，垂直于太阳光束方向上黑体单位面积上和单位时间内，所能接受到的太阳辐射能量称为太阳常数（$S_\odot$）。它一般以热量单位表示，即 $S_\odot=1.97$［卡/（厘米^2·分钟）］$=1.374\times10^3$ 瓦/（米^2·秒）。70 多年观测太阳常数的历史表明，其值变化小于 1%，有学者认为，不排除变化大于 1%的可能性。精确地测定太阳常数，对于研究太阳和地球大气结构以及气象科学、环境科学等具有重要意义。

太阳的结构

日核 即太阳的中心部分，亦称核反应区。其中心温度在 1500 万 K 以上，物质密度约为 1.6×10^6 克/厘米^3，中心压力达 3300 亿大气压。日核约占太阳半径的 15%～25%，集中了太阳质量的一半，并且可以产生太阳发射能量的大约 99%。由于高温，其物质处于气态。日核释放的能量是由氢原子核聚变为氦所产生，根据原子核物理学和爱因斯坦的质能关系式 $E=mc^2$，一克氢原子核聚变反应产生的能量约为 6.25×10^{11} 焦耳，以光子的形式释放出来。由此可知，每秒钟，质量为 6 亿吨的氢经过热核聚变反应转变为 5.96 亿吨的氦，并释放出相当于 400 万吨氢的能量，此即太阳光的来源。比起太阳的总的质量，400 万吨的数字是很小的，据目前对太阳内部氢含量的估计，太阳至少还能向地球提供 50 亿年的光和热（图 2.4.2）。

辐射区 日核外面一层称为辐射区，其范围从 $0.25R_\odot$（太阳半径）至 $0.86R_\odot$。比起日核来，这里的温度、密度已急剧下降。根据推算，在 $0.86R_\odot$的外边缘，温度约为 70 万 K，压强为 1.5×10^{11}牛/米^2，密度约为 18 千克/米^3。从核反应区发出的能量开始是以高能 γ 射线的形式发出，继而是 X 射线，再往外，光子的能量更为减小，变为极紫外线和紫外线。总而言之，在辐射区，通过

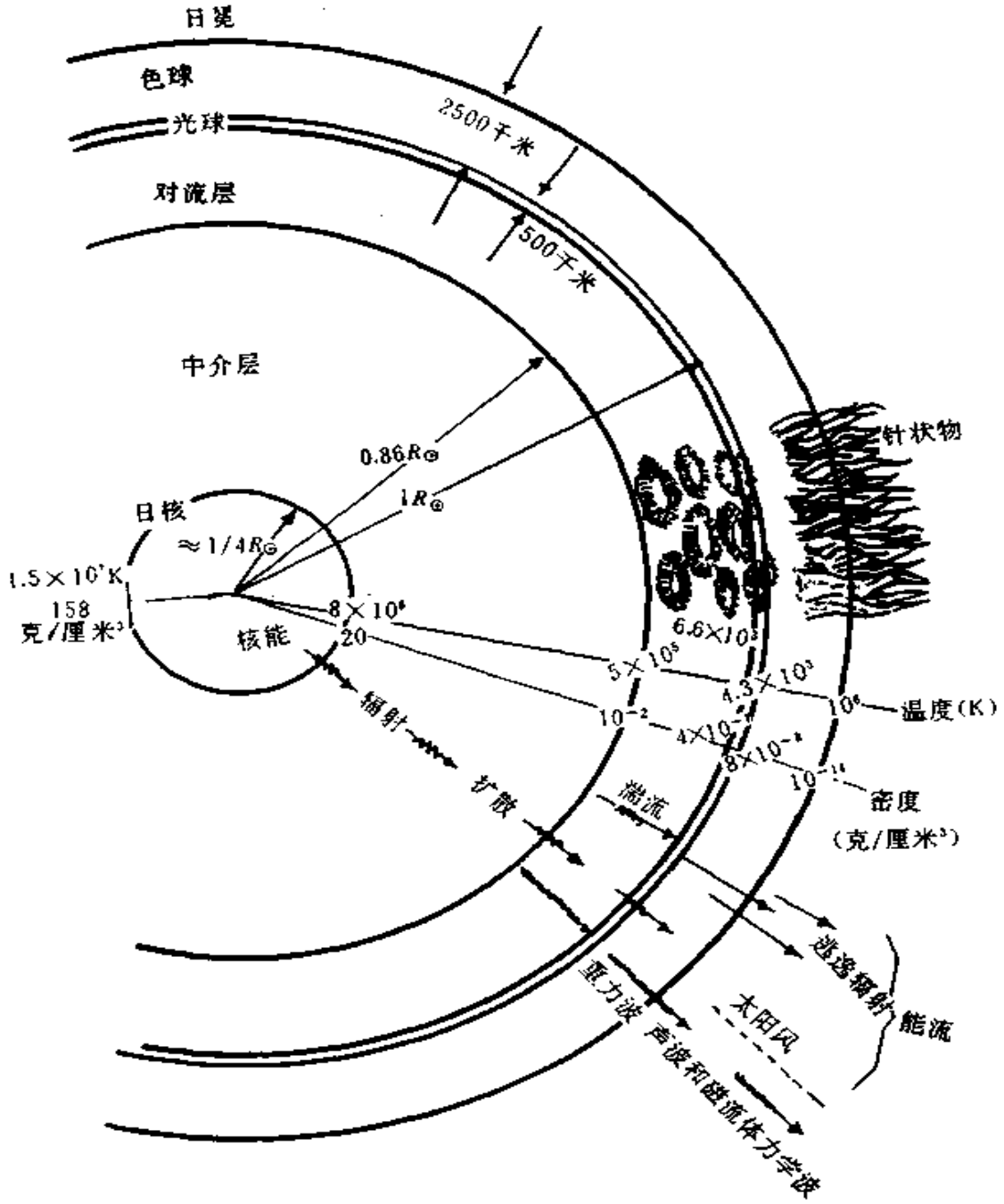

日冕
色球
光球
对流层
中介层
2500千米
500千米
针状物
0.86$R_\odot$
1$R_\odot$
日核
≈1/4$R_\odot$
1.5×10⁷K
158
克/厘米³
8×10⁴
核能
20
6.6×10³
5×10⁵
4.3×10³
10⁶
温度(K)
10⁻²
4×10⁻⁴
8×10⁻⁸
10⁻¹¹
密度
(克/厘米³)
辐射
扩散
湍流
逃逸辐射
能流
重力波
声波和磁流体力学波
太阳风

图 2.4.2

对来自日核的能量极高的光子的吸收、再发射而实现能量传递。这里的物质每吸收并再辐射一次，便使高能光子的频率降低（波长变长）一些，经过无数次的这种再吸收、再辐射的漫长过程，使高能光子逐渐变为可见光和其他形式的辐射。若没有辐射区物质的作用，太阳将是一个仅发射高能射线的不可见天体。

对流层 辐射区的外侧区域，太阳气体呈对流的不稳定的状态，称为对流层。其厚度约有 14 万公里，也有人认为仅有几万公里厚。由于这里温度、压力和密度梯度均很大，使物质的径向对流运动强烈。又由于对流运动的非均匀性，可产生低频声波——噪声，它可将机械能通过光球传输到太阳的外层大气。至今对日核、辐射区和对流层的研究尚处于理论探索阶段，因为上述的太阳内部结构无法直接观测到。

光球 对流层上面的太阳大气称为光球，其厚度约为 500 公里。它就是人们平时所看到的太阳视圆面，几乎全部可见光是从这一层发射出来的，因而太阳的光谱实际上就是光球的光谱。光谱分析法是了解太阳化学成分、磁场、密度、压力和温度等物理参数的主要途径之一。太阳光谱是一条明亮的连续光谱，上面叠加着许多黑暗的细线——吸收谱线，又称为夫琅和费线。在 100 多年前，人们利用观测日全食的机会，用光谱分析法在太阳大气（主要是光球）中首先发现了氦元素。迄今为止，业已发现并证实太阳光球中约有 69 种元素，这些元素含量相差悬殊：按质量而言，氢占 78.4%，氦占 19.8%；其他元素含量很低，其中含量较多的元素是氧（0.8%）、碳（0.3%）、氮（0.2%）、氖（0.2%）、镍（0.2%）、硅（0.06%）、硫（0.04%）、铁（0.04%）、镁（0.015%）、钙（0.009%）等。

光球温度约为 5770K，亦称为太阳的平均有效温度，它可由斯特藩-玻耳兹曼定律求出。按照此定律，辐射能量 E 与绝对温度 Te 的四次方成正比，即 $E=\sigma Te^4$，其中 $\sigma=5.67\times10^{-8}$瓦/米$^2\cdot K^4$，是辐射常数，Te 为有效温度。太阳每秒钟的总辐射能量（太阳的光

度）等于每秒钟通过半径为一个天文单位的球面积的辐射能量（$L_\odot$），即：$L_\odot=(1.97/60)\times4\pi(1.496\times10^{13})^2=9.23\times10^{25}$（卡/秒）$=3.86\times10^{26}$（瓦）。太阳表面每平方厘米每秒钟辐射的能量$E=L_\odot/4\pi R_\odot^2=\sigma Te^4$，代入上述数值$E=(3.86\times10^{26}$瓦$/4\pi\cdot(6.96\times10^{10})^2=5.67\times10^{-12}\times Te^4$，因而可求出$Te=5770K$。这就是光球的有效温度。光球的压强约为1.4大气压，物质密度约为10^{-7}克/厘米^3。

光球内的温度是随深度而增加的，由于太阳大气物质并非完全透明，对光球的观测只能贯穿到一定的深度，这样在观测时可看到光球面上亮度不均匀，亮度从中心向边缘减弱，这就是所谓太阳临边昏暗现象。这是因为在日面中心可以看见光球中较深较热的层，而边缘的辐射主要由较浅较冷的层发出。

光球上最显著的现象是太阳黑子，黑子并非绝对的黑，原因在于它比周围区域的温度低大约1500K，即它的温度约为4200K。黑子实质上是具有强磁场的低于光球温度的旋涡。用专门的太阳望远镜可清楚地看到，光球面上存在着不随时间变化且均匀分布的米粒状气团，它们呈现激烈的起伏运动。这种被称为米粒组织的气体很可能是从对流层上升到光球的热气团。“米粒”直径约1000～2000公里，它们时而出现时而消失，寿命平均约为10分钟。此外，近年来发现的超米粒组织，其尺度达3万公里左右，寿命约为20小时。与黑子相反的一种光球现象是光球光斑，它具有各种不同形式的纤维结构，比光球的温度高100K，在日面边缘它比光球亮10%。光斑平均寿命约为15天，较大的光斑寿命可达三个月。

色球　色球层位于光球之上，厚度约2000公里，温度从其底部的4500K上升到顶部的数万K。它发出的可见光总量不及光球的1%，因此人们平常看不到色球。发生日全食时，当光球所发射的强烈光线被月球完全遮掩的短时间内，或者平时用单色光观测，可看见它是一个非常美丽的玫瑰红色的气层，因而得名“色球”。

人们研制了专门的望远镜——色球望远镜，其中的滤光器只允许Hα光（红色，波长6563埃）进入，用此种望远镜可观测到针状物、日珥、谱斑和耀斑等现象。

观测表明，色球酷似燃烧着的草原，玫瑰红色的舌状气体如烈火升腾，有的呈流烟状，有的呈环状，像女子的耳环，这就是日珥。大的日珥可高于日面几十万公里。在色球上更普遍存在的是无数针状的称为“针状物”的高温等离子体的小日珥，观察日轮边缘，可看到许多细小而明亮的火舌，像无数个钢针插在日面上。针状物可高达9000多公里，宽约1000公里，平均寿命约为5分钟。在太阳单色光照片上常可观察到一些暗黑的长条，这是日珥在日面上的投影，称为暗条。

在色球与日冕之间有时会突然发生一种剧烈的爆发现象——太阳耀斑，其主要观测特征是，日面上（常在黑子群上空）突然出现迅速发展的亮斑闪耀，其寿命仅在几分钟到几十分钟之间，亮度上升迅速，下降较慢。特别是在太阳活动峰年，耀斑出现频繁且强度变强。除了日面局部突然增亮的现象外，耀斑更主要表现在从射电波段直到X射线的辐射通量的突然增强，同时有大量高能粒子和等离子体喷发，对地球空间环境造成很大影响。一次较大的耀斑爆发，在一二十分钟内可释放10^{25}焦耳的巨大能量，故有天文学家称其为“惊天动地的爆炸”。

日冕 在日全食时，人们可观察到暗黑的天空背景上，月掩日轮周围呈现青白色的光区，这就是太阳的最外层大气——日冕。它由高温、低密度的等离子体所组成。日冕的延伸范围约为太阳直径的几倍到十几倍。其亮度仅相当于满月的亮度，其形状是变化的。日冕温度大约有一二百万K，物质密度很低，每立方厘米约有10^8个粒子。本世纪30年代初，法国青年天文学家李奥发明了日冕仪，为日冕观测工作的经常化提供了方便。日冕又可分为内冕和外冕，内冕范围在$1.02R_\odot$～$1.3R_\odot$内；内冕以外即外冕，可延伸至地球轨道附近。

由于日冕具有高温，气体的动能较大，可克服太阳的引力向行星际空间膨胀，形成不断发射的一种较稳定的粒子流——太阳风。太阳风的主要成分是质子和电子，还有少数是氦原子核等，这些挣脱了太阳引力的粒子沿着日冕的磁力线，奔向行星际空间。在太阳附近，太阳风基本沿径向行进；在远离太阳的区域，磁力线由于受太阳自转的影响，形成阿基米德螺旋线，太阳风就伴随此线流向太空。

本世纪 70 年代的空间观测发现，在 X 光日冕照片上有条状或块状的局部暗黑区域，称为冕洞。冕洞是日冕上的某些辐射和亮度比周围弱很多的区域，它反映了日冕物质分布并不均匀。冕洞的寿命平均约为 5 个月，有的甚至长达一年。太阳风的速度一般约为 450 公里/秒（在地球轨道附近），而来自冕洞的太阳风速度约为 1000 公里/秒，甚至更高一些。太阳风是造成彗尾背向太阳的主要动力原因之一；此外，影响地球电离层的以 27 天为周期的一种重现型地磁暴，正是由于发源于冕洞的太阳风高速流所致。太阳风可以达到 50 个天文单位并与另一恒星的“太阳风”——星风合并。

太阳活动与地球　广义的太阳活动是指发生在光球、色球和日冕内的各种复杂变化现象，例如黑子、日珥和耀斑等统称为太阳活动。天文学家根据太阳活动现象的变化速度，常把太阳活动分为缓变型与爆发型两类。缓变型包括太阳黑子等活动现象，通常说的太阳耀斑或太阳色球爆发的现象以及称为太阳物质抛射的现象等均属于爆发型太阳活动。这两类活动在空间和时间上有一定的联系。

太阳黑子数是人们最常用的太阳活动水平的指标。观测表明，黑子数和它们在日面上的位置是不断随时间变化的。一个发展完全的黑子是由中心颜色较深的部分（称本影）和其周围较亮的部分（称半影）组成。小的黑子约有 1000 公里大小，大黑子尺度可达五六十万公里。黑子往往成群结对地出现，孤立的黑子很少有。

黑子群是由小黑子发展起来的。一个复杂的黑子群往往由几十个甚至上百个大小不等的黑子组成。黑子群存在的时间大约几天至几十天，少数可达一年左右。黑子数目、位置变化周期平均为11年左右，称为太阳黑子周或简称太阳周。许多太阳活动现象都有约11年的活动周期，但它们活动的水平并不一定同步变化。国际上早已统一规定，从1755年开始的那个11年周期作为第一周，1986年9月是第22个太阳周的起始年。

长期观测黑子可明显觉察到太阳的自转运动，方向是自西向东。日面不同纬度处自转速度不同，如赤道区的自转会合周期是26.9日，两极区的自转会合周期是31.1日。

1908年，美国天文学家海耳由观测太阳光谱线分裂的“塞曼效应”发现了黑子磁场。黑子磁场强度在1×10^{-1}特至4×10^{-1}特之间，其强度比太阳表面的平均磁场（约2×10^{-4}特）强得多，而且黑子越大磁场越强。成对出现的黑子具有相反的磁极，磁力线从一个黑子（N极）表面出来，进入另一个黑子（S极）。对于某一个黑子周，黑子磁场的极性是固定的，然而在太阳南北两半球，磁极方向却是相反的，到下一个黑子周，这种关系便颠倒一次。这就是所谓的太阳22年磁周期，它包含两个11年周期。现代太阳物理学家已确认，任何时候，在太阳上都同时存在两个并行的约22年的周期，这一概念是综合太阳表面小尺度磁场、日冕现象、太阳大尺度速度场、太阳风和地球磁场扰动等不同观测现象的基础上提出的。

太阳不仅供给地球大量光和热，维持地球上的生命活动，而且太阳活动比较剧烈时，还会影响地球上的环境变化。特别是太阳大耀斑发生时，从太阳上发射大量的紫外线、X射线、带电微粒流和强烈的射电波，这些突发性增强的辐射到达地球时可以引起多种地球效应。如极光现象、地磁扰动（磁暴）、电离层暴等。由此会导致航空磁测、短波通讯等受到严重干扰甚至中断，引起地面及空间技术系统工作的不正常，对空间飞行器造成辐射损伤以

及破坏地面电力传输等等。

由太阳活动引起的地球高层大气物理状态的变化，会逐层向下传递，其结果可影响到地球的气候变迁。已有研究表明，气候变化也有约 11 年和 22 年的周期性，即与太阳黑子活动周期有联系。太阳活动还可能是诱发地震的原因之一。为了正常的生产、生活和国防安全，太阳活动与地球的关系引起了人们的广泛关注。国际上成立了太阳活动预报中心（在美国），我国于 1992 年正式成立了日地物理预报中心（北京天文台），监测太阳活动及其对地球空间环境的影响，并与世界警报局进行观测数据资料交换，实现全球联网，资源共享。

五、日食和月食

晴朗的白昼，阳光灿烂，突然间光芒四射的太阳被一个黑影遮挡住，黑影逐渐扩大，有时甚至太阳的整个圆面完全被遮住，这时黑夜突然降临大地，气温骤然下降，天空呈现一片夜色，明亮的星星显露了出来，这就是发生了日食（图 2.5.1）。

满月的夜晚，明月高悬，一个影子突然把圆圆的月亮遮去一部分，有时甚至整个月面都被遮住，以至月亮完全失去了光辉，这就是发生了月食。

日食和月食都是自然界的一种现象。随着社会生产实践活动的发展以及科学的进步，人类不仅对日食和月食有了正确的认识，而且还进一步掌握了日食和月食发生的规律，并能对日食和月食发生的时间以及见食的地点做出精确的预报。

日食和月食的基本原理　日食的发生与太阳、地球、月亮的运动有着密切的关系（图 2.5.2）。地球围绕太阳运行，月亮则围绕地球运行。这样，太阳、地球和月亮三者在天空的位置也就时刻在变化着。地球和月亮都是自身不发光而又不透明的球体，地球和月亮在太阳光的照射下，都会拖着一条长长的影子。当月亮

运行到太阳和地球之间时，从地球看去，日、月在同一方向（朔），这时，如果日、月、地三者恰好或几乎在一条直线上，月影就会扫到地球表面，被月影扫过的地区，人们就会看到日食。显然，日食必定发生在朔，即农历的初一。但不是每次朔都发生日食，因为在朔日的时候，月亮虽然位于太阳和地球之间，但日、月、地三者不一定恰好或几乎成一直线，这是因为月亮绕地球转动的轨道平面（白道面）和地球绕太阳公转的轨道平面（黄道面）并不重合，而是有一个平均为 5° 09′ 的交角。所以，只有当月亮运行到黄道和白道的升交点和降交点附近时，才有可能发生日食。

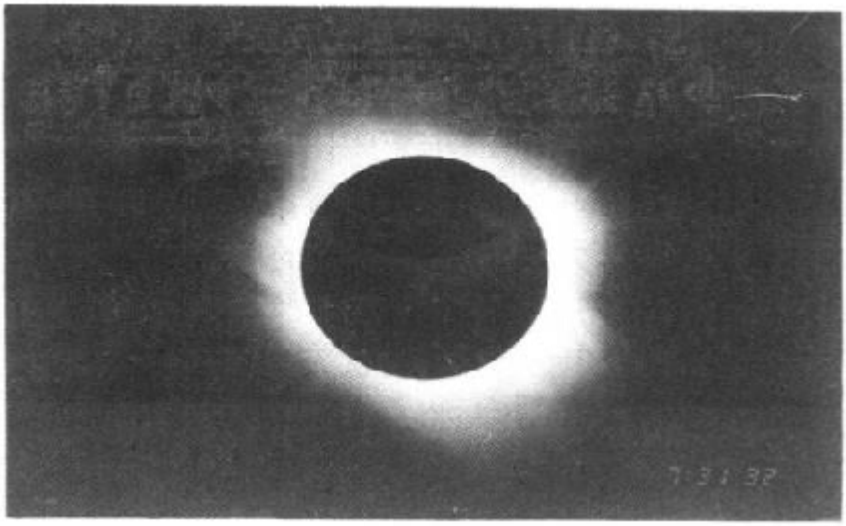


图 2.5.1　日食

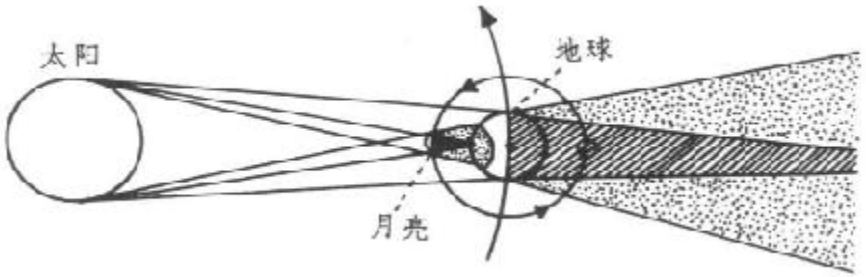


图 2.5.2　日食的成因

月食的基本原理和日食类似（图 2.5.2）。当月亮运行到和太阳方向相反的位置，从地球看去，日、月方向相差 180°（望），这时，如果日、地、月三者恰好或几乎在一条直线上，那么，月亮

就会走进地球的影子里，使得部分月面或整个月面照射不到太阳光，这就是月食。显然，月食必定发生在望，即农历的十五或十六。但并不是每次望日都发生月食，只有在望日时月亮运行到白道和黄道的交点附近才会发生月食。

日食和月食的种类　日食有三种类型：日全食、日环食、日偏食。日全食时月亮将整个太阳圆面遮住；日环食时月亮只遮住太阳圆面的中心部分，而在太阳圆面的边缘还露出像光环似的一圈；日偏食则是月亮只遮住了太阳圆面的一部分。

为什么会有三种类型的日食现象发生呢？

前面已经讲过，月亮在太阳光的照射下会在背着太阳的方向上产生一个影子。月亮的影子可以分为本影、半影和伪本影三个部分。如果月亮本影锥扫过地球表面，那么在本影区内，太阳射向月亮的光线全部被遮住，因此在这一区域的人们就会看到太阳的整个圆面被月亮遮住的日全食现象（图 2.5.3）。如果是半影扫过地面，则在半影区内，太阳射向月亮的光线一部分被月亮遮住，在这一区域的人们就会看到日偏食现象。如果是伪本影扫过地面，那么在伪本影区内，太阳中心部分射来的光线被月亮挡住，但太阳边缘部分射来的光线却未被遮挡，因此在伪本影区内的人们就会看到太阳中央部分被遮，而太阳四周只留下一窄圈光环的日环食。

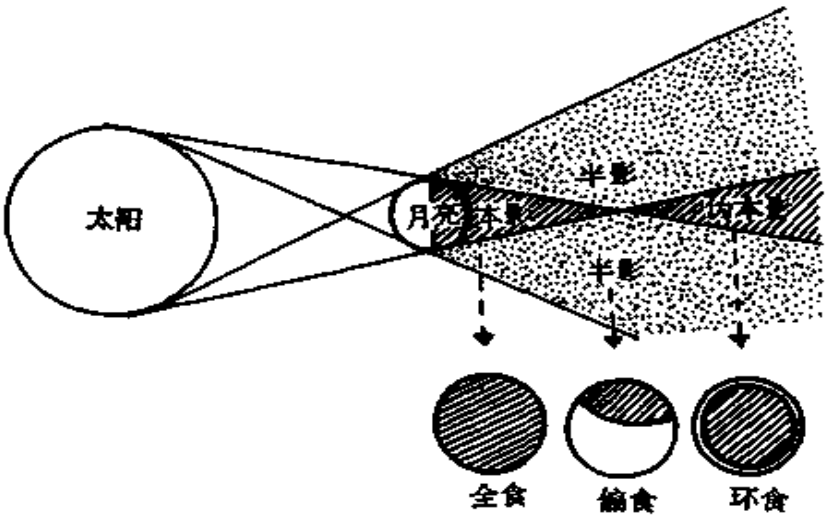


图 2.5.3　日全食、日环食、日偏食

为什么有时是本影锥扫过地面，有时是半影锥扫过地面，而有时又是伪本影锥扫过地面呢？这是由于日食发生时，地球、月亮、太阳互相的距离变化造成的。我们知道，地球围绕太阳运动的轨道不是正圆形，而是椭圆形。同样，月亮绕地球运行的轨道也是椭圆形。所以，太阳、地球、月亮三者的相互距离随时在变化。月亮离太阳远，月亮的本影锥长；月亮离太阳近，月亮本影锥短。计算表明，月亮本影锥最长可达 379660 公里，最短时是 367000 公里，平均长度为 373330 公里。而月亮到地面的距离平均为 375020 公里，最近时为 350320 公里，最远时为 400320 公里。因此，当月亮的本影锥长度超过月亮和地球的距离时，本影锥就扫过地球的表面，被本影锥扫过的地带（叫全食带）的人们就看到日全食。半影锥扫过的区域则只能看到日偏食。但是，如果月亮本影锥的长度小于月亮和地球的距离时，本影锥就扫不到地球表面，而是由本影锥尖端延长出来的伪本影锥扫到地面，这时被伪本影锥扫过的地带（叫环食带）的人们就会看到日环食。

月食只有月全食和月偏食两种。因为地球的本影锥很长（最短也有 1360000 多公里），这比月亮和地球之间的最大距离还要大得多，所以发生月食时，月亮只能进入地球的本影内，如果月亮只有一部分进入到地球本影内，即月面只有一部分被遮住，这就是月偏食。如果月面整个被地球本影遮住，这就是月全食。月亮进入地球半影以内，叫做半影月食，发生半影月食时，月面亮度稍微减弱，人眼不易察觉，通常不把半影月食算作月食。

由于月亮是自西向东绕地球转动的，所以在发生日食时，总是太阳的西边缘开始被月亮遮住，并慢慢向东边缘发展。一次日全食的全过程共分为五个阶段：即初亏、食既、食甚、生光、复圆。月面的东边缘和日面的西边缘相外切时称为初亏，即日食过程开始的时刻；初亏过后，当月面东边缘与日面的西边缘相内切时称为食既，这是日全食开始；食既以后，当月面的中心和日面的中心相距最近时称为食甚（对偏食来说，食甚是太阳被月亮遮

去最多的时刻)；当月面的西边缘和日面的西边缘相内切的瞬间称为生光，这是日全食结束的时刻；生光之后，月面继续移离日面，当月面的西边缘与日面的东边缘外切时称为复圆，日食的全过程到此结束。日偏食时只有初亏、食甚和复圆三个阶段。日环食则与日全食一样，包括初亏、食既、食甚、生光、复圆五个阶段。

月食时总是月亮的东边缘首先进入地影，当月亮与地球本影第一次外切时，这标志着月食的开始，称为初亏；初亏之后月亮慢慢进入地球本影内，当月亮与地球本影第一次内切时标志月全食开始，此时叫食既；当月亮圆面的中心与地球本影中心最接近的瞬间，称为食甚；食甚过后，月亮慢慢在地球本影内移动，当月亮与地球本影第二次内切时，标志着月全食的终结，称为生光；生光之后，月亮逐渐离开地球本影，当月亮与地球本影第二次外切的瞬间，标志着月食整个过程的完结，称为复圆。所以，月全食也同样有五个阶段：即初亏、食既、食甚、生光、复圆。而月偏食则只有初亏、食甚和复圆三个阶段。

我们在日食和月食的预报中，常常会看到“食分”这样一个词，它用来表示食甚时日面或月面被遮掩的程度。对于日偏食，食分是指日面被遮去部分和日面直径之比。以太阳的直径作为1，如果食分为0.5，就表示太阳的直径被遮去了一半。对于全食或环食，食分是月面直径与日面直径之比，很显然，日全食的食分总是大于或等于1，日环食的食分小于1。对于月偏食，食分是指在食甚时月亮直径被遮的多少和月亮直径之比。如果食分为0.7，那么就表示月亮的直径被遮去十分之七。对于月全食，食分指月亮直径进入地球本影部分与月亮直径之比，所以月全食时，食分大于1或等于1。

日食和月食的规律与周期　由于月亮围绕地球运动的轨道面（白道面）和地球围绕太阳运动的轨道面（黄道面）有平均5°09′的夹角，所以朔的时候，月亮有时在太阳上方通过，有时在太阳下方通过，并不发生日食。望的时候，月亮有时在地影的上方通

过，有时在地影的下方通过，并不发生月食。只有当朔或望的时候，太阳、月亮在黄白交点附近才会发生日、月食。由于太阳、月亮的视直径都在半度左右，所以当太阳距交点一定角距离内（限角），朔时，太阳就可能被月球遮掩而发生日食。同理，望时，月亮就能进入地影而发生月食。这时，太阳距交点的角距离叫作食限。由于月亮和太阳的视直径随着它们和地球的距离的变化而有时大些，有时小些，而且黄白交点也有变化，所以食限也有所变动。根据计算，日食限角最大为 17°.9，最小为 15°.9，就是说，朔的时候，太阳离开交点的角距离大于 17°.9 时，地球上任何地方都不会看到日食；当日食限角小于 15°.9 时，地球上一定在某个地方能够看到日食。当太阳距交点的角距离在 15°.9 和 17°.9 之间可能发生日食，也可能不发生日食。同理，望的时候，月食最大限角为 11°.9，最小限角为 10°.0。就是说，望的时候太阳离开交点的角距离大于 11°.9 时，地球上任何地方都不会看到月食；太阳离开交点的角距离小于 10°.0 时，地球上一定在某个地方能够看到月食。月食食限在 10°.0 和 11°.9 之间时，是否发生月食，需精密计算才可知道。

由于黄白交点有两个，太阳在一个历年内通过升交点、降交点各一次，所以一年中有两个时期会发生日食和月食，发生日、月食的时期叫作食季。日食食限约 18°，太阳作周年视运动从交点以西 18°运行到交点以东 18°，约需 36 天，所以日食的每一食季为 36 天。对于月食而言，月食食限为 12°，所以月食的每一食季只有 24 天。日食季是 36 天，这比朔望月的长度 29.5306 天要长，因此在一个日食季内必定会发生一次日食；一年内至少发生两次日食，如果每一食季中包含两个朔日（食季始即是朔日，食季尾必有朔日），则会发生两次日食，一年就会有四次日食发生。由于月食食季只有 24 天，比朔望月的平均长度 29.5306 天短，月食季内可能含有一个望日，也可能不包含望日。就是说一年内可能有两次月食，也可能一次月食都不发生。

如果黄白交点是不变的，那么食季也就在每年相同的一段时间内。但是，事实上黄白交点是变动的，交点的位置每年自东向西移动 19°.4，每 18.6 年在黄道上运行一周。太阳是自西向东在黄道上作周年视运动的，就是说交点迎着太阳运行。这样一来，当太阳从一交点起经过另一交点再回到原来交点运行一周所用的时间，比太阳在黄道上运行一周的时间要短 19 天，为 346.62 天（叫交点年，也叫食年）。所以食季平均每年提早 19 天。由于食年比回归年要短 19 天，所以在一历年内太阳可能三次经过交点。例如，1 月 1 日通过升交点，半年之后通过降交点，到了年末再一次通过升交点，即是说一年内有两个半食季，这时一年中可能发生 7 次日、月食（5 次日食、2 次月食，或 4 次日食、3 次月食）。一年中日食次数比月食次数多。对于地球某一地点，实际上看到的月食次数比看到日食的次数多，这是由于发生月食时，背着太阳的半个地球都可看到。而发生日食时，月亮影锥只扫过地球上一个狭窄的地带，只有日食带内的人才能看到日食。尤其是全食带只有 200 多公里宽，有时大部分在大洋地区，因此很少有人能看到日全食。一个地方平均要二三百年才能看到一次日全食。

由于地球绕太阳和月亮绕地球的公转运动和黄白交点的移动都是有规律的，所以相隔一定的时间就会发生一次大致类似的日、月食。早在古代，巴比伦人就根据对日食和月食的长期统计，发现了日、月食的循环周期为 233 个朔望月，这个周期叫作沙罗周期，沙罗就是重复的意思。233 个朔望月的时间长度（等于 6585.32 天），等于 19 个食年（等于 6585.78 天），又和 242 个交点月（月亮从交点又回到同一交点的时间间隔，242 个交点月等于 6585.35 天）的时间长度相等。就是说，在一个沙罗周期中，太阳、月亮和黄白交点就又回到原来的相对位置，因此就又发生和上一次相类似的日、月食了。一个沙罗周期约合 18 年 11 $\frac{1}{3}$ 日，如果这期间有 5 年闰年就有 18 年 10 $\frac{1}{3}$ 日。由于这个周期不是整日数，所

以下一次日、月食的见食地点和食相与上一次日、月食的见食地点和食相也会有所变化。我国汉代天文学家对日、月食作过深入研究，发现日、月食具有135个朔望月的循环周期。135个朔望月等于3986.6天，相当于11年少11天。就是说在11年少11天的时间间隔内，类似的日、月食就重复发生一次。这个循环周期记载在汉代“三统历”中，因此又叫“三统历周期”。

六、水星和金星

在太阳系的九大行星中，水星最靠近太阳，金星次之。它们都属于内行星。从地球上看去，水星和太阳之间的视角距（即两个天体在观测者眼里所张的角度）不超过28°。我国古代把30°叫做一“辰”，水星离太阳的视角距不超过一辰，因而我国古代把它称为“辰星”。在天文学中，水星的符号以☿表示。

水星最亮的时候，目视星等达－1.9等。由于水星和太阳之间的视角距离不大，使得水星经常因距离太阳太近，淹没在耀眼的阳光之中而不得见。即使在最宜于观察的条件下，也只有在日落西山之后，在西天低处的夕阳余辉中，或是在日出之前，在东方地平线上才能看到它。

金星离太阳由近及远的次序属于第二，它是离地球最近的一颗行星。除太阳、月亮之外，金星是天空中肉眼能看到的最亮的星，亮度最大时为－4.4等，比天狼星亮14倍，我国古代曾把它称为“太白”。金星比地球更靠近太阳，从地球上看去，它和太阳的最大视角距离不超过48°。因而，金星不会整夜出现在星空，它有时闪烁在群星都已隐去的朝霞中，有时又出现在众星尚未露面的落日余辉里。当金星出现在黎明的东方天空时，我国民间称它为启明星；出现在黄昏西方天空时，我国民间称它为长庚星。《诗·小雅·大东》中“东有启明，西有长庚”，指的就是金星。在天文学中，金星的符号以♀表示。

水星和金星都没有卫星。

运动情况　水星离太阳的平均距离为5790万公里，绕太阳公转轨道的偏心率为0.206，故其轨道很扁。太阳系天体中，除冥王星外，要算水星的轨道最扁了。水星在轨道上的平均运动速度为48公里/秒，是太阳系中运动速度最快的行星，它绕太阳运行一周只需要88天。除公转之外，水星本身也有自转。过去认为水星的自转周期应当与公转周期相等，都是88天。1965年，美国天文学家戈登·佩蒂吉尔和罗·戴斯用安装在波多黎各阿雷西博天文台的、当今世界上最大的射电望远镜测定了水星的自转周期，结果并不是88天，而是58.646天，正好是水星公转周期的2/3。水星轨道有每世纪快43″的反常进动（行星公转周期轨道的近日点在不断移动，这种现象称为“近日点进动”）。水星还有凌日现象——由于水星距离太阳比地球离太阳近，在运行过程中，有时经过太阳与地球中间，在地球上的观测者可看见一个小黑圆点在日面上缓缓移动，就产生了水星凌日现象（参见本书“行星的运动”）。水星凌日平均每世纪发生13次，下次水星凌日将发生在1999年11月15日。

金星离太阳的平均距离是10800万公里，绕太阳运动的公转轨道的偏心率只有0.007，故轨道接近于圆。金星绕太阳运动的速度较水星慢一些，为35公里/秒，它绕太阳运行一周约224.7天。由于金星表面有一层厚厚的浓云，过去用光学方法难以观测到它的表面情况，因而也就难于测出其自转周期。随着无线电技术的发展，1962年，天文学家利用射电方法测出了金星的自转周期。金星的自转周期很慢，要243天才自转一周，比公转一周的224.7天还长，也就是说，金星自转一周需要1年多的时间。金星自转为逆向，即自转方向和公转方向相反，是太阳系九大行星中独有的现象。因此，金星上看到的太阳是从西方升起来，从东方落下去。金星也有凌日现象，但次数比水星凌日要少得多。下次金星凌日将发生在公元2004年6月8日。

通过天文望远镜可以观测到水星和金星也有像月亮那样的圆缺变化。这是由于它们被太阳照亮的半个球面时而对向地球，时而背向地球的缘故。

物理情况 水星的半径为2439公里，是地球半径的38.2%，18个水星合并起来才抵得上一个地球的大小。质量为3.33×10^{26}克，为地球质量的5.58%。平均密度为5.43克/厘米^3，略低于地球的平均密度。在九大行星中，除地球外，水星的密度最大。根据质量和密度的数值，推测出水星会有一个含铁丰富的、致密的内核，其直径超过水星直径的2/3，有整个月球那么大。

美国发射的“水手10号”在1974年3月、9月和1975年3月探测了水星，并向地面发回5000多张照片，为我们了解水星提供了珍贵的信息。从照片（图2.6.1）上我们看出，水星的外貌酷

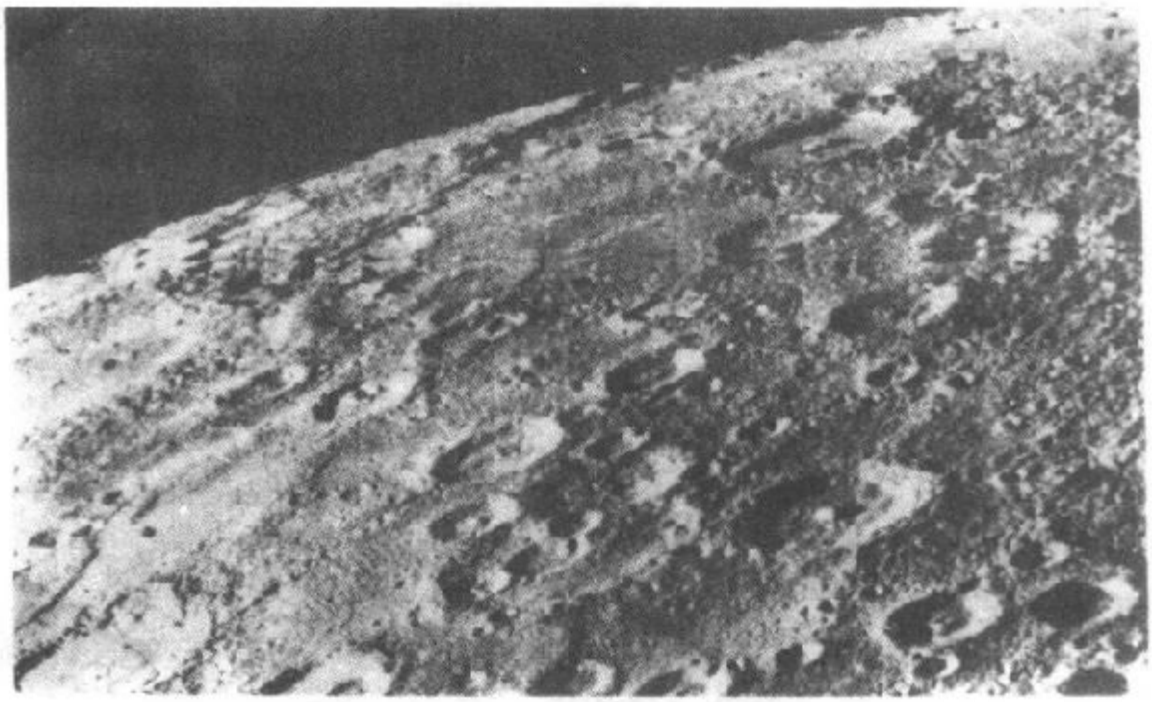


图2.6.1 水星的表面布满环形山

似月球，有许多大小不一的环形山，还有辐射纹、平原、裂谷、盆地等地形。人们推测水星的壳层与月球类似，并且都有过陨星轰

击历史。水星上有极稀薄的大气，大气压小于 2×10^{-9} 百帕，大气中含有氦、氢、氧、碳、氩、氖、氙等元素。由于大气非常稀薄，水星的表面白天和夜晚的温度相差很大。白天太阳光直射处温度高达 427℃，夜晚太阳照不到时，温度降低到－173℃。

飞船在探测水星时，发现水星有微弱的磁场，赤道上磁场强度为 4×10^{-7} 特斯拉，约为地球赤道磁场强度的 1/100；在两极为 7×10^{-7} 特斯拉。水星的磁场与地球磁场类似，也是偶极性磁场，磁轴偏斜水星自转轴约 7°。由于有磁场，水星也有磁层和辐射带。水星磁场是出乎人们意料的，因为行星磁场总是同快速自转一起出现的；然而水星的自转却很慢，这一特殊情况引起了天文学家们的关注。

金星同地球很相似，也是一个有较密大气层的固体球，其大小、质量、密度同地球也非常接近(图 2.6.2)。金星的半径为 6073 公里，比地球半径小约 300 公里。体积是地球的 0.87 倍。质量为地球的 81.5%，相当于 4.87×10^{27} 克。平均密度约为地球的 95%，为 5.19 克/厘米^3。由于这几项数值和地球十分相近，因而在过去的天文文献中，多称金星和地球为孪生姐妹。由于金星被一层浓密的大气遮盖着，长期以来，人类用光学方法无法穿透这块“蒙面纱”，了解这个近邻的“庐山”真面目，只能欣赏它的盈亏相位变化。



图 2.6.2　行星探测器拍摄的金星云层的照片

为了探索金星的真面目，20世纪60年代初拉开了探测金星的序幕，苏联1961～1978年已发射了12个金星探测器。美国1962～1978年共有6个探测金星的飞船上天。仅在1978年12月4日～25日的20多天里，苏联和美国就各有两个自动行星际站在金星表面软着陆，实现了对金星的现场考察。

行星探测器对金星进行现场考察以后，遮盖在金星表面的“蒙面纱”已经逐渐揭开了。金星没有磁场和辐射带，其大气的组成和地球迥然不同：地球大气以氮、氧等气体为主，二氧化碳很少；在包围着金星的大气中，97%以上是二氧化碳，此外，还含有少量的氮、氩、一氧化碳、水蒸汽及氯化氢等。金星大气中的二氧化碳能让阳光通过，照到金星表面，却不让热辐射返回太空，使金星表面处于高温状态，产生“温室效应”。金星表面的温度高达465℃～485℃。温室保护罩的作用还使金星上的昼夜温差很小，基本上没有昼夜、季节和地区的差别。金星表面的大气密度比地球上的大50倍。地球海洋平面的气压是一个大气压；金星表面的气压大到90个大气压，相当于地球上海洋深处900米左右所受的压力。金星上空闪电频繁，每分钟达20多次，常常是电光闪闪，雷声隆隆。苏联的“金星12号”1978年12月21日在下降到金星表面的过程中，仅仅在从11公里高空下降到5公里的期间，就接连记录到1000次闪电。有一次特别大的闪电竟持续了15分钟。“金星13号”和“金星14号”的下降装置在下降过程中，考察了金星的高空风。金星表面的风速大约为2～3米/秒，由表面到高空，风速逐渐加大，到了50～70公里的高空，风速竟然达到100米/秒，风向与金星的自转方向相同，但比自转速度快得多。更惊人的是，在离金星表面30～88公里的空间，密布着一层有腐蚀性的浓硫酸雾。这是一个多么令人窒息的环境！这个被现代天文学家称为“太阳系中的地狱”的金星绝对不能是地球的孪生姐妹。探测结果表明，金星上不存在任何液态水，不仅没有任何类似地球上的动植物存在，连任何生命的形式也没有。

美国的“先驱者”1号和2号，苏联的“金星”11号和12号分别在1978年12月4日、9日和21日、25日到达金星，对金星进行综合性的考察。从它们发回的信息得知，由于金星表面有浓密的大气保护，其表面并不像月亮、水星那样布满环形山。相对来说，金星表面比较平坦，大部分表面都覆盖着一层“浮土”，其平均密度是1.2～1.9克/厘米^3，厚度不超过1米。在浮土下面，主要是密度为2.2～2.7克/厘米^{3}的玄武岩。下降装置周围可以看到许多大石块，绝大部分石块呈红褐色，棱角分明，半埋在颗粒细小的黑褐色尘土和砂砾之中。这表明金星上的土质构造仍很活跃，可能存在活火山。

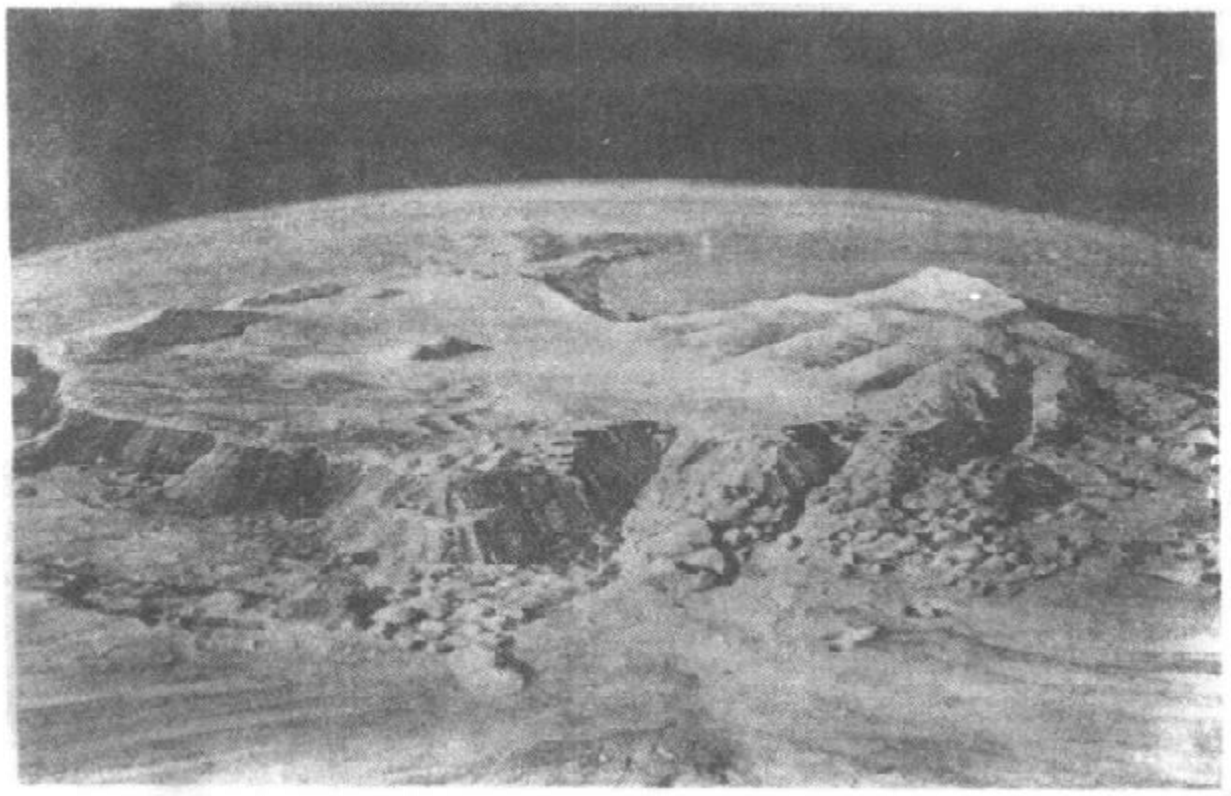


图2.6.3　金星表面有辽阔的平原、很深的峡谷和许多高大的山脉

金星上的山脉，一般都不太高，最高的是麦克斯威尔山，高度为11270米，地球上的珠穆朗玛峰还比它矮一头。北半球有一

大高原，长 3200 公里、宽 1600 公里，相形之下，西藏高原大为逊色。在赤道地区，发现一些像火山口一样大而浅的圆形圈，有些地方像是由巨大的熔岩流所形成（图 2.6.3）。此外，还有一条很深的大裂缝，自南向北穿过金星赤道，裂缝最深的地方有 7 米左右，这是目前在太阳系天体上发现的一条最大的裂缝。

从苏联发射的自动行际站“金星 13 号”拍摄的金星表面照片看出，金星的天空是橙黄色的，云也是橙黄色的；金星上的物体，大部分看起来也是橙黄色的，有的微带绿色，蓝色的很少。金星的世界，真可说是个金黄世界。这种奇异的景色，是“金星 13 号”下降装置，通过蓝、绿滤色镜拍摄的。科学家们认为，这是由于金星大气和云层太厚，吸收了太阳光中蓝色部分，使照在金星大气层和大地上的光带着黄光。因此，金星上的白昼也不像地球上这样明朗，其亮度很像地球上的阴天。

七、火　星

火星在太阳系九大行星中，按离太阳由近及远的次序为第四颗。火星是地球的近邻，它在地球轨道之外，肉眼看去，它呈火红色，我国古代称它为荧惑。火星的亮度随离地球距离的变化而变化，最暗时视星等约＋1.5 等，最亮时达到－2.9 等。火星的符号以　表示。

运动情况　火星离太阳最近时只有 2.065 亿公里，最远时为 2.491 亿公里；绕太阳公转轨道的偏心率为 0.09。在九大行星中，除冥王星外，火星的偏心率最大，其公转轨道为椭圆形。火星的轨道半长径约为 1.52 个天文距离单位，它绕太阳公转一周要 686.98 日，差不多比地球的一年长一倍；自转周期为 24 小时 37 分 23 秒，其一天的长度几乎和地球相同。火星的自转轴也有一个 25°的倾角，和地球的 23°.5 差不多。因此，火星上也有四季变化，每季长度约相当于地球上两个季度的长度。

火星在椭圆轨道上运行时，与地球的距离有较大的变化。火星与地球的会合周期是779.87天，即大约每隔两年两个月，火星接近地球一次。当地球和火星运行到太阳的同一侧，并差不多排列在一条直线时，称为火星冲日。冲日前后火星与地球的距离最为接近，但每次的距离又各不相同，在5570万至12000万公里之间变化。由于火星的椭圆轨道偏心率大，每隔15～17年有一次与地球相距特别近的冲，称为大冲，那时是观测火星的最佳时刻(详见本书“行星的运动”)。

物理情况　火星的赤道半径是3332公里，只有地球半径的一半；它的体积只有地球的1/7，质量为地球的1/9；表面重力加速度为地球的2/5。在火星上，以每秒5公里的速度抛出的物体就能脱离火星。由于火星上物体的脱离速度小，火星难以束缚住许多大气分子，因而火星大气非常稀薄。火星大气的主要成分是二氧化碳，约占95%，其余是氮、氩、一氧化碳、氧、臭氧和氢，水汽的数量很少，平均约为大气总量的0.01%。表面大气压为7.5百帕，相当于地球上30～40公里高处的大气压。

火星上受到的太阳辐射只有地球上受到的40%，因而火星的表面温度比地球要低30℃以上，昼夜温差超过100℃。在火星赤道附近，中午的温度也只升到20℃左右，晚上又下降到－50℃以下；在两极地区的夏季气温只有－70℃，冬季可下降到－139℃。望远镜发明以后，17世纪，荷兰学者惠更斯发现火星的南北两极都有白色的极冠，其大小随着季节不同而变化。当北半球是冬天时，北极冠增大；此时南半球是夏天，南极冠减少。当北半球到了夏天，北极冠的面积也随之缩减，和地球上的冰雪在夏季溶化的情景一样（图2.7.1)。

100年前，意大利天文学家乔·斯基亚巴雷利在观测了1877年火星大冲后宣称，他在望远镜中观测到火星表面有几百条“河流”样的黑暗条纹，并发表了手绘的火面图。在将意大利文的“河流”翻译成英文时，被译成了“运河”。在以后的几十年内，观

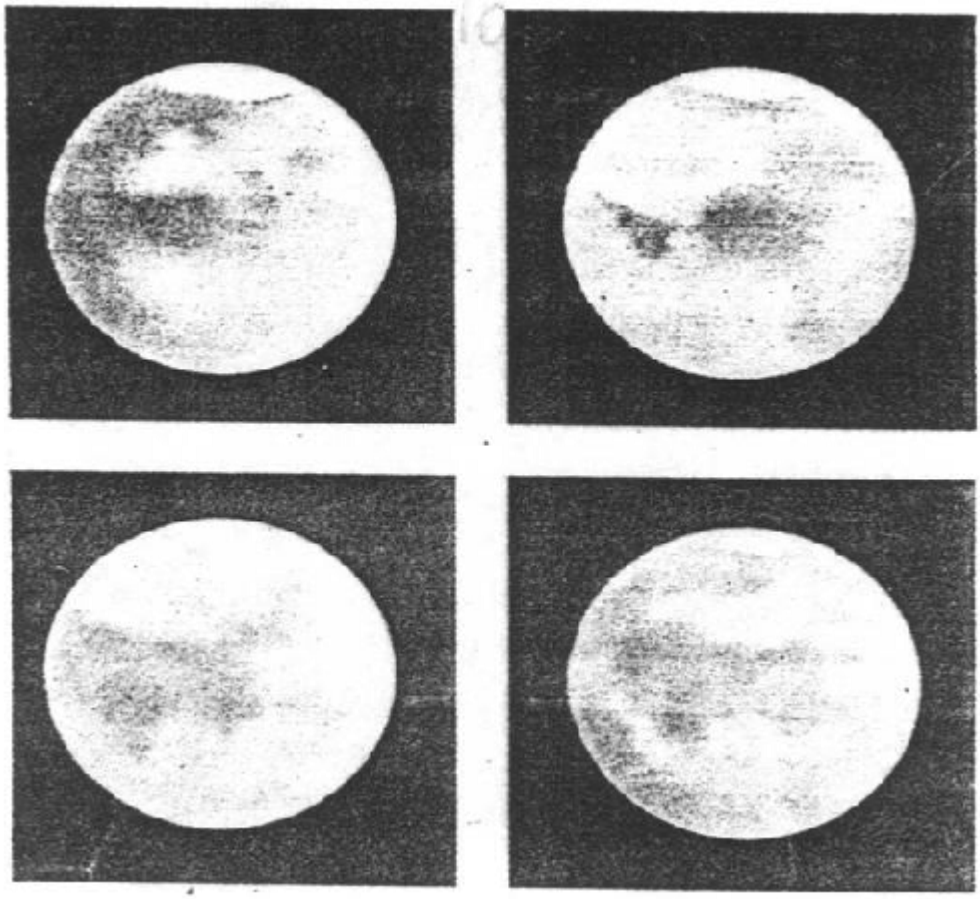


图 2.7.1 火星极冠大小随季节不同而变化

察火星表面的“运河”成了火星研究的重要课题。本世纪 50 年代，苏联有位天文学家从颜色变化上认为火星表面一些地区的光谱与地球上高寒地带某些植物的分光特征相似，从而推论火星上有耐寒植被。这些都曾使科学幻想作家的思维插上了翅膀。在他们的笔下，栩栩如生的怪物——“火星人”跃然纸上。小说《大战火星人》多年畅销，根据它改编的电影也极为上座。

为了探测火星的真面目，1962 年以来，美国和苏联先后发射了 15 个火星探测器，其中美国发射了 8 个（“水手号”和“海盗号”系列），苏联发射了 7 个（“火星号”系列），对火星进行了就近观察、就近探测和实验，取得了许多珍贵的科学成果。

1965年7月14日，美国的“水手4号”飞掠火星，第一次实现了人类就近一瞥红色近邻的夙愿。“水手4号”在离火星9600公里处拍摄了22幅电视图片。它发回来的图片显示出火星表面分布有许多环形山、火山和沙漠（图2.7.2）。1969年飞临火星的“水手6号”和“水手7号”不仅把地貌电视图片扩大到全球表面的10%，还用紫外分光仪器和红外分光仪器设备分析了火星的大气成分和表面结构。1971年发射的“水手9号”于11月进入环绕火星的轨道，成为火星的人造火星卫星，在环绕火星的轨道上观察火星及其卫星。1975年8月和9月，美国的“海盗1号”和“海盗2号”相继上天。它们的主要任务是探索火星上的生命之谜。

苏联从1962年11月至1973年8月共发射了7个“火星号”探测器，并依次编号为“火星1号”、“火星2号”、……“火星7号”。“火星号”探测器的主要任务是探测火星及其周围空间以及行星际空间。“火星2号”曾把刻有苏联国徽图案的金属片投掷在火星表面；“火星3号”放出着陆舱，首次实现在火星表面软着陆；“火星2号”、“火星3号”和“火星5号”都先后进入环绕火星的轨道，成为火星的人造卫星。

探测器发回的探测结果表明，火星随季节变化的极冠既有水冰，又有干冰（固体二氧化碳）。北极冠大部分由水冰构成，南极冠则是由冻结了的二氧化碳构成。据估计，极冠中大约保存有大气中20%的二氧化碳，而保存的水则比大气中的要多得多。极冠中的水冰，如果全部溶化并均匀分布在火星表面，就会形成一个10米厚的水层。

火星大气中常有一种形状像黄云的尘暴。局部的尘暴经常出现，大的尘暴在地球上用望远镜可观测到，特别大的尘暴（如1971年的尘暴）能笼罩火星全球，并持续数月之久。尘暴是由火星低层大气中卷着尘粒的大风构成的。据估计，每次大尘暴覆盖在火星南半球的尘埃达10^8～10^{10}吨之多。

火星表面的75%布满了沙漠，成分是硅酸盐、褐铁矿等铁氧

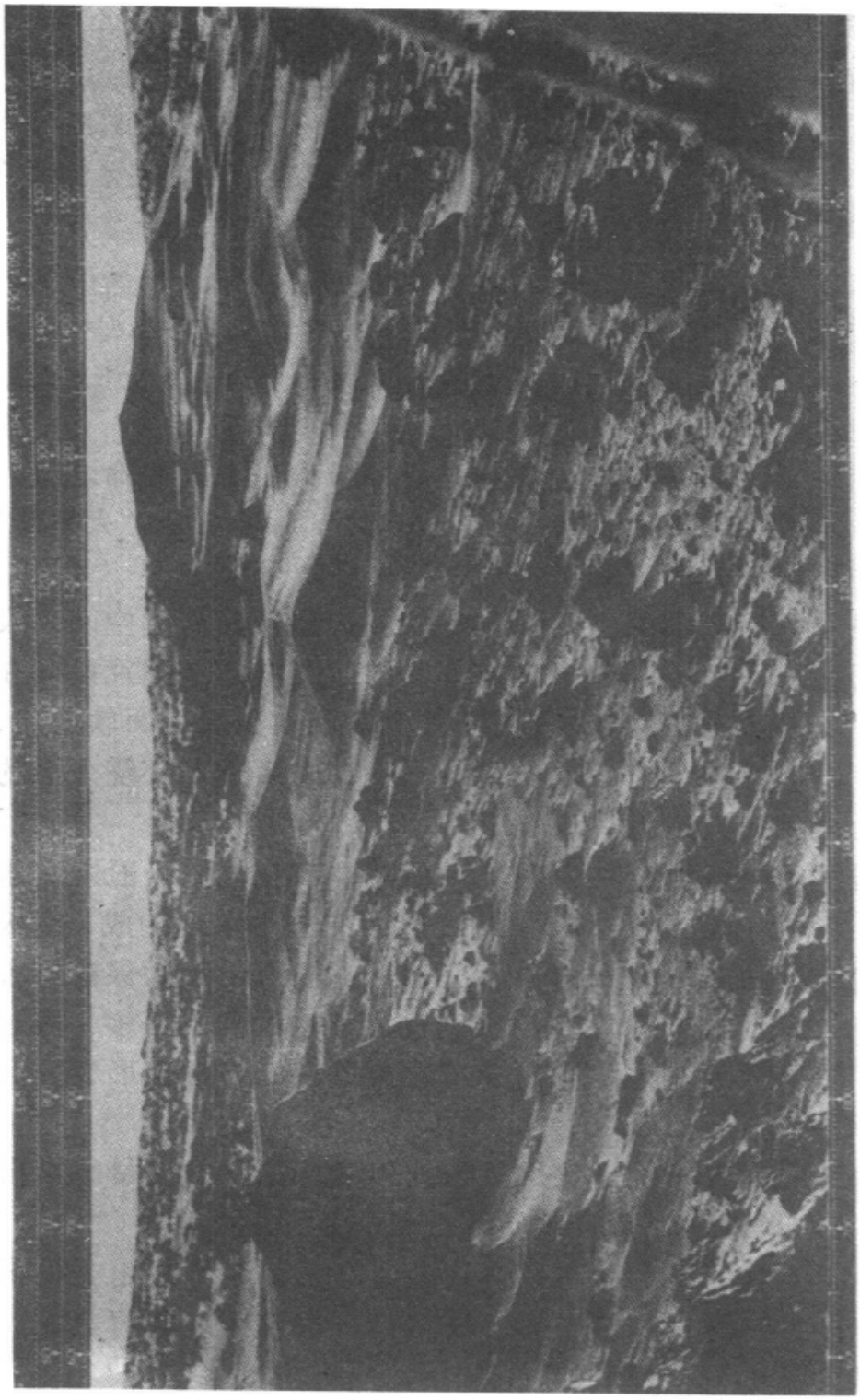


图 2.7.2 行星探测器拍摄的火星表面照片

化物，所以远远看去，火星是一个橙红和棕红的世界。火星的表面被划分成两个截然不同的半球，被一个大约倾斜于赤道 30°的大圆所分开。大圆的南部半个球面崎岖不平，且布满环形山，最大的环形山直径约为 1600 公里；某些地区环形山的密度可以和月面相比；大圆的北部半个球面比较平坦，但也是满目荒芜，石块、沙丘和酷寒的山峰装点着它的表面（图 2.7.2）。火星上还有一些火山和峡谷。最大的火山是一座称为“奥林匹斯之雪”的火山，其底部的直径约 500 公里，火山口的直径也有 72 公里，大约有 25000 米高，几乎是珠穆朗玛峰的 3 倍。火星上最大的峡谷是“水手 9 号”发现的水手谷，峡谷绵延 5000 多公里，宽 200 公里，比周围地面低 6～7 公里，谷壁十分陡峭，它比地球上最大的峡谷——科罗拉多河峡谷（长 46 公里、深约 1.8 公里）大得多。火星表面不存在液态水，但探测到数千条干涸的河床，最长的达 1500 公里，宽约 60 公里。主要的大河床分布在赤道地区，是由比熔岩流更少粘带性的液体造成的，说明火星从前曾有过水。美国的“海盗号”探测器选择了生命存在可能性最大的地方着陆，对采取的土样进行实验和分析，结果表明火星表面上存在生命的可能性极其微小（图 2.7.3）。

火星是一个冷酷的、没有生命的世界。其内部构造与地球相似，有核、幔和壳。核中含有硫，几乎全部的铁都成了硫化铁。核的半径约 1300～2000 公里。外壳由大量硅和铝及少量镁等所形成的较轻的岩石组成，厚约 50 公里。

火星的卫星　环绕火星运转的有两颗卫星，即火卫一和火卫二。这两颗卫星于 1877 年火星大冲时，由美国天文学家 A·霍尔发现。火卫被发现后，一直受到天文学家们的关注。

“水手 9 号”就近观测了火星的这两个小月亮，拍摄了它们的特写镜头。原来它们是两块表面坑坑洼洼的大石头，很像两个病马铃薯，属于不规则卫星（图 2.7.4）。它们几乎都在火星的赤道平面上运行。两者的轨道半长径分别为 9380 公里和 23500 公里，相当

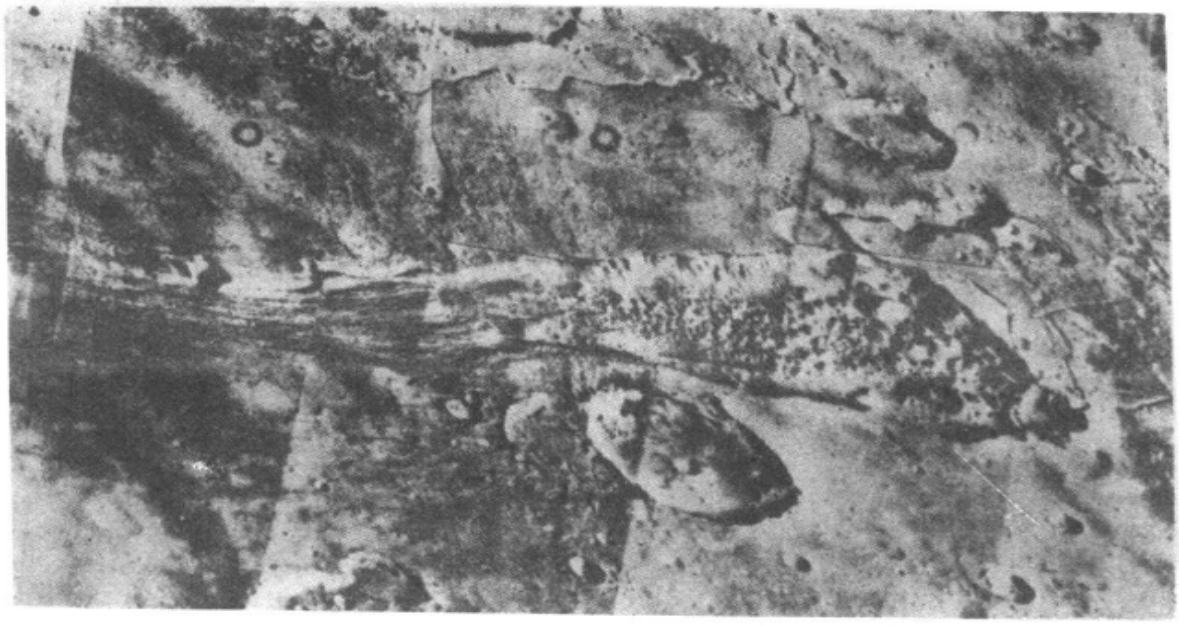


图 2.7.3 “海盗 1 号”拍摄的火星赤道附近的照片
（突出的盆地可能是由火星外壳下落的断层形成的，
左端是水泛滥后冲成的河床）

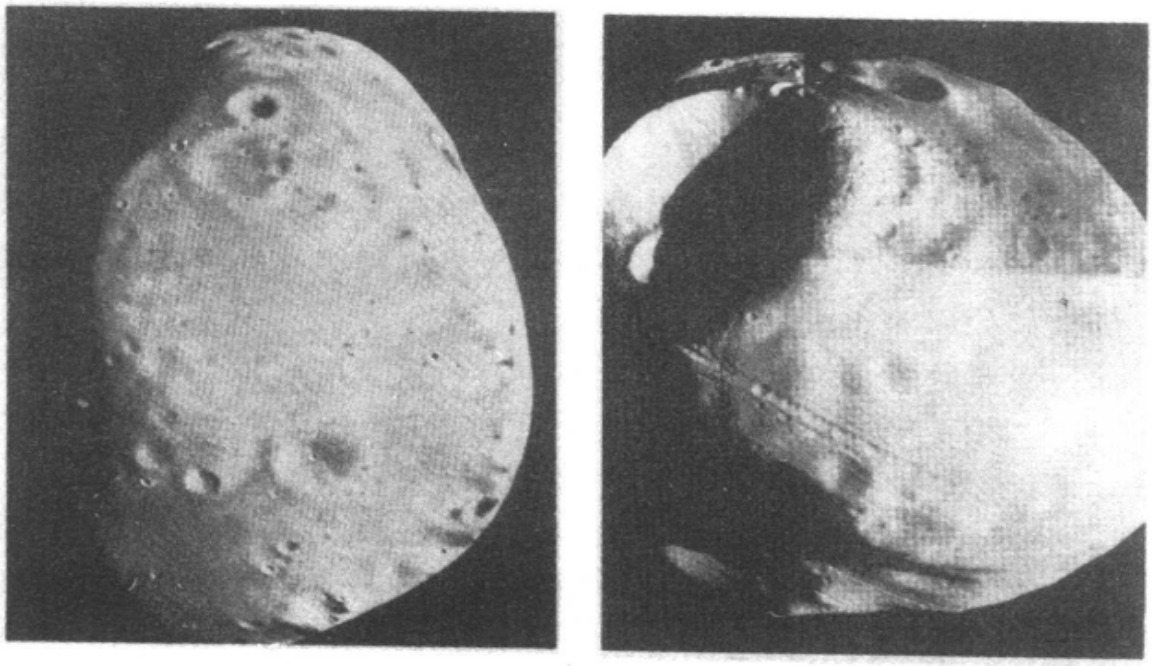


图 2.7.4 火卫一（左）和火卫二（右）的照片

于火星半径的 2.8 和 6.9 倍，说明它们的轨道接近火星。这两颗卫星环绕火星的公转周期与它们的自转周期同步。与月球始终以一面朝向地球的情况一样。火卫一的大小是：长 28 公里、宽 23 公里、高 20 公里；火卫二是：长 16 公里、宽 12 公里、高 10 公里。由于火卫一环绕火星的公转周期比火星的自转周期短，因此造成一种奇特的现象：从火星表面看来，火卫一每天西升、东落两次。“海盗号”探测器发现两个火卫上均有许多被撞击的陨石坑，甚至在一些老的陨石坑上还叠加有新的陨石坑。最大的陨石坑是火卫一上的斯蒂尼陨石坑，其直径约 8 公里。

关于火星卫星的起源，有两种学说，一种是俘获说；另一种是吸积说。

这两颗火星卫星是地-月系之外最容易被人登陆的天体。它们将是宇航员下次登陆的地方。不久的将来，人类的足迹将踏上两颗火星卫星的表面。

八、木　星

木星是太阳系中体积和质量最大的一颗外行星，按离太阳由近及远的次序为第五颗。它是天空中亮度仅次于金星的一颗亮星，通常比火星、天狼星还亮，最亮时达－2.4 等。我国古代称它为“岁星”。西方用古代神话中的大神之名称呼它，意思是主宰天上诸神的“宙斯”。在天文学中，木星的符号以　表示。

运动情况　木星和其他行星一样，也围绕太阳在椭圆轨道上运动。轨道半长径约为 5.2 天文距离单位（即与太阳平均距离约为 7.78 亿公里），绕太阳公转一圈为 11.86 年，木星虽然在太阳系中体积最大，但却是太阳系中自转最快的行星，赤道部分自转一周为 9 小时 50 分 30 秒。由于自转速度快，使得它的形状很扁，大气条纹沿赤道伸展。

物理情况　用望远镜观察木星，突出的特征是它那扁球形的

外貌。其赤道半径与极半径相差近5000公里。木星的赤道半径为71400公里，为地球的11.2倍。体积为地球的1316倍。质量为1.9×10^{30}克，为地球质量的317.90倍，比太阳系所有的行星、卫星、小行星等大小天体加在一起还重1.5倍。木星的平均密度是1.33克/厘米^3，比水稍大。这说明，木星的大部分物质处于气体状态。木星两极的表面重力加速度为23.22米/秒^2，赤道上为27.07米/秒^2。在木星表面上，物体要有61公里/秒的速度才能脱离木星。所以木星能束缚住大量气体而不让它们跑掉（图2.8.1）。

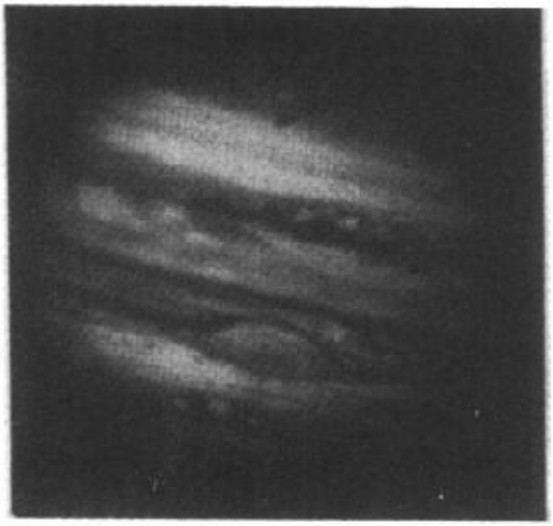


图2.8.1 木星近貌

木星有稠密的大气，主要成分为氢和氦，还有甲烷、氨、碳、氧及少量的铁和硫。通过望远镜，我们看到木星有一些明暗交替的带纹平行于木星的赤道。这些带纹是木星快速自转而产生的大气环流。它们有上千公里厚，因而使我们看不见木星的表面。带纹中有时出现寿命长短不一的亮斑或暗斑。在木星赤道以南，有一个大红斑，它于1665年被法国天文学家卡西尼发现，至今已存在300多年了。大红斑呈蛋形，宽14000公里，长30000公里。其宽度似乎不变，长度却由发现之初的30000公里逐渐延伸为40000公里，现又缩到二万多公里。大红斑不但大小有变化，而且颜色也有变化，它有时浓艳，有时暗淡。大红斑是一个含有红磷化合物的大气旋涡，朝逆时针方向旋转，温度似乎比周围的木星大气低些。

对木星的辐射探测使我们得知，虽然木星不发光，但它发射的总辐射却是所受太阳辐射的2.5倍。这说明木星除了反射太阳的光和热之外，还具有内能源，其核心处于高温高压状态，但还

不足以产生热核反应。科学家认为，木星过剩的能量是木星形成之初，从原始星云中聚集的热能。

为了探测太阳系外围空间的物理情况，迄今为止，共发射了4艘宇宙飞船，即“先驱者”10号、11号，“旅行者”1号和2号。它们都肩负着美国宇航局的重大科学考察项目。“先驱者10号”于1972年3月2日上天，一路上考察了行星际物质。1973年12月3日与木星会合，在离木星13万公里处飞掠而过，探测到木星规模宏大的磁层，研究了木星大气，送回300多幅木星云层和木星卫星的彩色电视图象。“先驱者11号”飞船于1973年4月6日发射，1974年12月5日到达木星。它离木星表面最近时只有4.6万公里，比“先驱者10号”近两倍。送回有关木星磁场、辐射带、重力、温度、大气结构以及4个大卫星的情况，并按地面指令调整航向，飞越在地面因视角不合适而难于观测的木星南极地带。“先驱者11号”在完成任务后，向着土星飞去。1977年8月20日和9月5日，美国又相继发射了“旅行者1号”和“旅行者2号”飞船。这两艘飞船在仪器设备方面比“先驱者”10号和11号先进。“旅行者1号”于1979年3月飞临木星，在3天之内探测了木星和4个伽利略卫星，以及木卫五，拍摄了数以千计的彩色照片，并进行了一系列科学考察。“旅行者2号”于1979年7月飞临木星，对木星进行了考察。两艘飞船在离开木星后，还要继续探测土星、天王星和海王星，然后飞出太阳系，到茫茫的宇宙中去寻找知音。

宇宙飞船发回的考察结果表明，木星有较强的磁场，表面磁场强度达3～14高斯，比地球表面磁场强得多（地球表面磁场强度只有0.3～0.8高斯）。木星磁场和地球的一样，是偶极的，磁轴和自转轴之间有10°.8的倾角。木星的正磁极指的不是北极，而是南极，这与地球的情况正好相反。由于木星磁场与太阳风的相互作用，形成了木星磁层。木星磁层的范围大而且结构复杂，在距离木星140万～700万公里之间的巨大空间都是木星的磁层，

而地球的磁层只在距地心 7～8 公里的范围内。木星的四个大卫星都被木星的磁层所屏蔽，使之免遭太阳风的袭击。地球周围有条称为范艾伦带的辐射带，木星周围也有这样的辐射带。“旅行者 1 号”还发现木星背向太阳的一面有 3 万公里长的北极光。1981 年初，“旅行者 2 号”离开木星磁层飞奔土星的途中，曾再次受到木星磁场的影响。由此看来，木星磁尾至少拖长到 6000 万公里，已达到土星的轨道上。

过去有人猜测，在木星附近有一个尘埃层或环(图 2.8.2)，但一直未能证实。1979 年 3 月，“旅行者 1 号”考察木星时，拍摄到木星环的照片，不久，“旅行者 2 号”又获得了木星环的更多情况，终于证实木星也有光环。木星光环的形状像个薄圆盘，其厚度约为 30 公里，宽度约为 6500 公里，离木星 12.8 万公里。光环分为内环和外环，外环较亮，内环较暗，几乎与木星大气层相接。光环的光谱型为 G 型，光环也环绕着木星公转，7 小时转一圈。木星光环是由许多黑色碎石块构成的，石块直径在数十米到数百米之

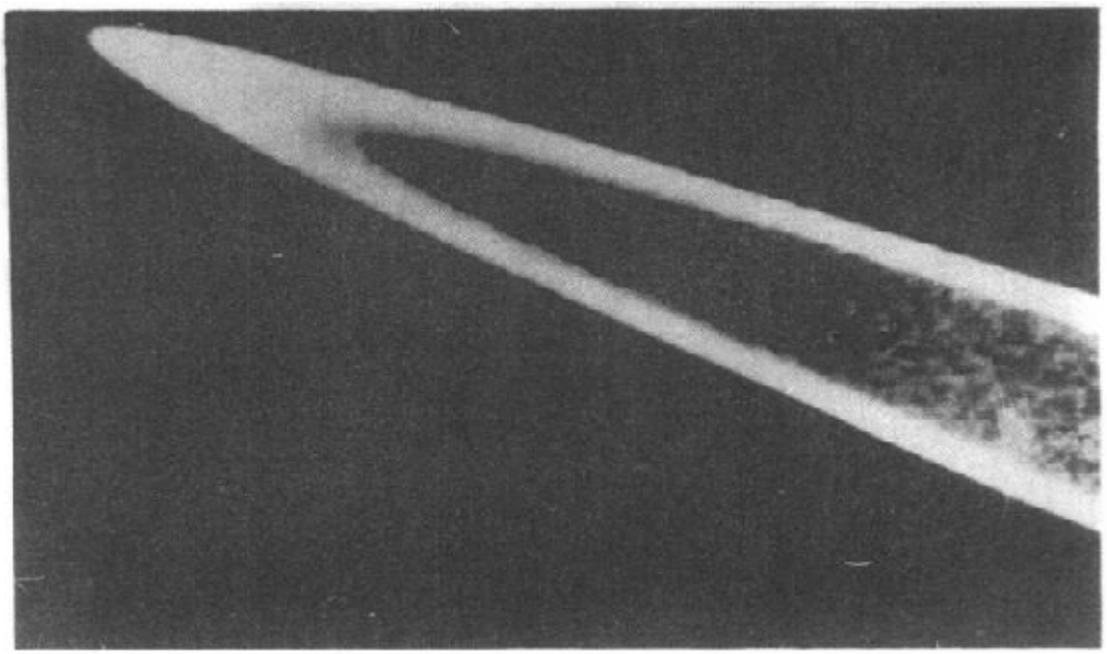


图 2.8.2 “旅行者 1 号”拍摄到的木星光环

间。由于黑石块不反射太阳光，因而长期以来一直未被我们发现。

木星有一层厚而浓密的大气层，大气的主要成分是氢，占80%以上，其次是氦，约占18%，其余还有甲烷、氨、碳、氧和水汽等，总含量不足1%。由于木星有较强的内部能源，致使其赤道与两极温差不大，不超过3℃，因此木星上南北风很小，主要是东西风，最大风速达130～150米/秒。木星大气中充满了稠密活跃的云系。各种颜色的云层像波浪一样在激烈翻腾着。在木星大气中还观测到有闪电和雷暴。由于木星有快速自转，因此能在它的大气中观测到与赤道平行的、明暗交替的带纹，其中的亮带是向上运动的区域，暗纹则是较低和较暗的云。

木星的大红斑位于南纬23°处，东西长4万公里，南北宽1.3万公里（图2.8.3）。探测器发现，大红斑是一团激烈上升的气流，呈深褐色。这个彩色的气旋以逆时针方向转动。在大红斑中心部分有个小颗粒，是大红斑的核，其大小约几百公里。这个核在周围的反时针旋涡运动中维持不动。大红斑的寿命很长，可维持几



图2.8.3　木星的大红斑

百年或更长久。

由于木星离太阳较远，平均距离为 7.78 亿公里，因此木星的表面温度比地球表面温度低得多。从木星接受太阳辐射计算，其表面有效温度值为－168℃，而地球观测值为－139℃，“先驱者 11 号”宇宙飞船的探测值为－150℃，均比理论值高，这也说明木星有内部热源。

“先驱者 11 号”探测器对木星考察的结果表明，木星没有固体表面，是一个流体行星。主要是氢和氦。木星的内部分为木星核和木星幔两层，木星核位于木星中心，主要由铁和硅构成，是固体核，温度达 3 万 K。木星幔位于木星核外，以氢为主要元素组成的厚层，其厚度约为 7 万公里。木星幔外就是木星大气，再向外延伸 1000 公里，就到云顶。

木星的卫星 在宇宙飞船探测木星之前，人们知道木星有 13 颗卫星。科学家们从“旅行者 2 号”发回的照片上又发现了 3 颗，共有 16 颗木卫。按距离木星中心由近及远的次序为：木卫十六、木卫十四、木卫五、木卫十五、木卫一、木卫二、木卫三、木卫四、木卫十三、木卫六、木卫十、木卫七、木卫十二、木卫十一、木卫八和木卫九。它们都围绕着木星公转，离木星最远的木卫九与木星的距离比地球和月亮的距离远 60 倍，它绕木星公转一周需要 758 天。

木卫一、木卫二、木卫三、木卫四于 1610 年由伽利略发现，称为伽利略卫星。1892 年巴纳德用望远镜发现了木卫五，其他卫星都是 1904 年以后用照相方法陆续发现的。“旅行者号”飞船于 1979 年发现了木卫十四，1980 年又先后发现木卫十五和木卫十六。除四个伽利略卫星外，其余的卫星半径多是几公里到 20 公里的大石头。木卫三较大，其半径为 2631 公里。

木卫可分为三群：最靠近木星的一群——木卫十六、木卫十四、木卫五、木卫十五和四颗伽利略卫星，轨道偏心率都小于 0.01，顺行，属于规则卫星；其余均属不规则卫星。离木星稍远

的一群——木星十三、木卫六、木星十及木卫七，偏心率为 0.11～0.21，顺行。离木星最远的一群——木卫十二、木卫十一、木卫八及木卫九，偏心率为 0.17～0.38，逆行。

木星的四个伽利略卫星和木卫五的轨道几乎在木星的赤道面上。“旅行者 1 号”对这五颗卫星作了考察。

木卫五是天文学家巴纳德于 1892 年在木卫一的轨道内发现的，形状呈卵形。“旅行者 1 号”发现它为浅灰色，上有一个长约 130 公里、宽 200～220 公里的微红区域。木星光环正位于木卫五的轨道里。

木卫一（图 2.8.4）最引人注目，它距木星的平均距离为 421600 公里，形状呈球形，其直径为 3630 公里，表面光滑而干燥，有广阔的平原和起伏不平的山脉，山高达 20 公里。木卫一上有强烈的火山活动，这意味着木卫一有一个太阳系中最年轻、最活动的固体表面。现已发现木卫一上有数百个直径大于 20 公里的火山口，正在爆发的火山至少有 9 座。火山爆发时，物质以 1 公里/秒的速度向上喷发，其烟云可上升至 100 公里以上的高度。火山爆发时放出大量二氧化硫气体，构成了木卫一的大气层。火山灰又使木卫一表面五彩缤纷，景色动人。由于木卫一的轨道靠近木星，受木星强大的潮汐作用，潮汐使它成为较热的卫星。

木卫二与木星的平均距离为 670900 公里，其直径为 3138 公里。木卫二上没有火山爆发。在木卫二岩石层上覆盖着一层厚约 100 公里的冰幔层，使其成为一个近于白色的星球。在它的赤道上有黑斑和亮区，黑斑是洼地，可能由陨石撞击而成。木卫二冰层有巨大裂缝，最大一条冰隙的最宽处达 70 公里，长达 1600 公里，深数公里。在冰隙中有无细菌和单细胞植物生存，这是未来飞船的探测课题。

木卫三与木星的平均距离为 107 万公里，直径 5262 公里，是太阳系中体积最大的卫星。木卫三的水和冰比木卫二更多，是一个冰冻层包起来的“水卫星”。中心有一个固态的泥芯，表面有复

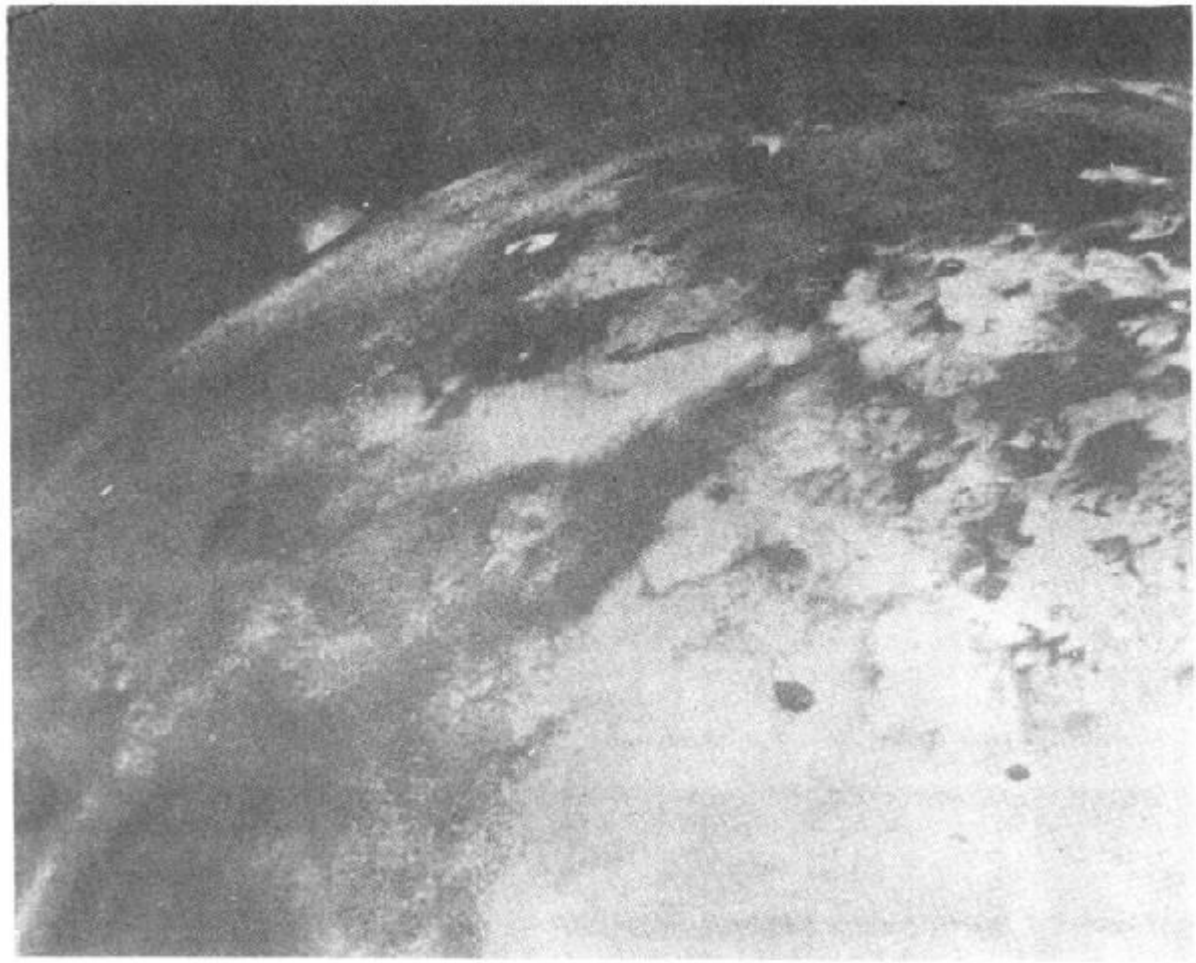


图 2.8.4 木卫一

杂而互相交错的网络，它由线型的断裂亮带所构成。木卫三表面也有“海”、高地和冰峰，还密布着许多陨击坑。

木卫四（图 2.8.5）与木星的距离为 1885000 公里，直径为 4800 公里，其表面与木卫二、木卫三大致相同，是木星伽利略卫星中表面温度最高的卫星。它也有冰壳层，其表面有两个同心盆地，盆地放出奇特的亮光。木卫四上的陨击坑比木卫三多，说明其地质年龄比木卫三大。

木星的卫星有木卫食、木卫掩、木卫凌木、木卫互掩和木卫互食等现象。

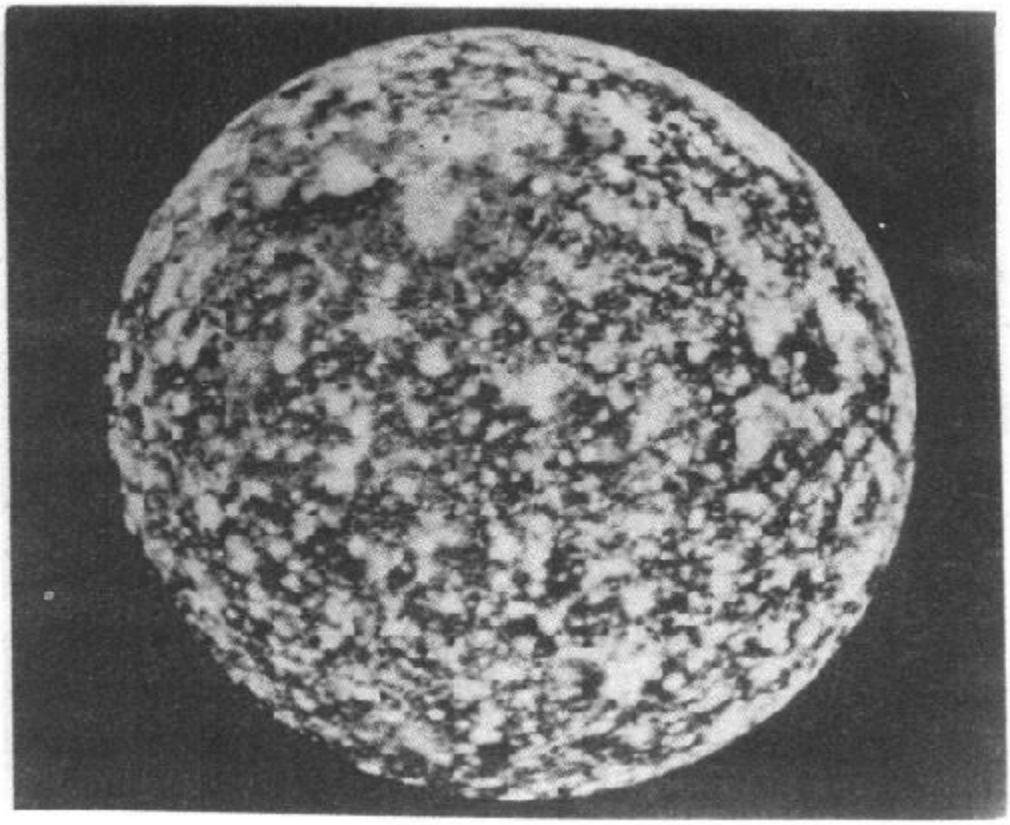


图 2.8.5　木卫四

九、土　星

土星是太阳系中体积和质量仅次于木星的大行星，与木星同属于巨行星（图 2.9.1）。按离太阳由近及远的次序为第六颗。直到1781 年发现天王星之前，人们始终把土星轨道当作太阳系的边界。土星在冲日时的视星等为－0.4 等，亮度可与天空中最亮的恒星相比。我国古代把土星称为“镇星”；西方用古代神话中的萨特恩称呼它，意思是“农神”。在天文学中，土星的符号以　表示。

运动情况　土星和其他行星一样，也围绕太阳在椭圆轨道上运动。土星绕太阳公转的轨道半径约为 9.54 天文距离单位（约 14 亿公里），轨道的偏心率为 0.056，轨道面与黄道面交角为 2°.5，绕

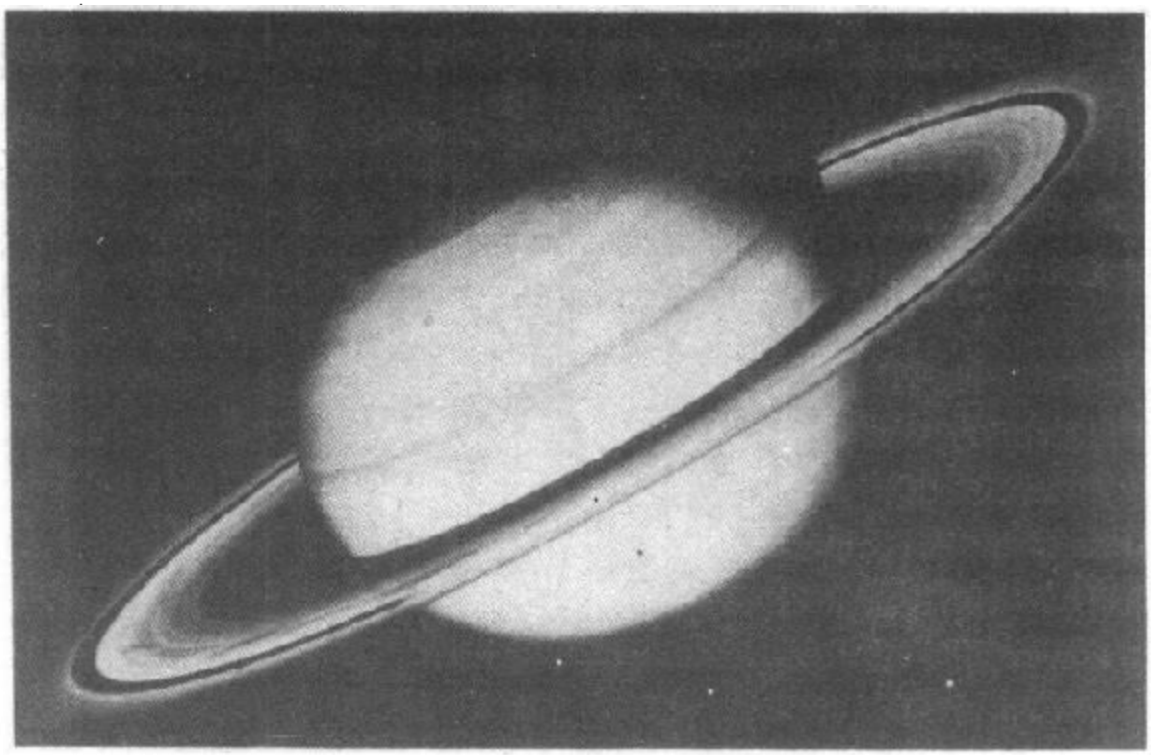


图 2.9.1 探测器拍摄的土星照片

太阳公转一周约 29.5 年，公转平均速度约为 9.6 公里/秒。土星的自转很快，仅次于木星，其自转角速度随纬度而不同，在赤道上自转周期为 10 小时 14 分，在纬度 60°处为 10 小时 40 分。由于快速自转，使得它的形状变扁，是太阳系行星中形状最扁的一个。土星表面也有沿赤道伸展的条纹带，表面为云层所覆盖。

物理情况 用望远镜观察土星，看到的是一个带光环的天体。土星的赤道半径约为 6 万公里，其赤道半径与极半径相差 5000 多公里。体积为地球的 740 倍，质量为地球的 95 倍。在太阳系的行星中，土星的质量和大小仅次于木星。平均密度是 0.7 克/厘米^3，比水的密度还要小。由于土星的密度太小，其表面重力加速度和地球差不多（为地球的 1.07）。在土星上，物体要有 37 公里/秒的速度才能脱离土星，比地球表面的脱离速度大得多，因而土星能把大量的大气束缚住。

土星有稠密的大气，其大气的主要成分是氢和氦，还有甲烷、氨等。通过望远镜，我们可以看到土星表面也有一些明暗交替的带纹平行于它的赤道面，带纹有时也会出现亮斑、暗斑或白斑。白斑的出现不很稳定，最著名的白斑于1933年8月被英国天文爱好者W·T·海用小型天文望远镜发现。此白斑位于土星赤道区，呈蛋形，长度达土星直径的1/5。以后这块白斑逐渐扩大，几乎蔓延到土星的整个赤道带。

土星有一个光环。它是伽利略于1610年用望远镜发现的。当时伽利略把土星光环误认为是土星左右两则长出的“耳朵”。在长期的观测中发现，环带中间由两条暗缝分隔成三个环。靠外的A环与靠内的B环之间被一条称为卡西尼的缝（它是1675年由法国天文学家卡西尼发现的）隔开，C环靠近土星本体，但较暗弱。1966年和1969年，天文学家用光电测光方法又发现C环内有一层更暗的D环，A环外又有一层E环，环缝分别命名为“恩克缝”和“法兰西缝”。A、B、C环为主环，A环宽度为14400公里，B环为25800公里，C环为20800公里，D环几乎触及土星表面，E环延伸到5～6个土星半径以外。

由于土星的自转轴相对于公转轨道有一个26°.7的倾角，因而从地球上看去，有时它的北极斜对着我们而看不到南极，有时则是南极斜对着我们，每29.5年周而复始。每当光环的边缘与我们的视线趋向一致时，光环越来越变得像一条线；当它与视向完全重合的一段短时间内，光环竟消失不见。这一现象说明，土星的光环虽然很宽，但很薄。

为了探测太阳系外围空间的物理情况，1973年4月“先驱者11”号上天，1979年9月1日飞临土星，成为第一个就近探测土星的人造天体。“旅行者”1号、2号在考察完木星后，继续驶向土星，对土星进行考察。完成考察土星的任务后，“旅行者2号”又继续飞向天王星和海王星，对它们进行考察。这些“一身多任”的宇宙飞船，为我们带来了土星的新信息。

“先驱者 11 号”飞船于 1979 年 8 月、9 月在距土星 128 万公里处发现，土星磁场十分特殊，磁场图很像一条大鲸鱼，其头部圆钝，两边伸出扇形翅，还有粗壮的尾巴。土星磁场的磁轴与其自转轴吻合，磁心偏离土星核心 22.5 公里。磁场范围比地球的磁场范围大上千倍，但比木星磁场小，也没有木星磁场复杂。

“先驱者 11 号”同时还发现，土星有一个辐射带，其强度小于地球的辐射带。它是由土星磁场俘获的带电粒子组成的。宇宙飞船在 6 万公里之外接收到了土星发射的无线电波，表明土星有较强的电磁辐射。据测定，土星辐射的能量是它接收到太阳能量的 2.5 倍，表明土星与木星一样有内在能源。

“先驱者 11 号”于 1979 年 9 月探测到土星的一个新环——F 环和一个环缝，此环缝后来被命名为“先驱者环缝”。F 环宽度不到 800 公里，距土星中心为 2.33 个土星半径处，正好在 A 环外侧。先驱者缝位于 A 环与 F 环之间，宽度约 3600 公里。1980 年“旅行者 1 号”发现了 G 环，G 环分布在离土星中心约 10～15 个土星半径之间的广阔地带。

“旅行者”1 号和 2 号飞船在飞越土星时发现，土星环的环数远不止 7 个，而是成千上万个，均分布在土星环的平面内（图 2.9.2）。飞船发回的照片显示出，土星环中有环，令人眼花缭乱。乍看起来，这些光环很像一张密纹唱片上的纹路，仔细观察，原来土星环具有更精细的结构：大多数光环是光滑匀称的，但也有些是锯齿形的，有的呈辐射状，还有的像发辫一样互相扭结。A、B、C 环是由几百乃至上千条细环构成；卡西尼缝中并不空，至少有 20 条细环；恩克缝中也有 2 条呈纽结状的细环。此外，还发现了几十个新环缝；F 环至少由 3 条细环所构成，其中 2 条亮环像发辫那样相互绞缠，另一条暗黑且宽；F 环上有团块和纽结。“旅行者号”飞船观测还表明：土星环是由大小不等的碎块和颗粒组成，A、B、C 环中最大的碎块约为 10 米，更多碎块的大小在 10 厘米左右；F 环大部分则是由微米量级的粒子所构成。土星光环很宽，

也很薄，整个光环宽约20万公里，而其最大厚度则不超过150米。

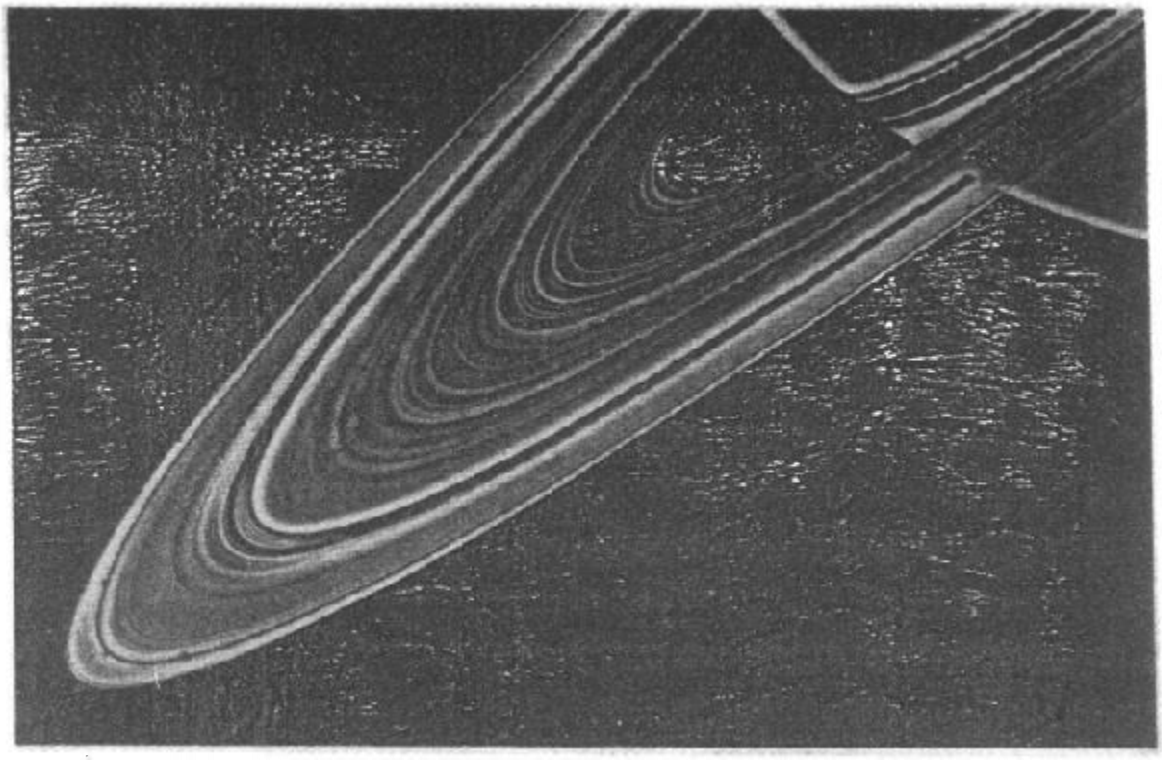


图 2.9.2　“旅行者2号”发回的土星光环照片

土星有一层厚而浓密的大气层，大气的结构很像木星，以氢、氦等为主，只是氢比木星少些。宇宙飞船拍摄的照片显示出，土星呈淡黄色，北极区呈浅蓝色。大气中翻腾着由稠密的氨晶体组成的云，云上呈现一些斑点、晕圈、丝条和漩涡状动态结构，还有彩色的亮带和暗纹。土星也有一个大红斑，但比木星大红斑要小得多。土星的大红斑是一个长8000公里、宽6000公里的卵形区，呈桔红色，估计是由一次飓风所致。此外，在土星表面上还发现灰暗的卵形区，可能是土星大气流上升后又下降进入云层时引起扰动和旋转形成的。和木星风一样，土星风也是东西向的，但比木星风大，最大风速为500米/秒。

土星的表面温度为－140℃，云顶温度为－180℃，比木星低50℃。土星有一个直径为2万公里的岩石核心，核心外面就是土

星大气。

土星的卫星 在宇宙飞船探测土星之前，人们知道土星有10颗卫星。1977年发现了土卫十一，1979年“先驱者11号”飞临土星时，探测到了第十二颗卫星。为了纪念它的功绩，起名为“先驱者岩”。“旅行者1号”飞船于1980年10月26日和11月10日在近距离考察土星时，又发现了5颗卫星。1981年8月25日“旅行者2号”在距土星云层之上101000公里处掠过，考察了土星及其光环和9个卫星。这次飞掠土星时，又发现了6颗卫星。

现已确认的土星卫星共23颗。距土星最近的是土卫十五，它与土星的距离约为13.7万公里，仅为卫星到土星中心的2.29个土星半径，公转周期为0.601天，其半径只有15公里；最远的是土星九，平均距离约1293万公里，它距土星中心为216个土星半径。土卫八的轨道面与土星赤道面的交角为7°.52，属于不规则卫星。土卫九的轨道面与土星赤道面的交角为175°，逆行，轨道偏心率达0.163，也属于不规则卫星。其余的卫星均为规则卫星。有趣的是，土卫四和土卫十二、土卫十和土卫十一都是两两同在一条轨道上；而土卫三、土卫十六和土卫十七则是三星同居一轨道。从飞船发回的资料看，没有

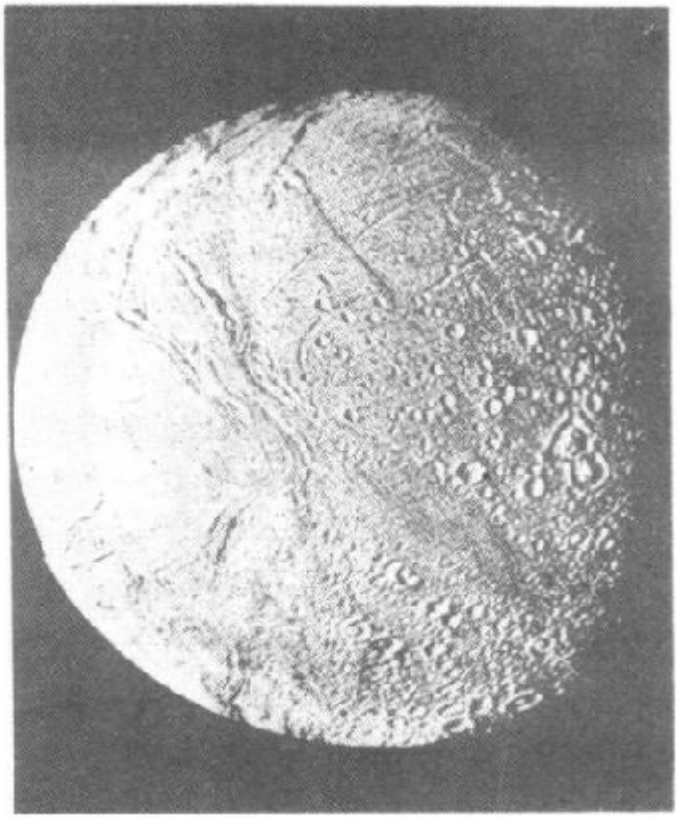


图2.9.3 土卫二

发现这些卫星上有火山活动的痕迹。

土星的卫星中，土卫六是天文学家关注的天体之一。它于1655年被荷兰天文学家惠更斯发现。长期以来，土卫六一直被认为是卫星中体积最大的，也是太阳系中唯一拥有大气的卫星，其大气成分主要是甲烷。过去认为它的表面温度也不很低，因而人们推测在它上面可能存在生命。“旅行者1号”发回的数据却令人失望，它发现土卫六的直径只有5150公里，并不是太阳系中最大的卫星（木卫三的直径最大，为5262公里），它有一层稠密的大气层和一个液态的表面，其大气层至少有400公里厚，甲烷的成分不到1%，大气的主要成份是氮，占98%，还有少量的乙烷、乙烯及乙炔等气体。土卫六的表面温度在－181℃到－208℃之间，液态表面下有一个冰幔和一个岩石核心。飞船未发现存在任何生命的痕迹。土卫六能向外发射电波，使人感到迷惑。此外，土卫六轨道附近有一个氢云。

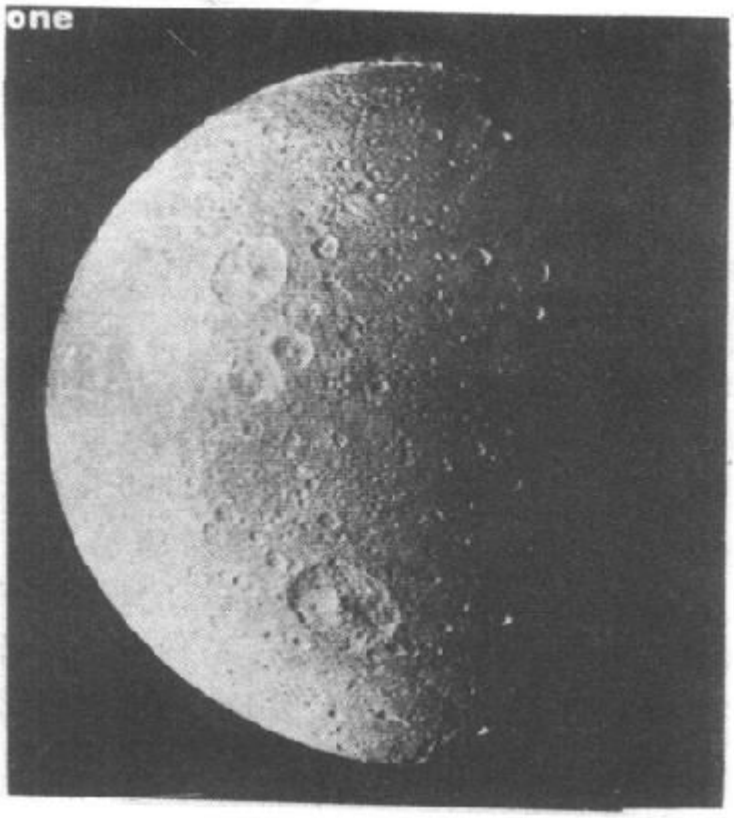


图2.9.4　土卫四

除土卫六外，天文学家从“旅行者号”飞船发回的资料发现，土星的其他卫星都比较小，在寒冷的表面上都有陨击的疤痕，像破碎了的蛋壳。土卫一表面上有一个直径达128公里的陨击坑；土卫二（图2.9.3）有着荒凉的平原、陨击坑和断皱的

山脊，它的不同区域代表着不同的历史时期；土卫三上有一个又深又宽、长约800公里的裂谷；土卫四（图2.9.4）表面有稀疏而明亮的条纹，它们都环绕着陨击坑。

十、天王星、海王星和冥王星

天王星、海王星和冥王星是离太阳最远的三颗行星。按离太阳由近及远的次序、天王星是第七颗，海王星为第八颗，冥王星为第九颗。天王星的最大亮度为5.6等，当它在天顶附近时，眼力好的人用肉眼勉强可以看到它。西方用希腊神话中的天神称呼它。在天文学中，天王星的符号以♅表示。海王星的亮度为7.9等，需要借助望远镜才能看到它。按照传统命名习惯，人们用罗马神话中的海神称呼它。在天文学中，海王星的符号以♆表示。冥王星的亮度为14.9等，它的名字是罗马神话中的神灵——冥王的名字，意思是地狱里的阎罗王。在天文学中，冥王星的符号以♇表示。

发现历史 在天王星发现之前，人们一直认为土星就是太阳系的疆界。1781年，在英国定居的德国天文学家F·W·赫歇耳利用他自己制造的口径16厘米的望远镜，在双子座中看到一个星图中未载入的天体。起初，赫歇耳认为可能是一颗彗星，经查看前人的观测记录，发现已有几位天文学家曾经看到过这个天体了。最早观测到它是在1690年。从1750至1769年中，有一位天文学家曾观测到它达12次之多，但一直被人们误认为是一颗恒星。赫歇耳根据前人的观测记录和自己的观测结果，计算出这个天体的轨道、半径和绕日公转周期。一颗新行星就这样被赫歇耳发现了，取名为天王星。天王星的发现，使人们认识到的太阳系空间扩大了3倍。

天王星发现后，有人利用万有引力定律计算并预报它未来的位置，但观测它的实际位置总是与预报的位置不完全相符，不是

超前，就是错后，这是什么原因呢？英国剑桥大学学生J·C·亚当斯经过两年计算后，于1845年首先提出在天王星外还有一颗大行星，受这个大行星的引力影响，使天王星稍微改变了它原来的运动轨道。他还计算出这个未知大行星的轨道和质量、预期位置和估算亮度。遗憾的是，他的研究成果并未受到应有的重视，被束之高阁。稍后，法国青年天文学家U·L·勒威耶也在独立地研究这个课题。勒威耶于1846年将推算出的方位和亮度函告柏林天文台，请求观测验证。1846年秋天，德国天文学家伽勒凭借他丰富的观测经验，果然在望远镜中按勒威耶预言的方位附近找到了这颗亮度为8等的新行星，命名为海王星。

海王星发现以后，天文学家们又查觉到，当把海王星对天王星的引力影响考虑在内，天王星的计算位置和实测结果仍有微小的偏离，海王星的运动也不很正常。19世纪末，许多人猜测在海王星外可能还有大行星。1905年，美国天文学家洛威尔预测、推算出了这颗大行星的位置，并用照相方法搜寻。但由于这颗星太暗了（亮度为15等），多年寻找均未能成功。1929年，制成了一架专门为这个课题而设计的广角天体照相仪，并在沿黄道带天区巡视。年轻的观测员C·汤博经过一年的辛勤劳动，检视底片上几十万个星象，终于在1930年2月发现了这颗不易认出的行星，取名为冥王星。

运动情况　天王星、海王星和冥王星都在各自的椭圆轨道上绕太阳运动。它们绕太阳运行的圈子大而速度慢。天王星绕太阳一周需要84.01年，海王星为164.8年，冥王星为248.6年。天王星绕太阳公转的轨道半长径约为19.27天文单位，轨道的偏心率约为0.046，其轨道面与黄道面几乎重合，两者之间交角为0°.8。海王星绕太阳公转的轨道半长径为30.13天文单位，其椭圆轨道接近正圆，轨道的偏心率约为0.007，轨道倾角为1°.77。冥王星绕太阳公转的轨道半长径约为39.84天文距离单位（即59亿公里），它运行的椭圆轨道也最扁，其轨道偏心率为0.250，在九

大行星中名列第一，轨道倾角也是九大行星中最大的，为17°.13。因此，冥王星离太阳最近时比海王星还近（即不到30个天文单位）。

天王星、海王星和冥王星除绕太阳公转外，本身也在自转。天王星的自转很特殊，它的自转轴几乎倒在它的轨道面上，倾角为97°.9，因此它的昼夜四季与地球上的大不相同。天王星自转一周为15.5小时。海王星自转一周为15.8小时，赤道面与轨道面有28°48′的交角，略大于地球的黄赤交角，因而海王星上有一"年"四季的变化。冥王星的自转情况过去一直不清楚，直到70年代才测出它的自转周期为6天9小时17分49秒。从冥王星卫星资料分析出它的赤道面与黄道面交角大于60°。因此，它也像天王星那样，几乎是倒在它的轨道面上自转。

物理情况 天王星和海王星在太阳系九大行星中算中等大小的行星，它们比木星、土星小，而比其他行星都大；冥王星是九大行星中最小的一个，它的体积和质量都比其他行星小。

天王星的赤道半径约为25400公里，体积为地球的65.2倍，质量为地球的14.54倍，密度只有1.19克/厘米^3，表面重力加速度比地球略大，物体要有21.22公里/秒的速度才能脱离天王星，由于逃逸速度大，气体很难得到这样大的速度而跑掉，因此，天王星能把大量的大气束缚住，使其表面有厚厚的大气。海王星的赤道半径约为24600公里，为地球的3.86倍。由于海王星自转较快，致使其形状变扁，其赤道半径比极半径长640公里。海王星的体积为地球的57倍，质量为地球的17.24倍，平均密度为1.66克/厘米^3，表面重力加速度比地球略大，物体要有23.6公里/秒的速度才能脱离海王星。由于逃逸速度大，海王星表面也有厚厚的大气。冥王星的赤道半径约为1500公里，体积只有地球的1%，质量大约是地球的0.22%，平均密度约为0.9克/厘米^3，其表面的脱离速度为1.1公里/秒。

从地面探测和空间探测得知，天王星表面大气层的主要成分

是氢和氦。其中很大部分是氢，氦的含量为10%～15%，此外，还有少量的其他气体。天王星（图2.10.1）具有温度较高的同温层

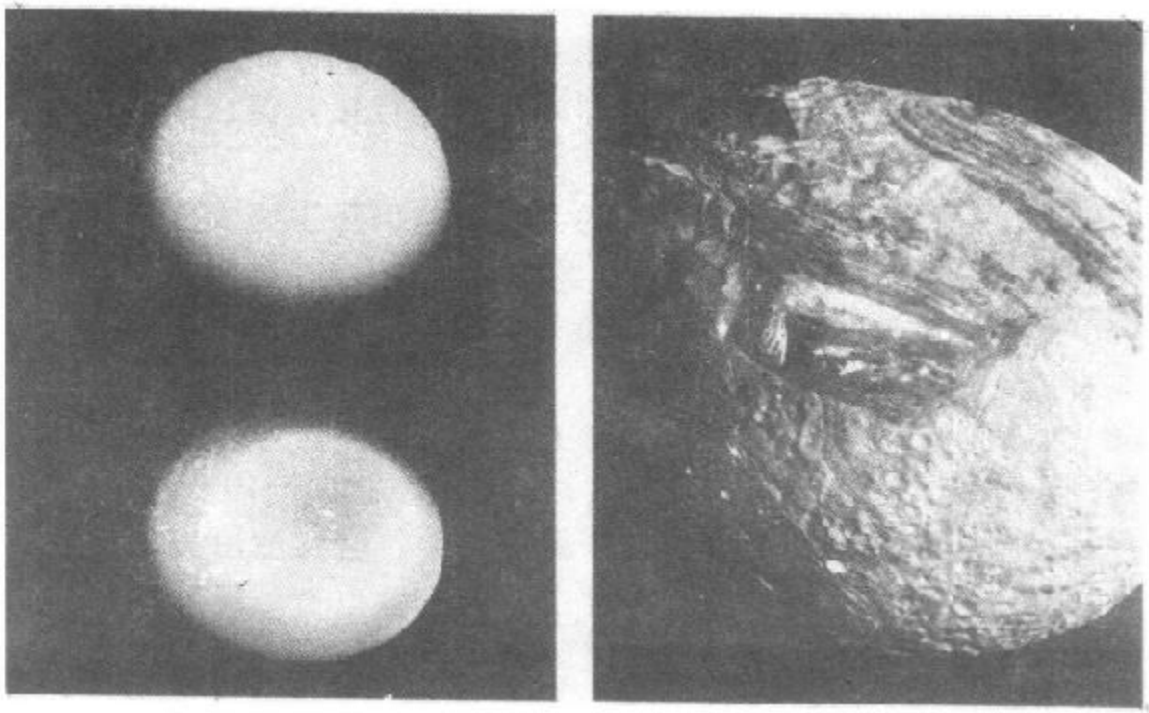


图2.10.1　天王星

和一个较冷的对流层。在高度为6000公里的天王星大气为750K。由于天王星离太阳很远，它接受太阳能只有地球的千分之二，表面温度只有－211℃；仅靠太阳光是不能达到如此高温的，因而可能在天王星上存在其他能源。海王星表面也有厚厚的大气层包围着，大气中含有氢、甲烷和氨等气体。由于海王星离太阳遥远，表面有效温度为－230℃。但在红外波段，海王星的辐射能量超过它所吸收的太阳能量，这表明海王星也可能存在内部局部能源。从1989年8月“旅行者2号”考察海王星时发回的照片上发现，海王星上面有一个大鹅卵形黑斑，二个暗斑和三个亮斑。黑斑的直径大约为1.28万公里，看上去像一只大眼睛，大约每10天逆时针旋转一周。这个大黑斑实际上是一个气旋，它是海王星大气的高压区，在它上面约50公里处有一些像卷云般的云朵。分析表明，

在海王星大气中含有高浓度的甲烷和氢硫化物。

天王星和海王星的内部结构既不像类地行星富含硅、铁，又不像巨行星那样富含氢、氦，它们基本上是由水、甲烷、氨等氢化物构成，而硅酸盐、铁、氢和氦只是次要成分。这就是说，虽然天王星和海王星也像巨行星那样是液态行星，但它们的化学成分已不是原始星云物质。

现在认为天王星和海王星的大气中氢仍是主要成分，其内部结构分为三层：富氢的大气层，其质量为1～2个地球质量；由甲烷、氨和水构成的液态幔，其质量约为地球质量的10倍；岩-冰核，其质量约为地球质量的3倍。

根据地面观测，天王星和海王星也有磁层。为此，“旅行者2号”的探测项目中设置了对天王星、海王星磁层的探测项目。“旅行者2号”在到达天王星最近距离点之前，就探测出天王星发出的射电信号和带电粒子流。经测定，天王星也有磁层结构，其磁层中主要是由质子和电子构成的等离子体。磁层在朝向太阳的一面至少延伸到59万公里的高度，其磁尾延伸到600万公里。天王星也有与地球范艾伦带类似的辐射带。“旅行者2号”在探测海王星时，其天线也接收到海王星射电爆发的噪声，这种爆发大约每隔16小时3分至16小时5分发生一次，说明海王星也有磁场。海王星磁场与其自转轴之间的倾角约为50°，其磁层中主要是由氢离子、氦离子和氨离子构成。海王星也具有辐射带，还有类似于在地球南北极出现的极光。

自从发现冥王星以来，已过了半个多世纪，由于冥王星绕太阳公转一周需要248.6年，这半个多世纪以来，它只运行了1/5的路程。由于它离地球太远，其直径也不大，关于它的情况我们还不很清楚。冥王星离太阳太遥远了，太阳光到那里要在行星际空间走上5个多小时。它接受的太阳热量只及地球表面上的万分之六。冥王星上面是一个冷到－240℃的冰冻世界，估计是个脏的冰雪球，由冰、氨冰、甲烷和尘埃组成。

光环和卫星　过去，人们一直认为在太阳系中，土星是唯一具有光环的行星。1977 年 3 月 10 日及同年 12 月 23 日，中国、美国、澳大利亚、南非、印度等五国的天文学家在观测天王星掩恒星 SAO158687 时，各自意外地发现了天王星像土星那样也有环带。这是近代天文学的一项重大发现。天文学家们最初发现天王星有 5 个环，由内到外分别是 α、β、γ、δ、ε 环。前 4 个环宽度仅 10 公里左右，ε 环最宽，将近 100 公里，且有较复杂的结构。经仔细分析后发现，α 环内还存在 3 个小环，β 环和 γ 环中也有一个小环，分别为 χ 环、ι 环、θ 环和 η 环，η 环可能是由 60 公里宽的稀薄物质构成的。这样，就发现天王星有 9 个环。根据实测，计算出天王星光环是由稀疏不等的碎石构成。整个环系距天王星大约 1.5 万公里。1986 年 1 月 24 日，“旅行者 2 号”在探测天王星时，又发现了天王星的 2 个新环。至此，总共发现天王星有 11 个环。它们大多数是窄环，结构简单，位于天王星赤道面上，为圆环，且环与环之间相距较远。ε 环比较特殊，是椭圆环。在环的内外两边缘上，物质相对集中。1979 年，美国天文学家用红外光在 5 米望远镜上也拍摄到天王星环像。此外，他们还在智利将电荷耦合器件（CCD）装到 2.5 米望远镜上，在光学波段观测到了天王星环。观测结果表明，天王星环只反射 2%的太阳光，说明天王星环是由太阳系中最黑的物质所构成，这些物质比煤还要黑。

海王星是否也有环带?这是天文学家们长期以来关注的问题。1977 年上天的“旅行者 2 号”飞船，经过 12 年的长途跋涉，于 1989 年 8 月 25 日飞临海王星进行考察时，探测到海王星共有 5 个光环，它们的结构与天王星稍有差别。在 5 个环中，4 个是环，另一个是尘埃壳。在这 4 个环中，外面 2 个（$1989N_1A$ 和 $1989N_2A$）是较亮的窄环，它们离海王星中心的半径分别为 5.3 万公里和 7 万公里；另外两个则是较暗的弥漫环，其中一个宽 2000 多公里。处于两个窄环外侧的尘埃壳既宽又厚，其中尘埃圆面（环）宽约 1 万公里。

1986年以前，人们一直认为天王星有5颗卫星，即天卫五、天卫一、天卫二、天卫三及天卫四。它们都在接近圆形的轨道上绕天王星运行。5颗卫星的公转周期分别为1.414天、2.521天、4.144天、8.706天和13.463天，轨道面与天王星赤道面的交角很小，因此，它们都是规则卫星。由于它们的轨道面与天王星公转轨道面的交角约为98°，故它们为逆行卫星。在5颗卫星中，天卫五最小，直径仅485公里，天卫三最大，直径为1610公里；卫星的质量在2.2×10^{22}克至2.9×10^{24}克之间。“旅行者2号”在1986年1月24日飞临天王星时，除了考察这5颗卫星外，又新发现了10颗卫星。其中的两颗在天王星光环的ε环两侧，其直径分别为15公里和20公里；其余8颗卫星均是在ε环外侧发现的，其直径在60公里至80公里之间，有一颗位于天王星和天卫五之间的卫星较大，直径为170公里。从“旅行者2号”发回的照片上看出，天卫三上有白色的覆盖物，可能是冰，其地貌以断层和裂谷为特征，还有很高的环形山；天卫二的表面类似天卫三，环形山里有浅色物质；天卫四上有大量的环形山和陨击坑，以及不深的沟谷；天卫一上有许多明暗分明的斑点，还有一系列复杂的断裂面和峡谷；天

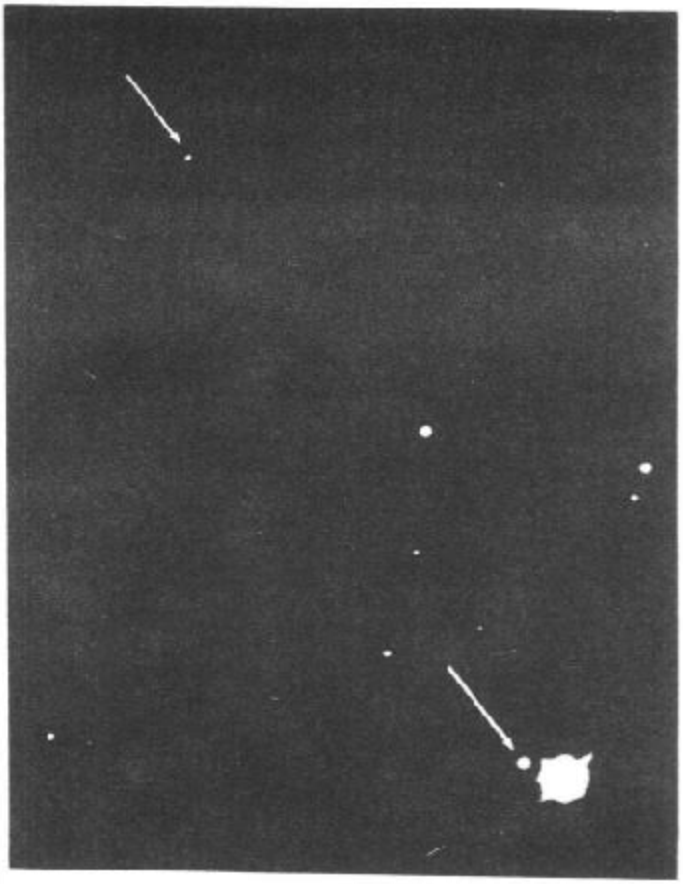


图2.10.2 海王星和它的卫星（箭头所指）

卫五不是一个标准的圆球，其上面有高高的山峰（高达 24 公里）和深谷（深约 16 公里），还有环形山和冰川等。从飞船获得的图像分析，天卫一和天卫五上可能存在“冰火山”，其冰中不包含水，而是由氨、甲烷和一氧化碳构成。

过去，人们从地面观测到海王星有两颗卫星，即海卫一和海卫二（图 2.10.2）。1989 年 8 月 25 日，“旅行者 2 号”飞近海王星，又发现了 6 颗海王星卫星，使海王星卫星总数达到了 8 颗。新发现的卫星暂命名为 $1989N_1$～$1989N_6$。海卫一在接近圆的轨道上逆行，其公转周期为 5.877 天。轨道面与海王星赤道面的交角为 160°，属规则卫星。海卫一的直径为 3500 公里，质量约为 3.4×10^{22}克，其体积和质量都是太阳系卫星中较大的。海卫二环绕海王星运行的轨道为椭圆，轨道面与海王星赤道面的交角为 28°，顺行。由于偏心率为 0.75，故属不规则卫星。海卫二的直径为 400 公里，质量约为 2.8×10^{19}克。1989 年“旅行者 2 号”飞往海王星时，重点考察了海卫一。海卫一有一层稀薄的大气，主要成分是氮，并混有微量甲烷气体。大气层中有一层 25 公里的雾云，可能是冻结的甲烷。海卫一有一个较大的极冠，由冻结的氮所构成；而在赤道附近，则是一片开阔地带。液态氨、甲烷与固态氮混在一起，形成湖泊并淹没了火山口。海卫一上也有陨击坑结构，对陨击坑统计表明，海卫一现今地貌至少有 30 亿年的地质史。

冥王星有一颗卫星，于 1978 年 5 月由美国海军天文台的克里斯蒂发现，卫星定名为卡戎（“charon”，是希腊神话中载亡灵渡过冥河的艄公的名字），其直径为 1300 公里，质量为 1.6×10^{24}克，轨道半径为 19700 公里。冥卫绕冥王星转动的周期为 6 天多，与冥王星的自转周期相同。它是太阳系中唯一的天然同步卫星。

十一、小行星

小行星是太阳系里的小天体，它们大多分布在火星、木星轨

道之间的小行星带中，从1801年意大利天文学家皮亚齐发现第一颗小行星起，小行星的发现至今只有200多年的历史。

发现和命名 按照提丢斯-波得定则，在火星和木星之间还应该有一颗行星。1781年3月，著名天文学家威廉·赫歇耳在英国意外地发现了天王星，它几乎就在定则给出的距离上，从而有力地支持了提丢斯-波得定则，更激发了人们寻找新行星的兴趣。

1801年元旦之夜，人们沉浸在辞旧迎新的欢乐中。意大利西西里岛巴勒莫天文台台长皮亚齐，为编制一本星表而做巡天观测时，发现了一个在火星和木星之间游动的陌生天体，后来计算出它的轨道正好与要找的行星吻合，被命名为谷神星。因当时测得的半径只有400多公里（几经重新测定，现在的精确数值略大于1000公里），不能和大行星相比，所以叫做小行星。

翌年3月，德国天文爱好者奥伯斯发现了第二颗小行星——智神星，除了稍小一点儿，它在好些方面与谷神星伯仲难分。接着又连续发现了婚神星和灶神星。19世纪末开始用照相方法寻找小行星之前，已发现322颗小行星。此后小行星的发现逐年增多，特别是近年来由于探测技术及轨道计算方法都有了很大的改进，每年发现的小行星数竟达二三百颗。据统计，到1994年底被正式编号命名的小行星已达5300多颗。天文学家推测，太阳系内小行星大约有50万颗。

按照国际惯例，新发现的小行星先给予临时命名，在发现年代之后加两个拉丁字母，第一个表示发现的时间，以半个月为单位，按字母顺序排列，第二个则表示在这段时间内发现的次序，也按字母顺序排列。算出新发现的小行星的轨道后，再经过两个以上不同冲日年代的观测，方能得到正式编号和永久命名。发现者享有对小行星的命名权。设在美国史密松天文台的国际小行星中心负责收集所有的小行星的观测资料，并进行系统的轨道证认和编号。

最早发现的小行星大多以古希腊、罗马的神话人物命名，后

来的许多小行星常常冠以天文学家或城市的名字。1928 年，我国著名天文学家张钰哲在美国叶凯士天文台发现了 1125 号小行星，他将这颗小行星命名为中华，这是中国人发现的第一颗小行星(图 2.11.1)。时至今日，紫金山天文台已累积发现了几百颗新小行星，到 1994 年底正式编号和命名的有 120 多颗。

历史上发现小行星最多的是莱因马齐，他共发现了 246 颗小行星，其次是首先把照相技术引进小行星观测的德国天文学家沃尔夫，他以发现 231 颗小行星的记录位居第二。

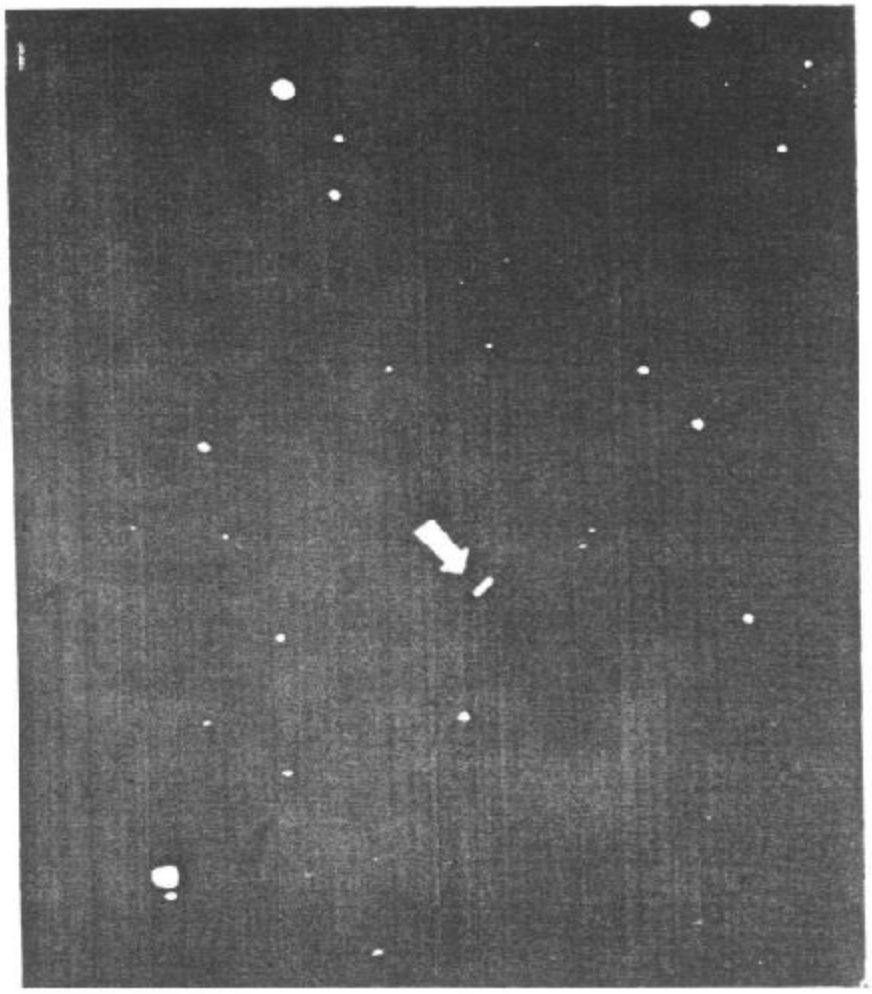


图 2.11.1

小行星的一般性质 小行星的直径很小，在天文学家所获得的几百颗小行星半径值中，只有几颗较大，离地球较近的小行星是直接测量的，其他都是用光度法、红外波和偏振法测定的。测量表明，直径在50公里以上的小行星大约有560颗，绝大多数小行星的直径都在1公里以下。

至于小行星的质量，除1号谷神星、2号智神星和4号灶神星外，所有的小行星质量都是由它们的直径和假定的密度推算出来的，仅有数量级的概念。一般认为小行星的总质量值为1000亿吨，其中谷神星大约占总质量的一半。

小行星的反照率取决于它们的化学组成和表面状况。由于小行星表面各部分的反照率不同，再加上自转，使小行星的亮度产生周期性的变化。根据亮度变化曲线，可测出小行星的自转周期和自转轴的取向，并推测它们的形状。从目前已知自转状况的200多颗小行星看来，自转周期多数在4～16小时，平均为11.47小时。自转轴的取向是随机分布的。直径大于100公里的小行星的形状一般比较规则，接近球形；直径小于100公里的小行星形状则是各种各样的，有的呈长柱形，有的犹如哑铃，还有的甚至像是两块石块粘在一起的。

我国紫金山天文台从50年代末开始小行星的光电观测，已发表了数十条小行星光度曲线，其中有些是在国际上首次发表的，由于观测质量高，被国外观测者广泛采用。

轨道分布 小行星的公转轨道都是椭圆形的，大约有95%的小行星轨道半长径在2.17～3.64天文单位之间，这一空间区域称为小行星的主环带，位于主环带里的小行星称为“主带小行星”。

一小部分小行星离群索居，形成几个特殊的群体。轨道半径大于3.3天文单位的称为远距小行星，其中最著名的是脱罗央群，它们的轨道半径和木星的一样大。从太阳望去，有一些位于木星之前60°，有一些位于木星之后60°，前者叫“希腊群”，后者叫“纯脱罗央群”。

另一个特殊群体是近距小行星，它们的轨道近日点深入到内太阳系，有的甚至跑进地球轨道以内，称为近地小行星。按照轨道近日点的距离和半长径的数值特征，近地小行星又被划分成阿莫尔型、阿波罗型和阿登型。阿莫尔型小行星的轨道特征是近日距都在火星轨道之内——1.02～1.3 天文单位，半长径 1.39～4.23 天文单位，偏心率 0.062～0.574，倾角 2.2°～52.1°，小行星直径为 0.3～38.5 公里。现已发现这类小行星有 70 多颗。阿波罗小行星的轨道特征是近日距小于 1.017 天文单位，而半长径大于 1 天文单位，因有一段轨道与地球轨道非常靠近甚至相交，而引起天文学家的特别关注。这类小行星已发现了 100 多颗。阿登型小行星的轨道半长径都小于 1 天文单位，近日距也小于 1 天文单位，远日距略大于 1 天文单位。这种小行星为数不多，目前仅发现 10 颗左右。因它们的轨道与地球近似，周期也相差不多，所以比阿波罗型小行星更受到重视。

一些近地小行星在大行星的摄动下，轨道会和地球轨道相交，从而有可能与地球相撞。在过去的几十亿年中，这种事件可能确实发生过。通过空间遥感技术，在地球上已发现了 100 多个陨石坑，其中 91 处推测是小行星撞击造成的。据科学家考证，1976 年吉林陨石雨的母体就是接近火星轨道的阿波罗型小行星的一个碎块。最近美国科学家提出，导致 6500 万年前恐龙灭绝的也是一颗陨落的阿波罗型小行星。

虽然小行星撞击地球造成的危害很大，但是这种几率是微乎其微的。研究表明，直径 10 公里大小的小行星平均 1 亿年左右才会与地球相撞一次，地球每百万年受到三次较小的小行星的撞击，但其中只有一次发生在陆地上。为了预防这种不测事件，一些国家正在考虑发射专门监测近地小行星的人造地球卫星，及早发现并排除它们。

小行星的卫星　1978 年 6 月 7 日，美国天文学家麦克马洪在观测 532 号大力神小行星掩恒星时，发现它有一颗卫星，命名为

1978（532）I，这是天文学家第一次发现小行星有卫星。532 号小行星和其卫星的直径分别为 243 公里和 45.6 公里，彼此相距 977 公里。半年后天文学家又从 18 号郁神星掩恒星的资料中发现它也有卫星。这对小天体的中心距为 460 公里，直径分别为 135 公里和 37 公里，倘若这是一颗同步卫星，那么在郁神星上看来，这个“月亮”的角直径可达 5°24′，视面积几乎是我们月球的 120 倍。以后，又在重新处理过去的一些小行星掩星资料时发现若干小行星也有卫星，其中包括 2 号智神星、6 号春神星、9 号海神星、12 号凯神星等，大概有三四十颗。

1980 年，美国天文学家利用光斑干涉测量的新技术证明 2 号智神星确实存在一颗卫星，但是，对于小行星是否有卫星的问题一直悬而未决，一些持反对意见的天文学家认为，人类已经发射了那么多空间探测器，但迄今未发现一颗小行星的卫星，所以小行星有卫星的结论缺乏观测证据。另外，小行星卫星在天体系统中属于什么层次，能否与月球或木卫等相提并论现在也没有定论。

1989 年发射的木星探测器“伽利略”在 1991 年 10 月飞过第 951 号小行星加斯帕，圆了天文学家近探小行星的梦想。1993 年 8 月，“伽利略”掠过第 243 号小行星艾达，进行了多项观测记录。1994 年 2 月，天文学家分析“伽利略”发回的资料，发现艾达附近有一颗比它小得多的卫星，并在英国学术周刊《自然》上发表了艾达与卫星的合影、卫星的放大图象。此后，“伽利略”又发回更新的成象和光谱资料。据此，天文学家估计艾达卫星的直径为 1.5 公里，发现时距小行星仅 100 公里，天文学家认为，这是确切发现小行星有卫星的第一例。

研究小行星的意义　小行星虽然很小，但是它们在以往的天文学研究中却曾起过重要的作用。譬如，1873 年，德国天文学家伽勒利用 8 号花神星冲日，1877 年英国天文学家吉尔利用 4 号灶神星冲日测定日地距离，都得到了精确的结果。1930～1931 年，433 号爱神星大冲时，国际天文学联合会组织了空前规模的国际

联测，得到了三角测量所能达到的最精确的日地距离数值——14958万公里。

另外，利用小行星还可以测定行星的质量。当某颗小行星接近大行星时，大行星对它的摄动作用必然影响其轨道，从它轨道的微小变化中可以算出行星的实际质量。1870年，天文学家利用29号“爱姆菲特列塔”接近木星时所测得的木星质量为太阳质量的1/1047，今天天文学家仍在采用这个数值。水星、金星、土星、火星等行星的质量均是用小行星测定的，测出的值有相当高的准确度。

为了改进和提高星表的精度，国际天文学联合会组织十几个天文台对谷神星等10颗小行星进行长期的监测和归算，从实际的数据及已知的轨道根数求得黄道和天赤道的准确位置。

小行星还为研究太阳系起源和演化提供重要线索。按照现代太阳系形成理论，太阳系是在46亿年前由一团混沌星云凝聚而成的。而当初星云形成太阳系的具体过程已无法从地球或其他行星上找到痕迹了，只有小行星和彗星还保留着许多太阳系形成初期的状态，因此它们被天文学家称为太阳系早期的“活化石”。

另外，小行星的研究对于发展人类航天事业，保护地球环境，开发宇宙都有重要的意义。特别是近地小行星，它们既是潜在的矿物资源，又是小行星中最容易实现航天近探的目标，“伽利略号”宇宙飞船已于1991年10月29日掠过951号小行星加斯帕，从距离1600公里处飞近探测，可以清楚地看到这颗小行星表面50米的细节特征。飞船上的近红外测绘分光仪所作的初步测量表明，加斯帕的形状很不规则，有可能是由一个大的母体中分裂出来的，是一颗金属型小行星。这是宇宙飞船探测的第一例小行星。目前，意大利已制定了一个以皮亚齐命名的近地小行星航天探测计划，准备近探433号爱神星。

十二、彗　星

彗星，就是我国民间所讲的“扫帚星”，由于它来去匆匆，形态奇特，无论在我国还是西方历史上都被视为灾难的预兆。其实彗星是很美丽的，唐代诗人李贺曾在《梦天》里用传神之笔：“一泓海水杯中泻”描写彗星出现在湛蓝色夜空时的情景。

我国是世界上最早记录彗星和记录资料最丰富的国家。《春秋》记载，鲁文公十四年（公元前613年）“秋七月，有星孛于北斗”。据认为，这是世界上第一次关于哈雷彗星的确切记载。马王堆汉墓帛书中有彗星图一卷，画出了29种不同的彗头和彗尾形态。它是世界上最早的彗星图画。

一般肉眼可见的彗星并不多，用望远镜每年平均可发现约10颗彗星。据记载，人类有史以来仅观测到大约2000多次彗星，其中亮度超过金星的只有16次。太阳系中实际存在的彗星估计不下1000亿颗。我们看不到那么多彗星，是由于彗星的轨道特性所决定的。

运行轨道　彗星和太阳系中其他天体一样，都是在太阳引力作用下绕日运行的，轨道是圆锥曲线。轨道的形状取决于偏心率e，e小于1轨道是椭圆形的，e等于1是抛物形的，e大于1则是双曲线的。椭圆轨道的大小与半长轴a成正比，a越小，轨道越小。而对抛物线和双曲线轨道的彗星而言，近日距q越小，则彗星离太阳越近。彗星运行方向由其轨道平面与黄道面的交角i来决定，如果i小于90°，彗星是顺行的，即和地球的公转方向一致；i大于90°，彗星则是逆行的。如果彗星的轨道是椭圆形的，那么它可绕太阳周而复始地运行，这种彗星称为周期彗星，周期短于200年的称为“短周期彗星”，长于200年的称为“长周期彗星”。轨道是抛物线或双曲线的彗星，只能接近太阳一次便一去不复返了，是太阳系的过路客，称为“非周期彗星”。根据到1984年底所掌握

的922颗彗星轨道资料来看，彗星的轨道倾角 i 可取 0°～180°的任何值，其中逆行彗星占一半以上。轨道呈双曲线的有104颗，占彗星总数的10.5%，轨道呈抛物线的有589颗，占59.4%，椭圆轨道的有299颗，占30.1%，其中长周期彗星有169颗，短周期彗星有130颗（图2.12.1）。

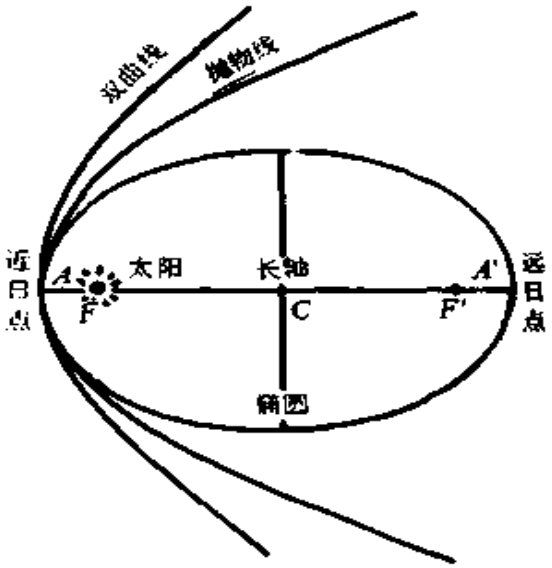


图 2.12.1

除太阳引力外，影响彗星运动的还有来自大行星的引力。对于短周期彗星来说，木星的影响最为显著，它使从远处向太阳走近的彗星运动速度增加，轨道改变，以致当这颗彗星再回归时，不熟悉的人还以为是另一颗彗星呢。天文学家把周期3～10年，远日点在木星轨道附近的彗星称为木星族彗星。据1979年统计，可归入木星族的彗星有79颗，除此之外，还有土星族彗星、天王星族彗星和海王星族彗星，但数量就少多了，分别为8颗、3颗和9颗。

命名　国际上对新彗星的发现一直比较重视，每年发现的新彗星平均4～5颗。彗星发现后，一般先给予临时命名。彗星的临时命名是“发现者（最多不超过3个人的名字）、发现年份以及发现次序”。发现次序用拉丁字母表示，例如，我国紫金山天文台1965年发现的两颗彗星，是这一年发现的第二颗和第三颗彗星，因此临时命名为1965b和1965C。根据观测算出轨道后，就按彗星在这一年过近日点的先后次序在年代后用罗马字母取代拉丁字

母，作为永久命名，如上述的两颗彗星即分别为1965 Ⅰ和1965 Ⅱ。某一年新发现的彗星可能在另一年过近日点，所以永久命名常推迟二三年，以避免因再发现新彗星而更动命名序号。

一些著名大彗星，一般都有专门的名字，如哈雷彗星、恩克彗星、比拉彗星。

随着研究工作的不断深入，天文学家发现这种彗星命名法有不尽人意之处，于是国际天文学联合会（IAU）1994年第22届大会作出决议，改进原有的彗星编号体制，决定从1995年1月起，采用新的命名办法，即以发现时的公元年份加上此年的那半个月的大写拉丁字母（A＝1月1～15日，B＝1月16～31日，C＝2月1～15日，……Y＝12月16～31日，I除外），再加上在该半个月中代表发现先后次序的阿拉伯数字，举例来说，如果某彗星是1996年2月下半月发现的第三颗彗星，临时编号即为1996D3。

为了使每颗彗星的性质一目了然，决议还规定在彗星名字前面加上前缀，P/表示短周期彗星（P＜200年）；C/表示长周期彗星（C＞200年）；D/表示不再回归的彗星；A/表示可能是一颗小行星的彗星；X/表示不可能算出轨道的彗星。另外，对短周期彗星在其轨道周期确认之后，按其过近日点或在其发现后在远日点附近被观测到的先后次序，在这颗彗星的名字前面冠以一编号，对所有短周期彗星从1开始，顺序排列。哈雷彗星编号为1号，恩克为2号，科普夫为22号。如果一颗彗星已经分裂，则要在它的名字后面分别加上“-A”，“-B”等，如比拉彗星原来的名字为3D/1772E1、3D/1805V1，分裂后的名字为3D-A、3D-B等。

形态和结构 在地面上即使用望远镜，一般也只能看见彗星的彗核、彗发、彗尾三部分。70年代，天文学家通过高空火箭和人造卫星探测发现，彗发之外还有彗云，因它是原子氢构成的，所以又叫氢云，是彗星的外大气层。但不是所有的彗星都发育得这么完全，有的彗星没有彗尾，如运行在火星和木星轨道之间的奥特姆彗星，看上去只是个朦胧的雾点；有的彗星不仅没有彗尾，连

彗发也没有，如运行在木星和土星轨道之间的施瓦斯曼-瓦赫曼彗星，不了解它的人很难想象它是一颗彗星（图 2.12.2）。

即使是同一颗彗星，不同时期形态也是不一样的。当彗星离太阳很远时，只呈现一个云雾状的斑点，只有在彗星离太阳较近时，彗核中的尘埃和气体才逐渐蒸发形成彗发和彗尾，一旦远离太阳，彗发和彗尾就又消失了。

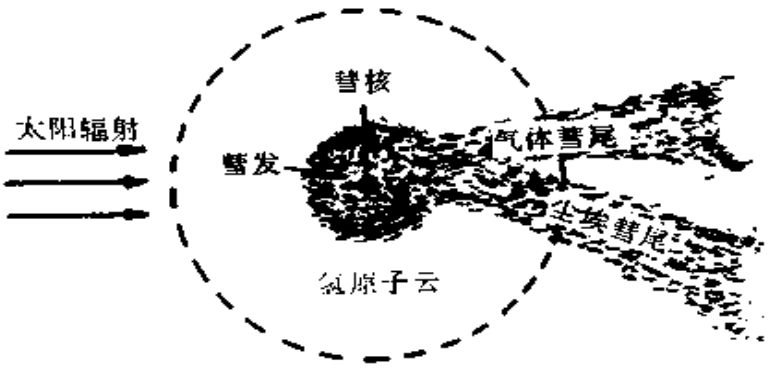


图 2.12.2

彗头中央明亮的部分是天文学家所说的亮度核或光度核。请注意，它不是彗星的物理核心，即不是真正的彗核。真正的彗核位于亮度核的中心，直径只有几公里到几十公里。它是彗星的主体，集中了大部分的彗星质量，是研究彗星本质的关键部位。

彗星模型　彗星现象十分复杂，而对彗星主体部分——彗核观测又非常困难，彗星接近太阳时，彗核包围在彗发中间不易观测，而彗星远离太阳时，彗核虽露出来了，但距地球又太远了，即使用大望远镜也难于观测。所以对彗核的大小、形状、构成一直缺乏观测资料，只能通过理论分析，凭借彗星模型作定性的描述，尽可能解释各种彗星现象。

在已提出的多种彗星模型中，天文学家大多倾向于 1949 年美国天文学家惠普尔提出的“脏雪球”模型。他认为彗核是由冰和尘埃冻结在一起的团块，像一团脏雪球。彗核的化学成分主要有：氢、碳、氧、硫、碳氢基、氨基、羟基、水、一氧化碳、二氧化碳等。

根据惠普尔模型，当彗星走到太阳附近时，由于阳光照射，使

彗星表面的冰升华为气体，形成彗星的大气层，大气被电离后，形成电离层。在太阳光压作用下，彗发中的尘埃被赶出来，形成弯曲的尘埃彗尾，即Ⅰ型彗尾。此外，彗发还受到太阳风的冲击，太阳风将彗发中的气体电离并赶走，形成又直又长又窄的气体彗尾，即Ⅱ型彗尾。由于彗星每次走近太阳，仅仅彗核表层被蒸发，内部仍保持冻结状态，所以寿命一般可达几千个公转周期。彗星除了绕太阳公转，本身还有自转，自转周期为几个小时。

起源假说 关于彗星的起源问题，天文学家众说纷纭，但最为著名的是50年代荷兰天文学家奥尔特提出的“原云假说”。该假说认为，太阳系边缘有一个巨大的彗星储存库——“彗星云”，又称奥尔特云，里面有1000亿颗彗星，其总质量小于地球质量。彗星云中的彗星长久地远离太阳，几百万年才绕太阳公转一周，由于它们的位置在太阳与其他恒星之间，恒星的引力摄动会使一部分彗星进入太阳系内部，它们与大行星（主要是木星）相遇时，被俘获，成为短周期彗星——新彗星，另一些可能被抛出太阳系外。

奥尔特云被认为是个球层，呈球状分布的彗星可以从空间的任何方向，与太阳系平面成任何角度，顺向或逆向进入太阳系。而观测表明，短周期彗星与黄道面的倾角都不大，而且大部分是顺行的。1988年美国一些天文学家提出，低倾角短周期彗星不可能起源于奥尔特云。

新的彗星起源假说认为，太阳系内还存在另一个彗星仓库，即所谓的“柯伊伯彗星带”，这个环状的彗星带位于离海王星轨道不远的地方，估计带内至少有几千颗彗星，短周期彗星全部来自这个彗星库。和奥尔特云相比，这个彗星带离地球很近，前几年美国一个天文学家小组用大望远镜对该区域作了分段观测，观测若干段后没有观测到一颗彗星，这无疑有三种可能：柯伊伯带里没有预计那么多的彗星，柯伊伯带可能位于更远的位置，或根本不存在这条彗星带。

然而，事情终于有了转机。美国天文学家戴维·朱维特和简

·鲁经过5年的苦苦搜寻，于1993年9月14日发现了第一个冥外天体，命名为1992QB1，它和太阳的距离估计为41个天文单位。当天文学家试图了解这一新发现的意义时，他们在1993年3月28日夜又发现第二个新天体——1993FW，估计距太阳46天文单位，直径250公里。同年12月，二人有幸又发现了1993RO和1993RP，分别离太阳32天文单位和35天文单位。不久，英国天文学家威廉斯等人发现了两个新天体——1993SB和1993SC。它们分别离太阳33天文单位和34天文单位，亮度为22～24星等。

从柯伊伯提出冥外彗星带到发现这6个冥外天体，历经了40多年。之所以称它们为“天体”，是因为天文学家对它们究竟是行星、小行星还是彗星尚不清楚。有天文学家猜测它们可能是从柯伊伯带被引力摄动出来的，现在正开始向短周期彗星轨道演化，但是这种几率并不大，它们也可能在与大的外行星接近时而逃出太阳系。

彗星起源的问题目前仍是一个猜不透的谜。

研究进展　1983年底，美国宇航局将1978年8月发射的一只名为“国际日地探测器”的宇宙飞船中途改变轨道，更名为“国际彗星探测器”(ICE)，于1985年9月11日飞掠贾科比尼-津纳彗星，在距彗头7800公里处穿过彗尾，成功地实现了人类历史上第一次直接探测彗星的业绩，取得了大量的观测资料，解决了有关彗星大气和太阳风相互作用的争议。

80年代哈雷彗星（图2.12.3）回归期间，有6个探测彗星的飞行器飞临或飞掠了哈雷彗星。其中苏联的“维加1号”、“维加2号”和欧洲空间局的“乔托”卫星收获颇丰。特别是“乔托”，甚至飞进哈雷彗星的电离层和大气层，在距彗核仅600多公里处，成功地摄取了彗核照片。“维加1号”和“维加2号”分别在离彗核8890公里和8030公里处用装有远摄镜头的电视摄像机拍摄了彗核图象，虽然分辨率不如“乔托”的高，但拍摄角度好，可以看出彗核是一个大约14公里长、7.5公里宽、7.5公里高的马铃薯



图 2.12.3

形状的东西。

研究表明，哈雷彗星彗核的表面反射率为4%左右，大部分表面覆盖着一层薄薄的黑色尘埃和沙砾，表面温度在30℃上下；在这个黑色的小世界里，也有山脊、沟壑和环形山；大约20%的表面是活动区，喷流高达上千公里。

1986年4月，我国紫金山天文台的天文学家在澳大利亚斯特朗洛天文台，拍摄了哈雷彗星近核区的图象，捕获到两次爆发事件，发现了4个主要喷流。通过分析喷流所对应的彗核表面活动区，研究喷流活动与彗星爆发事件的相关性，他们推测这两次彗星爆发是由活动区激烈的喷流导致的，在这些活动区的表层中有大量的易挥发的冰物质。

冰物质的成分涉及到彗核的本质问题。“维加”和“乔托”相继证实哈雷彗星的主要成分是水冰，我国上海天文台、北京大学等单位用25米射电望远镜和自相关频谱仪观测哈雷彗星也证实

了水分子的存在。除此之外，空间探测器还探测到哈雷彗星中的一氧化碳和二氧化碳。

“维加”和“乔托”在飞近彗核时，对彗核表面的尘埃做了测试。“乔托”上的质谱仪测量结果表明，哈雷彗星尘埃似乎并不构成一些明显的类型，而是显示出范围广泛的组成。其中有一种尘埃粒子是由碳、氢、氧、氮组成的，科学家将其命名为CHON，是一种新型的尘埃颗粒。“维加”上的红外光谱仪获得的尘埃光谱特征，显示哈雷彗星上存在碳氢化合物和其他有机分子。天文学家推测尘埃和冰物质构成一条条含尘小冰柱，交叉而又疏松地叠在一起，形成“萨其马”式的结构，其总体密度仅为水的四分之一，与现在对哈雷彗星彗核密度的推测相当接近。

空间飞行器对哈雷彗星的探测，证实惠普尔关于彗核结构的脏雪球模型反映了彗星的实际，这使年已八旬的惠普尔激动不已。探测器对哈雷彗星的逼近探测还提供了许多其他新信息，新的研究正相继展开。天文学家预期，90年代彗星物理的研究将进入一个新纪元。

苏梅克-列维9号彗星　1993年3月24日傍晚，苏梅克夫妇和列维在海尔天文台通过一架口径46厘米的施米特望远镜，用照相方法，发现了一颗奇特的彗星：约1角分的线状长条，指向东西方向，“尾”朝西北。他们的发现很快便得到了设在基特峰的美国国家天文台的观测证实，并注意到，彗核已分裂成20多块，一字排开，仿佛一列长长的火车在空中运行。按照惯例，新彗星被命名为“苏梅克-列维9号”（简称SL-9），因为它是1993年被发现并被记录的第五颗彗星，记为1993e。

对SL-9进行跟踪观测，断定它早在1970年就在绕木星运动，1992年7月8日经过近木点时被木星强大的引力碎裂，形成22个亚核，并预计它们将在1994年7月6日，以每秒60公里的速度与木星相撞，撞击点在木星南半球45°左右，这是有史以来，人类发现的被行星俘获，并与之相撞的第一颗彗星。

1994年7月15日～22日，全世界上百座天文台（站）的望远镜在同一时刻指向了同一天体——木星，进行了从紫外到射电所有波长的观测。所做的工作大致有两类：(1) 获取木星及其木卫一的CCD图象，进而测光，以得到碰撞能量；推知蘑菇云组成物质来自的深度及木星大气内部情形，从光度及蘑菇云形态变化情形，推知木星大气层运动态势。(2) 获取各波段光谱，以发现木星大气中新的元素和分子。

由于SL-9撞向木星的位置在背向地球一面，地平面上可观测时间只有3个小时，因此，虽然二十几个亚核连续不断地撞向木星，而各地能“看”到的碰撞事件均不超过5个。好在木星自转周期仅约10小时，天文学家可以看到碰撞后在彗星上留下的痕迹。

自7月16日以来，SL-9的21个亚核陆续与木星相撞，致使木星南半球伤痕累累，有7个大创面直径超过1万公里，其中一个创面直径估计为数万公里，已大大超过地球。

除了地面观测外，行星际飞行器“伽利略”号、“旅行者”2号、“尤利西斯”号以及哈勃空间望远镜还对SL-9进行了空间观测。

在SL-9撞击木星时，“伽利略”距木星1.5天文单位，面向撞击点所在的木星半球面，占有观测亚核撞击木星大气全过程的最佳位置，获得不少图象资料，遗憾的是，由于它的高增益天线未能打开，而低增益天线的传输速度很慢，迄今仅送回地面很少一部分资料。

虽然“尤利西斯”没有配备摄像机，“旅行者”号的摄像机已停止工作，但可望它们获得SL-9的射电和紫外观测资料。

哈勃空间望远镜拍摄到亚核撞击木星大气的过程和碰撞后遗留物的图象，并获得撞击过程中分子和原子谱线的观测资料。通过这些谱线，天文学家不难验证有关分子、原子和离子的存在，估计火球的温度及其周围化学成分的变化。

SL-9 消失了，它虽然没有改变木星轨道、自转速度和方向，没有激发核反应，没有改变木星云系，没有增加木星光环，也没有对地球造成影响，但它给人类留下了一系列的思考和启示，或许在宇宙空间有不少这样的被大天体撕碎的小天体，一批天文学家已投入了寻找木星周围新天体的工作。而更多的人在关心这次重大天文事件有什么发现的同时，最想知道的还是在地球上是否有发生类似碰撞的可能性。目前，小行星、彗星与地球灾难性碰撞的研究已经起步。另外，SL-9 的地面观测也鼓舞了拥有小望远镜的天文爱好者，小望远镜视野比较宽，适于做许多太阳系内天体的观测研究。

目前 SL-9 是彗星还是小行星尚存争议，在短时间内，很难给它作传统的严格分类。

十三、流星和陨星

太阳系里除了九大行星，几十颗卫星，数十万计的小行星和近千亿颗彗星外，还有难以计数的流星体。这些流星体，小的比尘埃还轻，最大的有几千吨重。当它们与地球大气相撞便形成耀眼的流星线迹，如果流星体原来的“母体”很大，就可能燃烧不完而坠落到地面，这便是陨星，又叫陨石。

流星　流星体在行星际空间运行时并不发光，当它们坠入地球大气层，与大气中分子剧烈碰撞和摩擦时，产生灼热的高温而汽化，同时又使周围的空气分子瓦解为原子，原子激发电离后发出亮光，骤地划破夜空，成为几乎人人都见过的流星现象。

质量较大的流星体与空气分子碰撞更为剧烈，在燃烧坠落时形成一个明亮的火球，后面拖着一条长长的光带，像一条从天而降的火龙，这就是火流星。火流星一般比金星亮，有的则同满月，甚至白天都能见到。火流星掠过后几分钟，常可听到轰隆隆如同雷鸣的响声。流星和火流星的区别仅在于亮度。流星观测结果表

明，大多数流星在距离地面130～110公里时开始发光，大约在80公里高度消失。流星出现的高度与流星体相对于地球的速度成正比。

通常情况下，一夜内肉眼所见的流星在10颗左右，用望远镜或雷达能观测到许许多多暗的流星，如果采用特殊技术，甚至可以观测到1亿亿分之一克的微流星体。流星的数目是十分惊人的。流星的亮度和质量成正比，流星亮一个星等，质量就大2.5倍。另外，流星的数目与流星的亮度也有关系，流星越暗，数目越多，亮度降低一个星等，流星数目就增加2.5～3.5倍。

在一天中，流星出现的几率以黎明前为最大，傍晚时为最小，下半夜比上半夜多。这是由于日落后到半夜前这段时间里，落入地球大气层的流星是从地球运动方向的“后面”追上来的，而从后半夜到黎明前这段时间里，流星体是迎着地球前进方向而来的，流星速度前者是每秒10公里左右，后者是每秒72公里左右，由此产生了流星数目的周日变化。这种情形和雨中骑车，背上淋到的雨显然比胸前少得多是同一个道理。

流星除了有周日变化，还有周年变化，即下半年的流星比上半年多，秋季的流星比春季的多。

流星余迹 火流星在下落的路径形成一条由电离气体和流星体的碎片组成的雾状亮带，称为流星余迹。流星余迹和地球的电离层一样，对无线电波有很强的反射作用，利用它可以进行地面无线电通讯。并且由于它比电离层离地面近，还可以减少过去因依靠加大无线电台功率来实现远距离超短波通讯的能量，大大增加了通讯的距离，而且不受电离层扰动的影响，稳定性好。更重要的是，这种通讯保密性强，从流星余迹上折回到地面的电波射线十分集中，只能在地面上一个很小的区域内接收到，适于作为军事通讯手段。60年代后卫星通讯事业的蓬勃发展，使流星余迹通讯的研究一度中断，但是这种通讯所具有的独特优点仍然受到人们的重视，至今在国防上还有重要意义。一些国家还通过流星

余迹收集偏远地区的环境资料，进行电传打字等等。

流星雨　沿同一轨道绕太阳运行的大群流星体称为流星群。当地球穿过某一流星群的轨道而与其中的许多流星体相遇时，便形成了流星雨。流星雨有大有小，少则几十颗，多则成千上万。1833年11月13日夜晚，美国波士顿市民惊愕地看到在狮子座附近的天空中，流星犹如漫天大雪飘洒下来（图2.13.1），后来有人估计，这一夜出现的流星大约有24万多颗。



图2.13.1

由于透视的原因，流星群都有一个辐射点，流星仿佛都是从这一点迸发出来的。天文学家常把辐射点所在的星座名或附近的恒星名作为流星雨的名字，如狮子座流星雨、金牛座流星雨等。

目前，天文学家普遍认为流星群是彗星破碎后留下的残骸。仙女座流星群和比拉彗星就有很密切的关系。著名的比拉彗星是1826年发现的，周期为6.6年。地球每年11月27日通过它的轨道。1846年1月，发现它突然分裂成两颗彗星，彼此距离越来越大。1852年两颗彗星双双出现，而到了1865年，发现比拉彗星不见了（现在应该认为是分裂了），但1872年11月27日，天空出现了颇为壮观的流星雨，持续了整整6个小时。以后在1885年11月27日发生

了同样的现象。目前已发现的流星群有500多个，查出和彗星有关的有十几个。有的彗星瓦解得比较彻底，物质均匀地分布在轨道上，地球每年穿过它的轨道都会发生规模差不多的流星雨，而有些彗星瓦解后，其物质仍在轨道上成团分布，且并不均匀，这样虽然流星雨出现的日期和天区每次大致相同，但并不是每年都会发生，有的竟几十年才出现一次。有的流星群所对应的彗星找不到资料，很可能是早已瓦解殆尽了。

从流星雨出现到消失所持续的时间及单位时间里所观测到的流星数目，可以求出流星群的分布范围和空间密度，从而推算出它的总质量。流星群的上限应当是彗星的质量，因此流星群的质量不会很大，譬如英仙座流星群的总质量仅约50万吨。

统计表明，进入地球大气的流星绝大多数仍然是偶发流星——完全随机地出现于各个方位，也很难预料何时出现的流星，而周期性成群出现的流星群仅占20%～25%左右。

陨星 天上掉下来的陨星，又叫陨石。按陨石的化学组成，天文学家将它们分为三类：石陨石、铁陨石、石铁陨石。

石陨石主要由硅酸盐物质组成，占陨石的92%。石陨石又分为球粒陨石和非球粒陨石两种。球粒陨石内部均匀散布着很多小的球状颗粒，球粒的主要成分是橄榄石和辉石。由于石陨石在陨落时经不起高温、高压气流的冲击，常常在陨落中爆裂炸碎，因而落到地球上都很小。目前最大的石陨石是我国吉林1号陨石，重1770公斤。

铁陨石又称陨铁（图2.13.2），主要成分是铁镍合金，在陨石中占6%。陨铁中铁的含量一般在90%以上，镍占8%～9%，此外还常含有钴（0.6%）、磷（0.2%）等，有些还有微量的碳、硫、铬和铜等。其中镍的含量比地球上自然铁的镍含量高出几个百分点。目前已知的最大陨铁是非洲的戈巴大陨铁，重约60吨。

石铁陨石介于上述两种陨石之间，即硅酸盐和铁镍差不多各占一半。这种陨石比较少见，仅占陨石的2%。石铁陨石的实物很

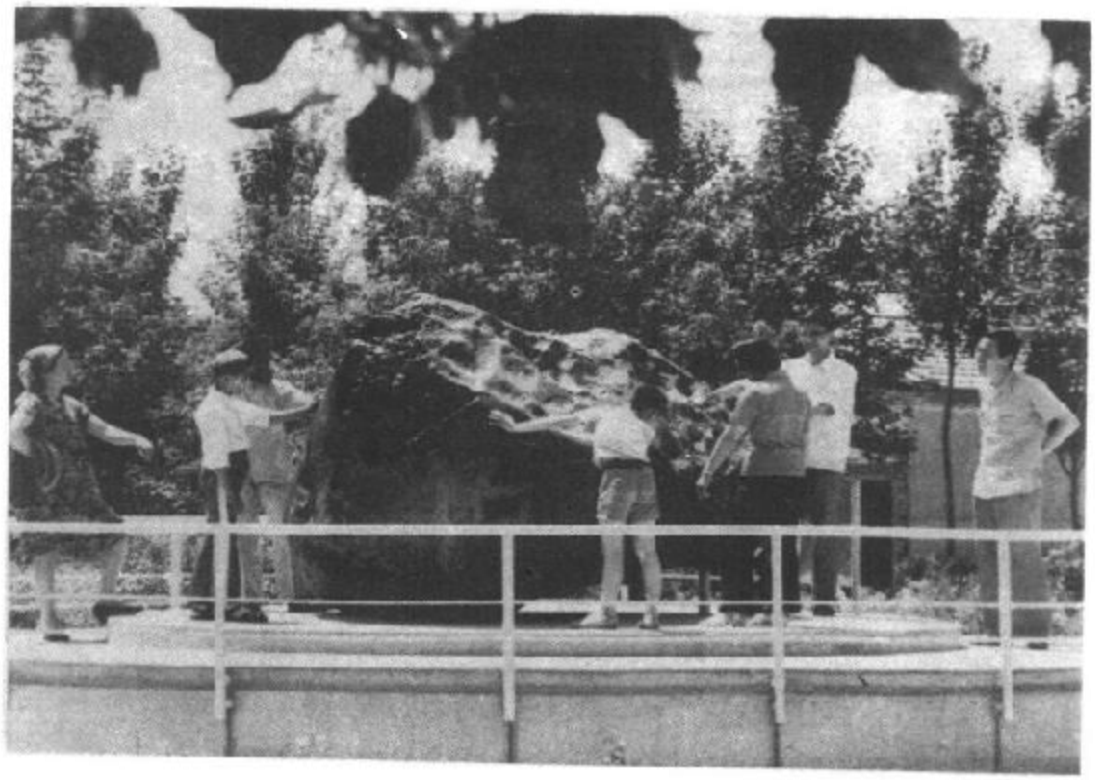


图 2.13.2

少，现知最大的一块只有 200 公斤左右。

除上述三种外，微陨星和陨冰也属于陨星的范畴。微陨星是一种降落到地面的宇宙尘，它们有的是行星际空间漂浮的微流星体，在地球的引力作用下进入地球大气层，同空气分子碰撞后不曾被气化，而缓缓落到地面；有的是陨星穿过大气层时从陨星表面吹落下来的熔融物质，或陨星在爆裂过程中产生的碎屑。微陨星的主要成分是铁、镍，也含有一些其他元素如硅、锰、镁、钴等。

陨冰，又叫冰陨星，是一种非常罕见的来自行星际空间的冰块，落地不久便化为一滩清水。陨星在陨落过程中表面温度常常达到三四千度，因此很难想象会有陨冰到达地面。1983 年 4 月 11 日在江苏省无锡市非常热闹的东门外，一块巨冰斜擦着电线杆轰然落地。翌日被作为气象史上罕见的“大冰雹”而见于报端。后

经天文学家认真研究，并通过人造卫星拍摄的当天云图找到这块冰块自宇宙空间进入大气的轨道痕迹，而最终确认它是一块陨冰。

在国外，陨冰也只有两例：1955 年 8 月 30 日，一块陨冰陨落在美国威斯康星州的卡什顿城郊外，落地时断成两截，重约 3000 克。另一例陨冰于 1963 年 8 月 27 日，落于苏联莫斯科地区一个农庄的果园里，碎冰块重量估计为 5000 克。

陨冰极少见，又不易保存，所以很少研究。据认为，我国史籍中“同治元年（1862 年）秋，日方午，有大星坠入零陵县西乡雷家冲田中。大如斗而圆，色白，其声訇訇，久之化为水”这段文字，很可能是世界上最早的陨冰记录。

如果说陨冰令人费解，那么还有一种陨石让科学家颇费思量，这就是玻璃陨石，在我国海南地区称之为“雷公墨”。它们一般只有几厘米大小，多数为钮扣状和泪滴状，像黑玻璃一样，晶莹光滑，敲一敲，清脆悦耳。也有少数地区发现的玻璃陨石是绿色的并且透明。

一般来说，陨石是均匀分布的，而玻璃陨石却仅在少数地区有发现，而且在同一地区的玻璃陨石的年龄大致相等。据现有资料，它在世界上主要集中在以下四个地区：（1）亚欧散布区。这是一个分布最广的区域，包括中国的雷州半岛和海南岛、印度支那半岛、菲律宾、澳大利亚、印度尼西亚等地。除澳大利亚的富钠玻璃陨石年龄为 300～400 万年外，这一分布区的玻璃陨石年龄均为 70 万年左右；（2）象牙海岸散布区。包括象牙海岸、加纳及附近海域。这一地区玻璃陨石的年龄约为 100 多万年；（3）莫尔达维散布区，这是四个散布区中面积最小的一个，在前捷克斯洛伐克西南部伏尔塔瓦河流域。这一地区玻璃陨石的年龄为 1500 万年左右；（4）北美散布区。最初发现于美国的得克萨斯州、乔治亚州及华盛顿等地，近年的资料发现它是狭长的带状，几乎可环绕地球半周。这一地区玻璃陨石的年龄最大，为 3000～3400 万年。

玻璃陨石含有 68～82%的二氧化硅，10～16%的氧化铝，和

一般陨石的成分很不相同，而与地球上一些砂岩比较接近。因此，现在倾向于认为玻璃陨石不是“天外来客”而是陨星撞击地球表面，使岩石熔化而形成的非结晶体的玻璃物质。

陨星母体　天文学家认为陨星与小行星、彗星的关系很密切。根据同位素测定，吉林陨石雨的母体原是一颗阿波罗型小行星，大约在800万年前，由于碰撞而碎裂成为流星体。而通古斯陨星很可能是一块彗核物质，一些天文学家曾仔细研究了通古斯母体的空间轨道，发现它确与恩克彗星较接近。实际上，陨冰，包括无锡陨冰都可能是彗星的碎块。

在进入空间时代之前，陨星是人类唯一可以进行直接研究的天体标本。对陨星分析研究已有100多年的历史，而重要成就的取得则是在近几十年。

大量资料表明，陨星中并没有地球上不存在的新元素，但它的丰度与地球并不相同。从陨星中共发现有106种矿物，其中有24种是地球上尚未发现的。陨石矿物形成的条件与地表不同，一般是在比较缺水和偏于还原的条件下形成的，所以缺少地球上的氢氧化物和三价铁盐。最近20多年来，陨星研究取得了突破性进展，发现陨星中有水分及61种有机化合物。这些发现对探讨有机物及生命起源极有价值。

十四、太阳系的起源

人类对太阳系起源的研究可追溯到17世纪中叶，迄今已经提出了40多种学说，各种学说所讨论的问题主要是：太阳系是何时、由什么物质、以什么方式形成的？行星、卫星等是如何产生的？太阳系的结构和运动特征是怎样演变过来的？关于太阳系起源的学说是建立在观测事实基础上的理论假说，各种假说的产生都有一定的观测事实为依据，但至今尚未有一种学说被科学界普遍接受。作为天文学家，只能根据已有的观测资料来研讨近50亿年前的太

阳系演化过程。

太阳系的主要特征 在长期的观测实践基础上，人们了解太阳系的结构和运动有如下特征：(1) 太阳及各大行星及其卫星具有自转运动；(2) 大多数行星自转方向与其公转方向一致；(3) 大行星轨道具有同向性、近圆性和共面性，且轨道平面接近于垂直太阳自转轴的平面；(4) 行星分布大致符合一定规则，即符合波得定则；(5) 大多数行星都有卫星绕转，其中规则卫星的运动特点与行星系相仿；(6) 太阳质量占太阳系质量的 99.87%，而太阳角动量只占太阳系总角动量的 0.6%。质量仅占太阳系总质量 0.13%的其他天体的角动量总和却占太阳系总角动量的 99.4%以上；(7) 行星在质量和大小方面的分布特点是两头小，中间大；行星密度分布的特点是类地行星较大，远日行星次之，巨行星最小。

此外，引人注目的是，在火星和木星轨道之间存在着数十万颗大小不等的小行星，有的小行星也有卫星，小行星的半长径轨道倾角和偏心率都很大，且顺行。太阳系中已发现 1000 多颗彗星，短周期彗星大多顺行；长周期和非周期彗星顺行和逆行的都有，轨道偏心率和倾角很大。太阳系中各类陨石的年龄大约是 45～46 亿年。

康德-拉普拉斯星云说 1755 年，31 岁的德国哲学家康德发表了《自然通史和天体论——根据牛顿定理试论整个宇宙的结构及其力学起源》这一著作，书中提出了第一个太阳系起源的“星云说”(图 2.14.1)。

康德认为，太阳系是由一团原始星云演变来的，星云由大小不等的固体微粒组成，由于万有引力作用使得微粒相互接近，颗粒大、密度大的吸引颗粒小、密度低的，渐而形成大的团块，这些团块周围的微粒又陆续被吸引到团块上，使团块增大。在引力最强的中心部分吸引物质最多，结果最大的团块先形成了太阳。向吸引中心垂直下落的微粒具有相互排斥作用，微粒由于碰撞会改

变运动方向，变为斜着下降，形成绕吸引中心——太阳的圆周运动，并逐渐在太阳周围形成一个转动着的云盘，在云盘中又逐渐形成几个引力中心。这时的原始星云已演变成一个以太阳为中心的巨大旋涡。在旋涡中，微粒在互相冲撞的运动中达到平衡，这就造成了由云盘聚集成的行星彼此沿同向作平行运动。行星的卫星也以同样的方式形成。康德的星云说起初并未引起公众的注意。直到1796年法国数学力学家拉普拉斯在《宇宙体系论》一书的附录中，提出另一个星云学说，41年前的康德星云说才被人们提起。康德的书当时印数不多，是匿名发表的，故未引起世人重视。

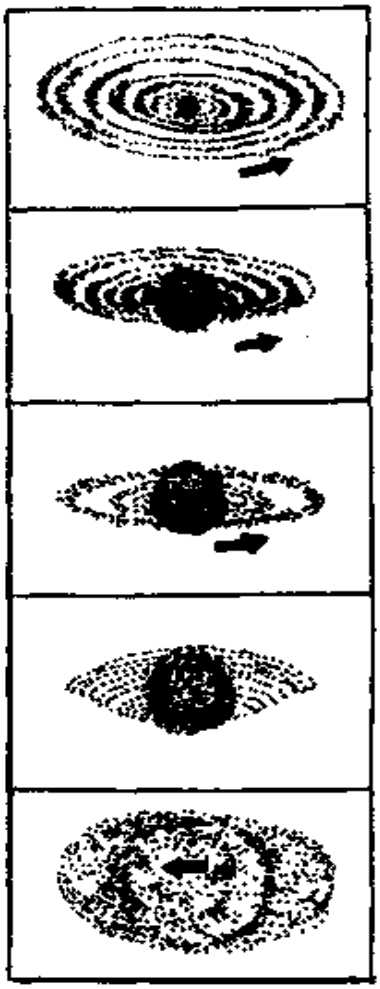


图 2.14.1

拉普拉斯星云说指出太阳系是由一个旋转的气体星云收缩形成的。星云最初呈球状，温度很高。由于冷却，星云逐渐收缩，由于角动量守恒，收缩使转动速度加快，离心力变大，形状变扁。当赤道面外围气体受到的离心力与引力相等时，收缩停止。在收缩过程中，当离心力超过引力的时候便分离出一个圆环。由于收缩、分离过程的反复重演，陆续形成了几个环，每个环凝聚成一颗行星，星云中心部分收缩成太阳。较大的原行星在形成时也按上述方式分出一些环，形成卫星。虽然拉普拉斯和康德的星云说有许多不同之处，但均认为太阳系中的各天体是由同一个原始星云形成的，因此人们把这两个星云说称为康德-拉普拉斯星云说。拉普拉斯星云说从数学和力学上的论述赢得了人们的信服，星云说在19世纪被普遍接受。

灾变说和俘获说 随着海王星和小行星等太阳系天体的新发现，天文学家认识到星云说的理论缺陷，特别是它不能解释太阳系角动量分布异常问题（所谓角动量是描述物体转动状态的物理量，它等于物体的质量乘运动速度再乘以到转动中心的距离，常表达为 $J=r\times mv$）。按星云说的看法，由于收缩，原始太阳系星云自转加快，这是符合角动量守恒定律的，因为收缩后物体各部分到旋转中心的距离缩短，因此角速度加快，就像一位花样滑冰者在旋转时把张开的双臂收拢，转速便加快。实际观测表明，太阳现在的转速并不快（平均大约 27 天自转一周）。为什么太阳系形成的时候太阳转得很快，现在为何转慢了？这不是违背了角动量守恒定律吗？此外，太阳系行星质量很小，所有行星的质量之和不及太阳质量的 1/700，可是行星的角动量却占太阳系总角动量的 98%，即相当于太阳角动量的 1.7 倍。问题在于，行星这么大的角动量是哪里来的呢？行星在从太阳分离的过程中，角动量应该不变，或者说它们的单位质量的角动量应当是相差不多的，但事实是太阳与行星的角动量相差悬殊。这正是康德-拉普拉斯星云说遇到的困难问题。

正是在这种情况下，在本世纪初，各种灾变说一度盛行起来。1900 年，美国地质学家张伯伦和美国天文学家摩尔顿合作提出“星子说”。他们认为，曾有一颗恒星运行到离太阳约几百万公里处，由于引力作用，使太阳正、反面涨起两股大潮，从太阳拉出的物质逐渐汇合成一围绕太阳的气盘，后来凝结成固态星子，星子再结合成行星及其卫星。

1916 年，英国天文学家金斯提出“潮汐说”（图 2.14.2）。他也认为，曾有一颗走近太阳的恒星使太阳产生潮汐隆起物，由于正面隆起物相当大，逐渐脱离太阳形成一个长条状物质，围绕太阳旋转，并获得了角动量，长条内气体后来凝聚成各大行星。1935 年，美国天文学家罗素提出“双星说”，认为太阳系原来是两颗恒星在一定距离上互相绕转，太阳是双星中的一个子星，另一个伴

星由于第三颗恒星的碰撞（或接近），伴星和那颗恒星朝不同方向反弹离去，拉出的物质被太阳俘获而形成了行星系。据科学的分析和计算发现，两颗恒星互相“接近”的机会要二三千亿年才会有一次，银河系的年龄迄今只有约100亿年，这种“灾变”的可能性实在太小。另外，从恒星拉出的炽热物质易扩散，不会凝聚成行星。

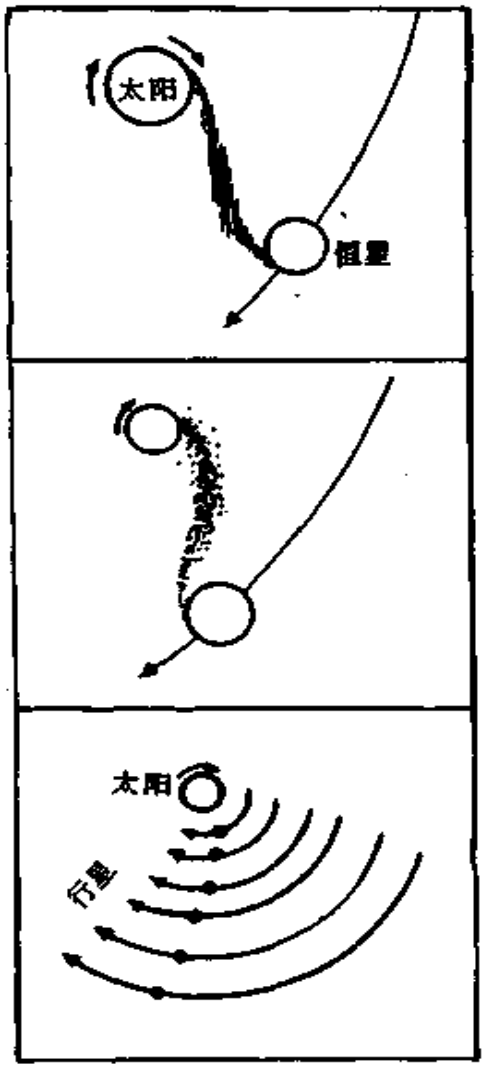


图 2.14.2

1944年，苏联天文学家施米特提出的“俘获说”认为，几十亿年前，太阳（已形成）在绕银河中心转动时，进入一个直径为10光年、与太阳相对速度约每秒5公里的星际云，太阳把它俘获后，在太阳周围形成星云盘，逐渐形成了行星和卫星。在此之前两年，瑞典天体物理学家阿尔文根据他对等离子体物理学的研究，提出另一种俘获说。阿尔文认为，太阳系内的天体都是由一个高度电离的气体云形成的；太阳一形成就具有很强的磁场，太阳附近存在的许多电离的弥漫物质，被太阳磁场维持在远处，这些物质云因冷却而还原成中性态，磁力消失，在太阳引力作用下被俘获，最后凝聚成行星。由于太阳磁场的作用，电离的物质云可获得很大的角动量，所以它们形成的行星具有很大的角动量。“俘获说”也面临着类似“灾变说”遇到的俘获概率问题，即太阳在银河系中俘获

质量足够大的星云的概率太小。施米特和阿尔文学说在解释天文观测事实方面均不太有说服力。

现代星云说 本世纪中叶以来美国、苏联、英国、德国、日本和我国的天文学家提出的关于太阳系起源的新的星云说（图2.14.3）各具独特见解，但也有许多相同之处。这里仅简述新的星云说的综合模式。现代星云说都认为，在45～46亿年前，整个太阳系由同一原始星云形成。原始星云因自转而改变成盘状，因其在自转的同时自吸引而收缩，星云盘中心是因收缩而形成的原始太阳。星云盘中除了气体，还有约1%的尘埃。尘埃沉降到赤道面，形成薄尘层。尘层易瓦解为许多团，各团自吸引收缩成固体块——星子，星子集聚成为行星。

原太阳在原太阳星云的中心形成(a)，当星云坍缩时自转支持

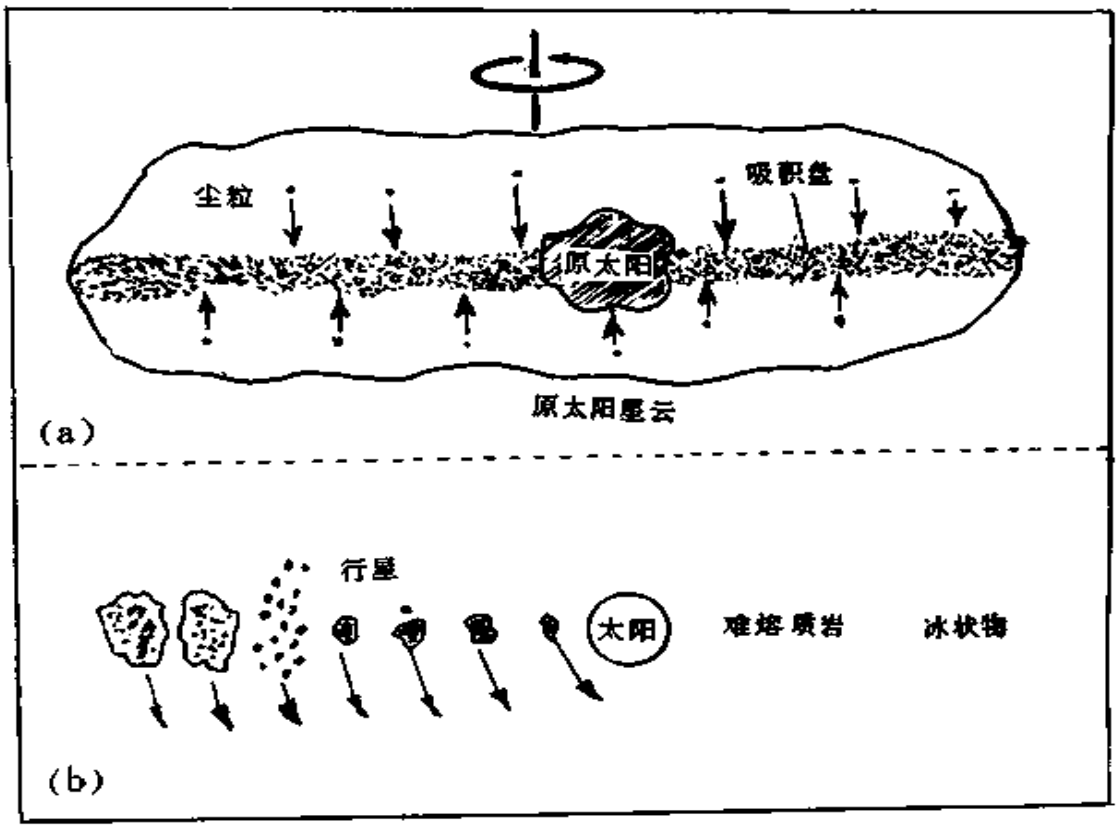


图 2.14.3

着它；尘粒穿过星云下落并堆积到一个很薄的物质盘上，这个盘由于引力不稳定性碎裂为星子；这些星子最后形成行星（b）。在太阳附近，只有难熔的类岩物质能够在高温下留存下来；在外区能凝结出较丰富的冰状物。所以，内行星小而重，外行星大而轻。坍缩的结果，行星轨道全都处在太阳的赤道平面内，除金星和天王星以外，所有行星都沿着和太阳同样的方向旋转。

在靠近太阳处，星云的温度高，比较轻的物质（氢、氦等）逐渐挥发，剩下比较重的物质（硅、铁和镁等），故在这里形成密度大的行星，即水星、金星、地球和火星；距太阳越远温度越低，比较轻的物质可以凝结，所以形成的行星密度越来越小。由于行星是在转动的薄层内形成，因而行星轨道具有“共面性”和“同向性”，而且星子集聚使轨道平均化为近似圆形。公转的星子集聚导致行星自转。规则卫星在行星的星子盘内形成，不规则卫星可能是后来俘获的残余星子。

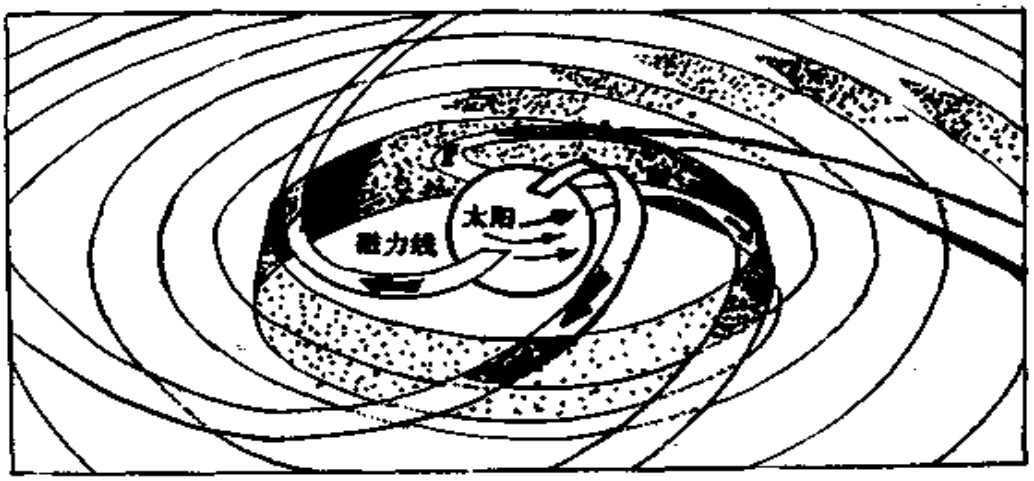


图 2.14.4

关于角动量问题的理论解释是，在由星云形成太阳系的过程中，由于原始太阳收缩，自转加快，磁场加强，并且发生激烈的对流，于是一部分物质被抛射出来。这种物质是带电的，可称之为早期的太阳风，沿着太阳磁力线运动，而磁力线随着太阳快速

旋转，迫使抛出的物质也快速旋转；随着距离的增大，抛出物质的角动量也随之增大，使太阳角动量减少，即由于磁场的作用使太阳角动量向外转移，而且只要抛出少量物质就能带出很大的角动量，使环绕它的星云物质获得比较大的角动量（图 2.14.4）。

现代星云说较之康德-拉普拉斯星云说，有了很大的进步和发展。早期星云说只考虑了万有引力作用，而现代星云说则考虑了电磁作用、引力作用、星云演化过程中的湍流作用和化学作用。它保留了原始星云说中太阳和行星由同一星云物质形成等合理成分，并吸取现代天文学和物理学的成果，从而可解释较多的观测事实。现代星云说仅大体上说明太阳系的结构和运动特征，其中仍有许多细节尚待研究。

·第 三 章

恒星、星系

一、恒　星

晴朗的夜空，繁星满天。人们用肉眼看到的星星，除了太阳系内的五颗大行星（水、金、火、木和土星）和流星及彗星之外，整个天空中的星星都是恒星。恒星是由炽热气体所组成并能自己产生能量发光的球状或类球状天体，没有固态的表面，气体通过自身引力聚集成星球。由于它们的位置看上去亘古不变，古人因此称之为“恒星”，此名沿用至今。近代科学家认识到，恒星实质上是“遥远的太阳”。

星座和星名　表示恒星名称的历来习惯是按星座划分全天为若干区域，这些区域被称为星座。公元前 3000 年左右，巴比伦人把一些最显著的星组合区分出来，冠以特殊的名称，这是最早的星座的萌芽。古希腊和古罗马人为了体现恒星间的相互排列位置而将它们分群并赋予神话中的神、人、动物及器物等名称，这些名称基本保持至今。公元 2 世纪已将北天星座的名称大体确定，共分为 48 个星座。南天星座的划分方法是根据以往的方法沿袭下来的，这部分星座在 17 世纪的环球航行中逐渐确定下来。

1928 年，国际天文学联合会通过决议，将全天星空分成 88 个星座，星座之间按赤经、赤纬坐标线来划分。这些星座以古希腊星座为蓝本，基于历史原因，星座有大有小，人们可根据每个星座的独特形状来辨认恒星。我国古代把星座称之为“星官”。据考证，我国划分星空的历史可追溯到周朝以前，司马迁著的《史记

·天官书》是最早系统地描述全天星官的著作，书中已有三垣二十八宿等划分星空的记载。我国古代以自己的意识形态观念为恒星命名和分区，有鲜明的独特性。例如北斗七星属大熊星座，我国古人认为这几颗星和酒斗很相似且又在北天，所以就取了“北斗”这个名字。我国古人还为一些最亮的恒星取了名字，如天狼星、南门二、织女星、天津四、参宿四和参宿七等。在外国，恒星的专有名称一部分来源于阿拉伯文，如 Algol（中名大陵五）、Rigel（参宿七）、Vega（织女），一部分来自拉丁文和希腊文，如 Sirius（天狼星）、Arcturus（大角）等等。

1603 年，德国天文学家贝耶尔出版了一本星表，他用 24 个希腊字母标明各星座中各恒星的亮星，星座中最亮的星定名为“α”星，第二亮的定为“β”星，以此类推。例如天狼星称之为大犬座 α 星、参宿四和参宿七称为猎户座 α 星、猎户座 β 星。当一个星座中的星超过 24 颗，星座其他的星就用拉丁字母或数字来表示，如天鹅座 61 星，即天鹅座的第 61 号星；或者用星表名称和序数来表示，如佛尔夫 359。有些星不属于某个星表，就用它的赤经、赤纬来表示。在一般的星图中，星座与星座之间以虚线隔开，星座中的恒星标有 α、β 和 γ 等希腊字母。

恒星的亮度和视星等 早在公元前二世纪，古希腊天文学家喜帕恰斯（旧译伊巴谷）编制星表（其表上有 1022 颗恒星）时，曾按亮度把恒星分为 6 个等级，他把大约 20 颗最亮的星定为一等星，肉眼刚能看见的为 6 等星。一般说来，目视星等数越大，表示星的亮度越小。星等表示天体的亮度。这里的“亮度”是指观测者在单位面积上所接收的天体辐射流量，相当于光学中的照度。19 世纪中叶，天文学家发现，1 等星是 6 等星亮度的 100 倍。以 E_6、E_1 表示 6 等星和 1 等星的照度，则有：

$$\frac{E_1}{E_6}=100=\rho^{6-1}$$

由上式可求出 $\rho=\sqrt[5]{100}=2.512$，这就是说星等相差 1 等，其

亮度比为 2.512。天文学家根据上述关系建立了星等（以 m 表示）和亮度（以 E 表示）之间的关系式：

$$\frac{E_1}{E_2}=(2.512)^{m_2-m_1} \qquad 即\ m_1-m_2=-2.5\lg\frac{E_1}{E_2}$$

此式称为普森公式，它表示任意两颗恒星亮度与星等之间的换算关系。后来，利用望远镜和照相术把星等定得更为精确，开始用小数和负数来表示星等，即亮于 1 等星的向零等、负星等方向扩展。如全天最亮的天狼星的视星等为负 1.46 等星，通常记作 -1.46^m；天津四为 1.25^m。满月的视星等为 -12.7^m。用现在世界上最大的望远镜拍摄到的最暗星等为 25^m。由现代实验测定，零等星在大气外的照度是 2.54×10^{-6}勒克斯。简单地说，光度为 1 烛光的点光源在相距 1 米处所产生的照度就是 1 勒克斯。

恒星的距离　测定天体距离的经典方法是三角视差法。观测者在两个不同位置看到同一天体方向之差称为视差。由于公转，地球在空间的位置变化使地面观测者看到恒星在天球上描绘出一个椭圆，其长轴与黄道面平行，一般称此为视差位移椭圆，它以 1 年为周期。恒星越遥远，此椭圆的半长径越小。因为地球不断地围绕太阳公转，人们从运动的地球上看附近的恒星将会看到恒星的视差位移，这样产生的恒星视差称为周年视差，人们对同一恒星根据相隔半年的两次位置测定值，即可算出恒星的视差。

天文学家以日地平均距离 a 为基线（图 3.1.1），把角 EAS 定义为恒星的周年视差（π），图中 r 为恒星距离。显然，周年视差 π 与太阳到恒星的距离之间的关系为 $\sin\pi=a/r$，由于 π 一般都小于 1 角秒，故可用它的弧度数代替正弦，即 $\pi=a/r$（弧度），或 $r=a/\pi$。如果周年视差 π 以角秒表示，通常记为 π''，$\pi''=206265\times a/r$，因为 1 弧度等于

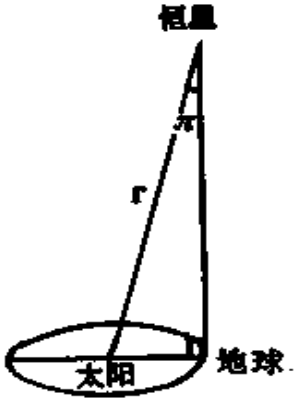


图 3.1.1

206265 角秒。如果以天文单位作为长度单位，则恒星距离可表示为：

$$r=206265\ \frac{1}{\pi''}\text{天文单位}$$

实际上，量度恒星距离常以秒差距或光年为单位。天文学家把周年视差 $\pi''=1''$时所对应的距离称为一个秒差距，常以 PC 表示。秒差距与光年以及天文单位的关系是：1 秒差距＝3.26163 光年＝206265 天文单位。恒星距离若以秒差距为单位，则有下列关系式：

$$r=\frac{1}{\pi''}\text{秒差距}$$

若以光年为单位，取三位有效数字，则有：$r=\frac{3.261}{\pi''}$光年

即 1 秒差距＝3.261 光年

天文史上首次成功测定恒星周年视差的是俄国的斯特鲁维和德国的贝塞尔等。到目前为止，天文学家在地面上用上述方法测定了约 8000 颗恒星的视差。只有距离太阳比较近的恒星才能用三角视差法测定它们的周年视差，一般远于 100 秒差距的恒星距离，需用其他方法求出。恒星的周年视差是很小的数字，例如距太阳最近的半人马座比邻星的周年视差 $\pi''=0.76''$，相当于 1.32 秒差距或 4.3 光年。

恒星的光度和绝对星等 恒星每秒钟发出的总辐射能称为光度（L），它表明了恒星的真实发光能力。为了比较不同恒星的光度，人们把恒星放在一个相同的距离上来比较，国际上规定这个标准距离取为 10 秒差距，由此引入了绝对星等。绝对星等的定义是：把恒星置于 10 秒差距处所得到的视星等，以 M 表示。它是量度恒星光度的一种单位。

绝对星等与光度的关系是：

$$M_1-M_2=-2.5\lg\frac{L_1}{L_2}$$

恒星光度常以太阳光度 $L_\odot$为单位，以 $M_\odot$表示太阳的绝对星

等，则有：

$$\lg L = -0.4\ (M - M_{\odot})$$

太阳的绝对星等 $M_{\odot} = 4.83^{m}$

由物理学知道，任何光源的亮度跟光源到观测者的距离的平方成反比。据此可以导出绝对星等和视星等的关系。如果某恒星的光度为 L，则距此星距离为 r 秒差距处的照度为 $E = L/4\pi r^2$；若以 E_1 表示假想把恒星移到 10 秒差距的距离处它具有的亮度，则有：

$$\frac{E_1}{E} = \frac{r^2}{10^2}$$

利用星等和亮度之间的关系式可得到

$$M = m + 5 - 5\lg r = m + 5 + 5\lg\pi''$$

这个公式表示了绝对星等 M、视星等 m 和恒星距离 r（视差 π''）之间的关系，是天文学中一个很重要的公式。如果已知恒星的距离（或周年视差 π''）和视星等，通过上式可求出此星的绝对星等；反之，如果用物理方法得出某恒星的绝对星等，又由观测定出恒星的视星等，则通过上式可以求出恒星离我们的距离。

已知天狼星的视星等是 -1.4^{m}，它的距离是 2.7 秒差距，由上式可算出它的绝对星等 M 为 1.5 等，即，如果把天狼星放在 10 秒差距的地方，它只有 1.5 等。参宿七的视星等为 0.14m，但由于它离太阳约 200 秒差距，所以它的绝对星等为 -6.4^{m}，按照星等相差一等，亮度相差 2.5 倍来计算，参宿七的实际亮度竟是天狼星的 1600 倍 $[2.5^{1.5-(-6.4)} \approx (2.5)^8 = 1600]$。太阳的视星等为 -26.7^{m}，其实它的绝对星等才只有 4.83^{m}。如果把太阳移至 10 秒差距处，太阳将是一颗比 5.0^{m} 的星稍亮一些的恒星，它只有参宿七亮度的 1/33000。天文学上称光度大的恒星为巨星，光度再大的称为超巨星，称光度小的恒星为矮星。光度大的恒星光度可达太阳光度的几十万倍，而光度小的仅有太阳光度的几十万分之一。

恒星的颜色和表面温度　恒星在不同波长所辐射的能量是不

同的，所以，使用不同的探测器测得同一恒星的星等值也不同。天文学上把用肉眼测定的星等称为目视星等，常以 m_v 表示，其有效波长为 $\lambda=550$ 纳米（相当于接收波长为 550 纳米的单色辐射所得到的星等值）。用天文底片作辐射探测器得到的星等称为照相星等，常以 m_p 表示，其有效波长为 $\lambda=425$ 纳米。此外，用正色底片加黄色滤光片测定的星等称为仿视星等，以 M_{pv} 表示，在应用上可取代目视星等；用光电倍增管测定的星等则称为光电星等。表征恒星在整个电磁波段辐射总量的星等称为热星等。与视星等一样，绝对星等也区分为绝对目视星等、绝对照相星等、绝对仿视星等、绝对光电星等和绝对热星等。严格说来，只有绝对热星等是恒星光度的一种量度。

恒星的颜色能告诉人们恒星的表面温度。色指数是恒星颜色的一种量度，所谓色指数即恒星照相星等和目视星等（或仿视星等）之差，它常以 C 表示，即 $C=m_p-m_v$。色指数和恒星表面温度有很简单的关系，C 值越大，恒星颜色越红，其表面温度越低。由色指数算出的温度称为恒星的色温度。可见，测出恒星的照相星等和目视星等（或仿视星等），就可以算出恒星表面的温度。下表列出了几颗恒星的颜色和它们的色温度。

恒星颜色	表面温度（K）	星　名
蓝色	25000～35000	猎户座 η 星
蓝色	15000～20000	角宿一、参宿七
蓝白色	10000	天狼、织女
白色	7500	南河三
黄色	6000	五车二
橙色	4500	大角、毕宿五
红色	2000～3000	参宿四、心宿二

二、恒星世界的形形色色

恒星的“指纹”——光谱　随着近代分光仪器的改进和原子理论的不断进步，光谱分析成了恒星天文学中不可缺少的部分。星光通过天文望远镜和一个玻璃三棱镜（或光栅）之后，就会分解成一条按波长不同而展开的光带——光谱。恒星光谱中包含着恒星各种物理特性的最丰富的信息，由此可以获得恒星大气的化学成分、温度、压力、光度、直径、质量、磁场、自转和视向速度等多种重要参量。

早在1666年，牛顿就已发现，一束白色的阳光穿过一枚三角形的玻璃棱镜之后以扇形展开，成为七色俱全的“彩虹”，它正是太阳的连续光谱。1802年，英国科学家沃拉斯顿在改进牛顿上述实验时发现，太阳的光谱被几种黑暗谱线割裂了，这些暗线的秘密直到1859年才被揭开。当时德国物理学家基尔霍夫所做的一些科学实验，揭示出任何光谱的性质都由光源的密度和化学成分来决定。他提出了两条定律：（1）每一种化学元素都有它自己的光谱；（2）每一种元素都可以吸收它能够发射的谱线。这就是著名的基尔霍夫定律（图3.2.1）。

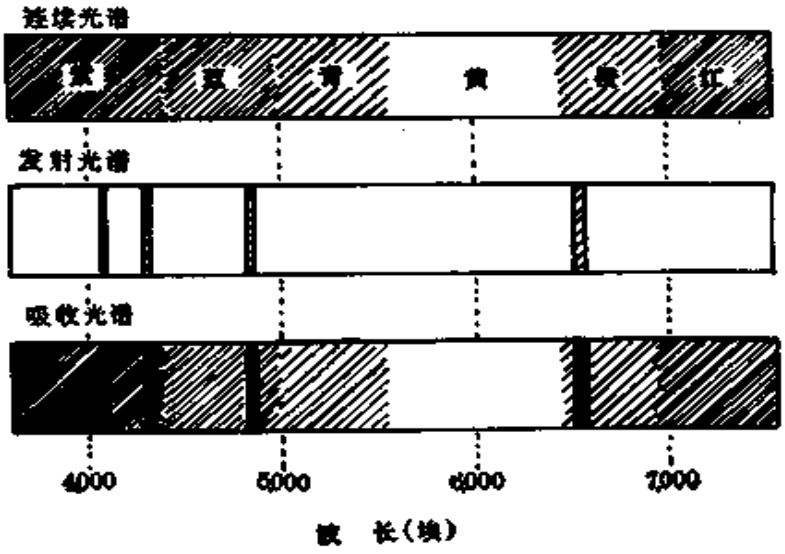


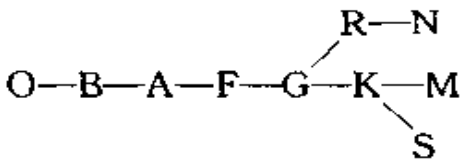
图 3.2.1

恒星的光谱和太阳光谱相似，即在连续光谱背景上布满分立

的暗线，这些暗线称为吸收光谱，它是当炽热物体发出的光经过较冷的低压气体时产生的。那些较冷的低压气体原子吸收了与其特征谱线波长相适应的光，使连续光谱上这些相应位置的光变暗，形成吸收线。各种原子的吸收光谱中每一条暗线的位置都与这种原子发射光谱中的一条明线（亦称亮线）相对应。因此吸收光谱中的谱线也是原子的特征谱线。恒星大气中的每一团气体都同时在发射和吸收光子，过程是很复杂的，但是总的效果是在恒星大气中的各种原子和分子所能产生吸收的那些波长上的辐射被削弱了，以致从星面逸出的辐射的光谱中出现了吸收线。

天文学家将拍摄的恒星暗线光谱与实验室已知各谱线的波长进行了对照，可确定所测恒星的元素组成；根据谱线的强度还可以确定各元素的丰度。观测表明，绝大多数恒星的元素含量基本上与太阳相似。到目前为止，在恒星光谱中已证认出元素周期表中 90%左右的天然元素，也还有一些恒星光谱至今尚未证认出来。由观测事实知道，恒星的外层也存在类似太阳的光球、色球和日冕结构，如在有些恒星的光谱中出现属于色球的电离钙和电离镁的发射线。美国“爱因斯坦 X 射线天文台”观测到许多类型的恒星有 X 射线辐射，暗示了它们应存在类似日冕的星冕。应当说明的是，人们所观测到的从星面逸出的辐射的光谱并不反映恒星核心内辐射场的能谱，它完全是由表面很薄的一层气体的温度、密度和化学成分决定的，这一薄层的厚度不及恒星半径的千分之一。

在观测中人们发现，颜色相同的恒星，其光谱大致相同，颜色不同的恒星，其光谱也不相同。天上恒星的数目虽然很多，但它们的光谱却大致可分成几种类型。19 世纪末，美国哈佛大学天文台将大量的恒星光谱分为以下几种类型：



这就是目前被广泛采用的“哈佛分类”，它反映了恒星温度由高到低的序列。每一类型又分为10个次型，用数字0，1，2，……表示，如B_0型是B型的典型，B_5型介于B型和A型之间等等。太阳的光谱是G_2型。下表列出了恒星光谱型与颜色、表面温度的对应关系。

光谱型	颜　色	表面温度（K）	典型星
O	蓝	40000～25000	参宿一、参宿三
B	蓝白	25000～12000	参宿五、参宿七
A	白	11500～7700	织女星
F	黄白	7600～6100	南河三（小犬座α星）
G	黄	6000～5000	太阳，五车二（御夫α）
K	橙	4900～3700	大角星（牧夫座α星）
M	红	3600～2600	心宿二、参宿四

恒星的大小、质量和密度

恒星的大小用其角直径的大小来表示。由于恒星距离遥远，在天文望远镜中显示不出可测的圆面，故不能用直接测量其角直径的方法定出恒星的大小。1920年，美国物理学家迈克耳逊根据物理学中双光束干涉原理，设计了一架恒星干涉仪，用于恒星角直径和双星角距的测量。美国威

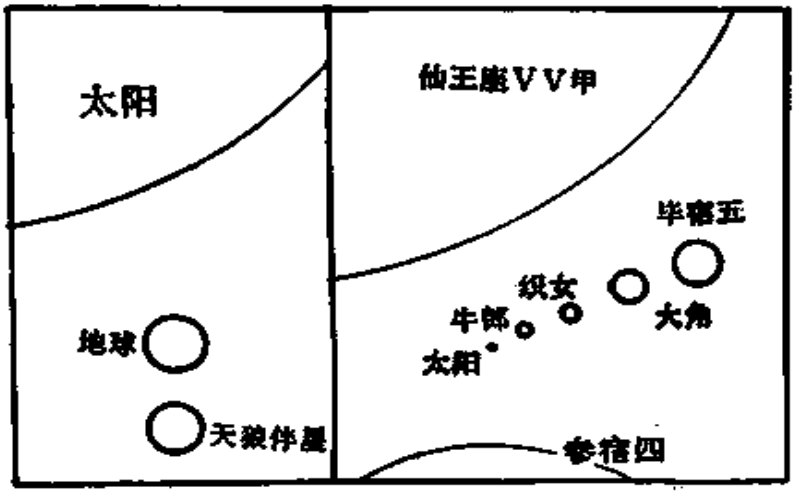


图 3.2.2

尔逊山天文台在50多年前首先用干涉法成功地测得了几颗恒星的角直径，遗憾的是，这种方法仅适用于体积大、距离近因而角直径大的恒星。对于大多数恒星，天文学家假定恒星近似绝对黑体，根据斯忒藩-玻尔兹曼定律，可得光度公式：

$$L=4\pi R^2\sigma T^4$$

式中σ为玻尔兹曼常数。通过测定恒星的光度L和温度T，可间接地得到恒星半径R。

此外，还有天文学家采用“月掩星法”测量恒星的角直径。月球在绕地球运转过程中，白道附近的恒星有时会被它遮掩，恒星被掩前后，用光电光度计准确测定该星亮度的变化。从记录下来的亮度变化曲线，可得出初始遮掩和完全被掩的时刻之差；同时记下月球边缘掩恒星的位置——掩点；月球在天球上的运动方向和速度用天体力学方法计算出来。从这些数据就可以求出恒星的角直径。此法只适用于角直径较大的恒星。

恒星的角直径非常小，最大的不超过0.05″。观测结果表明，恒星的大小相差很大（见图3.2.2）。例如猎户座α（参宿四）的直径是太阳的900倍，仙王座VV双星系统中较亮的那颗星，直径达太阳的1600倍，天狼星的主星直径是太阳的1.76倍，而其伴星却很小，只有太阳直径的0.73%。

恒星的质量是研究恒星演化最重要的一个物理量。测定恒星质量仍是天文学中的一个困难的课题，除太阳外，目前只能对某些双星的质量进行测量。双星中的主伴两星均绕其质量中心作椭圆轨道运动，通过测量它们的运动周期和轨道半长径，应用开普勒第三定律可求出它们的质量。在测定出很多恒星质量之后发现了一条重要规律：恒星质量越大，其光度也越强。这称为质量-光度关系，简称质光关系。根据这个关系可以近似定出单个恒星的质量，但是必须是主星序的恒星，对变星是不适用的。

如果以$M_\odot$表示太阳质量，大多数恒星的质量在$0.08M_\odot$至$65M_\odot$之间。质量超过$65M_\odot$时，星体是不稳定的，激烈的爆发可

导致质量大量减小。总的说来，恒星在光度和直径方面的差别很大，但质量的差别却不是很悬殊的。

知道了恒星的大小和质量，就可计算出恒星的平均密度。恒星的平均密度差别很大。比如，太阳的平均密度为1400千克/米^3，在恒星中处于中等地位；天狼星的伴星是一颗很小的白矮星，其平均密度为1750千克/米^3，几乎和太阳的密度相当；红超巨星参宿四平均密度为10^{-4}千克/米^3；又如心宿二这颗红巨星，其平均密度大约只有太阳的一百万分之一，比地球表面空气密度的千分之一还要小。中子量的密度很大，可高达10^{18}千克/米^3。

恒星的运动 恒星也和其他天体一样存在着自转运动。通过观测恒星光谱吸收线的宽度发现了其自转运动。不同类型的恒星自转速度不同。下表列出了不同光谱型的主序星平均自转速度。

主序星的平均自转速度

光谱型	O_5	B_0	B_5	A_0	A_5	F_0	F_5	G_0	K、M
平均自转速度（千米/秒）	190	200	210	190	160	95	25	12	1

恒星在空间并非不动，恒星不“恒”是天文学家的观测结论。恒星除了自转外，相对于太阳还有运动。1718年，英国天文学家哈雷将他所测定的若干恒星的位置与1000多年前的喜帕恰斯和托勒密的观测结果相比较，发现它们的位置有明显的变化。恒星的这种运动用肉眼观测需经过数万年的漫长时间间隔方能看出来。恒星每年在天球上移动的角度，称为恒星的自行，单位为角秒/年。

恒星的空间运动的方向是多种多样的，它们有的向西，有的向东，有的远离太阳，有的接近太阳。在研究工作中，一般把恒星的空间速度分成两个分量：一个在视线方向，称为视向速度，以Vr表示；另一个与视线方向垂直，称为切向速度，以Vt表示。它们之间的关系为：

$$V=\sqrt{Vr^2+Vt^2}$$

视向速度可根据物理学中的多普勒效应原理，通过测定恒星谱线位移量求得。切向速度可由观测恒星的自行求得。恒星的自行代表恒星在空间的横向运动，如果已知恒星距离，便可根据测得的自行量得到恒星的切向速度（图 3.2.3）。

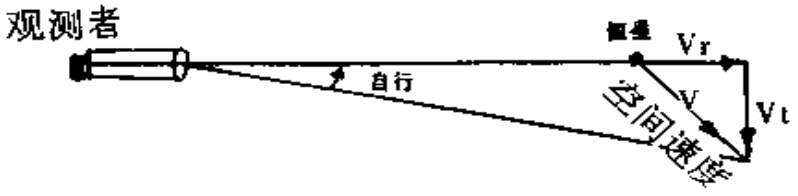


图 3.2.3

迄今为止，已经测定大约 30 万颗恒星的自行，大部分小于 0.1″/年。自行大者常表示距离我们较近，例如牧夫座 α 星每年自行大约 2″；离我们最近的半人马座 α 星的自行是每年 3″.7。蛇夫座有一颗 10 等暗星，1916 年美国天文学家巴纳德发现它的自行非常大，每年达 10″.31，人们称之为“飞星”。自 1870 年开始测定恒星的视向速度，到现在已测出视向速度的恒星约有 3 万多颗，大多数在±20 公里/秒之间，正号表示离开我们，负号表示接近我们。有些恒星的视向速度很大，超过 500 公里/秒。

由观测知道，恒星和太阳都在运动着。自 1895 年以来，许多天文学家通过观测研究，发现太阳大约以 19.7 千米/秒的速度运动，方向是武仙座方向，具体地说，向点的赤经赤纬为 $\alpha=270°$，$\delta=+30°$。天文学家把恒星本身固有的运动称为本动，把由于太阳的运动而引起的那一部分称为视差动。观测发现，太阳还以大约 250 千米/秒的速度绕银河系中心旋转。银河系中所有的恒星，除了本动外，也都在环绕着银心旋转。

三、双星和聚星

在我们的银河系中，独自活动的单颗恒星只占恒星总数的1/4，成双成对或三五成群的双星或聚星却比比皆是，它们自成体系，相依为命，有人将它们戏称为天界鸳鸯。两颗相距很近，并有物理联系的恒星叫做双星。两颗以上聚集很近的天体，如三颗天体聚集在一起的称为三合星，四颗的称为四合星等等。三合星、四合星等又统称为聚星。

双星的分类　观测结果表明，许多双星确实是一对对具有物理联系的恒星，这种按照万有引力定律互相绕转的双星称为物理双星。但也有实际上相距很远的两颗星，只是由于看上去位于我们视线的同一方向，因而在天球上显得靠近，这种“双星”称为光学双星，它们之间毫无联系。例如，肉眼可见的牛宿增六（摩羯座 α_1）和牛宿二（摩羯座 α_2）两颗星就是光学双星，实际上，前者比后者要远好几倍。本章所述的双星都是指物理双星。

英国天文学家 F·W·赫歇耳于 1802 年发现首例绕公共重心旋转的物理双星。双星的两个成员称为双星的子星。质量较大、通常也是较亮的子星称为主星；质量较小、通常也是较暗的子星称为伴星。两子星围绕着它们的公共重心在轨道上运行，绕转一圈的时间（轨道周期），快的不到 1 小时，慢的可长达几千年。已知轨道周期最短的是位于人马座球状星团 NGC6624 中的 X 射线双星 X－1820－303，该星距太阳约 3 万光年。这一双星系统中两子星互绕一圈只需 11 分 25 秒。而另一极端，一颗叫秦（巨蛇座 δ）的双星其两子星要 3 千多年才互绕一周，这么长的周期是很难测定的，因此，不可能确切地说出已知周期最长的是那一个双星。有人估计，两子星相隔很远的双星，其轨道周期会长达几百万年。

著名的双星和聚星　望远镜能分辨出两子星的双星称为目视双星。目视双星两子星互相绕转的周期一般在一年半以上，大多

数长于5年。已发现的目视双星有7万多对。但有一些双星，因为两子星相距太近，即使用分辨本领最好的光学望远镜也难以分辨其两子星，这时可用分光方法来研究。恒星光谱的一般形态是：在连续光谱的背景上叠加着若干条谱线。视恒星向我们趋近或远去，谱线向光谱的蓝端或红端移动，这就是谱线的多普勒蓝移或红移现象，谱线位移量的大小标志着恒星运动速度的快慢。若一双星系统的轨道平面与我们视线近乎平行，则会发生一子星迎我们而来，另一子星离我们远去的情况，这时，前一子星的谱线发生蓝移，后一子星的谱线发生红移，两组谱线趋于分开，产生所谓手风琴效应；但当两子星横越我们的视线运动时，谱线合而为一。1650年，意大利天文学家G·里乔利通过望远镜发现北斗七星杓把上的开阳（大熊座ζ）（见图3.3.1）是一个双星；1656年，

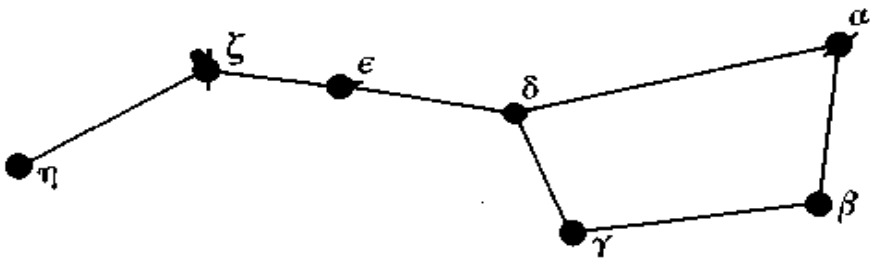


图 3.3.1

C·惠更斯发现猎户座佩剑中间那颗星——猎户座θ星，实际上是由三颗星组成的；1664年，R·虎克又发现了娄宿二（白羊座γ）实际上是成双的星。开阳A和开阳B两星现在相距14.4″，从发现以来，它们的相对位置只变化了很少一点点，这表明其轨道周期为几千年量级。1889年，美国天文学家E·C·皮克林注意到，开阳A的谱线有周期性的分合现象，从而断定开阳A是一个分光双星并测出其轨道周期为20.54天，其两子星相距约3000万公里。后来的观测显示开阳B实际是一个三合星。在开阳星近旁还有一个微弱得多的星，中名“辅”星（大熊座80），与开阳星相距约1/4光年，也是一个分光双星。因此，开阳星实际上是一个包含七

颗星的聚星系统。

聚星的另外两个例子是双子座的北河二（双子座 α）六合星和南门二（半人马座 α），后者是全天第三亮星。实际上，南门二是由甲、乙、丙三星组成的目视三合星，甲、乙两星都特别亮，两星互绕的轨道周期为 79.9 年，距太阳 4.35 光年。丙星即半人马座“比邻星”，它是一颗 10.7 星等的红矮星，距离甲、乙两星约 1/6 光年，但它绕两星一周估计需 50 万年。比邻星是苏格兰天文学家 R·T·艾登于 1915 年发现的，是已知的离太阳最近的恒星，两者相距 4.28 光年，由此得名。

有时，一颗恒星的伴星太暗淡了，很难观测到，但从可见星波浪式前进的运动方式，却可推测它的存在。巴纳德星就是一个很好的例子，它是美国天文学家 E·E·巴纳德于 1916 年在蛇夫座发现的一颗恒星。它离太阳也较近，为 19 光年，仅次于比邻星和南门二。人们从其在天空中运动轨迹的“摆动”情形，计算出它可能有与木星相似的两颗不发光的行星围绕着它运行。这类双星我们称之为天体测量双星。

第四类物理双星是交食双星或称为食变星。我们将在下一节“不稳定的恒星”中介绍。

研究双星的意义　质量是恒星的重要物理参数之一，通过轨道运动可以测定双星的质量，而目前只有太阳和一部分双星的两子星能够直接测定出质量；测定其他恒星质量的各种方法都要建立在双星质量测定的基础上。从交食双星光变曲线的形状，可以推算出两子星的形状和大小，对某些交食双星，还可以推知子星大气里的物理状况。自 60 年代后期，人们对密近双星（凡一子星影响另一子星演化的物理双星都可称为密近双星）的质量交流问题进行研究以来，发现两子星的相互作用可以对其演化产生重大影响。对射电脉冲双星 PSR1913＋16 轨道周期缩短的观测值同引力波使轨道周期缩短的理论值符合得很好，人们认为这是第一次发现了引力波存在的实测证据。X 射线双星中，如天鹅座 X-1，还

是探索是否存在黑洞的理想场所。由此可见，对双星的研究，尤其对密近双星的研究，涉及到恒星物理、恒星演化、高能天体物理及引力辐射等许多方面。从射电双星、X 射线双星、脉冲双星发现以来，双星天文学的内容更加丰富，各方面的研究也更加活跃。

四、不稳定的恒星

在较长的时间内（如几百年），大多数恒星的亮度看不出明显的改变。如果在较短的时间内亮度发生变化，则称为不稳定星，如变星、新星、超新星等。

变星 凡是在较短的时期内（几年或更短），其亮度能用观测仪器观察到变化的那些恒星都称为变星。按照亮度和光谱变化，变星大体上可分为几何变星和物理变星两大类。几何变星包括食变星和星云变星。食变星，即交食双星，其亮度的变化是由于两子星相互交食引起的，星云变星的亮度变化则是由于来自星体的光被包裹着它的气体和尘埃云的状态变化所引起的；物理变星包括脉动变星和爆发变星。因恒星本身的体积作周期性膨胀和收缩而引起亮度变化的恒星属脉动变星，亮度突然激烈增强的变星为爆发变星。亮度变化的起因是星体本身的爆发，新星和超新星是两种主要的爆发变星。在银河系内已发现约 3 万颗变星。

在讨论变星时，经常要出现光变曲线、变幅和周期三个名词：描绘恒星光度随时间而变化的曲线叫做光变曲线，曲线的极大值和极小值之间的差叫做变幅，从一个极大值到下个一极大值的时间间隔叫做周期。

几何变星 食变星，亦称交食双星，该双星系统由互绕其公共重心的两子星组成，如果双星系统轨道平面的法线几乎与我们的视线垂直，两子星轮流地在视线中挡住另一子星的全部或部分，星食现象使双星系统总的视亮度发生周期性变化。最有名的食变星是英仙座的大陵五，它的较暗子星每 2.87 天横穿亮子星与地球

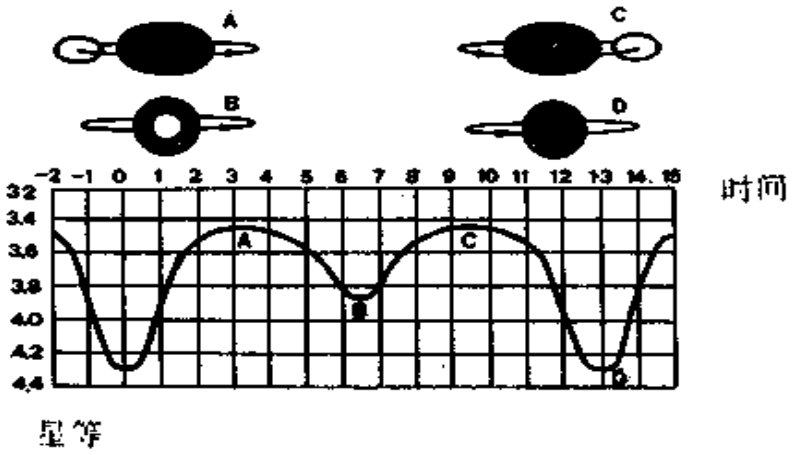


图 3.4.1

之间一次。由于两子星相距较远，在一个周期内大部分时间亮度不变。大陵五型变星光变曲线的特点是在每个周期里有两个极小，一个主极小以后跟随着一个副极小。另一个有名的食变星是天琴座的渐台二，渐台型食变星的光变曲线则是另一种样子（如图 3.4.1 所示）。由于两子星的大小、亮度相差不多，且两星非常接近，它们的大气混和在一起，星体本身由于引力作用而变为椭球状，亮度的变化是连续性的，深浅极小值相间，变幅不到两个星等。在某些方面与渐台型食变星相似的大熊座 W 型变星，其两子星也因引力作用而有所畸变，光变周期一般不到 1 天，亮度变幅不到 1 个星等。以上三类变星分别用符号 EA、EB 和 EW 表示。

星云变星中金牛座 T 型变星是较典型的，它们大概是被气体和尘埃云包裹着的星。气体和尘埃是当恒星趋向于稳定的深化阶段时从星体抛射出来的，因此，由于这些物质的遮光作用所引起的光强输出的变化是难以预料的。就金牛座 T 星本身而言，其亮度大约在 9 星等与 13 星等之间变化，几星期内便经历了完整的光变范围。金牛座 T 型星是十分年轻的、不稳定的星，对它们的研究将为了解恒星的结构和演化提供重要线索。根据光变曲线的性状并参考光谱特征，星云变星除金牛座 T 型变星外，还有猎户座

T 型变星、御夫座 RW 型变星、某些耀星和特殊星云变星四类。耀星是亮度平时基本不变，有时会突然发亮的爆发变星，目前发现有两类耀星，一类是太阳附近的以“鲸鱼座 UV”星为代表的耀星，都是 M 型发射矮星，半人马座比邻星就是一颗耀星；另一类是在星团和星协里发现的耀星，在猎户星云区和昴星团中发现最多。

脉动变星 最有名的脉动变星是造父变星，因 J·古德里克在 1784 年首先发现此类变星“造父一”（仙王座 δ）而得名。这类变星很亮，因而很远处的造父变星也能被观测到。至今，已探明的造父变星有 500 多颗，它们的光变周期在 1 至 55 天之间，造父一的周期为 5.36634 天，在此期间其亮度在 3.6 及 4.3 星等之间变化，其光谱也相应地从 F5 型变到 G3 型左右，其温度变化约 1500℃。造父变星的光变曲线都相似，降到极小的趋势总是慢于升到极大，亮度的增大常是平滑而稳定的，下降则常有些不规则，亮度的变化常常小于 1 个星等，有一些造父变星的亮度起伏只有 1/2 星等，但也有一些造父变星的亮度变化大于 1 个星等的，如图 3.4.2 所示。

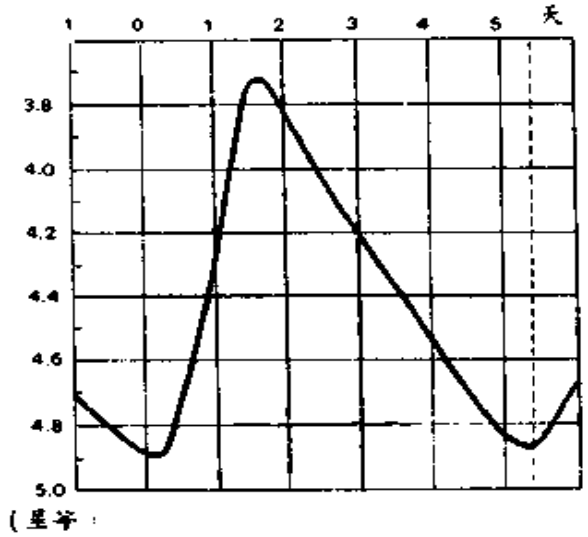


图 3.4.2

造父变星的绝对光度和周期之间的一个非常重要的关系是美国女天文学家 H·S·勒维特于 1912 年发现的，她从小麦哲伦云中造父变星的照片发现：较长周期的造父变星总是比较短周期的为亮，因此，她认为较长周期的造父变星也是较强的，即造父变星的周期愈长，其光度（绝对星等）就愈大。这一周光关系的发现开创了求天体距离的新方法，利用周光关系便可计算出包含有造父变星的星团或星系的距离。

上文介绍的是长周期造父变星，又称经典造父变星，有时简称为造父变星，符号为 C，大部分长周期造父变星属于星族 I，位于星系的旋臂上，它们的符号为 Cδ；小部分属于星族 I，它们的符号是 CW，典型星为室女座 W 星，室女座 W 星可在椭圆星系和旋涡星系的球状星团和晕中找到。星族 I 和星族 II 造父变星的周光关系不一样，前者的本身光度比后者的低 $1\frac{1}{2}$ 星等。另一类天琴 RR 型变星，又称为短周期造父变星，符号为 RR，这类变星大都出现在球状星团内，人们常利用来测定球状星团的距离。

长周期变星，符号为 M，典型代表是“鲸鱼座 o 星”，即“蒭藁增二”，因此，这类变星又称为“蒭藁型变星”。蒭藁增二是长周期变星中最亮、最有名、最先发现的一颗。蒭藁星亮度的极大和极小不是固定不变的：亮度起伏从 3 或 4 个星等到稍小于 9 个星等，偶而蒭藁星曾亮达 2 等星，而在 1779 年几乎成为 1 等星，周期在 331 天左右，但和光幅一样也是在变化的。长周期变星是变星中最普遍的一类，已列入星表的有 4000 颗左右，它们有许多共同特点：都是红巨星，90%的光谱属 M 型，其余的为 N 型和 S 型，少数为 R 型，光度有较大的变化，光度周期在 200 到 400 天之间变化着。

以上三类变星是脉动变星中最重要的，它们的光变曲线是固定的，故总称之为规则的变星。用符号 SR 表示的半规则脉动变星，其亮度变化有一些周期性，但周期又不是固定不变的，或者

其平均亮度不固定，典型的如金牛座RV型星，它们的光变曲线有深浅相间的极小值，虽常出现不规则性，但也出现连续的深极小值。金牛座RV型星又可分为两种，一种包括金牛座RV星，其光度曲线上有短项起伏叠加在长得多的约3年的循环周期上，另一种则没有短叠加的循环；不规则的脉动变星，其亮度没有任何规则可循，典型星有天鹅座CO星，此类变星常用符号I表示。

爆发变星 有时候，天空里会出现一颗星，突然发亮，在一两天之内达到最大亮度，以后又慢慢暗淡下去，这种不稳定的星叫做爆发变星。爆发变星包括激变变星和灾变变星两类。灾变变星指“灾难性”爆发的超新星。激变变星通常指超新星以外激烈爆发的变星，包括新星、再发新星、类新星和矮新星四种。

新星，符号为N，这类星在爆发前一般不可见，但一旦出现，亮度增加得极快，一两天内便显得很亮，以后慢慢地减弱，经过几年或几十年才恢复到原来的亮度。有名的天鹰座新星是1918年6月8日发现的，刚发现时其亮度为1星等，但几小时以后，其亮度便接近于天狼星的亮度（−1.46星等）了。天文学家们检测了新星出现前该天区的照片，发现在6月3日以前，该星的亮度只有11星等，6天内便达到其极大辉光，但以后的亮度下降却经历了极长的时间，到1919年3月仍在肉眼可见范围内。新星的命名通常是在星座名称前面加英文字母N，在后面加爆发年代，如NC_{yg}1975表示1975年天鹅座新星，有时也用变星命名法表示，因而1975年天鹅座新星又记作$V1500C_{yg}$。

再发新星是一再变亮的新星，但爆发时光度增亮倍数比新星要小，却以较快的速度恢复到原来的亮度。最亮和最知名的再发新星的例子是北冕座T星，也叫做闪耀星（Blaze star），仅有的另一个达到肉眼可见的再发新星是蛇夫座RS星。

类新星，类似于新星但爆发的次数比较频繁，数年爆发一次，光变幅度比新星和再发新星小，典型星是天箭座FG星。

矮新星是爆发规模较小、频次较高的爆发变星。以天鹅座SS

为例，该星最暗时 12.1 星等，变化很少。它总是骤然变亮，达到 8 等，经过几天，再恢复原状，但变亮的期间间隔很不规则，两次爆发相隔的天数从 20 天至 100 多天，平均为 50 天左右。

不同类型的新星有一共同点：它们都是密近双星的成员，成为新星的一员常常是白矮星。物质从较大、较冷的伴星被吸向白矮星的表面，物质堆积在白矮星的表面直至这一新物质层底部的温度和压力高到引发起核聚变反应。

超新星，用符号 SN 表示，它是最激烈的天体物理现象之一，一颗爆发的超新星能够发出比一个由数十亿颗恒星组成的整个星系还亮的光，光变幅度超过 17 星等，爆发结果或是将恒星物质完全抛散，成为星云遗迹，或是抛射掉大部分质量，遗留下的部分物质坍缩为中子星或黑洞。超新星爆发后形成强射电源、γ 射线源和宇宙线源。

有两类超新星。Ⅱ型超新星是在大质量恒星（12～100 倍太阳质量）死亡时产生的，由于这种恒星拥有较多的物质，能保证其发生长得多的一系列核反应，当硅核聚变形成铁核时，核反应链停止（参见下节的有关叙述），这时，星体的外层物质不再能被来自下面气体的压力所支撑，乃以巨大速度向核心陷落，撞击星核，产生高温；当温度超过 1 千亿 K 时，核心将停止收缩，并使下落的包层

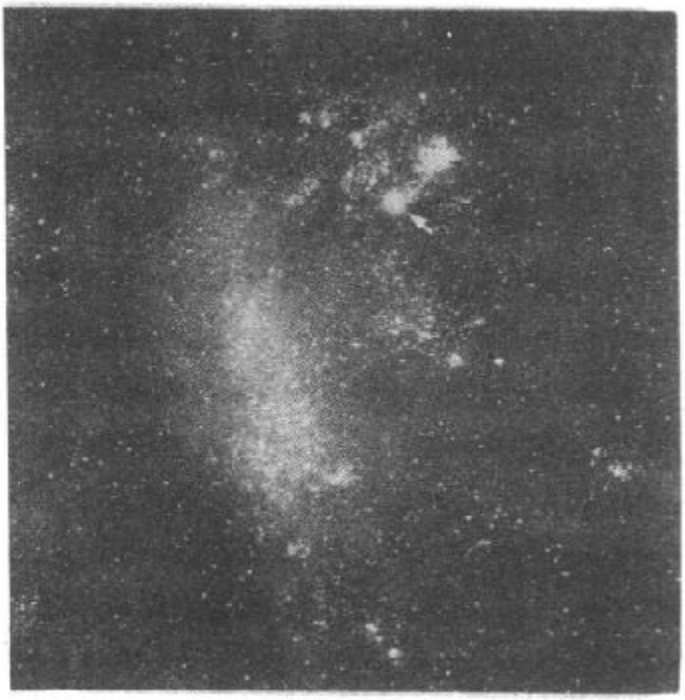


图 3.4.3

反弹开去，强大的物质波向星面急剧传播，星的外层被抛向空间，发生了超新星爆发的耀眼事件。这一全部复杂的物理过程是在大约不到 1 秒钟的时间里发生的；I 型超新星则是来自由红巨星和富碳白矮星组成的双星系统，矮星“窃取”了巨星稀薄外层的物质，其结果在矮星表面形成一个气体层，待到使白矮星的质量大于 1.4 倍太阳质量时，促发了碳核聚变反应使星体在很短时间里爆发。

到目前为止，已发现的超新星总数已超过 200 多个，但大多数是在河外星系里观测到的，在我们银河系里记录下来的超新星只有 8 个，其中最有名的是公元 1054 年爆发的超新星，它就是我国宋朝司天监官员杨惟德在天关（金牛座 ζ）星附近看到的一个新出现的亮星（当时叫客星），其遗迹就是现在看到的蟹状星云。1987 年 2 月 24 日晚观测到的大麦哲伦云中爆发的超新星 1987A 是 Ⅱ 型超新星（图 3.4.3），SN1987A 爆发前的 20 个小时，地球上的几个地下粒子探测装置一共探测到 21 个中微子，经仔细分析，确证它们来自该超新星，于是，太阳系外的中微子天文学从此诞生了。几年来，天文学家抓住这个百年难得一遇的特殊天象，对它进行了多波段的跟踪监测，获得的许多珍贵信息将有助于验证有关超新星的各种理论。

奇异的脉冲星 脉冲星是指具有短周期脉冲辐射的恒星。第一颗脉冲星 PSR1919＋21* 是英国天文学家 A·休伊什和 J·贝尔女士在 1967 年发现的，其脉冲周期为 1.337 秒。20 多年来，人们又陆续发现了许多周期在 0.033～4.5 秒之间的脉冲星。现在一般认为，脉冲星可能是自转的中子星，是超新星爆发时形成的，其脉冲特征来源于由中子星强磁场决定的射束，中子星的自转带动此射束旋转，每转一周射束就扫过地球一次，因而使观测者探测

* PSR 是脉冲星的符号，1919 表示脉冲星的赤经是 19^h19^m，＋21 表示脉冲星的赤纬是北纬 21°。

到了脉冲效应。最著名的脉冲星是蟹状星云的中心星 PSR0531＋21（图 3.4.4），其脉冲周期为 0.0331 秒。1982 年 9～11 月，美国一天文小组发现射电源 4C21.53 是一个脉冲周期只有 1.56 毫秒的脉冲星，定名为 PSR1937＋215，这类毫秒级的射电脉冲星至今已发现 30 多例。已发现的脉冲星总数超过了 500 多个，其中绝大多数是射电脉冲星，脉冲出现在 X 波段的脉冲星约 30 个，但在光学波段检测出并证实的光学脉冲星和探测到 γ 辐射的 γ 射线脉冲星均各为 4 个，有意义的是对于蟹状星云脉冲星，从射电、红外、可见光、X 射线到 γ 射线，即从波长 10 米到十亿分之一毫米的宽广波段内，人们都获得了它的观测资料，而离地球 3.6 万光年之远的脉冲星 PSR1820－11 的 γ 辐射是我国学者李惕培、吴枚在 1989 年用他们发展的一种新的空间数据成象方法发现的。

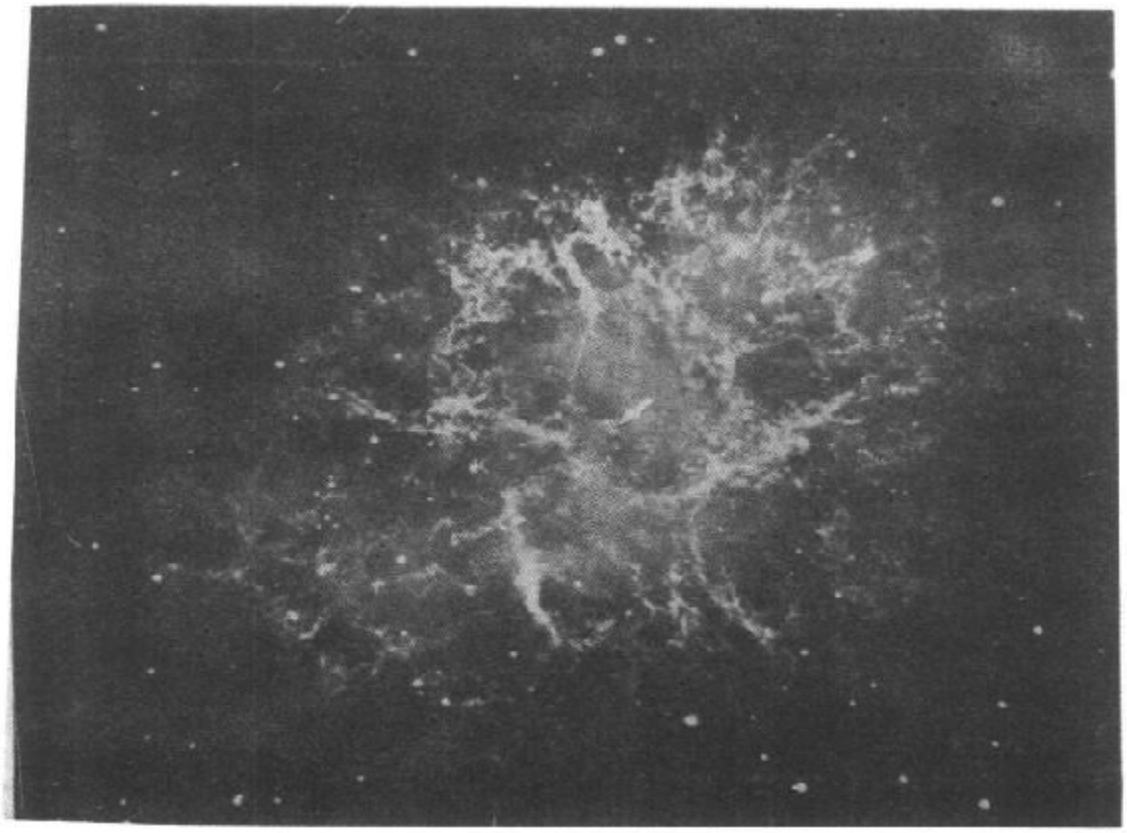


图 3.4.4

脉冲星有许多奇异的性质：体积小、质量大，因而密度很大，每立方厘米达几亿到几十亿吨；超高温，表面温度1000万K，中心温度60亿K；超高压，中心压力1万亿亿大气压，比太阳中心压力大3亿亿倍；超强磁场，10^{12}～10^{14}高斯；超强辐射，太阳辐射能量的100万倍。有的脉冲星，如PSR1913+16和PSR0021−72A，可用以验证爱因斯坦广义相对论；脉冲星的自转周期可用作精确计时，如对第一颗脉冲星PSR1919+21的周期已测定为1.33730119227秒，准确到10^{-11}秒，有的达10^{-14}秒，但也有一些年轻的脉冲星，其脉冲周期有时却发生突然缩短，即自转突快现象，有人认为这是由于类似于地震的星震所致；人们还发现有两或三颗行星绕脉冲星PSR1257+12运行的现象；在球状星团杜鹃47中发现13个毫秒级脉冲星的事例表明这些脉冲星的起源与球状星团中恒星的高空间密度相关。

五、恒星的起源和演化

恒星的生命是漫长的，它的演化也十分缓慢。恒星的一生大致可以分成四个阶段：第一阶段可以说是恒星的“出世、幼年、少年”时期；第二阶段是“壮年”时期，太空中绝大多数恒星处于这一阶段；当其演变成一颗红巨星时，便是恒星的第三阶段了；经过红巨星以后，恒星进入了暮年，此时恒星的温度达到了顶点，能源几乎枯竭。这一时期恒星的一个重要特点便是不稳定，不稳定状态首先表现为上一节所述的脉动，再往后就进入爆发阶段或慢慢地坍缩，平静地“死去”。

恒星的起源 经过多年的观测，天文学家发现我们银河系中许多美丽的、由气体和尘埃组成的星际云是恒星诞生的场所。猎户座大星云就是一个很好的例子，被称为猎户座四边形的四颗星是在非常近的时期里才凝聚成的。当尘埃和分子云的某一部分的密度比云的平均密度稍高时，新生星的形成过程便开始了。这一

区域物质的自引力作用驱使云集聚起来形成团块，当团块继续向里收缩时，其密度、温度和内部压力均在增加，当内部压力大到与自引力平衡时，收缩过程停止，星云中出现了许多热而相对密集的稳定区域。天文学家已在一些亮星云的背景上观测到许多小而圆的暗星云状物质，被称为球状体的斑点，也称为博克球状体，因美国已故天文学家 B·J·博克的研究而得名。在太阳附近 1600 光年的范围内已探测到 200 多个球状体，它们的质量在 20～200 倍太阳质量之间，直径从 1 到 4 光年，温度为 5～15K，通过近红外、以及一氧化碳、甲醛和氨分子等特征射电辐射的探测，人们发现这些球状体正以每秒 500 多公里的速度在其自身引力的作用下向里收缩，当球状体的外层从不断引力收缩所得到的能量辐射到周围空间去以后，外层也就落入星体中去了。到这时，一颗发光的球状体就变为了一颗原恒星了。原恒星继续收缩，星体内部温度不断升高，待中心温度达到 500 万 K 以上时，原恒星变成一个表面温度为几千 K 的发光的星球。对于一个主要由氢组成的浓密星球，当中心部分的温度高达 10^7K 时，氢聚变为氦的核反应便发生了，恒星开始进入其“壮年”期。

恒星的演化　当一颗星在以“燃烧”氢为其能量来源时，其光度和表面温度都只与星的质量有关。1911 年丹麦天文学家 E·赫茨普龙，1913 年美国天文学家 H·N·罗素各自独立绘出亮星的光度-温度图，发现大多数恒星分布在图中左上方至右下方的一条狭长带内，从高温到低温的恒星形成一个明显的序列，称为“主星序”。为了纪念两位科学家，人们称这种图为赫-罗图（H-R diagram）（图 3.5.1）。该图显示出恒星的光度和表面温度随时间而变化的情形，图上的横坐标是恒星的光谱型，按照 O、B、A、F、G、K、M 顺序排列，是恒星的温度序列。纵坐标是绝对星等，也就是恒星本身光度的一种衡量。大多数恒星集中在主星序，少数集中在右边中部组成巨星序，一些光度特别大的超巨星分散在图的上方。与巨星相反，那些光度小的称为矮星，在左下方也有一

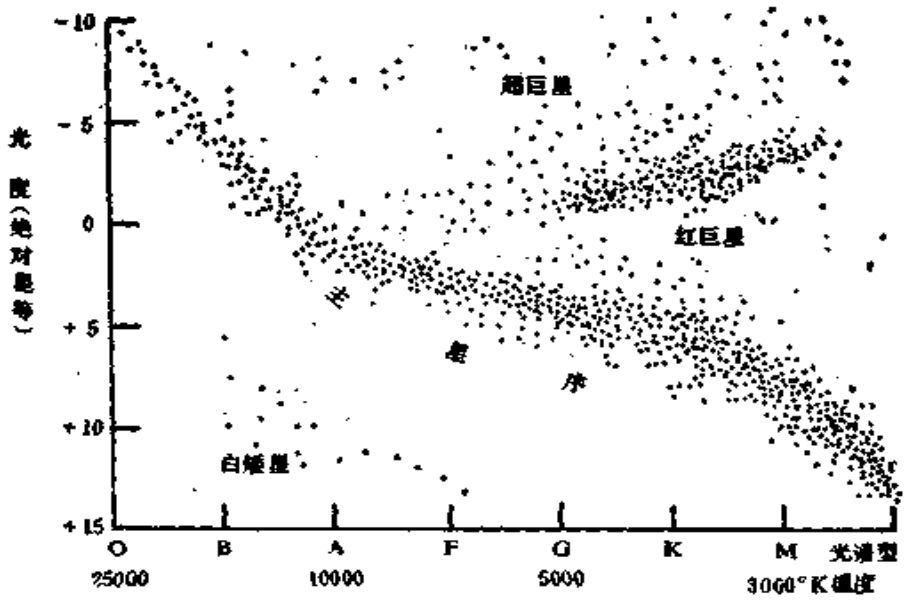


图 3.5.1

个较密集的区域，这些星温度高，但光度弱，是一个白矮星集中的区域。赫-罗图对研究恒星的演化有重要作用。每颗星的光谱型和绝对星等测定后，就在图上按相应的纵坐标和横坐标画出一个点。恒星停留在主星序的阶段是它演化的一生中最稳定、历时最长的阶段。太阳质量大小的恒星有足够的氢燃料，能保证其在 100 亿年间不断地“燃烧”发光。我们的太阳从成为恒星之日起至今已 50 亿岁了，目前正在这一演化的中途。50 亿年后，当核心的氢燃料耗尽时，它将膨胀成为一红巨星，胀大到把水星、金星、乃至地球都吞没进去，同时其表面温度将从现在的 6000K 下降到 3500K，但由于其巨大的体表，将比现在亮百倍。目前，在天空中便有许多红巨星，最有名的是金牛星座最亮的星毕宿五和牧夫星座最亮的星大角星。质量比太阳大的恒星消耗其能量的速度要比太阳快得多，一个 6 倍于太阳质量的恒星从其氢燃料获得能量只能有几千万年，反之，质量比太阳为小的恒星，它们停留在主星序上的时间要长得多。

恒星演化到红巨星以后，便逐步进入“中老年”了。红巨星的体积虽然很大但核心部分却收缩而变得更热，当温度达到约10^8K时氦开始聚变为碳——所谓氦闪，此后，热核聚变反应逐一地将碳聚变为氖，氖再聚变为氧（$\sim 6\times10^8$K）等等，经过原子序数越来越大的元素，直至当硅核聚变为原子序数为26的铁，这时中心温度达到了2×10^9K以上。对于原子序数大于铁的元素，聚变反应是吸热的，故一旦恒星的核心由铁所组成，它便不再能保持住平衡状态，这时，恒星要么坍缩，要么爆炸。

图3.5.2显示出像太阳质量大小的恒星的演化途径。

恒星的归宿　恒星的最后结局与其质量有关。现代恒星演化理论认为：如果一颗恒星的质量比太阳的质量大得多（12～100倍太阳质量），它最终将猛烈地爆发成为一颗超新星，使星际气体中淋透了在该恒星核反应中曾产生的所有元素的混合物，并成为组成下一代恒星的原料。太阳里所含有的许多元素，地球上岩石的组成等可能来源于此。金牛星座里的蟹状星云是这种爆发残余的最壮观的例子（参见“不稳定的恒星”图3.4.4）。

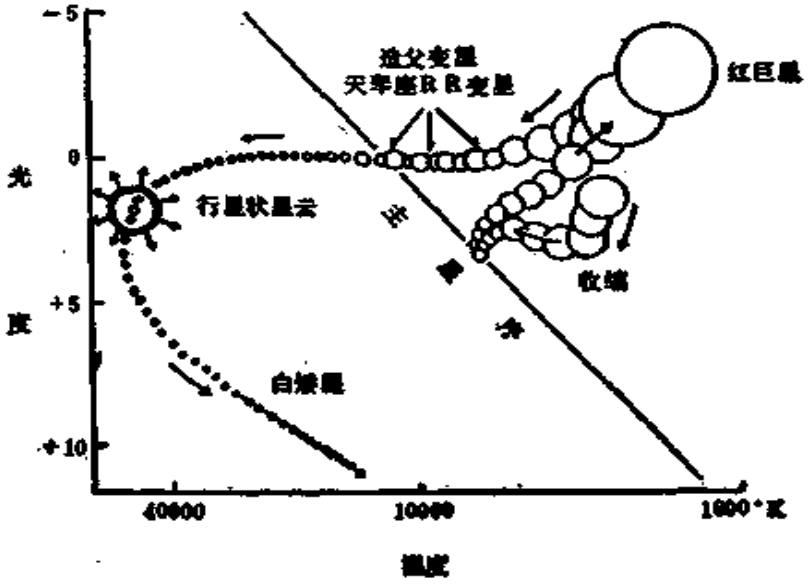


图3.5.2

有些恒星在其演化的后期也会发生不太壮观的变化和喷射，如造父变星和天琴RR型变星、猎蛇型变星、行星状星云以及新星

等。造父变星和天琴RR型变星是经过赫-罗图中“不稳定段”时产生脉动的恒星，鹿藥型变星是伴随有质量损失的不规则、长周期脉动的红巨星，行星状星云则是当恒星位于赫-罗图上巨星段时从它抛出的球状气壳所形成的。新星不太激烈的爆发，可能是由于在一个双星系统中两星间质量的交换所形成的。

在爆发或损失质量后，恒星的最终归宿不外乎下面三种命运之一：(1) 质量不大于太阳1.4倍的恒星将成为一颗白矮星，这种星具有很高的密度(每立方厘米10^5～10^7克)，以致于电子是简并态的（被压得挤在一起了），但星球的直径只有几千公里；(2) 质量在1.4至3倍太阳质量的恒星将成为一颗中子星，星体中的质子与电子结合成为中子，其密度更高(外层：每立方厘米10^{11}～10^{14}克，核心：每立方厘米10^{16}克)，中子处于简并态，典型中子星的直径只有十几公里；(3) 一个黑洞，在黑洞中，恒星的物质收缩到如此高的密度，以致于光线不再能从其中逃逸出来。在大于3倍太阳质量的恒星中，简并压力不足以支持星对于引力的抗衡，因此，如果更大质量的恒星在其爆发过程中不能喷洒出它的大部分质量的话，最终必将成为黑洞（图3.5.2）。

白矮星还不过份冷时，和其他亮星一样，可用光学望远镜观测到，但由于其能量不断向空间散发，终将成为一颗看不见的被称为黑矮星的残骸；自转极快的中子星，可通过它们旋转的磁层（脉冲星）所发出的脉冲式的射电、光波、X射线和γ射线被探测到，中子星也可以从高速降落到它坚硬表面上因而被加热了的气体所发出的X射线被间接地观测到；探测黑洞的一线希望只能是通过某些间接的效应，例如，如果它在有一可见伴星的双星系统中，从这一伴星绕黑洞旋转的周期和轨道的半径能推算出这颗不可见天体的质量，若计算所得质量很大，则它必定是一个黑洞，如果还接收到落进其中的气体所发出的X射线，表明它是很致密的。X射线源天鹅座X-1是双星系统中含有一黑洞的最好的候选者，但也曾有人认为它是一个致密天体中子星的三星系统。再发

新星天鹅座 V404 是一个 X 射线双星，J·卡萨里斯等三人用赫歇耳望远镜发现了该双星的以 6.5 天为周期的运动，从而计算出其中致密星的质量下限为太阳的 6.3 倍，其伴星的质量为太阳的 8～15.5 倍，这是 V404 中存在着一个黑洞（指伴星）的最有说服力的证据。

研究恒星起源和演化的意义　恒星的起源与演化是恒星研究中最令人感兴趣的问题。天文学中的一些最基本的问题，如宇宙作为一个整体的年龄，我们太阳系形成的方式，宇宙中除地球外存在着智慧生物的可能性等等。我们对这些问题的了解，或者说我们对这些问题所能作出的猜测，大都是基于我们对恒星一生历史的了解而获得的。

尽管各种恒星的性质千差万别，它们的演化几乎都可以用核聚变为主的理论来解释。事实上，只要确定了星体的起始质量和化学组成，就可以推断出这颗恒星从诞生到死亡的每一个阶段的物理特性。恒星演化理论的建立无疑是 20 世纪天文学的一项重大成就。尽管这种理论并非无懈可击，但是它为理解恒星的基本性质奠定了坚实的基础，而由此引伸出来的一些结果，如化学元素的起源学说，以及包括黑洞在内的超密态天体的预测等，除了天文学上的意义外，对近代物理学的影响也是不可低估的。

六、星团和星云

虽然大多数恒星在空间是随机分布的，但有一些却显示为“群居的亮点”。由十个以上的恒星组成的、彼此具有物理联系的恒星集体称为星团。星团可分为银河星团和球状星团，星协也算做一种特殊的恒星集团。

银河星团　银河星团的形状和恒星的集中度不规则，用望远镜可以分辨出其中各个单星。银河星团的直径一般不到几十光年，所含恒星数从十颗以上到几百颗不等。银河星团是属于星族 I 的

天体，星族 I 的星是分布在银河系旋臂上的年轻、炽热的星，它们常常含有恒星从其中形成的原始星云状物质的痕迹。对一些离我们较近的银河星团，由于投影的原因，其成员星的自行不尽相同，它们从一点辐射出来或会聚于一点，这样的银河星团又称为移动星团。

已列入星表的 1000 多个银河星团中，最引人注目的是昴星团和毕星团。位于金牛座的昴星团，又称七姊妹星团，因我国古代把其中的七颗亮星列为昴属而得名。其视直径约为 2°，距离太阳 417 光年，星数在 250～500 之间，它们都是较年轻的成员，估计为 5000 万岁。这些星是从同一片星际云产生的，该云的遗迹还可从围绕着星团中一些星的云可见。著名的气壳星金牛座 28 就在昴星团内（图 3.6.1）。

毕星团位于昴星团的东南约 12°，其所以知名是因为它是同类星团中距离我们最近的，新近测定的距离为 153 光年。该星团有 400 颗星，有一些是很暗的 16 等星，其真实光度不到太阳的二千分之一。与昴星团不同的是，毕星团的成员是老星，估计它们的年龄在 4 亿岁左右。但已知最老的银河星团却是巨蟹座的富致密星团 M67 和仙王座各星分布较分散的星团 NGC188，M67 含有约 500 颗星，距离太阳 2500 光年，约有 100 亿岁了，NGC188 的距离为 M67 的两倍，而年龄更大，估计为 120 到 140 亿岁，它们是银河星团中突出的两例，其成员星较接近于球状星团中的成员。这两个星团的另一共同之处是它们均位于银河系主平面之上，M67 在主平面之上 1500 光年，NGC188 位于主平面之上 1800 光年。

球状星团 球状星团与银河星团的区别不仅在形状和大小上，它们在银河系中的分布情形也不一样。球状星团由于它们的形状是球对称的或接近于球对称的而得名，其所含恒星数可多达 10 万颗以上。星团内恒星的平均密度要比太阳附近恒星的密度大 50 倍左右，越往中心密集度越高，中心的恒星密度要比太阳附近

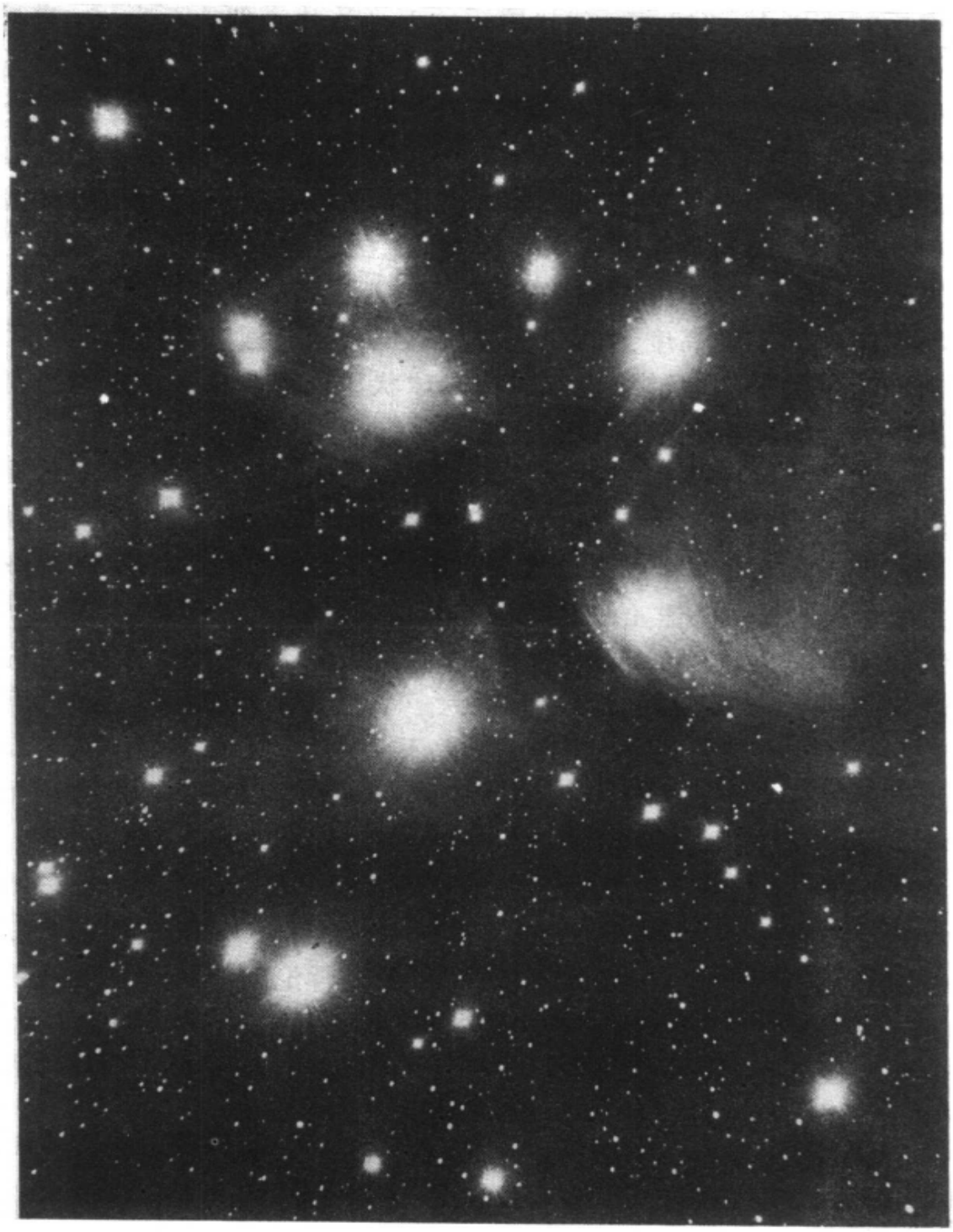


图 3.6.1

恒星的密度大 1000 倍。球状星团的直径从几十到几百光年，它们是在银河系诞生初期形成的天体，由最古老的星族 Ⅱ 的星组成，一般年龄在 120 亿岁以上。球状星团中最亮的成员是红巨星，在一些球状星团中发现有 X 射线发射源，近年来在几个球状星团核心附近毫秒级脉冲星的发现说明有密近双星存在，也可能存在黑洞。球状星团在银河系中大体上以银核为中心呈球状分布，大都位于银晕中，有一些集中在银心附近，已列入星表的有 200 个左右。球状星团一般都在高度倾斜的偏心轨道上绕银心运动，而银河星团则以近乎圆形的轨道绕银心运行。球状星团的距离常常是通过星团中天琴 RR 型变星的周光关系来测定。

和银河星团一样，有一些球状星团肉眼可见。最亮的球状星团是位于南天的半人马座 ω，其距离约为 17000 光年，有几百万颗星；壮丽景观仅次于半人马座 ω 的是杜鹃座 47 球状星团，在天球投影上它位于小麦哲伦云西侧附近，在该星团中发现了 13 颗毫秒级脉冲星一事特别引人注目；北天的武仙座 M13 也是肉眼可见的球状星团之一（图 3.6.2），显示为一个球形小光斑，该星团拥有几十万颗星，其直径与杜鹃座 47 差不多，不到 200 光年，其中心的恒星密度大于太阳附近恒星密度的 500 倍，其距离约为25000光年。

在 40 多个河外星系中已发现了球状星团。例如，室女星系团中的巨椭圆星系 M87，距离我们 4700 万光年，已发现它被约 2 万个球状星团围绕着；三角星系 M33 和大麦哲伦云中的一些球状星团与银河系中的不一样，是年轻的星团，有的还不到 1000 万岁；不少球状星团是椭球状而不是球形的，上述半人马座 ω 是银河系中一个较扁的球状星团，其短轴为其长轴的 80%。

星协 分布在很大空间范围内的相同光谱型年轻恒星（年龄估计为百万岁至千万岁）的松散集团称为星协。由 O 型和 B 型光谱的大质量和高光度的主星序恒星组成的松散集团称为 OB 星协，它们多存在于银河系气体和尘埃较多的旋臂中，直径为 100～

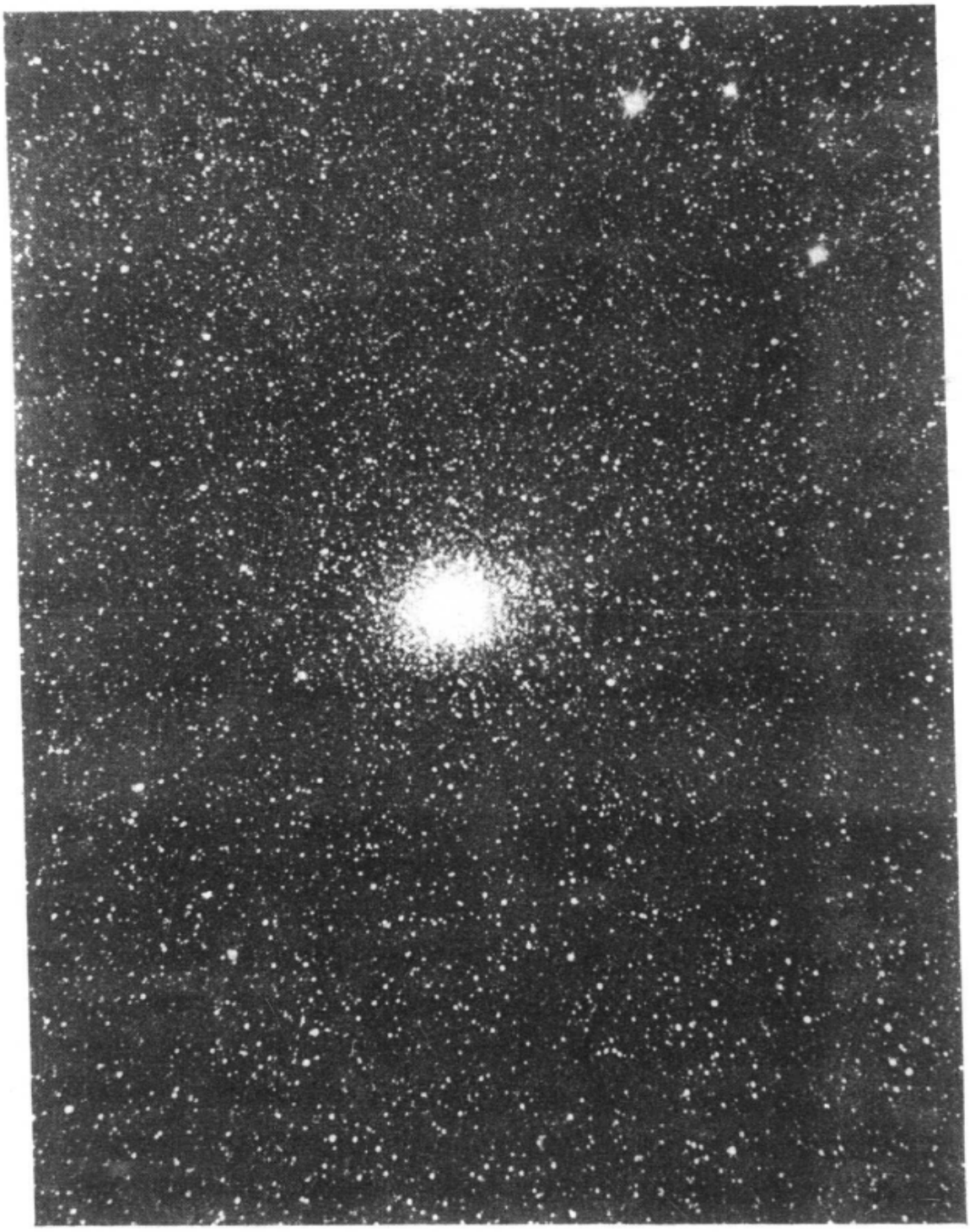


图 3.6.2

150 光年。银河星团常位于星协中心附近，例如英仙座 ζ 星协包围着 h 和 χ 双重星团；由质量稍小（3～10 倍太阳质量）的年轻亮星组成的星协称为 R 星协，它们照亮暗星云；T 星协是由与太阳质量相近的年轻金牛座 T 型星组成的星协，大多数 T 星协不到 30 颗星，但也有少数多到 400 颗星的 T 星协，R 和 T 星协常在年轻的银河星团附近出现。星协是不稳定的恒星系统，它们在 100 万到 200 万年内就会瓦解。已发现有的 OB 星协正在膨胀之中，星协的各成员星看上去是从一个公共的中心膨胀出来的，将各星的速度矢量倒着延伸回去汇聚于一点便可估计出星协的年龄，英仙座 I 星协的膨胀年龄稍大于 100 万年就是用此法求得的。星协的发现，说明直到现在银河系中还有恒星诞生，而且可以单个或成群地产生，这对研究恒星起源是很有意义的。

银河系内太阳系以外一切非恒星状的气体尘埃云称做星云*。按形态来说，可分为广袤稀薄而无定形的弥漫星云、亮环中央具有高温核心星的行星状星云，以及尚在不断地向四周扩散的超新星剩余物质云（参见第四节超新星部分）。就发光性质来说，可分为被中心或附近的高温照明星激发发光的发射星云、因反射和散射低温照明星的辐射而发光的反射星云、部分地或全部地挡住背景恒星的暗星云；前两者统称为亮星云。

行星状星云 行星状星云是在恒星生命的晚期形成的，其形态为围绕着一颗中心热星的气体壳层，但用大望远镜拍得的照片却显示出非常复杂的纤维、斑点、气流和小弧等结构。大多数天文学家相信行星状星云是红巨星演化到晚期不稳定阶段时抛射出的外壳，抛出的气体云被遗留在云中心的热核聚变的致密星核发

---

* 一些较近的星系，如仙女星系，大、小麦哲伦星系，其外观像星云，曾被人们称做仙女座大星云，大、小麦哲伦云，现在，有时仍沿用这些名称。1924 年以后，均明确了它们是河外星系。

射出的辐射所电离而发光，故行星状星云也是发射星云的一种。之所以被称为行星状星云主要由于其外貌在低倍望远镜中具有像天王星或海王星那样的略带绿色而有明晰边缘的小圆面，而不是因为它们中心有点状恒星。在已列入星表的1000多个行星状星云中有许多有名的例子，如狐狸座的哑铃星云和宝瓶座的土星状星云。

弥漫星云　星云的英文名称为nebulae，来源于拉丁文nebula，其意思是朦胧或云雾。银河系的旋臂是大量星际物质集中的场所，因此，各种星云，包括上面所述的行星状星云都分布在这里。实际上，除环状对称的行星状星云外，所有的星云都可以说是形状不规则的弥漫星云。弥漫星云形态不一，大致可分为以下几种：

发射星云　这类星云含有年轻热星，它们发出的紫外辐射使云中的气体电离，其结果，星云释放出可见光，以此途径导致气体发荧光的区域称为电离氢区或H Ⅱ区。最有名的H Ⅱ区是猎户座大星云（M42），肉眼可见这一闪光斑点，M42之所以发光是因为所谓猎户座四边形星群发出的紫外辐射使其周围气体电离了的缘故。巨蛇座的天鹰星云是另一个例子，该星云是恒星形成区域，观测证实了在那里存在着许多小而暗的球状体，人们相信是新形成的原恒星之区域，也有许多金牛座T型变星，这些是正经历着引力收缩阶段的天体。

反射星云　一般说来，反射星云之所以明亮是因对来自近邻恒星之光的反射，这些星光射入星云时，云中的尘埃粒子将光反射。最有名的反射星云是围绕着金牛座中昴星团诸星的反射星云，我们所看到的星云状物质完全是昴团中的星从其中形成的原始星云的残余物。

暗星云　这些星云表现为在较亮恒星或星云背景上的暗黑剪影，这些巨大的暗云中没有星星，它们吸收掉来自其后面远方天体发的光。著名的例子是马头星云（图3.6.3），它位于猎户座“猎人腰带”上最东端的星参宿一稍南一点儿；另一个有名的暗星云是麒麟座内位于大银河星团NGC2264正南端的锥状星云（cone

nebula），其在望远镜中的外观可与马头星云媲美。还有一些有名的暗星云，如南十字座的煤袋星云和蛇夫座的弯弯曲曲的蛇状星云。美国天文学家E·E·巴纳德是研究暗星云的专家，许多暗星云便以它们的巴纳德编号命名，如马头星云被编为B33号。

星际物质

星际物质指的是存在于恒星之间的物质，包括星际气体、星际尘埃、星际磁场及宇宙射线。星际物质的总量约占银河系总质量的10%，它们大都集中在银道面附近，尤其在旋臂中。星际气体中，90%是氢，氦约占10%，其他的元素如锂、碳、氮、氧等等总共不到1%。大光度、高温年轻星附近的星际氢，被来自这些星的强烈紫外辐射所电离，形成HⅠ区，HⅡ区的大小与本身密度及邻星温度有关，温度越高，密度越小，区域越大，但一般不超过600光年。远离热星、没有被电离的星际氢区，氢原子呈中性状态，称为中性氢区，又称HⅠ区。人们还发现温度很低（10K）的分子氢云，通过毫米波和亚毫米波射电望远镜在这些云中已探测到了76种星际分子，从最简单的氢分子H_2到含有13个原子的$HC_{11}N$。

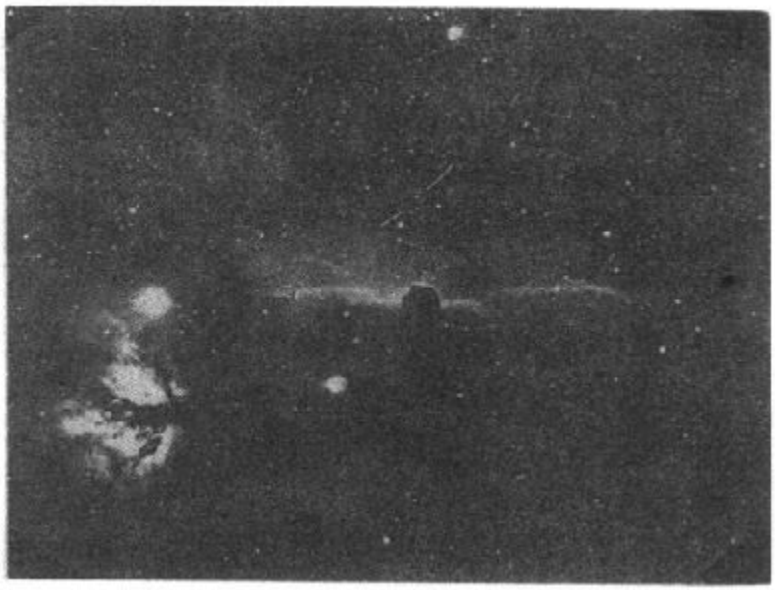


图 3.6.3

星际尘埃指的是直径为0.1～100微米的固态质点，这些质点可能是由水、氨、碳粒、硅酸盐和含铁的物质组成的，在浓密分子云中还发现有冰状物。星际尘埃的总量占星际物质总量的

10%。尘埃使星光减弱、红化和部分偏振。星际尘埃微粒经历着复杂的生命循环：星际物质经常受到来自膨胀的超新星遗迹的冲击波、星风和其他力的搅扰，分子云中的许多尘埃微粒是组成新生星的成分，后来又可能在一次星风或超新星爆发中被返抛回星际物质中去。

除气体和尘埃外，在星际物质中还存在有很高能量的粒子，在超新星爆发和其后形成的脉冲星对这些粒子进行加速并把它们散射在星际物质之中，电子沿几个微高斯的大尺度星际磁场旋进，产生同步加速辐射，高能质子与星际气体中的普通物质碰撞时产生γ射线。

七、银河系

银河和银河系　夏秋季无月的晴夜，仰望天空，便可见到一条白茫茫的光带，其轮廓不很规则，但亮度大致均匀，从地平线的一方向上一直延伸到另一方的地平线，这就是古人冠之以天河、云汉、星槎等许多美称的银河。印度、古罗马、希腊等东西方文明古国也对银河有许多美丽的传说：古印度人认为它就像一条道路，让人间的灵魂沿着它走，一直走到天堂；拉丁人把银河称作 via lactea，意思是“乳汁之路”，这也就是如今银河在英语中被称之为 Milky Way（牛奶色的路）的原因；古希腊人把它看成天空中的一个乳白色的环，因而称之为 galaxies Kyklos，今天人们把银河系称为 Galaxy，源出于此。1609 年，伽利略用自制的望远镜观测银河，他立即发现银河是由无数颗亮星组成的，虽然早在 2000 年前，古希腊的毕达哥拉斯（Pythagoras）和德谟克利特（Democritus）就已提出过这个概念。

银河在天球上跨越 20 多个星座，占据了星空的大片区域。它经过天鹰座和天鹅座时分为两条支流，北面的一条支流紧接着蛇夫座、武仙座和天琴座，南面的一条支流经过天鹰座和狐狸座，两

条支流在天鹅座α星（中名天津四）附近会合。由此往北，银河逐渐暗淡下来，跨过仙后座和英仙座。余下的部分经过御夫座、双子座、金牛座、猎户座和麒麟座，这一段只有在冬季的星空中才能看到。银河再往南经过船尾座、船帆座、半人马座、南十字座和矩尺座等，再转向天蝎座和人马座。这样，我们就可以看到整个银河绕过天球一周，其中心线大致在天球上投影为一个大圆。在北半天，银河的最亮部分位于天鹰座和天鹅座；在南半天，天蝎座和人马座的银河最亮；而位于麒麟座的银河（图 3.7.1）与人马座密集的星场相反，最暗淡，银河在天鹰座-天鹅座两分支间的暗淡天区常被称为大暗裂隙，另一个暗隙位于南十字座，形似“煤袋”。

银河由为数众多的恒星和星云所构成，亮星云密集处使银河增亮，暗星云则表现为银河上的暗区、暗隙。银河的平均宽度为15°左右，最宽处达 30°。

因为银河以连续的环带形式完整地绕天空延伸，18 世纪的天文学家便开始猜测：太阳和天空中所有的恒星大概是一个巨大的盘状集体，称做银河星系或简称银河系。当时，英国著名天文学家 F·W·赫歇耳企图用计数全天 683 个选区中各选区的恒星数目来揭示出太阳在银河系中的位置和发现银河系的形状和大小，但由于实测结果是沿银河恒星的密集度大体上一样，他在 1785 年发表的结论认为：太阳位于银河系的中心。本世纪 20 年代，荷兰天文学家 J·C·卡普坦分析了大量恒星的亮度和运动情形后，肯定了赫歇耳的观点，并得出银河系的直径约为 10 千秒差距，厚 2 千秒差距，太阳位于其中心附近。1930 年，R·J·特朗普勒在研究星团时指出，由于星际尘埃的消光影响，越远的星光显得越暗，赫歇耳和卡普坦所看到的只不过是银河系中距太阳较近的恒星，他们的结论是错误的，人们并未弄清银河系的真面目。

银河系的“庐山真面”是 H·沙普利研究球状星团的分布发现的。1917年，他画出了当时已知的93个球状星团的立体分布



图 3.7.1

图，发现这些球状星团形成一个巨大球形系统，但该系统的中心不在太阳而是趋向于人马座银河中的一点，沙普利认为，球状星团的分布描绘出了银河系的真正大小和轮廓。自那时以来，国际天文界根据不断积累的新观测数据，多次修订太阳到银河系中心的距离。目前，公认的银心距 $R_0=8.5$ 千秒差距或 28000 光年。

银河系的结构 由于射电天文和红外天文的发展，大大增加了人们对银河系结构的了解。银河系是由核球、银盘、旋臂、银晕和银冕等部分组成的。图 3.7.2 是银河系结构示意图，银河系

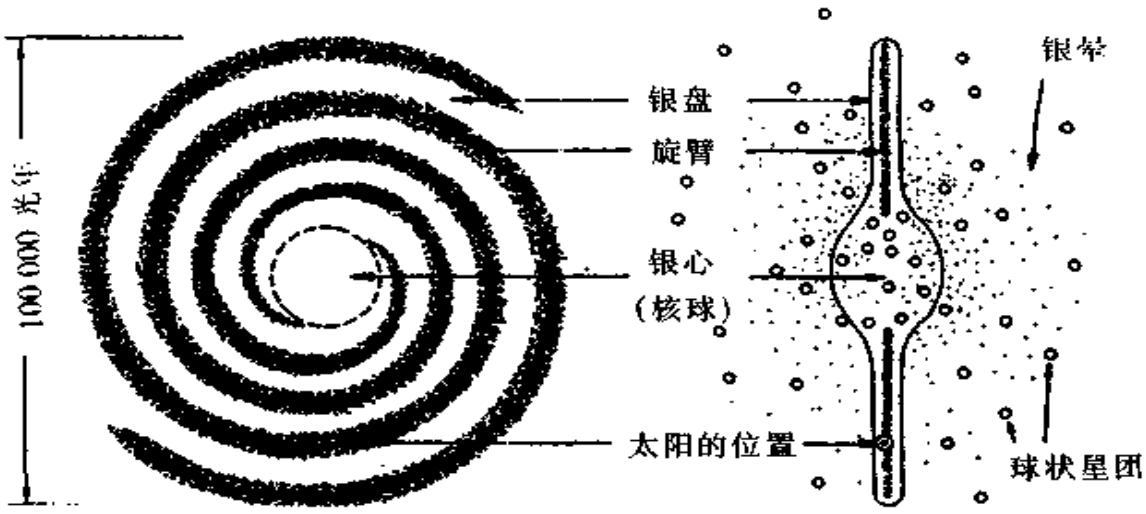


图 3.7.2

的主体类似体育运动用的铁饼，“圆饼”称为银盘，银盘的直径约为 8 万光年，中间厚，外边薄，中间部分的厚度约 6000 光年，太阳附近银盘厚度约 3000 光年，但再往外去气体增加，在外边缘气盘厚度达 1 万光年并有向银道面两侧翘起的态势。太阳位于银河系中心平面以北不到 30 光年处。“铁饼”中间隆起部分称为核球，核球的直径约为 2 万光年，厚 1 万光年。而球状星团的球形分布则勾画出了包围着银河系主体部分的银晕的大小。银晕与银盘同心，直径约为 9.8 万光年，也有人认为，银晕是个旋转椭球体，长轴为 16 万光年，长短轴之比为 2∶1。还有一些人认为，银晕外面还存在着一个巨大的、大致是球形的射电辐射区，称为银冕，银

晃至少延伸到离银心 100 千秒差距或32.6万光年处（图 3.7.2）。

经过多年的研究与探索，目前认为银河系的总质量为太阳质量的 2×10^{12}倍，是 1975 年公认值的七倍。有几千亿颗恒星，约占总质量的 90%，气体和尘埃约占 10%。银盘又集中了银河系 90% 的质量，星际气体和尘埃几乎全部集聚在银盘内。银盘中物质的分布呈旋涡状结构，即分布在几条螺旋形的旋臂中。本世纪 50 年代，W·W·摩根等人根据 O.B 型星和电离氢等大光度年轻天体的分布情形，描绘出太阳附近三段平行的旋臂，它们是按主要臂段所在方向的星座命名的，离太阳最近的叫天鹅臂，它长约 3.7 千秒差距，宽约 370 秒差距，天鹅臂有一小分支伸向猎户座，太阳很靠近它的内边缘；在天鹅臂之外、离太阳 2 千秒差距有一段英仙臂；在天鹅臂以内 2 千秒差距处的一段旋臂叫做人马臂。后来又陆续发现了人马-船底臂、盾牌-南十字中间臂、矩尺内臂和英仙外臂等。所发现的这几段旋臂也许只是两条旋臂的若干部分，如图 3.7.2 所示的那样。对银盘内中性氢及一氧化碳的射电观测发现，它们的分布均呈旋涡结构，旋臂内侧集聚着氢和尘埃，因而有利于新生恒星的诞生。1964 年，林家翘、徐遐生二人创建的星系旋涡结构密度波理论能够较好地说明这一现象，但旋臂的起源与维持问题，至今仍未彻底解决。

核球是恒星密集的区域，以老年天体星族 I 为主要组成部分，估计质量约为太阳的 70 亿倍，中央是一直径为几秒差距的更为致密的区域，叫做银核，这里恒星密集的程度比太阳附近大 1000 多倍。很久以来，大多数天文学家一直认为银河系是一个旋涡星系，但近年来，有人提出银河系是一棒旋星系，其理由是：银心附近的星际云的不规则运动是以一个棒为中心的，近红外观测也为棒状结构提供佐证：棒略微倾斜，它的东端向南倾斜穿出银道面。

人们最感兴趣的是银河系的中心区域——银心。虽然，由于尘埃的消光作用，用光学望远镜难以看到银心，但射电和红外观测却揭开了银心的秘密，21 厘米射电观测揭示，在距银心 3000 秒

差距处有一个正在膨胀且旋转着的氢流旋臂以每秒 50 公里的速度向太阳系运动，在银心另一侧有同样的氢流膨胀臂以每秒 135 公里的速度背离观测者运动，它们大概是 3000 万年前以不对称方式从银心抛射出的 H I 气体的产物。在距银心 300 秒差距的天区内，有一个绕银心快速旋转的氢气盘，以每秒 70～140 公里的速度向外膨胀，盘内有平均直径为 30 秒差距的氢分子云。在距银心 70 秒差距处，则有激烈扰动的电离氢区，也以高速向外涌出。但也发现有 15 光年长的气流涌入围绕着银心的尘埃气流圈。还查明银心 2 角秒内有一强射电源人马座 A，其线直径小于 0.1 秒差距，它发出强烈的同步加速辐射，有人认为银心就位于此；但也有人认为银心可能位于其附近的红外源 IRS16。综合许多观测的结果有两种见解：一种见解认为银心的核心区有一高光度星团；另一种见解认为银心存在着一个由吸积盘环绕的相当于几百万倍太阳质量的大质量黑洞。

银晕中的天体和核球中的天体一样，以老年星或球状星团为主，也可能有从更老的星族 Ⅱ 的星产生的黑洞，它们在银晕中呈球形分布，越向银心密度越大，人们相信这些天体都是在银河系诞生初期，约 120 亿年前形成的。根据银晕中的恒星计数并考虑到整个银晕中恒星的分布情况，估算出银晕的质量是银盘质量的 10%，但这种估计十分粗糙，而且还可能存在着未被发现的隐匿质量，因此，银晕的实际质量可能只及银盘的 1%，但也可能高达银盘的 90%以上。银晕的存在对银盘的稳定性有一定的影响。

银河系的运动 宇宙间的天体都在运动中。太阳在运动，恒星在运动，整个银河系同样也在运动。银河系是一个庞大的恒星系统，所谓银河系的运动实际上指的是它所包含的恒星的运动。恒星除了它们各自的运动之外，还都绕着银河系中心旋转，叫做银河系的自转。银河系的自转是通过对恒星的视向速度和自行等光学观测资料的分析研究得出的，但光学观测只能提供离太阳不超过 3～4 千秒差距范围内的资料。射电天文兴起后，利用中性氢发

出的 21 厘米谱线的频移可以求得中性氢云的视向速度，同样，利用一氧化碳分子云的 2.6 毫米谱线的频移，可以较精确地测定太阳绕银心旋转的轨道以外区域 CO 分子云的视向速度。M·施米特根据对大量资料的分析绘制了银河系的自转曲线。图 3.7.3 是修正了 R_0 值后的该自转曲线，从图可见，当 $R<1$ 千秒差距时，近似地有自转速度 $V\propto R$，为刚体转动；此后，随 R 的增大，V 递减而复增，直到太阳附近达到 $V_0=220$ 公里·秒$^{-1}$，即太阳绕银心一圈约 2.4 亿年；再往外，自转速度稍有下降，但基本上保持恒定。这就是所谓较差自转。而银晕中的天体，其随机运动要比银盘中的天体大得多，就银晕整体来说，其绕银心旋转的速度要小得多，约为每秒 50 公里。

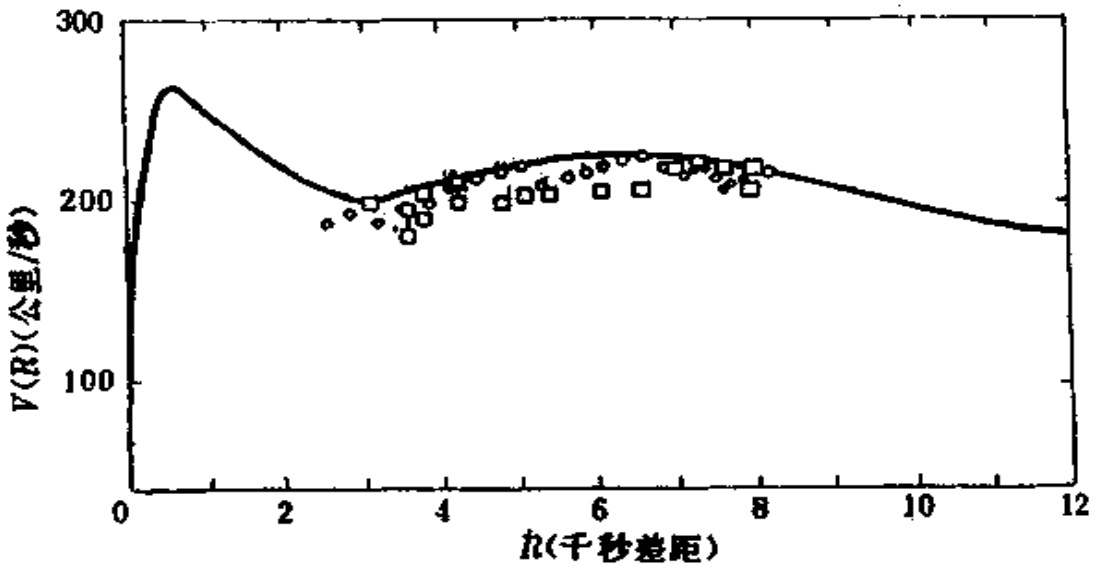


图 3.7.3　银河系自转曲线

银河系除自转运动外，还参与了所谓哈勃星系流的运动。1987 年，A·德莱斯勒等人发现银河系北、南两面的几千个星系除参予宇宙膨胀外，还以每秒 600 公里的速度涌向同一方向——南十字星座。对这一现象的进一步分析表明，我们正被一个众多星系组成的大物质集团——直径 3 亿光年、质量相当于银河系 1 万多

倍的所谓大吸引体所吸引，该大吸引体距离我们约 2 亿光年。但大吸引体究竟是什么？是否真的存在？仍是个有争议的问题。

八、星系和宇宙

由几十亿至数千亿颗恒星、星际气体和尘埃物质等构成，占据几千光年到几十万光年的空间的天体系统称为星系。包括太阳在内的由几千亿颗恒星组成的银河系就是一个普通的星系，银河系以外的星系称为河外星系，一般称为星系。星系是宇宙的基本构件，恒星之间的引力吸引将星系保持为一整体，在星系的内部和外围还可能存在着看不见的或隐藏着的质量。

形形色色的星系 有许许多多外貌不同的星系（图 3.8.1），但从它们的照片看，基本上可分为旋涡星系和椭圆星系两大类，还有一些形状不规则的称为不规则星系。旋涡星系是盘状的，当中有凸起的核球，有点像体育运动用的铁饼，银河系就是一个典型的旋涡星系。各旋涡星系的盘与核球大小之比各异，旋涡星系的质量相差也很悬殊，有比银河系大 100 多倍达到十万亿（10^{13}）倍太阳质量的巨旋涡星系，也有小到 1 千万（10^{7}）倍太阳质量的矮旋涡星系。旋涡星系的盘绕其中心旋转，由此而形成其具有几条旋臂的特征形状。旋涡星系又可分为正常旋涡星系和棒状旋涡星系两类，后者的中心核球呈长椭球状，旋臂从“棒”的两端拖曳出来。旋臂由许多最年轻、最亮和最热的星星“联缀”而成，气体和尘埃集中在这里，因而也是恒星不断诞生的区域。椭圆星系的外貌要比旋涡星系光滑，是星系中数量较多的一大类，一般由老的冷的和大质量的星组成，很少有尘埃、气体和旋臂的明证，其外形为椭球状。其中有质量比我们银河系大 100 多倍甚至更大的超巨椭圆星系，也有质量是太阳 1000 万倍的矮椭圆星系。这些星系在许多方面类似于大球状星团，它们是自引力系统，是恒星的随机运动阻止了星系的收缩。

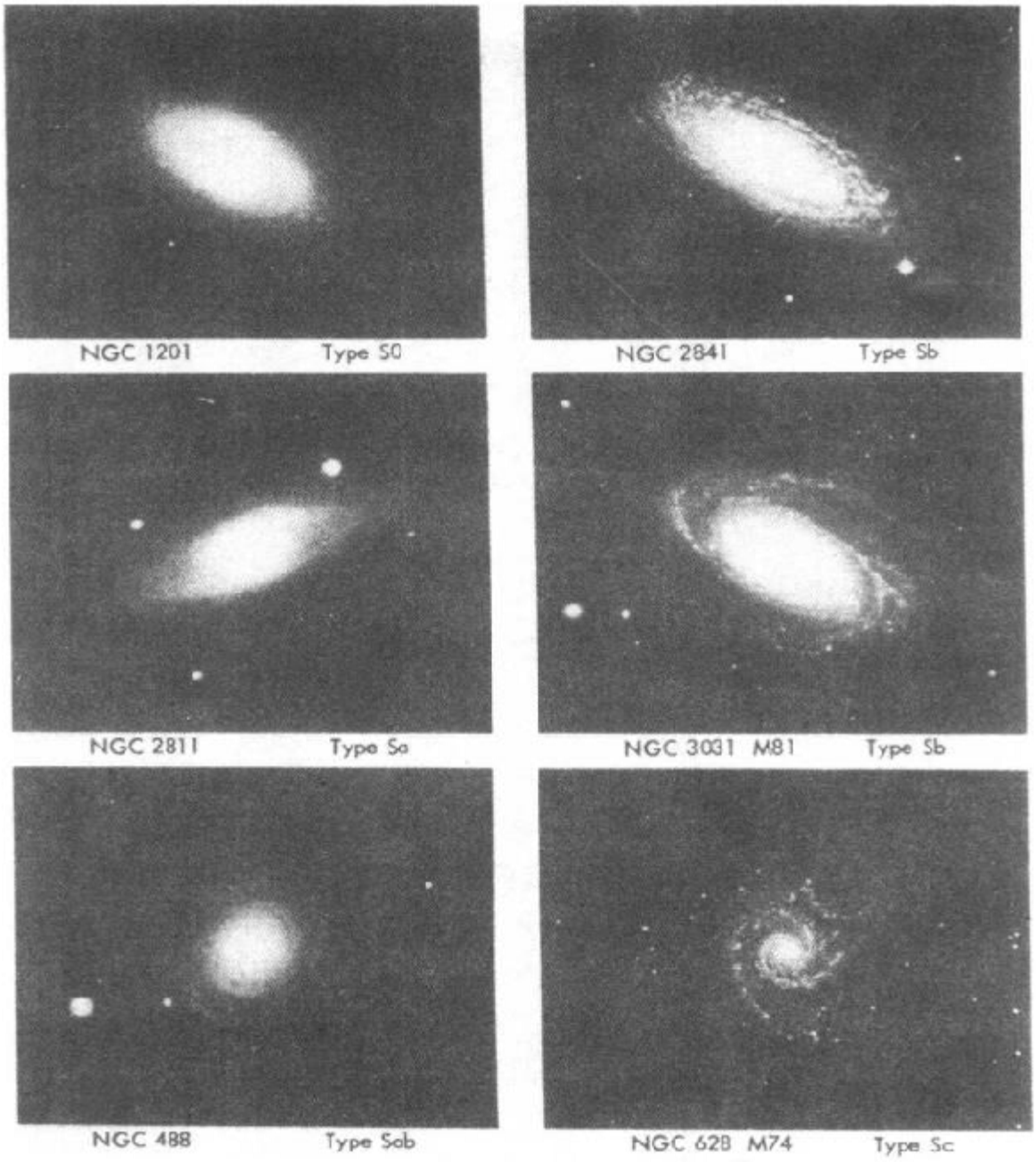


图 3.8.1

还有外形上介乎旋涡星系与椭圆星系之间的透镜状星系，这种星系貌似没有旋涡结构的旋涡星系，它们的星系盘内有恒星和中心核球并有极少已退化了的旋臂痕迹。许多透镜状星系存在于

星系团中。

一般说来，不规则星系比典型的旋涡星系和椭圆星系为轻，它们的结构不规则，并含有大量的气体和尘埃，如我们银河系的近邻大、小麦哲伦云就是两个不规则星系，但也有将大麦哲伦云划归棒旋星系的。有些不规则星系是“特殊的”或“相互作用”的星系，它们奇特的外形可能是由于近期内被邻近星系的引力作用或“碰撞”所致，如光学像呈直线状、长短轴之比约为 20∶1、没有核球或核球很小的超薄星系；从光学照片上看，内部有 5 至 10 个明亮的块斑形结构，其氢等气体物质的运动速度高达每秒 250 至 500 公里的块斑星系；还有呈纺锤形，显示出星系圆面和垂直于并包围着圆面的亮环的极环星系，而亮环是由年轻星和尘埃组成的等等。

从天体物理角度说来，饶有兴趣的是星系核有激烈活动的星系。最先被发现的是赛弗特星系，因美国青年天文学家 C·K·赛弗特于 1943 年首先研究它们而得名，这类星系有小而亮的恒星状的核心，亮度有几十分钟到数天的变化，绕核的旋臂不太显著，其光谱的发射线很宽、很强，赛弗特星系发射出中等强度的射电波，还发射出大量的红外和紫外辐射，有的赛弗特星系还是强 X 射线源。位于鲸鱼座的亮而致密的旋涡星系 M77（NGC1068）就是一个很好的例子，从其光谱发射线的宽度推知星系中心区域气云的运动速度高达每秒几千公里，气云的质量约为太阳的几百万倍，人们认为它们是从星系核心抛射出来的，其速度如此之大可能是由于星系中心的大质量天体，如黑洞的引力影响的缘故。

活动星系的另一重要门类是 50 年代中期发现的射电星系。射电星系大都是椭球形的，它们的射电输出比正常星系要大好多倍，在 10^{35}瓦特至 10^{38}瓦特之间（正常星系如仙女星系 M31，其射电输出在 10^{30}瓦特至 10^{32}瓦特之间）。射电发射来源于被加速到极大速度的电子，从对称地、位于星系主体之外的巨大射电瓣射出，射电瓣看来是从星系主体激烈地抛射出来的。一个最好的例子是巨

椭圆星系NGC5128（图3.8.2），也就是射电源半人马座A，它是距离我们最近的射电星系，约1500万光年之远，一系列的射电瓣从星系中心延伸出1.5兆光年。



图3.8.2

除赛弗特星系、射电星系外，活动星系还包括N型星系、致密星系、马卡良星系和阿罗星系等。有时，还包括类星体和蝎虎座BL型天体。N型星系具有恒星状星系核，与赛费特星系类似，它们的光谱中也有强而宽的发射线。

红移和类星体　天体的光谱中，某一条谱线相对于实验室光源比较光谱中的同一谱线，向红端波长较长的一端发生的位移，叫做红移。红移量Z的定义为$Z=\frac{\lambda-\lambda_0}{\lambda_0}=\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$，式中$\lambda_0$为实验室光源的某一谱线波长，$\lambda$为天体的同一谱线波长，若$Z>0$，波长增长，

即为“红移”。星系的红移主要是由于离开观测者引起的多普勒速度红移，即 $V=cZ=c\Delta\lambda/\lambda_0$，式中 c 为光速。1929 年，美国天文学家 E·哈勃发现河外星系的视向退行速度 V 与距离 D 成正比，距离越大，视向退行速度也越大，即 $V=HD$，式中 H 为一常数，即“哈勃常数”，这个速度-距离的线性关系就叫做“哈勃定律”。目前公认，对于正常星系，哈勃定律基本上是成立的，$D=\frac{V}{H}=\frac{c}{H}Z$，但对于类星体是否也遵守哈勃定律，尚有争论。

什么是类星体呢？还得从头说起。1960 年，美国帕洛玛山天文台 A·R·桑德奇等人发现射电源 3C48 对应于一个类似恒星的天体，这个天体的光谱中有很宽的不易理解的发射线，它的紫外辐射比恒星的要强得多（图 3.8.3）。1962 年人们利用月掩射电源的机会证认出射电源 3C273 对应于一个 13 等的蓝色星体，它的光谱也有很宽的发射线。1963 年美国加州理工学院的 M·施密特研究 3C273 的光谱后指出，3C273 的发射线实际上是氢的巴耳末线系，只不过它们向红端位移了 15.8%，即它的红移为 0.158，3C48 的谱线也得到了证认，红移更大，达 0.367。按照哈勃定律，3C273 所对应的蓝色星体不是恒星而是距离我们几十亿光年的河外天体，3C48 距离我们更远，因为这类天体类似恒星，后来被定名为类星体，现已发现 4000 多个，我国北京师范大学天文系的何香涛教授用他发明的“无缝光谱法”就发现了 1000 多个。已知红移值最大的类星体是 PC1247+3406，它的红移高达 4.897。如果认为类星体的红移是多普勒效应所引起的，那么许多大红移类星体远离我们的速度已接近光速，由哈勃定律推算出它们的距离均在 100 亿光年以上，但 H·阿尔普等天文学家发现一些类星体和红移较小的星系成协在一起。例如，把一幅精心洗印的旋涡星系 NGC4319（Z=0.006）与类星体 M rK205（Z=0.070）的光学照片相比较，明显看出一条“有争议的桥”从 NGC4319 的核心发出，几乎是连续不断地一直延伸到 M rK205，因此认为类星体的红移

和距离没有关系，它们可能离我们比较近，但大多数人认为类星体是极其遥远的活动星系的核心，类星体红移的本质和产能机制仍然是未解之谜。

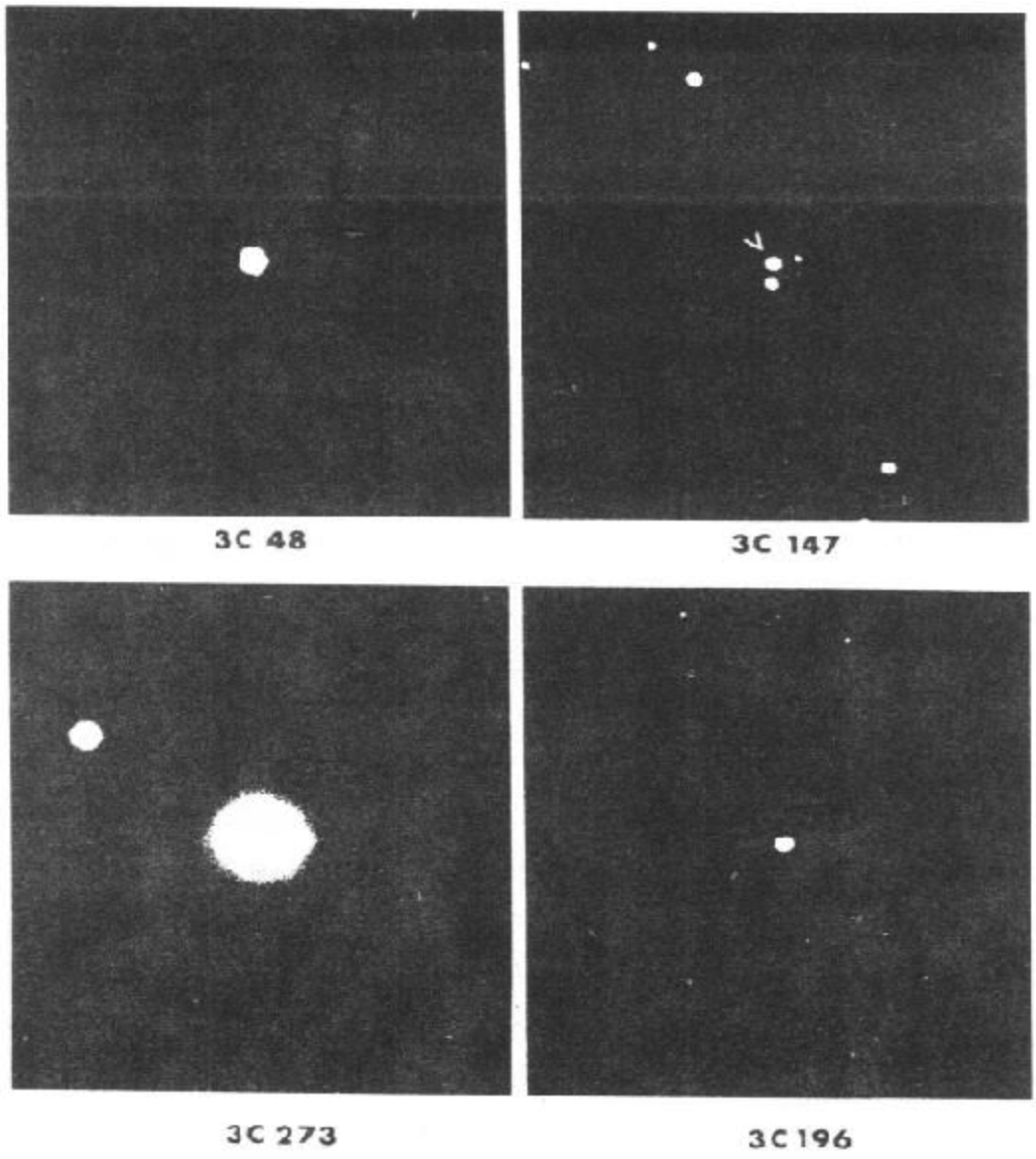


图 3.8.3

活动星系核中最极端的例子大概是所谓蝎虎座 BL 型天体或简称蝎虎天体了，因首先被研究的“蝎虎座 BL 特殊变星”而得名。1968 年，证认出蝎虎座 BL 原来是射电源 VRO42.22.01 的光学

对应体，现已发现这类天体近百个，它们与类星体相似，但在两个方面有所不同：第一，在光度变化上极快，以一天或小于一天计，因此，蝎虎天体一定是很致密的天体；第二，它们的光谱一般说来是“无特征的”，而其连续辐射是强偏振的。看来，在蝎虎天体中我们已多多少少直接观测到了活动星系核中的主要能源。

现在流行的一种看法认为，蝎虎天体可能是椭圆星系的早期演化阶段，而N型星系、赛弗特星系是类星体向正常旋涡星系演化的中间过程。

星系团和宇宙 大多数星系都有聚集成团的倾向。从小范围说，星系常常以双重、三重、甚至多重星系的结构出现。统计结果表明，大约有半数的明亮星系构成双重或多重星系，这些多重结构又进一步构成小的星系群。例如，大、小麦哲伦云是双重星系，它们与银河系构成三重星系，并进一步 与御夫座星系等7个近距矮椭圆星系形成十重星系；这个系统又与以巨型旋涡星系仙女座大星云M31(NGC224)为中心的另一个多重星系构成本星系群的两个星系集中区。仙女座大星云距离我们220万光年，直径16万光年，质量比银河系大一倍，紧挨着M31的是两个椭圆星系NGC221，也叫M32和NGC205，三者组成仙女三重星系，在它们邻近，也在220万光年距离上，还有两个小群星系，再往外一点，在240万光年处，在三角星座方向，有一个中等个头的旋涡星系三角星系M33，其直径为25000光年，质量仅及银河系的1/4，上述四群星系合成一大群，总称为仙女星系群。至今，我们已在银河系周围，上下左右600万光年的空间内，搜索出近50个星系，最近发现的矮椭圆星系杜鹃星系，距离我们将近300万光年。我们终于判明，原来我们银河系在宇宙中也遵循星系成团的规律，它是星系团中的一员。我们这个大家庭的专名叫做本星系群，因为星系为数还不算很多故曰“群”而不冠以“团”。

在室女座天区，有一个不规则星系团，它在天球上，东西横跨15度，南北长达40度，这就是著名的室女星系团，距离我们

5000 多万光年，还算是本星系群的近邻，其成员星系超过 2500 个，超巨型椭圆星系 M87（NGC4486）位于该团的中心，它是全天最强的射电源之一，也是亮 X 射线源。距离我们较近的规则星系团位于后发座天区内，该星系团占 6 度的天区，成员星系总数可能有 1 万个。规则星系团具有大致球对称的外形，不规则星系团的结构松散，外形不规则。后发星系团中心区的亮成员星系超过1000 个，距离我们 3.5 亿光年，这个星系团有两个超巨型星系：椭圆星系 NGC4889 和透镜状星系 NGC4874。

已发现上万个星系团，距离远达 70 亿光年之外。1953 年，法国天文学家 G·德·沃库勒仔细分析了亮星系的分布后，认为绝大部分较亮的星系属于一个很大的扁扁的星系集团，称为本超星系团。本超星系团的直径约为 1.5 亿光年，由室女星系团、本星系群，以及其他一些单个星系、双重星系、多重星系、星系群等组成，总质量约为 10^{15}倍太阳质量，中心在室女星系团方向，包括银河系在内的本星系群靠近本超星系团的边界。别的超星系团，如武仙座超星系团（图 3.8.4）和英仙座超星系团都包含着一些直径为几千万光年的星系团。超星系团常呈扁长的形状，这种扁形结构表明超星系团中能普遍存在着自转运动。随着观测技术和观测精度的不断改进和提高，从而积累了许多星系在空间分布的新知识。1981 年，在牧夫星座首次发现直径为 2.5 亿光年的“巨大空洞”，其四周是星系组成的“墙”，后来，在该巨洞所在天区探测到几百个暗淡星系和氢气。1983 年以后，又陆续发现了一些围绕着巨洞的由众多星系组成的纤维状超星系团，如含有 10 万个星系，跨越双鱼-英仙-天猫-大熊四个星座，距太阳 2 亿光年，长达 7 亿光年的项链式狭长超星系团以及延伸 10 亿光年以上，距太阳 2 至 10 亿光年的位于英仙座和飞马座方向的超级星系团或星系链。1985 年，还发现在 5 亿光年深空，星系分布的“肥皂泡沫”状结构；星系和星系团聚集在泡沫壁面上，泡沫结构内是观测不到星系的巨洞，巨洞的典型直径为 0.8 亿光年。有些天文学家还由

此得出整个宇宙是由一个大超星系团和一个大空洞组成的海绵状结构的结论。

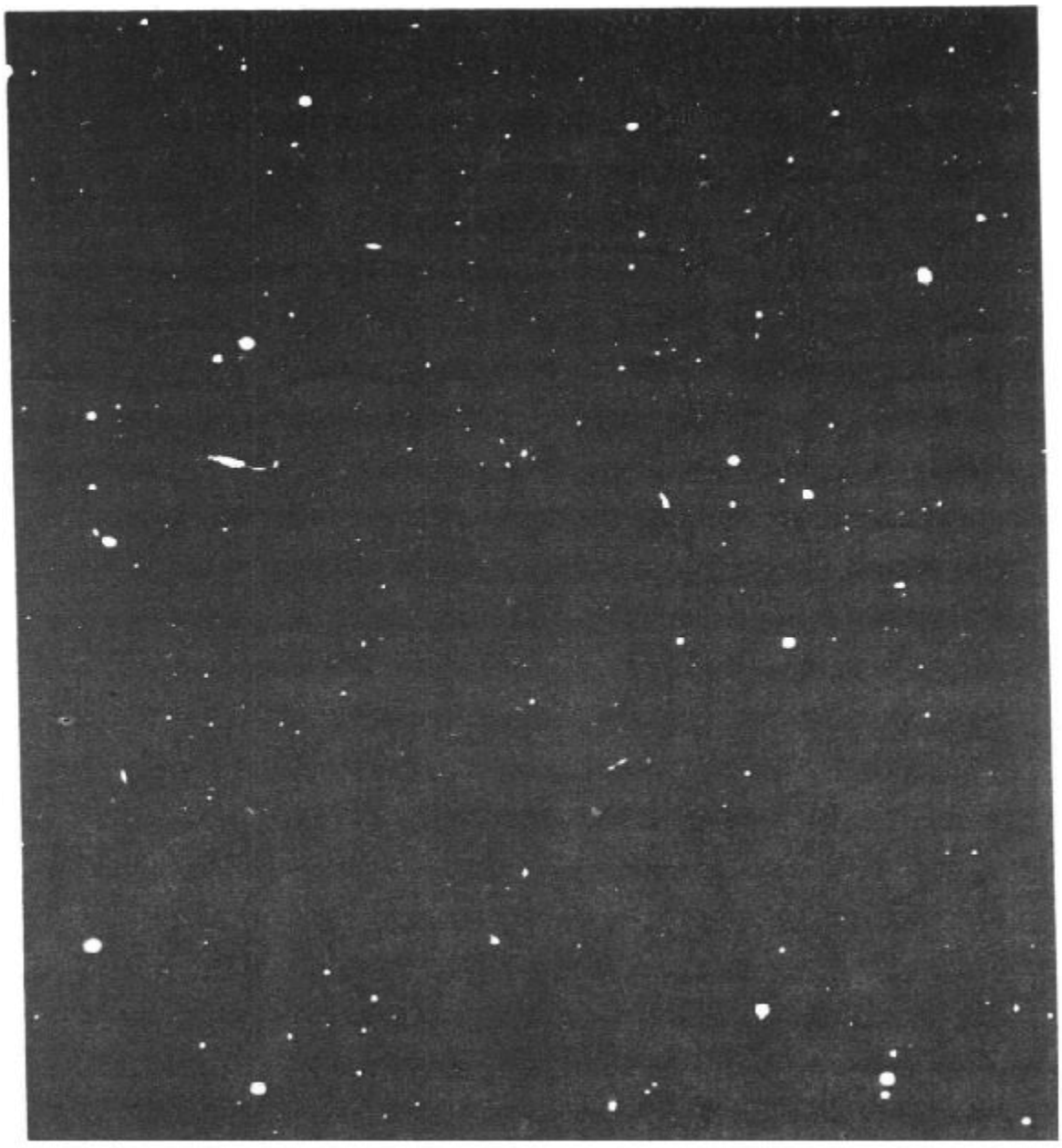


图 3.8.4

1989 年发现了一堵由许多星系和星系团组成的“长城”式链状结构，长达 5 亿光年，宽约 2 亿光年，厚约 1500 万光年。对南、

北银极方向星系分布情况新的研究又表明，这堵北天“长城”只不过是一系列“长城”中的一段，人们发现了由13段“星系长城”组成的“宇宙栅栏”，两相邻“长城”间相距几乎都等于4.2亿光年，且诸“长城”之间的可见物质相对来说极少。1993年，南天也发现了由众多星系组成的“宇宙长城”，这是在巴西国立天文台工作的L·N·达科斯塔及其同事们对南天3592个暗到15.5星等蓝光星系的观测的结果。与此同时，人们努力探索遥远的星系，红移为4.25的射电星系8C1435＋635是目前已知最遥远的星系，它距离我们至少为80亿光年，但其真实距离还难以确定。

本世纪30年代，出现了“总星系”这个名词。有人认为总星系是比超星系团更高一级的天体层次。也就是天文学家目前所能观测到的宇宙，范围大约为200亿光年，毫无疑问，随着观测技术、观测手段的日新月异，人们将探测到更多、更暗弱、更遥远的星系，对星系和宇宙的认识也将越来越深刻。

九、现代宇宙学概述

宇宙，按原来的字义是空间和时间的意思。我国古代先哲曾提出“四方上下曰宇，往古来今曰宙”、“天圆如张盖，地方如棋局”，以及“浑天如鸡子，地如鸡中黄”（图3.9.1）等朴素概念。古人所讨论的宇宙，不外乎大地及其周围的星空。16世纪的伟大的天文学家哥白尼冲破了宗教和神学的阻挠，纠正了古希腊学者托勒密“地心体系”的错误，建立了“日心说”，引起了天文学的巨大革命。但是，那个时代人们所讨论的宇宙实质上是太阳系。直到伽利略首先把望远镜指向了

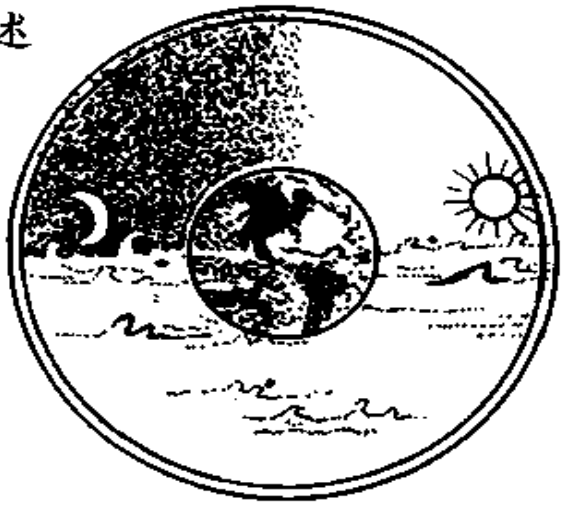


图3.9.1

浩瀚的星空，才结束了人类肉眼观天的时代。

伟大的科学巨人牛顿应用他的引力理论在研究一些天体（如行星、彗星等）运动方面，理论与观测符合得很好，但是在宇宙学上，他提出了“绝对空间”和“绝对时间”的概念，他所描述的空间是一个与物质无关的存放物质的容器，在这个无限大的容器中到处布满着天体，是一个“动者恒动”、“静者恒静”的体系。这是由于牛顿受神学的影响，把空间和时间互相割裂，因此在宇宙学上陷入了困境。18 世纪出现的有关太阳系起源的康德-拉普拉斯的“星云说”是对牛顿“动者恒动、静者恒静”体系的挑战。

到 20 世纪初，随着爱因斯坦广义相对论的建立以及河外星系谱线红移的发现，人们对宇宙的认识揭开了崭新的一页。现代宇宙学是天文学和物理学的分支学科，它从整体角度研究宇宙的结构、运动和演化。爱因斯坦证明，空间和时间（他称之为时空）皆与物质不可分离。宇宙作为一个演化着的整体被确认，在现代自然科学的发展中具有非常重要的意义。现代宇宙学所研究的课题主要是整个可观测时空范围的大尺度特性。现代宇宙学对大宇宙的认识，是人类对自然界无限性认识的一个里程碑。

大爆炸宇宙学 大爆炸宇宙学说是爱因斯坦最早提出来的，出自他在 1917 年发表的广义相对论，爱因斯坦的《用广义相对论对整个宇宙的考察》这篇著名论文，拉开了现代宇宙学的帷幕。宇宙作为一个整体，是由引力支配的。按照爱因斯坦方程，引力可以看作是弯曲的时空，宇宙中物质的数量决定了空间的弯曲程度。在爱因斯坦看来，宇宙为真空，亦称时空，乃是某种有着自身动态生命的东西，它按照明确的规律弯曲、膨胀或收缩。像当时所有的人一样，爱因斯坦也相信宇宙是静态的，在他发现自己的方程预示时空应该膨胀（宇宙将变得更大）时，深感恐惧，便引入了一个常数项，即“宇宙常数”，也叫宇宙因子，以此来修正自己的方程，以期抵消这种膨胀而得到一个静态宇宙。在后来的岁月里，爱因斯坦曾说过，这是他在科学上所犯过的最大错误。

1922年，俄国数学家亚历山大·弗里德曼改进了爱因斯坦描述宇宙本性的方程，导出了这些方程的动态解，但他并不十分明白他所解的物理意义。5年后，比利时天文学家勒梅特提出了一个大胆而明确的概念，认为“空间要随时间而膨胀”，这正是爱因斯坦方程的动态意义。弗里德曼的解提供了两种基本的可能性，直到今天仍然是人们了解宇宙的基础。这两种可能性均始于一个“奇点”——一种密度无限大的状态，并因膨胀而转化为各种密度较低的状态。由于空间是按照宇宙间物质的量而弯曲的，这导致两种不同的结果。即，如果物质的量少于某个临界数值，则膨胀将会永远继续下去，星系团就会彼此越离越远，这时，宇宙是“开放的”；如果物质的量大于这个临界数值，那么引力就会十分强大，足以使空间弯曲到这样的地步：先是使膨胀停止下来，继而又使之转变为坍缩，于是宇宙又重新回复到某种超密状态，这样的宇宙称为“闭合的”。

大约在1917年，美国天文学家斯莱弗发现河外星系谱线有系统地向红端移动，这种红移随旋涡星云（后来知道是河外星系）距离的增加而变大。1929年，哈勃进一步发现，几乎所有的星系都有红移现象，而且红移量z与距离r成正比。将红移量$Z=(\lambda_0-\lambda_e)/\lambda_e$（$\lambda_0$为观测波长，$\lambda_e$为天体发射波长）折合成运动速度，可以用公式$V=Hr$表示，后来人们将该式称为哈勃定律。式中比例常数H称为哈勃常数，它的倒数与时间同量纲。哈勃定律的确立表明，爱因斯坦、弗里德曼等人关于“宇宙膨胀”的预言是很有道理的，因为大部分星系谱线红移（即远离我们而去）的观测事实意味着宇宙确实在膨胀。

宇宙为什么会膨胀呢？许多宇宙学家怀着这样一种想法：宇宙一定有一个明确的开端。本世纪20年代，勒梅特曾提出“宇宙蛋”爆炸假说，他把当初那个包含我们的宇宙全部物质的原始天体称为“宇宙蛋”，由于它的猝然爆裂，其碎片逐渐演变为星系。1948年，俄国出生的美国天体物理学家伽莫夫等人发展了勒梅特

的理论，正式提出大爆炸宇宙论（图 3.9.2）。

按照大爆炸宇宙理论，我们的宇宙在遥远的过去曾处于一种极高温度和极大密度的状态，这种状态被形象地称为“原始火球”。它由于发生了大爆炸，物质四散飞出，宇宙间充满光子、电子和中微子等基本粒子。由于宇宙不断地膨胀，温度很快下降，当温度降到 10 亿度左右时，中子开始失去自由存在的条件，它或者衰变为质子和电子，或者和质子结合成氘、氦等原子核，化学元素开始形成；当温度下降到数千度时，辐射作用减退，气态物质逐渐凝聚成气云；此后进一步收缩成各种恒星体系（图 3.9.3），包括星系、恒星、行星及其卫星以至生命的出现。从大爆炸发生至现在时间已过去了大约 200 亿年。有计算表明，宇宙中天体的分布几乎是均匀的，由于膨胀，宇宙渐渐地变冷，宇宙残留的辐射温度降至大约 5K。

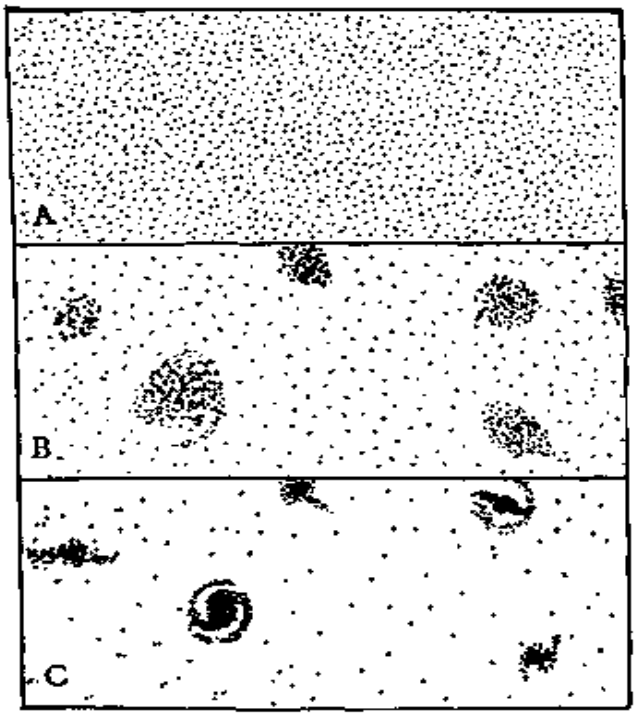


图 3.9.2

大爆炸宇宙学获得了以下观测事实的有力支持：(1) 河外天体有系统性的谱线红移；(2) 天体的氦丰度，即许多不同的天体中氦元素含量大致都是 25%～30%；(3) 天体的年龄，现在各种天体的年龄测定结果均小于 200 亿年；(4) 宇宙微波背景辐射，美国贝尔电话实验室的彭齐亚斯和威尔逊于 1965 年发现了温度约为 3K 的宇宙微波背景辐射，为此他们获得了 1978 年的诺贝尔物理学奖。大爆炸宇宙学所建立的上述宇宙演化模型已成为现代最

有影响的理论模型，被称之为“标准宇宙模型”。事实上，它至今仍存在着不少困难的问题，例如均匀性、奇点等问题，特别近年来关于“星系长城”和“大吸引物”等新发现，已对标准宇宙模型提出了挑战。

稳恒态宇宙学　1948 年，英国天文学家赫尔曼·邦迪、托马斯·戈尔德和弗雷德·霍伊尔共同提出稳恒态宇宙学说，亦称稳恒态宇宙模型。这种学说的出发点是所谓“完全宇宙学原理”，即认为宇宙中天体的分布不仅在空间上是均匀的、各向同性的，在时间上也应当是不变的。此模型所描述的宇宙永远膨胀，无始无终。顾名思义，在此模型中物质的密度保持一稳定值。一个系统怎么能既膨胀而又密度不变呢？在稳恒态模型中，这是通过不断注入新的物质来实现的。这个理论曾给出了宇宙中物质创生的速率是平均每 5000 亿年在一立方米体积内产生出一个氢原子。

为了避免此模型对能量守恒定律的违背，霍伊尔曾修改了爱因斯坦的场方程，引入了一个相当于负能的标量场，它具有无静止质量、无电荷和无自旋的性质。当宇宙在膨胀中产生出正能物质时，这个标量场的负能绝对值也随着增加。因此，就整个宇宙的总能量来说，它是保持不变的。被创造出来的这些物质和负能随着宇宙的膨胀而分布在更大的空间中，从而保证了物质密度和标量场密度不随时间变化。尽管稳恒态模型有很多吸引人的特点，由于它所预言的星系分布情况和射电源计数均与实际观测不符，又由于 1965 年宇宙微波背景辐射的发现，稳恒态模型难以解释，因此，这种学说未被广泛接受（图 3.9.4）。

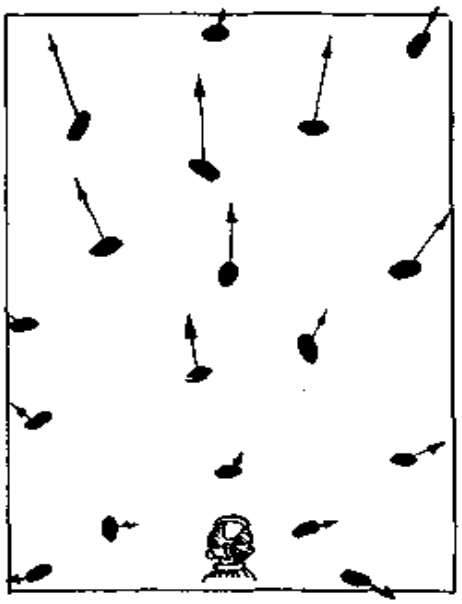


图 3.9.3

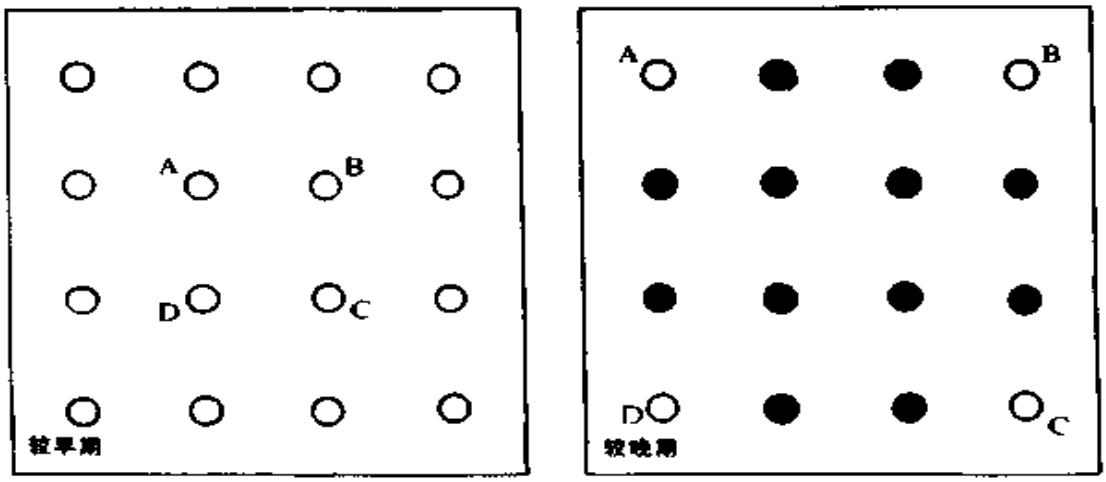


图 3.9.4

等级式宇宙模型 这种模型是伴随着天文观测视野的扩大而建立起来的。早在 200 多年前，法国物理学家朗白尔特就曾表述过，太阳系（中心在太阳）构成第一级天体体系，星团（中心有个比太阳大得多的天体）构成第二级，银河系（中心有个更加巨大的银核）构成第三级，以此类推，天体的分布是逐级成团的、非均匀的、有中心的。本世纪 30 年代，瑞士天文学家兹威基发现了尺度在 2～5 兆秒差距的星系团，说明星系在空间不是均匀分布的。这就对相对论性宇宙模型提出了挑战，因为该模型中采用了星系均匀分布的假定。到了 50 年代，法国天文学家伏库勒等人提出了存在超星系团的观测证据，其尺度在 30～60 兆秒差距，甚至尺度达 200～300 兆秒差距的超超星系团。他们认为，没有理由把成团性限制在超星系团或超超星系团这两级上，所以他们否认宇宙中物质分布的均匀性，提出宇宙是逐级成团的。

等级式宇宙模型所描述的宇宙犹如象牙雕刻球，一层套一层。其主要观测依据是星系的空间分布，而对于其余的宇宙整体特征则往往难于提供与观测定量的对证，迄今它远远不如大爆炸宇宙学那样受到人们的关注。实际上，各级成团的物质结构、运动和规律，是随着尺度的不同而不同的，就像在微观宇宙方面，粒子、

原子、分子间存在着质的差异一样，在宏观宇宙方面，恒星、星系、星系团等也不是个一层套一层的象牙雕刻球。

正、反物质宇宙模型　1928年，英国物理学家狄拉克预言电子的反物质——正电子的存在。到了1932年，美国物理学家安德生在宇宙线中发现了它，提供了反物质存在的一个证据。由此，使宇宙起源于“原始火球”（亦称为“原始原子”）的学说遇到了困难。因为物质和反物质相遇时，就会“湮灭”，即转化为其他形式的物质，如一个电子和正电子相遇时就转化为两个光子。瑞典物理学家克莱因由此提出了一种对称宇宙模型，即正、反物质宇宙模型。他认为，大爆炸宇宙学要求正反物质存在微小的不对称是与粒子物理学的正、反粒子对称性矛盾的，从而假定在宇宙最初阶段正、反物质是完全等量的。他假定宇宙初期是由一团稀薄的双等离子体气云所组成，其中包含有等量的正、反粒子。由于引力作用该稀薄气云会收缩而密度逐渐增高，正、反物质碰撞机会不断地增多，频繁的湮灭反应产生电磁辐射。当其密度高到一定程度时，湮灭过程所产生的辐射压将超过引力作用，使收缩停止而转化为膨胀，于是形成我们今天的膨胀宇宙。

按照这种宇宙模型推测，在宇宙中可能存在着巨大的正物质区域和反物质区域。在解释正、反物质何时分开，又怎样分开的问题上，克莱因假设宇宙初始存在磁场，由于引力和电磁力的作用，正、反物质将分开并各聚集为以正物质为主和以反物质为主的团块，其间由薄层的“混合”物质隔开，即在正、反物质交界处，由于正、反物质湮灭所产生的巨大辐射压可保持正、反物质的区域分开。我们今天正好生活在以正物质为主的宇宙区域中。可能在这个正物质的宇宙之外，还存在另外的反物质的宇宙。有些宇宙学家指出，最初宇宙中的正、反物质为什么不会湮灭呢？它们后来究竟是怎样分开的？正反物质模型对这些问题的回答都很勉强。从原始宇宙线中既未找到按照此模型应当存在的反物质粒子，也尚未从观测上发现正、反物质区之间由正、反粒子湮灭产

生的大量γ射线光子。此外，这一理论对宇宙微波背景辐射也难以作出解释。尽管近年来科学界获得了一些支持反物质存在的间接证据，正、反物质宇宙模型还只是一个影响不大的科学假说，尚待检验。

暴胀宇宙学 为了解决大爆炸宇宙模型的某些缺陷，1979～1981年间，美国物理学家古斯等人建立了关于宇宙极早期历史的新模型——暴胀宇宙模型，它是在粒子物理学中弱电统一理论的成就上建立的。它基本上承认大爆炸为时空起源的生成时刻，即也是从宇宙年龄为10^{-43}秒以后开始讨论的，但认为在10^{-43}秒到10^{-32}秒时宇宙经历了一个剧烈膨胀——暴胀阶段，在这一很短的时间内，宇宙迅速膨胀到初始体积的大约10^{50}倍。在此惊人的暴发式增长中，宇宙的所有质量或能量从完全的真空中产生出来。古斯认为，这种暴胀过程可以被认为与许多物质在物理条件改变的情况下的相变类似，例如水过热急骤蒸发变成过热蒸气就是如此。从1982年开始，不少科学家开始研究新的暴胀宇宙模型能否解释物质成团而形成星系及星系团的问题，以往标准大爆炸模型需要先验地假设初始的物质分布具有某种不均匀性，来解释星系结构的演化。

在这种模型中，早期宇宙比先前所认为的小许多，故不存在视界问题。暴胀前在这非常小的区域，热平衡是很容易达到的，然后此小区域扩张变大从而包含整个宇宙的可观测部分。平直性问题也容易解决，因为在暴胀阶段，物质密度对临界密度的比率很快趋近于1，不管初值如何，从直观想象，这种极端的膨胀将使空间变得平直，正如气球膨胀其表面会变得越来越平一样。暴胀模型所讨论的一些细节密切地依赖于所利用的基本粒子理论，但这些东西至今尚未被很好地弄清楚。

前苏联物理学家林德拓广了暴胀宇宙理论，他主张“宇宙”实际上是由无数个别的小宇宙组成的，小宇宙中的自然规律与我们这个宇宙迥然不同。他提出的膨胀理论认为，宇宙的每一个别的

区域膨胀是互不相同的，每一膨胀区域都生成自己的小宇宙。像当年我们的宇宙一样，无数小宇宙不断从时空结构中像气泡一样冒出来，形成永无终结的小宇宙生成过程。“宇宙”作为小宇宙的总和是永恒的，因为永远都有正在问世的新生世界。

此外，近年来有的宇宙学家提出，在“大爆炸”后的瞬间，物质的高能状态下存在着一个统一场，并推测在大爆炸后的10^{-35}秒左右，统一场中的物质会形成纤细而重（10吨/厘米）的“宇宙弦”，这些宇宙弦有极强的引力场，一个宇宙弦可在其周围形成星系，较大的弦圈可形成星系团。综上所述，现代宇宙学已涉及到基本粒子物理、天体物理、理论物理等多种学科。随着天文观测手段和理论认识的发展，人们对宇宙的认识将会更加深化。

十、空间天文探测技术的发展

空间天文学是天文学的一个分支学科，它是伴随着空间科学技术而发展起来的新学科，其主要内容是在地球大气高层和大气外层的空间进行天文观测和研究。说起来，迄今为止，人们所知宇宙中的一切几乎都来自于对“天上”无线电波至γ射线的电磁辐射的研究，然而大部分辐射都完全被地球大气层吸收了，只有无线电波和可见光波能透射到地表，就是这些波也存在着变形或受到干扰。自从本世纪40年代发射探空火箭和发送探空气球以来，空间天文观测得到了迅速发展。

利用人造卫星、月球或行星探测器、彗星探测器、太阳探测器、空间望远镜和空间站等航天器，在地球大气外的宇宙空间进行天文观测，使科学家们大开眼界，人们不仅更多地了解了太阳系、银河系等天体系统的结构、物理性质等，还窥探到了比原先所知的更遥远的宇宙以及有关宇宙结构和宇宙演化方面更加丰富多彩的信息。

早期的空间天文观测　在人造卫星未上天以前，气球和火箭

作为空间探测的先驱被用于天文学研究。早在 1874 年，气球携带小型光谱仪，第一次进行球载天文观测，但在飞机发明出来以后，人们似乎把气球观测淡忘了。直到本世纪 60 年代后，由于新技术对气球探空的武装，使得此项古老的科学工具获得了新生。1946 年，美国科学家利用从德国缴获的 V-2 火箭，第一次拍摄到太阳紫外光谱照片；两年后又获得了太阳发射 X 射线的证据。早期的气球、火箭主要用于观测太阳。

气球探测的第一个重要发现是 1911～1912 年宇宙射线的观测结果。当时奥地利物理学家赫斯勇敢地乘坐气球升空，飞行高度数千米。第二次世界大战后出现了重量轻、强度高、耐低温性能好的优质球膜材料，从而气球可实现大型化，并有可能进入高空平流层。同火箭、人造卫星相比，气球投资少，负载大，工作周期短，回收方便，姿态控制容易实现。所以，气球探测手段至今仍受到不少科学家的重视，许多重要的空间天文实验观测结果，特别是高能天文观测结果，可用气球观测手段取得（如高能银河宇宙线、高空 X 射线和 γ 射线背景以及中子星等）。

1957 年世界上第一颗人造地球卫星发射成功，标志着人类科学进入了空间时代。天文学从此进入了一个崭新的历史发展阶段。1960 年开始发射“太阳辐射观测卫星”系列的第一颗卫星；1962 年“轨道太阳观测台”系列又开始发射；1963 年，“云雀 1 号”卫星成功地在 30～200 米波长上观测到了太阳射电爆发。此外，人们向月球、行星发射了一些探测器系列。早期的空间天文处于利用气球、火箭或搭载航天器“班车”进行摸索探测时期，主要探测目标是太阳系内的某些天体。

70 年代以来的迅速发展 对于天文学家和空间科学家来说，70 年代的 10 年是令人兴奋的时期。天文学从地面观测跨入了空间观测时代，其中包括从简单的光学波段、射电波段，进而扩展到包括红外、紫外波段，以及 χ 射线、γ 射线的范围，亦即拓展为全波观测。60 年代至 70 年代，人们向月球、金星、水星、火星、

木星和土星共发射了几十个宇宙探测器，取得了许多在地面观测中根本无法得到的科学成果。例如，人们获得了许多月球岩石和土壤的样品，在地面上加以分析研究，得知月球的年龄与地球相仿佛；“海盗号”宇宙飞船对火星的着陆探测，探测了火星的物理环境；“水手号”探测器发现水星表面酷似月球，水星具有磁层，金星上有高山、平原和裂谷。特别令人瞩目的是，1974 年发射的“先驱者”10 号探测器在探测了木星和土星后，于 1976 年飞向太阳系外，成为人类历史上第一个飞出太阳系的人造飞行器；1977 年发射的“旅行者”1 号和 2 号两个探测器，它们曾分别两次与木星和土星会合，一次临近探测天王星。旅行者 2 号于 1989 年 8 月与海王星会合，尔后它穿过冥王星轨道离开太阳系，向太空深处飞去。

从 1968 年起到 1978 年的 10 年间，空间紫外天文学获得了很大发展，这主要是由于发射了环地天文台“OAO-2”、“OAO-3”、荷兰天文卫星“ANS”和“国际紫外探测器”（即“IUE”）的紫外巡天，其中“IUE”至今仍在空间按照地面的指令，发回多种天体的紫外分光和紫外测光的资料。

1970 年 12 月发射了一颗专门探测宇宙 X 射线的卫星——“自由号”。“自由号”天文卫星所作的观测，使 X 射线天文学向前跃进了一大步。该卫星对全天进行了“X 光”巡视，一举发现了 162 个 X 射线源，给出了一幅宇宙 χ 射线“星图”。这些“源”中，有的是星，有的并非星体，故称为 X 射线源。从源的分布来看，大约一半集中在银道面附近，并向银河系中心方向集中，这意味着大多数 X 射线源是银河系之内的，其中一部分是超新星爆发后的遗迹，另一部分是双星系统中的中子星。此外，还观测到一些银河系以外的辐射源。在 70 年代的 10 年中，平均每年发射一颗 X 射线卫星（专用或兼用）。在 70 年代末发射的“爱因斯坦天文台”获得了丰富的观测结果，它观测了 3000 多个小天区，每区至少发现一个 X 射线源，而且还在河外星系仙女座大星系中发现了

80 多个 X 射线源。天文学家认为，银河系内的 X 射线辐射，除了来自中子星、黑洞之类的致密（体积小而密度高）天体外，还有两种主要来源：一种是超新星爆发遗迹，另一种是普通恒星的星冕。观测河外天体的 X 射线辐射，可为了解活动星系核的物理状况提供重要的信息。

在 70 年代，人们利用空间技术对来自宇宙空间的 γ 射线进行了大量观察和研究，形成了 γ 射线天文学，从而把天文学的观测从光波推向了电磁波的全波段。γ 射线作为从宇宙空间源源不断地射到地球的高能宇宙线粒子，表明宇宙中存在着大规模的高能过程，而高能天体物理学正是以宇宙空间中和天体上的高能过程为研究对象。美国于 1972 年 11 月发射的一颗 γ 射线天文卫星，由于电子线路故障，卫星在运行了 7 个月后就停止了工作，仅记录到 8000 个 γ 光子事例。西欧国家于 1975 年 8 月联合发射了另一颗 γ 天文卫星，在 7 年的 γ 天文观测中，记录到 10 多万个有用的 γ 光子事例。至 80 年代下半叶，人类对于天体 γ 辐射的认识，主要依靠上述两颗卫星的空间观测结果，特别是西欧发射的那颗卫星所积累的观测数据。

在 1985～1986 年哈雷彗星回归期间，世界上共发射了 6 艘宇宙飞船，在不同的空间区域、不同时间，接近哈雷彗星，用各种科学仪器进行探测。在 6 艘飞船中，欧洲空间局的“乔托”号与哈雷彗星会合的距离最小，大约只有数百公里。空间探测发现，哈雷彗星在逐渐接近太阳的过程中，太阳风除把彗星离子吹向彗尾外，还在彗头上形成外弓形激波和切向间断面。此外，飞船发现，哈雷彗星的彗核直径约为 16 公里，其形状酷似一颗花生。探测结果表明，50 年代美国天文学家惠普尔的“脏雪球彗核模型”是正确的。哈雷彗核表面不是过去所认为的－100℃以下的严寒，而是 30℃以上的“高温”。彗核表面被 1 厘米左右的、比煤还黑的尘埃层覆盖着，它大量吸收太阳光，仅反射掉 4%，故有那样的高温；在核的表面，有约 20%的活动区，它向外喷发出大量气

体和尘埃。

由于地球大气滤除了大部分来自天外的红外辐射，使地面的红外天文观测相当困难，而利用气球、火箭来进行的观测则由于时间短，观测天区也很有限。1983 年 1 月，美国、荷兰和英国共同研制发射的红外天文卫星（IRAS）则把这个“天窗”完全打开了。在 IRAS 近 10 个月的巡天观测中，取得了一系列激动人心的重大发现。IRAS 总共发现了 30 多万个新的天体，其中约有 2 万个是星系。

据初步统计，IRAS 作为人类历史上首次发射的红外天文卫星的探测结果有：(1) 发现织女星的固体颗粒冷云。这是令人十分兴奋的发现，研究表明，除太阳系外，织女星是第一颗已证实有固体物质环绕运转的恒星，人们推测它正处于行星系形成的早期阶段。(2) 提供了星系碰撞在宇宙中起广泛作用的使天文学家惊讶的证据，在 IRAS 的低分辨率图上，许多仅仅根据它们突出的红外亮度而证认出的天体，当进一步研究时就显露出是正在相互作用的星系。星系之间的碰撞或合并似乎激发起恒星的突然大量出现。(3) 发现了银河系尘埃，即弥漫于整个银河系的很冷的尘埃物质，它由两部分组成，一是分布较均匀的，二是分布不均匀的一片片被称之为“红外卷云”的尘埃物质。(4) 发现在火星与木星之间有一个尘埃带，环绕太阳运转，它很可能是由小行星碰撞后的碎片组成的。(5) 发现了 6 颗新彗星和证认出几颗特殊小行星。

90 年代空间天文展望 在 1989～1992 年 9 月，人类又成功地发射了十几个天文卫星、空间天文台和行星探测器，它们有的已飞行到位，有的正在飞向预期的目标，正在或即将源源不断地向地球发回观测数据。

1989 年 5 月 4 日，由“亚特兰蒂斯”航天飞机送上太空的“麦哲仑”金星探测器，于同年 8 月 10 日飞临金星，进入了环绕金星的轨道，其使命是绘制金星地形图，它已发现金星表面环形

山不下4000个。1989年10月18日上天的“伽利略”木星探测器，已于1990年2月10日飞掠金星，对金星的云层和大气进行考察后，于1990年12月11日在距地球表面3700公里处掠过，奔向木星，它将于1995年12月进入环绕木星飞行的轨道。届时，该探测器将“一分为二”，即一部分成为环绕木星飞行的轨道探测器，另一部分成为木星着陆器，实现首次对木星的着陆探测。

1992年9月25日用大力神火箭从卡那维拉尔角发射成功的“火星观察者”探测器，是又一次举世瞩目的火星之旅。其主要目的是考察火星的地形和气象，同时为下一步火星岩石标本取样计划和载人登上火星探险作准备，原预计1993年9月初它将到达火星附近并环绕火星作飞行探测，后来不幸失踪了。

1990年10月6日由“发现号”航天飞机送入轨道的“尤利西斯”太阳探测器，于1992年2月飞临木星，借助木星的强大引力加速运行并折回太阳系内围，沿与黄道面近乎垂直的轨道飞向太阳。它于1994年6月到10月，飞过太阳南极上空进行探测；1995年2月它将穿过黄道面，于同年6月到9月飞临太阳北极上空考察太阳北极冠。这是一次非常空前的太阳探测，其中包括测量太阳南北两极磁场的强度和方向，极区太阳风的速度、密度和温度，极区日冕的温度，极区X射线和射电等等。

1989年8月由火箭发射的“依巴谷”天体测量卫星，是一座由欧洲和美国联合研制的空间天文台，载有口径30厘米反射望远镜。其任务是在2～3年的飞行中，对全天亮于12.4视星等的恒星逐一测量80次，完成载有12万个恒星的完备样本天体测量星表。此外，它还将提供精确的太阳附近空间的恒星光谱光度图（赫罗图）和恒星的基本物理量。

1990年5月11日，前苏联发射了“伽马一号”卫星，它是宇宙γ射线探测装置。1991年4月5日，美国的“伽马射线天文台”也由航天飞机携带上天，送入环地轨道，它携带定向闪烁分析仪、高能γ射线望远镜、成像康普顿望远镜以及8个爆发源和

偶现源检测仪共4组设备，主要在30千电子伏到30京电子伏的能幅进行γ射线巡天，探测宇宙高能弥漫辐射，研究高能天体的特征谱线，并发现γ射线偶现源。

“紫外天文一号”空间望远镜于1990年12月1日由“哥伦比亚”航天飞机送入太空，它带有口径90、50和38厘米的3个紫外望远镜和一个宽波段（0.3～12千电子伏）X射线望远镜，可同时对一个天体进行紫外成像、测光、偏振、分光和软X射线多项探测。它在由航天飞机运载的9天飞行中获得了一些重要发现。

1989年11月18日由火箭携带升空并进入环地球轨道的宇宙背景探测器，载有微波辐射计、远红外分光计和红外弥漫背景辐射计共3套设备。宇宙背景探测器发回来的最初一批探测资料表明，宇宙微波背景辐射的分布与温度T＝2.730K的黑体辐射曲线的吻合程度达99.75%。它的巡天探测结果已引起宇宙学家们的热烈讨论和研究，并为更新或完善宇宙学模型提供宝贵的数据资料。

由德国、欧洲航天局和美国宇航局共同研制的X射线卫星（“Rosat”）于1990年6月1日由火箭发射成功。它载有两架成像X射线望远镜，其中一架口径84厘米，探测0.1～2.0千电子伏的X射线天象；另一架口径57厘米，观察0.04～0.2千电子伏（即波长60～300埃）的极紫外天空。该卫星首次探测到月球的软X射线，发现了一批极紫外强源。预计它将会取得比以前深100～1000倍的高能天图，并发现10^5个宇宙X射线源，即比现在已知的源数多百倍。

举世瞩目的“哈勃空间望远镜”，于1990年4月24日由“发现号”航天飞机携入太空。这是一架口径2.4米反射望远镜，它在环绕地球飞行的轨道上，可以用极紫外、光学和红外三个波段对天体和宇宙进行成像、测光、分光等多种天文和天体物理探测。遗憾的是，在升空以后发现空间望远镜的光学系统存在球差，严重影响了观测的精度。1993年航天飞机成功地检修了空间望远

镜。在空间望远镜承担的探测项目中，有宇宙大尺度结构、星系团的结构和动力学、类星体的本源、高能天体的光学现象、激变变星和吸积盘物理等一系列现代天文学和天体物理学的关键课题。尤其是要完成一个最重要的任务：研究宇宙距离尺度，即测量哈勃常数。预计到本世纪末，哈勃空间望远镜将是天文学的尖兵，它在地球外的轨道上向地面提供宝贵的宇宙信息。

·第四章

可见光外天文学

现代天文学的知识有很多都是通过分析天体的电磁辐射得到的。天体的电磁辐射范围相当宽阔，从无线电波、红外光、可见光、紫外光，一直延伸到X射线和γ射线，对天体辐射观测越广，就能越全面地了解它们。所以天文学家总希望把研究领域扩展到所有波段。

自人类发明望远镜以来，人们始终局限在波谱中波长由4000～7000埃（1埃为100亿分之一米）狭窄的可见光窗口去观测宇宙。本世纪30年代，美国贝尔实验室的一位名叫卡尔·央斯基的无线电工程师偶然发现了来自银河系中心人马座方向的电波发射，从而开辟了大气的另一扇窗口，即射电窗口。射电天文学诞生后，和光学天文学相互补充，使古老的天文学别开生面。60年代天文学的“四大发现”——类星体、星际分子、3K宇宙背景微波辐射，以及脉冲星都奠基于这门新兴的科学。

随着空间时代的到来，60年代前后，红外天文学、紫外天文学、X射线天文学和γ射线天文学相继崛起，天文学终于进入全波段研究阶段。本章要介绍的便是这些起步较晚，但在近20年来发展迅速，已成为现代天文学前沿的可见光外天文学——红外天文学、紫外天文学、X射线天文学和γ射线天文学。

一、红外天文学

光谱的红外部分包括波长0.7～1000微米的范围。通常分为

两个区：0.7～25 微米的的近红外区和 25～1000 微米的远红外区；也有天文学家把它分成三个区域：近红外区、中红外区和远红外区，它们覆盖的范围大致为 0.7～3 微米、3～30 微米、30～1000 微米。在近红外我们看到的主要是恒星及其附近的区域，在中红外主要是热尘埃，而在远红外主要是冷尘埃，许多河外天体在远红外区辐射较强。

发展简史 其实红外线的发现远比无线电波的发现要早，如果说 1800 年 W·赫歇耳对太阳红外辐射的发现是红外天文学的开端，那么到今天已有 200 年的历史了。然而，红外天文学在第二次世界大战之前一直发展缓慢，仅测量过月球的红外辐射。造成红外天文学停滞不前的原因有理论上的困难、探测技术上的困难和地球大气的阻碍，而主要是后面两个困难。

地球外表包裹着一层厚厚的大气，其中的水汽、二氧化碳和臭氧分子将 15 微米以上的红外波大部分吸收掉了，25 微米以上的红外波根本到不了地面，即使在 15 微米以下，中间也间隔着许多强烈的吸收线。其次是没有高灵敏度的探测器接收天体微弱的红外信号。

本世纪 60 年代初，出现了低温致冷光电导探测器和优良的红外滤光器，红外天文学开始走出困境。1965 年加州理工学院的诺伊吉保尔等人用红外望远镜发现了著名的红外星，揭开了现代红外天文学的新篇章。近 30 年来，科学技术的突飞猛进促进了红外天文技术的发展，天文学家在红外波段不断有重要发现，红外天文学已成为实测天文学的最重要领域之一。

研究对象和意义 红外天文学的研究对象十分广泛，包括太阳系天体、恒星、电离氢区、分子云、行星状星云、银核、星系、类星体，几乎各种天体都是红外源。

一般人都知道，太阳系的行星、卫星、彗星本身不发光，是靠反射太阳光而亮的。其实它们在红外波段都有自己的辐射。

有两类恒星是其他观测手段（如光学和射电望远镜）无法观

测的——刚刚诞生的恒星和濒临死亡的恒星，而红外观测却可大显身手。另外，通过红外观测还可以研究恒星是如何演化为红巨星，怎样流失物质而成为行星状星云的过程。

在银心往外的2.5万光年范围里，分布着大量的气体、尘埃，在光学望远镜里是模糊不清的，而红外望远镜却能透过尘埃，看清银心结构并研究其演化。

天体演化、生命起源和基本粒子是自然科学的三大前沿。星际分子的发现拉开了研究宇宙中生命起源问题的序幕。星际分子的研究绝大多数依靠射电天文方法，但近年来在红外波段也发现了新的星际分子和重要的分子谱线。

遥远的星系和类星体也是红外天文涉足的领域，除此之外，对宇宙学的热点——3K背景辐射近年来也开展了红外测量。

红外天文学是一个年轻研究领域，但它填补了光学天文学与射电天文学之间的“缺口”，成为全波段天文学中重要的一环。

红外望远镜　观测天体红外辐射的望远镜叫红外望远镜，在外形和设计上与光学望远镜大同小异。红外望远镜通过光学系统将天体的红外辐射聚焦在红外探测器上，再经过电子学系统和终端设备得到红外辐射的各种信息。

由于天体遥远，能收集到的红外辐射很弱，而要观测的天体周围的天空背景和望远镜本身的红外辐射却很强，在强背景噪声中检测极微弱的观测源信号，真好比是大海捞针。因此要求红外望远镜：1. 口径大，聚光本领强；2. 焦距长，以减弱天空背景辐射；3. 主孔和副镜小；4. 镜面和镜筒上的部件要镀金或银，以减小因这些部件热发射而造成的噪声；5. 采用红外调制技术。一般红外源，特别是天体，都是比背景辐射小几个数量级的直流信号，采用红外调制技术目的在于将直流信号变成交流，这样便于处理。另一方面是进行空间滤波，消除或减少背景辐射的干扰。目前普遍采用摆动副镜的调制技术，即当副镜在一个位置时，进入探测器的是源加背景，当副镜在另一个位置时进入探测器的辐射完全

是背景，通过交替，将背景辐射剔除出去。此外，为了减小噪声，红外望远镜上的探测器，甚至望远镜本身和各种辅助设备，都要采取致冷措施。

首次红外巡天普查是美国用波长 2.2 微米的地面红外望远镜进行的，发现约 5600 个红外源，大多数是晚型巨星，已整理成专门的红外星表。

空间观测 虽然探测设备和探测技术不断改进，地面红外观测仍受到地球大气的限制，只有几个透明窗口可供使用。因此到大气外观测是红外天文学发展的主要途径。红外天文学的空间探测始于 60 年代后期，运载工具是高空气球、平流层飞机、火箭和卫星。

第一个做红外观测的高空气球是 1964 年发放的，吊篮名称是"约翰霍普金斯"，它测量了金星 1.7～3.4 微米的红外光谱。另一个"同温层望远镜Ⅱ"吊篮曾对 6 颗红巨星、木星、月亮和仙王座 μ 星进行了红外观测。美国红外天文学家霍夫曼等人于 1969 年开展了首次远红外天文球载观测，观测到了沿银面分布的近百个红外源。此后，英国、美国、苏联和日本等国家的球载望远镜技术越来越先进，指向精度越来越高，观测计划也越来越周密。

我国的球载红外天文观测是从 70 年代起步的，对探测器和球体、发放、姿控、指向、望远镜、遥控遥测系统，以及回收等技术已取得一些经验，但在指向精度、导星、长时间飞行、对银心的研究等方面与国外相比，尚有一段距离。

飞机作为天文观测的运载工具是由美国研制的。1974 年开始工作的"柯伊伯机载天文台"，是将一个 91 厘米望远镜安置在改装的 C141 飞机上，进行红外观测。柯伊伯机载天文台近些年有不少精彩的发现，相继探测到天王星环，找到了银心周围磁化气体和尘埃的"超环面粒子加速器"，第一次对彗星中的水分子进行了直接观测，定量分析了由超新星 1987A 抛出的铁、钴和镍等元素。

由于"柯伊伯机载天文台"的灵敏度不太理想，美国和德国准备联合研制一新的远红外平流层天文台，即将一架德国造的 2.5

米望远镜安装在波音 747-SP 运输机上。预计 1998 年开始工作。

火箭在红外观测中也起着重要作用，火箭的飞行高度通常在 150 公里左右，每次飞行可观测 6～10 分钟。1971～1972 年，美国空军坎布里奇研究实验所先后 7 次用火箭在波长 4 微米、11 微米和 20 微米巡天，探测范围约占 79%的天空区域，共测到了 200 个红外源。

对比几种运载工具，飞机可使红外观测得到改善，但无法接收高能的短波辐射；气球飞得比飞机高，但气球上面的大气对天文观测仍有影响；火箭观测时间又太短暂。因此最好的运载工具还是轨道飞行器。

“红外天文卫星”（IRAS） 1983 年 1 月 25 日，由美国、英国、荷兰三个国家联合研制并发射的第一只红外天文卫星进入轨道。该卫星装备有一架致冷到 10K 的 57 厘米望远镜，望远镜焦平面上按行排列着四组致冷到 2K 的远红外探测器，分别在 12、25、60 和 100 微米波长上工作，其灵敏度比地面红外望远镜高 1000 多倍，较短波长用于研究太阳系天体，较长波长则用于研究较冷的星际红外源。卫星在 10 个月的有效工作期间，发回的消息轰动了整个世界，深刻地改变了天文学家对宇宙的认识，促进了天文学许多领域的发展。

红外天文卫星共发现 245839 个红外源。它的最大成就是对地外行星系的探索取得了突破性的进展。它不仅在年轻天体，如金牛 T 型变星金牛 HL、麒麟 R，探索到星周尘晕或星周尘盘，还在一些著名的亮星周围发现了固态星周物质。织女星、南鱼 α、绘架 β 等 50 颗恒星的星周盘很可能是正在形成中的原始行星系。

恒星在密集星际气体尘埃云中形成的过程是一个引人入胜的问题，红外天文卫星透过尘埃云的屏幕，认证了几百颗正在形成中的恒星。在距地球 650 光年内看到了无数即将收缩成恒星的小块尘埃云，在仙女座观测到一些形成中的恒星，并在看似宁静的暗星云巴纳德 5 内，发现了 4 颗质量与太阳相仿的初生的或处在

形成阶段的恒星。

在红外天文卫星观测到的红外分立源中，许多已和已知天体相对应，有些却找不到对应天体，其中有些可能是原恒星，另一些则很可能是红外星系。

红外天文卫星在 1983 年 5 月发现艾拉斯-荒木-阿尔科克彗星后，11 月初又接连发现了 1983f、1983j、1983k 和 1983o 等 4 颗彗星。发现时它们的目视亮度均为 17 等。红外天文卫星的观测揭示，一些耗尽挥发物质的衰老彗星，仍可能保留一条在远红外波段可见的尘埃彗尾。

除彗星之外，红外天文卫星还发现了 5 颗小行星。其中编号为 1983TB 的小行星发现不久，惠普尔就提出它是双子座流星雨的母体，它可能不是小行星，而是彗核的残骸。

红外天文卫星在巡天中共获得 11499 颗小行星和 384 颗彗星的资料，其中只有 1811 颗小行星和 22 颗彗星有以前的地面资料。1988 年由美国喷气推进实验室的科学家编制成迄今为止收集最为丰富的太阳系天体星表。

在此之前，红外天文卫星的国际小组完成了红外点源总表。该总表是由覆盖全天 96%的一系列星表组成的，收编恒星、星系、原恒星及其他天体等红外源约 25 万个。

据统计，在过去的 10 年里，国际主要天文学和天体物理学杂志共发表了 4000 多篇基于红外天文卫星观测资料的论文，不难看出这颗卫星对现代天文学的影响有多么大。

继红外天文卫星之后，美国宇航局（NASA）于 1989 年 4 月 18 日发射了红外和毫米波天文卫星“宇宙背景辐射探测器”（COBE）。这颗卫星工作了 10 个月，对从 1 微米到 1 厘米波长范围内的宇宙背景辐射进行了全天巡视。它发回的探测资料表明，微波背景辐射的分布与温度 2.73K 的黑体辐射曲线的吻合程度达 99.75%，支持了暴胀宇宙学理论以及星系形成理论中的所谓“冷暗物质”模型。

2001 年，美国宇航局准备发射空间红外望远镜（SIRTF），它是美国宇航局拟议的空间天文计划中具有最高优先权的“旗舰”项目。该装置装有先进的成像和分光设备，是继哈勃空间望远镜、康普顿 γ 射线天文台、先进的 X 射线天体物理装置之后，美国宇航局的第四大天文台。估计 SIRTF 重约 800 公斤，观测寿命 2.5 年，望远镜主镜直径 85 厘米。由一枚德耳塔（Delta）火箭发射上天。

欧洲空间局（ESA）也发射了一颗重要的空间红外天文卫星，这颗称为“红外空间天文台”（ISO）的卫星将作为欧洲空间局跨世纪天文计划中的“基石”项目，并在 1995 年由阿里亚娜（Aiane）-4 型火箭送入高椭圆率的绕地轨道。它将以前所未有的灵敏度探测广漠无垠的宇宙，成为天文学史上第一个真正的空间红外观测站。

二、紫外天文学

在 W·赫歇耳发现红外线之后仅一年，1801 年德国物理学家里特便证实了紫外线的存在。紫外线波段介于可见光和 X 射线之间，波长在 0.01～0.4 微米范围内。由于地球大气对紫外线有吸收作用，天体紫外辐射的观测非常困难。对波长 0.2～0.3 微米的紫外线，尚可用高空球载望远镜观测，其余紫外波段的观测只能利用火箭和卫星，但这还仅是对太阳系内天体而言，对太阳系外天体的研究还要受到星际气体吸收的限制，所以紫外天文学的研究范围实际上只限于 0.0912～0.3 微米。尽管如此，由于在紫外波段可以了解到比可见光波段更多的关于天体物理状态和化学组成的信息，所以天文学家还是克服重重困难，从太阳开始，先后探测了行星和行星际空间、银河辐射源，以及河外源，取得了令人兴奋的进展。

太阳系紫外天文学　太阳的紫外辐射在总辐射中所占比例只有 7%，但太阳紫外辐射对地球高层大气和宇宙航行有重要影响，

因此受到极大重视。紫外天文学研究的第一个天体就是太阳，并且最先取得观测成果。

早在1920年，天文学家就曾用升高9公里的载人气球进行太阳紫外光谱照相，1930年又用能升高到臭氧层上的无人气球拍摄太阳0.09微米以下的紫外光谱，但均未成功。1946年10月美国海军实验研究室发射了一枚“德国号”高空火箭，升高到80公里，第一次获得了波长0.22微米的太阳紫外光谱。50年代以后，高空火箭探测记录到天空背景的紫外光谱。

进入空间探测时代后，紫外天文学有了较快的发展。1960年和1962年相继发射的太阳辐射监测卫星系列和轨道太阳天文台科学卫星系列，都装备了紫外探测器，对太阳紫外辐射的通量、光谱及其变化进行了系统的探测，并拍摄了太阳紫外单色像。由于不同波长的紫外辐射来自太阳大气的不同高度，所以拍摄到的不同波长的紫外单色像不仅给出太阳大气不同高度、不同温度范围的辐射分布，而且揭示出太阳活动区上空大气的温度、辐射分布与周围非活动区是不同的，为建立太阳色球与日冕间更准确的过渡区理论模型提供了实验数据。

在太阳紫外辐射中，波长0.1216微米的氢莱曼α线最强，它对地球大气中电离层的形成和变化有重要影响，因此很多天文学家热衷于对它的研究。

在0.01～0.17微米的远紫外区的一些单色辐射中，经常观测到太阳局部区域辐射在短时间突然增强，这就是太阳的远紫外爆发。1966年天文学家首先在0.1225～0.135微米的波段上发现这种现象。以后通过卫星和电离层效应不断探测到太阳的远紫外爆发。爆发过程大致分为两类：1. 脉冲型爆发。表现出强度迅速上升与缓慢下降；2. 缓慢爆发。强度缓慢上升到峰值后又缓慢下降到起始水平。太阳远紫外爆发一般发生在耀斑闪相期间，远紫外爆发的资料是研究太阳耀斑等离子体结构及耀斑时间发展的重要依据。

1962年，美国“水手2号”飞掠金星，实现了人类首次就近观察另一颗行星的壮举。30年来，人类先后成功地探测了水星、金星、火星、木星、天王星、海王星，以及哈雷彗星，对这些天体的紫外光谱、反照率及散射的观测，成为确定它们大气组成，建立大气模型的重要手段。

1974年，“水手10号”探测金星时，飞船上的紫外光度计发现金星高层大气中氢含量丰富，氩却很少，说明这颗素与地球有姐妹之称的行星有着完全不同于地球的演化过程。天文学家推测，金星的磁场较弱，太阳风中的质子进入金星大气，中和后变成了氢；而地球磁场较强，太阳风中的质子无法进入地球大气，地球上的氢来自岩石和海洋。从“水手10号”发回地球的金星紫外照片上可以分辨出一个呈螺旋形结构的巨大对流穴。

“水手10号”曾三次掠过水星，拍摄了水星的紫外光谱，发现水星有一稀薄的大气层，含有氦、氢、氧、氩、氖、氙等元素。

“旅行者2号”观测到木星和木卫一的远紫外辐射，发现了木卫一上正在喷发的火山和因强烈的火山活动形成的一条由电离氧化硫构成的围绕木星的环。

对彗星的紫外观测也有重要发现。1968年用火箭和人造卫星在地球大气外观测过一些亮彗星，发现大部分彗星有氢莱曼α谱线，从而证实彗发外部还应有一个大气结构——氢云。

太阳系外紫外观测　最早的恒星紫外观测是从1964年“宇宙51号”空间探测开始的。1968年美国发射紫外天文卫星“OAO-2号”，在0.1～0.3微米波段巡天。根据可见光波段观测建立的大气模型理论，早型星在紫外波段有很强的连续谱，并叠加许多共振吸收线。大气外紫外观测证实了这一理论。紫外观测对于白矮星和行星状星云的中心星也是很重要的，因为它们在紫外区有最强的辐射。紫外观测对于晚型星，重要性和太阳类似，是研究恒星色球和星冕，特别是它们之间的过渡层必不可少的手段。观测结果表明，高温星冕是恒星所普遍具有的。对变星也进行了紫外

观测，发现猎犬α，对应不同波长，5.5 天周期的光变曲线有不同的光变形式，另外造父变星的紫外观测除了同可见光波段的观测结果有相同之处外，还具有一些新特点。

近年，天文学家还对一些恒星进行了远紫外观测。1975 年美苏“阿波罗-联盟”飞行中发现了太阳系外第一个远紫外辐射源。该源是位于后发座里的一颗白矮星——HZ43。白矮星是一种烧尽核燃料而暴露的星核，具有大量的远紫外辐射，根据它的紫外谱线，可以测出其温度和化学成分。此后，“阿波罗-联盟”又探测到另外三个远紫外辐射源：一颗白矮星、一颗耀星和一颗激变变星。这次成功的实验，直接证明了开展太阳系外远紫外天文观测的可行性。

在“阿波罗-联盟”之后，欧美研制的“X 射线空间天文望远镜”（Exosat）在远紫外波段上，也证认了三颗冷星：五车二、南河三和北冕 σ-2，它们的星冕谱线揭示了其表面磁场活动，这对决定星冕气体的温度非常关键。

紫外观测对于星际介质的研究具有特殊意义。星际介质包括星际气体和星际尘埃两部分。星际尘埃对不同波长的电磁辐射有不同的消光作用。已获得的紫外波段的消光特点表明，星际尘埃中含有半径为 0.01 微米的石墨尘粒。另外，星际气体中的一些元素的共振谱线在紫外区，因此紫外观测对于研究星际气体的成分和物态也是必不可少的。

“国际紫外探险者”（IUE） 目前，对紫外天文学贡献最大的探测器是“国际紫外探险者”，它是人类所设计出的一台最多产的望远镜，原计划在太空工作三年，可直到今天它仍在按照地面指令，送回多种天体的紫外分光和紫外测光的资料。是寿命最长的一颗卫星。

“国际紫外探险者”是一颗地球同步卫星，由于卫星的轨道离地球相当远，地球遮住的天空仅 16°左右，所以卫星与地面联系很方便，一天 24 小时都能和美国宇航局的地面跟踪站保持联系，还

可每天和欧洲空间局的控制中心联络 10 个小时。自 1978 年 1 月 26 日上天以来，天文学家利用“国际紫外探险者”取得的观测资料，已在冷星星周的热气体、激变变星的质量损失和吸积作用、哈雷彗星、星际物质、类星体的吸收线、星系周围的热气晕和热气冕、大麦哲伦云超新星 1987A 的爆前天体和爆后演化等方面发表了 1000 多篇研究论文和一些星表。

在“国际紫外探险者”之前，关于冷星只能用光学方法研究其光谱中的 H 线和 K 线，而“国际紫外探险者”上天后，不但可以研究恒星色球层与星冕之间的过渡区，还发现了过渡区分界线，即赫罗图上类太阳恒星与不同于太阳的恒星之间的一条分界线。所谓不同于太阳的恒星，是指那些有强的色球层而星冕却很弱的恒星，它们组成了一类新的恒星叫混杂恒星，这类星的特征只能靠紫外观测来发现。

通过“国际紫外探险者”还测量到用其他手段难以获得的元素丰度。这在研究 A 型特殊恒星以及汞-锰恒星时尤为突出。

“国际紫外探险者”的另一项杰出贡献是发现了一种前所未知的新星。一般新星发射强烈的碳、氧、氮谱线，而这种新星发射出强烈的氖、镁、铝谱线，天文学家认为这是一种具有比别的新星更进化了的核的新星。

“国际紫外探险者”上天以来的全部观测成果都被珍藏在美国戈达德空间飞行中心的档案馆中。根据档案进行研究是天体物理学的一种典型方法。

“国际紫外天文-1 号”（Astro-1）　因种种原因一再推迟发射的“紫外天文-1 号”，于 1990 年 12 月 1 日由航天飞机“哥伦比亚号”送入太空。这是一个由 4 架望远镜组成的探测群体，能同时对一个天体进行紫外成像测光、偏振、分光等多项探测。在 9 天的飞行中对白矮星、双星、活动星系、星系团进行了实测。探测到激变变星鹿豹 2 的一次爆发全过程，发现蟹状星云中有近光速向外发射的高能电子与云周环境相互作用形成的辉光，检测到星

系团成员星系之间温度高达 6400 万 K 的炽热气体，还进行了有关暗物质理论的验证。12 月 10 日随航天飞机返回地面。

“极紫外探险者”（EUVE） 美国宇航局准备在 1993 年 5 月发射一颗中型卫星——“极紫外探险者”，进行远紫外巡天。据说，“极紫外探险者”的望远镜比“阿波罗-联盟”的灵敏几百倍，预计能探测到亮度只及 HZ43 百分之一以上的所有远紫外源，除了测量源的位置和亮度，还要做分光观测。

“极紫外探险者”在环地轨道运行的同时，还将绕自己的长轴作周期为 30 分钟的自转。它上面有 4 架口径 40 厘米，大约 55 加仑油筒大小的望远镜，其中三架平行放置，与自转轴垂直，合起来的工作波长在 0.007～0.076 微米，计划 6 个月将全天扫描一遍。另一架望远镜沿着自转轴专门注视太阳相反的方向，以黄道为中心，在天空扫过一条 2°宽的半弧。

在巡天结束后，“极紫外探险者”将对重点目标做分光观测。它很可能捕获到白矮星、有活动星冕的恒星和激变变星，这些天体都有很强的远紫外辐射。

除此之外，“极紫外探险者”还要探测太阳系天体，特别是木星和土星，观察它们的极光；对木卫一围绕木星轨道的带电气体环加以考察；通过月球反射的太阳辐射间接地探测太阳的远紫外辐射。

三、X 射线天文学

X 射线是德国著名物理学家伦琴于 1895 年发现的，它是一种特殊的物质，在电磁场中不像带电粒子那样受到电磁力的作用，也不像可见光那样经过透镜而发生偏离，它有非常强的穿透力。伦琴的这一发现极大地震撼了当时停滞不前的物理学界，揭开了现代物理学革命的序幕。1901 年伦琴成为第一个诺贝尔物理学奖金获得者。如今 X 射线早已走出物理学的领域，进入生产和科学研

究的广阔天地，成为现代天文学的一个重要研究波段。

X 射线是指能量在 100 电子伏至 10 万电子伏范围的光子（可见光光子的能量仅为二三个电子伏），与紫外线相比，X 射线能穿越长得多的距离，可以在此波段上观测到遥远的恒星和星系。另一方面，与能量高于它的 γ 射线相比，X 射线的流量较大，接收较为容易。X 射线天文学以它独具的威力，揭示了越来越多的天体物理现象，展示了一幅和光学天文学迥然不同的宇宙图像，使天体物理学取得了长足进展。

太阳 X 射线天文学　在 X 射线天文学中，最早研究并获得进展的是太阳 X 射线天文学。太阳 X 射线主要是从日冕发出的。由于天体的 X 射线受到地球大气的严重吸收，所以观测 X 射线的仪器必须通过火箭或人造卫星，在 150 公里以上的高空中进行观测。1946 年，美国海军研究实验室的科学家，用二次大战中从德军那里获得的 V-2 火箭将仪器载到 100 公里的高空，试图观测太阳 X 射线，但没有成功。

1948 年 8 月 6 日，也就是在首次探测到太阳射电发射后仅六年，布奈特等人进行的太阳 X 射线观测一举成功。后来的实验证明，太阳确实是一个很强的 X 射线源，其强度随太阳活动周期而变化。太阳在出现大耀斑时发出的 X 射线，要比它处于宁静阶段时强 1 亿倍。人造卫星上天后，特别是“轨道太阳天文台-7 号”和“天空实验室”发射后，太阳的 X 射线研究有了长足发展。近 20 多年来，太阳 X 射线天文学的工作主要是探索太阳 X 射线爆发，通过探测太阳 X 射线爆发的能谱和偏振，逐步建立耀斑爆发的触发机制。其次，日冕 X 射线照片揭示了日冕上的一系列复杂结构，尤其是冕洞的发现堪称太阳物理的一大成果。

非太阳 X 射线研究　30 年前，人们只知道太阳发射 X 射线。1962 年 6 月 12 日子夜，美国麻省理工学院与美国科学工程协会的科学家把一枚装有三个 X 射线计数器的火箭，发射到大约 230 公里的高空，准备探测月亮荧光 X 射线辐射，结果意外地发现了

一个非太阳 X 射线源。如果这个源来自一颗离我们不远的恒星，那么这颗恒星的 X 射线实际功率要超过太阳的 1000 万倍。后来证明它的位置在天蝎座内，于是将其命名为天蝎 X-1，这是人类探测到的第一个宇宙 X 射线源。紧接着天蝎 X-1 之后，由弗里得曼领导的美国海军实验小组在蟹状星云里也发现了一个 X 射线源——金牛 X-1。这些发现揭开了天文学发展史上崭新的一页，诞生了宇宙 X 射线天文学。

70 年代是 X 射线天文学蓬勃发展的十年，开展了许多实验观测和理论研究工作。1970 年 12 月 12 日，美国宇航局在肯尼亚的圣马尔科发射了第一颗专门用于观测 X 射线的卫星，那一天正值肯尼亚独立日，所以卫星用斯瓦希利语的“自由”一词——“乌呼鲁”来命名。“乌呼鲁”在赤道上空的一条椭圆形轨道上运行，近地点 520 公里，远地点 560 公里，每 12 分钟自转一周。“乌呼鲁”巡天 3 年，发现了 300 多个 X 射线源，这些源有银河系内的，也有银河系外的。“乌呼鲁”卫星的最大成功是发现和证实了一类新的 X 射线源——X 射线双星，以及星系团内的空间中充斥着温度高达 1000 万度到 1 亿度的气体，这些发现对认识产生 X 射线的物理过程和研究星系团的起源、演化无疑都具有十分重要的意义。其后，美国、西欧和日本等一些国家相继发射了一些 X 射线观测卫星，譬如，小型天文卫星 SAS-3、“羚羊 5 号”（Ariel 5）、天文荷兰卫星 ANS、轨道太阳观测站 OSO-8 等。这些卫星发现了宇宙 X 射线爆发和一批暂现 X 射线源，从而在宇宙中揭示了一批前所未知的现象和新型 X 射线源，被公认为 70 年代天文学的重大发现。这些 X 射线爆发过程所释放的能量之大，能量释放速度之快，贮能密度之高以及奇特的再现周期一直令天文学家困惑，时至今日仍是现代高能天体物理学的重大研究课题。

对 X 射线天文学作出突出贡献的是美国的系列卫星——“高能天文台”（HEAO）。有人这样评价：如果把“乌呼鲁”在 X 射线天文学中的作用比作伽利略望远镜在开辟光学天文学中所起的

作用，那么“HEAO”卫星的发射就相当于帕洛玛大型光学望远镜的建造。“HEAO”使X射线天文学从幼稚走向了成熟。

“HEAO-1”是一个全天X射线巡天装置，于1977年8月12日发射，在天空中工作了18个月，使已知的X射线源的数目由400多个激增到1500多个，位置的精度达到30弧秒，成功地得到河外X射线源——圆规X-1的数据，表明它可能是一个黑洞。另外，还发现星系际存在着热气体，其总质量可能超过星系中恒星的总质量。

1978年11月13日，美国又发射了“HEAO-2”，为了纪念1979年大物理学家爱因斯坦100周年诞辰，又将这颗卫星命名为“爱因斯坦天文台”。这颗卫星在观测仪器上做了很大的改进，携带一架口径为0.6米的大型掠射X射线望远镜，与1962年火箭运载的早期X射线探测器相比，灵敏了100多倍。这个天文台在绕地球工作的两年多中，向地面源源不断地发回了大量的观测资料。在“爱因斯坦天文台”上天之前，人们只知道像X射线双星、矮新星、白矮星这几类特殊恒星发射X射线，但极少接收到正常恒星的X射线(太阳在X射线波段发射的能量仅占可见光波段能量的一百万分之一)，“爱因斯坦天文台”上的望远镜以其空前的灵敏度记录到了来自银河系内各种“正常”恒星的X射线。这些恒星分布在赫罗图的整条主星序上，表面温度为4000～3000K，光谱型从O、B型到K、M型，光度由比太阳亮1万倍到比太阳暗1万倍。并且出乎天文学家预料，主星序下端的M型星在X射线波段发射的能量竟达到可见光波段能量的十分之一，这些观测结果向传统的“星冕”加热理论提出了挑战，促进了恒星物理学的发展。其次，“爱因斯坦天文台”揭示了星系团内气体分布的两种不同方式：在年轻星系团中，气体成群地集结在单个星系的周围，大体上呈不规则分布；而在年老的星系团中，气体向星系团中心凝聚，密度向外均匀下降。这一发现给天文学家提供了一种依据星系团内气体分布方式判断星系团演化状态的新方法。“爱因斯坦

天文台”探空的另一重大成就是发现类星体多是X射线源，开辟了探讨类星体性质的新途径。除此之外，“爱因斯坦天文台”在所巡视的70多个球状星团中发现有16个发射X射线，占已探测到的银河系X射线总数的5%，球状星团的质量总和约占银河系总质量的0.1%，所以按质量比，球状星团中出现的X射线的概率，比银河场星中高出两个量级。“爱因斯坦天文台”还在双子-麒麟座天区观测到一个线直径为100秒差距（合300光年），温度为3×10^6K的X气环，估计是麒麟OB1星协和附近的超新星遗迹造成的。天体物理学家认为，“爱因斯坦天文台”对X射线源给出的知识的重要性，完全可与光学及射电相比拟，也就是说，凡是射电和光学可进行测量的星，用X射线也可以测量，还包括X射线源表，点源的位置的确定，展源的成像，对X射线谱，特别是发射谱的分析。

到70年代末，已知的X射线源已散布于整个天空，从附近的恒星到遥远的星系团、类星体、蝎虎座BL型天体，一直到弥漫于全天空的X射线背景辐射。

进入80年代后，X射线天文学从美国转到了日本和西欧。里根就任总统后，宇航局的预算大幅度紧缩，空间科学项目被砍得所剩无几，再加上研制“哈勃空间望远镜”和“γ射线天文台”耗资巨大，已无能力单独发射X射线卫星了。而近年日本的高能天文学崭露头角，显示出相当的实力，相继发射了三颗X射线卫星：“天鹅”、“飞马”和“银河”。特别是当超新星1987A爆发时，仅有“银河”在工作，是天上唯一的X射线卫星，为宇宙高能天象的探测的持续发展作出了贡献。欧洲空间局研制的“X射线空间天文望远镜”（Exosat）自1987年上天以来，对X射线天文学的发展产生了重要的影响，它发现银道面上的X射线银脊，其成分是超新星遗迹，X射线双星和高温气体的漫辐射。还发现若干小质量X射线双星有准周期振荡现象，以及一批X射线爆发源和X射线再发源。苏联的“量子1号”（Kvantl）也对选定的目标进行了富

有成果的探测，发现了多种类型的偶现 X 射线源。

1990 年 6 月 1 日，由德国、欧洲空间局和美国宇航局共同研制的，以伦琴名字命名的掠射式空间望远镜（Rosat）由火箭发射升空。它有两架成像 X 射线望远镜，口径分别为 84 厘米和 57 厘米，前者用于探测 0.1～2 千电子伏的 X 射线天象，后者用于观测 0.04～0.2 千电子伏，即波长 60～300 埃的极紫外天空。“Rosat”在巡天中第一次探测到月球的软 X 辐射（X 射线波长越短，穿透本领越大，称为硬 X 射线；反之，X 射线的波长越长，穿透本领越小，称为软 X 射线），发现了一批极紫外强源，如近距恒星 Feige24、由两颗白矮星组成的双星 RE1629+781。根据天龙座方向，在银道面之上约 300 秒差距的天区内的 0.1～0.5 千电子伏的软 X 背景辐射测量，判明它们起源于距离我们 300 秒差距的，温度高达 10 万 K 的银冕星际气体。此外，“Rosat”还证明 0.1～2000 电子伏的 X 射线背景的 30%来自遥远的类星体。翌年 2 月 8 日开始，“Rosat”着手绘制 X 射线天图和极紫外天图。通过 6 个月的巡天，完成整个天球的 97%的扫描，据主管该探测计划的特吕佩尔说，“Rosat”将获得比以前远 100～1000 倍的高能天图，发现 10 万个 X 射线源。

X 射线天文学的另一个研究课题是测量弥漫的 X 射线辐射背景。几乎是各向同性的宇宙 X 射线背景和微波背景差不多是同一时期发现的，微波背景已做了精确的探测，得到了近乎圆满的解释，而 X 射线背景辐射的研究相对来说落后了许多。1991 年 9 月，美国将拉斯阿拉木斯国家实验室研制的“低能 X 射线图象传感器阵”（ALEXIS）送入轨道，这颗卫星肩负的主要任务是探测宇宙的 X 射线背景，并对诸如白矮星、中子星等天体的 X 射线辐射做巡天观测。

X 射线天文学下一个重要的观测设备是“先进的 X 射线天体物理设备”（AXAF），这是美国宇航局和荷兰合作的一个计划。它的主体是一个 1.2 米的掠射式反射望远镜，在 0.1～8000 电子伏

的能量范围中，分辨率为0.5角秒，“AXAF”的灵敏度比“爱因斯坦天文台”高100倍，使天文学家有可能观测红移Z=3的星系团，并可能探测到Z=2的星系团内部气体中的铁K线，以致有可能用X射线天文学对红移距离给出一种独立的测量。

除上述计划，美国宇航局还在1992年发射了“漫射X射线分光仪”（DXS）；1993年与日本合作，发射了Astro D；1994年发射了“X射线定时探险者”（XTE）等。

四、γ射线天文学

1900年维拉德在研究镭的放射性时，发现了一种穿透力很强的，能使乳胶感光的中性射线，这就是γ射线。γ射线跟无线电波、光波、红外线、紫外线和X射线一样，同属电磁辐射的“大家族”，所不同的是它的辐射频率高，波长短（短于10^{-6}微米），是天文观测中最后一个被打开的电磁辐射窗口。

光子能量高于百万电子伏的γ射线，位于电磁辐射能谱的最高端，由于γ射线是由天体非热的核过程和高能过程产生的，所以探测γ谱线是了解高能天体上各种放射性元素组成的重要途径，对谱线的宽度和红移的测量则可以提供天体的运动、温度和引力场等物理条件的信息。γ射线谱线观测是γ射线天文学的一个重要部分。γ射线和X射线都属于电磁辐射的高能范畴，因此γ射线天文学和X射线天文学都被称为高能天体物理学。

然而，像红外、紫外、X射线观测一样，γ射线的观测也受到地球大气的制约。和X射线相比，γ射线流量极低，而仪器背景辐射很高，这一点几乎排除了火箭探测的可能性，也给卫星观测带来很大的困难，这就是γ射线天文学的概念提出早于X射线天文学，但其发展却远远落后于X射线天文学的原因。

鉴于γ天文观测对于高能天体物理过程的研究具有特别重要的意义，天文学家做了锲而不舍的努力，近年来取得了一系列重

要的进展。γ射线天文学已跻身于现代天文学的行列。

太阳γ射线天文学　γ射线探测工作首先是从太阳开始的。第一次探测是在1958年，但首次探测到高能太阳γ谱线则是在1972年8月4日和7日。当时发生了两次太阳强耀斑，耀斑加速的粒子同太阳大气相互作用的核过程产生了γ射线。"轨道太阳天文台7号"卫星完整地记录了这次事件。观测表明，γ射线出现于耀斑的初始阶段，与脉冲射电爆发、硬X射线爆发关系密切，既有连续成分，也出现谱线。

银河高能γ射线　在某种意义上讲，γ射线天文学缘于P·莫里森1958年发表的一篇理论文章。莫里森除了认为太阳等天体是γ射线源外，还预测了几个辐射源的位置、环境和γ射线流量。以后有不少理论工作者相继提出某些天体发射γ射线的预言。

1972年11月15日，美国发射的"小型天文卫星2号"(SAS-2)上面载有一台名叫"火花室"的γ射线望远镜，利用γ射线与物质作用产生的正负电子对来测量γ射线强度。由于仪器具有较高的灵敏度，这次观测取得了成功，勾画出银河系大尺度γ射线图，描绘了河内局部源的分布，发现四颗射电脉冲星有很高的γ射线强度。可惜由于电子线路出现故障，这颗卫星仅运行了7个月就停止了工作，只记录到8000个γ光子事例。γ射线天文学真正成为天文学的一支，便是从这颗卫星开始的。

继"SAS-2"之后，1975年8月9日欧洲空间局发射了另一颗γ天文卫星"COS-B"。该卫星也载有一台"火花室"γ射线望远镜，灵敏度比"SAS-2"更高一筹。在6年多的探测中，它记录到10多万个有用的γ光子事例，探测到银河系γ射线点源、弥漫γ射线背景、脉冲星和低能γ射线爆发。迄今人类对于天体γ辐射的认识，大多依赖于"COS-B"所积累的观测数据。

在"COS-B"观测发现的25个γ射线点源中，除了3个已知天体——蟹状星云脉冲星、船帆座脉冲星以及类星体3C273外，其余大部分γ源都未能在其他波段找到对应天体。了解这些γ天

体的性质，寻找它们的对应体，一直是高能天体物理学的一个热点。经过多年对“COS-B”γ源的持续研究，终于发现25个γ源中有一半左右是弥散的星际气体发出的，应从γ源表中剔除。与此同时，毫米波射电观测相继在不同天区范围内发现星际介质密度与γ射线强度密切相关，证明星际气体确实是银河弥漫γ射线的主要来源。

虽然“COS-B”γ源已有一部分被证认为星际气体云，但还有一些分立源尚未找到对应体，有待于各个波段的进一步观测和研究。

超高能γ射线源 对于能量高于10^{11}电子伏的γ射线，要用地面设备探测。一则由于如此高能的光子流量甚低，天空测量效率不高；二则这种光子能在地球大气中产生高能粒子簇射，簇射中的粒子又产生大气契伦科夫辐射，从而给地面探测提供了机会。近年来，地面的探测器阵列已发现了一些宇宙超高能γ射线源，其中最引人注目的是天鹅座X-3。

天鹅座X-3位于银河系边缘，距地球上万光年，最早是通过空间X射线观测发现的，可能是一个双星系统。“SAS-2”巡天时发现它是天空中最强烈的高能γ源之一，但“COS-B”却未探测到它的γ射线。1983年前联邦德国科学家分析基尔空气簇射阵列在1976～1980年期间簇射事例的方向，发现了由天鹅座X-3方向入射能量高于10^{15}电子伏的超高能事件，经进一步分析，排除了其他可能性，确认这些超高能事件应当是超高能γ光子。它们可能是由在中子星表面某些地方得到加速的一束很窄的超高能质子产生的。

天鹅座X-3和其后发现的一些超高能天体，向天体物理学和高能物理学提出了一个又一个十分尖锐的新问题。为此不少国家建造了大规模的地面和地下探测装置，以期获得更多的天体超高能辐射的观测结果。

宇宙γ射线爆发 所谓宇宙γ射线爆发是指发生在太阳系以

外的爆发，简称γ爆发。这种爆发的主要特征之一是辐射变化剧烈而迅速，上升时间很短，约0.2秒，随即衰减，总持续时间只有10秒。30多年来，天文学家在太空发现和积累了100多例γ爆发，而美国宇航局发射的康普顿γ射线天文台几乎每天就发现一次γ爆发。

最早发现γ爆发的是美国的“维拉”卫星，它于1967年就探测到了，但由于它是一只监视全球核爆炸的军事卫星，所以直到1973年失去保密价值后，资料才得以公布。

最强烈的一次γ爆发出现于1979年3月5日，分布在不同轨道上的9只人造卫星同时记录到这次罕见的爆发。爆发仅持续了0.12秒，但释放出的能量却超过了太阳在3000年里的总辐射。这一事件轰动了天文界、物理界，乃至整个科学界。γ爆发如此高的能量是由什么提供的？它的暂现性及时间结构是怎样造成的？释放的能量转化为γ光子能量的具体机制是什么？

γ爆发涉及的空间范围和能量范围都相当可观。γ爆发的能量一般在10^{27}～10^{40}尔格，从已记录到的近百个γ爆发来看，尚未发现它们与任何已知天体有关。1979年3月5日发现的γ爆发源的方向明显地同银河系的近邻星系——大麦哲伦云中超新星遗迹N49相符，但通过“爱因斯坦天文台”上的X射线望远镜观测，没有在N49内或前面发现爆发源。

目前解释γ爆发的理论模型已不下几十种，但不管哪一种模型，与观测事实都还有很多矛盾，其中有代表性的有几个。一个是等离子体相互作用模型，认为爆发源是一双星，伴星为中子星或黑洞，由主星落向伴星的两股等离子体流相互作用产生γ爆发。另一个是恒星耀斑模型，该模型提出γ爆发的源可能是有着强磁场的白矮星上的耀斑。除此之外，美国纽曼等人在70年代末对γ爆发提出了小行星碰撞学说：当一颗类似太阳质量的恒星演化为超新星时，它本身坍缩为中子星，绕其运行的行星被超新星爆发的“风暴”击成碎块。当这些星际小行星撞击到原来的中子星时，

遂产生了γ爆发。1989年苏联科学家萨格吉耶夫在对哈雷彗星新观测数据分析后，重新提出了γ爆发的彗星激发说。他认为暗彗星的质量之大完全可能激发γ爆发，不过，不是彗星撞击中子星的表面产生γ爆发，而是当彗核穿越中子星的磁场时，在彗星中感生出强电流使其蒸发，从彗星散发出来的带电物质使中子星的磁场"短路"，从而产生γ爆发。最近，美国巴布等人还提出了γ爆发的宇宙弦产生说，英国麦克勃伦和荷兰梅特卡尔夫则提出了引力波和引力透镜效应说。究竟哪一个或哪几个模型比较合理呢？目前还无定论。

γ射线背景辐射 1962年，月球轨道卫星"徘徊者"3号和5号发现了宇宙γ射线背景辐射，后来发射的"轨道太阳观测台3号"(OSO-3)、"阿波罗15号"、"SAS-2"等卫星和一系列高空气球均探测到这种背景辐射，证实各向同性的γ射线背景辐射的存在对宇宙学的研究有很重要的意义。但真正研究γ射线背景辐射却非常困难，因宇宙背景很弱，而非宇宙背景的γ射线背景源又较为复杂，这包括大气γ射线，大气中子，探测器周围宇宙线同物质相互作用而产生的γ射线等等。

根据γ射线背景辐射的能谱特征，有天文学家认为它是河外活动星系贡献的总效果，仅是由于仪器能量分辨、角分辨率的限制才呈现弥漫性。但也有天文学家认为它是在整个宇宙历史中，宇宙线与物质作用的产物，或许是正反物质作用的产物，还可能与微波背景辐射场的作用有关。总之，γ射线背景辐射的本质尚是一个不解之谜。

"康普顿γ射线天文台" 为了使γ射线的观测向高灵敏度、高位置精度和高时间分辨率的方向发展，1980年美国国会批准了宇航局建造γ射线天文台（现改名为康普顿γ射线天文台）的计划，这一计划得到了欧洲空间局的资助。1991年4月5日，"康普顿γ射线天文台"由"亚特兰蒂斯号"航天飞机载入太空。经几周调试后进入繁忙的探测阶段。"康普顿γ射线天文台"是第一个

具有光谱能力和定位能力的γ射线探测卫星，它在30千电子伏到30京电子伏的能幅进行γ射线巡天。它载有定向闪烁分光仪、成像康普顿望远镜、高能γ射线望远镜，以及8个爆发源和偶现源检测仪共4组设备。其中高能γ射线望远镜最佳定位精度可达5角分。“康普顿γ射线天文台”总重17吨，是迄今最重的科学卫星，它的任务是探测宇宙高能漫辐射，研究高能天象的特征谱线，发现γ射线偶现源等。它将分两次巡天。第一批观测对象有蟹状星云、船帆座高能源、天鹅座X-1、天鹅座X-3，以及塞佛特星系NGC4151等。1991年7月开始转向第二批观测对象，它们是银河系中心、大麦哲伦云超新星1987A等。

1991年6月初，太阳活动区出现了强耀斑爆发，根据地面指令，“康普顿γ射线天文台”作为太阳天文台对耀斑进行了高质量观测，为天文学家研究太阳低层大气组成和动力结构提供了新线索。此后，“康普顿γ射线天文台”又探测到来自天鹅座X-3的10^{12}电子伏和超新星1987A的10^{15}电子伏的高能辐射。1991年7月12～27日巡天期间，在南天圆规星座探测到了第四颗γ射线脉冲星PSR1706-44，该星的射电脉冲周期为102毫秒。天文学家证认出此脉冲星就是“COS-B”发现的γ射线源2CG342-02。7月下旬在低能区检测到银心方向的湮灭谱线辐射。到1992年止，“康普顿γ射线天文台”已探测到11颗发射γ射线的类星体。由于它们具有强大的γ射线输出，天文学家猜测它们很可能是一种包含某些宇宙中最强的发射体的新型类星体。

“康普顿γ射线天文台”预计工作2～6年，中间将由航天飞机为其添加燃料，以延长其使用寿命。

毫无疑问，“康普顿γ射线天文台”的探测结果将使人类对宇宙γ射线的认识再上一个新台阶。

·第 五 章

普通天文摘要

一、天文坐标

天球和天球的基本点和基本圈 当我们抬头仰望天空时，从视觉上很难辨别出天体距离的远近，太阳、月亮和恒星看起来似乎都分布在一个硕大的球面上，无论我们走到什么地方，好像总在球面的中心。这个以观测者为球心，以任意长为半径的假想的球面，称为天球。在天球上作一些假想的点和大圆（基本点和基本圈），利用它们可以确定天体在天球上的视位置，研究天体的视运动，因此，利用天球可以把各个天体方向间的相互关系的研究，化为球面上点与点间相关位置的研究。

天球上一点的位置，可用该点距离天球基本点和基本圈的大圆弧，或大圆弧所对应的圆心角来量度，这种弧长又叫作球面坐标。天球上一点的位置，可用任意一种天球坐标系统来测定。由于所选择的基本点和基本圈的不同，因而得出不同的天球坐标系。常用的基本点和基本圈有（参看图 5.1.1）：

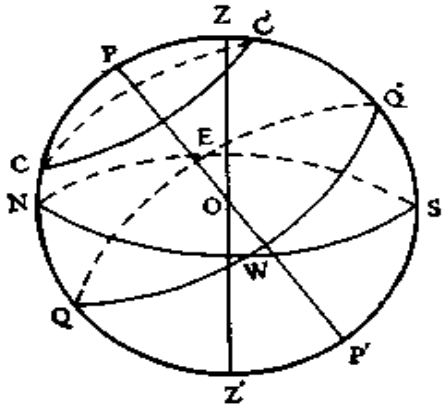


图 5.1.1

天顶和天底 沿观测者头顶所指的方向作铅垂线向上无限延伸，与天球相交的一点称为天顶（Z）；天球上距天顶 Z180°的点，

即铅垂线沿观测者脚底向地平下无限延伸，与天球相交的另一点称为天底（Z′），观测者的眼睛则为天球的中心，用 O 表示。

北天极和南天极　天空中所有的天体都有自东向西的周日视运动，这是地球自转的反映。地球像一切处在旋转运动中的物体一样，具有一个旋转轴——地轴。地轴通过地球中心与地球表面相交于两点：这就是地球的北极和南极。地球自转轴无限延伸与天球相交两点，自地球北极向上的那点称为北天极（P）；另一点则称为南天极（P′）。天体的周日视运动画出大小不同的圆圈，叫周日平行圈（$\overset{\frown}{C}$、$\overset{\frown}{C'}$）。离天极较近的天体画出的周日平行圈较小。

地平圈　通过天球中心而垂直于天顶和天底联线的平面称为地平面，地平面与天球相交而成的大圆$\overset{\frown}{NWSE}$，称为地平圈。

子午圈　通过天顶和北天极所作的大圆$\overset{\frown}{PZSP'Z'NP}$，称为子午圈。

四方点　子午圈与地平圈相交的两点中，靠近南天极的那一点称为南点（S）；靠近北天极的另一点称为北点（N）。地平圈上与南、北两点相距 90°的两点，自北点顺时针方向旋转 90°的那一点为东点（E），另一点则为西点（W）。S、N、E、W 合称为四方点。

天赤道　与北天极和南天极距离相等且垂直于极轴的大圆$\overset{\frown}{QQ'}$，称为天赤道，即地球赤道面延伸与天球相交的大圆。

春分点　天球上黄道与赤道相交于两点 ♈ 和 Ω，其中 ♈ 点为春分点。太阳沿黄道作周年视运动时，由天赤道以南向天赤道以北时经过该点（图 5.1.2）。

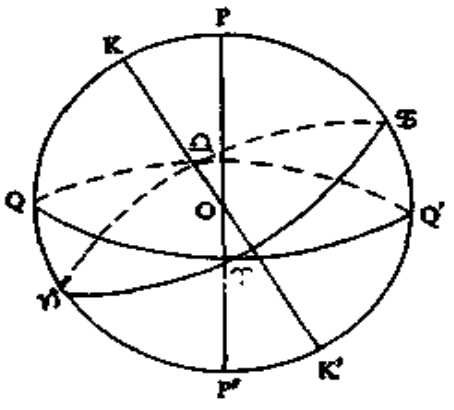


图 5.1.2

黄道和黄极　通过天球中心作一与地球公转轨道面平行的平面，这

一平面叫黄道面。黄道面与天球相交的大圆 ♈♋♌♑，称为黄道。黄道与天赤道相交成 23°26′ 的交角，叫黄赤交角。通过天球中心作一垂直于黄道面的直线，该直线与天球相交于两点，其中靠近北天极 P 的那一点为北黄极（K）；靠近南天极 P′ 的另一点则为南黄极（K′）图（5.1.2）。

银道和银极 在天球上沿着银河中心画出的大圆称为银道，它是银河系平均平面与天球相交的大圆，它与天赤道相交成 62°.6 的交角。银道所在的平面为银道面，银道两侧与银道相距 90°的两点，称为银极。靠近北天极的那一点称为北银极（Π），北银极的赤道坐标为 $A=12^h49^m$，$D=+27°.4$；靠近南天极的那一点称为南银极（Π′）（参看图 5.1.7）。

天球坐标系 在天文学中，针对我们要观测的天体，需要建立不同的坐标系。譬如，观测流星、彗星、人造卫星等天体一般采用地平坐标系；观测恒星、星云、星团等类型的遥远天体常常采用赤道坐标系；而观测太阳以及太阳系内运行在黄道面附近的天体，则采用黄道坐标系；对银河系的观测，则要采用银道坐标系。

地平坐标系 是最直观和最简便的天球坐标系。在天文航海、天文航空、人造地球卫星观测及大地测量等部门都广泛应用它。

地平坐标系取地平圈作为基本圈，天顶为基本点，以南点 S 为原点（也有取北点 N 作为原点的）（图 5.1.3）。凡是通过天顶和天底而垂直于地平圈的大圆，统称为地平经圈，其中通过天极和天顶的地平经圈，为天子午圈；凡是平行于地平圈的圆叫地平纬圈。如图 5.1.3 所示，通过任一天体 X 作地平经圈 $\overset{\frown}{ZXZ'}$ 交地平圈于 M，大圆弧 $\overset{\frown}{SM}$ 即为天体 X 的第一坐标，称为地平经度或方位角，记作

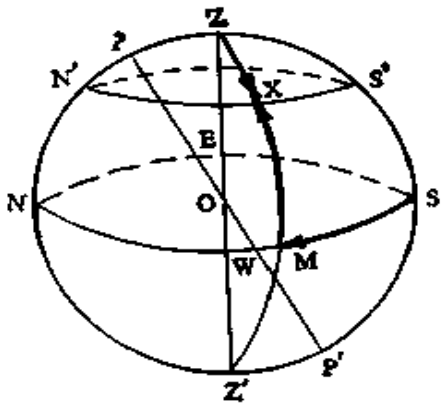


图 5.1.3

A。地平经度从南点S起顺时针方向向西量，自0°～360°，或分别向西和向东量度，由0°～180°，向西量度为正，向东量度为负。在大地测量学中，规定从北点顺时针向东量，自0°～360°。

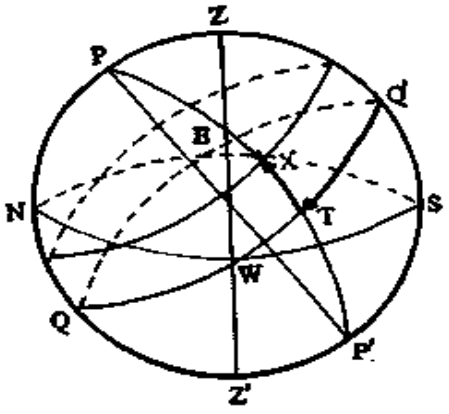


图 5.1.4

大圆弧$\overset{\frown}{MX}$是天体X的第二坐标，称为地平纬度或地平高度，记作h。地平纬度自地平圈起向天顶方向量度，自0°～90°，向天底方向量度，自0°～－90°。对于离天顶较近的天体，也有采用大圆弧$\overset{\frown}{ZX}$来代替地平纬度的，称为天顶距，记作z。天顶距的量度方法是由天顶到天底，自0°～180°，显然有：

$$z=90°-h$$

由于天体作周日视运动，所以对于某一地点的观测者来说，任何天体的地平坐标总是随着时间在不断地变化着。此外，由于观测者的天顶在天球上的位置因观测地点的不同而异，所以，由它决定的地平圈和子午圈的位置也就随之变化。

时角坐标系（第一赤道坐标系）　针对地平坐标系的不足，人们引入了时角坐标系，也称第一赤道坐标系（图5.1.4）。

时角坐标系的基本圈是天赤道QQ′，基本点是北天极P，取子午圈与天赤道的交点之一Q′（靠近南点S的交点）为原点。

通过北天极P和任一天体X作大圆PXP′，交天赤道于T点，大圆弧$\overset{\frown}{PXTP'}$称为时圈或赤经圈。圆弧$\overset{\frown}{Q'T}$是天体X的第一坐标，称为时角，记作t，规定时角t从Q′量起，用角度的时、分、秒来量度，按顺时针方向自0^h～24^h（或0°～360°）计量。有时从Q′分别向两边自0^h～$\pm12^h$（或0°～±180°）计量，并规定向西（顺时针方向）为正，向东（逆时针方向）为负。

圆弧$\overset{\frown}{TX}$是天体X的第二坐标，称为赤纬，记作δ。规定赤纬

δ由天赤道分别向南北计量，天赤道向北自 0°～＋90°，天赤道向南自 0°～－90°。对于比较靠近北天极的天体，有时也采用$\overset{\frown}{PX}$来代替赤纬 δ，$\overset{\frown}{PX}$称为极距，用 p 表示

$$p=90°-\delta$$

在时角坐标系中，天体 X 的赤纬 δ 不会因观测的时间、地点而改变。但是，由于各地的子午圈各不相同，基本点 Q′的位置也随观测地点不同而异。所以，同一天体的时角 t 在不同的观测地点是不同的。天体周日视运动一周，天体时角 t 由 0^h 增加为 24^h。

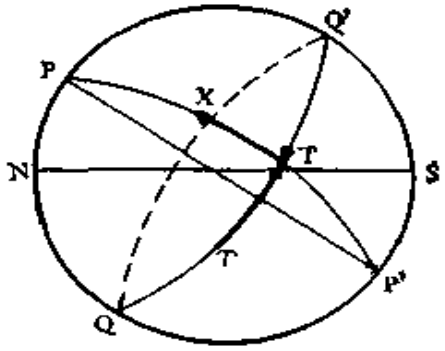


图 5.1.5

赤道坐标系　为了进一步解决时角坐标系中时角 t 随地点不同而异以及随时间而变化的问题，人们又引进了赤道坐标系。这就是取天赤道为基本圈，选春分点 Υ 为原点的坐标系，又称为第二赤道坐标系（图 5.1.5）。

圆弧$\overset{\frown}{\Upsilon T}$是天体 X 的第一坐标，称为赤经，记作 α。天体的赤经由春分点量起，沿逆时针方向（即与周日运动相反的方向）量度，由 0^h～24^h（或 0°～360°）。赤经量度的方向与时角量度的方向正好相反。由图 5.1.5 中不难看出$\overset{\frown}{Q'\ \Upsilon}=\overset{\frown}{\Upsilon T}+\overset{\frown}{Q'\ T}$，即春分点的时角 t_Υ 显然为

$$t_\Upsilon=\alpha+t$$

上式中 α 是天体的赤经，t 为天体的时角。

赤道坐标系中的$\overset{\frown}{XT}$，与时角坐标系一样叫赤纬，记作 δ。

因为春分点与天体一起作周日运动，所以在赤道坐标系里任何天体的赤经 α 和赤纬 δ，都不会因观测者在不同的地点或不同时间内的观测而有变化。所以，赤道坐标系被广泛应用于天体测量中。

黄道坐标系　因为太阳的周年视运动以及行星的视运动在黄道上或黄道附近运行，所以，为了研究太阳系天体的运动情况，人们很早就引入了黄道坐标系（图 5.1.6）。

黄道坐标系取黄道为基本圈，北黄极为基本点，原点仍选取春分点 ♈。通过天体 X 和北黄极 K 的大圆 $\overset{\frown}{KXK'}$ 交黄道于 L，这个大圆称为黄经圈。圆弧 $\overset{\frown}{♈L}$ 是天体 X 的第一坐标，称为黄经，记作 λ。黄经由春分点算起，沿黄道按逆时针方向量度，由 0°～360°，黄经只采用角度为单位。

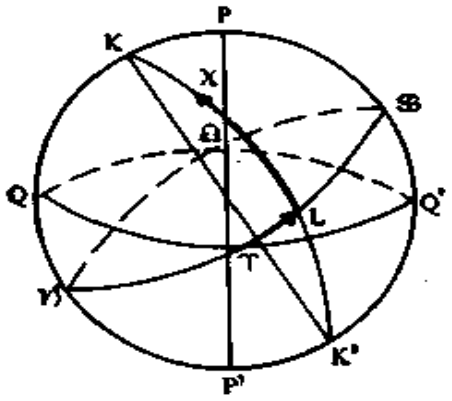


图 5.1.6

圆弧 $\overset{\frown}{LX}$ 是天体 X 的第二坐标，称为黄纬，记作 β。黄纬由黄道起分别向北黄极 0°～＋90°，和南黄极 0°～－90°量度。根据定义，春分点的黄经 λ 为 0°，黄纬 β 为 0°。

黄道坐标系与赤道坐标系一样，均不随时间和地点而变。

银道坐标系　正如研究太阳系内天体的运动使用黄道坐标系一样，为了研究银河系内恒星的空间分布和运动，建立了银道坐标系（图 5.1.7）。

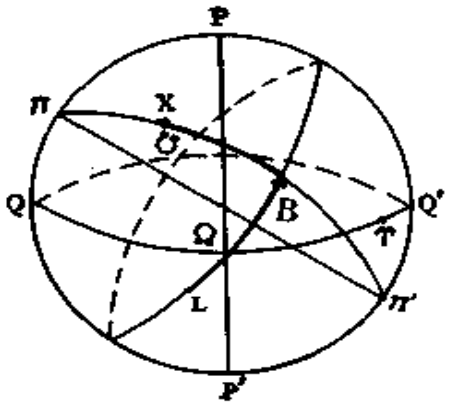


图 5.1.7

银道坐标系的基本圈为银道，基本点为北银极 Π。1958 年前原点曾经取为银道升交点 Ω（银道与天赤道相交于两点，其中从天赤道以南向北过天赤道的一点叫升交点 Ω，另一点叫降交点　）。1958 年后原点取为银心在银道上的投影点 L。通过天体 X 和银极作的大圆 $\overset{\frown}{ΠXΠ'}$ 叫做银经圈，它与银道相交于 B。圆弧 $\overset{\frown}{LB}$，是天体 X 的第一坐标，称为银经，记作 l^{I}。规定从银心方向

L 沿银道按逆时针方向量度，由 0°～360°。1958 年以前规定从升交点 Ω 量起，记作 l^{I}。

圆弧$\overset{\frown}{XB}$是天体 X 的第二坐标，称为银纬，记作 b^{I}。(1958 年以前用 b^{I} 表示)。从银道量起，向银道以北为正，自 0°～+90°，向南为负，自 0°～−90°，1958 年国际天文学联合会第十届大会上，规定银经以银心方向为起算点。银心方向在旧银道坐标系中的坐标为 $l^{I}=327°.69$，$b^{I}=-1°.40$。

银道坐标系不是直接测量得到的，而是由赤道坐标换算求出的。

坐标换算 天体的地平坐标是由观测者实际测量得到的。根据工作和计算的实际需要，利用球面三角学的基本公式可以进行不同坐标系间的互相换算。

球面三角学的基本公式 把球面上三个点用三个大圆弧联结起来，所围成的图形叫球面三角形，球面三角形的三个边通常用 a、b、c 表示；三个大圆弧所构成的球面角叫球面三角形的角，以 A、B、C 表示。球面三角形边和角存在下列基本公式：

边的余弦公式

$$\begin{cases}\cos a=\cos b\cos c+\sin b\sin c\cos A\\ \cos b=\cos c\cos a+\sin c\sin a\cos B\\ \cos c=\cos a\cos b+\sin a\sin b\cos C\end{cases}$$

正弦公式

$$\frac{\sin a}{\sin A}=\frac{\sin b}{\sin B}=\frac{\sin c}{\sin C}$$

五元素公式

$$\begin{cases}\sin a\cos B=\cos b\sin c-\sin b\cos c\cos A\\ \sin a\cos C=\cos c\sin b-\sin c\cos b\cos A\\ \sin b\cos A=\cos a\sin c-\sin a\cos c\cos B\\ \sin b\cos C=\cos c\sin a-\sin c\cos a\cos B\\ \sin c\cos A=\cos a\sin b-\sin a\cos b\cos C\\ \sin c\cos B=\cos b\sin a-\sin b\cos a\cos C\end{cases}$$

地平坐标和时角坐标的换算　设天体的地平坐标为（A、z），时角坐标为（t、δ），观测地点的地理纬度为φ。对以北天极P、天体X和天顶Z为顶点的球面三角形（叫天文三角形）应用上述球面三角学的基本公式，可得

（1）已知A、z，求t、δ

$$\text{利用}\begin{cases}\sin\delta=\sin\varphi\cos z-\cos\varphi\sin z\cos A\\ \cos\delta\sin t=\sin z\sin A\\ \cos\delta\cos t=\sin\varphi\sin z\cos A+\cos z\cos\varphi\end{cases}$$

当春分点时角t_γ，即恒星时为已知时，由$t_\gamma=\alpha+t$，还可求出天体赤经α。

（2）已知t、δ，求A、z

$$\text{利用}\begin{cases}\cos z=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\cos t\\ \sin z\sin A=\cos\delta\sin t\\ \sin z\cos A=-\sin\delta\cos\varphi+\cos\delta\sin\varphi\cos t\end{cases}$$

赤道坐标和黄道坐标的换算：设天体的赤道坐标为（α、δ），黄道坐标为（λ、β），黄赤交角为ε。对以北黄极K、北天极P和天体X为顶点的球面三角形，应用球面三角学基本公式，可得

（1）已知ε、α和δ，求λ和β

$$\text{利用}\begin{cases}\sin\beta=\cos\varepsilon\sin\delta-\sin\varepsilon\cos\delta\sin\alpha\\ \cos\beta\cos\lambda=\cos\delta\cos\alpha\\ \cos\beta\sin\lambda=-\sin\varepsilon\sin\delta+\cos\varepsilon\cos\delta\sin\alpha\end{cases}$$

（2）已知ε、λ和β，求α和δ

$$\text{利用}\begin{cases}\sin\delta=\cos\varepsilon\sin\beta+\sin\varepsilon\cos\beta\sin\lambda\\ \cos\delta\cos\alpha=\cos\beta\cos\lambda\\ \cos\delta\sin\alpha=-\sin\varepsilon\sin\beta+\cos\varepsilon\cos\beta\sin\lambda\end{cases}$$

赤道坐标和银道坐标的换算：设天体的赤道坐标为（α、δ），银道坐标新系统为（l、b），银道和赤道的交角为$i=62°.6$，对以北银极　、北天极P和天体X为顶点的球面三角形，应用球面三角学基本公式，可得

（1）已知i、α和δ，求l、b

$$\text{利用}\begin{cases}\sin b=\sin\delta\cos i-\cos\delta\sin i\sin(\alpha-\Omega)\\ \cos(l-l_\Omega)\cos b=\cos\delta\cos(\alpha-\Omega)\\ \sin(l-l_\Omega)\cos b=\sin\delta\sin i+\cos\delta\cos i\sin(\alpha-\Omega)\end{cases}$$

式中 Ω 为银道和赤道的升交点的赤经为 282°.25，l_Ω 为升交点银经为 33°20′.7。

(2) 已知 i、l 和 b，求 α、δ

$$\text{利用}\begin{cases}\sin\delta=\sin b\cos i+\cos b\sin i\sin(l-l_\Omega)\\ \cos(\alpha-\Omega)\cos\delta=\cos b\cos(l-l_\Omega)\\ -\sin(\alpha-\Omega)\cos\delta=\sin b\sin i-\cos b\cos i\sin(l-l_\Omega)\end{cases}$$

二、天体的周日视运动和太阳的周年视运动

天体的周日视运动 观测者在地球上随地球自西向东自转，会看到所有天体都有一种东升西落的视运动。就是说在地球自转一周的时间里，天体在天球上沿着与天赤道平行的小圆（周日平行圈）运行一周，这种因地球自转所造成的表观现象，叫作天体的周日视运动。周日视运动随观测者所在的地理纬度而有不同的现象。

天极的地平高度 如图 5.2.1 所示，一个位于任一地理纬度为 φ 的观测者看来，天极的地平高度等于观测者所在的地理纬度，图中直线 HH′ 表示观测者 L 的地平，φ 为该地的地理纬度。决定天极的地平高度的角度 P_1LH 和角 LOQ 相等，因为它们的边互相垂直。

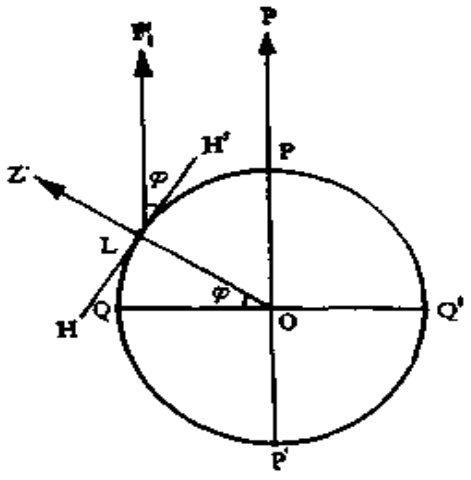


图 5.2.1

不同地理纬度处天体的周日视运动 在地球两极，天极的地

平高度等于 90°，即天极与天顶重合，天赤道与地平圈重合，所有天体的周日平行圈与地平圈平行，既不上升也不下落，依天体赤纬 δ 的 不同，各按高度 h＝δ 自东向西绕着天顶转动。观测者只能看到半个天球里的星。在赤道上，北天极位于地平圈上的北点，南天极位于南点，天赤道经过天顶，所有天体的周日平行圈都垂直于地平圈，并且直升直落，可以看到全天的恒星，12 小时在地平以上，12 小时在地平以下。赤纬 δ＝0°的恒星正东升起，正西落下；δ＞0°的恒星，其升落方向偏向北；赤纬 δ＜0°的恒星，其升落的方向偏向南。在两极和赤道之间纬度为 φ 的地方（假定 0°＜φ＜90°），天极的高度等于纬度 φ，周日平行圈与地平圈成倾角 90°－φ，周日平行圈被地平圈分割，对于天赤道上的星（赤纬 δ＝0°），其周日平行圈被平分，天体 12 小时在地平之上，12 小时在地平之下；对于天赤道以北的星（δ＞0°），周日平行圈地平之上的部分较大，天体在地平之上的时间超过 12 小时；对于天赤道以南的星（δ＜0°），周日平行圈地平之上的部分较小，天体在地平之上的时间不到 12 小时。对于 δ≥90°－φ 的天体，其周日平行圈全部在地平圈之上，永不下落，δ＝90°－φ 的周日平行圈，又叫作恒显圈。显然，恒显圈内的恒星永远在地平之上。对于 δ≤－（90°－φ）的天体，其周日平行圈全部在地平圈之下，永不上升；δ＝－（90°－φ）的周日平行圈叫恒隐圈，位于恒隐圈内的恒星永远在地平之下；对于恒

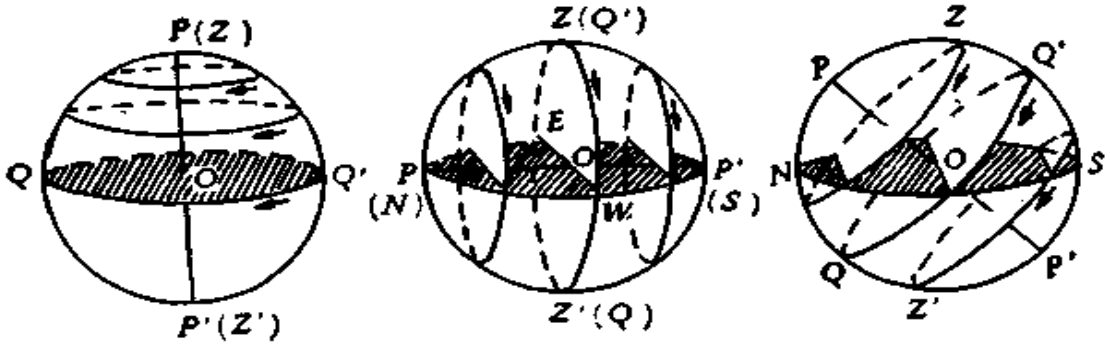


图 5.2.2

显圈和恒隐圈之间的恒星，即 $90°-\varphi \geqslant \delta \geqslant -(90°-\varphi)$，这些恒星的周日平行圈部分在地平之上，部分在地平之下，有升有落。图 5.2.2 表示在地球北极（$\varphi=90°$）、地球赤道（$\varphi=0°$）和某一纬度 φ（$0°<\varphi<90°$）的地方，天体周日视运动的情况。

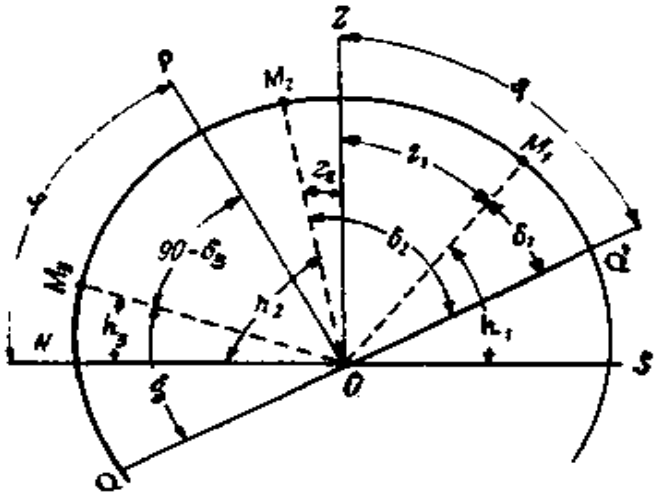


图 5.2.3

天体的中天高度

天体作周日视运动时，两次通过子午圈时叫作中天，靠近天顶的叫上中天，另一次叫下中天（图 5.2.3）。地理纬度为 φ 的观测者看来，天体上中天时的地平高度为：

$h_1=90°-\varphi+\delta_1$（或 $z_1=\varphi-\delta_1$），当天体在天顶以南上中天；

$h_2=90°-\delta_2+\varphi$（或 $z_2=\delta_2-\varphi$），当天体在天顶以北上中天。

下中天的地平高度为：

$h_3=\varphi+\delta_3-90°$（或 $z_3=180°-\varphi-\delta_3$）

式中 δ_1、δ_2、δ_3 表示天体的赤纬。

如果下中天的地平高度 $h_3>0$，天体永不下落，如果上中天时 $h_1<0$，天体永不上升。

已知地理纬度 φ，观测天体的地平高度 h 或天顶距 z，可以计算出天体的赤纬 δ。

天体的出没 在地理纬度为 φ 的观测者看来，天体刚出地平和刚没地平，即天顶距 $z=90°$，叫天体的出和没。对于赤纬为 δ 的天体，出没的时角可由下列坐标变换公式求得：

$$\cos z=\sin\varphi\ \sin\delta+\cos\varphi\ \cos\delta\ \cos t$$

即令 $z=90°$　上式化简为 $\cos t=-\mathrm{tg}\varphi\ \mathrm{tg}\delta$

公式给出两个解：t 和 −t，前者为没时的时角，后者为出时的时角。天体出没的恒星时 $S=t+\alpha$，α 是天体的赤经。

天体出没的方位角可由下列坐标变换公式求得：

$$\sin\delta=\sin\varphi\cos z-\cos\varphi\sin z\cos A$$

即令 $z=90°$　可得 $\cos A=-\dfrac{\sin\delta}{\cos\varphi}$

这公式有两个解：$A<180°$对应于没点，$A>180°$对应于升点。

对于太阳和月球，上边缘出没于地平，才算作它们的出没。由于蒙气差和天体视半径的影响，它们出没时的天顶距为 90°51′（$\cos 90°51'=-0.0148$），因而，太阳、月球出没的时角的计算公式为 $\cos t=-(0.0148\sec\varphi\sec\delta+\mathrm{tg}\varphi\,\mathrm{tg}\delta)$。

出没的方位角公式变为：

$$\cos A=-0.0148\mathrm{tg}\varphi-\frac{\sin\delta}{\cos\varphi}$$

太阳的周年视运动　太阳除了每天的周日视运动之外，还有以一年为周期的周年视运动，这是地球围绕太阳公转的反映。地球在一年里自西向东围绕太阳公转一周，地球上的观测者看到太阳在天球上自西向东沿着黄道运转一周，黄道是地球公转轨道在天球上的投影。地球自转轴和公转轨道面有 66°34′ 的夹角，即地球赤道面相对于公转轨道面（黄道面）有 23°26′ 的夹角，反映到天球上，

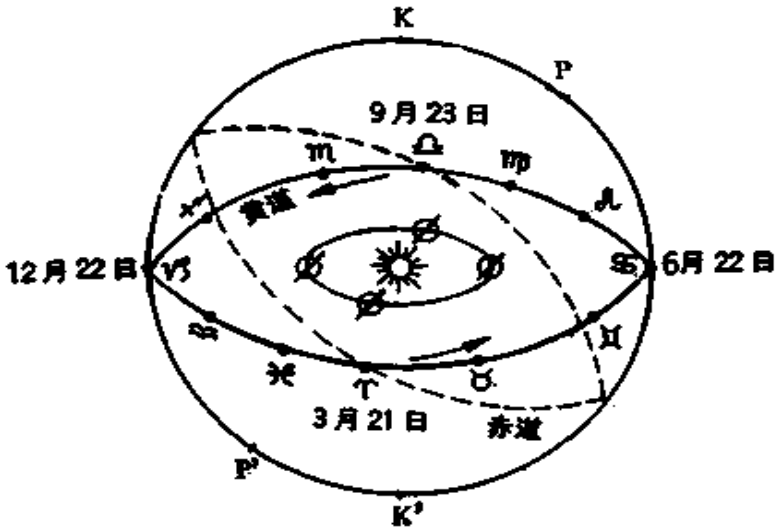


图 5.2.4

黄道与天赤道有 23°26′ 的夹角，叫黄赤交角 ε。太阳自春分点沿黄道向东运行一周又回到春分点的时间间隔叫作一回归年，一回归年等于 365.2564 日，即 365 天 5 时 48 分 46.08 秒（图 5.2.4）。

黄道十二宫 黄道附近两侧 8°宽的区域叫黄道带。黄道带内有 12 个星座，太阳在每一个星座里大约停留一个月之久。古人将黄道分成 12 段，称为黄道十二宫，大体与 12 星座位置符合。从春分点开始，十二宫依次为双鱼宫（♓）、白羊宫（♈）、金牛宫（♉）、双子宫（♊）、巨蟹宫（♋）、狮子宫（♌）、室女宫（♍）、天秤宫（♎）、天蝎宫（♏）、人马宫（♐）、摩羯宫（♑）、宝瓶宫（♒）。在一回归年里，太阳在黄道十二宫中运行一周。

我们知道，太阳所在的星座淹没在太阳的光辉里是不能观测到的，而看得最清楚的是黄道带上和太阳位置正好相对的星座。例如，在 12 月里太阳在人马座时，在夏至点附近的双子座和金牛座则容易看到。

太阳周年视运动的不均匀性 太阳周年视运动是地球公转的反映，地球公转是不均匀的，因此，太阳周年视运动也不是均匀的。根据开普勒第二定律，地球过近日点时公转最快，过远日点时公转速度最慢。地球在 1 月 3 日过近日点，这时太阳周年视运动速度最大，每天东移 1°1′ 11″；地球在 7 月 4 日过远日点，这时太阳的周年视运动速度最小，每天东移 57′ 11″。这也是为什么前半年（从春分点经夏至点到秋分点）的时间间隔（186 天）比后半年（秋分点经冬至点到春分点）的时间间隔（179 天）长 7 天的原因。

三、时间与历法

时间的计量 时间是人们生产和生活中不可缺少的物理量之一。时间的计量是天文学的基本课题，它包括两方面的内容：即

时间间隔的测定和时刻的测定。时间间隔的测定是指两个事件之间所经过的时间历程，即表示时间的长短。计量时间间隔需要选定足够固定而且使用方便的时间单位；时刻的测定是指某一事件发生的瞬间与特定事件（初始事件）之间的时间间隔，表示时间的早晚。要解决时刻的计量问题，则要选择初始事件作为起算时间的原点，再计量某一事件和时间原点之间的时间间隔。计量时间与物质的运动和变化分不开，必须选择一种具有周期性并且均匀稳定的物质运动作为计量时间的依据。人类在长期的生产实践中，逐渐认识到地球自转相当均匀而且周期稳定，应用方便，最能满足计量时间的基本要求。因此，地球自转周期便成为时间的基本单位——日。随着科学的发展，后来发现地球自转不完全均匀，自转周期经常减慢，每世纪大约增加 0.001 秒，而且自转速度变化也不均匀，因此，后来采用地球公转运动，以及采用原子内部跃迁运动作为基本依据来计量时间。尽管如此，但仍保留地球自转周期作为度量时间的基本单位之一，并用它协调其他计量时间系统。

依据地球自转的计量时间系统有恒星时、真太阳时、平太阳时；依据地球公转的计时系统有历书时；依据原子振荡的计时系统有原子时、力学时；还有混合类型的协调世界时。它们的区别在于以不同的运动为依据，或是选取的单位和时间起点不同。

恒星时　以春分点为基本参考点，由春分点的周日视运动（即地球自转的反映）所确定的计时系统称为恒星时，以 S 表示。以春分点连续两次上中天的时间间隔作为恒星时时间单位，叫恒星日。一个恒星日分为 24 恒星小时，一个恒星小时分为 60 恒星分，一个恒星分分为 60 恒星秒。以春分点上中天的瞬时作为恒星时的起算点，即零时。

在一个恒星日内，春分点以均匀速度在天赤道上运行一周，即是说春分点的时角变化了 24 小时（时角用时间单位表示）。恒星时和时角又都是从上中天的位置开始计算，因此，恒星时在数值

上等于春分点的时角（以时间单位表示）t_γ。这样一来，如果知道春分点的时角，也就知道恒星时。但春分点仅是天球上一个假想点，无法直接观测春分点，因此恒星时要通过观测恒星来测定。由天文坐标的定义不难知道，当赤经为 α 的恒星的时角为 t 时，则春分点时角 t_γ（即恒星时）等于恒星赤经与时角之和：$t_\gamma=\alpha+t$，即 $S=\alpha+t$。当恒星位于上中天（$t=0$）时，$S=\alpha$，因此任何时刻的恒星时在数值上等于该时刻上中天的恒星赤经。

应当指出，春分点在恒星间的位置不是固定的，由于岁差和章动的原故，春分点在黄道上每年向西移动 50″.2，并且作微小的摆动。恒星日比地球自转真正周期约短 0.01 秒。在天文学中有时要区别真恒星日和平恒星日。

真太阳时 太阳可见视圆面中心叫真太阳。以真太阳为基本参考点，由真太阳的周日视运动来确定的计时系统叫真太阳时，以 $m_\odot$ 表示。以真太阳连续两次上中天的时间间隔作为真太阳时的时间单位，叫真太阳日。同样有 1 真太阳日等于 24 真太阳小时，1 真太阳小时等于 60 真太阳分，1 真太阳分等于 60 真太阳秒。真太阳时的起点定在真太阳的下中天时刻，任意时刻的真太阳时在数值上等于真太阳的时角 $t_\odot$ 加 12 时，即：$m_\odot=t_\odot+12^h$。

真太阳的周日视运动是地球自转和地球公转的共同反映。由于地球公转不是均匀的，反映到太阳的周年视运动也是不均匀的，其次，太阳是沿黄道运动的，而太阳的时角是沿天赤道量度，在春分点和秋分点附近，太阳走过的黄道弧段比决定太阳时角变化的天赤道弧段要长些；在夏至点、冬至点附近，太阳走过的黄道弧段比相对应的赤道弧段要短些。这两个原因合在一起造成真太阳日的长短不是固定的，最长（12 月 23 日）和最短（9 月 16 日）相差可达 51 秒。因此，真太阳时不是一个完善的计时系统，必须建立一种有更为固定的时间单位并按太阳运动的计时系统——平太阳时。

平太阳时 依据平太阳的周日视运动所确定的计时系统，叫

平太阳时，以 m 表示。假想有一个点在黄道上匀速运动，并且与太阳同时经过近地点和远地点，但由于黄赤交角的原故，根据这一假想点而确定的太阳日的长度仍然是不固定的，于是引入第二个假想点，它沿着赤道作匀速运动，和第一假想点的速度相同，并且两点同时通过春分点和秋分点，这个第二假想点叫作平太阳。平太阳连续两次上中天的时间间隔叫平太阳日，是平太阳时的时间单位。同样，可把平太阳日分为 24 平太阳时，1 平太阳时分为 60 平太阳分，1 平太阳分分为 60 平太阳秒。平太阳下中天的时刻定为平子夜，即平太阳时零时。任意时刻的平太阳时 m 在数值上等于平太阳时角 t_m 加 12 时，即 $m=t_m+12^h$。

人们日常生活中的时间概念就是平太阳时。平太阳是一个假想的点，无法直接测定平太阳时。为了从真太阳时来推算平太阳时，人们引入时差 η。它是真太阳时与平太阳时之差，即 $\eta=m_\odot-m=t_\odot-t_m$，由此可得出 $m=m_\odot-\eta=t_\odot+12^h-\eta$，由天文年历可查出每天的时差。于是，测定出某时刻真太阳的时角后便可推算出该时刻的平太阳时。

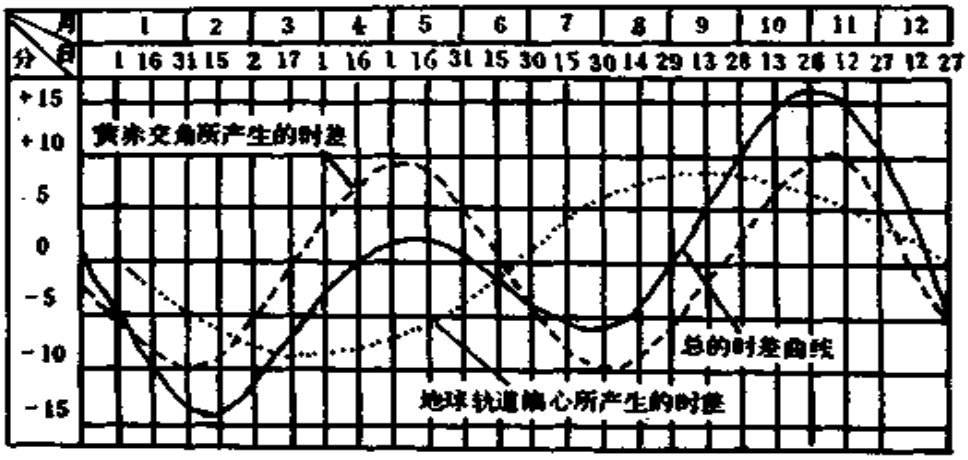


图 5.3.1

时差也可由时差曲线图（图 5.3.1）求出。时差曲线是由两条接近正弦的曲线组成：第一条曲线和地球公转运动不均匀有关，它

以一年为周期，曲线变幅为±8分，1月2日和7月2日为零；第二条曲线与黄赤交角的影响有关，它以半年为周期，变幅为±10分，3月21日、6月22日、9月23日、12月22日为零。这两条曲线合成的时差曲线表明，一年中时差有四次为零，即4月16日、6月15日、9月2日和12月25日。有四个极值：2月12日为$-14^{分}.4$，5月15日为$+3^{分}.8$，7月27日为$-6^{分}.3$，11月4日为$16^{分}.4$。

平太阳时和恒星时的互相转化 准确的平太阳时是由测定恒星时再经过换算而得出的。

观测表明，一个回归年包含有365.2422平太阳日。在这过程中，平太阳由春分点自西向东沿黄道运行一周，因此，一年中平太阳的周日视运动比春分点的周日运动少了一周，即1回归年包含366.2422恒星日。由此得

365.2422平太阳日＝366.2422恒星日

或　1平太阳日$=\frac{366.2422}{365.2422}$恒星日$=(1+\frac{1}{365.2422})$恒星日$=(1+\mu)$恒星日

$$\mu=\frac{1}{365.2422}$$

1恒星日$=\frac{365.2422}{366.2422}$平太阳日$=(1-\frac{1}{366.2422})$平太阳日$=(1-\nu)$平太阳日

$$\nu=\frac{1}{366.2422}$$

因为平太阳日和恒星日都分成同样的时、分、秒小单位，可以得出

m个平太阳时单位＝m（1＋μ）个恒星时单位

n个恒星时单位＝n（1－ν）个平太阳时单位

根据上式可以实现平太阳时时间间隔和恒星时时间间隔的互相转化。天文年历中有现成的附表可查。

天文年历中还给出格林尼治每天子夜的恒星时S_0，以及格林

尼治恒星时零时的平太阳时 M_0。由下式可实现某地的任一平太阳时时刻 m 与某地的恒星时时刻 s 的互相换算

$$\begin{cases} s = m + S_0 + M\mu \\ m = s + M_0 - S\nu \end{cases}$$

式中 s、m 代表某地（经度为 λ）的恒星时和平太阳时时刻，S [S＝（s－λ）]、M [M＝（m－λ）] 代表对应的格林尼治恒星时时刻和格林尼治平太阳时时刻。

地方时、区时和世界时　天体的时角是从子午圈量起的，不同地点的观测者拥有不同的子午圈。因此，同一天体的时角和上中天的时刻在各地是不相同的。以观测者子午圈为基准而确定的时间，称为地方时。因此，依据春分点或平太阳而测定的时间，又分别称为地方恒星时或地方平太阳时。如果地理经度以 $0^h \sim \pm 12^h$ 来计量，那么不难理解，地面上两地的地方时之差，数值上等于两地的经度差。因此，根据地方时可以测定某地的经度。

为了避免各地采用各自地方时所带来的不便，1884 年在华盛顿举行国际子午线会议决定，采用区时系统作为国际统一的计时系统，规定格林尼治子午线作为时间和经度计量的零点，称为本初子午线。以 0°、15°以及 15°的倍数的经线为标准经线，在其东、西各 7°.5 的经度范围内属于同一时区。在时区内，以标准经线的地方平太阳时作为全时区内的统一时间，称为区时，又称标准时。格林尼治（零时区）的区时称为世界时。

我国各地均采用东八时区的区时作为全国统一的时间，叫作北京时间。它是东经 120°标准经线的地方平太阳时。

地球是个球体，各地的时间是连续变化的，某一地方的时刻既已确定，当地日期也随之固定。但就全球来说，每天的开始究竟从哪里算起呢？例如，零时区 1 月 1 日 12 时，则西十二时区应是 1 月 1 日 0 时，东十二时区应是 1 月 1 日 24 时或 1 月 2 日 0 时。东十二时区和西十二时区实际是同一时区，时间相同，日期却可相差一日。为避免发生这种日期混乱，人为地规定以 180°经线

(避开陆地)作为国际日期变更线，也叫日界线，日界线的东边比西边日期迟一日。东行经过日界线，即从东十二时区进入西十二时区，日期减少一日。西行越过日界线，日期要增加一日。

历书时、原子时和协调世界时 以地球自转为基础，并以格林尼治平子夜为零时而建立起的平太阳时系统，又称为世界时系统，曾经作为基本的计时系统而广泛地应用。后来发现地球自转并非均匀不变，不能满足日益精确的计时要求，1952 年国际天文学联合会第八届会议决定采用历书时。历书时是以地球公转为基础的计时系统，规定公元 1900 年 1 月 0 日 12 时整回归年的长度的倒数 1/365.24219878×24×60×60 为历书时的时间单位叫历书时秒。历书时的起点则规定公元 1900 年初，太阳几何平黄经为 279°41′ 48″ 的瞬间为历书时的 1900 年 1 月 0 日 12 时整。由于历书时的实测精度太低，不能满足实际需要，1984 年起便为原子时所取代了。

人们发现原子中的电子在不同能级之间的跃迁产生的电磁波频率非常稳定，不受外界物理条件的影响而且容易测定，于是 1972 年 1 月 1 日正式采用国际原子时。定义铯原子基态的两个精细能级之间跃迁辐射 9192631770 周所持续的时间，作为 1 秒的长度，叫作国际制秒。由这种时间单位确定的时间系统，叫作国际原子时。起算点是 1958 年 1 月 1 日 0 时，这一瞬间原子时和世界时非常接近（仅差 $0^{s}.0039$）。以后两者的差值逐渐积累增大。世界时每年大约比原子时慢 1 秒。

原子时目前是最精确的时间，但世界时仍然对人们的生产和生活有着重要的意义。为了协调这两个计时系统，产生了协调世界时。协调世界时简写为 UTC，是以原子时秒长为基础，在时刻上尽量接近于世界时的计时系统。由于世界时有长期变慢的趋势，世界时时刻日益落后于原子时，协调的方法是规定协调世界时秒长（时间单位）等于原子时秒长，时刻与世界时比较，其差保持在 $0^{s}.9$ 以内。当超过这一差值时，作一整秒的调整叫作“闰秒”，

闰秒由国际时间局根据观测规定。在一年的 6 月 30 日和 12 月 31 日最后 1 秒进行调整。

历法　推算日、月、年的时间长度和协调它们之间的关系以制定一定的时间序列的法则就是历法。很早以前，人们就以昼夜循环周期的日，寒来暑往周期的年和月亮盈亏周期的月作为计量时间间隔的单位了。但是，回归年是四季更迭的周期（365.2422 日），朔望月是月相变化周期（29.5306 日），都不是日的简单有理数。为了生产和生活的方便，历法中的年（历年）、月（历月）则要采用日的整倍数。因此制定历法的原则，就是把历年和历月的平均长度和回归年、朔望月的长度尽可能接近，以使历书上的日、月尽可能与太阳和月球在天球上的视位置一致，以免出现寒暑颠倒，与自然界的周期发生矛盾。

从古到今，在中外历史上出现过许多历法，但从基本原理上看，可以归纳为三种类型，即太阴历、太阳历和阴阳历。

太阴历　以月球圆缺的周期朔望月为基本周期，与地球公转运动无关。历月的平均长度等于 29.5 天，规定单数月是 30 天，双数月是 29 天，以出现新月为月首。12 个历月为 1 年，共 354 天。但 12 个朔望月为 354.36708 天，比历年长 0.36708 天，30 年长 11.0124 天。为保证每年年初和每月月初出现新月，又规定 30 年内增加 11 个闰日，安置在第 2、5、7、10、13、16、18、21、24、26、29 各年的 12 月底。有闰日的年称为闰年，长 355 天。

太阴历的历年比回归年大约短 11 天，隔一定时期冬夏出现的月份就会完全倒置。目前，太阴历仅在伊斯兰教国家和地区使用。

太阳历　以四季循环周期回归年为基本周期，而与月相变化无关。太阳历历年的平均长度等于回归年，历月的日数和年的月数都是人为规定的。现在通用的公历格里历就是太阳历。公历规定历年分为 12 个月，其中 1、3、5、7、8、10、12 各月均为 31 天，4、6、9、11 各月为 30 天，2 月平年为 28 天，闰年为 29 天。这样，平年为 365 天，闰年为 366 天，规定每 4 年置一闰年，但对

于世纪年（百年整倍数），只有被400除尽才能算是闰年，因此每400年中只有97个闰年。这样一来，太阳历历年的平均长度为365.2425日，与回归年长度365.2422日仅相差0.0003日，即26秒，每3300年才相差1日。

目前我国和世界上许多国家均采用格里历。

阴阳历 是我国的传统历法，这种历法把月相变化周期塑望月作为历月的基础，同时又考虑回归年的周期，采用加闰月的方法使历年的平均长度和回归年的长度接近。具体作法是，以朔日作为每个历月的初一，两个朔日之间的时间作为一月，大月30天，小月29天。1年设12个月，共为354天或355天。为了使历年平均接近回归年，在19个历年中加入7个闰月，有闰月的那年有13个月，共384天或385天，叫作闰年。19个历年和19个回归年的长度几乎相等。所加的7个闰月安置根据天象推算来确定，一般在第3、6、9、11、14、17、19年。具体安置在哪一个月呢？和二十四节气中的中气有关。二十四节气对应太阳在黄道上运行的位置，黄经每隔15°为一个节气，二十四节气中有12个中气，12个节气，中气和节气相间排列。每月都有它固定的中气。如含有中气雨水的月为正月，等等。19个回归年中有19×12=228个中气和节气，但有235个朔望月；显然有7个月没有中气，7个月没有节气。阴阳历规定，没有中气的月份作为这一年的闰月。闰月的名称是在上个月的名称前加“闰”字，例如闰五月。

四、月球的运动

月球的公转 月球每天东升西落的周日视运动是地球自转的反映。月球本身还在恒星间自西向东运动，这种运动是月球围绕地球公转的反映。如果在几小时内连续观察月球相对于某一亮星的相对位置，就会觉察出月球不断地向东移动：每小时大约移动半度，每天移动13°。经过27.3217天，即27日7时43分12秒，

月球运行一周又回到恒星间的同一位置。月球从恒星间某点再回到同一点所需的时间间隔叫作恒星月。

月球实际上是在围绕地球-月球系统的公共重心运动。由于月球质量为地球质量的 1/81.3，地-月系统的公共重心在地球内部距地心仅 4.671 公里，月球围绕地-月系统公共重心的运动和围绕地心运动相差很小，所以，可以说月球在围绕地球公转。公转的轨道为椭圆形，椭圆的偏心率为 0.055。月球轨道上离地球最近的一点叫近地点，最远的一点叫远地点，联结这两点的直线叫月亮轨道的拱线。月球椭圆轨道半长轴的距离为 384400 公里，近地点距离为 363000 公里，远地点距离为 405500 公里。

月球围绕地球公转，地球又围绕太阳公转，月球相对太阳的运动是上述两种运动的合成，结果如图 5.4.1 所示。图中（a）的虚线表示月球相对于太阳的轨道示意图，（b）按实际比例画出。

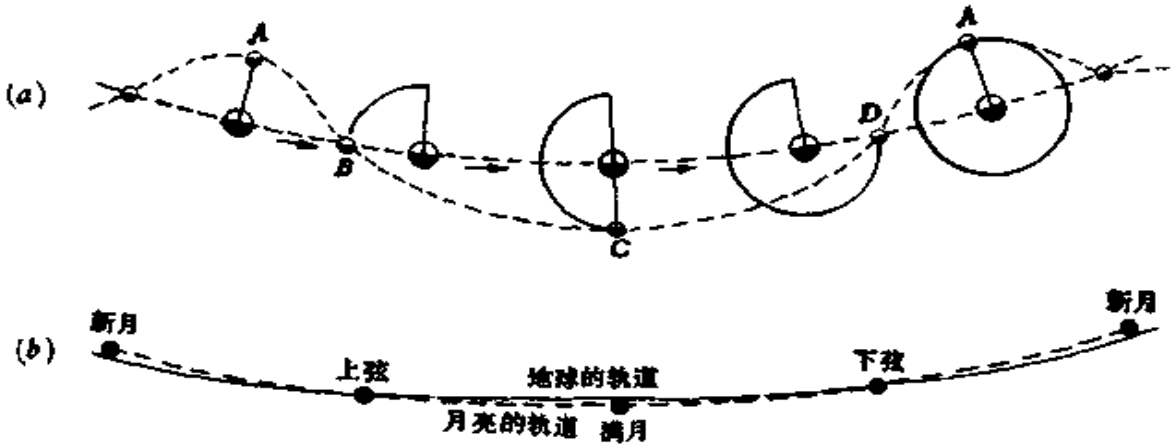


图 5.4.1

月球绕地球公转轨道面和黄道面（地球围绕太阳公转的轨道面）相交成一个很小的角度（在 4°58′～5°20′之间，平均 5°9′）。月球轨道在天球上的投影是一大圆，叫作白道，它与黄道的交角（平均为 5°9′）叫黄白交角。白道和黄道有两个交点，月球从黄道以南进入黄道以北通过的交点叫升交点；月球从黄道以北进入黄道以南经过的交点叫降交点。

由于太阳的引力作用，月球的轨道不断在变化，白道和黄道的交点不断地沿黄道向西（和月球公转方向相反）移动，每年约19°.4。经过18.6年，交点沿黄道运行一周，所以月球每次公转都沿着新的途径。此外，月球轨道的偏心率、月球轨道拱线也在变化。月球在轨道上各点还有大小不同的加速度和减速度。所以，月球的运动是非常复杂的。

月球的位相变化 月球的不同形状叫作月球的位相。月球位相的变化是由于月球本身不发光，靠反射太阳光和月球围绕地球公转所造成的。月球绕地球公转时，它和地球、太阳的相对位置时刻在变化，月球被太阳光照亮的半面以不同的角度对着地球。从地球上看去，月球的形状就发生了圆缺变化。

在图5.4.2中，当月球走到太阳和地球之间，从地球看去，太阳、月球在同一方向，月球的黑暗的一面朝向地球，这时月球完全看不见，叫作朔。朔发生在阴阳历的每月初一，经过2天后，月球向东移动了25°，从地球上可以看到月球被照亮半球的一小部分，这时月球呈现为月牙形，月牙的凸面向右，朝向太阳。在朔日后一周，月球向东移动了1/4周，月球被照亮的半面侧对着地球，即以亮半球的一半和暗半球的一半对着我们。这时可以看到月球圆面的半个月面，月球圆面的右半面是明亮的，这种月相叫作上弦，发生在阴阳历的每月初七、初八。在这以后，月球继续向东运行，我们可以看见月球亮面的大部分；上弦之后一周，即阴阳历每月的十五、十六，月球运行到和太阳方向相反的位置，月球亮面整个地朝向地球，我们就会看到圆圆的满月，叫作望。望之后，满月开始从右面亏，每天看见月球亮面的部分逐渐减小。在

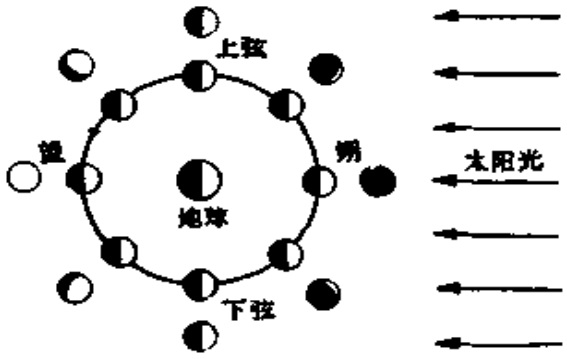


图 5.4.2

满月后一周，到了下弦，（阴阳历每月的二十二、二十三），月球又以亮半球的一半和暗半球的一半对着我们，但和上弦月相反，我们看见月球圆面的左半面是明亮的。下弦之后，月球明亮部分继续亏，月球又成月牙形，月牙凸面向左朝向太阳（残月）；最后，月球又运行到朔的位置，再次看不见月球。

朔之后，日没不久，月牙就出现在西方地平线附近。日期愈往后，月球离太阳愈远，日没不久，月球出现在天空的西南方；上弦那一天，日没时，上弦月出现在正南，子夜月球才下没，前半夜可以看见月球；上弦之后，月球下没时间越来越迟，前半夜以后的大半个夜晚可以看见月球；到了望日，日没时，月球升起，天亮时下没，整个夜晚都可看到月球；下弦月，子夜时才升起，后半夜才能看到月球。以后，月球升起的时间越来越晚，残月则在日出前才升起，黎明时月球出现在东地平附近。

月相变化周期，即从朔（望）到朔（望）的时间间隔叫作朔望月。朔望月比恒星月长，平均为29.5306天，即29日12时44分3秒。为什么朔望月比恒星月要长2.21天呢？

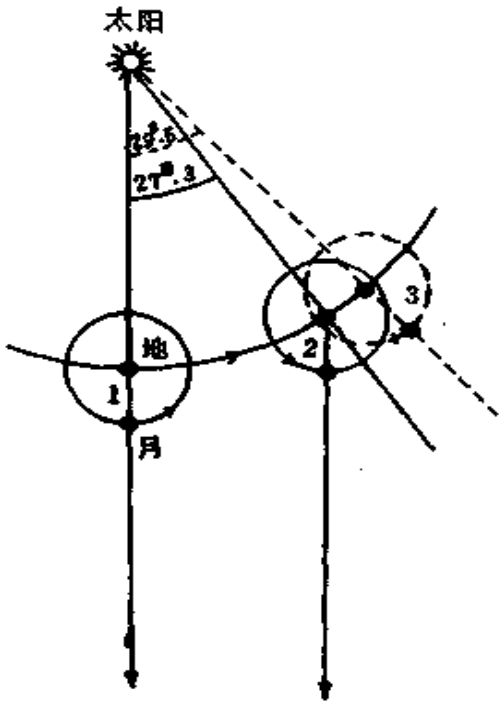


图5.4.3

图5.4.3画出月球、地球和太阳的相对位置变化。1为满月时的位置，月球围绕地球公转一周，即经过一个恒星月27.32天后，月球又回到原来在恒星间的位置，但这时地球运行到了位置2，满月的位置还需经过2.29天才能来到；地球移到位置3时，下一次满月才会发生，因此朔望月比恒星月要长。恒星月的长度T和朔望月的长度S之间的关系，由会合运动

方程

$$\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{E}$$

决定，E 为地球围绕太阳公转的周期（恒星年），为 365.2564 日。

月球的自转和天平动 我们看月球，月面总是呈现出同样的外貌。即是说，月球在围绕地球公转时，总是以同一面对着地球，这种现象的产生说明月球有自转运动，自转方向与周期和地球公转的方向与周期是相同的。如图 5.4.4 所示，当月球在位置 1（左）时，月面中心 A 点正对地球；当月球公转 1/4 周来到位置 2（上）时，月球也自转了 1/4 周，使月面中心 A 朝向地球。同样，当月球公转 2/4 周、3/4 周、4/4 周，月球也恰好自转了 2/4 周、3/4 周、4/4 周，总使 A 点朝向地球。如果月球没有自转（如圆圈外的月球所示），那么在一个公转周期内，对着地球的将依次是月面上的 A、B、C、D 各点，即依次可以看到月球的整个表面。由于月球自转周期和地球公转周期相等，所以从地球上只能看到朝向地球的半个月面，无法看到月球背面。

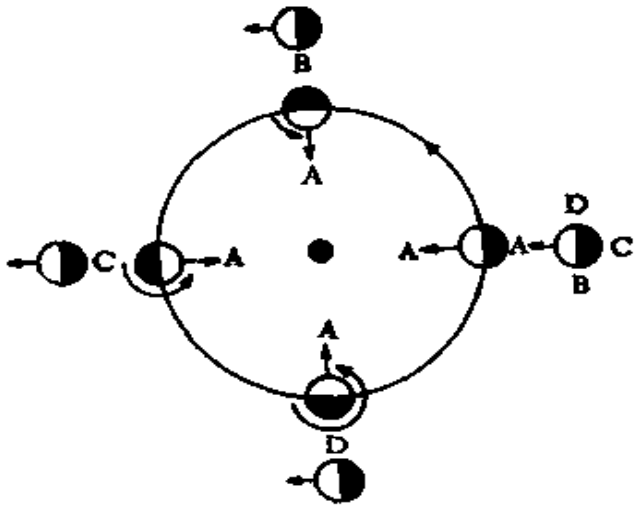


图 5.4.4

在月球上，一昼夜大约等于一个月。为什么月球的自转周期这么长呢？这是由于地球对月球的引潮力长期作用的结果。地球的引潮力使月球向着地球的方向上隆起（潮汐），当月球自转时，月球隆起部分受到地球的引力，仍然保持朝向地球，这种转动方向和月球自转方向相反，这种作用叫潮汐摩擦。潮汐摩擦力在很长时期内不断作用着，逐渐使月球的自转变慢，直到隆起部分永

远朝向地球，这时月球的自转周期等于月球的公转周期。

月球在围绕地球公转过程中，朝向我们的月面呈现出一种左右、上下的摆动，这种运动叫作天平动。由于天平动现象的存在，使我们能够看到月球背面的一小部分。月球的自转是均匀的，但公转运动却不是均匀的，在近地点运动快，在远地点运动慢。月球公转速度的这种变化就会使地球上的观察者有时看见月面西边缘之外的一小部分，有时能看见月面东边缘之外的一小部分（经度天平动）。月球的自转轴不和公转轨道面垂直，而是成83°21′的倾角。在月球公转过程中，月球自转轴的北端和南端会轮流朝向地球，这也会使地球上的观察者有时能看到月球北极之外的一小部分，有时又能看到月球南极之外的一小部分（纬度天平动）。由于天平动的现象，使我们看到的月面不只是一半，而是整个月面的59%，即整个月面的3/5。

五、行星的运动

行星运动定律　行星在宇宙空间里围绕太阳运动，遵循开普勒三定律：1. 行星在通过太阳的平面内沿椭圆轨道运动，太阳位于椭圆的焦点之一。2. 行星绕太阳运动时，它的向径在相等的时间内扫过的面积相等，即面积速度为一常数。3. 太阳系内所有行星公转周期T的平方与行星轨道半长径a的立方之比为一常数，即

$$\frac{T_1^2}{a_1^3}=\frac{T_2^2}{a_2^3}=\cdots\cdots=\frac{4\pi^2}{GM}$$

G为万有引力常数，M为太阳质量。第三定律更精确的形式为

$$\frac{T_1^2}{a_1^3\ (M+m_1)}=\frac{T_2^2}{a_2^3\ (M+m^2)}$$

式中M_1、M_2为两个相应的行星质量。

行星的视运动　由于行星和地球一样围绕太阳运转，从运动

着的地球观看行星，行星除和恒星一样作周日视运动之外，还在恒星之间作有时向东有时向西的运动。行星在恒星之间自西向东的运行叫顺行，经过“留”（停留不动）之后变为逆行，即自东向西运行，以后又经过留，重新顺行，行星在星空中沿着一个带有弧圈的路线运行。行星离地球愈远，弧圈愈小（图 5.5.1）。

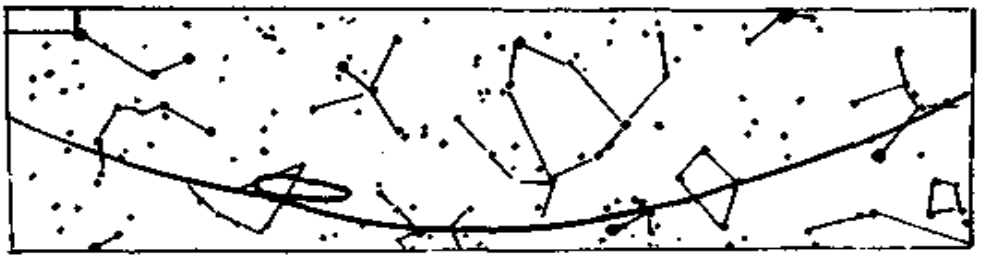


图 5.5.1

按行星轨道相对地球轨道的位置可分为地内行星和地外行星。由于行星的轨道速度各不相同，所以它们同太阳、地球之间的相对位置时刻在变化。对地内行星来说，可以形成下列的位形（图 5.5.2）。从地球看去，当地内行星的黄经和太阳黄经相等，并且行星位于太阳和地球之间，这时叫下合。下合以后，由于地内行星的公转速度大于地球的公转速度，所以，地内行星逐渐偏离太阳方向，出现在太阳西侧，并且行星偏离太阳西侧的角距逐日增加，直到西大距，这时地内行星偏离太阳西侧角距离最大。西大距之后，地内行星与太阳的角距逐日减小，直到上合，地内行星与太阳黄经又一次相等，但地内行星在太阳外侧。上合之后，地内行星偏于太阳东侧，并逐日增加它与太阳间的角距离，直到东大距，这时行星在太阳东侧，角距离最大。东大距以后，地内行星与太阳的角距逐渐变小，一直到下合。地内行星总在太阳附近往返运动。

行星与太阳最大角距的大小与行星和地球在各自轨道上的位置有关，由于水星轨道偏心率相当大，因此，水星在远日距时发

生大距，这时角距最大可达 28°。水星在近日距时发生大距，角距为 18°。同理，金星大距介于 45°～48°之间变化。

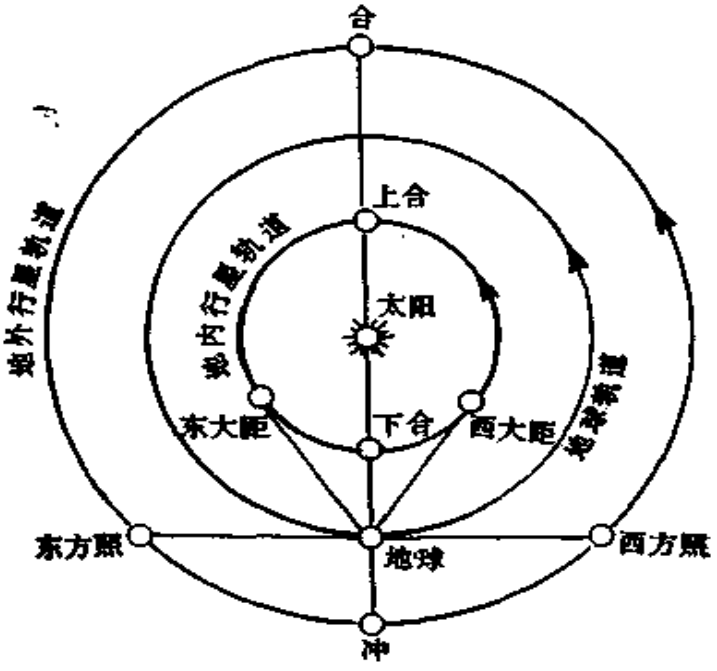


图 5.5.2

行星的可见情况与行星、地球、太阳的相对位置有关。

地内行星下合时，和太阳一同出没，这时看不见行星。当行星出现在太阳西侧，并有一定的角距时，由于天球的周日运动，行星先于太阳升出地平，所以在日出之前在天空的东方可以看见行星，这时称它们为晨星。西大距时行星离太阳角距最大，行星在日出前升起的时间早，可见时间也长。西大距后，行星与太阳角距逐日变小，晨星可见的时间逐日变短，接近上合，行星变为看不见了。上合之后，行星出现在太阳东侧，并逐日增大与太阳的角距，这时在日没之后不久，行星出现在西方地平。人们把黄昏出现在西方天空中的行星叫作昏星。当行星在东大距时，昏星的可见时间最长。以后，随着行星与太阳的角距减小，昏星的可见时间逐日变短，直到下合，行星和太阳再次同升同落。在下合时有时会看到一种罕见的行星凌日现象，这时地内行星在日面上掠过，在明亮的日面背景上行星呈现为一黑色圆形斑点。金星凌日未来最近的两次将于2004年6月7日和2012年6月5日发生，水星凌日未来最近的一次将于1999年11月15日发生。

对地外行星来说，形成下列几种位形（图 5.5.2）。当行星和太阳黄经相等时，叫作合。由于地外行星的公转速度小于地球公转速度，因此，合之后行星出现在太阳西侧，以后西偏角距逐日加大，当行星与太阳黄经相差 90°时，叫西方照。当两者黄经相差 180°时，叫冲。行星在轨道近日点发生冲，叫大冲。冲之后，行星出现于于太阳东侧，并且距太阳角度日渐减小，当行星黄经和太阳黄经相差90°时，叫东方照。东方照之后，地外行星继续减小它与太阳的角距，直到它和太阳的黄经之差变为零，又发生合日。

合日时，由于天球的周日运动，行星和太阳同升同落，所以看不见行星。合日以后，行星出现于太阳西侧，行星在日出前的黎明出现在天空的东方。此后，出现时间逐日提早，当西方照时，子夜时行星就升出地平，整个后半夜可以看到地外行星。随着行星与太阳角距增加，行星升起时间继续提早，变为大半夜均可看见。到冲日时，太阳刚下没，行星即升出地平，整夜都可看到。冲日以后，地外行星出现在太阳东侧，日没时行星出现在东方高空，大半个夜晚可以看见。当行星位于东方照时，日没时，行星出现在天空的南方，整个前半夜可以见到行星，以后，行星与太阳角距渐小，可见时间变短，黄昏之后不久，行星即落入地平。到下一次合日时，行星又变为与太阳同升同落。

总之，观测地内行星最好的时候是在大距前后，观测地外行星最好的时候是在冲日前后。

两次发生同一位形，如从冲到下一次冲的时间间隔叫作行星的会合周期，以 S 表示。行星围绕太阳公转周期叫作行星的恒星周期，以 T 表示。这两种周期之间的关系由行星会合运动方程式 $\frac{1}{S}=\frac{1}{T}-\frac{1}{E}$（地内行星）和 $\frac{1}{S}=\frac{1}{E}-\frac{1}{T}$（地外行星）决定，E 为地球围绕太阳的公转周期，叫恒星年＝365.2564 日。

在一个会合周期里，行星的视运动情况如下：

地内行星

上　合→东大距→留→下　合→留→两大距→上　合

|←—顺　行→|←逆　行→|←—顺行——→|

看不见←—昏星——→看不见←——晨星——→看不见

地外行星

合——→西方照——→留——→冲——→留——→东方照——→合

|←—顺　行——→|←逆　行→|←——顺　行——→|

合日，看不见←—合后，日出前升起，并逐日提前——→冲日，整夜可见，日落时升起，日出时落下←——冲后，日落前升起，并逐日提前——→合日，看不见

行星的轨道根数和星历表的计算　行星在空间中的位置可由六个轨道根数决定，六个根数是（图 5.5.3）：1. 轨道倾角 i，是行星轨道面与黄道面的交角；2. 轨道升交点黄经 Ω，轨道升交点为行星轨道面与黄道面的交点之一，在此交点，行星由黄道面以南进入黄道面以北；3. 近日点角距 ω，行星轨道近日点到升交点之间的角度；4. 轨道半长径 a；5. 轨道偏心率 e；6. 行星过近日点时刻 T_0。

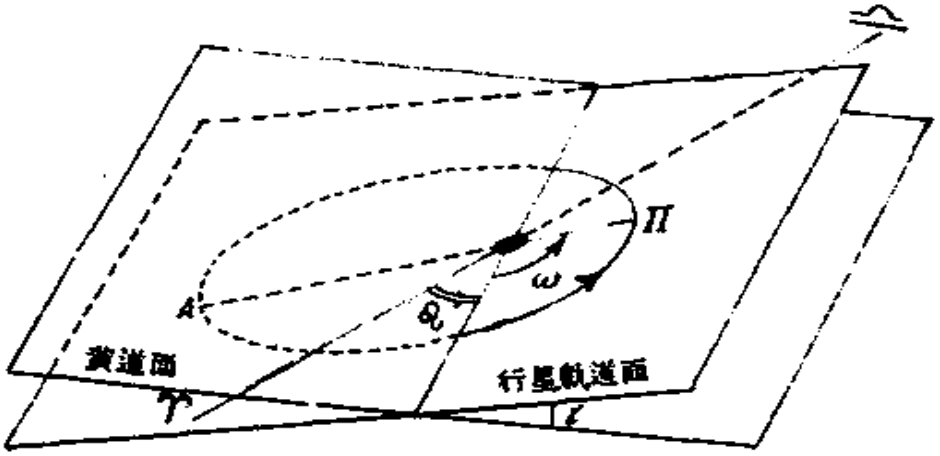


图 5.5.3

轨道倾角 i 和升交点黄经 Ω 决定行星轨道在空间的位置；近

日点角距 ω 决定行星轨道在轨道面上的方位；偏心率 e 决定轨道的形状，$e=\frac{c}{a}$，c 是椭圆中心到椭圆焦点间的距离，e 接近于零时，轨道接近正圆，e 较大时，轨道变为较扁的椭圆；a 决定轨道的大小。这 5 个根数又称为轨道的几何根数。由 T_0 可以推算出行星在任意时刻 t 的位置，T_0 称为动力学根数。

若已知行星的轨道根数，利用有关的公式可以计算出行星在任意时刻的赤经、赤纬及行星与太阳的距离。这就是星历表的计算。具体计算方法可查阅专门讨论这一问题的天文书籍。

六、恒星的运动

恒星的自行 恒星，常被顾名思义地认为是不动的。但事实上所有恒星都在运动着，只不过恒星距离我们遥远，短时期内用肉眼看不出恒星的位置变化。1718 年，英国天文学家哈雷将其测定的恒星位置与古希腊天文学家喜帕恰斯所观测的恒星位置进行比较，才发现恒星在天球上的位置发生了明显的变化（参看图 5.6.1。图中 a 为 10 万年前的北斗七星；b 为现在的北斗七星；c 为 10 万年后的北斗七星）。恒星每年在天球上移动的角距离，叫作恒星的自行，以角秒/年为单位。对于肉眼看得见的恒星，绝大多数其自行小于每年 0″.1。对于更暗的恒星，自行更小。但是，也发现不少自行很大的星，例如半人马座 α 星的自行是每年 3″.7，蛇夫座里一颗 10 等的暗星其自行达到每年 10″.31。

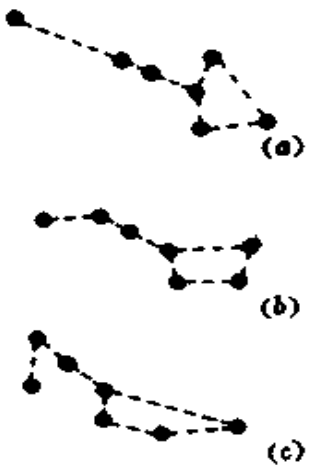


图 5.6.1

恒星自行的大小和恒星的距离有关，一般说来，距离近的恒

星自行较大。但并不是最近的恒星自行就最大。自行的大小还和恒星本身的空间运动的方向和速度大小有关。

恒星的视向速度和空间速度　所有的恒星都在空间里运动着，太阳和太阳系的天体也在空间运动着。恒星运动如果和太阳的运动不一样，则恒星相对于太阳将有一种相对运动。恒星在宇宙中相对于太阳的运动，叫作恒星的空间运动。对地球上的观测者来说，把所观测到的恒星相对于地球的运动，扣除地球自转、公转的影响后，便可得到恒星相对于太阳的空间运动。恒星空间运动的速度$\vec{V}$，可以分解为沿视线方向和沿垂直于视线方向的两个分量，前者叫视向速度$\vec{V}_r$，后者叫切向速度$\vec{V}_t$。即$\vec{V}^2=\vec{V}_r^2+\vec{V}_t^2$。

恒星的视向速度，即恒星朝向观测者而来或离观测者而去的速度。根据多普勒定律：当光源远离观测者而去，光的波长要比光源为静止时的波长变长，就是说光源发出的光的谱线向红端位移；当光源趋近观测者而来，光的波长要变短，即光谱线向紫端位移。位移 $\Delta\lambda$ 的大小和光源远离或趋近的速度 V_r 成正比，即 $\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0=\lambda_0\frac{V_r}{c}$。$\lambda$ 表示运动光源发出的光波波长，λ_0 表示光源静止时的光波波长，V_r 为光源视向速度，c 为光速。由恒星光谱谱线位移的观测，可以定出恒星的视向速度 V_r。现已测定出 3 万多颗恒星的视向速度，大部分恒星的视向速度介于－20 公里/秒和 20 公里/秒之间，最大的超过 500 公里/秒。下表列出一些亮星的视向速度。＋号表示恒星远离，－号表示恒星趋近我们。

天　狼	－8 公里/秒	大　角	－5 公里/秒
老　人	＋20 公里/秒	参宿七	＋24 公里/秒
南门二	－22 公里/秒	南河三	－3 公里/秒
织　女	－14 公里/秒	河鼓二	－26 公里/秒
五车二	＋30 公里/秒	毕宿五	＋54 公里/秒

切向速度 V_t 是和视线方向垂直的速度。如果已知恒星的距离 r 和恒星自行 μ''，则

$$V_t = r\sin\mu'' = \frac{\sin\mu''}{\pi''},$$

式中距离 $r=\frac{1}{\pi''}$，以秒差距为单位；π''为恒星视差，以角秒为单位；恒星自行 μ''以每年角秒为单位。将长度单位化为公里，时间单位化为秒，可得出 $V_t = 4.74\frac{\mu''}{\pi''}$公里/秒。当恒星的视向速度（由光谱分析得出）和切向速度（由恒星自行和视差得出）被测定后，空间速度可由 $\vec{V}^2=\vec{V}_r^2+\vec{V}_t^2$ 得出。已经求出好几千个恒星的空间速度，有的恒星的空间速度可达 800 公里/秒以上。

太阳的运动 和所有的恒星一样，太阳也在宇宙空间里运动。如果恒星不动，只有太阳运动，那么恒星的自行就只反映了太阳的运动。这时，在朝向太阳运动方向上，恒星向四周散开；在背向太阳运动方向上，恒星向一点会聚。但恒星本身也在运动，我们观测到的恒星自行是由两种运动合成的：一种是恒星本身的运动（本动），一种是由太阳运动所引起的（视差动）。假定恒星本身的运动是完全无规则的，当恒星数目很大时，平均起来恒星本动便互相抵消，就只剩下视差动，于是太阳的运动方向便可求出来，就像恒星不动的情形一样。

1783 年，英国天文学家 F·W·赫歇耳分析天狼、北河二、北河三、南河三、轩辕十四、大角和河鼓二这七颗恒星的自行，发现恒星的视运动由武仙座向四周散开，因此求出太阳的运动方向。根据许多人的观测结果得出，太阳相对邻近恒星的运动速度为 19.7 公里/秒，朝向武仙座一点，这一点叫作太阳向点，其坐标为赤经 18^h，赤纬 30°。不过，各个天文学家所得的结果彼此很不一致，差别相当大，这表明认为恒星运动是完全无规则的基本假设是不正确的。

太阳除上述运动外，还以约 250 公里/秒的速度围绕银河系中

心旋转。

恒星的自转　恒星也和其他天体一样有自转运动。自转速度彼此相差很大，不同光谱型的恒星有不同的自转速度。例如，O 型星的平均自转速度为 190 公里/秒，B 型星的自转速度为 200～210 公里/秒，A 型星 160～190 公里/秒，F 型星 20～100 公里/秒，G 型星 12 公里/秒，K 型和 M 型恒星的自转速度为 1 公里/秒。

·第六章

天文观测入门

一、天文望远镜的使用

天文望远镜是人眼的延伸，对天文爱好者来说，了解天文望远镜的光学系统和主要光学性能，熟练掌握使用望远镜观测天体，是非常必要的学习步骤。近年来，我国天文普及工作比较活跃，在1985～1986年观测“哈雷彗星”热潮中，各地科技辅导站或中小学校购买了口径120毫米或150毫米等不同型号的天文望远镜，由此为我国天文普及事业增添了新的活力。这里我们主要介绍中国科学院南京天文仪器厂生产的“120”型望远镜的使用。

“120”型望远镜的主要性能 南京天文仪器厂生产的普及型望远镜，它属于折反射型赤道式望远镜，其光学系统属于马克苏托夫-卡塞格林系统（图6.1.1），是在马克苏托夫望远镜的基础

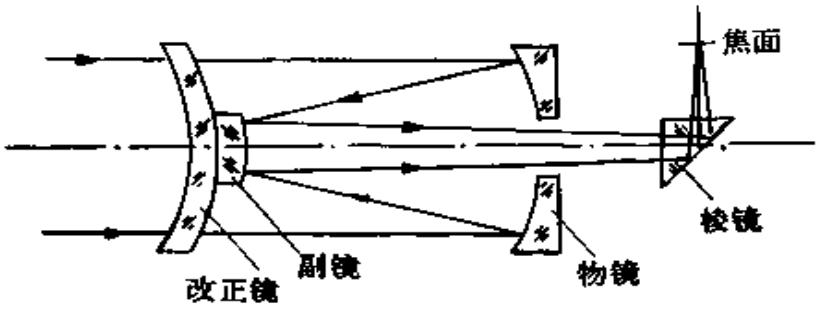


图6.1.1

上，增加副镜反射镜而成的，为便于观察，在光路中增加了一块直角棱镜。由于光学系统的像差得到补偿和消除，故成像质量较好。当无直角棱镜时，物体成倒像，由于棱镜的镜像作用，物体成正镜像。

“120”型望远镜的主要光学性能：

有效口径	D＝120mm
物镜焦距	F＝1500mm
理论分辨角	$\theta=1''.2$
目视极限星等	$m_V=1''\ 2^m$
放大率 G：	37.5×、60×、100×、200×
对应视场 2ω：	50′、36′、20′、10′

寻星镜有效口径 D＝35mm，物镜焦距 F＝175mm，放大率为7倍，视场为 5°.2。

“120”型望远镜具有4个目镜，安装在同一转鼓上（图6.1.2），目镜外形尺寸越小者，其对应的放大率（G）越大。而且4个目镜是齐焦的，因此目镜转换后，成像仍然清晰。目镜转换装置中有一个三角指标，只有对准三角指标的那个目镜才能看见影像。

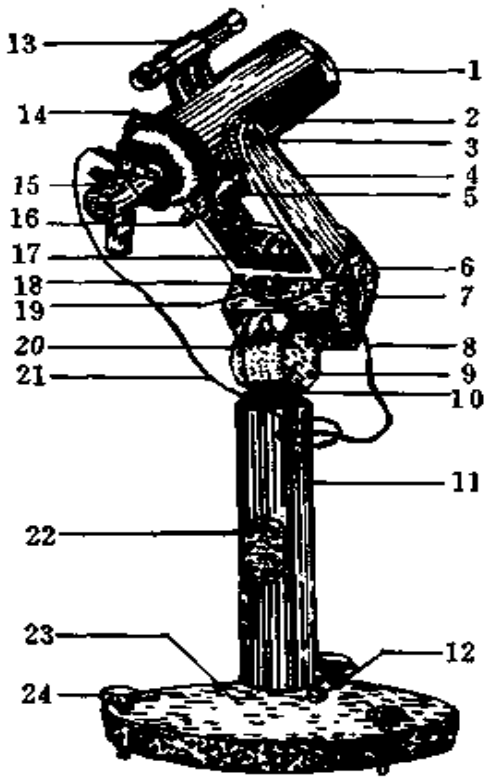


图 6.1.2

这种望远镜的主要附件有：①照相机卡圈。照相时把转换目镜取下，换上照相机卡圈，然后把取下镜头的照相机机身装在卡圈上，即以望远镜的物镜取代了照相机的镜头。②投影镜筒、投影屏和投影杆（图 6.1.3）。供

太阳投影观测时使用。③中性滤光片。供日食摄影或目视观测太阳时使用。必须注意的是，观测太阳时必须加上滤光片（图 6.1.4），否则会烧坏眼睛导致失明。

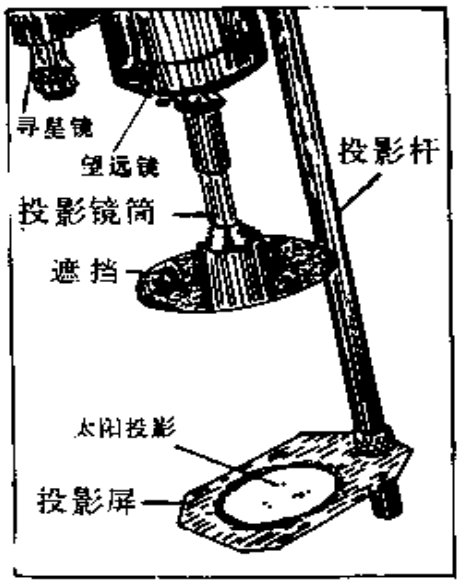


图 6.1.3

望远镜的组装与调整 平时不使用望远镜时，望远镜各主要部件分装在箱子内。下面简介“120”型望远镜的安装与调整。如图所示，主镜筒安装在叉臂内，可绕赤纬轴旋转，叉臂端部的刻度盘可给出望远镜所指天体的赤纬数值。叉臂装在转盘组内，可绕极轴旋转，由转盘组表面的刻度盘给出望远镜所指天体的时角数值。主镜筒、叉臂和转盘组三者是相连的。转盘组下部有一圆锥孔，使用时要将其套在立柱顶端的锥轴上。赤纬轴和极轴上都装有一套止动和微动螺旋，用来控制和调整主镜筒和叉臂的转动。

使用望远镜时，要将赤纬轴和极轴的止动螺旋锁紧，左手握住叉臂近底部处，右手托住转盘组，使叉臂靠在左手臂上，其倾斜角度约等于当地纬度并指向北方；然后把转盘的锥孔套在底座立柱顶端的锥轴上。操作过程中必须轻、慢、准确，避免发生撞碰。这种带有跟踪装置的望远镜，转仪钟安装在转盘组内，由一个小电机和一组蜗轮、蜗杆所组成，使用 5 节一号电池供电。电池装于底座的立柱下。使用时将电线的一端插入转盘下部的插座孔内，另一端插入底座立柱上任一插孔即可。

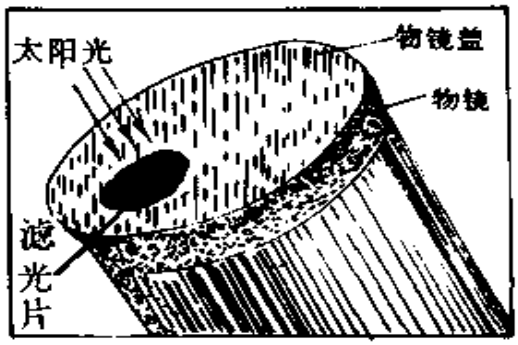


图 6.1.4

各部件安装完毕之后便着手调整望远镜。首先要整平底座圆盘。按照图6.1.5放好底座上三个调节螺旋的方位；转动东西向两个螺旋，转动时两螺旋同时相向或反向，使气泡位于南北方向；然后再转动另一螺旋，使气泡完全居中为止。

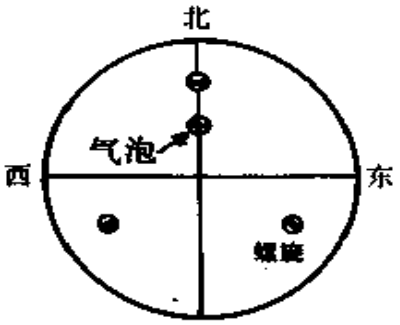


图 6.1.5

其次调整极轴。望远镜的极轴应和天轴平行，极轴的地平倾角应等于观测地点的地理纬度，且位于子午面内。这种调整工作分以下几个步骤进行。

①粗调极轴高度。先松开纬度螺旋，将望远镜放在赤纬 90°，时角 12^h 的位置上锁定极轴和赤纬轴；转动转盘组，使望远镜对准北极星，然后固定纬度螺旋即可。如果发现极轴高度和当地纬度相差很大时，应该松开纬度螺旋进行调整。事实上，通常在望远镜出厂时，厂方已根据用户所在地理纬度固定了极轴。当需要对暗弱天体（如彗星）作较长时间跟踪观测或摄影时，应对极轴作精确调整。

②精调极轴方位。把望远镜置于子午面（时角 0^h）内，锁定极轴；在南方赤道附近找到一颗恒星，使其位于目镜横丝上（如图 6.1.6），锁定赤纬轴，观察它在视场内的移动。图中 a 表明极轴已在子午面内，其方位不需调整；b 表明极轴略偏东，应将极轴北端向西稍转；c 表明极轴略偏西，应将极轴北端向东稍转。如此

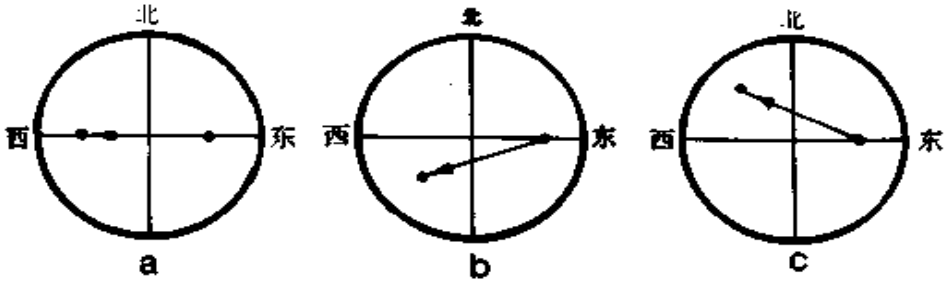


图 6.1.6

经过反复调整之后，以达到图中 a 情况为止。

③精调极轴高度。置望远镜于 18^h 的时圈内，望远镜指向东，对准某颗恒星使其位于目镜横丝上，固定望远镜不动，这时视场内恒星的移动可分为图 6.1.7 中的 a、b、c 三种情况。图中 a 表明已调好极轴高度，b 表明应抬高极轴高度，c 表明应降低极轴高度。若极轴高度相差较大时，应松开纬度螺旋加以调整；如极轴高度相差甚小时，可转动底座上的朝北螺旋进行调整。经反复调整后以达到 a 情况时为止。当望远镜位于 6^h 时圈内指向西时，b、c 两种情况相反。



(a) 正确　(b) 极轴稍低　(c) 极轴稍高

图 6.1.7

最后调整寻星镜光轴与主镜光轴平行。寻星镜的光轴必须与主镜光轴平行，这样才能使星像同时位于寻星镜和主镜的视场中央。虽说仪器在出厂前厂方已将两个光轴调整成平行的，但在使用时应检查一下，如发现两光轴不平行，可将望远镜对准远方某一目标，调整寻星镜支架的螺丝，使两光轴平行。

使用望远镜观察天体　“120”型望远镜重量轻、体积小，使用方便，可以用于观测月球、太阳、日月食、行星、彗星、恒星、星云、星团等，同时还可对上述天体进行艺术摄影。用该镜观察天体的方法步骤是：

首先借助寻星镜寻找目标天体。①松开极轴和赤纬轴的固定螺旋，将望远镜指向所要观察的星体的大致方向上。②从寻星镜中找到所要观察的天体，当星像进入寻星镜视场时，锁定极轴和赤纬轴的固定螺旋。③转动极轴和赤纬轴的微动螺旋，使星像位

于寻星镜的视场中心。之后，在主镜中就能看到所要观察的目标天体了。④调节目镜，使星像清晰即可进行观察。

如果是目视观察（或照相）肉眼看不到的天体时，需要利用赤道或望远镜的两个刻度盘寻找该天体。借助刻度盘寻星的方法是：首先查出被观察的星体的赤道坐标——赤经（α）和赤纬（δ），计算出观察时刻的地方恒星时 S 和待测天体的时角 t。由地方平时时刻换算为恒星时时刻的公式：

$$S=S_0+m+(m-\lambda)\mu \qquad (1)$$

$$m=T_s+\lambda-8^h \qquad (2)$$

在天文测量上常用的公式为：

$$S=S_0+T_0+T_0\mu+\lambda \qquad (3)$$

$$T_0=T_s-8^h \qquad (4)$$

上述公式中，S 是地方恒星时，S_0 是世界时（UT）0^h 的恒星时，T_0 是世界时，T_s 是北京时间，m 是地方平时，λ 是测站纬度，$\mu=1/365.2422$，是由平时时段换算为恒星时的换算系数。下面举例说明，化 1990 年 7 月 15 日北京时间 $16^h31^m55^s.4$ 为西安（$\lambda=7^h15^m40^s.0$）的恒星时（S）。

解：①按公式（1）计算：

$S_0=$	19^h	30^m	$21^s.2$	（查当年《中国天文年历》）
$m=$	15	47	35.4	[公式（2）]
+）$(m-\lambda)\mu=$		1	24.1	（查表或计算）
$S=$	11^h	19^m	$20^s.7$	（减 24^h）

②按公式（3）计算：

$S_0=$	19^h	30^m	$21^s.2$	（查当年《中国天文年历》）
$T_0=$	8	31	55.4	[公式（4）]
$T_0\mu=$		01	24.1	（查表或计算）
+）$\lambda=$	7	15	40.0	（已知）
$S=$	11^h	19^m	$20^s.7$	（减 24^h）

待测天体的时角 t 可根据地方恒星时 S 和天体赤经 α 与时角 t 之间的关系式 S=α+t 得出。

上述 S 和 t 求出后，松开极轴和赤纬轴的固定螺旋，转动主镜筒使赤纬度盘和时角度盘的读数分别等于待测天体的 S 和 t，这时待测的天体就出现在主镜视场中。然后调节目镜焦距，使星象达到清晰。还应利用星图把视场内的星体证认出来，以检验欲测天体是否在视场内。若发现不在视场内，则用微动螺旋调节，直至找到为止。

每次观测结束后，注意将干电池取出。在搬动、装拆望远镜部件时要轻拿轻放，确保安全。

二、流星的观测

围绕太阳运行的流星体，其体积与行星比起来显得微乎其微，但它们具有每秒几十公里的宇宙速度，当它们一旦闯入地球大气层时，和空气剧烈摩擦而发出灿烂的流光，成为流星现象。观测研究流星对研究太阳系天体的运动（如彗星、小行星与流星的相关性），对研究地球高空大气物性质和选择人造卫星、宇宙飞船等航天器的运动轨迹，避免流星群体的撞击等有重要的意义。流星观测对天文爱好者来说是较为容易做的工作，甚至不用望远镜观测也能获得很好的成果。近年来，为促进、提高和协调全世界的流星观测工作，世界上从事流星观测的专业工作者和业余爱好者经多年的筹备，于 1989 年 10 月成立了“国际流星组织”（IMO），并于次年 4 月公布了新的流星观测方法和报表格式。我国流星资料汇总中心设在南京紫金山天文台，各地流星观测者的观测资料，经该中心筛选后报送 IMO，并纳入目视流星资料库（VMDB）。

观测流星前的准备 （1）了解一些有关流星的知识（如著名的流星群出现的日期及位置）是必要的。流星可分为偶发流星和流星群两类。偶发流星是指单个的，出现时间和方向没有规律的

流星。流星群则是指集合在同一轨道上围绕太阳运动的流星体群，一般指每年于同一日期或相近日期周期地出现较多的流星现象。同一个流星群的流星看起来好像都从天空中同一点向四面八方散射开来，这个点称为辐射点。辐射点在哪个星座，便以该星座的名称来称呼这个流星群。例如著名流星群表中的天龙座流星群、天琴座流星群等等；在同一星座内若有两个流星群，则用辐射点附近星的名称来命名，如宝瓶座δ和宝瓶座η流星群等；还有一些流星群与彗星有关，就用该彗星名称来命名。事实上，不少的流星群都和彗星有关。

（2）选择好合适的观测场地。选择视野开阔的场地或楼房的平台上，以避开周围光线的干扰。准备观测时所用的椅子或垫子，如果观测时间长，应准备防蚊、御寒等用品。

（3）准备好一个手电筒，用红布包住，以减弱光亮对眼睛的刺激，手电筒用于记录时照明。备上一只走时准确的钟表和一只停表，以记录精确到几秒钟的观测。

（4）准备好星图、记录本、铅笔和橡皮等工具。记录本应准备两个，一本作直接观测记录，一本用作誊清原始记录。

观测与记录方法　根据“国际流星组织”（IMO）的要求，目视流星观测必须由一人独立进行，由观测者单独填写观测记录报表，决不允许把不同观测者看到的流星混在一起；在观测过程中，观测者之间也不要相互启发和影响。集体活动时，可以二三人为一观测小组，但每组只有一人监视星空观测，其他人帮助观测者看时间、作记录，观测报表上要分别写明观测者和记录者。这样做所得的各小组观测记录总会有些不同（对同一流星的观测而言），但这是正常的。观测结束后，把各小组的观测记录加以比较研究是很有科学价值的工作。这种方法称为目视多重观测。把流星观测结果汇集到流星资料汇总中心后，可用多重观测的统计原理加以综合处理。

流星目视观测分为记数观测和绘图观测。记数观测要求尽可

能无遗漏地记下观测时间内出现的所有眼睛能看到的流星，并记录下流星出现的时刻、星等、所属流星群、大致的方位角和仰角，如有可能还要记录流星的颜色、速度和余迹等。这些均由观测者口述，当时由记录员（或用录音机）记下来。作为观测者应始终集中精力注视星空，以免漏掉随之而来的又一颗流星。

对于绘图观测，除了记下上述各项内容外，还要把流星在星空中移动的路线画在事先准备的流星观测星图上，这种星图可以是影印的或自己预先照流星观测星图描绘的（画到四等星即可），勿直接画在作为观测工具用的全天星图上，以免损坏星图。IMO 规定流星轨迹用图 6.2.1 所示的符号表示。图中的线段在星图上表示流星的轨迹，箭头那端是轨迹的终点，另一端是轨迹的起点。线段上的数字是流星的编号，注意要与流星观测报表中的编号相对应。带有波纹的线段表示此流星有持续的余迹。余迹持续的时间（多少秒）在报表备注栏中用“～”后加数字表示，例如“～2”表示余迹持续 2 秒钟。对于所画的每一流星轨迹，可用“＋”、“0”和“－”在备注栏中表示很有把握、有一定把握和无把握等自信程度。测定流星持续时间是比较困难的，在不用停表记录时，也可用数数的方法来估计时间。熟练的观测者用此法能够测定持续时间为 0.1 秒的流星。观测者与记录者的密切配合是获得满意的观测结果的重要条件之一。



图 6.2.1

据 IMO 规定，一个夜晚的观测时间可以分成一个或几个时间段落，每个时间段落的长度为 1.5～3 小时。在流星群活动极大期附近，观测时间段落的长度可缩短为 1 小时（但应有多几个时间段落，拉长观测总时间，以免由于预报不准而漏掉流星群活动的鼎盛期）。每个时间段落的流星数和天空背景情况分别单独统计，然后把每个段落的统计结果填入这一夜的观测总表。每个观测时

间段落选择的原则是，在整个时间段落内，没有月光和晨昏朦影的干扰且主要流星群辐射点的地平仰角应保持在20度以上。在一个观测时间段落内，考虑到某些原因而出现的短时间人为故障（如因天冷换加衣服等）造成短时间不能观测，这段未能观测的时间称为中断时间，这是允许出现的中断，中断之后继续完成这一时间段落的观测，不致由于这种中断而使整个段落的观测报废。

对于计数观测，有效观测时间为一个观测时间段落总长度减去中断时间；对于绘图观测还应扣除画图后用的总时间，然后化成以小时表示的有效观测时间（用“Teff”表示）。对于绘图观测，观测和画图只一个人承担时，观测者画一颗流星轨迹时就不能监视星空，画图时间是所画的流星数乘以每一颗流星所用的时间。

观测天区的选择和范围　IMO的新方法十分强调目视流星观测必须由一个人独进行，由于独立观测者不可能监视整个天穹，而只能有选择地监视一个固定的天区。观测天区选择的原则是，天区中心与主要流星群的辐射点的距离不超过40度。在观测报表上，要写出每个观测时间段落中心时刻天区中心的赤经和赤纬的估计值，准确到10～15度。监视天区的范围，一般以观测中心为圆心，大约53度左右的范围内就够了。观测者的视线不要远离观测天区中心“东张西望”去寻找流星，而应面对观测天区中心，眼睛张角保持在53度左右的自然状态，静候流星的出现。

事实上，在一段观测时间内，可能有多个流星群的流星和偶发流星同时出现，IMO规范要求除了区分所要重点观测的主要流星群外，还要尽可能把其他各个次要流星群的流星及偶发流星都区分开来，分别统计，报表中可填写6个流星群。下面的“主要目视流星雨一览表”，共给出38个流星雨的活动日期、辐射点位置等主要数据，供爱好者参考。这38个流星群以外的其他流星，可算为偶发流星。

主要目视流星雨一览表（北半球可见）

代码	流星雨名称	活动期限	极大日期	辐射点参数					V∞	γ	ZHR
				α	δ	直径	$\frac{d\alpha}{dt}$	$\frac{d\delta}{dt}$			
QUA	象限仪	1月1日～1月5日	1月3日	230°	+49°	5°	+0.°8	−0.°2	41	2.1	100
DCA	巨蟹δ	1 5～1 24	1 14	130	+20	10/5	+0.9	−0.1	28	3.0	5
TCE	半人马Q	1 23～3 12		210	−40	6	+1.1	−0.2	60	2.6	
VIR	室女	2 1～5 30	多个	195	−4	15/10			30	3.0	
LYR	天琴	4 16～4 25	4 22	271	+34	5	+1.1	0.0	49	2.9	20
ABO	牧夫α	4 14～5 12	4 28	218	+19	8	+0.9	0.1	20	3.0	3
ETA	宝瓶η	4 19～5 28	5 4	336	−2	4	+0.9	+0.4	66	2.7	50
SAG	天蝎/人马	4 15～7 25	多个	260	−30	15/10			30	2.3	10
JLY	六月天琴	6 11～6 21	6 16	278	+35	5	+0.8	0.0	31	3.0	5
JBO	六月牧夫	6 28～6 28	6 28	219	+49	8			14	3.0	2
JPE	七月飞马	7 7～7 11	7 9	340	+15	5	+0.8	+0.2	70	3.0	8
PAU	南鱼	7 9～8 17	7 28	341	−30	5	+1.0	+0.2	35	3.2	
CAP	摩羯α	7 3～8 25	7 30			8			23	2.5	8
SDA	南宝瓶δ	7 8～8 19	7 29	见		5			41	3.2	20
NDA	北宝瓶δ	7 15～8 25	8 12	附		5			42	3.4	5
SIA	南宝瓶ν	7 15～8 25	8 5	表		5			34	2.9	3
NIA	北宝瓶γ	8 11～9 20	8 20			5			31	3.2	3
PER	英仙	7 17～8 24	8 12			5			59	2.6	100
KCG	天鹅K	8月8日～8月31日	8月18日	286	+59	6			25	3.0	5
ERI	波江π	8 20～9 5	8 28	52	−15	6	+0.8	+0.2	59	2.8	
AUR	御夫α	8 24～9 5	9 1	84	+42	5	+1.1	0.0	66	2.5	15
SPI	南双鱼	8 15～10 14	9 24	8	0	8	+0.9	+0.2	26	3.0	3
KAQ	定瓶K	9 8 ～9 30	9 20	339	−2	5	+1.0	+0.2	16	3.0	3
OCC	十月摩羯	9 20～10 14	10 3	303	−10	5	+0.8	+0.2	15	2.8	3
SOR	猎户σ	9 10～10 26	10 5	86	−3	5	+1.2	0.0	65	3.0	3
GIA	贾科比尼*	10 6～10 10	10 9	262	+54	5			20	2.6	暴
EGE	双子ε	10 14～10 27	10 19	104	+27	5	+1.0	0.0	71	3.0	5
ORI	猎户	10 2～11 7	10 22	95	+16	10	+1.2	+0.1	66	2.9	30
STA	南金牛	9 15～11 26	11 3	50	+15	10/5			27	2.3	12
NTA	北金牛	9 13～12 1	11 13	58	+22	10/5			29	2.3	8
LEO	狮子*	11 14～11 21	11 17	152	+22	5	+0.7	−0.4	71	2.5	暴
AMO	十一月麒麟	11 15～11 25	11 20	117	−6	5	+1.1	−0.1	60	2.7	5
MON	十二月麒麟	11 27～12 17	12 11	100	+14	5	+1.2	0.0	42	3.0	5
ORN	北猎户χ	11 16～12 15	12 02	82	+23	8	+1.2	0.0	28	3.0	3
NYD	长蛇σ	12 3～12 15	12 11	127	+2	5	+0.7	−0.2	58	3.0	3
GEM	双子	12 7～12 17	12 14	112	+33	4	+1.0	−0.1	35	2.6	100
COM	后发	12 12～1 23	12 17	175	+25	5	+0.8	−0.2	60	3.0	5
URS	小熊*	12 17～12 26	12 22	217	+75	5			33	3.0	50

附表　　六个流星群的辐射点位置表

日　期	摩羯 α		南宝瓶 δ		北宝瓶 δ		南宝瓶 γ		北宝瓶 γ		英　仙	
	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ	α	δ
7月5日	290°	−14°	321°	−21°								
7月15日	296	−13	329	−19	311°	−11°	310°	−19°			12°	+43°
7月25日	303	−11	337	−17	321	−9	321	−17			24	+49
8月5日	312	−9	345	−15	332	−6	335	−15			37	+55
8月15日	316	−9	353	−13	342	−4	346	−13	332°	−6°	50	+59
8月25日	324	−4			352	−2	356	−11	332	−6	63	+61
9月5日									343	−4		
9月15日									353	−2		

说明：(1)表中流星雨代码由国际流星组织规定，用三个拉丁字母组成。流星雨后面的星号表示该流星雨只在特定的年份达到ZHR栏所给的数值，在其他年份一般每小时只出现几个流星。ZHR表示在流星雨活动极大日，天空背景无云，能见极限星等为6.5等，且辐射点在天顶时的每小时流星数。

(2)表中辐射点栏中所给的赤经α和赤纬δ是极大日期的值。对于其他日期，可按所给的每日变化率 dα/dt 和 dδ/dt 推算。所给直径是辐射点集合所拼成的圆的直径，圆的中心在当日的α、δ上，直径栏若给出斜线隔开的两个值，则前一个表示辐射点集合在赤经方面的扩散宽度，后一个表示在赤纬方面的扩散宽度。

(3)表中 V∞表示未受地球引力影响的流星体速度(千米/秒)。γ是流星按星等的分布指数，即每一个星等的流星数是上一个更高星等的流星数的γ倍。

云量的估算和极限星等的计算　根据天空中云量变化情况，把一个观测时间段落（扣除中断时间，但画图观测时不减画图时间）分成若干小段，对每一小段内观测天区的云遮百分比都应做出估计。设第一小段时间长度为 t_1，云遮百分比为 K_1，第二小段

分别为 t_2 和 k_2，第 n 小段分别为 t_n 和 k_n，则整个观测时间段落的平均云遮百分比 K 为：

$$K=\frac{t_1k_1+t_2k_2+\cdots t_nk_n}{t_1+t_2+\cdots t_n}$$

得出 K，便可计算参量 F，F＝1/（1－K）。若观测天区内云量超过 20%时，最好停止观测，作中断处理。

IMO 推荐用一种较科学的方法求出能见最暗恒星星等（俗称极限星等，用 Lm 表示）的方法。全天划分为 20 个星区，编号从 1～20，每个星区以三或四颗较亮的恒星为顶点，构成三角形或四边形。观测者可根据自己选定的观测天区，从“IMO”划分的 20 个星区表中选定最近的一个，数一数自己能从这个星区中看到多少颗恒星（包括充当顶点星在内的恒星），然后根据恒星数 N 查“N～Lm 转换表”，从中查出极限星等 Lm。查表一般在观测之后或第二天来做。在每个观测时间段落开始时（或前半段的某一代表时刻）和结束时（或后半段的某一代表时刻），都要数一数该星区所见的恒星数 N，分别求得前半段的极限星等 Lm_1 和后半段的极限星等 Lm_2，设 t_1 和 t_2 分别是前后两半段观测时间长度（注意：除去中断时间但不扣除画图时间），则整个观测时间段落的平均极限星等 $\overline{Lm}=(Lm_1\times t_1+Lm_2\times t_2)/(t_1+t_2)$。由此类推，也可划分成多个小段 t_1，$t_2\cdots\cdots$，t_p，求得 Lm_1，$Lm_2\cdots\cdots Lm_p$，则平均极限星等 $\overline{Lm}$ 等于：

$$\overline{L}_m=\frac{(Lm_1\times t_1+Lm_2\times t2\cdots Lm_p\times t_p)}{t_1+t_2+\cdots\cdots t_p}$$

这里时间小段的划分，可以与求云量百分比时的划分相同，也可以不同。

IMO 划分的 20 个星区表及顶点星名

编　号	顶　点　星	编　号	顶　点　星
1	χ-ζ-δ-ξ 天龙	11	α 北冕，γ-α 牧夫
2	β-δ-ζ 英仙	12	α 巨蛇，β 天秤，δ 蛇夫
3	23-ν-β 大熊	13	β—ζ 天琴，ν—υ 武仙
4	α-ε-β 双子	14	ε-η-γ 天鹅
5	ζ-γ-δ 天鹰	15	β 天龙；τ-π 武仙
6	α 仙女，γ-α 飞马	16	α 猎犬，ε-η 大熊
7	α-β-ζ 仙王	17	ε-υ-δ 御夫
8	α-β-ζ 金牛	18	μ-γ-∅ 仙女
9	α-β-γ-δ 狮子	19	κ-α 天龙，β 小熊
10	α-ζ-γ 室女	20	42-β-γ 鹿豹

流星目视观测一般应避免目光和城市灯光的干扰，使天空背景足够暗，以保证 $\overline{\mathrm{Lm}}$ 在 5.0 以上。只对于特殊重要的流星雨才在月夜进行观测。读者应注意的是，不要以 Lm 来判断流星的星等，流星星等一般是与恒星星等比较来决定的，因此观测者应记住一些著名恒星的星等。

观测报表　IMO 观测报表分为总表和附表两部分。总表是一位观测者一个夜晚全部观测的总报告，每晚填写一张。总表头一部分为所观测的流星群的情况，可直接查“主要目视流星雨一览表”。总表第二部分为观测总情况，其中 M 为观测这个流星群所用的方法，如计数观测填“C”，绘图观测填“P”。N 是流星数。总表第三部分是流星星等分布情况表，每个流星群的流星和偶发流星都要填写，当一颗流星含有 0.5 等时，应分成两半，如一颗＋2.5 等的流星，0.5 颗归＋2 等，0.5 颗归＋3 等。表中 $\overline{\mathrm{m}}$ 表示加权平均星等，若某流星群，－2 等 2 颗，－1 等 3 颗，0 等 4 颗，＋1 等 6 颗，＋2 等 5 颗，则有

$$\overline{\mathrm{m}}=\frac{-2\times2+(-1)\times3+0\times4+1\times6+2\times5}{2+3+4+6+5}=0.45$$

附表 1（分段背景情况表）对应于总表中第二部分中的一个横

行。N_7 是 20 个星区的编号数，即 1～20 中的一个。N 是在这个星区中能见到的恒星数。Lm 是由 N_7 和 N 查得的极限星等，有了各小段的 Lm，即可计数平均极限星等 $\overline{Lm}$。

附表 2 为流星细目表，它是根据我国具体情况设计的，要求把这一夜看到的流星按时间顺序逐个填入。附表 2 中和总表中“流星群”或“归属”栏要填写流星群的中文名或代码（见流星雨一览表），若不在 38 个流星群内的流星，则记为“偶发”或“spor”，附表 2 中“时分秒”是流星出现的大致时刻（一般准到分钟）。

流星目视观测报告总表

____年____月____日　从　时____分至____时____分（世界时）

东经：_____度_____分_____秒　北纬：_____度_____分_____秒

海拔_____米　具体地点名称：_____

观测者：_____　记录者：_____

流星群	辐射点			流星群	辐射点		
	α	δ	直径		α	δ	直径

观测时间段落（UT）时、分～时、分	观测天区中心		Teff	F	Lm	M	N	M	N	M	N	偶发		总计
	α	δ										M	N	

流星数 / 流星归属 \ 等	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	总计	$\overline{m}$
偶发																

附表一　　分段背景情况表

年_____月_____日　　观测时间段落从_____时_____分至_____时_____分（世界时）

观测者：_____　记录者：_____

时刻	Nr	N	Lm	时刻	Nr	N	Lm
__时__分				__时__分			
__时__分				__时__分			

平均极限星等 Lm：

云遮天空百分比	%
从_____时_____分至_____时_____分	
从_____时_____分至_____时_____分	

中　　断
从_____时_____分至_____时_____分 从_____时_____分至_____时_____分

K=　　F=1/（1−K）=

画图时间：每个流星_____秒，共_____分，中断时间共_____分，Teff=　　分=　　时

附表二　　细目表

年_____月_____日　　从_____时_____分至_____时_____分（世界时）

观测者：_____记录者：_____

编号	时分秒	星等	归属	仰角	方位角	备注

备注栏可记一些特别要记的事。如画流星图时，画轨迹的自信程度，用“+”表示很有把握，画得准；用“θ”表示有一定把握，用“—”表示无把握。又如某流星有余迹，则记“余迹几秒钟”。某流星运动特别慢，可简记“很慢”，等等。

附表：据 IMO 划分的 20 个天区的星数与极限星等的对应表（N—Lm 转换表）

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm
2	3.2	2	2.9	1	2.4	1	1.2	1	2.8	1	2.1	1	2.6	1	1.1	1	1.3	1	1.2
3	3.7	3	3.1	2	3.3	2	2.4	2	3.0	2	2.6	2	3.3	2	1.8	2	2.2	2	2.9
4	3.9	4	3.9	3	3.7	3	3.2	3	3.4	3	2.9	3	4.0	3	3.0	4	2.6	3	3.4
5	4.2	6	5.0	4	3.9	4	3.9	4	4.6	4	4.7	4	4.5	4	4.7	5	3.4	4	4.5
6	4.9	7	5.1	5	4.5	5	4.3	5	5.1	5	5.2	5	4.6	5	4.8	6	3.8	5	5.8
7	5.0	8	5.4	6	4.6	6	5.0	6	5.2	6	5.4	7	4.9	7	5.1	7	4.4	7	5.9
9	5.2	10	5.6	7	4.8	7	5.1	7	5.4	7	5.7	8	5.2	8	5.3	8	5.0	8	6.0
10	5.3	11	5.7	8	5.2	8	5.3	8	6.0	8	5.9	10	5.4	9	5.5	11	5.6	11	6.1
11	6.0	12	5.8	9	5.4	9	5.6	10	6.2	9	6.2	12	5.5	10	5.9	13	5.7	12	6.4
12	6.1	13	6.0	11	5.7	10	5.7	11	6.4	12	6.3	13	5.9	11	6.0	15	6.0	15	6.5
15	6.3	14	6.1	13	5.8	11	5.9	12	6.5	14	6.4	14	6.0	12	6.1	18	6.1		
16	6.4	15	6.2	14	6.0	12	6.1			17	6.5	15	6.1	15	6.2	20	6.3		
17	6.5	17	6.3	13	6.2	13	6.2					17	6.2	16	6.3	21	6.4		
		20	6.4	16	6.2	14	6.3					18	6.3	17	6.4				
				17	6.3	15	6.4					20	6.4	20	6.5				
				18	6.4	16	6.5					22	6.5						
				19	6.5														

11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm	N	Lm
1	0.2	2	2.7	1	3.9	1	2.3	1	3.0	1	1.7	1	0.2	1	2.3	1	2.2	1	4.2
2	2.3	3	3.0	2	4.0	2	2.6	2	3.4	2	1.9	2	2.1	2	2.9	2	3.3	2	4.4
3	2.7	4	3.6	4	4.3	3	4.0	3	3.9	3	2.9	3	2.7	3	4.2	3	3.9	4	4.7
4	3.0	5	3.7	5	4.5	4	4.8	4	4.9	4	4.6	4	3.5	4	4.3	4	5.2	5	5.0
5	3.8	6	5.2	6	5.0	6	4.9	5	5.1	5	5.1	5	3.9	6	5.0	5	5.4	6	5.4
6	4.5	7	5.3	7	5.5	7	5.0	6	5.5	6	5.7	6	4.2	7	5.1	6	5.7	7	5.7
7	4.7	9	5.4	8	5.7	8	5.2	8	5.8	7	5.9	8	4.6	9	5.2	8	6.1	9	5.8
9	4.9	11	5.6	12	5.9	11	5.5	10	6.0	9	6.0	9	5.1	10	5.5	11	6.4	10	5.9
10	5.0	13	5.8	13	6.0	12	5.7	12	6.1	11	6.2	10	5.5	11	5.7			13	6.0
11	5.3	14	6.4	15	6.1	13	5.9	18	6.3	13	6.3	11	5.9	12	5.9			15	6.1
13	5.7	17	6.5	16	6.2	14	6.0	21	6.4	14	6.4	12	6.0	13	6.1			16	6.2
14	5.8			17	6.3	15	6.1					14	6.1	14	6.3			18	6.3
17	5.9			18	6.5	16	6.2					16	62	17	6.4			23	6.4
19	6.0					18	6.3					17	6.3	18	6.5				
21	6.1					20	6.4					20	6.4						
23	6.2					24	6.5					26	6.5						
25	6.3																		
27	6.4																		
30	6.5																		

说明：这里删去 Lm 在 6.5 以下的有关数值。

三、彗星的搜寻观测

发现和观测彗星是天文爱好者普遍感兴趣的活动内容，如果一位业余爱好者从茫茫星海中搜寻到一颗彗星，那种欣喜、激动的心情是难以用语言来表达的。事实上，近代以来有许多彗星是

业余天文爱好者发现的。在今天，寻找新彗星，尤其是用发现者的姓名来命名所发现的新彗星对爱好者具有极大的吸引力。每年总有一些彗星被细心的爱好者所观测到，甚至有的人一年里能几次观测到以前从未被人发现的彗星。

寻彗星的准备工作 搜寻彗星是一项在望远镜下进行的长期而艰苦的工作。作为业余爱好者，应首先具备一架小型望远镜，因为能用肉眼发现的彗星很少，肉眼只能看到亮于 3 等星的彗星。所用望远镜以焦距较短、聚光力强和宽视野的为好。一般说来，望远镜物镜可在 7～10 厘米，配上放大倍率较小的目镜（可在 8 至 20 倍之间），因为目镜倍率过大将减弱彗星表面的亮度并缩小望远镜中的目标。此外，认真学习掌握一些必要的天文基础知识，可增加发现新彗星的概率。

要准备一份和望远镜能力相配合的全天星图，即你的望远镜能观测到多少等星，使用的星图中就应包括多少等星，注意星图中应注有星团和星云的位置。因为彗星的形象往往和星云、星团类似，较难区别，用标有星云、星团的星图可避免误认情况发生。历史上有成就的业余天文学家曾因找不到合适的星图而自己编绘寻找彗星专用的星表和星图。现代天文学家往往是通过拍摄天体照片来寻找发现新彗星的，这些被发现的彗星虽然在星空中显得暗淡无光，但还是从底片中被检测出来。

在搜寻观测前还应准备好铅笔、记录本、手电筒和钟表等物品，观测地点应选择视野开阔、四周没有或很少有明亮灯光影响的地方。所用手电筒不宜太亮，以免刺激眼睛，影响观测效果。如果没有专门的寻彗望远镜，也可以用双筒望远镜，经验表明，现代用非照相法发现彗星的望远镜口径多数在 120～150 毫米左右，其中有一部分就是双筒望远镜。此外，观测者应受过良好的“自我训练”，能够识别出星系、星团、星云与彗星，若未经历过反复巡天观测各梅西耶天体（星云星团）并记住它们的位置，搜寻彗星是难以获得成功的。

观测方法

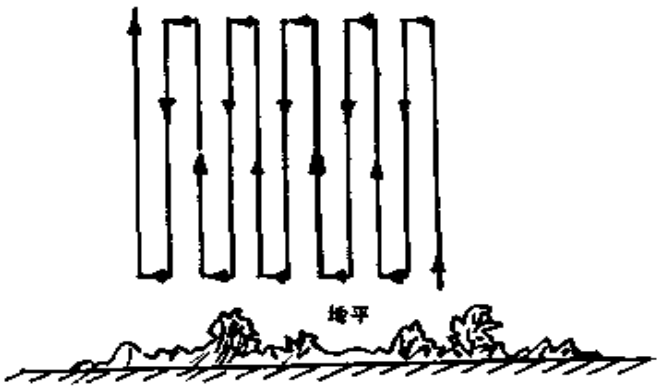


图 6.3.1

巡天扫描法　观测者用望远镜循序渐进地沿垂直方向的平行带对天空作上下扫描观测(如图 6.3.1)，这些平行带应稍有垂叠；也可沿水平方向的平行带对天空作水平扫描观测，如图 6.3.2 所示，如果用此法在傍晚开始观测，应在日落 45 分钟后从日落点偏北 45°处由北向前南开始进行水平扫描，如果用此法在黎明前进行观测，扫描起始点改为日出点偏北 45°处，并由水平高度自上而下进行“之”字形扫描。

搜寻观测时，可根据自己的望远镜视场的大小，把星空分为若干区域，并编上顺序号码，将望远镜对向可能出现彗星的天区，循序扫描搜寻。如果在上半夜，应特别注意西方天空，半夜时要注意北方天空，黎明前注意东方天空。有经

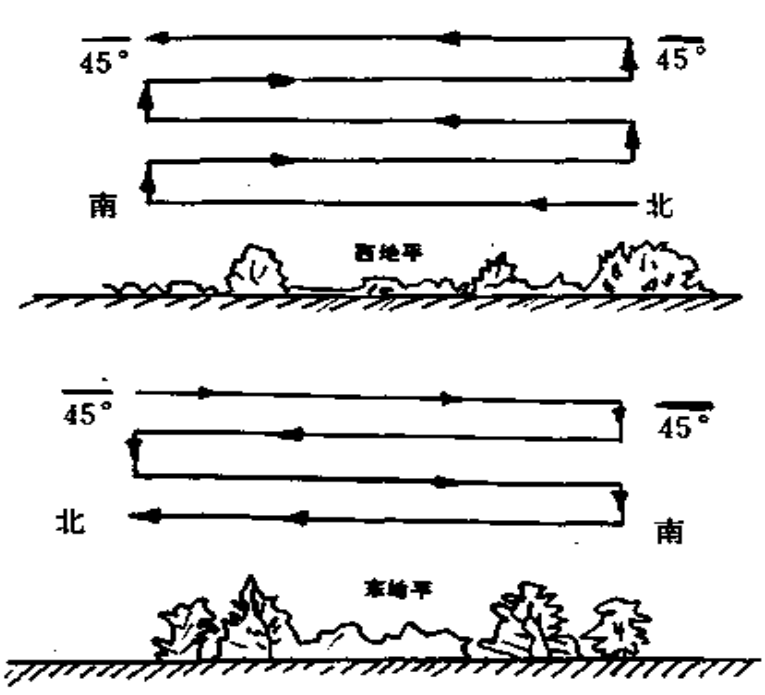


图 6.3.2

验者认为，某月对应于某些星座是彗星易现区，即一月份为金牛、武仙和波江座；二月为狮子和仙王座；三月为室女、狮子、飞马和天秤座；四月为飞马、仙女、英仙和仙后座；五月为飞马和双鱼座；六月为英仙、双鱼、御夫、鹿豹和大熊座；七月为白羊、鹿豹、武仙、御夫、鲸鱼、金牛、小熊、蛇夫和仙后座；八月为宝瓶、大熊、鹿豹、御夫、天猫、武仙、金牛和仙后座；九月为天猫、狮子、鹿豹、蛇夫、宝瓶、长蛇、大熊和双子座；十月为狮子、天龙、鹿豹、鲸鱼、金牛、蛇夫、宝瓶和牧夫座；十一月为室女、六分仪、飞马、武仙、波江、狮子、金牛、鲸鱼和天龙座；十二月为室女、金牛、鲸鱼和武仙座。爱好者可参照上述经验进行观侧。

对照星图法　观测者准备好一份全天星图，依一定顺序向星空搜索彗星，开始时将望远镜指向星空离地平不太高的高度，不改变这个高度而慢慢地沿方位角移动望远镜。上半夜按南→西→北的顺序移动；半夜时按西→北→东的顺序；黎明前按照北→东→南的顺序。在移动观测中，注意细心观察望远镜中有无云雾状目标。观察一遍后沿着与开始时相反的方位角重复寻找一遍，防止遗漏。然后再将望远镜的高度提高到与这一块天区相邻近的另一块天区的高度，像前面的方法一样搜寻，寻到天顶星空位置为止。在观察过程中，对照星图仔细检查有无可疑目标，望远镜视场中有无未标注的云雾状天体、亮星以及比星图上标注的增亮许多或暗许多的星。彗星并不是像一般人想象的那样壮观，在它距地球几亿公里时，在望远镜中看到的只是模糊不清的斑点，很容易和别的天体“鱼目混珠”。随着彗星逐渐运行到接近太阳和地球的位置，其大小和亮度逐渐地增大，并很可能出现彗尾。在它尚未出现彗尾时，要观察它是否有相对于恒星的视运动，一般观测几小时或一两天就能发现它的视运动。但是，若彗星正好对着地球时，人们就无从看到彗尾。有的彗星既暗又移动得很慢，和暗的恒星形象相仿，如不细心观察，很容易将其放过。

照相观测　有条件的天文爱好者也可通过拍摄天体照片来发现彗星，照相观测比目视观测的精度高得多。为了获得清晰的天体照片，所用的望远镜需要有跟踪观测装置——转仪钟，还要有焦距较长的照相机。当在望远镜中发现了可疑的朦胧状天体，而又难以肯定它是不是彗星（或小行星）时，可首先把它及所在的星空拍摄下来。

由于这种拍摄感光时间长，故将照相机固定接在有转仪钟的望远镜架上，去掉镜头，把机身接在望远镜目镜接口上，形成一套天体照相设备。在拍摄的过程中要开启转仪钟，通过望远镜上的寻星镜密切注视观测的目标天体的位置，随时调节赤经微动螺旋和赤纬微动螺旋，使目标在望远镜的视场中的位置保持不变，这样才能获得清晰的照片。如果目标确是彗星，其照片上彗星像会有位移，只要比较两张不同时间拍摄（相隔几小时以上）的照片就会辨别出来，底片感光时间依底片灵敏度、彗星亮度而定，主要凭经验。底片一般用黑白胶卷，底片采用高细粒高敏度的胶卷，显影、定影和水洗与普通照相是一样的。这种天体照片可每隔两小时拍一张，曝光时间大约用 30 分钟或更长一些时间，主要依观测目标的亮度而决定。

发现彗星以后　观测者要确定发现的目标是否为彗星，必须要判定该天体是否有位移，要判别这一点，首先应仔细地观察描绘出天体在星空中的相对位置，并至少对其观测半小时或更长一些时间，再与原位置进行比较即可。因为彗星在任何情况下总会有所移动，而星云、星团或星系均不会显示出位移。另一种识别彗星的方法是寻找彗尾，它有时像个扫帚，有时好像散开的光扇，有时又像发光体射出的光穗。但是彗尾显示的光学细节在多数情况下并不明显，尤其是新彗星。

经过分析鉴别后，如果确实发现了一颗彗星，它可能是一颗重复出现的周期彗星，也可能是新彗星，观测者应及时快速地通过各种途径（电报、电话或电传）向有关天文研究机构报告，以

便专家学者们对此发现进行检验。首先应记下发现时间（年月日），彗星所在星座名称并注明发现天体的类型（彗星）；观测时间可用世界时，也可用北京时间；彗星的天体坐标（赤经和赤纬）；彗星的亮度和形态（有无彗尾，彗尾的长度和形态），尽可能估计出彗星的运动方向和速度。报告发出以后应继续对彗星进行跟踪观测（记录下来），积累观测资料，以便确定其轨道。继续观测的另一个目的是进一步了解彗星亮度和形态的变化，以研究其物理化学性质和运动规律。

彗星目视观测报告格式

观测者姓名　　地址　　邮政编码及电话号码

日期和时刻	彗星亮度	图号	仪器			放大率	彗发直径	彗头形态	彗尾长度	方位角	最暗星	黑暗适应	地点	备注
			类型	口径	f/									

彗星素描情况报告格式（供参考）

日期_____　　观测者_____

最暗恒星_____　　地点_____

仪器类型_____　　口径_____f/_____

大气能见度_____

开始时间_____　　终了时间_____

放大率_____　　天体类型_____

彗头、彗尾_____　　方位角_____

彗星照相报告格式

时间＿＿＿＿＿＿　　观测者＿＿＿＿＿＿

仪器焦距＿＿＿＿＿＿　　口径（或f/）＿＿＿＿＿＿

照相方法＿＿＿＿＿＿　　有效焦距＿＿＿＿＿＿

底片型号＿＿＿＿＿＿　　感光度＿＿＿＿＿＿

显影液＿＿＿＿温度＿＿＿＿显影时间＿＿＿＿（分）

注记：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

照相感光记录表

观测者姓名：

片号　　时间	感光开始时间	感光时间	最暗恒星	地点	备注

四、天体摄影指南

面对日月星辰，许多天文爱好者希望亲自拍摄壮丽的宇宙景象。为了观察研究天体，天文学家们采用与天文望远镜相匹配的照相机进行天体摄影。欣赏绚丽多姿的宇宙风光照片，无论是对艺术家还是业余爱好者来说，都是一种美的享受。对普遍摄影爱好者来说，只要得法，天体摄影并不是难以实现的事。

仅用照相机的天体照相　主要器材：一个稳固的三角架和普通的单镜头反光照相机，采用焦距为50毫米、f 2.0或f 1.8的标准镜头，三脚架要带有云台；一根快门线；一张4寸见方的不透光的平坦的硬纸板；感光度为21～27定的黑白胶卷或彩色胶卷。也

可使用幻灯片胶卷（亦称反转片），拍得后可用幻灯机打在屏幕上欣赏。

准备工作 最初的天体摄影一般是拍摄天体的周日视运动，可先以北极星及附近的星体为拍摄对象。为此应准备一个用铁丝做的活动取景器放在相机上固定好，其框架的大小及平面要与镜头的视角一致，这主要是为了寻找星体方便而设。活动取景器要设法固定在相机取景器的上方。照相机置于三角架上（见图6.4.1），镜头对准被拍摄的天体——北极星，用眼睛通过活动取景器的小孔能看到北极星即可。

拍照 首先把光圈开到最大或接近最大，聚焦在无穷远（∞）处；用准备好的硬纸板遮住相机镜头，按动快门线，打开“B”门后，立即拿开硬纸板开始曝光。看一下手表，记好曝光开始的时刻。注意动作要轻巧、准确，避免引起相机的震动。大约曝光50分钟左右之后，再用硬纸板遮盖一下镜头，关好“B”门。至此，拍摄工作完毕。胶卷可拿到照相馆或自己冲洗，和一般照相冲洗没有什么不同。从冲洗出来的底片上你可以看到，底片上呈现一圈一圈的弧线，圆心均为一个。这是为什么呢？这正是由于地球自转而呈现恒星周日视运动的观测结果，因为地球一刻不停地自西向东自转，故使人们看到星星每晚东升西落的现象，底片上的同心弧圈正是北极星附近恒星周日视运动轨迹。注意，北极星实际上并不是真正的“极星”，它与北天极仅相差约1°，它在底片上的轨迹是一个很小很小的圆弧。

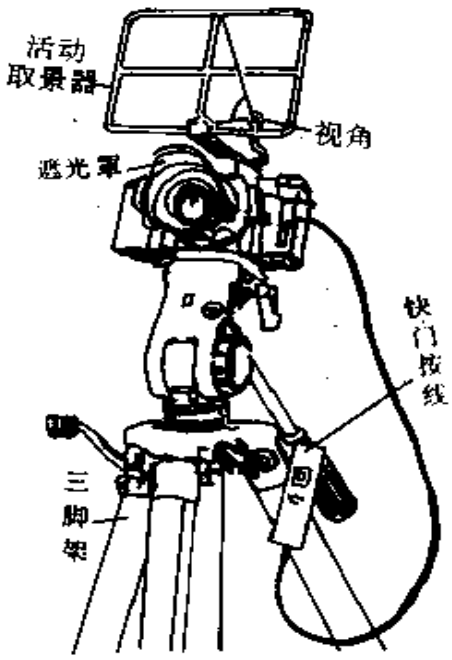


图 6.4.1

如果你拍摄天赤道附近的恒星，由于其视运动速度快，移动距离亦大，可把光圈开至最大，曝光时间约 20 秒，拍得后的星星基本上是点状；若曝光时间延长（可曝光二三个小时），拍得的星星轨迹呈条状。最初拍摄时，你可任意选取某一星座（如猪户座），不妨先用 10～30 秒时间作试拍曝光实践。如果你想拍月球，可调整光圈为 11 或 16，在月亮即将升起时打开快门，然后在 1～2 小时后关上快门，结果是在底片上留下一串月亮像。若希望获得一个断续的结果，可把光圈放在 5.6，打开快门后，每 5 分钟揭开镜头盖露光一秒钟。用这种方式拍摄金星，曝光时间大约为 10 秒或者更短一些。但如果天空还留有黄昏或黎明的辉光，应把曝光量再减少一些，在天体摄影活动中，只有经过反复实践才能掌握正确的曝光时间和光圈的最佳值，这里提出的数据仅供爱好者们参考。对初学者来说，在天体摄影过程中，应把每张胶片所用的曝光时间、光圈值等数据记录下来，在反复对比参考后一定会拍摄到理想的天体照片。

望远镜与照相机的接续摄影　把照相机接装在天文望远镜上拍摄天体照片，效果自然要比仅用照相机拍得理想，特别是用望远镜的主焦点直接拍摄，其方法是卸去望远镜的目镜和照相机的镜头，把照相机机身接续在望远镜上，即望远镜物镜（亦称主镜）取代了相机的镜头，如图 6.4.2 所示。

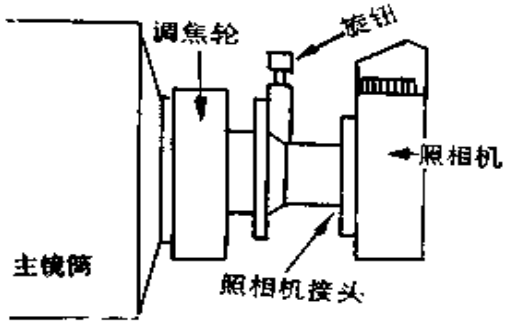


图 6.4.2

首先要准备一个可以装在你的望远镜主焦点上的单镜头反光照相机机身，相机机身安装在望远镜原先装目镜的位置上，两者之间通常要再接一个中间接圈，因为各种型号的相机镜头卡口并不相同，有条件的话可请手艺精巧的钳工制做这种接圈。为了长时间曝光，应购置一根能够锁定的快门线，以便在拍摄时把相机

"B"门长时间开启。据有经验者介绍，使用彩色正片（又称为幻灯片）拍摄的效果比平时使用的彩色胶卷效果要好得多。

业余爱好者拥有的大多数小型天文望远镜均可用于拍摄某些天体，特别是口径在150毫米左右的牛顿式反射望远镜，其相对口径较大、集光力强、体积较小、便于操作。若使用国产宝葫芦牌牛顿式反射望远镜，需要自己配置替换目镜的照相暗盒，暗盒的前端安一个外径同目镜筒相同的暗盒筒替代目镜筒，然后用调焦轮把暗盒筒旋入（目镜）接口，使底片调到成像的焦平面上，即可进行拍摄（如图6.4.3）。若使用国产120毫米折反射望远镜，配上国产海欧DF型单镜头反光照相机，仿照图6.4.4接续起来，拍照时旋转调焦轮，使取景器内显示出清晰的天体像就可进行拍摄。此外，必须购置一根快门线来按动快门，以避免由于振动引起天体影像模糊变形。

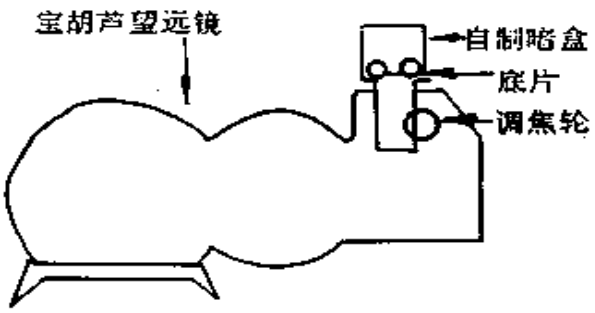


图 6.4.3

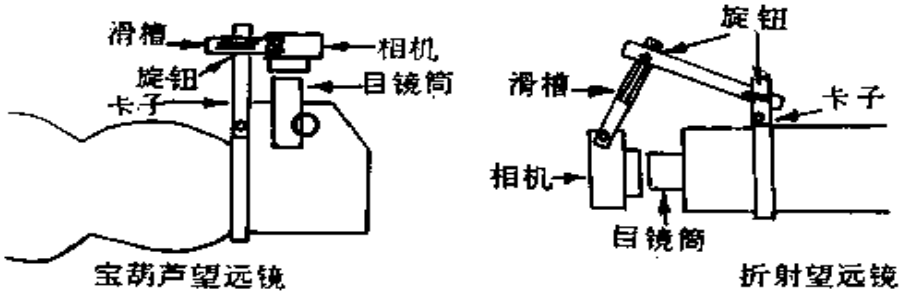


图 6.4.4

望远镜的支架稳固是保证天体摄影成功的关键因素之一。在购置望远镜时应仔细检查它的座架，要考虑到在望远镜加装照相机和寻星镜后能否维持平衡和正常运转。最好使用带转仪钟的赤

道式座架，这种座架通常由一个小型电动机驱动，使望远镜能对天体作跟踪观测。我国爱好者目前使用较多的是国产 120 型和日本产 150 型望远镜，一般都是通过调节赤经、赤纬微调来纠正在跟踪中出现的偏差。

这种方法一般可拍摄太阳、月球、日食和月食等。因为小型望远镜的主镜焦距不太长，所以大多数天体在主焦点上成像都很微小。行星的视面都太小，如金星位相、木星云带、土星光环等细节，不经目镜放大很难拍好。但有时遇到行星会合、行星靠近昴星团等壮观天象时，用此法也可拍到漂亮的照片。在拍摄时对于曝光时间没有十分严格的固定标准，要根据所摄对象和天体条件灵活掌握。例如拍摄月球，在天气较好、月球地平高度在 20 度以上条件下，若使用 21 定黑白底片（或 ASA100 感光度彩色胶卷）来拍不同的月相，可参考这样一些数据：农历初五或廿六，曝光时间为 1/2 秒或 1 秒；上弦或下弦时，曝光 1/8 秒或 1/15 秒；十二或十九时，曝光 1/30 秒或 1/60 秒；十五或十六时曝光 1/60 秒或 1/125 秒。在拍摄月全食时，从初亏到食甚，曝光时间是随之逐渐延长的，即从 1/60 秒、1/30 秒、1/15 秒、1/4 秒一直延长到 1 秒，在一般情况下，全食时曝光可达 1～3 分钟；全食以后，曝光时间又相应地缩短，用上述曝光时间获得全食过程后半部分的像。“实践出真知”，经过多次拍摄实践后，你一定会获得满意的天体摄影作品。

为了掌握正确的曝光时间，爱好者可参照如下公式和“天体亮度指数表”，这种方法适于物镜焦平面天体摄影。

$$t = (f/D)^2 \frac{1}{A \times B} \text{（秒）}$$

上式中 t 为曝光时间（以秒为单位），f 为物镜焦距，D 为望远镜物镜的有效口径，A 为底片的感光指数（以 ASA 为单位），B 为天体亮度指数。

天体亮度指数表

天体	太阳	弯月	上下弦	凸月	满月	月全食	半影食
B值	10^6	20	40	80	200	0.005	20～50
				金星	火星	木星	土星
				2000	120	25	10

目镜后天体摄影 目镜后加照相机天体摄影 用这种方法拍摄的最佳目标是月球，待以后积累了足够的经验，还可拍摄明亮的大行星和太阳。用此方法时望远镜的目镜和照相机镜头均不必卸下，仅将望远镜对准天体，调好焦点，使望远镜目镜中的天体像达到最清晰，把相机的光圈和焦距都调至最大，然后将相机安装在目镜后面，相机镜头对准目镜后，细心调整相机的位置，使相机的光轴与望远镜光轴重合，并且从相机镜头到目镜距离正好能使相机的取景器上天体成像清晰，即可进行拍照。必要时也可稍微调节目镜筒，改进天体像的清晰度。为避免外来光侵入，在望远镜目镜筒与相机镜头之间最好用黑纸或黑布包裹好。使用此法摄影，曝光时间可通过下式计算：

$$t=(f_1\cdot f_2)^2/A\cdot B\ (Df_3)^2\ (秒)$$

式中 t 为曝光时间，f_1 为望远镜物镜的焦距，f_2 为照相机镜头的焦距，A 为照相底片的感光指数（以 ASA 为单位），B 为天体亮度指数（参见前面的“天体亮度指数表”），D 为望远镜物镜的有效口径，f_3 为目镜的焦距。

目镜后投影照相 此法特点是，不要卸下目镜，在目镜筒上附加一个镜筒，附加的镜筒长度与天体像的大小、目镜焦距、物镜成像的直径等有关。附加镜筒的有效长度 l（从天体像面到目镜距离）可由下式计算：

$$l=f\ (s/d+1)$$

式中 f 为目镜焦距，s 为天体像的大小，d 为物镜焦平面上天体像的直径。在附加镜筒上安装照相机（取下照相机镜头），或者安上

特制照相盒，曝光前要调节目镜筒，使天体成像最清晰时即可拍摄。这种天体摄影方法的曝光时间可参考下式：

$$t = (lF)^2/A \cdot B\ (Df)^2\ (秒)$$

式中 t 为曝光时间，l 为附加镜筒的有效长度，F 为物镜焦距，D 为物镜的有效口径，f 为目镜焦距，A 为底片的感光指数（以 ASA 为单位），B 为天体亮度指数（可参看前面的“天体亮度指数表”）。

以上照相曝光时间，也适合其他天体照相，只要按“天体亮度指数表”归算出相应星等的 B 值即可。由于天体摄影的曝光时间还与大气透明度、宁静度、暗房技术等诸因素有关，所以上述曝光时间计算只供参考，主要仍需在实践中得出经验才能成功。

感光指数换算表

美国标准（ASA）	25	50	100	200	400
德国标准（DIN）	15°	18°	21°	24°	27°
我国暂行标准（GB）	15°	18°	21°	24°	27°

注意事项　（1）拍摄太阳照片（黑子或日食）时，绝对禁止通过望远镜直接观看太阳，否则将烧毁眼睛导致失明，必须在物镜前加上足够深暗的中性滤光片，也可用曝过光的黑胶片，并且要在目镜后用手掌检查有没有强光漏射，以确保安全，只有这样才能用眼睛直接观察。若拍摄时间较长，停拍期间要转动望远镜筒（避开太阳），使阳光暂不射入望远镜，温度下降，防止仪器发生意外事故。

（2）夜间摄影或在气温较低季节摄影观测者注意增加衣服御寒。在天文望远镜前要加遮光罩，以防露水沾湿物镜，因为水汽是天体摄影的大敌。若经常在湿度高的地方拍摄，可自制一个防露装置，方法是在镜筒前端缠绕适量电热丝，接在蓄电池上，使主镜（或折反射镜的改正透镜）微微加热，露水就不会凝结上去。有条件的也可使用理发电吹风加热望远镜或照相机镜头。

（3）拍摄明亮的天体要选用感光度较低的底片；拍摄暗弱的天体，要选用感光度高的底片，这样可以用较短的曝光时间。因为底片感光度越高，感光指数越大，但颗粒粗，分辨本领低。拍摄高度较低的天体时，要考虑到天体光线透过较厚的大气层损失增多，故要适当增加曝光时间。此外，对同一个天体的摄影时，可选用几种不同的曝光时间重复拍摄，然后从中挑选出精美的照片，通过比较拍摄记录，取得天体摄影的经验。

·第七章

业余天文望远镜的制作

简论　深邃无垠的星空，不断地吸引着一代代的天文爱好者。17 世纪初，当伽俐略第一次将望远镜用于天文学，就在很短的时间内获得了许多激动人心的观测结果：月亮并非那么皎洁无瑕，而是有山脉、平原和坑穴；木星周围有四颗卫星在绕转；太阳黑子；金星的位相；银河并不像以往人们设想的那样为一条“发光流体”之河，而是由一颗一颗恒星构成的庞大集合体。纵观天文学史，不少著名的天文爱好者从对日月星辰的兴趣，发展到对天文望远镜的兴趣，而后通过望远镜不断地发现新的宇宙天体，最终成为对人类有杰出贡献的伟大科学家。直到今天，天文学家们仍在为研制新一代望远镜而忙碌着。

值得注意的是，历史上不少重要的天文发现出自业余天文学家，特别是他们使用了自制的天文望远镜或自己改装的望远镜。寻找新彗星和小行星，观测太阳黑子、月面、金星、火星、木星及其卫星和土星光环，为行星和星空摄影等仍是现代广大业余爱好者热衷的天文活动内容。由于市场上天文望远镜价格昂贵，而且有些望远镜光学性能并不理想，满足不了业余天文观测者的要求。出于科学的爱好和追求，更被那神奇美妙的星空所吸引，许多人想自己动手制作天文望远镜。这一章的内容正好可以满足他们的愿望和要求，其主要内容是根据以下资料编写的：

（1）《天文爱好者的望远镜》，上海科学技术出版社 1958 年出版；

（2）《天文望远镜》，上海少年儿童出版社 1960 年出版；

(3)《反射望远镜》，科学出版社 1985 年出版；

(4)《天文爱好者望远镜的制作》，科学普及出版社 1988 年出版；

(5)《青少年科技活动全书·天文分册》，中国青年出版社 1985 年出版；

(6)《天文爱好者》杂志 1964、1978、1982 和 1989 年各年合订本，北京天文馆《天文爱好者》杂志社出版。

本章的宗旨在于帮助业余天文爱好者从自制望远镜的工作中，增长自己的知识，推动业余天文活动的发展。

必备的知识 业余爱好者自制天文望远镜，应当掌握一些基本的光学知识，诸如掌握光的直线传播定律、反射定律和折射定律以及几何光学基本原理，这在一般物理学教科书中不难查找。一般天文望远镜所采用的光学元件，主要有反射镜和透镜两类。根据望远镜聚光成像的方式，可分为“折射式”、“反射式”、“折反射式”等多种类型。

当年伽利略的望远镜是很简单的——只有一个细长的圆筒，在一端装一块凸薄透镜作为物镜，在另一端装一块短焦距凹透镜作为目镜（见图 7.1），他的望远镜最终达到了约 32 倍的放大率，是当时技术水平最高的。伽利略式望远镜的主要缺点是它的视场小，故以后德国天文学家开普勒建议使用凸透镜作为目镜，如图 7.2 所示。这种改进不但可以加大望远镜的视场，而且还可以在目镜焦平面上安装刻度玻璃，使得这种望远镜可以直接用来测定天体的位置，由此大大提高了天文望远镜的性能。

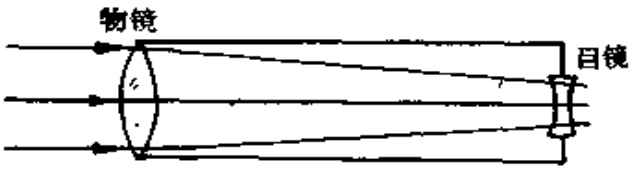


图 7.1

简单的折射望远镜由物镜、目镜和镜筒组成（图 7.3）。图 7.2 中的黑色粗箭头表示该望远镜所观测的天体；英文字母 B′A′表示它在望远镜中形成的倒立实像。折射望远镜是利用折射来聚光成

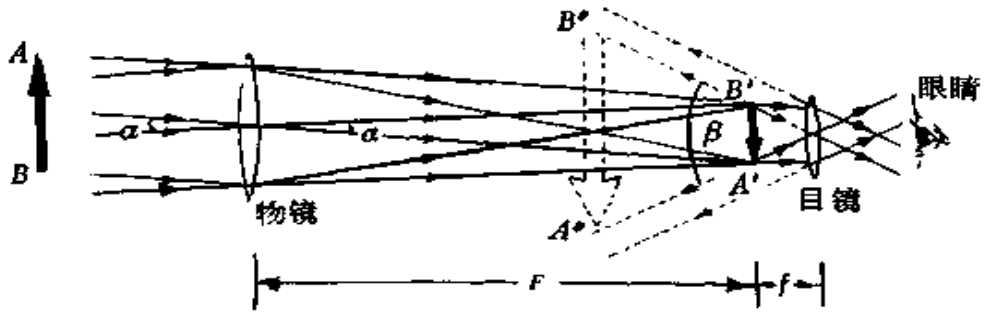


图 7.2

像的，天体射来的光线都可以看作平行光，当光线通过物镜（凸透镜）便被聚集起来成像于其后焦点上，然后再通过目镜将此像放大后（即图中 B″A″）供人们观察。

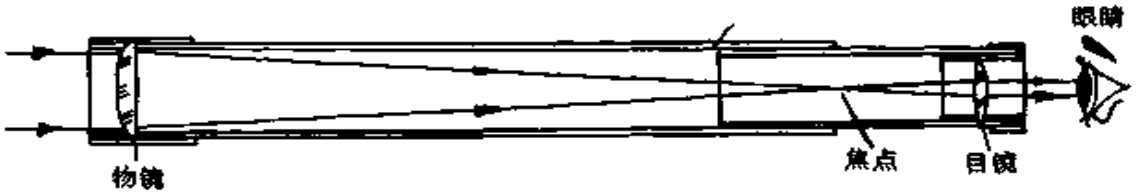


图 7.3

由图 7.2 可以看到，用眼睛所观看的某一天体视角为 α，而通过望远镜所看到的同一天体的视角为 β，其视角显然被放大了。通常用 G 表示天文望远镜的放大倍率，它等于物镜焦距 F 同目镜焦距 f 的比，即 G＝F/f，通过改变不同焦距的目镜，使同一望远镜能有不同的放大倍率。由上面的公式可见，F 越大，f 越小，望远镜的放大倍率就越大。但是，目镜的焦距不能过分地短，否则会产生严重的像差，即出现像和原物不相像的现象；而且物镜的焦距也不可太长，否则望远镜的视场（通过望远镜看到的天空范围）太狭小。天文望远镜的放大倍率一般控制在 30～300 倍之间。

望远镜的口径（也称有效口径，常以符号 D 表示）是指其物镜未被遮掩，真正起集光作用部分的直径。一般说来，口径越大，星像越亮，或者说能见到越暗弱的天体，在拍摄恒星时，需要的曝光时间也越短。相对口径是反映望远镜聚光本领的指标，它通

常又称光力，以 A 作符号，它等于物镜的口径 D 同物镜的焦距 F 的比，即 A＝D/F，在观测行星、彗星和星云之类有视面天体时，重要的不是有效口径，而是相对口径。折射望远镜的相对口径很少能超过 1/7 的，反射望远镜一般为 1/3～1/5。为使在望远镜中观察到的天体更明亮些，需要用口径较大的凸透镜作物镜。但是在简易望远镜里却不能单纯地追求增大口径，因为单透镜不能避免各种像差，在一定焦距的情况之下，口径越大，像差也就越大。假如选取物镜的焦距为 1 米左右，那么物镜的口径没有必要超过 50 毫米，否则就要求选用更长的焦距。前面已提到，物镜的焦距越长，放大倍率越大，但视场会越狭小，这样会为寻找观测目标带来很大困难。

目镜实际上是用一块放大镜来充当的，放大镜的放大倍数是考虑到一般人眼睛的明视距离大约是 250 毫米而推算出来的。如果放大镜的焦距也用毫米为单位，用 M 表示放大镜的放大倍数，由公式 M＝250/f 可以算出，5 倍的放大镜，焦距 f 为 50 毫米；8 倍的放大镜，焦距 f 约为 31 毫米。

当人们仅用一块凸透镜作物镜进行观察时，望远镜里所看到的天体都带着各种颜色，看起来很不清楚，这种毛病就是人们常说的“色差”。这是由于玻璃对不同色光的折射率不同，所以物体通过透镜所成的像的边缘往往带有颜色。对于“色差”的毛病，若用一个单片的透镜作物镜时，根本就无法消除，只有至少是两种不同性质的光学玻璃（制造光学仪器用的高级玻璃，具有良好的光学性能）制成的透镜叠合而成的消色差透镜，才能够消除色差。假如你想制作一架性能良好的折射望远镜，就得要两种光学玻璃的透镜。如果你想制作一架最简单的折射式天文望远镜，最方便的物镜可采用 100 度（或在 75 和 150 度之间）的老花镜镜片，其焦距是 1 米左右。在购买这种眼镜片时要注意挑选加工质量较高的。此外，也可选用照相机用的近摄附加镜头（选购焦距 1 米左右的），其质量比眼镜片好得多；还可采用一般幻灯机用的长焦距

镜头（有焦距 500 毫米左右的），把其口径用光栏减小一些之后也可使用。

简易折射式望远镜的制作

选择物镜和目镜　如前所述，物镜可以选用焦距为 1 米左右的凸透镜，也可以采用约 100 度的老花镜片。在选择物镜用的镜片时，可按下面的简便方法检定其成像质量。

首先把透镜对向远处某一目标如树木、电线杆等，用眼睛在离透镜焦点之后约 30 厘米处向镜头观看，就可以看到在焦平面上物体的倒像。当你的头部左右移动时，物像就在透镜范围内作相反方向的移动。如果物像移到透镜边缘时产生显著的弯曲，就表明该镜片的像差较大。有的透镜像呈现不规则弯曲变形，移动时有跳跃等，这说明镜片很不均匀或镜头表面加工质量很差。如果只在边缘稍有弯曲，那么在镜片上加一个光栏把对成像有影响的边缘部分遮去便能使用。

望远镜的目镜可选用焦距是 30～50 毫米的凸透镜，也可用修理钟表常用的放大镜（其放大倍数约 5～8 倍）代替。如有可能，再买一个 10 倍的小放大镜作目镜，你的望远镜便能有 40 倍的放大率。一般说来，同一架望远镜常附有几个不同焦距的目镜，这样可得到不同的放大倍率。

对于选择好的物镜和目镜要精确测定它们的焦距，以便确定镜筒的长度。可分别把物镜和目镜对着太阳，在镜片的另一侧放上毛玻璃或白纸屏，前后移动白纸屏或毛玻璃找到成像最清晰的位置，然后用尺量出镜片到白纸屏的距离，这个距离即镜片的焦距。镜筒的长度近似地等于物镜和目镜的焦距之和。

制作镜筒　材料可用黄板纸（即“马粪纸”），粘合剂可用乳胶或木工胶。为了适应不同人眼睛的视力，镜筒要有一定的伸缩调焦范围，故要做成两节，一节是物镜镜筒，另一节是目镜镜筒。物镜筒的长度约等于物镜的焦距，筒直径约等于物镜的直径。目镜筒的长度要比目镜焦距长 60～80 毫米，筒的直径约等于目镜的

直径，注意要使筒的外径等于物镜筒的内径，使得目镜筒既能正好插入物镜筒内，又能相互贴得较紧，并且便于前后调节焦距。

制作镜筒时，先把纸板裁成宽度大致和镜筒直径相近的条子。找来一根长度稍长于物镜焦距、直径约等于物镜直径的物体（如硬质塑料管、日光灯管或铁管等）作芯柱。为了消除杂散反光，望远镜筒的内壁要涂成黑色，可用墨汁加上一些胶和石膏粉涂在第一层的黄纸板条上。在芯柱上卷绕纸条时要如图 7.4 所示，一圈

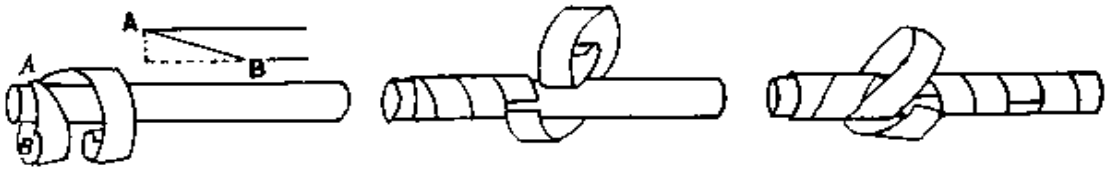


图 7.4

紧挨一圈地粘紧，既不要有间隙，也不能重叠。在第一条纸的一端先剪成适当长度的斜口，然后卷紧在芯柱上，其余纸条依次接上。最后一条纸板末端也应剪成适当长度的斜口。镜筒两端和纸条交接处，要用涂有黏合剂的牛皮纸固定，然后再在第一层镜筒的外面和第二层纸条的内面涂上黏合剂，用相同的办法，但以相反的方向缠绕粘住。第三层的卷绕方向应和第二层反向。最后在镜筒外面裱糊上一层牛皮纸。稍待干燥后就应把芯柱抽出，否则最后难以抽出芯柱。粘好的镜筒应竖直放在室内阴干，不要在阳光下曝晒，以免发生弯曲变形。镜筒完全干透以后，可用锋利的刀子截去不需要的长出部分。目镜镜筒的制作方法和物镜镜筒的制作方法基本相同。制作时要注意前面提到过的目镜筒的外径要等于物镜镜筒的内径，这可通过裱糊牛皮纸逐渐地逼近所需的外径尺寸。

安装镜片　安装时注意目镜镜片凸面要向着镜筒内，而物镜镜片的凸面则向外。要根据镜片大小和镜筒的情况采取不同的固定方法，如图 7.5 所示。为使镜片稳稳地固定在镜筒中，一般要附加镜片套筒。图中 a 表示镜片直径等于镜筒内径时的安装，b 是

镜片小于镜筒内径的情况，c 是镜片直径等于镜筒外径，d 是镜片直径略大于镜筒外径的情况。为了防止目镜筒整个儿地滑进物镜筒里，应在目镜筒末端外面增加一小段凸圈。安装镜片最为关键的是使物镜和目镜的主光轴都落在镜筒的中心线上。

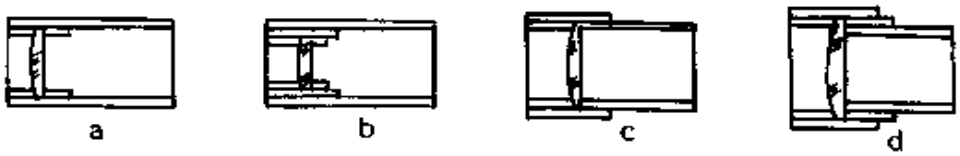


图 7.5

望远镜的成像质量要通过实际观测天体才能够断定。当调焦到最好位置时，星像应当是一个对称的橙黄色的小点，周围有蓝紫色的光晕。若星像是模糊的团，说明镜片的球差很大，这时必须用光栏缩小物镜的口径，直到成像较满意为止，如果口径缩小到 2 厘米以下成像仍不好，说明此物镜质量太差，不能使用。若发现星像不是一个对称的小点或带有一个小尾巴，多数情况下是镜片装得不正，但有时也可能因镜片玻璃不均匀或加工质量不好所致。

简易望远镜的支架应很稳固，并能使望远镜在水平和竖直两个方向转动，一般可以采用木制或金属三角架。支架应架在望远镜的重心处。用这种简易天文望远镜可以观测月亮的表面、木星的卫星、金星的月牙形位相、土星的光环，也可分解一些明亮的双星等。

牛顿式反射望远镜的制作　这种望远镜的特点是光线射在凹面镜（即物镜）上反射后聚集成像。其光学部分主要由一个物镜、一个平面镜和一个目镜组成。光线只是在物镜片的表面上反射，并不需要穿过透镜，故不必采用光学玻璃。此类望远镜的最大优点是没有色差。牛顿式反射望远镜（图 7.6）是最简单的反射式望远镜，对大多数业余天文望远镜制作者来说，成功的把握比较大。

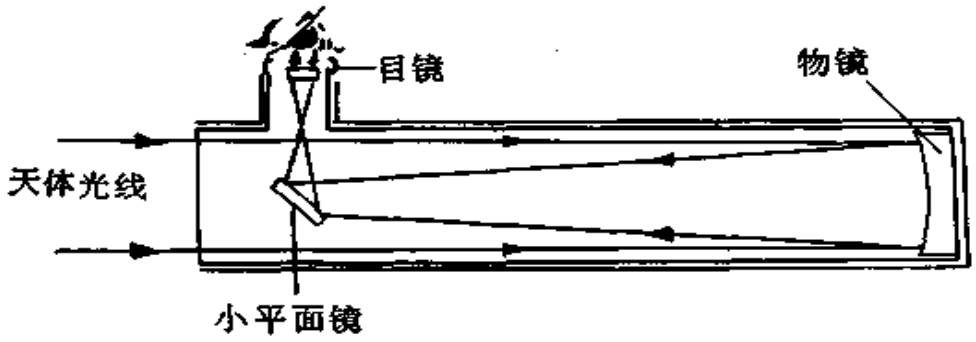


图 7.6

由图 7.6 可知，来自某一天体的光线射入望远镜筒后，从物镜反射和汇聚到一个与物镜大约成 45°角的小平面镜上，然后经过小平面镜反射，成像于目镜的前焦点处，观测者从目镜中可以看到放大了的天体的像。这种望远镜的放大倍率同折射式望远镜相似。例如物镜的焦距是 1000 毫米，目镜的焦距是 25 毫米，那么此望远镜的放大倍率为 1000/25＝40（倍）。制作牛顿式反射望远镜用的目镜和小平面镜一般能买到成品或半成品，目镜一般选用冉斯登目镜。制作者应把主要精力集中在主镜（即凹面物镜）的制作上。小型牛顿式反射望远镜的物镜焦距一般选物镜口径的 8～10 倍。下表列举了制作物镜的几种参考尺寸，虽本文下面均以 150 毫米口径的物镜为例来说明光学镜面的加工方法，但只要有条件，用同样的方法也可以制作更大的镜面。

物镜的几种尺寸（毫米）

有效口径	镜片直径	玻璃厚度	镜片厚度
100	105	15～18	13～
150	155	20～26	16～
200	210	28～33	20～
250	260	30～40	25～
300	310	35～45	30～

磨制物镜的材料和工具的准备

玻璃　磨制反射望远镜的物镜，需要两块同样大小的圆形玻璃，一块作为要磨的镜面，即作物镜用，另一块作为磨制镜面时的工具用，称为工具玻璃。玻璃选择没有气泡的、比较厚的普通玻璃即可，物镜玻璃的厚度应是镜面直径的 1/6～1/8。工具玻璃的厚度可以薄一点，但要求是镜面直径的 1/8～1/15，而镜面玻璃不能太薄的原因在于防止变形。一般若能买到约 10 毫米厚的硬质玻璃圆块是比较理想的。据有关专家的经验，若镜面的焦距取为 100 厘米，可以用普通 6 毫米厚的平板玻璃来做镜坯，只要在细磨、抛光以及安装使用中不让它受到太大的压力，也能制成很好的镜面。购买时，可请商店的人员按所需的镜面尺寸代为加工成圆形，并请他们把边缘磨齐。

磨料　磨制镜面过程分为粗磨、细磨和抛光三个阶段。粗磨时用硬度高、磨削速度快的磨料，如 80 号至 100 号的绿色（或黑色）炭化硅砂，需 1000 克左右。用普通建筑用的黄砂也可，但因黄砂硬度比金刚砂差，磨的时间较长。细磨时用至少三种不同粒度的砂，如 180 号、280 号和 303 号（或 W20）金刚砂各 150 克左右。一般细磨常用的是刚玉砂，它磨出的表面比较细腻，利于抛光。有经验的磨制者提出，细磨时使用 120～150 号、180 号、240～280 号金刚砂各 120 克，氧化铝 M_{302}、M_{303}、M_{304}、M_{305} 号各 120 克（市场上的刚玉砂基本成分是氧化铝，只是不够纯）。抛光时

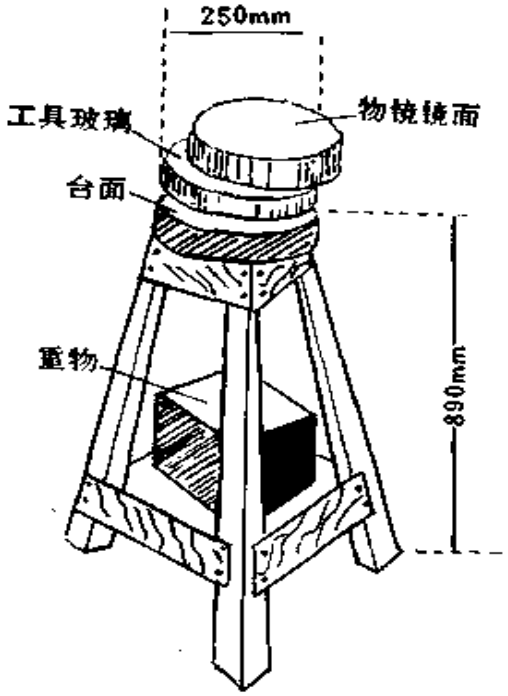


图 7.7

使用 309 号红粉（氧化铁）约 100 克，也可使用白色的氧化铈。

沥青（亦称柏油） 抛光时需用沥青约 500 克，冬天用 60°的（3 号）沥青，夏天用 90°的（5 号）沥青。另外再准备一些松香和松节油，以调节沥青的硬度。

工作台 如图 7.7 所示，用木料制作一个结实的三脚架式的工作台，因操作时绕着它转，所以工作台一定要稳定。

其他 几块清洁、吸水力强、不易掉毛的布（擦镜片用）；水盆；化沥青的小锅、小炉子和刻柏油用的小刀。

磨制镜面的过程

粗磨 粗磨的要求是把物镜片的圆平面磨成所需要的粗糙球面（图 7.8 下部）。在磨球面之前，首先确定究竟打算磨一个曲度多大的球面镜。球面镜曲度的大小决定于该球面镜的焦距：焦距越短，球面镜凹下去的曲度越大；焦距越长，球面镜的曲度越小。在粗磨时要用一块曲度型板来检查镜面的曲度是否合适。此型板可用坚实的卡片纸制作，它的一边绘成曲率半径为镜面焦距两倍的圆弧，另一边用一条薄铁皮夹起来，以便保持平直。可参照图 7.9，把木条一端钉在床板上，用手握住木条刀片，沿绘好的弧线划几次，即可将卡片纸切开，而且是比较准确的圆弧。凸型板用于检查镜面，凹型板用于检查工具玻璃。

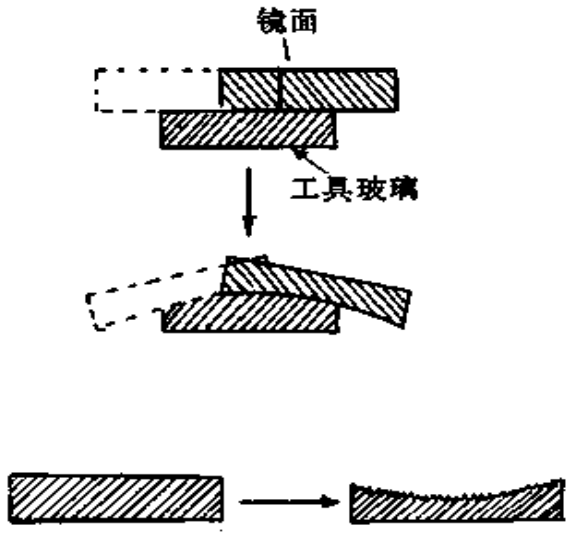
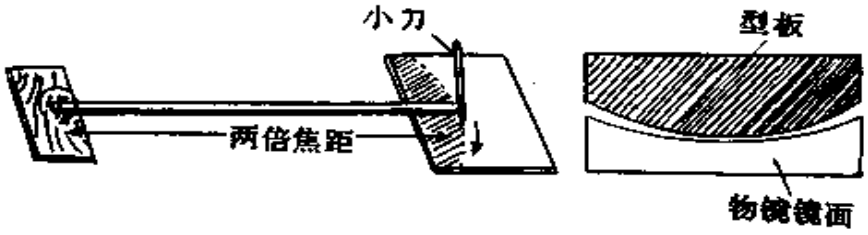


图 7.8

在玻璃镜片上磨出球面形的凹面的方法是将它在另一块相同尺寸的玻璃（工具玻璃）上推拉，两者之间须铺上金刚砂和水。经



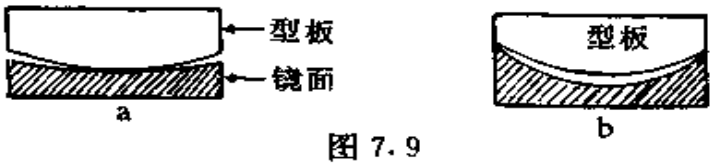


图 7.9

过一定时间的磨制，上面的一块（物镜片）会磨成凹形，下面的则磨成凸面（图 7.8）。磨制物镜的方法见图 7.10，镜片在工具玻璃上推拉的总距离称为磨程，它应是所磨镜面直径的 1/3，比如一块 15 厘米直径的镜面磨程应为 5 厘米（或者说它每次突出边缘为 2.5 厘米），如图所示。在粗磨时，可使磨程大一些，每次可使镜片突出工具玻璃约一半，磨出凹形后可渐使磨程减小。注意，在细磨和抛光时一定要保持在 1/3 磨程之内。

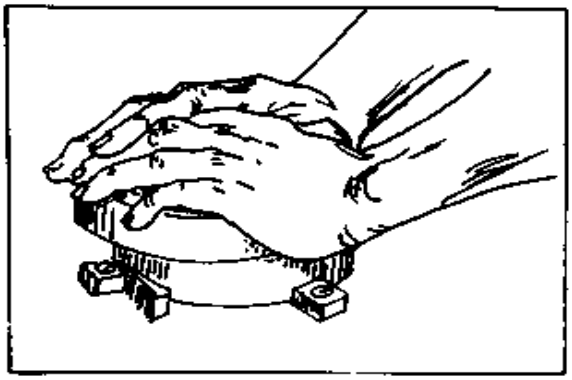


图 7.10

磨制时推和拉的压力要相等，否则不易得到均匀的球面形。粗磨、细磨和抛光时的压力不同，要掌握粗磨时压力相对较大，抛光时压力应最轻。磨时不可像木工拉锯那样地用大力推而小力拉。压力过大会使玻璃边缘崩碎，这需要在实践中体会。此外，磨镜片的速度最高不应超出每分钟 56 个来回，较理想的速度是每分钟约 50 个来回。为使镜片磨均匀，它必须在工具玻璃上转动，大约

每 10 个来回转动一个小角度（约 30°）。同时为使工具玻璃也保持球面形，磨制者必须环绕工作台转动。在赤手掌握镜片工作时，手的温度足以影响玻璃的形状，使之局部膨胀，所以在转动时，人应随时改变双手在镜背上的位置，使手上的热量能比较平均地传开。更好的办法是带一副橡胶手套。

磨制时的具体动作可参照图 7.11。第一种磨法是物镜镜面正对着工具玻璃的中心推拉，叫做径动；第二种是物镜镜面沿工具玻璃的弦推拉，叫做弦动；第三种磨法是物镜镜面绕着工具玻璃的中心作椭圆运动，叫做椭圆动。粗磨时要多用弦动，因为弦动磨得比较快。在三种磨法中又有不同的磨程。每次径动磨程稍小于半径；弦动磨程稍大于半径的 1/3。在椭圆动中，镜片的中心不能超出工具玻璃。磨制时水的多少是以不因水少砂子容易从边上滚下，又不因水多砂少致使水容易从边上流下为合适。磨时砂子要不断换新的，加砂以前应把镜面和工具玻璃用水洗干净。一般粗磨四五小时以后，就应经常检查镜面的曲度是否合乎要求。检

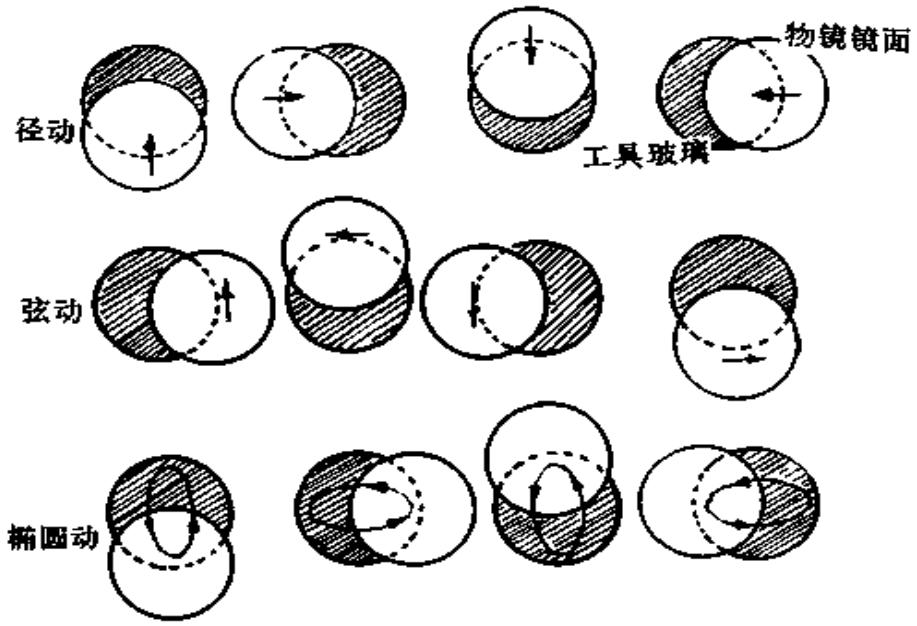


图 7.11

查的方法有二，一是用型板检查，先将镜面上的水擦干，将型板放在镜面直径线上，观看它们是否吻合。型板是标准的圆弧状，可用厚纸板自制（仿照图 7.9）。图 7.9 中 a 表示镜面曲度不够，b 则表示镜面曲度太大。

二是日光检验法。利用太阳光平行入射到粗磨后的镜面上，并在焦点处形成太阳像，由此可直接用太阳光量出物镜的焦距。首先在镜面上洒些清水，使其能反射阳光，趁着水未流干之前，把镜面对着太阳，让阳光投射到镜面后再反射到一张硬板纸或一本书上。你可手握硬板纸或书在镜面前后移动。随着这种距离的调整，纸板上太阳像的大小有所变化，选择太阳像（如斑点）最小、最圆、边缘最清楚为宜，由此到镜面的距离就是物镜的焦距，如图 7.12 所示。如果焦距已符合设计要求，便可结束粗磨。若是焦距太长，表明磨得还不够。若是焦距太短，表明磨过了头，应将物镜与模具玻璃颠倒一下再磨，即把物镜放在下面研磨，焦距便会变长。有经验者指出，磨一块直径 15 厘米、焦距是它直径的 10 倍的镜面，用阳光检查后焦距在 170 厘米左右时，就可以过渡到细磨了。

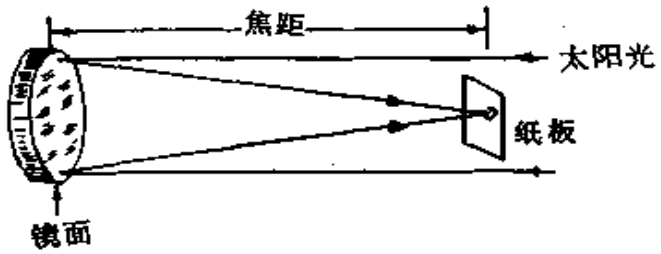


图 7.12

细磨　经此工序除去镜面砂痕，磨成准确的球面。在转入细磨之前，必须作一番细心的清洁打扫，把物镜面和工具玻璃（取下工作台）放在水盆里洗刷干净，将工作台和其他有可能沾存砂子的各用具细心洗刷，更换干净的工作服，注意洗净手指甲缝中及头发里的砂泥。如若不然，有一粒粗砂再落到镜面和工具玻璃之间都有可能划伤镜面，或给细磨带来隐患。

细磨的动作大多用前面提到的径动法，磨程为 1/3～1/4，施加的压力要尽量均匀，还应注意勿使镜面和工具玻璃受到剧烈的

温度变化。整个细磨过程要使用不同粒度的砂子，一般常用 240 号、280 号、303 号（W20）以及 303 $\frac{1}{2}$（W14）或 304 号（W10）等三四种砂来逐步提高表面的细腻程度。随着磨制的进程，用砂要一级比一级细。每当镜面上看不出上一级砂痕时，如用 240 号砂磨时，看不到 280 号的砂痕就可换砂。一般每一级砂需加几次才能把上一级砂痕磨掉。随砂粒的变小，加砂的量也要相应地减少。用到 303 号以后，为防止细砂中夹有粗砂，可把砂用水洗过。洗过的砂呈糊状，加砂时可用一个滴眼药水用的橡皮头吸管把砂滴到工具玻璃上，用手指肚把工具玻璃上的砂浆摸匀，若混入粗砂可凭直觉挑出。加砂后磨过一小段时间若觉得推动费力，并且在工具玻璃边缘出现因缺砂浆而干涸的现象时，应加新砂。这时应把镜面及工具玻璃等洗净揩干。磨制工作是细活儿，为了获得成功应耐心勿躁，严格掌握好每次磨程。

细磨过程中要经常检查前一号砂的磨痕是否已完全磨去，检查时要把镜面对着光亮处，如窗口或电灯等。在换下一号砂之前必须检查镜面的曲度是否正确，方法仍可用前面粗磨时用的利用太阳光测量出焦距的方法。如果赶上天阴，可以用手电筒光测量镜面的曲率半径和焦距。其方法是，在洗净的镜面上浇一些清水，然后把它竖立在一个木制镜架上，让水自然流下，使镜面上有一层均匀的水膜，这时镜面就能反射光线了。把手电筒的聚光罩取下，在距镜面约为焦距两倍远处放一块毛玻璃（或白纸），手电筒小灯泡的灯丝发光会反射在毛玻璃上。小灯泡靠毛玻璃一侧的直射光要用黑纸挡住（见图 7.13）。先上、下、左、右移动光源，使反射光束移到紧靠小灯泡旁边，然后将毛玻璃和光源同时向前后移动，找到反射光束聚集最小的位置。这时从镜面到光源及毛玻璃的距离就是镜面的曲率半径，它是焦距长度的两倍（注意：毛玻璃与小灯泡要对齐，即毛玻璃到镜面的距离和电灯泡到镜面的距离相等）。

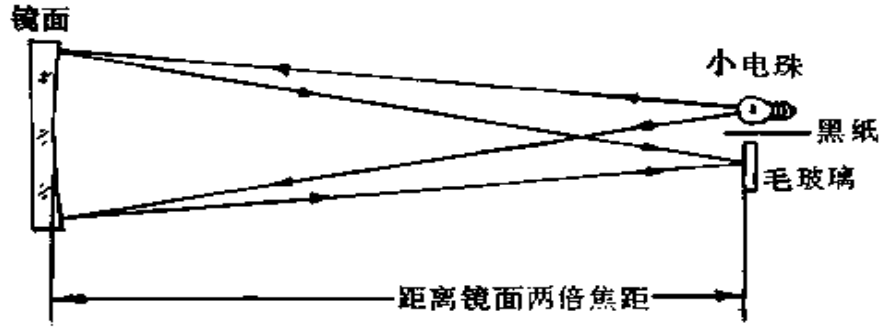


图 7.13

检查后若发现焦距比原来要求的短了，说明镜面的弯曲程度深了，这时应对镜面进行修改，一般把磨程缩短为 1/4 或 1/5；若发现中心过深时，就把工具玻璃与镜面调过来磨几下，磨好后一定要用同级砂以 1/3 磨程把镜面与工具玻璃恢复原状，细心多磨一些时间，直到合适为止。

细磨时要注意避免镜面和工具玻璃粘牢的现象。镜面粘牢的主要原因是它在某一个位置时，因中心渐深，不能和工具玻璃保持全面接触，造成中心的真空，以致大气压使两片玻璃粘牢。如果出现这种情况，切不可用刀口或任何东西去撬，而应设法把它滑下来，如可试用几滴酒精滴在两者缝内，或将全部工作物浸入与室温相同的水中，过一夜再尝试一下。

细磨的最后阶段至少需用 303 号刚玉砂来结束，如果能再有 303 $\frac{1}{2}$号或 304 号砂研磨一下，就可大大缩短抛光的时间。这时的镜面应该呈半透明状，如果经过检查测量确认成像清楚，焦距合适，就可以结束细磨。用细磨过的镜面，可以清楚地阅读书报上的小字。待做好清洁打扫工作后，便可进入抛光阶段。有经验者说，初学者最易犯的错误是细磨工夫不够。有人磨制 21 厘米的镜面大约用去十多个小时。

细磨结束时应保证面形的准确和细度均匀，除了用高倍放大镜或显微镜可以直接检查表面粗细程度外，最为简便的方法是采用掠射光线的方法来作检查，如图 7.14 所示。当我们把镜面放在

眼睛和灯泡之间，先将镜面放在图中a位置，稍微移动镜面就能较容易地看到反射的灯丝像；然后慢慢降低镜面位置，反射的灯丝像就逐渐变暗变红，降到一定位置反射就消失了。镜面越细开始出现反射的角度越大，通常在20度左右就能出现反射即说明镜面已磨得足够细了。如果镜面上出现一部分能反射而另一部分却不能反射即说明镜面粗细不均匀。

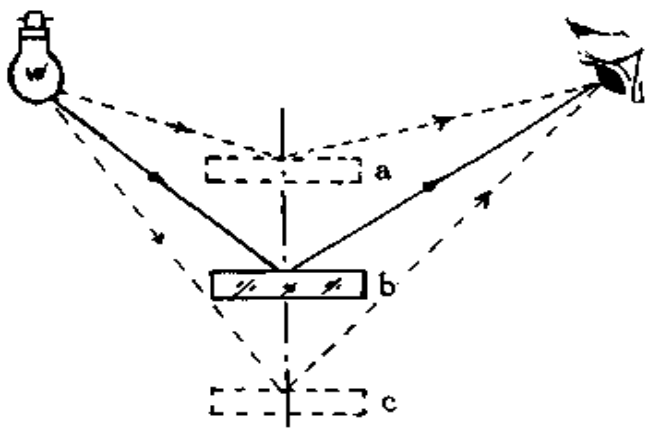


图 7.14

抛光　这项工作的目的是把半透明镜面磨成一个完全透明的镜面。抛光时要用较软的沥青工具模子代替工具玻璃，所用的磨料是红粉。为此要动手制作沥青工具模子，可利用已经具有和镜面一样曲度（形状相反）的细磨工具玻璃改制而成。

制作沥青模子的过程如下：首先将沥青放在小锅内加热熔化。抛光用的沥青是一种沥青和松香的混合物，可向光学仪器厂购买，也可以自己配制。沥青本身有软硬的区别，自己配制时，要想获得硬度适中的沥青，夏季制作时应在沥青中加20%～50%的松香，使沥青变硬些；在冬季则给沥青中加少许松节油，使沥青变软。在制作沥青模子之前一定要过滤沥青，可用纱布绷在铁丝圈上作为过滤器。仿照图7.15，将熔化的液体沥青慢慢倒在过滤器上，漏浇在用黄板纸围好的、预先烘热的原工具玻璃上，沥

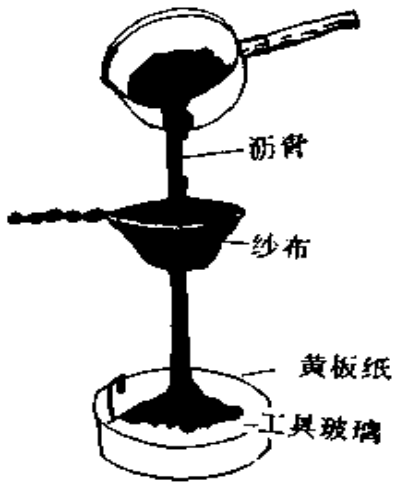


图 7.15

青厚度约 5 毫米。浇上沥青模子之后，马上给镜面涂上肥皂水，待到沥青将硬的时候，拆去黄板纸，把镜面压上去并来回推动镜面，使镜面与沥青相互吻合，如果压时沥青已经变硬而不能吻合时，应将沥青面重新烘热后再压上去，如图 7.16 上所示的过程。沥青与镜面吻合后把边缘的沥青用刀片切去，取下镜面，再用刀片在沥青上刻出宽 0.3～0.4 厘米的槽，槽距约 2 厘米见方，冬天可窄些，夏天宽一些如图 7.16 下。

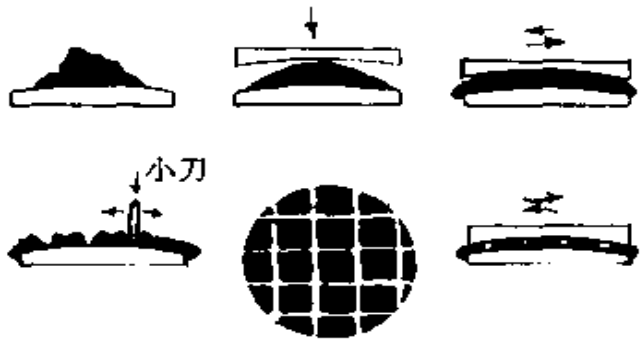


图 7.16

槽刻好以后，把沥青模子放在热水中烫软，把镜面涂上肥皂水压在模子上来回推动，使镜面与沥青模子完全吻合。把镜面压在模子上面数小时（夏天约 5 小时，冬天约 10 小时）后才能使用。有的行家在压合前，在镜面和模子上涂上略浓些的红粉液，让它们压合在一起，并在镜背面加上一些重物放置数小时。这样，抛光工具便制作成了。

抛光前仍勿忘记做好清洁工作，尽量除去原先的一切砂粉，不能有一粒砂粉混入抛光用的红粉里，否则可能会在镜面上划出纹道，在镀银后会很明显。抛光时所用红粉应先放入一个瓶子，加些水使其成为稀糊状，红粉与水的比例是 1∶7。然后用吸管将其滴在工具模子上，用不同的磨程和不同的磨法慢慢地磨。其方法与前面所述细磨方法相似，但大多用径动或椭圆动，速度要慢。为了保持沥青模子与镜面吻合得很好，人在休息前一定要把镜面在模子上压好，但时间不能超过两天。抛光的时间大约要用 10 个小时，甚至更长一些。在此过程中，镜面总是处在不断变化中，所以要不断地检验和修改。修改镜面的工作有时需要反复进行，要花去不少时间（往往需要几天甚至几个星期）。

物镜的检验和修改 抛光必须和检验、修改密切配合，要时常检验镜面和采取适当的修正措施。在正常情况下，镜面应是均匀地抛光的，若发现中心或者边缘部分抛光得过快，说明模子和镜面吻合得不够好，应重新加温压合后再继续抛光。对抛光最初阶段的检验，仍可应用细磨时毛玻璃和小电灯泡的方法。尔后由于镜面已能直接反射光线，不再需要涂水，这时焦点位置和焦距的测量可精确到几毫米。为了解镜面上存在什么样的缺陷以及它们所在的部位和大小，我们应使用更为精确的检验方法，最通用的方法是刀口检验法。这种方法亦称为“福卡特氏测验法”，它是法国科学家福卡特于 1850 年发明的。

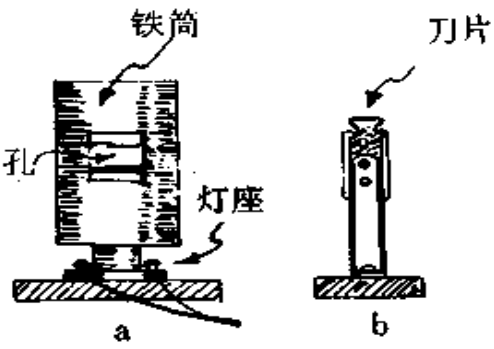


图 7.17

福卡特氏测验法所需用的装置可以自己制作，所需用的设备只是一个薄刀片和一盏灯具。如图 7.17 所示，灯上套有一个铁皮筒，其侧壁钻上一个小孔洞（图中 a），孔洞应正对着灯丝，小灯泡不宜电力太大，灯泡玻璃要用细砂磨毛。

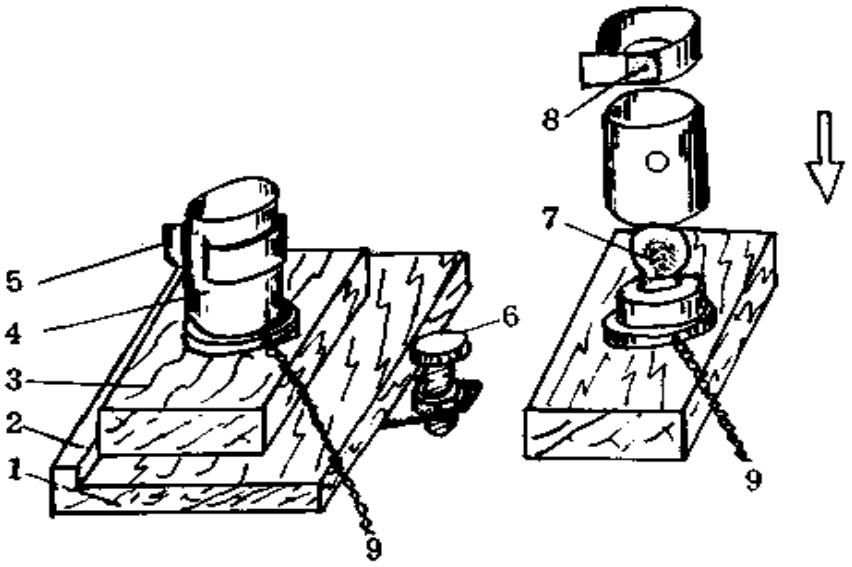


图 7.18 1. 底板 2. 导向条 3. 活动块 4. 灯筒 5. 刀口 6. 微调螺灯 7. 小电珠（部分玻壳用细砂磨毛） 8. 刺有针孔的铝箔贴在孔上 9. 电线

刀片应装在一个简单的木架上（b），刀口的中段与灯罩的孔洞离台面的高度应相等。灯罩的孔洞可用缝衣针穿过一片牙膏铅皮，再将这片铅皮蒙在铁筒壁上钻有更大些的孔洞处。为防止灯泡因铁筒内温度太高而烧毁，可在铁筒后面上下部各开一个通气孔。请读者参照图 7.18，用木料和铁皮等制作一套这种装置以及使镜面保持固定的木架子（图 7.19）。

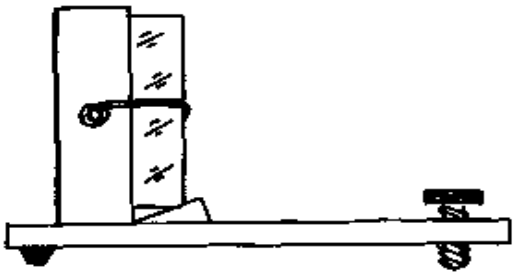


图 7.19

检验工作需要在暗室中进行。把点光源（小电珠）放在距离镜面两倍焦距处，而且在镜面中心线偏左一点儿，这样，光源的像就离镜面主光轴偏右一点儿。若观测者的眼睛处在像点的后面，可看到整个镜面是光亮的。具体检验做法见图 7.20。当刀口检验装置位于镜面的曲率中心附近，点光源发出的光线经镜面反射后会重新聚集到光源位置，移动检验装置，使焦点位于刀口外侧。用眼睛紧靠刀口后面去观察镜面，若聚集的光束进入眼睛时，可以看到整个镜面呈现一片光亮。

当把装置向左移动一些（可旋下微调螺钉 6），在刀口切割光束时，光线被挡住一部分，这时镜面上的相对应部分就会出现阴影。如果刀口在 1 处（即焦点以内），慢慢向左移时，可看到镜面右边开始慢慢地暗下来。阴影是从右面开始出现，并和刀口同一方向移动（图 7.20，1）；如果刀口是在焦点之外（刀口在 3 处），则阴影是从左面开始，而移动的方向和刀口相反（见图 7.20，3）；如果刀口恰好位于焦点上，那么全部反射回来的光束几乎都同时会被刀口挡住，这时马上就可看到整个镜面很快均匀地变暗了，并且也分辨不出阴影移动的情况，或者说感觉不出阴影是从什么方向开始出现的（见图 7.20，2）。

以上情况表明，你所磨制的镜面是精确的凹形球面。实际上，

我们在初次检验时往往发现所磨成的镜不是一个规矩的球面，或者说可能发现的毛病不少。我国天文仪器专家紫金山天文台的杨世杰先生说过，“实际上一个镜面从开始到结束都不出任何缺陷的情况几乎是不存在的。整个抛光过程就是在不断地与出现的毛病作斗争，一直坚持到全部抛光为止”。

如果镜面偏离球面，就会呈现不同的阴影图样，图 7.21 是几种典型镜面缺陷所对应的阴影图样，图的下部为镜面剖面形状示意图，如果是精确的球面便以平线表示。下面分别介绍常见的一些镜面毛病。

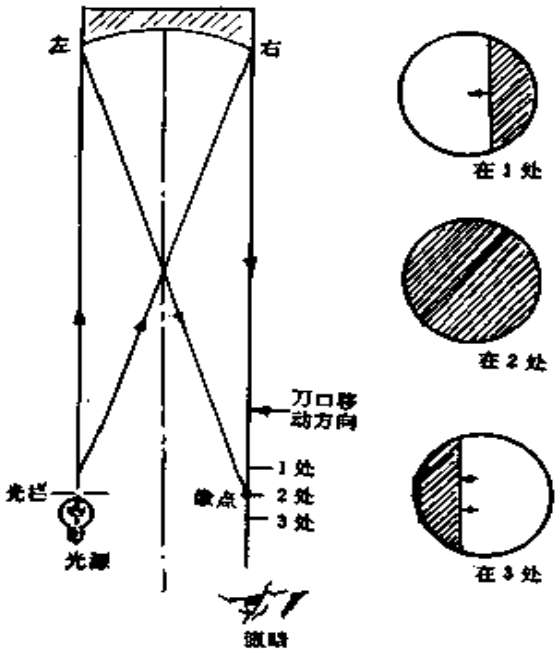


图 7.20

①中央凸起（图 7.21c）。当刀锋从右边向左移进时，一开始中央偏右的部分就先暗了。接着是左边、外边大部分变暗，中央偏左的部分最后才暗下来。造成中央凸起毛病的原因可能是工具中央较低，以及抛光时长期用短动程磨制的结果。改正此毛病只需加长抛光的动程，即拉长（不同的长度）磨几下即可；或者采用偏心的动程。注意不要操之过急，防止矫枉过正变成中心凹陷。

②中央低凹（图 7.21b）。当刀锋从右边慢慢移进时，中央偏左的一部分先暗了；接着右边、外边大部分才暗下来，而中央偏右的一部分最后才变暗。中央低凹的原因可能是工具中央高些，或者抛光或细磨时动程太长。修改时将抛光工具中央与镜面上凹区相对应部分用小刀刮去一些，用稍长的动程抛光。修改后的镜面曲率半径将会缩短一些。

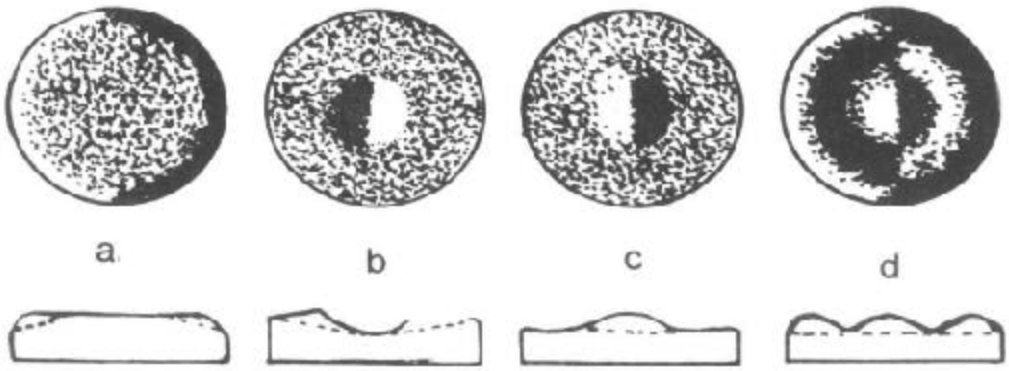


图 7.21

③边缘高起或低下。当刀口进入焦点以内，如果看到刀锋对面边缘先是黑的，说明边缘高了。如果在刀口同一边先黑，说明边缘低了，这个现象叫做“倒边”（图 7.21a）。“倒边”的原因可能是由于抛光动作太快，只要把抛光工具边上的槽刻宽些，慢慢地磨即可解决问题。另一解决“倒边”的办法是使用时放上一个光栏把倒边部分挡去，使望远镜的口径变小一些。至于边缘高的原因可能是工具略小了点，或是边缘接触得不好，只要把镜面放在下边，工具放在上面磨一磨就好了。

④复杂的面形误差（图 7.21d）。这种毛病大都是工具符合不好所造成的，可采用均匀的抛光动程加以改正。每工作一段时间就把工具加热压合一下再继续抛光，使其趋向均匀或向单纯的缺陷方向发展，然后针对性地采取修刮或改变动程来进行修正。有时在阴影检验中发现镜面粗糙，有些像桔皮或饼干表面模样。这是由于细磨结束时的细度不够或抛光沥青太软，以及抛光液太浓稠等原因造成的，这需要返工细磨或换用硬度较大的沥青重做抛光工具。注意不要在工具还未冷却和符合不好情况下就用力进行抛光。

一般说来，抛光和修改工作应持续到镜面的面形正确为止。由于阴影检验的灵敏度很高，往往经过反复努力也很难做到在阴影图中看不到一点儿毛病。但作为一般业余观测应用精度已足够了。

为此，可以用高倍的放大镜（目镜）来观察一下刀口处的小孔或电珠灯丝的像。若成像清晰，像四周无没有杂乱的光晕，就说明镜面已足够好了。应当说，此时的镜面已经符合预期要求，光洁度达到了十分光亮的程度。下面的工作就是镜面镀银了。

物镜镜面镀膜 经过检验合格的镜面必须要在其表面上镀上一层银或铝，这可以大大增强镜面的反射能力。因为即使抛得很光亮的镜面，仅能有4%的反光本领，镀银或镀铝后，反射光线明显增加达80%～90%之多。考虑到镀银或镀铝要有真空镀膜机设备才行，工艺技术也较复杂，最好能请有关单位帮助解决。这件事情在目前情况下并不难解决，因为现代真空镀膜应用比较普遍，一般制镜厂、汽车配件厂（镀制汽车灯反光罩）等，均普遍使用真空镀膜机。反光铝膜具有很大优点，新镀的铝膜，在可见光范围内，其反射率可达到90%左右。必须注意的是，采用真空镀铝膜时，影响铝膜质量的因素，除了与真空罩中的真空度、清洁度、蒸发皿以及用作蒸镀的铝质纯度等有关以外，还必须将零件表面作认真的清洁。镜片表面的清洁，可由天文爱好者自己动手处理。

在送交有关单位请其代为镀铝时，应注意在搬运过程中很好地保护镜面的反射膜层不受损伤，自己动手制作一个专用的镜片木盒是必要的。木盒里要有泡沫塑料或橡皮块，使镜片不能在盒中活动，镜面要用柔软的薄纸包装好，反射面向下。为了保险起见，还应将木制镜片盒套装在另一个更大一点的木盒里，并在四周用减震的填料将镜盒塞紧固定。小平面镜亦应用柔软光洁的纸包装好，垫上些棉花装在盒子里。

镀好铝膜的镜面在使用中一定要注意维护保养。在镜面不使用的时候，应保存在干燥、灰尘少的地方，特别要防止各种液体和油脂对它的污染。不要用手或硬物体接触反射膜，否则会留下印迹或划痕，增加散射光。时间久了，若发现铝膜上灰尘积得太多或弄上油渍等，可先用清水冲击浮尘和水溶物，用棉絮轻轻地

拖一下镜面，不可用力擦；去除尘粒后，再另取一个棉球浸上碱性低的肥皂（或香皂）或者中性洗涤剂溶液轻轻地擦洗整个镜面，对油污的地方要多洗几遍；然后把镜面倾斜放置，由上逐渐向下用清水冲洗。如果铝膜保存得比较完好，干净的铝膜不会有许多水附着在上面，而是像荷叶上的水珠那样滚走。若是铝膜上有破损或污点，水滴会停在该处，必要时用挤干的棉花把剩下的水滴吸走。如果铝膜损坏严重只有重新镀铝。

化学镀银的方法　天文爱好者可以用化学方法自己动手镀银。镀银前首先要进行镜面的清洗处理，把镜片背面和边缘积附的抛光粉、沥青等用去污粉和汽油擦除。然后整个镜面用肥皂或洗涤剂清洗。镜面上若有难去除的附着物可用棉球沾上牙膏来擦洗。洗干净后的镜面应能蒙上一层均匀的水膜，否则表示仍有油污，还需要进一步清洗。由于人手上总有汗渍和油脂，所以在清洗镜面时最好戴上橡胶手套。

洗好的镜面应浸放在镀银的容器里，例如浸放在口径比镜面稍大些的烧杯里，不要让镜面出现局部干燥的现象。用浓的二氯化锡溶液浸泡镜面几分钟，将此溶液倒掉，然后用清水多次清洗，彻底去除残留的二氯化锡溶液。最后用蒸馏水冲洗几遍后，让镜面浸在蒸馏水里等候镀银。

其次需要自行配制含有银化合物的镀银液以及能使银还原出来的还原液。

镀制银制反射膜的化学配方有多种。下面介绍三种配方及镀银的工作程序。

第一种配方

镀银液包括甲、乙两种，应事先分别配制。

甲液配方：

硝酸银：酒石酸钾纳：蒸馏水＝1克：0.83克：200毫升

上述药品溶解后，将溶液煮沸到出现灰色沉淀，趁热滤去沉淀，冷却待用。

乙液配方　硝酸银：蒸馏水＝5克：200毫升

上述药品溶解后，用滴管滴入浓氨水，并不断搅拌。开始，溶液中会出现黄褐色沉淀，继续滴入氨水后，沉淀又会逐渐溶解消失。到刚要完全澄清时，立即停止滴入氨水。这一步一定要细心掌握好，滴入氨水时应缓缓进行，千万不能过量。上面的溶液量足够镀一个100毫米口径的镜面，所用的药品都应该购买化学纯的。需要提出的是，硝酸银和镀银液都具有腐蚀性，使用时应当特别小心，不要弄到皮肤上或衣物上。

镀银液配好后，便把镜面上的蒸馏水倒去，倒水时要用玻璃棒或木棒抵住镜片防止跌出。然后将甲乙两种溶液混合后，立即倒在镜面上。不久溶液逐渐发黑，三四分钟后，镜面上就会出现一层光亮的银膜。镀银过程中要经常摇晃烧杯，观察反应的进程。当镜面上的银膜增厚到不透光时，表明厚度已经足够了。这时将溶液倒去，用清水冲洗干净镜面，同时用棉花轻轻拖去镜面上附着的沉淀物。把镜片拿出来，竖直靠放在一旁晾干即可。

镀银液的温度应保持在20℃左右。最后浸泡镜面的蒸馏水可以略为加热，使镜面的温度稍高于镀银液。如果使用的药品都很纯净，操作过程干净正确，镀好的镜面可以直接使用。有时溶液不纯或操作处理不当，镀出来的银膜会发黄或有雾状物。这时可以找一块擦照相镜头用的麂皮，把它包在棉花团外，如图7.22所示，沾上少许干红粉把银膜轻轻擦亮。但是，这一操作必须等镜面完全干燥之后才能进行，而且一定要十分谨慎小心，用力要小而均匀，否则会损坏银膜。

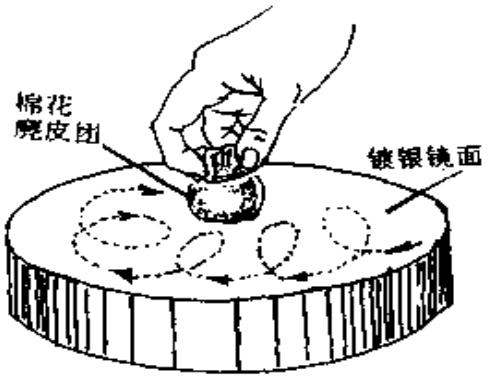


图 7.22

第二种配方

A　镀银溶液的配方：用化学纯的硝酸银和蒸馏水，按照蒸馏水（毫升）：硝酸银（克）＝1：0.054 配制。

B　还原熔液的配方：用化学纯的酒石酸钾纳和蒸馏水，按照蒸馏水（毫升）：酒石酸钾纳（克）＝1：0.02 配制。

C　辅助溶液的配方：用化学纯的氯化亚锡和蒸馏水，按照蒸馏水（毫升）：氯化亚锡（克）＝1：0.01 配制。

镀银的工作步骤如下：

①洗净镜面，把镜面浸泡在蒸馏水中待用。

②取刚好能浸没整个镜面的水量，按配方 C 配制好辅助溶液，放在一个容器中，将镜面浸泡 10 分钟。

③取出镜面，并用脱脂棉签在蒸馏水中将镜面轻轻擦拭，把多余的氯化亚锡沉积去掉。将镜面浸在蒸馏水中待用。

④把镜面从蒸馏水中取出，烘干。根据镜头的周长，用蜡纸把边缘围好，纸高出镜面 35 毫米左右，围好后粘住，使其变成筒状容器（如图 7.23 所示）。可用热铁丝熔焊蜡纸接头，使其粘牢，要注意使其既不能漏水，又不要让蜡液污染镜面。最后倒一些蒸馏水把镜面浸泡待用。此外，也可用现成的合适容器浸镀。

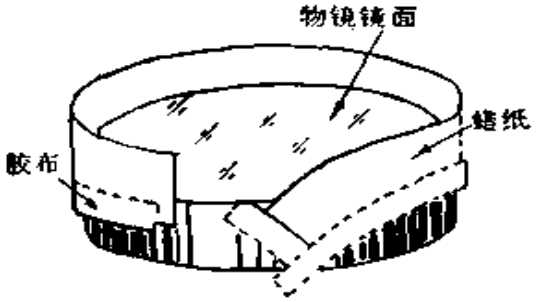


图 7.23

⑤估计一下镀银液所需要的总水量。一般地说，若将镜面浸在容器中浸镀，需用的总水量总会比围镀多一些。不过，大致以镀银液能浸过镜面 1.5～2 厘米深为宜（可以倒一些水先试一试总用水量），取总用水量的一半，作为配制 A 和 B 两种溶液的蒸馏水用量。

⑥按镀银液配方 A 和还原液配方 B 所给出的用水比例，由蒸馏水用量计算出硝酸银和酒石酸钾钠的剂量。

⑦将第⑤步方法得到的镀银液 A 所需的蒸馏水倒入一干净容器，并按第⑥步算出的硝酸银用量，用天平称出，注意皮肤不要接触硝酸银颗粒。将硝酸银小心地放入蒸馏水中，不停地摇动，直到硝酸银全部在蒸馏水中溶解为止。

⑧将第⑦步配制好的硝酸银溶液的 1/30 倒在一个干净瓶子中待用。

⑨取玻璃滴管一支，将浓氨水用“滴定法”缓缓滴进硝酸银溶液中。这时，硝酸银溶液便立即变成棕色，这就是氧化银(Ag_2O)沉淀。继续用滴管滴氨水，同时不断摇动，直到硝酸银溶液逐渐由浓厚的棕色退成清灰色。这是因为原来的氧化银沉淀与氨水作用，从而转化成可溶性的硝酸银氨。待溶液中除小灰点以外，溶液本身已看不到棕色为止。然后，又将原先倒出 1/30 的硝酸银溶液，用滴管慢慢进行“反滴定”。一面将硝酸银溶液滴入经氨水滴定的硝酸银溶液中，一面摇动，直到硝酸银重新又渐渐变成淡茶色为止。这就是镀银溶液。

⑩将第⑤步方法得到的还原液 B 所需要的蒸馏水倒进另一个干净的玻璃瓶中，并按第⑥步方法算出的酒石酸钾钠剂量，用天平称出，小心地倒入蒸馏水中，不断用玻璃棒搅拌，直到酒石酸钾钠完全溶解为止。这就是还原溶液。

⑪将原来浸镜面的蒸馏水倒出，并把镀银溶液和还原液快速混合均匀，然后倒在镜面上，轻轻摇荡，时刻注意镜面银层沉积情况。当发现镜面沉积的银层已经耀眼发亮时，便可将镀银液倒出，用自来水把镜面冲洗一下。再冲一次蒸馏水，最后倒入一些蒸馏水浸住镜面，按上述方法重镀 1～2 次，最后把镜面取出烘干即可。浸镀时镜面向上。

第三种配方

A　蒸馏水和硝酸银（化学纯）按如下比例配制：

蒸馏水（毫升）：硝酸银（克）＝1：0.043

B　苛性钾（或苛性钠）和蒸馏水按如下比例配制：

蒸馏水（毫升）：苛性钾（KOH）（克）＝1：0.02

C　葡萄糖和蒸馏水按如下比例配制：

蒸馏水（毫升）：葡萄糖（克）＝1：0.0166

配制溶液时，首先按照配方的比例，根据蒸馏水的用量，用药物天平称好药剂，溶解在相应的蒸馏水中，然后按以下顺序配制：

①将配方中A配制好的硝酸银溶液的1/30，倒在一个干净瓶子中待用。

②取玻璃滴管用“滴定法”慢慢将浓氨水滴进硝酸银溶液中，这时，溶液逐渐由棕色变成无色透明液体，其中只有悬浮的小灰点沉淀。

③用“反滴定”法，按第二种配方的第⑨步骤，把硝酸银溶液滴入上一步滴了氨水的硝酸银溶液中，使溶液由无色又变成稍带浅棕色。

①戴上防护眼镜，将配方中已配好的B溶液倒入滴定过的硝酸银溶液中，用力搅动，使溶液变成棕黑色。

⑤用浓氨水又进行滴定，滴一滴，搅动30秒钟左右，使溶液又变成带灰色的沉淀。

⑥又滴入硝酸银，使溶液变成淡茶色，充分搅动至不再褪色为止。此即“镀银溶液”。

⑦按配方中C的比例，把葡萄糖溶液配好。这就是“还原液”。

⑧把还原溶液一次全部倒进镀银溶液中，用力搅拌均匀，立即倒在已经做好上述一切准备的镜面上，并轻轻地摇动镜面，使溶液在镜面上来回流动，此时溶液变成浓茶色，并慢慢地演变成淡棕色。在摇动溶液的同时，眼睛必须时刻注视着镜面，如果镜面已经变成闪亮的银光，并且镜面开始发现有一些小黑点杂质析出，镜面银层已分布均匀而且相当明亮，便可将镀银液倒出，把镜面放在自来水下冲洗，然后用火烤干即可。

镀银镜面不能像镀铝镜面那样进行清洗，弄脏或变暗后只有重新再镀。因此镀银后的镜面应注意保护，不用时要加盖保护。镀银镜面一般最多使用半年，它便会氧化发黑。为了较长时间保持镜面的反射率，可在镀银镜面上涂保护膜，膜层所用的材料有透明清漆、透明赛璐珞和有机玻璃等。这几种材料中，比较好的是有机玻璃薄膜保护层。将有机玻璃与氯仿，按照1：15的比例进行溶解并倒在镜面上，使镜面沾上一层薄液，形成薄膜。因为氯仿有毒，故应放在室外晾干。如果涂一次不够厚，可再涂第二层。但不能太厚，否则银膜反光率会降低。

平面镜的加工 反射式望远镜中的光学部分应有一个部件，这就是将光线偏折90°用的小平面镜。对于小平面镜的要求是，其表面要很平坦，反射光线的能力要很强。一般应采用质量好的光学平面反射镜，不能用普通的镜子或平板玻璃代替。由于我们已掌握了磨制物镜镜面的技术，不妨自己动手来磨制平面镜。由于牛顿式反射望远镜的小平面镜是45°放置的，它的理想外形应该是椭圆形的。当然为了制作和安装上的方便，也可以做成长方形或八角形（如图7.24所示）。

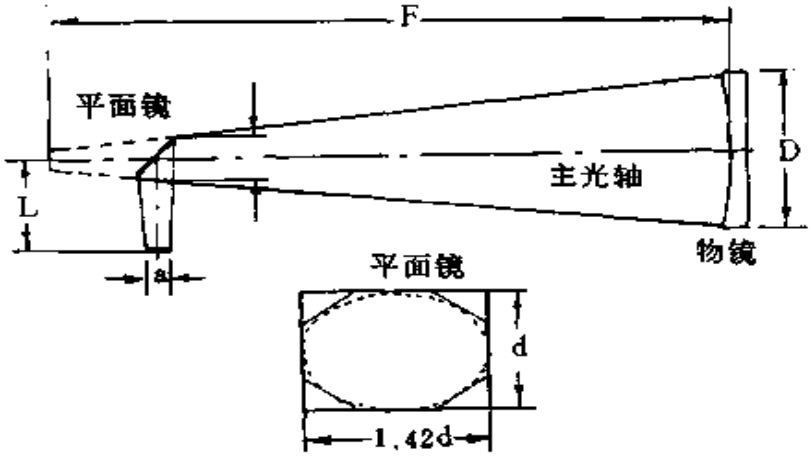


图 7.24

椭圆形平面反射镜的短径长度d可由下式计算：

$$d=D\ L/f+2\ (f-L)\ tg\ \frac{\omega}{2}$$

式中 D 为物镜有效口径，f 为物镜焦距，L 为平面镜中心与焦点的距离，ω 为反射望远镜视场度数。简单一点儿说，一般平面镜的 d 约为物镜有效口径的 1/6，最大也不要超过物镜有效口径的 1/5。否则，由于它在光学系统中挡住的光线太多，使得望远镜的有效口径不能发挥。椭圆平面镜的长径与短径之比是 $\sqrt{2}$ ：1。椭圆平面镜长径长度可由下式计算：

$a=\sqrt{2}d$，d 为椭圆平面镜的短径。

磨制平面镜的过程：磨平面镜必须要用三块大小相同的玻璃互相对磨，由此磨成平面的玻璃。准备三块直径约 15～20 厘米，厚度为 5～6 毫米的普通平板玻璃，裁割后的玻璃用油石或砂轮把尖利的棱角磨平，以免划伤手指。用油漆在每块玻璃背面上分别标上 A、B、C 标记。由于玻璃片基本上是平的，故不必用很粗的砂磨。金刚砂可从 400 号或 600 号开始，再用 800 号，1000 号。先用 A 和 B 两块玻璃对磨。研磨时先是 A 在下，B 在上；然后是 B 在下，C 在上；再换成 C 在下，A 在上；最后又回复到 A 在下，B 在上。磨时两手在玻璃上施加的压力大小和在两块玻璃之间加砂的次数都尽可能一样。当研磨者在研磨过程中围绕工作台转一周（或 2 周）后，便把上下两块玻璃对调一下位置，三块玻璃轮流互相研磨，直到三块中任何两块在一起都能很好地互相吻合。

研磨时以直线动作和椭圆动作为主，动程则应以 1/6 直径的短动程为好，动程太大会使玻璃的中心部分磨损太多，难以纠正。当每块玻璃都经过同样次数的调换研磨之后，便可进行一次清洗检查。如果整块玻璃表面各个地方都已磨到，成为一块表面均匀的毛玻璃，这时便可换下一种型号的砂重复以上过程研磨。到磨完最后一种细砂，便可彻底清洗，抛光。

研磨结束后，另用一块同样直径的玻璃或金属平板制作抛光工具。抛光工具的制作方法同前面所述的一样，但沥青要硬一些，沥青层要薄一些。注意在浇注沥青之前，对玻璃材料基底首先加温烤热，以免当灼热的沥青浇上时因受热不均而发生破裂。对三

块镜片都要抛光，可参考制作物镜抛光的动作。在镜片初步能反射光线后，便可以用牛顿环光干涉法检验它们的平度。

检验的装置如图 7.25 所示。图中光源最好用一种农用紫外线日光灯（称为“黑光灯”），也可以用普通的日光灯，在光线射来的方向加一块毛玻璃或透明纸。检验时，镜面必须擦干净、干燥，并用干的毛笔刷去浮尘。把两块磨好的镜面（A 和 B 或 A 和

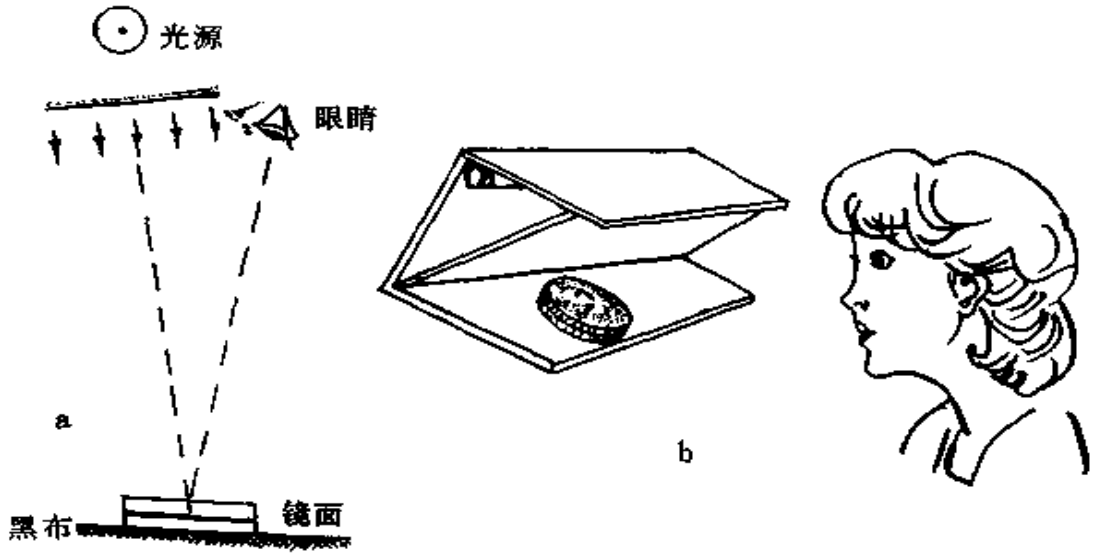


图 7.25

C）正面相对叠合在一起，镜面下要铺垫成黑色背景（可用黑色的绒布），放在灯光下，略用手指按压，这时镜面上会出现明暗相间的条纹（如图 7.26），这些条纹会随着加压点变动而旋转方向和改变宽度。

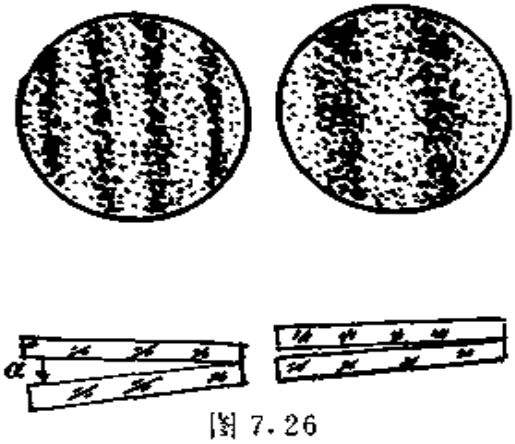


图 7.26

由牛顿干涉条纹可检验镜面是否平面。其原理为：当两个光学平面紧贴在一起时，在一般情况下两个平面之间常会存在很小的空气楔，一边薄，一边厚，其

等厚的气层，必然是一条直线；如果其中有一个面是光学平面，另一个面是凸面，即其间的等厚气层走向，将是圆环形。当一束单色光射在这两块玻璃上时，在这一空气层上下两个界面间由反射和折射形成两束光线，这两束光线反射后便会产生互相干涉的作用。而且在等厚气层区域里，反射的两束光线，其互相干涉的特性都相同；因此，如果两个玻璃平面是平坦的光学平面，其干涉条纹将是一系列的平行直线（如图 7.26），两个平面间交角 α 越小，干涉条纹就越宽、越稀，α 角越大，干涉条纹就越窄、越密。

我们在检验时，如果两个镜面间有凸或凹的情况，就会出现如图 7.27b 和 c 中凹向和凸向压点的条纹（加压点分别用箭头和小圆黑点表示）。在镜面的直径附近作一条联接同一条纹两端的直线，如图 7.27 中 b 和 c 标出的虚线，读出越过这一直线的条纹数就可以估算凹凸的数量，因为每出现一个条纹，代表高度差约 0.0003 毫米。如图中的 b 和 c 分别为凸起和凹下一个条纹多一些。当你把镜面放置到互相平行时，条纹就由圆弧变成了圆环，如图中的 d，但整个镜面上的条纹数并没有变化。如果所磨的三块镜面中的任何两块组合起来出现的条纹数都在两条以内，就可以认为平度已合用了。这时应集中精力继续抛光其中的一块，留下其余两块作为这一块在抛光、修改时的平度检验标准。

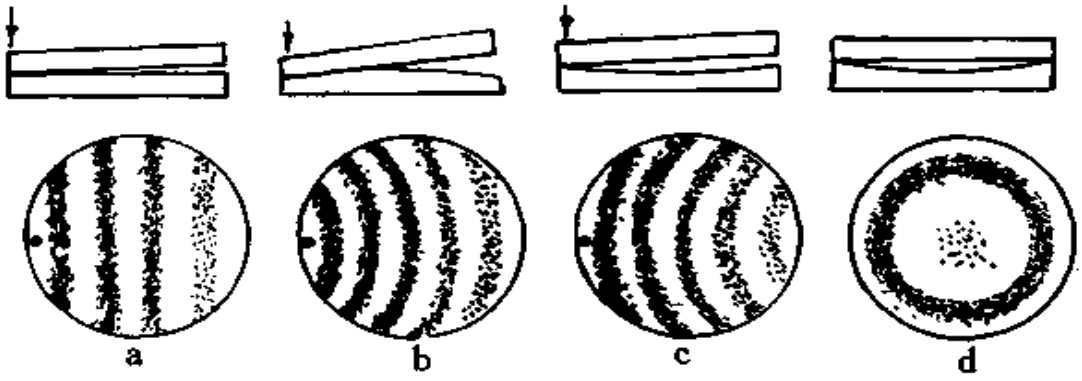


图 7.27

抛光完成后，可按照长：宽＝（$\sqrt{2}$＋d）：1 的比例数把玻璃割成长方形，其中 d 为玻璃的宽度。再把长方形玻璃的四角切

割掉（如图 7.28a）。找一根直径等于该长方形宽的圆木，按 45°角倾斜从中间锯开，然后用松香将割成多边形的平面镜粘在被锯为两段圆木的平整的 45°截面上，如图 7.28b 所示。再用油石或废砂轮滴上水，把凸出木柱部分的玻璃磨掉，磨好后轻轻敲击木柱（或用酒精灯稍将玻璃烤热），把已磨好的玻璃镜取下，用煤油或汽油将残余的松香洗去擦干，注意镜面不要使用沥青粘，否则取下时比较困难。抛光磨好、修整后的平面镜可与物镜一起镀银或镀铝。

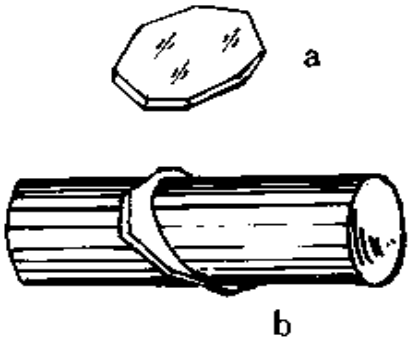


图 7.28

另外一种解决小平面镜的省事办法是购买尺寸合适的全反射直角棱镜来代替。它不需要加反射镀层就可以使用，比较耐久、可靠。

目镜的选择 一架天文望远镜通常配有几个目镜，从而可得到几种不同的放大倍率。设物镜焦距为 F，要求的放大率为 K，则目镜焦距 f＝F/K。目镜焦距是根据望远镜使用的倍率来决定的。倍率过低，物镜没有得到充分利用；倍率过高，使物像过分变暗而不能观测到更多的细节。高倍率目镜本身还有视场小、观测时眼睛要紧贴目镜等缺点。口径 100 毫米的望远镜可用的放大倍数大致为 15～150 倍，要求目镜的焦距在 7～70 毫米。

利用单片的双凸或平凸透镜可以做一个目镜，平凸透镜的凸面应朝前放置。镜片后要留出一段距离，使眼睛能方便地位于出瞳位置。这种目镜适合于焦距较长的望远镜，其视场较小。由于单透镜组成的目镜成像质量较差，故通常采用复合目镜，常用的有冉斯登目镜和惠更斯目镜。

冉斯登目镜由两块焦距相同的平凸透镜组成，彼此凸面相对（见图7.29）。图中f′为每块透镜的焦距，两块透镜平面相距为

$\frac{2}{3}f'$，整个目镜的合成焦距为 f，$f=\frac{3}{4}f'$，若已知 f（由 $f=F/K$ 求得），便可计算出每片目镜的焦距 f′。在设计目镜的时候，可以从望远镜所需要的放大倍数，求出单片透镜的焦距和两片透镜的平面间距。例如物镜的焦距 F 为 1000 毫米，要求望远镜的放大倍数是 40 倍，那么目镜焦距 f 应为：

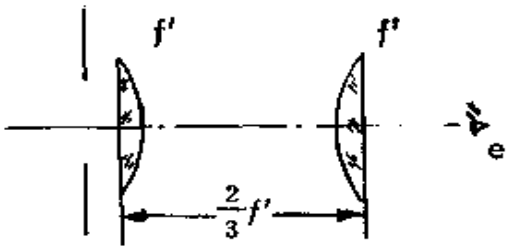


图 7.29

$$f=\frac{1000}{40}=25\text{（毫米）。}$$

单片透镜的焦距 f′应该是：

$$f'=\frac{4}{3}f=\frac{4}{3}\times 25=33.3\text{（毫米）。}$$

两片透镜的间距 l 则是

$$l=\frac{2}{3}f'=\frac{2}{3}\times 33.3=22.2\text{（毫米）。}$$

惠更斯目镜也由两块平凸透镜组成，但凸面都向着物镜。设后一块焦距为 f′，则前一块焦距为 3f′，两镜平面之间的距离为 2f′，见图 7.30。两块透镜的合成焦距为 f，$f=\frac{3}{2}f'$。这种目镜的视场较大。

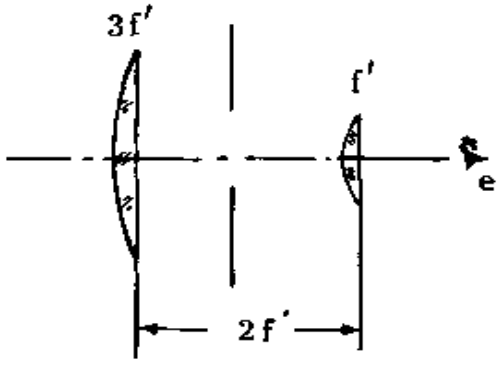


图 7.30

我们在设计选择目镜时，在知道了每块平凸透镜的焦距 f′后，由公式 $R=(n-1)f'$，可求出凸面的曲率半径 R。式中 n 为折射率，一般玻璃的折射率可取为 1.5。下表以冉斯登目镜为例，设物镜焦距 F 为 1 米，求出相应于几种放大倍率的单片目镜的 R 值：

放大率 K	合成焦距 f	单片透镜焦距 f'	R 值
40	25 毫米	33.33 毫米	16.67 毫米
60	16.67 毫米	22.22 毫米	11.11 毫米
100	10.0 毫米	13.33 毫米	6.67 毫米
150	6.67 毫米	8.89 毫米	4.44 毫米

如果物镜焦距 F 为 1.2 米或 1.5 米时，则上述的各个 R 值乘以 1.2 或者 1.5。

由于目镜片直径较小，表面曲率较大，对于一般人来说，如果没有合适的设备而仅凭手工磨制是很不方便的。因此最好能选购到现成的目镜。如前所述，望远镜的放大倍率等于物镜焦距与目镜焦距的比值。专供望远镜用的成品目镜焦距范围一般为 5～40 毫米。使用在我们的物镜焦距为 1.8 米的望远镜上可以得到 45～360 倍的放大率。如果能找到现成的显微镜的目镜也可以用在业余天文望远镜上，应注意的是，显微镜目镜通常只标明目镜本身的放大倍数而不是焦距，所以 10 倍、15 倍和 20 倍的目镜实际焦距分别是 25、17 及 12.5 毫米。此外，观剧望远镜的凹透镜目镜不适用于我们的望远镜。

下面介绍几种利用现成小透镜自行装配的简单目镜形式，见图 7.31。图上 a 是单片透镜的目镜装置。图中 b 为冉斯登目镜装置，两片透镜的凸面相对放置，二者间距为单个透镜焦距的 2/3，组成目镜的合成焦距为原来镜片焦距的 3/4，其性能比单片透镜作目镜要好得多。这种目镜的焦面在目镜的外面，可以允许当放大镜使用或放置十字丝和分划

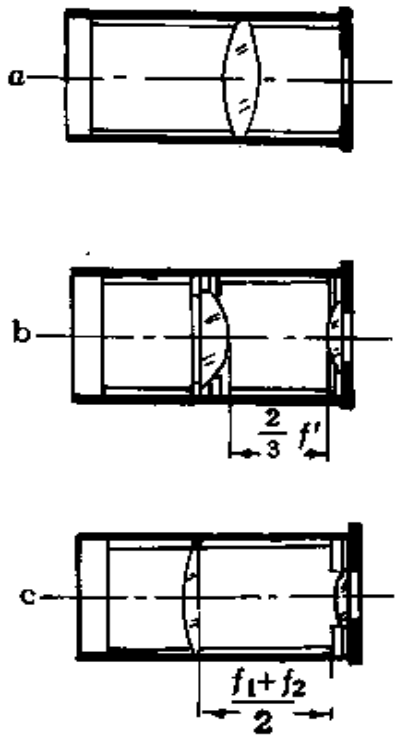


图 7.31

板。图中 c 为惠更斯目镜装置，这是利用两片焦距不相同的平凸透镜，其中一块的焦距为另一个的 2～3 倍，焦距长的一片在前，焦距短的一片在后。两片透镜的凸面都要向着物镜，间隔的距离是两者焦距和的 1/2，组合后的目镜合成焦距为后一片透镜焦距的 1.3～1.5 倍。这种目镜的焦面在目镜内部，故不便安装十字丝或分划板，也不能用作放大镜。此外，焦距小于 10 毫米的冉斯登和惠更斯目镜的出瞳距太小，眼睛无法处于出瞳位置，能看到的视场显得很小，所以用作高倍率观测时就得放弃一些对视场的要求，或者选用专门设计的高倍目镜。

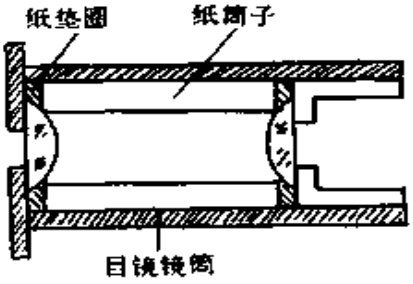


图 7.32

目镜的外筒一般采用金属材料制作，并且制作成统一的外径。国际上常用的天文望远镜目镜的外径是 φ31.7 毫米 (1.25 吋)，而普通显微镜的目镜外径为 φ23.2 毫米。如果你的望远镜欲配备几个目镜，那么目镜的外径都应当做成相同的，而内部则根据镜片的大小，设置适当的垫圈和衬筒（图 7.32）。目镜内壁要涂上无光泽的黑色。图 7.32 仅提供一种参考式样，读者可根据自己的具体情况来设计安装镜片的方法。

寻星镜的制作　为便于寻找观测目标（天体），一般在望远镜上附有一架口径较小、视场较大的寻星镜（亦称导星镜），如图 7.33 所示。寻星镜的物镜口径可选用 30 毫米的镜片，其焦距约 200 毫米，凸面曲率半径（平凸透镜）约 100 毫米，玻璃厚度约 5～7 毫米。此物镜可仿照前面讲过的方法磨制。寻星镜的目镜可选用冉斯登目镜。

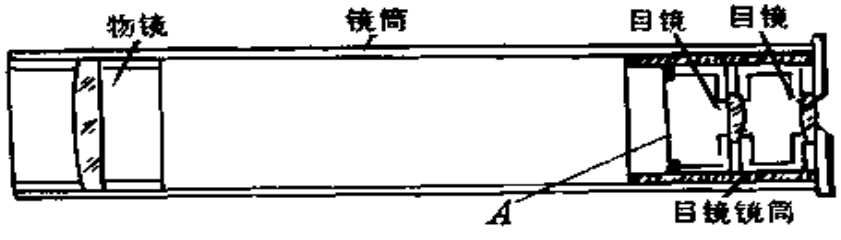


图 7.33

下面列出一个能放大 8 倍和 12 倍的寻星镜的光学数据，供制作时参考。

8 倍和 12 倍寻星镜的光学数据

目镜口径	合成焦距	凸面曲率半径	玻璃厚度	放大倍数
15 毫米左右	25 毫米	16.67 毫米	3～4 毫米	8 倍
10 毫米左右	16.67 毫米	11.11 毫米	3～5 毫米	12 倍

当目镜制成后，应首先检查镜片是否安装得合适，然后实测一下焦距。如果焦距达到设计要求，便可在镜片前端粘上十字丝，其材料可选用人的头发，用清漆粘住。粘时注意两根头发丝一定要崩紧且相互垂直。

反射式望远镜的组装 镜身的安装如图 7.34 所示。镜筒一般使用金属制造；也可用本章最初提到的用马粪纸及牛皮纸卷粘而成；用木板及胶合板同样也可以制造镜身或镜筒，例如图 7.34 和图 7.35。图 7.34 是直接把物镜和目镜座都敞开地装在一块长木板上，因为反射式天文望远镜是可以不需要筒子的，除非使用望远镜的地方经常有明亮的灯光或其他光干扰。当然，敞开的望远镜容易受四周光线的干扰，而且镜面不易保护，稳定性也不好。图 7.35 是用木板材料做成的方形（外方内圆）镜筒，加工和安装起来比较方便，实践证明，其效果也是不错的

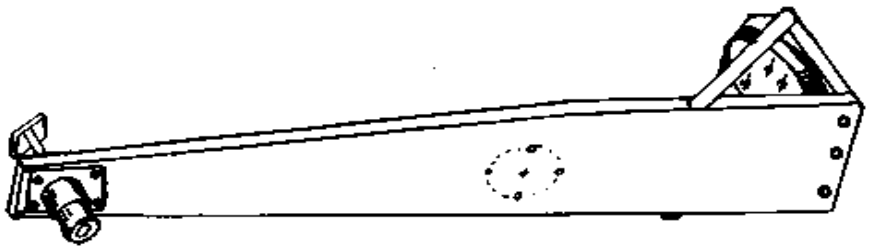


图 7.34

若采用金属镜筒可用白铁皮焊接成一个圆筒，注意在制作时镜筒的直径要比物镜直径大 2 厘米左右；筒的长度应略大于物镜

焦距（约大于 20 厘米）；内壁应涂黑，在卷成筒之前要设计好安装目镜、寻星镜以及支架的位置，并钻好孔洞或开口。

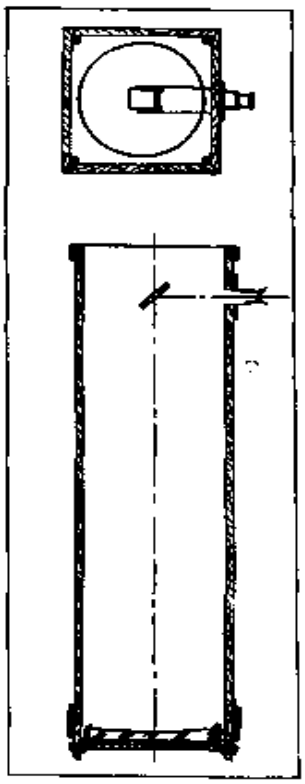


图 7.35

镜筒上安装目镜的开口位置及尺寸一般根据物镜焦距的长短而定。装目镜的圆孔孔径约为 40 毫米，可开在离开端面相当于镜筒外径一半加 30 毫米的地方，如图 7.36 所示。在从圆孔中心向端面一侧，在距离约为 50 毫米处安装一个平面反射镜镜架。装目镜的开口也可是长方形，并根据平面镜大小而定。为了在支架上安装一个 45°角平面镜，可用木料加工一个平面镜座，使用环氧树脂或乳胶直接把已镀好反射膜的平面镜粘牢在镜座上。此外，也可采用另外一种方法安装平面镜，即制做一个金属套筒，如图 7.37 所示，平面镜固定在一个圆筒的 45°斜面上，圆筒由调节螺丝固定在十字架状的内环里，十字架的外环要做得刚好能塞入镜筒里。

下面简介一种物镜口径 150 毫米、焦距为 1350 毫米的反射望远镜筒的制作方法，供爱好者参考。首先，将白铁皮按照图 7.38

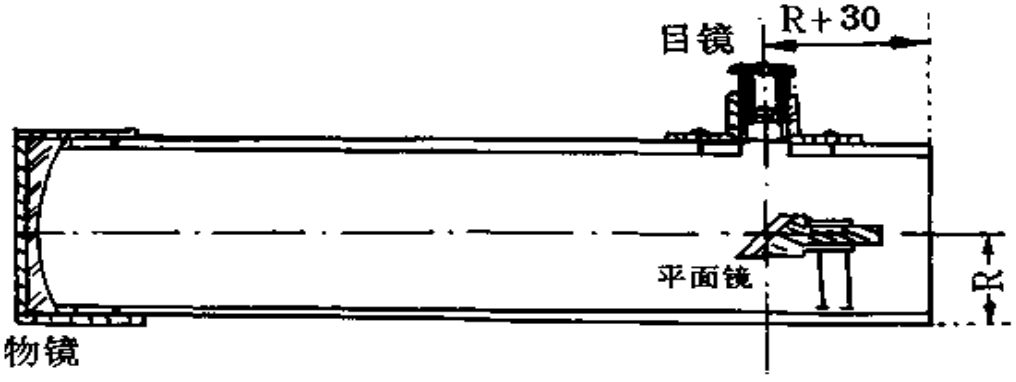


图 7.36

所标的尺寸画好，然后像制作烟筒那样把剪裁下的铁皮放在固体圆柱（圆木或金属管柱）上敲打，使它卷曲成圆筒状，待孔口钻好，涂黑内壁之后焊牢。圆筒的直径为17厘米，筒口向外卷边，里面要包上一根铁丝。筒口两头的盖子可按图7.38来设计制作。如用铁皮做可参考图7.38a，其直径比圆筒直径略小一点儿，使它能正好挤住筒口，不致脱落。若用马粪纸制作时，可以做成图7.38b的样子，其直径要比圆筒直径大一点儿，要使它正好套住筒口外面掉不下来。

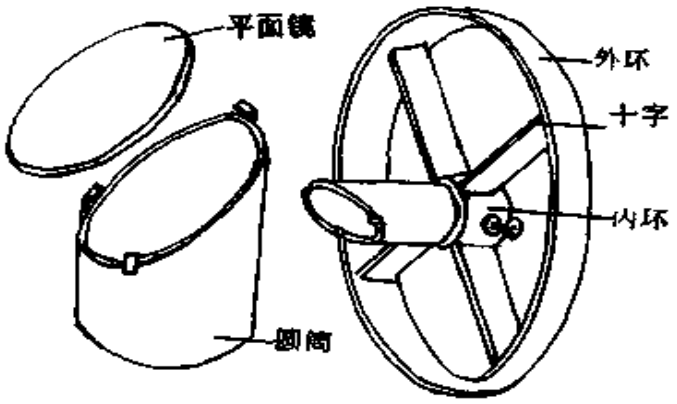


图 7.37

物镜安装在镜筒的底部。首先制一块圆木板（厚约1.5厘米）A，其直径与物镜直径相同；然后再制一块圆木板B(厚约2厘米)，其直径略小于镜身圆筒。用三只长螺丝穿钉仿照图7.39把A板与B板穿起来，注意钉帽在A板上不能冒出来，要嵌在板内，用三根较强的弹簧紧夹于两块板之间。这样，通过

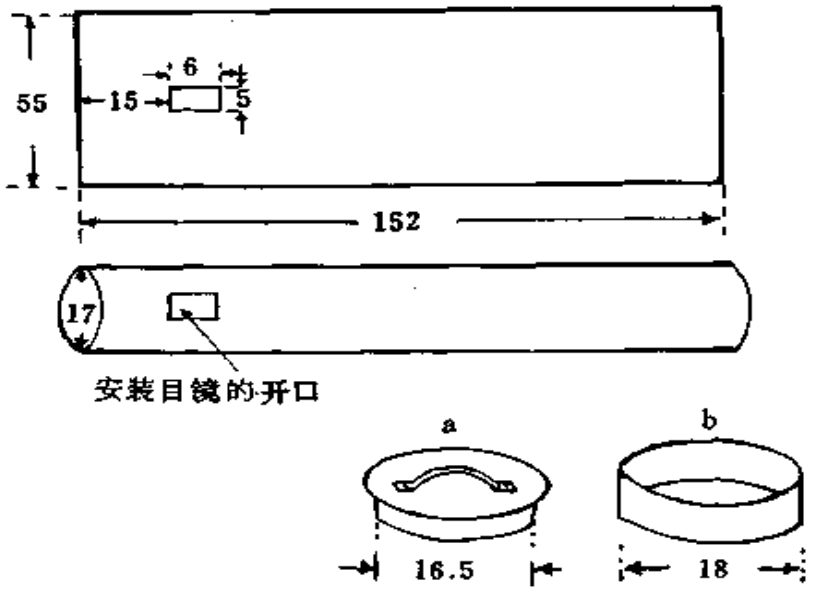


图 7.38

拧动 B 板上的螺丝母可使物镜作微小的位置调节。物镜放在 A 板上面。为了固定好物镜，应在 A 板周边上围一圈白铁皮，而且要有凸爪（图 7.40a），铁皮可用小钉子钉在 A 板边缘。A 板上应铺垫一层棉花或绒布敷平，放置物镜时切勿用手指接触镜面。把凸爪折平，以夹紧物镜。

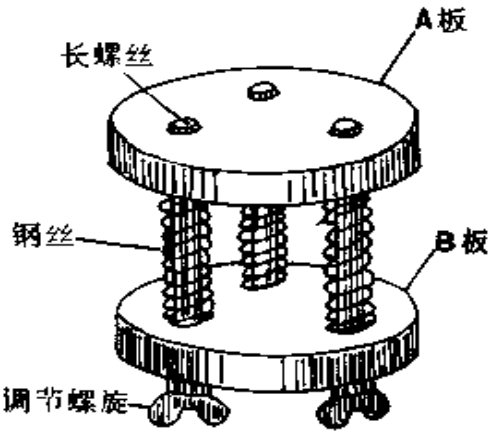


图 7.39

物镜装好以后，根据物镜焦距长度量好物镜在镜筒上的位置。如果物镜口径是 15 厘米，焦距长 135 厘米，镜筒长 150 厘米，目镜开口处离镜筒口 15 厘米，那么安装物镜的地方在物镜镜面离开下面筒口约 16 厘米（图 7.40a）。确定好位置后可用电钻在镜筒上钻 5 个孔，同时在 B 图板的边上同样也钻 5 个孔，要求 B 板的孔与镜筒上的孔位一致，然后用木螺丝将 B 板固定在镜筒里（图 7.40b）。

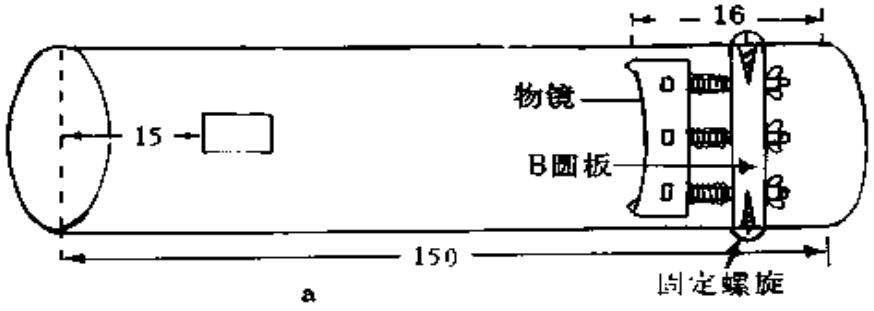
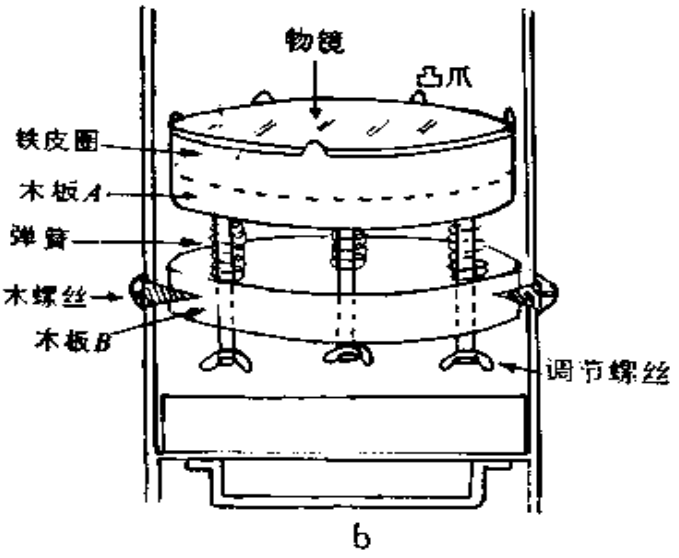


图 7.40a

目镜和小平面镜安装在镜筒上部，图 7.41 是目镜连接小平面镜装置的外形。小平面镜固定在圆筒的 45°斜面上，其安装要求是用白铁皮做一个仿图 7.43 的零件，此零件安装于镜身圆筒的开口处。下面以口径 15 厘米、镜筒直径为 17 厘米的望远镜为例说明

安装平面镜的方法。

首先根据图 7.43 中 A、B、C、D 的图样按尺寸画在白铁皮上，分别剪下，然后把它们焊接好，做成图 7.42 的形状。平面镜装在 B 处，其方法仿效装物镜的方法，也垫上棉花放平。用手将 B 处凸出的铁皮按倒紧压在平面镜上。然后把整个平面镜零件用螺丝钉装在镜筒开口处。



b

图 7.40b

目镜安装在装置平面镜的接口处，为了使各种倍率的目镜都能很好地调节利用，应在目镜筒与 D 筒之间再加上一个圆筒，使这三者可互相套在一起，能自由地上下移动。用白铁皮焊制的目镜筒，要求它既能让目镜插入，又要能在目镜座内灵便地调焦点；为增加其强度并防止滑进目镜座里，可在目镜筒的上口加焊一圈铁丝，使用时也便于抓住。

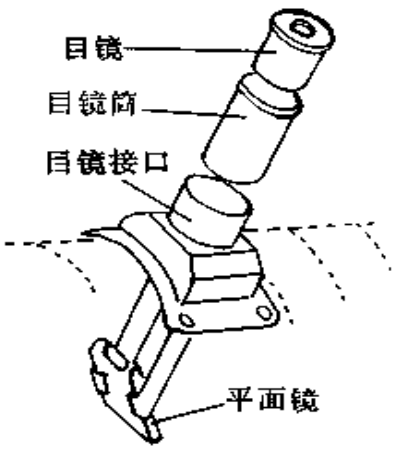


图 7.41

寻星镜的安装 可选用较厚的铁皮或铁板制成图 7.44 所示的支架，支架中的圆圈口径比寻星镜筒略大一些，可使用螺丝来调节固定。寻星镜筒一定要与大望远镜镜身平行，并排“骑”在镜筒上，两个寻星镜架可以用螺丝固定在镜筒上。

望远镜全面组装前的校准 在上述各种分立零件如目镜、寻

星镜、物镜架板（即A与B板）和镜筒等都备齐后，请不要着急组装在一起，而应着手装调物镜，使它的光轴和镜筒的轴线一致。首先在镜筒口上用细线和胶布拉上十字线，使它的中心和镜筒的中心相吻合。把物镜连同底板装入镜筒底部（见图7.45上），钻个孔用螺钉固定一下。然后在镜筒口

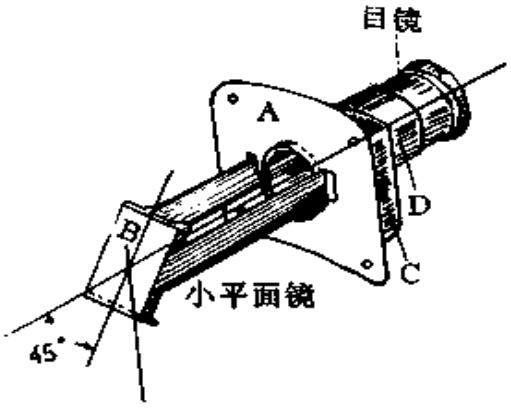


图 7.42

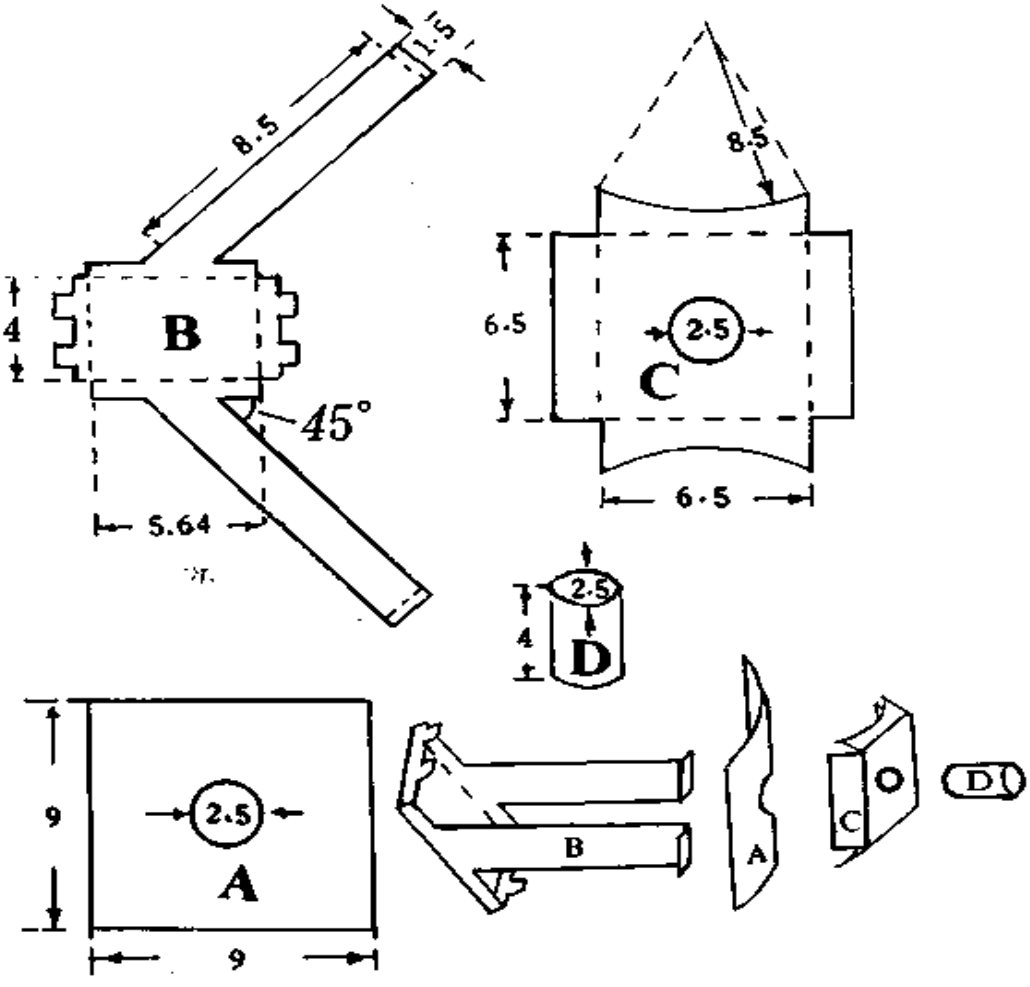


图 7.43

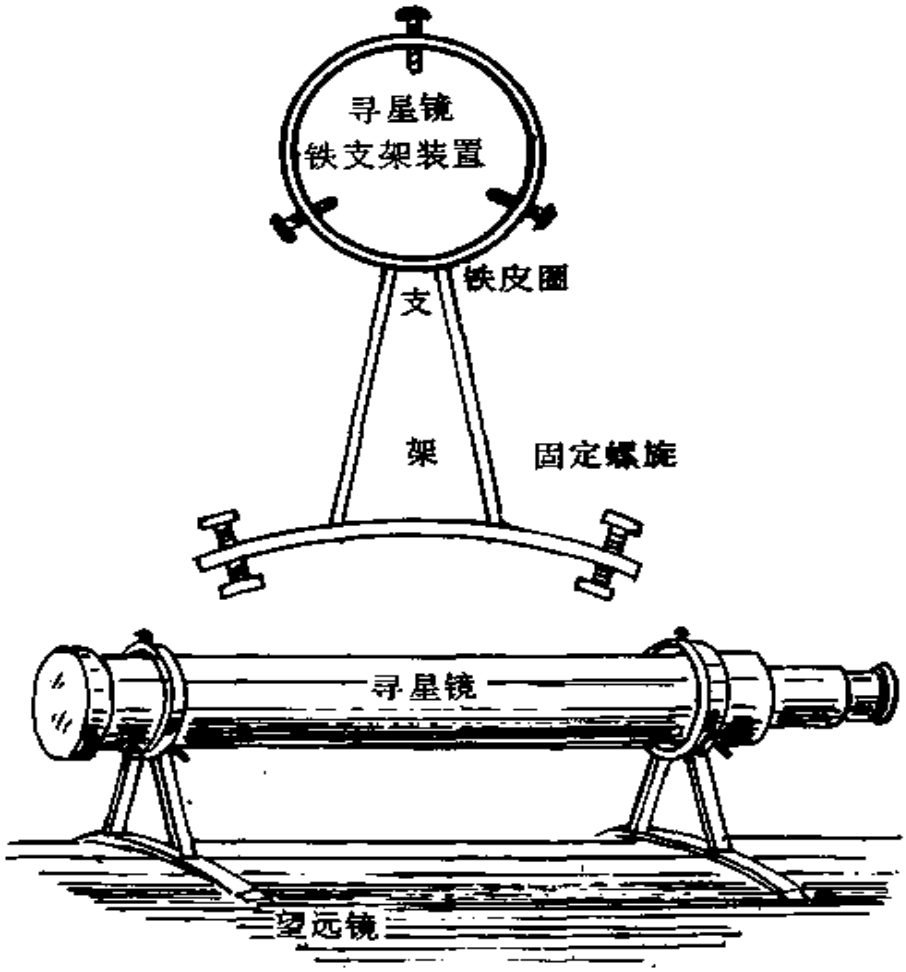


图 7.44

前面向物镜观看，可同时看到十字线和它在镜中的反射像，以及自己眼睛的反射像。移动眼睛位置，使十字线中心投影在物镜的中心上。眼睛、十字线和物镜中心应位于一条直线上，此直线代表着镜筒的轴线。

如果发现物镜中十字线的反射像不和实际十字线重合（图 7.45），表示物镜光轴不正，需要调整底板向前或向后移动一些。如此反复观察调整，直到出现图 7.45B 的情况，物镜的光轴就调整好了。这时将物镜底板固定住（用螺丝钉穿在镜筒上）。

然后将目镜座和平面镜组成的零件装到镜筒上部的长方形开

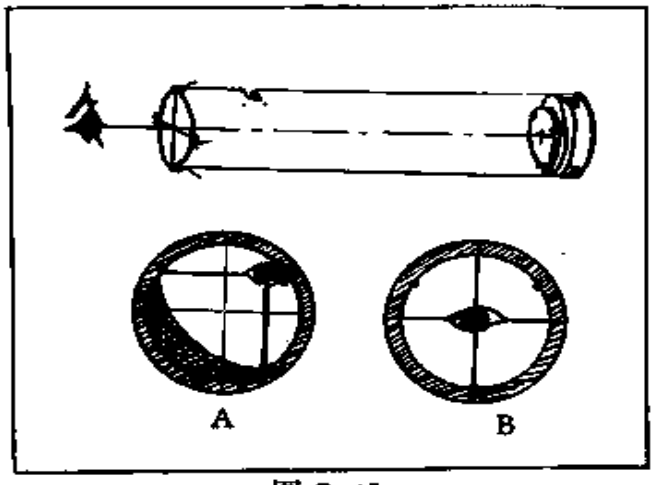


图 7.45

口里，眼睛对准目镜筒口的中心向小平面镜观看，可以看到小平面镜、物镜在小平面镜上的反射像和小平面镜以及十字线、眼睛等在物镜中的反射像。如果物镜的像不在小平面镜的中央，说明小平面镜的位置未装正，如图 7.46A 所示，表明小平面镜和物镜光轴的夹角不等于 45°。小的偏差可调节平面镜背后的垫片厚度来纠正，偏差过多，要把支架臂拆下来修正。图 7.46B 的情况表明平面镜角度略有偏差，而且支架臂焊在底板上的位置不正，或两臂的长度不等。经过调整平面镜的倾角和方位角后，应以能够看到图 7.46C 的情况，即算调整完毕。这时只要把目镜插入到目镜筒口里，把望远镜指向目标，调节目镜筒的位置，使成像最为清晰时，就可以作天文观测了。

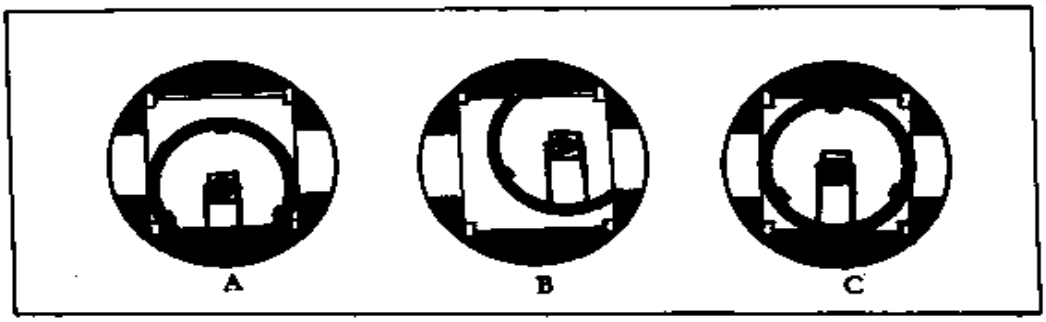


图 7.46

寻星镜光轴的校准方法是，把反射望远镜对准远方的固定目标，把这目标尽可能放在视场中央，然后把望远镜固定住。这时调节寻星镜近目镜一端的固定圈上的螺丝，使得上述观测目标位于寻星镜的视场中心（十字丝的交点），然后把固定圈上的几个螺

丝同时拧紧。这样寻星镜的光轴就和反射望远镜的光轴大致平行了。以后观测时，只要先用寻星镜对准目标，使它在寻星镜的十字丝交点上，就能用望远镜作观测了。



图 7.47

望远镜架装置 在望远镜的光学部分都已做好并制成镜筒后，如果没有支架，可仿照图 7.47 的方法作试观测。为了便于开展业余天文活动，必须给望远镜安装一个支架。这种支架必须满足两个条件：①稳固耐用，不会因微风吹而抖动。②具备两个相互垂直的转轴，以便调节望远镜瞄准天空任何一个天体。天文望远镜的支架装置主要有地平式装置和赤道式装置两个种类。

地平式装置 这种装置由一条垂直于地平面的转轴（地平轴）和另一条平行于地平面的转轴（垂直轴）所组成。当把夹住高度杆或望远镜筒的固定螺丝松开，望远镜筒即能在垂直平面内上下移动，并可对准天空任何位置观察。这种装置与地平坐标相对应，它的两条轴分别在垂直和水平方向，当镜筒绕垂直轴转动，它的地平经度在连续变化，但地平纬度保持不变。当它绕水平轴转动时则地平经度不变（或改变 180°），仅使地平高度变化。图 7.48 是爱好者自制的一种地平式装置，三角架可以是木制的，也可以是金属制的。地平式装置结构比较简单，制作比较

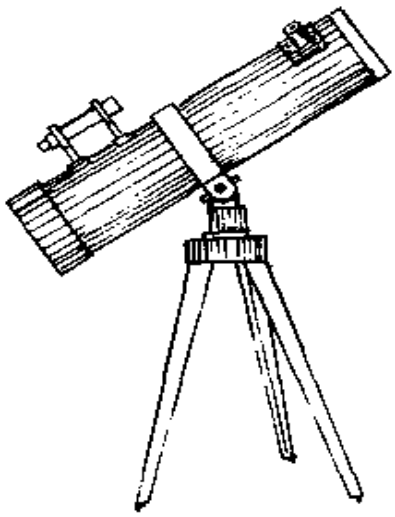


图 7.48

方便，用它作寻找彗星的工作很适宜。

赤道式装置　这种装置也有两个转轴，一个轴指向天球北极，称为极轴（也叫赤经轴），另一个轴与极轴相垂直，称为赤纬轴，它与地球的赤纬面平行。极轴与地球自转轴的方向一致。它具有的最大优点是，把望远镜对准某一天体之后，把赤纬轴固定下来，只要慢慢转动极轴，便可以使望远镜跟踪天体作周日旋转运动，见图 7.49。此外，如前所说，赤纬轴是平行于天球赤道的（它垂直于极轴），当绕赤纬轴转动时，望远镜始终在同一子午圈上，因此赤经不变（或改变 180 度），仅在不断地改变赤纬。如果在极轴上附加一个转仪钟装置，望远镜便能长久地对准任何一颗恒星，使恒星长期地停留在望远镜视场的中心，可实现对它的连续跟踪观测。这一点对于望远镜天体摄影非常重要。

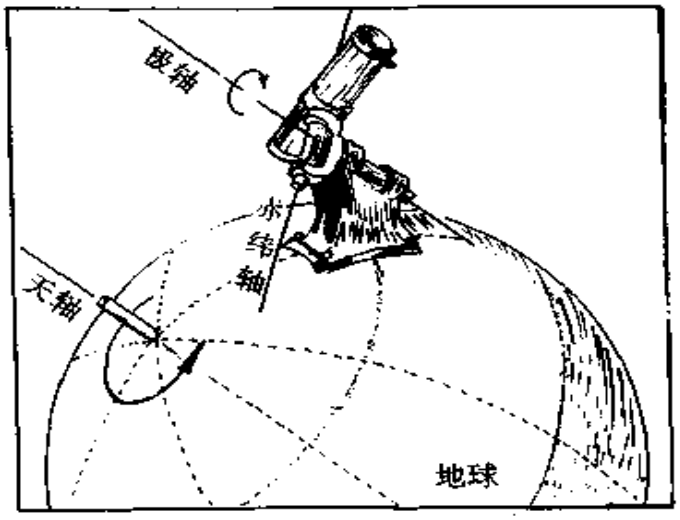


图 7.49

望远镜赤道式装置型式很多，下面简介几种。

德国式　是最普遍的赤道装置，如图 7.50 所示。其优点是运动很灵活，它容

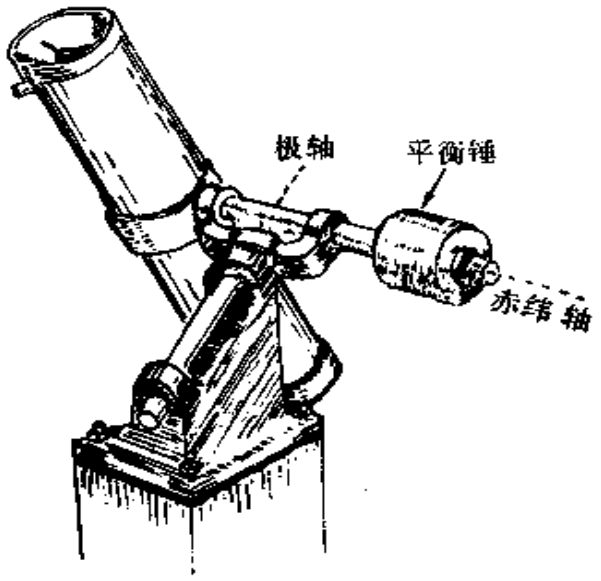


图 7.50

许镜筒指向北极和天顶（一般地平式装置不易观测天顶）。该镜筒装在极轴的一侧，故需用平衡锤保持平衡，这样镜筒便不会因其本身重量而在极轴上自行转动；其缺点在于平衡锤额外加重了整个望远镜的重量，增加了支架的负荷。

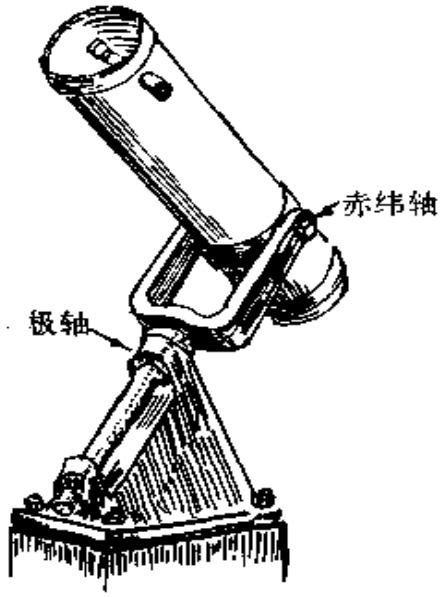


图 7.51

英国叉臂式装置　其优点是不需要平衡锤。其缺点在于赤纬轴离极轴的轴承太远，力臂太长，造成机械上的弱点，要求极轴的轴承必须特别坚固，否则镜筒难免震动。这种装置一般适合于镜筒较短的望远镜，如卡塞格林式或马克苏托夫式望远镜（见图 7.51）。

双轭式装置　亦称为美国式装置，如图 7.52 所示。为了克服叉臂式装置的缺点，双轭式装置将赤纬轴置于极轴两个轴承的当中，此即美国威尔逊山天文台 250 厘米口径望远镜的装置。其主要缺点是望远镜不能指向北极，且支架装置显得庞大、笨重。

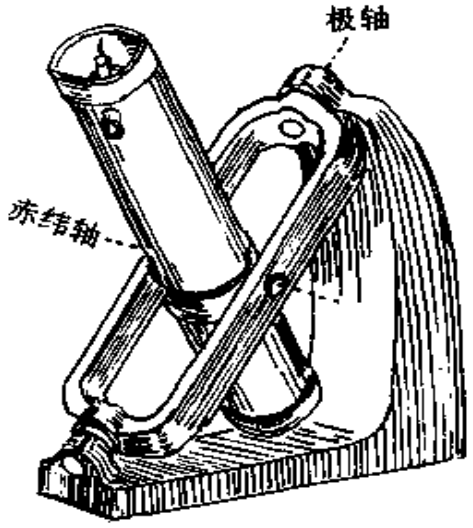


图 7.52

赤纬圈式装置　这种装置将极轴的上部轴承改为一个大圈（图 7.53 中 A），可在两个辊子（图中 B）上转动，而赤纬轴则装在这个圈的中间。为使镜筒能指向北天极，赤纬圈中部是截开的。图中 C 是极轴的第二个轴承。赤纬圈式装置比以上三种装置更稳固。著名的美国帕洛马山天文

台 500 厘米口径的望远镜就是采用了这一类型的装置。

自制简易的赤道装置

初学的天文爱好者自制望远镜赤道装置，一般要求加工方便，简单而实用，因为许多人没有很多机械加工设备。图 7.54 是一种简易的赤道式望远镜装置，图中的极轴是一个弯形铁管，其弯度与观测地点的纬度相同。此式望远镜的平面镜是一个三角棱镜，你如果能购得适当尺寸的棱镜可免去平面镜镀银这一工序，因为棱镜斜面是完全反光的。

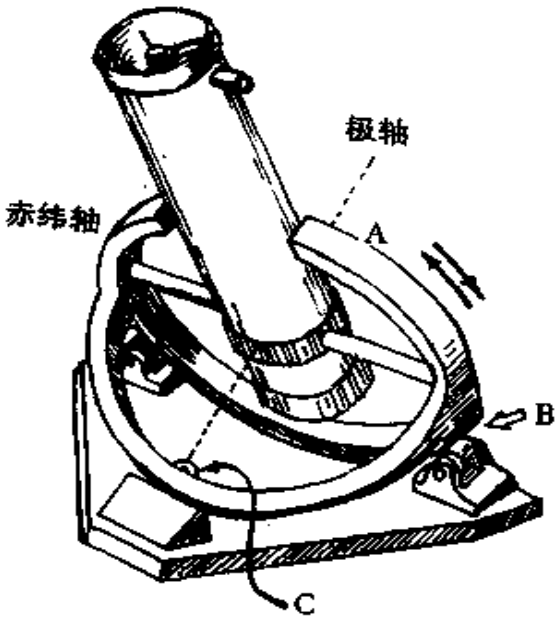


图 7.53

图 7.55 是一种简单的德国式赤道装置，其镜筒是方的，也未封闭。密封式镜筒易因温度改变而引起筒内空气对流而影响观测。此装置所需零件可用旧自来水铁管装配，极轴和赤纬轴的轴承是两个丁字形弯头。衡管两端的螺丝纹必须用锉刀或车床磨平。

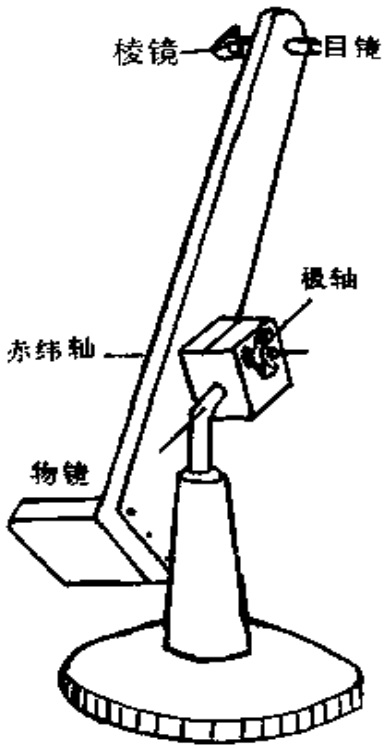


图 7.54

1958 年南京市少年之家曾在紫金山天文台的专家们的指导下成功地制作了 4 架望远镜，最小的口径 130 毫米，最大的口径 210 毫米。其中有一种赤道式装置至今

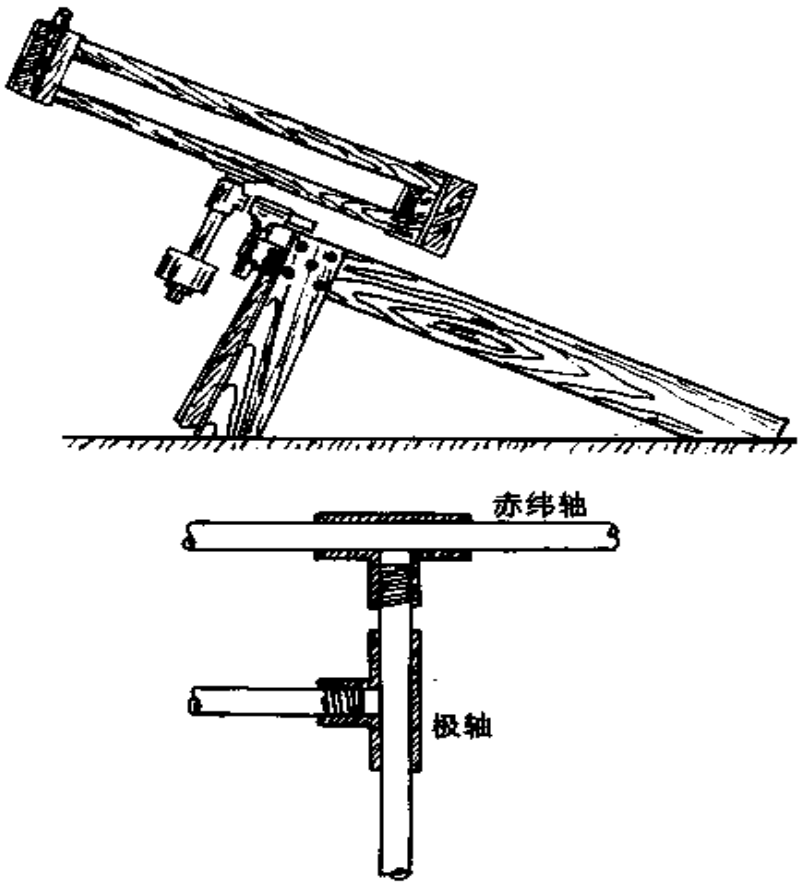


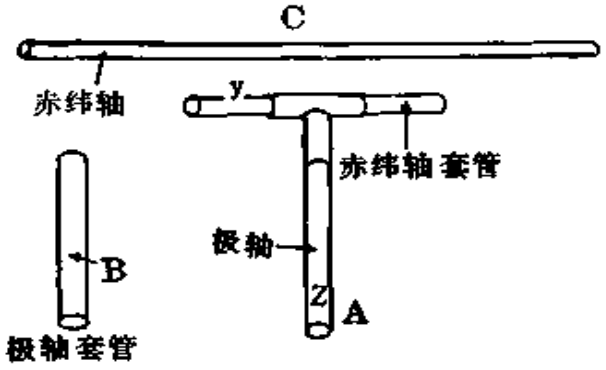
图 7.55

仍可为爱好者们所借鉴。他们所用的材料是自来水管和木料，图 7.56 上为铁管下料外形。图中 A 管是互相垂直连接起来的，管的 Z 端刚好可以套进 B 管中(不松也不紧，不能摇晃)；C 管也是刚好能套进 A 管的 Y 端，C 管最好用结实的铁棍。然后在 C 管的一端焊上装镜筒用的铁板及铁圈（图 7.56 下)。

由底架和立柱组成的支架部分要使用结实的木料，三个脚应安装牢固，当然，有条件者可改用金属支架。为了调节极轴的倾斜角度，可在三个脚的前端装上长螺丝，然后再在柱子头上把 B 管装进去，如图 7.57 所示。也可把建筑用水平仪安置在支架上。

安装 B 管时一定要按当地的纬度装成比较准确的角度 (φ)，可先在立柱头上钻好洞孔，注意管子在洞孔中不能有一点松动。重锤是用硬质木料车成上面圆、下面平的圆柱体状，中间装上一段

能套住赤纬轴的自来水管，装上螺丝，这样重锤就可以在赤纬轴上下移动，以便调节平衡镜筒的重量。



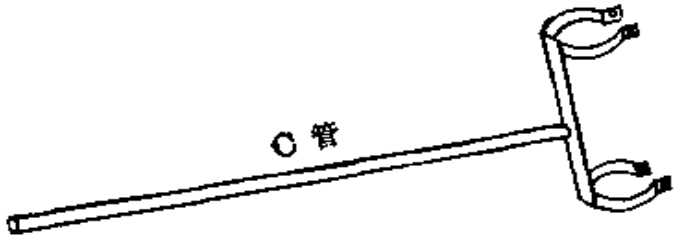


图 7.56

作天文观测时仅靠寻星镜来寻找星体是很不够的，用它只能找到目视观测到的较为明亮的天体。如想寻找其他较暗的天体（特别是星云）则非常困难。因此，要确定所观测到的天体在天球上的位置，一般要借助于时角盘和赤纬盘。时角盘固定在望远镜极轴上，赤纬盘固定在赤纬轴上，它们上面均有一定刻度表示天球中的赤经和赤纬。在夜空中寻找一颗恒星，先把它的赤经换算成时角，然后在时角盘上表示；同时还要把它的赤纬在赤纬盘上表示，这样恒星在天球上的位置就表示出来了。如果你的望远镜的装置固定下来，则可利用赤纬盘和时角盘根据各星体的坐标而寻找观测的对象了。这是

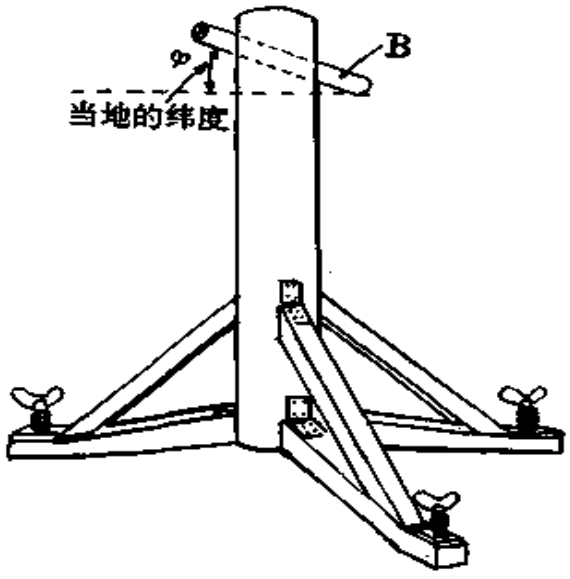


图 7.57

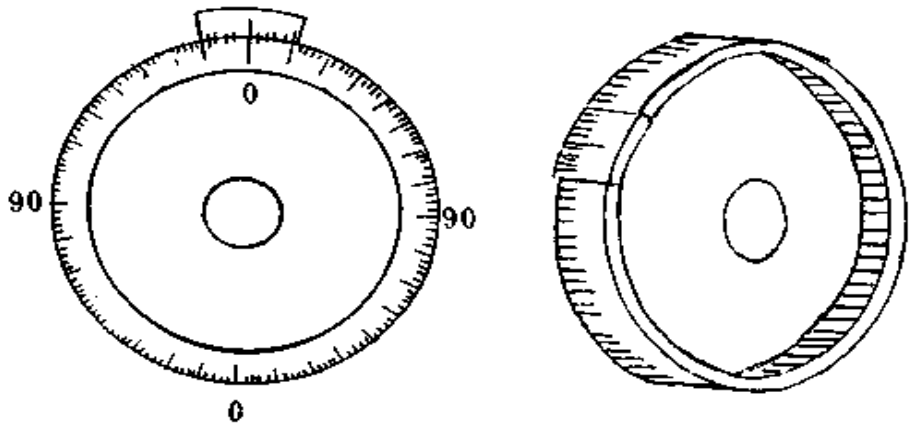
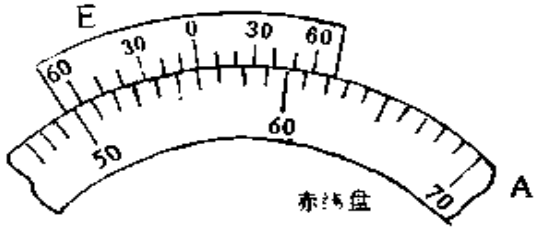


图 7.58

比较科学的方法。



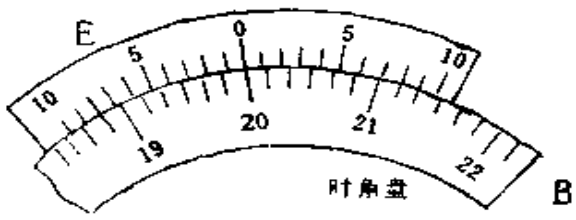


图 7.59

赤纬盘和时角盘分为平面式和轮缘式两种（见图 7.58）。每个刻度盘上分为不同的刻度。赤纬盘可做成把一个圆均分成 720 格，每两格为 1°。在盘上的标度可以按照象限标标明：0°→90°，90°→0°；0°→90°，90°→0°，对准赤道面上的恒星时，度盘为零度，即 $\delta=0$。有人为了制作方便，赤纬盘分为 360°，即每一格为 1°。为了提高刻度的精度，常常配有副盘游标尺，其刻度是取主盘 11°的长度，把它分为 12 个格，每一格定为 11/12 度。即主盘上 1°与副盘上一格的角度相差为 1/12 度，近似 10′，如图 7.59 所示。如果某个恒星赤纬为 δ_x，在赤纬盘上标出的 δ 多一些，即

$$\delta_x=\delta+\Delta\delta$$

Δδ的读数为游标尺上的刻线与主盘上刻线相对齐时游标尺上的数值。图7.59A表示出的δ为56°10′。

时角盘的刻度为24小时。可把一个圆分成720格，每30小格作为1^h，共计24^h，即每格2^m（2分钟）。时角盘的刻度从子午面上的星时开始，刻度为零，向东为负（－），向西为正（＋），盘上刻度由$+6^h$到-6^h。每一小时为15°，再分成六格，每一小格为2.5°，即为10分钟。共刻有288格。刻度盘刻制的方法如下：

(1)先在一个720毫米长的纸带上画360条线，各线相隔2毫米。为方便起见，可将印有小方格的绘图纸裁剪成小条粘接起来。主要目的只是得出一个画有360（或288）个等距离的刻度的长纸带。然后将纸带两端粘接，但须注意粘接处的两条线的距离与其他刻度等距。

(2)在每5度处将纸环的一边剪开，但仍保持纸环的联系，不可把它剪断（像锯齿），然后折平“锯齿”将纸环贴在一张图画纸上。然后取一片铜、铝或黑胶木切成适当尺寸的圆盘，将中心钉在纸环的中心点上，中心点必须很准确。此后用铁皮剪个标尺（或指针状），将纸圈的刻度转刻在度盘材料上即可。

通常，为了提高精度，时角度也配有副盘游标尺，它的刻度划分是，尺上10个格等于主盘上刻度90分的长度。每一格为9分（如图7.59B所示）。

使用时角盘时，我们如果知道某恒星的赤经α，首先换算成极轴度盘上时角t的数值。公式为t＝S＋α，式中S为观测时的恒星时，S的数值可这样测出：在未观测前先找一颗容易辨认的亮恒星，在它即将过子午面时，从天文年历上或其他资料查找到它的α、δ值，用一只计时钟表拨到该星的α值。转动望远镜赤纬轴至该星δ。极轴转到子午面即0^h时，恒星快到子午面用目镜监示。当星体在视场中过中心的一瞬间使钟表走动，这时钟表指示的就是恒星时（S）。注意，它在短时间内应用是可以的，但是到了第二天便与正确的恒星时差了约3分56秒，需加上这一改正量才能应

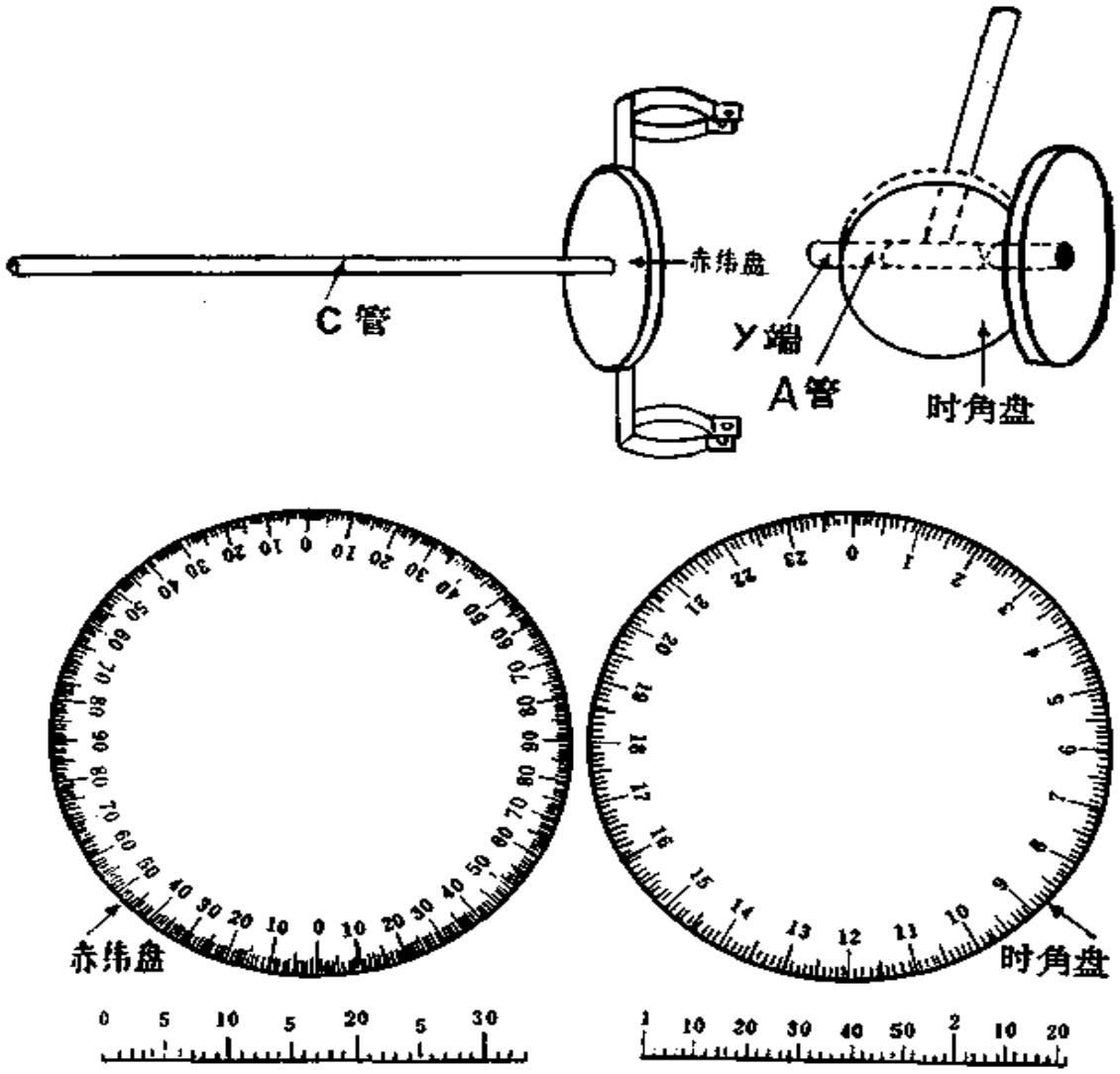


图 7.60

用。当欲观测的天体的 $\alpha > S$ 时，t 值为负，即该天体在子午线以东；如果 $\alpha < S$ 时，t 值为正，天体在子午线以西。用此方法我们就可以很快地用度盘在望远镜中找到要观测的天体了。制好的赤纬盘和时角盘分别固定在赤纬轴和极轴上，而每个副盘游标尺均固定在它们各自的轴套上。

前面提到的南京少年之家制作的望远镜，是用木板做的赤纬

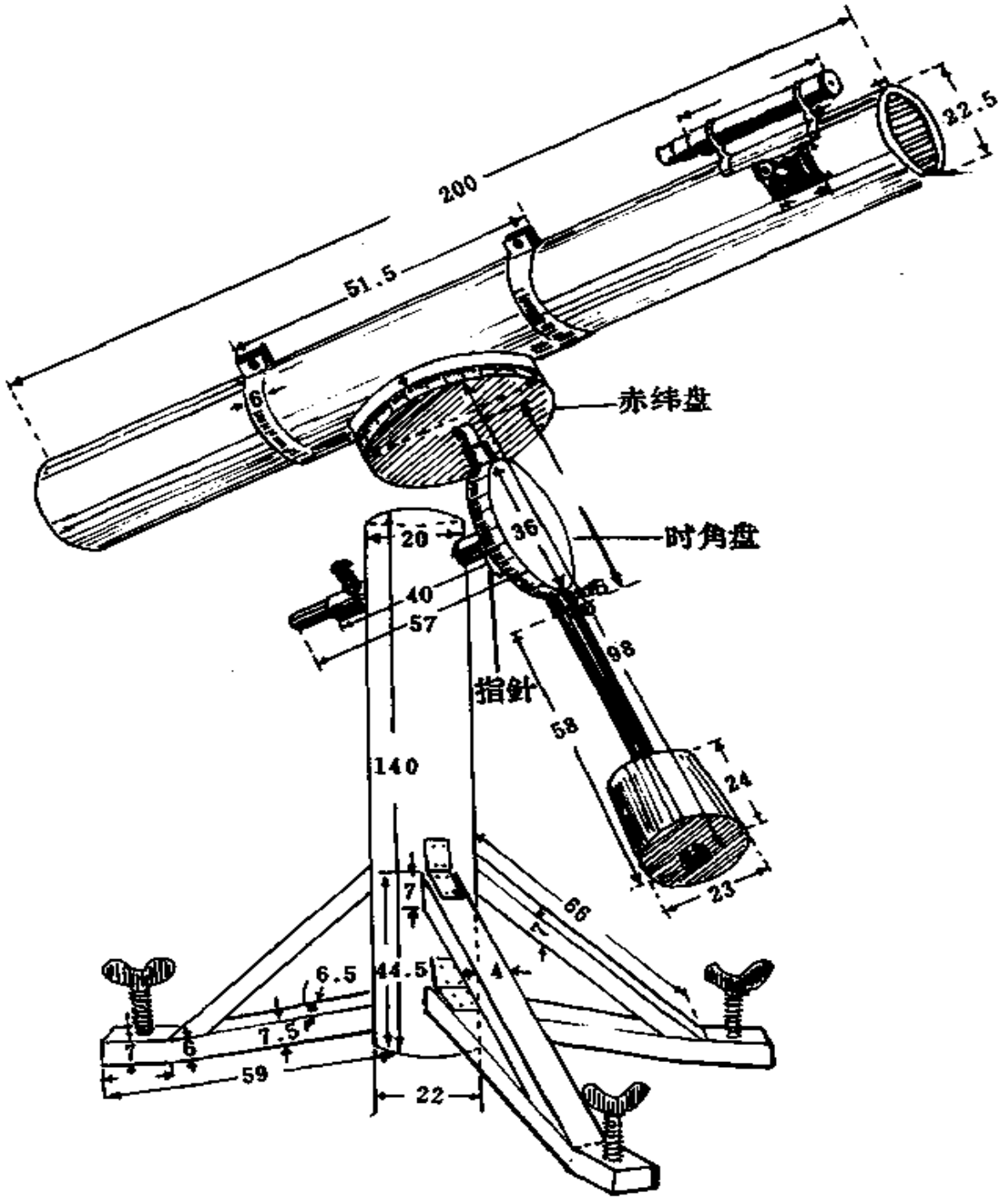

200
51.5
32.5
赤纬盘
时角盘
指针
20
36
40
57
98
58
140
24
23
66
7
6.5
44.5
4
7.5
6
59
22

图 7.61

盘和时角盘，它们分别装在铁管上（图 7.60）。指针装在前面提过的 B 管的前端，指着时角盘上的刻度。他们制做的口径 21 厘米的反射式望远镜式样及尺寸如图 7.61（图中长度单位为厘米）所示，仅供天文爱好者制作时参考。

·第八章

星空和星图

晴朗的夜空里，分布着无数闪闪发光的星星，它们三五成群组成各式各样的图案，有的明亮，有的暗淡，颜色也各不相同。壮丽的星空引起人们无限的遐想，激发人们去探索宇宙天体的奥秘。

认识星空，观察天体，进一步了解星体的物理性质，是学习天文学的入门途径之一。观察星空，可以培养科学观察能力；认识星座，掌握星空运行的规律还可判定时间、季节以及辨别方向。认星既可以培养科学情趣，也是一种有益的科学文化活动。

星空的变化　几乎每个人都会注意到星空不是静止不动的，巨大的天穹无声息地自东向西旋转着，西边的星辰渐渐没入地平线下，在东边的地平线上不断升起新的星座，而南方的星星则逐渐偏向西方。众所周知，星星的这种东升西落的周日视运动是地球自西向东自转运动的反映，约每 23 小时 56 分星星沿周日平行圈运行一周，每小时运行 15°。因此，从黄昏到第二天黎明前的整个夜晚我们可以看到当地可见的全部星星。一般说来，人们用肉眼可以看到 6 等星，全天星数约 6000 颗，显然这个数目会因各人视力不同而相差很多。此外，一个地方所看到的星的数目又因地理纬度的差异而不同。赤道地区的人们一夜之间可以看到全天的星，而两极地区的观测者甚至在长达半年之久的夜晚也只能看到半个天空里的星星，其他纬度地方（例如，地理纬度为 φ）的观测者永远看不到恒隐圈中的星星（即赤纬 $\delta \leqslant -(90°-\varphi)$ 的星）。地理纬度越高的地方，看到的星数越少。

由于地球自转的同时又在公转，就形成了星空的季节性变化：

不同季节的晚上同一时刻看星，星空里出现的星座有所不同。恒星每天提前4分钟出没和中天。就是说，恒星出没和中天的时刻与太阳的出没和中天的时刻是逐日不同的。假定昨天黄昏后7时，牛郎星从东方地平线上升起，那么今天看牛郎星，它在黄昏后6时56分升起；明天则在黄昏后6时52分升起；半月后提前1小时，午后6时就升起了；一个月时于午后5时就升起；一个季度之后，星星出没时间提早了6小时。也就是说，月初黄昏后7时的星空，相当于月中午后6时的星空，也相当于月末（下月月初）午后5时的星空；它又相当于两个月后（第三个月月初）午后3时的星空，……依此类推，它也相当于六个月后月初清晨7时的星空。换句话说，春季黄昏时的星空就是秋季黎明时的星空，冬季黎明时的星空就是秋季子夜时的星空或夏季黄昏时的星空。换一种说法，假若今天19时看到牛郎星在东方地平线附近，在牛郎星西边与牛郎星相距大约90°的大角星在正南方，那么，一个月后同在19时观察星空，我们就会发现大角星已在正南偏西30°的方向；三个月后再在19时观察星空，牛郎星却出现在南方高空中，而大角星则沉落到西北方离地平线很近了。不同月份同一时间星空的形象不同，出现的星座有所变化，因此人们常按春夏秋冬四季把星空区分为四季星空。所谓四季星空，就是指每个季节黄昏时候的星空。

了解了星星每天东升西落循环一周，并且逐日提前4分钟这种升没的规律之后，就不难理解为什么同一张春夜星图既表示3月月中23时，又表示4月月中21时，也表示5月月中19时的星空形象；它也可以表示2月月中1时和1月月中3时的星空。如果是在月初观测，同一幅星图则既表示3月月初24时，也表示4月月初22时，又表示5月月初20时的星空，还表示2月月初2时以及1月月初4时的夜空形象；如在月末使用这份星图观测，星图分别相当于3月22时、4月20时、5月18时、2月24时、1月2时的星空。另一方面，如果不在上述时间观测，例如在4月月中黎明3时观测，不难推知，夏夜星空图（6月23时、7月21时、

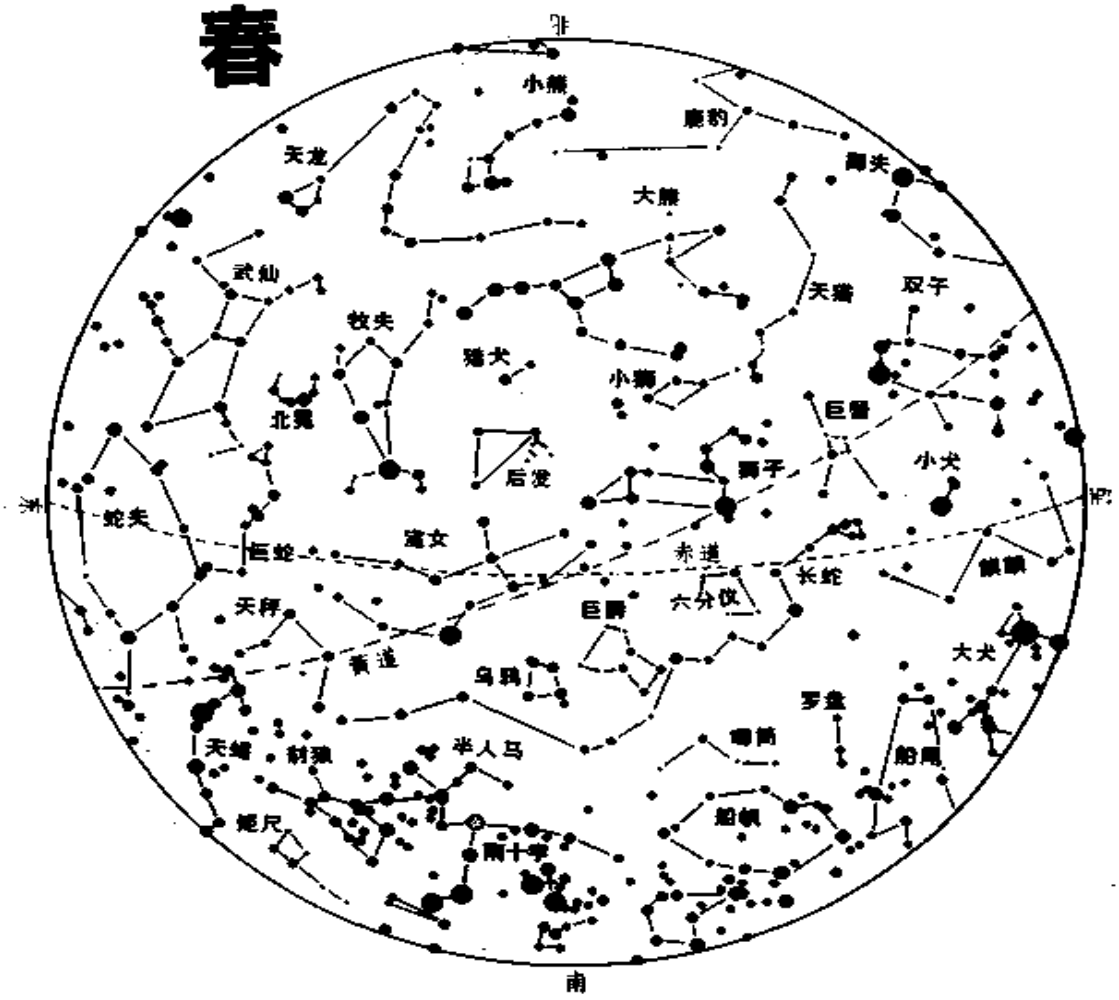
8月19时）就表示当时的星空形象。总之，利用四幅四季星图就可大体满足任一日期、任一时刻观测星空的需要。

还应指出，不同纬度的观测者看到的星空也有所不同，越往南，看到南天的星越多。我国海南岛三亚市地理纬度接近18度，在那里可以看到赤纬－72°以北的所有星星；而首都北京（$\varphi=40°$），就只能看到赤纬大于－50°的星星。

本文的四季星图中绘出北纬15度所看到的星空，以满足于我国南北方各地观测者使用。圆圈代表地平圈，上面标有东西南北方向，圆圈中心代表观测者的天顶。对于我国北部的观测者，看不到靠近南方地平的星座。使用星图时，将星图持于头顶，使图上标志的南北方向与实际的方向一致，就可按图索骥，辨认出天空中的各个星座。

星图上仅画出亮度大于4等半的恒星，文中涉及的一些有趣的著名天体须使用更详细的星图。文末介绍三种业余天文学家经常使用的星图，可供参考。

春季星空　春夜最引人注目的是北方天空的大熊星座，它主要由七颗亮星组成一个勺子形状，就像古代人盛酒的用具“斗”，故称为北斗，也叫北斗七星。其中的四颗星组成斗勺，三颗星组成斗柄。不同的季节、不同的时间，北斗七星在北方天空的位置也不同，所以根据北斗七星的所在位置可以判定季节。我国古书《鹖冠子》中说：“斗柄东指，天下皆春；斗柄南指，天下皆夏；斗柄西指，天下皆秋；斗柄北指，天下皆冬。”春天黄昏时，北斗七星的斗柄正指向东方。大熊座中的ζ星（中名开阳）和它附近一颗较暗的大熊座80星（中名“辅”）是一对目视双星，主星和伴星相距12′，天气良好时不难看到它们。用这对双星可以测验目力的好坏，外国有一讽刺小事细心而大事粗心的人的谚语：“他看见了大熊座80星而看不见圆圆的月亮”。用小望远镜观测大熊座ζ星，可以看出它也是一个双星，两颗星相距14″，其中较亮的主星大熊座ζ′星的视星等为2.4等，伴星大熊座ζ″星的视星等为4.0等。后



来发现主星和伴星又都是分光双星。近年又发现大熊座ζ″星实际上是一个三合星。辅星本身也是一颗分光双星。这样，大熊座ζ星和辅星实际上是由七颗星组成的聚星。大熊座中除了斗柄一端的η星（中名摇光）和斗勺的α星（中名天枢）外，其余五颗以及另外的几十颗星同属于一个星团，向着同一方向移动，叫大熊座移动星团。由十几颗至几千万颗恒星组成的恒星集团叫作星团。大熊座中有两个著名的河外星系——M81 和 M82（沿着大熊座γ、α联线方向约 1 倍远，它们的星等为 8 等和 9 等，只有用望远镜才能看到它们），它们都是由百亿、千亿颗恒星及大量星际物质组成

的恒星系统。M81 是旋涡星系，M82 是一不规则星系。1963 年，有人对 M82 进行了单色光拍照，发现这个星系的核在 150 万年前发生过一次规模巨大的“爆炸”，爆炸后，星系以每秒 1000 公里的速度向外抛出了相当于 560 万个太阳质量的物质。

顺着大熊座 α、β 两颗亮星联线的延长线上（大约有 5 倍 α、β 之间的距离处），很容易找到北极星。北极星总在北方的天空，离天球北极 1°左右。夜晚找到北极星，就可确定南北方向。我们知道，天极的高度（地平线上的角距离）等于观测者的地理纬度，因此，北极星的高度就近似等于观测者的地理纬度。在任何时刻，如果把北极星的高度精确地测量出来，就可以算出当地的地理纬度。

北极星是小熊座中最亮的恒星，夏夜星空中最适宜于观测小熊座，在夏夜星空中我们再来介绍。

从大熊座中的 δ 星和 γ 星的直线向南方延长，就会看到一颗蓝白色的亮星，这是狮子星座中最亮的 α 星。狮子座有两个明显的标志，头部像个反写的问号，尾部的三颗星组成一个直角三角形。狮子座 α 星就在问号的下端，这颗星中名叫轩辕十四，它位于黄道以北离黄道很近，是黄道上唯一的 1 等星，所以自古以来，就为人们所重视，不论是中国还是外国，都称它为“王者之星”。轩辕十四距离我们大约 84 光年，光谱型为 B 型，光度是太阳的 150 倍。它是航海九星之一，航海的人们经常用它来确定航向。古人曾选它为“王者四星”之一，意思是最容易辨认的亮星，其余三颗星是天蝎座 α（心宿二）、南鱼座 α（北落师门）、金牛座 α（毕宿五）。用望远镜观测狮子座 α 星，就会发现它是双星，在它附近3′.5 处有一颗 7.6 等的暗星。其实，它是颗四合星，在主星距离 3″处还有两颗 7.9 等和 13 等的伴星，两伴星相距 4″。狮子座的“反问号”中另一亮星是狮子座 γ 星，这是一颗著名的双星。现在知道，天上恒星有一半左右是双星，它们是两个彼此有物理联系的恒星系统，通常把较亮的一颗称为主星，较暗的那颗称为伴星。两星

的角距离足够大时，用望远镜可以分辨为两颗星的叫目视双星；若两星角距离小，用望远镜观测分辨不出是双星，但用分光仪观测时，由于它们运转时视向速度变化造成星光光谱线移动，这种双星叫分光双星；两星距离很近，以致引起两星间发生物质交流，常叫作密近双星。狮子座γ星是一个角距离逐渐增大的美丽双星，两星现在角距为4″.3，伴星围绕主星一周是407年。狮子座中还有几个用中等口径的天文望远镜可以看到的星系。位于狮子座三角形下边的M65、M66是两个旋涡星系，前者9.5等，后者较亮一些，是8.8等，距离我们2200万光年。在轩辕十四和“三角形”中间有M95和M96，它们都是棒旋星系，星等为10等，距离为2900万光年。狮子座中还有一种天象值得注意，那就是每年11月中旬出现的著名的狮子座流星雨，它的辐射点就在狮子座头部“反问”号的弯曲部分里面。

狮子“嘴”前的巨蟹座是个不引人注目的星座，其中最亮的星只有3.8等。这个星座之所以重要，完全在于它在黄道附近，巨蟹座δ星几乎正在黄道上。δ星的上方是γ星，星等为4.7等。在晴朗而无月光的夜晚，眼力好的人可以在δ星和γ星中间看到一个雾状的斑点，这是著名的蜂巢星团，用小望远镜可以看到有三四十颗小星散列其间。巨蟹座蜂巢星团距离我们有520光年，是离我们最近的疏散星团之一。在巨蟹座α星西边，还有一个著名的疏散星团M67，距离为2700光年，星等6.1等，直径27′，用双筒望远镜和低倍率望远镜可以看得很清楚。巨蟹座虽无亮星，有趣天体却不少。巨蟹座ι星是一双星，主星4.2等，伴星6.6等，一颗淡黄一颗淡蓝，角距30″.7。巨蟹座ζ星也是一双星，ζ_1为5.1等，ζ_2为6.0等，角距为5″.9，每一子星又都是双星，ζ_1两子星分别为5.7等和6.0等，角距为1″.1，周期59.6年；ζ_2两子星相距0″.2，周期17.6年，两子星分别为6.3等和7.8等。

狮子座三角形东侧是另一黄道星座室女座，室女星座中星的排列很难用文字来形容，我们把它们连成一个不规则的“土”字

形，两个横划弯曲，而且左长右短。室女座中最亮的星是室女座α星（中名角宿一），它发出纯白色、柔和的光芒。角宿一距离我们有275光年。它是被发现比较早的一颗分光双星（1890年德国波恩天文台的沃格耳发现的），主星的绝对星等为－3.6等，光谱型为B型；伴星的绝对星等为－1.6等，光谱型也为B型。角宿一曾与古代一项重大天文发现有关，古希腊天文学家喜帕恰斯把自己测得的角宿一的黄经与150年前另一位希腊天文学家德莫克里斯的观测加以比较，发现角宿一黄经增大，这使他发现春分点西退的岁差现象。在室女座ε（不规则“土”字形的顶点）和狮子座β（中名五帝座一）之间分布着许多星系，M84、M85、M86、M87、M49、M89、M59、M60等等，它们是室女座星系团的成员。由十几个、几十个甚至成百上千个星系聚集在一起组成的星系集团，叫做星系团。室女座星系团是距离最近的一个，距离约6000万光年，拥有成员星系2500个。60年代用射电望远镜探测室女座时，意外地发现了它发射来的射电波，经分析表明，射电波来自一个有特殊条状结构的椭圆星系M87，M87还是个强X射线源，而且在星系核心内部和外部均发现了激烈活动的证据，这使它成为现代天文学家极为重视的研究对象。

巨蟹座虽然亮星不多，但它西边的两个星座双子座和小犬座却有亮星，双子座我们在冬夜星空再作介绍。星图上小犬座只画有两颗亮星，其中很亮的一颗α星（中名南河三）和大犬座中的天狼星（大犬α）、猎户座中参宿四（猎户α）组成一个巨大的等边三角形。南河三距离11.4光年，它是距离我们第四近的星，所以看起来很亮，是0.38等，它的实际亮度只有太阳的6倍。南河三是一著名的双星，伴星为13等。小犬座还有一个双星也很值得一看，在小犬座β星南边的小犬座η星，这个双星主星为5.3等，伴星为11.3等，常被用来检验望远镜的光力。

小犬座的西南方是麒麟座，它恰好在银河中央，周围又都是很明显的星座，其西边是猎户座，东边是小犬座，靠南是大犬座，

北边则是双子座，而麒麟星座中没有比4等星还亮的星，所以是个非常不显眼的星座。麒麟座中几颗暗淡的星排列成一个倒写的M字，它虽然没有亮星，但却有几颗值得一看的重要天体。麒麟座ε星是一双星，两个子星一为淡黄、4.5等，一为淡蓝、6.5等，角距为13″.2，用低倍率望远镜看去很是美丽动人。麒麟座β星的两子星亮度相近（4.6等、4.7等），较亮的子星也是双星（5.2等、5.6等），β星是一漂亮的三合星。在麒麟座ε星北边附近的麒麟座T星是一造父型变星。这类变星因星体作周期性膨胀收缩而引起亮度作周期变化，是脉动变星的一种。麒麟座T星亮度在27天的时间内在5.8等至6.8等之间变动一周。麒麟座中M50（因其在法国天文学家梅西耶编制的星团星云表中排为第50号，故简称M50）是一星等为6.3等的疏散星团，视角直径约16′，它大致在麒麟座α和γ星之间但偏向α。另一个NGC2244（它在星团星云新表中排号为第2244号）是一肉眼刚能看到的疏散星团，在麒麟座ε星东边的麒麟座12号星附近。

麒麟座向南顺着银河是一巨大的星座群，以前把它们当作一个星座，叫作南船座。现在将它分为四个星座：船尾、罗盘、船帆、船底座。对于我国北方的高纬度地区，船底座经常在地平线下，很难看到它。船底座中有颗全天第二亮星——老人星，星等为−0.72等。生活在北纬高于37度的地方的观测者永远见不到它的光辉。

船尾座的亮星排列成一个不规则的多边形，船尾σ、κ、N、h^2、γ等都是双星。其中σ两子星星等为3.3等、8.5等，角距22″.4，两星绕转轨道周期极长，是一相对固定的双星。这个星座中的M93是一个6等的疏散星团，用望远镜观测，它美丽而明亮。M47疏散星团星等为5.2等，肉眼刚能看见。M46疏散星团由一些暗星组成，直径约30′。它的北边是一行星状星云NGC2348。

罗盘座是个小星座，在星图上只画出三颗星。船帆座亮星却不少，排列成一个扁的不规则多边形，横亘在南天。其中船帆座

γ星是个著名的双星，两子星都很亮，一为2.2等，一为4.8等，角距离为41″。

船帆座北边的唧筒座，也是个小星座。其中最亮的α星也只有4.4等，它是个双星（5.6等、5.7等），两星角距离为11″。

再往北是蜿蜒曲折的长蛇座，它东西延伸可达100多度。长蛇的头部在巨蟹座下方，尾部伸到室女座下方。长蛇座尾部的R星是一颗蔡藁型长周期变星，最亮时为4等星，最暗时为10等星，变光周期为386天。

长蛇背部自东向西依次为乌鸦、巨爵、六分仪三个小星座。六分仪座就在狮子座反问号的下方，四颗不亮的暗星组成一个不规则的四边形。其中最亮的α星也仅有4等，其他的就更暗了。六分仪座γ星是一双星，两子星（5.8等、6.1等）角距小于1″，一般很难看出。

巨爵座中的星排列的形状很像古代盛酒的器皿，因此而得名。其中γ星是一双星，主星为4.5等，伴星为9.5等，角距为5″.2。

乌鸦座在室女座角宿一的西南，在巨爵座以东。其中四颗3等星组成一个四边形，十分明显。乌鸦座δ星是一双星（3.1等、8.4等），两子星角距为24″.2，其主星颜色淡黄。四边形中间有一变星乌鸦座R星，是长周期变星。附近还有一个行星状星云NGC4361。

对于我国南方如海南岛（19°）的观测者，在南天地平线附近可以看到著名的南十字星座，其中的亮星组成的十字形十分醒目。南十字座α星是一明亮的双星，两子星一为1.6等，一为2.1等，两星相距4″.7，非常易见。

再让我们把眼光投向北天。在狮子座北面是小狮座，它所占的天区不大，几颗不很亮的星排列成一个小菱形。小狮座的西边是不明显的天猫座，图上有8颗星排列成弯曲的长线。小狮座以东可以看到猎犬座，猎犬座中的亮星α中名叫常陈一，它是一个双星，主星2.9等，伴星5.4等，角距为19″.7。常陈一最特殊的

特征是具有很强并且变化的磁场，磁场强度从＋0.162 特变到—0.142 特。它还有光亮和光谱的变化，光变周期为 5.469 天，光变幅为 0.1 等。其光谱有非常强的铬和铕的谱线，谱线强度有规律地变化着。猎犬座中 M3 是一个美而明亮的球状星团，亮度 6.4 等。M51 是一著名的旋涡星系，8 等，最靠近大熊座 η 星。M94 也是旋涡星系，7.9 等，核心明亮清楚。

猎犬座南边是后发座，三颗 4 等星组成一个直角三角形。在这个星座里有一个星系团，可能包含 10000 多个星系，其分布呈球状对称，中心区域包含 1000 多个星系，距离大约为 4.5 亿光年，这个星系团有射电辐射和 X 射线辐射。后发座 M53 是一球状星团，7.6 等，不大但很美丽。M64 是一旋涡星系，6.6 等，虽然明亮，但需用口径 20 厘米以上的天文望远镜才能观测出它的结构。后发座 24 是一美丽双星，一呈淡黄，一呈淡蓝，星等分别为 5.2 等和 6.7 等，两星相距 20″.3。

大熊座附近是曲折的天龙座。从大熊座的指极星附近开始，在大熊座和北极星之间围绕北天极形成一个半圆形，然后向相反的方向弯曲，直到由五颗星组成的五边形“龙头”。天龙座双星很多，天龙座 η、20、26、ψ、40/41、ε、Σ2573 等都是双星。其中天龙 η 的主星亮度为 2.9 等，伴星 8.8 等，角距 6″.1，在口径 7.5 厘米的望远镜中极易观测到。

夏季星空 “斗柄南指，天下皆夏”。晚上 8 时左右看北斗七星，它的斗柄已朝向南方，预示时序已届夏季。在初夏的星空里，西方还残留着春季夜晚出现的星座，如后发、室女、乌鸦座等等。当我们的目光顺着北斗七星的斗柄弯曲的方向延伸，就会看到一颗亮星，它就是牧夫座 α 星（中名大角星），距离我们 37 光年。要是把它放在太阳的位置上，要比太阳亮 86 倍。大角星的表面温度为 5000K，比太阳表面温度（6000K）要低 1000K，所以它发出橙色的光辉。我国传统的星空划分方法是把天空分成三垣、四象、二十八宿等大小不同的区域，大角星被看作是四象之一的东方苍龙

的一只角，这就是“大角”一词的由来。苍龙的另一只角是室女座中的角宿一。牧夫座的几颗 2、3 等较亮星排列成一个五边形，大角星附近的 ε 和 ζ 都是双星。用口径 5 厘米的望远镜可以看到牧夫座 ε 双星（其主星亮度为 2.7 等，伴星为 5.1 等）各为淡黄、淡蓝的两颗星在视场内闪烁发光。牧夫座 ζ 星两子星亮度相等，均为 4.6 等，互相绕转一周约 130 年。

牧夫座东边是北冕座，其中主要的七颗星排列成一个半圆形，名副其实的王冠的形象。天空中有两顶“王冠”，另一个在南半天球上，叫南冕座。北冕座中名叫贯索，北冕座 α，中名贯索一。在北冕座中有一颗变星叫北冕座 R，它是一种很特殊的变星（北冕座 R 型变星）的代表，这类变星在很长时间间隔内亮度一直处于极大状态，但有时亮度会突然下降。北冕座 R 星已有 100 余年的观测历史，它处于 5.8 等的亮度极大状态长达 10 年之久，但在一个月中亮度突然下降到 14.8 等。北冕座 ε 星附近的北冕座 T 星，是一颗再发新星，属于爆发变星中的一种类型。在星空中原来肉眼看不到的暗星的亮度在几小时至几天突然剧增，然后亮度又缓慢下降，亮度变幅平均达到 11 等，即亮度增强几万倍的变星叫作新星。有的新星几十年后亮度再次剧增，叫作再发新星。1866 年人们曾经看到北冕座 T 星的亮度爆发，1946 年它再次从 10.8 等的星突然增亮为一颗 2 等的明星，使北冕座其他恒星黯然失色。北冕座 η、ζ、σ 都是双星。

再向东看去是武仙座，这个星座里没有很亮的星，而且排列不出显著的图形，所以不容易辨认，武仙座介于天琴座和北冕座之间，而天琴座有明亮的织女星，其附近的星星组成一小菱形，较易辨认。认出北冕和天琴座，就不难找到武仙座。武仙座南端的亮星武仙座 α 星（中名叫帝座）是一个双星，一个子星发淡红色的光，另一子星发淡绿色的光。它的亮度很不规则地变化于 3.1 等和 3.9 等之间，它又是一个不规则变星。武仙府 ζ、δ、μ 也都是双星。武仙座中有个著名的球状星团 M13，由几十万颗星聚集在一

起的呈球状分布的星团叫球状星团，M13 的亮度为 5.7 等，眼力好的人在无月的晴夜勉强可以看见，它在武仙座 ζ 星和 η 星之间。另一个球状星团 M92，在织女星西边，天龙的“头”的下边，它的直径 8′，亮度 6.1 等，比 M13 略小而暗。

天琴座 α 星（中名织女星）是全天最亮的第四颗亮星，第一颗是天狼星（大犬座 α），在冬夜容易看见；第二颗是老人星（船底座 α），出现在冬夜星空里；第三颗是南门二（半人马座 α），出现在夏夜星空中。织女星和其近傍两个小星 ε、ζ 组成一个等边三角形，靠南的天琴座 ζ 星又和 β、γ、δ 组成一个菱形。靠北的天琴座 ε 星，视力特别好的人能够用肉眼看出它是两颗星，这是一个著名的肉眼可见双星，实际上每一子星又都是双星，它是个双双星，ε^1 是由 5.1 等、6.0 等相距 2″.8 的两星组成，ε^2 的两子星亮度为 5.1 等和 5.4 等，角距离 2″.3。天琴座 ζ、η 也都是极容易看出的双星。天琴座 β 星（中名渐台二）是天琴座 β 型变星的代表，它的亮度变化于 3.4 等和 4.1 等之间，变光周期为 12.9 天。它的变化原因是几何原因造成的，又称几何变星。它实际是双星，每个子星不是球形而是椭球形，随着两子星互相作轨道运动，它们朝向观测者的表面积发生变化，因而造成光度变化。这种双星又称椭球双星，是几何变星的一种。在渐台二附近有一著名的行星状星云 M57，亮度为 9 等，大小为 80″×60″。这个星云呈现为一亮环，又叫作环状星云。在星云核心有一个 15 等的高温核星，该星肉眼不易看到。星云的稀薄气体受到高温核星紫外光的照射，受激发而发光。天琴座中的 M56 是一小球状星团，8.2 等，它位于菱形对角线的延长线上，隔着菱形和织女星相对。天琴座 R 星是一亮度变化于 4.0～5.0 等的半规则变星，位于菱形北方。

隔着银河与天琴座遥遥相对的是天鹰座，天鹰座最亮星 α（中名河鼓二）和两边两颗星排在一条直线上，很明显。河鼓二又叫牛郎星，牛郎、织女的神话家喻户晓，两边的两颗星据说是神话传说中牛郎和织女的两个孩子。天鹰座 α 星距离我们 16 光年，视

星等为0.9等，它和织女星的光谱型都是A型，表面温度10000K。恒星的颜色决定于表面温度，表面温度低，如3000～4000K的颜色发红；温度增高到4000～5000K，星的颜色为橙色，如大角星；温度增高到10000K，恒星颜色就是白色的了。天鹰座中有颗有名的变星，它就是天鹰座η星，它在牛郎星正南距离大约7、8度处。天鹰座η是一颗造父型变星，它的亮度变化于3.5等和4.3等之间，变光周期为7.18天。天鹰座π在牛郎星附近，它是两子星分别为6.2等和6.8等的目视双星，用口径7.5厘米的望远镜可以看出，它们相距1″.4，人们常利用它们来检验望远镜的分辨能力。

夏夜，当我们的视线向北天看去，小熊座里七颗星排成一个“小北斗”，其中斗勺端部相当于北斗七星的指极星的那两颗（β、γ）比较明亮。小熊座最亮的α星（中名勾陈一）是一颗光学双星，主星亮度2.0等，伴星为9.0等。小熊座α正在北天极附近，因此获得“北极星”的桂冠。由于地轴的进动，地轴的指向在天空中画一圆圈。目前，北天极位于小熊座α星附近，4000年前最近北天极的星是天龙座α，1.2万年后织女星将登上“北极星”的宝座。

让我们再向南天看去，在北冕座和武仙座的南方是巨大的巨蛇座和蛇夫座，这两个星座占据了很大的天区，其中较亮的星联结起来真像是一个捕蛇人手持一条巨蟒。蛇头三角形在北冕座的下方（南方），蛇尾在蛇夫座的东边。在巨蛇座蛇头星区的M5是一漂亮的球状星团，直径15′，由11～15等的星组成，累积星等为6.2等。蛇夫座里M12、M10、M62、M19、M9、M14都是球状星团，星等均小于6等，须用望远镜方能看到它们。

蛇夫座的南边是三个黄道星座，它们是天秤、天蝎和人马座。天秤座亮星不多，我国把这一星区叫作氐宿，天秤座α星中名氐宿一，它几乎就在黄道上，利用它和黄道上的其他亮星如狮子座α、巨蟹座δ、双子座δ、天蝎座β等可以指示出黄道在众星中的位置。天秤座β星中名氐宿四，它是唯一用肉眼看来带微绿色光的星，用

望远镜可以看出它是双星。

天蝎座是黄道星座中最美丽的星座，其中的亮星弯曲排列很像一只蝎子，它里面最亮的那颗红星是天蝎座α，中名心宿二，又叫大火。这颗星在古代声名显赫，为了观测它来定季节，还专门设立了一个官职叫火正。诗经中说“七月流火，九月授衣”，火即指天蝎座α。它是最大的恒星之一，直径为太阳直径的330倍，离我们270光年，实际亮度为太阳的1800倍。用天文望远镜观测，可以看出它是双星，在视场中一红一绿很是美丽。心宿二和附近的两颗星（天蝎座σ、天蝎座τ）合起来叫作心宿，心宿右上方的几颗星叫作房宿，心宿左下方的一串星叫作尾宿。虽然天蝎座是个很大的星座，但只有一小部分在黄道，而蛇夫座虽然不是黄道星座，但是黄道在蛇夫座里的部分比天蝎座里的部分还大。天蝎座的身躯和尾部位于银河中，这里正是银河系中心方向。天蝎座恒星很多而且非常明亮，星团也特别多。靠近心宿二的M4，是一球状星团，亮度7.1等。M80介于心宿二和天蝎座β之间，是一亮度为6.8等的明亮而密集的球状星团。M6是一5.3等的疏散星团，像一只“展开翅膀的蝴蝶”。M7是亮度为4等的疏散星团，肉眼可见，在低倍率的目镜中最好看。这两个星团在天蝎座尾部的上方。天蝎座第二亮星天蝎β是一个双星，主星亮度为2.9等，伴星为5.1等，角距13″.7，有趣的是主星还有一暗伴星，亮度为9.7等，角距只有0″.8。此外，天蝎座ξ（在天蝎头部以北）也是双星。

天蝎座东边的黄道星座是人马座，其中四颗亮星所构成的形状很像北斗七星的“斗”，所以也叫“南斗”，另外六颗星组成一个弓形，叫“人马座弓形”。人马座是黄道星座中最靠南的一个星座，黄道上最靠南的一点叫冬至点，就在人马座里，每年12月22日太阳经过这一点。人马座中的银河最为明亮，有几个大星云就在人马座里。M20（NGC6514）亮度为9等，用良好的大口径望远镜可以看出它好像是由三片发光的气体云组成，所以叫三叶星

云。三叶星云几乎在黄道上，距离人马座弓形顶上的人马μ星西南不远。M20、M23与人马座μ组成一个等边三角形，M23位于人马μ的西北角，是一个漂亮的疏散星团。在三角形中间的M21也是一个疏散星团，亮度为6.5等，用低倍率望远镜观测，它和M20出现在同一视场内。还有M25、M22、M54、M55、M75等等，M25是一较稀疏的疏散星团，6.5等，位于人马座μ星东侧7、8度处；M22为5.9等的大而亮的球状星团，直径约15′，包含若干红星，在南斗的人马座φ星北边3、4度处；M54是一小而亮的球状星团，7.3等，在南斗的人马ζ星西南附近；M55也是一球状星团，7.6等，它比大多数球状星团的密集程度要差一些，容易分辨其中的恒星，在M54的东边13度左右；M75是小而密集的球状星团，亮度为8等，在南斗东北侧，距离大约15度。

在人马座北部是盾牌座，这是个小星座，没有什么亮星。盾牌座中有一个巨大的扇形星团M11，亮度为6.3等，在良好的情况下眼力好的人刚刚能看到。盾牌座R是一变星，亮度在5.7等至8.6等之间变化，周期大约144天，是一种半规则变星，这种变星以金牛座RV星为典型，故叫作金牛座RV型变星。

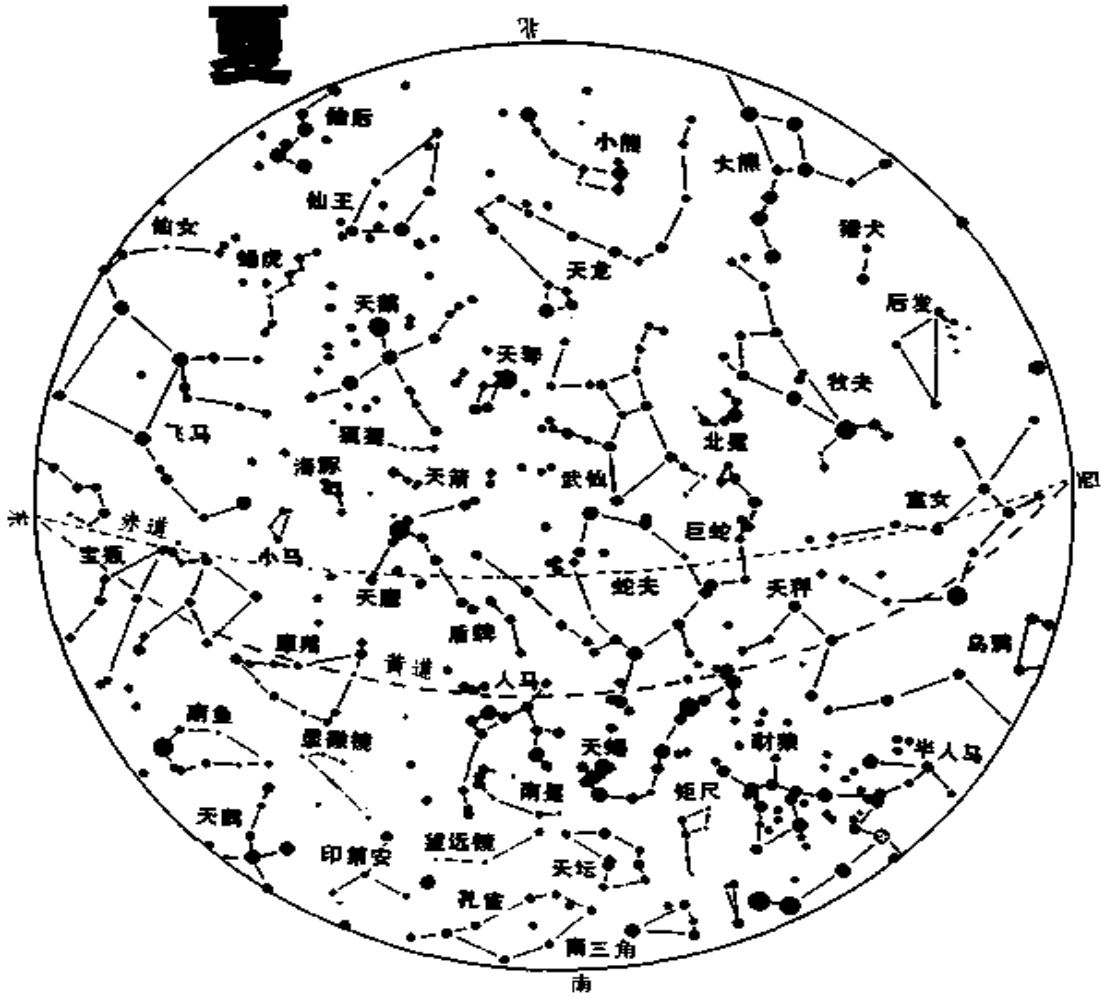
人马座的南部是南冕座，其形状与北冕座相似，但没有亮星，不像北冕座那样引人注目。

再往南是望远镜座，它也没有什么亮星。在它的西南是天坛座，天坛座里的星排列成一个不规则多边形，天坛座R星是一颗大陵型变星，亮度最亮时为5.6等，最暗时为6.9等，变光周期为4.4天。大陵型变星的典型星是英仙座β星，其变光原因参见冬夜星空中的英仙座介绍。

再往西是矩尺座，这是个小星座，亮星也很少，较亮的星联成一个四边形。在它西边的豺狼座中3等、4等星很多，豺狼座π、κ、μ、η都是双星。

豺狼座的西边是半人马座，这个星座的联线被想象为半人半马的动物。半人马座α星（中名南门二）是最近的恒星，距离我们

4.3 光年，是人类最早测定出其距离的三颗恒星之一（另外两颗是织女星和天鹅座 61 号星）。南门二是全天最亮的第三颗亮星，用低倍率的望远镜就可看出它是光彩夺目的双星，实际上它是由三颗星组成，两颗特别明亮，第三颗星等为 11 等，离两颗亮星约 2°，是离我们最近的恒星，又叫比邻星，距离 4.2 光年。比邻星是一颗鲸鱼座 UV 型星的耀星，也是一种爆发变星。耀星每分钟增加 0.3 星等以上，而亮度下降较缓慢，经过几十分钟才回复到正常状态，在太阳附近已发现 100 颗左右，它们距离都不超过 70 光年。近些年，人们测量到来自南门二双星的 X 射线，南门二又是 X 射



线源。半人马座β，中名马腹一，也是一个目视双星，主星0.7等，伴星3.9等，两子星相距1″，主星又是一分光双星，实际上它是个三合星。半人马座γ也是一个双星，两子星亮度相近，一为3.1等，一为3.2等，轨道周期为80年。半人马座有个直径为半度的肉眼可见的球状星团，叫半人马座ω星团，其中12～15等的星成千上万。

秋季星空　秋季夜晚8时左右的星空中，大熊座已沉降到地平线附近，这时和大熊座隔着北极星遥相对应的仙后座高高地升在北方天空。仙后座是一个很显著的星座，有五颗亮星排列成一个W字形。把仙后座中的α星和κ星的联线延长约5倍远，就可以找到北极星。仙后座γ是一双星，主星2等，伴星11等，角距为2″.1。仙后座ι是个三合星，三颗星的星等为4.7等、7.0等和7.1等，在10厘米口径的望远镜中很是美丽。仙后座YZ在北极星和仙后座α星中间，它是个光学双星，主星是个大陵型变星，亮度在5.6等和6等之间变化，变光周期4.5天；伴星亮度9.7等，两星距离36″.1。仙后座中的M52、M103都是疏散星团，前者星等为7.3等，后者7.4等，是不规则的不太显著的疏散星团。

仙后座西侧是仙王座，其中五颗3等和4等比较亮的星组成一个尖塔形，靠近尖塔形基底东边的星附近有一颗著名的变星，它就是仙王座δ星，中名造父一。1784年英国业余天文学家古德利克发现它的亮度有变化，在5.366天的周期里它的视星等在3.6等和4.3等之间变化。1914年美国天文学家沙普利说明了这颗星亮度变化的原因是该星膨胀、收缩的脉动作用。1908年美国女天文学家勒维特研究了25颗有不同变光周期的造父变星，发现这些变星变光周期越长，亮度越大。这种光度与周期的对数成正比的关系叫周光关系。利用这一关系可以由变光周期求出变星的光度，进一步求出星的距离，因此造父变星获得“量天尺”的美誉。仙王座尖塔形基底以南的仙王座μ星，肉眼看来是一颗很红的星，它的亮度很不规则地变化在4.0等和4.8等之间。仙王座β星是一

双星，主星 3.3 等，伴星 8.0 等，角距 13″.7，而主星又是一颗分光双星。分光双星的两子星角距离很小，但在互相绕转运动时，两子星有时朝向观测者运动，有时又远离观测者运动，因而它们的光谱谱线就会周期性的位移，这种双星叫作分光双星。此外，仙王座 κ、ξ、π、ο 等也都是双星。

秋季星空中最醒目的是飞马座，四颗亮星组成一个巨大的四边形，叫“飞马座四边形”。不过四边形东北角的那颗星实际上属于仙女座，它是仙女座 α 星，中名壁宿二。看起来在四边形里星星很少，其实其中比 6 等星亮的星有十几颗，眼力好的人可以看到其中一些，因此飞马座四边形可用来测验人的视力的好坏。飞马座四边形东面一边向南延长 1 倍所达到的地方，差不多就是春分点的位置。春分点是黄道上的一点，太阳大约在 3 月 21 日在这一点穿过天赤道。飞马座四边形西北角那颗亮星是飞马 β，它是一颗半规则变星，大约在 35 天里亮度在 2.1 等至 3.0 等之间变化。

飞马座四边形西边缘各有一串星向西伸展，靠北的一支朝向天鹅座。天鹅座的亮星排列成一个大十字形，因此天鹅座也常叫作北十字。其中十字竖划顶上的亮星天鹅座 α（中名天津四），距离我们 800 光年，亮度为 1.2 等，它和天琴座中的织女星以及天鹰座中的牛郎星成一个大直角三角形。十字竖划下端的天鹅座 β（中名辇道增七）是一美丽的双星，一为黄色，一为浅绿；两子星亮度分别为 3.2 等和 5.4 等，角距为 34″.6。十字横划中的天鹅 δ 是一周期为 321 年的双星，两子星各为 3.2 等和 6.5 等，角距 2″.1。位于十字竖划和横划交点处的天鹅座 γ 也是一双星（2.3 等、9.6 等），角距 141″.7，是一光学双星。天鹅座 φ、τ、μ 也都是双星。天鹅座中还有一颗著名的双星值得专门记述一笔，那就是天鹅座 61 星，它在天鹅座 τ 附近，两子星一为 5.5 等，一为 6.3 等，相距 27″，它是人类最先测出其周年视差的恒星之一。1838 年德国天文学家贝塞耳宣布天鹅座 61 星周年视差为 0″.37，为哥白尼地动学说的胜利填上了句号。十字竖划中的天鹅座 χ 星是颗

长周期变星，最亮星等为 3.3 等，407 天后降到 14.2 等。天鹅座中 M39 在天津四的东北方向上，是个大疏散星团，5.2 等，值得一看。

天鹅座之南是狐狸、天箭、海豚、小马四个小星座。狐狸座里只有一颗 4 等星算是较亮的，其余的星都很暗。狐狸座中有一个美丽的行星状星云，从望远镜中看去呈现哑铃状，又称哑铃状星云，亮度为 7.6 等。

狐狸座东边的天箭座是最小星座之一，四颗 4 等星排列好像一支箭矢。天箭座中的 M71 是个球状星团，视角径直 6′，亮度 7.9 等，距离为 8000 光年。

海豚座中几颗 4 等星构成小菱形，容易辨认。海豚座 U 星在菱形的上方，是颗不规则变星，亮度在 5.6 等和 7.5 等之间变化。

小马座也是个很小的星座，四颗暗星排成一个小四边形，较亮的是小马座 α 星。小马座 δ 星为一双星，是轨道周期最短的双星，周期只有 5.7 年，星等为 4.6 等。小马座 ε 是一个三合星。

飞马座四边形东北角那颗星，实际是仙女座座中最亮星——仙女座 α 星，从它向东北方向延伸是仙女星座。仙女座中最著名的天体是仙女座星系，它在法国天文学家梅西耶于 1781 年编制的星团星云表中排列第 31 号，因此又称它为 M31 星系，它是人们最早证认出在银河系之外的恒星系统——河外星系。1924 年美国天文学家哈勃测出其距离为 80 万光年（现在测定值为 230 万光年），最后结束了历史上百余年来关于 M31 星云是河外的星系还是银河系内的气体星云的争论。从仙女座 β 星起，恒星分成两支，从 β 到 μ 再延伸是仙女座 υ 星，M31 就在它的附近。M31 是一大旋涡星系，星等 4.8 等，肉眼看去是个模糊的云雾状斑点。在它附近还有一个星系 M32，这是一个椭圆星系，星等 8.7 等，它是 M31 的伴星系。河外星系集聚成群，分别构成双重星系、多重星系、星系群、星系团。M31、M32、我们的银河系以及大约 40 个星系组成一个星系群，叫作本星系群。

仙女座东南是三角座，它也是个小星座，三颗3等星组成一个小三角形。三角座中M33是一个旋涡星系，也是本星系群的成员，它的视星等6.7等，距离235万光年，在晴朗的夜晚用小倍率望远镜就可看得很清楚。

蝎虎座在天鹅座和仙女座之间。蝎虎座范围不大，其中没有亮星，也没有什么著名的有趣天体，所以不大引人注意。

在秋夜星空中的三个黄道星座为摩羯座、宝瓶座和双鱼座。摩羯又名海山羊，在希腊神话中是一种羊头鱼尾的动物。摩羯座中若干3、4等的星排列成一个扇形，最西边的亮星摩羯座α（中名牛宿二）是个肉眼刚能看出的双星，角距6′ 16″，主星3.7等，伴星4.5等，它们又各为双星。α^1是一光学双星（4.5等、9.0等），角距45″.5；α^2是一物理双星（3.7等、10.6等），角距7″.1，而α^2的较暗子星又是相距很近（1″.2）的双星（11.2等和11.5等）。摩羯座扇形的东侧有一球状星团M30，8.4等。

摩羯座正南方是显微镜座，有六颗5等星，排成一个多边形。

再往南为印弟安座，我国南方地区可以看到它在南方地平线之上。星座中最北的亮星是印弟安座α，它是颗3等星。

摩羯座东边的黄道星座是宝瓶座，这是个很不规则的星座，不容易描写它的形状。宝瓶座λ星和宝瓶座φ差不多就在黄道上，宝瓶座α、ζ和η差不多在天赤道上，这些星对于在星空中辨别赤道和黄道是很有用的。宝瓶座ζ是一角距2″.0的双星（4.4等和4.6等）。

宝瓶座的南边是南鱼座，其中亮星排成一个扁长的不规则矩形。南鱼座α星中名叫北落师门，是南部星空中很醒目的1等星，距离23光年。南鱼座β、γ都是双星，前者是光学双星（4.4等、7.9等），角距30″.4；后者是物理双星（4.5等、8.1等），相距为4″.3。

再往南是天鹤座，其中较亮的星排成一个斜十字形，像是一只仙鹤在南天展翅飞翔。天鹤θ是一双星（4.5等、7.0等）。

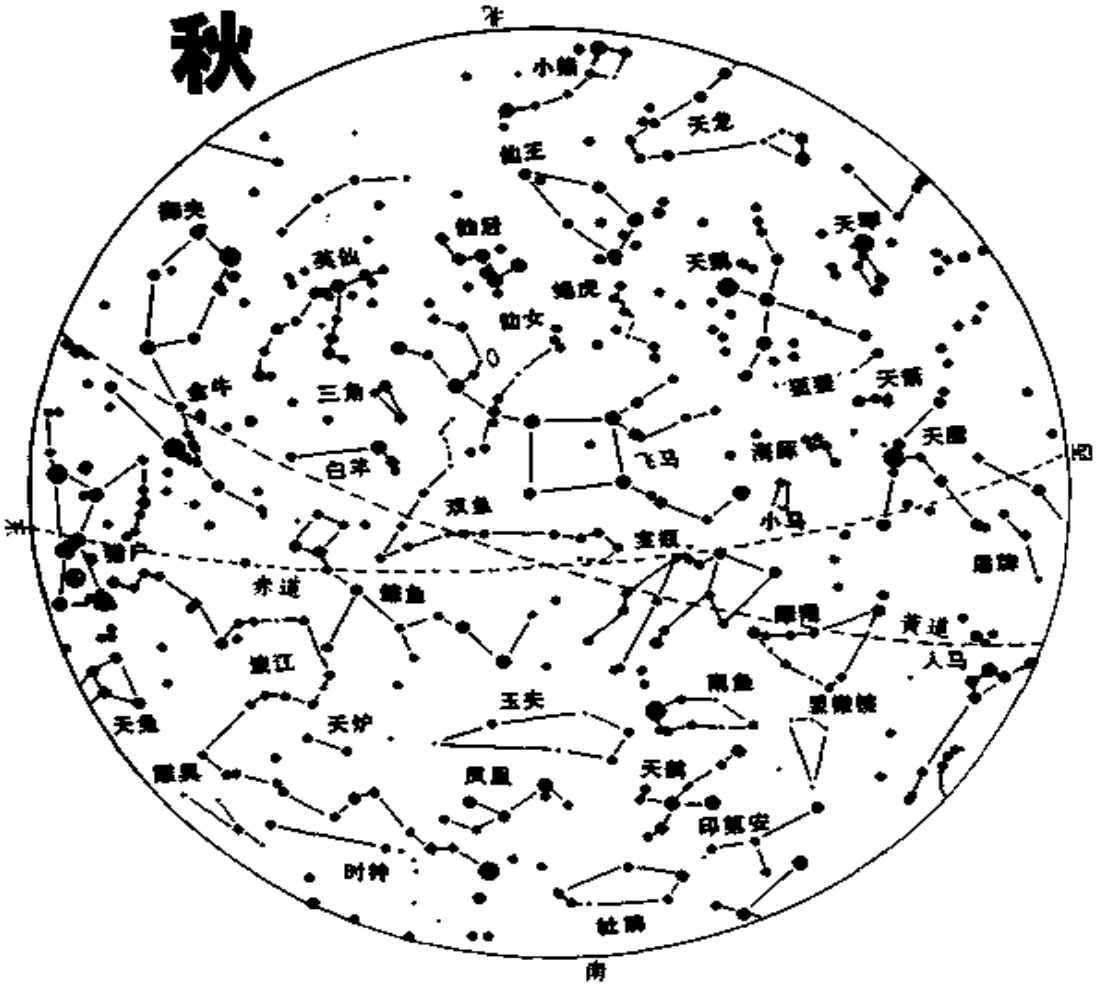
宝瓶座之东的黄道星座是双鱼座，它也是个暗的星座。双鱼座的星排列成一个斜 V 字，V 字的一头在飞马座的南边，一串星排成一个不规则多边形，叫“双鱼环”；另一端在仙女座的南边。两千年前春分点在白羊座中，由于地轴运动，春分点逐年西退 50″，现在春分点已移到双鱼环的双鱼 λ 星的东边附近。双鱼座中双星不少，但都比较暗，其中较亮的有双鱼 α、ζ、ψ 星。双鱼 α 的两子星的亮度一为 4.3 等，一为 5.2 等，角距 2″.1；双鱼 ζ 的两子星亮度各为 5.6 等和 6.5 等，相距 23″.6；双鱼 ψ（5.5 等、5.8 等）两子星相距 30″，用望远镜容易看清。

双鱼座南边的鲸鱼座是个大星座，东西横跨 50 度。鲸鱼座 α（中名天囷一）在东边，它和附近的星组成一个四边形。鲸鱼 β（中名土司空）附近的星都很暗，唯独它显得明亮。根据这两颗星我们可以大致分辨出鲸鱼座的范围。有两类变星的典型星都在鲸鱼座中。鲸鱼座 o 星中名蒇蓗增二，西方人把它叫作“怪物”或“善变”。它的亮度变化是很惊人的，它的亮度从 1.7 等变到 10.1 等，变光周期为 331.6 天，最大和最小亮度及变光周期也常改变，当它最亮时肉眼可以看见。蒇蓗增二不仅以亮度变化著名，它的体积之大也很出名，它的体积可容得下三千万个太阳。现在知道，它的附近有个 10 等的伴星围绕它运转。鲸鱼座 o 星还是一个双星。其亮度变化和它的亮度变化相类似的变星，统一叫作鲸鱼座 o 型变星，中名蒇蓗型变星，也叫长周期变星。鲸鱼座 UV 星是另一种类型的变星，1948 年发现它在 3 分钟内亮度增加了 12 倍，这是一种很特殊的现象。以后又陆续发现了许多这类亮度突然变化的星。1959 年国际天文界正式给这类变星命名为耀星。鲸鱼座 UV 星距离为 8.8 光年。

玉夫座位于鲸鱼座 β 星以南，再往南是凤凰座。玉夫座没有亮星，很不容易辨认。

凤凰座几颗亮星排列很不规则，凤凰座 α 是颗 2 等星，β、γ 是 3 等星，这三颗星排列成一个扁三角形，根据它可以判认出凤凰座

的位置。凤凰座β是一双星，两子星很近（1″.6），亮度均为4.1等。凤凰座ζ是一食变星，亮度变化周期为1.67天，最亮时3.6等，最暗时4.1等。食变星其实也是双星，只因它的轨道平面和观测者视线方向一致，当双星作轨道运动时因互相掩食而发生光度变化。



冬季星空 许多著名的亮星都出现在冬季的星空里。抬头向北望去，仙后座偏向西北方，它的南边是英仙座。英仙座中的星排列成一个反写的人字，人字的一捺中有颗著名的变星，它就是英仙座β星（中名大陵五），它是最早被发现的食变星（食双星），已有300多年的研究史。英仙座β星的主星是B型星，质量是太

阳质量的 3.7 倍，半径为太阳半径的 3 倍；伴星是 G 型星，质量为太阳质量的 0.8 倍，但半径比主星稍大，是太阳半径的 3.4 倍，两子星角距离为 1′ 22″。双星的轨道面和视线方向一致，从观测者看来，当伴星掩食主星时，英仙β的亮度就下降到 3.4 等，当掩食过后，星光又恢复到 2.2 等；当主星掩食伴星，亮度减弱 0.06 等。从亮度极小到下一次极小的时间为 2.867 天。以英仙β为典型的食双星叫作大陵型食双星或大陵型食变星。1908 年发现英仙β星还有第三颗恒星存在，所以英仙β实际是三合星。第三颗星光谱型为 A 型，质量为太阳质量的 1.7 倍，半径为 1.5 倍。英仙β距离我们 104 光年。1975 年，探测到英仙β发射 X 射线，辐射功率为 10^{24}瓦。英仙座η星位于人字一撇的顶上，它也是双星，在望远镜视场里一子星发淡黄色的光（3.9 等），另一发淡蓝色的光（8.6 等），两子星相距 28″.4。英仙座ε位于人字一撇的另一端，又是一个双星（2.9 等、9.4 等，12″.9）。英仙座ξ也是双星。英仙座ρ是一半规则变星，亮度变化于 3.3 等和 4.2 等之间，变光周期也在变化（33～55 天）。英仙座里的 M34 是疏散星团，亮度为 5.5 等，肉眼刚能看到。英仙座人字顶端西北有两个美丽的疏散星团（英仙 h、英仙χ），视直径各为 45′，肉眼也能看到。

英仙座的东侧是御夫座，其亮星组成一个巨大的五边形，其中御夫座α（中名五车二）是北天著名的亮星，视星等为 0.2 等，距离 52 光年。五车二的外文名称的意思是“牝羊”，在它附近的三颗暗星是它的三个“小羊羔”。离五车二最近的是御夫座ε星（中名柱六），它是一食变星，亮度变化于 3.1 等和 3.8 等之间，周期为 9900 天。“小羊羔”中离五车二最远的御夫座ζ，也是一个食变星，亮度变化于 4.9 等和 5.5 等之间，变光周期为 972 天。“小羊羔”南边的御夫座ω是一双星（5.0 等、8.0 等），角距离为 5″.8。五边形东边的顶点上的御夫θ也是一个双星（2.7 等、7.5 等，3″.0）。御夫座中还有三个疏散星团，M36 星等为 6.3 等，是一美丽而规则的疏散星团，角直径 17′，距离 4100 光年；疏散星

团 M37 视星等为 6.2 等，角直径 25′，比 M36 更为美丽，靠近星团中心的亮星为淡红色，距离为 3900 光年；疏散星团 M38 的星等为 7.4 等，角直径为 18′，距离为 3900 光年，外形像坩锅、星数很多。

御夫座和英仙座的北边是鹿豹座，其中四颗较亮的星排成一线。在周围明亮的星座衬托下，很不明显。

冬夜星空中的黄道星座为白羊、金牛、双子。白羊座亮星不多，不很明显，几颗较亮的星连成一个折线。其中白羊座 ε 是一双星（5.2 等、5.5 等，1″.5）。

金牛座的星排列像个横躺着的叉子，叉子的一支伸展到御夫座五边形。五边形南面顶点那颗星中名叫“五车五”，实际上它是金牛座的第二颗亮星金牛 β。金牛座中著名的天体很多，金牛座 α（中名毕宿五）是一颗标准的 1 等星，属 K 型星，表面温度约 4000K，所以颜色发红。它是一双星，主星 1.0 等，伴星 11 等，两星角距离 31″.4，还在不断增大，它距离我们约 65 光年，半径比太阳半径大 47 倍，体积要比太阳体积大 10 万倍以上。位于金牛座叉柄中间的金牛 λ 是一颗大陵型变星，光变幅度为 3.3～4.2 等，光变周期为 3.95 天。从金牛 λ 向北，可以看到一团密集的小星，它就是著名的 M45 疏散星团，它是北天中最为明显的疏散星团，因其在二十八宿中的昴宿中，所以我国叫它为昴星团，国外称它为七姊妹星团，肉眼可以看出其中的六颗亮星，实际上属于这个疏散星团的成员星有几百颗。在古代无论中外都很注意昴星团，根据它在黎明和黄昏时在天空中的位置来判定季节。用望远镜观测可以看到昴星团中有一个气体星云（NGC1435）。金牛座叉子的另一支的端点金牛座 ζ 附近还有一著名气体星云 M1，它是一个行星状星云，因其外形像螃蟹，又叫蟹状星云。蟹状星云是 1054 年超新星爆发后形成的，距离我们 6300 光年，角直径 420″ × 288″（实际大小为 8.8 光年×12.8 光年）。这个星云既发射可见光，又发射无线电波，还发射 X 射线，它又是一个红外辐射源和

γ射线源。蟹状星云中心有一颗星，现已查明它是一颗脉冲星，既是一个射电脉冲星，又是一个光学脉冲星。

双子座的星排列成一个矩形，亮星双子座α星（中名北河二）、双子座β星（中名北河三）相距不远，亮度几乎相等，可根据它们来找双子座。北河二是一双星，两子星（2.0等、2.9等）的角距离日益靠近。现在用小口径望远镜观测，已不容易分辨出来。用光谱分析的方法知道，北河二的每个子星又都是分光双星，所以北河二是一四合星。双子座η是双星，又是半规则变星。双子座μ、λ、σ、κ也都是双星。双子ζ是一造父型变星。这些星都在4等以上，比较明亮。M35在双子座矩形西北角双子座η星附近，是一个5.3等的疏散星团，肉眼能见。十分美丽。

冬夜星空中最为引人注目的是猎户座，其中的四颗亮星排列成四边形，四边形中央整齐地排列着三颗星，即民间所说的“三星”。在三星下方有三颗差不多连在一起的星，中间的那颗看起来模糊不清，它就是著名的猎户座大星云M42，用低倍率望远镜看去，它是一片浅绿色不规则的扇形气体云。猎户座中最亮星是猎户β（中名参宿七），它位于四边形的右下角，是颗零等星，距离我们850光年，如果它离我们和太阳一样远的话，要比太阳亮6万多倍，其表面温度1.2万K，发蓝白色光。猎户座β又是一双星，伴星为7等星，两子星相距9″.2。常观测它来检验5厘米口径望远镜的性能。猎户座左上角的另一零等星是猎户α（中名参宿四），它是一颗红星，表面温度3500K，距离我们约600光年。它是一个红色巨星，其半径是太阳半径的900倍，在它体内可放下7亿个太阳！参宿四的质量是太阳质量的15倍，因此它的物质密度异常小，是太阳密度（1410千克/米^3）的2亿分之一。猎户α是一半规则变星，在2000多天的时间内，它的亮度由0.2等缓慢降到1等。唐诗中说“人生不相见，动如参与商”，参即指参宿四，商指天蝎座α，中名心宿二。这两颗星差不多相差180°，不能在夜空中同时出现。猎户座中许多亮星是和猎户β一样的双星，如猎户座

ζ、η、δ、λ，猎户座θ和σ则是三合星。

沿猎户座三星（δ、ε、ζ）伸向东南是大犬座。大犬座α星（中名天狼星）是全天空中最亮的恒星，视星等为－1.6等，距离我们8.7光年，它是一个白色的A型星，表面温度约1万K。早在1844年，德国天文学家贝塞耳注意到天狼星有很小的位移，即在它的自行（恒星在天空中移动的角度）中有微小的波动。贝赛耳指出，这种现象是它围绕一颗看不见的伴星运动引起的。后来，美国天文光学家克拉克于1862年用45厘米望远镜观测到了天狼星的伴星。天狼伴星是一颗白矮星，其质量和太阳差不多，体积却只有地球的一半，因此它的平均密度达3.8×10^9千克/米^3，比水的密度大380万倍。大犬座中除大犬α外，大犬μ、大犬ε、大犬v'也都是双星。

大犬座西侧，猎户座南边是天兔座，找到猎户座后，很容易找到这个小星座。它里面的几颗亮星排列成一个不规则的横写的日字形。天兔β、天兔γ都是双星，天兔γ的两子星（3.8等、6.4等）角距离很大，有1′ 35″；天兔β（3.0等、11等）双星的角距离却只有2″.6，而且变动很慢。天兔座的M79位于天兔座之南，是一小球状星团，视直径约3′，距离4.3万光年，视星等为8等。

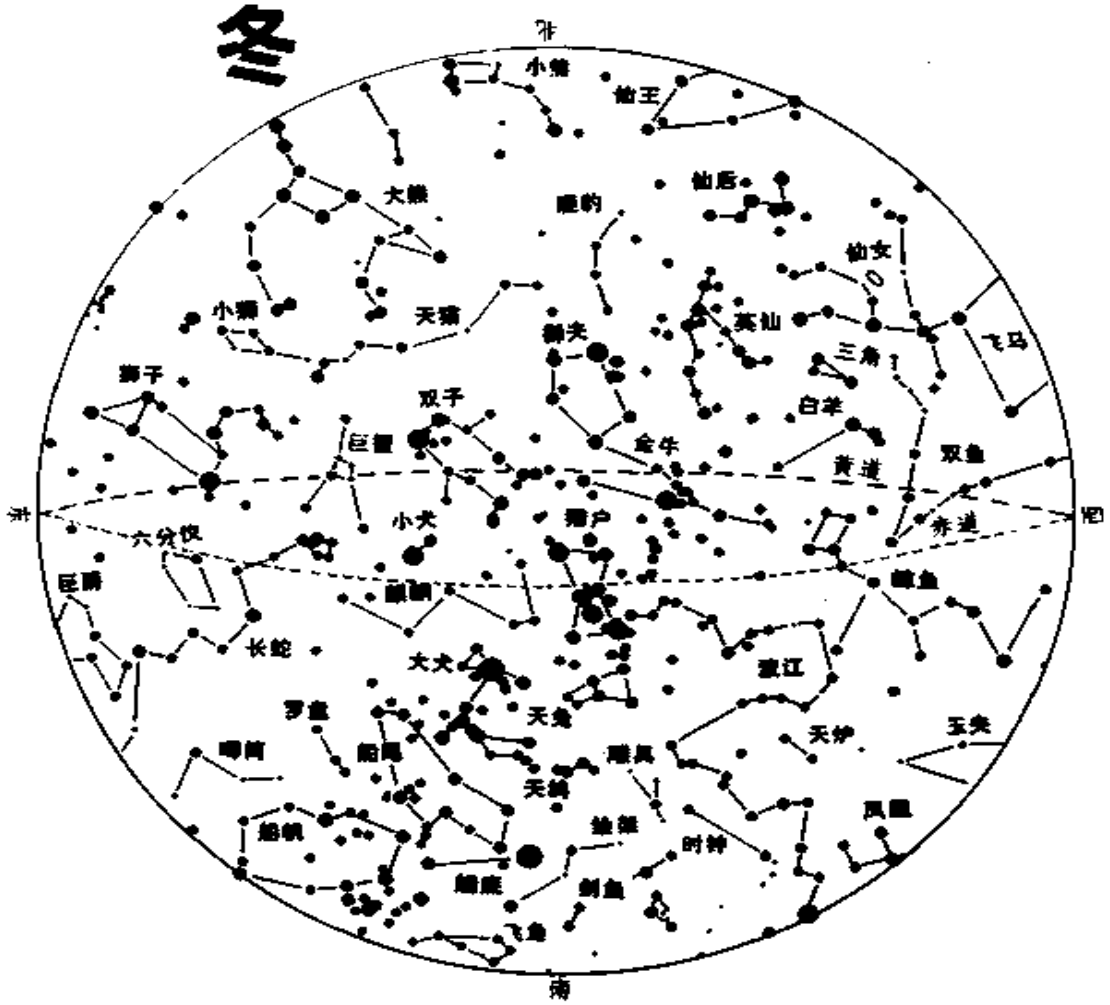
天兔座南边的天鸽座也是个小星座，它里面只有两颗3等星，其余都很暗。

雕具座在天鸽座以西，其中没有亮星，不容易辨认。

绘架座在天鸽座正南方，在它里面也没有亮星。

再往南是时钟座和剑鱼座，它们靠近南方地平线，星座中没有什么亮星。但在剑鱼座东北方向却有一颗很亮的星，它是船底座α（中名老人星），是全天第二亮星，视星第为－0.72等，距离约200光年，表面温度约7500K，是黄白色的F型星，它的半径为太阳半径的46倍，质量是太阳质量的12倍。时钟座西南还有一颗明星，它是波江座α（中名水委一），是全天第十颗亮星，视

星等为 0.46 等，B 型星，它的表面温度约 25000K，质量约为太阳质量的 14 倍，半径为 10 倍。波江座是个大星座，从天赤道向南蜿蜒延伸直到赤纬－60 度。其中波江座 θ 是一美丽双星，两子星（3.4 等、4.4 等）的角距为 8″.5。波江座 ε 是肉眼可见的第三颗最近的星，距离是 10.9 光年。



波江座西边的天炉座，只有两颗四等星，其余的星都较暗。

星图　将天上的星投影于平面而绘成的图即星图。星图上标示出恒星位置和亮度。它是认星和进行天文观测的基本工具之一。星图种类很多，有的用来认星，供天文爱好者使用；有的用来证认某种天象和天体，供天文工作者使用。下面介绍我国近几年出

版的三种星图：

《星图手册》(A. P. 诺顿著，李珩、李柝译)。这是一部广为流传的业余天文观测用星图，原书 1910 年第一版，1978 年已出第 17 版。中文版据第 17 版译出，1984 年出版。刊有星图 8 幅，标绘出 6.35 等以上恒星，星的位置采用 1950 的历元。书中还刊有关于太阳系、恒星、星云和星系、天文望远镜等天文基础知识，并附有中西对照星图 6 幅。

《中西对照恒星图表》(1950.0)(伊世同编绘，1981 年出版)。星图部分有 22 张星图，有中西星名对照的恒星 3000 余颗。

《全天星图》(北京天文馆出版)。历元 2000.0，共标绘出 6.5 等以上的恒星 9041 颗，所列星云、星团、星系到 11 等。

附录 1

天文大事年表

公元前

约 40 世纪	·中国在新石器时代就已知用太阳定方向
	·巴比伦开始观测天文
约 30 世纪	·埃及人使用《太阳历》
约 26 世纪	·埃及建立现今已知最古老的天文台
约 24 世纪	·中国在帝尧时期已设专职天文官，从事观测授时
约 22 世纪	·中国留存最早的日食记录，这次日食的年份可能在公元前 2165 年或公元前 1948 年
21 世纪～16 世纪	·中国现存最古老的科学文献之一——《夏小正》成书于战国时期，书中记载了夏代的历法
2000 年	·古代恒星观察者第一次描绘星座
约 2000 年	·中国测定木星绕天一周的周期为 12 年
	·埃及的“纸草书”上记录了陨星
	·巴比伦人发明日晷
	·巴比伦建立天文台
20 世纪～10 世纪	·中国人已知根据北斗星斗柄指向确定季节
14 世纪	·中国殷代《甲骨卜辞》中载有最早的新星记录
	·埃及留存世界最古的漏壶
	·中国殷代已用干支记日，用闰月调整太阳年与太阴月之间的关系
	·中国安阳殷墟出土的甲骨文中已有月食记录
1200 年	·中国《殷契佚存》刻有日食记录
12 世纪	·中国殷末周初建立二十八宿的雏型
11 世纪	·相传中国河南省登封县建周公测景台

约 1000 年	·腓尼基人利用星位辨别方向
10 世纪	·埃及留存世界最古的日晷
776 年	·中国《诗经·小雅十月之交》记录了日月连食的发生，是世界上最早有确切日期的日月食记录
7 世纪	·巴比伦发现日食和月食重复出现的沙罗周期
7 世纪～6 世纪	·中国创立十九年七闰的阴阳历置闰法
687 年	·中国留存世界最早的天琴座流星雨的记载
644 年	·中国留存最古的陨石记录
613 年	·中国留存世界上第一次关于哈雷彗星的确切记录
600 年	·中国春秋中叶开始用日晷测日影，定夏至和冬至的日期，划分四季
6 世纪～5 世纪	·中国定一回归年为 365.25 日
585 年	·古希腊泰勒斯第一次预测日食发生日期
5 世纪	·古希腊毕达哥拉斯学派论证地球是球形的，提出地球每天绕地轴自转的思想 ·古希腊的阿那萨古腊认识到月亮反射日光，月食是月亮进入地影的缘故
5 世纪～3 世纪	·中国马王堆汉墓帛书中有彗星图一卷，是世界上最早的彗星图画
约 400 年	·古希腊安塔杜格尔提出“火、气、水、土”是宇宙四元素的理论
4 世纪	·中国的石申测编星表，是世界最古老的星表 ·中国甘德著《天文星占》八卷，发现木卫三 ·中国尸佼提出朴素的地动思想
4 世纪末	·高卢披塞斯最早注意到月亮和潮汐的关系
3 世纪	·古希腊阿利斯塔克提出早期的日心地动说，推算出日、月到地球的距离的近似值 ·古希腊埃拉托斯特尼第一次用天文观测方法测算地球周长
约 250 年	·中国发明司南
2 世纪	·中国司马迁著《史记·天官书》

·古希腊喜帕恰斯测定岁差、黄白交角，发现白道拱点和黄白交点的运动，测定月球视差，编制日月运行表，推算日月食，测定850颗星的位置和亮度，把肉眼能见的恒星亮度划分为6等

·古希腊波西东尼乌斯发现大气折射对测量的影响

约170年　·中国留存最早的彗星形态图

约140年　·中国的《淮南子·天文训》记载了完整的二十四节气，名称和顺序与现在的基本一致

前134年　·中国出现关于新星第一次比较详细的记载

104年　·中国制《太初历》，为我国现存最早的完整历法

1世纪　·中国最古的天文算法著作《周髀算经》问世，书中阐述了“盖天说”

·中国在西汉末东汉初已有浑仪

46年　·罗马颁行《儒略历》

32年　·中国留存世界较早的确切极光记事

28年　·中国留存最早的太阳黑子记录

公　元

1世纪　·中国贾逵创制黄道铜仪，确证月球运行速度不均匀，测定了近点月

78～139年　·中国张衡总结当时的浑天说思想，著《灵宪》和《张衡浑天仪注》

130年　·张衡发明水运浑象，经后人发展成为最早的机械钟

132年　·张衡创制世界上第一架测量地震的《候风地动仪》

约140年　·希腊托勒玫撰写《天文学大成》，论证了地心体系，发现大气折射和天球北极在星空位置的变化

179～184年　·中国刘洪编《乾象历》，得出近点月周期

185年　·中国留存世界最早的超新星记录

237年　·中国杨伟制《景初历》，首先提出食限概念，并提出计算食分方法

约300年　·中国陈卓著全天星图，星共283官，1465颗

约 330 年 ·中国虞喜发现岁差，并得出每 50 年西移 1°的规律

4 世纪后期 ·中国姜岌发现大气折射星光的现象，并作出正确解释

436～440 年 ·中国钱乐之铸浑象，这是一种小型天球仪

443 年 ·中国何承天制《元嘉历》，首次提出定朔建议

463 年 ·中国祖冲之制《大明历》，首次在历法编算中考虑岁差现象

约 500 年 ·印度阿耶波多（第一）应用代数研究几何学和天文学，支持地球自转学说

6 世纪 ·中国信都芳的《器准图》载有浑天仪、地动仪、刻漏等多种仪器的图谱，是中国第一部科学仪器图集

·中国民间流传丹元子著《步天歌》，对当时普及天文知识有一定作用

604 年 ·中国刘焯制《皇极历》，发明二次差等间距内差法

608 年 ·中国张胄玄首先利用等差级数给出五星（木星、土星、水星、火星、金星）会合周期的准确值

619 年 ·中国傅仁钧制《戊寅元历》第一次用定朔而去平朔，使日食发生在朔日

705～710 年 ·中国绘成《敦煌星图》，是世界现存星数最多（1350 颗）和最早的古星图之一

718～726 年 ·中国瞿昙悉达修撰《开元占经》

724 年 ·中国一行、南宫说等人首测地球子午线弧长

725 年 ·中国一行、梁令瓒等发明有报时装置的水运浑象（名开元水运浑天俯视图）

·一行制《大衍历》，首次提出初亏、食甚、复圆推算法

780～783 年 ·中国曹士劳制《符天历》

813 年 ·阿拉伯的阿·玛蒙把《天文大成》译成阿拉伯文

814 年 ·阿·玛蒙主持美索不达米亚子午线弧度测量

956 年 ·中国王朴制《钦天历》，在计算行星位置时用了等加速度的公式

979 年 ·中国张思训制浑仪，以水银代替漏水，使浑仪转动不受寒暑的

	影响
10 世纪	·阿拉伯巴塔尼发现太阳远地点的进动
1044 年	·中国曾公亮编《武经总要》，发现磁倾角
1054 年	·中国、日本等国天文学家先后作天官客星（超新星金牛座 CM）出现的详细记录
1086～1092 年	·中国苏颂、韩公廉等建造水运仪象台，台分三层：上层浑仪，中层浑象，下层为报时装置和动力机构，以水转之，上有活动屋顶，为近代天文台活动圆顶之先，仪象自动运转为现代转仪钟的雏型，又发明卡子（擒纵器），是现代机械摆钟的重要部件
1092 年	·中国沈括发表科学史著作《梦溪笔谈》
1094～1096 年	·苏颂著《新仪象法要》一书，记载水运仪象台的设计和制造
约 1190 年	·中国黄裳作天文图，1247 年由王致远刻石，这就是现存著名的苏州石刻星图
1199 年	·中国杨忠辅制《统天历》，定回归年长度为 365.2425 日，与当前世界通行的公历的平均历年长度相等。他还发现回归年长度有消长现象
1220 年	·中国耶律楚材编著《西征庚午元历》，创立“里差法”，这实为“地理经度”概念在中国的首次提出
1252 年	·西班牙刊布《阿尔方斯天文表》
1259 年	·伊尔汗国始建马拉盖天文台。1272 年编成《伊尔汗历数书》（西方通称《伊尔汗天文表》）
1276 年	·中国郭守敬等制简仪、仰仪、高表、景符、窥几、正方案、浑天象等多件天文仪器，他设计的登封观星台留存至今
1280 年	·中国王恂、郭守敬制《授时历》，根据实测校正了许多天文数据，创等间距三次差内插法和弧矢割圆术（类似球面三角），解决日、月、五星运行问题
13 世纪末	·中国赵友钦著《革象新书》
1385 年	·中国在南京鸡鸣山设立观象台
1420 年	·帖木儿帝国乌鲁伯格建撒马尔罕天文台，后于 1447 年制《新古拉干历数书》（西方通称《乌鲁伯格天文表》）

1436～1449年 ·中国建成北京古观象台

1474年 ·德国雷乔蒙塔努斯（即J. 米勒）提出用“月亮距离”测经度法，并编印航海历书

1519～1522年 ·葡萄牙麦哲伦率领探险队完成了第一次环球航行，证实地球是球形的

1521年 ·麦哲伦第一次描述了麦哲伦星云

1543年 ·波兰哥白尼的《天体运行论》出版，确立日心体系

1572年 ·丹麦第谷观测到仙后座超新星，为银河系第二颗新星

1576年 ·第谷建天文堡，在堡内进行了二十多年的天文观测

1582年 ·罗马教皇格里高利十三世颁布《格里高利历》，即今世界通用的《公历》

1584年 ·意大利布鲁诺的《论无限宇宙和世界》问世，发展哥白尼的日心说，认为宇宙是无限的

1596年 ·德国法布利修斯观测到第一颗长周期变星蒭藁增二（鲸鱼座O）

1600年 ·布鲁诺为捍卫日心说，被烧死在繁花广场

1604年 ·德国开普勒发现蛇夫座超新星，为银河系第三颗新星

1607年 ·中国李之藻著《浑盖通宪图说》，是最早介绍西方天文学知识的著作之一

1608年 ·中国邢云路著《戊申立春考证》，得回归年长度为365.242190日，已准确至十万分之一日

·荷兰李普希发明望远镜

1609年 ·德国开普勒的《新天文学》出版，提出行星运动的椭圆定律和椭圆面积定律（即行星运动第一定律和第二定律）

·意大利伽利略制成第一架天文望远镜

1610年 ·伽利略的《星际使者》出版，其中载有他用望远镜观天所获得的第一批发现，包括月球上的山谷，肉眼看不见的恒星，银河分解成恒星，木星的四颗卫星（伽利略卫星），同年，他又发现金星的盈亏现象

·伽利略和德国的席纳尔、法布里修斯用望远镜观测太阳黑子，发现太阳自转

1610～1650年	·法国笛卡尔提出太阳系起源的“旋涡说”，认为宇宙充满“以太”
1612年	·派雷斯克宣布发现猎户座星云
1619年	·开普勒出版《宇宙和谐论》，提出行星运动第三定律
1621年	·开普勒发现光的全反射现象
	·荷兰斯涅耳发现光的折射定律
1627年	·开普勒发表《鲁道夫星表》
1631年	·开普勒预言的水星凌日被法国伽桑狄观察到
1632年	·伽利略的《关于托勒玫和哥白尼两大世界体系的对话》一书出版
1633年	·伽利略被传讯到罗马宗教法庭，被迫放弃他的主张
1634年	·中国徐光启主编的《崇祯历书》137卷完成
1639年	·英国霍洛克斯观察到金星凌日
1645年	·中国颁行《时宪历》，采用西方数据，改平气为定气
1647年	·波兰赫维留发表第一幅较为详细的月面图
1655年	·荷兰惠更斯发现土卫六，同年发现土星光环
1656年	·丹麦哥本哈根天文台建立
1656～1657年	·惠更斯发表摆钟理论，创制了世界第一架摆钟
1659年	·惠更斯看到了火星上的斑纹
	·惠更斯证认土星光环
1660年	·意大利格里马迪发现光的衍射现象
1662年	·法国G.D.卡西尼编制成新的太阳表
1663年	·英国格雷高里提出反射望远镜原理
	·中国王锡阐著《晓庵新法》
1666年	·英国牛顿建立万有引力定律
	·卡西尼测定火星自转周期为24小时30分（与公认值约差3分）
	·牛顿发现光的色散现象
1667年	·法国巴黎天文台建立
1668年	·牛顿制成反射望远镜

1669～1673 年	·中国造成现存北京古观象台上的六件天文仪器：赤道经纬仪、黄道经纬仪、地平经仪、地平纬仪、纪限仪和天体仪等
1671 年	·法国皮卡尔测定地球半径
1672 年	·卡西尼首次精确测定了日地距离
1674 年	·中国编成《灵台仪象志》 ·中国薛凤祚著《历学会通》，系统介绍欧洲的天体运动计算方法
1675 年	·英国建立格林尼治天文台
1676 年	·丹麦罗默在巴黎天文台测定光速
1678 年	·英国哈雷到南大西洋的圣赫勒纳岛编制第一个《南天恒星表》
1683 年	·法国卡西尼父子通过多年弧度测量断定地球是一个极半径比赤道半径长的球体 ·G·D 卡西尼开始系统地观测研究黄道光
1684 年	·丹麦罗默发明子午仪（中星仪）
1687 年	·牛顿的《自然哲学的数学原理》出版，发表万有引力定律，奠定经典力学基础，天体力学由此诞生
1705 年	·哈雷发现第一颗周期彗星——哈雷彗星
1718 年	·哈雷发现恒星自行
1725 年	·英国布拉德雷发现光行差现象，并于 1728 年对光行差现象作出正确解释 ·英国修订再版《弗兰斯提德星表》（初版 1712 年），载有 2866 颗星
1735～1744 年	·法国两个测量队分别赴北欧和南美进行弧度测量，证实地球为扁球体
1748 年	·布拉得雷确认 1727～1732 年发现的地轴章动
1748～1752 年	·瑞士欧拉在德国创立任意常数变易法，分析天体力学从此诞生
1749 年	·法国达兰贝尔建立岁差和章动的力学理论
1750 年	·英国赖特最早提出银河系概念
1753 年	·瑞士欧拉编制月球运行表，创立月球绕地球运行理论
1755 年	·德国康德的《自然通史和天体论》出版，首倡太阳系起源的星云假说

1760 年　·法国布盖提出光度学的基本原则，“光度学”诞生
1761 年　·俄国罗蒙诺索夫发现金星大气
·德国朗勃特提出无穷等级式宇宙结构模型
1762 年　·布拉得雷完成 60000 颗恒星位置的测量
1771 年　·法国梅西叶发表第一个星团星云表
1772 年　·德国波得宣布提丢斯于 1766 年发现的关于行星排列距离的提丢斯-波得定则
1779 年　·英国 F. W. 赫歇耳发现行星状星云
1781 年　·F. W. 赫歇耳发现天王星
1782 年　·英国古德利克提出大陵五变星的理论
1783 年　·F. W. 赫歇耳发现太阳在空间的运动，证实太阳也有自行。同年又提出银河系是由众多星球聚集而成的
1796 年　·法国拉普拉斯的《宇宙体系论》出版，提出星云假说
1799～1825 年　·拉普拉斯的《天体力学》出版，建立了行星运动的摄动理论和行星的形状理论
1799～1898 年　·中国编著古今天文、数学家传记集——《畴人传》
1800 年　·F. W. 赫歇耳在观测太阳时，用温度计首次发现红外辐射
1801 年　·意大利皮亚齐发现第一颗小行星——谷神星
·德国高斯发明通过三次观测确定小行星轨道的计算方法
·德国李特尔在太阳光谱中发现紫外线
1802～1804 年　·F. W. 赫歇耳发现双星轨道运动
1814 年　·德国夫琅和费创制第一具分光镜
1818 年　·德国贝塞尔首次发表精确的岁差常数
1824 年　·夫琅和费创制配有转移钟的赤道式装置望远镜
1826 年　·奥地利比拉发现比拉彗星
1830 年　·英国艾黎首次按重力法算出地球扁率为 1/282.89
1831 年　·英国詹姆斯发现地磁的北极
1837～1839 年　·德国的贝塞尔、英国的 T. 亨德森和俄国的 В. Я. 斯特鲁维分别测定天鹅座 61 号星、半人马座 α 星和织女星的视差
1839 年　·法国达盖耶发明照相术，开始用于天体摄影

·俄国普尔科沃天文台建立

1840年 ·美国德拉普拍摄第一张月球照片

·法国彼依烈首次测定太阳常数

1842年 ·奥地利多普勒发现“多普勒效应”

1843年 ·德国施瓦布发现约为10年(后人确定为11年)的太阳黑子周期

1844年 ·贝塞尔公布1834年以来对天狼和南河三(小犬座α星)的精确观测结果，预言它们都是双星，各有一暗伴星

1846年 ·德国伽勒根据法国勒威耶的理论计算发现了海王星(英国亚当斯也于1845年独立地作出同样计算)

1847年 ·B.Я.斯特鲁维提出星际吸光问题

1849年 ·瑞士R.沃尔夫定出标志太阳活动的指数，即太阳黑子相对数

·法国洛希提出卫星的稳定性理论，定出“洛希极限”，证明土星光环不是一个连续固体

1850年 ·英国L.罗斯发现一些星云具有旋涡结构

1854年 ·丹麦布洛森发现对日照

1859年 ·德国的基尔霍夫建立分光学的基本定律，成为天体物理学的基础之一

·英国卡灵顿发现太阳耀斑

1859～1862年 ·德国阿格兰德尔编成《波恩巡天星表》

1861年 ·德国泽尔纳发表第一个光度星表

1863年 ·意大利塞奇开创恒星光谱分类研究

1867年 ·沃尔夫和拉叶首次描绘了最炽热的一类恒星——沃尔夫-拉叶星

1868年 ·英国哈根斯测定天狼星的视向速度

1869年 ·英国洛基尔和弗兰克兰首先命名太阳色球层，洛基尔发现太阳上的氦元素

1872年 ·中国上海徐家汇观象台建立

·出现比拉流星雨

1874年 ·法国巴黎默东天文台建立

1877 年　·意大利斯基帕雷利绘制火星表面图，并描绘了“火星运河”

1879 年　·英国 G. H. 达尔文建立潮汐摩擦理论，由此提出月球起源学说

·奥地利斯忒藩应用黑体的辐射与温度间的经验公式求得太阳表面温度为 6000℃

1880 年　·美国 E. C. 皮克林提出变星分类法

·德拉普拍摄第一张星云（猎户座大星云）照片

1882 年　·美国纽康证实水星近日点进动问题中有超差，并定出超差值

1883 年　·中国上海徐家汇天文台开始授时工作

1884 年　·国际子午线会议在美国华盛顿召开，决定通过格林尼治天文台的子午线为本初子午线

1885～1886 年　·美国 E. C. 皮克林和 A. C. 莫里建立恒星的光谱分类法

1887 年　·第一届国际天文照相会议决定用照相法编制全天照相星表

·俄国 Π. O. 斯特鲁维提出银河系自转

1888 年　·德国屈斯特纳从纬度变化观测中发现极移

·丹麦德雷耶尔发表《星云、星团新总星表》(NGC)

1889 年　·美国莫里发现分光双星

1891 年　·美国张德勒发现极移的周期性

1896～1900 年　·荷兰卡普坦根据英国吉尔于 1885～1891 年在好望角拍摄的底片归算编制的《好望角巡天星表》出版

1897 年　·美国叶凯士天文台建成世界最大的折射望远镜（口径 1.02 米）

1900 年　·中国佘山天文台建立

·法国维拉德发现 γ 射线

1901 年　·9 月 22 日，英仙座新星出现

1903 年　·俄国齐奥尔科夫斯基发表星际航行专著

1904 年　·美国帕洛玛山天文台建立

1905 年　·爱因斯坦在瑞士发表狭义相对论

·丹麦赫茨普龙发现巨星和矮星

·美国威尔逊山天文台建立

1908 年　·美国海耳发现黑子磁场

	·“通古斯大陨石”在俄国西伯利亚降落
1910年	·德国威尔森、J. 席勒尔和法国诺德曼测定恒星温度，进而算出恒星直径
	·德国史瓦西提出恒星运动速度的椭球分布，创立恒星统计力学
1911～1912年	·奥地利海斯发现宇宙射线
1912年	·美国勒维特发现造父变星光变周期与亮度之间的关系（即周光关系）
1913年	·美国H.N. 罗素公布恒星光谱型——光度图，在此之前丹麦赫茨普龙在1905～1907年已绘出恒星颜色——星等图，因称“赫罗图”
1914年	·美国斯里弗发表13个星系(当时以为是星云)视向速度表，发现星系有退行运动
1915年	·爱因斯坦发表广义相对论，解释水星近日点进动的超差问题，预言光线在引力场中会发生偏转现象
1916年	·美国W.S. 亚当斯创造分光视差法
1916～1926年	·英国爱丁顿发展德国埃姆登、K. 史瓦西开创的恒星内部结构理论，于1926年出版《恒星内部结构》
1917年	·爱因斯坦发表《根据广义相对论对宇宙学所作的考察》一文，为现代宇宙学的奠基作
1918年	·美国沙普利发现太阳不在银河系中心
1918～1924年	·美国哈佛大学天文台发表《德雷伯星表》(HD星表)，包括全部8等以上和部分9～11等星的光谱
1919年	·国际天文学联合会（IAU）成立
	·爱丁顿领导的日食观测队发现太阳引力使光线偏转的现象，成为爱因斯坦广义相对论的天文学验证之一
	·美国巴纳德发表暗星云的重要星表
	·美国海耳和W.S. 亚当斯发现黑子活动的22年周期
1920年	·美国迈克耳孙制成恒星干涉仪，美国皮斯利用它测定恒星直径
	·印度萨哈提出恒星大气中原子的电离理论

1922 年	·苏联弗里德曼提出宇宙膨胀学说
	·中国天文学会在北京成立
1923 年	·德国慕尼黑建立世界第一座天文馆，并研制成天象仪
	·海耳发明太阳单色光观测镜
1924 年	·爱丁顿从理论上导出恒星的质光关系
	·美国哈勃提出仙女座大星云在银河系外，是同银河系一样的庞大恒星系统，即仙女星系
1925 年	·W.S. 亚当斯发现天狼伴星光谱线的引力红移，再次验证广义相对论，并论证白矮星中超密物质的存在
	·W.H. 皮克林观测到火星南北极冠不是同时存在
1926 年	·瑞典林德布拉德重新提出银河系自转，1927 年经荷兰奥尔特证实
1929 年	·美国哈勃发现河外星系谱线红移所对应的退行速度与距离成正比，今通称“哈勃定律”
	·美国罗素分析太阳光谱，计算太阳化学成分后，证明太阳绝大部分物质是氢，另有少量的氦、氧、氮和氛等
1930 年	·美国汤博发现冥王星
	·瑞士特朗普勒研究银河星团提出星际吸光改正
	·法国李奥制成日冕仪
1930～1931 年	·世界联合观测爱神星冲日，以定出太阳视差，测出的数值经英国琼斯处理，1941 年得其值为 8.790″±0.001″
1931 年	·德国 B.V 施密特公布他发明的施密特望远镜
1932 年	·美国央斯基发现银河中心射电。1940 年雷伯证实了这一发现
	·苏联朗道预言中子星的存在
1934 年	·中国天文研究所紫金山天文台建立
1936 年	·法国斯多伊科用石英钟和天文观测比较，发现地球自转速率的季节性变化
1937～1939 年	·德国魏茨泽克和美国贝特提出质子-质子反应和碳氮循环两种核反应，创立能源理论
1937～1940 年	·美国雷伯研制成世界第一台射电望远镜，抛物面直径约 9.45 米
1939 年	·英国琼斯最终确定地球自转的不均匀性

·美国奥本海默和斯奈德根据广义相对论预言“黑洞”存在
·荷兰范玛能发现第一颗耀星

1940年 ·中国天文研究所（昆明）凤凰山天文台建立

1941年 ·美国天文学家伽莫夫提出关于恒星演化的中微子理论

1942年 ·英国海伊发现太阳射电
·奥尔特论证蟹状星云是1054年超新星遗迹

1944年 ·荷兰范德胡斯特从理论上提出星际中性氢21厘米谱线
·德国巴德重新提出1927年有人提过的星族概念

1946年 ·英国帕尔桑和菲利浦斯发现第一颗“射电星”，后称“射电源”
·在匈牙利和美国首次接收到月球的雷达回波
·英国洛弗尔用雷达方法观测流星雨

1947年 ·苏联阿姆巴楚米扬发现星协

1948年 ·英国邦迪、戈尔德和霍伊耳相继提出“稳恒态宇宙论”
·阿尔法、贝特和伽莫夫发表《α，β，γ理论》，预言宇宙由奇点爆炸引起的背景辐射
·美国帕洛玛山天文台5米反射望远镜揭幕
·美国巴布科克父子发现恒星的磁场

1949年 ·美国国家标准局建成氨频率标准
·美国柯伊伯提出太阳系起源的“原行星假说”
·伯奈特利用V－2型火箭发现太阳X射线

1951年 ·中国开始逐年出版《中国天文年历》
·美国珀塞尔、尤恩和澳大利亚克里斯琴森等证实中性氢21厘米谱线的存在
·英国L. W. 布朗和澳大利亚哈泽德发现河外星系的射电
·澳大利亚克里斯琴森发明多天线射电干涉仪

1951～1954年 ·美国、荷兰和澳大利亚天文学家先用光学方法，继用射电方法发现并描绘银河系的旋涡结构

1955年 ·英国建成焦德雷尔班克直径76米当时世界上最大的射电望远镜
·英国伯克和K. L. 富兰克林首次接收到行星（木星）的射电辐射

1957
- 苏联发射成功世界上第一颗人造卫星“斯普特尼克1号”，空间时代开始
- 中国第一座天文馆——北京天文馆建成，开放
- 中国科学院成立中国自然科学史研究室（1973年扩为自然科学史研究所），内设天文学史组

1958年
- 中国天津纬度站建立
- 中国科学院筹建南京天文仪器厂和北京天文台
- 美国帕克发现“太阳风”
- 美国发射第一颗人造地球卫星“探险者1号”，并由它发现了地球辐射带（范艾伦辐射带）
- 美国成立国家航空和宇航局（NASA）
- 莫里森从理论上预言某些天体可能发射强的γ射线，提出γ射线天文学的概念

1959年
- 苏联发射成功三个月球探测器，“月球3号”首次拍摄到月球背面照片
- 美国首次探测到太阳的γ射线

1960年
- 美国高空气球发现宇宙γ射线源
- 英国赖尔完成两天线最大变距为1.6公里的综合孔径射电望远镜
- 美国发射第一只行星际飞船“先驱者5号”，测量地球和金星间的磁场

1961年
- 苏联发射第一艘载人宇宙飞船“东方1号”，宇航员加加林成为进入空间的第一人
- 美国黄授书预言红外星的存在，1965年美国诺伊吉保尔、马尔茨和莱顿发现红外星
- 美国宣布“阿波罗计划”开始执行

1962年
- 中国徐家汇、余山观象台合并为中国科学院上海天文台
- 美国发现太阳以外的第一个宇宙X射线源——“天蝎座X-1”

1963年
- 美国用射电方法发现星际羟基分子(OH)，以后通过星际微波谱线不断发现星际有机分子
- 荷兰M·施米特等发现类星体

1964年
- 美国发射行星探测器“水手3号”探测火星

·中国研制成第一台太阳望远镜

1965年 ·美国A.彭齐亚斯和R.W.威尔逊发现3K微波背景辐射

1966年 ·苏联发射“月球9号”，第一次在月球上软着陆

1967年 ·英国休伊士和贝尔发现脉冲星

·加拿大和美国建成甚长基线干涉仪

1969年 ·美国发射载人宇宙飞船“阿波罗11号”，“鹰号”登月舱软着陆成功，两名宇航员登月成功

1970年 ·美国发射观测天体X射线的“自由号”人造卫星

·中国发射第一颗人造地球卫星“东方红1号”

·中国科学院筹建陕西天文台

1971年 ·中国研制成第一台光电等高仪

·英国发射第一颗人造地球卫星

1972年 ·中国科学院紫金山天文台昆明工作站扩建为云南天文台

·美国发射第一个太阳系外围空间探测器“先驱者10号”，1973年飞掠木星，发现木星磁层和辐射带

1973年 ·美国探测到宇宙γ射线爆发

·美国发射第一个载人轨道空间站“太空实验室”，运行6年零2个月后，于1979年7月坠入印度洋

1975年 ·中国发射第四颗人造地球卫星，并第一次回收成功

·苏联“联盟19号”与美国“阿波罗18号”首次空间联合飞行

·苏联在高加索建成6米反射望远镜

·欧洲空间局成立

·苏联行星探测器“金星9号”、“金星10号”在金星表面软着陆，获得第一批金星遥测照片

1976年 ·中国吉林地区降落一场世界罕见的陨石雨

·美国发射“海盗1号”、“海盗2号”在火星上软着陆

·苏联建成口径6米的世界最大望远镜

1977年 ·美国、中国、印度和澳大利亚等分别发现天王星光环

·美国相继发射行星和行星际探测器“旅行者2号”、“旅行者1号”

·美国发射“高能天文台卫星1号”

·英国建成381厘米红外天文望远镜

1978 年
- 美国 J. H. 泰勒观测短周期双星 PSR1913＋16 的轨道周期变率，宣布证实广义相对论关于存在引力波的预言
- 意大利和美国相继发现 SS433 的光谱特征
- 美国发射“高能天文台卫星 2 号”——“爱因斯坦号”国际紫外探测卫星（IUE）
- 美国麦克马洪首次发现小行星有卫星
- 美国克里斯蒂发现冥王星卫星（冥卫一）

1979 年
- 中国首次获得宇宙尘
- 3 月 5 日在 9 颗人造卫星上同时探测到大麦哲伦云方向的 γ 射线暴
- 美国“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”发现木星光环，木星有火山活动
- 美国发现双类星体
- 美国研制成第一台多镜面组合式望远镜

1980 年
- 中国席泽宗论证，早于 2340 多年前，中国战国时期的甘德观测到木星的最大卫星——木卫三，比伽利略的望远镜观测发现早 2000 年
- 中国出版《中国大百科全书·天文学》
- 美国、英国天文学家从理论上发现 100 万亿年前宇宙大爆炸
- 苏联“联盟 35 号”宇宙飞船与已在空间的“礼炮 6 号”对接成功
- 印度发射第一颗人造地球卫星

1981 年
- 美国戴维斯等证实“巨洞”存在
- 美国建成“甚大天线阵”综合孔径射电望远镜，由 27 面直径各 25 米天线组成，排成 Y 形，臂长各 21 公里，为世界上最大、最先进的射电天文研究设施
- 中国科学院广州人造卫星观测站基本建成
- 中国发射一组空间物理探测卫星。这是我国首次用一枚火箭发射三颗卫星

1982 年
- 中国首次利用高空气球对太阳进行远红外探测获得成功
- 欧洲南天天文台首次观测证实类星体就是星系的核
- 美国巴克等发现毫秒脉冲星，脉冲周期只有 1.558 毫秒

·太阳系九大行星均运行到太阳一侧，处在夹角96°的扇形天区内

1983年 ·美国、荷兰和英国联合研制发射红外天文卫星（IRAS）

·美国航天飞机“挑战者号”发射成功

·美国发射的“先驱者10号”宇宙飞船于6月14日穿越海王星轨道

1983～1984年 ·全球22个国家、61个天文台、84架仪器参加了从1983年10月到1984年12月止为期14个月的国际地球自转监测

1984年 ·国际天文学联合会决定，从本年度开始各国天文年历等采用新的天文常数系统

1986年 ·“旅行者2号”飞越天王星

·哈雷彗星回归。在此期间苏联、西欧、日本、美国相继发射了6只宇宙飞船到哈雷彗星或贾科比尼-津纳彗星附近探测。其中苏联的“维加1号”、“维加2号”和欧洲空间局的“乔托号”探测器第一次成功地拍摄了彗核照片

1987年 ·大麦哲仑云超新星1987A爆发，这是380多年所见到的最亮的超新星

1989年 ·“旅行者2号”探测海王星

·美国宇航局发射“宇宙微波背景探测器”（COBE）

·欧洲空间局发射载有口径30厘米望远镜的天体测量卫星“伊巴谷”

1990年 ·美国宇航局发射“哈勃空间望远镜”

·中国研制的2.16米反射望远镜正式交北京天文台使用1991年

·“伽利略号”宇宙飞船于10月29日，掠过951号小行星加斯帕，这是人类近探的第一颗小行星

1992年 ·美国天文学家朱维特和鲁发现了第一个冥外天体——1992QBO1

1993年 ·美国宇航局发射载有7名宇航员的“奋进号”航天飞机进入太空，修复哈勃空间望远镜

1994年 ·“尤利西斯号”宇宙飞航在6～9月进行人类历史上第一次太阳极区探测

·苏梅克-利维9号彗星与木星相撞

1995　·国际天文学联合会决定，从本年度开始采用新的彗星命名法

1997　·3月9日，日全食和海尔-波普彗星同现，此次日全食是本世纪我国境内可见的最后一次日全食

·美国发射的“火星探路者号”探测器于7月成功地在火星表面软着陆，另一支火星探测器—“火星全球探测者”于9月抵达火星

附录 2

主要天文机构、天文刊物、星表、人造天体的缩写词

A

A. A.	Air Almanac	航空历书
AA	(1)Astronomy and Astrophysics	天文学和天体物理学
	(2)Acta Astronomica	天文学报(波)
AAA	Astronomy and Astrophysics Abstracts	天文学和天体物理学文摘
AAO	Anglo-Australian Observatory(siding spring)	英澳天文台(赛丁泉)
AAP	Annales d' Astrophysique(法)	天体物理学纪事(法)
AAS	(1)American Astronomical Society	美国天文学会
	(2)American Astronautical Society	美国航天学会
	(3)Auckland Astronomical Society	奥克兰天文学会(新)
AAsup	Astronomy and Astrophysics Supplement series	天文学和天体物理学补编
AAVSO	American Association of Variable Star Observers	美国变星观测者协会
AC	(1)Astronomical Circular	天文通信(中国)
	(2)Astronomicheskii Circular SSSR	苏联天文通信
	(3)Astrographic Catalogue	照相天图星表
ACIC	Aeronautical chart and Information center	航行图与情报中心(美)

ADE	Air Density Explorer	大气密度探险者(人造卫星)
ADS	Aitken's Double Star Catalogue	艾肯编双星表
AE	(1)Astronomical Ephemeris	天文年历
	(2)Atmosphere Explorer	大气探险者(人造卫星)
AES	artifical earth satellite	人造地球卫星
AFCRL	Air Force Cambridge Research Laboratory	空军坎布里奇研究实验室(美)
AFOEV	Association Francaise d'Obervateurs d'Etoiles Variables(法)	法国变星观测者协会
AG	Astronomische Gesellschaft(德)	德国天文学会
AGK	Astronomische Gesellschaft Katalog(德)	德国天文学会星表
AGK 1	Erster Katalog der Astronomischen Gesellschaft(德)	德国天文学会第一星表
AGK 2	Zweiter Katalog der Astronomischen Gesellschaft(德)	德国天文学会第二星表
AGK 2A	Zweiter Katalog der Astronomischen Gesellschaft, Anhaltsterne(德)	德国天文学会第二星表定标星
AGK 3	Dritter Katalog der Astronomischen Gesellschaft(德)	德国天文学会第三星表
AGK 3R	Dritter Katalog der Astronomischen Gesellschaft, Reference Stars	德国天文学会第三星表定标星
AG Mitt	Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft(德)	德国天文学会会刊
AGU	American Geophysical Union	美国地球物理联合会
AiA	Astrometrija i Astrofizika	天体测量学和天体物理学(苏)
AIAA	American Institute of Aeronautics and Astronautics	美国航空与航天学会
AIS	automatic interplanetary station	自动行星际站
AJ	Astronomical Journal	天文学报(美)

AJB	Astronomischer Jahresbericht(德)	天文〔文献〕年报(西德)
AJP	Australian Journal of Physics	澳大利亚物理学杂志
AL	Astrophysical Letters	天体物理通讯
ALPO	Association of Lunar and Planetary Observers	月球及行星观察者协会(英)
AMZ	Astronomische Mitteilungen der Eidgen ö ssischen Sternwarte Zürich(德)	苏黎士联邦天文台天文通报(瑞士)
AN	Astronomische Nachrichten(德)	天文通报(原东德)
ANS	Astronomical Netherlands Satellite	荷兰天文卫星
AO	(1)The Arecibo Occultation Catalogue	阿雷西博月掩源表
AOSO	Advanced Orbiting Solar Observatory	高级轨道太阳观测台(人造卫星)
APAE	Astronomical Papers (prepared for the use of thd American Ephemeris and Nautical Almanac)	天文论文集(用于美国天文年历和航海历书)
APFS	Apparent Places of Fundamental Stars	基本星视位置表
ApJ	Astrophysical Journal	天体物理学报(美)
ApJL	Astrophysical Journal Letters	天体物理学报通信
ApL	Astrophysical Letters	天体物理通信
ARAA	Annual Review of Astronomy and Astrophysics	天文学和天体物理学年评
ARO	Algonquin Radio Observatory	阿尔贡射电天文台
ASA	Astronomical Society of Australia	澳大利亚天文学会
ASJ	Astronomical Society of Japan	日本天文学会
ASMW	Amt für Standardisierung,Messwesen und warenprüfung(德)	标准化、计量和成品检验局(原东德)
ASO	Advanced Solar Observatory(in space)	高级太阳天文台(空间)
ASP	Astronomical Society of the Paific	太平洋天文学会(美)

ASS	Astrophysics and space Science	天体物理学和空间科学
ASSA	(1)Astronomical Society of Southern Africa (2)Astronomical Society of Sonth Australia	南部非洲天文学会 南澳大利亚天文学会
AsV	Astronomical Society of Victoria	维多利亚天文学会(澳)
ASWA	Astronomical Society of western Australia	西澳大利亚天文学会
AT	Astronomicheskij Tsirkuliar	天文学通信(苏)
ATS	Application Technology Satellite	应用技术卫星
AUPA	Australian Journal of Physics, Astrophysical Supplement	澳大利亚物理学杂志,天体物理补编
AURA	Association of Universities for Research in Astonomy	大学天文研究联合组织(美)
AV	Astronomicheskij Vestnik	天文公报(苏)
AWS	Air Weather Service	航空气象服务局(美)
AXAF	Advanced x-Ray Astrophysics Facility	高级 X 射线天体物理设备
AZ(或 Astron. Zh.)	Astronomicheskij Zhurnal	天文学杂志(苏)
AZ Letter	Letters to the AZ	天文学杂志通信(苏)

B

B. A.	Bulletin Astronomique(法)	天文学公报(法)
BAA	British Astronomical Association	英国天文协会
BAAS	Bulletin of the American Astronomical Society	美国天文学会会刊
BAC	(1)British Association Catalogue (2)Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia	英国天文协会星表 捷克天文研究机构公报

BAF	Bulletin de l'Association Francaise d' Observateurs Variables(法)	法国变星观测者协会公报
BAN	Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands	荷兰天文研究机构公报
BAV	Berliner Arbeitsgemeinschaft für Ver a nderliche Sterne	柏林变星协会(德)
BBSAG	Bedeckungsver änderlichen Beobachter der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft(德)	瑞士天文学会食变星观测者
BD	Bonner Durchmusterung(德)	波恩巡天星表
BDS	Burnham's General Catalogue of Double Star	伯纳姆双星总表
BEV	Bundesamt für Eich-und Vermessungswesen (德)	计量与测量事务局(奥)
B. G.	Bulletin Geode'sique(法)	大地测量公报
B. H.	Bulletin Horaire du BIH(法)	〔国际时间局〕时间公报
BIH	Bureau International de l'Heure(法)	国际时间局
BIPM	Bureau International de Poids et Mésures(法)	国际计量局
BIS	British Interplanetary Society	英国行星际学会
BITA	Bulleten Instituta Teoreticheskoj Astronomii	理论天文研究所公报(苏)
BLg	Bulletin de la Socie' te Royale des Sciences de Lie' ge	列日皇家学会公报(比)
BOSS	biological orbiting space station	生物〔研究〕轨道空间站
BS	Catalogue of Bright Star	亮星星表
BSAF	Bulletin de la Société Astronomique de France(法)	法国天文学会公报
BSD	Bergedorfer Spectral Durchmustenung (德)	贝格多夫恒星光谱表

C

1C	The Frist Cambridge Catalogue of Radio Sources	第一剑桥射电源表(英)
2C	The Second Cambridge Catalogue of Radio Sources	第二剑桥射电源表(英)
3C	The Third Cambridge Catalogue of Radio Sources	第三剑桥射电源表(英)
4C	The Fourth Cambridge Catalogue of Radio Sources	第四剑桥射电源表(英)
5C	The Fifth Cambridge Survey	第五剑桥射电源巡天表(英)
CA	Center for Astrophysics	天体物理学中心(美)
CAO	Crimean Astrophysical Observatory	克里米亚天体物理台
CAS	Canadian Astronautical Society	加拿大航天学会
CASP	Comments on Astrophysics and Space Physics	天体物理和空间物理评论
CCDM	Consultative Committee for the Definition of the Metre	米定义咨询委员会
CCDS	Consultative Committee for the Definition of the Second	秒定义咨询委员会
CCIR	Comite' Consultatif International des Radio Communications(法)	国际无线电通信咨询委员会
CCMP	Coordinating Committee for Moon and Planets	月球和行星协调委员会
CD	Cordoba Durchmusterung	科尔多瓦巡天星表
Cdc	Carte du Ciel(法)	照相天图星表
CERGA	Centre d' Etudes et de Recherches Geodynamiques et Astronomiques(法)	地球动力学和天文学探测研究中心(法)
CES	Committee on Earth Sciences(SSB)	地球科学委员会

CESRA	Committee of European Solar Radio Astronomers	欧洲太阳射电天文学家委员会
CFA	Center for Astrophysics(Harvard College Observatory-Smithsonian Astrophysical Observatory	天体物理中心(哈佛大学天文台及史密松天体物理台)(美)
CGPM	Conféarence Génerale des Poids et Mesures(法)(General Conference of Weights and Measures)	国际计量大会
CGS	coast and Geodetic Survey	海岸与大地测量局(美)
CIG	Comité International de Géophysique(法)	国际地球物理委员会
CIPM	Comité International des Poids et Mesures(法)(International Committee of Weights and Measures)	国际计量委员会
CISPR	International Special Committee on Radio Interference	关于无线电干扰的国际特别委员会
CM	Celestial Mechanics	天体力学(杂志)
CNES	Centre National d' Etudes Spatials(法)	国家空间研究中心(法)
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique(法)	国家科学研究中心(法)
CO	Cincinnati Observatory	辛辛那提天文台(美)
COBE	Cosmic Background Explorer satellite	宇宙背景探测者卫星
CODATA	The Committee on Data for Science and Technology	科技数据委员会
COMPLEX	Committee on Planetary and Lunar Exploration(SSB)	行星和月球探索委员会
COMSAT	Communication Satellite Corporation	通信卫星公司

COS	Celestial Observation Satellite	天文观测卫星
COSPAR	Committee on Space Research	空间研究委员会
CPC	Cape Photographic Catalogue	好望角照相星表
CPD	Cape Photographic Durchmusterung	好望角照相巡天星表
CR	Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de 1′ Academie des Sciences(法)	科学院会议周报(法)
3CR	The Revised Third Cambridge Catalogue	第三剑桥射电修订星表
CRPL	Central Radio Propagation Laboratory	中央无线电传播实验室(美)
CSAA	Committee on Space Astronomy and Astrophysics(SSB)	空间天文学和天体物理学委员会
CSAGI	Comité Spécial de I′ Ann、ee Géophysique Internationale(法)	国际地球物理年专门委员会
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	联邦科学与工业研究组织(澳)
CSSP	Committee on solar and Space Physics(SSB)	太阳和空间物理委员会
CTA	California Institute of Technology Catalogue A	加州理工学院射电源 A 表
CTB	California Institute of Technology Catalogue B	加州理工学院射电源 B 表
CTIO	Cerro Tololo Inter-American Observatory	托洛洛山美洲天文台
CTS	Catalogue of Time Services	授时星表(苏)
CZ	Cordoba Zone Catalogue of South Stars	科尔多瓦南天分区星表(阿根廷)

D

DA	The Dominion Radio Observatory Survey, list A	自治领射电天文台星表 A(加)

DAO	Dominion Astrophysical Observatory	自治领天体物理台(加)
DAT	Doklady Akademii Nauk Tadjik UssR	苏联塔吉克科学院报告
DMA	Defense Mapping Agency	国防测绘局(美)
DMATC	Defense Mapping Agency Topographic Center	国防测绘局地形中心(美)
DNM	Division of National Mapping	国家测绘局(澳)
DO	Dominion Observatory	自治领天文台(加)
DPMS	Doppler Polar Monitoring Service	多普勒〔地〕极监测服务(美)
DW	The Dwingeloo list	德文格洛射电源表(荷)

E

ECSO	European Communication Satellite Organization	欧洲通信卫星组织
EGO	Eccentric Orbiting Geophysical Observatory	偏心轨道地球物理观测台
ELDO	European Launcher Development Organization	欧洲航天运载火箭研制组织
E. M. P.	Ephemerides of the Minor Planets	小行星星历表
EOS	(1) EOS Transactions, American Geophysical Vnion	美国地球物理联合会会报
	(2)Earth Observatory Satellite	地球观测台卫星
ERL	(Elsmore, Ryle, Leslie 编的射电源表)	
ERTS	Earth Resource Technology Satellite	地球资源技术卫星
ESA	European Space Agency	欧洲空间局
ESO	European Southern Observatory	欧洲南半球天文台,欧洲南方天文台,欧南台
ESLO	European Satellite Launching Organization	欧洲卫星发射组织
ESRO	European Space Research Organization	欧洲空间研究组织

ESSA	Environmental Science Service Administration	环境科学服务局(美)
ESTEC	European Space Research and Technology Centre	欧洲空间研究和技术中心
EUVE	Extreme Ultraviolet Explorer satellite	远紫外探测者卫星

F

FAGS	Federation of Astronomical and Geophysical Service	天文和地球物理服务联合会
FK	Fundamental Katalog(德)	基本星表(德)
FK3	Dritter Fundamental Katalog	第三基本星表(德)
FK3 Sup	Dritter Fundamental Katalog,Supplement	第三基本星表补编(德)
FK4	Vierter Fundamental Katalog	第四基本星表(德)
FKSZ	Fundamental Catalogue of Faint Stars	微星基本星表(苏)
FOA	Research Institute of National Defence	国防研究所(瑞典)

G

GC	General Catalogue	博斯总星表(美)
GCVS	General Catalogue of Variable Stars	变星总表
GFH	Geschichte des Fixternhimmels(德)	星空的历史(星表)
GIRL	German Infrared Laboratory	德国红外实验室(原西德空间研究计划)
Gr.	Groombridge's Catalogue of Circumpolar Star	格龙布里奇拱极星表
GRGS	Groupe de Recherches de Ge'odesie Spatiale(法)	空间大地测量研究组(法)
GRL	Geophysical Research Letters	地球物理研究通信
GRO	Gamma Ray Observatory	伽玛射线天文台
GSFC	Goddard Space Flight Center	戈达德航天中心
GUL	Geschichte und Literatur des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne(德)	变星光变的历史和文献

H

HA	(1)Highlights of Astronomy	天文学新成就(IAU 专题报告集)
	(2)Annals of the Harvard College Observatory	哈佛天文台纪事(美)
HAC	Announcement Cards of the Harvard College Observatory	哈佛天文台通告卡片(美)
HB	(1)Hanbury Brown	汉布瑞·布朗编制的射电源表
	(2)Bulletin of the Harvard College Observatory	哈佛天文台公报(美)
HC	Circular of the Harvard College Observatory	哈佛天文台简报(美)
HCO	Harvard College Observatory	哈佛大学天文台(美)
H. D.	Hydrographic Department(UK)	水路部(英)
HD	Henry Draper Catalogue	德雷伯分光星表，HD 星表(美)
HdAp	Handbuch der Astrophysik(德)	天体物理手册
HDE	Henry Draper Extension	德雷伯分光星表补编，HD 星表补编(美)
HEAO	High Energy Astronomical Observatory	高能天文台(人造卫星)
HEOS	Highly Eccentric Orbit Satellite	希奥斯，大偏心率轨道卫星
HIPPARCOS	High Precision Parallaxes Collecting Satellite	"依巴谷"(高精度视差测量卫星)
H. O.	Hydrographic Offics(U. S.)	水路局(美)
HO	Hale Observatory	海耳天文台(美)
	Harvard pulsar	哈佛天文台脉冲星
HR	Revised Harvard Photometry	订正哈佛恒星亮度表
HRAS	Harvard Radio Astronomy Station	哈佛射电天文站

I

IAA	International Aerospace Abstracts	国际航天文摘(美)
IAAEES	International Association for Advancement of Earth & Environmental Sciences	国际地球科学与环境科学协会
IAC	Instituto de Astrofisica de Canarias	加拿大天体物理所
IAF	(1)International Astronautical Federation (2)International Astronomers Federation	国际航天联合会 国际天文学家联合会
IAG	International Association of Geodesy	国际大地测量协会
IAGA	International Association of Geomagnetism and Aeronomy	国际地磁学与高层大气物理学协会
IAGC	International Association of Geochemistry and Cosmochemistry	国际地球化学与宇宙化学协会
IAIN	International Association of Institutes of Navigation	国际导航研究机构学会
IAMAP	International Association of Meteorolory and Atmospheric Physics	国际气象与大气物理协会
IANS	Izvestiya Akademii Nauk SSSR	苏联科学院通报
IAPSO	International Association of the Physical Sciences of the Ocean	国际海洋物理科学协会
IAS	Institute of the Aerospace Sciences	航天科学研究所(美)
IASPEI	International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior	国际地震学与地球内部物理学协会
IATME	International Association of Terrestrial Magnetism and Electricity	国际地磁学与地电学协会
IAU	International Astronomical Union	国际天文学联合会
IAUC	International Astronomical Union Circular	国际天文学联合会快报
IAUPPC	IAU Planetary Photograph Center (Meudon Observatory)	国际天文学联合会行星照相中心(默东天文台)

IAVCEI	International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior	国际火山学与地球内部化学协会
IBS	Institute for Basic Standards	基本标准研究所
IBVS	Information Bulletin on Variable Stars	变星快报
IC	Index Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars	星云和星团新总表续编
IC I	Second Index Catalogue of Nebulae and Clusters of stars	星云和星团新总表续编 I
ICET	International Center of Earth Tide	国际固体潮中心
ICSO	International Coordinated Solar Observations	国际太阳联合观测
ICSU	International Council of Scientific Unions	国际科学联合会理事会
IEEE	Institute of Flectrical and Electronics Engineers	电气与电子工程师协会(美)
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale(意)	国家电子技术研究所(意)
IFRB	International Frequency Registration Board	国际频率登记委员会
IFZ	Institut Fiziki Zemli	地球物理研究所(苏)
IGC	(1)International Geophysical Committee (2)International Gravity Commission	国际地球物理委员会 国际重力学委员会
IGMA	Instituto Geographico Militar, Argentina	阿根廷军事地理研究所
IGYWDC	International Geophysical Year, World Data Center	国际地球物理年世界资料中心
IHB	International Hydrographic Bureau	国际水路局
IHW	International Halley Watch	国际哈雷彗星联测
IIBAE	International Information Bureau on Astronomical Ephemerides	国际天文历表情报局
IKAO	Izvestiya Krymskoj Astrofizicheskoj Observatorii	克里米亚天体物理台台刊(苏)
ILE	Improved Lunar Ephemeris	改进月球历表

ILOM	International Latitude Observatory of Mizusawa	水泽国际纬度站(日)
IMC	International Mars Committee	国际火星委员会
IME	International Magnetospheric Explorer	国际磁层探险者(人造卫星)
IMP	Interplanetary Monitoring Platform	行星际监测站(人造卫星)
INAG	Institut National d' Astronomie et de Geophysique(法)	国家天文和地球物理研究院(法)
IOTA	International Occultation Timing Association	国际掩食测时协会
IPMS	International Polar Motion Service	国际极移服务
IRAS	Infrared Astronomical Satellite	红外天文卫星
IRC	Caltech Infrared Catalogue	加州理工学院编制的红外天体表
IRIS	International Radio Interferometric Surveying	国际无线电干涉服务
IRS	(1)International Reference Stars	国际参考星星表
	(2)International Rapid Latitude Service	国际纬度快速服务
ISEE	International Sun-Earth Explorer	国际日地[关系]探险者(人造卫星)
ISL	Iskusstvennyi Sputnik Luny	人造月球卫星(苏)
ISO	International Standardization Organization	国际标准化组织
ISPM	International Sdar Polar Mission	国际太阳环极飞行器
ISYA	International School for Young Astronomers	国际青年天文工作者学校
ITA	Institute of Theoretical Astronomy	理论天文研究所(苏)
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
IUAA	International Union of Amateur Astronomers	国际天文爱好者联合会
IUCAF	Inter-Union Commission on Frequency Allocations	频率分配协会间委员会

IUCG	Inter-Union Commission on Geodynamics	地球动力学协会间委员会
IUCI	Inter-Union Committee on the Ionosphere	电离层协会间委员会
IUCS	Inter-Union Commission on Spectroscopy	波谱学协会间委员会
IUCSTP	Inter-Union Commission on Solar-Terrestrial Physics	日地物理协会间委员会
IUCSTR	Inter-Union Commission on Solar and Terrestrial Relationships	日地关系协会间委员会
IUE	International Ultarviolet Explorer	国际紫外探测者(人造卫星)
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics	国际大地测量和地球物理联合会
IUWDS	International Ursigramme and world Days Service	国际无线电科学联合会资料和世界日服务(局)

J

JAS	Journal of Atmospheric Sciences	大气科学杂志
JBAA	Journal of the British Astronomical Association	英国天文协会杂志
JBIS	Journal of the British Interplanetary Society	英国行星际学会杂志
JCSTR	Joint Commission on Solar and Terrestrial Relationships	联合日地关系委员会
JFI	Journal of Franklin Institute	弗兰克林研究所杂志
JGR	Journal of Geophysical Research	地球物理研究杂志(美)
JILA	Joint Institute for laboratory Astrophysics	实验天体物理联合研究所(美)

J. O.	Journal des Observateurs(法)	天文观测者杂志(法)
JOSO	Joint Organization of Solar Observation	太阳联合观测组织
JP	Jodrell Bank pulsar	乔德雷尔班克脉冲星
JPL	Jet Propulsion Laboratory	喷气推进实验室
JPP	Journal of Plasma physics	等离子体物理杂志
JRASC	The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada	加拿大皇家天文学会杂志

K

KAO	Kuiper Airbone Observatory	柯伊柏机载天文台
KI	Kosmicheskie Issledovaniya	宇宙研究(苏)
KMD	Komety i Meteory, Dushanbe	彗星与流星,杜尚别(塔吉克)
KPNO	Kitt Peak National Observatory	基特峰国家天文台(美)
KSZ	Catalogue of Faint Stars	微星星表(苏)
KTK	Kometnyj Tsirkulyar, Kiev	彗星通信,基辅(乌克兰)

L

LA-GEOS	Laser Geodynamic Satellite	拉吉奥斯,激光地球动力学卫星
LIRTS	Large Infrared Telescope on Spacelab	空间实验室大型红外望远镜
LLL	Lawrence Livermore Laboratory	劳伦斯·利弗莫尔实验室(美)
LOB	Lick Observatory Bulletin	利克天文台公报
LPI	P. N. Lebedev Physical Institnte	列别捷夫物理研究所(苏)

M

M	Messier Catalogue of 103 Nebulae and Clusters	梅西叶星云星团表
MAG	Mitteilungen der Astronomischen Gesellschaft(德)	天文学会会刊(德)
MCG	Morphological Catalogue of Galaxies	星系形态表
MD	Melchior-Dejaiffe Catalogue	梅尔基奥—德热弗(测纬)星表
MGYR	Magnetnaya Gidrodynamika	磁流体动力学(苏)
M. N.	(M. N. R. A. S.)Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	皇家天文学会月报(英)
MOL	Manned Orbiting Laboratory	载人轨道实验室(人造卫星)
MPC	Minor Planets and Comets	小行星与彗星快报(美)
MPIFR	Max-Planck-Institut für Radioastronomie	马克斯·普朗克射电天文研究所(德)
MRAO	Mullard Radio Astronomy Observatory	马拉德射电天文台(英)
MRAS	Memoires of the Royal Astronomical Society	皇家天文学会论文集(英)
MSH	Mills. Slee, Hill radio source catalogue	米尔斯·斯利,希尔编制的射电源表
MSO	Mount Stromlo Observatory	斯特隆洛山天文台
MSOL	Manned Scientific Orbital Laboratory	载人轨道科学实验室
MtW	Mount Wilson Observatory	威耳逊山天文台(美)
MTWC	Mount Wilson Observatory Contributions	威耳逊山天文台著作集
MVS	Mitteilungen über ver ä nderliche Sterne, Sonneberg	德国变星通报(原东德佐内贝格)

MWC	Mount Wilson Catalogue of Early Type Emission Stars	威耳逊山天文台早型发射星表

N

N30	Catalogue of 5268 Standard Stars 1950.0 based on the Normal System N30	N30基本星表(美)
N. A.	Nautical Almanac	航海历书
NAIC	National Astronomy and Ionosphere Center	国家天文和电离层中心(美)
NAO	National Astronomical Observatory	国家天文台(美)
NASA	National Aeronautics and space Administration	国家航空和航天局(美)
NASO	National Astronomical Space Observatory	国家空间天文台
NBS	National Bureau of Standards	国家标准局(美)
NCAR	National Center for Atmospheric Research	国家大气研究中心(美)
NEROC	Northeast Radio Observatory Corporation	东北部射电天文台组织(美)
NGC	New General Ctalogue of Nebulae and Clusters of Stars	星云星团新总表
NGRI	National Geophysical Research Institute	全国地球物理研究所(印)
NGS	National Geodetic Survey	国家大地测量局(美)
NGST-DC	National Geophysical and Solar-Ter — restrial Data Center	国家地球物理与日地数据中心
NHO	Northern Hemisphere Observatory	北半球天文台(英国计划)
NIS	National Institute for Standards	国家标准研究所(埃)
NNSS	Navy Navigation Satellite System	海军导航卫星(美)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	国家海洋大气局(美)

NOS	National Oceanic Survey	国家海洋测量局(美)
NPL	National Physical Laboratory	国家物理实验室(英)
NPRL	National Physical Research Laboratory	国家物理研究所(南非)
NPS	Nature, Physical Science	自然杂志,物理科学篇
NPZT	Northern PZT program	北天照相天顶筒星纲要
NRAO	(1)Nation Radio Astronomy Observatory	国家射电天文台(美)
	(2)Nation Radio Astronomy Observatory Catalogue of Radio Source	国家射电天文台射电源表
NRC	Nation Research Council	国家研究委员会(美)
NRCC	National Research Council of Canada	加拿大国家研究委员会
NRL	(1)Naval Research Laboratory	海军研究实验室(美)
	(2)National Research Laboratory	国家研究实验室
NRLM	National Research Laboratory of Metrology	国家计量研究实验室(日)
NSN	New Catalogue of Suspected Variable	疑似变星新表
NTS	Navigation Technology Satellite	导航技术卫星

O

OA	Ohio A	俄亥俄州立大学射电源A表
OAO	Orbiting Astronomical Observatory	轨道天文台(人造卫星)
OGO	Orbiting Geophysical Observatory	轨道地理物理〔观测〕台(人造卫星)
OLL	Orbital International Laboratory	国际轨道试验卫星

OMSF	Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando(西)	圣费尔南多海军天文台和研究所(西)
ON	Observatoire de Neuchatel(法)	纳沙特尔天文台(瑞士)
ONBA	Observatorio Naval, Buenos Aires(西)	布宜诺斯艾利斯海军天文台(阿根廷)
ONRJ	Observatorio Nacional, Rio de Janeiro(葡)	里约热内卢国家天文台(巴西)
OP	Observatoire de Paris(法)	巴黎天文台(法)
ORB	Observatoire Royal de Belgique(法)	比利时皇家天文台
OSO	Orbiting Solar Observatory	轨道太阳观测台(人造卫星)
OSL	Orbiting Space Laboratory	空间实验卫星
OSSA	Office of Space Science and APPlications (NASA)	空间科学和应用办公室
OVRO	Owens Valley Radio Observatory	欧文斯谷射电天文台(美)

P

PAAS	(1)Pnblications of the American Astronantical Society	美国航天学会会刊
	(2)Publications of the American Astronomical Society	美国天文学会会刊
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Administration	菲律宾大气、地球物理和天文局
PAGEOS	Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite	帕吉奥斯,被动测地卫星
PAS	Pacific Astronomical Society	太平洋天文学会(美)
PASA	Proceedings of the Astronomical Society of Australia	澳大利亚天文学会会刊

PASJ	Publications of the Astronomical Society of Japan	日本天文学会会刊
PASP	Publications of the Astronomical Society of the Pacific	太平洋天文学会会刊
PCO	pulkovo Central Observatory	普尔科沃中心天文台
PCRC	Proceedings of the International Cosmic Ray Conference	国际宇宙线会议会刊
PD	Potsdamer Durchmusterung(德)	波茨坦巡天星表
PDAO	Publications of the Dominion Astrophysical	自治领天〔体〕物〔理〕台台刊(加)
PDDO	Publications of the David Dunlap Observatory	戴维·邓拉普天文台台刊(加)
PFKSZ	Preliminary Fundamental Catalogue of Faint Stars	微星基本星表补编(苏)
PGC	Preliminary General Catalogue	博斯总星表初编(美)
PHL	Palomar-Haro-Luyten Catalogue of Blue Stellar Objects	帕洛玛-阿罗-雷登蓝星体表(美)
PKF	Problemy Kosmichskoj Fiziki	宇宙物理问题(苏)
PKS	Parkes Catalogue of Radio Sources	帕克斯射电源表(澳)
PLASSE	Planetary and Space Science	行星与空间科学
PO	Paris Observatory	巴黎天文台
POGO	Polar Orbiting Geophysical Observatory	极轨道地球物理〔观测〕台(人造卫星)
P〔O〕SS	Palomar 〔Observatory〕 Sky Survey	帕洛玛〔天文台巡〕天〔星〕图
PPD	Potsdamer Photometrische Durchmuserung (德)	波茨坦测光巡天星表
PRL	Physical Review Letters	物理评论通信
PROM	Potsdamer Spektral-Durchmusterung(德)	波茨坦恒星光谱表
PSPIE	Proceesings of the Society of Photo-Opitcal Instrument Engineering	照相光学仪器工程学会会刊
PSS	Planetary Space Science	行星空间科学

PST	Pacific Standard Time	太平洋标准时间(美)
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt	物理技术研究所(德)
PTCH	Direction generale des PTT(法)	精密时刻与时间管理总局(瑞士)

Q

QBSA	Quarterly Bulletin on Solar Activity	太阳活动季刊
QJRAS	Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society	皇家天文学会季刊(英)

R

RAE	Radio Astronomy Explorer	射电天文探险者(人造卫星)
RAS	Royal Astronomical Society	皇家天文学会(英)
RASC	Royal Astronomical Society of Canada	加拿大皇家天文学会
RGEO	Reviews of Geophysics	地球物理评论
RGO	Royal Greenwich Observatory	格林尼治皇家天文台(英)
RGSP	Reviews of Geophysics and Space Physics	地球物理与空间物理评论
RHP (HRP)	Revised Harvard Photometry	订正哈佛恒星光度表
RM	Radiation Meteoroid Satellite	辐射和流星体卫星
RMO	Rattlesnake Mountain Observatory	响尾蛇山天文台(美)
RNGC	The Revised New General Catalogue of Non-stellar Astronomical Objects	非恒星天体新总表修订版
RNZAS	Royal Astronomical Society of New Zealand	新西兰皇家天文学会
ROE	Royal Observatory Edinburgh	爱丁堡皇家天文台(英)
RRL	Radio Research Laboratoies	无线电研究实验室(日)

RS	Royal Society	皇家学会(英)
RSL	Royal Society London	伦敦皇家学会(英)

S

S	Sonneberg variables	佐内贝格变星(原东德)
S. A.	The Star Almanac for Land Surveyors	陆地测量者用星历表
SAC	Soviet Astronomical Commission	苏联天文委员会
SAF	Socie'té Astronomique de France(法)	法国天文学会
SAI	Societa' Astronomica Italiana(意)	意大利天文学会
SAISI	South African Interplanetary Society	南非行星际学会
SAO	(1)Smithsonian Astrophysical Observatory	史密松天体物理台(美)
	(2)Smithsonian Astrophysical Observatory Catalogue	史密松天体物理台星表(美)
	(3)Special Astrophysical Observatory (USSR)	特设天体物理台(苏)
SAS	(1)Small Astronomy Satellite	小天文卫星
	(2)Socie'te' Astronomique de Suisse(法)	瑞士天文学会
S & T	Sky and Telescope	天空与望远镜
SATAR	Satllite for Aerospace Research	宇宙空间研究卫星
SCOSTEP	Scientific Committee on Solar Terrestrial Physics	日地物理科学委员会
SDB	Solnechnye Dannye Byulleten	太阳资料通报(苏)
SEL	Space Environment Laboratory	空间环境实验室
SEO	Satellite for Earth Observations	地球观察卫星
SESC	Space Environment Service Center	空间环境服务中心(美)
SGAR	Study Group on Astronomical Refraction	天文折射研究组
SGD	Solar-Geophysical Data	太阳与地球物理资料

SIDC	Sunspot Index Data Centre	太阳黑子指数资料中心
SIGNE	Solar Interplanetary Gamma Neutron Experiment	西尼,太阳行星际伽马中子实验卫星
SIS	Sveneks Interplanetariska Sälskapet	瑞典行星际学会
SKYLAB	Sky Laboratory	天空实验室(美)
SLALOM	Space Laser Low Orbit Mission	空间激光低轨道卫星
SMM	Solar Maximum Mission	太阳峰年〔研究〕卫星
SLORAD	Solar Radiation Monitoring Satellite	索拉德,太阳辐射监测卫星
SPACELAB	Space Laboratory	空间实验室
SPO	Sacramento Peak Observatory	萨克拉门托峰天文台(美)
SRATS	Solar Radiation and Thermospheric Satellite	斯拉茨,太阳辐射和热层卫星
SRC	Science Research Coancil	科学研究委员会(英)
SRH	(Scott,Ryle,Hewish)	斯科特、赖耳、休伊什编制的射电源表
SRS	Southern Reference Star Catalogue	南天参考星表
SSL	Space Science Laboratory	空间科学实验室(美)
SSO	Space Science office	空间科学办公室(美)
SSR	Space Science Reviews	空间科学评论
SSS	Small Scientific Satellite	小科学卫星
SSWS	Solar System Working Group	太阳系研究工作组(法)
SSXTF	Solar Soft X-Ray Telescope Facility	太阳软X射线望远镜设备
ST	Space Telescope	空间望远镜
STADAN	Space Tracking and Data Acquisition Network	空间跟踪和数据收集网
STAR	Scientific and Technical Aerospace Reports	宇航科技报告(美)

STDN	Spaceflight Tracking and Data Network	空间飞行跟踪和数据网
STSCI	Space Telescope Science Institute	空间望远镜科学研究所
SURGE	Seasat Users Research Group for Europe	欧洲海洋卫星使用者研究组
SUW	Sterne und Weltraum	恒星和宇宙空间(德)
TAGU	Transactions of the American Geophysical Union	美国地球物理联合会汇刊
TAI	Trudy Astrofizicheskogo Instituta	天体物理研究所论文集(苏)
TAO	Tokyo Astronomical Observatory	东京天文台(日)
TAOR	Tokyo Astronomical Observatory	东京天文台报告
TCL	Telecommunication Laboratories, Taiwan China	电信研究所(中国台湾)
TKAO	Trudy kazanskoj Gorodskoj Astronomicheskoj Observatorii	喀山市立天文台著作集(苏联)
Ton	(墨西哥 Tonantzintla 天文台发现的南银极方向	419 个新的蓝星表)
Trans.	Transactions of the International Union	国际天文学联合会汇刊

U

UFN	Uspekhi Fizicheski Nauk	物理学进展(苏)
UMIST	University of Manchester, Institute of Science and Technology	曼彻斯特大学科学和技术研究所
UMP	International Upper Mantle Project	国际上地幔研究计划
UNACA	Unio'n Nacional de Astronomi'a y Ciencias Afines	全国天文学联合会(西)
UOB	(波恩天文台 Müller 编制的射电源表)	
UPSO	Uttar Pradesh Stale Observatory	北方邦天文台(印)
URSI	Union Radio-Scientifique Internationale (法) (International Union of Radio Science)	国际无线电科学联合会

Urigram	Union Radio Scientifique Internationale telegram(法)	国际无线电科学联合会资料
USNO	United States Naval Observatory	美国海军天文台
UTRAO	University of Texas, Radio Astronomy Observatory	得克萨斯大学射电天文台(美)

V

VA	Vistas in Astronomy	天文学展望
VRO	The Vermilion River Observatory Survey (University of Illinois)	(美国伊利诺斯大学弗米利翁河天文台编制的射电源表)
VSL	Van Swinden Laboratorium	范斯温顿实验室(荷)
VV	(Vorontsov-Velyaminov 编制的特殊星系表)	

W

W	(Westerhout 编制的射电源表)	
WARC	World Administrative Radio Council	世界无线电咨询委员会
WDC	World Data Center	世界资料中心
WDCA/STP	World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics	日地物理世界资料中心 A
WGPSN	Working Group for Planetary System Nomenclature	行星系命名工作组
WMO	World Meteorological Organization	世界气象组织
WSON	Worldwide Satellite Observing Network	世界卫星观察网

X

XTE	X-Ray Timing Explorer satellite	X 射线定时探测者卫星

Y

Yo	Yerkes Observatory	叶凯士天文台(美)

Z

ZA(或ZS.f.Ap.)	Zeitschrift für Astrophysik	天体物理学杂志(德)
ZIPE	Zentralinstitut Physik der Erde(德)(Central Earth Physics Institute)	地球物理中心研究所(原东德)

附录 3

主要天文符号

	名　称	符　号		名　称	符　号
天体	太　阳	☉	黄道十二宫	巨蟹宫	♋
	月　球	☾		狮子宫	♌
	水　星	☿		室女宫	♍
	金　星	♀		天秤宫	♎
	地　球	⊕		天蝎宫	♏
	地　球	♁		人马宫	♐
	火　星	♂		摩羯宫	♑
	木　星	♃		宝瓶宫	♒
	土　星	♄		双鱼宫	♓
	天王星	♅	太阳系天体运动现象	新　月	●
	天王星	♅		上　弦	◐
	海王星	♆		下　弦	◑
	冥王星	♇		满　月	○
	彗　星	☄		合	☌
	恒　星	★		方　照	□
	恒　星	☆		冲	☍
黄道十二宫	白羊宫	♈		升交点	☊
	金牛宫	♉		降交点	☋
	双子宫	♊		春分点	♈

附录 4

希腊字母表

字母		读音				与它相等的拉丁字母
正体	斜体	英文	国际音标	中文	汉语拼音	
Αα	*Αα*	*alpha*	['æ:lfə]	阿尔法	*alfa*	*a*
Ββ	*Ββ*	*bete*	['bi:tə, 'beitə]	贝塔	*bita*	*b*
Γγ	*Γ γ*	*gamma*	['gæ:mə]	伽玛	*gama*	*g*
Δδ	*Δδ*	*delta*	['deltə]	德耳塔	*dèlta*	*d*
Εε	*Εε*	*epsilon*	[ep'sailən, 'epsilən]	伊普西隆	*èpsilon*	*e*
Ζζ	*Ζζ*	*zeta*	['zi:tə, 'zeitə]	截塔	*zita*	*z*
Ηη	*Ηη*	*eta*	[i:tə, 'eitə]	伊塔	*yita*	*e*
Θθ	*ΗΘθ*	*theta*	['θi:tə]	西塔	*sita*	*th*
Ιι	*Ι ι*	*iota*	[ai'ontə]	约塔	*yota*	*i*
Κκ	*Κκ*	*kappa*	['kæpə]	克帕	*kapa*	*k*
Λλ	*Λλ*	*lambda*	['læmdə]	兰姆达	*lamda*	*l*
Μμ	*Μμ*	*mu*	[*mju:*]	米由	*miu*	*m*
Νν	*Νν*	*nu*	[*nju:*]	纽	*niu*	*n*
Ξξ	*Ξξ*	*xi*	[*ksai, ksi:, gzai*]	克西	*ksai*	*x*
Οο	*Οο*	*omicron*	[ou'mi:krən]	奥米克隆	*omikron*	*o*
Ππ	*Ππ*	*pi*	[*pai*]	派	*pai*	*p*
Ρρ	*Ρρ*	*rho*	[*rou*]	罗	*rou*	*r*
Σσ	*Σσ*	*sigma*	['sigmə]	西格玛	*sigma*	*s*
Ττ	*Ττ*	*tau*	[tɔ:]	陶	*tao*	*t*
Υυ	*Υυ*	*upsilon*	[*ju:p'sailən, 'ju'psilən*]	宇普西险	*yupsilon*	*u*
Φφ	*Φφ*	*phi*	[*fai, fi:*]	菲	*fai*	*ph*
Χχ	*Χχ*	*chi*	[*kai*]	卡伊	*kai*	*ch*
Ψψ	*Ψψ*	*psi*	[*psai, psi:*]	普赛	*psai*	*ps*
Ωω	*Ωω*	*omega*	['oumiəg]	奥来伽	*omiga*	*o*

附录 5

天文学常用数据

长　度

1 天文距离单位(AU)＝1.49597870×10^{11}米

1 光年(ly)＝9.4605536×10^{15}米＝63239.8 天文距离单位

1 秒差距(PC)＝3.085678×10^{16}米

＝206264.8 天文距离单位

＝3.261631 光年

时　间

日：

平恒星日(从春分点到春分点)＝86164.091 平太阳秒

＝23 时 56 分 4.091 秒(平太阳时)

地球平均自转周期(从恒星到恒星)＝86164.100 平太阳秒

平太阳日＝86400 平太阳秒

月：

交点月＝27.21222 日＝27 日 05 时 05 分 35.808 秒

分点月(春分点到春分点)＝27.32158 日＝27 日 07 时 43 分 4.512 秒

近点月＝27.55455 日＝27 日 13 时 18 分 33.120 秒

朔望月＝29.53059 日＝29 日 12 时 44 分 2.976 秒

恒星月＝27.32166 日＝27 日 07 时 43 分 11.424 秒

年：

食年(黄白交点到黄白交点)＝346.62003 日

回归年(春分点到春分点)＝365.24220 日

格里历年＝365.2425 日

儒略年＝365.2500 日

恒星年＝365.25636 日

近点年＝365.25964 千日

原子时秒长——铯原子跃迁频率 9192631770 周经历的时间

数学常数

圆周率 π＝3.1415926536……

1 弧度(1rad)＝57°17′ 44″.80625

＝57.2957795131°

＝3437.74677078′ ＝206264.80625″

1 度 deg＝0.0174532925 弧度

自然对数的底 e＝2.7182818285……

球面上平方度数＝41252.96125

球面度 sr＝3282.80635 度^2

全天球面度 4πsr＝41252.96124

物理学常用常数

光速 c＝299792458 米·秒$^{-1}$＝299792458×10^2 厘米·秒$^{-1}$

普朗克常数 h＝6.626176×10^{-34}焦耳·秒

高斯常数 k＝0.01720209895

引力常数 G＝6.6720×10^{-11}牛顿·米^2·千克$^{-2}$

电子电荷 e ＝1.6021892×10^{-19}库伦

＝1.6021892×10^{-20}电磁单位

＝4.803242×10^{-10}静电单位

电子静止质量 m_e ＝9.109534×10^{-31}千克

＝5.4858026×10^{-4}原子质量单位

质子静止质量＝1.6726485×10^{-27}千克

＝1.007276470 原子质量单位

阿伏伽德罗常数 N_A＝6.022045×10^{26}千摩尔$^{-1}$

原子质量单位 μ＝1.6605655×10^{-27}千克

玻耳兹曼常数 k＝1.380662×10^{-23}焦耳·开$^{-1}$

斯提芬－玻耳兹曼常数 σ ＝5.67032×10^{-8}瓦·米$^{-2}$·开$^{-4}$

＝5.67032×10^{-12}焦耳·厘米$^{-2}$·秒$^{-1}$·开$^{-4}$

维恩位移定律常数 λmT＝2.89779×10^{-3}米·开

中子静止质量＝1.67493×10^{-27}千克

哈勃常数 H～50～75 公里·秒$^{-1}$兆秒差距

(热化学的)卡＝4.1840 焦耳

1 电子伏特 eV＝1.6021892×10^{-19}焦耳

绝对零度 T_0＝－273.15℃

附录 6

地球常用数据

地球质量 $M\oplus = 5.9742\times10^{27}$ 克

地球半径：

赤道半径 Re＝6378.140 公里

极半径 Rp＝6356.755 公里

平均半径＝6371.004 公里

赤道周长＝40075.13 公里

纬度 1°长度＝111.133－0.559cos2φ 公里(纬度 φ 处)

经度 1°长度＝111.413cosφ－0.094cos3φ 公里

标准大气压 P_0 ＝760 毫米汞柱

＝1.03250×10^6 达因·厘米$^{-2}$

大气中的声速(0℃)V＝331.36 米/秒

大气中的声速(常温)V＝340 米/秒

地球表面磁场强度～5×10^{-5}特斯拉

地球磁极　76°N,101°W;66°S,140°E

地球表面重力加速度(φ＝45°处)　g＝9.8061 米/秒^2

地球表面积＝5.11×10^8 平方公里

陆地面积＝1.49×10^8 平方公里(地球表面积的 29.2%)

海洋面积＝3.62×10^8 平方公里(地球表面积的 70.8%)

地球体积＝1.0832×10^{12}立方公里

地球平均密度＝5.518 克·厘米$^{-3}$

地球年龄～4.6×10^9 年

地球表面脱离速度＝11.2 公里/秒

光行差常数(J2000)k＝20.49552″

黄赤交角(J2000)ε＝23°26′21″.448

黄径总岁差(J 2000)P＝5029″.0966(每世纪)

岁差周期＝25800 年

平均轨道速度＝29.79 公里/秒

距离太阳 1 天文单位处脱离太阳的脱离速度＝42.1 公里/秒

附录 7

月球常用数据

月球质量 $M_{\text{☾}}$ $=7.3506\times10^{25}$克

$=1/81.3007(0.0123)$(地球$=1$)

月球直径$=3476.4$公里

月球体积$=2.200\times10^{10}$立方公里

月球平均密度$=3.34$克·厘米$^{-3}$

月地平均距离$=384401$公里$=0.00257$天文距离单位

$=60.2682$地球赤道半径

近地点平均距离$=363300$公里

远地点平均距离$=405500$公里

月球表面积 ～1/14的地球表面积

黄道与白道交角$=5°09'$

轨道偏心率$=0.0549$

赤道面与黄道面交角$=1°32'$

赤道面与白道面交角$=6°41'$

平均轨道速度$=1$公里/秒

在平均距离处满月的亮度$=-12.7$等

月球表面温度：

最高温度$=+127$℃

最低温度$=-183$℃

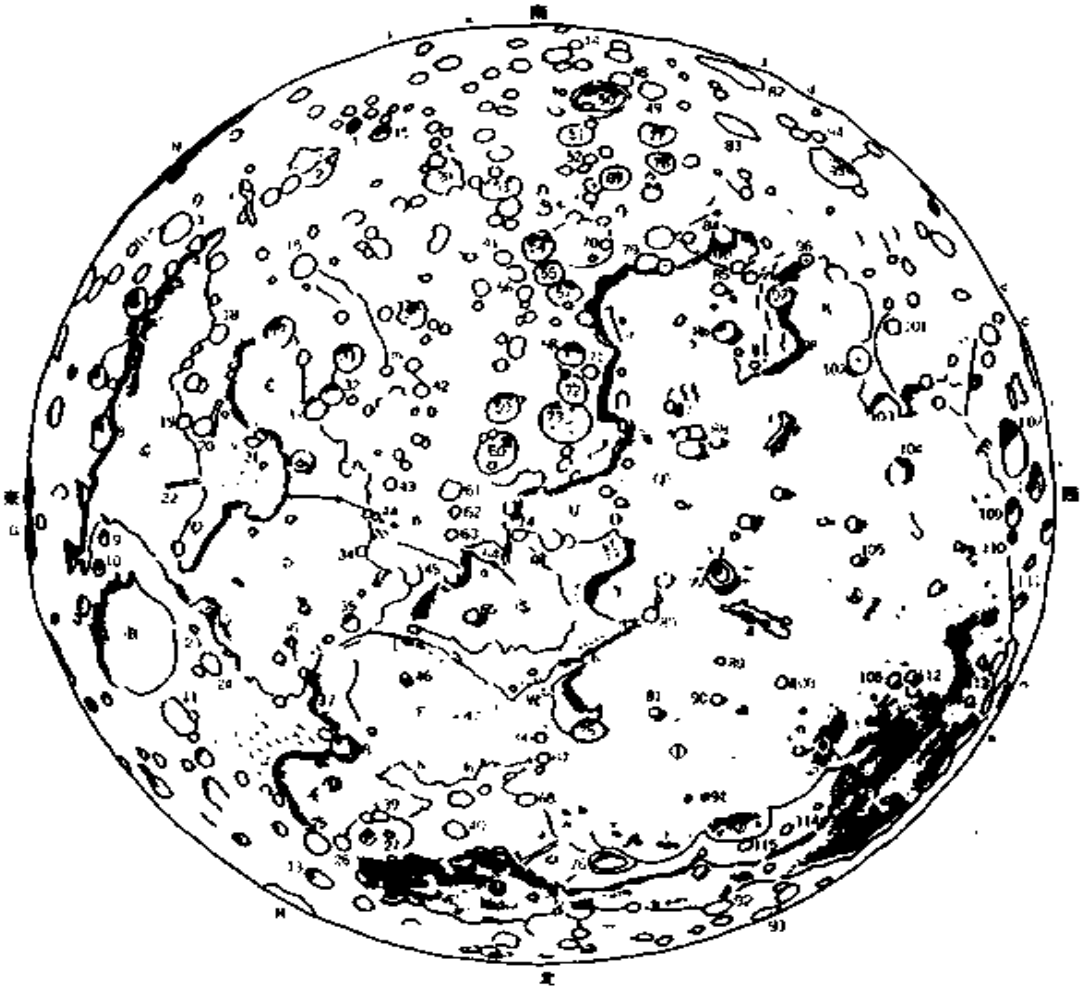
月球表面重力加速度$=1.62$米/秒^2(为地球表面重力加速度的1/6)

月球表面脱离速度$=2.38$公里/秒

月球年龄～4.6×10^9年

附录 8

月面图



月面图

月球上的平原

Ⓐ	风暴洋	Ⓜ	冷海
Ⓑ	危海	Ⓝ	南海
Ⓒ	丰富海	Ⓞ	梦湖
Ⓓ	静海	Ⓟ	死湖
Ⓔ	酒海	Ⓠ	虹湾
Ⓕ	澄海	Ⓡ	腐沼
Ⓖ	史密斯海	Ⓢ	汽海
Ⓗ	洪保德海	Ⓣ	热湾
Ⓘ	雨海	Ⓤ	中央湾
Ⓙ	云海	Ⓥ	露湾
Ⓚ	湿海	Ⓦ	病沼
Ⓛ	梦沼		

月面上的山脉和断崖

a	阿尔卑斯山脉	m	阿尔泰山脉
b	亚平宁山脉	n	埃西年山脉
c	科迪勒拉山脉	o	庇里尼山脉
d	多格费尔山脉	p	舒列塔谷
e	哈宾加山脉	q	希基努斯谷
f	金牛山脉	r	勒伊塔谷
g	喀尔巴阡山脉	s	阿尔卑斯谷
h	高加索山脉	t	直线山列
i	达朗贝尔山脉	u	直壁
j	赫尔墨斯山脉	v	彼科山
k	莱布尼茨山脉	w	毕顿山
l	列费纽斯山脉	x	尤拉山

月球上的环形山

编号	环形山名称	直径（公里）	编号	环形山名称	直径（公里）
1	弗兰克	90	30	萨克罗博斯科	100
2	法布里奇	160	31	凯瑟琳娜	90
3	弗奈里	130	32	基里尔	90
4	史蒂文	80	33	蒂奥费尔	105
5	史奈里乌斯	80	34	阿拉贡	30
6	彼塔维	160	35	普利尼	50
7	文德林	160	36	维特鲁维	30
8	朗格列	135	37	利特洛夫	65
9	阿波罗尼	50	38	波西多尼	85
10	费明尼克	55	39	普兰娜	40
11	克列奥梅迪	130	40	欧多克斯	60
12	格米努斯	90	41	阿利森西斯	85
13	恩迪米恩	125	42	阿布维法	65
14	牛顿	115	43	德兰布	50
15	皮迪斯克	80	44	里特	30
16	毕哥洛美尼	90	45	凯萨	75
17	弗拉卡斯托尔	100	46	贝塞耳	20
18	桑德别克	70	47	林奈	8
19	哥克列	50	48	克拉普罗斯	95
20	古坦堡	75	49	勃兰萨努斯	95
21	卡彼拉	50	50	克拉维	235
22	梅西叶	15	51	马塞努斯	175
23	普罗克尔	30	52	索修尔	65
24	马克罗比	70	53	什托弗勒	130
25	阿特拉斯	90	54	华尔特	145
26	赫库列斯	90	55	列基奥蒙德努	130
27	布尤格	45	56	维奈尔	70
28	亚里士多德	100	57	普尔巴赫	120
29	莫罗里奇	120	58	阿尔扎赫	100

编号	环形山名称	直径（公里）	编号	环形山名称	直径（公里）
59	阿尔巴塔尼	130	88	班普兰	62
60	伊巴谷	155	89	比塔	20
61	雷德	60	90	兰伯特	30
62	戈登	43	91	赫利康	20
63	阿格里柏	45	92	赫歇尔	145
64	希基努斯	6	93	毕达哥拉斯	120
65	曼尼林	40	94	瓦根庭	90
66	奥托利克	40	95	西卡尔德	215
67	阿里斯梯尔	56	96	维泰洛	50
68	卡西尼	85	97	希帕斯	60
69	第谷	85	98	阿加德奇迪	50
70	赫尔	30	99	哥白尼	90
71	阿彼德拉基	45	100	欧拉	30
72	阿耳芬斯	110	101	麦尔谢尼	70
73	托勒密	145	102	卡桑迪	90
74	特里斯奈克	22	103	列特龙	120
75	阿基米德	80	104	弗兰姆斯蒂德	15
76	柏拉图	95	105	开普勒	35
77	朗哥芒坦	145	106	阿利斯塔克	40
78	威廉	100	107	格里马第	190
79	皮塔特	80	108	里基奥利	160
80	爱拉托逊	60	109	赫维尔	110
81	蒂莫卡里斯	40	110	卡瓦列里乌斯	65
82	拜耳	295	111	奥伯斯	65
83	席勒	180	112	赫罗多特	37
84	卡普恩	55	113	勃里格	165
85	麦卡托	55	114	梅兰	40
86	布利阿德	65	115	安比基尼	40
87	基里克	60			

附录 9

太阳常用数据

太阳质量 $S=1.9891\times10^{33}$克

日地距离：

日地平均距离(天文距离单位)A $=1.49597870\times10^{11}$米

日地最远距离 $=1.5210\times10^{11}$米

日地最近距离 $=1.4710\times10^{11}$米

太阳常数 $f=1.97$ 卡．厘米$^{-2}$．分$^{-1}$

太阳视差 $\pi_{\odot}=8.794148''$

太阳半径 $R_{\odot}=696265$ 公里

太阳表面积$=6.087\times10^{12}$平方公里

太阳体积$=1.412\times10^{18}$立方公里

太阳平均密度$=1.409$ 克．厘米$^{-3}$

太阳表面有效温度$=5770$K

总辐射功率$=3.83\times10^{26}$焦．秒$^{-1}$

自转会合周期：

赤道$=26.9$ 天

极区$=31.1$ 天

光谱型 G_2V

目视星等$=-26.74$ 等

绝对目视星等$=4.83$ 等

热星等$=-26.82$ 等

绝对热星等$=4.75$ 等

发光强度$=2.84\times10^{27}$坎德拉

照度$=1.27\times10^{5}$ 勒克斯

太阳表面重力加速度$=2.74\times10^{4}$ 厘米/秒^2(为地球表面重力加速度的27.9倍)

太阳表面脱离速度$=618$ 公里/秒

太阳中心温度　1.5×10^{7}K

太阳中心密度　160 克．厘米$^{-3}$

太阳中心压力 3.4×10^{17}达因/厘米^2

地球附近的太阳风速度～450 公里/秒

太阳速度(朝太阳向总 $\alpha=18^h07^m,\delta=+30°$)=19.7 公里/秒

太阳主要化学成分 氢～71%、氦～27%,其余为氧、碳、氮、氖、硅、铁等

太阳年龄 $\sim5\times10^9$ 年

太阳活动周期的平均长度=11.04 年

附表 10

行星轨道的基本数据

行星	轨道半长径		公转周期		轨道偏心率 (e)	轨道倾角 (°)	升交点黄径 (°)	近日点黄径 (°)	平均轨道速度 (公里/秒)
	天文距离单位	10^6公里	恒星周期 (日)	会合周期 (日)					
水星	0.387	57.9	87.70	116	0.206	7.0	47.9	76.8	47.89
金星	0.723	108.2	224.70	584	0.007	3.4	76.3	131.0	35.03
地球	1.000	149.6	365.26	—	0.017	0.0	0.0	102.3	29.79
火星	1.524	227.9	686.98	780	0.093	1.8	49.2	335.3	24.13
木星	5.203	778.3	4332.71	399	0.048	1.3	100.0	13.7	13.06
土星	9.539	1427.0	10759.5	378	0.056	2.5	113.3	92.3	9.64
天王星	19.267	2882.3	30685	370	0.046	0.8	73.8	170.0	6.81
海王星	30.240	4523.9	60190	367	0.008	1.8	131.3	44.3	5.43
冥王星	39.553	5917.1	90800	367	0.250	17.1	109.9	224.2	4.74

附录 11

大行星、太阳、月球的物理要素表

天体	赤道半径（公里）	扁率	质量（地球质量=1）	密度（克/厘米³）	赤道引力（地球=1）	逃逸速度（公里/秒）	自转周期（日）	黄赤交角（度）	反照率	最大亮度
水星	2439	0.0	0.0553	5.43	0.38	4.3	58.65	0	0.06	−1.9
金星	6052	0.0	0.8150	5.24	0.91	10.4	243.01（逆向）	177.8	0.85	−4.4
地球	6378	0.0034	1.0000	5.52	1.00	11.2	0.9973	23.44	0.40	—
火星	3398	0.0059	0.1074	3.94	0.38	5.0	1.0260	23.98	0.15	−2.8
木星	71398	0.0637	317.833	1.33	2.54	59.6	0.410	3.08	0.58	−2.5
土星	60330	0.102	95.159	0.70	1.08	35.6	0.426	26.73	0.57	−0.4
天王星	25400	(0.024)	14.500	1.30	0.91	21.3	0.646	97.92	0.80	+5.6
海王星	24600	0.027	17.204	1.76	1.19	23.8	(0.658)	28.8	0.71	+7.9
冥王星	(1500)	?	0.0026	1.10	0.05	1.2	6.39	≥60	0.15	+14.9
太阳	696000	0	332946	1.41	27.9	617.5	25.38	7.25	—	−26.8
月球	1738	0.002	0.0123	3.34	0.17	2.4	27.3216	6.68	0.07	−12.7

附录 12

太阳系的卫星

行星	卫星	最亮星等	直径(公里)	与行星的平均距离		公转周期	轨道倾角(度)	发现年代
				10^3 公里	(″)	日 时 分		
地球	月球	−12.7	3476	384.4	—	27 07 43	18～28	—
火星	火卫一	11.6	21	9.38	25	0 07 39	1.02	1877
	火卫二	12.7	12	23.5	63	1 06 18	2	1877
木星	木卫一	5.0	3630	421.6	138	1 18 28	0.027	1610
	木卫二	5.3	3138	670.9	220	3 13 14	0.47	1610
	木卫三	4.6	5262	1070	351	7 03 43	0.18	1610
	木卫四	5.6	4800	1880	617	16 16 32	0.25	1610
	木卫五	14.1	170	181.3	59	0 11 57	0.45	1892
	木卫六	14.8	180	11470	3760	251	28	1904
	木卫七	16.8	80	11740	3850	260	26	1905
	木卫八	17.1	(40)	23300	7650	735	147	1908
	木卫九	18.3	(30)	1293	7775	758	156	1914
	木卫十	18.4	(20)	11710	3740	260	29	1938
	木卫十一	18.0	(30)	22350	7330	692	163	1938
	木卫十二	18.9	(20)	20700	6790	631	147	1951
	木卫十三	20.0	(10)	11110	3640	240	27	1974
	木卫十四	16.0	(100)	223	73	0 16 11	(0)	1980
	木卫十五	18.7	(15)	129	42	0 7 7	(0)	1980
	木卫十六	17.5	(40)	128	42	0 7 7	(0)	1980

行星	卫星	最亮星等	直径(公里)	与行星的平均距离		公转周期	轨道倾角(度)	发现年代
				10^3 公里	(")	日 时 分		
土星	土卫一	12.5	392	186	30	0 22 37	1.52	1789
	土卫二	11.8	500	238	38	1 08 53	0.02	1789
	土卫三	10.3	1060	295	48	1 21 18	1.09	1684
	土卫四	10.4	1120	377	61	2 17 41	0.02	1684
	土卫五	9.7	1530	527	85	4 12 25	0.35	1672
	土卫六	8.4	5150	1222	197	15 22 41	0.33	1655
	土卫七	14.2	255	1481	240	21 06 38	0.4	1848
	土卫八	11.0	1460	3561	575	79 07 56	14.7	1671
	土卫九	16.5	220	12954	2092	550 11	150	1898
	土卫十	(14)	190	151.5	24	0 16 41	0.34	1966
	土卫十一	(15)	120	151.4	24	0 16 41	0.14	1966
	土卫十二	(18)	30	378	61	2 17 41	0.15	1980
	土卫十三	(18)	25	295	48	1 21 20	~0	1980
	土卫十四	(18)	25	295	48	1 21 20	~0	1980
	土卫十五	(18)	30	142	23	0 14 26	0.3	1980
	土卫十六	(15)	100	139	23	0 14 43	0	1980
	土卫十七	(16)	90	138	23	0 15 04	0.1	1980
	土卫十八							
	土卫十九							
	土卫二十							
	土卫二十一							
	土卫二十二							
	土卫二十三							

行星	卫星	最亮星等	直径(公里)	与行星的平均距离		公转周期	轨道倾角(度)	发现年代
				10^3 公里	(*)	日 时 分		
天王星	天卫一	14	1330	192	14	2 12 29	0	1851
	天卫二	14.9	1110	267	20	4 03 29	0	1851
	天卫三	13.9	1600	438	33	8 16 56	0	1787
	天卫四	14.1	1630	587	44	13 11 07	0	1787
	天卫五	16.5	485	130	9.7	1 09 56	3.4	1948
	1985 U_1	20.3	170	86	6.5	0 18 19	~0	1985
	1986 U_1	>21.5 <0.1	(80)	66.1	5.0	0 12 19	~0	1986
	1986 U_2	>21.5 <0.1	(80)	65	4.9	0 11 48	~0	1986
	1986 U_3	>22.2 <0.1	(60)	62	4.6	0 11 07	~0	1986
	1986 U_4	>22.2 <0.1	(60)	70	5.2	0 13 24	~0	1986
	1986 U_5	>22.2 <0.1	(60)	75.3	5.6	0 14 54	~0	1986
	1986 U_6	>22.2 <0.1	(60)	63	4.7	0 11 24	~0	1986
	1986 U_7	>22.9 <0.1	(60)	50	3.7	0 7 59	~0	1986
	1986 U_8	>22.6 <0.1	(50)	54	4.0	0 9 00	~0	1986
	1986 U_9	>22.6 <0.1	(50)	59.2	4.4	0 10 24	~0	1986

行星	卫星	最亮星等	直径(公里)	与行星的平均距离		公转周期	轨道倾角(度)	发现年代
				10^3 公里	(")	日 时 分		
海王星	海卫一	13.6	3500 (±500)	355	17	5 21 03	20	1846
	海卫二	18.7	(300)	5562	261	356 5	27.6	1949
	1989 N_1		(400)			27	<1	1989
	1989 N_2		(210 ×190)			13 18	<1	1989
	1989 N_3		(140)				<1	1989
	1989 N_4		(160)				<1	1989
	1989 N_5		(90)				<1	1989
	1989 N_6		(50)				4.5	1989
冥王星	冥卫一	17.0	(1000)	19.7	0.7	6 09 17	~0	1978

说明：表中圆括号内的数据表示有10%的误差。

附录 13

小行星表

编号	名称		m_0	ω	Ω	i	e	a	μ°
	中译名	英文名	(m)	(°)	(°)	(°)			
1	塞内斯(谷神星)	Ceres	7.9	72.85	80.1	10.6	0.078	2.77	0.2142
2	巴拉斯(智神星)	Pallas	8.5	309.9	172.6	34.8	0.233	2.77	0.2136
3	幽诺(婚神星)	Juno	9.8	247.0	169.9	13.0	0.258	2.67	0.2260
4	维斯达(灶神星)	Vesta	6.8	150.6	103.4	7.1	0.089	2.36	0.2716
153	希尔达	Hilda	14.2	43.3	227.8	7.8	0.143	3.98	0.1243
279	苏耳	Thule	15.5	70.9	73.2	2.3	0.009	4.27	0.1114
433	爱罗司(爱神星)	Eros	11.5	178.5	303.8	10.8	0.223	1.46	0.5597
588	阿西勒司	Achilles	16.4	131.1	315.9	10.3	0.149	5.18	0.0837
887	阿林达	Alinda	18.0	349.6	110.2	9.2	0.558	2.49	0.2501
944	希达尔戈	Hidalgo	19.2	57.2	21.0	42.4	0.655	5.85	0.0696
1036	伽尼陌德	Ganymed	13.8	131.5	215.7	26.5	0.537	2.66	0.2269
1221	阿莫尔	Amor	20.5	26.2	170.9	11.9	0.434	1.92	0.3703
1566	伊卡鲁斯	Icarus	12.3	31.1	87.5	22.9	0.827	1.08	0.8807
1620	乔格拉弗斯	Geographos	14.1	276.6	336.7	13.3	0.335	1.24	0.7098
1685	托洛	Toro	13.2	126.8	273.8	9.4	0.436	1.37	0.6165
1862	阿波罗	Apollo	16.3	285.4	35.4	6.4	0.560	1.47	0.5523
1863	安梯路斯	Antinous	18.9	266.9	347.0	18.4	0.607	2.26	0.2901
1864	达德罗斯	Daedalus	15.5	325.3	6.2	22.2	0.615	1.46	0.5582
1865	塞拜罗斯	Cerberus	12.3	325.1	212.4	16.1	0.467	1.08	0.8780
1866	席莎依弗斯	Sisyphus	15.7	292.9	63.1	41.1	0.539	1.89	0.3784
2060	卡依伦	Chiron	17.2	339.8	208.7	6.9	0.380	13.62	0.0196
2062	阿丹	Aten	11.0	147.9	108.1	18.9	0.183	0.97	1.0373
2063	巴秋斯	Bacchus	13.4	55.0	32.7	9.4	0.350	1.08	1.0776
2100	拉夏隆	Ra-Shalom	12.7	355.9	170.3	15.8	0.436	0.83	1.2985
2101	安东尼斯	Adonis	20.6	41.6	350.7	1.4	0.764	1.87	0.3839
2102	坦达路斯	Tantalus	15.4	61.6	93.7	64.0	0.298	1.29	0.6727

说明：本表列出的小行星，主要分散在火星与木星之间，它们的体积比较大，并具有特殊轨道，表中 m_0 为处于冲位置时的平均星等，a 为用天文距离单位表示的轨道半长径，e 为偏心率，μ 为平均每日角速度，ω、Ω、i 分别为近日点角距、升交点黄经、轨道倾角。1950.0 的黄道和春分点；历元为 1984 年。

附录 14

紫金山天文台发现的，已获得国际正式编号和命名的小行星轨道参数

（吻切历元：1991 年 11 月 5.0 日）

国际正式编号	永久星名	发现日期	轨道半长径 a(A.U.)	轨道偏心率 e	平近点角 M	近日点角距 ω	升交点黄经 Ω	轨道倾角 i	星等 B(1,0)	公转周期 P(年)	直径 D(公里)
1125	中　华	(1928.11.22) 1957.10.30	3.1359134	0.2108297	269°.09421	12°.30556	96°.79799	3°.04001	14^{m}.3	5.55	9
1802	张　衡	1964.10.9	2.8421302	0.0377052	96.80511	295.71941	142.20098	2.68634	13.1	4.79	20
1888	祖冲之	1964.11.9	2.5489025	0.1633729	96.78000	232.54988	244.31906	5.86504	13.2	4.07	15
1972	一　行	1964.11.9	2.4188230	0.1681690	314.87213	31.96535	46.33081	4.13056	14.6	3.76	8
2012	郭守敬	1964.10.9	2.3304776	0.1776978	169.02934	36.17134	276.78593	2.90510	14.4	3.55	8
2027	沈　括	1964.11.9	3.0218660	0.0923259	349.32987	356.18572	55.00209	11.01262	12.9	5.26	13
2045	北　京	1964.10.8	2.3792472	0.0568044	203.31487	198.58780	10.80154	6.09675	13.5	3.67	13
2077	江　苏	1974.12.18	2.3271403	0.2959927	179.21342	343.59961	69.02936	28.07883	14.6	3.55	8
2078	南　京	1975.1.12	2.3682408	0.3752037	158.22657	98.61358	286.91714	20.13768	14.1	3.65	10
2085	河　南	1965.12.20	2.6999736	0.0843233	260.44184	292.31823	117.80804	3.83127	12.2	4.43	22
2162	安　徽	1966.1.30	2.2274507	0.1236029	233.26866	285.03428	128.15912	3.05087	14.0	3.52	10
2169	台　湾	1964.11.9	2.7891060	0.0494550	205.52684	355.82552	71.49819	1.53127	13.3	4.65	13
2184	福　建	1964.10.9	3.1691658	0.1129268	225.08628	122.83993	256.38796	5.21969	21.0	5.65	24

国际正式编号	永久星名	发现日期	轨道半长径 a(A.U.)	轨道偏心率 e	平近点角 M	近日点角距 ω	升交点黄经 Ω	轨道倾角 i	星等 B(1,0)	公转周期 P(年)	直径 D(公里)
2185	广　东	1965.11.20	2.7081701	0.1618987	302.49768	261.00324	56.71783	9.61021	13.0	4.46	15
2197	上　海	1965.12.30	3.1627260	0.1147790	149.37923	61.50948	60.42597	2.52100	11.5	5.65	30
2209	天　津	1978.10.28	2.8452637	0.0676407	167.84962	260.79526	150.59314	2.60985	12.5	4.80	20
2215	四　川	1964.11.12	2.7909942	0.2657154	217.23592	331.35099	70.81389	10.75666	12.8	4.66	17
*2223	萨耳帕冬	1977.10.4	5.1564915	0.0129736	145.61165	58.43826	220.43543	16.02949	9.8	11.69	96
*2260	涅阿普托勒摩斯	1975.11.26	5.1890899	0.0437223	125.79443	322.44507	85.92291	17.78023	10.0	11.82	98
*2363	克布里俄涅斯	1977.10.4	5.1338277	0.0344019	158.86817	53.46977	211.20134	32.25163	10.0	11.62	100
*2456	帕拉墨得斯	1966.1.30	5.1784809	0.0739937	99.81605	94.71208	326.85339	13.87603	10.5	11.85	79
2230	云　南	1978.10.29	2.8570232	0.0645025	174.12075	253.14778	153.50699	2.56367	13.2	4.83	14
2255	青　海	1977.11.3	3.0943742	0.0175632	134.89725	349.48018	40.74064	14.19393	12.5	5.45	20
2263	陕　西	1978.10.30	3.0157221	0.1146509	133.94113	317.16455	54.08277	11.40512	12.5	5.24	20
2336	新　疆	1975.11.26	3.2074866	0.1403661	180.95019	32.33094	87.02313	2.78923	12.5	5.74	20
2344	西　藏	1979.9.27	2.7545282	0.1883969	170.30281	239.23390	99.01546	3.90083	13.0	4.58	15
2355	内蒙古	1978.10.30	3.0247665	0.1129386	162.61181	281.06406	53.53452	9.99148	12.5	5.26	20
2380	黑龙江	1965.9.18	2.1921163	0.0597669	213.03736	107.96443	324.18150	1.92149	14.0	3.25	10

国际正式编号	永久星名	发现日期	轨道半长径 a(A.U.)	轨道偏心率 e	平近点角 M	近日点角距 ω	升交点黄经 Ω	轨道倾角 i	星等 B(1,0)	公转周期 P(年)	直径 D(公里)
2398	吉　林	1965.10.24	2.3915781	0.2377527	241.82749	11.13334	87.72177	3.74044	14.5	3.69	8
2503	辽　宁	1965.10.16	2.1924921	0.2127710	254.26412	15.58677	11.42819	7.10822	15.5	3.25	5
2505	河　北	1975.10.31	3.1449137	0.1707786	336.73505	210.04748	58.87686	2.08063	12.0	5.61	24
2510	山　东	1979.10.10	2.2539363	0.1959089	138.50098	208.96019	102.50147	5.27179	13.5	3.38	12
2514	太　原	1964.10.8	2.6505178	0.0990956	20.57666	11.94971	358.32682	2.34920	13.5	4.31	12
2515	甘　肃	1964.10.9	3.1693167	0.2074171	206.78845	351.93079	55.64227	4.07034	14.0	5.64	10
2539	宁　夏	1964.10.8	2.2622567	0.1686256	216.26801	214.77234	192.83594	3.97952	15.5	3.40	5
2547	湖　北	1964.10.9	2.3852770	0.1276772	37.93252	16.16609	348.03585	6.18404	14.5	3.69	8
2592	湖　南	1966.1.30	3.1194529	0.1246641	101.61393	11.48162	204.03508	1.33433	12.0	5.50	32
2617	江　西	1975.11.26	3.1629130	0.2342766	251.90938	342.72185	73.63982	12.88134	11.5	5.62	40
2631	浙　江	1980.10.7	2.7986611	0.1595684	35.71952	18.74137	24.54158	9.58936	13.0	4.68	20
2632	贵　州	1980.11.6	3.0383811	0.1076217	31.05561	306.41038	18.33033	10.45514	12.5	5.29	25
2655	广　西	1974.12.14	3.2033322	0.1478805	284.8983	351.00982	87.91624	17.08023	12.5	5.73	25
2693	延　安	1977.11.3	2.2394989	0.1804875	306.57283	345.73194	59.39950	7.30275	14.5	3.35	10
2789	佛　山	1956.12.6	2.2279327	0.1641359	106.90626	140.70674	242.25066	3.81290	15.0	3.32	8
2903	珠　海	1981.10.23	2.5626016	0.0592797	354.95935	241.55488	232.38963	14.35086	13.0	4.10	20

国际正式编号	永久星名	发现日期	轨道半长径 a(A.U.)	轨道偏心率 e	平近点角 M	近日点角距 ω	升交点黄经 Ω	轨道倾角 i	星等 B(1,0)	公转周期 P(年)	直径 D(公里)
3024	海　南	1981.10.23	3.4258784	0.1123567	180.16534	338.93206	27.79847	14.78376	12.0	6.35	32
3048	广　州	1964.10.8	2.3987056	0.1452361	282.09832	265.69779	213.97845	1.94136	14.0	3.72	13
2752	吴健雄	1965.9.20	3.0245442	0.1095452	272.85656	193.61469	186.23086	10.12422	12.0	5.26	32
2790	李约瑟	1965.10.19	2.6539272	0.1791746	280.80755	357.89154	50.37699	14.63964	12.5	4.32	25
2899	邵逸夫	1964.10.8	2.2616964	0.1564977	278.47042	303.56370	19.31078	3.22225	14.0	3.40	12
2963	陈嘉庚	1964.11.9	2.8688691	0.0764645	143.05298	350.43049	47.34527	2.70574	13.5	4.86	16
3088	锦绣中华	1981.10.24	3.0206600	0.0469709	170.51632	319.97540	170.92865	10.24597	13.0	5.26	20
3139	汕　头	1980.11.11	3.1950885	0.0344890	333.24217	96.77442	252.47900	20.49781	12.0	5.70	32
2387	西　安	1975.3.17	3.0215771	0.0798374	55.27786	38.02756	52.99832	10.96067	13.0	5.25	16
2425	深　圳	1975.3.17	3.0016001	0.093792	231.83846	246.83407	52.28139	10.85689	13.0	5.20	16
2719	苏　州	1965.9.22	2.1382205	0.1231858	203.53262	320.63990	125.13582	0.62558	14.5	3.24	10
2729	乌鲁木齐	1979.10.18	2.8917075	0.0669818	137.07794	265.41357	63.92828	3.17213	13.0	4.92	20

说明：星名前加＊表示该星属于脱罗央群小行星，按照国际惯例，以希腊神话中关于脱罗央战争的英雄名字命名。

附录 15

周 期 彗 星 表

序号	彗星名称	周期 (年)	T(ET) (1900)	q	e	Q	ω (°)	Ω (°)	i (°)	λ (°)	β (°)	最初出现	最近回归	回归次数
1	恩　克	3.30	80 X I 6.5	0.340	0.847	4.10	186.0	334.2	11.9	160	−1	1786	1984	53
2	格里格－斯克杰利厄普	5.10	77 VI 11.0	0.993	0.665	4.93	359.3	212.6	21.1	212	−0	1902	1982	14
3	杜－托伊特 I	5.20	66 VII 10.0	1.197	0.601	4.80	244.4	316.0	3.2	200	−3	1945	1982	2
4	坦普尔 I	5.27	78 I 20.7	1.369	0.548	4.69	190.9	119.2	12.5	310	−2	1873	1987	18
5	本田－马尔科斯－帕德贾萨科维	5.28	80 IV 11.0	0.581	0.809	5.49	184.6	232.9	13.1	57	−1	1948	1990	7
6	施瓦斯曼－瓦赫曼 II	5.32	79 IX 2.8	0.939	0.692	5.17	198.8	69.4	11.4	269	−4	1930	1985	2
7	诺伊明 I	5.40	76 VI 18.3	1.277	0.585	4.88	214.9	307.2	5.4	161	−3	1916	1981	2
8	勃劳逊	5.47	67 IX 6.4	0.532	0.829	5.68	18.0	98.2	24.1	114	+7	1846	1879	5
9	坦普尔 I	5.50	78 I 10.9	1.497	0.520	4.73	179.1	68.3	10.5	248	+0	1867	1993	8
10	克拉克	5.50	84 V 29.0	1.551	0.502	4.68	209.0	59.1	9.5	268	−5	1973	1989	3
11	塔特尔－贾科比尼－克雷萨克	5.58	78 XII 25.7	1.124	0.643	5.17	49.4	153.3	9.9	203	+9	1858	1989	7
12	库　林	5.82	63 I 11.6	1.909	0.410	4.56	314.5	122.6	5.7	77	+4	1939	1986	1
13	沃塔南	5.87	80 V 22.9	1.256	0.614	5.26	351.8	83.5	12.3	76	−2	1947	1991	6
14	羽根田－坎波斯	5.97	78 X 9.4	1.101	0.665	5.48	240.4	131.6	6.0	12	−5	1978	1984	2

序号	彗星名称	周期(年)	T(ET)(1900)	q	e	Q	ω(°)	Ω(°)	i(°)	λ(°)	β(°)	最初出现	最近回归	回归次数
15	威斯特－科胡特克－池村	6.07	75 I 25.8	1.398	0.582	5.29	358.0	84.7	30.1	83	−1	1975	1987	3
16	拉塞尔	6.13	79 V 26.9	1.614	0.518	5.08	0.2	230.2	22.7	230	+0	1979	1985	1
17	怀尔德 I	6.17	78 VI 15.8	1.491	0.557	5.24	39.9	136.1	3.3	40	+2	1978	1990	3
18	阿雷斯特	6.23	76 VII 12.8	1.164	0.656	5.61	178.9	141.4	16.7	320	+0	1951	1982	14
19	科胡特克	6.23	81 N 12.0	1.568	0.537	5.21	169.8	273.2	5.4	83	+1	1975	1981	2
20	福布斯	6.27	80 IX 25.3	1.479	0.565	5.36	262.6	23.0	4.7	285	−5	1929	1993	7
21	杜－托伊特－诺伊明－德尔波特	6.31	77 I 31.3	1.678	0.508	5.15	115.9	187.8	2.9	304	+3	1941	1989	4
22	特里顿	6.34	77 X 28.6	1.438	0.580	5.41	147.7	300.0	7.0	88	+4	1978	1984	2
23	宽斯－温尼克	6.36	76 XI 28.7	1.254	0.635	5.61	172.4	92.7	22.3	266	+3	1819	1989	20
24	坦普尔－斯威夫特	6.41	76 V 25.7	1.600	0.536	5.30	163.8	240.0	13.5	44	+4	1869	1982	5
25	科普夫	6.43	77 II 7.9	1.572	0.545	5.34	162.9	120.3	4.7	283	+1	1906	1988	13
26	施瓦斯曼－瓦赫曼 I	6.50	81 I 17.0	2.135	0.386	4.83	357.3	126.0	3.7	123	−0	1929	1981	9
27	贾科比尼－津纳	6.52	79 I 12.9	0.996	0.715	5.99	172.0	195.1	31.7	8	+4	1900	1991	11
28	沃尔夫－哈林顿	6.53	78 II 15.8	1.615	0.538	5.38	187.0	254.2	18.5	81	−2	1924	1990	7
29	丘尤穆夫－杰拉西门科	6.59	76 N 6.7	1.298	0.631	5.73	11.3	50.4	7.1	62	+1	1969	1988	4
30	科瓦尔 I	6.51	79 I 13.8	1.521	0.564	5.44	189.4	247.1	15.8	76	−3	1979	1991	2
31	紫金山 I	6.65	78 V 7.4	1.499	0.576	5.58	22.8	96.2	10.5	119	+4	1965	1991	5

序号	彗星名称	周期(年)	T(ET)(1900)	q	e	Q	ω(°)	Ω(°)	i(°)	λ(°)	β(°)	最初出现	最近回归	回归次数
32	吉克拉斯	6.68	78 XI 21.2	1.732	0.512	5.36	247.2	141.5	8.5	29	−9	1978	1985	1
33	比拉	6.70	65 VI 19.6	0.837	0.765	6.27	254.5	214.0	7.6	88	−7	1772	1852	6
34	哈林顿－威尔逊	6.70	64 X 1.7	1.858	0.477	5.25	346.3	123.8	18.4	111	−5	1951	1984	1
35	雷恩穆特Ⅰ	6.74	81 I 29.9	1.946	0.455	5.19	45.4	296.0	7.0	341	+5	1947	1981	6
36	约翰逊	6.76	77 I 8.5	2.200	0.386	4.96	206.2	117.8	13.9	323	−6	1949	1990	7
37	博雷林	6.77	81 I 20.0	1.319	0.631	5.84	352.8	75.1	30.2	69	−4	1905	1987	11
38	珀赖因－姆尔科斯	6.78	75 VII 2.8	1.295	0.638	5.87	166.5	239.9	17.8	47	+4	1896	1982	5
39	冈恩	6.82	82 XI 26.8	2.459	0.316	4.74	197.0	67.9	10.4	265	−3	1969	1982	3
40	紫金山Ⅰ	6.83	78 IX 20.9	1.785	0.504	5.41	203.2	287.6	6.7	131	−3	1965	1991	4
41	阿伦－里高克斯	6.83	78 I 2.4	1.442	0.600	5.76	329.0	121.5	17.9	92	−9	1950	1984	6
42	哈林顿	6.80	80 XI 25.0	1.582	0.559	5.61	232.8	119.2	8.7	131	−3	1953	1987	3
43	斯皮塔勒	6.89	79 VIII 4.5	2.078		5.16	21.4	41.2	11.2	59	+3	1890	1986	1
44	布鲁克斯Ⅰ	6.90	80 XI 25.4	1.850	0.490	5.39	198.2	176.2	5.5	14	−2	1889	1987	12
45	怀尔德Ⅱ	6.89	80 X 5.2	2.289	0.368	4.95	179.3	72.0	15.5	72	0	1980	1987	1
46	芬利	6.95	74 VII 3.8	1.096	0.699	6.19	322.1	41.8	3.6	4	−2	1886	1988	11
47	泰勒	6.98	77 I 11.4	1.951	0.466	5.35	355.6	108.2	20.5	104	−2	1916	1990	3
48	朗莫尔	6.98	81 X 21.5	2.400	0.342	4.90	196.3	15.0	24.4	210	−7	1974	1987	2
49	霍姆斯	7.06	79 I 22.6	2.160	0.413	5.20	23.6	327.4	19.2	350	+8	1892	1993	7
50	丹尼尔	7.09	78 VII 8.4	1.662	0.550	5.73	10.8	68.5	20.1	79	+4	1909	1992	7

序号	彗星名称	周期(年)	T(ET)(1900)	q	e	Q	ω(°)	Ω(°)	i(°)	λ(°)	β(°)	最初出现	最近回归	回归次数
51	沙金－沙尔达彻	7.26	79 I 9.0	2.223	0.407	5.27	215.3	167.2	6.2	22	−4	1949	1993	4
52	法伊	7.39	77 I 27.8	1.610	0.576	5.98	203.7	199.1	9.1	43	−4	1943	1984	17
53	德·维科－斯威夫特	7.41	80 VII 13.9	2.192	0.424	5.40	2.0	358.6	6.1	0	+0	1844	1987	3
54	阿什布鲁克－杰克逊	7.43	78 VII 19.8	2.284	0.400	5.33	349.0	2.1	12.5	351	−2	1948	1992	6
55	惠普尔	7.44	78 II 27.5	2.468	0.352	5.15	190.0	188.3	10.2	18	−2	1933	1993	8
56	舒斯特	7.48	78 I 6.8	1.628	0.574	6.02	353.9	50.8	20.4	45	−2	1978	1992	2
57	哈林顿－艾贝尔	7.58	76 IV 21.8	1.774	0.540	5.94	138.5	336.8	10.2	125	−6	1954	1990	6
58	雷恩穆特 I	7.59	80 X 29.7	1.982	0.487	5.76	9.5	121.1	8.3	131	+1	1928	1988	7
59	梅特卡夫	7.77	75 VI 20.9	1.594	0.593	6.25	207.9	187.3	13.1	35	−6	1906	1983	1
60	小岛	7.86	78 V 25.1	2.399	0.515	5.50	348.5	154.2	0.9	143	+0	1970	1992	3
61	肖尔	7.88	74 X I 18.3	2.536	0.359	5.38	319.5	82.8	6.5	37	−5	1918	1981	1
62	格雷尔斯 I	7.94	73 X II 1.6	2.348	0.410	5.61	183.3	215.6	6.7	39	−0	1973	1989	3
63	阿伦	7.98	75 V 24.6	1.847	0.538	6.14	46.9	355.7	20.0	40	+15	1951	1991	6
64	格雷尔斯 II	8.11	77 IV 23.3	3.424	0.152	4.65	231.5	242.6	1.1	114	−1	1977	1992	3
65	肖马斯	8.23	76 IX 5.1	1.205	0.704	6.95	57.2	80.6	11.9	138	+9	1911	1992	7
66	杰克逊－诺伊明	8.37	78 X I 25.4	1.425	0.654	6.82	196.3	163.1	14.1	359	−4	1936	1987	3
67	沃尔夫	8.42	76 I 25.5	2.501	0.396	5.78	161.1	203.8	27.3	7	+9	1884	1992	14
68	斯默诺瓦－彻尼克	8.53	75 VIII 6.3	3.567	0.145	4.78	90.2	77.1	6.6	167	+7	1975	1984	2
69	科马斯－索拉	8.94	78 IX 24.2	1.870	0.566	6.74	42.8	62.4	13.0	105	+9	1927	1987	7

序号	彗星名称	周期(年)	T(ET)(1900)	q	e	Q	ω(°)	Ω(°)	i(°)	λ(°)	β(°)	最初出现	最近回归	回归次数
70	基恩斯－克威	9.01	72XI 28.4	2.229	0.485	6.43	131.2	315.4	9.0	87	+7	1963	1981	3
71	丹宁－藤川	9.01	78X 2.0	0.779	0.820	7.88	334.0	41.0	8.7	15	−4	1881	1987	2
72	斯威夫特－格雷尔斯	9.23	72VIII 31.0	1.354	0.692	7.44	84.4	314.2	9.3	39	+9	1889	1991	3
73	诺伊明Ⅲ	10.57	72V 16.5	1.976	0.590	7.66	146.9	150.2	3.9	297	+2	1929	1993	4
74	普尔	10.88	70XI 17.5	1.164	0.763	8.67	209.8	65.8	11.4	276	−6	1927	1981	2
75	克莱莫拉	10.95	87X I 22.6	1.773	0.640	8.11	154.5	175.8	11.0	331	+6	1965	1987	2
76	贝辛	11.05	75I 5.6	1.094	0.779	8.78	11.1	27.0	5.9	38	+1	1975	1986	1
77	维萨拉Ⅰ	11.28	71IX 12.3	1.866	0.629	8.19	49.7	134.7	11.5	184	+9	1939	1992	6
78	斯劳特－伯纳姆	11.62	70IV 13.1	2.543	0.504	7.72	44.3	346.1	8.2	30	+6	1958	1992	4
79	范·比斯布勒克	12.39	78X II 2.9	2.395	0.553	8.31	134.3	148.6	6.6	283	+5	1954	1991	3
80	桑吉恩	12.52	77IX 17.4	1.811	0.664	8.97	162.0	182.3	18.6	345	+6	1977	1990	1
81	怀尔德Ⅰ	13.29	73VII 2.0	1.980	0.647	9.24	167.9	358.2	19.9	167	+4	1960	1986	2
82	塔特尔	13.68	80X II 14.7	1.015	0.823	0.46	206.9	269.9	54.5	106	−22	1790	1992	11
83	切尔尼克	14.0	92 I 27.9	2.356	0.580	9.24	263.2	129.7	5.0	41	−6	1978	1992	1
84	格雷尔斯Ⅰ	14.54	73I 25.2	2.935	0.507	8.98	29.1	14.6	9.6	43	+5	1973	1987	1
85	杜·托伊特Ⅰ	15.0	74IV 4.0	1.294	0.787	10.85	257.2	22.1	18.7	279	−18	1944	1988	2
86	施瓦斯曼－瓦赫曼Ⅰ	15.0	74I 15.3	5.448	0.105	6.73	14.5	319.6	9.7	334	+2	1925	1989	4
87	科瓦尔	15.1	77 I 22.5	4.664	0.237	7.56	178.0	28.4	4.4	206	+0	1977	1992	1
88	范·豪顿	16.1	76X I 29.5	3.985	0.375	8.76	13.6	22.5	6.6	38	+2	1961	1993	1

序号	彗星名称	周期(年)	T(ET)(1900)	q	e	Q	ω(°)	Ω(°)	i(°)	λ(°)	β(°)	最初出现	最近回归	回归次数
89	诺伊明 I	17.9	66 XII 9.4	1.543	0.775	12.16	346.8	347.2	15.0	334	−3	1913	1984	5
90	奥特麦	19.3	58 VII 10.5	5.421	0.247	8.98	54.5	331.5	1.9	25	−1	1942	1958	3
91	克伦梅林	27.4	56 X 25.2	0.743	0.919	17.65	195.9	250.2	29.1	85	−8	1818	1984	5
92	坦普尔－塔特尔	33.2	98 I 27.3	0.977	0.905	19.56	172.5	234.6	162.5	62	+2	1366	1998	4
93	斯蒂芬－奥特麦	37.7	80 X II 5.2	1.574	0.860	20.92	358.2	78	18.0	77	−0	1867	1980	3
94	威斯特费尔	61.9	75 X II 26.9	1.261	0.919	30.03	56.9	347.3	40.8	37	+33	1852	2038	2
95	杜比亚戈	67.0	21 V 5.3	1.116	0.932	31.88	97.4	66.5	22.3	165	+22	1921	1988	1
96	奥伯斯	69.5	56 IV 19.1	1.179	0.930	32.62	64.6	85.4	44.6	142	+39	1815	1956	3
97	庞斯－布鲁克斯	71.9	54 V 22.8	0.774	0.955	33.51	199.0	255.2	74.2	81	−18	1812	1954	3
98	布罗逊－梅特卡夫	70.6	89 X 4.3	0.478	0.972	34.11	129.7	310.8	19.3	82	+15	1847	1988	3
99	德·维科	75.7	46 II 6.0	0.664	0.963	35.13	12.9	79.0	85.1	80	+13	1846	1988	1
100	哈雷	76.0	86 I 9.3	0.587	0.967	35.30	111.9	58.2	162.2	305	+17	−466	1986	29
101	维萨拉 I	85.4	42 II 15.8	1.287	0.934	37.50	335.2	171.6	38.0	152	−15	1942	2027	1
102	斯威夫特－塔特尔	125	81 VII 30.4	0.959	0.962	49.02	152.9	138.7	113.2	330	+24	1862	1992	2
103	梅利什	145	17 VII 11.1	0.190	0.993	55.10	121.3	88.0	32.7	214	+28	1917	2062	1
104	赫歇耳－里戈利特	155	39 VIII 9.4	0.748	0.974	56.94	29.3	355.3	64.2	90	+26	1788	2085	2

说明：本表数据是已命名的周期彗星的轨道参数。T 为过近日点时间，q 和 Q 分别为以天文距离单位表示的近日点距离和远日点距离，λ 和 β 分别为近日点的黄经、黄纬，e 为偏心率，ω、Ω、i 分别为近日点角距、升交点黄经、轨道倾角。历元为 1950.0。

附录 16

主要流星群

序号	可见日期	辐射点			特征	周期(年)	有关彗星
		赤经(°)	赤纬(°)	附近星座			
1	1月2～5日	230	+49	天龙座ι	迅速	5	
2	4月16～25日	210	−10	室女座κ	缓慢,火流星		
3	4月20～23日	271	+33	天琴座K	迅速	415	1861 I
4	5月3～10日	335	−2	宝瓶座η	迅速,有光迹	76	哈雷
5	6月22～30日	228	+58	天龙座ι	缓慢	6	温尼克
6	7月25日～8月10日	308	−12	白羊座α	缓慢,有光条	3.6	1881 V
7	7月27～8月1日	339	−16	宝瓶座δ	缓慢,有光条	4.2	
8	8月7～15日	45	+57	英仙座γ	迅速,有光迹	120	1862 III
9	8月下旬	287	+50	天鹅座κ	迅速	7.8	
10	8月下旬	4	+45	仙女座ν			1861 IV
11	8月30日～9月4日	89	+39	御夫座υ	缓慢		1911 II
12	10月8～9日	265	+54	天龙座γ	缓慢	6.6	贾科比尼
13	10月18～23日	92	+17	猎户座ν	迅速,有光迹	76	哈雷
14	10月末～11月	43	+22	白羊座41	缓慢,生光	3.3	恩克
15	11月上旬	56	+15	金牛座λ	缓慢,生光	3.3	恩克
16	11月14～19日	150	+22	狮子座γ	迅速,有光迹	33.2	1866 I
17	11月17～23日	25	+43	仙女座γ	缓慢,有余迹	6.7	比拉
18	11月20日	98	+8	猎户座α			
19	11月20日～23日	56	+22	金牛座η	缓慢,亮流星	3.3	恩克
20	12月5日	15	−46	凤凰座β	缓慢,生光		
21	12月11～16日	111	+33	双子座α	迅速,短暂	1.6	
22	12月21～23日	206	+80	小熊座β	缓慢	14.4	塔特尔

附录 17

月　食　表　(1822～2020 年)

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1822	2	6	偏	12	34	—	—	13	42	—	—	14	50	0.38
1822	8	3	偏*	6	58	—	—	8	28	—	—	9	58	0.76
1823	1	26～27	全*	23	33	0	34	1	25	2	16	3	17	1.74
1823	7	23	全	9	42	10	45	11	32	12	19	13	22	1.52
1824	1	16	偏*	15	21	—	—	16	53	—	—	18	25	0.80
1824	7	11	偏	11	31	—	—	12	16	—	—	13	01	0.16
1825	6	1	偏	7	51	—	—	8	09	—	—	8	27	0.02
1825	11	25～26	偏*	23	14	—	—	0	08	—	—	1	02	0.23
1826	5	21～22	全*	21	26	22	30	23	16	0	02	1	06	1.47
1826	11	14～15	全*	22	07	23	11	23	57	0	43	1	47	1.48
1827	5	11	偏	14	37	—	—	16	16	—	—	17	55	0.98
1827	11	3～4	偏*	23	19	—	—	0	54	—	—	2	29	0.88
1829	3	20	偏*	20	58	—	—	22	05	—	—	23	12	0.37
1829	9	13	偏	13	18	—	—	14	35	—	—	15	52	0.52
1830	3	9	全*	19	52	20	53	21	43	22	33	23	34	1.67
1830	9	3	全*	4	44	5	44	6	36	7	28	8	28	1.82
1831	2	26～27	偏*	23	30	—	—	0	57	—	—	2	24	0.69
1831	8	23	偏*	16	42	—	—	17	57	—	—	19	12	0.49
1833	1	6	偏*	14	45	—	—	16	00	—	—	17	15	0.48
1833	7	2	偏	7	09	—	—	8	43	—	—	10	17	0.87
1833	12	27	全*	3	41	4	42	5	32	6	22	7	23	1.69
1834	6	21	全	14	32	15	38	16	21	17	04	18	10	1.40
1834	12	16	偏	11	20	—	—	12	47	—	—	14	14	0.68
1835	6	11	偏*	6	00	—	—	6	35	—	—	7	10	0.09
1836	5	1	偏	15	02	—	—	16	09	—	—	17	16	0.37
1836	10	24	偏*	20	36	—	—	21	15	—	—	21	54	0.12
1837	4	21	全*	2	51	3	52	4	42	5	32	6	33	1.67
1837	10	14	全*	5	27	6	29	7	17	8	05	9	07	1.52
1838	4	10	偏	8	35	—	—	9	58	—	—	11	21	0.62
1838	10	3～4	偏*	21	03	—	—	22	40	—	—	0	17	0.95

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1840	2	17	偏*	20	56	—	—	22	03	—	—	23	10	0.37
1840	8	13	偏	13	56	—	—	15	19	—	—	16	42	0.62
1841	2	6	全*	8	16	9	17	10	08	10	59	12	00	1.73
1842	8	2	全*	16	08	17	09	17	59	18	49	19	50	1.68
1842	1	27	偏*	0	11	—	—	1	43	—	—	3	15	0.80
1842	7	22	偏*	17	47	—	—	18	48	—	—	19	49	0.30
1843	12	7	偏*	7	20	—	—	8	11	—	—	9	02	0.21
1844	6	1	全*	5	02	6	08	6	49	7	30	8	36	1.33
1844	11	25	全*	5	57	7	01	7	46	8	31	9	35	1.44
1845	5	21～22	全*	22	12	23	30	23	55	0	20	1	38	1.11
1845	11	14	偏*	7	11	—	—	8	48	—	—	10	25	0.93
1847	4	1	偏*	4	26	—	—	5	26	—	—	6	26	0.29
1847	9	24	偏*	21	21	—	—	22	33	—	—	23	45	0.43
1848	3	20	全*	3	22	4	23	5	12	6	01	7	02	1.61
1848	9	13	全	12	30	13	31	14	22	15	13	16	14	1.72
1849	3	9	偏*	7	26	—	—	8	56	—	—	10	26	0.76
1849	9	2～3	偏*	23	50	—	—	1	12	—	—	2	34	0.60
1851	1	17～18	偏*	23	38	—	—	0	52	—	—	2	06	0.47
1851	7	13	偏	13	52	—	—	15	21	—	—	16	50	0.72
1852	1	7	全	12	22	13	23	14	13	15	03	16	04	1.68
1852	7	1～2	全*	21	36	22	38	23	26	0	14	1	16	1.53
1852	12	26	偏*	19	35	—	—	21	02	—	—	22	29	0.69
1853	6	21	偏	13	09	—	—	14	02	—	—	14	55	0.22
1854	5	12～13	偏*	22	51	—	—	23	49	—	—	0	47	0.27
1854	11	5	偏*	4	43	—	—	5	13	—	—	5	43	0.07
1855	5	2	全	10	16	11	17	12	06	12	55	13	56	1.57
1855	10	25	全*	13	41	14	45	16	31	15	17	17	21	1.47
1856	4	20	偏*	15	39	—	—	17	08	—	—	18	37	0.72
1856	10	14	全*	5	15	6	47	6	54	7	01	8	33	1.01
1858	2	28	偏*	5	11	—	—	6	16	—	—	7	21	0.35
1858	8	24	偏*	21	04	—	—	22	19	—	—	23	34	0.48
1859	2	17	全*	16	54	17	55	18	45	19	35	20	36	1.71
1859	8	13～14	全*	22	40	23	40	0	32	1	24	2	24	1.82

年	月	日	食类	初亏 时	初亏 分	食既 时	食既 分	食甚 时	食甚 分	生光 时	生光 分	复圆 时	复圆 分	食分
1860	2	7	偏*	8	56	—	—	10	28	—	—	12	00	0.31
1860	8	2	偏*	0	10	—	—	1	24	—	—	2	38	0.47
1861	12	17	偏*	15	26	—	—	16	14	—	—	17	02	0.18
1882	6	12	全	12	35	13	47	14	19	14	51	16	03	1.18
1862	12	6	全*	13	51	14	56	15	40	16	24	17	29	1.42
1863	6	2	全*	5	39	6	49	7	24	7	59	9	09	1.22
1863	11	25	偏*	15	19	—	—	16	57	—	—	18	35	0.97
1865	4	11	偏	11	45	—	—	12	36	—	—	13	27	0.21
1865	10	5	偏*	5	37	—	—	6	42	—	—	7	47	0.35
1866	3	31	全	10	43	11	45	12	33	13	21	14	23	1.53
1866	9	24	全*	20	17	21	18	22	07	22	56	23	57	1.62
1867	3	20	偏*	15	17	—	—	16	49	—	—	18	21	0.82
1867	9	14	偏*	6	58	—	—	8	26	—	—	9	54	0.70
1869	1	28	偏*	8	27	—	—	9	41	—	—	10	55	0.47
1869	7	23	偏*	20	44	—	—	20	04	—	—	23	24	0.57
1870	1	17～18	全*	20	56	21	57	22	47	23	37	0	38	1.67
1870	7	13	全*	4	43	5	44	6	34	7	24	8	25	1.70
1871	1	7	偏*	3	48	—	—	5	16	—	—	6	44	0.71
1871	7	2	偏*	20	19	—	—	21	24	—	—	22	29	0.35
1872	5	23	偏*	6	38	—	—	7	20	—	—	8	02	0.13
1872	11	15	偏	13	00	—	—	13	21	—	—	13	42	0.03
1873	5	12	全*	17	31	18	35	19	20	20	05	21	09	1.45
1873	11	4～5	全*	22	03	23	07	23	52	0	37	1	41	1.43
1874	5	1～2	偏*	22	32	—	—	0	05	—	—	1	33	0.83
1874	10	25	全*	13	30	14	51	15	12	15	33	16	54	1.07
1876	3	10	偏	13	19	—	—	14	21	—	—	15	23	0.32
1876	9	4	偏*	4	19	—	—	5	23	—	—	6	27	0.33
1877	2	28	全*	1	28	2	29	3	19	4	09	5	10	1.67
1877	8	24	全*	5	19	6	20	7	10	8	00	9	01	1.69
1878	2	17	偏*	17	35	—	—	19	09	—	—	20	43	0.85
1878	8	13	偏*	6	44	—	—	8	07	—	—	9	30	0.62
1879	12	28～29	偏*	23	37	—	—	0	22	—	—	1	07	0.16
1880	6	22	全*	20	07	21	28	21	49	22	10	23	31	1.07

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1880	12	16～17	全*	21	51	22	56	23	39	0	22	1	27	1.38
1881	6	12	全	13	06	14	12	14	54	15	36	16	42	1.36
1881	12	5～6	全*	23	30	1	09	1	09	1	09	2	48	1.00
1883	4	22	偏*	19	02	—	—	19	37	—	—	20	12	0.09
1883	10	16	偏	13	56	—	—	14	54	—	—	15	52	0.27
1884	4	10	全*	17	58	19	02	19	47	20	32	21	36	1.45
1884	10	5	全*	4	13	5	15	6	03	6	51	7	53	1.52
1885	3	30～31	偏*	23	00	—	—	0	36	—	—	2	12	0.92
1885	9	24	偏	14	17	—	—	15	49	—	—	17	21	0.80
1887	2	8	偏*	17	10	—	—	18	22	—	—	19	34	0.44
1887	8	4	偏*	3	36	—	—	4	47	—	—	5	58	0.42
1888	1	29	全*	5	27	6	28	7	18	8	08	9	09	1.65
1888	7	23	全	11	54	12	54	13	46	14	38	15	38	1.84
1889	1	17	偏	12	02	—	—	13	30	—	—	14	58	0.70
1889	7	13	偏*	3	37	—	—	4	52	—	—	6	07	0.49
1890	11	26	偏*	21	22	—	—	21	33	—	—	21	44	0.01
1891	5	24	全*	0	39	1	47	2	26	3	05	4	13	1.30
1891	11	16	全*	6	29	7	35	8	18	9	01	10	07	1.40
1892	5	12	偏*	5	15	—	—	6	53	—	—	8	31	0.97
1892	11	4～5	全*	22	01	23	19	23	43	0	07	1	25	1.10
1894	3	21	偏*	21	24	—	—	22	21	—	—	23	18	0.25
1894	9	15	偏	11	33	—	—	12	27	—	—	13	21	0.23
1895	3	11	全	9	51	10	52	11	42	12	32	13	33	1.63
1895	9	4	全	12	06	13	08	13	56	14	44	15	46	1.55
1896	2	29	偏*	2	10	—	—	3	45	—	—	5	20	0.89
1896	8	23	偏	13	27	—	—	14	57	—	—	16	27	0.75
1898	1	8	偏*	7	46	—	—	8	30	—	—	9	14	0.15
1898	7	4	偏*	3	40	—	—	5	17	—	—	6	54	0.93
1898	12	28	全*	5	50	6	56	7	38	8	20	9	26	1.37
1899	6	23～24	全*	20	27	21	30	22	17	23	04	0	07	1.50
1899	12	17	偏	7	45	—	—	9	25	—	—	11	05	0.98
1900	6	13	偏	11	09	—	—	11	24	—	—	11	39	0.02
1901	10	27～28	偏*	22	22	—	—	23	16	—	—	0	10	0.23

年	月	日	食类	初亏 时	初亏 分	食既 时	食既 分	食甚 时	食甚 分	生光 时	生光 分	复圆 时	复圆 分	食分
1902	4	23	全*	1	04	2	11	2	51	3	31	4	38	1.32
1902	10	17	全	12	14	13	18	14	04	14	50	15	54	1.47
1903	4	12	偏*	6	34	—	—	8	13	—	—	9	52	0.99
1903	10	6～7	偏*	21	40	—	—	23	15	—	—	0	50	0.88
1905	2	20	偏*	1	52	—	—	3	03	—	—	4	14	0.42
1905	8	15	偏	10	40	—	—	11	39	—	—	12	38	0.28
1906	2	9	全*	13	57	14	58	15	48	16	38	17	39	1.64
1906	8	4	全*	19	06	20	07	20	58	21	49	22	50	1.79
1907	1	29	偏*	20	14	—	—	21	42	—	—	23	10	0.72
1907	7	25	偏	10	57	—	—	12	21	—	—	13	45	0.63
1909	6	4	全	7	46	9	00	9	30	10	00	11	14	1.16
1909	11	27	全*	15	09	16	15	16	57	17	39	18	45	1.37
1910	5	24	全	11	53	13	11	13	36	14	01	15	19	1.11
1910	11	17	全*	6	38	7	53	8	21	8	49	10	04	1.14
1912	4	2	偏*	5	25	—	—	6	15	—	—	7	05	0.20
1912	9	26	偏*	19	04	—	—	19	44	—	—	20	24	0.12
1913	3	22	全*	18	07	19	08	19	57	20	46	21	47	1.58
1913	9	15	全*	18	58	20	02	20	47	21	32	22	36	1.44
1914	3	12	偏	10	38	—	—	12	15	—	—	13	52	0.93
1914	9	4	偏*	20	20	—	—	21	54	—	—	23	28	0.87
1916	1	20	偏*	16	00	—	—	16	42	—	—	17	24	0.13
1916	7	15	偏	11	15	—	—	12	47	—	—	14	19	0.80
1917	1	8	全*	13	57	15	03	15	45	16	27	17	33	1.37
1917	7	5	全*	3	49	4	50	5	40	6	30	7	31	1.64
1917	12	28	全*	16	06	17	34	17	46	17	58	19	26	1.02
1918	6	24	偏	17	43	—	—	18	28	—	—	19	13	0.16
1919	11	8	偏*	6	59	—	—	7	45	—	—	8	31	0.17
1920	5	3	全	8	04	9	14	9	49	10	24	11	34	1.22
1920	10	27	全*	20	22	21	27	22	11	22	55	24	00	1.41
1921	4	22	全	14	04	15	23	15	46	16	09	17	28	1.09
1921	10	17	偏*	5	15	—	—	6	52	—	—	8	29	0.95
1923	3	3	偏	10	27	—	—	11	35	—	—	12	43	0.38
1923	8	26	偏*	17	52	—	—	18	38	—	—	19	24	0.17

年	月	日	食类	初亏 时	初亏 分	食既 时	食既 分	食甚 时	食甚 分	生光 时	生光 分	复圆 时	复圆 分	食分
1924	2	20～21	全*	22	18	23	20	0	09	0	57	1	59	1.61
1924	8	15	全*	2	30	3	31	4	21	5	11	6	12	1.67
1925	2	9	偏*	4	09	—	—	5	42	—	—	7	15	0.74
1925	8	4	偏*	18	27	—	—	19	53	—	—	21	18	0.75
1927	6	15	全	14	44	16	12	16	24	16	36	18	04	1.02
1927	12	8～9	全*	23	52	0	55	1	35	2	15	3	18	1.36
1928	6	3	全*	18	22	19	32	20	08	20	44	21	54	1.24
1928	11	27	全*	15	24	16	33	17	01	17	29	18	39	1.16
1930	4	13	偏	13	21	—	—	13	58	—	—	14	36	0.11
1930	10	8	偏*	2	46	—	—	3	07	—	—	3	27	0.03
1931	4	3	全*	2	23	3	22	4	07	4	53	5	52	1.52
1931	9	27	全*	1	54	3	06	3	48	4	31	5	42	1.33
1932	3	22	偏*	18	59	—	—	20	32	—	—	22	05	0.97
1932	9	15	偏*	3	18	—	—	5	01	—	—	6	43	0.98
1934	1	31	偏*	0	01	—	—	0	42	—	—	1	23	0.12
1934	7	26	偏*	18	54	—	—	20	15	—	—	21	36	0.67
1935	1	19～20	全*	22	03	23	08	23	50	0	32	1	37	1.35
1935	7	16	全	11	08	12	09	13	00	13	51	14	52	1.78
1936	1	9	全*	0	28	1	58	2	10	2	21	3	51	1.02
1936	7	5	偏*	0	27	—	—	1	25	—	—	2	24	0.27
1937	11	18	偏*	15	40	—	—	16	22	—	—	17	04	0.13
1938	5	14	全*	14	57	16	18	16	44	17	09	18	31	1.10
1938	11	8	全*	4	41	5	45	6	26	7	08	8	12	1.36
1939	5	3～4	全*	21	28	22	40	23	11	23	43	0	55	1.18
1939	10	28	偏	12	55	—	—	14	36	—	—	16	18	0.99
1941	3	13	偏*	18	55	—	—	20	00	—	—	21	05	0.34
1941	9	6	偏*	1	21	—	—	1	49	—	—	2	17	0.06
1942	3	3	全*	6	31	7	33	8	22	9	10	10	12	1.57
1942	8	26	全	10	01	11	01	11	48	12	35	13	25	1.54
1943	2	20	偏	12	03	—	—	13	38	—	—	15	13	0.77
1943	8	16	偏*	1	59	—	—	3	28	—	—	4	58	0.88
1945	6	25～26	偏*	21	37	—	—	23	14	—	—	0	51	0.87
1945	12	19	全*	8	38	9	41	10	20	11	00	12	03	1.35

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1946	6	15	全*	0	51	1	57	2	40	3	23	4	29	1.40
1946	12	9	全*	0	05	1	18	1	49	2	20	3	33	1.17
1947	6	4	偏*	2	54	—	—	3	17	—	—	3	40	0.04
1948	4	23	偏*	21	20	—	—	21	39	—	—	21	58	0.03
1949	4	13	全	10	28	11	28	12	11	12	54	13	54	1.43
1949	10	7	全	9	05	10	20	10	56	11	33	12	48	1.23
1950	4	3	全*	3	09	4	30	4	44	4	59	6	19	1.04
1950	9	26	全	10	32	11	54	12	17	12	40	14	02	1.08
1952	2	11	偏*	8	03	—	—	8	39	—	—	9	15	0.09
1952	8	6	偏*	2	33	—	—	3	47	—	—	5	01	0.54
1953	1	30	全*	5	54	7	05	7	47	8	30	9	40	1.34
1953	7	26	全*	18	32	19	30	20	21	21	11	22	09	1.87
1954	1	19	全*	8	53	10	15	10	34	10	53	12	15	1.06
1954	7	16	偏	7	09	—	—	8	20	—	—	9	31	0.43
1955	11	30	偏*	0	21	—	—	0	59	—	—	1	37	0.12
1956	5	24～25	偏*	21	49	—	—	23	31	—	—	1	14	0.97
1956	11	18	全*	13	03	14	08	14	48	15	27	16	33	1.32
1957	5	14	全*	4	45	5	52	6	31	7	10	8	17	1.30
1957	11	7～8	全*	20	43	22	12	22	27	22	42	0	11	1.04
1958	5	3	偏*	20	00	—	—	20	13	—	—	20	26	0.02
1959	3	25	偏*	3	16	—	—	4	11	—	—	5	07	0.27
1960	3	13	全*	14	38	15	40	16	28	17	15	10	18	1.52
1960	9	5	全*	17	36	18	38	19	21	20	05	21	07	1.43
1961	3	2	偏*	19	51	—	—	21	28	—	—	23	05	0.81
1961	8	26	偏	9	35	—	—	11	08	—	—	12	42	0.99
1963	7	7	偏*	4	32	—	—	6	02	—	—	7	33	0.71
1963	12	30	全*	17	24	18	27	19	07	19	46	20	49	1.34
1964	6	25	全	7	09	8	15	9	06	9	57	11	03	1.56
1964	12	19	全	8	59	10	07	10	37	11	07	12	15	1.18
1965	6	14	偏	8	58	—	—	9	49	—	—	10	40	0.18
1967	4	24	全*	18	25	19	27	20	07	20	46	21	48	1.34
1967	10	18	全*	16	25	17	45	18	15	18	46	20	05	1.15
1968	4	13	全	11	10	12	22	12	47	13	12	14	25	1.12

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1968	10	6	全*	17	54	19	10	19	42	20	15	13	29	1.17
1970	2	21	偏	16	03	—	—	16	30	—	—	16	57	0.05
1970	8	17	偏	10	17	—	—	11	23	—	—	12	30	0.41
1971	2	10	全*	13	52	15	03	15	45	16	26	17	37	1.31
1971	8	7	全*	1	55	2	53	3	43	4	33	5	31	1.73
1972	1	30	全*	17	11	18	35	18	53	19	12	20	35	1.05
1972	7	26	偏	13	55	—	—	15	16	—	—	16	36	0.55
1973	12	10	偏*	9	09	—	—	9	44	—	—	10	20	0.11
1974	6	5	偏*	4	39	—	—	6	16	—	—	7	53	0.83
1974	11	29～30	全*	21	29	22	35	23	13	23	52	0	58	1.30
1975	5	25	全	12	00	13	03	13	48	14	32	15	36	1.43
1975	11	19	全*	4	39	6	03	6	23	6	44	8	08	1.07
1976	5	14	偏*	3	16	—	—	3	54	—	—	4	33	0.13
1977	4	4	偏	11	30	—	—	12	18	—	—	13	06	0.20
1978	3	24～25	全*	22	33	23	37	0	22	1	08	2	12	1.46
1978	9	17	全*	1	20	2	24	3	04	3	44	4	48	1.33
1979	3	14	偏*	3	29	—	—	5	08	—	—	6	47	0.86
1979	9	6	全*	17	18	18	31	18	54	19	17	20	30	1.10
1981	7	17	偏	11	25	—	—	12	47	—	—	14	09	0.55
1982	1	10	全*	2	13	3	16	3	55	4	35	5	38	1.34
1982	7	6	全	13	33	14	38	15	31	16	24	17	29	1.72
1982	12	30	全*	17	50	18	58	19	29	19	59	21	07	1.19
1983	6	25	偏	15	15	—	—	16	22	—	—	17	30	0.34
1985	5	5	全*	2	16	3	22	3	56	4	30	5	36	1.24
1985	10	28～29	全*	23	54	1	19	1	42	2	05	3	30	1.08
1986	4	24	全*	19	03	20	10	20	43	21	15	22	22	1.21
1985	10	18	全*	1	29	2	41	3	18	3	55	5	06	1.25
1988	3	4	偏*	0	07	—	—	0	13	—	—	0	18	0.002
1988	8	27	偏*	18	07	—	—	19	04	—	—	20	01	0.30
1989	2	20～21	全*	21	44	22	56	23	35	0	15	1	27	1.28
1989	8	17	全	9	21	10	20	11	08	11	56	12	56	1.61
1990	2	10	全*	1	29	2	50	3	11	3	33	4	54	1.08
1990	8	6	偏*	20	44	—	—	22	12	—	—	23	40	0.68

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
1991	12	21	偏*	18	00	—	—	18	33	—	—	19	06	0.09
1992	6	15	偏*	11	27	—	—	12	57	—	—	14	27	0.69
1992	12	10	全*	5	59	7	06	7	44	8	21	9	29	1.28
1993	6	4	全*	19	12	20	13	21	01	21	49	22	50	1.57
1993	11	29	全*	12	40	14	02	14	26	14	49	16	11	1.09
1994	5	25	偏	10	38	—	—	11	31	—	—	12	23	0.25
1995	4	15	偏*	19	40	—	—	20	18	—	—	20	55	0.12
1996	4	4	全*	6	20	7	26	8	09	8	52	9	58	1.38
1996	9	27	全	9	12	10	19	10	54	11	29	12	36	1.24
1997	3	24	偏	10	57	—	—	12	39	—	—	14	21	0.92
1997	9	17	全*	1	08	2	15	2	46	3	18	4	25	1.20
1999	7	28	偏*	18	21	—	—	19	33	—	—	20	42	0.40
2000	1	21	全	11	01	12	04	12	43	13	22	14	25	1.33
2000	7	16	全*	19	57	21	02	21	55	22	49	23	53	1.77
2001	1	10	全*	2	42	3	49	4	20	4	51	5	59	1.19
2001	7	5～6	偏*	21	35	—	—	22	56	—	—	0	16	0.50
2003	5	16	全	10	02	11	13	11	39	12	06	13	17	1.13
2003	11	9	全*	7	32	9	06	9	18	9	30	11	04	1.02
2004	5	5	全*	2	49	3	52	4	30	5	08	6	12	1.31
2004	10	28	全	9	14	10	23	11	03	11	44	12	52	1.31
2005	10	17	偏*	19	34	—	—	20	03	—	—	20	32	0.07
2006	9	8	偏*	2	05	—	—	2	51	—	—	3	37	0.19
2007	3	4	全*	5	29	6	43	7	20	7	57	9	11	1.24
2007	8	28	全*	16	50	17	51	18	37	19	22	20	23	1.48
2008	2	21	全	9	42	10	59	11	25	11	50	13	08	1.11
2008	8	17	偏*	3	35	—	—	5	10	—	—	6	44	0.81
2010	1	1	偏*	2	51	—	—	3	23	—	—	3	54	0.08
2010	6	26	偏*	18	16	—	—	19	38	—	—	21	00	0.54
2010	12	21	全*	14	32	15	40	16	16	16	53	18	01	1.26
2011	6	16	全*	2	21	3	21	4	11	5	02	6	01	1.71
2011	12	10～11	全*	20	45	22	05	22	31	22	57	0	18	1.11
2012	6	4	偏*	17	59	—	—	19	03	—	—	20	06	0.38
2013	4	26	偏*	3	51	—	—	4	08	—	—	4	25	0.02

年	月	日	食类	初亏		食既		食甚		生光		复圆		食分
				时	分	时	分	时	分	时	分	时	分	
2014	4	15	全	13	57	15	06	15	45	16	25	17	33	1.30
2014	10	8	全*	17	13	18	23	18	53	10	23	20	33	1.17
2015	4	4	全*	18	15	19	55	20	00	20	05	21	45	1.00
2015	9	28	全	9	06	10	10	10	46	11	23	12	27	1.28
2017	8	8	偏*	1	21	—	—	2	20	—	—	3	18	0.25
2018	1	31	全*	19	47	20	50	21	29	22	07	23	10	1.32
2018	7	28	全*	2	23	3	29	4	23	5	13	6	18	1.61
2019	1	21	全	11	32	12	40	13	11	13	43	14	50	1.20
2019	7	17	偏*	4	08	—	—	5	29	—	—	6	59	0.67

说明：(1)月食时刻有4分钟的误差。

(2)有*的表示我国可以看到。

(3)2020年无月食。

附录 18

1995～2020 年
我国 32 个城市见日食情况表
1995 年 10 月 24 日日全食

南沙群岛可见全食。

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
北　京	0.24	11　11	12　8	13　6
天　津	0.25	11　12	12　10	13　9
石家庄	0.29	11　3	12　5	13　9
太　原	0.32	10　57	12　1	13　7
呼和浩特	0.27	10　59	11　58	12　58
沈　阳	0.15	11　37	12　23	13　8
长　春	0.10	11　47	12　25	13　2
哈尔滨	0.07	11　56	12　26	12　56
上　海	0.36	11　15	12　28	13　39
南　京	0.37	11　8	12　20	13　32
杭　州	0.39	11　10	12　25	13　39
合　肥	0.39	11　3	12　16	13　30
福　州	0.49	11　5	12　27	13　49
南　昌	0.47	10　56	12　16	13　36
济　南	0.30	11　8	12　12	13　16
郑　州	0.37	10　56	12　5	13　16
武　汉	0.45	10　53	12　10	13　28
长　沙	0.52	10　47	12　8	13　32
广　州	0.63	10　45	12　14	13　45
南　宁	0.70	10　33	12　1	13　34

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
成　都	0.57	10　28	11　46	13　9
贵　阳	0.63	10　31	11　54	13　23
昆　明	0.73	10　22	11　46	13　17
拉　萨	0.76	10　6	11　22	12　46
西　安	0.43	10　43	11　55	13　10
兰　州	0.45	10　33	11　43	12　58
西　宁	0.47	10　30	11　39	12　54
银　川	0.37	10　42	11　48	12　56
乌鲁木齐	0.46	10　19	11　20	12　25
台　北	0.49	11　11	12　35	13　56
香　港	0.64	10　48	12　17	13　48
澳　门	0.65	10　46	12　16	13　47

1997年3月9日日全食

新疆阿勒泰以北和黑龙江省漠河附近的小部分地区可见全食。

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
北　京	0.85	7　37	8　41	9　51
天　津	0.84	7　36	8　41	9　51
石家庄	0.83	7　34	8　37	9　46
太　原	0.83	7　33	8　35	9　43
呼和浩特	0.88	7　36	8　39	9　47
沈　阳	0.85	7　44	8　52	10　4
长　春	0.88	7　49	8　57	10　10
哈尔滨	0.90	7　53	9　2	10　15

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
上　海	0.67	7　29	8　32	9　42
南　京	0.70	7　28	8　31	9　40
杭　州	0.65	7　27	8　29	9　38
合　肥	0.70	7　27	8　29	9　38
福　州	0.57	7　23	8　22	9　28
南　昌	0.64	7　23	8　23	9　29
济　南	0.79	7　33	8　37	9　47
郑　州	0.77	7　29	8　30	9　38
武　汉	0.68	7　25	8　25	9　31
长　沙	0.63	7　22	8　20	9　24
广　州	0.51	7　19	8　13	9　13
南　宁	0.51	7　17	8　10	9　7
成　都	0.70	(7　23)	8　18	9　20
贵　阳	0.60	7　19	8　14	9　14
昆　明	0.57	(7　26)	8　10	9　7
拉　萨	0.66	(8　14)	8　14	9　9
西　安	0.77	7　27	8　26	9　32
兰　州	0.81	7　28	8　26	9　30
西　宁	0.82	(7　34)	8　26	9　29
银　川	0.85	7　32	8　31	9　37
乌鲁木齐	0.94	(8　34)	——	9　33
台　北	0.53	7　24	8　23	9　28
香　港	0.49	7　19	8　13	9　12
澳　门	0.49	7　18	8　12	9　11

1998年8月22日日环食

地名	食分	初亏 时 分	食甚 时 分	复圆 时 分
上海	0.14	8 0	8 43	9 29
南京	0.12	8 2	8 40	9 21
杭州	0.17	7 55	8 41	9 31
合肥	0.12	8 0	8 38	9 19
福州	0.30	7 40	8 39	9 44
南昌	0.22	7 46	8 35	9 30
郑州	0.04	8 16	8 36	8 57
武汉	0.16	7 52	8 35	9 20
长沙	0.23	7 43	8 32	9 26
广州	0.38	7 29	8 30	9 40
南宁	0.38	7 27	8 26	9 32
成都	0.13	7 51	8 27	9 5
贵阳	0.26	7 36	8 26	9 21
昆明	0.29	7 32	8 23	9 18
拉萨	0.11	7 52	8 21	8 52
西安	0.04	8 11	8 32	8 54
台北	0.33	7 39	8 41	9 51
香港	0.41	7 28	8 31	9 44
澳门	0.41	7 28	8 31	9 43

1999年8月11日日全食

地名	食分	初亏 时 分	食甚 时 分	复圆 时 分
石家庄	0.01*	19 19	——	(19 20)
太原	0.12*	19 20	——	(19 27)
呼和浩特	0.25*	19 17	——	(19 37)

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
成　都	0.37*	19　26	——	(19　49)
贵　阳	0.07*	19　29	——	(19　33)
昆　明	0.27*	19　31	——	(19　46)
拉　萨	0.70	19　26	20　21	(20　39)
西　安	0.20*	19　23	——	(19　36)
兰　州	0.48*	19　22	——	(19　59)
西　宁	0.51*	19　21	——	(20　8)
银　川	0.42*	19　20	——	(19　53)
乌鲁木齐	0.48	19　10	20　1	20　49

2002年6月11日日环食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.12	6　10	6　39	7　9
天　津	0.14	6　7	6　38	7　10
石家庄	0.13	6　6	6　36	7　7
太　原	0.11	6　8	6　36	7　4
呼和浩特	0.06	6　20	6　40	7　1
沈　阳	0.16	6　8	6　43	7　19
长　春	0.15	6　13	6　47	7　22
哈尔滨	0.13	6　18	6　51	7　25
上　海	0.32	5　41	6　26	7　14
南　京	0.27	5　46	6　27	7　12
杭　州	0.32	5　40	6　25	7　12
合　肥	0.26	5　46	6　27	7　10

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
福　州	0.39	5　32	6　19	7　10
南　昌	0.31	5　40	6　22	7　8
济　南	0.17	6　0	6　34	7　10
郑　州	0.17	5　57	6　31	7　6
武　汉	0.25	5　46	6　25	7　7
长　沙	0.29	5　42	6　22	7　5
广　州	0.39	(5　42)	6　16	7　4
南　宁	0.35	(6　2)	6　17	7　2
成　都	0.16	(6　2)	6　27	6　59
贵　阳	0.26	(6　1)	6　22	7　1
昆　明	0.25	(6　20)	6　21	6　59
西　安	0.14	6　2	6　31	7　1
兰　州	0.06	6　14	6　34	6　55
西　宁	0.04	6　20	6　36	6　51
银　川	0.05	6　19	6　37	6　55
台　北	0.44	5　28	6　17	7　12
香　港	0.42	(5　40)	6　15	7　5
澳　门	0.41	(5　43)	6　15	7　4

2003年5月31日日环食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
乌鲁木齐	0.19	10　25	11　13	12　5

2004年10月14日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
沈　阳	0.08	9　36	10　7	10　39
长　春	0.15	9　26	10　8	10　51
哈尔滨	0.21	9　20	10　8	10　57

2005年10月3日日环食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
拉　萨	0.07	19　6	19　32	(19　38)

2006年3月29日日全食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
成　都	0.09*	19　13	——	(19　19)
拉　萨	0.31	19　12	19　55	(20　11)
兰　州	0.26*	19　5	——	(19　22)
西　宁	0.39*	19　4	——	(19　31)
银　川	0.18*	19　2	——	(19　13)
乌鲁木齐	0.77	18　52	19　50	(20　31)

2007年3月19日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.40	9　27	10　23	11　21
天　津	0.38	9　27	10　22	11　19
石家庄	0.40	9　22	10　17	11　15
太　原	0.42	9　18	10　15	11　14
呼和浩特	0.47	9　21	10　19	11　20

地名	食分	初亏 时 分	食甚 时 分	复圆 时 分
沈阳	0.32	9 42	10 34	11 28
长春	0.32	9 48	10 40	11 34
哈尔滨	0.33	9 52	10 45	11 38
上海	0.20	9 29	10 12	10 56
南京	0.25	9 23	10 10	10 00
杭州	0.20	9 25	10 8	10 53
合肥	0.28	9 20	10 8	10 59
福州	0.15	9 21	9 59	10 38
南昌	0.25	9 14	10 0	10 49
济南	0.35	9 24	10 17	11 13
郑州	0.37	9 16	10 10	11 6
武汉	0.30	9 13	10 3	10 55
长沙	0.28	9 8	9 56	10 47
广州	0.19	9 6	9 47	10 29
南宁	0.26	8 57	9 42	10 29
成都	0.43	8 59	9 53	10 51
贵阳	0.34	8 58	9 48	10 41
昆明	0.36	8 52	9 42	10 35
拉萨	0.53	8 49	9 43	10 41
西安	0.43	9 9	10 4	11 3
兰州	0.51	9 6	10 3	11 4
西宁	0.54	9 5	10 2	11 4
银川	0.51	9 12	10 10	11 11
乌鲁木齐	0.72	9 8	10 7	11 9
台北	0.10	9 29	9 59	10 31
香港	0.17	9 8	9 46	10 26
澳门	0.17	9 7	9 45	10 26

2008年8月1日日全食

新疆、甘肃、内蒙、宁夏、陕西、山西和河南等省、自治区的部分地区可见全食。

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.92	18　17	19　10	(19　27)
天　津	0.92	18　18	19　10	(19　22)
石家庄	0.95	18　20	19　13	(19　30)
太　原	0.96	18　20	19　14	(19　37)
呼和浩特	0.93	18　16	19　10	(19　47)
沈　阳	0.86*	18　13	——	(19　3)
长　春	0.84	18　9	19　0	(19　1)
哈尔滨	0.82	18　6	18　57	(19　1)
上　海	0.40*	18　28	——	(18　48)
南　京	0.65*	18　28	——	(19　1)
杭　州	0.43*	18　30	——	(18　52)
合　肥	0.74*	18　28	——	(19　6)
福　州	0.24*	18　36	——	(18　48)
南　昌	0.63*	18　33	——	(19　6)
济　南	0.95	18　21	19　14	(19　17)
郑　州	0.99	18　25	19　18	(19　26)
武　汉	0.87*	18　31	——	(19　16)
长　沙	0.80*	18　35	——	(19　17)
广　州	0.47*	18　42	——	(19　7)
南　宁	0.74*	18　44	——	(19　27)

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
成　都	0.91	18　32	19　27	(19　57)
贵　阳	0.86	18　39	19　32	(19　39)
昆　明	0.81	18　42	19　35	(19　53)
拉　萨	0.79	18　33	19　31	(20　24)
西　安	0.99	18　26	19　20	(19　44)
兰　州	0.99	18　23	19　19	(20　8)
西　宁	0.98	18　22	19　19	20　12
银　川	0.99	18　20	19　15	(20　4)
乌鲁木齐	0.95	18　5	19　7	20　4
台　北	0.03*	18　36	——	(18　37)
香　港	0.37*	18　43	——	(19　3)
澳　门	0.41*	18　43	——	(19　5)

2009年1月26日日环食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
上　海	0.02*	17　20	——	(17　23)
南　京	0.05*	17　25	——	(17　31)
杭　州	0.08*	17　19	——	(17　29)
合　肥	0.08*	17　26	——	(17　38)
福　州	0.25*	17　12	——	(17　40)
南　昌	0.20*	17　19	——	(17　49)
郑　州	0.01*	17　43	——	(17　47)

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
武　汉	0.14*	17　25	——	(17　52)
长　沙	0.21*	17　20	——	(18　2)
广　州	0.35	17　9	18　2	(18　9)
南　宁	0.31	17　10	18　3	(18　29)
成　都	0.05	17　40	18　3	18　26
贵　阳	0.19	17　21	18　4	(18　30)
昆　明	0.19	17　20	18　4	18　44
西　安	0.01	17　55	18　2	(18　7)
台　北	0.24*	17　9	——	(17　33)
香　港	0.38	17　7	18　2	(18　9)
澳　门	0.37	17　7	18　2	(18　9)

2009年7月22日日全食

西藏、云南、四川、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江和上海等省、市、自治区的部分地区可见全食。

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.72	8　25	9　31	10　44
天　津	0.75	8　24	9　32	10　46
石家庄	0.79	8　21	9　28	10　42
太　原	0.79	8　19	9　26	10　39
呼和浩特	0.69	8　22	9　26	10　35
沈　阳	0.65	8　34	9　42	10　53
长　春	0.58	8　40	9　45	10　53
哈尔滨	0.52	8　45	9　47	10　51

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
上　海	1.01	8　23	9　38	11　1
南　京	0.99	8　20	9　34	10　54
杭　州	1.02	8　21	9　36	10　58
合　肥	0.99	8　18	9　31	10　51
福　州	0.88	8　19	9　35	10　58
南　昌	0.96	8　15	9　28	10　50
济　南	0.83	8　21	9　31	10　48
郑　州	0.90	8　16	9　26	10　43
武　汉	1.03	8　14	9　26	10　45
长　沙	0.95	8　12	9　23	10　43
广　州	0.77	8　12	9　23	10　43
南　宁	0.78	8　8	9　15	10　32
成　都	1.00	8　7	9　12	10　26
贵　阳	0.91	8　6	9　14	10　30
昆　明	0.88	8　3	9　8	10　22
拉　萨	0.95	8　2	9　1	10　7
西　安	0.90	8　12	9　20	10　34
兰　州	0.82	8　11	9　15	10　25
西　宁	0.80	8　11	9　13	10　22
银　川	0.76	8　15	9　19	10　28
乌鲁木齐	0.49	8　21	9　10	10　3
台　北	0.84	8　23	9　40	11　4
香　港	0.75	8　14	9　25	10　45
澳　门	0.74	8　13	9　24	10　43

说明：上海、杭州、武汉和成都可见全食。上海食既 9 时 36 分，生光 9 时 41 分；杭州食既 9 时 33 分，生光 9 时 39 分；武汉食既 9 时 23 分，生光 9 时 29 分；成都食既 9 时 11 分，生光 9 时 14 分。

2010年1月15日日环食

云南、四川、贵州、湖北、湖南、河南、安徽、山东和江苏等省的部分地区可见环食。

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
北　京	0.82	15　32	16　52	(17　12)
天　津	0.85	15　33	16　52	(17　11)
石家庄	0.84	15　31	16　52	(17　24)
太　原	0.83	15　29	16　51	(17　32)
呼和浩特	0.75	15　28	16　49	(17　28)
沈　阳	0.74*	15　36	——	(16　38)
长　春	0.58*	15　37	——	(16　24)
哈尔滨	0.44*	15　36	——	(16　13)
上　海	0.82	15　39	16　56	(17　12)
南　京	0.87	15　36	16　56	(17　21)
杭　州	0.81	15　38	16　56	(17　19)
合　肥	0.88	15　34	16　55	(17　27)
福　州	0.71	18　38	16　56	(17　31)
南　昌	0.82	15　33	16　55	(17　40)
济　南	0.90	15　33	16　54	(17　18)
郑　州	0.91	15　30	16　53	(17　36)
武　汉	0.88	15　31	16　54	(17　42)
长　沙	0.84	15　29	16　54	(17　52)
广　州	0.71	15　30	16　53	(18　1)
南　宁	0.77	15　21	16　50	18　5
成　都	0.89	15　17	16　48	18　6
贵　阳	0.88	15　19	16　50	18　7

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
昆　明	0.90	15　11	16　46	18　6
拉　萨	0.72	14　53	16　34	18　0
西　安	0.87	15　24	16　51	(17　56)
兰　州	0.76	15　19	16　47	18　3
西　宁	0.72	15　16	16　45	18　2
银　川	0.74	15　22	16　48	(17　56)
乌鲁木齐	0.41	15　6	16　27	17　39
台　北	0.66	15　42	16　57	(17　24)
香　港	0.68	15　32	16　54	(17　59)
澳　门	0.68	15　31	16　53	(18　2)

说明:郑州可见环食,环食始 16 时 51 分,环食终 16 时 55 分。

2011 年 1 月 4 日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
乌鲁木齐	0.24	17　16	18　8	(18　43)

2011 年 6 月 2 日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
沈　阳	0.13*	(4　15)	——	4　30
长　春	0.21*	(4　1)	——	4　33
哈尔滨	0.23	(3　49)	4　1	4　37

2012年5月21日日环食

广西、广东、江西、福建、台湾和浙江等省自治区的部分地区可见环食。

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
北　京	0.67	5　31	6　33	7　41
天　津	0.69	5　29	6　31	7　41
石家庄	0.68	5　29	6　3	7　37
太　原	0.67	5　29	6　29	7　36
呼和浩特	0.62	5　35	6　34	7　39
沈　阳	0.70	5　31	6　37	7　50
长　春	0.68	5　35	6　41	7　55
哈尔滨	0.66	5　39	6　45	7　59
上　海	0.87	5　14	6　19	7　32
南　京	0.83	5　17	6　20	7　32
杭　州	0.88	5　14	6　18	7　30
合　肥	0.82	5　17	6　20	7　31
福　州	0.95	(5　15)	6　12	7　23
南　昌	0.87	(5　24)	6　16	7　25
济　南	0.73	5　25	6　27	7　37
郑　州	0.73	5　24	6　24	7　32
武　汉	0.82	(5　26)	6　19	7　27
长　沙	0.85	(5　36)	6　15	7　23
广　州	0.96	(5　45)	6　9	7　16
南　宁	0.93	(6　5)	6　10	7　15
成　都	0.73	(6　7)	6　21	7　24
贵　阳	0.83	(6　5)	6　15	7　20
昆　明	0.78*	(6　23)	——	7　18
拉　萨	0.33*	(7　1)	——	7　23
西　安	0.71	(5　40)	6　25	7　29
兰　州	0.64	(5　56)	6　28	7　30

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
西　安	0.61	(6　3)	6　30	7　30
银　川	0.61	(5　40)	6　31	7　33
乌鲁木齐	0.42	(6　40)	6　45	7　35
台　北	0.94	(5　8)	6　10	7　23
香　港	0.95	(5　43)	6　8	7　16
澳　门	0.95	(5　45)	6　8	7　15

说明：福州、广州、台北、香港和澳门可见环食。福州环食始6时10分，环食终6时14分；广州环食始6时7分，环食终6时11分；台北环食始6时9分，环食终6时11分；香港环食始6时6分，环食终6时10分；澳门环食始6时6分，环食终6时10分。

2015年3月20日日全食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
乌鲁木齐	0.06	18　52	19　13	19　34

2016年3月9日日全食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
石家庄	0.01	9　20	9　23	9　26
上　海	0.18	8　40	9　23	10　9
南　京	0.14	8　42	9　20	10　0
杭　州	0.19	8　36	9　20	10　6
合　肥	0.14	8　40	9　17	9　56
福　州	0.27	8　20	9　12	10　7

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
南　昌	0.20	8　27	9　10	9　56
济　南	0.04	9　4	9　25	9　45
郑　州	0.06	8　52	9　16	9　41
武　汉	0.15	8　33	9　11	9　50
长　沙	0.19	8　23	9　5	9　49
广　州	0.31	8　6	8　57	9　53
南　宁	0.30	8　2	8　50	9　43
成　都	0.11	8　28	8　58	9　29
贵　阳	0.21	8　13	8　54	9　38
昆　明	0.23	8　7	8　48	9　32
拉　萨	0.12	8　18	8　47	9　16
西　安	0.05	8　48	9　9	9　31
台　北	0.31	8　19	9　14	10　14
香　港	0.33	8　5	8　57	9　55
澳　门	0.33	8　4	8　56	9　54

2018年8月11日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.34	18　12	18　50	(19　16)
天　津	0.33	18　13	18　51	(19　11)
石家庄	0.30	18　17	18　53	(19　19)
太　原	0.28	18　18	18　54	(19　27)
呼和浩特	0.33	18　11	18　50	(19　28)
沈　阳	0.41	18　5	18　45	(18　51)

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
长　春	0.45	18　0	18　42	(18　48)
哈尔滨	0.48	17　56	18　39	(18　47)
上　海	0.11*	18　30	——	(18　40)
南　京	0.19*	18　29	——	(18　52)
杭　州	0.10*	18　33	——	(18　44)
合　肥	0.19*	18　31	——	(18　58)
南　昌	0.11*	18　41	——	(18　58)
济　南	0.29	18　19	18　54	(19　7)
郑　州	0.23	18　25	18　58	(19　17)
武　汉	0.15	18　36	19　3	(19　8)
长　沙	0.09	18　46	19　6	(19　9)
成　都	0.08	18　45	19　6	19　27
贵　阳	0.01	19　3	19　11	19　19
西　安	0.19	18　29	19　0	19　30
兰　州	0.19	18　27	18　59	19　29
西　宁	0.19	18　26	18　58	19　29
银　川	0.25	18　19	18　55	19　29
乌鲁木齐	0.20	18　8	18　44	19　19

2019年1月6日日偏食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.32	(7　38)	8　33	9　40
天　津	0.31	7　34	8　34	9　40
石家庄	0.26	(7　40)	8　30	9　31

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
太　原	0.24	(7　47)	8　28	9　26
呼和浩特	0.29	(7　59)	8　30	9　32
沈　阳	0.41	7　34	8　43	10　0
长　春	0.45	7　35	8　47	10　9
哈尔滨	0.49	7　36	8　51	10　14
上　海	0.19	7　41	8　32	9　28
南　京	0.18	7　40	8　29	9　23
杭　州	0.16	7　43	8　30	9　21
合　肥	0.16	7　42	8　28	9　18
福　州	0.06	7　58	8　27	8　57
南　昌	0.08	7　52	8　24	8　59
济　南	0.26	7　35	8　31	9　33
郑　州	0.19	7　39	8　26	9　18
武　汉	0.10	7　47	8　24	9　3
长　沙	0.04	7　59	8　21	8　44
西　安	0.13	(7　52)	8　22	9　4
兰　州	0.12	(8　17)	8　21	8　59
西　宁	0.11*	(8　27)	——	8　57
银　川	0.19	(8　14)	8　24	9　14
台　北	0.06	(8　0)	8　29	8　59

2019年12月26日日环食

地　名	食　分	初　亏 时　分	食　甚 时　分	复　圆 时　分
北　京	0.15	12　52	13　46	14　37
天　津	0.17	12　53	13　49	14　42

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
石家庄	0.17	12　44	13　43	14　38
太　原	0.17	12　38	13　37	14　34
呼和浩特	0.13	12　42	13　33	14　21
沈　阳	0.16	13　9	14　1	14　49
长　春	0.14	13　15	14　2	14　46
哈尔滨	0.12	12　19	14　2	14　42
上　海	0.32	12　51	14　8	15　16
南　京	0.29	12　45	14　0	15　8
杭　州	0.33	12　46	14　5	15　16
合　肥	0.28	12　41	13　56	15　5
福　州	0.41	12　38	14　6	15　24
南　昌	0.34	12　31	13　54	15　10
济　南	0.20	12　48	13　51	14　49
郑　州	0.22	12　35	13　43	14　47
武　汉	0.30	12　29	13　48	15　0
长　沙	0.34	12　21	13　45	15　3
广　州	0.44	12　13	13　49	15　16
南　宁	0.44	11　54	13　31	15　3
成　都	0.29	11　55	13　13	14　31
贵　阳	0.36	11　55	13　24	14　49
昆　明	0.40	11　39	13　9	14　41
拉　萨	0.38	11　13	12　30	13　56
西　安	0.22	12　19	13　28	14　35
兰　州	0.20	12　6	13　10	14　15
西　宁	0.20	12　1	13　4	14　8

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
银　川	0.16	12　21	13　18	14　14
乌鲁木齐	0.17	11　39	12　30	13　24
台　北	0.45	12　43	14　13	15　31
香　港	0.46	12　15	13　53	15　20
澳　门	0.46	12　12	13　51	15　19

2020年6月21日日环食

西藏、四川、贵州、湖南、江西、福建和台湾等省、自治区的部分地区可见环食。

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
北　京	0.59	14　32	15　49	16　58
天　津	0.60	14　34	15　51	17　0
石家庄	0.65	14　28	15　49	17　1
太　原	0.68	14　24	15　47	17　1
呼和浩特	0.60	14　23	15　43	16　54
沈　阳	0.48	14　45	15　53	16　54
长　春	0.42	14　49	15　52	16　49
哈尔滨	0.36	14　52	15　50	16　44
上　海	0.77	14　44	16　5	17　15
南　京	0.78	14　38	16　2	17　13
杭　州	0.81	14　42	16　5	17　17
合　肥	0.80	14　35	16　0	17　13
福　州	0.93	14　43	16　9	17　22
南　昌	0.90	14　34	16　2	17　18

地　名	食　分	初　亏	食　甚	复　圆
		时　分	时　分	时　分
济　南	0.67	14　33	15　54	17　5
郑　州	0.75	14　26	15　52	17　7
武　汉	0.86	14　29	15　58	17　14
长　沙	0.94	14　28	15　59	17　17
广　州	0.90	14　32	16　5	17　22
南　宁	0.84	14　20	15　57	17　19
成　都	0.94	14　3	15　42	17　7
贵　阳	0.94	14　12	15　51	17　14
昆　明	0.86	14　1	15　44	17　11
拉　萨	0.95	14　25	15　16	16　49
西　安	0.80	14　15	15　46	17　5
兰　州	0.79	14　3	15　36	16　58
西　宁	0.78	13　58	15　32	16　55
银　川	0.70	14　10	15　38	16　56
乌鲁木齐	0.61	13　34	15　0	16　24
台　北	0.94	14　49	16　12	17　24
香　港	0.89	14　36	16　7	17　24
澳　门	0.88	14　34	16　6	17　23

说明：《1995～2020年中国32个城市见日食的情况表》转引自《紫金山天文台台刊》(1985年3月号)。表中食分旁有星号*的表示是日出时或日没时的食分，食甚在日出以前或日没以后不能看到。初亏栏中带有括号的数字不是初亏时刻而是日出时刻，初亏在日出以前不能看到。复圆栏中带括号的数字则是日没时刻，复圆在日没以后也不能看到。

附录 19

日食(中心食)表(1821～2028 年)

年	月	日	食类	经　过　地　区
1821	3	4	全	非洲南部、印度洋、印度尼西亚、南海、太平洋
1821	8	27	环	太平洋、墨西哥、大西洋
1822	2	22	全环	太平洋、美国、加拿大
1822	8	17	全	澳大利亚、太平洋
1824	1	1	环	南极洲、太平洋
1824	6	27	全	中国、朝鲜、日本、太平洋
1824	12	20	环	巴西、大西洋、非洲南部、印度洋
1825	6	16	全环	南美洲、大西洋、非洲中部、马达加斯加
1825	12	10	全	太平洋、中美洲、古巴
1827	4	26	环	苏联、北冰洋、加拿大
1827	10	20	全环	太平洋、南极洲
1828	4	14	全环	大西洋、非洲、阿拉伯半岛、印度、中国
1828	10	9	环	南海、太平洋
1829	4	4	全	太平洋
1829	9	28	环	苏联、中国、太平洋
1831	2	13	环	太平洋、墨西哥、美国、大西洋
1831	8	8	全	澳大利亚、太平洋
1832	2	2	环	伊里安岛、太平洋
1832	7	27	全	中美洲、大西洋、非洲
1833	1	21	环	印度洋、太平洋、南美洲南部
1834	12	1	全	加拿大、美国、大西洋
1835	5	27	环	南美洲、大西洋、非洲
1835	11	20	全	大西洋、非洲、马达加斯加、印度洋
1836	5	15	环	中美洲、大西洋、英国、中欧、苏联
1836	11	9	全	印度洋、澳大利亚、太平洋
1838	3	26	全	南极洲、太平洋
1838	9	19	环	北冰洋、加拿大、美国、大西洋

年	月	日	食类	经过地区
1839	3	15	全	太平洋、南美洲、大西洋、非洲
1839	9	8	环	日本、太平洋
1840	3	4	环	阿拉伯海、印度、中国、苏联
1840	8	27	全	非洲南部、印度洋
1842	1	11	环	太平洋、南极洲、印度洋
1842	7	8	全	西班牙、中欧、苏联、中国、太平洋
1843	1	1	环	太平洋、南美洲
1843	6	28	全环	太平洋、南美洲
1843	12	21	全	阿拉伯半岛、印度、马来半岛、南海、太平洋
1845	5	6	环	加拿大、北冰洋
1845	10	31	全环	印度洋、南极洲、太平洋
1846	4	26	全环	太平洋、墨西哥、大西洋、非洲西部
1846	10	20	环	非洲、印度洋、澳大利亚
1847	4	15	全	印度洋、澳大利亚
1847	10	9	环	西欧、土耳其、伊朗、印度、缅甸、中南半岛
1849	2	23	环	中国、日本、太平洋、美国、阿拉斯加
1849	8	18	全	印度洋
1850	2	12	环	非洲南部、印度洋、印度尼西亚、南海、太平洋
1850	8	8	全	太平洋
1851	2	1	环	南大西洋、印度洋、塔斯曼海
1851	7	28	全	加拿大、格陵兰岛、北欧、苏联
1852	12	11	全	苏联、中国、朝鲜、日本、太平洋
1853	6	7	环	太平洋、南美洲
1853	12	1	全	太平洋、南美洲
1854	5	27	环	太平洋、美国、大西洋
1854	11	20	全	巴西、大西洋、印度洋
1856	4	5	全	南极洲、印度洋、澳大利亚
1856	9	29	环	北冰洋、苏联、太平洋
1857	3	26	全	澳大利亚、太平洋、墨西哥
1857	9	18	环	土耳其、印度、中国、中南半岛、加里曼丹岛

年	月	日	食类	经　过　地　区
1858	3	15	全环	大西洋、丹麦、瑞典、芬兰、苏联
1858	9	7	全	太平洋、南美洲、大西洋
1860	1	23	环	南极洲、太平洋
1860	7	18	全	美国、加拿大、大西洋、法国、非洲北部
1861	1	11	环	印度洋、澳大利亚、太平洋
1861	7	8	环	印度洋、印度尼西亚、马来半岛、南海、菲律宾、太平洋
1863	11	11	环	大西洋、南极洲、太平洋
1864	5	6	全环	南海、菲律宾、太平洋
1864	10	30	环	太平洋、南美洲、大西洋
1865	4	25	全	太平洋、南美洲、大西洋、非洲南部
1865	10	20	环	美国、大西洋、非洲西部
1867	3	6	环	大西洋、西班牙、意大利、巴尔干半岛、苏联
1867	8	29	全	太平洋、南美洲南部、大西洋
1868	2	23	环	太平洋、南美洲、大西洋、非洲
1868	8	18	全	埃塞俄比亚、阿拉伯海、印度、马来半岛、南海、伊里安岛
1869	2	11	环	太平洋、南美洲南部、大西洋、印度洋
1869	8	8	全	中国、苏联、加拿大、美国、大西洋
1870	12	22	全	大西洋、非洲北部、巴尔干半岛、苏联
1871	6	18	环	印度洋、伊里安岛、太平洋
1871	12	12	全	阿拉伯海、印度、澳大利亚、太平洋
1872	6	6	环	印度洋、印度、中国、朝鲜、日本、太平洋
1872	12	1	全环	太平洋、南大西洋
1874	4	16	全	南极洲、大西洋、印度洋
1874	10	10	环	苏联、中国
1875	4	6	全	马达加斯加、印度洋、马来半岛、中国、太平洋
1875	9	29	环	美国、大西洋、非洲
1876	3	26	环	太平洋、加拿大
1876	9	18	全	太平洋

年	月	日	食类	经过地区
1878	2	2	环	南极洲、太平洋
1878	7	30	全	苏联、加拿大、美国、海地岛
1879	1	22	环	南美洲南部、大西洋、非洲南部、印度洋
1879	7	19	环	大西洋、非洲、印度洋
1880	1	12	全	太平洋、美国
1880	7	7	环	南大西洋
1881	11	22	环	太平洋、南极洲
1882	5	17	全	非洲、伊朗、中国、苏联、太平洋
1882	11	11	环	太平洋
1883	5	7	全	太平洋
1883	10	31	环	中国、日本、太平洋
1885	3	17	环	太平洋、美国、加拿大、格陵兰岛
1885	9	9	全	太平洋、南极洲
1886	3	6	环	太平洋、墨西哥
1886	3	29	全	南美洲北部、大西洋、非洲
1887	2	23	环	太平洋、智利
1887	8	19	全	中欧、苏联、中国、日本、太平洋
1889	1	2	全	太平洋、美国、加拿大
1889	6	28	环	大西洋、非洲南部、印度洋
1889	12	22	全	南美洲北部、大西洋、非洲
1890	6	17	环	大西洋、非洲西北部、伊朗、印度、泰国
1890	12	12	全环	印度洋、南太平洋
1891	6	7	环	北冰洋、苏联
1892	4	27	全	南太平洋
1893	4	16	全	太平洋、南美洲、大西洋、非洲
1893	10	10	环	太平洋、南美洲西部
1894	4	6	环	印度洋、印度、中国、苏联、阿拉斯加
1894	9	29	全	非洲、印度洋
1896	2	13	环	南极洲、印度洋
1896	8	9	全	挪威、苏联、太平洋

年	月	日	食类	经　过　地　区
1897	2	2	环	太平洋、南美洲西北部
1897	7	29	环	太平洋、墨西哥、古巴、海地岛、大西洋
1898	1	22	全	非洲、印度洋、印度、中国
1898	7	19	环	南太平洋
1899	12	3	环	印度洋、南极洲、太平洋
1900	5	28	全	太平洋、墨西哥、美国、大西洋、西班牙、非洲北部
1900	11	22	环	大西洋、非洲南部、印度洋、澳大利亚
1901	5	18	全	印度洋、印度尼西亚
1901	11	11	环	非洲北部、地中海、阿拉伯半岛、印度洋、印度、中南半岛、南海、菲律宾
1903	3	29	环	中国、苏联、北冰洋
1903	9	21	全	印度洋、南极洲
1904	3	17	环	坦桑尼亚、印度洋、中南半岛、南海、太平洋
1904	9	10	全	太平洋、智利
1905	3	6	环	印度洋、澳大利亚、太平洋
1905	8	30	全	加拿大、大西洋、西班牙、非洲北部、阿拉伯半岛
1907	1	14	全	苏联、中国
1907	7	10	环	太平洋、南美洲、大西洋
1908	1	4	全	太平洋、哥斯达黎加
1908	6	29	环	太平洋、墨西哥、美国、大西洋、非洲西部
1908	12	23	全环	太平洋、南美洲南部、南大西洋、印度洋
1909	6	18	全环	北冰洋、格陵兰岛
1910	5	9	全	南极洲、印度洋
1911	4	29	全	澳大利亚、太平洋
1911	10	22	环	苏联、中国、菲律宾、太平洋
1912	4	17	全环	南美洲北部、大西洋、西欧、苏联
1912	10	10	全	太平洋、南美洲、南大西洋、印度洋
1914	2	25	环	南极洲、太平洋
1914	8	21	全	加拿大、格陵兰岛、北欧、苏联、伊朗、印度
1915	2	14	环	印度洋、澳大利亚、伊里安岛、太平洋

年	月	日	食类	经过地区
1915	8	11	环	太平洋
1916	2	3	全	太平洋、南美洲北部、大西洋
1916	7	30	环	印度洋、澳大利亚、太平洋
1917	12	14	环	太平洋、南极洲、印度洋
1918	6	9	全	太平洋、美国、大西洋
1918	12	3	环	太平洋、南美洲南部、大西洋、安哥拉
1919	5	29	全	太平洋、南美洲、大西洋、非洲、莫桑比克海峡
1919	11	22	环	美国、大西洋、非洲西部
1921	4	8	环	大西洋、北冰洋
1921	10	1	全	太平洋、南极洲
1922	3	28	环	南美洲、大西洋、非洲、阿拉伯半岛
1922	9	21	全	非洲东部、印度洋、澳大利亚、塔斯曼海
1923	3	17	环	太平洋、南美洲、南海、大西洋、非洲南部、印度洋
1923	9	11	全	太平洋、墨西哥、加勒比海
1925	1	24	全	美国、大西洋
1925	7	21	环	南太平洋
1926	1	14	全	非洲、印度洋、印度尼西亚、太平洋
1926	7	10	环	太平洋
1927	1	4	环	太平洋、南美洲南部、大西洋
1927	6	29	全	英国、北欧、北冰洋、苏联、白令海
1928	5	19	全	印度洋
1929	5	9	全	印度洋、印度尼西亚、南海、菲律宾、太平洋
1929	11	1	环	大西洋、非洲、印度洋
1930	4	29	全环	太平洋、美国、加拿大、大西洋
1930	10	22	全	太平洋、南美洲南部
1932	3	7	环	南极洲、印度洋
1932	9	1	全	北冰洋、加拿大、大西洋
1933	2	24	环	太平洋、南美洲南部、大西洋、非洲、亚丁湾
1933	8	21	环	非洲北部、伊朗、印度、印度尼西亚、澳大利亚

年	月	日	食类	经　过　地　区
1934	2	14	全	南海、加里曼丹、太平洋
1934	3	10	环	大西洋、非洲南部、印度洋
1935	12	26	环	南极洲
1936	6	19	全	地中海、希腊、苏联、中国、太平洋
1936	12	14	环	澳大利亚、新西兰、太平洋
1937	6	9	全	太平洋、秘鲁
1937	12	3	环	太平洋
1938	5	29	全	南大西洋
1939	4	20	环	美国、阿拉斯加、北冰洋
1939	10	13	全	南极洲
1940	4	8	环	太平洋、墨西哥、美国、大西洋
1940	10	1	全	南美洲、大西洋、非洲南部、印度洋
1941	3	28	环	太平洋、南美洲
1941	9	21	全	苏联、中国、太平洋
1943	2	5	全	中国、日本、太平洋、加拿大
1943	8	1	环	印度洋
1944	1	25	全	太平洋、南美洲北部、大西洋、非洲西部
1944	7	20	环	非洲东部、印度洋、印度、中南半岛、菲律宾、太平洋
1945	1	14	环	非洲南部、印度洋、太平洋
1945	7	9	全	美国、加拿大、格陵兰岛、大西洋、北欧、苏联
1947	5	20	全	太平洋、南美洲、大西洋、非洲
1947	11	13	环	太平洋、南美洲
1948	5	9	环	印度、中南半岛、中国、朝鲜、太平洋
1948	11	1	全	非洲、印度洋、塔斯曼海
1950	3	18	环	南极洲、印度洋
1950	9	12	全	北冰洋、苏联、太平洋
1951	3	8	环	新西兰、太平洋、中美洲、加勒比海
1951	9	1	环	美国、大西洋、非洲
1952	2	25	全	大西洋、非洲、阿拉伯半岛、伊朗、苏联
1952	8	20	环	太平洋、南美洲、大西洋

年	月	日	食类	经过地区
1954	1	5	环	南极洲、太平洋
1954	6	30	全	美国、加拿大、格陵兰岛、大西洋、北欧、苏联、阿富汗、印度
1954	12	25	环	大西洋、非洲南部、印度洋
1955	6	20	全	印度洋、中南半岛、南海、菲律宾、太平洋
1955	12	14	环	非洲、印度洋、中南半岛、中国
1956	6	9	全	南太平洋
1957	4	30	环	苏联、北冰洋
1957	10	23	全	南极附近
1958	4	19	环	印度洋、中南半岛、中国、太平洋
1958	10	13	全	太平洋、南美洲南部
1959	4	8	环	印度洋、澳大利亚、太平洋
1959	10	2	全	美国、大西洋、非洲、印度洋
1961	2	15	全	法国、巴尔干半岛、苏联
1961	8	11	环	大西洋、印度洋、南极洲
1962	2	5	全	印度尼西亚、太平洋
1962	7	31	环	南美洲北部、大西洋、非洲
1963	1	25	环	太平洋、南美洲南部、大西洋、非洲南部
1963	7	21	全	日本、太平洋、美国、阿拉斯加、加拿大、大西洋
1965	5	31	全	新西兰、太平洋
1965	11	23	环	阿富汗、中国、中南半岛、加里曼丹岛、太平洋
1966	5	20	环	大西洋、非洲、苏联、中国
1966	11	12	全	太平洋、南美洲、大西洋、印度洋
1967	11	2	全	南大西洋
1968	9	22	全	喀拉海、苏联、中国
1969	3	18	环	印度洋、伊里安、太平洋
1969	9	12	环	太平洋、南美洲
1970	3	8	全	太平洋、墨西哥、美国、大西洋
1970	9	1	环	太平洋
1972	1	16	环	南极洲、印度洋

年	月	日	食类	经　过　地　区
1972	7	11	全	鄂霍次克海、苏联、加拿大、大西洋
1973	1	4	环	太平洋、南美洲南部、大西洋
1973	6	30	全	南美洲北部、大西洋、非洲、印度洋
1973	12	24	环	太平洋、南美洲北部、大西洋、非洲西北部
1974	6	20	全	印度洋
1976	4	29	环	大西洋、非洲西北部、土耳其、苏联、中国
1976	10	23	全	非洲东部、印度洋、澳大利亚、塔斯曼海
1977	4	18	环	大西洋、非洲、印度洋
1977	10	13	全	太平洋、南美洲西北部
1979	2	27	全	太平洋、美国、加拿大、格陵兰岛
1979	8	23	环	太平洋、南极洲
1980	2	16	全	大西洋、非洲、印度洋、印度、缅甸、中国
1980	8	11	环	太平洋、南美洲
1981	2	5	环	南太平洋
1981	7	31	全	苏联、太平洋
1983	6	11	全	印度洋、印度尼西亚
1983	12	4	环	大西洋、非洲
1984	5	31	环	太平洋、墨西哥、美国、大西洋、非洲西北部
1984	11	23	全	伊里安岛、太平洋
1985	11	12	全	南太平洋
1986	10	4	全环	北大西洋
1987	3	29	全环	南美洲南部、大西洋、非洲
1987	9	23	环	苏联、中国、太平洋
1988	3	18	全	印度洋、印度尼西亚、太平洋
1988	9	11	环	印度洋
1990	1	27	环	南极洲、大西洋
1990	7	22	全	北欧、苏联、太平洋
1991	1	16	环	澳大利亚、新西兰、太平洋
1991	7	12	全	太平洋、墨西哥、中美洲、南美洲
1992	1	5	环	太平洋

年	月	日	食类	经过地区
1992	6	30	全	大西洋、印度洋
1994	5	11	环	太平洋、墨西哥、美国、大西洋、摩洛哥
1994	11	3	全	太平洋、南美洲、大西洋、印度洋
1995	4	30	环	太平洋、南美洲、大西洋
1995	10	24	全	伊朗、印度、中南半岛、南海、太平洋
1997	3	9	全	中国、前苏联、北冰洋
1998	2	27	全	太平洋、南美洲北部、大西洋
1998	8	22	环	印度洋、印度尼西亚、南海、太平洋
1999	2	16	环	印度洋、澳大利亚
1999	8	11	全	大西洋、法国、巴尔干半岛、伊朗、印度
2001	6	21	全	南美洲、大西洋、非洲南部
2001	12	15	环	太平洋、中美洲
2002	6	11	环	苏拉威西岛、太平洋、墨西哥
2002	12	4	全	大西洋、非洲南部、印度洋、澳大利亚
2003	5	31	环	格陵兰岛
2003	11	24	全	印度洋、南极洲
2005	4	9	全环	太平洋、南美洲北部
2005	10	3	环	大西洋、非洲、印度洋
2006	3	29	全	巴西、大西洋、非洲、土耳其、前苏联
2006	9	22	环	南美洲北部、大西洋、印度洋
2008	2	7	环	南极洲、太平洋
2008	8	1	全	加拿大、北冰洋、前苏联、中国
2009	1	26	环	大西洋、印度洋、印度尼西亚
2009	7	22	全	印度、中国、太平洋
2010	1	15	环	非洲、印度洋、缅甸、中国
2010	7	12	全	太平洋、南美洲南部
2012	5	21	环	中国、日本、太平洋、美国
2012	11	14	全	澳大利亚、太平洋
2013	5	10	环	澳大利亚、伊里安岛、太平洋
2013	11	3	全环	大西洋、非洲

年	月	日	食类	经　过　地　区
2014	4	29	环	南极洲
2015	3	20	全	大西洋、斯匹次卑尔根群岛、北冰洋
2016	3	9	全	印度尼西亚、太平洋
2016	9	1	环	大西洋、非洲、印度洋
2017	2	26	环	太平洋、南美洲南部、大西洋、非洲南部
2017	8	22	全	太平洋、美国、大西洋
2019	7	3	全	太平洋、南美洲
2019	12	26	环	阿拉伯半岛、印度、印度尼西亚、太平洋
2020	6	21	环	非洲、阿拉伯半岛、巴基斯坦、中国、太平洋
2020	12	15	全	太平洋、南美洲南部、大西洋
2021	6	10	环	北美洲东北部、北冰洋、前苏联
2021	12	4	全	大西洋、南极洲、太平洋
2023	4	20	全环	印度洋、伊里安岛、太平洋
2023	10	15	环	太平洋、北美洲南部、南美洲北部、大西洋
2024	4	9	全	太平洋、北美洲南部、大西洋
2024	10	3	环	太平洋、南美洲极南部、大西洋
2026	2	17	环	南极洲、印度洋
2026	8	13	全	北冰洋、格陵兰岛、大西洋、欧洲极西部
2027	2	6	环	太平洋、南美洲极南部、大西洋
2027	8	2	全	大西洋、非洲极北部、亚洲极西南部、印度洋
2028	1	26	环	太平洋、南美洲北部、大西洋、欧洲西部
2028	7	22	全	印度洋、澳大利亚、太平洋

附录 20

21 颗最亮的恒星

顺序号	中国星名	国际星名	国际俗称	所在星座	目视视星等,mv	目视绝对星等,Mv	视差(弧秒)	距离(光年)	光谱型	说明
1	天狼	αCMa	Sirius	大犬座	−1.46	1.41	0.375	8.64	A1	(1)
2	老人	αCar	Canopus	船底座	−0.73	0.16	0.018	190	FO	
3	南门二	αCen	Rigil Kentaurus	半人马座	−0.27	4.3	0.751	4.35	G2	(2)
4	大角	αBoo	Arcturus	牧夫座	−0.06	−0.2	0.090	36	K2	
5	织女一	αLyr	Vega	天琴座	0.04	0.5	0.123	26.5	AO	
6	五车二	αAur	Capella	御夫座	0.08	−0.6	0.072	45	G8	(3)
7	参宿七	βOri	Rigel	猎户座	0.11	−7.0	—	~850	B8	(4)
8	南河三	αCMi	Procyon	小熊座	0.35	2.65	0.288	11.41	F5	(5)
9	水委一	αEri	Achernar	波江座	0.48	−2.2	0.023	130	B5	
10	马腹一	βCen	Agena	半人马座	0.6	−5.0	—	~480	B1	(6)
11	河鼓二	αAgl	Altair	天鹰座	0.77	2.3	0.198	16.1	A7	
12	参宿四	αOri	Betelgeuse	猎户座	0.80	−6.0	—	~650	M2	(7)
13	毕宿五	αTau	Aldebaran	金牛座	0.85	−0.7	0.048	68	K5	(8)
14	十字架二	αCru	Acrux	南十字座	0.9	−3.5	—	~370	B2	
15	角宿一	αVir	Spica	室女座	0.96	−3.4	—	~270	B1	(9)
16	心宿二	αSco	Antares	天蝎座	1.08	−4.7	—	~425	M1	(10)
17	北河三	βGem	Pollux	双子座	1.15	0.95	0.093	36	KO	
18	北落师门	αPsA	Formalhaut	南鱼座	1.16	0.08	0.144	23	A3	
19	十字架三	βCru	Mimosa	南十字座	1.24	−4.7	—	~490	BO	
20	天津四	αCyg	Deneb	天鹅座	1.25	−7.3	—	~1600	A2	
21	轩辕十四	αLeo	Regulus	狮子座	1.35	−0.6	0.039	84	B7	(11)

说明：

(1)天狼星有一颗 $m_v=8.5$ 的白矮星伴星。

(2)南门二是一个三合星系统。最亮的星有～$m_v=1.5$,K6 伴星,两者组成目视双星。$m_v=10.7$,M5 的半人马座比邻星是该系统的第三个成员。

(3)五车二是一个三合星系统,其两个伴星的 $m_v=10.0$,M1 和 $m_v=13.7$,M5;五车二本身是一颗分光双星。

(4)测不出参宿七的三角视差,表列的 Mv、距离均是近似值。参宿七是一颗分光双星,其附近有一个 $m_v=7.6$ 和 $m_v=7.6$,SpB5 的双星。

(5)南河三本身是一颗分光双星。它是一个三合星系统,其近邻伴星的 $m_v=13.5$,另一个伴星的 $m_v=12.2$。近邻伴星是一颗光谱型为 F 的白矮星。

(6)马腹一是一颗分光双星,其暗弱伴星的 $m_v=8.7$。

(7)参宿四是一颗半规则变星和分光双星,测不出它的三角视差,表列的 Mv 和距离均是近似值。

(8)毕宿五有一个矮 M2 伴星,其 $m_v=13.5$。

(9)角宿一是一颗变星,也是一颗分光双星。

(10)心宿二是一颗半规则变星。它有一个矮 B4 伴星,其 $m_v=5$。

(11)轩辕十四有一颗矮 K1 伴星,其 $m_v=7.9$,还可能有另外两颗暗弱的伴星。

附录 21

银河系数据

类型(哈勃—范登伯格分类):Sb(-Sb$^+$) I — II

银盘直径:25 千秒差距　　银盘厚度(恒星系统):1～2 千秒差距

太阳到银心的距离 $R_\odot$:8.5±1.1 千秒差距

太阳位于银道面以北:8 秒差距

太阳附近银河系的自转速度 $Q_\odot$:222±20 公里/秒

太阳绕银心一周需时:2.40×10^8 年

银河系总质量:$2\times10^{12}M_\odot$(恒星占 90%,气体和尘埃占 10%)

银盘质量占总质量的 90%　　核球质量:$7\times10^9M_\odot$

银核的平均密度:$10^2M_\odot$/(秒差距)^3

太阳附近的密度:恒星 $0.05M_\odot$/(秒差距)^3,加上气体、尘埃等 $0.08M_\odot$/(秒差距)^3

银河系的光度		银河系中的能量密度	
射电	3×10^{38}尔格/秒	星光	0.7×10^{-12}尔格/厘米^3
红外	3×10^{41}尔格/秒	扰动气体	0.5×10^{-12}尔格/厘米^3
可见光	3×10^{43}尔格/秒	宇宙射线	2×10^{-12}尔格/厘米^3
X—射线	10^{39}—10^{40}尔格/秒	磁场	2×10^{-12}尔格/厘米^3
γ—射线(>100 兆电子伏)			
	5×10^{38}尔格/秒		
	2.7K 辐射	0.4×10^{-12}尔格/厘米^3	

推定的银河系的年龄:1.2×10^{10}年

银心的坐标(银经 $l^I=0$,银纬 $b^I=0$):赤经 $\alpha=17^h\ 42.4^m$,赤纬 $\delta=-28°55'$ (1950.0)

北银极的坐标:赤经 $\alpha=12^h.\ 49^m$,$\delta=+27^h424^m$(1950.0)

说明:太阳的质量 $M_\odot=1.99\times10^{33}$克,太阳的光度 $L_\odot=3.8\times10^{33}$尔格/秒

附录 22

星　座　表

拉丁名	所有格	缩写	汉语名	星座名的含义	近似坐标		面积（平方度）	星数（亮于 6 等）
					赤经 α h	赤纬 δ o		
Andromeda	Andromedae	And	仙女座	仙女	1	40	722	100
Antlia	Antliae	Ant	唧筒座	水泵	10	−35	239	20
Apus	Apodis	Aps	天燕座	极乐鸟	16	−75	206	20
Aquarius	Aquarii	Aqr	宝瓶座	承水的人	23	−15	980	90
Aquila	Aquilae	Aql	天鹰座	鹰	20	5	652	70
Ara	Arae	Ara	天坛座	祭坛	17	−55	237	30
Aries	Arietis	Ari	白羊座	公羊	3	20	441	50
Auriga	Aurigae	Aur	御夫座	驾车的人	6	40	657	90
Bootes	Bootis	Boo	牧夫座	牧人	15	30	907	90
Caelum	Caeli	Cae	雕具座	雕刻用刀具	5	−40	125	10
Camelopardalis	Camelopardalis	Cam	鹿豹座	长颈鹿	6	70	757	50
Cancer	Cancri	Cnc	巨蟹座	蟹	9	20	506	60
Canes Venatici	Canum Venaticorum	CVn	猎犬座	猎狗	13	40	465	30
Canis Major	Canis Majoris	CMa	大犬座	大狗	7	−20	380	80
Canis Minor	Canis Minoris	CMi	小犬座	小狗	8	5	183	20
Capricornus	Capricorni	Cap	摩羯座	海中之羊	21	−20	414	50
Carina	Carinae	Car	船底座	船的龙骨	9	−60	494	110
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cas	仙后座	仙后	1	60	598	90
Centaurus	Centauri	Cen	半人马座	半人半马怪物	13	−50	1,060	150
Cepheus	Cephei	Cep	仙王座	仙王	22	70	588	60
Cetus	Ceti	Cet	鲸鱼座	鲸鱼	2	−10	1,231	100
Chamaeleon	Chamaeleonis	Cha	蝘蜓座	变色龙	11	−80	132	20
Circinus	Circini	Cir	圆规座	圆规	15	−60	93	20

拉丁名	所有格	缩写	汉语名	星座名的含义	近似坐标		面积	星数
					赤经 α h	赤纬 δ °	(平方度)	(亮于6等)
Columba	Columbae	Col	天鸽座	鸽子	6	−35	270	40
Coma Berenices	Comae Berenices	Com	后发座	皇后的头发	13	20	386	50
Corona Austrilis	Coronae Austrilis	CrA	南冕座	南天王冠	19	−40	128	25
Corona Borealis	Coronae Borealis	CrB	北冕座	北天王冠	16	30	179	20
Corvus	Corvi	Crv	乌鸦座	乌鸦	12	−20	184	15
Crater	Crateris	Crt	巨爵座	杯子	11	−15	282	20
Crux	Crucis	Cru	南十字座	南天十字架	12	−60	68	30
Cygnus	Cygni	Cyg	天鹅座	天鹅	21	40	804	150
Delphinus	Delphini	Del	海豚座	海豚	21	10	189	30
Dorado	Doradus	Dor	剑鱼座	旗鱼	5	−65	179	20
Draco	Draconis	Dra	天龙座	龙	17	65	1,083	80
Equuleus	Equulei	Equ	小马座	小马	21	10	72	10
Eridanus	Eridani	Eri	波江座	波江	3	−20	1,138	100
Fornax	Fornacis	For	天炉座	火炉	3	−30	398	35
Gemini	Geminorum	Gem	双子座	双生子	7	20	514	70
Grus	Gruis	Gru	天鹤座	鹤	22	−45	366	30
Hercules	Herculis	Her	武仙座	大力神	17	30	1,225	140
Horologium	Horologii	Hor	时钟座	钟	3	−60	249	20
Hydra	Hydrae	Hya	长蛇座	水怪	10	−20	1,303	130
Hydrus	Hydri	Hyi	水蛇座	水蛇	2	−75	243	20
Indus	Indi	Ind	印第安座	印第安人	21	−55	294	20
Lacerta	Lacertae	Lac	蝎虎座	蜥蜴	22	45	201	35
Leo	Leonis	Leo	狮子座	狮子	11	15	947	70
Leo Minor	Leonis Minoris	LMi	小狮座	小狮子	10	35	232	20
Lepus	Leporis	Lep	天兔座	野兔	6	−20	290	40
Libra	Librae	Lib	天秤座	天平	15	−15	538	50

拉丁名	所有格	缩写	汉语名	星座名的含义	近似坐标		面积（平方度）	星数（亮于6等）
					赤经 α h	赤纬 δ °		
Lupus	Lupi	Lup	豺狼座	狼	15	−45°	334	70
Lynx	Lyncis	Lyn	天猫座	山猫	8	45	545	60
Lyra	Lyrae	Lyr	天琴座	竖琴	19	40	286	45
Mensa	Mensae	Men	山案座	书案山	5	−80	153	15
Microscopium	Microscopii	Mic	显微镜座	显微镜	21	−35	210	20
Monoceros	Monocerotis	Mon	麒麟座	独角兽	7	−5	482	85
Musca	Muscae	Mus	苍蝇座	苍蝇	12	−70	138	30
Norma	Normae	Nor	矩尺座	曲尺	16	−50	165	20
Octans	Octantis	Oct	南极座	八分圆	22	−85	291	35
Ophiuchus	Ophiuchi	Oph	蛇夫座	捉蛇的人	17	0	948	100
Orion	Orionis	Ori	猎户座	猎户	5	5	594	120
Pavo	Pavonis	Pav	孔雀座	孔雀	20	−65	378	45
Pegasus	Pegasi	Peg	飞马座	飞马	22	20	1,121	100
Perseus	Persei	Per	英仙座	英仙	3	45	615	90
Phoenix	Phoenicis	Phe	凤凰座	凤凰	1	−50	469	40
Pictor	Pictoris	Pic	绘架座	画架	6	−55	247	30
Pisces	Piscium	Psc	双鱼座	双鱼	1	15	889	75
Piscis Austrinus	Piscis Austrini	PsA	南鱼座	南天之鱼	22	−30	245	25
Puppis	Puppis	PuP	船尾座	船的尾部	8	−40	673	140
Pyxis	Pyxidis	Pyx	罗盘座	船用罗盘	9	−30	221	25
Reticulum	Reticuli	Ret	网罟座	网	4	−60	114	15
Sagitta	Sagittae	Sge	天箭座	箭	20	10	80	20
Sagittarius	Sagittarii	Sgr	人马座	射手	19	−25	867	115
Scorpius	Scorpii	Sco	天蝎座	蝎子	17	−40	497	100
Sculptor	Sculptoris	Scl	玉夫座	雕刻师	0	−30	475	30
Scutum	Scuti	Sct	盾牌座	盾牌	19	−10	109	20

拉丁名	所有格	缩写	汉语名	星座名的含义	近似坐标		面积（平方度）	星数（亮于6等）
					赤经α h	赤纬δ °		
Serpens	Serpentis	Ser	巨蛇座	大蛇	18	−5°	637	60
Sextans	Sextantis	Sex	六分仪座	六分仪	10	0	314	25
Taurus	Tauri	Tau	金牛座	公牛	4	15	797	125
Telescopium	Telescopii	Tel	望远镜座	望远镜	19	−50	252	30
Triangulum	Trianguli	Tri	三角座	三角形	2	30	132	15
Triangulum Australe	Trianguli Australis	TrA	南三角座	南天三角形	16	−65	110	20
Tucana	Tucanae	Tuc	杜鹃座	巨嘴鸟	0	−65	295	25
Ursa Major	Ursae Majoris	UMa	大熊座	小熊	11	50	1,280	125
Ursa Minor	Ursae Minoris	UMi	小熊座	小熊	15	70	256	20
Vela	Velorum	Vel	船帆座	船帆	9	−50	500	110
Virgo	Virginis	Vir	室女座	处女	13	0	1,294	95
Volans	Volantis	Vol	飞鱼座	飞鱼	8	−70	141	20
Vulpecula	Vulpeculae	Vul	狐狸座	狐狸	20	25	268	45

* 另作 Charnaeleontis

说明：

(1)所有格：用于天体的命名，如织女星(天琴座α)，拉丁名α Lyrae，缩写为α Lyr。

(2)面积：指星座在天球上所占面积，以平方度为单位。

(3)星数：指星座内目视星等亮于6等，即肉眼能见的恒星数目。

附录 23

较亮的星云

天体编号	坐标(1950.0) 赤经 α h m	坐标(1950.0) 赤纬 δ ° ′	所在星座	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
M1	05 33	22 01	金牛	8.4	6	蟹状星云.较大口径望远镜也只能看到苍白的小斑点
M8	18 02	−24 23	人马	6.0	6	礁湖星云。6厘米显示星团，星云状物质痕迹
M16	18 18	−13 48	巨蛇	6.5	20	天鹰星云。较小口径，显示星团，但见不到星云。
M17	18 20	−16 12	人马	7.0	6	奥米加星云。6厘米可见的最亮星云之一
M20	18 01	−23 02	人马	9.0	10	三叶星云。20厘米，可见裂缝
M27	19 59	22 40	狐狸	7.6	6	哑铃星云。小口径，可见扁长外形
M42	05 34	−05 24	猎户	4.0	5	猎户座大星云.各种口径都能见到的美丽天体
M43	05 35	−05 18	猎户	8.0	10	M42的东北部，弱圆形辉光
M57	18 53	33 01	天琴	9.3	10	环状星云。6厘米，可见环形
M76	01 41	51 28	英仙	12.2	15	15厘米，可见到行星状星云的长条状外形
M78	05 46	00 02	猎户	8.0	10	40厘米，显示尘埃带痕迹
M97	11 14	55 08	大熊	12.0	15	枭状星云。极暗弱；40厘米，可见天体容貌
MGC246	00 45	−12 09	鲸鱼	8.5	15	行星状星云，20厘米，可见暗弱环
NGC1931	05 28	34 13	御夫	—	30	20厘米，可瞥见
NGC 1973−1977	05 33	−04 48	猎户	—	15	10厘米，可瞥见星云痕迹
NGC2237	06 30	04 54	麒麟	—	—	极靠近疏散星团NGC2244；用较大口径望远镜也不易看清
NGC2245	06 33	10 11	麒麟	—	20	锥状星云。彗星状；星团NGC2264正南
NGC2247	06 34	10 20	麒麟	—	—	哈勃变星云。不易看清。
NGC2261	06 36	08 46	麒麟	10.0	10	哈勃变星云。8厘米，可瞥见

天体编号	坐标(1950.0)		所在星座	目视星等	望远镜口径(厘米)	附　　注
	赤经 α h m	赤纬 δ ° ′				
NGC2392	07 28	20 57	双子	8.3	10	爱斯基摩星云。用30厘米才可见外环
NGC6543	17 59	66 38	天龙	9.0	10	与NGC7662相似，易看到的亮行星状星云
NGC6781	19 16	06 26	天鹰	12.0	20	环状星云。大，但面亮度很低
NGC6804	19 29	09 07	天鹰	12.0	20	环状星云。暗弱的对称光辉
NGC6960	20 44	30 32	天鹅	—	30	幕状星云。超新星遗迹，很难捉摸
NGC6992	20 54	31 30	天鹅	—	15	弥漫星云，10厘米，可管见
NGC7009	21 01	−11 34	宝瓶	9.0	10	土星状星云，20厘米，显示星云东、西两侧的投影
NGC7293	22 27	−21 06	宝瓶	6.5	15	螺旋星云，可看到一个无特色的盘
NGC7635	23 19	60 54	仙后	8.5	40	气泡状星云，星云状物质呈扇形
NGC7662	23 23	42 12	仙女	8.5	6	环状星云，亮，易见
B33	05 39	02 32	猎户	—	—	马头星云，亮星云IC434背景上的暗星云
IC405	05 13	34 16	御夫	—	—	不易见到星云状物质
IC5146	21 50	47 10	天鹅	—	30	茧状星云，可见到星团，但看不到星云状物质

说明：

(1)本表所列天体系在我国各地可见到的较亮的星云。

(2)“望远镜口径”系指用所列口径的望远镜能较清晰地看到所述天体。

(3)附注栏所述供业余爱好者参考。

附录 24

较亮的星系

星系编号	坐标(1950.0) 赤经 α h m	坐标(1950.0) 赤纬 δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
M31	00 42	41 09	仙女	S	4.8	5	仙女座大星云，双筒望远镜中的美丽天体
M32	00 42	40 45	仙女	E	8.7	8	紧邻 M31 的南端
M33	01 33	30 33	三角	S	5.8	8	三角星系，需低倍镜观看
M49	12 29	08 07	室女	E	8.6	8	15 厘米，可见弱光围绕着的一个亮点
M51	13 29	47 18	猎犬	S	8.1	8	涡状星系，30 厘米可见旋臂迹象
M58	12 37	11 56	室女	S	9.2	10	面向着我们对称的棒旋星系
M59	12 41	11 47	室女	E	9.6	10	巨椭圆星系，靠近 M58
M60	12 43	11 41	室女	E	8.9	10	与 M49 类似，25 厘米可瞥见，与 NGC4647 相伴
M61	12 21	04 36	室女	S	10.0	15	可见一模糊不清的斑点
M63	13 15	42 08	猎犬	S	9.5	6	20 厘米可见结构痕迹
M64	12 56	21 48	后发	S	8.8	6	黑眼星系，15 厘米可见暗尘埃
M65	11 18	13 13	狮子	S	9.3	10	小口径可显示出纺缍形外貌
M66	11 19	13 07	狮子	S	8.4	10	与 M65 在同一天区，外形也类似
M74	01 36	15 41	双鱼	S	10.2	15	需极好的晴天空才能看到
M77	02 42	00 04	鲸鱼	S	8.9	10	即 NGC1068，著名的赛弗特星系，20 厘米可见旋臂
M81	09 54	69 09	大熊	S	7.9	6	明亮的卵形外貌
M82	09 54	69 47	大熊	Irr.	8.8	10	与 M81 在同一天区，小口径可显示纺缍形外貌
M83	13 36	−29 46	长蛇	S	10.1	15	苍白、弥散、难见
M84	12 24	13 00	室女	E	9.7	10	圆形、无特色

星系编号	坐标(1950.0)		所在星座	类型	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
	赤经 α h m	赤纬 δ ° ′					
M85	12 24	18 18	后发	SO	9.3	10	小、亮、无特色
M86	12 25	13 03	室女	E	9.3	10	与 M84 在同一天区
M87	12 30	12 30	室女	E	9.2	10	不同口径的望远镜外形都一样
M88	12 31	14 32	后发	S	10.2	15	15 厘米可见扁长外形
M89	12 35	12 40	室女	E	9.5	10	一个苍白的圆形光斑
M90	12 36	13 16	室女	S	10.0	15	可见亮核
M94	12 50	41 14	猎犬	S	7.9	6	小望远镜即可窥见的星系
M96	10 46	11 56	狮子	S	9.1	10	圆形，无特色
M98	12 13	15 01	后发	S	10.7	15	暗弱，长形
M99	12 18	14 32	后发	S	10.1	15	圆形，无特色
M100	12 22	15 56	后发	S	10.6	15	苍白，看上去无深印象
M101	14 02	54 27	大熊	S	9.6	15	辋轮星系。大，对天空反差需低倍望远镜
M102	15 06	55 50	大熊	E	10.8	15	长卵形，看不到细节
M104	12 39	−11 31	室女	S	8.7	10	"草帽"星系。25 厘米可见尘埃带
M105	10 47	12 42	狮子	E	9.2	15	30 厘米可分辨出核心与外围
M106	12 18	47 25	猎犬	S	8.6	10	易见，扁长形
M108	11 11	55 47	大熊	S	10.7	15	清楚地向东一西方向伸展
M109	11 57	53 29	大熊	S	10.8	15	40 厘米可见尘埃带
M110	00 39	41 35	仙女	E	9.4	10	在 M31 天区内
NGC185	00 38	48 14	仙后	E	11.7	20	矮椭圆星系，卵形，极暗淡
NGC253	00 47	−25 34	玉夫	S	7.0	10	侧向着我们，25 厘米可见一些细节
NGC278	00 49	47 18	仙后	S	10.5	20	小，20 厘米可见亮核
NGC404	01 07	35 27	仙女	SO	11.5	40	受 2 等星奎宿九(仙女座 β)的影响，不易看见

星系编号	坐标(1950.0) 赤经 α h m	坐标(1950.0) 赤纬 δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	望远镜口径(厘米)	附　注
NGC891	02 19	42 07	仙女	S	10.5	20	侧向着我们，暗弱，可见尘埃带
NGC1023	02 37	38 52	英仙	E	10.0	20	15厘米可见无特色的卵状外形
NGC2903	09 30	21 44	狮子	S	9.9	15	15～20厘米可见一些细节
NGC3185	10 15	21 56	狮子	S	12.5	25	
NGC3187	10 15	22 05	狮子	S	13.0	25	暗弱的小星系群
NGC3190	10 15	22 09	狮子	S	12.0	25	
NGC3193	10 16	22 09	狮子	E	12.0	25	
NGC3628	11 18	13 53	狮子	S	10.9	15	与M65/66在同一天区
NGC4217	12 15	47 14	猎犬	S	11.9	20	侧向着我们，容易见到
NGC4388	12 23	12 56	室女	S	11.0	20	情况与NGC891类似
NGC4394	12 23	18 05	室女	S	12.2	20	表现为紧靠M85的小斑点
NGC4395	12 23	33 49	猎犬	S	11.4	20	很低的面亮度，观测不易
NGC4402	12 24	13 24	室女	S	11.5	25	同上
NGC4435	12 25	13 21	室女	E	11.8	20	在M86同一天区
NGC4438	12 25	13 17	室女	S	11.0	20	与NGC4435成对
NGC4449	12 26	44 22	猎犬	Irr.	9.2	10	6厘米即可见一些结构
NGC4485	12 28	41 58	猎犬	E	12.5	25	与NGC4490成对
NGC4490	12 28	41 55	猎犬	S	9.7	10	小口径即可显示扁长形外貌
NGC4535	12 32	08 28	室女	S	10.7	20	需在极暗、透明的天空时观测
NGC4559	12 34	28 14	后发	S	10.6	20	面亮度极低的大旋涡星系
NGC4564	12 34	11 43	室女	E	12.1	20	三个星系紧靠着
NGC4567	12 34	11 32	室女	S	12.0	20	
NGC4568	12 34	11 31	室女	S	12.0	20	
NGC4631	12 40	32 49	猎犬	S	9.3	10	20厘米可见一些细节
NGC1638	12 40	11 43	室女	E	12.2	40	在小口径望远镜中显示为恒星状小天体

星系编号	坐标(1950.0) 赤经 α h m	坐标(1950.0) 赤纬 δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
NGC4647	12 41	11 51	室女	S	12.0	30	可见，紧靠着 M60
NGC4656	12 42	32 26	猎犬	Irr.	11.0	20	暗淡，不易观测到
NGC5907	15 15	56 31	天龙	S	11.3	15	30～40 厘米可见星系核
NGC6946	20 34	59 58	仙王	S	11.0	25	20 厘米只可见星系中心部分
NGC7217	22 56	31 07	飞马	S	11.0	25	无特色的圆形天体
NGC7317	22 33	33 42	飞马		15.0	40	斯蒂芬五重星系（NGC7318 含 NGC 7318A 和 7318B）。40 厘米才可看到的小星系团
NGC7318	22 33	33 42	飞马		15.0	40	
NGC7319	22 33	33 42	飞马		15.0	40	
NGC7320	22 23	33 42	飞马		15.0	40	
NGC7331	22 35	34 10	飞马	S	9.7	15	10 厘米即可定位
NGC7332	22 35	23 32	飞马	SO	12.0	30	同时可见到侧向着我们的背景星系 NGC7339
NGC7479	23 02	12 03	飞马	S	11.5	20	40 厘米可见到中心的棒
NGC7814	00 01	15 51	飞马	S	12.0	20	显现为长条形的纹理
Abell2151	16 05	17 40	武仙	星系团	15.0	—	不易观测的星系团

说明：

(1)本表所列星系是在我国各地可见到的较亮的星系，如大、小麦哲伦云就没有列入。

(2)类型：S——旋涡星系(包括棒旋星系)，E——椭圆星系，SO——透镜状星系，Irr——不规则星系。

(3)“望远镜口径”系指用所列口径的望远镜便能看到所述天体。

(4)附注栏所述供业余爱好者参考。

附录 25

较亮的球状星团

星团编号	坐标(1950.0) 赤经 α h m	坐标(1950.0) 赤纬 δ ° ′	所在星座	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
M2	21 32	−00 54	宝瓶	6.3	6	20 厘米可分辨出单个恒星
M3	13 41	28 29	猎犬	6.4	6	15 厘米可分辨出单个恒星
M4	16 22	−26 27	天蝎	6.4	6	大而较松散，较暗
M5	15 18	02 10	巨蛇	6.2	6	10 厘米可分辨出单个恒星
M10	16 56	−04 05	蛇夫	6.7	8	至少 20 厘米可分辨出单个恒星
M12	16 46	−01 55	蛇夫	6.6	8	较 M10 为暗、更松散
M13	16 41	36 30	武仙	5.7	6	10 厘米便可分辨出单个恒星
M15	21 29	12 05	飞马	6.0	6	比 M13 稍难分辨些
M22	18 35	−23 56	人马	5.9	6	12～15 厘米即可分辨出恒星
M30	21 39	−23 15	摩羯	8.4	15	小而不易分辨恒星的星团
M53	13 12	18 17	后发	7.6	10	小、暗，30 厘米可分辨出恒星
M56	19 16	30 08	天琴	8.2	10	类似于 M53，较之稍松散些
M71	19 53	18 44	天箭	9.0	10	暗淡，需 20 厘米来分辨恒星
M92	17 17	43 10	武仙	6.1	6	美丽的星团，15 厘米可分辨出恒星
M107	16 31	−13 02	蛇夫	9.2	10	苍白的星团，小口径望远镜分辨不出恒星
NGC7006	20 59	16 00	海豚	11.5	30	很小

说明：

(1)本表所列球状星团是在我国各地可见到的较亮的球状星团，如著名的半人马座 ω、杜鹃座 47 两个球状星团就未列入。

(2)“望远镜口径”系指用所列口径的望远镜便能看到所述天体。

(3)附注栏所述供业余爱好者参考。

附录 26

较亮的疏散星团

星团编号	坐标(1950.0)		所在星座	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
	赤经 α h m	赤纬 δ ° ′				
M11	18 50	−06 18	盾牌	6.3	6	野鸭星团，6厘米即可显示出小星群
M29	20 23	38 27	天鹅	7.1	6	低倍放大看去更有趣
M34	02 41	42 43	英仙	5.5	5	亮而松散的星团；用低倍放大
M35	06 08	24 21	双子	5.3	6	15厘米可显示附近的NGC2158星团
M36	05 35	34 05	御夫	6.3	6	亮而松散的星团
M37	05 52	32 33	御夫	6.2	8	恒星的密集度较高
M38	05 27	35 48	御夫	7.4	8	15厘米可显示附近的NGC1907星团
M39	21 32	48 21	天鹅	5.2	5	很大，需低倍放大
M44	08 39	20 04	巨蟹	3.7	5	鬼星团，15～20x最好
M45	03 46	24 03	金牛	1.4	肉眼	昴星团，肉眼可见
M46	07 41	−14 46	船尾	6.0	6	15厘米显示星团北沿的小星云
M47	07 36	−14 27	船尾	4.5	5	双筒望远镜理想的观测对象
M52	23 23	61 29	仙后	7.3	6	6厘米即可分辨出单个恒星
M103	01 32	60 35	仙后	7.4	6	30厘米可分辨出单个恒星
NGC457	01 16	58 04	仙后	7.5	6	亮而松散的星团
NGC663	01 43	61 01	仙后	7.1	6	6厘米看去似星云，10厘米可分辨出单个恒星
NGC869	02 16	56 55	英仙	4.4	5	低倍放大，亮而致密的星团
NGC884	02 19	56 53	英仙	4.7	5	与NGC869在同一天区
NGC1245	03 11	47 03	英仙	9.0	10	许多暗弱恒星组成的朦胧斑痕
NGC1907	05 25	35 17	御夫	9.9	15	M38之南，貌似星云状物质的斑点

星团编号	坐标(1950.0)		所在星座	目视星等	望远镜口径(厘米)	附注
	赤经 α h m	赤纬 δ o ′				
NGC2158	06 04	24 06	双子	12.5	20	M35 的西南，不易分辨出恒星的斑点
NGC2244	06 30	04 54	麒麟	6.0	10	10 厘米只能看到星团，要看到伴生的星云则需较大口径的望远镜
NGC2264	06 38	09 56	麒麟	6.0	10	业余爱好者的望远镜只能看到星团，看不到伴生的星云

说明：

(1)本表所列星团是在我国各地可见到的较亮的疏散星团。

(2)"望远镜口径"系指用所列口径的望远镜便能看到所述天体。

(3)附注栏所述供业余爱好者参考。

附录 27

梅氏星云星团表

表中包括梅西尔(Messier)编号 M,NGC 编号(标有 * 号者为 IC 编号),1950 年的坐标(赤经 α,赤纬 δ),天体类型,天体所在星座,目视星等,以及天体的其他名称。天体类型:N——弥漫星云,P——行星状星云,O——疏散星团,G——球状星团,E——椭圆星系,S——旋涡星系。

M	NGC	α h m	δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	附注
1	1952	05 33	22 01	金牛	N	8.4	蟹状星云
2	7089	21 32	−00 54	宝瓶	G	6.3	
3	5272	13 41	28 29	猎犬	G	6.4	
4	6121	16 22	−26 27	天蝎	G	6.4	
5	5904	15 18	02 10	巨蛇	G	6.2	
6	6405	17 40	−32 13	天蝎	O	5.5	蝴蝶星团
7	6475	17 54	−34 49	天蝎	O	3.3	
8	6523	18 02	−24 23	人马	N	6.0	礁湖星云
9	6333	17 16	−18 30	蛇夫	G	8.0	
10	6254	16 56	−04 05	蛇夫	G	6.7	
11	6705	18 50	−06 18	盾牌	O	6.3	野鸭星团
12	6218	16 46	−01 55	蛇夫	G	6.6	
13	6205	16 41	36 30	武仙	G	5.7	武仙座球状星团
14	6402	17 37	−03 15	蛇夫	G	8.0	
15	7078	21 29	12 05	飞马	G	6.0	
16	6611	18 18	−13 48	巨蛇	O/N	6.5	天鹰星云及伴生星团
17	6618	18 20	−16 12	人马	N	7.0	奥米加星云(马蹄星云)
18	6613	18 20	−17 08	人马	O	7.2	
19	6273	17 02	−26 16	蛇夫	G	6.9	

M	NGC	α h m	δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	附注
20	6514	18 01	−23 02	人马	N	9.0	三叶星云
21	6531	18 04	−22 30	人马	O	6.5	
22	6656	18 35	−23 56	人马	G	5.9	
23	6494	17 56	−19 01	人马	O	5.9	
24	6603	18 18	−18 25	人马	O	4.6	
25	4725	18 31	−19 15	人马	O	6.2	
26	6694	18 45	−09 24	盾牌	O	9.3	
27	6853	19 59	22 40	狐狸	P	7.6	哑铃星云
28	6626	18 24	−24 52	人马	G	7.6	
29	6913	20 23	38 27	天鹅	O	7.1	
30	7099	21 39	−23 15	摩羯	G	8.4	
31	224	00 42	41 09	仙女	S	4.8	仙女座大星云
32	221	00 42	40 45	仙女	E	8.7	M31 的伴星系
33	598	01 33	30 43	三角	S	5.8	三角星系
34	1039	02 41	42 43	英仙	O	5.5	
35	2168	06 08	24 21	双子	O	5.3	
36	1960	05 35	34 05	御夫	O	6.3	
37	2099	05 52	32 33	御夫	O	6.2	
38	1912	05 27	35 48	御夫	O	7.4	
39	7092	21 32	48 21	天鹅	O	5.2	
40	—	12 22	58 05	大熊		9.0/9.6	两颗恒星 Winnecke4 相距 50″
41	2287	06 47	−20 44	大犬	O	5.0	
42	1976	05 34	−05 24	猎户	N	4.0	猎户座大星云
43	1982	05 35	−05 18	猎户	N	8.0	猎户座大星云的东北部分
44	2632	08 39	20 04	巨蟹	O	3.7	鬼星团，又名蜂巢星团
45	—	03 46	24 03	金牛	O	1.4	昴星团
46	2437	07 41	−14 46	船尾	O	6.0	

M	NGC	α h m	δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	附注
47	2422	07 36	−14 27	船尾	O	4.5	
48	2548	08 14	−05 48	长蛇	O	6	
49	4472	12 29	08 07	室女	E	8.6	
50	2323	07 03	−08 20	麒麟	O	6.3	
51	5194	13 29	47 18	猎犬	S	8.1	涡状星系
52	7654	23 23	61 29	仙后	O	7.3	
53	5024	13 12	18 17	后发	G	7.6	
54	6715	18 55	−30 29	人马	G	7.8	
55	6809	19 40	−30 58	人马	G	6.2	
56	6779	19 16	30 08	天琴	G	8.2	
57	6720	18 53	33 01	天琴	P	9.3	环状星云
58	4579	12 37	11 56	室女	S	9.2	棒旋星系
59	4621	12 41	11 47	室女	E	9.6	
60	4649	12 43	11 41	室女	E	8.9	
61	4303	12 21	04 36	室女	S	10.0	
62	6266	17 01	−30 07	天蝎	G	6.6	
63	5055	13 15	42 08	猎犬	S	9.5	
64	4826	12 56	21 48	后发	S	8.8	黑眼星系
65	3623	11 18	13 13	狮子	S	9.3	
66	3627	11 19	13 07	狮子	S	8.4	
67	2682	08 50	11 49	巨蟹	O	6.1	
68	4590	12 39	−26 45	长蛇	G	8.2	
69	6637	18 31	−32 21	人马	G	8.0	
70	6681	18 43	−32 18	人马	G	8.1	
71	6638	19 53	18 44	天箭	G	9.0	
72	6981	20 53	−12 32	宝瓶	G	9.3	
73	6994	20 59	−12 38	宝瓶	O	9.1	只由四颗星组成
74	628	01 36	15 41	双鱼	S	10.2	
75	6864	20 06	−21 55	人马	G	8.6	
76	650	01 41	51 28	英仙	P	12.2	小哑铃星云
77	1068	02 42	00 04	鲸鱼	S	8.9	赛弗特星系
78	2068	05 46	00 02	猎户	N	8.0	
79	1904	05 24	−24 33	天兔	G	7.5	
80	6093	16 17	−22 59	天蝎	G	7.5	
81	3031	09 54	69 09	大熊	S	7.9	
82	3034	09 54	69 47	大熊		8.8	不规则星系
83	5236	13 36	−29 46	长蛇	S	10.1	

M	NGC	α h m	δ ° ′	所在星座	类型	目视星等	附注
84	4374	12 24	13 00	室女	S	9.7	
85	4382	12 24	18 18	后发		9.3	透镜状星系
86	4406	12 25	13 03	室女	E	9.3	
87	4486	12 30	12 30	室女	E	9.2	带喷注的巨椭圆星系
88	4501	12 31	14 32	后发	S	10.2	
89	4552	12 35	12 40	室女	E	9.5	
90	4569	12 36	13 16	室女	S	10.0	
91	4548	12 35	14 30	后发	S	9.5	
92	6341	17 17	43 10	武仙	G	6.1	
93	2447	07 44	−23 52	船尾	O	6.5	
94	4736	12 50	41 14	猎犬	S	7.9	
95	3351	10 44	11 42	狮子	S	9.8	棒旋星系
96	3368	10 46	11 56	狮子	S	9.1	
97	3587	11 14	55 08	大熊	P	12.0	枭状星云
98	4192	12 13	15 01	后发	S	10.7	
99	4254	12 18	14 32	后发	S	10.1	
100	4321	12 22	15 56	后发	S	10.6	
101	5457	14 02	54 27	大熊	S	9.6	梢轮星系
102	5866	15 06	55 50	大熊	E	10.8	
103	581	01 32	60 35	仙后	O	7.4	
104	4594	12 39	−11 31	室女	S	8.7	"草帽"星系
105	3379	10 47	12 42	狮子	E	9.2	
106	4258	12 18	47 25	猎犬	S	8.6	
107	6171	16 31	−13 02	蛇夫	G	9.2	
108	3556	11 11	55 47	大熊	S	10.7	
109	3992	11 57	53 29	大熊	S	10.8	
110	205	00 39	41 35	仙女	E	9.4	很靠近 M31

说明：1784 年出版的梅西耶表列入了 103 个天体，104～110 号七个天体为后人所加。

附录 28

变　星

国际星名	坐标(1950.0) 赤经 h	m	赤纬 °	′	变幅(星等)	周期(天)	类型
玉夫座 S	00	15.4	−32	03	5.5—13.6	365.3	M
仙女座 R	00	24.0	+38	35	5.8—14.9	409.3	M
*仙后座 γ	00	56.7	+60	43	1.6—3.0	—	I
凤凰座 S	01	08.4	−55	15	3.9—4.4	1.67	EA
仙后座 S	01	19.7	+72	37	7.9—16.1	612.43	M
鲸鱼座 UV	01	36.4	−18	13	6.8—12.9	—	耀星
*鲸鱼座 o	02	19.3	−02	59	2.0—10.1	331.96	M
三角座 R	02	37.0	+34	16	5.4—12.6	266.48	M
*英仙座 β	03	08.2	+40	57	2.1—3.4	2.87	EA
金牛座 λ	04	00.7	+12	29	3.3—3.8	3.95	EA
水蛇座 VW	04	09.1	−71	18	8.4 —14.4	10	矮新星
金牛座 T	04	19.1	+19	25	9.3—13.5	—	星云变星
金牛座 RV	04	44.0	+26	05	9.8—13.3	78.73	SR
天兔座 R	04	59.6	−14	48	5.5—11.7	432.13	M
御夫座 ε	05	02.0	+43	49	2.9—3.8	9892	食变星
御夫座 RW	05	04.6	+30	20	9.6—13.6	—	星云变星
猎户座 T	05	33.4	−05	31	8.7—12.6	—	星云变星
剑鱼座 β	05	33.6	−62	29	3.5—4.1	9.84	C
*猎户座 α	05	55.2	+07	24	0.1—0.9	2110	SR
猎户座 U	05	55.8	+20	10	4.8—12.6	372.4	M
*双子座 η	06	14.9	+22	30	3.2—3.9	233	SR
麒麟座 S	06	41.0	+09	54	4.6—4.7	—	I
双子座 S	07	04.1	+20	34	3.7—4.2	10.15	C
双子座 R	07	07.4	+22	42	6.0—14.0	369.8	M
大犬座 R	07	19.5	−16	24	5.7—6.3	1.14	EA
巨蟹座 X	08	55.4	+17	14	5.6—7.5	195.0	SR

国际星名	坐标(1950.0)				变幅(星等)	周期(天)	类型
	赤经 h	m	赤纬 °	′			
船底座 R	09	32.2	−62	47	3.9—10.5	308.7	M
大熊座 W	09	40.3	+56	11	8.3—9.0	0.334	食变星 EW
船底座 ZZ	09	45.2	−62	30	3.3—4.2	35.54	C
狮子座 R	09	47.6	+11	26	4.4—11.3	312.4	M
船底座 S	10	09.4	−61	33	4.5—9.9	149.5	M
唧筒座 U	10	35.2	−39	34	5.7—6.8	—	I
长蛇座 U	10	37.6	−13	23	4.8—5.8	450.0	SR
船底座 η	10	45.1	−59	41	−0.8—7.9	—	I
半人马座 X	11	49.2	−41	45	7.0—13.8	315.1	M
半人马座 S	12	24.6	−49	26	6.0—7.0	65.0	SR
室女座 SS	12	25.3	+00	48	6.0—9.6	354.7	M
室女座 R	12	38.5	+06	59	6.0—12.1	145.6	M
室女座 W	13	23.5	−03	07	9.9—11.3	17.29	长周期造父变星(星族 I)
长蛇座 R	13	29.7	−23	17	3.0—11.0	389.6	M
半人马座 T	13	41.8	−33	36	5.5—9.0	60.0	SR
半人马座 R	14	16.6	−59	55	5.3—11.8	546.2	M
牧夫座 W	14	43.4	+26	32	4.7—5.4	450.0	SR
天秤座 δ	15	01.0	−08	31	4.9—5.9	2.33	EA
北冕座 R	15	48.6	+28	09	5.7—14.8	—	北冕座 R 型变星
巨蛇座 R	15	50.7	+15	08	5.2—14.4	356.4	M
北冕座 T	15	57.4	+26	04	2.0—10.8	(29000)	再发新星
天坛座 R	16	39.7	−57	00	6.0—6.9	4.43	EA
武仙座 α	17	14.6	+14	23	3.0—4.0	—	SR
蛇夫座 RS	17	50.2	−06	43	5.3—12.3	—	再发新星
蛇夫座 X	18	38.3	+08	50	5.9—9.2	334.4	M
盾牌座 R	18	47.5	−05	42	4.45—8.2	140.0	SR
天琴座 β	18	50.1	+33	22	3.3—4.3	12.94	食变星 EB
天琴座 R	18	55.3	+43	57	3.9—5.0	46.0	SR
孔雀座 κ	18	56.9	−67	14	3.9—4.7	9.1	长周期造父变星(星族 I)

国际星名	坐标(1950.0)				变幅(星等)	周期(天)	类型
	赤经 h	m	赤纬 °	′			
天鹰座 R	19	06.4	+08	14	5.5—12.0	284.2	M
人马座 RY	19	16.5	−33	31	6.0—15.0	—	北冕座 R 型变星
天琴座 RR	19	25.5	+42	47	7.1—8.1	0.57	天琴座 RR 型变星
天鹅座 χ	19	50.6	+32	55	3.3—14.2	406.9	M
天鹰座 η	19	52.5	−01	00	3.5—4.4	7.18	C
人马座 RR	19	55.9	−29	11	5.9—14.0	334.6	M
天箭座 FG	20	09.7	+20	11	9.45—13.6	—	类新星
天鹅座 U	20	19.6	+47	54	5.6—12.1	462.4	M
海豚座 EU	20	37.9	+18	16	5.8—6.9	59.5	SR
天鹅座 CO	20	58.8	+44	34	9.6—10.6	—	I
天鹅座 W	21	36.0	+45	22	5.0—7.6	126.0	SR
天鹅座 SS	21	42.7	+43	35	8.2—12.4	50.0	矮新星
仙王座 μ	21	43.5	+58	47	3.4—5.1	730.0	SR
天鹤座 S	22	26.1	−48	26	6.0—15.0	401.4	M
*仙王座 δ	22	29.2	+58	25	3.5—4.4	5.37	C
飞马座 β	23	03.8	+28	05	2.3—2.8	—	I
仙后座 TZ	23	50.5	+60	44	8.86—10.5	—	I
仙后座 R	23	58.4	+51	24	4.7—13.5	430.4	M

说明：

(1)本表所列变星除第三章所述者外，又选录了一些极大亮度的变星。

(2)表中打 * 号的七颗星的中星名分别如下：仙后座 γ——策，鲸鱼座 ο——蒭蕤增二，英仙座 β——大陵五，猎户座 α——参宿四，双子座 η——铖，天琴座 β——渐台二，仙王座 δ——造父一。

(3)类型一栏，除写明者外，C——造父变星，EA—大陵五型食变星，I——不规则脉动变星，M——蒭蕤型长周期变星，SR——半规则脉动变星。

(4)北冕座 R 型变星兼有脉动变星和爆发变星双重特性。

附录 29

星际分子

acetaldehyde 乙醛 (CH_3CHO)
acetonitrile 乙腈 (CH_3CN)
acetylene 乙炔 (C_2H_2)
acrylonitrile 丙烯腈 (C_3H_3N)
allylene(=methylacetyene) 丙炔,甲基乙炔 (C_3H_4)
ammonia 氨 (NH_3)
ammonium dihydrogen phosphate (ADP) 磷酸二氢氨
butadiynyl radical 丁二炔基
carbon dioxide 二氧化碳 (CO_2)
carbon monosulfide 一硫化碳 (CS)
carbon monoxide 一氧化碳 (CO)
carbon monoxide ion 一氧化碳离子 (CO^+)
carbonyl sulfide 硫化羰,氧硫化羰 (COS)(OCS)
cyanamide 氨基氢
cyanic acid 氰酸 (HOCN)
cyanoacetylene 氰基乙炔,丙炔腈 (HC_3N)
cyanobutadiyne 氰基丁二炔
cyanodiacetylene(=cyanobutadiyne)
cyanoethyne(=cyanoacetylene)
cyanogen[radical] 氰基 (CN)
cyanohexatriyne 氢基己三炔
cyano—octatetra—yne 氰基辛四炔
cyanotriaceylene(=cyanohexatriyne)
dialomic carbon 双原子碳(C_2)
diazenylium 氢化偶氮离子(N_2H^+)
dimethyl ether 二甲醚 (CH_3OCH_3)
enzyme 酶
ethanol 乙醇 (CH_3CH_2OH)

ether(=aether) 醚
ethyl alcohol(=ethanol)
ethyl cyanide 丙腈 (CH_3CH_2CN)
ethylene 乙烯(C_2H_4)
ethynyl[radical] 乙炔基 (HCC)
formaldehyde 甲醛 (H_2CO)
formamide 甲酰胺 ($HCONH_2$)
formic acid 甲酸(HCOOH)
formyl ion 甲酰离子(HCO^+)
formylium(=formyl ion)
formyl[radical] 甲酰基 (HCO)
glycine 氨基醋酸
hydrogen 氢 (H)
hydrogen cyanide 氰化氢(HCN)
hydrogen isocyanlde 异氰化氢 (HNC)
hydrogen sulfide 硫化氢(H_2S)
hydrogen sulfideion 硫化氢离子(H_2S^+)
hydroxyl[radical] 羟基(OH)
isocyanic acid 异氰酸 (HNCO)
isothiocyanic acid 硫代异氰酸(HNCS)
ketene 乙烯酮 (CH_2CO)
methanamide (=formamide)
methane 甲烷(CH_4)
methanimine 甲亚胺 (CH_2NH)
methanoic acid (=formic acid)
methanol 甲醇 (CH_3OH)
methoxy methane (=dimethyl ether)
methylacetylene (=allylene)
methyl alcohol (=methanol)
methylamine 甲胺 (CH_3NH_2)
methylcyanide (=acetonitrile)
methylenimine (=methanimine)

methyl formate 甲酸甲酯($HCOOCH_3$)
methylidyne[radical] 次甲基
methylidyne ion 次甲基正离子(CH^+)
methylmercaptan 甲硫醇(CH_3SH)
molecular hydrogen 氢(H_2)
nitric oxide 一氧化氮 (NO)
nitric sulfide 硫化氮
nitrogen sulfide (=nitric sulfide)
nitroxyl[hydride] 次硝酸 (HNO)
nucleic acid 核酸
OH radical 羟基 (OH)
ortho—formaldehyde 原甲醛
para—formaldehyde 仲甲醛
parahydrogen 仲氢
phosphine 磷化氢
polypeptide 多肽
propionitrile (=ethyl cyanide)
propyne (=allylene)
protonated carbon dioxide 质子化二氧化碳 ($HOCO^+$)
silicon monosulfide 一硫化硅 (SiS)
silicon monoxide 一氧化硅 (SiO)
silicon sulfide (=silicon monosulfide)
sulfur dioxide 二氧化硫 (SO_2)
sulfur monoxide 一氧化硫 (SO)
sulphur 硫 (S_2)
thioformaldehyde 硫化甲醛
thioformyl ion 硫代甲酰离子(HCS^+)
tricarbon monoxide 一氧化三碳
vinyl cyanide (=acrylonitrile)
water 水 (H_2O)
water vapour 水蒸气 (H_2O)

附录 30

人造天体名称

A

Able 阿布尔（美国运载火箭）

ADE（Air Density Explorer） 大气密度探险者（美国探险者卫星系列）

AE（Atmosphere Explorer） 大气探险者（美国探险者卫星系列）

Aeros 大气卫星（美国、西德科学卫星）

Agena 阿吉纳（美国运载火箭）

Alouette 百灵鸟（加拿大、美国科学卫星）

Anik 兄弟（加拿大国内通讯卫星）

Anna（Air Force，Navy，NASA，and Army） 安娜（美国大地测量卫星）

ANS（Astronomical Netherlands Satellite） 荷兰天文卫星（荷兰）

AOSO（Advanced Orbiting Solar Observatory） 高级轨道太阳观测台（美国科学卫星）

Apollo 阿波罗（美国登月飞船）

Ariel 羚羊（美国、英国科学卫星）

Aryabhata 阿里亚哈塔（印度科学卫星）

ASTEX（Advanced Satellite Technology Experiment） 先进技术试验卫星（美国）

ASTP（Apollo—Soyuz Test Project） 阿波罗-联盟（美国、苏联飞船）

Astro-1 紫外天文一号（美国空间望远镜）

Atlantic（Intelsat I-C） 大西洋（国际电星Ⅰ号之三）

Atlatis 亚特兰蒂斯（美国航天飞机）

Atlas 阿特拉斯（美国运载火箭）

ATS（Applications Technology Satellite） 应用技术卫星（美国技术卫星）

Aura 奥拉，天体紫外分析卫星（法国科学卫星）

Aureole 日晕（法国、苏联科学卫星）

Aurora 北极光（美国科学卫星）

Aurorae (ESRO I) 曙光(欧联 I 号卫星)

AXAF (Advanced X-ray Astrophysics Facility) 先进的 X 射线天体物理设备(美国、荷兰)

Azur 蓝天 (西德、美国科学卫星)

B

Balloon 气球(美国科学卫星)

Big Bird 大鸟(美国军事卫星)

Biosatellite 生物卫星(美国)

Blue Scout 蓝色侦察兵(美国运载火箭)

Boreas (ESRO-1B) 北风(欧联 IB 号卫星)

Burner 伯纳(美国运载火箭)

C

Cannonball 炮弹(美国科学卫星)

CAS (Cooperative Applications Satellite) 合作应用卫星(美国、加拿大通信卫星)

Castor 海狸(法国技术卫星)

Centaur 人马座(美国运载火箭)

Challenge 挑战者(美国航天飞机)

COBE (Cosmic Background Explorer) 宇宙背景探测器(美国)

Compton GRO (Compton Gamma-Ray Observatory) 康普顿 γ 射线天文台

Comsat (Communication Satellite) 通信卫星(美国国内通信卫星)

Copernicus (OAO 3) 哥白尼(轨道天文台 3 号卫星)

COS(Celestial Observation Satellite) 天文观测卫星(欧联科学卫星)

Cosmos 宇宙(苏联卫星系列)

Courier 信使(美国通信卫星)

CTS (Communications Technology Satellite) 通信技术卫星(加拿大)

D

D(Diademe) 王冠(法国测地卫星)

DATS(Despun Antenna Test Satellite) 消旋无线试验卫星(美国技术卫星)

Delta 德耳塔(美国运载火箭)

Dial 日规(法国、德国科学卫星)

Diamant 钻石(法国运载火箭)

Diapason 调音(法国测地卫星)

Discoverer 发现者(美国科学和军事卫星系列)

DMSP (Defense Meteorological Satellite Plan) 国防气象卫星(美国)

Dodecahedron 十二面体研究卫星(美国科学卫星)

DODGE(DOD Gravity Experiment)国防部重力试验卫星(美国技术卫星)

DSCS(Defense Satellite Communication System)国防通信卫星(美国)

E

Early Bird (Intelsat I) 晨鸟 (国际电星 I 号)

Echo 回声(美国通信卫星)

Einstein Observatory (HEAO-B) 爱因斯坦天文台(高能天文台 B)(美国科学卫星)

Electron 电子(苏联科学卫星)

Eole 风神(法国气象卫星)

Eolei 伊奥利(法国气象卫星)

ERS (Environmental Research Satellite) 环境研究卫星(美国科学卫星)

ERTS (Earth Resources Technology Satellite) 地球资源卫星(美国)

ESRO (European Space Research Organization) 欧联(欧洲空间研究组织科学卫星)

ESSA (Environmental Survey Satellite) 艾萨,环境探测卫星(美国气象卫星)

ETS (Engineering Test Satellite) 工程试验卫星(日本技术卫星)

EUVE (Extreme-Ultraviolet Explorer) 极紫外探险者

Exosat 欧洲 X 射线卫星

Explorer 探险者(美国科学卫星系列)

F

FLTSATCOM (Fleet Satellite Communications) 列队通信卫星(美国军事通信卫星)

Francais 法兰西(美国、法国科学卫星)

Frog-Otolith 蛙耳石(美国科学卫星)

G

Galileo 伽利略(美国木星探测器)

Gamma-1 伽马一号(苏联宇宙γ射线探测装置)

Gemini 双子座(美国飞船)

Geos (1) (Geodetic Earth-Orbiting Satellite) 吉奥斯(美国测地卫星,探险者系列)

(2)(Geodyncmic Experimental Ocean Satellite) 海洋地球动力实验卫星(美国)

GGSE(Gravity Graditnt Satellite Experiment) 重力陡度稳定试验卫星(美国)

GGTS(Gravity Gradient Test Satellite) 重力陡度试验卫星(美国)

Ginga 星系(日本X射线卫星)

Giotto 乔托(欧洲彗星探测器)

GMS(Geostationary Meteorological Satellite) 同步气象卫星(日本)

Goes (Geostationary Operational Environmental Satellite) 同步环境应用卫星(美国气象卫星)

Greb 格雷勃(美国科学卫星)

GRS (Geophysics Research Satellite) 地球物理研究卫星

H

Hawkeye (Explorer 52) 依阿华(美国探险者52号)

HEAO (High Energy Astronomy Observatory) 高能天文台(美国科学卫星)

Helios 大阳神(西德、美国太阳探测器)

Helos (Highly Eccentric Lunar Occultation Satellite) 希罗斯(美国)

HEOS (Highly Eccentric Orbit Satellite) 希奥斯,大偏心率轨道卫星(美国科学卫星)

Hipparcos (High Precisian Parallax Collecting Satillite) 依巴谷(欧洲、美国天体测量卫星)

HST (Hubble Space Telescope) 哈勃空间望远镜(美国)

Hustler 哈斯特勒(美国运载火箭)

I

ICE (International Comet Explorer) 国际彗星探险者

IDCSP (Initial Defense Communications Satellite Project)初级国防通信卫星(美国)

IME (International Magnetospheric Explorer) 国际磁层探险者

IMP (Interplanetary Monitoring Platform) 行星际监测站(美国探险者卫星系列)

Injun 英琼(美国科学卫星)

Intasat (Institute Nacional de Tecnica Aernautica) 西班牙航天技术研究所卫星

Intelsat (International Telecommunication Satellite) 国际电星(通信卫星)

Intercosmos 国际宇宙(苏联、东欧科学卫星系列)

IRAS(Infrared Astronomical Satellite) 红外天文卫星(美国、英国、荷兰)

Iris (ESRO Ⅱ) 虹神(欧联Ⅱ号卫星)

ISEE(International Sun and Earth Explorer) 国际日地探险者(人造卫星)

Isis (International Satellite for Ionospheric Studies) 埃西斯,国际电离层研究卫星(美国、加拿大科学卫星)

ITOS (Improved Tiros Operational System) 艾托斯(美国气象卫星)

IUE (International Ultraviolet Explorer) 国际紫外探险者

J

JISS (Japan Ionosphere Sounding Satellite) 日本电离层探测卫星

Juno 朱诺(美国运载火箭)

Jupiter 朱庇特,木星(美国运载火箭)

K

Kcant 量子(X射线探测器)

Kyokko 北极光(日本科学卫星)

L

LAGEOS (Laser Geodynamic Satellite) 拉吉奥斯,激光地球动力学卫星(美国测地卫星)

Lambda 兰达(日本运载火箭)

Landsat(ERTS2) 陆地卫星(地球资源卫星2号)

LES (Lincoln Experimental Satellite) 林肯实验室卫星(美国通信卫星)

Lofti (Low Frequency Transionosphere) 洛夫梯(美国科学卫星)

Luna 月球(苏联月球探测器系列)

Lunar Orbiter 月球卫星(美国)

M

Magellan 麦哲伦(美国金星探测器)

Magion (Magnetospheric and Ionospheric Satellite) 玛金(捷克科学卫星)

Magsat (Magnetic Satellite) 磁场卫星(美国)

Mariner 水手(美国行星际探测器系列)

Marisat 海事卫星(美国通信卫星)

Mars 火星(苏联行星际探测器系列)

MAS (Minor-Autonomous Satellite) 马斯(法国技术卫星)

Mars Observer 火星观测者(美国)

Mercury 水星(美国飞船系列)

Meteor 流星(苏联气象卫星)

Meteosat (Meteorological Satellite) 气象卫星(欧联)

Midas(Missile Defense Alarm system)迈达斯(美国军事卫星)

Miranda 米兰达(英国技术卫星)

MOL(Manned Orbiting Laboratory) 载人轨道实验室(美国飞船)

Molniya 闪电(苏联通信卫星)

Musketball 步枪弹(美国科学卫星)

N

NATO (North Atlantic Treaty Organization) 纳托(北大西洋公约组织通信卫星)

Navy 海军(美国导航卫星)

Nimbus 雨云(美国气象卫星)

NNTS(Navy Navigation Technology System) 海军导航技术卫星(美国)

NOAA(National Oceanographic and Atmospheric Administration) 诺阿(美国气象卫星)

NOSS(Navy Ocean Surveillance Satellite) 诺斯,[海军]海洋监视卫星(美国军事卫星)

O

OAO (Orbiting Astronomical Observatory) 轨道天文台(美国科学卫星)

OGO (Orbiting Geophysical Observatory) 轨道地球物理观测台(美国科学卫星)

Ohsumi 大隅(日本卫星)

Oreol 华盖(苏联、法国科学卫星)

ORS(Octahedral Research Satellite) 八面体研究卫星(美国科学卫星)

Oscar (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) 奥斯卡(美国通信卫星)

OSO(Orbiting Solar Observatory) 轨道太阳观测台(美国科学卫星)

OTS(Orbital Test Satellite) 奥茨(欧联通信卫星)

OV(Orbiting Vehicle)奥维,飞行器(美国卫星)

P

Pacific(Intelsat Ⅱ —B—D) 太平洋(国际电星Ⅱ号之二及四)

Pageos(Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite) 帕吉奥斯(美国被动测地卫星)

Palapa 统一(印度尼西亚国内通讯卫星)

Pegasus 飞马(美国科学卫星)

Pioneer 先驱者(美国行星际探测器系列)

POGO(Polar Orbiting Geophysical Observatory) 极轨道地球物理观测台

Polet 飞行(苏联科学卫星)

Pollux 波吕克斯(法国技术卫星)

Prognos 预报(苏联科学卫星)

Progress 进步(苏联太空交通工具)

Prospero 普罗斯帕罗(英国技术卫星)

Proton 质子(苏联科学卫星)

R

Radcat 雷达校正卫星(美国)

Radio 无线电(苏联通信卫星)

Radose 雷多斯(美国科学卫星)

Radsat(Radiation Satellite) 辐射卫星(美国科学卫星)

Raduga 彩虹(苏联通信卫星)

RAE(Radio Astronomy Explorer) 射电天文探险者(美国探险者卫星系列)

Ranger 徘徊者(美国月球探测器系列)

Redstone 红石(美国运载火箭)

Relay 中继站(美国通信卫星)

REP(Rendezvous Evaluation Pod) 雷普(美国技术卫星)

Rigid Sphere 刚球(美国科学卫星)

RM (Radiation Meteoroid Satellite) 辐射和流星体卫星(美国科学卫星)

Rosat (Rontgenstrahlen Satellite) X 射线卫星(德国、欧洲、美国)

S

Sakura 樱(日本通信卫星)

Samos(Satellite and Missile Observation System) 萨莫斯(美国军事卫星)

Sandal 沙达尔(苏联运载火箭)

San Marco 圣马科(美国、意大利科学卫星)

SAS(Small Astronomy Satellite) 小天文卫星(美国探险者卫星系列)

Saturn 土星(美国运载火箭)

Scarp 险崖(苏联运载火箭)

Score (Satellite Communication of Orbiting Relay Equipment) 斯科尔(美国通信卫星)

Scout 侦察兵,斥候(美国运载火箭)

Seasat 海洋卫星(美国资源卫星)

Secor (Sequential Collation of Range) 西可尔(美国测地卫星)

Sert (Space Electric Rocket Test) 空间电火箭试验卫星(美国技术卫星)

SIGNE(Solar Interplanetary Gamma Neutron Experiment) 西尼(法国科学卫星)

SIRTF (Space Infrared Telescope Facility) 空间红外望远镜设备(美国)

Skean 短剑(苏联运载火箭)

Skylab 天空实验室(美国轨道空间站)

Sky lark 空中云雀(英国探空火箭)

Skynet 天网(英国军事通信卫星)

Small Satellite 小卫星(美国科学卫星)

SMS(Synchronous Meteorological Satellite) 同步气象卫星(美国)

SOLRAD(Solar Radiation Monitoring Satellite) 索拉德,太阳辐射监测卫星

Solwinel 太阳风卫星(美国科学卫星)

Solyut 礼炮(苏联轨道空间站)

Soyuz 联盟(苏联飞船)

Spacelab 空间实验室(美国、欧联轨道空间站)

Space Shuttle 航天飞机(美国、欧联太空交通工具)

Sputnik 卫星(苏联卫星系列)

SR(Solar Radiation) 太阳辐射卫星(美国科学卫星)

Srats (Solar Radiation and Thermospheric Satellite) 斯拉茨,太阳辐射和热层卫星(日本科学卫星)

SRET (Satellite de Recherches et d'Etudes Technologiques) 环境技术研究卫星(法国、苏联技术卫星)

SSS (Small Scientific Satellite) 小科学卫星(美国)

Starlette 小星(法国测地卫星)

Surcal (Surveillance Calibration) 沙克尔(美国军事卫星)

Surveyor 探测者(美国月球探测器系列)

Symphonie 交响乐(法国、西德、美国通信卫星)

Syncom (Synchronous Communications) 辛康(美国通信卫星)

T

Tacsat (Tactical Satellite)战术通信卫星(美国军事卫星)

TD (First Thor Delta Scientific Satellite) 特德(美国、欧联科学卫星)

Telstar 电星(美国通信卫星)

Thor 雷神(美国运载火箭)

Thorad 大功率雷神(美国运载火箭)

Timation 计时(美国导航卫星)

TIP (Transit Improvement Programme)(=Triad) 三体卫星(美国导航卫星)

Tiros (Television and Infrared Observation Satellite) 泰罗斯(美国气象卫星)

Titan 大力神 (美国运载火箭)

Topo 地形图 (美国测地卫星)

Tournesol 向日葵 (法国科学卫星)

Traac (Transit Research and Attitude Control) 特雷尔克(美国科学卫星)

Transit 子午仪(美国导航卫星)

Triad (=TIP) 三体卫星(美国导航卫星)

TRS (Tetrahedral Research Satellite) 四面体研究卫星(美国科学卫星)

TTS (Test and Training Satellite) 试验和训练卫星(美国技术卫星)

U

Uhuru (SASI) 自由,乌呼鲁(小天文卫星1号)

Ulysses 尤利西斯(美国太阳极区探测器)

V

Vanguard 先锋(美国科学卫星系列)

Vegas 维加(苏联彗星探测器系列)

Vela Hotal 维拉·霍特尔(美国科学卫星)

Venera 金星(苏联行星际探测器系列)

Venus 金星号(苏联行星际探测器)

Viking 海盗(美国行星际探测器系列)

Vostok 东方(苏联飞船)

Voskhod 上升(苏联飞船)

Voyager 旅行者(美国行星际探测器系列)

W

Westar (West Star) 西联星(美国国内通信卫星)

West Ford 西福特(美国通信卫星)

WRESAT (Weapons Research Establishment Satellite)武器研究卫星(澳大利亚)

Z

Zond 探测(苏联行星际探测器)

附录 31

中国天文台一览表

台名	所在地	坐标		海拔(米)	主要仪器设备
		经度(时分)	纬度(°′)		
上海天文台 shanghai Obs.	上海市徐家汇 上海市松江县佘山	东经 8 05.8 东经 8 04.8	北纬 31 12 北纬 31 06	5 95	1.56 米天体测量望远镜，口径 25 米射电望远镜 VLBI 站，60 厘米人卫激光测距仪，40 厘米双筒望远镜，Ⅱ型光电等高仪，氢原子钟等
云南天文台 Yunnan Obs.	云南省昆明市	东经 6 51.1	北纬 25 02	2002	1 米 RCC 望远镜，太阳精细结构望远镜，SBG 天文大地自动照相机，1.2 米地平式激光测距仪，60 厘米望远镜，色球双筒望远镜，口径 10 米太阳射电望远镜等
陕西天文台 Shanxi Obs.	陕西省临潼	东经 7 18.2	北纬 34 57	497	长波授时台，短波授时台，水平式子午环，Ⅰ型全自动光电等高仪等
北京天文台 Beijing Obs.	北京市沙河工作站（共有沙河、密云、兴隆、怀柔四个工作站和天津国际纬度站	东经 7 45.3	北纬 40 06	40	2.16 米反射望远镜，1.26 米红外望远镜，太阳磁场望远镜，多通道太阳望远镜，60/90 厘米施密特望远镜，60 厘米反射望远镜，米波综合孔径射电望远镜，双筒天体照相仪，太阳色球望远镜，白光光谱仪，10 厘米波太阳巡视射电望远镜，Ⅰ型光电等高仪
紫金山天文台 Purple Mountain Obs.	江苏省南京市	东经 7 55.3	北纬 32 04	267	43/60 厘米折反射望远镜，40 厘米双筒折射望远镜，60 厘米反射望远镜，色球望远镜，厘米波太阳射电望远镜，太阳光谱仪，口径 13.7 米毫米波射电望远镜，太阳精细结构望远镜，PDS 显微密度计
台北市立天文台 Taibei Observatory	台湾省台北市圆山	东经 8 06.1	北纬 25 05	31	41 厘米反射镜，25 厘米、12.5 厘米折射镜，12.5 厘米天体照相仪，水平式太阳望远镜

附录 32

国外主要天文台简表

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（0 ′）
水泽国际纬度站	Intenational Latitude obs. of Mizusawa	日本水泽	61	东经 9 24.5	北纬 39 8.0
木曾天文台	Kiso Obs.	日本木曾	1130	东经 9 10.5	北纬 35 47.6
东京大学乘鞍岳观测站（日冕）	Norikura Corona sta. Univ. of Tokyo	日本乘鞍岳	2876	东经 9 10.2	北纬 36 6.8
东京大学冈山天体物理观测台	Okayama Astroph. Sta. Univ. of Tokyo	日本冈山县	372	东经 8 54.4	北纬 34 34.4
东京天文台（位于三鹰区）	Tokyo Astro. Obs. at Mitaka	日本东京	59	东经 9 18.2	北纬 35 40.3
野边山太阳观测台	Nobeyama Solar Obs.	日本南牧村	1350	东经 9 13.9	北纬 35 56.3
射电实验研究所鹿岛町工作站	Kashimamachi Sta. Radio Research Lab.	日本茨城县	42	东经 9 22.7	北纬 35 57.2
博塞哈天文台	Bosseha Obs.	印尼伦邦	1300	东经 7 10.5	北纬 6 49.5
马尼拉天文台	Manila Obs.	菲律宾碧瑶	1507	东经 8 02.3	北纬 16 24.6
科代卡纳尔天体物理观测台	Kodaikanal Astroph. Obs.	印度科代卡纳尔	2343	东经 5 09.9	北纬 10 13.8
马德拉斯天文台	Madras Obs.	印度马德拉斯	7	东经 5 21.0	北纬 13 04.1
北方邦工作站观测台	Uttar Pradesh Sta. Obs.	印度奈尼塔尔	1927	东经 5 17.8	北纬 29 21.6
塔塔基金研究院射电天文中心	Radio Ast. Ctr. Tata Inst. of Fund. Research.	印度乌塔卡蒙德	2150	东经 5 06.7	北纬 11 22.9
伊斯坦布尔大学天文台	Istanbul Univ. Obs.	土耳其伊斯坦布尔	65	东经 1 55.9	北纬 41 0.9
克萨拉天文台（贝鲁特附近）	Ksara Obs. Near Beirut	叙利亚克萨拉	923	东经 2 23.6	北纬 33 49.4

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
阿梅里坎大学天文台	American Univ. Obs.	黎巴嫩贝鲁特	38	东经 2 21.9	北纬 33 54.4
特拉维夫大学怀斯天文台	Wise Obs. Tel Aviv Univ.	以色列米齐普拉蒙	900	东经 2 19.1	北纬 30 35.7
赫勒万天文台	Helwan Obs.	埃及赫勒万	115	东经 2 05.4	北纬 29 51.5
阿尔及尔天文台（位于布扎里亚）	Algiers Obs at Bouzareah	阿尔及尔（阿尔及利亚）	345	东经 0 12.1	北纬 36 48.1
博伊登天文工作站	Boyden Station at Mazelspoort	南非布隆方丹	1387	东经 1 45.6	南纬 29 02.3
南非共和天文台	Republic Obs. Annexe of South Africa	南非哈特比斯普特	1220	东经 1 51.5	南纬 25 46.4
南非天文台（好望角）	South African Astro. Obs. （Cape of Good Hope）	南非好望角	10	东经 1 13.9	南纬 33 56.0
南非天文台（萨瑟兰）	South African Astro. Obs. (Sutherland)	南非萨瑟兰	1768	东经 1 23.2	南纬 32 22.8
加纳大学天文台	Univ. of Ghana	加纳阿希莫塔	18	西经 0 0.9	北纬 5 38.0
奥克兰国立天文台	Auckland Public Obs.	新西兰奥克兰	80	东经 11 39.1	南纬 36 54.5
芒特约翰大学天文台	Mount John Univ. Obs.	新西兰特卡波湖	1028	东经 11 21.9	南纬 43 59.2
政府天文台（悉尼）	Government Obs. (Sydney)	澳大利亚新南威尔士州悉尼	44	东经 10 04.8	南纬 33 51.7
政府天文台（比克里）	Government Obs. (Bickley)	澳大利亚西澳大利亚洲比克里	391	东经 7 44.5	南纬 32 0.5
斯特隆洛山天文台	Mount Stromlo Obs.	澳大利亚堪培拉	768	东经 9 56.0	南纬 35 19.3
澳大利亚国立射电天文台	Australian Nati. Radio Astro. Obs. (C. S. I. R. O.)	澳大利亚新南威尔士州帕克斯	392	东经 9 53.1	南纬 33 00.0
马德里天文台	Madrid Obs.	西班牙马德里	655	西经 0 14.8	北纬 40 24.5

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
法布拉天文台	Fabra Obs.	西班牙巴塞罗那	415	东经 0 08.5	北纬 41 25.0
图尔库大学天文台	Turku Univ. Obs.	芬兰图尔库	28	东经 1 28.9	北纬 60 27.1
赫尔辛基大学天文台	Helsinki Univ. Obs.	芬兰赫尔辛基	33	东经 1 39.8	北纬 60 09.7
赫尔辛基大学射电天文台	Radio Astro. Station Univ. of Helsinki	芬兰赫尔辛基	2	东经 1 40.0	北纬 60 13.4
雅典天文台	National Obs. of Athens	希腊雅典	110	东经 1 34.9	北纬 37 58.3
康科利天文台	Konkoly Obs.	匈牙利布达佩斯	474	东经 1 15.9	北纬 47 30.0
P. 达内尔天文台	Obs. of P. Darnell	丹麦哥本哈根	—	东经 0 49.8	北纬 55 42.2
奥列·罗默天文台	Ole Romer Observatory	丹麦奥尔胡斯	50	东经 0 40.8	北纬 56 07.7
哥本哈根大学天文台	Copenhagen Univ. Obs.	丹麦哥本哈根	14	东经 0 50.3	北纬 55 41.2
尼斯天文台	Nice Obs. at Mount Gros	法国尼斯	376	东经 0 29.2	北纬 43 43.3
上普罗旺斯天文台	Obs. of Haute-Provence	法国圣米耶尔	651	东经 0 22.9	北纬 43 55.8
巴黎科学院天文台（位于昂代）	Obs. of Paris Acad. of Sci, Hendaye	法国阿巴迪亚	69	西经 0 07.0	北纬 43 22.9
默东天体物理观测台	Meudon Astroph. Obs.	法国默东	162	东经 0 08.9	北纬 48 48.3
波尔多大学天文台	Obs. of Univ. of Bordeaux at Floirac	法国波尔多	73	西经 0 02.1	北纬 44 50.1
图卢兹大学天文台	Obs. of Univ. of Toulouse	法国日中峰	2862	东经 0 00.6	北纬 42 56.2
斯特拉斯堡大学天文台	Univ. Obs. of Strasbourg	法国斯特拉斯堡	156	东经 0 31.1	北纬 48 35.0

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中　名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
里昂大学天文台	Univ. Obs. of Lyons	法国里昂	299	东经 0 19.1	北纬 45 41.7
巴黎天文台南赛射电天文台	Radio Obs. of Nancay Obs. of Paris	法国南赛	150	东经 0 08.8	北纬 47 22.8
丹辛克天文台	Dunsink Obs.	爱尔兰都柏林	86	西经 0 25.3	北纬 53 23.2
伦敦大学天文台	London Univ. Obs.	英国伦敦米尔山	82	西经 0 01.0	北纬 51 36.8
皇家格林尼治天文台	Royal Greenwich Obs.	英国苏塞克斯郡赫斯特蒙苏	34	东经 0 01.4	北纬 50 52.3
爱丁堡皇家天文台	Royal Obs. of Edinburg	英国苏格兰爱丁堡	28	西经 0 12.7	北纬 55 55.5
牛津大学天文台	Oxford Univ. Obs.	英国牛津	64	西经 0 05.0	北纬 51 45.6
剑桥大学天文台	Cambridge Univ. Obs.	英国剑桥	28	东经 0 00.4	北纬 52 12.9
阿普尔顿实验研究所太阳毫米波观测台	Solar Millimetre Obs. Appleton Lab.	英国斯劳	20	西经 0 02.3	北纬 51 29.3
曼彻斯特大学努菲尔德射电天文实验室	Nuffield Radio Astro. Lab. Univ. of Manchester	英国柴郡乔德雷尔班克	70	西经 0 09.2	北纬 53 14.2
剑桥大学马拉德射电天文台	Mullard Radio Astro. Obs. Univ. of Cambridge	英国剑桥	26	东经 0 00.1	北纬 52 09.7
比利时皇家天文台	Royal Obs. of Belgium	比利时于克勒	105	东经 0 17.4	北纬 50 47.9
克万特大学天文台	Cointe Univ. Obs.	比利时列日	127	东经 0 22.3	北纬 50 37.1
奥斯陆大学天文台	Oslo Univ. Obs.	挪威哈雷斯图亚	585	东经 0 43.0	北纬 60 12.5

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
卡普坦天文台	Kapteyn Obs.	荷兰格里宁根	12	东经 0 25.8	北纬 53 07.8
佐伦波天文台	Sonnenborgh Obs.	荷兰乌得勒支	14	东经 0 20.5	北纬 52 05.2
内耶梅根大学天文研究所	Nijmegen Univ. Astro. Inst.	荷兰内耶梅根	62	东经 0 23.5	北纬 51 49.5
莱顿大学天文台	Leiden Univ. Obs.	荷兰莱顿	6	东经 0 17.9	北纬 52 09.3
韦斯特波克射电天文台	Westerbork Radio Obs.	荷兰韦斯特波克	5	东经 0 26.4	北纬 52 55.0
射电天文学基金会天文台	Radio Astro. Obs. NFRA	荷兰德文格洛	25	东经 0 25.6	北纬 52 48.8
伯尔尼大学天文研究所	Berne Univ. Astro. Inst.	瑞士伯尔尼	563	东经 0 29.7	北纬 46 57.2
日内瓦市立天文台	Municipal Obs. of Geneva	瑞士日内瓦	407	东经 0 24.6	北纬 46 12.0
瑞士工艺学校天文台	Obs. of Swiss Polytechnic School	瑞士苏黎世	469	东经 0 34.2	北纬 47 22.6
的里雅斯特天文台	Trieste Obs.	意大利的里雅斯特	67	东经 0 55.1	北纬 45 38.6
帕多瓦天文台	Padua Obs.	意大利帕多瓦	38	东经 0 47.5	北纬 45 24.0
那不勒斯天文台（位于卡波迪蒙特）	Naples Obs. (at Capodimonte)	意大利那不勒斯	164	东经 0 57.0	北纬 40 51.8
卡塔尼亚天体物理观测台	Catania Astroph. Obs.	意大利西西里区卡塔尼亚	193	东经 1 0.3	北纬 37 31.7
阿切特里天体物理观测台	Arcetri Astroph. Obs.	意大利佛洛伦萨阿切特里	184	东经 0 45.0	北纬 43 45.2
帕多瓦大学天文台	Astroph. Obs. of Padua Univ.	意大利维琴察阿齐亚戈	1045	东经 0 46.1	北纬 45 51.7

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
埃克峰天文台	Mount Ekar Obs.	意大利阿齐亚戈	1365	东经 0 46.3	北纬 45 50.8
皮诺·托里尼斯天文台	Pino Torinese Obs.	意大利都灵	618	东经 0 31.1	北纬 45 02.3
罗马天文台	Rome Obs. on Monte Mario	意大利罗马	152	东经 0 49.8	北纬 41 55.3
埃特纳火山塞拉拉纳夫恒星站	Stellar Sta. at serra La Nave. Mt. Etna	意大利西西里区卡塔尼亚	1725	东经 0 59.9	北纬 37 41.1
巴勒莫大学天文台	Palermo Univ. Obs.	意大利西西里巴勒莫	72	东经 0 53.4	北纬 38 06.7
梵蒂冈天文台	Vatican Obs.	意大利卡斯特尔甘多尔弗	450	东经 0 50.6	北纬 41 44.8
菲格尔天文台	L. Figl Obs.	奥地利维也纳	890	东经 1 03.7	北纬 48 05.1
格拉茨大学天文台	Graz Univ. Obs.	奥地利坎坝尔胡厄	1526	东经 0 55.6	北纬 46 40.7
维也纳大学天文台	Vienna Univ. Obs.	奥地利维也纳	240	东经 1 05.3	北纬 48 13.9
瑞典皇家大学天文台	Royal Univ. Obs. of Sweden	瑞典隆德	34	东经 0 52.7	北纬 55 41.9
斯德哥尔摩天文台	Stockholm Obs. at Saltsjobaden	瑞典斯德哥尔摩	55	东经 1 13.2	北纬 59 16.3
乌布萨拉大学天文台	Uppsala Univ. Obs.	瑞典乌布萨拉	21	东经 1 10.5	北纬 59 51.5
里斯本天文台	Lisbon. Obs. at Tapada	葡萄牙里斯本	95	西经 0 36.7	北纬 38 42.5
葡萄牙科学院天文台	Obs. of Faculty of Sci. of Portugal	葡萄牙里斯本	77	西经 0 36.6	北纬 38 43.1
波茨坦天体物理观测台	Potsdam Astroph. Obs.	德国波茨坦	107	东经 0 52.3	北纬 52 22.9

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
汉堡天文台（位于贝格道夫）	Hamburg Obs.（at Bergedorf）	德国汉堡	41	东经 0 40.9	北纬 53 28.8
波恩大学霍尔里斯特天文台	Hoher List Obs. of Bonn Univ.	德国霍尔里斯特	541	东经 0 27.4	北纬 51 34.0
科学院卡尔·史瓦西天文台	Karl. Schwarzschild Obs. of Acad. of Sci.	德国耶拿	331	东经 0 46.9	北纬 50 58.9
汉诺威天文台	Obs. of Hanover Astro. Sci.	德国汉诺威	50	东经 0 39.0	北纬 52 24.6
德国科学院天文台	Obs. of Acad. of Sci. Germany	德国柏林一巴贝尔斯贝格	82	东经 0 52.4	北纬 52 24.4
佐内贝尔格天文台	Sonneberg Obs.	德国佐内贝尔格	640	东经 0 44.8	北纬 50 22.7
海德尔堡天文台（位于柯尼斯图尔）	Heidelberg Obs.（at Konig Stuhl）	德国海德尔堡	570	东经 0 34.9	北纬 49 23.9
波恩大学天文台	Bonn Univ. Obs.	德国波恩	62	东经 0 28.4	北纬 50 43.7
慕尼黑大学天文台	Munich Univ. Obs.	德国慕尼黑	535	东经 0 46.4	北纬 48 08.8
莱比锡大学天文台	Leipzig Univ. Obs.	德国莱比锡	119	东经 0 49.6	北纬 51 20.1
耶拿大学天文台	Jena Univ. Obs.	德国耶拿	164	东经 0 46.3	北纬 50 55.6
波恩大学斯托克特射电天文台	Stockert Radio Obs. of Bonn Univ.	德国埃施韦勒	435	东经 0 26.9	北纬 50 34.2
波鸿射电望远镜工作站	Bochum Radio Telescope Sta.	德国波鸿	160	东经 0 28.8	北纬 51 25.7

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
基尔大学射电天文台	Radio Obs. Univ. of Kiel	德国基尔	38	东经 0 40.5	北纬 54 20.5
夫朗和费研究所天文台	Fraunhofer Inst.	德国弗赖贝格	1240	东经 0 31.6	北纬 47 54.8
土库曼科学院天体物理实验室	Astroph. Lab. of Acad. of Sci. Turkmen	土库曼阿什哈巴得	234	东经 3 53.4	北纬 37 57.4
哈尔科夫国立大学天文台	Astro. Obs. of Sta. Univ. of Kharkov	乌克兰哈尔科夫	138	东经 2 24.9	北纬 50 00.2
基辅国立大学天文台	Astro. Obs. of Sta. Univ. of Kiev	乌克兰基辅	184	东经 2 02.0	北纬 50 27.2
克里米亚天体物理观测台	Crimean Astroph. Obs	乌克兰锡美伊兹	676	东经 2 16.1	北纬 44 32.1
奥德萨天文台	Odessa Obs.	乌克兰奥德萨	52	东经 2 03.0	北纬 46 28.6
爱沙尼亚科学院天文台	Astro. Obs. of Acad of Sci. of Estonian	爱沙尼亚塔尔图	67	东经 1 46.9	北纬 58 22.8
俄罗斯科学院天文台	Astro. Obs. of Acad. of Sci. of Rossia	俄罗斯普尔科沃	75	东经 2 01.3	北纬 59 46.3
伊尔库茨克大学天文台	Astro. Obs. of Irkutsk Sta. Univ.	俄罗斯伊尔库茨克	468	东经 6 57.4	北纬 52 16.7
喀山国立大学天文台	Astro. Obs. of Kazan Sta. Univ.	俄罗斯喀山	79	东经 3 16.5	北纬 55 47.4
圣彼得堡大学天文台	Astro. Obs. of Leningrad Sta. Univ.	俄罗斯（圣彼得堡）	3	东经 2 01.2	北纬 59 56.5
恩格尔哈特天文台	Engelhardt Obs.	俄罗斯喀山	98	东经 3 15.3	北纬 55 50.3
施登堡研究所天文台	Obs. of Sternberg Inst.	俄罗斯莫斯科	166	东经 2 30.3	北纬 55 45.3
塔吉克科学院天文台	Astro. Obs. of Acad. of Sci. of Tadjik	塔吉克杜尚别	820	东经 4 35.1	北纬 38 33.7
亚美尼亚科学院天文台	Astro. Obs. of Acad. of Sci. of Armenian	亚美尼亚布拉干	1500	东经 2 57.2	北纬 40 20.1
格鲁吉亚科学院天体物理观测台	Astroph. Obs. of Acad. of Sci. of Georgian	格鲁吉亚阿巴斯图曼	1580	东经 2 51.3	北纬 41 45.3

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
格鲁吉亚专门天体物理观测台	Special Astroph. Obs. Georgian	格鲁吉亚热伦丘克斯卡雅	2100	东经 2 45.8	北纬 43 39.2
塔什干天文台	Taskkent Obs.	乌兹别克塔什干	477	东经 4 37.2	北纬 41 19.5
哈萨克科学院高山天文台	Mt. Obs. of Acad. of Sci. of Kazak	哈萨克阿拉木图	1450	东经 5 07.8	北纬 43 11.3
维尔纽斯大学天文台	Vilnius Univ. Obs.	立陶宛维尔纽斯	122	东经 1 41.1	北纬 54 41.0
哥白尼大学天文台（位于皮瓦尼斯）	Copernicus Univ. Obs. at Piwnice	波兰托伦	90	东经 1 14.2	北纬 53 05.8
格但斯克市立天文台	Municipal Obs. of Gdansk	波兰格但斯克	31	东经 1 14.6	北纬 54 21.6
弗罗茨瓦夫大学天文台	Wroclaw Univ. Obs.	波兰弗罗茨瓦夫	117	东经 1 08.3	北纬 51 06.7
华沙大学天文台	Warsaw Univ. Obs.	波兰华沙	121	东经 1 24.1	北纬 52 13.1
克拉科夫大学天文台	Cracow Univ. Obs.	波兰克拉科夫	221	东经 1 19.8	北纬 50 03.9
布加勒斯特国立天文台	National Obs. of Bucharest	罗马尼亚布加勒斯特	83	东经 1 44.4	北纬 44 24.8
查尔斯大学天文研究所	Astro. Inst. of Charles Univ.	捷克布拉格	267	东经 0 57.6	北纬 50 04.6
布尔诺工艺学校天文研究所	Astro. Inst. of the Polytechnic School of Brno	斯洛伐克布尔诺	277	东经 1 06.4	北纬 49 12.4
斯卡尔纳特·普列绍天文台	Skanlnate Pleso Astro. Obs.	捷克和斯洛伐克斯卡尔纳特·普列绍	1783	东经 1 21.0	北纬 49 11.3
翁德约夫天体物理观测台	Astroph. Obs. of Ondrjov	捷克和斯洛伐克翁德约夫	533	东经 0 59.1	北纬 49 54.6
南斯拉夫科学院天文台	Astro. Obs. of Acad. of Sci. of Yugoslavia	南斯拉夫贝尔格莱德	253	东经 1 22.0	北纬 44 48.2
萨格勒布工学院天文台	Obs. of Faculty of Technology of Zagreb	南斯拉夫萨格勒布	146	东经 1 04.1	北纬 45 49.6

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
N. 米里切维奇天文台	Obs. of N. Milicevic	南斯拉夫布拉卡	223	东经 1 06.1	北纬 43 17.5
波哥大天文台	National Obs. of Bogota'	哥伦比亚波哥大	2640	西经 4 56.3	北纬 4 35.9
圣保罗天文和地球物理研究所	Astro. and Geoph Inst. of Sao Paulo	巴西圣保罗	800	西经 3 06.5	南纬 23 39.1
里约热内卢国家天文台	National Obs. of Rio de Janeiro	巴西里约热内卢	33	西经 2 52.9	南纬 22 53.7
麦肯尼大学伊塔帕廷加射电天文台	Itapetinge Radio Obs. Mackenzie Univ.	巴西阿蒂巴伊亚	800	西经 3 06.2	南纬 23 11.1
基多国立天文台	Natianal Obs. of Quito	厄瓜多尔基多	2908	西经 5 13.9	南纬 0 14.0
科尔多瓦国家天文台	National Obs. of Cordoba	阿根廷科尔多瓦	434	西经 4 16.8	南纬 31 25.3
拉普拉塔国立大学天文台	National Univ. Obs. of La Plata	阿根廷拉普拉塔	17	西经 3 51.7	南纬 34 54.5
阿根廷射电天文研究所	Argentina, Lnst. of Radio Astro.	阿根廷埃利萨城	11	西经 3 52.6	南纬 34 52.1
蒙得维的亚国家天文台	National Obs. of Montevideo	乌拉圭蒙得维的亚	24	西经 3 44.9	南纬 34 54.6
拉斯山天文台	Cerro Las Obs.	智利拉塞雷纳	2282	西经 4 42.8	南纬 29 00.2
托洛洛山泛美天文台	Cerro Tololo Interamerican obs.	智利拉塞雷纳	2399	西经 4 43.2	南纬 30 10.1
欧洲南方天文台	ESO	智利拉塞拉	2400	西经 4 42.9	南纬 29 15.4
圣地亚哥国家天文台	National Obs. of Santiago	智利圣地亚哥	860	西经 4 42.2	南纬 33 23.8
托南钦特拉国立天体物理观测台	National Astroph. Obs. of Tonantzntla	墨西哥托南钦特拉	2150	西经 6 33.2	北纬 19 01.9
塔库巴亚国家天文台	National Obs. of Tacubaya	墨西哥塔库巴亚	2297	西经 6 36.8	北纬 19 24.3

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
多伦多大学大卫·邓拉普天文台	David Dunlap Obs. Univ. of Toronto	加拿大安大略省里士满山	244	西经 5 17.7	北纬 43 51.8
维多利亚自治领天体物理台	Dominion Astroph. Obs. of Victoria	加拿大维多利亚	229	西经 8 13.7	北纬 48 31.3
魁北克天文台	Queble Obs. Plains of Abraham	加拿大魁北克	90	西经 4 44.9	北纬 46 48.0
不列颠哥伦比亚大学天文台	Astro. Obs. of Univ. of British Columbia	加拿大温哥华	50	西经 8 12.9	北纬 49 15.2
彭蒂克顿自治领射电天体物理观测台	Dominion Radio. Astroph. Obs. of Penticton	加拿大彭蒂克顿	550	西经 7 58.5	北纬 49 19.3
国立研究院阿尔贡坤射电天文台	Algonquin Radio. Obs. Nat. Res. Council	加拿大安大略省特拉弗斯湖	235	西经 5 12.3	北纬 45 57.3
匹兹堡大学奥根尼天文台	Auegheny Obs. of the Pittsburgh Univ.	美国宾夕法尼亚州匹兹堡	370	西经 5 20.1	北纬 40 28.9
范德比尔特大学阿瑟·J·戴尔天文台	Arthur J. Dyer Obs. Vanderbilt Univ.	美国田纳西州纳什维尔	345	西经 5 47.2	北纬 36 03.1
大熊湖太阳观测台	Big Bear Solar Obs.	美国加利福尼亚洲大熊城	2067	西经 7 47.6	北纬 34 15.2
新墨西哥州立大学布卢梅萨天文台	Blue Mesa Obs. of N. M. Sta. Univ.	美国新墨西哥州拉斯克鲁塞斯	2025	西经 7 08.7	北纬 32 29.5
波士顿大学天文台	Boston Univ. Obs.	美国马萨诸塞州波士顿	32	西经 4 44.4	北纬 42 21.0
美国海军天文台弗拉格斯塔夫分台	Flagstaff Branch of United State Naval Obs	美国亚利桑那州弗拉格斯塔夫	2310	西经 7 26.9	北纬 35 11.0

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中　名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
新墨西哥大学开比拉峰天文台	Capilla Peak Obs. Univ. of New Mexico	美国新墨西哥州开比拉峰	2842	西经 7 05.6	北纬 34 41.8
亚利桑那大学卡塔利娜工作站	Catalina Station Univ. of Arizona	美国亚利桑那州塔克森	2510	西经 7 22.9	北纬 32 25.0
丹佛大学钱伯林天文台	Chamberlin Obs. Univ. of Denver	美国科罗拉多州丹佛	1644	西经 6 59.8	北纬 39 40.6
辛辛那提天文台	Cincinnati Obs.	美国俄亥俄州辛辛那提	247	西经 5 37.7	北纬 39 08.3
哥伦比亚大学天文台	Columbia Univ. Obs.	美国纽约	25	西经 4 55.8	北纬 40 48.6
富兰克林研究院天文台	Franklin Inst. Obs.	美国宾夕法尼亚州费城	30	西经 5 00.7	北纬 39 57.5
康奈尔大学富尔特斯天文台	Fuertes Obs. Cornell Univ.	美国纽约州伊萨卡	270	西经 5 05.9	北纬 42 27.2
戈达德研究院及其天文台	Goddard Research Facility. and Obs.	美国马里兰州格林贝尔特	49	西经 5 07.3	北纬 39 01.2
夏威夷大学哈莱亚卡拉天文台	Haleakala Obs. Univ. of Hawaii	美国夏威夷州哈莱亚卡拉	3054	西经 10 25.0	北纬 20 42.4
海耳天文台	Hale Obs.	美国加利福尼亚州帕洛马山	1706	西经 7 47.4	北纬 33 21.4

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
卡内基研究所海耳天文台	Hale Obs. of Carnegie Insc.	美国加利福尼亚州威尔逊山	1742	西经 7 52.2	北纬 34 13.0
哈佛大学天文台	Harvard College Obs.	美国马萨诸塞州坎布里奇	24	西经 4 44.5	北纬 42 22.8
威廉斯学院霍普金斯天文台	Hopkins Obs. Williams College	美国麻省威廉斯敦麦迪逊	215	西经 4 52.8	北纬 42 42.7
盖塞斯堡国际纬度站	International Latitude Obs. of Gaithersburg	美国马里兰州盖塞斯堡	155	西经 5 08.8	北纬 39 08.2
索科洛彗星研究共用观测台	Joint Obs. for Cometary Research	美国新墨西哥州索科洛	3230	西经 7 08.7	北纬 33 59.1
印地安纳大学柯克伍德天文台	Kirkwood Obs. Univ. of Indiana	美国印地安纳州布卢明顿	238	西经 5 46.1	北纬 39 09.9
基特峰国立天文台	Kitt Peak National Obs.	美国亚利桑那州塔克森	2064	西经 7 26.4	北纬 31 57.5
亚利桑那大学斯图尔德天文台基特峰工作站	Kitt Peak Sta. of Steward Obs. Univ. of Arizona	美国亚利桑那州塔克森	2076	西经 7 26.4	北纬 31 57.8
弗吉尼亚大学利德麦考密克天文台	Leader McCormick Obs. Univ. of Virginia	美国弗吉尼亚州夏洛茨维尔	259	西经 5 14.1	北纬 38 02.0
加利福尼亚大学勒施纳尔天文台	Leuschner Obs. Univ. of California	美国加利福尼亚州拉斐特	304	西经 8 08.6	北纬 37 55.1

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中　名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
加利福尼亚大学利克天文台	Lick Obs. Univ. of California	美国加利福尼亚州汉密尔顿山	1283	西经 8 06.6	北纬 37 20.4
洛威尔天文台	Lowell Obs.	美国亚利桑那州弗拉格斯塔夫	2210	西经 7 26.6	北纬 35 12.0
麦克莱恩天文台	Maclean Obs.	美国内华达州因克莱恩湖	2546	西经 7 59.7	北纬 39 17.7
夏威夷大学莫纳克亚天文台	Mauna Kea Obs. Univ. of Hawaii	美国夏威夷莫纳克亚	4205	西经 10 21.9	北纬 19 49.6
得克萨斯大学麦克唐纳天文台	McDonald Obs. Univ. of Texas	美国得克萨斯州戴维斯堡	2081	西经 6 56.1	北纬 30 40.3
俄亥俄州立大学麦克米林天文台	McMillin Obs. State Univ.	美国俄亥俄州哥伦布	233	西经 5 32.1	北纬 39 59.8
莱蒙山红外观测台	Mount Lemmon Infrafed. Obs.	美国亚利桑那州莱蒙山	2776	西经 7 23.2	北纬 32 26.5
史密森研究所霍普金斯山天文台	Mt. Hopkins Obs. Smithsonian Inst.	美国亚利桑那州阿马多	2608	西经 7 23.5	北纬 31 41.3
泛美大学天文台	Obs. of Pan American College	美国得克萨斯州爱丁堡	28	西经 6 32.7	北纬 26 18.9
塔萨斯大学天文台	Obs. of Univ. of Kansas	美国塔萨斯州劳伦斯	323	西经 6 21.00	北纬 38 57.6

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
路易斯安那大学天文台	Obs. of Univ. of Louisiana	美国路易斯安那州巴吞鲁日	31	西经 6 04.7	北纬 30 24.7
路易斯维尔大学天文台	Obs. of Univ. of Louisville	美国肯塔基路易斯维尔	152	西经 5 43.0	北纬 38 12.8
缅因大学天文台	Obs. of Univ. of Maine	美国缅因州奥罗诺	38	西经 4 34.7	北纬 44 54.0
马里兰大学天文台	Obs. of Univ. of Maryland	美国马里兰州科勒吉帕克	58	西经 8 07.8	北纬 39 00.1
密执安大学天文台	Obs. of Univ. of Michigan	美国密执安州安拉伯	282	西经 5 34.9	北纬 42 16.8
明尼苏达大学天文台	Obs. of Univ. of Minnesota	美国明尼苏达州明尼阿波利斯	260	西经 6 12.9	北纬 44 58.7
密西西比大学天文台	Obs. of Univ. of Mississippi	美国密西西比州奥克斯福德	161	西经 5 58.1	北纬 34 22.2
俄克拉何马大学天文台	Obs. of Univ. of Oklahoma	美国俄克拉何马州诺曼	363	西经 6 29.8	北纬 35 12.1
圣克拉拉大学天文台	Obs. of Univ. of Santa Clara	美国加利福尼亚州圣克拉拉	31	西经 8 07.8	北纬 37 20.8
亚拉巴马大学天文台	Obs. of Univ. of Alabama	美国圣拉巴马大学	87	西经 5 50.2	北纬 33 12.5

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中　名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
衣阿华大学天文台	Obs. Univ. of Iowa	美国衣阿华州里弗赛德	221	西经 6 06.2	北纬 41 30.9
伊利诺斯大学天文台	Obs. Univ. of Illinois	美国伊利诺斯州厄巴纳	236	西经 5 52.9	北纬 40 06.3
普林斯敦大学天文台	Princeton Univ. Obs.	美国新泽西州普林斯敦	43	西经 4 58.6	北纬 40 20.8
萨克拉门托峰天文台	Sacramento Peak Obs.	美国新墨西哥州森斯波德	2811	西经 7 03.3	北纬 32 47.2
亚利桑那大学斯图尔德天文台	Steward Obs. Univ. of Arizona	美国亚利桑那州塔克森	757	西经 7 23.8	北纬 32 14.0
新墨西哥州立大学波托尔图加山天文台	Tortugas Mt. Obs. of New Mexico Sta. Univ.	美国新墨西哥州拉斯克鲁塞斯	1505	西经 7 06.8	北纬 32 17.6
美国海军天文台	United States Naval Obs.	美国华盛顿	84	西经 5 08.3	北纬 38 55.3
南佛罗里达大学天文台	Univ. of South Florida obs.	美国佛罗里达州坦帕	13	西经 5 29.6	北纬 28 04.6
范诺尔曼太阳观测台	Van Norman Solar Obs.	美国加利福尼亚州圣费尔南多	371	西经 7 53.9	北纬 34 18.5
威斯康星大学沃什伯恩天文台	Washburn Obs. Univ. of Wisconsin	美国威斯康星州麦迪逊	292	西经 5 57.6	北纬 43 04.6

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（0 ′）
耶鲁大学天文台	Yale Univ. Obs.	美国康涅狄格州纽海文	21	西经 4 51.7	北纬 41 18.9
耶鲁大学天文台	Yale Univ. Obs.	美国康涅狄格州贝萨尼	213	西经 4 51.9	北纬 41 25.6
芝加哥大学叶凯士天文台	Yerkes Obs. Univ. of Chicago	美国威斯康星州威廉斯湾	334	西经 5 54.2	北纬 42 34.2
伊利诺斯大学弗密良河天文台	Vermilion River Obs. Univ. of Illinois	美国伊利诺斯州丹维尔	202	西经 5 50.3	北纬 40 03.6
佛罗里达大学射电天文台	Radio Obs. Univ. of Florida	美国佛罗里达州旧城	8	西经 5 32.1	北纬 29 31.8
美国宇航公司空间射电研究工作站	Space Radio Research Facility	美国加利福尼亚州埃尔塞贡多	38	西经 7 53.5	北纬 33 54.9
美国空军萨加莫尔山射电天文台	Sagamore Hill Rodio Obs. U. S. A. F.	美国马萨诸塞州汉密尔顿	—	西经 4 43.3	北纬 42 37.9
康奈尔大学射电物理观测台	Radio Phy. Obs. of Cornell Univ.	美国纽约州纽斯特德	238	西经 5 14.3	北纬 42 59.4
加利福尼亚大学射电天文台	Radio Obs. Univ. of California	美国加利福尼亚州哈克里克	1050	西经 8 05.9	北纬 40 49.1
哈佛大学天文台射电天文工作站	Radio Astro Sta. of Harvard College Obs.	美国得克萨斯州戴维斯堡	1580	西经 6 55.8	北纬 30 38.0

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（0 ′）
密执安大学射电天文台	Radio Astro. Obs. Univ. of Michigan	美国密执安州波特奇湖	345	西经 5 35.7	北纬 42 23.9
海军研究实验室射电天文台	Radio Astro. Obs. Naval Research Lab.	美国华盛顿哥伦比亚特区	30	西经 5 08.1	北纬 38 49.3
康奈尔大学射电天文实验室	Radio Astro. Lab. Cornell Univ.	美国纽约州伊萨卡	341	西经 5 05.8	北纬 42 29.3
斯坦福大学射电天文研究所	Radio Astro. Inst. Stanford Univ.	美国加利福尼亚州斯坦福	80	西经 8 08.7	北纬 37 23.7
东北射电天文台协会哈佛斯塔克天文台	Haystack Obs. NE Radio. Obs. Corp.	美国马萨诸塞州韦斯特福德	145	西经 4 45.9	北纬 42 37.4
阿拉斯加州大学地球物理研究所天文台	Geophy. Inst. of Univ. of Alaska	美国阿拉斯加州科勒吉	172	西经 9 51.3	北纬 64 52.4
五学院射电天文台	Five College Radio Astro. Obs.	美国马萨诸塞州纽萨伦	306	西经 4 49.4	北纬 42 23.5
贝尔电话实验研究所克劳福山天文台	Crawford Hill Obs. Bell Telephone Lab.	美国新泽西州霍尔蒙德尔	114	西经 4 56.7	北纬 40 23.5
马里兰大学克拉克湖天文台	Clark Lake Obs. Univ. of Maryland	美国加利福尼亚州波雷戈斯普林	170	西经 7 45.1	北纬 33 20.3
华盛顿卡耐基研究所天文台	Carnegie Inst. of Washington	美国马里兰州德尔伍德	140	西经 5 08.6	北纬 39 07.2

台名		所在地	海拔（米）	坐标	
中名	英文名			经度（时分）	纬度（° ′）
加州理工学院天文台	Galifornia Inst. of Technology	美国加利福尼亚州大松树	1216	西经 7 53.2	北纬 37 13.9
亚拉巴马大学天文台	Obs. Univ. of Alabama	美国亚拉巴马大学	87	西经 5 50.2	北纬 33 12.5
衣阿华大学北自由城射电天文台	North Liberty Radio Obs. Univ. of Iowa	美国衣阿华州北自由城	241	西经 6 06.3	北纬 41 46.3
格林班克国立射电天文台	National Radio Astro. Obs. of Green Bank	美国西弗吉尼亚州格林班克	823	西经 5 19.6	北纬 38 26.3
基特峰国立射电天文台	National Radio Astro. Obs. of Kitt Peak	美国亚利桑那州基特峰	1920	西经 7 26.4	北纬 31 57.2
得克萨斯大学毫米波天文台	Millimeter Wave Obs. Univ. of Texas	美国得克萨斯州威维斯盘	2031	西经 6 56.1	北纬 30 40.3
美国海军实验研究所马里兰角天文台	Mayyland Point Obs. Naval Research Lab.	美国马里兰州里弗赛德	30	西经 5 08.9	北纬 38 22.4

附录 33

世界主要天文馆简表

馆　名	所在城市及国家	圆顶直径（米）	天象仪型号	开馆日期（年、月）
北京天文馆	北京　中国	23.5	蔡斯耶拿 23/2 型 中国制造天象仪（1976 年）	1957.9
台北天象馆	台北　中国	16.0	五藤 GM-AT 型	1979.
太空馆	九龙　中国香港	23.0	蔡斯 VI 型	1980.10
电气科学博物馆	大阪　日本	18.0	蔡斯 I 型	1937.3
五岛天文馆	东京　日本	20.0	蔡斯 IV 型	1957.3
杉并区立科学教育中心	东京　日本	15.0	五藤 M-2 型	
明石市立天文科学馆	明石　日本	20.0	蔡斯耶拿 23/3 型	1960.6
名古屋科学博物天文馆	名古屋　日本	20.2	蔡斯 IV 型	1962.11
儿童文化中心	北九州　日本	20.0	五藤 GL-20 型	1970.12
宫崎空间博物馆和天文馆	宫崎　日本	15.0	五藤 GM-15T 型	1973.12
文化中心	盐城福岛　日本	15.0	五藤 GM-15 型	1975.5
文化和科学博物馆天文馆	广岛　日本	20.0	M MS-20 型	1981
皮尔拉天文馆	加尔各答　印度		蔡斯耶拿 23/25 型	1962.9
尼赫鲁中心天文馆	孟买　印度		蔡斯耶拿 23/6 型	1976.12
新德里天文馆	新德里　印度		蔡斯耶拿 15/DP 型	
雅加达天文馆	雅加达　印度尼西亚	23.0	蔡斯耶拿 23/5 型	1969.3
吉隆坡天文馆	吉隆坡　马来西亚		蔡斯耶拿 15/DP 型	
巴格达天文馆	巴格达　伊拉克	22.6	蔡斯耶拿 23/5 型	1970.8
班加西天文馆	班加西　利比亚		蔡斯耶拿 15/1 型	
的黎波里天文馆	的黎波里　利比亚		蔡斯耶拿 15/DP 型	
教育部科伦坡天文馆	科伦坡　斯里兰卡	23.0	蔡斯耶拿 23/4 型	1965.2

馆　名	所在城市及国家	圆顶直径（米）	天象仪型号	开馆日期（年、月）
利雅得天文馆	利雅得　沙特阿拉伯	18.3	S　STS型	
曼谷天文馆	曼谷　泰国	20.0	蔡斯IV型	1964.8
开罗天文馆	开罗　埃及	23	蔡斯耶拿23/5型	1967.1
威特沃斯特兰大学天文馆	约翰内斯堡　南非	20	蔡斯IV型	1960.10
布里斯班天文馆	布里斯班　澳大利亚	15.0	蔡斯耶拿12/1型	1978.5
非纳班克科学展览馆	亚特兰大　美国	21.3	蔡斯V型	1967.12
戴维斯天文馆	巴尔的摩　美国	15.2	维莱克斯-千代田IV型	1976.1
路易斯·安娜艺术和科学展览馆	巴吞鲁日　美国	18.3	蔡斯IV型	1967.5
查斯·海登天文馆	波士顿　美国	18.3	蔡斯VI型	1958.10
菲斯克天文馆	博尔德　美国	19.8	蔡斯VI型	1975.9
毕晓普天文馆	布雷登顿　美国	15.2	斯必茨宇航型	1966.10
温特皮脱天文馆	中央港　美国	18.3	五藤CUS型	1971.1
莫尔黑德天文馆	查佩尔希尔 美国	20.7	蔡斯VI型	1949.5
阿德勒天文馆	芝加哥　美国	20.7	蔡斯VI型	1930.5
天文馆空间剧院	克利夫兰　美国	18.3	斯必茨宇航型	1977.4
迪·恩泽/千代田天文馆	古柏提诺 美国	15.2	千代田XV型	1970.10
盖次天文馆	丹佛　美国	15.2	千代田IV型	1968.7
艾布拉姆斯天文馆	东兰辛　美国	15.2	斯必茨宇航型	1964.2
朗韦天文馆	弗林特　美国	18.3	斯必茨B型	1958.1
贝克天文馆	休斯敦　美国	15.2	斯必茨宇航型	1964.7
戴维斯天文馆	杰克逊　美国	18.3	维莱克斯-千代田IV型	1978.9
格里菲斯天文馆	洛杉矶　美国	22.8	蔡斯IV型	1935.5
平克言博物馆天文馆	孟菲斯　美国	15.2	维莱克斯-千代田IV型	1954.2
迈阿密空间运输天文馆	迈阿密　美国	19.8	斯必茨宇航型	1966.11

馆　名	所在城市及国家	圆顶直径（米）	天象仪型号	开馆日期（年、月）
盖尔天文馆	蒙哥马利　美国	15.2	斯必茨宇航型	1968.10
美国自然博物馆海登天文馆	纽约　美国	22.8	蔡斯 VI 型	1935.10
费尔斯天文馆	费城　美国	20.2	蔡斯 IV 型	1933.11
布尔天文馆	匹茨堡　美国	19.8	蔡斯 II 型	1939.10
赫梅尔天文馆	里士满（肯塔基）　美国	20.5	斯必茨宇航模拟系统	
费吉尼亚科学博物馆天文馆	里士满（弗吉尼亚）　美国	22.6	ES DI 型	1983
汉森天文馆	盐湖城　美国	15.2	斯必茨宇航型	1965.11
福利特空间剧场	圣迭戈　美国	23.2	斯必茨宇航型	1973.3
莫里森天文馆	旧金山　美国	19.8	科学院(Academy)	1952.11
弗兰德诺天文馆	图森　美国	15.2	维莱克斯-千代田 IV 型	1975
斯特拉森堡天文馆	罗切斯特　美国	19.8	蔡斯 VI 型	1968.9
麦克纳特-3M 总剧院	圣保罗　美国	23.2	S　STS 型	1978.9
麦克唐纳天文馆	圣路易斯　美国	18.3	五藤 L-1 型	1963.4
美国空军斯普林斯天文馆	美国空军斯普林斯　美国	15.2	维莱克斯-千代田 IV 型	1959.2
爱因斯坦空间天文馆	华盛顿　美国	21.3	蔡斯 VI 型	1976.7
百年纪念天文馆	卡尔加里　加拿大	19.8	蔡斯耶拿 23/6 型	1967.7
空间科学中心	埃德蒙顿　加拿大	23.2	蔡斯耶拿 23 型	1983
麦克米伦天文馆	温哥华　加拿大	19.8	蔡斯耶拿 23/7 型	1968.10
马尼巴托巴天文馆	温尼伯　加拿大	18.3	蔡斯 V。型	1968.5
麦克劳克林天文馆	多伦多　加拿大	22.9	蔡斯耶拿 23/6 型	1968.10
道天文馆	蒙特利尔　加拿大	20.0	蔡斯 V 型	1966.4
恩里克·卢斯·埃罗天文馆	墨西哥城　墨西哥	20.0	蔡斯 IV 型	1967.1
莫雷利亚天文馆	莫雷利亚　墨西哥	20.0	蔡斯 IVs 型	1975.9
空间剧院	瓜达拉哈拉　墨西哥	23.2	S STS 型	1982

馆　名	所在城市及国家	圆顶直径(米)	天象仪型号	开馆日期(年.月)
塔巴斯科天文馆	塔巴斯科　墨西哥	23.2	S STS 型	1981.12
伽利略天文馆	布宜诺斯艾利斯　阿根廷	20.2	蔡斯 V 型	1967.6
罗萨里奥天文馆	罗萨里奥　阿根廷	22.0	蔡斯 IV 型	1982
伊别拉圭拉天文馆	圣保罗　巴西	20.0	蔡斯 5 型	1957.1
技术大学天文馆	圣地亚哥　智利	20.0	蔡斯 VI 型	1983
波哥大天文馆	波哥大　哥伦比亚	22.8	蔡斯耶拿 23/6 型	1969.12
海洋学研究所天文馆	瓜亚基尔　厄瓜多尔	20.0	蔡斯 V. 型	1983
基多天文馆	基多　厄瓜多尔		蔡斯耶拿 23/6 型	
布立天文馆	蒙得维的亚 乌拉圭	18	SB	1955.4
亨伯尔得特天文馆	加拉加斯　委内瑞拉	20	蔡斯 IV 型	1961.7
维也纳天文馆	维也纳　奥地利	20	蔡斯 IV 型	1964.6
劳姆弗拉格天文馆	克拉根福　奥地利	15.0	蔡斯耶拿 12/1 型	1977.5
布鲁克斯莱斯天文馆	布鲁塞尔　比利时	24	蔡斯 II 型	1976.9
瓦尔纳天文馆	瓦尔纳　保加利亚		蔡斯耶拿 15/1 型	1976
布拉迪斯拉发天文馆	布拉迪斯拉发　斯洛伐克		蔡斯耶拿 23/25 型	
布拉格天文馆	布拉格　捷克	23.5	蔡斯耶拿 23/2 型	1960.11
哥本哈根天文馆	哥本哈根　丹麦	20.0	蔡斯 VI 型	
伦敦天文馆	伦敦　英国	20.0	蔡斯 IV 型	1958.3
发现之宫	巴黎　法国	15	蔡斯耶拿 15/DP 型	1979.10
维莱特天文馆	巴黎　法国	26	S STS	1984
威廉·福斯特天文馆	柏林　德国	20	蔡斯 V 型	1965.6
波鸿天文馆	波鸿　德国	20	蔡斯 IV 型	1964.11
汉堡天文馆	汉堡　德国	20.6	蔡斯 IV 型	1930.4
			蔡斯 VI 型(1983)年	

馆　名	所在城市及国家	圆顶直径（米）	天象仪型号	开馆日期（年、月）
德国博物馆—天文馆	慕尼黑　德国	15.0	蔡斯 IV 型	1960.5
蒙西特天文馆	蒙西特　德国	20.0	蔡斯 V 型	1981.9
哥白尼天文馆	纽伦堡　德国	18.0	蔡斯 V 型	1961.12
斯图加特天文馆	斯图加特　德国	20.0	蔡斯 VI 型	1977.4
沃尔夫斯堡天文馆	沃尔夫斯堡　德国		蔡斯耶拿 15/DPZ 型	
耶拿天文馆	耶拿　德国	23	蔡斯耶拿 23/7 型 蔡斯耶拿 23 型（1984年）	1969.4
尤金尼德斯天文馆	雅典　希腊	15.0	蔡斯 IV 型	1966.6
布达佩斯天文馆	布达佩斯　匈牙利	23.0	蔡斯耶拿 23/5 型	1977.8
赫普利天文馆	米兰　意大利	19.6	蔡斯 IV 型	1968.12
萨拉天文馆	罗马　意大利	19.0	蔡斯 II 型	1928.10
哥白尼天文馆	霍茹夫/卡托维兹　波兰	22.8	蔡斯耶拿 23/2 型	1955.2
洛特乌天文馆	奥尔兹丁　波兰		蔡斯耶拿 15/1 型	1973.2
波兹兰天文馆	波兹兰　波兰		蔡斯耶拿 15/1 型	
卡洛斯特天文馆	里斯本　葡萄牙	22.8	蔡斯耶拿 23/4 型	1965.7
朗琴天文馆	卢塞恩　瑞士	18	蔡斯 V. 型	1969.7
巴库天文馆	巴库　阿塞拜疆		蔡斯耶拿 23/6 型	1972.3
基辅天文馆	基辅　乌克兰	22.8	蔡斯耶拿 23/3 型	1962
圣彼得堡天文馆	圣彼得堡　俄罗斯	22.8	蔡斯耶拿 23/25 型	1959.10
莫斯科天文馆	莫斯科　俄罗斯	25.7	蔡斯耶拿 23/8 型	1977.5
里加天文馆	里加　拉脱维亚	16.0	蔡斯耶拿 23/3 型	1964.7
伏尔加格勒天文馆	伏尔加格勒　俄罗斯	22.8	蔡斯耶拿 23/15 型	1954.9
杜尚别天文馆	杜尚别　塔吉克		蔡斯耶拿 23/5 型	

附录 34

世界大型天文望远镜简表

大型折射望远镜

口径（厘米）	所属天文台	所在地	启用时间
102	叶凯士天文台	美国威斯康星州威廉斯湾	1897 年
91	利克天文台	美国加利福尼亚州哈密尔顿山	1888 年
83	默东天文台	法国塞纳一瓦兹省	1889 年
80	波茨坦天体物理台	德国波茨坦	1899 年
76	阿勒格尼天文台	美国宾夕法尼亚州匹兹堡	1914 年
76	普尔科沃天文台	俄罗斯圣彼得堡	
74	尼斯天文台	法国格劳斯山	1886 年
71.1	格林尼治皇家天文台	英国格林尼治	1894 年
68	阿什霍尔德天文台	德国柏林——特雷普托	1896 年
67	维也纳大学天文台	奥地利维也纳	1880 年
67	南非天文台	南非约翰内斯堡	1925 年
66.7	弗吉尼亚大学利德·麦考密克天文台	美国弗吉尼亚州夏洛茨维尔	1883 年
66	美国海军天文台	美国华盛顿	1873 年
66	格林尼治皇家天文台	英国赫斯特蒙苏	1897 年
66	斯特隆洛山天文台	澳大利亚堪培拉	1925 年

大型反射望远镜

口径（米）	所属天文台	所在地	启用时间
10	凯克天文台	美国夏威夷莫纳克亚	1992 年
6.5	美国史密松天文台	美国亚利桑那州霍普金斯山	1995 年

口径（米）	所属天文台	所在地	启用时间
6	专门天体物理台	俄罗斯高加索泽连丘克斯卡亚	1976 年
5	海耳天文台	美国加利福尼亚州帕洛玛山	1949 年
4.5	史密松天文台	美国狐普金斯山	1979 年
4.2	格林尼治皇家天文台南方天文站	西班牙拉帕尔玛岛	1987 年
4	美国美洲际天文台	智利托洛洛山	1976 年
3.9	英-澳赛丁泉天文台	澳大利亚新南威尔士州赛丁泉山	1975 年
3.8	基特峰国立天文台	美国亚利桑那州基特峰	1973 年
3.8	英-法-美莫纳克亚天文台	美国夏威夷莫纳克亚	1978 年
3.6	加-法-夏莫纳克亚天文台	美国夏威夷莫纳克亚	1979 年
3.6	欧洲南方天文台	智利拉西亚	1977 年
3.5	德国-西班牙天文中心	西班牙卡拉阿尔托	1984 年
3.5	欧洲南方天文台	智利拉西亚	1989 年
3.5	丹麦、芬兰、挪威、瑞典穆查乔斯岩天文台	西班牙加那利群岛拉帕尔马岛	1955 年
3.5	天体物理研究会天文台	美国新墨西哥州阿帕奇角	1993 年
3.5	威斯康星、印第安纳、耶鲁国立光学天文台	美国亚利桑那州基特峰	1994 年
3	利克天文台	美国加利福尼亚州哈密尔顿山	1959 年
3	美国宇航局天文台	美国夏威夷莫纳克亚	1979 年
2.7	麦克唐纳天文台	美国得克萨斯州洛克山	1968 年
2.7	加拿大不列颠哥伦比亚大学和拉瓦勒大学天文台	加拿大温哥华	1992 年
2.6	克里米亚天体物理台	乌克兰克里米亚	1961 年
2.6	比拉干天文台	亚美尼亚比拉干	1976 年
2.5	格林尼治皇家天文台南方天文站	西班牙拉帕尔马岛	1984 年
2.5	海耳天文台	美国加利福尼亚州威尔逊山	1917 年

口径（米）	所属天文台	所在地	启用时间
2.5	海耳天文台南天天文站	智利坎帕纳岛	1977 年
2.5	穆查乔斯岩天文台	西班牙拉帕尔马岛	1989 年
2.4	空间望远镜研究所	哈勃空间望远镜	1990 年
2.34	密执安、达特茅斯、麻省理工学院天文台	美国亚利桑那州基特峰	1991 年
2.34	印度巴普天文台	印度卡瓦洛	1985 年
2.3	澳大利亚国立大学天文台	澳大利亚新南威尔士州赛丁泉山	1984 年
2.29	怀俄明红外天文台	美国怀俄明州杰尔姆山	1977 年
2.28	亚利桑那大学斯图尔德天文台	美国亚利桑那州塔克森	1969 年
2.23	夏威夷大学莫纳克亚天文台	美国夏威夷莫纳克亚	1970 年
2.2	德国-西班牙天文中心	西班牙卡拉阿托	1979 年
2.2	欧洲南方天文台	智利拉西亚	1979 年
2.16	中国科学院北京天文台	中国河北兴隆	1988 年
2.13	美国基特峰国立天文台	美国亚利桑那州基特峰	
2	墨西哥普韦布拉天文光学电子研究所	墨西哥卡纳内阿	

大型施密特望远镜

口径(厘米)		所属天文台	所在地	启用时间
改正镜	主境			
134	200	卡尔·史瓦西天文台	德国图林根陶登堡	1960 年
124	183	海耳天文台	美国加利福尼亚州帕洛玛山	1948 年
124	183	英-澳赛丁泉天文台	澳大利亚赛丁泉山	1973 年
105	150	东京天文台木曾观测所	日本木曾	1976 年
100	135	乌普萨拉大学天文台	瑞典布鲁	1963 年
100	162	欧洲南方天文台	智利拉西亚	1972 年

口径(厘米)		所属天文台	所在地	启用时间
改正镜	主境			
100	152	安第大学天文研究所	委内瑞拉梅里达	1978 年
100	150	比拉干天体物理台	苏联亚美尼亚比拉干	1961 年
90	152	法国地球动力学与天文学研究探测中心	法国格拉斯	1981 年
84	120	比利时皇家天文台	比利时于克勒	1958 年
80	120	德国-西班牙天文中心	西班牙卡拉阿尔特	1980 年
80	120	里加综合技术学院天文台	拉脱维亚里加	1968 年
81	90	波伊登天文台	南非布隆方丹	

大型太阳望远镜

口径(厘米)		天文台名称	所在地
定天镜	成像镜		
203	152	基特峰国立天文台	美国亚利桑那州基特峰
101	162	萨克拉门托峰天文台	美国新墨西哥州森斯波特
120	100	克里米亚天体物理台	乌克兰克里米亚
120	100	伊尔库茨克天文台	俄罗斯伊尔库次克
112	76	萨克拉门托峰天文台	美国新墨西哥州森斯波特
104	70	基特峰国立天文台	美国亚利桑那州基特峰
91	81	基特峰国立天文台	美国亚利桑那州基特峰
91	66	罗宾森实验室	美国加利福尼亚州威尔逊山
80	60	默东天文台	法国塞纳-瓦兹省
76	61	海耳天文台	美国加利福尼亚州威尔逊山
60	60	海因里奇-赫兹研究所	德国波茨坦
55	65	施登堡天文研究所	俄罗斯莫斯科
	76	列日大学天文台	比利时列日
	65	大熊湖太阳观测台	美国加利福尼亚州大熊城
	65	东京天文台冈山观测站	日本冈山

口径(厘米)		天文台名称	所在地
定天镜	成像镜		
	60	北京天文台沙河观测站	中国北京沙河
	60	飞驒天文台	日本京都

大型射电望远镜

口　径	天文台名称	所在地
366 米抛物面(固定)	美国阿雷西博天文台	波多黎各
100 米抛物面	德国马克斯·普朗克射电天文研究所	德国埃费尔斯堡
76 米抛物面	英国焦德雷尔班克射电天文台	英国曼彻斯特
45 米抛物面(毫米波段)	日本东京天文台野边山观测站	日本野边山
30 米抛物面(毫米波段)	法-德毫米波射电天文研究所	西班牙格拉纳达
15 米抛物面(亚毫米波段)	英-荷亚毫米波天文观测站	美国夏威夷莫纳克亚
臂长 21 公里 Y 型综合孔径 25 米×27	美国国家射电天文台	美国新墨西哥州索科洛
5 公里线形综合孔径 12·8 米×8	英国穆拉德射电天文台	英国剑桥
1.62 公里线形综合孔径 25 米×14	荷兰韦斯特博克射电天文台	荷兰格罗宁根
1.6 公里十字形天线	澳大利亚悉尼大学射电天文中心	澳大利亚霍斯金斯敦
600 米环形反射面	俄罗斯专门天体物理台	俄罗斯高加索泽连丘克斯卡亚
530×30 米赤道式	印度塔塔基础科学研究所	印度乌塔卡蒙德
300×35 米子午式	法国巴黎天文台南锡射电观测站	法国南锡

附录 35

国际天文学联合会(IAU)专业委员会

代号	专业委员会名称	
	英文名	中文名
4	Ephemerides	历书
5	Documentation and Astronomical Data	学术资料与天文数据
6	Astronomical Telegrams	天文电报
7	Celestial Mechanics	天体力学
8	Positional Astronomy	方位天文学
9	Astronomical Instruments	天文仪器
10	Solar Activity	太阳活动
11	Radiation and structure of the Solar Atmosphere	太阳大气辐射与结构
14	Atomic and Molecular Data	原子与分子资料
15	Physical Study of Comets, Minor Planets and Meteorites	彗星、小行星和陨星的物理研究
16	Physical Study of Planets and Satellites	行星与卫星的物理研究
19	Rotation of the Earth	地球自转
20	Positions and Motions of Minor Planets, Comets and Satellites	小行星、彗星和卫星的位置与运动
21	The Light of the Night Sky	夜光天
22	Meteors and Interplanetary Dust	流星与行星际尘
24	Photographic Astrometry	照相天体测量
25	Stellar Photometry and Polarimetry	恒星测光与偏振测量
26	Double and Multiple Stars	双星与聚星
27	Variable Stars	变星
28	Galaxies	星系
29	Stellar Spectra	恒星光谱

代号	专业委员会名称	
	英文名	中文名
30	Stellar Radial Velocities	恒星视向速度
31	Time	时间
33	The Structure and Dynamics of the Galactic System	银河系结构与动力学
34	Interstellar Matter	星际物质
35	Stellar Constitution	恒星结构
36	Theory of Stellar Atmospheres	恒星大气理论
37	Star Clusters and Associations	星团与星协
38	Exchange of Astronomers	天文学家的互访
40	Radio Astronomy	射电天文学
41	History of Astronomy	天文学史
42	Close Binary stars	密近双星
44	Astronomy from Space	空间天文学
45	Stellar Classification	恒星分类
46	Teaching of Astronomy	天文教学
47	Cosmology	宇宙学
48	High Energy Astrophysics	高能天体物理学
49	The Interplanetary Plasma and the Heliosphere	行星际等离子体与太阳风层
50	Protection of Existing and Potential Obser vatory Sites	现有的和可供选用的天文台址的保护
51	Search for Extraterrestrial Life	地外生命的研究

附录 36

中国主要城市经纬度表

地名	北纬	东经	地名	北纬	东经
北京	39°.9′	116°.4′	青岛	36.0	120.3
上海	31.2	121.4	烟台	37.5	121.4
天津	39.1	117.2	南京	32.0	118.7
石家庄	38.0	114.4	无锡	31.5	120.3
唐山	39.6	118.1	苏州	31.3	120.6
邯郸	36.6	114.4	徐州	34.2	117.1
保定	38.8	115.4	合肥	31.8	117.3
太原	37.8	112.5	淮南	32.6	116.9
大同	40.1	113.2	蚌埠	32.9	117.3
呼和浩特	40.8	111.7	芜湖	31.3	118.3
包头	40.6	109.8	杭州	30.2	120.1
沈阳	41.8	123.4	宁波	29.8	121.5
大连	38°.9′	121°.6′	南昌	28°.6′	115°.9′
鞍山	41.1	123.0	九江	29.7	115.9
抚顺	41.8	123.9	福州	26.0	119.3
本溪	41.3	123.7	厦门	24.4	118.1
锦州	41.1	121.1	台北	25.0	121.5
阜新	42.0	121.6	高雄	22.0	102.3
长春	43.9	125.3	郑州	34.7	113.6
吉林	43.8	126.5	洛阳	34.6	112.4
哈尔滨	45.7	126.6	开封	34.7	114.3
齐齐哈尔	47.3	123.9	武汉	30.5	114.2
牡丹江	44.5	129.6	宜昌	30.6	111.2
鸡西	45.3	130.9	长沙	28.2	112.9
济南	36.6	117.0	衡阳	26.8	112.6

地名	北纬	东经	地名	北纬	东经
湘潭	27.8	112.9	乌鲁木齐	43.8	87.6
广州	23.1	113.2	伊宁	43.9	81.3
汕头	23.3	116.6	喀什	39.4	75.9
海口	20°.0′	110°.3′	克拉玛依	45.6	84.8
南宁	22.8	108.3	哈密	42.8	93.4
柳州	24.3	109.4	成都	30.6	104.1
桂林	25.2	110.2	重庆	29.5	106.5
西安	34.2	108.9	自贡	29.3	104.7
延安	36.5	109.4	贵阳	26.6	106.7
银川	38.4	106.2	遵义	27.7	106.9
石咀山	39.0	106.3	昆明	25.0	102.7
兰州	36.0	103.7	个旧	23.3	103.1
玉门	39.8	97.5	拉萨	29.6	91.1
西宁	36.6	101.8	日喀则	29.2	88.8
格尔木	36.4	94.9	昌都	31.1	97.1

附录 37

世界主要城市经纬度表

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Abu D′habi (Abū Zaby)	阿布扎比	54° 22′	E	24° 28′	N
Accra	阿克拉	0 15	W	5 33	N
Addis Abeba (Addis Ababa)	亚的斯亚贝巴	38 50	E	9 00	N
Aden	亚丁	45 12	E	12 45	N
Agana (Agaña)	阿加尼亚	144 45	E	13 28	N
Aiun,El	阿尤恩	13 12	W	27 09	N
Alexandria	亚历山大	29 54	E	31 12	N
Amman	安曼	35 56	E	31 57	N
Amsterdam	阿姆斯特丹	4 54	E	52 22	N
Andorra la Vella	安道尔	1 31	E	42 30	N
Ankara	安卡拉	32 52	E	39 56	N
Asunción	亚松森	57 40	W	25 16	S
Athinai (Athens)	雅典	23 43	E	37 58	N
Baghdād	巴格达	44 25	E	33 21	N
Bamako	巴马科	8 00	W	12 39	N
Bandar Seri Begawan	斯里巴加湾市	114 55	E	4 56	N
Bandung	万隆	107 36	E	6 54	S
Bangkok (Krung Thep)	曼谷	100 31	E	13 45	N
Bangui	班吉	18 35	E	4 22	N
Banjul	班珠尔	16 39	W	13 28	N
Bayrut	贝鲁特	35 30	E	33 53	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Beograd (Belgrade)	贝尔格莱德	20° 30′	E	44° 50′	N
Berlin	柏林	13 25	E	52 30	N
Bern (Berne)	伯尔尼	7 26	E	46 57	N
Bissau	比绍	15 35	W	11 51	N
Bogota	波哥大	74 05	W	4 36	N
Bombay	孟买	72 50	E	18 58	N
Bonn	波恩	7 05	E	50 44	N
Boston	波士顿	71 04	W	42 22	N
Brasilia	巴西利亚	47 55	W	15 47	S
Brazzaville	布拉柴维尔	15 17	E	4 16	S
Bridgetown	布里奇敦	59 37	W	13 06	N
Bruxelles (Brussel Brussels)	布鲁塞尔	4 20	E	50 50	N
Bucharest (Bucuresti)	布加勒斯特	26 06	E	44 26	N
Budapest	布达佩斯	19 05	E	47 30	N
Buenos Aires	布宜诺斯艾利斯	58 27	W	34 36	S
Bujumbura	布琼布拉	29 22	E	3 23	S
Cairo	开罗	31 15	E	30 03	N
Calcutta	加尔各答	88 22	E	22 32	N
Canberra	堪培拉	149 08	E	35 17	S
Caracas	加拉加斯	66 56	W	10 30	N
Chicago	芝加哥	87 38	W	41 53	N
Colombo	科伦坡	79 51	E	6 56	N
Conakry	科纳克里	13 43	W	9 31	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Copenhagen (KØbenhavn)	哥本哈根	12° 35′	E	55° 40′	N
Dacca (Dhaka)	达卡	90 22	E	23 42	N
Dar-es-Salaam	达累斯萨拉姆	39 17	E	6 48	S
Delhi	德里	77 13	E	28 40	N
Detroit	底特律	83 03	W	42 20	N
Dimashq (Damascus)	大马士革	36 18	E	33 30	N
Djazair, Al(Alger); Djezair, El(Alger)	阿尔及尔	3 08	E	36 42	N
Djibouti	吉布提	43 09	E	11 36	N
Dublin	都柏林	6 15	W	53 20	N
Fakaofo	法考福	171 14	W	9 22	S
Fort-de-France	法兰西堡	61 05	W	14 36	N
Gaborone	哈博罗内	25 55	E	24 45	S
Gangtok	甘托克(刚渡)	88 37	E	27 20	N
Genève (Geneva)	日内瓦	6 09	E	46 12	N
Georgetown	乔治敦	58 10	W	6 48	N
Godthab	戈特霍布	51 44	W	64 11	N
Guatemala	危地马拉	90 31	W	14 38	N
Hamburg	汉堡	9 59	E	53 33	N
Hamilton	哈密尔顿	64 47	W	32 17	N
Ha Noi	河内	105 51	E	21 02	N
Havana, La	哈瓦那	82 22	W	23 08	N
Helsinki	赫尔辛基	24 58	E	60 10	N
Ho Chi Minh; Thanh Pho	胡志明市	106 40	E	10 45	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Islamabad	伊斯兰堡	73° 10′	E	33° 42′	N
Jakarta	雅加达	106 48E	6 10	S	
Kābol (Kābul)	喀布尔	69 12	E	34 31	N
Kampala	坎帕拉	32 25	E	0 19	N
Kathmandu (Kātmāndu)	加德满都	85 19	E	27 43	N
Kiev (Kijev)	基辅	30 31	E	50 26	N
Kigali	基加利	30 04	E	1 57	S
Kinshasa	金沙萨	15 18	E	4 18	S
Kuala Lumpur	吉隆坡	101 43	E	3 09	N
Kuwait (Kuwayt, Al)	科威特	47 59	E	29 30	N
Leipzig	莱比锡	12 20	E	51 19	N
Leningrad	列宁格勒（彼得格勒）	30 15	E	59 55	N
Libreville	利伯维尔	9 27	E	0 23	N
Lima	利马	77 03	W	12 03	S
Lisboa (Lisbon)	里斯本	9 08	W	38 43	N
Liverpool	利物浦	2 55	W	53 25	N
Lome	洛美	1 21	E	6 08	N
London	伦敦	0 10	W	51 30	N
Los Angeles	洛杉矶	118 15	W	34 04	N
Luanda	罗安达	13 30	E	9 00	S
Lusaka	卢萨卡	28 17	E	15 25	S
Luxembourg	卢森堡	6 09	E	49 36	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Lyon	里昂	4° 51′	E	45° 45′	N
Madrid	马德里	3 41	W	40 24	N
Managua	马那瓜	86 17	W	12 09	N
Manila	马尼拉	120 59	E	14 35	N
Maputo	马普托	32 42	E	26 10	N
Maseru	马塞卢	27 29	E	29 15	S
México City	墨西哥城	99 09	W	19 24	N
Milano (Milan)	米兰	9 12	E	45 28	N
Mogadisho (Mogadiscio)	摩加迪沙	45 20	E	2 01	N
Monaco (Monacoville)	摩纳哥	7 25 E		43 43 N	
Montréal	蒙特利尔	73 34	W	45 31	N
Moskva (Moscow)	莫斯科	37 35	E	55 45	N
Nagoya	名古屋	136 55	E	35 10	N
Nairobi	内罗毕	36 49	E	1 17	S
Ndjamena	恩贾梅纳	15 03	E	12 07	N
New Delhi	新德里	77 12	E	28 36	N
Niamey	尼亚美	2 07	E	13 31	N
Ōsaka	大阪	135 30	E	34 40	N
Oslo	奥斯陆	10 45	E	59 55	N
Ottawa	渥太华	75 42	W	45 25	N
Panamà City	巴拿马城	79 31	W	8 58	N
Paris	巴黎	2 20	E	48 52	N
Philadelphia	费城	75 10	W	39 57	N
Phnom Penh	金边	104 55	E	11 33	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Plymouth	普利茅斯	62° 13′	W	16° 42′	N
Port-au-prince	太子港	72 20	W	18 32	N
Port Louis	路易港	57 30	E	20 10	S
Port of Spain	西班牙港	61 31	W	10 39	N
Potsdam	波茨坦	13 04	E	52 24	N
Praha (Prague)	布拉格	14 26	E	50 05	N
Pretoria	比勒陀利亚	28 10	E	25 45	S
Pyongyang	平壤	125 45	E	39 01	N
Qāhira, El (Qáhirah, Al)	开罗	31 15	E	30 03	N
Quito	基多	78 30	W	0 13	S
Rangoon	仰光	96 10	E	16 47	N
Riyād (Riyadh), Ar	利雅得	46 43	E	24 38	N
Roma (Rome)	罗马	12 29	E	41 54	N
Saint-pierre, I.	圣皮埃尔岛	56 12	W	46 46	N
San Jose	圣何塞	84 05	E	9 56	N
San Juan	圣胡安	66 07	W	18 28	N
San Marino	圣马力诺	12 26	E	43 56	N
San Salvador	圣萨尔瓦多	89 12	W	13 42	N
Santiago	圣地亚哥	70 40	W	33 27	S
Santo Domingo	圣多明各	69 54	W	18 23	N
São Tome	圣多美	6 44	E	0 20	N
Singapore	新加坡	103 51	E	1 17	N
Sofija (Sofia)	索非亚	23° 19′	E	42° 41′	N

地名		位置			
英文名	中译名	经度		纬度	
Stockholm	斯德哥尔摩	18 03	E	59 20	N
Suva	苏瓦	178 25	E	18 08	S
Tehrān (Teheran)	德黑兰	51 26	E	35 40	N
Thorshavn	托尔斯港	6 46	W	62 01	N
Tirana (Tiranë)	地拉那	19 50	E	41 20	N
Tunis	突尼斯	10 11	E	36 48	N
Ulaanbaatar	乌兰巴托	106 53	E	47 55	N
Valletta	瓦莱塔	14 31	E	35 54	N
Vancouver	温哥华	123 07	W	49 16	N
Vienna	维也纳	16 20	E	48 13	N
Vientiane	万象	102 36	E	17 58	N
Volgograd	伏尔加格勒	44 25	E	48 44	N
Warszawa (Warsaw)	华沙	21 00	E	52 15	N
Washington	华盛顿	77 02	W	38 54	N
Wellington	惠灵顿	174 46	E	41 18	S
Windhoek	温得和克	17 06	E	22 34	S
Yokohama	横滨	139 39	E	35 27	N

后 记

天文学是一门古老的学科。在几千年的人类文明中，天文学占有重要的地位。许多人自孩提时代就从长辈那里接受到天文学知识或有关天地的神话、传说。现在中学地理课本中就有一章介绍我们地球所处的太阳系和银河系的情况。自70年代以来，许多省市建立了中小型天文馆和天文爱好者协会；一些大、中学的天文研究会和天文爱好者小组亦如雨后春笋，纷纷成立。《天文爱好者手册》正是为配合教学和开展天文爱好者活动，使广大师生、天文普及工作者和天文爱好者获得比较全面系统的天文知识而编写的。

本书由北京天文馆李芝萍（主要编写第四章，小行星、彗星、流星等文章及附录）、朱晔华（主要编写第五章、第八章，日食和月食及有关天文台、天文馆的附录）、李良（主要编写第三章第一、二、九、十节、第六章、第七章，太阳、太阳系的起源及有关日、月食的附录）、中国科学院北京天文台许梅（主要编写恒星、星云星团、星系方面的文章及有关附录）、洪韵芳编写其余部分并统编全书。

在编写过程中，我们参考了《中国大百科全书·天文卷》、《简明天文学辞典》、《英汉天文学词汇》等书及《天文爱好者》杂志，并采用了其中的有关资料和数据。由于我们的水平有限，书中如有不妥和疏漏之处，敬希读者指正。