

行星地质学导论

高等学校教学参考书

〔美〕 B.P.格拉斯 著

地质出版社

行星地质学导论

中国科学院地质研究所 编

地质出版社

地质出版社

译 者 的 话

《行星地质学导论》(Introduction to Planetary Geology)是美国特拉华大学地质系 Billy P. Glass 博士编写的一本教科书,系剑桥行星科学丛书的第二集,1982年由英国剑桥大学出版社出版。

行星地质学是研究太阳系中的行星和它们的卫星、小行星、彗星,并包括降落到地球上的宇宙物质(陨石)等固体物质的性质、起源和历史。它运用研究地球性质、起源和历史的地质学原理、方法和技术对太阳系其它星体进行类比,又通过对其它行星的研究和从太阳系整体的角度出发来检验和补充对地球的研究。

人类进入空间时代之前,主要是通过天文望远镜的观察及一些遥测方法来研究地球以外的星体。当时行星地质学的发展非常缓慢。自进入空间时代以来,通过载人的或不载人的、着陆的或绕轨道飞行的各种空间探测器或宇宙飞船对地球以外星体的探测,获得了大量有关行星的信息,从而使行星地质学有了迅猛的发展。这些成就又对地质学的研究产生了深刻的影响。

Billy P. Glass 在编写这本综合性和入门性的教材时,注意收集了阿波罗号、水手号、海盗号和旅行者号等宇宙飞船空间探索中最新的和最主要的发现。从大家所熟悉的星体和工作方法入手,对行星逐个加以论述。Glass 还特别编写了关于陨石、尘埃、小行星和彗星等方面的内容,并在论述了上述星体之后编写了比较行星学一章。基于行星间的相互对比,他提出了一些结论性的意见。本书的最后一章是关于太阳系起源问题的论述,以引导读者从太阳系形成和发展的整体上对行星地质学作进一步地思考。

本书内容丰富,论述全面,简明易懂,文字简炼,附有大量的插图、照片和详尽的参考文献,是一本学习地球科学、行星科学或天文学的好教材。我们将此书译成中文,目的是希望它将对地球科学的进一步发展起着积极的作用。

参加本书翻译工作的有陈书田(前言、第一、二、三章和第十三章)、于纯仁(第四、五、六章)、郭文蓉(第七章)、李源明(第八章)、沈桂梅(第九章)、杨洪钧(第十章)、林清媛(第十一章)和陈磊(第十二章),由陈书田负责统稿。何起祥对全部译文进行了校订。

由于译者的专业知识和外文水平有限,疏漏、不当之处在所难免,尚请读者不吝指正。

译者

一九八五年五月

前 言

近十年来,由于空间计划的实施,使我们对月球和行星的认识与了解有了巨大的增长。自从人类于1969年首次踏上月球以来,我们对太阳系行星体的性质和历史的认识较以往的总和还要多。不过由于预算上的限制,空间探索似乎处于暂缓的(仍是有希望的)阶段,直到1985年或再晚一些时间,才安排新的行星探索任务。因此,看来现在正是仔细考虑人们对太阳系现有认识的一个理想的时机。本书的主要任务就是总结那些目前已知的关于太阳系中星体的性质和历史,以及塑造它们的地质作用。

本书主要供地质专业高年级学生和研究生使用。为使非地质专业学者阅读方便起见,作者尽量避免使用专门术语,并编入了包括方法方面和一般原理的章节(第二章)以及简短地概述地球知识的章节(第三章),以提供基础的知识。尽管作者力图使每个命题达到平衡,然而,概括的深度还是受到作者研究兴趣及现有资料的影响;因为作者试图概述行星地质学的整个领域,所以许多命题已超出作者专长的范畴。不过作者列出了大量的参考文献,以使有兴趣的读者能找到对各命题更详尽的和/或权威性的论述。

概括地说,第三章至第十一章,是以距人类最接近的和人类最熟悉的星体(即地球、陨石、月球)开始,到距人类最远的和最不熟悉的星体(即外行星及其卫星)而组织的。第五章和第六章没有论及行星体本身,而是涉及行星间的相互作用(如撞击成坑作用—第五章、玻陨石—第六章)。第十二章试图概括我们对行星的知识,并作了一些具推断意义的归纳。第十二章也为最后一章(第十三章)论述太阳系的起源作准备。许多章节在介绍我们现有的认识之前先介绍了一些历史背景,这虽然很重要,但为了使本书的篇幅适当,有必要把有关历史背景的资料压缩到最低限度。为使本书便于阅读,许多数据和毋庸置疑的事实皆以表列出,而不在正文中论述。

最后,还需指出的是,虽然我们现在获得了大量的资料,但在本书中所讨论过的一些结论仍然是初步的或者是具推测性的,谨请读者批判地阅读,并且不要将推论与事实加以混淆。

(致谢从略)

B. P. 格拉斯

1981年于美国特拉华

目 录

前言

第一章 绪 论	1
第一节 定义和历史背景	1
第二节 太阳系	2
一、太阳系的成员	2
二、行星的运动和空间位置	2
三、太阳系的起源简述	5
第二章 方法及一般原理	7
第一节 导言	7
第二节 行星大气圈	12
一、重要性	12
二、成分	13
三、温度和表面压力	14
四、大气圈循环	15
第三节 行星的表面	15
一、表面成分	15
二、表面性质	20
三、行星的表面作用	22
第四节 行星的内部	23
一、大小、质量和体密度	23
二、行星体的总成分	24
三、行星的构造	25
四、行星模型	30
五、内部作用——形态证据	30
第五节 行星体的演化	34
一、行星大气圈：地质活动性的标志	34
二、地质制图	34
三、多波谱成象	35
四、相对年代的测定	35
五、绝对年龄	36
第六节 行星研究	38
第三章 地球：比较的基础	40
第一节 导言	40
第二节 大气圈	41
一、密度和压力	41
二、成分	41

三、地球大气圈的构造	42
四、大气圈的循环	42
第三节 水圈	43
一、分布和体积	43
二、海水的化学成分	44
三、环流	44
第四节 岩石圈	44
第五节 磁场	45
一、描述	45
二、古地磁	48
三、起源	49
第六节 大陆漂移、海底扩张和板块构造	49
一、概况	49
二、海底扩张	50
三、板块构造与大陆漂移	55
第七节 地震活动	57
第八节 表面特征和形成过程	60
一、内力作用造成的地表特征	60
二、表生作用造成的地形特征	61
第九节 密度、内部构造和总化学成分	74
一、密度	75
二、内部构造	75
三、地球的成分	75
第十节 地球年龄和地球的演化	78
一、年龄	78
二、地质年代表	78
三、地球的历史	78
四、地球大气圈和水圈的形成及其历史	80
第十一节 岩石旋迴	81
第四章 陨石与星际尘埃	83
第一节 导言	83
一、历史背景	83
二、重要性	83
三、定义	84
第二节 陨落现象	84
吉林陨石雨	87
第三节 分类、内部构造与化学成分	87
一、引言	87
二、铁陨石	88
三、石陨石	91
四、石-铁陨石	95

五、角砾状的陨石	96
第四节 描述	96
一、大小	96
二、形状	96
三、表面特征	99
第五节 丰度	100
南极陨石	101
第六节 陨石年龄	102
一、形成时间的长短	102
二、形成年龄	103
三、气体滞留年龄	103
四、宇宙射线暴露年龄	103
五、陨落年龄(地面年龄)	104
第七节 陨石的识别	104
第八节 起源与演化	105
一、化学依据	105
二、陨石球粒的形成	106
三、CI类型的碳质球粒陨石	107
四、变质作用	107
五、冷却速率	108
六、撞击与角砾化	109
七、轨道	109
八、陨石的起源与历史	111
第九节 星际尘埃	111
一、背景	111
二、描述	113
三、通量	113
四、起源	113
第五章 陨石撞击坑与冲击变质作用	115
第一节 引言	115
第二节 成坑机制	116
一、压缩阶段	116
二、凿坑阶段	116
三、撞击坑的大小	118
四、撞击熔化	118
第三节 撞击坑形态及描述	119
一、简单撞击坑	120
二、复杂撞击坑	120
三、撞击坑的改造	121
第四节 陨石撞击坑的识别标志	122
一、概述	122

二、冲击变质作用	122
第五节 地面的撞击坑	127
一、数目与分布	127
二、撞击频率	131
三、地面撞击坑的典例	131
第六节 撞击成坑作用是一种地质作用	134
第六章 玻陨石	136
第一节 引言	136
一、定义	136
二、概况	136
第二节 撒布区	137
第三节 描述	138
一、颜色	138
二、大小与形状	138
三、表面特征	142
四、内部特征	143
第四节 化学性质	146
第五节 玻陨石年龄	148
第六节 微玻陨石	148
一、定义与识别	148
二、分布	149
三、描述	150
四、化学成分	150
五、年龄	152
六、撒布区大小及微玻陨石质量	154
第七节 其它类玻陨石的玻璃(假玻陨石)	154
一、美洲玻璃	154
二、Aouelloul玻璃	154
三、利比亚沙漠玻璃	155
四、Irghezites	155
五、达尔文玻璃(Queenstownite)	156
六、产自澳大利亚的高钠玻璃	156
第八节 起源	157
一、撞击起源的证据	157
二、月球起源抑或地球起源	158
三、母体物质	159
四、与玻陨石的形成有关的撞击坑	160
五、与地球上撞击成因有关的几个问题	161
第七章 月 球	163
第一节 引言	163
一、历史背景	163

二、基本资料	168
第二节 地貌	168
一、高地与月海	168
二、撞击坑	170
三、火山特征	178
四、构造特征	188
第三节 月表物质和成分	191
一、月表的物理性质：遥感资料	191
二、覆盖层	192
三、月表物质的岩性和成分	194
四、月表的成分：总括的看法	203
第四节 月表作用	204
一、陨石撞击和侵蚀作用	204
二、太阳风和宇宙射线的作用	205
三、火山作用	205
四、块体运动	206
五、总结	206
第五节 月球地层学	206
一、基础知识和原理	206
二、月球年代表	208
三、绝对年龄	209
第六节 月球内部	212
一、引言	212
二、地球物理资料	212
三、月球内部构造	215
第七节 月球的起源与演化	217
一、月球的起源	217
二、月球的地质演化	220
第八章 火星	223
第一节 引言	223
火星的研究历史	224
第二节 火星大气圈	229
一、成分、表面压力和温度	229
二、云、雾和霜	230
第三节 表面水和极帽	231
第四节 火星的表面	233
一、引言	233
二、自然地理区	233
三、表面特征	246
四、表面物质的性质与成分	263
五、表面作用	266

第五节 火星的内部	269
第六节 火星的地质历史	270
一、引言	270
二、地质历史	270
第七节 火星的卫星：火卫 1 和火卫 2	272
一、引言	272
二、表面特征	223
三、覆盖层	274
四、成分	275
五、卫星的起源	275
第九章 水星与金星	276
第一节 引言	276
第二节 水星	276
一、引言	276
二、大气圈	278
三、磁场	278
四、表面特征	278
五、表面物质的性质	287
六、内部	288
七、地质历史	289
第三节 金星	290
一、引言	290
二、大气圈和云层	292
三、金星的表面	296
四、内部	304
五、金星的地质历史	304
第十章 小行星和彗星	306
第一节 引言	306
第二节 小行星	307
一、引言	307
二、轨道	307
三、描述	310
四、小行星的组分和分类	312
五、数量和质量	317
六、小行星与陨石之间的相互关系	318
七、与类地行星的碰撞	320
八、小行星的起源和历史	320
第三节 彗星	322
一、引言	322
二、彗星的轨道和丰度	323
三、构造、大小和成分	325

四、彗星的性质	326
五、非引力作用力	327
六、黄道光和行星际尘埃	328
七、陨星团和陨石	328
八、彗星与地球相撞：通古斯克事件	329
九、彗星的起源	337
第十一章 外行星及其卫星	332
第一节 引言	332
第二节 木星	332
一、引言	332
二、木星的大气圈	335
三、磁场和辐射带	337
四、木星的内部	338
五、卫星和环状构造	340
第三节 土星	357
一、引言	357
二、大气圈	357
三、磁场和辐射带	358
四、成分和构造	358
五、环	359
六、卫星	362
第四节 天王星和海王星	369
一、引言	369
二、成分、构造和磁场	370
三、卫星和环	371
第五节 冥王星	372
一、引言	372
二、轨道与描述	373
三、起源	374
第十二章 比较行星学	375
第一节 引言	375
第二节 行星体的成分和构造	375
第三节 磁场	377
第四节 行星的大气圈	378
第五节 行星的表面	379
一、引言	379
二、撞击成坑作用	379
三、火山活动	380
四、构造作用	381
五、行星表面的高度	381
六、大气圈和水圈的作用	381

七、类地行星：小结与结论	382
八、伽利略卫星	382
第六节 行星的演化	382
第七节 摘要与结论	386
第十三章 太阳系的起源	388
第一节 引言	388
第二节 早期假说	388
一、引言	388
二、星云假说——十七世纪和十八世纪	389
三、灾变假说	390
四、电磁作用	392
五、星云假说的新生——二十世纪四十年代和五十年代	393
六、提要	396
第三节 当代观点	397
一、新资料	397
二、太阳系的起源	398
第四节 结束语	405
附录：重要的空间探索飞行	406
参考文献	408

第一章 绪 论

随着对太阳系直接探测的开始,行星科学获得了新生,它不仅受到了学术界的尊重,而且成为活跃的科学研究的前沿阵地之一。这门学科活跃到何种程度,其衡量标志是新发现层出不穷;老概念不断摒弃,其速度之快空前。在这些方面意见是广为一致的。如今,研究者们正面对着大量新的观测和理论,预示着认识太阳系的一次革命正在到来 (Hammond, 1974)。

第一节 定义和历史背景

行星地质学 (行星地球科学或天体地质学),是运用地质学原理和技术来研究太阳系中除太阳以外的其它凝聚的物质,即行星及其卫星、彗星和小行星的性质、起源和历史。行星地质学的范畴,包括遥感探测和宇航员对星体的登陆勘测;它还包括对在地球上发现并据认为属宇宙物质 (如陨石) 或宇宙作用产物 (如撞击坑和玻陨石) 的研究。

属于行星地质学领域的分枝科学包括月质学,更确切地说是月球学 (研究月球);陨星学 (研究陨星和陨石) 以及冲击变质作用 (研究陨石高速撞击岩石产生的效应)。

伽利略 (Galileo) 是用望远镜研究月球的创始人,并对月球上的暗色地区命名为月海 (maria 海—拉丁文)、明亮地区命名为月陆 (terrae 陆—拉丁文)。所谓月陆就是今天一般所说的高地或凸起的地面。由于伽利略是最早使用望远镜的研究月球者,所以他被称为月球学之父或奠基人。阿波罗计划的实施,将月球样品带回作直接鉴定,使近十年来的月球研究达到了顶峰 (French, 1977)。

虽然有关从天上降落石头的文字记载可以追溯到中国古代和古罗马时代,但肯定陨石是来自宇宙的物质仅仅是在十九世纪初期。陨石的现今概念,也就是它代表形成行星的基本组成物质 (wood, 1968),使人们在二十世纪五十年代初加强了对陨石的研究。在1969年阿波罗探索飞行任务从月球上采回样品之前,陨石是唯一可供实验室研究的宇宙样品。

美国亚利桑那州的陨石坑是第一个被公认为是由陨石撞击地球形成的坑。1960年,在那里发现了柯石英 (SiO_2 , 石英的一种高密度形式), 1962年发现了超石英 (SiO_2 的一种密度更高的变种)。以上事实及其它的发现,导向一个研究冲击变质作用的新领域 (French 和 Short, 1968)。

冲击变质作用 (shock metamorphism),是探讨物质在瞬时高压冲击波 (例如来自陨石的撞击作用) 下产生的物理、化学、矿物和形态的变化。冲击变质作用的证据,现在被认为是关于确认撞击构造的最好标志之一。结果,自1960年以来,被确认为撞击特征的数目有了急剧的增长 (French 和 Short, 1968)。

与地球不同,历史上对行星体的研究几乎全是由天文学家完成的。只有到1957年10月4日苏联发射第一颗人造地球卫星开创空间时代以后,地质学家才开始在研究地球以外的行星体上发挥了积极作用。

自1960年以来,发往火星、金星、水星和木星的空间探测器大大增加了我们对这些行

星及其卫星的了解 (Chapman, 1977) (见附录: 重要的行星空间探索飞行)。迄今, 我们的研究工作都是针对月球和类地行星或内行星 (水星、金星和火星) 的; 不过有四个探测器飞越了木星, 其中之一的先驱者 10 号 (Pioneer 10) 将于 1987 年成为第一个脱离太阳系的宇宙飞船。第二个, 即先驱者 11 号, 已于 1974 年 12 月飞越木星, 并于 1979 年 9 月穿过土星环。旅行者 (Voyager) 1 号和 2 号分别于 1979 年 3 月和 7 月飞过了木星。

第二节 太 阳 系

一、太阳系的成员

太阳系包括太阳、九个行星 (图 1.1) 和它们的月球或卫星、数以万计的小行星 (主要分布在火星和木星之间的轨道上)、数十亿的彗星、无数岩块或陨星以及巨量的尘埃和气体。行星, 按其到太阳的距离, 其顺序依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。水星、金星、地球和火星是内行星, 常称为类地行星。水星、金星、火星是些个体小 (直径 $< 13000\text{km}$)、密度大 ($3.39\text{--}5.52\text{g/cm}^3$)、石质的行星, 在成分与大小上与地球相似 (表 1.1)。外行星即木星、土星、天王星、海王星, 是太阳系中的大行星 (直径 $> 49000\text{km}$), 且密度小 ($< 2\text{g/cm}^3$), 主要由轻的气体元素如氢、氦所组成。鉴于外行星都在最大的行星木星之后, 故也称为类木行星。冥王星则是外行星中的一个例外, 它更象类地行星而不象类木行星。

二、行星的运动和空间位置

Ptolemy (大约公元 73—151 年) 说过: 地球是太阳系的中心, 其它星体包括月球、行星和太阳皆绕地球运行。Ptolemy 的太阳系观点统治了多达十五个世纪之久。哥白尼 (公元 1473—1543 年) 认为穿越天空的行星的运动, 用下列设想可以更好地加以解释, 即: 地球围绕自己的轴旋转, 地球及其它行星又围绕着太阳公转。稍后 (约公元 1600 年), Tycho Brahe 掌握了关于行星运行的详细记录并传授给他的助手 Johann Kepler (1571—1630 年)。根据这些详细记录, Kepler 发现了三个基本的描述行星运动的经验规律。关于行星运动的 Kepler 定律是:

(1) 各行星围绕太阳在一椭圆形轨道上运行, 太阳为椭圆的一个焦点 (图 1.2(a))。

(2) 面积定律—在太阳与行星间有一条假想的线, 它在相等的时间内扫过相同的面积 (图 1.2(b)), 即一个行星在其轨道上运行, 当靠近太阳时其速度增加, 而远离太阳时其速度减小。

(3) 谐和定律—对所有的行星来说, 行星距太阳平均距离的立方与行星运行周期平方之比为一常数 (运行周期是指物体绕轨道运行一周所需的时间), 即:

$$D^3/P^2 = K \quad (1.1)$$

式中 P 为行星运行周期, D 为行星距太阳距离, 此公式也可写为

$$P = \sqrt{D^3} \quad (1.2)$$

这时常数 $K=1$, 如果距离为天文单位 (1 天文单位为地球太阳间的平均距离), 则周期为年。

(1971, 1972) 行星的相对大小 (Newburn 1971)

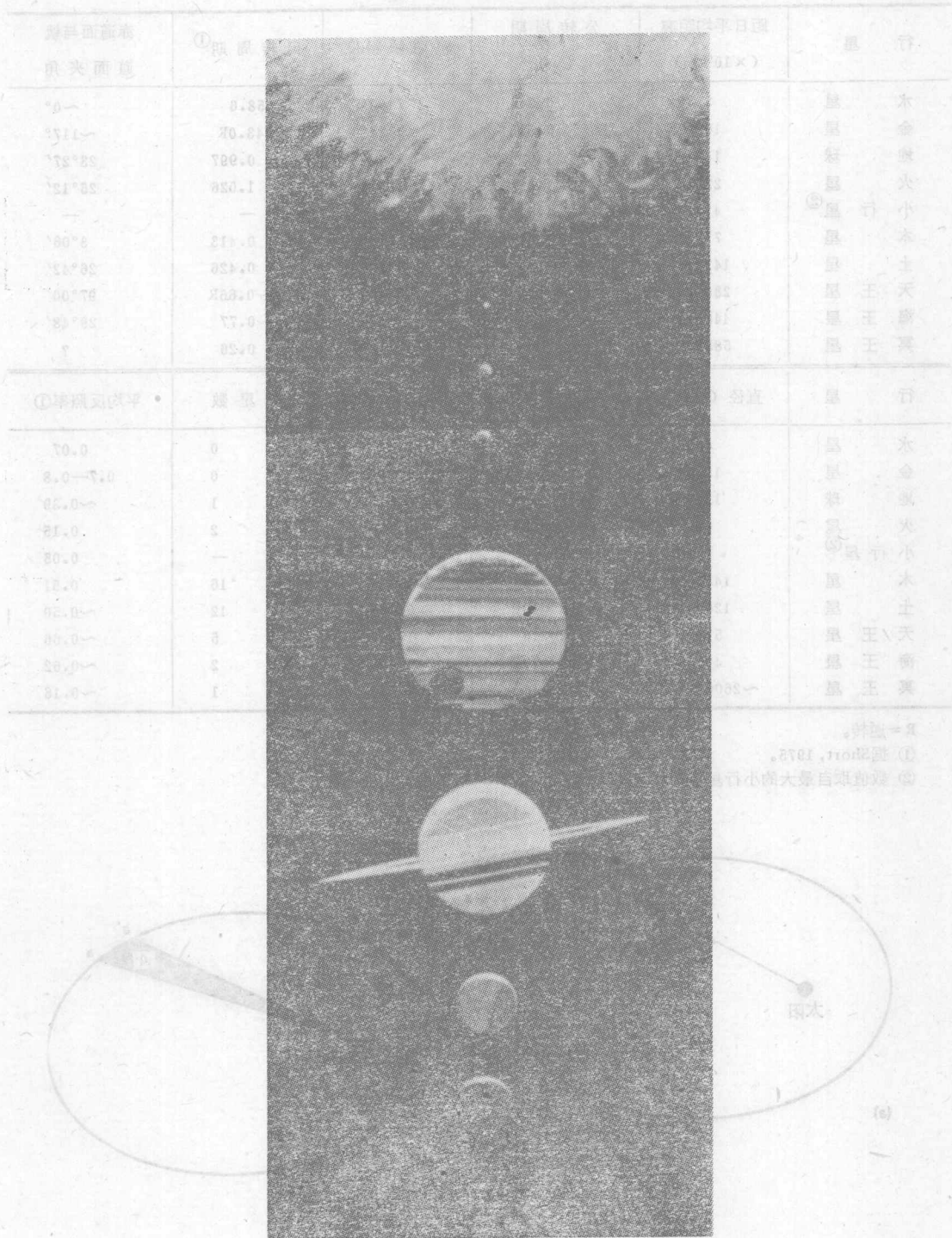


图 1·1. 太阳与行星相对大小示意图

太阳在上端。由太阳向外，各行星的顺序依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星 (NASA—美国国家航空和航天管理局)

表 1.1 行星的参数 (据Newburn修订, 1978)

行 星	距日平均距离 ($\times 10^6 \text{km}$)	公 转 周 期 (a)	轨道倾斜度	自转周期 ^①	赤道面与轨 道面夹角
水 星	57.9	0.241	$7^{\circ}00'$	58.6	$\sim 0^{\circ}$
金 星	108.2	0.615	$3^{\circ}24'$	243.0R	$\sim 117^{\circ}$
地 球	149.6	1.000	$0^{\circ}00'$	0.997	$23^{\circ}27'$
火 星	228.0	1.88	$1^{\circ}51'$	1.026	$25^{\circ}12'$
小 行 星 ^②	414.0	4.604	$10^{\circ}37'$	—	—
木 星	778.4	11.86	$1^{\circ}18'$	0.413	$3^{\circ}06'$
土 星	1424.6	29.46	$2^{\circ}29'$	0.426	$26^{\circ}42'$
天 王 星	2866.9	84.01	$0^{\circ}46'$	$\sim 0.66\text{R}$	$97^{\circ}00'$
海 王 星	4486.0	164.1	$1^{\circ}47'$	~ 0.77	$29^{\circ}48'$
冥 王 星	5889.7	247.0	$17^{\circ}10'$	0.26	?

行 星	直径 (km)	质量 (g)	密度 (g/cm^3)	卫 星 数	平均反照率 ^①
水 星	4800	2.28×10^{26}	5.44	0	0.07
金 星	12100	4.87×10^{27}	5.269	0	0.7—0.8
地 球	12756	5.98×10^{27}	5.517	1	~ 0.39
火 星	6794	6.42×10^{26}	3.945	2	0.15
小 行 星 ^②	1020	1.17×10^{24}	2.2	—	0.05
木 星	143200	1.90×10^{30}	1.314	16	0.51
土 星	120000	5.69×10^{29}	0.704	12	~ 0.50
天 王 星	51800	8.72×10^{28}	1.21	5	~ 0.66
海 王 星	49500	1.03×10^{29}	1.66	2	~ 0.62
冥 王 星	$\sim 2600(?)$	1.0×10^{25}	$\sim 1.0(?)$	1	~ 0.16

R = 逆转。

① 据Short, 1975。

② 数值取自最大的小行星谷神星 (据Chapman和Zellner, 1978)

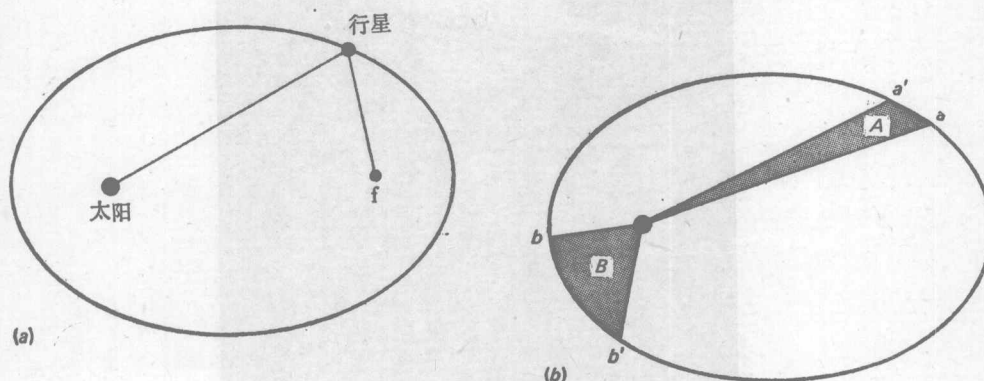


图 1.2 Kepler第一和第二定律的说明

(a)—Kepler第一定律说明各行星沿椭圆轨道绕日公转, 太阳为椭圆中的一个焦点。图中的f代表假设的第二个焦点。从f到行星然后再到太阳的距离为一常数。

(b)—Kepler第二定律 (面积定律), 说明一条位于太阳和行星间的假想线在同样的时间内扫过相等的面积。因之, 假如敷以黑点的面积A等于B, 则一行星由a达到a'与由b达到b'的时间相等

地球绕日公转的平面叫黄道面，大多数行星其轨道与黄道面的夹角都在 4° 以内，只有两个较小的行星，即水星(7°)和冥王星(17.17°)例外，它们一个最靠近太阳，一个距太阳最远。所有行星公转方向与太阳绕自转轴旋转的方向相同(从北极上方看为逆时针方向)。

除天王星外，尔今各行星的自转轴与黄道面法线夹角均在 27° 以内。天王星的自转轴倾角约 98° ，几乎与黄道面平行，结果形成逆向的(顺时针)自转。只有金星是另一个逆转的行星。

各行星距太阳近似的平均距离可用 Titius-Bode 法则(或称为Bode法则)来计算。采用这个法则可以写出 0, 0.3, 0.6, 1.2……(每次乘以 2)直到 38.4。现在给每个数值加上 0.4，得出用天文单位表示的每个行星距太阳的近似平均距离(表 1.2)(1 天文单位 = $1.49 \times 10^8 \text{ km}$)。

表 1.2 Bode 法则预测行星距太阳的距离(按天文单位计算)

星 行	距太阳的距离(天文单位)	
	预测的距离	实际的距离
水 星	$0.0 + 0.4 = 0.4$	0.39
金 星	$0.3 + 0.4 = 0.7$	0.72
地 球	$0.6 + 0.4 = 1.0$	1.00
火 星	$1.2 + 0.4 = 1.6$	1.52
小 行 星	$2.4 + 0.4 = 2.8$	2.8
木 星	$4.8 + 0.4 = 5.2$	5.20
土 星	$9.6 + 0.4 = 10.0$	9.54
天 王 星	$19.2 + 0.4 = 19.6$	19.19
海 王 星	$38.4 + 0.4 = 38.8$	30.07
冥 王 星		39.46

当Bode法则开始提出的时候，还不知道有小行星带，但 Bode 法则指出：一定有一个行星位于火星和木星之间，其距太阳平均距离应为 2.8 天文单位。寻找这个行星的结果是发现了小行星带。这个带里的小行星平均距日为 2.8 天文单位。除海王星和冥王星外，用 Bode 法则计算的太阳与行星间的距离和实际观测的结果非常一致。(预测的海王星距日距离与冥王星的平均距日距离较吻合；有人提出冥王星是海王星丢失的一颗卫星。事实上，冥王星的轨道经过海王星轨道的内侧，也就是冥王星有时较海王星距太阳更近)。

大的卫星具有近圆形的轨道，它们位于各自行星的自转平面内，卫星绕其行星公转的方向与行星绕日公转的方向一致(从北极位置上看到为逆时针方向)。不过有几个较小的卫星具有很扁的椭圆轨道，且约有 1/5 具逆行轨道。

我们拥有其资料的少数卫星的自转，与大多数行星一样是呈逆时针方向自转的。

与行星距日越远其密度越小的情况一样，木星的四个大卫星(伽利略卫星)也随着距木星越远而密度减小。此外，卫星-行星的质量比大致与行星-太阳的质量比一致，从而卫星系统看来在许多方面与行星系统极为相似。

三、太阳系的起源简述

有关太阳系起源的更详细的讨论已安排在陨石、小行星和彗星、行星及其卫星诸章之后的第十三章中。不过，关于太阳系起源现代见解的简述，将有助于我们更好地了解下述