



全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

地球科学概论

张珂 郑卓 主编



中国出版集团 现代教育出版社

全国高校素质教育教材研究编审委员会审定



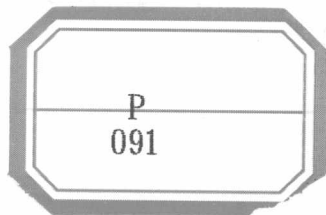
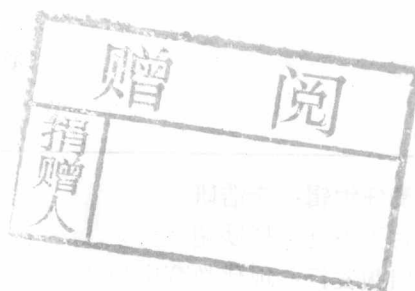
CS2041841

地球科学概论

张珂 郑卓 主编

1251441

P
091



重庆师大图书馆

现代教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地球科学概论/张珂, 郑卓主编. —北京: 现代教育出版社, 2009.01
(大学生素质教育读本)

ISBN 978-7-80196-464-9

I. 地… II. ①张… ②郑… III. 地球科学—概论 IV. P

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第005239号

地球科学概论

张珂 郑卓 主编

责任编辑: 李浩研

封面设计: 杨铁超

出版发行: 现代教育出版社

社 址: 北京市朝阳区安定门外安华里 504 号 E 座 邮编: 100011

电 话: 010-87677512

印 刷: 新颖印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 24.75

字 数: 584 千字

版 次: 2009 年 12 月第 1 版

印 次: 2009 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80196-464-9

定 价: 46.00 元

版权所有 翻印必究

序 言

地球科学是一门博大精深的科学。它牵涉到物理、化学、生物、大气、海洋等多门学科，不仅关注地球，还涉及遥远的太空，充满了奥秘和思辨，凝聚着智慧和哲理。以多学科作为研究背景，以大地作为研究对象，地球科学能使人心胸开阔、高瞻远瞩。

地球科学是一门充满乐趣和诗意的科学。既要深入到青山绿水中去观察地球，也要透过显微镜去了解世界；既要监测和预测地球的脉动，又要追寻遥远的过去，探索已经消失了的风景……地球科学能使人浮想联翩、诗意盎然。

地球科学是一门肩负着人类历史使命的科学。资源、环境和人口是 21 世纪世界面临的三大难题，其中前二者都与地球科学有着最密切的联系，既向地球科学提出了更高的要求和挑战，也为地球科学提供了良好的机遇和发展空间。地球科学肩负着国家、民族和人类的重大使命，大有用武之地。

地球科学的研究内容涵盖了地质学、地理学、大气科学、环境科学以及生命科学等多个学科，涉及到大气圈、水圈、生物圈、岩石圈等地球各圈层的知识领域，以及这些圈层所支配着的资源、环境、生态和人类活动等问题。各圈层的相互作用研究是目前地球科学的发展方向。

《地球科学概论》是大学地质学、地理学、大气科学等一级学科的基础课，也常是全校公共选修课（或通识课），还是普及地学知识、树立“善待地球、保护环境”意识的重要阵地，肩负着专业教育和素质教育的重担，不但是地学各专业的入门课程，其知识结构也是 21 世纪创新型人才的必备素养。因此，《地球科学概论》是十分重要的基础课。

对于大学《地球科学概论》的定位，有不同的认识，如普通地质学、动力地质学（甚至地球动力学）、地球科学概论、地球系统科学、综合地质学等等。本书把《地球科学概论》定位为入门课程，它是地球科学的绪论，是通过后续课程的桥梁，是地球科学殿堂的大门，也是一道色香味俱全的美味佳肴，在科学兴趣——科学素养——科学精神的培养历程中，主要承担其第一阶段的任务，当然也兼顾第二阶段的部分内容。

《地球科学概论》教材很多，本书不但注重基本知识和技能的传授，力图做到体系完善、条理清晰、层次分明，也注重可读性和趣味性，插入科学家研究的小插曲、小故事；展示地球科学广博的学科背景，也分析前人的贡献、挫折和智慧，有时还提高到认识论的角度和哲学层面分析讨论，简要介绍科学理论的构筑与评价、观察与理论、真理与抽象、科学与真理等问题，从而使读者的思想深入进哲学当中，升华到认识论的高度。还会结合相关章节，介绍科学研究和生产实践中的认识和存在问题。总之，本书力争做到“严密和生动相结合、深入与广博相结合、历史与前沿相结合、理论与生产实际相结合”，把“四个相结合”贯穿始终，与知识传授融为一体，在传授知识的同时，注重传授智慧，

这可能是创新型人才培养的途径之一，也是本书的一大特色。

本书注重知识的连贯性，注重知识的前后联系和对比；在重点和难点处，插入问题思考，提醒读者注意；重要名词中英文对照，每章后配备中、英文练习、推荐英文短文阅读，注重培养学生的双语意识和能力。

本书精选了一些照片和图片，使内容和形式更趋完满统一，使读者在获取知识和智慧之余，还能欣赏自然之美。

本书不是词典、不是百科全书，不追求多而全，虽然内容较为丰富多彩，但知识点却不是很多，而侧重于方法、思路、智慧和兴趣的培养，大部分内容力求起到“烘云托月、绿叶红花”之效果，从某种意义上说，地球科学各知识点只是科学智慧的载体，本书更偏重于后者。

本书可以作为专业基础教材，也可以作为科普读物。

目 录

第一章 太阳系与地球行星	1
第一节 研究简史	1
第二节 行星运动定律	3
第三节 太阳系	4
第四节 学科进展	18
第五节 推荐英文短文	20
本章小节	21
重要术语	22
思考题	22
相关网站推荐	23
第二章 地球的年龄和地质年代	24
第一节 研究简史	24
第二节 相对地质年代	26
第三节 绝对年龄	28
第四节 地质年代表	29
第五节 地球和地球生命的进化	31
第六节 学科进展	39
第七节 推荐英文短文	43
本章小节	44
重要术语	44
思考题	45
相关网站推荐	45
第三章 地球的物质组成	46
第一节 研究简史	46
第二节 地壳中元素的丰度	48
第三节 矿物	48
第四节 岩浆岩	54
第五节 沉积岩	60
第六节 变质岩	62

第七节 岩石循环	65
第八节 学科进展	65
第九节 推荐英文短文	67
本章小节	68
重要术语	69
思考题	70
相关网站推荐	71
第四章 岩石变形与地质构造	72
第一节 研究简史	72
第二节 岩石变形	74
第三节 岩石空间形态的确定	76
第四节 褶皱	78
第五节 节理	81
第六节 断层	81
第七节 地层接触关系	85
第八节 学科进展	86
第九节 推荐英文短文	88
本章小节	89
重要术语	90
思考题	91
相关网站推荐	92
第五章 地震与地球的内部构造	93
第一节 研究简史	93
第二节 地震测量	96
第三节 地震成因	101
第四节 地震的时空分布	102
第五节 地震预报	103
第六节 诱发地震	104
第七节 地球的内部构造	105
第八节 地球的均衡与重力	108
第九节 学科进展	110
第十节 推荐英文短文	111
本章小节	112
重要术语	113
思考题	114
相关网站推荐	114

第六章 岩石圈板块构造	115
第一节 研究简史.....	115
第二节 大陆漂移.....	117
第三节 海底扩张.....	119
第四节 板块构造.....	122
第五节 学科进展.....	129
第六节 推荐英文短文.....	131
本章小节	133
重要术语	134
思考题	135
相关网站推荐	135
第七章 地球的大气圈	137
第一节 研究简史.....	137
第二节 地球大气的起源.....	139
第三节 大气的物质组成.....	141
第四节 大气的垂直结构.....	143
第五节 大气基本状态参数.....	144
第六节 大气的热力和温度.....	146
第七节 大气的运动.....	153
第八节 大气环流.....	157
第九节 学科进展.....	163
第十节 推荐英文短文.....	167
本章小节	168
重要术语	169
思考题	170
相关网站推荐	171
第八章 风化作用和斜坡地貌	172
第一节 风化作用.....	172
第二节 块体运动和斜坡地貌.....	178
第三节 学科进展.....	182
第四节 推荐英文短文.....	183
本章小节	184
重要术语	185
思考题	186
相关网站推荐	186

第九章 地表水流及其作用	187
第一节 研究简史	187
第二节 暂时性流水	189
第三节 河流的地质作用及河流地貌	191
第四节 湖泊简介	199
第五节 学科进展	201
第六节 推荐英文短文	203
本章小节	204
重要术语	205
思考题	205
相关网站推荐	206
第十章 地下水及其作用	207
第一节 研究简史	207
第二节 地下水的基本概念	208
第三节 地下水的地质作用	213
第四节 学科进展	216
第五节 推荐英文短文	218
本章小节	220
重要术语	221
思考题	222
相关网站推荐	222
第十一章 冰川及冰川作用	223
第一节 研究简史	223
第二节 冰川的形成和类型	226
第三节 冰川的地质作用及冰川地貌	232
第四节 学科进展	239
第五节 推荐英文短文	241
本章小节	243
重要术语	244
思考题	244
相关网站推荐	245
第十二章 风沙与黄土	246
第一节 研究简史	246
第二节 风沙	249
第三节 黄土	257

第四节 黄土与古环境	261
第五节 学科进展	263
第六节 推荐英文短文	264
本章小结	265
重要术语	266
思考题	266
相关网站推荐	267
第十三章 海洋与海岸带	268
第一节 研究简史	268
第二节 海洋环境分区	271
第三节 海水的组成	272
第四节 海水的温度与密度	274
第五节 海水的运动	276
第六节 海岸带与海岸地貌	284
第七节 深海沉积	288
第八节 科学进展	292
第九节 推荐英文短文	295
本章小结	297
重要术语	298
思考题	298
相关网站推荐	299
第十四章 地球的资源	300
第一节 不可再生资源	300
第二节 土地资源	313
第三节 水资源	317
第四节 生物资源	321
第五节 可再生能源	323
第六节 学科进展: 海域油气资源 ——中国未来能源的生力军	326
第七节 推荐英文短文	328
本章小结	330
重要术语	331
思考题及练习题	331
相关网站推荐	331
第十五章 全球变化与地球系统科学	333
第一节 研究简史	333
第二节 地球系统-圈层的相互作用	335

第三节 人类圈及其发展.....	340
第四节 全球变化.....	343
第五节 学科前沿.....	351
第六节 推荐英文短文.....	357
本章小结	358
重要术语	359
思考题	359
相关网站推荐	359
参考文献	360
术语索引	365
重要人物索引 (中文)	373
重要人物索引 (西文)	375
编后语	377

第一章 太阳系与地球行星

第一节 研究简史

大地是平的,对早期人类来说,似乎天经地义,不容置疑。中国古代就有“天圆地方”之说,但“圆天”和“方地”如何衔接,无人深究。然而,古代世界上有的民族却有过大地是球形的猜想。古希腊是一个充满思辨的时代,毕达哥拉斯(Pythagoras,生于公元前580~572年之间,死于公元前500~490年之间)曾朦胧地感到,大地应为球体,理由很简单,球体是最完美和谐的几何形态。直至亚里士多德(Aristotle,公元前384~322年)才对此作了详细论证。他设想,地球各部分都向中心会聚和塌缩,结果形成球体;他发现,南方所见星空要比北方高,埃及部分星空到了塞浦路斯就看不见了;他认为,月食时月亮上的圆形阴影就是地球的投影。他把地球划分出寒、温、热三带。埃拉托色尼(Eratosthenes,公元前294~276年)注意到,埃及南部的赛恩(Syene)夏至立竿无影、阳光直射井底,而北部的亚历山大(Alexandria)“立竿见影”,立竿与太阳光线有 7.2° 夹角,据此推算出地球的周长和半径,所得结果与现代测量值竟然相差无几,误差仅5%~10%。然而,差不多等了两千年,麦哲伦(Ferdinand, Magellan, 1480~1521年)的船队成功环球旅行之后,“地圆”才成为共识。

天文学最早与占星学密不可分,古代西方人认为,预测未来,靠看天象,天上的星星,隐藏着命运的秘密,占星学成了占卜算卦的重要手段,当然,占星学还肩负着制定历法的任务。古代西方最著名的占星学家要数古罗马的托勒密(Ptolemy,约公元90年~168年)^①了,他发展了亚里士多德的地心说,把地心说定量化。

“地心说”认为,所有天体,无论月亮、太阳、还是各大行星都围绕着地球旋转,为了计算各自的轨道,并解释行星的“逆行”(retrograde motion),托勒密加入了“本轮”(epicycle),认为天体在围绕地球运转的同时,还围绕着一个虚拟的小圆转动。

托勒密用“地心说”比较成功地计算出天体运行周期,编制了历法,虽然从某种程度上说,“地心说”和“日心说”是等效的,但计算复杂,误差又大。

尽管如此,“地心说”还是“生存”了一千多年,一方面是人的错觉,日出日落,斗转星移,“不证自明”;另一方面,也与宗教或神学的观念相吻合。虽然现在看来,“地心说”是荒谬的,但与“地平说”相比,却是巨大的进步,而且比麦哲伦早了1500多年。

波兰学者哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473~1543年)(图1-1)出生于富有的铜

^① 他出生和生活在古罗马统治下的埃及,属罗马公民,但有学者认为他是希腊人。

商家庭，以致他的姓与铜（copper）有关^①。在大学里学习天文学的同时，他接触到了占星学，感到托勒密体系不但冗长复杂，而且错误百出，然而，如果太阳和地球换位，把太阳放在宇宙的中心，所有计算都立刻变得非常简单，而且精度提高，就连他自己也万万没有想到，地球和太阳的这一换位，会对整个科学界、甚至人类思维和进步产生了巨大的影响。

《天体运行论》（On the Revolutions of the Celestial Spheres）是在哥白尼去世那年出版的，书中指出，地球不像亚里士多德认为的那样静止不动，也不是宇宙的中心，充其量不过是月球轨道的重心而已。他认为，太阳才是宇宙的中心，人类所看到的天空运动实际上是由地球自转造成的，行星的逆行也是地球围绕太阳旋转的效应，不需要用“本轮”解释。由于担心“日心说”与当时科学界的流行观点相冲突，更担心受到来自宗教势力的迫害，天体运行论这本传世之作是用比较生僻的文字——拉丁文写成的。但无论如何，天体运行论标志着现代天文学的开始，也是现代科学的起点。

意大利学者布鲁诺（Giordano Bruno，1548～1600年）和伽利略（Galileo Galilei，1564～1642年）都是“日心说”的坚决拥护和宣传者。1632年，伽利略发表了《两个世界的对话》（Dialogue on the Two Great World Systems），为哥白尼辩护，遭到了罗马教廷的迫害，强迫他放弃哥白尼学说并承认“错误”，并被软禁在家中度过最后十年，还把伽利略的书列入禁书清单，甚至荒谬地宣布他今后写的书也将是禁书。布鲁诺进一步发展了“日心说”，他认为，太阳只不过是无数恒星中的一颗，并非宇宙中心；宇宙在时间和空间上都是无限的，与基督教关于宇宙创世和毁灭的观念不符^②。为此，遭到了罗马天主教廷的多项指控，并被活活烧死。面对放弃信念或放弃生命两种抉择时，他毫不犹豫地选择了后者，他坚持真理、追求真理的科学精神，至今依然闪闪发光。

“日心说”撼动了创世论，意味着自然界有独立于神意志以外的未知和奥秘，也有独立于人的意志以外的规律和新知。“日心说”逐渐流行，激发了探索自然规律的热潮，先后涌现出许许多多伟大的科学家和哲学家，例如，开普勒、伽利略、达·芬奇、牛顿、赫顿、休谟等等。开普勒（Johannes Kepler 1571～1630年）是“日心说”的捍卫者和发展者，他把物理学引入了天文学，提出了行星运动的三定律，为牛顿发现万有引力定律奠定了基础。既然自然科学有规律可寻，那么社会科学呢？英国学者亚当·史密斯（Adam Smith，1723～1790年）熟知自然科学进展，曾撰写天文学史（History of Astronomy），受“日心说”启迪，认为与自然科学一样，社会科学也应有不为人意志为转移的客观规律，在他著名论著《国富论》（The Wealth of Nations）中提出了价值规律学说，认为一

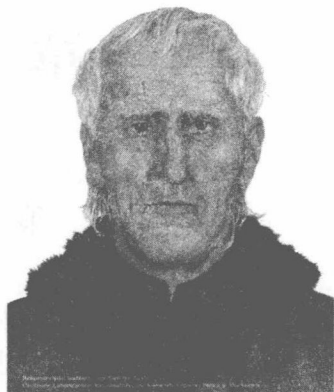


图 1-1 哥白尼头骨的电脑复原像
波兰和瑞典科学家根据 Frombork 教堂墓穴中的头骨 DNA 与哥白尼书内头发 DNA 对比确定为哥白尼的头骨(2008 年)。

① 60 岁前后，他签名更多用 Copernic，天体运行论的签名为 Nicolaus Copernicus，是拉丁化的名字。

② Space and time were both conceived as infinite. There was no room in his stable and permanent universe for the Christian notions of divine creation and Last Judgement.

只看不见的手调节着市场。他的贡献，使他获得“现代经济学之父”的称号。

思想的大解放，自然科学和社会科学的大发现，推动了人类的巨大进步，文学、艺术、自然科学、社会科学和哲学都进入了百家争鸣、空前繁荣的时代，这就是后人所称的“文艺复兴”（14~17 世纪）时期。

技术革新、革命对人类固然会带来巨大影响，但理论的进步、思想的解放对推动人类进步的作用往往更加不可估量。

第二节 行星运动定律

德国天文学家开普勒（Johannes Kepler, 1517~1630 年）是丹麦著名天文学家第谷（Tycho Brahe, 1546~1601 年）的学生和继承人，他对哥白尼学“日心说”进行了数学证明，将其推向新的高度，其所发现的“行星运动定律”（Laws of planet movement）（又称开普勒定律，Kepler's laws）改变了整个天文学，因此也被后人赞誉为“天空的立法者”。

开普勒定律由三个定律组成。

第一定律（轨道定律）：行星轨道为椭圆，太阳位于椭圆轨道的一个焦点（有别于哥白尼所说的位于行星圆形轨道的中心）（图 1-2）。

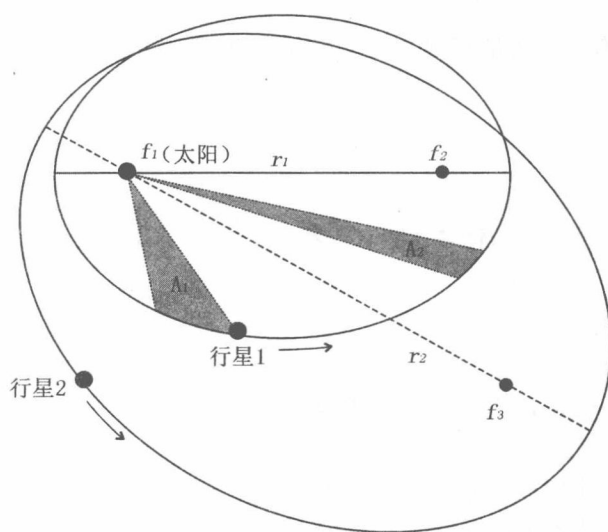


图 1-2 开普勒三大定律图解

- (1) 行星轨道为椭圆，行星 1 椭圆轨道的焦点为 f_1 、 f_2 ，行星 2 椭圆轨道的焦点为 f_1 、 f_3 ，太阳位于焦点 f_1 ；
- (2) 两个阴影区 A_1 、 A_2 面积相等，扫过的时间相等；
- (3) 行星 1、2 的轨道周期和平均距离之比为， $T_1 : T_2 = r_1^{3/2} : r_2^{3/2}$ ，（据 Wikipedia, the free encyclopedia, 2008，略改）。

开普勒第二定律（面积定律）：太阳到行星连线在相等时间内扫过相等的面积（图

1-2), 即 $A_1=A_2$, 第二定律意味着, 行星在近日点较远日点运动速度快。

开普勒第三定律(周期定律): 行星运转周期的平方与行星太阳平均距离的立方成正比。因此, 距太阳距离越远, 行星公转周期越长(图 1-2 和图 1-3)。

即: $T^2=kr^3$ (其中: r =行星公转轨道半长轴, T =行星公转周期, k =常数)。

实际上开普勒定律对卫星轨道也是适用的。

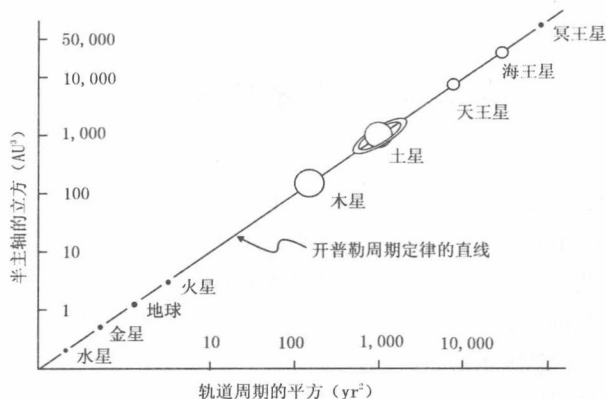


图 1-3 开普勒行星运动第三定律图解

其中 AU 为天文单位, Astronomical Unit, 约等于地球与太阳的平均距离, $1\text{AU}=149\,597\,870\,691\pm 30\text{m}$ 。

思考: 行星轨道为什么是椭圆? 行星和太阳的平均距离如何计算? 开普勒定律是否适用于卫星运行?

第三节 太 阳 系

一、太阳系简述

太阳系(Solar system)形成至今至少 46 亿年, 由太阳、8 大行星、152 颗卫星、若干矮行星以及无数小行星、彗星及陨星组成。

太阳位于中心, 由内往外分别是: 水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。冥王星因个头不大, 直径仅 2 252km, 质量太小, 不如月球, 于 2006 年被国际天文联合会(International Astronomical Union, IAU)投票“开除”出太阳系行星行列, 改称“矮行星”(Dwarf planet)^①。离太阳近的水星、金星、地球及火星称为类地行星(内行星)(Terrestrial planets, inner planet), 离太阳远的木星、土星、天王星、海王星称为类木行星

^① 随着被发现的行星数量增加, 天文学家对行星进行了重新定义: (1) 行星不能太大, 星体内部无热核反应; (2) 行星不能太小, 其引力能够使山峰坍塌而成球形; (3) 行星轨道附近无质量相当的其他天体; (4) 不是卫星(月球等不能称为行星)。前 3 点归结为对行星的质量要求。新定义后, 冥王星、谷神星(Ceres)、齐娜(即 2003UB313, 或 Eris)等“身份”相同。卡戎(Charon)为冥王星的卫星。

(外行星) (Jovian planets, outer planet)，冥王星特点介于类地行星和类木行星之间。

太阳质量巨大，占据了太阳系几乎所有质量，如果把太阳比作高尔夫球，地球则是4m 开外的砂砾，月球为距地球 1cm 的尘埃，木星为 18m 外的小卵石，而冥王星只是 150m 外的灰尘。

太阳和各行星的主要参数见表 1-1，相对位置见图 1-4。

表 1-1 太阳和太阳系行星主要参数

	轨道距离(AU)	偏心率	轨道周期	质量(地球=1)	直径(地球=1)	自转周期	密度(地球=1)	表面重力(地球=1)	最高表面温度(℃)	已知卫星数量	大气组成
太阳				330,000	109	25.4d	1.42	28			
水星	0.39	0.206	88d	0.06	0.38	59d	0.98	0.38	315	0	几乎无
金星	0.72	0.007	225d	0.81	0.95	-243d	0.95	0.90	315	0	CO ₂
地球	1.00	0.017	365d	1.00	1.00	23.9h	1.00	1.00	60	1	N ₂ , O ₂
火星	1.52	0.093	1.9y	0.11	0.53	24.6h	0.71	0.38	24	2	CO ₂ , N ₂ , Ar
木星	5.2	0.048	11.9y	317.8	11.19	10h	0.24	2.34	-145	63	H ₂ , He
土星	9.5	0.054	29.4y	95.2	9.44	10.5h	0.12	1.16	-168	46	H ₂ , He
天王星	19.2	0.047	83.7y	14.5	4.10	17.2h	0.23	1.15	-183	27	H ₂ , He, CH ₄
海王星	30.1	0.009	163.7y	17.2	3.88	16h	0.30	1.19	-195	13	H ₂ , He, CH ₄

注：y-地球年，d-地球日，h-地球时。

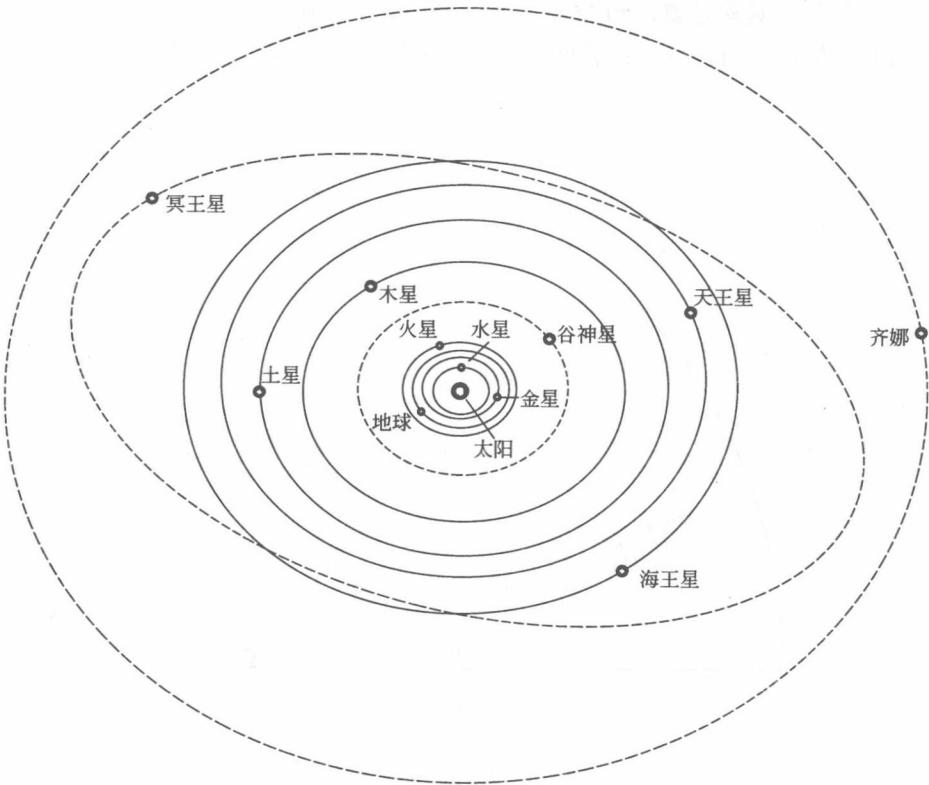


图 1-4 太阳系行星轨道
(实线为行星轨道，虚线为矮行星轨道，轨道示意，不按严格比例)

类地行星主要特点是：体积小、密度大 ($>3.0\text{g/cm}^3$)、自转慢、卫星少、主要成分为铁和各种硅酸盐类岩石。

类木行星的共同特点是：体积大、密度小 ($<2.0\text{g/cm}^3$)、自转快、卫星较多、表面都有很厚的大气圈，内部具有与类地行星相似的固体内核。

火星与木星之间为小行星带，由不规则的岩石构成，数量多于 10 万。可能由介于火星和木星之间的大行星破裂而成，或者是未能聚集成统一行星的石质碎块。

陨星穿行于行星之间，成份是石质或者铁质。

二、太阳 (Sun)

太阳是银河系一颗普通的恒星，是自行发光发热的炽热气体星球，表面平均温度约 $6\,000^\circ\text{C}$ ，中心温度高达 $1\,500\text{万}^\circ\text{C}$ 。太阳位于银道面之北的猎户座旋臂上，距银心约 2.3 光年，以每秒 250km 的速度绕银心转动，公转一周约 2.5 亿年。太阳也在自转，其周期在日面赤道带约 25 天；两极区约为 35 天。

太阳半径 $696\,000\text{km}$ ，相当于 109 个地球；质量 1.989×10^{27} 吨，是地球质量的 330 000 倍，集中了太阳系几乎全部质量，占太阳系总质量的 99.865%，平均密度 1.410g/cm^3 ，逃逸速度 618.02km/sec 。

光谱分析表明，太阳化学成分与地球几乎相同，只是比例有差异，太阳最丰富的元素是氢，约 73%，其次是氦，约 25%，还有碳、氮、氧和各种金属。

太阳的结构从里向外分为：热核反应区（核部），辐射层，对流层，太阳大气层（图 1-5）。

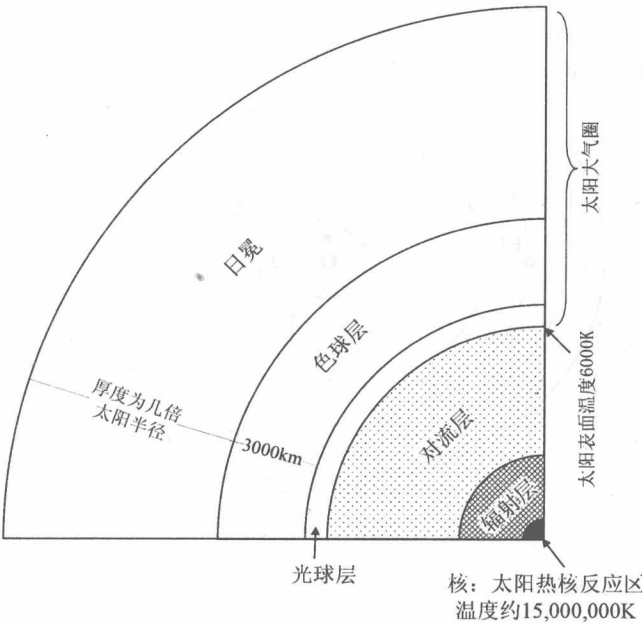


图 1-5 太阳的分层结构

太阳核 (core)，为热核反应区，占整个太阳半径的 1/4，体积的 2%，约为太阳全部质量的几乎一半，表明太阳中心区密度非常高，达 150g/cm^3 ，温度高达 $1\,500\text{万}^\circ\text{C}$ ，压