



普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

地质地貌学 (第三版)

沈阳农业大学 左建 主编

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

地质地貌学

(第三版)

沈阳农业大学 左建 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是教育部批准的普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在高等学校统编教材《地质地貌学》和前两版的基础上修订而成的。

全书共十六章，主要内容包括：地球的宇宙环境、地壳的组成物质系统、地质构造的研究、风化作用系统、重力地貌系统、地面流水的地质作用及地貌特征、地下水的地质作用及水资源评价、风的地质作用及水土流失综合治理、冰川的地质作用及地貌特征、冻土地貌的形成及特征、研究湖沼与海洋的地质作用及地貌的重要意义、自然旅游地学资源的研究、土壤环境系统、植被对环境的影响、地质环境系统、“数字地球”产生的时代背景及应用示范。

本教材可作为农水、水保、遥感、测绘、地理、水电、水资源、土木专业教材，也可供工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目（C I P）数据

地质地貌学 / 左建主编. — 3版. — 北京：中国水利水电出版社，2013.1
普通高等教育“十二五”规划教材 普通高等教育“
十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5170-0397-7

I. ①地… II. ①左… III. ①地质学—高等学校—教材②地貌学—高等学校—教材 IV. ①P5②P931

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第008841号

审图号：GS (2012) 1996 号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 地质地貌学（第三版）
作 者	沈阳农业大学 左建 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 68367658（发行部）
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 21印张 498千字
版 次	2001年5月第1版 2001年5月第1次印刷 2013年1月第3版 2013年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	42.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第三版前言

本教材第二版是教育部批准的普通高等教育“十一五”国家级规划教材，此次是在前两版的基础上修订而成。

其主要特点是把地质学与地貌学有机结合起来，内容编写力求反映本课程的科学性、通俗性、应用性、以满足广大读者的需求。此外，还适当地反映了本学科新的成就和发展方向。

地球科学自 20 世纪 50~60 年代以来发生了重大变化：

地质地貌学的任务也从较简单地保障社会生存和发展对各种资源的需求，转变为社会可持续发展的更多方面服务的轨道上来。地球科学本身及其任务的变化，决定地质地貌学教学内容必须更新和调整。

为面向 21 世纪人才培养的需要，在教材内容上也作了较大的改动。本新教材有以下一些特点：

(1) 以往在地壳运动的普遍性教学中一般遵循三段式，即：现象—机理—实例的模式。侧重在知识本身的传授，本教材加强了资源与环境、地质灾害与防护等与人类可持续发展密切相关的内容。

(2) 地球系统的未来，很大程度上取决人类活动作为一种地质因素，对地球系统的叠加效应。所以在教材中从地球的变迁、人类与地球系统关系、人类在地球系统中的作用等系统介绍了人—地的关系，使读者认识到人类只有一个地球，从而树立环境意识，并肩负起保护地球、保护环境的任务。

(3) 本教材大量介绍了国内外典型的地质现象和工程实例，为读者阅读国内外教材提供方便；更重要的是用四维空间思维研究地质特征以及地貌特征，这样便于学生对理论的理解，利于提高实际应用的能力。

(4) 从教材的科学性、系统性、先进性和逻辑性等方面考虑，本教材的编排以各种营力系统所形成的地貌类型为纲来分章叙述，并以构造背景、形成过程与发育阶段三方面来解释地貌的总体特征和种种变异，突出地貌四维理念，启发和培养学生的科学思维 and 创新能力。

(5) 对当前人们关注的人类活动与环境地貌、地貌灾害和资源等问题,在本教材中均作了补充,增添了“人类活动形成的地貌”和“地貌灾害”等章节,删减了一些描述部分和静态构造地貌等内容,使教材更加精练,内容也更加符合当前地貌学的发展趋势。

(6) 本教材注重吸收最新的前沿科学成果,如变质岩的转化、特殊沉积岩、区域地壳稳定研究新方向。图例系统、地球的能量系统、潮汐发电、海底的淡水开发、截雾取水等等,已不是天方夜谭、新能源——可燃冰的开发利用技术的研究已收到较好的效果,从沙漠地下取水已成现实。

(7) 修订和补充了重力地貌、旅游地学资源、地质环境问题、数字地球产生的时代背景及其应用示范等。

(8) 增添了一些典型地貌照片,便于读者领略秀美和雄伟的地貌景观。

参加教材编写的有:沈阳农业大学左建(绪论、第一、二、三、四章),孔庆瑞(第五、六、七章),郭成久(第九章),周林飞(第十一章),杨武成(第十二章);沈阳职业技术学院左青(第十章);四川大学丁志茂(第十三章);清华大学温庆博(第八章);沈阳大学张婉慧(第十四章);沈阳农业大学靳轶群(第十五章),沈阳石油化工厂左莎(第十六章以及全书图稿的绘制工作。)

本教材由郑州大学万长吉教授主审,他对教材进行了认真的审阅,提出了许多宝贵意见和建议。

本教材在编写过程中,曾广泛征求兄弟院校有关专家、教授的意见,许多单位,如北京大学、清华大学、中国地质大学、吉林大学、石家庄经济学院、郑州大学、河海大学、中国矿业大学等,都提出了许多宝贵意见和建议。全书由左建统稿,又经多次反复修改后定稿出版。在此,谨向有关的老师表示衷心的感谢!

鉴于编写者水平有限,时间仓促,书中不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012年9月

第一版前言

本教材是根据高等学校水利水电类专业教学指导委员会 1997 年新修订的水土保持专业和水资源专业教学计划中《地质地貌学》课程教学大纲所规定的学时和内容编写的。此外，还适当地反映了本学科的新成就和发展方向。

本教材适用于水土保持专业、水资源专业和农业水利工程专业，也可供水利电力类师生及其他专业工程技术人员参考。

本教材共十五章：第一部分是地球的基本知识和地壳的物质组成，重点讲述有关矿物、岩石的基本原理以及野外手测标本的鉴定；第二部分是介绍各种地质作用，重点是各种动力所形成的主要地貌和沉积物特点以及水文地质基础知识，并指出它们在土壤科学和农业生产中的作用；最后一部分简单介绍土壤的基本特征和我国地貌概况。

参加本教材编写的有：沈阳农业大学左建教授（绪论、第一、二、三、四、十五章），孔庆瑞教授（第五、六、七、八章），郭成久副教授（第九、十章），周林飞副教授（第十一、十二章），四川大学丁志茂副教授（第十三、十四章），全书图稿由沈阳石油化工厂左莎工程师绘制，并协助主编完成了抄写、整理书稿等工作。

本教材由郑州工业大学万长吉教授主审，他对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见和建议。有关的兄弟院校参加了本教材编写大纲的讨论，并提供了多年的教学资料和经验。本教材经教学指导委员会岩土和地质教学组两次讨论，多次修改后出版，在此，谨向有关同志表示感谢。

鉴于编者水平有限，时间仓促，教材中难免有不当之处，请读者提出宝贵意见。

编 者

2000 年 6 月

第二版前言

本教材是教育部批准的普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在高等学校统编教材《地质地貌学》的基础上修订的。

其主要特点是把地质学与地貌学有机结合起来，内容编写力求反映本课程的科学性、通俗性、应用性，以满足广大读者的需求。此外，还适当地反映了本学科新的成就和发展方向。

概括起来，该版与第一版比较，修改的地方有以下几点：

1. 适当加强了与本专业关系比较密切的内容。如常见矿物、岩石在野外的辨认；矿物、岩石风化难易的基本原理；主要营养元素的地质循环；矿物的利用。

2. 本教材注重吸收最新的前沿科学成果，如岩石的转化、特殊沉积岩、区域地壳稳定性研究新方向。

3. 补充和修正了重力地貌、自然旅游地学资源、环境地质问题、“数字地球”产生的时代背景及其应用示范。

此外，本书在某些小节和段落、标题、文字、插图等方面也作了一些增减或调整。

本书由东北大学左建担任主编。参加本教材修订的有：东北大学左建（绪论、第一、二、三、十二、十五章），孔庆瑞（第四、五、十六章），郭成久（第六、七章），杨武成（第八、九章），周林飞（第十、十一章），四川大学丁志茂（第十三、十四章），全书图稿由沈阳石油化工厂左莎绘制，并协助主编完成了抄写、整理书稿等工作。

本教材由郑州工业大学万长吉教授主审，他对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见和建议。有关的兄弟院校参加了本教材编写大纲的讨论，并提供了多年的教学资料和经验。

本教材编写过程中，曾广泛征求兄弟院校有关专家、教授的意见，许多单位，如北京大学、清华大学、中国地质大学、吉林大学、石家庄经济学院、

郑州大学、河海大学、中国矿业大学等，都提出了许多宝贵意见和建议。全书由左建统稿，又经多次反复修改后定稿。在此，谨向有关的老师表示衷心的感谢！

鉴于编写者水平有限，时间仓促，书中不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 9 月

目 录

第三版前言

第一版前言

第二版前言

绪论	1
第一章 地球的宇宙环境	4
第一节 地球在宇宙中的位置	4
第二节 地球的基本特征	7
第三节 地球的结构	11
第四节 地壳及地质作用	14
复习思考题	20
第二章 地壳的组成物质系统	21
第一节 矿物的基本特征	21
第二节 矿物的分类和主要矿物	30
第三节 矿物的识别和利用	40
第四节 岩浆岩（火成岩）	42
第五节 沉积岩	51
第六节 变质岩	59
第七节 岩石地貌	64
复习思考题	66
第三章 地质构造的研究	67
第一节 地壳运动的一般特征	67
第二节 地层年代和岩层产状	68
第三节 褶皱构造	70
第四节 断裂构造	73
第五节 构造地貌的主要类型与特征	80
第六节 区域地壳稳定性研究的发展方向	82
第七节 地震作用	84

第八节 地质构造与土壤、水土保持的关系	92
第九节 地质地貌图的阅读	94
复习思考题	105
第四章 风化作用系统	106
第一节 风化作用的类型	106
第二节 影响风化作用强度的因素	109
第三节 主要矿物和岩石的风化	110
第四节 风化壳	113
第五节 风化作用与生产建设	116
复习思考题	117
第五章 重力地貌系统	118
第一节 崩塌	118
第二节 滑坡	121
第三节 蠕动	128
复习思考题	129
第六章 地面流水的地质作用及地貌特征	130
第一节 地面流水的概念	130
第二节 片状流水的地质作用	131
第三节 沟谷水流及其所形成的地貌	133
第四节 河流的地质作用及其形成的地貌	136
第五节 地面流水与水土保持、土壤和水资源的关系	148
复习思考题	150
第七章 地下水的地质作用及水资源评价	152
第一节 自然界的水循环	152
第二节 地下水的类型及其特征	157
第三节 岩溶（喀斯特）地貌	165
第四节 地下水资源评价	171
复习思考题	181
第八章 风的地质作用及水土流失综合治理	182
第一节 风的地质作用	182
第二节 风成黄土及黄土状土的地貌	187
第三节 黄土高原的水土流失与水土保持	192
复习思考题	195
第九章 冰川的地质作用及地貌特征	196
第一节 冰川的形成	196
第二节 冰川地貌特征	202

第三节 冰川地貌与生产建设的关系	204
复习思考题	206
第十章 冻土地貌的形成及特征	207
第一节 冻土的形成	207
第二节 冻土地貌的形成及特征	211
第三节 冻土地貌与生产建设的关系	215
复习思考题	217
第十一章 研究湖沼与海洋的地质作用及地貌的重要意义	218
第一节 湖沼的地质作用	218
第二节 海洋的基本特征	224
第三节 海水的运动	225
第四节 海岸地貌	227
第五节 海底地貌特征	229
第六节 海洋沉积作用的特点	232
第七节 研究湖泊、沼泽及海洋地质作用的意义	234
复习思考题	237
第十二章 自然旅游地学资源的研究	238
第一节 发展中的旅游产业	238
第二节 科学旅游的意义	239
第三节 我国旅游地学资源的主要类型	241
第四节 自然旅游地学资源的成景机制	248
第五节 旅游地学资源的研究	250
复习思考题	252
第十三章 土壤环境系统	253
第一节 自然土壤的形成与土壤的分布规律	253
第二节 土壤的基本特征、机械组成和类型	256
第三节 水在土壤中存在的形态和土壤的水理性质	258
第四节 土壤对径流的影响	262
复习思考题	263
第十四章 植被对环境的影响	264
第一节 植被及其类型	264
第二节 植被分布的特征	269
第三节 植被对径流的影响	271
第四节 植被对环境的改造作用	273
复习思考题	275
第十五章 地质环境系统	276

第一节 自然环境与地质灾害	276
第二节 地面沉降	278
第三节 地面裂缝	281
第四节 地面塌陷	283
第五节 海水入侵	284
第六节 地下水污染	285
第七节 固体垃圾	286
第八节 人类活动导致重金属元素的富集	287
第九节 人类活动对土壤环境的影响	288
第十节 人类活动对大气环境的影响	290
第十一节 地球化学场与人类健康	293
第十二节 人地关系与区域可持续发展	294
第十三节 依法保护地质环境 国际合作防灾减灾	295
复习思考题	296
第十六章 “数字地球”产生的时代背景及应用示范	298
第一节 信息时代与数字地球	298
第二节 数字地球的基本概念	299
第三节 高空分辨率的遥感卫星数据	301
第四节 遥感小卫星	302
第五节 全球定位系统 (GPS)	302
第六节 数字地球应用	303
复习思考题	312
附录 课堂实习参考计划	313
实习一 矿物的形态和物理性质	313
实习二 硅酸盐矿物的观察和鉴定	315
实习三 非硅酸盐矿物的观察和鉴定	315
实习四 岩浆岩的观察和鉴定	316
实习五 沉积岩的观察和鉴定	317
实习六 变质岩的观察和鉴定	317
实习七 褶皱、断层构造地质图的判读	318
实习八 地质图的综合分析	319
实习九 化石观察	319
实习十 地貌图的分析	320
参考文献	322

绪 论

太阳系是由太阳、行星及其卫星、矮行星、小行星、彗星和行星际物质组成的一个天体系统。21 世纪将是全面探测太阳系并为人类社会长期可持续发展服务的新时代。

一、地质地貌学研究的对象和任务

人类生活在地球上从事各种生产劳动，一切生活资料和生产资料都要取之于地球。人们为了更好地索取地球资源，就必须研究地球物质的组成和分布规律，以及形成和变化规律；研究这些物质的运动规律、发展过程及其结果；研究这些资源利用的技术方法。随着生产和科学的不断发展，逐渐形成了一门新的科学——地质地貌学。

地质地貌学研究的对象是地球，当前主要是研究地壳，即地球表面几十公里厚的岩石及地貌特征。

地质地貌学研究的主要任务是：

- (1) 研究地壳的形成和物质成分与结构的变化规律。
- (2) 研究地质作用的原因和条件，以及作用过程和结果的基本原理。
- (3) 研究地球表面的形态特征、成因、结构分布及其发育规律。
- (4) 研究地壳运动、变化和发展历史及古生物变化历史规律。

二、地质地貌学的特点和研究方法

地质地貌学和其他自然科学一样，应以辩证唯物主义作为研究的指导思想。

地壳是物质的，凡是物质都在运动，有运动才有变化和发展。因此，地壳是永远在运动 and 变化发展的。地壳的运动有时是很剧烈的（如地震），但多数是非常缓慢的（如地壳升降、风化、流水等所引起的变化），经过漫长的时间，它们就会出现由量变到质变的巨大变化。因此，在学习中必须以唯物的观点、辩证的方法来观察和分析各种地质现象，才能得出正确的结论。

地质地貌学具有以下特点。

1. 时间的悠久性

地球自形成迄今已有数十亿年的历史，多数地质变化要经过数百万年甚至数千万年的时间才能完成。有人打过这样的比喻：假如地球的历史是一部很厚的书籍，那么，人类的历史只不过是最后一卷、最后一页、最后一行而已。所以，学习地质地貌学要充分考虑时间悠久性这一特点。

2. 地区的差异性

地球拥有巨大的空间。在不同的地区有不同的物质基础和外界因素，因而也有不同的变化过程。在漫长的历史中，虽有统一的发展规律，但各地区的地质发展过程有很大的差异。例如我国的华北和华南地区，由于地质经历不同，地质特点也就大不相同了。所以不



能根据一个地区的情况去推测全球，而应根据各地区的具体情况进行具体分析，才能得出正确的规律。

3. 变化的复杂性

地球是一个非常庞大复杂的球体，既包括有机界，又包括无机界；既有漫长的历史，又有广阔的空间。在发展的过程中必然充满各种矛盾，因而决定了地壳变动的复杂性。在研究任何地质问题时，必须考虑各方因素的影响，抓住主要矛盾，来分析各种地质现象和变化规律。

根据上述几个特点，我们采取以下研究方法。

(1) 野外观察。为了认识地壳发展规律，必须进行野外调查研究。在野外调查实践中收集大量感性材料，将这些材料加以整理和分析，综合归纳出规律性。

(2) 实验和模拟实验。为了研究矿物、岩石的化学成分、物理性质及内部结构，必须采取各种手段进行实验和分析；同时为了生产的实际需要和探讨某些地质现象的成因和发展规律，也必须进行各种实验。

现在地质学中常用的仪器有等离子质谱仪、X射线衍射仪、电子探针等（见图0-1、图0-2）。

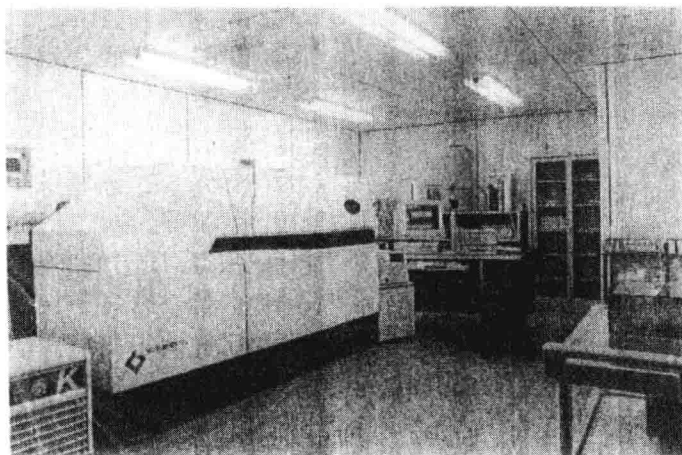


图 0-1 ICP-MS 多通道高分辨率等离子质谱仪

室内研究工作通常还会使用大量的辅助工具，用来扩大人类的观察能力，如偏光显微镜、电子显微镜以及被广泛使用的电子计算机。

(3) 历史比较法。它是凭借对现代各种地质现象的观察和了解作为基础，根据现代的地质作用，推断过去的地质现象，恢复地质历史。例如，现在鱼是生活在水中的，但在高山地层中找到了鱼化石，由此可以判定这座高山所在地区过去是海洋。但历史发展并不是简单的重复和循环，必须分析比较，才能得出正确的结论。

三、本课程学习的目的要求

地质地貌学既然与土壤科学和农业生产有密切关系，因此要求学生通过学习，能用辩证唯物主义观点，理解地壳物质组成和地壳变化发展的一般规律。具体内容有下列几点。

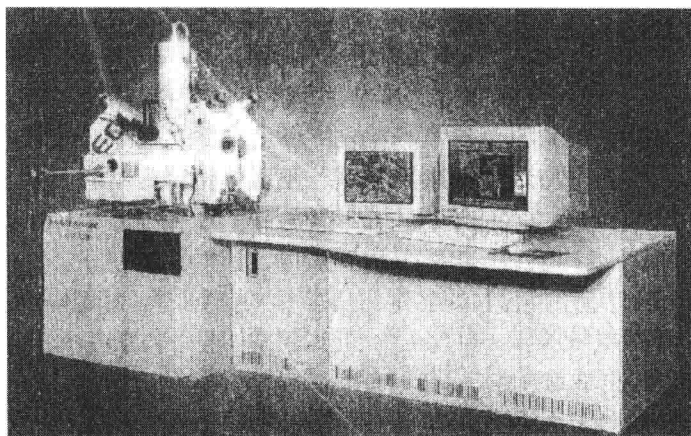


图 0-2 电子探针 X 射线显微分析仪

(1) 地球基本知识。了解地球（特别是地壳）的主要特征，初步建立正确的时间、空间观念。

(2) 地壳物质组成。重点认识造岩矿物和常见岩石的基本特征及其风化产物特点，要求掌握野外对造岩矿物和常见岩石的鉴定方法；其次，对最主要的黏土矿物特征要有基本了解。

(3) 地壳变化发展。亦即动力地质部分。内动力方面要求在对地壳运动和地质构造一般了解的基础上重点认识各种构造地貌及地层分布规律；在外动力方面要求了解各种外动力的地质作用基本原理，重点认识各种动力所形成的地貌和沉积体特点及其与农业生产的关系。

(4) 地质发展的历史。只要求在了解一般原理的基础上对我国地质历史有初步的了解。

(5) 地貌及第四纪沉积物。地貌及第四纪沉积物和土壤性质有直接关系，在前面几部分学习的基础上，总结性的重点学习第四纪沉积物、各种地貌特征，并对我国第四纪地层及地貌轮廓有一基本了解，掌握野外认识第四纪沉积物和各种地貌类型的方法。

(6) 地下水。重点学习地下水运动规律、对环境的影响以及合理利用地下水的基本知识，以便合理地利用自然资源保护环境。

(7) 要求能阅读有关的一般地质图。

学好上述几个方面基本知识、基本技能，为我国实现科学现代化服务。

第一章 地球的宇宙环境

地球是人类赖以生存的家园。人类的生存与繁衍、经济建设与社会发展，都离不开对地球资源的需求、对地球环境的保护以及对自然灾害的防治。了解作为一颗行星的地球演化、预测其发展趋势，对于人与自然的和谐、社会的可持续发展具有十分重要的意义。

第一节 地球在宇宙中的位置

在广阔无限的宇宙中，地球属于太阳系的一颗行星，而太阳又是银河系中无数恒星之一，宇宙则由很多个像银河系甚至更庞大的恒星集团所组成。

一、太阳系

太阳系以太阳为中心，周围有 8 个大行星携带着绕行自己旋转的卫星环绕着太阳旋转，此外还有许多小行星、彗星、流星等小天体环绕太阳转动，由这些天体组成太阳系（见图 1-1）。太阳系的范围很大，直径约 120 亿 km，光从这一端到达另一端需 11h。

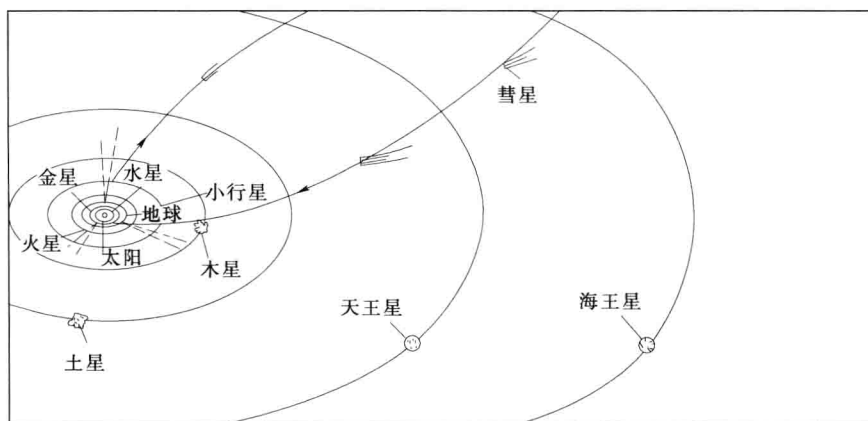


图 1-1 太阳系（行星轨道位置按比例表示）

太阳是太阳系唯一的恒星，其直径 139.2 万 km，为地球直径的 109 倍。

太阳的最外部是由日冕组成的太阳大气，从日冕中升起的粒子流构成了太阳风向宇宙空间辐射，并带走了太阳热核反应的大部分能量 [见图 1-2 (a)]。太阳风暴于 2010 年 8 月 4 日抵达地球 [见图 1-2 (b)]。

8 大行星体积大小相差很大，最大的木星比最小的水星大 73500 倍（见图 1-3）。按特征把 8 大行星分两类：离太阳较近的 4 个行星（水星、金星、地球、火星），物理特征



近似地球，叫类地行星，它们的体积较小，密度较大，卫星少，为固体表面，重元素较多；离太阳较远的4个行星（木星、土星、天王星、海王星），物理特征近似木星，叫类木行星，它们体积较大，密度较小，卫星多，没有固体表面，轻元素特别是气体多。太阳系各星体的运行数据和物理要素见表1-1。而两类行星（及其卫星）之间则有明显不同。

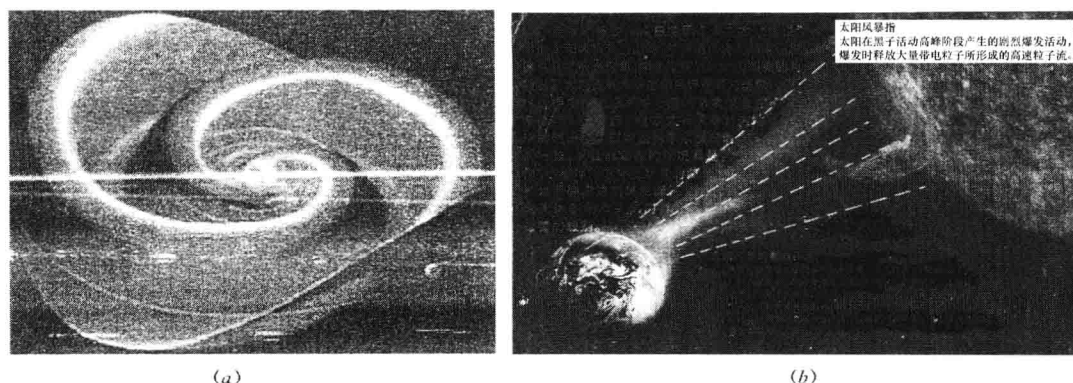


图1-2 太阳风的形态和太阳风暴
(a) 太阳风的形态；(b) 太阳风暴

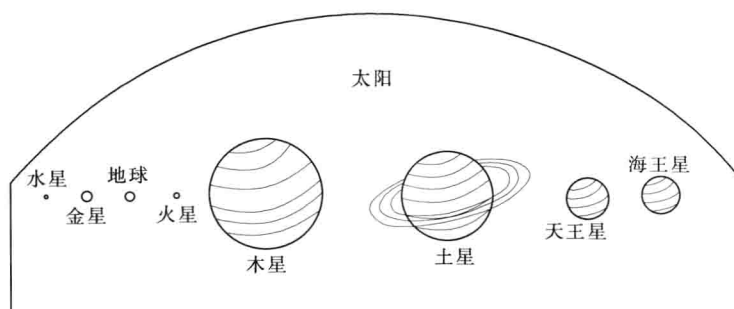


图1-3 太阳系行星大小的比较

表1-1

太阳系的运行数据和物理要素

星体	距日平均距离		轨道面与黄道面交角	运转周期		运转速度 (km/s)		逃逸速度 (km/s)	平均半径		扁率 $\frac{a-c}{a}$
	10 ⁶ km	天文单位		公转	自转	公转	自转 (赤道)		km	与地球比	
太阳	—	—	—	2 亿年	25d(赤道)	250.0	2.06	617.23	695990	109.23	0.002
水星	57.9	0.39	7°0'17"	88d	59d	47.9	0.003	4.17	2433	0.38	0.029
金星	108.2	0.72	3°24'0"	224.7d	224d 8h (逆转)	35.0	0.002	10.36	6053	0.95	0.000
地球	149.6	1.00	—	365.25d	23h56min	29.8	0.465	11.18	6371	1.00	0.0034
月球	距地球 0.384	距地球 0.0026	5°9'0"	27.32d	27.32d	1.0	0.005	2.37	1738	0.27	0.006
火星	227.9	1.52	1°51'0"	1.88 年	24h37min	24.1	0.240	5.03	3380	0.53	0.005