

21世纪高等院校教材



普通地质学

◎ 陶晓风 吴德超 主编



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

普通地质学

陶晓风 吴德超 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了地质学的发展简史和研究现状,着重叙述了有关地球和地壳的基本知识,简明扼要地阐述了地球内部和地表各种动力地质作用的基本原理及其主要产物,概述了地球和岩石圈演变的历史,系统地介绍了地球科学与人类的关系。此外,本书还介绍了与工程地质有关的内容——重力地质作用,阐述了重力引起的斜坡变形及重力灾害的工程防治措施。

全书文字简洁,插图简练,便于初学者阅读。本书是地质学专业的入门教材,也是相关专业和地球科学爱好者首选的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通地质学/陶铸、吴德超主编. —北京:科学出版社,2007

(21世纪高等院校教材)

ISBN 978-7-03-018882-3

I. 普… ①陶… ②吴… Ⅳ.地质学-高等学校-教材 IV. P5

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第056626号

责任编辑:郭森卜新 / 责任校对:张怡君
责任印制:张克忠 / 封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年5月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年5月第一次印刷 印张:18 1/2

印数:1—5 000 字数:345 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

普通地质学是地质学的入门和基础课程，其基本内容是有关地球和地壳的物质组成、结构和构造，动力地质作用原理以及地球和地壳的演化发展历史。通过学习本书，学生可初步了解地质科学的轮廓，获得地质学的基础知识，了解地质学的思维方法，为学好后续课程打下基础。

本书以介绍基本知识、基本原理和基本方法为宗旨，着重讲述主要原理和概念。在保持全书体系完整和重点突出的前提下，避免过多、过繁的名词和概念。编者不是要把一部“百科全书”灌输给学生，而是要使学生掌握地球学科知识体系的概貌，在日后的学习和工作中遇到问题时能判断是哪一部分的问题，并且知道到哪里去找答案。

地质学的任务已从较单纯地保障社会生存和发展对各类资源的需求，转到为社会可持续发展的更多方面服务的轨道上来，因而本书内容选择和深度要求也相应地做了必要的调整。本书是结合成都理工大学多年地质类教学经验编写的，力求做到简明扼要，内容精练，概念清楚，便于阅读。本书可供地质类及非地质类各专业（地理、农林、建材、气象等）院校本科、专科学生选用，也可作为函授教材。教学时间一般为40~90学时。

本书由陶晓风和吴德超任主编。陶晓风负责前言、第一章、第三章、第四章、第九章、第十三章、第十七章的编写和全书统稿，吴德超负责第六章和第十章及全书统稿。参加编写的有：刘顺，负责第二章和第十一章；王道永，负责第五章和第十四章；刘援朝，负责第七章和第八章；张燕，负责第十章；赵德军，负责第十二章和第十五章。在全书编写过程中，我们得到了成都理工大学教务处的的大力支持，特此致谢。

衷心希望在本书的使用过程中能得到来自教、学两方面的反馈意见及同行们的宝贵意见和指正。

编 者

2007年1月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 地质学研究的对象和内容	1
第二节 地质学的特征及研究方法	2
第三节 何谓普通地质学	4
第二章 地球	5
第一节 地球在太阳系中的位置	5
第二节 地球的物理性质	8
一、地球的形状和大小	9
二、地球内部的重力、密度和压力	10
三、地球内部的地震波速变化	12
四、地球的磁性和电性	13
五、地球内部的温度	14
第三节 地球的外圈层特征	14
一、大气圈	15
二、水圈	16
三、生物圈	18
第四节 地球的内部圈层	18
一、地球内部圈层的划分	18
二、地球内部圈层的物质组成和物态	19
第五节 地球的表面形态特征	21
一、陆地地形	21
二、海底地形	22
第三章 地壳的物质组成	26
第一节 元素	26
一、元素在地壳中的分布和克拉克值	26
二、元素在地壳中的迁移和富集	27
第二节 矿物	27
一、矿物的概念	27

二、矿物的分类	28
三、常见矿物及造岩矿物	29
四、矿物的形态及主要物理性质	30
第三节 岩石	37
一、岩石的分类	37
二、岩石肉眼鉴定的主要特征	38
三、各类岩石的划分及命名原则	40
第四节 矿物和岩石的利用——矿床的概念	43
一、矿床	43
二、矿床的主要分类	44
第四章 生命起源与地质年代学	45
第一节 生命的起源与演化	45
一、前寒武纪时期	45
二、古生代时期	45
三、中生代时期	46
四、新生代时期	46
第二节 地质年代学	46
一、确定地质年代的方法	46
二、地质年代单位和地质年代表	49
第五章 构造运动	52
第一节 构造运动的基本特征	52
一、构造运动的方向性	52
二、构造运动的速度和幅度	55
三、构造运动的周期性和阶段性	57
第二节 构造运动的直接产物——地质构造	58
一、水平构造	59
二、倾斜构造	59
三、褶皱构造	61
四、断裂构造	64
第三节 构造运动的其他证据	67
一、地貌标志	67
二、地质证据	68
第四节 板块构造	72

101	一、板块构造的由来	72
101	二、岩石圈板块的划分和分界线的类型	75
101	三、板块的运动	76
103	第五节 构造运动的空间分布特征	80
103	一、地壳的活动带	81
103	二、地壳的稳定区	82
111	三、板块构造对构造运动空间分布的认识	82
111	第六节 构造运动的原因	83
	第六章 地震作用	84
111	第一节 地震的基本特征和概念	84
111	第二节 地震分类	89
111	一、成因分类	89
111	二、震源深度分类	90
111	三、地震震级分类	90
111	四、震中距分类	90
111	五、发生时代分类	90
111	第三节 地震的成因	91
111	一、断层说	91
111	二、相变说	91
111	第四节 地震地质作用	92
111	一、孕震阶段	92
111	二、临震阶段	92
111	三、发震阶段	92
111	四、余震阶段	93
111	第五节 地震活动规律	93
111	一、地震活动的空间分布规律	93
111	二、地震活动的时间分布规律	96
111	第六节 地震预报和预防	96
111	一、地震预报	96
111	二、地震预防	98
111	三、地震控制和利用	98
	第七章 岩浆作用	100
111	第一节 岩浆及岩浆作用的概念	100

27	第二节 火山作用·····	101
27	一、火山喷发现象·····	101
27	二、火山机构·····	102
28	三、火山喷出物·····	103
18	四、火山喷发方式·····	106
28	五、火山岩(喷出岩)的特征·····	109
28	六、火山的空间分布规律和发展规律·····	111
28	第三节 岩浆侵入作用·····	113
18	一、岩浆侵入方式及其产物·····	113
18	二、侵入岩特征·····	115
28	三、侵入岩体与围岩的接触关系·····	115
28	四、侵入岩的空间分布规律和侵入作用的历史发展规律·····	116
28	第四节 岩浆的演化·····	117
28	一、岩浆的形成·····	117
28	二、岩浆的分异作用和同化混染作用·····	118
28	第五节 岩浆作用的研究意义·····	120
28	第八章 变质作用·····	122
28	第一节 变质作用方式·····	122
28	一、重结晶作用·····	122
28	二、变质结晶作用·····	123
28	三、交代作用·····	124
28	四、变质分异作用·····	124
28	五、构造变形作用·····	124
28	第二节 变质作用原理·····	124
28	一、温度·····	124
28	二、压力·····	125
28	三、化学活动性流体的作用·····	127
28	第三节 变质作用类型·····	128
28	一、区域变质作用·····	128
28	二、接触变质作用·····	129
28	三、动力变质作用·····	130
28	四、气-液变质作用·····	130
28	五、混合岩化作用·····	131

第四节	变质岩特征	131
第五节	变质作用的基本规律	132
一、	变质作用的空间分布规律	132
二、	变质作用的历史发展规律	133
三、	控制变质作用空间分布和强度的原因	134
第九章	风化作用	135
第一节	风化作用的类型	135
第二节	风化作用的方式	136
一、	物理风化作用方式	136
二、	化学风化作用方式	138
三、	生物风化作用方式	140
第三节	影响风化作用的因素	141
一、	气候	142
二、	植被	142
三、	地形	143
四、	岩石特征	143
五、	构造运动	144
第四节	风化作用的产物	144
一、	物理风化作用的产物	144
二、	化学风化作用的产物	145
三、	生物风化作用的产物	146
四、	风化壳	147
第十章	地面流水地质作用	149
第一节	暂时性流水地质作用	150
一、	雨蚀作用	150
二、	片流地质作用	150
三、	洪流地质作用	151
第二节	河流地质作用	154
一、	河流的侵蚀作用	155
二、	河流的搬运作用	161
三、	河流的沉积作用	163
第三节	构造运动对河流地质作用的影响	168
一、	河流阶地	168

181	二、准平原、深切河曲和夷平面	170
	第十一章 地下水地质作用	172
181	第一节 地下水的运动特征	172
181	一、地下水的运动条件	172
181	二、地下水的来源	173
181	三、地下水的赋存类型及运动	173
181	第二节 地下水的地质作用	175
181	一、地下水的机械地质作用	175
181	二、地下水的化学地质作用	176
	第十二章 冰川地质作用	182
181	第一节 冰川的形成和运动	182
181	一、冰川形成的条件	182
181	二、冰川的类型	183
181	三、冰川的运动	187
181	第二节 冰川地质作用	189
181	一、冰川的剥蚀作用	189
181	二、冰川的搬运作用	192
181	三、冰川的沉积作用	194
181	第三节 冰水地质作用	195
181	一、冰水的来源与分布	195
181	二、冰水的沉积物与沉积地貌	196
181	第四节 地质历史时期的冰期	197
181	第五节 冰期发生的假说	198
181	一、强调地球外部因素的假说	198
181	二、强调地球内部因素的假说	198
	第十三章 海洋地质作用	200
181	第一节 海洋环境特征	200
181	一、海水的化学性质	200
181	二、海水的物理性质	203
181	三、海洋的生物	204
181	四、海水的运动形式	205
181	五、海洋环境的分带	209
181	第二节 海水的剥蚀和搬运作用	210

一、海水的剥蚀作用	210
二、海水的搬运作用	213
三、海水的沉积作用	215
第十四章 湖泊和沼泽地质作用	222
第一节 湖泊的成因和湖水状况	222
一、湖盆的成因	222
二、湖水状况	224
三、湖泊的动力	226
第二节 湖泊的地质作用	226
一、湖水侵蚀作用和搬运作用	226
二、湖水机械沉积作用	227
三、湖水化学沉积作用	229
四、湖泊生物沉积作用	233
第三节 沼泽及其地质作用	233
一、沼泽的概念及类型	233
二、沼泽的生物堆积作用	235
第十五章 风的地质作用	237
第一节 风的剥蚀与搬运作用	237
一、风的剥蚀作用	237
二、风的搬运作用	238
三、风蚀地貌	239
第二节 风的沉积作用与风积地貌	242
一、风成砂沉积	243
二、黄土的堆积	243
三、风积地貌	244
第三节 荒漠化	248
一、荒漠化的特征及类型	248
二、土地荒漠化过程	248
三、荒漠化的防治	249
第十六章 重力地质作用	251
第一节 重力地质作用特点	251
第二节 斜坡变形作用	251
一、潜移(蠕滑)	252

二、弯折倾倒	254
三、崩落	254
四、滑动作用	256
第三节 流动作用	259
一、概述	259
二、泥石流的发育条件	260
三、流动作用的剥蚀与搬运	261
四、泥石流的堆积物	262
第四节 地面沉降与塌陷	262
一、地面沉降和塌陷的表现及成因	262
二、地面沉降和塌陷的危害	265
第五节 重力作用的灾害及防治	266
第十七章 地球科学与人类活动	270
第一节 地球资源的利用和保护	270
第二节 地球环境变化的影响	273
一、地球环境变化对人类的影响	273
二、人类活动对地球环境的影响	274
第三节 人与自然协调发展	276
一、人与自然的“危机”关系	277
二、协调人与自然的关系——走可持续发展之路	277
第四节 地质学发展的趋势	279
主要参考文献	281

第一章 绪 论

第一节 地质学研究的对象和内容

人与自然的关系是人类生存与发展的基本关系，自然系统是人类社会可持续发展的基础。人类生活在地球上，并不断从地球表层的岩石、土壤及水体中索取各种资源。为此，人们需要研究地壳的组成（如化学元素的分布和移动规律）、矿物和岩石的形成条件和分布规律、地壳的结构、地壳运动及其产物的分布规律性、地壳的演化历史、各种矿产的形成条件和分布规律性、找寻和查明地下资源的技术方法等，从而为人们的生活和生产服务。这样，就形成了一门独立的科学——地质学。

地质学（geology）成为一门独立学科的历史尚不足 200 年，但随着生产发展的需要和科学的进步，地质学研究的内容愈来愈广泛和深入。现代地质学已发展为一系列地质科学的总称。

地质学的研究对象是地球，其范围包括了从地核到外层大气的整个地球，但主要是固体地球部分。随着地质学的发展，地质学的研究对象也在发生变化。最初，地质学家的主要观察对象是大陆，其研究范围所涉及的只是大陆地壳，并且大陆地壳还有广阔的地区被第四纪沉积物所覆盖，实际的研究区域只是地球表面很小的范围。随着地质学自身的发展、科学技术的进步和相关学科交叉研究的推进，地质学的研究对象已经从大陆向大洋发展，从地壳向地幔及更深部发展。阿波罗登月、卫星技术、大型天文望远镜促进了行星比较地质学的产生，使地质学的研究对象扩展到类地行星的比较研究，并获得了大量关于地球起源（太阳系起源）的信息。虽然地质学的研究对象已经发生了巨大的变化，但地质学主流的研究对象还是集中在地球的上部——岩石圈。

地质学研究的内容主要有以下几个方面：①地球的物质组成；②地球的结构和构造；③地球的动力地质作用；④地球的形成和演化历史；⑤与社会经济发展相适应的工程技术方法。地球的物质组成主要研究地球的元素、矿物及岩石，地球的结构和构造则主要研究各地质单元的构成状态和相互关系，地球的动力地质作用主要研究引起地球物质组成、内部结构和地表形态变化的动力作用过程，地球的形成和演化研究的内容主要包括地球及类地行星的起源、地球各圈层的形成、生命的起源以及它们宏观的、微观的发展及变化过程的规律，与社会经济发

展相适应的实用工程技术主要包括资源、环境、减灾以及用于地质研究、勘探、开发的各种工程技术方法。

第二节 地质学的特征及研究方法

地质学作为天、地、生、数、理、化等几大类重要基础学科之一，是自然发展和人类生活所不可缺少的一个重要领域。它与其他各门学科有着相互依存的关系，在研究方法上也具有一定共同性和相似性。但作为一门独立于其他学科的重要的自然科学，有其自身的特殊性。①从空间上来讲，地质事件，包括地质作用及其产物或地质现象，既有宏观的，也有微观的。换句话说，地质事件可能具有全球性或区域性，如气候变化、海面升降等。有的也可能只局限于一定范围内，如地震发生、河流冲刷、河水泛滥、火山爆发等。但就空间上涉及的范围来说，大多数的地质事件涉及范围较大。任何大规模的地质事件，也会由比较微观的变化表现出来，如矿物结构化学成分的变化。在认识它们的特征时必须从宏观和微观去把握。②从时间上来讲，地质事件或地质现象的产生和延续既有长期的，也有短暂的；有速度缓慢的，也有急速的；有的是人类能直接感知的，也有的很难被人察觉。长而缓慢的可延续数百万年、数千万年乃至数亿年。短而急速的可能只经历数年、数月甚至更短的时间就结束了。长者如海陆变迁和山脉形成，短者如火山爆发和地震发生。地质事件有现今仍在发生和进行着的，也有过去地质历史时期中发生过而现在已不复存在的。现在的作用既可看见其运动，也可以看见其产物。而过去的作用则仅仅保存了或部分地保存了它们形成的产物，包括物质或地形，也包括保存于物质（岩石或矿物）中的各种变形。在地质学所研究的对象中多数是延续时间长的，运动速度缓慢的和发生在地质历史时期的地质事件。③就地质事件或地质现象的成因来讲，包括机械的（物理的）、化学的和生物的作用。作为地质事件或地质作用的产物之一的矿产的形成过程也是这样，具有多成因性质，甚至也可以由诸种成因综合作用形成。如石油、煤等的形成就是如此。④如果从一个地质现象的产生、演变和发展的角度去认识，则除了考虑其几何形态和空间位置上的长、宽、高三维空间的立体尺度外，还应考虑它们在不同时期或阶段中的变化和发展趋势。这就是说，完整地认识一个地质事件或现象，必须要加上一个时间尺度。这就是地质事件和地质现象的四维空间特点或四维特征。

鉴于以上特征，在地质学的研究方法上，既要应用一般自然科学所共同的研究方法，又要有一些颇具特色的研究和思维方法。一般的或共同的研究方法包括搜集资料、调查研究、归纳分析、实验模拟验证、总结推导提出假说、反复验证和修正假说，最终形成规律性和理论性的认识。结合地质科学的性质，应特别强调地质

学的实践性,如加强野外实践研究,现场的观察和资料搜集,分析思考提出问题,这是由地质学的研究对象所决定的。与此同时,还要充分重视和运用其他学科,尤其是基础学科的理论方法和现代技术手段。由于地质学研究对象和地质事件的特殊性,诸如长期性的、历史上的、缓慢运动的和多成因的特征等,这就导致了人类在历史中特别是每个人在其相对短暂的生命过程中无法体验、无法看见和不能全面经历研究对象和地质事件的过程,哪怕在现今和将来科学技术相当发达的条件下也不能完全实现。为此就需要改进我们的思维方法和观念,建立起一套适应于地质科学研究的思维方法和观念是十分重要的。每个有志于学习地质科学的人都应当有意识地培养这种思维方法,其关键是首先要逐步形成以下一些新的观念。它们包括:

(1) 时空观。考虑的范围要宽广与狭窄相结合、大与小相结合,特别要考虑区域性和全球性的现象与微观和超微观的现象相结合,宏观分析与微观测试相结合,在时间上要历史和现实相结合,长期和短期相结合,特别要考虑到地球地质发展的长期性,为此常用的计时单位往往以百万年(Ma)为单位计算。

(2) 发展观(演化观)。地质事件和有机界一样,也有其发生、发展和消亡的过程,如山脉的形成和消亡、海洋的产生和消失等,都是有始有终的,茫茫大地并非历来如此,也决非永远如此。发展演化,生生不息是宇宙万事万物的共同规律。因此探索的过程就必须考虑到它们的历史发展和演变过程,包括地球的演化在内都是发展变化的,不能用“死的”和“无生命”的观点去看待地质学研究的对象和内容。这是与一般自然科学常规的思考方法完全不同的一点,也是初学者最容易忽略的一点。这有点类似研究历史事件,有其各自的来龙去脉,有其起源、成长、演变和消亡的过程。

(3) 活动观。地球、地壳是在不断演化和发展的。因此,它不是一成不变的,而是随时随地都在活动的。一般人认为地球上的海陆分布,山脉河流长期不变,亘古就有。最初即使是一些地质学家也只承认地壳的运动仅仅是升降交替而没有水平运动。后来随着地质科学研究的发展,科学家们才越来越认识到了地壳还有水平方向的运动,甚至有过大规模的长距离的迁移,分离和归并。许多人一贯认为变化不大的海洋实际上也有过张开和关闭的时期。在地质历史上的一些大洋中,有的现在已经关闭,如特提斯洋;也有的地方正在分裂形成未来的大洋,如红海。因此,固定不变的观点是不对的。必须用活动的观点来看待地球及地壳的发展。当然这种活动可以有缓慢的也可以有急速的。

(4) 渐变和灾变的观点。地球发展的历史上,有许多缓慢发生的事件往往会经历较长的时期,可以看作一个渐变的过程,如地壳的升降、海陆的变迁。但也有许多地质事件发生在短时期内,可以造成运动前后地壳面貌的急速变化,可以看作一个突变的过程。渐变不易察觉,但它容易被生物界所适应。突变则造成剧烈变化,改变环境快,很难为有机界所适应,往往造成大规模的生物灭绝现象,

所以也称灾变。在地质学史上,存在渐变论和灾变论的对立。与渐变论相适应的地质思维原则首先由英国地质学家赖尔(C. Lyell, 1797—1875年)所提出,称为“以古论今”或“将今论古”的思考原则。他认为古代地质历史中发生的地质作用现在也同样存在,而且基本上具有相似的特性。因此我们可用其来研究和观察现在的地质作用特征及其产物,解释和理解地质历史时期中的地质作用特征及其产物,从而推断当时的自然环境(即现在是认识过去的钥匙)。无疑这个观点在总的原则上是合理的,正确的,这也正是地质学曾长期遵循并且仍在遵循的一个重要思维原则。与灾变论相适应的思维原则或方法有“事件地质观”。法国的生物学家和古生物学家居维叶应当是第一个提出灾变论的人。事件地质观认为在地质历史的灾变时期发生过大规模的突然性地质事件,造成了地质环境的巨变。它必然反映在无机界和有机界的激变上,引起生物种属或门类变化以及沉积物的变化,即岩相古地理的变化和构造变动,特别是一些反应灵敏的微量元素的变化。这种突然事件的灾难性变化反映了地壳发展演化中的另一个方面。过去长期以来一些国家的地质学界都不承认它,把它当成一种异端邪说来批判。现在越来越多的事实证明渐变和灾变、量变和质变的交替是共存的。

第三节 何谓普通地质学

普通地质学是地质学的入门和基础课程。其基本内容是介绍有关地球和地壳的物质组成、结构和构造,动力地质作用原理,地球和地壳的演化发展历史。通过学习,学生初步了解地质学的轮廓,获得有关地质学的基础知识,了解地质学的思维方法,为学好后续课程打基础。作为地质学的概览,普通地质学是所有地球科学工作者的入门教材,也是业余地质爱好者的必读教材。学好普通地质学是跨入地球科学之门的第一步。

本书以介绍基本知识、基本原理和基本方法为宗旨,着重讲述主要原理和概念。其讲授的内容是地质学的概况和一些基本知识,包括各分支学科的一些成熟理论和新发展。因此地球科学的各分支学科都非常重视普通地质学的教学。

普通地质学的一个重要任务就是介绍一些主要和基本的地质概念和术语,使初学者学会使用规范的地质学语言。地质学专业学生只有使用规范的地质学语言,掌握地质学的基础知识,明确各种地质术语的含义,才能顺利地进行交流沟通及后续地质课程的学习。当然地质知识和地质术语积累是一个长期的过程,必须从普通地质学的学习开始。通过普通地质学的学习,还应掌握地质工作的基本方法,具备初步的野外调查能力。通过室内实习和野外实习加深对课堂内容的理解,达到对地质学的初步了解和认识,这也是普通地质学的重要任务。

第二章 地 球

我们要认识的地球是宇宙大家庭中的一员，更是太阳系小家庭中的一员。要全面地认识地球，既要对地球上的一事一物进行研究，也要从更大范围上全面地把握它。因此本章首先介绍在宇宙太阳系中我们所认识的地球以及把地球作为整体时我们所认识的地球。这样做的意义在于：①地质学的一些基本问题，如地球的早期演化、地球的内部成分、地壳运动的起源等，有时需要借鉴上述的研究成果而得到答案；②地质作用是地球上发生的一系列具有有机联系的作用，宏观上把握地球可以更好地把握地质作用。

第一节 地球在太阳系中的位置

太阳系由 1 颗恒星、8 颗行星、33 颗卫星以及小行星、彗星、星际物质等组成，此外还有电磁辐射等宇宙射线（国际天文学联合会于 2006 年 8 月 24 日宣布，冥王星被排除在行星行列之外，太阳系行星的数量由 9 颗减为 8 颗）。

八大行星及其他部分星体在万有引力作用下以其固定的轨道绕太阳进行运动。太阳系整体上呈一圆盘状，直径约 118 亿 km。地球是八大行星之一，处在接近太阳的第三条行星轨道上（图 2-1）。

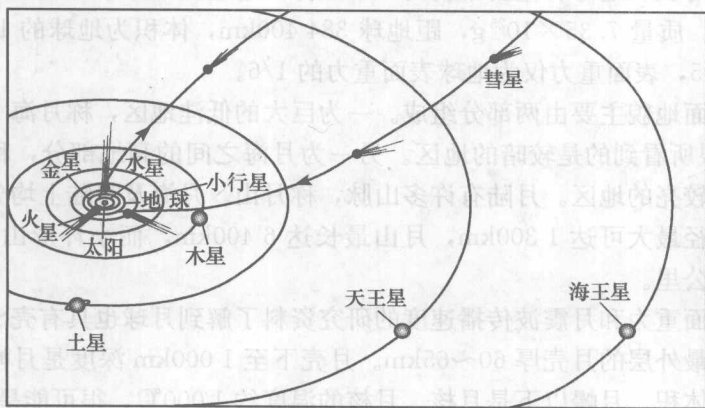


图 2-1 地球在太阳系中的位置（行星轨道位置按比例表示）

对八大行星认识的最大收获是类地行星与类木行星性质的分类对比。类地行