

21世纪全国应用型本科 土木建筑 系列实用规划教材

工程地质

【第2版】

主 编◎何培玲 张 婷

副主编◎徐奋强 邓友生 孔思丽



- 增设常见地质灾害以及与当前地质环境发展相关的内容
- 突出并充实与工程实践紧密相连的工程地质勘察内容



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

工程地质(第 2 版)

主 编	何培玲	张 婷	
副主编	徐奋强	邓友生	孔思丽
参 编	张德恒	谢焱石	毕忠伟
	温进芳		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

工程地质是土木工程专业的主要专业课程,本书结合应用型本科的培养目标和基本要求,加强针对性,突出应用性和实用性,力求理论部分概念清晰,简明扼要。本书以工程地质的基础知识和基本原理为依据,重点介绍了各类工程地质条件和问题以及工程地质分析评价方法,突出并充实与工程实践紧密相连的工程地质勘察等实用性内容,注意解决各类建设工程中与岩土介质有关的工程地质问题,使工程地质成为为实现某项工程目的而进行的必要的系统性工作之一。本书编写过程中最大程度地反映了新技术在地质研究中的应用。

全书内容包括:绪论,矿物与岩石,地质构造,地下水,动力地质作用,常见地质灾害,岩土工程稳定性评价,工程地质勘察。

本书第2版为方便学习,在教材的编排格式和体例上作了重大改变,增加了教学要点、技能要点、导入案例、应用实例和实例分析等,更有助于学生的学习和掌握。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教学用书,也可供土建工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/何培玲,张婷主编. —2版. —北京:北京大学出版社,2012.1

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-19881-0

I. ①工… II. ①何…②张… III. ①工程地质—高等学校—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第257684号

书 名:工程地质(第2版)

著作责任者:何培玲 张 婷 主编

策划编辑:吴 迪 卢 东

责任编辑:伍大维

标准书号:ISBN 978-7-301-19881-0/TU·0202

出 版 者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路205号 100871

网 址:<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子信箱:pup_6@163.com

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 13.75印张 318千字

2006年1月第1版

2012年1月第2版 2012年1月第1次印刷(总第6次印刷)

定 价:26.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

第2版前言

本书自2006年出版以来,有关使用院校反映良好。随着近年来国家关于建设工程的新政策、新法规的不断出台,一些新的规范、规程陆续颁布实施,为了更好地开展教学,适应大学生学习的要求,我们对本书进行了修订。

这次修订主要做了以下工作。

- (1) 增补了新颁布实施的规范、规程相关内容。
- (2) 增加了实用性环节的相关内容,使内容具有趣味性和实用性。
- (3) 将有关章节进行整合,增设常见地质灾害章节。
- (4) 修订增补了与当前地质环境发展相关的内容。
- (5) 对全书的版式进行了全新的编排,增加了本章教学要点、本章技能要点、导入案例、应用实例和实例分析。

经修订,本书具有以下特点。

- (1) 编写体例新颖。借鉴优秀教材的写作思路、写作方法以及章节安排,编排清新活泼、图文并茂,深入浅出,适合当代大学生所用。
- (2) 注重人文科技结合渗透。通过相关知识的历史、实例、理论来源等的介绍,增强教材的可读性,提高学生的人文素养。
- (3) 注重相关课程关联融合。明确知识点的重点和难点以及与其他课程的关联性,做到新旧知识内容的融合和综合运用。
- (4) 注重知识体系实用有效。以学生就业所需的专业知识为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的内容和关键点,突出实用性和可操作性,使学生学而有用,学而能用。

本书第2版由南京工程学院徐奋强、何培玲主持修订。参加本书修订的有南京工程学院何培玲(绪论),南华大学谢焱石、毕忠伟(第1章),石家庄铁道大学温进芳(第2章),南京林业大学张婷(第3章),南华大学谢焱石、毕忠伟(第4章),贵州大学孔思丽、南京工程学院徐奋强和张德恒(第5章),湖北工业大学邓友生(第6章),南京工程学院徐奋强(第7章)。本书由徐奋强、何培玲统稿,由南京林业大学杨平教授主审。

对于本书存在的不足和疏漏,欢迎同行批评指正。对使用本书、关注本书以及提出修改意见的同行们表示深深的感谢。

编 者

2011年4月

第 1 版前言

本书系《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》。

编写本书的指导思想是为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展的需要，满足我国高等教育从精英教育向大众化教育转轨过程中社会对应用型人才的需求，采用理论、实践、应用三结合的教材编写理念，重视应用能力和创造性思维能力的培养和提高。

本教材是根据 2002 年高等学校土木工程专业指导委员会为土木工程专业教学制定的“高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲”对该门课程的教学基本要求和《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)及《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—1985)进行编写的。

教材注重以教学为主，内容少而精；突出重点、讲清难点；在阐述基本原理和概念的基础上，结合规范和工程实际，体现国内外先进的科学技术成果。

本书按 32 学时的教学内容编写，各章建议的分配学时为：绪论及第 1 章，4 学时；第 2 章，4 学时；第 3 章，6 学时；第 4 章，4 学时；第 5 章，6 学时；第 6 章，4 学时；第 7 章，4 学时。

参加本书编写的有南京工程学院何培玲(绪论)，南华大学谢焱石、毕忠伟(第 1 章)，石家庄铁道学院温进芳(第 2 章)，南京林业大学张婷(第 3 章)，南华大学谢焱石、毕忠伟(第 4 章)，贵州工业大学孔思丽(第 5 章)，武汉工业学院邓友生(第 6 章)，南京林业大学张婷(第 7 章)。全书由何培玲、张婷统稿，由南京林业大学杨平教授主审。

由于我们水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，欢迎老师、学生及各界人士批评指正。

编 者

2005 年 9 月

目 录

绪论	1
----------	---

第1章 矿物与岩石	4
-----------------	---

1.1 概述	5
1.1.1 地壳	5
1.1.2 地球内部圈层	7
1.2 主要造岩矿物	8
1.2.1 矿物的形态	8
1.2.2 矿物的物理性质	9
1.2.3 常见矿物	10
1.3 岩石	13
1.3.1 岩浆岩	13
1.3.2 沉积岩	16
1.3.3 变质岩	20
1.4 岩石的工程性质及工程分类	23
1.4.1 岩石的工程性质	23
1.4.2 岩石的风化作用	28
1.5 土的工程地质性质	31
1.5.1 土的成分与结构构造	31
1.5.2 土的物理力学性质	32
1.5.3 土的分类	33
1.5.4 我国主要特殊土的工程地质特征	36
本章小结	48
关键术语	48
知识链接	49
思考题	49

第2章 地质构造	50
----------------	----

2.1 地壳运动及地质作用	51
2.1.1 岩层分类	52
2.1.2 岩层产状	53

2.1.3 地层接触关系	54
2.1.4 褶皱构造	56
2.1.5 褶皱要素	57
2.1.6 褶皱分类	57
2.1.7 褶皱的野外识别	60
2.2 断裂构造	61
2.2.1 节理	61
2.2.2 断层	62
2.3 地质构造对工程建筑物稳定性 的影响	65
2.4 地质年代	67
2.4.1 相对年代与绝对年代	67
2.4.2 地质年代表	70
2.5 地质图	72
2.5.1 地质图的种类	72
2.5.2 地质图的比例尺、图例	72
本章小结	74
关键术语	75
知识链接	75
思考题	76

第3章 地下水	77
---------------	----

3.1 地表流水的地质作用	79
3.1.1 概述	79
3.1.2 暂时流水的地质作用	79
3.2 岩石中的空隙与岩石的 水理性质	81
3.2.1 岩石中的空隙	81
3.2.2 岩石的水理性质	83
3.3 地下水的类型	84
3.3.1 含水层、隔水层与 潜水层	84
3.3.2 地下水的埋藏类型	85
3.4 地下水对建筑工程的影响	87



3.4.1 地下水对混凝土的侵蚀性	87	4.5.3 常见震害及防震 原则	120
3.4.2 地基沉降	89	本章小结	122
3.4.3 流砂	89	关键术语	123
3.4.4 潜蚀	89	知识链接	123
3.4.5 地下水的浮托作用	90	思考题	124
3.4.6 基坑突涌	90	第5章 常见地质灾害	125
本章小结	90	5.1 边坡工程地质问题	126
关键术语	91	5.1.1 边坡变形破坏的基本 类型	126
知识链接	91	5.1.2 边坡稳定分析方法	128
思考题	91	5.2 地基工程地质问题	131
第4章 动力地质作用	92	5.2.1 地基变形破坏的基本 类型	131
4.1 风化作用	93	5.2.2 软弱地基处理措施	132
4.1.1 风化作用的类型	94	5.2.3 地基承载力	134
4.1.2 影响风化作用的因素	97	5.3 地下工程地质问题	136
4.1.3 岩石风化的勘察评价与 防治	97	5.3.1 岩体及岩体结构的 概念	136
4.2 河流的地质作用	98	5.3.2 地应力	138
4.2.1 河谷要素	98	5.3.3 地下洞室变形及破坏的 基本类型	139
4.2.2 流水的动能	99	本章小结	142
4.2.3 河流的侵蚀、搬运与沉积 作用	100	关键术语	142
4.2.4 河谷的类型	102	知识链接	143
4.2.5 河流阶地	103	思考题	144
4.3 岩溶作用	104	第6章 岩土工程稳定性评价	145
4.3.1 岩溶发育的条件	105	6.1 地基稳定性评价处理	146
4.3.2 岩溶发育的规律	105	6.1.1 土基稳定性评价及 处理	147
4.4 滑坡、崩塌、泥石流	106	6.1.2 岩基稳定性评价及 处理	152
4.4.1 滑坡	106	6.2 基坑稳定性评价	155
4.4.2 滑坡的形成条件	108	6.2.1 基坑工程的稳定性 评价	156
4.4.3 滑坡防治原则和方法	109	6.2.2 基坑支护	161
4.4.4 崩塌	109	6.2.3 基坑治水	165
4.4.5 泥石流	110	6.3 地下洞室围岩稳定性评价	167
4.4.6 泥石流的分类、形成条件及 防治	111		
4.5 地震	115		
4.5.1 地震的基本概念	115		
4.5.2 地震波、地震震级与地震 烈度	117		

6.3.1 地下洞室围岩变形破坏形式	167	7.2.2 工程地质图件	193
6.3.2 地下洞室围岩稳定性评价概述	171	7.3 工业与民用建筑的工程地质勘察	194
6.3.3 处理措施	174	7.3.1 工业与民用建筑的主要工程地质问题	194
本章小结	175	7.3.2 工业与民用建筑勘察的主要内容	197
关键术语	175	7.3.3 勘察阶段的划分及内容	198
知识链接	175	7.3.4 高层与超高层建筑的主要工程地质问题	201
思考题	178	7.3.5 高层与超高层建筑的工程地质勘察要点	203
第7章 工程地质勘察	179	7.4 道路工程的工程地质勘察	204
7.1 工程地质勘察的任务和方法	180	7.5 桥梁工程的工程地质勘察	205
7.1.1 工程地质勘察目的和方法简述	180	7.6 地下工程的工程地质勘察	206
7.1.2 工程地质勘察阶段	181	本章小结	207
7.1.3 工程地质测绘	182	关键术语	207
7.1.4 工程地质勘探	184	知识链接	207
7.1.5 岩土测试	187	思考题	209
7.1.6 现场监测	191	参考文献	210
7.2 工程地质勘察报告书和图件	192		
7.2.1 工程地质勘察报告书	192		

绪 论





中国地域广大、信息丰富。不仅有地球上最古老和最年轻的造山带、独特的盆地构造、巨大面积的花岗岩、丰富的能源矿产等,而且具有全球面积最大的西北黄土高原,有世界罕见的大别山高压—超高压变质带,有全球最典型的云南早寒武世密集生物群。这些都是我国特有的地质学上的优势。

工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的科学,属于地质学范畴,把地质科学的基础知识应用到工程实践中,通过勘察手段获得各种地质数据,为各类工程建筑的规划、设计、施工提供依据,从而在安全、质量及功能方面保证工程建筑顺利运行。

地质环境和各种建筑物之间存在一定的相互关联和制约,环境对建筑物的制约影响其安全稳定和正常使用,建筑又改变了环境的初始平衡,使其发生各种变化甚至恶化。工程地质条件是与工程有关的地质因素,包括地形地貌条件、岩土类型及其工程地质性质、地质构造、水文地质条件、物理(自然)地质作用与现象、天然建筑材料等;工程地质问题指工程地质条件不能完全满足在该地进行建筑的要求,以致在建筑物的稳定、经济或正常使用方面发生的问题或存的缺陷。在地质环境与建设的矛盾关系中,工程地质条件的不利因素对工程建筑的规模和类型起着控制作用。

在人与自然和谐发展的今天,工程地质是调查、研究、解决与人类活动及各类工程建筑有关的地质问题的科学,重点研究人类工程活动对地质环境的影响效应,进而评价、预测、控制并规范人类工程活动行为,提高地质环境质量,减轻灾害对人类的威胁,从而保持社会经济的可持续发展。工程地质的蓬勃发展建立在众多工程实践的基础上,与现代社会科学技术和相关学科交叉与渗透,工程地质必将参与保持人类文明的可持续发展。所以,未来的工程地质在理论或实践水平方面都将出现新的突破。

工程地质的研究领域很广,研究内容十分复杂,涉及的学科较多,截至目前已成为一门以地质学为基础的综合性科学。本书内容主要包含矿物与岩石,地质构造,地下水,动力地质作用,常见地质灾害,岩土工程稳定性评价,工程地质勘察7个部分。以工程地质基础知识为主要内容进行介绍,着重介绍基础知识的实用性,增加了导入案例、应用实例和实例分析等实用内容,以增强学生的学习兴趣。

工程地质基础知识部分主要研究地球的组成、构造、发展历史和演变规律,为人类的生存和社会发展提供科学依据。地壳是地球外部由固体岩层所构成的外壳,而岩石是构成整个地壳的基本物质。目前工程建设所处的地层是岩石经过各种地质作用转化而来的,因此,了解土的工程地质性质、地质构造、动力地质作用及相关的工程地质问题尤为重要。

地下水是指埋藏在地面以下,存在于岩石和土壤的孔隙中可以流动的水体,分布广泛,水量也较稳定,是工农业和生活用水的重要水源之一。地下水环境是地质环境的一个重要组成部分,而且是参与大气圈、水圈、生物圈、岩石圈运动最为活跃、敏感性强的一个实体,在地质环境的演化中,自然演变与人类活动的综合作用使地下水产生剧烈的环境效应。课程中地下水部分主要介绍了岩石中的空隙与岩石的水理性质、地下水的类型、地下水的补给、径流与排泄、地下水对建筑工程的影响。

工程地质专业知识部分由工程地质勘察及岩土工程稳定性评价两大块内容组成。工程地质勘察主要介绍工程地质勘察的目的、任务和方法,了解工程地质报告中应包括的主要内容,能阅读一般的工程地质报告;此外,学习工业与民用建筑、道路、桥梁工程以及地下工程中的工程地质勘察方法。岩土工程稳定性评价从各个方面分别介绍地基、基坑与地

下洞室围岩稳定性评价的方法与影响因素。

为适应新世纪我国现代化建设和社会发展对人才的需求,培养具有基础地质学、水文地质学、工程地质学、地质工程、地球物理和地球化学勘测等方面的基本理论知识的新一代接班人的要求愈发迫切,本课程是一门实践性很强的课程。要求学生掌握矿物与岩石的基本性质、建立起对工程岩体的初步概念;系统掌握工程地质的基本理论和知识,能正确运用勘察数据和资料进行设计与施工;了解工程地质勘察的基本内容、方法和过程,各个工程地质数据的来源、作用以及应用条件;能对建筑物地区的工程地质进行勘察工作;能根据工程地质的勘察成果,运用自己已经学过的工程地质理论和知识,进行一般的工程地质问题分析及对不良地质现象采取处理措施;能把学到的工程地质知识与专业知识及其他课程知识密切联系起来,去解决实际工程中的工程地质问题。

随着大规模工程建设的发展,工程地质的研究领域日益扩大,除了岩土学和工程动力地质学、专门工程地质学和区域工程地质学外,一些新的分支学科也正在逐渐形成,如矿山工程地质学、海洋工程地质学等。建设环境给地质学理论提供了突飞猛进的机遇,电子技术的应用使得知识更新速度变快,如激光、遥感、数字系统、高分辨分析测量仪器已经逐渐应用到地质研究领域。

为了人类永久的梦想,为了我们更好地了解地球,为了我们更加方便地获取资源、保持人类的可持续发展,更是为了我们生活的地球更加清洁、安全与富有,我们有理由相信工程地质的发展也会进入一个光辉的时代。

第 1 章

矿物与岩石

本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
主要造岩矿物	熟悉	矿物的物理力学性质及鉴定特征
岩浆岩	重点掌握	结构、构造、矿物成分、鉴定特征
沉积岩	重点掌握	形成过程、结构、构造、鉴定特征
变质岩	重点掌握	变质因素、结构、构造、鉴定特征
岩石、土的工程特点	掌握	岩石、土的物理、力学特点

本章技能要点

技能要点	掌握程度	应用方向
主要造岩矿物的鉴别	熟悉	建筑装饰、基础工程、工程造价
三大岩类的鉴别	掌握	地质条件直接影响浅基础的选用方案
岩石、土的工程应用	掌握	岩石、土的物理、力学性质



导入案例

通常新疆和田玉和缅甸的翠玉(翡翠)统称为玉,和田玉定位为软玉、翡翠定位为硬玉。硬度在 6.5 度以上可称为玉,6.0 度以下称玉石。

翡翠有 A 货、B 货、C 货之分。A 货指天然翡翠玉件,没有经过注胶和染色处理。如经过注胶处理的称为 B 货,但胶老化会影响颜色的明亮鲜艳程度。如经染色处理的称为 C 货,如同时存在注胶和染色处理的称为 B+C 货。但传统的覆蜡或“蜡”处理一般认为不属于 B 货,仍视为 A 货。翡翠鉴别公认“荧光特性和密度测量备受重视,红外和拉曼光谱特征被视为最客观”。

翡翠的原生色主要有绿色、紫色、灰绿色、黑灰色等。翡翠的密度为 3.25~3.43,具天然孔隙者还可略低。一般认为荧光特征只能作为参考,不能作定论。折射率也不能判定硬玉品质。翡翠的摩氏硬度一般略小于石英(7),在不同的文献资料中分别标示为 6、6.3、6.5、6.5~7 等。

一般翡翠 B 货的撞击声稍为沉闷。但发出清脆“钢”音的不一定就是天然硬玉翡翠,如透辉石玉(青海翠玉)、闪石钠长玉等,现在市场上出现的某些 B 货也可发现清脆的“钢”音。经酸洗注胶的翡翠 B 货一般都有明显的网纹结构,但天然翡翠中受地应力作用和风化作用可以产生明显的孔隙和网纹结构,与酸腐蚀产生的裂纹常常难于区分。用显微镜(包括反光显微镜)观察,一般对于有较大充填体的部分是简单有效的。

翡翠 C 货的鉴别,简便可靠的方法是分光镜检查,但有的玉件透光很弱或颜色浅,吸收线不易观察。现在市场上主要的染色翡翠是所谓的 B+C 染色翡翠,具有颜色较为鲜艳、底色干净、色丝结构、边沿模糊等颜色分布特征,可用肉眼识别。

1.1 概述

地质学是研究地球的一门学科,工程地质学是研究工程建设与地质环境相互关系的学科,是地质学的一个分支。工程地质学的目的是查明建设地区、建设场地的工程地质条件,分析预测和评价可能存在和发生的工程地质问题及其对建筑环境的危害,提出防治不良地质现象的措施,为保证工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。



知识要点提醒: 工程地质学应结合土力学、基础工程及岩石力学等内容学习。

1.1.1 地壳

地球是太阳系九大行星之一,它绕太阳公转并绕本身的轴自转。地球的形状为旋转椭球体,赤道半径约 6378km,极地半径约 6365km,平均半径约 6371km。地球的表面面积约 5 亿 km^2 ,其中陆地占 29.3%,海洋占 70.7%。通过地震波记录获得的地球物理资料揭示固体地球是由不同圈层构成的。地球的圈层包括外圈层和内圈层。地球的外圈层是指大气



圈、水圈和生物圈。地球的内部圈层构造从地心到地表可分为地核、地幔和地壳 3 个圈层,如图 1.1 所示。

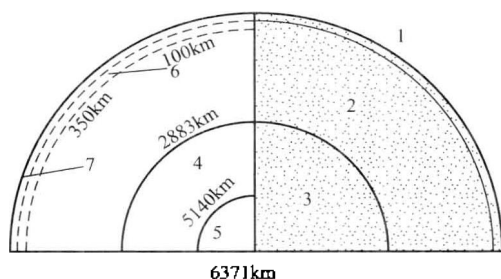


图 1.1 地球内部圈层

1—地壳; 2—地幔; 3—地核; 4—液态外部核;
5—固态内部核; 6—软流圈; 7—岩石圈

大气圈是地球的最外圈层,其上界可达 1800km 或更高的空间。自地表到 10~17km 的高空为对流层,所有的风、云、雨等天气现象均发生在这一层,主要成分是 N_2 (78%) 和 O_2 (21%), 其次是 Ar (0.93%)、 CO_2 (0.03%) 和水蒸气等。水圈由地球表层分布于海洋和陆地上的水和冰所构成。水的总体积约为 14 亿 km^3 , 其中海洋水占总体积的 98%, 陆地水只占 1.9%。地球生物存在于水圈、大气圈下层和地壳表层的范围之中。生物富集的化学元素主要是 H、O、C、N、Ca、K、Si、Mg、P、S、Al 等。

图 1.2 给出了地震波在地球内部不同深度处的传播速度。波速的突变面称为波速不连续面或界面。从图上可以看出,在 33km 和 2900km 处存在两个一级界面。第一个界面叫莫霍洛维奇面,简称莫霍面或 M 面。在此界面附近,地震纵波波速 V_p 由 7.6km/s 突然增至 8.1km/s。第二个界面是美国学者古登堡(B. Gutenberg)于 1914 年发现的,称为古登堡面。在此界面处,S 波(横波)消失,P 波(纵波)速度突然由 13.64km/s 下降到 8.1km/s。这两个界面把地球内部分为 3 个主要圈层:地壳、地幔和地核。

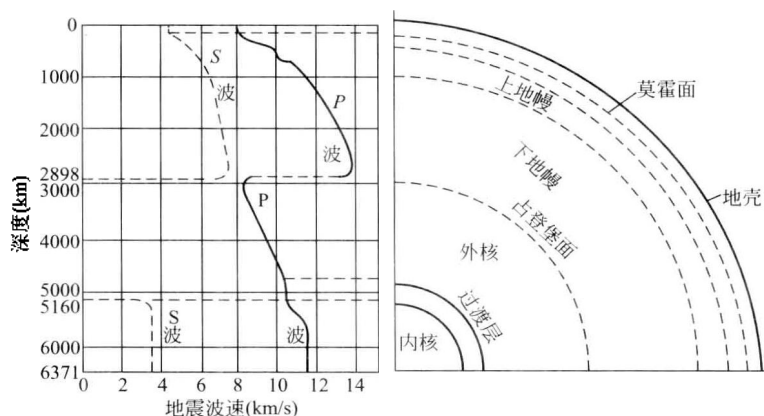


图 1.2 地震波在地球内部不同深度处的传播速度

1.1.2 地球内部圈层

地壳是莫霍面以上的部分。根据地壳组成物质的差异,又可将地壳分为两层,上层叫硅铝层(花岗岩质层),下层叫硅镁层(玄武岩层),如图 1.3 所示。

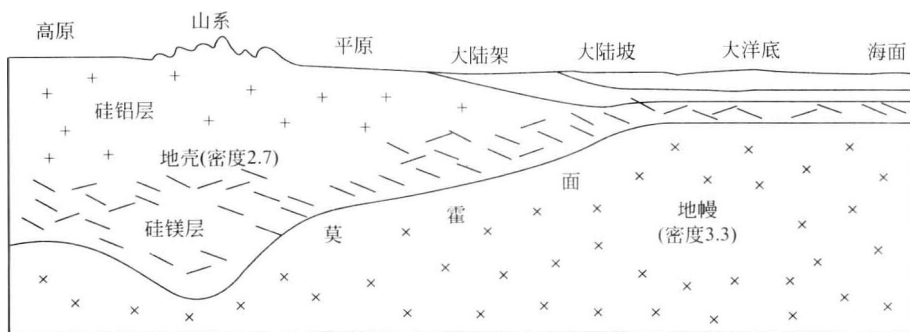


图 1.3 地壳结构图

地壳由固体岩石组成,岩石是由矿物组成的,矿物则是由各种化合物或化学元素组成的。地壳中已发现的矿物元素有 90 多种,其中氧、硅、铝、铁、钙、钾、镁、钛和氢 10 种元素按质量计占元素总质量的 99.96%,而氧、硅、铝三元素就占 82.9%。地壳厚度变化很大,大洋地壳较薄,仅有 5~10km;大陆地壳的平均厚度是 35km,在造山带和西藏高原处,其厚度达 50~70km;整个地壳平均厚度为 16km。地球表面明显地分为海洋和大陆两部分,海洋占地球表面的 70.8%。海底平均低于海平面 3.9km,大陆平均高出海平面 0.86km。

大陆上一般海拔高于 500m 的地形起伏大于 200m 的地区称为山地,其中海拔为 500~1000m 的为低山,1000~3500m 的为中山,大于 3500m 的为高山;高原是海拔高于 600m,表面较平坦或有一定起伏的广阔地区;平原是较大的平坦地区,一般海拔小于 600m,地形起伏小于 50m;丘陵为有一定起伏的低矮地区,一般海拔在 500m 以下,相对高差在 50~200m 之间,其特点介于山地和平原之间,四周是高原或山地,中央低平的地区称为盆地,大陆上有些盆地很低,高程在海平面以下,这样的盆地称为洼地,如我国吐鲁番盆地中的艾丁湖湖水面在海平面以下 150m,称为克鲁沁洼地。

🔍 小思考: 你家乡的地形单元是怎样的?

地幔是介于莫霍面与古登堡面之间的部分,厚度约 2800km。地幔分为上、下两层,上地幔从莫霍面至地下 1000km,厚度约为 900km,主要由超基性岩组成,平均密度为 3.5g/cm^3 ,温度达 $1200\sim 2000^\circ\text{C}$,压力达 0.4GPa;下地幔从地下 1000km 至古登堡面,厚度约为 1900km,主要成分为硅酸盐、金属氧化物和硫化物,铁、镍量增加,平均密度为 5.1g/cm^3 ,温度达 $2000\sim 2700^\circ\text{C}$,压力达 150GPa。

自古登堡面至地心部分称为地核。地核又分为内核、过渡层和外核,厚度为 3471km。地核主要由含铁、镍量很高且成分很复杂的液体和固体物质组成,密度约为 13.0g/cm^3 ,



温度达 $3500\sim 4000^{\circ}\text{C}$ ，中心压力达 360GPa 。

1.2 主要造岩矿物

目前已发现的矿物有 3000 多种，常见的造岩矿物仅 30 多种。矿物在地壳中大部分呈固态，如石英、长石，少数为液态(如水银、石油、水等)和气态(如天然气、硫化氢等)。

1.2.1 矿物的形态

一般说来，矿物的形态包括矿物自行晶或单晶体和集合体两种。

结晶质矿物的内部质点(原子、分子或离子)在三维空间呈有规律的周期性排列，形成空间晶格构造。在一定条件下，每种结晶质矿物都具有固定的规则几何外形，如岩盐(NaCl)的立方晶体格架，这种具有良好固有形态的晶体称为自行晶或单晶体。自然界中，这种自行晶较少见，因晶体在生长过程中，受生长速度和环境的影响，晶体发育不良，形成了不规则的外形，称为他形晶，而在岩石中的造岩矿物多为粒状他形晶体的集合体。

非晶质矿物的内部质点排列没有规律性，故不具有规则的几何外形。非晶质矿物有玻璃质和胶体质两类。前者为高温熔融体迅速冷凝而成，如火山喷出的岩浆迅速冷凝而成的黑曜岩中的矿物；后者由胶体溶液沉淀或干涸凝固而成，如硅质胶体沉淀凝聚而成的蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

1. 矿物单晶体的形态

- (1) 片状、鳞片状：如云母、绿泥石。
- (2) 板状：如斜长石、板状石膏。
- (3) 柱状：如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等。
- (4) 立方体状：如岩盐、方铅矿、黄铁矿等。
- (5) 菱面体状：如方解石。
- (6) 菱形十二面体状：如石榴子石等。

2. 矿物集合体的形态

自然界的矿物很少呈单体出现，大多数呈集合体形态。集合体形态很多，常见的有如下几种。

(1) 粒状、块状、土状：矿物晶体在空间 3 个方向上接近等长的他形集合体。当颗粒边界较明显时称粒状，如橄榄石等；若肉眼不易分辨颗粒边界的称块状，如石英等；疏松的块状可称土状，如高岭土等。

(2) 鲕状、豆状、葡萄状、肾状：矿物集合体呈具有同心构造的球形。像鱼卵大小的称鲕状，如方解石等；近似黄豆大小的称豆状，如赤铁矿；不规则的球形体可称葡萄状和肾状。

(3) 纤维状：如石棉、纤维石膏等。

(4) 钟乳状：如方解石、褐铁矿等。

1.2.2 矿物的物理性质

1. 矿物的光学性质

1) 颜色

矿物的颜色是其对光线吸收和反射的物理性能。根据成因可分3种：①白色：是矿物本身固有的颜色，取决于色素离子的类别。如含 Fe^{2+} 的赤铁矿呈砖红色，孔雀石呈绿色 (Cu^{2+})，白色比较固定。②他色：是由于矿物中混入了少量杂质所引起的。他色不固定，因成分不同而异。如石英是无色的透明的，含碳时呈烟灰色，含锰时呈紫色，含铁时呈玫瑰色。③假色：是由于矿物内部的裂隙或表面的氧化膜对光的折射、散射造成的。如斑铜矿表面的蓝色和紫色。

2) 条痕

条痕是矿物粉末的颜色。把矿物在素瓷板上刻画所得的颜色就是条痕色。条痕色可以消除伪色、减弱他色、显示白色，具有鉴定意义，如赤铁矿呈樱红色的条痕。其主要用于不透明矿物的鉴定，对透明矿物没有意义。

3) 光泽

矿物表面反射光线的能力称为光泽。按反光的强弱分为：①金属光泽：如黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等。②半金属光泽：类似金属但较暗淡，如铬铁矿。③非金属光泽：可分为：金刚光泽，如金刚石、闪锌矿；玻璃光泽，如水晶、方解石；油脂光泽，如石英断口的光泽；丝绢光泽，如石棉；蜡状光泽，如蛇纹石；珍珠光泽，如云母；土状光泽，如高岭石。

4) 透明度

透明度是指矿物透光的程度，可分成三级：①透明：绝大多数光线可透过矿物，如水晶、冰洲石。②半透明：光线部分通过，如闪锌矿、辰砂等。③不透明：光线通不过，如黄铁矿。

2. 矿物的力学性质

1) 硬度

矿物抵抗外来机械作用的能力称硬度。其取决于矿物的化学成分和内部构造。肉眼鉴定时用刻画法和摩氏硬度计中的10种矿物作为对比的标准。10种标准矿物及相对等级为：1滑石，2石膏，3方解石，4萤石，5磷灰石，6长石，7石英，8黄玉，9刚玉，10金刚石。

 **实用小窍门：**野外用指甲(2~2.5)、小刀(5~5.5)等进行粗略测定岩石硬度，软矿物(指甲能刻画)；中等硬度矿物(硬度介于指甲与小刀之间)；硬矿物(小刀不能刻画)。

2) 解理

矿物受力后沿一定结晶学方向裂成光滑平面的性质称解理。裂开的平面叫解理面。解理的数目不一，可有可无。根据解理的完善程度，可将解理分成4级。

(1) 极完全解理：解理面非常平滑，易裂开，如云母。