



高等学校土木工程专业系列教材

# 土木工程地质

## (第四版)

主 编 ○ 谢 强 郭永春 李 娅  
主 审 ○ 李隽蓬



西南交通大学出版社

-----  
图书在版编目 (C I P) 数据

土木工程地质 / 谢强, 郭永春, 李娅主编. —4 版  
—成都: 西南交通大学出版社, 2021.2  
ISBN 978-7-5643-7947-6

I. ①土… II. ①谢… ②郭… ③李… III. ①土木工程—工程地质—高等学校—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 270952 号  
-----

Tumu Gongcheng Dizhi (Di-si Ban)

土木工程地质  
(第四版)

主编 谢强 郭永春 李娅

---

责任编辑	杨勇
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	<a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a>
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	15.5
字 数	382 千
版 次	2000 年 12 月第 1 版 2009 年 7 月第 2 版 2015 年 2 月第 3 版 2021 年 2 月第 4 版
印 次	2021 年 2 月第 21 次
书 号	ISBN 978-7-5643-7947-6
定 价	45.00 元

---

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

## 第四版前言

自 2014 年对本书内容进行重大调整之后,已历时 5 年。根据近年来工程建设的发展,工程地质学科的进步,以及本教材使用中发现的问题,需要对原教材进行必要的修订。修订后的版本为第四版。

本次修订的主要内容如下:

1. 根据学科进展和相关技术规范更新,修订了全书相应部分内容。修正了上一版存在的概念、描述、文字图表等错误。
2. 第三章,调整了水在土中的存在形式的描述方式,介绍了水岩作用的概念。第四章,补充了土、土的结构、土体的概念。第五章,扩展了膨胀性岩土的范围。第十章,补充了无人机等新技术在勘察中的应用。
3. 第六章,增加了有关碎屑坡的内容,补充了危岩的概念、勘察和分级分类。第七章,增加了城市地铁工程地质问题一节。
4. 同步补充修订了习题库,录制了在线视频课程(MOOC)。

本次修订分工如下:西南交通大学谢强教授修订第六、七、十章,郭永春副教授修订绪论、三、四、五章,西华大学李娅副教授修订第一、二、八、九章并校订全书文字、图表。

本次修订,承蒙西南交通大学文江泉副教授、赵文副教授、赵志明博士、王世明博士提供了很好的意见建议,并详细阅看了相关内容,特此致谢。

对本次修订中尚存的不足和疏漏,恳请使用者不吝赐教。

编者

2020年6月

## 第三版前言

本书初版编写于1999年,是为适应土木工程地质教材体系调整而在使用多年的原教材基础上重新编写的。2009年,根据工程规范的变化和初版中存在的一些问题,做了不同程度的补充、修改,定为第二版。但限于时间,第二版未对本书的编排体系和相关内容等进行调整。近年来,根据本书讲授实践和相关专业工程技术的发展,编者 and 使用者均感需对本书作再次修订。

本次修订,根据学科体系的规范化和讲授的系统性,以本书第二版作为基础,对主要章节的编排体系做了较大调整:对原版中涉及岩土体的工程性质、风化作用、岩土体工程分类的内容,从原章节中移出并补充,内容单独成章,作为地质基本理论介绍完后向工程地质内容的转换;对原版中特殊岩土内容,从原来章节中移出并补充内容后单独成章,作为工程实践中两大基本工程地质问题之一,与地质灾害并列;对涉及地下工程、边坡、地基的工程地质问题,根据学科系统性和工程技术的发展,按照工程地质问题、勘察和评价、工程防治措施的脉络,重新制定章节大纲,重新组织内容编写;对涉及工程地质勘察的内容,根据近年来技术发展和工程实践,调整补充了物探和遥感图像判释的相关内容。

本书第三版各章节的主要变动如下:

绪论,基本保持不变,修改了原书章节介绍。

第一章,矿物和岩石,保留了原第一章有关矿物和岩石的内容,移出了有关岩石工程性质及工程分类、特殊土工程性质两节的内容,章名变更为矿物和岩石。

第二章,地质构造及地质图,删除了除板块构造以外的其他地壳运动理论,删除了节理的部分描述和分级,调整了地层综合柱状图内容和位置。

第三章,水的地质作用,删除了与岩土体工程性质重复的水理性质、地下水自流盆地、自流斜地等内容,增补了地表流水对土木工程的影响、岩溶水、地面沉降、砂土液化等内容。

新编第四章,岩土体工程性质,采用原书第一章第五节中岩石的工程性质、工程分类、风化作用以及原书第五章概述中岩体基本概念的部分内容,增加了土体工程性质、岩土体工程分类等内容,调整了章节顺序。

新编第五章,常见特殊岩土,采用原书第一章第六节中有关特殊土的主要内容,扩大了膨胀性岩土、软土、冻土的内容,增加了盐渍岩土一节。

第六章,常见地质灾害,主要采用原书第四章内容,重编了地震一节。

新编第七章,地下工程地质问题,重编为主,内容包括地下工程常见和特殊工程地质问题、选址与勘察内容、围岩稳定性评价、超前地质预报、防治措施等。

新编第八章,边坡工程地质问题,重编为主,内容包括土质边坡、岩质边坡、特殊边坡的工程地质问题,边坡勘察和稳定性评价方法,边坡变形破坏防治措施等。

新编第九章,地基工程地质问题,重编为主,内容包括地基的变形、破坏,特殊地基工

程地质问题，地基勘察及地基承载力，地基工程地质问题的主要防治措施等。

第十章，工程地质勘察，以原书第八章内容为主，对原书第三节、第四节中有关地球物理勘探和航空工程地质勘察及遥感内容，合并为新的第四节物探与遥感图像判释，增补了物探新技术应用的内容，压缩了遥感原理介绍。

在本次修编中，尽量编入工程地质学科和工程实践中发展的新理论、新技术、新方法，尽量采纳新的工程技术规范的相关内容，删改了原书一些叙述不清、冗余、重复的文字描述，修订了原书中的文字和图表的错误，基本保持原书总容量不变。

本次修编分工如下：西南交通大学谢强教授修编第一章、第四章、第七章、第八章，郭永春副教授修编绪论、第三章、第五章、第十章，西华大学李娅副教授修编第二章、第六章、第九章，全书由谢强统稿。本书原主编西南交通大学李隽蓬教授因年龄原因担任主审。

本次修订中，西南交通大学赵梦怡、高先建、央金卓玛、孙彩婷、渠孟飞、杨玉堂等博（硕）士研究生收集了部分素材，重绘了全部插图，核对了全书文稿，增编了大量习题，重新制作了电子课件，特此致谢。

本次修编的章节和内容调整较大，是否妥当恳请读者批评。限于编者水平，本版存在的不当和疏漏，期盼读者不吝指正。

编者

2014年12月

## 第二版前言

《土木工程地质》自 2001 年出版以来,得到了众多读者的青睐,被很多学校选作教材,已多次重印,累计印刷 47 000 册。

近 10 年来,涉及工程地质应用的成果、特别是工程规范有了较多的修改,因此,根据这些成果对本书原有内容进行修订是十分必要的。

本次修订,在保持原来的体系和特点的基础上,进行了以下修订:对本书涉及的主要规范,按现行规范的内容进行补充、修改,主要涉及的章节和内容有第一章岩石物理性质、第三章水的分类及评价、第七章地基承载力、第八章勘察分级;第三章增加了地下水地质作用部分内容;将第二章原第六节提前到第二节,以便在描述地质构造地层层序之前建立地层概念;订正了原书中有关文字、图、表的一些错误。

由于本次修订主要针对规范的发展,未对本书编排体系及内容进行调整,编者计划根据使用者的意见及学生知识结构的调整,在今后适当时候进行修订。

本次修订主要由李隽蓬、谢强、郭永春、李娅完成。

第二版中存在的错误,恳请读者批评指正。

编者

2009 年 6 月

## 第一版前言

本书是在原铁道、桥梁、隧道工程专业本科教材《铁路工程地质》的基础上，为适应专业面扩大后的土木工程专业而重新编写的。由于在土木工程专业教学计划中“工程地质”课程的学时所限，本书在重编中适当精简了基础地质内容，加强了工程地质内容。这种加强主要体现在新增了“地下工程地质问题”“边坡工程地质问题”和“地基工程地质问题”三章，为土木工程专业学生从事广泛的土木工程工作所需的工程地质知识，打下了较坚实的基础。其次，本书采用了已经出版和即将出版的岩土工程和工程地质新标准和新规范，吸取了近十几年来在工程地质和岩土工程学科中的新进展和新成就。

在使用本书进行教学时，由于学时所限而不能教授全部教材内容时，可在工程地质部分的第四、第五、第六、第七章中有针对性地选择。特别是第八章“工程地质勘察”应结合野外实习进行教学，不占校内理论教学时间。

本书在编审过程中，曾对编写大纲广泛征求过有关兄弟院校（如北方交通大学、上海铁道大学、兰州铁道学院、长沙铁道学院、石家庄铁道学院等）同行的意见，许多老师都提出了很好的意见和建议，在此谨向关心、帮助过本书编写工作的老师致以诚挚的谢意。

本书由西南交通大学李隽蓬教授、谢强教授主编，钱惠国教授、白志勇副教授参编，由铁道科学研究院西南分院王石春研究员主审。李隽蓬编写绪论、第一章第一节至第四节、第四章；谢强编写第三章、第六章、第八章；钱惠国编写第一章第五节至第六节、第七章；白志勇编写第二章、第五章。全书由李隽蓬统稿。

鉴于编者水平有限，书中不当之处，诚恳希望读者批评、指正。

编 者

2000年10月

# 目 录

绪 论	1
一、工程地质在土木工程建设中的作用	1
二、课程主要内容及学习要求	2
第一章 矿物和岩石	3
第一节 概 述	3
第二节 主要造岩矿物	4
一、矿物的形态及主要物理性质	4
二、主要造岩矿物及其鉴定特征	7
第三节 岩浆岩	9
一、岩浆岩的形成过程	9
二、岩浆岩的地质特性	10
三、岩浆岩分类及常见岩浆岩的鉴定特征	11
第四节 沉积岩	13
一、沉积岩的形成过程	13
二、沉积岩的地质特性	15
三、沉积岩分类及常见沉积岩的鉴定特征	17
第五节 变质岩	19
一、变质岩的形成过程	19
二、变质岩的地质特性	21
三、变质岩分类及常见变质岩的鉴定特征	22
第二章 地质构造及地质图	24
第一节 地壳运动及地质作用	24
一、地壳运动	24
二、地质作用	25
第二节 地质年代	25
一、绝对年代法	26
二、相对年代法	26
三、地质年代表	29
第三节 岩层及岩层产状	31

一、岩层	31
二、岩层产状	32
第四节 褶皱构造	34
一、褶曲构造	34
二、褶皱构造的类型	36
第五节 断裂构造	37
一、节理	37
二、断层	38
第六节 地质构造对土木工程的影响	43
第七节 地质图	45
一、地质图的种类	45
二、地质图的阅读	46
三、地质剖面图的制作	48
第三章 水的地质作用	50
第一节 地表流水的地质作用	51
一、概述	51
二、暂时流水的地质作用	51
三、河流的地质作用	54
四、地表流水对土木工程的影响	60
第二节 地下水的地质作用	61
一、地下水的基本知识	61
二、地下水的基本类型	66
三、地下水的地质作用	73
四、地下水对土木工程的影响	75
第四章 岩土体工程性质	78
第一节 风化作用	78
一、风化作用类型	78
二、影响岩石风化的因素	79
三、风化程度分级	80
四、防治风化的措施	81
第二节 岩土工程性质	81
一、物理性质	81
二、水理性质	84
三、力学性质	88
四、岩体结构	91

第三节 岩土工程分类 .....	94
一、土的工程分类 .....	94
二、岩石的工程分类 .....	96
三、岩体工程分级 .....	99
第五章 常见特殊岩土 .....	103
第一节 黄土 .....	103
一、黄土概述 .....	103
二、黄土的工程性质 .....	105
三、黄土的主要工程地质问题 .....	107
四、黄土的防治措施 .....	107
第二节 膨胀性岩土 .....	108
一、膨胀性岩土概述 .....	108
二、膨胀性岩土的工程性质 .....	109
三、膨胀性岩土的主要工程地质问题 .....	111
四、膨胀性岩土的防治措施 .....	111
第三节 软土 .....	112
一、软土概述 .....	112
二、软土的工程性质 .....	113
三、软土地基的主要工程地质问题 .....	114
四、软土地基的主要防治措施 .....	115
第四节 冻土 .....	116
一、冻土概述 .....	116
二、冻土的工程性质 .....	118
三、冻土的工程地质问题 .....	120
四、冻土病害的防治措施 .....	122
第五节 盐渍岩土 .....	123
一、盐渍岩土概述 .....	123
二、盐渍岩土的工程性质 .....	124
三、盐渍岩土的主要工程地质问题 .....	125
四、盐渍岩土的主要防治措施 .....	127
第六章 常见地质灾害 .....	128
第一节 概述 .....	128
第二节 滑坡 .....	128
一、滑坡及其形态特征 .....	128
二、滑坡的形成条件及影响因素 .....	130

三、滑坡分类	130
四、碎屑坡	131
五、滑坡防治	132
六、滑坡监测	134
第三节 崩塌及岩堆	134
一、崩塌	134
二、岩堆	137
第四节 泥石流	139
一、泥石流及其分布	139
二、泥石流形成条件	140
三、泥石流分类	141
四、泥石流地区工程地质问题及防治措施	142
第五节 岩溶	144
一、岩溶及其形态特征	144
二、岩溶的形成条件及发育规律	147
三、岩溶地区工程地质问题及防治措施	148
第六节 地震	150
一、地震概述	150
二、地震工程地质问题及安全性评价	153
三、地震灾害的防治措施	158
第七章 地下工程地质问题	160
第一节 地下工程地质问题的类型	160
一、围岩应力引起的工程地质问题	160
二、地质构造引起的工程地质问题	164
三、地下水引起的工程地质问题	165
四、特殊地下工程地质问题	169
第二节 地下洞室勘察及稳定性评价方法	171
一、隧道位置的选择	171
二、地下工程勘察的主要内容和方法	173
三、围岩稳定性评价方法	175
第三节 地下工程地质问题的防治	177
一、地下工程地质问题防治原则	177
二、超前地质预报	178
三、地下工程地质问题的防治措施	180
第四节 城市地铁工程地质问题	182
一、城市地铁的工程地质环境	182
二、城市地铁的工程地质问题	183

第八章 边坡工程地质问题 .....	185
第一节 边坡工程地质问题的类型 .....	185
一、土质边坡的工程地质问题 .....	185
二、岩质边坡的工程地质问题 .....	186
三、特殊边坡的工程地质问题 .....	190
第二节 边坡勘察及稳定性评价方法 .....	191
一、边坡工程地质勘察 .....	191
二、土质边坡稳定性评价方法 .....	192
三、岩质边坡稳定性评价方法 .....	195
第三节 边坡变形破坏的主要防治措施 .....	201
一、边坡应力分布特征 .....	201
二、提高边坡岩土体稳定性 .....	202
三、保护边坡地质环境 .....	203
第九章 地基工程地质问题 .....	205
第一节 概 述 .....	205
一、地基的概念 .....	205
二、地基的有害变形 .....	205
三、地基的剪切破坏 .....	206
四、特殊地基工程地质问题 .....	208
第二节 地基勘察及地基承载力 .....	209
一、地基工程地质勘察 .....	209
二、地基承载力 .....	210
第三节 地基工程地质问题的主要防治措施 .....	214
一、基础类型选择 .....	214
二、合理设计与施工 .....	215
三、地基岩土的工程处理措施 .....	215
第十章 工程地质勘察 .....	218
第一节 不同工程勘察阶段的勘察要求 .....	218
一、工程地质勘察分级 .....	218
二、工程地质勘察阶段 .....	219
第二节 工程地质调查测绘 .....	220
一、工程地质调查测绘内容及测绘比例尺 .....	220
二、工程地质调查测绘方法 .....	220
第三节 工程地质勘探 .....	222
一、简易勘探 .....	222

二、钻 探	223
第四节 物探与遥感图像判释	224
一、地球物理勘探	224
二、遥感图像的工程地质解译	226
第五节 试验测试及长期观测	226
一、室内试验	226
二、现场测试	227
三、长期观测	227
第六节 文件编制	228
一、工程地质说明书	228
二、工程地质图件	229
参考文献	231



土木工程地质  
在线答题

# 绪 论



绪论课件 PPT

## 一、工程地质在土木工程中的作用

工程地质学是地质学的一个分支，是研究与工程建设有关的地质问题的学科，发展至今，已成为一门独立学科。工程地质学的主要任务是：勘察和评价工程建筑场地的地质环境和工程地质条件；分析和预测工程建设活动与自然地质环境的相互作用和相互影响；选择最佳的场地位置；提出克服不良地质作用的工程措施；为工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。

各种土木工程，如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程，都是修建在地表或地下的工程建筑。建筑物场地的地质环境和工程地质条件（包括场地及周围的岩体、土体类型和性质，地质构造，地表水和地下水的作用，各种自然地质作用等），与工程的设计、施工和运营密切相关。在进行工程建设时，无论是总体布局阶段还是个体建筑物设计、施工阶段，都应当进行相应的工程地质工作。总体规划、布局阶段应进行区域性工程地质条件和地质环境的评价；场地选择阶段应进行不同建筑场地工程地质条件的对比，选择最佳工程地质条件的方案；在选定场地进行个体工程建筑物设计和施工阶段，应进行工程地质条件的定量分析和评价，提出适合地质条件、和环境协调的建筑物类型、结构和施工方法等的建议，拟定改善与防治不良地质作用和加强环境保护的措施、方案等。为了做好上述各阶段工程地质工作，必须通过地质调查、测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段，获得必要的地质资料，结合具体工程的要求进行研究、分析和判断，最终得出相应的结论。鉴于工程地质对工程建设的重要作用，国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、提出必要的地质资料的基础上，才能进行工程设计和施工工作。

土木工程地质是随着大规模的土木工程建设发展起来的。在早期，由于缺乏对工程地质知识的了解，在国内外工程建设实践中，都发生过不少典型的工程地质问题。例如我国始建于民国末期的宝（鸡）一天（水）铁路，由于忽视工程地质研究，施工中即发生大量崩塌、滑坡、河岸冲刷和泥石流等地质灾害。该铁路在 20 世纪 50 年代初通车后，也不能正常运营，被称为中国铁路的“盲肠”。国家每年都花费大量经费进行维修、整治，直至 20 世纪 80 年代耗资巨资进行大段线路改线后，才使宝天铁路真正畅通。在国外，法国著名的马尔帕塞拱坝垮塌事件，就是由于对坝基和坝肩片麻岩中所夹的软弱结构面缺乏足够的认识，致使左岸拱座滑动破坏，库水冲毁下游市镇，造成死亡、失踪近 500 人的重大灾难和损失。其他如美国奥斯汀城科罗拉多水坝的崩毁、加拿大特朗斯康谷仓的倒塌、西班牙蒙特哈塔坝高 72 m 的“干水库”等，都是由于对地质条件没有足够的了解而招致失败。

自工程地质学科全面引入土木工程以来，因工程地质问题引发的大规模问题日益减少。

在我国，修建于 20 世纪 60 年代末的成（都）—昆（明）铁路，建设时集中了全国各行业的工程地质专家和大批工程地质工作者，使这条穿行于有“地质博物馆”之称的川滇复杂山区的铁路成功建成并安全运营。

随着我国经济建设日益发展，20 世纪末，我国在复杂地质条件地区已成功修建了长达 20 km 的秦岭越岭交通隧道、高达 240 m 的二滩水电站大坝、采深 390 m 的抚顺西露天煤矿边坡。进入 21 世纪以来，工程建设的规模和数量也越来越大，超过 50 km 的越岭交通隧道、开挖体积近 2 000 万立方米的地下洞室群、采深超过 500 m 的露天采矿场边坡、高达 300 m 的水电站大坝等特大工程开工建设。这些“长隧道、深基坑、高边坡”等巨型重大工程建设与工程地质的关系更趋紧密，对土木工程师的工程地质知识的要求也越来越高。

## 二、课程主要内容及学习要求

工程地质学是一门应用科学。它是运用地质学的基本理论和知识，解决工程建设中各种工程地质问题的一门学科。除绪论外，课程主要内容由四大部分组成：

第一部分为基础地质部分，由前两章构成。第一章是关于主要造岩矿物和三大类岩石地质特征的基本知识；第二章是地质构造基本类型及特征、地史及地质图的基本知识。

第二部分为普通工程地质部分，由第三、四、五、六章构成。第三章为地表、地下水的地质作用；第四章为岩土体的工程性质；第五章为常见的各种特殊岩土，主要介绍黄土、膨胀性岩土、软土、冻土和盐渍岩土的成因、特征、工程特性、工程地质问题和防治措施等内容；第六章为常见的各种地质灾害，主要介绍滑坡、崩塌、泥石流、岩溶及地震的成因、特征、危害和防治措施等内容。

第三部分为专门工程地质部分，主要讲述土木工程中常见的工程地质问题，由第七、八、九章构成。第七章是地下洞室工程地质问题和处理分析方法；第八章是边坡工程地质问题和处理分析方法；第九章是地基工程地质问题和处理分析方法。

第四部分由第十章构成，介绍工程地质勘察的一般原则和方法。

工程地质是土木工程的专业基础课。学习本门课程后，应达到以下基本要求：

(1) 辨认常见的岩石和土，辨认基本的地质构造，阅读一般的地质资料，具备地质学的一般概念。

(2) 了解水的地质作用，理解地表、地下水的作用对土木工程的影响。

(3) 了解常见特殊岩土的工程性质，了解常见的地质灾害现象，理解特殊岩土和地质灾害对土木工程的影响。

(4) 将工程地质知识应用于土木工程。

(5) 了解工程地质勘察的方法、手段及成果形式。

# 第一章 矿物和岩石



第一章课件

## 第一节 概述

地球的形状被称为旋转椭球体，赤道半径约 6 378 km，极地半径约 6 357 km，平均半径约 6 371 km。地球的表面积约 5 亿平方千米，其中陆地占 29.3%，海洋占 70.7%。地球的体积约 1 万亿立方千米。根据地球物理测量资料分析，地球内部具有分层的构造特点，可称为地球内部圈层构造（见图 1-1），从地心到地表可分为地核、地幔和地壳三个圈层。地心至地表以下 2 900 km 为地核，主要由铁、镍等金属物质组成，推测地核中压力可达  $3.6 \times 10^5$  MPa，温度约 3 000 ~ 5 000 °C，密度为 16 ~ 18 g/cm<sup>3</sup>；地表以下 35 ~ 2 900 km 为地幔，也称中间层，主要由铁、镁硅酸盐物质组成，压力由几千兆帕到  $1.4 \times 10^4$  MPa，温度为 1 500 ~ 3 000 °C，密度为 3.32 ~ 5.66 g/cm<sup>3</sup>；地壳是指地球表面由岩石组成的一层坚硬壳体。地壳厚度各处不同，大陆地壳较厚，我国青藏高原地区地壳厚达 70 ~ 80 km，洋底地壳较薄，太平洋西部马里亚纳海沟处地壳仅 5 ~ 6 km，平均地壳厚度为 35 km。人类工程活动大都是在地壳表层进行的，一般都不超过 1 ~ 3 km 深，最深的金矿矿井超过 4 km，最深的科研钻孔深度深达 12.262 km。

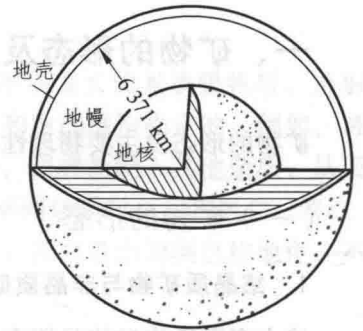


图 1-1 地球内部圈层构造

地壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的，矿物是由各种单质或化合物组成的。地壳中已发现的化学元素有 90 多种，但它们在地壳中的含量和分布很不均衡，其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛和氢十种元素按质量计占元素总质量的 99.96%，而氧、硅、铝三种元素就占 82.96%（见表 1-1）。这些元素在地壳中多以化合物状态出现，少数以单质元素状态存在。

表 1-1 地壳主要元素质量百分比

元素	质量比/%	元素	质量比/%
氧 (O)	46.95	钠 (Na)	2.78
硅 (Si)	27.88	钾 (K)	2.58
铝 (Al)	8.13	镁 (Mg)	2.06
铁 (Fe)	5.17	钛 (Ti)	0.62
钙 (Ca)	3.65	氢 (H)	0.14

注：本表引自 *Scientific American* (1970)。

矿物是天然生成的、具有一定物理性质和一定化学成分的自然元素或化合物，是组成地壳的基本物质单位。多数矿物由化合物构成，例如石英（ $\text{SiO}_2$ ）、方解石（ $\text{CaCO}_3$ ）和正长石 [ $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ ] 等；少数矿物由单质元素组成，例如石墨（C）和天然硫（S）等。

岩石是天然产出的矿物或类似矿物的物质（如火山玻璃、生物遗骸、胶体等）组成的固态集合体。主要由一种矿物组成的集合体称为单矿岩，例如由石英组成的石英岩和由方解石组成的石灰岩等；由多种矿物组成的集合体称多矿岩或复矿岩，例如由石英、正长石组成的花岗岩等。按照岩石形成过程的不同，可将地壳中的岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类型。

## 第二节 主要造岩矿物

自然界中已发现的矿物约有 4 000 种，其中能够组成岩石的矿物称为造岩矿物。在岩石中经常出现、明显影响岩石性质、对鉴别岩石种类起重要作用的矿物称主要造岩矿物，约有 30 种。

### 一、矿物的形态及主要物理性质

矿物的形态及主要物理性质是肉眼鉴别矿物的重要依据。

#### （一）矿物的形态

##### 1. 结晶质矿物与非晶质矿物

绝大多数造岩矿物呈固态，固态矿物中大多数为结晶质，少数为非晶质。

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，形成空间结晶格子构造。因此，在一定条件下，每种结晶质矿物都具有固定、规则的几何外形，这就是矿物的固有形态特征。例如，岩盐（ $\text{NaCl}$ ）的立方晶体格架（见图 1-2）。具有良好固有形态的晶体称自形晶或单晶体。在自然界中，自形晶较少见到。在晶体生长过程中，由于生长速度和周围自由空间环境的限制，晶体发育不良，形成了不规则的外形，称为他形晶。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。常见的非晶质矿物有胶体类矿物，这类矿物是由胶体溶液沉淀或干涸凝固而成，如硅质胶体溶液沉淀凝聚而成的蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）。

##### 2. 矿物的形态

（1）常见的单晶体矿物形态有：

- 片状、鳞片状——如云母、绿泥石等。
- 板状——如斜长石、板状石膏等。

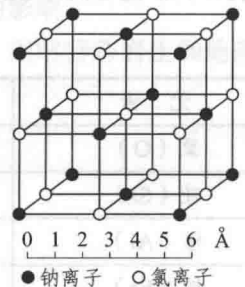


图 1-2 岩盐的立方晶体格架