

工程地质

(第2版) GONGCHENG DIZHI

主 编 ● 何宏斌

副主编 ● 张振雷 张 军

工 程 地 质

(第2版)

主 编 何宏斌

副主编 张振雷 张 军

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容提要

本书采用项目教学法编写,内容包括:工程地质概述(项目1),主要介绍了地壳的组成结构及工程地质的研究内容、方法、对象和任务;地质构造(项目2),主要介绍了岩层产状、褶皱与地质年代;地下水(项目3),主要介绍了地下水的一般形成条件、成分及对工程施工的影响;常见地质灾害及其防治(项目4),主要介绍了工程地质中常见的地质灾害及其防治方法;河流与地貌(项目5),主要介绍了河流的形成与发展过程、河流的地质作用及其与地貌的关系;地质实习(项目6),主要介绍了地质构造的野外观察、记录及资料整理与实习报告的撰写。

本教材可作为高职高专土木工程类专业的教学用书,也可作为本科和相关专业技术人员的辅助参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质 / 何宏斌主编. —2版. —成都:西南
交通大学出版社, 2018.7
ISBN 978-7-5643-6291-1

工... 何... 工程地质 - 高等职业教
育 - 教材 P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第162992号

工 程 地 质
(第2版)

主 编 / 何宏斌

责任编辑 / 姜锡伟

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市二环路北一段111号西南交通大学创新大厦21楼 610031)

发行部电话:028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷:成都蓉军广告印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 14 字数 348 千

版次 2018年7月第2版 印次 2018年7月第3次

书号 ISBN 978-7-5643-6291-1

定价 36.00 元

课件咨询电话:028-87600533

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 2 版前言

随着我国经济的快速发展，国家对于基础建设的投资也越来越多，很多大的工程项目如高速铁路网建设、南水北调及水利工程、大型水电站建设、城市改造等一批关系到国家长远发展的基础工程全面开工。而工程的建设与地质密不可分，工程地质对建筑物的质量、耐久性及环境都有较大的影响。因此，培养工程地质技术人员对国家的基础建设而言既是必需的，也是国家基础建设的有力保障。

针对高职高专学生的学习和生源状况，在以促进就业为目的，以为国家基础建设发展做贡献的基础上，我们编写了《工程地质》这本教材。需要说明的是，教材在编写过程中注重工程施工的经验、方法和实践，以培养学生的工作实践能力，去掉了繁复的理论讲解和推理。

为了培养和提高学生的实践能力，使学生能够对建筑物地表下土的分布、承载力的确定、建筑物地质工程的综合评价有一个全面的了解，本教材在第 2 版中增加了任务 2.3“工程建筑物地质构造及工程地质评价分析实例”，使学生对建筑物在设计与施工前，获取地表下土层的分布、承载力及最后的工程地质综合评价的全过程有一个比较完整的学习过程，为学生走向工作岗位打下良好的基础。

在教材的编写过程中，我们得到了西南交通大学出版社、中铁勘察设计院、西安铁路职业技术学院、辽宁铁道职业技术学院等单位各级领导和铁道工程专业广大教师的关心、帮助和大力支持，也采用了部分工程师、大专院校、学者的演讲内容和研究成果，在此，向他们表示深深的感谢和敬意。

本书采用项目教学法，共分 6 个项目。其中：项目 1，项目 2 下的任务 2.1、任务 2.2 由西安铁路职业技术学院张军编写；项目 3，项目 5，项目 6，项目 2 下的任务 2.3 由西安铁路职业技术学院何宏斌编写；项目 4 由辽宁铁道职业技术学院张振雷编写。西安铁路职业技术学院何宏斌教授负责全书的统稿和定稿工作。

本教材的编写目的在于培养从事工程施工的技术人员，面向对象是从事该行业的高职高专学生。本教材也可作为本科和相关专业技术人员的辅助材料。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请各位读者批评和指正，以使教材能够变得更加完善和实用。

编 者
2018 年 2 月

第 1 版前言

随着我国经济的快速发展，国家对基础建设的投资也越来越多，高速铁路网建设、南水北调及水利工程、大型水电站建设、城市改造等一批关系到国家长远发展的大型基础工程全面开工。而工程的建设与地质密不可分，工程地质对建筑物的质量、耐久性及环境都有较大的影响。因此，培养工程地质技术人员对国家的基础建设而言，既是必需的人才培养，也是国家基础建设的有力保障。

针对高职高专学生的学习和生源状况，在以促进就业和为国家基础建设发展做贡献为目的的基础上，我们编写了《工程地质》这本教材。

本教材的编写目的在于培养从事工程施工的技术人员，面向对象是从事该行业的高职高专学生，也可作为本科和相关专业技术人员的辅助教材。本书采用项目教学法，共分 6 个项目。其中，项目 1、项目 2 由西安铁路职业技术学院张军编写；项目 3、项目 5、项目 6 由西安铁路职业技术学院何宏斌编写；项目 4 由辽宁铁道职业技术学院张振雷编写。西安铁路职业技术学院何宏斌负责全书的统稿和定稿工作。

本教材在编写过程中，得到了西安铁路职业技术学院、辽宁铁道职业技术学院等单位各级领导和铁道工程专业广大专业教师的关心、帮助和大力支持，此外，还参考了部分工程师、大专院校、学者的演讲内容和研究成果。在此，我们编写组向他们表示深深的感谢和敬意。需要说明的是，本教材在编写过程中注重工程施工的经验、方法和实践，去掉了繁复的理论讲解和推理，以培养学生的工作实践能力。但本教材在编写中还有较多的不足和需要改进的地方，望从事该工作的广大技术人员能加以补充和改进，以使教材能够变得更加完善和实用。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请各位读者批评和指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

项目 1 工程地质概述	1
任务 1.1 工程地质研究内容与方法	1
任务 1.2 地球及物质组成	7
任务 1.3 造岩矿物	9
任务 1.4 岩石	20
复习思考题	36
项目 2 地质构造	37
任务 2.1 地质年代	37
任务 2.2 地质构造的类型与特点	42
任务 2.3 工程建筑物地质构造及工程地质评价分析实例	60
复习思考题	75
项目 3 地下水	76
任务 3.1 地下水概述	76
任务 3.2 地下水的物理性质和化学成分	80
任务 3.3 地下水的基本类型	82
任务 3.4 地下水运动的基本规律	90
任务 3.5 地下水对工程施工的影响	92
复习思考题	95
思考与推测	96
项目 4 常见地质灾害及其防治	97
任务 4.1 滑坡	97
任务 4.2 泥石流	106
任务 4.3 火山喷发	114
任务 4.4 崩塌与山崩	121
任务 4.5 海啸	131
任务 4.6 岩溶和岩爆	135
任务 4.7 雪崩	143
任务 4.8 地震	148
复习思考题	153

项目 5 河流与地貌	155
任务 5.1 地表水	155
任务 5.2 河流	168
任务 5.3 河流与地貌	182
复习思考题	195
项目 6 地质实习	197
任务 6.1 地质实习计划与内容	198
任务 6.2 野外山岭地貌的认识	200
任务 6.3 地质构造的野外观察	203
任务 6.4 常见岩石类型、结构、标本采集及工程力学评价	208
任务 6.5 野外实习记录、资料整理与实习报告的撰写	212
复习思考题	216
参考文献	217

项目 1 工程地质概述



项目描述

本项目主要讲述了两部分内容：一部分为工程地质的研究内容、研究方法、研究目的等；另一部分为地球地壳的构成，其主要内容为构成地壳的元素与化合物，以及这些物质的特点，对人类生产、生活及未来的影响等。



教学目标

1. 知识目标

通过本项目的学习，学生一般应：

- (1) 了解和认识工程地质的研究内容、方法。
- (2) 认识地球地壳构成、地壳的元素与常见矿物。
- (3) 了解地壳组成特点及工程施工对人类环境的影响。

2. 能力与素质目标

通过学习，学生应能够掌握地球地壳的构成及特点，能够识别常见的矿物，能够做到在工程施工中尊重自然、了解自然；提高工程技术人员素质，合理利用地形环境，力争向工程施工和环境保护的双赢方向发展。

任务 1.1 工程地质的研究内容与方法

1.1.1 工程地质学的研究对象和任务

地球是人类赖以生存和活动的场所，地球的表层称为地壳。地壳既是人类的矿产资源埋藏地和工程建设所在地，也是建设材料的主要来源地。所以，地壳是构成人类生存和工程建设的环境和物质基础，是许多学科的主要研究对象。

地壳主要由岩石圈组成，它和大气圈、水圈、生物圈的相互作用共同形成了人类生活和活动的环境空间。通常也将岩石圈和大气圈、水圈、生物圈统称为地质环境。

人类活动与地质环境是相互依存、相互制约的关系。

首先，人类的所有工程都建造于地壳表层一定的地质环境中，地质环境会以一定的作用方式从安全、经济和正常使用三个方面影响和制约人类的工程建设。例如：地球内部构造活

动所导致的强烈地震，顷刻间可使较大区域内的各种工程受到破坏甚至毁灭，使人类生命财产遭受重大损失；地壳表面的岩土体的工程特性会让人类工程建设的规模等受到限制；地质时期内形成的岩溶等洞穴的严重渗漏，会造成水库和水电站不能正常发挥作用，甚至完全丧失功能；大规模的崩塌、滑坡，因难于治理而使铁路改线；等等。因此，人类必须要很好地研究工程场地的地质环境，尤其是对工程建设有严重制约作用的地质作用和现象一定要进行详细、深入的研究。

其次，人类的各种工程活动，又会反作用于地质环境，使自然地质条件发生变化，影响工程设施的稳定和正常使用，甚至威胁到人类的生活和生存环境。例如：城市大量抽取地下水所引起的地面沉降，会造成海水入侵；大型水库的兴建，使河流上、下游大范围内水文和工程地质条件发生变化，引起库岸再造、库周浸没、库区淤积、诱发地震等问题；生活和生产活动会使地下水水质污染，甚至使生态环境恶化；等等。因此，人类应充分预计到一项工程的兴建，尤其是重大工程兴建对地质环境的影响，以便采取相应的对策保证自身的可持续发展。

1.1.2 工程地质学研究的基本任务

(1) 阐明建设地区的工程地质条件，并指出对工程建设有利和不利因素。

(2) 论证工程建设场地所存在的工程地质问题，进行定性和定量的评价，得出确切结论。

(3) 选择地质条件优良的建设场地，并根据场地工程地质条件对工程布置提出建议。

(4) 根据所选定地点的工程地质条件和存在的工程地质问题，提出有关工程类型、规模、结构和施工方法的合理建议，保证工程的正常施工和使用。

(5) 研究工程兴建后对地质环境的影响，预测其发展演化趋势，提出利用和保护地质环境的对策和措施。

(6) 为各种防治不良地质作用的措施和方案的制订、设计及实施提供足够的工程地质资料。

工程地质学正是为了满足工程建设的以上需要而形成的一门科学。也就是说，工程地质学是研究在工程设计、施工和运行过程中，合理地利用自然地质资源、正确地改造不良地质条件和最大限度地避免地质灾害等问题的科学。它是工程科学与地质科学相互渗透、交叉而形成的，服务于工程建设的一门边缘科学。

工程地质学的基本任务是查明工程建设环境内的工程地质条件，发现工程建设过程中潜在的工程地质问题。

工程地质条件是指与工程建设有关的地质因素的综合，这些因素包括岩土的工程地质特征、地质构造、地貌、水文地质、不良地质现象和天然建筑材料等方面，它是一个综合概念。工程地质条件直接影响到工程的安全、经济和正常使用，所以，查明建设场地的工程地质条件是兴建任何类型的工程所要解决的首要任务。由于不同地区的地质环境不尽相同，因此，影响工程建设的地质因素有主次之分，工程地质工程师应对当地的工程地质条件进行具体分析，明确影响工程建设安全、经济和正常使用的次要因素，并进一步指出对工程建设有利和不利的方面。

工程地质问题是指工程地质条件与工程建设之间所存在的矛盾或问题。工程地质条件是自然界客观存在的，它能否满足工程建设的需要，一定要结合工程的类型、结构形式和规模等进行综合分析。例如，从工程地质的角度上讲，工程包括三种类型：第一类是将工程岩土作为地基利用的工程，如各种工业与民用建筑工程等，保证该类工程的施工和使用过程中的安全所要解决的主要工程地质问题是地基承载力和变形问题；第二类是将边坡岩土作为利用对象的工程，如露天采矿工程、港口工程、坝体工程等，保证该类工程的施工和使用过程中的安全所要解决的主要工程地质问题是边坡岩土的重力稳定性问题；第三类是将地下洞室作为利用对象的工程，如人防工程、交通隧道工程等，保证该类工程的施工和使用过程中的安全所要解决的主要工程地质问题则是整个洞室环境的稳定性问题。所以，工程地质问题是复杂多样的，在工程建设过程中一定要将工程地质条件和具体工程的建设要求两个方面紧密地联系起来，有针对性地开展工程地质工作，切不可在未查清建设场区的工程地质条件或对工程地质问题分析、评价不充分的情况下进行工程建设活动，以免造成不良影响或严重后果。

1.1.3 工程地质学的研究内容及分支学科

工程地质学的研究内容是多方面的，由此也形成了它的许多分支学科。工程地质学的主要研究内容和分支学科有：

1. 岩土的工程地质性质

建造于地壳表层的各类工程，无论是将岩土体作为工程建设的地基，还是将其作为工程建设的环境，总是离不开岩土体的。因此，工程岩土的性质对工程建设的影响很大，它是人类工程活动与地质环境之间相互联系的基本要素。无论是工程地质条件分析，或是工程地质问题的评价，首先要对工程岩土的成因、类别、空间分布规律、各项物理力学参数特征等进行研究和分析。研究该方面的工程地质分支学科有“工程岩土学”“土质学”等。

2. 动力地质作用

作为工程地质条件要素之一的动力地质作用，包括地球的内力地质作用和外力地质作用，还有人类工程、经济活动所产生的各种动力作用。这些动力因素往往会对工程的稳定性、造价和正常使用有着重大的影响，有时甚至会起到制约作用。因此，工程建设过程中应对动力地质作用的规模、形成机制、分布和发展演化规律及其可能产生的不良后果进行分析和评价，并提出有效的防治对策和措施。研究该方面的工程地质分支学科有“动力工程地质学”等。

3. 工程稳定性

影响工程的安全、经济和正常使用最核心的问题是工程稳定性问题，而影响工程稳定性的因素除了岩土的工程地质性质和动力因素外，还与岩土的应力-应变模型、变形和破坏机制、破坏模式、适用的物理学模型等有关。对上述问题进行研究的工程地质分支学科是“土力学”“岩体力学”等。

4. 岩土工程设计理论或方法

当自然工程地质条件无法满足工程建设的需要，而工程建设场地又别无选择时，就需要采取各种不同类型的人工结构对原有的工程地质环境进行改造。研究对原有的工程地质环境进行改造的人工结构的设计理论或方法的工程地质分支学科是“岩土工程学”。

5. 区域工程地质

不同地域的自然地质条件不同，因而工程地质条件和工程地质问题也有明显的区域性分布规律和特点。为了资源的开发利用和工程建设布局的优化，就必须对不同地域工程地质条件的形成和分布规律进行区别。我国国土面积广大，自然地质条件复杂，因此开展这方面的研究更重要。“区域工程地质学”即为这方面研究的工程地质分支学科。

6. 环境工程地质

人类工程经济活动对地质环境的影响作用越来越广泛，使得地质环境日趋恶化，频发的地质灾害已严重地威胁着人类的生存和生活。为了合理开发利用和保护地质环境，科学地预测人类活动对地质环境的负面影响以及它的区域性变化，建立起地质环境与人类活动之间的和谐发展关系，大力开展人类活动与地质环境之间的关系研究已成为现代工程地质学研究的热点，并形成了一门工程地质学的新兴分支学科——“环境工程地质学”。

7. 工程地质勘查理论和技术

工程地质学服务于工程建设的具体工作就是为工程建设的规划、设计、施工和使用提供所需的地质资料和基础数据。获得地质资料和基础数据的过程就是岩土工程勘查。由于不同的工程类型、结构和规模对工程地质条件的要求以及所产生的工程地质问题不同，加上各工程建设场地的地质环境的差异，导致勘查方法的选择和勘查方案的设计也不尽相同。因而要做好勘查工作，就要有先进的工程地质勘查理论做指导和以先进的技术为基础。勘查理论和技术研究工作虽然一直都未停止，所取得的成果也非常显著，但目前仍属于零星的研究，尚未形成独立的分支学科。

1.1.4 工程地质学与其他学科的关系

工程地质学所涉及问题的广泛性决定了它的多学科性。

首先，工程地质问题的认识是以认识地质环境为基础的，而要认识地质环境就必须学会辨别各种矿物、岩石、地质构造、地质作用、地貌和水文地质条件等，因而动力地质学、矿物学、岩石学、构造地质学、沉积学、第四纪地质学、地貌学和水文地质学等许多地质学的分支学科都是工程地质学的地质基础学科。

其次，工程地质问题的研究、分析和解决要以数学、物理学、化学、力学等学科知识为基础，因而工程地质学与这些学科的关系十分密切。

此外，工程地质学的最终目的是保证人类与地质环境之间的和谐发展，而人类工程经济活动又不可避免地会对地质环境产生各种各样的影响，所以，工程地质学还与环境科学及许多工程应用技术科学存在较密切的联系。

1.1.5 工程地质学的发展历史

虽然人类在远古时代就懂得利用优良的地质条件兴建各类工程，但是，工程地质学在国际上成为地质学的一门独立分支学科仅有 70 多年的历史。

20 世纪 30 年代初，苏联开展大规模的国民经济建设，促使了工程地质学的萌生。1932 年，莫斯科地质勘探学院成立了由萨瓦连斯基（1881—1946）领导的工程地质教研室，专门培养工程地质专业人才，并奠定了工程地质学的理论基础。此时，欧美和日本等国家虽然也都在水利工程和土木工程建设中开展了工程地质工作，但他们主要从事工程建设过程中的有关岩土工程地质性质和相关的力学问题的研究，所解决的仅仅是土质学、土力学和岩体力学等工程地质分支学科的局部问题。

工程地质学经过数十年的发展，已形成了由“土质学”“工程岩土学”“土力学”“岩体力学”和“环境工程地质学”等多个分支学科所组成的学科体系。

为了促进工程地质科学的发展和便于各国学者的学术交流，第 23 届国际地质大会在 1968 年成立了国际地质学会工程地质分会，后改名为国际工程地质协会（IAEG），该协会下设了多个专业委员会，并定期进行学术交流，办有会刊。

为了促进工程地质学科体系的共同发展，各国的工程地质学家与土力学家、岩体力学家在对各种工程岩土体稳定性分析和评价过程中紧密协作配合，并于 1975 年成立了国际工程地质协会、国际岩石力学学会和国际土力学及基础工程学会这三个学会的秘书长联席会议，以期成立综合性的国际学术团体。

我国的工程地质学是在新中国成立后才发展起来的。20 世纪 50 年代初由于经济和国防建设的需要，地质部成立了水文地质工程地质局和相应的研究机构，在地质院校中设置水文地质工程地质专业，培养专门人才。当时一些重大工程项目，如三门峡水库、武汉长江大桥、新安江水电站等，都进行了较详细的工程地质勘查。随之，城建、冶金、水电、铁道、机械、化工、国防等部门也相继成立了勘查和研究机构，在相应的部属院校中设立有关专业。60 余年来，我国在水利水电、铁路桥梁、城市规划、工业与民用建设、矿山工程和国防工程等方面进行了大量工程地质工作，为工程的规划、设计、施工和正常运行提供了较充分的地质依据。这不仅保证了工程建设的顺利进行，也丰富了工程地质学的理论宝库。

为了更好地促进我国工程地质学科的发展，加强学术交流，1979 年 11 月，我国成立了中国地质学会工程地质专业委员会，并召开了首届工程地质大会，至今已召开了 4 届大会和多次专题性学术讨论会。为了迎接 20 世纪 90 年代国际减灾 10 年的活动，我国于 1989 年成立了全国地质灾害研究会，并办有专门的学报。这个全国性学术组织以工程地质学家为主体，专门从事地质灾害的形成机制、时空分布规律、预测预报、防治对策和措施等方面的研究。当前，我国工程地质界在能源和矿产资源开发、沿海经济开发区和城市环境工程地质、地质灾害预测预报、工程地质图集编制、测试技术理论和方法等方面，开展了较广泛而深入的研究，取得了丰硕的成果。

工程地质学作为一门独立的科学体系，还在不断充实、完善之中，当前又开辟了矿山工程地质、地震工程地质和海洋工程地质等新的研究领域。此外，工程地质学还引进了许多新兴学科，如信息论、系统论、耗散结构理论、灰色理论等理论和方法，使之更有效地服务于工程建设。

1.1.6 本课程的主要内容

根据本学科的研究对象与教学要求，本课程的主要内容可以分为以下几个方面。

1. 岩石的工程性质

地壳表层的岩石，是建筑物的地基和重要的建筑材料，岩石的工程地质性质直接影响地基的稳定性和岩石材料质量的好坏。因此，岩石性质是工程地质研究的基本内容。其研究主要包括与建筑物有关的岩石的矿物组成、结构构造以及主要的物理力学特征，并结合地质成因分析，阐明常见矿物岩石的简易识别方法，综合评价岩石的工程地质特性。

2. 地质构造与区域稳定性

地质构造与区域稳定性问题的研究，是工程地质研究的主要内容之一。它包括地质构造的基本形态、主要特征及其在地质图上的表示和分析方法，研究与建筑物密切相关的断层、节理、破碎带及软弱夹层的力学特性和分布规律，研究地震活动性与区域稳定性等问题。这些都是直接影响建筑物地基岩体稳定的主要地质条件，甚至成为工程选址的决定因素。

3. 地表水及地下水的地质作用

地表水和地下水的地质作用是研究水流的地质作用、河谷地貌、沉积层的主要类型及工程地质特征，阐明地下水的埋藏条件、成因类型和运动规律，研究岩溶、滑坡、崩塌、岩石风化等不良地质现象及作用过程的前提条件。水流的地质作用和不良地质现象，往往直接危及建筑物的安全，常使工程建筑遭受破坏或严重影响工程效益。

4. 各种工程地质问题

岩体（地基岩体、斜坡岩体、周围岩体）稳定、渗透稳定、渗漏、岩溶、泥石流及地应力等问题是工程建设中主要的工程地质问题。岩石性质、地质构造、地下水、地表水及岩体结构等，既是工程地质的基础知识，又是决定工程地质问题的主要地质因素。因此，需要分析研究各种地质条件，对岩体稳定和渗漏等工程地质问题作出合理评价。

1.1.7 本课程的教学要求和方法

本课程是一门专业技术基础课。通过本课程的学习，土木工程专业学生应能掌握工程地质学最基本的原理与方法。学生在学习过程中，切忌生吞活剥、死记硬背，主要应掌握分析研究问题的思路和方法，以便在以后的实际工作中用以解决所遇到的问题。

工程地质学的内容是相当广泛的，本书只着重介绍了工程建设方面所涉及的最基本的工程地质理论和知识，对学生在学习本课程时的要求如下：

(1) 能阅读一般地质资料，根据地质资料在野外辨认常见的岩石，了解其主要的工程性质；辨认基本的地质构造及明显的不良地质现象，了解其对工程建筑的影响。

(2) 能根据工程地质的勘察成果，应用已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，特别对工程地质环境中的不良地质现象应该能够进行分析和判断，并能够对工程地质环境中的不良地质现象可能引起的地质灾害进行科学预测。

(3) 把学到的地质学及工程地质学知识和其他课程知识紧密结合起来，进行实际工程的

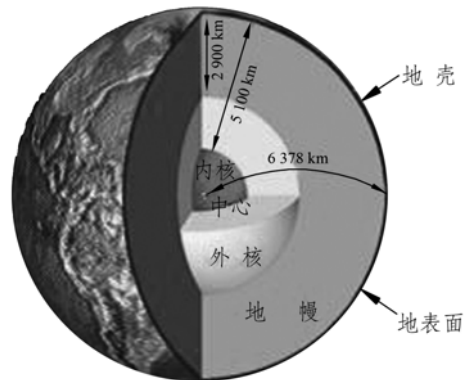
设计与施工。

为了学好这门课程，应结合课堂教学开好有关矿物、岩石的实验课程，使学生掌握常见矿物和岩石的肉眼鉴定方法，了解各类岩石的形成条件；安排短期的野外地质实习，参观勘探现场，以帮助学生了解地貌、地质构造及岩土类别；有条件时最好结合已有的地质图或工程进行具体分析，培养学生阅读地质图和分析地质条件的能力。

引导学生寻找地质学与工程地质学中的规律性，避免死记硬背；加强多媒体教学，增加学生的感性认识，帮助学生尽快建立起地质学的有关概念。引起学生对地质学的重视和兴趣是教学的成功所在。

任务 1.2 地球及物质组成

地球是太阳系中的八大行星之一，它绕太阳公转，并绕自转轴由西向东旋转。地球是一个不规则的扁球体，赤道半径略长，约为 6 378 km，极地半径略短，约为 6 356.8 km，平均半径约为 6 371 km。地球总表面积约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，大陆面积约为 $1.48 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占 29%；海洋面积约为 $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占 71%。地球质量为 $5.976 \times 10^{24} \text{ kg}$ ，地球体积为 $1.083 \times 10^{21} \text{ m}^3$ ，平均密度为 5.518 kg/m^3 。地球的内部由地壳、地幔和地核三个圈层组成（图 1.1）。



地球内部圈层中位于莫霍面以上的部分（最上一圈）称为地壳，由岩石组成，表面凸凹不平。地壳厚薄不等，变化于 5 ~ 70 km。地壳又可分为大陆地壳和海洋地壳两种类型。大陆地壳厚度大，平均厚度约为 33 km，我国青藏高原地区最厚达 70 km。海洋地壳厚度小，平均厚度为 6 km，最厚处也只有 8 km。

图 1.1 地球的内部构造

1.2.1 地壳结构

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，下层叫硅镁层（图 1.2）。

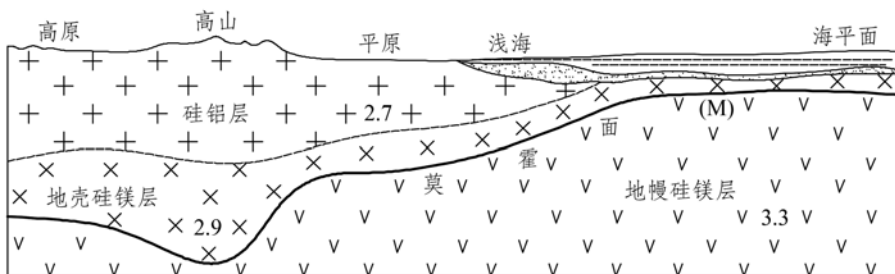


图 1.2 地壳结构示意图

硅铝层又称花岗岩质层，包括沉积岩层和花岗岩层。前者指分布于地壳表层的未固结或已固结的各种沉积岩，该层是地球外力作用最显著的地带，物质组成极为多样，构造形态和地貌形态也非常复杂。花岗岩层是指平均化学组分和花岗岩成分相似的一层，地震波在此层中的传播速度也与在花岗岩中的传播速度相近似，所以用分布最广的花岗岩为代表。硅铝层在地壳上部不连续分布，厚 0~22 km，在陆地上较厚，在海洋底部较薄或缺失。该层的化学成分以 Si、Al 为主，密度较小，平均为 2.7 g/cm³，放射性高。

硅镁层又称为玄武岩层，因为它的平均化学组分和玄武岩相似，所以用分布最广的玄武岩为代表。硅镁层是硅铝层下面、位于地壳下部、成连续分布的一层，以莫霍面为下界，厚度在各地不等，大陆地区可达 30 km 厚，在海洋底部则仅厚 5~8 km。该层化学成分中 Mg、Fe 相对增多，密度为 2.7~2.9 g/cm³，压力可达 9 000 MPa，温度在 1 000 °C 以上。

大陆型地壳和海洋型地壳有很多不同之处。大陆型地壳的厚度较大，在玄武岩层之上有很厚的沉积岩层（有些地方缺失）和花岗岩层，即双层结构；而海洋型地壳的厚度较小，在玄武岩层上只有很薄的或者根本没有花岗岩层，大部分是单层结构。地壳厚度的差异和花岗岩层的不连续分布形成了地壳结构的主要特点。由于地壳物质在水平和垂直方向的不均匀性，势必导致地壳经常进行物质的重新分配调整（物质移动），这是引起地壳运动的因素之一。

1.2.2 地壳的物质组成

地球的表面由海洋（约占 60%）、山丘（约占 30%）和平原（约占 10%）组成，其下部由未风化的基岩岩石构成，上部由风化的岩石组成。因此，广义上讲，地壳是由岩石组成的，我们看到的尘土和耕地土壤只是岩石风化和形成过程中的一种表现而已。

地壳在 0~33 km 内，无论是地壳的上层——花岗岩质层，或是地壳的下层——玄武岩质层，都是由多种类型的岩石组成的。前者以花岗岩等花岗岩质岩石为代表，按照成因，可将构成地壳的岩石归纳起来分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。当我们将岩石进行仔细观察时，就会发现岩石是由许多细小的颗粒组成的，这些细小的颗粒就是矿物。例如：花岗岩之所以五彩缤纷，就是由于它是由无色石英、灰白色斜长石、肉红色正长石和黑色云母等许多种矿物组成的，如图 1.3 所示。

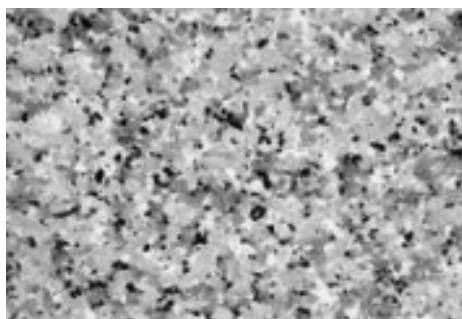


图 1.3 花岗岩

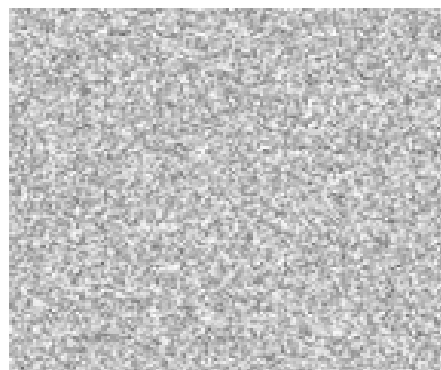


图 1.4 大理石

另外，有些岩石如大理石（图 1.4）主要是由一种粒状方解石组成的。可见岩石是矿物的

集合体，它可由单种矿物组成，也可由多种矿物组成。通过对矿物进行化学分析，便可发现它是由各种自然元素或自然化合物组成的，如金刚石是由一种自然元素（碳）组成的、石英是由硅和氧两种元素形成的化合物组成的等。由此可见，地壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的，矿物是由自然元素或自然化合物组成的，因此，化学元素是组成地壳的基本物质。这里着重介绍地壳的化学组成问题。

地壳中含有的化学元素达百余种，即元素周期表中所列的所有元素。它们在地壳中的分布情况，可以用它们在地壳中的平均质量分数来表示。地壳中最主要的 10 种元素在地壳中的质量分数如表 1.1 所列。

表 1.1 地壳主要元素质量百分比

元 素	符 号	质量比 (%)	元 素	符 号	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

可见，表 1.1 所列 10 种元素占地壳总质量的 99.96%，其中，氧、铝、硅 3 种元素约占 88.17%，而其他 90 多种元素合起来只占 0.04%。这说明化学元素在地壳中的分布是非常不均匀的。

地壳中的化学元素，除少量以自然元素产出外，大部分以化合物的形式出现，其中以氧化物最为常见。地壳上部（深度约在 16 km 以上的部分）按照氧化物来计算的主要化学成分的质量分数如表 1.2 所列。

表 1.2 地壳上部氧化物的质量百分比

氧化物	质量比 (%)	氧化物	质量比 (%)
SiO ₂	59.87	Na ₂ O	3.39
Al ₂ O ₃	15.02	K ₂ O	2.93
Fe ₂ O ₃ 、FeO	5.98	H ₂ O	1.86
MgO	4.06	CO ₂	0.52
CaO	4.79	P ₂ O ₅	0.26

由表 1.2 可见，在地表分布最广的是硅和铝的氧化物，其次为铁、碱土金属和碱金属（钙、镁、钠、钾）的氧化物。因此，地壳中岩石的主要成分就是由这些氧化物和含氧盐类（如硅酸盐、铝硅酸盐等）构成的。

任务 1.3 造岩矿物

矿物是地壳中各种地质作用的产物，是地壳中由一种或几种化学元素所组成的自然物体。由于自然界中化学元素及它们组合方式的多样性，以及地质作用的复杂性，因而所形成的矿物也是

多种多样的。目前，自然界中已知的矿物有 2 000 多种，但其中最主要和最常见的不过百余种。

常见矿物多数是几种元素的化合物，常见的有含氧矿物，如石英、磁铁矿、褐铁矿等；硅酸盐矿物，如正长石、云母、角闪石等；碳酸盐矿物，如方解石、白云石；硫酸盐矿物，如石膏、重晶石等。此外还有其他类型化学成分的矿物，如铁、铜、锌的硫化物。

矿物通常以固态存在地壳中，只有极少数是液态（如自然汞）和气态（如天然气、 H_2S ）。

矿物具有一定的化学成分和内部结构，从而导致矿物具有一定的外表形态、物理性质和化学性质，根据每种矿物特有的外表形态和物理、化学性质，就可将矿物区分开来。

任何一种矿物都只有在一定条件下才是稳定的，当外界条件改变至一定程度时，原有矿物就要发生变化，同时生成新矿物。例如：黄铁矿在氧化条件下，就要发生变化生成褐铁矿，在另外的条件下褐铁矿又会脱水变为赤铁矿。因此，矿物的存在是和一定自然条件相联系的，一种矿物只是表示组成这种矿物的元素在一定地质作用过程中一定阶段的产物。

综上所述，矿物是自然元素在地壳中经各种地质作用形成的、在一定的地质条件下相对稳定的单质或化合物，它是组成地壳的肉眼可见的物体单位。

1.3.1 矿物的基本特征

1. 矿物的形态

矿物形态是指矿物的单体及同种矿物集合体的形状。在自然界中，矿物多数呈集合体出现，但是发育较好的具有几何多面体形状的晶体也不少见。晶体是原子、离子或分子按照一定的周期性在空间排列，在结晶过程中形成的具有一定规则几何外形的固体。

晶体形态是其成分、内部结构的外在反映，具有一定成分和内部结构的矿物具有一定的晶体形态特征。矿物形态也受外部生成环境的影响，即形态也可反映矿物形成的自然过程（成因）。在自然界经常出现的晶体形态见图 1.5。

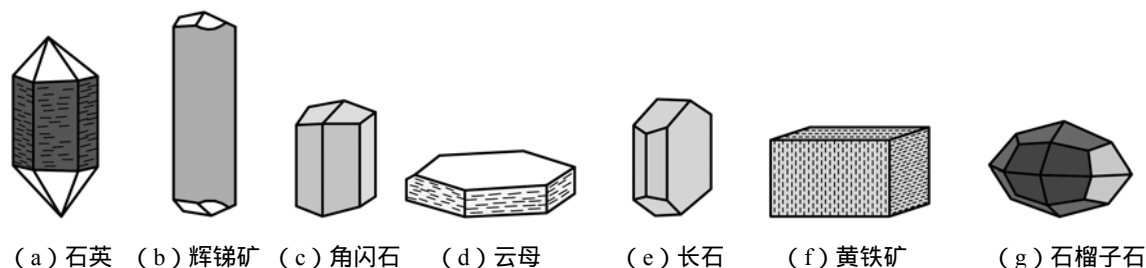


图 1.5 常见晶体形态

对于某一种具体矿物，其本身呈现的形态是由其内部构造决定的，但是自然界的矿物绝大多数呈不规则的外表形态，这是由于矿物结晶时受到许多因素控制，条件不适宜就不能形成完好的晶形，呈现不规则的形状。

影响晶体生长的主要外界因素是有足够的自由空间和充分的结晶时间。如果在一个有限的空间内，有许多个结晶中心同时快速结晶，它们必然互相争夺空间，结果矿物不能长成完好的晶形。在这种情况下，由于矿物内在因素的作用，它们的形态仍然具有一定的趋向性，一般称之为结晶习性。常见的矿物有三种结晶习性，如表 1.3 所列。