



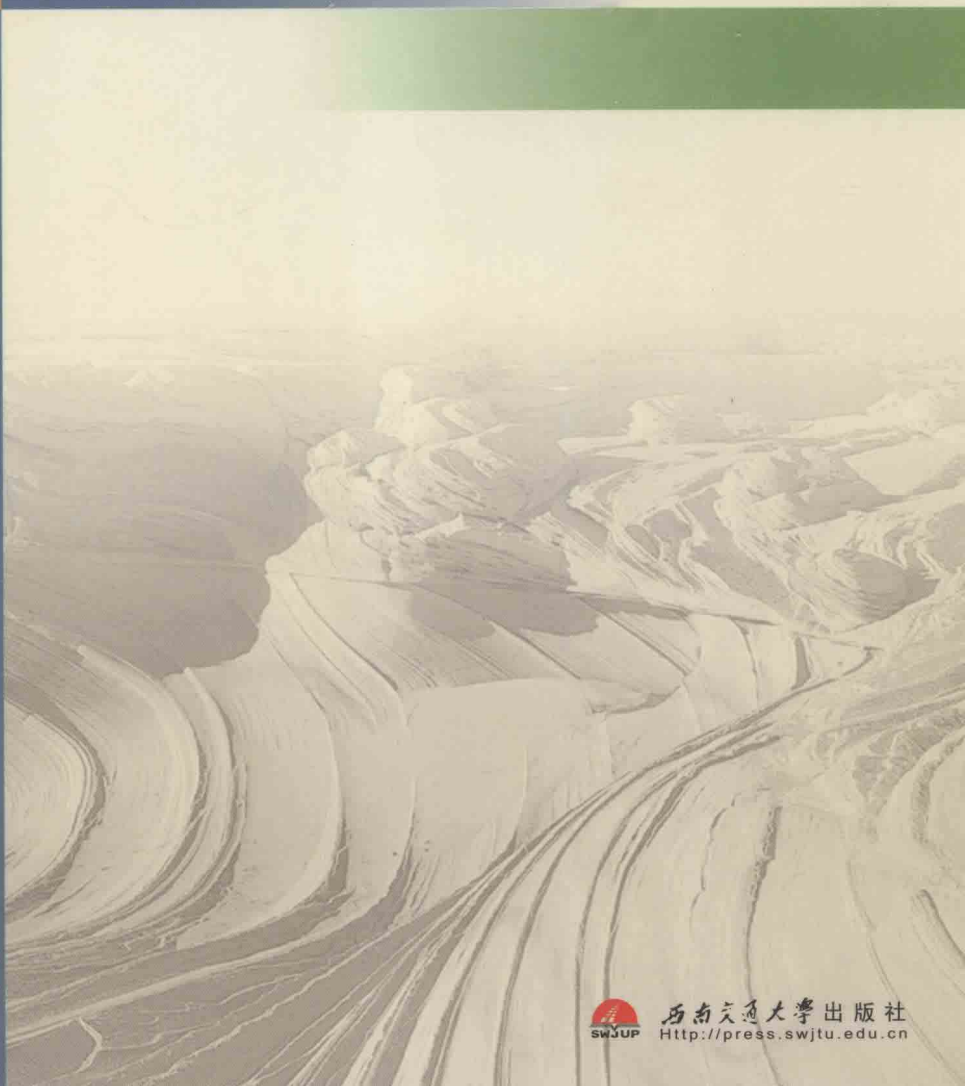
高等职业教育土木工程专业系列教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU TUMU GONGCHENG ZHUANYE XILIE JIAOCAI

工程地质

宓荣三 主编

GONGCHENG DIZHI



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

工 程 地 质

宓荣三 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

工程地质 / 宓荣三主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2004.8 (2006.8 重印)
ISBN 7-81057-902-9

I. 工... II. 宓... III. 工程地质 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 055111 号

工 程 地 质

宓荣三 主编

*

责任编辑 张 波

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

新华书店 经销

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.375

字数: 299 千字

2004 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 7-81057-902-9/P · 008

定价: 18.00 元

图书如有印装问题, 本社负责退换

版权所有, 盗版必究, 举报电话: (028) 87600562

前 言

本书是为职业技术学校土木工程类专业编写的工程地质基础课程教材。主要内容包括两篇：第一篇包括地质学基础、岩土工程性质、工程地质问题等内容；第二篇为工程地质实习、实验。本书旨在使非工程地质专业学生在地质学及工程地质学的基本理论和实践方面获得教益。

本书编写时，注意贯彻理论和实践相结合的原则，坚持教材的科学性、系统性和先进性。与其他现有非工程地质专业的工程地质教材相比，本书具有两个特点：一是本书内容全面，在地质学及工程地质学两方面论述都较充分，尤其在工程地质实习实验方面与基础理论合二为一，适合职业教育的特点；二是本书在内容上不针对某个行业，重在讲述地质及工程地质的一般概念、原理和方法。本书是一本适应当前职业教学改革要求的工程地质课程教材，可满足当前拓展教学内容、宽口径培养和素质教育的需要。

本书由石家庄铁路职业技术学院土木系宓荣三、王兰宁、李立增、王海彦四位同志编写。其中第三章有王兰宁编写，第四章有李立增编写，第五章中第一、二、三节由王海彦编写，其余篇章由宓荣三编写，最后由宓荣三同志统稿。

由于时间有限，书中难免存在错误和不妥之处，请读者不吝批评指正。

作 者

2004 年 5 月

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 基础部分

第一章 造岩矿物和岩石	7
第一节 造岩矿物	8
第二节 岩 浆 岩	12
第三节 沉 积 岩	19
第四节 变 质 岩	25
第五节 岩石的工程地质评述	29
第二章 地质构造	31
第一节 地质作用	31
第二节 地质年代	32
第三节 岩层产状	36
第四节 褶皱构造	37
第五节 断裂构造	42
第六节 地 质 图	48
第三章 地表水流的地质作用	53
第一节 风化作用	53
第二节 暂时性水流地质作用及其堆积物	58
第三节 河流地质作用及其堆积物	62
第四节 第四纪沉积物成因类型及地貌形态	68
第四章 地下水的地质作用	77
第一节 地下水的基本概念	77
第二节 地下水的物理性质和化学成分	79
第三节 地下水的类型	83
第四节 岩溶及岩溶水	88
第五章 岩体的工程地质性质	96
第一节 岩石的力学特性	96

第二节 岩体的结构特性	103
第三节 岩体的工程分类	108
第四节 岩体稳定性评价	110
第六章 工程地质勘察	115
第一节 概 述	115
第二节 工程地质测绘	116
第三节 工程地质勘探	117
第四节 工程地质试验及长期观测	121
第五节 勘察资料的内业整理	123

第二篇 工程地质实习实验指导

第七章 室内实习	125
第一节 主要造岩矿物的认识	125
第二节 常见岩浆岩的认识	127
第三节 常见沉积岩的认识	132
第四节 常见变质岩的认识	135
第五节 常见岩石的综合肉眼鉴定	138
第六节 地质图的阅读分析	140
第八章 野外教学实习	144
第一节 野外地质与土质实习的目的、内容及要求	144
第二节 野外工作的基本方法和技能	145
第三节 三大岩类野外鉴定基本方法	151
第四节 地质构造的野外观察	154
第五节 地貌形态的认识	159
第六节 地质野外实习路线指南	159
附录 I 极射赤平投影的原理及其应用	178
附录 II 工程地质常用图例	188
参考文献	191

绪 论

一、地质学与工程地质学

地质学 (geology) 一词是由瑞士人索修尔 (Saussure H. B. de) 于 1779 年提出的, 意指“地球的科学”。地质学就是研究地球的科学。

由于科学技术水平的限制, 现阶段人们还不能很好地研究整个地球, 因此更确切地说, 地质学的研究对象是地球, 但当前主要是地壳。当然, 随着人类进入太空, 地质学的研究领域会逐渐扩大到其他天体, 甚至整个宇宙。

地质学的服务对象概括起来主要有矿产、能源、环境和灾害四个方面。地质学的研究内容十分广泛, 它主要研究地球的组成、构造及其形成和演化规律。面对如此广泛的内容, 势必出现许多独立的分支学科, 大致可分为以下几类。

基础学科 是从事任何地质工作必不可少的学科, 包括研究地壳物质组成的结晶学、矿物学、岩石学、地球化学等, 研究地壳的构造及地表形态的构造地质学、大地构造学、地貌学等, 研究地壳演化历史的古生物学、地史学、地层学、第四纪地质学等。

边缘学科 是地质学与其他学科相结合而产生的学科, 如数学地质学、地球物理学、遥感地质学、实验岩石学等。

应用学科 是运用基础学科的理论来研究资源的开发或工农业生产中的地质问题的学科, 前者如矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学等, 后者如工程地质学、环境地质学、农业地质学等。

综合性学科 主要是运用上述学科进行地区性或全球性地质问题综合研究的学科, 如区域地质学、海洋地质学、板块构造学等。

人类的工程活动都是在一定地质环境中进行的, 两者之间具有密切的联系, 并且是相互影响, 相互制约的。工程活动的地质环境, 亦称为工程地质条件, 一般认为它应包括土和岩石的工程性质、地质构造、地貌、水文地质、地质作用、自然地质现象和天然建筑材料等。

地质环境对工程活动的制约是多方面的。它可以影响工程建筑的造价与施工安全, 也可以影响工程建筑的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时, 若忽视地质条件, 可能引起大规模的崩塌或滑坡, 不仅增加工程量、延长工期和提高造价, 甚至危及施工安全。又如在岩溶地区修建水库, 如不查明岩溶情况并采取适当措施, 轻则产生水库大量渗漏, 重则造成完全不能蓄水, 使水库不能正常使用。

工程活动也会以各种方式影响地质环境。如房屋引起地基土的压密沉降, 桥梁可使局部河段冲刷或淤积条件发生变化, 路堑开挖会改变斜坡原有应力场, 隧道排水能引起地表水枯竭等。又如, 在城市过量抽取地下水, 可能会导致大面积的地面沉降; 大型水库的修建往往会波及广大地区, 在平原可能引起大面积的沼泽化, 在黄土地区可能引起大范围的湿陷, 在某些地区还可能产生水库诱发地震。

研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系, 做到既使工程建筑经济、安全, 又

能合理开发与保护地质环境,是工程地质学的基本任务。在大规模改造自然环境的过程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学面临的主要任务。

作为地质学的一个应用分支,工程地质学是研究人类工程活动与地质环境相互作用的一门学科。它把地质科学应用于工程实践,通过工程地质调查及理论性的综合研究,对工程建设地区的工程地质条件进行评价,解决与工程建筑有关的工程地质问题,预测并论证工程区内物理地质现象的发生和发展,提出改善与防治措施,为工程建筑的规划、设计、施工、使用和维护提供所需的地质资料和数据。

工程地质学包括工程岩土学、工程地质原理、工程地质勘察三个基本部分,它们都已形成不同的分支学科。工程岩土学的任务是研究土石的工程地质性质,研究这些性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化。工程地质原理的任务是研究工程活动的主要工程问题,研究这些问题产生的条件、力学机制及发展演化规律,以便正确评价和有效地防治它们的不良影响。工程地质勘察的任务是探讨进行地质调查和研究的方法,以便有效地查明有关工程活动的地质因素。

由于工程地质条件有明显的区域性分布规律,因而工程地质问题也有区域性分布的特点,研究这些规律和特点的分支学科称为区域工程地质学。

随着生产和研究的深入,一些新的分支学科正在形成,如环境工程地质学、海洋工程地质学及地震工程地质学等。此外,还有为各类工程服务的工程地质学,如铁路工程地质学、公路工程地质学、水利工程地质学等。

工程地质学一般应是在前述基础学科后开设,工程地质学还与许多学科有密切联系,如土力学、岩石力学、水文地质学、基础工程学、施工技术、地下工程、勘察技术、岩土试验技术、地质力学模型试验及地震工程学等。对工程地质专业学生来说,这些课程也一般是在工程地质学前开设;但对非工程地质专业学生来说,工程地质学常常是开设的第一门地质课程,有时甚至是唯一的一门地质课程。

二、工程地质学的发展概况

人类的工程活动有悠久的历史。早在 15 000 年以前的石器时代,人类已开始在地地下开矿。2 000 年前,埃及人已能应用砖砌沉井穿过砂层。埃及的金字塔、中国的长城、南北运河、新疆坎尔井等都是著名的人类早期工程活动。

美国于 1831—1833 年开始修建第一条铁路,法国于 1857—1870 年打通穿越阿尔卑斯山的萨尼峰的 11 km 长隧道。英吉利海峡隧道和日本青函隧道的建成使人类隧道开凿达到了一个新水平。随着人类工程活动的进行,促使人们不断去思考地质问题的实质,工程地质学这门学科得到逐步充实和发展。

1912 年瑞士地质学家 A. Heim 的地压理论影响深远,1933 年在瑞士工作的法国人 M. Lugeon 写了《大坝与地质》一书,并最早提出测定岩层渗透性的钻孔压水试验;1939 年 R. E. Legget 写出《地质学与工程》一书;奥地利人 J. Stini 和 L. Muller 最早认识到岩体结构面的影响,并于 1951 年创办《地质与土木工程》杂志。在奥地利 Saltzberg 每年 10 月举办大型欧洲工程地质学术会议上,法国人 J. M. Talbore 于 1957 年写出《岩石力学》专著,阐述了地质学与工程的关系;C. Jaeger 于 1972 年写出《岩石力学与工程》专著;1983 年 R. E. Legget 又出巨著《土木工程的地质学手册》。

我国学者陶振宇于 1976 年写出《水工建设中的岩石力学问题》，同年谷德振出版《岩体工程地质力学基础》一书。陈宗基对岩土流变学有深入研究，并创办武汉岩土力学研究所；石根华写的 *Theory of Block*（块体理论）推动了岩体稳定的力学分析。

建国后我国的工程地质学发展迅速。1950 年政务院成立了地质工作计划委员会，下设工程地质局，负责重点水利工程和新建铁路工程地质的规划工作；1952 年成立地质部，下设水文地质、工程地质局，领导全国的水文地质、工程地质工作。

随着经济建设的不断发展，1952 年北京地质学院和长春地质学院首先开设了水文地质及工程地质专业，随后各有关高校又相继设立了工程地质专业。水文地质及工程地质的科学研究机构也在各个部门相应地建立，并不断得到发展。

近年来，工程地质学得到很大的发展，突出表现在环境工程地质学科系统的逐渐形成。环境工程地质问题的研究，在国际上得到普遍的重视和快速发展，它的研究目的是保护环境，指导环境的合理开发，重点是研究人类工程建设对自然地质环境的影响及其变化的预测，论证环境保护、治理和评价开发方案的可行性，是工程地质学发展的新方向。海洋工程地质学，也是近年来随着石油及海底矿产开采以及港口工程建设而发展起来的。建筑材料工程地质、地下工程地质和地震工程地质等新的分支学科，得到了迅速的发展。水利水电工程地质、铁路工程地质和矿山工程地质等传统学科，有了新的进展，趋于完善和成熟。工程地质应用理论方面，如岩土体工程地质特性、工程地质学、动力工程地质学、建筑材料等，研究水平有很大的提高。

在大规模的工农业建设及与各种地质灾害的斗争中，我国的工程地质学逐渐形成具有自己特色的学科。为国民经济发展规划和工农业建设重点区进行的区域工程地质和区域稳定性的研究，多年来进行了大量的、比较系统的工作，提出了我国区域工程地质学独特的学科体系。水利水电、铁路、矿山、地下工程等专门工程地质分支学科已初步形成，并日趋完善和深入。地震工程地质、海洋工程地质、环境工程地质、爆破工程地质和军事工程地质等分支学科，也正在不同程度地形成和发展中。在工程地质学的理论方面，进行了大量卓有成效的探索性研究工作，例如：对岩体工程地质评价的岩体工程地质力学理论；在区域稳定性研究中，以活动构造体系为基础的研究观点和方法，以及以深断裂和板块理论为基础的研究观点和方法；软岩和土体工程地质研究中的微观结构和物理化学观点等各方面，提出了具有中国特色的理论和观点。

人类工程活动的范围和规模不断扩大，对工程地质学提出许多难度更大的新课题，如大型高坝地基和高边坡的岩体稳定问题，高地应力场地区大跨度地下洞室和深矿井的围岩稳定问题，高层建筑的软岩土地基处理和抗震问题，以及核电站、核防护所、地下油库、海底隧道、国防工程等特殊设施的地质问题，这些都促使工程地质学不断地吸收有关学科的新理论和新方法，要与工程力学、岩土力学等相关学科密切结合。工程地质学必须由“定性分析”向“定量计算”研究方向发展，把地质定性分析和数学力学定量计算有机地结合起来。要加强工程地质学基础理论和边缘课题的研究，广泛应用先进的勘探技术和新的试验设备，采取有效措施提高勘察质量，同时要加强多学科、多专业、多手段的综合研究。在解决各种工程地质问题的实践过程中，不断提高理论水平、丰富实际经验，以加速工程地质学科的发展。

三、工程地质学在工程建设中的作用

进行大规模的工程建设，都必须进行工程地质调查与勘探工作，查明工程建筑地区的工程地质条件，对有利的地质因素和不良的地质现象做出正确的分析，针对影响建筑物安全的主要工程地质问题进行论证，预测工程建成后引起的环境工程地质问题，为工程建设的规划、选址、设计、施工与管理等各个阶段，提供可靠的工程地质资料。如果在工程建设中对工程地质工作重视不够，或工作粗糙，留下隐患，则会产生严重的后果。这方面的经验教训是值得我们深思的。

1882—1912 年经历了 32 年挖掘而成的巴拿马运河，由于发生多次山崩和滑坡，又多花费了 5 年的时间，加挖土石方 40% 以上，停航损失就达 10 亿美元。

据不完全统计，一百多年来，世界上仅水坝事故就发生 500 多起，其中相当大的比例是由地质原因造成的。出现事故的重力坝中，由地质问题造成的占 45%，洪水漫顶的占 35%，其他水力及人为因素的占 20%。意大利的瓦依昂（Vaiont）拱坝，坝高 265 m，是当时世界上最高的双曲拱坝。此坝在修建过程中，不理睬工程地质人员的多次建议，结果在 1963 年 10 月 9 日，水库右岸陡峭山坡的石灰岩层因水库蓄水后失稳，产生巨大的滑动崩塌，岩体崩入库中，1.5 亿 m^3 的库容全被填满；同时，库水漫坝，顺流冲下，造成 2 400 多人死亡的严重事故。法国南部瓦尔省莱茵河上的马尔帕塞（Mal Passet）水坝建于 1952—1954 年，1958 年投入运营，坝高 66.5 m，是世界上最薄的拱坝之一。由于坝基和坝肩的片麻岩体裂隙发育，有的张开并充填黏土，并且岩体中央有倾向下游的绢云母页岩，构成软弱滑动面。

1959 年 12 月 2 日，连日暴雨使库水位猛涨，左岸拱座滑动破坏，坝体崩溃，洪流下泄，席卷数十千米。下游福瑞捷斯城被冲为废墟，附近铁路、公路、供电和供水线路几乎全部破坏，387 人死亡，100 余人失踪，约 200 户居民遭到损害。西班牙的蒙特哈水库，建成后库水从石灰岩溶洞中漏失，72 m 高的大坝耸立在干枯的河谷上。我国修建的水工建筑物，也有由于对地质条件缺乏周密的调查，设计方案没有充分的地质依据，就急于破土动工，结果碰到严重的地质问题。例如浙江黄坛口水电工程，在大坝开挖时才发现左岸坝肩是大滑坡体，坝头无法与坝肩坚硬岩体相接，不得不重新进行补充勘测，改变原设计方案。

新中国建国初期修建的宝成铁路，限于 20 世纪 50 年代初期的设计水平，对工程地质条件认识不足，致使线路的某些地段质量不高，给施工和运营带来了困难。宝成铁路上存在的路基冲刷、滑坡和泥石流问题给我们留下了深刻教训。

工程地质勘察是工程设计和施工的基础工作。实践证明，没有高质量的工程地质勘察，就不可能制定与选择最优的设计和施工方案，就谈不上工程的经济与安全。工程技术人员只有具有扎实的工程地质知识，才能充分应用地质资料，正确分析主要工程地质问题，制定合理的规划和最优的设计方案，保证工程经济合理、施工顺利和运营安全。

四、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。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性，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性；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。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. 岩体结构的工程地质特性

这里研究岩体的结构特征，阐明岩体结构面和结构体的基本性质，分析岩体的力学特性及天然应力状态；着重研究岩体的软弱结构面和软弱夹层的成因、类型与力学强度特性，评述岩体的工程地质分类等。这部分是研究岩体稳定的理论基础，是分析建筑物地基、边坡、洞室围岩稳定的重要内容。

5. 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做出合理评价。

五、本课程的教学要求和方法

本课程为一门专业技术基础课。通过本课程的学习，使学生获得工程地质方面的基础知识，初步了解分析地基、边坡和周围岩体稳定性及渗漏、岩溶、泥石流等工程地质问题的基本方法，为学生应用工程地质方法去分析、解决工程问题打好基础。为此，对学生学习本课程提出如下要求：

（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）系统掌握工程地质的基本理论和方法，根据工程地质勘察数据和资料，能进行一般的工程地质问题分析并提出处理措施。

（3）了解工程地质勘察的基本内容、方法以及常用的实验、测试手段。

（4）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；加强电化教学，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。

对不同专业学生在教学内容上可适当取舍，教学时间也可伸缩；有些内容可留给学生自学，有些内容可要求学生写读书报告。

第一篇 基础部分

第一章 造岩矿物和岩石

人类的工程建设活动都是在地球表层进行的，地球表面这一层硬壳常称为地壳。地壳是地球形成以来约 40 亿年间不断演化发展的产物。

地壳表面是起伏不平的，有高山、丘陵、平原、湖盆地和海盆地等，最高的珠穆朗玛峰顶与最低的太平洋玛利亚纳深海沟底高差达 18 km 多。地壳的平均厚度为 33 km，与地球平均半径 6 731 km 相比，确实只是地球表面极薄的一层硬壳。但是，地壳厚度在各处变化很大，一般陆地地壳较厚，海底地壳较薄。例如我国青藏高原地区地壳厚约 70 ~ 80 km，而玛利亚纳海沟处地壳厚仅 5 ~ 6 km。人类工程建设活动一般都在地表以下几百米以内，很少超过 1 km，目前世界上最深的科学试验钻孔，也未超过 10 km。因此，人类活动的深度远未达到地壳平均厚度。

地壳的物质组成很复杂，目前已知的元素中约有 92 种都在地壳中被发现，但各种元素在地壳中的含量和分布是很不均匀的。O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti 及 H 十种元素，按质量计占 99.96%，其中 O、Si 和 Al 三种元素约占 88.17%（见表 1.1）。

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

注：本表引自 Scientific American, 1970。

这些元素在地壳中大多数以化合物状态存在，少数以单质状态存在，它们形成各种化合物矿物和单质天然矿物，例如石英（ SiO_2 ）、方解石（ CaCO_3 ）等化合物矿物和石墨（C）、天然硫（S）等单质天然矿物。

矿物是天然生成的、具有一定物理性质和一定化学成分的物质，是组成地壳的基本物质单

位。它们在地壳中按一定规律共生组合在一起，形成由某一种矿物或几种矿物组成的天然集合体，这种天然矿物集合体称为岩石。主要由一种矿物组成的集合体称单矿岩，如由方解石组成的石灰岩；由两种或更多种矿物组成的集合体称复矿岩，如正长石、石英和云母等组成的花岗岩。

由上述可知，地壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的，矿物则是由各种化合物和单质组成的。人类工程建筑活动的主要对象，一方面是人工设计、建造成的工程建筑物，另一方面就是组成建筑物周围地壳的岩石。在进行工程设计、施工之前，必须首先了解掌握建筑地区岩石的特性。地壳中的岩石，按其形成原因分为三大类，岩浆岩、沉积岩和变质岩，本章重点就是按成因分类顺序，分别讨论三大类岩石的各种地质特性。在这之前先叙述一下组成岩石的主要矿物。

第一节 造岩矿物

地壳中的矿物，是指在各种地质作用中所形成的天然单质或化合物。它们具有一定的化学成分和内部结构，从而有一定的外部形态、物理性质和化学性质。绝大多数矿物为固态，只有极少数呈液态（自然汞）和气态（如火山喷气中的 CO_2 、 SO_2 等）。已发现的矿物有3000多种，但组成岩石的主要矿物仅30余种，这些组成岩石的主要矿物称为造岩矿物，如石英、方解石及正长石等。

一、矿物的形态

矿物的形态是就矿物单体及同种矿物集合体的形态而言的，矿物形态受其内部结构、化学成分和生成时的环境制约。

1. 矿物单体形态

（1）结晶质和非结晶质矿物。造岩矿物绝大部分是结晶质，其基本特点是组成矿物的元素质点（离子、原子或分子）在矿物内部按一定的规律重复排列，形成稳定的结晶格子构造。具有结晶格子构造的物质叫作结晶质。结晶质在生长过程中，若无外界条件限制、干扰，则可生成被若干天然平面所包围的固定几何形态。这种有固定几何形态的晶质称为晶体，如岩盐呈立方体，水晶呈六方柱和六方锥等。在结晶质矿物中，还可根据肉眼能否分辨而分为显晶质和隐晶质两类。

非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，所以外表就不具有固定的几何形态，例如蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）、褐铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）等。非晶质可分为玻璃质和胶质两类。

（2）矿物的结晶习性。在相同条件下生长的同种晶粒，总是趋向于形成某种特定的晶形的特性叫作结晶习性。尽管矿物的晶体多种多样，但归纳起来，根据晶体在三度空间的发育程度不同，可分为以下3类：

① 一向延长：晶体沿一个方向特别发育，其余两个方向发育差，呈柱状、棒状、针状、纤维状等，如角闪石、辉石、石棉、纤维石膏和文石等。

② 二向延长：晶体沿两个方向发育，呈板状、片状、鳞片状等，如板状石膏、云母、绿泥石等。

③ 三向延长：晶体在三度空间发育，呈等轴状、粒状等，如岩盐（见图1.1）、黄铁矿、石榴子石等。

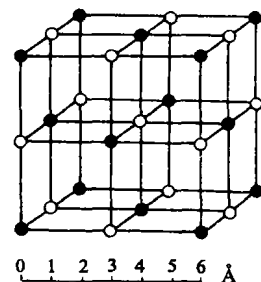


图 1.1 岩盐的晶体结构

2. 矿物集合体形态

同种矿物多个单体聚集在一起的整体就是矿物集合体。矿物集合体的形态取决于单体的形态和它们的集合方式。集合体按矿物结晶粒度大小进行分类，肉眼可辨认其颗粒的叫显晶矿物集合体，肉眼不能辨认的则叫作隐晶质或非晶质矿物集合体。

显晶集合体形态有规则连生的双晶集合体，如接触双晶和穿插双晶以及不规则的粒状、块状、片状、板状、纤维状、针状、柱状、放射状、晶簇状等。其中晶簇是以岩石空洞洞壁或裂隙壁作为共同基底而生长的晶体群。

隐晶和胶态集合体可以由溶液直接沉积或由胶体沉积生成，主要形态有球状、土状、结核体、鲕状、豆状、分泌体、钟乳状、笋状集合体等。其中结核体是围绕某一中心自内向外逐渐生长而成；钟乳状集合体通常是由真溶液蒸发或胶体凝聚，由同一基底逐层堆积而成，可成葡萄状、肾状、石钟乳状等；分泌体是在形状不规则或球状孔洞中，胶体或晶质矿物由洞壁向中心逐层沉淀填充而成。

二、矿物的物理性质

由于成分和结构的不同，每种矿物都有自己特有的物理性质，所以矿物物理性质是鉴别矿物的主要依据。

1. 颜色

颜色是矿物对不同波长可见光吸收程度不同的反映。它是矿物最明显、最直观的物理性质，根据成色原因可分为白色和它色等。白色是矿物本身固有的成分、结构所决定的颜色，具有鉴定意义，例如黄铁矿的浅铜黄色。它色则是某些透明矿物混有不同外来带色杂质或其他原因引起。通常，以标准色谱的红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫以及白、灰、黑来说明矿物颜色，也可以依最常见的实物颜色来描述矿物的颜色，如砖红色、橘黄色、橄榄绿色等。

2. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色，一般是指矿物在白色无釉瓷板（条痕板）上划擦时所留下的粉末的颜色。某些矿物的条痕与矿物的颜色是不同的，如黄铁矿的颜色为浅铜黄色，而条痕为绿黑色。条痕色去掉了矿物因反射所造成的色差，增加了吸收率，扩大了眼睛对不同颜色的敏感度，因而比矿物的颜色更为固定，但只适用于一些深色矿物，对浅色矿物无鉴定意义。

3. 透明度

透明度是指矿物透过可见光波的能力，即光线透过矿物的程度，透明度受厚度影响，故一般以 0.03 mm 的规定厚度作为标准进行对比。肉眼鉴定矿物时，一般可分成透明、半透明、不透明 3 级。这种划分无严格界限，鉴定时用矿物的边缘较薄处，并以相同厚度的薄片及同样强度的光源比较加以确定。

4. 光泽

光泽是矿物表面的反光能力。根据矿物表面反光程度的强弱，用类比方法常分为 4 个等级：金属光泽，反光很强，犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼；半金属光泽，比金属的亮光弱，似未磨光的铁器表面；金刚光泽及玻璃光泽。另外，由于矿物表面不平、内部裂纹，或成隐晶质和非晶集合体等，可形成某种独特的光泽，如丝绢光泽、油脂光泽、蜡状光泽、珍珠光泽、土状光泽等。矿物遭受风化后，光泽强度就会有不同程度的降低，如玻璃光泽变为油脂光泽等。

5. 解理和断口

矿物在外力作用（敲打或挤压）下，严格沿着一定方向破裂或成光滑平面的性质称为解理。这

些平面叫解理面。根据解理产生的难易程度，可将矿物的解理分成 5 个等级：极完全解理，解理面极完好，平坦而极光滑，矿物晶体可劈成薄片，如云母等；完全解理，矿物晶体容易劈成小规整的碎块或厚板块，解理面完好、平坦、光滑，如方解石等；中等解理，破裂面不甚光滑，往往不连续，如辉石等；不完全解理，一般难发现解理面，偶尔可见小而粗糙的解理面；极不完全解理，实际上无解理，只有在显微镜下才能发现零星的解理，如石英。不同种类的矿物，其解理发育程度不同，有些矿物无解理，有些矿物有 1 组或数组程度不同的解理，如云母有 1 组解理，长石有 2 组解理，方解石则有 3 组解理。如果矿物受外力作用，无固定方向破裂并呈各种凹凸不平的断面，如贝壳状、参差状等，则叫作断口。

6. 硬度

硬度指矿物抵抗外力的刻划、压入或研磨等机械作用的能力。这里只介绍刻划硬度，它是矿物对外来刻划的抵抗能力，是组成矿物的原子间连接力强弱的一种表现。在鉴定矿物时常用一些矿物互相刻划比较来测定其相对硬度，一般用 10 种矿物分为 10 个相对等级作为标准，称为莫氏硬度计 (Mohs, 1820)，最软的是 1 度，最硬的是 10 度。这 10 种矿物由软到硬依次为：1—滑石；2—石膏；3—方解石；4—萤石；5—磷灰石；6—正长石；7—石英；8—黄玉；9—刚玉；10—金刚石。测定某矿物的硬度，只需将待定矿物同硬度计中的标准矿物相互刻划，进行比较。例如，某矿物可以刻划正长石，而又被石英刻破，则该矿物的硬度介于 6 度与 7 度之间。通常以简便的工具来代替摩氏硬度计中的矿物，如指甲的硬度约为 2~2.5，铜钥匙为 3，小钢刀为 5，窗玻璃为 5.5，钢锉为 6.5。矿物的硬度是指单个晶体的硬度，而纤维状、细分散土状等集合方式对矿物硬度有影响，难以测定矿物的真实硬度。

7. 弹性、挠性、延展性

矿物受外力作用后发生弯曲变形，外力解除后仍能恢复原状的性质称为弹性，如云母的薄片具有弹性。矿物受外力作用发生弯曲变形，当外力解除后不能恢复原状的性质称为挠性，如绿泥石、滑石具有挠性。矿物能锤击成薄片或拉长成细丝的特性称为延展性，如自然金、自然银、自然铜。用小刀刻划时，这些矿物表面留下光亮的刻痕而不产生粉末。

三、造岩矿物简易鉴定方法

正确地识别和鉴定矿物，对于岩石命名、鉴定和研究岩石的性质，是一项不可缺少而且是非常重要的工作。准确的鉴定方法需借助各种仪器或化学分析，最常用的为偏光显微镜、电子显微镜等。但对于一般常见矿物，用简易鉴定方法或称肉眼鉴定方法即可进行初步鉴定。所谓简易鉴定方法，即借助一些简单的工具，如小刀、放大镜、条痕板等对矿物进行直接观察测试。现选择主要的几种介绍如下。

石英 SiO_2 常发育成单晶并形成晶簇，或成致密状或粒状集合体。纯净的石英无色透明，称水晶；含有细小分散的气态或液态物质呈乳白色者，称乳石英。石英晶面为玻璃光泽，断口为油脂光泽，硬度 7，无解理，贝壳状断口。

黄铁矿 FeS_2 大多呈块状集合体，有些发育成立方体单晶，立方体的晶面上常有平行的细密纹；颜色为浅铜黄色；条痕为绿黑色；硬度 6~6.5；性脆，断口参差状；相对密度 5。

赤铁矿 Fe_2O_3 常为致密块状及土状集合体；铁黑色或暗红色，条痕呈樱红色；金属、半金属到土状光泽，不透明；硬度 5~6；无解理；相对密度 4.0~5.3。

褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 实际上是多种成分的混合物，主要成分是针铁矿 $\text{FeO}(\text{OH})$ ，并含

有泥质及二氧化硅等；褐至黄褐色，条痕黄褐色；常呈土块状、葡萄状；硬度不一。

方解石 CaCO_3 常发育成单晶或晶簇；粒状、块状、纤维状或钟乳状集合体；纯净的方解石无色透明，因杂质渗入而常呈白、灰、黄、浅红、绿、蓝等色；玻璃光泽；硬度 3；3 组完全解理，斜交呈菱面体；相对密度 2.72；与稀盐酸作用后剧烈起泡，是石灰岩、大理岩的主要矿物成分，可溶于水，无色透明者称冰洲石。

白云石 $\text{CaMgCO}_3(\text{OH})_2$ 单晶为菱面体；通常为块状或粒状集合体；一般为白色，因含 Fe 常呈褐色；玻璃光泽；硬度 2.5~4；解理完全；相对密度 2.85~3.1，随含铁量增高而增大；粉末遇稀盐酸起泡，是白云岩、大理岩的主要矿物成分，可溶于水。

石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 单晶体常为板状，集合体为块状、粒状及纤维状等；为无色或白色，有时透明；玻璃光泽，纤维状石膏为丝绢光泽；硬度 2；有极好解理，易沿解理面劈开成薄片；薄片具挠性；相对密度 2.30~2.37；多形成于盐湖或封闭的海湾中，呈层状或混于沉积岩层中；脱水后变为硬石膏 (CaSO_4)，硬石膏吸水又可变为石膏，同时体积膨胀，可达 30%，在水流作用下也可形成溶孔、洞隙。

橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)$ 常为粒状集合体；浅黄绿到橄榄绿色，随含铁量增高而加深；玻璃光泽；硬度 6~7；不完全解理；相对密度为 3.2~4.4，随含铁量增高而增大。

辉石 $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ 单晶体为短柱状，集合体为粒状；绿黑色或黑色；玻璃光泽；硬度 5.5~6，有平行柱面的两组解理，其交角为 87° ；相对密度 3.2~2.4。

角闪石 $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5(\text{Si}_6(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_{22})(\text{OH}, \text{F})_2$ 单晶体为长柱状，常见针状；绿黑色或黑色；玻璃光泽；硬度 5~6；有平行柱面 2 组解理，交角为 124° ；相对密度 3.02~3.45，随含铁量增高而增大。

斜长石 $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ 与 $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ 混合 斜长石单晶体为板状或板条状；常为白色或灰白色；玻璃光泽；硬度 6~6.52；2 组中等解理，近于正交；相对密度 2.61~2.75。斜长石是钠长石 ($\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$) 与钙长石 ($\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$) 的固溶体，按钠长石 (代号 Ab) 含量组成不同类型的斜长石：Ab 含量为 0~50% 时，称基性斜长石；Ab 为 50%~70% 时，称中性斜长石；Ab 为 70%~90% 时，称更长石；Ab 为 90%~100%，称钠长石。更长石与钠长石常统称为酸性斜长石。

正长石 $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ 正长石单晶体常为柱状或板柱状；常为肉红色，有时具有较浅的色调；玻璃光泽；硬度 6；有 2 组相互正交的解理；相对密度 2.54~2.57；正长石与钾微斜长石、透长石等一起构成钾长石的不同变种。

白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ 白云母单晶体为短柱状及板状，横切面常为六边形；集合体为鳞片状，其中晶体细微者称绢云母；有平行片状方向的极完全解理；薄片为无色透明；具有珍珠光泽；硬度 2.5~3；薄片有弹性；相对密度 2.77~2.88。

黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$ 黑云母棕褐色或黑色；相对密度 2.7~3.3；其形态及其他光学及力学性质同白云母。

绿泥石英钟 $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_6[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ 绿泥石常呈鳞片状集合体；绿色，深浅随含铁量的变化而不同；解理面上为珍珠光泽；有平行片状方向的解理；硬度 2~3；相对密度 2.6~3.3；薄片具挠性，不具弹性；是长石、辉石、角闪石、橄榄石等的次生矿物，在变质岩中分布最多。

蛇纹石 $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ 蛇纹石一般为细鳞片状、显微鳞片状以及致密块状集合体，呈纤维状集合体者称蛇纹石石棉；黄绿色，或深或浅；块状者常具油脂光泽，纤维状者为丝绢