

内容提要

本书分三部分：第一部分系统地阐述了工程地质学的基础理论，包括矿物、岩石、地质构造、第四纪地貌和地下水等；第二部分是工程地质知识，包括岩土体的工程地质性质、常见地质灾害等；第三部分是主要工程地质环境问题及工程地质勘察。书中重点介绍了地质构造、岩土体的工程地质性质、常见地质灾害和工程地质环境问题，为土木工程的设计、施工及项目管理人员分析和研究工程地质环境提供了较为系统的工程地质基础知识，具有重点突出、密切结合我国土建类本科专业要求及课程设置的实际、及时跟踪我国岩土工程和工程地质的新标准和新规范、充分反映岩土工程和工程地质学科的新成果和新进展的特点。

本书可作为土木工程、工程管理、港口与航道工程等土建类本科专业工程地质课程的教材，也可作为水利工程、采矿工程等相关专业本科的教材或参考书，还可供各相关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质 戴秀平主编：江苏科技大学等合编 北京：高等教育出版社，2014.11
ISBN 978-7-04-041414-1
I ①工… II ①戴… III ①工程地质—高等学校—教材 IV ①TU42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 263270 号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 史彦 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 金辉 责任印制

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 (010) 5961000

购书热线 010-5961096
免费咨询 010-5961097
网 址 <http://www.hep.com.cn>
<http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15.5
字 数 380千字

版 次 2014 年 11 月第 1 版
印 次 2014 年 11 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号：15410000

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要，满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求，探索和建立我国高等学校应用型本科人才培养体系，全国高等学校教学研究中心（以下简称“教研中心”）在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上，组织全国百余所培养应用型为主的高等院校，进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索，在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果，并在高等教育出版社的支持和配合下，推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材，冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年12月，教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项，为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台，整体设计立项研究计划，明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式，分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现，组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组（亦为高校应用型本科立体化教材建设领导小组）。会后，教研中心组织了首批课题立项申报，有近30所高校申报了近30项课题。2003年11月，在黑龙江工程学院进行了项目评审，经过课题领导小组严格的把关，确定了首批12项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年12月至2004年1月，各子课题相继召开了工作会议，交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题，确定了项目分工，并全面开始研究工作。计划先集中力量，用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才培养特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是，“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上，紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要，努力实践，大胆创新，采取边研究、边探索、边实践的方式，推进高校应用型本科人才培养工作，突出重点目标，并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础，作为体现教学内容和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。目前，教材建设工作存在的问题不容忽视，适用于应用型人才培养的优秀教材还较少，大部分国家级教材对一般院校，尤其是新办本科院校来说，起点较高，难度较大，内容较多，难以适应一般院校的教学需要。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实际结合起来，认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革，组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师，编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案，以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信，随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入，特别是随着教育部即将启动的“高等学校教学质量和教学改革工程”的实施，具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

二〇〇八年 源月

前 言

在新的《普通高等学校本科专业目录》实行之后，国内掀起了一股高等学校各专业教学改革的热潮，土建类专业也不例外，许多院校均编写了相应的教材，对土建类专业的教学改革起到了积极的推动作用。本教材在广泛学习、分析和研究兄弟院校的岩土工程类教材和最新国家规范的基础上，考虑到工程地质学内容繁多和课时偏少的实际情况，根据先基础知识、后专门问题研究的指导思想进行编写，以系统介绍土建类工程的设计、施工及项目管理人员分析和研究工程地质环境所必备的工程地质基础知识为目的，略去了传统工程地质教材中岩土工程稳定性分析知识的介绍，力求做到既全面系统，又为后续课程留有充分余地，具有重点突出和详略鲜明的特点。

本书的绪论和第 1 章及附录中除第 1 章以外的全部内容均由江苏科技大学的臧秀平编写，第 2 章由吉林大学的李广杰编写，第 3 章及附录中除第 1 章以外的全部内容均由安徽理工大学的姚兆明编写，第 4 章由江苏大学的苗永红编写，第 5 章由江苏科技大学的刘保国编写，最后由臧秀平负责统稿。

中国矿业大学的博士生导师吕恒林教授认真、细致地审阅了全部书稿，并提出了许多有益的建议，对本教材的最终定稿起到了很大的帮助作用，在此表示衷心的感谢。

本教材是在全国高等学校教学研究中心和高等教育出版社的大力支持、各参加院校各级领导的关心和协助以及兄弟院校的岩土工程类教材启发下完成的，在此编者向以上单位的领导及相关人员一并表示衷心的感谢，并真诚地欢迎广大读者多提宝贵意见。

由于编者的时间和水平有限，书中会有许多不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月 10 日

目 录

绪论	(1)
第 1 章 地壳及其物质组成	(1)
1.1 地壳	(2)
1.2 矿物	(3)
1.3 岩石	(3)
本章知识工程应用要点	(3)
思考题	(3)
第 2 章 地层与构造	(4)
2.1 地层	(4)
2.2 褶皱	(4)
2.3 断裂	(4)
2.4 赤平极射投影	(4)
2.5 地质图	(4)
2.6 地质构造对工程稳定性的影响	(4)
本章知识工程应用要点	(4)
思考题	(4)
第 3 章 第四纪地貌	(5)
3.1 概述	(5)
3.2 第四纪沉积物	(5)
3.3 地貌的形态与分级	(5)
3.4 地貌的成因类型	(5)
本章知识工程应用要点	(5)
思考题	(5)
第 4 章 土体的工程地质特征	(6)
4.1 土的生成	(6)
4.2 土的工程分类	(6)
4.3 土的物质组成	(6)
4.4 土的结构和构造	(6)
4.5 土的物理性质指标	(6)
4.6 土的力学性质	(6)
4.7 无粘性土	(6)
4.8 粘性土	(6)

缘积 粉土	(缘积)
本章知识工程应用要点	(缘积)
思考题	(缘积)
第 缘章 岩体的工程特性	(缘积)
缘积 概述	(缘积)
缘圆 岩石的物理和水理性质	(缘积)
缘猿 岩石的力学性质	(缘积)
缘原 结构面的物理力学性质	(缘积)
缘缘 岩体的力学性质	(缘积)
缘远 岩体质量评价	(缘积)
本章知识工程应用要点	(缘积)
思考题	(缘积)
第 远章 地下水	(缘积)
远积 地下水的物理性质和化学成分	(缘积)
远圆 地下水的分类及各类地下水的特征	(缘积)
远猿 地下水的运动规律	(缘积)
远原 地下水对土木工程的影响	(缘积)
本章知识主要工程应用要点	(缘积)
思考题	(缘积)
第 苑章 常见地质灾害	(缘积)
苑积 概述	(缘积)
苑圆 滑坡	(缘积)
苑猿 崩塌	(缘积)
苑原 泥石流	(缘积)
苑缘 岩溶	(缘积)
苑远 地震	(缘积)
本章知识工程应用要点	(缘积)
思考题	(缘积)
第 愿章 工程地质环境	(缘积)
愿积 概述	(缘积)
愿圆 工程稳定性	(缘积)
愿猿 人类活动与地质环境	(缘积)
本章知识工程应用要点	(缘积)
思考题	(缘积)
第 怨章 岩土工程勘察	(缘积)
怨积 岩土工程勘察的要求和程序	(缘积)
怨圆 岩土工程勘察方法	(缘积)
怨猿 岩土工程测试	(缘积)

2.1.1 岩土工工程勘察设计	(2.1.1)
2.1.2 岩土工工程勘察成果	(2.1.2)
本章知识工程应用要点	(2.1.3)
思考题	(2.1.4)
附 粤 土的物理性质指标测定试验	(2.1.5)
粤 土的密度测定试验	(2.1.5)
粤 土粒比重的测定试验	(2.1.6)
粤 土的含水量测定试验	(2.1.7)
粤 界限含水量测定试验	(2.1.8)
附 月 土的压缩试验	(2.1.9)
附 悦 土的抗剪强度试验	(2.1.10)
悦 直接剪切试验	(2.1.10)
悦 三轴剪切试验	(2.1.11)
附 阅 土的渗透试验	(2.1.12)
参考文献	(2.1.13)

绪 论

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的埋藏地和工程建设的所在地，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的关系是相互依存、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，顷刻间可使较大地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对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效益，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、深入地研究。

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水文地质条件发生变化，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。

由此可见，人类的工程活动之前应完成以下基本任务：

(员) 阐明建设地区的工程地质条件，并指出对工程建设的有利和不利因素；

(圆) 论证工程建设场所存在的工程地质问题，进行定性和定量的评价，

作出确切结论；

(獠) 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；

(渊) 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；

(缘) 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；

(远) 为各种防治不良地质作用的措施和方案的制定、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的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，明确影响到工程建设的安全、经济和正常使用的主次因素，并进一步指出对工程建设有利的和不利的方面。

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，则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

中一定要根据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。

四 工程地质学的研究内容及分支学科

工程地质学研究的内容是多方面的，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如下：

(一) 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，还是将岩土体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。

(二) 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是“动力工程地质学”等。

(三) 工程稳定性

影响工程的安全、经济和正常使用的最核心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、适用的物理力学模型等有关。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。

(四) 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”。

(五) 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。为了资源开发利用和工程建设布局的优化，就必须研究不同地域工程地质条件的形成和分布规律进行区划。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显重要。“区域工程地质学”即为这方面研究的工程地质分支学科。

(远) 环境工程地质

随着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”。

(苑) 工程地质勘察理论和技术

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察。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，导致勘察方法的选择和勘察方案的设计也不尽相同，因而要做好勘察工作，就要有先进的工程地质勘察理论做指导和先进的技术为基础。勘察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。

捌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之间存在着较密切的联系。

玖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 苑 多年的历史。

20 世纪 70 年代初，原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。1971 年在莫斯科地质勘探学院成立了由 Ф. И. 萨瓦连斯基领导的

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进行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 10 届国际地质大会在 1972 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（IAGG），该协会下设了多个专业委员会，并定期进行学术交流，并办有会刊。

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 1974 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察。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察和研究机构，在相应的部属院校中设立有关专业。30 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，1982 年 12 月成立了中国地质学会工程地质专业委员会，并召开了我国首届工程地质大会，至今已召开了四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，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、完善过程之中，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。

纒本书内容

本书是为土建类专业学生开设的综合工程地质课而编写的教材，考虑到土建类专业学生的特点，本教材内容安排如下：

(员) 考虑到土建类专业的学校一般不专门开设基础地质类课程，为了便于学生的学习，本教材的前几章对矿物、岩石、地质构造、地貌和地下水等基础地质知识作了介绍。

(圆) 考虑到工程地质学内容繁多和课时偏少的实际情况，本教材以系统介绍土建类工程的设计、施工及项目管理人员分析和研究工程地质环境所必备的工程地质基础知识为目的，略去了传统的工程地质教材中的岩土工程稳定性分析知识的介绍，力求做到既全面系统，又为后续课程留有充分余地，具有重点突出和特色明显的特点。

(猿) 本教材凡涉及国家规范的部分均按照最新的国家规范进行编写。

纒学习方法

本书编写的宗旨是为了使土建类专业学生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。

在我国的技术分工中，岩土工程勘察不是由土建类专业技术人员进行，而是由工程地质技术人员进行的。但是土建类专业技术人员应当对于岩土工程勘察的任务、内容和方法有足够的知识基础。只有具备了工程地质方面的基础知识才能够正确地提出勘察任务和要求，才能正确地利用岩土工程勘察的成果，才能较完整地考虑建设中的地质条件和地质环境的因素，保证工程建设工作的顺利进行。

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到的最基本的工程地质理论和知识，对土建类专业的学生在学习本课程时的要求如下：

(员) 系统地掌握岩土工程的基本理论和知识，能够进行岩土工程勘察的基本内容、方法、要求和工程布置等方面的设计。

(圆) 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。

(獫) 能正确地理解和应用岩土工程勘察数据和资料进行工程设计与指导施工。

(源) 工程地质学所涉及的内容相当广泛,限于篇幅本教材无法对工程地质学理论和知识进行全面和系统的介绍,学生在学习本课程的同时还应该大量阅读相关的课外书籍,以便加深对所学知识的理解。

(缘) 本教材中凡涉及国家规范的部分虽然已按照最新的国家规范进行编写,但国家规范的修改和完善总是在不断进行的,学生在学习和工作过程应随时注意国家规范的变化。而且,在实际工作过程中,有些工程可能会有特殊要求,届时工作应按照具体工程的特殊要求进行,切不可生搬硬套。

第 11 章

地壳及其物质组成

人工地震探测、大地电磁测深和天然地震波传导特性等资料表明，地球不是一个均质体，而是一个具有层圈结构的球体。表 11-1 概述了地球内部圈层

表 11-1 地球内部结构分层

分层		深度/km	厚度/km	地震波速/(km·s ⁻¹)		
				纵波	横波	
地 幔	地壳A			5.6	3.4	
	莫霍面 (M界面)	A'		7.6	4.2	
		A''	大陆 33	44	8.0	4.4
	B'	海洋 6	8.2		4.6	
	古登堡面	B''	低速层 60~250	340	(7.7~8.1)	(4.0~4.2)
		C'	400	200	8.9	4.9
		C''	600	400	10.2	5.6
		D'	1 000		11.4	6.3
	核	外核E	D''	1 700	12.8	6.9
			2 700		13.6	7.3
2 878			178	13.3	7.1	
核	过渡层F	(2 900)	1 742	8.1	0.0	
		4 620		8.9	0.0	
	内核G	(4 980)	535	10.4	2.0	
		5 155		10.4		
	(5 120)	1 216	11.2	3.6		
	6 371		11.2	3.7		
				11.2	3.7	

玄武岩层之上有很厚的沉积岩层（有些地方缺乏）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地壳结构的主要特点。由于地壳的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（即物质移动），这是引起地壳运动的因素之一。

4.1 地壳的物质组成

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。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；另外有些岩石，如大理石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 16 种元素在地壳中的质量分数如下：

氧 (O)	46.6%	钠 (Na)	3.2%
硅 (Si)	26.3%	镁 (Mg)	2.0%
铝 (Al)	8.1%	钾 (K)	2.4%
铁 (Fe)	5.0%	氢 (H)	0.14%
钙 (Ca)	3.4%	其他	12.9%

可见，上列 16 种元素占地壳总质量的 90.4%，其中，氧几乎占了一半（若按体积计算则占 45.1%），硅占了 26.3%，而其他 10 多种元素合起来只占 3.7%。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 100m 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下：

二氧化硅	59.7%	氧化铝	15.1%
------	-------	-----	-------