



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型



工程地质

● 主编 张士彩 主审 陈祥军



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

P642-43
19

工程地质

主 编 张士彩

副主编 徐朝霞 盛晓杰 耿佳弟

主 审 陈祥军



國公署在 2/11

4-83471-708-7-879/19



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



北航

C1691297

084800410

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/张士彩主编. —武汉:武汉大学出版社,2013.8
高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型
ISBN 978-7-307-11452-4

I.工… II.张… III.工程地质—高等学校—教材 IV.P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 184039 号

张士彩 编 主
张士彩 编 主
张士彩 编 主
张士彩 编 主



责任编辑:邓 瑶 责任校对:郭 芳 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:11.5 字数:316 千字

版次:2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-11452-4 定价:24.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主任委员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰

委员(按姓氏笔画排名)

王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华 刘 琛

李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩 尚晓峰

郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼 蔡 巍

魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘 书 长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

出版发行:武汉大学出版社

电子邮箱: china_public@163.com 网址: www.stmpress.cn

印刷:湖北普智印务有限公司

开本:850×1166

1/16

印张:11.5

字数:316千字

版次:2013年8月第1版

2013年8月第1次印刷

ISBN 978-7-307-11452-4

定价:24.00元

版权所有,不得翻印;凡购买本社的图书,如有质量问题,请与当地书店或发行部门联系调换。

前 言

本教材为“高等学校土木工程专业‘十二五’系列规划教材·应用型”之一。

工程地质是土木工程专业的一门专业基础课。通过本课程的学习,学生应掌握一些基本的工程地质知识,具备一定的阅读工程地质资料、分析工程地质条件、解决工程地质问题的能力。

本教材具有以下特点:一是全面系统地介绍了工程地质学的基本知识,包括矿物和岩石、地质构造、水的地质作用,以及工程地质理论在工程中的应用。二是注重能力的培养,注重与实践的结合,根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)及《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTGD 063—2007)进行编写,保证了教学内容的系统性、体系的合理性和教学的适用性。

本教材由石家庄铁道大学四方学院张士彩担任主编;重庆大学城市科技学院徐朝霞、四川大学盛晓杰、成都理工大学工程技术学院耿佳弟担任副主编;石家庄铁道大学四方学院孟硕、中国矿业大学银川学院罗东娜、成都理工大学工程技术学院闫路担任参编。

具体编写分工为:

石家庄铁道大学四方学院,张士彩(前言、第1章、第9章);

重庆大学城市科技学院,徐朝霞(第6章、第8章);

四川大学,盛晓杰(第2章);

成都理工大学工程技术学院,耿佳弟(第5章);

石家庄铁道大学四方学院,孟硕(第3章);

中国矿业大学银川学院,罗东娜(第4章);

成都理工大学工程技术学院,闫路(第7章)。

石家庄铁道大学土木工程学院陈祥军教授担任本书主审,并对本书的编写提出了许多宝贵的建议,特致谢意。

鉴于水平有限,书中难免有不妥之处,诚恳希望读者批评指正,便于再次完善和修改。

编 者

2013年4月

3.2 地质年代

3.3 岩层及岩层产状

3.4 褶皱构造及野外识别

3.5 断裂构造

3.6 地质图

知识拓展

本章小结

习题与思考题

参考文献

4 水的地质作用

4.1 地表水的地质作用

4.2 地下水的地质作用

知识拓展

本章小结

目 录

1 绪论	(1)
1.1 地质学与工程地质学的性质	(1)
1.2 工程地质在工程建设中的作用	(2)
1.3 本课程的主要内容和学习要求	(3)
知识拓展	(3)
本章小结	(4)
习题与思考题	(5)
参考文献	(5)
2 造岩矿物与岩石	(6)
2.1 概述	(6)
2.2 造岩矿物	(7)
2.3 岩浆岩	(14)
2.4 沉积岩	(17)
2.5 变质岩	(21)
2.6 岩石的工程性质评述	(24)
知识拓展	(30)
本章小结	(31)
习题与思考题	(31)
参考文献	(32)
3 地质构造与地质图	(33)
3.1 地壳运动及地质作用的概念	(33)
3.2 地质年代	(36)
3.3 岩层及岩层产状	(43)
3.4 褶皱构造及野外识别	(47)
3.5 断裂构造	(51)
3.6 地质图	(62)
知识拓展	(67)
本章小结	(68)
习题与思考题	(68)
参考文献	(68)
4 水的地质作用	(69)
4.1 地表水的地质作用	(69)
4.2 地下水的地质作用	(81)
知识拓展	(93)
本章小结	(94)

习题与思考题	(94)
参考文献	(94)
5 不良地质作用的工程地质问题	(95)
5.1 风化作用	(95)
5.2 岩溶作用	(98)
5.3 滑坡	(103)
5.4 泥石流	(108)
5.5 崩塌	(111)
5.6 地震	(114)
知识拓展	(121)
本章小结	(122)
习题与思考题	(123)
参考文献	(123)
6 边坡工程地质问题	(124)
6.1 概述	(124)
6.2 边坡破坏的基本类型	(125)
6.3 边坡稳定性分析	(129)
6.4 边坡变形破坏的防治措施	(132)
知识拓展	(135)
本章小结	(136)
习题与思考题	(136)
参考文献	(136)
7 地下工程地质问题	(137)
7.1 岩体及岩体结构	(137)
7.2 地下洞室变形及破坏的类型	(140)
7.3 保证洞室围岩稳定的工程措施	(143)
知识拓展	(146)
本章小结	(147)
习题与思考题	(147)
参考文献	(148)
8 岩体地基工程地质问题	(149)
8.1 概述	(149)
8.2 岩体地基承载力的确定	(151)
8.3 岩体地基的稳定性	(154)
8.4 岩体地基的处理	(158)
知识拓展	(159)
本章小结	(160)
习题与思考题	(160)
参考文献	(160)

9 工程地质勘察	(161)
9.1 工程地质勘察的任务和分级	(161)
9.2 工程地质勘察方法介绍	(163)
9.3 工程地质勘察报告	(167)
9.4 与工程有关的勘察要点	(169)
知识拓展	(172)
本章小结	(173)
习题与思考题	(173)
参考文献	(173)

【能力要求】

通过本章的学习,学生应具备以下能力:

- ① 理解地质学和工程地质学的性质。
- ② 理解工程地质条件和工程地质问题。
- ③ 了解工程地质在水工建筑中的重要性。
- ④ 了解工程地质学的主要任务。
- ⑤ 了解工程地质学的主要内容和要求。

1 地质学与工程地质学的性质

地球是人类生存和活动的场所,是矿产资源的埋藏地,是构成建设场所的所在地,同时又是建筑材料的来源地。地球表层地壳是由岩石和土构成的。地质学是研究地球的一门科学,其研究领域十分广泛,主要为地球的物质组成、构造特征、形成和演化规律等方面。工程地质学是地质学的一个分支学科,是把地质学原理应用于工程实际的一门学问;主要研究与人类工程活动有关的地质学的问题,其主要任务是通过地质勘察研究建筑物场地的岩土类型和性质、地质构造、地形、地貌、水文地质、不良地质现象及天然建筑材料等工程地质条件,分析、预测工程地质问题,评价其对建筑物的影响和危害,提出必要的防治措施,为工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。

人类工程活动与地质环境之间既相互联系,又相互制约。地质环境对建设工程的选址和建筑物结构类型及施工方案的确定起着决定性的影响。铁路、桥梁、隧道的选址和修建、在土地基上修建高层建筑地基基础方案的确定、水利水电工程中坝址、坝型及其他水工建筑物类型的选择等,都与工程建设地区的地质环境有着密切的关系。地质环境不良,一方面可能则需要采取地基处理措施而提高工程的造价,另一方面可能会影响工程建筑的稳定、安全和正常使用。人类工程活动又反作用于地质环境,使自然地质条件发生变化,例如大型水利水电工程造成的库岸坡失稳、水库淤积、水库渗漏与浸没、滨海城市大量抽取地下水所引起的地面沉降、交通工程造成的道路边坡失稳及其他各种地质灾害等。

工程地质条件是与工程建设有关的地质条件的总称。一般认为,它包括工程建设地区的岩土工程地质性质、地形地貌、地质构造、水文地质条件、物理地质现象、地质物理环境(地应力及地热等)、天然建筑材料等七个方面的因素。在不同地区、不同工程类型、不同设计阶段解决不同问题时,上述各方面的重要性并不等同,而是有主次的。

工程地质问题与工程建筑的类型和规模有着密切的关系。各类工程建筑,由于其结构类型和

1 绪 论

【内容提要】

本章主要内容包括地质学和工程地质学的性质,工程地质在土木工程建设中的作用,本课程的主要内容和学习要求。

【能力要求】

通过本章的学习,学生应具备以下能力:

- ①理解地质学和工程地质学的性质。
- ②理解工程地质条件和工程地质问题。
- ③了解工程地质在土木工程建设中的重要性。
- ④了解工程地质学的主要任务。
- ⑤了解工程地质学的主要内容和要求。

1.1 地质学与工程地质学的性质

地球是人类生存和活动的场所,是矿产资源的埋藏地,是构成建设场所的所在地,同时又是建筑材料的来源地。地球表层地壳是由岩石和土构成的。地质学是研究地球的一门科学,其研究领域十分广泛,主要为地球的物质组成、构造特征、形成和演化规律等方面。工程地质学是地质学的一个分支学科,是把地质学原理应用于工程实际的一门学问,主要研究与人类工程活动有关的地质学的问题,其主要任务是通过地质勘察研究建筑物场地的岩土类型和性质、地质构造、地形、地貌、水文地质、不良地质现象及天然建筑材料等工程地质条件,分析、预测工程地质问题,评价其对建筑物的影响和危害,提出必要的防治措施,为工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。

人类工程活动与地质环境之间既相互联系,又相互制约。地质环境对建设场地的选择和建筑物结构类型及施工方法的确定起着决定性的影响。铁路、桥梁、隧道的选线和施工;软土地基上修建高层建筑地基基础方案的确定;水利水电工程中坝址、坝型及其他水工建筑物类型的选择等,都与工程建设地区的地质环境有着密切的关系。地质环境不良,一方面可能因需要采取地基处理措施而提高工程的造价,另一方面可能会影响工程建筑的稳定、安全和正常使用。人类工程活动又反作用于地质环境,使自然地质条件发生变化,例如大型水利水电工程造成的水库岸坡失稳、水库淤积、水库渗漏与浸没,滨海城市大量抽取地下水所引起的地面沉降,交通工程造成的道路边坡失稳及其他各种地质灾害等。

工程地质条件是与工程建筑有关的地质条件的总称。一般认为,它包括工程建设地区的岩土工程地质性质、地形地貌、地质构造、水文地质条件、物理地质现象、地质物理环境(地应力及地热等)、天然建筑材料等七个方面的因素。在不同地区、不同工程类型、不同设计阶段解决不同问题时,上述各方面的重要性并不等同,而是有主次的。

工程地质问题与工程建筑的类型和规模有着密切的关系。各类工程建筑,由于其结构类型和

工作方式不同,存在着各种各样的工程地质问题。工业与民用建筑常遇到的工程地质问题是地基的变形、强度和稳定问题;道桥工程常遇到的是路基边坡、隧洞围岩和桥墩桥台的稳定问题及道路的冻胀问题;地下工程常遇到的是围岩稳定、岩爆、涌水问题及影响建筑施工的高地应力、高地热和有害气体问题;而水利水电工程的工程地质问题则更为复杂多样,除与其他工程相类似的区域地壳稳定、坝基、边坡和地下洞室岩土体的稳定问题外,还有库坝区渗漏、水库库岸稳定、水库淤积、滨岸地区浸没等问题;在特殊土(如黄土、软土、膨胀土、冻土等)地区同样会遇到特殊的工程地质问题。由于大量抽取地下水、石油及天然气而造成大范围地面沉降,采矿而产生的废矿渣的处理等则属于环境工程地质问题。

1.2 工程地质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和勘探工作,查明工程地质条件,对有利的地质因素和不良的地质现象作出正确的分析,针对影响建筑物安全的主要工程地质问题进行论证,预测工程建成后可能出现的工程地质问题,为工程建设的规划、选址、设计、施工和管理,提供可靠的工程地质资料。大量工程实践证明,重视工程地质工作能使设计、施工顺利进行,保证工程建筑的安全使用;相反,忽视工程地质工作,则会给工程带来不同程度的影响,轻则修改设计方案、增加投资、延误工期,重则使建筑物完全不能使用,甚至突然破坏,酿成灾害。

例如:始建于1949年的宝(鸡)天(水)铁路,由于忽视了前期的工程地质勘察,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问题,直到新中国成立后一段时间也不能正常通车运营,被称为铁路的“盲肠”。为此,国家每年都拨出大量经费进行维修、整治,直至耗费巨资进行大段线路改线才使宝天铁路真正畅通。与此形成鲜明对照的是,地处我国西南边陲的成(都)昆(明)铁路,由于它纵贯我国西南横断山脉的断裂构造带,沿线气候、地形、地质条件异常复杂,曾被称为“世界地质博物馆”。某些外国专家实地考察后认为成昆铁路很难建成。中央和原铁道部高度重视,多次组织全国工程地质专家现场“会诊”和研究,并且动员和组织了全部工程地质专家和技术人员开展“大会战”,从而保证了成昆铁路的顺利建成通车。

建筑工程的很多事故都是由于未经勘察,盲目进行设计、施工造成的。例如:加拿大特朗斯康谷仓基础为钢筋混凝土筏板基础,厚度61 cm,埋深3.66 m。谷仓于1911年动工,1913年秋完工。谷仓自重20000 t,相当于装满谷物后满载总质量的42.5%。1913年9月开始装谷物,10月17日当谷仓已装了31822 m³谷物时,发现1 h内竖向沉降达30.5 cm,结构向西倾斜,并在24 h内倾倒,倾斜度达26°53',谷仓西端下沉7.32 m,东端上抬1.52 m,上部钢筋混凝土筒仓则坚如磐石。后来人们发现,谷仓地基事先未进行调查研究,仅根据邻近结构物基槽开挖试验结果,计算得地基承载力为352 kPa,便应用到此谷仓。1952年经勘察试验与计算,谷仓地基实际承载力为193.8~276.6 kPa,远小于谷仓破坏时所承载的压力329.4 kPa。因此,谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

再如:美国的奥斯汀坝,高仅20.7 m,坝基为岩溶化的石灰岩,裂隙发育并有断层。在勘察和修建过程中对这些问题没有进行任何研究,也没有采取任何措施。坝建成于1892年,1893年就产生了裂隙,但并未引起重视,只进行了局部处理。到1900年,一场大雨之后,坝就完全毁坏了。究其原因,主要是岩溶化地基强度较低,运行期间地下水的渗流又进一步降低了其承载力,以致坝基承受不了坝的压力和溢出水流的冲刷而导致破坏。

这些实例说明了工程地质在工程中的重要性。

1.3 本课程的主要内容和学习要求

1.3.1 本课程的主要内容

本课程的主要内容包括矿物与岩石、地质构造和地质图、水的地质作用、不良地质作用的工程地质问题、边坡工程地质问题、地下工程地质问题、岩体地基工程地质问题、工程地质勘察等。

工程地质学是土木类专业的一门专业基础课。课程特点是内容广、概念多、实践性强。同学们在学习中要注意弄清概念,掌握分析方法,避免死记硬背,重在理论联系实际及工程运用。

为了学好这门课程,应结合课堂教学学好有关矿物、岩石的实验课程,掌握常见矿物和岩石的肉眼鉴定方法;结合已有的地质图或工程进行具体分析,培养阅读地质图和分析地质条件的能力;参加短期的野外地质实习,以了解岩土类别的野外鉴别方法、地质构造、地貌及不良地质灾害,提高分析工程地质条件,处理工程地质问题的实践能力。

1.3.2 学习要求

学习本课程后,应达到以下基本要求:

- ① 能阅读一般地质资料,根据地质资料在野外能辨认常见岩石和土类别,了解其主要的工程性质;能辨认基本的地质构造及明显的地质灾害,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,根据工程地质勘察资料,在土木工程的设计、施工和使用中能对一般的工程地质问题进行分析论证,并提出相应的工程处理措施。
- ③ 了解工程地质勘察的基本内容、方法和常用的实验、测试手段。
- ④ 了解获取工程地质资料的工作方法、手段及成果要求,能把学到的工程地质的知识和专业知识紧密结合起来,应用于实际的工程设计与施工之中。

知识拓展

青藏铁路建设与工程地质选线

青藏铁路是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路,沿线高寒缺氧,地质复杂,冻土广布,工程十分艰巨。铁路从1956年开始勘探,2006年建成通车。从勘探到建成,花了50年的时间。

这50年里,用来建设铁路的时间只花了6年,很大一部分时间都花在铁路路线的选择与勘探上。从1956年以来,在20世纪60年代和70年代曾先后进行过两次勘测设计,第三次勘测设计于1996年开始,2001年开工建设。在40多年的勘测设计过程中,主要针对高原多年冻土、活动性断裂、地震、水土保持、环境保护等问题开展不断深化的地质勘察和专题研究工作,基本上摸清了青藏高原多年冻土工程地质问题的普遍性和特殊性,查明了活动性断裂的特征和分布,进行了重点工程场地地震安全性评价和全线地质灾害危险性评估,为青藏铁路开工建设打下了坚实的基础。

青藏铁路建设遇到了三大技术难题:多年冻土、高寒缺氧、环境脆弱。

① 攻克冻土难题。

青藏铁路的建设难度举世公认。美国火车旅行家保罗·泰鲁在《游历中国》一书中写道:“有昆仑山脉在,铁路就永远到不了拉萨。”复杂的冻土环境,是制约青藏铁路建设的一大世界性难题。青

藏高原冻土纬度低,日照强烈,加上地质构造运动频繁,其复杂性和独特性举世无双。风火山隧道全部位于永久冻土层之下,是世界上海拔最高、冻土区最长的高原永久冻土隧道,地下冰厚超过150 m。这样的地质环境一直是隧道施工的禁区。铁路工人创造性地研制了两台大型隧道空调机组,控制隧道施工温度,有效地防止了地下冰融化滑塌。青藏铁路堪称冻土工程的“博物馆”,长达111 km的“片石层通风路基”以及总长156.7 km的“以桥代路”都称得上是世界奇观。

②战胜高寒缺氧。

青藏高原高寒缺氧,干燥风大,紫外线辐射强烈,自然疫源多,对建设者的身体健康和生命安全构成严重威胁。为了攻克这一难题,工程师们创造性地提出了像锅炉供应蒸汽一样源源不断向施工现场和宿舍输送氧气的思路,建成了世界上海拔最高的大型制氧站,使洞内氧气含量达到了80%左右,工地海拔相当于下降了1000 m。铁路建设期间,先后十几万人上下青藏高原,奋战在被称为“世界第三极”的生命禁区,无一例因高原脑水肿、肺水肿等高原病而死亡的事故。这是青藏铁路建设中,中国人创造的又一个奇迹。

③解决环境脆弱问题。

青藏高原是不少巨川大河发源地,生态环境原始、独特而脆弱。党中央、国务院明确提出,青藏铁路建设要珍爱高原一草一木。在自然保护区内,铁路线路遵循“能避绕就避绕”的原则,施工场地、便道、砂石料场的选址都经反复踏勘确定,尽量避免破坏植被。

青藏铁路刷新的世界铁路历史纪录:

①世界海拔最高的高原铁路:铁路穿越海拔4000 m以上地段达960 km,最高点海拔5072 m,因而被誉为“离天最近的铁路”。

②世界最长的高原铁路:青藏铁路格尔木至拉萨段,穿越戈壁荒漠、沼泽湿地和雪山草原,全线总里程达1142 km。

③世界上穿越冻土里程最长的高原铁路:铁路穿越多年连续冻土里程达550 km。

④海拔5068 m的唐古拉山车站,是世界上海拔最高的铁路车站。

⑤海拔4905 m的风火山隧道,是世界上海拔最高的冻土隧道。

⑥全长1686 m的昆仑山隧道,是世界上最长的高原冻土隧道。

⑦海拔4704 m的安多铺架基地,是世界上海拔最高的铺架基地。

⑧全长11.7 km的清水河大桥,是世界上最长的高原冻土铁路桥。

⑨建成后的青藏铁路冻土地段时速将达到100 km/h,非冻土地段达到120 km/h,这是目前火车在世界高原冻土铁路上的最高时速。

⑩青藏铁路穿越了可可西里、三江源、羌塘等自然保护区,因其独具特色的环保设计和建设,也被称为中国第一条“环保铁路”。

本章小结

(1)工程地质学是土木工程专业非常重要的一门专业基础课,是地质学的分支,是把地质学原理应用于工程实践的一门学科,其目的是通过勘查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,保证结构的功能。

(2)工程地质学内容广泛,其主要任务是研究工程活动与地质环境之间制约的关系,以便正确评价、合理开发和保护地质环境。研究内容包括工程岩土学、工程地质分析和工程地质勘查。

(3)工程地质课是土木工程专业学生的专业基础课,为后续课程的学习打下基础。学生应该按

照教学大纲要求培养应有的能力。

习题与思考题

- 1-1 什么是工程地质条件和工程地质问题？它们具体包括哪些因素和内容？
- 1-2 说明工程地质在土木工程建设中的作用。
- 1-3 工程地质课程的性质与任务是什么？
- 1-4 学习本课程应达到的基本要求是什么？

参考文献

- [1] 胡厚田, 白志勇. 土木工程地质. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [2] 石振明, 孔宪立. 工程地质学. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [3] 张忠苗. 工程地质学. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [4] 宓荣三. 工程地质. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.
- [5] 孙家齐, 陈新民. 工程地质. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2007.
- [6] 工程地质手册编委会. 工程地质手册. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

2 造岩矿物与岩石

【内容提要】

本章主要内容为地壳的组成物质的物理力学性质;组成地壳的岩石的矿物组成、结构构造特征和常见的代表性岩石;各类岩石的工程性质评述。

【能力要求】

通过本章的学习,学生应具备以下能力:

- ①掌握常见造岩矿物的主要物理性质,并且学会对矿物的鉴别。
- ②熟练掌握三大类岩石的产状、结构和构造特征。
- ③了解三大类岩石的鉴别方法。
- ④掌握岩石的工程性质评价内容,特别是常见岩石的工程性质评价。
- ⑤了解岩体工程性质评价方法。

2.1 概 述

2.1.1 地球的形状

地球是绕太阳公转的九大行星之一,它是一个旋转椭球体。根据现有资料可知:地球的赤道半径为 6378.140 km,两级半径为 6356.755 km,扁平率为 1/298.25,其外形像梨状体。地球表面积约 5 亿平方千米,其中陆地占 29.3%,海洋占 70.7%。

2.1.2 地球的圈层构造

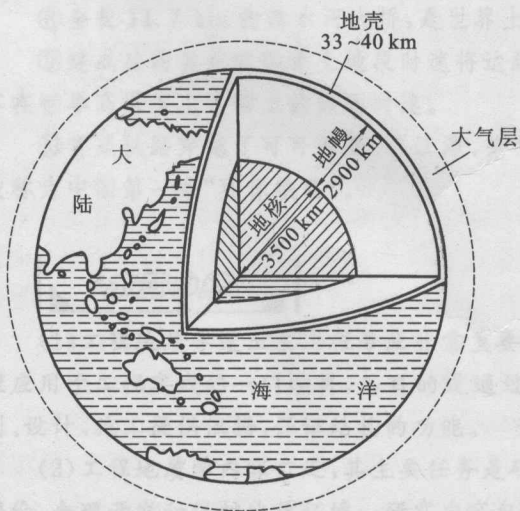


图 2-1 地球内部构造

地球包括外部圈层(即大气圈、水圈、生物圈)和固体地球两部分。而固体地球也是呈圈层构造的,依各圈层的特点可分为地壳、地幔和地核(如图 2-1 所示)。它们之间的分界面是通过测定地震波在地球内部的传播速度的变化确定出来的,把波速的突变面称为界面。地壳和地幔之间的界面叫莫霍面,地幔和地核之间的界面叫古登堡面。固体地球各层的特点如下:

地壳:地球表层的固体外壳,是由各种岩石组成的。地壳的平均厚度为 17 km,体积占地球总体积的 1.5%,质量占总质量的 0.8%。大陆地壳比较厚,高山区可达 70 多千米,其下为深变质岩,表层多为沉积岩。海洋地壳比较薄,平均只有 7~8 km,由玄武岩组成,表层有少量的沉积物。

组成地壳的化学元素有 100 多种,其中含量最多的是 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H 九种元素,占地壳总质量的 98% 以上。地壳上部主要为硅铝层,下部主要为硅镁层。

地幔:处于地壳和地核之间,也称为过渡层,厚度约 2900 km,体积约占地球总体积的 82.3%,质量占总质量的 67.8%。根据化学成分不同地幔又分为两层:上地幔——主要由铁、镁、硅酸盐组成,也称为橄榄层;下地幔——主要由金属氧化物和硫化物组成。

地核:厚度为 3473 km,占地球总体积的 16.2%,占总质量的 31.4%,主要由铁、镍组成。

固体地球的这种结构通常被形象地称为蛋状结构。地核就像蛋黄,地幔好比是蛋清,而地壳相当于蛋壳。

2.1.3 地表形貌

地壳表层是人类工程活动的场所,是工程地质的主要研究对象。

为了描述地表的形态,可根据地表高低起伏,把地形分为山地、丘陵、平原、盆地等,如表 2-1 所示。

海拔高于 500 m,地形起伏大于 200 m 的地区称为山地。根据海拔高度不同山地又分为高山、中山和低山。平原是较大的平坦地区,一般海拔小于 600 m,地形起伏小于 50 m。高原是海拔高于 600 m,表面较平坦或有一定起伏的广阔地区,它是近期地壳大面积整体隆起上升的结果。丘陵为有一定起伏的低矮地区,一般海拔在 500 m 以下,相对高差为 50~200 m,其特点介于山地和平原之间。四周是高原或山地,中央低平如盆状的地区,称为盆地。

表 2-1 按地势划分的地貌类型

名称	高山	中山	低山	丘陵	平原	高原
地形起伏/m	200~1000			<500	表面平坦、起伏较小的广阔地区	
海拔高度/m	>3500	1000~3500	500~1000	<200	较低	>600

2.2 造岩矿物

地壳中的化学元素,除极少数呈单质存在外,绝大多数是以化合物的形态存在。这些具有一定化学性质和物理性质的单质和化合物统称为矿物。至今人类已发现的矿物有 3000 多种,但构成岩石的主要矿物,即造岩矿物不过二三十种,如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)、正长石(KAlSi_3O_8)等。

由于矿物具有不同化学成分、内部结构,呈现出一定的外表形态、物理性质和化学性质。这些特性对于鉴定矿物及其工程性质具有重要意义。

2.2.1 矿物的形态

2.2.1.1 矿物的单体形态

造岩矿物绝大多数是结晶质。结晶质的基本特点是组成矿物的元素质点(原子、分子、离子)在矿物内按一定的规律重复排列,形成稳定的结晶格子构造,如图 2-2 所示。结晶质在生长过程中若条件适宜,能生成具有一定几何外形的晶体,如岩盐的正立方体晶体,石英的六方双锥晶体等,如图 2-3 所示。

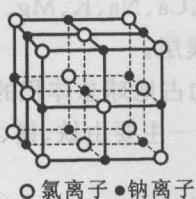
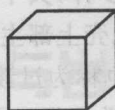


图 2-2 岩盐的晶格构造



(a)



(b)

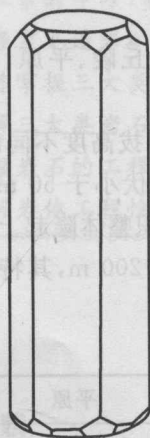


(c)

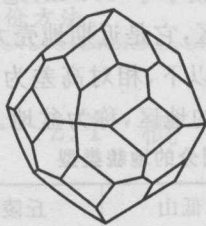
图 2-3 矿物晶体

(a) 岩盐晶体; (b) 石英晶体; (c) 金刚石晶体

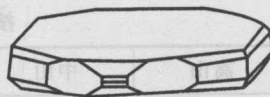
在相同的生长环境下,同种矿物的单个晶体往往都有自己特定的形态,称为晶体习性,如针状、柱状、板状、片状、粒状、球状、等轴状等,如图 2-4 所示。



(a)



(b)



(c)

图 2-4 晶体习性

(a) 柱状习性,如绿柱石聚形晶体; (b) 粒状习性,如石榴子石聚形晶体;

(c) 板状习性,如板钛矿聚形晶体

2.2.1.2 矿物集合体形态

由于生长空间的局限,矿物晶体往往不可能发育成如图 2-4 所示的完美形态,它们常常聚合在一起形成集合体。同种矿物形成的集合体也常常具有其单晶体的特征形态。当集合体中各单体无规律地排列时,一般用描述晶体习性的术语来描述集合体的形态,如橄榄石的粒状集合体,绿泥石的鳞片状集合体。此外,还有板状集合体、针状集合体等。

当集合体中单体按某种特殊方式排列,则用专业术语来描述。常见术语有:

(1) 晶簇

同一类矿物单晶体,它们一端生长在共同的基底面上,另一端自由发育而具有良好的晶行。如石英晶簇、方解石晶簇等,如图 2-5 所示。

(2) 放射状集合体

放射状集合体是呈柱状、针状或片状的矿物单体,以一点为中心向四周呈放射状排列,如红柱石的柱状单体呈放射状,形成所谓的菊花石,如图 2-6 所示。

(3) 纤维状集合体

纤维状集合体由许多针状、柱状的矿物单晶体密集平行排列而成,常见的如石棉、纤维石膏等。