



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

土木工程专业系列教材

工程地质

主编 陆培毅

天津大学出版社
中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/陆培毅主编. —天津:天津大学出版社,2003.2

(土木工程专业系列教材)

ISBN 7-5618-1736-3

I. 工… II. 陆… 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(2003)第 010131 号

书 名	工程地质
主 编	陆培毅
出版发行	天津大学出版社 中央广播电视大学出版社
出 版 人	杨风和
地 址	天津市卫津路 92 号天津大学内(天津大学出版社) 北京市复兴门内大街 160 号(中央广播电视大学出版社)
电 话	营销部:022-27403647 邮购部:022-27402742(天津大学出版社) 发行部:010-68519502 邮购部:010-68511268(中央广播电视大学出版社)
印 刷	北京云浩印刷有限责任公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	210mm×297mm
印 张	11.25
字 数	390 千
版 次	2003 年 2 月第 1 版
印 次	2003 年 2 月第 1 次
印 数	1—3000
书 号	ISBN 7—5618—1736—3
定 价	16.00 元

内 容 提 要

本教材是依据 2001 年 11 月审定的中央广播电视大学开放教育试点“工学科土建类土木工程专业”工程地质课程教学大纲以及 2002 年 3 月审定的工程地质多媒体教材一体化设计方案编写的。本教材是土木工程专业的系列教材之一。

全书共分 9 章,即绪论、岩石及工程地质性质、地质构造、第四纪沉积层的形成及其工程地质特征、地下水、不良地质条件下的工程地质问题、地下洞室工程问题、特殊土的工程地质评价、工程地质勘察。

土木工程专业课程建设

委员会名单

顾问:	刘锡良	江见鲸	顾晓鲁		
策划:	钱辉镜	杨风和	任 岩	陈家修	
主任:	姜忻良				
副主任:	蒋克中	王铁成	刘兴业		
委员:	丁 阳	丁红岩	于俊英	王 圻	王金敏
	方根男	刘宗仁	刘津明	包世华	罗福午
	孙天正	孙天杰	匡文起	李 杰	李林曙
	李砚波	李运光	任兴华	毕继红	严士超
	杨春风	陈永灿	陈中良	吴铭磊	旷天鑑
	郑 刚	郑家扬	邹积明	何勇军	邵立国
	张晋元	张质文	陆培毅	周建滨	赵奎生
	赵 彤	赵铁生	常春伟	洪 钧	高学平
	黄世昌	康谷贻	韩庆华	温庆涛	鄢小平
	魏鸿汉	戴自强			
秘书:	郭 鸿	陈英蕙			

前 言

本教材是依据 2001 年 11 月审定的中央广播电视大学开放教育试点“工学科土建类土木工程专业”工程地质课程教学大纲以及 2002 年 3 月审定的工程地质多媒体教材一体化设计方案编写的。本教材是“土木工程专业的系列教材”之一。

开放教育是一种新型的远程教育模式,其培养对象主要是以业余学习为主的成人。在编写本教材过程中,充分考虑到学生的学习环境、学习需要和学习方式,努力贯彻“以学生为中心”的现代教育思想,精选内容,理论联系实际,加强“导学”、“助学”功能,深入浅出,循序渐进,适应开放教育试点学生自学的需要,努力做到学以致用,培养学生分析问题和解决问题的能力。

工程地质课程多种媒体教材包括文字教材以及录像教材。两种教学媒体发挥各自优势,取长补短,形成互补的较完善的综合性教材体系。录像教材突出对各种工程地质现象的认识和重点难点的讲解与分析,形象直观,易于学生理解和掌握。本教材强调工程地质课程内容的系统性,并通过讲解例题,提高学生分析和解决问题的能力。本书是工程地质课程多种媒体教材的文字教材。

全书共分 9 章,即绪论、岩石及其工程地质性质、地质构造、第四纪沉积层的形成及其工程地质特征、地下水、不良地质条件下的工程地质问题、地下洞室工程问题、特殊土的工程地质评价、工程地质勘察。参加编写的有天津大学王成华(第 5 章、第 7 章)、河北工业大学郭抗美(第 2 章、第 3 章、第 6 章)、天津大学陆培毅(第 1 章、第 4 章、第 8 章、第 9 章)。中央广播电视大学郭鸿老师做了本书的教学设计。

本书由清华大学温庆博教授审定。审定专家对本教材进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的建设性意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,再加上时间较紧,书中定有不妥之处,恳切希望广大读者及专家批评、指正。

编 者

2002 年 9 月 30 日

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 工程地质学及其研究内容	(1)
1.2 工程地质学的研究方法	(2)
第2章 岩石及其工程地质性质	(4)
2.1 地球的总体特性	(4)
2.2 造岩矿物	(7)
2.3 岩浆岩	(10)
2.4 沉积岩	(14)
2.5 变质岩	(19)
2.6 岩石的工程地质性质	(23)
本章小结	(28)
思考题	(28)
第3章 地质构造	(29)
3.1 地质年代	(29)
3.2 岩层产状	(33)
3.3 褶皱构造	(35)
3.4 断裂构造	(37)
3.5 地质图	(44)
本章小结	(49)
思考题	(50)
第4章 第四纪沉积层的形成及其工程地质特征	(51)
4.1 风化作用及残积土	(51)
4.2 地表流水的地质作用及坡积土、洪积土、冲积土	(53)
4.3 海洋的地质作用及海相沉积物	(60)
4.4 湖泊的地质作用及湖泊沉积物	(64)
4.5 风的地质作用及风积土	(64)
本章小结	(65)
思考题	(66)
第5章 地下水	(67)
5.1 概述	(67)
5.2 地下水的基本概念	(68)
5.3 地下水的类型	(71)
5.4 地下水的性质	(74)
5.5 地下水运动的基本规律	(78)
5.6 岩土渗透特性及其测定	(81)
5.7 地下水的若干工程问题	(81)
本章小结	(88)
思考题	(88)
第6章 不良地质条件下的工程地质问题	(89)
6.1 活断层	(89)

6.2 地震	(91)
6.3 斜坡的变形及其防治	(98)
6.4 岩溶与土洞	(107)
6.5 采空区地表塌陷	(111)
本章小结	(114)
思考题	(114)
第7章 地下洞室工程问题	(116)
7.1 概述	(116)
7.2 地下洞室位置的选择	(117)
7.3 地下洞室围岩的变形与破坏	(119)
7.4 地下洞室的围岩分类	(124)
7.5 地下洞室的围岩压力	(127)
7.6 保护地下洞室围岩稳定性的措施	(130)
本章小结	(132)
思考题	(132)
第8章 特殊土的工程地质评价	(133)
8.1 湿陷性黄土	(133)
8.2 膨胀土	(137)
8.3 冻土地基	(139)
8.4 盐渍土	(141)
8.5 软土地基	(144)
8.6 红黏土地基	(146)
本章小结	(148)
思考题	(148)
第9章 工程地质勘察	(150)
9.1 勘察的目的与阶段划分	(150)
9.2 工程地质测绘	(153)
9.3 勘探与取样	(154)
9.4 工程地质原位测试	(155)
9.5 现场监测	(158)
9.6 勘察资料的整理	(160)
9.7 工业与民用建筑的工程地质勘察	(165)
9.8 道路与桥梁的工程地质勘察	(167)
本章小结	(168)
思考题	(168)
参考文献	(169)

第 1 章 绪 论

学习目标

了解工程地质学研究的内容及其研究方法。

学习重点

工程地质学的研究内容。

学习建议

参考其他工程地质学方面的书籍,力争从不同角度理解工程地质学的研究内容并掌握学习方法。

1.1 工程地质学及其研究内容

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,是地质学的一个分支。它把地质科学的基础理论应用于土木工程实践,通过工程地质调查、勘探等方法,弄清建筑物的地质条件(环境),为土木工程建筑的规划、设计、施工提供可靠的地质资料,并预测和论证工程建筑和地质环境的相互作用,进而提出防治措施。

研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,以便做到既能使工程建筑安全、经济、稳定,又能合理开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。而在大规模地改变自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学长期面临的主要任务。

随着生产的发展和研究的深入,一些新的分支学科也已形成,如环境工程地质、海洋工程地质与地震工程地质等。环境工程地质学开始向工程地质领域渗透。环境工程地质学的基本观念(即人类工程活动)可显著地影响环境,既可恶化环境,亦能改善环境。人类工程活动作为环境演化的积极而活跃的因素及工程和环境的密切关联性已成为当今研究的重要方向。

工程地质条件是指与工程建设有关的地质条件的总和,它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方面。应强调的是,不能将上述诸点中的某一方面理解为工程地质条件,而必须是它们的总和。

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。工程地质问题是指研究地区的工程地质条件由于不能满足某种工程建筑的要求,在建筑物的稳定、经济或正常使用方面常常发生的问题。概括起来,工程地质问题包括两个方面:一是区域(地区)稳定问题;二是地基稳定问题。不同工程对工程地质条件的要求各不一样。即使是同一类型的建筑,规模不同,要求也不尽相同。当谈论工程地质问题时,必须结合具体建筑类型、建筑规模来考虑。例如,工业与民用建筑常遇到的工程地质问题主要是地基稳定问题,包括地基强度和地基变形两个方面;此外,溶岩土洞等不良地质作用和现象也会影响地基稳定。而铁路、公路等工程建筑最常遇到的工程地质问题是边坡稳定和路基稳定问题等。工程地质问题,除与建筑工程类型有关外,尚与一定的土和岩石的类型有关,如黄土的湿陷问题、软土的强度问题、岩石的风化和破坏问题,等等。

工程活动的地质环境,亦称为工程地质条件。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工程造价与施工安全,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,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,轻则蓄水大量漏失,重则完全不能蓄水,使建筑物不能正常使用。

工程地质学的研究对象是复杂的地质体,所以其研究方法应是地质分析法与力学分析法、工程类比法与实验法等密切结合,即通常所说的定性分析与定量分析相结合的综合研究方法。要查明建筑区工程地质条件的形成和发展,以及它在工程建筑物作用下的发展变化,首先必须以地质学和自然历史的观点分析研究周围其他自然因素和条件,了解在历史过程中对它的影响和制约程度,这样才有可能认识它的形成原因并预测其发展趋势和变化。这就是地质分析法,它是工程地质学基本研究方法,也是进一步定量分析评价的基础。对工程建筑物的设计运用的要求来说,光有定性的论证是不够的,还要求对一些工程地质问题进行定量预测和评价。在阐明主要工程地质问题形成机理的基础上,通过建立模型,进行计算和预测,例如地基稳定性分析、地面沉降量计算、地震液化可能性计算等。当地质条件十分复杂时,还可根据条件类似地区已有资料对研究区的问题进行定量预测,这就是采用类比法进行评价。采用定量分析方法论证地质问题时都需要采用实验测试方法,即通过室内或野外现场试验,取得所需要的岩土的物理性质、水理性质、力学性质数据。通过长期观测地质现象的发展速度也是常用的试验方法。综合应用上述定性分析和定量分析方法,才能取得可靠的结论,对可能发生的工程地质问题制定出合理防治对策。

我国地域辽阔,自然条件复杂,在工程建设中常常遇到各种各样的自然条件和地质问题。为各类工程服务的工程地质均有其自己的特点。作为土木工程师,务必重视场地和地基的勘察工作,对勘察内容和方法有所了解,以便正确地向勘察部门提出勘察任务和要求。为此,必须具备一定的工程地质知识,并学会分析和使用工程地质勘察报告,只有这样才能正确处理工程建设与自然地质条件的相互关系,才能正确运用勘察数据和资料进行设计和施工。

1.2 工程地质学的研究方法

工程地质学是一门理论性与实践性都很强的学科。因此,要学好这门课程,首先注意牢固掌握基本理论、基本概念,在此基础上要重视工程实践的应用。工程地质学涉及土力学、水力学、岩土工程等多学科。工程技术人员只有在具备必要的工程地质学知识,对工程地质勘察的任务、内容和方法有较全面的了解,才能正确应用工程地质勘察成果和资料,全面理

解和综合考虑拟建工程建筑场地的工程地质条件,并进行工程地质问题分析,提出相应对策和防治措施。

本课程是一门技术基础课,它结合我国自然地质条件与公路、桥梁和隧道、房屋建筑工程的特点,为学习专业知识和开展有关问题的科学研究,提供必要的工程地质学的基础知识;同时,通过一些基本技能的训练,懂得搜集、分析和运用有关的地质资料,并正确运用勘察数据和资料进行设计和施工,对一般的工程地质问题能进行初步评价和采取处理措施。

第 2 章 岩石及其工程地质性质

学习目标

1. 了解地壳及地质作用。
2. 掌握矿物的主要物理性质。
3. 掌握三大类岩石的主要鉴别特征。
4. 掌握岩石的工程地质性质。

学习重点

1. 地质作用。
2. 矿物的主要物理性质。
3. 三大类岩石的主要鉴别特征。

学习建议

掌握矿物的主要物理性质及三大类岩石的特征矿物及结构构造。

2.1 地球的总体特性

地球是一个不标准的椭球体。

地球是宇宙间绕太阳公转的一个行星。根据现有资料得知,地球是一个不标准的旋转椭球体,赤道半径 a 为 6 378.14 km,两极半径 b 为 6 356.779 km,赤道与极地半径相差 22 km,地球的扁平率 $\left(\frac{a-b}{a}\right)$ 为 $\frac{1}{298.588}$ 。地球表面起伏不平,可分为陆地和海洋两大部分,陆地面积占 29.2%,海洋面积占 70.8%。

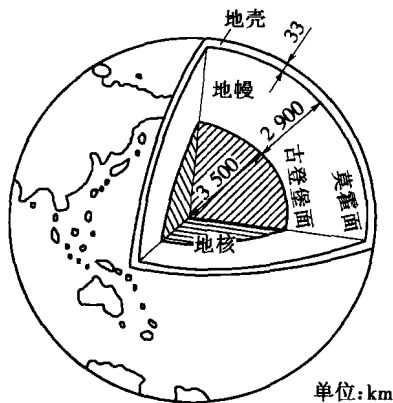
2.1.1 地球的内部圈层构造

地球内部可划分成哪几个圈层?

地球具有一定的圈层构造,以地表为界分为外圈和内圈。外圈包括大气圈、水圈和生物圈;内圈通常分为地壳、地幔和地核。根据地震波在地球内部传播速度的变化特征,可以确定地球内部圈层的分界面,地球物理上称为不连续面。地球内部有两个波速变化最明显的界面:第一个界面深度很不一致,在大陆区较深,最深可达 60 km 以上;在大洋区较浅,最浅不足 5 km。该界面称为莫霍洛维奇不连续面,简称莫霍面,它由前南斯拉夫人莫霍洛维奇于 1909 年发现的。第二个界面在地表下约 2 900 km 处,称为古登堡不连续面,简称古登堡面,它是由美国人古登堡于 1914 年提出的。根据这两个界面可将地球内部划分为地壳、地幔和地核三个圈层,如图 2-1 所示。

1. 地壳

地壳是莫霍面以上固体地球的表层部分,平均厚度约为 33 km。地壳的厚度变化较大,大洋地壳较薄,大陆地壳较厚。大陆地壳与大洋地壳在结构及演变历史上均有明显差异。大陆地壳具有上部为硅铝层(花岗岩质层)、下部为硅镁层(玄武岩质层)的双层结构,厚度为 35 250 km。硅铝层的 v_p (地震波纵波波速)为 6.0~6.2 km/s,密度为 2.6~2.7 g/cm³,一般厚度为 15~40 km;硅镁层的 v_p 为 6.4~7.8 km/s,密度为 3.3 g/cm³,一般厚度为 10~30 km。大洋地壳厚度较薄,平均仅 5~6 km,一般缺乏硅铝层,硅镁层直接出露于洋底。



了解地壳的特征。

图 2-1 地球内部圈层构造

2. 地幔

地幔是地球莫霍面以下、古登堡面以上部分,厚度约为 2 900 km,是地球的主体部分,主要由固态物质组成。以距地表 650 km 处为界,分为上地幔和下地幔两个次级圈层。上地幔的平均密度为 3.5 g/cm³,顶部 v_p 为 8.0 km/s,与地壳有明显区别。上地幔的物质成分是由含铁、镁多的硅酸盐矿物组成的,与超基性岩类似。下地幔地震波速平缓增加,密度达 5.1 g/cm³。一般认为其物质成分虽然仍以铁、镁的硅酸盐为主,但相当于超基性岩的超高压相矿物组成的岩石。

了解地幔的特征。

3. 地核

地核是地球内古登堡面以下至地心的部分,厚度为 3 500 km。按地震波速分为外核、过渡层和内核三个次级圈层。外核分布于 2 900~4 170 km 之间,根据横波不能通过外核的事实,推断外核是由液态物质组成的。分布于 4 170~5 155 km 之间的过渡层,波速变化复杂,可能是由液态开始向固态物质转变的一个圈层。内核为 5 155 km 至地心部分,由以铁、镍等成分为主的固态物质组成。

了解地核的特征。

2.1.2 地质作用

无数地质资料都说明,自地球形成以来,地面上的山山水水和地下各种物质都经过了很大变化,并且还在不断地运动变化着。

在自然界中所发生的一切可以改变地球的物质组成、构造和地表形态的作用称为地质作用。地质作用在自然界中普遍存在,只不过有的地质作用短暂而猛烈,易于观察,如地震、火山爆发等;有的地质作用长期持续缓慢进行,短期内不易觉察,如岩石风化、海陆变迁等。就最终结果而言,猛烈的地质作用可立即产生明显的后果,而缓慢的地质作用只要长期持续进行,同样可以产生更为显著的结果。如世界上最强烈的地震,造成的地面最大位移不超过数米,而喜马拉雅山脉原来是海洋,三千万年以来平均以每年不超过 8 mm 的速度持续上升,已变成了今日最雄伟的高山。因此,研究地质作用,不仅要研究地质作用的猛烈程度,同时要研究时间因素的影响。

掌握内、外力地质作用对改造地壳的贡献:内力地质作用使地壳表面更加起伏不平;外力地质作用使地壳表面趋于平缓。

根据地质作用的动力来源,地质作用可分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

1. 内力地质作用

由地球内部能(如地球的旋转能、重力能、放射性元素蜕变的热能等)所引起的地质作用称为内力地质作用,主要在地下深处进行,并可波及地表。内力地质作用包括地壳运动、地震作用、岩浆作用和变质作用。岩浆岩、变质岩等便是内力地质作用的产物。

(1) 地壳运动

由于地球自转速度的改变等原因,使得组成地壳的物质发生变形、变位的运动称为地壳

运动。它是内力地质作用的一种重要形式,在改变地壳面貌的过程中占主导地位。按地壳运动的方向可分为水平运动和垂直运动两种形式。

1) 水平运动

水平运动是地壳演变过程中,相对表现得较为强烈的一种形式,也是当前认为形成地壳表层各种构造形态的主要原因。

了解水平运动的成因。

地球是一个急速旋转的椭球体,当其高速旋转时,将产生巨大的离心力。离心力和地球重力都在对地壳起作用。它们相互抵消后,还产生一种指向赤道的水平方向的挤压力,使赤道一带稍稍凸出,地球略微变扁。当地球自转角速度变化时,这些力的大小、方向也随之变化,同时产生一种与变化方向相反的力,称为惯性力。所有这些力都在对地壳施加影响,且地壳各圈层的物质成分及其物理化学状态又都存在着差异,因此运动的速度、方式、方向也都不可能一致,层与层之间产生摩擦,使地壳各部分受到挤压、拖曳、旋扭等作用,从而使地壳岩层发生强烈的褶皱和断裂,形成各种方向延伸的山脉。

2) 垂直运动

垂直运动是指地壳物质沿地球半径方向作上升和下降的运动,是地壳演变过程中,表现得比较缓和的一种运动形式。它可以造成地表地势高差的改变,引起海陆变迁等。

地壳的垂直运动对沉积岩的形成有很大的影响,它不仅控制了沉积岩的物质来源与性质,同时也影响沉积岩的厚度与分布范围。上升运动控制的隆起区,是形成沉积岩物质成分的供给区;下降运动控制的沉降区,则是物质成分沉积并转化为沉积岩的场所。

水平运动和垂直运动是密不可分的,在地壳运动过程中都在起作用,只是在同一地区和同一时间以某一方向的运动为主,另一方向运动居次或不明显。它们在运动过程中也可以相互转化,即水平运动可以引起垂直运动,甚至转化为垂直运动;反之亦然。

(2) 地震作用

地震作用是指因构造运动等引起地壳发生的快速颤动。由于地球自转速度的不均匀性,加上地壳内部热能的变化,使地壳各部分岩石受到一定力的作用。当应力作用超过地壳某处岩石的强度时,岩石即发生破裂,或使原有的破碎带重新活动,岩石积聚的能量突然释放出来,并以弹性波的形式向四周传播,从而引起地壳的震动。从地理分布范围看,地震主要发生在环太平洋一带和地中海至中亚一带。我国正处于这两大地震带的中间,是一个多地震活动的国家。

(3) 岩浆作用

岩浆的形成、运动、凝固结成为岩石的过程,称为岩浆作用。岩浆作用将在 2.3 节中详细介绍。

(4) 变质作用

因内力使温度、压力、化学成分等条件改变,地壳中的岩石发生变化,转化为新的岩石的过程称为变质作用。变质作用及影响因素在 2.5 节中详细介绍。

2. 外力地质作用

什么是外力作用?

外动力地质作用是由地球范围以外的能源,如太阳的辐射能、日月的引力能等为主要能源在地表或地表附近进行的地质作用,称为外力地质作用,简称外力作用。外力作用的主要类型有以下 5 种。

(1) 风化作用

岩石受大气、水和生物以及地表温度变化的影响,在原地被破坏、分解的作用,称为风化作用。风化作用的具体内容将在 4.1 节介绍。

(2) 剥蚀作用

地面流水、地下水、风等在运动过程中对地表岩石、土等的破坏过程,统称为剥蚀作用。引起剥蚀作用的地质应力有风、冰川、流水、海浪等。

陆地是剥蚀作用的主要场所。在地形起伏、气候潮湿、降雨量大的地区,剥蚀作用

掌握剥蚀作用与地质环境的关系。

主要为流水的冲刷和侵蚀,使岩石遭受破坏;在干旱的沙漠地区,剥蚀作用主要为风对岩石的破坏。风的剥蚀作用包括吹扬作用和磨蚀作用。前者指风将岩石表面的松散砂粒或风化产物带走;后者指风所夹带的砂粒随风运行,对岩石表面发生摩擦侵蚀。河流以自己的动能并以夹带的砂、砾石破坏河床岩石,并将破坏下来的物质带走的过程称为流水的侵蚀作用。该内容将在后续章节中介绍。

(3)搬运作用

剥蚀产物被流水、风等搬走离开原地,迁移到其他地方的地质作用称为搬运作用。搬运和剥蚀往往是同时由同一种地质应力来完成。如风和流水一边剥蚀岩石,同时又迅速将剥蚀下来的物质带走,两者是不能截然分开的。

(4)沉积作用

沉积作用即物质经过一定距离的搬运以后,由于搬运介质搬运能力的减弱、搬运介质物理化学条件的改变或在生物作用下,从风和流水等介质中分离出来,形成沉积物的过程。

(5)成岩作用

成岩作用即沉积物逐层堆积,下面的沉积物被长期压密、脱水、胶结而变成坚硬岩石的过程。

2.2 造岩矿物

岩石是在地质作用下产生的,由一种或多种矿物以一定的规律组成的自然集合体。它构成了地球的固体部分。按成因岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。由于岩石是由矿物组成的,所以要认识岩石,分析岩石在各种自然条件下的变化,进而对岩石及其组成的周围环境进行工程地质评价,就必须首先了解矿物。

学习矿物是为了更好地认识岩石。

2.2.1 矿物的概念

矿物是天然形成的元素单质和化合物,其化学成分和物理性质相对均一和固定,一般为结晶质。结晶质为原子(或离子、离子团)按严格规律排列的固体。矿物晶体中离子排列的格式称为晶体格架,泛称晶体构造,如图 2-2 所示。每种矿物均具有一定的晶体构造,反映在外形上均具有一定的晶体形状即晶形。理想的晶体为规则的几何多面体。如食盐为正立方体晶形、石英为复三方双锥晶形等,如图 2-3 所示。晶形是区分矿物的重要依据。

矿物的成分、结构随着地质环境的改变而改变。

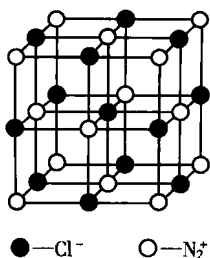


图 2-2 食盐的晶体构造

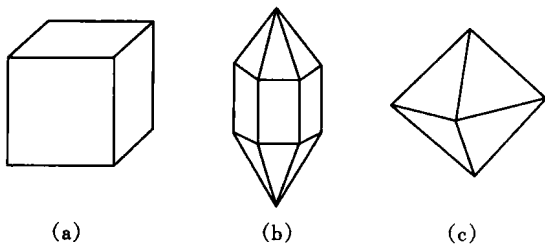


图 2-3 矿物的晶形

(a)食盐晶体;(b)石英晶体;(c)金刚石晶体

自然界中已发现的矿物有 2 500 多种。但组成常见岩石的矿物仅数十种,这些组成常见岩石的矿物称为造岩矿物。它约占地壳重量的 99%。造岩矿物以硅酸盐为主。

自然界中的矿物都是在一定的地质环境中形成的,并因经受各种地质作用而不断地发生变化。每一种矿物只是在一定的物理和化学条件下才相对稳定。当外界条件改变到一定程度后,矿物原来的成分、内部构造和性质就会发生变化,形成新的次生矿物。

2.2.2 矿物的(肉眼)鉴定特征

矿物的形态和矿物的物理性质决定于其化学成分和晶体格架的特点,因此,它们是鉴别矿物的重要依据。特别是在野外,依据矿物的形态和主要的物理性质鉴别常见的造岩矿物,是土木工程技术人员应掌握的基本技能。

1. 矿物的形态

矿物形态包括单体形态及集合体形态。

矿物的形态是指矿物单体及同种矿物集合体的形态。矿物单体的形态即前面提到的晶形。同种矿物多个单体聚集在一起的整体就是矿物的集合体。矿物集合体的形态取决于单体的形态和它们的集合方式。集合体按矿物晶粒大小分为肉眼可辨认晶体颗粒的显晶矿物集合体和肉眼不可辨认的隐晶质或非晶质矿物集合体。显晶矿物集合体有规则连生的双晶集合体和不规则的粒状、块状、板状、片状、纤维状、针状等;隐晶矿物集合体主要形态有球状、土状、结核状、鲕状、豆状、钟乳状、笋状等。

2. 矿物的主要物理性质

矿物的物理性质涉及内容较广,这里只介绍肉眼鉴定矿物所涉及的一些物理性质。

(1) 颜色

掌握矿物颜色与矿物成分的关系。

矿物的颜色是矿物对不同波长可见光吸收程度不同的反应。它是矿物最明显、最直观的物理性质。一般说来,含铁、锰多的矿物(如黑云母、普通角闪石、普通辉石等)颜色较深,多呈灰绿、褐绿、黑绿以至黑色;含硅、铝、钙等成分多的矿物(如石英、长石、方解石等)颜色较浅,多呈白、灰白、淡红、淡黄等各种浅色。

(2) 光泽

光泽是如何形成的?

光泽是矿物表面的反射光感,取决于其折光率。折光率愈大,反射率愈高,光泽愈强。光泽强度是以晶面或解理面等平面的反光程度作为标准。一般按光泽强弱分为四个等级:金属光泽,反光很强,犹如电镀的金属表面光亮耀眼,如黄铁矿;半金属光泽,似未磨光的铁器表面的光亮程度,如褐铁矿;金刚光泽,如金刚石;玻璃光泽,如长石、石英等。当反射面不平时,矿物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。

(3) 硬度

掌握摩氏硬度计。

矿物抵抗刻划、研磨的能力称为硬度。由于矿物的化学成分和内部构造不同,所以不同的矿物常具有不同的硬度。硬度是矿物的一个重要鉴别特征。鉴别矿物时,一般采用矿物的相对硬度,即通过多种矿物相互刻划所确定的硬度等级。以实际矿物为标准,共分10个等级,称为摩氏硬度计,见表2-1。一般铁刀的硬度为3~3.5,钢刀为6~6.5,指甲为2~2.5,这些是野外经常用到的测试依据。

表 2-1 矿物的相对硬度表(摩氏硬度计)

硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

(4) 解理和断口

矿物解理划分为四个等级:极完全解理;完全解理;不完全解理;无解理和断口。

矿物受外力打击后,按一定方向裂开成光滑平面的性质称为解理。破裂形成的平面叫解理面。解理是造岩矿物的一个主要的鉴别特征。按照解理产生的难易程度,可将矿物的解理分成四个等级:极完全解理,其解理面极完好,平坦而光亮,矿物极易裂开成薄片,如云母;完全解理,矿物容易裂开成规则的小块或厚板块,解理面完好、平整、光亮,如方解石;中等解理,其破裂面不甚光滑,往往不连续,如辉石;不完全解理,一般很难发现解理面,偶尔可见小而粗糙的解理面,如磷灰石。如果矿物受外力打击后,无固定方向的破裂并呈各种凹凸不平的断面(如贝壳状、参差状等),则称为断口。

矿物的解理和断口是互相消长的,解理完全时则无断口;反之,解理不完全或无解理时,

则断口显著。如不具解理的石英,呈现贝壳状断口。

另外,矿物的密度、弹性、挠性等对某些矿物的鉴别有时十分重要,而滑石的滑腻感、方解石遇盐酸起泡等,也可作为鉴别该矿物的特征。

2.2.3 常见的造岩矿物

野外正确识别和鉴定常见的造岩矿物是鉴定岩石和研究岩石工程性质的基础,同时也是土木工程技术人员应掌握的一门技能。野外常见造岩矿物的鉴别大致按以下步骤进行:首先应找到矿物的新鲜面,只有矿物的新鲜面才能真实地反映矿物化学成分和物理特征;其次观察鉴别矿物的形态和物理性质;第三,根据观察到的矿物的物理性质,结合常见造岩矿物的特征,对矿物进行命名。表 2-2 列出了常见造岩矿物的形态和主要特征,供读者学习和鉴别时使用。

掌握野外鉴别矿物的步骤。

表 2-2 常见造岩矿物的形态及主要物理性质

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				相对密度	主要鉴别特征
		颜 色	光 泽	硬 度	解理、断口		
正长石 $K[AlSi_3O_8]$	短柱状、板状、粒状	肉红色、浅玫瑰色、浅黄色、带浅黄的灰白色	玻璃光泽	6	两向完全解理,近于正交	2.57	形态、颜色
斜长石 $Na[AlSi_3O_8], Ca[Al_2Si_2O_8]$	板条状、长条状	白色或灰白色	玻璃光泽	6	两向完全解理,斜交	2.60~2.76	颜色、形态
石英 SiO_2	粒状、块状、六棱柱状	无色、乳白色、烟灰色	玻璃光泽,断口为油脂光泽	7	无解理,呈贝壳状断口	2.65	形状、硬度、断口
白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$	板状、片状、鳞片状	无色、浅灰、浅黄色、灰白色	玻璃或珍珠光泽	2~3	一组极完全解理	2.7~3.1	解理、薄片有弹性
黑云母 $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}][OH]_2$	片状、板状、鳞片状	深褐、黑绿至黑色	玻璃或珍珠光泽	2.5~3	一组极完全解理	3.02~3.13	解理、颜色、薄片有弹性
角闪石 $(Ca, Na)_{2-3}(Mg, Fe, Al)_5[Si_3(Si, Al)O_{11}]_2[OH]_2$	长柱状、纤维状	绿黑色、黑色	玻璃光泽	5.5~6	两组完全解理,交角近 56°	3.02~3.45	形状、颜色
辉石 $Ca(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$	粒状、块状	深黑色、褐黑、棕黑	玻璃光泽	5~6	两组完全解理,交角 87°	3.23~3.52	形状、颜色
橄榄石 $(Fe, Mg)_2[SiO_4]$	粒状	橄榄绿、淡黄绿色至黑绿色	玻璃光泽,断口为油脂光泽	6.5~7	无解理,呈贝壳状断口	3.27~4.37	颜色、硬度、形态
石榴子石 $(Fe, Mg, Ca)_3(Fe, Al)_2[SiO_4]_3$	菱形十二面体、二十四面体、粒状	棕、棕红或黑红色	玻璃光泽	6.5~7.5	无解理,呈不规则断口	3.5~4.2	形状、颜色、硬度
绿泥石 $(Fe, Mg)_5Al[AlSi_3O_{10}][OH]_8$	片状、粒状	浅绿、深绿或黑绿色	玻璃光泽、珍珠光泽	2~2.5	一组极完全解理	2.68~3.40	颜色、薄片有挠性无弹性
蛇纹石 $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$	致密块状、片状、纤维状	淡黄绿色、淡绿、淡黄色	油脂光泽、蜡状光泽、丝绸光泽	2~3	无解理,呈贝壳状断口	2.6~2.9	颜色、光泽
方解石 $CaCO_3$	菱面体、块状、粒状	白、灰白,含杂质时呈其他颜色	玻璃光泽	3	三组完全解理,斜交呈菱面体	2.6~2.9	颜色、硬度、遇盐酸起泡
白云石 $CaMg[CO_3]_2$	菱面体、块状、粒状	灰白、淡红、淡黄色	玻璃光泽	3.5~4	三组完全解理,斜交呈菱面体	2.8~2.9	解理、硬度
石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	板状、片状、纤维状	无色、白色、灰白色	珍珠光泽、丝绸光泽	2	一组完全解理	2.3	解理、硬度、颜色
高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$	细粒状、土状集合体	白、灰白或其他色	土状光泽	1~2	一组完全解理	2.60~2.63	性软、黏舌、具可塑性

掌握各矿物的主要鉴别特征。

续表

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				相对密度	主要鉴别特征
		颜 色	光 泽	硬 度	解理、断口		
滑 石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状、块状	白、淡黄、淡绿或浅灰色	蜡状或珍珠光泽	1	一组极完全解理	2.58~2.83	颜色、硬度、触摸有滑腻感
黄铁矿 Fe S_2	立方体、致密块状	浅黄铜色	金属光泽	6~6.5	不规则断口	4.9~5.2	颜色、硬度、光泽
赤铁矿 Fe_2O_3	粒状、鲕状、肾状、豆状	钢灰至铁黑色	金属光泽至半金属光泽	5~6	无解理	5.0~5.3	形状、颜色、光泽

2.3 岩浆岩

2.3.1 岩浆岩的成因与产状

1. 岩浆岩的成因

岩浆岩是由岩浆凝固结所形成的岩石。岩浆位于上地幔和地壳深处,以硅酸盐为主要成分,富含金属硫化物、氧化物、水蒸气及其他挥发性物质(CO 、 CO_2 、 H_2S 等)的高温、高压熔融体。一般分为基性岩浆和酸性岩浆两大类。基性岩浆富含铁、镁等氧化物,黏性小,流动性大;酸性岩浆富含钾、钠等氧化物和硅酸,黏性较大,流动性小。

岩浆经常处于活动状态中,当地壳发生变动或受其他内力作用时,承受巨大压力的岩浆,沿着构造薄弱带上升,侵入地壳或喷出地面。由于岩浆在上升过程中压力减小,热量散失,经过复杂的物理化学过程,最后冷却凝结形成岩浆岩。

岩浆上升侵入周围岩层中形成的岩石称为侵入岩。根据其规模及形成深度,侵入岩又可分为深成岩和浅成岩两大类。岩浆侵入地壳某深处(约距地表 3 km 以下)冷凝形成的岩石即深成岩。由于形成时,岩体较大,环境温度较高,组成岩石的矿物晶体良好;岩浆沿地壳裂缝上升在地面以下较浅处(约距地表 3 km 以内)形成的岩石即浅成岩,由于岩体较小,温度降低较快,组成岩石的矿物结晶细小。岩浆喷出地表形成的岩浆岩称为喷出岩。

2. 岩浆岩的产状

岩浆岩的产状,是指岩浆岩体的形态、规模、与围岩的接触关系、形成时所处的地质构造环境等。岩浆岩的产状大致有以下几种(图 2-4)。

(1) 岩基

岩基是一种规模庞大的岩体,其分布面积一般大于 60 km²,形态不一,与围岩接触面不规则。构成岩基的岩石多是花岗岩或花岗闪长岩等,岩性均匀稳定,是良好的建筑地基。

(2) 岩株

岩株是一种形状较岩基小的岩体,常常是岩基边缘的分支或独立的侵入体,平面上呈圆形或不规则状,面积小于 60 km²,是良好的建筑物地基。

(3) 岩盖和岩盆

岩盖是一种中心厚度较大,底部较平,顶部穹隆状的层间侵入体。分布范围可达数平方公里,多由酸性、中性岩石组成。中心下凹形如碟或浅盆的层间侵入体叫岩盆。组成岩盆的岩石以基性岩为主。

(4) 岩床

岩床是一种沿原有岩层层面侵入、延伸分布且厚度稳定的层状侵入体。常见的厚度多为几十厘米至几米,延伸长度多为几百米至几千米。岩石以基性岩为主。

岩浆岩形成深度不同,因而岩浆岩的结构、构造不同。