

国家精品课程配套用教材
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

道路桥梁工程技术专业

公路工程地质

主 编 罗 筠
副 编 吴 畏
主 审 喻 红



人民交通出版社
China Communications Press

国家精品课程/配套用教材
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

公路工程地质

Gonglu Gongcheng Dizhi

主 编 罗 筠
副主编 吴 畏
主 审 喻 红

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,以实际工作任务为引领,以公路建设中处理地质问题能力为主线,将公路工程地质项目分解为:公路工程地质基础知识、地质在公路建设中的应用、公路工程地质病害的防治。

本书可用作高等职业院校道路桥梁工程技术专业学生教材,也可作为相关专业学生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程地质/罗筠主编. —北京:人民交通出版社, 2010.4

ISBN 978-7-114-08308-2

I. ①公... II. ①罗... III. ①道路工程-工程地质-高等学校:技术学校-教材 IV. ①U412.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第053790号

国家精品课程配套用教材

书 名:国家示范性高等职业院校重点建设专业教材
公路工程地质

著 者:罗 筠

责任编辑:戴慧莉 张 悦

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010) 59757973, 59757969

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.25

字 数:296千

版 次:2010年4月 第1版

印 次:2010年9月 第2次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08308-2

定 价:29.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

贵州交通职业技术学院教材编写委员会

主 任 唐 好

副 主 任 李 皖 卢正平 王永福

顾 问 张润虎

委 员 刘 焰 罗 筠 刘 志 陈文均 王 毅 张玉杰

王端祥 王爱红 周 青 邵世敏 李 毅 杨树枫

韦生根 张 平 周 华 许慧芳 曹云刚 蒋直泉

刘正发 周 勇 田兴强 杨明筑 肖志红 袁宗齐

吴 薇 安 军 李晓南(贵州汽车修理公司总经理)

庞 涛(贵阳市汽车维修管理处高级工程师) 罗洪波

(贵州省公路公司设备管理公司总经理) 王万海(贵

阳万通环保防水有限公司) 刘永强(贵州省建设工程

质量监督总站) 林永明(贵州省公路勘察设计院院长)

喻 红(广东省工程勘察院高级工程师)

序

《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命”。探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2007年,贵州交通职业技术学院被列为国家示范性高等职业院校建设单位。国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是学院示范性建设中的重要命题。

令人欣慰的是学院教师历经3年的不断探索和实践,为学院示范建设作出了功不可没的成绩。其中教材建设就是部分成果的体现,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,学院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

本教材与传统教材相比有如下三个方面的特点:

第一,该教材由原来传统知识体系的章节结构形式,改为工作过程的项目、模块结构形式;教材中的项目来源于岗位工作任务分析确定的工作项目所设计的教学项目,教材中的模块来源于完成工作项目的工作过程。

第二,教材的内容不再依据相关学科的理论知识体系,而来源于相应岗位的工作内容。教学内容的选取依据完成岗位工作任务对知识和技能的要求,建立在行业专家对相应岗位工作任务分析结果和专业教师深入行业进行岗位调研结果的基础上。注重学生实践训练、培养学生完成工作的能力。

第三,教材不再停留在对课程内容的直接描述,而是十分注重对教学过程的设计,注重学生对教学过程的参与。在教材的各个项目之前,一般都提出了该项目应该完成的工作任务,该任务可能是学习性的工作任务,也可能是真实的工作任务。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教。

贵州交通职业技术学院教材编写委员会

2009. 11. 20

前 言

工程地质是介绍调查和解决与各类工程建筑物的勘测、设计、施工和使用等有关的地质问题的方法。工程地质涉及面很广,如:公路工程、铁路工程、土木工程、地下工程、水利工程等,课程是按工作过程进行系统化设计。但一本教材不能讲解所有类别的工程地质,不同的专业可按同样的过程讲解相关的地质内容。本教材与专业结合,主要针对公路工程,因此定名为《公路工程地质》。

由于公路是一种线形建筑,它穿越很多地貌单元,故涉及的地质知识更多,处理方法更复杂。通过对本教材的学习,掌握了公路工程活动调查和解决地质问题的方法,铁路工程、土木工程、地下工程、水利工程等的地质问题就迎刃而解了,从而达到举一反三、触类旁通的目的。

对《公路工程地质》课程的设计,是以实际工作任务为引领,以公路建设中处理地质问题能力为主线,贯穿课程的始终。将公路工程地质项目分解为:公路工程地质基础知识、地质在公路建设中的应用、公路工程地质病害的防治、公路工程地质野外综合实习四个学习情境进行教学,每一个学习情境都有地质知识,但不是简单的重复,而是不断上升,让学生掌握每一阶段地质知识的应用过程。

为加强实践教学,强化学生的实际动手能力,专门将第四个学习情境——公路工程地质野外综合实习单独编写指导教程,通过对地质现象进行综合认识实习,把理论知识同实际结合起来,让学生在毕业后就能从事公路工程地质方面的工作。

本教材由贵州交通职业技术学院罗筠担任主编,吴畏担任副主编,全书由广东省工程勘察院高级工程师喻红主审。学习情境一的单元学习1、单元学习2、单元学习3、单元学习4、单元学习5和学习情境二的单元学习3由罗筠编写;学习情境二的单元学习1、单元学习2由李晶编写;学习情境三的单元学习1、单元学习2由熊文林编写。吴畏参与学习情境二的单元学习1的编写,并负责统稿;王锋参与学习情境三的单元学习1的编写。

在本书编写过程中,参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者顺致谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,恳请使用本书的教师和学生书的不妥和误漏之处予以批评指正。

编 者

2010年3月

目 录

引言	1
学习情境一 公路工程地质基础知识	3
单元学习 1 矿物与岩石	3
单元学习 2 地质构造	34
单元学习 3 地貌	47
单元学习 4 第四纪地质及土	58
单元学习 5 工程地质的勘察	68
学习情境二 地质在公路建设中的应用	80
单元学习 1 土的物理性质和水理性质	80
单元学习 2 识读工程地质图	104
单元学习 3 道路工程地质勘察报告书和图表	115
学习情境三 公路工程地质病害的防治	128
单元学习 1 公路工程地质病害的防治	128
单元学习 2 主要特殊性土的处治	174
参考文献	185

引言

(一) 公路工程地质的具体任务

序号	具 体 任 务
1	评价工程地质条件,选择适宜的公路穿越方案,保证设计、施工、使用顺利进行
2	从地质条件与公路工程建筑相互作用的角度出发,论证和预测有关公路工程地质问题发生的可能性、发生的规模和发展趋势
3	提出改善、防治或利用有关公路工程地质条件的措施、加固岩土体和防治地下水的方案
4	研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响

(二) 工程地质条件

工程地质条件:指工程建筑物所在地区地质环境各项因素的综合		
1	地层岩土的工程性质	包括成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等
2	地质构造	包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征
3	水文地质条件	包括地下水的成因、埋藏、分布、动态变化和化学成分等
4	地表地质作用	主要包括滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、河流冲刷与沉积和风化等
5	地形地貌	地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等,地貌则说明地形形成的原因、过程和时代。这些因素都直接影响建筑场地和线路的选择
6	天然建筑材料	建筑材料的分布、类型、品质、开采条件、储量及运输条件等

(三) 工程地质问题

工程地质问题:已有的工程地质条件在工程建筑建设过程和建成运行期间会产生一些新的变化和发展,从而影响工程建筑安全		
1	地基稳定性问题	包括强度和变形两个方面
2	斜坡稳定性问题	人类工程活动尤其是公路工程需开挖和填筑人工边坡(路堑、路堤、堤坝、基坑等),斜坡稳定对防止发生地质灾害及保证地基稳定十分重要。斜坡地层岩性、地质构造特征是影响其稳定性的物质基础,风化作用、地震、地下水和地表水等对斜坡软弱结构面的作用破坏斜坡稳定,而地形地貌和气候条件是影响斜坡稳定的重要因素
3	洞室围岩稳定性问题	地下洞室被包围于岩土体介质(围岩)中,在洞室开挖和建设过程中破坏了地下岩体原始平衡条件,便会出现一系列不稳定现象,常遇到围岩塌方、地下水涌水等

(四) 公路工程地质的学习内容、学习任务及学习后所具备的能力

1. 道路桥梁工程专业学生学习本课程的主要内容

矿物岩石
地下水
工程地质图识读
公路工程地质设计



地质构造
地貌及第四纪
公路工程地质勘察
公路工程地质病害治理

2. 道路桥梁工程专业学生学习本课程的任务

学习情境	单元学习
公路工程地质基础知识 核心技能： 能认识工程地质现象，会勘察、记录	单元学习 1 矿物与岩石
	单元学习 2 地质构造
	单元学习 3 地貌
	单元学习 4 第四纪地质
	单元学习 5 工程地质勘察
地质在公路建设中的应用 核心技能： 能完成工程地质勘察报告书和图表编制	单元学习 1 土的物理性质和水理性质
	单元学习 2 识读工程地质图
	单元学习 3 工程地质勘察报告和图表编制
公路工程地质病害的防治 核心技能： 能处理公路地质病害和特殊土	单元学习 1 公路工程地质病害防治
	单元学习 2 特殊性岩土的处理
公路工程地质野外综合实习	核心技能：综合操作、实践动手

3. 道路桥梁工程专业学生学习本课程后应具备的能力

- 在公路建设的不同阶段学习工程地质基础知识和应用；
- 能阅读工程地质图件和查阅一般地质资料；
- 根据地质资料在野外能辨认出常见的岩石和松散沉积物，知道其主要的工程性质；
- 能辨认基本的地质构造类型及较明显的地质灾害现象以及对公路工程建筑的影响；
- 可依据公路工程地质勘察成果进行公路工程地质问题分析和采取处理措施；
- 能进行公路工程地质勘察和野外记录；
- 能运用野外勘察的数据和资料进行公路工程地质设计。

学习情境一

公路工程地质基础知识

核心技能：

- 1. 会勘察和记录各种地质现象；
- 2. 能认识各种地质现象。

单元学习1 矿物与岩石

学习目标

- 1. 地壳的物质组成、地质作用与风化作用；
- 2. 矿物的物理性质；
- 3. 岩浆岩、沉积岩、变质岩的特征。

任务描述

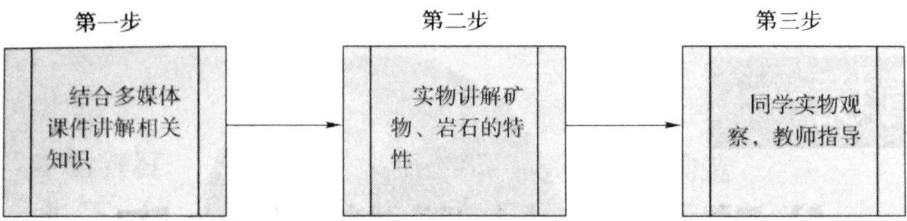
利用实物标本、模型及相关多媒体资源,通过学习和教师的讲解,同学们能认识常见的矿物与岩石。

学习引导

工程地质的主要任务就是研究建筑地区的工程地质条件,分析存在的工程地质问题,选择地质条件较为优越的建筑场地;对选择的场地作出工程地质评价;预测工程兴建后对周围地质环境可能造成的影响,作出环境质量评价;改造地质环境,进行工程地质处理,提高岩土体稳定性,保护环境质量。

要完成这项任务,工程地质工作人员必须到工作区现场进行调查、观察,把工作区的地质情况记录下来,以便作出评价和处理,因此工程地质人员首先要学会对各种地质现象的认识。

本学习任务沿着以下脉络进行学习。



一、地球的物质组成

(一) 地球的形状和大小

从卫星上看,地球是一个蓝色的球体(见图 1-1),形状为“梨状体”,其南极内凹、北极外凸。

地球的赤道半径 $R = 6378.16\text{km}$;极半径 $R = 6356.755\text{km}$;扁平率为 $1/298.251$;表面积为 $51 \times 10^8 \text{km}^2$;体积为 $1.0820 \times 10^{12} \text{km}^3$;质量约为 $5.98 \times 10^{21} \text{t}$ 。

(二) 地球中的元素

组成地球的物质,按质量计算,各元素的含量为:34.6% 是铁,29.5% 是氧,15.2% 为硅,12.7% 为镁,2.4% 为镍,1.9% 为硫,2.2% 为钙和铝,其他所有元素共占 1.5%(见图 1-2)。



图 1-1 地球

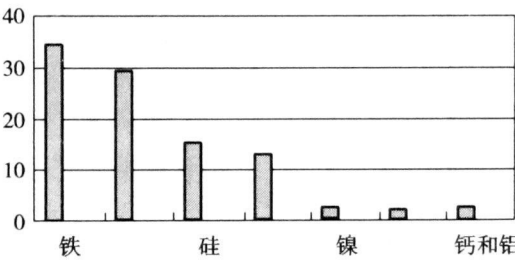


图 1-2 地球中各元素的含量

地球中的铁和镍大部分以金属状态存在于地核中。组成地壳和地幔的物质,大部分是氧和硅,还有铝、铁、镁。在地球的水圈中,以氧和氢为主。生物圈则主要为碳、氢、氧和氮。大气圈、水圈和生物圈中的所有元素的质量和地球的总质量相比,不及千分之一。

地球中的元素,大部分组成化合物或以单质的形式——矿物,聚集在岩石中。当元素或化合物相对集中到能够具有经济价值并可被人类所利用时,这些物质就被称为矿产。

(三) 自然界中的矿物

在地球科学中,把天然产出的、具有一定化学成分和物理特征的元素或化合物称为矿物(见图 1-3),而把矿物的集合体称为岩石(见图 1-4)。但在实际生活中,不是一眼就能区别两者的,特别是有些岩石中的矿物颗粒极其细微,肉眼难以辨认。矿物与岩石的根本区别不在它们的外

表,而在于矿物有确定的化学成分和一定形态的内部结构。可以说岩石是各种矿物的混合物。

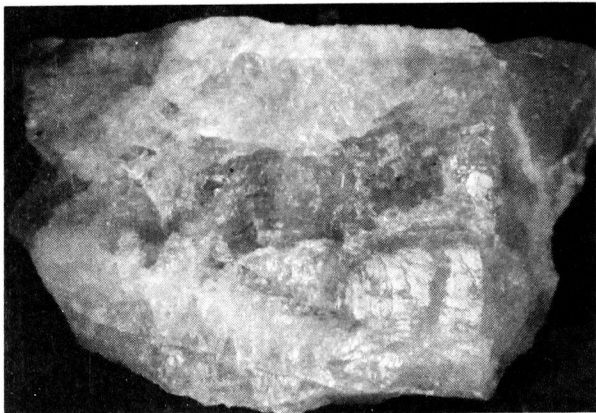


图 1-3 石英(矿物)

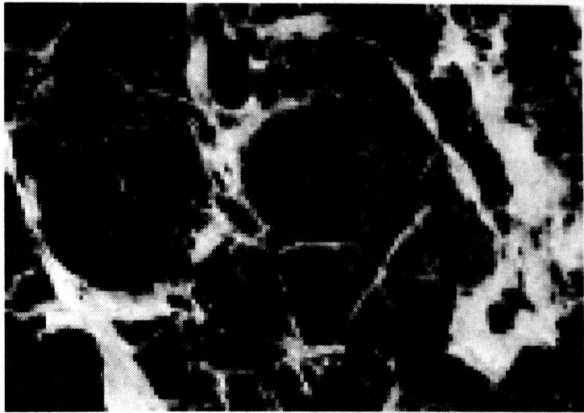
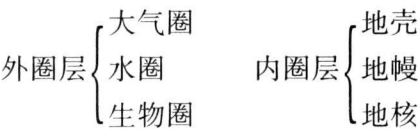


图 1-4 花岗岩(岩石)

二、地球的圈层构造

按组成地球物质的形态不同,可将地球划分为外圈层和内圈层。



(一)地球内圈层(见图 1-5)

1. 地壳

地壳是地球内层圈中的最外层,是地球内圈层最外部的一层薄壳,约占地球体积的0.5%。地壳由坚硬的岩层和岩层风化后所形成的上层组成。组成地壳的物质主要是地球中比较轻的硅镁和硅铝等物质。地壳的下表面是莫霍面,地壳最薄处约 1.6km(在海底海沟沟底处)、海底部分厚约 6 ~ 10km。

2. 地幔

自莫霍面以下至深度约 2900km 的范围是地幔,约占地球体积的 83.3%,其上层主要由橄榄质超基性岩石组成,是高温熔融的岩浆发源地,也称软流层。

3. 地核

地幔以下为地核,被分为外地核、过渡层和内地核三层。地表以下 2900 ~ 4642km 的范围为外地核,主要由熔融状态的铁、镍混合物及少量 Si、S 等轻元素组成。内地核厚约 1216km,成分是铁、镍等重金属,物质呈固体状态。位于外、内核之间的过渡层厚约 515km,物质状态从液态过渡到固态。地核的总质量约占整个地球质量的 31.5%,体积占 16.2%。

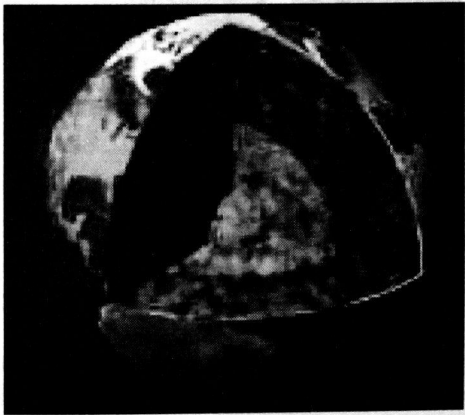


图 1-5 地球内部构造示意图

(二)地球外圈层(见图 1-6)

1. 大气圈

大气圈总质量约为 5000 亿吨,其中氮气约占空气总容积的 78%,氧气约占 21%。地球的大气圈按距离地球表面由近至远被依次划分为对流层(厚约 16 ~ 18km)、平流层(约 50km 高

空)、中间层(约 85km 高丰空)、热层(约 500 ~ 800km 高空)和散逸层。风霜雨雪、云雾冰雹等变化多端的大气现象都发生在对流层内。

2. 水圈

地球的水是由地球诞生初期弥漫在大气层中的水蒸气慢慢凝结形成的,总水量约 $1.4 \times 10^9 \text{km}^3$ 。水圈主要由海洋构成,海洋的面积约占地球表面积的 71%,海洋水约占地球总水量的 97.3%。陆地水以冰川水为主,分布在高山和两极地区,其余的陆地水分布在湖泊、江河、沼泽和地壳岩石体的空隙中。陆地面积约占地球表面积 29%。

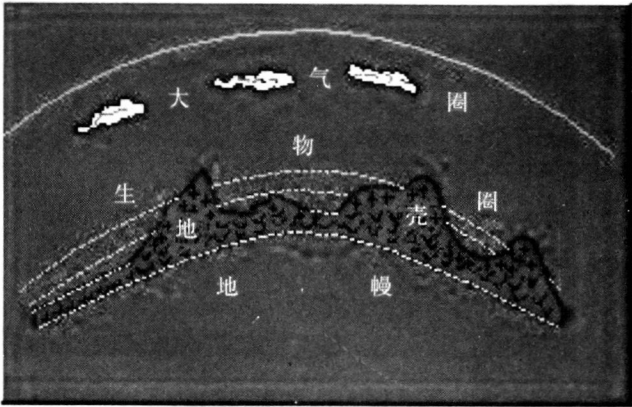


图 1-6 地球外部构造示意图

3. 生物圈

地球上动物、植物和微生物所存在和活动的中间称为生物圈。

三、地质作用

(一)地质作用

地质作用是导致地壳物质成分及地表形状、岩层结构、构造发生变化的一切自然作用。

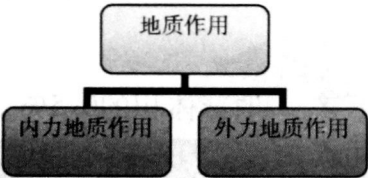
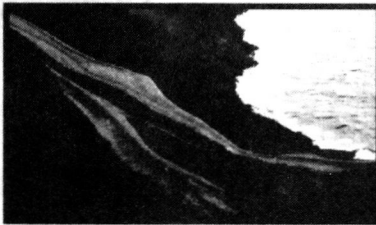
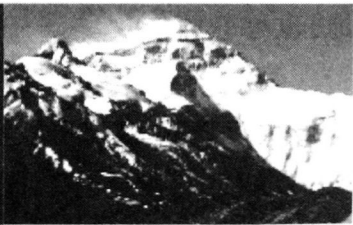


图 1-7 地质作用分类

地壳只是地球内圈层最外面的一层极薄的薄壳。在地球形成至今的漫长地质演变历史中,随着地球的转动和内、外圈层物质的运动、地表的形态、地壳的物质以及地层的形态都在不断发生变化,这种变化一直发生,永不静止。由地质作用引起的现象,称为地质现象。地质作用可划分为内力地质作用和外力地质作用(见图 1-7)。

1. 内力地质作用(见表 1-1)

表 1-1

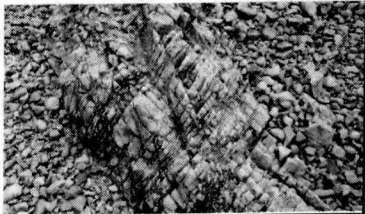
内力地质作用:由地球的旋转能和地球中的放射性物质在其衰减过程中释放出的热能所引起的地质作用称为内力地质作用。大多数的地震以及岩浆活动、地壳运动和变质作用等都属内力地质作用现象。其总趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏		
 岩浆活动  天山山脉		
内力地质作用:是由地球内动力所引起地壳岩石发生变形、变位(如弯曲、错断等)的机械运动,分地壳运动、岩浆作用、变质作用、地震		
1. 地壳运动	水平运动	指地壳或岩石圈块体沿水平方向移动,它使岩层产生褶皱、断裂,如我国的横断山脉、喜马拉雅山、天山、祁连山等均为褶皱山系 

续上表

1. 地壳运动	垂直运动	指地壳或岩石圈相邻块体或同一块体的不同部分作差异性上升或下降运动,使某些地区上升形成山岳、高原;另一些地区下降,形成湖、海、盆地。如:喜马拉雅山上大量新生代早期的海洋生物化石的存在,说明了五六千万年前,此处曾为汪洋大海,大约 2500 万年前才开始从海底升起	
2. 岩浆作用		地壳内部的岩浆,在地壳运动的影响下,向外部压力减小的方向移动,上升侵入地壳或喷出地面,冷却凝固成为岩石的全过程	
3. 变质作用		由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用	
4. 地震		是由于地壳运动引起地球内部能量的长期积累,达到一定的限度而突然释放时,导致地壳一定范围的快速颤动	

2. 外力地质作用(见表 1-2)

表 1-2

外力地质作用:由太阳的辐射能和地球的重力位能(包括其他星体的引力作用)所引起的地质作用。常见的外力作用现象有气温的变化、雨、雪、风、地面汇流、河流、湖泊、海洋作用、生物作用以及重力作用等。外力作用主要是破坏内力作用形成的地形或产物,总趋势是削高补低形成新的沉积物,并进一步塑造了地表形态			
			
地面汇流作用		雪作用	
外力地质作用分:风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、成岩作用			
1. 风化作用	在温度变化、气体、水及生物等因素的综合影响下,促使组成地壳表层岩石发生破碎、分解的一种破坏作用		
2. 剥蚀作用	将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用。它包括除风化作用以外所有的破坏作用,诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏		
3. 搬运作用	岩石经风化、剥蚀破坏后的产物,被流水、风、冰川等介质搬运到其他地方的作用		
4. 沉积作用	被搬运的物质,由于搬运介质的搬运能力减弱,搬运介质的物理化学条件发生变化,或由于生物的作用,从搬运介质中分离出来,形成沉积物的过程,称为沉积作用		
5. 成岩作用	沉积下来的各种松散堆积物,在一定条件下,由于压力增大、温度升高以及受到某些化学溶液的影响,发生压密、胶结及重结晶等物理化学过程,使之固结成为坚硬岩石的作用		

(二)地质循环

将内力地质作用和外力地质作用现象划分为:风化剥蚀、搬运沉积、变质作用以及构造运动四种类型。这四种类型的地质作用在地壳上构成了一个巧妙的循环过程,见图 1-8。

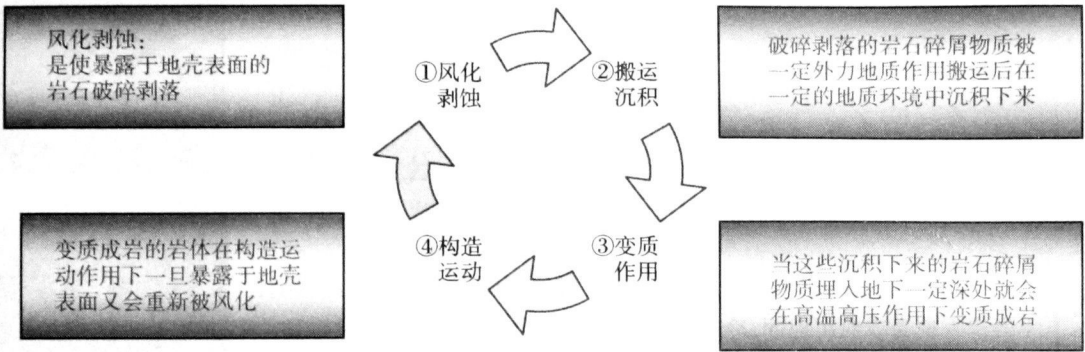


图 1-8 地质循环示意图

四、风化作用及其松散堆积层

(一)风化作用

地壳表层的岩石,在太阳辐射、大气、水和生物等风化营力的作用下,发生物理和化学的变化,使岩石崩解破碎以至逐渐分解的作用即风化作用。风化作用在地表最显著,随着深度的增加,其影响就逐渐减弱以致消失。

(二)风化作用的实质与工程活动的关系

1. 风化作用的实质

风化是矿物、岩石在地表附近新的物理化学条件下所产生的演化过程。风化促使岩石的状态或性质发生了改变,并形成了一种与原来岩石的形态、构造、物质成分等完全不同的新物质。

岩石遭受风化作用的时间愈长,被破坏得就愈严重。风化作用使坚硬致密的岩石松散,改变了岩石原有的矿物组成和化学成分,使岩石的强度和稳定性大为降低,对工程建筑条件起着不良的影响。如滑坡崩塌、碎落、岩堆及泥石流等不良地质现象,大部分都是在风化作用的基础上逐渐形成和发展起来的。

不同岩石的风化速度不同,有的岩石风化过程进行得很缓慢,其风化特征只有经过长期暴露地表以后才能显示出来;有的岩石则相反,如泥岩、页岩及某些片岩等,当基坑开挖后不久,很快就风化破碎,所以不同岩石具有不同的风化速度,我们称其为差异风化,见图 1-9。

2. 风化作用与工程活动的关系

自然界中所有岩石都具有风化作用,所以工程活动应注意以下几个问题。

(1)不宜将建筑物设置在风化严重的岩层上,如果不能完全避开风化岩层时,应注意加强工程防护。如隧道穿过易风化的岩层,



图 1-9 岩石的差异风化现象

在隧道施工开挖后,要及时作支护,防止岩石继续风化失稳增加山体压力,否则会引起坍塌。

(2) 风化岩层中的路堑边坡不宜太陡,同时还要采取防护措施。

(3) 风化的岩石不宜作建筑材料。

因此,根据工程建筑特点,注意岩石的风化特性、分布规律,这将对选择建筑物的合理位置(如隧道的进出口位置、路堑边坡坡度、隧道的支护方法及衬砌厚度)、大型建筑物的地基承载力和开挖深度以及施工方法等有着重要的意义。

(三) 岩石风化成土的过程

土的形成经历了漫长的地质历史过程。裸露于地表的岩石在温度和湿度不断发生变化的过程中反复产生不均匀的膨胀和收缩,并在此过程中产生了大量的裂隙。裂隙的产生为大气水和植物根系进入岩体内部提供了可能。进入岩体裂隙的大气水或凝结水在气温进一步下降时结冰膨胀,加之植物根系的生长、发育,劈裂作用使裂隙进一步扩展,并最终使原来完整的岩石崩解、碎裂。风、霜、雨、雪的侵蚀和重力作用使已经变得十分破碎的表面岩石剥离,上述作用进一步向内部岩体中发展。被剥离的岩石碎块、岩屑等在雨、雪、水流、风力等的夹带下向别处搬运,并在地壳相对下降的地方堆积起来。在搬运过程中,土颗粒进一步破碎分散,并使其其中较大的颗粒变得浑圆光滑。与此同时,空气中的一氧化碳、氧气、二氧化硫及地表水和地下水还会在与岩石及岩石颗粒的直接接触过程中发生一系列的化学反应,从而生成新的矿物。上述作用会使已经破碎的岩石颗粒变得更加细小甚至非常细小。这就是岩石风化成土的过程,见图 1-10。

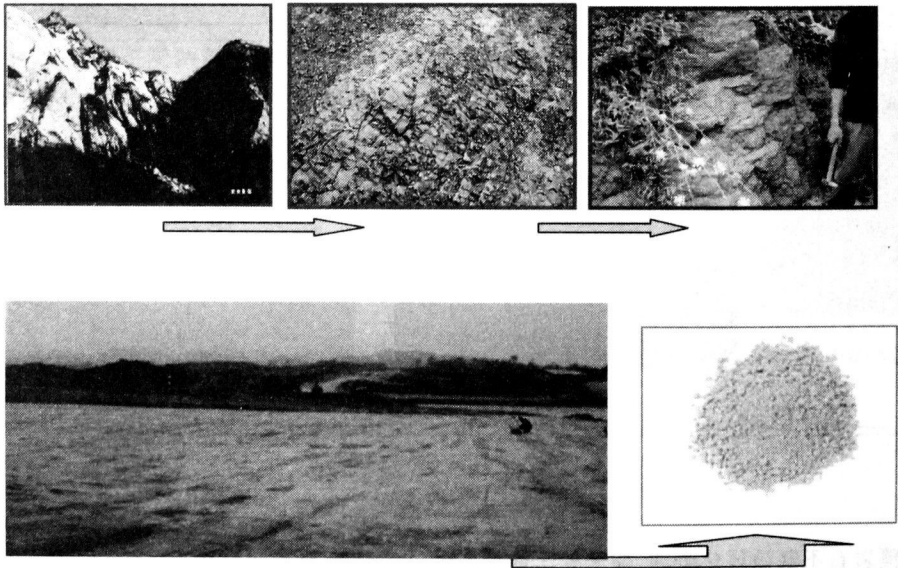


图 1-10 岩石风化成土的过程

岩石表面在适宜的日照和湿度条件下滋生出苔藓类生物,它们依靠雨水中溶解的微量岩石矿物质得以生长,同时产生大量分泌物对岩石进行化学、生物风化;随着苔藓类的大量繁殖,生物与岩石之间的相互作用日益加强,岩石表面慢慢地形成了土壤;此后,一些高等植物在年幼的土壤上逐渐发展起来,形成土体的明显分化。

土壤是一个经历着不断变化的自然实体,并且它的形成过程是相当缓慢的。在酷热、严寒、干旱和洪涝等极端环境中,在坚硬岩石残积母质,可能需要数千年的时间才能形成土壤发生层,例如在沙丘土中,典型灰壤的发育需要 1000 ~ 1500 年。但在变化比较缓和的环境条件中,以及利于成土过程进行的疏松成土母质上,土壤剖面的发育要快得多。