



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

公路工程地质与水文

刘 洋 主 编
王加弟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

公路工程地质与水文

主 编 刘 洋
副主编 王加弟
编 写 周 烨 李 晶 高宏新
主 审 常 勇 松 涛 李 子 田 书 明

藏书章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育），是根据高职高专道路桥梁工程技术专业人才的培养目标与规格要求编写的。书中系统介绍了地质学及桥涵水文的基础知识和基本原理，详细阐述了公路工程常见的地质灾害、产生原因及其防治措施，小桥涵设计流量的推算，确定小桥涵孔径，小桥涵位置选择的原则和布置要求，合理选择小桥涵进出口形式等内容。全书分为三篇共七章，内容涉及公路建设所需要的工程地质学与水文专业知识。

本书可作为高职高专院校道路桥梁工程技术专业教材，也可作为相关专业的继续教育及职业培训教材，还可作为工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

公路工程地质与水文/刘洋主编. —北京：中国电力出版社，2014.8

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-6205-5

I. ①公… II. ①刘… III. ①道路工程-工程地质-高等职业教育-教材②道路工程-工程水文学-高等职业教育-教材 IV. ①U412.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 155600 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn)）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.5 印张 249 千字

定价 21.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

各类建筑工程都离不开地球的表层——地壳，它是人类赖以生存的活动场所，也是各种建筑材料的来源。修建公路、铁路、桥涵、隧道以及民用建筑等工程活动，都与地质水文条件密切相关，这就是建筑工程的地质环境。为了拓宽交通土建类高职学生的知识面，提高其专业能力，帮助学生学习掌握工程地质学的基本知识，编者结合工程经验和教学经验，特编写了本书。

本书内容的选取紧紧抓住高职类人才培养所要求的“理论密切联系实际”的原则，构建了基于工程施工单位对于工程地质勘测实际应用需求的教学内容和体系。全书主要内容包括：造岩矿物与岩石、地质构造与阅读地质图、地貌、常见的地质灾害、河流与水的地质作用、水力水文学认知、小桥涵设计等。本书注重实际应用及对工程地质学概念的理解，地质现象的认知及桥涵水文水力知识的认知等。

参加本书编写工作的有：辽宁交通高等专科学校刘洋（第二章、第四章），辽宁交通高等专科学校周烨（绪论、第七章），辽宁交通高等专科学校王加弟（第三章、第五章），辽宁交通高等专科学校高宏新（第六章），辽宁交通高等专科学校李晶（第一章）。全书由刘洋担任主编，王加弟担任副主编，由辽宁省高速公路管理局高级工程师贾松涛审阅，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢！

本书在编写过程中参考了有关书籍及文献，在此向相关资料的作者表示衷心的感谢！

由于编者水平和能力所限，加之工程技术的不断革新，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年5月

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一篇 工程地质基础知识

第一章 造岩矿物与岩石	5
教学目标	5
第一节 地球的概况及地质作用	5
第二节 造岩矿物	10
第三节 岩浆岩	14
第四节 沉积岩	18
第五节 变质岩	22
本章小结	25
复习思考题	26
第二章 地质构造与阅读地质图	27
教学目标	27
第一节 岩层构造	28
第二节 褶皱构造	31
第三节 断裂构造	35
第四节 地质构造与公路工程的关系	41
第五节 地质年代与地层单位	44
第六节 阅读地质图	45
本章小结	52
复习思考题	52
第三章 地貌	54
教学目标	54
第一节 地貌概述	54
第二节 山岭地貌	57
第三节 平原地貌	62
第四节 河谷地貌	63

本章小结 67

复习思考题 67

第二篇 常见的地质灾害

第四章 常见的地质灾害 68

 教学目标 68

 第一节 崩塌 68

 第二节 滑坡 71

 第三节 泥石流 77

 第四节 岩溶 80

 第五节 地震 83

 第六节 风沙 89

 本章小结 94

 复习思考题 94

第三篇 桥 涵 水 文

第五章 河流与水的地质作用 95

 教学目标 95

 第一节 河流和流域 95

 第二节 水的分类 97

 第三节 地下水运动的基本规律及其对土木工程的影响 104

 第四节 水文测验和资料的搜集与整理 108

 本章小结 114

 复习思考题 115

第六章 水力水文学认知 116

 教学目标 116

 第一节 水力水文目的与任务 116

 第二节 水流分类与水力要素 116

 第三节 水文学认知 126

 本章小结 131

 复习思考题 131

第七章 小桥涵设计 132

 教学目标 132

 第一节 小桥涵设计流量的推算 132

第二节 小桥涵位置选择的原则和布置要求.....	142
第三节 小桥涵孔径计算.....	146
第四节 小桥涵进出口布置形式.....	156
本章小结.....	157
复习思考题.....	158
参考文献.....	159

绪 论

工程地质与水文课程是道路桥梁工程技术专业的一门专业基础课。它是交通类高职高专院校以培养高等技术应用型人才为目标，组织编写的内容紧凑、针对性强的教材。本书打破了以往学科式教学的模式，将公路工程地质与桥涵水力水文合二为一，主要介绍在道路、隧道、小桥涵工程中相关工程地质资料及水文学资料的获取、整理及运用。由于工程地质学与水文学所要研究的内容十分丰富，分科也很细，在有限的时间内只能结合道路桥梁工程技术专业的需要择其主要的和基本的内容简明扼要地予以介绍，为学生学习及开展相关问题的科学研究，提供最为必要的工程地质与水文基础知识及技能。

为紧密结合生产实践，本书立足于《公路工程地质勘察规范》（JTG C20—2011）、《公路工程水文勘测设计规范》（JTG C30—2002）、《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60—2004），按照这些规范的要求及规定，使读者通过一些基本技能的训练，掌握搜集、分析和运用有关地质、水文资料的技能，并能正确运用勘察数据和资料，进行相关工程的设计、施工和管理。

本书共分为三篇。为使初学者对本课程有大致了解，先总体介绍一下与本课程有关学科的一些概念、研究的内容及学习方法。

一、工程地质基础知识

本书的第一篇包括第一～三章，讲述工程地质基础知识，论述的是地质学最为基本的概念及理论，是正确理解《公路工程地质勘察规范》的前提和进一步学习第二部分知识的基础。

简单地说，工程地质基础知识就是地质学最基本的知识，地质学一词是瑞士人索修尔（Saussure H. B. de）于1779年提出的，意指研究地球的科学。当前主要研究固体地球的外部圈层——岩石圈，研究的内容包括：地壳的物质组成、地壳的发展历史及各种地质作用、地表形态的发展过程及其发育规律，地下资源的勘察等。

公路、桥梁与隧道工程是在地壳表层建造的延伸很长的线形建筑物，必然受到不同地段的地质、水文等各种因素的影响。为了工程的安全可靠和正常运营，必须研究造岩矿物的物理性质、地表岩层的工程性质、地质构造、地貌、水文地质及第四纪地质学等。同时，公路、桥梁与隧道工程建设的绝大部分材料，都直接取自地壳表层的土或岩石，这就要研究矿物和岩石学。

地质学的研究对象——地球，是个庞大而复杂的星体，而其历史又长达46亿年，在这漫长的历史中，它始终处在永恒的不断运动中。现在的地球，仅是它全部运动和发展过程中的一个阶段。因此，要从地球的组成、演化与各种地质作用的性质、特点、过程和结果入手，逐步去掌握地质学的基本原理、主要概念、术语、重要理论及地质思维、分析的方法。作为预备知识，第一篇主要学习以下内容：

- （1）地球的演化及地质作用。
- （2）主要造岩矿物与岩石。

(3) 地质构造与阅读地质图。

(4) 地貌。

总体而言,地质学的研究方法是:野外调查、室内试验和模拟、历史比较法。在学完本篇后,应达到以下基本要求:

(1) 能阅读一般的地质资料,根据地质资料在野外能辨认常见的岩石,了解其主要的工程性质。

(2) 能辨认基本的地质构造类型及较明显、简单的地质现象,并了解这些构造及现象对工程建筑的影响。

二、常见的地质灾害与防治措施

本书的第二篇包括第四章,其知识体系是第一部分地质基础知识在公路与桥梁工程建设中的实践运用和落脚点。

公路、隧道、桥梁工程最基本的要求就是安全可靠,不受破坏。有些设计工程师尽量把建筑物本身设计得很牢固,以为这就可以保证建筑物的稳定,而对于场地的地质环境、水文环境如何就不那么注意,结果地质或水文上出了问题,工程构造物遭受到了破坏或变为无用。在我国当前的公路工程实践中,崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、地震、地面沉降、地面塌陷、沙漠化、水土流失、隧道突水、顶板冒落、泥沙淤积、黄土湿陷、膨胀土胀缩、冻土冻融等地质灾害,每年都造成严重经济损失和众多人员伤亡,是影响公路工程施工及安全使用的重大问题。

例如:成(都)昆(明)铁路,沿线地形险峻,地质构造极其复杂,大断裂带纵横分布,构造运动十分强烈,岩层破碎,再加上沿线雨量充沛,山体不稳,各种不良地质现象十分发育,被誉为“世界地质博物馆”。国家对成昆铁路的工程地质勘察工作十分重视,提出了地质选线的原则,动员和组织了许多工程地质专家和主业技术人员进行大会战,多次组织全国工程地质专家进行现场考察和研究,解决许多工程地质难题,从而保证了成昆铁路的顺利建成与通车。

相反,建国初期修建的宝(鸡)成(都)铁路,由于20世纪50年代初期的设计水平低,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工程地质人员留下深刻的教训。又如新中国成立前修建的宝(鸡)天(水)铁路,当时根本不重视工程地质问题,设计开挖了许多高陡路堑,致使发生了大量崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害,使线路无法正常运营,被称为西北铁路线上的盲肠。

国外也存在许多工程地质问题给工程带来影响的典型案例。例如,加拿大的特朗斯康谷仓是建筑物地基失稳的典型例子。该谷仓由65个圆柱形筒仓组成,筒仓高31m,采用钢筋混凝土片筏基础,基础厚2m,埋置深度3.6m。谷仓于1913年秋建成,10月初储存谷物2.7万t时发现谷仓明显下沉,谷仓西侧下沉8.8m,东侧上抬1.5m,最后,整个谷仓倾斜 27° 。由于谷仓整体刚度较强,在地基破坏后,筒仓仍保持完整,无明显裂缝。经勘察,该建筑物基础下埋藏有厚达16m的高塑性淤泥质软黏土层。谷仓储存谷物后,使基础底面上的平均荷载达到330kPa,超过了地基的实际极限承载力280kPa,因而地基发生强度破坏而使谷仓整体滑动。为修复谷仓,在基础下设置了70多个支撑于深16m以下基岩上的混凝土墩,使用了338个500kN的千斤顶,逐渐把谷仓纠正过来。修复后谷仓的标高比原来降低

了4m,且处理费用十分昂贵。加拿大特朗斯康谷仓发生地基强度破坏的主要原因是事先对地基土层未作勘察、实验与研究,采用的设计荷载超过地基土的抗剪强度,从而导致了严重事故的发生。

地质灾害是自然灾害的一个类型,对于地质灾害的认识,需要明确以下几点:①和自然灾害一样,地质灾害也是以人为中心而论的,离开对人类的生存和生活的危害、威胁,灾害便无从谈起。②地质灾害的动力来源是内、外动力地质作用。人类活动的作用作为引发地质灾害的外动力来源是一种越来越突出的因素,譬如,公路工程的建造,产生大量开挖、堆填方、弃土及搬运,如何做到避免恶化自然环境,引发新的地质灾害,是每一个工程师必须具备的意识。③只有深刻认识地质灾害发生、发展的规律,才能及时采取防护治理措施,避免各种地质灾害的发生。本书重点介绍《公路工程地质勘察规范》所列举的不良地质和特殊性岩土的形成过程、识别特征、危害及其防治措施,确保工程质量。

工程地质学是地质学的一个分科,是调查、研究、解决与兴建各类工程建筑有关地质问题的科学。其任务是评价各类工程建筑场区的地质条件;预测在工程建筑作用下地质条件可能出现的变化和产生的作用;选定最佳建筑场地和提出为克服不良地质条件应采取的工程措施,为保证工程的合理设计、顺利施工和正常使用提供可靠的科学依据。

例如,在黄土地区修建工程,存在着黄土地基湿陷问题。工程修建好后一定要注意防止地表水或地下水浸湿地基,加强排水设施,才能保证构造物的稳定与正常使用。有的地方对此注意不够,地下水系统堵塞,未及时修理,结果地区性地下水位上升,地基浸水发生黄土湿陷,造成大范围的构造物开裂,甚至倒塌,损失很大。又如,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。再如,在岩溶地区修建公路,如不查明岩溶情况并采取适当措施,轻则修改设计方案、增加投资、延误工期,重则使工程构造物完全不能使用,甚至突然破坏,酿成灾害。

上面提到的工程地质条件,亦称为工程地质环境,它包括工程所在地域的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构成条件。

对上述工程地质条件的勘察相对于工程而言有很强的实用性,由于勘察工作在工程建设中具有重大实际意义,已经成为必不可少的组成部分。我国从解放初期起就一再规定基础建设的程序为施工之前必须先进行设计,设计之前必须先进行勘测。指明了勘测工作必须走在前面,缺乏地质勘察报告,工程的规划设计是不能被批准的,这就从法规上明确了工程地质勘察的重要性。

作为工程技术人员,必须重视公路、隧道、桥梁施工场地的工程地质与水文地质勘察工作,只有对勘察内容和各种勘察技术方法有所了解,才能正确地向勘察部门提出勘察任务和要求。为此,公路工程师必须具备一定的工程地质与水文知识,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、水文条件的相互关系,才能正确运用勘察数据和资料进行设计、施工和管理。

作为一个越来越重要的研究领域,本书对公路工程勘测、设计、施工中必须注意的一些地质问题及其工程处置措施作了重点讲解,它是工程地质具体解决公路工程问题的体现,从保障工程安全的角度来说,具有方向性意义。

作为一名道路桥梁工程技术专业高职高专的学生,在学完本书第二篇后,应达到以下基本要求:

(1) 重点掌握各种地质灾害的形成过程、识别特征、危害及其防治措施。

(2) 掌握公路工程勘测中主要工程地质问题的基本知识,并在公路、隧道、桥涵工程设计、施工和运营中能正确运用上述地质资料。

三、桥涵水文

在地壳外动力地质作用中,水的地质作用无疑是最为活跃的因素之一,它不断地促使地壳表层物质在物理性质和化学成分上发生变化,同时也使地表形态发生显著变化。因此,水与公路、隧道、桥梁等这些地表工程关系密切。在工程实践中,水是众多地质灾害及工程问题的引发因素,水与土木工程的关系问题,是研究的重要领域。

本书第三篇包括第五~七章,讲授的内容涉及多个学科的研究领域。首先,“河流与水的地质作用”是地质学中外动力地质作用的研究内容,是河床发生演变的主要动力因素,也是桥位选择的主要问题之一。其次,桥梁、隧道及路基基础施工必然遇到地下水的问题,而研究地下水的科学就是水文地质学。水文地质学是研究与岩石圈、水圈、大气圈、生物圈,以及人类活动相互作用下地下水水量、水质的时空变化规律,并研究如何运用这些规律去兴利除害,为人类服务。最后,作为本篇的主要讲授内容,“桥涵水文”实际上属于“工程水文学”的研究范畴。工程水文学是研究水文学原理用于工程实践的方法,为土木工程如桥梁、水利工程等的设计、施工、运行管理提供水文计算、水文预报和水利计算等水文数据。此处,定义中“水文”一词泛指自然界中水的分布、运动和变化规律以及与环境相互作用。

桥梁、涵洞的设计、建造,必须秉持与它所处的水文环境、地质环境相适宜的原则,否则,必然导致工程损毁。因此,在公路小桥涵设计程序中,在进行以承受车辆荷载为主的结构设计之前,必须先按满足泄水要求进行孔径设计,保证小桥涵顺利泄洪输沙、安全可靠。

第三篇“桥涵水文”,主要侧重于小桥、涵洞工程,按照《公路工程水文勘测设计规范》、《公路桥涵设计通用规范》及《公路桥涵设计手册·涵洞》中的有关内容,讲述小流域(小于 100km^2)范围内野外水文调查与形态勘测的方法、水文资料的搜集与整理方法、小桥涵所处河段设计流量的推算方法、小桥涵孔径的确定及其形式布置方法。

这些方法都是当前小桥涵工程建设中的主要设计方法,本书的论述尽可能的避免宽泛的理论说明和公式演算,而从高职高专学生技术应用角度去说明设计的基本理论与过程,突出运用技能。

本书小桥涵设计流量的推算,贯穿着一个核心水文理论,即暴雨形成洪水过程,并且是按照设计暴雨—设计净雨—设计洪水的思路顺序进行计算的,学习中务必注意。

第三篇的学习任务,是掌握水的地质作用,水对土木工程的影响;从技能上讲,是学会进行野外水文调查与形态勘测,学会运用相关公式与方法推求小桥涵设计流量,掌握小桥涵位置选择的原则和布置要求,学会通过查表或计算确定小桥涵洞孔径,能合理配置小桥涵的进出水口。

第一篇 工程地质基础知识

第一章 造岩矿物与岩石



教学目标

1. 了解地球的概况；掌握风化作用的概念和类型及防治措施。
2. 掌握矿物、造岩矿物的概念及矿物的主要物理性质。
3. 掌握岩浆岩、沉积岩及变质岩的矿物成分、结构和构造。
4. 掌握岩浆岩、沉积岩及变质岩的分类，了解三大岩类常见岩石的地质特征。
5. 结合矿物和岩石实验，掌握简单鉴定矿物和岩石的方法。

第一节 地球的概况及地质作用

一、地球的圈层结构

人类生存的地球不是一个均质体，而是具有明显的圈层结构。地球圈层分为地球外圈和地球内圈两大部分。地球外圈包括大气圈、水圈和生物圈；地球内圈包括地壳、地幔和地核。

1. 地球外圈

大气圈 环绕地球最外面的一个圈层由大气组成，称为大气圈。大气圈没有确切的上界，在赤道上方 40 000km 高空仍有大气存在的痕迹。水、土壤和某些岩石中也会有少量空气。由于地心引力作用，几乎全部的气体集中在离地面 100km 的高度范围内，其中 75% 的大气又集中在地面至 10km 高度的对流层范围内。

水圈 地球表面约 75% 的面积为海洋、江河、湖泊、沼泽、冰川等水体占据，地面以下的土壤和岩石中或多或少地充填着地下水，它们构成一个连续但不很规则的圈层，称为水圈。海洋水质量约为陆地水的 35 倍。水圈是地球区别于其他行星的最重要特征之一，孕育了生命。

生物圈 生物圈是地球上生物（包括植物、动物和微生物）生存和活动的范围。现存的生物生活在岩石圈的上层部分、大气圈的下层部分和水圈的全部，构成了地球上一个独特的圈层。

2. 地球内圈

地核 地球最内部的核心部分称为地核。位于古登堡面以下，半径约 3470km，地核的外层是液态，内层是固态。地核的成分相当于铁陨石。

地幔 介于地核和地壳之间，其上部与地壳的分界面为莫霍面，其下部与地核的分界面为古登堡面。厚度约为 2860km，平均密度约 4.5 g/cm^3 。地幔又可分为上地幔和下地幔两层。上地幔的平均密度为 3.5 g/cm^3 ，成分接近于石陨石，相当于超基性岩。下地幔的平均密度为 5.1 g/cm^3 ，成分与上地幔相同，由于处于超高压下，形成了一些晶体结构更紧密的高密度矿物。

根据地震波波速等资料，地质学家认为在上地幔的上部 100~250km 深度上存在一个软流圈，该带的物质呈熔融状态。软流圈之上至上地幔顶层为固态的岩石，这些岩石连同地壳一起被称为岩石圈，它是地球的一个刚性外壳，浮在呈塑性的软流圈之上。

地壳 莫霍面以上是地球的最外层，由各种岩石组成。地壳表面在陆地上直接暴露出来，在有水体特别是海洋地区则被水圈覆盖。地壳的厚度在全球各地是不均匀的，大陆区地壳较厚，平均厚度为 33km，最厚约 70km。海洋区地壳较薄，平均厚度仅有 6km。人类的一切工程活动，都是在地壳的最表层，连最深的科学钻孔也只能钻到地下 12km 深处。

地震波变化表明，地壳内存在一个次一级的不连续面，称为康拉德面，它将地壳分为两层，上层为不连续的硅铝层（花岗岩层），下层为连续的硅镁层（玄武岩层）。

二、地球的形状和大小

地球形状是指全球静止时海面的形状，不考虑地球表面的海陆地形的差异和陆地与海底的起伏，地球是一个旋转椭球体，扁率为 1/230，接近球形，但两极地区较扁平。南北极直径为 12 173km，赤道直径 12 756km。表 1-1 为地球的基本参数。

表 1-1 地球的基本参数

平均赤道半径	6 378 136.49m	子午线周长	39 940 670.00m
平均两极半径	6 356 755.00m	表面积	510 064 471.9m
平均半径	6 371 004.00m	体积	1 083 206 900 000 km ³
扁率	0.003 352 819	质量	5.9742×10 ²⁴ kg
赤道周长	40 075 036.00m	平均密度	5.515 g/cm ³

地球的陆地面积占地球表面积的 29.2%，并多集中在北半球，海洋面积占地球表面积的 70.8%，主要集中在南半球。欧、亚、非三洲相连的陆地面积最大，传统上将之视为三块分离的大陆，但实际上是一块完整的大陆块，唯一的分隔处是人工水道的苏伊士运河，此大陆块加上周围岛屿占有所有陆地面积的 57%。第二大陆块由南北美洲及其间狭长的中美洲陆桥组成，唯一的分隔处为巴拿马运河，面积仅约欧、亚、非陆块的一半。第三大陆块为冰雪覆盖的南极洲，占世界陆地面积的 9%。最小的大陆块为澳洲，占陆地总面积的 5%。以上四大陆块及其周围岛屿面积共计 1.4821×10⁸km²，几乎占了所有陆地面积。

太平洋是世界上最大最深的水体，面积为 1.6634×10⁸km²，太平洋的水体与大西洋相通。大西洋位于美洲和欧亚非陆块之间，面积为太平洋的一半，在非洲和南极洲与印度洋相接。印度洋比大西洋小 1/10，但大于欧、亚非陆块以外的所有陆块面积。北极海位于北极中央，南连太平洋和大西洋，是世界上最小的洋，大部分地方终年冰雪覆盖。

三、地球的物理性质

1. 地球的重力

重力 (F) 是地心引力与离心力的合力 (见图 1-1)。在赤道附近离地心的距离最大，引力最小，离心最大，故重力值最小；两极附近离地心的距离最小，引力最大，离心最小，重力值最大。因此，随纬度增加，地表重力值增大。理论值变化范围 $G = 9.78 \sim 9.83\text{cm/s}^2$ 。

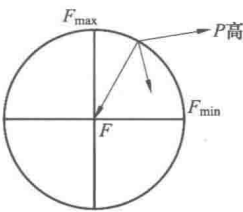


图 1-1 地球的重力

2. 地球的温度

地球内部温度是不均匀的，自地表向下分为三层：

(1) 外热层（变温层）。地表外层，温度来源于阳光。其中地表向下 1~1.5m 随每日昼夜温度而变化；年变化影响深度可达 20~30m。

(2) 常温层（恒温层）。在外热层下，温度终年不变，大约为年平均温度，深度大致为 20~40m。

(3) 内热层（增温层）。在常温层下，温度来源于地球内部（放射性蜕变），随深度增加，地温升高。

3. 地球的磁性

地球如同一个巨大的磁铁，有磁南、磁北极。磁北极与地理北极交角 11.5° 。地磁要素：①磁场强度；②磁倾角，北半球为正（向下倾），南半球为负（向上翘）；③磁偏角，不同的地理位置磁偏角不同，磁偏角在各地区是不同的，每到一个新区进行野外调查时，首先要了解该区的磁偏角，进行罗盘校正。

4. 地球的弹性和塑性

固体地球在施力速度快，持续时间短时，表现为弹性；在施力速度缓慢，持续时间长时，表现为塑性。地球弹性主要表现为：①能传播地震波；②固体潮（球体形状一段时期变化，另一段时期恢复原状）。塑性表现为：地层褶皱、柔皱、蠕变等。

四、地质作用

地球形成至今，经历了大约 46 亿年的历史，在这漫长的地质历史中，地球一直处于不停的运动、变化和发展中。如，高山的隆起，海陆的变迁。这种由于自然动力引起的地球发展变化的作用（或促使地壳的物质组成、内部结构及表面形态发生变化的各种作用）称为地质作用。

地质作用根据其能量的来源分为两大类：由地球内部能量引起地球发生变化的为内动力地质作用和由地球外部能量引起地壳发生形态变化的外动力地质作用。地壳的上升、沉降运动、褶皱运动、板块俯冲运动和海底扩张运动等，都是内动力作用。这些运动不断地改变着地壳的内部结构和表面形态，生成大陆和海洋，山脉和平原，引起海陆变迁等。而另外一些作用，如风化作用、侵蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用等都是外动力作用。

1. 内动力地质作用

它一般起源和发生于地球内部，但常常可以影响到地球的表层，总的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。内动力地质作用包括地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震作用。

(1) 地壳运动 也常称构造运动，是使地壳或岩石圈发生变形、变位以及洋壳增生和消亡的地质作用。

(2) 岩浆作用 是指岩浆的形成、演化直至冷凝成岩石的全部地质过程。

(3) 变质作用 是指地表以下一定环境中岩石在固态下发生结构、构造或物质成分的变化而形成新岩石的地质过程。

(4) 地震作用 是指由地震引起的岩石圈物质成分、结构和地表形态变化的地质作用。地震是工程上重要的地质灾害之一。

2. 外动力地质作用

外动力地质作用是大气、水和生物在太阳能、重力能的影响下产生的动力，对地球表层所进行的各种作用的统称。外动力地质作用，一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏出露地面的岩石，另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质搬运到低洼的地方沉积下来重新形成新的岩石。外动力地质作用总的趋势是切割地壳表面隆起的部分，填平地壳表面低洼的部分，不断使地球的面貌发生变化。外动力地质作用可分为：

(1) 风化作用 是指岩石受外力作用后发生机械崩解和化学分解，破坏产物基本残留原地，使坚硬的岩石变为松散的碎屑及土壤的过程。风化作用在地表岩层产生的风化壳具有重要的工程意义。

(2) 剥蚀作用 是指风或流水、冰川湖海中的水在运动的状态下，对地表岩石、矿物产生的破坏并将它们搬离原地的作用。

(3) 搬运作用 是指经过风化、剥蚀作用的产物，被介质搬运到其他地方的过程。

(4) 沉积作用 是指搬运介质动能减小或搬运介质的物理化学条件发生改变，以及在生物的作用下，被搬运的物质在新的场所堆积下来的作用。

(5) 负荷地质作用 是指松散堆积物、岩块等由于自身的重量并在其他动力地质作用触发下崩落或沿斜坡滑动的过程。地质灾害中的崩塌、滑坡、泥石流即属此作用。

(6) 成岩作用 是指由松散状态的沉积物转变成为硬结的沉积岩的过程。工程上的土即是未经胶结的松散状态的外动力地质作用的产物。

3. 风化作用

风化作用在地表最显著，随着深度的增加，其影响将逐渐减弱以致消失。

(1) 风化作用的实质。风化作用的实质是矿物、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越长，被破坏的越严重。风化作用使坚硬致密的岩石松散破坏，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降低，对工程建筑条件起着不良的影响。如崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，大部分都是在风化作用的基础上逐渐形成和发展起来的。

不同的岩石风化速度也不一样。实践表明，一些岩石如花岗岩、厚层石灰岩等岩石完整、坚硬，抗风化能力极强，在这些岩石中的开挖工程可以不支撑、不衬砌，暴露在空气中的岩石数十年几乎没有风化迹象。而另外一些岩石如页岩、粉砂岩等，则风化速度极快或极易风化。某地隧道中的砂页岩，开挖一年后风化深度达 1m 以上。一般地，岩石风化程度愈严重，其组成矿物颜色愈暗淡，岩石愈破碎，岩石强度愈低。

(2) 风化壳。地表岩石经风化后，部分可溶物质随水流失，余下的残屑和化学风化中形成的一些新物质便残留原地，这些残留在原地的风化产物称残积物。残积物主要分布在山坡上，成分和颜色都与下伏岩石的岩性有关。残积物和土壤形成一层不连续的薄层松散物覆于地表，称为风化壳。风化壳下大面积存在的岩石称为基岩。地表有些地方风化产物被流水等外动力地质作用剥蚀搬走，使基岩出露于地表，这种露出地表的基岩，称为基岩的露头，或简称露头。它是野外地质观察和研究的主要对象。

风化壳由于风化作用不同可以是由一层残积物组成，也可以由几层风化分解程度不同的残积物组成。这种由多层残积物组成的风化壳，层与层之间常逐渐过渡而无明显分界线。一

个完整的风化壳在剖面上, 从下到上可分为以下几层: 风化壳的最底层为半风化岩石碎块组成的半风化层, 其成分与下伏基岩相同; 其上为物理和化学风化的残积层, 由下向上风化程度由浅变深, 碎屑颗粒由大变小; 最上部的一层, 为经受长期物理风化、化学风化和生物风化作用形成的土壤。风化壳的结构各地大致相似, 但其成分和厚度则因地而异, 主要与岩性、气候、地形和风化作用的时间等因素有关。一般潮湿炎热气候区, 风化壳厚度大, 结构复杂; 干旱区则是以机械风化为主形成的风化壳, 厚度一般较小, 常仅有数十厘米, 结构亦较简单。

(3) 风化作用的类型。根据岩石遭受风化作用的因素和性质, 将风化作用分为物理风化、化学风化、生物风化。

1) 物理风化作用。改变岩石和矿物的完整性或改变已碎裂岩石颗粒大小和形状, 而不明显地改变其化学成分的作用过程。

物理风化作用的主要类型为: 温差(胀缩)作用、冰劈作用、盐撑作用、释重作用等。

① 温差(胀缩)作用。由于温差的影响, 尤其短时间内温度的骤变, 使岩石强烈的热胀冷缩后发生碎裂、剥落。矿物在昼夜温差很大的地区(沙漠地区), 日间温度为 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$; 夜间温度小于 0°C , 易碎裂; 岩石由多种矿物组成, 不同矿物有不同的膨胀系数, 差异性膨胀, 破坏了矿物间的结合力, 使岩石发生碎裂。

② 冰劈作用。岩石裂隙充填有地表水及地下水, 这些水当温度降至 0°C 时结冰, 结冰的过程就是体积膨胀的过程, 对裂隙周围产生压力使裂隙扩大, 如果冻结和融化反复交替进行就必然使裂隙增多扩大最终岩石崩裂, 即冰劈作用。

冰劈作用的实质是冻融交替。因此, 昼夜温度在 0°C 上下波动的地区, 岩石的冰劈作用最为强烈, 而长年寒冷的地区水终年结冰, 冰劈作用并不很强烈。

③ 盐撑作用。潮解性盐类夜晚吸收水分而溶解, 白天在阳光蒸发下而结晶, 对岩石有压力交替反复作用使岩石碎裂。

④ 释重作用。上覆岩石不断被风化剥蚀, 使地下深处的岩石出露地表, 上覆岩石压力的消除, 露出地表的岩石产生向上的膨胀, 严重时出现一些卸荷裂隙。

2) 化学风化作用。地表岩石受水、氧及二氧化碳的作用而发生化学成分的变化, 并产生新矿物的作用。

化学风化作用的主要类型为: 溶解作用、水化作用、水解作用、氧化作用等。

① 溶解作用。水是溶剂, 富含 O_2 、 CO_2 和一些酸、碱物质, 具较强溶解力, 能溶解岩石中的矿物。

溶解作用使岩石中易溶物质随水流失, 难溶物质残留原地。溶解的空隙削弱了颗粒之间的结合力, 有利于物理风化的进行。

② 水化作用。有些矿物与水作用时, 能吸收水分子作为自己的成分(结晶水或结构水)形成新矿物。

硬石膏 $\rightarrow$ 石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



③ 水解作用。强酸弱碱或强碱弱酸的盐类矿物, 遇水后发生水解并与 OH^- 、 H^+ 反应生成新的矿物, 岩石因此遭到破坏。造岩矿物多是硅酸盐, 硅酸属强碱弱酸性。

正长石 $\rightarrow$ 高岭石 + 石英



④ 氧化作用。空气和水中的游离氧使地表及其附近的矿物氧化,原有矿物解体,形成新矿物的过程即为氧化作用。矿物中元素与氧结合,形成新矿物,氧化作用尤其对金属矿物和含铁矿物的风化表现强烈。

磁铁矿 → 赤铁矿



3) 生物风化作用。

生物风化作用是生物活动对岩石造成的物理或化学破坏作用,主要类型有根劈作用、生物新陈代谢作用等。

① 生物物理风化作用:生物活动使岩石机械破坏。根劈作用:岩石裂缝中除含有一定的水分外,还有一些土壤,这样植物就可在其中生长,随着树木的生长,其根系也不断壮大,挤压岩石的裂缝,使其扩大,导致岩石物理风化加剧。还有一些生物的物理风化,如动物钻洞、挖土、人类活动等。

② 生物化学风化作用。生物生长中新陈代谢及遗体腐烂分解与岩石发生化学反应,促使岩石破坏的作用。微生物分泌各种酸类与矿物元素反应使岩石被腐蚀破坏,动植物遗体腐烂分解,腐殖质、腐殖酸等与矿物元素形成新矿物。

各种风化作用是同时发生、相互影响、互相促进的。物理风化使岩石破碎表面增大,有利于水溶液的渗透,为化学风化提供了良好的条件。化学风化溶解了岩石中的易溶物质,改变了岩石的物理性质(致密疏松)从而加速了物理风化的进行。但在不同的自然条件下表现的风化类型的强弱、主次程度不同。

(4) 防治风化作用的措施。工程建设中,为防止岩石风化作用的进一步加剧,通常采取的措施有:一是向岩石孔隙、裂隙灌注各种浆液,以提高岩石的整体性和强度,增强岩石抗风化能力;二是在岩石表面喷抹水泥砂浆、沥青或石灰水泥砂浆,封闭岩面,达到防止空气、水分与岩石接触或渗入的目的。对于已经存在的严重风化层,若其厚度不大应予清除,使建筑物地基落在未风化或微、弱风化的岩石上;若厚度较大不能清除时,则应采取相应措施,如地基工程应采用桩基穿透风化层落在新鲜岩石上,而边坡、隧道工程可根据风化层厚度及风化程度采用加强支护、支挡、衬砌等措施。

第二节 造 岩 矿 物

岩石是组成地壳的主要物质成分,是在地质作用下产生的,由一种矿物或多种矿物以一定的规律组成的自然集合体。矿物的成分、性质及其他各种因素的变化,都会对岩石的强度和稳定性产生影响。所以,要认识岩石,分析岩石在各种自然条件下的变化,进而评价岩石的工程地质性质,为工程建设服务,就必须先了解矿物的有关知识。

矿物是组成地壳的基本物质,它是在各种地质作用下形成的具有一定的化学成分和物理性质的单质体或化合物。其中,构成岩石的主要矿物称为造岩矿物。

一、矿物的一般知识

矿物是构成岩石的基本单元,目前自然界已被发现的矿物约 3300 多种,其中,主要的常见矿物约有 200 多种,常见的造岩矿物有 30 余种。