

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

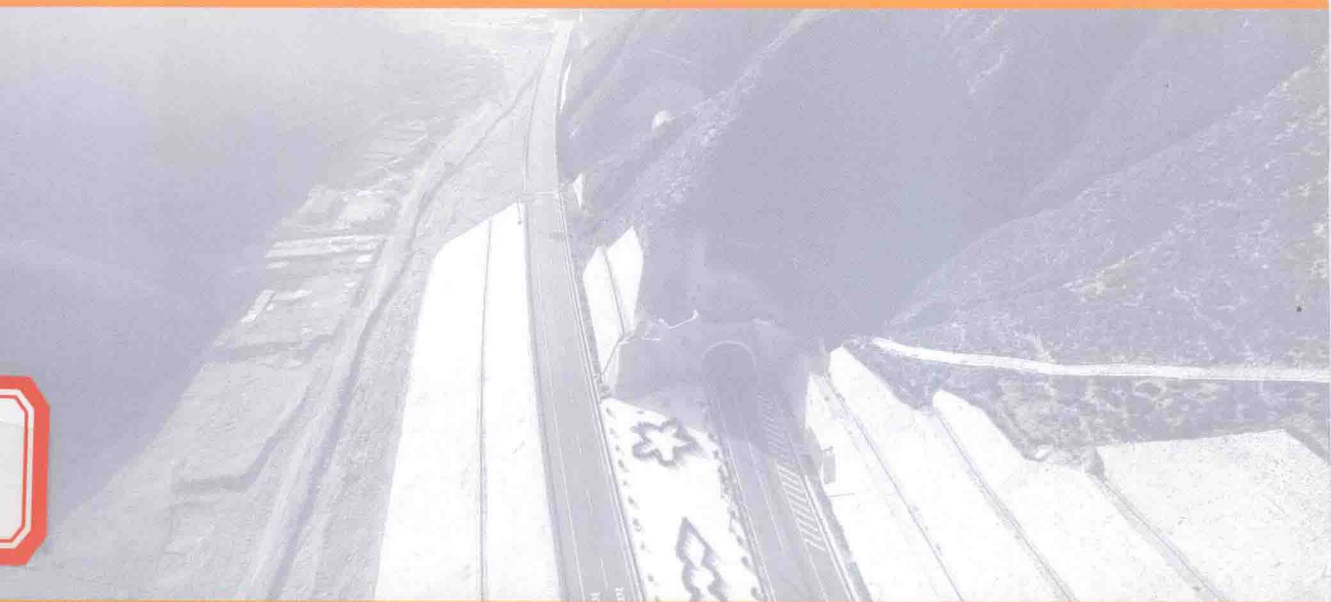
公路工程地质

Engineering Geology of Highway

(第四版)

窦明健 主编

陈洪凯 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Engineering Geology of Highway

公路工程地质

(第四版)

窦明健 主编

陈洪凯 主审



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本教材系统阐述了工程地质的基础知识和原理,详细介绍了各类工程地质条件与工程地质问题以及工程地质分析评价方法。全书共分九章,内容涉及地质学基础知识和公路建设所需的工程地质专业知识。书中除对有关理论进行必要的论述和介绍外,还着重对公路建设中的各类工程地质问题进行了论述。

本书可作为高等院校本科公路与城市道路工程、桥梁与隧道工程等交通土建专业教材,也可供其他专业师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程地质 / 窦明健主编. — 4 版. — 北京 :
人民交通出版社股份有限公司, 2016. 6
ISBN 978-7-114-13037-3

I. ①公… II. ①窦… III. ①道路工程—工程地质—
高等学校—教材 IV. ①U412.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 111451 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名: 公路工程地质 (第四版)

著 作 者: 窦明健

责任编辑: 孙 玺 李 瑞 李 晴

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.75

字 数: 402 千

版 次: 1980 年 7 月 第 1 版

1986 年 7 月 第 2 版

2003 年 4 月 第 3 版

2016 年 6 月 第 4 版

印 次: 2016 年 6 月 第 4 版 第 1 次印刷 总第 48 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13037-3

定 价: 30.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩 敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委 员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

石 京 (清华大学)

申爱琴 (长安大学)

朱合华 (同济大学)

任伟新 (合肥工业大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘 扬 (长沙理工大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

关宏志 (北京工业大学)

李亚东 (西南交通大学)

杨晓光 (同济大学)

吴卫国 (武汉理工大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何 民 (昆明理工大学)

何东坡 (东北林业大学)

张顶立 (北京交通大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈 红 (长安大学)

陈 峻 (东南大学)

陈宝春 (福州大学)

陈静云 (大连理工大学)

邵旭东 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

黄 侨 (东南大学)

黄立葵 (湖南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

符锌砂 (华南理工大学)

葛耀君 (同济大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

戴公连 (中南大学)

秘 书 长:孙 奎 (人民交通出版社股份有限公司)

第四版前言

本教材是以**2003**年版高等学校《公路工程地质》(第三版)教材为基础,经过调整、补充和删减改编而成。

公路工程与地质环境关系极为密切,与环境相互作用强烈,受地质条件制约明显。我国国土面积广大,自然环境复杂,公路建设、运营条件复杂多变。随着山区,特别是广袤的西部地区交通基础设施建设规模加大、速度加快,所面临的公路工程地质环境和问题会越来越复杂。另一方面,与公路工程地质有关的新理论、新技术不断涌现,为适应建设形势的发展和培养新型专业技术人才的需要,急需对教材进行相应的调整、补充和更新。

第四版教材基本沿用了第三版的结构框架,但在内容和文字上做了一些调整,加强了知识的系统性和完整性,同时力求反映工程地质学科理论和实践的进展,关注公路工程地质的发展。

本书由长安大学窦明健主编,由重庆交通大学陈洪凯教授主审。具体编写分工:长安大学窦明健编写绪论、第八章;长安大学梁杰编写第二章、第三章、第六章和第九章;长安大学王富春编写第一章、第四章、第五章和第七章。全书由窦明健统稿。

本书在编写过程中,得到了多方的帮助和支持,在此一并表示衷心的感谢。存在的不妥和错误之处,敬请读者斧正。

编 者

2016年2月

第三版前言

本版教材以 1986 年版高等学校教材《公路工程地质》(第二版)为基础,经过调整、补充和删减改编而成。改编是以 2001 年面向 21 世纪交通版高等学校教材编审委员会(公路类)所审定的教材编写大纲为依据,同时注意吸取国内外同类教材的有益经验。

公路工程是线形建筑物,要穿越不同的地质、地貌单元,与地质环境关系极为密切,易受地质条件的制约。随着国家加快交通运输基础设施建设步伐,特别是西部大开发战略的实施,公路建设进入高速发展时期,山区、不良地质条件地区的高等级公路建设规模日益加大,建设和养护中的工程地质问题迅速增加。同时,公路工程地质方面的新理论和新技术也不断出现。为适应建设形势的发展和培养新型专业人才的需要,必须对教材进行相应的调整、充实和更新。

与 1986 年第二版教材相比,第三版教材在内容和结构上作了以下重要的调整:

(1) 将“篇、章、节”结构层次改为常用的“章、节”层次,并将原来的十五章压缩为九章;

(2) 受课时限制,取消了“地球演化”一章;

(3) 新增了“公路工程地质问题”一章,对路基、桥梁、隧道等常见的工程地质问题进行了分析、阐述;

(4) 在“地质构造”一章中增加了“活断层”一节,并将原“地震”一章压缩为地

质构造中的一节;

(5)在“地貌”一章中增加了“第四纪松散沉积物”和“特殊土”两节;

(6)在“岩体稳定性分析”一章中增加了“岩质边坡稳定性分析”一节;

(7)受课时限制,取消了“地下水”一章中的“地下水的运动规律和涌水量计算”一节,在地下水类型中增加了岩溶水的内容。

教材其他部分基本沿用了第二版的框架,但在内容和文字上作了一些调整,以与公路工程实践紧密结合。

与第一版、第二版一样,编者在编写中**强调地质与工程的结合、理论与实践的结合**,在注意学科系统性的同时,还力求反映工程地质理论和实践的发展,关注公路工程地质的发展方向。

第三版教材由长安大学窦明健主编,重庆交通学院陈洪凯主审。

具体编写情况:窦明健编写绪论、第五章、第七章和第八章;长安大学李治平编写第一章、第二章和第四章;长安大学梁杰编写第三章、第六章和第九章。全书由窦明健统稿。

本版教材在编写过程中,得到了多方的帮助和支持,有关学校提出了许多宝贵的编写意见,在此谨表感谢。存在的不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 11 月

第二版前言

本版教材是在 1980 年出版的高等学校试用教材《公路工程地质》的基础上,经过补充、修改而成。改编是以 1982 年高等院校路、桥专业教材编审委员会所确定的《公路工程地质》教材大纲为依据,同时注意吸取国内外同类教材的有益经验。

与 1980 年第一版教材相比,主要有如下变动:(1)体系上划分为三篇,注重加强基础知识;(2)增加地球演化、多年冻土两章;(3)对地下水一章作了较多补充;(4)对岩石、地质构造、地震、外力作用、泥石流、岩溶各章作了部分修改、补充。其余六章均沿用第一版内容,基本未动,仅个别地方作了文字上的修改。

编者在教材编委会所定编写大纲以外,增加地球演化一章,是基于更新内容、拓宽知识面的考虑,各院校可根据具体情况确定是否讲授。

和第一版一样,在编写过程中,力求运用辩证唯物主义的观点,注意贯彻理论和实际相结合的原则,着重讲清工程地质的基本概念、原理和方法,取材紧密结合公路工程的主要地质问题。

本版教材由西安公路学院李斌主编,哈尔滨建筑工程学院杨可铭主审。书中所用新图,均由西安公路学院钟孝顺描绘。

对本版教材存在的缺点和错误,诚恳地希望读者提出宝贵意见。

第一版前言

本教材系以 1978 年 3 月交通部公路、桥隧、筑机专业教材编写大纲讨论会所确定的《公路工程地质》教材大纲为依据,并在吸取兄弟院校教学经验的基础上进行编写的。

本教材编写时,力求运用辩证唯物主义的观点,注意贯彻理论和实际相结合的原则,着重讲清工程地质的基本概念、原理和方法,紧密结合公路工程的主要地质问题取材。

本教材并用国际制与公制两种单位,但所列数据均以公制为准,国际制仅供参考。

本教材由西安公路学院李斌和左溪田主编。参加编写的还有重庆建筑工程学院戴震明;河北工学院李宗惕;西安公路学院张尚文、周兰玉等。全书图件由西安公路学院王文锐描绘。编写分工如下:

概述、第一章、第二章由左溪田编写;第三章、第四章由张尚文编写;第五章、第六章由李宗惕编写;第七章由李斌、周兰玉编写;第八章由戴震明、李斌编写;第九章由戴震明编写;第十章由李斌编写。

本教材由北京工业大学黄玉田主审。全国有十一所有关高等学校参加了审稿会议,与会者对教材进行了认真的审阅,提出了许多宝贵的意见和建议。在此,一并致谢。

对本教材的缺点和错误,诚恳地希望读者提出宝贵意见。

目录

绪论.....	1
第一章 岩石	10
第一节 造岩矿物	10
第二节 岩浆岩	14
第三节 沉积岩	18
第四节 变质岩	22
第五节 岩石的工程地质性质	25
第二章 地质构造	33
第一节 地质年代	35
第二节 地质构造	39
第三节 阅读地质图	52
第四节 活断层与地震	59
第三章 风化与地表流水的地质作用	76
第一节 风化作用	76
第二节 暂时性流水的地质作用	85
第三节 河流地质作用	89
第四章 地貌与第四纪松散沉积物	95
第一节 地貌	95
第二节 第四纪松散沉积物.....	107

第三节 特殊土及其工程地质性质..... 110
 第五章 地下水的地质作用..... 128
 第一节 地下水的物理性质和化学成分..... 129
 第二节 地下水的类型..... 131
 第三节 地下水的地质作用..... 139
 第六章 岩体结构与稳定性分析..... 143
 第一节 岩体..... 143
 第二节 岩体的结构特性..... 152
 第三节 岩体稳定性分析..... 160
 第四节 岩质边坡的变形破坏及分析..... 167
 第七章 常见的不良地质现象..... 179
 第一节 崩塌..... 179
 第二节 滑坡..... 183
 第三节 泥石流..... 193
 第四节 岩溶..... 199
 第八章 公路工程地质问题..... 207
 第一节 路基工程地质问题..... 207
 第二节 桥梁工程地质问题..... 215
 第三节 隧道工程地质问题..... 220
 第九章 公路工程地质勘探..... 229
 第一节 公路工程地质勘察的阶段与内容..... 229
 第二节 公路工程地质勘察的主要方法..... 233
 参考文献..... 251

绪 论

一、地球圈层构造与地质作用

(一) 地球圈层构造

地球是一个旋转椭球体。它不是均质球体,而是具有同心圈层结构的球体。以地表为界,地球可分为外圈和内圈。根据物质成分、状态和性质的不同,外圈一般分为大气圈、水圈和生物圈三个圈层。内圈可以划分成许多圈层,一般分为地核、地幔和地壳三个基本圈层。

1. 地球外部圈层及其主要特征

(1) 大气圈

大气圈是地球最外面的一个圈层,主要由包围在地表外面的各种气体构成。现代大气的主要成分有氮气(体积百分比为 78.1%)、氧气(占 20.9%)、氩气(占 0.93%)、二氧化碳(占 0.03%)及水蒸气(占 0~4%)等,并含少量尘埃微粒(总质量为 $5.6 \times 10^9 \text{g}$,主要集中在 100km 高度以下的范围内)。大气的密度和压力随高度的增加而降低。据大气温度的垂直变化特性,由下到上可将大气圈进一步划分成对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。其中以对流层和平流层对地面影响较大。对流层中的氮气是植物制造蛋白质的主要原料。氧气是生物生命活动的重要条件,也是促进岩石等氧化分解的重要成分。位于大气圈最底部的二氧化碳主要

来自有机物的氧化(燃烧)和生物的呼吸,它强烈吸收地面的长波辐射并放出新的热辐射,对地表可起到保温的作用,同时也是促进岩石风化分解的重要因素之一。水汽主要来自水圈的蒸发,它润湿大气,并能吸收地面的长波辐射。水汽以固态物质为中心凝集成云、雾、雨、雪等,在天气变化中扮演重要的角色。对流层的热量主要来自地面辐射。对流层直接影响大气圈下的生物生长和地球表层的改造。平流层是自对流层顶到 50km 高空的大气层,它的特点是大气以水平移动为主,其温度基本不受地面温度影响。平流层中存在大量臭氧,臭氧可吸收太阳的紫外辐射而使大气圈底层温度升高到 0℃ 以上。平流层中臭氧对太阳紫外辐射的强烈吸收构成了对生物有效的天然保护。

(2) 水圈

水圈由地球表层的水体组成,包括地表水、地下水及大气水等,其总体积约 $14 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。其中海水占总体积的 97.2%,陆地水占 2.8%。陆地水中极地和高山冰川约占 78.6%,其余 21.4% 为河流、湖泊、沼泽中的水以及地下水。水圈中的海水在太阳辐射能的驱使下大量蒸发,形成水蒸气进入大气圈中的对流层内,随空气对流移至大陆上空,在一定条件下便凝结成雨、雪等落到地面。落到地面的大气降水在重力作用下沿地表和地下流回海洋,构成水的循环。河流、冰川、地下水等水体在流动的过程中,不断改造地表,塑造出各种地表形态。同时水圈也为生物的生存、演化提供了必不可少的条件,因此水圈是外动力地质作用的主要动力来源。

(3) 生物圈

生物圈是生物及其生命活动的地带所构成的连续圈层。生物主要集中在地表和水圈中,特别是阳光、空气和水分充足而温度又适宜的地区。生物圈中生物和有机体的总量约为 $11.4 \times 10^{12} \text{ t}$,为地壳总质量的 $1/10^5$ 。生物在其生命活动过程中,通过光合作用、新陈代谢等方式,可形成一系列生物地质作用,从而改变地壳表层的物质成分和结构,如促使某些分散的元素或成分富集,并在适当条件下沉积下来形成铁、磷、煤、石油等有用矿产。

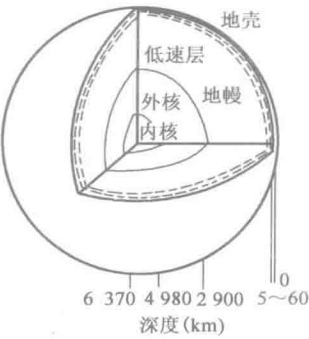


图 0-1 地球内部的分层结构图

2. 地球内部圈层及其主要特征

根据地震波传播速度的突变位置,可以确定地球内部的分界面,地球物理学上称为不连续面或界面。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 60km 以上;在大洋区较浅,最浅不足 5km,这个界面称为莫霍洛维奇不连续面,简称莫霍面,是前南斯拉夫的莫霍洛维奇在 1909 年发现的。第二个界面在地表下约 2 900km 处,称为古登堡不连续面,简称古登堡面,是美国的古登堡教授在 1914 年提出的。根据这两个界面可把地球内部分为地壳、地幔、地核三个基本的同心圈层(图 0-1)。

(1) 地核

古登堡面以下为地核,半径约 3 471km,体积占地球总体积的 16.2%,平均密度超过 10 g/cm^3 。形成如此巨大密度的地核,必定存在着高密度的物质,最合理的推断是金属。对陨石的 analysis 表明,铁是最常见的构成行星的物质,在铁陨石中,铁通常与少量的镍形成合金。因此,大多数地质学家都认为,地核的成分很可能是铁—镍合金。根据地震波传播速度的变化,地核可进一步

分出内核、过渡层和外核三个次一级的圈层。

①内核。根据穿过地核内部的纵波,可以肯定内核是固体。

②过渡层。波速变化复杂,并能测到速度不大的横波,是液态向固态过渡的象征。

③外核。纵波速度急剧降低,横波不能通过,说明外核是液体。有学者认为,地球外核运动的熔融铁就像一架巨大的直流发电机,它可能是地球磁场的来源。

(2) 地幔

莫霍面与古登堡面之间为地幔,厚约 2 900km,占地球总体积的 83%。地幔的平均密度为 4.5g/cm^3 ,说明地幔是由岩石组成的,而不是由金属物质组成的。根据地震波速变化情况,可进一步分为下地幔、过渡带和上地幔三个次一级圈层。根据对陨石成分的比较,一般认为铁陨石与下地幔成分相当,而石陨石则与上地幔成分相当。

①下地幔。地表以下 700km 深延伸到古登堡面为下地幔,平均密度为 5.1g/cm^3 。下地幔能传播横波(S 波,即由震源传出的剪切波),说明其组成物质基本上是固体。

②过渡带。地表以下 400 ~ 700km 深为过渡带。带内波速的变化可能与成分的变化无关,而与矿物结构的变化即相变有关,故亦称为相变带。

③上地幔。莫霍面以下到 400km 深为上地幔。这一层对研究地球表面的地质是十分重要的,因为它的运动和历史与地壳的运动和历史有关。上地幔的平均密度为 3.3g/cm^3 。上地幔能传播 S 波,因此它必定大部分是固体。

得到上地幔地震波速和密度的数据后,经与试验室对各种硅酸盐矿物按不同比例组合,在高温高压下测得的波速和密度数据对比,推测上地幔主要由橄榄石、辉石和石榴石组成。

上地幔最显著的特点是其具有低速层,该层纵波、横波的传播速度比其上、下圈层的速度都低。低速层顶部的深度各地不同,一般是 80 ~ 120km,其厚度为 100 ~ 200km。低速层波速低,说明其物质接近于熔融。低速层内有些区域不能传播横波,表明该处已形成液态区,可能是岩浆发源地。低速层岩石的塑性较大,易于发生塑性流动,给其上固体岩石的活动创造了条件,所以在构造地质学中也把低速层称作软流圈。软流圈以上到地表的物质均为固态岩石,称为岩石圈。岩石圈具有较强的刚性,分裂成许多不同级次的块体,称为板块。板块漂浮在软流圈上随之运动,即为板块运动,为构造运动发生的根源。

(3) 地壳

地壳由固体岩石构成,平均密度为 2.8g/cm^3 ,下界面为莫霍面,表面在陆地上直接暴露于地表。地壳平均厚度约为 33km,地壳的厚度变化很大,大洋地壳较薄,大陆地壳较厚。由于海洋和陆地下面的地壳各有特色,故可分为大洋壳和大陆壳两种基本类型。

①大洋壳。海洋约占地壳面积的 70.8%,大洋壳上平均覆盖 4km 深的海水。有些地方大洋壳的岩浆岩基底裸露在海水中,而在另一些地方,特别是在大陆边缘,大洋壳的岩浆岩基底被很厚的沉积物深深地埋在下面(一般说来,大洋壳上平均覆盖 0.5km 的沉积物)。大洋壳平均厚 6km,最厚约为 8km,最薄处不到 5km。大洋壳为单层结构,其主要组成物质是铁镁质,相当于玄武岩或辉长岩。

②大陆壳。大陆壳与大洋壳不同,大陆壳平均厚 35km,最厚处可达 70km(青藏高原),最薄处不到 25km。最高的珠穆朗玛峰海拔高度超过 8.8km,但大陆地表的平均海拔高度大约只有 800m。大陆壳的构造不是简单和均匀的。能直接观察到的地壳上部是由沉积岩、岩浆岩和变质岩组成的复杂混合物。大陆壳下部的地震波速比上部高,这种情况可能反映了地壳成分

的变化,也可能是成分大致不变而发生了相变的结果。大陆壳和大洋壳不仅在高程、厚度和构造等方面很不相同,它们的总成分也有很大的差别。大陆壳与大洋壳相比,硅和钾较多,而铁、镁和钙较少。大陆壳具有双层结构,上部为与安山岩、花岗闪长岩类似的中性成分,下部为玄武质成分。

(二)地质作用

地壳自形成以来,一直处在不停的运动和变化之中,因而引起地壳构造和地表形态不断地发生演变。人们把在地质历史发展过程中,促使地壳的组成物质、构造和地表形态不断变化的作用,统称为地质作用。地质作用按其能量来源的不同,可分为外力地质作用和内力地质作用两类。

1. 外力地质作用

由太阳辐射能、生物能和日月引力等所引起的地质作用,主要在地壳表面进行,称为外力地质作用,简称外力作用。外力地质作用可以概括为以下几种:

(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,促使组成地壳表层的岩石发生机械破碎,以致化学分解的一种破坏作用。风化作用使岩石强度和稳定性大为降低。

(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的所有方式的破坏作用,诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏作用。

(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。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,被搬运的物质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,发生压缩、胶结及重结晶等物理化学过程,固结成为坚硬岩石的过程,称为成岩作用。

外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表的岩石,另一方面又把地表高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质,搬运到低洼的地方使之沉积下来形成新的岩石。外力地质作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分,填平地壳表面低洼的部分,即“削高填平”,不断使地壳的面貌发生变化。在地表主要形成戈壁、沙漠、黄土堆、泥石流、滑坡、深切谷、冲积平原等。

2. 内力地质作用

内力地质作用简称内力作用,由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能所引起,主要在地壳或地幔内部进行。内力地质作用包括以下几种:

(1)地壳运动。地壳运动引起海陆变迁,产生各种地质构造。因此,在一定意义上又把地壳运动称为构造运动。伴随地壳运动,常常发生岩浆作用、变质作用和地震。

(2)岩浆作用。地壳内部的岩浆在地壳运动等的影响下,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,称为岩浆作用。岩浆作用形成岩浆岩,并使围岩发生变质,同时引起地形改变。

(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,促使原有的岩

石在基本保持固体状态下改变成分、结构和构造形成新岩石的作用,称为变质作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

(4)地震。地震是地壳快速震动的现象,是地壳运动的一种特殊表现形式,地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

内力作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造和地壳表面大型的高低起伏。它一方面起着改变外力地质过程的作用,另一方面又为外力作用的不断发展提供新的条件。

内力作用与外力作用紧密关联、互相影响、互相制约,始终处于对立统一的发展过程中,是促使地壳不断运动、变化和发展的基本力量;同时也形成并不断改造着地表的工程地质条件。

二、公路工程地质

人类的工程活动都是在地表或地壳表层一定的地质环境中进行的,两者之间密切相关、相互影响、相互制约。

地质环境对工程活动的影响和制约是多方面的,它既可以影响工程活动的工程造价与施工安全,也可以影响工程的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时,若忽视地质条件,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,甚至危及工程安全。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,将使建筑物不能正常发挥功能。

工程活动也会以各种方式影响地质环境。如在地表进行工程建设,可能引起地基岩土体的压密沉降;桥梁可使局部河段冲刷淤积发生变化等。又如,在城市过量抽吸地下水,可能导致大规模的地面沉降;而大型水库对地质环境的影响,则往往超出局部场地的范围而波及广大区域,在平原地区可能引起大面积的沼泽化,在黄土地区可能引起大范围的湿陷,在某些地区还可能诱发地震等。

公路是修筑于地表环境中的线(带)状工程建筑,会穿越不同的地质、地貌单元,公路沿线的地质环境与条件会差异很大且变化复杂。公路工程包括路基路面、桥梁涵洞和隧道工程,会涉及由地质条件环境带来的边坡、地基、围岩等问题。因此,工程地质是公路工程专业领域的重要专业基础之一。

(一)工程地质学的概念与任务

工程地质学是研究工程建设活动与地质环境相互作用的有关地质问题的学科,也就是说是一门研究与工程建设活动有关的地质问题,为工程建设活动服务的地质学科,是工程学与地质学交叉形成的一门新的边缘学科,它是地质学的分支学科,属于应用地质学的范畴。

工程地质学与不同的工程建设活动相结合或为不同的工程活动服务,就形成各种不同的专门工程地质学,比如与公路工程建设活动相结合,为公路工程建设活动服务,就形成公路工程地质学。

工程地质学的具体任务是把地质科学应用于工程实践,通过查明并评价工程活动地区的工程地质条件,阐明对工程活动有利的和不利的因素;论证建筑物可能遇到的主要工程地质问题,进行定性和定量评价,作出确切结论;选择工程地质条件良好的建筑场址,并根据场址的工程地质条件具体情况提出合理的建筑类型、结构形式、规模的建议;预测建筑物建成后对地质环境的影响及其发展演化趋势,提出对地质环境合理利用和保护的对策和措施;提供改善和防

治不良地质作用的方案、措施所需的地质依据。

由此可见,工程地质学的任务是多方面的。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活动安全、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,而在大规模地改造自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地顺应和改造地质环境,则是工程地质学面临的主要任务。

(二)工程地质学的研究内容与分支学科

工程地质学的上述基本任务,必然要求对与工程活动有关的地质环境,也称为工程地质条件,进行深入研究。一般认为,工程地质条件是一个综合概念,主要包括岩石和土的类型及工程性质、地质构造、地形地貌、水文地质条件、自然地质现象、地应力状态和天然建筑材料等因素。但其中最根本的是岩石和土的类型及工程性质,因为建筑物的地基、边坡或环境总是具有一定成分和性质的土或岩石或它们的组合。所以它们与工程活动有关的属性,是决定人类工程活动与地质环境相互制约的形式和规模的基本条件。这些属性通称为岩土体的物理力学性质或工程地质性质。研究岩土体的类型及工程性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化,是工程地质学的专门分支之一“工程岩土学”的任务。

工程地质条件在工程活动和工程运行期间会产生一些新的变化和发展,构成影响工程安全的地质问题,称为工程地质问题。分析这些问题产生的地质条件、力学机制及其发展演化规律,以便正确评价和有效防治它们的不良影响,是工程地质学另一专门分支“工程地质分析”或“工程动力学”的基本任务。

上述两个专门分支学科是工程地质学的理论基础。将这些工程地质学理论用于解决工程实际问题,保证与人类工程活动的规划、设计、施工、使用、维修等有关的地质因素均能有效查明和妥善处理,需要在总结过去实践经验的基础上探讨研究勘察方法的选择、工作的布置原则、工作量的分配、勘察技术和方法理论的改进等。这是工程地质学另一专门分支“工程地质勘察学”的任务。

由于地表的工程地质条件具有明显的区域性分布规律,因此,工程地质问题也有区域性分布的特点,研究这些分布规律和特点的专门分支为“区域工程地质学”。

进入20世纪80年代以来,人们已充分认识到人类的工程活动或其他经济活动已经成为改变地表面貌、改变环境的强大营力,其规模和速度甚至超过了自然营力。如果认识不到人类赖以生存的大环境——岩石圈表层、水圈、大气圈、生物圈这一大系统的各子系统之间的内在联系、相互作用和环境发展演化的客观规律,人类的各种活动就将持续不自觉地破坏或恶化环境。为了避免人类工程活动对地质环境的不利影响,就需要定量预测人类活动干预下地表岩土体的变形破坏过程,预测各种工程活动可能产生的环境效应,研究各种地质灾害的区域性成灾规律和危险性分析评价方法,研究区域的、城市的或重大工程的地质环境评价的原则和方法,以便达到合理开发利用和保护、改善环境的目的。以环境工程地质问题为主要内容的研究评价就形成了工程地质学的一个新的分支学科“环境工程地质学”。

(三)工程地质学的研究方法

工程地质学的研究对象是复杂的地质体,所以其研究方法多种多样,主要包括定性分析法、定量分析法、试验分析法、模拟分析法等,常用方法如下。