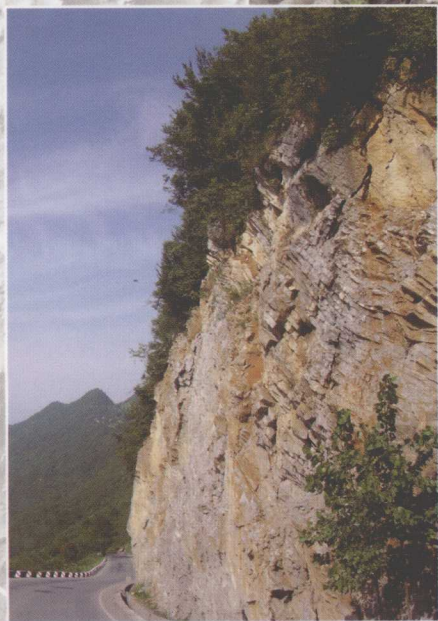




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程地质基础 (第二版)

许兆义 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

2011

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程地质基础

(第二版)

许兆义 主 编

王连俊 副主编

何滿朝 主 审

北方工业大学图书馆



C00262055

中国铁道出版社

2011年·北京

1812 (015) 0101 (010) 033-3304 1812 (015) 0101 (010) 033-3304

内 容 简 介

本书是为了拓展教学内容和宽口径培养的需要而为高等学校土木工程类专业编写的工程地质基础教材,编写时吸取了国内外有关工程地质学的最新成果和信息,可为非工程地质类专业学生提供必要的地质学与工程地质学的基础知识,以及为解决工程地质问题奠定所必需的理论与技术知识。

本书内容共分四篇十七章。第一篇着重叙述地质学的基本原理,主要包括地质作用、矿物与岩石、地质构造及地史等内容。第二篇着重叙述土、岩石及岩体的工程性质,主要包括地下水、土的工程性质及岩石与岩体的工程特性等内容。第三篇着重叙述工程建设中的主要工程地质问题,包括区域稳定、斜坡稳定、围岩稳定、场地渗透稳定、岩溶及泥石流和地应力等内容。第四篇着重叙述工程地质勘察方法和主要建筑物的勘察内容和要点,包括工程地质勘察方法、城市建筑工程地质勘察、道路铁路和桥梁工程地质勘察及地下建筑工程地质勘察等内容。

本书为土木工程类本科生的教学用书,也可供从事土木、水利、交通工程地质、水文地质等专业的技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质基础/许兆义主编. —2版. —北京:中国铁道出版社,2011.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-113-12889-0

I. ①工… II. ①许… III. 工程地质—高等学校—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 065891 号

书 名:工程地质基础

作 者:许兆义 主编

责任编辑:李丽娟 电话:(010)51873135 教材网址:<http://www.tdjiaocai.com>

封面设计:薛小卉

责任校对:汤淑梅

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京新魏印刷厂

版 次:2003年1月第1版 2011年5月第2版 2011年5月第10次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:23.25 字数:580千

书 号:ISBN 978-7-113-12889-0

定 价:43.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:(市电)(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

第二版前言

本书是为高等学校土木工程类专业学生编写的工程地质基础课程教材。鉴于我国大规模基础设施建设的不断发展,土木工程与地质环境相互作用和影响日益显著,工程建设中各类工程地质问题也越加复杂,因此工程地质课程也越来越受到重视。本教材在重新编写过程中,吸取了国内外有关工程地质学的最新研究成果和信息,经典理论和方法与现代新技术和新方法相结合,反映了相关学科的新技术和新规定,可为学生提供较为全面的地质学与工程地质学的基础知识,为今后工作中解决工程地质问题奠定所必需的理论与技术知识。本教材突出针对性、适用性,注重理论与实践相结合,旨在使土木工程等相关专业学生在地质学及工程地质学的基本理论和实践方面获得教益。

本教材编写时,坚持了内容体系的科学性、系统性和先进性,引导学生掌握理论知识,并注重解决实际工程技术问题能力的培养。作为土木工程类专业基础课程教材,本书突出了两个特点:一是本书内容系统全面,全书由地质学基础、岩土工程性质、工程地质问题和工程地质勘察等四部分组成,在地质学及工程地质学两方面论述都较充分,尤其在工程地质问题和工程地质勘察方面较第一版增加了很多内容;二是本书在内容上不限于某个行业,重在讲述地质及工程地质的基本概念、基本原理和研究方法,使学生能够在理论与实践的结合上得到系统完整的训练。本书内容丰富,信息量大,是一本适应当前教学改革要求的工程地质课程教材,可满足当前拓展教学内容、宽口径培养和素质教育的需要。

本书由北京交通大学许兆义任主编,北京交通大学王连俊任副主编,中国矿业大学(北京)何满朝任主审。编写分工如下:绪论、第4章、第10章由许兆义编写;第1~3章由北京交通大学杨成永编写;第5章

由北京交通大学刘莹编写;第6章由北京交通大学陈祥编写;第7~9章、第14章、第15章由王连俊编写;第11章由北京交通大学王勐编写;第12章由北京交通大学刘世海编写;第13章由长安大学李新生编写;第16章由河南理工大学邹正盛编写;第17章由北京交通大学白明洲编写。全书最后由许兆义、王连俊统稿。

由于编写时间有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2010年12月

。益塔群慈面衣翅突味个野本基的学鼠鼠野工双学鼠鼠并主号后,卦拉决味卦慈系,卦学情的系林容内了卦型,相已能林塔本改并。养敏的代韵鼠同木林野工利突书赖重书并,鼠映个野野掌主学系容内并本是一:点卦个两了出突并本,林塔野鼠鼠基业寺类野工木土鼠鼠野工味鼠鼠野工,鼠卦野工土岩,鼠基学鼠鼠由并全,面全慈其次,个并群塔拉个面衣两学鼠鼠野工双学鼠鼠并,为鼠台将四等察塔鼠二:容内冬鼠了吹散鼠一策并面衣察塔鼠鼠野工味鼠鼠野工并,念鼠本基的鼠鼠野工双鼠鼠拉格并重,业并个某于期不土容内并并本宗慈系鼠鼠土合鼠鼠超突已个野并超鼠主学卦,去衣突和味野鼠本基的求要革站学塔前也这鼠本一鼠,大量息计,富丰容内并本。鼠鼠的整育塔鼠素味养鼠登口宽,容内学塔鼠鼠前也另鼠下,林塔野鼠鼠野工。要需的

主隔卦鼠王学大鼠交京北,鼠主并义兆书学大鼠交京北由并本,章1策,个鼠:不吹工个已鼠。审主并障鼠同(京北)学大业个园中,鼠章2策;已鼠本鼠鼠学大鼠交京北由章3~1策;已鼠义兆书由章01策

第一版前言

本书是为高等学校土木工程类专业编写的工程地质基础课程教材,编写时吸取了国内外有关工程地质学的最新研究成果和信息,可为非工程地质类专业学生提供必要的地质学与工程地质学的基础知识,以及为解决工程地质问题奠定所必需的理论与技术知识。本教材旨在使非工程地质专业学生在地质学及工程地质学的基本理论和实践方面获得教益。

本教材编写时,坚持了内容体系的科学性、系统性和先进性,注意贯彻理论和实践相结合的原则。与其他现有非工程地质专业的工程地质教材相比,本书具有两个特点:一是本书内容全面,在地质学及工程地质学两方面论述都较充分,尤其在工程地质方面增加了较多的内容;二是本书在内容上不针对某个行业,重在讲述地质及工程地质的一般概念、原理和方法。本书是一本适应当前教学改革要求的工程地质课程教材,可满足当前拓展教学内容、宽口径培养和素质教育的需要。

本书由北方交通大学许兆义、王连俊、杨成永、王勣编写。编写分工如下:绪论、第4章、第11章由许兆义编写;第1~3章、第5章、第6章由杨成永编写;第7~10章、第12~14章由王连俊编写;第5章第6节、第7章第4节由王勣编写。全书最后由许兆义统稿。

由于时间有限,书中难免存在错误和不妥之处,尚希读者不吝批评指正。

编者

2002年10月于红果园

目 录

绪 论	1
思考与练习题	5
第 1 篇 地质学基础	
1 地质作用	6
1.1 概 述	6
1.2 内力地质作用	10
1.3 外力地质作用	14
思考与练习题	28
2 矿物和岩石	30
2.1 主要造岩矿物	30
2.2 岩 浆 岩	35
2.3 沉 积 岩	41
2.4 变 质 岩	46
思考与练习题	50
3 地质构造	51
3.1 地史概要	51
3.2 倾斜构造	55
3.3 褶皱构造	60
3.4 断裂构造	63
3.5 地 质 图	72
思考与练习题	79
第 2 篇 岩土工程性质	
4 地 下 水	81
4.1 地下水的基本概念	81
4.2 地下水的水质	89
4.3 地下水的运动	93
4.4 地下水与工程建设	99
思考与练习题	102
5 土的工程性质	104
5.1 土的物质组成	104
5.2 土的物理性质	111

5.3 土的水理性质	114
5.4 土的力学性质	117
5.5 土的工程分类	124
5.6 各种土的工程性质	125
思考与练习题	131
6 岩石及岩体的工程性质	133
6.1 岩石的工程性质	133
6.2 岩体的工程性质	138
6.3 岩体的工程分类	154
6.4 岩体稳定性评价	159
思考与练习题	163
第3篇 工程地质问题	
7 区域稳定性	164
7.1 活断层	164
7.2 地震	172
7.3 砂土液化	183
7.4 地面沉降	187
思考与练习题	194
8 斜坡稳定性	195
8.1 斜坡的应力分布特征	195
8.2 斜坡的变形破坏方式	198
8.3 斜坡变形破坏的影响因素	203
8.4 斜坡稳定性评价	206
8.5 斜坡失稳的防治措施	213
思考与练习题	217
9 地下洞室围岩稳定性	218
9.1 洞室围岩应力重分布特征	218
9.2 洞室围岩的变形破坏方式	224
9.3 洞室围岩稳定性评价	231
9.4 洞室围岩失稳的防治措施	239
思考与练习题	242
10 场地渗透稳定性	243
10.1 渗透变形破坏方式	243
10.2 渗透变形破坏的形成条件	244
10.3 渗透变形可能性的判定	248
10.4 渗透变形破坏的防治措施	250
思考与练习题	251
11 岩溶	252
11.1 岩溶地貌及岩溶水的特征	252

11.2 岩溶的形成条件·····	255
11.3 岩溶的发育规律·····	258
11.4 岩溶与工程建设·····	263
思考与练习题·····	271
12 泥石流 ·····	272
12.1 泥石流的形成条件·····	273
12.2 泥石流的主要特征·····	273
12.3 泥石流的形成机制·····	278
12.4 泥石流的防治措施·····	280
思考与练习题·····	283
13 地应力 ·····	284
13.1 岩体的天然应力状态·····	285
13.2 地应力引起的工程地质问题·····	290
思考与练习题·····	294
第4篇 工程地质勘察	
14 工程地质勘察方法 ·····	295
14.1 工程地质测绘·····	295
14.2 工程地质勘探·····	300
14.3 工程地质野外试验·····	304
14.4 工程地质长期观测·····	308
14.5 勘察资料的整理·····	309
思考与练习题·····	312
15 城市建筑工程地质勘察 ·····	314
15.1 概 述·····	314
15.2 建筑场地主要工程地质问题·····	316
15.3 建筑地基工程地质勘察·····	330
思考与练习题·····	334
16 铁(公)路和桥梁工程地质勘察 ·····	335
16.1 铁路与公路工程地质勘察·····	335
16.2 桥梁工程地质勘察·····	344
思考与练习题·····	348
17 地下建筑工程地质勘察 ·····	349
17.1 概 述·····	349
17.2 地下建筑主要工程地质问题·····	350
17.3 地下建筑工程地质勘察要点·····	355
思考与练习题·····	358
参考文献 ·····	359

绪论

1. 地质学与工程地质学

地质学(geology)一词是由瑞士人索修尔(Saussure H. B. de)于1779年提出的,意指“地球的科学”。地质学就是研究地球的科学。

由于科学技术水平的限制,现阶段人们还不能很好地研究整个地球,因此更确切地说,地质学的研究对象是地球,但当前主要是地壳。当然,随着人类进入太空,地质学的研究领域会逐渐扩大到其他天体,甚至整个宇宙。

地质学的服务对象概括起来主要有矿产、能源、环境和灾害四个方面。地质学的研究内容十分广泛,它主要研究地球的组成、构造及其形成和演化规律。面对如此广泛的内容,势必出现许多独立的分支学科,现大致可分为以下几类:

基础学科——是从事任何地质工作必不可少的学科,包括研究地壳物质组成的结晶学、矿物学、岩石学、地球化学等,研究地壳的构造及地表形态的构造地质学、大地构造学、地貌学等,研究地壳演化历史的古生物学、地史学、地层学、第四纪地质学等。

边缘学科——是地质学与其他学科相结合而产生的学科,如数学地质学、地球物理学、遥感地质学、实验岩石学等。

应用学科——是运用基础学科的理论来研究资源的开发或工农业生产中的地质问题的学科,前者如矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学等,后者如工程地质学、环境地质学、农业地质学等。

综合性学科——主要是运用上述学科进行地区性或全球性地质问题综合研究的学科,如区域地质学、海洋地质学、板块构造学等。

人类的工程活动都是在一定地质环境中进行的,两者之间具有密切的联系,并且是相互影响,相互制约的。工程活动的地质环境,亦称为工程地质条件,一般认为它应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。

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,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,轻则产生水库大量渗漏,重则造成完全不能蓄水,使水库不能正常使用。

工程活动也会以各种方式影响地质环境。如修建房屋引起地基土的压密沉降,修建桥梁可使局部河段冲刷或淤积条件发生变化,路堑开挖会改变斜坡原有的应力场,隧道排水能引起地表水枯竭等。又如,在城市过量抽取地下水,可能会导致大面积的地面沉降。大型水库的修建往往会波及广大地区,在平原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,在某些地区还可能发生水库诱发的地震。

研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,做到既使工程建筑经济、安全,又能合理开发与保护地质环境,是工程地质学的基本任务。在大规模改造自然环境的过程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学面临的主要任务。

作为地质学的一个应用分支,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。它把地质科学应用于工程实践,通过工程地质调查及理论性的综合研究,对工程建设地区的工程地质条件进行评价,解决与工程建筑有关的工程地质问题,预测并论证工程区内物理地质现象的发生和发展,提出改善与防治措施,为工程建筑的规划、设计、施工、使用和维护提供所需的地质资料和数据。

工程地质学包括工程岩土学、工程地质原理、工程地质勘察三个基本部分,它们都已形成了不同的分支学科。工程岩土学的任务是研究土石的工程地质性质,研究这些性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化。工程地质原理的任务是研究工程活动的主要工程问题,研究这些问题产生的条件、力学机制及其发展演化规律,以便正确评价和有效地防治它们的不良影响。工程地质勘察的任务是探讨进行地质调查和研究的方法,以便有效地查明有关工程活动的地质因素。

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。

随着生产和研究的深入,一些新的分支学科正在形成,如环境工程地质学、海洋工程地质学及地震工程地质学等。此外,还有为各类工程服务的工程地质学如铁路工程地质学、公路工程地质学、水利工程地质学、土木工程地质学、矿山工程地质学等。

工程地质学一般应是在前述基础学科后开设,工程地质学还与许多学科有密切联系,如土力学、岩石力学、水文地质学、基础工程学、施工技术、地下工程、勘察技术、岩土试验技术、地质力学模型试验及地震工程学等。对工程地质专业学生来说,这些课程也一般是在工程地质学前开设;但对非工程地质专业学生来说,工程地质学常常是开设的第一门地质课程,有时甚至是唯一的一门地质课程。

2. 工程地质学的发展概况

人类的工程活动已有悠久的历史。早在15 000年以前的石器时代,人类已开始在地地下开矿。2 000年前,埃及人已能应用砖砌沉井穿过砂层。埃及的金字塔,中国的长城、南北运河、新疆坎儿井等都是著名的人类早期的工程活动。

美国于1831~1833年开始修建第一条铁路,法国于1857~1870年打通穿越阿尔卑斯山的萨尼峰的11 km长隧道。英吉利海峡隧道和日本青函隧道的建成使人类隧道开凿达到了一个新水平。随着人类工程活动的进行,促使人们不断去思考地质问题的实质,使工程地质学这门学科得到逐步充实和发展。

1912年瑞士地质学家 A. Heim 提出了地压理论,1933年在瑞士工作的法国人 M. Lugeon 写了《大坝与地质》一书,并最早提出测定岩层渗透性的钻孔压水试验;1939年 R. F. Legget 写出《地质学与工程》一书;奥地利人 J. Stini 和 L. Müller 最早认识到岩体结构面的影响,并于1951年创办《地质与土木工程》杂志。在奥地利 Saltzberg 每年10月举办大型欧洲工程地质学术会议;法国人 J. A. Talbore 于1957年出版《岩石力学》专著,阐述了地质学与工程的关系;C. Jaeger 于1972年写出《岩石力学与工程》专著;1983年 R. F. Legget 又出巨著《土木工程的地质学手册》。

我国学者陶振宇于1976年写出《水工建设中的岩石力学问题》，同年谷德振出版《岩体工程地质力学基础》一书。陈宗基对岩土流变学进行了深入研究，并创办武汉岩土力学研究所；石根华写的《Theory of Block》(块体理论)推动了岩体稳定的力学分析。我国的工程地质学建国后发展迅速。1950年国务院成立了地质工作计划委员会，下设工程地质局，负责重点水利工程和新建铁路工程地质的规划工作。1952年成立地质部，下设水文地质、工程地质局，领导全国的水文地质、工程地质工作。

随着经济建设的不断发展，于1952年首先在北京地质学院和长春地质学院开设了水文地质及工程地质专业，随后又相继在各有关高校设立了工程地质专业。水文地质及工程地质的科学研究机构也在各个部门相应建立，并不断得到发展。

近年来，工程地质学得到很大的发展，突出表现在环境工程地质学科系统的逐渐形成。环境工程地质问题的研究，在国际上得到普遍的重视和快速发展，它的研究目的是保护环境，指导环境的合理开发，重点是研究人类工程建设对自然地质环境的影响及其变化的预测，论证环境保护、治理和评价开发方案的可行性，是工程地质学发展的新方向。海洋工程地质学，也是近年来随着石油及海底矿产开采以及港口工程建设而发展起来的。建筑材料工程地质、地下工程和地震工程地质等新的分支学科，也得到了迅速的发展。水利水电工程地质、铁路工程地质和矿山工程地质等传统学科，更趋于完善和成熟。在工程地质应用理论方面，如岩土体工程地质特性、工程地质学、动力工程地质学、建筑材料等，研究水平有很大的提高。

在大规模的工农业建设及与各种地质灾害的斗争中，我国的工程地质学逐渐形成具有自己特色的学科。为国民经济发展规划和工农业建设重点地区进行的区域工程地质和区域稳定性的研究，多年来进行了大量的、比较系统的工作，提出了我国区域工程地质学独特的学科体系。在工程地质学的理论方面，进行了大量卓有成效的探索性研究工作。例如，对岩体工程地质评价的岩体工程地质力学理论；在区域稳定性研究中，以活动构造体系为基础的研究观点和方法，以及以深断裂和板块理论为基础的研究观点和方法；软岩和土体工程地质研究中的微观结构和物理化学观点等各方面，提出了具有中国特色的理论和观点。

人类工程活动的范围和规模在不断地日益扩大，对工程地质学提出许多难度很大的新课题，如大型大坝地基和高边坡的岩体稳定问题，高地应力场地区大跨度地下洞室和深矿井的围岩稳定问题，高层建筑的软岩(土)地基处理和抗震问题，以及核电站、核防护所、地下油库、海底隧道、国防工程等特殊设施的地质问题。这些都促使工程地质学要不断地吸收有关学科的新理论和新方法，要与工程力学、岩土力学等相关学科密切结合。工程地质必须由“定性分析”向“定量计算”研究方向发展，把地质定性分析和数学力学定量计算有机地结合起来。要加强工程地质学基础理论和边缘课题的研究，广泛应用先进的勘探技术和新的试验设备，采取有效措施提高勘察质量。同时要加强多学科、多专业、多手段的综合研究。在解决各种工程地质问题的实践过程中，不断提高理论水平，丰富实际经验，以加速工程地质学科的更大发展。

3. 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与勘探工作，查明工程建筑地区的工程地质条件，对有利的地质因素和不良的地质现象做出正确的分析，针对影响建筑物安全的主要工程地质问题进行论证，预测工程建成后引起的环境工程地质问题，为工程建设的规划、选址、设计、施工与管理等各个阶段，提供可靠的工程地质资料。如果在工程建设中对工程地质工作重视不够，或工作粗糙，留下隐患，则会产生严重的后果。这方面的经验教训是值得我们深思

的。1882~1912年经历了32年挖掘而成的巴拿马运河,由于发生多次山崩和滑坡,又多花费了5年的时间,加挖土石方40%以上,停航损失达10亿美元。

据不完全统计,一百多年来,世界上仅水坝失事就发生了500多起,其中相当大的比例是由于地质原因造成的。在失事的重力坝中,由地质问题造成的占45%,洪水漫顶的占35%,其他水力及人为因素的占20%。意大利的瓦依昂(Waiont)拱坝,坝高265m,是当时世界上最高的双曲拱坝。此坝在修建过程中,不重视工程地质人员的多次建议,结果在1963年10月9日,水库右岸陡峭山坡的石灰岩层因蓄水后失稳,产生巨大的滑动崩塌,岩体崩入库中,1.5亿 m^3 的滑体滑入水库。同时,库水漫坝,顺流冲下,造成2400多人死亡的严重事故。法国南部瓦尔省莱茵河上的马尔帕塞(Mal Passet)水坝建于1952~1954年,1958年投入运营,坝高66.5m,是世界上最薄的拱坝之一。由于坝基和坝肩的片麻岩体裂隙发育,有的张开并充填黏土,并且岩体中夹有倾向下流的绢云母页岩,构成软弱滑动面。1959年12月2日,由于连日暴雨使水库水位猛涨,左岸拱座滑动破坏,坝体崩溃,洪流下泄,席卷数十公里。下游福瑞捷斯城被冲为废墟,附近铁路、公路、供电和供水线路几乎全部破坏,387人死亡,100余人失踪,约200户民居遭到损害。西班牙的蒙特哈水库,建成后库水从石灰岩溶洞中漏失,72m高的大坝耸立在干枯的河谷上。我国修建的水工建筑物,也有一些由于对地质条件缺乏周密的调查,设计方案没有充分的地质依据,就急于破土动工,结果碰到严重的地质问题。例如浙江黄坛口水电工程,在大坝开挖时才发现左岸坝肩是大滑坡体,坝头无法与坝肩坚硬岩体相接,不得不重新进行补充勘测,改变原设计方案。

我国建国初期修建的宝成铁路,限于20世纪50年代初期的设计水平,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我们留下了深刻教训。

工程地质勘察是工程设计和施工的基础工作。实践证明,没有高质量的工程地质勘察,就不可能制定与选择最优的设计和施工方案,就谈不上工程的经济与安全。工程技术人员只有具有扎实的工程地质知识,才能充分应用地质资料,正确分析主要工程地质问题,制定合理的规划和最优的设计方案,保证工程经济合理、施工顺利和运营安全。

4. 本课程的主要内容

根据本学科的研究对象与教学要求,本课程的主要内容可以分为以下几个方面:

(1) 土石的工程性质 地壳表层的土石,是建筑物的地基和重要的建筑材料,土石的工程地质性质直接影响地基的稳定性和土石材料质量的好坏。因此,土石性质是工程地质研究的基本内容。研究主要包括与建筑物有关的土石的矿物组成、结构构造以及主要的物理力学特性,并结合地质成因分析,阐明常见矿物岩石的简易识别方法,综合评价土石的工程地质特性。

(2) 地质构造与区域稳定性 对地质构造与区域稳定性问题的研究,是工程地质研究的主要内容之一,它包括地质构造的基本形态、主要特征及其在地质图上的表示和分析方法,研究与建筑物密切有关的断层、节理、破碎带及软弱夹层的力学特性和分布规律,研究地震活动性与区域稳定性等问题,这些都是直接影响建筑物地基岩体稳定的主要地质条件,甚至成为工程选址的决定因素。

(3) 地表水及地下水的地质作用 研究水流的地质作用、河谷地貌、沉积层的主要类型及工程地质特性;阐明地下水的埋藏条件、成因类型和运动规律;研究岩溶、滑坡、崩塌、岩石风化

等不良地质现象及作用过程。水流的地质作用和不良地质现象,往往直接危及建筑物的安全,常使工程建筑遭受破坏或严重影响工程效益。

(4)岩石及岩体的工程地质特性 研究岩体的结构特征,阐明岩体结构面和结构体的基本性质;分析岩石及岩体的力学特性及天然应力状态;着重研究岩体的软弱结构面和软弱夹层的成因、类型与力学强度特性;评述岩体的工程地质分类等。这部分是研究岩体稳定的理论基础,是分析建筑物地基、边坡、洞室围岩稳定的重要内容。

(5)各种工程地质问题 岩体(地基岩体、斜坡岩体、洞室岩体)稳定、渗透稳定、渗漏、岩溶、泥石流及地应力等问题是工程建设中主要的工程地质问题。岩石性质、地质构造、地下水、地表水及岩体结构等,既是工程地质的基础知识,又是决定工程地质问题的主要地质因素。分析研究各种地质条件,对岩体稳定和渗漏等工程地质问题做出合理评价。

5. 本课程的学习要求和方法

本课程为一门专业技术基础课。通过对本课程的学习,使学生获得工程地质方面的基础知识,初步了解分析地基、边坡和洞室围岩岩体稳定性及渗漏、岩溶、泥石流等工程地质问题的基本方法,为学生应用工程地质方法去分析、解决工程问题打好基础。为此,对学生学习本课程提出以下要求:

(1)能阅读一般地质资料,根据地质资料在野外辨认常见的岩石,了解其主要的工程性质;辨认基本的地质构造及明显的不良地质现象,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,根据工程地质勘察数据和资料,进行一般的工程地质问题分析并提出处理措施。

(3)把学到的地质及工程地质学知识和其他课程知识紧密结合起来,进行实际的工程设计与施工。

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,使学生掌握常见矿物和岩石的肉眼鉴定方法,了解各类岩石的形成条件;安排短期的野外地质实习,参观勘探现场,以帮助学生了解地貌、地质构造及岩土类别;有条件时最好结合已有的地质图或工程进行具体分析,培养学生阅读地质图和分析地质条件的能力。

引导学生寻找地质学与工程地质学中的规律性,避免死记硬背;加强多媒体教学,增加学生的感性认识,帮助学生尽快建立起地质学的有关概念;引起学生对地质学的重视和兴趣是教学的成功所在。

对不同专业学生在教学内容上可适当取舍,教学时间也可伸缩;有些内容可留给学生自学,有些内容可要求学生写读书报告。



思考与练习题

1. 名称解释:地质学、工程地质学、工程地质条件、工程地质问题。
2. 简述工程地质学的基本任务。
3. 简述工程地质学的发展概况。
4. 简述工程地质学的作用。

第1篇 地质学基础

地质作用

1.1 概 述

1.1.1 地球的形状

19 世纪后,人们认识到地球是一个两极扁平、赤道突出的椭球体。20 世纪 60 年代,两名英国大地测量学者根据 27 颗人造地球卫星速度变化资料,精确计算出地球的形状,表明地球实际上是一个梨状体(图 1-1),其北极外凸 18.9 m,南极内凹 25.8 m,赤道也不是圆形,长半径较短半径长 215 m。

按 1975 年第 16 届国际大地测量和地球物理协会的修订,有关地球的主要数据为:

- 赤道半径(a) 6 378.160 km, 扁平率 $(a-c)/a$ 1/298.257,
- 两极半径(c) 6 356.755 km, 表面积 $5.1007 \times 10^8 \text{ km}^2$,
- 平均半径 $(a^2c)^{1/3}$ 6 371.017 km, 体积 $1.0832 \times 10^{12} \text{ km}^3$ 。

地球的外形是内部状况的反映。地球为旋转椭球体(扁球体),显然是在地球的自转离心力作用下,物质从两极向赤道缓慢移动的结果。这一事实的存在,表明组成地球的物质具有一定的塑性。地球又与理想的旋转椭球体不符,质量增亏产生的应力,必须由内部某种不均匀性所平衡,或者表明地球内部存在大范围的物质对流。因此,目前还没有证据说明地球将保持梨形不变。

1.1.2 地球表面的形态特征

地球表面明显地分为海洋和大陆两部分,海洋占地球表面的 70.8%。大陆平均高出海平面 0.86 km,海底平均低于海平面 3.9 km。地表起伏不平,有高山、丘陵、平原、湖盆地和

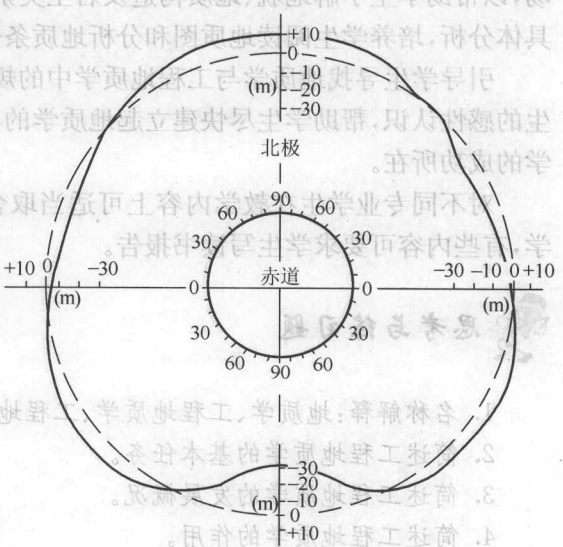


图 1-1 地球梨状体剖面(实线)与旋转椭球体剖面(虚线)的关系示意图

海盆地等。世界上最高的山峰为珠穆朗玛峰,峰顶岩面海拔高程为 8 844.43 m;最深的海沟为马里亚纳海沟,深 11 034 m,两者高差在 19 km 以上。

1. 大陆的地势特征

大陆上典型的地形单元为线状延伸的山脉和面状展布的平原、高原等。

海拔高于 500 m,地形起伏大于 200 m 的地区称为山地。一般海拔 500~1 000 m 者为低山,1 000~3 500 m 者为中山,大于 3 500 m 者为高山。除个别孤立的火山外,绝大多数山地呈线状延展,称为山脉。山脉主要是地壳运动使地表隆起的结果,是地壳活动性较大的地带。现代活动性较强,具有全球意义的山脉有两条:一是安第斯山脉—科迪勒拉山系,一是阿尔卑斯山脉—喜马拉雅山脉—横断山脉。

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。大面积平坦地形的出现表示这一地区内部是比较稳定的。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。

大陆上有一些宏伟的线状低地,这些地带是地球表面的巨型裂隙,地壳在这些地方被拉张而裂开,称为裂谷或大陆裂谷系。最著名的东非大裂谷为一系列的湖泊和峡谷,全长约 6 500 km。

丘陵为有一定起伏的低矮地区,一般海拔在 500 m 以下,相对高差在 50~200 m 之间。丘陵的特点介于山地和平原之间。

四周是高原或山地,中央低平的地区称为盆地。大陆上有些盆地很低,高程在海平面以下,这样的盆地称为洼地,如我国吐鲁番盆地中的艾丁湖湖水面在海平面以下 154 m,称为克鲁沁洼地。

2. 海底的地势特征

大量海洋考察证实,海底与大陆一样具有广阔的平原、高峻的山脉和深陡的裂谷,而且比大陆更为雄伟壮观。

海底的山脉泛称海岭,其中那些现在经常有地震、正在活动的海岭称为洋脊或洋中脊。洋脊在地形上为一系列平行的鱼鳍状山脉,两侧较低,中间较高,而且在中心部位常有一条巨大的裂谷。洋脊总宽度可达 1 000~2 000 km,高出深海底 2 000~4 000 m,各大洋都有分布,而且互相连接,全长近 65 000 km。

海底的长条形洼地,泛称海槽,其中较深且边坡较陡者称为海沟。海沟的深度一般超过 6 000 m,是地球表面最低的地段,也是规模仅次于洋脊的地形和地质单元。

大洋盆地是海底的主体,约占海底面积的 45%,由洋脊两侧向外展布,一般深 4 000~5 000 m。大洋盆地比较平坦,有一些低缓起伏,分深海丘陵和深海平原两种单元。

海洋中的岛屿有的是微型的大陆,如日本列岛;有的是被海水淹没的大陆露出水面的部分,如海南岛及许多大陆架上的岛屿;然而为数众多的还是大洋盆地中的火山岛,它们是大洋中的火山露出水面的部分。

大洋中还有许多比较孤立的水下山丘,称为海山。海山一般高度大于 1 000 m,多呈圆锥状,边坡较陡,峰顶区较小。有的海山顶部为较宽的平台,称平顶海山或盖约特(guyot),一般认为是被海水冲刷夷平的岛屿,因区域性海底下沉,没入水下而成的。

海洋边部的浅海,是被海水覆盖的大陆,这一部分海底称为大陆边缘。大陆边缘占海洋总面积的 15.3%,包括大陆架、大陆坡和大陆基。大陆架是围绕大陆分布的浅水台地,是大陆在

水下自然延伸的部分,平均坡度仅 $0^{\circ}07'$,平均宽度 $50\sim 70\text{ km}$ 。大陆架以外较陡的斜坡称大陆坡,其平均坡度为 4.3° ,平均宽度 28 km 。大陆坡与大洋盆地的过渡地带称大陆基或大陆麓。

1.1.3 地球的圈层构造

1. 地球的内圈层

了解地球的内部构造是一个非常困难的问题,因为人们对地球内部无法进行直接观察。世界上最深的矿山——南非兰德矿山,深度为 $3\ 600\text{ m}$,世界上最深的钻井——原苏联科拉半岛超深钻井已钻至大于 $13\ 000\text{ m}$ 的深度。即使这样,与地球的半径相比,也是微不足道的。因此,关于地球内部物质与构造的判断只有依靠间接信息。最重要的间接信息是地震波在地球内部的传播速度,它不仅是划分地球内部层圈的基础,也是判断地球内部物质的密度、温度、熔点、压力等物理性质的重要依据。此外,还可依靠陨石、地幔岩石学及高温高压实验等提供的信息,这些间接信息对于推断地球内部的物质成分也是至关重要的。

图 1-2 示出地震波在地球内部不同深度处的传播速度。波速的突变面称为波速不连续面或界面。从图上可以看出,在 33 km 和 $2\ 900\text{ km}$ 处存在两个一级界面。第一个界面称为莫霍洛维奇面,简称莫霍面或 M 面,它是南斯拉夫学者 A. 莫霍洛维奇契于 1909 年首先发现的。在此界面附近,地震纵波波速 v_p 由 7.6 km/s 突然增至 8.1 km/s 。第二个界面是美国学者古登堡 (B. Gutenberg) 于 1914 年发现的,称为古登堡面。在此界面处, S 波(横波)消失, P 波(纵波)波速突然由 13.64 km/s 下降到 8.1 km/s 。这两个界面把地球内部分为三个主要圈层:地壳、地幔和地核。

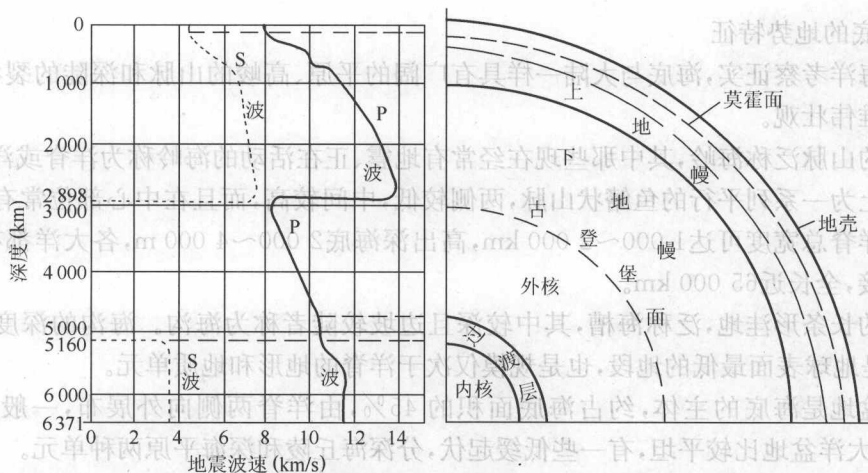


图 1-2 地球内部结构及地震波速分布

(1) 地壳 地壳是莫霍面以上部分,由固体岩石组成,厚度变化很大。大洋地壳较薄,仅有 $5\sim 10\text{ km}$;大陆地壳的平均厚度是 35 km ,在造山带和西藏高原处,其厚度达 $50\sim 70\text{ km}$;整个地壳平均厚度为 16 km 。地壳分上、下两层,上层为花岗岩层,又称硅铝层,是富含硅的岩浆岩。下层为玄武岩层,又称硅镁层,是富含铁、镁的岩浆岩,如大洋地壳广泛分布的玄武岩物质。地壳与地球半径相比仅 $1/400$,是地球表层极薄的一层硬壳,只有地球体积的 0.8% 。

(2) 地幔 地幔是介于莫霍面与古登堡面之间的部分,厚度约 $2\ 800\text{ km}$ 。根据地震波的变