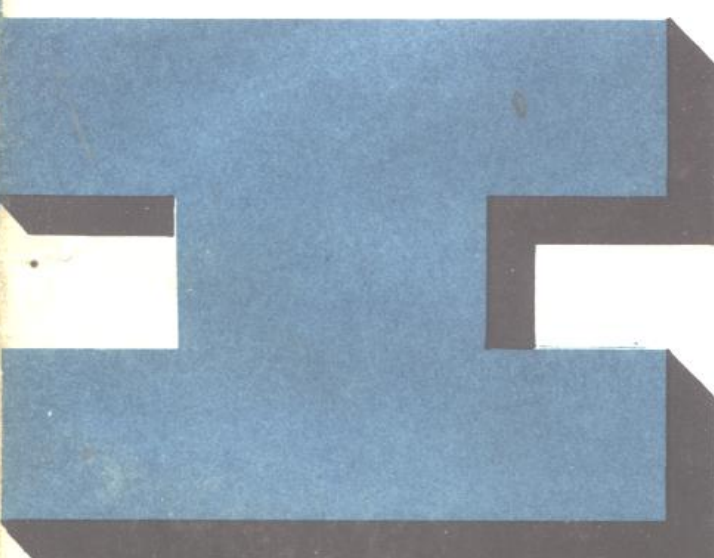


高等学校教材



工程地质学 概论

李智毅 杨裕云 主编

岩土工程地质研究

工程动力地质作用研究

工程地质勘察研究

北京)

中国地质大学出版社

高等学校教材

工程地质学概论

李智毅 杨裕云 主编

中国地质大学出版社

• (鄂)新登字第 12 号 •

内 容 简 介

本书是高等院校地质类非水文地质与工程地质专业用的教材。

全书分三篇,共十六章;并有附篇。第一篇为岩土工程地质性质研究;第二篇为工程动力地质作用研究;第三篇为工程地质勘察;附篇为岩土工程地质室内实验指导书。书中简明、系统地概括了工程地质学最基本的原理和方法,并引用了最近发布施行的有关规范和规程,实用性较强。

本书除可作为地质类非水文地质与工程地质专业本科生教科书外,还可作为水文地质与工程地质专业专科函授生和有关培训班的教材。

* * *

本书由王士天教授主审,经地质矿产部工程地质课程教学指导委员会于 1993 年 7 月委托部分课程指导委员会委员和有关专家审定,同意作为高等学校教材出版。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质学概论/李智毅 杨裕云主编. —武汉:中国地质大学出版社,1994

ISBN 7-5625-0951-4

I. I...

Ⅱ. ①李...②杨...

Ⅲ. 工程地质

Ⅳ. P642

出 版 中国地质大学出版社(武汉市·喻家山·邮政编码 430074)
责任编辑 贾晓青 责任校对 徐润英 版面设计 俞霓芬
印 刷 武汉测绘院地图印刷厂
发 行 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 531 千字
1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷 印数 1—5000 册

定价:11.65 元

前 言

近年来,各高等地质院校为了适应社会主义市场经济的需要,拓宽本科生毕业后的就业范围,各地质类非水文地质与工程地质专业(包括物探、探工专业)都相继开设了“工程地质概论”课程,但尚无一本正式出版的合适教材。为此,地质矿产部工程地质课程教学指导委员会在1989年召开的西安会议上,决定编写《工程地质学概论》,以作为高等地质院校各地质类专业学生学习工程地质学的正式教材。

本教材是按80学时授课内容编写的。全书分三篇,共十六章;并有附篇。第一篇为岩土工程地质性质研究;第二篇为工程动力地质作用研究;第三篇为工程地质勘察;附篇为岩土工程地质室内实验指导书。

本教材由中国地质大学李智毅和杨裕云任主编。分工如下:绪论、第七、八、十、十一章由李智毅编写;第一、二、三、四、十四章由长春地质学院李广杰编写;第五、六、十五章、附篇由中国地质大学刘佑荣编写;第九、十二章由杨裕云编写;第十三、十六章由中国地质大学余宏明编写。编写过程中,编者们在总结本人教学经验和1991年中国地质大学内部教材的基础上,参阅了各种版本的工程地质学教材和这一学科领域的最新研究成果,并搜集了最近颁布的有关规范和规程。力图做到体系结构严谨、合理,基本概念清楚、明确,且能深入浅出,易于本科生接受,使各地质类专业学生能在有限的学时内掌握工程地质学最基本的原理和方法,学以致用。

本教材初稿由地质矿产部工程地质课程教学指导委员会于1993年7、8月间,委托在成都的课程指导委员会委员和有关专家进行审查。王士天(主审)、张倬元、孔德坊、蒋爵光和刘汉超等各位教授对书稿提出了许多宝贵的修改意见。之后,编者做了认真的修改,最后由李智毅统一定稿。

编者谨向主审和参加审查的各位教授致以谢意,他们为提高本教材质量付出了辛勤劳动。

教材插图大部分由中国地质大学出版社张小玉、郑玲描绘和植字,中国地质大学的肖春香、杨红刚、余飞霞、孟庆辉帮助誊抄和校对,谨此致谢。

还要感谢中国地质大学和长春地质学院教材科的同志们,他们为本书的出版提供了不少帮助。

本书除作为本科生教材外,还可作为水文地质与工程地质专业专科函授生和工程地质培训班的教材。此外,可供从事工程地质勘察的科技人员和其他有关专业院校师生参考。

由于编者水平所限,书中会有缺点甚至错误,恳请读者批评指正。

编者

1994. 2

目 录

绪 论

一、工程地质学的研究对象和任务	(1)	三、工程地质学的发展历史	(3)
二、工程地质学的研究内容、分科及其与其他学科的关系	(2)	四、本书内容与学习方法	(4)

第一篇 岩土工程地质性质研究

第一章 土的物质组成与结构、构造

第一节 土的粒度成分	(6)		(11)
一、粒径和粒组划分	(6)	第三节 土中的水和气体	(12)
二、粒度成分的测定和表示方法	(7)	一、土中水的基本类型与特征	(12)
三、土按粒度成分的分类	(8)	二、土中的气体	(13)
第二节 土的矿物成分	(9)	第四节 土的结构和构造	(13)
一、土中矿物成分的类型	(9)	一、土的结构	(13)
二、矿物成分与粒度成分的关系	(10)	二、土的构造	(15)
三、粘土矿物的类型及其基本工程地质特征			

第二章 土的物理性质

第一节 土的基本物理性质	(17)	三、液性指数	(23)
一、土粒密度	(17)	四、塑性图及其对细粒土的分类	(23)
二、土的密度	(18)	第三节 细粒土的胀缩性和崩解性	(24)
三、土的含水性	(18)	一、细粒土的胀缩性	(24)
四、土的孔隙性	(19)	二、细粒土的崩解性	(25)
五、土的基本物理性质指标间的关系	(20)	第四节 土的透水性和毛细性	(26)
第二节 细粒土的稠度和可塑性	(21)	一、土的透水性	(26)
一、细粒土的稠度	(21)	二、土的毛细性	(28)
二、细粒土的可塑性	(22)		

第三章 土的力学性质

第一节 土的压缩性	(29)	四、土的前期固结压力	(32)
一、土压缩变形的特点与机理	(29)	第二节 土的抗剪性	(33)
二、压缩试验与压缩定律	(30)	一、土的直剪试验与库仑定律	(34)
三、土的变形模量(E_0)	(32)	二、三轴剪切试验	(35)

三、土的抗剪强度指标的确定	(36)	第三节 土的击实性	(37)
---------------------	------	-----------------	------

第四章 各类土的工程地质特征

第一节 一般土的工程地质特征	(39)	一、淤泥类土	(41)
一、砾类土	(40)	二、黄土	(43)
二、砂类土	(40)	三、膨胀土	(49)
三、细粒土	(40)	四、红粘土	(50)
第二节 几种特殊土的工程地质特征	(41)		

第五章 岩石的工程地质性质

第一节 岩石与土工程地质性质的差别	(53)	六、岩石的透水性	(57)
第二节 岩石的物理性质	(54)	七、岩石的热学性	(57)
一、岩石的密度	(54)	第三节 岩石的力学性质	(59)
二、岩石的空隙性	(55)	一、单向受压条件下的岩石变形	(59)
三、岩石的吸水性	(55)	二、单向受力条件下的岩石强度	(63)
四、岩石的软化性	(56)	三、三向应力条件下的岩石变形与强度	(66)
五、岩石的抗冻性	(56)	四、岩石的蠕变特性	(67)

第六章 岩体的工程地质性质及岩体工程分类

第一节 岩体的结构特征	(69)	一、岩体的变形性质	(75)
一、结构面的类型	(69)	二、岩体的强度性质	(79)
二、结构面特征及其对岩体力学性质的影响	(71)	第三节 岩体的工程分类	(85)
三、软弱夹层	(74)	一、RQD 分类	(85)
四、结构体特征	(74)	二、节理岩体的 CSIR 分类	(85)
五、岩体的结构类型划分	(74)	三、巴顿岩体质量(Q)分类	(86)
第二节 岩体的力学性质	(75)	四、岩体质量指标(RMQ)分类	(87)
		第四节 风化岩体的工程地质特征	(88)

第二篇 工程动力地质作用研究

第七章 活断层和地震工程地质研究

第一节 概述	(90)	二、地震的震级和烈度	(101)
第二节 活断层	(90)	三、我国地震的分布及地震地质的基本特征	(104)
一、活断层的概念及研究意义	(90)	四、地震效应	(105)
二、活断层的基本特征	(91)	五、场地工程地质条件对震害的影响	(108)
三、活断层参数的定量研究	(92)	六、地震区抗震设计原则和建筑物防震、抗震措施	(110)
四、活断层的鉴别	(95)	第四节 诱发地震	(110)
五、活断层区的建筑原则	(96)		
第三节 地震	(96)		
一、地震地质及地震波基础	(96)		

第八章 斜坡变形破坏工程地质研究

第一节 概述	(114)	二、岩体结构及地质构造	(127)
第二节 斜坡中的应力分布特征	(115)	三、地形地貌条件	(128)
一、斜坡中应力状态的变化	(115)	四、水的作用	(128)
二、影响斜坡应力分布的因素	(116)	五、地震	(129)
第三节 斜坡变形破坏的类型	(117)	第七节 斜坡稳定性评价方法	(129)
一、斜坡变形	(117)	一、自然历史分析法	(129)
二、斜坡破坏	(118)	二、力学计算法	(130)
第四节 崩塌	(118)	三、图解法	(134)
一、崩塌的形成条件	(118)	四、工程地质类比法	(137)
二、崩塌的运动学特征	(119)	第八节 滑坡的预测预报	(141)
第五节 滑坡	(121)	一、滑坡预测	(141)
一、滑坡的形态要素	(121)	二、滑坡预报	(142)
二、滑坡的识别	(122)	第九节 斜坡变形破坏的防治	(143)
三、滑坡活动的阶段性	(124)	一、支挡工程	(143)
四、滑坡分类	(124)	二、排水	(144)
第六节 影响斜坡稳定性的因素	(126)	三、减荷反压	(145)
一、岩土类型和性质	(126)	四、其他措施	(145)

第九章 岩溶工程地质研究

第一节 概述	(147)	五、新构造运动的影响	(154)
第二节 碳酸盐岩的溶蚀机理	(147)	第四节 岩溶区水库渗漏问题	(155)
一、碳酸盐岩的溶蚀过程	(148)	一、渗漏的型式	(156)
二、混合溶蚀效应	(148)	二、影响水库渗漏的因素	(156)
三、其他离子的作用	(149)	三、岩溶渗漏的防治	(160)
第三节 影响岩溶发育的因素	(150)	第五节 岩溶地基稳定问题	(161)
一、碳酸盐岩岩性的影响	(150)	一、岩溶地基变形破坏的主要形式	(161)
二、气候的影响	(151)	二、地表塌陷的成因及分布特征	(162)
三、地形地貌的影响	(152)	三、岩溶地基稳定性评价	(163)
四、地质构造的影响	(152)	四、岩溶地基的处理措施	(164)

第十章 渗透变形工程地质研究

第一节 概述	(165)	第四节 渗透变形的预测	(171)
第二节 渗透变形的类型与特点	(166)	一、判定渗透变形的可能性及类型	(171)
一、潜蚀	(166)	二、确定坝基各点的实际水力梯度	(171)
二、流土	(167)	三、确定临界水力梯度和允许水力梯度	(173)
第三节 渗透变形产生的条件	(167)	第五节 渗透变形的防治	(174)
一、渗流的动水压力及临界水力梯度	(167)	一、建筑物基坑及地下巷道施工时流沙的	
二、土的抗渗强度——结构特性	(168)		

防治措施	(174)	三、土石坝防治渗透变形的措施	(174)
二、汲水井防止管涌的措施	(174)		

第十一章 泥石流工程地质研究

第一节 概述	(176)	三、泥石流的流态	(179)
第二节 泥石流的形成条件	(177)	四、泥石流的直进性	(180)
一、地形条件	(177)	五、泥石流的脉动性	(180)
二、地质条件	(177)	第四节 泥石流分类	(181)
三、气象水文条件	(178)	一、按泥石流流域形态分类	(181)
第三节 泥石流特征	(178)	二、按泥石流物质组成分类	(181)
一、泥石流的密度	(178)	三、按泥石流流体性质分类	(181)
二、泥石流的结构	(179)	第五节 泥石流的防治措施	(182)

第十二章 河流侵蚀和淤积的工程地质研究

第一节 概述	(185)	一、山区河流的侵淤特征	(191)
第二节 河流的动力学特征	(185)	二、平原河流的侵淤特征	(191)
一、河流的紊流特征	(185)	第五节 与河流侵淤作用有关的工程地质	
二、横向环流	(186)	问题	(192)
第三节 岩土临界流速及河床的稳定性		一、与河流淤积有关的工程地质问题	(192)
.....	(188)	二、与河流侵蚀有关的工程地质问题	(193)
一、临界流速	(188)	第六节 河流的开发与整治	(194)
二、河床的稳定性	(190)	一、河流的全面开发治理	(195)
第四节 山区和平原河流侵淤作用的某些		二、河流的局部整治	(195)
特征	(191)		

第三篇 工程地质勘察

第十三章 工程地质勘察方法

第一节 工程地质勘察的一般要求	(197)	第四节 工程地质野外试验	(208)
第二节 工程地质测绘	(199)	一、载荷试验	(208)
一、概述	(199)	二、钻孔旁压试验	(210)
二、工程地质测绘研究内容	(199)	三、触探试验	(211)
三、工程地质测绘范围、比例尺和精度	(200)	四、十字板剪力试验	(214)
四、工程地质测绘方法要点	(201)	五、岩体原位直剪试验	(215)
第三节 工程地质勘探	(202)	六、钻孔压水试验	(216)
一、概述	(202)	第五节 工程地质长期观测	(217)
二、工程地质物探	(202)	第六节 勘察资料内业整理	(218)
三、工程地质钻探	(204)	一、工程地质图	(218)
四、工程地质坑探	(206)	二、工程地质报告书	(221)
五、勘探布置的一般原则	(208)		

第十四章 工业与民用建筑工程地质勘察

第一节 概述	(222)	一、单桩承载力的确定	(240)
一、地基、基础的概念	(222)	二、群桩承载力	(241)
二、工业与民用建筑的主要工程地质问题	(223)	第六节 地基处理措施	(242)
第二节 地基中应力分布	(224)	一、机械压实法	(242)
一、自重应力	(224)	二、换土垫层法	(243)
二、基底压力	(225)	三、堆载预压法	(243)
三、地基中的附加应力	(226)	四、砂桩挤密法	(243)
第三节 地基变形及沉降预测	(229)	五、高压旋喷法及化学加固法	(244)
一、地基最终沉降量的计算	(230)	第七节 工业与民用建筑工程地质勘察要点	(244)
二、地基沉降与时间关系	(233)	一、选址(可行性研究)阶段的工程地质勘察	(245)
第四节 地基强度及承载力确定	(234)	二、初勘阶段的工程地质勘察	(245)
一、地基承载力的含义	(234)	三、详勘阶段的工程地质勘察	(246)
二、地基承载力的确定方法	(234)	四、施工阶段的工程地质勘察	(246)
第五节 桩基工程地质论证	(239)		

第十五章 地下建筑工程地质勘察

第一节 概述	(247)	第六节 地下采空区围岩变形破坏形成的地面塌陷	(260)
第二节 地下建筑围岩应力分布	(247)	第七节 地下建筑围岩稳定性因素分析及位址选择的工程地质论证	(261)
一、岩体中的天然应力	(247)	一、围岩稳定性因素分析	(261)
二、围岩内的重分布应力	(247)	二、位址选择的工程地质论证	(262)
第三节 地下建筑围岩的变形与破坏	(252)	第八节 地下建筑围岩分类	(263)
一、坚硬块状岩体	(252)	第九节 地下建筑施工方法与支衬结构设计的工程地质论证	(266)
二、层状岩体	(253)	一、常规施工方法与支衬结构	(266)
三、碎裂岩体	(253)	二、新奥法施工方法及支衬结构设计简介	(267)
四、松软岩体	(254)	第十节 地下建筑工程地质勘察要点	(272)
第四节 地下建筑围岩压力	(255)	一、可行性研究阶段工程地质勘察	(272)
一、基本概念	(255)	二、初步设计阶段工程地质勘察	(273)
二、松动围岩压力的确定方法	(255)	三、技术施工设计阶段工程地质勘察	(273)
第五节 有压隧洞的围岩抗力及上覆岩层的最小厚度问题	(258)		
一、围岩抗力系数的确定	(258)		
二、上覆岩层最小厚度的确定	(260)		

第十六章 水利水电工程地质勘察

第一节 概述	(274)	二、坝区渗漏及对坝基稳定性的影响	(277)
第二节 水坝工程地质	(275)	三、坝基(肩)抗滑稳定性问题	(283)
一、各类水坝的特点及其对工程地质条件的要求	(275)	四、坝址选择工程地质论证	(291)
		第三节 水库工程地质	(293)

一、水库基本特征及主要工程地质问题	(293)
二、水库渗漏问题	(294)
三、库岸稳定性问题	(294)
四、水库浸没问题	(297)
五、水库淤积问题	(298)

第四节 水利水电工程地质勘察要点	(298)
一、规划阶段工程地质勘察	(298)
二、可行性研究阶段工程地质勘察	(299)
三、初步设计阶段工程地质勘察	(300)
四、技术施工设计阶段工程地质勘察	(301)

附篇 岩土工程地质室内实验指导书

实验一 测定砂类土的粒度成分(筛分法)	(302)
实验二 测定细粒土的粒度成分(密度计法)	(303)
实验三 测定土的颗粒密度(比重瓶法)	(306)
实验四 测定土的密度(环刀法、蜡封法)	(307)
实验五 测定土的含水率(烘干法)	(309)
实验六 测定细粒土的液限(锥式液限仪 法、碟式液限仪法)	(310)
实验七 测定细粒土的塑限(搓条法)	(311)

实验八 测定土的压缩性指标	(312)
实验九 测定土的抗剪强度指标(直接剪切 试验法)	(313)
实验十 测定岩石的静力变形参数(电阻应 变仪法)	(315)
实验十一 测定岩石的单轴抗压强度	(317)
实验十二 测定岩石的抗拉强度(劈裂法)	(318)
实验十三 测定岩石的剪切强度指标(变角 板法)	(319)
主要参考文献	(321)

绪 论

一、工程地质学的研究对象和任务

工程地质学是地质学的分支学科,又是工程与技术科学基础学科的分支学科。它是工程科学与地质科学相互渗透、交叉而形成的一门边缘科学,从事人类工程活动与地质环境相互关系的研究,是服务于工程建设的应用科学。

人类工程活动与地质环境间的相互关系,首先表现为地质环境对工程活动的制约作用。地球上现有的工程建筑物,都建造于地壳表层一定的地质环境中。地质环境包括地壳表层以及深部的地质条件,它们以一定的作用方式影响工程建筑物。例如,地球内部构造活动导致的强烈地震,顷刻间可使较大地域内的各种建筑物和人类生命财产遭受毁灭性的损失;地壳表面的软弱土体不适应于某些工业与民用建筑物荷载的要求,需进行专门的地基处理;地质时期内形成的岩溶洞穴因严重渗漏,造成水库和水电站不能正常发挥效益,甚至完全丧失功能;大规模的崩塌、滑坡,因难于治理而使铁路改线;等等。各种制约作用,归结起来是从安全、经济和正常使用三个方面影响工程建筑物的。因此,工程地质工程师必须要很好地研究建筑场址的地质环境,尤其是对工程建筑物有严重制约作用的地质作用和现象一定要进行详细、深入地研究。

人类的各种工程活动,又会反馈作用于地质环境,使自然地质条件发生变化,影响建筑物的稳定和正常使用,甚至威胁到人类的生活和生存环境。例如,滨海城市大量抽汲地下水所引起的地面沉降,造成海水入侵、市政交通设施破坏和丧失效用、地下水质恶化等;大型水库的兴建,使河流上、下游大范围内水文和水文地质条件发生变化,引起库岸再造、库周浸没、库区淤积、诱发地震等问题,甚至使生态环境恶化。工程地质工程师应充分预计到一项工程的兴建,尤其是重大工程兴建对地质环境的影响,以便采取相应的对策。

由此可见,人类的工程活动与地质环境之间,处于相互联系、又相互制约的矛盾之中。研究地质环境与人类工程活动之间的关系,促使两者之间的矛盾转化和解决,就成了工程地质学的基本任务。

工程地质学为工程建设服务,是通过工程地质勘察来实现的。勘察所取得的各项地质资料和数据,提供给规划、设计、施工和使用部门使用。具体地说,工程地质勘察的主要任务是:

- (1) 阐明建筑地区的工程地质条件,并指出对建筑物有利的和不利的因素;
- (2) 论证建筑物所存在的工程地质问题,进行定性和定量的评价,作出确切结论;
- (3) 选择地质条件优良的建筑场地,并根据场地工程地质条件对建筑物配置提出建议;
- (4) 研究工程建筑物兴建后对地质环境的影响,预测其发展演化趋势,提出利用和保护地质环境的对策和措施;
- (5) 根据所选定地点的工程地质条件和存在的工程地质问题,提出有关建筑物类型、规模、结构和施工方法的合理建议,以及保证建筑物正常施工和使用所应注意的地质要求;
- (6) 为拟定改善和防治不良地质作用的措施方案提供地质依据。

工程地质工程师只有与工程规划、设计和施工工程师密切配合、协同工作,才能圆满地完成上述各项任务。

由上述任务可见,明确工程地质条件和工程地质问题的含义以及它们之间的关系是很有必要的。

工程地质条件指的是与工程建设有关的地质因素的综合,或是工程建筑物所在地质环境的各项因素。这些因素包括岩土类型及其工程性质、地质构造、地貌、水文地质、工程动力地质作用和天然建筑材料等方面。它是一个综合概念,其中的某一项因素不能概括为工程地质条件,而只是工程地质条件的某一因素。工程地质条件直接影响到工程建筑物的安全、经济和正常使用。所以兴建任何类型的建筑物,首先就要查明建筑场地的工程地质条件,它是工程地质勘察的基本任务。由于不同地区的地质环境不尽相同,因此对工程建筑物有影响的地质因素主次也不同,工程地质工程师应对当地的工程地质条件进行具体分析,明确主次,并进一步指出对工程建筑物有利的和不利的方面。工程地质条件是在自然地质历史发展演化过程中形成的,因此必须采用自然历史分析方法去研究它。

工程地质问题指的是工程地质条件与工程建筑物之间所存在的矛盾或问题。工程地质条件是自然界客观存在的,它能否适应工程建设的需要,则一定要联系到工程建筑物的类型、结构和规模。优良的工程地质条件能适应建筑物的要求,对它的安全、经济和正常使用方面不会造成影响或损害。但是,工程地质条件往往有一定的缺陷,对建筑物产生某种影响,甚至造成灾难性的后果。因此,一定要将工程地质条件和建筑物这矛盾着的两个方面联系起来进行分析。不同类型、结构和规模的工程建筑物,由于工作方式和对地质体的负荷不同,对地质环境的要求是不同的。所以,工程地质问题是复杂多样的。例如,工业与民用建筑的主要工程地质问题是地基承载力和变形问题;地下洞室的主要工程地质问题是围岩稳定性问题;露天采矿场的主要工程地质问题是采坑边坡的稳定性问题。而水利水电建设中的工程地质问题更为复杂多样。例如,坝基渗漏和渗透稳定性是土石坝主要的工程地质问题;坝基抗滑稳定和坝座抗滑稳定则分别是重力坝和拱坝的主要工程地质问题;还有水库渗漏、库周浸没、库岸再造以及船闸边坡稳定和渠系工程的渗漏和稳定问题;等等。工程地质问题的分析、评价,是工程地质勘察工作的核心任务。对每一项工程的主要工程地质问题,必须作出定性的或定量的确切结论。

近数十年来,国内外一些工程建设项目由于未查清建筑场区的工程地质条件,对工程地质问题分析、评价不够确切或结论有误,以致造成不良影响或严重后果,见诸于报道的事例较多,应引起初学者们的注意。

二、工程地质学的研究内容、分科及其与其他学科的关系

工程地质学研究的内容是多方面的,完整的工程地质学科体系,应从如下几方面进行研究,由此也就形成了它的分支学科。

(1)岩土工程地质性质的研究。建造于地壳表层的任何类型建筑物,总是离不开岩土体的,作为建筑物地基或环境的岩土体,其成因类型和性质对建筑物的意义重大,是人类工程活动与地质环境相互联系和制约的基本要素。无论是分析工程地质条件,或是评价工程地质问题,首先要对岩土的工程性质进行研究。研究岩土的分布规律和成因类型,它的工程性质和形成、变化规律,各项参数的测试技术和方法以及对其不良性质进行改善、补强等方面的内容。是由“工程岩土学”这一分支学科来进行的。

(2)工程动力地质作用的研究。作为工程地质条件要素之一的工程动力地质作用,包括地球的内力和外力成因的,还有人类工程、经济活动所产生的各种作用,往往制约着建筑物的稳定性、造价和正常使用。研究工程动力地质作用(现象)的分布、规模、形成机制、发展演化规律,所产生的不良地质问题,对之进行分析、评价以及提出有效的防治对策和措施等,是由“工程动力地质学”这一分支学科来进行的。

(3)工程地质勘察理论和技术方法的研究。工程地质学服务于工程建设的具体工作就是要进行工程地质勘察。正如前面所提及的,工程地质勘察的主要目的,就是为工程建筑物的规划、设计、施工和使用,提供所需的地质资料和各项数据。由于不同类型、结构和规模的建筑物,对工程地质条件的要求以及所产生的工程地质问题不同,因而勘察方法的选择、勘察方案的布置以及工作量使用等也都不尽相同。为了做好勘察工作,就要在查明建筑场区工程地质条件的基础上,对可能产生的主要工程地质问题进行确切的分析、评价。为了保证工程地质勘察的质量和精度,应该制定适用于不同类型工程建筑的勘察规范或手册,作为工程勘察的指导性文件。当前,我国有关部门已经编制出或正在编制国家标准的各类建筑工程的勘察规范或规程;并注意和推广新颖的勘察理论和技术方法。有关这方面的研究,是由“专门工程地质学”这一分支学科来进行的。

(4)区域工程地质的研究。不同地域的自然地质条件不同,因而工程地质条件和工程地质问题也有明显的区域性分布规律和特点。为了国土资源开发利用和工程建设布局的优化,就必须研究不同地域工程地质条件的形成和分布规律,进行区划。我国国土面积广大,自然地质条件复杂,因此开展这方面的研究更显重要。“区域工程地质学”即为这方面研究的分支学科。

(5)环境工程地质的研究。这是现代工程地质学研究的热点。由于人类工程、经济活动对地质环境的反馈作用日趋广泛和深刻,使地质环境恶化,甚至地质灾害频发,严重威胁着人类的生存和生活。为了合理开发利用和保护地质环境,要建立起地质环境与人类活动之间的理论模式关系,科学地预测由于人类活动对地质环境的负影响以及它的区域性变化。尤其在大型水利水电工程、城市建设和矿产开发等方面要大力开展环境工程地质研究。所以,“环境工程地质学”已成为工程地质学的新兴分支学科。

工程地质学所涉及的知识范围是很广泛的,它必须要以许多学科的知识作为自己的理论基础和方法、手段。它与地质学的各分支学科以及其他多种学科相联系。

地质学的分支学科:动力地质学、矿物学、岩石学、构造地质学、地层学、第四纪地质学、地貌学和水文地质学等,都是工程地质学的地质基础学科。没有上述各地质学科的知识,是不可能进行工程地质研究的。例如,研究岩土工程地质性质时,就必须具备矿物学和岩石学的知识。研究各种工程动力地质作用和现象,更需要多种地质分支学科的理论和方法作为其基础。

为了确切地研究一些不良地质现象的形成机制和定量评价工程地质问题,工程地质学要以数学、物理学、化学、力学等学科知识作为它的基础。尤其是属于物理学的力学学科的工程力学、弹塑性力学、结构力学、土力学和岩体力学等,与工程地质学的关系十分密切。工程地质学中的大量计算问题,实际上也就是土力学和岩体力学的课题;土力学和岩体力学是进行工程地质问题定量评价的左右手。因此,在广义的工程地质学概念中,甚至将土力学和岩体力学也包含在内。

此外,工程地质学还与工程应用技术科学、环境科学、工程科学等有关。如水利水电建筑学、工业与民用建筑学、气象学、水文及水测验学、电子计算机技术、地球物理勘探学、钻探学等与之联系均较密切。

三、工程地质学的发展历史

人类在远古时代,就懂得利用优良的地质条件兴建各类建筑工程。但是,工程地质学在国际上成为地质学的一门独立分支学科,则仅有 60 多年的历史。

本世纪 30 年代初,原苏联开展大规模的国民经济建设,促使了工程地质学的萌生。1932

年在莫斯科地质勘探学院成立了由 Ф. Л. 萨瓦连斯基领导的工程地质教研室,培养工程地质专业人才,并奠定了工程地质学的理论基础。此时,欧美和日本等国家,在进行水利工程和土木工程建筑中,也都开展了工程地质工作,但它是附属于建筑工程中的,主要从事一般地质构造和地质作用与工程建设关系的研究。有关岩土工程地质性质和力学问题的研究,则是由土质学、土力学和岩石力学等学科承担的。

工程地质学经过数十年的发展,学科体系逐渐完善,已形成为有多个分支学科的综合性学科。

为了促进工程地质科学的发展和便于各国学者的学术交流,于1968年在第23届国际地质大会上成立了国际地质学会工程地质分会,后改名为国际工程地质协会(IAEG)。该协会下设了多个专业委员会,并定期进行学术交流,办有会刊。至今已召开了六届国际工程地质大会。每届大会所交流的学术论文内容非常广泛,有各类岩土体工程地质性质研究;地基、边坡和地下工程岩土体稳定有关的工程地质问题研究;环境规划和城市区的工程地质勘察研究;以及各类重大工程兴建的环境地质问题研究;等等。此外,还有地热工程与核废料处理有关的工程地质研究等课题。各国工程地质学家与土力学家、岩石力学家,在对各种工程岩土体稳定性分析和评价过程中紧密协作配合,并于1975年成立了国际工程地质协会、国际岩石力学学会和国际土力学及基础工程学会这三个学会的秘书长联席会议,以期成立综合性的国际学术团体。此外,工程地质与岩土工程这两个学科之间的关系,也是当前国际工程地质界所关注的。两者既保持学科本身的特色,又能互相协作,取长补短,共同为工程建设做好基础性工作。

我国的工程地质学是在新中国成立后才发展起来的。50年代初由于经济和国防建设的需要,地质部成立了水文地质工程地质局和相应的研究机构,在地质院校中设置水文地质工程地质专业,培养专门人才。当时一些重大工程项目,如三门峡水库、武汉长江大桥、新安江水电站等,都进行了较详细的工程地质勘察。随之,城建、冶金、水电、铁道、机械、化工、国防等部门也相继成立了勘察和研究机构,在院校中设立有关专业。40余年来,我国在水利水电、铁路桥梁、城市规划、工业与民用建筑、矿山工程、大型地下开拓工程和国防工程等方面进行了大量工程地质工作,为工程的规划、设计、施工和正常运行提供较充分的地质依据。这不但保证了工程建设的顺利进行,而且丰富了工程地质学的理论宝库。

为了更好地促进我国工程地质学科的发展,加强学术交流,于1979年11月成立了中国地质学会工程地质专业委员会,并召开了我国首届工程地质大会。至今已召开了四届大会和多次专题性学术讨论会。为了迎接本世纪90年代国际减灾10年的活动,于1989年成立了全国地质灾害研究会,并办有专门的学报。这个全国性学术组织以工程地质学家为主体,专门从事地质灾害的形成机制、时空分布规律、预测预报、防治对策和措施等方面的研究。当前,我国工程地质界在能源和矿产资源开发、沿海经济开发区和城市环境工程地质、地质灾害预测预报、工程地质图集编制、测试技术理论和方法等方面,开展了较广泛而深入的研究,取得了丰硕的成果。

工程地质学作为一门独立的科学体系还在不断充实、完善,当前又开辟了矿山工程地质、地震工程地质和海洋工程地质等新的研究领域。此外,工程地质学还引进新兴学科,如信息论、系统论、耗散结构理论、灰色理论等理论和方法,使之更有效地服务于工程建设。

四、本书内容与学习方法

本书是为地质类非水文地质与工程地质专业学生开设的综合性工程地质课而编写的教

材。教材内容包括岩土工程地质性质研究、工程动力地质作用研究和工程地质勘察三大篇,另有一室内工程地质试验的附篇。

第一篇岩土工程地质性质研究。讨论岩土成因类型、岩石矿物学特征、组成成分、结构和构造,它们的物理性质和力学性质,岩土工程分类,以及不良性质的改善与处理等。

第二篇工程动力地质作用研究。讨论与工程建设关系较密切的工程动力地质作用,它们的形成机制、发展演化规律、时空分布特点,可能产生的工程地质问题以及防治措施等。

第三篇工程地质勘察。讨论工程地质勘察的各种方法和手段的原理、适用条件,工业与民用建筑、地下建筑和水利水电工程对地质条件的要求,主要工程地质问题的分析论证,以及工程地质勘察工作布置原则、工作量安排,各勘察阶段所要求的地质成果。

附篇室内工程地质试验。为土和岩石室内主要的物理物质和力学性质试验的原理、仪器设备、操作步骤和成果要求。

本书编写的宗旨,是为了使地质类非水文地质与工程地质专业的学生能掌握工程地质学最基本的原理与方法,并力求实用。考虑到授课学时的限制和各专业的特点,可选择内容有重点地学习。学生在学习过程中,切忌生吞活剥,死记硬背,主要应掌握分析研究问题的思路和方法,以便在以后的实际工作中用以解决所遇到的问题。

第一篇 岩土工程地质性质研究

第一章 土的物质组成与结构、构造

土是地壳表面最主要的组成物质,是岩石圈表层在漫长的地质年代里,经受各种复杂的地质作用所形成的松软物质。分布在我国大部分地区的土形成于新第三纪或第四纪时期,其成因类型、物质组成和结构、构造不同,因而具有不同的工程地质性质。

土是由固体颗粒以及颗粒间孔隙中的水和气体组成的,是一个多相、分散、多孔的系统。一般可把土看作为三相体系,包括固体相、液体相和气体相。固体相又称土粒,由大小不等、形状不同、成分不一的矿物颗粒或岩屑所组成,构成为土的主体。液体相即是孔隙中的水溶液,它部分或全部地充填于粒间孔隙内。气体相指的是土中的空气及其他气体,它占据着未被水充填的那部分孔隙。三者相互联系,经过复杂的物理化学作用,共同制约着土的工程地质性质。

一般情况下土具有成层的特征。同一层内土的物质组成和结构、构造基本一致,工程地质性质亦大体相同,这就是我们常称的“土层”。随着工程地质工作的深入,为了更明确地论证工程地质问题和评价建筑条件,有些学者提出了“土体”的概念。强调土体不是由单一而均匀的土组成的,而是由性质各异、厚薄不等的若干土层,以特定的上、下次序组合在一起。因而土体不是简单的土层组合,而是与工程建筑的安全、经济和正常使用有关的土层组合体。一旦土层的厚度、性质和层次发生变化,土体的建筑性能也随之改变。由此可见,相对于土层来说,土体是一个宏观的概念;它一般是多层土层的组合体,但也可以是单一土层的均质土体。在前一种情况下,土体的性质不等于某一土层的性质,也不等于各种土层性质的简单叠加,而是相互作用和影响的有机整体。“土体”概念的提出,对论证建筑物的工程地质问题和确切的工程地质评价是至关重要的。

第一节 土的粒度成分

一、粒径和粒组划分

土颗粒的大小以其直径来表示,称为“粒径”,其单位一般采用毫米。由于自然界中的土粒并非理想的球体,通常为椭球状和针片状、棱角状等不规则形状,因此粒径只是一个相对的、近似的概念,应理解为土粒的等效直径。

自然界中土颗粒直径大小相差十分悬殊,大者可达数千毫米以上,小者可小于万分之一毫米。随着粒径的变化,土粒的成分和性质也逐渐发生变化。如粗大的漂石和卵石,一般都是由原生矿物组成的岩石碎块,强度高、压缩性低、透水性强;而细小的粘粒,则几乎都由风化次生矿物组成,具可塑性,强度低、压缩性高、透水性弱。但是,当土粒的粒径在某一大小范围内变化

时,土的成分和性质差别不大,可以认为具有大致相同的成分和相似的性质。为了便于研究土中各粒径土粒的相对含量及其与土的工程地质性质关系,将自然界中土粒直径变化范围划分成几个区段,每个区段中包括的土粒成分相近,性质相似。这样划分的粒径在一定区段内,成分及性质相似的土粒组别,即称为“粒组”或“粒级”。

具体制定粒组划分方案时,在考虑到土粒性质和成分随粒径大小变化的前提下,还应与目前粒度分析试验的技术水平相适应。同时要考虑到使用的方便性。目前我国制定的粒组划分方案是 1990 年颁布的国家标准《土的分类标准》(GBJ145-90)中的粒组划分表(表 1-1)。

表 1-1 粒组划分表

粒 组 统 称	粒 组 名 称		粒径(d)范围(mm)
巨 粒	漂石(块石)粒		$d>200$
	卵石(碎石)粒		$200\geq d>60$
粗 粒	砾 粒	粗 砾	$60\geq d>20$
		细 砾	$20\geq d>2$
	砂 粒		$2\geq d>0.075$
细 粒	粉 粒		$0.075\geq d>0.005$
	粘 粒		$0.005\geq d$

二、粒度成分的测定和表示方法

土的粒度成分是指土中各个粒组的相对百分含量,通常用各粒组占土粒总质量的百分数表示。它是通过土的颗粒分析试验测定的。通过颗粒分析可以进行土的粒度成分分类,并可大致地判别土的工程地质性质等。目前,颗粒分析的方法可分为筛分析方法和静水沉降方法两大类。筛分析方法适用于砂粒以上较粗的颗粒,静水沉降方法适用于粉粒以下较细的颗粒。筛分析方法是 将风干、分散的代表性土样通过一套孔径不同的标准筛,称出留在各筛子上的颗粒质量,即可求得各个粒组的相对百分含量。我国目前采用的标准筛的最小孔径有的用 0.1mm,有的用 0.075mm。静水沉降方法主要有密度计法和移液管法,其次还有双洗法和虹吸比重瓶法。这些方法都是先将土样浸泡在纯水中制成悬液,然后根据不同粒径在静水中沉降速度不同的原理,测定各粒组的百分含量。关于颗粒分析试验的具体细节将在附篇中介绍,这里不再叙述。

为了使颗粒分析结果便于利用和容易看出规律性,需要对颗粒分析的资料加以整理,并用较好的方法表示出来。目前,通常采用表格法和图解法来表示颗粒分析成果。

表格法是利用列表的方法来表示颗粒分析的成果(见表 1-2)。该方法可以很清楚地用数量说明各粒组的相对含量,用于粒度成分分类十分方便,但对于大量土样之间的对比有困难。

表 1-2 土的粒度成分表

土样编号	粒 组 的 百 分 含 量					
	$>2\text{mm}$	$2-0.5\text{mm}$	$0.5-0.25\text{mm}$	$0.25-0.075\text{mm}$	$0.075-0.005\text{mm}$	$<0.005\text{mm}$
1	21	8	6	22	33	10
2	10.6	64.5	16.4	8.5		
3			0.8	4.7	68	26.5