



全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

工程地质及 水文地质

刘俊民 主编

水利 土木工程类专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

工程地质及水文地质

刘俊民 主编

水利 土木工程类专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质及水文地质/刘俊民主编. —北京: 中国农业出版社, 2004. 12

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09151-1

I. 工... II. 刘... III. ①工程地质-高等学校-教材②水文地质-高等学校-教材 IV. P64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 115064 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 彭明喜

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 26

字数: 462 千字

定价: 33.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

水利、土木工程类专业教材 编审委员会

主 任	康绍忠 (中国农业大学)
副主任	王福军 (中国农业大学)
	蔡焕杰 (西北农林科技大学)
委 员	(按姓氏笔画排序)
	文 俊 (云南农业大学)
	田军仓 (宁夏大学)
	成自勇 (甘肃农业大学)
	刘福胜 (山东农业大学)
	何俊仕 (沈阳农业大学)
	张忠学 (东北农业大学)
	侍克斌 (新疆农业大学)
	郑旭荣 (新疆石河子大学)
	姬宝霖 (内蒙古农业大学)
	郭宗楼 (浙江大学)
	程吉林 (扬州大学)
	韩会玲 (河北农业大学)
	裴 毅 (湖南农业大学)

编写人员名单

- 主 编** 刘俊民 (西北农林科技大学)
- 副主编** 杨武成 (沈阳农业大学)
张忠学 (东北农业大学)
- 参 编** 张远芳 (新疆农业大学)
叶水根 (中国农业大学)
刘福臣 (山东农业大学)
王红雨 (宁夏大学)
严宝文 (西北农林科技大学)
高贵权 (云南农业大学)
朱保荣 (石河子大学)
宋孝玉 (西安理工大学)
- 审 稿** 李佩成 (长安大学)
李云峰 (长安大学)
赵法锁 (长安大学)

前 言

《工程地质与水文地质》课程在水利工程、土木工程、城市规划和建筑类等专业的培养计划和课程体系中占有一定的地位。农林院校一直将该课程作为上述相关专业的一门学科基础课。限于专业方向和特点,各校各专业的区别主要在于内容的安排和计划学时的多少。

为适应农林院校设置的水利类、土木工程、建筑类及城市规划等专业的要求,一门课程在40~60学时中,要完成学科跨度大、内容多、覆盖面大的教学任务,无疑对任课老师的讲授和学生的学习都有一定难度。因此急需内容系统、全面而又自成体系、适用于农林院校相关专业教学要求的教材。本书属于全国高等农业院校十五规划教材,是根据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》,为适应高等农业院校水利水电类、土木工程、城市规划及建筑类专业本科生《工程地质及水文地质》课程教学需要,在国家高等院校相关专业教学指导委员会的指导下,由中国农业出版社组织协调编写。

本教材由西北农林科技大学刘俊民主编,经中国工程院院士李佩成教授组织长安大学李云峰教授和赵法锁教授审定。沈阳农业大学杨武成和东北农业大学张忠学为副主编。各章节编写人员如下:刘俊民(绪论、第八章),西北农林科技大学严宝文(第一章),石河子大学朱保荣(第二章),山东农业大学刘福臣(第三章),张忠学(第四章),西安理工大学宋孝玉(第五章),宁夏大学王红雨(第六章),云南农业大学高贵权(第七章),中国农业大学叶水根(第九章),杨武成(第十章和第十一章),新疆农业大学张远芳(第十二章)。全书由刘俊民统稿。

在教材编写过程中广泛征求了兄弟院校同仁意见,如吉林大学、河海大学、武汉大学、中国地质大学、长安大学、西安建筑科技大学,西安科技大学。许多老师都提出了宝贵意见。编写组进行专门研究,反复讨论,编写大纲几经易稿,定稿后才分工编写。西北农林科技大学向友珍承担了校对和部分图件编绘等事宜。

在此,谨向为本教材付出辛勤劳动和热忱帮助的老师和工作人员表示衷心的感谢!

鉴于作者水平有限,书中不妥之处,诚望批评指正。

编 者

2004年9月

目 录

绪论	1
一、工程地质及水文地质在国民经济中的 作用和任务	1
二、本课程的主要内容	4
第一章 矿物与岩石	7
第一节 地球概况	7
一、地球的形状和大小	7
二、地球的外部圈层	7
三、地球的内部圈层结构	8
四、固体地球的主要物理性质	9
五、地质作用	11
第二节 矿物	12
一、矿物的概念	12
二、矿物化学结构式与化学成分特征	13
三、矿物的形态与物理性质	15
四、矿物分类和命名	22
第三节 岩浆岩	24
一、基本概念	24
二、岩浆岩的矿物成分	24
三、岩浆岩的结构与构造	27
四、岩浆岩的分类及常见的岩浆岩	28
五、岩浆岩的产状	30
第四节 沉积岩	32
一、沉积岩的物质成分	32
二、沉积岩的颜色	33
三、沉积岩的结构与构造	34
四、沉积岩的分类及常见的沉积岩	35
第五节 变质岩	36
一、变质作用的影响因素	37

二、变质岩的特征	38
三、变质作用的类型和主要的变质岩	41
复习思考题	44
第二章 地质构造	45
第一节 地质作用与地壳运动	45
一、地质作用	45
二、地壳运动	46
第二节 地质年代与地层年代的确定	47
一、地质年代的概念	47
二、地层年代的确定	49
第三节 水平构造和倾斜构造	50
一、水平构造	50
二、倾斜构造	51
三、岩层产状	51
第四节 褶皱构造	52
一、褶皱要素	52
二、褶皱的类型	53
三、褶皱的野外识别	54
第五节 断裂构造	55
一、裂隙（节理）	55
二、断层	56
第六节 地质图	62
一、地质图的基本内容	62
二、地质现象在地质图上的表示方法	63
三、地质剖面图和综合地层柱状图的编制	66
四、地质图的阅读分析	67
复习思考题	71
第三章 自然地质作用	72
第一节 风化作用	72
一、风化作用的类型	72
二、影响岩石风化的因素	75
三、岩石风化带的划分	77
四、残积物	78
第二节 流水的地质作用	79

一、暂时性流水的地质作用	79
二、河流的地质作用	82
第三节 岩溶(喀斯特)作用	88
一、岩溶的形态	89
二、岩溶发育的基本条件	90
三、岩溶发育的分带性	92
四、影响岩溶发育的因素	93
第四节 重力地质作用	94
一、崩塌	95
二、滑坡	96
三、泥石流	101
第五节 风和湖泊的地质作用	105
一、风的地质作用	105
二、湖泊的地质作用	111
复习思考题	114
第四章 地下水概论	116
第一节 自然界水循环与水的分布	116
一、自然界的水循环	116
二、自然界的水量分布	118
第二节 地下水的类型及其特征	120
一、包气带水	120
二、潜水	121
三、承压水	125
第三节 地下水的补给、径流和排泄	129
一、地下水的补给	129
二、地下水的径流	130
三、地下水的排泄	132
四、地下水补给、径流、排泄条件的转化	134
第四节 地下水的物理性质和化学成分	136
一、地下水的物理性质	137
二、地下水的化学性质	138
复习思考题	141
第五章 不同含水介质中的地下水	142
第一节 孔隙水	142

一、洪积物中的地下水	142
二、冲积物中的地下水	144
三、黄土中的地下水	147
四、风积沙漠中的地下水	149
五、湖积物中的地下水	150
第二节 基岩地下水	151
一、块状岩层蓄水构造中的地下水	152
二、成层岩层蓄水构造中的地下水	155
三、基岩地下水的水化学特征	159
第三节 岩溶水	160
一、岩溶水的特征	160
二、岩溶水的富集规律	163
复习思考题	163
第六章 地下水资源评价	165
第一节 地下水资源特征	165
一、系统性	166
二、可恢复性	167
三、可宝贵性	167
四、复杂性	168
第二节 地下水资源分类	169
一、地下水补给量	170
二、消耗量	170
三、贮存量	172
第三节 地下水资源的计算	173
一、补给量的计算	173
二、消耗量的计算	175
三、贮存量的计算	176
四、允许开采量的计算	177
五、地下水资源评价的程序	182
第四节 地下水水质评价	183
一、饮用水的水质评价	184
二、灌溉用水水质评价	186
三、地下水对混凝土侵蚀性的评价	191
复习思考题	194

第七章 岩土的工程地质研究	196
第一节 土的工程地质性质及工程分类	196
一、土的物质组成及结构	196
二、土的工程性质	200
三、土的工程分类	216
第二节 岩体的工程地质特性及工程地质分类	221
一、岩体的结构特征	221
二、岩体的力学特性	232
三、岩体的天然应力状态	235
四、岩体质量评价及工程分类	238
第三节 地基沉降与承载力	245
一、地基变形计算	245
二、地基承载力	247
第四节 地基加固与改良	248
一、软基处理	248
二、硬基处理	249
复习思考题	251
第八章 坝的工程地质研究	253
第一节 水工建筑物工程地质条件	253
一、地形地貌条件	254
二、地质构造	254
三、地层岩性	256
四、水文地质条件	256
五、自然（物理）地质现象	257
六、天然建筑材料	257
第二节 坝基渗漏问题	258
一、坝基（肩）渗漏的地质条件	258
二、坝基（肩）渗漏量的计算	261
第三节 坝基渗透变形分析	265
一、坝基渗透变形的形式	265
二、坝基渗透变形的原因分析	265
三、坝基渗透变形计算	267
第四节 工程实例分析（黄河小浪底枢纽工程）	268
一、工程概况	268

二、枢纽总体布置	268
三、坝址工程地质条件及其处理	269
第五节 坝基(肩)岩体抗滑稳定分析	271
一、坝基岩体滑动破坏的类型	271
二、坝基抗滑稳定性的分析	272
三、坝基岩体滑动的边界条件分析	278
四、边界条件的阻滑因素	278
五、坝肩岩体滑动的边界条件分析	279
六、拱坝坝肩稳定的力学分析方法	280
第六节 坝基问题处理	280
一、清基	281
二、裂隙岩层的处理	281
三、软弱破碎带的处理	282
第七节 坝下游河床冲刷问题	284
一、概述	284
二、冲刷坑形成的地质条件分析	284
三、冲刷坑的形成机理	286
四、冲刷坑的预测计算	287
第八节 坝址选择的原则与依据	288
一、坝址选择的原则	289
二、坝址选择依据	290
第九节 工程实例分析(黄河万家寨水利枢纽工程)	292
一、工程概况	292
二、坝址工程地质	293
三、坝址及坝线选择	293
四、地基处理	295
五、坝基浅层抗滑稳定分析	297
复习思考题	299
第九章 洞室的工程地质研究	300
第一节 洞室选址的工程地质条件	300
一、地形地貌条件	300
二、岩性条件	301
三、地质构造条件	302
四、水文地质条件	303

第二节 洞室设计的工程地质问题	303
一、地应力及其组成	303
二、围岩应力重分布的一般特征	304
三、山岩压力	306
四、围岩弹性抗力	312
五、外水压力	313
第三节 洞室施工的工程地质问题	315
一、围岩的变形和破坏	315
二、提高围岩稳定性的措施	319
三、洞室先进施工方法介绍	321
复习思考题	322
第十章 渠道的工程地质研究	323
第一节 渠道选线的工程地质条件	323
第二节 渠道渗漏	325
一、渠道渗漏的地质条件	325
二、渠道渗漏特征	326
三、渠道渗漏量计算	326
四、渠道防渗措施	327
第三节 渠道边坡的稳定问题	328
一、渠道边坡的破坏类型	328
二、渠道边坡的稳定性分析	329
复习思考题	332
第十一章 环境地质灾害	333
第一节 边坡变形与破坏	333
一、边坡变形破坏的类型	333
二、影响边坡稳定的地质因素	334
三、边坡变形破坏的触发因素	335
四、不稳定边坡的防治措施	336
第二节 地下水污染与区域地下水位下降	336
一、地下水污染	336
二、区域地下水位下降	340
第三节 地面沉降、地裂缝、地面塌陷	342
一、地面沉降	342
二、地裂缝	344

三、地面塌陷	346
第四节 水库的环境地质问题	348
一、水库渗漏问题	348
二、水库浸没问题	350
三、水库塌岸问题	352
四、水库淤积问题	353
五、水库诱发地震问题	354
第五节 地震与活断层	355
一、地震	355
二、活断层	361
复习思考题	362
第十二章 工程地质与水文地质勘察	364
第一节 勘察的目的、任务及程序	364
一、勘察的目的、任务及程序	364
二、水利水电工程地质勘察	366
三、道路和桥梁的工程地质勘察	369
第二节 勘察手段和方法	370
一、工程地质测绘	370
二、工程地质勘探	374
第三节 各类工程勘察要点	378
一、天然建筑材料的勘察	378
二、水文地质勘察	382
三、水文地质测绘	383
四、水文地质勘探	388
五、水文地质试验及长期观测	389
第四节 水文地质工程地质勘察资料整理	393
一、工程地质图件	393
二、工程地质报告的编写	395
三、水文地质勘察资料的整理	395
主要参考文献	399

绪 论

一、工程地质及水文地质在国民经济中的作用和任务

工程地质及水文地质学是在地质学的基础上发展起来的新兴学科。

工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的科学，研究对象为地质环境与工程建筑之间相互制约、相互作用的关系以及由此而产生的地质问题，包括对工程建筑有影响的工程地质问题以及影响地质环境的环境地质问题。

水文地质学是研究地下水的科学，也可以称为地下水学，它和数学、物理学、化学、生物学以及水文科学相结合，相互渗透，已经成为一门跨学科的综合性边缘学科。

进入 21 世纪，我国经济建设得以突飞猛进的发展，作为国民经济建设中的重要组成部分，土木工程、建筑工程、城市规划和水利水电工程的发展前景更加广阔。但这些工程的建设绝离不开工程地质和水文地质勘察工作。

工程地质在土木工程、建筑工程、城市规划和水利水电工程建设中的作用和任务是：

- 勘察建筑地区的工程地质条件，为选点、规划、设计及施工提供工程地质资料，作为工程的依据；
- 根据工程地质条件论证、评价并选定最优的建筑地点或线路方案；
- 预测在工程修建时及建成后的管理运行中，可能发生的工程地质问题，提出防治不良的工程地质问题的措施。

我国古代在修建大型工程中就有工程地质的概念。如公元前 250 年在修建都江堰灌溉工程时，巧妙地利用了地形地貌条件；并据河流侵蚀、沉积规律制定了“深掏滩、低作堰”的法则。还按照岩体构造特点，成功地开凿出“宝瓶口”引水源；举世闻名的长城，在地形上充分利用了山脊分水岭，选择坚硬岩石作为地基，显示了它的宏伟与坚固；大运河连接河湖洼地修建，大大减少了挖方量，形成了贯穿南北的大动脉；许多古老的桥梁，宫殿、寺院、宝塔以及亭台楼榭的修建都考虑了地下水和地震条件，选择了优良的地基，并根据需要采取了合适的加固措施，保证了这类建筑物很多都能愈千年而依然稳定。

20 世纪初，工程地质学作为一门学科的发展是把地质学的知识应用于工程建设：天然建筑材料的调查、长江三峡和四川龙溪河坝址地质条件的先后考

察研究、全国公路和铁路地质调查等，初步反映了区域工程地质评价和工程地质分区的作用，并应用土力学与地基基础知识为高楼大厦、铁路公路和水利工程建筑承担勘测、基础设计和施工等项工作。由于当时工程建筑规模小，数量少，工程地质事业尚处于萌芽阶段。

新中国成立初期是我国工程地质发展的最初阶段。一些老一辈地质学家为铁路的修建和水利水电工程建设担负起工程地质勘察的任务，主要是利用基础地质知识查明建筑地区的工程地质条件，做出正确的工程地质定性评价。

20 世纪 60 年代，工程地质学进入独立发展阶段，积累了大量资料 and 实践经验，有关部门制定了勘察规范，对工程地质提出更高的要求；岩土测试技术提高，定量评价有所发展，工程地质教育质量提高，编出了专门的教材与专著，强调工程地质问题分析的作用和地位。

进入以经济建设为中心和改革开放的时代，建设工程蓬勃发展，工程地质在已往基础上取得了重大发展：勘察质量提高，新的勘察规范制定等均向着工程领域拓展；新型、巨型工程向工程地质勘察和研究提出了新的要求。正是在这一时期，工程地质学才得以空前发展，引入和创立了许多新理论和新技术，形成了具有中国特色的工程地质学的理论体系。同时，环境工程地质学和地质灾害研究迅速发展，推动着我国工程地质学不断前进，走进国际先进行列。生产实践证明，工程地质在工程建设中的作用，已不仅仅是完成为建筑物的修建提供必要的地质资料，而且贯穿在整个工程建设的规划、设计、施工及管理运行的全部过程之中。工程地质工作质量的好坏，直接或间接地关系着工程建筑的安全可靠性、技术可能性及经济合理性。

我国的各类工程——铁路、公路、水利水电、城乡建设、工业、国防、矿山、港口等建设工程，尤其是大型建筑，都是先做了反复的工程地质勘察工作才进行设计、施工、修建完成的，因而基本上没有因为地质问题而失败。

历史经验表明：工程建筑，特别是水工建筑，不怕工程地质条件复杂，也不怕工程地质问题繁多，怕的是对工程地质条件的勘察研究不充分重视，其结果会给工程建设带来严重的后果。1973 年，国际大坝委员会曾对世界 110 个国家和地区（未包括我国）已建的大坝（坝高在 15m 以上者）12 900 余座进行了调查。从统计资料看，发生过失事事故的有 589 座，其中大多数与不良的地质条件密切相关。这些实例说明，不仅高坝大库会造成严重事故，即使是中小型水利工程，也会由于地质问题处理不当，而带来生命财产的巨大损失。因此，工程地质工作对于水库、大坝的安全可靠性起着重要作用。

水文地质工作的主要任务是调查研究：

- 地下水的形成、埋藏、分布、运动以及循环转化的规律；

- 地下水的物理、化学性质、成分，以及水质的变化规律；
- 解决合理的开发、利用、管理地下水资源以及有效地消除地下水的危害等实际问题。

水文地质工作不仅要配合上述工程地质工作，提供有关水文地质条件方面的资料，而且在各类供水、农田灌溉、抗旱、防涝、治碱以及环境保护工作等方面起着重要作用。

水文地质学从研究地下水的自然现象、形成过程和基本规律，发展到对地下水的定性、定量评价，它的基本理论，勘察方法和应用方向也逐步形成。20世纪70年代以来，水文地质学又从地下水系统的研究进一步扩大为地下水与人类圈的资源、环境、生态、技术、经济、社会组成的大系统。因此，水文地质学的研究目标，已经转入到研究整个水系统与自然环境系统和社会经济系统之间相互交叉关系的新时期。

我国对地下水的认识和开发利用，虽具有数千年的悠久历史，但真正运用地质科学理论与方法进行地下水的调查研究，则开始于20世纪30年代。但作为地质科学领域一门独立的应用地质学科，是在20世纪50年代新中国成立后才迅速发展起来的。主要经历了奠基阶段（1950—1970年），在前苏联学术思想影响下，奠定了水文地质学的理论基础，是区域水文地质学与农业水文地质学的开创时期；而成长时期（1970—2000年）是水资源水文地质学与环境水文地质学的发展时期，主要受西方科学技术思想如系统论、系统工程、计算机技术等新理论、新技术输入的影响，使传统水文地质学发展到以研究水资源与环境问题为重点的现代水文地质学。

五十多年水文地质学的发展，由于紧跟现代科学新思潮，水文地质学的发展取得了重大进展。不但在理论上极大提高和完善，而且在实际应用中，对国民经济规划、国土整治、城市和工业建设、水利水电工程以及环境保护等，都发挥了重要作用。

现代水文地质学的特征主要表现为：①与现代科学的新理论新学科紧密结合，如系统论、信息论、控制论与相应产生的系统科学、环境科学、信息科学等，对水文地质学的发展发生了重大影响。近年来正在发展的开放和复杂的巨系统理论、非线性动力系统理论以及耗散结构理论等，都会对水文地质学的发展产生深远影响。②现代应用数学与水文地质学的结合，特别是数值模拟方法得到普遍应用，模型研究成为水资源研究的主要内容，使水文地质学从定性研究发展到定量研究的新阶段。③从地下水系统与自然环境系统相互关系研究地下水，扩大到与社会经济系统相互关系和地下水资源的研究，从数学模型发展到管理模型与经济模型的研究。④许多新的分支学科的产生与发展，如区域水