

高等学校教材

Hydrogeology 水文地质学

肖长来 梁秀娟 王 彪 编著

Xiao Changlai Liang Xiujuan Wang Biao

清华大学出版社

高等学校教材

Hydrogeology 水文地质学

肖长来 梁秀娟 王 彪 编著

Xiao Changlai Liang Xiujuan Wang Biao

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对当前国民经济建设的需要和地质工程、岩土工程、地质学等学科发展的需要,系统论述了水文地质学的基本概念、基本理论和方法;重点介绍了地下水形成与赋存的基本规律、地下水运动的基本规律、不同介质中地下水的重要特征、地下水的理化特征、地下水运动的基本理论、水文地质参数计算、水文地质勘察、地下水资源评价、建设项目地下水专题评价等。附录为专业术语中英文对照表。

本书可作为高等学校地质学、地质工程、勘查技术与工程、土木工程、交通工程、资源勘查工程等专业的本科教材,也可作为水文与水资源工程、地下水科学与工程、环境工程、地质资源勘查、水利水电工程、采矿工程等相关专业的参考教材,还可作为水文地质、工程地质、环境地质等领域科技人员的参考书。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

水文地质学/肖长来,梁秀娟,王彪编著. —北京: 清华大学出版社, 2010. 3
ISBN 978-7-302-21338-3

I. 水… II. ①肖… ②梁… ③王… III. 水文地质—教材 IV. P641

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 187048 号

责任编辑: 柳 萍 洪 英

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170×230

印 张: 19

字 数: 360 千字

版 次: 2010 年 3 月第 1 版

印 次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 35.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 032534-01

前 言

本教材是针对当前高等学校人才培养、学科发展状况和经济建设的需要,并针对当前除地下水科学与工程、水文与水资源工程专业以外的与地学专业有关的本科生教学大纲进行编写的。主要内容包括水文地质学基础、地下水动力学、水文地质勘察和建设项目地下水专题评价四部分内容。

本教材分为绪论及正文 11 章。绪论主要讲授地下水及其功能、水文地质学科的分支、发展过程及发展趋势;第 1~6 章为地下水基础理论;第 7 章、第 8 章为地下水运动的基本理论、水文地质参数计算;第 9 章、第 10 章为水文地质勘察、地下水资源评价;第 11 章为建设项目地下水专题评价,主要是针对当前社会需求和经济建设遇到的水文地质问题而增加的内容。

第 1 章为地下水赋存规律,讲授地球上的水及其循环、岩石中的水分及地下水赋存特征。第 2 章为地下水运动规律,主要讲授渗流的基本概念、重力水运动的基本规律、饱和粘性土中水的流动。第 3 章为地下水理化特征及形成作用,主要讲授地下水的物理性质、地下水的化学特征、地下水化学形成作用及其基本成因类型、地下水化学成分的分析内容与分类图示。第 4 章为地下水系统及其循环特征,主要包括地下水系统的概念、地下水含水系统与流动系统、地下水的补给、径流与排泄及其对地下水水质的影响。第 5 章为地下水动态与均衡,讲授地下水动态与均衡的概念、基本内容及相互关系。第 6 章为不同介质中地下水的基本特征,包括孔隙水、裂隙水和岩溶水。第 7 章为地下水运动的基本理论,主要讲授地下水渗流理论基础、含水层中地下水运动公式、完整井稳定流公式、完整井非稳定流公式、越流完整井非稳定流公式、潜水完整井非稳定流公式、边界井及非完整井流公式;第 8 章为水文地质参数计算,讲授水文地质参数的稳定流求参方法、非稳定流求参方法及其他水文地质参数计算方法。第 9 章为水文地质勘察,包括水文地质调查、水文地质物探、水文地质钻探、水文地质试验和地下水动态监测,其中水文地质试验包括抽水试验、渗水试验、钻孔注水试验、钻孔压水试验、连通试验和弥散试验。第 10 章为地下水资源计算与评价,讲授地下水资源评价概述、水量均衡法、解析法、数值法、开采试验法、回归分析法、地下水水文分析法。第 11 章为建设项目地下水专题评价,包括基坑降水工程、矿山开发工程、水利水电工程及隧道(隧洞)工程、地热资源评价、环境水文地质勘察及地下水专业模型技术。

为便于学习,每章后附有思考题,附录为专业术语中英文对照表。

本教材的特点如下:

(1) 以水文地质学的基本理论和基础方法为主线,充分吸收水文地质学科的最新研究成果和前沿研究信息,力求达到科学性、系统性、新颖性和适应性。

(2) 内容上兼顾水文地质学基础、地下水动力学、专门水文地质学及工程建设地下水问题分析,既注重基本理论知识,又切实关注专业理论知识的运用,突出理论和实践相结合的理念。

(3) 在传统水文地质学基础上,结合当前学科发展和社会经济建设的需求,增编了建设项目地下水专题分析评价,简明扼要地介绍了工程建设中与地下水有关的问题及其勘察评价方法,对于实际水文地质工作具有重要的指导意义。

(4) 系统介绍了地下水模拟技术,附录给出了常用的水文地质术语及其英文词汇,为深入学习提供了广阔的空间。

本教材由吉林大学肖长来、梁秀娟与长春工程学院王彪、郎秋玲合编,肖长来负责统稿、定稿。最后由吉林大学著名的水文地质学家廖资生教授和曹剑峰教授审定。各章编写分工如下:绪论、第1~6章由肖长来、梁秀娟、郎秋玲编写;第7~10章由梁秀娟、肖长来和王彪编写;第11章由肖长来、王彪、梁秀娟编写。

本教材在酝酿和构思过程中,得到了吉林大学林学钰院士、教务处高淑贞副处长、环境与资源学院院长赵勇胜教授、副院长卢文喜教授等的大力支持,得到地下水科学与工程系曹剑峰教授和其他全体教师的鼎力相助。在日常教学和课程研讨过程中,还先后得到吉林大学教学督导、著名的水文地质学家房佩贤教授、廖资生教授、林绍志教授的谆谆教诲和频频启发,整个教材的构思和选材也凝聚了这些前辈们的心血。本学院马喆、博士研究生冯波、方樟、杜超、刘金锋及硕士研究生刘璇、邓颂霖、王光明、李帅杰、张冬冬、许传音等参加了部分文字校正、书中插图绘制工作。

本教材可作为高等学校地质学、地质工程、勘查技术与工程(工程地质与勘查工程、应用地球化学方向)、土木工程、交通工程、资源勘查与工程等专业的本科教材,也可作为水文与水资源工程、地下水科学与工程、环境工程、资源勘查工程(石油天然气、固体矿产方向)、地理信息系统、水利水电工程、采矿工程等相关专业的参考教材,还可作为水文地质、工程地质、环境地质等领域科技人员的参考书。

由于时间和水平所限,本书难免存在不足与错误之处,恳请读者给予批评指正。

编者

2009年9月

目 录

绪论	1
0.1 地下水及其功能	1
0.1.1 地下水的基本概念	1
0.1.2 地下水的功能	2
0.2 水文地质学科的分支	3
0.3 水文地质学的发展过程	4
0.4 水文地质学的发展趋势	9
0.4.1 水文地质学的发展趋势	9
0.4.2 今后的主体研究内容	9
思考题	10
第1章 地下水赋存规律	11
1.1 地球上的水及其循环	11
1.1.1 地球上的水	11
1.1.2 自然界的水循环	12
1.1.3 我国水文循环概况	15
1.2 岩石中赋存的水分	15
1.2.1 岩石中的空隙	15
1.2.2 岩石中水的存在形式	18
1.2.3 岩石的水理性质	20
1.3 地下水赋存特征	22
1.3.1 包气带和饱水带	22
1.3.2 含水层、隔水层与弱透水层	23
1.3.3 地下水的分类	24
1.3.4 潜水	25
1.3.5 承压水	26
1.3.6 上层滞水	27
思考题	28

第2章 地下水运动规律	29
2.1 渗流的基本概念	29
2.2 重力水运动的基本规律	30
2.2.1 砂质土的线性渗透定律——达西定律	30
2.2.2 渗透流速	31
2.2.3 水力梯度	31
2.2.4 渗透系数	32
2.3 饱和粘性土中水的流动	33
思考题	34
第3章 地下水理化特征及形成作用	35
3.1 地下水的物理性质	35
3.1.1 温度	35
3.1.2 颜色	36
3.1.3 味道	36
3.1.4 透明度	37
3.1.5 气味	37
3.1.6 比重	37
3.1.7 导电性	38
3.2 地下水的化学特征	38
3.2.1 地下水中的气体成分	39
3.2.2 地下水中的离子成分	39
3.2.3 地下水中的其他成分	42
3.3 地下水化学成分的形成作用	43
3.3.1 溶滤作用	43
3.3.2 蒸发浓缩作用	43
3.3.3 脱碳酸作用	44
3.3.4 脱硫酸作用和脱硝(氮)作用	45
3.3.5 阳离子交替吸附作用	45
3.3.6 混合作用	45
3.3.7 人类活动对地下水化学成分的影响	46
3.4 地下水化学成分的基本成因类型	46
3.4.1 溶滤水	46
3.4.2 沉积水	47



3.4.3 内生水	48
3.5 地下水化学成分分析	48
3.5.1 地下水化学成分的分析内容	48
3.5.2 地下水化学成分表达式	48
3.5.3 地下水化学分类与图示方法	49
思考题	49
第4章 地下水系统及其循环特征	51
4.1 地下水系统	51
4.1.1 地下水系统的概念	51
4.1.2 地下水含水系统与流动系统的比较	52
4.2 地下水含水系统与流动系统	53
4.2.1 地下水含水系统	53
4.2.2 地下水流动系统	54
4.3 地下水补给	55
4.3.1 大气降水对地下水的补给	55
4.3.2 地表水对地下水的补给	57
4.3.3 凝结水的补给	58
4.3.4 含水层之间的补给	59
4.3.5 地下水的其他补给来源	60
4.4 地下水排泄	61
4.4.1 泉	61
4.4.2 泄流	63
4.4.3 蒸发蒸腾	63
4.4.4 径流排泄	64
4.4.5 人工开采	64
4.5 地下水循环对地下水水质的影响	64
思考题	65
第5章 地下水动态与均衡	66
5.1 地下水动态	66
5.1.1 地下水动态的研究意义	66
5.1.2 影响地下水动态的因素	67
5.1.3 地下水天然动态类型	68

5.2 地下水均衡·····	70
5.2.1 地下水均衡的有关概念·····	70
5.2.2 水均衡方程·····	70
5.3 地下水动态与均衡的关系·····	73
思考题·····	73
 第6章 不同介质中地下水的基本特征 ·····	 75
6.1 孔隙水·····	75
6.1.1 冲洪积扇中的地下水·····	75
6.1.2 冲积平原中的地下水·····	76
6.1.3 湖积物中的地下水·····	77
6.1.4 黄土高原的地下水·····	77
6.2 裂隙水·····	77
6.2.1 裂隙水的类型·····	78
6.2.2 裂隙介质及其渗流·····	81
6.3 岩溶水·····	82
6.3.1 岩溶发育的基本条件与影响因素·····	82
6.3.2 岩溶水系统的演变·····	83
6.3.3 岩溶水的特征·····	84
6.3.4 我国南北方岩溶及岩溶水的差异·····	85
思考题·····	85
 第7章 地下水运动的基本理论 ·····	 87
7.1 地下水渗流理论基础·····	87
7.1.1 多孔介质及其特性·····	87
7.1.2 渗流·····	88
7.1.3 流网与折射定律·····	93
7.1.4 含水层的状态方程·····	96
7.1.5 渗流连续方程·····	99
7.1.6 承压水运动的基本微分方程·····	100
7.1.7 潜水运动的基本微分方程·····	102
7.1.8 数学模型及其解法·····	104
7.2 地下水稳定流计算公式·····	106
7.2.1 含水层中地下水稳定流公式·····	106

7.2.2	完整井稳定流公式	110
7.2.3	越流系统中完整井稳定流公式	114
7.3	承压含水层中完整井非稳定流公式	115
7.3.1	定流量抽水时的 Theis 公式	115
7.3.2	Theis 公式的近似表达式	116
7.4	越流系统中完整井非稳定流公式	116
7.4.1	基本假设	116
7.4.2	基本公式	117
7.5	潜水含水层中完整井非稳定流公式	117
7.5.1	仿 Theis 公式	117
7.5.2	考虑流速垂直分量和弹性释水的 Neuman 模型	118
7.6	边界井及非完整井公式	120
7.6.1	直线边界附近完整井的井流公式	120
7.6.2	半无限厚含水层中不完整井的井流公式	124
7.6.3	有限厚含水层中不完整井的井流公式	125
	思考题	125
第 8 章	水文地质参数计算	127
8.1	水文地质参数的稳定流计算方法	127
8.1.1	稳定井流 Dupuit 公式的应用	127
8.1.2	越流含水层中地下水稳定流参数计算	128
8.2	水文地质参数的非稳定流计算方法	130
8.2.1	利用承压非稳定井流公式确定水文地质参数	130
8.2.2	越流系统的水文地质参数计算	133
8.2.3	潜水非稳定井流公式确定水文地质参数	137
8.3	其他水文地质参数的计算方法	140
8.3.1	给水度	140
8.3.2	降水入渗补给系数	141
8.3.3	潜水蒸发强度	147
8.3.4	灌溉入渗补给系数	147
	思考题	150
第 9 章	水文地质勘察	151
9.1	水文地质调查	151
9.1.1	水文地质调查的工作步骤与方法	152

9.1.2	地面调查的观测项目	153
9.1.3	不同地区的水文地质调查	155
9.1.4	遥感技术的应用	161
9.2	水文地质物探	161
9.2.1	电法勘探	163
9.2.2	交变电磁法勘探	164
9.2.3	地震勘探	164
9.2.4	地球物理测井法	164
9.2.5	天然放射性找水法	165
9.2.6	水文地质物探的新技术方法	165
9.3	水文地质钻探	166
9.3.1	水文地质钻探的基本任务	167
9.3.2	水文地质钻探的技术要求	167
9.3.3	水文地质勘探钻孔的布置原则	170
9.4	水文地质试验	171
9.4.1	抽水试验	171
9.4.2	渗水试验	179
9.4.3	钻孔注水试验	181
9.4.4	钻孔压水试验	182
9.4.5	连通试验	183
9.4.6	弥散试验	184
9.5	地下水动态监测	184
9.5.1	地下水动态监测的目的和任务	184
9.5.2	地下水动态监测网点的布设	185
9.5.3	监测项目及要求	186
9.5.4	地下水水位统一测量	187
9.5.5	地下水开采量的调查统计及远程监控	188
	思考题	189
第10章	地下水资源计算与评价	190
10.1	地下水资源评价的原则及内容	190
10.1.1	地下水资源评价的原则	190
10.1.2	地下水资源评价的内容	191
10.1.3	地下水允许开采量分级	193

10.2	地下水资源评价方法	195
10.2.1	地下水资源评价方法的选择	195
10.2.2	水量均衡法	197
10.2.3	解析法	199
10.2.4	数值法	203
10.2.5	开采试验法	209
10.2.6	回归分析法	215
10.2.7	地下水水文分析法	218
10.3	地下水水质评价	220
10.3.1	供水水质评价	220
10.3.2	灌溉水质评价	223
10.3.3	矿泉水质评价	225
10.3.4	地下水环境质量评价	226
	思考题	227
第 11 章	建设项目地下水专题评价	229
11.1	基坑降水工程	229
11.1.1	基坑降水的概念及常用方法	229
11.1.2	基坑降水工程勘察	231
11.1.3	基坑降水工程设计	232
11.2	矿山开发工程	235
11.2.1	矿山开发工程概况	235
11.2.2	矿山开发工程勘察	236
11.2.3	矿坑底板突水计算	237
11.2.4	矿坑(井)涌水量计算	238
11.2.5	矿坑排水环境影响分析	240
11.3	水利水电工程	240
11.3.1	水库区	240
11.3.2	坝(闸)址区	244
11.3.3	灌区工程	248
11.3.4	渠道工程	250
11.3.5	堤防工程	251
11.4	隧道(隧洞)工程	252
11.4.1	隧道(隧洞)水文地质勘察	252



11.4.2	隧道涌水量计算·····	253
11.4.3	隧道外水压力及突泥评价·····	255
11.5	地热资源勘察·····	255
11.5.1	地热资源的调查研究·····	256
11.5.2	储量计算原则·····	256
11.5.3	地热资源的评价·····	257
11.6	环境水文地质勘察·····	260
11.6.1	地下水污染·····	260
11.6.2	地面沉降·····	263
11.6.3	岩溶塌陷·····	266
11.6.4	海水入侵·····	266
11.7	地下水模型技术·····	267
11.7.1	GMS 软件 ·····	267
11.7.2	FEFLOW 软件 ·····	268
11.7.3	MODFLOW 软件 ·····	270
11.7.4	Visual MODFLOW 软件 ·····	271
11.7.5	AquaChem 软件·····	272
11.7.6	AquiferTest 软件 ·····	273
	思考题·····	273
	附录 专业术语中英文对照表·····	275
	参考文献·····	290

绪 论

水是自然资源,是人类和一切生物赖以生存与发展的最重要的物质基础,是人类与社会可持续发展的基础与条件,是环境与发展的核心。水圈是整个自然生态系统中最关键、最活跃的部分。水是农业的命脉,是工业的血液,是交通和能量的载体,是国民经济的命脉,是保障经济社会可持续发展的首要的物质基础。地下水作为水资源的重要组成部分,由于其分布广、水质佳、水量水质稳定而备受人们关注,已经成为人类重要的饮用水源。在广大的干旱和半干旱地区,地下水常常是唯一的、不可替代的供水水源。因此开展地下水调查、评价、保护与管理工作的研究一直是水文地质、水资源专业科技工作者的研究热点和难点。

地球是太阳系八大行星之中唯一被液态水所覆盖的星球。在学术上关于地球上水的起源有几十种学说。例如,有人认为在地球形成初期,原始大气中的氢、氧化合成水,水蒸气逐步凝结下来并形成海洋;有人认为,形成地球的星云物质中原先就存在水的成分;有人认为,原始地壳中硅酸盐等物质受火山影响而发生反应、析出水分,经过 35 亿年的积聚和演变,逐渐形成今天的水圈;还有人认为,被地球吸引的彗星和陨石是地球上水的主要来源,甚至现在地球上的水还在不停增加。

地球上现有 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 的水,以液态、固态和气态分布于地面、地下和大气中,形成地表水、地下水和大气水,其中淡水仅占 2.53%。

0.1 地下水及其功能

0.1.1 地下水的基本概念

地下水是指赋存于地面以下岩石空隙中的水,狭义上指赋存于地下水面以下饱和含水层中的水^[1]。在国家标准《水文地质术语》(GB/T 14157—93)中,地下水是指埋藏于地表以下的各种形式的重力水^[2]。

国外学者认为地下水位于地表面以下,其定义主要有 3 种:一是指与地表水有显著区别的所有埋藏于地下的水,特指含水层中饱水带的那部分水;二是向下流动或渗透,使土壤和岩石饱和,并补给泉和井的水;三是在地下的岩石空洞里、在组成地壳物质的空隙中储存的水^[3]。

0.1.2 地下水的功能

地下水的功能主要有资源、生态和环境三大方面,包括资源功能、生态环境因子、灾害因子、地质营力与信息载体等五种功能^[1]。

首先是资源功能,作为水资源重要组成部分的地下水,由于其水质良好、分布广泛、变化稳定、便于利用而成为理想的供水水源,有时是唯一的供水水源。在我国半干旱与干旱区的华北、西北和东北地区,地下水是人类生活饮用水和工农业用水的主要水源。

此外当地下水中富集某些盐类与元素时,可成为有工业价值的液体矿产,称为工业矿水。当地下水含有某些特殊的组分,具有某些特殊的性质,从而具有一定的医疗价值和保健作用时被称为矿泉水。矿水及矿泉水分别是建立矿泉疗养地 and 生产瓶装矿泉水的必要资源。地球含有地下热能资源,热水、热蒸汽为载热流体,可用于发电、建立温室等,地下热能的利用也是目前的主要研究课题之一。

其次,地下水是主要的生态环境因子。在进行地下水开发利用的同时,人们越来越认识到地下水在开发利用中会对生态环境产生越来越多的影响。地下水是生态环境系统中一个敏感的系统,是极其重要的生态环境因子,地下水的变化往往会影响生态环境系统的天然平衡状态。

多年对地下水开发利用的研究表明,地下水开发利用不当,也会使地下水成为灾害因子。20世纪50年代末期,华北地区拦蓄降水和地表水,只灌不排,使地下水位抬升,蒸发加强,土壤积盐,造成土壤次生盐渍化。在干旱和半干旱的平原、盆地中地下水位浅藏地区,也会发育原生的土壤盐渍化。湿润地区的平原和盆地,由于天然和人为的原因造成地下水位过浅,会产生原生或次生的土壤沼泽化。过量开采地下水使浅层地下水位持续下降,会疏干已有的沼泽,使原有的景观遭到破坏。在干旱地区地下水位大幅下降,会使表土干燥,粘结力降低,原来的绿洲就会变成沙漠。而在滨海地带或有地下咸水的地方,过量开采地下水,使海水或咸水入侵淡水地下水,减少了可利用的地下水资源。松散沉积层的地下水被过量开采,水位大幅度下降后,会因为静水压力减小、粘性土层压密释水而导致地面沉降,我国上海、江苏省苏锡常地区因长期过量开采地下水均导致了地面沉降问题。此外水质恶化、水质污染、地方病、矿坑突水、滑坡、岩溶塌陷、渗透变形均与地下水有关。

地下水是一种重要的地质营力,是应力的传递者和热量及化学组分的传输者。地下水作为一种良好的溶剂,在岩石圈化学组分的传输中起到很大作用。在地下水的作用下,地壳乃至与地幔中的组分迁移,易于在地下水的排泄带、不同组分地下水的接触带形成矿床。地下水系统在油气二次迁移形成油气藏的过程中起着关

键的作用。因此,水在参与岩浆作用、变质作用、岩石圈的形成与改造,乃至在于地球演变中均起到重要的作用。

地下水也是一种信息载体。作为应力的传递者,井孔中地下水位的异常变动,常反映了地壳的应力变化,因而可以作为预报地震的辅助标志;可以根据水化学异常晕圈定或追索隐伏或近地表矿体;也可以根据岩石中地下水流动的痕迹去恢复古水文地质条件;地下水及其沉淀物的化学成分也可以提供来自地球深部的悠久地质年代的信息。

此外,利用地下水及其赋存介质(如含水层介质)储能(冷热水)、利用地下水极弱渗透性储存废料的试验也在进行,利用包气带与饱水带进行渗滤循环以改善水质的试验已获得了成功。

0.2 水文地质学科的分支

水文地质学是研究地下水的科学,主要研究与岩石圈、水圈、大气圈、生物圈以及人类活动相互作用下地下水的形成和分布、物理及化学性质、运动规律、开发利用和保护的科学^[1]。水文地质学从寻找和利用地下水源开始发展,围绕实际应用,逐渐开展了理论研究,目前已形成了一系列分支^[2,4~11],其中水文地质学原理、地下水动力学和水文地球化学是水文地质学科的基础学科。部分分支学科简述如下:

水文地质学原理又称为普通水文地质学、水文地质学基础,主要研究水文地质学的基础理论和基本概念。

地下水动力学主要研究地下水的运动规律,探讨地下水量、水质和温度传输的计算方法,进行水文地质定量模拟,是水文地质学的重要基础。

水文地球化学主要研究各种元素在地下水中的迁移和富集规律,利用这些规律探讨地下水的形成和起源、地下水污染形成的机制和污染物在地下水中的迁移和变化、地下水与矿产形成和分布的关系,寻找金属矿床、放射性矿床、石油和天然气,研究矿水的形成和分布等。

供水水文地质学是为了确定供水水源而寻找地下水,通过勘察,查明含水层的分布规律、埋藏条件,进行水质与水量评价。它主要研究合理开发利用并保护地下水资源,按含水系统对地下水资源进行科学管理。

农业水文地质学除为农田提供灌溉水源外,主要研究沼泽地和盐碱地的土壤改良、防治次生土壤盐碱化等问题。

矿床水文地质学研究采矿时地下水涌入矿坑的条件,预测矿坑涌水量以及其他与采矿有关的水文地质问题。

区域水文地质学研究地下水区域性分布和形成规律,以指导进一步水文地质勘察研究,为各种目的的经济区划提供水文地质依据。

同位素水文地质学是指应用同位素方法分析水文地质问题的学科。用于分析水文地质问题的同位素主要是水的两个主要组分——氢和氧的同位素,其他如碳、氮、硫、氯等同位素的应用也逐步展开。

环境水文地质学是研究人类活动与水文地质环境相互影响、相互作用基本规律的学科。主要研究地下水在人类活动作用下,数量和质量在时间和空间上的变化对环境可能造成的影响。

0.3 水文地质学的发展过程

1. 萌芽时期(远古—1855)

人们早在远古时代就已打井取水。中国已知最古老的水井是距今约 5700 年的浙江余姚河姆渡古文化遗址水井。古波斯时期在德黑兰附近修建了坎儿井,最长达 26 km,最深达 150 m。约公元前 250 年,在中国四川,为采地下卤水开凿了深达百米以上的自流井。中国汉代凿的龙首渠是一种井、渠结合的取水建筑物。在利用井泉的过程中,人们也探索了地下水的来源。法国帕利西、中国徐光启和法国马略特,先后指出了井泉水来源于大气降水或河水入渗。马略特还提出了含水层与隔水层的概念。

公元 16 世纪以前,人们对地下水的现象只限于直接观察和推测。柏拉图推测,地下有个巨大的洞穴,其中的水是河流的源头。中国唐代柳宗元在《天对》中记述了地下水在岩土空隙中的存在、渗入、蒸发和流动等现象。

2. 奠基时期(1856—1945)

从公元 17 世纪到 20 世纪初,科学家们通过观察、试验和分析,提出了一系列关于地下水形成和运动的重要概念、定律和方法。法国科学家佩罗(Perrault Pierre, 1608—1680)研究了地下水毛细管上升现象。1856 年,法国工程师达西(Henry Darcy, 1803—1858)通过试验建立了地下水渗流的基本定律,奠定了地下水运动的理论基础。1863 年,法国学者裘布依(Arsene Dupuit, 1804—1866)根据实际的潜水面坡度很小的事实,作了一些简化和假定,运用达西定律导出了地下水井流公式。1870 年,德国人蒂姆(Thiem)改进了裘布依公式,从而可用稳定流抽水试验来计算渗透系数等参数。1885 年,英国的张伯伦确定了自流井出现的地质条件。奥地利人福希海默(P. Forchheimer, 1852—1933)在 1885 年制出了流网图