



普通高等教育“十五”国家级规划教材

专门水文地质学

(第三版)

曹剑峰 迟宝明 王文科
宫辉力 曹玉清 梁秀娟 编著



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十五”国家级规划教材

专门水文地质学

(第三版)

曹剑峰 迟宝明 王文科
宫辉力 曹玉清 梁秀娟 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材之一。全书除绪言外,共分14章,内容包括:地下水资源及地下水系统的基本概念和理论,地下水资源评价的理论方法,地下水资源质量和数量评价,地下水资源的开发利用、管理以及保护的方法和措施,矿床涌水量预测的特点及方法实例等。本次修订增加了新的内容,包括水文地质参数的确定方法、地下热水资源的调查与评价、新理论及新技术方法在地下水工作中的应用,介绍了遥感技术、GIS技术、同位素技术及最新地下水模拟软件的应用技术。

本书内容与高等院校本科阶段设置的水文地质学基础和地下水动力学课程相衔接。本书可作为高等院校水利工程、地质工程、环境地质、环境工程等专业及相关专业的教材或参考书,也可供从事上述专业的工程技术人员和研究人員参考。

图书在版编目(CIP)数据

专门水文地质学 / 曹剑峰 等编著. —3 版. —北京:科学出版社,2006
(普通高等教育“十五”国家级规划教材)

ISBN 7-03-017547-6

I. 专… II. 曹… III. 水文地质-高等学校-教材 IV. P641

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071583 号

责任编辑:郭 森 李久进 / 责任校对:鲁 素

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1987年10月第 一 版	地质出版社
1996年11月第 二 版	地质出版社
2006年5月第 三 版	开本:B5(720×1000)
2006年5月第一次印刷	印张:21 3/4 插页1
印数:1—3 000	字数:404 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

第三版前言

专门水文地质学是一门探讨地下水调查及其应用的技术理论和方法的课程。1987年,房佩贤教授等在杨成田教授1981年主编的试用教材的基础上修编出版了《专门水文地质学》(第一版);1996年,房佩贤、卫中鼎、廖资生三位教授对第一版教材进行了修订再版(第二版)。至今,《专门水文地质学》已累计发行了2.38万册,满足了全国高等院校及从事相关工程技术工作的人员的需要。

近十年,地下水科学的研究思路、研究目标、研究内容发生了很大的变化,新的概念、理论与方法不断涌现,为适应大学本科专业的教学和专门水文地质工作的发展要求,对教材的修订工作提到了日程。2002年,《专门水文地质学》被遴选为普通高等教育“十五”国家级规划教材,使教材的修订工作得以顺利进行。本教材在编写过程中立足当前、着眼未来,贯穿地下水资源可持续利用的思想,坚持删繁就简、前后照应、知识连贯,建立结构完整的知识体系,着重拓宽基础,加强基本技能训练,强化对学生综合分析和应用能力的培养。

本教材主要论述了地下水应用方面的理论和方法。首先从地下水资源的基本概念入手,阐述了地下水资源调查,地下水资源评价,地下水资源开发利用,地下水资源管理和保护的理论与方法,矿床水文地质等,并增加了以下内容:遥感、GIS、同位素及现代地下水模拟软件等技术方法在地下水研究中的应用,水文地质参数的确定方法,地下热水资源调查评价的理论与方法。

专门水文地质学本来还应包括对开采地下水所引起的环境问题的调查、防治等方面的内容,因这方面的内容很多,而且已设立地质灾害课程单独讲授,本教材不再作介绍。

本教材是在1996年版《专门水文地质学》的基础上修订而成,保持了原教材的特色,增加了新的内容。全书由吉林大学、长安大学、首都师范大学共同修编,由吉林大学曹剑峰任主编。绪言、第一章至第七章和第九章由曹剑峰修编;第八章、第十二章和第十三章由吉林大学迟宝明修编;第十章和第十一章由长安大学王文科修编;第十四章中的第一节和第二节由首都师范大学宫辉力编写,第三节由吉林大学曹玉清编写,第四节由吉林大学梁秀娟编写;最后由曹剑峰统编定稿。

本教材在修订过程中,得到了房佩贤、余国光、廖资生三位教授的指导,还得到了肖长来、卞建民、王福刚、姜纪沂、冶雪艳、林岚、戴长雷等的帮助,在此一并致谢。

由于编者水平所限,错误和缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2006年5月

第二版前言

《专门水文地质学》自 1987 年第一版出版以来,满足了前几年各院校教学之需。为适应当前教学和改革的形势,经地质矿产部水文地质课程教学指导委员会和部教材室的批准,对原版《专门水文地质学》进行了修订。

当前,各院校正在进行专业调整和课程设置改革。考虑到大学本科专业教学水平和我国专门水文地质工作的发展要求,为扩大其适应性,修订工作仍以地质矿产部统一教学大纲为基础。课程内容以教授学生掌握水文地质调查工作的基本技能为主,以培养学生分析和解决生产实际问题的能力。

经过修订,全书减少了某些陈旧与规范性的内容,更新并增加了某些现代水文地质调查方面的理论与方法,加强了教学启发性,许多章节作了较大的改动。

修订过程中仍保持了原教材的三篇结构:第一篇水文地质调查方法,重点介绍各种水文地质调查手段,对如何运用这些手段去解决各种水文地质生产问题,作了理论阐述与方法论证;第二篇供水水文地质,以地下水资源量的计算、水质和水量的评价为重点,加强了对地下水开发利用、保护和科学管理等内容的介绍;第三篇矿床水文地质,重点介绍了矿坑涌水量预测、矿床疏干与矿井突水,增加了矿区环境地质等内容。

修订工作是在 1987 年版《专门水文地质学》各章内容的基础之上进行的。由房佩贤、卫中鼎、廖资生主编。廖资生修订第一篇;卫中鼎修订第二篇;房佩贤修订第三篇;余国光提供了 14 章的部分修订稿。最后,由房佩贤统编全稿。成稿后,原编者对多数章节作了审阅。

修订后的《专门水文地质学》,其科学性、适应性均有较大提高,符合教学规律,并反映了现代水文地质科学的水平,更加适合于对水文地质、工程地质、环境地质及相关专业大学本科(及专科)教学的要求。

为加强实践教学,第一版书中所附实习作业说明部分,将与野外实习指导书一起编写成独立的实习指导书,以配套教材单行本出版。

书稿于 1994 年 5 月经地质矿产部水文地质课程教学指导委员会全体会议审查通过,由杨立铮、李慈君、杨解等先生主审。会后,编者据评审中提出的意见进行了修改。

在修订过程中,曾受到水文地质课程教学指导委员会、部教材室的指导和有关院、校、系及教材科的支持,还得到了屠涌泉、刘金山、胡宽谿、李同斌及邹立芝诸先生的帮助,承蒙李纬绘图,在此一并致谢。

受编者水平所限,书中错误与不足之处,实所难免,切望读者予以指正。

修 订 者

1994 年 5 月

第一版前言

专门水文地质学是高等地质院校水文地质专业主要专业课程之一,是在学完水文地质学基础、水文地球化学和地下水动力学等专业课之后进行学习的;是一门探讨水文地质调查技术理论和方法的课程。学习本课程后,学生能基本掌握水文地质的一般工作方法,具有分析和解决某些专门水文地质问题的初步能力。

本教材是按照地质矿产部所属地质院校统一制定的水文地质专业(四年制)教学计划和专门水文地质学教学大纲(试行),在1981年杨成田主编的《专门水文地质学》试用教材的基础上编写的。按照教学大纲的要求精减了原教材的许多内容,去掉与其他专业课重复的内容,增加了室内实习指导书部分。水文地球化学部分,由于已独立设课讲授,故全部从本教材中去掉;注意到对大学本科生的要求和目前实际水平,确定了某些内容的起点和深度;某些内容上注意吸收了国内外的新方向、新内容;同时注意了与选修课和研究生课程的分工。

本教材分为三篇,统一排为18章。第一篇介绍了水文地质一般工作方法;第二篇供水水文地质和第三篇矿床水文地质部分,则是以两类有代表性的专门水文地质工作为对象,介绍了运用地质、水文地质理论和方法,进行水文地质勘探和评价的原理与方法。本教材还按大纲要求编写出28学时的课内实习和作业,以加强实践环节的教学。

本教材由长春、成都和河北地质学院合编,由长春地质学院房佩贤担任主编。第一、二、六、十三章及绪言由房佩贤编写;第三、十四及十五章由谭绩文编写;第四及五章由王家昌编写;第七、十、十一及十二章由廖资生编写;第八及九章由卫中鼎编写;第十六章由余国光编写;第十七及十八章由胡宽谔编写。实习部分由曹剑峰编写。讨论修改后,第一篇由廖资生统编,第二篇由卫中鼎统编,第三篇由房佩贤统编。全书由房佩贤统编,最后卫中鼎参加定稿。

地质矿产部水文地质教材编审委员会,于1985年9月在大连召开了第四次会议,对本教材进行了评审。参加评审者有编委会主任王大纯教授,任天培教授,杨成田、张人权、吴登敖副教授及孙志文、吴在宝、尹树仁、许绍倬、王增银等同志。会后,我们依据评审中提出的意见进行了认真地修改和补充。但不足之处实所难免,切望指出。

本教材由李纬和苏雅志等同志绘图与植字。编写中,还得到有关学院教务部门和水文工程地质系的大力支持。对上述所有同志和单位,编者一并深表谢意。

编者

1986年5月

目 录

第三版前言

第二版前言

第一版前言

绪言..... 1

第一章 地下水资源与地下水系统..... 5

第一节 地球上的水资源..... 5

第二节 中国的地下水资源..... 5

第三节 地下水资源的特点..... 7

第四节 地下水资源分类..... 9

一、地下水储量分类..... 9

二、地下水资源的分类..... 9

三、允许开采量的组成..... 12

第五节 地下水系统..... 14

一、地下水系统的基本概念..... 14

二、地下水系统的特征..... 14

三、地下水系统的功能..... 16

四、地下水系统分析..... 16

第二章 地下水资源调查..... 19

第一节 地下水资源调查的目的、任务及工作步骤..... 19

一、地下水资源调查的目的与任务..... 19

二、地下水资源调查工作的步骤..... 19

第二节 地下水资源调查方法..... 21

第三节 地面调查的观测项目..... 21

一、地下水露头的调查研究..... 22

二、地表水的调查..... 23

三、气象资料调查..... 25

第四节 不同地区地下水资源地面调查的任务和内容..... 26

一、平原区地下水资源地面调查..... 26

二、基岩丘陵区地下水资源地面调查..... 28

三、岩溶地区地下水资源地面调查..... 30

四、黄土地区地下水资源地面调查	31
五、沙漠地区地下水资源地面调查	31
六、冻土地区地下水资源地面调查	32
第三章 水文钻探和水文地质物探	33
第一节 水文钻探的基本任务	33
一、水文钻探工作的重要性	33
二、水文钻探工作的基本任务	33
第二节 水文钻探的技术要求	34
一、水文钻孔的结构和钻孔设计	34
二、钻进过程中的水文地质观测工作	36
第三节 水文勘探钻孔的布置原则	37
第四节 水文地质物探	38
一、地面物探	38
二、地球物理测井法	41
三、水文地质人员在物探工作中的任务	42
第四章 水文地质试验	45
第一节 抽水试验的目的和任务	45
第二节 抽水试验的分类和各种抽水试验方法的主要用途	45
第三节 抽水孔和观测孔的布置要求	48
一、抽水孔(主孔)的布置要求	48
二、水位观测孔的布置要求	48
第四节 抽水试验的主要技术要求	50
一、稳定流单孔抽水试验的主要技术要求	50
二、非稳定流抽水试验的主要技术要求	52
三、大型群孔干扰抽水试验的主要技术要求	53
第五节 抽水试验资料的整理	54
一、稳定流单孔(或孔组)抽水试验现场资料整理的要求	55
二、非稳定流单孔(或孔组)抽水试验现场资料整理的要求	55
三、群孔干扰抽水试验现场资料整理的要求	56
第六节 其他水文地质野外试验	56
一、渗水试验	56
二、钻孔注水试验	58
三、连通试验	59
第五章 地下水动态与均衡的研究	60
第一节 地下水动态与均衡的概念	60

第二节 研究地下水动态与均衡的意义	60
第三节 地下水动态与均衡研究的基本任务	61
一、地下水动态研究的基本任务	61
二、地下水均衡研究的基本任务	62
第四节 地下水动态与均衡的监测项目	63
一、地下水动态监测项目	63
二、地下水的均衡项目	63
第五节 地下水动态的成因类型及主要特征	64
第六章 地下水资源调查成果	67
第一节 水文地质图件	67
一、水文地质图件的种类	67
二、综合水文地质图	68
三、地下水资源图	70
第二节 文字报告	71
第七章 水文地质参数的计算	73
第一节 给水度	73
一、影响给水度的主要因素	73
二、给水度的确定方法	73
第二节 渗透系数和导水系数	75
一、用抽水试验法求参数应注意的问题	75
二、数值法求水文地质参数	76
第三节 储水率和储水系数	77
第四节 越流系数和越流因素	77
第五节 降水入渗补给系数和潜水蒸发强度	78
一、降水入渗补给系数	78
二、潜水蒸发强度	83
第六节 灌溉入渗补给系数	84
一、渠系渗漏补给系数	84
二、田间灌溉入渗补给系数	85
三、井灌回归系数	86
第七节 水动力弥散系数	87
一、基本概念	87
二、水动力弥散系数的确定方法	87
第八章 地下水水质评价	92
第一节 地下水水质评价概述	92

第二节 供水水质评价	93
一、生活饮用水水质评价	93
二、工业用水水质评价	97
三、农田灌溉用水水质评价	101
第三节 矿泉水的水质评价	107
一、天然饮用矿泉水基本特征与开发利用现状	108
二、天然饮用矿泉水特殊组分的界限指标与水质评价	108
三、天然饮用矿泉水的分类与命名	109
第四节 地下水环境质量评价	110
一、评价的内容及原则	110
二、评价的类型	110
三、地下水质量分类标准	111
四、地下水环境影响评价	111
第九章 地下水允许开采量的计算方法	117
第一节 水量均衡法	118
一、基本原理	118
二、计算步骤	119
第二节 数值法	122
第三节 解析法	131
一、干扰井群法	132
二、开采强度法	136
第四节 开采试验法	142
一、开采抽水法	142
二、补偿疏干法	145
三、Q-S 曲线外推法	148
第五节 回归分析法	151
一、简相关	152
二、复相关	159
三、回归分析法的适用条件	161
第六节 地下水水文分析法	161
一、岩溶管道截流总和法	161
二、地下径流模数法	162
三、频率分析法	163
第七节 地下水资源评价	164
一、地下水资源评价的原则	164

二、地下水资源评价的内容	165
三、地下水资源评价方法的选择	167
四、地下水允许开采量分级	168
第十章 地下水资源开发	170
第一节 水源地的选择	170
第二节 取水建筑物的类型及适用条件	171
第三节 取水建筑物的合理布局	172
一、管井的合理布局	172
二、大口井的合理布局	177
三、辐射井的合理布局	178
四、渗渠的合理布局	179
第四节 地下水资源合理开发模式	181
一、地下水库式开发模式	181
二、河流近岸开发模式	183
三、井渠结合模式	184
四、井灌井排模式	184
五、排供结合模式	185
六、引泉模式	185
第十一章 地下水资源的管理与保护	186
第一节 地下水资源的规划与管理	186
一、地下水资源规划与管理的含义	186
二、水资源管理的技术措施	187
三、水资源管理的经济措施	191
四、水资源管理的行政、法律措施	192
第二节 地下水资源的保护	194
一、水资源保护的涵义	194
二、水资源保护的法律基础	195
三、地下水保护的技术措施	196
四、水源地卫生防护带的确定	208
五、加强流域综合整治	210
六、加强地下水监测	210
七、加强地下水保护的科学研究	211
第十二章 矿床水文地质	212
第一节 矿床类型与矿床开采	212
一、矿床类型	212

二、矿床开采	213
第二节 矿床充水因素	214
一、充水水源	214
二、充水通道	218
三、采矿活动	222
第三节 矿床水文地质分类	224
第四节 矿坑涌水量预测	226
一、矿坑涌水量预测的内容、方法、步骤与特点	226
二、解析法在矿坑涌水量预测中的应用	229
三、水均衡法在矿坑涌水量预测中的应用	241
第五节 矿床疏干与排供结合	245
一、合理选择开采布局和开采方法	246
二、选择疏干工程措施	246
三、矿床疏干与排供结合	247
第六节 矿床水文地质工作的概况与特点	250
一、矿床水文地质工作的概况	250
二、矿区水文地质工作的特点	250
第七节 矿区环境地质概述	251
一、矿区供排矛盾问题	252
二、矿区岩土体破坏问题	253
三、采矿引起水质恶化问题	255
四、矿区自然景观的破坏问题	256
五、矿区环境整治	256
第十三章 地下热水资源	258
第一节 地下热水资源的勘探	258
一、地热资源的调查研究	259
二、不同勘探阶段工作要求	260
三、勘探工程控制程度要求	262
第二节 地热资源的评价	263
一、储量计算原则	263
二、地热资源的评价	265
第十四章 新技术方法在水文地质工作中的应用	269
第一节 遥感技术在地下水研究中的应用	269
一、卫星图像在地下水研究中的意义	270
二、遥感图像分析原理	271

三、图像的选择	271
四、遥感技术在区域地下水资源评价中的应用	273
五、岩石地表特征	279
六、地下水易污性评价	280
七、遥感技术应用展望	280
第二节 GIS 技术在地下水研究中的应用	281
一、地下水地理信息系统概述	281
二、地下水地理信息系统空间数据库	283
三、地下水空间分析决策子系统	287
第三节 同位素技术在地下水研究中的应用	292
一、同位素基本知识	293
二、环境同位素应用范围及工作方法	295
三、环境同位素应用实例	296
第四节 现代模拟软件的开发与应用	311
一、MODFLOW	311
二、Visual MODFLOW	314
三、Visual Groundwater	317
四、FEFLOW	317
五、GMS	321
主要参考文献	327

绪 言

一、专门水文地质学的任务与内容

专门水文地质学是水文与水资源工程专业、地下水科学与工程专业及勘察技术与工程专业的主要专业课之一,是一门专业技术方法课,在地下水基本理论指导下论述地下水在应用方面的理论与方法,其任务是使学生掌握地下水调查、评价、开发利用、管理与保护的理论与方法,培养学生进行地下水科学研究及解决实际问题的能力。

本课程包括五方面内容:

1) 地下水调查技术方法。主要介绍区域地下水地面调查的任务、内容、要求和技术方法,以及地下水调查的成果整理等内容。一些专门性的地下水调查,依据本部分介绍的原则、方法和内容,结合具体要求开展相应的工作。

2) 地下水资源评价的理论与方法。重点讨论地下水资源分类、地下水资源的组成、地下水允许开采量的评价方法及作为供水水源的地下水水质评价方法;简要介绍了地下水环境质量评价的内容和方法;以现代水资源利用的观点,论述地下水资源评价的原则、区域和局域地下水资源评价的内容。

3) 地下水资源开发、管理和保护。介绍作为供水水源的地下水水源地的选择,地下水取水建筑物的类型、特点及开采布局。从可持续发展角度论述地下水资源管理的一般原则,地下水资源保护及地下水环境负效应防治的技术方法,对于地下水资源技术管理的方法,本书不再介绍。

4) 矿床水文地质及地下热水的调查评价。介绍矿床充水条件及地下热水的调查评价方法,矿井涌水量预测的特点及防治矿井突水的方法。

5) 探讨现代新技术方法在地下水研究中的应用。介绍遥感及 GIS 技术在地下水资源调查中的应用、同位素技术解决地下水实际问题的理论和方法、最新地下水模拟软件的特点及应用技术,以培养学生应用新理论、新方法、新技术解决地下水问题的能力。

二、我国地下水调查工作的发展趋势

我国是世界上最早寻找、调查、开发利用地下水的国家之一,从丰富的考古发掘资料、各种古籍的记述及早期温(矿)泉、矿产开发利用等方面,都可以得到证实。

我国开发利用地下水的历史悠久。中华人民共和国成立后,发现的余姚河姆渡井,据碳-14测定,已有5700年的历史,属新石器时代中期所建。在上海松江发现了约5000年前的水井,在邯郸、洛阳也发现了约4000年前属于新石器时代晚期的水井。据统计(沈树荣,1985),目前我国已在河北、河南、山西、陕西、江西、江苏、湖北及北京等省(自治区、直辖市)发现了由夏、商到战国(公元前2100年~前222年)期间的水井18处,共97口,说明我国开采利用地下水的历史久远。

在凿井技术方面,据记载,四川在公元250年左右,已于广都(今成都附近双流一带)凿井开采卤水制盐,到公元280年,古江阳(今四川自流井一带)县彝族人梅泽,凿一井自喷卤水,故称之为“自流井”,这是世界上最早开凿的自流井。到宋朝(11世纪中叶),创造了“冲击式顿钻凿井法”,凿出了口小井深的卓筒井,大大促进了我国古代凿井技术的发展。这些凿井和找水技术,在明朝学者徐光启所著的《农政全书》和宋应星所著的《天工开物》中皆有详细介绍。1835年(清道光年间),自贡燊海井打至1001.42m深,为世界上第一口超1000m深钻,钻入三叠系嘉陵江灰岩层中,大规模地开发了自流井中的天然气和卤水资源。

临潼的骊山温泉,即华清池,相传3000年前周幽王就加以利用,秦汉时用于疗疾,至唐朝达到极盛。北魏郦道元的《水经注》中,列举了全国温泉41处;明末清初顾祖禹《读灾方輿纪要》中,记载温泉500余处;1956年,章鸿钊《中国温泉辑要》辑录温泉972处;据1973年资料,我国已发现地下热水露头(包括温泉和热水孔)达2000余处。

从上述史实看出,我国开发利用地下水的历史最悠久,对水文地质理论的建树及调查技术的应用皆有过突出贡献,曾居领先地位。

但是,由于我国长期处于封建社会,特别是近百年的半殖民地和半封建社会制度,严重地阻碍了水文地质科学知识和技术方法的发展,未能形成近代科学体系。

在此期间,尤其是在18世纪中叶以后,欧洲在产业革命推动下,大工业得以发展,生产水平不断上升。冶矿业和现代科学技术的发展,先后推动了已处于萌芽之中的地质学和水文地质学的深入发展。地质科学的形成,一般认为是在19世纪中叶到20世纪初,水文地质学也成为地质学科中的应用分支学科。

据史料记载,我国在辛亥革命后,开展了地质工作,但直到1916年才建立了自己的地质队伍,开始了大面积的地质调查与研究工作,建立起地质学科,取得了许多宝贵的学术成果。

中华人民共和国成立前,我国仅有极少数的地质工作者,做过少量的水文地质调查与凿井供水工作。上海于1860年开始凿深井,到1921年有深井22口,年开采量在 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上。北京的几口自流井开凿于1920年前后,深30m左右,自溢,水质好。天津于1930年调查时有井9口,皆自流。谢家荣在1929年发表了《钟山地质与南京井水供给的关系》,傅健于1935年发表了《陕西西安市地下水》,

梁文郁于1948年著有《兰州附近水源地质之研究》。1933年,朱庭祐等在南昌附近、王钰等在河南均做过农田灌溉用水的调查,有《江西南昌附近之地下水》和《河南安阳、林县、淇县、浚县一带地下水》两册报告。同时,李书田发表了《河北省开发自流井灌田之调查研究》,方鸿慈发表了《华北涌泉概况》和《济南地下水调查及其涌泉机构之判断》等文章。此间,由于忽视水文地质工作,致使采矿中矿井突水和淹井等灾害事故时有发生,损失无法估计。

1949年,中华人民共和国成立,为适应大规模经济建设的需要,我国引进了苏联的模式,建立了水文地质工程地质生产队伍,组建起科学研究机构并开办了专业教育。至此,我国有了完整的水文地质科学体系,勘探、建设了一批水源地并完成了一些重点矿区的水文地质勘察工作。

“文化大革命”后期,尤其自20世纪70年代末期以来,我国实行了改革开放政策,国民经济得到飞速发展。其间,完成了许多大型供水、矿井疏干等专门性水文地质调查项目与科研课题,总结出了我国的水文地质理论与实践经验,完善了新技术方法,出版了大量的水文地质专著、图件、刊物及各种规范和教材。

在水文地质普查方面,到1991年底,全国区域水文地质调查完成了 $820 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。部分地区进行了1:5万或更大比例尺的水文地质填图。

1995年以来,实施了西北地区找水特别计划和西南贫困岩溶石山区扶贫找水计划,2001年和2002年,又分别实施了西部严重缺水地区人畜饮用水地下水紧急勘察工程及西部严重缺水地区地下水勘察示范工程,先后在塔克拉玛干沙漠腹地以及极端缺水的宁夏、陕北、内蒙古边远地区及西部红层地区、岩溶石山地区寻找饮用淡水,直接解决了约120万人的饮用水问题。“十五”规划期间,在全国开展了新一轮地下水潜力调查工作,建立了全国主要地下水系统空间数据库,为国家宏观决策提供了地下水资源基础资料和动态数据,为北方主要经济区、重要农业区提供了地下水资源利用方案。

地下水资源评价工作方面,自20世纪70年代初期在河北黑龙港地区建立了第一个数值模拟模型以来,推广了非稳定流理论和模拟技术,之后几十座大中城市及吉林西部、河西走廊、华北等地区先后建立了地下水数值模拟模型,解决了各类复杂条件下的地下水资源评价问题。目前,地下水数值模拟技术已从二维发展到三维,一批功能强大的专业模拟软件开始推广使用,随机模型和非确定性模型也开始应用于地下水资源评价工作。

随着水资源短缺和环境恶化等问题的出现,从20世纪80年代中期开始,我国开展了地下水资源管理工作,到目前为止,几乎所有以地下水为主要供水水源的城市,针对不同问题,都建立了地下水资源管理模型。地下水资源管理已从单纯水力模型发展到经济管理模型、地下水与地表水联合调度管理模型等,在管理的内容和建模技术上都有了很大的发展。

矿床及矿井水文地质工作,至 1983 年底,全国 17 750 个已探明储量的矿区都进行了相应的水文工程地质工作,为全国县级以上 6000 余个已开发的国营矿山提供了水文工程地质资料,20 世纪 70 年代末到 80 年代初,对全国岩溶充水矿山的回访,总结了矿床水文地质勘探及矿山涌水量预测的经验及存在的问题,对岩溶矿床水文地质勘探及矿井涌水预测方法的认识有了较大提高,对矿井突水进行了深入的研究。

从 20 世纪 70 年代开始,国家加强了保护环境和水资源的立法工作。1979~1984 年,先后颁布了《中华人民共和国环境保护法(试行)》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》,对保护我国自然环境、水资源、生态平衡及保障人体健康,作出了法律规定。1988 年实施的《中华人民共和国水法》规定,国内“开发、利用、保护、管理水资源,防治水害,必须遵守本法”,以期充分发挥水资源的综合效益,还对违反本法法规所需承担的法律 responsibility 作出了明确规定。

三、我国地下水工作的发展趋势

我国地下水科学已经或正在发展成为具有多个分支学科的现代地下水科学体系。从事水科学的专业技术人员和科学家已认识到,打破原有的学科分工和研究领域,将地下水与地表水视为具有密切联系的整体,对水资源的评价、预测及开发利用,必须综合考虑地下水与地表水的统一规划。把地下水的研究与全球环境变化结合起来,把地下水作为全球水循环的一个环节,地下水的有关指标(水量、水位、水质、水温等)可作为全球环境变化的指标。探讨如何从技术、经济、社会、法律方面管理和保护地下水资源,使地下水资源得到永续利用,将是地下水工作者长期的任务。同位素技术、“多 S”技术、地下水三维数值模拟技术、非线性技术等新技术方法的利用,将成为地下水资源调查、评价和管理工作的有效工具,使研究手段从过去的单一化向多样化、综合化方向发展。新的理论和技术的应用,会使地下水资源研究向信息化、数字化方向发展,将大大提高地下水研究成果的实用性和可操作性。