

水文与工程地质专业系列教材

# 水文地质勘查方法

主 编 徐智彬 朱朝霞

副主编 裴 灵

SHUIWEN DIZHI  
KANCHA FANGFA



中国地质大学出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

# 水文地质勘查方法

主 编 徐智彬 朱朝霞  
副主编 裴 灵  
参 编 刘鸿燕 王明秋



中国地质大学出版社有限责任公司  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

图书在版编目(CIP)数据

水文地质勘查方法/徐智彬,朱朝霞主编;裴灵副主编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2013.12

ISBN 978-7-5625-3237-8

I. ①水…

II. ①徐…②朱…③裴…

III. ①水文地质勘探-教材

IV. ①P641.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 205973 号

水文地质勘查方法

徐智彬 朱朝霞 主编

裴 灵 副主编

责任编辑:高婕好 张 琰

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:531.2 千字 印张:20.75

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

印刷:荆州鸿盛印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-3237-8

定价:56.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 前 言

2011年10月,按照教育部、财政部《关于支持高等职业学校提升专业服务产业发展能力的通知》(教职成[2011]11号)的精神和要求,重庆市教委根据《重庆市国民经济和社会发展“十二五”规划纲要》《重庆市教育事业“十二五”规划》和《重庆市“十二五”职业教育发展规划》,结合重庆市高职院校的具体情况,对中央财政支持建设的专业进行了充分的论证和布局。考虑重庆市统筹城乡综合配套改革和建设长江上游地区经济中心的战略、重庆经济社会发展、重庆市三峡库区建设,尤其是蓄水后的库区地质环境保护工作等对水文与工程地质专业人才的需要,为加快培养高端技能型水文与工程地质人才,确定重庆工程职业技术学院水文与工程地质专业为中央财政支持的专业服务产业发展能力建设专业。

根据《水文与工程地质专业服务产业发展能力建设方案》,专业建设中要求配套建设核心课程的教材,其中包含了《水文地质勘查方法》教材的建设。按照专业建设“项目导向”工学结合人才培养模式的要求,我们对水文与工程地质专业的岗位群、职业岗位能力、岗位典型工作任务进行分析,结合高职学生的特点和工作需要,开发了基于水文地质勘查工作过程的“项目课程”。

教材按勘查工作一般程序,以“实用”为宗旨,以着重培养学生的岗位能力为原则对课程内容进行选择 and 编排,摒弃过于理论化和抽象的内容,突出实践性、可操作性,并具有前瞻性,将本学科的发展趋势及实际工作中的新技术、新规范等纳入教材之中。

教材文字表述简明扼要,内容展现图文并茂、重点突出,旨在提高学生学习的主动性和积极性。

本教材由徐智彬编写绪论、第二章第一节和第九节、第三章、第五章、第七章及附录;朱朝霞编写第一章、第二章第二节、第四节至第八节;裴灵编写第八章、第九章;刘鸿燕、徐智彬共同编写第四章、第六章;王明秋编写第十章;李博编写第二章第三节。统稿由徐智彬完成。

需要说明的是,本教材编撰前,我们着手搜集了大量与水文地质勘查有关的论文、图书、规范及我国在地下水资源领域的新成果及新技术。教材内容涉及国内外水文地质方面最新的论著、新近颁布的有关规范及网络相关资料等,可谓是汇集了无数人的科研成果和实践经验,在此我们对相关学者表示由衷的敬意和深深的谢意。另外,在教材编写的过程中,始终得到重庆工程职业技术学院李慧民副院长、系主任粟俊江的大力支持和帮助;李红老师对教材“遥感技术”内容提出了修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

考虑水文与工程地质专业高职高专学生就业岗位的要求,教材中编写了“勘查工程的施工管理及原始地质编录”内容,主要是参考《固体矿产原始地质编录规程》(DD 2006-01)并结合水文地质勘查特点编写的。我们希望通过此次尝试,抛砖引玉,获取各方面的意见,不断修正教材内容,以使其逐渐完善。

由于本教材涉及的内容多,而本课程的课时有限,我们要在大量的资料中挑选出适合于教学用的内容,难度无疑是非常大的;加上我们的知识面有限,交稿的时间紧迫,教材内容难免有错漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013年8月25日

## 目 录

绪 论	(1)
第一节 水文地质勘查的一般含义	(1)
第二节 水文地质勘查的课程性质和内容	(2)
第三节 我国水文地质学科和水文地质调查与勘查工作的发展概况	(2)
第四节 我国地下水资源开发利用现状及问题	(5)
第一章 水文地质勘查阶段	(9)
第一节 水文地质勘查阶段划分的必要性	(9)
第二节 水文地质勘查阶段的划分及各阶段的任务与要求	(9)
第三节 水文地质勘查各阶段的勘查内容	(13)
第四节 水文地质勘查阶段的简化	(15)
第二章 水文地质勘查技术手段	(16)
第一节 遥感技术在水文地质勘查中的应用	(16)
第二节 水文地质测绘	(21)
第三节 水文地质物探	(33)
第四节 水文地质坑探	(44)
第五节 水文地质钻探	(45)
第六节 水文地质试验	(57)
第七节 地下水动态监测	(77)
第八节 同位素技术在水文地质勘查中的应用	(81)
第九节 水文地质勘查技术手段的选择	(83)
第三章 水文地质勘查采样	(87)
第一节 采样的目的与要求	(87)
第二节 地下水样的采集	(88)
第三节 地下水样品管理	(93)
第四节 地下水现场监测	(94)
第五节 环境同位素样品野外采集要点	(97)
第六节 岩(土)样采集	(100)
第四章 水文地质勘查工程系统	(101)
第一节 水文地质勘查类型和勘查工程的密度	(101)
第二节 水文地质勘查工程的布置	(103)
第三节 水文地质勘查程度、勘查精度、勘查深度、勘查周期	(114)
第五章 水文地质勘查设计的编制	(117)
第一节 编制勘查设计的准备工作	(117)
第二节 工作范围和工作量的确定	(118)

第三节	勘查设计的内容	(119)
第四节	勘查设计的审批	(120)
第五节	勘查设计编制举例	(121)
第六章	水文地质勘查工程的施工管理及原始地质编录	(123)
第一节	勘查工程的施工管理及原始地质编录概述	(123)
第二节	坑探工程的施工管理及原始地质编录	(124)
第三节	钻探工程的施工管理及原始地质编录	(136)
第七章	地下水资源评价与开发	(177)
第一节	地下水资源评价概述	(177)
第二节	地下水水质评价	(184)
第三节	地下水资源量的分类、计算与评价	(193)
第四节	地下水资源开发、保护与管理	(224)
第八章	水文地质图的编制	(247)
第一节	水文地质图的基本概念及其分类	(247)
第二节	水文地质图件的编制	(250)
第九章	水文地质勘查报告编写	(268)
第一节	水文地质勘查报告编写的基本要求	(268)
第二节	水文地质勘查报告编写提纲	(268)
第十章	各类专门性的水文地质勘查简述	(274)
第一节	区域水文地质调查	(274)
第二节	供水水文地质勘查	(279)
第三节	水利水电工程水文地质勘查	(290)
第四节	其他领域水文地质勘查	(293)
主要参考文献		(305)
附录 1	利用开采试验资料推求地下水的允许开采量	(308)
附录 2	水文地质图常用图例、符号	(314)

# 绪 论

水既是重要的自然环境要素,又是重要的自然资源,是可持续发展的基础与条件。21世纪可持续发展的水资源战略问题是一个关系人类前途和命运的重大问题。水资源的极端重要性已成为国际社会的共识。

地下水是水资源的重要组成部分,在保障我国城乡居民生活用水、支持社会经济发展、维持生态平衡等方面具有十分重要的作用。尤其是在地表水资源相对缺乏的我国北方干旱、半干旱地区,地下水具有不可替代的作用。通过水文地质调查和勘查,科学地认识和掌握我国地下水资源的时空分布及其变化规律,是实施我国水资源可持续利用战略的基础。

## 第一节 水文地质勘查的一般含义

水文地质勘查是在水文地质基本理论指导下,借助一定的勘查技术手段和方法,结合国家及行业的相关经济政策和规范,研究和查明工作区的水文地质条件、特征和规律,进行区内地下水资源评价,对地下水资源的开发、保护与管理作出科学论证的一门地质学科。它是为查明一个地区的水文地质条件而进行的野外和室内水文地质工作的总称。水文地质勘查应遵循国家现行相关标准、规范、规程等,合理选择勘查手段和方法,在保证工程质量和提交成果能够利用的前提下,全面满足勘查设计提出的任务和成果要求,优质、高效、安全地完成水文地质勘查任务。

水文地质勘查实质上主要是针对地下水资源而进行的勘查工作过程。地下水资源勘查工作可以分为三类:第一类是区域水文地质勘查,以查明区域水文地质条件和规律为主,以圈定水源地(是指对城镇或工农业供水具有价值的已集中开采和可能集中开采地下水资源的地段)范围和确定允许开采量为辅,其成果具有多方面的用途;第二类是水源地勘查,是地下水水源地供水水文地质勘查的简称,以查明水源地开采条件和确定允许开采量为主;第三类是区域地下水资源评价,以一个水文地质单元、自然单位或行政单元为单位,在充分搜集分析前人资料的基础上,通过对开采量的调查和地下水动态观测数据的分析计算,提出这一地区不同类别和级别的地下水资源量和合理开采方案。

水文地质勘查的目的就是要查明水文地质条件,为开发利用地下水资源等提供水文地质资料。但不同种类和不同勘查阶段的水文地质勘查,其具体目的有一定的差别。如1:25万区域水文地质调查(DD 2004-01规定)的目的是:①为地下水资源的合理开发利用与管理、国土开发与整治规划、环境保护和生态建设、经济建设与社会发展规划提供区域水文地质资料和决策依据;②为城市建设和矿山、水利、港口、铁路、输油输气管线等大型工程项目的规划提供区域水文地质资料;③为更大比例尺的水文地质勘查,城镇、工矿供水勘查,农业与生态用水勘查,环境地质勘查等各种专门水文地质工作提供设计依据;

④为水文地质、工程地质、环境地质等学科的研究提供区域水文地质基础资料。

水文地质勘查的基本任务就是运用各种不同的勘查手段(测绘、物探、坑探、钻探、试验、观测等)、按照一定的勘查程序去查明工作区基本的水文地质条件和解决专门性的水文地质问题和生产实际问题,保证在较短时间内取得符合精度要求的勘查成果,为地下水资源评价、开发、利用、管理、保护以及地下取水论证提供依据。不同类型的水文地质勘查,其具体的勘查任务是不同的。例如,1:25万区域水文地质调查(DD 2004-01规定)的基本任务是:①基本查明区域水文地质条件,包括含水层系统或蓄水构造的空间结构及边界条件,地下水补给、径流和排泄条件及其变化,地下水水位、水质、水量等;②基本查明区域水文地球化学特征及形成条件,地下水的年龄及更新能力;③基本查明区域的地下水动态特征及其影响因素;④基本查明地下水开采历史与开采现状,计算地下水天然补给资源,评价地下水开采资源和地下水资源开采潜力;⑤基本查明存在或潜在的与地下水开发利用有关的环境地质问题的种类、分布、规模大小和危害程度以及形成条件、产生原因,预测其发展趋势,初步评价地下水的环境功能和生态功能,提出防治对策建议;⑥采集和汇集与水文地质有关的各类数据,建立区域水文地质空间数据库;⑦建立或完善地下水动态区域监测网点,提出建立地下水动态监测网的优化方案。

水文地质勘查各个阶段,勘查的程序一般是:接受任务→确定工作方案→编制勘查设计或纲要→野外施工及原始地质编录→资料整理→编制勘查报告→检查验收→质量评定等。

## 第二节 水文地质勘查的课程性质和内容

水文地质勘查是地质学与水文学交叉渗透形成的一门地质分支学科,是水文与工程地质专业的专业必修课和核心课程之一。它的先修课程有地质学基础(矿物学、岩石学、地层学、构造学等)、地貌与第四纪地质学、地理信息系统、遥感地质学、地下水动力学、水文地质学基础等。

按照水文地质勘查的一般工作程序,本教材主要从以下几个方面说明了水文地质勘查的内容。

(1) 水文地质勘查的技术基础。包括勘查阶段的划分、勘查技术手段及选择、勘查采样、勘查工程系统等内容。

(2) 水文地质勘查设计的编制。

(3) 勘查工程的施工管理及原始地质编录。主要说明常用坑探工程和钻探工程的施工管理及原始地质编录方法。

(4) 综合地质编录。包括水文地质图件的编制、地下水资源评价与开发、保护、管理等内容。

(5) 各类专门水文地质勘查。

## 第三节 我国水文地质学科和水文地质调查与勘查工作的发展概况

### 一、水文地质学科的产生和发展阶段

“水文地质学”这一术语,于19世纪初在欧洲被正式提出来,但直到20世纪三四十年代



才真正成为地质科学中一门独立的学科。特别是在第二次世界大战结束后,在地质科学的基础上,地下水的研究与其他自然科学(如数学、物理学、化学、生物学等)以及水文科学相互结合、相互渗透,逐渐发展成为一门跨学科的综合性学科。

我国对地下水的认识和开发利用历史悠久,但水文地质学科作为地质科学领域内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。陈梦熊院士曾把我国水文地质学科的发展大致划分为四个阶段。

(1) 萌芽阶段(20世纪前)。我国在5000多年前就开始利用地下水,开发利用地下水的历史悠久,其间“瓦圈水井”“卓筒井的冲击式顿钻法”等打井技术和对地下水性质的认识及泉水灌溉等,为我国凿井技术的应用和水文地质理论的建立作出了突出的贡献。

(2) 初始阶段(1900~1950年)。我国只有极少数的地质工作者开始应用地质学的基本理论研究地下水。例如,谢家荣在1929年发表《钟山地质与南京井水供给关系》、傅建在1935年发表《陕西西安市地下水》、梁文郁在1948年写有《兰州附近水源地质之研究》等调查报告。

(3) 奠基阶段(1950~1970年)。我国主要在前苏联学术思想影响下,奠定水文地质的理论基础,是区域水文地质学(20世纪50年代)与农业水文地质学(20世纪60年代)的开创时期。这一时期,我国建立水文地质专业队、组建科学研究机构和开展专业教育,使我国有了完整的水文地质学科体系。

(4) 成长阶段(1970年至今)。主要受西方系统论、系统工程、计算机技术等新理论、新技术的影响,使我国的传统水文地质学科发展到一个以研究水资源与环境问题为重点的现代水文地质学,即进入环境水文地质学(20世纪70年代)、水资源水文地质学(20世纪80年代)及信息水文地质学(20世纪90年代)的发展时期。

## 二、现代水文地质学的特征与发展趋势

### 1. 现代水文地质学的特征

(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,对水文地质学科的发展产生了重大影响。

(2) 现代应用数学与水文地质学科的结合,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) 地下水的研究,从地下水系统与自然环境系统相互关系的研究扩大到与社会经济系统相互关系的研究。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,如区域水文地质学,岩溶水文地质学、遥感水文地质学、环境水文地质学、污染水文地质学,以及数学水文地质学、水资源水文地质学等。

(5) 新技术、新方法的应用,除计算机技术外,如“3S”技术、同位素技术、自动监测技术、室内模拟技术以及有关水质分析技术等,都得到了普遍应用,对推动水文地质学科的发展发挥了重要作用。

### 2. 现代水文地质学的发展趋势

现代水文地质学的各分支学科,按其性质可划分为三个方面,即理论水文地质学、应用水

文地质学及技术方法水文地质学。

1) 理论水文地质学

(1) 普通水文地质学逐渐向区域水文地质学发展,并派生岩溶水文地质学、古水文地质学等分支。

(2) 地下水动力学与水文地球化学相结合,逐渐演变为以研究地下水资源为重点的水资源水文地质学,并向以研究数学模型为主的数学水文地质学和资源管理水文地质学方向发展。

2) 应用水文地质学

(1) 专门水文地质学逐渐发展为城市水文地质学、农业水文地质学和矿区水文地质学,并在此基础上发展成为环境水文地质学。

(2) 环境水文地质学的发展,形成区域环境水文地质学、污染环境水文地质学、医学环境水文地质学、生态环境水文地质学以及地震水文地质学等分支。

3) 技术方法水文地质学

由普查勘探水文地质学逐渐发展为钻探水文地质学、物探水文地质学、遥感水文地质学、同位素水文地质学、监测水文地质学、计算机水文地质学、制图水文地质学以及地下水分析化学等分支。

总之,在 21 世纪,理论水文地质学方面将着重向水资源水文地质学发展;而应用水文地质学方面将着重向环境水文地质学发展。今后水文地质学的发展趋向可能为资源环境水文地质学。

### 三、我国水文地质调查与勘查工作的发展

从建国以来,我国水文地质调查与勘查工作在机构设置、法律、规范、学科和教材建设、各种专题研究著述和研究、调查与勘查技术方法和成果等方面都取得了巨大的进步和发展。现以表 1 对这些方面作一简单归纳。

表 1 我国各时期水文地质调查与勘查工作的发展(据蓝俊康等,2008,整理)

内容 年代		机构、法律	学科、教材	专题著述、研究	调查与勘查
20 世纪	50 年代	地质部成立;各省(自治区、直辖市)先后建立了水文地质专业队伍及有关的科研机构、地质院校	前苏联专家克里门托夫教授结合其在原长春地质学院的讲学编著了《水文地质学》《水文地质学概论》《普查与勘探水文地质学》《地下水动力学》《矿床水文地质学》等教材,是我国最早的水文地质专业教科书;1959 年出版第一本用我国资料编著的《实用水文地质学》	前苏联著名学者如朗格的区域水文的分区理论、卡明斯基的地下水的渗流理论、普洛特尼柯夫的地下水的储量分类与评价、列别捷夫的灌区地下水动态预测以及奥弗琴尼柯夫的矿水方面的专著等;1957 年正式出版发行我国第一种水文刊物《水文地质工程地质》;1958 年我国编制和出版第一本水文专著《中国区域水文地质概论》	有计划地在全国开展区域水文地质普查;1958 年我国编制和出版了第一幅比例尺为 1:300 万的中国水文地质图;北京、西安、包头、太原等城市进行水源地的勘查评价
	60 年代		为农业水文地质学的开创时期。从区域水文地球化学方向研究环境地球化学与人体健康和疾病关系,形成医学环境地球化学新的学科体系	对克山病、高氟病等地方病的形成机理与防治措施进行了深入研究	创立了一套具有本国特色的水文地质图编图方法;编制出版了许多按地区编制的图幅、图系或图集

续表 1

内容 年代	机构、法律	学科、教材	专题著述、研究	调查与勘查
20 世纪	70 ~ 80 年代	我国城市水文地质学的开创时期。地下水系统理论、非稳定流理论的输入,以数值解或解析法为代表的现代应用数学以及计算机系统的广泛应用,使水文地质学科及地下水资源的研究发生了根本性的变化,由研究地下水系统与自然环境系统之间的相互关系扩大到研究与社会经济系统的相互关系;产生了环境水文地质学、水资源水文地质学	对重点经济发展区开展区域地下水资源与环境水文地质评价的调查和研究;开展了许多为发展农业服务的专题研究,如潜水资源与人工调蓄、水盐均衡和盐土治理等;我国的水质模型的研究取得了很大进展;开展了对红层裂隙水、玄武岩裂隙孔洞水、黄土地下水北方岩溶水等许多专题研究;参加国际水文计划(IHP)关于“水资源开发的环境效应与管理”的研究;80年代后期地下水资源研究逐渐转向对管理模型的研究	1978年出版《中华人民共和国水文地质图集》;我国区域水文地质普查基本完成;建立了许多水均衡试验场;引进了负压计、中子仪等新的测试技术;开展了城市水文地质调查和地下水的环境质量评价,采用了室内模拟试验等新方法;在普查中普遍应用了遥感技术;开展了第一轮全国地下水资源评价
	90 年代	修改以往勘查规范,颁布了一系列国家标准,如《区域水文地质工程地质环境地质综合勘察规范》(GB/T 14158—1993)	出版了大量教材;应用水文地质学科和技术水文地质学科不断完善,形成了信息水文地质学	引进和推广空气钻进技术、无固相冲洗液钻进等先进的钻凿技术和先进的物探技术,如瞬变电磁法(TEM)、EH-4电磁成像系统等;采用GIS技术对水文地质勘查资料和监测数据进行整理
21 世纪初	2002年8月29日第九届全国人大常委会第二十九次会议通过了我国的第二部《水法》,于2002年10月1日起实施;颁布新规范	出版了大量水文地质学科的教材	2003年中国地质调查局出版《严重缺水地区地下水勘查论文集》;建立了以城市供水为目标的水资源管理模型、水质水量联合管理模型、水量调配和供排结合的管理模型、地表水—地下水联合调度模型及全流域为工农生活用水优化分配的规划管理模型等	开发出地下水资源智能管理系统;引进了国外先进的地下水资源优化管理模型软件(RE-MAX);2004年完成了第二轮地下水资源评价;应用“3S”技术处理水文地质空间数据

## 第四节 我国地下水资源开发利用现状及问题

### 一、我国地下水资源开发利用现状

根据 2000~2002 年最新完成的全国水资源调查评价成果,全国地下淡水天然资源多年平均为 8 837 亿  $\text{m}^3$ , 约占全国水资源总量的 1/3。地下水资源分布方面,南方比北方丰富。南方地区地下淡水天然资源量每年为 6 094 亿  $\text{m}^3$ , 占全国地下淡水天然资源量的 69%; 可开采资源量为 1 991 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ , 占全国地下水可开采资源量的 56%。北方地区地下淡水天然资源量每年为 2 743 亿  $\text{m}^3$ , 占全国地下淡水天然资源量的 31%; 可开采资源量为 1 536 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ , 占全国地下水可开采资源量的 44%。目前全国有 400 多个城市开采利用地下水,地下水的开采量(含少量微咸水)已超过 1 000 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ , 约占全国总供水量的 1/5, 其中北方地区地下水现状开

采量占全国开采总量的 76%。中国地下水开发利用主要是以孔隙水、岩溶水、裂隙水三类为主。孔隙水在开发利用上占主要的地位,孔隙水的天然资源量为 2 810 亿 m<sup>3</sup>/a、可开采资源量为 1 686 亿 m<sup>3</sup>/a;岩溶水的天然资源量为 2 116 亿 m<sup>3</sup>/a、可开采资源量为 870 亿 m<sup>3</sup>/a;裂隙水的天然资源量为 4 308 亿 m<sup>3</sup>/a、可开采资源量为 971 亿 m<sup>3</sup>/a。根据国土资源部 2006 年发布的统计资料,全国目前有 310 多个城市以开采地下水作为城市供水水源,约占全国城市的 71%;全国有 70% 的人口饮用地下水,北方城市的生活和工业用水中地下水占 90% 左右,南方地区地下水资源利用量也在不断增加。由此可见,地下水资源已成为支持我国国民经济可持续发展的重要支柱。

## 二、我国地下水资源开发利用中的主要问题

地下水的大规模开发,在保障经济社会快速发展的同时,也引发了一系列的资源、环境问题,给我国地下水资源可持续利用和生态环境保护带来了一系列的严峻挑战。其主要表现如下。

### 1. 地下水资源紧缺和浪费问题并存

从 1980~2000 年,全国用水量急剧增长,地下水开采量平均以 25 亿 m<sup>3</sup>/a 的速度增加。由于工农业及生活用水需求量逐年增加,中国(特别北方地区)的大中城市本已十分严峻的水资源的供需形势将面临更大的压力。如甘肃省天水市目前地下水的可采量仅为 8 957 万 m<sup>3</sup>/a,而其城市的发展规划预测该城市的总需水量将达 33 154 万 m<sup>3</sup>/a,存在巨大的供需缺口,水资源已成为影响当地经济发展的一个主要制约因素。目前,全国 600 多座城市中有一半左右不同程度地存在缺水问题,全国还有数千万人需解决饮用水问题。但同时,水资源浪费问题仍相当突出。农业生产过程中水资源的浪费问题最为突出,每千克粮食的耗水量是发达国家的 2~3 倍;我国工业用水量的浪费也很大,万元工业产值耗水量一般是发达国家的 10~20 倍,大部分城市工业水的重复利用率平均只有 30%~40%,远低于发达国家的水平。

### 2. 地下水超采诱发严重的环境地质问题

目前,北方已有相当一部分地区地下水处于超采状态(图 1),其中河北省整体超采,北京、天津、呼和浩特、沈阳、哈尔滨、济南、太原、郑州等一些大中城市地下水已超采或严重超采;20 世纪 90 年代以来,地下水超采量呈持续上升趋势。

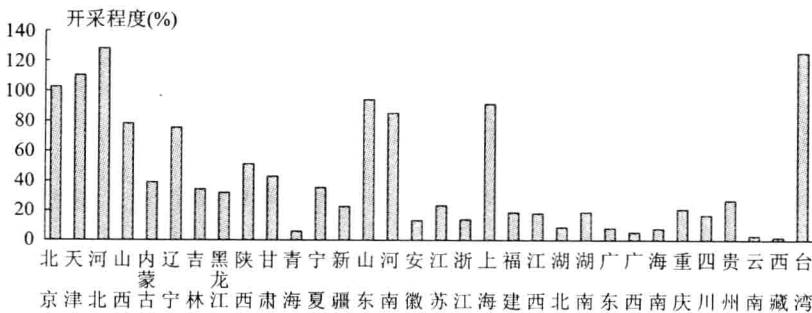


图 1 各省(自治区、直辖市)地下水开采程度

(据中国地质环境信息网,2010,中国地下水资源——新一轮全国地下水资源评价成果)

地下水大规模开发,导致地下水位持续下降,含水层疏干,地下水资源面临枯竭,大量机井

报废,造成农村饮水严重困难。许多地区盲目大量开发深层承压水,如不加以严格控制管理,深层承压水将面临枯竭的危险。我国北方部分地区因不合理开采地下水,出现地下水位持续下降,形成区域地下水位降落漏斗。据初步统计,全国已形成区域地下水位降落漏斗 100 多个,面积达 15 万  $\text{km}^2$ ,华北平原深层地下水已形成了跨冀、京、津、鲁的区域地下水位降落漏斗,有近 7 万  $\text{km}^2$  面积的地下水位低于海平面。区域地下水位下降还使平原或盆地湿地萎缩或消失、地表植被破坏,导致生态环境退化。

由于过量开采深层承压水,我国沿海河口三角洲地区、东部和南部沿海地区、华北和东北平原地区、河谷平原和山间盆地均发生了地面沉降。全国有 40 多座城市由于不合理开采地下水而发生了地面沉降,其中沉降中心累计最大沉降量超过 2m 的有上海、天津、太原、天津塘沽,个别点最大沉降量已达 3.1m。在河北平原、西安、大同、苏锡常(苏州、无锡、常州)等地区,过量开采地下水还导致了地裂缝,对城市基础设施构成严重威胁。

在我国的沿海城市地区,由于大量开采地下水后,引起海水入侵,导致地下水水质恶化。发生海水入侵的地区从北向南有辽宁、河北、山东、广西、海南等,问题比较严重的地区主要有辽宁省大连市、河北省秦皇岛市、山东省青岛市、福建省厦门市以及广西壮族自治区北海市等。近年来,环渤海地区的海水入侵发展迅速,2003 年海水入侵面积达 2 457  $\text{km}^2$ ,比 20 世纪 80 年代末增加了 937  $\text{km}^2$ ,平均每年增加 62  $\text{km}^2$ 。

### 3. 地下水污染日渐加剧、导致水质恶化问题

随着经济的发展,农药、化肥、生活污水及工业“三废”的排放量日益增大,这些污水大部分都未经处理就直接排放,构成了地下水的主要污染源;过量开采造成的地下水位的持续下降客观上为废污水的加速入渗创造了有利条件。我国现利用污水灌溉的农田有 2 000 多万亩,直接污染了地下水,有的还受到农药和化肥的污染。在 185 个城市的 253 个主要地下水开采地段中,污染趋势加重的有 63 个,占 25%;污染趋势减轻的有 45 个,占 18%;保持基本稳定的为 145 个,占 57%。污染组分主要有硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、氯化物、重金属等。淮河流域浅层地下水面状污染加重;“三致”(致癌、致畸、致突变)有机污染物在京津地区、长江三角洲等地区的地下水中被检出。目前全国城市地下水资源遭受污染的情况较为严重,据不完全统计,全国已有 136 个大中城市的地下水受到不同程度的污染,其中比较严重的有包头、长春、郑州、鞍山、太原、沈阳、哈尔滨、北京、西安、兰州、乌鲁木齐、上海、无锡、常州、杭州、合肥、武汉等城市。

据全国水资源调查评价成果,在全国地下水资源中,按分布面积统计,有 63% 的地下水资源可供直接饮用、17% 需经适当处理后方可饮用、12% 为不宜饮用但可作为工农业供水水源、约 8% 的地下水资源不能直接利用(需经专门处理后才能利用)。在评价的 197 万  $\text{km}^2$  平原区面积中,Ⅰ类和Ⅱ类水质的面积仅为 5%、Ⅲ类水质面积占 35%、Ⅳ类和Ⅴ类水质面积占 60%。太湖流域、辽河、淮河、海河区域地下水污染最为严重。据对全国 115 个地下水水源地水质评价分析,水质不合格的比例达 35%,部分地区水源地甚至检出有毒有机物。

全国约有 7 000 多万人仍在饮用不符合饮用水水质标准的地下水。各省(自治区、直辖市)不同程度地存在着与饮用水水质有关的地方病区。我国北方丘陵山区分布着与克山病、大骨节病、砷中毒、氟中毒、甲状腺肿大等地方病有关的高氟水、高砷水、低碘水和高铁锰水等。截至 2003 年底,全国有氟斑牙患者 3 877 万人、氟骨症患者 284 万人、地方性砷中毒患者 9 686 人、大骨节病患者 81 万人(其中 12 岁以下患者 5.59 万人)、潜在型克山病患者 2.99 万人、慢型克山病患者 1.09 万人。全国有 4 194 万饮水型地方性氟中毒病区的人口和 115 万饮水型

地方性砷中毒病区的人口需要改水;有7个省(自治区、直辖市)尚未实现消除碘缺乏病的目标。

地下水一旦污染,治理非常困难,不仅代价高昂,而且时间长久、难以治理,应引起高度警觉和重视。

#### 4. 土地沙化、荒漠化、石漠化趋势问题

我国西北内陆河地区由于地下水位持续下降,导致天然绿洲退缩和严重退化,土地沙化面积不断扩大。如石羊河流域由于地表径流减少而大量开发地下水使地下水位持续下降,造成河流区外围土地严重沙化,大量土地弃耕,产生大量生态难民;新疆塔里木流域由于过渡开发利用导致地下水补给减少,地下水位下降,草场覆灭,大量土地废耕,绿色走廊消失。

调查表明,中国北方地区共有荒漠化土地达175.81万 $\text{km}^2$ ,其中沙漠化土地面积达58.76万 $\text{km}^2$ 、水蚀荒漠化土地面积达98.59万 $\text{km}^2$ 、土地盐渍化面积达18.46万 $\text{km}^2$ ,加上北方地区的戈壁和以流沙为主的沙漠面积(112.66万 $\text{km}^2$ ),北方地区荒漠和荒漠化土地面积总和达到288.47万 $\text{km}^2$ ,占国土总面积的30%。

20世纪末,在西南岩溶石山区74万 $\text{km}^2$ 调查区内,石漠化的面积达10.5万 $\text{km}^2$ ,占调查区面积的14.2%,其中轻度石漠化面积为4.0万 $\text{km}^2$ 、中度石漠化面积为3.9万 $\text{km}^2$ 、重度石漠化面积为2.6万 $\text{km}^2$ 。石漠化主要发生在云南、贵州和广西三省(自治区),总面积为8.8万 $\text{km}^2$ 。目前西南岩溶地区石漠化面积年均增长1650 $\text{km}^2$ ,年增长率为2%。

#### 5. 采矿等开发建设活动造成地下水严重破坏问题

我国西北、华北、华中、西南等许多地区煤水共生,煤炭开采业发达。煤炭开采不仅疏干了含水层,采矿过程中形成的巷道和开采后形成的采空区严重地破坏了地表水和地下水运移、赋存的天然状态,造成河水断流、地下水位下降、泉水流量锐减甚至干涸、水污染加重等。据调查,山西采煤对水资源的破坏面积已达20352 $\text{km}^2$ ,占全省总面积的13%。其中,严重破坏区面积占全省面积的1.7%、一般破坏区面积占全省面积的6.5%、影响区面积占全省面积的4.9%。山西每挖1t煤损耗2.48t的水资源,全省每年采煤破坏水资源达12亿 $\text{m}^3$ ;采煤排水引起矿区水位下降,导致泉水流量下降或断流,近600万人以及几十万头大牲畜饮水出现严重困难。

### 三、我国地下水资源开发利用中需加强的研究领域

在我国地下水资源开发利用中,需加强对“三水”的统一规划与管理、水资源评价方法及管理模型实用性研究、多重介质模型与污染模型的研究、矿井突水和环境地质问题的预报与防治、地下水生态系统的研究方法、同位素技术的应用与推广、深部地下水的探测技术、高原沙漠和森林高山地区水文地质调查与勘查技术等领域的研究工作,以进一步提高我国地下水资源利用的综合效益。

# 第一章 水文地质勘查阶段

## 第一节 水文地质勘查阶段划分的必要性

水文地质勘查一般都是分阶段进行的,其原因主要如下。

(1) 水文地质勘查是为工程建设项目设计服务的,而项目的设计工作一般都是分阶段进行的,不同设计阶段所需水文地质资料的内容和精度也有不同的要求。为满足设计的需要,水文地质勘查工作亦应划分为相应的阶段来进行,以防止所提供的水文地质资料出现不符合各设计阶段需要的情况。

(2) 勘查工作之所以分为不同的阶段,是人们由浅入深正确认识事物规律在水文地质勘查工作中的反映。将其分为不同的勘查阶段,可以防止我们对勘查区水文地质条件认识上的疏忽、遗漏或片面性;可以使整个勘查工作逐渐深入地进行,就可以避免在工作中犯重大的、全局性的错误。

例如,某工厂的供水工程,由于未进行工程前期论证(或规划设计)阶段和普查阶段的勘查工作,没有提出不同水源地的方案进行比较,仅在工厂附近几平方千米的小范围进行详查阶段的水文地质勘查工作,结果投资上百万元,打了 20 多个钻孔,只有一个产水量为  $800\text{m}^3/\text{d}$  的钻孔可供开采,远远满足不了工厂  $3\ 000\text{m}^3/\text{d}$  的需水量要求,不得不另选新区进行勘查工作。

## 第二节 水文地质勘查阶段的划分及各阶段的任务与要求

在进行水文地质勘查工作时,首先要明确的是水文地质勘查阶段的划分,即要搞清楚在从事哪一个阶段的水文地质勘查工作及该阶段的任务与要求。我国不同种类、不同行业部门的水文地质勘查工作,其阶段的划分、名称及各阶段的任务与要求等一般是各不相同的,具体要根据各类水文地质勘查规范来确定。

例如,我国供水水文地质勘查、天然矿泉水地质勘探、矿区水文地质工程地质勘探、地下水资源勘查等不同种类的水文地质勘查工作,其阶段划分、名称及各阶段的任务与要求就不完全相同(表 1-1)。

表 1-1 不同种类水文地质勘查的阶段划分及各阶段的任务与要求

供水水文地质勘查 (GB 50027—2001 规定)		天然矿泉水地质勘查 (GB/T 13727—1992 规定)		矿区水文地质工程地质质 探 (GB 12719—1991 规定)		地下水资源勘查 (SL 454—2010 规定)	
阶段	任务与要求	阶段	任务与要求	阶段	任务与要求	阶段	任务与要求
普查	概略评价区域或需水地区的水文地质条件,提出有无满足设计所需地下水水量可能性的资料;推断的可能富水地段的地下水允许开采量应满足 D 级的精度要求,为设计前期的城镇规划、建设项目的总体设计或厂址选择提供依据	普查	从地质—水文地质角度研究水源地与地层、地质构造、近代地下流体引起的蚀变、沉淀析出物等在空间位置上的联系及其对水源地富水性的影响;研究矿泉水组分与岩石化学成分、矿物成分间可能存在的联系;研究矿泉水系统形成的区域水文地质条件;对水源地进行调查,查明矿泉水出露地的水文地质结构和卫生保护条件并对可能的污染源、必须的卫生保护区作出评价	普查	结合矿产普查进行,对于已进行过区域水文地质工程地质普查的地区,其资料可直接利用或只进行有针对性的补充调查,大致查明工作区的水文地质工程地质和环境地质条件	普查	应调查区域或地下水资源评价区的地质条件和地下水资源分布状况;为进行地下水资源粗略评价及地下水取水规划提供依据时,地下水允许开采量应满足 E 级精度要求;为地下水资源概略评价及工程规划、立项水资源论证和地下水取水申请提供依据时,地下水允许开采量应满足 D 级精度要求
详查	应在几个可能的富水地段基本查明水文地质条件,初步评价地下水资源,进行水源地方案比较;控制的地下水允许开采量应满足 C 级精度的要求,为水源地初步设计提供依据	详查	为勘探及建设立项提供依据	详查	基本查明矿区的水文地质工程地质和环境地质条件,为矿床初步技术经济评价、矿山总体规划设计和矿区勘探设计提供依据	初勘	应初步查明评价区或地下水水源区的水文地质条件和地下水资源量,为地下水资源评价、工程立项或可行性研究水资源论证以及地下水取水申请提供依据;地下水允许开采量评价应满足 C 级精度要求
勘探	查明拟建水源地范围的水文地质条件,进一步评价地下水资源,提出合理开采方案;探明的地下水允许开采量应满足 B 级精度的要求,为水源地施工图设计提供依据	勘探	是在已确定立项开发的矿泉水水源地进行工作。应详细查明矿泉水形成的地质—水文地质条件,确定矿泉水生产井位置及卫生保护区边界,取得不少于一年的水质、水量、水位、水温连续观测资料,在动态观测或生产性抽水资料的基础上计算评价矿泉水允许开采量,其精度一般应满足 B 级要求,提出技术经济最佳开采方案,并对可能提供二期开发的远景区做出初步论证和评价;为水源地建设可行性研究和设计提供依据	勘探	详细查明矿区水文地质工程地质条件,评价地质环境,为矿床的技术经济评价及矿山建设可行性研究和设计提供依据	详勘	应查明评价区或地下水水源地的水文地质条件和地下水资源量,提出开采方案,并预测开采后地下水资源的变化趋势及可能产生的环境地质问题,为地下水资源评价、开采、利用、管理和保护以及水源地设计提供依据;地下水允许开采量评价应满足 B 级精度要求



续表 1-1

供水水文地质勘查 (GB 50027—2001 规定)		天然矿泉水地质勘探 (GB/T 13727—1992 规定)		矿区水文地质工程地质勘 探 (GB 12719—1991 规定)		地下水资源勘查 (SL 454—2010 规定)	
阶段	任务与要求	阶段	任务与要求	阶段	任务与要求	阶段	任务与要求
开采	查明水源地扩大开采的可能性,或研究水量减少、水质恶化和不良环境工程地质现象等发生的原因;在开采动态或专门试验研究的基础上,验证的地下水允许开采量应满足 A 级精度的要求,为合理开采和保护地下水资源,为水源地的改、扩建设计提供依据	开采	对适于井采的矿泉水水源地应进行钻孔抽水试验,计算矿泉水含水岩层的渗透性等参数,确定井(孔)涌水量并研究长期开采后出现越流补给影响矿泉水水质的可能性;对泉(孔)及其周围地表水体应布置动态观测点,观测矿泉水的水质、水量、水位、水温动态,确定其在枯、丰、平水期的动态特征,研究各类水体与矿泉水之间的联系			开采	应结合地下水的开采运行,检验前期勘查成果,分析论证出现的水文地质和环境地质问题,为完善地下水资源的开采、管理,调整地下水年度开采计划和可开采总量,以及地下水水源地的改、扩建提供依据;地下水允许开采量评价应满足 A 级精度要求

我国不同部门对供水水文地质勘查阶段的划分如表 1-2 所示。由此可见,就供水水文地质勘查来说,其同一阶段的任务是基本一致的,仅阶段名称有所不同。

表 1-2 我国不同部门对供水水文地质勘查阶段的划分

不同部门对供水水文地质 勘查阶段的划分 任务	地矿部《城镇及工矿 供水水文地质勘察 规范》(DZ 44—1986)	国家地质矿产储量 委员会规定(1989)	建设部《城市供水水 文地质勘察规范》 (GJJ 16—1988)	现行国家标准:《供水 水文地质勘察规范》 (GB 50027—2001)
为城市总体规划或供水工程立项提供水文地质依据	前期论证阶段	调查阶段	规划阶段	普查阶段
进行不同水源地方案的比较,确定拟建水源地段,为供水工程初步设计提供水文地质依据	初步勘查阶段	普查阶段	初勘阶段	详查阶段
对选定的水源地地下水资源作出可靠评价,提出开采方案,预测开采地下水对环境的影响	详勘阶段	详查阶段	详勘阶段	勘探阶段
确定已开采水源地扩大开采的可能性,解决开采地下水引起的环境地质问题	开采阶段	勘探阶段	开采阶段	开采阶段

综上所述,可将水文地质勘查分为普查、详查(初勘)、勘探(详勘)和开采四个阶段,具体各阶段的一般任务和要求如下。