

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文地质勘察

主 编 桂林工学院 蓝俊康 郭纯青
主 审 兰州大学 张惠昌 钱 鞠



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水文地质勘察

主 编 桂林工学院 蓝俊康 郭纯青
主 审 兰州大学 张惠昌 钱 鞠

 中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容分为两篇。第1篇主要介绍水文地质勘察的基本方法和基本技能,内容包括水文地质勘察概述、水文地质测绘、水文地质物探、水文地质钻探、水文地质试验、地下水动态与均衡、地下水的监测、水文地质调查成果的整理等方面内容。第2篇则针对当今社会各个行业的水文地质勘察进行专门介绍。限于篇幅,本书仅阐述供水水文地质勘察、水利水电水文地质勘察、矿区水文地质勘察及其他领域(农田灌溉、缺水地区找水、热水资源、地下水库)水文地质勘察。各类院校可根据自己的专业服务方向来挑选授课。

本书的附录部分介绍了水文地质勘察中的一些成果整理方法。为使学生能够深入领会,本书还提供了相应的练习。此外,为配合教材中介绍的内容,附录中还列出了一些水质标准和地下水水样采集的技术规范。

本书可作为各类本科高等院校中的水文与水资源工程、勘查技术与工程(水工方向)、地下水科学与工程专业、地质工程专业(水工方向)、资源勘察工程专业(水工方向)、水利水电工程、农业水利工程,以及各类专科院校中的水文地质与工程地质专业和在职工程师的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

水文地质勘察/蓝俊康,郭纯青主编. —北京:中国水利水电出版社,2008

高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 水文与水资源工程

ISBN 978-7-5084-5854-0

I. 水… II. ①蓝…②郭… III. 水文地质勘探—高等学校—教材 IV. P641.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第132985号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程 水文地质勘察
作 者	主编 桂林工学院 蓝俊康 郭纯青 主审 兰州大学 张惠昌 钱鞠
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 23.25印张 537千字
版 次	2008年11月第1版 2008年11月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任：姜弘道（河海大学）

副主任：王国仪（中国水利水电出版社） 谈广鸣（武汉大学）

李玉柱（清华大学） 吴胜兴（河海大学）

委 员：

周孝德（西安理工大学）

李建林（三峡大学）

刘 超（扬州大学）

朝伦巴根（内蒙古农业大学）

任立良（河海大学）

余锡平（清华大学）

杨金忠（武汉大学）

袁 鹏（四川大学）

梅亚东（武汉大学）

胡 明（河海大学）

姜 峰（大连理工大学）

郑金海（河海大学）

王元战（天津大学）

康海贵（大连理工大学）

张展羽（河海大学）

黄介生（武汉大学）

陈建康（四川大学）

冯 平（天津大学）

孙明权（华北水利水电学院）

侍克斌（新疆农业大学）

陈 楚（水利部人才资源开发中心）

孙春亮（中国水利水电出版社）

秘 书：周立新（河海大学）

总策划：王国仪

水文与水资源工程专业教材编审分委员会

主任：任立良（河海大学）

副主任：袁 鹏（四川大学）

梅亚东（武汉大学）

委员：

沈 冰（西安理工大学）

陈元芳（河海大学）

吴吉春（南京大学）

冯 平（天津大学）

刘廷玺（内蒙古农业大学）

纪昌明（华北电力大学）

方红远（扬州大学）

刘俊民（西北农林科技大学）

姜卉芳（新疆农业大学）

金菊良（合肥工业大学）

靳孟贵（中国地质大学）

郭纯青（桂林工学院）

吴泽宁（郑州大学）

总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入，水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比，水利学科专业的办学点增加了将近一倍，每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革，在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时，水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下，从2003年到2005年，各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下，水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作，制定了水文与水资源工程，水利水电工程，港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果，并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学，经高等学校水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划，决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点，是本专业的每个学生都必须学习、掌握的，或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的，因而，核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此，我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则，还通过专业教学组讨论、提出，专家咨询组审议、遴选，相关院、系认定等步骤，对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本系列教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套系列教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本系列教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月



前 言

20 世纪出版的《专门水文地质学》、《水文地质勘察》等系列教材主要是针对当时地质院校水文地质工程地质专业的。自 20 世纪末我国高等院校进行专业归并和调整，原来的水文地质工程地质专业已被归并到水文与水资源工程专业。虽然现在的水文与水资源工程专业本科生的培养方案与原来的水文地质工程地质专业已有很大不同，但目前我国许多高等院校仍使用这些旧教材，授课内容也仍未按新专业的培养方案和新的形势做明显的改变。为此，高等学校水利学科教学指导委员会组织出版一系列规范化教材，以适应 21 世纪普通高等院校的教学及新时期我国经济建设发展的需要。

根据水利学科教学指导委员会水文与水资源工程教学组的安排，桂林工学院承担《水文地质勘察》教材的编撰工作。自接到任务后，我们就着手搜集了我国近 20 年来发表的大量文献和以往出版的书籍，归纳和总结了这些年来我国在地下水资源领域新的研究成果及新的勘察技术，根据这些资料编撰了本书。

《水文地质勘察》是水文与水资源工程本科生的主要专业基础课，我们在编撰时本着以“实用”为宗旨，力求其可操作性强，摒弃过于理论化的内容。在章节安排上仍保留着水文地质勘察方法、供水水文地质、矿床水文地质等三部分，同时本书为适应水文与水资源工程专业的各个学科方向，我们增加了水利水电水文地质勘察（第 10 章）、农田灌溉水文地质勘察、地热资源水文地质勘察、地下水库水文地质勘察等内容。在水文地质勘察的基本方法（第 1 篇）中掺插介绍了相关领域在近 20 年来的新进展。

此外，我们认为，随着全球气候变暖，我国缺水地区水资源的供求矛盾日益突出，我国也正在加大在这些地区的找水力度。为缺水地区寻找优质的地下水资源也是新时期我国高等院校水文与水资源工程专业人才培养的重要任务之一，为此，本书在这方面安排了一些篇幅进行介绍。

与以前出版的《专门水文地质学》、《水文地质勘察》等教材相比，本书最大的特点是增加了水利水电水文地质勘察方面的内容。限于篇幅，书中仅介绍几种常见的水利水电勘察。在本书定稿之际，适逢 SL 373—2007《水利水电工程水文地质勘察规范》发布实施，我们随即按照该规范对书中的相关内容作了些改动，但由于交稿的时间紧迫，疏漏和不当之处在所难免，我们希望通过此次尝试，抛砖引玉，获取各方面的修改意见，以使未来的第 2 版能够更加完善。

本书第 11 章（矿床水文地质勘察）、第 12 章中的第 3 节和第 4 节（地热水资源、地下水库）和第 3 章的第 1 节（遥感技术）由桂林工学院郭纯青编写，其余内容由桂林工学院蓝俊康编写，最后的统稿工作也由蓝俊康完成。桂林工学院已故的缪钟灵教授生前对本书的编著给予了极大的关注，曾抱病参与本书的策划工作，在此也深表谢意。

还需要说明的是，书中的内容主要是参考《专门水文地质学》、《水文地质勘察》等各时期的教材，以及国内外水文地质工作者近年来所发表的论著、新近颁布的有关规范等编撰而成的，可谓是汇集了无数人的科研成果和实践经验，在此我们对相关作者表示由衷的敬意和深深的谢意。

本书由兰州大学张惠昌教授、钱鞠副教授主审，他们对本书稿逐章逐节进行了审阅，提出了一些非常宝贵的审阅意见。然而，令人扼腕叹息的是，在张教授完成本书审稿工作的几天后，突然与世长辞了。为此，在本书出版之际，我们对张惠昌教授表示深切的怀念，对他为本书付出的辛勤劳动表示由衷的谢意。

由于本书的涉及面十分广，而本课程的课时又十分有限，我们要在浩如烟海的资料中挑选出适合于本教材用的内容，难度无疑是非常大的。加上我们的知识面有限，书中内容难免有错漏和不妥之处，望读者不吝赐教。

编者

2008 年 6 月 15 日



目 录

总前言

前言

绪论	1
0.1 地下水资源开发及其出现的主要问题	1
0.2 中国在地下水资源调查和研究方面的进展	5
参考文献	11

第 1 篇 水文地质勘察

第 1 章 水文地质勘察工作概述	15
1.1 水文地质勘察的目的、任务	15
1.2 水文地质勘察阶段的划分	16
1.3 水文地质勘察设计书的编写	18
参考文献	20
第 2 章 水文地质测绘	21
2.1 水文地质测绘的主要工作内容和成果	21
2.2 测绘精度的要求	22
2.3 地质调查	23
2.4 地貌调查	24
2.5 水文地质调查	28
2.6 水文地质测绘资料的整理	30
参考文献	31
第 3 章 水文地质物探	32
3.1 遥感技术在水文地质勘察中的应用	32

3.2	地面物探技术	37
3.3	井下物探技术	42
	参考文献	47
第4章	水文地质钻探	48
4.1	水文地质钻孔的布置原则和方法	48
4.2	水文地质钻探的特点及钻孔结构设计	49
4.3	钻进方法及钻进过程中的观测编录工作	56
	参考文献	63
第5章	水文地质试验	64
5.1	抽水试验	64
5.2	压水试验	71
5.3	渗水试验	79
5.4	其他试验方法简介	82
	参考文献	86
第6章	地下水动态与均衡	87
6.1	地下水动态的影响因素及其成因类型	87
6.2	地下水动态的监测项目与水均衡方程	91
6.3	地下水均衡要素的测定方法	92
6.4	利用水均衡方程反求水文地质参数	97
	参考文献	100
第7章	地下水的监测	101
7.1	地下水监测系统的构成	101
7.2	地下水的动态监测	102
7.3	地下水环境监测	104
7.4	中国地下水监测工作的现状	108
	参考文献	110
第8章	水文地质调查成果的整理	111
8.1	资料整编和综合研究	111
8.2	水文地质调查成果的编制	112
8.3	水文地质调查报告书	117
	参考文献	118

第2篇 各类专门性的水文地质勘察

第9章	供水水文地质勘察	121
------------	-----------------------	------------

9.1	不同水源地供水水文地质勘察的要求	121
9.2	井位的确定与取水构筑物	126
9.3	地下水资源的分类和评价原则	128
9.4	地下水允许开采量的分级与确定方法	132
9.5	各种地下水补给量和排泄量的计算	136
9.6	地下水水质评价	143
9.7	地下水资源开发的环境效应评价	150
9.8	供水水文地质勘察的成果整理	151
9.9	地下水资源管理	152
	参考文献	157
第 10 章	水利水电水文地质勘察	159
10.1	水库渗漏水文地质勘察	159
10.2	库区浸没的水文地质勘察	175
10.3	坝(闸)址区水文地质勘察	183
10.4	水工隧洞水文地质勘察	196
10.5	渠道渗漏的水文地质勘察	209
10.6	堤防工程的水文地质勘察	218
	参考文献	227
第 11 章	矿区水文地质勘察	230
11.1	矿床水文地质研究对象及研究方法	230
11.2	岩溶充水矿床水文地质勘察	236
11.3	裂隙充水矿床水文地质勘察	243
11.4	孔隙水类型矿山水文地质勘察	248
11.5	矿床水文地质勘察的主要方法	254
11.6	矿山坑道涌水量预测	264
11.7	矿床疏干排水与供水结合的水文地质勘察	290
	参考文献	297
第 12 章	其他领域水文地质勘察	303
12.1	农田灌溉水文地质勘察	303
12.2	中国严重缺水地区找水水文地质勘察	308
12.3	地热资源水文地质勘察	314
12.4	地下水库水文地质勘察	318
	参考文献	328
附录与练习		330
	附录 1 非稳定流抽水试验资料的整理——降深比值法	330

附录 2 管井允许抽水量的确定	334
附录 3 利用开采试验资料推求地下水的允许开采量	338
附录 4 利用流网图对堤坝地基进行渗流分析	344
附录 5 生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006)	348
附录 6 农田灌溉水质标准 (GB 5084—92)	354
附录 7 地下水样的保存、容器的洗涤和采样体积要求	356
参考文献	358



绪 论

人类的生存与水是密不可分的，正可谓“水是生命之源”。地下水作为水资源的一个重要组成部分，在人类生产、生活以及国民经济发展中的地位和作用是非常重要的。地球上水的总储量高达 $1.36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ ，但其中大部分水存在于海洋中（约占总水量的 97.5%），可供人们直接利用的淡水资源是十分有限的（仅占总水量的 2.5%）。全世界地下水资源量约为 $2.312 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ，占水总量的 1.7%，约占整个淡水资源的 30%^[1]。

2004 年初公布的新一轮全国地下水资源评价结果显示，目前，中国地下淡水天然资源多年平均为 8837 亿 m^3 ，约占全国水资源总量的 1/3；地下淡水可开采资源多年平均为 3527 亿 m^3 。另外，全国地下微咸水（矿化度 1~3g/L）天然资源约为 277 亿 m^3 ，半咸水（矿化度 3~5g/L）天然资源约 121 亿 m^3 。但中国地下水资源的分布和组成南北差异很大，南方地区降水充沛，补给条件好，补给形成的地下淡水资源为全国的 69%；地下淡水可开采资源为 1990 多亿 m^3 ，但南方大部分地区地下水储存条件差，尤其是岩溶石山和红层地区更为突出。北方地区降水少，补给量小，补给形成的地下淡水天然资源仅占全国地下淡水天然资源量的 31%，地下淡水可开采资源为 1500 多亿 m^3 。中国西北地区地下淡水天然资源只有 1150 亿 m^3 ，仅占全国地下淡水天然资源的 13%（西北地区面积占全国总面积的 35%）。

长期以来，这些宝贵的地下水资源为很多地区特别是地表水资源匮乏的干旱和半干旱地区人们的生产和生活提供了基本的物质保障。因此，人们往往将其看作是一种物质，属于单纯的自然范畴。进入 20 世纪以来，随着工农业的发展和社会经济及物质文化的繁荣，人们对地下水资源的重要性，对地下水资源与社会经济发展、与生态环境之间的关系以及地下水资源开发所引发的环境地质问题的认识又发生了深刻的变化。

0.1 地下水资源开发及其出现的主要问题

0.1.1 地下水资源开发利用状况

1. 世界地下水资源的开发利用概况

地下水一般水质优良、水温变化小，开发利用简单方便，一般不需要大量的投资

来开发,也不必建有大的供水工程。与地表水相比,地下水具有补给与其水位响应、井的出水量之间滞后的时间长,供水稳定、均衡等特点,使得地下水资源在世界各国都被广泛应用于生活、工业、农业等各种用途,特别是作为居民生活用水的重要水源,得到了大规模的开发利用^[2]。

20世纪80年代中期,全球地下水开采量约5500亿 m^3/a 。其中美国、中国、日本、澳大利亚分别为1135亿 m^3/a 、760亿 m^3/a 、138亿 m^3/a 和27亿 m^3/a 。到20世纪末,全球地下水开采量已经超过7500亿 m^3/a ,近20多年中,全球地下水开采量以印度和中国增长速度最快。各国开采地下水的主要用途不尽相同,如美国、中国、印度、巴基斯坦用于灌溉的地下水量约占地下水总开采量的50%以上,而日本、欧盟各国地下水主要用于居民生活供水。全球绝大部分城市供水依靠地下水,美国50%的生活用水取自地下水。全世界地下水资源总量是比较丰富的。如果不包括冰川和长年积雪,储存和流动的地下水资源量约占全世界淡水资源量的2/3,每年有2.5万亿 m^3 可更新地下水资源量,这比目前全世界地下水使用量的3倍还要多。根据世界粮农组织(FAO)资料,俄罗斯联邦使用的地下水资源量还不到每年9000亿 m^3 的补给量的50%;西非不到1%;中国可更新的地下水供水量超过8000亿 m^3 ,但仅使用了1013.49亿 m^3 (1997年)。即使印度已存在严重的过量开采问题,但其使用量仍不足其评价的每年4500亿 m^3 补给量的1/3。从世界范围来看,地下水资源开发利用仍具有较大的潜力^[2]。

2. 中国地下水资源开发利用的历史与现状

根据考古资料记载,中国远古时期就有开发利用地下水的历史。在浙江河姆渡遗址的第2层(经放射性碳素断代及校正,年代约为公元前4000~前3300年)发现一眼木构浅水井遗迹。这是中国目前所知的最早水井遗迹,也是迄今发现的采用竖井支护结构的最古老的遗迹。

中国自贡市的井盐已有2000年的历史,盐井发端于东汉,闻名于唐宋,鼎盛于清末民初。据历史记载,东汉章帝时期(公元76~88年),在今富顺、邓关地区,古人就成功开凿了第一批盐井。在此后的2000多年中,先后累计开凿了1.3万多口盐井,有的深达1000m,产盐量近7000万t,并创造了一整套井盐钻凿的生产技术工艺。尤其值得一提的是在北宋庆历、皇佑年间打的“卓筒井”,它采用了冲击式顿钻法探井钻凿工艺,这是世界钻井技术的重大突破,被世人誉为“世界现代石油之父”。位于大安区长堰矿的夔海井,是一眼以产天然气为主,兼产黑卤的生产井,它凿成于1835年,深达1001.42m,是世界第一口超千米深井,它也是采用中国传统的冲击式(顿钻)凿井法凿成,现还保留着井架和绞车。

不过,由于封建社会经济发展落后,中国在地下水开发方面一直停滞不前。直到20世纪70年代以后,中国对地下水资源的开采量才大增,每年达到570亿 m^3 。到20世纪80年代,中国对地下水资源的开采量增至750亿 m^3/a 。

目前中国约有400个城市开采利用地下水,地下水的开采量(含少量微咸水)超过1000亿 m^3/a ,约占全国总供水量的1/5。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,其中以孔隙水的分布最广,资源量最大,开发利用的最多,岩溶水在分布、被开采量方

面均居其次,而裂隙水则最少。在以往调查的 1243 个水源地中,孔隙水类型的有 846 个,占 68%,岩溶水类型的有 315 处,占 25%,而裂隙水类型的只有 82 处,仅占 7%^[3]。

根据国土资源部 2006 年网上发布的统计资料,中国目前有 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。可见,地下水资源已成为支持中国国民经济可持续发展的重要支柱^[3]。

0.1.2 地下水资源开发中出现的主要问题

1. 持续过量的开采使水资源的供需矛盾变得日益突出

由于工农业及生活用水需求量逐年增加,中国(特别是北方地区的)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 8957 万 m^3/a ,而其城市的发展规划预测该城市的总需水量将达 33154 万 m^3/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^[3]。

由于持续高强度的过量开采,地下水资源不能得到及时的补充,引起降落漏斗不断扩大,甚至造成含水层的疏干。据最新统计,全国地下水降落漏斗有 180 多个,总面积约 19 万 km^2 。在 121 个具有完整统计数据的漏斗中,面积扩大的有 54 个,面积缩小的有 43 个,漏斗面积基本稳定的有 24 个。

石家庄市由于长年过量开采,地下水的降落漏斗逐年扩大,其漏斗中心的水位埋深 1989 年时为 36.06m,1999 年已发展到 39.98m,并形成区域性水位下降。西峰市十里湾水源地的超采极为严重,其允许开采量为 24.7 万 m^3/a ,而实际开采量竟达到 206 万 m^3/a ,是可采资源量的 7 倍,其开采是不断消耗储存量的疏干式开采,如不控制,含水层面将面临被疏干的危险。

2. 开采布局不合理的现象突出

中国城市由于缺乏科学合理的开采布局和调蓄,各地区的开采程度还很不平衡,某些地区的地下水被严重超采,而有些地区则尚未得到有效的开发利用。

3. 地下水资源浪费严重

城郊农业生产过程中水资源的浪费问题最为突出。北方地区每年灌溉用水量约 1400 亿 m^3 ,占总用水量的 80% 左右。多数地区仍保持传统的灌溉方式,灌溉定额居高不下。华北还有许多地区的毛灌溉定额维持在 400~600 $\text{m}^3/(\text{亩}\cdot\text{a})$,西北内陆盆地有的高达 700~1000 $\text{m}^3/(\text{亩}\cdot\text{a})$ 。大水漫灌,有效利用率平均只有 30%~40%。中国工业用水量的浪费也很大,大部分城市工业用水重复利用率平均只有 30%~40%,远低于发达国家 70% 以上的水平^[3]。

4. 地下水的质恶化,地下水污染严重

受自然地质条件的影响,全国仍有 7000 万人饮用不符合标准的地下水,正遭受着慢性砷中毒、氟中毒、甲状腺肿大、克山病、大骨节病等地方病侵扰。截至 2003 年底,全国有氟斑牙患者 3877 万人、氟骨症患者 284 万人、地方性砷中毒患者 9686 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。目前中国有 4194 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。

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，这些污水的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。

目前中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^[3]。主要污染源均为工业和生活污染，局部农业区地下水也受到污染，主要分布在城市近郊区的污灌区。

中国现利用污水灌溉的农田有 2000 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有一定程度的被检出。

5. 地面沉降和地裂缝灾害

地面沉降是由于超量集中地开采地下水，使地下水水位大幅下降，含水介质被压缩所致。中国地面沉降比较严重的有北方的天津、沧州、西安、太原，南方的有上海、阜阳以及苏、锡、常地区。至 2003 年，全国有 50 多个城市发生了地面沉降和地裂缝灾害，沉降面积扩展到 9.4 万 km²，其中长江三角洲、华北平原和汾渭盆地等地区最为严重。

长江三角洲地区累积沉降量超过 200mm 的面积近 10000km²，占区域总面积的 1/3，并出现了地裂缝灾害。华北平原最大沉降量已经超过 3.1m，沿海一带已出现负标高地区 20km²，为此遭受风暴潮灾害非常严重。受基底断块升降差异的影响，出现了 20 多条地裂缝，最长达 4km。

因地下水开采引发的地面塌陷主要发生在岩溶水分布地区，特别是城市地下水集中开采的局部地段较为多见。地面塌陷问题在中国分布较广，受岩溶水分布范围的控制，南方的发生率高于北方。目前，全国 23 个省（自治区、直辖市）发生岩溶塌陷 1400 多例，塌坑总数超过 40000 个。发生地面塌陷的省份主要有辽宁、河北、山西、山东、湖南、湖北、贵州、广西、广东、江苏、浙江、安徽、江西、福建、云南等省（自治区、直辖市）。在南方，地面塌陷问题比较严重的地区有水城、遵义、咸宁、黄石、湘潭等地，尤以广西最为突出。

6. 海水入侵

海水入侵主要发生在中国的沿海城市地区，主要是由于大量开采地下水后，引起海水回灌。发生海水入侵的地区从北向南有：辽宁、河北、山东、广西、海南等地区，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^[3]。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 2457km²，比 20 世纪 80 年代末增加了 937km²，平均每