

DIXIASHUI WURAN
YUJING FANGFA YU SHIFAN



地下水污染 预警方法与示范

白利平 孟凡生 王业耀 等编著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

地下水污染预警方法与示范

白利平 孟凡生 王业耀 等编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

地下水污染预警方法与示范/白利平等编著. —北京: 中国环境出版社, 2015.3

ISBN 978-7-5111-2212-4

I. ①地… II. ①白… III. ①地下水污染—污染控制—研究 IV. ①X523.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 010458 号

出 版 人 王新程
责任编辑 李卫民
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 3 月第 1 版
印 次 2015 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 13.25 彩插 12 面
字 数 338 千字
定 价 50.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编著委员会

顾 问 吴晓青

组 长 赵英民

副组长 刘志全

成 员 禹 军 陈 胜 刘海波

本书编著人员

白利平 孟凡生 王业耀 魏 国 刘 俐

周友亚 颜增光 龚 斌 陈美平 郭永丽

序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境

科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量的技术方案,形成了一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得的资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

前 言

当前我国存在大量具有重大潜在风险的地下水饮用水源地、污染源及周边区域,亟须对地下水污染风险、范围和程度进行评价,并建立地下水污染的预警机制,对发生污染事故后污染物在包气带及地下水中的迁移转化情况做出准确预测,为地下水资源管理部门提供地下水污染防治的科学依据。《全国地下水污染防治规划(2011—2020年)》对未来我国在地下水环境监管及预警应急体系等方面进行了详细规划。开展地下水污染预警工作是预防地下水污染的有效措施,目前国内外在地下水污染预警方法学方面的研究尚处于探索阶段,研究中一般仅考虑单个因素,难以满足不同地区(大尺度、中尺度和小尺度)预警工作的需求。

本书是在环保公益性行业科研专项经费重大项目“区域地下水污染监测系统与风险管理关键技术研究”(项目编号:201009009)相关研究基础上,由中国环境科学研究院课题组撰写而成。作者在分析国内外地下水污染预警方法的研究现状基础上,提出了综合多因素的预警方法,包括地下水污染预警判别、预警的主要影响因素分析、各预警因素的评价及预警模型构建四个部分。将地下水污染预警的主要影响因素归类为地质因素、特征污染源因素、地下水动态因素及地下水价值因素,提出各种因素的评价方法。在分析了不同尺度地区地下水污染预警需求的基础上,分区域(或流域)、重点地区两个尺度构建了地下水污染预警模型及技术方法,确定了不同尺度地区预警等级划分方法,并将该方法应用于包头平原区及区内韩庆坝铬渣场对地下水污染的预警研究中。

全书共分为6章。第1章主要介绍了我国地下水环境监管状况,总结了地下水污染预警研究现状及预警工作的必要性;第2章重点介绍了地下水污染预警的方法,包括预警的类型及含义、地下水污染预警判别过程、预警的主要影响因素分析及预警的步骤;第3章提出了地下水污染预警因素的评价方法,包括地质因素、特征污染源因素、地下水动态因素和地下水价值因素;第4章构

建了区域或流域尺度、重点地区尺度地下水污染预警模型；第5章为案例研究，详细介绍了包头平原区及韩庆坝铬渣场区域地下水污染预警的步骤；第6章为结论与展望。

本书的出版是在环保公益性行业科研专项经费重大项目“区域地下水污染监测系统与风险管理关键技术研究”（项目编号：201009009）支持下完成的。本书在编写和出版过程中，得到了北京师范大学、包头市环境科学研究院、中国地质大学（北京）等单位相关领导和工作人员的大力支持与帮助，在此深表感谢。

由于时间仓促，作者水平及其他条件有限，书中难免存在不足之处，恳请专家学者和读者提出宝贵意见。

作 者

2014年10月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 概述	1
1.2 我国地下水污染及环境监管状况	2
1.3 地下水污染预警的必要性	4
1.4 地下水污染预警研究现状	6
第 2 章 地下水污染预警方法	22
2.1 地下水污染预警的含义及类型	22
2.2 地下水污染预警判别	23
2.3 地下水污染预警的主要影响因素分析	26
2.4 地下水污染预警步骤	29
2.5 地下水污染预警方法的功能	33
第 3 章 地下水污染预警因素的评价	35
3.1 地质因素的评价	36
3.2 特征污染源因素的评价	47
3.3 地下水动态因素的评价	67
3.4 地下水价值因素的评价	71
第 4 章 地下水污染预警模型的构建	76
4.1 预警模型构建方法	76
4.2 区域或流域地下水污染预警	82
4.3 重点地区地下水污染预警	92
4.4 预警结果的表达	95
第 5 章 包头地区地下水污染预警研究	98
5.1 案例研究区的选择及地下水污染预警判别	98
5.2 研究区各预警因素分析	100
5.3 地质因素的评价	112
5.4 特征污染源因素的评价	116
5.5 地下水动态因素的评价	132
5.6 地下水价值因素评价	142

5.7 地下水污染预警结果149

5.8 我国地下水环境保护对策及污染预警方法的应用前景153

5.9 研究区地下水污染预警过程总结157

第6章 结论与展望159

6.1 结论159

6.2 展望162

参考文献163

附 录177

附录1 地下水污染预警技术流程177

附录2 结合可拓理论和层次分析法的地下水脆弱性评价计算程序189

附录3 基于可拓理论的地下水污染预警分区计算程序196

第1章 绪论

1.1 概述

地下水是地球上最主要、分布最广泛的水资源之一，全世界超过 15 亿的人口主要依靠地下水作为饮用水，我国水资源总量的 1/3 和全国总供水量的近 20%来自地下水（薛禹群，张幼宽，2009）。据《全国地下水污染防治规划（2011—2020 年）》，全国 655 个城市中有 400 多个以地下水为饮用水水源，北方地区 65%的生活用水、50%的工业用水和 33%的农业灌溉用水来自地下水。

据中国地质调查局统计，20 世纪 70 年代，我国地下水年均开采量为 570 亿 m^3 ；80 年代增加到 750 亿 m^3 ；2009 年地下水开采总量已达 1 098 亿 m^3 ，占全国总供水量的 18%。长期以来对地下水的大量开采导致局部地区地下水水位逐年下降，产生了地下水降落漏斗、地面沉降、地裂缝、地面塌陷、生态环境退化、海水入侵等地质环境问题。到 2003 年，全国有 50 多个城市发生了地面沉降和地裂缝灾害，沉降面积达 9.4 万 km^2 ，形成长江三角洲、华北平原和汾渭盆地等地面沉降严重区，其中华北平原在天津、沧州和北京东北郊形成了三个地面沉降中心（范宏喜，2009）。据环境保护部统计数据，2009 年共监测全国地下水降落漏斗 240 个，其中浅层地下水降落漏斗 115 个，深层地下水降落漏斗 125 个；部分城市地下水水位累计下降 30~50 m，局部地区累计水位下降超过 100 m。区域地下水水位下降使部分平原或盆地的湿地萎缩或消失，地表植被破坏，导致生态环境退化；沿海地区因地下水过量开采还可能诱发海水入侵，2003 年全国海水入侵总面积达 2 457 km^2 ，比 20 世纪 80 年代末增加了 937 km^2 （范宏喜，2009）。经济和社会的不断发展对水资源的需求也在逐渐增加，水资源短缺已经成为当前我国经济社会发展和实现小康社会目标的一个重要限制因素。

地下水污染是水资源开发利用过程中出现的另一个主要问题，由于在地下水开发利用过程中很少采取保护地下水的有效措施，不合理的土地利用、工业废物和生活垃圾等的不合理处置、农药化肥的大量使用，使我国地下水污染状况日益加重，因地下水污染造成的水资源短缺问题更加严重，供需矛盾日益突出。目前地下水污染在我国大、中城市不同程度地存在，地下水污染防治形势较为严峻。据国土资源部 2005 年对全国 195 个城市地下水水质的监测结果，97%的城市地下水受到不同程度的污染，40%的城市地下水污染趋势加重，局部地区地下水污染已经造成了严重危害，并危及供水安全；一些大城市的中心地带和地下水排泄区，地下水污染最严重，部分城市浅层地下水已不能直接饮用（罗兰，2006；姜建军，2007）。开展地下水污染风险评价及预警是预防地下水污染的有效措施，目前国内外有关地下水污染预警方面的研究尚处于探索阶段，未形成一套完善的、可供借鉴的技

术方法。

2010 年,环境保护部启动了环保公益性行业科研专项经费重大项目“区域地下水污染监测系统与风险管理关键技术研究”(项目编号:201009009),其中“地下水污染预警方法与技术研究”课题在分析不同空间尺度地区地下水污染预警工作需求的基础上,筛选出地下水污染预警指标,并建立起地下水污染预警模型,研究成果可为地下水资源管理部门提供技术支撑。

1.2 我国地下水污染及环境监管状况

1.2.1 地下水环境保护状况

据《中国环境状况公报》,2012 年全国 198 个地市级行政区 4 929 个地下水监测点中,水质呈较差级、极差级的监测点分别为 1 999 个(占 40.5%)、826 个(占 16.8%),主要超标指标为铁、锰、氟化物、“三氮”(亚硝酸盐、硝酸盐和氨氮)、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物等,个别监测点存在重(类)金属超标现象。据 2013 年《中国环境状况公报》,全国 4 778 个地下水环境质量监测点中,水质呈较差级、极差级的监测点比例分别为 43.9%、15.7%,主要超标指标为总硬度、铁、锰、溶解性总固体、“三氮”、硫酸盐、氟化物、氯化物等。与 2012 年相比,2013 年有连续监测数据的地下水水质监测点总数为 4 196 个,分布在 185 个城市,水质综合变化以稳定为主。其中,水质变好的监测点比例为 15.4%,稳定的监测点比例为 66.6%,变差的监测点比例为 18.0%。地下水水质的恶化使得本来就相对短缺的地下水资源可利用量越来越少。随着我国城市化与工业化进程加快,部分地区地下水污染问题日益突出,给人民群众生产生活造成严重影响。

党中央、国务院高度重视地下水环境保护工作,不断加强地下水环境保护与污染控制工作力度。在过去近 10 年间我国实施了大批不同精度的地下水环境调查与评价项目,基本摸清了近 55 万 km^2 范围内的地下水水质状况,掌握了地下水污染的分布范围和污染特征(郭高轩等,2014)。自 2005 年起,国土资源部组织开展了我国首轮地下水污染调查评价工作,计划到 2015 年完成主要区域的地下水污染调查工作,掌握地下水污染状况。为加大地下水环境保护与污染控制工作力度,2011 年 10 月环境保护部、国土资源部与水利部发布了《全国地下水污染防治规划(2011—2020 年)》,提出要建立地下水污染风险防范体系,建立预警预报标准库,构建地下水污染预报、应急信息发布和综合信息社会化服务体系;到 2015 年要全面建立地下水环境监管体系,初步遏制地下水水质恶化趋势;到 2020 年全面监控典型地下水污染源,重点地区地下水水质明显改善。2013 年 2—3 月,环境保护部针对华北平原重点区域(地下水水质异常区和群众反映强烈的区域),在北京、天津、河北、山西、山东及河南开展了工业企业废水排放去向和污染物达标排放情况排查。2013 年 4 月,环境保护部、国土资源部、水利部和住建部联合发布《华北平原地下水污染防治工作方案》,提出到 2015 年初步建立华北平原地下水质量和污染源监测网,基本掌握地下水污染状况。

1.2.2 地下水环境监管中存在的不足

虽然国家不断加强环境保护的力度,但随着中国社会经济的飞速发展和人口的不断增加,现有的地下水环境保护法律法规、标准体系及修复技术等难以满足地下水环境保护的需求,当前我国地下水污染形势严峻。

1.2.2.1 地下水环境保护的法律法规不健全

发达国家一般具有专门的地下水环境保护与污染控制法律法规,如美国《清洁水法》《超级基金法》和《棕色地块法》,欧盟《地下水指令》,英国《水资源法》和《地下水管理条例》,荷兰《水管理基本法》和《地下水法》,日本《水质污染防治法》等。我国目前缺少专项的地下水环境保护法律法规,相关的水环境法规有《中华人民共和国水法》和《中华人民共和国水污染防治法》,其中提出了地下水环境保护的一般原则,但一般把重点放在地下水量方面,也未明确指出地下水环境保护的具体内容和划分地下水环境保护的责任(罗兰,2008)。如《中华人民共和国水法》第二十五条、第三十六条规定“控制和降低地下水的水位”“严格控制开采地下水”;《中华人民共和国水污染防治法》第三十八条规定“兴建地下工程设施或者进行地下勘探、采矿等活动,应当采取防护性措施,防止地下水污染”,但对于如何采取措施保护地下水环境、防止地下水污染,如何对已受污染的地下水进行修复,并未给出具体的规定,使得相关条款实施难度较大。为建立健全突发环境事件应急机制,2006年我国发布了《国家突发环境事件应急预案》,规定了环境事件分级、应急组织体系,应急响应机制,应急保障和后期处置等。针对突发地下水污染事件,目前我国尚未颁布专项的应急预案。

1.2.2.2 地下水环境监管能力薄弱,缺乏完善的风险管理体系

1999年,国土资源部与财政部组织实施了国土资源大调查项目,已完成华北平原、长江三角洲、珠江三角洲、淮河流域平原区、下辽河平原等重点地区的地下水污染调查评价。国土资源部于2005年开展了我国首轮地下水污染调查评价工作。2011年,环境保护部、国土资源部、水利部联合开展了《全国地下水基础环境状况调查评估》工作,计划用5年时间完成。2010年国家地下水监测工程立项,该项目将建成含有20445个监测站点的全国地下水监测网,初步实现对全国地下水动态的有效控制。以上工作完成后可为我国地下水污染防治提供重要的数据支撑,总体上,长期以来我国水环境保护的重点是地表水,地下水环境的监管能力建设相对薄弱,相关工作明显滞后。

目前我国在地下水环境监管中尚缺乏完善的有关地下水污染场地调查评估标准、治理修复标准及相关技术规范。现行的《地下水质量标准》(GB/T 14848—93)发布于1993年,该标准规定的污染物项目数量较少,尤其缺少关键性有机污染物指标,难以满足区域及特定场地地下水污染调查的需求;部分指标限值不合理,需根据我国地下水环境背景值进行相应调整。此外,《地下水质量标准》中推荐采用内梅罗指数法进行地下水质量评价,该方法突出了极大值对水质的影响。

污染土壤和地下水的修复治理资金需求巨大,为此,发达国家一般采取基于风险的管理模式,优先处置高风险的污染场地。根据土地利用规划情况(住宅、商业、工业、农业

或娱乐设施用地等)开展风险评估,基于风险管理的模式制定不同管理对策,将风险控制 在可接受范围内。目前我国污染场地的风险管理中则更多地关注表层土壤和包气带,以往 的污染场地监管中也很少考虑地下水污染风险管理。相对于大气、地表水和土壤污染,地 下水污染不易察觉,易被忽视。随着我国经济社会快速发展对水资源需求的不断增加,因 地下水污染而引发的相关问题正受到越来越多的关注,有关地下水污染风险管理的工作亟 待加强。

1.2.2.3 地下水修复技术支撑能力不强,治理资金缺乏有效保障

我国目前的地下水修复治理技术尚不成熟,多数技术仍处于实验室模拟研究阶段,缺 乏工程实践,技术与装备研发落后于发达国家。国外在土壤和地下水修复技术选择上常通 过专家决策系统来筛选最适用的修复技术,并初步建立了较系统的修复技术筛选体系。目 前我国缺乏土壤和地下水修复技术筛选体系,难以满足当前污染土壤和地下水修复工作 的需求。此外,当前我国污染场地土壤和地下水修复治理资金一般来源于各级政府或土地开 发商,资金来源有限,资金缺乏成为制约污染土壤和地下水修复的一个关键因素。

1.3 地下水污染预警的必要性

1.3.1 地下水环境保护措施

由于地下水具有含水介质的隐蔽性、埋藏分布的复杂性,以及流速慢、稀释自净能力 比地表水差等特征。地下水一旦被污染,治理起来要比地表水困难得多,所需成本也较高, 有些甚至根本不可能得到彻底治理。因此,在地下水资源的开发利用上不能走“先污染、 后治理”或“边污染、边治理”的老路,应采取“预防为主,防治结合”的措施。

目前国外对于地下水水质的保护措施主要包括两方面:一是通过地下水脆弱性与污染 风险评价,识别出地下水易受污染的高风险区,帮助决策者和管理者制定地下水保护的管 理战略和方针(张丽君,2001;张伟红,2007);二是建立水源保护区,致力于供水井的 保护,对重要水源地进行实时监测预警(张伟红,2007)。

为了合理解决未来可能不断出现的地下水污染问题,有效管理地下水资源,实施地下 水资源的监测与保护战略,已成为当前发达国家城市地质工作的主流。许多国家都建立起 了大规模的地下水监测网、站,并采取了一系列行动来实施地下水保护计划,如美国、加 拿大、荷兰、英国等北美和西欧国家(张丽君,2001;李友枝等,2003)。目前,美国地 下水污染治理战略已从处理(清除)转向防治。美国利用国家或大区域的水质计划(包括 水质监测计划),通过含水层的脆弱性评价,进行土地规划或区划,实施井源保护和流域 保护计划,全面保护地下水资源,减少水体污染。近年来,由于水资源短缺,人们对地 下水资源的保护日益重视,因此,不同地质和水文地质条件下地下水的防污性能(或污染 敏感性等)评价研究,成为国内外学者关注的热门课题(钟佐荣,2005)。

为保障地下水资源可持续利用,推动经济社会可持续发展,环境保护部、国土资源部 与水利部于2011年10月正式发布了《全国地下水污染防治规划(2011—2020年)》,针对 当前我国地下水环境监测体系和预警应急体系不健全、地下水污染风险评估等技术体系不

完善等问题,提出要建立健全地下水环境监管体系,建立地下水污染风险防范体系,加强地下水污染监测和预警应急系统建设。地下水污染风险评价及预警是开展地下水污染防控工作的有效手段,当前国内外相关研究仍处于探索阶段,尚未形成完善的模型和技术体系。中国地质调查局组织实施的“全国主要城市环境地质问题调查评价”和“全国地下水污染调查评价”等地质大调查项目都以“地下水脆弱性调查评价”作为主要内容之一,这说明地下水脆弱性评价具有十分重要的意义(刘长礼等,2006)。目前地下水脆弱性研究主要是地下水易污染性评价,并没有切实地与量结合起来,将GIS技术与地下水运移模型相结合来评价地下水的脆弱性是今后的发展趋势(沈珍瑶等,2003)。

对于未受污染或受到轻微污染的大区域地下水资源保护而言,由于地下水监测需要花费大量的时间和费用,因此,最简单、实用、有效的方法是利用脆弱性评价中的迭置指数法进行定性、半定量的地下水脆弱性评价,根据实际的水文地质条件、水化学条件及污染物特性等因素划分出不同等级的脆弱性地区,为管理部门提供决策依据(白利平,王业耀,2009)。对于需要特别关注的地区,如水源或特定的污染源,为了采取更有效的措施以保护地下水资源,应建立地下水水质的监测、预警体系,对在一定时期内可能影响到水源或一定时期内污染源可能影响到的范围做出预警预报,为管理部门决策提供依据。定性、半定量的地下水脆弱性评价方法无法满足预警的需求,而数值模型是准确预测溶质在地下水中迁移转化的一个有效手段。

脆弱性评价是根据某一地区的地下水比其他地区更易受污染而进行的,用于衡量地表污染物进入含水层的难易程度。地下水脆弱性评价是为地下水污染防治服务的,地下水污染防治的重点包括天然条件下地下水污染防护性能较差地区、地下水水源及其保护区、人类活动对地下水环境造成严重影响的地区。脆弱性评价的目的是:为决策部门提供保护地下水资源的依据;指导社会经济活动的规划(规划时应尽可能避开地下水脆弱性高的地区);指导地下水污染防治工作(根据脆弱性评价结果,集中有限力量解决突出问题);向公众提供当地地下水易受污染的情况,提高公众关于地下水污染的风险意识,树立“以防为主”的思想;以最小的代价实现地下水资源的可持续利用。

数值模型是用来处理地下水水量、水质问题的一个有效工具,将水流模型和水质模型耦合可以得出地下水中污染物浓度的时空变化规律,以此来预测地下水污染的瞬时动态与扩展范围,为制定有效的地下水污染防治措施提供依据。

1.3.2 地下水污染预警的必要性

进行地下水污染预警是保护水资源的一个有效措施,目前地下水污染预警的研究刚刚起步,国外主要对水源地进行实时监测预警;国内已开展的研究一般通过对多年水质监测数据的评价、预测进行预警。在当前水资源日益短缺、地下水污染日趋严重的情况下,开展地下水污染预警理论、方法和模型等方面的研究工作是非常重要的。目前国内外地下水污染预警方面的工作尚处于探索阶段,有关预警的概念、理论框架、预警指标选取、赋值、预警等级划分和预警模型选取等方面仍未形成一套较完善的方法和体系。现阶段的地下水污染预警研究中一般只考虑单个因素,预警模型中多以随机模型为主,且很少考虑实际的水文地质条件,无法满足预警的需求。

在我国如何开展地下水预警还是一个全新的探索性工作(李文鹏等,2010),鉴于我

国地下水环境污染的严峻形势,探索有效的地下水污染风险评价及预警技术是当前亟须加强的工作。采取有效的地下水污染预警措施,对于实现生态和水环境安全的国家战略目标十分重要。目前我国存在部分具有潜在风险的地下水饮用水水源地、污染源及周边区域,亟须对地下水污染风险、范围和程度进行评价,并建立地下水污染的预警机制,对发生污染事故后污染物在包气带及地下水中的迁移转化情况做出准确预测,为地下水资源管理部门提供地下水污染防治的科学依据。地下水污染预警的必要性主要如下:

(1) 当前我国缺乏对区域地下水污染的有效监控,缺少完善的地下水污染预警体系,遇到突发或长期污染事件,难以准确迅速地采取控制措施。

(2) 预警在地下水污染方面的应用正处于探索阶段,研究地下水污染预警的理论、方法、模型和体系等具有一定的理论意义。

(3) 开展地下水污染预警研究,可以按不同预警分区给出地下水可能受污染的范围和程度,研究成果可用于政府部门的规划、管理和决策,具有一定的实用价值。

(4) 通过研究区地下水脆弱性评价,识别地下水易于污染的高风险区,评价结果(脆弱性图)可用于政府所有层次的规划、管理和决策,并可据此制定保护地下水资源的有关措施和政策,将有限的人力、物力投入地下水脆弱性高的地区。对于维护自然资源与生态环境的和谐,实现地下水资源可持续开发利用等方面具有重要意义。

(5) 向公众提供当地地下水易受污染的情况,提高公众对地下水资源的认识与重视程度,为环保公益事业的发展提供基础数据。

1.4 地下水污染预警研究现状

1.4.1 地下水污染预警研究

“预警”一词最早出现在军事领域,是军事学中的一个俗语,其原义是指在敌人进攻之前发出警报,以做好防守应战的准备。通常意义上,预警就是事先发出警告,提示人们注意本系统在运行中即将出现的不均衡状态、突变事件和无序结构,以便及时采取措施,将系统推进到一个新的结构状态。近年来预警的理论在经济、社会、人口、资源、环境等各个领域得到了广泛的应用。对环境质量而言,预警是在对环境质量进行定性、定量分析并确定其变化趋势及速度的动态过程后作出预测与报警,并提出相应对策。我国对环境预警的研究目前尚处于探索阶段,理论和方法均处于起步阶段。

1.4.1.1 地下水污染预警研究现状

吉林大学在地下水污染预警方面开展的研究工作比较早,赵勇胜等于 2000 年首次提出了地下水预警的概念,并建立了以 GIS 为核心技术的地下水预警信息系统(洪梅等,2002;赵勇胜,2002;赵勇胜,2007;张伟红,2007)。

为加强我国地下水环境监测体系和预警应急体系建设,《全国地下水污染防治规划(2011—2020 年)》对未来我国在地下水环境保护与污染防治、地下水污染预警应急体系等方面进行了详细规划,地下水污染预警应急体系建设主要涵盖预警预报信息管理系统建设、地下水污染应急保障工程体系建设和突发污染应急监测体系建设等方面。