

晋江流域 饮用水水源保护与管理

| 滕彦国 陈海洋 宋柳霆 等◎著 |

11



科学出版社

TU991.11

2

晋江流域饮用水水源保护与管理

滕彦国 陈海洋 宋柳霆等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

随着城市化进程的加快,我国饮用水水源水质安全形势越发严峻。本书在系统总结国内外河流型饮用水水源地保护与管理技术研究最新进展的基础上,着重介绍了河流水源污染特征识别、污染源解析、环境风险评价、水源地保护区划分与管理等技术;通过对晋江流域的技术应用与示范,总结了适合我国河流型饮用水水源地保护与管理的技术体系,可以为我国河流型饮用水水源地保护与管理工作提供技术支撑。

本书可作为高等院校环境科学与工程、水利工程等相关专业学生的参考教材,也可作为从事环境管理、污染防治、环境应急、流域管理等相关领域科研工作人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

晋江流域饮用水水源保护与管理 / 滕彦国等著. —北京:科学出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-03-039828-4

I. ①晋… II. ①滕… III. ①晋江-流域-饮用水-供水水源-水源保护
②晋江-流域-饮用水-供水水源-管理 IV. ①TU991.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 032440 号

责任编辑:朱 丽 杨新政 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:赵德静 / 封面设计:铭轩堂

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张:11 3/4

字数:263 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

保障饮用水安全是全面建设小康社会、构建和谐社会、筑梦美丽中国的重要内容,是落实科学发展观的重要举措,是促进经济社会可持续发展、保障人民群众身体健康和稳定社会秩序的基本条件。在城市化进程中,我国饮用水水源地水质安全形势依旧十分严峻,因此,亟须结合我国水环境污染特征和饮用水水源地保护的需求,开展饮用水水源地保护与管理技术研究,构建我国饮用水水源地科学管理体系,提升我国饮用水水源地环境保护能力,保障饮用水水源地水质安全。

本书是“十一五”期间“水体污染控制与治理”国家科技重大专项“河流型饮用水水源地保护与管理技术研究与示范”子课题研究成果的总结。本书着重介绍了河流水源污染特征识别、污染源解析、环境风险评价、水源地保护区划分与管理等技术;通过对晋江流域的技术应用与示范,总结了适合我国河流型饮用水水源地保护与管理的技术体系,可以为我国河流型饮用水水源地保护与管理提供技术支撑。

全书共分8章。第1章主要介绍了饮用水水源环境问题、水源保护与管理及其相关技术研究、国内外研究进展。第2章从自然地理、社会经济、主要环境问题及水源保护现状等方面,对晋江流域进行了介绍。第3章主要介绍了河流水体污染特征识别技术与方法,提出了决策树支持向量机水环境质量综合评价模型,阐述了基于改进的水污染综合指数识别水体特征污染物的方法,介绍了优先控制有机污染物的综合筛选技术,评价了晋江流域环境质量,识别了流域的特征污染物,筛选了优先控制的十种有机污染物,研究了晋江西溪茶园降雨径流产污特征。第4章介绍了基于污染负荷模型集成应用的流域氮磷污染源解析技术,给出了不同来源污染负荷的核算方法,说明了模型主要参数的获取渠道,并以晋江流域氮磷源解析为例,详细介绍了该技术模型的应用方法,解析了影响晋江流域氮磷污染的主要来源,给出了贡献比例,讨论了氮磷污染负荷的时空分布;同时,也阐述了吸附态非点源污染控制措施的研究思路。第5章提出了复合受体模型源解析思路,阐明了非负约束因子分解和化学质量平衡模型复合的技术方法,识别了晋江流域沉积物中重金属的来源,解析了不同来源的贡献比例,提出了针对性的污染源削减及控制技术建议。第6章主要介绍了流域环境风险评价的技术方法,提出了基于未确知理论的水污染综合指数评价、生态风险评价及健康风险评价的模型公式,描述了基于改进 Seveso III 指令的流域环境风险评价技术,介绍了基于上述技术方法的晋江流域环境风险评价应用,并给出了评价结果。第7章介绍了河流型水源地保护区

划分技术方法,分析了当前水源地划分技术方法的不足,提出了基于环境风险与应急响应的水源地保护区划分思路,阐明了方法原理,给出了应用实例,提出了晋江水源保护管理保障措施建议。第8章则针对流域水源保护与管理的技术问题,介绍了基于GIS平台的流域污染源监控平台建设方法,阐述了流域环境监测GIS平台的关键功能点,以及GIS平台与环境监测业务系统的集成方法;介绍了流域环境应急管理平台,系统分析了应急管理平台的关键业务流程,提出了平台主体框架及核心功能系统,详细分析了平台关键业务需求。

在开展河流型饮用水水源地保护与管理技术研究以及撰写本书的过程中,中国环境科学研究院郑丙辉研究员、苏一兵研究员、付青副研究员,泉州市水利局卢友行高级工程师,泉州市江河湖库水质监测中心全体工作人员,北京师范大学许新宜教授、鱼京善教授、王国强副教授、胡立堂副教授提出了很多建议和意见;北京师范大学硕士研究生周振瑶、杨延飞,博士研究生冯丹、曹阳、王威参与了部分书稿的撰写工作,在此一并致谢!

限于时间和水平,本书难免存在错误与疏漏之处,敬请读者批评指正。

著者

2013年12月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 饮用水水源环境问题	1
1.2 饮用水水源保护与管理	2
1.3 饮用水水源保护与管理技术研究	4
1.4 国内外研究进展	5
1.4.1 水源水质评价及特征污染物识别	5
1.4.2 污染源解析	6
1.4.3 环境风险评价	8
1.4.4 水源地保护区划分	10
1.4.5 水源保护应急管理	11
第 2 章 晋江流域概况	13
2.1 自然地理情况	13
2.1.1 流域水系特征	13
2.1.2 地质地貌	15
2.1.3 气候	16
2.1.4 水文	16
2.1.5 土壤与植被	17
2.2 社会经济发展情况	17
2.3 流域主要环境问题	17
2.3.1 各主要河流水质状况	17
2.3.2 水污染变化趋势	20
2.4 流域水源保护现状	20
第 3 章 晋江流域环境质量评价及污染特征识别	26
3.1 改进的决策树支持向量机水环境质量评价方法	27
3.1.1 支持向量机分类原理	27
3.1.2 改进的决策树支持向量机评价方法	28
3.1.3 参数寻优	31
3.1.4 方法流程	33
3.2 特征污染物识别方法	33

3.2.1	特征污染物识别	34
3.2.2	优先控制有机污染物筛选	35
3.3	流域水环境质量评价	36
3.3.1	枯水期环境质量	41
3.3.2	丰水期环境质量	43
3.3.3	流域水质空间分布	44
3.4	流域特征污染物与优先控制有机污染物	45
3.4.1	特征污染物识别	45
3.4.2	优先控制有机污染物筛选	47
3.5	西溪茶园降雨径流产污特征	49
3.5.1	材料与方法	49
3.5.2	结果与讨论	53
第4章	晋江流域氮磷污染源解析	60
4.1	基于污染负荷模型集成应用的氮磷源解析方法	61
4.1.1	点源污染负荷量核算	61
4.1.2	非点源污染负荷量核算	62
4.1.3	模型资料及主要参数率定	64
4.2	流域氮磷污染源解析	68
4.2.1	模型数据来源	68
4.2.2	模型参数	71
4.2.3	模型验证	72
4.2.4	结果与讨论	74
4.3	晋江流域吸附态非点源污染控制措施	85
4.3.1	材料与方法	85
4.3.2	不同处理草地拦沙率	86
4.3.3	草地过滤带控制措施减排效应分析	89
第5章	晋江流域重金属污染源解析	91
5.1	FANNC-CMB 复合受体模型源解析方法	92
5.1.1	FANNC-CMB 模型复合原理	92
5.1.2	技术流程	94
5.2	流域沉积物重金属源解析	97
5.2.1	样品采集	98
5.2.2	样品处理与分析	99
5.2.3	沉积物中重金属浓度分布	99
5.2.4	统计分析	100

5.2.5 污染源识别	101
5.2.6 污染源解析	104
5.2.7 工业污染源追溯	105
5.3 污染源削减及控制	106
5.3.1 工业企业污染源削减	106
5.3.2 城镇分散污水控制	107
5.3.3 农村面源污染的治理	108
第 6 章 晋江流域环境风险评价	109
6.1 基于未确知理论的环境风险评价方法	109
6.1.1 未确知理论	109
6.1.2 水污染综合指数未确知模型	111
6.1.3 水环境生态风险评价未确知模型	112
6.1.4 水环境健康风险评价未确知模型	112
6.2 改进 Seveso III 指令的流域环境风险评价方法	113
6.2.1 方法原理	113
6.2.2 技术流程	117
6.3 晋江流域环境风险评价	118
6.3.1 流域累积环境风险评价	118
6.3.2 流域工业污染风险评价	122
第 7 章 河流型水源地保护区划分	129
7.1 河流型水源分类及保护区划分常见方法	129
7.1.1 河流型水源分类及其特征	129
7.1.2 水源保护区划分常见方法	131
7.2 基于环境风险及应急响应的水源保护区划分方法	132
7.2.1 划分考虑因素	133
7.2.2 方法原理	134
7.2.3 计算程序	139
7.3 晋江流域水源保护区划分	140
7.3.1 水源保护区划分的基本原则	140
7.3.2 水域长度计算	141
7.3.3 陆域范围计算	143
7.3.4 几种划分方法比较	147
7.4 晋江水源保护管理保障措施建议	149
7.4.1 加强流域社会经济调整	149
7.4.2 建立水源地水污染防治资金投入保障机制	150

第 1 章 绪 论

1.1 饮用水水源环境问题

水是自然环境的重要组成部分。水资源是人类赖以生存和发展不可缺少的基础自然资源,是生态和环境的控制性因素之一,同时,又是战略性经济资源,是一个国家综合国力的有机组成部分。我国是水资源短缺的国家,水资源人均占有量仅 $2400\text{m}^3/\text{a}$, 低于世界平均值的 $1/4$, 1998 年联合国已将中国列为全球 13 个最缺水国家之一。全国 666 座城市中,有 333 座城市缺水,其中 108 座严重缺水,日缺水量达 1600万 m^3 , 因缺水造成的年工业经济损失达 2300 多亿元,全国有 7000 万人和 6000 万牲畜饮水困难(于晓川和赵国杰,2001)。

更令人担忧的是,随着人口和经济增长以及城市化水平的提高,我国水资源污染日趋严重,由于水体污染形成的水质性缺水加剧了资源性缺水,使水资源形势更加严峻。水利部对全国 700 余条河流的 10 万千米河长开展了水资源评价,结果表明,46.5% 的河长受到污染(相当于 IV~V 类);10.6% 的河长严重污染(已超 V 类),水体功能丧失(刘洋等,2000)。据环境保护部公布的数据,2010 年,在全国 7 大水系 204 条河流 409 个水质监测断面中,IV~V 类占 23.7%,劣 V 类水质达到 16.4%。我国主要水系达不到 III 类水的比例已达到 40.1%,水源水质呈现严重污染的状况。

保障饮水安全是全面建设小康社会、构建和谐社会、筑梦美丽中国的重要内容,是落实科学发展观的重要举措,是促进经济社会可持续发展、保障人民群众身体健康和稳定社会秩序的基本条件。在 2005 年 12 月国务院印发的《关于落实科学发展观 加强环境保护的决定》(国发[2005]39 号)文件中明确提出:以饮水安全和重点流域治理为重点,加强水污染防治。要科学划定和调整饮用水水源保护区,切实加强饮用水水源保护,建设好城市备用水源,解决好农村饮水安全问题。坚决取缔水源保护区内的直接排污口,严防养殖业污染水源,禁止有毒有害物质进入饮用水水源保护区,强化水污染事故的预防和应急处理,确保群众饮水安全。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》指出:尽快改善重点流域、重点区域的环境质量,加大“三河三湖”、三峡库区、长江上游、黄河中上游和南水北调水源及沿线等水污染防治力度,积极防治农村面源污染,特别要保护好饮用水水源。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中要

求:科学划定饮用水水源保护区,强化对主要河流和湖泊排污的管制,坚决取缔饮用水水源地的直接排污口,严禁向江河湖海排放超标污水。

然而,随着城市化进程的加快,我国饮用水水源水质安全的形势越发严峻。在全国调查的 4555 个水源地中,水质不安全水源地有 638 个,供水人口达 5695 万,综合生活供水量 37.86 亿 m^3 ,分别占调查水源地总个数、总供水人口和综合生活供水量的 14.0%、15.0%和 13.7%。在水质不安全的水源地中,一般污染指标不合格的水源地 170 个;有毒污染指标不合格的有 363 个;富营养化水源地 37 个;复合污染型(包括一般污染、重金属污染、有毒有机物污染)水源地 68 个(中国环境科学研究院,2008)。

饮用水水源污染给城市给水处理带来了极大的困难,具体表现为:①处理后的水感官性指标不良,色度高、有异味等,这与水中氨氮、高锰酸盐指数高有关,也与水中溶解氧浓度低有关。②由于氨氮的存在,降低了加氯的消毒作用,造成过滤除锰困难,也容易产生氯胺等致突变物。③源水中有毒害物及“三致”物质难以去除,常规水处理工艺只能去除分子质量在 10 000 Da 以上的物质,对于 1 000~10 000 Da 的物质只能去除 20%~30%,对于 500~1 000 Da 的物质基本上不能去除。④有些污染物目前还难以检测,富营养水体容易产生藻毒素,如肝毒素、神经毒素和酯多糖毒素等,目前尚缺少检测方法及水中容许浓度的限量标准。⑤管网水水质不稳定,水质污染造成混凝剂、消毒剂使用剂量增加,降低了水的 pH,增加水的不稳定性;另外,有机物污染导致管网水可生化的有机碳或可同化性有机碳浓度增加,从而使细菌易于繁殖滋生、管道腐蚀、水质恶化。

根据 2004 年卫生部组织的对全国 31 个省、自治区、直辖市的城市集中式供水水质的卫生监督抽检,抽检末梢水样品 2116 个,合格率 82.6%,其中市政供水末梢水样合格 1222 个,合格率 91.95%;自建供水末梢水样合格 526 个,合格率 66.84%。市政供水末梢水水质检验结果显示:肉眼可见物合格率 99.92%,色度合格率 99.46%,总大肠菌群合格率 99.40%,细菌总数合格率 99.32%,浑浊度合格率 98.88%,游离余氯合格率为 94.28%。自建供水末梢水水质检验结果显示:色度合格率 98.73%,肉眼可见物合格率 97.08%,浑浊度合格率 94.03%,细菌总数合格率 93.27%,总大肠菌群合格率 89.07%,游离余氯合格率 75.35%。检测结果表明,水源地水质状况直接影响到水处理的水平,水源地污染严重威胁饮水安全。

1.2 饮用水水源保护与管理

国内外在饮用水安全保障方面的经验表明,饮用水安全保障基本前提是从源水到水龙头全过程的监测和管理。饮用水水质安全保障有 5 个重要关口:源水保

护、技术先进的给水处理系统、稳定可靠的给水系统、高素质的水管理者和系统细致的水质监测。在上述5个关键环节中,源水保护是水污染控制最安全和最廉价的控制关口。如果饮用水水源地的水质安全受到威胁,则饮用水水质安全的保障基础不复存在,水源地一旦受到污染,其修复成本十分高昂。国外在水源地保护和修复实践中总结了保护的重要性,认为对于水源地“防范保护胜于污染修复”,因此对水源地的保护尤其重要。

在水源保护方面,我国现有的水源地保护区划分与管理技术体系落后,与国外相比均存在较大的差距,缺乏饮用水水源地安全规划与管理的技术及其相关的经济政策研究,尤其是水源地保护和管理技术的系统集成方面存在很大的差距,难以适应实际需求;具体来看,当前饮用水水源环境保护与管理存在的问题主要表现为:

(1) 缺乏系统的饮用水水源保护与管理技术体系。我国尚未建立完整的饮用水水源地保护与管理的技术方法体系,饮用水水源水质安全保障科技水平与水源保护管理的实际需求之间存在差距,主要表现在:①对饮用水水源水质污染特征把握不清,缺乏科学合理的污染物与污染源调查、评价及特征污染综合识别方法和技术;②尚未建立饮用水水源特征污染物的源解析技术体系,对污染物的来源识别不明,不能准确把握污染源对特征污染物的贡献比例;③没有系统开展饮用水水源环境污染风险评价,缺乏有效的污染风险评价方法,不能系统把握水源风险现状,无法判断风险趋势;④尚未建立科学合理的饮用水水源保护区划分技术方法,无法破解原有划分方法的不可操作性问题。

(2) 水源保护区划分技术落后,水源地水质难以保障供水安全。原国家环境保护总局等5部门1989年联合颁布实施的《饮用水水源保护区污染防治管理规定》(以下简称《规定》)提出了饮用水水源保护区划分和防护的原则、方法、管理等技术要求。《规定》从不同级别保护区的功能入手,提出了各级保护区应满足的水质条件,但对于保护区范围如何确定,并没有明确相应的标准。因此,在《规定》执行过程中,各水源保护区划分标准和依据不一,不利于水源地的规范管理和保护工作。

2007年1月,原国家环境保护总局发布了(HJ/T 338—2007)《饮用水水源保护区划分技术规范》(以下简称《规范》)。《规范》作为指导性规范,将水源地分成河流、湖库和地下水三种类型,并给出了经验类比和数值计算两种划分保护区方法,但推荐采用数值计算法划分。但由于受技术力量和管理等诸多方面因素制约,部分地方环保部门多采用经验类比法划分水源保护区,致使饮用水水源保护区的划定的科学性仍显不足。由于水源保护区划分的不科学,致使水源地的各项保护措施落实不能全部到位,水源地水质安全难以保证。

(3) 水源地保护、污染应急预案技术缺乏系统集成。我国对饮用水水源地的保护缺少总体规划,特别是跨行政区域的饮用水水源地保护缺少统筹考虑,水利、

建设、环保、卫生、农业、林业等多部门对饮用水水源均有管理措施,水利部门以水源保护、入河排污口管理、取水许可管理为主;环保部门以污染源监控为主;城建(市政)部门以生活垃圾治理和部分城市供水为主等等,但缺少将饮用水水源地作为一个整体进行保护的总体部署。

(4) 水源地管理体制不健全,无法满足饮用水安全保障的要求。主要表现在:法律法规及标准体系滞后,保护区划分工作有待加强、水质监测体系及饮用水安全技术标准与应急体系不完善,水源地环境管理体制和机制不健全。现行的环境管理法律法规和制度,大部分是针对工业污染和城市制定的,难以适应农村环境管理的需要,农村环境保护法律、法规不健全。同时,由于地方监测力量的不足,在农村水源地开展例行监测的工作难度很大,尚不具备开展农村饮水常规监测的能力。

1.3 饮用水水源保护与管理技术研究

为做好我国饮用水水源保护与管理工作,国家水体污染控制与治理科技重大专项设立了“饮用水水源地保护与管理技术与示范”课题。该课题以构建我国饮用水水源地科学管理体系、提升我国饮用水水源地环境保护能力为目标,密切结合我国水环境污染特征和饮用水水源地保护的现实,以大中型城市供水安全为重点,以水质安全风险控制为核心,针对我国饮用水水源地的污染源解析、水源保护区划分、水源地污染风险评价与水污染风险控制、水源地水生态保护和管理等关键的共性科学问题和技术进行研究,开发饮用水水源地保护与管理集成技术并进行应用示范(中国环境科学研究院,2008)。

“饮用水水源地保护与管理技术与示范”课题选择河流型、湖库型和地下水型三类典型的饮用水水源作为研究对象,从水源污染特征识别、源解析、环境风险评价、保护区划分与管理等几个方面开展研究,力图通过研究研发出能够保障饮用水水源水质安全、促进科学技术进步的饮用水水源地保护与管理关键技术,提高饮用水安全管理水平,保障饮用水水源地水质安全,为建设和谐社会提供科技支撑。其中,河流型饮用水水源保护与管理技术研究的主要内容包括如下四个方面:

(1) 水源污染特征识别。基于自然地理、水文条件、河流补给和流域工业排污数据,参考《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)、《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91—2002)以及《生活饮用水卫生标准》(GB 57492—2006),评价河流水体环境质量,提出河流水环境污染特征评价方法,甄别出影响河流水体的主要污染指标,辨识污染途径与污染空间分布,筛选出优先控制污染物。

(2) 水体污染源解析。在识别水源环境特征的基础上,收集和调查水源地的基础背景资料,包括自然地理和社会经济相关资料等,以及水源地周围主要工业、农业、交通和生活污染源的分布和数量,建立具有较强针对性的特征污染源解析

方法,辨识污染物的主要来源,估算不同污染源的贡献比例,筛选出优先控制污染源。

(3) 水源环境风险评价。针对河流水源的环境风险特征,开展流域环境风险评价研究,建立河流水源环境风险评价技术方法,识别影响河流水源水质的主要风险源项,定量评价各风险源对饮用水水源的潜在污染风险,判明水源地陆域高风险区域,确定水源保护与管理需优先考虑的高风险源及优先控制区域。

(4) 水源保护区划分。针对我国河流型水源地的污染特点,分析河流型饮用水水源地的供水范围、规模以及特征污染物的分布和数量,提出河流型水源地保护区划分的基本原则,建立基于风险管理及应急响应的水源保护区划分方法,研究水文条件不确定性对保护区划分的影响,解决基于水质安全保障的水源保护区范围优化的技术问题。

1.4 国内外研究进展

1.4.1 水源水质评价及特征污染物识别

准确地评价饮用水水源水质对于水厂的水处理工艺、应急对策的制定和保障居民的饮水安全具有重要意义,也是实施水源地污染控制措施的主要依据。世界上许多国家对水质评价展开研究,提出大量的评价方法和指标体系。美国《安全饮用水法》要求各州和供水单位实施饮用水水源地的水质评价,确定水体遭受污染的脆弱性;各州对所属水体水质进行调查、评价,识别受损水体。同时,美国环保署(USEPA)还在线提供了水源地水质评价信息,包括饮用水潜在污染物指数、评价流域内潜在的污染源以及相关污染物风险。

新西兰水源地水质评价项目包括美学(味道、气味、外观),颗粒(浊度),化学(化学污染物),微生物(细菌、病毒、原生动物),毒性(藻毒素)等类型,水质评价结果定性揭示了饮用水水源地的适宜性,借此采取措施降低污染物浓度或降低污染物风险,从而增加水质数据评价水源地适宜性的可行性和可靠性。澳大利亚要求水源地水质满足饮用水水源地的最低水质要求;水质评价指标根据检测数据(水源地)、自来水厂处理标准或效率、处理水体满足公众、美学标准等制定。加拿大环境委员会制定水质指数进行水质状况评价,通过改变水质目标及相应水质指标参数,识别不同水体的潜在威胁。欧洲地表水体取水导则对地表水体分类进行明确规定,确保地表水体取水在进入公众供水系统前得到适当处理,以及改进饮用水水源地地表水体水质;根据水体在满足公众饮用前的处理水平以及水体适合取水的适宜度进行分类,其中 A1 水体仅经过简单的物理处理和消毒就能满足饮用要求,A2 水体需要经过常规的物理、化学处理和消毒就能满足饮用要求,A3 类水体需要物

理、化学处理以及其他处理措施和消毒手段。

中国针对水源地水质制定的标准主要有《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)和建设部颁布的《生活饮用水水质卫生规范》、卫生部颁布的《生活饮用水水质卫生规范》,涉及饮用水水源的水质指标、水质分级、标准限值、水质检验等。目前,水源地水质评价主要依靠《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)和《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)以及原国家环境保护总局公布实施的《重点城市集中式饮用水水源地水质监测、评价与公布方案》。我国社会经济的发展对饮用水水质提出了更高的要求。建设部提出 2020 年我国饮用水一级水质要达到欧盟或者 USEPA 饮用水水质标准,二级目标达到目前国际一般水平,满足世界卫生组织(WHO)指标水平,三级指标目标满足国家标准要求,进一步要求保护水源地水质。

除了水源水质评价,水源特征污染物的识别对于饮用水水源安全保障也具有重要的意义。水源常见污染物按其种类和性质一般可分为四大类,即无机无毒物、无机有毒物、有机无毒物和有机有毒物。除此以外,对水体造成污染的还有放射性物质、生物污染物质和热污染等。饮用水水源受到污染后会对人体健康产生严重影响,污水中含有大量对人体有毒害作用的无机物和有机物,无机物如硝酸根离子、氰化物和重金属等;有机物如氯代甲烷、丙烯腈、亚硝胺、苯胺、DDT、甲基汞、五氯酚钠、邻苯二甲酸二丁酯、对硫磷、合成除虫菊酯等。在这些物质中,很多物质对人体有“三致”作用,即导致人体致癌、致畸、致突变,干扰体内正常激素的分泌与代谢,影响机体的正常生理、代谢、生殖、生育等功能。另外,污水中也存在大量病菌和寄生虫卵,含有细菌、真菌、放射菌和藻类等微生物代谢产生的毒素,而这些毒素很多具有强致癌性(如黄曲霉素和洋橄榄毒素等),一旦它们接触人体,就可能直接危害人体健康。

随着社会经济的发展,将会在水源地中发现更多的污染物,其中,藻毒素、内分泌干扰素、有机污染物、持久性有机污染物等日益引起世界各国的高度重视。目前,我国《生活饮用水水质卫生规范》(2001 年)和《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)都包含微囊藻毒素的检测项目;世界卫生组织《饮用水水质准则》(第二版)中也增加了微囊藻毒素-LR(MC-LR)等指标,也有关于微囊藻毒素-LR 的检测。我国在“十五”期间开展了研究环境持久性潜在有机污染物(POPs)以及环境内分泌干扰物的安全性控制方法,并开展已知 POPs 以及环境内分泌干扰物类环境污染物对不同类群、不同种群、不同生活史阶段的生物以及不同个体/组织/细胞/分子等水平的影响研究,建立了相应的监测方法及实验方法。

1.4.2 污染源解析

通过定量方法筛选出特征污染物,开展污染源解析,可以为环境质量评估、风

险评价与防范提供重要依据,也是切实有效地控制污染,保障环境安全的重要前提。当前的污染源解析技术大体上可以分为三种:清单分析法、扩散模型和受体模型(张蓓等,2008)。其中,清单分析法是通过观测和模拟污染物的源排放量、排放特征及排放地理分布等,建立列表模型的一种源解析方法(Eric et al.,1995;John,2002);扩散模型属于预测式模型,它是通过输入各个污染源的排放数据和相关参数信息来预测污染物的时空变化情况(Roberta,2006,James et al.,2007);受体模型则是通过对受体样品的化学和显微分析,确定各污染源贡献率的一类技术,其最终目的是识别对受体有贡献的污染源,并且定量计算各污染源的分担率(Henry et al.,1984;Gordon,1988)。

在三大源解析技术中,受体模型不依赖于排放源排放条件及水文水质等数据,不用追踪污染物的迁移过程,且与预测式的扩散模型相比,受体模型算是一种诊断式模型,它解释过去而不是未来,比较适合用来实现污染源的定性或定量分析。常用的受体模型有化学质量平衡(CMB)模型、PCA/MLR、FA、UNMIX、PMF2/PMF3、ME-2等。

当前,针对大气环境开展的污染源解析研究较为深入,而水体污染的源解析研究成果不多。这主要是因为水体的复杂性远远高于大气,且各类源解析技术所要求的约束条件(如污染物间线性独立)在水体环境中存在不同程度的不满足性。例如,水温变化、水体中本底浓度、颗粒物的吸附作用、生物降解、底泥的再释放、水的湍流和对流等因素都会影响污染物的扩散,而且这些因素都是无法准确测定的,这将大大影响模型的解析精度。另一方面,由于污染源完整成分谱的缺乏、历史数据的不完整、仪器设备以及研究方法的缺点,影响了水环境源解析的研究深度。例如,受体模型只能给出受体贡献较大的几类排放源,而不能给出具体排放源对受体的贡献大小,缺乏对水体污染防治工作的实际指导意义。

在河流水体中,典型污染物如持久性无机污染物、重金属离子污染物(汞、镉、铬、铅、砷等)主要来自农药、医药、仪表及各类有色金属矿山的废水,在水中比较稳定,是污染水体的有毒物质。通常,重金属污染物进入水体后,有相当一部分被悬浮物吸附,这部分污染物在水流作用下被输送到河口地区时,由于特殊的水动力环境和复杂的化学环境,大量悬浮物在这里絮凝沉降下来,污染物也随之转移到沉积物中。针对水体沉积物中的重金属污染物,国内外学者主要利用多元统计法及一些模型方法局部开展了源解析研究。黄小平(1995)将大气环境研究中的IDNN模型移植到水环境的沉积物污染研究中,并分析了零丁洋沉积物中重金属污染元素的来源及其贡献率;Bakac和Kumrub(2001)应用因子分析法(FA)对土耳其西部机地斯河流域沉积物中2种重金属元素(Mg和Pb)进行了源解析研究;Liu等(2008)运用主成分因子法(PCA)对珠江流域重金属含量进行分析后认为:Cu和Zn主要来源于点源污染,而Pb则来源于河口的非点源污染;Singh等(2005)运用

FA 对印度 Gomti 河开展了重金属源解析研究;Pekey 等(2004)运用 FA 对土耳其 Dil Deresi 河水体中重金属源解析的结果表明:污水、涂料工业、地质和交通道路径流等 4 种污染源的贡献率达到 83%。

不难理解,随着研究的不断深入,源解析必将呈现从定性研究走向定量研究,从粗略解析走向精准解析的发展趋势,而无论哪种解析方法,都是在一定的约束条件下实现的。为此,充分利用日益发展的科学技术,对现有的解析技术进行优化耦合必将成为源解析技术应用发展的必然趋势,这也是近年来国内外学者在污染源解析方面研究的重点。李祚泳等(2000)利用遗传算法(GA)优化估计了 CMB 模型参数以获得更为精准的源贡献率;郝明途等(2005)利用二重源解析技术解决了 CMB 受体模型中所遇到的一套数据多种结果和同一源类的污染物会以不同的形式通过不同的途径进入到环境中的技术难点;金菊良等(2007)提出了用基于加速遗传算法的投影寻踪对应分析方法,并将该方法应用于流域氮、磷地表径流输入与不同土地利用方式之间的解析和流域水体中富营养的盐分组成及其输入特征的解析;易慧等(2007)在信息不对称的情况下,运用粗集理论,通过分析污染源排放的元素组成的差异度与受体样品中元素含量的分类关系开展了源解析研究;Zhou 等(2007)利用 APCS/MLR 和 GIS 对中国香港东海岸综合水质进行了时空分析并开展了源解析研究;Zhang 等(2009)采用多种多元统计方法对大辽河流域 2003~2005 年水质资料进行了分析,研究了 13 项水质参数的时空变化并确定了潜在污染源;Wu 等(2009)应用聚类分析及 PCA 法对长江南京段综合水质进行了源解析研究;Huang 等(2010)用 UNMIX 模型及多元统计法对钱塘江综合水质进行了时空分析及源解析研究;Zhang 等(2010)也用聚类分析和 PCA 法对湘江流域水质开展了综合分析及源解析研究。

1.4.3 环境风险评价

广义上,环境风险评价是指对人类的各种社会经济活动所引发或面临的危害对人体健康、社会经济、生态系统等所造成的可能损失进行评估,并据此进行管理和决策的过程。狭义上,环境风险评价常指对有毒有害物质(包括化学品和放射性物质)危害人体健康和生态系统的影响程度进行概率估计,并提出减小环境风险的方案 and 对策。具体到水环境风险评价方面主要包括健康风险评价、生态风险评价和污染风险评价。

在健康风险评价和生态风险评价方面,当前,国内外研究较多是采用确定性方法开展水环境风险评价,如水环境综合指数评价方法、水生态风险评价方法和水环境健康风险评价方法等。然而,这些从确定性角度入手,以监测数据平均值为计算依据进行的风险评价,由于用平均值掩盖了水环境系统的不均匀性、不确定性等特征,其评价结果不能全面、准确地反映水环境风险的真实水平。而一些采用最大