



“十二五”国家重点图书

水体污染控制与治理科技重大专项

饮用水水质监测与预警技术

邵益生 宋兰合 等著

中国建筑工业出版社



“十二五”国家重点图书

水体污染控制与治理科技重大专项

饮用水水质监测与预警技术

邵益生 宋兰合 等著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

饮用水水质监测与预警技术/邵益生, 宋兰合等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.7
“十二五”国家重点图书
水体污染控制与治理科技重大专项
ISBN 978-7-112-22328-2

I. ①饮… II. ①邵… ②宋… III. ①饮用水-水质监测-研究 IV. ①TU991.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 123660 号

本书为国家水体污染控制与治理科技重大专项饮用水主题的研究成果之一, 主要依托“十一五”期间完成的“饮用水水质监测预警及应急技术与示范”项目。研究成果进一步发展了饮用水水质检测、监测技术, 完善了相应的技术标准和规范, 形成了“从源头到龙头”的饮用水水质监测数据网络化采集、水质安全评价预警及可视化系统建设的技术方案, 建立了城市供水水质督察技术体系, 促进了饮用水水质检测关键设备材料的国产化, 集成建设并示范应用了国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统技术平台。

本书可用作从事给水工程、环境工程、水质检测等专业的研究人员、高等院校师生和企业技术人员、管理部门人员等辅助教材和参考书。

责任编辑: 俞辉群 石枫华

责任校对: 李美娜

“十二五”国家重点图书
水体污染控制与治理科技重大专项
饮用水水质监测与预警技术

邵益生 宋兰合 等著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23¼ 字数: 531 千字

2018 年 12 月第一版 2018 年 12 月第一次印刷

定价: 86.00 元

ISBN 978-7-112-22328-2
(32190)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编写组

主 编：邵益生 宋兰合

撰 写 人 员：邵益生 宋兰合 何 琴 边 际 郝 力 张宏建
李 琳 周长青 贾瑞宝 孙韶华 桂 萍 李宗来
顾薇娜 王明泉 牛 晗 耿艳妍 张光新 侯迪波
冀海峰 杨 江 王宝良 黄平捷 周红亮 杨祥龙
李 聪 程伟平 黄 健 张忠贵 扈 震 梁 涛
吴学峰 周维芳 马中雨 王 宛 何雅娟 董剑锋
赵 鹏 卢燕青

本书执笔主编：邵益生 宋兰合

本书责任审核：杨 敏

前言

根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》设立的国家水体污染控制与治理科技重大专项（简称水专项），包括湖泊、河流、城市、饮用水、监控预警和经济政策6个主题，旨在构建我国水污染治理技术体系、水环境管理技术体系和饮用水安全保障技术体系，重点突破工业污染源控制与治理、农业面源污染控制与治理、城市污水处理与资源化、水体水质净化与生态修复、饮用水安全保障、水环境监控预警与管理等关键技术和共性技术，开展典型流域和重点地区的综合示范研究。

饮用水主题针对我国饮用水源普遍遭受污染、供水系统存在安全隐患和技术支撑能力不足等薄弱环节，坚持问题导向、目标导向与科技创新相结合，以实施国家新的《生活饮用水卫生标准》GB 5749—2006为目标，以支撑《全国城市饮用水安全保障规划（2006—2020）》相关规划实施为重点，开展饮用水安全保障的共性技术、适用技术、集成技术研究与示范，旨在构建“从源头到龙头”全过程的饮用水安全保障技术体系，包括从水源地、净水厂、管网到水龙头“多级屏障”工程技术体系和从中央到地方“多级协同”监管技术体系，为保障城市供水安全提供系统、全面可持续的技术支持。

“十一五”期间，在工程技术方面，以长江下游、黄河下游、珠江下游三大重点地区，以及若干典型城市为示范区，重点突破受污染水源的生态修复与水质改善、原水生物预处理、溴酸盐控制、臭味识别与控制、地下水除砷、大型水厂膜应用、紫外组合消毒、管网“黄水”控制等关键技术，构建了具有区域特色的饮用水安全保障集成技术体系；在监管技术方面，针对我国饮用水安全管理中存在的水质风险问题不明确、水质标准不协调、水源保护不规范、技术规范不健全、相关政策不配套、预警及应急反应能力弱等问题，系统开展了饮用水风险评估、水质监测、安全预警和应急技术研究，构建国家、省、市供水水质监测、预警、应急和管理体系。

作为饮用水安全保障监管技术体系构建的重要任务之一，“饮用水水质监测预警及应急技术与示范”项目共部署了8个课题，本书是对其中水质监测关键技术及标准化研究与示范、三级水质监控网络构建关键技术与示范、水质信息管理系统及可视化平台关键技术研发与示范、水质安全评价及预警关键技术研发与应用示范、城市饮用水水质督察技术体系构建与应用示范、水质监测材料设备研发与产业化等6个课题科技成果的总结、凝练和集成，反映了“十一五”期间饮用水水质监测预警技术的最新进展和发展趋势，并提供了“城市供水水质监测预警系统技术平台”示范应用案例。

本书编写工作得到了住房和城乡建设部水专项管理办公室、水专项总体专家组和饮用水主题专家组的大力支持，还得到了参与相关课题研究、示范应用单位及其相关人员的密

切配合，在此一并表示衷心感谢。

全书由邵益生负责组织撰写、定稿和审阅，各章节主要撰写人员为：第1章，邵益生、宋兰合；第2~4章，何琴、桂萍、李宗来、顾薇娜、贾瑞宝、孙韶华、邵益生、宋兰合；第5章，边际、牛晗、耿艳妍、邵益生、宋兰合；第6章，张光新、侯迪波、李琳、冀海峰、杨江、王宝良、黄平捷、周红亮、杨祥龙、李聪、程伟平、邵益生、宋兰合；第7章，黄健、张忠贵、扈震、邵益生、宋兰合；第8章，邵益生、李琳、宋兰合、吴学峰、顾薇娜、周维芳、马中雨、梁涛；第9章，周长青、王宛、何雅娟、董剑锋、赵鹏、卢燕青、邵益生、宋兰合；第10章，宋兰合、邵益生。

限于学识水平和实践经验，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

邵益生

2016年6月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及技术需求	1
1.2 技术研究进展	3
1.2.1 关键技术	3
1.2.2 集成技术	5
1.2.3 技术平台	6
第 2 章 饮用水水质检验方法标准化	8
2.1 城镇供水行业水质检验方法现状与需求	8
2.1.1 供水行业方法标准的发展现状	8
2.1.2 筛选指标及标准化工作目标	22
2.1.3 标准方法的开发与验证要求	24
2.2 现行国标方法的改进研究	25
2.2.1 研究概况	25
2.2.2 贾第鞭毛虫和隐孢子虫：滤膜浓缩-密度梯度分离荧光抗体法	27
2.2.3 环氧氯丙烷：液液萃取/气相色谱-质谱法	29
2.2.4 灭草松：固相萃取/液相色谱法	30
2.2.5 毒死蜱：固相萃取/气相色谱-质谱法	31
2.2.6 七氯：固相萃取/气相色谱-质谱法	32
2.2.7 氯苯类：顶空或吹扫捕集/气相色谱法	32
2.2.8 苯系物：吹扫捕集/气相色谱法、吹扫捕集/气相色谱-质谱法	34
2.3 国际先进标准的采标研究	36
2.3.1 研究概况	36
2.3.2 臭和味：嗅觉层次分析法	37
2.3.3 氰化物、挥发酚、硫化物、阴离子洗涤剂：流动分析法	41
2.3.4 22 种 VOC：吹扫捕集/气相色谱-质谱法	42
2.3.5 土臭素和 2-甲基异莰醇顶空固相微萃取/气相色谱-质谱法	43
2.4 新方法的开发研究	45
2.4.1 研究概况	45

2.4.2	12种农药：液相色谱-串联质谱法	47
2.4.3	9种卤乙酸检验方法研究	51
2.4.4	二氯乙酸和三氯乙酸：离子色谱法	54
2.4.5	草甘膦：离子色谱法	55
2.4.6	丙烯酰胺：液相色谱-串联质谱法	56
2.4.7	微囊藻毒素：液相色谱-串联质谱法	58
2.4.8	臭氧和二氧化氯：DPD现场比色测定法	60
2.5	《城镇供水水质标准检验方法》技术要点	61
2.5.1	与相关标准的关系	61
2.5.2	应用验证情况	62
2.5.3	技术创新点	63
第3章	城镇供水水质在线监测规范化	64
3.1	城镇供水行业在线监测现状与问题	64
3.1.1	在线监测仪的发展滞后于行业需求	65
3.1.2	在线监测仪的安装运行维护亟待规范	66
3.1.3	在线监测数据有效性的判定缺乏技术规程	67
3.1.4	在线监测布点及指标选取尚无统一要求	68
3.2	城镇供水在线监测仪性能参数规范化研究	68
3.2.1	基本性能参数的确定	68
3.2.2	供水行业要求的性能参数的确定	70
3.3	城镇供水在线监测仪安装运行维护的规范化	74
3.3.1	在线监测仪安装的规范化	74
3.3.2	在线监测仪校验方法的规范化	75
3.3.3	在线监测仪清洗与校验周期研究	77
3.4	在线监测数据采集与管理的规范化	80
3.5	城镇供水水质在线监测系统设计的规范化	80
3.5.1	水源在线监测系统设计	80
3.5.2	水厂在线监测系统设计	81
3.5.3	管网在线监测系统设计	82
3.6	《城镇供水水质在线监测技术标准》技术要点	82
3.6.1	主要技术内容	82
3.6.2	应用验证情况	83
3.6.3	创新点	83
第4章	城镇供水水质应急监测技术	84
4.1	城镇供水行业应急监测需求分析	84

4.1.1	城镇供水水质污染事故特征	84
4.1.2	城镇供水水质污染事故原因分析	87
4.1.3	城镇供水水质污染事故特征污染物	87
4.1.4	城镇供水水质污染事故应急处置	88
4.1.5	城镇供水水质污染事故影响范围	90
4.1.6	城市供水水质应急监测需求及难点	91
4.2	城镇供水水质应急监测指南研究.....	92
4.2.1	突发水污染事故的信息收集	92
4.2.2	现场鉴定与筛查	94
4.2.3	样品的采集、运输和保存	95
4.2.4	化学污染物的应急监测方法选择.....	100
4.2.5	基于标准化方法的化学污染物的基础筛查.....	104
4.2.6	利用确定技术或探索技术的污染物扩展筛查.....	110
4.2.7	对水中未知污染物的分析方法.....	116
4.3	基于免疫分析的快速检测方法的开发	120
4.3.1	免疫分析法概述.....	120
4.3.2	检测目标及方法选择.....	121
4.3.3	酶联免疫检测方法开发.....	121
4.3.4	免疫荧光检测方法开发.....	127
4.3.5	免疫检测方法性能参数.....	132
第5章	水质监测网络构建技术	134
5.1	实时监测信息采集网	134
5.1.1	研究背景.....	134
5.1.2	在线监测站点选择.....	135
5.1.3	在线水质监测指标选取.....	136
5.1.4	在线监测仪选型.....	137
5.1.5	在线监测数据采集仪技术要求.....	138
5.1.6	在线监测仪数据采集内容.....	139
5.1.7	在线监测数据传输方式选择.....	139
5.2	非实时数据采集	140
5.2.1	研究背景.....	140
5.2.2	基础信息类指标.....	141
5.2.3	城镇供水水质、水量及供水设施建设进度动态信息类指标.....	147
5.2.4	移动监测设备数据采集.....	149
5.2.5	城镇供水水司突发水质事故快报信息.....	150

5.3	监控网络传输	150
5.3.1	非实时数据采集网	150
5.3.2	实时数据采集网	151
5.3.3	组网案例	151
5.4	应用与远景	153
5.4.1	“十一五”期间的成果应用	153
5.4.2	“十二五”期间的推广应用	154
5.4.3	远景	154
第6章	水质评价与预警技术	155
6.1	水质安全评价方法	155
6.1.1	水质安全评价的指标体系	155
6.1.2	水质安全评价方法	158
6.2	典型渐变性水源水质污染预警技术	170
6.2.1	典型渐变性水源水质污染的基本预警技术	170
6.2.2	典型渐变性水源水质污染预警技术的实现	175
6.3	典型水源水质污染事件预警专题技术	176
6.3.1	有毒有害物质泄漏事故预警技术	176
6.3.2	蓝绿藻重点指标预警技术	179
6.3.3	取水口盐度预测预警技术	185
6.4	水处理及管网水质预警技术	188
6.4.1	水处理及管网水质预警的总体技术流程	188
6.4.2	水处理水质预警技术	190
6.4.3	水处理及管网水质预警技术的系统实现	193
第7章	水质信息管理及可视化技术	194
7.1	当前城市供水水质监管面临的问题	194
7.1.1	各级城市供水主管部门难以及时完整获取水质数据	194
7.1.2	多样化海量水质数据难以综合处理和分析	194
7.2	主要技术突破	195
7.2.1	基于时空关系模型的水质数据存储技术	196
7.2.2	基于数据融合的辅助决策支持技术	201
7.2.3	基于加权计算的水质信息综合分析技术	205
7.2.4	基于 GIS 的水质信息空间分析	213
第8章	城市供水水质督察支撑技术	217
8.1	水质督察实施规范化技术	217

8.1.1	全流程水质检查技术要求	217
8.1.2	供水系统水质安全管理检查技术	224
8.1.3	多层级水质督察结果评价方法	233
8.1.4	《城市供水水质督察技术指南》	239
8.2	水质督察现场快速检测方法	240
8.2.1	车载 GC-MS 测定水中挥发性有机物方法	240
8.2.2	督察现场快速检测流程标准化技术	248
8.3	城市供水水质监测技术资源优化与质量控制技术	251
8.3.1	供水水质监测机构优化布局	251
8.3.2	供水水质监测机构能力建设技术要求	255
8.3.3	供水水质监测机构质量控制技术	257
第 9 章	水质检测材料设备国产化技术	262
9.1	固相萃取吸附剂及固相萃取装置	262
9.1.1	固相萃取材料	262
9.1.2	固相萃取装置	266
9.1.3	固相萃取吸附剂及吸附装置的应用	269
9.2	饮用水水质检测标准物质	270
9.2.1	标准物质的合成及制备、纯化	270
9.2.2	高纯有机物准确定值	277
9.2.3	多组分混合溶液标准物质制备及准确定值	288
9.2.4	饮用水中标准物质的应用	291
9.3	颗粒物计数仪	291
9.3.1	颗粒物计数仪的设计	292
9.3.2	在线和台式颗粒物计数仪的研制	297
9.3.3	颗粒物计数仪的应用	301
9.4	智能化多参数水质在线监测仪	301
9.4.1	以生物毒性为基础的水质多参数智能解析平台	302
9.4.2	水质在线监测模块	311
9.4.3	智能化多参数在线监测系统的开发	321
9.4.4	智能化多参数在线监测仪的应用	323
9.5	免化学试剂在线水质检测系统	323
9.5.1	系列免试剂在线自动分析仪的研制	323
9.5.2	多参数在线监测系统集成	337
9.5.3	基于地理信息系 (GIS) 的水源地智能数据分析预警系统的 开发	338

9.5.4 免试剂在线水质检测系统的应用..... 341

第 10 章 城市供水水质监测预警系统技术平台及示范应用 343

10.1 平台顶层设计..... 343

10.1.1 平台层级设计 343

10.1.2 平台功能设计 343

10.1.3 平台标准设计 344

10.1.4 平台可扩展性设计 344

10.2 分期建设目标..... 345

10.3 “十一五”集成技术 345

10.3.1 平台集成技术路线 345

10.3.2 平台技术集成 345

10.3.3 平台建设运行支撑体系 347

10.4 示范应用案例..... 347

10.4.1 示范建设情况 347

10.4.2 应用示范效果 348

参考文献 352

第 1 章 绪 论

世界卫生组织制定的《饮用水水质准则》指出，安全的饮用水是一切日常生活所必需，与饮用水污染相关的疾病已成为公众健康的主要威胁，提高饮用水的质量对公众健康有着重大的意义。

为保障饮用水安全，我国依托水质标准的法律法规框架，逐步建立和完善饮用水安全监管体系，但较发达国家一直存在一定差距。1985 年我国开始实施第一部国家标准《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—85），但随着工业化和城镇化加速，水源水质下降，突发污染频发的现象日益严重，我国饮用水安全工程技术和监管保障能力薄弱的短板凸显。

2007 年 10 月，经国务院同意，国家发展改革委、建设部、水利部、环保部、卫生部联合印发了《全国城市饮用水安全保障规划（2006—2020 年）》，其中明确部署了建设供水水质监控网络及预警系统、增强应对突发事件的应急供水能力等任务，特别是 2012 年 7 月 1 日起，我国全面实施新的《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）（简称“新国标”），新国标对水质监测提出了更高的要求，提升饮用水安全监管科技支撑能力，并以之促进水源污染防治和发展饮用水安全工程技术的科技需求愈加迫切。

“十一五”期间，水体污染控制与治理科技重大专项（简称水专项）部署“饮用水水质监测预警及应急技术与示范”项目，通过 8 个课题的研究和示范，使饮用水水质监测预警技术实现了监测方法与水质标准配套、水质监测网络与预警系统平台化技术集成、水质督察技术体系构建、关键监测设备材料国产化等阶段性技术发展目标，在保障水质监测数据准确可靠、提高水质风险预警反应能力、建立水质风险控制机制和降低系统建设运行成本等方面，为供水水质监控网络及预警系统建设提供了关键技术支撑。

1.1 研究背景及技术需求

2006 年 12 月，我国发布新的《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006），水质指标由 35 项增至 106 项，大幅增加了有机物、消毒副产物等毒理性指标，并提高了浑浊度等水质指标的限值要求。

2007 年 10 月，国家发展改革委、建设部、水利部、环保部、卫生部联合印发《全国城市饮用水安全保障规划（2006—2020 年）》，提出了至 2020 年全面改善设市城市和县级城镇的饮用水安全状况的目标，并部署了健全国家城市供水水质监测网、建设供水水质监控网络及预警系统、增强应对突发事件的应急供水能力等项具体任务。

“十一五”启动的水专项“饮用水安全保障技术与示范主题”，以饮用水安全保障

为目标部署了建立“两个体系”，即适合我国特点的饮用水安全保障工程技术体系和管理技术体系的总体任务。作为管理技术体系的重要支撑性组成部分，其中本项目的研究任务是初步构建国家、省、市（县）三级水质监测网络、信息管理平台、预警应急系统，为建立管理技术体系提供支撑。

我国在水质监测预警方面技术支撑十分薄弱，已成为饮用水安全的制约性技术瓶颈。主要表现在：

（1）水质监测技术落后。《生活饮用水标准检验方法》（GB/T 5750—2006），是支撑《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）实施的配套方法标准，但其中部分指标的检测方法存在滞后于检测技术的发展、方法不健全、方法落后和适用性较差等问题，难以有效支撑《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）的全面实施；水质在线监测仪应用迅速普及但缺乏相应的技术规范，监测数据的可靠性缺乏保障；针对频繁发生的突发性水源污染，缺乏快速检测与筛查的技术手段。

（2）“信息孤岛”现象突出。受传统管理方式影响和异构数据技术性制约，供水系统中的实验室检测数据、水质在线监测数据和其他水质监测数据难以整合，加上管理体制原因，部门间信息不通畅、供水信息碎片化也比较普遍，水质信息缺乏系统性采集管理。因此，亟须供水系统全流程水质信息网络化采集和网络化分级传输技术。

（3）信息管理方式落后。据粗略统计，在全国城市供水水质监测网 43 个国家站所在城市范围内，仅每年报送的水质信息量就多达约 1350 万条，加上其他相关供水信息，全国城镇的供水安全管理信息数量更加庞大，这些基础信息非常宝贵，是政府科学决策、行业技术发展和企业精细化管理的重要依据。但是在数据传输方式上，大部分城市仍然采用人工填报、纸介质传送，数据处理工作量大，信息传递效率低，出错率高。而已建少数信息管理系统功能指向单一，缺乏对海量水质信息的综合管理和价值提取。因此，亟须建立标准统一、可扩展的信息管理数据库和可视化系统，支持数据共享、综合管理、价值提取和功能扩展。

（4）缺乏水质预警技术。我国水源突发性污染频发，但是缺乏预警关键技术和关键技术装备，没有形成可以感知事故发生的应用预警系统，难以对事故发生及时预警，只能在事故发生后被动应对。

（5）水质监管技术落后。2000 年以来，我国针对城市供水水质督察开展了大量研究和试点工作，2005 年建设部发布《关于加强城市供水水质督察工作的通知》使城市供水水质督察逐步走向制度化，但是在督察技术机构检测质量保障方面技术支持薄弱，缺乏水质安全规范化评价技术和水质督察监测技术。

（6）水质监测材料国产化技术落后。长期以来，城市供水水质监测材料国产化水平低，对国外产品依赖性强，但国外设备价格昂贵，服务不及时，运行成本较高，也因此严重阻碍了监测技术发展和监测能力建设。

针对上述问题，以支撑全面实施《生活饮用水卫生标准》（GB 5749—2006）为导向，结合《全国城市饮用水安全保障规划（2006—2020 年）》任务要求，“十一五”期间围绕

提升行业管理技术支撑能力的目标，饮用水水质监测预警能力建设的主要技术需求是：

(1) 为实施《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)，针对我国饮用水水质监测方法不健全问题，补充、改进和发展实验室检测行业标准，实现在线监测方法的规范化，突破应急监测关键技术并初步建立应急监测技术方法，建立相关的行业标准、技术规程和技术指南，形成“从水源到龙头”的供水系统全流程标准化监测方法体系。

(2) 突破饮用水水质监测网络构建、水质安全评价预警、水质信息管理和可视化等关键技术，提出基于水质信息分布式、网络化、多信源的国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统的集成和技术平台建设技术方案。

(3) 针对我国城市供水行业引入市场机制和产权多元化发展趋势，为建立和完善各级政府对城市供水水质安全监管机制，建立适用于国家、省和城市的饮用水水质督察技术体系。

(4) 针对我国饮用水水质监测需要大量外购检测材料及设备的现状，研发用于痕量有机污染物富集的固相萃取装置、组件和吸附剂，以及用于水质监测的标准物质、组合多参数在线监测仪器等，取得研制关键技术上的突破，为实现产业化奠定技术基础。

1.2 技术研究进展

“十一五”期间，项目围绕饮用水水质监测预警技术体系建设这一条主线，研发了 6 项关键技术、集成了 3 项重点集成技术、形成 1 套覆盖国家、省、市三级的城市供水水质监测预警系统技术平台，在关键技术突破、实现技术集成、展开应用示范、提升行业管理技术支撑能力方面，基本达到了“十一五”阶段目标。

1.2.1 关键技术

1. 水质监测关键技术及标准化

完成 9 种新的标准方法的开发、9 种检测方法的优化和 12 种非标方法的标准化，形成涵盖 62 项水质指标的《城镇供水水质检验方法标准》，补充和完善了《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750—2006)，建立了覆盖《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 内全部 106 项水质指标，适合城镇供水行业特点的标准化检测方法。

突破了如何从源头到龙头构建在线监测系统与水质在线监测数据有效性判别等技术难题，形成《城镇供水水质在线监测技术规程》，对城镇供水行业广泛应用的 pH、水温、DO、电导率、浑浊度、余氯、氨氮、UV、叶绿素 *a* 等 9 项指标，建立了设备性能参数、校验和运行维护的技术规范。

通过调研分析典型水源污染事故中典型污染物，针对微囊藻毒素-LR、2, 4-滴、二硝基苯、阿特拉津、双酚 A 5 种污染物开发了基于免疫荧光和酶联免疫 (ELISA) 原理的现场快速检测方法，基于行业调研及方法研究形成了《城镇供水应急监测方法指南》。

2. 三级水质监测网络构建技术

制定监测设施编码规则,研发异构数据交换技术,采用远程反控和单点多发技术,实现了水质实验室检测数据、在线监测数据和移动监测数据网络化采集,供水系统全流程水质监测信息的整合。

集成级联、分级授权和 VPN 组网等物联网技术,研发国家、省、市三级城市供水水质信息上报系统,为水质信息逐级上报和分级管理提供了技术支撑。

研发基于 MD5 算法的身份认证技术,采用 RSA-1024 位的数据加密技术和在线监测的 AES 数据加密技术,提高了网络传输中的数据安全性。

3. 水质信息管理系统及可视化技术

建立了大中小不同规模城市的水质信息管理系统及可视化平台的构建模式和可扩展的供水水质数据库,为平台逐步扩充业务功能、支持数据共享和进一步推广应用提出了技术经济可行的建设方案。

研发基于时空关系模型的水质数据存储技术,构建水质数据时空关系模型,表达水质数据自身的时空特性、实验室检测数据与在线监测数据之间的时空相关性,以数据分区索引检索策略实现了海量数据分区储存。

研发基于数据融合的辅助决策支持技术,实现了面向系统流程、时间序列和管理层级的水质数据的追踪分析、数据校核、信息检索、多维度统计展示,集成建设了国家、省、市三级水质信息管理系统及可视化平台。

4. 城市供水水质安全评价及预警技术

研发饮用水水质预警技术并进行系统集成,具备水质安全评价分析、渐变趋势预测、藻类暴发概率预测、出厂水及管网水水质预警分析、水质污染事故仿真模拟等功能。

利用水动力分析法、有限元法、组合系统法等,建立突发事态下目标污染物时变模型,集成“突发性水质污染事故模拟服务系统”,模拟计算不同水环境下污染物的输移和衰减规律。

研制基于发光细菌法(费希尔弧菌)的在线水质毒性监测技术与系统、在线免试剂水质检测系统、遥控式移动水质快速监测系统,毒谱范围涵盖上千种潜在的毒性物质。

5. 城市供水水质督察支撑技术

建立供水系统全流程关键控制点水质检测、供水设施和供水管理水质主要影响要素检查、水质督察定量化评价方法,形成《城市供水水质督察技术指南》。

开发督察现场车载 GC-MS 快速检测方法,解决了有关 22 种挥发性有机物检测样品保存时效短的技术问题。建立游离余氯、二氧化氯、总氯、臭氧、总大肠菌群、大肠埃氏菌、氨氮等 7 项现场检测水质指标的水质督察检测方法标准化流程,形成《城市供水水质督察现场快速检测技术规程》地方标准。

为保障水质督察检测数据的可靠性,建立城市供水水质监测机构质控考核规范化程序、由 90 个指标组成的考核指标体系和考核评价方法,形成《城市供水水质监测机构质控考核办法》。

6. 水质监测材料设备国产化技术

突破固相萃取吸附剂和固相萃取装置国产化技术,掌握了聚合物交联微球材料、聚合物包覆型硅胶材料、表面键合 C18 硅胶材料等 3 种固相萃取吸附剂材料研制技术、半自动固相萃取装置和全自动固相萃取装置研制技术。

突破饮用水水质检测标准物质制备技术,掌握了 21 种标准物质制备工艺,开发有机氯农药、挥发性卤代烃、酚系物和苯系物等 4 个系列、8 种混合溶液、43 个特性量的溶液标准物质。

突破部分水质监测设备制造技术,实现激光颗粒物计数仪、智能化多参数水质在线监测仪、免化学试剂在线水质检测系统等 3 大类共 14 种水质监测设备的国产化。

1.2.2 集成技术

1. 水质检测方法标准化及在线监测规范化集成技术

针对水质检测方法标准滞后于水质检测技术发展,饮用水标准中约 50% 的水质检测方法标准不适用、效率低、成本高等问题,开展饮用水检测方法标准化研究,形成《城市供水水质检验方法标准》,覆盖 62 项水质指标,结合现行国标,完善了《生活饮用水卫生标准》内 106 项水质指标的标准化检测方法。同时大幅度降低了贾第鞭毛虫和隐孢子虫等指标的检测成本(设备购置费降低了 75%,检测材料成本降低了 85%)。

针对供水企业水质在线监测缺乏规范化管理问题,以目前最常用的浊度、余氯、氨氮等 9 项指标为重点,建立了在线监测仪稳定性的评价方法,规范了设备安装、维护、校验和数据有效性判别的技术要求,形成《城市供水水质在线监测技术规程》,为水质在线监测数据的可靠性提供了技术保障。

2. 国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统平台构建技术

针对饮用水水质数据“信息孤岛”现象普遍,缺乏水质预警技术等问题,开展国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统平台构建技术研究,填补了国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统平台构建的技术空白,解决了饮用水安全管理中异构数据信息不整合,异构系统信息难共享,缺乏海量数据价值提取手段,缺乏适用水质预警系统及信息传输安全等方面的技术难题。集成建设并示范应用了国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统平台,实现了国家、省、市三级城市供水水质监测预警系统平台从无到有的跨越式发展。

3. 水质监测材料设备国产化技术

针对水质监测材料设备国产化技术严重落后问题,开展饮用水水质监测固相萃取吸附剂和固相萃取装置研发技术、饮用水水质检测标准物质制备技术、水质检测设备研发技术研究,获得 19 项技术专利,研制出 3 种固相萃取材料、21 种水质监测标准物质、2 种固相萃取装置、3 大类(颗粒物计数仪、多参数智能化多参数水质在线监测仪、免化学试剂在线水质检测系统)共 16 种水质监测设备,并建设了 4 个产业化基地。其中颗粒物计数仪整机国产化率达 90% 以上,成本低于同类进口产品约 40%。经鉴定,产品总体达到国