

申请人主要学术成绩、贡献、创新点及其科学价值或社会经济意义

(不超过 3000 字)

申请人任现职来主要从事先进传感技术、水质安全预警技术研究。近年来,面向国家解决水环境污染和饮用水安全保障问题的重大需求,针对现有水质监控预警系统普遍存在自动化、智能化水平不高,环境适应性差等问题,系统化地提出面向城市供水安全的水质预警系统理论技术体系,研究突破多传感器融合水质事件检测、突发水污染事故动态风险预警、全流程水质预警系统集成等系列关键技术,在国际上首创建立了具备高集成度、可扩展性的城市饮用水水质安全预警系统平台,研发完成国家三级城市供水水质安全预警系统并在国内多个重要城市获示范应用,研究成果相继服务于“南水北调”、“五水共治”、钱塘江水环境监管等国家及地方重要工程,取得重大社会效益。近五年发表论文 29 篇,其中第一/通讯作者发表 SCI 论文 15 篇,在 Meas Sci Technol, Opt Express, Phys Med Biol 等校(系) TOP 期刊以第一作者发表论文 5 篇,获授权发明专利 10 项,主持国家自然科学基金(青年、面上)、国家重大科技专项、企业委托重大横向等课题 16 项,入围浙江省 2015 年度科技进步奖一等奖候选(申请人排名第二)。

主要创新工作:

(1) 针对现有水质监控系统自动化水平不高的问题,系统化地

提出面向供水安全的水质预警系统理论技术体系,在国际上首创具备高集成度、可扩展性的城市饮用水水质安全预警系统平台。

针对水质预警系统的普适化和可扩展性需要,及现有水质监控系统自动化水平不高,重监测、缺控制的问题,创新性地提出基于事件驱动和风险评估的水质安全预警控制系统技术理论体系。系统以水质数据监测和水质事件检测为驱动,对水质事件风险进行预测和量化,以水质事件风险最小化为控制目标,实现对系统整体闭环风险控制。该理论体系为多层级、全流程水质监控预警系统的构建提供了统一的技术体系框架。

基于该理论体系,研究突破水质事件检测、动态风险预警、水质安全评价等系列关键技术,运用高性能优化运行服务技术,对不同类型、不同尺度的预警手段进行有机集成,实现具备在线报警、事先预警、事中预警、事中控制和事后评估等水质安全监测预警功能的综合性集成系统,在国际上首创建立了具备高集成度、可扩展性的城市饮用水水质安全预警系统平台,解决了当前国内外水质监控预警系统普遍存在的系统开环运行、预警手段单一、环境适应性差等难题,系统成果具有普适性和可扩展性,整体达到国际先进水平。研究成果分别在检测技术、水科学和环境科学领域的知名国际期刊上获发表,产生重要影响,形成了水质安全预警控制技术研究新方向。

(2) 针对现有水质监控系统智能化水平不高的问题,提出了多传感器融合水质异常事件检测方法,并在国际上首次引入连续光谱分析解决水质异常事件的在线检测问题。

针对现有水质监控预警系统智能化水平不高，以阈值报警为主，未能充分挖掘水质数据中隐含信息的问题，提出多种基于智能信息处理技术的水质异常检测和水质事件检测方法。提出基于证据理论的多传感器融合水质事件检测技术，利用在线水质指标数据和 AR 模型预测水质，基于预测残差和基本概率分配函数获得水质因子异常概率，利用 D-S 证据理论进行数据融合后判断水质污染事件，该技术有效解决了证据冲突情况下多因子水质异常判别问题。

针对现有水质异常检测研究局限于利用常规水质指标进行分析，存在检出物质有限、维护费用高、检测周期长等不足，在国际上首次引入连续光谱分析进行水质异常事件检测，充分利用水质连续光谱数据全波段上反映水体质量的有效信息，利用多变量统计分析和连续贝叶斯分析等手段实现污染物的异常检测和评估，提高了水质异常检测性能水平。

在该方向上已连续获得两项国家自然科学基金：“基于时频分析和多传感器信息融合技术的水质事件检测方法研究”（青年）、“基于多源信息融合的水质在线异常检测与分类识别方法研究”（面上）。

（3）针对现有水质监控系统环境适应性差的问题，提出基于数据校正技术和不确定性原理的突发水质事件动态风险预警方法，自主研发完成支持多任务运行的高性能水污染事故模拟仿真服务系统。

针对水环境的不确定性，及突发水污染事故的非线性、动态性和复杂性等特点，引入反馈机制，提出数据驱动的突发水污染事故模型动态校正技术，利用实测水质数据对突发水污染事故的预警分析过程

进行实时修正，将污染物扩散的建模分析与实际过程有机结合，使得模拟过程可动态接收水污染事故的现场信息并做出响应，同时模拟结果可实时指导和辅助突发性水污染事故的应急处置过程。

创新性地提出基于不确定性原理的突发事件动态风险预警方法，提出基于蒙特卡洛仿真、层次分析法和风险矩阵方法的突发性污染事故预警模型，通过蒙特卡洛仿真对污染物迁移扩散过程进行不确定性分析后获得污染发生可能性，通过层次分析法结合专家知识和仿真结果评估污染后果，最终通过风险矩阵评估法获得突发水污染事故风险水平。该方法为突发事件应急预警提供了全新的定量定性结合分析手段，自主研发完成了支持多任务运行的突发水质污染事故模拟仿真服务系统，实现突发污染事故的动态仿真计算和动态风险预警，为突发水质污染事故的预警和重大环境污染事件的分析提供了有力支撑。

研究成果第三方评价：

(1) 由吴澄院士、王浩院士、庄松林院士等专家组成的成果鉴定委员会认为：“项目成果具有普适性和可扩展性，整体上达到国际先进水平，在预警系统集成、全流程水质评价、动态风险预警方面达到国际领先水平”。

(2) 香港科技大学副校长、英国皇家工程院院士、国际水利与环境研究协会副主席李行伟教授认为：“浙江大学水质预警实验室的工作令人印象深刻，系统设计鲜明并有新意，具有国际先进水平”。

(3) 美国土木工程师学会会士 Hugo Loaiciga 教授认为：“浙

江大学团队是目前环境污染预警控制技术领域的国际领先团队... 提出的水质安全预警控制系统具有显著的创新性和国际先进性, 在中国开展的水质预警系统建设对其他各国的水质安全预警系统建设具有重要的参考意义”。

研究成果应用推广:

(1) 在国家层面: 研发完成国家三级城市供水水质安全预警系统, 系统集成一系列从水源地、水厂到供水管网的供水水质安全预警关键技术, 具备水质评价、水质预测、水质模拟、事件检测、警情管理等服务功能, 目前已在山东省(济南市)、东莞市、杭州市等多个国内重点城市获示范应用, 提升了城市应对水质污染事件的能力, 对示范地的供水安全保障工作起到了重要支撑作用。

(2) 在流域层面: 为 2011 年新安江苯酚泄露事故的应急处置和事后评估提供服务, 是环保部 2011 年 5 月发布《关于开展环境污染损害鉴定评估工作的若干意见》后首个重大事故环境损害鉴定评估项目, 相关技术成果对后继其他流域性环境事故评估项目具有重要指导意义。主持钱塘江流域环境应急预警系统项目建设, 为环保部门有效应对钱塘江流域突发环境污染事故提供服务。

(3) 在地方层面: 相继推广建设了河北省“南水北调”受水区水质监管系统、杭州市“五水共治”河长制管理系统、绵阳市供水灾害管理系统等一系列具有代表性、面向水环境质量改善的水质安全保障信息系统, 形成了积极的社会影响力, 取得了显著的社会效益。