

张家港市饮用水源地水质立体化监测系统研究

卫 臻^{1,2}, 周 密¹, 朱元龙², 张 磊², 陈颖俊²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 张家港市水资源管理处, 江苏 张家港 215600)

摘要:以“饮用水源地”为对象,阐述了将水质自动预警监测、移动监测、实验室监测分析三种体系进行有机组合,构建张家港市集中式饮用水源地水质安全立体化监测系统的原理和应用,结合饮用水源地突发水污染事件时预警、应急监测进行分析,提出了饮用水源地水质预警监测体系在突发水污染事件时的预警、应急监测方案。

关键词:饮用水源地;水质监测;饮水安全

中图分类号:X832 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2008)04-0091-04

Study on 3D water quality monitoring system in drinking water source regions in Zhangjiagang City

WEI Zhen^{1,2}, ZHOU Mi¹, ZHU Yuan-long², ZHANG Lei², CHEN Ying-jun²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Water Resources Management Office of Zhangjiagang City, Zhangjiagang 215600, China)

Abstract:Based on three water quality monitoring systems, the automatic early-warning monitoring system, the movement monitoring system and the lab monitoring system, a 3D safety monitoring system for drinking water source regions was established and applied in Zhangjiagang City. The early-warning and emergency monitoring schemes in drinking water source regions are proposed in case of water pollution accidents.

Key words:drinking water source region; water quality monitoring; drinking water safety

饮用水源地水质安全问题,是水资源保护工作的重要内容之一,直接关系到社会的和谐稳定和人民群众的健康安全^[1]。因此,加强饮用水源地水质监测工作,构建完善的水质监测体系,是有效监控水源地污染事故发生、保障全社会饮水安全的重要基础。

1 常规饮用水源地水质监测存在问题和监测技术发展趋势

随着工农业生产快速发展和城镇规模的不断扩大,饮用水源污染更具突发、复杂和隐蔽等特性,某些工业污水成分非常复杂,农业面源污染随生产时节变化明显。此外,地处长江口近岸的饮用水源地水质变化还受潮汐变化和汛期洪水的影响,水质参

数值变幅大,要求饮用水源地水质监测必须做到快速、准确地判断污染物种类、浓度、范围及其可能的危害^[2]。长期监测后发现,传统的水样采集、实验室监测方式,存在主要的问题有^[3-4]:①连续监测能力和跟踪监测能力不足。目前国内普遍采用现场采样、回实验室分析的做法,往往水样在离开水体后,由于环境的变化,检测结果失去代表性和实效性,在集中排放或暴雨期间经常存在短历时浓度偏高,即“冲洗效应”,无法及时捕捉到瞬时情况,导致无法获得实时、准确的水质变化参数值。②缺乏预警监测能力,无法提前做好应急防卫措施。③某些水质自动监测仪器数据不稳定,检测频次低,不能满足快速、准确的监测需要。④在饮用水源地发生突发污染事故时,往往由于没有完善的预案处理机制,导致

无法采取有效措施保障安全供水。为此,在饮用水源地水质监测中,许多先进国家和地区陆续发展了以便携水质监测设备为核心的水质移动监测系统,通过车载或船载的移动监测设备实现了对集中式饮用水源地水质的移动、连续监测。20 世纪 80 年代后,以 GPS、GPRS/GSM、微波等现代通讯技术和多功能水质传感器及计算机控制技术为特点的水质自动监测系统的发展,实现了连续、自动监测,可实时、有效捕捉水源地水质污染信息,为决策提供了依据,为饮水安全提供了水质监测保障^[5]。

2 张家港市饮用水源地水质立体化监测系统的开发与应用研究

张家港市饮用水源地水质立体化监测系统由饮用水源地水质自动预警监测系统、移动监测系统、实验室监测分析系统 3 个子系统构成。

2.1 水质自动预警监测系统

2.1.1 水质自动预警监测系统组成

水质自动预警监测系统由水质遥测站、GSM 网、系统中心站构成,见图 1^[6]。

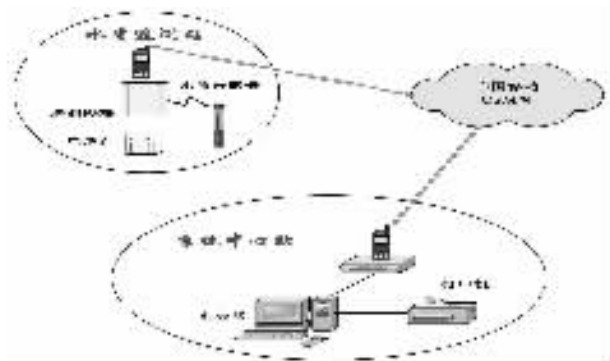


图 1 水源地在在线水质预警系统构成

水质自动预警监测系统的水质遥测站采用 Dino7300 遥测终端和美国 YSI 公司 600 系列多参数水质传感器,支持 C5 超短波通讯协议和 CN 移动 GSM-SMS 信道协议。遥测 RTU 设备提供友好的现场可编程人机操作界面、设备故障自诊断、自保护、故障告警等先进功能,遥测设备具有 $-30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的工作温度范围和 5 万 h 以上的平均无故障工作时间,保证了高可靠的野外无人值守运行要求。中心站配置的自主开发的 HIS-2000 水资源信息系统软件包对遥测的水质信息进行存储、处理、趋势分析,判断告警条件,并采用 GSM-SMS 和图文声模式向管理人员发出突发污染事件的告警^[7-8]。由于将水质数据以每 15 min 一个信号发送至任意需要配置的手机上,增加了获取水质数据的灵活性。HIS-2000 水资源信息化管理系统软件,采用国家水利行业标准

数据库结构,基于 C/S 的网络环境,满足水资源水环境信息遥测和管理的基本业务要求,支持无线多信道通讯协议,可同时接收多个水质参数。

2.1.2 水质遥测站房设计

水质遥测站房的设计,充分考虑站房长期处于水中飘浮的状态,同时,需定期对传感器进行校正标定和维护的需要,设计有专用的密封仪器舱、蓄电池舱和通讯线杆,并通过锚链将站房固定于江底。水质传感器安装在站房侧壁垂直悬挂的金属管内,即确保了水质传感器探头始终位于水下 0.5 m 处,又起到安全防护作用,见图 2。

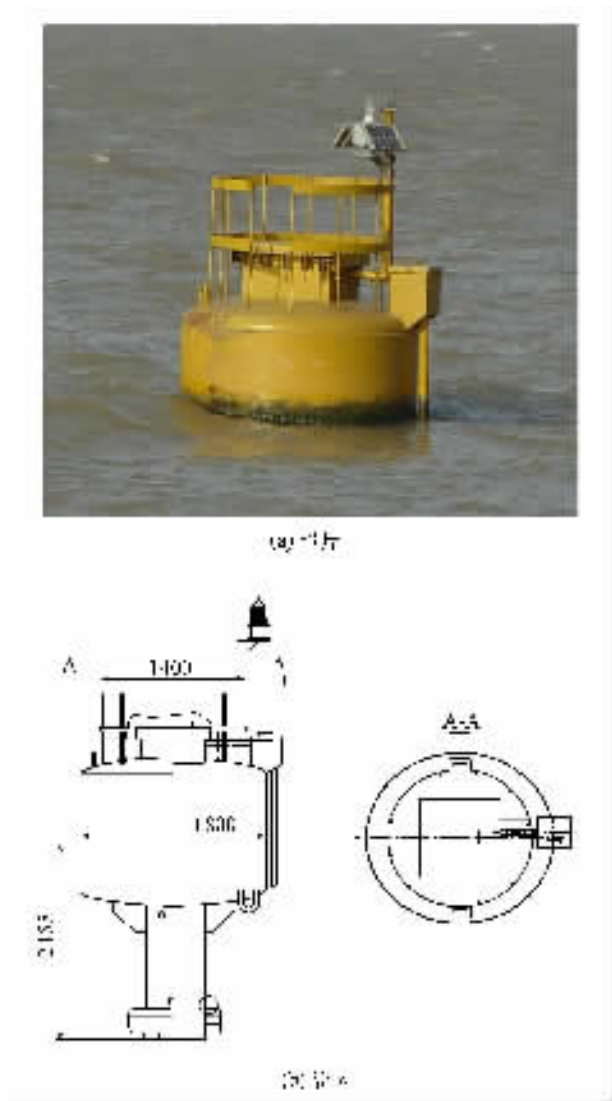


图 2 浮筒式水质遥测站房(单位:mm)

针对长江上可能发生的雷电和台风等极端恶劣条件,对站房的电源、通讯天线和电子设备设计防雷措施。遥测设备和电池组安装在双层全金属密封舱体内,见图 3,外舱底部设计了存水、防滑结构,内舱完全气密,保护电子设备不受水汽影响,并且通过水体得到一定的恒温效应,可以明显减小夏天的暴晒高温和冬日的寒风造成的舱内工作温度极限范围。

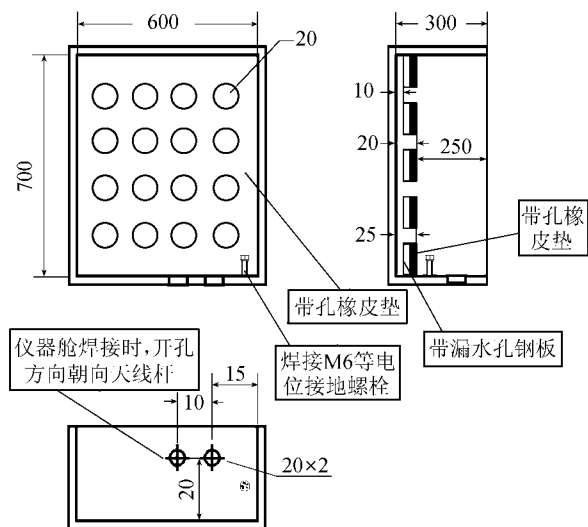


图3 遥测站仪器舱结构(单位:mm)

2.1.3 水质遥测指标设定及相关性分析

水质自动预警监测系统的检测指标设定为水温、pH 值、溶解氧、电导率、电阻率、总溶解固体、盐度、氧化还原电位 8 个水质敏感性指标,虽然不能对磷、氨氮、硝氮、悬浮固体/浊度、BOD 及 COD、病原体、细菌、重金属、微量有机物、杀虫剂、硫酸盐等参数进行定量描述,该 8 项指标与其他参数具有较好的相关性,见图 4。当 pH 值变化时,可能是由于水体中的总磷增高而引发的磷酸盐指标的变化所致,或者是总氮、氨盐离子的变化所致;当溶解氧 DO 指标变化时,可能是由于氨盐、有机物或水温发生的变化所致;当电导率、电阻率、氧化还原电位以及总溶解固体变化时,可能水体中的无机盐类成分发生了变化。由于长江水体泥沙含量较高,浊度、叶绿素指标的设定对判断水污染状况作用不大。因此,该 8 个指标具备了连续检测和及时捕捉水质信息变化趋势的功能。

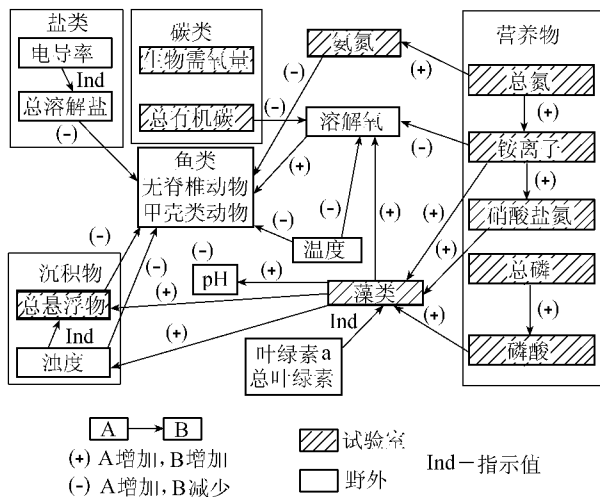


图4 水质参数之间的相关性

2.1.4 水质预警参数设计

系统水质参数预警条件设定为:水温相邻 2 次监测数据大于 2°C ,溶解氧连续 2 次监测值小于 6 mg/L ,pH 值连续 2 次监测值超出 $6\sim 9$,电导率连续 2 次监测值大于 $500\text{ }\mu\text{S/cm}$ 时,发出预警信号,为决策提供依据。经一年多的实际运行,自动监测系统性能稳定,数据接受完整,监测数据的可靠性高,控制系统正常,达到了预期的良好效果。

2.2 移动应急监测系统

该子系统是一艘安装了便携式及其他监测设备的水质监测船,能对污染水体实施有效的跟踪监测。监测船全长 22 m,配备动力 186 kW,具有反应速度快、稳性好、移动灵活等优点,船舱内配备有便携式水质实验室、pH 计、电导率仪、浊度仪、溶氧仪、GPS 定位系统、声学多普勒流速仪等测量装置和专用的取样器,布置有冷藏柜和工作台,可以对 20 多个水质项目实现现场快速水量、水质的同步监测,也可将水样冷藏起来,送往监测站进行分析监测。该系统平时主要任务是对饮用水源地保护区进行监视性巡查,现场标定和维护水质遥测站的水质传感器参数。当饮用水源地水质遥测系统发出报警信号后,可在短时间内到达事发地点,实时应急监测。

2.3 实验室监测分析系统

实验室固定监测系统是查清水质污染成因和影响的关键技术保障体系,可进一步查明清水体污染物种类、性质、成分和浓度,为制订切实可行的预防、控制措施,保护饮用水源地水质安全提供技术依据。该系统工作主要由位于市区的市水资源监测站3000多m²办公面积的实验室完成,系统拥有严格按监测规范要求设计的检测软硬件条件,配备了紫外可见分光光度计、气象色谱、离子色谱仪、原子吸收分光光度计、溶氧仪、原子荧光仪、测油仪、流速仪、浊度计、电子天平等先进的检测设备。该子系统具有监测项目齐全、精度高的优点,特别适用于现场快速测量技术无法测定的特定项目,如BOD₅、COD_{Mn}、TOC、金属离子、有机毒物等检测和分析,因此,对污染成因分析和确认起到关键性作用。

3 突发水污染事件时应急监测方案分析

3.1 应急预案与水质监测的关系

针对饮用水源地由于自然灾害或人为因素引发的突发水污染事件造成的非正常供水事件,制订应急预案可将灾害损失减少到最低程度。突发事件应急预案主要由以下内容组成:预警监测和应急监测,应急会商和应急调度,后备水源地的启动、应急水处理

措施和受污水体处置等内容组成。预警监测,主要是饮用水源地水质自动预警监测系统的建设和完善等相关内容,通过自动预警监测系统,及时发现水污染信息;应急监测主要是预警系统发出污染信息后(或其他渠道提前接到附近地区发生突发水污染事件报告后),启动移动监测体系及时赶赴水源地现场,实施水污染的跟着监测,同时将水样及时送到实验室进行深度分析,查明污染来源和污染物质,确定污染传输扩散的可能范围和影响;应急会商主要指根据预警监测结果,组织专家会商,确定受污水体处置方案、后备水源地启动方案、工程调度措施等;应急调度是根据水情及时控制或关闭可能受污河道的水利闸涵、泵站,及时做好后备水源地储备等工作,此外通过工程调度措施进行合理调度,减少污染损失^[9-10]。在此过程中,需加强应急监测工作,预测和跟踪污染的影响;后备水源地启动是指突发水污染事件发生后,及时启动未受污染的后备水源地,保障突发事件的饮用水供给。此时,需加强对后备水源地水质情况的跟踪监测,确保后备水源地水质符合要求,受污水体的应急处置是指及时采用有效措施,控制和消除受污水体影响,使水质基本得到恢复。此时,需对应急处置措施的效果进行监测分析,判断处置措施是否适当和有效。可见饮用水源地水质监测体系对突发水污染事件的预测、预警和处置具有十分重要的作用。

3.2 水质预警、应急监测工作程序

水质监测采用下列预警、应急监测工作程序^[11]:

a. 开展饮用水源地水质常规实验室旬测(或月测)工作,编制饮用水源地水质旬报或月报。同时,野外无人值守水质自动预警监测站连续监测水质参数,中心站遥测和水质预警软件综合分析接收到的实时水质数据,判断变化趋势,及时发出水质污染报警信号。系统软件以 GSM-SMS 的通讯形式,向管理人员手机发送水质超标项目的数据和告警短消息文本,提醒进入报警状态。

b. 立即停止长江水源地取水设施,关闭后备水源地沿江节制闸及周边控制闸门,后备水源地取水设施进入应急准备状态。

c. 水质分析人员立即携带监测设备乘移动监测船赶赴污染水域,现场快速分析和确认水污染事件的程度,并界定污染水域范围,跟踪调查污染扩散

情况,为捕捉污染源和控制污染事件及时提供技术依据。

d. 取样后送回实验室监测分析,准确查清水体污染物种类、性质、成分和浓度,及时评估污染程度,并为上级决策提供相关数据。

e. 跟踪监测后备水源地水质情况。

f. 跟踪监测水利工程调度措施和其他应急处置措施可能对相关水域水质的影响程度和影响范围,及时建议调整处置措施。

g. 监测判断受污水体水质是否基本恢复,同时判断可能对水生态系统的影响程度。

4 结 论

张家港市饮用水源地立体化监测保障系统的研制和实施,成功实现了对水源地水质污染趋势污染过程的连续监测,并实时、有效地捕捉长江水源地水质污染信息,预警作用明显,解决了国内水质监测工作中的数据准确性、连续性和实时性不能兼顾的难题。对于保障饮水安全,实现社会经济的和谐发展具有重大意义。

参考文献:

- [1] 郭宇欣,刘素君.辽宁省重点饮用水水源地保护对策研究[J].吉林水利,2003(1):4.
- [2] 朱红云,桂杨山,董雅文.江苏长江干流饮用水源地生态安全评价与保护[J].资源科学,2004(6):90-91.
- [3] 谢新民,蒋云钟,闫继军.水资源实时监控管理系统理论与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2004:28-30.
- [4] 陈绍金.水安全系统评价、预警与调控研究[M].北京:中国水利水电出版社,2005:11-33.
- [5] 胡功弟.江苏省太湖地区水质自动监测系统的研发和实现[J].水利水文自动化,2004(4):6-7.
- [6] 陈广明,周密,周冬生.长江饮用水源地水质自动遥测预警系统研究[J].水利水文自动化,2006(3):13-14.
- [7] 张玉华,章回.基于短信息的水质遥测系统[J].微机信息,2005(15):15.
- [8] 张小平,付向阳.GSM水质自动连续监控系统的开发[J].贵州科学,2002(4):20-21.
- [9] 张志明.美国城市水源地突发污染事件应急机制及其启示[J].净水技术,2006(5):12-13.
- [10] 张勇,王东宁,杨凯.美国饮用水水源突发污染事件应急管理及其借鉴[J].中国给水排水,2006(16):21-22.
- [11] 周密,王秋,吕升奇.长江饮用水源地水质监测保障系统研究[J].人民长江,2006,37(8):13-14.

(收稿日期:2007-03-06 编辑:傅伟群)