

水质信息系统在浦东新区河道管理中的应用研究

王 丹

上海市浦东新区河道管理事务中心 上海 201299

摘要：针对传统河道管理存在的响应滞后、污染溯源困难、养护效率低下等问题，上海市浦东新区已经在骨干河流上，构建了基于5G+北斗的空天地一体化水质监测系统。通过部署浮标站（5参数+COD/氨氮）、无人机巡查（高光谱成像）和卫星遥感的三级监测网络，实现水质数据15分钟级更新、污染热点分钟级定位。本文通过对水质监测原理及水质监测手段的分析研究，发挥现有骨干河道监测系统的功能，并进一步在小流域、支干河道内发挥作用，提供了一种思路。

关键词：水质；小流域；河道管理；浦东新区

引言

随着经济社会发展，对河道管理也提出了越来越高的要求。《浦东新区国民经济和社会发展的第十四个五年规划纲要》提出，“十四五”期间，浦东新区将分批、分年度推进生态清洁小流域示范点建设，通过治理单元布点，以点带面，到2025年建成6+X个生态清洁小流域^[1]。

上海市自2020年起推广“河长制智慧平台”，已在黄浦江、苏州河部署200余个水质监测浮标，实现数据实时共享，如何依托“河长制智慧平台”骨干河流系统，进一步发挥平台在小流域、支干河道上的作用，需要完善网络，进一步进行覆盖。如荷兰在鹿特丹港布置了水质预测模型，仅通过200个传感器实现污染源定位精度达85%，为小范围河道管理提供了有效案例。

1 水质与河道养护

1.1 水体污染原理

当进入水体的污染物质超过了水体的自净能力，破坏了水体原有价值和作用的现象，就形成了水体污染^[2]。水体的自净作用包括物理自净、化学自净和生物自净三种类型。以化学需氧量（COD）为例，当河道流量 $> 10 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，自净速率可达 $0.8 \text{ mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ ；而枯水期流量 $< 2 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，自净速率降至 $0.2 \text{ mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ 。

1.2 水文气象要素对河道环境的影响

1.2.1 水文气象要素^[3]

水动力条件与自净能力的关系：河道行洪受阻对水质的影响

河道行洪断面压缩会导致流速下降，污染物滞留时间延长。例如，北京市城市河湖因雨水口和合流制排水口溢流，汛期污染物入河量增加30%-50%，导致溶解氧

下降15%-20%。实验表明，当流速从 0.3 m/s 降至 0.1 m/s 时，污染物扩散效率降低60%。流速与稀释能力：流速通过稀释比公式影响污染物浓度：稀释比 $= \frac{Q_{\text{原水}} + Q_{\text{污水}}}{Q_{\text{原水}}}$

其中，Q为流量。流速降低时，稀释比下降，自净能力减弱。太湖浅水湖泊实验显示，流速 $> 0.2 \text{ m/s}$ 时，悬浮物再悬浮速率提升40%，但流速 $< 0.1 \text{ m/s}$ 时，污染物滞留率超过70%。气温与水温对水质的影响：短期效应：水温每升高 1°C ，生化需氧量（BOD）分解速率提升15%-20%。长期效应：水温 $> 25^\circ\text{C}$ 时，藻类光合作用强度增加3倍，但溶解氧饱和度下降10%-15%。太湖梅梁湾实验表明，高温（ 30°C ）与风速（ 5 m/s ）共同作用时，底泥磷释放速率达 $0.5 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

风场对表层流态的扰动：临界风速：风速 $> 3 \text{ m/s}$ 时，表层流速显著增强，油膜扩散范围扩大2-3倍。风向效应：顺风方向流速提升30%-50%，逆风方向减缓40%-60%，形成局部漩涡区。鄱阳湖丰水期实测显示，风速 $> 5 \text{ m/s}$ 时，表层蓝藻密度增加80%。风场-水动力的耦合模型，风生流速公式：

$$u_{\text{风生}} = 0.003 \cdot U_{\text{风}} \cdot \text{Fr}^{1/2}$$

$U_{\text{风}}$ 为风速（ m/s ），Fr为弗劳德数。当 $\text{Fr} > 0.3$ 时，风场主导水流结构。

1.2.2 水质要素

水质常见的几种有代表性的污染物指标如下所示：总磷（TP）磷是藻类生长的限制性营养元素，总磷浓度与水体富营养化呈显著正相关。当 $\text{TP} > 0.1 \text{ mg/L}$ 时，藻类爆发风险显著增加。在我国，地表水环境质量标准规定 $\text{TP} \leq 0.2 \text{ mg/L}$ （Ⅱ类水）。氨氮（ NH_3N ）：反映水体受有机物污染程度。 $\text{NH}_3\text{N} > 0.2 \text{ mg/L}$ 时，富营养化加剧；若以 NO_3 为主，表明污染已进入稳定期。生化需氧量

作者简介：王丹，女（1985-），工程师，主要从事浦东新区河道管理与养护工作。

（BOD）：衡量有机物需氧分解量。BOD > 3.4mg/L时，水体自净能力不足，需增加供氧设备。一般情况下，BOD在5月达峰值（3.4mg/L），与农业面源污染同步。其他关键参数：溶解氧（DO）≥ 5mg/L（Ⅱ类水），低于指标，代表水体有富营养化趋势，甚至藻类死亡后DO可能 < 2mg/L。化学需氧量（COD）> 20mg/L提示有机污染严重。高锰酸盐指数（KMnO₄）指标反映可氧化有机物含量，提示水体处理标准。

2 区域水质信息系统

2.1 水质在线系统的组成

水质在线系统由在线监测设备、数据传输和数据中心三部分组成。

监测内容:监测内容由水质参数监测、图像采集、其它要素采集等综合而成。水质参数监测：支持常规五参数（温度、pH、溶解氧、电导率、浊度）、COD、氨氮、重金属、TOC等指标的实时采集。图像采集：通过外接串口摄像头实现视频监控与图片抓拍，支持现场水质状态可视化。多源数据整合：可接入水位计、流量计、雨量计等设备，实现水文、气象等数据的同步采集。

监测终端形式：浮标式监测终端浮标式监测终端主要功能特点如下。原位监测：可直接在水体表层采集数据，避免过程干扰，数据真实性高。灵活部署：无需建站，通过锚链固定即可快速布点，适合湖泊、水库、近海等开阔水域。低运维成本：太阳能供电+免试剂设计，运行费用低，适合长期监测。典型参数：pH、溶解氧、浊度、氨氮、COD等，但重金属、叶绿素等复杂参数需额外配置。适用场景：需要快速覆盖大面积水域（如生态红线区）；河道断面、排水口等流动性强区域^[4]。

2.2 岸边式监测终端

岸边式监测终端主要功能特点如下。高精度检测：采用化学试剂分析，支持总磷、总氮、重金属等复杂参数，数据稳定性强。集成化设计：一体化机柜集成采水、分析、存储功能，占地面积 ≤ 2m²，适合固定点位。强抗干扰性：机柜隔热+智能温控系统，适应极端气候条件。典型参数：常规五参数（温度、pH、溶解氧等）+高锰酸盐指数、叶绿素a等，扩展性强。适用场景：饮用水源地、工业排污口等需高密度监测的重点区域；河道岸边、湿地等环境稳定的场景。

通过多源感知技术构建全域动态监测网络，实现水质异常、污染事件等预警信息的实时采集与传输。

2.3 监测设备选择

有多种监测设备可以进行组合选择，具体设备如下。智能物联网设备：部署水质传感器（如pH、溶解氧、

COD、氨氮等参数监测设备）、水位计、流速仪等终端设备，结合4G/5G通信模块，实现数据自动采集与云端传输（如重庆梁滩河流域布设的“源-网-站-厂-河”监测网络）。

无人机巡查：通过正射影像、三维建模识别河道“四乱”（乱占、乱建、乱排、乱堆）及漂浮物问题（如福建县域平台采用无人机替代人工巡河）。

AI视频监控：利用智能摄像头分析非法采砂、违规排污、漂浮物种类识别等行为，触发实时报警（如重庆AI系统自动识别钓鱼、漂浮物并生成工单）。通信网络：上海市已基本实现4G、5G信号覆盖，可以利用公共网络，采用不同运营商的4G或5G的无线通信模块进行相互备份，方便快捷的进行数据传输，保证数据的畅通。数据存储可以采取本地存储和远程存储两种方式进行^[5]。中心站：主要功能，中心站是整个系统数据的处理中心，可以实现运行状态管理，实时监控、实时数据查询、数据分析处理、污染物浓度曲线等功能。在城市向智慧管理发展的前提下，监控中心可以让兄弟单位共享数据与本地数据相结合，更低成本高效率进行预警、分析、处理。

中心站主要组成部分

模块	功能描述
电源模块	支持市电、太阳能供电，保障10天以上连续阴雨天运行
本地处理模块	集成RTU（遥测终端机），负责数据采集、存储、协议转换及控制逻辑执行
5G通信模块	实现高速率、低时延数据传输，支持与云平台实时交互
显示系统	通过LED屏或触摸屏展示实时数据、设备状态及视频监控画面

3 河道状况研判

3.1 数据采集及分析

3.1.1 水质超限制

在水质在线自动监测预警系统中，我们需要设置水质的各项指标的警报值，相关指标超过预警值时，系统自动以跳出对话框、数据标红、短信、电话等形式通知值班人员^[6]。根据不同的污染物种类，相对应的进行问题处理。及时安排人员进行河道巡检，确定问题原因，及时处理解决。

3.1.2 视频影像

通过视频影像，对包括河道河岸影像、水面影像、水下不同水层影像等，进行人工或者智能图像分析，直观的观察岸上、水下、水面水体质量、河道设施、绿化、污染物等实时现场情况。通过图片分析或人工在线巡检，及时发现水体表层污染情况、藻类生长情况、河

道两岸违法施工、非法占地、垃圾漂浮物聚集等情况，联系专门人员进行打捞养护。

基于多维数据融合与智能算法，实现水质动态评估与污染溯源，结合水文气象数据，模拟污染物扩散路径与浓度变化，并整合水利、环保、气象等多部门数据，结合历史数据聚类分析，综合评估污染贡献率与风险等级。

3.2 水质状况研判

3.2.1 问题分析与处置

要基于智能算法与协同机制，来实现问题精准定位与闭环管理并对问题进行协同处理。

首先，实时监测与阈值预警。利用平台整合水质参数（如溶解氧、总磷等）实时数据，设置超标阈值自动触发预警。

再次，进行智能分类与根源分析。依托历史数据和常见问题总结，对遇到的问题进行分类汇总，并得出初步原因分析，然后进行污染事件分级，按问题复杂度分类并进一步精准给出问题根源。

最后，跨部门协同处置。通过平台派单至河长、环保、水利等部门，形成“问题上报-立案-派遣-核查-结案”闭环流程。

3.2.2 决策支持与优化

可以进一步利用先进的大数据处理，进行技术与决策上的支持与优化，利用以下几种手段。数字孪生模拟：通过构建虚拟水网模型预测支干河道内发生污染情况的全过程模拟。大数据评估：通过对巡河频次、整改率等运维信息的量化，来评价履职的成效并生成考核报告及优化治理策略。引入数据可信性保障，利用区块链技术的不可篡改性来确保监测数据的真实性。公众参与补充：通过微信小程序、设立水污染举报热线等方式，收集公众反馈，补充传感器盲区数据。

通过以上技术链与机制协同，河长制智慧平台实现了从“被动应对”到“主动预警”、从“经验治理”到“数据驱动”的治理模式升级。

3.3 结果与分析

3.3.1 水质监测效果

系统试运行期间，累计预警氨氮超标事件12次，动态换水使污染消除效率提升40%，养护响应时间缩短58%。

3.3.2 污染溯源效果

通过多维数据融合与智能算法，实现水质动态评估与污染溯源。实时监测与阈值预警，结合水文气象数据，模拟污染物扩散路径与浓度变化。

3.3.3 决策支持效果

通过数字孪生模拟预测蓝藻暴发、富营养化风险，量化河长履职成效，生成考核报告并优化治理策略。引入区块链技术确保监测数据不可篡改，通过微信小程序、举报热线收集公众反馈，补充传感器盲区数据。

4 结语

通过对水质污染原理的讨论和在线监测系统的实用，讨论在支干河道上构建小范围内“无人机详查-浮标视频站精测-中心站数据研判-人工现场复核”的多尺度监测体系的可行性，进一步完善河道监测盲区，形成一套可复制的智慧河道管理SOP流程，未来可以建立污染物大模型，融合AI图像识别等技术，通过先进技术的应用实现河道全面无死角管理。

参考文献

- [1]李斯,杜娟,宋来任. 上海浦东新区河道治理及保护对策探讨[J]. 地下水,2019,41(6):251-253.
- [2]上海市浦东新区康桥镇政府、沙特基础工业公司与上海现代服务业发展研究基金会 携手启动"点亮未来"河道治理公益项目[J]. 上海化工,2017,42(6):57.
- [3]翟海波,韦鹤平,杨锦跃. 浦东新区骨干河道非点源污染及防治对策[J]. 四川环境,2001,20(3):13-15.
- [4]陈飞. 上海浦东张江吕家浜河道生态治理实践[J]. 城市道桥与防洪,2005(5):97-99.
- [5]黄莉. 浦东新区河道长效管理体系实践与思考[J]. 长江技术经济,2020,4(2):17-19.
- [6]张祺,杨丰源,谢燕. 雨污混排和偷排的精准化监测分析——以上海市浦东新区曹路段河道为例[J]. 四川环境,2023,42(4):305-312.