

智慧水务背景下水质智能化检测技术探析

乔慧冬, 陈 硕

(升禾(山东)检测科技有限公司, 山东 日照 276800)

摘 要 随着智慧水务理念的持续深化与广泛普及, 水质智能检测技术已成为维护水资源安全、推动水资源高效合理利用的核心支撑。本文聚焦智慧水务背景下的水质智能检测技术, 系统梳理其发展历程、技术原理及特点, 探讨了当前该项技术存在的问题及未来发展趋势, 以期对水质智能检测技术的进一步发展提供理论参考, 助力智慧水务体系统的完善, 最终实现水资源的精准管控与可持续利用。

关键词 智慧水务; 水质智能化检测技术; 传感器技术; 数据分析

中图分类号: TU991.21

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.009

0 引言

当前, 水资源的合理利用与保护是全球广受关注的热点议题。智慧水务是利用现代信息技术实现水资源智能管理与科学决策的创新模式, 水质监测作为智慧水务的核心组成部分, 其智能化水平直接决定水资源质量安全保障能力。传统水质检测方法存在检测周期长、数据时效性差等短板, 无法满足智慧水务对水质信息快速、精准获取的要求。因此, 开展智慧水务场景下的水质智能化检测技术研究具有重要的现实意义, 可有效提升水质检测的速度与准确度, 为智慧水务的发展提供有力支撑。

1 水质智能化检测技术概述

1.1 水质智能化检测技术的定义

水质智能检测技术是运用高科技传感器技术、信息采集技术及数据分析方法等进行对水质各项指标进行自动化、连续性、精确性的检测和分析的技术。该技术将传感器安置在水体内部实时收集水样数据, 并把数据输送到处理中心进行处理和分析, 进而及时准确地了解水质状况。水质智能化检测技术不仅可以监测常见的水质参数如 pH 值、溶解氧、化学需氧量等, 还可以监测一些不易被发现的污染物及有毒有害物质, 为水质管理和决策提供有力支持。

1.2 水质智能化检测技术的发展历程

水质智能监测技术的发展经历了不同的时期, 最早的水质检测是人工取样后送到实验室进行分析的方式, 这种方法耗时长, 无法及时反映水质变化情况。随着传感器的出现, 能够连续监测水质指标的电极传

感器、光学传感器等被研制出来, 使水质检测更加及时有效^[1]。近年来, 由于信息技术、数据分析技术的发展, 水质智能化检测技术又上了一个新的台阶, 实现了对水质变化的数据收集、传输以及处理等功能, 使水质检测更加智能化。目前融合物联网、边缘计算以及 AI 算法的智能化监控系统能够做到及时报警、溯源及预测未来变化情况, 大大提高了应对速度和决策准确性, 加快水环境保护工作向主动预防、精准治理转变的步伐。

1.3 水质智能化检测技术对智慧水务的重要性

在智慧水务领域, 水质智能化监测技术非常重要, 它可以及时、准确地得到水质状况的有关数据, 对水资源的管理以及决策起到指导作用; 根据水质的数据分析和处理, 可以尽早发现水质异常现象, 对其进行处理, 保证水资源的安全和质量; 水质智能化监测技术还可以节省水质监测的时间及费用, 减少由于人工检测带来的偏差以及繁杂的工作, 而且可以做到对水质的远距离监控及管理, 使管理人员随时随地可以了解到水质的情况, 提高管理水平。

2 水质智能化检测技术的原理与方法

2.1 传感器技术原理

传感器是水质智能监测技术的重要组成部分, 它基于物理、化学或生物效应将水质参数转换为电信号或其他可测量的信号。常见的水质传感器有电极式传感器、光学传感器、生物传感器等。电极式传感器是根据电极与水之间的电位差来测定水质参数如酸碱度、溶解氧等, 光学传感器是基于光与水之间的相互作用

作者简介: 乔慧冬 (1984-), 女, 专科, 研究方向: 环保工程。

而设计出来的水质传感器用于检测浊度、颜色等，而生物传感器是由生物分子和水体中物质之间的特异性反应构成的水质传感器用于检测微生物、重金属等。

2.2 数据采集与传输方法

水质智能化检测系统在通过传感器对水质进行检测之后，要将检测到的数据送到计算机上进行分析和处理。数据采集与传输方式包括有线传输以及无线传输两种方式。有线传输是指用电缆或者光纤把传感器采集到的数据传到计算机进行存储，这样的传输方式稳定、可靠，但是布线成本高。无线传输就是利用无线网络将传感器采集到的数据传输到计算机进行保存，其优点就是安装方便、成本低，但是传输的稳定性较差，目前主要有 ZigBee、GPRS、3G/4G 等技术手段。

2.3 数据分析与处理技术

水质智能监测系统在获取大量水质数据之后，需要对这些数据进行分析 and 利用，从中获取有用的信息。数据处理技术主要有数据挖掘、机器学习、深度学习等，数据挖掘是指从大量的资料中提取有意义的信息和知识，通常使用的方法有联系规则挖掘、聚类分析、分类算法等^[2]。机器学习是指让电脑从资料中学习从而获得提升自身性能的技术，一般使用的模型有决策树、支持向量机、神经网络等。深度学习是指使用深层的神经网络对数据进行整理分析的技术，具有强大的特征提取能力和分类能力。

3 水质智能化检测技术的优势与应用

3.1 水质智能化检测技术的优势

水质智能化监测技术拥有诸多优点，利用传感器网络及物联网平台，可以做到对水质的全天候实时连续监测，及时地发现水质的变化情况，对发生的污染事件及异常变化作出迅速的反应，为水源保护、供水调度以及应急指挥提供准确有效的信息支持；采用高灵敏的传感器结合智能的算法，该技术在 pH 值、溶解氧、浊度、氨氮、重金属等重要指标的监测中有着很好的精度和长久的稳定性，消除了人为的操作误差及采样的延迟时间；系统集成自动校正、远程维护及数据可视化等功能，减少了对专业人员的依赖，操作简单方便，提高了检测的频率及覆盖面，使水质监测由被动应对转为主动预防。

3.2 水质智能化检测技术应用于饮用水安全保障

在饮用水安全保障上，水质智能监测系统起到了非常重要的作用，在水源地、取水口、水厂净化各工艺段、清水池以及输水管网关键点布置多参数水质监

测仪，实时监测水中浑浊度、余氯含量、pH 值、氨氮含量、有机物、微生物及重金属等参数，利用边缘计算及人工智能技术，能自动判断异常值、提示潜在隐患并关联调度反馈机制^[3]，有助于快速追溯源头和准确应对。该技术大大提高了水质监管的前瞻性、协同性以及反应速度，使饮用水安全由事后补救变为事前防范，为饮用水安全从始至终、从源头到龙头的全过程、全链条饮用水质量的保障奠定了坚实的技术基础。

3.3 水质智能化检测技术在污水处理中的应用

在污水处理行业中，水质在线监测技术以传感器网络、边缘计算以及智能算法为基础，对污水中化学需氧量、氨氮、总磷、pH 值、溶解氧、浊度等重要指标进行连续实时监测，系统能及时反映水质变化情况，控制加药量、曝气强度、水力停留时间等工艺参数自动调整，极大地提高了处理效率和资源利用率。此外，还涉及进水、过程段、出水全流程的监测以及对出水水质的闭环监测，快速发现不正常的变化趋势，保证出水水质达标排放，从源头增强对水污染的防范能力，推动绿色低碳水务管理。

4 水质智能化检测技术面临的挑战

4.1 传感器性能与可靠性问题

传感器是水质智能化监测的基础，它的质量直接影响到水质监测的准确性和可靠性。而部分电化学传感器容易受到水体浑浊度、温度变化、共存离子等因素影响而造成延迟响应和数据波动；光学传感器则会受到微生物附着、光路污染等问题影响导致长期使用灵敏度降低。大部分传感器材质不够稳定，膜易老化或溶解，影响使用寿命。标定过程需在标准液下逐点校准，维护过程需要拆卸清理及设定参数，麻烦且不容易控制。基层站点常因缺少专业人员而耽误标定，造成数据误差或者系统停止运行，阻碍了水质监测网络的广覆盖和高速度发展。

4.2 数据安全与隐私保护问题

水质智能监测系统获取的大量水质信息不仅包含物理化学性质，还有可能涉及使用者的位置、用水习惯以及设备信息等，具有很强的隐私性，在数据传输过程中需要使用端到端加密，双向身份认证的方式，在存储过程中要做到分级加密和动态调整访问权限，所有的数据操作都要留下痕迹可查询，防止出现未经授权或者越权调用的情况发生^[4]，数据共享需要得到用户授权的基础上，只能是环境监测、公共卫生等正当的用途，不能用于商业推销或者第三方转卖，严格

按照个人信息保护法以及数据安全法的规定来执行,遵循最少必要原则和目的限定原则,确保公众的知情权、决定权、删除权。

4.3 技术标准与规范不完善问题

目前,水质智能检测技术的相关标准及规范还不完善,包括传感器校准方法、数据传输方式、设备的环境适应性及长期可靠性评估等重要方面都没有统一的标准,不同厂家生产的传感器在响应灵敏度、抗干扰能力、寿命衰减情况等方面存在较大差异,使得同一水体的检测结果产生较大误差。应用上也缺乏相关的布置规定、维护指南以及质量控制制度等,造成整个系统集成难度大、数据不可靠、不同区域的监测结果无法互通,影响了智能检测技术应用于流域监控、应急预案及智慧水务等方面的推广应用和整合使用。

5 水质智能化检测技术的发展趋势

5.1 传感器技术的发展趋势

未来传感器的发展方向包括更高精度、更高灵敏度、更多功能、更小体积以及智能化等方向发展,新的传感器层出不穷,纳米传感器、生物传感器、柔性传感器、光纤传感器等,在环保检测、医疗检测、工业控制、可穿戴设备等方面都有大量的应用,它们拥有更高效的识别特异性和更低的检测极限,可以对痕量的气体、病原体、代谢标记物、微应力变化等做出快速准确的反应^[5]。结合边缘计算以及轻量级的 AI 模型,传感器可以独立完成信号分析处理、异常判断以及即时响应等功能,在恶劣工况下长时间的稳定工作。材料的进步和先进的制造工艺使传感器的功耗更低、寿命更长、系统兼容性更好,在实现万物互联、智能感知等方面起到重要的基础作用。

5.2 数据分析与处理技术的发展趋势

数据分析与处理技术将更加智能化、自动化、直观化。人工智能算法可以更好地发现水质变化规律,机器学习可以自动调整污染变化趋势,而深度学习则可以发现其中大量的复杂关系。系统可以对溶氧下降、氨氮过高或者重金属超标等情况及时发出报警提示,实时分级报警并给出解决方案。智能仪表与边缘计算设备合作完成,实现数据收集、清理、建模、反馈的全流程闭环。可视化界面可以对多个方面进行下钻查询,结合地理信息地图、趋势热力图、对比雷达图、交互式仪表盘等,使水质状况一目了然,大大增强了监控响应速度和治理准确性。

5.3 水质智能化检测技术与其他技术的结合发展趋势

水质智能化监测技术正不断融入物联网、云计算、大数据等新一代信息技术的发展进程之中,建立从水源地到水厂、管网以及用户端的全流程监测系统。基于高分辨率的多参数传感器网络,实时获取水体 pH 值、溶解氧、浊度、氨氮、重金属等参数的连续测量及相应的响应时间小于 1 000 ms。物联网支持广泛分布的在线监测设备间互联互通。边缘协同、云计算可以提供无限计算能力及跨区域数据交互能力。大数据技术可以推动趋势预测、异常溯源、风险预警及智能诊断。系统拥有自主学习及自我完善的能力,极大地提高水质管理的精确性、即时性和前瞻性,为持续合理地用水、精细地管理用水提供了坚实的技术支持。

6 结束语

在智慧水务背景下的水质智能检测技术是保障水资源安全以及合理利用的重要手段。本文对水质智能检测技术的定义、发展历史、原理与方法、优势与应用、面临的困难以及发展趋势等进行了详细介绍。水质智能检测技术具有及时、准确、高效等优点,在饮用水安全保障、污水处理等方面起到很大的作用,但是也存在着传感器的性能和稳定性不足、数据的安全性和隐私性保障不力、技术标准和规范不健全等缺点。未来,水质智能检测技术将会向传感器的高精度化、数据分析与处理智能化、与其他技术的融合方向发展。为了促进水质智能检测技术的发展,需要加强传感器技术的研究和创新,提高传感器的质量和可靠性;加强对数据安全及隐私的保护,制定相应的法律法规及技术标准;推动水质智能检测技术与其他技术的融合,做到水资源的科学管理和合理开发。只有这样,才能够更好地应对智慧水务的发展要求,给水资源的安全和质量提供有力的支撑。

参考文献:

- [1] 牛影.基于智能化的水质理化检测装置研究与设计[D].合肥:合肥大学,2024.
- [2] 魏冶.智能化水质监测系统在环保治理中的应用[J].计算机产品与流通,2026(01):112-114.
- [3] 林必忠,江升.在线多参数水质智能化检测装置的设计[J].福建农机,2021(03):37-41.
- [4] 谭志军.循环水水质检测技术的革新:自动智能化[J].读报参考,2025(20):52-53.
- [5] 蔡立弘,孙杰,万梓薇.数字水哨兵:智能水质检测实验室[J].中学科技,2025(12):2-9.