

# 多源数据融合的水质监测与水环境质量评价新途径

王燕

新疆维吾尔自治区博尔塔拉水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v10i5.6986

**[摘要]** 随着水环境精细化管理需求的提升,传统水质监测与评价方法在时空覆盖、数据精度及时效性等方面的局限性日益凸显。多源数据融合技术通过整合不同类型、不同来源的监测数据,实现信息互补与优化,为破解传统技术瓶颈、构建高效精准的水质监测与水环境质量评价体系提供了新支撑。本文基于多源数据融合的核心原理,分析当前水质监测与评价工作的现存问题,重点探讨基于多源数据融合的水质监测新途径与水环境质量评价新途径,结合技术应用实践梳理优化策略,为水环境质量精准管控、生态保护决策提供理论参考与技术支持。

**[关键词]** 多源数据融合; 水质监测; 水环境质量评价; 技术途径

中图分类号: X832 文献标识码: A

## New Approaches to Water Quality Monitoring and Water Environment Quality Assessment Based on Multi-Source Data Fusion

Yan Wang

Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Bortala Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** With the increasing demand for refined management of the water environment, traditional water quality monitoring and assessment methods are increasingly revealing their limitations in terms of spatiotemporal coverage, data accuracy, and timeliness. Multi-source data fusion technology, by integrating monitoring data of different types and from various sources, achieves information complementarity and optimization, providing new support for overcoming traditional technical bottlenecks and constructing efficient and accurate water quality monitoring and water environment quality assessment systems. Based on the core principles of multi-source data fusion, this paper analyzes the existing problems in current water quality monitoring and assessment work, focuses on exploring new approaches for water quality monitoring and water environment quality assessment based on multi-source data fusion, and outlines optimization strategies in conjunction with technology application practices. This aims to provide theoretical reference and technical support for precise water environment management and ecological protection decision-making.

**[Key words]** Multi-source data fusion; Water quality monitoring; Water environment quality assessment; Technical approaches

### 引言

水环境质量是生态安全的重要组成部分,精准的水质监测与科学的水环境质量评价是开展水污染防治、生态修复的前提与基础。当前,水质监测数据来源日益丰富,涵盖现场监测、遥感监测、光谱监测、气象辅助监测等多种类型,但不同数据源在时空分辨率、数据精度、覆盖范围等方面存在显著差异,且存在数据孤岛、信息冗余、误差累积等问题,导致传统监测与评价方法难以全面、实时、准确反映水环境质量状况。

多源数据融合技术作为一种整合多维度信息的智能化技术,通过对不同来源、不同格式、不同精度的数据进行预处理、特

征提取、融合分析,能够有效弥补单一数据源的不足,提升数据的完整性与可靠性,进而优化水质监测效率与评价精度。近年来,随着人工智能、大数据、遥感技术的快速发展,多源数据融合在水环境领域的应用逐渐深入,为水质监测与水环境质量评价提供了全新的技术路径。本文聚焦多源数据融合技术的应用核心,重点探索水质监测与水环境质量评价的新途径,为推动水环境管理向精细化、智能化转型提供支撑。

### 1 多源数据融合原理

多源数据融合是指将来自不同传感器、不同监测手段、不同时空尺度的多类型数据,按照既定的融合规则与算法,进行数

据预处理、特征提取、信息融合与综合分析,最终形成具有更高精度、更完整信息的统一数据产物的过程。其核心逻辑是“优势互补、去冗存真”,通过整合不同数据源的优势,规避单一数据源的局限性,实现信息的协同优化。从融合层次来看,多源数据融合可分为数据层融合、特征层融合与决策层融合三个维度。数据层融合是对原始监测数据的直接整合,重点解决数据格式不统一、时空不一致等问题,为后续分析奠定基础;特征层融合是对预处理后的数据进行特征提取,挖掘数据背后的核心信息,提升数据的针对性;决策层融合是基于特征层数据,结合评价目标与算法模型,实现对水环境质量状况的综合判断与决策支持。

## 2 水质监测与水环境质量评价现存问题

当前,水质监测与水环境质量评价工作虽已形成较为完善的体系,但在实际应用中仍存在诸多问题,难以满足精细化管理需求。一是监测数据覆盖不足,传统监测以现场定点监测为主,受人力、物力限制,监测点位布设有限,难以实现全域覆盖,且监测频次较低,无法捕捉水环境质量的动态变化;二是数据精度参差不齐,不同监测手段的误差来源不同,现场监测易受人为操作、环境干扰影响,遥感监测受天气、分辨率限制,单一数据源的数据精度难以保障;三是数据融合不充分,不同部门、不同监测手段的数据缺乏统一的整合标准,存在数据孤岛现象,数据冗余与信息缺失并存,难以发挥多源数据的协同效应;四是评价方法滞后,传统评价方法多基于单一类型数据,依赖经验判断,缺乏对多维度信息的综合分析,评价结果的科学性与精准度不足,难以支撑动态化、精细化的水环境管理需求。这些问题的存在,导致水质监测与评价工作难以全面、实时反映水环境质量状况,制约了水污染防治与生态修复工作的高效开展。而多源数据融合技术的应用,能够有效破解上述瓶颈,为构建精准、高效的监测与评价体系提供新的技术路径。

## 3 基于多源数据融合的水质监测新途径

基于多源数据融合的水质监测新途径,核心是构建“多源协同、精准感知、动态监测”的一体化监测体系,通过整合各类监测数据,优化监测流程,提升监测精度与效率,实现对水环境质量的全方位、实时化监测。

### 3.1 优化多源监测数据采集体系,实现全域覆盖

数据采集是多源数据融合的基础,优化采集体系的核心是构建“空天地一体化”的多源数据采集网络,打破单一监测手段的局限,实现监测数据的全域覆盖与多维度补充。一方面,整合现场监测数据,优化定点监测点位布设,结合水质敏感区域分布,加密监测点位,提升监测的空间分辨率;同时,引入自动化监测设备,实现溶解氧、氨氮、总磷、化学需氧量等关键指标的实时采集,提升监测频次,捕捉水质动态变化。另一方面,拓展遥感监测与光谱监测数据来源,利用高分辨率卫星遥感、无人机遥感技术,实现大范围水质状况的宏观监测,重点捕捉水体浑浊度、藻类覆盖、悬浮物浓度等指标的空间分布特征;引入紫外可见光谱(UV-Vis)与近红外(NIR)光谱监测技术,实现水质指标的快速检测,提升监测效率与数据精度。此外,整合气象数据(降雨量、

温度、风速)、水文数据(流量、水位)等辅助数据,为水质变化趋势分析提供支撑,形成“现场监测+遥感监测+光谱监测+辅助监测”的多源数据采集体系。与此同时,在数据采集过程中,还需明确各类数据的采集标准与规范,统一数据格式、监测指标与时空基准,避免数据冲突与格式不兼容问题,为后续数据融合奠定基础。同时,建立数据实时传输机制,利用物联网技术实现各类监测数据的实时上传与存储,确保数据的时效性,为动态监测与预警提供保障。

### 3.2 构建多源数据预处理与融合机制,提升数据质量

多源数据存在格式不统一、误差各异、冗余信息多等问题,需通过科学的预处理与融合机制,实现数据的去冗、纠错与优化,提升数据质量。

在开展多源数据预处理工作中,针对不同类型数据的特点,要采用针对性的处理方法:对于现场监测数据,通过异常值检测、缺失值填补、数据标准化等方法,剔除人为误差与环境干扰导致的异常数据,补充缺失数据,确保数据的完整性与准确性;对于遥感数据,通过辐射校正、几何校正、大气校正等方法,消除天气、地形等因素的影响,提升数据的空间精度;对于光谱数据,通过降噪处理、基线校正等方法,优化光谱特征,提升数据的可靠性;对于辅助数据,进行格式转换与标准化处理,确保与核心监测数据的时空一致性。在预处理基础上,构建分层融合机制,实现多源数据的高效整合。

数据层融合阶段,采用数据对齐、格式统一等方法,将不同来源的原始数据整合为统一格式的数据集,重点解决数据时空不一致问题;特征层融合阶段,采用特征提取算法,挖掘各类数据的核心特征,如现场监测数据的指标浓度特征、遥感数据的空间分布特征、光谱数据的水质指纹特征,通过加权融合、特征拼接等方式,形成综合特征集,提升数据的针对性;决策层融合阶段,结合数据融合常用的智能分析方法,如加权融合法、误差修正法等,对特征层数据进行融合分析,通过整合多维度信息、剔除冗余数据、修正数据偏差,实现对水质指标的精准反演与误差修正,提升监测数据的精度。通过分层融合,有效规避单一数据源的误差,实现多源数据的优势互补,为后续水质评价提供高质量的数据支撑。

### 3.3 建立智能化监测预警体系,实现动态管控

基于多源融合数据,构建智能化监测预警体系,实现对水质变化的实时监测、趋势预测与异常预警,提升水环境管控的主动性。一方面,利用机器学习算法,基于融合数据构建水质指标预测模型,结合历史数据与实时数据,预测水质指标的变化趋势,提前识别水质恶化风险,为水污染防治提供提前量。另一方面,设置水质异常预警阈值,基于融合数据实时监测水质指标变化,当指标超出预警阈值时,自动触发预警机制,及时推送预警信息,明确异常区域与异常指标,为应急处置提供精准指引。同时,搭建多源数据融合监测平台,整合数据采集、预处理、融合、预警等功能,实现监测数据的可视化展示与高效管理。通过平台可实时查看全域水质状况、数据变化趋势、异常预警信息,为监测人

员提供便捷的操作界面,提升监测工作的智能化水平。此外,建立数据更新与迭代机制,定期更新监测数据与融合算法,优化监测模型,提升监测预警的准确性与可靠性,实现水质监测的动态化、智能化管控。

#### 4 基于多源数据融合的水环境质量评价新途径

基于多源数据融合的水环境质量评价新途径,核心是突破传统评价方法的局限,利用多源融合数据的优势,构建科学、精准、动态的评价体系,实现对水环境质量的多维度、全方位评价,为生态保护决策提供科学依据。

##### 4.1 优化评价指标体系,兼顾全面性与针对性

评价指标体系是水环境质量评价的核心,基于多源数据融合技术,可突破传统评价指标单一、片面的局限,构建兼顾全面性与针对性的评价指标体系。首先,梳理水环境质量评价的核心指标,涵盖物理指标(浑浊度、悬浮物)、化学指标(溶解氧、氨氮、总磷、化学需氧量)、生物指标(藻类密度、生物多样性)等,确保指标能够全面反映水环境质量状况。其次,结合多源数据的特点,补充特色评价指标,如基于遥感数据的水体面积变化、藻类覆盖度等空间指标,基于光谱数据的水质指纹特征指标,基于辅助数据的水质影响因素指标,丰富评价指标维度,提升评价的全面性。同时,采用层次分析法、熵权法等方法,对评价指标进行权重分配,结合多源融合数据的精度与可靠性,对不同指标赋予合理权重,突出核心指标的影响,兼顾次要指标的补充作用,避免指标权重不合理导致的评价偏差。此外,建立指标动态更新机制,根据水环境质量变化与监测技术发展,及时调整评价指标与权重,确保评价指标体系的科学性与适用性,为精准评价提供基础。

##### 4.2 构建多源数据融合评价模型,提升评价精度

传统评价方法多基于单一数据,依赖经验判断,评价精度有限。基于多源数据融合技术,构建智能化评价模型,实现对水环境质量的精准评价。首先,基于多源融合数据,整合不同维度的评价信息,打破单一数据评价的局限,实现信息的协同优化。例如,结合现场监测数据的精准性、遥感数据的空间覆盖性、光谱数据的快速性,构建多维度评价模型,提升评价结果的全面性与准确性。其次,引入人工智能算法,构建融合评价模型,替代传统的经验型评价方法。例如,利用随机森林算法,基于多源融合数据训练评价模型,挖掘指标与水质等级之间的内在关联,提升评价的科学性与精准度。同时,结合水质变化趋势数据,构建动态评价模型,不仅能够评价当前水环境质量状况,还能预测未来水质变化趋势,实现“现状评价+趋势预测”的一体化评价,为水环境管理提供更全面的决策支持。

在模型构建过程中,需注重数据的适配性与模型的泛化能

力,通过大量历史数据与实时数据训练模型,优化模型参数,提升模型的评价精度与稳定性。同时,建立模型验证机制,利用实测数据对评价模型的结果进行验证,及时修正模型偏差,确保评价结果的可靠性。

##### 4.3 完善动态评价与结果应用机制,强化决策支撑

基于多源数据融合的水环境质量评价,核心是实现动态评价,推动评价结果的高效应用,为水环境管理决策提供支撑。一方面,建立动态评价机制,基于实时更新的多源融合数据,定期开展水环境质量评价,及时捕捉水质变化,更新评价结果,实现评价工作的常态化、动态化。同时,结合水质预测数据,开展前瞻性评价,提前识别水质恶化风险,为水污染防治与生态修复提供提前量,提升水环境管理的主动性。另一方面,完善评价结果应用机制,将评价结果与水环境管控、生态修复、污染治理等工作深度结合。通过多源数据融合评价,明确水环境质量的空间分布特征、变化趋势及主要影响因素,针对性制定污染治理方案与生态修复措施;将评价结果作为水环境管理考核的重要依据,推动水质管控责任落实;建立评价结果共享机制,实现不同部门之间的评价结果互通,打破信息壁垒,提升水环境协同管理水平。此外,基于评价结果,构建水环境质量可视化展示系统,直观呈现水质等级分布、指标变化趋势等信息,为管理人员提供便捷的决策参考,推动水环境管理向精细化、科学化转型。

## 5 结论与展望

随着人工智能、大数据、遥感技术的持续发展,多源数据融合技术在水环境领域的应用将更加深入。未来,需进一步优化融合算法,完善技术标准,加强人才培养,推动多源数据融合与水环境监测、评价的深度融合;探索多源数据融合与数字孪生、物联网等技术的结合,构建更加智能化、精细化的水环境管理体系;同时,加强多部门协同合作,打破数据孤岛,实现监测数据的共享共用,提升水环境协同管控能力,为生态环境保护、水污染防治提供更加强有力的技术支撑,推动水环境质量持续改善。

### [参考文献]

- [1]司源,董飞,廉秋月,等.基于多源监测与数据融合的水质动态评价方法[J].人民黄河,2021,43(2):88-94.
- [2]孙现伟,茹淑玲.基于AI大数据模型的城市水环境质量在线监测与评估系统构建[J].环境保护前沿,2025,15(9):1269-1279.
- [3]梁楠,邹志红.结合新型模糊支持向量机和证据理论的多传感器水质数据融合[J].电讯技术,2020,60(3):331-337.

### 作者简介:

王燕(1985—),女,汉族,新疆博乐市人,硕士研究生,高级工程师,研究方向为水文水资源。