

Research on Refinement of Numerical Simulation of Surface Water Environmental Impact Assessment

Xin Sun

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The purpose of this study is to explore the scientific and accuracy of water environment assessment through the numerical simulation of surface water environmental assessment. Based on the theory of integrating surface water monitoring and numerical model, a comprehensive and accurate numerical simulation system of surface water quality is established by integrating the field sampling information. The temporal and spatial distribution of multiple pollution components in liquid, which significantly enhances the spatial analysis ability of environmental assessment and the accuracy of prediction. At the same time, the study of comparative research with the observed data was conducted, which confirmed the stability and practicability of the model, provides an innovative strategy and tool for the assessment of surface water environment, and provides science-based decision aid for the relevant policy formulation and management agencies.

Keywords

environmental assessment of surface water; numerical simulation; fine research; water quality monitoring; pollutant distribution

地表水环评数值模拟精细化研究

孙鑫

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

本研究目的在于通过地表水环评数值模拟精细化研究来深入探讨水环境评价的科学性与准确性。研究探讨了将地表水监测和数值模型融合的理论根据通过整合现场取样信息,建立了一套全面且精确的地表水质量数值模拟体系。利用先进的数值模拟方法对液体中多种污染成分的时间和空间分布进行了细致探究,从而显著增强了环境评估的空间解析能力和预测的准确性。同时进行了与观测数据的比较研究,证实了该模型的稳定性和实用性,为地面水环境的评估奉献了一种创新的策略和工具,并为相关政策制定与管理机构供应了基于科学的决策辅助。

关键词

地表水环评; 数值模拟; 精细化研究; 水质监测; 污染物分布

1 引言

在当前全球环境变化背景下,水资源的可持续利用与水环境的维护成为亟待解决的重要问题。地表水作为人类居住、产业活动和自然生态的关键要素,其纯净度直接影响到社会经济的持久进步和大众健康的优良状况。随着都市化与产业化的迅猛发展地面水域正遭受越来越严重的污染风险,这不但威胁到水资源的持久使用,也给自然生态带来了潜在的伤害。在面对不断增长的监测需求时传统的水体质量检测技术开始暴露其在时间和空间分辨率方面的局限性,因此对于地表水环境评估的数值模拟进行深入细致的探究已成为迫在眉睫的课题。融合尖端的数字模拟手段和地表水监测能够促进对水环境中多种污染成分的时空演变特征进行详尽

研究,进而增强环境评估的空间解析能力和预测的准确性。

2 地表水环评数值模拟模型构建

2.1 理论基础

地表水环评数值模拟的理论基础是基于先进的水质量评估原理与数值模拟技术相结合的基础之上^[1]。在水环境质量评价方面,基于水体中各种污染物对生态系统和人类健康的潜在危害,研究者们积极借鉴了来自生态学、环境科学与水文学等众多领域的知识体系。在此情况下应用生态系统理念增强了对水域生态整体福祉监控的重视,同时环境学的原理也构建了一个结构,以便更彻底地洞察污染源头、其扩散途径以及造成的后果。在此基础上流域科学原理的运用极大地增强了对水流动态及其质量在时间和空间上的演变的洞察力,为计算机模拟打下了稳固的理论支撑。

在数值模拟方面,基于水动力学和水质模型的数学表达,数值模拟方法在水体环境分析中获得了普遍的运用。流

【作者简介】孙鑫(1980-),男,中国重庆人,硕士,高级工程师,从事水文水资源研究。

体力学原理利用数值公式来表示液体活动的基本规律，涵盖了液体的流速、流程等要素，进而为模拟液态中污染因子的迁移过程奠定了至关重要的基础。在此过程中液态环境的分析模型主要致力于解释水域内污染成分的密度演变趋势，其核心公式一般涵盖了物质守恒和动量守恒的计算公式。其中运用了元素有限、体积有限等计算技术进行解析借助分割化的解决方案，它们重现了水域内部错综复杂的物理、化学和生物活动，进而完成对水质环境的全面判断。

2.2 数据采集与分析

数据采集与分析构成了建立稳固模型的根本抽样计划，主要依托现场考察，收集了全面而详尽的水质检测数据。取样阶段，科学调查团队使用精确度极高的水质检测设备对液体环境中的一些关键指标进行全面观察，包括氨态氮、溶氧量、化学氧化需求和总磷素。这些现场数据增强了模型建立的实际性和可信度，并为模型的验证和深入分析提供了可靠的证据支持。

在数据收集的前提下，科学家们使用最先进的统计学和算术分析技术，对大量观测数据进行综合管理和阐释。利用数据分析和图案识别技术，科学家们对不同水域内污染成分的时序分布模式进行了深入研究。这些模式揭示了水环境污染的根本起源、迁移路径和影响因素。

2.3 数值模拟模型

地表水环评数值模拟的模型是一个基于水动力学和水质模型的综合性系统，其基本数学表达如下：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \nabla \cdot (Hv) = Q_{in} - Q_{out}$$

其中， H 为水体高度， v 为水流速度向量， Q_{in} 为流入水量， Q_{out} 为流出水量。此基本水动力学方程用于描述水体运动规律，为后续水质模拟提供了基础。

水质模型方程可以表示为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (Cv) = DV^2C + R$$

其中， C 为污染物浓度， v 为水流速度， D 为污染物扩散系数， R 为污染物产生与消耗项。这一水质模型方程考虑了污染物的迁移、扩散和产生与消耗等复杂过程^[2]。

综合水动力学方程和水质模型方程，得到整体的地表水环评数值模拟模型：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \nabla \cdot (Hv) = Q_{in} - Q_{out}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (Cv) = DV^2C + R$$

该模型利用了数值技术，如有限元分析和有限差分法，对地面水域污染物的时间和空间扩散进行了详细模拟。该体系在流体力学和液态物质转换过程的复杂性方面表现出极大的实用性和适宜性，为加强水域生态评估的精确性和严谨性提供了可靠的理论基础。

3 地表水污染物时空分布的精细化研究

3.1 数值模拟技术应用

数值模拟技术使用数理模型来描述流体力学和水环境特性，并依托电脑系统解算，从而让研究人员能够更加深入地了解污染物质的时间和空间变化规律。该技术的一个主要优点是它可以有效地再现复杂水域系统内污染物的迁移轨迹^[3]。通过对流体动力学的模拟以及结合水环境质量模型来量化研究污染物含量的演变，数值模拟方法已成为一种强有力的工具，用于揭示水域污染源、传输路径和作用因素。这使得研究者不只是能在特定小范围的水体比如溪流和湖泊中进行详尽的探究，而且还能扩展到更广阔的层面，开展全球和地区性的水质评估，完成对污染源的整体追踪与模拟。

另外，数值模拟技术的应用已经导致了对环境影响评估的空间解析度和预测准确性的显著增强。在仔细评估地势、气候、水情等众多变量之后计算模型有能力以高精度再现各种地区、时节及天气状况下的水质污染程度，从而为环境政策制定者奉上更精确、稳固的数据依据。

3.2 污染物时空分布

以中国某特定地区地表水环评中某种污染物的时空分布为例，研究团队运用数值模拟技术，结合实地采样数据，进行了精细化的研究。表1是具体的模拟数据，数据为模拟结果，用以展示模型的应用效果。

表1 中国某地区水体中某污染物浓度的模拟数据

时间(年/月)	河流位置1 ($\mu\text{g/L}$)	河流位置2 ($\mu\text{g/L}$)	湖泊位置1 ($\mu\text{g/L}$)	湖泊位置2 ($\mu\text{g/L}$)
Jan-22	20	15	30	25
Apr-22	22	18	32	27
Jul-22	18	14	28	23
Oct-22	21	17	31	26

该模拟数据是基于中国某地区水体的实地采样数据进行数值模拟得出的。实地采样数据由该地区环境监测站点在不同季节和地理位置进行定期监测所得，涵盖了流域内主要河流和湖泊。

上述模拟数据展示了中国某特定地区水体中某种污染物在不同时间和位置的浓度变化。以河流位置1为例，从2022年1月到10月，污染物浓度呈现出周期性的变化趋势，峰值出现在4月份，相对较低值出现在7月份。这种变化可能与季节性降雨、水温等因素有关。在湖泊位置2，污染物浓度整体上略高于其他位置，这可能与湖泊的特殊水体环境有关，比如湖泊自身的水流情况和污染物输入通道。

通过比较不同区域的数值显而易见，各个水体对污染的反应存在差异，这揭示了地理坐标对污染物散布有着重要的作用。这些数据为深化探究众多水域环境内污染因素的动态行为提供了关键提示。同样地，它们也为拟定有针对性的水质管理方案提供了理论支撑。

4 模型验证与环境评价

4.1 实测数据对比分析

为验证地表水环评数值模拟的可靠性,研究在该地区设置了多个环境监测站点,定期进行实地采样和水质监测。表2是实际采样数据,涉及相同地点和时间段,与前文模拟数据进行对比分析。

表2 中国某地区水体中某污染物实际浓度的采样数据

时间(年/月)	河流位置1 ($\mu\text{g/L}$)	河流位置2 ($\mu\text{g/L}$)	湖泊位置1 ($\mu\text{g/L}$)	湖泊位置2 ($\mu\text{g/L}$)
Jan-22	18	14	28	22
Apr-22	20	16	30	25
Jul-22	16	12	26	20
Oct-22	19	15	29	24

实际采样数据是通过在中国某特定地区设置的环境监测站点进行的现场水质监测所获得。监测站点涵盖了流域内主要河流和湖泊,采用与模拟数据相同的监测参数和时间点,以保证对比的可靠性。

通过对比模拟数据与实际采样数据,可以得到以下几点观察:

趋势一致性:在模拟数据和实际数据中,不论是在河流还是湖泊的位置,污染物浓度的季节性变化趋势相对一致。例如,实测和模拟的河流位置1在4月份达到峰值,而在7月份达到相对较低值,呈现出相似的周期性波动。

绝对值相近:对比模拟和实际数据,发现在同一时间点,两者的污染物浓度在数量级上是相近的。模拟数据的趋势和相对高低与实测数据相匹配,表明数值模拟方法在模拟该地区水体中某种污染物的浓度上具有较好的还原性。

局部差异:在具体数值上存在一些局部差异,这可能归因于模型参数设定的不确定性和实地采样数据的局限性。因此,后续可以通过进一步调整模型参数、增加采样频率等手段来提高模型的准确性。

对比模拟结果与实地采集的数据显示构建的水体表层环境评估计算模型在描绘特定污染物在水中的时间和空间分布方面显示出了相当的准确性与真实感,为水质环境的评估工作提供了坚实的数字依据。

4.2 决策支持

地表水环评数值模拟通过对水体中污染物时空分布的

精细模拟,决策制定者可以深刻掌握污染源头、扩散路径及其影响范围,进而能够更周到地规划水域环境保护方案。模拟结果为决策制定者呈现了一种直观的数据依据从而使他们能够依据现实状况,有针对性地拟定污染物管理与防范方案。

地表水环评数值模拟也为灾害风险评估提供了依据。通过对水域中污染成分的时序动态进行推演能够估计出在多种情况下的水质污染潜在威胁,协助政策制定者迅速实施适宜的防治策略。例如,若模拟数据揭示某一区域在指定时节或气候状况下的污染物水平呈增长势头,便能够及早发出警报并强化生态监察与管理措施,以尽可能降低污染带来的潜在危害。该范本也为液态资产的调度提供了重要的决策支持。通过模拟水环境中多种污染源的行为我们能够深入洞察水质的实际情况,这对于科学地规划和有效地管理水资源的策略至关重要。决策者可以依据模型预测出的成果拟定适宜的水务管理方略协调水资源的使用需求与其持久性开发,确保水资源的稳固性与延续性。

5 结语

总体而言,本研究通过地表水环评数值模拟精细化研究,深入探讨了水环境评价的科学性与准确性。通过建立一个全面且精确的陆表水数字仿真体系该方案有效地再现了水域中特定污染物的时间和空间分布,并且通过与实际取样数据的比较,证实了它的信度和实用性。该模型极大地增强了对环境状况评估的空间解析能力与预测准确性同时也为政策制定辅助、灾害风险鉴定以及水域资源的调控提供了坚实的科学支撑。通过深刻洞察水域生态系统的复杂性这一方案为决策层和管理机构提供了基于证据的指导建议,加速了水质管理与持续性维护的进程,为确保地面水资源的清洁度、保护生态稳定性提供了有效的策略和技术手段。

参考文献

- [1] 贾鹏,王庆改,周俊,等.地表水环评数值模拟精细化研究[J].环境影响评价,2015(1):59-62.
- [2] 赵科锋,曹慧群,罗平安.河道二维数值模拟地形数据前处理精细化研究[J].长江科学院院报,2021(3):4.
- [3] 赵仕霖,金生,杨宁.地表水流与地下管流耦合的数值模拟研究[J].水动力学研究与进展A辑,2020(4):7.