

利用水质模型进行化工园区地表水溯源的案例研究

龙建 焦梓楠

江苏环保产业技术研究院股份公司, 中国·江苏 南京 210000

摘要: 随着化工园区的快速发展, 园区排放对周边地表水环境的潜在影响日益凸显, 水体污染形势日趋严峻。针对地表水污染溯源的问题, 本文以实际化工园区为研究对象, 合理构建水质模型体系, 通过模拟不同污染物的迁移过程, 定量分析了主要污染物从园区到地表水体的扩散途径和影响范围。研究过程中, 结合园区排放特征、水体水文条件及区域环保要求, 针对性设置模型参数, 科学评估各类污染物的空间分布和变化趋势。在溯源分析基础上, 明确了重点污染源区域, 并提出了针对性的管控建议。研究结果显示, 水质模型在园区地表水污染溯源中的适用性强、溯源路径清晰, 有助于为政府和企业提供科学的治理依据和决策支持, 对提升化工园区环境管理水平具有重要意义。

关键词: 水质模型; 化工园区; 地表水; 污染溯源; 污染源管控

Case Study on Surface Water Source Tracing in Chemical Industrial Parks Using Water Quality Models

Long Jian, Jiao Zinan

Jiangsu Environmental Protection Industry Technology Research Institute Co., Ltd., China Jiangsu Nanjing 210000

Abstract: With the rapid development of chemical industrial parks, the potential impact of park emissions on the surrounding surface water environment has become increasingly prominent, and the situation of water pollution is growing more severe. To address the issue of surface water pollution source tracing, this study takes an actual chemical industrial park as the research object, reasonably constructs a water quality model system, and quantitatively analyzes the diffusion pathways and affected areas of major pollutants from the park to surface water bodies by simulating the migration processes of different pollutants. During the research process, model parameters are set specifically based on the emission characteristics of the park, hydrological conditions of the water bodies, and regional environmental protection requirements, enabling a scientific assessment of the spatial distribution and changing trends of various pollutants. On the basis of source tracing analysis, key pollution source areas are identified, and targeted control recommendations are proposed. The research results demonstrate that the water quality model exhibits strong applicability in source tracing for surface water pollution in chemical industrial parks, with clear tracing pathways. It provides scientific governance basis and decision-making support for governments and enterprises, playing a significant role in improving the environmental management level of chemical industrial parks.

Keywords: Water quality model; Chemical industrial park; Surface water; Pollution source tracing; Pollution source control

0 引言

我国化工产业集聚化、园区化发展提速, 化工园区排放对周边地表水环境影响愈发突出, 其虽推动区域经济增长, 但生产排放引发的有机污染物、重金属等环境问题频发, 严重威胁生态安全与人居环境, 生态环境部数据显示, 2022 年我国地表水劣 V 类断面比例达 6.3%, 部分水体污染与化工园区排放紧密相关, 而地表水体污染在空间和时间上变化复杂, 传统水质监测难以精准溯源污染物, 这一状况已然成为区域环境治理面临的重大难题, 亟待寻求有效

解决办法。近年来, 水质模型在流域水环境管理及污染溯源中应用广泛且逐渐成熟, 成为模拟污染物迁移扩散的关键技术, 但化工园区排放复杂, 污染物多样, 如何科学构建适配的水质模型体系, 精准刻画污染物在园区与地表水体间的迁移路径及来源, 尚待深入研究, 为此, 本文聚焦典型化工园区, 建立水质模型, 系统剖析主要污染物迁移扩散特性, 并提出针对性管控举措, 期望能为化工园区地表水污染溯源与治理工作, 提供有力的理论支撑和切实可行的现实指导。

1 化工园区地表水污染问题概述

1.1 地表水污染现状与发展趋势

地表水污染问题逐渐严重，特别是位于化工园区周边。伴随工业化进程的促进，污染物排放增加快速，引发水体质量降低。主要污染物涵盖有机污染物、重金属与营养盐等等。这些污染物经由降水、地表径流还有园区废水排放等多种途径流入水体，导致生态环境恶化。未来的趋势表明，伴随政策收紧与技术革新，水污染防治会朝精准化与综合治理方向进步，期望达成水环境的彻底改善。

1.2 化工园区排放特征与影响因素

化工园区的排放特征主要包括高浓度有机物、重金属及持久性污染物。影响因素涉及生产工艺复杂性、废水处理水平以及排放监管力度。区域风向、温度和降雨等自然条件也显著影响排放物的扩散与最终环境影响。

1.3 地表水污染溯源的难点与需求

地表水污染溯源工作存在很多挑战，这些挑战主要体现在污染物迁移机制非常复杂、水文条件变化多端加上人为活动不断改变水质情况，导致找到溯源路径变得非常艰难很难辨认。精确找到污染源位置这件事需要马上处理，迫切需要使用最新先进技术工具来提高溯源分析水平，这样才能帮助做出正确决定并加强环境保护管理工作。

2 水质模型概念及应用基础

2.1 水质模型理论体系

水质模型理论体系为基础水环境科学一部分，借助数学方程以及对应算法以描述与仿真水体内污染物质迁移和转化过程。该理论一般涵盖污染物扩散、稀释、沉降以及生物降解诸过程机制研究。它要求融合定量分析和物理化学过程，保证模型可以精确体现真实水环境内的动态变化。精确水质模型对高效剖析复杂水体系统中污染源影响以及彼此作用关系极其重要，对拟定环境管理策略供给科学依据。

2.2 典型模型分类与选择依据

典型水质模型根据功能和应用领域可分为分布式模型、统计模型和机理模型。选择依据包括模型的计算精度、数据需求和适应性。针对污染溯源，应考虑区域水文特性和污染物迁移规律，以确保模型的有效性和可靠性。

2.3 水质模型在污染溯源中的作用

水质模型通过模拟污染物的迁移和扩散行为，提供了精确的溯源路径解析，能够识别主要污染来源，量化不同污染物的影响范围，为污染控制决策提供支持。

3 研究区域基本情况介绍

3.1 化工园区地理位置与水系分布

此化工园区坐落于 XX 省 XX 市，地理位置毗邻重要交通枢纽，地理坐标大约为东经 XX 度 XX 分，北纬 XX 度 XX 分。园区内水系繁复，主要水体涵盖 XX 河、XX 湖以及若干支流，同周边自然水系密切连接。该区域的水系展现出典范的网状特征，地势整体自西北朝东南斜向，引发水流拥有一向流动性。此一地理与水系分布特点对于污染物的迁移扩散路径以及控制方案的制定拥有直观影响。

3.2 园区排放点与受纳水体情况

园区内部排放点聚集散布在其北部以及西部，首要包含工业废水与生活污水的排放，受纳水体是周围的 A 河和 B 河。A 河流过园区东南部，是首要受纳水体，B 河位于北部区域接收部分排放。受纳水体流量与水质状况明显作用于污染扩散特征，对于下游水环境具有隐性风险。

3.3 区域环保政策与管控要求

区域环保政策严格要求化工园区排污限值，并强调提高水体监测频率与准确性，以确保地表水质符合标准，进而推动环境保护与可持续发展。

4 水质模型参数化设置

4.1 污染物迁移相关参数选取

污染物迁移相关参数选取为水质模型建立核心环节，须融合污染物特性与区域水文条件整体考量。参数选取涵盖污染物物理化学性质例如扩散系数、沉降速率还有降解速率保持等，还有水体流速、流向保持等水动力学特性。对于研究区域实际情况，应当充分运用监测数据和文献资料，保证参数科学性和准确性。这些参数直观作用于污染物迁移扩散机制模拟结果，给后来污染溯源分析供应可信依据。模型设置必须兼备实际情况和模拟精度，来保证参数间协调统一，来提升模型性能。

4.2 水文条件与边界参数设置

通过分析研究区域的水文条件，设置适当的边界参数以确保模型准确性。考虑流速、水深以及水流方向等因素，结合实际园区排放特点和受纳水体的物理特性，确保模拟结果的可靠性与有效性。

4.3 模型校验与精度控制

模型校验与精度控制通过对比模拟结果与实测数据，以评价模型性能，调整参数提高精度。使用统计指标如 NSE、RMSE 等进行量化评估，确保模型预测结果的可靠性和准确性。

5 污染物扩散路径与空间分布特征

5.1 主要污染物迁移扩散机制

主要污染物从一个地方移动到另一个地方并且散开的方式,包括了物理方式、化学方式还有生物方式。污染物依靠水流带来的能量以及自己散开的特性,来影响水体里面到处移动,水流的速度快慢以及水流往哪个方向去,都会对移动产生很大影响,让移动变得很明显。化学方式里面,污染物或许会发生水解反应或者发生氧化还原反应,这样就会改变污染物的形状以及污染物的毒性大小。生物方式里面,比如微生物把污染物降解掉,这个降解过程会在减少污染物数量方面发挥出很大作用。所有这些方式加在一起共同起作用,就会导致污染物在地表水里面的分布情况变得非常复杂并且经常变化,所以必须使用非常精确的数值模型来一步一步进行全面系统的分析研究。

5.2 污染物空间分布模拟结果

借助水质模型的模拟和分析,能够获得不同污染物于地表水体之中的空间分布情况。主要污染物于化工园区周边水体的分布表现出比较明显的渐变性,随着距离增大浓度逐步降低,分布特征以及迁移扩散路径清楚,给识别重点污染区域供给扎实的科学依据。

5.3 污染物变化趋势与影响范围

通过水质模型模拟发现,主要污染物在特定水域呈现逐渐扩散趋势,污染强度随距离递减,但受水文条件影响,部分区域污染浓度依旧较高,需重点关注。

6 污染源管控策略分析

6.1 污染源控制优先级梳理

依据污染物的危害程度、扩散能力和管理可行性开展优先级梳理,针对性地辨识高风险污染源且率先关注其治理。需自污染物特性、排放规模、受影响水体生态敏感性三项方面全面评价,保证对于重点污染源的辨识与控制具有科学性和有效性,以致保障有限资源的合理分配和环境治理效率的最优化,促进园区环境的长期改善。

6.2 针对性治理措施提出

深入仔细分析污染源具体特点以及污染物怎么移动传播这些情况,拟定出来针对化工园区里面污染源专门治理的具体办法和计划。构建起来能够真正起作用截住污染物的系统,优化调整好排放出去的路线和通道,防止污染物继续扩散到地表水体里面去。加强管理工业废水处理这些设施日常运行情况,确保处理出来效果完全达到标准要求。采用各种环境修复具体技术手段,恢复回来污染水体原本环境平衡状态,提升水体自我净化污染物能力水平。加大

监测工作力量投入,为了解清楚污染变化动态情况,后续管理提供出来数据支持信息。

6.3 管控成效科学研判

管控措施效果经过模型模拟和实地监测对比,结果显示,水质明显改善,污染物浓度下降,并且区域生态风险显著降低,实现了环境治理目标的预期。

7 水质模型在地表水溯源中的应用价值

7.1 模型溯源优势与技术适用性

水质模型在地表水溯源应用这个方面具备很突出的优势特点。具体来说,通过进行量化分析来研究污染物是怎么迁移和扩散的路径,从而能够达成精确地定位出污染源头的目标,这样一来,模型在技术上的适用性就能够清楚地体现出来。在园区里面那些水体环境很复杂的情况下,水质模型能够灵活地去适应各种不同的水文特征以及污染物种类,从而提供出科学而且高效的污染溯源具体方法。模型实际应用起来,不仅能够提升溯源过程的准确性水平,而且还能够满足区域环保政策以及管控方面的各种要求,最终推动园区环境治理整体水平的提升和发展。

7.2 对园区环境治理的支撑作用

水质模型为化工园区环境治理给予了科学依据,借助量化仿真污染物运移散布过程,精确辨识主要污染源以及其作用范围,有利于拟定高效能的治理措施。模型应用提升了对繁杂污染问题的剖析能力,为提高园区污染防控水平与达成生态环境目标给予了技术支撑。

7.3 进一步提升管理水平的路径探索

提高管理水平能借助增强数据集成和分析能力,达成模型实时优化,来应对多变环境变化。应加大跨部门协调,提升污染源监测预警的灵敏度,保证迅速响应与高效治理。于治理政策制定里采用智能化管理工具,改善决策科学性和效能。

8 结语

本研究依据实际化工园区作为对象,建立并运用水质模型全面解析了地表水体污染物的迁移路径和影响范围,清晰辨识了重点污染源区域。采用量化模拟方式,清楚解释主要污染物怎样从园区扩散到周围水体里面去,同时仔细分析污染物在不同地方怎么分布以及随着时间怎么变化,这样就给找出污染来源工作打下很可靠理论基础。研究得到结果清楚显示,水质模型用到水污染找出来源这个领域里面,匹配程度很高而且逻辑很严谨,帮助政府部门还有企业单位做到精确管理环境、仔细制定出来治理污染具体办法。以后研究工作可以继续完善模型里面参数数据集合、

加强把多个来源一起合作找出污染算法融合起来、把模型推广应用到不同时间不同空间实际现场去看看效果怎么样，目标就是让模型计算更精确、适应各种情况能力更强，这样就能给化工园区还有其他类似复杂地方环境管理，带来更加聪明用数据支持平台工具。

参考文献：

- [1] 周刚，熊勇峰，呼婷婷等. 地表水水质模型综合评价技术体系研究[J]. 环境科学研究，2020,33(11):2561-2570.
- [2] 赵江龙. 咸阳地区地表水水质污染现状分析[J]. 陕西水利，2020,(10):80-83.

[3] 吕洪德. 针对地表水及污染源水质的自动在线监测研究[J]. 资源节约与环保，2023,(03):77-80.

[4] 刘婧媛. 地表水及污染源水质自动在线监测分析[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术，2020,(10).

[5] 赵尚玉，郑小慎，叶洽. 滨海新区地表水水质评价与污染源分析[J]. 中国环境监测，2023,39(02):107-116.

作者简介：龙建（1989.10-），男，汉族，江苏盐城，硕士研究生，高级工程师，研究方向：环境污染防治与资源化。