

# 废水处理过程中的污染物浓度变化监测

何毅

贵阳市南明区环境监测站, 中国·贵州 贵阳 550000

**摘要:** 随着废水污染问题日益突出, 污染物浓度变化监测成为废水处理达标排放的关键。本文围绕该主题, 分析了在线与离线监测技术的应用特点、监测指标选择及数据处理流程, 探究了不同处理阶段污染物浓度的阶梯式变化规律及环境、工艺因素的影响, 阐述了监测对工艺优化、风险预警及生态保护的作用, 针对当前监测技术成本高、数据处理难等挑战, 提出技术升级与人才培养的应对方案, 为提升废水处理监测效能、保障水质安全提供参考。

**关键词:** 废水处理; 污染物浓度监测; 监测技术

## Monitoring the changes in pollutant concentrations during wastewater treatment

He Yi

Guiyang Nanming District Environmental Monitoring Station, China Guizhou Guiyang 550000

**Abstract:** As wastewater pollution becomes increasingly severe, monitoring pollutant concentration variations has emerged as a critical factor in achieving wastewater treatment compliance. This study examines the application characteristics of online and offline monitoring technologies, the selection of monitoring indicators, and data processing workflows. It investigates the stepwise concentration patterns of pollutants across different treatment stages and the impacts of environmental and process factors. The research highlights the role of monitoring in process optimization, risk early warning, and ecological conservation. Addressing current challenges such as high monitoring costs and data processing difficulties, the paper proposes solutions for technological upgrades and talent development, providing references for enhancing wastewater treatment monitoring efficiency and ensuring water quality safety.

**Keywords:** Wastewater treatment; Pollutant concentration monitoring; Monitoring technology

## 0 引言

水资源污染突出, 废水处理是污染防治的重要手段, 污染物浓度监测是掌握工艺效果的核心。当前监测存在技术局限与数据应用不足等问题, 本文聚焦该监测主题, 分析相关规律与影响因素, 提出解决方案, 为工艺优化与生态保护提供支撑。

## 1 污染物浓度监测的技术与方法

### 1.1 监测设备与技术手段

在线监测设备依赖于实时传感、数据传输技术, 对处理流程关键点位污染物浓度进行持续跟踪, 并且能够及时反馈工艺运行状况, 为实现调控工艺运行提供基础数据, 但由于需要购置以及后期维护成本相对较高, 容易受到水质基质影响; 离线监测设备以实验室化学分析为主, 具有可按照要求进行规范化检验的条件, 适用于仲裁分析、低频率检测、精确定量测定某些污染物等情形, 但是检测时间相对比较长, 不符合实时工艺调控的要求。常见的一些监测技术手段包括光谱法、电化学法等, 其中光谱法是基于污染物特征光谱吸收特性的一种同时检测多种参数的方

法, 其优点是速度快、无损伤; 电化学法是利用污染物和电极之间的电化学反应将污染物浓度变化转换成电量变化的方法, 多用于检测 pH 值、溶解氧等指标, 不同的技术在选用的时候要综合考虑监测目标和水质情况。

### 1.2 监测指标的选择

从类别看, 物理性指标的悬浮物、浊度可直接反映物理处理单元的分离效果; 化学性指标 COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮、总磷是体现水体有机污染和营养盐负荷的主要参数, 同时又是各种环境排放标准中重点关注的对象; 另外针对工业废水还需单独关注重金属、难降解有机物类的特征污染物等。而无论是哪一种指标都需要按照相关国家的规定来进行检测, 必须保证监测的结果合法和具有可比性, 并为达标排放提供检测数据支持。

### 1.3 数据采集与处理

数据采集必须按代表性采样原则来执行, 严格按照规定的时间、采样的数量和方法进行操作, 并防止出现采样交叉感染的现象, 在数据处理时首先要进行预处理, 用预处理的方法去除一些偏差, 通过、 $3\sigma$  准则等统计方法将

数据中的异常值去掉，利用线性插值法、指数平滑法填补空白的数据，然后再进行统计分析，通过作图法判断浓度的变化规律，区分出正常波动和工艺原因引起浓度突然变化的不同情况，得出较为客观的监测数据结果，用来指导工艺改进和评价该工艺的效果如何<sup>[1]</sup>。

## 2 废水处理过程中的污染物浓度变化规律

### 2.1 不同处理阶段污染物浓度的变化

废水处理全流程的污染物浓度变化呈现显著的阶段性特征，各处理阶段的工艺目标差异直接决定了浓度衰减的方向与幅度，具体特征可通过表1清晰梳理。

### 2.2 影响污染物浓度变化的因素

环境因素中最为重要的就是进水水质的变化，进水水质中污染物的组成和初始浓度一旦发生变化就会影响污水处理系统的稳定状态，使得污水的浓度突破常规变化；而水温可以改变微生物的活性影响生物降解效率，pH影响着混凝、氧化还原等反应的进行程度，都会通过影响微生物活性或者作用产物形态间接影响污染物的去除率。工艺参数控制最为直接，水力停留时间不够使污染物反应不完全、达不到相应的去除效果，水力停留时间太长则会造成运行费用过高；药剂投加量需要根据污染物负荷来进行匹配，如果投加量少则会影响污染物去除的效果，而投加量多则会出现投加多余的药剂产生二次污染的问题。以上这些都属于动态的参数，其参数值会直接影响污染物浓度变化的趋势。

## 3 污染物浓度监测对废水处理的影响

### 3.1 优化处理工艺的依据

通过跟踪预处理、初级处理、二级处理和深度处理过程中各个工序单元间各类重要污染物的浓度变化及各阶段关键污染物浓度的变化规律，可以直观地反映出各阶段工序单元的真实运行效率以及污染物去除效率——如果监测发现初级处理后悬浮物浓度大幅降低不能达到预期结果，则可以根据实时监测浓度情况来对混凝剂类型及投加量或沉淀池的水力停留时间进行针对性调控，实现胶体态

和悬浮态污染物的彻底分离（如下图所示）。二级处理时COD、氨氮等浓度衰减速率偏慢可通过监测数据直接得出原因，并通过增大曝气量或增减回流污泥比等方法改善微生物活性，提高生化降解速率；而深度处理过程可以通过监测残留污染物浓度并针对监测值调节吸附剂填料投加量、高级氧化反应体系中氧化剂投加量以及反应时间等重要参数。这种以监测数据为导向的精准调控模式，彻底摒弃了传统工艺调整中的盲目性，不仅能够显著提升污染物去除效率，还能有效避免药剂浪费、能源消耗过大等问题，实现处理效率与运行成本的动态平衡，推动废水处理系统向高效化、节能化、精细化方向升级<sup>[2]</sup>。

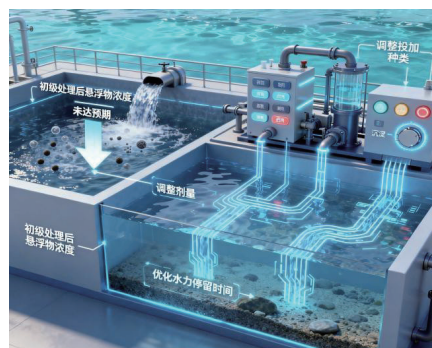


图1 初级水处理悬浮物浓度优化调控示意图

### 3.2 预警机制的建立

基于污染物浓度监测数据构建的完善污染风险预警机制，是提前防范潜在环境风险、保障废水处理过程连续性与稳定性的重要保障。实时监测系统通过对各关键节点污染物浓度数据的不间断采集与分析，可预先设定不同污染物的正常浓度阈值范围，当出现进水污染物浓度突然飙升、某处理单元污染物去除率骤降、出水指标濒临超标等异常情况时，系统能第一时间触发预警信号，同步推送至运维管理终端，为工作人员争取充足的应急处置时间。同时，借助对长期监测数据的趋势分析与规律挖掘，能够精准预判污染物浓度的变化态势，提前防范周期性或突发性污染风险——例如，根据历年监测数据识别出雨季进水水质波动较大、污染物负荷偏高的规律，可提前调整工艺参数、

表1 不同废水处理阶段的核心工艺与污染物浓度变化特征表

处理阶段	核心工艺	主要污染物浓度变化（初始→处理后，单位：mg/L）	关键特征
预处理阶段	格栅、沉砂	SS: 250→80; 浊度 (NTU): 50→20; COD/BOD <sub>5</sub> /氨氮/总磷基本不变	仅大幅去除物理性污染物
初级处理阶段	混凝、沉淀	SS: 80→30; COD: 390→280; BOD <sub>5</sub> : 195→140; 总磷: 3.5→2.5	胶体 / 悬浮态污染物初步去除
二级处理阶段	生物降解、化学氧化	COD: 280→45; BOD <sub>5</sub> : 140→8; 氨氮: 32→4; 总磷: 2.5→0.4	核心污染物高效去除，趋近达标
深度处理阶段	吸附、高级氧化	COD: 45→25; BOD <sub>5</sub> : 8→4; 氨氮: 4→0.8; 总磷: 0.4→0.15	残留污染物去除，稳定达标

增大缓冲池容量,以应对冲击负荷对处理系统的影响;针对工业废水排放可能存在的间歇性污染物超标问题,通过监测数据的关联性分析,可预判潜在的超标风险并提前制定应对方案。这种“实时监测—异常预警—提前预判”的主动防控模式,彻底打破了传统“事后检测、被动处置”的局限,有效避免了因工艺失控导致的出水超标、处理系统崩溃等严重问题,大幅降低了环境风险与经济损失,保障了废水处理全流程的稳定可控<sup>[9]</sup>。

### 3.3 保障水质达标与环境保护

污染物浓度监测是筑牢出水水质达标防线、守护生态环境安全的关键环节,贯穿于废水处理全流程的质量管控之中,为生态环境保护提供了坚实的技术支撑。全流程多节点的监测体系能够实现从进水端监测把控原水污染负荷,到各处理阶段实时追踪污染物去除进程,再到出水端严格核查水质指标,确保每一个环节的污染物浓度都处于可控范围之内,最终通过出水口的实时监测数据精准验证出水水质是否符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》《污水综合排放标准》等相关法规与标准要求,从源头杜绝超标废水直接排放。从生态环境保护的宏观视角来看,精准的污染物浓度监测能够有效控制化学需氧量、氨氮、总磷、重金属等关键污染物的排放总量,减少废水排放对受纳水体、土壤、地下水等生态系统的破坏,降低对水生生物多样性、农作物生长及人类健康的潜在危害。此外,长期积累的监测数据还能为区域水环境质量评估、污染溯源分析提供基础数据支撑,为环保政策的制定、水环境治理规划的优化及水资源循环利用方案的设计提供科学依据,助力实现水资源的可持续利用与生态环境的长效保护<sup>[10]</sup>。

## 4 当前面临的挑战与解决方案

### 4.1 监测技术的局限性

在废水处理污染物浓度监测的实践推进中,监测技术本身存在的局限性成为制约监测工作提质增效的核心瓶颈。首先是设备成本的高门槛限制,高精度在线监测仪器的购置费用往往较高,加之安装调试、配套管网建设等前期投入,使得许多中小型污水处理厂或分散式处理设施难以承担全流程、多节点的在线监测系统建设成本,只能依赖传统的离线监测手段,导致监测数据的实时性不足,无法及时支撑工艺调控决策。其次是设备维护的复杂性与高成本,在线监测设备对运行环境的温湿度、水质基质等条件要求较为严苛,长期运行中易受水中悬浮物、油污、腐蚀性物质等影响,导致传感器污染、检测精度下降,需要专业技

术人员定期进行零点校准、跨度校准、耗材更换及故障排查,不仅增加了运维工作量,也进一步推高了监测成本,部分设施因运维能力不足导致设备长期闲置或数据失真。此外,数据准确性保障难度较大,复杂废水基质中的色度、浊度、共存离子等会对监测信号产生干扰,例如紫外吸收法测COD时,高浊度水体易导致检测结果偏高;同时,设备长期运行后的部件老化、校准不及时等因素也会引入系统误差,使得监测数据与实际污染物浓度存在偏差,影响数据的可靠性与应用价值<sup>[11]</sup>。

### 4.2 数据管理与分析的难点

随着监测技术的普及,废水处理全流程产生的监测数据呈现爆发式增长,数据管理与分析环节的难点日益凸显。一方面,海量监测数据的处理压力显著增大,全流程多节点、高频率的监测会产生包含时间、浓度、工艺参数等多维度的大数据,传统数据处理方式效率低下,难以实现数据的实时整合与筛选;另一方面,智能化分析需求难以满足,当前多数监测数据分析仍停留在基础的浓度变化趋势统计层面,缺乏对数据关联性、变化规律及风险预判的深度挖掘,无法充分发挥数据对工艺优化、风险预警的支撑作用,导致大量监测数据的价值未能有效释放。

### 4.3 应对措施

针对监测技术成本高、维护难、精度易受干扰及数据处理分析低效、挖掘不足的核心挑战,需构建系统性应对体系:技术层面采用分级适配与降本增效策略,核心节点配置高精度在线监测仪,次要节点选用低成本设备,通过区域设备共享分摊成本,同时搭建远程运维与故障预警体系,推行复杂维护外包模式,并通过加装预处理模块、开发抗干扰算法及规范现场校准流程保障数据精度;数据管理方面构建边缘预处理+云端分级存储架构,简化海量数据处理压力,搭建轻量化智能分析平台,实现数据关联分析、异常预警与趋势预判,建立“监测—分析—调控”闭环机制;落地层面需依托政策补贴支持中小型处理厂技术升级,通过产学研协同研发专用技术与模型,搭配“现有人员双技能培训+院校定向培养”的人才培育模式,确保各项措施高效落地、切实破解行业痛点<sup>[12]</sup>。

## 5 结语

综上所述,污染物浓度变化监测是废水处理的核心,既能够掌握污染物衰减规律、量化工艺效能,也能为工艺调控、风险预警提供可靠依据,筑牢水质达标与生态保护防线。针对当前监测技术成本高、数据挖掘不足等问题,技术升级与人才培养的核心是提升监测精准性与实用

性——通过分级适配设备、完善智能运维技术优化数据质量，依托复合型人才培育、数据分析平台释放数据价值。未来，智能化、低成本监测体系将持续完善，推动污染物全流程精准管控，助力废水处理行业高效绿色发展，保障水环境质量。

#### 参考文献：

[1] 张红斌. 造纸废水排放对区域水环境的影响及监测方法分析[J]. 中华纸业, 2025,46(12):115-117.

[2] 丁新沛, 宁耕. 废旧轮胎胶粉制备过程中废水污染物环境监测的要点探究[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2025,(05):20-22.

[3] 王鹏. 造纸行业废水处理技术的应用及研究进展[J].

华东纸业, 2025,55(03):32-34.

[4] 于海洋, 李朝朋, 杜世明. 生物接触氧化法处理轮胎化工工厂废水的分析和探究[J]. 山西化工, 2025,45(10):73-75.

[5] 吴春瑜. 化工废水处理中催化氧化剂对污染物去除的研究[J]. 化肥设计, 2025,63(04):32-34.

[6] 徐金玉, 杨立峰, 陈飞宇等. 印染废水污染物协同处理模式的研究及应用[J]. 给水排水, 2025,61(05):80-86.

作者简介：何毅（1986.10-），男，汉族，贵州省遵义市，本科，毕业于贵州师范大学，研究方向：主要从事生态环境监测方面研究。