



**2025 年水污染防治技术研讨会
暨中国环境科学学会水环境分会学术年会**

摘要集

2025 年 9 月 20-21 日 山西·太原



目 录

大型灌区续建配套与现代化改造工程的水生态环境影响分析.....	1
生态保护红线区域内生物多样性保护措施对策探讨.....	2
人工智能驱动的污水处理工艺优化与运营管控：技术综述与工程实践.....	3
旱雨季切换对协同处理初期雨水和污水处理厂尾水人工湿地效能的影响.....	4
基于洪枯时序指标的鄱阳湖洲滩植被响应机制与保护策略.....	5
基于骆马湖生态现状的生态修复路径探索.....	6
利用还原剂强化印刷电路板污泥构建类芬顿体系高效处理焦化废水的研究：性能、优化和机理.....	7
协同超净化水土共治技术在云南异龙湖整体治理中的应用.....	8
虹吸人工湿地中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环驱动多环芳烃降解的强化机制研究.....	9
市政与工业污水的碳截留技术.....	10
磷酸铵镁热分解循环沉氨及其应用.....	11
基于调控层状双金属的形成及其于高盐废水零排放的应用.....	12
骆马湖蓝藻水华防控治理与水生态修复研究.....	13
类水滑石促进剩余污泥厌氧消化及副产物末端治理效能及机制研究.....	14
有机磷废水的高效治理及其磷回收利用.....	15
半胱氨酸/ Cu^{2+} 协同强化铁泥基类芬顿体系处理焦化废水：氯离子去除与 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 循环机理.....	16

大型灌区续建配套与现代化改造工程的水生态环境影响分析

葛耀¹, 景圆¹, 余登科²

(1. 淮河水资源保护科学研究所, 安徽蚌埠, 233000;

2. 安徽淮海环保科技有限公司, 安徽蚌埠, 233000)

摘要: 大中型灌区是保障国家粮食安全的重要基础, 是落实乡村振兴战略的有效抓手, 灌区现代化是农业农村现代化的重要组成部分, 是合理配置和利用水资源、解决农业灌溉用水问题的有效工程。灌区工程持续时间长, 生态系统开放, 涉及河流、水库、渠道众多, 易受人类活动影响。为维护生态环境, 项目实施前应对水生态影响进行科学全面的分析和论证。本研究以安徽省驷马山灌区“十四五”续建配套与现代化改造工程为例, 阐述了灌区概况及水生态环境现状与保护目标, 分析了大型灌区续建配套与现代化改造工程施工及运行期间水生态环境影响, 并提出相应的保护对策措施。结果表明, 工程对浮游植物、底栖动物、鱼类及水文形势将一定的影响, 不利影响主要集中于施工期, 影响范围在局部; 有利影响主要包括节水灌溉以及对水质的改善作用, 优化了区域水生态环境。研究成果可为类似灌区续建工程的环境保护工作提供参考, 实现大型灌区水生态环境的延续及可持续发展, 呵护灌区水资源和水生态环境。

关键词: 大型灌区; 续建配套与现代化改造; 水生生态环境; 保护措施

生态保护红线区域内生物多样性保护措施 对策探讨

孙锋¹, 周凌云², 刘华春³

(1.淮河流域水土保持监测中心站, 安徽蚌埠, 233000; 2.中水淮河规划设计研究有限公司, 安徽合肥, 230041; 3.淮河水资源保护科学研究所, 安徽蚌埠, 233000)

摘要:近年来随着国土空间规划及管控政策的变化,水利工程特别是防洪除涝工程普遍涉及到生态保护红线。根据生态红线保护要求,需围绕项目必要性、选址唯一性和减缓生态影响的主要措施等提出论证和建议。本文基于淮河干流浮山以下段行洪区建设涉及生态保护红线情况,提出相应的避让、减缓、补偿等措施进行探讨和分析。

关键词:生态红线; 生物多样性; 措施对策

人工智能驱动的污水处理工艺优化与运营 管控：技术综述与工程实践

司峰*, 罗丽, 易如

(中车产业投资有限公司, 北京丰台, 100071)

摘要: 在“双碳”与智慧水务背景下, 污水处理行业面临高能耗与复杂进水波动等挑战。本文系统回顾了 2015~2024 年间人工智能 (AI) 在污水处理中的应用进展, 涵盖工艺参数优化 (曝气、SRT、加药)、水质在线软测量与预测、资源/能源回收 (厌氧产沼、磷回收) 以及数字孪生与智能决策支持系统。通过对典型工程案例的比较分析, 汇总了 AI 实施后在节能 (常见范围 8%~15%)、药耗降低 (15%~30%) 与进水预测精度 (4 h 内 MAPE<5%) 等方面的绩效。文章进一步讨论了数据质量、模型泛化、标准规范与产业化等瓶颈, 并提出机理—数据融合、大/小模型协同、多模态感知及“厂—网—河”一体化管控等未来发展方向。本文旨在为污水处理智能化转型提供理论参考与工程建议。

关键词: 人工智能; 污水处理; 工艺优化; 智能控制; 节能降耗; 智慧水务

旱雨季切换对协同处理初期雨水和污水处理厂尾水人工湿地效能的影响

龚本洲，李立国

(长江勘测规划设计研究有限责任公司，湖北武汉，430010)

摘要:随着城市化的快速发展，原有城市河道逐渐演变成城市雨水排放通道，在雨季时，大量的初期雨水进入城市河道，给河道带来大量污染，但是在晴天时，城市排洪河道缺乏补水，河道缺乏生态基流，导致其逐步散失水生态功能，水体自净能力显著下降。基于上述原因，导致部分城市河道完全散失水生态功能，水体长期处于黑臭状态。

结合城市河道的特点，寻求合适的城市河道黑臭状态解决方案，恢复城市河道水生态功能，是城市河道高质量发展急需解决的问题。为有效解决城市河道面对的困境，恢复其水生态功能，本研究提出了协同净化初期雨水与污水处理厂尾水人工湿地技术，在雨季时，通过净化初期雨水，减轻初期雨水对河道的污染，在晴天时，通过净化污水处理厂尾水，为河道提供生态补水。

本研究考察了旱雨季切换对协同处理初期雨水和污水处理厂尾水人工湿地效能的影响，雨季工况下，无论初期雨水单独处理还是初期雨水与污水厂尾水混合处理，出水水质能够达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质标准》(GB/T 18920-2020)、《城市污水再生利用 景观环境用水水质标准》(GB/T 18921-2019) (河道类)的要求。

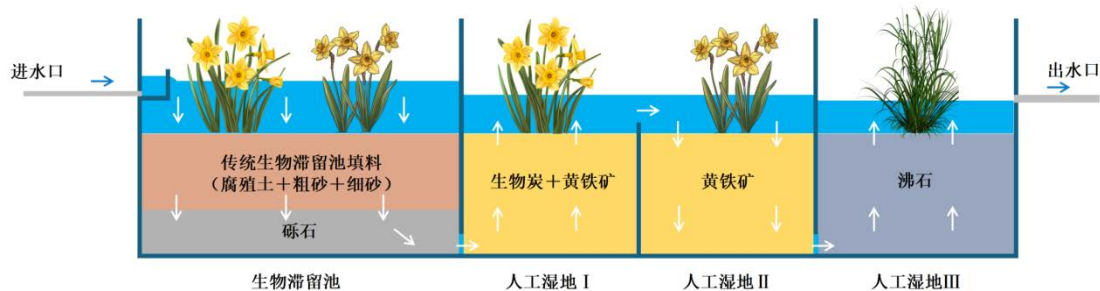


图 旱雨季运行模式自动切换的人工湿地工艺示意图

关键词:初期雨水;污水厂尾水;人工湿地;协同处理

基金项目:湖北省自然科学基金(No.2025AFB314)

基于洪枯时序指标的鄱阳湖洲滩植被响应机制与保护策略

彭康, 汤显强*

(长江水利委员会长江科学院, 武汉, 430014)

摘要: 鄱阳湖是中国最大的淡水湖, 其洪泛湿地长期处于洪水淹没与枯水暴露的交替状态。为量化洲滩植被对洪枯过程的响应机制, 本研究基于 2000-2024 年多源遥感影像及日值水位监测数据, 提取洪水持续时长、洪水间隔、枯水持续时长和枯水间隔四类时序指标, 构建了将 Gaussian 响应函数与随机森林残差修正相结合的双阶段模型, 定量解析极端洪枯事件对洲滩植被的影响。结果表明: 引入时序指标后, 植被面积预测精度 (R^2) 由 0.33 提升至 0.81; 适度的洪枯转换可促进湿地植被恢复, 而极端频繁或持续过长的转换则会削弱植被稳定性; 子湖区连通性增强与闸控调度在缓冲洪枯冲击和维护生态连续性方面具有重要作用。基于上述定量分析, 本文提出碟形湖动态闸控调度、洲滩底质生境改善等综合保护策略, 为湖泊洪枯敏感区的监测预警与生态修复实践提供参考。

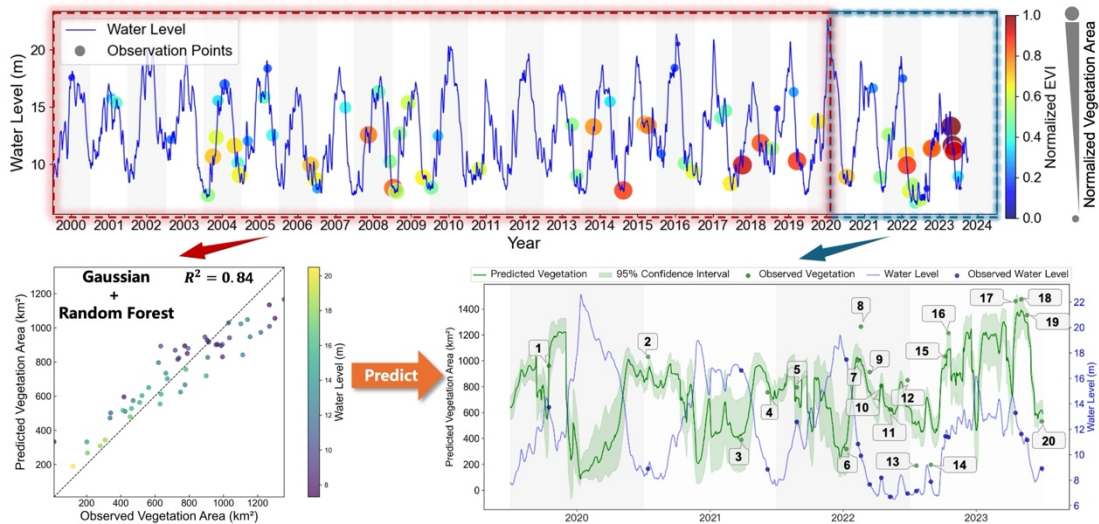


图 “高斯+随机森林”二阶段响应模型构建与预测

关键词: 洲滩植被; 鄱阳湖; 洪枯转换; 随机森林模型

项目基金: 国家重点研发计划项目课题 (2023YFC32090004), 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (CKSF2024992/SH 和 CKSF2025164/SH)

基于骆马湖生态现状的生态修复路径探索

庞兴红¹ 袁希功²

(1. 淮河水资源保护科学研究所, 安徽蚌埠, 233001;

2. 淮河水利委员会淮河流域水土保持监测中心站, 安徽蚌埠, 233001)

摘要: 骆马湖是沂沭泗流域下游重要防洪调蓄湖泊, 沿湖圩区的排涝承泄区, 是南水北调东线工程的重要调蓄湖泊, 徐州市重要供水水源地, 宿迁市、新沂市饮用水水源地保护区, 宿迁市补充供水水源地, 亦是江苏省重点湿地自然保护区, 承担着保护生物多样性、维持生态平衡、调节气候、生物净化等生态功能, 具有较高的生态区位价值与资源优势。上世纪八十年代以来随着经济社会发展, 工业化和城镇化的快速推进, 骆马湖调蓄能力下降、水域萎缩、水质恶化、水生态退化、功能衰减等问题日益凸显, 这些问题与生态环境保护不相适应, 与生态经济发展不相协调, 复苏骆马湖生态环境已成为绿色可持续发展的当务之急。

本文以生态系统理论为基础, 识别了骆马湖存在的软体动物资源衰退、水生植物破坏严重、鱼类种类减少、鱼类资源小型化趋势明显、湖底荒漠化等生态问题, 梳理了近几年骆马湖治理保护成果, 针对进一步深化骆马湖治理保护提出了水生植被恢复、鱼类资源保护、湖底生态修复、严守生态保护红线、积极保护生态空间等生态修复的实现路径, 以期改善和复苏骆马湖生态环境提供重要参考。

关键词: 骆马湖; 生态现状; 生态修复; 路径

利用还原剂强化印刷电路板污泥构建类芬顿体系高效处理焦化废水的研究：性能、优化和机理

姜凤成, 朱广怡, 张一臣

(河南理工大学资源环境学院, 河南焦作, 454003)

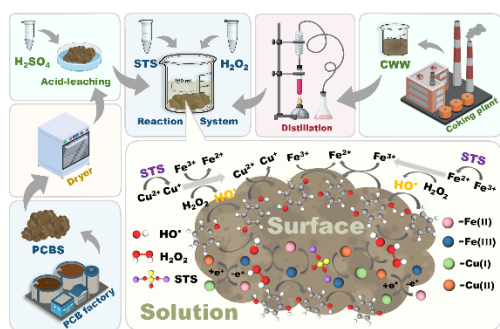
摘要: 焦化废水 (CWW) 成分复杂, 富含高毒性、难降解的酚类化合物 (PCs)。本研究创新性地提出“以废治废”策略, 将危险废物印刷电路板污泥 (PCBS) 回收为低成本非均相催化剂, 与硫代硫酸钠 (STS) 协同活化 H_2O_2 , 构建 PCBS/ H_2O_2 /STS 类芬顿体系, 用于降解焦化废水中的 PCs, 降低化学需氧量 (COD)。

通过 Box-Behnken 设计响应面法优化得到污泥酸浸浓度、PCBS 投加量、STS 浓度、 H_2O_2 浓度的最佳工艺参数。在此条件下, 模型预测对 PCs 和 COD 的去除率分别为 95.51% 和 56.32%; 实验验证结果高度吻合, 证实了模型的可靠性及该体系的高效性。

机理分析表明, 降解过程遵循双相反应机制: (1) 在 PCBS 表面发生非均相催化反应, 其 Fe/Cu 等金属物种激活 H_2O_2 产生羟基自由基 (HO^\bullet); (2) PCBS 中溶出的 Fe^{3+}/Cu^{2+} 离子引发均相反应, STS 将其高效还原为 Fe^{2+}/Cu^+ , 进而与 H_2O_2 反应持续生成 HO^\bullet 。尤为重要的是, 反应过程中产生的氢醌和苯醌等中间产物可作为天然电子介体, 构建了一个自我维持的氧化还原循环, 极大地减少了 STS 的消耗。总之, 该研究成功将 PCBS“变废为宝”, 为焦化废水处理提供了一种高效、经济且可持续的解决方案。

表 1 Box-Behnken 模型设计的变量水平

变量	代号	等级范围		
		-1	0	1
H_2SO_4 (M)	X_1	1.0	1.5	2.0
PCBS (g/L)	X_2	0.7	1.0	1.3
STS (mM)	X_3	0.01	0.03	0.05
H_2O_2 (mM)	X_4	30	55	80

图 1 PCBS/ H_2O_2 /STS 体系反应流程及机理

关键词: 类芬顿工艺; 焦化废水; 印刷电路板污泥; 响应面法

基金项目:河南省重点研发专项 (No.241111320400)

协同超净化水土共治技术在云南异龙湖 整体治理中的应用

张耀中¹, 张习武², 窦一文², 江垠²

(1. 上海交通大学, 上海, 200240; 2. 上海金铎禹辰水环境工程有限公司, 上海, 201702)

摘要: 针对云南省红河州石屏县异龙湖的水质与水生态问题, 选用协同超净化水土共治技术, 以水、藻和底泥共同治理为手段, 实施异龙湖整体治理项目。经过两年半的项目实施, 分析湖内国控及湖东、湖西省控断面的平均指标, COD_{Cr}、氨氮、总磷指标达到地表水V类标准。异龙湖透明度从初期 35cm 提升至 120cm, 底部溶氧提升明显。异龙湖的平均藻密度降低 93.8%, 藻相已经发生巨大变化, 蓝藻门占比从 98.9%降至 31.6%, 蓝藻门的拟柱胞藻从主导到消失, 硅藻门从原来的 0.3%增加至 46.8%, 成为主导门类, Y 隐藻门从 0.1%增加至 6.4%, 成为新生群类。监测数据表明, 异龙湖的整体生境、水质指标及生态修复等方面, 治理效果显著。协同超净化水土共治技术显示出在高原湖泊的治理中具有良好的应用效果。

关键词: 水和底泥共治; 流域生态; 金刚石纳米薄膜材料; 负电子亲和势

虹吸人工湿地中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环驱动多环芳烃降解的强化机制研究

陆佳兴^{1*}, 张建^{1,2*}

(1. 山东师范大学地理与环境学院, 山东济南, 250014)

2. 山东师范大学化学化工与材料科学学院, 山东济南, 250014)

前言: 多环芳烃 (PAHs) 具有显著的诱变性、致癌性和毒性, 对生态系统和人类健康构成极大威胁, 制约了再生水安全回用。传统人工湿地因溶解氧 (DO) 不足和基质去除能力弱, 导致 PAHs 的去除效率低下。潮汐流人工湿地虽能通过泵实现周期性“注水-排水”改善氧环境, 但增加了运行成本。本研究提出一种新型自动潮汐流人工湿地, 结合虹吸作用和磁铁矿基质, 旨在通过 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环驱动 PAHs 的强化去除。研究重点包括: (1) 评估不同 CWs 对 PAHs 的去除潜力; (2) 量化微生物降解在 PAHs 去除中的贡献; (3) 解析 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环的微生物机制及其对 PAHs 去除的促进作用。

材料与amp;方法: 构建四种小试 CW: TCW: 传统垂直潜流湿地, 恒定水位。SCW: 虹吸式湿地, 通过虹吸管实现周期性注水-排水。ASCW: 在 SCW 基础上增设 U 型气道, 增强氧气扩散。ASCW-M: ASCW 基质中添加磁铁矿与砾石混合物 (体积比 1:2)。以苯并芘 (B[a]P) 为目标 PAHs, 利用气相色谱质谱联用、电化学工作站、宏基因组等方法揭示 ASCW 的 B[a]P 去除机制

研究内容、结果与amp;讨论: 不同的 CW 在出水 B[a]P 去除率上表现出显著差异。由于氧化还原环境的改善和铁基质的优化, ASCW-M 的 B[a]P 去除率 (85-92%) 显著高于 TCW (50-60%)。微生物降解是 B[a]P 去除的主要机制 (32% - 62%), 基质吸附 (10% - 25%) 和植物吸收 (2% - 12%) 贡献小。虹吸作用与铁基质的耦合可以大幅提高微生物降解 PAHs 的比例 (30%)。

基质的理化表征证明, 磁铁矿在虹吸作用下形成动态铁循环。此外, 好氧区植物根系产生的根系分泌物可以作为电子穿梭体, 提高磁铁矿的电子接受能力。电化学结果证实, 铁循环的发生也大幅促进了微生物的胞外电子转移能力。微生物分析表明 ASCW-M 的富集了假黄单胞菌等 PAHs 降解菌, $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环在铁还原菌和厌氧菌之间建立直接种间电子转移通道 (DIET), 促进了 PAHs 的微生物降解。

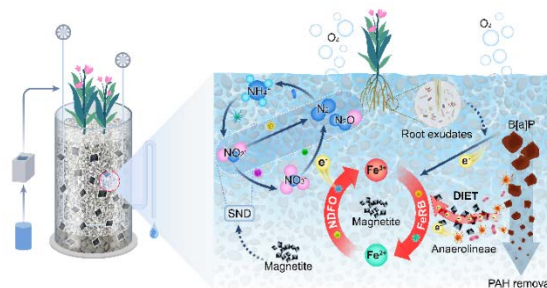


图 虹吸人工湿地中 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环驱动多环芳烃降解机制

结论: 微生物降解是 CW 去除 PAHs 的主要途径, ASCW-M 通过虹吸作用优化了氧化还原环境, 驱动磁铁矿形成 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环, 实现了 PAHs 的高效同步去除。铁循环通过 DIET 强化了 PAHs 的厌氧-好氧协同降解。本研究为 CW 去除 PAHs 提供了新见解与技术支撑。

关键词: 虹吸人工湿地; 多环芳烃; $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 循环; 种间电子转移;

基金项目: 国际自然科学基金 (No.52430005); 山东省博士后创新人才支持项目

市政与工业污水的碳截留技术

何伟华, 谷瑞泽, 李东一

(哈尔滨工业大学环境学院, 哈尔滨, 150090)

摘要: 在全球碳中和与资源循环战略驱动下, 污水处理行业正从能源消耗型模式向资源回收型模式转型。市政与工业污水中蕴含的大量有机碳既是潜在能源, 也是重要资源载体。高速率接触稳定工艺 (HiCS) 与高速率氨保留-碳截留系统 (HiAC) 的研发, 为污水碳截留技术带来突破性进展, 为污水资源化提供了可行路径。

高效接触稳定工艺 (HiCS) 通过精准调控碳流方向, 实现有机碳向可回收生物物质的高效转化。研究表明, 污泥龄 (SRT)、接触时间 (T_c) 和接触段溶解氧 (DOc) 是影响碳截留效率的关键因素。SRT 为 2.0 天时系统碳截留效率达 $43 \pm 3.5\%$, 此时非氧化吸附/储存路径贡献达 $52 \pm 8.5\%$, 生物氧化被抑制至 $17 \pm 3.8\%$ 。SRT < 2.0 天会因过量松散结合型胞外聚合物 (LB-EPS > $80 \text{ mg-COD g}^{-1}\text{-VSS}$) 导致污泥膨胀 (SVI > 200 mL/g); SRT 延长至 3.0-5.0 天则促使 *Agitococcus*、*Halomonas* 等氧化型菌属占据主导, 有机碳更多分解为 CO_2 , 降低碳截留效率。接触时间 20 分钟内即可完成高效碳截留, 延长会引发颗粒态 COD 再释放与污泥沉降恶化。DOc 从厌氧水平 (< 0.2 mg/L) 升至缺氧水平 (0.5 mg/L) 时, 碳截留效率达 $49 \pm 6.2\%$, 主要通过 EPS 介导的吸附-储存路径实现; DOc 提高至 1.0 mg/L 则使碳流转向氧化代谢, 截留效率下降。微生物群落分析显示, 最优条件下 *Candidatus Competibacter*、*Acidovorax* 等储碳菌属成为优势种群, 其分泌的 EPS 中蛋白质组分与截留效率呈强相关性 ($r^2 > 0.7$), 为生物絮凝提供物质基础。

针对高浓度有机与氨氮污水的处理难题, 高效碳截留-氨保留系统 (HiAC) 通过短 SRT 与厌氧生物选择器设计, 实现有机碳去除与氨氮保留的协同优化。在处理 COD 1000-2200 mg/L 、氨氮 500-2000 mg/L 、电导率 2-20 mS/cm 的高负荷条件下, HiAC 表现卓越: 氨氮保留率超 95%, COD 去除率达 82% 以上, 碳截留率 (以污泥形式) 最高达 57%, 水力停留时间仅 15 小时, 为传统间歇 AO 工艺的 6.3%, 大幅提升处理效率。其核心机制是通过短 SRT (1.6 天) 与厌氧选择压力, 定向富集 *Zoogloea*、*Thauera* 等储碳微生物, 同时抑制氨氧化微生物 (AOMs), 使氨氧化细菌丰度从 3.06% 降至 0.03% 以下, 且未检测到氨氧化相关酶基因, 从根本上阻断氨氮氧化消耗。

HiCS 与 HiAC 技术打破了传统污水处理“耗能除污”模式, 通过精准调控碳流方向实现从能源消耗到资源回收的转变。HiCS 适用于市政污水低碳截留, HiAC 针对高浓度工业废水协同资源化, 两者协同构建覆盖多场景的污水高效碳截留技术体系, 为后续资源化奠定基础。

关键词: 污水碳截留技术, 污水资源化技术, 参数调控, 保氨脱碳

基金项目: 国家重点研发计划 (2024YFD2401300); 污泥安全处置与资源化技术国家工程研究中心项目 (Z2024A021 和 Z2024A004)

磷酸铵镁热分解循环沉氨及其应用

史焯培, 李广宇, 夏洪强

(宁夏大学化学化工学院 省部共建煤炭利用与绿色化工国家重点实验室, 宁夏银川, 750000)

摘要: 含氨废水的高效处理是工业与市政污水治理的关键挑战。磷酸铵镁 (MAP) 沉淀法因其高效脱氮能力备受关注, 但传统工艺因镁盐、磷酸盐药剂消耗量大, 导致处理成本高昂, 限制了其规模化应用。本研究提出一种基于 MAP 热解产物循环利用的优化处理工艺, 旨在通过资源再生降低运行成本。研究重点考察了 MAP 的热分解特性及其产物回用效果。实验表明, 在合适的碱性条件下, MAP 可高效分解为磷酸钠镁、磷酸镁及氢氧化镁, 这些产物可作为镁源和磷源重新参与沉氨反应, 形成闭环处理体系。针对 1000 mg/L 氨氮模拟废水, 经 6 次循环后氨氮去除率仍保持在 85% 以上。进一步应用于宁夏某焦化厂实际废水处理时, 6 次循环后氨氮去除率高达 90%, 同时显著降低了药剂成本。本研究通过热解-循环工艺实现了 MAP 沉淀剂的再生利用, 突破了传统技术的高成本瓶颈, 为含氨废水的经济高效处理提供了可行方案, 具有显著的工业化应用潜力。

关键词: 磷酸铵镁沉淀法; 热分解; 循环沉氨

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划高新技术领域项目“高碱金属高氯低灰煤在大规模气流床气化装置应用技术研究”(项目编号:2025BEE02034)

基于调控层状双金属的形成及其于高盐废水零排放的应用

韦嘉焱, 李广宇, 夏洪强

(宁夏大学化学化工学院 省部共建煤炭利用与绿色化工国家重点实验室, 宁夏银川, 750000)

摘要: 由于我国社会经济飞速发展, 随着印染、化工及煤焦化等各行业工业化的新兴发展, 高盐废水量激增, 其成分也日益复杂, 处理难度随之增大。高盐废水作为一种有毒且难降解的工业废水难以进行直接排放, 会对江河湖泊等水体环境和土壤资源造成严重污染和破坏, 妥善处理迫在眉睫。

通常, 高盐工业废水中含有有机物与大量的可溶性无机盐, 例如高浓度的: SO_4^{2-} 、 Cl^- 和 Ca^{2+} 等。高盐工业废水处理技术关键在于脱盐处理。脱盐处理常采用稀释浓水、反渗透膜和蒸发结晶等技术, 但这些传统技术各有利弊, 通常面临水资源浪费、经济投资过高和难以回用等局限性。

因此, 研究通过对层状双金属氢氧化物进行结构调控并合成更有利于脱除高盐离子的新型材料, 通过取用实际工厂废水与多离子模拟废水进行实验, 实验结果表明合成内部呈多孔蜂窝状, 外部包围层状结构的团簇状新型材料, 与传统单一的层状结构不同, 新型材料的比表面积更大, 较调控前增加 $112.63\text{m}^2/\text{g}$; 外部层状结构的层间距更大, 较调控前增加 0.81\AA 。实验证明 SO_4^{2-} 、 Cl^- 和 Ca^{2+} 等污染离子得以同时协同脱除, 去除效率均达到 90% 以上。克服了传统方法耗时过长、成本过高与工艺繁琐的瓶颈, 使处理后废水达到循环水可用指标及直接排放标准。

关键词: 高盐废水; 工业废水; 层状双金属氢氧化物; 协同脱除

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划高新技术领域项目“高碱金属高氯低灰煤在大规模气流床气化装置应用技术研究”(项目编号:2025BEE02034)

骆马湖蓝藻水华防控治理与水生态 修复研究

王雅竹, 段学军

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏南京, 210008)

摘要: 骆马湖作为南水北调东线工程重要调蓄节点和苏北地区重要的饮用水源和生态廊道, 其水生态健康直接关系区域供水安全、生物多样性维持及流域可持续发展。受农业面源污染、城镇生活污水排放及养殖活动等影响, 湖区近年蓝藻水华频发, 引发水体富营养化加剧、水生生物群落失衡等问题, 亟需开展针对性的蓝藻防控治理与水生态修复研究。本文以骆马湖为对象, 基于水质监测数据及遥感影像解译结果, 结合现场调查与实验分析, 系统解析了蓝藻水华的时空分布特征, 提出了“控源-预警-防控-修复”协同的治理路径, 并验证了关键技术的水生态修复效能。

研究表明: 骆马湖蓝藻水华集中暴发于夏季 7-9 月, 高发区主要分布于入湖河口周边及湖湾静水区, 优势藻种为微囊藻。基于此, 研究构建了“控源减排-预测预警-应急防控-生态修复”的多层级治理体系。控源层面, 开展退渔还湖, 规范湖区网围养殖, 减少养殖面积; 预测预警层面, 搭建骆马湖蓝藻预警平台; 应急防控层面, 及时有序组织湖体蓝藻水华打捞, 有效抑制了蓝藻聚集; 生态修复层面, 开展湖体水生态修复和入湖河流生态缓冲带建设, 通过种植沉水植物群落、投放滤食性鱼类, 显著提升了水体自净能力。

治理效果评估: 实施多措施协同治理后, 骆马湖水质综合指数 (WQI) 从 2018 年的“轻度污染”等级提升至 2023 年的“良好”等级, 2025 年蓝藻水华发生频率、强度和持续时间均得到明显遏制。初步实现了“藻类控制-水质改善-生态功能恢复”的目标。本研究证实, 将源头管控与生态修复手段相结合, 是解决浅水湖泊蓝藻问题、实现水环境长效治理的有效途径, 可为同类湖泊的治理提供重要参考和借鉴。

关键词: 骆马湖; 蓝藻水华; 水生态修复; 应急防控; 生态调控

类水滑石促进剩余污泥厌氧消化及副产物末端治理效能及机制研究

吴宇琦, 郑家琳, 徐龙梅, 宋秀兰
(太原理工大学土木工程学院, 太原, 030024)

摘要: 厌氧消化技术可以实现有机固废减量化及资源化, 是“双碳”背景下市政污水厂处理剩余污泥的核心生物技术。然而, 厌氧消化体系由于功能微生物富集慢、反应器运行不稳定等问题, 常导致产甲烷效率较低、运行费用高等问题。同时, 消化过程中产生的副产物如沼气中二氧化碳、沼液中磷酸盐和抗生素、沼渣等如果得不到高效处理, 将给环境带来二次污染。类水滑石具有碱性、结构可调性、记忆效应、层间阴离子可交换性等特点, 本文系统论述了类水滑石在厌氧消化及副产物治理中的应用。导电类水滑石用于厌氧消化可以缓解体系酸化、促进种间电子传递, 提高产甲烷效能; 作为吸附剂可以吸附沼气中二氧化碳和消化液中磷; 作为催化剂与过硫酸盐联合使用可以降解消化液中抗生素、提升消化污泥脱水性能。同时, 对类水滑石强化剩余污泥厌氧消化的未来研究方向进行了展望。

关键词: 厌氧消化; 类水滑石; 甲烷; 能源和资源回收; 厌氧消化副产物

有机磷废水的高效治理及其磷回收利用

刘湘*

(三峡大学材料与化工学院, 湖北宜昌, 443002)

摘要: 目前, 有机磷化合物广泛应用于除草剂、膜过滤、造纸和纺织生产、家用清洁产品和循环水冷却系统。例如, 1-羟乙基二磷酸(HEDP)已被广泛应用于反渗透膜中作为磷酸盐的常见抗垢剂; 草甘磷作为一种广谱除草剂已在130多个国家广泛使用。大量有机磷废水未经处理便被排放到水环境之中, 对生态环境带来巨大的伤害, 影响生态环境的可持续发展。基于有机磷化合物的高污染性, 其替代品的效果并不理想, 所以有机磷化合物还在被大量使用, 它造成的环境污染还在继续。然而, 传统的除磷方法(包括混凝法、吸附法和生物降解法)都不能有效地降解有机磷化合物。因此, 设计开发低成本、高性能、绿色环保的新型催化剂, 对实现有机磷污染物的快速氧化降解具有重要科学意义和应用价值(如图)。

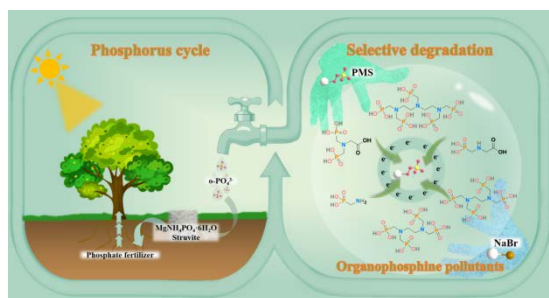


图 有机磷废水的高效治理及其磷回收利用

关键词: 高级氧化法; 有机磷; 草甘磷; 磷肥; 磷循环

半胱氨酸/ Cu^{2+} 协同强化铁泥基类芬顿体系 处理焦化废水：氯离子去除与 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 循环机理

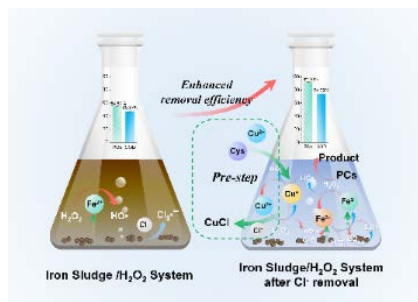
姜凤成，张一臣，徐潇

(河南理工大学资源环境学院，河南焦作，454003)

摘要：焦化废水因其高盐度、高有机物浓度及复杂成分而成为当前工业废水处理中最具挑战性的问题之一，其中氯离子的存在会对芬顿反应产生显著的抑制作用。并且传统芬顿法还存在铁泥产量大、潜在环境风险高的问题。针对这些难题，本研究提出了一种基于半胱氨酸（Cys）与铜离子（ Cu^{2+} ）协同作用的创新性策略，实现了对氯离子的高效去除，同时促进了 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 的循环并实现芬顿铁泥的资源化利用。

首先，我们系统评估了超高石灰铝沉淀法、抗坏血酸沉淀法及半胱氨酸沉淀法这三种氯离子去除方法。实验结果表明，半胱氨酸法在氯离子去除效率、适用 pH 范围及反应速率等方面均表现出显著优势，并在纯水模拟体系与真实焦化废水中均能保持稳定的去除效果。其优异性能源于半胱氨酸可将 Cu^{2+} 还原为 Cu^+ 进而快速生成 CuCl 沉淀。此外，副产物 CuCl 的回收利用则赋予了该体系潜在的经济效益。随后，在氯离子去除工艺后进行氧化反应。氯离子去除阶段引入的 $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ ，与后续氧化降解体系中的 Fe 和醌类化合物共同维持了体系持久的氧化还原反应活性，从而保障了整个体系的持续高效运行。在最优条件下，酚类有机物（PCs）的去除率达到 92.3%，COD 的去除率达到 74%。此外，本研究还考察了回收利用的芬顿铁泥的资源化利用潜力，其在四个反应周期中仍保持了较高的催化性能。

与传统芬顿反应相比，该处理工艺不仅解决了氯离子干扰问题，大幅提升了有机污染物的降解效率，还实现了芬顿铁泥的再利用，显著降低了二次污染风险。为高盐度、高有机物浓度工业废水的处理提供了有价值的参考与借鉴。



关键词：焦化废水；氯离子去除；半胱氨酸；类芬顿

项目基金：河南省重点研发与推进专项（科技攻关）（252102321066）、中国博士后科学基金（2023M731170）



中国环境科学学会
CHINESE SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL SCIENCES

地址：北京市海淀区红联南村 54 号
网址：www.chinaces.org

