

5.3 远程传输与云端数据处理架构设计

污染源监控系统要求实现异地数据的稳定传输与高并发处理能力,远程通信链路普遍采用 NB-IoT、4G 和 LoRa 三类制式,传输距离覆盖范围达 10 公里以上。在日均数据上传量超过 5GB 的场景下,系统通过 MQTT 协议与加密通道保证数据传输时延控制在 3 秒以内,丢包率低于 1%。云端平台采用分布式数据库与弹性计算资源,可同时支持超过 1000 个传感节点接入与数据处理。平台运行大气扩散模型与异常检测算法,具备秒级反馈能力,并通过 Web 可视化界面实时展现污染指数、趋势图与告警信息。系统提供数据接口与标准 API 支持多系统接入,实现监测、监管与分析的协同融合。

6 污染源自动监控传感器面临的挑战与技术演进方向

6.1 干扰因子下的精度保持与校准机制完善

复杂环境中的温度波动、湿度变化、电磁干扰与颗粒沉积对传感器的灵敏度与响应曲线产生显著影响。为确保污染源监测数据的可靠性,需要构建动态校准机制与多参数补偿模型,使传感器在不同环境变量下保持输出一致性。部分新型传感器引入基准信号源与自动零点调整技术,通过连续比对算法修正漂移趋势。在多源干扰并存的场景中,通过融合型数据滤波算法与多通道信号比对方式可有效抑制误报,提高检测准确性。建立定期校准与远程校验机制,辅以平台端状态评估功能,有助于构建精度自适应维护体系,提升长期运行稳定性。

6.2 传感器寿命管理与维护成本控制路径

传感器在污染环境中长期运行易发生敏感元件老化、材料脱附或电极中毒等现象,导致性能下降与维护频次提升。延长传感器使用寿命的关键在于选用抗腐蚀、抗积灰材料,并对传感元件施加周期性清洗或反吹措施。在系统层面,通过运行状态监测与自检反馈机制及时识别故障趋势,实现故障前预警与精准维护。采用模块化更换设计,使损坏单元能够快速替换,减少整机更换成本。配置维护周期数据库与

寿命预测模型,有助于优化巡检频率与备件配置策略,从而将年度平均维护成本压缩至预算范围内,提升系统全生命周期经济性^[4]。

6.3 适用于不同排放行业的定制化传感技术研发

不同行业污染源在污染物类型、浓度范围、排放规律与背景干扰方面存在显著差异,标准化传感器难以覆盖所有应用场景。面向行业特性的传感技术定制化已成为提升监测效能的重要方向。在钢铁、化工、电力、制药等领域,应根据实际排放特征开发对应的高选择性传感单元与信号处理模块,匹配特定温湿环境与腐蚀介质下的稳定工作需求。研发过程中需引入行业测试标准与场景模拟试验,以验证传感器性能参数的适配性。通过结构、材料、算法多维度联合设计,打造具备高可靠性、高适应性与低误差的行业级解决方案,推动污染源监测系统从通用化向精细化、定制化升级。

7 结语

综上所述,新型传感器在污染源自动监控中的应用不断深化,不仅推动了监测技术的精细化发展,也提升了环境管理的智能化水平。从传感器本体性能的提升到系统集成能力的增强,再到网络化架构与云端处理平台的构建,整个监控体系正向着高效、实时、精准的方向演进。面对复杂多变的排放环境与多样化的行业需求,传感技术仍需持续迭代,在抗干扰性、寿命管理与定制化能力等方面实现突破。未来,依托技术融合与数据协同,将进一步释放传感器在污染控制与生态保护中的战略潜能。

参考文献

- [1] 徐尹月.基于低成本传感器的污染源逆向识别算法研究[D].导师:龙正伟;余涛.天津大学,2021.
- [2] 罗旭,杨君,吴晨晖,冯政.一种基于传感器网络的水污染源质心定位算法[J].传感技术学报,2018,31(01):138-146.
- [3] 杨君.基于无线传感器网络的水环境污染源探测与定位[D].导师:柴利.武汉科技大学,2016.
- [4] 常兴敏.基于WSN的嵌入式工业污染源监控系统研究与设计[D].导师:付周兴.西安科技大学,2014.

Study on industrial recovery of kitchen waste liquid

Xubo Liu Yuping Lu Cong Li Cong Zhang Zhongqi Tan

Zhengzhou Airport Minggang Water Affairs Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 451475, China

Abstract

With the development of economy and the improvement of people's living standard, the output of kitchen waste liquid increases year by year. Because of its complex composition and difficult treatment, it is easy to cause secondary environmental pollution. Since 2010, our country has organized and carried out pilot work on the resource utilization and harmless treatment of urban kitchen waste. In this paper, taking an urban sewage treatment plant as an example, the high COD of kitchen waste liquid is used to replace the traditional carbon source, so as to meet the requirements of biological nitrogen and phosphorus removal process. From the small trial, pilot trial, and finally to the practical project, the feasibility is gradually verified, combined with the sewage plant data comparison, analysis of its economic benefits and process influence, to provide a project example for the recycling of kitchen waste liquid.

Keywords

kitchen waste liquid; Carbon source; Low carbon nitrogen ratio

厨余废液工业回收应用探究

刘旭波 卢玉萍 李聪 张聪 谭忠奇

郑州航空港区明港水务有限公司, 中国 · 河南 郑州 451475

摘要

随着经济的发展,人民生活水平的提高,厨余废液的产量逐年递增,因其成分复杂,处理困难,很容易造成环境的二次污染。我国自2010年开始,组织开展了城市餐厨废物资源化利用和无害化处理试点工作。本文以某城镇污水处理厂为例,利用厨余废液高COD^[1]的特点,替代传统碳源,以满足生物脱氮除磷工艺需求。从小试、中试,最后到工程实用,逐步验证其可行性,结合污水厂数据对比,分析经济效益与工艺影响,为厨余废液的回收利用提供工程实例。

关键词

厨余废液; 碳源; 低碳氮比

1 引言

城镇污水处理厂净化水质的原理是,利用微生物的生命活动,消耗和转换污水中的大部分污染物,然而随着近年来低碳氮比废水的现象越来越普遍,为满足传统脱氮工艺的硝化和反硝化条件,就需要额外投加大量碳源,导致废水处理成本显著提高。采用的外加碳源主要包括乙酸钠、甲醇、乙酸等有机物,或木屑、稻壳、甘蔗渣等天然材料。前者成本过高;后者原材料量少,无法适应大规模工业应用。

近年来,随着城镇居民生活水平的提高,厨余垃圾的产量与日俱增,据报道显示,2021年中国餐厨垃圾产量已达到1.27亿吨,而厨余废液成分丰富,COD含量高,具备替代传统碳源的潜质。因此,通过试验设计,验证厨余废液替代传统碳源的实际效果,分析其利弊,为厨余废液的工业回收应用提供试验依据和参考。

2 实验部分

2.1 实验装置

实验装置如图1所示,包括2个反应器,1个静沉装置。

2个反应器的大小均为1000L,静沉容积为50L。具体设置为:厨余废液沉降后,取上清液进入气浮反应器内,气浮反应器内侧底部设有曝气管,经气浮除油后,由底部流入生物反应器内,生物反应器内置有搅拌装置,顶端设有密封盖,投加活性污泥,验证反硝化脱氮效果。

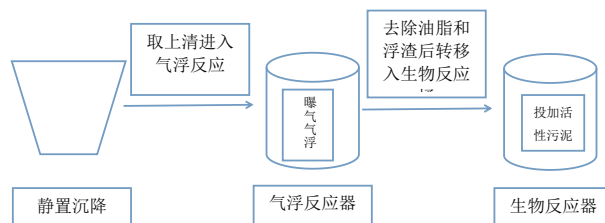


图1 厨余废液回收利用装置

2.2 实验材料

厨余废液样品由某市政厨余处理厂提供,取样位置

【作者简介】刘旭波(1992-),男,中国河南三门峡人,本科,工程师,从事环保研究。

在其预处理工艺之后。COD 约为 78000mg/L，TN 约为 2000mg/L，TP 约为 450mg/L。

活性污泥来自某污水处理厂，该污水厂为多模式 AAO 工艺，污泥浓度均值在 5000mg/L。

实验稀释水取自该污水处理厂进水口，其 TN 数值为 30.8mg/L，TP 数值为 2.6mg/L。

2.3 实验方案

实验方案包括装置小试和工业应用大试 2 部分。

装置小试，取 25L 的厨余废液，进行自然沉降试验，观察固液分离断面，计算杂质比重，回收上清液。取沉降后的上清液 25L，转移到气浮反应桶内，用稀释水稀释至 750L，保持微曝状态，每日对气浮桶曝气，静沉；观察液面油脂分离状态和沉渣情况，待液面油脂分离物不在增加时，停止曝气。用气浮后的上清液 13.9L，稀释水 736.1L，添加活性污泥，控制 MLSS 为 5000mg/L，混合均匀后，在反应桶内，缺氧段停留时间^[2]6h,DO 小于 0.5mg/L，好氧段停留时间 11.1h，DO 大于 2.0mg/L，重复缺氧段 6h，取反应后上清液检测 TN、TP 含量。

工业应用大试，更改了厨余废液取样位置，与市政厨余处理厂协商后，取样位置改为高温高速离心工艺之后，静沉试验验证其固体杂质含量极少，通过螺杆泵，直接投加在该污水厂进水口处，该污水厂进水流量均值 1500m³/h，厨余废液投加量控制在 2m³/h ~ 2.5m³/h，根据现场设置的 ORP 与硝氮探头实测值进行调控。比对投加前后的水质变化与乙酸钠用量情况，进行数据和成本分析。

2.4 分析方法

采集水样后，按照标准测定。COD 含量，重铬酸盐法；总磷含量，钼酸铵分光光度法；总氮含量，碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法；溶解氧，碘量法；MLSS。重量法。

3 结果与分析

3.1 小试结果分析

1) 厨余废液静沉 5 天后，固液分离面稳定，上清液体积不再增加，便于回收。上清液及杂质比重见表 1。

表 1 厨余废液自然沉降实验

废液体积 (L)	沉降时间 (d)	上清液体积 (L)	占比 (%)	杂质体积 (L)	占比 (%)
25	2	13	52	12	48
	5	16	64	9	36

由表 1 可知，经 5 天自然沉降，固体杂质体积占比仍有 36%，上清液体积占比 64%，可以看出厨余废液的回收利用效率偏低，产生的固体杂质多，不易处理。

厨余废液气浮反应，气浮 4 天后，上层液面有薄层浮油，底部沉渣不明显，曝气时表面无气泡堆积。可看出厨余废液上清液所含浮油和表面活性剂较少。有利于工业回收利用。见图 2。



图 2 厨余废液气浮反应后

3) 厨余废液生物反应^[3]，利用生物反应器，模拟实际运行工况，用气浮后的上清液作碳源，严格控制各反应段的停留时间，进行脱氮实验。结果见表 2。

表 2 厨余废液脱氮实验

监测指标 (mg/L)	上清液 (mg/L)	稀释水 (mg/L)	混合后 (mg/L)	反应后 (mg/L)	去除率 (%)
TN	68.0	30.8	31.5	22.2	29.5
TP	14.1	2.6	2.8	1.9	31.1

由表 2 可知，气浮后上清液与稀释水投加比为 18.9L/m³，换算成厨余原液投加比约为 0.63L/m³，混合后 COD 增长量约为 57mg/L。TN 去除率 29.5%，TP 去除率 31.1%，去除率高，说明利用厨余废液作为补充碳源，能够改善进水的可生化性，有利于提高生物脱氮除磷效率，且成本极低，能够替代传统碳源。

3.2 大试结果分析

大试更改厨余废液取样位置后，各污染指标见表 3

表 3 厨余废液成分指标

COD(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)
90100	5520	474

选取投加前 8 周与投加后 8 周数据作比对，结果见图 3。

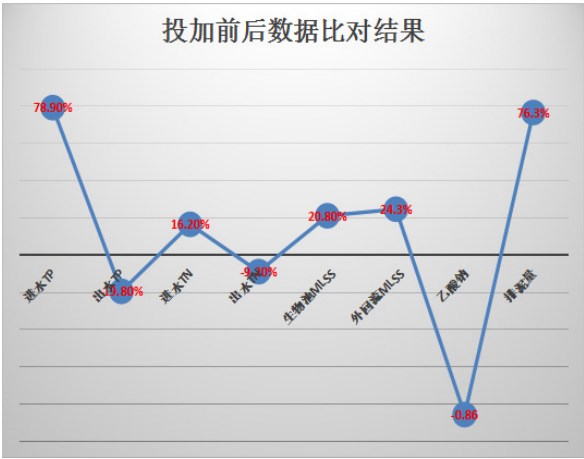


图 3 投加前后数据比对