

Analysis of leachate treatment technology and operational management strategies for domestic waste landfill sites

Xiaoqin Li

Guangzhou Sunny Environmental Protection Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

The leachate from domestic waste landfills contains a large amount of organic pollutants, with high concentrations and complex components, which pose a significant threat to the environment. The market-oriented project for leachate disposal at the Lahe Ao domestic waste landfill in Bama Yao Autonomous County adopts a fully quantified advanced oxidation treatment process consisting of an efficient denitrification reaction system, primary ozone catalytic oxidation, self electrolysis, A/O biochemistry, MBR, and secondary ozone. The leachate treatment method has achieved good results.

Keywords

Operation and management strategy of leachate treatment process in municipal solid waste landfill sites

浅析生活垃圾填埋场渗滤液处理工艺与运行管理策略

李小琴

广州桑尼环保科技有限公司, 中国·广东 广州 510000

摘要

生活垃圾填埋场渗滤液含有大量有机污染物, 且浓度较高, 成分复杂, 对环境的危害性较大。巴马瑶族自治县拉合坳生活垃圾填埋场渗滤液处置市场化项目采用高效脱氮反应系统+一级臭氧催化氧化+自电解+A/O生化+MBR+二级臭氧的全量化高级氧化处理工艺, 在渗滤液处理方法取得了良好效果。生活垃圾渗滤液的危害性较大, 含有较高的氨氮、总氮物质, 且难以分解, 对生态环境造成极大危害, 原有处理工艺难以满足新时期处理需求, 需要积极改造现有工艺技术, 提高渗滤液处理效果, 优化环境保护。

关键词

生活垃圾填埋场; 渗滤液处理工艺; 运行管理策略

1 项目概述

本项目为巴马瑶族自治县拉合坳生活垃圾填埋场渗滤液处置市场化项目, 项目水量 $Q=150\text{m}^3/\text{d}$, 该项目于 2012 年 8 月建成, 2013 年 5 月 24 日正式运营, 现有工艺如下: 渗滤液原水→调节池→一级 A 池→一级 O 池→二级 A 池→二级 O 池→超滤系统→纳滤系统→反渗透系统→达标排放。项目有以下重难点: 1) 原水可生化性差; 2) 氨氮及总氮去除率有限; 3) 膜运行产水率低; 4) 现场异味大; 5) 浓水持续回灌, 污染物浓度逐年升高。为解决以上问题, 拟将工艺改造为: 高效脱氮反应系统+一级臭氧催化氧化+自电解+A/O生化+MBR+二级臭氧的全量化高级氧化处理工艺。经过近十年的运行, 项目水质已较初始发生了较大变化, 水中 COD 含量不断降低, 氨氮、总氮及盐含量不断升高。其中, 本项目的进水水质指标如表 1 所示。

表 1 进水水质指标

项目	COD	氨氮	总氮	总磷
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
指标	18000	2150	3900	30

2 工艺技术方案

2.1 强化预处理

预处理段创新采用“高效脱氮反应系统+臭氧催化氧化+自电解”组合工艺, 其中高效脱氮反应系统采用桑尼专用脱氮菌种, 在无外加碳源等营养物的情况下, 即可大幅度降低水中的氨氮及总氮含量(氨氮去除率 90% 以上, 总氮去除率 85% 以上), 保证去除效率, 降低后段生化处理负荷的同时减少碳源药剂投加量, 降低总体运行成本; 催化自电解反应系统通过自电解填料形成的原电池效应产生 1.2V 稳定电极电位差, 在酸性条件下持续释放 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 和活性氢原子^[1]。该技术通过氧化-还原协同作用, 一方面利用新生铁离子的絮凝作用去除胶体物质, 另一方面通过电

【作者简介】李小琴(1966-), 男, 中国湖南人, 硕士, 工程师, 从事水污染治理研究及推广应用研究。

子转移直接裂解苯环、杂环等难降解有机物的化学键，将大分子有毒有害物质分解为小分子有机物，有效降低废水毒性，为后续生化处理创造良好条件；臭氧催化氧化工艺采用SAO3-II 催化剂，通过高效催化剂活化臭氧产生强氧化性的羟基自由基（·OH），能高效裂解苯环、杂环等难降解有机物，将大分子有机物转化为小分子羧酸，显著提高可生化性，同时实现 COD 去除率 $\geq 50\%$ ；整体生化处理效率可提升 40% 以上。

针对原水氨氮（2150mg/l）、总氮（3900mg/l）的情况，计划在系统前端增加高效脱氮反应系统，在系统最前端降大幅度降低水中氨氮（降低 90%）及总氮（降低 85%）含量。为最大程度截留水中的自养硝化菌，进入脱氮反应沉淀池中进行沉淀，保证脱氮反应系统内的自养硝化菌浓度，从而使系统可以稳定运行，保持脱氮效率。脱氮反应沉淀池出水后，进入一级臭氧催化氧化，通过 O₃ 产生的羟基自由基，对原水中污染物进行削减，裂解高分子及环状有机物，提高可生化性。经一级臭氧催化氧化出水后，进入自电解系统。通过原电池原理，对水中污染物进行氧化-还原，降低水中 COD、氨氮、总氮等污染物的同时，裂解高分子及环状有机物，提高可生化性^[2]。自电解出水后，进入中和-混凝-沉淀池，通过延时曝气，将水中的 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺，形成氢氧化铁沉淀，将沉淀物截留在本单元，沉淀池出水进入中间水箱，通过水泵送入生化系统。

2.2 生化系统改造

生化段在原 A/O 系统后新增浸没式 MBR 膜组器，提升污泥浓度，强化处理效率。整套工艺实现全量化处理，无浓水外排，运行成本大幅度降低。利旧原有一级 A 池及一级 O 池，用以当做生化系统。根据原水可生化性较差的问题，在生化系统后新增 MBR 膜系统，在拦截活性污泥的同时，降低生化产水悬浮物含量。为保证出水稳定达标，MBR 出水后，进入二级臭氧催化氧化进行深度处理，利用羟基自由基的强氧化性，进一步降低水中 COD、氨氮、总氮等污染物含量，最终达标排放^[3]。

2.3 污泥系统

污泥池利用原有储罐，新增板框压滤机及污泥进料泵，进行污泥脱水。脱水后的污泥，回运到填埋场。

2.4 全量化高级氧化工艺

全量化高级氧化工艺为“高效脱氮反应系统+一级臭氧催化氧化+自电解+A/O生化+MBR+二级臭氧催化氧化”，全流程没有浓水产生，真正实现全量化。具体工艺如图 1 所示。垃圾填埋区域产生的渗滤液经导排管重力自流进入调节池，在调节池内均匀水质与水量，出水经泵提升去预曝气脱氮系统，进行氨氮及总氮去除。经预曝气脱氮系统处理后，脱氮反应沉淀池中进行沉淀，保证脱氮反应系统内的自养硝化菌浓度，从而使系统可以稳定运行，保持脱氮效率。脱氮反应沉淀池出水进入一级臭氧催化氧化-自电解耦合反应

系统，进行氧化还原反应，进一步降低水中 COD、氨氮、总氮等含量^[4]。出水进入 A/O 生化系统，在 A 池通过反硝化进行脱氮，在 O 池降低 COD 及氨氮含量。生化系统内置 MBR 系统，在保证出水悬浮物的同时，可以极大程度截留生化系统中的活性污泥含量，增强生化系统的处理负荷，直接性的加强处理效果及系统稳定性。原水经生化系统处理后，进入二级臭氧催化氧化系统，进一步深度处理后，实现全量化达标排放。物化系统及生化系统产生的污泥，送入压滤机进行污泥脱水，脱水后污泥运至填埋场处置。整个工艺流程可实现“全量化”，无浓水产生，满足项目要求。

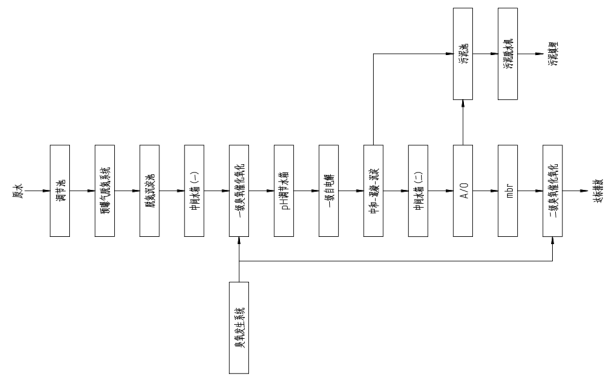


图 1 全量化高级氧化工艺流程

2.5 新工艺 / 设备

本项目引进了新的工艺与设备如下：

新工艺：1) 曝气预脱氮系统：采用桑尼专用脱氮菌种，在无须外加碳源等营养物的情况下，即可大幅度降低水中的氨氮及总氮含量（氨氮去除率 90% 以上，总氮去除率 85% 以上），保证去除效率，降低后段生化处理负荷的同时减少碳源药剂投加量，降低总体运行成本；2) FCM-IV 自电解技术：通过自电解填料形成的原电池效应产生 1.2V 稳定电极电位差，在酸性条件下持续释放 Fe²⁺/Fe³⁺ 和活性氢原子^[5]。该技术通过氧化-还原协同作用，一方面利用新生铁离子的絮凝作用去除胶体物质，另一方面通过电子转移直接裂解苯环、杂环等难降解有机物的化学键，将大分子有毒有害物质分解为小分子有机物，有效降低废水毒性，为后续生化处理创造良好条件，整体生化处理效率可提升 40% 以上；3) SAO3 臭氧催化氧化耦合技术：通过高效催化剂活化臭氧产生强氧化性的羟基自由基（·OH），能高效裂解苯环、杂环等难降解有机物，将大分子有机物转化为小分子羧酸，显著提高可生化性。同时实现 COD 去除率 $\geq 50\%$ ，具有氧化效率高（较传统臭氧氧化提升 2.3 倍）、能耗低、无二次污染等技术优势。

设备先进性：水泵、风机、设备罐体根据实际情况，选择流量、规格、材质均符合使用要求的优质产品，故障率低，降低后期维护成本。

3 运行管理方案

3.1 设备运行管理方案

在工艺技术应用过程中,需要对各项设备进行优化管理,保障其可靠性运行,减少安全事故的出现几率。该方案中包含延时曝气中和-混凝-沉淀系统、自电解系统、臭氧催化氧化系统、缺氧池、好氧池等系统的运行管理方案。例如,自电解系统设备运行管理中,需要对水泵、风机等设备进行细致检查,合格后才能投入运行^[6]。在臭氧催化氧化系统运行管理中,需要做好设备反冲洗操作,流程为:单组反冲洗,关闭出水阀→关闭臭氧进气阀→打开反冲洗进气阀。

3.2 人员职责与人员管理

具体的人员职责有:厂长、垃圾渗滤液运营班组、化验班组、采购、财务等相关人员职责。同时还需要强化人员管理,提出明确的人员岗位要求,明确污水处理站岗位职责,制定完善的人员管理制度,如污水站设备巡回检查制度、污水处理站交接班制度、污水处理站人员岗位培训制度、化验员岗位责任制、实验仪器设备使用管理制度、现场管理制度、安全教育制度、安全交底制度、安全交班制度、事故报告处理制度、安全检查整改制度的步伐。

3.3 安全管理制度

制定完善的安全管理制度,如安全生产管理制度、污水处理站安全操作守则、设备安全管理制度、化验室安全操作制度、消防管理制度、安全培训制度、安全教育制度、安全交底制度、安全交班制度、事故报告处理制度、安全检查整改制度等,保障生活垃圾填埋场渗滤液技术的可靠性应用^[7]。

3.4 出水质量保障措施

强化人员保障措施,优化人员配置,科学规划岗位与编制,严格人才招聘与选拔;同时要优化人员培训体系,包含新员工入职培训、应急培训与演练、继续教育与学习等形式;完善考核激励机制,把考核结果与员工薪酬、晋升、奖励相挂钩,提高员工薪资待遇,增强员工归属感、稳定性;明确员工岗位职责,强化监督管理,加大团队建设和企业文化建设。

3.5 环境保护管理措施

要构建完善的环境保护管理体系,结合本项目自然地理环境特点,全面规划,因地制宜,积极维护当地自然环境和居民的生活劳动环境,最大限度地减少施工对自然生态的破坏,保护环境,防止水土流失,为工程修建一条绿色环保通道;制定环境保护措施指导思想,贯彻环境保护基本国策和“三同时”制度,采用国际先进的环保技术和严格的施工期环保水保管理措施,实施全过程污染预防控制,尽可能的减少或防止不利的环境影响。预防为主,加强宣传,全面规划,合理布局,改进工艺,节约资源,为企业争取最佳经济效益和环境效益;明确环保目标,即工程环保设计指标兑换率达到100%,杜绝施工中环境污染事故的发生,有效控制生活污水、垃圾处置等^[8]。

4 结语

综上所述,为了保护环境,减少环境污染,需要对完善生活垃圾填埋场渗滤液进行优化处理,采取科学合理的工艺技术,提高渗滤液处理效果。

参考文献

- [1] 王宗宾. 城市垃圾填埋场渗滤液处理的优化工艺及工程实践 [J]. 化肥设计, 2025, 63 (02): 55-58.
- [2] 张家权. 生活垃圾填埋场渗滤液全量化处理工艺设计与应用 [J]. 资源节约与环保, 2024, (10): 69-73.
- [3] 曾达林. 某市垃圾填埋场渗滤液处理工艺优化案例分析 [J]. 山东化工, 2024, 53 (17): 279-281.
- [4] 罗伟. 生活垃圾填埋场渗滤液全量化处理工艺探讨 [J]. 能源与环境, 2024, (04): 91-93.
- [5] 宋国彪,王磊,蒋稳,等. 西部地区某生活垃圾填埋场渗滤液处理工程设计 [J]. 工业安全与环保, 2024, 50 (07): 94-98.
- [6] 郑伟,金晶,王清森,等. 生活垃圾填埋场渗滤液全量化处理工艺设计及应用 [J]. 绿色科技, 2024, 26 (06): 181-185.
- [7] 熊威,廖治平,汪燕铭,等. 典型城市生活垃圾填埋场渗滤液全量化处理技术应用 [J]. 煤化工, 2023, 51 (06): 41-44+49.
- [8] 翁桂波. 浅谈生活垃圾填埋场渗滤液处理技术 [J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4 (22): 127-129.