



某中后期垃圾渗沥液处理系统升级改造工程施工实例

刘 双¹, 夏 传², 蒋晓云¹, 李 志¹

(1. 长沙华时捷环保科技发展股份有限公司, 湖南长沙 410000;

2. 长沙有色冶金设计研究院有限公司, 湖南长沙 410014)

[摘要] 以某生活垃圾填埋场(>10 a)渗沥液处理升级改造项目为例,改造后渗沥液处理系统采用“预处理+高抗逆耐盐菌生化+外置式超滤(UF)+纳滤(NF)+两级反渗透(RO)”的组合工艺,RO产水水质指标达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)表2排放标准,NF及RO浓水经碟片式反渗透膜(DTRO)浓缩减量后回灌,实现渗沥液无害化处理。

[关键词] 中后期渗沥液;高抗逆耐盐菌;膜浓缩;外置式UF;碟片式反渗透膜

[中图分类号] X703 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-829X(2022)09-0203-04

An engineering case of upgrading and transformation of leachate treatment system in middle and late stage

LIU Shuang¹, XIA Chuan², JIANG Xiaoyun¹, LI Zhi¹

(1. Changsha Hasky Environmental Protection Technology Development Co., Ltd., Changsha 410000, China;

2. CINTE Engineering Co., Ltd., Changsha 410014, China)

Abstract: This project is an upgrade project of landfill leachate treatment engineering of a domestic waste landfill site (>10 a). The combined process of “pretreatment+high-stress resistant salt-tolerant bacteria biochemical+external UF+NF+two-stage RO system” was adopted in the modified leachate treatment system. The water quality index of RO reached the discharge standard of table 2 of “Pollution control standard of municipal solid waste landfill” (GB 16889—2008). NF and RO concentrated water was reduced by DTRO and then reinjected. The harmless treatment of leachate is realized.

Key words: middle and late stage leachate; high-stress resistant salt-tolerant bacteria; membrane concentrate; external UF; DTRO

垃圾渗沥液是一种含有有毒有害物质的高浓度有机废水^[1],其水质、水量因垃圾填埋场的规模大小、垃圾组成、填埋方式、运行时间长短以及季节的不同而存在很大差异。工程上常采用“生化+膜深度处理”组合工艺^[2-4]或者“纯膜系统”^[5-6]对渗沥液进行处理。膜系统产生约20%~30%的含有高污染物、高盐分的浓缩液并回灌填埋场,随着年限的增加,渗沥液中的含盐量超过一定限值,对微生物产生明显的毒害抑制作用,为渗沥液的处理增加了难度。而中后期垃圾渗沥液具有高盐分、高污染物、低碳氮比、可生化性差等特点,其处理问题成为垃圾填埋场运行的一大难题^[7-9]。

以某生活垃圾填埋场渗沥液处理升级改造工程为例,采用“预处理+高抗逆耐盐菌生化+膜深度处

理”组合工艺处理中后期渗沥液,旨在为垃圾渗沥液处理提供一种解决方案。

1 工程概况

某生活垃圾填埋场于2007年建成并投入使用,垃圾无害化处理量为350 t/d。渗沥液处理站一期工程于2012年建成运行,处理工艺为“中温厌氧+膜生物反应(MBR)+RO系统”,处理规模为200 m³/d。随着城市居住人数的不断增长,生活垃圾填埋量由350 t/d增加至550 t/d,渗沥液产生量超过一期处理量。随着填埋年限的增加,渗沥液水质逐渐老龄化,主要表现:(1)碳氮比(<0.76)失衡,碳源严重不足;(2)膜浓缩液回灌引起垃圾渗滤液盐分偏高,对普通生物菌群有明显的毒害抑制

作用^[10],生化系统难以正常运行。

本工程针对一期存在的问题进行升级改造,设计规模由 200 m³/d 提升至 300 m³/d,改造后渗沥液处理系统采用“预处理+高抗逆耐盐菌生化+外置式 UF+NF+两级 RO”的组合工艺,膜浓缩液采用 DTRO 系统进行浓缩减量。

2 设计进出水水质

本工程进水按照连续取样检测取平均值确定,设计出水满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表 2 标准,主要进出水水质指标见表 1。

3 工程设计

3.1 工艺流程

从设计进水水质指标可以看出,该垃圾渗沥液

表 1 设计进、出水水质

指标	pH	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	电导率
进水	6~9	≤1 900	≤5 000	≤1 000	≤2 200	≤2 500	≤32 500
出水	6~9	≤30	≤100	≤30	≤25	≤40	—

注:除 pH、电导率(μS/cm)外,其余指标单位均为 mg/L。

具有高盐分、高氨氮、低碳氮比等特点。如采用传统生化工艺,需要投加大量碳源维持系统运行,且微生物在高盐环境下受到抑制,活性不高,去除效率低下。如仅采用以膜系统为主的工艺,虽产水可满足排放要求,但污染物无法从系统消除,浓水回灌将导致污染物富集。因此,针对渗沥液特点和处理要求,经综合比选,本工程采用“高抗逆耐盐菌生化+膜系统”的组合工艺路线,具体工艺流程见图 1。

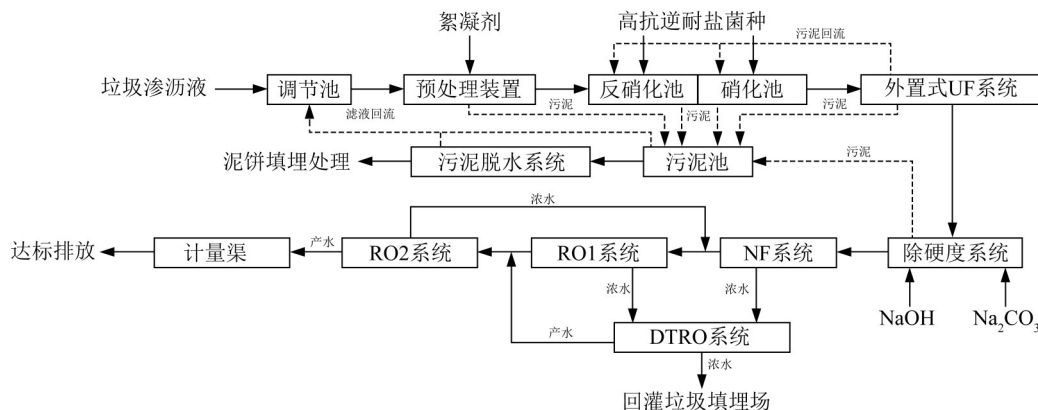


图 1 升级改造后的工艺流程

Fig. 1 Process flow after upgrading

3.2 工艺流程概述

(1)调节池(利旧)。垃圾渗沥液通过收集进入调节池,进行均质、均化。

(2)预处理装置。渗沥液由提升泵提升进入预处理装置,在系统内投加絮凝剂,通过吸附、架桥、交联等作用^[11]使水中的胶体微粒凝聚、沉淀,渗沥液中的部分 COD 及氨氮黏附在胶体上去除,以降低生化系统的负荷。

(3)反硝化、硝化池(利旧改造)。渗沥液经预处理装置处理后经泵提升至反硝化池,与硝化池回流液进行反硝化反应,消耗有机物使硝酸盐和亚硝酸盐转化为氮气,之后进入硝化池,通过好氧微生物使氨氮转化为硝酸盐和亚硝酸盐,同时将有机物转化为二氧化碳和水。该系统同时接种市政污水厂种泥

及高抗逆耐盐菌种,耐盐菌种投加量为反硝化及硝化池总池容的 0.4%。

(5)外置式 UF 系统。渗沥液经硝化池后泵至 UF 系统进行泥水分离,UF 进水泵将硝化池内的混合液提升至 UF 环路,微生物菌体通过高效 UF 系统从出水中分离,确保大于 20 nm 的颗粒物、微生物和 COD 相关的悬浮物截留在系统内。

(6)除硬度系统。渗沥液由 UF 系统至除硬度系统,通过投加 Na₂CO₃ 与 NaOH 使 Ca²⁺、Mg²⁺ 形成沉淀从而降低其硬度,出水经纤维球过滤器过滤后进入 NF 进水罐。

(7)NF 系统。渗沥液由 NF 进水罐泵入 NF 系统,进一步对渗沥液中的有机物、氨氮、盐分等物质进行截留,产水进入 NF 产水池进行收集,浓水最终

进入DTRO系统。

(8)RO系统。NF产水罐水依次进入RO1、RO2系统,RO系统高效地截留污水中溶解态的无机和有机污染物,确保出水最终稳定达标。

(9)DTRO系统。NF系统和RO1系统产生的浓水进入DTRO系统进行进一步浓缩减量,经浓缩后的浓水最终回灌至填埋场,产水则进入RO2系统进行处理。

(10)污泥池。预处理装置、反硝化池、硝化池、UF系统及除硬度系统产生的污泥进入污泥池,污泥池中的污泥经压滤机进行压滤,确保含水率小于80%后,送至填埋场进行处置,滤液返回至调节池。

3.3 工艺主要技术参数

3.3.1 预处理装置

新增预处理装置1套,由絮凝单元和沉淀单元组成,絮凝采用机械絮凝,絮凝时间20 min,沉淀采用斜管沉淀工艺,表面水力负荷为 $2\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

3.3.2 A/O-MBR系统

反硝化池-A池(由原有厌氧反应器改造)1座,直径为9.5 m,有效水深为10 m,有效容积为708 m^3 ,MLSS为12 g/L,设计脱氮速率为 $(20\text{ }^\circ\text{C})0.03\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$,水力停留时间为1.77 d。

硝化池-O池(由原有缺氧、好氧池改建)1座,尺寸 $(17.7+8.4)\text{ m}\times9.5\text{ m}\times4.8\text{ m}$,有效水深为4.2 m,有效容积为1 045 m^3 ,设计MLSS为12 g/L,设计污泥龄为24.2 d,污泥负荷为 $0.18\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ (以 BOD_5 计),硝化速率为 $0.055\text{ kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$,水力停留时间为2.61 d,硝化液回流比取200%~600%。

3.3.3 膜处理系统

膜处理系统(新增)包括外置式UF、NF、RO1、

RO2、DTRO系统等,置于现有生产服务用房内。膜系统每日设计工作时间均为20 h,UF系统设计产水量为 $20\text{ m}^3/\text{h}$;NF系统设计产水量不低于 $16\text{ m}^3/\text{h}$;RO1系统设计产水量不低于 $11\text{ m}^3/\text{h}$;RO2系统设计产水量不低于 $15\text{ m}^3/\text{h}$;DTRO系统设计产水量不低于 $11\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.3.4 除硬度系统

新增除硬度系统1套,设计处理水量为 $20\text{ m}^3/\text{h}$,包括除硬度反应池、絮凝池、沉淀池及过滤器,反应池水力停留时间为27 min;絮凝池水力停留时间为13 min,反应池设机械搅拌;沉淀采用斜管沉淀,表面水力负荷为 $1.35\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。过滤器采用纤维球过滤器,设2套串联,设计最高滤速为25 m/h。

3.3.5 计量渠

新建计量渠1座,出水流量 $15\text{ m}^3/\text{h}$,尺寸 $4.9\text{ m}\times0.65\text{ m}$,采用5#巴歇尔槽,设超声波液位计。

3.3.6 污泥池

污泥池利旧,尺寸 $3\text{ m}\times3\text{ m}\times4.7\text{ m}$,有效容积为 36 m^3 ,收集预处理装置排泥、剩余污泥及除硬度系统排泥。采用由石灰和PAC组成的无机调理剂对污泥进行调理,石灰和PAC投加量均按照绝干泥总质量的5%投加。

3.3.7 污泥脱水间

新建污泥脱水间1座,配备板框压滤机1台,每天工作2~3班次。板框压滤机过滤面积为 80 m^2 ,滤室容积为 1.28 m^3 ,滤室数量为50个,功率为4.0 kW。压滤机泥饼运送至垃圾填埋场卫生填埋,滤液重力回流至硝化池。

3.4 改建及新增构筑物

该工艺系统构筑物及设计参数见表2。

表2 构筑物及设计参数

Table 2 Main structures and design parameters

名称	尺寸	规格	数量	结构	性质
反硝化池	$D9.5\text{ m}\times12\text{ m}$	850 m^3	1座	钢混	由原中温厌氧反应器改造
硝化池1	$17.7\text{ m}\times9.5\text{ m}\times4.8\text{ m}$	807 m^3	1座	钢混	利旧改造
硝化池2	$8.4\text{ m}\times9.5\text{ m}\times4.8\text{ m}$	383 m^3	1座	钢混	由原缺氧池改造
UF产水中间水池	$5.5\text{ m}\times3.5\text{ m}\times4.8\text{ m}$	92 m^3	1座	钢混	利旧改造
清水池	$3.6\text{ m}\times3.5\text{ m}\times4.8\text{ m}$	60 m^3	1座	钢混	利旧改造
计量渠	$4.9\text{ m}\times0.65\text{ m}\times1.0\text{ m}$	4 m^3	1座	钢混	新建
污泥池	$3.0\text{ m}\times3.0\text{ m}\times4.7\text{ m}$	42 m^3	1座	钢混	利旧改造
生产服务用房	$39.6\text{ m}\times9.0\text{ m}\times5.1\text{ m}$	356 m^2	1座	框架结构	利旧改造,扩建 54 m^2
生产辅助用房	$30.0\text{ m}\times4.5\text{ m}\times3.5\text{ m}$	135 m^2	1座	框架结构	新建
污泥脱水间	$12.0\text{ m}\times5.0\text{ m}\times8.8\text{ m}$	60 m^2	1座	框架结构	新建
生活用房	$7.4\text{ m}\times6.4\text{ m}\times7.5\text{ m}$	47 m^2	1座	框架结构	利旧改造
在线监测房	$4.0\text{ m}\times3.0\text{ m}\times3.0\text{ m}$	12 m^2	1座	简易钢结构	新建

4 处理效果

本工程于2021年4月完成调试运行,2021年8月部分监测值见表3,并与《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表2限值作比较。

表3 出水水质检测数据

Table 3 Effluent quality monitoring data

工序	COD	NH ₃ -N	TN	pH
原水	3 479~3 560	2 108~2 370	2 326~2 671	7.14~8.16
硝化池出水	1 840~2 304	618~691	906~971	6.98~8.05
计量渠出水	12.5~23.4	12.8~16.4	18~32	6.32~7.68
标准限值	≤100	≤25	≤40	6~9

注:除pH外,其余指标单位均为mg/L。

由表3可知,经高抗逆耐盐菌生化处理后(硝化池出水)的COD、NH₃-N、TN去除效果明显,其去除率分别为33.8%~48.3%、67.2%~73.9%、58.3%~66.1%。计量渠出水优于标准限值,满足设计要求。

5 工程投资及运行费用

本项目总投资包括工程建设费用(含设备购置费、安装调试费、培训费等3个部分)、工程建设其他费用及预备费;本项目总投资估算约2 485.67万元,其中工程建设费用2 101.1万元,工程建设其他费用266.2万元,预备费118.37万元,运行成本核算后约为84.68元/m³。

6 结论

某生活垃圾填埋场渗沥液处理站经过升级改造后,采用“预处理+高抗逆耐盐菌生化+外置式UF+NF+两级RO系统”组合工艺,膜系统浓水经DTRO系统浓缩减量后回灌,实现渗沥液无害化处理。工程实践证明,该渗沥液处理工艺,运行稳定,处理效果好,出水水质能满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)表2排放标准,可为我国中后期垃圾渗沥液处理升级改造提供经验及参考。

参考文献

- [1] 曾怀宇. 垃圾渗滤液处理设施升级改造工程实例[J]. 工业水处理, 2021, 41(3): 120-124.
- ZENG Huaiyu. An upgrading and reconstructing project case of treatment facilities for landfill leachate[J]. Industrial Water Treatment, 2021, 41(3): 120-124.
- [2] 李喜林, 于晓婉, 王巧, 等. UASB-A/O-UF-NF-RO组合工艺处理垃圾渗滤液工程实例[J]. 水处理技术, 2021, 47(9): 128-131.
- LI Xilin, YU Xiaowan, WANG Qiao, et al. Example on UASB-A/O-

UF-NF-RO combined process in treatment of landfill leachate[J]. Technology of Water Treatment, 2021, 47(9): 128-131.

- [3] 刘建伟, 康心悦, 岳鹏, 等. 城市生活垃圾综合处理厂渗滤液全量化处理工程设计[J]. 中国给水排水, 2020, 36(10): 70-75.
- LIU Jianwei, KANG Xinyue, YUE Peng, et al. Project design of total quantitative treatment of leachate of urban municipal waste comprehensive treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(10): 70-75.
- [4] 高新, 蔡斌, 周俊, 等. 水质均衡-外置式MBR-NF/RO工艺在长沙市垃圾渗滤液处理工程中的应用[J]. 给水排水, 2017, 53(10): 58-61.
- GAO Xin, CAI Bin, ZHOU Jun, et al. Application of water quality balance external MBR-NF/RO process in Changsha landfill leachate treatment project[J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 53(10): 58-61.
- [5] 陈刚, 国瑞峰, 刘一夫, 等. 沈阳市大辛垃圾场积存渗沥液应急处理项目设计[J]. 给水排水, 2019, 55(6): 32-34.
- CHEN Gang, GUO Ruifeng, LIU Yifu, et al. Design of Daxin municipal solid waste accumulated landfill leachate emergent treatment project in Shenyang City[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(6): 32-34.
- [6] 张兴兴, 蒋国良, 赵猛, 等. 西安渗沥液处理应急工程设计要点及运行特征[J]. 给水排水, 2021, 57(1): 33-37.
- ZHANG Xingxing, JIANG Guoliang, ZHAO Meng, et al. Key points of process design and operating characteristics of Xi'an leachate treatment emergency project[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 57(1): 33-37.
- [7] 马涛, 赵琛, 张列宇, 等. 中晚期垃圾渗滤液难降解有机物的生物处理进展[J]. 水处理技术, 2018, 44(4): 1-6.
- MA Tao, ZHAO Chen, ZHANG Lieyu, et al. Research progress of biological treatment for refractory organic in mature landfill leachate[J]. Technology of Water Treatment, 2018, 44(4): 1-6.
- [8] 宫兆国, 刘克琼, 肖望松, 等. “预处理+MBR+NF+RO”工艺处理中晚期垃圾渗滤液的问题与难点[J]. 山东化工, 2020, 49(23): 244-245.
- GONG Zhaoguo, LIU Keqiong, XIAO Wangsong, et al. Problems and difficulties on mature landfill leachate treatment using Pretreatment+MBR+NF/RO process[J]. Shandong Chemical Industry, 2020, 49(23): 244-245.
- [9] 林红, 王增长, 王小飞. 物化-生化-反渗透工艺处理垃圾渗滤液工程实例[J]. 工业水处理, 2015, 35(9): 90-92.
- LIN Hong, Wang Zengzhang, WANG Xiaofei. Case study on physicochemical-biochemistry-RO process for the treatment of landfill leachate[J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(9): 90-92.
- [10] 常丽丽, 魏俊峰. 含盐废水生化处理耐盐污泥驯化的研究[J]. 工业水处理, 2009, 29(12): 34-37.
- CHANG Lili, WEI Junfeng. Acclimation of salt-tolerant sludge for the biochemical treatment of salt-containing wastewater[J]. Industrial Water Treatment, 2009, 29(12): 34-37.
- [11] 常青. 水处理絮凝学[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2011: 8-13.

[作者简介] 刘双(1989—), 硕士, 高级工程师。电话: 18874271970, E-mail: 913410581@qq.com。通讯作者: 蒋晓云, 博士, 高级工程师。E-mail: 18973113478@163.com。

[收稿日期] 2022-07-26(修改稿)