

# 青岛市小涧西垃圾渗滤液扩建工程高排放标准工艺设计

李 强

(中国城市建设研究院有限公司, 北京 100120)

**摘 要:** 青岛市小涧西垃圾渗滤液处理改扩建工程规模为  $1\,000\text{ m}^3/\text{d}$ , 采用了厌氧 + 膜生物反应器 (MBR) + 碟管式反渗透 (DTRO) 工艺, 对园区两期 DTRO 截留产生的浓缩液采用 MVR 蒸发处理工艺。系统回收率可达到 91.4%, 先进的集成工艺保证出水水质能够稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 排放标准, 其中氨氮、COD 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 地表水 V 类标准。该排放标准要比《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008) 更加严苛, 其中氨氮和总氮更是在渗滤液处理行业内属于最严格的排放指标。该项目的建设对国内大型渗滤液处理站高标准设计具有指导性意义。

**关键词:** 垃圾渗滤液; 碟管式反渗透; 浓缩液; 一级 A 标准

**中图分类号:** TU993 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)18-0046-04

## Process Design of High Discharge Standard for Landfill Leachate Extension Project in Xiaojianxi, Qingdao City

LI Qiang

(China Urban Construction Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100120, China)

**Abstract:** The treatment capacity of the landfill leachate treatment of reconstruction and expansion project in Qingdao Xiaojianxi was  $1\,000\text{ m}^3/\text{d}$ . The combination treatment process adopted anaerobic + MBR + disc-tube reverse osmosis (DTRO). The concentrated liquid produced by the DTRO in the two interception treatment stages was treated by the MVR evaporation process. System recovery rate could reach 91.4%. The advanced integrated process ensured that the effluent water quality could reach the first level A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002) stably, in which ammonia nitrogen and COD reached V standard of *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838 - 2002). This discharge standard was more stringent than the *Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste* (GB 16889 - 2008), and ammonia nitrogen and total nitrogen were the most stringent discharge standards in the leachate treatment field. The construction of the project had guiding significance for the high standard design of domestic large leachate treatment stations.

**Key words:** landfill leachate; DTRO; concentrate; first level A standard

### 1 工程概况

青岛市小涧西生活垃圾处置园区承担着市区全部生活垃圾的处置任务, 每日处理生活垃圾 4 000 余吨, 主要有垃圾卫生填埋、垃圾焚烧发电、垃圾生化堆肥三种处理方式。其中卫生填埋场于 2002 年

运行, 填埋垃圾约 2 100 t/d, 已填埋垃圾 1 000 余万吨; 焚烧发电厂 2012 年运行, 设计规模为 1 500 t/d, 实际处理规模达 1 800 ~ 2 100 t/d; 生化处理厂 2008 年运行, 处理垃圾约 100 t/d。另外园区内建有一座垃圾渗滤液处理设施, 服务于上述三项垃圾处理工

程。园区内其他生产生活设施较为完善。

小涧西生活垃圾处置园区内建有垃圾渗滤液处理一期工程(即现状渗滤液处理工程),该工程于 2011 年建成调试并运行,总处理规模为 900 t/d。生活垃圾焚烧发电厂二期(1 500 t/d)和填埋场二期(1 500 t/d)项目均在筹建,预测 2020 年进厂垃圾总量为 5 500 t/d,渗滤液总产生量会进一步增大。因此,为缓解园区渗滤液处置压力,本次渗滤液处理扩建规模为 1 000 m<sup>3</sup>/d,园区总处理规模达到 1 900 m<sup>3</sup>/d,有效保障垃圾处置园区的稳定运行。

## 2 设计进、出水水质

本工程的渗滤液主要来源于垃圾填埋场(一期和二期)、垃圾堆肥厂、焚烧发电厂(一期和二期)。其中,垃圾焚烧厂渗滤液单独进行厌氧处理后与其他各股水再混合处理。根据各股废水的水质特征及水量,确定各工艺段的设计进水水质。本项目出水要达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,其中氨氮、COD 执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。主要水质控制指标见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP	SS
厌氧进水	60 000	30 000	2 200	2 500	25	8 000
厌氧出水	15 000	9 000	2 200	2 500	20	2 000
MBR 进水	15 000	8 000	2 200	2 500	25	2 000
出水标准	40	10	2	15	0.5	10

## 3 工艺流程

根据渗滤液水质水量特点和处理标准要求,确定本项目渗滤液处理采用“厌氧反应器+均化池+膜生物反应器(MBR)+碟管式反渗透(DTRO)”组合工艺。DTRO 浓液采用“预处理+机械压缩再蒸发(MVR)低能耗蒸发”工艺。生活垃圾焚烧厂及堆肥厂渗滤液经过预沉池沉淀后进入调节池,然后进入厌氧系统进行处理。其他渗滤液直接进入调节池。厌氧后的渗滤液与其他渗滤液在均化池混合后进入后续的 MBR 处理系统。最后经碟管式反渗透系统深度处理,清水达标排放。浓缩液进入浓缩液处理系统,处理后清水达标排放,少量干化结晶污泥进行外运处理。本项目清水回收率约为 91.4%,工艺流程见图 1。

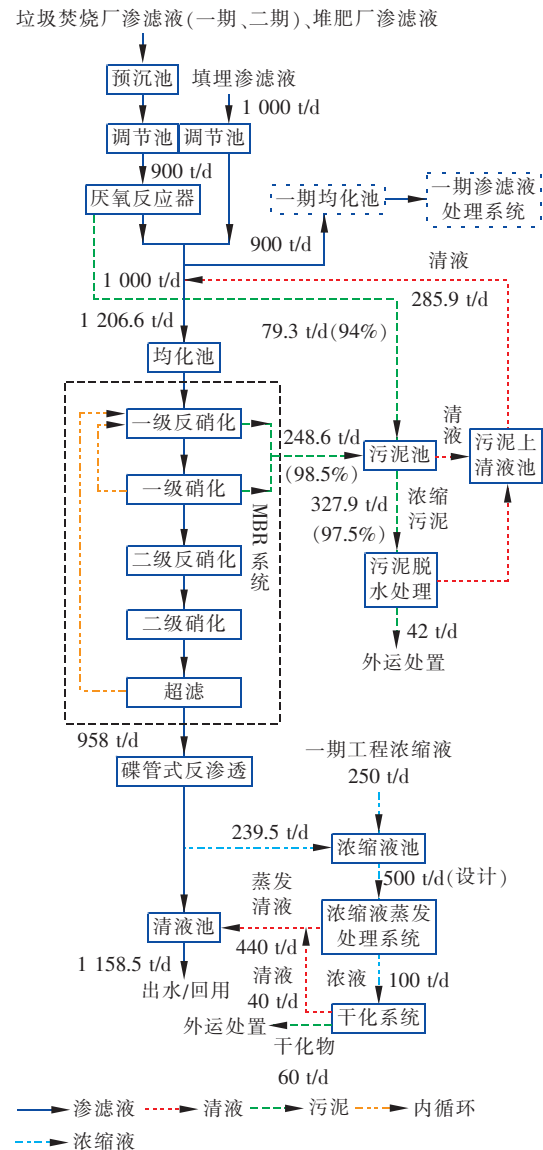


图 1 工艺流程及水量平衡

Fig. 1 Process flow and water balance

## 4 工艺设计

### 4.1 初沉池

初沉池主要用于生活垃圾焚烧厂、堆肥厂渗滤液的初步沉淀,优化后续进入调节池和厌氧反应器的进水水质。由于焚烧厂来水不是连续的,根据经验可按照峰值流量 100 t/h 计算。设计参数:有效容积为 250 m<sup>3</sup>,表面负荷为 1.56 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),SS 去除率为 30%。主要设备:初沉池排泥泵 1 台, Q = 20 m<sup>3</sup>/h, H = 200 kPa, N = 5.5 kW。

### 4.2 厌氧反应器(UASB)

厌氧反应器的主要处理对象是焚烧发电厂、堆

肥厂的渗滤液,通过厌氧微生物的作用,使绝大部分污染物分解成小分子物质<sup>[1]</sup>。厌氧系统的设计处理规模为900 t/d。主要设计参数:容积负荷率 $N_V$ 为 $7.5 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ <sup>[2]</sup>,HRT为11.5 d,产气率为 $0.35 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{kgCOD}$ ,设计COD去除率为75%,有效容积为 $9\,800 \text{ m}^3$ ,分为4座,厌氧采用蒸汽热源加热,自产自供。主要设备:厌氧罐(UASB)4座,单座有效容积为 $2\,450 \text{ m}^3$ ;厌氧循环泵, $Q=330 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=250 \text{ kPa}$ , $P=37 \text{ kW}$ ,变频,4用1冷备;厌氧排泥泵, $Q=30 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=200 \text{ kPa}$ , $P=5.5 \text{ kW}$ ,1用1备;配套沼气净化、储存及燃气锅炉系统。

#### 4.3 膜生物反应器(MBR)

MBR进水为厌氧反应器出水、填埋场渗滤液、污泥脱水后的清液。外置式膜生物反应器包括生化反应器和超滤(UF)两个单元,生化单元采用一级前置式反硝化、硝化后置方式,二级强化硝化反硝化处理工艺,能有效去除有机物及总氮<sup>[1]</sup>。MBR系统分两条独立的生产线,池体采用钢混结构,全地上设计,前端设置均化池,池体有效水深为 $8 \text{ m}$ <sup>[3]</sup>。主要设计参数如下:一级反硝化池总有效容积为 $2\,300 \text{ m}^3$ ,设置2座,单座尺寸为 $11.7 \text{ m} \times 12.1 \text{ m} \times 9.5 \text{ m}$ ;一级硝化池总有效容积为 $6\,100 \text{ m}^3$ ,设置4座,单座尺寸为 $15.6 \text{ m} \times 12.1 \text{ m} \times 9.5 \text{ m}$ ;设计温度为 $25^\circ\text{C}$ ;反硝化速率为 $0.10 \text{ kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ <sup>[2]</sup>;设计MLSS为 $15 \text{ kg}/\text{m}^3$ ;设计反硝化率为92%;设计回流比为20:1;污泥负荷为 $0.2 \text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ <sup>[2]</sup>;设计生化COD去除率为95%。主要配套设备:鼓风机4台(3用1备), $Q=4\,600 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=80 \text{ kPa}$ , $P_n=150 \text{ kW}$ ;双环路超滤集成设备2套, $400 \text{ m}^3/\text{d}$ , $P_n=110 \text{ kW}$ ;超滤清洗及单回路集成设备1套, $200 \text{ m}^3/\text{d}$ , $P_n=65 \text{ kW}$ 。

#### 4.4 碟管反渗透(DTRO)

超滤后设有碟管式反渗透处理单元,去除超滤清液中的不可生化有机物及其他污染物质,保证出水水质达标。超滤出水经过超滤清液槽进入碟管式反渗透系统,自动调节pH值后进入柱塞泵,由柱塞泵送入一级反渗透膜柱系统。由于柱塞泵会产生脉冲,影响膜柱进水速度的平稳性,在每台柱塞泵后有一个减震器。DTRO系统设计处理水量为 $1\,000 \text{ t}/\text{d}$ ,设计回收率为75%,设计膜通量为 $13 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,单支膜组件面积为 $9.405 \text{ m}^2$ ,设计膜组件285支,正常运行压力为 $5.0 \sim 6.5 \text{ MPa}$ 。主要设备:

DTRO供水泵, $Q=16 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=350 \text{ kPa}$ , $3.0 \text{ kW}$ ;集成DTRO膜系统3套,单套处理能力为 $350 \text{ t}/\text{d}$ 。

#### 4.5 污泥处理系统

本项目渗滤液处理工艺需要脱水处理的剩余污泥产量约为 $327.9 \text{ t}/\text{d}$ (含水率为97.5%),污泥脱水工艺设置 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 污泥脱水机2台。离心脱水上清液回至均化池。

浓缩液处理系统预处理产生的污泥约 $84 \text{ t}/\text{d}$ (含水率为97%),采用一台处理量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 的脱水机进行脱水,脱水上清液回到蒸发处理系统继续处理。主要设备:污泥进料泵3台, $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$ , $H=200 \text{ kPa}$ , $P_n=9.2 \text{ kW}$ ,变频;污泥脱水机3台,其中 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , $P_n=(45 \text{ kW}+11 \text{ kW})$ 2台, $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , $P_n=(30 \text{ kW}+7.5 \text{ kW})$ 1台。污泥料斗1座, $20 \text{ m}^3$ ;絮凝剂制备装置1套, $Q=7\,000 \text{ L}/\text{h}$ , $P_n=4.5 \text{ kW}$ 。

#### 4.6 除臭系统

本项目采用生物滤池法除臭,该工艺是一种安全可靠的处理方法,除臭效率大于90%。其原理是将污水处理过程中所产生的臭气经收集系统收集后集中送至生物滤池除臭装置处理,臭气通过湿润、多孔和充满活性微生物的滤层,利用微生物细胞对恶臭物质的吸附、吸收和降解功能,将恶臭物质吸附后分解成简单无机物。厂区内污泥脱水车间、初沉池、均化池、污泥池和脱硫区域合用一套除臭装置,设计处理风量为 $15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。主要设备:生物滤池集成系统1套, $2.3 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ;除臭风机1台, $Q=15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ , $P=18.5 \text{ kW}$ ,玻璃钢材质。

#### 4.7 DTRO浓缩液蒸发系统

浓缩液设计进水水质见表2。

表2 浓缩液设计进水水质

Tab.2 Design concentrate influent quality

项目	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{NH}_3 - \text{N}/$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TDS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	pH值
数值	1 800 ~ 2 500	150 ~ 200	2 ~ 5	30 000 ~ 50 000	6 ~ 9

本项目浓缩液处理来水包括垃圾处置园区渗滤液处理厂一期项目产生的浓缩液 $250 \text{ t}/\text{d}$ 和本项目膜处理系统产生的浓缩液 $239.5 \text{ t}/\text{d}$ ,共计 $489.5 \text{ t}/\text{d}$ 。考虑到膜处理系统在运行过程中的磨损,浓缩液水质水量有一定的波动性,本浓缩液处理系统设计处理规模为 $500 \text{ t}/\text{d}$ 。设计采用预处理+MVR蒸

发处理浓缩液,处理后产物为符合填埋要求的干化污泥、符合排放要求的产水和可回收利用的有机钠盐及铵盐。

浓缩液蒸发处理工艺流程见图 2。

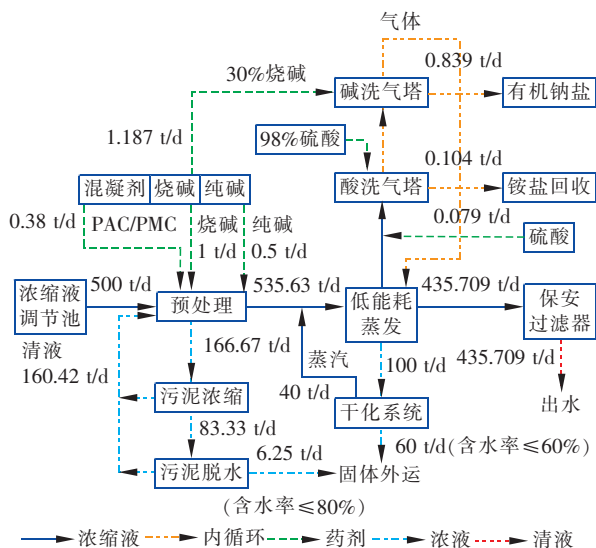


图2 浓缩液蒸发工艺流程

Fig. 2 Flow chart of concentrate evaporation process

主要配套设备:预处理系统 1 套,处理能力为 500 t/d;MVR 蒸发系统 2 套,单套处理能力为 250 t/d,450 kW;干化系统 2 套,160、450 kW;保安过滤系统 1 套,处理能力为 23 t/h。

## 5 主要经济技术指标

本项目总投资概算为 2.38 亿元,总建筑面积(含构筑物基底)为 38 819.68 m<sup>2</sup>;总装机容量约为 4 936 kW,工作容量为 4 608 kW;处理渗滤液的直接成本包括人工费、动力费、消耗药剂材料费、维护维修费等,经过实际核算,处理成本约为 65 元/t,处理浓缩液的直接成本约为 105 元/t。

## 6 运行效果

本工程于2018年4月完工并投入运行,工程运行稳定,处理效果的监测数据可连续满足产水标准,3个月平均产水水质见表3。

表 3 产水水质

Tab. 3 Effluent quality  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	COD	NH <sub>3</sub> - N	TN	TP	SS
DTRO 产水	8 ~ 10	0.5 ~ 1	5 ~ 10	10 ~ 20	0
蒸发产水	30 ~ 40	1 ~ 2	5 ~ 8	0.04 ~ 0.4	0

## 7 结论

本项目为国内为数不多的千吨级渗滤液处理项目,出水水质执行目前国内最严格的一级 A 及地表水 V 类(部分指标)标准。该工程的成功实施对国内大型渗滤液高标准建设项目具有参考意义。针对反渗透浓缩液采用 MVR 蒸发系统工艺,最终实现干化处理,通过此工艺可以使系统整体回收率达到 91.4%,实现浓缩液全量处理。

### 参考文献:

- [1] CJJ 150—2010, 生活垃圾渗沥液处理技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.  
CJJ 150 - 2010, Technical Code for Leachate Treatment of Municipal Solid Waste[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010(in Chinese).
- [2] RISN—TG 023—2016, 生活垃圾渗沥液处理技术导则[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.  
RISN - TG 023 - 2016, Technical Guideline for Leachate Treatment of Municipal Solid Waste[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2017(in Chinese).
- [3] 李强,陈刚,熊斌,等. 深圳市某焚烧发电厂污水处理站节能设计措施[J]. 给水排水,2018,44(S1):132 - 135.  
Li Qiang, Chen Gang, Xiong Bin, *et al.* Energy-saving design of sewage treatment station of an incineration power plant in Shenzhen[J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(S1):132 - 135(in Chinese).



**作者简介:**李强(1988—),男,河北张家口人,硕士,工程师,专业土工,从事垃圾渗滤液处理设计工作。

**E – mail:**469999724@ qq. com

收稿日期:2019-03-10