

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.02.019

生物法+膜法工艺处理垃圾焚烧电厂渗滤液

李长海¹, 张雅潇², 普建国¹, 谭祥帅¹, 李 昭¹, 张瑞祥¹,
牛利涛¹, 郭云飞¹, 张丛林¹

(1. 西安热工研究院有限公司, 陕西 西安 710054; 2. 中联西北工程设计研究院有限公司,
陕西 西安 710077)

摘 要: 某城市生活垃圾焚烧电厂采用生物法+膜法工艺(预处理/UASB/MBR/NF/RO)处理垃圾渗滤液,处理规模为360 m³/d。运行结果表明,该工艺处理效果稳定、耐冲击能力强。采用生物法(UASB/MBR)能有效去除渗滤液中的COD、BOD₅、NH₃-N、TN及SS,采用膜法(NF/RO)对水中的有机物及盐分进行深度处理,能保证出水达标回用。当进水COD、BOD₅、氨氮、TN、SS分别为63 700、29 300、1 930、2 450、9 000 mg/L时,出水指标分别为46.0、7.0、0.7、13.0 mg/L,完全满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中敞开式循环冷却水补充水的水质要求。该系统运行成本为34.41元/m³。

关键词: 垃圾焚烧电厂; 渗滤液; UASB; MBR; 纳滤; 反渗透

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)02-0104-06

Treatment of Leachate from Waste Incineration Power Plant by Biological and Membrane Process

LI Chang-hai¹, ZHANG Ya-xiao², PU Jian-guo¹, TAN Xiang-shuai¹, LI Zhao¹,
ZHANG Rui-xiang¹, NIU Li-tao¹, GUO Yun-fei¹, ZHANG Cong-lin¹

(1. Xi'an Thermal Power Research Institute Co. Ltd., Xi'an 710054, China; 2. China United Northwest Institute for Engineering Design & Research Co. Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract: The biological and membrane process (pretreatment/UASB/MBR/NF/RO) was used to treat landfill leachate of a waste incineration power plant, with design capacity of 360 m³/d. The operation results showed that the process treatment effect was stable and had strong resistance to shock loading. The biological process(UASB/MBR) could effectively remove the COD, BOD₅, NH₃-N, TN and SS, and the membrane process (NF/RO) can further treat organic and salt to ensure the effluent reach the recycle standard. When the influent concentration of COD, BOD₅, ammonia nitrogen, TN, and SS were 63 700 mg/L, 29 300 mg/L, 1 930 mg/L, 2 450 mg/L and 9 000 mg/L respectively, the relevant effluent indexes were 46.0 mg/L, 7.0 mg/L, 0.7 mg/L, 13 mg/L, 0 mg/L, respectively, the effluent quality could meet the requirements of supplementary water for open recirculating cooling water in *The Reuse of Urban Recycling Water—Water Quality Standard for Industrial Uses* (GB/T 19923—2005). The operation cost of the system was 34.41 yuan/m³.

Key words: waste incineration power plant; landfill leachate; UASB; MBR; NF; RO

生活垃圾焚烧电厂渗滤液主要来源于垃圾本身含有的水分、垃圾在降解过程中产生的水分、卸料平台及栈桥冲洗水和初期雨水等。垃圾渗滤液具有污染物成分复杂、水质波动大、有机物和氨氮浓度高、重金属离子浓度和盐分含量高等特点^[1]。垃圾渗滤液若直接排入水体,会对环境和人体健康带来很大的危害。

以某垃圾额定处理量为 2×600 t/d 的焚烧电厂渗滤液处理系统为例,就生物法+膜法工艺在垃圾渗滤液处理中的应用进行探讨。

1 垃圾渗滤液处理工艺

1.1 设计进、出水水质

该电厂垃圾渗滤液处理后出水一类污染物浓度需达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008),其他污染物需达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)和广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)要求,同时出水水质需满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中敞开式循环冷却水系统补给水水质指标要求,便于电厂将污水处理站产水进行回用。

设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项 目	进水水质	出水水质
pH 值	5~7	6.5~8.5
SS/(mg·L ⁻¹)	≤10 000	≤30
COD/(mg·L ⁻¹)	≤70 000	≤60
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	≤30 000	≤10
氨氮/(mg·L ⁻¹)	≤2 200	≤5
总氮/(mg·L ⁻¹)	≤2 700	≤40
总磷/(mg·L ⁻¹)	≤93.4	≤1
总汞/(mg·L ⁻¹)	≤0.011	≤0.001
总镉/(mg·L ⁻¹)	≤0.295	≤0.01
总铬/(mg·L ⁻¹)	≤6	≤0.1
六价铬/(mg·L ⁻¹)	≤1.5	≤0.05
总砷/(mg·L ⁻¹)	≤1	≤0.1
总铅/(mg·L ⁻¹)	≤0.456	≤0.1

1.2 工艺流程

渗滤液处理系统主要用于处理垃圾渗滤液、卸料平台及栈桥冲洗水、初期雨水等,设计处理规模为 360 m³/d。

工艺流程及水量平衡见图 1。

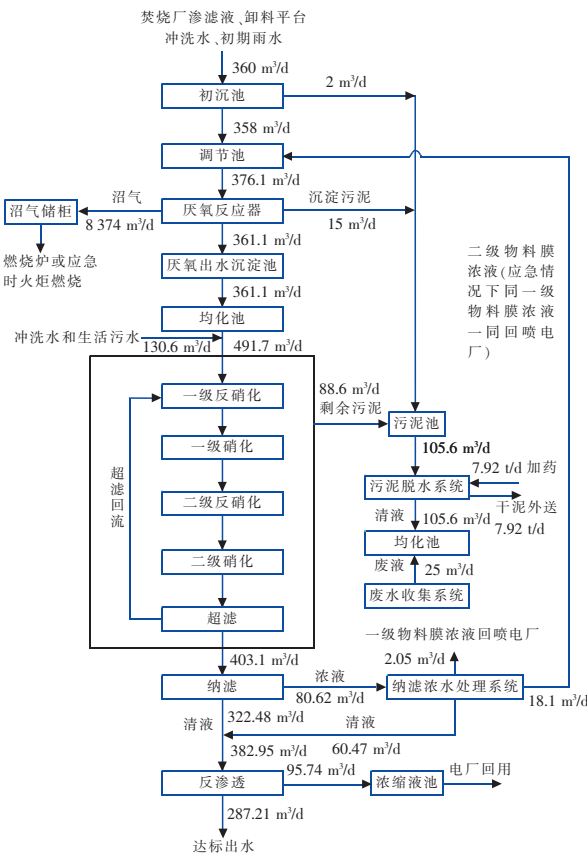


图 1 渗滤液处理系统工艺流程及水量平衡

Fig.1 Flow chart of leachate treatment process and water balance

1.3 设计参数及工艺特点

1.3.1 初沉池

渗滤液通过垃圾池底部的输送泵提升至初沉池。渗滤液输送泵 2 台(1 用 1 备), $Q=40\text{ m}^3/\text{h}$, $H=550\text{ kPa}$, $N=15\text{ kW}$ 。在初沉池入口设 1 台篮式过滤器和 1 台自清洗过滤器,篮式过滤器的过滤精度为 10 mm,自清洗过滤精度为 2 mm。篮式过滤器和自清洗过滤器流量均为 60 m³/h。初沉池为半地下式钢混结构,停留时间 1.2 d,有效容积 300 m³。池底设 1 台螺杆排泥泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$ 。渗滤液经泵输送至篮式过滤器和自清洗过滤器,去除大颗粒物及杂质,然后进入初沉池进一步除去粒径>1 mm 的固体颗粒物,降低悬浮物含量,防止在调节池淤积。初沉池的出水通过管道进入调节池,池底淤泥通过排泥泵进入污泥处理系统。

1.3.2 调节池

设 1 座调节池(分 2 格)和 1 座事故池,调节池和事故池互为备用。调节池为半地下式加盖钢混结

构,水力停留时间8.3 d,总有效容积3 000 m³。事故池为半地下式加盖钢筋混凝土结构,水力停留时间1.9 d,总有效容积700 m³。为了防止污泥在调节池和事故池中淤积,调节池设2台潜水搅拌机,事故池设1台潜水搅拌机,潜水搅拌机功率均为4.0 kW。调节池对渗滤液水量和水质进行调节、暂存,同时对有机物还有一定的降解作用,可以降低后续生化系统的负荷。

1.3.3 厌氧系统

厌氧系统(UASB)主要工艺参数见表2。

表2 厌氧系统主要工艺参数

Tab.2 Main parameters of UASB

项 目	数值
设计温度/℃	35
水力停留时间/d	8.93
容积负荷/(kgCOD·m ⁻³ ·d ⁻¹)	7.5
实际表面负荷(上升流速)/(m ³ ·m ⁻² ·h ⁻¹)	0.7
水量循环比	1/10
沼气产率/(m ³ ·kg ⁻¹ COD)	0.45
沼气产量/(m ³ ·d ⁻¹)	8 374
沼气温度/℃	35
剩余污泥产量/(m ³ ·d ⁻¹)	15
COD去除率/%	≥80
含固率/%	6
平均剩余污泥量/(m ³ ·d ⁻¹)	15

设2座UASB厌氧反应器,地上式钢防腐结构,尺寸 $\Phi 10.9\text{ m}\times 18.5\text{ m}$ 。1座厌氧沉淀池,半地下式钢混结构,水力停留时间15.3 h,有效容积150 m³;1座均化池,半地下式钢混结构,水力停留时间5.6 h,有效容积120 m³。设2台厌氧进水泵, $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=4.0\text{ kW}$ 。1台厌氧超越水泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$ 。2台厌氧循环泵, $Q=75\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$ 。1台厌氧沉淀排泥泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=4.0\text{ kW}$ 。气水混合器2套,三相分离器2套,厌氧加热器2套,均化池搅拌机1台,酸洗装置1套。

① 调节池出水通过厌氧进水泵进入中温UASB反应器,渗滤液在厌氧状态下,通过厌氧微生物的作用,使有机污染物依次完成水解、酸化、产气等厌氧过程,将污染物最终分解成甲烷气体、水、氨氮、磷酸盐和无机盐等小分子物质,为后续的MBR提供较好的进水条件。

② UASB反应器出水首先进入厌氧沉淀池,

厌氧沉淀池底部一部分污泥通过排泥泵回流至UASB反应器,保证厌氧系统污泥浓度,强化反应器内的泥水混合效果,抵抗冲击负荷,提供更大的剪切力加强气泡与污泥分离,为后续反硝化系统提供良好的进水条件。厌氧沉淀池底部多余污泥通过厌氧沉淀排泥泵排至污泥处理系统。

③ 厌氧超越水泵将调节池中部分污水输送至均化池,作为碳源的补充,部分回流至事故池。

④ 厌氧沉淀出水进入均化池,与少部分通过厌氧超越水泵输送至均化池的污水进行混合、均质。均化池中搅拌机用于抑制出水中的厌氧微生物。

⑤ 垃圾渗滤液含有钙、镁离子和其他易结垢成分,在加热、厌氧过程中易结垢。厌氧系统酸洗装置可对易结垢管道进行酸洗。

⑥ 系统运行过程中,厌氧循环蒸汽保持系统温度在 $(35\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,为防止进水量超出系统降解能力,调整单个厌氧罐进水量 $<50\text{ m}^3/\text{d}$,冬季厌氧温度低时应根据实际情况降低调整量。

pH值主要取决于厌氧3个生化阶段的平衡状态,原液本身的pH值和发酵产生的CO₂负荷过高,水解和酸化过程的生化速率超过产气速率,导致水解产物有机酸积累,pH值下降,抑制甲烷菌的生理机能,产气速率锐减,因此发酵过程有机酸浓度以不超过3 000 mg/L为佳(以乙酸计)。碱度(ALK)是这一过程的有效缓冲剂,由HCO₃⁻及NH₃形成厌氧处理系统碱度。高碱度具有较强的缓冲能力,一般要求碱度在2 000 mg/L以上,挥发有机酸(VFA)浓度以50~500 mg/L为佳。系统正常运行时需控制VFA/ALK <0.3 ,否则系统会出现酸化。

游离态的硫化氢会对厌氧消化过程(主要是产甲烷过程)产生抑制作用;通过投加Fe³⁺可以去除S²⁻,延缓抑制,一般系统在硫化氢浓度 $>1\,500\text{ mg/L}$ 时,应投加三氯化铁5.0 L/h,根据硫化氢浓度变化每次调整量 $<2.0\text{ L/h}$ 。

中温厌氧的氧化还原电位控制在 $-350\sim -300\text{ mV}$,非产甲烷阶段可在兼氧条件下进行,氧化还原电位 $-100\sim 100\text{ mV}$,在产甲烷阶段的氧化还原电位临界值为 -200 mV 。

厌氧罐0.5 m取样口的MLSS控制在40~50 g/L,4 m取样口的MLSS控制在30 g/L以下,厌氧循环管MLSS控制为15~20 g/L。

厌氧系统停运后仍需对 pH 值、COD、有机酸、温度及循环泵运行情况监测。若中长期停运(>10 d)应每天启动进水泵进水 5~10 m³,保持厌氧微生物活性。

1.3.4 MBR 系统

设计采用一级前置式反硝化、硝化后置方式,二级强化反硝化/硝化和外置式超滤系统。2座半地下式钢混一级反硝化池,水力停留时间 2.2 d,有效容积 430 m³。4座半地下式钢混一级硝化池,水力停留时间 4.5 d,有效容积 450 m³。2座半地下式钢混二级反硝化池,水力停留时间 0.86 d,有效容积 160 m³。2座半地下式钢混二级硝化池,水力停留时间 0.86 d,有效容积 330 m³。2台硝酸盐回流泵, $Q=75\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$ 。4台一级潜水搅拌机,2台二级潜水搅拌机,4台一级射流循环泵,2台二级射流循环泵,2台消泡剂投加泵。设2套外置管式超滤系统,处理能力为 485 m³/d;设有1套超滤清洗装置。

① 厌氧池出水先进入一级反硝化池,反硝化池内设有水下搅拌装置,在反硝化池内利用宏观的缺氧环境和缺氧微生物的同化和异化作用,将硝酸盐氮、亚硝酸盐氮还原为氮气排放到大气中。

② 反硝化池出水进入硝化池,在硝化池内利用好氧环境和好氧微生物的同化和异化作用,将氨氮氧化为硝酸盐氮和亚硝酸盐氮,从而达到氨硝化的目的。

③ 为了增强渗滤液处理系统总的脱氮率,设有二级硝化反硝化系统,在二级反硝化池中投加碳源,以保证反硝化所需的碳源,之后进入二级硝化池,将多余碳源去除。

④ MBR 系统运行过程中进水盐分以不超过 5 000 mg/L 为宜, SV_{30} 一般为 15%~30%。由于硝化菌对 pH 值较为敏感,当硝化池的 pH 值过高时,出水氨氮将超标;过低时,会导致系统反硝化不完全,硝化微生物死亡。通常控制 pH 值为 7.8~8.0。在一定范围内,随着温度的升高,生化反应速率加快,增殖速率也加快;温度突升或突降并超过一定限度时,会有不可逆的破坏,温度>40℃或<10℃后,会有不利影响,因此硝化反应器的温度宜控制在 35~36℃。

若溶解氧过高,污泥解体、泡沫增加,系统电耗升高;若溶解氧过低,系统曝气不充分微生物中毒,

出水水质超标。运行中严禁在短时间内大幅提升进水负荷,最高 COD 不超过 70 000 mg/L, BOD₅ 不超过 30 000 mg/L,所有生化进水负荷值的日平均波动幅度应控制在 5%~8%。

MBR 系统停运后为保证生化污泥活性,防止产生厌氧,每天应间歇曝气 30~60 min。中长期停运(超过 10 d)应每天启动进水泵进水 5~10 m³并曝气,以保持微生物活性。

MBR 生化工艺、超滤主要工艺参数分别见表 3、4。

表 3 MBR 主要工艺参数

Tab.3 Main parameters of MBR

生化池水温/℃	25
总水力停留时间/d	8.42
生化反应器污泥浓度/(g·L ⁻¹)	15
总反硝化率/%	99.2
硝化池曝气方式	射流曝气
反硝化回流比	22:1
硝化污泥所需泥龄/d	17.5
污泥量/(m ³ ·d ⁻¹)	88.6
鼓风量/(m ³ ·h ⁻¹)	4 379
COD 去除率/%	≥94.7
BOD ₅ 去除率/%	≥99.7
SS 去除率/%	≥98.2
脱氮率/%	99.2

表 4 超滤主要工艺参数

Tab.4 Main parameters of ultrafiltration

膜结构、过滤方式	管式、错流过滤
膜材质	PVDF
膜过滤孔径/nm	20~30
总膜面积/m ²	324
设计膜通量/(L·h ⁻¹ ·m ⁻²)	68
产水量/(m ³ ·d ⁻¹)	485
系统操作压力/MPa	0.44~0.6
清洗方式	CIP 在线清洗
化学清洗周期/(次·月 ⁻¹)	1

1.3.5 纳滤系统

纳滤系统是由进水泵、集成设备和清液罐组成。设 2 台进水泵, $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=400\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$,2套集成设备和1套清洗系统。超滤出水进入纳滤系统,利用纳滤对有机物及高价态盐分的高选择性截留能力,去除水中绝大部分有机物及高价盐分,纳滤浓水进入纳滤浓缩液处理系统^[2]。纳滤系统主要工艺参数见表 5。

表5 纳滤主要工艺参数

Tab.5 Main parameters of nanofiltration

膜形式	卷式纳滤膜
进水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	485
出水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	388
纳滤装置数/套	2
纳滤膜元件数/支	30
总膜面积/ m^2	1 110
设计膜通量/($\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	16
设计产水率/%	80
系统操作压力/MPa	0.5~1.5
纳滤膜清洗方式	CIP在线清洗
化学清洗频次/(次·月 $^{-1}$)	1

1.3.6 纳滤浓缩液处理系统

纳滤浓缩液处理主要工艺参数见表6。

表6 纳滤浓缩液处理主要工艺参数

Tab.6 Main parameters of nanofiltration concentrate treatment

进水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	80.62
出水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	60.47
减量化装置数	1套,2级
设计产水率/%	75
系统操作压力/MPa	0.5~1.5
清洗方式	CIP在线清洗
化学清洗频次/(次·月 $^{-1}$)	1
膜质保期/a	2
腐殖酸COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	95 384

设置1套两级物料膜处理系统。一级物料膜系统设置1台纳滤浓液进料泵, $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=400 \text{ kPa}$, $N=1.5 \text{ kW}$, 1套一级物料膜主机, $Q=100 \text{ m}^3/\text{d}$, $N=15.5 \text{ kW}$, 采用12支8英寸(1英寸=2.54 cm)膜元件。设1台改性剂投加泵, 2台阻垢剂投加泵, 1台一级物料浓液提升泵, $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=600 \text{ kPa}$, $N=4 \text{ kW}$ 。二级物料膜系统设1台二级物料膜原水罐, $V=5 \text{ m}^3$, 1台二级物料膜给水泵, $Q=3.5 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=400 \text{ kPa}$, $N=1.1 \text{ kW}$, 1套二级物料膜主机, $Q=100 \text{ m}^3/\text{d}$, $N=12 \text{ kW}$, 采用11支8英寸膜元件。设1座半地下钢混式腐殖酸储存池, $V=260 \text{ m}^3$, 1套清洗装置。

纳滤浓缩液经过水质调理后, 首先进入一级物料膜系统, 一级物料膜产生的浓缩液为高浓度有机废液, 储存于腐殖酸储存池, 回喷焚烧炉焚烧。一级物料膜透过液进入二级物料膜系统, 产生的二级物料膜浓缩液储存于二级物料膜浓缩液罐, 在正常情况下返回渗滤液调节池, 应急情况下与腐殖酸一

起泵至电厂回用。二次物料膜透过液进入反渗透系统。

1.3.7 反渗透系统

反渗透主要工艺参数见表7。

表7 反渗透主要工艺参数

Tab.7 Main parameters of reverse osmosis

膜形式	卷式反渗透膜(8英寸)
膜材质	聚酰胺复合膜
膜管材质	FRP
进水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	420
出水量/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	315
反渗透装置/套	2
反渗透膜元件/支	40
总膜面积/ m^2	1 224
设计膜通量/($\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	12
产水率/%	75
系统操作压力/MPa	2.5~4.0
反渗透膜清洗方式	CIP在线清洗
化学清洗频次/(次·月 $^{-1}$)	1

设2台反渗透进水泵, $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=400 \text{ kPa}$, $N=2.2 \text{ kW}$ 。2套集成反渗透装置, $Q=230 \text{ m}^3/\text{d}$, $N=33 \text{ kW}$, 采用40支8英寸膜元件。1套集成清洗装置, 1座反渗透产水池, $V=150 \text{ m}^3$, 1座反渗透浓液池, $V=596 \text{ m}^3$ 。纳滤产水进入反渗透, 通过反渗透对盐分及有机物的高截留能力, 进一步去除水中的有机物及盐分, 最终出水达标回用, RO浓缩液用作飞灰固化增湿用水和烟气净化石灰制浆。

1.3.8 污泥脱水系统

对初沉池、厌氧系统和MBR系统等产生的污泥进行脱水处理, 脱水后污泥先进入污泥斗, 再用泵输送至电厂焚烧炉焚烧。设1座地下式钢混污泥池, 有效容积88 m^3 ; 1座半地下式钢混清液池, 有效容积50 m^3 ; 1台污泥脱水进料泵, $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=200 \text{ kPa}$, $N=4 \text{ kW}$; 1套脱水机, $Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $N=37.5 \text{ kW}$; 1套絮凝剂制备装置、1台絮凝剂投加泵、1台脱水清液回流泵。

① 对初沉池、厌氧系统和MBR系统等产生的污泥进行脱水处理, 脱水后污泥先进入污泥斗, 再用泵输送至电厂焚烧炉焚烧。

② 脱水清液流入脱水清液池, 利用脱水清液回流泵送回MBR系统。

污泥脱水系统主要工艺参数见表8。

表8 污泥脱水系统主要工艺参数

Tab.8 Main parameters of sludge dewatering system

初沉池剩余污泥产量/(m ³ ·d ⁻¹)	2
厌氧剩余污泥产量/(m ³ ·d ⁻¹)	15
厌氧剩余污泥浓度/(g·L ⁻¹)	60
MBR剩余污泥产量/(m ³ ·d ⁻¹)	88.6
MBR剩余污泥浓度/(g·L ⁻¹)	15
污泥总产量/(m ³ ·d ⁻¹)	105.6
平均污泥浓度/(g·L ⁻¹)	21.5
污泥脱水处理能力/(m ³ ·h ⁻¹)	6.7(按日工作16 h计)
脱水干泥量/(t·d ⁻¹)	7.92

1.3.9 沼气收集和除臭系统

沼气主要来自垃圾渗滤液厌氧处理系统,主要成分为甲烷(40%~70%)、二氧化碳(30%~60%)、硫化氢等。沼气通过增压风机后送至锅炉燃烧实现资源再利用,应急情况下进入火炬燃烧。火炬可调节焚烧量为80~800 m³,可满足不同时段的焚烧要求。

臭气主要来自渗滤液调节池(包含应急池)、污泥池,少量臭气成分也来自污泥脱水车间。通过风管统一送至垃圾池,入炉焚烧处理,同时设置1套化学(酸洗+碱洗+氧化)除臭系统作为应急备用,总处理能力为15 000 m³/h。

2 实际运行效果及成本分析

垃圾渗滤液处理系统自2020年6月正式运行以来,系统出水一直比较稳定。

出水水质见表9。

表9 垃圾渗滤液处理系统出水水质

Tab.9 Effluent quality of landfill leachate treatment system

项目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	SS
进水	63 700	29 300	1 930	2 450	9 000
UASB出水	13 570	5 700	1 930	2 450	7 300
MBR出水	784	165	8	76	8
NF出水	132	20	1.2	35	0
RO出水	46	7	0.7	13	0

由表9可以看出,生物法+膜法垃圾渗滤液处理工艺出水水质完全能满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中敞开式循环冷却水补充水的水质标准。

运行成本:消泡剂0.35元/m³,膜清洗剂1.08

元/m³,盐酸1.75元/m³,阻垢剂1.20元/m³,絮凝剂2.40元/m³,改性剂0.28元/m³,水0.20元/m³,电18.30元/m³,蒸汽3.60元/m³,维护保养0.33元/m³,超滤膜更换1.30元/m³,纳滤膜更换1.37元/m³,反渗透膜更换1.33元/m³,浓缩液膜更换0.75元/m³,分析化验0.17元/m³,合计34.41元/m³。渗滤液处理运行单价以满负荷(360 m³/d)运行计算;运行成本中,电价0.61元/(kW·h)、水价4.0元/m³、蒸汽价200元/t、盐酸(31%)价格700元/t;运行时间按每年运行8 000 h计;工资及福利费不计。

3 结论

生物法+膜法工艺(预处理+UASB+MBR+NF+RO)在某垃圾焚烧发电厂渗滤液处理中的应用表明,该工艺具有抗冲击负荷能力高、污泥产量低和出水水质稳定等优点,能满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)标准中敞开式循环冷却水补充水的水质要求,可以回用于场区杂用,是场区实现污染零排放的关键措施。

参考文献:

- [1] 马东兵,岳峥,刘斌,等. MBR+NF/RO工艺处理垃圾渗滤液[J]. 中国给水排水,2014,30(12):9-11.
MA Dongbing, YUE Zheng, LIU Bin, et al. MBR+ NF/RO process for treatment of landfill leachate[J]. China Water & Wastewater, 2014,30(12):9-11(in Chinese).
- [2] 张立勇,贾赞利,刘俊良,等. 厌氧/生物脱氮/MBR/NF/RO工艺处理渗滤液[J]. 工业水处理,2015,35(7):96-98.
ZHANG Liyong, JIA Zanli, LIU Junliang, et al. Application of anaerobic-biological denitrification-MBR-NF-RO process to the treatment of landfill leachate[J]. Industrial Water Treatment, 2015, 35(7):96-98(in Chinese).

作者简介:李长海(1982—),男,湖北武汉人,硕士,高级工程师,主要从事电厂化学方面的研究工作。

E-mail: lching@126.com

收稿日期:2020-07-10

修回日期:2020-08-03

(编辑:衣春敏)