

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.10.018

生活垃圾焚烧厂渗沥液零排放与资源回收实践

刘庄泉

(上海环境卫生工程设计院有限公司, 上海 200232)

摘要: 以南京江北生活垃圾焚烧发电厂800 m³/d渗沥液处理工程为例,介绍其全量化处理和资源回收系统。渗沥液处理采用预处理+UBF+两级A/O-MBR+NF+RO组合工艺,NF浓缩液处理采用物料膜减量+回喷焚烧炉工艺,RO浓缩液处理采用软化+STRO减量+石灰制浆工艺,沼气经预处理后喷入焚烧炉掺烧发电。实践表明,该项目运行稳定,系统回收率达到83.0%;出水直接用作循环冷却补水,沼气入炉掺烧发电量满足渗沥液处理系统自身用电量需要。该工程做到了渗沥液的全量化处理和零排放,实现了废水的再生利用和资源回收。

关键词: 渗沥液; MBR; 膜处理; 浓缩液; 掺烧; 全量处理; 零排放; 资源回收

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)10-0113-06

Zero Discharge and Resource Recovery in Leachate Treatment from a Domestic Waste Incineration Power Plant

LIU Zhuang-quan

(Shanghai Environmental Sanitation Engineering Design Institute, Shanghai 200232, China)

Abstract: This paper presents the zero discharge and resource recovery practices at the Nanjing Jiangbei domestic waste incineration power plant, which processes 800 m³/d leachate. The treatment system integrates multiple technologies, including pretreatment, upflow anaerobic sludge blanket filter reactor (UBF), two-stage A/O-MBR, nanofiltration(NF), and reverse osmosis(RO). The NF concentrate is treated using membrane reduction followed by back-spray incineration, while the RO concentrate undergoes softening, STRO reduction, and lime slurry treatment. Additionally, pretreated biogas is sprayed into the incinerator for co-combustion to generate electricity. The system operates stably with a recovery rate of over 83.0%. The treated effluent is reused for cooling water supplementation, and the electricity generated from biogas co-combustion meets the power demands of the leachate treatment system. This project demonstrates a successful implementation of zero discharge leachate treatment, achieving full resource recovery and wastewater reuse.

Key words: leachate; MBR; membrane treatment; concentrate; co-combustion; full quantitative treatment; zero discharge; resource recovery

焚烧已成为目前国内生活垃圾处理技术的主流,生活垃圾在垃圾坑储存发酵过程中会产生10%~30%的渗沥液,这部分渗沥液有机物、氨氮、盐含量高,B/C比值达到0.45,可生化性较好,同时水质、水量季节性波动大,若得不到及时有效处理,则会对环

境产生较大影响。鉴于焚烧厂渗沥液COD浓度较高、可生化性较好,采用生物处理是首选,一般选用厌氧+好氧的组合处理工艺。为了保证出水水质达标,常用膜处理作为生化出水的深度处理。目前,焚烧厂渗沥液多数采用厌氧+MBR+膜组合处理

工艺^[1]。

1 设计水质

南京江北生活垃圾焚烧厂渗沥液处理系统设计处理规模为800 m³/d,出水达到《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充水的水质标准(非铜质换热器)。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

指标	COD/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	pH
设计进水	80 000	1 800	2 500	5 000	5.0~6.0
设计出水	60	10	40	30	6.5~8.5

2 工艺流程与工艺设计

2.1 主工艺流程

考虑项目出水需要回用,对氨氮、COD和盐分均有较高要求,参照类似项目的运行经验、结合项目焚烧与烟气处理工艺特点,渗沥液处理采用“预处理+中温UBF+两级A/O-MBR+NF+RO”工艺(见图1)。

来自垃圾坑的渗沥液通过水泵提升至调节池顶端的网孔格栅机,去除粒径>1.8 mm的固体杂物后自动流入初沉池进一步去除剩余的SS,初沉池出水溢流进入调节池进行水量、水质的均衡以满足厌氧系统的进水条件,再通过厌氧进水泵将调节池中的渗沥液提升至UBF厌氧反应器,渗沥液中的COD得到大幅降解并产生沼气,其经除湿、稳压预处理后喷入焚烧炉掺烧发电,实现了能源回收。厌氧出水流入后续两级A/O池进行COD降解和脱氮处理。为防止厌氧出水C/N比失调,设计中考考虑部分经格栅过滤和初沉分离后的渗沥液超越厌氧反应器直接进入两级A/O池,以保证反硝化所需的碳源,从而保持AO系统必要的反硝化率及pH的稳定。A/O末段混合液通过外置超滤膜进行泥水分离,超滤清液经加酸调节水质后依次进入NF和RO系统进行深度处理,RO膜脱盐率达到99%以上,且对有机物去除率达到98%^[2],可确保出水达标,最终RO出水直接进入冷却塔循环水池,实现了工艺出水的循环再利用。

渗沥液处理过程产生的剩余活性污泥采用离心脱水机脱水到含水率80%左右后泵入焚烧炉进

行焚烧处理,上清液回流至MBR池的一级反硝化池处理。NF浓缩液经两级物料膜减量处理后回喷至焚烧炉焚烧处理,RO浓缩液经软化和STRO减量处理后用于烟气旋转喷雾半干法石灰制浆。格栅机、初沉池、调节池、反硝化池与污泥脱水间的臭气收集后送入垃圾坑作为焚烧炉的一次风进行焚烧处理。

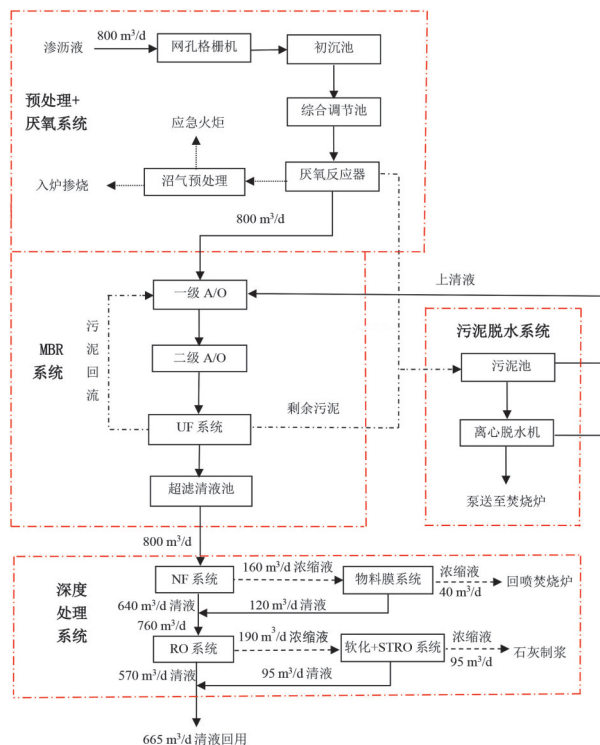


图1 渗沥液处理工艺流程与水量平衡

Fig.1 Process flow of leachate treatment and water balance

2.2 预处理系统

预处理目的是针对性除渣和进行水质、水量调节,设施主要包括网孔格栅、初沉池、调节池、搅拌器等。通过网孔格栅机和初沉池的联合作用去除渗沥液中大部分SS以降低进入厌氧系统的SS,保证厌氧系统的正常运转。调节池内设置潜水搅拌机,在防止SS沉积的同时有效均衡水质。水池采用加盖钢筋混凝土结构,有效容积分别为220、4 200 m³,对应的水力停留时间分别为6.6、126 h。主要设备:网孔格栅机1台, Q=100 m³/h, N=1.5 kW, 孔隙1.8 mm;潜水搅拌机3台, N=7.5 kW;初沉池排泥泵2台, Q=15 m³/h, N=3 kW;厌氧进水泵3台, Q=25 m³/h, N=7.5 kW;超越水泵1台, Q=15 m³/h, N=3 kW。

2.3 厌氧系统

采用复合式中温UBF厌氧反应器,冬天利用焚烧厂余热蒸汽作为加热源。反应器采用下进上出的方式,下层为上流式污泥床,约占反应器体积的45%,中层为装有软性带状填料厌氧滤池、约占反应器体积的30%,上层为澄清出水区,顶部为沼气区,厌氧部分出水回流以缓冲进水的冲击负荷。在反应器内部,渗沥液中大部分COD在厌氧微生物作用下分解为 CH_4 、 CO_2 和 H_2O 等,同时部分难生化降解的COD在厌氧条件下被水解酸化,有利于后续MBR处理。

厌氧系统设计参数:设2座UBF,单座处理量 $400\text{ m}^3/\text{d}$ 、进水COD为 75 g/L 、运行温度为 $32\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 、pH为 $6.8\sim 7.8$ 、容积负荷为 $8\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 、COD去除率按75%设计(考虑后续MBR反硝化所需的碳氮平衡),上升流速为 0.8 m/h 、产气率为 $0.45\text{ m}^3/\text{kgCOD}$ 、水力停留时间为7 d。主要设备:2座钢制厌氧反应器,单座尺寸 $\varnothing 15.2\text{ m}\times 17.6\text{ m}$ 、有效容积 $2\,800\text{ m}^3$;循环泵3台, $Q=150\text{ m}^3/\text{h}$, $N=15\text{ kW}$;排泥泵2台, $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$, $N=3\text{ kW}$ 。

2.4 沼气系统

沼气系统主要对沼气进行储存、除湿、稳压、增压后送入焚烧炉掺烧,应急状态下利用火炬燃烧排放,主要包括双膜储柜、沼气除湿脱水装置、沼气燃烧器、应急火炬、增压风机等。在设计负荷下,厌氧沼气产量约 $750\text{ m}^3/\text{h}$,甲烷含量为 $65\%\sim 75\%$ 。主要设备:双膜储柜1座,内膜有效容积 400 m^3 ;沼气预处理与火炬各1套,处理能力 $800\text{ m}^3/\text{h}$;沼气燃烧器3台, $Q=250\text{ m}^3/\text{h}$,火焰长度 1.2 m ,出力调节比 $1:5$ 。

2.5 两级AO-MBR系统

膜生物反应器由两级AO池和外置式UF系统组成,通过氧化、硝化、反硝化等作用去除水中有机物、氨氮和总氮^[3],氨氮去除率达到99.5%,总氮去除率达到95%。外置式UF系统完成泥水分离和污泥回流,为后续膜深度处理系统的正常运行创造有利条件。采用充氧效率高的射流曝气器和节能的空气悬浮风机组合曝气,相比常规曝气,降低电耗约32%。由于进入反应器的有机物和氨氮含量较高,生化反应放热量较大,同时曝气与搅拌过程中也会产生较多的热能,因此设置了冷却系统对池内混合液进行间接换热以确保生化系统运行温度控制在 $35\text{ }^\circ\text{C}$ 以下。两级AO系统设计参数:处理量为

$800\text{ m}^3/\text{d}$ 、污泥浓度为 15 g/L 、水温为 $25\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ 、脱氮速率为 $0.05\sim 0.09\text{ kgNO}_3^-/\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 、硝化速率为 $0.03\sim 0.05\text{ kgNH}_3-\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 、污泥负荷为 $0.07\sim 0.15\text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 、污泥产率为 $0.15\sim 0.30\text{ kgMLSS}/\text{kgCOD}$ 、总回流比为25、射流气水比为 $4:1$ 、总停留时间为 10.4 d 。UF设计参数:设2套UF,单套处理量为 $400\text{ m}^3/\text{d}$,设计膜通量为 $67\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。选用8英寸(1英寸 $=2.54\text{ cm}$) 3 m 长管式膜,PFDF材质,孔径为 30 nm ,膜面积为 27.2 m^2 ,最大操作温度为 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 。共配置20根管式膜,总膜面积为 544 m^2 。

主要构筑物:一级A池1座,净尺寸($L\times B\times H$)为 $21\text{ m}\times 9.5\text{ m}\times 9\text{ m}$,停留时间为 1.95 d ;一级O池2座,净尺寸($L\times B\times H$)为 $21\text{ m}\times 16.5\text{ m}\times 9\text{ m}$,停留时间为 6.76 d ;两级A池1座,净尺寸($L\times B\times H$)为 $9.4\text{ m}\times 12\text{ m}\times 7\text{ m}$,停留时间为 0.85 d ;两级O池1座,净尺寸($L\times B\times H$)为 $9.4\text{ m}\times 12\text{ m}\times 7\text{ m}$,停留时间为 0.85 d 。

主要设备:反硝化液下搅拌机5台, $N=3\text{ kW}$;冷却系统2套, $Q=600\text{ m}^3/\text{h}$, $N=110\text{ kW}$;硝酸盐回流泵1台, $Q=400\text{ m}^3/\text{h}$, $H=130\text{ kPa}$, $N=30\text{ kW}$;消泡循环泵2台, $Q=100\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=15\text{ kW}$;空气悬浮风机3台,2用1备, $Q=135\text{ m}^3/\text{min}$, $H=80\text{ kPa}$, $N=185\text{ kW}$;1级射流泵6台, $Q=560\text{ m}^3/\text{h}$, $H=130\text{ kPa}$, $N=37\text{ kW}$;2级射流泵1台, $Q=270\text{ m}^3/\text{h}$, $H=130\text{ kPa}$, $N=15\text{ kW}$;16路射流曝气器13套;UF进水泵2台, $Q=350\text{ m}^3/\text{h}$, $H=160\text{ kPa}$, $N=22\text{ kW}$;双环路UF集成装置2套, $Q=470\text{ m}^3/\text{d}$, $N=110\text{ kW}$;超滤清洗集成设备1套, $N=11\text{ kW}$ 。

2.6 膜深度处理系统

膜深度处理系统采用NF+RO组合工艺,通过膜的截留,重点去除水中残留的有机物、总氮及TDS等,确保出水满足回用要求。为延缓膜的结垢和膜通量衰减、增加膜装置的稳定性,设置在线加酸水质调节、在线阻垢与清洗装置。

膜系统设计参数:NF、RO系统各2套,单套处理量为 $400\text{ m}^3/\text{d}$,考虑10%富余系数。NF设计膜通量为 $15\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,清液产率为80%,总膜面积为 $2\,040\text{ m}^2$;RO设计膜通量为 $11.5\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,清液产率为75%,总膜面积为 $2\,368\text{ m}^2$ 。主要设备:NF进水泵3台(2用1备), $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$, $H=400\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$;RO进水泵3台(2用1备), $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=4\text{ kW}$;集成模块化纳滤装置2套,一级三环路, $Q=440$

m^3/d , $N=38\text{ kW}$;集成模块化反渗透装置2套,一级三环路, $Q=400\text{ m}^3/\text{d}$, $N=59\text{ kW}$ 。

2.7 纳滤浓缩液处理系统

纳滤浓缩液量约 $160\text{ m}^3/\text{d}$,采用两级物料膜进行减量化处理。通常二级膜的浓缩液回流至生化系统继续循环处理,为减少长期回流对生化系统的影响,该项目结合焚烧炉的特点采用回喷焚烧炉直接处理,最终 $120\text{ m}^3/\text{d}$ 清液进入反渗透继续处理, $8\text{ m}^3/\text{d}$ 一级二段膜的浓缩液(腐殖酸)与 $32\text{ m}^3/\text{d}$ 二级膜的浓缩液混合后回喷至焚烧炉焚烧处理。主要设备:两级物料膜系统1套, $Q=180\text{ m}^3/\text{d}$, $N=45\text{ kW}$;浓缩液回喷泵2台(1用1备), $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=600\text{ kPa}$, $N=4\text{ kW}$;二流体型喷嘴20个, $Q=1\sim 15\text{ L}/\text{min}$, 喷雾直径 $\leq 550\text{ }\mu\text{m}$ 。

2.8 反渗透浓缩液处理系统

反渗透浓缩液量约 $190\text{ m}^3/\text{d}$,采用混凝反应+高密度沉淀池+石英砂过滤+高压STRO+石灰制浆组合工艺。反渗透浓水通过加药反应、沉淀、过滤实现除硬软化和除硅,满足后续高压膜系统的正常运行。软化过滤后的浓水经加酸调节后进入高压STRO膜系统进一步浓缩减量,STRO清液($95\text{ m}^3/\text{d}$)与RO出水混合后回用,STRO浓液($95\text{ m}^3/\text{d}$)通过螺杆泵提升至烟气石灰制浆水箱作为部分石灰制浆补充用水。

STRO设计参数:按2套设计,单套处理量为 $100\text{ m}^3/\text{d}$,考虑10%富余系数,设计膜通量为 $8\text{ L}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$,清液产率为50%,总膜面积为 600 m^2 。主要设备:一体化反应高密度沉淀池1套, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$;石英砂过滤器1套, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$;集成STRO装置2套, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$,回收率50%,操作压力 5.5 MPa , $N=25\text{ kW}$;浓缩液制浆提升泵2台(1用1备), $Q=10\text{ m}^3/\text{min}$, $H=1\text{ MPa}$, $N=5.5\text{ kW}$ 。

2.9 污泥处理系统

生化系统产生的剩余污泥采用离心脱水机进行脱水,脱水污泥量约 $32\text{ t}/\text{d}$ (含水率80%),脱水污泥通过高压泵送入焚烧炉焚烧处理,实现污泥处理的无害化与减量化。主要设备:离心脱水机2台, $Q=5\sim 12\text{ m}^3/\text{h}$, $N=(22+5.5)\text{ kW}$;三厢式一体化絮凝剂制备装置1套, $Q=5\sim 8\text{ m}^3/\text{h}$, $N=5\text{ kW}$ 。

2.10 除臭系统

为便于臭气收集与控制,所有构筑物均采用一体化钢筋混凝土盖板,并对格栅机房、污泥池、调节

池、AO池、浓缩液池和污泥脱水间进行臭气收集,收集后的臭气送入焚烧厂垃圾坑负压区作为焚烧炉的一次风进入焚烧炉焚烧处理,实现臭气的全量无害化处理。与其他项目单独配置末端除臭系统相比,该项目除臭成本较低,仅为除臭风机的电耗。主要设备:离心风机2台, $Q=20\text{ }000\text{ m}^3/\text{h}$, $H=2.6\text{ kPa}$, $N=30\text{ kW}$ 。

3 实际运行效果

① 项目建成投产后,运行稳定,出水水质较好。2021年渗沥液处理系统平均进、出水水质和各工艺段平均去除率分别见表2和图2~4。

表2 2021年进、出水水质均值

Tab.2 Annual average influent and effluent quality in 2021

项目	COD/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH
进水	69 185	1 778	2 169	11 000	5.5
出水	<10	<0.1	<14	<1	6.6
设计出水	60	10	40	30	6.5~8.5

注:对COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN和SS的去除率分别为99.9%、99.9%、99.3%和99.9%以上。

从表2可以看出,出水COD<10 mg/L、COD去除率>99.9%;出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ <0.1 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率>99.9%;出水TN<14 mg/L,去除率>99.3%,出水水质优于《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充水的水质标准。

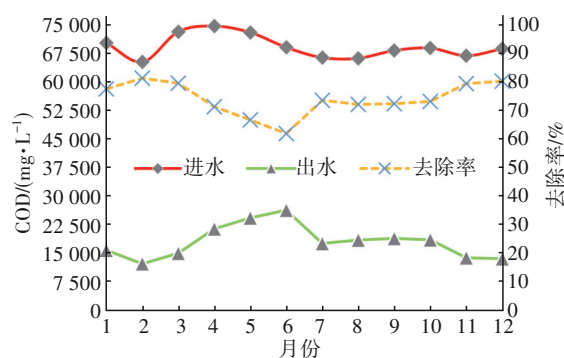
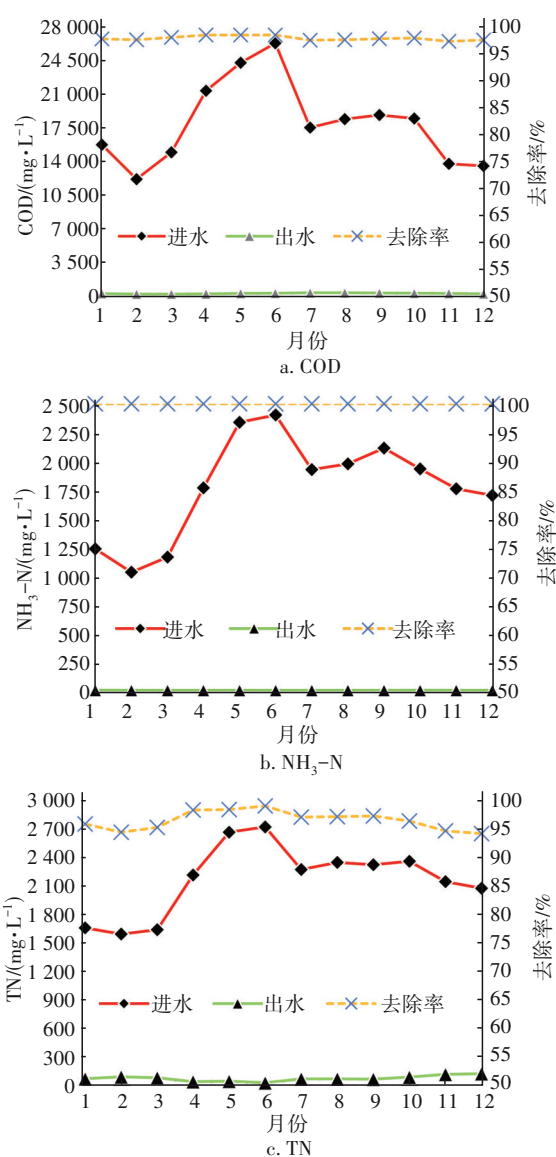


图2 UBF反应器对COD的去除效果

Fig.2 COD removal effect by UBF

从图2~4可以看出,UBF反应器COD平均去除率为74.1%,MBR对COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN的平均去除率分别为97.9%、99.9%、96.1%,膜系统对COD、TN的平均去除率分别为97.9%、89.2%。

图3 MBR对COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN的平均去除效果Fig.3 Average COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, TN removal effect by MBR

② 图2、3表明,进水TN高于2 500 mg/L 时会厌氧产生抑制作用,导致处理效率降低,MBR对COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果比较稳定,基本不受进水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 波动的影响;当MBR进水C/N达到8~9时,MBR出水TN可低于70 mg/L ,当C/N降至约6.5时,MBR出水TN将升至约120 mg/L 。

③ 经物料膜减量后约40 m^3/d (折合1.7 t/h)的纳滤浓缩液回喷焚烧炉焚烧处理,运行实践表明,当单台焚烧炉浓缩液回喷量控制在0.5~1.0 t/h 、最大不超过2 t/h 时,对焚烧工况没有影响。该项目设有4台500 t/d 往复式炉排炉,理论上可接纳96 m^3/d 浓缩液。

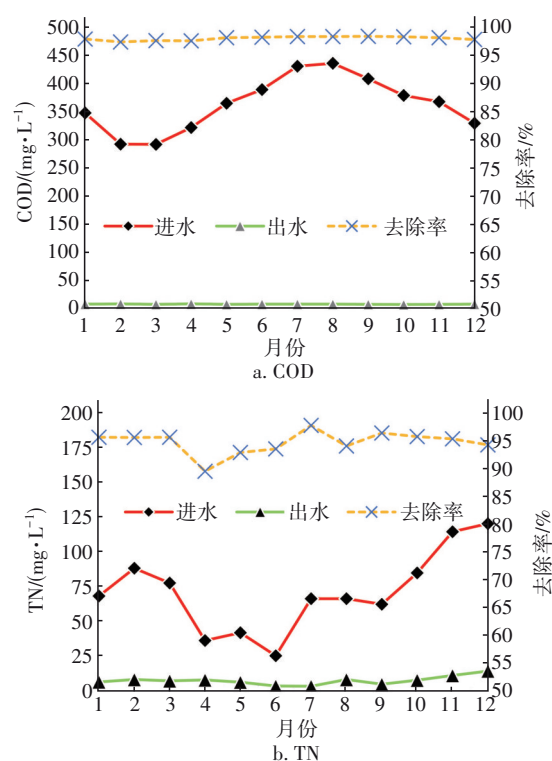


图4 膜系统对COD、TN的平均去除效果

Fig.4 Average COD, TN removal effect by membrane system

④ 系统产生约32 m^3/d (折合1.3 t/h)含水率80%的脱水污泥,送至焚烧炉焚烧处理。当单炉脱水污泥投加量控制在入炉垃圾量的7%即1.5 t/h 时,对焚烧工况基本没有影响。

4 技术经济分析

渗沥液处理直接运行成本约56.2 $\text{元}/\text{m}^3$,其中固定成本18.2 $\text{元}/\text{m}^3$,包括人工费、化验检测费、膜更换费;可变成本38.0 $\text{元}/\text{m}^3$,包括水费、电费、药剂费、维护保养费等,其中盐酸、PAM的投加量分别为0.45%、0.01%。在实际运行中,渗沥液处理电耗约32 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,沼气产量约22.5 m^3/m^3 渗沥液,单位沼气入炉掺烧发电量约1.56 $\text{kW}\cdot\text{h}^{[4]}$,折合吨渗沥液发电量为35.1 $\text{kW}\cdot\text{h}$,沼气掺烧发电量可满足渗沥液处理自身用电需要,并有结余(3.1 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)。

浓缩液回喷焚烧炉能降低焚烧炉出口 NO_x 含量^[5]和烟气脱硝剂使用量,渗沥液处理出水回用节约用水量为24.2 $\times 10^4$ m^3/a ,STRO浓液石灰制浆节约用水量为3.5 $\times 10^4$ m^3/a ,沼气掺烧发电量为1 024.9 $\times 10^4$ $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{a}$,具有较好的环境效益和经济效益。

5 管理要点

① 关注厌氧出水的C/N比,适时超越部分除渣后的渗沥液作为碳源补充进入AO池,使得AO池C/N保持在8以上,确保反硝化脱氮效果。

② 注意生化系统活性污泥性能控制,活性污泥性能好,可减少消泡剂、絮凝剂的用量,提升超滤膜的通量,从而降低用电量,达到节约成本的目的。

③ 关注膜系统运行压力和通量的变化,控制回收率,及时有效清洗以延缓膜的结垢、延长使用寿命。

④ 每天监控厌氧反应器pH、AO池DO及出水 $\text{NH}_3\text{-N}$,变化明显时应及时调整运行参数,确保生化处理的稳定性。

6 结论

① 采用预处理+UBF+两级A/O-MBR+NF+RO组合工艺处理焚烧厂渗沥液,运行稳定,出水直接回用作焚烧厂循环冷却水补水,NF浓缩液经物料膜减量后回喷焚烧炉焚烧处理,RO浓缩液经“软化+STRO减量”后进行石灰制浆,实现了渗沥液的全量处理和废水零排放。

② “生物处理+膜”组合工艺对焚烧发电厂渗沥液的COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN有较高的去除率,整体去除率达到99.3%以上。

③ 纳滤系统配置物料膜减量装置后,纳滤系统的回收率达到95.0%,反渗透系统配置软化和STRO减量装置后,反渗透系统的回收率达到87.5%,项目整体回收率达到83.0%。

④ 运行表明,单台焚烧炉纳滤浓缩液和脱水污泥回喷量分别控制在1.0 t/h和1.5 t/h时,对焚烧工况基本没有影响。

⑤ 出水循环利用和沼气掺烧发电,实现了废水资源回收利用和碳减排,其中沼气入炉掺烧发电能满足渗沥液处理系统自身用电量需求,可降低渗沥液将近1/2的运行成本,具有较好的环境效益与经济效益。

⑥ 产生的臭气经收集后作为焚烧炉一次风送入焚烧炉焚烧处理,脱水后的剩余污泥泵入焚烧炉焚烧处理,有效避免了二次污染的产生。

参考文献:

[1] 罗威威,孙廷岳,黄春华. 预处理/厌氧/MBR/RO工艺

处理垃圾焚烧渗滤液[J]. 工业水处理,2021,41(7): 148-151.

LUO Weiwei, SUN Tingyue, HUANG Chunhua. Treatment leachate from MSW incineration with pretreatment/anaerobic/MBR/RO [J]. Industrial Water Treatment, 2021,41(7):148-151(in Chinese).

[2] 童晓岚,王瑾,杨光兴,等. 卷式反渗透膜用于垃圾渗滤液深度处理并回用[J]. 中国给水排水,2007,23(22):77-81.

TONG Xiaolan, WANG Jin, YANG Guangxing, et al. Application of spiral-wound reverse osmosis membrane to advanced treatment of landfill leachate and reuse [J]. China Water & Wastewater, 2007, 23 (22) : 77-81 (in Chinese).

[3] 孙娜,王艳芳,任丹,等. 外置式MBR在垃圾焚烧厂渗滤液工程中的应用[J]. 中国给水排水,2016,32(20): 84-87.

SUN Na, WANG Yanfang, REN Dan, et al. Application of external MBR to leachate treatment in waste incineration plant [J]. China Water & Wastewater, 2016,32(20):84-87(in Chinese).

[4] 余端民,胡洪瑞,王乾维. 垃圾焚烧发电厂沼气入炉掺烧的成本收益优化研究[J]. 中国资源综合利用, 2023,41(11):159-161.

YU Duanmin, HU Hongrui, WANG Qianwei. Study on cost-benefit optimization of biogas co-burning into the furnace for waste incineration power plant [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2023, 41 (11) : 159-161(in Chinese).

[5] 严浩文,余国涛,杨杨. 渗沥液浓缩液回喷处理对垃圾焚烧过程影响初探[J]. 环境卫生工程,2019,27(2): 66-69.

YAN Haowen, YU Guotao, YANG Yang. Preliminary study on influence of concentrated leachate on refuse incineration process by spraying [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2019, 27 (2) : 66-69 (in Chinese).

作者简介:刘庄泉(1978-),男,江苏泰兴人,硕士,高级工程师,注册环保工程师,主要从事渗沥液、湿垃圾、市政污泥处理工程的设计、建设和运行管理工作。

E-mail:lzqscience@163.com

收稿日期:2024-07-18

修回日期:2024-10-29

(编辑:衣春敏)