

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.22.020

循环经济产业园废水零排放的工艺优选与实践

王小兵, 林岳

(广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510150)

摘要: 循环经济产业园区主要包括生活垃圾焚烧、餐厨垃圾处理、粪便处理、市政污泥处置等产业,生产过程中会产生大量高浓度、高氨氮有机废水,且园区一般较为偏远,基础设施不完善,环境容量有限,对废水处理会提出严格的排放标准,具体项目甚至会要求处理后尾水零排放。某循环经济产业园的高、低浓度废水分别经过UASB厌氧+外置式MBR+反渗透、生化+沉淀+过滤+反渗透处理后,尾水全部回用于园区。RO浓缩液采用膜减量+芬顿高级氧化+混凝沉淀工艺处理,产生的清液回用,剩余浓缩液作为灰渣冷却水回用。该项目处理规模为3 250 m³/d,投资约95 400元/m³,占地面积为8.45 m²/m³。

关键词: 循环经济产业园; 零排放; 外置式膜生物反应器; 深度处理; 芬顿氧化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)22-0116-07

Optimization and Practice of Wastewater Zero Discharge Process in a Circular Economy Industrial Park

WANG Xiao-bing, LIN Yue

(Guangdong Architectural Design & Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510150, China)

Abstract: Circular economy industrial park mainly includes municipal solid waste incineration, food waste treatment, feces disposal and municipal sludge disposal, and etc., which produces much high concentration and high ammonia organic wastewater. And circular economy industrial parks are usually far away from urban area that might have imperfect infrastructures and limited environmental capacity. Thus strict discharge standard is required for wastewater treatment and zero discharge of tail water is even required for specific project. The high concentration wastewater of a circular economy industrial park is treated by UASB, external MBR and RO process, while its low concentration wastewater is treated by biochemical treatment, sedimentation, filter and RO. All the effluent after treatment is recycled totally. RO concentrate is treated by membrane reduction, Fenton advanced oxidation, coagulation and sedimentation. The clear liquor after concentrate treatment is recycled. The residual concentrate is used as slag's cooling water. The capacity of this plant is 3 250 m³/d. The investment is about 95 400 yuan/m³, and occupied area per unit are 8.45 m²/m³.

Key words: circular economy industrial park; zero discharge; external MBR; advanced treatment; Fenton oxidation

1 工程背景

1.1 项目基本情况

某循环经济产业园一期工程建设1座规模为

4 000 t/d的生活垃圾焚烧厂、1座规模为2 040 t/d的生物质综合处理厂、1座规模为250 t/d的市政污泥处置厂、1座规模为3 250 m³/d的废水处理厂及公用

配套工程。生物质综合处理厂包括规模为 1 000 t/d 的餐厨垃圾处理、规模为 40 t/d 的死禽畜处理、规模为 1 000 t/d 的粪便处理。园区废水来源如下:

① 生活垃圾焚烧厂。参考邻近地区数据,同时根据环评要求,该焚烧厂垃圾渗滤液量按垃圾规模的 15% 即 600 m³/d 计^[1]。其他低浓度废水量为 386 m³/d,包括净水装置废水、除盐水制备装置废水、场地清洗废水、实验室排水、生活排水等。

② 生物质综合处理厂。高浓度废水主要为厌氧沼渣脱水沼液,水量为 1 645 m³/d;低浓度废水量 144 m³/d,包括清洗废水、生活排水等。

③ 市政污泥处置厂。废水主要来自干化后的蒸汽冷凝水、清洗废水、生活排水等,属于低浓度废水,水量为 175 m³/d。

④ 公共配套工程。废水主要为生活排水、洗车废水等,属于低浓度废水,水量为 202 m³/d。

⑤ 园区初期雨水(以下简称初雨)。初雨属于低浓度废水。园区采用雨污分流制,一次初雨约 2 200 m³。设置 2 座初雨调蓄池,单池有效容积为 2 000 m³,雨停后池内初雨按 120 m³/d 规模输送至废水处理厂。

该循环经济产业园距市区 50 km,周边为未开发的山地,生态较脆弱,环境容量有限。园区内各产业排放的高浓度废水成分复杂^[1-2],不妥善处理会严重污染周边环境。为避免影响区域内水环境质量,保障周边良好的生态,项目环评批复要求该产业园执行废水零排放,处理后尾水全部回用。

1.2 设计水量、水质

1.2.1 设计水量

高浓度废水量为 2 245 m³/d;不计初雨的低浓度废水量为 907 m³/d。高浓度废水设计规模取 2 250 m³/d,低浓度废水设计规模取 1 000 m³/d,总计 3 250 m³/d。

1.2.2 进、出水水质

参考类似项目运行数据,该废水处理厂设计进水质见表 1。

根据环评批复意见,废水处理厂尾水回用于冷却水补充水、绿化用水、洗车用水等,尾水水质需满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中的敞开式循环冷却水系统补充水水质和《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中较严值标准,具体见表 2。

表 1 废水处理厂进水水质

Tab.1 Influent quality of wastewater treatment

		plant						mg·L ⁻¹
项目		COD	BOD ₅	SS	氨氮	TN	TP	溶解性固体
高浓度废水	垃圾焚烧渗滤液	60 000	30 000	20 000	2 500	3 000	160	14 500
	综合处理厂沼液	15 000	7 500	1 000	2 750	3 300	忽略不计	忽略不计
低浓度废水		800	320	500	145	174	4	200

表 2 废水处理厂出水水质标准

Tab.2 Effluent quality standards of wastewater treatment plant

项目	水质标准	项目	水质标准
pH	6.5~8.5	总大肠菌群数/(个·L ⁻¹)	3
浊度/NTU	5	阴离子表面活性剂/(mg·L ⁻¹)	0.5
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	10	溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	1 000
COD/(mg·L ⁻¹)	50	总溶氧/(mg·L ⁻¹)	1.0
NH ₄ ⁺ -N/(mg·L ⁻¹)	10	游离余氯/(mg·L ⁻¹)	管网末端水不小于 0.2
色度/倍	30	氯离子/(mg·L ⁻¹)	250
总氮/(mg·L ⁻¹)	40	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	450
总磷/(mg·L ⁻¹)	1	硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	250

1.2.3 其他工程目标

① 污泥处理:该工程产生的污泥经浓缩、脱水处理至含水率不超过 60%,交由垃圾焚烧厂掺烧处置。

② 臭气处理:该工程厂界恶臭执行《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)厂界标准值中的二级标准(新改扩建)。

③ 噪声:该工程噪声设计达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)的Ⅱ类标准。

2 处理工艺方案

2.1 工艺方案论证

工艺方案论证的目的是根据水量、进出水水质及污染成分等基础数据,基于技术可靠、投资省、运行成本低等原则,选用效费比最优的工艺技术。该工程处理系统在降解有机物的同时,既要达到脱氮除磷的目的,又要满足出水无机离子指标,因此工艺路线选择时需考虑以下因素:

① 渗滤液、沼液进水SS分别高达20 000、1 000 mg/L,部分SS为悬浮有机物,为减轻后续处理系统的有机负荷,高浓度废水进入生化系统前应考虑设置格栅、沉淀等预处理设施,审慎选择预处理系统工艺参数,确保SS预处理效果。

② 渗滤液、沼液进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 分别高达2 500、2 750 mg/L,进水C/N分别为12、2.72,而尾水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 要求不超过10 mg/L,如何确保高浓度废水处理系统的脱氮效率及稳定性,是该处理工艺系统的主要任务之一。

③ 渗滤液进水TDS为14 500 mg/L,高浓度废水混合后TDS达3 860 mg/L以上,尾水TDS要求不超过1 000 mg/L,处理工艺系统需要确保TDS、硬度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等的处理效率,才能使处理后尾水达标。

④ 对于渗滤液、沼液,目前成功应用的组合工艺为厌氧+好氧+NF/RO^[2-3],NF、RO系统均会产生一定量浓缩液,浓缩液COD高、含盐量高、可生化性差^[4],需要妥善处理。

⑤ 厌氧生物处理会产生沼气,沼气成分主要为 CH_4 ,其他为 CO_2 、 N_2 ,还含有微量 H_2 、 H_2S 、 NH_3 等,沼气火灾危险性为甲类,同时具有较高的热值,工艺方案需确保生产安全,且有效利用沼气。

2.2 高浓度废水进水SS的去除工艺

设置预处理系统,去除渗滤液、沼液进水中大部分SS,减轻后续处理系统的压力。SS去除工艺有机械拦截法、沉淀法、过滤法、生物处理法等。机械拦截法通过格栅、格网等设备将大于栅距、孔眼的悬浮物从水中分离,可去除大尺寸悬浮固体,投资及运行成本较低,但处理效率有限。沉淀法利用某些悬浮颗粒密度大于水的特性,将其从水中去除,SS去除率可达50%,投资及运行成本适中。过滤法通过过滤介质表面或滤层截留水中悬浮固体和其他杂质,常用于给水处理及污水深度处理,进水SS超过50 mg/L时需频繁反冲洗。生物处理法通过微生物降解悬浮有机物,投资及运行费用均最高。

对比以上各工艺优缺点及适用条件,生物处理法、过滤法不适合该高浓度废水的预处理,故采用格栅+沉淀池联合预处理工艺。

2.3 渗滤液厌氧处理工艺

渗滤液进水COD最高达60 000 mg/L,根据场地气温和热源条件,考虑中温厌氧处理,反应温度约

35℃,设计COD去除率为70%。常用的厌氧处理工艺有升流式厌氧污泥床(UASB)、内循环厌氧反应器(IC)、膨胀颗粒污泥床反应器(EGSB)等,三种工艺的COD去除率均可达80%以上。UASB容积负荷为5~15 $\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,无混合搅拌设备,反应器内无需投加填料和载体,投资、运行成本低,但污泥床内有短流现象,对进水水质突变敏感,UASB渗滤液工程案例较多。IC容积负荷10~24 $\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,占地较小,水力停留时间较短,耐负荷冲击强,但系统相对复杂,投资、运行费用较高,颗粒污泥培养的关键技术尚未普及。EGSB容积负荷为8~20 $\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,反应器内污泥呈膨胀流化状态,活性高,沉淀性能良好,泥水混合充分,耐负荷冲击强,但系统投资、运行费用较高,启动周期长,其污泥特性和反应机理等方面有待完善。IC、EGSB的渗滤液工程案例相对较少。

从以上对比看出,三种反应器的处理效率均满足要求。IC、EGSB在容积负荷、耐负荷冲击上有优势,但两者的投资、运行成本较高,渗滤液工程案例较少,考虑到厌氧反应器前设置了SS预处理和调节池均衡水量水质,因此厌氧处理采用UASB工艺。

2.4 高浓度氨氮去除工艺

氨氮去除工艺主要有吹脱、膜过滤、生物处理、折点加氯等。吹脱工艺投资较低,能耗大,易产生二次污染。膜过滤操作方便,氨氮去除率高,无二次污染,投资及运行成本高。折点加氯法处理效率可达90%,效果稳定,运行费用高,副产物氯胺和氯代有机物会造成二次污染。生物处理法通过硝化反硝化去除氨氮,工艺成熟,效果稳定,但处理流程长、能耗高、常需外加碳源、运行成本高。

根据以上分析比较,基于确保 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率的同时避免二次污染的目的,确定采用生物处理+膜过滤的联合处理工艺。渗滤液经厌氧处理后与沼液均匀混合,再进入生物处理系统,混合后水温不低于20℃,混合废水C/N约为3。生物处理由两级反硝化硝化池、外置超滤、外加碳源等系统组成。废水中有机物、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN等污染物经过两级反硝化硝化工艺降解,混合液再经过超滤系统固液分离,清液送入RO装置进一步去除残留有机物等,确保出水达标。

2.5 膜生物反应器(MBR)型式

MBR有外置式和内置式两种。外置式MBR为

错流式管式膜,污泥浓度达15~30 g/L,膜材质为PVDF,膜通量达60~80 L/(m²·h),处理渗滤液膜使用寿命为3~5 a,混合液在膜管中高速紊流,堵塞几率低,每个月CIP在线清洗一次即可。内置式MBR为中空纤维膜丝或板式膜,污泥浓度达8~10 g/L,膜材质PP居多,膜通量达15~25 L/(m²·h),处理渗滤液膜使用寿命为1~3 a,膜浸没在混合液中,膜表面易形成浓差极化,易堵塞,易产生膜破裂、断丝,每天需进行1~3次冲洗,还需不定期将膜吊出反应器离线清洗。综合两者的优缺点,该工程采用外置式MBR。

2.6 浓缩液处理工艺

RO系统会产生一定量的浓缩液,常见的浓缩液处理工艺有:再浓缩+离子交换或活性炭吸附处理;再浓缩+蒸发系统+回用;再浓缩+高级氧化+混凝沉淀+回用(灰渣冷却或半干法脱酸制浆等)。三种工艺产生的清液均可回用,但前两者的投资、运行成本均高于第三种工艺,且离子交换再生液、饱和活性炭、蒸发结晶属于危废,需妥善处理。离子交换、活性炭吸附需反洗。蒸发系统存在结垢、腐蚀风险。混凝沉淀产生的污泥,可与主系统剩余污泥合并处置。高级氧化采用Fenton氧化法,需配置Fe²⁺和H₂O₂组合的Fenton试剂投加系统。

该工程采用“再浓缩+高级氧化+混凝沉淀”工艺,对浓缩液进行减量并降解处理,处理后清液回用,剩余的浓缩液COD不超过500 mg/L,交由垃圾焚烧厂作为炉渣冷却水。

2.7 低浓度废水生化处理工艺

低浓度废水来自园区的场地清洗水、生活排水、洗车废水、初雨等,设计水量为1 000 m³/d。进水B/C约为0.4,可生化性较好。进水NH₃-N为普通生活污水的5~6倍,因此首选有脱氮效果的生化处理工艺,常用处理工艺有水解酸化+接触氧化与SBR。

两种处理工艺均技术成熟、可靠,脱氮效果较好,能抑制污泥膨胀。水解酸化+接触氧化组合工艺除磷效果占优,耐负荷冲击能力较强,投资、运行成本较低;而SBR工艺设备闲置率较高,占地大,自动化水平要求较高。从占地面积、管理方便、处理效率等方面考虑,确定采用水解酸化+接触氧化法。

2.8 最终工艺方案

渗滤液进水可能存在COD偏低而氨氮较高的工况,为避免经过UASB处理后出水C/N值太低,影

响MBR系统的脱氮效果,UASB厌氧池设置超越管。

渗滤液通过螺旋格栅机+沉淀池+调节池+UASB处理,沼液通过螺旋格栅机+沉淀池+调节池预处理,之后两者均匀混合,再经MBR+RO+消毒处理达标。低浓度废水通过调节池+水解酸化池+接触氧化池+混凝沉淀池+机械过滤+RO+消毒处理达标。RO浓缩液经过高压NF+高压RO处理,清液回用。高压NF浓缩液采用高级氧化+混凝沉淀处理,出水与高压RO浓缩液混合,回用于灰渣冷却。污泥采用浓缩+污泥调质+隔膜压滤机脱水处理,至含水率不超过60%,交由垃圾焚烧厂焚烧处置。

渗滤液处理工艺流程见图1。

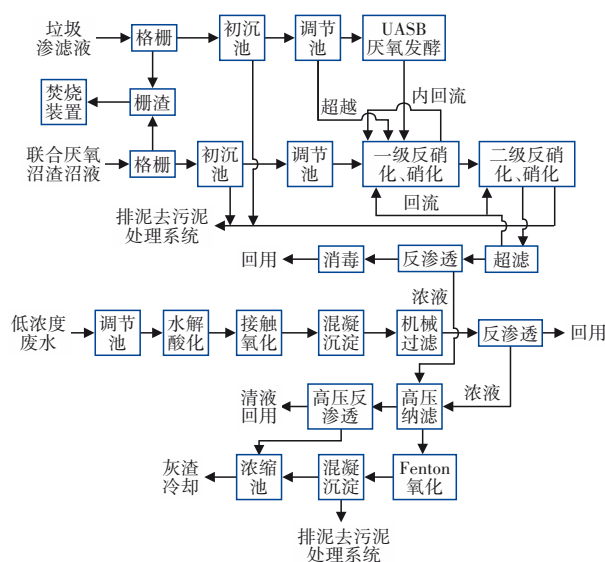


图1 渗滤液处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of leachate treatment process

3 主要工艺构筑物设计

① 渗滤液格栅机、初沉池、调节池。废水通过螺旋格栅机、初沉池预处理,出水SS降至不超过2 000 mg/L,进入调节池1。初沉池、调节池1合建,2个系列并联运行,单个系列尺寸为25.5 m×29 m×4.5 m。单座竖流式沉淀池有效容积为37.5 m³,表面水力负荷为1.0 m³/(m²·h)。

② 沼液格栅机、初沉池、调节池。废水通过螺旋格栅机、初沉池预处理,出水SS降至不超过250 mg/L,进入调节池2。初沉池、调节池2合建,2个系列并联运行,单个系列尺寸为25.5 m×29 m×4.5 m。单座竖流式沉淀池有效容积为37.5 m³,表面水力负荷为2.75 m³/(m²·h)。

螺旋格栅机栅隙为1 mm,配置自动冲洗压榨系

统,出渣含水率<80%。

③ UASB厌氧池。以降解渗滤液有机物为主要目的,出水COD不超过18 000 mg/L,3个系列并联运行,单池尺寸为14.7 m×11.4 m×13.5 m,有效容积为2 010 m³,水力停留时间为10 d,设计上升流速为0.65 m/h,COD负荷为5.1 kg/(m³·d),每池设置排泥泵1台,流量为15 m³/h。沼气设计产量为10 206 m³/d。厌氧池进水温度由公用蒸汽管通过热交换器维持在(35±2)℃。

厌氧反应产生的沼气,收集后输送至生物质综合处理厂,统一净化、贮存、综合利用。废水处理厂内设一套沼气火炬燃烧器,必要时对沼气直接燃烧处置。

④ 均质池。均衡厌氧池出水与沼液混合的水量水质,单池系列,尺寸为30 m×13 m×4.50 m,有效容积为1 400 m³,水力停留时间约14 h,池内设置潜水搅拌机。

⑤ 一级反硝化、硝化池。3个系列并联运行,每系列一级反硝化池净空尺寸为22.8 m×15.0 m×9.5 m,有效水深为8.5 m;每系列一级硝化池分两格,串联运行,每格净空尺寸为25 m×15 m×9.5 m,有效水深为8.30 m。设计污泥浓度为15 g/L;反硝化负荷为0.06 kgN/(kgMLSS·d);硝化负荷为0.033 kgN/(kgMLSS·d);有机污泥负荷为0.06 kgBOD₅/(kgMLSS·d);一级硝化池混合液、超滤浓缩液合计回流量为18~28倍进水流量。

⑥ 二级反硝化、硝化池。3个系列并联运行,每系列二级反硝化池净空尺寸为15 m×6.8 m×9.5 m,有效水深为8.20 m;每系列二级硝化池净空尺寸为15 m×6.9 m×9.5 m,有效水深为8.1 m。设计污泥浓度为15 g/L;反硝化负荷为0.03 kgN/(kgMLSS·d);硝化负荷为0.025 kgN/(kgMLSS·d);有机污泥负荷为0.03 kgBOD₅/(kgMLSS·d);超滤浓缩液回流量为2~3倍进水流量。

⑦ 超滤(UF)装置。UF为二级硝化池出水泥水分离装置。设计膜通量为70 L/(m²·h),计算膜面积为1 460 m²;膜材质为PVDF,膜孔径为8 mm,膜组件直径为20.32 cm(8英寸),膜组件流道直径为8 mm,膜组件长度为3 050 mm,单支膜组件面积为27 m²,膜组件共60支,实际膜面积为1 620 m²,共设置6套膜装置,每套配置10支膜组件,每套膜装置的循环流量约264 m³/h,运行压力为0.5~0.6 MPa。

⑧ 反渗透(RO)装置。设计回收率为80%,设计膜通量为12 L/(m²·h),计算膜面积为6 420 m²;膜材质为聚酰胺复合膜,膜组件直径为20.32 cm(8英寸),浓水流道宽度为1.5 mm,膜组件长度为1 200 mm,单支膜组件面积为34.4 m²,设置膜组件216支,实际膜面积为7 430 m²,共设置6套膜装置,每套配置36支膜组件,运行压力为5~6 MPa。

⑨ 浓缩液处理系统。RO装置浓缩液产量约600 m³/d,采用高压纳滤(NF)+高压RO系统再浓缩。设置高压NF系统1套,运行压力为3~5 MPa,设计回收率为80%;设置高压RO系统1套,运行压力为9~10 MPa,设计回收率为70%,系统产生回用清液约336 m³/d。

高压NF产生高浓液约120 m³/d,其COD达6 000~7 000 mg/L,采用Fenton氧化+混凝沉淀处理,处理出水与高压RO浓液混合均匀,混合浓液量约264 m³/d,混合浓液COD不超过500 mg/L,作为焚烧炉渣冷却用水。混凝沉淀排泥送污泥处理系统。

⑩ 低浓度废水处理系统。低浓度废水处理工艺为水解酸化+接触氧化+混凝沉淀+机械过滤+RO。水解酸化池容积负荷为0.6 kgCOD/(m³·d),2个系列并联运行,每系列净空尺寸为11.0 m×6.65 m×5.5 m,水力停留时间为8.8 h。接触氧化池填料有机负荷为0.5 kgCOD/(m³·d),2个系列并联运行,每系列净空尺寸为11.0 m×8.65 m×5.5 m,水力停留时间为22.8 h。混凝反应池、沉淀池为单系列,混凝反应池净空尺寸为8.5 m×2.15 m×5.0 m,反应时间为50 min,PAC投加量为100 mg/L。沉淀池表面负荷为0.60 m³/(m²·h),净空尺寸为Ø8.5 m×5.0 m,沉淀时间为2.8 h。配置3台机械过滤器,并联运行,尺寸为Ø2 m×3.3 m,滤速为8 m/h,底部滤料为500 mm厚、粒径1~2 mm石英砂支持层,上填1 m厚、粒径0.8~1.2 mm的颗粒状活性炭。

RO设计回收率为85%,膜通量为14 L/(m²·h),共设置3条生产线,每条生产线计算膜面积为843 m²;膜材质为聚酰胺复合膜,膜组件直径为20.32 cm(8英寸),浓水流道宽度为1.5 mm,膜组件长度为1 200 mm,单支膜组件面积为9.4 m²,设置膜组件90支,实际膜面积为846 m²,共设置3套膜装置,每套配置30支膜组件,运行压力为5~6 MPa。

⑪ 污泥来源。初沉池污泥,干泥量约1.65 t/d,湿泥含水率为96%;MBR剩余污泥,干泥量为

8.55 t/d,湿泥含水率为98.5%;低浓度废水系统剩余污泥,干泥量为0.33 t/d,湿泥含水率为99.2%;厌氧剩余污泥,干泥量为1.3 t/d,湿泥含水率为94%,采用重力浓缩+污泥调理+板框压滤脱水处理工艺。

污泥混合后进入重力浓缩池,浓缩池2个系列,并联运行,单系列尺寸为14 m×10 m×4.5 m,固体通量为42.3 kgDS/(m²·d),浓缩后污泥含水率约95%。

污泥调质池设置2系列,并联运行,每系列调质池设置2座,每座净空尺寸为5.1 m×5.1 m×5.0 m,每系列第1座池为反应区,均分为2格,依次投加38%~40%的FeCl₃溶液、10%的石灰乳,每格停留时间约40 min;第2座为调理区,污泥停留时间约100 min。石灰、FeCl₃溶液投加量分别为干泥量的25%、15%。

设置4台隔膜板框压滤脱水机,正常运行时间

时工作,每天运行2个周期,每周期历时5 h。每台隔膜板框压滤脱水机的过滤面积为400 m²,工作压力为2.45 MPa。

4 实施效果

4.1 水量及水质

该工程2018年1月开始施工,2019年8月机械竣工,2019年10月底通过竣工验收,2020年4月通过环保验收,目前一直运行稳定,最终尾水水质优于设计出水水质。工程投产后最大日处理量达到设计规模,高浓度废水平均进水量为1 800 m³/d;计入初雨量,低浓度废水平均进水量为800 m³/d,总处理规模达到设计值的80%。

① 进水水质

高浓度废水及低浓度废水的实际进水主要指标见表3。

表3 高浓度、低浓度废水的主要水质指标

Tab.3 Main influent quality indicators of high and low concentration wastewater

mg·L⁻¹

项目	COD		BOD ₅		NH ₃ -N		TN		TP	
	波动范围	均值	波动范围	均值	波动范围	均值	波动范围	均值	波动范围	均值
渗滤液进水	25 000~60 000	40 000	12 000~30 000	25 000	800~2 200	1 350	1 200~3 000	1 800	20~230	120
沼液进水	6 000~20 000	14 000	2 800~8 000	6 500	1 700~3 500	2 500	1 850~3 800	2 900		
低浓度废水	500~1 000	770	200~400	320	90~170	130	120~200	150	3.5~5	4

② 尾水水质

目前该水质净化厂尾水水质均优于设计值,2020年4月1日—2021年3月31日连续1年尾水主要水质指标见表4。

表4 尾水主要水质指标

Tab.4 Main effluent quality indicators of the final discharged wastewater

mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP
最大值	33	7	2.89	14.8	0.49
年均值	10.31	2.12	0.53	10.44	0.32

4.2 经济分析

该废水处理厂设计处理规模为3 250 m³/d,其中高浓度废水为2 250 m³/d,接收垃圾焚烧厂、生物质综合处理厂产生的高COD、高NH₃-N、高SS生产废水,处理工艺为格栅+沉淀+调节+厌氧+两级硝化、反硝化+UF+RO+消毒;低浓度废水为1 000 m³/d,接收园区生活排水、实验室废水、冲洗废水、初雨等,处理工艺为调节+水解酸化+接触氧化+混凝沉淀+机械过滤+RO+消毒;两股废水处理尾水均优于设计标准。

包括6个月试运行费在内,该废水处理厂总投资约3.1亿元,吨水建设投资约95 400元/m³;占地面积为2.748 hm²,吨水占地面积约8.46 m²/m³;高浓度废水直接运行费用约45元/m³,低浓度废水直接运行费用约12元/m³。

5 结论及建议

① 在对进水量、水质及其污染成分进行充分分析、调研的基础上,借鉴类似工程经验,高浓度废水采用去除SS、厌氧、均质、MBR、RO的组合处理工艺;低浓度废水采用传统生化处理工艺+RO处理工艺;浓液采用高压NF+高压RO及Fenton氧化+混凝沉淀处理,整个工艺适应性强,耐冲击负荷,出水水质稳定达标。

② 厌氧反应产生的沼气成分50%以上为CH₄,其他为CO₂、N₂及微量H₂、H₂S、NH₃等,沼气储柜的火灾危险性为甲类,以此确定沼气柜与相邻建(构)筑物的安全间距,并做好防爆区域的划分,防爆区域内的电气、仪表应按照防爆要求选型。

③ 由于渗滤液和沼液的水量、水质随气候、季节等因素的变化而波动,建议渗滤液、沼液的处

理流程前端各自设置调节池,调节池的有效容积应分析水量水质变化,并参考类似工程数据确定,调节池内应设置防止SS沉降的措施。

④ RO浓缩液处理后如作为焚烧厂灰渣冷却用水,应长期密切关注灰渣浸出试验数据,确保灰渣综合利用的安全,同时应积极寻找浓缩液处理的新技术、新工艺,在进一步降低造价及运行成本的基础上,确保浓缩液得到安全有效的处置。

参考文献:

- [1] 何晶晶,曹群科,冯军会,等.生活垃圾焚烧副产物产生源特征[J].环境工程,2005,23(4):56-60.
HE Pinjing, CAO Qunke, FENG Junhui, et al. Characteristics of by-products from municipal solid waste incinerator [J]. Environmental Engineering, 2005, 23 (4):56-60(in Chinese).
- [2] 李义烁,梁远,颜莹莹,等.餐厨垃圾/市政污泥/城市粪便联合厌氧消化沼液处理设计[J].中国给水排水,2021,37(14):56-62.
LI Yishuo, LIANG Yuan, YAN Yingying, et al. Design of treatment process of biogas slurry from anaerobic co-digestion of kitchen waste/municipal sludge/urban excrement [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37

(14): 56-62(in Chinese).

- [3] 冯小杰. UASB-MBR-NF工艺处理生活垃圾焚烧电厂渗滤液处理研究[J].绿色科技,2012(5):171-174.
FENG Xiaojie. Treatment of leachate of garbage incineration power plant by UASB-MBR-NF process [J]. Journal of Green Science and Technology, 2012 (5): 171-174(in Chinese).
- [4] 徐丽丽.某生活垃圾焚烧厂渗滤液浓缩液减量化处理设计新思路[J].环境卫生工程,2016,24(2):12-14.
XU Lili. A new design idea for reduction treatment of the concentrate generated by leachate treatment system in a municipal solid waste incineration plant [J]. Environmental Sanitation Engineering, 2016, 24 (2): 12-14(in Chinese).

作者简介:王小兵(1971-),男,湖南祁东人,大学本科学历,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),长期从事给排水管道、给水处理、污水处理、黑臭水体综合整治、消防、固废处置等工程项目设计及建设管理工作。

E-mail:1291042166@qq.com

收稿日期:2022-01-30

修回日期:2022-03-01

(编辑:衣春敏)

· 信息 ·

关于《中国给水排水》第十二届雨洪管理与水环境综合整治高级研讨会延期举办的通知

鉴于近期国内疫情发展情况,为响应国家和各地的防疫政策,基于对所有参会人员健康安全负责的考虑,大会组委会经过慎重研究决定,原定于2022年11月14日—16日在杭州举办的“《中国给水排水》第十二届雨洪管理与水环境综合整治高级研讨会”将延期举办,具体举办时间另行通知,会议地点不变,敬请关注。对于会议延期给您带来的不便,我们深表歉意!因会议延期带来的相关问题,请与会务组联系(联系人:刘贵春,13752144199)。除会议时间变更外,已报名的各展商和参会代表基本权益保持不变,我们将全力做好后续会议相关工作,为保障会议的高质量举办做好准备。

在此期间,我们正常接收会议报名和展商合作,发回执到会务组即可继续享受会务费优惠价。感谢大家一直以来对我们的信任和支持,期待与您相聚杭州!

《中国给水排水》杂志社有限公司
2022年11月