

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.18.015

两级AO+内置式超滤+两级纳滤工艺处理垃圾渗滤液

马东兵¹, 岳 峥², 丁西明², 汤萌萌², 孙月驰², 张淑玲²

(1. 湖北省城建设计院股份有限公司 天津分公司, 天津 300202; 2. 中城院<北京>环境科技
技术有限公司 天津分公司, 天津 300074)

摘 要: 设计采用两级AO+内置式超滤+两级纳滤工艺处理天津市某垃圾填埋场渗滤液, 处理规模为700 m³/d。一级纳滤浓缩液采用两级芬顿高级氧化处理工艺, 出水回流至均衡池, 处理规模为218 m³/d; 二级纳滤浓缩液直接回流至超滤出水池。生化系统产生的生化污泥和浓缩液处理系统产生的化学污泥, 分别经浓缩压滤脱水后含水率达到60%, 生化污泥脱水滤液回流至均衡池, 化学污泥脱水滤液回流至一级芬顿反应池, 泥饼运至填埋场填埋处置。系统建成后运行至今, 出水水质满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中的表2标准, COD、NH₃-N、TN及TP总去除率分别达到99.3%、99.9%、99.0%、92.3%。该工艺处理效果好、运行稳定、自动化程度高。项目的实施解决了该垃圾填埋场渗滤液处理能力不足的问题, 具有良好的环境效益和社会效益。

关键词: 垃圾渗滤液; 两级AO; 纳滤; 浓缩液

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)18-0078-05

Application of Two-stage AO, Built-in Ultrafiltration and Two-stage Nanofiltration Process for the Treatment of Landfill Leachate

MA Dong-bing¹, YUE Zheng², DING Xi-ming², TANG Meng-meng², SUN Yue-chi²,
ZHANG Shu-ling²

(1. Tianjin Branch, Hubei Urban Construction Design Institute Co. Ltd., Tianjin 300202, China;

2. Tianjin Branch, CUCDE Environmental Technology Co. Ltd., Tianjin 300074, China)

Abstract: A process consisting of two-stage AO, built-in ultrafiltration and two-stage nanofiltration was designed to treat leachate from a landfill in Tianjin, and its treatment scale was 700 m³/d. A two-stage Fenton advanced oxidation process was employed to treat the primary nanofiltration concentrate, its treatment scale was 218 m³/d, and the effluent was returned to the equalization tank. The secondary nanofiltration concentrate was returned directly to the ultrafiltration outlet tank. The biochemical sludge produced by the biochemical system and the chemical sludge produced by the concentrate treatment system were dehydrated by concentration and pressure filtration to reduce the water content to 60%. The biochemical sludge dewatering filtrate was returned to the equalization tank, the chemical sludge dewatering filtrate was returned to the primary Fenton reaction tank, and the sludge cake was transported to a landfill for landfill disposal. Since the completion of the system, the effluent quality met the table 2 limit specified in *Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste* (GB 16889-2008), and the removal efficiencies of COD, NH₃-N, TN and TP reached 99.3%,

通信作者: 岳 峥 E-mail: yuezheng8010@163.com

99.9%, 99.0% and 92.3%, respectively. The process had a good treatment performance, stable operation and high degree of automation. The implementation of the project has solved the problem of insufficient leachate treatment capacity of the original project, and has good environmental and social benefits.

Key words: landfill leachate; two-stage AO; NF; concentrate

天津某垃圾填埋场于2005年建成并投入使用,整个场区占地约66.67 hm²,分为管理区和填埋库区。填埋库区共分两期建设,一期库区占地约20.35×10⁴ m²,有效库容为400×10⁴ m³,2018年底已达到使用寿命进行封场覆盖;二期库区占地约22.58×10⁴ m²,于2019年建成并投入运行,设计垃圾填埋规模为1 800 t/d。填埋场原有一座渗滤液处理站,处理规模为150 m³/d,采用生物转盘+纳滤+反渗透处理工艺,出水水质达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中的表2排放标准。随着二期填埋库区的启用,面对日益增加的垃圾量及渗滤液量,原有渗滤液处理站的处理规模难以满足要求,因此有关部门决定扩建该垃圾填埋场渗滤液处理站。

1 设计规模

根据《生活垃圾渗滤液处理技术导则》(RISN—TG 023—2016)要求,生活垃圾填埋场渗滤液产生量宜采用《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》(GB 50869—2013)规定的经验公式法(浸出系数法)进行计算。同时,渗滤液处理规模还应综合考虑渗滤液产量、调节池容积、填埋运行情况、气候条件、垃圾降解程度等因素。按照上述浸出系数法计算并考虑一定安全系数,该垃圾填埋场渗滤液总处理规模为850 m³/d,现有垃圾渗滤液处理设施处理规模为150 m³/d,故确定本次渗滤液处理扩建工程设计规模为700 m³/d。

2 设计进、出水水质

本工程处理的渗滤液主要为二期库区产生的新鲜渗滤液以及一期库区产生的老龄渗滤液。根据运行单位提供的现有渗滤液处理站进水水质指标及同类型渗滤液处理项目的设计运行经验,确定初期按照新老渗滤液配比为1:1的模式运行,待老龄渗滤液总量减少之后,适当增加新鲜渗滤液比例。设计出水水质执行《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表2对一般地区的排放要求。

具体设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	TN	NH ₃ -N	SS	TP
进水水质	12 500	5 000	3 000	2 500	800	20
出水水质	100	30	40	25	30	3

3 处理工艺

3.1 工艺选择

垃圾渗滤液具有污染物种类多、成分复杂、水质水量波动大等特点,目前渗滤液处理采用生化处理+深度处理的工艺路线最为普遍^[1-2]。生化处理工艺包括厌氧法、好氧法等,应用较多的是MBR工艺,处理对象主要是渗滤液中的有机污染物及氨氮等。深度处理工艺包括纳滤、反渗透、高级氧化等,应用较多的为纳滤、反渗透膜法,处理对象主要是渗滤液中的悬浮物、溶解物和胶体等。

采用膜法深度处理,出水水质好,可保证系统稳定达标,但是产生的膜浓缩液处置一直是渗滤液处理领域的难题。反渗透浓缩液因其盐分浓度高、可生化性差,目前除了回灌填埋场、回喷焚烧炉处置,只有蒸发工艺尚算可行。近几年也有一些垃圾渗滤液膜深度处理后产生的浓缩液采用蒸发处理的工程案例,但因其系统能耗大,且存在设备结垢严重、清洗频繁、不能连续可靠运行等问题,故没有得到大面积推广应用。而对于纳滤浓缩液,在通过强氧化剂氧化后,能够降低有机污染物含量,改善其可生化性以满足条件回流至渗滤液生化处理池前端,故对纳滤浓缩液采用高级氧化工艺进行处理后回流至生化系统,是目前解决纳滤浓缩液的一种可行有效的处理方式。

综上所述,参考同类工程运行经验^[3-4],确定本工程渗滤液采用两级AO+内置式超滤+两级纳滤处理工艺,一级纳滤浓缩液采用芬顿高级氧化处理工艺,二级纳滤浓缩液则直接回流至超滤出水池,工艺流程见图1。

表2 生化组合池尺寸

Tab.2 Size of biochemical combination tank

项目	单格尺寸/ (m×m×m)	有效 水深/m	数量/ 格	总有效 容积/m ³	单格池内配 套设施
均衡池	16×4×9	7	2	896	5 kW 搅拌机 1台
一级反 硝化池	16×13×9	7	2	2 912	5 kW 搅拌机 2台
一级硝 化池	16×25×9	7	2	5 600	18路射流曝 气器6套
二级反 硝化池	7.8×7×9	7	2	764.4	1.5 kW 搅 拌机2台
二级硝 化池	7.8×7×9	7	2	764.4	12路射流曝 气器1套
内置超 滤膜池	9×4×6.2	4	2	288	PTFE超滤膜 箱6套
超滤膜 酸洗池	2×4×6.2	4	1	32	
超滤膜 碱洗池	2×4×6.2	4	1	32	
超滤出 水池	9.1×4×6.2	4	1	145.6	

③ 纳滤系统

本工程深度处理设施为两级纳滤系统,均采用聚酰胺复合膜,单支膜面积37 m²。一级纳滤设置72支,膜通量约为12 L/(m²·h),清液得率80%;二级纳滤设置60支,膜通量约为15 L/(m²·h),清液得率85%。纳滤系统集成装置及配套进水泵、清洗加药泵和生化鼓风机、超滤膜清洗/反洗设备等均放置在综合处理间。主要设备参数:生化磁悬浮鼓风机3台(2用1备), $Q=120\sim 140\text{ m}^3/\text{min}$ 、 $P=70\text{ kPa}$ 、 $N=200\text{ kW}$;超滤膜吹扫罗茨鼓风机3台(2用1备), $Q=12.5\text{ m}^3/\text{min}$ 、 $P=5\text{ kPa}$ 、 $N=18.5\text{ kW}$;超滤反冲洗水泵2台, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=100\text{ kPa}$ 、 $N=1.5\text{ kW}$;超滤清洗水泵2台, $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=100\text{ kPa}$ 、 $N=0.55\text{ kW}$;一级纳滤进水泵4台(3用1备), $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=400\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$;一级纳滤高压泵3台, $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.5\text{ MPa}$ 、 $N=15\text{ kW}$;一级纳滤循环泵9台, $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$;二级纳滤进水泵3台(2用1备), $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=400\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$;二级纳滤高压泵2台, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.2\text{ MPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;二级纳滤循环泵4台, $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=350\text{ kPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$;浓缩液提升泵3台(2用1备), $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=120\text{ kPa}$ 、 $N=1.5\text{ kW}$ 。

④ 纳滤浓缩液处理系统

纳滤浓缩液采用两级芬顿高级氧化工艺处理,设计Fenton组合水池1座。设计两级Fenton反应沉淀池,尺寸见表3。

表3 Fenton组合池尺寸

Tab.3 Size of Fenton combination tank

项目	单格尺寸/ (m×m×m)	有效 水深/m	数量/ 格	有效 容积/m ³	单格池内 配套设施
一/二级 Fenton反应池	10×2×6.4	5.7	各1	114	DN50曝气 管路
一/二级Fenton 中和池	1.5×0.85× 6.4	5.6	各1	7.14	0.75 kW 搅 拌机1台
一/二级Fenton 絮凝池	1.5×0.85× 6.4	5.5	各1	7.01	0.75 kW 搅 拌机1台
一/二级Fenton 沉淀池	14×2×6.4	5.4	各1	128.8	刮泥机、堰 板1套
中间水池 1/2	2×1.2×6.4	7.0	各1	12.96	

Fenton组合水池及配套设备与污泥脱水设备均设置在污泥脱水及浓缩液处理间内。浓缩液处理系统主要设备参数:一/二级芬顿循环泵, $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=160\text{ kPa}$ 、 $N=1.5\text{ kW}$,每级2台(1用1备);一/二级芬顿排泥泵, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=150\text{ kPa}$ 、 $N=2.2\text{ kW}$,每级2台(1用1备);芬顿催化塔2座, $\phi 1.2\text{ m}\times 6.0\text{ m}$;出水提升泵2台(1用1备), $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=160\text{ kPa}$ 、 $N=1.5\text{ kW}$ 。

⑤ 污泥脱水系统

本工程需处理的污泥由两部分组成,即生化系统产生的生化污泥和浓缩液处理系统产生的化学污泥。由于两种污泥性质不同,分别经浓缩压滤脱水后含水率达到60%,生化污泥脱水滤液回流至均衡池,化学污泥脱水滤液回流至一级Fenton反应池,泥饼填埋处置。主要设备参数:生化污泥进料泵2台, $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.2\sim 1.40\text{ MPa}$ 、 $N=18.5\text{ kW}$;化学污泥进料泵1台, $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.2\sim 1.40\text{ MPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;浓缩机进泥泵4台(2用2备), $Q=50\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=300\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$;带式浓缩机2台,处理量40~50 m³/h;生化污泥板框压滤机2台,过滤面积200 m²;化学污泥板框压滤机1台,过滤面积80 m²;生化污泥压榨泵2台, $Q=8\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.48\text{ MPa}$ 、 $N=5.5\text{ kW}$;化学污泥压榨泵1台, $Q=2\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.62\text{ MPa}$ 、 $N=2.2\text{ kW}$ 。

4 处理效果

本工程于2020年7月竣工,目前已连续运行16

个月。实际运行过程中,由于新鲜渗滤液不足,导致系统实际进水COD、氨氮及总氮值偏低,通过投加碳源乙酸钠提高C/N比,系统各项出水水质均能够稳定达标。每日实际处理污水量平均值为704 m³, COD、NH₃-N、TN及TP总去除率分别达到99.3%、99.9%、99.0%、92.3%,各工段实际处理效果见表4。

表4 各工段实际处理效果

Tab.4 Actual treatment effect of each section

项目		COD	NH ₃ -N	TN	TP
MBR	进水/(mg·L ⁻¹)	7 810	1 850	2 360	22
	出水/(mg·L ⁻¹)	520	10	57	4
	去除率/%	93.3	99.5	97.6	81.8
一级NF	出水/(mg·L ⁻¹)	104	2	36	2.5
	去除率/%	80	80	36.8	37.5
二级NF	出水/(mg·L ⁻¹)	58	1.1	23	1.7
	去除率/%	44.2	45	36	32
排放限值/(mg·L ⁻¹)		100	25	40	3

5 主要经济指标

本扩建工程渗滤液处理规模为700 m³/d,工程占地5 570.05 m²,总建筑面积3 868.5 m²。工程总投资9 471.68万元,其中土建工程费3 694.75万元,设备安装费4 316.26万元;单位处理成本约117.23元/m³,其中电费约40.35元/m³、水费约0.64元/m³、药剂费约58.7元/m³。

6 结语

本工程采用两级AO+内置式超滤+两级纳滤工艺处理垃圾填埋场渗滤液,系统运行稳定,自动化程度高,出水水质满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表2的排放要求,其中COD、NH₃-N、TN及TP总去除率分别为99.3%、99.9%、99.0%、92.3%。采用芬顿高级氧化工艺处理纳滤浓缩液,为同类项目膜浓缩液的处置提供了借鉴。本项目解决了该垃圾填埋场渗滤液处理能力不足的问题,具有良好的环境效益和社会效益。

参考文献:

[1] 袁维芳,王浩,汤克敏,等.垃圾渗滤液处理技术及工程化发展方向[J].环境保护科学,2020,46(1):76-83.

YUAN Weifang, WANG Hao, TANG Kemin, et al. Landfill leachate treatment techniques and engineering development direction: a review [J]. Environmental Protection Science, 2020, 46(1):76-83(in Chinese).

[2] 马志文,程永珍,刘龙波.垃圾渗滤液处理工艺技术的研究[J].山西建筑,2012,38(30):224-225.

MA Zhiwen, CHENG Yongzhen, LIU Longbo. Research on craft technique of landfill leachate [J]. Shanxi Architecture, 2012, 38(30):224-225(in Chinese).

[3] 白利云,刘玉恒,肖国仕,等.MBR/NF工艺处理垃圾渗滤液工程设计与运行[J].中国给水排水,2013,29(14):43-44,48.

BAI Liyun, LIU Yuheng, XIAO Guoshi, et al. Design and operation of MBR/NF process for landfill leachate treatment [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(14):43-44,48(in Chinese).

[4] 曹春华,蒲燕新,朱卫兵.沈渍填埋场渗滤液处理提标工程实例[J].中国给水排水,2013,29(14):86-89.

CAO Chunhua, PU Yanxin, ZHU Weibing. Upgrade project for leachate treatment at Shendu landfill site [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(14):86-89(in Chinese).

[5] 杜昱,孙月驰,李瑞华,等.垃圾渗滤液MBR处理系统设计要点[J].中国给水排水,2018,34(2):63-67.

DU Yu, SUN Yuechi, LI Ruihua, et al. Key points in designing MBR project for landfill leachate treatment [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(2):63-67(in Chinese).

[6] 丁西明,李洪君,李晓尚,等.MBR+NF/RO工艺处理垃圾渗滤液设计计算[J].中国给水排水,2015,31(4):72-76.

DING Ximing, LI Hongjun, LI Xiaoshang, et al. Design and calculation of MBR+NF/RO process for treatment of landfill leachate [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(4):72-76(in Chinese).

作者简介:马东兵(1981-),男,吉林长春人,硕士,高级工程师,主要从事垃圾渗滤液及工业废水处理设计工作。

E-mail:93146088@qq.com

收稿日期:2021-04-13

修回日期:2021-12-04

(编辑:孔红春)