

安徽龙华垃圾渗滤液处理工程技术改造

张德伟¹, 郑俊^{1,2}

(1. 安徽华骐环保科技股份有限公司, 安徽 马鞍山 243061; 2. 安徽工业大学 建筑工程学院, 安徽 马鞍山 243032)

摘要: 针对安徽省龙华垃圾渗滤液处理工程现状,分析了原有渗滤液处理站存在的问题,并对原系统进行了技术升级改造。采用 Fenton + BAF 深度处理工艺代替原有的膜深度处理工艺,提高了站区处理量,使最终出水水质稳定达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008),解决了浓缩液处理、额外投加碳源脱氮和系统抗冲击负荷能力低等问题。

关键词: 垃圾渗滤液; 技术改造; 厌氧氨氧化; 脱氮; Fenton; 曝气生物滤池

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)10-0086-05

Technical Innovation Measures for Longhua Landfill Leachate Treatment Project in Anhui

ZHANG De-wei¹, ZHENG Jun^{1,2}

(1. Huaqi Environmental Science and Technology Co. Ltd., Maanshan 243061, China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

Abstract: According to the status of Longhua landfill leachate treatment project in Dangtu County of Anhui Province, the existing problems were analyzed and the original system was technically upgraded. The advanced treatment process of Fenton and BAF was used to replace the original process of MBR and RO. As a result, more wastewater was treated and the effluent quality reached the criteria specified in *Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste* (GB 16889-2008). A series of problems, such as producing concentrated liquor, additional carbon source during nitrogen removal and weak impact resistance were resolved.

Key words: landfill leachate; technical innovation; ANAMMOX; denitrification; Fenton; BAF

1 工程概况

生活垃圾卫生填埋过程中会产生垃圾渗滤液,其污染物浓度高、毒性大、成分复杂^[1~3]。安徽省当涂县龙华垃圾填埋场垃圾渗滤液处理站于2010年10月开工建设,2011年10月试运行,2012年4月

正式投入运行,原设计处理规模为100 m³/d。2011年10月—2014年8月,系统出水正常且达标排放,但自2014年8月以后,系统出水开始出现异常,氨氮和COD频繁超标,膜装置堵塞频率升高,站区处理量严重下降,导致垃圾渗滤液库区的液位升高,严

重影响下游环境和水资源安全,亟需进行升级改造。2012年—2016年该填埋场垃圾渗滤液处理工程实际进、出水水质见表1。

表1 垃圾渗滤液处理工程进、出水水质

Tab.1 Actual influent and effluent quality of landfill leachate treatment project

项目	原设计进水值	实际进水值		设计出水标准
		2012年—2014年	2015年—2016年	
COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	14 000	3 000 ~ 14 000	2 000 ~ 3 000	100
BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10 000	1 000 ~ 10 000	300 ~ 800	30
氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3 000	2 000 ~ 3 000	1 500 ~ 2 500	25
总氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4 000	2 500 ~ 4 000	1 800 ~ 3 000	40
pH值	9 ~ 10	9 ~ 10	8.5 ~ 9.5	6 ~ 9

2 原工艺流程和设计参数

2.1 原工艺流程

原工艺流程见图1。

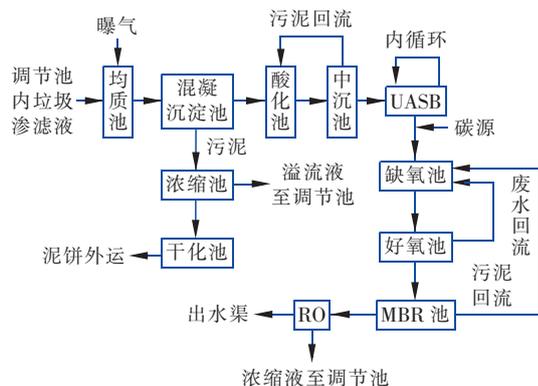


图1 垃圾渗滤液处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of leachate treatment process

2.2 主要构筑物及设计参数

2.2.1 预处理系统

① 均质池。1座,半地下钢混结构,尺寸为 $9\text{ m} \times 4\text{ m} \times 3.6\text{ m}$, $\text{HRT} = 11.2\text{ h}$;穿孔曝气管5根 $\times 3.6\text{ m}$,规格为 $D76\text{ mm} \times 4\text{ mm}$, $\text{PN} = 1.0\text{ MPa}$, $L = 3.6\text{ m}$;潜污泵2台(1用1备), $Q = 10\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100\text{ kPa}$, $N = 0.75\text{ kW}$;配空压机3台(2用1备,与好氧池曝气共用), $Q = 7.45\text{ m}^3/\text{min}$, $P = 0.05\text{ MPa}$ 。

② 混凝沉淀池。1座,地上钢混结构,混凝反应池尺寸为 $2.5\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 5.7\text{ m}$, $\text{HRT} = 1.2\text{ h}$;折桨搅拌机2台,功率为 1.50 kW ;沉淀池尺寸为 2.5

$\text{m} \times 2.5\text{ m} \times 5.7\text{ m}$,有效水深为 4.5 m ;药剂投加装置2套(混凝剂+助凝剂)。

2.2.2 生物处理系统

① 酸化池。1座,地上钢混结构,尺寸为 $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 5.7\text{ m}$, $\text{HRT} = 25.2\text{ h}$;酸碱投加装置2套;脉冲布水器1套, $Q = 7 \sim 15\text{ m}^3/\text{h}$ 。

② 中沉池。1座,地上钢混结构,尺寸为 $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 5.7\text{ m}$, $\text{HRT} = 24\text{ h}$;污泥回流泵2台(1用1备),卧式离心泵, $Q = 8\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 110\text{ kPa}$, $N = 0.75\text{ kW}$;污水提升泵2台(1用1备),卧式离心泵, $Q = 8\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 170\text{ kPa}$, $N = 1.1\text{ kW}$ 。

③ UASB。1座,地上钢混结构,尺寸为 $5.3\text{ m} \times 3.5\text{ m} \times 8\text{ m}$, $\text{HRT} = 33.4\text{ h}$,上升流速为 1.0 m/h ;内循环泵2台(1用1备),卧式离心泵, $Q = 15.6\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 170\text{ kPa}$, $N = 2.2\text{ kW}$;三相分离器1套;反应床填料为 18 m^3 。

④ 缺氧池。1座,地上钢混结构,尺寸为 $6.0\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 3.0\text{ m}$, $\text{HRT} = 9.7\text{ h}$;碳源投加装置一套;污泥推流装置2套(1用1备),每台 $N = 1.5\text{ kW}$ 。

⑤ 好氧池。3座串联,地上钢混结构,每座尺寸为 $5.0\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 3.0\text{ m}$, HRT 分别为 7.5 、 6.9 、 6.6 h ;污泥回流泵2台(1用1备),卧式离心泵, $Q = 20\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 120\text{ kPa}$, $N = 2.2\text{ kW}$;污泥回流泵2台(1用1备),卧式离心泵, $Q = 20\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 120\text{ kPa}$, $N = 2.2\text{ kW}$ 。

2.2.3 深度处理系统

① MBR池。1座,地上钢混结构,尺寸为 $5.0\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 3.0\text{ m}$, $\text{HRT} = 6\text{ h}$;MBR内置膜装置4套, $Q = 5\text{ m}^3/\text{h}$ 。

② 反渗透(RO)装置。1套,增压泵1台, $Q = 5\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 270\text{ kPa}$, $N = 0.75\text{ kW}$;保安过滤器1套,精度为 5 mm ;RO膜组件型号AG8040;配套自动清洗装置1套;回收率为 79.2% 。

2.2.4 附属构筑物

① 浓缩池。1座,半地下钢混结构,尺寸为 $4.0\text{ m} \times 4.0\text{ m} \times 3.6\text{ m}$,有效水深为 3.3 m ;污泥提升泵2台(1用1备), $Q = 20\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 120\text{ kPa}$, $N = 2.2\text{ kW}$ 。

② 干化池。3座,半地下钢混结构,每座尺寸为 $4.0\text{ m} \times 3.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ 。自然晾干污泥,为外运做准备。

3 运行中存在的问题及原因分析

3.1 原工艺运行存在的问题

① 原深度处理单元产生大量的浓缩液无法很好地处理;MBR膜通量严重下降,堵塞频率明显增加;RO膜压差增加,反渗透膜清洗和更换频率增加,膜清洗花费大量的人力和物力,严重影响站区的运行。

② UASB产甲烷效果较差,去除有机物能力大幅下降。

③ 好氧池出水COD浓度大于进水COD浓度,污泥沉降性降低,好氧池出水悬浮物增加较多。

④ 实际处理量仅达到8~10 m³/d,远低于设计处理量(100 m³/d)。

⑤ 缺氧池脱氮需要消耗大量外加碳源。

⑥ 渗滤液的氨氮浓度仍然很高,系统的抗水质、水量变化的冲击能力较弱。

3.2 原因分析

① 垃圾渗滤液中污染物随着季度性降雨量和气温的变化,水质水量变化幅度很大,总体水质随垃圾填埋龄的延长发生了质的变化。由于浓缩液被回灌调节池,导致渗滤液原液中难降解有机物和TDS积累严重。首先,原垃圾渗滤液总磷平均浓度由78.9 mg/L降至5.4 mg/L;其次,渗滤液的可生化性大幅下降,B/C值由0.3~0.8变为0.1~0.4;再次,渗滤液的COD明显下降,由最高14 000 mg/L

降至3 000 mg/L;最后,渗滤液中有有机物及总磷浓度明显下降,而氨氮浓度仍然较高,渗滤液的最高碳氮比由4.0变为0.1。

② 由于现渗滤液中有有机物及总磷浓度明显下降,生物处理碳氮比严重失调,混凝沉淀会进一步降低有机物和总磷浓度,所以设置混凝沉淀池已无必要。

③ 进水C/N较低且C/N < 1,不适合采用UASB产甲烷除碳^[4]。

④ 由于渗滤液中总磷浓度较低,原混凝沉淀进一步去除部分总磷,导致生物处理工艺中微生物营养严重不足,微生物大量内源呼吸和自我分解,出水悬浮物大量增加,进一步导致好氧池中进水COD低于出水COD浓度。

⑤ 采用浓缩液回灌调节池的处置方式,导致渗滤液原液中难降解有机物和TDS积累严重。这些难降解物质及TDS在膜表面吸附结晶,造成膜的污染堵塞和腐蚀,使得膜运行压力升高,膜清洗频繁。

4 技术改造方案

本着尽量使用原处理构筑物 and 降低技术改造成本的原则,采用生化处理+高级氧化深度处理+生物深度处理工艺替代原物化预处理+生化处理+膜深度处理工艺。

改造后的工艺流程见图2。

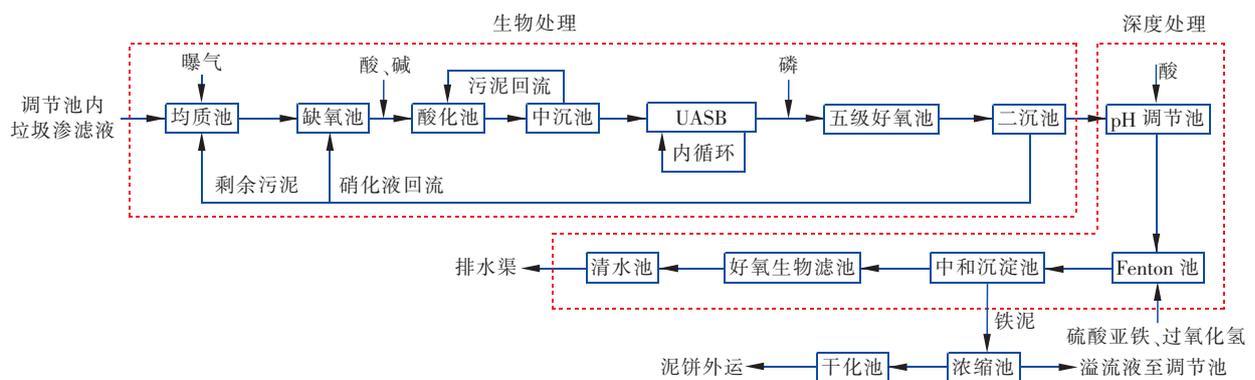


图2 改造后的工艺流程

Fig.2 Flow chart of upgrading treatment process

具体改造方案如下:

① 对原系统的改造

a. 将混凝沉淀池改为缺氧池,利用原水碳源进行脱氮,同时对废水起到稀释作用。

b. 将缺氧池改为好氧池,取消原硝化液和污泥

回流系统,将原MBR池改为好氧池,提高氨氮的硝化能力和生化系统的抗负荷冲击能力。

c. 将UASB改建为同步反硝化耦合厌氧氨氧化自养脱氮反应池,无需额外投加反硝化碳源;将新设置的二沉池上清液回流至UASB,沉淀的污泥回流

至缺氧池。

d. 采用二沉池 + Fenton + BAF 深度处理系统替换原 MBR + RO 深度处理系统,以解决浓缩液处理以及膜清洗和更换成本高的问题。

e. 原生物处理单元一套碳源投加系统改为磷源投加系统。

② 新建设施

a. 二沉池。1座,尺寸为 $\varnothing 3.0\text{ m} \times 4.0\text{ m}$,碳钢材质;斜管面积为 7.1 m^2 ,尺寸为 $1\ 000\text{ mm} \times 1\ 000\text{ mm} \times 866\text{ mm}$;污泥回流泵1台,立式离心泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=80\text{ kPa}$, $N=0.75\text{ kW}$;硝化液回流泵1台,立式离心泵, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=80\text{ kPa}$, $N=0.75\text{ kW}$ 。

b. pH调节池。1座,尺寸为 $2.0\text{ m} \times 2.4\text{ m} \times 3.8\text{ m}$,玻璃钢材质;搅拌机1台;设1套加酸装置。

c. Fenton池。1座,尺寸为 $\varnothing 2.4\text{ m} \times 3.5\text{ m}$,玻璃钢材质;搅拌机1台;设亚铁盐和过氧化氢加药装置各一套。

d. 中和沉淀池。1座,尺寸为 $2.4\text{ m} \times 4.4\text{ m} \times 3.4\text{ m}$,玻璃钢材质;搅拌机1台;设PAM和氢氧化钠加药装置各一套。

e. 生物滤池前端调节池。1座,尺寸为 $2.0\text{ m} \times 0.7\text{ m} \times 1.8\text{ m}$;立式离心泵1台, $Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=80\text{ kPa}$, $N=0.75\text{ kW}$ 。

f. 曝气生物滤池^[5]。1座,尺寸为 $3.5\text{ m} \times 6.0\text{ m}$,碳钢材质;曝气风机1台,风量为 $1.43\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 0.05 MPa ;反洗风机1台,风量为 $10.39\text{ m}^3/\text{min}$,风压为 0.07 MPa ;安徽华骐环保科技股份有限公司核心专利产品配件。

g. 清水池。1座,尺寸为 $\varnothing 3.0\text{ m} \times 5.0\text{ m}$,碳钢材质;立式反洗水泵1台, $Q=20\text{ m}^3/\text{h}$, $H=120\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$ 。

5 改造后工艺特点

① 自养脱氮系统(UASB)利用UASB的同步反硝化耦合厌氧氨氧化自养脱氮,无需额外投加反硝化碳源,药剂成本大幅降低。

② 生物处理单元抗氨氮负荷冲击能力更强,由于厌氧氨氧化系统大幅降低了进入好氧池的氨氮浓度和好氧池增加为5座,大幅提高了系统的抗氨氮冲击负荷能力。

③ 不产生任何膜浓缩液,24 h不间断运行,克服膜清洗或替换过程时站区必须停止运行的缺点。

6 改造后运行效果及效益分析

该技术改造工程于2015年6月开工建设,2015年10月试运行,经过5个月的运行,出水水质稳定达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)。实际进、出水水质平均指标见表2。

表2 垃圾渗滤液实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality of landfill leachate

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	悬浮物/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH值
原水	2 033 ~ 3 017	1 574 ~ 2 441	1 926 ~ 2 448	321 ~ 540	9 ~ 10
最终出水	55 ~ 75	0.1 ~ 6.1	14 ~ 36	8.9 ~ 20.1	7.0 ~ 8.0
排放标准	100	25	40	30	6 ~ 9

改造后处理站正常运行,实际进水量为 $120\text{ m}^3/\text{d}$,产水量为 $120\text{ m}^3/\text{d}$,运行电费为 $10\text{ 元}/\text{m}^3$ (包括电损费用),药剂费为 $10.0\text{ 元}/\text{m}^3$,人工费为 $5\text{ 元}/\text{m}^3$,自来水费为 $2.0\text{ 元}/\text{m}^3$,折旧及维修费为 $1.0\text{ 元}/\text{m}^3$,化验费为 $1\text{ 元}/\text{m}^3$,合计成本为 $29.0\text{ 元}/\text{m}^3$,每年产生经济效益为127.02万元。

7 结论

① 工程实践证明,该改造工程对于垃圾渗滤液具有较好的处理效果,站区处理量大幅提高,整体工艺运行稳定,不产生任何膜浓缩液,出水水质稳定达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)。

② 厌氧氨氧化工艺应用于老龄垃圾渗滤液,无需额外投加脱氮碳源,对于老龄垃圾渗滤液的治疗具有一定的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 吴旭辉,马汐平,李铁民. 垃圾填埋场渗滤液污染治理技术[J]. 辽宁大学学报:自然科学版,2004,31(3): 284-288.
Wu Xuhui, Ma Xiping, Li Tiemin. Technology of leachate pollution control in landfill[J]. Journal of Liaoning University: Natural Science Edition, 2004, 31(3): 284-288 (in Chinese).
- [2] 楼紫阳,赵由才,张全. 渗滤液处理处置技术及工程实例[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
Lou Ziyang, Zhao Youcai, Zhang Quan. Leachate Treatment Technology and Engineering[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007 (in Chinese).

- [3] 闵海华,杜昱,刘淑玲,等. MBR/RO 工艺处理垃圾渗滤液[J]. 中国给水排水,2010,26(4):64-66.
Min Haihua, Du Yu, Liu Shuling, *et al.* MBR/RO process for treatment of landfill leachate [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(4): 64-66 (in Chinese).
- [4] 张欣欣. UASB 反应器中碳氮比对脱氮效能的影响[D]. 苏州:苏州科技学院,2012.
Zhang Xinxin. Effect of Carbon and Nitrogen Ratio in UASB Reactor on Nitrogen Removal Efficiency [D]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology, 2012 (in Chinese).
- [5] 郑俊,吴浩汀. 曝气生物滤池工艺的理论及工程应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
Zheng Jun, Wu Haoting. Theory and Engineering Application of Biological Aerated Filter (BAF) Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005 (in Chinese).



作者简介:张德伟(1988-),男,安徽蚌埠人,硕士,工程师,主要从事水污染控制及治理工作。

E-mail: zhdewei86@163.com

收稿日期:2017-02-04

(上接第85页)

参考文献:

- [1] 陈莉,雷睿,刘洋,等. 反硝化深床滤池/电磁催化臭氧氧化用于污水厂升级改造[J]. 中国给水排水,2016,32(20):44-47.
Chen Li, Lei Rui, Liu Yang, *et al.* Application of denitrification deep bed filter and electromagnetic catalytic ozonation to upgrading and reconstruction of wastewater treatment plants [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(20): 44-47 (in Chinese).
- [2] 陈小燕. MBBR 及 A²O 五段法用于污水处理厂提标扩建[J]. 中国给水排水,2017,33(12):59-62.
Chen Xiaoyan. Application of MBBR and five-stage A²O in the upgrading and reconstruction of urban wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(12): 59-62 (in Chinese).
- [3] 杨宇星,吴迪,宋美芹,等. 新型 MBBR 用于类地表Ⅳ类水排放标准升级改造[J]. 中国给水排水,2017,33(14):93-98.
Yang Yuxing, Wu Di, Song Meiqin, *et al.* Application of new MBBR in WWTP upgrading to meet class IV surface

water standard [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(14): 93-98 (in Chinese).



作者简介:秦桂海(1963-),男,山东烟台人,本科,高级工程师,主要从事水污染控制技术的应用、污水处理系统的运行及管理工作。

E-mail: ytwtp1963@163.com

收稿日期:2018-02-09