

水解酸化/MBR/人工湿地处理高速公路服务区污水

张磊¹, 岳佳妮¹, 单连斌¹, 王鸯鸯²

(1. 沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110167; 2. 中国环境保护产业协会, 北京 100037)

摘要: 采用水解酸化/MBR/水平潜流人工湿地组合工艺处理高速公路服务区污水。运行结果表明, 该工艺处理效果良好, 出水水质可以稳定达到类地表Ⅳ类水标准, 具有良好的经济和环境效益。

关键词: 高速公路服务区污水; 水解酸化; MBR; 人工湿地

中图分类号: X703

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2019.02.007

Hydrolysis Acidification/MBR/Constructed Wetlands Combined Process for Expressway Service Sewage Treatment

ZHANG Lei¹, YUE Jiani¹, SHAN Lianbin¹, WANG Yangyang²

(1. Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110167, China;

2. China Association of Environmental Protection Industry, Beijing 110037, China)

Abstract: A process integrating hydrolysis acidification, MBR and horizontal subsurface flow constructed wetlands was employed for the expressway service sewage. The results showed that the combined process performed well, and the effluent quality not only met the class IV surface water standard but also had good economic and environmental benefits.

Keywords: Expressway Service Sewage; Hydrolysis Acidification; MBR; Constructed Wetlands

CLC number: X703

自1988年我国首条高速公路——沪嘉高速公路建成通车以来, 高速公路建设发展迅速, 截至2017年高速公路已达到13.64万km。高速公路服务区在运营期间会产生包括冲厕污水、餐饮污水、冲洗废水等在内的大量污水^[1-2], 由于高速公路通常远离城镇排水管网, 为保护服务区周边环境, 污水必须经过处理后排放。

高速公路服务区污水可生化性较好, 但有机物、氨氮等污染物浓度较高; 污水水量受车流量影响, 水量波动较大^[3-5]。该项目根据高速公路服务区污水的特点选取相应的污水处理工艺并合理

地进行组合, 实现了污水的达标排放, 为高速公路服务区的污水处理工程设计提供参考。

1 工程概况

某高速公路服务区的污水主要源自冲厕和地面冲洗, 另有少量餐饮污水, 污水可生化性好, 有机物及氮、磷污染物浓度较高。该高速公路服务区以大型客车和货车停靠为主, 人流量具有不确定性, 因此污水水质水量波动较大, 污水产生量约为80~120 m³/d, 工程设计规模为120 m³/d, 污水水质及排放要求见表1。

表1 污水水质及排放标准

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
进水水质	350~600	180~300	50~60	60~70	4~6	200~250
排放标准	≤30	≤6	≤1.5	≤15	≤0.3	≤10

收稿日期: 2018-10-08

基金项目: 沈阳市科学事业费科技项目(sy2018-042)资助

作者简介: 张磊(1986-), 男, 博士、工程师。研究方向: 水污染控制理论与技术。E-mail: zhanglei86@syhky.com

引用格式: 张磊, 岳佳妮, 单连斌, 等. 水解酸化/MBR/人工湿地处理高速公路服务区污水[J]. 环境保护科学, 2019, 45(2): 41-44.

针对该服务区污水水质特点,并结合实际情况,采用水解酸化/MBR/水平潜流人工湿地组合工艺进行处理。出水总氮、悬浮物执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,其它主要指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)IV 类标准的要求,最终直接排入地表水体。

2 工艺流程及设计参数

2.1 工艺流程

污水经过超细格栅去除水中漂浮物及部分悬浮物,然后进入调节池均化水质、均衡水量,降低

水质水量波动对后续处理单元的冲击。

调节池出水由提升泵定量输入水解酸化池,污水中的部分有机物及悬浮物在该处理单元中被去除,削减了污水的有机负荷,同时能够促进有机氮磷污染物的分解。水解酸化池的出水进入缺氧池,反硝化细菌在缺氧条件下,利用进水中的碳源进行反硝化;膜反应池内为好氧条件,有机物和氨氮在好氧微生物的作用下被氧化分解,最终通过膜组件进行泥水分离。出水进入中间池,然后经水平潜流人工湿地深度处理后达标排放。工艺流程见图 1。

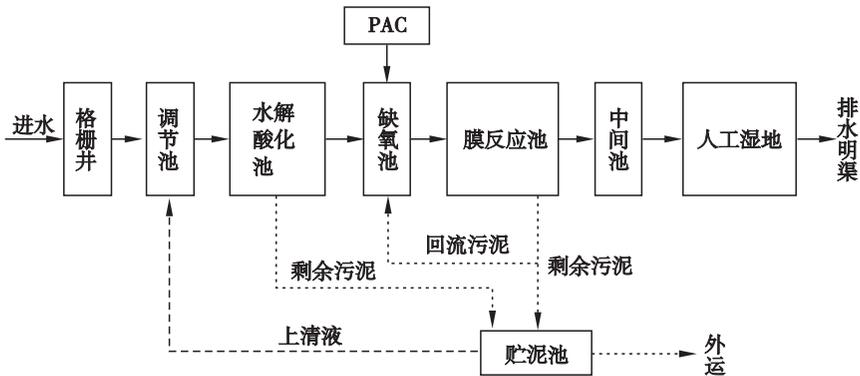


图 1 废水处理工艺流程

考虑到生物除磷的效果具有很大的局限性,因此在缺氧池投加聚合氯化铝(PAC)将污水中的磷酸盐沉淀,并最终随剩余污泥的排放被去除。水解酸化池及 MBR 池的产生的剩余污泥排入贮泥池,定期外运;贮泥池上清液回流至调节池内,进行处理。

2.2 主要构筑物设计参数

2.2.1 格栅井 1 座,地下式砖砌结构,尺寸(L×B×H)为1 800 mm×1 000 mm×700 mm,安装转鼓式细格栅 1 台,格栅间隙为 1 mm。

2.2.2 调节池 1 座,地下式钢砼结构,尺寸(L×B×H)为5 200 mm×4 300 mm×3 000 mm,水力停留时间(HRT)为 11.2 h。安装液位控制器 1 套;提升泵 2 台,1 用 1 备, $Q = 6 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100 \text{ kPa}$;池底安装低速潜水搅拌器 1 台,间歇运行,每隔 30 min 搅拌 5 min。

2.2.3 水解酸化池 1 座,全地上式钢砼结构,尺

寸(L×B×H)为 2 000 mm×1 500 mm×4 500 mm,有效水深 4 m,有效容积为 12.0 m^3 ,水力停留时间 2.4 h。水解酸化池为升流式,采用枝状布水,堰式出水;污泥采用重力排泥。

2.2.4 缺氧池 1 座,半地上式钢砼结构,尺寸(L×B×H)为 3 200 mm×1 500 mm×4 500 mm,有效水深 3.8 m,有效容积为 18.24 m^3 ,水力停留时间 3.6 h。池底安装潜水搅拌器 2 台,用于将污水与活性污泥充分混合。

设置加药系统 1 套,除磷剂为 PAC(聚合氯化铝),PAC 配制浓度为 10%,通过计量泵投入缺氧池进水口。

2.2.5 膜反应池 1 座,半地上式钢砼结构,尺寸(L×B×H)为 4 800 mm×1 500 mm×4 500 mm,有效水深 3.8 m,有效容积为 27.36 m^3 ,水力停留时间 5.5 h。膜组件面积 300 m^2 ,膜通量 $16.7 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。MBR 出水抽吸泵 2 台,1 用 1 备,

$Q=5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$;回流泵2台, $Q=6\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$;污泥泵1台, $Q=6\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$;配套清洗装置1套。

2.2.6 中间池 1座,半地下式钢砼结构,尺寸($L\times B\times H$)为 $2\ 000\text{ mm}\times 1\ 500\text{ mm}\times 4\ 000\text{ mm}$,水力停留时间2 h,安装提升泵2台,一用一备, $Q=6\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$ 。

2.2.7 人工湿地 1座,水平潜流湿地,尺寸为($L\times B\times H$) $20\ 000\text{ mm}\times 7\ 500\text{ mm}\times 1\ 100\text{ mm}$,有效水深0.8 m,水力停留时间24 h。人工湿地填料承托层厚度为30 cm,采用粒径为1~3 cm的鹅卵石;中间采用粒径0.5~1.0 cm砾石和沸石作为填料,厚度为50 cm;最上层为30 cm的土壤层,种植植物为芦苇、菖蒲和美人蕉。

3 系统调试运行

3.1 污泥接种

为了缩短系统的调试启动周期,生化系统运行前需接种活性污泥。接种污泥取自某城镇污水处理厂剩余污泥(含水量80%)。该污水处理厂的主要处理对象为生活污水,运行稳定,出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。投加污泥后,生化系统内MLSS浓度为 $3\ 000\sim 3\ 500\text{ mg/L}$ 。

3.2 生化系统调试

水解酸化池进水量首先按设计水量的40%运行。运行初期,污泥结构松散,出水浑浊,出水 COD_{Cr} 浓度时常高于进水。连续运行15 d后,污泥呈现黑色块状,出水逐渐清澈, COD_{Cr} 去除率稳定在10%左右。随后逐步提高进水量,直至满负荷运行, COD_{Cr} 去除率逐渐提高至30%,并趋于稳定。这些表明水解酸化池启动成功。

MBR池污泥接种完成后,闷曝24 h使污泥恢复活性,闷曝过程中开启各段回流泵,MBR池内的溶解氧浓度维持在 $3\sim 4\text{ mg/L}$ 。闷曝结束后,以出水 COD_{Cr} 作为监测指标,在出水监测指标稳定的前提下,逐步提高进水量,直至满负荷运行。污泥驯化约30 d后,污泥浓度稳定且呈现土黄色,同时沉淀性能良好, SV_{30} 、 SVI 等指标正常,表明污泥驯化完成。

MBR池调试前,检验抽吸泵运行是否正常,产水管路需抽真空;调试过程中注意记录真空压力表数值,压力增长过快则暂停提高产水量^[6]。调试完成后,污泥龄控制在15~20 d,膜系统进入自动控制状态。

3.3 运行效果

系统调试完成后,对出水指标进行检测,出水水质见表2。

表2 系统运行效果

项目	COD_{Cr}	BOD_5	NH_3-N	TN	TP	SS
进水水质	583	267	52.8	62.7	5.81	222
水解酸化池出水	396	218	55.6	58.3	5.75	41
缺氧池出水	92	86.7	18.1	21.5	0.42	27
膜反应池出水	28	5.2	0.93	14.6	0.33	7
出水水质	22	4.5	0.47	12.1	0.19	6

由表2可知,该工艺处理高速公路服务区污水效果良好。污水中的大部分有机污染物、悬浮物均在无需提供外源动力的水解酸化池中被去除,有效地降低了运行能耗;膜反应池占地面积小,结构紧凑,且出水水质良好;人工湿地则进一步对尾水的氮、磷等污染物进行去除,保证了出水稳定达标。

3.4 系统抗冲击负荷性能

污水处理站投入运行约3个月以后,由于旅游旺季到来,服务区客流量增大,冲厕废水水量骤然增加,造成进水水质水量出现波动。污水处理站连续3 d,进水水量在 $115\sim 132\text{ m}^3/\text{d}$ 。经检测,进出水水质见表3。

表 3 冲击负荷下系统处理效果

mg·L⁻¹

t/d	COD _{Cr}		NH ₃ -N		TN		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
1	517	25	69.5	0.98	76.5	12.8	7.25	0.26
2	485	28	72.8	1.07	81.3	13.7	7.13	0.18
3	523	22	77.6	1.12	88.2	14.2	7.39	0.25

由表 3 可知,进水中有机污染物浓度较平时有所下降,氮、磷污染物浓度较平时升高。造成水质变化的原因是服务区卫生间产生的冲洗尿液的水量增加,尿液中含有大量的氮、磷营养物质,生活污水中质量分数分别约 80% 的氮、50% 的磷来源于尿液,而尿液的体积仅占生活污水总量的约 1% 左右^[7]。

由于操作人员提前将 MBR 池内的污泥浓度提高至 7 000 mg/L 左右,维持了污泥负荷;并充分利用调节池池容,平衡一天内各时间段的进水量,在冲击负荷条件下,系统运行稳定,出水各项指标未出现超标。

4 效益分析

该服务区污水处理工程总投资 186.19 万元,运行成本为 1.23 元/m³,其中电费 1.08 元/m³;药剂费用为 0.06 元/m³;污泥处置费用 0.09 元/m³,污水处理系统自动化程度高,无需专人值守,可由服务区水电工兼职管理。

5 结论

工程运行结果表明,水解酸化/MBR/水平潜流人工湿地组合工艺成熟可靠,各处理单元设计合理,出水水质能够达到类地表Ⅳ类水标准,并具备一定的抗冲击负荷能力。该工艺结构紧凑,运行简易,运行费用为 1.23 元/m³,具有良好的环境、经济效益。

参考文献

- [1] 林奇. 高速公路服务区污水特性研究[J]. 能源与环境, 2013(1): 12-14.
- [2] 张龙, 涂勇, 刘伟京, 等. 高速公路服务区污水 A/O 生化处理工艺运行参数研究[J]. 水处理技术, 2014, 40(2): 96-101.
- [3] 胡博, 何霞, 张晓宁, 等. 高速公路服务区污水水质水量特征调查[J]. 净水技术, 2010, 29(5): 46-49.
- [4] 班福忱, 李亚峰, 程琳, 等. 高速公路服务区污水处理厂工程[J]. 中国给水排水, 2008, 24(16): 75-77.
- [5] 李金玉. 试论高速公路运营管理中的环境保护[J]. 环境保护科学, 2007, 33(3): 65-67.
- [6] 蒋岚岚, 陈豪, 胡邦, 等. 城镇污水处理厂 MBR 工程调试及分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29(4): 103-108.
- [7] 顾域峰, 郑向勇, 叶海仁, 等. 钛电极电催化氧化去除源分离尿液中氮的研究[J]. 水处理技术, 2010, 36(8): 41-44.