

FCR 技术在工业园污水处理工程中的应用

杨欣¹, 谭周权²

(1. 甘肃建筑职业技术学院 环境与市政工程系, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州市城市建设设计院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 江西上犹工业园污水处理厂一期项目采用了食物链反应池(FCR)技术。该园区污水中污染物以 COD、BOD₅、石油类为主,且存在处理水量、污染负荷波动较大的情况,为此采用 FCR 技术,可稳定高效地处理工业园区污水。污水厂设计规模为 5 000 m³/d,最终出水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 B 标准。

关键词: 工业园污水厂; 食物链反应池; 一级 B 标准

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0082-04

Industrial Park Wastewater Treatment with FCR Technology

YANG Xin¹, TAN Zhou-quan²

(1. Department of Environmental and Municipal Engineering, Gansu Construction Vocational Technical College, Lanzhou 730050, China; 2. Lanzhou Urban Construction Design Institute, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The food chain reactor (FCR) technology was employed in first-phase project in Shangyou industrial park wastewater treatment plant in Jiangxi Province. The original wastewater mainly contained COD, BOD₅ and petroleum with striking characteristic of the high fluctuation of inflow and its quality. As such, the FCR technology was adopted as the main process of secondary bio-treatment to ensure the stability and high treatment efficiency. The design capacity of wastewater treatment plant was 5 000 m³/d. The effluent quality could meet the first level class B criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002).

Key words: industrial park wastewater treatment plant; food chain reactor (FCR); first level class B criteria

近年来,随着江西省上犹县经济建设的快速发展,以上犹工业园为主的工业建筑呈现跨越式发展,工业企业、园区面积不断扩大与扩张,加上黄埠镇城镇人员的增加,大量未经过处理的生活、工业生产污水直接排放上犹江,水体富营养化日趋严重,日益恶化生态环境,污染水体还对下游罗边电厂发电核心水轮机有不同程度的腐蚀。鉴于上述原因,建设工业园污水处理项目非常必要。食物链反应器 FCR (Food Chain Reactor) 工艺是匈牙利奥尼卡公司的专利技术,具有十分高效的污水净化能力。该技术

可实现以模块化为基础的设计,处理规模从几百吨/天到数十万吨/天,系统对环境变化的适应性和抗冲击负荷能力强,已广泛应用于国外的市政污水和工业废水处理领域。本技术在国内的应用案例不多。上犹工业园污水处理项目率先采用 FCR 处理工艺,最终得到了良好的处理效果。

1 工程概况

江西上犹工业园污水处理工程于 2012 年 12 月开工建设,2014 年 6 月正式运营。本项目位于黄埠镇南村村八步墩组,总占地面积为 16.20 亩(1 hm²)

=15 亩),一期工程的规划年限为 2020 年,污水收纳范围为上犹工业园北区、南区已入驻企业和上犹工业园周边的黄沙村、南村村,污水处理量为 5 000 m^3/d 。经过生物处理技术方案的比选,最终采用食物链反应器 FCR (Food Chain Reactor) 工艺。项目总投资为 2 862. 19 万元,其中环保工程费用为 2 785. 19 万元,单位处理成本为 2. 50 元/ m^3 ,单位经营成本为 1. 23 元/ m^3 。

2 工程设计

① 设计水量

江西上犹工业园北区、南区现有企业和附近居民的合计排水量为 5 250 m^3/d ;污水截污率按 0. 80 计,则江西上犹工业园污水处理厂工程废水容纳量为 4 200 m^3/d ,由于园区部分新建企业用水未统计在内,考虑园区未来的发展,确定污水处理厂近期设

计规模为 5 000 m^3/d ,总变化系数 $K_{\text{总}} = 1. 74$ 。

② 进、出水水质

根据园区内现有企业入园情况,园区内主要废水排放企业的污染物排放特征因子以 COD、 BOD_5 、石油类为主,而铅酸蓄电池企业和钨钼加工企业废水中含有少量的重金属。本工程参考现有国内及省内部分相似污水处理厂的设计及运行数据,并根据江西省环保厅《关于明确我省工业园区集中污水处理厂出水排放标准和进水接管标准有关问题的通知》文件要求,确定了一期工程进水水质。污水处理厂尾水除少部分用于滤布冲洗和绿化外,其余全部经污水管网排入上犹江罗边水库,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。

具体进、出水指标见表 1。

表 1 污水处理厂设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality of sewage treatment plant

项目	pH 值	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD_5 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水	6~9	≤ 500	≤ 300	≤ 50	≤ 400	≤ 70	≤ 8
出水	6~9	60	20	8(15)	20	20	1

③ 主体工艺选择

本工业园区企业较多,污水水质和水量波动较大,因此需要选择适应环境变化和抗冲击负荷能力较强的污水处理工艺。

FCR 技术是一个高度集约的生态系统,它以独特的食物链反应池为基础,以特殊材料和植物根系为生物载体,通过构建高度多样化的生态系统,利用各次级生态系统中的各种微生物、水生植物、水生动物等的新陈代谢作用,来增强对水体中污染物的降解功能。

FCR 示意图如图 1 所示。

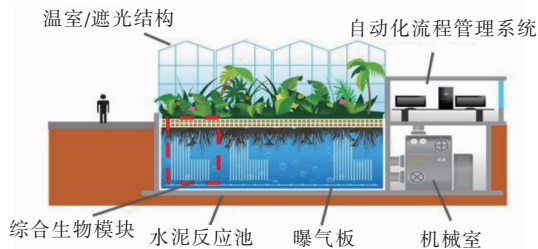


图 1 FCR 工艺示意图

Fig. 1 Schematic diagram of FCR process

FCR 技术具有如下特点:占地面积小,反应器体积是传统活性污泥法的一半(或更小);能源消耗

低,污泥产量少,FCR 反应器所需空气用量少,有机物降解程度好,与生物接触氧化相比降低了近 30% 或更多的电力消耗,与活性污泥法方案相比污泥产量降低了至少 30%;运行稳定,处理效果好,FCR 系统具有高度生物多样性,系统恢复处理能力很强;对有机物、氮、磷等污染物的去除率高;自动化程度高,便于管理。

因此,本工业园污水厂选择 FCR 技术。

④ 工程建设内容

根据污水处理厂总平面功能分区要求,管理区布置在厂区南面,与污水处理综合用站为合并建筑物;厂区西北角设总排放口;厂区北面为预留的深化处理单元。本工程主要建设内容包括 1 座污水处理站房、1 座消毒计量池及监测仪器间和 2 座门卫室,其中粗格栅及提升泵、细格栅及沉砂池、调节池及事故池、进水混凝反应沉淀池、FCR 池、出水混凝池及二沉池、污泥排放井、鼓风机房、污泥脱水机房、污泥排放井、加药间及变配电房、办公楼和宿舍等均集成在污水处理站房内。

⑤ 工艺流程

污水厂工艺流程见图 2。

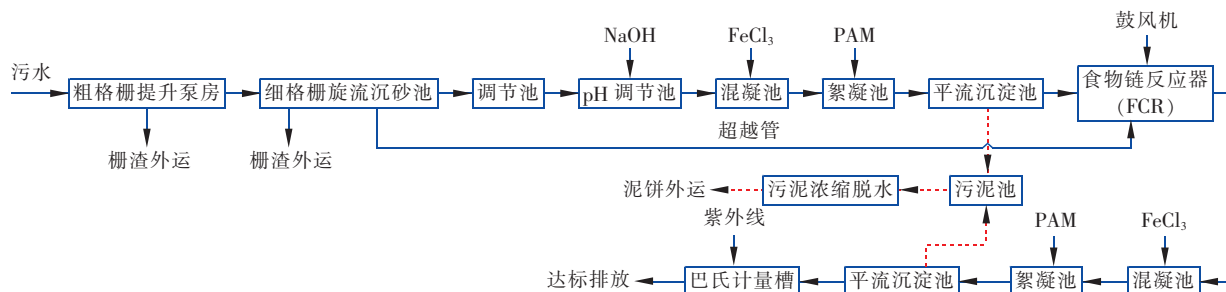


图2 工业园污水厂工艺流程

Fig. 2 Process flow chart of industrial park sewage treatment plant

污水首先进入粗格栅及集水池,污水中大的悬浮物和漂浮物被粗格栅截留后进入集水池,集水池设提升泵将污水提升进入细格栅,经过细格栅去除细小纤维杂物,接着污水进入旋流沉砂池,除砂后进入调节池均衡水质及水量,泵提升进入进水混凝反应沉淀系统,经“pH调节池+混凝池+絮凝池+平流沉淀池”处理后的污水自流进入食物链反应池(FCR)中,在FCR池中通过微生物的作用对污水中的污染物质进行降解,处理后的混合液自流入混凝反应池加药反应后进入平流沉淀池,进行泥水分离,平流沉淀池上清液进入紫外线消毒池,进行消毒处理达标后通过总排口排放。混凝反应污泥及平流沉淀污泥排入污泥池,污泥池内污泥通过污泥泵输送至脱水装置,脱水后的干泥饼外运,滤液回流至集水池进行再处理。

3 主要处理构筑物及设备参数

① 调节事故池1座,其中调节池2格,单格尺寸为 $18\text{ m}\times 12.4\text{ m}\times 6\text{ m}$;事故池1格,单格尺寸为 $18\text{ m}\times 12.4\text{ m}\times 6\text{ m}$;调节池停留时间为8 h,有效容积为 $1\,667\text{ m}^3$,有效水深为5 m,事故池停留时间为4 h,有效容积为 833 m^3 ,有效水深为5 m;配有调节池提升泵2台, $Q=110\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$;调节池搅拌机8台, $N=2.2\text{ kW}$;事故池提升泵1台, $Q=110\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$ 。

② 进水、出水反应池各2座,尺寸均为 $2.1\text{ m}\times 2.1\text{ m}\times 4\text{ m}$,pH调节池反应时间均为8 min,各配有混合搅拌机2台,叶轮直径为 $\varnothing 600\text{ mm}$,转速为 60 r/min , 1.1 kW ;一级桨板式搅拌机2台,桨板直径为 1.8 m ,转速为 6 rad/s , 0.37 kW ;二级桨板式搅拌机2台,桨板直径为 1.8 m ,转速为 4.2 rad/s , 0.25 kW ;三级桨板式搅拌机2台,桨板直径为 1.8 m ,转速为 2.4 rad/s , 0.15 kW 。

③ 进水、出水絮凝池各6座,尺寸均为 $2.1\text{ m}\times 2.1\text{ m}\times 4\text{ m}$,混凝池反应时间均为8 min,絮凝池反应时间均为16 min。

④ 进水、出水平流沉淀池各2座,尺寸分别为 $4.2\text{ m}\times 37.5\text{ m}\times 4\text{ m}$, $4.2\text{ m}\times 32\text{ m}\times 4\text{ m}$,水平流速均为 1.7 mm/s ,有效水深均为3.5 m,沉淀时间均为3.5 h;各配有刮泥机2台, $B=4.2\text{ m}$, 1.5 kW 。

⑤ FCR池1座,尺寸为 $37.2\text{ m}\times 24\text{ m}\times 6\text{ m}$,设计水量为 $208.3\text{ m}^3/\text{h}$,总池容为 $4\,500\text{ m}^3$,有效水深为5.0 m,气水比为11:1,总曝气量为 $38\text{ m}^3/\text{min}$,硝化液回流比为100%~150%;配有1 008套W-215型曝气头;506套FCR生物模块;198套植物填料支架;2台内循环泵, $Q=270.8\text{ m}^3/\text{h}$, $H=7\text{ kPa}$, $N=1.5\text{ kW}$;FCR工艺选用当地植物,以灌木为主。

FCR反应器上种植的植物面积占生化反应区域总面积的60%,植物名录有毛竹、杉、松、苦槠等用材植物,以及深山含笑、木莲、春兰等芳香植物。

⑥ 消毒池1座,尺寸为 $12\text{ m}\times 1\text{ m}\times 2.5\text{ m}$;配有1套紫外线消毒装置(成套设备), $N=4.78\text{ kW}$,灯管20支,模块数5组,4支/组。

⑦ 计量池1座,尺寸为 $8\text{ m}\times 1\text{ m}\times 2.5\text{ m}$,含回用水池 $1\text{ m}\times 1\text{ m}\times 1\text{ m}$,配有带机反洗水泵2台(1备1用), $Q=7.5\text{ m}^3/\text{h}$, $H=500\text{ kPa}$, $N=3.0\text{ kW}$;绿化水泵1台, $Q=6\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=1.6\text{ kW}$ 。

4 工程运行效果

该工业园污水处理厂自2014年6月建成后运行至今,运行效果较好,出水水质稳定,污水处理量在 $4\,203\sim 5\,011\text{ m}^3/\text{d}$ 范围内波动,水质监测结果(2015年3月—2016年10月)如表2所示。FCR实际照片见图3。

表 2 工业园污水厂实际运行效果

Tab.2 Actual removal effect of industrial park sewage treatment plant

项 目	一级处理(格栅 + 絮凝沉淀)		二级处理(FCR 池)		三级处理(二沉池 + 紫外线消毒)		出水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总去除 率/%
	进水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %	进水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %	进水/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率/ %		
COD	480	35.8	308	85.2	46	14.3	39	91.9
BOD ₅	276	38.4	170	93.4	11	0	11	96.0
SS	344	44.3	191.61	60.2	47.52	70.32	14.11	95.9
NH ₃ - N	46.20	20.7	36.49	91.7	4.12	0	4.12	91.1
TN	67.13	15.6	56.67	85.4	13.94	0	13.94	79.2
TP	7.90	42.5	4.54	75.6	2.02	71.31	0.59	92.5



图 3 FCR 实际照片

Fig.3 FCR actual pictures

由表 2 可知,本工程可以实现污水高效净化。各项出水水质达到了一级 B 排放标准,其中 COD、BOD₅、氨氮、TN 指标更是达到了一级 A 标准。

5 结语

江西上犹工业园污水处理厂一期项目采用食物链反应池(FCR)技术,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。实践表明,FCR 技术可广泛应用于污水生化处理领域。

参考文献:

[1] 张显忠. FCR 工艺用于城镇污水处理厂提标改造工程[J]. 中国给水排水,2016,32(4):35-39.

[2] 李旭东,汪群慧,李祎飞,等. FCR 多级接触氧化系统处理乳品工业废水的研究[J]. 环境科学,2007,28(9):2020-2024.

[3] 张自杰. 排水工程(第 4 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000.



作者简介:杨欣(1984 -), 女, 甘肃兰州人, 大学本科, 讲师, 研究方向为水处理理论与技术。

E-mail: yangxin910@163.com

收稿日期:2016-11-24