

A case of design and operation commissioning of a fermentation wastewater treatment project

Jing Wang¹ Kewu Liu² Hui Jin³

1. Zhejiang Taizhou Xiuchuan Technology Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318000, China

2. Lianhua Technology (Linhai) Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318000, China

3. Jiuzhou Pharmaceutical (Taizhou) Co., Ltd., Taizhou, Zhejiang, 318000, China

Abstract

Fermentation wastewater contains fermentation residues such as culture media, mycoplasma, proteins, antibiotics, and ester-like substances, which have poor biodegradability, making the biological treatment of the wastewater challenging. The biochemical treatment process for this project employs hydrolysis acidification + mixed aerobic-anaerobic + two-stage A/O + coagulation sedimentation. This process has strong resistance to shock loads, with stable COD removal rates above 98%, ammonia nitrogen removal rates above 94%, and total phosphorus removal rates above 97%. The effluent quality meets the requirements of the "Comprehensive Wastewater Discharge Standard" (GB8978-1996) for Class III discharge.

Keywords

fermentation wastewater; hydrolysis acidification; compound mixed oxygenation; A/O; coagulation sedimentation

某发酵废水处理工程设计及运行调试实例

王晶¹ 刘克武² 金辉³

1. 浙江台州秀川科技有限公司, 中国·浙江 台州 318000

2. 联化科技(临海)有限公司, 中国·浙江 台州 317000

3. 九洲药业(台州)有限公司, 中国·浙江 台州 317015

摘 要

发酵废水含有发酵残留的培养基、丝菌体、蛋白质、抗菌素、类酯物等污染物, 可生化性差, 废水生化处理难度较大。本项目生化处理工艺采用水解酸化+复式兼氧+两级A/O+混凝沉淀, 该工艺具有很强的抗冲击能力, 废水COD去除率稳定在98%以上, 氨氮去除率稳定在94%以上, 总磷去除率稳定在97%以上, 外排废水水质指标优于《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级排放要求。

关键词

发酵废水; 水解酸化; 复式兼氧; A/O; 混凝沉淀

1 引言

随着企业产能的扩大以及新产品的开发、生产, 导致废水水质、水量发生了明显的变化, 原有的废水处理设施已无法满足废水处理达标排放的要求, 该企业决定新建一套独立的废水处理设施, 确保企业生产的稳定进行, 为企业的后续发展奠定基础^[1]。本项目废水处理工程通过对发酵、提取工艺废水水质分析并对部分特征废水的小试实验结合类似废水处理工程经验, 对不同性质工艺废水进行分质分类收集, 对部分含有抗菌素、生化性较差的代谢产物的发酵废水通过铁碳、芬顿进行高级氧化预处理。综合废水生化处理工

艺采用水解酸化+复式兼氧+两级A/O+混凝终沉池工艺。本文介绍了该工程的设计和运行情况, 以为同类废水的处理提供借鉴。

2 废水水质、水量

根据企业生产废水排放情况的统计, 企业在产能扩大后, 将新增发酵废水约 300 吨/天包括 30 吨/天高盐废水, 50 吨/天难生化废水, 220 吨/天高浓废水, 新增其他低浓废水如清洗废水等约 500 吨/天, 考虑企业今后的发展需要, 本项目废水站设计处理量定为 1000m³/d。另外因发酵废水中含有高浓度的铵盐和磷酸盐, 在废水工艺设计时需考虑脱氮、除磷的需求。2.1 废水处理工艺选择

本项目发酵工艺废水根据特征污染物组分的不同, 可分为高浓废水、高盐废水、难生化废水。高盐废水主要污染

【作者简介】王晶(1986—), 女, 中国辽宁朝阳人, 硕士, 工程师, 注册安全工程师, 从事化工废水生化处理研究。

物组分为硫酸盐,部分铵盐、磷酸盐,本项目对部分盐度特别高的废水利用进行脱盐预处理,控制生化系统进水总盐度在 8000mg/L 左右。难生化废水中含有抗菌素等具有生化抑制性的物质,同时废水色度较高,废水可生化性差,本项目采用铁碳微电解、芬顿高级氧化工艺进行预处理,通过羟基自由基的氧化作用,提高废水可生化性。本项目分别设置高盐废水收集、难生化废水收集池用于单独收集相应的高盐废水和难生化废水,各类废水分别经相应的预处理后进入高浓调节池与一般高浓废水混合均匀,再按额定配水量进入综合调节池与低浓废水混合均匀,尽可能实现废水的水质水量的均匀,确保生化系统进水水质的稳定。由于本项目高盐废水中含有高浓度的硫酸盐,在厌氧条件下易被硫酸盐还原菌还原为硫化氢抑制厌氧产甲烷菌的活性,故本项目采用水解酸化+复式兼氧工艺替代厌氧工艺,实现大幅度削减 COD 的目的,同时废水中含有高浓度的氨氮和磷酸盐,在工艺设计过程中需要考虑废水的脱氮除磷的要求,因此本项目主体生化工艺采用“水解酸化+复式兼氧+二级 A/O+ 混凝沉淀”处理工艺。

2.2 工艺流程说明

高盐废水经三效蒸发器脱盐预处理,难生化废水经铁碳、芬顿高级氧化预处理后进入高浓调节池与一般高浓废水混合均匀,并按额定配水量进入综合调节池与低浓废水混合均匀,通过提升泵提升进入初沉池,在 PAC、PAM 作用下进行混凝沉淀去除发酵废水中残留的菌丝体等悬浮物、胶体等有机物质,初沉池出水进入水解酸化池、复式兼氧池,在水解酸化菌、复式兼氧菌作用下大幅度去除废水中 COD。复式兼氧池出水经中间沉淀池 I 泥水分离后,污泥回流至复式兼氧池,上清液进入一级 A/O 池,聚磷菌 (PAOs) 在厌氧条件下分解体内多聚磷酸盐合成聚 β -羟基丁酸 (PHB),同时释放磷酸盐,在好氧条件下,聚磷菌通过分解体内 PHB 超量吸收磷酸盐在体内合成多聚磷酸盐存储在细胞内,去除废水中游离磷酸盐,最后随剩余污泥排出系统,达到生物除磷的目的。^[4] 一级 O 池内好氧菌深度降解废水中残留的 COD,同时好氧微生物通过同化作用将部分氨氮转化成自身物质,一级 O 池出水经中间沉淀池 II 泥水分离,上清液自流进入二级 A/O 池,二级 A 池内的反硝化菌利用废水中残留碳源或外加碳源将废水中硝酸盐氮转化成氮气或氮氧化物,去除废水中的总氮,完成生物脱氮过程,二级 O 池好氧菌深度降解废水中残留 COD,硝化菌继续将废水中残留的氨氮转化成硝酸盐氮,二级 O 池出水经二沉池泥水分离后,通过投加 PAC、PAM 进行混凝沉淀深度去除废水中残留的磷酸盐、悬浮物,确保废水达标排放。各沉淀池污泥排入污泥浓缩池,经叠螺污泥脱水机脱水后,经污泥干化机烘干,污泥委外处置。

3 主要构筑物及设备

①高盐集水池:地上式钢砼结构,1座,有效池容 100m³,配套设备:提升泵2台(1用1备),内循环泵2台(1用1备),超声波液位计1套,电磁流量计1套。

②难生化集水池:地上式钢砼结构,1座,有效池容 200m³,配套设备:提升泵2台(1用1备),内循环泵2台(1用1备),超声波液位计1套,电磁流量计1套。

③高浓调节池:地上式钢砼结构,1座,有效池容 1000m³,配套设备:提升泵2台(1用1备),双曲面搅拌机1套(功率5.5kW),超声波液位计1套,电磁流量计1套。

④综合调节池:地上式钢砼结构,1座,有效池容 2000m³,配套设备:提升泵2台(1用1备),潜水搅拌机4套(功率5kW),超声波液位计2套,电磁流量计2套,在线 pH 计1套,篮式过滤器1套。

⑤铁碳微电解反应塔:玻璃钢结构,1座, $\phi 2.0 \times 6.5\text{m}$,铁碳烧结填料12吨,水力停留时间2h,配套设备:在线 pH 计1套,穿孔曝气系统1套,硫酸加药系统1套。

⑥芬顿氧化塔:玻璃钢结构,1座, $\phi 2.0 \times 6.5\text{m}$,配套穿孔曝气系统1套,双氧水加药系统1套,在线 ORP 仪1套。

⑦混凝沉淀池:地上式钢砼结构,1座,表面水力负荷 0.8m³/m²·h,配套设备:桨式搅拌机2套,框式搅拌机1套,氢氧化钠加药系统1套,PAC 加药系统1套,PAM 加药系统1套,在线 pH 计1套,中心导流筒1套,管道污泥泵2台(1用1备)。

⑧初沉池:地上式钢砼结构,2座,表面水力负荷 0.8m³/m²·h,配套设备:桨式搅拌机4套,框式搅拌机2套,氢氧化钠加药系统1套,PAC 加药系统1套,PAM 加药系统1套,在线 pH 计1套,中心导流筒2套,

⑨水解酸化池:地上式钢砼结构,2座,有效池容 1000m³,水力停留时间24h,配套设备:双曲面搅拌机4套(功率5.5kW),组合填料100m³,在线 pH 计2套,内循环泵4台(2用2备),电磁流量计2套。

⑩复式兼氧池:地上式钢砼结构,2座,有效池容 4000m³,COD 容积负荷为 2.4kgCOD/m³·d,水力停留时间4天,配套设备:双曲面搅拌机8套(功率5.5kW),可提升旋流曝气器48套,在线 ORP 仪2套,在线 pH 计2套,氢氧化钠加药系统1套。

⑪中间沉淀池 I:地上式钢砼结构,2座,表面水力负荷 0.7 m³/m²·h,配套设备:中心导流筒2套,污泥泵4台(2用2备),电磁流量计2套。

⑫一级 A 池:地上式钢砼结构,2座,有效池容 210m³,水力停留时间5h,配套设备:双曲面搅拌机2套(功率3kW)。

⑬一级 O 池:地上式钢砼结构,2座,有效池容 1875m³,COD 容积负荷 1.59kgCOD/m³·d 水力停留时间1.88

天, 配套设备: 磁悬浮风机 3 台 (2 用 1 备, 风量 $52\text{m}^3/\text{min}$, 风压 80kPa , 功率 110kW) (系统共用), 抽拉式曝气软管 72 套, 在线 DO 仪 2 套, 在线 pH 仪 2 套, 碳酸钠加药系统 1 套。

⑭ 中间沉淀池 II: 地上式钢砼结构, 2 座, 表面水力负荷 $0.65\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 配套设备: 污泥泵 4 台 (2 用 2 备), 中心导流筒 2 套, 电磁流量计 2 套。

⑮ 二级 A 池: 地上式钢砼结构, 2 座, 有效池容 1260m^3 , 反硝化负荷 $0.05\text{kgTN}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$, 水力停留时间 1.35d , 配套设备: 双曲面搅拌机 4 套 (功率 3kW), 碳源加药系统 1 套。

⑯ 二级 O 池: 地上式钢砼结构, 2 座, 有效池容 3024m^3 , 水力停留时间 3 天, 硝化负荷 $0.016\text{kgNH}_3\text{-N}/\text{kgMLSS}\cdot\text{d}$, 配套设备: 硝化液回流泵 4 台 (2 用 2 备), 在线 DO 仪 2 套, 在线 pH 计 2 套, 电磁流量计 2 套, 碳酸钠加药系统 1 套, 抽拉式曝气软管 90 套。

⑰ 二沉池: 地上式钢砼结构, 2 座, 表面水力负荷 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 配套设备: 中心传动式刮泥机 2 套, 污泥泵 4 台 (2 用 2 备), 电磁流量计 2 套。

⑱ 混凝终沉池: 地上式钢砼结构, 1 座, 表面水力负荷 $0.75\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 配套设备: 桨式搅拌机 2 套, 框式搅拌机 1 套, 中心传动式刮泥机 1 套, 污泥泵 2 台 (1 用 1 备), NaOH 加药系统 1 套, PAC 加药系统 1 套, PAM 加药系统 1 套, 在线 pH 加药系统 1 套。

⑲ 外排水池: 地上式钢砼结构, 1 座, 有效池容 1500m^3 , 配套设备: 外排水泵 2 台 (1 用 1 备), 排污泵 1 台, 超声波液位计 1 套。

⑳ 污泥浓缩池: 地上式钢砼结构 1 座, 有效池容 150m^3 , 配套设备: 污泥泵 2 台 (1 用 1 备), 超声波液位计 1 套, 污泥浓缩机 1 套, 叠螺污泥脱水机 (302) 1 套, PAM 自动加药机 1 套, 低温污泥干化机 1 套。

4 处理效果及运行成本分析

本项目废水站于 2022 年 3 月建设完成, 废水生化调试工作历时 7 个月系统达到设计处理能力, 至今废水站运行正常, 外排废水水质指标良好, 废水 COD 去除率稳定在 98% 以上, 氨氮去除率稳定在 94% 以上, 总磷去除率稳定在 97% 以上, 外排废水水质指标优于《污水综合排放标准》(GB978—1996) 三级排放要求, 各工艺单元运行情况如表

1 所示。

表 1 废水站各工艺单元运行情况

水质指标	COD(mg/L)	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)
综合调节池	10000	318	40
水解酸化池 + 复式兼氧池	3300	324	37
一级 A/O	495	185	7.4
二级 A/O	147	19.6	3.9
外排水池	140	17.5	1.1
排放浓度限制	500	35	8

本项目废水站建设总投资 1560 万元, 设备装机总功率 584kW , 实际运行功率 390kW , 功率系数取 0.8, 平均电价按照 0.7 元 / 度, 每日电耗费用为 4498 元, 折合吨水处理费用为 4.5 元 / 吨水, 药剂费用 2.24 元 / 吨水, 人工费 1.8 元 / 吨, 废水综合处理成本为 8.54 元 / 吨水。

5 结论

发酵废水中主要含有发酵残存的培养基、菌丝体、有机酸、抗菌素以及无机盐等高浓度污染物质, 废水因所含污染物不同可分为高浓、高盐、高氨氮等废水, 又因废水中可能含有抗菌素等代谢产物对微生物活性具有抑制性作用, 需要进行有针对性的预处理工艺。本项目分别对高盐、部分高氮磷废水进行蒸发脱盐预处理, 对难生化废水进行铁碳、芬顿高级氧化预处理, 主体生化处理工艺采用水解酸化 + 复式兼氧池 + 一级 A/O + 二级 A/O + 混凝沉淀工艺, 该废水处理工艺具有很强的耐冲击能力以及脱氮除磷能力, 废水 COD 去除效率稳定在 98% 以上, 氨氮去除率稳定在 94% 以上, 总磷去除率稳定在 97% 以上, 外排废水水质指标优于《污水综合排放标准》(GB978—1996) 三级排放标准, 废水综合处理成本为 8.54 元 / 吨水。

参考文献

- [1] 楚君, 杨义, 赵崇山, 等. 麦白霉素、香菇菌多糖制药废水的处理[J]. 工业用水与废水, 2009, 40(1): 95-97.
- [2] 徐峰. 气浮-复式兼氧-MBR工艺处理生物制药废水[J]. 工业用水与废水, 2019, 50(4): 74-76.
- [3] 庞春虎, 许新芳, 范喜颜. 生物制药和糖业废水处理工程改造[J]. 工业水处理, 2010, 30(2): 68-70.
- [4] 罗丽芳. 污水生物脱氮除磷研究进展. 生物化工[J], 2021, 7(2): 137-141.