

深度水解/MBR 工艺用于处理高浓度己内酰胺废水

吴成强¹, 熊珺莹¹, 沈奇杰¹, 郭召海², 陈 晴²

(1. 浙江工业大学 环境学院, 浙江 杭州 310032; 2. 北京首创股份有限公司, 北京 100028)

摘 要: 采用深度水解/MBR 工艺处理高浓度己内酰胺废水,设计处理规模为 200 m³/d,进水 COD 为 12 000 mg/L、TN 为 650 mg/L。工程运行结果表明,该工艺抗冲击负荷能力强,处理效率高,运行稳定,出水水质达到设计排放标准。介绍了工艺流程、构筑物设计参数及技术特点,可为同类高浓度有机物、高氨氮废水处理提供借鉴。

关键词: 己内酰胺生产废水; 高氨氮; 深度酸化; MBR

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0093-03

Application of Deep Hydrolytic Acidification/MBR Process to Treat Caprolactam Wastewater

WU Cheng-qiang¹, XIONG Jun-ying¹, SHEN Qi-jie¹, GUO Zhao-hai², CHEN Qing²

(1. Environmental College, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China; 2. Beijing Capital Water Co. Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: The deep hydrolytic acidification/MBR process with treatment capacity of 200 m³/d was applied for treating caprolactam wastewater with influent COD of 12 000 mg/L and TN of 650 mg/L in design. The results from engineering practice showed that this process exhibited strong resistance of loading impact, high removal efficiency, stable operation and qualified effluent. The process flow, design parameters and technical characteristics were introduced to provide reference for treating similar wastewater with high concentration of organic matter and ammonia.

Key words: caprolactam wastewater; high ammonia; deep hydrolytic acidification; MBR

杭州某公司生产锦纶 6 差别化纤维和锦纶切片,产生的废水具有有机物和总氮浓度高、来水不稳定等特点。其主要污染物己内酰胺易溶于水、易生物降解、总氮含量高、处理难度大^[1]。废水中还存在一些哌啶胺、酰胺等有机氮化合物,增加了废水处理难度。该企业已建有一套污水处理设施,但存在处理出水氨氮不达标、水质不稳定等问题,亟需进行改造。

考虑到 MBR 工艺具有截留微生物的优良性能和出水水质好等特点,有利于处理难降解污染物^[2-3],笔者结合自身工程经验,设计以 MBR 为核心技术单元并纳入深度水解工艺完成工程改造,达到了设计目标。

1 设计进、出水水质

生产废水共 200 m³/d,设计进水水质见表 1,出水水质执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准,NH₃-N 执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)标准。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ (mg · L ⁻¹)	总氮/ (mg · L ⁻¹)	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	pH 值
进水水质	12 000	650	160	6~9
排放标准	500	—	35	6~9

2 工艺流程

在已有污水处理设施运行经验基础上,进行方

案比选。原有污水站直接采用 A/O 工艺,无法使己内酰胺迅速高效氨化,有机氮在好氧阶段残留量仍然很高,势必导致有机氮在好氧阶段不断转化为氨氮而使得氨氮来不及转化为硝酸盐,从而致使出水氨氮含量不达标;与此同时,水体中硝酸盐含量高,沉淀过程反硝化严重,污泥难以沉降从而导致污泥流失及整体处理性能的下降。因此,只有使己内酰胺完全转化为氨氮,再采用 A/O 工艺才能确保氨氮达标排放。经过技术方案比选后,选择采用深度水解/MBR 工艺,确保出水水质稳定达标。

工艺流程见图 1。

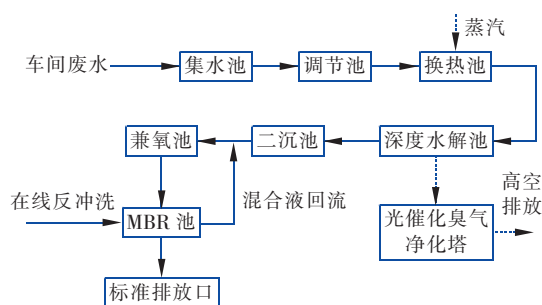


图 1 己内酰胺废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of caprolactam wastewater treatment process

本工艺设计特点:①采用停留时间长的调节池,对来水变化大的己内酰胺废水进行均质;②采用较长停留时间的厌氧接触氧化池进行深度水解,有效降解有机物并彻底分解有机氮,降低好氧能耗并为硝化提供有利条件;③采用 MBR 有效截留增殖速率小的微生物,保障 COD 和氨氮同步去除效果。

对已建原有水池根据功能进行综合利用。原有污水收集池、标准排放口和污泥脱水系统保留使用,原有 A/O 工艺污水池作为应急水池备用。

3 工程设计

① 调节池

碳钢结构,内部玻璃钢防腐。设计尺寸为 $15\text{ m} \times 10\text{ m} \times 3.5\text{ m}$,有效池容为 450 m^3 ,水力停留时间为 2.2 d。调节池分隔成两池,交替均匀水质并调节 pH 值。

② 换热池

钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $5.0\text{ m} \times 5.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,有效池容为 125 m^3 。采用列管通入蒸汽加热废水,控制水温为 $37 \sim 40\text{ }^\circ\text{C}$,以维持厌氧水解的中温环境。

③ 深度水解池

钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $15\text{ m} \times 10\text{ m} \times 5.5\text{ m}$ 和 $10\text{ m} \times 5\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,有效池容为 $1\,000\text{ m}^3$ 。水解池分为 3 格,每格池内设置 2 台潜水搅拌机,每台功率为 3 kW。为了节省电耗,潜水搅拌机间歇运行,工作 2 h、停 1 h。水解池加盖密封,密封的臭气由引风机引入紫外光除臭器净化排放。

④ 光催化臭气净化塔

不锈钢结构,尺寸为 $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 4\text{ m}$,有效池容为 16 m^3 ,臭气处理量为 $1\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。紫外光波长 254 nm,催化剂为二氧化钛,总功率为 4 kW。

⑤ 二沉池

钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $5.0\text{ m} \times 4.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,表面负荷为 $0.42\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。共设置 2 台排污泵(1 用 1 备),定期将沉淀污泥回流至深度水解池。

⑥ 兼氧池

钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $10.0\text{ m} \times 4.0\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,有效池容为 200 m^3 。池内设置 2 台潜水搅拌机,每台功率为 3 kW,间歇运行,工作 2 h、停 1 h。

⑦ MBR 池

1 座,钢筋混凝土结构,设计尺寸为 $17\text{ m} \times 15\text{ m} \times 5.5\text{ m}$,有效池容为 $1\,275\text{ m}^3$ 。分隔为 3 池,池内设置盘式曝气器,每池独立控制气量。池内设置 1 套国产膜组件, PVDF 中空纤维膜,膜面积为 500 m^2 。膜自吸泵工作 8 min、停 2 min。采用清水在线反冲洗,每天 1 次,每次 15 min。池内设置 2 台排污泵(1 用 1 备),定期将混合液回流至兼氧池。设 1 套碱液投加系统,控制 MBR 池内 pH 值为 $6.5 \sim 7.5$,确保硝化正常进行。

4 运行效果

该工程已稳定运行半年,具体运行数据如表 2 所示。

表 2 稳定运行半年的主要水质指标

Tab. 2 Main water indexes for stable operation for half a year

运行时间	COD			氨氮		
	原水	深度水解	MBR	原水	深度水解	MBR
2 月	10 404	2 165	296	612	552	1.12
3 月	10 233	1 521	242	622	558	0.46
4 月	9 954	925	238	601	572	0.78
5 月	12 413	1 006	302	648	598	0.94
6 月	11 158	952	283	637	566	0.68
7 月	11 546	929	276	629	582	0.77

该工程自 2016 年 5 月调试合格并稳定运行至今。废水经过深度水解处理后,绝大部分有机物被去除的同时,有机氮几乎彻底氨化。运行过程中发现温度的稳定性对于深度水解性能影响较大,而且深度水解效果好坏对于后续好氧处理有一定影响。MBR 池中硝化菌生长良好,能够迅速有效氧化氨氮,但是池内污泥沉降性较差,容易出现泡沫,对于膜的清洗提出了更高的要求。因此,现场运行条件的合理控制对于污水站的稳定运行至关重要。

由于好氧池中的氨氮是逐步氧化的,因此需要合理控制各水池中的溶解氧和 pH 值,控制所有好氧池的溶解氧不低于 1 mg/L,同时最高不超过 3 mg/L;通过碱控制兼氧池和好氧池 pH 值不低于 6.5,同时控制 MBR 池 pH 值在 7.0~7.5。在水反洗时增加了次氯酸钠+碱的在线反洗,可以有效恢复膜通量。

5 工程运行经济分析

本工程总投资为 380 万元,其中土建费用为 165 万元,光催化臭气净化塔为 7.8 万元,成套膜组件 24 万元。运行费用为 5.81 元/m³(不含人工折旧费),其中电费为 4.82 元/m³,药剂费为 0.99 元/m³。

6 结论

① 对于高氨氮有机废水,合理的工艺设计和操作参数是确保污水站稳定运行的关键。该工程采用的深度水解/MBR 工艺抗冲击负荷能力强,出水氨氮稳定小于 1 mg/L。

② 工程实践表明,采用深度水解可以彻底分解己内酰胺等有机氮,降解大部分有机物并确保有机氮彻底氨化,有效保障了好氧硝化过程的正常进行;MBR 能够很好地截留微生物,可有效防止污泥流失。

③ 高氨氮在好氧池中逐步硝化,其对溶解氧和碱的消耗也是逐步变化的,需要采取针对性措施,有效维持溶解氧水平和 pH 值环境,确保硝化反应良好。

参考文献:

- [1] 李方,陈季华,陈青,等. 己内酰胺废水生物处理工艺的比较研究[J]. 东华大学学报,2006,32(2): 108 - 111.
Li Fang, Chen Jihua, Chen Qing, *et al.* Comparison of biological treatment process for caprolactam wastewater [J]. Journal of Donghua University, 2006, 32(2): 108 - 111 (in Chinese).
- [2] 汤清泉,魏宏斌,唐秀华. MBR 在难降解有机废水处理中的研究及应用[J]. 中国给水排水, 2013, 29 (24): 23 - 26.
Tang Qingquan, Wei Hongbin, Tang Xiuhua. Research and application of MBR in refractory organic wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29 (24): 23 - 26 (in Chinese).
- [3] 蒋岚岚,张万里,胡邦,等. MBR 工艺水质净化效果的季节变化特性调研[J]. 中国给水排水,2015,31(4): 61 - 64.
Jiang Lanlan, Zhang Wanli, Hu Bang, *et al.* Investigation on seasonal variation characteristics of water purification effect in MBR process [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(4): 61 - 64 (in Chinese).



作者简介:吴成强(1972 -),男,湖南岳阳人,博士,副教授,主要从事水污染控制技术研究及工程应用工作。

E-mail: wucq@zjut.edu.cn

收稿日期:2018 - 10 - 27