

氨纶废水处理及中水回用工程实例

陈茂林^{1,2}, 丁敏¹, 吴鹏², 沈耀良², 徐乐中²

(1. 苏州淡林环境科技有限公司, 江苏 苏州 215011; 2. 苏州科技大学 环境科学与工程学院, 江苏 苏州 215009)

摘要: 采用高效厌氧氨化池+组合脱氮池+气浮池组合工艺处理氨纶废水,处理规模为500 m³/d,对COD和NH₃-N的平均去除率分别为97.9%和92.4%,出水水质达到设计出水要求,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准;采用砂滤+炭滤+袋式过滤器+反渗透+折点加氯处理中水并回用,每吨中水可节省0.6元。因此,该氨纶废水处理工艺具有较好的环境效益和经济效益。

关键词: 氨纶废水; 高效厌氧氨化池; 组合脱氮池; 接触氧化; 反渗透

中图分类号: TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0085-04

Case Study of Spandex Wastewater Treatment and Reuse Project

CHEN Mao-lin^{1,2}, DING Min¹, WU Peng², SHEN Yao-liang², XU Le-zhong²

(1. Suzhou N & P Environmental Technology Co. Ltd., Suzhou 215011, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China)

Abstract: The combined process of high efficient anaerobic ammoniation, complex nitrogen removal, air flotation was used to treat spandex wastewater. The treatment capacity was 500 m³/d. The average removal rate of COD and NH₃-N was 97.9% and 92.4% respectively. The effluent quality met the first grade of *Integrated Wastewater Discharge Standard*(GB 8978-1996) as designed. Then the effluent was further reclaimed by combined process of sand filter + carbon filter + bag filter + reverse osmosis + breakpoint chlorination, and the economic benefit of 0.6 CNY/m³ for reuse water could be generated. Therefore, this process showed good environmental and economic benefits for treating spandex wastewater.

Key words: spandex wastewater; high efficient anaerobic ammoniation; complex nitrogen removal; contact oxidation; reverse osmosis

氨纶废水中的主要污染物为二甲基乙酰胺(DMAC),DMAC作为一种低毒、高沸点、高极性的非质子溶剂和化工中间体,在合成材料、医药、农药、化纤、石油加工及有机颜料等领域有着广泛的应用。

DMAC可以经过呼吸道、消化道和皮肤进入人体内,具有一定的毒性^[1]。由于DMAC仅作为有机溶剂而不发生化学反应,在量上几乎没有损耗,全部进入生产废水中,如不加以处理,将对环境造成严重污

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51578353); 江苏省自然科学基金资助项目(BK20160356); 江苏省高校自然科学研究面上项目(16KJB610013)

通信作者: 吴鹏 E-mail:wupengniu@126.com

染^[2]。

浙江某公司新建一条氨纶生产线,其主要产品为氨纶丝,生产过程中会产生大量氨纶废水(500 m³/d)。通过对现场水质进行分析,并结合工程实践经验,制定了一套废水处理+中水回用处理组合工艺,经过一段时间的调试与运行,出水水质达到设计要求,取得了较好的环境效益和经济效益。

1 废水水质及工艺流程

1.1 废水水质

氨纶废水主要产自组件清洗、脱泡工段液封、精馏真空泵液封、废气喷淋、地面冲洗、纯水浓水等处,根据氨纶生产工艺的不同,废水产生量和浓度有所不同,其主要污染物为二甲基乙酰胺(DMAC)、二甲胺、纺丝抛光用的油剂、精馏分离溶液中的低沸物(各种杂胺)等。本工程综合废水处理能力为500

m³/d,24 h 连续运行,设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design quality of influent and effluent

项目	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	TN/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)
氨纶废水	6~9	≤1 700	≤220	
排放标准	6~9	90		10

1.2 工艺选择

氨纶废水中的主要污染物为二甲基乙酰胺(DMAC),DMAC 化学性质稳定,B/C 为0.065,可生化性差^[3,4]。根据工程实际情况,结合其他同类污水治理工程中的实践经验,从经济效益、社会效益和环境效益相结合的观点出发,确定采用以“生化法+物化法”为主的不同废水单独处理,先预处理后混合处理的工艺路线,分为废水处理和回用两部分。工艺流程见图1。

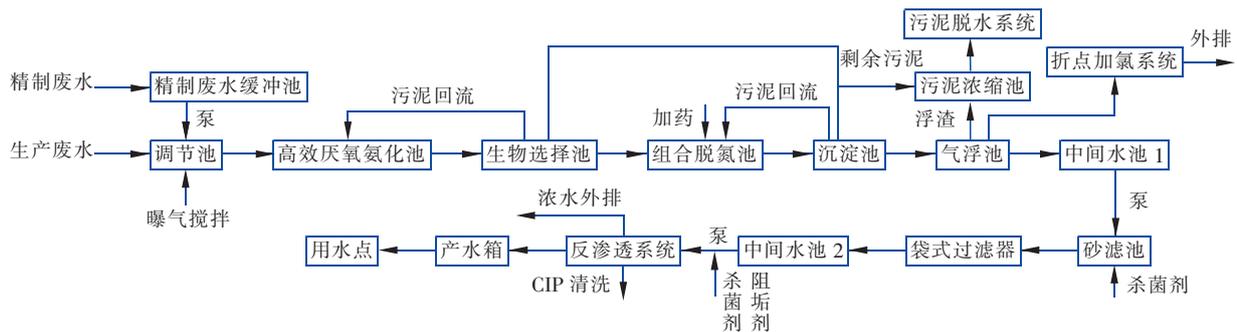


图1 废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

1.3 工艺特点

本工艺的特点在于将改进的 Bardenpho 工艺和高效复合脱氮填料进行结合,形成对总氮、总磷脱除效率更高的 BCB 工艺(Bardenpho Composite Biofilm process),较传统工艺改进了进水方式和污泥回流方式,取消了混合液回流,增设了中间沉淀池,增加了高效脱氮填料等,脱氮除磷效率高,出水总氮、总磷绝对值均较低。

1.4 工艺说明

1.4.1 废水处理部分

① 调节池

精制废水由车间输送至精制废水缓冲池,后由泵定量连续地输送至调节池内,确保调节池内废水达到进入系统的设计标准。其他生产废水由车间自流入调节池内,在调节池内其他生产废水与精制废水均匀混合,之后由泵提升至高效厌氧氨化池。

② 高效厌氧氨化池

高效厌氧氨化反应池利用厌氧微生物在无需提供外源能量的条件下,以被还原有机物作为受氢体,同时产生有能源价值的甲烷气体,系统抗冲击能力强,处理负荷高,适合高浓度的废水处理,其主要特点如下:高效厌氧氨化反应器内污泥浓度高,平均污泥浓度为20~40 gVSS/L;有机负荷高,水力停留时间短,采用中温发酵时容积负荷一般为5~10 kg-COD/(m³ · d);无混合搅拌设备,靠发酵过程中产生沼气的上升运动,使污泥床上部的污泥处于悬浮状态,对下部的污泥层也有一定程度的搅动;污泥床不填载体,节省造价及避免因填料发生堵塞问题;可根据水质情况适当回流亚硝化液进行厌氧氨氧化,将总氮直接转化成氨氮。

③ 生物选择池

生物选择池进行泥水分离,可以有效地防止厌氧氨化反应器内的微生物受到冲击作用,发生跑泥现象,阻止厌氧污泥进入后续反应系统而产生危害,

分离后的污泥可以定期回流至厌氧反应器内,确保厌氧反应器内污泥的稳定性。

④ 组合脱氮池

组合脱氮工艺是一种有回流的前置反硝化的单泥、多泥混合高效生物脱氮流程,兼具 A/O、SND、短程硝化反硝化的功能。其中前置反硝化在缺氧区中进行,硝化在好氧区中进行。原污水先进入缺氧区,并将好氧区的混合液与沉淀池的污泥同时回流到缺氧区。污泥和好氧区混合液的回流保证了缺氧区和好氧区有足够数量的微生物,并使缺氧区得到好氧区硝化所产生的硝酸盐。而原污水和混合液直接进入又为缺氧区反硝化提供了充足的碳源,使反硝化反应能在缺氧区中进行,反硝化反应的出水又可在好氧区中进行 BOD₅ 的降解。

⑤ 气浮处理系统

向水中通入空气,产生微细的气泡,使水中的细小悬浮物黏附在空气泡上,随气泡一起上浮到水面,形成浮渣,达到去除水中悬浮物、改善水质的目的。

1.4.2 中水回用处理部分

① 砂滤+炭滤

砂滤+炭滤是常用的水质深度净化的预处理装置,其形状为一密封圆筒形容器。根据工艺要求填加的滤料分为不同粒径的优质天然精制石英砂和活性炭。过滤器的内部安装有不锈钢布水器。砂滤+炭滤的主要用途是去除原水中的悬浮杂质及胶体等颗粒物,降低出水的浊度。

② 袋式过滤器

袋式过滤器是一种压力式过滤装置,主要由筒体、筒盖、快开机构、不锈钢滤袋加强网等部件组成,滤液由过滤机外壳的旁侧入口管流入滤袋,滤袋本身安装在加强网篮内,液体渗透过所需要细度等级的滤袋即能获得合格的滤液,杂质颗粒被滤袋拦截。该机更换滤袋十分方便,过滤基本无物料消耗。

③ 反渗透系统

反渗透部分主要通过施加一定的压力使预处理产水透过 RO 半透膜以去除水中离子及小分子有机物,降低水的电导率,使其产水水质达到出水要求。

④ 折点加氯系统

废水中的 NH₃-N 可在适当的 pH 值下,利用氯系的氧化剂(如 Cl₂、NaClO)使之氧化成氯胺(NH₂Cl、NHCl₂、NCl₃),再氧化分解成 N₂ 而达到去除之目的。此处理方法一般通称为折点加氯法。为

防止某些因素导致的废水排放氨氮超标问题,本系统特设置此套保险装置。

2 主要构筑物及设备参数

2.1 废水处理部分

① 调节池。1座,半地上式钢混结构,有效池容:525 m³,超高:500 mm,HRT:25 min。配套提升泵,1用1备,Q=25 m³/h,H=300 kPa,N=7.5 kW。

② 厌氧氨化池。1座,碳钢结构+防腐,有效池容为627 m³,超高为200 mm,HRT为30 min。配套内循环泵1台,Q=18 m³/h,H=150 kPa,N=1.5 kW。

③ 生物选择池。1座,碳钢结构+防腐,有效池容:60 m³,超高:300 mm,HRT:3 h。配套泥回流泵,1用1备,Q=132 L/min。

④ 组合脱氮池。2座,碳钢结构+防腐,有效池容:512.7 m³,超高:300 mm,HRT:23.3 h。配套加药泵,2用1备,Q=240 L/min;溶药搅拌机,2台,L=800 mm,n=90 r/min,N=0.4 kW;潜水搅拌机,2台;罗茨鼓风机,1用1备,Q=14.38 m³/min,H=70 kPa,N=22.67 kW,n=1 500 r/min;混合液回流泵,1用1备,Q=45 m³/h,H=150 kPa,N=3.7 kW。

⑤ 沉淀池。1座,碳钢结构+防腐,中心尺寸:D×H=Ø5.5 m×4.0 m,表面负荷:0.79 m³/(m²·h),超高:300 mm,HRT:2 h;配套刮泥机,碳钢+防腐,液下 SUS304 材质,N=0.75 kW,含刮渣系统;污泥泵,1用1备,Q=23 m³/h,H=150 kPa,N=2.2 kW。

⑥ 折点加氯系统。1座,规格尺寸:L×B×H=5.0 m×2.0 m×2.0 m,超高:300 mm,HRT:1 h;配套 NaClO 加药泵,1用1备,Q=240 L/min,N=0.2 kW;NaOH 加药泵,1用1备,Q=144 L/min,N=0.04 kW;溶药搅拌机,1台,L=800 mm,n=90 r/min,N=0.4 kW;反应搅拌机,1台,N=3.7 kW,n=90 r/min,折叶桨搅拌器(Ø750 mm),2台,搅拌轴 L=1.7 m,材质:碳钢+PE;排放水泵,1用1备,Q=20 m³/h,H=320 kPa,N=4.0 kW。

⑦ 污泥池。1座,规格尺寸:D×H=4.0 m×4.0 m,超高:300 mm;配套叠螺式脱水机,1台,N=2.2 kW,产泥量:50~70 kg 干泥/h;污泥泵,1用1备,最大流量 Q=340 L/min;絮凝系统加药泵,1用1备,Q=144 L/h,N=0.04 kW;絮凝系统搅拌机,1台,L=800 mm,n=30 r/min,N=0.4 kW。

2.2 中水回用处理部分

① 多介质过滤器。1座,中心尺寸: $D \times H = \varnothing 1.6 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,材质:碳钢+衬胶。

② 活性炭过滤器。1座,中心尺寸: $D \times H = \varnothing 1.6 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,材质:碳钢+衬胶。配套还原剂加药泵,2台, $Q = 4.6 \text{ L/h}$, $H = 0.7 \text{ MPa}$;保安过滤器,1用1备,规格: $20 \text{ m}^3/\text{h}$,材质:SUS304。

③ 反渗透系统。RO膜,24支,回收率为65%;RO膜壳,6支,型号:8英寸(1英寸=2.54 cm),4支装,材质:FRP。

3 处理效果及经济效益

3.1 处理效果

该工程自2017年2月投入运营,经过4个月的调试运行,各项水质指标的连续监测结果见表2。

表2 主要工艺单元出水水质平均值

Tab.2 Average effluent quality of the main units

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH值
进水	2 240	17	7.7
高效厌氧氨化池出水	112	318	7.6
生物选择池出水	96	325	7.5
组合脱氮池出水	64	45	6.9
二沉池出水	48	0	7.0
排放池出水	48	1.3	7.2

由表2可知,该工艺对COD、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的去除率分别为97.9%和92.4%左右,处理效果良好,出水水质稳定达到设计出水水质要求,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级排放标准。

3.2 经济效益

该工程总投资约600万元,其中土建费用约为150万元,占总投资的25%,按处理水量为 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ 计算,系统日常运行成本约为 $3.9 \text{ 元}/\text{m}^3$,其中电费为 $1.68 \text{ 元}/\text{m}^3$,药剂费为 $0.80 \text{ 元}/\text{m}^3$,蒸汽费为 $0.85 \text{ 元}/\text{m}^3$,膜更换费为 $0.57 \text{ 元}/\text{m}^3$,不含人工费和设备折旧费。投资回报测算:自来水价格为 $2.5 \text{ 元}/\text{m}^3$,排污费为 $2 \text{ 元}/\text{m}^3$,每吨中水节省0.6元。

4 结论

① 采用高效厌氧氨化池+组合脱氮池+气浮池组合工艺处理 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ 的氨纶废水,对COD和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的平均去除率分别为97.9%和92.4%,出水水质达到设计出水要求,满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级排放标准。

② 采用砂滤+炭滤+袋式过滤器+反渗透+

折点加氯工艺处理中水并回用,每吨中水可节省费用0.6元,具有较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 王金明. 某化工公司二甲基乙酰胺项目职业病危害控制效果评价[J]. 中国卫生工程学,2015,(6):492-495.
Wang Jinming. Control effect evaluation of occupational hazards in the dimethylacetamide project of chemical industry company[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering,2015,(6):492-495(in Chinese).
- [2] 段妮妮. UASB工艺处理腈纶废水的试验研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2012.
Duan Nini. Experimental Study on Acrylic Fiber Wastewater Treatment by UASB[D]. Handan: Hebei University of Engineering,2012(in Chinese).
- [3] 魏庆芝. A^2/O 工艺处理氨纶废水的应用研究[J]. 环境科技,2006,19(5):30-32.
Wei Qingzhi. Applied research on treatment of urethane elastic fibre producing wastewater with A^2/O process[J]. Jiangsu Environmental Science and Technology,2006,19(5):30-32(in Chinese).
- [4] 姚昕,翟思媛,冯娟娟. 活性污泥异化铁还原协同降解腈纶废水特征污染物DMAC[J]. 工业水处理,2014,34(10):45-48.
Yao Xin,Zhai Siyuan,Feng Juanjuan. Degradation of acrylon wastewater specific pollutant - DMAC by dissimilated Fe(III) reduction in activated sludge[J]. Industrial Water Treatment,2014,34(10):45-48(in Chinese).



作者简介:陈茂林(1975-),男,江西九江人,硕士,高级工程师,主要研究方向为废水生物处理。

E-mail:wupengniu@126.com

收稿日期:2017-10-20