

悬挂链曝气倒置 A^2O /生物流化床处理纺织工业园废水

薛良森

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘要: 江苏闽豪科技工业园废水以毛纺织工业、丝绸工业、针织工业废水为主,具有COD、SS浓度较高,有机物难以降解的特点。该工业园污水处理厂一期工程采用预处理/悬挂链曝气倒置 A^2O /曝气生物流化床/高密度沉淀池/滤布滤池组合工艺处理园区综合纺织废水,工艺选型先进,抗污染负荷能力强。当平均废水处理量为 $4\,460\text{ m}^3/\text{d}$,进水 BOD_5 、COD、SS、氨氮、TN、TP 平均浓度分别为 158、560、246、23.4、42.7、4.2 mg/L 时,相应指标的平均出水浓度分别为 4、28、1.1、1.7、4.9、0.2 mg/L,出水水质优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。本项目污水处理经营成本为 2.6 元/ m^3 。

关键词: 纺织废水; 悬挂链曝气; 曝气生物流化床

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)14-0059-05

Industrial Park Textile Wastewater Treatment by Combination Process of Suspension Chain Aeration Inversion A^2O /Biological Fluidized Tank

XUE Liang-sen

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: The wastewater from Minhao Science and Technology Industrial Park in Jiangsu Province mainly contained wool textile industry wastewater, silk industry wastewater and knitting industry wastewater, which had the characteristics of high concentration of COD and SS and difficult degradation of organic matter. The combined process of the pretreatment/suspension chain aeration inversion A^2O /aeration biological fluidized tank/high-density sedimentation tank/filter cloth filter was adopted to treat the comprehensive textile wastewater in phase I wastewater treatment project of the industrial park, which had characteristics of advanced process selection and strong anti-pollution load ability. When the average wastewater treatment capacity was $4\,460\text{ m}^3/\text{d}$, and the average concentration of influent BOD_5 , COD, SS, ammonia nitrogen, TN and TP were 158 mg/L, 560 mg/L, 246 mg/L, 23.4 mg/L, 42.7 mg/L and 4.2 mg/L, the average effluent concentration of corresponding indexes were 4 mg/L, 28 mg/L, 1.1 mg/L, 1.7 mg/L, 4.9 mg/L and 0.2 mg/L. The effluent quality was better than the first class A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The operating cost of the wastewater treatment project was 2.6 yuan/ m^3 .

Key words: textile wastewater; suspension chain aeration; aeration biological fluidized tank

江苏省闽豪科技工业园位于江苏省中部沿海,地处盐城市射阳县开发区,是以高端纺织、精密纺机产业为主的综合工业园区,一期工程总投资达30亿

元,总占地 233 hm^2 。该园区于2015年初建成,随着工业园区经济的发展,企业和人口数量不断增加,园区生活污水和工业废水量也在逐步加大,各企业污

水处理站基本超负荷运行,且难以实现达标排放,因此需要建设工业园污水处理厂,以实现园区废水的集中有效治理。

1 设计水量、水质

根据园区现有企业生活污水、工业废水排放汇总数据及规划新增企业污水量预测数据,预计2020年污水总排放量可达到4 370 m³/d,远期2030年污水总排放量达到23 460 m³/d,考虑综合污水变化系数,并确保工程处理余量的因素,确定工业园区污水处理厂近期工程设计规模为5 000 m³/d,远期(2030年)设计规模为25 000 m³/d。

经对同行业相近规模的工业园区^[1]调研,结合本项目环境影响评价报告及现有企业污水处理站水质检测报告,可预测本项目综合废水COD、SS浓度较高,氮、磷污染物浓度较低。现有企业和未来入园企业要求生产废水经各自处理站处理达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)中的三级标准以及行业排污预处理标准后才能排入本工程总进水管,污水处理厂出水水质需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准后才能排入射阳河。具体设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP
进水	600	200	250	25	45	5
出水	50	10	10	5(8)	15	0.5

2 工艺选型分析

本纺织工业园废水主要有毛纺织工业、丝绸工业、针织工业废水,纺织园无印染工业废水,混合后的废水具有有机物浓度高、可生化性较差、难以降解的特点,因此工程需要在预处理阶段增设水解酸化工艺,以保障后续二级生化处理效果。通过借鉴同行业工业园废水处理工程案例^[2],为了确保出水有机物达到排放要求,需要设置二级生化处理和深度处理组合工艺来保障COD、BOD₅的达标排放。本工程二级生化处理选用悬挂链曝气A²O工艺。悬挂链曝气A²O工艺由倒置A²O与百乐克(BIOLAK)工艺结合而成,悬挂链曝气属于高效曝气器(见图1),它有效避免了传统A²O工艺固定式微孔曝气系统维修保养的复杂性,同时结合了百乐克工艺一体化池型和池体结构,使运行和维护更加

简便。通过相关研究报道^[3],悬挂链曝气倒置A²O工艺较传统氧化沟工艺、A²O工艺的脱氮除磷效果理想,同时受温度影响较小,处理效果稳定。而在深度处理中,选用曝气生物流化床(Aeration Biological Fluidized Tank, ABFT)^[4]作为主体工艺,流化介质选用专用的NC-5ppi生物填料(见图2),并采用专有广谱性优势菌种固定在填料上,较曝气生物滤池(BAF)工艺具有挂膜生物量大、占地面积小、维护管理方便、有机物去除效率高的特点。



图1 悬挂链曝气器

Fig. 1 Suspension chain aerator

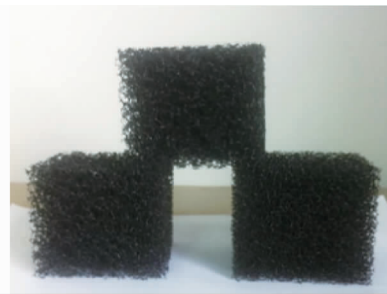


图2 NC-5ppi生物填料

Fig. 2 NC-5ppi biological packing

由于污水处理车间出水中含有大量的纤维、助剂、果胶、丝胶等杂质,污水处理厂进口悬浮物浓度较高,故选用去除效果好、运行费用较低的高密度沉淀+滤布滤池组合工艺来保证SS的排放要求。

悬挂链曝气倒置A²O设有较长的厌氧停留时间及好氧停留时间,可以有效去除污水中大部分氮、磷污染物,再经过深度处理后氮、磷浓度可进一步减小,最终可以达标排放。根据以上分析,本工程最终采用预处理/悬挂链曝气倒置A²O/ABFT/高密度沉淀池/滤布滤池处理工业园区综合纺织废水。

3 工艺流程及主要构筑物设计

具体工艺流程见图3。污泥脱水采用脱水效果好、操作管理简便的带式压滤机,出水采用次氯酸钠消毒方式。

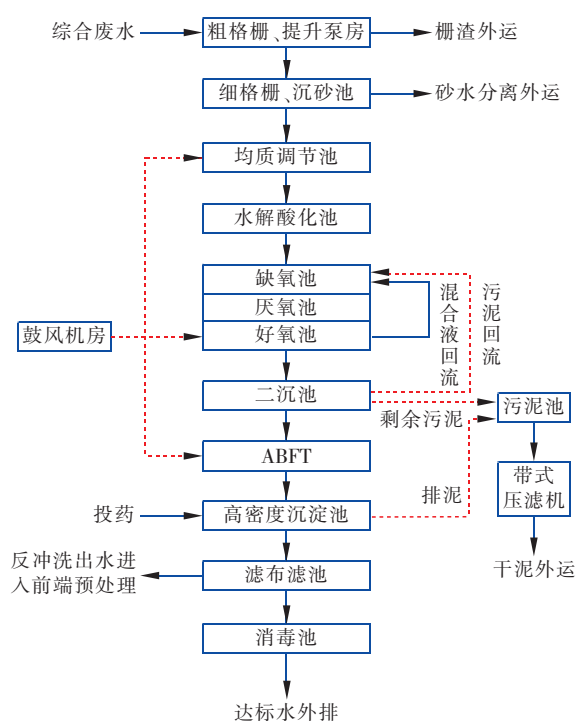


图 3 污水处理工艺流程

Fig. 3 Flow chart of wastewater treatment

生产废水与生活污水在排水管网内混合后进入粗格栅渠,去除较大漂浮物,再经提升泵提升后进入细格栅渠、沉砂池去除细小悬浮物及浮渣,再通过曝气降温并匀质后由提升泵提升到水解酸化池进行有机物的降解,然后进入悬挂链曝气倒置 A²O 综合反应池,对污水中有机物、氮、磷进行大部分 (>80%) 的去除,二级生化出水进入二沉池进行固液分离,再经泵二次提升后进入深度处理阶段,ABFT 工艺进一步去除有机物、氮等污染物,再依次进入高密度沉淀池、滤布滤池深度去除 SS 和磷,出水经次氯酸钠消毒后最终达标排放射阳河。二沉池剩余污泥、高密度沉淀池污泥经排泥泵送至污泥池,经浓缩后再进入带式压滤机内脱水,最终泥饼外运填埋处理,本项目污泥经有关部门鉴定不含有危险废物。

本项目粗格栅间、提升泵房、细格栅间和沉砂池、综合楼、鼓风机房、污泥脱水机房、配电间等土建工程按 25 000 m³/d ($Q_{\max} = 1\,100\text{ m}^3/\text{h}$) 远期规模建设,其余工艺按近期 5 000 m³/d ($Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$) 规模建设,目前所有工艺设备按 5 000 m³/d 规模安装。综合污水总变化系数 $K_z = 1.3$ 。

3.1 水解酸化池

1 座,总工艺尺寸为 30.0 m × 15.2 m × 5.5 m,

有效水深为 5.0 m,有效容积为 2 299 m³,分为 2 格, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,总停留时间为 11 h,池内配置的 PE 材质生物填料共计 1 800 m³。配有潜水搅拌机 8 台,搅拌功率为 2.2 kW,叶轮直径为 650 mm。

3.2 悬挂链曝气倒置 A²O 综合反应池

①缺氧池 1 座,分两格,总体工艺尺寸为 18.5 m × 10.2 m × 5.0 m,有效水深为 4.5 m,有效容积为 830 m³, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,HRT = 4 h。配有碳源投加装置 1 套, $Q = 200\text{ L/h}$, $N = 0.25\text{ kW}$,间歇运行;潜水搅拌机 4 台,单台功率为 2 kW。②厌氧池 1 座,分两格,总体工艺尺寸为 16.5 m × 9.5 m × 5.0 m,有效水深为 4.5 m,有效容积为 680 m³, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,HRT = 3.3 h。配有潜水搅拌机 4 台,单台功率为 1.5 kW。③好氧池 1 座,分两格,总体工艺尺寸为 27.5 m × 15.2 m × 5.0 m,有效水深为 4.5 m, $V_{\text{有效}} = 2\,090\text{ m}^3$, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,HRT = 10.2 h,污泥负荷为 0.12 kgBOD₅/(kgMLSS · d),污泥浓度为 4 000 mg/L,污泥龄为 25 d,需氧量为 3 700 kg/d。配有悬挂曝气管 290 m,供气量为 6.8 m³/(m · h),氧转移效率为 20%;曝气系统使用的曝气罗茨风机 3 台(2 用 1 备,安装于鼓风机房), $Q = 62.1\text{ m}^3/\text{min}$, $H = 49\text{ kPa}$, $N = 75\text{ kW}$;混合液回流泵 4 台(2 用 2 备), $Q = 220\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 70\text{ kPa}$, $N = 4.0\text{ kW}$,混合液回流比为 200%。

3.3 二沉池及污泥泵房

辐流式沉淀池 1 座,尺寸为 $\varnothing 17.0\text{ m} \times 4.8\text{ m}$,沉淀区截面积 $S = 227\text{ m}^2$,有效停留时间为 3.5 h, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,表面负荷为 0.92 m³/(m² · h)。配有半桥式中心传动刮泥机 1 套,半径为 8.5 m,均匀出水堰板一套,周长为 54.4 m。

污泥泵房 1 座,尺寸为 20.0 m × 15.0 m × 6 m,配置污泥回流泵 2 台(1 用 1 备), $Q = 280\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 90\text{ kPa}$, $N = 4.5\text{ kW}$,污泥回流比为 100%;剩余污泥泵 2 台(1 用 1 备), $Q = 20\text{ m}^3/\text{h}$, $H = 100\text{ kPa}$, $N = 1.5\text{ kW}$ 。

3.4 ABFT

1 座,分两组,进水端设集水池,平面尺寸为 10 m × 4 m,工艺总体尺寸为 16 m × 10 m × 6 m,有效水深为 5.2 m,有效容积为 780 m³, $Q_{\max} = 208\text{ m}^3/\text{h}$,HRT = 3.5 h,气水比为 4 : 1。配有支架层塑料格栅板 3 层,总面积为 420 m²;内置 NC-5ppi 生物填料 330 m³,规格 50 mm × 50 mm × 50mm,填充率为

40%;池体下部设置曝气系统1套,曝气穿孔管孔径为4.2 mm,氧转移效率>15%,配有曝气罗茨鼓风机3台(2用1备,安装于鼓风机房), $Q=12\text{ m}^3/\text{min}$, $H=55\text{ kPa}$, $N=18\text{ kW}$;排泥泵2台(1用1备), $Q=15\text{ m}^3/\text{h}$, $H=0.5\text{ MPa}$, $N=6.0\text{ kW}$,间歇运行。

3.5 高密度沉淀池

1座,尺寸为 $10\text{ m}\times 6\text{ m}\times 5.5\text{ m}$,由反应池和沉淀池组成,沉淀池池径为5.2 m,有效水深为5 m。反应池配有混合搅拌器1台,转速为40~45 r/min, $N=1.5\text{ kW}$,絮凝搅拌器1台,转速为20~30 r/min, $N=1.1\text{ kW}$ 。斜管沉淀区配有PP材质斜管填料,共计 80 m^3 ,型号 $\varnothing 80$;污泥刮泥机1台, $\varnothing 5\text{ m}$, $N=0.45\text{ kW}$;污泥回流泵2台(1用1备), $Q=4\text{ m}^3/\text{h}$, $H=0.3\text{ MPa}$, $N=3.5\text{ kW}$;排泥泵2台(1用1备), $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$, $H=0.5\text{ MPa}$, $N=5.5\text{ kW}$ 。

3.6 滤布滤池

1座,尺寸为 $3.0\text{ m}\times 4.0\text{ m}\times 4.7\text{ m}$, $Q_{\max}=208\text{ m}^3/\text{h}$,滤速为 $9.0\text{ m}/\text{h}$,安装纤维转盘10片,直径为3 m,反冲洗周期1~2 h,反洗强度为 $2\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。采用PLC自动控制系统并结合手动控制进行操作。配有反冲洗系统一套,反冲洗水泵2台(1用1备), $Q=40\text{ m}^3/\text{h}$, $H=100\text{ kPa}$, $N=1.8\text{ kW}$;进水电动闸门1台,尺寸为 $1\,000\text{ mm}\times 800\text{ mm}$ 。

3.7 消毒池

消毒池1座,尺寸为 $10.5\text{ m}\times 6\text{ m}\times 5\text{ m}$,有效水深为4.7 m,设计处理量为 $208\text{ m}^3/\text{h}$,采用次氯酸钠消毒,消毒指标:粪大肠菌群数 $\leq 1\,000$ 个/L。

4 运行效果

各阶段处理效果如表2所示。可见,出水水质优于一级A标准。

表2 各处理阶段污水处理效果

Tab.2 Treatment effect of each treatment stage

项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	TP
预处理 进水/(mg·L ⁻¹)	158	560	246	23.4	42.7	4.2
理 出水/(mg·L ⁻¹)	152	490	232	22.5	40.6	4.2
二级生化 出水/(mg·L ⁻¹)	15	64	18	4.2	8.8	0.8
深度处理 出水/(mg·L ⁻¹)	4	28	1.1	1.7	4.9	0.2
总去除率/%	97.5	95.0	99.6	92.7	88.5	95.2

本工程于2016年9月开始启动运行,试运行半

年后整个组合工艺调试到稳定处理状态。项目于2017年7月开始正式运营,至今保持高效的处理能力,受温度等气候因素的影响较小。工程处理水量基本维持在 $3\,840\sim 4\,720\text{ m}^3/\text{d}$ 范围内,平均值为 $4\,460\text{ m}^3/\text{d}$ 。

5 经济效益分析

本项目总投资为4 519.5万元,第一、二、三部分工程费用分别为2 790、1 130、371万元,铺底流动资金为37.5万元,建设期银行贷款利息为191万元。企业贷款为2 416.7万元,其余费用由企业自筹取得,综合投资指标为 $9\,037.4\text{ 元}/\text{m}^3$ 。主要技术经济指标见表3。可见,本工程的财务内部收益率大于行业基准收益率5%,静态投资回收期小于行业基准值18年,可保障按时还款付息,投资金额也能保证按时收回,可见项目能够维持正常的商业运行,并有一定发展能力。本工程污水处理年生产总成本为691.7万元,年经营成本为474.4万元,污水处理经营成本为 $2.6\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

表3 技术经济指标

Tab.3 Technical and economic indicators

项目	税前	税后
财务内部收益率/%	8.11	7.03
财务净现值($i=5\%$)/万元	2 455.0	1 749.7
静态投资回收期/a	8.4	10.2
自有投资收益率/%	9.14	9.92

6 结论

江苏闽豪科技工业园污水处理工程采用悬挂链曝气倒置A²O作为二级生化处理主体工艺,采用ABFT/高密度沉淀池/滤布滤池作为深度处理主体工艺,运行能力和处理效果达到纺织废水治理领域的先进水平。整个组合工艺设计谨慎、合理,具有较强的抗污染负荷能力,处理效果稳定,运行管理简便,对纺织类工业园污水处理具有很好的适用性。

参考文献:

- [1] 段云霞,石岩,吕晶华,等. 聚酯化纤维废水废气处理的工艺研究及设计[J]. 水处理技术,2016,42(5): 132-135.
- Duan Yunxia, Shi Yan, Lü Jinghua, et al. Research and design of treatment process for polyester fibre production wastewater[J]. Technology of Water Treatment, 2016, 42(5): 132-135 (in Chinese).

(下转第66页)