

臭氧脱色工艺用于工业废水处理厂提标改造工程

徐 恒, 徐小乐, 王 硕

(武汉中科水生环境工程股份有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘 要: 湖北省枝江市城西污水处理厂进水中工业废水占比高达95%, 污水中含有大量难生物降解物质, 可生化性差, 水质波动较大。原处理工艺为旋流沉砂池+水解酸化+倒置A²O氧化沟+二沉池+紫外消毒, 因缺少调节及有效去除色度的工艺, 导致NH₃-N、TP去除效果不佳, 出水色度长期未达标。提标改造工程在预处理阶段增加了调节池+臭氧接触工艺, 利用臭氧的强氧化性, 有效去除色度, 并改善污水可生化性; 新增深度处理设施, 采用高效混凝沉淀池+竖片纤维滤布滤池工艺, 以强化除P、除色度等。运行实践结果表明, 改造工艺处理效果良好, 色度去除效果显著, 出水各项指标稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

关键词: 臭氧氧化; 色度; 可生化性; 提标改造

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0059-05

Application of Ozone Decolorizing Process in Upgrading and Reconstruction of Industrial Wastewater Treatment Plant

XU Heng, XU Xiao-le, WANG Shuo

(Wuhan Zhongke Hydro-biological Environment Engineering Co. Ltd., Wuhan 430071, China)

Abstract: The proportion of industrial wastewater in the influent of Chengxi Wastewater Treatment Plant in Zhijiang City is up to 95%. Influent contains a lot of hardly degradable pollutants, which led to the poor biodegradability. The raw water quality fluctuates greatly as well. The original treatment process was swirl sedimentation tank + hydrolytic acidification tank + inverted A²/O oxidation ditch + sedimentation tank + ultraviolet disinfection. The removal effect of NH₃-N and TP was poor due to the lack of regulation and chroma removing stage. The chromaticity index could not meet the requirement standard for a long time. Regulation - ozone oxidation process was added in the pretreatment stage in upgrading project in order to improve the biodegradability and reduce the chroma by the strong oxidability of ozone. High density sedimentation tank - filtration process was used in the advanced treatment to strengthen the removal of phosphorus and chroma. The operation practice showed that the modification process had good treatment effect, remarkable removal effect of chroma, and all indexes of effluent could meet the first class A standard of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002).

Key words: ozone oxidation; chroma; biodegradability; upgrading and reconstruction

1 污水厂现状及存在问题

湖北省枝江市城西污水处理厂位于姚家港工业园区内。原设计确定原水中80%为生活污水, 20%

为工业废水。随着姚家港工业园区内企业的不断增加, 投产企业数量已由2011年的7家增加至29家, 致使目前枝江市城西污水处理厂接纳的污水主要为

工业废水,占比超过95%,处理效果不佳,亟待升级改造。

1.1 运行水质

园区内主要排污企业三宁化工所生产己内酰胺的化工废水排放量为 $3\,500 \sim 4\,000\text{ m}^3/\text{d}$,占处理水量的30%~40%。并且其生产废水色度很高,含有较多环己偶氮、N-亚硝基胺、过氧环己烷等有机物

质,成分复杂,使得枝江市城西污水处理厂进水 BOD_5/COD 比值小于0.15,可生化性能差。原设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。

提标改造前的具体进、出水水质指标如表1所示。出水 NH_3-N 、TP波动较大,出水色度高,长期不达标。

表1 提标改造前进、出水水质

Tab.1 Influent and effluent quality before upgrading and reconstruction

项 目	$\text{BOD}_5/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{COD}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{SS}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3-\text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/ 倍
实际进水	22.3	145.2	130.2	22.2	6.0	30.5	134
实际出水	17.1	38.4	13.4	7.7	0.9	14.1	78.3
排放标准	≤ 20	≤ 60	≤ 20	≤ 8	≤ 1	≤ 20	≤ 30

1.2 原工艺流程及存在问题

一期工程于2012年开工建设,2014年4月投产运行。一期工程规模为 $2.5 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,现状工艺为:预处理工艺采用粗细格栅+旋流沉砂池,生化段采用水解酸化池+倒置 A^2/O 氧化沟+二沉池,消毒工艺为紫外线消毒。

工艺存在问题:①缺少调节设施,在水量、水质变化较大的情况下,生化处理设施受到的冲击较大,影响处理效果;②水解酸化池池容大,但池内没有搅拌设施,影响水解酸化效果;③缺少有效去除色度的工艺,色度去除效果差。

2 提标改造工程设计

2.1 设计水质

本工程设计进水水质的确定考虑如下因素:

① 枝江市的经济技术开发区是宜昌市重要的

化工产业集聚区,是以煤化工、石油化工、盐化工、硅化工和精细化工为主要产业的综合类化工产业片区,其水质会呈现出色度、COD偏高的情况。

② 根据枝江市市政公用事业局、枝江市姚家港工业园管委会等部门提供的资料,污水处理厂服务范围内的集镇居民生活污水将单独进行处理。

③ 考虑污水处理厂一期工程远期发展,本污水处理厂的进水水质将依照《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)中B等级和《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)行业三级标准两者中较严格指标执行。

综上所述,提标改造工程设计进、出水水质如表2所示。设计出水水质提升至《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级A标准。

表2 提标改造工程设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality of upgrading and reconstruction project

项 目	$\text{BOD}_5/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{COD}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{SS}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3-\text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	色度/ 倍
进水	300	500	400	35	8	45	70
出水	10	50	10	5	0.5	15	30

2.2 工艺流程

污水处理厂进水 BOD_5/COD 值为0.09~0.17,属难生物降解污水。提标改造工艺考虑在污水预处理阶段利用臭氧极强的氧化能力^[1],有效去除污水中色度,并改善污水可生化性,从而提高后续生物处理设施运行效果;另外,对现有二沉池出水进行深度处理,强化对N、P、有机物的去除效果。

通过工艺方案比选,确定提标改造工艺为:污水预处理增加调节+臭氧接触工艺,深度处理工艺采用混凝+高效澄清+过滤。工艺流程见图1。提标改造工程在原旋流沉砂池后增加了1座调节池、2座预臭氧接触池及臭氧分解池,并对水解酸化池进行了改造。同时原二沉池之后增设2座混凝及高效澄清池、1座竖片纤维滤布滤池。

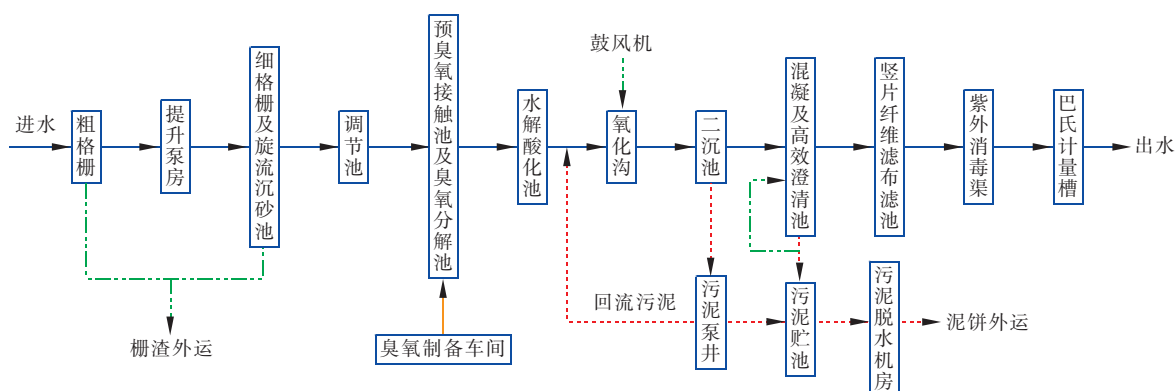


图 1 提标改造工程工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process after upgrading and reconstruction

原旋流沉砂池出水进入调节池,对污水进行均质、均量,减轻水质、水量变化对后续处理工艺的冲击。调节池内污水经提升进入预臭氧接触池及臭氧分解池,能够较好地改善废水的可生化性。污水中残留的臭氧在分解池进行分解,以减轻臭氧对后续处理设施中微生物的影响。之后污水进入水解酸化池,将大分子有机物转化为易生物降解的小分子有机物。氧化沟出水经二沉池进行泥水分离后,依次进入混凝及高效澄清池、竖片纤维滤布滤池,可进一步去除 N、P、SS、有机物、色度等。出水经紫外消毒后达标排放。

2.3 主要建(构)筑物设计参数

2.3.1 水解酸化池(改造)

改造水解酸化池 1 座(共 4 格),尺寸为 $41.2\text{ m} \times 41.2\text{ m} \times 7.0\text{ m}$,有效水深为 6.5 m ,停留时间为 4 h ,采用脉冲布水筒布水。在原池体每格内各安装 2 台潜水搅拌机,功率为 7.5 kW ,电压为 380 V ,用于改善池内水力条件,提高污水水解酸化效果。

2.3.2 调节池(新建)

新建调节池 1 座,尺寸为 $29\text{ m} \times 20\text{ m} \times 7.7\text{ m}$,分为两格,有效水深为 7.2 m 。在每格各安装 4 台潜水搅拌机,功率为 3 kW ,电压为 380 V 。为检修方便,泵坑设两道 $\phi 1\,000\text{ mm}$ 铸铁镶铜圆闸门,设 2 台手动启闭机,启闭力为 30 kN ,功率为 0.75 kW 。污水提升泵采用 3 台卧式离心泵(2 用 1 备),扬程为 50 kPa ,功率为 55 kW ,电压为 380 V 。

2.3.3 预臭氧接触池及臭氧分解池(新建)

新建预臭氧接触池 2 座,单座尺寸为 $9\text{ m} \times 5\text{ m} \times 7.2\text{ m}$,有效水深为 6.5 m ,臭氧接触时间为 35

min。池体为钢筋混凝土密封结构。预臭氧接触池内用 2 道隔墙将池内空间分为 3 个隔断,容积比为 $1:1.6:1$ 。2 道隔墙分别在上端、下端开设过水孔,池内水流呈 S 型前进,隔墙顶部有通气孔,保持池内各隔断气体压力平衡。每座池在第 2 个隔断内布置 DN150 曝气盘 36 个,额定出气量为 $2 \sim 4\text{ m}^3/\text{h}$,服务面积为 $0.35 \sim 0.7\text{ m}^2$ 。每座池在池顶安装 1 个呼吸阀,调节池体内部气压平衡。池内残留臭氧通过安装在池顶的 1 台 DT-700 加热催化型尾气破坏器分解。

新建臭氧分解池 2 座,单座尺寸为 $15.8\text{ m} \times 5\text{ m} \times 7.2\text{ m}$,有效水深为 6.4 m ,停留时间为 1 h 。预臭氧接触后污水中残留的臭氧在分解池中自然分解,以减轻对后续生化处理的不利影响。

2.3.4 混凝及高效澄清池(新建)

新建混凝及高效澄清池 2 座,每座池体包括 NaClO 池、混凝池、絮凝池、高效澄清池、调酸池。

① NaClO 池

NaClO 池尺寸为 $4\text{ m} \times 4\text{ m} \times 6\text{ m}$,有效水深为 5.5 m ,停留时间为 10 min 。在反应池内投加 NaClO,将原二沉池出水中的部分带有色基团的有机物氧化分解,进一步降低色度。NaClO 采用 DN15 PVC 穿孔管投加。每座池内安装 1 台立式搅拌机,转速为 70 r/min ,功率为 7.5 kW 。

② 混凝池

混凝池尺寸为 $4\text{ m} \times 2.2\text{ m} \times 2.6\text{ m}$,有效水深为 2.1 m ,停留时间为 2 min 。经氧化后的污水进入混凝池,在池内投加 PAC,污水在混凝池内快速混合。PAC 采用 DN25 PVC 穿孔管投加。每座混凝池

内安装1台立式搅拌机,转速为50 r/min,功率为1.5 kW。

③ 絮凝池

絮凝池尺寸为4 m×4 m×6.3 m,有效水深为5.65 m,反应时间为10 min。完成混凝反应的污水与来自澄清池浓缩区的部分回流泥渣混合。在絮凝池中投加PAM,并完成絮凝反应。絮凝池内设 $\varnothing 1\ 800$ mm中心布水筒,采用 $\varnothing 1\ 800$ mm聚合物电解质投加环投加PAM。每座絮凝池内安装1台提升搅拌机,转速为10 r/min,功率为1.5 kW。

④ 高效澄清池

高效澄清池尺寸为9 m×9 m×6.3 m,有效水深为5.65 m。澄清池上部为斜管沉淀区,平面净尺寸为8.2 m×7.2 m,设计上升流速为8.82 m/h。斜管直径为80 mm,长度为1.5 m,安装倾角为60°。斜管沉淀区上方安装5条长度为8.2 m的集水槽,两侧出水,采用90°薄壁三角出水堰,出水堰负荷为1.9 L/(s·m)。斜管沉淀区沉降的泥渣在澄清池下部浓缩。澄清池采用机械排泥装置,池底安装1台浓缩刮泥机,转速为5 r/h,功率为1.5 kW。

澄清池污泥去向为回流至絮凝池或排放至污泥池。设计污泥回流量、排放量分别为污水处理量的2%、3.5%。选用2台污泥螺杆泵(污泥回流及排放泵各1台),流量为20 m³/h,扬程为50 kPa,功率为7.5 kW,变频控制。回流泵及排泥泵可互为备用。

⑤ 调酸池

调酸池尺寸为4 m×4 m×6.3 m,有效水深为5.45 m,停留时间为10 min。调酸池内安装1台在线pH计,分度值为0.02。稀硫酸采用DN15 PP穿孔管投加。加酸装置与调酸池内pH计连锁,实现药剂自动投加,控制澄清池出水pH值为6~9。每座池内安装1台立式搅拌机,转速为70 r/min,功率为7.5 kW,以加快酸碱中和反应速度、提高pH值调节效果。调酸池出水采用锯齿堰。

2.3.5 竖片纤维滤布滤池(新建)

竖片纤维滤布滤池采用1套成套设备,处理量为25 000 m³/d,有效容积尺寸为10.64 m×8.2 m×2.5 m,过滤面积为240 m²,功率为11.65 kW。

滤池运行控制:①正常过滤时,系统为全自动运行;②随着过滤时间延长,过滤阻力增加,工作液位上升,待工作液位上升至反冲洗液位时进行反冲洗;

③反冲洗周期可根据进水水质进行设定,根据设定的时间和滤池运行液位控制反洗,两种情况的任何一种达到设定值即进行反洗。

2.3.6 臭氧制备车间(新建)

臭氧制备车间平面尺寸为18 m×10 m。车间内安装2套液氧源臭氧发生系统,包括2台产量为10 kg/h的臭氧发生器,功率为160 kW;1台螺杆空压机,风量为24.06 m³/min,排气压力为0.7 MPa,功率为132 kW;1台冷冻干燥机,处理量为23 m³/h,功率为4.62 kW;1台吸附干燥机,处理量为23 m³/h,功率为100 W;2台循环水泵,流量为10.5 m³/h,扬程为30 kPa,功率为5.5 kW;1台DT-700型尾气破坏器,加热催化型,功率为20.5 kW;1台LT-05M型臭氧泄漏报警仪;1台冷却塔,出水温度≤30℃,循环水量为100 m³/h,功率为3 kW;1台S7系列总控柜;4台过滤器;1台油水分离器。

2.3.7 加药间(新建)

加药间平面尺寸为18 m×10 m。加药间内安装3套一体化溶解加药装置,最大制备能力为1 000 L/h,功率为1.8 kW;1套自动加酸装置,容积为0.5 m³,功率为1.1 kW,耐酸材质;1个硫酸储罐,尺寸为 $\varnothing 1\ 300$ mm×1 500 mm, $V=2.0$ m³。为方便日常药剂、设备等吊装,加药间内安装1台电动葫芦,起吊质量为1.0 t,起吊高度为4 m,功率为1.7 kW。加药间药剂储备量按15 d计。

3 运行效果

该污水厂于2016年12月完成提标改造工程实施,2017年2月通过环保验收。目前污水厂运行稳定,进、出水水质见表3,可见出水水质完全达标。

表3 提标改造后进、出水水质

Tab.3 Influent and effluent quality after upgrading and reconstruction

项目	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	COD/ (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	TN/ (mg·L ⁻¹)	色度/ 倍
进水	35.2	313.9	162.2	26.3	6.6	39.3	170
出水	8.6	29.3	8.7	4.3	0.4	13.5	20

提标改造工程直接运行费用包括设备电费、药剂费、人工费等:

① 设备电费:提标改造部分设备全年耗电量为238.92×10⁴ kW·h,电价按0.82元/(kW·h)计,设备电费为195.91万元/a;

(下转第66页)