

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.023

倍增组合式 A^2O-A/O 工艺处理液晶显示器有机废水

童波¹, 廖洪秀², 邹平¹, 黄龙宝², 刘霞¹, 魏宏斌¹

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海中耀环保实业有限公司, 上海 200092)

摘要: 结合使用专利产品叠片展开式悬挂微生物载体, 将倍增组合式 A^2O-A/O 工艺应用于某企业液晶生产线有机废水处理站的提标改造, 取得了令人满意的效果, 出水水质稳定优于《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》。该处理系统微生物种类丰富、浓度高, 单位直接处理成本为 1.11 元/ m^3 。

关键词: 液晶显示器; 有机废水; 叠片展开式悬挂微生物载体; A^2O-A/O 工艺

中图分类号: TU993 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0121-05

Multiplication Combined A^2O-A/O Process for Treating Organic Wastewater from TFT-LCD Production

TONG Bo¹, LIAO Hong-xiu², ZOU Ping¹, HUANG Long-bao², LIU Xia¹, WEI Hong-bin¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Shanghai Zhongyao Environmental Protection Industry Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Combined with the patented product overlap-blade suspended biological carrier, the multiplication combined A^2O-A/O process was applied to reform the organic wastewater treatment station of the TFT-LCD line. Satisfactory results were achieved that the effluent quality is stably better than the *Emission Standard of Pollutants for Electrical Industry (Second Draft for Soliciting Opinions)*. The system had a rich variety and high concentration of microorganisms, and the unit direct treatment cost was 1.11 yuan/ m^3 .

Key words: TFT-LCD; organic wastewater; overlap-blade suspended biological carrier; A^2O-A/O process

薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)的主要生产工艺包括阵列(Array)、成盒(Cell)以及模组(Module)工序,其生产过程中会使用多种化学品和清洗剂,产生大量碱性有机废水、含氟含磷的酸性无机废水以及各类高浓度废液,因污染物种类和成分复杂,处理难度大,造成巨大的环境压力。我国于2018年3月发布了《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》,提出了更严格的排放标准,新的更加有效的处理工艺亟待研究。

本课题组研发的倍增复合式强化脱碳脱氮工艺(QWSTN)解决了传统处理工艺所存在的污泥浓度

低、COD及氨氮难以同时达标、废水中所含毒性物质对微生物抑制、处理效果易受水质冲击且恢复时间长、曝气池泡沫量大等问题,可实现难降解高浓度有机废水处理的达标或回用,已经成功应用于焦化废水、石油化工废水、制药废水等难降解工业废水的处理^[1-2]。在前期研究^[3-4]的基础上设计了倍增组合式 A^2O-A/O 工艺,应用于某显示器企业第5代液晶生产线有机废水处理站的提标改造,取得了满意的效果。

1 设计水量、水质

该企业有机废水处理站设计处理水量为 5 000

m^3/d 。废水中的物质除乙酸外,均为难降解有机污染物,部分物质为难降解的含氮有机化合物。

废水处理站设计进水、出水水质见表1。设计出水指标执行《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》中的“显示器件及光电子器件”类直接排放标准。该废水B/C接近0.3,具有一定的可生化性,总氮含量较高,其中凯氏氮占比高于95%,可见大部分为有机氮。

表1 设计进水、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项 目	pH 值	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
设计进水值	6~9	1 300	400	18	134
设计出水要求	6~9	≤ 80	—	≤ 5	≤ 15

2 工艺流程及主要构筑物

2.1 改造前工艺流程

该显示器生产企业原液晶生产线有机废水处理站建造时间较久,原处理工艺比较简单,采用好氧曝气,分A、B两系列运行。改造前工艺流程见图1。

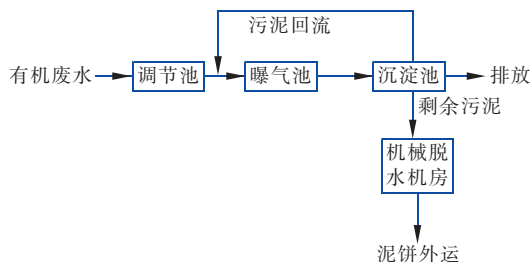


图1 废水处理站改造前处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of TFT-LCD organic wastewater treatment process before reconstruction

由于以前环保要求较低,改造前处理工艺未考虑反硝化工段,也未考虑厌氧水解工段,目前该工艺已不能满足环保排放要求。改造前处理出水COD平均值为76 mg/L ,氨氮平均值为33.1 mg/L ,总氮平均值为54.5 mg/L ,氨氮、总氮均未达标,亟需进行改造。

2.2 改造工艺确定

该废水处理站改造采用同济大学及中耀环保公司开发的倍增组合式 $\text{A}^2\text{O}-\text{A}/\text{O}$ 工艺,工艺流程见图2。为了将废水中的有机氮转化为氨氮,增加了厌氧氨化段,同时增加了反硝化段,并在厌氧池和缺氧池结合使用中耀环保公司生产的专利产品“叠片展开式悬挂微生物载体”^[5]。该蜂窝状球形微生物

载体直径 $\varnothing 108 \text{ mm}$,比表面积可达 $417 \text{ m}^2/\text{m}^3$,具有比表面积大、水流流态佳、微生物种类多、填料不结团等优点。

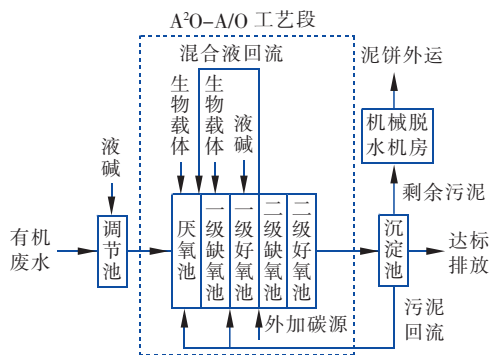


图2 改造后液晶有机废水处理工艺流程

Fig.2 Flow chart of TFT-LCD organic wastewater treatment process after reconstruction

该工程废水中大量的有机氮需要在厌氧池被氨化,这就要求厌氧池有较高的微生物量。设计在厌氧池与一级缺氧池中悬挂了比表面积大的叠片展开式微生物载体填料,该微生物载体表面可附着大量微生物,并提高微生物在生化系统的停留时间,有利于泥龄较长的微生物的生长,同时可以提高系统的抗冲击性能。第一级A/O中,将一级好氧池末端的含 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 混合液回流至一级缺氧池,利用废水中的有机物作为碳源进行反硝化;为保证高效稳定的脱氮能力,在一级 A^2O 之后辅以二级A/O段,一级好氧池末端含 $\text{NO}_x^- - \text{N}$ 混合液自流进入缺氧池,必要时加入碳源进行反硝化,提高总氮脱除率。由于设计了二段A/O,混合液回流比可适当降低,进而降低了运行能耗。较小的混合液回流比还减少了回流液溶解氧对反硝化的影响,在遇到水质波动或排放要求变化时,可灵活调整运行参数,确保出水达标。

2.3 改造工艺主要构筑物及参数

① 调节池

调节池利旧,有效容积为 800 m^3 ,调节进水水质、水量及pH值,池内安装搅拌器。

② 厌氧池

厌氧池分A、B两系列设计,单池有效容积为 615 m^3 ,HRT为5.6 h;池内安装厌氧混合搅拌器,悬挂叠片展开式微生物载体 274 m^3 ;投运后池内pH值约为7.6。

③ 一级缺氧池

一级缺氧池分A、B两系列设计,单池有效容积

为1 040 m³,HRT为9.45 h;池内安装缺氧混合搅拌器,悬挂叠片展开式微生物载体232 m³;投运后池内pH值约为7.7;好氧池末端至一级缺氧池混合液回流比控制在300%~450%。

④ 一级好氧池

一级好氧池分A、B两系列设计,单池有效容积为1 560 m³,HRT为14.2 h。投运后DO约为3.9 mg/L,池内pH值约7.6,控制池内总碱度为100~230 mg/L,水温为25℃;污泥浓度为3.2~5 g/L,SV₃₀为35%~45%,SVI为80~150 mL/g,一级好氧池污泥浓度可达5 000 mg/L以上。

⑤ 二级缺氧池/二级好氧池

二级缺氧池/好氧池分A、B两系列设计,二级缺氧池单池有效容积为325 m³,HRT为2.96 h,池内安装缺氧混合搅拌器,投运后池内pH值约为7.6。二级好氧池单池有效容积为195 m³,HRT为1.76 h,投运后池内pH值约为7.2,DO约为2.5 mg/L。

⑥ 沉淀池

沉淀池分A、B两系列设计,单池尺寸(D×H)为Ø15 m×4.8 m,表面负荷为0.59 m³/(m²·h),沉淀池排泥量为1 m³/h,每小时排泥1 min。

3 稳定运行后的处理效果

首先对A系列进行倍增组合式A²O-A/O工艺改造及调试运行。A系列改造完成后经过前期驯化、逐步增加进水流量及调整运行条件,最终得以稳定运行。此时A系列平均进水流量为2 640 m³/d,污泥负荷为0.11~0.21 kgCOD/(kgMLSS·d)。待A系列运行稳定后,采用相同的运行及调整方法对B系列进行改造并投入生产。

3.1 一级A²O出水水质

调试阶段将污泥浓度控制在设计值的1/2左右,即MLSS约为1.75 g/L,通过控制进水流量使污泥负荷接近设计值[0.15 kgCOD/(kgMLSS·d)]。初始培养阶段采用较大的曝气量以满足好氧微生物的快速增殖,将一级好氧池DO值控制在3~6 mg/L。为快速提高一级好氧池污泥浓度,将部分外回流污泥回流至一级好氧池,回流比约为100%,随着污泥浓度的提升逐渐减小回流比。同时采用较大的混合液回流比(约500%),逐步培养反硝化菌群,提高反硝化能力。根据系统污泥浓度的变化灵活调整进水流量,使整个系统的运行状态稳步接近设计

运行状态。调试30 d左右沉淀池出水各项指标基本达标,随后工艺进入稳定运行阶段。稳定阶段进水及一级A²O段出水水质见表2。

表2 稳定运行后进水及一级A²O段出水水质

Tab.2 Influent quality and A²O effluent quality during stable operation

项目	进水/(mg·L ⁻¹)			一级A ² O段出水/(mg·L ⁻¹)			平均去除率/%
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值	
COD	1 236	911	1 076	76	18	49	95.4
氨氮	18	7.8	10.8	13.8	1.2	3.8	65.0
总氮	134	75	96.8	18	6	12	87.6

可见,经过一级A²O处理,出水COD已经稳定达标,但氨氮、总氮尚不能稳定达标,有时会高于排放限值。

3.2 A²O-A/O工艺的COD去除效果

稳定运行时,倍增组合式A²O-A/O工艺对COD的去除效果见图3。

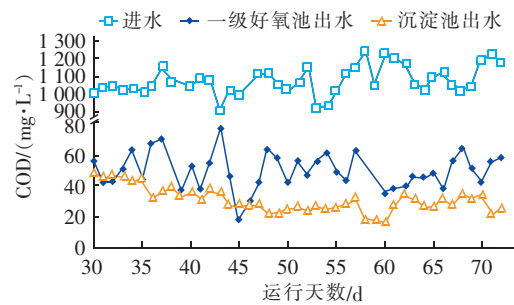


图3 稳定运行时各工艺段COD变化

Fig.3 COD changes of each section during stable operation

可见,进水COD为911~1 236 mg/L,平均值为1 076 mg/L。倍增组合式A²O-A/O工艺沉淀池出水COD最高值47 mg/L,最低值16 mg/L,平均值30.1 mg/L,远低于排放要求(80 mg/L)。稳定运行时整体工艺对COD的总去除率达97%,一级A²O段能降解废水中95.4%的COD,二级A/O段能继续降解废水中1.7%的COD,其单元COD降解率为38%,有利于系统应对有机负荷冲击。

3.3 A²O-A/O工艺的氨氮去除效果

稳定运行时倍增组合式A²O-A/O工艺对氨氮的去除效果见图4。可见,进水氨氮的波动范围为7.8~18 mg/L,平均值为10.8 mg/L。倍增组合式A²O-A/O工艺沉淀池出水氨氮在调试运行50 d左右后稳定达标,远低于出水排放要求(5 mg/L),平均值为0.8 mg/L。尽管硝化菌的生长周期长,但

得益于比表面积大的叠片展开式悬挂微生物载体对硝化菌的附着富集作用,最终取得了很好的硝化反应效果。稳定运行时一级 A²O 段能降解废水中 65% 的氨氮,二级 A/O 段能继续降解废水中 28% 的氨氮,整体工艺对氨氮的去除率稳定高于 93%。

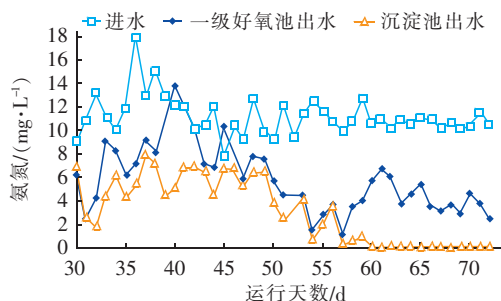


图4 稳定运行时各工艺段氨氮变化

Fig. 4 Ammonia nitrogen changes of each process section during stable operation

3.4 A²O - A/O 工艺的总氮去除效果

稳定运行时倍增组合式 A²O - A/O 工艺对总氮的去除效果见图 5。

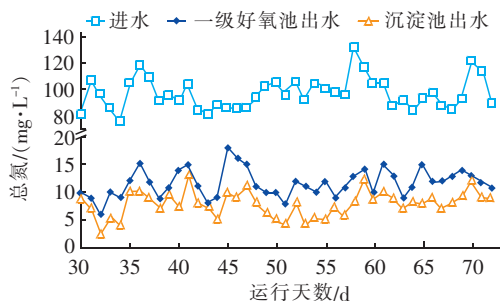


图5 稳定运行时各工艺段总氮变化

Fig. 5 TN changes of each section during stable operation

可见,进水总氮的波动范围为 75 ~ 134 mg/L,平均值为 96.8 mg/L。沉淀池出水总氮最高值为 13 mg/L,最低值为 2 mg/L,平均值为 7.8 mg/L,稳定满足出水排放要求(15 mg/L),且有较大安全调整空间。稳定运行时一级 A²O 段能降解废水中 87.6% 的总氮,二级 A/O 段能继续降解废水中 3.7% 的总氮,二级 A/O 段的单元氨氮降解率为 79%,单元总氮降解率为 32%,整体工艺对总氮的平均总去除率为 92%,保持了高效的硝化 - 反硝化作用,脱氮能力优异,确保了出水总氮达标。

4 直接运行成本

改造后该液晶有机废水处理系统的直接运行成

本为 1.11 元/m³(见表 3),包括电费、污泥处理费以及药剂费,与改造前相比处理成本下降了约 40%。

表 3 废水站改造后直接运行成本

Tab. 3 Direct operation cost of wastewater treatment station

项目	电	药剂	污泥处理	合计
数量	5 457 kW · h/d	10% 液碱: 1 150 kg/d	泥量: 1 425 kg/d	
单价	0.52 元/ (kW · h)	10% 液碱: 0.28 元/kg	0.98 元/kg	
费用/ (元 · m ⁻³)	0.69	0.08	0.34	1.11
注: ①运行成本以当时实际运行水量为 4 100 m ³ /d 计;②为便于比较,污泥按照带式脱水机脱水至含水率 80% 计算。				

5 结语

采用倍增组合式 A²O - A/O 工艺处理液晶生产线阵列及成盒工序所产生的有机废水取得了良好的效果,系统运行后稳定达标,出水 COD、氨氮、总氮均稳定优于《电子工业污染物排放标准(二次征求意见稿)》中推荐的“显示器件及光电子器件”类废水直排限制标准。专利产品叠片展开式悬挂微生物载体提高了系统的生物量,强化了系统应对 COD 以及总氮冲击负荷能力。

参考文献:

- [1] 陈辉洋,魏宏斌,章建科,等. QWSTN 工艺处理焦化废水工程的设计及调试[J]. 中国给水排水,2013,29(20):88-91.
Chen Huiyang, Wei Hongbin, Zhang Jianke, et al. Design and commissioning of QWSTN process for coking wastewater treatment[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(20):88-91 (in Chinese).
- [2] 倪磊,魏宏斌,唐秀华,等. 强化生物脱碳脱氮 QWSTN 工艺处理包钢西区焦化废水[J]. 中国给水排水,2015,31(2):83-85.
Ni Lei, Wei Hongbin, Tang Xiuhua, et al. Enhanced biological carbon and nitrogen removal process for treatment of wastewater from west coking plant in Baotou Steel[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(2):83-85 (in Chinese).
- [3] 汤清泉,魏宏斌,陈良才,等. AAO 与 OAO 工艺处理焦化废水的对比研究[J]. 工业用水与废水,2016,47(3):31-35.
Tang Qingquan, Wei Hongbin, Chen Liangcai, et al.

(下转第 128 页)