

多段多级 A/O 工艺在屠宰废水处理中的应用

吴春山^{1,2}, 江娟^{1,2}, 李冀伟¹, 郑育毅^{1,2,3}, 刘建伟⁴, 孙启元^{1,2,3},
刘文伟^{1,2}

(1. 福建师范大学 环境科学与工程学院, 福建 福州 350007; 2. 福建师范大学 环境科学研究所, 福建 福州 350007; 3. 福建师范大学 环境技术开发与设计所, 福建 福州 350007; 4. 福建省伟邦市政环保工程设计研究院有限公司, 福建 福州 350001)

摘要: 利用多段多级 A/O 工艺对设计规模为 3 500 m³/d 的禽类屠宰废水处理站进行提标改造。竣工验收监测结果表明,改造后的设施出水水质满足《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92)的一级排放标准,对 COD、NH₄⁺-N 和动植物油的去除率分别达到 97.6%、94.1% 和 93.8%,体现了多段多级 A/O 工艺的高效脱氮性能。同时,多段多级 A/O 工艺能显著节省基建投资并降低运行成本。

关键词: 屠宰废水; 多段多级 A/O 工艺; 改造; 脱氮

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0112-04

(A/O)_n Process Usage for Treatment of Slaughter Wastewater

WU Chun-shan^{1,2}, JIANG Juan^{1,2}, LI Ji-wei¹, ZHENG Yu-yi^{1,2,3}, LIU Jian-wei⁴,
SUN Qi-yuan^{1,2,3}, LIU Wen-wei^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. Institute of Environment Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 3. Institute of Environmental Technology Development and Design, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 4. Fujian Weibang Municipal Environmental Engineering Design and Research Institute Group Co. Ltd., Fuzhou 350001, China)

Abstract: The multiple segment and multi-stage A/O process [(A/O)_n] was used to upgrade and reconstruct a poultry slaughter wastewater treatment station with design capacity as 3 500 m³/d. The monitoring results of the acceptance check showed that the final effluent of modified project could meet the first standard specified in *Discharge Standard of Water Pollutants for Meat Packing Industry* (GB 13457-92). The removal efficiency of COD, NH₄⁺-N, animal and vegetable oil were up to 97.6%, 94.1% and 93.8% respectively. These results demonstrated that (A/O)_n process had good performance on nitrogen removal. Meanwhile, the capital construction engineering investment and the operation cost could be saved to a great deal in the (A/O)_n process. This case could be used as reference for the wastewater treatment engineering of slaughter house.

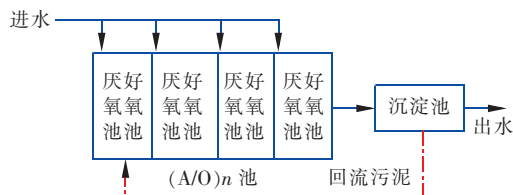
Key words: slaughter process wastewater; (A/O)_n technology; process improvement; deni-

基金项目: 福建省科技重大专项(2014YZ0002-1, 2015YZ0001-1); 福建省自然科学基金资助项目(2015J01187); 国家自然科学基金青年基金资助项目(51509037)
通信作者: 刘文伟 E-mail: liuwenwei_001@163.com

trification

屠宰废水来自于禽畜养殖厂圈栏冲洗以及厂房烫毛、剖解、副食加工、洗油等生产过程,主要含有大量的禽畜血液、油脂、碎肉以及粪便等,因而具有高悬浮物、高有机物浓度、高氨氮三大特点。从“十二五”开始,我国将氨氮和氮氧化物分别纳入水和大气总量控制指标体系,对排放氨氮的企业设施运行及监管要求日益严格。而目前屠宰废水通常采用的处理工艺大都无法满足严格的氨氮排放要求。不仅如此,这些常规工艺运行成本较高,如 A/O 工艺、A²/O 工艺,均需要通过加大硝化液回流来保证脱氮率。在对福建某禽类屠宰企业的废水处理工程改造过程中,通过分析相关资料和文献,将多段多级 A/O 工艺[(A/O)_n]应用于该改造项目,并取得良好效果。

(A/O)_n 是一种新的污水生物处理高效除磷脱氮技术,特别适用于城市污水处理的新建和改造项目,工艺流程见图 1。

图 1 (A/O)_n 高效脱氮工艺流程Fig. 1 Flow chart of (A/O)_n high efficient nitrogen removal process

与传统的脱氮除磷工艺相比,其最大的特点是不需要硝化液的回流,降低了运行成本。采用分点进水,形成交替的多级缺氧+好氧环境。因有机物分布均匀,池内保持低碳状态促使硝化菌和聚磷菌比增殖速度加快,成为优势菌种。反硝化菌优先利用原污水中易降解有机物进行反硝化反应,最大程度地利用原污水中的碳源进行反硝化^[1]。污泥回流进入前端的厌氧区,保证了首段厌氧区污泥的高浓度,延长了活性污泥的停留时间^[2],同时为聚磷菌、硝化菌及反硝化菌创造了最佳生长环境,全面提升了脱氮除磷的效果^[3]。由于生物池内硝化反硝化交替进行,pH 值一般能维持在较高值(7.4~8.3),这有利于增加亚硝酸盐积累率,有利于实现短程硝化反硝化^[4]。

1 原有废水处理设施情况

福建某集团下属的禽类屠宰厂,随着企业规模的扩大,产生的废水水量、水质也发生了巨大的变化,原配套的废水处理设施已不堪负荷,出水指标也无法满足达标排放的要求。

原废水处理工艺流程见图 2。

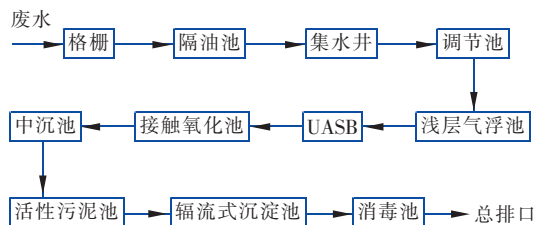


图 2 改造前工艺流程

Fig. 2 Flow chart of original treatment process

存在的问题主要表现为:处理能力大大下降,设计处理量为 3 500 m³/d,而实际处理量仅为 2 500 m³/d;系统硝化碱度不足造成硝化池混合液 pH < 5.5;出水水质不达标。

表 1 是改造前连续 20 d 监测的主要构筑物的出水水质。

表 1 原主要构筑物出水监测结果

Tab. 1 The monitoring results of effluent from original main treatment structures

项 目	COD	mg · L ⁻¹ NH ₄ ⁺ - N
调节池(处理前进水)	1 750 ~ 4 380	64 ~ 255
浅层气浮池	1 490 ~ 3 500	58 ~ 226
UASB	520 ~ 880	72 ~ 215
中沉池	142 ~ 303	48 ~ 96
辐流式沉淀池(处理后出水)	54 ~ 75	23 ~ 38
一级标准	≤ 80	≤ 15

对照项目执行的《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92),经项目原废水处理设施处理后 COD 可达标,但氨氮超标。由于原设施未设置反硝化单元,再加上设备老旧,曝气效率非常低,池内溶解氧不足,抑制了好氧池中硝化菌的生长,TN 去除效果很差,迫切需要对现有废水处理设施进行升级改造。

2 改造工程的多段多级 A/O 工艺设计

根据上述分析,改造工程处理规模为 3 500 m³/d;进水水质(平均值):COD 为 3 000 mg/L,NH₄⁺ -

N 为 150 mg/L;排放标准: $\text{COD} \leq 70 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N} \leq 15 \text{ mg/L}$ 。改造目标是提高设施的生化处理效果,尤其是脱氮效率,因此改造工程的核心是对原设施的好氧生化单元——生物接触氧化池 + 中沉池 + 活

性污泥池进行(A/O) n 的改造,对其他构筑物单元仅进行设施维护、检修及设备更新等工作。

好氧生化单元改造前后工艺平面示意图如图3所示。

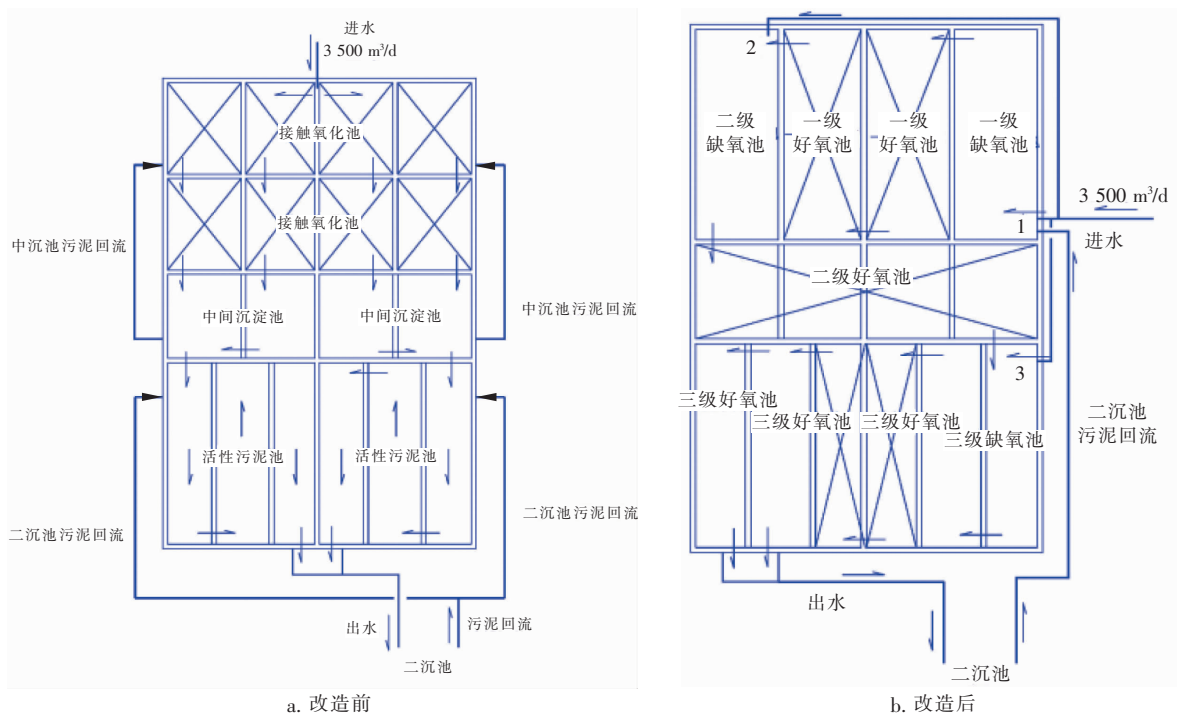


图3 改造前后工艺平面示意图

Fig. 3 Schematic plan of treatment process before and after improvement

改造后工艺流程:废水经格栅和捞机去除其中的鸡肠、内脏、羽毛、凝固的血块等较大颗粒杂物后进入隔油沉渣池,除去大部分碎渣及浮油,再进入调节池;经调节池均质均量后提升到浅层气浮池,深度除油,保障后续生化系统正常运行;气浮池出水进入UASB厌氧处理后,经多点进入(A/O) n 各段各级的A池,最后一级O池出水进入辐流式沉淀池实现泥水分离;沉淀池出水再经 ClO_2 接触消毒后可以外排。

主要单体设计参数:调节池HRT=12 h,浅层气浮为 $\varnothing 6\ 300 \text{ mm}$ 的成套设备;UASB的HRT=16 h、有机负荷为 $2.0 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$; (A/O) n 采用3级,总HRT=14.6 h,其中缺氧5 h、好氧9.6 h,缺氧区每级设计进水量分别为60、45、45 m^3/h ,好氧区的一级、二级DO浓度控制在0.5~1.0 mg/L,三级DO控制在1.4~1.8 mg/L,从好氧区末端进入缺氧区的DO浓度控制在0.2~0.3 mg/L,生物池出水MLSS控制在3 500~4 500 mg/L,污泥回流进入一

级缺氧池,回流比为100%,在三级好氧区中分别安装组合填料65、65和90 m^3 ;辐流式沉淀池表面负荷为 $0.75 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;消毒设备为成套 ClO_2 发生器。

3 改造后设施运行情况

2014年12月—2015年2月完成原有设施运行情况的调研和评估,2015年5月完成改造工程设计,同年底完成土建、设备及工程安装,次年2月进入调试阶段。调试过程中,在UASB和(A/O) n 生化单元投加集团其他屠宰厂污水处理站的厌氧污泥和好氧剩余污泥作为接种污泥,以加快启动速度。经过80 d的培养、驯化,2016年5月正式投入运行。再经3个月的稳定运行,委托第三方进行废水处理设施竣工监测。监测报告表明,该项目各项污染物指标均达标,满足《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92),其中COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和动植物油的去除率分别达到97.6%、94.1%和93.8%。监测结果见表2。

表 2 竣工验收监测结果

Tab. 2 The acceptance monitoring results of wastewater treatment structures

项 目	pH 值	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	动植物油/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水浓度	7.1 ~ 7.5	235 ~ 547	1 540 ~ 3 180	863 ~ 1 305	69 ~ 207	62 ~ 189
进水均值		391	2 360	1 084	138	125.5
出水浓度	6.84 ~ 7.03	29 ~ 57	42.8 ~ 68.8	10.3 ~ 16.1	4.95 ~ 11.42	3.14 ~ 12.46
出水均值		43	55.8	13.2	8.19	7.80
排放标准	6 ~ 9	≤60	≤80	≤30	≤15	≤15

4 技术经济分析

通过实施(A/O)*n*的技术改造,本项目的改造建设费用和日常运行成本都得到很大的节约。从改造建设费用看,将改造工程与延续原有工艺的改造方案相比较,若维持原工艺,需新增扩建一套 1 000 m³/d 的废水处理设施,估算需增加投资 300 万元,而采用(A/O)*n*工艺的工程改造总造价为 139 万元,节省 161 万元。

从运行成本分析:①原设施运行过程中为了确保硝化与反硝化效果以及出水 pH 值达标,系统需投加碱(常用 NaOH)补充碱度,以加碱量为 40 g/m³(140 kg/d)、碱单价按 3 000 元/t 测算,每年耗碱费用为 15.33 万元,而采用(A/O)*n*工艺基本无需补充碱度。②采用(A/O)*n*工艺改造后,体系内维持较低的 DO,改造工程仅鼓风机装机容量就减少 30 kW,每年可节约电耗 26.28 × 10⁴ kW · h,以电价为 0.8 元/(kW · h)计算,可节约电费 21.02 万元。

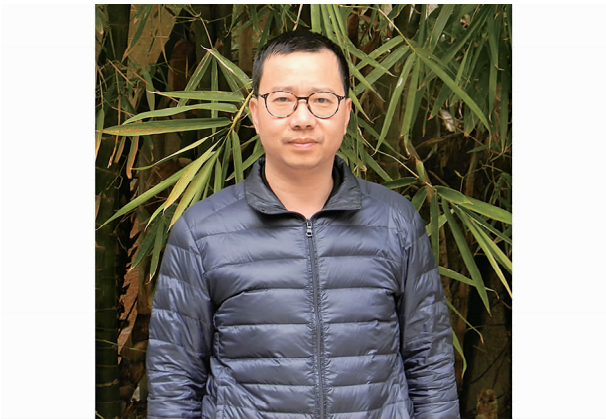
可见,应用(A/O)*n*工艺改造,工程建设投资和日常运行成本上均有较明显的优势。

5 结论

采用(A/O)*n*工艺能有效实现对屠宰废水的脱氮处理,出水水质满足《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—92)的一级排放标准。同时,该工艺实现了经济效益和环境效益的双赢,尤其在屠宰行业废水及相类似的废水治理方面,具有很强的适用性。

参考文献:

[1] 艾恒雨,汪群慧,谢维民,等. 接触氧化工艺中生物填料的发展及应用[J]. 给水排水,2005,31(2):88-92.
[2] 于传贵,马芳静,邵洪,等. 中浓度屠宰废水处理试验[J]. 山东建材学院学报,2001,15(2):173-174.
[3] 孙元慧. “生物接触氧化—微滤膜”处理水产品加工废水的试验研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2005.
[4] 段存礼,毕学军,彭忠. MSBR 工艺在北方典型高浓度城镇污水处理中的应用[J]. 中国给水排水,2011,27(18):71-75.



作者简介:吴春山(1971 -), 男, 福建泉州人, 大学本科, 高级工程师, 主要研究方向为环境分析与环境治理技术。

E-mail:liuwenwei_001@163.com

收稿日期:2016-11-04