

气浮 - A^2/O - 混凝沉淀工艺处理海虾加工废水

陈锦萍¹, 童怡雯¹, 姜 辉², 杨林辉², 罗伶俐², 宋 爽¹

(1. 浙江工业大学 环境学院, 浙江 杭州 310032; 2. 杭州绿昌环境工程有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 针对海虾加工废水具有有机物含量高、氮磷浓度高、杂质和悬浮物浓度高等特点, 设计采用气浮 - A^2/O - 混凝沉淀工艺对海虾加工废水进行处理。实际工程应用结果表明, 该工艺对 COD、BOD₅、氨氮、总磷及 SS 的平均去除率分别达到 91.3%、90.6%、65.0%、88.8%、92.6%, 出水水质稳定, 满足当地排放标准。

关键词: 海虾加工废水; 气浮; A^2/O ; 混凝沉淀

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)04-0084-05

Treatment of Wastewater from Shrimp Processing with Air Floatation - A^2/O - Coagulating Sedimentation Process

CHEN Jin-ping¹, TONG Yi-wen¹, JIANG Hui², YANG Lin-hui², LUO Ling-li²,
SONG Shuang¹

(1. College of Environment, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China; 2. Hangzhou Lyuchang Environmental Engineering Co. Ltd., Hangzhou 310014, China)

Abstract: Wastewater from shrimp processing usually contain high concentrations of organic pollutants, nitrogen and phosphorus, impurities and suspended solids. In this project, a combined process of air floatation - A^2/O - coagulating sedimentation process was proposed to treat the wastewater from a shrimp processing. Practice results of the project show that the average removal rates of COD, BOD₅, ammonia nitrogen, total phosphorus and SS are 91.3%, 90.6%, 65.0%, 88.8% and 92.6%, respectively. The final effluent quality could be kept stable, and meet the local emission standards.

Key words: wastewater from shrimp processing; air floatation; A^2/O ; coagulation and sedimentation

海虾加工主要包括解冻、清洗、浸泡、蒸煮等加工工艺,期间会产生大量虾的头部、外骨骼、触须以及加工过程所使用的各类添加剂残留,这导致了海虾加工废水中往往含有大量悬浮物、动物油脂、胶体蛋白质、氮磷及盐类物质。该废水 COD、NH₃-N、SS 浓度普遍较高^[1]。同时,海虾废水排放量会随季节和市场的变化而产生较大的波动,这也使得处理难度和费用大大增加^[2]。目前生化法是处理此类废水的常用工艺。但若仅使用生化法进行直接处

理,易产生大量胶体状污泥,而这种污泥不易脱水且易腐烂发臭,并有可能造成磷的二次释放^[3]。为解决这一实际问题,使海虾加工废水能达到排放要求,设计采用气浮 - A^2/O - 混凝沉淀组合处理工艺,并应用于某海虾加工厂的废水处理。

1 工程概述

该海虾水产加工厂主要从事海虾产品加工。废水来源主要包括清洗废水、蒸煮废水、废气喷淋水。废水来源、水质特点以及去向情况见表 1。从表 1

可看出,该海虾水产加工废水污染物因子种类多且污染物浓度高,可生化性较差。为满足后续生化处理对废水可生化性的要求,需进行预处理以提高其可生化性。

表 1 废水来源、水质特点及去向

Tab. 1 Source, quality characteristics and destination details of wastewater

项 目	最大排放量/ (m ³ ·d ⁻¹)	水质特点	去向
清洗废水	165	主要含有一些悬浮颗粒及虾头等杂质,盐分约 400 mg/L,氨氮约 65 mg/L,COD 约 2 700 mg/L	经格栅去除大体积固体杂物后接入调节池
蒸煮废水	8	高 COD,高氨氮,高 SS,高盐分(约 13 000 mg/L),且温度高,氨氮约 130 mg/L, COD 约 11 000 mg/L	经车间的隔油沉渣池去除浮油及大体积杂物后,接入废水处理区的中间池,再分批次泵入调节池
废气喷淋水	8	主要为废气中的恶臭物质,污染物相对少,氨氮约 80 mg/L	接入调节池

气浮处理工艺主要通过水中微小气泡粘着疏水性杂质,在浮力作用下上浮至水面,快速、高效地去除杂质,提高废水的可生化性^[4]。其中,加压溶气气浮处理工艺具有出水水质好、药剂投放量少、处理效果稳定等优点,尤其对含油废水具有很好的处理效果,应用十分广泛。目前有一种适合小水量的污水处理新型气浮设备,采用旋涡气液混合泵,具有自吸空气并在泵体内加压溶解形成溶气水的功能。与传统气浮装置相比,具有工艺设备简单,释放器不易堵塞,对回流水要求低,产生气泡小且均匀、密集,气浮效果稳定等优点^[5]。另外,在气浮设备布置形式方面,相较于平流式气浮装置,竖流式气浮装置具有占地少,排泥容易,固、液上浮分离在水流分配上较合理等优势^[6]。因此,设计采用搭载了旋涡气液混合泵的竖流式气浮装置,先对废水进行混凝气浮预处理,去除固体悬浮物及不溶性 COD。A²/O 工艺

是一种常用的生物处理技术^[7,8],在后续生化部分采用 A²/O 工艺进行脱氮除磷并同步去除 COD,最后通过混凝沉淀进一步去除废水中 COD 及 SS。

2 工程设计

2.1 废水水量、水质和排放标准

根据废水的水量、盐分、氨氮计算,各股废水充分混合后盐分约 1 000 mg/L,氨氮约 30 mg/L,COD 约 3 000 mg/L,考虑该废水季节波动性较大,以及公司今后发展,设计进水水量按 200 m³/d 计,废水处理设施处理能力按 10 m³/h 设计。出水水质需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级排放标准,且氨氮、总磷应达到《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013),总氮达到《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)B 等级。根据业主提供的废水水样,确定设计进水水质和排放标准(见表 2)。

表 2 废水水质及排放标准

Tab. 2 The quality of wastewater and discharge standards

项目	pH 值	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	总磷/ (mg·L ⁻¹)	总氮/ (mg·L ⁻¹)	盐分/ (mg·L ⁻¹)
生产废水	6.0~8.0	≤3 500	≤2 000	≤800	≤75	≤40	≤150	≤3 000
排放标准	6.0~9.0	≤500	≤300	≤400	≤35	≤8	≤70	

2.2 处理工艺

根据该公司生产废水的特点并借鉴国内外水产品废水处理经验,确定采用气浮、A²/O 及混凝沉淀联用的处理工艺。

① 废水收集。生产废水由两条渠道进入废水处理系统。a. 清洗废水经厂区废水管路收集至废水处理区的沉渣池,去除虾壳、虾头等较大固体杂物后自流入集水池,集水池设格栅以去除较小体积的固体杂物,集水池的废水泵入调节池。b. 蒸煮废水收

集至隔油沉渣池,除去大部分固体杂物后由业主单独接至废水处理区的中间池,蒸煮废水浓度高,需要分批次泵入调节池。

② 废水混合。在调节池中设置曝气系统,并保证较长的停留时间,以确保两部分废水充分混合,达到水质和水量稳定。

③ 气浮预处理。调节池废水由泵接入气浮反应池,加药改变不溶物的亲水性后流入气浮装置,利用旋涡气液混合泵形成溶气水,在满足 20%~30%

回流比的前提下,用渐扩式释放器布水,使溶气水均匀减压,释放出均匀密集且粒径很小的气泡,附着于经药品处理后的悬浮固体、胶体及油分之上,将其带至调节池水面处形成浮渣。浮渣经刮泥机收集后排入污泥池待处理,下层清液自流入 A^2/O 生化处理系统。

④ A^2/O 单元。 A^2/O 生化处理系统核心反应池包括厌氧池、兼氧池和好氧池。其可通过微生物作用去除废水中大量的蛋白质,大大降低 COD 及氮磷含量。泥水混合物从好氧池排出后进入二沉池进行泥水分离。二沉池污泥部分回流至厌氧池和兼氧

池,为其提供生物反应所需菌种,剩余污泥泵入污泥池待处理。

⑤ 混凝沉淀。二沉池出水进入混凝池,投加片碱、 $FeCl_3$ 及 PAM 混凝后进入终沉池进行泥水分离。

⑥ 达标排放。上清液经标准排放口达标排放,下层污泥泵入污泥池待处理。

⑦ 污泥后处理。污泥池内污泥经板框压滤机脱水干化制成泥饼外运,压滤过程产生的液体收集至集水池内,避免二次污染。

具体工艺流程如图 1 所示。

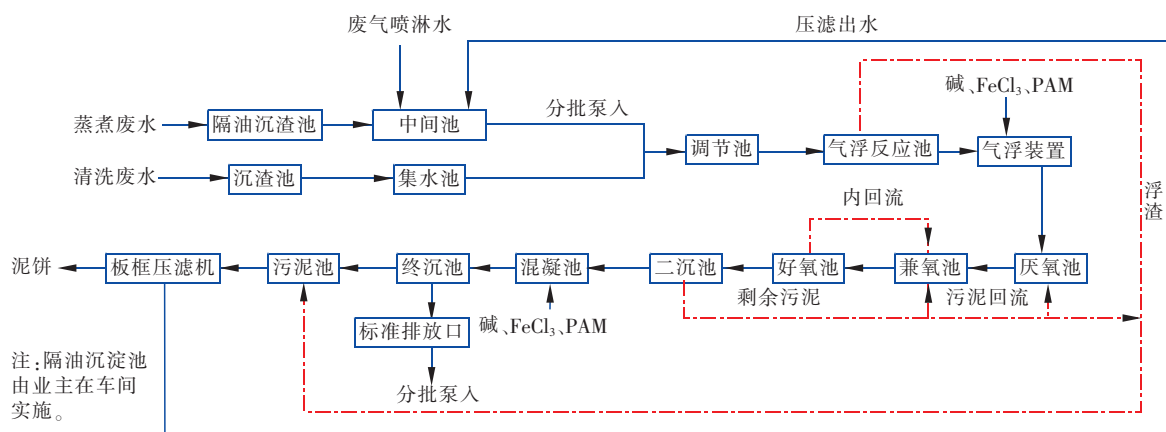


图1 废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

2.3 主要构筑物及参数

① 中间池。1座,地埋式钢混结构,有效容积为 $4.5 m^3$,平面尺寸为 $1.5 m \times 1.5 m$,有效水深为 $2.0 m$ 。配有废水提升泵2台, $Q = 10 m^3/h$, $H = 80 kPa$, $N = 0.55 kW$,1用1备;液位控制器1套。

② 沉渣池。1座,地埋式钢混结构,有效容积为 $12 m^3$,平面尺寸为 $1.5 m \times 4.0 m$,有效水深为 $2.0 m$ 。

③ 集水池。1座,地埋式钢混结构,有效容积为 $9 m^3$,平面尺寸为 $1.5 m \times 3.0 m$,有效水深为 $2.0 m$ 。配有不锈钢格栅1套($B = 10 mm$),废水提升泵2台(不锈钢潜污泵, $Q = 10 m^3/h$, $H = 80 kPa$, $N = 0.55 kW$,1用1备);液位控制器1套。

④ 调节池。1座,半地埋式钢混结构,顶部加盖,停留时间为 $21.6 h$,有效容积为 $180 m^3$,有效水深为 $6.0 m$ 。配有废水提升泵2台,潜污泵, $Q = 10 m^3/h$, $H = 110 kPa$, $N = 0.75 kW$,1用1备;罗茨风机1台, $Q = 1.7 m^3/min$, $\Delta P = 65 kPa$, $N = 5.5 kW$;

穿孔曝气管1套;液位控制器2套。

⑤ 气浮反应池。1座,半地埋式钢混结构,有效容积为 $2.9 m^3$,平面尺寸为 $0.8 m \times 2.4 m$,有效水深为 $1.5 m$ 。配有反应搅拌机3套($N = 1.5 kW$),pH计1套。投加适量片碱、 $FeCl_3$ 及 PAM,改变废水中悬浮颗粒的亲水性能,提高颗粒的可浮性。

⑥ 气浮装置。1座,不锈钢结构, $\varnothing 1.9 m$,高为 $2.7 m$ 。配有气液混合泵1台、刮渣机1套、释放器1个及电气控制1套。

⑦ 厌氧池。3座,半地埋式钢混结构,顶部加盖,停留时间为 $30.24 h$,有效容积为 $252 m^3$,平面尺寸为 $4.5 m \times 3.4 m + 4.5 m \times 3.0 m + 4.5 m \times 2.95 m$,有效水深为 $6.0 m$ 。配有 $\varnothing 200 mm$ 的生物弹性填料 $125 m^3$ 。

⑧ 兼氧池。1座,半地埋式钢混结构,顶部加盖,停留时间为 $9.5 h$,有效容积为 $79 m^3$,有效水深为 $6.0 m$ 。配有 $\varnothing 200 mm$ 的生物弹性填料 $40 m^3$,穿孔曝气管1套。

⑨ 好氧池。2座,半埋式钢混结构,顶部加盖,停留时间为32.7 h,有效容积为272 m³,平面尺寸为4.5 m×5.05 m+4.5 m×5.05 m,有效水深为6.0 m。配有 \varnothing 200 mm的生物弹性填料135 m³,微孔曝气机112套,罗茨风机2台($Q=4.95$ m³/min, $\Delta P=65$ kPa, $N=11$ kW,1用1备),内回流泵2台($Q=10$ m³/h, $H=110$ kPa, $N=0.75$ kW)。

⑩ 二沉池。1座,半埋式钢混结构,竖流式沉淀池,平面尺寸为4.5 m×4.5 m,有效水深为6.0 m,表面负荷为0.5 m³/(m²·h)。配有污泥泵2台($Q=10$ m³/h, $H=100$ kPa, $N=0.75$ kW,1用1备),导流筒1套。

⑪ 混凝池。1座,钢混结构,停留时间为0.7 h,有效容积为7.2 m³,平面尺寸为4.5 m×1.0 m,分成3格,有效水深为1.75 m。配有pH计1台,穿孔曝气管1套,反应搅拌机1套(桨叶衬玻璃钢防腐, $N=1.5$ kW),片碱、FeCl₃、PAM加药系统各一套,包含2 m³溶药桶3个,搅拌机3套($N=0.75$ kW),磁力防腐加药泵6台,3用3备。

⑫ 终沉池。1座,半埋式钢混结构,竖流式沉淀池,有效容积为118 m³,平面尺寸为4.5 m×4.5 m,有效水深为5.85 m,表面负荷为0.5 m³/(m²·h)。配有污泥泵2台($Q=10$ m³/h, $H=100$ kPa, $N=0.75$ kW,1用1备),导流筒1套。

⑬ 污泥池。1座,半埋式钢混结构,顶部加盖,有效容积为42 m³,有效水深为6.0 m。配有气动隔膜泵2台($Q=16$ m³/h, $N=0.7$ MPa,1用1备),空压机1台($Q=0.9$ m³/min, $P=0.8$ MPa, $N=5.5$ kW),穿孔曝气管1套,板框压滤机1台(过滤面积为80 m², $N=3.0$ kW)。

3 调试与运行效果

3.1 调试阶段

① 仪器设备调试

分别对各设备、仪表及构筑物进行试运行和联机测试,以确保各仪器设备能正常工作。

② 污泥培养

该阶段需要对A²/O生化处理系统中所需的微生物进行培养驯化,提高其降解有机污染物的能力。首先从污水处理厂取得污泥菌种,投入A²/O系统。控制一定曝气量,不进水连续闷曝72 h,闷曝结束后开始持续加入人工配水,待出水水质稳定后提高进水量(每次稳定时间约为5~6 d),直到满负荷。

3.2 运行效果

该废水处理系统交付厂方使用后,系统运行稳定,进、出水水质见图2。分析数据可知,对COD、BOD₅、氨氮、总磷和SS的平均去除率分别为91.3%、90.6%、65.0%、88.8%和92.6%,出水水质满足设计要求。

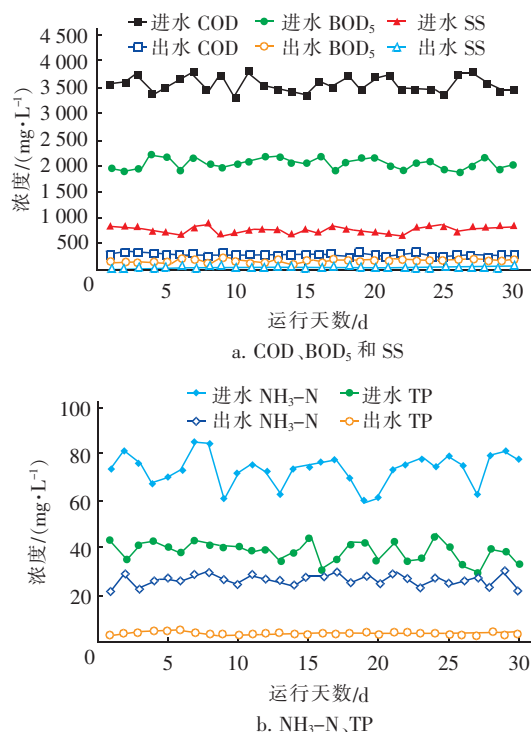


图2 系统进、出水COD、BOD₅、SS、NH₃-N和TP浓度变化

Fig. 2 Concentration changes of COD, BOD₅, SS, NH₃-N and TP in the influent and effluent of the system

4 运行成本

该工程费用主要包括电费、人工费、药剂费。总装机容量为52.17 kW,实际运行容量为30.51 kW。实际用电容量为455.5 kW·h/d,功率因子为0.75。折算成电耗为2.28 kW·h/m³,按电价为0.80元/(kW·h)计,则电费为1.83元/m³。劳动定员为专职3人,工资按2400元/(人·月)计算,则人工费为1.2元/m³。所用药剂主要为片碱、FeCl₃、PAM,根据同类废水处理工程经验,其药剂费约为1.2元/m³。该废水处理站运行费用为4.23元/m³。

5 结论

采用气浮-A²/O工艺处理海虾加工废水,经气浮处理后,废水的可生化性大大提升,使A²/O工艺处理效果得到优化。该工程实施后,对COD、BOD₅、

氨氮、总磷及SS的平均去除率分别达到91.3%、90.6%、65.0%、88.8%和92.6%,出水水质满足当地排放标准。

参考文献:

- [1] 张司桥. 隔油沉淀-曝气调节-混凝气浮-A²/O工艺在水产加工废水处理中的应用[J]. 水处理技术, 2009, 35(6): 110-112.
- [2] 童新, 郑卫卫. 小型水产加工企业废水处理工艺改造[J]. 工业水处理, 2012, 32(5): 90-92.
- [3] 俞津津, 黄冠男, 姬玉欣, 等. 水产品加工废水生物处理工艺研究进展[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(11): 76-82.
- [4] 王端洋, 刘丹, 赵可卉, 等. 典型气浮净水设备评述[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(9): 82-87, 161.
- [5] 华洪基, 杨震. 气液混合泵应用于气浮池溶气系统[J]. 中国给水排水, 2003, 19(10): 83-84.
- [6] 袁鹏, 张景成, 彭剑峰, 等. 新型竖流气浮反应器工作性能与应用研究[J]. 环境工程学报, 2007, 1(1): 59-63.
- [7] 叶长兵, 周志明, 吕伟, 等. A²O污水处理工艺研究进展[J]. 中国给水排水, 2014, 30(15): 135-138.
- [8] 杨志泉, 周少奇, 何伟, 等. 改良A²/O工艺生物脱氮除磷应用研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(1): 79-82.



作者简介: 陈锦萍(1992-), 女, 浙江诸暨人, 硕士研究生, 主要研究方向为水污染控制。

E-mail: ss@zjut.edu.cn

收稿日期: 2017-07-31

(上接第79页)

单晶硅废水物化混凝处理过程中, 三级混凝沉淀的进、出水须测定钙离子含量, 控制碳酸钠投药量, 确保生化系统的钙离子浓度在200 mg/L以下, 盐分控制在6 000 mg/L以下, 既保证了生化系统微生物的正常生长, 也避免了生物膜及曝气系统钙化情况的发生。

参考文献:

- [1] 熊宇, 王伯铎, 蒋立荣. 晶体硅太阳能电池生产的生产污水处理工艺[J]. 地下水, 2010, 32(2): 58-60.
- [2] 徐金兰, 王宝泉, 王志盈, 等. 石灰沉淀-混凝沉淀处理含氟废水的试验[J]. 水处理技术, 2003, 29(5): 282-285.
- [3] 方俊华, 刘石虎, 周健. 两级中和沉淀-混凝工艺处理高浓度含氟废水试验研究[J]. 给水排水, 2006, 32(10): 62-64.



作者简介: 孙杰(1983-), 男, 满族, 河北承德人, 本科, 工程师, 设计院院长, 主要从事工业废水及回用水处理设计及施工管理。

E-mail: 137869790@qq.com

收稿日期: 2017-08-08