

固液分离/涡凹气浮/水解酸化/接触氧化处理屠宰废水

白王军^{1,2}, 倪 军^{1,2}

(1. 河海大学, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学设计研究院有限公司, 江苏 南京 210098)

摘 要: 采用固液分离/涡凹气浮/水解酸化/接触氧化的组合工艺处理屠宰废水,在生物接触氧化池内采用间歇运行方式,很好地解决了间歇进水和生物接触氧化池连续运行的问题,最终出水 COD 平均为 95 mg/L, BOD₅ 平均为 29 mg/L, SS 平均为 47 mg/L, 动植物油平均为 7 mg/L, NH₃-N 平均为 12 mg/L, TP 平均为 2.4 mg/L, 出水水质远远优于当地环评、环保部门要求和《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

关键词: 屠宰废水; 涡凹气浮; 生物接触氧化

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)04-0106-04

Treatment of Slaughterhouse Wastewater by Solid-liquid Separation/Cavitation Air Flotation/Hydrolysis Acidification/Contact Oxidation

BAI Wang-jun^{1,2}, NI Jun^{1,2}

(1. Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Hohai University Design Institute Co. Ltd., Nanjing 210098, China)

Abstract: A combined process of solid-liquid separation/cavitation air flotation/hydrolytic acidification/contact oxidation was adopted to treat slaughterhouse wastewater. The batch operation mode was applied in biological contact oxidation tank, which solved the problem of intermittent influent and continuous operation in biological contact oxidation tank. The average effluent COD, BOD₅, SS, animal and vegetable oil, NH₃-N, TP were 95 mg/L, 29 mg/L, 47 mg/L, 7 mg/L, 12 mg/L, and 2.4 mg/L respectively, which were far superior to the requirements of local environmental protection department and the first level criteria in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996).

Key words: slaughterhouse wastewater; cavitation air flotation; biological contact oxidation

屠宰废水来自宰前饲养场排放的不同位置,比如冲洗畜粪的地面冲洗水、屠宰车间排放的含血废水、含大量猪毛的烫毛高温废水以及烫血车间排放的含血废水。屠宰废水含有的污染物很复杂,主要含高浓度有机物、悬浮物、溶解性固体物、油脂和蛋白质等,可能还含有多种与人体健康关系较大的细菌(如粪便大肠菌、粪便链球菌等),并伴有令人不适的血红色和血腥味。若从水质指标上考量,则屠宰废水 COD、BOD₅、SS、动植物油及氨氮等含量都比较高^[1]。如果屠宰废水不经过处理就任意排放,不但会造成环境污染,而且会恶化河流的自净功能,严

重影响生态环境。

泰州某屠宰场废水处理工程采用物化—生化组合工艺,运行后达到满意的出水效果,可为其他屠宰废水处理工程的设计和运行提供参考。

1 废水水量和水质

1.1 废水水量

该屠宰场废水处理量为 600 m³/d, 平均为 25 m³/h。由于屠宰行业属于间歇性用水且用水量时变化系数较大,因此峰值排水量按 100 m³/h 设计。

1.2 废水水质

该工程废水主要为屠宰废水、冲洗废水以及少

量生活污水。根据环评和环保部门的要求,企业出水水质需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。废水水质及排放标准见表1。

表1 废水水质及排放标准

Tab.1 Wastewater quality and discharge standards

项 目	mg · L ⁻¹					
	COD	BOD ₅	SS	动植物油	NH ₃ -N	TP
混合废水	3 500	2 000	1 000	750	200	20
排放标准	100	30	70	10	15	3

2 废水处理工艺

屠宰废水处理技术比较成熟,目前采用的主体工艺包括隔油+气浮+UASB+接触氧化+混凝沉淀或隔油+气浮+水解酸化+接触氧化+混凝沉淀等。刘士军等^[2]采用气浮—UASB—接触氧化组合工艺和曹文平^[3]采用的水解酸化+三级接触氧化的组合工艺等都取得不错的处理效果。通常情况下,如果废水COD不高,则采用水解酸化就可以满足要求;相反如果COD较高,则选择UASB较为合

适。对屠宰废水中其他非降解的动植物油、SS、NH₃-N需通过隔油+气浮等物理单元处理,可大大减轻后续生化处理负荷,从而降低实际工程造价,节省日常运行费用。

在屠宰废水处理过程中,虽然有很多不同的工艺组合,但需结合实际情况,并考虑废水的水质特征。从表1可以看出,废水SS浓度较高,主要是大量血污、皮毛、碎骨肉、油脂和内脏等杂物引起的。为了保障后续单元的安全运行,先进行固液分离,以减轻固体物对废水处理的影响。同时,废水中的动植物油含量也较高,采用涡凹气浮可基本保障对油类的处理效果。废水B/C值虽然高达0.57,但由于本身COD就很高,如果直接采用接触氧化等生化工艺,受污染物负荷的限制,势必需建很大的生化池,这在工程上是不经济的,所以选用水解酸化进行有机污染物的预降解,以减小生化池的容积。最终采用的主体工艺为固液分离+涡凹气浮+水解酸化+接触氧化,如图1所示。

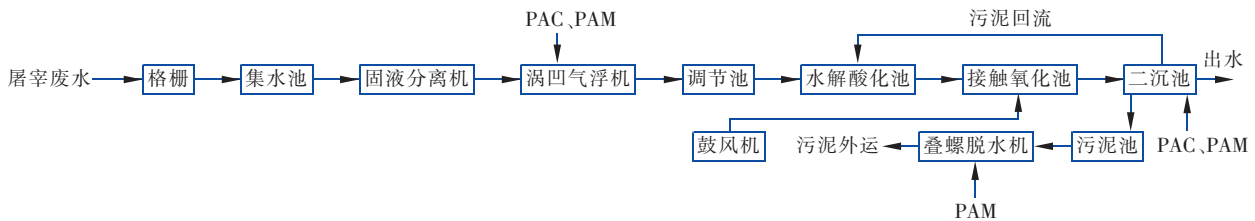


图1 废水处理工艺流程

Fig.1 Wastewater treatment process

屠宰废水的排放基本属于间歇性排放,一般都是凌晨01:00—06:30排放了全天水量的80%左右。如果采用传统生物接触氧化工艺,则势必造成菌种的自然淘汰,从而失去优势菌种,加剧系统的破坏,这也是很多屠宰废水处理厂设计容易而运行达标难的主要原因。本工程在生物接触氧化池内采用间歇运行处理方式,很好地解决了间歇进水和生物接触氧化池连续运行的问题,通过有机结合,出水稳定达标排放。

3 主要构筑物及设备参数

① 集水池

1座,钢筋混凝土结构,有效容积为150 m³,停留时间为6 h。配置机械粗格栅一套,栅宽为800 mm,栅距为20 mm,配套带式输送机1台。机械粗格栅根据液位差计自动运行。

② 固液分离机

屠宰废水中含有的毛发、粪便等固体物质如果不经处理,将极大地增加后续设备的负荷,而经过固液分离后,对污染物削减率>50%。

采用圆形固液分离机,2台,不锈钢304材质,整个设备的尺寸为 $\varnothing 2.5\text{ m} \times 3.0\text{ m}$, $N=7.5\text{ kW}$;配套切割式潜污泵1台、全自动控制箱1组。固液分离机根据液位差计自动运行。

③ 涡凹气浮机

考虑到废水中含有较多的油脂,并且以乳化油状态存在,还有大量不能通过固液分离机去除的悬浮物,因此在涡凹气浮机中设置加药系统(与混凝沉淀池共用),加入混凝剂(PAC)和助凝剂(PAM),主要用来去除废水中的乳化油和悬浮物^[2-3],以保障后续整个生化系统的正常运行,同时可进一步降低废水的生化负荷。涡凹气浮机由溶气释放器产生气泡,用于去除废水中的固体悬浮物、油脂、胶状物

等杂质。采用方形碳钢防腐结构,2套,设备外形尺寸为 $4.8\text{ m}\times 2.0\text{ m}\times 1.8\text{ m}$,整机功率为 2.95 kW ;配套1台曝气机、4台溶气释放器和2台刮渣机。

④ 调节池

调节池不仅具有调节水量、水质的作用,而且兼具事故池的作用。在调节池中安装预曝气设备,用于去除水中部分氨氮。1座,钢筋混凝土结构,停留时间为 24 h ,有效容积为 600 m^3 (含 300 m^3 应急池);配置转鼓细格栅1套,直径为 800 mm ,栅距为 3 mm ;配套螺旋输送机1台。

⑤ 水解酸化池

经过预处理,废水中的污染物已经得到大幅降低,但废水中溶解性COD中的大分子还是存在的,所以需通过水解酸化作用将较难降解的大分子有机物转化成小分子有机物,以提高废水的B/C值,更有利于后续接触氧化的处理。

水解酸化池1座2组,钢筋混凝土结构,设计停留时间为 12 h ,有效容积为 300 m^3 ;配置下向流布水器6套,出水管均设防腐措施。水解酸化池的ORP应控制在 $-50\sim +20\text{ mV}$,pH值为 $5.5\sim 6.5$,溶解氧 $<0.2\sim 0.3\text{ mg/L}$ 。水解酸化池出水的B/C值由进水的 0.57 提高到 0.70 。为了保障水解酸化池的污泥量,二沉池污泥按 $50\%\sim 100\%$ 回流到水解酸化池。

⑥ 生物接触氧化池

接触氧化池内的有机物在气水的剧烈扰动下,加速了与微生物之间的传质,使生物膜上的生物相非常丰富。同时选择的生物填料具有较大的比表面积,容易生长大量的生物膜,从而提高生物膜的净化功能。生物接触氧化池1座,钢筋混凝土结构,有效容积为 300 m^3 ,设计停留时间为 12 h ,有效水深为 4.5 m ;池内安装立体弹性填料, $\phi 150\text{ mm}$,填料高度为 3 m ,采用穿孔管曝气;配套鼓风机2台,以保障池内的DO不低于 2 mg/L 。

⑦ 二沉池

二沉池用于实现固液分离。为了加速污泥沉降,与混凝气浮池共用一套加药设备投加PAC和PAM。PAC投加量为 20 mg/L ,PAM投加量为 3 mg/L 。PAC和PAM先后投加在二沉池的前端,便于污泥沉降和降低出水SS。

二沉池1座,钢筋混凝土结构,混凝设计停留时间为 1 h ,沉淀设计停留时间为 3 h ,表面负荷为 1.0

$\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,采用斜管沉淀方式;混凝池和沉淀池合建,尺寸为 $5\text{ m}\times 5\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ 。

4 工艺调试及主要技术经济指标

4.1 工艺调试

主要进行水解酸化池和生物接触氧化池调试。

① 水解酸化池

水解酸化池采用接种污泥且连续小水量挂膜启动,接种污泥取自泰州某城镇污水处理厂脱水污泥,且为刚脱水不久的新鲜泥饼,含水率为 85% 左右,投加至水解酸化池前需加少量水并捣成泥浆。干污泥的投加量一般为池容的 $8\%\sim 10\%$,即为不少于 24 m^3 的接种污泥。同时,需进行微生物镜检以确保污泥的稳定生长。水解酸化池调试初期进水以 15 d 为一个培养周期,进水量分别按照总处理规模的 $1/5$ 、 $1/4$ 、 $1/3$ 、 $1/2$ 、满负荷进行配置,待出水稳定后,需保障COD去除率 $>30\%$ 。

② 接触氧化池

接触氧化池挂膜时间较长,但因为废水的污染物浓度较高,所以微生物增殖较慢。经过近3个月挂膜—脱落—再挂膜—再脱落的反复后,弹性立体填料上的生物膜慢慢变得比较厚,镜检也发现大量原生动物和微型后生动物。

以往工程都是连续进水连续出水的调试,但本工程的特色在于采用分批次处理方式,一天处理2次,每次处理废水量约 300 m^3 。采用该运行模式和传统 A^2/O 工艺相比具有以下几个优点:第一,水力停留时间长,出水水质好;第二,生化池内污泥量高,菌种不易流失;第三,可以长期稳定达标排放,很多工业废水处理工程采用传统 A^2/O 工艺,初期运行水质好,但时间一长水质越来越差,每次现场处理检查时都发现生化池内基本上没有菌种,为避免该类现象发生就出现了MBR工艺,其实质还是把菌种锁在生物接触氧化池内,而采用间歇方式运行处理同样可以达到此目的,从而保障长期稳定达标。

4.2 调试结果

经过近2个月的单机调试以及3个月的联动调试后投入运行,各个处理单元的去除率基本达到设计值,甚至有些指标效果更好。最终出水指标平均值:COD为 95 mg/L , BOD_5 为 29 mg/L ,SS为 47 mg/L ,动植物油为 7 mg/L , NH_3-N 为 12 mg/L ,TP为 2.4 mg/L ,远远优于环评和环保部门的要求,以及《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。各

处理单元的出水水质见表 2。

表 2 各处理单元的出水水质

Tab. 2 Effluent quality of each treatment unit

处理单元	项目	COD	BOD ₅	SS	动植物油	NH ₃ - N	TP
粗格栅	进水/ (mg · L ⁻¹)	3 500	2 000	1 000	750	200	20
	出水/ (mg · L ⁻¹)	3 150	1 800	800	750	200	20
	去除率/%	10	10	20	—	—	—
固液分离机	出水/ (mg · L ⁻¹)	3 150	1 800	480	300	200	20
	去除率/%	—	—	40	—	—	—
涡凹气浮机	出水/ (mg · L ⁻¹)	2 205	1 440	288	45	100	8
	去除率/%	30	20	40	85	50	60
调节池	出水/ (mg · L ⁻¹)	1 764	1 296	259	36	80	8
	去除率/%	20	10	10	20	20	—
水解酸化池	出水/ (mg · L ⁻¹)	1 235	1 037	155	36	80	8
	去除率/%	30	20	40	—	—	—
生物接触氧化池 + 二沉池	出水/ (mg · L ⁻¹)	95	29	47	7	12	2.4
	去除率/%	92.3	97.2	70	80	85	70
总去除率/%		97.3	98.6	95.3	99.1	94.0	88.0
出水标准/(mg · L ⁻¹)		≤100	≤30	≤70	≤10	≤15	≤3

4.3 主要技术经济指标

该工程的土建费用为 85.5 万元,设备费用为 113.208 万元,总建设费用为 198.708 万元。根据实测,运行功率为 27 kW,则用电量为 648 kW · h/d,当地电价为 1.0 元/(kW · h),则电费为 1.08 元/m³;PAC 的投加量为 50 mg/L,单价为 2.2 元/kg,PAM 投加量为 15 mg/L,单价为 24 元/kg,则药剂费为 0.47 元/m³;人员工资为 3 000 元/(月 · 人),2 人,则人工费为 0.34 元/m³。最终运行成本为 1.89 元/m³。

5 结论

① 采用固液分离/涡凹气浮/水解酸化/接触氧化工艺处理屠宰废水总体是可行的,处理出水 COD、BOD₅、SS、动植物油、NH₃ - N 和 TP 的平均值分别为 95、29、47、7、12 和 2.4 mg/L,出水指标远远优于当地环评、环保部门要求和《污水综合排放标

准》(GB 8978—1996)的一级标准。

② 在生物接触氧化池内采用间歇运行处理方式,很好地解决了间歇进水和生物接触氧化池连续运行的问题。通过运行优化,出水稳定达标排放。

参考文献:

[1] 潘登,王娟,王新冀,等. 屠宰废水处理工程实践与工艺探讨[J]. 环境工程,2013,31(4):63-65.
Pan Deng, Wang Juan, Wang Xinji, et al. Dissussion on an engineering practice and technology of slaughter wastewater treatment [J]. Environmental Engineering, 2013,31(4):63-65(in Chinese).
[2] 刘士军,安克红,成红岗,等. 气浮-UASB-接触氧化组合工艺处理屠宰废水[J]. 环境保护科学,2018,44(4):65-68.
Liu Shijun, An Kehong, Cheng Honggang, et al. Slaughterhouse wastewater treatment by the combined technologies of air floatation,UASB and contact oxidation [J]. Environmental Protection Science, 2018, 44(4): 65-68(in Chinese).
[3] 曹文平. 水解酸化/三级接触氧化工艺处理屠宰废水[J]. 中国给水排水,2014,30(24):130-132.
Cao Wenping. Treatment of slaughter wastewater by hydrolysis acidification/three-step contact oxidation process[J]. China Water & Wastewater,2014,30(24): 130-132(in Chinese).



作者简介:白王军(1974 -),男,山西垣曲人,博士,工程师,主要从事生态环境和市政给排水研究设计工作。

E-mail:hehaibai@163.com

收稿日期:2019-09-21