

屠宰废水处理技术的现状及进展

陈莉娥¹, 周兴求¹, 高峰², 伍健东¹

(1.华南理工大学 工业装备与控制工程学院, 广东 广州 510640; 2.广东省机械设备成套局, 广东 广州 510030)

摘要: 从分析国内外屠宰类废水的处理工艺方法及各自的优缺点入手, 针对屠宰废水高含油量、高碳磷比和高碳氮比等特点, 对屠宰废水处理工艺的选择和生化处理中应注意的问题进行了分析, 得出了处理屠宰废水最经济有效的方法应以生物法处理为主, 辅助以必要的物理、化学等预处理方法的结论。

关键词: 屠宰废水; 废水处理; 生物降解

中图分类号: X703.1 文献标识码: B 文章编号: 1009-2455(2003)06-0009-05

Present Status and Development of Technology for Treatment of Slaughterhouse Wastewater

CHEN Li-e¹, ZHOU Xing-qiu¹, GAO Feng², FWU Jian-dong¹

(1. College of Industrial Equipment and Control Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Guang Dong Machinery & Equipment Complete sets Bureau, Guangzhou 510030, China)

Abstract: Starting from analyzing the technological methods at home and abroad for the treatment of slaughterhouse wastewater and their respective advantages and disadvantages, and taking into consideration the characteristics of slaughterhouse wastewater that its oil content, C/F content and C/N content are all high, points for attention in selection of technology for the treatment of slaughterhouse wastewater and in biochemical treatment are analyzed, with a conclusion reached that the most economic and effective method for the treatment of slaughterhouse wastewater should consist of biological treatment, which is the principal means, and necessary physical and/or chemical pre-treatment, which are subsidiary.

Key words: slaughterhouse wastewater; wastewater treatment; biological degradation

我国大部分城市已基本实现了禽畜的定点集中屠宰, 同时随着人们生活水平的不断提高, 屠宰场的规模也在不断扩大, 屠宰废水的排放量越来越大, 而环保部门要求具有一定规模的屠宰场都必须建立专门的废水处理站。一般屠宰废水的水质具有以下特点:

① 屠宰废水一般呈红褐色, 有难闻的腥臭味, 其中含有大量的血污、油脂质、毛、肉屑、骨屑、内脏杂物、未消化的食物、粪便等污物, 固体悬浮物含量高。

② 屠宰废水有机物含量高, 可生化性好, 但其中高浓度有机质不易降解, 处理难度较大。屠

宰废水中的营养物主要是氮、磷, 其中氮主要以有机物或铵盐形式存在, 而磷主要以磷酸盐的形式存在。

以下就近年来国内外屠宰废水处理的研究成果进行分析和评论。

1 化学法

常用于处理屠宰废水的化学法主要有水解、混凝沉淀等, 此法一般作为废水的预处理, 也可作为废水的最终处理。

1.1 碱性水解和酶水解

该法使用碱性物质或酶水解以减少废水中的脂肪颗粒, 常作为屠宰废水的预处理。通常采用

石灰、NaOH、胰脂肪酶、细菌酶等,其中石灰经济实用但是会产生大量的废渣;用NaOH进行预处理时,控制NaOH的质量浓度在150~300 mg/L范围内,可使平均脂肪颗粒降到处理前脂肪颗粒(D_m)的 $73\% \pm 7\%$;用胰脂肪酶进行预处理效果最佳,胰脂肪酶PL-250可使脂肪颗粒粒径最大降到处理前废水中脂肪颗粒的 $60\% \pm 3\%$,而且胰脂肪酶更适用于水解牛肉脂肪;用细菌酶处理,细菌酶的使用量较多时才能达到明显的水解效果^[1]。但是用碱性水解处理屠宰废水会导致废水的pH值出现波动,难以控制,使后续生物氧化法等工艺不易正常运行。

1.2 混凝处理

常用的混凝剂有铝盐、铁盐等,其中聚合硫酸铁混凝处理屠宰废水效果较好^[2],为减少铝盐的使用量,也可用聚合氯化铝(PAC)和聚乙烯铵混合作为混凝剂^[3]。在聚合硫酸铁的合成中,加入任意比例的铝盐和一定比例的硅酸盐,以及少量的聚丙烯酰胺生成一种新混凝剂CPFA-CS,此复合无机高分子混凝剂具有较宽的pH值和温度适用范围,用它作为混凝剂处理屠宰废水,COD_{Cr}和色度去除率分别可达75%和95%以上,一次混凝处理即可达到或接近废水综合排放标准^[4]。

单纯的混凝处理存在一个明显的问题就是屠宰工序中产生的血水难以除去,并且同时产生大量的污泥和废渣。所以如果在使用混凝剂处理前先对屠宰废水进行适当变性处理,再采用硫酸亚铁和氧化钙复合混凝剂处理,出水COD_{Cr}的质量浓度可以降到197.4 mg/L,有较好的处理效果^[5],且此法简便、高效,有较好的环境效益,但是该法处理的废水限于COD_{Cr}的质量浓度小于1 000 mg/L的废水。

混凝法处理废水处理成本低,低温下具有较好的处理效果,此法多用于处理浓度较低的废水,或作为高浓度废水预处理,以降低后续的生物处理的负荷。

2 生物法

据屠宰废水水质特点知其具有较好的可生化性,且在有机物含量、有机元素种类和pH值等方面都较适合于采用生物法进行处理^[6],因此目前在屠宰废水处理技术的选择上,生物法是经济有效的处理方法。

2.1 好氧生物处理法

传统的活性污泥法COD_{Cr}去除率一般为80%左右,BOD₅为90%^[7],处理后的废水一般难以达到废水综合排放标准,而采用序批式间歇活性污泥法(简称SBR法)可大大突破这一界限。SBR法用于宰鸡厂废水处理,COD_{Cr}去除率可达95%以上^[7]。屠宰厂的废水经预沉池、厌氧、SBR反应等工艺处理后,出水水质可优于(GB8978-1996)一级排放标准^[8]。在SBR法的基础进行改进后出现了二段SBR法,其特点是系统设两段SBR池串联,分别培养出适宜于不同有机物的专性菌,从而使不同种类的有机物在不同的生化条件下都得到充分降解。该法对水质水量的变化适应能力强,运行灵活,抗冲击能力强,出水的水质稳定,易实现自动化控制^[9]。

SBR法处理屠宰废水是一种较为经济有效的方法,但由于屠宰废水含有大量的油脂、血水,碳氮比和碳磷比大,氮、磷相对不足,此时易产生油性泡沫而使污泥松散和指数增高,易出现高粘性膨胀而导致污泥流失问题;为获得较高的脱氮效果,SBR工艺必须设有搅拌装置,且不可避免存在污泥上浮现象;另外该方法对油、SS、色度的去除效果并不理想,必须辅以一定的前、后处理工序^[10],因此气浮除油脂成为SBR法处理屠宰废水时所必须的处理单元;废水经过SBR法处理后,其中氨氮含量仍然很高,必要时可在该工序后辅以化学方法除去。

2.2 生物膜法

序批式生物膜法具有良好的反硝化脱氮功能,水力条件好,抗冲击负荷强,生物浓度高,可适合世代时间较长的消化菌生长。在相同运行条件下,生物膜系统处理效果优于活性污泥系统,其COD_{Cr},BOD₅和油脂去除率分别可达97%,99%和82%^[10-11],出水水质可达废水综合排放二级标准。达到相同的污染物去除率时,生物膜系统的运行管理更方便,且克服了活性污泥系统存在的一些问题,例如,该方法不会存在污泥流失问题,不需要设置搅拌装置即可达到脱氮效果,且不存在污泥上浮现象。但序批式生物膜法对油脂、SS、色度的去除有限,故要设除油脂池和滤柱^[10]。

2.3 其它好氧处理法

采用好氧生物处理有机废水,需要足够的供

氧量, 但是传统的供氧方式难以满足较高浓度的有机废水对氧的需求。20 世纪 80 年代国外学者在总结深井曝气和生物接触氧化法各自的优缺点的基础上, 开发了压力生物接触氧化法。此法通过提高反应器(压力生物器, 配有空压机等压力装置)内的压力, 加快了氧的转移速率, 适合处理中浓度有机废水^[12]。此法具有反应速度快, 占地面积小, 基建费用低, 运行管理方便及出水水质稳定等优点。

采用规模为 25 L 的深井曝气设备对屠宰废水进行处理, 结果表明在最佳操作条件下曝气 8 h, COD_{Cr} , BOD_5 , 悬浮物, 动植物油平均去除率分别可达 82% ~ 83%, 81.09%, 85.2%, 94.54%。处理费用估算仅 0.15 元/ m^3 , 能耗较普通活性污泥法节约 40% ~ 50%, 占地节省 50%, 处理费用节省 50% 以上, 是一种高效低能耗处理屠宰废水的较佳方法^[13]。在废水水温较高, 气候温和的环境下,

采用喜温好氧处理屠宰废水效果较好, 运行温度维持在 52 °C 时, COD_{Cr} 去除率达 93% 以上^[14]。

3 厌氧生物处理

厌氧生物处理法主要用于处理高浓度有机废水, 在屠宰废水的处理中使用很多种改进了的厌氧法, 针对屠宰废水的各种处理工艺的特点、处理对象特点, 各种厌氧法的处理效果和优缺点如下表 1。

与好氧法相比, 厌氧法在获得同样高的 BOD_5 去除率条件下具有成本低, 产生的淤泥少、稳定、易脱水, 占地面积小, 操作方便, 且产生的甲烷可作为燃料再利用的优点。但常用的 UASB, AF, ASBR 等高效厌氧反应器受废水中悬浮固体及其油脂、脂肪浓度的影响较大。如果废水中含有的氨氮浓度较高, 或者厌氧分解有机物过程产生的氨氮较多, 使得水质达不到排放标准, 就必须采用如下叙述的组合工艺。

表 1 各种厌氧生物处理的比较

工艺名称	有机负荷/ ($kg[COD_{Cr}] \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$)	COD 去除率/%	优缺点
厌氧固定膜反应器 ^[15]	8	85~95	间歇操作简单, 但当有机负荷率过大时, 去除效果不很理想
厌氧序批式反应器(ASBR) ^[16]	3	40	水力停留时间对系统性能影响较大
膨胀颗粒污泥床(EGSB)反应器 ^[17]	15	67	污泥中不会发生脂肪堆积的现象
升流式厌氧污泥床(UASB)反应器 ^[18]	1~5	90	COD_{Cr} 去除率高, 但单个 UASB 处理达不到屠宰废水排放标准
厌氧滤池(AF) ^[19]	2~3	80~85	耐冲击负荷, 但比 USBR 处理效果差
双 UASB 回流反应器 ^[20]	1.8	77~82	处理效果较好

4 组合工艺处理

为了既获得更好的处理效果, 又可以降低处理成本, 屠宰废水的处理往往采用多种方法相结合的工艺。下面叙述几种典型的组合工艺。

① 加压生物接触氧化-混凝沉淀组合工艺, 该工艺适合处理中浓度的屠宰废水, 试验结果表明, 生物反应器压力平均为 300 kPa, 进水 $\rho(COD_{Cr})$ 约为 1 100 ~ 1 700 mg/L, $\rho(BOD_5)$ 约为 600 ~ 900 mg/L, BOD_5 容积负荷(以 BOD_5 计)平均 7.6 $kg/(m^3 \cdot d)$, 出水先经过加压生物接触氧化处理后, 提高废水中的溶解氧和有机物的降解速率, 再经混凝沉淀后可达到现有企业的二级排放标准^[2]。该

工艺处理中浓度废水效率较高, 但处理成本高, 难于维护与管理。

② 二段高速上流式厌氧污泥床(UASB)法和溶解空气浮选-升流式厌氧污泥床(DAF-UASB)法是在单个 UASB 法上的改进工艺, 适合处理含高浓度悬浮固体、脂肪颗粒和油脂的屠宰废水。二段高速上流式厌氧污泥床(UASB)法的第一阶段为使用絮凝剂淤泥的 UASB(即 UASB_f)反应器, 可以去除脂肪颗粒、油脂等不溶解的 COD_{Cr} , 第二阶段为使用粒状淤泥的 UASB(即 UASB_g)反应器, 去除溶解性的 COD_{Cr} , 此法 COD_{Cr} 去除率可达 90% 以上。

③ 水解酸化-生物吸附再生-接触氧化工艺,

该工艺特别适合于处理高浓度、水质水量变化较大的废水。在进水 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 为1 500~4 000 mg/L的条件下, COD_{Cr} 去除率可达95%以上, 该法采用AB两段组合工艺, A段负荷高, 污泥絮体具有较强的吸附能力和良好的沉降性能, 抗冲击负荷能力很强, 对有毒物质的影响具有很大的缓冲作用, 但是污泥量较高, 需采取相应的污泥处理措施, B段二沉池出水中的少量难沉降的脱落生物膜通过气浮处理进一步去除, 以提高出水水质^[21]。

④ CAF 涡凹气浮-SBR 法采用机械格栅去除了大部分固体污染物, 避免了大块固体颗粒影响气浮、曝气工艺, 大大降低了后续工艺的处理负荷, 然后机械过滤把关, 保证了出水稳定达标, 再经过气浮池和 SBR 塔。该工艺综合了 CAF 和 SBR 的优点, CAF 气浮系统操作弹性大, 抗冲击负荷能力强, 出水稳定, 对于污染物浓度较小的原水, 仅采用 CAF 系统即可满足水质的排放要求, 可以在一定时间内运行 SBR 塔, 节省运行维护费用, 采用该工艺处理的废水 COD_{Cr} 去除率达 80%~90%^[22]。

⑤ 升流式厌氧污泥床过滤器(UASBAF)-序批式活性污泥法(SBR)工艺, 该工艺是适用于水质波动较大、蛋白质含量高的废水处理。其中升流式厌氧污泥过滤器是将升流式厌氧污泥床(UASB)和厌氧滤池(AF)组合为一体的反应器, 适应于间歇进水的屠宰废水, 容积负荷(以 COD_{Cr} 计)为 0.114~0.346 $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$; 而 SBR 为序批式活性污泥法, 在同一池内按进水、反应、沉淀、排水分阶段周期进行, 耐水量水质冲击负荷。SBR 非常适应于屠宰废水每天有规律地间歇排放的特点。有机物先经过 UASBAF 厌氧消化后, 分解生成的氨氮经过 SBR 后去除率达 68.6%^[23]。该工艺具有工艺流程简单、耐冲击负荷、运行管理简便、工程造价省和运行费用低等特点, 适合于小型肉类加工厂的屠宰废水处理工程。

5 屠宰废水处理技术的应用分析

考虑屠宰废水水质特点, 对比各种处理方法的优缺点, 得出目前屠宰废水最经济有效的处理技术为: 以生物法为主, 辅助必要的物理、化学等方法作预处理。例如以采用生物处理法为主体的二级 SBR 法工艺路线处理效果较好。在北方地区, 尤其是经济不发达的北方地区, 考虑到气温

低, 占地要求小, 运行费用要求低等因素, 深井曝气法为首选方法。

厌氧生物处理成本低, 但不能较好地去除氨氮, 故对于出水水质要求较高的情况下, 通常经过厌氧处理后, 还需进行好氧处理或采用化学法去除氨氮才能达到水质排放要求。好氧法不仅可以获得很高的 COD_{Cr} 去除率, 而且还可以去除氮、磷, 但成本很高, 所以对于高浓度屠宰废水, 通常首先经厌氧生物法处理, 然后使用好氧法处理, 综合使用厌氧和好氧生物法的优点, 可以获得高 COD_{Cr} 去除率, 同时去除氮、磷, 还降低成本。

采用生物法处理屠宰废水可考虑回收利用问题。活性污泥经过一定处理后, 可作为动物饲料用^[24], 还可回收屠宰废水中的蛋白质和脂肪, 产品可用作动物饲料, 还可以生产沼气和无害肥。达到开发能源, 变废为宝, 又促进农业养殖业发展的目的, 是一项具有生态平衡良性循环的可持续发展工程。屠宰废水的治理经验对于城市和养殖业粪便污染的治理有着较好的参考价值。

参考文献:

- [1] Masse L, Kennedy K I, Chou S. Testing of alkaline and enzymatic hydrolysis pretreatments for fat particles in slaughterhouse wastewater[J]. *Bioresource Technology*, 2001, 77(2): 145-155.
- [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] Munez L A, Fuente E. Slaughterhouse wastewater treatment using ferric and aluminum salts and organic polyelectrolytes[J]. *Journal of Environmental Science and Health*, 1999, 34(3): 721-736.
- [4] 蒋湘顺, 吴林友, 秦美洁. CPFA-CS 系列复合无机高分子絮凝剂对屠宰废水处理的研究[J]. *工业水处理*, 2000, 20(4): 30-32.
- [5] 王毅. 屠宰废水变性及絮凝处理[J]. *辽宁城乡环境科技*, 2000, 20(6): 21-22.
- [6] Masse D I, Masse L. Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems[J]. *Canadian Agricultural Engineering*, 2000, 42(3): 139-146.
- [7] 韩相奎, 崔玉波, 张文华. 用 SBR 法处理屠宰废水[J]. *中国给水排水*, 2001, 17(7): 56-57.
- [8] 郑春媛. 屠宰废水的处理[J]. *工业用水与废水*, 2000, 31(1): 27-28.
- [9] 孙英. SBR 法在屠宰废水处理中的应用实例[J]. *辽宁城乡环境科技*, 2002, 22(3): 31-32.
- [10] 方茜, 陈凤冈, 刘宏远, 等. 两种序批式生物处理系统处理

- 屠宰废水的对比试验[J]. 中国给水排水, 2000, 16(7): 57-58.
- [11] 李伟光, 赵庆良, 马放, 等. 序批式生物膜反应器处理屠宰废水[J]. 中国给水排水, 2000, 16(10): 59-60.
- [12] 管锡珺. 压力生物氧化法处理中浓度有机废水的探讨[J]. 青岛建筑工程学院学报, 1999, 20(4): 35-39.
- [13] 石慧, 黄哲, 巴晓霞, 等. 自制深井曝气设备处理屠宰废水试验研究[J]. 内蒙古环境保护, 2000, 12(1): 30-31.
- [14] Couillard D, Garipey S, Tran F T. Slaughterhouse effluent treatment by thermophilic aerobic process[J]. Water Research, 1989, 23(5): 573-579.
- [15] Del Pozo R, Diez V, Beltran S. Anaerobic pre-treatment of slaughterhouse wastewater using fixed-film reactors[J]. Bioresource Technology, 2000, 71(2): 143-149.
- [16] Morris, Damon Sung, Richard. Proceedings of the Industrial Waste Conference[C]. Michigan: Ann Arbor Science Publ Inc, 1997. 5-2.
- [17] Munez L A, Martinez B. Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an expanded granular sludge bed (EGSB) reactor [J]. Water Science and Technology, 1998, 40(8): 99-106.
- [18] Ruiz I, Veiga M C, de Santiago P, et al. Treatment of slaughterhouse wastewater in a UASB reactor and an anaerobic filter [J]. Bioresource Technology, 1997, 60(3): 251-258.
- [19] M R Johns. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review [J]. Bioresource Technology, 1995, 54(3): 203-216.
- [20] Martinez I, Borzacconi L, Mallo M, et al. Treatment of slaughterhouse wastewater [J]. Water Science and Technology, 1995, 32(12): 99-104.
- [21] 李景杰, 李朝晖. 水解酸化-生物吸附再生-接触氧化工艺处理屠宰废水[J]. 给水排水, 2002, 28(8): 38-41.
- [22] 宁平, 朱易, 金时英. CAF 涡凹气浮-SBR 法在屠宰废水处理中的应用[J]. 环境工程, 2001, 19(3): 14-15.
- [23] 许玉东. UASBAF-SBR 工艺处理屠宰废水[J]. 工业给排水, 2001, 27(6): 35-38.
- [24] Fransen N G, Urling H A P, Bijkey P G H, et al. Fermentation of aerobically activated pig slaughterhouse sludge for animal feed purposes [J]. Bioresource Technology, 1998, 65(1): 145-150.
- 作者简介: 陈莉娥(1978-), 女, 福建建安人, 主要研究方向为环境工程装备技术, 电话(020)87114567, seekbest@163.com。

环保科技 净水资源

洛阳市慧龙给排水材料有限公司

洛阳市慧龙给排水材料有限公司位于世界文化遗产——龙门石窟以北 1 公里处。环境优美, 人杰地灵, 东临“天下古刹”少林寺, 北有“九朝古都”洛阳, 南部山区矿藏丰富, 有大量的石英石、石榴石、硅石、长石、大理石、磁铁矿、鹅卵石等, 产量达数万吨, 为公司的发展壮大提供了丰富的资源优势。还有便利的交通条件, 陇海铁路、焦柳铁路、洛界高速、连霍高速、310 国道等, 四通八达, 为货物的运输提供了方便。

我公司是国内生产与销售为一体的创新企业。技术力量雄厚, 工艺设备精良, 生产品种齐全。各项指标均达到国家标准, 已获国家电力部、建设部水处理质量检测中心认可, 在一些电厂、钢铁、化工、污水处理、自来水公司等工程使用中深受用户好评。

(1) 水处理专用药剂 聚合氯化铝, 聚丙烯酰胺, 硫酸亚铁, 杀菌灭藻剂阻垢分散剂。

(2) 净化水滤料 果壳活性炭, 煤制活性炭, 粉状木屑活性炭, 精制无烟煤, 酸洗石英砂, 精制石英砂, 普通石英砂, 轻质陶粒, 承托层鹅卵石, 石英砾石, 磁铁矿, 锰矿砂 (地下水除铁除锰), 果壳 (用于油水

分离器)。

(3) 填料产品 多面空心球, 纤维球, 覆盖球, 滤帽, 蜂窝斜管, 液面覆盖球, 阶梯环, 鲍尔环, 半软性填料。

(4) 其它管道伸缩器, 铝矾土, 各种工艺品石材加工。

公司产品达到国家电力部建设部标准, 无烟煤 CJ-24.2-88, 石英砂 CJ-24.1-88, 聚合氯化铝 GB15982-1995, 活性炭 GB7701.4-87, 主要用于高中速过滤器、离子交换器、油水分离器、脱碳器、无阀滤池、虹吸滤池、自来水、电力、化工、印染、造纸、纯净水、海水淡化、游泳池等行业。

我公司以“质优价廉, 诚实守信”为宗旨。寻求创新, 锐意开拓。与广大用户精诚合作, 提供优良产品, 奉献优质服务。

地址: 洛阳市龙门镇花园路 邮编: 471023

联系人: 王小姐

电话: 0379-5957288 5980818 传真: 0379-5955288

免费咨询电话: 8008108114

网址: <http://www.lyhuilong.com>

信箱: webmaster@lyhuilong.com