

水解酸化 - SBR 工艺处理豆腐加工废水

田 葳, 张伦秋

(辽宁石油化工大学 石油与天然气工程学院, 辽宁 抚顺 113001)

摘 要: 采用气浮 - 混凝沉淀作为预处理、水解酸化 - SBR 作为主工艺处理沈阳某豆腐坊高浓度有机废水, 处理水量为 $40 \sim 45 \text{ m}^3/\text{d}$ 。以自行研制的混凝 - 斜板沉淀一体化净水装置、有深度处理功效的石英砂及 GAC 压力滤罐的组合工艺为特色。当进水 COD、BOD₅、SS、NH₃ - N 浓度分别为 38 250 ~ 40 530、21 890 ~ 24 230、528 ~ 1 258、47 ~ 54 mg/L 时, 经该工艺处理后, 实际出水水质优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的一级标准。介绍了工艺流程, 并给出了主要处理构筑物及设施的设计参数。

关键词: 豆腐加工废水; 气浮; 混凝沉淀; 水解酸化; SBR; 石英砂滤罐; GAC 滤罐

中图分类号: X703.1 文献标识码: C 文章编号: 1000 - 4602(2017)10 - 0116 - 04

Hydrolysis Acidification - SBR Process for Treatment of Tofu Processing Wastewater

TIAN Wei, ZHANG Lun-qiu

(School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

Abstract: The combination process, in which the flotation-coagulation and sedimentation were used as pretreatment stage, hydrolysis acidification - SBR was adopted as main process, was applied to treat high concentration organic wastewater from a tofu mill in Shenyang City, with the design capacity as $40 \sim 45 \text{ m}^3/\text{d}$. Both the independently developed integrated purification reactor, e. g. coagulation-inclined plate sedimentation reactor, and the advanced treatment process combined by quartz sand and GAC pressure filters were the characteristics of the wastewater treatment project. When the concentrations of the influent COD, BOD₅, SS, NH₃ - N were 38 250 - 40 530 mg/L, 21 890 - 24 230 mg/L, 528 - 1 258 mg/L and 47 - 54 mg/L respectively, after this process treatment, the final effluent quality was superior to the requirements of the first level criteria specified in the *Integrated Wastewater Discharge Standards* (GB 8978 - 1996). In this paper, the treatment process flow was introduced, and the design parameters of the main treatment structures and facilities were summarized as well.

Key words: tofu processing wastewater; air flotation; coagulation and sedimentation; hydrolysis acidification; SBR; sand filter; GAC filter

1 工程概述

豆腐是我国常见的非脂肪类高蛋白食品, 营养成分含量高。但是, 由于其多半是作坊式生产, 使得生产废水具有浓度高、水量小、布点分散等特点, 且多分布在城郊结合部, 不宜纳入城市管网, 给环境治

理增加了难度。沈阳市某民营豆腐坊位于城市郊区, 周边地区没有城市排水管道, 主要生产豆腐及其制品, 生产废水主要来自水洗、浸泡和压滤工艺。原生产废水沿着小河沟随意排放, 最终流入浑河。随着生产量的逐渐扩大, 环境污染问题凸显出来。现

设计一套废水处理工艺,以适应目前日耗黄豆 5 t/d、处理废水量为 40 ~ 45 m³/d 的需求。2015 年 7 月,该污水处理工程经环保部门验收合格后投入使用。经一年多的运行实践表明,该工艺设计新颖、科学合理,运行稳定,处理后出水水质可达到排放标准,取得良好的预期效果。

2 设计水质

豆腐坊生产废水呈奶黄色,水面有很多浮渣。通过对该废水进行监测,得到混合废水水质指标。最终处理水质应达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。具体设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

mg · L ⁻¹				
项目	COD	SS	BOD ₅	NH ₃ -N
进水	40 000	1 200	24 000	50
出水	≤100	≤70	≤20	≤15

通过对实测数据进行分析发现:该豆腐坊废水 pH 值较低,呈酸性,其有机物浓度很高,有毒有害物质很少,B/C 值达到 0.55 ~ 0.65,可采用生物处理方法降低其污染物浓度,达到无害化目的。

3 工艺流程

鉴于该豆腐坊的原水水质性质,根据实际工程经验^[1],本工程采用水解酸化-SBR 作为主处理工艺。

工艺流程见图 1。

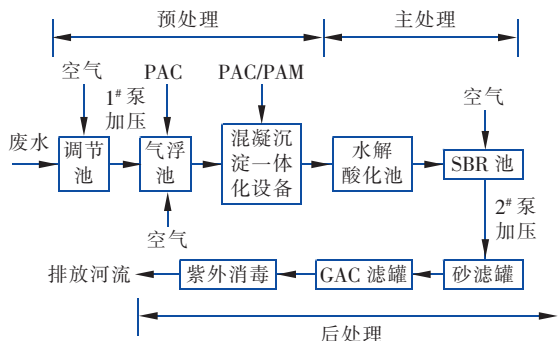


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

考虑到原水中含有诸如豆皮、豆渣等大量的浮渣和有机胶体,采用气浮和混凝沉淀作为预处理对这些污染物加以去除。其中,混凝沉淀一体化装置(沉淀部分为斜板沉淀池)为自行设计。由于该豆

腐坊具有间歇生产的方式,排水时间较集中、水量和水质很不均匀,故设调节池来调节水量及均衡水质,并通入空气进行预曝气。采用石英砂滤罐、颗粒活性炭(GAC)滤罐作为后处理。提升设备采用 1[#] 泵和 2[#] 泵,用于将调节池出水加压进入气浮池,及 SBR 池出水加压至石英砂滤罐及 GAC 滤罐。综合考虑安全可靠、运行费用、维护管理等方面因素,选用紫外线消毒的方式,该工程出水最终排放到附近的河流。

通过对原水水质进行分析及进行混凝试验对比,本工程最终采用聚合氯化铝(PAC)作为气浮单元的浮选剂和混凝单元的混凝剂,聚丙烯酰胺(PAM)作为助凝剂。通过在气浮池中投加药剂来达到浮选的效果以去除水中的浮渣,通过在混凝沉淀一体化设备中投加混凝剂及助凝剂使废水中的胶体脱稳凝聚并沉淀去除。经试验及数据分析,确定浮选剂和混凝剂(PAC)的投加量均为 15 mg/L,药剂浓度为 1%;助凝剂(PAM)的投加量为 2 mg/L,药剂浓度为 0.1%。

4 主要构筑物及设计参数

4.1 调节池

尺寸为 6 m × 3 m × 2.8 m(设计有效水深为 2.5 m),碳钢材质,停留时间取 24 h。为防止杂质沉淀及使水质均匀,在池底设 Ø32 mm 的 UPVC 穿孔管进行预曝气,曝气量为 1.5 m³/(m² · h),可间歇开启。设置曝气主管一根,每根支管设置清洗出口,打开后因压力减小,管道中的泥会随着气冲出管道,实现自清洗效果。

4.2 气浮池

尺寸为 2 m × 1 m × 2.8 m(设计有效水深为 2.5 m),碳钢材质。气浮池入口设有隔板,前端为接触区,宽度为 0.2 m,其水流上升速度为 2.6 mm/s;隔板后为分离区,水力表面负荷取 1.0 m³/(m² · h)。空气用加气泵打入接触区底部。在分离区底部 0.30 m 处设 Ø32 mm 的穿孔出水管,孔眼向下与垂线交错排列。采用自制浮渣去除设备,刮渣机行进速度为 4 m/min。

4.3 混凝沉淀一体化净水设备

总尺寸为 3.0 m × 1.0 m × 2.8 m(设计有效水深为 2.5 m),除混合段为不锈钢材质外,其余部分为碳钢材质。

① 混合段。安装在进水管上,采用长为 1.0

m 的 DN40 同心湍流混合器。该段的水头损失不大于 5 kPa, 混凝剂(PAC)投加在该段前端的加药口。

② 絮凝/过渡段。絮凝部分尺寸为 $0.3\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 2.8\text{ m}$, 设不锈钢搅拌桨, 絮凝时间为 24 min。采用两级机械絮凝池串联运行方式, 两级各采用机械搅拌机 1 台, 二者最大功率均为 0.75 kW, 并用减速器调整转速, 相应转数分别为 18、12 r/min。絮凝池和斜板交接处为过渡段, 采用整流措施, 用穿孔花墙的连接方式。穿孔墙后增加隔板, 以提高沉淀池的去除效率^[2]。其中, 穿孔墙及隔板厚度取 0.1 m。

③ 沉淀段。采用变流道异向流斜板沉淀装置, 斜板沉淀池尺寸为 $1.6\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ 。沉淀区底部设有 $\varnothing 32\text{ mm}$ 的穿孔管用于重力排泥。斜板为乙丙共聚材质, 其厚度为 1.0 mm, 板间距为 25 mm, 板长为 1 m。为考虑排泥, 斜板采用 60° 放置。

采用重力式穿孔管排泥方式。管端设有手动快开蝶阀的 $\varnothing 32\text{ mm}$ 排泥支管在混凝-沉淀一体化净水设备外侧汇合为 $\varnothing 65\text{ mm}$ 的排泥总管。

4.4 水解酸化池

采用尺寸为 $5\text{ m} \times 4\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ (有效高度为 2.5 m) 的升流式水解反应器, 密闭容器, 碳钢结构。停留时间取 27 h, 有机负荷取 $3.2 \sim 3.6\text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。其盖板上面接有通往室外的排放甲烷及二氧化碳的排气管道, 进水采用底部枝状配水方式, 表面浮渣通过池体上部管道经阀门排出, 池底部设有 $\varnothing 32\text{ mm}$ 的穿孔管可手动定期排泥。

4.5 SBR 池

总尺寸为 $2\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ (有效深度为 2.5 m), 分为 4 格, 碳钢结构。SBR 池集均化、初沉、生物降解、二沉等功能于一体, 通过继电器来切换进水、反应、沉淀、排水等几个工序。SBR 池按周期运行, 每周期运行时间为 8 h。其中, 进水时间为 2 h, 反应时间为 5 h, 沉淀时间为 1 h, 排水时间为 2 h。

4.6 石英砂滤罐及 GAC 滤罐

二者均为 $\varnothing 0.6\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ 的压力滤罐, 均为一用一备, 不锈钢材质。石英砂滤罐: 石英砂有效粒径为 $0.5 \sim 1.0\text{ mm}$, 不均匀系数 $K_{80} = 1.70$, 厚度为 0.8 m; GAC 滤罐: 颗粒活性炭粒径为 1.5 mm, 炭层高度为 0.8 m。砂及炭罐的滤速均为 $5.9 \sim 6.6\text{ m/h}$, 采用小阻力配水系统。砂滤罐冲洗历时为 $5 \sim 7\text{ min}$, 冲洗强度为 $10 \sim 15\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 炭滤罐冲洗历时为

$8 \sim 12\text{ min}$, 冲洗强度为 $11 \sim 13\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 活性炭的空床接触时间宜采用 $5 \sim 25\text{ min}$, 本设计取 7.2 min, 膨胀率为 15% ~ 20%。

4.7 紫外消毒装置

采用模块化设计的管道封闭式系列, 对应处理水量为 $2.3\text{ m}^3/\text{h}$, 外形尺寸为 $920\text{ mm} \times 102\text{ mm} \times 210\text{ mm}$, 进、出水管径为 DN25。配置功率为 40 W 的紫外汞灯灯管一根, 灯管用石英玻璃套管与水隔开。该装置安装简便、运行维护简单、不占用过多可用空间。

4.8 药剂投加系统

浮选剂及混凝剂均为聚合氯化铝(PAC), 其投加系统采用 $Q = 3\text{ L/h}$ 、 $H = 0.3\text{ MPa}$ 的电磁驱动隔膜计量泵各两台, 一用一备, 可连续运行。助凝剂为聚丙烯酰胺(PAM), 其投加系统采用 $Q = 4\text{ L/h}$ 、 $H = 0.3\text{ MPa}$ 的电磁驱动隔膜计量泵两台, 一用一备, 可连续运行。上述药剂的配药池(溶液池)容积均为 0.1 m^3 , 并用机械搅拌、塑料管道投加。

5 工艺设计特点

5.1 预处理效果好

本设计采用自行研制的 DJYTH-2 型混凝沉淀一体化设备。与传统的工艺技术相比, 该设备具有如下优点:

① 设备小、效率高。该设备混合高效、充分, 絮凝时间短, 沉淀处理效率高, 设备尺寸小, 较其他处理工艺节省占地。

② 水质好且稳定。水质适应广泛、抗冲击能力强。混合充分, 絮凝效果好, 沉淀部分发生接触絮凝、过滤有网捕作用, 对悬浮物能有效去除, 出水水质好并且稳定。

③ 该设备设计时留有一定富余度。水质和水量连续小量变化, 仍能得到理想的出水水质。

④ 费效比高、制水成本低。与其他工艺相比, 该设备投药量少, 出水水质好, 基本不需要电费, 制水成本低。

⑤ 启动快捷、操作简便。该设备运行初期不需要复杂的启动调试, 各部分安装完毕、投药正常后, 在很短时间内可得到理想的出水水质。

5.2 可实现深度处理

本工程在生物处理后, 将石英砂和颗粒活性炭(GAC)按一定的厚度分别装填在石英砂压力罐及 GAC 滤罐中, 组合的石英砂及 GAC 滤罐有深度处

理功效。它既能发挥石英砂截留悬浮物和胶体杂质等作用,又可以发挥活性炭进一步吸附水中残存的有机物和部分无机物的作用,进而将主处理后的出水进一步去除杂质,降低浊度。实践证明,该工艺最终出水 COD 和 BOD₅ 值均可以达到 10 mg/L 以下、浊度 <3 NTU 的良好水质,远远超过相应的《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级标准(COD ≤ 100 mg/L、BOD₅ ≤ 30 mg/L)。该组合工艺占地面积小、运行方便简单、实用性强、出水效果好。

6 运行及调试

6.1 运行结果

本工程建成后,对该污水处理站进行了连续三个月的监测,实际进、出水水质见表 2。

表 2 实际进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

项目	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	浊度/ NTU
进水	5 ~ 7	38 250 ~ 40 530	528 ~ 1 258	21 890 ~ 24 230	47 ~ 54	—
出水	6 ~ 9	8.1 ~ 9.7	<6	4 ~ 6	7.1 ~ 10.3	<3

6.2 调试注意事项

① 新购活性炭刚放入滤池中,不能立即投入运行,应先用清水充分浸泡 48 h,浸泡水排放后进行数次反冲洗以去除炭粒中的杂质,将炭粒孔隙中的空气置换出来,确保炭吸附能力的充分发挥^[3]。

② 为节约用水,将砂滤罐及炭滤罐反冲洗废水返回至调节池前;为防止直接排放带来的环境污染问题,将沉淀池、SBR 池及水解酸化池的排泥用贮泥罐车外运。

③ 斜板采用丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS) 肋条及新型卡扣连接,以替代传统的热熔焊接方式,进而解决了材料变性情况下无法修复的问题。对已在斜板上生长的藻类,可用高压水冲洗来解决。

7 结语

针对农村及郊区中小型豆腐坊废水普遍存在的有机物含量极高、氨氮含量超标、处理难度大、出水直接排放污染严重等问题,本工程采用自行研制的混凝-斜板沉淀一体化净水装置、有深度处理功效的石英砂及 GAC 压力滤罐组合工艺,基建和运行费用、制水成本均较低(占地为 60 m²,设备总投资为 28 万元,制水成本为 2.0 元/m³),处理水质好,对改善当地的浑河河水水质、保护水生态环境具有一定意义。

参考文献:

- [1] 刘恒明,马媛,刘靖,等. 豆制品废水处理技术综述[J]. 广东化工,2012,39(16):106-107.
- [2] 刘天杰,胡润麟,孙泽,等. 平流式沉淀池穿孔墙进水及隔板作用数值模拟[J]. 供水技术,2015,9(4):1-6.
- [3] 戚盛豪,汪洪秀,王家华. 给水排水设计手册(第 3 册):城镇给水(第 2 版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.



作者简介:田葳(1971 -), 女, 辽宁锦西人, 硕士, 讲师, 研究方向为给水与废水处理。

E-mail:1321341579@qq.com

收稿日期:2016-10-15