

豆制品产业园废水处理项目设计及运行

王建西¹, 崔战胜¹, 王海军², 谢兰兰²

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 2. 北京华泰润达节能科技有限公司, 北京 100101)

摘要: 豆制品加工废水水质、水量波动大, COD、TN、TP 浓度高, 处理难度大。采用厌氧和 PTA²O 工艺处理河南某豆制品产业园(一期)废水, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 排放标准, 取得了良好效果。按不投加臭氧计, 运行功率为 56.94 kW, 耗电 < 1.52 kW · h/m³。

关键词: 豆制品生产废水; 厌氧; PTA²O 工艺

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0105-04

Design and Operation of Wastewater Treatment Project for a Bean Product Industry Park

WANG Jian-xi¹, CUI Zhan-sheng¹, WANG Hai-jun², XIE Lan-lan²

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China;
2. Beijing Huatairunda Energy Saving Technology Co. Ltd., Beijing 100101, China)

Abstract: The water quality and quantity of processing wastewater of soybean products fluctuates greatly with high concentrations of COD, TN and TP, which made it difficult to treat. Therefore, anaerobic and perfect type anaerobic anoxic oxic (PTA²O) process, were adopted to treat wastewater of the bean product industry park (phase one) in Henan Province. The effluent could meet the first level A of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). The operating power was 56.94 kW and the electricity consumption of the system was less than 1.52 kW · h/m³ without ozone.

Key words: bean product processing wastewater; anaerobic; PTA²O process

1 工程概况

豆制品产业园项目是河南省某公司利用中原农业优势, 以及自身闲置土地和发电余热, 在实现国家“节能减排”战略目标的同时, 提升自身经济效益的重要举措。

废水处理项目(一期)位于3号运煤栈桥下空地。变配电、加药间及脱水机房等占地 242 m²。构筑物采用一体化设计, 占地仅 534 m²。进水来自产业园废水泵站, 出水排至电厂中水回用系统内部循环使用。

项目一期排放废水由泡豆废水、冲洗设备及地板产生的废水、生产过程生活排污水等组成, 排水量不稳定, 水质差异大, 主要污染物有 COD、TN、TP、SS 等, 水量约 900 m³/d。该项目于 2017 年 11 月建成, 试运行几个月来, 实际水量为 900 ~ 1 100 m³/d。

根据业主提供的资料和要求, 设计进水参照当地其他腐竹作坊排水水质^[1], 处理出水要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 排放标准。

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

项目	COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ -N/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH 值
设计进水	2 500	1 200	250	40	25	15	6~8
设计出水	50	10	10	15	5	0.5	6~8

2 工艺流程

考虑到豆制品加工废水水质水量波动大、差异大,因此设置调节池一座,用于调节水量和水质的均匀性,降低对后续工段水量和水质方面的冲击;考虑豆制品加工废水 COD、TN、TP 较高的特点^[2,3],确定采用厌氧-PTA²O 的生化处理工艺,工艺流程如图1所示。

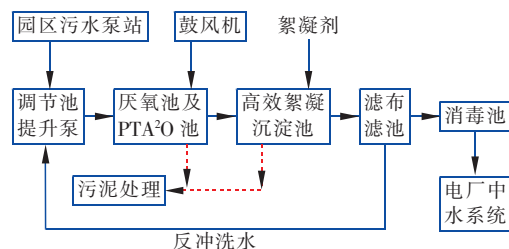


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

因为进水 COD 较高,又有除磷脱氮要求,所以确定核心生化工艺首先通过厌氧酸化处理来消解部分 COD,进一步提高原水的可生化性和降低高浓度原水可能对好氧微生物产生的毒害和抑制作用,以减轻后续好氧处理段的压力。

采用 PTA²O 生物处理工艺,与传统 A²O 工艺相比,PTA²O 的创新性表现在以下 4 个方面:

- ① 将传统的固定式曝气系统改为可移动的软管曝气系统,可做到不停车更换;
- ② 将高效斜管沉淀池作为二沉池置于生物池内,上部实现固液分离,下部实现曝气和污泥回流;
- ③ 改传统的推流式布置加机械搅拌为环流式布置,以大流量气提作为循环的动力;
- ④ 硝化液以及污泥回流均采用气提的方式。厌氧和缺氧区采用无氧空气搅拌。水下无搅拌器、推进器、回流泵等电动设备,几乎没有日常维修。

试验表明,1 m³ 的空气可提升 10~20 m³ 水。工程实践证明,PTA²O 工艺的气提循环以及气提回流并不额外增加好氧鼓风机的功率。

基于本项目出水水质要求较高,以及环保达标排放要求越来越严,因此,生化出水之后的深度处理

采用絮凝沉淀-纤维滤布滤池-臭氧氧化工艺。当进水 COD 过高,出水不能达标时,可投加臭氧,保证出水达标排放。

3 工艺设计参数及设备配置

建设场地位于运煤栈桥下,东西两侧是厂内道路,净宽 37 m;栈桥南北向,由柱子分割,柱子尺寸为 1 m×1 m,间距为 7.3 m。栈桥为钢筋混凝土结构,倾斜向上,高处空间 47 m,矮处空间 10.5 m。

因场地所限,采用一体池设计,将进水调节池、泵池、改良厌氧反应池(内置斜管沉淀装置)、A²O 生化池、二沉池、储泥池、絮凝沉淀池、接触消毒池等集中在一座构筑物内。

3.1 预处理

预处理包括进水调节池、空气搅拌设备、提升泵等。因腐竹加工废水无大块漂浮物,且园区泵站有格网措施,故本处理站没有设置进水格栅。根据经验并考虑园区实际情况,进水调节池容积定为 156 m³,设计停留时间约 4 h。设提升泵 2 台,1 用 1 备: $Q=37.5 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=50 \text{ kPa}$, $N=1.1 \text{ kW}$ 。

3.2 厌氧池

厌氧池的作用在于降解废水中高浓度的 COD,尺寸为 9.55 m×8.60 m,有效水深为 6 m,容积为 492 m³,设计停留时间为 13 h,容积负荷为 4.6 kg/(m³·d)。内置 D80 mm 斜管填料,表面负荷为 1.8 m³/(m²·h)。污泥排入储泥池。主要设备:气提搅拌装置、气提回流设备和斜管反冲洗系统。

3.3 PTA²O 生化池

经厌氧处理后,废水中的 COD、BOD₅ 大大降低(预计削减 70%~80%)。PTA²O 生化池可将 COD、BOD₅ 降至常规水平并进行除磷脱氮。PTA²O 生化池平面尺寸为 20.95 m×8.60 m,有效水深为 5.40 m,总停留时间为 25.5 h。预缺氧区有效池容为 37.5 m³,有效停留时间为 1 h;缺氧区有效池容为 131.3 m³,有效停留时间为 3.5 h;厌氧区有效池容为 75 m³,有效停留时间为 2 h;好氧区有效池容为 640 m³,有效停留时间为 17 h;内置斜管沉淀池尺寸为 3.7 m×3.5 m,设计表面负荷为 2.9 m³/

($\text{m}^2 \cdot \text{h}$)。MLSS 为 6 g/L , 污泥回流比为 250% , 硝化液回流比为 200% 。主要设备材料有曝气软管、斜管填料、气提装置、斜管反冲洗系统及溶氧仪等。

3.4 高效絮凝沉淀池

高效絮凝沉淀池回流污泥作为形成高密度絮体的“种子”和压载物,因具有较大的密度而更容易被沉淀去除。投加 PAC 和 PAM,采用空气搅拌进行混合和絮凝,利用斜管沉淀去除悬浮物和总磷。

絮凝沉淀池尺寸为 $8.6 \text{ m} \times 3.20 \text{ m}$,有效水深为 4.90 m ,总容积 134.8 m^3 。其中混合部分 16 m^3 ,混合时间 25 min ;絮凝部分 35 m^3 ,絮凝时间 56 min ;斜管部分尺寸为 $3.2 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$,表面负荷为 $3.35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。主要设备材料:混合池空气搅拌器 1 套,反应池空气搅拌器 1 套,斜管填料 11 m^3 及斜管反冲洗系统 1 套。配套在线低量程浊度仪 1 台,量程为 $0 \sim 200 \text{ NTU}$,测量精度为 0.1 NTU 。

3.5 纤维滤布滤池

对高效絮凝沉淀池出水进行过滤,进一步去除 TP、SS 等污染物,保证出水水质稳定达标。纤维滤布滤池采用一体化设备,1 套,设计流量为 $37.5 \text{ m}^3/\text{h}$,吸泥车 $N=0.4 \text{ kW}$,反冲洗泵 $N=2.2 \text{ kW}$ 。

3.6 臭氧接触消毒池

必要时投加臭氧,使之与水充分混合,进一步降低 COD,杀灭水中的细菌和病毒。接触消毒池出水经流量计计量后,排入电厂中水处理系统。

臭氧消毒池尺寸为 $4.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$,有效水深为 4 m 。停留时间为 1.7 h 。臭氧加注量最大为 30 mg/L ,共计 27 kg/d 。主要设备:臭氧投加设备 1 套;离心泵 2 台,1 用 1 备, $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=220 \text{ kPa}$, $N=6 \text{ kW}$ 。

3.7 流量计

接触消毒池出水经电磁流量计,进入电厂中水处理系统。设 DN100 电磁流量计 1 台。

3.8 储泥池

与调节池合建,储存二沉池及厌氧池的污泥,定期进行污泥处置。污泥含水率按 99.2% 计算,污泥总量约 $81 \text{ m}^3/\text{d}$ 。储泥池净尺寸为 $4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,有效水深为 5 m ,池容为 40 m^3 。

3.9 鼓风机

由于场地所限,将罗茨鼓风机设置于栈桥下双柱之间约 6 m 的空档内。好氧鼓风机 2 台,向生物反应池供气,用于搅拌污水和保障生物池内生物降

解所需的氧量。厌氧鼓风机 2 台,用于厌氧池鼓风搅拌和污泥提升回流。主要设备:好氧鼓风机 2 台,1 用 1 备,流量为 $18.6 \text{ m}^3/\text{min}$,风压为 68.6 kPa ,功率为 37 kW ;厌氧防爆风机 2 台,流量为 $1 \text{ m}^3/\text{min}$,风压为 68 kPa ,功率为 3 kW 。

3.10 污泥脱水机房、加药间

内设 PAC 加药装置以及污泥脱水机系统,用机械浓缩脱水方式处理剩余污泥。建筑尺寸: $6.10 \text{ m} \times 10.20 \text{ m} \times 4.1 \text{ m}$ 。PAM 投加量:最大 4 g/kgDS ,共计 2.592 kg/d 。

污泥处理主要设备:

① 叠螺式污泥浓缩脱水机

污泥量为 648 kgDS/d ,采用叠螺式污泥浓缩脱水机 1 台,处理能力为 30 kgDS/h ,整机功率为 0.92 kW 。污泥进料泵 2 台,1 用 1 备, $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=0.6 \text{ MPa}$, $N=3.2 \text{ kW}$ 。

② PAM 制备系统(脱水机自带成套设备)

PAM 制备系统 1 套, $N=0.55 \text{ kW}$,投加量按干泥量的 0.5% 计,为 3.24 kg/d ,投加浓度为 0.1% ,总计 3240 L/d (135 L/h)。

③ PAC 加药系统

PAC 储罐 2 台,单台 $V=3.0 \text{ m}^3$,搅拌器功率为 2.2 kW 。PAC 计量泵 2 台,1 用 1 备, $Q=11.25 \text{ L/h}$, $H=0.6 \text{ MPa}$, $N=0.25 \text{ kW}$ 。

3.11 臭氧间

建筑尺寸: $6.10 \text{ m} \times 10.20 \text{ m} \times 4.1 \text{ m}$ 。投加量按 35 mg/L 计算,需投加 31.5 kg/d (1.3 kg/h)。

4 处理效果

试运行期间,废水量基本在 $900 \sim 1100 \text{ m}^3/\text{d}$ 。对于生化池好氧区,初期 DO 控制在 $8 \sim 10 \text{ mg/L}$,污泥浓度正常后,DO 控制在 $2 \sim 4 \text{ mg/L}$ 。试运行期间运行单位仅对 COD、TN、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP 做了检测,实际出水水质优于一级 A 标准,见表 2。

表 2 实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	TN	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TP
进水	631 ~ 1440	75.22	5 ~ 20	13
出水	16 ~ 34	2.33	0.20 ~ 0.85	0.63

本项目设计进水 COD 较高 (2500 mg/L),实际进水 COD 为 $631 \sim 1440 \text{ mg/L}$,平均为 961.6 mg/L 。几个月试运行期间从未投加臭氧,出水 COD 一直稳

定在 16 ~ 34 mg/L。本项目设计进水 TN 较低 (40 mg/L), 实际进水 TN 为 75 mg/L 左右, 正式运行后出水 TN 仍然达标。调试期间未投加 PAM 和 PAC。正式运行期间建设单位委托第三方机构对 2018 年 1 月 29 日、30 日出水水质进行检测: pH 值为 8.02, TN 为 14.3 mg/L, TP 为 0.48 mg/L, SS 为 4 mg/L, 氨氮为 2.76 mg/L, COD 为 18.6 mg/L。

5 效益分析

本项目概算投资为 698 万元, 其中第一部分投资为 580 万元, 吨水投资为 7 755 元, 设计装机容量为 162 kW。由于试运行期间进水 COD 比预期低, 故未投加臭氧, 实际出水 COD、TN 已优于一级 A 标准。按不投加臭氧计, 运行功率为 56.94 kW, 按设计规模为 900 m³/d 计, 耗电 < 1.52 kW · h/m³。去除单位 COD 的耗电 < 1.61 kW · h/kgCOD。

6 结论与建议

采用厌氧 - PTA²O - 深度处理工艺处理高浓度豆制品加工废水, 效果稳定, 运行成本低, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准, 用于电厂中水回用, 实现污染物零排放。采用厌氧工艺处理高浓度有机废水, 大幅削减进水 COD 浓度, 既可有效降低能耗, 又大大减轻后续好氧处理难度, 确保 PTA²O 出水水质达到设计要求。PTA²O 工艺无水下动力设备, 可以不停车维修, 维护工作量很少, 值得推广。本项目规模较小, 厌氧产生的沼气量较少, 做了排空处理。规模较大的项目建议进行沼气利用。

参考文献:

[1] 喻泽斌, 肖桂荣. UASB - SBR 工艺处理腐乳腐竹厂废

水[J]. 中国给水排水, 2004, 20(1): 83 - 85.

Yu Zebin, Xiao Guirong. UASB/SBR process for treatment of wastewater from fermented bean curd production [J]. China Water & Wastewater, 2004, 20(1): 83 - 85 (in Chinese).

[2] 郑晓英, 操家顺, 王惠民, 等. 豆制品生产废水处理技术[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(4): 190 - 194.

Zheng Xiaoying, Cao Jiashun, Wang Huimin, et al. Technology of treatment to soya bean wastewater [J]. Environmental Pollution & Control, 2001, 23(4): 190 - 194 (in Chinese).

[3] 陈洪斌, 高廷耀, 唐贤春. 豆制品废水生物处理的研究与应用进展[J]. 中国沼气, 2000, 18(3): 13 - 16.

Chen Hongbin, Gao Tingyao, Tang Xianchun. Study and application progress on soybean wastewater biotreatment [J]. China Biogas, 2000, 18(3): 13 - 16 (in Chinese).



作者简介: 王建西 (1964 -), 男, 河南洛阳人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事市政给排水工程设计工作。

E-mail: 13752517662@163.com

收稿日期: 2018 - 06 - 20

加强水土保持, 打造绿水青山