

# 厌氧-好氧生物脱氮除磷强化工艺处理腐竹加工废水

陈小燕

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

**摘要:** 采用高效厌氧折流板反应器(ABR)、好氧生物脱氮除磷强化生化池(PTA<sup>2</sup>O)、高效沉淀池及滤布滤池处理工艺,深度处理生产腐竹排放的高浓度有机废水,出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。ABR 结构简单不易堵塞,耐水力和有机物冲击负荷能力强,容积利用率高。PTA<sup>2</sup>O 池微生物浓度高,高效沉淀池水力负荷高,可减少池容和占地面积;采用新型低通气量曝气软管,可不停产进行反冲洗和更换。ABR-PTA<sup>2</sup>O 污泥内外回流选用耗能更低的气提回流方式。该工程可实现投资低、占地少、操作简单、节省运行费用的目标。

**关键词:** 腐竹生产废水; ABR-PTA<sup>2</sup>O; 气提

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0112-04

## Yuba Processing Wastewater Treatment with Anaerobic – Aerobic Biological Process for Strengthening Nitrogen and Phosphorus Removal

CHEN Xiao-yan

(North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

**Abstract:** The combined treatment process of anaerobic baffled reactor(ABR), perfect type anaerobic/anoxic/oxic(PTA<sup>2</sup>O) and efficient sedimentation tank and cloth filter was used to treat yuba processing wastewater containing high concentration organic pollutants. The quality of effluent could meet the first level class A of national standard (GB 18918-2002). ABR has the advantages of simple structure and uneasily plugging, strong hydraulic and organic shock loading capacity and high volume utilization. PTA<sup>2</sup>O has the advantages of high biomass content, high hydraulic load of sedimentation tank, decreasing volume and area. Arrangement mode of new type aeration hose with low flux can guarantee backwashing and replacement without stopping tank operation. Gas lift mode for sludge circumfluence with low energy consumption was used in the process of ABR-PTA<sup>2</sup>O. The project realized the goal of low investment, less land occupation, simple operation, and low operation cost.

**Key words:** yuba processing wastewater; ABR-PTA<sup>2</sup>O; gas lift

腐竹加工废水成分复杂,污染物浓度高,处理难度大、费用高。与以往的两段厌氧-好氧处理工艺如 UASB-SBR<sup>[1]</sup>相比,高效厌氧折流板反应器-好氧生物脱氮除磷强化生化池处理系统(ABR-PTA<sup>2</sup>O)受原水水质变化影响小,可保持出水水质稳定,用于处理腐竹生产废水具有较明显的优势。

河南某豆制品产业园腐竹生产废水采用了 ABR-PTA<sup>2</sup>O 组合的处理系统。

### 1 项目概况

#### 1.1 设计水量

该厂整个生产过程排放废水量为 900 m<sup>3</sup>/d,其中泡豆废水和冲地废水各占 50%,均为 450 m<sup>3</sup>/d。

设计处理规模为 900 m<sup>3</sup>/d,总变化系数  $K_z = 2.15$ ,平均流量为 0.010 4 m<sup>3</sup>/s,最大设计流量为 0.022 4 m<sup>3</sup>/s。

1.2 设计进、出水水质

本项目生产废水主要由洗豆、冲洗设备、冲洗地板等过程产生,废水排放量不稳定,水质差异较大,含氮含磷,有毒有害物质较少,具有高浓度有机废水水质的特点。实测进水水质均值:COD 为 2 176.5 mg/L、BOD<sub>5</sub> 为 234 mg/L、SS 为 235.5 mg/L、NH<sub>3</sub> - N 为 4.35 mg/L、TP 为 11.35 mg/L、pH 值为 5.6。

根据实测的进水水质,参照相似企业废水水质数据,最终确定项目设计进水水质见表 1。出水水质执行《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,处理后出水至中水系统,主要用作工业冷却水。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	设计进水	设计出水
COD/(mg · L <sup>-1</sup> )	2 000 ~ 2 500	50
BOD <sub>5</sub> /(mg · L <sup>-1</sup> )	1 200	10
SS/(mg · L <sup>-1</sup> )	250	10
TN/(mg · L <sup>-1</sup> )	40	15
NH <sub>3</sub> - N/(mg · L <sup>-1</sup> )	25	5(8)
TP/(mg · L <sup>-1</sup> )	15	0.5
pH 值	6 ~ 9	6 ~ 9

注: 12 ℃ 以下执行括号内的排放限值。

2 工艺选择

本项目的工艺流程如图 1 所示。

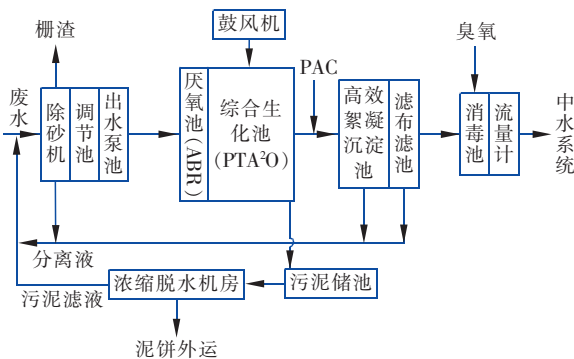


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

2.1 预处理段

腐竹生产废水有机物含量高,还含有一定量的泥沙,当这些泥沙进入生物池后会沉积于池底无法排除,必将危害曝气系统。基于废水水量波动大、水

质差异大的特点,设置了除砂和调节设施,以去除废水中部分泥土、沙粒等物质,还可以调节流量,减少对后续工艺的冲击。采用多功能除砂一体机代替传统的细格栅、沉砂池及砂水分离器。废水首先通过多功能除砂一体机去除较大粒径的悬浮物,再进入调节池和泵池。调节池内设置曝气穿孔管对废水进行搅拌,防止污泥沉淀。废水经潜污泵均匀泵入后续厌氧池、综合生化池。本项目规模较小,按照腐竹废水排放规律及厂区用地面积,调节池 HRT 约 14 h。

2.2 生化处理段

腐竹废水中主要污染物为高浓度的碳水化合物、蛋白质和脂肪等,均可生物降解,经过厌氧消化后,可生化性 B/C 值高达 0.48 ~ 0.60,且有毒有害物质少,适合微生物生长。基于该废水处理有脱氮除磷要求,以及其具有高浓度有机废水的特点,核心生化工艺段考虑通过厌氧预处理来消解部分有机物,同时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所产生的毒害和抑制作用,以减轻后续好氧处理压力。因此核心生化段的基本工艺路线确定为具有水解酸化功能的厌氧 + 脱氮除磷的好氧。厌氧采用高效厌氧折流板反应器 (ABR),其具有良好的水力流态,水流呈推流与完全混合流相结合的复合型流态,具有较高的反应器容积利用率和较强的处理能力,污泥产率低,剩余污泥量少。经厌氧预处理去除部分有机物后的废水进入综合生化池 (PTA<sup>2</sup>O),池内微生物分别在厌氧、缺氧、好氧环境下对废水中的有机物及氮、磷等进行降解,再通过沉淀作用实现泥水分离。

2.3 深度处理段

综合生化池出水经投加药剂 PAC 混合絮凝后进入高效絮凝沉淀池、滤布滤池,进一步去除 SS 和 TP。过滤出水进入接触消毒池,经臭氧消毒后达到 GB 18918—2002 一级 A 排放标准,再经计量排入中水回用系统。

2.4 污泥处理段

沉淀污泥一部分经气提回流至生化部分继续参与生化反应,另一部分作为剩余污泥排入储泥池,经叠螺式污泥浓缩机脱水至含水率在 80% 以下,外运与其他污水处理厂污泥一并处置。

3 工艺设计

本项目处理构筑物的平面布置如图 2 所示。

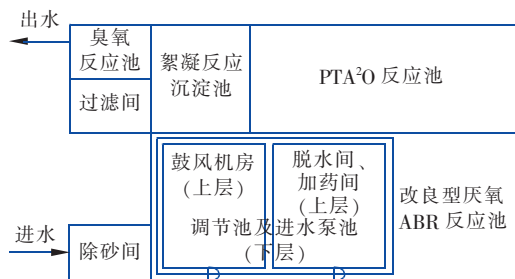


图2 构筑物平面布置

Fig.2 Structures layout plan

### 3.1 主要工艺设计和设备参数

#### ① 除砂间

尺寸( $L \times B \times H$ )为4 m×3 m×3.5 m。在除砂间安装多功能除砂一体机1台,功率为4.5 kW,用于拦截进水中的栅渣、泥土、砂粒等物质。

#### ② 调节池及提升泵池

尺寸( $L \times B \times H$ )为7.8 m×14.0 m×5.0 m(有效水深),水力停留时间为14.6 h。设提升潜水泵2台(1用1备),流量为37.5 m<sup>3</sup>/h,扬程为60 kPa,功率为1.5 kW。

#### ③ ABR反应池

尺寸( $L \times B \times H$ )为9.5 m×8.6 m×5.7 m(有效水深),设计容积负荷取5 kgCOD/(m<sup>3</sup>·d),水力停留时间为12 h。气提回流设备4套,填料20 m<sup>3</sup>。

#### ④ PTA<sub>2</sub>O综合生化池

尺寸( $L \times B \times H$ )为20.8 m×10.5 m×5.7 m(有效水深),总泥龄为15 d,MLSS为6 g/L,污泥负荷为0.133 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d),污泥产率为0.5 kgDS/kgBOD<sub>5</sub>,预缺氧区有效池容为37.5 m<sup>3</sup>,停留时间为1 h;厌氧区有效池容为37.5 m<sup>3</sup>,停留时间为1 h;缺氧区有效池容为131.3 m<sup>3</sup>,停留时间为3.5 h;好氧区有效池容为900 m<sup>3</sup>,停留时间为24 h。沉淀区有效池容为138.6 m<sup>3</sup>,有效停留时间为3.7 h,平均水力负荷为1.55 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。总有效水力停留时间为33.2 h。污泥量为1 200 kg/d。污泥回流比为250%,硝化液回流比为200%。

#### ⑤ 高效沉淀池及纤维滤布滤池

高效沉淀池1座,尺寸( $L \times B \times H$ )为8.6 m×3.2 m×6.5 m(有效水深),混合反应时间为20 min,沉淀时间为3.8 h。主要设备:喇叭式气提装置2套,斜管填料14 m<sup>3</sup>。污泥螺杆泵2台(1用1备),流量为5 m<sup>3</sup>/h,扬程为0.2 MPa,功率为4 kW。

纤维滤布滤池1座,尺寸( $L \times B \times H$ )为8.6 m×3.2 m×6.5 m(有效水深),滤布孔径为10 μm。吸泥车功率为0.4 kW,反冲洗泵功率为2.2 kW。

#### ⑥ 接触消毒池及送水泵房

尺寸( $L \times B \times H$ )为4 m×4.5 m×5 m(有效水深),臭氧投加量最大为30 mg/L,共计27 kg/d。潜水泵2台(1用1备),流量为40 m<sup>3</sup>/h,扬程为220 kPa,功率为6 kW。

#### ⑦ 储泥池、污泥脱水机房及加药间

储泥池1座,尺寸( $L \times B \times H$ )为4 m×2 m×5 m(有效水深),剩余污泥含水率按99%计算,污泥总量为120 m<sup>3</sup>/d。剩余污泥泵2台(1用1备),流量为10 m<sup>3</sup>/h,扬程为200 kPa,功率为1.5 kW。

污泥脱水机房及加药间1座,尺寸( $L \times B \times H$ )为7.5 m×7.8 m×6 m。加药系统:PAM投加量最大为4 g/kgDS,共计4.8 kg/d。通过化学方法除磷量为2.7 mg/L,计算得含量29%的固体碱式氯化铝用量为42.83 kg/d,投加溶液浓度为10%。

污泥脱水机房主要设备:叠螺式污泥浓缩脱水机,污泥量为1 200 kgDS/d,2台(1用1备),处理能力为10~20 m<sup>3</sup>/h, $N=12$  kW。PAM制备系统1套, $N=4.25$  kW。加药泵2台(1用1备), $Q=500$  L/h,扬程为0.2 MPa,功率为0.75 kW。皮带输送机1套,带宽为800 mm,功率为3 kW。加药间PAC投加系统1套,隔膜计量泵2台(1用1备), $Q=500$  L/h, $H=0.2$  MPa, $N=0.75$  kW。

#### ⑧ 鼓风机房

尺寸( $L \times B \times H$ )为7.5 m×6.5 m×6.0 m。好氧风机2台,流量为18 m<sup>3</sup>/min,风压为0.068 MPa,功率为22 kW。厌氧防爆风机2台,流量为1 m<sup>3</sup>/min,风压为0.068 MPa,功率为2.5 kW。

#### ⑨ 臭氧发生间

尺寸( $L \times B \times H$ )为7.6 m×6.6 m×5 m,臭氧投加量按30 mg/L计算,需投加1.13 kg/h。臭氧发生器1台, $N=32$  kW。配套设备有空压机、冷干机及尾气破坏器等。

### 3.2 运行费用

该工程占地970 m<sup>2</sup>。总装机容量为162.4 kW,运行容量为135 kW。总投资为617.6万元,其中第一部分工程费用为512.8万元。该工程电耗为2.23 kW·h/m<sup>3</sup>。化学除磷药剂碱式氯化铝投加量为30 mg/L,臭氧平均投加量为25 mg/L,污泥脱水药剂

PAM 投加量为 4 g/kgDS。按电价为 0.67 元/(kW · h)、工人工资为 5 万元/(人 · a) 计,则生产成本为 2.02 元/m<sup>3</sup>,经营成本为 1.13 元/m<sup>3</sup>。

#### 4 处理工艺和设备特点

① 处理效果稳定。采用 ABR - PTA<sup>2</sup>O 生化池,ABR 厌氧预处理可降低原水浓度和提高可生化性,PTA<sup>2</sup>O 实现 A<sup>2</sup>O 工艺厌氧、缺氧、好氧区多种运行模式,满足更高脱氮除磷出水水质排放标准。

② 占地少。设计生化池微生物浓度为 5 ~ 7 g/L,沉淀池水力负荷为 1.5 ~ 2.5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> · h),减少了 PTA<sup>2</sup>O 生化池容积,减少了占地面积;土建将处理构筑物设在底层,建筑物在池顶,共用池壁,体现了集约化特点。

③ 运行费用较低。ABR - PTA<sup>2</sup>O 工艺无水下搅拌设备,厌氧池产生的气体用于向厌氧池鼓风搅拌;曝气布置方式可将氧的利用率由传统的 15% ~ 25% 提升至 35% 以上,其清水中氧的利用率可保证在 45% 左右;在污泥内外回流系统采用了以空气为动力源、耗能更低的气提回流方式;在供风量的控制方面,可以根据来水水质、运行工况变化及生物池溶解氧,实时自动调整风机运行频率,实现按需供风,将溶解氧精确稳定控制在所设定的范围内,降低运行费用。

④ 管理较简单。ABR - PTA<sup>2</sup>O 工艺无水下动力设备,日常仅需要维护维修曝气设备。国内现有 A<sup>2</sup>O 工艺存在微孔曝气设备易堵、易损及更换难的问题,本项目采用的新型低通气量曝气软管,运行中可做到不停车反冲洗和更换,维修时无需清空池体和再次培育菌种;在污泥内外回流系统采用气提回流方式,减少设备维护维修。

#### 5 结语

高效厌氧折流板反应器 (ABR) 结构简单,对悬浮物、有机物和水温变化适应力强,具有良好的水力特性,高效的生物截留能力;好氧生物脱氮除磷强化生化池 (PTA<sup>2</sup>O) 可多模式运行灵活,对高浓度有机废水、脱氮及除磷效果明显。这两者组合的生化处理技术,处理效果稳定,节省投资、占地及运行费用,管理较简单,具有较明显的技术和经济优势。ABR - PTA<sup>2</sup>O 在腐竹废水处理领域的应用日趋广泛,对于环境保护和豆制品加工行业的发展具有重要意义。

#### 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.



作者简介:陈小燕(1963 - ), 女, 山西寿阳人, 大学本科, 高级工程师, 从事给水排水设计工作。

E-mail:2470748260@qq.com

收稿日期:2017 - 01 - 17

兴修水利,防治水害,加强水利基础设施建设