

# 中药废水处理工程设计实例及分析

刘立<sup>1</sup>, 刘畅<sup>1</sup>, 农燕凤<sup>2</sup>, 赖后伟<sup>1</sup>, 林方敏<sup>1</sup>, 周秀秀<sup>1</sup>

(1. 环境保护部 华南环境科学研究所, 广东 广州 510655; 2. 中煤科工集团重庆设计研究院有限公司 广东分公司, 广东 广州 510095)

**摘要:** 成都某中药产业园中药废水具有水量水质变化大、成分比较复杂的特点。采用改良式预处理与“UASB+接触氧化”生化处理以及“微絮凝+曝气生物滤池”深度处理结合的工艺。稳定运行之后,出水水质达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中污染物最高允许排放浓度的一级标准。介绍了工艺流程、主要构筑物的设计参数,可为同类工程设计提供借鉴。

**关键词:** 中药废水; 预处理; UASB; 接触氧化; 曝气生物滤池

**中图分类号:** TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0089-04

## Design and Analysis of Wastewater Treatment Project in a Chinese Traditional Medicine Industrial Park

LIU Li<sup>1</sup>, LIU Chang<sup>1</sup>, NONG Yan-feng<sup>2</sup>, LAI Hou-wei<sup>1</sup>, LIN Fang-min<sup>1</sup>, ZHOU Xiu-xiu<sup>1</sup>

(1. South China Institute of Environmental Sciences MEP, Guangzhou 510655, China; 2. Guangdong Branch, CCTEG Chongqing Engineering Co. Ltd., Guangzhou 510095, China)

**Abstract:** The wastewater of a Chinese traditional medicine industrial park in Chengdu was characterized as complex composition and great fluctuation of both water quality and flow. The modified pretreatment and UASB/contact oxidation process combined with advanced treatment process (micro-flocculation/biological aerated filter) were applied. After stable operation, the effluent quality could meet the first level criteria in the *Discharge Standard of Water Pollutants for Pharmaceutical Industry Chinese Traditional Medicine Category* (GB 21906-2008). The process flow of the project and the design parameters of the main structures were introduced, and it could provide a reliable reference for the design of similar projects.

**Key words:** Chinese traditional medicine wastewater; pretreatment; UASB; contact oxidation; biological aerated filter

中药废水成分复杂,是较难处理的废水之一。中药废水污染物主要来自中草药清洗、蒸煮、浓缩等生产过程,主要成分为糖类、木质素、蛋白质、色素、纤维素等物质。从水质特征分析,中药废水的可生化性较好,但是由于药物生产过程中不同药物品种

和生产工艺不同,所产生的废水水质及水量有很大的差别,加之废水的高浓度特性,所以对其进行达标处理难度较大,如何有效处理该类废水是当今环保领域面临的一个难题<sup>[1,2]</sup>。

以成都某中药废水处理工程为例,对其处理工

艺、经济效益进行详细分析介绍。

## 1 工程概况

成都某中药产业园主要生产三种产品:清开灵注射液原料、双黄连注射液原料以及清肺化痰颗粒原料,生产车间主要分为前处理车间、水解车间、中药提取车间、综合制剂车间、注射剂车间等。废水来源主要包括中药生产废水和生活污水。中药生产废水主要来自生产车间,在洗泡蒸煮药材、冲洗、制剂等过程中产生,包括药材清洗水、设备清洗水、浓缩冷凝液、洗罐废水、地坪冲洗水以及碱水煮泡液等。主要污染物为有机污染物、悬浮物、色度、氨氮等。工程设计废水处理总量为 $2\,500\text{ m}^3/\text{d}$ 。

## 2 设计水质与工艺流程

### 2.1 设计进、出水水质

设计进水水质根据业主提供的资料,并参考同类工程进水水质确定;出水水质根据园区环境影响评价要求,结合行业标准和保证排放水体的环境标准进行确定,执行《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中污染物最高允许排放浓

度的一级标准。

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	进水水质	出水水质
pH 值	6~11	6~9
COD/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	7 900	$\leq 100$
BOD <sub>5</sub> /( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	3 300	$\leq 20$
悬浮物/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	450	$\leq 50$
色度/倍	220	$\leq 50$
动植物油/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	12	$\leq 5$
氨氮/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	35	$\leq 8$
总磷/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	8	$\leq 0.5$

### 2.2 工艺流程及特点

废水处理采用可投加絮凝剂的物化处理单元与“UASB+接触氧化”生物处理单元有机结合的组合工艺,实质是以AO法为主、改良的物化技术为辅的水处理技术,可分为改良物化处理系统、生化处理系统、深度处理系统、污泥处理系统四大板块。

工艺流程见图1。

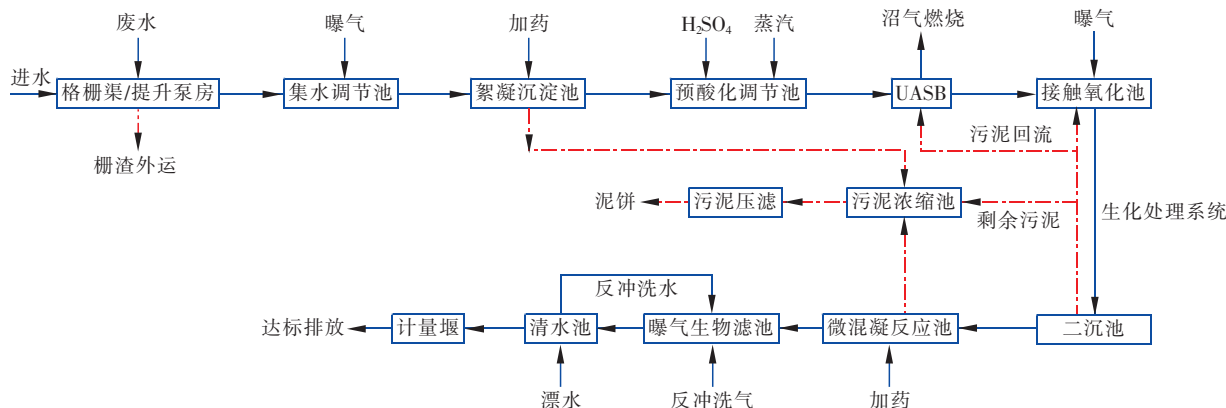


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

选择工艺时充分考虑了中药废水较难处理、水质水量波动较大的特点<sup>[3,4]</sup>,设置两段调节池,前段集水调节池调蓄水量,后段预酸化调节池前段增设絮凝反应沉淀池,用以应对废水成分变化较大时对系统产生的冲击,且对后段调节池增加预酸化功能以及加入蒸汽进行换热,可以保证进水的温度且使得废水在进入UASB之前具有较好的酸化特性。

## 3 主要构筑物参数和设计特点

### 3.1 改良式预处理系统

改良式预处理系统主要包括格栅池、集水池、提

升泵房、集水调节池、絮凝沉淀池及预酸化调节池。

① 格栅池。设置格栅池1座,池体尺寸为 $2.0\text{ m}\times 0.8\text{ m}\times 4.0\text{ m}$ 。配置回转式机械格栅1台。功能特点:通过物理截留作用,拦截生活污水中的悬浮物和生产废水中的药物残渣,保护后续机械设备。

② 集水池、提升泵房。设置集水池1座,池体尺寸为 $6.0\text{ m}\times 5.0\text{ m}\times 5.0\text{ m}$ ;提升泵房1座,尺寸为 $17.9\text{ m}\times 6.0\text{ m}$ 。功能特点:由于进水来源不一、水量变化大,集水池也作为临时收集废水之用,兼作事故池,在事故发生时储存进水。提升泵房用于放

置格栅机、废水提升泵等机械设备,便于集中管理维护。

③ 集水调节池。设置集水调节池1座,池体尺寸为 $27.0\text{ m}\times 17.9\text{ m}\times 5.0\text{ m}$ ,停留时间为 $20.8\text{ h}$ 。功能特点:收集废水,均匀水质;预曝气;事故时作为事故水池,储存事故进水,系统正常时再泵入后续系统。

④ 絮凝沉淀池。设置絮凝沉淀池2座。絮凝沉淀池单池尺寸:pH调节段为 $1.2\text{ m}\times 1.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ ,絮凝反应段为 $1.5\text{ m}\times 1.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ ,沉淀段为 $7.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ 。反应段反应时间为 $15\text{ min}$ ,沉淀段表面负荷为 $2.48\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。功能特点:投加酸或者碱调节进水pH值,保护后续系统正常运行;投加絮凝剂进行絮凝沉淀。设置搅拌器提高混合反应效果;设置斜管填料增加沉淀池的表面负荷及处理效果。

⑤ 预酸化调节池。设置预酸化调节池1座。池体尺寸为 $17.9\text{ m}\times 16.0\text{ m}\times 5.0\text{ m}$ ,停留时间为 $12.3\text{ h}$ 。配置潜水搅拌器4台,用于搅拌均匀水质。功能特点:调节均匀水质水量,充分混合;投加适合的N、P等营养物质进行预酸化,提高进水的可生化性;后部为热水池,通过蒸汽换热,保证进水的温度。

### 3.2 生化处理系统

生化处理系统主要包括UASB、接触氧化池以及二沉池。

#### ① UASB

设置UASB池2座。单座尺寸为 $13.6\text{ m}\times 15.0\text{ m}\times 9.0\text{ m}$ ,容积负荷为 $3.9\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ,停留时间为 $31.3\text{ h}$ ,上升流速为 $0.5\text{ m/h}$ 。

功能特点:中药废水污染物浓度高,通过颗粒污泥的厌氧反应,经水解、酸化、产酸、产甲烷四个阶段,大部分有机物得到降解或去除,为后续的好氧处理创造了条件。在池内安装一定数量的高效生物亲和性填料,利用脉冲布水器布水的冲击作用,填料在反应器内与废水接触良好,提高了生物分解效率。UASB内设三相分离器,产生的沼气收集导入沼气燃烧装置进行燃烧处置。

#### ② 接触氧化池

设置接触氧化池2座。池体尺寸为 $19.6\text{ m}\times 15.0\text{ m}\times 6.0\text{ m}$ ,设置预曝气段,尺寸为 $1.6\text{ m}\times 15.0\text{ m}\times 6.0\text{ m}$ ,停留时间为 $2.6\text{ h}$ ;好氧段尺寸为 $18.0\text{ m}\times 15.0\text{ m}\times 6.0\text{ m}$ ,容积负荷为 $0.64\text{ kgCOD}/$

$(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ,停留时间为 $28.8\text{ h}$ 。

功能特点:废水处理的核心部分。废水经过附着在组合填料上的不同种类微生物菌群的有机配合,能有效去除污染物,使水质得到净化。接触氧化池底部设管状可变微孔曝气器。管状可变微孔曝气器是一种新型高效、负压设计的曝气设备,具有微孔曝气、防堵塞、有效服务面积大、气泡直径小和氧气利用率高等特点,在检修时只需将待检修的曝气器组从水中提上来,即可进行检修更换,无需排掉池水,因此其运行管理极为方便。接触氧化池前段设置预曝气池,对UASB出水进行预曝气,去除厌氧出水中对后续好氧系统有生物毒害作用的污染物。

#### ③ 二沉池

设置二沉池1座。尺寸为 $\varnothing 15.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ ,设计表面负荷为 $0.59\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。功能特点:对生化系统出水进行泥水分离;污泥部分回流至好氧池和UASB,剩余污泥排至污泥浓缩池。

### 3.3 深度处理系统

深度处理系统主要包括微絮凝沉淀池、曝气生物滤池以及清水池。

#### ① 微絮凝沉淀池

设置微絮凝沉淀池2座。微絮凝沉淀池单池尺寸:微絮凝反应段为 $1.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ ,沉淀段为 $8.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ 。反应段反应时间为 $15\text{ min}$ ,沉淀段表面负荷为 $2.17\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

功能特点:投加微絮凝剂进行微絮凝沉淀。设置搅拌器提高混合反应效果;设置斜管填料增加沉淀池的表面负荷及处理效果。

#### ② 曝气生物滤池

设置曝气生物滤池2座。单池尺寸为 $5.0\text{ m}\times 4.0\text{ m}\times 7.0\text{ m}$ ,有机负荷为 $3.0\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\text{滤料}\cdot\text{d})$ ,水力负荷为 $2.6\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。主要包括缓冲配水室、曝气系统、承托层和滤料层、出水系统、反冲洗系统等。

功能特点:采用上向流曝气生物滤池,将混凝沉淀池出水中的碳化有机物进行好氧生物降解,并将凯氏氮部分转化为硝态氮。

#### ③ 清水池

设置清水池1座,池体尺寸为 $12.0\text{ m}\times 5.0\text{ m}\times 4.0\text{ m}$ ,停留时间为 $2.0\text{ h}$ 。

功能特点:出水储存,达标排放;提供曝气生物滤池反洗用水。

### 3.4 污泥处理系统

污水厂剩余污泥在污泥浓缩池浓缩以后,经过加药调理再送往板框压滤机中压滤脱水,压滤后的污泥运往工业园的热电厂进行掺烧,得到无害化、稳定化的处理与处置。

### 4 运行效果及技术经济指标

该工程运行良好,出水各项指标均达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)污染物最高允许排放浓度一级标准的水污染物排放限值。实际运行进、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	进水水质	出水水质
pH 值	6~11	7~8
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	7 900	65~90
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	3 300	11~20
悬浮物/(mg·L <sup>-1</sup> )	450	30~50
色度/倍	220	20~35
动植物油/(mg·L <sup>-1</sup> )	12	2~4
氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	35	3~6
总磷/(mg·L <sup>-1</sup> )	8	0.2~0.4

该工程总投资约为1 700万元。装机总容量为510.5 kW,其中使用功率为275.3 kW,工艺耗电量为1.77 kW·h/m<sup>3</sup>,电价为0.8元/(kW·h),运行电费为1.42元/m<sup>3</sup>;人工费为0.2元/m<sup>3</sup>;药剂费为0.48元/m<sup>3</sup>;折旧与维修费用合计约1.14元/m<sup>3</sup>。综合计算运行成本约为3.24元/m<sup>3</sup>。

### 5 结语

成都某中药产业园废水处理工程设计采用改良式物化预处理+生化处理+深度处理工艺,经稳定运行后,出水水质能达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)污染物最高允许排放浓度一级标准的水污染物排放限值,产生的污泥经压滤后运往工业园的热电厂进行掺烧,得到无害化、稳定化处理与处置。

### 参考文献:

[1] 黄海涛,魏彩春,魏明蓉,等. 水解酸化-SBR工艺处

理中药废水的工程实践[J]. 工业水处理,2012,32(1):78-80.

Huang Haitao, Wei Caichun, Wei Mingrong, et al. Engineering practice of the treatment of traditional Chinese medicine wastewater by hydrolysis acidification-SBR process[J]. Industrial Water Treatment, 2012, 32(1):78-80(in Chinese).

[2] 沈燕,吕开雷. 中药废水处理工程实例[J]. 环境科技,2012,25(3):38-39.

Shen Yan, Lü Kailei. Example of treatment project for Chinese medicine wastewater[J]. Environmental Science and Technology, 2012, 25(3):38-39(in Chinese).

[3] 刘淇,刘泽航. 中药废水处理工程应用研究[J]. 环境科学与管理,2016,41(6):92-95.

Liu Qi, Liu Zehang. Application of treatment project for Chinese medicine wastewater[J]. Environmental Science and Management, 2016, 41(6):92-95(in Chinese).

[4] 车建刚,万金保,邓觅,等. 中药废水处理的工程应用[J]. 水处理技术,2017,43(10):128-130.

Che Jiangang, Wan Jinbao, Deng Mi, et al. Application research of traditional Chinese medicine wastewater treatment[J]. Technology of Water Treatment, 2017, 43(10):128-130(in Chinese).



作者简介:刘立(1988-),男,湖南衡阳人,硕士,工程师,主要研究方向为环境污染控制技术。

E-mail:liuli@scies.org

收稿日期:2017-11-14