

水解酸化-EGSB-生物接触氧化组合工艺处理制药废水

万金保¹, 余晓玲¹, 邓 觅¹, 吴永明²

(1. 南昌大学资源环境与化工学院 鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 江西 南昌 330047; 2. 江西省科学院 鄱阳湖研究中心, 江西 南昌 330096)

摘 要: 采用水解酸化-EGSB-生物接触氧化组合工艺处理中药类制药废水,介绍了工艺选择的依据、工艺流程、工艺参数及运行效果。工程实践表明,该工艺处理效率高,抗冲击负荷能力强,对COD、BOD₅、SS、NH₃-N的去除率分别达到98.4%、99.5%、98.1%、92.7%,最终出水COD、BOD₅、SS、NH₃-N分别为81、9.1、19.2、7.3 mg/L,达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)。

关键词: 制药废水; 水解酸化; EGSB; 生物接触氧化

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)14-0097-04

Treatment of Pharmaceutical Wastewater by a Combined Process of Hydrolytic Acidification, EGSB and Biological Contact Oxidation

WAN Jin-bao¹, YU Xiao-ling¹, DENG Mi¹, WU Yong-ming²

(1. Key Laboratory of Poyang Lake of Ministry of Education, School of Resources Environment & Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330047, China; 2. Poyang Lake Research Center, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang 330096, China)

Abstract: A combined process of hydrolytic acidification, EGSB and biological contact oxidation was applied to treat pharmaceutical wastewater of traditional Chinese medicine. Its process selection base, process flow, technological parameters, and running effect were introduced. The running results showed that the combined process had high treatment efficiency and strong resistance to shock loading. The removal rates of COD, BOD₅, SS, and NH₃-N reached 98.4%, 99.5%, 98.1% and 92.7% respectively. The effluent quality were 81 mg/L, 9.1 mg/L, 19.2 mg/L and 7.3 mg/L respectively, which could meet the *Discharge Standard of Water Pollutants for Pharmaceutical Industry Chinese Traditional Medicine Category* (GB 21906-2008).

Key words: pharmaceutical wastewater; hydrolytic acidification; expanded granular sludge bed; biological contact oxidation

江西某中药公司以提取-蒸发-浓缩为主要工艺生产丸剂、冲剂、膏剂和糖浆剂等中药制剂。生产废水有机污染物含量高、成分复杂、难于沉淀、色度

大,属于高浓度有机废水,若直接排入江河,必定会对周围环境造成严重的影响^[1~3]。因此,需对该类废水进行有效处理。研究表明,水解酸化工艺可将

基金项目: 南昌市对外科技合作与成果转化推广计划项目(2013HZCG001); 江西省科学院产学研合作资金资助项目(2016-yexy-11); 江西省研究生创新专项资金资助项目(YC2016-B008)

难生物降解的大分子物质变为易生物降解的小分子物质,从而提高废水的可生化性^[4,5]。膨胀颗粒污泥床(EGSB)中微生物以颗粒污泥固定化方式存在于反应器中,废水与污泥保持充分接触,达到以较低的能耗大幅降低废水中 COD 的目的,实现高效厌氧反应,因其具有运行负荷高、耐冲击负荷等优点而被广泛运用于制药废水处理^[6~8]。生物接触氧化工艺利用好氧微生物在有氧条件下通过自身的分解作用进一步去除水中的有机物,达到净化水质的目的^[9]。结合公司的实际生产情况对各工艺进行技术经济分析,确定采用水解酸化-EGSB-生物接触氧化组合工艺处理中药类制药废水,并使得最终出水水质达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)。

1 废水水质

日常废水主要包括生产废水和非生产废水,生产废水主要来自洗药、蒸煮、离心过滤工段,其中含有糖类、苷类、有机酸、木质素、生物碱、植物蛋白、色素、淀粉及其水解产物等污染物;对于非生产废水,主要包括设备的清洗废水、地面冲洗水和生活污水。这两类废水混合后总量约为 120 m³/d。废水水质及排放标准见表 1。

表 1 废水水质及排放标准

Tab. 1 Wastewater quality and discharge standards

项目	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	pH 值	色度/ 倍
综合废水	5 000	2 000	1 000	100	4 ~ 5	100
排放标准	≤100	≤20	≤50	≤8	6 ~ 9	≤50

2 工艺流程及主要构筑物

2.1 工艺流程

针对该类废水的特点,采用了水解酸化-EGSB-生物接触氧化组合工艺进行处理,水量为 120 m³/d,每天运行 24 h,各构筑物设计进水流量均为 5 m³/h。工艺流程如图 1 所示。高浓度有机废水首先经过格栅去除药渣等较大的固体悬浮物后自流进入调节池,通过加片碱(NaOH)将 pH 值调至中性以保证后续水解酸化池的处理效果,经搅拌机充分混合后流入水解酸化池。利用兼氧、厌氧菌的水解酸化作用分解有机物,提高废水的可生化性。水解酸化池出水由潜污泵提升至 EGSB 反应器中发生高效厌氧反应,通过厌氧生物降解与产甲烷过程大幅降

低废水中的 COD,反应后经三相分离器实现固、液、气三相分离。EGSB 反应器出水可通过外循环泵回流至水解酸化池,提高反应器的处理效果;经 EGSB 反应器处理后的废水自流进入 A/O 系统(缺氧池+生物接触氧化池),进一步去除 COD、BOD₅ 和氨氮。在 A/O 系统中,反硝化位于硝化之前,硝化混合液回流,EGSB 反应器的出水和硝化池混合液及回流污泥一起进入反硝化池,利用原水中的有机物将硝化池混合液中的 NO₃⁻ 还原为 N₂,达到硝化和反硝化的双重目的。原水中的氨氮、反硝化池中的有机氮分解产生的氨氮和反硝化中生成的碱度(可作为硝化过程的中和剂)一起进入硝化池进行硝化反应,将氨氮转化为硝酸盐氮,同时剩余有机物也被进一步氧化分解。生物接触氧化池的出水进入二沉池进行固液分离,二沉池出水至清水池。经过生化处理后,已完成有机物降解、NH₃ - N 硝化和反硝化过程,最终确保清水池出水达标排放。

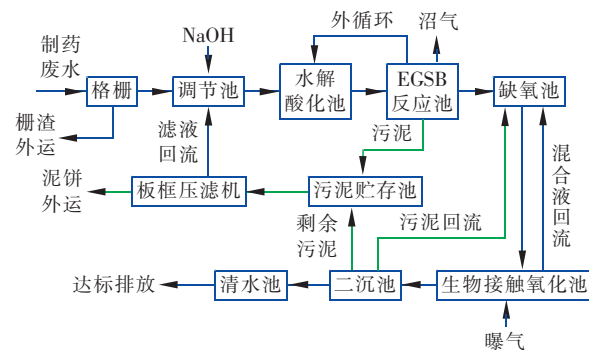


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

EGSB 反应器的污泥排入污泥贮存池,二沉池采用斜管沉淀池,部分污泥回流至缺氧池,剩余污泥经气提泵提升进入污泥贮存池,经板框压滤机脱水后,泥饼与栅渣一同外运安全处置,滤液回流至调节池重新处理。

2.2 主要构筑物及设计参数

① 调节池

1 座,内含潜水搅拌机 2 台,用以均化水质水量,保证后续处理构筑物稳定运行。采用半地上式钢混结构,并进行防腐处理。调节池设计尺寸为 6.0 m × 5.0 m × 3.8 m,有效高度为 3.5 m,有效容积为 105 m³,HRT 为 21 h。

② 水解酸化池

1 座,用以改善废水的 B/C 值,提高废水可生化

性。采用半地上式钢混结构,并进行防腐处理。设计尺寸为 $8.0\text{ m}\times 4.0\text{ m}\times 3.2\text{ m}$,有效高度为 3.0 m ,有效容积为 96 m^3 ,HRT为 19.2 h 。

③ EGSB反应器

1座,配套布水装置、三相分离器、出水收集装置与排泥装置,通过高效厌氧反应去除大部分有机物,大幅降低废水中COD含量。采用钢制结构,并进行防腐处理。设计尺寸为 $\varnothing 4.0\text{ m}\times 16\text{ m}$,有效高度为 15 m ,有效容积为 188.4 m^3 ,容积负荷为 $3.2\text{ kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,上升流速为 4 m/h ,HRT为 37.7 h 。

④ 缺氧池

1座,主要利用兼氧微生物的反硝化作用去除硝态氮,同时去除部分COD。采用半地上式钢混结构,并进行防腐处理。设计尺寸为 $5.0\text{ m}\times 3.5\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,有效高度为 4.0 m ,有效容积为 70 m^3 ,HRT为 14 h ,DO为 $0.3\sim 0.5\text{ mg/L}$ 。

⑤ 生物接触氧化池

共2座,主要利用好氧微生物的生化作用去除有机物。采用完全混合式流态,半软性组合填料,气水比为 $15:1$ 。采用半地上式钢混结构,并进行防腐处理。单池设计尺寸为 $5.5\text{ m}\times 4.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,有效高度为 4.0 m ,总有效容积为 172 m^3 ,容积负荷为 $0.4\text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,HRT为 34.4 h 。

⑥ 二沉池

1座,主要对生化处理出水进行固液分离。采用半地上式钢混结构,并进行防腐处理。设计尺寸为 $3.5\text{ m}\times 3.2\text{ m}\times 5.5\text{ m}$,有效高度为 4.5 m ,有效容积为 40.5 m^3 ,HRT为 8.1 h ,表面水力负荷为 $0.6\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

3 主要设备及工艺参数

主要设备及参数如表2所示。

表2 主要设备及参数

Tab.2 Main equipment and parameters

项 目	规格	数量	使用位置
搅拌机1	叶轮直径 260 mm , $N=0.85\text{ kW}$	2台	调节池
潜污泵	$Q=30\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$	2台	水解酸化池
循环泵	$Q=30\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=5.5\text{ kW}$	2台	EGSB反应器
布水装置	配套	1套	EGSB反应器
三相分离器	配套	1套	EGSB反应器

续表2 (Continued)

项 目	规格	数量	使用位置
出水收集装置	配套	1套	EGSB反应器
排泥装置	配套	1套	EGSB反应器
微孔曝气器	II型D215,服务面积为 $0.30\sim 0.50\text{ m}^2/\text{个}$;空 气流量为 $1.5\sim 3.0\text{ m}^3/$ ($\text{个}\cdot\text{h}$)	180 套	生物接触 氧化池
罗茨鼓风机	$Q=5.4\text{ m}^3/\text{min}$, $P=58.8\text{ kPa}$, $N=7.5\text{ kW}$	2台	生物接触氧化池
混合液回流泵	$Q=20\text{ m}^3/\text{h}$, $H=200\text{ kPa}$, $N=2.2\text{ kW}$	2台	生物接触氧化池
搅拌机2	叶轮直径 260 mm , $N=0.85\text{ kW}$	2台	污泥贮存池
厢式压滤机	压滤面积为 50 m^2 , $N=3.0\text{ kW}$	1台	污泥贮存池
污泥泵	$Q=9\text{ m}^3/\text{h}$, $H=150\text{ kPa}$, $N=1.1\text{ kW}$	2台	污泥贮存池
溶药、储药、搅拌、投加装置	$N=1.1\text{ kW}$	1套	加药系统

4 工艺调试运行情况

系统经过85天完成调试后投入运行,结果表明最终出水水质明显优于《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)。系统自稳定运行后第7天对制药废水污染物的去除效果如表3所示。

表3 各主要构筑物的处理效果

Tab.3 Treatment efficiency of main structures

处理单元		COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N
格栅+调节池+水解酸化池	进水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5 000	2 000	1 000	100
	去除率/%	40	10	60	5
	出水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	3 000	1 800	400	95
EGSB反应器	去除率/%	82	77.5	80	24.9
	出水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	540	405	80	71.3
缺氧池+生物接触氧化池	去除率/%	70	85	40	87.9
	出水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	162	60.8	48	8.6
二沉池+清水池	去除率/%	50	85	60	15.1
	出水/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	81	9.1	19.2	7.3
总去除率/%		98.4	99.5	98.1	92.7
排放标准		100	20	50	8

5 技术经济分析

该工程总投资为116万元,其中直接费用包括土建费用34.04万元、设备费用72.7万元;间接费

用为9.26万元。运行费用包括电费和药剂费,电价以0.80元/(kW·h)计,电费为95.8元/d(0.8元/m³);片碱价格按2500元/t计,则药剂费为0.5元/m³,合计运行费用为1.3元/m³。

6 结论

针对丸剂、冲剂、膏剂和糖浆剂等中药制剂生产过程中排放的废水,采用水解酸化-EGSB-生物接触氧化组合工艺进行处理。该工艺运行稳定,耐冲击负荷强,处理效果好。最终出水COD、BOD₅、SS、NH₃-N分别为81、9.1、19.2、7.3 mg/L,优于《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)。若不计算人工费用,则运行费用仅包含电费和药剂费,总费用为1.3元/m³。

参考文献:

- [1] 陈晓峰. ABR+接触氧化工艺处理中药提取生产废水工程实例[J]. 广东化工,2016,43(15):299-300.
Chen Xiaofeng. Example of treating traditional Chinese medicine extraction sewage by ABR+contact oxidation method system[J]. Guangdong Chemical Industry,2016,43(15):299-300(in Chinese).
- [2] 李亚峰,高颖. 制药废水处理技术研究进展[J]. 水处理技术,2014,40(5):1-4,9.
Li Yafeng,Gao Ying. Research progress in the treatment technologies of pharmaceutical wastewater[J]. Technology of Water Treatment,2014,40(5):1-4,9(in Chinese).
- [3] 刘敖,杨春莉. IC和CASS联动在处理中药制药废水中的应用[J]. 科技创新导报,2015,(18):125-125.
Liu Ao,Yang Chunli. Application of IC and CASS in the treatment of traditional Chinese pharmaceuticals wastewater[J]. Science and Technology Innovation Herald,2015,(18):125-125(in Chinese).
- [4] 王明健. 水解酸化-生物接触氧化法处理中药制药废水[J]. 广东化工,2011,38(7):237-238,241.
Wang Mingjian. Treatment of traditional Chinese pharmaceuticals wastewater with hydrolytic acidification-biological contact oxidation process[J]. Guangdong Chemical Industry,2011,38(7):237-238,241(in Chinese).
- [5] 陈锡剑,阎裕荣,李静,等. 高浓度中药提取废水治理工程实例[J]. 中国给水排水,2014,30(8):76-79.
Chen Xijian,Yan Yurong,Li Jing,et al. Engineering example for treatment of high-concentration wastewater from extraction of Chinese traditional medicine[J]. China Water & Wastewater,2014,30(8):76-79(in Chinese).
- [6] 梁静,周峰. EGSB反应器在制药废水处理中的应用[J]. 能源与环境,2011,(3):85-86.
Liang Jing,Zhou Feng. Application of EGSB reactor for treatment of pharmaceutical wastewater[J]. Energy and Environment,2011,(3):85-86(in Chinese).
- [7] 项文琪,李孟,尹琪. EGSB-倒置式A/A/O氧化沟工艺处理制药废水[J]. 中国给水排水,2016,32(18):91-94.
Xiang Wenqi,Li Meng,Yin Qi. Application of EGSB/inverted A/A/O oxidation ditch process for treatment of pharmaceutical wastewater[J]. China Water & Wastewater,2016,32(18):91-94(in Chinese).
- [8] 龚敏,张勇,赵九旭,等. ABR-EGSB-SBR组合工艺处理制药废水[J]. 环境科学与技术,2006,29(12):80-81,86.
Gong Min,Zhang Yong,Zhao Jiuxu,et al. Treatment of pharmacy wastewater by combined process of ABR-EGSB-SBR[J]. Environmental Science & Technology,2006,29(12):80-81,86(in Chinese).
- [9] 张万昌. 水解酸化-生物接触氧化工艺处理中草药加工废水效能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
Zhang Wanchang. Study on the Performance of Herbal Medicine Processing Wastewater Treatment by Hydrolysis-Biological Contact Oxidation Processes[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology,2014(in Chinese).



作者简介:王金保(1952—),男,江西南昌人,教授,环境工程博士生导师,环境科学与工程硕士生导师,长期从事水污染控制与资源化研究及工程实践工作。

E-mail: yxiaoling1109@163.com

收稿日期:2017-10-14