

内电解-EGSB-好氧-臭氧-MBBR处理银杏叶提取废水

陈永飞, 马莉

(浙江省环境工程有限公司, 浙江 杭州 310012)

摘要: 浙江某医药企业在生产银杏叶片和银杏叶胶囊的过程中产生大量高浓度有机废水, 采用Fe/C内电解-EGSB-好氧-臭氧氧化-MBBR-絮凝沉淀组合工艺进行处理, 出水COD可降至50~100 mg/L, 能够稳定达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中新建企业污染物排放标准。

关键词: 高浓度有机废水; Fe/C内电解; EGSB反应器; 臭氧氧化; MBBR

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0096-04

Application of Iron-carbon Inner Electrolysis/EGSB/Aerobic Oxidation/Ozone Oxidization/MBBR Process in Treatment of Wastewater Extracted from Folium Ginkgo

CHEN Yong-fei, MA Li

(Environmental Engineering Co. Ltd. of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In the process of producing ginkgo biloba tablets and ginkgo capsules, a large amount of high concentrated organic wastewater was produced by a pharmaceutical enterprise in Zhejiang Province. The high concentrated organic wastewater was treated by the combined process including iron-carbon inner electrolysis/EGSB/aerobic oxidation/ozone oxidization/MBBR/flocculating settling. The COD in effluent could be reduced to 50-100 mg/L, which could meet the discharge criteria for pollutants from newly-built enterprises in *Discharge Standard of Water Pollutants for Pharmaceutical Industry Chinese Traditional Medicine Category* (GB 21906-2008).

Key words: high concentration organic wastewater; iron-carbon inner electrolysis; EGSB; ozone oxidization; MBBR

1 工程概况

浙江某医药企业以银杏叶为原材料提取银杏内酯及银杏黄酮, 排放废水中主要污染物为高浓度植物纤维, COD、BOD₅、SS 浓度高, 属高浓度酸性有机废水, 生产过程中不会产生其他污染物。

该企业设计高浓度有机废水排放总量为1500 m³/d, 其中较高浓度废水量为600 m³/d, 较低浓度废水量为900 m³/d, 废水经处理后要求达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中新建企业污染物排放标准。主要污染指标及设计

出水水质见表1。

表1 废水水质及排放标准

Tab. 1 Wastewater quality and discharge standard

项 目	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	pH 值
高浓度废水	≤25 000	≤12 000	≤800	2.0~5.0
低浓度废水	≤2 500	≤1 100		
排放标准	100	20	50	6~9

该企业原有一套废水处理规模为650 m³/d的污水处理设施, 处理工艺: 高浓度废水→调节池1→Fe/C内电解池→混凝沉淀池→产酸反应池→产甲

烷反应池→A级生化池→A级沉淀池→B级生化池→B级沉淀池→出水,低浓度废水经调节池2后进入A级生化池与高浓度废水混合,依次经过后续处理构筑物。原有废水处理系统在处理水量上已不能满足要求,另外存在以下问题:①Fe/C内电解塔已废弃,需结合新增水量一并考虑新建。②产甲烷反应池因结构、流态等原因导致运行效果差,没有发挥最大作用,且该池结构变形严重,存在安全隐患,需拆除重建。③好氧生化处理采用A/B法,废水在A段好氧生化处理后可生化性变差,导致B段运行效果不理想,污染物去除率远低于设计要求。④当污水处理总量为 $450\text{ m}^3/\text{d}$ (高浓度废水为 $150\text{ m}^3/\text{d}$,低浓度废水为 $300\text{ m}^3/\text{d}$)时,出水COD约为 250 mg/L ,无法满足废水排放要求。综上所述,需要对原有处理设施进行改扩建。

2 工艺流程

改扩建工艺流程如图1所示。

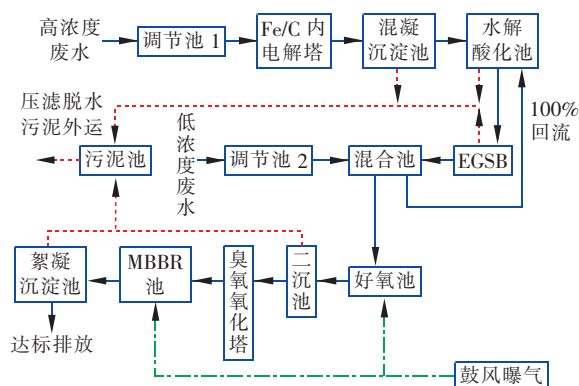


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

高浓度废水首先经过调节池调节水量水质后由提升泵提升进入铁碳(Fe/C)内电解塔。废水在铁碳内电解塔内经氧化还原、絮凝吸附等作用降低废水中污染负荷后,进入混凝沉淀器,去除部分有机物和大部分SS,减少后续生物处理污染物负荷^[1]。混凝沉淀器出水依次进入水解酸化池和EGSB反应器,在该过程中通过厌氧作用去除大部分高浓度有机物。EGSB反应器作为第三代厌氧反应器,具有容积负荷高、死角少、上升流速高等特点^[2]。采用EGSB处理中药废水,COD为 $5\,000\text{ mg/L}$ 、回流比为100%、HRT=9 h时,COD去除率可达94.4%^[1]。之后出水进入混合池,与低浓度废水混合均匀后进入好氧池,在好氧池中进一步氧化分解大部分有机

物,出水进入二沉池进行泥水分离。二沉池出水依次进入臭氧氧化塔、MBBR池、絮凝沉淀池进行深度处理,出水达标排放。来自混凝沉淀器、水解酸化池、EGSB反应器、二沉池、絮凝沉淀池的污泥,经过压滤脱水后外运处置。

3 主要构筑物及设备参数

水解酸化池为原有构筑物,调节池1、Fe/C内电解塔、混凝沉淀器、EGSB反应器、好氧池、二沉池、臭氧氧化塔、絮凝沉淀池为新建构筑物,其余为改建构筑物。

① 调节池1。截留废水中较大的漂浮物和悬浮物,调节水量和水质。设计流量为 $600\text{ m}^3/\text{d}$,钢混结构,1座,有效容积为 306 m^3 ,HRT为12.24 h。进口处设1台机械格栅,设备净宽为500 mm,栅条间隙为1 mm,功率为0.37 kW。设1台双曲面搅拌机,桨叶直径为1 m,功率为0.75 kW。出口设2台(1用1备)提升泵,流量为 $30\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为180 kPa,功率为4.0 kW。

② Fe/C内电解塔。设计流量为 $600\text{ m}^3/\text{d}$,1座,钢结构,环氧树脂防腐。尺寸为 $\varnothing 3.4\text{ m} \times 10.5\text{ m}$,有效容积为 90.746 m^3 ,上升流速为2.85 m/h,HRT为3.63 h。在Fe/C内电解塔中通过铁碳微电解反应,对难降解有机物开环断链,增加废水可生化性。

③ 混凝沉淀器。设计流量为 $600\text{ m}^3/\text{d}$,1座,钢结构,环氧树脂防腐。尺寸: $8.0\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 8.0\text{ m}$ (反应区为 $0.8\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$,沉淀区为 $7.2\text{ m} \times 5.5\text{ m} \times 8.0\text{ m}$),反应区安装功率为0.75 kW的搅拌机3台,使废水与混凝剂混合均匀,进行混凝沉淀,去除部分有机物和大部分SS。

④ 水解酸化池。水解酸化池为厂区已有构筑物,钢混结构,尺寸为 $\varnothing 12.00\text{ m} \times 6.80\text{ m}$,1座,有效容积为 734.76 m^3 ,流量为 $600\text{ m}^3/\text{d}$ 时,停留时间为29.4 h。

⑤ EGSB。2座,钢结构,环氧树脂防腐。单座设计流量为 $300\text{ m}^3/\text{d}$,尺寸为 $\varnothing 10.0\text{ m} \times 16.5\text{ m}$,有效容积为 $2\,119.5\text{ m}^3$ 。外回流比为100%时,表面水力负荷为 $0.3185\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,COD容积负荷为 $2.97\text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。反应器由第一反应室和第二反应室叠加而成。每个厌氧反应室的顶部各设有一个气、固、液三相分离器。第一级三相分离器主要分离沼气和气,第二级三相分离器主要分离沼气、污

泥和水。污水在第二反应室进入三相分离器前,由回流集水总管收集,进行污水内回流,污水内回流泵流量为 $232 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 85 kPa 、功率为 11 kW ,回流污水与进水在第一反应室混合均匀,内回流后污水上升流速为 3.5 m/h 。

⑥ 混合池。由原池改造而来,钢混结构,低浓度废水和厌氧处理后高浓度废水在此混合。设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,有效容积为 64.8 m^3 。配备流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 100 kPa 的污水提升泵 2 台(1 用 1 备),将废水回流至水解酸化池。

⑦ 调节池 2。收集低浓度废水,混合均匀后提升至后续处理单元。设计流量为 $900 \text{ m}^3/\text{d}$,钢混结构,1 座,有效容积为 517.5 m^3 ,HRT 为 13.8 h 。配备 2 台污水提升泵(1 用 1 备),流量为 $37.5 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 70 kPa ,功率为 1.5 kW 。

⑧ 好氧池。设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,钢混结构,1 座,尺寸为 $38.9 \text{ m} \times 12.9 \text{ m} \times 5.3 \text{ m}$,有效容积为 2408 m^3 ,容积负荷为 $1.20 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。装有曝气系统一套,鼓风机风量为 $20.95 \text{ m}^3/\text{min}$,风压为 53.9 kPa ,功率为 30 kW ,3 台(2 用 1 备)。

⑨ 二沉池。好氧池出水在二沉池实现泥水分离,污泥回流至好氧池,上清液提升至后续处理单元。设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,采用辐流式,中心进水周边出水,钢混结构,1 座,尺寸为 $\varnothing 10 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$ (池周水深),表面水力负荷为 $0.80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。配备中心传动刮泥机 1 台,直径为 10 m ,功率为 0.55 kW 。污泥泵 2 台(1 用 1 备),流量为 $62.5 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 60 kPa ,功率为 2.2 kW ,用于污泥回流及剩余污泥排放。提升泵 4 台(2 用 2 备),流量为 $35 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 150 kPa ,功率为 4.0 kW ,将污水提升至臭氧氧化塔。

⑩ 臭氧氧化塔。通过臭氧氧化作用,提高废水可生化性,以便进一步生化处理。设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,2 座,钢结构,环氧树脂防腐。尺寸为 $\varnothing 3.0 \text{ m} \times 9.2 \text{ m}$,氧化时间为 1.5 h 。

⑪ MBBR 池。通过好氧生化作用降解剩余污染物,MBBR 池设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,由原池改造而来。MBBR 池有效总容积为 745.9 m^3 ,停留时间为 12 h ,容积负荷为 $0.39 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。悬浮填料粒径为 $\varnothing 10 \text{ mm}$,填充量为 150 m^3 ,装有曝气系统一套,鼓风机风量为 $3.36 \text{ m}^3/\text{min}$,风压为 53.9 kPa ,功率为 5.5 kW ,3 台(2 用 1 备)。

⑫ 絮凝沉淀池。通过加药反应,确保出水水质达标。絮凝反应池与终沉池合壁共建,设计流量为 $1500 \text{ m}^3/\text{d}$,絮凝反应池尺寸为 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$,有效容积为 4.464 m^3 ,停留时间为 4.28 min ,配备搅拌机 1 台,功率为 0.75 kW 。终沉池采用辐流式,中心进水周边出水,钢混结构,1 座,尺寸为 $\varnothing 10 \text{ m} \times 3.50 \text{ m}$ (池周水深)。沉淀池表面水力负荷为 $0.80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,配备中心传动刮泥机 1 台,直径为 10 m ,功率为 0.55 kW 。污泥泵 2 台(1 用 1 备),流量为 $62.5 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 60 kPa ,功率为 2.2 kW ,将污泥排放至污泥池。

4 系统处理结果

该系统自 2014 年 5 月完成调试并正式投入运行,并于 2014 年 10 月份通过验收,至今运行稳定。2015 年 1 月—2016 年 3 月的 COD 监测数据见表 2。

表 2 废水平均处理效果

Tab. 2 Effect of wastewater treatment

项 目	COD 平均值/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	COD 平均去除率/%	COD 变化范围/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
高浓度废水	17 610	—	11 000 ~ 23 600
低浓度废水	956		542 ~ 1 540
Fe/C 内电解池 + 混凝沉淀器	9 651	45.2	6 340 ~ 14 200
水解酸化池 + EGSB	832	91.4	428 ~ 1 590
混合池	877	—	650 ~ 1 450
好氧池 + 二沉池	98	88.8	71 ~ 129
臭氧氧化塔 + MBBR 池	89	9.2	51 ~ 129
絮凝沉淀池	73	18.0	50 ~ 100

由表 2 可以看出,尽管进水水质波动较大,但基本在设计范围之内,处理后出水指标能够稳定达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中新建企业污染物排放标准。

5 处理效果及经济指标

该工程总投资为 1 236.86 万元,土建费用为 270.75 万元,工艺、设备(含安装)费用为 878.75 万元,电气、仪表(含安装)费用为 27.36 万元,设计费为 35 万元,调试费为 25 万元。日常运行费用(电费 $2.21 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、药剂费 $0.575 \text{ 元}/\text{m}^3$ 、人工费 $0.267 \text{ 元}/\text{m}^3$)合计约 $3.052 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

6 结论

① 采用 Fe/C 内电解→EGSB→好氧→臭氧氧化→MBBR→絮凝沉淀组合工艺处理银杏叶提取有

机废水,出水 COD 能够稳定达到《中药类制药工业水污染物排放标准》(GB 21906—2008)中新建企业水污染物排放标准。废水处理的基本费用(含固废外运处置费)为 3.052 元/m³。

② 利用在酸性条件下,铁屑内电解的氧化还原和电富集作用及碱性条件下的混凝沉淀作用,对 COD 去除率高达 45.2%,使高浓度废水 COD 均值从 17 610 mg/L 降至 9 651 mg/L。

③ 水解酸化池+EGSB 工段和好氧池+二沉池工段对 COD 的去除效果显著,去除率分别为 91.4% 和 88.8%,经两工段处理后,COD 均值降至 98 mg/L。废水再经臭氧氧化塔+MBBR 池+絮凝沉淀池工段深度处理后,出水 COD 均值为 73 mg/L(波动范围为 50~100 mg/L),稳定达到出水水质要求。

参考文献:

- [1] 鞠峰,胡勇有. 铁屑内电解技术的强化方式及改进措施研究进展[J]. 环境科学学报,2011,31(12):2585-2594.
Ju Feng, Hu Yongyou. Advance in enhanced patterns and improvement measures of iron innerelectrolysis[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(12): 2585-2594 (in Chinese).

Chinese).

- [2] 刘兴哲,宿程远,王恺尧,等. EGSB 处理中药废水的效能及影响因素[J]. 中国给水排水,2013,29(19):6-9.

Liu Xingzhe, Su Chengyuan, Wang Kaiyao, et al. Performance and influencing factors of EGSB reactor for traditional Chinese medicine wastewater treatment[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(19): 6-9 (in Chinese).



作者简介:陈永飞(1984-),男,江苏淮安人,本科,工程师,主要从事市政污水和工业废水处理工作。

E-mail: yongfei28@126.com

收稿日期:2017-06-17

(上接第 95 页)

中国建筑工业出版社,2013.

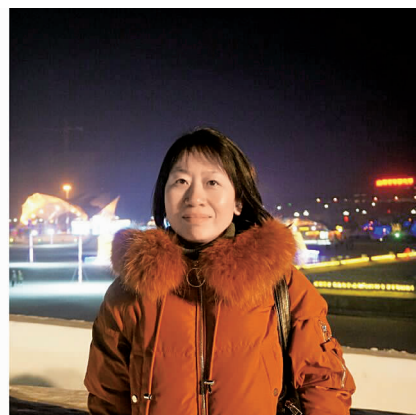
Li Guibai, Zhang Jie. Water Quality Engineering (2nd ed) (Part 2) [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013 (in Chinese).

- [2] HJ 577—2010, 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2011.

HJ 577-2010, Technical Specifications for Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Process [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2011 (in Chinese).

- [3] 任志强,谷峰,路永奇,等. CASS 工艺处理城市污水的设计与运行[J]. 工业用水与废水,2011,42(2):78-81.

Ren Zhiqiang, Gu Feng, Lu Yongqi, et al. CASS process for urban sewage treatment design and operation [J]. Industrial Water & Wastewater, 2011, 42(2): 78-81 (in Chinese).



作者简介:田葳(1971-),女,辽宁抚顺人,硕士,讲师,研究方向为污水处理与资源化。

E-mail: 1321341579@qq.com

收稿日期:2016-12-13