

IC + SBR 联合工艺处理医药生产废水

赵群英, 李侃, 杨学福

(西安工业大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 某医药生产企业排放的废水具有成分复杂、COD 浓度高、色度和毒性大等特点, 综合考虑后采用 IC + SBR 联合处理工艺。实践表明, 该工艺处理效果稳定可靠, 出水各项指标全面达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级标准和《黄河流域(陕西段)污水综合排放标准》(DB 61/224—2011) 的一级标准。

关键词: 医药生产废水; IC 反应器; SBR 反应器

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)06-0085-04

Application of IC and SBR Combined Process in Treatment of Pharmaceutical Wastewater

ZHAO Qun-ying, LI Kan, YANG Xue-fu

(School of Civil & Architecture Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: The wastewater discharged from a pharmaceutical production enterprise has the characteristics of complex composition, high COD concentration, high chroma and toxicity, etc. According to the characteristics of the wastewater, IC and SBR combined process was adopted. The practical application results showed that the treatment efficiency of the technology was stable and reliable, the effluent water quality fully met the first level criteria in both *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996) and *Standard for Comprehensive Discharge of Sewage in the Yellow River Basin (Shaanxi Section)* (DB 61/224 - 2011).

Key words: pharmaceutical wastewater; IC reactor; SBR reactor

医药废水是医药工业“三废”治理的重中之重^[1]。由于医药生产企业的产品不同,产生的废水水质差别较大,采用的处理工艺也不尽相同,但由于医药废水都含有大量的有机物,故均考虑采用以生物处理为主的处理工艺^[2-4]。

陕西某医药公司生产疫苗、兽药、微生态制剂、饲料添加剂等四大类 200 多个产品,其医药废水具有成分复杂、COD 浓度高、色度和毒性大等特点。设计采用 IC + SBR 的主体工艺对该废水进行处理,效果良好,出水水质全面达到《污水综合排放标准》

(GB 8978—1996) 的一级标准和《黄河流域(陕西段)污水综合排放标准》(DB 61/224—2011) 的一级标准。

其中出水 COD、BOD₅、TP、TN、NH₃-N 执行《黄河流域(陕西段)污水综合排放标准》(DB 61/224—2011) 一级排放标准,SS、pH 值执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级标准。

1 废水水质、水量

制药废水约为 240 m³/d, 混合废水水质、设计进水水质及排放标准见表 1。

表1 废水水质及设计进、出水水质

Tab.1 Wastewater quality and design influent and effluent quality

项目	废水水质	设计进水	排放标准
COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3 000 ~ 3 500	3 200	≤ 50
BOD ₅ /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1 300 ~ 1 800	1 600	≤ 20
TP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	5 ~ 7	6	≤ 0.5
SS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	400 ~ 550	480	≤ 70
TN/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	50 ~ 80	75	≤ 20
NH ₃ -N/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	40 ~ 60	50	≤ 12
pH 值	6.1 ~ 7.5	6.0 ~ 7.5	6 ~ 9

2 废水处理工艺

该废水为高浓度有机废水且 $\text{BOD}_5/\text{COD} > 0.3$, 故选择以生物处理为主的处理工艺。由于废水中含有大量 SS, 不仅会堵塞提升泵和管道, 而且会增加后续生物处理的负荷并影响处理效果, 故设格栅去除 SS; 医药企业不同时段、不同车间产生的废水水质、水量都不均匀, 而生物处理要求稳定的水质水量, 故设调节池调节水质水量; 采用厌氧反应器——IC 反应器去除大部分有机物, 以降低好氧处理的有机负荷, 同时节省运行费用; 废水经过厌氧处理后, 有机物浓度大幅降低, 可通过 SBR 反应器进一步去除; 针对废水中大量致病菌和病毒, 设置了消毒池, 保证不会造成二次污染。工艺流程见图 1。

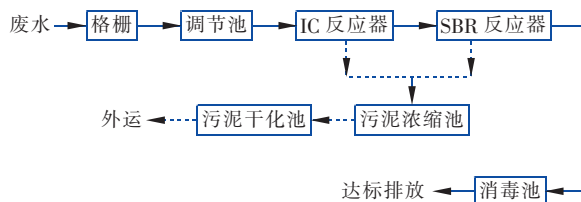


图1 废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater treatment process

废水由厂区排水管直接引入格栅去除悬浮物, 人工定期清理栅渣; 格栅出水进入调节池, 调节水量均和水质, 并在池中设置浮球液位计以监测和控制液位; 均和后的出水经泵提升进入 IC 反应器进行厌氧处理, 降解大部分有机物; 出水自流到 SBR 反应器, 完成有机物的彻底降解、脱氮除磷; 最后消毒后达标排放。

3 主要处理单元、设备及参数

3.1 格栅井

设计进水渠流速为 0.7 m/s , 宽为 0.6 m , 渠底水力坡降为 1.0% 。格栅井尺寸为 $1.6 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times$

1.5 m , 钢筋混凝土结构。采用不锈钢材质细格栅 1 台, 栅隙为 10 mm , 安装倾角为 75° 。

3.2 调节池

调节池水力停留时间为 12 h , 设计尺寸为 $9.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ (超高 0.3 m), 钢筋混凝土结构, 有效容积为 120 m^3 , 全地下式, 内置潜污泵 2 台, 1 用 1 备。在泵的出水管上设电磁流量计 1 台。

3.3 IC 反应器

IC 反应器尺寸为 $\varnothing 2.0 \text{ m} \times 20.3 \text{ m}$, 有效容积为 62.8 m^3 , 1 台, 钢制容器。设计容积负荷为 $12 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 水力停留时间为 6 h 。

3.4 SBR 反应器

采用钢筋混凝土结构, 尺寸为 $6.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$, 有效容积为 48 m^3 , 4 座。每池每日运行 3 个周期, 每个周期 8 h , 其中: 进水 2.0 h , 反应 3.5 h , 沉淀 1.0 h , 滗水 1.0 h , 排泥、闲置 0.5 h 。容积负荷为 $0.2 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 污泥浓度为 $4 000 \text{ mg/L}$, 污泥龄为 30 d , 充水比为 0.5 。

每池选用 $\varnothing 215 \text{ mm}$ 半球形微孔曝气器 75 套, 每套服务面积为 0.16 m^2 , 每套供气量为 $2 \text{ m}^3/\text{h}$; 每池设旋转式滗水器 1 台, 出水量为 $50 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$, 滗水深度为 1.7 m , 出水堰长度为 2.0 m ; 每池设置 2 台潜水搅拌机、1 台剩余污泥泵, 泵流量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 90 kPa 、功率为 0.75 kW 。

选用三叶式风机 2 台, 1 用 1 备, 单台风量为 $4.94 \text{ m}^3/\text{min}$ 、风压为 500 kPa 、功率为 7.5 kW 。

3.5 消毒池

1 座, 尺寸为 $1 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, 超高为 0.3 m , 有效容积为 5.1 m^3 , 水力停留时间为 30 min , 加药量为 10 mg/L 。

3.6 污泥浓缩池

污泥浓缩时间为 12 h , 间歇式运行。浓缩池尺寸为 $2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$, 泥斗底部尺寸为 $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$, 泥斗深度为 1.0 m , 缓冲层取 0.5 m , 超高为 0.3 m , 沉淀区有效水深为 2.0 m , 浓缩池总高 3.8 m 。

3.7 污泥干化池

采用中心渗沥管自然干化池, 尺寸: $3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$, 共设 2 格。

4 工艺调试及运行结果

4.1 IC 反应器

IC 反应器的调试主要是进行颗粒污泥的培养。接种污泥为某淀粉废水处理厂 UASB 反应器中

厌氧颗粒污泥。接种污泥浓度为34 000 mg/L左右,污泥量约18 kgVSS/m³。该污泥呈黑褐色球形或椭圆形,粒径为0.5~1.7 mm,沉降性能良好,SVI为30~40 mL/g,VSS/SS为0.77。

在初始启动阶段,采用原水加出水回流的进水方式实现较低的容积负荷1.0 kgCOD/(m³·d),并根据出水挥发性脂肪酸(VFA)浓度、pH值和COD去除率逐步提高IC反应器的负荷^[5]。当持续2天出水VFA浓度<300 mg/L时,表示反应器内有足够的微生物对有机物进行较彻底地分解,此时减少稀释水量,以提高20%的容积负荷。当出水VFA浓度在300~500 mg/L时,应维持原负荷不变,待VFA下降后再提高容积负荷。当出水VFA的浓度>600 mg/L时,此时仍保持进水负荷不变,密切关注后续VFA的变化趋势。当出水VFA浓度>800 mg/L时,则将负荷降至原来的水平,并保证反应器内pH值>6.5,若pH值降至6.5以下,则加碱调节pH值,待VFA浓度下降到300 mg/L以下时,再逐步增加负荷。反应器启动69天后,COD去除率稳定在95%以上,达到满负荷运行。厌氧污泥中,颗粒直径>0.5 mm的占75%,最大粒径达5 mm,SVI从初始的95 mL/g降到30 mL/g,反应器启动完毕。

4.2 SBR反应器

SBR反应器的启动主要是好氧活性污泥的培养、驯化。

SBR反应器的接种污泥为西安市某污水厂二沉池的剩余污泥,采用间歇换水方式培养。IC反应器出水经过稀释后,进入SBR反应器,当经过曝气并出现模糊的絮凝体后,停止曝气,经过1天沉淀后排除上清液,再进同浓度的新鲜废水,继续曝气培养。每一浓度运行3~7 d,通过镜检观察活性污泥的生长情况,生长良好时可适当调高浓度,以后逐级提高废水浓度,一直到IC反应器出水浓度,然后进行连续曝气培养,直到活性污泥全面形成大絮团。经过半个月的运行,混合液的SV₃₀达50%以上,SVI为100 mL/g左右。

4.3 运行效果

IC+SBR工艺经过2个多月的调试运行后,出水水质全面达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)一级标准及《黄河流域(陕西段)污水综合排放标准》(DB 61/224—2011)一级排放标准,工程验收合格。表2为2018年2月1日—2月28日对系

统的监测结果。

表2 医药废水处理效果

Tab.2 Treatment effect of pharmaceutical wastewater

项目	平均进水水质	平均排放水质
COD/(mg·L ⁻¹)	3 100	47
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	1 500	18
TP/(mg·L ⁻¹)	6.0	0.4
SS/(mg·L ⁻¹)	500	65
TN/(mg·L ⁻¹)	70	14
NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	50	9
pH值	6.9	7.2

5 主要技术经济指标

该工程的厌氧反应器采用相当于2层UASB反应器串联而成的IC反应器。IC反应器通过内循环自动稀释进水,有效保证了厌氧反应器进水浓度的稳定性,并且水力停留时间较UASB反应器短,更适合于处理可生化性好的废水。

该工程总占地面积为420 m²,总投资为126.7万元,其中:土建21.16万元,设备及监控92.74万元,安装调试及其他12.80万元。运行费用为1.72元/m³,其中电费为0.90元/m³,药剂费为0.26元/m³,人工费为0.56元/m³。

废水处理量为240 m³/d,COD去除率为98.5%,TN去除率为80%,SS去除率为87%,年运行时间按360 d计,则可减少向环境排放的COD约263.8 t/a、TN约4.8 t/a、SS约37.6 t/a。

6 结语

① 采用IC+SBR联合工艺处理高浓度医药废水,处理效果良好,系统运行稳定,出水水质全面达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准及《黄河流域(陕西段)污水综合排放标准》(DB 61/224—2011)一级排放标准。

② 采用IC+SBR联合工艺处理高浓度医药废水,运行成本低,仅为1.72元/m³;每年可减少向环境排放COD约263.8 t、TN约4.8 t、SS约37.6 t。

参考文献:

- [1] 黄胜炎. 医药工业废水处理现状与发展[J]. 医药工程设计,2005,26(3):41-50.
Huang Shengyan. Current situation and development of waste water treatment in pharmaceutical industry [J]. Pharmaceutical & Engineering Design,2005,26(3):41-50(in Chinese).

- [2] 张海燕,刘文聪,姜辉,等. Fenton - 混凝沉淀 - 水解酸化 - A/O 工艺处理医药废水[J]. 中国给水排水, 2018,34(4):89-92.

Zhang Haiyan, Liu Wencong, Jiang Hui, *et al.* Treatment of pharmaceutical wastewater using combined Fenton, coagulating sedimentation, hydrolysis acidification and A/O process[J]. China Water & Wastewater, 2018,34(4): 89-92 (in Chinese).

- [3] 王白杨,胡翔宇,欧阳二明,等. 水解酸化 + A/O + 混凝沉淀工艺处理中成药废水工程实例[J]. 水处理技术, 2014,40(8):115-117.

Wang Baiyang, Hu Xiangyu, Ouyang Erming, *et al.* Treatment of Chinese patent medicine wastewater by hydrolysis acidification + A/O + coagulating sedimentation process [J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40 (8):115-117 (in Chinese).

- [4] 张健君,陈立春,吴春雷,等. 医药产业基地废水集中处理工艺选择的中试研究[J]. 中国给水排水, 2017, 33(19):104-109.

Zhang Jianjun, Chen Lichun, Wu Chunlei, *et al.* Process selection of centralized treatment of wastewater from pharmaceutical industry base [J]. China Water & Wastewater, 2017,33(19):104-109 (in Chinese).

- [5] 李平,徐文英. 厌氧(IC反应器)/好氧联用处理淀粉生产废水[J]. 中国给水排水, 2009,25(2):52-54.

Li Ping, Xu Wenying. Internal circulation anaerobic reactor/aerobic process for treatment of starch wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25 (2):52-54 (in Chinese).



作者简介:赵群英(1978 -),女,陕西西安人,博士,讲师,主要从事给水排水专业的教学与科研工作。

E-mail:303106744@qq.com

收稿日期:2018-05-28

(上接第75页)

100%。

表5 提标后出水水质

Tab.5 Effluent quality after upgrading and reconstruction

mg · L⁻¹

项目	BOD ₅	COD	SS	TN	NH ₃ -N	TP
平均值	2.4	22.9	6.5	11.3	0.5	0.4

4 结语

在污水厂提标改造工程中,通过对现状生物池扩容及增加搅拌器、设置缺氧好氧转换区,实现TN的有效去除;增加高效沉淀池和砂滤池去除TP和SS。通过设置污水转换井实现总管碰管不停产。提标工程建成投运以来,出水水质能稳定达到一级A排放标准。

参考文献:

- [1] CECS 149:2003,城市污水生物脱氮除磷处理设计规程[S]. 北京:中国计划出版社,2003.

CECS 149:2003, Specification for Design of Nitrogen and Phosphorus Removal in Activated Sludge System [S]. Beijing: China Planning Press, 2003 (in Chinese).



作者简介:瞿露(1987 -),女,重庆人,硕士,工程师,从事给水、排水、环境工程设计及咨询工作。

E-mail:qu-lu@163.com

收稿日期:2018-09-10