

PACT 工艺在合成制药废水处理中的应用

张玉杰, 万江江

(陕西汉江药业集团股份有限公司, 陕西 汉中 723000)

摘要: 针对化学合成制药生产废水难生物降解的特性, 在好氧段采用 PACT 工艺。运行结果表明: 在进水 COD_G 平均质量浓度为 3 798.9 mg/L 时, 好氧段 COD_G 去除率较采用 PACT 处理工艺前提高 5.18%, COD_G 总去除率由原系统 91.67% 提高到 97.65%, 出水水质达到 GB 21904—2008《化学合成类制药工业水污染物排放标准》。同时有效地改善了污泥沉淀性能, 消除了好氧段的产生泡沫现象, 使系统运行更加稳定。

关键词: PACT 工艺; 制药废水; 废水处理

中图分类号: X787.031 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-2455(2011)04-0086-03

1 工程概况

某制药厂是一家生产化学原料药及医药中间体的企业, 该制药厂品种多、产量小、同一生产线交替生产不同产品, 有时在同一生产车间同时生产几个产品。正是因为这种生产特点, 使产生的工艺废水水质波动大、废水中的污染成分变化频繁, 生产废水中含有大量难降解物质和生物有毒物质, 给废水处理带来很大困难。该制药厂早在 1984 年就建有 1 座废水处理站, 其工艺为传统的二级好氧生物法, 设计出水 COD_G 的质量浓度小于等于 300 mg/L。2008 年国家环保总局发布了制药工业废水排放系列标准, 该公司按照 GB 21904—2008《化学合成类制药工业水污染物排放标准》的要求, 对原废水处理系统进行了改造。

新建废水处理系统采用铁炭微电解-厌氧-好氧组合处理工艺, 于 2009 年 7 月投入调试运行, 在试运行中, 系统不稳定, 致使出水 COD_G 质量浓度未能达到现行国家标准。试运行中发现的突出问题表现在好氧段: ① 在好氧池中出现大量泡沫, 严重时泡沫大量溢出, 带走污泥, 导致无法正常曝气控制 DO 值。消泡剂和水雾消泡均不能有效改善运行状态。② 污泥分解严重, SV₃₀ 值高, 有时高达 90% 以上。生物种类少, 活性差。③ 由于污泥沉降性差, 大量污泥从二沉池流出进入絮凝沉淀池, 不仅增加了絮凝沉淀池运行负荷, 也使 MLSS 浓度指标控制困难。

针对新建废水处理系统试运行中存在的问题,

经小试试验确定在新建废水处理系统采用 PACT (Powdered Activated Carbon Treatment Process) 技术。经过近 1 a 的运行表明, 该技术较好地解决了试运行中出现的问题, 大大提高了废水处理系统的处理效果, 系统运行稳定, 实现了持续达标排放。

2 废水水质

该制药厂共有 6 个化学合成制药车间, 每年生产原料药、医药中间体 30 余种, 正常情况下同一时段有近 10 个产品同时生产, 不同的时段其产品组合不同。产生的生产废水量为 800 ~ 1 200 m³/d, 废水水质情况及排放水标准限值如表 1 所示。综合废水的 COD_G 质量浓度为 3 000 ~ 5 500 mg/L, 最高时可达 7 000 ~ 8 000 mg/L。由于每个产品所用原料不同, 使用的原料多达 70 余种, 废水中的有机成分及 COD_G 浓度随着生产品种的交替变换而变化。废水中除含有甲醇、丙酮、乙酸、氯化钠等已知物质外, 还含有少量反应产物和在反应中生成的

表 1 废水水质与标准限值

指标	pH 值	$\rho(\text{COD}_G)/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{SS})/$ (mg·L ⁻¹)
水质	3 ~ 10	3 000 ~ 5 500	100 ~ 1 000
排放限值	6 ~ 9	≤ 120	≤ 50
指标	$\rho(\text{氨氮})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{磷})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{Cl}^-)/$ (mg·L ⁻¹)
水质	4 ~ 50	< 1	1 000 ~ 2 000
排放限值	≤ 25	≤ 1.0	

收稿日期: 2011-01-11; 修回日期: 2011-03-14

未知有机副产物。

3 废水处理工艺

3.1 废水处理工艺流程

通过对新建废水处理系统运行出现的问题分析, 认为造成处理废水不达标的主要原因可能是经厌氧处理后的废水 COD_G 质量浓度偏高(一般在 2000 mg/L 左右), 同时废水中可能含有一定量难降解物质或有毒物质, 而好氧段只采用了传统的活性污泥工艺, 虽然在池中填充了弹性填料, 一定程度上提高了好氧处理效果, 但不能有效分解难降解物质和有毒物质, 导致好氧段出现前述情况发生, 从而使处理效率偏低, 出水不达标。因此, 有必要对好氧段进行技术改进, 进一步提升好氧处理效率。

PACT 工艺是向曝气池投加粉末活性炭, 将活性炭吸附和生物氧化结合起来的一种活性污泥工艺。粉末活性炭投加曝气池后能强化活性污泥法的净化功能, 提高有机物的去除效率, 改善出水水质。与传统活性污泥法相比, PACT 工艺有以下优点^[1-3]: ① 提高难降解有机物的去除效果, 减少曝气池的发泡现象; ② 提高系统抵抗毒物的冲击能力; ③ 改善系统的脱色效果; ④ 改善污泥沉淀性能, 降低 SVI, 提高二沉池固液分离能力; ⑤ 提高硝化反应效率; ⑥ 提高系统的运行稳定性, 大大改善出水水质。

基于以上分析, 在新建废水处理系统中引入 PACT 工艺。引入 PACT 工艺后的废水处理工艺为: 前段采用铁炭微电解与气浮工艺对废水进行预处理, 以降低废水毒性, 提高废水可生化性; 中段采用厌氧、生物活性炭处理工艺; 后段采用絮凝沉淀、砂滤工艺。废水处理工艺流程如图 1 所示。

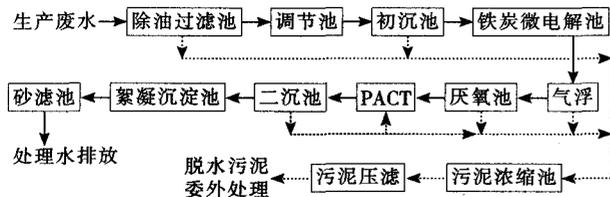


图 1 废水处理系统工艺流程

3.2 主要构筑物及运行参数

(1) 除油过滤池、调节池、初沉池

由除油过滤池、调节池、初沉池构成前端物理处理段。通过除油过滤池去除原水中含有的水不溶性的低密度有机溶剂类物质和较大颗粒状固体不溶

物; 调节池则以曝气方式将原水进行充分混合以均化水质, 同时具有调节原 pH 值和系统进水量功能; 初沉池的主要作用是去除原水中较细固体不溶物, 最大限度去除水中不溶有机物, 消减 COD_G 。

除油过滤池有效容积为 33 m^3 ; 调节池有效容积为 550 m^3 , 池内设置曝气搅拌, 出水 pH 值为 6~9; 初沉池有效容积为 275 m^3 , 有效 HRT 为 5.5~8 h。

(2) 铁炭微电解池、气浮机

铁炭微电解池和气浮机构成预处理段。曝气铁炭微电解的目的是降低废水毒性, 提高废水可生化性; 通过气浮机经絮凝、溶气气浮去除微电解过程产生的固体不溶物和可絮凝有机物, 去除 COD_G 。铁炭微电解池由前后 2 个 pH 值调节池和电解池组成, 废水经前端调节 pH 值至酸性后进入电解池, 电解废水经调节 pH 值至中性后进行气浮除渣。

铁炭微电解池有效容积 280 m^3 , 以铁屑和颗粒炭为填料, 内布设隔墙控制水流分布, 保证废水和填料充分接触, HRT 为 5~7 h, pH 值为 3.0~5.0; 气浮机容积为 32 m^3 , 最大处理能力 $80 \text{ m}^3/\text{h}$, pH 值为 6.8~7.5。

(3) 厌氧池

微电解后废水 COD_G 的质量浓度仍很高, 一般都在 $3000 \sim 4500 \text{ mg/L}$, 然后通过厌氧段的水解酸化作用将大分子转化为小分子化合物, 有利于后段好氧生化处理; 同时在产乙酸阶段和产甲烷阶段削减 COD_G 浓度, 使其降到适宜于好氧处理的程度。

厌氧池容积 4050 m^3 , 由 6 个串联的升流式反应室和 1 个沉淀池组成, 反应室内挂 $\Phi 150 \text{ mm}$ 弹性填料, 设计容积负荷 $2.5 \text{ kg}[\text{COD}_G]/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 停留时间 50 h, 厌氧池前端设置废水加热装置以调节进水温度。运行控制参数为温度 $28 \sim 38 \text{ }^\circ\text{C}$, pH 值 6.8~7.2, $m(\text{COD}_G) : m(\text{N}) : m(\text{P}) = 500 : 5 : 1$ 。

(4) 好氧池、二沉池

由好氧池、二沉池构成 PACT 处理段。粉末活性炭强化活性污泥法的净化机理主要在于以下 2 个方面: ① 粉末活性炭的巨大表面积和吸附作用将有机物和溶解氧浓缩在粉末活性炭的表面和周围, 为微生物的代谢活动营造了良好的微环境, 加快了有机物的降解过程; ② 通常情况下生物不能降解的有机物被活性炭吸附后, 延长了与微生物的接触时间, 在传统的活性污泥法中接触时间即为水力停留时间, 而在粉末活性炭活性污泥法中, 一旦被吸

附, 其接触时间就相当于系统的泥龄, 长时间接触, 必然提供了更多的生物降解机会^[4-5]。

好氧段由 2 座好氧池串联组成, 总有效容积 2 650 m³, 膜盘曝气, 鼓风机 2 台(出口压力大于等于 53.9 kPa, 风量大于等于 18.13 m³/min), 弹性填料填充率 67%, 每个池配置在线 DO 仪 1 台, 设计 HRT 约为 30 h, 容积负荷为 1 kg[COD_G]/(m³·d)。二沉池为 330 m³, HRT 为 5 ~ 8 h。

主要运行控制参数: MLSS 的质量浓度为 3 000 ~ 4 500 mg/L; DO 的质量浓度为 2.0 ~ 3.0 mg/L; pH 值为 6.5 ~ 7.5; $m(\text{COD}_G) : m(\text{N}) : m(\text{P}) = 200 : 5 : 1$; 粉末活性炭投加量为 25 ~ 50 g/m³(根据进水 COD_G 浓度调整投加量), 每日分 6 次投加, 连续投加, 投加点为好氧段进水口。含活性炭的污泥经二沉池与水分离后回流至好氧池, 过剩的污泥进入污泥处理单元。

(5) 絮凝沉淀池、砂滤池

絮凝沉淀池由反应池和沉淀池组成。二沉池出水在反应池添加 PAC、PAM, 生成脱稳矾花, 然后在沉淀池内用蜂窝斜管加速污泥沉降, 实现污泥分离, 再经砂滤池过滤, 进一步去除废水中的 SS

和 COD_G。絮凝沉淀池 700 m³; 砂滤池 160 m³。

4 运行结果

4.1 应用 PACT 工艺前后检测数据比较

该制药厂的废水处理改造工程于 2009 年 6 月完成, 7 月开始调试运行, 运行结果表明新建处理系统达不到 GB 21904—2008, 2010 年 4 月开始在好氧段引入 PACT 工艺。为便于比较, 分别选取 2009 年 10 ~ 11 月和 2010 年 10 ~ 11 月不同工艺的 2 个月的平均数据进行比较。表 2 是 2 种工艺出水主要污染因子的检测数据。从表 2 可以看出, 引入 PACT 工艺后, 不仅 COD_G、SS 完全符合国家排放标准, 氨氮含量也有明显降低。

表 2 出水主要污染因子检测数据比较

检测时间	pH 值	$\rho(\text{COD}_G)/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{SS})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{氨氮})/$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{磷})/$ (mg·L ⁻¹)
应用 PACT 前	7.72	165.36	72.39	11.98	0.51
应用 PACT 后	7.55	89.17	27	9.71	0.35

表 3 是各主要单元 COD_G 的检测值。从表 3 可以看出, 好氧池引入 PACT 技术后, COD_G 平均去除率提高了 5.18%, SV₃₀ 数值显著降低, 说明污泥的沉降性得到大大改善。

表 3 PACT 工艺前后各主要单元 COD_G 检测数据比较

检测时间	微电解			气浮		厌氧池		好氧池		SV ₃₀ /%	絮凝沉 淀出水/ (mg·L ⁻¹)	COD _G 总 去除率/ %
	进水/ (mg·L ⁻¹)	出水/ (mg·L ⁻¹)	去除 率/%									
应用 PACT 前	3 441.7	3 199.3	7.04	3 012.9	5.83	1 895.8	37.04	216.0	88.60	87	165.36	91.67
应用 PACT 后	3 798.9	3 456.5	9.01	3 155.1	8.72	1 986.2	37.05	123.2	93.79	59	89.17	97.65

4.2 系统运行表现比较

采用 PACT 后, 消除了曝气池的产泡溢出现象, 这可能得益于粉末活性炭的吸附作用; 改善了污泥沉淀性能, SV₃₀ 平均值由 87% 降低到 59%, 提高了二沉池固液分离效果, MLSS 浓度得到有效控制, 同时减轻了絮凝沉淀池的负荷, 节约了药剂; 生物活性也得到较好改善, 系统运行稳定。

5 结语

采用 PACT 工艺处理难生物降解的化学合成制药废水, 可以有效提高系统对 COD_G 的去除能力, 克服传统好氧工艺的不足, 确保了处理废水稳定达标排放; 可以有效地抑制好氧池产生泡沫、改善污泥沉降性, 使系统运行更加稳定。采用 PACT 工艺节约投资成本, 操作灵活方便, 对处理运行成本影响不大, 在医药行业具有一定的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 陈龙, 丁年龙. 传统活性污泥法工艺投加粉末活性炭的生产试验性应用[J]. 污染防治技术, 2009, 22(5): 7-8.
- [2] 吴俊峰, 史乐君, 王瑰丽. PACT-A/O 工艺处理尼龙 66 化工废水[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(2): 79-80.
- [3] 杨春维, 李金英, 郑艳芹. PACT 工艺处理糠醛废水的研究[J]. 工业水处理, 2007, 27(10): 41-43.
- [4] 吴浩汀, 孔宇. 粉末活性炭-生物处理技术及工程应用[J]. 环境污染技术与设备, 2004, 5(9): 61-63.
- [5] 郭冀峰, 逯延军, 杨学武. 混凝-水解-好氧生物接触氧化-生物炭柱工艺处理化工废水[J]. 工业用水与废水, 2010, 41(4): 27-30.

作者简介: 张玉杰(1957-), 男, 陕西佛坪人, 高级工程师, 工学学士, 主要从事药物合成工艺研究及化工生产废水处理工艺开发, (电话)0916-2212964 转 6552(电子信箱)zyj@sxhjp.com。