

中药制药废水处理工程优化研究与实践

唐志宇

湖南予一工程咨询有限公司

DOI:10.32629/eep.v8i10.2940

[摘要] 本研究聚焦于某制药企业废水排放的基本特性及工程运行现状,深入剖析了废水处理系统未能稳定达标的核心因素。通过实验探究,明确了混凝沉淀工艺的核心参数。基于此,采用负荷渐进法实施工程调试,最终使该废水处理设施满足设计处理能力与排放标准。论文对此类水质波动大、含悬浮物、COD浓度高、含有机酸复杂废水处理工程给出了研究结论和优化方法,不仅满足文中中药制药企业的废水处理需求,还为类似项目提供了借鉴。

[关键词] 中药; 废水处理; UASB; CASS; 调试

中图分类号: X703 **文献标识码:** A

Research and Practice on Optimization of Traditional Chinese Medicine Pharmaceutical Wastewater Treatment Engineering

Zhiyu Tang

Hunan Yuyi Engineering Consulting Co., Ltd

[Abstract] This article investigates the basic characteristics of pharmaceutical wastewater discharge and the current operation status of the project, analyzes the main reasons why the wastewater treatment project cannot stably meet the standards, and studies the basic process parameters of wastewater coagulation and sedimentation through experiments. On this basis, the load progressive method was adopted to debug the project, which enabled the wastewater treatment project to meet the design treatment capacity and discharge requirements. The paper provides research conclusions and optimization methods for the treatment of complex wastewater with large water quality fluctuations, suspended solids, high COD concentration, and organic acids. This not only meets the wastewater treatment needs of traditional Chinese medicine pharmaceutical companies mentioned in the article, but also provides reference for similar projects.

[Key words] Traditional Chinese Medicine; Wastewater treatment; UASB; CASS; debug

引言

作为我国传统智慧与现代科技结合的产物,现代中药在世界医学中占据关键地位。随着“振兴中药事业”战略的落地,大批中药生产企业在我国应运而生,而中药生产废水具有成分复杂、水质水量不稳定、含有高浓度有机污染物、氮磷等营养性污染物含量低、高酸性、色度和气味较重等废水处理痛点,因此,在中药制造企业的实际生产中确保稳定有效的废水处理效率显得尤为重要。目前中药制药废水处理核心工艺的研究广泛,针对运行过程痛难点分析的较少。基于某中药制药废水处理工程的现场勘查与水质分析,本文指出工程运行不稳定的核心问题与废水中悬浮物浓度过高密切相关。在前期运行过程中,混凝沉淀工艺对出水水质的优化效果有限。为提高混凝沉淀效率并保障后续工序的稳定运行,研究者针对该中药废水实施了实验研究,进而提出了优化方案。

1 参数选取实验

1.1 设备仪器和试剂

设备仪器: 六联电动搅拌器、电热鼓风干燥箱、立式压力蒸汽灭菌器、双通道16孔消解仪、电子分析天平、PH计、紫外可见风光光度计、多参数水质分析仪;

实验试剂: 聚合氯化铝(PAC)、聚丙烯酰胺(PAM)、氢氧化钠、重铬酸钾、浓硫酸、过硫酸钾、抗坏血酸、四水合钼酸铵、酒石酸锑钾、磷酸二氢钾、硫酸汞。

1.2 实验思路设计

本次实验使用三因素四水平正交表进行,研究不同pH、混凝剂投加量和搅拌时间下,中药制药废水的混凝系统中,代表性水质污染指标COD、SS、TP的去除效果,并分析其中的关联性^[2]。

从工程中和池中取1000毫升中药废水,用NaOH(2mol/L)和(1+5)H₂SO₄溶液调节pH值;参考相关文献^[1],结合工程现有情况,

本次实验选用PAC(质量浓度5%)作为絮凝剂, PAM(质量浓度0.1%)作为助凝剂, 絮凝剂与助凝剂按体积比5:1搭配使用。调节pH值后, 快速搅拌过程中先加入适量混凝剂, 间隔一定时间后加入助凝剂; 随后按预设的混凝搅拌速率和沉淀时间完成反应沉淀, 最终在液面以下1-2cm处取水样, 测定COD、SS、TP指标。

1.3 实验结果分析

实验采用正交设计方法, 基于预实验结果选定三因素四水平正交表L16(3⁴), 各因素具体条件见表1-1。

表1-1 实验因素与水平设计表

因素	A pH	B混合时间(s)	C投加量(ml)
水平1	6	30	6
水平2	6.5	60	12
水平3	7	120	18
水平4	8	180	24

中药废水原水水质为: SS: 942mg/L, COD: 6083mg/L, TP: 12.0mg/L, pH: 4.15

下图分别为16组水平下, 指标污染物浓度结果(图1-1)和指标污染物去除率结果(图1-2)。

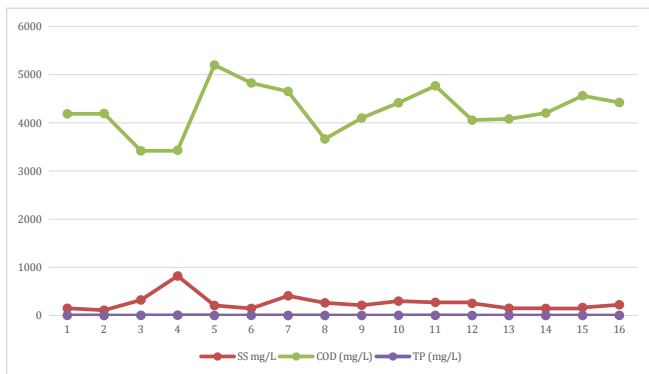


图1-1 指标污染物浓度结果

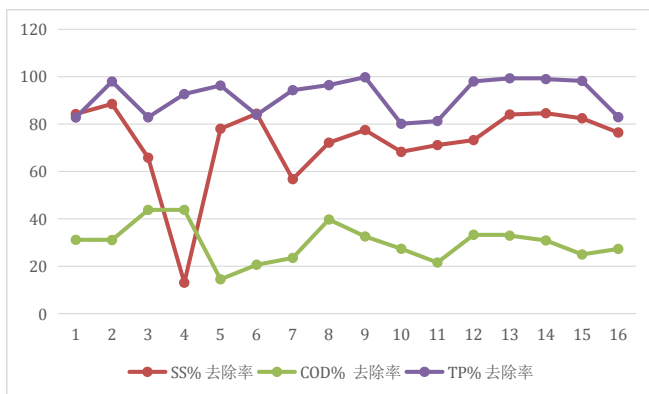


图1-2 指标污染物去除率结果

根据实验结果整理数据分析如下图1-3。

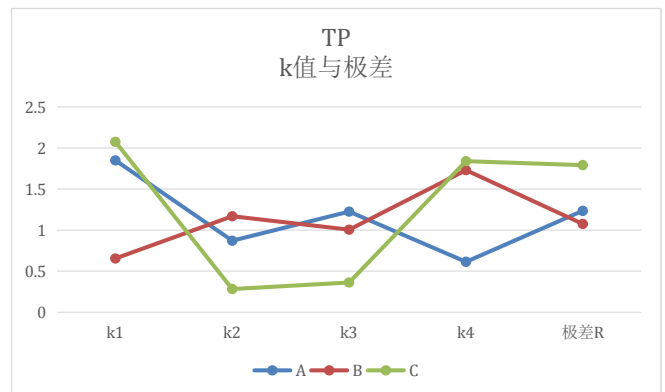
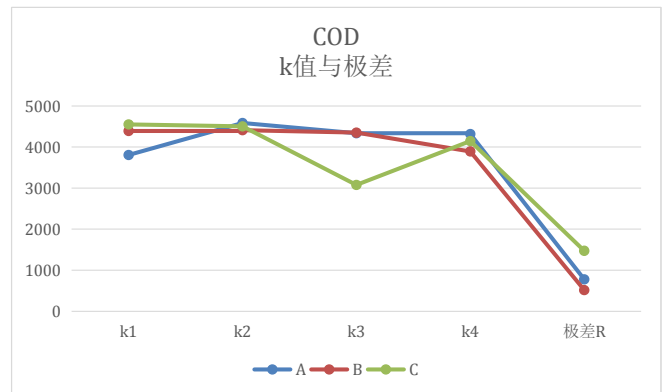
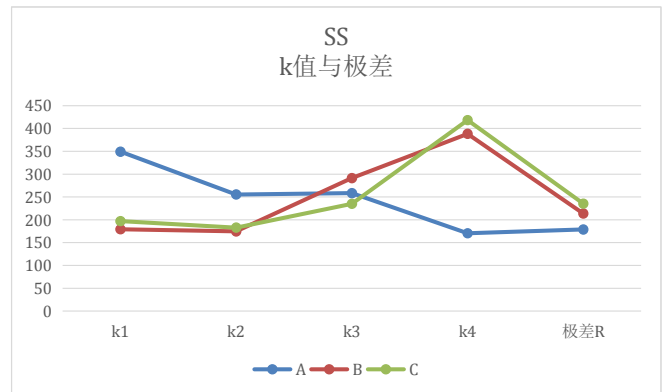


图1-3 实验数据分析

从图中可看出, 对于SS, 影响因素排序从大到小依次为: 投加量、混凝时间、pH; 对于COD, 影响因素排序从大到小依次为: 投加量、pH、混凝时间; 对于TP, 影响因素排序从大到小依次为: 投加量、pH、混凝时间。

各指标污染物去除效果最佳水平组合为:

SS: A₁B₂C₂; COD: A₁B₁C₃; TP: A₁B₁C₂

分别分析各指标污染物, 得到的最优因素不尽相同。根据影响的优先级, 综合考虑如下表:

表1-2 实验因素与水平设计表

因素	关键影响指标	影响优先级	选取水平	选取依据
C	SS、TP	第一位	C2	对SS和TP影响均排首位,且实验中SS优先级最高,取C2时SS缩短22.16%(契合SS优先级)
	COD	第一位	C3	对COD影响排首位,但取C2时COD增加31.66%(需权衡,最终因SS优先级更高,C2更优)
A	TP	第二位	A4	对TP影响排第二,兼顾次要因素SS(影响第三位,取A4)
	COD	第二位	A1	对COD影响排第二,兼顾次要因素SS(影响第三位,取A4)
B	SS	第二位	B2	对SS影响排第二,COD和TP影响为次要因素(第三位),可不考虑,优先取B2
	COD、TP	第三位	/	

混凝最佳条件为A⁴B²C²,即原水pH=8,强搅拌混合时间60s,混凝剂投加量12ml时,混凝效果最好。

2 参数验证

在工程运行现状的调研过程中,发现竖流沉淀池的沉淀分离效能欠佳,且存在沉淀污泥重新上浮的问题。针对这一现象,我们开展了废水混凝沉降沉淀实验^[3],通过统计不同混凝条件下絮体颗粒的大小及沉降速度,深入分析了混凝沉降效果的差异性。实验结果表明,不同条件对絮凝物的生成量、絮体大小及沉降速度均影响显著。沉降速度与絮凝颗粒大小呈正相关。在所有实验条件中,沉降速度最快的一组,絮体粒径较大,但此条件下的去除效率不高;而实验得出的最优条件组,去除效率最高,沉降速度和絮凝体大小都较高,与实际相符,因此pH=8、混合时间=120s、投药量=12ml,确为中药制药废水预处理的最优选择。

为深入验证正交实验所获结论的可靠性,我们特意选取了不同时间段的调节池废水作为实验样本,并在优化后的混凝条件下开展混凝沉淀处理实验。实验结果表明,经过混凝沉淀处理后,废水中的悬浮物(SS)去除率均稳定保持在85%以上,同时,废水的化学需氧量(COD)浓度也得到了显著降低。此外,由于总磷(TP)的去除主要依赖于化学沉淀作用,因此其去除效率表现出了较高的稳定性。

3 工程调试

本次项目调试历时140天,期间,环境气温适宜,有机物生化系统中的微生物代谢活动正常。调试工作从污泥驯化阶段开始,分三个阶段(驯化适应期、负荷增加期、稳定达产期)提升进水量和浓度,最终稳定达到工程设计标准及生产需求,满足验收要求。调试过程中虽遭遇若干异常情况,但通过现场分析与对文献^[4]的参考研究,问题均得到有效解决。

某中药生产企业制药废水处理二期工程针对公司废水特性,采用混凝沉淀+UASB(升流式厌氧污泥床反应器)+CASS(循环式活性污泥法)+砂滤的组合处理工艺。经现场调试总结,工程成功运行的关键控制点集中于混凝沉淀、UASB及CASS池的运行管理,

而砂滤工序则作为出水质量的保障环节。各主要工序的控制参数总结如下:

表3-1 主要工序控制参数表

控制环节	关键参数	控制限值	原因分析
进水量	流量	=30m ³ /h	超过此值将显著影响系统各构筑物处理效率
混凝反应池	pH值	=5.0	中药废水pH常低于5.0,需调整至5.0以上以确保后续工艺稳定
UASB反应器	体积负荷	=2.0 kgCOD/m ³ ·d	超过2.2 kgCOD/m ³ ·d时出水COD浓度达2235mg/L,影响后续CASS池运行
CASS池	污泥负荷	=0.18 kgCOD/m ² ·d	需严格控制以保证出水稳定
营养性污染物	氮(N)、磷(P)	/	含量较低,在现有工艺条件下可实现稳定达标排放

4 结束语

本研究聚焦中药制造企业废水处理问题,通过系统调查企业废水排放特征、工程运行现状及不达标主因,结合对实验室混凝沉淀工艺参数的研究与分析,分三个阶段对工程展开调试,使现有废水处理系统按设计处理能力稳定有效运行并达标排放。

针对中药制药废水间歇排放、水质波动显著的特点,研究发现该废水具有以下典型特征:一是因含有高浓度挥发性有机酸,废水酸碱缓冲性能较强,中和处理需消耗大量NaOH,致使混凝反应池pH值难以提升且普遍偏低;二是悬浮物去除效率低下,特别是纤维类悬浮物易进入生化系统,显著影响污泥沉降性能及整体处理效率。

通过系列实验与数据分析,本研究确定了中药制药废水混凝沉淀的优化工艺条件:搅拌混合时间控制在60秒,投加5%浓度聚合氯化铝(PAC)12mL,并辅以少量0.1%聚丙烯酰胺(PAM)。采用负荷渐进法逐步提升生化系统水力负荷与有机负荷,在进水量达600m³/d、进水COD浓度超过5000mg/L的条件下,将混凝池pH值稳定在5.0~6.0区间,可实现系统出水稳定达标排放。

【参考文献】

[1]戴友芝.废水处理工程[M].北京:化学工业出版社,2016.
 [2]苏焱顺,林方敏.混凝沉淀—MBR工艺处理制药废水[J].给水排水,2011,47(03):63-64.
 [3]程旺斌.混凝沉淀预处理中药废水及其对特征污染物去除机制研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
 [4]徐丽.混凝沉淀/臭氧/接触氧化工艺处理制药废水[J].中国给水排水,2014,30(22):146-148.

作者简介:

唐志宇(1988--),女,汉族,湖南长沙人,工程硕士,中级工程师,研究方向:环境规划与管理。