

# 絮凝剂对克拉维酸废酸水絮凝效果试验研究

刘君臣 郑 婷 白延峰\*

山西双雁生物科技有限公司 山西 大同 037000

**摘要:** 试验旨在通过絮凝技术达成克拉维酸废酸水去除蛋白并降低COD的效果,以降低废酸水后续环保处理难度。试验过程以矾花大小、沉降快慢、澄清度、蛋白去除率和COD去除率为参考指标,详细研究了无机絮凝剂的种类和用量、絮凝温度和pH对克拉维酸废酸水絮凝效果的影响。结果表明:在温度为20°C-40°C、pH为5.0-7.0的条件下,采用聚合硫酸铁和PAM的组合絮凝方式,克拉维酸废酸水中的矾花大、沉降快且澄清度好,废酸水中蛋白质去除率最高能达到95.6%,COD去除率最高能达到50.4%。

**关键词:** 克拉维酸; 废酸水; 絮凝; 聚合硫酸铁

## 前言

克拉维酸是目前临床广泛使用的β-内酰胺酶抑制剂,其制备萃取过程中会产生一种含有多种污染物并且浓度很高的制药工业废酸水,该废酸水中含有大量蛋白质进而导致COD指标非常高,给后续环保处理带来巨大的压力。因此,如何有效地去除克拉维酸废酸水中的蛋白质进而达成降低COD的目的成为克拉维酸生产面临的重要研究课题。

絮凝法作为目前水处理工艺中最常用的方法之一,通过在废水中添加无机絮凝剂或有剂絮凝剂,使污水中的固体颗粒物或悬浮物聚集结合形成较大的絮凝体,加速沉降,固液分离后从而去除污染物<sup>[1]</sup>。目前常用的无机絮凝剂包括传统低分子无机盐和无机高分子絮凝剂,与传统低分子无机盐相比,无机高分子絮凝剂具有投加量少、絮凝效率高、价格低廉、适应性强等优点<sup>[2]</sup>,但其也存在絮凝性不强、稳定性差等缺点。而有机絮凝剂具有分子量大、吸附能力强、絮凝后形成的絮体体积大、絮体沉降速度快、污泥易于脱水等特点<sup>[3]</sup>,但有机絮凝剂稳定性不好、速溶性差、单一使用价格高。基于无机和有机絮凝剂的各自优缺点,我们采用无机高分子絮凝剂和有机絮凝剂的组合协同方式来处理克拉维酸废酸水,研究比较了多种组合方案的絮凝效果,并对絮凝过程的关键影响因素温度和pH进行了研究。

## 1 实验部分

### 1.1 试验材料

无机絮凝剂:硫酸亚铁(工业级)、硫酸铝(工业级)、氯化铁(工业级)、硫酸铁(工业级)、聚合硫酸铁(工业级)、聚合氯化铝(工业级)、聚合氯化铝铁(工业级);有机絮凝剂:阳离子聚丙烯酰胺(PAM),分子量1200万。上述絮凝剂均由河北协同环保科技股份有限公司提供。

克拉维酸废酸水由山西双雁药业有限公司101车间提供。

### 1.2 试剂配置

无机絮凝剂配制浓度为:25%,即称取25克相应无机絮凝剂溶解于100克反渗透水中。

有机絮凝剂配制浓度为:1‰,即称取1克有机絮凝剂溶解于1000克反渗透水中。

### 1.3 试验方法

在设定温度下,200ml废酸水采用20%氢氧化钠调节pH至设定值,然后加入絮凝方案中无机絮凝剂,快速搅拌30-60s;接着加入絮凝方案中有机絮凝剂,缓慢搅拌5-10min,观察废酸水中产生的矾花大小、絮体沉降情况、废酸水澄清情况,检测废酸水上清的蛋白含量和COD。

## 2 结果与讨论

### 2.1 无机絮凝剂种类对絮凝效果的影响

调整废酸水温度至25°C,接着使用20%氢氧化钠调节废酸水pH至6.0,然后按1.3试验方法和表1絮凝方案开展试验。不同无机絮凝剂对废酸水絮凝效果如表1所示。

表1 不同种类无机絮凝剂的絮凝效果

序号	絮凝方案	现象	蛋白含量 μg/ml	蛋白去 除率%	COD mg/L	COD去 除率%
1	废酸水(200ml)+硫酸亚铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	无矾花,浑浊	--	--	--	--
2	废酸水(200ml)+硫酸铝(0.75ml)+PAM(7.5ml)	无矾花,浑浊	--	--	--	--

续表:

序号	絮凝方案	现象	蛋白含量 μg/ml	蛋白去 除率%	COD mg/L	COD去 除率%
3	废酸水(200ml)+聚合氯化铝(0.75ml)+PAM(7.5ml)	无矾花, 浑浊	--	--	--	--
4	废酸水(200ml)+氯化铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	矾花小, 沉降慢, 澄清	507	87.3	16865	39.2
5	废酸水(200ml)+硫酸铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	矾花小, 沉降慢, 澄清	351	91.2	15673	43.5
6	废酸水(200ml)+聚合氯化铝铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	无矾花, 浑浊	--	--	-	--
7	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	矾花大, 沉降快, 澄清	252	93.7	14924	46.2

根据实验现象铁盐适合用于废酸水的絮凝, 其中聚合硫酸铁絮凝效果最好, 其矾花最大、絮体沉降快且上清澄清, 蛋白去除率和COD去除率最高。分析其原因, 主要是因为聚合硫酸铁与水结合形成一系列多羟基络合离子<sup>[4]</sup>, 由于这些多羟基络合离子拥有巨大的网状表面结构且仍带有部分正电荷, 具有一定的静电粘附能力和网捕能力, 因而能够促进胶体和悬浮物等物质快速脱稳、

凝聚和沉降, 表现出良好的絮凝效果。

### 2.2 无机絮凝剂用量对絮凝效果的影响

调整废酸水温度至25℃, 接着使用20%氢氧化钠调节废酸水pH至6.0, 然后按1.3试验方法和表2絮凝方案开展试验。不同用量的聚合硫酸铁和PAM对废酸水絮凝效果如表2所示。

表2 聚合硫酸铁和PAM在不同用量条件下的絮凝效果

序号	絮凝方案	现象	蛋白含量 μg/ml	蛋白去 除率%	COD mg/L	COD去 除率%
1	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.75ml)+PAM(10ml)	矾花大, 沉降快, 澄清	273	93.2	15091	45.6
2	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.75ml)+PAM(7.5ml)	矾花大, 沉降快, 澄清	267	93.3	15007	45.9
3	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.75ml)+PAM(5.0ml)	矾花大, 沉降快, 澄清	278	93.0	15174	45.3
4	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.75ml)+PAM(2.5ml)	无矾花, 浑浊	--	--	--	--
5	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(1.0ml)+PAM(5.0ml)	矾花大, 沉降快, 澄清	236	94.1	14591	47.4
6	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.5ml)+PAM(5.0ml)	矾花小, 沉降慢, 澄清	293	92.7	15840	42.9
7	废酸水(200ml)+聚合硫酸铁(0.25ml)+PAM(5.0ml)	无矾花, 浑浊	--	--	--	--

根据表2实验数据显示, 当PAM加入量超过5.0ml后, 矾花开始变大, 絮体沉降加快, 上层清液蛋白和COD去除率较高。随着聚合硫酸铁加入量的增加, 矾花逐步增大, 絮体沉降速度由慢转快, 上层清液蛋白和COD去除率亦呈现逐步增大的趋势。综合分析实验现象和各项测得指标, 结合经济性考虑, 选择加入0.75ml-1.0ml的聚合

硫酸铁和5.0ml-7.5ml的PAM可以获得满意的絮凝效果。

### 2.3 絮凝温度对絮凝效果的影响

按表3方案调整废酸水温度至设定值, 接着使用20%氢氧化钠调节废酸水pH至6.0, 然后采用表2序号5絮凝方案开展试验。不同絮凝温度对废酸水絮凝效果如表3所示。

表3 不同絮凝温度条件下的絮凝效果

序号	絮凝温度(℃)	现象	蛋白含量μg/ml	蛋白去除率%	COD mg/L	COD去除率%
1	20	矾花大, 沉降快, 澄清	232	94.2	14674	47.0
2	30	矾花大, 沉降快, 澄清	212	94.7	14369	48.2
3	40	矾花大, 沉降快, 澄清	176	95.6	13759	50.4
4	50	矾花小, 沉降慢, 澄清	347	91.3	16061	45.1
5	60	无矾花, 浑浊	--	--	--	--
6	70	无矾花, 浑浊	--	--	--	--

不同絮凝温度对废酸水絮凝效果影响非常明显。在20-40℃条件下, 废酸水矾花大、沉降快速且上清澄清, 蛋白和COD去除率高; 升高絮凝温度至50℃, 废酸水矾花变小、沉降减慢, 蛋白和COD去除率显著降低; 当絮

凝温度超过60℃后废酸水几乎没有絮凝现象。综合分析实验现象和各项测得指标, 克拉维酸废酸水温度在20℃-40℃时可以获得满意的絮凝效果。

### 2.4 絮凝pH对絮凝效果的影响

废酸水pH值的变化会导致絮凝剂的水解产物和污染物表面性质的变化,从而影响絮凝去除污染物的效果<sup>[5]</sup>。因此有必要研究絮凝剂在不同pH值条件下对废酸水的絮凝效果。试验过程中调整废酸水温度至30℃,接着按表4

方案使用20%氢氧化钠调节废酸水pH至设定值,然后采用表2序号5絮凝方案开展试验。不同絮凝pH对废酸水絮凝效果如表4所示。

表4 不同絮凝pH条件下的絮凝效果

序号	絮凝pH	现象	蛋白含量μg/ml	蛋白去除率%	COD mg/L	COD去除率%
1	2.0	无矾花, 浑浊	--	--	--	--
2	3.0	矾花小, 沉降慢, 浑浊	--	--	--	--
3	4.0	矾花小, 沉降慢, 澄清	391	90.2	15507	44.1
4	5.0	矾花大, 沉降快, 澄清	212	94.7	14341	48.3
5	6.0	矾花大, 沉降快, 澄清	196	95.1	13897	49.9
6	7.0	矾花大, 沉降快, 澄清	184	95.4	13814	50.2
7	8.0	矾花小, 沉降慢, 澄清	415	89.6	15645	43.6
8	9.0	矾花小, 沉降慢, 浑浊	--	--	--	--
9	10.0	无矾花, 浑浊	--	--	--	--

不同絮凝pH对废酸水絮凝效果影响非常明显。在pH5.0-7.0条件下,废酸水矾花大、沉降快速且上清澄清,蛋白和COD去除率高;降低pH至4.0或升高pH至8.0,废酸水矾花变小、沉降减慢,蛋白和COD去除率显著降低;继续降低pH至3.0或升高pH至9.0,废酸水几乎没有絮凝现象。综合分析实验现象和各项测得指标,克拉维酸废酸水pH在5.0-7.0可以获得满意的絮凝效果。

### 3 结论

通过对比加入不同无机絮凝剂后各试验组的实验现象和各项指标,初选出聚合硫酸铁絮凝效果最好;接着进一步对比了聚合硫酸铁和PAM在不同用量、不同温度和不同pH条件下处理废酸水后的絮凝效果,最终确定当温度在20℃-40℃、pH为5.0-7.0、聚合硫酸铁加量为0.75ml-1.0ml、PAM加量为5.0ml-7.5ml时,克拉维酸废酸

水絮凝效果最好。

### 参考文献

[1]杨博,孙宾宾.水处理絮凝剂的研究现状.合成材料老化与应用[J].2016,45(05):92-96.  
 [2]田富强,申向东.水污染处理中絮凝剂的研究现状及展望.广东化工[J].2018,45(15):183-184.  
 [3]姜红波.有机高分子絮凝剂的研究进展.应用化工[J].2010,39(12):1911-1913.  
 [4]赵岳阳,秦树林.PAC/PAFC混凝强化生活污水的预处理影响研究.浙江化工[J].2013,44(7):40-42.  
 [5]陈金垒,龚佳昕,苏善煜,黄华斌.聚合硫酸铁对水中聚乙烯微塑料的混凝效果与机理研究.安全与环境学报[J].2024,24(2):695-702.