

# 硫酸盐还原菌在酸性矿山废水处理中的应用

潘洪珍<sup>1</sup> 吴扬<sup>2\*</sup>

1 泸州市叙永生态环境监测和应急服务中心 2 四川省天晟源环保股份有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i1.1897

**[摘要]** 文章通过模拟某流域酸性矿山废水,利用生活污水为硫酸盐还原菌的还原反应提供所需碳源支持,以此提出一种高效、低成本的基于硫酸盐还原菌处理酸性矿山废水的方法。试验结果表明,通过应用这种处理方法,能够有效降低酸性矿山废水的pH值,且在混合沉淀与硫酸盐还原菌联合反应装置运行7天后,对于有机污染物、各种金属离子浓度均有所下降,最终出水满足现行排放要求。

**[关键词]** 硫酸盐还原菌; 生活污水; 酸性矿山废水; 废水处理

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** A

## The application of sulfate reducing bacteria in the treatment of acidic mine wastewater

Hongzhen Pan<sup>1</sup> Yang Wu<sup>2\*</sup>

1 Luzhou Xuyong Ecological Environment Monitoring and Emergency Service Center

2 Sichuan Tianshengyuan Environmental Protection Co., Ltd

**[Abstract]** This article proposes an efficient and low-cost method for treating acid mine wastewater based on sulfate reducing bacteria by simulating acidic mine wastewater in a certain watershed and using domestic wastewater as the required carbon source support for the reduction reaction of sulfate reducing bacteria. The experimental results show that by applying this treatment method, the pH value of acidic mining wastewater can be effectively reduced. After 7 days of operation of the mixed precipitation and sulfate reducing bacteria combined reaction device, the concentration of organic pollutants and various metal ions has decreased, and the final effluent meets the current discharge requirements.

**[Key words]** Sulfate reducing bacteria; Domestic sewage; Acid mine wastewater; waste water treatment

### 引言

硫酸盐还原菌在处理酸性矿山废水中发挥着重要作用,为了获取更为理想的废水处理效果,探究并形成一种高效、低成本的基于硫酸盐还原菌处理酸性矿山废水的方法极为必要。

#### 1 硫酸盐还原菌处理酸性矿山废水的试验设计

##### 1.1 试验材料

##### 1.1.1 材料与试剂

投放的硫酸盐还原菌种属于混合菌种,主要完成对金属矿山酸性废水中所包含重金属离子的处理。

结合某流域酸性矿山废水的水质特征,完成对试验酸性废水的配制。此时,模拟酸性矿山废水中的主要污染物如下所示:pH为3.5;硫酸根离子浓度为1589.91mg/L;二价铁离子浓度为100.72mg/L;锌离子浓度为3.4mg/L;铜离子浓度为3.05mg/L;锰离子浓度为9.83mg/L。

试验中投放的生活污水源于某大学污水处理厂,pH值始终保持在6.9-7.5的范围内,具体参数如下所示:有机污染物浓度在346mg/L-498mg/L的范围内;总氮浓度在37.12mg/L-40.31mg/L的

范围内;总磷浓度在4.38mg/L-6.73mg/L的范围内;锌离子浓度在0.32mg/L-0.63mg/L的范围内;二价铁离子浓度在1.12mg/L-1.78mg/L的范围内;铜离子浓度在0.23mg/L-0.65mg/L的范围内;锰离子浓度在0.12mg/L-0.44mg/L的范围内。

使用的试验试剂相对较多,其中,级别为分析纯的试验试剂有:七水合硫酸亚铁、硫酸锰、七水合硫酸锌、无水硫酸钠、氢氧化钠、盐酸羟胺、乙酸铵、氯化铵、七水合硫酸镁、氯化钙、柠檬酸三钠、乳酸钠、无水硫酸铜、硫酸银、硫酸汞、氨水、盐酸、硫酸、冰乙酸、酵母浸粉。级别为优级纯的试验试剂有:1,10邻菲啉、硫酸亚铁铵、重铬酸钾、邻苯二甲酸氢钾、硝酸。同时,投放了0.22微米级别以及0.45微米级别的微孔滤膜。

##### 1.1.2 设备仪器

本次试验中所使用的主要设备仪器如下所示:电子天平;超声波清洗机;pH计;生物厌氧培养箱;超净工作台;高压灭菌锅;电热鼓风干燥箱;真空抽滤泵;蠕动泵;能量色散X-射线光谱(EDX);电感耦合等离子质谱仪;离子色谱仪;多参数水

质测定仪; 紫外可见分光光度计; 生物恒温培养箱。

### 1.2 试验方法

充分混合生活污水与酸性矿山废水, 落实自然沉淀处理, 设定沉淀水力停留时间长度为20小时, 期间不投放絮凝剂, 避免化学试剂对水环境产生一定程度的影响; 将沉淀池的出水转移至硫酸盐还原菌反应器内, 组织展开连续动态试验; 启动动态试验装置, 实现对生活污水以及酸性矿山废水的持续性通入, 同时针对混合沉淀以及生物反应阶段的液体实施取样, 以此对两个阶段的水质指标展开分析。

分析混合沉淀阶段水质去除情况的具体操作安排如下所示: 以1:1的体积, 混合生活污水以及酸性矿山废水, 控制二者在混合沉淀池内能够充分的混合; 每天选择固定时间, 对混合废水、生活污水以及酸性矿山废水展开取样处理, 并进一步对其pH值、有机污染物浓度、硫酸根离子浓度、二价铁离子浓度、铜离子浓度、锌离子浓度、锰离子浓度这几项参数指标进行检测分析, 以此完成对混合沉淀阶段水质去除情况的判断。

分析硫酸盐还原菌生物反应阶段去除情况的具体操作安排如下所示: 控制沉淀池直接进入硫酸盐还原菌反应器, 以此实现连续性的生物反应; 调整环境温度为30℃, 结合蠕动泵的作用, 实现对进水流速的调整; 确保硫酸盐还原菌反应器的HRT时间为20小时; 每天选择固定时间取出水样, 并进一步对其pH值、有机污染物浓度、硫酸根离子浓度、二价铁离子浓度、铜离子浓度、锌离子浓度、锰离子浓度这几项参数指标进行检测分析, 以此完成对硫酸盐还原菌生物反应阶段去除情况的判断。

### 1.3 分析方法

#### 1.3.1 化学分析方法

应用pH测定仪, 完成对pH测试指标的测定; 应用温度计, 完成对温度指标的测定; 结合《水质SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的测定 铬酸钡分光光度法》(HJ/T342-2007)中的相关要求, 完成对硫酸根离子的测定; 结合《水质铁的测定 邻菲罗啉分光光度法(试行)》(HJ/T345-2007)中的相关要求, 完成对二价铁离子的测定; 结合《水质32中元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法》(HJ776-2015)中的相关要求, 完成对铜离子、锌离子、锰离子的测定; 结合《水质化学需氧量的测定 重铬酸盐法》(HJ/T 828-2017)中的相关要求, 完成对有机污染物的测定<sup>[1]</sup>。

#### 1.3.2 硫酸盐还原菌微生物群落分析

在无菌操作条件下, 向50毫升离心管内投放35毫升的硫酸盐还原菌菌液; 调整转速为每分钟8000转, 进行持续10分钟的离心处理(如需保存, 则要调整保存温度为-80℃); 提取离心管内微生物样本的DNA, 进一步对其中的16SrDNA基因实施扩增处理; 针对扩增后的基因实施定量测定与分析。

## 2 硫酸盐还原菌处理酸性矿山废水的试验结果

### 2.1 混合沉淀阶段水质去除情况

#### 2.1.1 pH值的变化

在酸性矿山废水与生活污水的充分混合阶段, 进水与出水在pH值方面的变化情况如图1所示。结合图片结果能够了解到的

是, 加入生活污水后, 酸性矿山废水的pH值呈现出明显提高的变化趋势, 从进水的3.78提升至5.13; 与原水相比, pH值显著增高。在混合沉淀处理阶段, 进出水的pH值的波动范围相对较小; 在混合后, pH值的变化情况与生活污水的水质波动有着直接相关性。

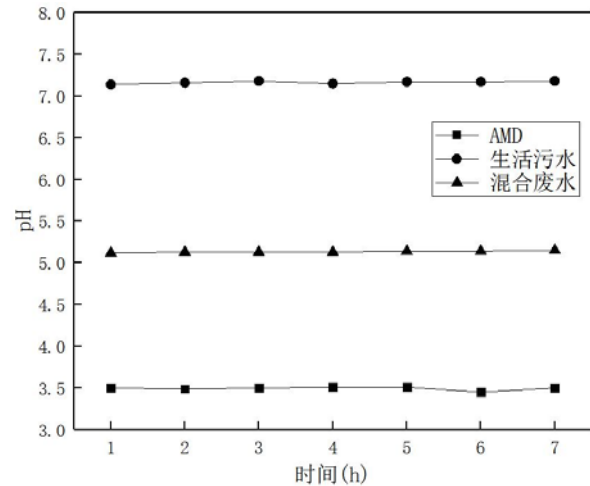


图1 混合沉淀阶段进出水的pH值变化情况

#### 2.1.2 硫酸根离子的浓度变化

在酸性矿山废水与生活污水的充分混合阶段, 进水与出水在硫酸根离子浓度方面的变化情况如图2所示。结合图片结果能够了解到的是, 生活污水的硫酸根离子浓度始终保持在相对较低的水平, 因此其对于混合废水硫酸根离子浓度变化所产生的影响可以忽略不计。对于混合废水而言, 其中的硫酸根离子浓度变化主要与酸性矿山废水中的硫酸根离子浓度有着直接相关性。经过混合沉淀处理后, 废水出水中的硫酸根离子浓度约为786mg/L。

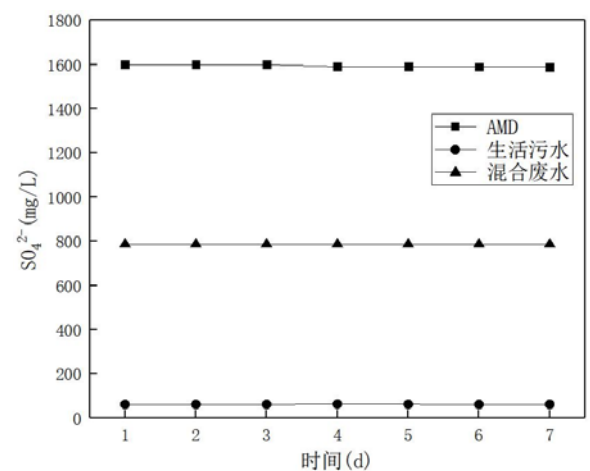


图2 混合沉淀阶段进出水的硫酸根离子浓度变化情况

#### 2.1.3 二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度的变化

在酸性矿山废水与生活污水的充分混合阶段, 分析进水与出水在二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度方面的变化情况, 能够明确的是, 在生活污水中, 二价铁、铜、锌、锰这些金属离

子浓度普遍保持在较低水平<sup>[3]</sup>; 相比于酸性矿山污水来说, 向酸性矿山污水中加入生活污水并形成混合废水后, 二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度均保持在不超过混合理论值的水平, 这意味着, 混合沉淀可以一定程度的达到去除混合废水中二价铁、铜、锌、锰这些金属离子的效果。

进一步分析二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度的变化情况, 能够明确的是, 相比于锰离子, 二价铁离子、铜离子、锌离子的去除效果更好。在进行7天的混合沉淀处理后, 分析出水中的二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度, 得到的数据分别为: 二价铁离子浓度为29.18mg/L; 铜离子浓度为1.48mg/L; 锌离子浓度为1.99mg/L; 锰离子浓度为4.98mg/L。综合来看, 依托混合沉淀, 能够一定程度实现对出水中二价铁、铜、锌、锰这些金属离子浓度的降低, 以此实现对生物反应阶段各种金属离子对硫酸盐还原菌所产生的毒害程度的减小。

## 2.2 硫酸盐还原菌生物反应阶段去除情况

### 2.2.1 pH值的变化

在使用硫酸盐还原菌生物反应器处理混合废水阶段, 所得到的pH处理效果如图3所示。结合图片结果能够了解到的是, 硫酸盐还原菌稳定后, 生物反应器内出水的pH值有所增大, 但是出水pH值整体基本稳定。连续7天运行试验装置, 发现出水pH值始终保持在6-7的范围内, 符合现行污水排放要求。

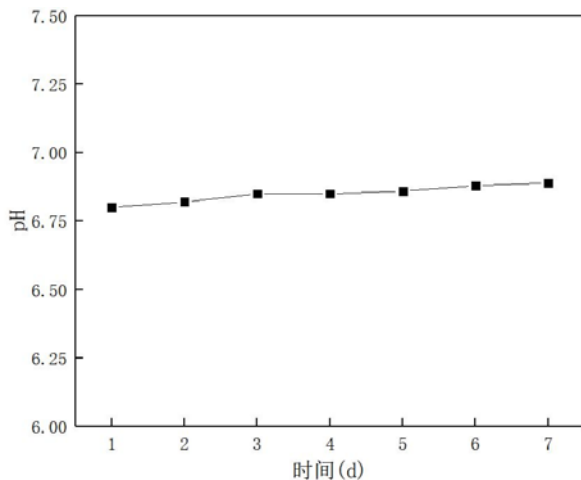


图3 硫酸盐还原菌生物反应阶段pH的变化情况

### 2.2.2 硫酸根离子的浓度变化

在使用硫酸盐还原菌生物反应器处理混合废水阶段<sup>[2]</sup>, 所得到的硫酸根离子浓度变化情况如图4所示。结合图片结果能够了解到的是, 在生物反应器转入启动状态后, 硫酸根离子的去除率能够维持在46%左右; 在连续7天运行装置后, 出水中的硫酸根离子浓度降低至423.94mg/L。

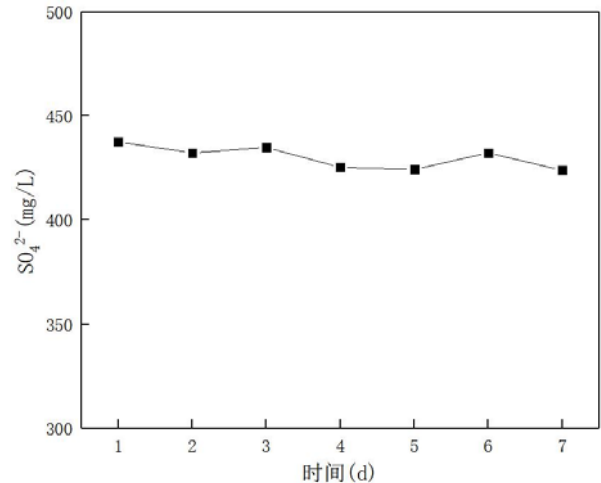


图4 硫酸盐还原菌生物反应阶段硫酸根离子浓度的变化情况

### 2.2.3 有机污染物浓度的变化

在使用硫酸盐还原菌生物反应器处理混合废水阶段<sup>[3]</sup>, 分析混合废水在有机污染物浓度方面的变化情况, 能够明确的是, 在生物反应器转入启动状态后, 有机污染物的去除率能够维持在54%左右; 在连续7天运行装置后, 出水中的有机污染物浓度降低至99.35mg/L, 符合现行污水排放要求。

## 3 总结

综上所述, 依托混合沉淀, 能够提升酸性矿山废水的pH值, 为硫酸盐还原菌对硫酸根的还原提供良好条件, 一定程度实现对出水中有机污染物以及各种金属离子浓度的降低, 以此减小生物反应阶段各种金属离子对硫酸盐还原菌所产生的毒害程度。生物反应池各个污染物的去除效果较为均衡、稳定, 在生物反应器持续7天运行后, 硫酸根以及有机污染物的去除率均维持在50%左右。

### [参考文献]

- [1]王淼,李泽兵,孙晓宇,等.硫酸盐还原菌处理酸性矿山废水研究进展[J].有色金属(矿山部分),2022,74(06):10-18.
- [2]闻倩敏,秦永丽.硫酸盐还原菌法固定酸性矿山废水中重金属的研究进展[J].化工进展,2022,41(10):5578-5587.
- [3]苗雅慧,祁诗月,陈吉,等.硫酸盐还原菌在酸性矿山废水处理中的应用[J].应用化工,2021,50(11):3074-3078+3086.

### 作者简介:

潘洪珍(1972--),女,汉族,四川叙永人,本科,中级,研究方向:环境工程。

### 通讯作者:

吴扬(1991--),男,汉族,四川省仁寿县,人,硕士,环境工程工程师,研究方向:土壤环境调查评估与修复等工作。