

# Study on Treatment of Acidic Wastewater from Iron-Bearing Coal Mines by Neutralization and Coagulation Aid Method

Huazheng Xiao, Renjian Deng, Qinghui Peng, Chengbin He

School of Civil Engineering of Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan  
Email: 26142730@qq.com

Received: May 15<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 30<sup>th</sup>, 2019; published: June 6<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Aiming at acid wastewater from iron-containing coal mines, neutralization Coagulation-aid method was used for the removal of iron ions and SS. The relationship between the pH value, water temperature and coagulation dose of the solution and the removal rate of iron ion and SS was analyzed theoretically. The optimum values of pH value, water temperature and coagulation aid dose were studied through experiments. The results show that the removal rate of iron ion and SS is better when the temperature is between 18°C - 25°C, the pH value is between 7 and 8, and the dosage of PAM is around 5 mg/L.

## Keywords

Acid Wastewater, SS, Iron Ion

---

# 中和助凝法处理含铁煤矿酸性废水研究

肖化政, 邓仁健, 彭庆辉, 贺成斌

湖南科技大学土木工程学院, 湖南 湘潭  
Email: 26142730@qq.com

收稿日期: 2019年5月15日; 录用日期: 2019年5月30日; 发布日期: 2019年6月6日

---

## 摘要

针对含铁煤矿酸性废水, 采用中和助凝法去除其中的铁离子及SS。理论分析了溶液的pH值、水温及助凝剂量跟铁离子及SS去除率之间的关系。通过实验研究了pH值、水温及助凝剂量的最佳值。实验表明, 在

温度在18℃~25℃之间, pH值在7~8之间, PAM投加量在5 mg/L附近, 对于铁离子及SS去除率较好。

## 关键词

酸性废水, SS, 铁离子

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

煤矿废水中水溶物质主要有硫酸亚铁和硫酸钙, 其它物质是钾钠镁等微量盐类。其主要特点是酸度大, 浊度高, 固体悬浮物粒度细, 颗粒表面带有较强的负电荷, 在水中保持分散状态[1]。这类废水经沉淀后上清液仍带有大量煤泥等悬浮物, 如不经治理加以排放, 将会造成严重的地表水和地下水污染。目前国内外的中和处理法, 一般采用石灰石及石灰乳法, 出水中钙离子及硫酸根离子含量排放超标, 且对含铁酸性废水处理技术研究较少[2] [3]。本研究在中和法处理酸性废水的原理基础上[4] [5], 依据铁钙等离子水解 PH 值的差异, 及硫酸亚铁本身可作为混凝剂的特性[6] [7], 增加助凝剂可显著提高混凝沉淀效果, 故本研究采用中和助凝法处理的工艺方案, 取得废水排放达到国家标准和废水再利用的目的。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 实验材料

实验所用废水取自湘潭 TJS 煤矿的矿井涌水, 其主要水质指标如表 1 所示。

**Table 1.** Main water quality indicators of wastewater

**表 1.** 废水的主要水质指标

名称	pH	Fe <sup>2+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	SS (mg/L)
实验值	4.1	35	410	1100	1200

### 2.2. 实验仪器

电子天平(FA1004N, 上海精密)、精密酸度计(PHS-3B, 上海精密)、紫外分光光度计(TV-1901, 北京普析)、原子吸收分光光度计(AA-7000, 北京三雄)、六联六温搅拌器(JJ-6S, 常州金坛精达仪器)等。

### 2.3. 分析方法

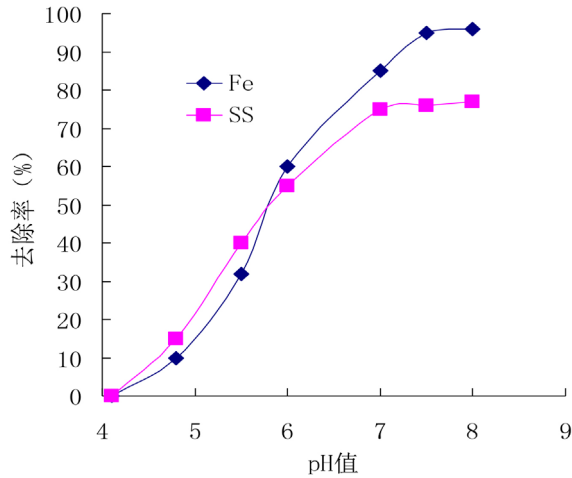
用 PHS-3B 精密酸度计测定; Fe<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 浓度由紫外分光光度计及原子吸收分光光度计测定; SS 采用重量法测定。取量筒量取 1 L 实验用废水于烧杯中, 加入不同量的 Ca(OH)<sub>2</sub> 及助凝剂 PAM, 用搅拌器混合絮凝, 在各种温度及沉淀时间下, 提取上清液进行分析。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. pH 值对铁离子沉淀和 SS 的影响

在水温为 18℃时, 通过改变 Ca(OH)<sub>2</sub> 试剂的投加量, 设定混合阶段搅拌器转速为 300 r/min, 为时 1 min,

絮凝搅拌器转速先为 100 r/min, 为时 5 min, 再调整转速为 20 r/min, 为时 10 min, 沉淀时间取 30 min, 然后取上清液测定 Fe、SS 的含量。得出不同 pH 值(或  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  量) [8]与  $\text{Fe}^{2+}$ 、SS 的浓度关系, 如图 1 所示。



**Figure 1.** Relationship between pH value and removal rate of Fe and SS  
**图 1.** pH 值与 Fe、SS 去除率关系图

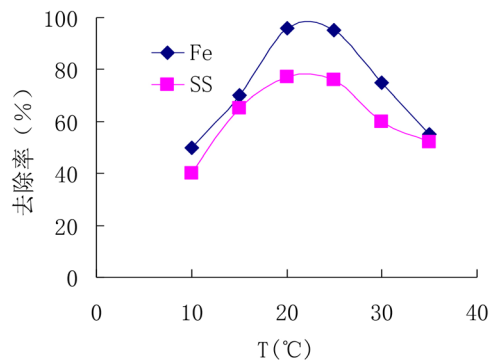
从图 1 结果可以得出:

1) 随着 pH 值增大, 上清液中 Fe 离子、SS 浓度下降明显, 去除率变大; 当 pH 大于 7.5 后, pH 值对 Fe 离子、SS 的去除率影响不大。这是因为随着  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的沉淀, 水中 Fe 离子浓度减少; 随着  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  及  $\text{CaSO}_4$  的沉淀, SS 减少。

2) 当  $\text{pH} > 5.8$  时, Fe 离子去除率大于 SS 去除率;  $\text{pH} < 5.8$  时, Fe 离子去除率小于 SS 去除率。当  $\text{pH} > 7$  时, Fe 离子去除率远远大于 SS 去除率。分析其原因为: 开始投加  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  时, 主要消耗水中的酸度,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀较少, 而有跟  $\text{CO}_2$  反应生成的  $\text{CaCO}_3$  及微溶于水的  $\text{CaSO}_4$  沉淀; 随着投加量增加, 以  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀为主。

### 3.2. 水温与铁离子和 SS 去除效果的关系

改变水温, 调整  $\text{pH} = 7.5$ , 其他条件同 3.1, 取上清液测定 Fe、SS 的含量。得出不同温度下 Fe、SS 的去除率, 如图 2 所示。



**Figure 2.** Relationship between T value and removal rate of Fe and SS and removal rate of Fe and SS  
**图 2.** T 与 Fe、SS 去除率关系图

从图 2 结果可以得出：当水温  $T < 22^{\circ}\text{C}$ ，随着温度增加，上清液中 Fe 离子、SS 去除率变大；当水温  $T > 22^{\circ}\text{C}$ ，随着温度增加，上清液中 Fe 离子、SS 去除率反而变小。这是因为起初温度较低，化学反应难以进行；低温水粘度大，胶体颗粒难以脱稳凝聚。温度过高，造成废水中氧含量减少， $\text{Fe}^{2+}$  难以氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ，从而使  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  的沉淀减少[9]；温度过高也使水体中的絮凝体难以聚集沉淀。

### 3.3. 助凝剂对铁离子和 SS 去除效果的影响

水温为  $18^{\circ}\text{C}$ ，调整 pH 至 7.5，其他条件同 3.1，投加不同量助凝剂 PAM，取上清液测定  $\text{Fe}^{2+}$ 、SS 的含量。得出不同温度下 Fe、SS 的去除率，如图 3 所示。

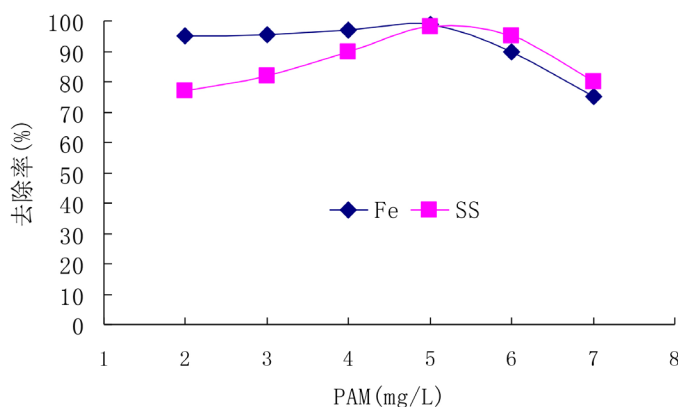


Figure 3. Relationship between PAM value and removal rate of Fe and SS  
图 3. PAM 投加量与 Fe、SS 去除率关系图

与图 1 pH = 7.5 时比较，当 PAM 投加量低于 5 mg/L 时，Fe 离子去除率变化不大，当投加量大于 5 mg/L 时，Fe 离子去除率反而变小；这是因为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  浓度积很小，是多孔凝胶体，比较容易沉淀，当投加量过多时，PAM 水解的羧基带负电，不利于  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀。SS 去除率随着 PAM 投加量增加而变大，当投加量达到 5.2 mg/L 时，SS 去除率达到最高，随后投加量增大 SS 去除率反而变小。因为 PAM 是一种高分子物质，对胶体有强烈的吸附作用，随着投加量增加 SS 去除率增加，当投加量过多时，PAM 水解的羧基带负电，产生静电斥力，不利于颗粒脱稳凝聚。

## 4. 结论

通过对含铁煤矿酸性废水中 Fe、SS 去除率的分析研究，主要获得如下认识：

1) pH 值决定于  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  试剂的投加量，是去除 Fe、SS 的关键因素。确定合适的 pH 值，有利于实际运用时的经济性以及废水处理水质达标排放。

2) 温度不同，废水中空气的溶解度不同，对二价铁氧化影响较大。针对冬夏季，在实际应用时， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的投加一般采用熟石灰，其形式为液体投加亦或粉末投加可进一步研究。不同温度絮凝沉淀效果也不一样。

3) 助凝剂的使用有利于 SS 去除，对二价铁氧化影响较大。针对冬夏季，在实际应用时， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的投加一般采用熟石灰，其形式为液体投加亦或粉末投加可进一步研究[10]。不同温度絮凝沉淀效果也不一样。

## 基金项目

湖南省教育厅资助科研项目(10C0705)、湖南省教育厅资助科研项目(10C0669)。

## 参考文献

- [1] 李曦滨. 煤矿酸性废水污染综合治理技术与展望[J]. 中国煤炭地质, 2018, 30(7): 48-53.
- [2] 王美秋, 赵志怀, 王勇. 煤矿酸性废水处理[J]. 科技情报开发与技术, 2005, 15(18): 193-194.
- [3] 龚竹, 青黄坚, 蒋汉流. 矿山酸性废水的治理及综合回收[J]. 中南工业大学学报, 1996, 27(4): 432-435.
- [4] 王成金, 崔晋江, 刘荣梅. 碱性物质中和法在处理煤矿废水中的应用[J]. 内蒙古环境保护, 2005, 17(1): 35-36.
- [5] Akcil, A. and Koldas, S. (2006) Acid Mine Drainage (AMD): Causes, Treatment and Case Studies. *Journal of Cleaner Production*, 14, 1139-1145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.006>
- [6] 李圭白, 张杰. 水质工程学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 63-64.
- [7] 冯秀娟, 刘祖文, 朱易春. 混凝剂处理选矿废水的研究[J]. 矿冶工程, 2005, 25(4): 27-29.
- [8] 杨树亮. 矿山酸性废水处理中的 pH 控制方法[J]. 有色金属(选矿部分), 2013(1): 56-58.
- [9] 徐钟际, 徐毓荣, 徐玮, 李建华. 煤矿废水 Fe、Mn 处理技术研究[J]. 贵州环保科技, 1999(1): 5-9.
- [10] 申永林, 王文东, 张伟, 王兴华. 石灰石-石灰乳二段中和法处理酸性废水的试验研究及工业实践[J]. 安全与环保, 2017, 38(6): 63-66.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)