

试验研究

曝气与 PAC/PAM 联合作用除铁的试验研究

白金燕

(中国煤炭科工集团有限公司,北京 100013)

摘要: 针对某煤矿地下水源水铁含量超标的问题,通过混凝试验研究了在曝气条件下 PAC/PAM 联合作用的除铁效果。结果表明,曝气 5min 时,pH 值可以由 7.33 提高到 7.90,投加 PAC25mg/L,PAM 0.25mg/L,滤过液 Fe 含量为 0.11mg/L,浊度为 0.64NTU。曝气与 PAC/PAM 联合作用除铁在现有水源水处理中具有曝气时间短,工艺变化小,运行可靠性高,效果稳定等优点。

关键词: 曝气;PAC;PAM;除铁;地下水;

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)04-0046-03

EXPERIMENTAL STUDY ON IRON REMOVAL BY COMBINED ACTION OF AERATION AND PAC/PAM

BAI Jin-yan

(China Coal Technology & Engineering Group Corp., Beijing 100013, China)

Abstract: Aimed to the problems of excessive iron content of underground water source in a existing coal mine, the removal of iron by combined action of PAC/PAM in aerated water was studied by coagulation tests. The results showed that pH value increased from 7.33 to 7.9 after aeration for 5 minutes, the content of Fe was 0.11mg/L and turbidity was 0.64NTU after adding PAC 25mg/L and PAM 0.25mg/L. The combined action of aeration and PAC/PAM has the advantages of shorter aeration time, smaller process change, higher operation reliability and more stable effect in the process of water treatment projects.

Key words: Aeration; PAC; PAM; Iron removal; Groundwater.

我国《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)规定铁<0.3 mg/L,而相当广泛的地区地下水铁含量严重超标,一般在 5 mg/L- 15 mg/L,有的达到 20 mg/L-30 mg/L^[1-5],超过国家标准十几倍甚至上百倍,未经处理不适合作为饮用及日常生活用水。

晋西南大部分属于山区丘陵地带,许多煤矿远离城市,矿区职工生活用水多由自备水源井提供。这些水源井水一般感官性状异常,具有浓重的鱼腥气味,口感苦涩,久置颜色变成土黄色,会在盛水容器及衣物上留下明显的铁锈样物质。水的

浊度、臭和味、铁等超过国家生活饮用水卫生标准,不适合直接作为生活用水。

通常针对悬浮物的沉淀、过滤工艺对铁的去除效果欠佳,而按照常规除铁工艺设计的水处理设施占地面积、投资成本及运行费用都比较大。本试验研究通过曝气与 PAC/PAM 联合作用提高铁的去除效率,对水处理设施的设计与改造具有一定的借鉴意义。

1 试验条件与方法

1.1 试验水质及要求

试验水源为山西某煤矿水源井出口水,要求处理后浊度、臭和味、铁、pH 等达到《国家生活

饮用水卫生标准》(GB5749-2006),水质指标如表 1 所示。

表 1 原水水质及标准要求对照表

项目	原水水质	标准要求
浑浊度(NTU)	出水清澈、久置变浑	1
臭和味	鱼腥味	无异臭、异味
pH(pH 单位)	7.33	6.5-8.5
铁(mg/L)	2.13	0.3

1.2 试验原理与方法

地下水除铁方法相对成熟,有曝气氧化法、氯氧化法、接触过滤氧化法等,以曝气氧化法应用最为广泛。其基本原理是曝气充氧后将亚铁氧化为三价铁,经反应沉淀之后,过滤将其去除。铁的常见化合价有+2 价和+3 价,地下水的氧化还原电位比较低,pH 值在 6.0-7.5 之间,这种情况下铁一般是以 Fe^{2+} 的形式存在地下水中。铁的氧化还原电位比氧低,易于被空气中的氧所氧化,pH 值对 Fe^{2+} 的氧化速率有较大影响,在 $pH > 5.5$ 的情况下,地下水的 pH 值每升高 1.0,二价铁的氧化速度就增大 100 倍^[6]。因此,空气自然氧化工艺通常采用较大曝气强度,在充氧的同时散除地下水中的游离 CO_2 以提高 pH 值,曝气后的 pH 值一般在 7.0 以上。但是,空气自然氧化除铁工艺所需的停留时间较长,约 2 h-3 h,且由于三价铁絮凝体较小,容易穿透滤层,影响水质。

根据这些特性,本试验设计采用曝气与 PAC/PAM 联合作用进行絮凝、沉淀、过滤的方法,去除地下水中超量的铁,从而缩短停留时间,增加三价铁絮体体积,保证处理效果。主要试验设备采用:CR-30 R 充氧泵,曝气量 2 L/min;ZR4-2 混凝试验搅拌机。

试验过程为:原水→测定 pH 值、Fe 含量→曝气→测定 pH→投加 PAC→搅拌 1min(160r/min)→投加 PAM→搅拌 10min(60r/min)→沉淀 10min→测定上清液 pH 值→过滤→测定 Fe 含量。试验流程如图 1 所示。



图 1 PAC/PAM 联合作用除铁试验流程

2 试验结果与讨论

PAC/PAM 加药量首先从 5 mg/L 和 0.05 mg/L 开始,此时试验用水变浑,呈现浅土黄色,无明显

矾花,加 PAM 后,沉淀明显,上清液混浊;只加 PAC 滤速较快,加 PAM 后滤速缓慢,需 10 倍以上过滤时间,不具有实际应用的可行性。PAC/PAM 加药量提高至 25 mg/L 和 0.25 mg/L 时沉淀及过滤效果转好,开始测定 pH 值及 Fe 含量,曝气时间设为 2 min、5 min、10 min,试验结果如表 2-表 4 所示。

表 2 曝气 2 min 试验结果

序号	曝气后 pH	PAC mg/L	PAM mg/L	Fe mg/L	浊度 NTU
1	7.72	25	0.25	0.41	1.74
2	7.77	50	0.5	0.35	1.15
3	7.76	75	0.75	0.28	0.82
4	7.77	100	1	0.22	0.57

试验过程中观察沉淀情况,加入 25mg/L 的 PAC 后,试验水样变浑,有不完全沉淀,加入 PAM 后沉淀明显,絮体较大,上清液略浑浊;随着加药量增加,沉淀越来越明显,絮体紧密,上清液变清澈。

表 3 曝气 5 min 试验结果

序号	曝气后 pH	PAC mg/L	PAM mg/L	Fe mg/L	浊度 NTU
1	7.97	25	0.25	0.11	0.64
2	7.99	50	0.5	0.08	0.31
3	7.98	75	0.75	0.07	0.14
4	7.99	100	1	0.06	0.08

试验过程中观察沉淀情况,初期试验水样沉淀明显,但不彻底,上清液微混,絮体松散;随着加药量增加,絮体变得紧密,体积变大。

表 4 曝气 10 min 试验结果

序号	曝气后 pH	PAC mg/L	PAM mg/L	Fe mg/L	浊度 NTU
1	8.06	25	0.25	1.11	1.12
2	8.04	50	0.5	0.75	0.84
3	8.08	75	0.75	0.51	0.43
4	8.06	100	1	0.23	0.23

试验过程中观察沉淀情况,初期试验水样絮体较小,沉淀速度较慢,上清液土黄色,浑浊;随着加药量增加,絮体变大、沉淀速度加快,上清液变清澈。

通过试验对比,曝气 2 min 时,PAC 加药量达到 75 mg/L,并投加 0.75 mg/L 的 PAM,滤过液 Fe 含量和浊度才能满足标准要求;曝气 5 min 时,

PAC 加药量在 25 mg/L, 并投加 0.25 mg/L 的 PAM, 滤过液 Fe 含量和浊度即满足标准要求;曝气 10 min 时,滤过液水质反而恶化,主要是由于曝气时间较长,絮体翻滚剧烈导致破碎变小,降低了过滤效果。

3 总结

对于煤矿含铁地下水处理工程,曝气与 PAC/PAM 联合作用除铁具有曝气时间短,工艺变化小,运行可靠性高,效果稳定等较为明显的优势。工艺设计时在混凝沉淀前增加曝气设备,曝气时间约为 5 min;调整加药设备的加药量,PAC 投加量约为 25 mg/L,PAM 投加量约为 0.25 mg/L。充分利用去除悬浮物的混凝、沉淀、过滤构筑物及设备,先曝气、后加药,发挥沉淀工艺的作用,在去除

SS 的同时,去除大部分铁;之后通过过滤单元,将微小絮体过滤去除。

参考文献

- [1] 上海市政工程设计研究院 给水排水设计手册-城镇给水(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社.
- [2] 唐朝春,陈惠民,叶鑫,刘名.地下水除铁除锰方法的研究进展[J].水处理技术,2016,(03): 7-12+19.
- [3] 王振兴,王鹤立,李向全,侯新伟,刘玲霞.地下水除铁除锰技术研究进展[J].环境工程,2012,(S2):48-51.
- [4] 孙全庆,冯勇,许根福.我国地下水除铁、除锰技术发展状况[J].湿法冶金,2004,(04):169-175.
- [5] 薛罡,赵洪宾.地下水除铁除锰技术新进展[J].给水排水,2002,(07):26-28+1.
- [6] 李圭白,刘超.地下水除铁除锰(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1989.

(上接第 40 页)

4 成本收益与环境社会效益分析

4.1 成本收益分析

根据污水处理站药剂消耗、用电及人工费用统计分析,污水处理系统年运行成本 358.2 万元,按照实际处理量计算,单位运行成本 0.9 元/t。而不经处理直接外排由社会处理,需缴纳污水处理费为 1.4 元/t^[6],可实现节约 0.5 元/t 的效益,相当于增加 198 万元的年收益;按照年 277.4 万 t/a 回用量(根据 2015 年相关单位回用补充水需求统计)、每吨水价格 1.0 元计,相当于增加 277.4 万元的年收益。

4.2 环境社会效益分析

南矿区生活污水经处理后满足国家标准,保护了周边水体不受污染。同时,考虑到处理中水回用于企业(作为电厂循环冷却补充水和洗煤补充水),可实现 COD_{Cr}、NH₃-N 等总量控制指标 1 233 t/a、167 t/a 的削减量,为企业带来显著环境和社会效益。

5 结论与建议

该处理工艺各阶段处理污染因子的针对性较

强,对水质要求较高,应注意加强水质的连续监测,及时掌握水质变化情况,通过进水量、曝气方式和剩余污泥量的调节,将水质控制在合理状态,从而保证整个处理过程适时地维持在最佳的状态。

从节约成本角度来看,生化处理阶段能耗较高,可以在主要设备选择(比如使用变频设备)、无功率自动补偿等方面,减少电量消耗,降低运行成本;深度处理阶段侧重于药品投加量方面的考虑,可通过模拟实验确定最佳投药量,并确保处理效果。

参考文献

- [1] 张杰,臧景红,杨宏,刘俊良.A2/O 工艺的固有缺欠和对策研究[J].给水排水,2003,29(3):22-25.
- [2] 胡洪营,赵文玉,吴乾元.工业废水污染治理途径与技术研究发展需求[J].环境科学研究,2010,23(7): 861-868.
- [3] 张忠祥,钱易主编.废水生物处理新技术[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 张自杰,林荣忱,金儒霖.排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [5] 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [6] 国家发展改革委、财政部、住房城乡建设部.关于制定和调整污水处理收费标准等有关问题的通知(发改价格[2015]119号).