



生物接触氧化反应器去除地下水中铁的研究

孙 瑾¹, 胡志峰², 张 建³

- (1. 淄博市环境监测中心站, 山东 淄博 255000;
2. 高青县人民政府, 山东 高青 256300;
3. 山东大学环境与工程学院, 山东 济南 250100)

摘 要: 以廉价的河砂为滤料, 研究了接触氧化装置对铁的去除效果。结果表明, 当进水铁浓度在 6mg/L、滤速为 8.3 m/h、pH 值为 6.8 时, 接触氧化滤柱中河砂表面的活性除铁滤膜需要 6 天的时间才能形成, 活性滤膜后铁的去除率能够稳定在 90% 以上, 出水中总铁浓度低于 0.3mg/L。反冲洗对装置的去除效果具有一定的影响, 反冲洗以后, 除铁能力需要 25min 才能完全恢复。扫描电镜对河砂表面活性滤膜的表征结果表明河砂表面能够形成结合紧密的絮状滤膜。

关键词: 除铁; 接触氧化; 河砂

中图分类号: X505

文献标识码: A

Study on Fe removal from underground water by biological contact oxidation filter

SUN Jin¹, HU Zhi-feng², ZHANG Jian³

- (1. Zibo Environmental Monitoring Center, Zibo 255000, China;
2. Gaoqing Municipal People's Government, Zibo 256300, China;
3. School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract: Cheap sand was used as filtration material in the biological contact oxidation filter to study the effects of Fe removal under different conditions. The results showed that it should take six days for the filter to have stable ability of Fe removal when the influent concentration of Fe was 6 mg/L, filtering velocity was 8.3m/h and the pH was 6.8. The Fe removal rate was above 90% and effluent Fe concentration was below 0.3mg/L. The backwash was disadvantageous to Fe removal performance. After backwash, it takes 25 min to recover the ability of Fe removal. The results of stereoscan showed that a tightly-coupled flocculent membrane was formed at the surface of sand.

Key words: Fe removal; contact oxidation; sand

在我国除西北地区外的其它地区都存在地下水铁含量过高的问题,长期饮用铁含量过高的水会影响身体健康^[1]. 对地下水中铁的去除方法主要有:混凝沉淀过滤、离子交换法、稳定处理、化学沉淀、氧化法^[1]. 目前常用的去除方法是氧化法^[2],其中最常用的是空气氧化接触过滤法^[3].

空气氧化接触过滤法利用滤料表面吸附经过曝气的地下水中的铁,形成具有接触、吸附和氧化作用的滤膜,这种自然形成的活性滤膜具有接触催化作用,在 pH 值中性范围内,铁能被滤膜吸附,然后再被溶解氧化,又生成新的活性滤膜物质参与反应^[3-5],具有工艺简单、运行稳定等特点,该工艺在我国得到了广泛应用^[6]. 传统的空气氧化接触过滤工艺多采用锰砂做为填料^[7],价格较贵,基建和运行成本均较高.

本研究以荷泽某自来水厂地下水为处理对象,以价格低廉且容易获取的河砂为填料,使河砂表面形成具有高效氧化活性的铁质滤膜,从而实现良好的除铁效果,并对 pH 值、滤速、反冲洗等操作运行条件对处理效果的影响进行了较系统的研究,并利用扫描电镜对河砂表面活性滤膜在运行中的形态变化进行了表征.

1 试验装置与方法

接触氧化试验装置如图 1 所示. 装置主要为接触氧化滤柱,接触氧化滤柱高 2m,直径为 16cm,内装粒径 0.5~1.5mm 的河砂,滤层厚度为 0.5m,承托层厚度为 10cm.

试验原水总铁浓度为 5.1~6.0 mg/L,pH 值为 4~11,溶解氧 0.2~0.5 mg/L.

通过跌水曝气作用,将进水 DO 提高到 3mg/L 左右. 试验过程中监测了进、出水中铁、pH 值等指标. 铁的测定采用邻菲罗啉分光光度法^[8],pH 值采用 MP220 pH 值计测定.

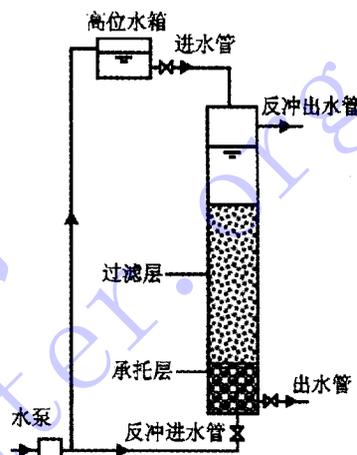


图 1 试验装置图

2 结果与讨论

2.1 滤膜形成过程分析

接触氧化滤柱填充清洁河砂后,滤速保持在 8.3m/h 左右,进水 pH 值在 6.5~6.8,通水运行. 滤膜形成过程中进出水中铁浓度的变化如图 2 所示.

由图 2 可知,进水总铁和进水亚铁浓度基本稳定,分别维持在 6mg/L 和 4mg/L 左右. 起始阶段,装置对总铁的去除效果很差,出水中总铁浓度和进水基本相同,随着过滤时间的进行,出水中总铁浓度逐渐降低,6 天以后出水中总铁浓度下降到 0.3mg/L 以下,之后铁的去除效果保持稳定,这说明此时滤膜已经进入成熟阶段.

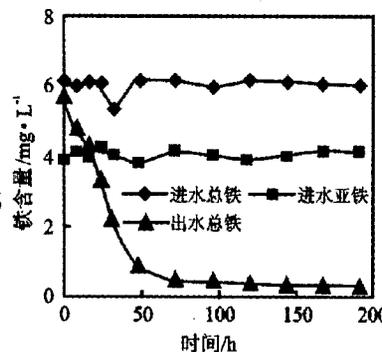


图 2 滤膜形成过程中对铁的去除效果

活性滤膜形成后,处理出水中铁的含量稳定在 0.3mg/L 以下,达到了国家饮用水标准(GB/T14848—93).

2.2 滤速对除铁效果的影响

在进水铁浓度为 6.2mg/L, pH 值为 6.7 的条件下,我们在不同滤速条件下测定了铁的去除效果,结果如图 3 所示.

由图 3 可见,当滤速在 8.3m/h 以下时,去除效果良好,出水中铁含量较低,小于 0.3mg/L,能达到国家标准(GB/T14848—93). 但是,当滤速大于 8.3m/h 时,随着滤速的增加,出水中铁的浓度急剧增加,除铁效果急剧变差. 因此,实际运行过程中,滤速应控制在 8.3 m/h 以下.

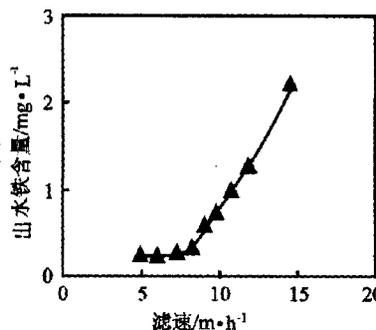


图 3 滤速对铁去除效果的影响

2.3 反冲洗对除铁效果的影响

随着过滤的进行,铁膜逐渐加厚,过滤阻力逐渐增加,水头损失逐

渐增大,影响滤柱的运行.同时随着过滤的进行,已形成的铁膜会逐渐老化.若不及时进行反冲,会影响除铁效果.

反冲洗后,一部分滤膜被洗去,势必会对除铁效果产生影响.在进水铁浓度为 6.2mg/L, pH 值为 6.7, 滤速为 8.3m/h 的条件下,在反冲洗后每隔 5min 取样一次,检测除铁效果,结果如图 4 所示.

由图 4 可知,反冲洗以后,接触氧化滤柱的除铁效果变差,出水总铁浓度较高,为 2.89mg/L. 25min 以后,铁浓度逐渐降低到 0.3mg/L 以下.由此可见,经过反冲洗,结合不牢固的滤膜会被冲刷掉,这大大地降低了接触氧化滤柱的除铁效率.反冲洗后正常通水,滤膜逐渐生长,除铁能力在 25min 左右可以完全恢复.

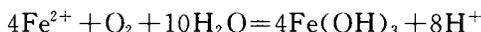
2.4 pH 值对除铁效果的影响

在实际运行过程中,可能会遇到地下水呈现酸性或者碱性的情况.本试验通过调整进水中的 pH 值,考察了酸碱条件对接触氧化过滤装置除铁效果的影响.图 5 为进水总铁浓度在 5.7mg/L 左右、滤速为 8.3m/h 条件下的试验结果.

由图 5 可知,在 pH 值大于 6.8 时,反应器有很好的除铁效果,出水铁含量基本保持在 0.3mg/L 以下,去除率大于 90%.

当 pH 值小于 6.8 时,随着 pH 值的减小,出水铁浓度急剧增大,可见酸性条件不利于铁的去除.

二价铁的氧化反应如下^[9]:



根据化学计量关系,每氧化 1mg/L 的 Fe^{2+} ,会产生 0.036mg/L 的 H^+ ,所以也就减小了 1.8mg/L 的碱度.当进水 pH 值较低时,因为水中碱度不够,氧化过程中 H^+ 的浓度增加,会使氧化速率受到影响而变缓.当进水的 pH 值较高时,水中 OH^- 浓度较大, H^+ 浓度低,氧化速率变快.

本试验接触氧化装置中进水通入的是 Fe^{2+} ,当进水 pH 值较低时, Fe^{2+} 不易被氧化为 Fe^{3+} ,所以 Fe^{2+} 占总铁的比重大.当 pH 值较高时, Fe^{2+} 易被氧化为 Fe^{3+} , Fe^{2+} 占总铁的比重较少,所以 Fe^{2+} 的曲线在碱性条件下急剧下降.

2.5 滤膜形态分析

为了观察活性除铁滤膜的表面形态及变化,对清洁河砂、形成稳定滤膜的河砂和反冲洗后的河砂进行了扫描电镜观察.

在填充滤柱前,河砂呈清洁状态,其扫描电镜结果如图 6 所示.由图 6 可见,河砂表面较为光滑.

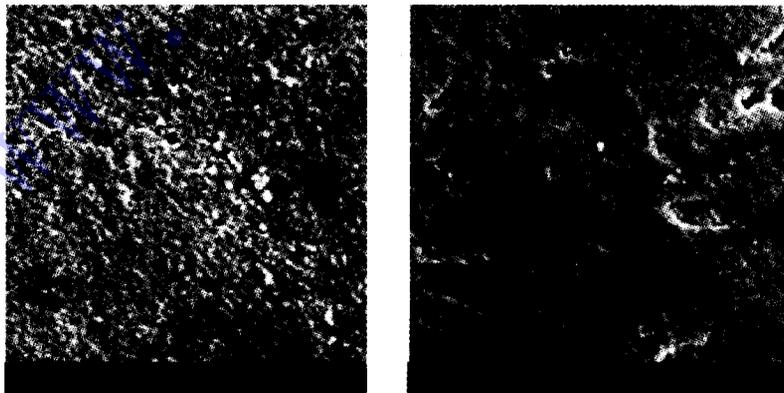


图 6 清洁河砂表面扫描电镜图(左图、右图分别为放大 6 000 倍和 1 000 倍的图片)

在河砂形成了稳定的活性滤膜以后,滤柱具有良好且稳定的除铁效果,此时河砂表面的扫描电镜照

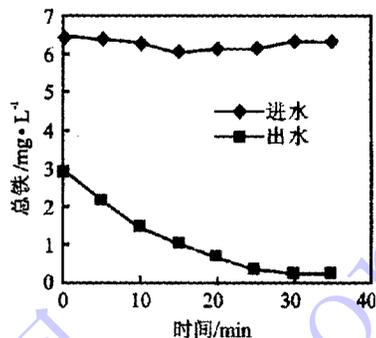


图 4 反冲洗对除铁效果的影响

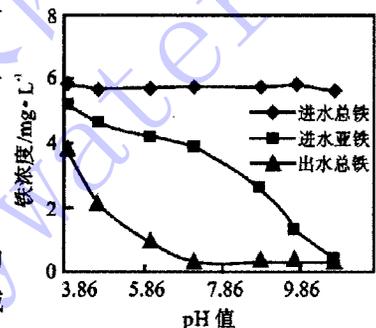


图 5 pH 值对除铁效果的影响

片如图 7 所示。由图 7 可见,河砂表面形成了絮状的膜,该膜即为具有高效除铁作用的滤膜。

反冲洗后,河砂表面发生了显著的变化,扫描电镜如图 8 所示。经过反冲洗,未附着牢固的滤膜被冲刷掉,絮状物明显减少,但与清洁河砂相比,表面仍较为粗糙,这说明部分活性滤膜与河砂表面结合牢固,反冲洗对其影响较小。这部分结合牢固的活性滤膜保证了反冲洗后除铁效果能够很快得到恢复。

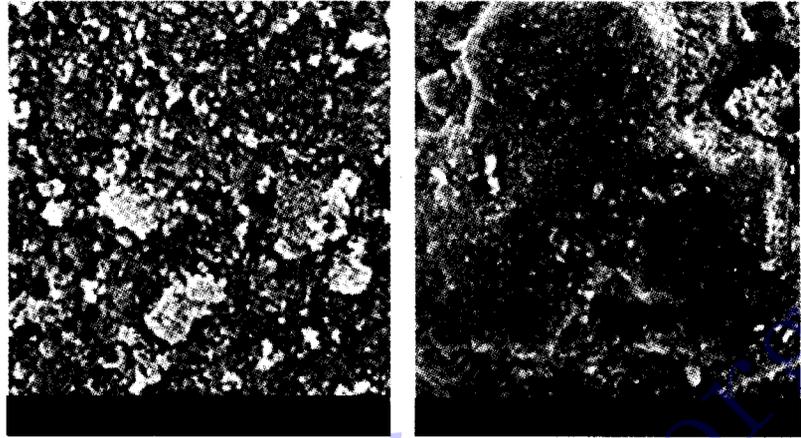


图 7 河砂表面形成稳定滤膜后的扫描电镜图(左图、右图分别为放大 6 000 倍和 1 000 倍的图片)

3 结 论

本试验以价格低廉的河砂为填料构建高效除铁接触氧化装置,通过试验得到以下结论:

1)在滤速为 8.3 m/h、pH 值为 6.8、进水铁浓度在 6mg/L 的情况下,铁质滤膜需要 6 天才能成熟。滤膜成熟后总铁的去除率为 96.3%,处理出水中铁的浓度小于 0.3mg/L;

2)pH 值对铁的去除效果影响很大。酸性条件不利于铁的去除,当 $\text{pH} \geq 7$ 时,去除效果较好;

3)推荐接触氧化过滤装置的滤速为 8.3m/h;

4)反冲洗对装置的去除效果具有一定的影响,反冲洗以后,除铁能力需要 25min 才能完全恢复。

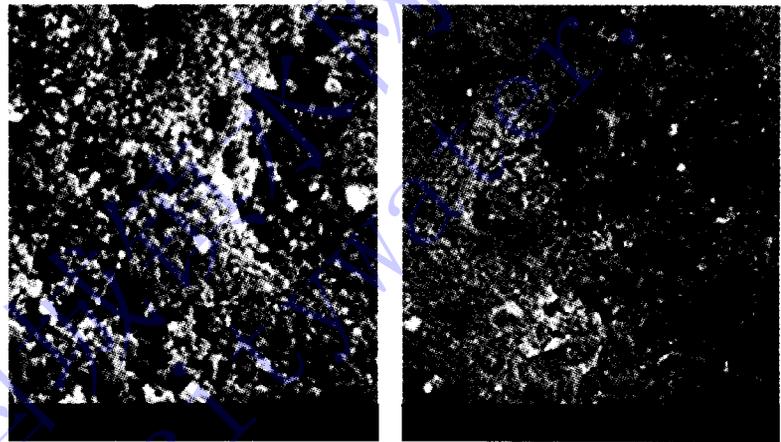


图 8 反冲洗后河砂表面扫描电镜图(左图、右图分别为放大 6 000 倍和 1 000 倍的图片)

参考文献:

- [1] 杨启峰,李 鑫. 地下水中铁锰的危害及去除方法[J]. 黑龙江环境通报,1999,23(4):47-48.
- [2] 董 罡. 地下水生物法除铁及优质饮用水净化理论及应用[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001.
- [3] 吴正淮. 地下水除铁除锰机理的革新与应用[J]. 给水排水,1994,(1):5-10.
- [4] 李圭白,刘 超. 地下水除铁除锰[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1987.
- [5] 张吉库,傅金祥. 地下水除铁锰技术与发展趋势[J]. 沈阳建筑工程学院学报,2003,19(3):212-214.
- [6] 董 罡,邹联沛. 接触氧化法除地下水铁锰时不同滤料性能的对比研究[J]. 东华大学学报(自然科学版),2002,28(6):58-61.
- [7] 张培良,周洪海. 接触氧化法除铁的滤料选择[J]. 黑龙江环境通报,1998,22(2):51-53.
- [8] 国家环保总局. 水和废水环境监测分析方法(第四版)[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] 严煦世,范瑾初. 给水工程(第三版)[M]. 北京:建筑工业出版社,1995.