



生物滤层中 Fe^{2+} 的作用及对除锰的影响

张杰 1, 杨宏 2, 李冬 1, 杨继娟 2, 肖立新 2

(1.哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江哈尔滨 150090;

2.中国市政工程东北设计研究院, 吉林长春 130021)

摘要: 通过无菌滤层与生物滤层的除铁、除锰对照试验, 得出了生物滤层不但可以同时去除原水中的铁与锰离子, 而且 Fe^{2+} 参与了除锰菌的代谢, 对维系生物滤层中生物群系的平衡起到了至关重要的作用。同时, 生物滤层对 Fe^{3+} 盐的固体微细粒子也有很好的捕捉去除作用。

关键词: 生物滤层; 除锰菌; 铁离子

The Function of Fe^{2+} and Its Effect on Manganese Removal in Biofilter Bed

ZHANG Jie¹, YANG Hong², LI Dong¹, YANG Ji-juan², XIAO Li-xin²

(1.School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2.China Northeast Municipal Engineering Design & Research Institute, Changchun 130021, China)

Abstract: Based on the comparative test for the removal of iron and manganese in aseptic filter bed and biofilter bed, a conclusion was drawn that simultaneous removal of iron and manganese ion from raw water is achieved in biofilter bed, while Fe^{2+} participates in the metabolism of manganese removal bacteria. It has important effect on the balance of biologic community in biofilter bed. Furthermore, the biofilter bed serves as a good function of trapping the Fe^{3+} solid micro-particles.

Keywords: biofilter bed; manganese removal bacteria; iron ion

铁、锰的化学性质相似, 在自然界中常常共存, 地下水中的 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 离子往往相伴而生, 而且在含量上相当稳定, Fe^{2+} 的浓度大致高于 Mn^{2+} 浓度一个数量级。 Fe^{2+} 在无菌接触氧化滤层中的氧化是自催化氧化, 接触催化剂是 Fe^{2+} 氧化反应的生成物(含水氧化铁)。 Mn^{2+} 在 pH 中性域几乎不能被溶解氧所氧化, 只能在生物滤层中进行生物氧化, 笔者在试验中证实了 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 离子可以在生物滤层中同时被去除, 突破了一级除铁、二级除锰的传统工艺技术 [1~3]。

1 生物滤层与无菌滤层的除铁试验

1.1 材料和步骤

有机玻璃管 2 根, 直径为 100 mm, 高为 2.5 m。一根内装成熟锰砂滤料, 厚为 1 200 mm, 制成生物滤层滤柱; 另一根装无菌锰砂生料, 制成无菌过滤柱。

在已经去除铁、锰的自来水中加入 FeSO_4 溶液, 配成一定浓度的只含铁不含锰的试验用原水, 经跌水曝气后分别进入生物滤柱和无菌滤柱进行过滤。滤速为 17.8 m/h, 单个试验柱流量为 140 L/h。正常运行两周, 每天取进、出水样进行各项水质项目分析, 观察两个滤层中铁的去除状况。

1.2 结果与分析

将每天的分析结果制成图 1 和图 2。

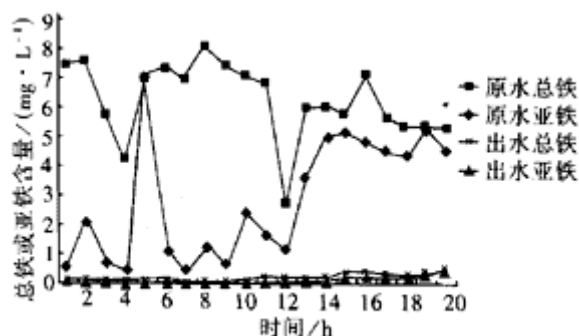


图1 生物滤层单铁过滤曲线

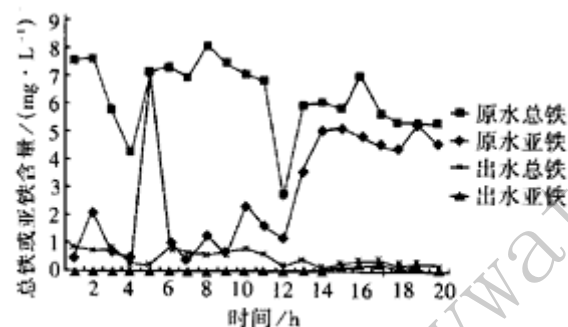


图2 无菌滤层单铁过滤曲线

从图1和图2可知,①无论在生物滤柱还是无菌滤柱中, Fe^{2+} 的氧化一直很稳定,尽管进水中 Fe^{2+} 浓度波动很大,两根滤柱出水的 Fe^{2+} 含量都趋近于痕量。②原水经曝气后,总会生成一定的 Fe^{3+} 离子, Fe^{3+} 离子呈固态微细颗粒状悬浮于水中(该试验原水中的 Fe^{3+} 离子占据总铁的大半)。在无菌滤柱中,尽管 Fe^{2+} 能很好地被去除,但对 Fe^{3+} 的去除能力较差,总有一部分 Fe^{3+} 粒子透过滤层而使出水总铁浓度偏高,在高滤速(17.8 m/h)条件下达0.5~0.9 mg/L。③生物滤柱的出水总铁浓度都在0.3 mg/L之下,绝大多数情况下低于0.2 mg/L,相当部分达到0.1 mg/L之下。这说明原水中的 Fe^{3+} 离子微粒绝大多数被生物滤层所捕捉,从而得到了总铁含量低且稳定的净化水。

以上的试验结果可以说明,生物滤层和无菌滤层在滤层构成上有较大的区别。生物滤层培养完成后,在滤料表面及滤料的缝隙里存在着大量的细菌,而这些细菌同铁、锰氧化物形成了实际的菌泥胶状物,充满了生物滤层的空间,具有捕捉截留 Fe^{3+} 的能力。而无菌滤层不具备这样的特点,滤料表面形成的含水氧化铁的活性滤膜能很好地吸附水中 Fe^{2+} 离子,并在其表面氧化形成新的含水氧化铁。 Fe^{3+} 离子则不能被滤料表面活性滤膜所捕捉,只能通过滤层的筛滤作用而截留,其中相当部分的三价铁微细粒子穿透滤层的曲折空隙随水流出滤层。

2 单纯含锰水经生物滤层的过滤试验

2.1 试验材料与步骤

试验用滤柱同1.1节。首先将滤料层进行生物接种并培养成熟,使滤层中微生物量达106个/mL湿砂的水平。然后向滤柱通入只含锰不含铁的原水,连续运行120 h后,向原水中注入二价铁盐,继续运行。在全部运行过程中,每隔一定时间采取水样,分析铁、锰含量,以观察铁、锰的去除动态。

2.2 试验结果

单纯含锰水通入成熟的生物滤柱中,在初始时间段内对锰的去除效果甚好,进水 Mn^{2+} 浓度约5 mg/L,出水 Mn^{2+} 浓度在0.2 mg/L之下。但其后除锰效果连续下降,直到90 h时,出水锰浓度与进水锰浓度相同,完全丧失了除锰能力。再继续通入单纯含锰水,出水锰浓度继续上升,超过进水锰浓度。在120 h时开始向试验原水中加入二价铁盐,结果发现经几十小时后,出水锰浓度开始减少,到加注 Fe^{2+} 后126 h,出水锰浓度又开始低于进水锰浓度,滤柱除锰能力有恢复的迹象。继续运行下去,滤柱除锰能力渐渐提高,直至运

行时间达 627 h，锰的去除率恢复到 63.4%。

2.3 分析与讨论

①试验为考察成熟的生物滤层对Mn²⁺的去除能力，有意将进水Mn²⁺浓度提高到 4~5 mg/L，是地下水最高含锰量的 2~3 倍；滤速也提高到 10.19 m/h，高于正常除铁、除锰滤池的滤速。在此运行工况条件下，成熟滤层表现了很强的除锰能力，对Mn²⁺的去除率达 95%。

②单纯含锰水通入成熟生物滤层，运行几个小时之后就开始漏锰，充分说明了生物滤层的除锰能力与 Fe²⁺的存在和氧化还原有关。漏锰的原因是滤层中以除锰菌为核心的生物群系的平衡遭到了破坏，丧失了除锰能力。

③在进水中加入一定量的Fe²⁺后，滤层的除锰能力就渐渐得以恢复，可以断定Fe²⁺参与了生物滤层中的代谢。Fe²⁺虽然在无菌滤层中也可以迅速地经接触氧化而被去除，但是在生物滤层中确实也参与了除锰菌的代谢，并且在维持生物滤层的生态平衡上是不可缺少的。

试验共进行了 627 h，铁、锰的去除情况见表 1。

表 1 成熟锰砂滤柱的单锰过滤试验结果				
运行时间(h)	原水锰(mg/L)	出水锰(mg/L)	原水铁(mg/L)	锰去除率(%)
0	5.002	0.210	0	95.8
2	5.002	0.236	0	95.2
3	5.002	0.159	0	96.8
4	5.002	0.324	0	93.5
5	5.002	0.113	0	97.7
6	5.002	0.148	0	97.0
7	5.002	1.01	0	79.8
8	5.002	0.896	0	82.0
9	5.002	1.124	0	77.5
10	5.002	0.333	0	93.3
11	5.002	0.298	0	94.0
12	5.002	0.306	0	93.8
14	4.571	0.298	0	93.4
20	4.861	1.063	0	78.1
41	4.536	1.871	0	58.7
44	4.615	1.696	0	63.2
47	4.316	1.151	0	73.3
74	4.430	2.153	0	51.3
96	4.571	1.854	0	59.4
108	4.870	2.865	0	41.1
120	5.230	6.303	4.93	-20.5
144	4.49	6.13	5.9	-36.5
168	4.47	5.96	0	-33.4
192	4.55	5.81	5.76	-27.6



216	4.74	6.06	5.41	-27.7
240	5.15	5.48	5.84	-6.4
264	4.66	4.54	4.41	26
288	4.72	4.37	3.25	72
312	4.80	4.12	2.39	14.2
336	4.73	3.62	0.79	23.5
348	4.69	4.92	0	-4.8
360	4.85	3.11	0	35.8
387	4.22	3.90	2.58	7.4
435	1.76	1.25	1.09	28.9
459	2.48	1.81	1.53	26.9
483	2.27	1.94	1.47	14.3
507	2.06	0.91	4.76	55.4
531	2.42	1.66	5.54	31.2
555	2.28	0.83	4.28	63.2
579	1.87	1.07	5.61	42.6
603	2.20	1.04	3.59	52.7
627	2.21	0.81	5.18	63.4

3 结论

Fe^{2+} 很容易在有溶解氧存在的条件下发生化学氧化,但通过试验证明了其在生物除铁、除锰滤层当中确实参与了生物氧化。同时,生物滤层对进入滤层前已经氧化的 Fe^{3+} 所形成的小颗粒胶体,有很好的截滤作用。

滤层经接种、培养成熟后,对 Mn^{2+} 具有很强的氧化性能,在这一培养成熟的滤层中存在着大量的铁、锰氧化细菌和其他的一些微生物群系。单锰过滤试验表明,这一由微生物群系所组成的生态系统的稳定是需要铁的参与来维系的。

参考文献:

- [1] 李冬, 杨宏, 张杰.生物滤层同时去除水中铁、锰离子研究 [J].中国给水排水, 2001, 17(8): 1-5.
- [2] 张杰, 杨宏.生物固锰除锰技术的确立 [J].给水排水, 1996, 22(10): 5-10.
- [3] 张杰, 戴镇生.地下水除铁除锰现代观 [J].给水排水, 1996, 22(11): 13-16.