

锰砂生物过滤在钢铁废水回用中的工艺参数研究

徐竟成, 黄丽芳, 黄翔峰, 范建伟, 张杰

(同济大学 环境科学与工程学院长江水环境教育部重点实验室, 上海 200092)

摘要: 试验研究了锰砂生物过滤工艺在钢铁废水回用处理中的工艺参数。试验采用粒径为 0.6 ~ 1.2 mm 的巩义锰砂, 锰砂滤层厚度 100 cm。生物膜培养成熟后, 滤柱出水总铁和锰的质量浓度分别达到 0.3 和 0.1 mg/L 以下。通过不同滤速下处理效果的对比, 建议滤速为 5 m/h 以下, 工作周期为 4 d, 反冲洗强度为 27 L/(s·m²), 冲洗历时 5 min。溶解氧的质量浓度维持在 4 ~ 5 mg/L 可满足生物氧化需氧要求。

关键词: 锰砂; 生物除铁除锰; 钢铁废水; 回用处理

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2455(2008)01-0037-04

Parameters of manganese sand biological filtration process in recycling of wastewater from steel and iron production

XU Jing-cheng, HUANG Li-fang, HUANG Xiang-feng, FAN Jian-wei, ZHANG Jie

(Key Laboratory of Yangtze Aquatic Environment, Ministry of Education, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The parameters of manganese sand biological filtration process in recycling of wastewater from steel and iron production was studied through the test. The grain diameter of the test used Gong Yi manganese sand was 0.6 - 1.2 mm and the thickness of the filter layer was 100 cm. After the biofilm was trained to be mature, the mass concentration of the total iron and manganese of the effluent water from the filtration column was below 0.3 mg/L and 0.1 mg/L respectively. Through the comparison of the treatment effects of the wastewater under different filtration velocity, the proper process condition was proposed that: the filtration velocity was lower than 5 m/h, the working period was 4 d, the backwash intensity was 27 L/(s·m²) and the duration time was 5 min. 4 - 5 mg/L of DO concentration could satisfy the oxygen requirement of biological oxidation.

Keywords: manganese sand; biological removal of iron and manganese; wastewater from iron and steel production; reuse treatment

生物除铁除锰技术作为一种经济、高效的除铁除锰方法越来越受到人们的重视, 在机理研究和实践方面都有了重大突破^[1-2], 20 世纪 90 年代起应用于地下水除铁除锰中^[3-4], 在地表水和工业污水处理方面的应用也已开始了研究。

循环冷却水是钢铁工业生产主要用水之一。根据《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923-2005) 要求, 再生水回用于循环冷却水系统时, 需要控制总铁、锰的质量浓度在 0.3 mg/L 和 0.1 mg/L 以下, 而钢铁企业排放的废水总铁、锰含量都相对较高, 本研究对锰砂生物过滤工艺在钢铁

废水回用中的处理效果和运行工况开展了试验研究, 提出相应的应用工艺参数。

1 材料与方法

1.1 试验水质

试验用水取自某钢铁企业人工围厂河水。该水体主要为经一级或二级处理后钢铁厂各生产部门达标排放的生产废水、生活污水和厂区雨水。废水中铁、锰离子的变化较大, 具体水质指标见表 1。

基金项目: 上海市科委重点科技攻关项目(05DZ12017)

收稿日期: 2007-07-19; 修回日期: 2007-09-12

表 1 试验用水水质指标平均值
Tab. 1 Average values of experiment used water quality indexes

水质指标	数值		水质指标	数值	
	范围	均值		范围	均值
pH 值	7.2~8.4	7.6	浊度 /NTU	2.9~30.3	9.07
$\rho(\text{DO}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	4.2~8.8	6.22	$\rho(\text{TFe}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.16~1.42	0.61
$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	4.4~25.5	10.67	$\rho(\text{Fe}^{2+}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.03~0.32	0.16
$\rho(\text{氨氮}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.22~2.14	1.17	$\rho(\text{Mn}^{2+}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.15~1.12	0.46
$\rho(\text{总磷}) / (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.1~0.5	0.42			

1.2 试验装置

试验滤柱采用有机玻璃柱，滤柱高 1 800 mm，内径 100 mm，填料为河南巩义锰砂，粒径为 0.6~1.2 mm，填料层厚 100 cm，承托层为粒径 6~8 cm 的卵石，厚度 100 mm。试验装置及流程如图 1。

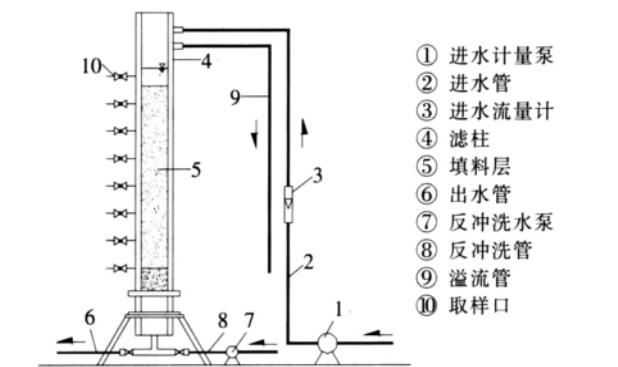


图 1 试验装置及流程
Fig. 1 Experimental equipment and process flow

1.3 试验方法

用水泵抽取原水至滤柱顶，经跌水曝气后，以淹没流形式布水。滤柱连续过水自然培养生物膜，每天测定滤柱进出水总铁、亚铁、锰、浊度、pH 值、DO 等指标，待滤柱稳定运行后，逐渐增大滤速，根据出水水质和水头损失确定反冲洗参数，以出水总铁、锰达到回用水水质标准为目标，选择适宜的工艺参数。

2 结果与分析

2.1 滤柱生物膜培养时间

滤柱在 3 m/h 滤速下启动运行，生物膜培养期间，滤柱前 15 d 滤速保持 3 m/h，出水 ρ (总铁)、 ρ (锰) 由初始不稳定逐渐低于 0.1 mg/L，从 16 d 起提高滤速至 4 m/h，总铁、锰去除效果继续保持稳定，从 43 d 起提高滤速至 5 m/h，在此期间滤柱总

铁、锰去除效果见图 2 和图 3。

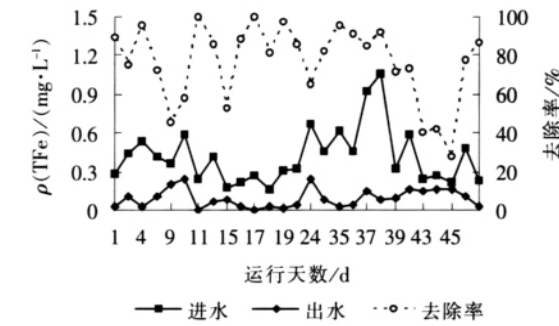


图 2 锰砂滤柱生物膜培养期总铁去除效果
Fig. 2 Removal effect of total iron during biofilm culturing in manganese sand filtration column

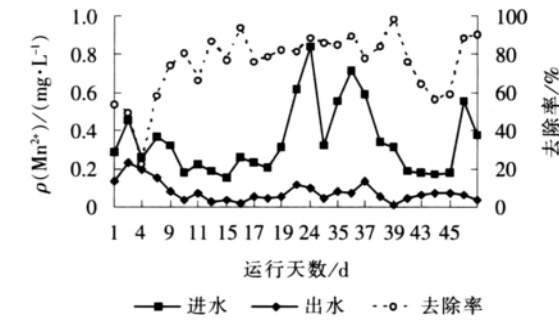


图 3 锰砂滤柱生物膜培养期锰去除效果
Fig. 3 Removal effect of manganese during biofilm culturing in manganese sand filtration column

如图 2、图 3 所示，运行初始阶段，进水 ρ 总铁)、 ρ (锰) 分别为 0.2~0.6 和 0.1~0.5 mg/L 时，出水总铁和锰变化较大，处于不稳定阶段。培养 11 d 后出水 ρ 总铁) 和 ρ (锰) 达到 0.1 mg/L 以下；培养至 26 d 后进水 ρ 总铁) 和 ρ (锰) 分别在 0.23~1.06 和 0.17~0.71 mg/L 变化时，出水 ρ 总铁) 和 ρ (锰) 基本能稳定地保持在 0.3 和 0.1 mg/L 以下，具有一定的抗冲击负荷，可判断滤柱生物膜培养基基本成熟。一般锰砂生物挂膜耗时约为 40 d^[5]，本研究中，历时约 30 d 完成挂膜，说明试验中挂膜初始条件控制较好。锰砂中含有较高 MnO₂ 成分，初期对锰有很强的吸附能力，是石英砂吸附能力的 500 倍^[6]。运行条件控制得当，在锰砂对锰吸附容量饱和之前，滤层活性滤膜培养成熟，可保证滤池初期出水总铁、锰含量基本达标，使滤柱初期的物理吸附和后期的生物除铁除锰很好地衔接起来。

2.2 滤柱滤速

滤柱生物膜培养成熟，进入稳定运行后，开展了滤柱滤速优选试验。参考地下水生物除铁除锰滤池的研究和工程实践，试验滤速分别为 3、4、5、

6 m/h, 每个滤速下稳定运行 2 周以上。表 2、表 3 分别为各滤速下滤柱总铁、锰去除效果比较。

表 2 不同滤速下滤柱总铁去除效果

Tab. 2 Effects of different filtration velocities of filtration column on removal of total iron

滤速 / (m·h ⁻¹)	进水 / (ng·L ⁻¹)		出水 / (ng·L ⁻¹)		去除率 / %
	范围	平均	范围	平均	
3	0.16 ~ 0.42	0.25	0.00 ~ 0.08	0.03	86.2
4	0.27 ~ 0.90	0.60	0.03 ~ 0.24	0.09	80.0
5	0.22 ~ 0.49	0.37	0.02 ~ 0.16	0.11	63.7
6	0.36 ~ 1.39	0.73	0.04 ~ 0.29	0.16	69.9

表 3 不同滤速下滤柱锰去除效果

Tab. 3 Effects of different filtration velocities of filtration column on removal of manganese

滤速 / (m·h ⁻¹)	进水 / (ng·L ⁻¹)		出水 / (ng·L ⁻¹)		去除率 / %
	范围	平均	范围	平均	
3	0.15 ~ 0.33	0.22	0.03 ~ 0.08	0.04	79.9
4	0.32 ~ 0.84	0.53	0.01 ~ 0.10	0.07	86.2
5	0.17 ~ 0.58	0.33	0.03 ~ 0.10	0.06	78.7
6	0.32 ~ 0.98	0.60	0.04 ~ 0.17	0.12	78.0

从表 2、表 3 可以看出, 随着滤速提高, 出水总铁、锰的浓度相应升高。在滤速 3 m/h 下, 进水波动比较小, 处理效果好, 出水的平均 ρ (总铁)、 ρ (锰) 均小于 0.05 ng/L; 滤速 4 m/h 下, 随滤速提高出水总铁、锰含量有所升高, 但同时进水波动范围增大, 滤柱依然可以达到出水 ρ (总铁)、 ρ (锰) 均小于 0.1 ng/L; 滤速升高到 5 m/h, 与滤速 4 m/h 时比总铁去除率下降了约 16%, 因为随滤速提高, 水流冲击力增大, 废水停留时间减少, 部分氢氧化铁絮体易随水流流出, 影响了出水水质; 滤速提升至 6 m/h 后, 出水总铁、锰浓度均有上升, 波动加大, 出水已不能稳定达到回用水水质标准。

随着滤速提高, 反冲洗周期也相应变化, 在滤速 3、4 m/h 下运行时, 滤柱工作周期为 5 d, 滤速提高至 5 m/h 时, 工作周期为 4 d; 当滤速为 6 m/h 时, 滤柱水头上升较快, 工作周期缩短为 3 d。锰砂滤柱活性生物滤膜成熟后, 依靠滤膜不断吸附水中的锰, 其中铁细菌利用水中的溶解氧将二价锰氧化为 $\text{MnO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ 并沉积在滤膜表面, 成为滤膜的一部分, 使滤膜得到更新^[7], 并实现铁锰的去除, 但反冲洗太过频繁容易造成生物膜脱落, 滤层内生物量减少, 铁锰去除效果必然下降, 还会增加滤池运行成本。综合比较铁锰处理效果和工作周

期, 为保证滤柱有一定的抗冲击负荷和较长的工作周期, 锰砂生物过滤滤速控制在 5 m/h 以下为宜。

2.3 滤层厚度

在滤速 5 m/h 下, 采用分层取样的方法对滤柱沿程除铁、除锰效果进行研究, 图 4 为锰砂滤柱沿程总铁、亚铁、锰去除效果变化曲线。

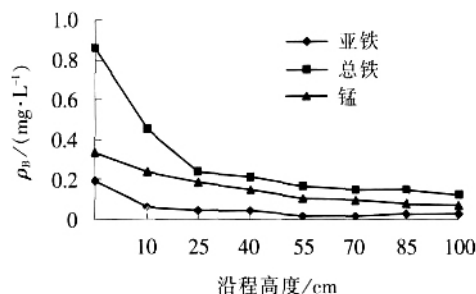


图 4 滤柱沿程铁锰去除效果

Fig. 4 Removal effect of total iron and manganese in different height of filtration column

如图 4 所示, 总铁浓度在滤层 25 cm 内呈线性速率快速下降, 至 25 cm 处出水 ρ (总铁) 已小于 0.3 ng/L, 去除的总铁占总去除量的 85%, 自 40 cm 后去除效率逐渐缓慢。由于进水亚铁浓度较低, 在溶解氧充足、 $\text{pH} > 7$ 的情况下快速被氧化成 Fe^{3+} , 被滤料截流去除, 因此在滤层 25 cm 处 ρ (总铁) 降至 0.3 ng/L 以下。同时, 锰在滤层 55 cm 处出水已达到 0.1 ng/L, 在 55 ~ 100 cm 滤层内已几乎没有去除效果。这说明在滤层上部, 溶解氧充分, 最丰富的生物量集中在上部滤料中, 可以获得足够的氧气和营养物质, 氢氧化铁絮体在滤柱上部被滤料大量截留, 活性滤膜快速去除大部分锰。

综上所述, 总铁、亚铁和锰在 60 cm 滤层内的去除量都占到总去除量的 95% 以上, 且在最后 10 cm 滤层内几乎没有去除。因此, 为保证滤柱出水稳定, 且有一定抗冲击能力, 设置 80 ~ 90 cm 及以上的锰砂滤层厚度能够满足出总铁、锰达到回用水水质要求。

2.4 反冲洗强度

合理的反冲洗强度和运行周期是衡量滤池性能的重要指标。运行周期过长, 滤层中积泥太多, 水头损失会大大增加, 使运行效率降低; 运行周期太短, 反冲洗频繁, 则减少产水量, 加剧滤料表面微生物脱落, 生物量减少降低处理能力^[8]。根据现场试验, 当滤柱水头升高且出水总铁、锰开始超过水质标准时, 滤柱进行反冲洗。在滤柱生物膜培养阶

段, 工作周期为 6 d, 反冲洗强度为 $20 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$, 历时 5 min; 图 5 为在滤柱稳定运行期间, 滤速为 5 m/h 时, 在工作周期为 4 d, 反冲洗强度为 $27 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$, 冲洗历时 5 min 的条件下, 滤柱反冲洗操作后出水水质变化情况。

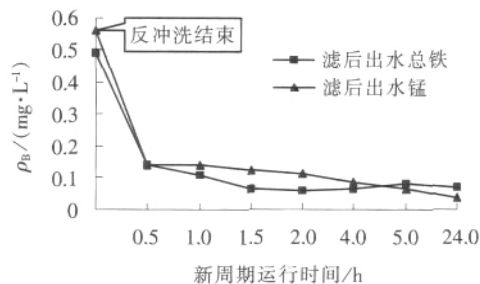


图 5 滤层反冲洗操作后出水水质

Fig. 5 Quality of effluent water after backwashing

如图 5 所示, 反冲洗结束后 2 h, 滤柱出水恢复到反冲洗前处理效果。在反冲洗操作后 0.5 h 内, 出水 ρ (总铁) 即恢复到 0.3 ng/L 以下。因为反冲洗水流把滤层中沉积的铁泥及老化的微生物带出滤层, 使滤层空隙增大, 微生物数量减少, 导致出水锰比反冲洗前升高, 直至反冲洗后 2 h, ρ (锰) 才恢复到 0.1 ng/L 左右, 说明在此反冲洗强度下, 滤层生物膜没有受到过度冲击, 滤料上生物膜表面也得到更新, 生物量的适度减少未影响处理效果和基本连续运行。因此, 为保持滤层内细菌繁殖和生态系统的稳定, 并使其具有一定的抗冲击负荷能力, 在 5 m/h 及以下运行滤速下, 滤柱工作周期为 4 d, 反冲洗强度为 $27 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$, 冲洗历时 5 min 为宜。

2.5 需氧量控制

铁、锰去除机理主要包括空气氧化、接触氧化和生物催化氧化过程, 都需消耗水体中的溶解氧。根据反应关系式, 理论需氧量可用下式表示^[10]:

$$\rho(\text{O}_2) = 0.143 \rho(\text{Fe}^{2+}) + 0.29 \rho(\text{Mn}^{2+}) \quad (1)$$

为了满足反应速率的要求, 应有一定的过剩溶解氧。所以, 实际需氧量为在理论需氧量上乘以过剩系数“a”, 如下式:

$$\rho(\text{O}_2) = a\{0.143 \rho(\text{Fe}^{2+}) + 0.29 \rho(\text{Mn}^{2+})\} \quad (2)$$

在生物除铁除锰滤层中, 铁、锰氧化都是在 pH 中性条件下进行的, 不要求驱除 CO_2 , 过剩系数 a 可取较低值, 实际工程中一般取 1.5。本试验研究中原水 ρ (亚铁) 为 $0.03 \sim 0.32 \text{ ng/L}$, ρ (锰) 为 $0.15 \sim 1.12 \text{ ng/L}$, 按照上式计算, 进水 ρ (溶解氧) 保持在 $0.55 \sim 1.00 \text{ ng/L}$ 就能满足生物除铁除锰滤

层对需氧量的要求。

相比地下水, 试验原水中含有较多有机物及氨氮, 消耗更多溶解氧。试验中滤柱设置了跌水曝气, 跌水高度约为 $30 \sim 40 \text{ cm}$, 进水溶解氧随原水溶解氧浓度波动而变化。图 6 为不同 DO 浓度下总铁、锰去除情况。

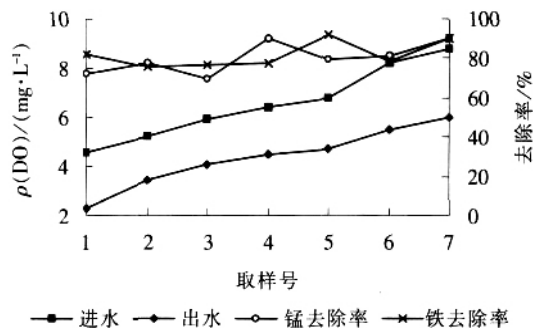


图 6 不同 DO 含量对生物滤层去除铁锰的影响

Fig. 6 Effects of different DO contents on removal of iron and manganese in biofilter layer

从图 6 可见, 进水 $\rho(\text{DO})$ 在 $4.6 \sim 8.7 \text{ ng/L}$ 范围内变化时, 总铁、锰去除率基本稳定, DO 含量对总铁、锰的生物去除并无明显的促进作用。经跌水曝气后, 原水 $\rho(\text{DO})$ 最小值为 4.6 ng/L , 相应出水的 $\rho(\text{DO})$ 为 2.3 ng/L , 大于 1.0 ng/L 的除铁除锰需氧的基本要求, 而过度曝气会抑制某些微好氧菌的生长^[10], 并使 Fe^{2+} 在进入滤层前氧化成 Fe^{3+} , 形成微絮凝体穿透滤层, 造成出水水质降低。综上所述, 原水经跌水曝气后, 可以满足锰砂生物过滤对溶解氧的需求, 无须专门设置机械曝气装置, 进水 $\rho(\text{DO})$ 保持在 $4 \sim 5 \text{ ng/L}$ 的情况下, 铁锰去除效率稳定, 满足运行要求。

3 结论

① 锰砂生物过滤工艺可以用于去除钢铁企业达标排放废水中的铁、锰离子。在本试验条件下, 出水 ρ (总铁)、 ρ (锰) 的质量浓度分别小于 0.3 ng/L 和 0.1 ng/L , 达到《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923-2005) 水质标准。

② 采用粒径为 $0.6 \sim 1.2 \text{ mm}$ 的巩义锰砂, 在 3 m/h 滤速下, 自然过水生物培养, 控制适当的运行工况, 30 d 左右可完成生物膜培养, 锰砂滤层厚度 $80 \sim 90 \text{ cm}$ 及以上可达到去除铁锰目标。

③ 针对试验钢铁废水水质, 滤柱滤速宜控制 5 m/h 以下, 工作周期控制为 4 d, 反冲洗强度为 27

(下转第 44 页)

然后开始下降。氮负荷为 $8.2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 时得到最大硝化速率为 $7.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 硝化率为 90%, 相应的 TOC 去除速率和去除率分别为 $23.7 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 和 96%。在第二阶段, $m(\text{C})/m(\text{N})$ 从 2.1 到 4.6 变化, TOC、TN 负荷分别从 6.6 和 $3.2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 到 26 和 $5.8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 变化, TOC 去除率为 94%~97%。 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 从 2.1 到 3.7 变化时, 硝化率约为 90%; 当 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 增加到 4.6 时, 硝化率降到 81%。但是, 硝化速率为 $4.7 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 同时有机物去除速率为 $26 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

以上结果表明, TOC 负荷不高于 $27.0 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, TN 负荷不高于 $9.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 硝化几乎不受有机物影响。TOC 的去除速率为 $23.7 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 硝化速率为 $7.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 而且可同时高效去除有机物和硝化。与膜曝气生物反应器作为硝化专用时的硝化速率和硝化率基本相同, 与传统的生物膜比较, 能够同时得到高效率的有机物去除速率和硝化速率, 即使在高负荷也能高效率地处理。

参考文献:

- [1] Zhang TC, Fu YC, Bishop PL. Competition for substrate and space in biofilms [J]. Water Environment Research, 1995, 67 (6): 992-1003.
- [2] Furumai H, Rittmann BE. Advanced modeling of mixed populations of heterotrophs and nitrifiers considering the formation and exchange of soluble microbial products [J]. Water Science and Technology, 1992, 26(3-4): 493-502.

- [3] Furumai H, Rittmann BE. Evaluation of multispecies biofilm and floc processes using a simplified aggregate model [J]. Water Science and Technology, 1994, 29(10-11): 439-446.
- [4] Meng L, Tsuno N, Bando Y, et al. Enhancement of nitrogen removal in a rectangular airlift bubble column having aerobic and anaerobic regions by adding an immobilizing carrier [J]. Journal of Chemical Engineering of Japan, 2004, 37(3): 399-405.
- [5] A Terada, T Yamamoto, S Tsuneda, et al. Sequencing batch membrane biofilm reactor for simultaneous nitrogen and phosphorus removal: Novel application of membrane-aerated biofilm [J]. Biotechnology and Bioengineering, 2006, 94(4): 730-739.
- [6] MJ Semmens, K Dahm, J Shanahan, et al. COD and nitrogen removal by biofilms growing on gas permeable membranes [J]. Water Research, 2003, 37(18): 4343-4350.
- [7] K Brindle, T Stephenson, MJ Semmens. Nitrification and oxygen utilisation in a membrane aeration bioreactor [J]. Journal of membrane Science, 1998, 144(1-2): 197-209.
- [8] Yamagiwa K, Yoshida M, Ito A, et al. A new oxygen supply method for simultaneous organic carbon removal and nitrification by a one-stage biofilm process [J]. Water Science and Technology, 1998, 37(4-5): 117-124.
- [9] Japanese Sewage Works Association. Experimental methods in sewage [M]. Tokyo: Japanese Sewage Works Association, 1974.
- [10] Yamagiwa K, Abe M, Shibai M, et al. Nitrification performance of membrane-attached nitrifying biofilm [J]. Journal of Chemical Engineering of Japan, 2004, 37(11): 1423-1426.

作者简介: 吴春英(1973-), 女, 满族, 吉林吉林人, 博士, 现就读于日本新潟大学自然科学研究科, (电话)+81-90-9638-3888 (电子信箱)wuchunying73@hotmail.com。

(上接第 40 页)

$\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, 冲洗历时 5 min。经跌水曝气后, 原水 $\rho(\text{DO})$ 维持在 $4 \sim 5 \text{ mg/L}$ 可以满足运行生物膜对溶解氧的需求。

参考文献:

- [1] KATSOYIANNIS I, ZOUBOULIS A, ALTHOFF H, et al. As(III) removal from groundwater using fixed-bed upflow bioreactors [J]. Chemosphere, 2002, 47(3): 325-332.
- [2] 张杰, 李冬, 陈利学. 地下水除铁除锰机理与技术的变革 [J]. 自然科学进展, 2005, 15(4): 433-438.
- [3] 张吉库, 钟俊, 别东来. 地下水生物除铁、锰的影响因素试验研究 [J]. 辽宁化工, 2005, 34(9): 402-403.
- [4] 李冬, 杨宏, 张杰. 生物滤层同时去除地下水中铁、锰离子研究 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(8): 1-5.
- [5] 杨宏, 李冬, 张杰. 生物固锰除锰机理与生物除铁除锰技术

[J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 1-5.

- [6] 李圭白, 刘超. 地下水除铁除锰(第二版) [M]. 北京: 中国建筑出版社, 1989.
- [7] 鲍志戎, 李惟. 自来水厂除锰滤池的成熟微生物群落的研究 [J]. 环境科学, 1998, 19(1): 50-53.
- [8] 高洁, 丁时宝, 张杰. 生物除铁除锰滤池稳定运行阶段反冲洗研究 [J]. 湘潭矿业学院学报, 2003, 18(4): 83-86.
- [9] 姜安玺, 韩玉花. 生物除铁除锰滤池的曝气溶氧研究 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(10): 16-19.
- [10] 谢晶, 李小明, 曾光明. 生物除铁除锰及其影响因素 [J]. 净水技术, 2003, 22(5): 50-53.

作者简介: 徐竟成(1961-), 男, 浙江余姚人, 教授, 同济大学环境科学与工程学院院长助理, 中心实验室主任, 研究方向为水污染控制及水资源再生利用, (电话)021-65982697 (电子信箱)xujing@mail.tongji.edu.cn。