

滤料级配对双层滤料滤池过滤效果的影响

杨 一^{1,2}, 王 群^{1,2}, 翟学东¹, 马 军^{1,2}, 韩帮军^{1,2}, 韩雅红², 何文杰³, 韩宏大³

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090 2. 城市水资源开发利用(北方)国家工程研究中心, 哈尔滨 150090 3. 天津自来水(集团)有限公司, 天津 300040)

摘 要: 滤料级配是保证过滤效果的关键因素, 讨论了在相同的 L/d 的情况下, 滤料粒径及滤层高度对滤池出水效果的影响. 实验结果表明, 在 $L/d=1\ 300$ 时, 粒径及高度较小的滤柱处理效果好于粒径及高度较大的滤柱, 但是粒径及高度较小的滤柱水头损失增加较快; 预氧化可以明显改善过滤效果. 在设计双层滤料滤池时, 应从工程和经济角度同时出发, 并结合滤前水质特点, 优化出一个最佳 L/d 值.

关键词: 滤料级配; L/d ; 水头损失; 浊度

中图分类号: TU 991. 24

文献标识码: A

文章编号: 1672- 0946(2010) 03- 0300- 03

Influence of filter material grading on dual media filter performance

YANG Yi^{1,2}, WANG Qun^{1,2}, ZHAIXue-dong¹, MA Jun^{1,2},
HAN Bang-jun^{1,2}, HAN Ya-hong², HE Wen-jie³, HAN Hong-da³

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology,
Harbin 150090 China 2. National Engineering Research Center of Urban Water Resources
Harbin 150090, China 3. Tianjin Waterworks Group Co. Ltd. Tianjin 300040 China)

Abstract The grading of filter material is the key factor to guarantee the filtration effect. The influences of granule diameter of the filtering media and the height of filter under the same ratio of the depth of filtration layer L to granule sized (L/d) is discussed in this paper. The results indicate that the treatment effect of filter with smaller granule size and layer height is better than the bigger one, when L/d ratio is 1 300. However, the head loss of the smaller filter increased faster. The pre-oxidation could improve filtration effect obviously. Both engineering and economy should be considered to optimize a L/d value combining with the water quality before filtration, when a dual media filter is designed.

Key words grading of filter material; L/d ; head loss; turbidity

过滤工艺是水处理中的关键工艺, 它直接关系到出厂水的水质问题^[1]. 其影响因素较多, 所以, 如何选择合适的工艺参数, 从而更好的提高过滤性能, 将成为我们研究的关键.

据国内外很多研究学者报道, L/d 被认为对过滤出水水质影响较大的因素之一. Kawamura 得出如下数字表达式^[2-3]:

$$S = \frac{6(1-\epsilon)}{\phi} \cdot \frac{L}{d} \quad (1)$$

其中: S 为滤料表面积; ϵ 为滤层孔隙率; L 为滤层厚度; ϕ 为滤料球形度; d 为滤料粒径.

由上式可知: L/d 越大, 滤料表面积越大, 从而对悬浮颗粒的截流作用越强, 出水水质越好, 如果 L/d 过低会影响出水水质. 但要使 L/d 增大, 一是

收稿日期: 2009- 09- 11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50578051).

作者简介: 杨 一(1985-), 女, 硕士, 研究方向: 给水处理技术, 马 军(1962-), 男, 教授, 研究方向: 水深度处理技术.

增加滤料高度, 一是减小滤料的粒径, 这样不但会增加工程造价, 而且会增加滤池的反冲洗难度. 据报道, 要想达到较好的水质 L/d 至少要大于等于 $1\ 000^{[4-7]}$. 所以选择合适的 L/d 是至关重要的. 在试验过程中, 通过调节滤料的 d_{min} 、 d_{10} 、 K_{60} 及滤层的厚度来研究滤池出水变化规律.

1 试验材料与方法

1.1 试验装置及材料

滤前水为国家 863 重大项目“北方地区安全饮用水保障技术(天津)”中试的气浮出水. 投加的混凝剂为 $FeCl_3$, HCA 作为助凝剂. 滤速为 9 m/h 以下均采用变水头等速过滤.

过滤装置采用透明有机玻璃制作, 滤柱直径为 90 mm , 高 3 m . 每个滤柱配有 7 根测压管.

1、2 滤柱 L/d 均为 $1\ 300$ 1 柱无烟煤与 2 柱相同, 高 350 mm , $d_{10} = 1.27$, $K_{60} = 1.3$ 1 柱石英砂高 550 mm , $d_{10} = 0.537$, $K_{60} = 1.3$ 2 柱石英砂高 750 mm , $d_{10} = 0.732$, $K_{60} = 1.3$

1.2 测定方法

试验的进水浊度在 $(1.6 \pm 0.8)\text{ ntu}$, 投加的预氧化剂为液氯, 投药量为 0.6 mg/L , 所测数据主要有滤后水浊度、滤层水头损失、残渣等. 水的浊度用浊度仪测定; 水头损失用测压管测定; 不可滤残渣采用《水和废水监测分析方法》中相应的不可滤残渣测定方法测定; 水中藻类采用《水和废水监测分析方法》中相应的藻类测定方法测定.

2 试验结果与讨论

滤层滤料的粒径 d 对滤池的过滤性能影响很大, 在同样的滤层厚度下, 滤料粒径 d 越大, 杂质颗粒越易穿透滤层, 但由于表面截留杂质效果较好, 可能造成过滤周期的缩短; 同样加大滤层厚度同样可以改善过滤效果. 但由于其它因素的影响, 在相同的 L/d 的情况下, 通过同时增加或减小 L 和 d 试验结果也可能不同. 所以, 本试验在相同的 L/d 的条件下, 考察了不同的滤料粒径及高度对滤池过滤性能的影响, 同时考察增大粒径的负面影响是否可以通过增加滤料的高度得以消除.

2.1 不同级配对滤柱水头损失的影响

由图 1、2 中可以看出, 在无烟煤相同的前提下, 由于 1 柱石英砂的粒径较小, 虽然石英砂的填充高度小于 2 柱, 但是它的水头损失一直大于 2 柱的水头损失, 并且 1 柱的水头损失增加比 2 柱略快一些. 投加预氧化药剂后, 滤柱的水头损失增加

的明显变缓.

在未投加预氧化时, 1 柱的出水浊度明显小于 2 柱; 在投加预氧化后, 在过滤初期 4 h 内, 1 柱出水浊度好于 2 柱, 在运行过程中的中后期, 1、2 柱的出水浊度相差不多.

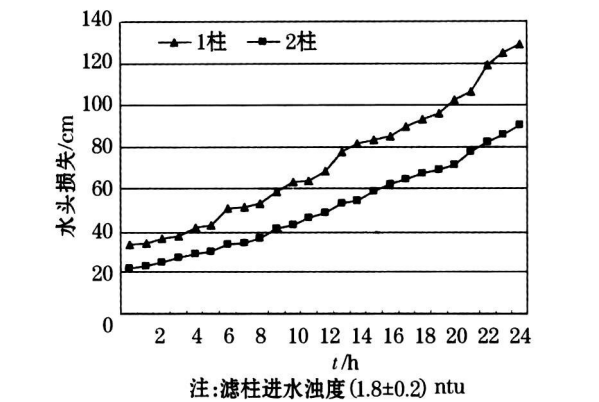


图 1 不同级配对滤柱水头损失的影响(未加预氧化药剂)

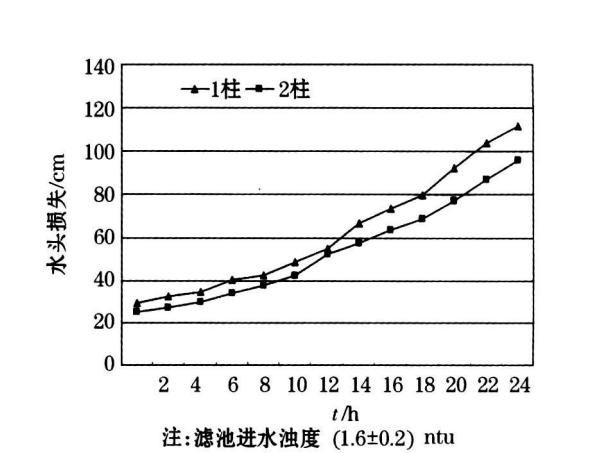


图 2 不同级配对滤柱水头损失的影响(投加预氧化药剂)

从图 3、4 中可以看出, 在运行的后期, 1、2 柱出水浊度相差不多, 可能是由于在滤柱运行到后期时, 由于 1 中的石英砂滤层较小, 含污能力较差, 部分浊质已经穿透滤层, 从而抵消了由于粒径较小而对过滤效果产生的正面影响.

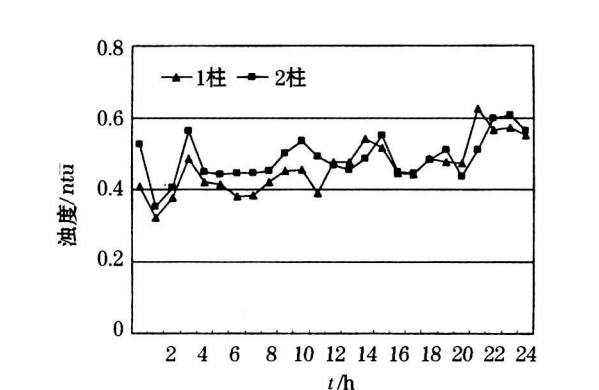


图 3 不同级配对滤柱出水浊度的影响(未加预氧化药剂)

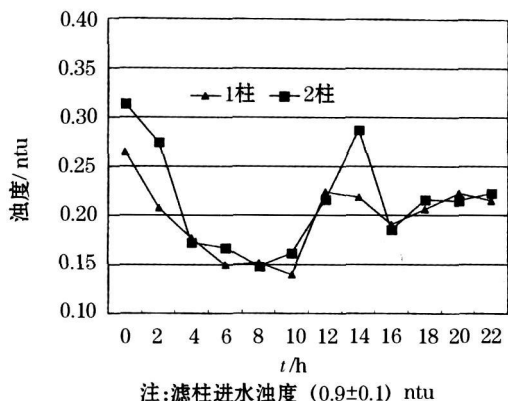


图 4 不同级配对滤柱出水浊度的影响 (投加预氧化药剂)

膜滤后水的浊度可以体现出能通过 $0.45\ \mu\text{m}$ 膜的物质所引起的浊度,这部分物质尺寸较小且有很多是水中溶解性物质,这部分物质理论上说很难被过滤去除,1柱投加预氧化后,膜滤后水的浊度明显低于2柱,并且好于未投加预氧化药剂的情况,如图5所示.产生以上现象的原因可能是预氧化提高了这部分物质在滤料表面的吸附性能,这部分将很值得研究.

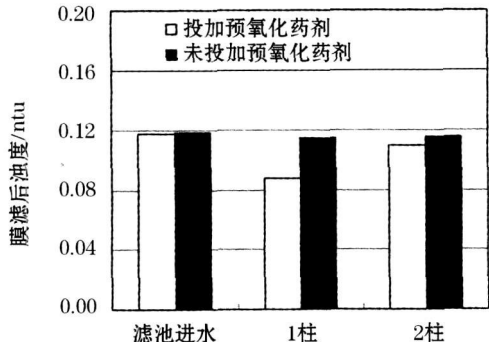


图 5 不同级配对膜滤后水浊度的影响

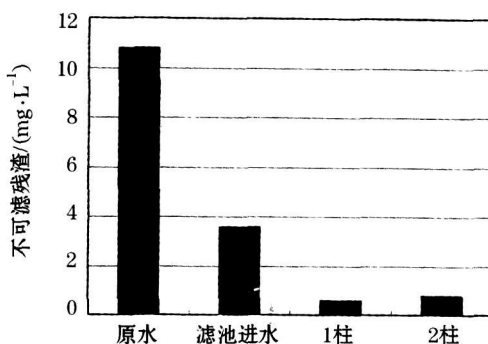


图 6 不同级配对滤池出水不可滤残渣的影响 (投加预氧化药剂)

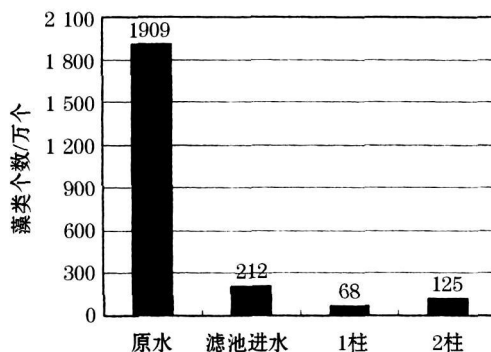


图 7 不同级配对滤池出水藻类的影响 (投加预氧化药剂)

3 结 论

1)在相同的 L/d 时,1柱 (无烟煤高 350 mm, $d_{10} = 1.27$, 石英砂高 550 mm, $d_{10} = 0.537$, $K_{60} = 1.3$) 过滤效果好于 2柱 (无烟煤高 350 mm, $d_{10} = 1.27$, 石英砂高 750 mm, $d_{10} = 0.732$, $K_{60} = 1.3$),即粒径越小,滤池出水浊度、不可滤残渣以及藻类含量越少,处理效果越好,此时,高度对滤池的出水水质影响相对较小.得出上述现象的原因可能是由于:滤料表面积不仅受 L/d 的影响,而且还受滤层孔隙率 ε 和滤料球形度 Ψ 的影响,虽然两个滤柱的 L/d 都为 1300 通过同时增大或减小 L 和 d 但保持 L/d 不变的情况下,滤层孔隙率 ε 对过滤效果的影响开始显现,由于 1柱的粒径较小,孔隙率较小,滤料表面积较大,所以过滤效果较好.

2)预氧化可以明显改善过滤效果.

3)虽然在相同的 L/d 时,粒径越小的滤柱过滤效果较好,但是水头损失增加较快,并且在滤柱运行的后期,受粒径影响较小,出水效果相差不多.产生上述可能是由于在滤柱运行到后期时,由于 1柱中的石英砂滤层较小,含污能力较差,部分浊质已经穿透滤层,从而抵消了由于粒径较小而对过滤效果产生的正面影响.

(下转 311 页)

2.3 不同级配对滤池出水不可滤残渣的影响

不可滤残渣可以反映出水中粒径大于 $0.45\ \mu\text{m}$ 的非溶解的颗粒或有机物的多少,它可以从侧面体现出滤池对这部分物质的去处效果.从图5中可以看出,1柱滤后出水的不可滤残渣明显少于2柱,进一步试验得出,无论是否投加预氧化药剂,1柱对杂质截留效果明显好于2柱,如图6所示.

2.4 不同级配对滤池出水藻类的影响

原水中藻类较多,经过气浮等前处理后,水中藻类大幅度降低,再经过滤柱后,藻类进一步降低,1柱出水藻类明显少于2柱,对藻类的去处较为明显,如图7所示.

的降低而增加; 在中性和碱性条件下, pH 值对去除率的影响不大, 在酸性条件下, pH 值对去除率的影响较大, 去除率随着 pH 值的增加而降低; 维尼纶的去除率首先随电解质质量浓度的增大而增大, 300 mg/L 后维尼纶去除率随电解质质量浓度的增加反而有所减小.

电催化氧化处理维尼纶废水过程中, 最佳运行条件为: 处理时间 40 min, 电流 0.45 A, pH 值为 3, 电解质 NaCl 质量浓度 300 mg/L, 其最高去除率可达 89.31%.

参考文献:

[1] SUZUKI T, ICHIHARA Y, YAMADA M, *et al*. Purification and

properties of secondary alcohol oxidase from a strain of *Pseudomonas* [J]. *Agric. Biol. Chem.*, 1973, 37: 747–756.

[2] 廖劲松, 庄 桂, 任小青, 等. 原生质融合选育高效菌株净化 PVA 工业废水的研究 [J]. *郑州工程学院学报*, 2001, 22 (2): 84–90.

[3] 王静荣, 李书中. 超滤法回收 PVA 并回用于生产的扩大试验 [J]. *环境化学*, 1993, 12 (6): 484–489.

[4] R JESHWAR K. *Electrochemistry and the environment* [J]. *J Appl Electrochem*, 1994, 24: 1077–1091.

[5] 吴 丹, 史启才, 周集体. 电解法废水处理技术的研究进展 [J]. *辽宁化工*, 2006, 35 (8): 470–472.

[6] 金利通, 全 威, 徐金瑞, 等. *化学修饰电极* [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1992.

(上接 302)

4) 在实际应用中, 在相同的 L/d 情况下, 滤层高度 L 的增加会使滤池加深, 使工程造价提高, 滤池出水效果降低; 然而滤层高度 L 降低、粒径减小会使反冲洗周期缩短, 增加运行成本及强度. 所以, 在设计双层滤料滤池时, 应从工程和经济角度同时出发, 并结合滤前水质特点, 优化出一个最佳 L/d 值.

参考文献:

[1] 栾兆坤, 李桂平, 王曙光. 微絮凝—直接过滤及工艺参数研究 [J]. *中国给水排水*, 2002, 18 (4): 14–18.

[2] KAWAMURA S. Design and operation of high-rate filters Part I [J]. *AWWA*, 1975, 77 (10): 77–90.

[3] 张莉平, 黄廷林, 李玉仙. 强化过滤给水处理技术 [J]. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 33: 69–71.

[4] KAWAMURA S. Design and operation of high-rate filters [J]. *AWWA*, 1999, 91 (12): 77–90.

[5] 余 健, 何元春, 曾光明, 等. 影响常规过滤因素的实验研究 [J]. *湖南大学学报: 自然科学版*, 2002, 29 (3): 108–113.

[6] 李荣光, 韩宏大, 李玉仙, 等. 过滤影响因素的试验研究 [J]. *供水技术*, 2007, 1 (3): 14–17.

[7] 吕宏德, 边喜龙. 曝气生物滤池处理城市污水的试验研究 [J]. *哈尔滨商业大学学报: 自然科学版*, 2009, 25 (4): 411–414.