

过滤技术在给水处理中的优化

尹文汇¹, 李恒¹, 张峥嵘²

(1. 广东森海环保装备有限公司, 广东 广州 510500;
2. 华南理工大学 环境科学与工程学院, 广东 广州 510006)

[摘要]介绍了投加助滤剂改善滤料表面性质以及改进或优选滤料等强化过滤技术处理饮用水水源中杂质的基本原理及特点, 分析了优化常规过滤工艺的主要影响因素及应采取的具体措施。给出生物滤池反冲洗强度的确定, 指出混凝絮体对过滤的影响等是今后强化过滤有待进一步研究解决的问题。

[关键词]强化过滤; 滤池; 水质

[中图分类号]O59

[文献标识码]A

[文章编号]1007-1865(2008)10-0083-04

Optimization of Filtration Technology in Treatment of Feeding Water

Yin Wenhui¹, Li Heng¹, Zhang Zhengrǒng²

(1. Envitek E.P(Guangzhou) Inc., Guangzhou 510500; 2. College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Description was given to the basic principle and current application by enhanced filtration technique to treat the drinking source water, such as launching filter aids and changing the filtrating media. It was pointed the effect of the enhanced conventional treatment process. Development and problems linked with the enhanced filtration were discussed. For example, it should been given the intensity of back-washing of biological active rapid filter and the effect of filtration by coagulating.

Keywords: enhanced filtration; filter; water quality

人们对于净水工艺系统的认识,是随实践发展而逐步深入的。先是为提高出水水质而强调过滤工艺,致力于滤料本身及其级配的深入研究,以获得良好的截污容量。后又认识到欲提高建池效率,须提高滤前水质,发展了以浅层沉淀理论为基础的斜板(管)沉淀工艺。欲保证良好的沉淀效果,须要有良好的絮凝为基础,出现了折板、栅条、网格及组合反应池。近年来,人们逐渐认识到混合对于净化系统的重要性。只有快速充分的混合才能保证后续工艺的高效运行,较多采用了灵活性较强的机械混合。可见净水工艺是由各子工艺的有机配合,合理布置才能充分发挥其优良的净水效果,不可过份拘于某段工艺。将各净水工艺视为一个整体系统,对其各段子工艺进行优化分

析,是十分必要的。

人们对于过滤工艺的认识,亦是逐步提高的。从慢滤池到普通砂滤池,双向流滤池,双(多)层滤料滤池,混合滤池,这一过程大大提高了处理水量。在滤池结构上,创造了双阀滤池、无阀滤池、虹吸滤池及节能型移动冲洗罩滤池,其形式的发展与认识的深入是以实践经验为基础的,同时受到各种理论模式的验证。目前,随着原水水质的恶化,滤后水质的提高,过滤工艺(子系统)在整个净水工艺系统中,自身也在不断的完善与发展。

1 投加助滤剂强化过滤

早在1968年 Tuepker 和 Buescher 就研究发现,在滤前水中增加阳离子聚合物(0.003 mg/L)作为助滤剂可明显改善常规过滤出水水质,并能有效阻止由于滤速突然改变而引起的悬浮颗粒穿透。Susumu Kawamura 的研究也证实,使用助滤剂能防止水头损失较高时(如超过 1.8 m)浊度穿透,保证出水水质,

其作用过程和混凝-絮凝作用过程相似。

向滤前水中投加高分子絮凝剂(助滤剂),能显著降低滤后水中大于 1 μm 颗粒的含量。由表 1 可见,投加助滤剂后,2~5 μm 颗粒含量减少 92%,5~10 μm 的减少 96%。

表 1 滤后水中的颗粒含量

Tab.1 Solid contain in filtrated water

颗粒尺寸/μm	1~2	2~5	5~10	10~20	20~40	>40
未加助滤剂	218243	7804	880	295	55	0
投加助滤剂 8 min 后	41785	659	34	10	1	0

余键等^[1]就湘江原水研究了几种助滤剂对常规过滤的影响,试验表明,在常规过滤前投加适量的聚丙烯酰胺(0.01 mg/L),滤后水浊度小于 0.1 NTU 的过滤时间从 15 h 增加到 23 h,并可有效阻止杂质颗粒穿透滤层。许国仁、李圭白^[2]用高锰酸钾复合药剂(CP)对受有机污染较重的松花江和取自黄河水库水进行了强化过滤工艺研究,试验表明,对冬季低温低浊污染水体采用投加 CP 和聚合硫酸铁(PFS)进行强化过滤,在 CP 投量为 0.8 mg/L, PFS 投量为 8 mg/L 时,滤池平均出水浊度为 0.4 NTU,色度为 2.5°,检测出的有机物的浓度降低 93.9%。对夏季高温低浊污染水体采用投加 CP 和聚合氯化铝(PAC)进行强化过滤,在 CP 投量为 0.24 mg/L, PAC 投量为 2.7 mg/L 时,滤后水的嗅味为 0 级。

投加助滤剂对改善滤后水水质的突出作用主要是因为高分子聚合物以各种高价聚合离子的形式直接存在于水中,并通过电性中和作用使水中未脱稳胶粒脱稳凝聚,通过吸附架桥作用使微絮体附着于滤料和已被吸附的悬浮颗粒表面,从而有效阻止絮体的穿透,使过滤周期延长,助滤剂虽然能提高过滤效果,但单纯用水反冲洗难以冲洗干净,宜采用气、水反冲洗。

2 滤池子系统分析

2.1 变革滤料强化过滤

2.1.1 沸石滤料强化过滤

沸石是一种架状结构的多孔隙和通道的硅铝酸盐,表面粗糙,比表面积大(400~800 m²/g 沸石),有良好的吸附、交换性能,是一种天然轻质滤料。

由于离子交换作用,沸石对氨氮的去除率在 95% 以上,因此,沸石滤料能显著增强过滤单元去除氨氮的能力,可降低氯耗,提高水质安全性;沸石对水中浊度的平均去除率为 65%;对水中 COD_{Mn} 的平均去除率大于 13%。沸石滤料对水质的影响试验表明,使用沸石作为滤料不会增加水中有害金属离子浓度。李德生等将沸石培养成生物沸石,利用生物沸石反应器处理去除饮用水源中的 NH₄⁺-N 和 NO₂⁻-N 的平均去除率均大于 90%,对有机物的去除大于 30%。

2.1.2 改性石英砂滤料强化过滤

马军、盛力等^[3]采用某种化学方法将石英砂表面涂覆一层金属氧化物,将滤料表面改性,这种改性石英砂能够显著提高混凝沉淀后含藻水的过滤效果,对藻类的去除率大于 65%。

2.1.3 颗粒活性炭(GAC)滤料强化过滤

将常规滤池滤料以颗粒活性炭代替,由于 GAC 内部具有发达的空隙结构和巨大的比表面积,具有强大的吸附性能,能为微生物提供理想的栖息地,活性炭主要吸附分子量在 500~3000 的有机物。生物活性炭滤池滤料上附着的生物膜量是无烟煤、石英砂滤料的 4~8 倍。Kurosawa 等的研究表明,低温下生物活性炭滤池对氨氮的去除率几乎不受影响,并对 AOC 能保持 80% 以上的去除率。生物活性炭的前提条件是避免预氯化处理。

黄晓东、李德生等^[4]采用活性炭-石英砂生物活性滤池(BARF)进行的强化过滤试验表明,当活性炭滤料层厚度>500 mm 时,对氨氮、亚硝酸盐氮和 COD_{Mn} 的去除率分别为 82%, 84% 和 24%,浊度的去除效率比普通滤池提高了 40% 左右,由于生物的降解作用,色度去除率也比普通滤池提高 40% 左右,对原水中溶解性铁和锰也有较好的生物氧化能力,其去除率分别比普通滤池提高 60% 左右。下层的石英砂滤料基本没有生物作用存在,能够起到对浊度和微生物的把关作用。有人对活性炭-石英砂和无烟煤-石英砂两种生物滤池作了对比,发现较之无烟煤-石英砂滤池,活性炭-石英砂滤池挂膜快,对 DOC 和 TOC 的去除率高,滤池的修复性能好,低温时对乙醛的去除率也较高。杨开等对活性炭-石英砂双层滤料的生物活性滤池的研究也表明,在未氯化或预氧化的条件下,此种滤池对有机物和氨氮的去除率是显著的。

2.1.4 陶粒滤料强化过滤

陶粒生物活性滤池对浊度、氨氮有一定的去除作用,并能较好地去除 Fe、SS、细菌等,对色度也有一定的去除效果。生物陶粒滤料能降低水中的 NO₂⁻-N、NH₄⁺-N、OC、浊度、色度、Mn 和藻类等。采用由惰性和活性滤料(由极性和非极性

滤料复合而成)复合构成的新型生物活性滤料滤池进行过滤试验,结果表明,这种滤池对氨氮和 COD_{Mn} 的去除率分别在 90%和 40%以上,使 Ames 试验致突变性降低约 1/3。

以上各种滤料构成的生物滤池对有机物的去除受到多种因素的影响,不同水源中的有机物成分、预氧化程度不一样,可生化性也就不一样;滤层组成不同则对有机物降解的能力与速度也不同。生物滤池对氨氮的去除一是水中必须有足够的溶解氧,二是滤层中必须有足够数量的硝化菌。而维持生物滤池内一定的硝化菌量必须降低反冲洗频率并控制反冲洗强度;对氨氮的去除还可能受到有机物生物降解的影响,因为在贫营养条件下自养菌(硝化菌)与异养菌之间存在着争夺氧与生物膜空间的竞争,其结果是有机物氧化在先、氨氮氧化在后,这是因为自养菌的增长速率比异养菌慢,且自养菌对由较高水力负荷和较小滤料介质造成的剪力损失比异养菌更敏感。

2.2 滤料的组成与级配

级配的滤料经大的膨胀率反冲洗后,因滤料沉降快慢不同易水力分层,自上而下,孔隙率逐渐增大,这种单层滤料滤池的粒径分布不能有效利用滤层的孔隙率,因为在下层孔隙率远未得到利用之前,上层细砂已形成机械隔层而堵塞,消耗资用水头,缩短了运转周期。

对传统滤池的优化,应以沿水流方向加大比表面积以增加穿透深度为指导思想,实践中可采用均粒度或反粒度多层滤料滤池,或改变水流方向。

反粒度滤池是采用两种或两种以上级配滤料,利用其比重差值,使滤床沿水流方向比表面积增加、孔隙率降低。常用的是白煤+石英砂或白煤+石英砂+石榴石,各种滤料须经仔细筛选后,使 $L_i/D_i > 800$,以避免层间过度混杂而产生水头突变。双层滤池在国内水厂广为采用,常用于挖潜与改造中,而三层滤池因冲洗上难以满足共同清洗的要求。

双层挂料的产水量明显多于单层,但其最大的缺点在于上层轻质滤料因过大膨胀度而逸失,为控制这部分损耗,国内有使用“V”型均拉滤池,该滤池的滤料品种单一,级配 < 1.2 ,从上而下孔隙率一致。为保证不产生水力分层,采用小水量冲洗。上海周家渡水厂(2万 t/d)对其过滤工艺进行了改造,分别采用了双层,均粒滤池。

2.3 改进滤池反冲洗工艺强化过滤^[5]

滤池反冲洗的主要功效是剥落滤料间的污泥并将其排出池外。污泥有两种:一次污泥与二次污泥。前者是滤料间空隙的截留污泥,可利用水力剪切冲除,而后者则是附着在滤料孔内的污泥,须使顺粒产生有效撞击方能除去。

普通单层滤池采用高强度的水冲洗,为除去滤层表面泥毯,防止形成泥球,可增设表面辅冲。

反冲洗时颗粒间相互碰撞特别是投加了高分子助滤剂后,表层小颗粒因撞击产生的絮凝效应更明显,形成泥球,可能形

成的原因如下:

(1)泥球生成速度与粒径的三次方成反比,所以表层小颗粒更易于形成泥球。

(2)滤层表面悬浮物多,大块泥毯破碎后,难以排出。

(3)进行气水反冲时,表层颗粒碰撞次数少,悬浮物破碎不充分。

为克服水反冲的局限性,特别是双层滤池的广泛应用,相应产生了气水联合使用的反冲技术。它利用气泡在滤料颗粒上升过程中的磨擦以及颗粒相互之间的碰撞摩擦,使滤床得到良好的再生。

单独气洗:滤床不膨胀,主要靠气泡上升时对滤料的摩擦力与上升后滤料间出现的空缺而产生拥挤填充,产生碰撞力,使杂质从滤料表面脱除。下层扰动较小,而上层随着气泡的增大,扰动亦大,从而使截污量多的上层强烈扰动,形成搅拌,相互碰撞的机会多,可有效剪切去除杂质。

气水同时反冲洗:由于滤层稍有膨胀,使气泡易于通过,此时上升速度加快,扰动大于单用水洗,水冲时又增加一剪力,但表面细颗粒须仔细控制,防止冲失。

水洗漂冲:用小水量进行漂冲,排除剥落污泥。

如前所述,如果单用水洗,最佳孔隙率为 70%时,膨胀度为 40%~50%, G 值仅 $400 S^{-1}$,此 G 值小于絮体破碎所需值,故表面非但不能冲洗干净,反而产生同向絮凝而形成泥球。 G 值与 d 值成正比,在同样 q 值时, d 越大, G 亦越大,表面 d 小,所获得的 G 亦小。采用气水反冲洗可以完全克服表层结泥球现象,同时由于水冲强度小,吐层可以减少水力分层,下层粗颗粒不易走动,上层顺粒减少流失。V 型滤池正是采用这种冲洗方法以保持均粒。

研究表明,5~10 μm 颗粒含量在过滤开始时约为 10000 个/L,过滤 40 min 后才降至约为 1000 个/L。所以,初滤水中致病微生物存在的可能性比较大。因此,滤池的过滤工艺流程会对滤后水的水质产生很大影响,采用合理的过滤操作、反冲洗过程、反冲洗水处理等程序,会使水质有较大改善。有几类滤池在工艺上没有排放初滤水的设施,例如无阀滤池、单阀滤池、虹吸滤池、移动单滤池等。还有几类滤池主要是由普通快滤池演变来的,如双阀滤池、V 型滤池等。虽然它们一般不设初滤水排放管,在运行中也不排放初滤水,但易于对其进行改造,即在出水管上增设初滤水排放管,并在自动控制程序中增加排放初滤水的操作步骤,就能提高过滤水的卫生安全性。如果能先在贮存池中滤池反冲洗水进行混凝沉淀预处理,然后再送回混合池进行处理,应该能使滤后水的水质得到改善。

2.4 优化常规过滤工艺^[5]

影响常规过滤的因素很多,其中助滤剂、滤速和 L/d 比值(L 为滤层厚度, d 为滤料粒径),被认为对过滤性能影响较大。滤速是滤池设计的一个基本参数,也是决定滤池单位时间单位

面积产水量从而决定滤池造价的一个重要指标。降低滤速,有利于降低滤后水浊度,延长过滤周期。当滤速较高时,滤层水头损失的增长较快,过滤周期缩短。采用低滤速虽然滤后水水质较好,但过滤面积必然因此而增大,滤池造价必然增加。因此,怎样确定滤池最佳滤速值得进一步研究。

从现有的过滤理论可知,滤层对水中悬浮颗粒的截留作用来自于滤料所具有的表面积。滤料所具有的表面积越大,滤层对水中悬浮颗粒的截留能力越强。增大 L/d 值能够改善滤层过滤性能是因为较大的 L/d 比值能给滤层提供较大的表面积。

为保证有比较经济的过滤周期和周期产水量, L/d 值宜取较大值,然而过大的 L/d 值将增大滤层水头损失和反冲洗难度,增加滤池深度和造价。国内有学者研究认为在工程上 $L/d_{10}(d_{10}$ 指通过滤料重量 10% 的筛孔孔径)值宜取 1200~1400。此外,在不改变滤池结构和适当改动反冲洗方式条件下,将级配滤料改为均匀滤料,有助于提高滤层含污能力、延长过滤周期。

3 结论

上述各种强化过滤给水处理技术在一定条件下均能有效去除饮用水水源中的杂质,但仍有下列问题有待进一步研究解决,以便更好地将强化过滤处理工艺应用于工程实践。

(1)当饮用水水源中多种污染物(如有机物、氨氮、铁、锰、

藻类等)共存时,生物滤池在贫营养条件下异养菌与自养菌的转化条件及转化机理;在低温(温度 $<5^{\circ}\text{C}$)时,硝化菌对氨氮去除率的影响。

(2)滤池反冲洗时对滤料上生物膜的影响,反冲洗强度的确定。

(3)絮体表面性质及粒度分布对过滤工艺性能的影响。

参考文献

- [1]余健,曾光明,谢水波,等.投加助滤剂改善常规过滤的性能[J]. 南华大学学报:理工版,2003,17(1):50-54.
- [2]许国仁,李圭白.高锰酸钾复合药剂强化过滤微污染水质的效能研究[J].环境科学学报,2002,22(5):664-670.
- [3]马军,盛力,王立宁.改性石英砂滤料强化过滤处理含藻水[J].中国给水排水,2002,18(10):9-11.
- [4]黄晓东,李德生,王占生,等.生物活性滤池强化过滤的影响因素研究[J].中国给水排水,2003,19(5):67-69.
- [5]严煦世,范瑾初.给水工程(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.

(本文文献格式:尹文汇,李恒,张峥嵘.过滤技术在给水处理中的优化[J].广东化工,2008,35(10):83-86)

(上接第82页)

- [11]王德民,赵一先.生物滴滤池法处理废气动力学模型[J].上海环境科学,2002,15(6):309-311.
- [12]刘强,马广大,贾立岩,等.生物滴滤床净化二甲苯废气的性能研究[J].环境科学研究,1999,18(7):35-38.
- [13]吴光前,王丽萍.生物滴滤法处理有机废气技术[J].科技纵横,2004,9:29-31.
- [14]陈建孟,王家德,唐翔宇.生物技术在有机废气处理中的研究进展[J].环境科学进展,1998,6(3):30-36.
- [15]伦世仪,陈坚,曲音波.环境生物工程[M].北京:化学工业出版社,2002:9.
- [16]Ottengraf S P P, Van Den Oever A H C. Kinetics of organic compound removal from waste gases with a biological filter[J]. Bio. Tech Bio. Eng., 1983, 25: 3089-3102.
- [17]孙佩石.生化法净化低浓度挥发性有机废气的动力学模式研究[J].上海环境科学,1997,16(8):13-14.
- [18]汪印,史长东,鲁树成,等.有机废气生物处理进展[J].吉林化工学院学报,2001,18(2):73-76.
- [19]汪凤诞.生物滴滤法净化含二甲苯有机废气的试验研究[J].西安建筑

科技大学硕士论文,2003.

- [20]邓献存.生物法降解低浓度甲苯废气的菌种选育及动力学研究[D].浙江大学硕士论文,2003.
- [21]刘强.生物滴滤法净化挥发性有机废气(VOCs)的研究[D].西安:西安建筑科技大学博士论文,2003.
- [22]王家玲.环境微生物学实验[M].北京:高等教育出版社,1996.
- [23]何坚,季学李.生物滴滤池法处理有机废气甲苯工艺填料的选择[J].环境技术,2003,1:36-39,17.
- [24]魏在山,孙佩石,黄若华,等.生物法处理低浓度有机废气的填料选择研究[J].重庆环境科学,2001,23(2):40-41,45.
- [25]李清雪,张丹,王冬云.生物滴滤池净化废气生物膜的培养过程研究[J].河北建筑科技学院学报,2003,20(1):1-3.
- [26]陈建孟,王家德,庄利,等.生物滴滤池法净化二氢甲烷废气的实验研究[J].环境科学,2002,23(4):22-23.
- [27]何坚,季学森,羌宁.生物滴滤池法处理挥发性有机污染物的进展[J].上海环境科学,1998,18(6):73-75.

(本文文献格式:李红军,江莉,段晓军.生物技术在挥发性有机废气净化中的应用[J].广东化工,2008,35(10):80-82)