

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.15.008

给水厂 V 型滤池阀门严密性对滤池运行效果的影响

肖 帆, 于宏静, 刘小东, 高旭辉, 杜世杨, 黄少杰
(深圳市深水光明水务有限公司, 广东 深圳 518107)

摘 要: 深圳市光明区某给水厂处理工艺是常规的“混凝—沉淀—过滤—加氯消毒”工艺, 滤池为 V 型滤池。通过研究 V 型滤池各类阀门严密性对滤池运行效果的影响, 发现 V 型滤池各类阀门严密性对于滤池反冲洗强度、效果以及出水浊度、菌落总数等具有重要意义, 尤其是滤池出水调节阀, 对于滤池出水浊度和菌落总数的控制尤其重要。给水厂在运行维护过程中应定期排查 V 型滤池各类阀门的严密性, 严格把控滤池出水调节阀的密闭性, 加强管理, 及时更新, 有助于降低出水浊度和菌落总数异常的风险, 确保出厂水水质安全可控。

关键词: V 型滤池; 阀门; 严密性; 水质安全

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)15-0041-05

Influence of Valve Tightness on Operation of V-type Filters in Waterworks

XIAO Fan, YU Hong-jing, LIU Xiao-dong, GAO Xu-hui, DU Shi-yang,
HUANG Shao-jie

(Shenzhen Shenshui Guangming Water Co. Ltd., Shenzhen 518107, China)

Abstract: The water purification process of a waterworks in Guangming District of Shenzhen City is regular “coagulation – sedimentation – filtration – chlorine disinfection”, and the filters are V-type filters. Influence of the tightness of all kinds of valves on the operation of the V-type filters was investigated. All kinds of valves in the V-type filters were of great significance to backwashing strength, backwashing effect, effluent turbidity and total bacterial count of the filters, especially for effect of outlet regulating valve on effluent turbidity and total bacterial count. During the operation and maintenance of the waterworks, the tightness of all kinds of valves in the V-type filters should be checked regularly, the closeness of the outlet regulating valve should be strictly controlled, the management should be strengthened, and the devices should be changed in time. These measures are helpful to reduce the risk of abnormal turbidity and total bacterial count to ensure the safety of effluent quality.

Key words: V-type filter; valve; tightness; water quality safety

滤池作为饮用水常规处理工艺中降低出水浊度的最后一个环节, 其运行状况直接影响出厂水水质, 而除去滤池滤头破损、滤料流失、反冲洗强度不足等带来的不利影响, 滤池中各类阀门的严密性对于滤池运行效果也具有至关重要的作用。滤池阀门包括

气冲阀门、水冲阀门、进水阀门、出水调节阀、排水阀。本研究将针对深圳市光明区某给水厂 V 型滤池的气冲阀门、水冲阀门以及出水调节阀对滤池运行效果的影响展开论述。

该给水厂处理能力为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 水源为水

库水,原水靠自流进入水厂。水厂分3期建设,一期设计处理能力为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工艺为网格反应池+斜板沉淀池+V型滤池;二期设计处理能力为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工艺为网格反应池+斜板沉淀池+V型滤池;三期设计处理能力为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工艺为折板反应池+平流沉淀池+V型滤池。此次研究对象为三期V型滤池,共8格,单格滤池的过滤面积为 90.7 m^2 ,采用均质石英砂滤料(粒径为 $0.9 \sim 1.2 \text{ mm}$),滤砂厚度为 1.2 m ,滤池反冲洗采用气冲-气水同冲-水冲方式,冲洗时间按照水厂实际运行经验设置为 $3 \text{ min} + 6 \text{ min} + 5 \text{ min}$ (以上冲洗时间为季节性设置,可优化)。

表1 滤池各阀门严密性状况

Tab.1 Tightness of each valve in filters

项 目	1号滤池	2号滤池	3号滤池	4号滤池	5号滤池	6号滤池	7号滤池	8号滤池
气冲阀	正常	漏气	漏气	漏气	漏气	漏气	漏气	漏气
水冲阀	漏水	漏水	正常	漏水	正常	正常	漏水	漏水
出水阀	漏水	漏水	漏水	正常	漏水	正常	漏水	漏水

根据不同滤池阀门严密性情况,选择2号和3号滤池对比研究气冲阀门对于滤池运行效果的影响;选择1号和4号滤池对比研究水冲阀门对于滤池运行效果的影响;选择5号滤池研究出水调节阀对滤池运行效果的影响。

1.2 检测方法

1.2.1 水冲强度的检测

利用冲洗时滤池内冲洗水的上升速度来测定水冲强度。测定时等反冲洗水的上升水流稳定后,再测定反冲洗水上升经过事先已标好的一段固定高度所需要的时间,需重复几次取平均值。冲洗强度=滤池内标定的高度/水位上升所需时间。

1.2.2 滤料截污量的检测

在距离滤砂表层所需研究高度采用四分法取滤砂样品。例如本研究所取滤砂样品为滤池表层 $0、20、40、60 \text{ cm}$ 深度处。用 100 mL 量筒量取 50 mL 滤料,转移至 500 mL 广口瓶中,并加入 100 mL 超纯水,剧烈摇晃 1 min ,将广口瓶中洗石英砂的浑浊水倒入另一个 500 mL 广口瓶中,重复以上过程4次,总共用 500 mL 超纯水将石英砂表面截留的沉淀物洗下来。测 500 mL 浑浊水的浊度,将所测值乘以2即为每 100 mL 石英砂滤料所对应的浊度。

冲洗前滤料的截污量反映了滤层的纳污能力;冲洗后滤料截污量,指滤料表面无法被常规反冲洗

1 实验思路与方法

1.1 实验思路

由于水厂生产运行管理人员在三期V型滤池运行过程中发现滤池各类阀门有不同程度的不严密情况,对出厂水水质有不同程度的影响。水厂运行管理人员随即对三期滤池阀门不严密情况进行统计,统计结果如表1所示。针对该统计结果,拟对不严密阀门进行逐个采购更换。此外,为了明确各类阀门严密性对水质的具体影响,对阀门更换前后滤池反冲洗强度、反冲洗阶段水质指标(浊度、菌落总数)、滤料参数(含泥率、截污量)的变化规律进行了对比分析。

剥离的絮体量,可以用来衡量滤池的反冲洗效果,主要与反冲洗强度和滤料粒径相关。

2 气冲阀门对滤池运行效果的影响

2号滤池在反冲洗气冲阶段,3号滤池处于正常过滤状态。气冲阶段反冲洗鼓风机开启后,因3号滤池气冲阀门无法关严,3号滤池布水布气区域有大量气体从滤层下部向上涌入,导致3号滤池内部出现大量鼓气现象,影响3号滤池正常过滤,3号滤池出水的菌落总数和浊度明显增加,如表2所示。

表2 2号滤池反冲洗对3号滤池出水浊度和菌落总数的影响

Tab.2 Effect of backwashing of No. 2 filter on effluent turbidity and total bacterial count of No. 3 filter

项 目	3号滤池正常过滤 3 h 出水	2号滤池气水同冲阶段 3号滤池出水
浊度/NTU	0.33/0.33/0.35	0.51/0.50/0.49
菌落总数/ (CFU · mL ⁻¹)	28/30	600/1 700
注: 浊度为3份水样的检测数据,菌落总数为2份水样的培养皿读数。		

3 水冲阀门对滤池运行效果的影响

3.1 对滤池水冲强度、浊度去除效果的影响

4号滤池在反冲洗水冲阶段,反冲洗水泵开启后,因1号滤池水冲阀门无法关严,有部分反冲洗水分流进入1号滤池(肉眼可见滤池液位增加)。对1

号滤池水冲阀门更换前后4号滤池的反冲洗水量、反冲洗强度等进行测试,数据见表3。

表3 1号滤池水冲阀门更换前后4号滤池反冲洗水量和强度对比

Tab.3 Comparison of backwashing water quantity and strength of No.4 filter before and after replacement of No.1 filter flush valve

项 目	反冲前正常过滤 20 h			反冲后正常过滤 1 h			反冲水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	水冲强度/ ($\text{L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
	滤前水浊度/NTU	滤后水浊度/NTU	去除率/%	滤前水浊度/NTU	滤后水浊度/NTU	去除率/%		
1号滤池水冲阀门更换前	0.81	0.12	85.2	0.60	0.20	66.7	1 189.3	4.28
1号滤池水冲阀门更换后	0.62	0.22	64.5	0.86	0.15	82.6	1 546.5	5.57

由表3可知,1号滤池水冲阀门更换前处于无法关严的状态,4号滤池水冲洗过程中有部分反冲洗水被分流进入1号滤池,因此4号滤池水冲阶段反冲洗水量明显低于1号滤池水冲阀门更换后的冲洗水量,且水冲强度也低于1号滤池阀门更换后水冲强度。4号滤池反冲洗结束后滤池正常过滤1h时对浊度的去除率为66.7%,低于反冲洗前正常过滤20h(反冲周期末)滤池对浊度的去除率(85.2%),说明滤池反冲洗效果不佳,达不到恢复滤池截污功能的效果。1号滤池水冲阀门更换后,4号滤池反冲洗后滤池正常过滤1h对浊度的去除率为82.6%,明显优于反冲前正常过滤20h对浊度的去除率(64.5%),说明1号滤池水冲阀门更换后,4号滤池反冲洗后截污能力得到恢复。

3.2 对滤层截污量及气水反冲实际效果的影响

1号滤池水冲阀更换前,在4号滤池反冲洗前后对滤层分层取样,测其截污量。反冲洗前滤料截污量反映了滤层的纳污能力;反冲洗后滤料截污量反映了滤料表面无法被常规反冲洗剥离的絮体量,结果如图1所示。

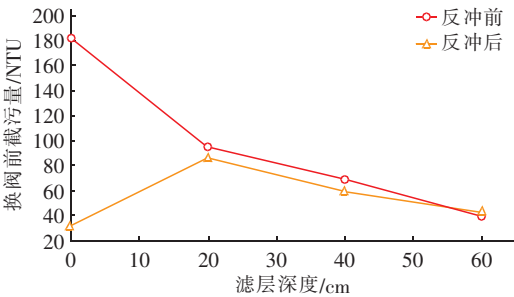


图1 1号滤池水冲阀门更换前4号滤池反冲洗前后不同深度滤料截污量

Fig.1 Turbidity interception of filter material before and after backwashing of No.4 filter before replacement of water flushing valve of No.1 filter

由图1可以看出,1号滤池水冲阀更换之前,4号滤池表层滤料反冲洗后截污量明显低于反冲洗前

截污量,说明反冲洗将表层大部分浊质剥离,根据Amirtharajah的理论,在气水反冲洗过程中,表层滤料颗粒本身承受的有效压应力最小,同时表层气泡受到的孔隙水的压力降低,因此气泡上向冲量增加导致其对滤料的搅动作用增强,表层滤料表面浊质剥离效果最好,这在以往的研究观察中已经得到确认^[1]。当4号滤池滤层深度为20~40cm时,反冲洗后滤料截污量稍低于反冲前滤料截污量,当滤层深度为60cm时,反冲后滤料截污量(43.6NTU)开始稍高于反冲前滤料截污量(40.6NTU),说明随着滤层深度的增加,反冲洗效果并不理想,深层滤料无法冲洗干净,浊质残留,这主要是由于1号滤池水冲阀门漏水导致反冲水量分流,进而导致4号滤池水冲强度不足。

在V型滤池内采用均质滤料配置和气水反冲洗的初衷就是为了保证沿着滤料深度的方向滤料的粒径分布和组成均匀一致,避免滤层出现粒径“上细下粗”的分级现象,从而导致“表层泥饼过滤”模式,确保浊质能进入滤层深部,并减缓表层滤料水头损失的过度增长^[2]。但从图1可以看出,随着滤层深度的增加,反冲洗前滤料截污量呈降低趋势,并没有体现出均质滤料进行深床过滤的典型特征^[3],这是由于长时间的滤池反冲洗强度不足导致滤料反冲洗效果不佳,滤层中无法被反冲洗剥离的浊质在不同滤层间积累,导致滤层间截污能力有差异。

1号滤池水冲阀更换后,继续在4号滤池反冲洗前后对滤层分层取样,测其截污量,结果如图2所示。可以看出,1号滤池水冲阀更换后,随4号滤池滤层深度的增加,与滤层表面相比,深部滤层的截污量没有显著减小,说明各滤层截污能力相差不明显,而且反冲洗后各滤层截污量的变化趋势基本与反冲洗前一致,说明1号滤池水冲阀更换后,因4号滤池水冲强度增加,反冲洗能力增强,滤层间不能被冲洗剥离的浊质量减少,体现了均质滤料进行深床过滤

的典型特征^[3]。

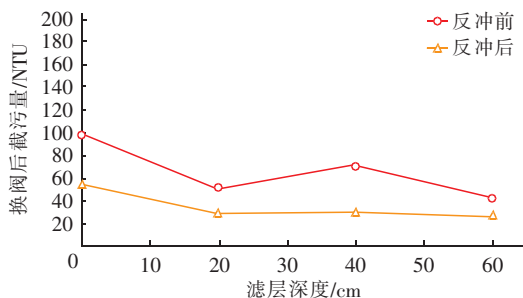


图2 1号滤池水冲阀更换后4号滤池反冲前后不同深度滤料载污量

Fig. 2 Turbidity interception of filter material before and after backwashing of No. 4 filter after replacement of water flushing valve of No. 1 filter

4 出水调节阀对滤池运行效果的影响

在5号滤池反冲洗过程中利用插入式浊度仪检测出水调节阀出水浊度,并同步取样检测菌落总数,在线浊度检测数据见图3,手动检测浊度以及对应时刻仪表读数和菌落总数见图4。

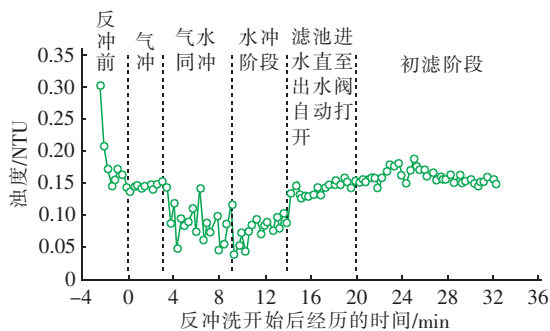


图3 反冲洗过程中5号滤池出水在线浊度曲线

Fig. 3 Online measurement curve of effluent turbidity of No. 5 filter during backwashing

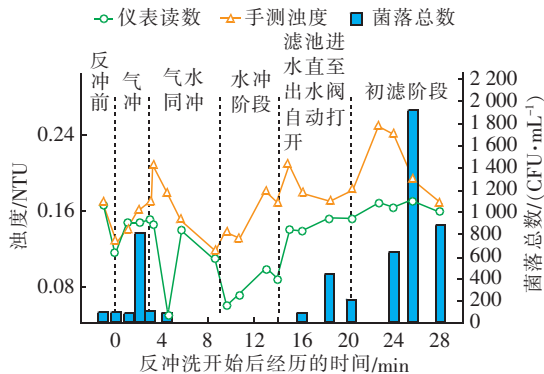


图4 反冲洗过程中滤池出水调节阀出水水质

Fig. 4 Effluent quality of filter outlet regulating valve during backwashing

① 对气冲阶段的影响

气冲阶段,开启供气设备,空气经气水分配总渠的上部小孔均匀进入滤池滤板底部,由长柄滤头喷入滤层,将滤料表面杂质擦洗下来并悬浮于水中,再由表面扫洗水冲入排水槽。滤池进水扫洗阀门处于开启状态,滤池仍有进水,由于出水调节阀无法关严,进入滤池的表面扫洗水将滤层中的污染物质带出出水调节阀,进入清水池。利用插入式浊度仪检测出水浊度,同时同步取样手动检测浊度以及菌落总数。图4显示气冲阶段,出水浊度逐渐升高,且菌落总数最高达到816 CFU/mL,水质风险增加。

② 对气水同冲阶段的影响

气水同冲阶段,在气冲的同时启动冲洗水泵,打开水冲阀门,反冲洗水也进入气水主分配渠,经下部配水窗流入滤池底部配水区,同反洗空气同时经长柄滤头均匀进入滤池,滤料得到进一步冲洗,表面扫洗依然继续进行。由于出水调节阀关不严,则反冲水会有部分水量直接从管道分流且从出水调节阀漏出,经检测,气水同冲阶段取滤池出水阀漏出的水样检测余氯值为0.7~0.9 mg/L,说明该水为反冲洗水(水厂的反冲洗水为加氯水)。因反冲洗水为其他滤池的滤后水,浊度较低,且由于气冲和水冲的同步作用,滤层下部受到向上的反冲洗作用力较大,滤池出水阀出水以反冲洗水为主,滤层下部积累的污染物因受到向上较大的气水顶托作用,被反冲水流带出的量较少,故图4中出水调节阀出水浊度并未上升。由于反冲洗水通过出水调节阀分流进入清水池,水冲强度不足,滤层下部污染物质积累,但由于反冲洗水为加氯水,因此图4中气水同冲阶段出水调节阀取水样检测菌落总数较少。

③ 对水冲阶段的影响

停止气冲,单独水冲,表面扫洗依然进行,水中、滤层中的杂质被冲入排水槽,待滤料下沉后打开排水阀将上部反冲洗水排走,滤料受到底部向上的反冲洗作用力减少(只有水的作用力),滤层底部积累的污染物质被反冲洗水携带流出水调节阀,图4水冲阶段出水浊度上升,但由于反冲洗水含氯,因此菌落总数并未升高。

④ 对水冲结束的影响

水冲阀门关闭,滤池进水阀门打开,滤池由于恒水位过滤,正常进水初期出水调节阀仍应处于关闭状态。只有当滤池不断进水,池内水位达到设定高

度后,出水调节阀便会自动打开,滤池开始正常过滤。从水冲阶段结束、滤池进水直至滤池水位达到设定高度、出水阀自动打开之前,出水调节阀一直有水漏出并流入清水池。而滤层底部因冲洗强度不足导致积累的污染物质随出水阀漏出的水流进入滤池下部清水集水区,因此浊度升高,图4出水菌落总数最高达到1 920 CFU/mL,影响滤后水水质。

5 结论与建议

① 滤池气冲阀门严密性不足,将导致在其他滤池气冲阶段该滤池内部出现大量鼓气现象,影响滤池正常过滤,带来出水菌落总数和浊度异常增加的风险。

② 滤池水冲阀门严密性不足,将导致在其他滤池气水同冲阶段以及水冲阶段水冲强度不足,反冲洗效果不佳,导致深层滤料无法冲洗干净,滤层中无法被反冲洗剥离的浊质在不同滤层间积累,使得滤层间截污能力有差异。

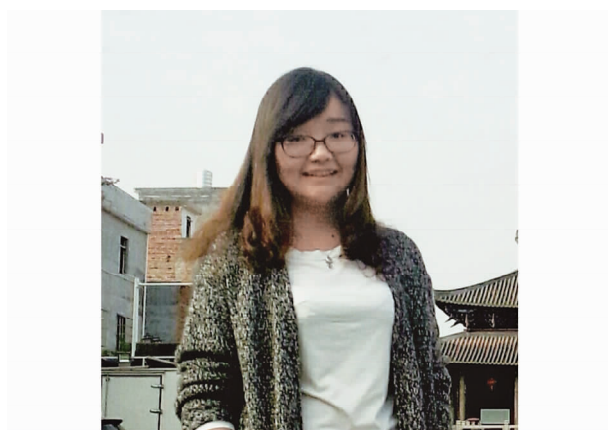
③ 滤池出水调节阀严密性不足,主要影响滤池气冲阶段、水冲阶段、水冲阶段结束至初滤阶段。其中,气冲阶段进入滤池的表面扫洗水将滤层中的浊质带出出水调节阀,增加出水浊度和菌落总数异常的风险。水冲阶段因出水调节阀分流反冲水,导致水冲强度不足,滤层底部积累的浊质被反冲洗水携带流出水调节阀,影响出水浊度。水冲洗阶段结束、滤池进水直至水位达到设定高度、出水调节阀自动打开之前,滤层底部因冲洗强度不足而积累的浊质随水流漏出出水阀,进入清水集水区,增加出水浊度和菌落总数异常的风险。

④ 给水厂在运行维护过程中应定期排查滤池各类阀门的严密性,严格把控各滤池出水调节阀的

密闭性,加强管理,及时更新,有助于降低出水浊度和菌落总数异常的风险,确保出厂水水质安全可控。

参考文献:

- [1] Amirtharajah A. Fundamentals and theory of air scour [J]. J Environ Eng, 1984, 110(3): 573.
- [2] 杨永志,张鹏,张德跃. 翻板滤池在设计和施工中的注意事项[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 61-63.
Yang Yongzhi, Zhang Peng, Zhang Deyue. Considerations in design and construction of shutter filter [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(10): 61-63 (in Chinese).
- [3] 许保玖. 给水处理理论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
Xu Baojiu. Water Treatment Theory [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2000 (in Chinese).



作者简介:肖帆(1990-),女,湖北黄石人,硕士,工程师,厂长助理,主要从事水厂工艺优化技术研究以及生产管理工作。

E-mail: 763029903@qq.com

收稿日期: 2019-11-03

做好水文监测分析预报,保障国家水安全