

滤池滤料层进气问题分析及解决方法

王志军 李继震 王欢

(哈尔滨供排水集团有限责任公司, 哈尔滨 150020)

摘要 由于滤池设计有误或运行操作方法不当,在滤池过滤运行时,空气会进入滤料层造成过滤水头损失过大,滤池工作周期缩短,滤料流失和水质恶化的现象。就空气进入滤料层的原因和危害进行了详细的分析,提出了防止空气进入滤料层的预防措施,应用结果表明滤料层进气现象被有效消除,滤池工作周期延长,滤后水水质提高,反冲洗耗水量减少 45%~50%,杜绝了反冲洗时无烟煤流失现象。

关键词 滤池 滤料层 空气 水头损失 工作周期 水质

1 滤料层进气的原因

滤池设计有误或滤池操作方法不当,易造成滤池过滤运行时空气进入滤料层。

1.1 滤料层裸露

滤池反冲洗后,滤料层中截留物绝大部分被冲洗掉,当滤池重新开始过滤运行时,滤料层的孔隙率最大,过滤水头损失最小,滤池清水阀若完全打开,滤池内水位迅速下降,会导致整个滤料层表面裸露,空气进入滤料层上部,使动水位上部滤料层孔隙中充满空气。待滤水从冲洗排水槽直接跌落到滤料层表面,携带空气进入滤料层,滤料层表面被冲出沙坑。

随着滤池运行时间延长,过滤水在滤料层中水

头损失逐步增大,滤池水位不断上升淹没滤料层。滤料层中的空气大部分从滤料层表面排出,但仍有部分留在滤料层中。

1.2 滤料层内出现负水压

滤池运行时池内有一定水位,滤料层中有一定的静水压力,过滤时的水头损失随滤层深度增加而增大,由于滤料层上部水深不够,在滤层的中下层可能出现水头损失大于静水压力而产生负水压,从而导致常压下溶解在水中的气体释出,附着在滤料颗粒上形成气泡,在过滤水的冲击下气泡位于滤料颗粒下部,滤料层产生气阻现象^[1]。

尤其在滤池运行每个工作周期的中后期,滤料层中截留物多,水力阻抗增大引起水头损失增大,滤

2 苏欢欢,李星,杨艳玲. 氯胺消毒的配水系统中硝化作用的研究进展. 供水技术, 2008, 2(1): 21~24

3 Wilczak A, Jacangelo J G, Marcinko J P, et al. Occurrence of nitrification in chloraminated distribution systems. Journal of American Water Works Association, 1996, 88(7): 74~85

4 Odell L H, Kirmeyer G J, Wilczak A, et al. Controlling nitrification in chloraminated systems. Journal of American Water Works Association, 1996, 88(7): 86~98

5 Skadsen J. Effectiveness of high pH in controlling nitrification. Journal of American Water Works Association, 2002, 94(7): 73~83

6 McGuire M J, Pearthree M S, Blute N K. Nitrification control by chlorite ion at pilot scale. Journal of American Water Works Association, 2006, 98(1): 95~105

7 张丽丽,张群,陈志平. 氯化铵在浦东水厂消毒中的应用. 给水排水, 2009, 35(11): 11~14

8 刘丽君. 供水过程中的硝化反应探讨. 给水排水, 1997, 23(5): 8~10

9 陈忠林,孙运磊,李国良,等. 南方某城市给水配水系统中亚硝酸盐状况调查. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1047~1050

10 马蓉,吕锡武,窦月芹. 氯胺消毒对管网中消毒副产物的控制. 水处理技术, 2006, 32(7): 67~69

11 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法. 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 200~285

○ 通讯处: 410082 长沙市麓山南路1号 湖南大学土木工程

电话: (0731) 88823822

E-mail: yujianpro@126.com

收稿日期: 2011-06-24

修回日期: 2011-10-25

池内水位过低时滤料层内水的静压力小,容易产生负水压。

2 滤料层进气的危害

2.1 增大水头损失降低滤池工作周期

为了观察空气在滤料层中的状态,用透明的有机玻璃滤柱进行试验。可明显看到,过滤停止时,空气形成气泡上浮附着在滤料颗粒的上方,过滤工作时,由于过滤水在滤料层中向下流动,阻碍空气上浮,使滤料层中空气在向下水流的作用下形成气泡,大量气泡的存在,减少了滤料层中过水的孔隙率,对水流产生额外阻力。

过滤时水力坡降公式为^[2]:

$$i = i_0 \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta m}{m_0}} \right)^3$$

式中 i_0 ——滤池开始工作且无气泡时水在滤层中的初期水力坡降;

i ——滤池工作 t 时间后水在滤层中的水力坡降;

m_0 ——滤池反冲洗后孔隙率;

Δm ——滤池工作 t 时间后,滤层因截留物质和气泡使孔隙率减少的数量。

由于大量气泡存在,孔隙率大幅度减小,从而使水在滤层中的水头损失大幅度增加,滤池工作周期缩短,见图 1。

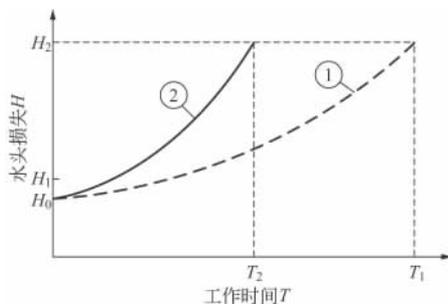


图 1 水头损失与工作时间关系曲线

图 1 中,①为假定滤层中没有空气时水头损失变化与工作时间关系曲线;②为滤层中有空气时水头损失变化与工作时间关系曲线; H_0 为滤池开始运行时初始水头损失; H_1 为滤料层厚度; H_2 为滤池工作水头; T_1 为假定滤层内无空气时工作周期; T_2 为滤层中有空气时工作周期。

滤层内存在空气对工作周期影响很大。生产实践证明滤层中有空气存在时工作周期 T_2 ,仅为滤层中无空气时工作周期 T_1 的 50%~60%,因而会增加反冲洗次数,浪费反冲洗水量。

2.2 滤料流失

过滤工作结束关闭滤池清水阀后,滤层中部分空气释放,形成气泡浮出水面,但是滤层中仍有相当数量的空气,当反冲洗滤料膨胀时,又有部分气泡与滤料分离浮出水面,但仍有少部分气泡与滤料附着在一起,使其综合密度大幅度下降,易被反冲洗水流带走,造成滤料流失,形成浪费。

2.3 影响出水水质

当滤料层裸露时,实际过滤层厚度减少影响滤出水水质。待滤水从洗水槽跌入裸露的滤料层上,在滤料层中过滤水分布不均匀,出现若干流量集中区,局部滤速过大,也影响滤出水水质。

待滤水淹没滤料层后,由于存在空气,滤料层孔隙率减小,过滤水在滤料层中流速加大,影响滤层除浊效果。气泡附着在滤料颗粒表面,减少了过滤水与滤料颗粒的接触面积,也影响除浊效果。

反冲洗时滤料流失对滤后水水质也带来一定程度影响。

3 防止空气进入滤料层的技术措施

控制滤池内水位,避免滤料层裸露,且使待滤水通过冲洗排水槽进入滤池时不要产生过大的跌水。滤池反冲洗后投入生产时,用控制滤池清水阀开启程度的方法控制滤池内液位(见图 2)。

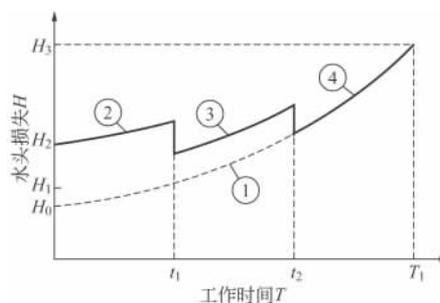


图 2 控制滤池清水阀开启程度时水头损失与工作时间关系

图 2 中, H_0 为滤池开始运行滤池清水阀全开时起始水头损失; H_1 为滤料层厚度; H_2 为控制滤池清水阀开启程度滤池开始运行时水头损失; H_3 为

滤池工作水头； T 为滤池工作周期； t_1 、 t_2 分别为控制滤池内液位、适当开启滤池清水阀时间。

假定滤层中没有空气时水头损失与运行时间关系如曲线①。控制滤池清水阀，水头损失与运行时间关系沿曲线②变化。运行时间达到 t_1 时，加大滤池清水阀的开启程度，水头损失与运行时间关系沿曲线③变化。运行时间达到 t_2 时，将滤池清水阀全部开启，水头损失与运行时间关系沿曲线④变化，与曲线①重合。当水头损失达到工作水头 H_3 、工作时间达到 T_1 时，滤池开始反冲洗。上述操作方式可杜绝空气进入滤层，杜绝因空气进入滤层带来的各种危害。

控制滤池液位的方法：

对于手动操作滤池，采用分步开启滤池清水阀的方法控制滤池水位（见图 2），防止滤料层裸露空气进入滤料层，根据生产具体情况确定分步次数。

对于自动控制滤池，①采用可控制开启程度的滤池清水阀，通过滤池运行时间控制滤池清水阀开启程度，保证滤池内水位（见图 2）；②滤池上安装液位计，根据滤池液位控制滤池清水阀开启程度，保证滤池内水位。

近 20 年来，我国水厂建设数量众多，自动控制程序不断提高，但是有的水厂滤池清水阀被设计成全开和全关的电动或气动阀门，不能控制其开启程序，在生产中造成滤料层裸露和进气现象，给生产带来损失，应引起足够注意。

防止溶解性气体在滤料层中释出产生气阻，应保证滤池内有一定高度水位，使滤料层中有足够的静水压力，滤池运行时滤速不要过大以控制过滤水在滤层中的水头损失，防止出现负水压现象。

4 滤料层进气实例及改造前后效果比较

哈尔滨供排水集团有限责任公司一座 30 万 m^3/d 规模净水厂，有 24 座双虹吸重力式滤池，采有双层滤料，下层 0.4 m 厚石英砂，上层 0.4 m 厚无烟煤，滤池清水阀采用从国外引进的全开全关气动蝶阀，不能控制开启程度。

由于滤池清水阀开启度无法控制，反冲洗后滤池投入运行时，滤池清水阀全部打开，滤池内水位下降，造成滤料层裸露，待滤水冲刷滤料，滤料层内进入大量空气，对滤池运行效果带来严重影响。滤池工作周期为 16（冬季）~24（夏季）h，反冲洗时无烟煤流失，2~3 年需补充一次无烟煤滤料，每次补充 0.2~0.3 m 厚，滤出水水质受到影响，出水浊度为 1.6~3 NTU。

为了解决滤料层进气问题，与天津阀门厂合作，将滤池清水阀（气动蝶阀）改成开启度可控制后，根据滤池内液位控制其开启程度，保证了滤池内水位，杜绝了滤料层裸露进气现象。改造后滤池工作周期增加到 36（冬季）~48（夏季）h，反冲洗耗水量比改造前减少 45%~50%，杜绝了反冲洗时无烟煤流失现象，滤后水浊度为 0.2~0.8 NTU。不但提高了水质，而且带来了可观的经济效益。

5 结语

（1）由于滤池设计有误或滤池运行操作方法不当，在滤池过滤运行时，空气易进入滤料层，造成过滤水头损失过大、滤池工作周期缩短、滤料流失和水质恶化现象。

（2）逐步开启滤池清水阀，防止滤料层裸露，可杜绝空气进入滤料层。

（3）保持滤池中有一定液位，运行时滤速不要过大，减少滤料中水头损失，可使滤料层中不产生负水压，能杜绝溶解性气体释出所形成的气阻现象。

参考文献

- 1 蔡展航. 解决普通快滤池的气阻问题. 城镇供水, 2003, (5): 31~32
- 2 李圭白, 刘超. 地下水除铁除锰. 第 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989. 184~185

○ 电话: 13796035670

E-mail: 92wangzhijun@163.com

收稿日期: 2011-04-14

修回日期: 2011-12-02