

一种简便高效的双阀滤池改造技术

李常英¹, 颜成淋², 方永忠³

(1 泉州市自来水有限公司, 福建 泉州 362000; 2 厦门飞华环保器材有限公司, 福建 厦门 361012; 3 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 介绍一种简便高效的双阀滤池改造技术。通过对配水系统、反洗系统和滤层进行改造,使滤池出水水质达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),并节约了反洗水与能耗。该技术已在泉州北区水厂改造工程中得到成功应用。

关键词: 双阀滤池; 技术改造; 滤砖; 自动控制

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602 (2008) 06 - 0031 - 03

A Simple and Effective Reconstruction Technology of Dual-valve Filter

LI Chang-ying¹, YAN Cheng-lin², FANG Yong-zhong³

(1 Quanzhou Water Supply Co. Ltd., Quanzhou 362000, China; 2 Xiamen Feihua Environmental Protection Material Co. Ltd., Xiamen 361012, China; 3 School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A simple and effective reconstruction technology of the dual-valve filter was introduced. With the reconstruction of the distribution system, the backwashing system and the filter layer, the outlet water quality of the filter reaches *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749 - 2006), and the water and energy consumptions for backwashing are reduced. This technology has been successfully applied in the reconstruction project of Quanzhou North Waterworks.

Key words: dual-valve filter; technical reconstruction; filter block; autocontrol

1 双阀滤池改造需求

双阀滤池工艺诞生于 20 世纪 70 年代,是我国很多水厂采用的工艺,但经过多年运行,多数已经出现配水不均匀、反洗效果差、滤层含污能力下降等问题,且又是按当时标准设计,已经满足不了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。同行们对双阀滤池进行了不少技术改造的成功尝试,有些对其虹吸管进行改造或实现反洗全自动控制^[1,2],也有些干脆按 V 型滤池等新技术对其进行全面改造^[3,4],但这些方法不是改造效果不全面,就是工程太复杂,因此笔者介绍一种简便高效的技术。

该技术是应泉州市北区水厂技术改造的需求提出的。北区水厂一期工程建设于 1984 年,供水规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二期工程建设于 1987 年,供水规模

为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,水处理工艺均为机械加速澄清池加双阀滤池。共有双阀滤池 8 座,一期、二期各有 4 座,一期单座滤池的尺寸为 $4.6 \text{ m} \times 4.6 \text{ m}$,二期单座滤池的尺寸为 $4.6 \text{ m} \times 6.9 \text{ m}$ 。经过统计和分析,北区水厂澄清池出水浊度长期处于 5 NTU 左右,水质尚可,而近 50% 的滤池出水浊度却处于 2 ~ 3 NTU,效率很低,因此技术改造的重点在双阀滤池。

双阀滤池改造前主要存在以下问题: 配水系统的阻力大,管道锈蚀严重,配水孔堵塞,配水孔径差异很大,配水不均匀,滤层局部板结和跑料现象严重; 滤层较薄,而且粒度很不均匀,纳污能力较差,过滤阻力上升较快,很容易被杂质穿透; 设备陈旧、故障频发,基本上属于手动操作状态,控制方式落后造成管理难度大,人为因素也是导致出水浊度

高的主要原因之一。根据这些现象,将滤池改造的重点确定为配水系统、反洗系统和滤层。

2 双阀滤池改造方案

现代快滤技术的进步主要体现在两个方面:滤层的改进,包括采用均质滤料和深床过滤;对反洗系统的改进,包括采用气水联合反洗和反洗过程的全自动控制。当然,为了适应新的滤层和反洗系统,配水系统的改进往往也是必然的,目前主流的方式是采用长柄滤头。双阀滤池的改造当然也离不开这些主流技术^[5],但笔者认为,在具体应用上应结合双阀滤池的构造和运行特点进行,以谋求通过最少的改造工程量,实现最大的效益。

经过技术比较,确定改造方案如下:

拆除原大阻力穿孔管配水系统,安装一种新式的塑料滤砖构成的配水、配气系统。经水力核算,这种滤砖不但可以均匀地配水、配气^[6],而且安装简便,安装高度小,这样就可以节省出更多的结构高度给滤层,在不改变滤池主体结构的情况下,可以实现深床过滤。

滤砖是配水系统改造的关键,工程中采用了某环保器材公司生产的 FL-A 型塑料滤砖,其构造如图 1 所示。这种滤砖结构合理、坚固耐用且不易变形,化学稳定性好,特别是以承插方式拼接组装滤砖(4 块 /m²),非常方便快捷,特别适合为减少停水时间而改造的工程,以后维修也方便,滤砖之间用 2 道“O 形橡胶止水圈柔性密封,在适应温度引起热胀冷缩的情况下保证不漏水、不漏气。

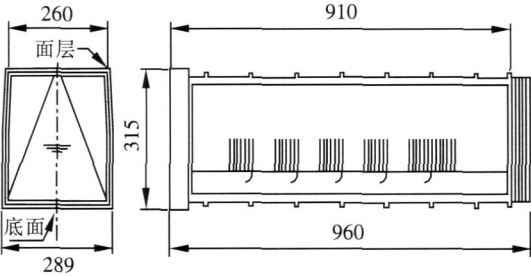


图 1 FL-A 型塑料滤砖示意图

Fig 1 Sketch of FL-A plastic filter block

从水力特性上讲,这种滤砖也采用了科学的设计。滤砖不但在顶面按比率为 0.64% 均匀开有 $\varnothing 4$ mm 的圆孔,且内部的合理构造使拼装后整体气水畅通,能在整个平面上形成良好的气垫层;另外,每块滤砖内部设有 2 块斜板,斜板分多排按比率为 0.84% 开有 $\varnothing 5 \sim 20$ mm 的小圆孔,这种设计又在

每块滤砖内部形成一个小气垫层。机械模具精确加工造成小圆孔的均匀性、塑料孔的不锈蚀性与不结垢性,以及双气垫层设计形成的压力均布性,使得这种滤砖配水、配气很均匀^[6]。

由于滤砖能保证较高的配水、配气均匀性,因而可将级配承托层的厚度从 550 mm 降到 300 mm,虽然滤砖自身的高度较原穿孔配水管大,但远小于目前流行的长柄滤头配水系统。正是因为这种配水系统的总高度较低,使得改造时不必提高滤池的主体结构,降低了改造难度,节省了费用和时间,同时还腾出了空间高度来增加滤层厚度。

将石英砂滤料由普通滤料改为均质滤料,粒径为 0.8 ~ 1.2 mm,不均匀系数 K_{80} 为 1.2 ~ 1.5,按最大限度利用原有结构高度的原则,滤层厚度确定为 900 mm,较改造前提高了 200 mm。滤池改造剖面如图 2 所示。

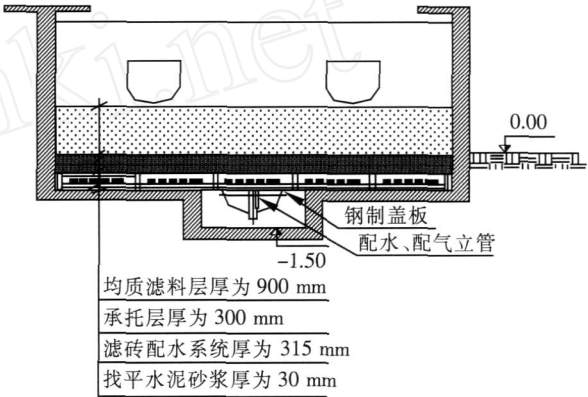


图 2 滤池改造剖面图

Fig 2 Sectional view of reconstructed filter

将原单反洗系统改造为气水联合反洗系统,并将原水力自动控制改造为电气自动控制。反洗效果不但取决于配水、配气系统,而且取决于反洗方式,采用气水联合反洗不但可以进一步提高反洗的均匀性,而且可以利用空气泡的爆炸和颗粒间的互相摩擦作用提高滤料的反洗清洁度,同时可以降低反洗耗水量。气水反洗是目前流行的技术,在此不再赘述。

采用电气自动控制比水力自动控制具有更高的可靠性,且控制更全面和更具柔性,运行参数可以进行调整优化,真正实现全自动运行。该自控系统参照了类似 V 型滤池的控制方式,和其他水厂已经实现的方式也大同小异,下面仅简单地介绍一下该自控系统的特点和主要参数。

为实现电气自动控制,出水阀和反洗水阀改为电动阀。通过调试,将反洗水阀调定在两个不同的开启度,分别对应单水反洗和气水联合反洗的两个不同流量;出水阀则设置多个不同的开启度,自控系统根据滤池的液位控制不同开启度,基本做到等水位过滤。因为过滤水位控制不需要太精确,所以出水没有采用调节阀。工程还安装了微差压计来测量过滤水头作为控制过滤周期的依据之一。当过滤水头达到设定上限值或过滤时间达到设定上限值时,则控制反洗程序开始启动。该工程采用的是普通的 PLC 控制器,没有选用价格相对较高、带 PD 功能的 PLC,通过自行设计的程序逻辑,实现了滤池水位与出水阀开度的简单闭环调节。进水和反洗排水虹吸管则改为通过电磁阀控制水射器抽真空的形成与破坏。在上述控制基础上,再通过 PLC 程序对反洗水塔的进水泵和气洗鼓风机等进行全面控制。

通过调试,设定反洗程序与参数为:第 1 步,单气洗 2 min,气洗强度为 $15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;第 2 步,气水联合反洗 2 min,气冲强度不变,水冲洗强度为 $3 \sim 4 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;第 3 步,单水洗 5 min,冲洗强度为 $15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。当然,这些参数都是可以根据实际情况进行调整的。

3 技术经济分析

泉州北区水厂双阀滤池改造工程于 2006 年 11 月动工,以两池为一组进行停产改造施工,至 2007 年 4 月全部完成。改造完成后,经过 3 个月的运行观测和对改造前、后出水浊度记录对比分析表明,改造前滤池工作周期最长为 24 h,出水平均浊度为 2.1 NTU,改造后按 24 h 过滤周期运行的出水平均浊度为 0.21 NTU,按 48 h 过滤周期运行的出水平均浊度为 0.38 NTU。经福建省城市供水水质监测网泉州监测站抽检,出水水质达到了《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

该改造工程投运后,所产生的社会效益明显,不但解决了泉州市北区水厂供水区域的水质问题,还提高了约 20% 的产水能力,同时自动控制系统的应用也大大降低了水厂员工的劳动强度。

该改造工程的经济效益主要体现在反洗水节约上,根据统计分析,8 座双阀滤池改造后可节约反洗水为 $50.26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,按水费为 $0.81 \text{ 元}/\text{m}^3$ 计算,可节约反洗水费为 40.71 万元/a。考虑扣除气洗所增加的鼓风机运行电费(0.29 万元/a),则净收益为

40.42 万元/a。改造工程总投资约为 130 万元,只需要 3.2 年就可收回成本。另外,滤池改造还消除了净水系统的生产瓶颈,使生产能力提高了 20%,即产水量增加了 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

4 结论

采用特殊设计的滤砖改造双阀滤池的配水系统,实现均匀配水、配气,不但实施简便快捷,且避免了采用长柄滤头所需要的较大结构高度,把更多的高度空间用于增加滤层厚度。采用新的配水、配气系统后,不但可以增加滤层厚度,而且实现了气水联合反洗。加上采用先进的均质滤料和反洗过程全自动控制等技术改造,使双阀滤池的性能显著改善。

工程实践表明,这种双阀滤池改造技术实施起来非常简便,特别是不用破坏滤池的主体结构,投资少,工期短,效果好,出水水质达到国家新标准的要求。该技术可供我国很多采用双阀滤池的老水厂在技术改造时借鉴。

这次技改的不足之处主要有两点:经核算采用滤砖的配水、配气系统水头损失 $< 7.84 \text{ kPa}$,较原来大大减少,但仍将反洗水提升到原来的反洗水塔,不但浪费能量,而且在反洗水流量较大的情况下没有实施微膨胀反洗技术,因高度限制,滤层厚度没有达到《室外给水设计规范》中 $L/d \geq 1000$ 的要求;在自控系统中,出水阀没有采用调节阀,滤池水位检测采用浮球式液位开关而不是液位变送器,使控制略显粗糙。这些有待以后改进。

参考文献:

- [1] 赵徐辉. 双阀滤池技术改造[J]. 给水排水, 1999, 25(2): 29 - 30.
- [2] 陈健. 双阀滤池的全自动运行[J]. 工业用水与废水, 2001, 32(2): 42 - 44.
- [3] 周锦良, 季红军, 张放明. 双阀滤池配水系统的改造[J]. 中国给水排水, 2005, 21(3): 74 - 76.
- [4] 邹一平. 福州西区水厂双阀滤池的改造[J]. 中国给水排水, 2005, 21(11): 80 - 82.
- [5] 上海市市政工程设计研究院. 给水排水设计手册(第 3 册)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2004.
- [6] 李家星, 陈立德. 水力学[M]. 南京:河海大学出版社, 1986.

E-mail: yzhfang@shmet.com

收稿日期: 2007 - 11 - 14