

工程实例

湖南怀化梅子湾水厂过滤系统的技术改造

唐仲民¹, 戴文权²

(1. 衡阳水务集团, 湖南 衡阳 421008; 2. 深圳市清水业股份有限公司, 广东 深圳 518001)

摘要: 对湖南怀化梅子湾水厂过滤系统进行了技术改造, 采用反向过滤气水冲洗滤池技术和闭池反冲洗、翻板阀排水方式, 解决了出水量达不到设计要求、水质无法满足新标准, 以及初滤水水质差等问题。改造后的滤池过滤速度大大提高, 日产水量增加了200%, 在进水浊度 <5 NTU的情况下, 出水浊度 <0.5 NTU, 出水合格率 $>95\%$, 冲洗效果好且冲洗水耗由日产水量的10%降为1.2%。

关键词: 梅子湾水厂; 反向过滤; 翻板阀

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)12-0079-04

Renovation of Filtration System in Meiziwan Waterworks in Huaihua City of Hunan Province

TANG Zhong-min¹, DAI Wen-quan²

(1. Hengyang Water Group, Hengyang 421008, China; 2. Shenzhen Qingquan Water Industrial Joint-stock Co. Ltd., Shenzhen 518001, China)

Abstract: Technical renovation was conducted to the filtration system of Meiziwan waterworks in Huaihua City of Hunan Province. The renovation measures of siphon filter were taken as follows: air-water back-washing, closure back-washing and flap valve for draining. As a result, the effluent yield could meet the design capacity, the effluent quality could meet the new standard, and the effluent quality of the beginning filtration was improved. The filtration speed of the renovated filter was enhanced, and the daily water yield was increased by 200%. Under the conditions of influent water turbidity below 5 NTU, the effluent turbidity was less than 0.5 NTU, the acceptable rate of effluent was more than 95%. The back-washing effect was great, and the filter wash-water consumption was reduced from 10% to 1.2% of daily water yield.

Key words: Meiziwan waterworks; reverse filtration; flap valve

1 水厂概况

湖南省怀化市梅子湾水厂设计处理能力为 3×10^4 m³/d, 采用网格絮凝池+反向滤池工艺, 其中滤池共分4格, 双排对称布置, 每格过滤面积为17.64 m², 滤料层厚为800 mm, 承托层厚为600 mm, 池底部采用穿孔管配水, 上部穿孔管集水出水、排水槽排水, 滤池配套手动阀门, 控制完全靠人工操作。

该水厂目前实际处理能力不到 1×10^4 m³/d, 取水头上游造纸厂排污对源水水质有一定影响。

2 改造目标及原则

为了满足日益增长的供水需求和解决水厂存在的现有问题, 拟对梅子湾水厂进行技术改造。

根据对滤池运行现状问题的分析, 确定对滤池改造的基本目标:

① 将滤池处理能力由现状不足 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提升到 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

② 增加空气冲洗系统,变单水冲洗方式为气水联合冲洗方式,改善反冲洗效果,解决滤料板结问题,提高滤池的运行周期和出水水质。

③ 滤池进水配水采用自动控制方式,提高滤池工作的稳定性和可靠性。

④ 采用翻板阀作为反冲排水设备,吸收翻板滤池的优点,保证滤料不流失的同时解决冲洗水排放不彻底的问题,并可增加滤池的冲洗水头,提高反冲洗效果。

⑤ 在滤池进水浊度 $\leq 5 \text{ NTU}$ 时,保证出水浊度 $\leq 0.5 \text{ NTU}$,并实现滤池初滤水自动排放。

⑥ 反冲洗周期 $\geq 36 \text{ h}$ 。

⑦ 改造后反冲洗水耗控制在产水量的 2.0% 以内。

⑧ 实现无人值守、定时巡查,减轻工人劳动强度,提高管理效率。

3 滤池改造方案

3.1 滤池原设计及主要问题

梅子湾水厂由于受限于滤池建设时期相关设备及自控技术不成熟,采用了单水反冲洗及人工操作控制方式,在实际运行过程中出现了如下问题:

① 滤层冲洗不干净。采用单独水冲洗滤层,冲洗不干净,易形成泥球,造成滤料板结。

② 浊度去除效果较差。单水冲无法对滤料进行充分冲洗,长期运行滤料中截留的颗粒杂质无法排出,容易板结,导致过滤时水流在滤料上分配不均,局部穿透短流,出水水质变差。

③ 滤池各格进水配水不均匀。滤池未设自动调节控制系统,运行一段时间后容易造成某格滤池滤料阻力增大,进水量减小,使得各格滤池进水配水不均匀,从而增加了其他格滤池负荷,不利于滤池的长期运行。

④ 反冲洗耗水量大。滤料板结导致滤池运行周期变短,造成反冲洗次数多,且采用单独水反冲洗,冲洗强度大,反冲时间长,耗水量大。

⑤ 反冲洗水排放不彻底。反冲洗废水采用排水槽排除,为保证滤料不流失,原设计排水槽顶距滤料 900 mm,在反冲洗停止后,滤料上仍有较多的反冲洗废水,对过滤水质造成影响。

⑥ 滤池的控制完全依靠人工,劳动强度大。

由于滤池管路上均为手动阀门,滤池的反洗、过滤操作完全靠人工开关阀门,劳动强度和管理难度都较大。

3.2 改造实施方案

3.2.1 改造方案

针对以上问题,提出将原滤池改造为深圳市清水业公司的“上向流滤池”的方案(见图1):增加冲洗鼓风机对滤池进行气水反冲洗,采用气动阀门、气动闸板和气动翻板阀控制滤池进水和反冲排水,设滤池自控系统,对滤池进行自动化控制。

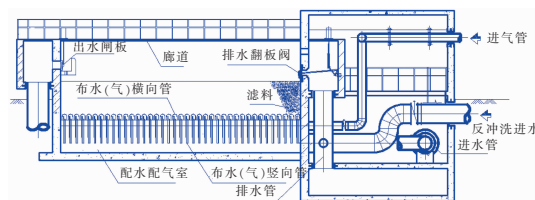


图1 上向流滤池结构

Fig. 1 Structures of upflow filter

“上向流滤池”是以“反粒度过滤”理论为基础,吸收了V型滤池、翻板滤池等工艺的的优点,并将反向过滤机理结合气水冲洗方式、关键设备和自控技术进行创新而开发的一种新型过滤工艺——上向流过滤气水冲洗滤池^[1]。该工艺可解决以下问题:

① 确保配水均匀

以往反向滤池内部配水不均匀,容易导致局部水质穿透。上向流滤池采用独特的布水装置保证了滤池进水配水的均匀性。

② 确保冲洗彻底

反向过滤滤床的纳污量远大于正向滤池,尤其在滤床底部截留了大量污泥。上向流滤池通过引进底部排泥、气洗和闭池反冲洗,以及特有的气水联合冲洗方式很好地解决了积泥问题。改善滤池的冲洗效果主要从以下几个方面着手:a. 气冲增大滤料表面的剪力,使得通常水冲洗时不易剥落的污物在气泡急剧上升的高剪力下得以剥落;b. 压缩空气加入,气泡在颗粒滤料中爆破,使得滤料颗粒间的碰撞摩擦加剧,在水冲洗时,对滤料颗粒表面的剪切作用也得以充分发挥,加强了水冲效能;c. 气泡在滤层中的运动,减少了水冲洗时滤料颗粒间相互接触的阻力,使水冲洗强度大大降低,从而节省了冲洗的能耗;d. 采用翻板阀排水实现了闭池冲洗,在水冲阶段可以加大冲洗的强度,将脱落在滤料深层的杂质带出,大

大地提高了滤料层的清洁度。

③ 确保设计滤速

与正向滤池相比,反向过滤的理论滤速取值一般较大,这与其独特的滤料粒径组成结构有关,通过有效地控制滤速与最小粒径滤料的流化速度的关系,滤池滤速可达 20 m/h。

④ 改善初濾水水质

在出厂水浊度要求控制得相当低的情况下,需要控制初滤水浊度。滤池冲洗结束时,底部卵石层空隙间水的浊度接近冲洗水浊度,随着滤层向上,空隙间水的浊度提高,滤层顶部及上部接近冲洗排放水的浊度。总体而言,初滤水浊度较高是由于冲洗排放水浊度高于或远高于待滤水。

上向流滤池的初滤水能在很短的时间内得到较优的出水水质。主要是由于:

a. 反冲洗水排放比较彻底。反冲洗排水翻板阀下沿一般在滤料层上 200 mm, 可以尽量多地排放反冲洗水。

b. 初期漂洗。排水结束后,用低强度的清水漂洗滤床 3 min 左右,这样可以使滤床内的“脏水”排放比较彻底。

c. 初滤水排放和反冲排水系统一体化设计。反冲洗排水翻板阀出水系统既可以排放反冲洗水,又可以排放初滤水,一体化的设计可使初滤水排放更加方便。

d. 进水运用气动调节蝶阀控制初滤阶段的处理水量,通过降低滤速得到好的初滤水水质。

⑤ 确保滤料不流失

上向流滤池冲洗时需要较高的水冲强度[单水冲强度为 $9 \sim 10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$], 冲洗过程中滤料膨胀率高于 V 型滤池, 但由于采用了反冲洗排水翻板阀的闭池冲洗工艺, 可以有效避免滤料的流失。

3.2.2 改造方式

① 进水系统。拆除原有滤池管道系统,在滤池管廊重新布置滤池总进水管及进水支管,在进水支管上安装气动调节蝶阀保证滤池进水配水均匀。

② 出水系统。在滤池清水渠对面沿池宽方向新修 V 型槽作为滤池出水集水槽(兼作滤池扫洗配水槽),安装一根 DN300 出水管将滤池出水引往清水渠,在清水渠靠滤池侧壁上开一个 300 mm × 350 mm 的方孔,并安装气动闸板阀,在滤池反洗时此阀关闭;在滤池原有的两根 DN400 清水出水管上安装

气动蝶阀,在滤池扫洗时关闭。

③ 冲洗排水系统。拆除原有的洗砂排水槽,在原排水渠靠滤池侧壁上开 $2\,400\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ 的方孔,安装排水气动翻板阀(每格滤池一台),此阀用作滤池反洗排水兼漂扫洗排水。

④ 布水布气系统。拆除原穿孔管布水系统,将原滤池底板垫高 500 mm,新建布水布气渠(高 800 mm),安装中阻力配水、大阻力配气的多功能滤管。

⑤ 滤料系统。掏空原有滤料,更换新的石英砂级配滤料及卵石承托层,承托层厚度为 0.3 m,石英砂滤料厚度为 1.1 m。

⑥ 放空系统。将滤池原放空管道、阀门拆除,在滤池新增进水管上增设滤池排空管,并安装排空气动蝶阀。

⑦ 溢流系统。拆除滤池原有的两根出水集水管,将池壁上留下的 $\varnothing 200$ mm 孔扩大到 $\varnothing 300$ mm,安装 2 根 DN300 的溢流管引至排水渠。

⑧ 反冲洗系统。在滤池反洗间新增4台冲洗水泵(3用1备),2台反冲洗鼓风机(1用1备)。

⑨ 空压机系统。新增 2 台空压机(1 用 1 备),配套空气净化系统,为气动设备提供气源。

⑩ 自控、配电系统。增加一个公共柜,每格滤池增加一个就地操作柜,并配备 3 台配电柜,采用 PLC 自动控制。整个自控系统的设计将 PLC 中控室控制、就地控制和手动控制相结合,系统不会因某个滤池或某个设备出现问题而影响整个系统的运行,确保了系统的稳定性和可靠性。每格滤池设一台水位计、一台水头损失仪,根据滤池液位、压损、预先设定的时间来控制滤池的运行和反冲洗。

滤池改造后如图 2 所示。

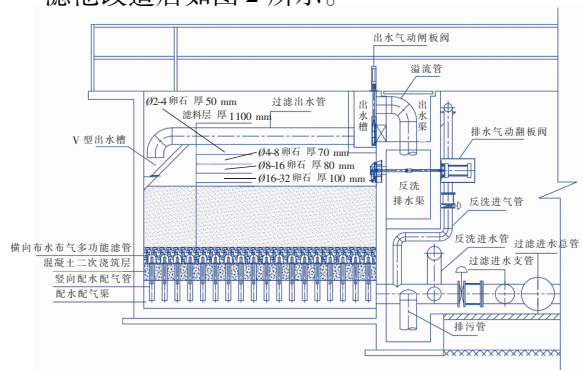


图2 滤池改造后示意图

Fig.2 Flow chart of water treatment process after renovation

4 改造后的运行效果

改造前后的主要经济技术指标对比见表1。

表1 改造前后的经济、技术对比

Tab.1 Comparison of economic and technical indexes before and after renovation

项目	改造前	改造后	改造效果
池型	单水洗 反向滤池	反向过滤气 水冲洗滤池	工艺先进
处理能力/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	10 000	30 000	提高
出水浊度/NTU	≤ 1	≤ 0.5	改善
有效过滤格数/格	4	4	不变
单格过滤面积/ m^2	17.64	17.64	不变
滤速/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	5.9	17.7	大大提高
过滤周期/h	24	36~72	延长
冲洗方式	单水冲	气水冲洗	清洁度提高
滤层厚度/m	0.8	1.2	增加
自动控制	手动控制	PLC 自动 控制	稳定性、 可靠性增加
反冲洗水耗/%	5	2	显著降低

从表1可以看出,上向流过滤气水冲洗滤池投运以来与改造前相比处理效果明显改善,主要体现在以下几个方面:

① 出水水质优良,过滤周期大幅增加。改造后进水浊度(沉淀出水) < 5 NTU时滤池出水浊度能稳定控制在0.5 NTU以下,过滤周期为30 h。

② 初滤水水质好。改造前的滤池在整个过滤周期内出水浊度都很难在1.0 NTU以下,改造后滤池出水浊度以0.5 NTU为参照标准,出水合格率 $> 95\%$ 。反向过滤气水冲洗滤池解决了困扰给水行业多年的初滤水水质差、滤后水合格率低的问题。

③ 冲洗效果好。改造前的虹吸滤池反冲洗强度弱,反冲洗不干净,反冲洗水排放不彻底。改造借鉴了翻板滤池的反冲排水方式,通过闭池冲洗,水洗强度大大提高,滤料的膨胀率可达到30%~40%,可将滤层中的截留物充分洗出,滤料的清洁度得以提高,排水翻板阀的底部大约比滤料层高200 mm,可以较彻底地排放反冲洗水。

④ 滤速增大。改造前滤速 < 6 m/h,滤速一旦增加,出水水质难以保证,且滤池很快出现穿透现象。改造后的滤速达到了17 m/h,依然可以保证出水浊度 < 0.5 NTU。这样在不增加滤池总过滤面积的情况下,产水量由原 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 增加到 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

⑤ 冲洗水耗低。单位产水量的冲洗水耗仅为原先的1/8。

⑥ 布水效果好。拱形管阵列在整个池底的面积上对滤池进行布水,代替了原先的穿孔管配水,使配水更加均匀。

⑦ 自动化程度提高。改造前的滤池运行基本依靠人工控制,改造后采用深圳清泉公司研制的核心控制软件和滤池成套设备,设备功能和相互间的协调性得以充分发挥,并且实现了全厂自动化,降低了劳动强度^[2]。

5 经济和社会效益分析

经测算,与改造前相比,出水水量翻了两倍,水质有大幅提高,单位产水量的反冲洗水量节约85%,一年新增产值达千万元以上。

6 结语

采用深圳清泉公司的“上向流滤池”工艺对湖南怀化梅子湾水厂的老旧滤池进行了改造,改造效果明显,产水量增加,出水浊度 < 0.5 NTU,反冲洗水耗下降而冲洗效果改善,自动化程度也大为提高,这对于类似水厂的提标改造具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 郭修梅. 过滤技术的重大发展[J]. 冶金矿山设计与建设, 2002, 34(2): 32-35.
- [2] 叶昌明, 戴文权. 新疆石墩子山水厂的技术改造[J]. 中国给水排水, 2006, 22(4): 26-30.



作者简介:唐仲民(1963—),男,湖南衡阳人,大学本科,高级工程师,从事给排水设计、自来水公司技术管理工作。

E-mail: 2850996728@qq.com

收稿日期: 2017-02-24