

炭砂滤池反冲洗及初滤水浊度控制方式研究

冯 硕, 张晓健, 陈 超, 李永红, 米子龙
(清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084)

摘 要: 反冲洗是保证炭砂滤池正常运行的关键环节之一。借鉴工程上常用的反冲洗参数, 考察了单独水反冲洗和气水反冲洗方式的优化措施对初滤水浊度的控制效果及其可行性。结果表明, 在常规反冲洗结束后增加短时间的微膨胀反冲洗, 可以有效降低初滤水浊度, 使滤池省去初滤水的排放成为可能。另外, 在保证滤池冲洗干净的前提下, 综合考虑反冲洗的历时、耗水量及初滤水浊度等, 提出了适宜的反冲洗方式, 以期为实际水厂的运行和改造提供参考。

关键词: 炭砂滤池; 反冲洗; 初滤水浊度; 微膨胀反冲洗

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)01-0052-04

Study on Backwash Methods and Initial Filtered Water Turbidity Control of GAC-sand Filters

FENG Shuo, ZHANG Xiao-jian, CHEN Chao, LI Yong-hong, MI Zi-long
(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Backwash is a key process to ensure the successful operation of GAC-sand filters. Based on the backwash parameters used in engineering, the feasibility of water backwash, combined air and water backwash and several strategies to control the turbidity of initial filtered water were investigated. The initial filtered water turbidity can be effectively reduced by subfluidization backwash in just few minutes, which means the possibility of omission of filter-to-waste. Under the condition that the filter is effectively cleaned, while with the backwash period, backwash water consumed and the initial filtered water turbidity all considered, proper backwash method is chosen, so as to offer reference to the operation and reconstruction of water treatment plants.

Key words: GAC-sand filter; backwash; initial filtered water turbidity; subfluidization backwash

滤池在运行过程中, 由于水头损失过大或者出水浊度超标, 需要进行反冲洗。反冲洗后滤池恢复运行的初期, 出水水质较差, 这主要是由反冲洗后滤池内残留的颗粒物造成的^[1,2], 该阶段称为滤池的成熟期, 出水称为初滤水。美国环保署对滤池成熟期出水水质的要求是, 浊度最大值是 0.3 NTU, 并且在滤池恢复运行后的 15 min 内出水浊度恢复到 0.1

NTU 以下。我国《室外给水设计规范》(GB 50013—2006) 明确提出: “除滤池构造和运行时无法设置初滤水排放设施的滤池外, 滤池宜设有初滤水排放设施”。一般初滤水的排放时间约为 30 min, 排放量约占水厂水量的 1%~2%^[3]。基于此, 笔者考察了单独水反冲洗和气水反冲洗方式的优化措施对初滤水浊度的控制效果及其可行性, 以期找到合适的

反冲洗方式,可以使滤池省去排放初滤水的步骤,简化滤池的设计与运行。

1 试验材料与方法

试验采用有机玻璃炭砂滤柱模拟炭砂滤池,其外径为 300 mm,高为 3 800 mm;柱内炭(10~20 目的破碎炭)层厚为 1 000 mm,石英砂(粒径为 0.5~1.0 mm)层厚为 400 mm。试验用水为清华大学的自来水,用高岭土配浊,以硫酸铝作为絮凝剂,采用微絮凝直接过滤,滤速为 15 m/h。滤柱的进水浊度为 34 NTU,出水浊度为 0.03 NTU,采用 HACH 1720E 低量程在线浊度仪进行监测,运行以炭层出水浊度达到 0.3 NTU 作为滤柱穿透的标准。反冲洗水采用滤后水,水温为 16~18 ℃,采用长柄滤头配水、配气。

2 单独水反冲洗的优化

常规单独水反冲洗方式:冲洗强度为 15 L/(s·m²),历时 7 min,滤层膨胀率为 30%。

2.1 控制初滤水浊度的优化措施

在常规反冲洗之后采取以下几种控制初滤水浊度的措施,并对比其效果。为尽量减少水处理过程中化学药剂的引入,二次微絮凝及在反冲洗水中加入絮凝剂的方法在此并未考察。

① 微膨胀反冲洗

ETSW 是微膨胀反冲洗的一种方式,是指在常规反冲洗结束后,再进行亚流化状态的反冲洗,滤床不膨胀或者微膨胀,冲洗时间足以冲走一个完整滤柱体积(除去滤料体积)的水^[2]。在试验条件下,进行强度为 5.3 L/(s·m²)的 ETSW 操作,滤层膨胀率为 3%,需用时 7 min。试验同时还考察了减少微膨胀冲洗时间对初滤水浊度的影响,即保持反冲洗强度不变,冲洗时间分别减为 5、3、1 min。

② 缓慢关闭反冲洗阀门

试验中考察了两种关闭反冲洗阀门的方式。一种是在 3 min 内将反冲洗强度从 15 L/(s·m²) 匀减速为零,在此称为连续缓慢关闭阀门;另一种是先以 11 L/(s·m²) 的强度冲洗 1.5 min,再以 5.3 L/(s·m²) 的强度冲洗 1.5 min,之后关闭阀门,在此称为断续缓慢关闭阀门。

③ 慢速启动

在恢复运行的初期分别采用 10 和 5 m/h 的滤速,待初滤水浊度稳定在 0.1 NTU 以下,再将滤速恢复至 15 m/h。

④ 推迟启动

已有的研究往往推迟 1~2 h 启动滤池,在本试验中,为了缩短反冲洗周期并和其他几种措施进行对比,待滤层自然沉降(30 s)后,仅考察推迟 3 和 5 min 启动的效果。

2.2 结果与分析

① 增加微膨胀反冲洗的效果

增加微膨胀反冲洗后,初滤水浊度的变化见图 1。

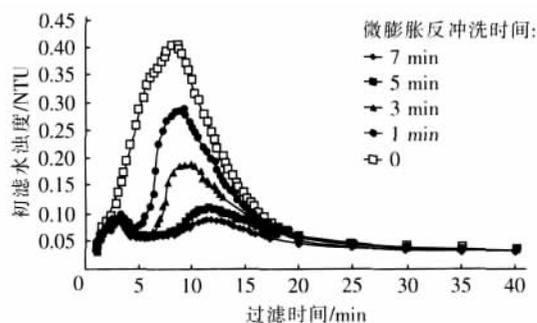


图 1 增加微膨胀反冲洗后初滤水浊度的变化

Fig. 1 Variation of initial filter effluent turbidity after adding subfluidization backwash

ETSW 可将高速反洗后滤柱内残余的已脱落颗粒物有效冲出滤池,同时可避免新的颗粒物脱落。实际水厂应用 ETSW 后使初滤水达到美国环保署要求的保证率为 96%,只在必要的时候排放初滤水^[4]。在本试验中,进行正常的 ETSW(历时 7 min)可保证初滤水浊度始终低于 0.1 NTU,可以认为没有成熟期;缩短微膨胀反冲洗时间至 3 和 5 min 时,初滤水浊度也可达到美国环保署的要求。在图 1 中,初滤水浊度的第 1 个峰值主要是由高速水反冲洗后残余在滤层中的颗粒物造成的,故 4 种情况的差别不大;第 2 个峰值则随微膨胀反冲洗时间的延长而降低。这是因为一方面微膨胀反冲洗时间越长,残余的颗粒物越少;另一方面,微膨胀反冲洗有利于滤料间结构的调整,冲洗时间越长,则停止后滤层的结构越好,过滤效果越佳。

② 缓慢关闭反冲洗阀门的效果

在相同的时间内,连续缓慢关闭阀门和断续缓慢关闭阀门 2 种优化方式都可以改善初滤水浊度,两者的效果差别不大,初滤水浊度峰值介于微膨胀反冲洗 1 min 和 3 min 之间。由于在缓慢关闭阀门过程中,属于微膨胀强度的冲洗时间介于 1 min 和 3 min 之间,故推测能够有效降低初滤水浊度的是微

膨胀反冲洗过程,即主要通过减少滤料自然沉降过程中新脱落的颗粒物以及改善滤层结构来控制初滤水的浊度。

③ 慢速启动和推迟启动的效果

采用慢速启动和推迟启动的优化方式,初滤水浊度的变化见图 2。

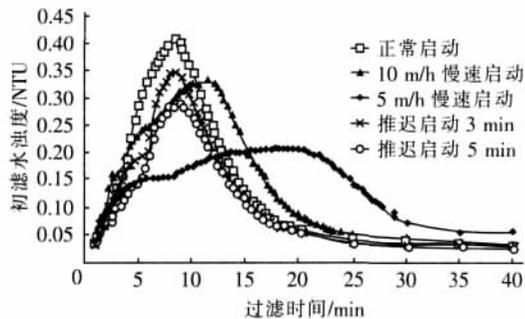


图 2 慢速启动及推迟启动下初滤水浊度的变化

Fig. 2 Variation of initial filter effluent turbidity under slow start and delayed start

由图 2 可知,采用慢速启动方式可在一定程度上降低初滤水浊度的峰值,但是初滤水浊度停留在较高值的时间会延长;另外,延长滤池推迟启动的时间可降低初滤水浊度。这 2 种优化方式主要是通过增加待滤水与滤料的接触时间来改善出水浊度,但并没有改善滤层结构,对初滤水浊度的控制作用较为有限,并且会影响滤池的产水率,因此并不推荐采用。

综上所述,能够满足滤池成熟期出水水质要求的反冲洗优化方式是 3、5 或 7 min 的微膨胀反冲洗;采用微膨胀反冲洗 1 min 和缓慢关闭阀门措施不能满足要求的原因是,出水浊度恢复至 0.1 NTU 以下的时间略大于 15 min,若在实际工程中合理调整运行参数(如微膨胀强度或关闭阀门的时间),也有希望达到要求;而慢速启动和推迟启动滤池的措施并不是很好的选择。综合考虑反冲洗历时、水耗以及初滤水浊度,笔者认为增加 3 min 的微膨胀反冲洗是最佳的优化方式。

3 气水反冲洗的优化

在试验中,为减少活性炭的磨损,气冲洗时间和强度都小于石英砂滤池的反冲洗参数。

3.1 反冲洗方法

在试验中,主要采用先气冲后水冲和气水同时反冲洗 2 种方式。其中,先气冲后水冲的方法:先进

行 2 min 的单独气冲洗,强度为 $10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;再进行 7 min 的高速水冲洗,强度为 $15 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。气水同时反冲洗的方法:先单独气冲洗 1 min,强度为 $10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;而后保持气冲洗强度不变,增加强度为 $3 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 的低速水冲洗,气水同时冲洗 1 min;然后停止气冲,保持 $3 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 的低速水冲洗 1 min;最后进行 7 min、强度为 $15 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 的高速水冲洗。另外,还考察了在 2 种气水反冲洗基础上增加 3 或 1 min 微膨胀反冲洗的效果,以进一步验证微膨胀反冲洗的优化效果。

3.2 结果与分析

采用不同气水反冲洗方式时初滤水的浊度变化见图 3。

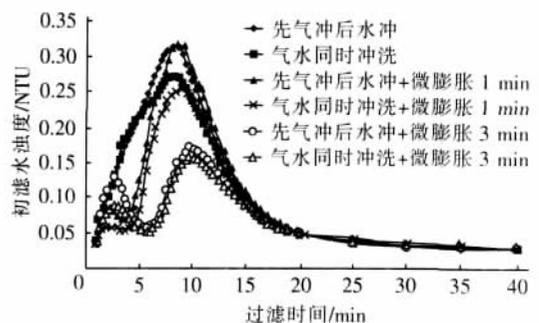


图 3 不同气水反冲洗方式下初滤水浊度的变化

Fig. 3 Variation of initial filter effluent turbidity under combined air and water backwash

由图 3 可知,气水同时反冲洗的效果始终好于先气冲后水冲的效果;即使不增加微膨胀反冲洗,气水同时反冲洗也可以满足初滤水浊度的要求。另外,采用先气冲后水冲方式时,气冲洗对滤层的扰动较为剧烈,高速水冲洗即将结束时滤层中还偶尔会有气泡冒出,而且在此之后增加 1 min 的微膨胀反冲洗不足以改善滤层结构,具体表现在其初滤水浊度曲线和无微膨胀反冲洗时的差别不大;而增加 3 min 的微膨胀反冲洗后,初滤水质明显改善,满足了初滤水浊度的要求。

另外,与前面的单独水反冲洗相比,气水同时反冲洗和先气冲后水冲的效果均优于单独水反冲洗的效果。这是因为,单独水反冲洗的强度较弱,在整个冲洗过程中始终都会有颗粒物脱落,因此在冲洗停止时,会有较多的颗粒物残余在滤池;而气冲洗的强度较大,滤料上粘附的颗粒物基本都能脱落下来,而后在长时间的高速水反冲洗过程中被高效带出滤池,

(下转第 57 页)

进水 COD/TN 值仅为 5.33,具有明显的高氮低碳特征。模拟结果表明,氧化沟外设置独立的厌氧区可显著提高除磷效果,而预缺氧池的设置对除磷过程无明显强化作用。预浓缩有效地控制了进入厌氧区的硝酸盐量,减小了硝酸盐对厌氧环境的冲击,确保了除磷过程的稳定进行,因此带预浓缩的改良氧化沟系统的除磷效果最好,出水总磷为 0.773 mg/L,达到了 GB 18918—2002 的一级 B 标准。

4 结论

设置独立的厌氧区能够显著提高氧化沟的除磷效果,但在处理高氮低碳污水时,回流污泥中较高浓度的硝酸盐对厌氧区造成冲击,出水总磷浓度往往不能达标,且在厌氧区前增设预缺氧区并不能消除硝酸盐的影响,对强化除磷无明显作用;而预浓缩池通过对回流污泥进行浓缩,在底部形成 30% 的高浓度污泥输送至厌氧区,在保证回流污泥量的同时,成功将大部分硝酸盐直接输送至氧化沟的缺氧区,使厌氧释磷过程得以稳定进行。模拟结果表明,带预浓缩的改良氧化沟工艺的除磷效果最佳,可以满足 GB 18918—2002 的一级 B 标准。

(上接第 54 页)

故初滤水质较好;气水同时反冲洗比单独气冲洗的强度要大,因此虽然气水同时冲洗的时间很短,但仍然可以看出其优势。

4 结论

反冲洗结束后增加一段时间的微膨胀反冲洗,可以有效降低初滤水浊度;根据水厂的实际情况,调整反冲洗参数,如微膨胀反冲洗的强度和ación,有可能使滤池省去初滤水的排放成为现实;如果将其应用到实际工程中,则要求反冲洗阀门的开启度是可调节的。另外,炭砂滤池是生物活性滤池,气水反冲洗可能会对滤料上的生物膜产生一定的影响,并且活性炭滤料的磨损也是有待考察的问题,因此水厂究竟采用何种反冲洗方式为最佳,要根据实际情况进行更具体的研究。如果气水反冲洗对滤料的磨损较大,或者对滤料上的生物膜产生了负面影响,可以考虑在滤池运行过程中以单独水反冲洗为主、间歇

参考文献:

- [1] 高守有,彭永臻,王淑莹,等. Orbal 氧化沟生物脱氮的中试研究[J]. 中国给水排水,2005,21(8):5-9.
- [2] 袁忠伟,孙力平,于静洁,等. 改进型氧化沟的水力流态特性及其脱氮除磷效果[J]. 中国给水排水,2009,25(1):89-92.
- [3] 吴代顺,刘黎明,吴元满. 氧化沟工艺生物除磷试验研究[J]. 工业水处理,2008,28(6):33-36.
- [4] 许建红,曾严. 改良型 DE 氧化沟工艺的除磷脱氮探讨[J]. 中国给水排水,2005,21(10):70-72.
- [5] 姜亚敏,邢磊,朱喜礼,等. 城市污水处理厂改良氧化沟工艺除磷效果影响因素分析[J]. 水处理技术,2007,33(7):53-56.
- [6] 姚重华,王国华,谭学军,等. 基于仿真的新建污水处理厂工艺参数调试[J]. 环境科学学报,2009,29(10):2086-2093.
- [7] Insel G, Artan N, Orhon D. Effect of aeration on nutrient removal performance of oxidation ditch systems[J]. Environ Eng Sci,2005,22(6):802-815.

电话:13774250797

E-mail: salonxx@163.com

收稿日期:2010-06-25

采用气水反冲洗来改善滤池的运行。

参考文献:

- [1] 许保玖. 给水处理理论[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2] Amburgey J E. Optimization of the extended terminal subfluidization wash (ETSW) filter backwashing procedure[J]. Water Res,2005,39(2-3):314-330.
- [3] 何纯提,路琦. 初滤水回用途径探索[J]. 给水排水,2007,33(8):43-45.
- [4] Soucie W J, Sheen B J. Filter-to-waste optimization[J]. J AWWA,2007,99(5):148-157.

电话:(010)62781779

E-mail: fengs07@mails. tsinghua. edu. cn

收稿日期:2010-07-05