

宁夏某水厂微涡旋絮凝池提能改造中试研究

肖寒^{1,2}, 徐慧², 肖峰², 王东升², 武仁超², 倪瑞³

(1. 华北水利水电大学 环境与市政工程学院, 河南 郑州 450011; 2. 中国科学院生态环境研究中心 环境水质学国家重点实验室, 北京 100085; 3. 宁夏宁东水务有限责任公司, 宁夏 银川 640100)

摘要: 宁夏某水厂采用传统的折板絮凝池工艺,在夏季面临大水量运行的要求,但大水量运行会影响折板絮凝池的水力停留时间以及折板间水流速度,从而影响到水厂出水水质。为此,水厂进行了微涡旋升级改造,但改造后仍然面临出水水质不理想的问题。调查发现水厂现有絮凝池的水力停留时间过短,原水在絮凝池中得不到有效絮凝,从而影响了出水水质。为了能够更好地完成水厂的升级改造,进行了微涡旋絮凝池改造中试研究。向中试装置中添加直板对絮凝池进行分格可以缓解短流现象,这对于提能改造具有重要影响。在第一絮凝区微涡旋球高度占有有效水深的55%左右、第二絮凝区微涡旋球高度占有有效水深的25%左右的最佳条件下,中试装置提能15%,连续运行24 h,出水水质相对折板絮凝池明显改善。

关键词: 折板絮凝池; 微涡旋絮凝池; 大水量运行; 短流

中图分类号: TU991 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2014)07-0047-04

Upgrading of Micro-eddy Flocculating Tank at a Water Treatment Plant in Ningxia

XIAO Han^{1,2}, XU Hui², XIAO Feng², WANG Dong-sheng², WU Ren-chao², NI Rui³

(1. College of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Ningdong Water Co. Ltd., Yinchuan 640100, China)

Abstract: A water treatment plant using conventional folded plate flocculating tank faced a large influent rate in summer. The HRT and the flow velocity in folded plate were affected, lowering the quality of effluent. Therefore, the conventional folded plate technology was transformed into micro-eddy flocculation. After the transformation, the quality of the finished water could not meet the discharge requirement. A survey found that the HRT was too short, and the raw water in the flocculating tank was not effectively flocculated, thus affecting the effluent quality. In order to better complete this transformation, a pilot-scale test was conducted. Adding straight plates in the pilot plant for forming cells could alleviate short flow phenomenon, which had an important influence on the transformation. The influent was increased by 15%, the pilot plant was operated for 24 h, and the effluent quality improved significantly under optimal

基金项目: 国家自然科学基金杰出青年基金资助项目(51025830); 国家自然科学基金青年基金资助项目(51008293); 国家自然科学基金重点资助项目(51138008)

conditions where the depth of micro-eddy ball accounted for about 55% of whole depth in the first flocculation zone and about 25% in the second flocculation zone.

Key words: folded plate flocculating tank; micro-eddy flocculating tank; operation at large influent rate; short flow

宁夏某水厂目前采用折板絮凝+斜管沉淀工艺,设定絮凝时间为12~20 min^[1]。在设计流量下水厂出水水质能够满足要求,但水厂也面临着夏季大水量运行的要求,此情况缩短了水力停留时间,增大了折板间水流速度,影响了水厂出水水质。为了提高絮凝效率,减少大水量运行对絮凝过程的影响,水厂对原有的折板絮凝池进行了微涡旋改造。但由于水厂在不同季节运行水量变化较大,导致沉淀池出水水质不稳定,改造后仍然面临出水水质不理想的问题。为了能够更好地解决这个问题,笔者通过中试研究了改善絮凝池中水流流态的途径,并寻求最优的微涡旋球添加方式。

1 材料与方 法

1.1 中试装置

中试装置包含折板絮凝池与微涡旋絮凝池两部分,见图1。为保证试验结果可靠,两池同时运行。

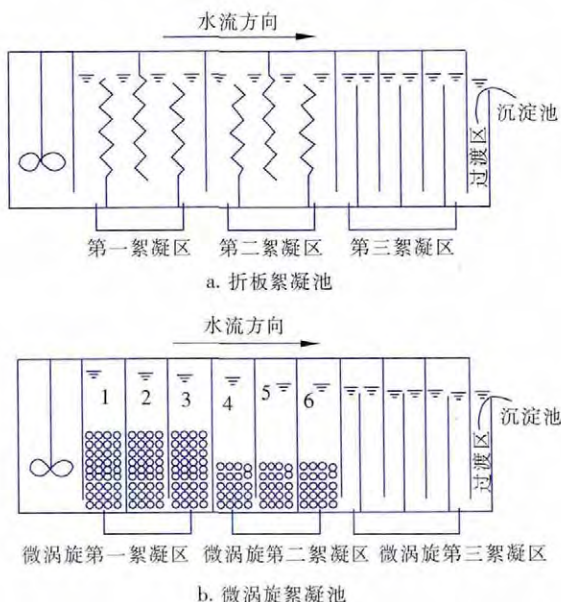


图1 中试装置剖面

Fig.1 Sectional view of pilot-scale plant

1.2 试验仪器及水源水质

仪器:絮体沉降柱;浊度仪;分光光度计。

试验周期内水源水质如下:COD_{Mn}为2.5~2.6 mg/L、浊度为7.5~9.5 NTU、UV₂₅₄为0.045 cm⁻¹、

pH值为8.2。

2 结果与讨论

2.1 水厂絮凝池与中试装置运行效果

试验开始前,首先对水厂现有絮凝池和中试装置进行了对比,结果见表1。可以看出,微涡旋絮凝池的停留时间较折板絮凝池有明显的延长,在大水量运行时,有助于絮凝过程的完成,对于改善絮体的沉降性有重要作用。回流絮凝池与折板絮凝池的水力条件类似,停留时间偏短,但加入反冲洗水后进水浊度增大,改善了絮凝效果^[2]。

表1 水厂絮凝池与中试装置各段的停留时间和GT值

Tab.1 GT and HRT of folded plate flocculating tanks and micro-eddy flocculating tank

项 目	第一絮凝区	第二絮凝区	第三絮凝区	
折板絮凝池	停留时间/min	4	4	5
	GT值	12 117	10 986	3 081
微涡旋絮凝池	停留时间/min	5	5.2	5.5
	GT值	16 275	10 848	3 081
回流絮凝池	停留时间/min	4	4.2	5.2
	GT值	13 215	10 342	3 081
中试装置(折板)	停留时间/min	6.5	6.34	6.26
	GT值	21 352	13 204	3 980

注:回流絮凝池是指将滤池反冲洗水回流到进水,增加进水浊度,改善絮凝效果。

中试装置(折板)的水力停留时间较水厂现有折板絮凝池分别延长62.5%、58.5%、25.2%,满足设计手册要求(≥12 min),说明延长水力停留时间可有效解决大水量运行时絮凝效果变差的问题。

为了更好地说明各絮凝区的絮凝效果,测定了各絮凝区中絮体的沉降性以及上覆水浊度,结果如图2所示。

从表1与图2可以看出,中试装置(折板)的絮凝效果明显优于水厂现有折板絮凝池,原因在于中试装置(折板)的水力停留时间明显较长,有利于充分絮凝及絮体的生长。另外,中试装置(折板)第一絮凝区的GT值较水厂现有折板絮凝池大,有利于颗粒在絮凝过程中碰撞、脱稳并结合生成较大的絮体而沉淀。

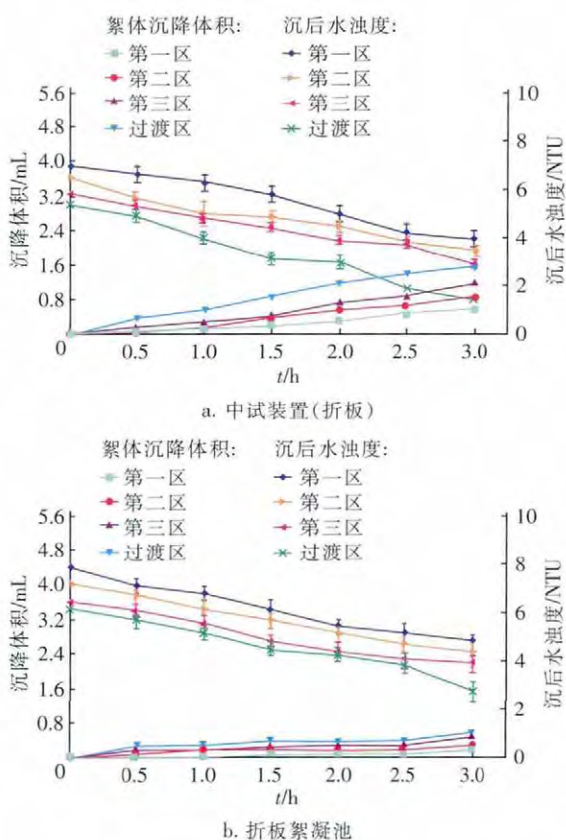


图 2 絮体沉降体积和上覆水浊度

Fig. 2 Floc settling volume and turbidity of overlying water

2.2 中试装置(折板)在不同流量下的运行情况

由于水厂面临着夏季大水量运行的要求,因此对中试装置(折板)在不同流量下的运行情况进行研究,结果如下:当流量为 2.0 m³/h 时,第一~三絮凝区的停留时间分别为 6.5、6.34、6.26 min,GT 值分别为 21 352、13 204、3 980;当流量为 2.5 m³/h 时,第一~三絮凝区的停留时间分别为 5.3、5.06、4.83 min,GT 值分别为 19 432、12 437、4 038;当流量为 3.0 m³/h 时,第一~三絮凝区的停留时间分别为 4.59、4.384、4.212 min,GT 值分别为 17 852、11 257、3 687。

絮凝剂加入水中后,开始需要强烈的搅动紊流,小旋涡在紊流中不断形成和消失,由此促使絮凝剂均匀扩散以利于其快速水解、聚合和胶体脱稳,形成的大旋涡则起到输送水量的作用。一旦絮体形成,就应减弱搅动强度以免打碎絮体^[3]。随着进水流量逐渐增加到 3.0 m³/h,中试装置(折板)中停留时间分别降低 29.38%、30.85%、32.72%,停留时间缩短致使絮凝效果变差;折板絮凝池每段的 GT 值也逐渐下降,分别下降了 16.39%、14.75%、

7.36%。当大水量运行时,絮体得不到有效增长,增加了后续沉淀和过滤工艺的负担,使运行成本增加。

在进行水力条件调查的同时,在投药量为 16 mg/L 下,待运行稳定后,测定不同流量下絮体的沉降性以及上覆水浊度,结果见图 3。可知,随着流量的增大,中试装置(折板)的停留时间缩短,沉后水浊度增加,絮体沉降体积减小,絮凝效果变差。

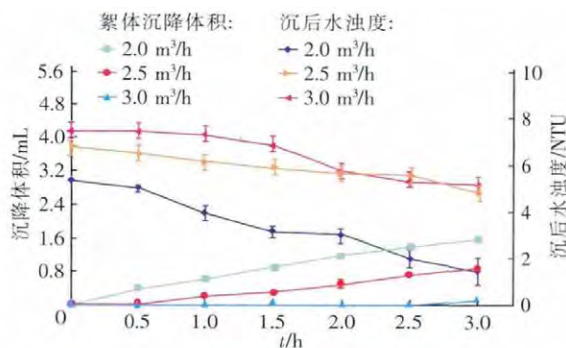


图 3 中试装置(折板)在不同流量下生成絮体的沉降性

Fig. 3 Floc settleability in pilot plant (folded plate) in different flows

2.3 微涡旋球添加试验

设定第一絮凝区(第 1~3 格添加高度相同)微涡旋球添加高度分别为 10、15、20、25、30、35、40 cm,第二絮凝区(第 4~6 格添加高度相同)微涡旋球添加高度分别为 5、10、15、20、25、30 cm,测不同组合条件下的沉后水浊度。结果表明,当第一絮凝区微涡旋球高度为 35 cm、第二絮凝区微涡旋球高度为 15 cm 时,沉后水浊度最低,为 3.45 NTU,微涡旋球添加过高或过低都会给出水水质带来影响。

2.4 中试装置水流流态分析

在以上试验中,中试装置中存在比较明显的短流现象^[4]。为了减少短流对试验结果的影响,向中试装置中添加直板将其分格(见图 4)再进行试验,以期找到合适的微涡旋球投加方式,为水厂的提能改造提供指导。试验方案见表 2。

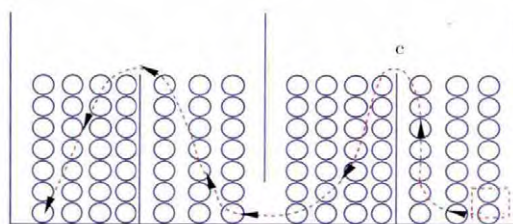


图 4 针对短流进行的修改

Fig. 4 Modifications for short flow

表2 微涡旋球添加高度

Tab.2 Depth of micro-eddy flocculation ball cm

项目	第一絮凝区			第二絮凝区		
	第1格	第2格	第3格	第4格	第5格	第6格
试验1	35	35	35	25	25	25
试验2	35	35	35	20	20	20
试验3	35	35	35	15	15	15
试验4	30	30	30	20	20	20
试验5	30	30	30	15	15	15
试验6	25	25	25	20	20	20
试验7	20	20	20	15	15	15

在每组试验运行3 h 达到稳定后,测定过渡区沉后水浊度 结果见图5。

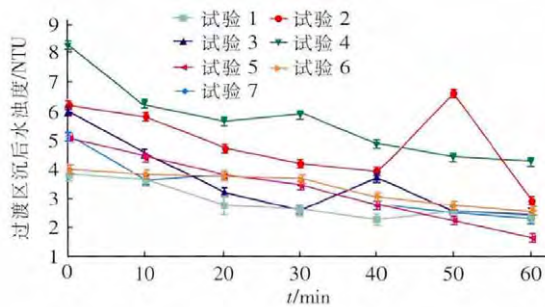


图5 过渡区沉后水浊度

Fig.5 Turbidity of overlying water

由图5 可得最佳中试条件如下:第一絮凝区的微涡旋球添加高度为30 cm(占有有效水深的55%左右)、第二絮凝区的微涡旋球添加高度为15 cm(占有有效水深的25%左右),过高或者过低的微涡旋球添加高度均会导致出水水质变差。

2.5 中试装置提能15%的絮凝效果对比

为了满足大水量运行时出水水质的要求,将中试装置提能15%,对比最佳微涡旋球添加高度与水厂现有折板絮凝池的絮凝情况 结果见图6。

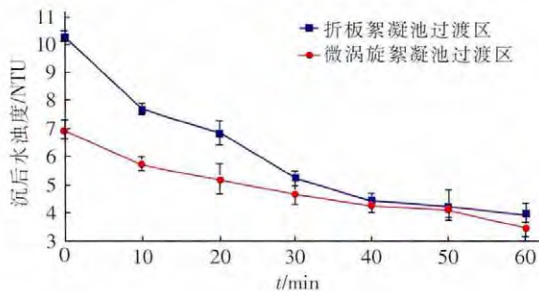


图6 中试装置提能15%后的运行效果

Fig.6 Effect of pilot plant when increasing influent by 15%

由图6 可以看出,在最佳微涡旋球添加高度下

可以有效地降低出水浊度,在相同的时间内,微涡旋絮凝池过渡区出水浊度较折板絮凝池低。

3 结论

① 微涡旋球添加高度对絮凝池的GT值有重要影响,合理的微涡旋球高度可以有效改善中试装置中各段的GT值。

② 将絮凝池进行划分对于改善絮凝效果具有重要影响,直板的加入有利于减少短流现象的发生,对于提能改造具有重要影响。

③ 当第一絮凝区微涡旋球高度占有有效水深的55%左右、第二絮凝区微涡旋球高度占有有效水深的25%左右时絮凝效果达到最优,微涡旋球高度过高或者过低均会造成水力扰动过大或者过低,不利于絮凝效果。

参考文献:

[1] 梅钦,张金松,刘丽君,等.应用停留时间分布评价絮凝池整体运行状况的探讨[J].给水排水,2009,35(21):83-86.
 [2] 刘希邈,沈本贤,范志伟,等.微涡旋控制多元强化水处理集成技术及其应用[J].中国给水排水,2009,25(20):58-62.
 [3] 王东升,张明,肖峰.磁混凝在水与废水处理领域的应用[J].环境工程学报,2012,6(3):705-713.
 [4] 陆丽,邓保庆,李勋栋,等.不同臭氧接触池性能的CFD模拟[J].水资源与水工程学报,2012,23(3):81-83.



作者简介:肖寒(1984-),男,河南漯河人,硕士研究生,研究方向为饮用水处理技术。

E-mail: fengxiao@cees.ac.cn

通讯作者:肖峰

收稿日期:2013-09-12