

# 折板絮凝池结构对运行水量变化的适应性研究

庞维海<sup>1</sup> 高乃云<sup>1</sup> 秦祖群<sup>2</sup> 刘成<sup>1</sup> 王俊红<sup>1</sup>

(1 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2 镇江市自来水公司, 镇江 212001)

**摘要** 通过试验研究某给水厂中两套折板絮凝池在不同水量下的运行状况,发现絮凝池整体布局及其结构形式对絮凝效果有很大的影响。可以根据絮凝池流程中的浊度变化,判断絮凝效果。用 FLUENT 6.1 对单格絮凝室进行流态模拟,可以直观地比较不同类型絮凝室内的水力特点。当运行水量变化幅度较大时,无论折板絮凝池的布局采用何种形式,都难以达到理想的运行状态。

**关键词** 折板絮凝池结构 运行水量变化 水头损失

## Research on buffer capacity of folded-plate flocculating tanks against hydraulic shock loading

Pang Weihai<sup>1</sup>, Gao Naiyun<sup>1</sup>, Qin Zuqun<sup>2</sup>, Liu Cheng<sup>1</sup>, Wang Junhong<sup>1</sup>

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Zhenjiang Water Supply Company, Zhenjiang 212001, China)

**Abstract**: Two folded-plate flocculating tanks working under different flow conditions were submitted for experimental research and found that the structure and overall layout of the tanks had obvious impact on flocculation. The flocculation effect could be estimated by the turbidity changing during the process. The flow pattern in the flocculating tanks was simulated by software FLUENT 6.1, and then the flocculation rooms could be compared by their hydraulic characteristics. If the inlet running flow fluctuated seriously, the ideal operation state could not be gotten no matter what style of the fold-plate was chosen.

**Keywords**: The structure of folded-plate flocculating tanks; Fluctuation of the running flow; Head loss

### 0 概述

在目前运行的给水厂中,大多采用折板絮凝+平流沉淀(或斜管沉淀)工艺。竖流折板絮凝池通过折板缩、放,使折板间的水流产生涡旋,从而提高颗粒碰撞概率,改善絮凝效果。折板絮凝池的设计一般都是根据设计规模,设定絮凝时间为12~20 min,但在实际运行过程中,尤其是在建成初期,给水厂的运行规模往往与设计规模相差很大;对某些小水厂而言,昼夜用水量的变化也会导致水厂调节运行水量,这些情况都会影响折板絮凝池的水力停留时间以及折板间水流速度。

江苏镇江某给水厂采用 A、B 平行两组折板絮凝+斜管沉淀工艺,工程的总设计处理水量为 5 万 m<sup>3</sup>/d,折板絮凝池的絮凝时间为 10 min,斜管沉淀池上升流速为 3 mm/s[表面负荷 10.8 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)],沉淀池停留时间为 28.6 min,配水区向沉淀池的流速为 0.02 m/s。折板絮凝池平面布置见图 1a,加过药的原水由折板絮凝池中间的絮凝室 1 进入,经过各个串联絮凝室的上下流动,多次折转,最终从 11、12 室流出,出水进入斜管沉淀池。折板絮凝室为异波折板的多通道形式,剖面见图 1b。后因絮凝效果欠佳,对折板絮凝池 B 进行改造,改造后的平面布

置见图 2a, 进水由折板絮凝室 1 进入, 最终从 12、13 室流出, 经过改造后, 絮凝池体积没有改变, 调整了絮凝池的内部结构, 并且把过去的多通道异波折板改为单通道异波折板, 折板絮凝室剖面见图 2b。由于此水厂规模小, 且主要作为补充水厂, 因此昼夜运行水量变化较大, 结果导致沉淀池出水水质不稳定, 从而影响滤池的最终出水。本文通过试验研究运行水量和折板结构对絮凝及沉淀效果的影响。

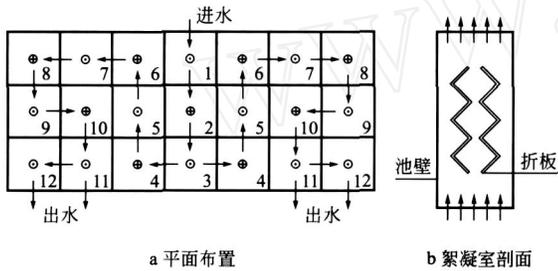


图 1 折板絮凝池 A 示意

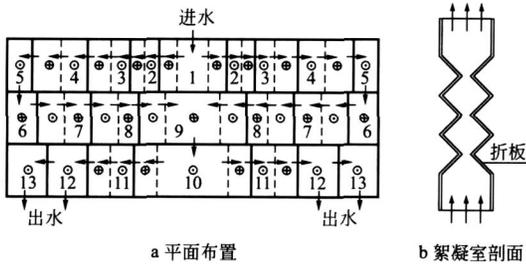


图 2 折板絮凝池 B 示意

### 1 絮凝池运行效果考察

该水厂混凝剂采用聚氯化铁, 在投药量  $30 \text{ mg/L}$ 、运行水量为  $800 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  (设计流量) 情况下, 分别用  $1\,000 \text{ mL}$  量筒沿水流方向在各絮凝室内取水,  $30 \text{ min}$  后, 取量筒的上清液  $50 \text{ mL}$ , 测其浊度, 测量结果见图 3。

由图 3 可以看出, 通过静沉后各点浊度连成的曲线相对平滑, 折板絮凝池 A 从进水端至出水端, 各取样点的浊度呈平缓下降趋势。与折板絮凝池 A 相比, B 池中各点浊度在前段下降较快, 随后慢慢平稳, 说明在此运行状态下, B 池内原水中胶体颗粒的脱稳速度较 A 池快, 在絮凝时间相同的情况下, 絮凝效果也更充分。在投药量  $30 \text{ mg/L}$ 、流量  $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  情况下, 沉淀池 A 的平均出水浊度要高于 B 约  $0.5 \text{ NTU}$ 。

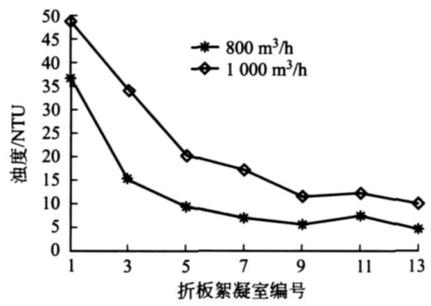
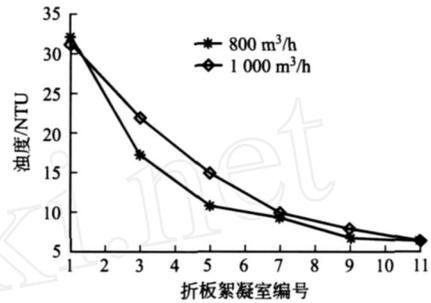


图 3 絮凝池各点静沉浊度

### 2 单格折板絮凝室结构分析

利用 FLUENT 6.1 软件模拟竖流折板絮凝池的流场, 可以直观地比较不同折板间距及形状下的水力状况。图 4 为进水流速为  $0.15 \text{ m/s}$  情况下折板絮凝池 A、B 的流场及速度场模拟。从流场 A 可以看出, 在折板的凹陷部分可以形成众多涡旋, 但大

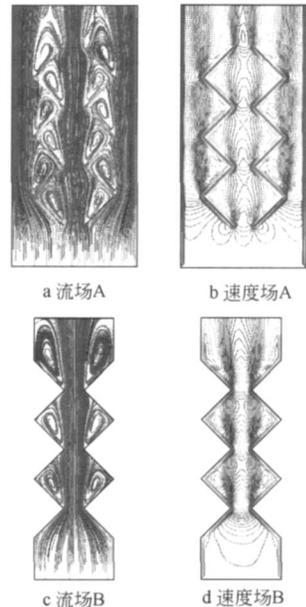


图 4 折板絮凝室 A、B 的流场及速度场模拟

部分水流都从折板与两侧的池壁之间经过,水流分配不均匀;并由速度场可以看出,折板与池壁之间的等速线密集,故  $G$  值较大,而折板间水流的等速线分布稀疏, $G$  值较小,因此在折板絮凝室 A 中,折板两侧  $G$  值的差别较大,能量的分布很不均匀。在絮凝室 B 中,全部水流都从折板中间经过,与絮凝室 A 相比, $G$  值的分布更加合理,水力絮凝的效果也更加明显。

### 3 折板絮凝池整体布局对絮凝的影响

折板的絮凝效果与  $G$ 、 $GT$  值有关,式(1)为絮凝池内絮体的碰撞速率  $N$  与水头损失  $h$  以及水流长度  $L$  之间的关系<sup>[1]</sup>。

$$N \sim G_0 T = \sqrt{\frac{E}{\mu}} T \sim \sqrt{\frac{E}{\mu Re}} T = \sqrt{\frac{ET^2}{Vd}} = \sqrt{\frac{hL}{V^2 d}} \quad (1)$$

在水密度  $= 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 粘度  $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s/m}^2$  时,异波折板的水头损失  $h$  表达式<sup>[2]</sup>为:

$$h = 0.400 \times \frac{L^{0.27} B^{0.46} v^{0.64}}{R^{0.733}} \times \frac{v^{1.99}}{2g} \quad (2)$$

式中  $h$  ——异波折板水头损失;

$L$  ——折板板长;

$B$  ——折板波峰间距;

$v$  ——波峰流速;

$R$  ——波峰水力半径;

——折板转角角度。

由式(1)和式(2)可以看出,在一定的范围内,折板越长,水头损失越大,絮体的碰撞速率就越大,絮凝效果就越好。虽然目前设计中规定絮凝过程中的速度逐段降低,且分段数不宜少于三段,但由于计算及施工方面的因素,絮凝池的各段水头损失并不能很好地与设计意图吻合,往往是实测值小于计算值<sup>[3]</sup>。图 5 是絮凝池在不同的流量下的各单元格水头损失,在图 5a 中,当运行水量小于  $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  时,虽然折板絮凝的累计水头损失逐渐增加,但变化不明显,尤其是第 5 格以后,几乎没什么变化。与 A 池相比,B 池在流量小于  $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$  的情况下,水头损失由小及大的趋势更加明显,因此在小流量情况下,B 池的絮凝效果更好,沉淀池出水浊度稍低于 A 池。相反,当流量 ( $1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ ) 显著超过设计流量时 ( $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ),A 池水头损失的变化曲线则更接近理想的水力絮凝条件,这是因为流量的增加正好增加了流速和涡流强度,弥补了能量输入不足的

缺陷,而 B 池则会因为涡流强度过大导致矾花破碎。由此看来,在流量变化的情况下,仅仅依靠水力流动,絮凝池很难适应运行水量的变化。

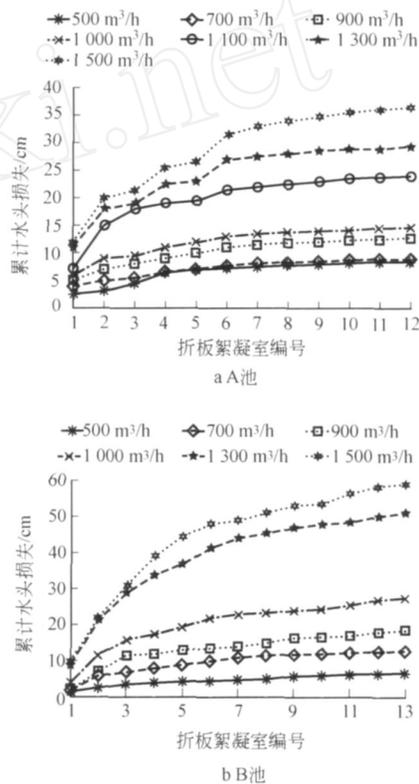


图 5 折板絮凝池各流量情况下的水头损失

### 4 流量变化对 $G$ 、 $GT$ 值的影响

絮凝池运行水量的变化必然会影响到折板间的水流速度以及水力停留时间,对于中小水厂或者规模较小的构筑物而言,水量的变化往往会导致  $G$ 、 $GT$  值的大幅度变化,从而影响絮凝效果。

图 6 是不同流量情况下絮凝池的  $G$ 、 $GT$  值分布。由图 6 可以看出,流量在  $500 \sim 1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$  范围内发生变化时,絮凝池 A 的  $G$  值变化幅度超过  $70 \text{ s}^{-1}$ ,B 池的  $G$  值变化超过  $100 \text{ s}^{-1}$ , $GT$  的变化也很大。由于折板絮凝池靠的是水力絮凝,操作人员无法根据进水的实际情况调节运行,而在原水水质及运行水量发生变化时,通过调节混凝剂投加量来控制沉淀出水浊度的效果又很有限。因此对于小水厂而言,宜采用机械搅拌絮凝池。

### 5 结论及建议

由上看来,折板絮凝池的构造对絮凝效果影响

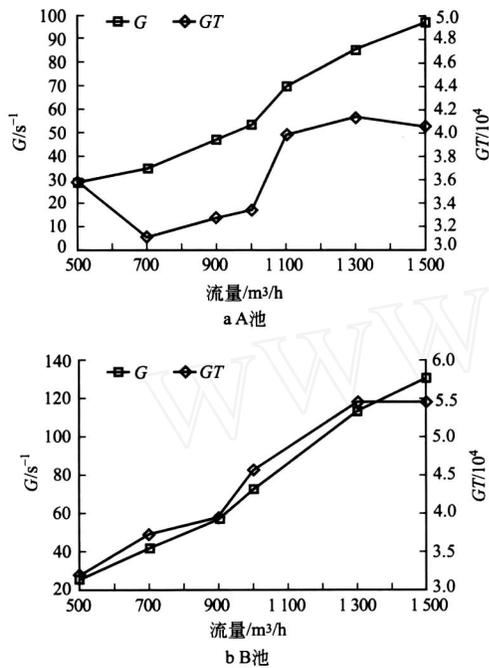


图6 折板絮凝池各流量情况下的  $G$ 、 $GT$  值

很大,当运行水量与设计水量差别较大时,折板絮凝池的絮凝效果较差,为了在任何流量下都能取得满意的处理效果,建议在对折板絮凝池进行考核及改造时,首先采取以下措施:

(1) 沿絮凝池水流方向取样,通过静沉试验,分析剩余浊度,并且与实验室混凝搅拌试验做比对,从

(上接第1页) 带动的 14~16 个重大集成技术系统;(5) 开发 15~22 套成套技术设备;(6) 产生 130~170 项发明专利;(7) 制定 50~60 项技术标准、政策和规范;(8) 建立 15~30 个研发平台、示范基地;(9) 培养 10 名学术带头人, 250 名中青年技术骨干, 3 500 名专业技术人才。

通过本项目实施,实现我国水污染控制与治理关键技术及制约因素的实质性突破,建立和完善适合我国国情的水污染控制与治理工程技术体系与监管体系,完善决策与监管所需的基础数据系统,以大幅度提高政府及全社会应对水环境问题的决策、监管和服务能力,促进体制与机制的理顺、市场规则的健全,全面引导和促进行业整体水平和企业竞争力的提高,为我国水环境治理与改善提供强有力的支撑。通过综合性示范项目,形成一系列重大集成技

中找出絮凝效果欠佳的原因。

(2) 通过测量絮凝池各段的水头损失,可以判断出各絮凝段的速度梯度,与设计计算相比较,找出其中的差距。

(3) 任何形式的水力絮凝池,在建成以后就很难被更改,而当现实状况与设计意图差别很大时,往往会使絮凝效果大大降低,因此建议对水量有可能变化较大的絮凝池采用可变速的机械搅拌。

(4) 通过改变折板夹角、折板间距及相对位置,可以开发出可调的折板絮凝设施,从而为现场调控提供可能。

### 参考文献

- 1 武道吉,谭凤训,王新文,等. 絮凝动力机理与控制指标研究. 环境工程,2000,18(5):22~25
- 2 孙友勋,谭章荣,范瑾初. 异波折板絮凝池单元水头损失的计算公式. 中国给水排水,1999,15(10):29~32
- 3 汪义强,陈超. 水力絮凝池发展与展望. 净水技术,2005,24(1):36~39

通讯处:200092 上海市密云路 528 号博士楼 3# 楼  
703-2 室

电话:13761277263

E-mail:pangweihai@sina.com

收稿日期:2007-08-10

修回日期:2007-11-26

术系统及成套技术方案,培育一批以科技为先导的产业品牌和企业集团,为城镇水设施建设和高效运行提供支撑和市场服务。

### 4 进度安排

(1) 实施年限。本项目实施周期为 5 年,2006~2010 年按实施条件成熟情况,逐步展开,大部分内容在 2010 年底前完成。同时兼顾 10 年规划,实施逐年调整与滚动机制,保障项目实施的实效性和延续性。

(2) 年度计划安排。2006 年:项目启动,实施方案编制,课题组织实施,开展关键技术研究,启动示范工程规划设计和建设;2007~2009 年:进行技术开发与集成应用,完成示范工程建设;全面开展关键技术研究及综合示范;2010 年:继续开展各项研究与示范,总结技术成果,提供推广应用的方案,项目验收。