

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.22.013

给水厂中心导流式旋流反应池设计特色

于 东

(天津市华淼给排水研究设计院有限公司, 天津 300190)

摘 要: 泉州水厂扩建工程规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 针对滦河水源水低温低浊、高温高藻的特点, 采用了中心导流式旋流反应池工艺, 解决了原有反应池存在的积泥和易滋生蚊虫问题, 使出水满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 的要求。旋流反应池利用水中胶体物质和混凝剂发生径向位移、产生碰撞的工作原理, 采用多个旋流反应室串联运行, 切线方向进水, 同时控制孔中平均线速度高于沉积流速, 取消了水中的扰流设施。为提高反应效果, 在每个旋流室中加导流柱, 反应效果良好, 实现了反应过程不排泥, 底泥由沉淀池集中排出。工程建成后, 出水效果良好, 运行稳定, 解决了反应段积泥的问题, 节省了设备投资。

关键词: 旋流反应池; 中心导流柱; 径向位移

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)22-0075-04

Design Characteristics of Central Diversion Hydrocyclone Reactor in Waterworks

YU Dong

(Tianjin Hua Miao Research & Design Institute of Water & Wastewater Company Limited, Tianjin 300190, China)

Abstract: The treatment capacity of the extension project of Quanzhou Waterworks is $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. According to the characteristics of low turbidity at low temperature and high algae at high temperature in Luanhe River water, a hydrocyclone reactor with central diversion was developed to successfully solve the problems of sludge deposit and mosquitoes breeding in the original reactor, so that the effluent quality met the criteria specified in *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006). The principle of hydrocyclone reactor is to make use of the radial displacement of colloid and coagulant in water to produce collisions. The multiple hydrocyclone reaction chambers were operated in series, and the water was fed in a tangential direction. At the same time, the average linear velocity in the control hole was higher than the sedimentation velocity, and the turbulence facilities in the water were cancelled. To improve the reaction efficiency, a central diversion column was added into each cyclone chamber, so that good reaction performance was obtained, and no sludge was discharged during the reaction process. The sediment was discharged from the sedimentation tank intensively. After completion of the project, the effluent quality was good and the operation was stable. The hydrocyclone reactor solved the problem of sludge deposit in the reaction section and saved the equipment investment.

Key words: hydrocyclone reactor; central diversion column; radial displacement

1 工程背景

以滦河水为水源的泉州水厂, 早期工程分别建

于 1986 年和 1994 年, 于 2011 年对原有系统进行了改扩建, 达到了 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的水处理能力。水

厂采用常规处理工艺,进水由虹吸管道从明渠取水,经过机械混合、网格反应,再经过斜板沉淀池的处理,经V型滤池过滤后进入清水池消毒,最终经水泵输送至市政管网。2015年,随着农村饮水提质增效工程的实施,泉州水厂实施了扩建工程,增加了 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的水处理设施,使总规模达到了 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在原有工艺的基础上,进行理论优化设计,同时结合实际运行经验,针对滦河水低温低浊、高温高藻的特点,解决了原有反应存在的积泥和易滋生蚊虫的问题,创新地提出了旋流反应池技术,最终选定了机械混合/旋流反应/斜管沉淀/V型滤池过滤的常规处理工艺^[1],使出水满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求。

2 给水处理反应的分类

根据水处理中反应池的构造特点,将其分为机械反应、水力反应两种型式。其中,机械反应具有以下优点:能够适应原水水质和水量的变化,配上无级变速传动装置后,可以根据原水水质和水量情况调整搅拌转速,不断改变水流的平均速度,利用速度差产生惯性^[2],大幅度增加颗粒碰撞几率,使反应更易达到最佳状态。但这种反应需要设置机械设备,从而增加了维修工作量和运行费用。另外,水力反应分为折板反应、网格反应、隔板反应、回转孔室反应、传统廊道反应以及回转组合式隔板反应工艺^[3],在这些工艺中,一般水流在设备中停留20~30 min,由于时间因素,水中还有很多反应不充分的小颗粒。传统的水力反应池按照速度梯度碰撞机理设计,存在水中微絮粒碰撞几率低、反应效果差的问题。高效水力反应依据微涡反应机理,为充分降低水中微絮粒碰撞的能量耗散,设计流速低,运行中絮体易沉积,需定期排除,从而减少了水中的碰撞质点,造成反应效果不好。

3 新型旋流反应池的提出及描述

为解决水力反应池存在的上述问题,充分考虑水流状态对水中微絮粒碰撞的影响,以提高反应效果。采用多个旋流反应室串联运行,并控制常年运行平均负荷下,每孔中平均线速度高于沉积流速,从而解决了水中微絮粒质点减少的问题,基本取消了水中的扰流设施,降低了基建设备投资和运行维护费用。该池型称为“中心导流式旋流反应池”。

3.1 池型及机理描述

中心导流式旋流反应池为多个旋流孔室串联,

每室开孔位置应使进水、出水上下相互错开,第一室的出水就是第二室的进水。由于切线进水及适宜的开孔位置,使每个单室均形成旋流,由于水中的胶体杂质及投入的混凝剂的密度与水的密度不同,产生密度差,在旋流的作用下,水中胶体杂质和混凝剂沿着水主流线运转的过程中发生径向位移,从而产生碰撞、黏结、吸附,实现良好的反应效果。

3.2 进水口位置设置

每池进水口位置设置应遵循使每个单池均为顺时针,或均为逆时针一个方向旋转的原则,以增加形成絮体的密实度。

3.3 设置导流柱

为解决低负荷运行中,池中径向速度梯度不合理、平均线速度过低造成絮体沉积的问题,在每个旋流室中加设导流柱,控制平均线速度,以提高反应效果。导流柱可提高低负荷状态下的池中水平线速度,使该池型适应的工作负荷更宽,适应冲击负荷的能力更强,可克服水力反应池对水量变化较大的原水适用性稍差的缺点。

4 设计特色

旋流反应池无需增加反应设备,它利用水中颗粒在旋转水流中径向移动的原理,形成的矾花密实度大、数量多,充分反应后易于在沉淀池内沉淀。正是由于此优点,它不需要设置排泥装置,节省了排泥阀门的设置和运行管理上的繁琐,其进、出水口的位置流态使得矾花不易沉淀,仅需设置手动阀门用于池体放空,这解决了运行时反应池积泥的问题。

旋流反应池适用性强,通过计算能够满足不同负荷下的运行,且其流速、水头损失、运行水位都能够保持线性状态,淹没孔口水深在不同负荷下差别较大,但不影响出水效果,不存在“死水区”,这解决了蚊虫滋生的问题。在池型上采用圆形或八角形,在下部过水孔的设计上加强结构支撑,保证旋流效果。中心导流柱采用饮水型材质管道,内部填充,固定于池底。土建施工简单方便,无需设备的预埋预留,与原有反应型式相比,减少了设备和安装的投资。

5 设计与计算

反应池与沉淀池合建,设置于沉淀池前,采用旋流反应型式。设计2座反应池,处理规模为 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,旋流反应池示意图1。每座旋流反应池平面布置16格,单格直径为2.60 m,总反应时间为

30 min。反应池有效水深为 6.50 m, 超高为 0.80 m, 总池深 7.30 m, 总水头损失为 0.50 m。反应区设置手动阀门用于放空, 共计 16 套。

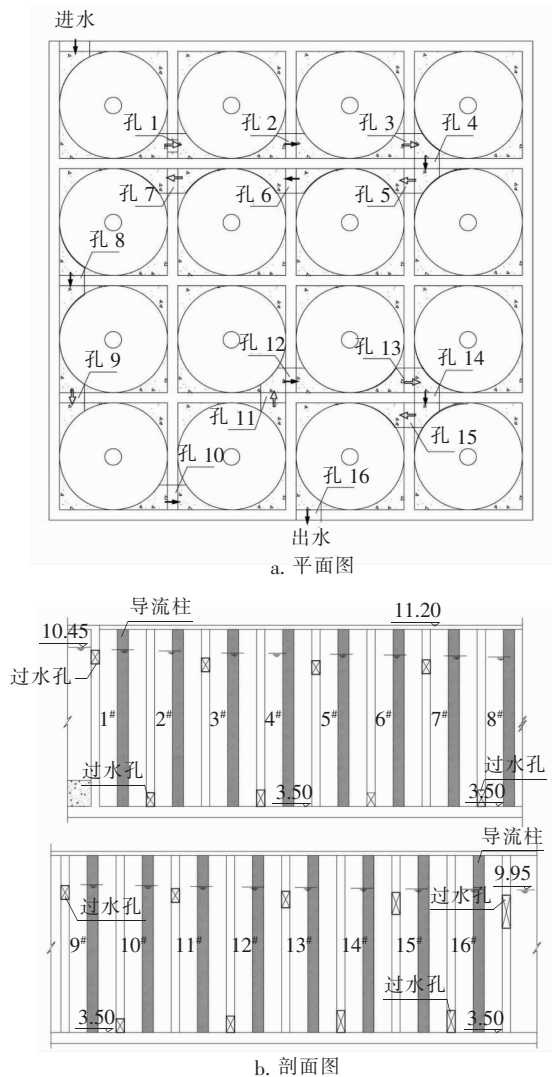


图1 旋流反应池示意

Fig.1 Schematic diagram of hydrocyclone reactor

满负荷运行时, 单座进水量为 $0.304 \text{ m}^3/\text{s}$, 入口流速 1.28 m/s , 出口流速 0.25 m/s , 满负荷时流速曲线见图 2, 可见池内流速逐渐递减。满负荷时水头损失曲线见图 3, 可见水头损失也是逐渐递减。满负荷时水位曲线见图 4, 可见水位标高也呈线性降低, 因此从满负荷时淹没孔口水深 (见图 5) 可以看出, 淹没孔口的深度整体是减少的。

为了满足低负荷时的运行要求, 考虑按照 60% 设计负荷进行校核计算。单座进水量 $0.182 \text{ m}^3/\text{s}$, 60% 负荷时流速曲线见图 6, 显示入口流速为 0.77 m/s , 出口流速为 0.15 m/s , 流速递减。60% 负荷时

水头损失曲线见图 7, 可见总水头损失为 0.20 m , 也是逐孔递减。60% 负荷时水位曲线见图 8, 可见水位高度整体低于满负荷状态, 而淹没孔口水深则呈递增的趋势, 但其间有波动 (见图 9)。

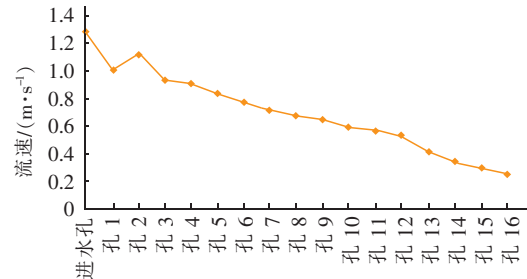


图2 满负荷时流速曲线

Fig.2 Flow curve at full load

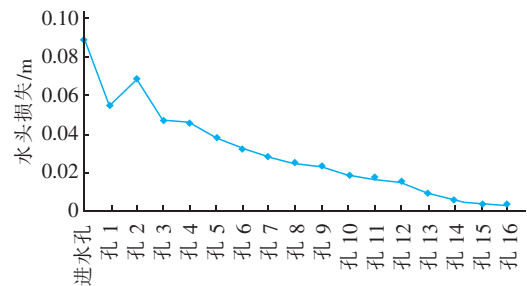


图3 满负荷时水头损失曲线

Fig.3 Head loss graph at full load

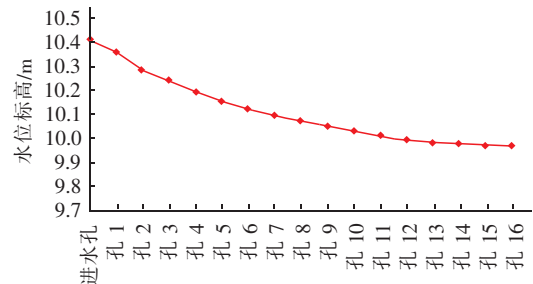


图4 满负荷时水位曲线

Fig.4 Curve of water level at full load

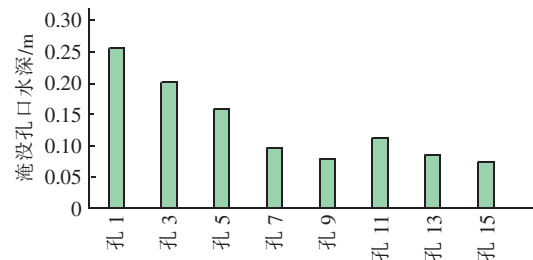


图5 满负荷时淹没孔口水深

Fig.5 Submerged orifice elevation drawing at full load

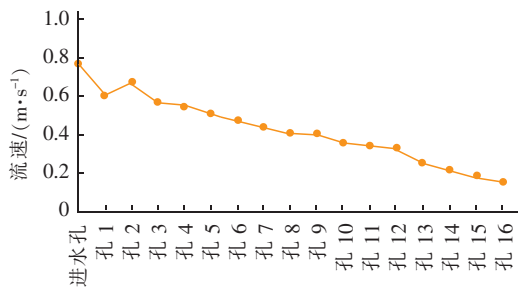


图6 60%负荷时流速曲线

Fig. 6 Flow curve at 60% load

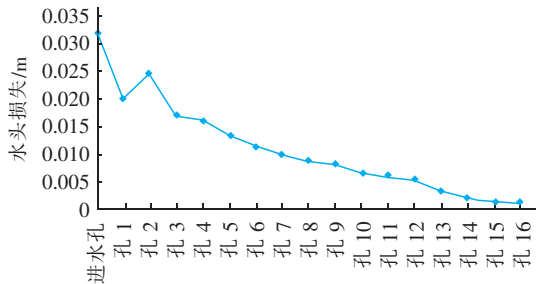


图7 60%负荷时水头损失曲线

Fig. 7 Head loss graph at 60% load

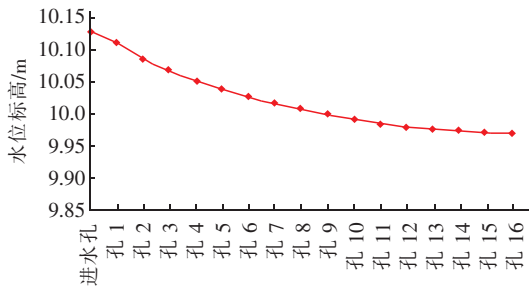


图8 60%负荷时水位曲线

Fig. 8 Curve of water level at 60% load

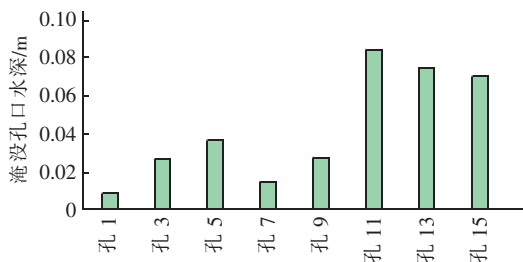


图9 60%负荷时淹没孔口水深

Fig. 9 Submerged orifice elevation drawing at 60% load

6 实际运行效果

目前扩建工程已建成运行,完全达到了预期目标,出厂水浑浊度小于0.5 NTU,主要出水指标见表1。该种反应池既不需要反应设备,也不需要排泥设

备,从而节省了投资,并解决了原有反应池存在的积泥和易滋生蚊虫的问题。实际运行数据表明,在单池水量60%低负荷的情况下,配合加药量的调节,反应池出水仍能形成密实的矾花,保证出水效果。目前该项技术已获得实用新型专利证书。

表1 主要出水指标

Tab. 1 Main effluent indices

项目	浑浊度/NTU	耗氧量/(mg·L ⁻¹)	色度/度	细菌
目标值	≤0.5	≤3	<5	无
最高值	0.5	3.0		

注: 浑浊度、耗氧量、色度、细菌月保证率分别为95%、95%、99%、100%。

7 结语

泉州水厂扩建工程采用了中心导流式旋流反应池,效果良好。该技术适用于给水厂新建和改造项目,但还需要结合运行情况进一步优化设计参数。

参考文献:

- [1] 吴臣. 城镇给水处理工艺的优化研究[D]. 重庆:重庆大学,2009.
WU Chen. Research on Optimization of Urban Water Supply Treatment Process [D]. Chongqing: Chongqing University, 2009 (in Chinese).
- [2] 舒玉芬,熊水应,朱慧,等. 微污染原水处理工艺设计及运行效果分析[J]. 中国给水排水,2013,29(18): 72-76.
SHU Yufen, XIONG Shuiying, ZHU Hui, et al. Design and operation result of micro-polluted raw water treatment process [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(18): 72-76 (in Chinese).
- [3] 汪义强,陈超. 水力絮凝池发展与展望[J]. 净水技术,2005,24(1):36-39.
WANG Yiqiang, CHEN Chao. Development and forecast of hydraulic flocculation basin types [J]. Water Purification Technology, 2005, 24(1): 36-39 (in Chinese).

作者简介:于东(1981-),男,天津人,大学本科,工程硕士,高级工程师,主要从事给水厂、污水厂及管道设计工作。

E-mail: yureton@126.com

收稿日期:2020-11-02

修回日期:2021-01-06

(编辑:孔红春)