

董志锋, 刘倩, 范漳, 等. 基于沉后水浑浊度优化目标的中小型水厂侧向流斜板沉淀池改造[J]. 净水技术, 2023, 42(6): 199-204.

DONG Z F, LIU Q, FAN Z, et al. Reconstruction of side flow lamella sedimentation tank in medium and small scale WTPs based on settled water turbidity optimization[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(6): 199-204.

## 基于沉后水浑浊度优化目标的中小型水厂侧向流斜板沉淀池改造

董志锋<sup>1,\*</sup>, 刘倩<sup>1</sup>, 范漳<sup>2</sup>, 林佳玲<sup>1</sup>, 曾威龙<sup>1</sup>

(1. 深圳市横岗自来水有限公司, 广东深圳 518115; 2. 深圳市龙岗水务集团有限公司, 广东深圳 518172)

**摘要** 针对深圳某水厂斜管沉淀池沉淀效果差、排泥不畅、沉后水浑浊度偏高, 最终导致滤池过滤周期短、滤后水及出厂水浑浊度偏高等问题, 将斜管沉淀池改造为 A 型侧向流斜板沉淀池。改造并优化完成后, 沉淀池空间利用率更高, 运行更加平稳, 对原水水质波动的抗冲击能力也有一定提升。对比相同工艺改造前后的水质效果, 发现经过改造优化后, 因进水导流区及运行死角的消除, 沉淀池运行有效容积由 74.1% 提升至 100.0%, 沉后水平均浑浊度下降 26%, 平均值在 0.51 NTU, 滤后水平均浑浊度下降 19%, 平均值为 0.13 NTU。运行结果表明, A 型侧向流斜板沉淀池改造效果显著, 适用于存在相似问题的中小型水厂。

**关键词** 侧向流斜板沉淀池 有效容积 出水浑浊度 斜板除泥装置 浑浊度

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2023)06-0199-06

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.06.024

## Reconstruction of Side Flow Lamella Sedimentation Tank in Medium and Small Scale WTPs Based on Settled Water Turbidity Optimization

DONG Zhifeng<sup>1,\*</sup>, LIU Qian<sup>1</sup>, FAN Zhang<sup>2</sup>, LIN Jialing<sup>1</sup>, ZENG Weilong<sup>1</sup>

(1. Shenzhen Henggang Water Supply Co., Ltd., Shenzhen 518115, China;

2. Shenzhen Longgang Water Group Co., Ltd., Shenzhen 518172, China)

**Abstract** In view of the problems of poor sedimentation effect, poor sludge discharge and high turbidity of settled water in the inclined tube sedimentation tank of a water treatment plant (WTP) in Shenzhen, which eventually led to short filtration cycle of the filter tank and high turbidity of filtered water and effluent, the inclined tube sedimentation tank is transformed into A-type side flow lamella sedimentation tank. After the transformation and optimization, the space utilization rate of the sedimentation tank is higher, the operation is more stable, and the impact resistance to the fluctuation of raw water quality is also improved to a certain extent. Comparing the water quality effects before and after the transformation of the same process, it is found that after the transformation and optimization, due to the elimination of the inlet diversion area and the dead angle of operation, the effective volume of the sedimentation tank is increased from 74.1% to 100.0%, the turbidity of settled water is reduced by 26%, stabilized at about 0.5 NTU, and the turbidity of the filtered water is reduced by 19%, stabilized at about 0.13 NTU. The practice results show that the transformation effect of A-type side flow lamella sedimentation tank is remarkable, and it is suitable for small and medium-sized WTPs with similar problems.

**Keywords** side flow lamella sedimentation tank effective volume outflow turbidity inclined plate desilting device turbidity

自 20 世纪 80 年代起, 斜管沉淀池因其占地面积小、处理效率高、出水水质好等特点, 被广泛应用

于城市水处理、城市污废水处理、工业用水净化以及工业废水处理工艺。斜管沉淀池的主要原理是利用层流原理, 增加沉淀面积, 从而缩短颗粒沉降距离, 缩短沉淀时间, 以达到提高沉淀池处理能力的目的。与平流沉淀池及其他澄清池相比, 在相同的占地面

[收稿日期] 2020-07-01

[通信作者] 董志锋(1987—), 男, 研究方向为城市供水技术, E-mail: 275126365@qq.com。

积下,斜管沉淀池通过增加沉淀池的沉淀面积,提高了处理能力和水质效果,因而在中小型水厂的净水处理工艺中得到广泛的应用。

某水厂始建于20世纪80年代,前后经过3次扩建,最终设计供水能力为7.2万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。水厂工艺具有占地面积小、工艺分期多、多种处理工艺并存的特点。其中,二至四期生产工艺产能为2万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,采用“配水井-穿孔旋流反应池/网格反应池-斜管沉淀池-单水冲虹吸滤池/气水反冲翻板滤池-清水池”工艺。一期生产工艺分为两组,每组产能为6000 $\text{m}^3/\text{d}$ ,均采用配水井-穿孔旋流反应池-斜管沉淀池-单水冲虹吸滤池-清水池。由于一期工艺建设时间早,建设标准较低,水厂抗冲击能力较差,导致该水厂不得不以牺牲处理水量为代价以保证出厂水符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)及水质内控要求。本次研究针对最早建设的一期1组6000 $\text{m}^3/\text{d}$ 两条生产工艺的沉淀池进行改造,旨在通过小投资、小改造挖掘老旧水厂的供水潜力,提高出厂水水质,充分释放产能,同时为其他中小型水厂提供沉淀池改造方式的参考。

## 1 工程概况

### 1.1 斜管沉淀池现状

该水厂一期两组产能均为6000 $\text{m}^3/\text{d}$ 的生产工艺建设于1986年,沉淀池采用的是蜂窝斜管,每组沉淀池分成两格,每格尺寸为4.48 m $\times$ 4.50 m,两格总建设面积为40.32 $\text{m}^2$ ,该沉淀池经过长达35年的运行,主要存在以下问题。

(1)沉淀段采用上向流斜管,由于颗粒沉降过程的顶托作用,在运行中部分沉降性能差的絮凝颗粒难以沉降,从而影响沉后水水质并加重了滤池的运行负荷,缩短了滤池反冲洗周期。

(2)水处理构筑物所采用的斜管为聚氯乙烯(PVC)材质,长时间暴露或受太阳光暴晒容易老化,导致使用寿命缩短,并且更换费用高。

(3)穿孔排泥管采用的是铸铁管,锈蚀严重,内部管壁凹凸不平,且部分排泥孔堵塞,导致沉淀池整体排泥不畅,排泥斗容易积泥。底泥随着水流通过斜管上升至清水区,造成跑矾现象,不仅极大加重了滤池的负荷,而且缩短了滤池反冲洗周期,影响出厂水水质。

(4)因沉淀池进水导流区以及斜管本身存在运行死角,该部分面积为10.44 $\text{m}^2$ ,导致沉淀池运行

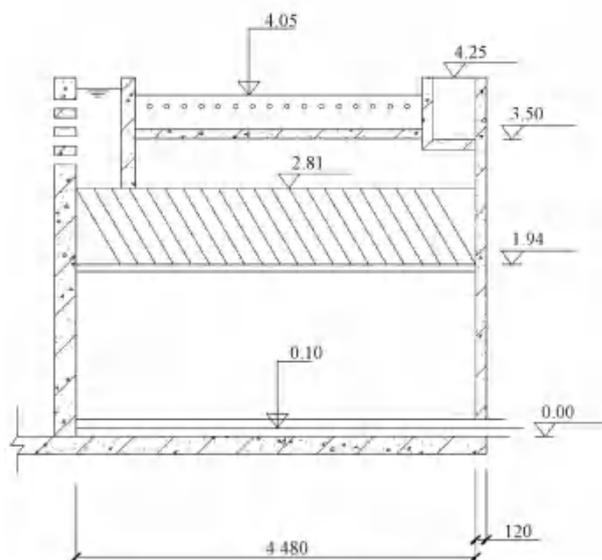
的有效容积只占总容积的74.1%,造成运行面积的极大浪费,无形中加大了上升流速,絮凝颗粒的沉降效果进一步削弱。

### 1.2 改造措施

针对沉淀池存在的问题,本次研究讨论并对比多种改造方案,比如将蜂窝斜管改造为U型斜管<sup>[1]</sup>、改进型斜管沉淀池<sup>[2]</sup>、复合沉淀池<sup>[3]</sup>,最终确定将一期2组上向流斜管沉淀池改造为侧向流A型斜板沉淀池<sup>[4]</sup>,具体改造方案如下。

(1)拆除原有铸铁穿孔排泥管,改为硬聚氯乙烯(UPVC)材质穿孔排泥管,UPVC材质排泥管相比铸铁排泥管有壁薄、内壁光滑的优势,减少排泥过程中的阻力,使排泥更顺畅、彻底。同时针对沉淀池排泥斗积泥前多后少的特性,将原有排泥孔由均匀布置改造为前段较为密集、末段较为稀疏的不均匀方式布置,强化排泥效果。

(2)拆除蜂窝斜管及导流墙(图1),基于浅层沉淀原理布置侧向流斜板及斜板除泥装置,实现了水流沿水平方向流动,沉泥沿竖直方向降落,避免了水路和泥路之间相互干扰,大幅度提高泥水分离效率,有效降低沉后水浑浊度,斜板具体参数详如表1所示。



注:标高单位m,其他为mm。

图1 改造前沉淀池剖面

Fig. 1 Profile of Sedimentation Tank before Reconstruction

(3)拆除三角堰出水集水槽,增加多孔集水管、水位平衡短管及出水调节堰板,增加沉淀池有效容积。

表 1 A 型斜板主要参数

Tab. 1 Main Parameters of A-Type Inclined Plate

项目	数值
竖直间距/m	0.07
水平间距/m	0.03
斜板顶角/(°)	55
斜板斜向长/m	0.2
斜板斜底长/m	0.254
斜板高度/m	0.154
斜板直间距/m	0.045

(4) 封堵原有配水花墙最上层 2 排尺寸为 110 mm×110 mm 方型孔洞,并把剩余的配水孔洞改造为直径 70 mm 的圆形孔洞,同时在原有孔洞下方均匀新开配水孔 7 排,让反应池出水均匀进入沉淀池,孔洞分布如图 2 所示。

(5) 增加斜板扫水清洗设备,原有液动隔膜式排泥阀加装电磁阀,实现排泥与扫水设备的联动,实现定时自动排泥。

### 1.3 侧向流斜板安装要点

本次改造沉淀段采用侧向流斜板,斜板截面为

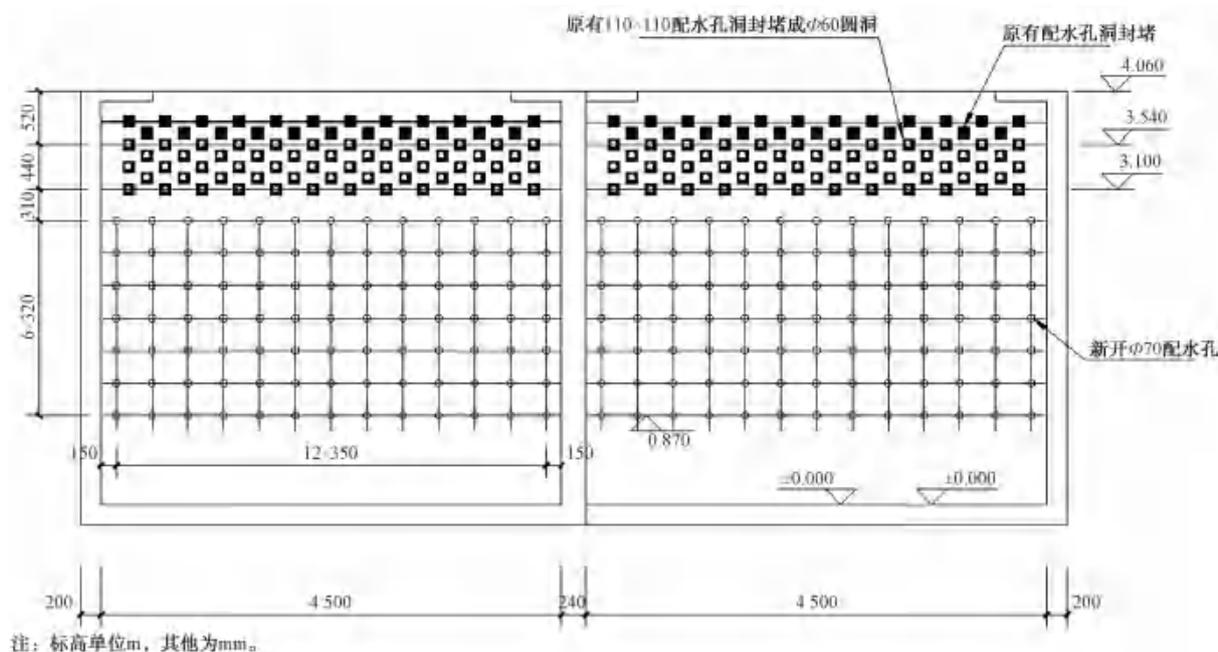


图 2 沉淀池配水花墙进水孔洞分布

Fig. 2 Distribution of Water Inlet Holes in Water Wall of Sedimentation Tank

A 型,斜板顶角角度为 55°,以提高泥水分离效率,降低沉后水浑浊度。A 型斜板工作原理如图 3 所示。

(1) 侧向流斜板为成套装置,装置主体由标准长度的斜板与卡件通过滑道杆、连接件、连接杆组成的标准模块单元组装而成,斜板采用乙丙共聚材质,厚度不小于 1.5 mm。

(2) 每组斜板沿池宽方向与沉淀池壁连接牢靠,组装沿水流方向,单组组装后长度不小于 1.0 m。斜板在沉淀池内安装后,四周需避免有短流现象,即斜板安装后要保证水流均匀通过斜板,不得出现绕流、短流现象,且落泥通道可畅通进入集泥区。

(3) 滑道杆、连接杆采用食品级玻璃钢型材,其

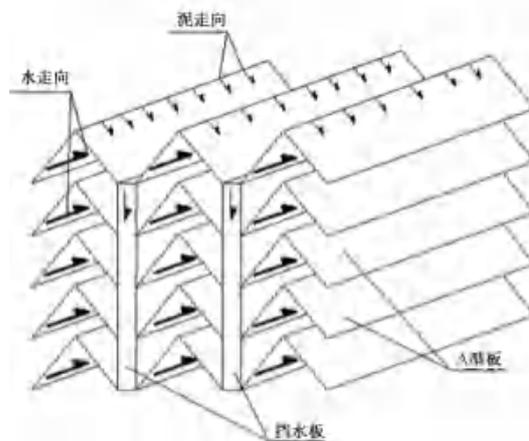


图 3 侧向流斜板工作原理

Fig. 3 Working Principle of Side Flow Lamella

本身采用标准连接件连接。斜板与滑道杆之间采用卡件连接。装置主体可根据不同的池型设计,斜板框架与沉淀池应搭接紧密,无短流现象,斜板及框架和组件自由组合拆装。

(4)斜板竖直间距需根据具体工艺计算确定。安装后,最上层斜板没入水中的深度不得大于上下两层斜板竖直间距。

(5)斜板顶部安装遮阳板,避免斜板长时间受到阳光暴晒,从而延长斜板使用寿命。

#### 1.4 横扫式侧向流斜板除泥装置

(1)横扫式侧向流斜板除泥装置由装置主体、传动系统、管道系统、控制系统、轨道、防护罩等部件构成<sup>[5]</sup>(图4~图5)。通过PLC控制,调整运行参数及系统设置,可实现连续行走、间断式行走、行走往复次数可变及改变管道系统压力等多种运行方式。

(2)横扫式侧向流斜板泥装置为安装在斜板沉淀装置框架上部的斜板专用洁净装置,视生产运行需要对扫洗周期和扫洗遍数进行设定。

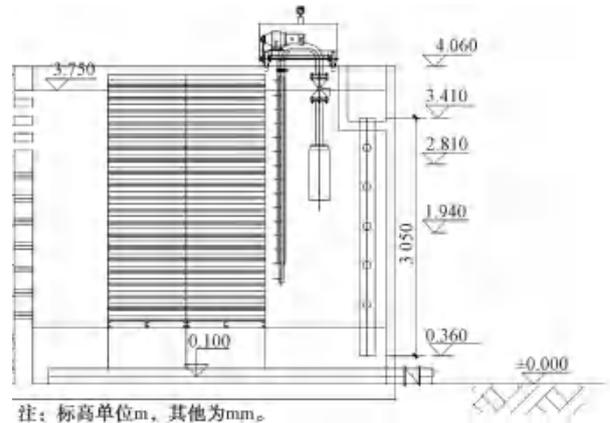


图4 侧向流斜板沉淀池侧面

Fig. 4 Side View of Side Flow Lamella Sedimentation Tank

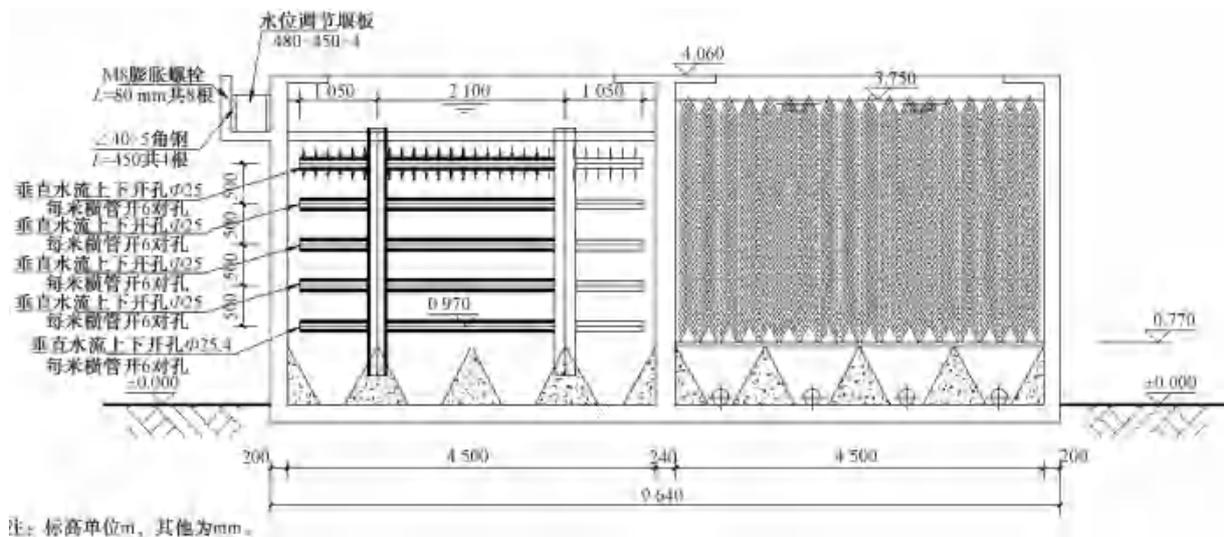


图5 侧向流斜板沉淀池正面

Fig. 5 Frontal View of Side Flow Lamella Sedimentation Tank

(3)扫洗装置包括沉淀池区域内所有设备及电 控系统,主要配件如表2所示。

表2 侧向流斜板沉淀池扫洗设备配件清单

Tab. 2 List of Accessories for Sweeping and Washing Equipment of Side Flow Lamella Sedimentation Tank

配件名称	规格	数量	配件名称	规格	数量
扫洗管路系统	SS304	2套	行走轨道	SS304	4根
不锈钢手动球阀	DN80,PN1.0	2个	行走电机	0.37 kW	2台
电磁阀	DN80,PN1.0	3个	可编程逻辑控制器(PLC)	触摸屏西门子、元器件施耐德	2台
扫洗水泵	SS304	2台	电缆	RVV3×2.5	2套
行走小车主体	外护板 SS304	2套	电缆	RVV8×1.5	2套
弹簧管压力表	0~0.6 MPa	2个	电缆拖链	57 mm×25 mm	2套

(4)装置外护板及水下供水系统均采用不锈钢SS304组合焊接而成;

(5)螺钉、螺母、垫圈、膨胀螺栓等连接紧固件均应采用不锈钢材质。

(6)横扫式侧向流斜板除泥装置运行时,高压水流从斜板出水端往进水端冲洗,同时可将沉淀池排泥安排在冲洗完成后进行,减少因冲洗对沉淀池出水造成的扰动。

## 2 改造效果

### 2.1 优化调试方案

沉淀池改造后,在初期调试过程中,沉淀池末端出现部分矾花沉降效果不理想的情况,为此根据调试过程中发现的问题对沉淀池进行了一些调整,具体问题及优化方案如下。

(1)在调试初期,设定斜板冲洗设备每天来回扫水两次,每次扫水时对水流造成的扰动使大量絮体颗粒被带起,最终进入多孔集水管,导致沉后水浑浊度升高,且每次扫洗完沉后水恢复至扫洗前浑浊度需要2 h以上,同时还发现设置的扫水强度偏大,也是造成水流剧烈扰动的原因之一。为此,通过调小斜板冲洗设备的扫水强度,同时将每天的2次扫水改为每天1次,从而减缓水流扰动幅度,加快斜板功能恢复。

(2)多孔集水管最底下一排出水横管位置距离池底过近,导致部分未完全沉降的颗粒跟随水流进入多孔集水管,对此,通过封堵多孔集水管最底下2排出水孔,并在上层集水槽新开2排出水孔解决。

(3)缩小斜板间距,更换斜板固定轨道内挂钩,挂扣长度由70 mm更换为50 mm,A型斜板垂直间距由70 mm调整为50 mm,斜板层数由原来的41层增加到57层。解决了斜板垂直间距过大,导致沉降效果较预期差的问题。同时还调节了出水堰板,提高出水水位及整个沉淀池的运行水位约为15 cm,提升沉淀池有效容积,小幅度降低沉淀池水平流速。

优化完成后,实现沉淀池100%容积利用率,运行效果大幅度改善,沉后水浑浊度相对改造前有明显的下降,达到了本次技术改造的目的。

### 2.2 沉后出水浑浊度

改造调试优化后,处理水量相同的情况下,沉淀池出水效果显著改善,尤其浑浊度显著下降,结果如图6所示。

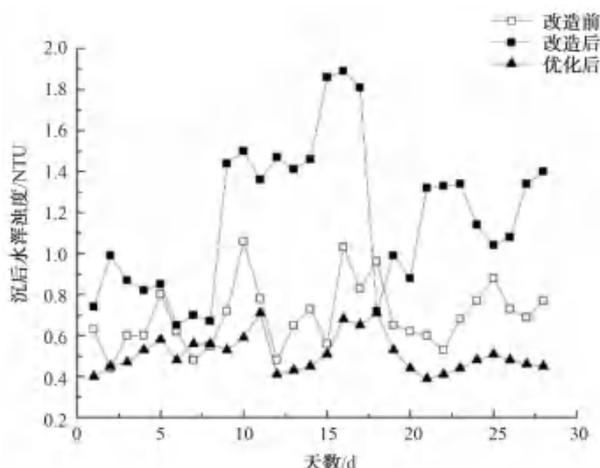


图6 优化后沉淀池沉后水浑浊度

Fig. 6 Turbidity of Settled Water in Sedimentation Tank after Optimization

在原水水质、水量情况稳定的前提下,原水浑浊度如图7所示,分别在改造前、改造后以及优化后对沉后水浑浊度进行28 d的监测。由图6可知,在原有工艺中,由于滤池沉淀段采用上流斜管,颗粒沉降过程有顶托作用,在运行中会出现部分沉降性能差的絮凝颗粒难以沉降的问题。此外,沉淀池整体排泥不彻底,排泥斗容易积泥,导致底泥容易随着水流上升至清水区。因此,改造前平均沉后水浑浊度较高,达到0.69 NTU,沉后水浑浊度为0.44~1.06 NTU。在改造后调试初期,冲洗设备扫水强度偏大,扫水后水流剧烈紊动,大量絮凝颗粒随着水流进入多孔集水管,从而导致沉后水浑浊度对比改造前不降反增,同时因多孔集水管的出水位置布置不合理,导致沉降至池底的部分絮凝颗粒随着水流流出沉淀

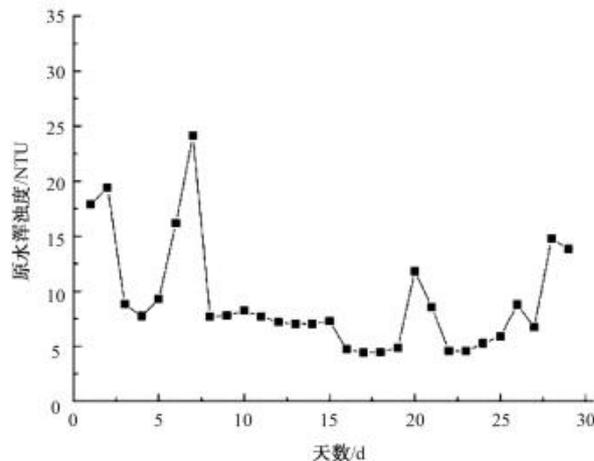


图7 原水浑浊度变化

Fig. 7 Change of Raw Water Turbidity

池,增加沉后水浑浊度,平均沉后水浑浊度高达 1.0 NTU。

根据现场工况进行了一系列优化,包括调整扫水强度、重新分布集水管位置及调整斜板间距,发现在经过优化后的沉后水平均出水浑浊度降低至 0.51 NTU,沉后水浑浊度为 0.39~0.71 NTU,与未改造及调试初期的对比组同期测得的平均沉后水浑浊度相比,分别下降了 26% 和 49%。整体上看,沉后水浑浊度波动更小、出水更稳定。

### 2.3 滤后出水浑浊度

为了进一步确定改造优化后的水质变化情况,对改造前、改造初期以及优化后的滤后水浑浊度也进行了监测,结果如图 8 所示。

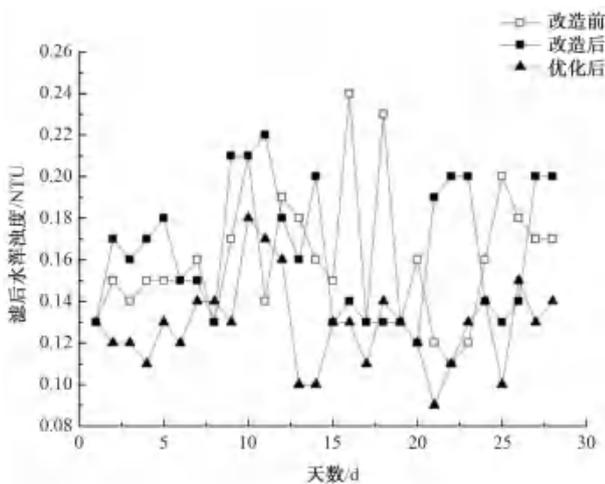


图 8 优化后滤后水浑浊度

Fig. 8 Turbidity of Filtered Water after Optimization

由数据可知,在采用斜管沉淀池时,平均滤后水浑浊度为 0.16 NTU。与沉后水浑浊度变化相似的是,在改造后初期,滤后水浑浊度有小幅度的上升,28 d 的平均滤后水浑浊度为 0.17 NTU,这说明改造初期沉后水浑浊度的上升并不能通过滤池过滤工艺消除,对滤后水的水质产生了一定的影响。而在经过调试优化后,滤后水浑浊度测得的平均值为 0.13 NTU,与改造前相比下降了 0.03 NTU,与改造初期相比平均下降了 0.04 NTU,而且运行过程更加平稳,抗冲击能力更强,甚至在滤池反冲洗周期平均由 20 h 延长至 24 h,依然能保持较低的滤后水浑浊度。

## 3 结论

(1) 通过将斜管沉淀池改造为 A 型侧向流斜板

沉淀池,沉后水平均浑浊度降低了 0.18 NTU,相比改造前降低幅度为 26%,滤后水平均浑浊度降低了 0.03 NTU,降低幅度为 19%。

(2) 侧向流斜板沉淀池相对斜管沉淀池容积利用率更高,利用率由原来的 74.1% 提升到 100%,不存在死水区,产能可以得到充分释放。

(3) 配套采用横扫式侧向流斜板除泥装置,可实现沉淀池的优化运行管理,无需停水放空、人工冲洗,采用全自动装置清理斜板板间集泥,降低人力运行成本。

(4) 采用乙丙共聚材质的斜板相对于传统采用 PVC 材质的斜管使用寿命更长,可有效降低因更换斜管而增加的运行成本。

(5) A 型侧向流斜板沉淀池的改造方案,适用于建设时间早、建设标准较低、水厂抗冲击能力较差的同类中小型水厂。

## 参考文献

- [1] 陈虹,李婷,林春敬,等. U 型斜管在给水处理厂沉淀池改造中的应用及探讨[J]. 城镇供水, 2020(2): 27-32.  
CHEN H, LI T, LIN C J, et al. Application and discussion of U type inclined pipe in reforming sedimentation tank of water plant [J]. City and Town Water Supply, 2020 (2): 27-32.
- [2] 吴东升,崔红军,何秀秀,等. 改进型斜管沉淀池在水厂改造中的实际应用[J]. 中国给水排水, 2016, 32(4): 68-71.  
WU D S, CUI H J, HE X X, et al. Practical application of improved inclined tube sedimentation tank in waterworks reconstruction [J]. China Water & Wastewater, 2016, 32 (4): 68-71.
- [3] 李建,王海梅,白筱莉,等. 复合沉淀池的衍变及工程应用[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 31-35.  
LI J, WANG H M, BAI X L, et al. Development and engineering application of composite sedimentation tank [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 31-35.
- [4] 金华增. 基于微絮凝作用的侧向/水平流泥水分流 A 型斜板: 2013200231257 [P]. 2013-01-17.  
JIN H Z. A type inclined plate for lateral/horizontal mud water diversion based on micro flocculation: 2013200231257 [P]. 2013-01-17.
- [5] 金华增,王丛笑. 一种侧向流斜板沉淀池斜板除泥池底排泥一体化装置: 2018222291046 [P]. 2018-12-28.  
JIN H Z, WANG C X. An integrated device for sludge discharge at the bottom of inclined plate desilter of lateral flow inclined plate sedimentation tank: 2018222291046 [P]. 2018-12-28.