

工程实例

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 04. 015

# 老旧自来水厂絮凝沉淀池技术改造实践

曾正仁, 孙政, 白华清, 贺阳, 赵亚芳  
(中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610081)

**摘要:** 某自来水厂一期工程设计规模 $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 建于1995年, 采用平流沉淀池工艺, 2010年改造为平流斜管复合沉淀池。由于絮凝效果差、斜管沉淀区底部排泥不彻底、“跑矾”等原因导致实际产水量仅为 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 亟需进行优化改造, 以提高产水量。采取延长絮凝时间、将机械+网格絮凝改为网格絮凝并优化布置、用桁架式吸泥机替代穿孔管排泥、增加配水区高度等技术改造措施后, 产水量提高至 $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

**关键词:** 自来水厂; 复合沉淀池; 絮凝沉淀池; 网格絮凝; 桁架式刮泥机; 矾花

**中图分类号:** TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)04-0089-04

## Technical Transformation Practice of Flocculation Sedimentation Tank in an Aging Waterworks

ZENG Zheng-ren, SUN Zheng, BAI Hua-qing, HE Yang, ZHAO Ya-fang  
(Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** The first phase of a waterworks with design capacity of  $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , using horizontal sedimentation tank technology, was built in 1995, and transformed into horizontal inclined tube composite sedimentation tank in 2010. Due to the poor flocculation effect, incomplete sludge discharge at the bottom of the inclined tube sedimentation zone, and alum runout, the actual water production yield is only  $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , so that it is urgent to optimize and transform to improve the water yield. By extending the flocculation time, changing mechanical and grid flocculation to grid flocculation and optimizing the layout, trussed sludge scraper instead of perforated pipe for sludge discharge, and increasing the height of the water distribution area, etc., the water yield was increased to  $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ .

**Key words:** waterworks; composite sedimentation tank; flocculation sedimentation tank; grid flocculation; trussed sludge scraper; alum floc

### 1 项目概况

成都市西北部某自来水厂一期工程设计规模为 $9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  (自用水系数为1.05), 水源来自凤鸣湖, 冬季月平均浊度3~5 NTU, 夏季浊度最高达10 000 NTU以上, 极端情况下原水水温低于 $4^\circ\text{C}$ , 主体工艺采用平流沉淀池+普通快滤池。为满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006), 2010年将平流沉淀

池后段25 m改造为斜管沉淀池。经过多年运行发现, 实际制水能力仅为 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。为满足城市供水需要, 2020年再次启动技术改造, 要求制水能力达到 $9.45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 过水能力达到 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 并解决排泥问题。

### 2 水厂现状及存在的问题

该水厂一期设2座絮凝沉淀池。单座絮凝沉淀

池设计流量为 $47\,250\text{ m}^3/\text{d}$ (即 $1\,968.8\text{ m}^3/\text{h}$ ),絮凝池平面尺寸为 $16.0\text{ m}\times 7.9\text{ m}$ ,池深 $4.8\text{ m}$ (有效水深 $3.2\text{ m}$ ,泥斗高 $1.0\text{ m}$ ),絮凝时间 $10.8\text{ min}$ (其中:机械反应 $5.8\text{ min}$ ,网格絮凝 $5.0\text{ min}$ ),缓冲区平面尺寸为 $16.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ ,池深 $4.5\text{ m}$ ,单座沉淀池分2格,单格宽 $7.85\text{ m}$ ,前段平流沉淀长 $18.1\text{ m}$ ,后段斜管沉淀长 $25.0\text{ m}$ ,液面负荷 $5.0\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,池深 $4.0\text{ m}$ ,配水区高度 $1.33\text{ m}$ ,配水区水平流速 $26.2\text{ mm/s}$ 。斜管沉淀池竖向布置见图1。

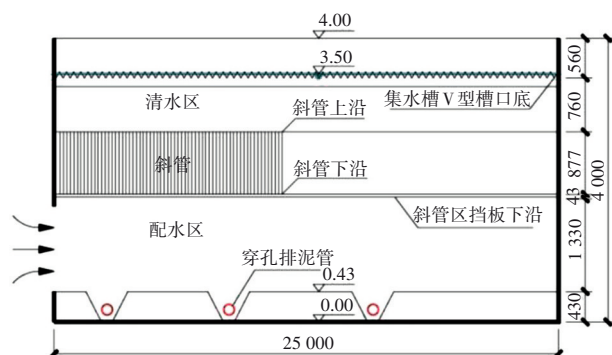


图1 斜管沉淀区竖向布置

Fig.1 Vertical arrangement of inclined tube sedimentation zone

结合现场踏勘、业主反映及相关工程资料分析,发现一期工程的絮凝沉淀池存在以下问题:

① 絮凝效果差。絮凝采用机械混合+机械絮凝+网格絮凝工艺,机械混合和絮凝搅拌机均已停用,后段采用网格絮凝,由于絮凝时间不足致使矾花成长不充分,由于过网孔流速偏大(即开孔率偏低)致使矾花破碎从而导致矾花不易沉淀。絮凝池布置和网格大样见图2。



a. 絮凝池布置

b. 网格大样

图2 絮凝池和网格

Fig.2 Flocculation tank and grid

② 斜管沉淀池排泥不彻底造成底部积泥、“跑矾”,影响沉淀池出水水质。由于平流斜管复合沉淀池是在原平流沉淀池的基础上进行改造,结构无法改变,斜管沉淀池总高度受原池高度(总高 $4.0$

$\text{m}$ 、水深 $3.5\text{ m}$ 、超高 $0.5\text{ m}$ )限制,底部配水区的高度仅 $1.33\text{ m}$ ,采用穿孔管泵吸的方式排泥,排泥管和排泥槽布置不合理致使斜管沉淀池底部积泥(见图3),进一步压缩了配水区空间,导致斜管沉淀池“跑矾”严重(见图4),斜管沉淀池清洗频繁,每年进行3~5次清洗仍无法解决“跑矾”问题。为保证出水水质,只能降低负荷运行,实际制水能力仅为 $7\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,减产超30%。



图3 斜管沉淀区的下部积泥

Fig.3 Sludge in the lower part of the inclined tube sedimentation zone



图4 斜管沉淀区“跑矾”

Fig.4 Alum floc running in the inclined tube sedimentation zone

### 3 改造思路

复合沉淀池是平流沉淀池和斜管沉淀池的优化组合,首先在斜管沉淀池前增设一段长 $12\sim 25\text{ m}$ 的平流沉淀池,不仅可使大量矾花与泥渣在前端平流段沉淀,降低斜管沉淀池的污泥负荷,而且使位于复合沉淀池后部的斜管沉淀池前端不再积泥<sup>[1]</sup>。本次改造维持复合沉淀池工艺不变。针对絮凝沉淀池存在的问题,提出以下改造思路:

① 通过延长絮凝时间和优化网格设置改善絮凝效果。混合搅拌机停用致使药剂混合不充分、网孔流速偏大致使矾花破碎、絮凝时间短致使矾花

成长不充分是造成一期絮凝池絮凝效果差的主要原因。通过控制网孔流速由大到小平稳而均匀地增长,进而控制矾花颗粒的合理成长,可有效提高矾花密实度从而改善其沉淀性能<sup>[2]</sup>。本次改造拟更换混合搅拌机,并将搅拌机前移至配水井,增加絮凝时间;拆除机械絮凝搅拌机,按网格絮凝要求重新划分絮凝区、调整网格安装位置,更换网格,控制网孔流速为0.15~0.30 m/s。

② 调整排泥方式。一期斜管沉淀池目前采用穿孔管泵吸排泥,由于排泥管间距过大、未设置排泥坡致使大部分沉泥无法顺利滑入排泥槽,导致底部积泥严重。本次改造拟采用机械排泥,目前常用的机械排泥设备有水下刮泥机和桁架式吸泥机。一期斜管沉淀池沉淀区总高为4.0 m,配水区高度明显偏小,若采用水下刮泥机排泥,可维持2座沉淀池斜管总面积785 m<sup>2</sup>不变,排泥浓度较高,排泥水量小,但需在底部填充素混凝土0.5 m形成泥斗,进一步挤压配水区高度,影响配水,同时由于刮泥机运行过程中搅动沉泥,可能造成沉泥二次上浮,影响出水水质,且造价较高;若采用桁架式吸泥机排泥,斜管总面积减小为644 m<sup>2</sup>,排泥浓度低,排泥水量较大,但不会挤压配水区高度,有利于配水,且吸泥机一边刮泥一边吸泥,在运行过程中导致沉泥二次上浮的可能性更低,排泥更彻底,且造价更低。因此,推荐采用桁架式吸泥机排泥。

③ 增加配水区高度,防止“跑矾”,同时提高配水均匀性。增加配水区高度可提高斜管沉淀池的配水均匀性,最终增加产水量<sup>[3]</sup>。《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)要求配水区高度不宜小于2.0 m,一期斜管沉淀池下部配水高度仅1.33 m,配水区高度不足导致水平流速偏大,配水不均匀,底部积泥导致流速进一步加大,大量矾花被水流带出沉淀池。为增加斜管沉淀池底部配水区高度,将斜管沉淀池排泥方式由穿孔管泵吸改为桁架式吸泥,并将沉淀池超高由0.5 m调整为0.3 m。

4 工程设计

4.1 配水井改造

聚合氯化铝(PAC)投加点前移至配水井,配水井中增加2台混合搅拌机。混合时间54 s,搅拌机功率5.5 kW,搅拌速度梯度952 s<sup>-1</sup>。

4.2 絮凝沉淀池改造

① 絮凝池改造

拆除机械絮凝搅拌机,按网格絮凝要求重新划分机械絮凝区、调整网格安装位置,采用新型不锈钢网格替换原有网格。网格絮凝区共设4段,第1~3段设置网格,第4段不设网格,共设置42层网格,絮凝时间11.2 min(672 s),总水头损失0.249 m, G值60.2 s<sup>-1</sup>,GT值37 448。G值和GT值符合《给水排水设计手册(第三册):城镇给水》的要求。絮凝区各段设计参数见表1。

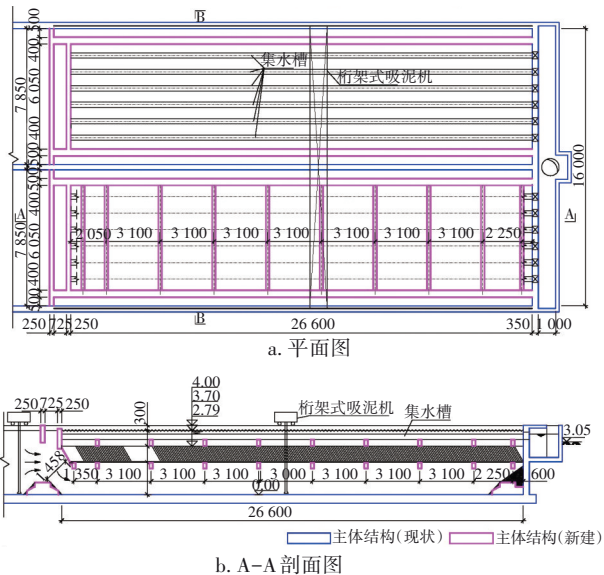
表1 网格絮凝设计参数

Tab.1 Design parameters of grid flocculation tank

项目	T/s	流速/(m·s <sup>-1</sup> )	水头损失/m	G/s <sup>-1</sup>	GT
第一段	105	0.27	0.115	103.5	10 863
第二段	168	0.23	0.086	70.7	11 881
第三段	168	0.16	0.037	57.8	9 713
第四段	231	0.13	0.011	21.6	4 991

② 沉淀池改造

维持前置平流、后置斜管的沉淀池型式不变,拆除穿孔管和排泥槽,斜管沉淀池由穿孔管泵吸排泥改为桁架吸泥,集水槽安装高度抬高0.20 m,斜管沉淀池底部配水区高度为1.85 m,将斜管沉淀池的分隔及斜管、集水槽支撑结构进行改造以匹配桁架式吸泥机的行走;现有斜管损坏严重的予以更换。斜管沉淀池总高4.0 m,其中:配水区1.85 m,斜管0.94 m,清水区0.91 m,超高0.3 m;由于受主体结构跨度的限制,斜管区长26.6 m,单格宽6.05 m。单座沉淀池设1台桁架式吸泥机,池宽16 m,轨距16.3 m,吸泥泵2台,单泵流量60~100 m<sup>3</sup>/h。斜管沉淀池布置见图5。





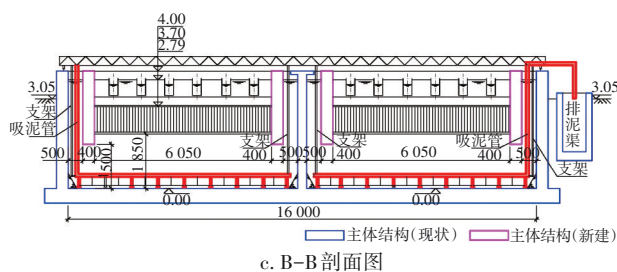


图5 斜管沉淀池改造示意

Fig.5 Schematic diagram of transformation of inclined tube sedimentation tank

絮凝沉淀池改造前后设计参数对比见表2。

表2 絮凝沉淀池改造前后设计参数对比

Tab.2 Comparison of design parameters of flocculation and sedimentation tank before and after reconstruction

项目	设计规模/ ( $10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	絮凝时间/min		平流区水 平流速/ ( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	斜管区液面 负荷/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ )
		机械絮凝	网格絮凝		
改造前	7	7.8	7.0	8.6	3.7
	9.45	5.8	5.0	11.6	5.0
	10.5	5.2	4.7	12.9	5.6
	12	4.6	4.1	14.7	6.4
改造后	7		15.1	8.1	4.5
	9.45		11.2	10.9	6.1
	10.5		10.1	12.1	6.8
	12		8.8	13.8	7.8

## 5 运行效果及经济分析

### 5.1 运行效果

本次改造施工调试时间为6个月,调试完成后,经过30 d的连续运行,一期絮凝沉淀池产水量达到 $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 、出水浊度 $<1.0 \text{ NTU}$ ;将产水量提高到 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,沉淀池出水浊度仍然低于 $1.6 \text{ NTU}$ ,改造工程达到预期效果,絮凝效果显著提高,排泥问题彻底解决。

### 5.2 经济分析

经过改造后,一期工程的实际产水量从 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 提高到 $10.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,产水量增加50%,且工艺运行稳定,改造工程总投资为450万元,单位投资约43元/ $\text{m}^3$ ,增加水量的单位投资为129元/ $\text{m}^3$ ,经济效益显著。

## 6 结语

① 絮凝效果的好坏对沉淀池出水水质至关

重要。混合搅拌机停用使药剂混合不充分、网孔流速偏大使矾花破碎、絮凝时间短致矾花成长不充分是造成一期絮凝池絮凝效果差的主要原因。通过设置机械混合、延长絮凝时间、优化网格布置、控制网孔流速等措施可显著改善絮凝效果。

② 斜管沉淀区排泥不彻底、配水区高度不足导致“跑矾”进而降低产水能力,在平流沉淀池改为平流斜管复合沉淀池的设计过程中,受池高和长宽比的限制,如何在液面负荷大小、排泥方式和配水均匀性三者之间平衡非常重要。此次改造实践对类似老旧水厂平流沉淀池改造具有借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 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 Jian, WANG Haimei, BAI Xiaoli, et al. Development and engineering application of composite sedimentation tank [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 31-35(in Chinese).
- [2] 黄孟斌,武洋,王梅芳,等. 深圳长流陂水厂网格絮凝池提升改造工程实践[J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 116-119, 123.  
HUANG Mengbin, WU Yang, WANG Meifang, et al. Application practice of grid flocculation tank upgrading and reconstruction in Shenzhen Changliupi waterworks [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(12): 116-119, 123(in Chinese).
- [3] 秦建文,秦惠琛. 调高斜管沉淀池安装高度增加产水量的工程实践[J]. 给水排水, 2005, 31(2): 37.  
QIN Jianwen, QIN Huichen. Lifted installation of inclined tubular for higher output of sedimentation tank [J]. Water & Wastewater Engineering, 2005, 31(2): 37(in Chinese).

作者简介:曾正仁(1980- ),男,湖南娄底人,硕士,高级工程师,注册设备工程师(给水排水),注册咨询(投资)工程师,副总工程师,主要从事市政给水排水、环保工程设计及研究工作。

E-mail: 54326291@qq.com

收稿日期: 2021-11-18

修回日期: 2021-11-27

(编辑:衣春敏)