

工程实例

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.020

# SediMag<sup>®</sup> 磁絮凝技术用于污水厂高效沉淀池改造

霍槐槐

(青岛洛克环保科技有限公司, 山东 青岛 266071)

**摘 要:** 聊城市某污水处理厂设计规模为  $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 出水执行一级 A 标准。为进一步削减污染物排放量, 该污水处理厂决定采用磁絮凝技术进行提标改造, 出水执行准地表 IV 类水标准, 其中  $\text{SS} \leq 5 \text{ mg/L}$ ,  $\text{TP} \leq 0.3 \text{ mg/L}$ 。介绍了磁絮凝沉淀池提标改造的主要设计参数, 以及针对高效沉淀池的池体及设备的改造措施。原深度处理段采用两组高效沉淀池 + 纤维转盘滤池组合工艺, 提标完成后由一组磁絮凝沉淀池承担  $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  规模全部深度处理功能, 出水水质稳定满足新的排放要求。

**关键词:** 磁絮凝; 高效沉淀池; 深度处理

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0122-05

## Application of SediMag<sup>®</sup> Magnetic Sedimentation Technique in Renovation of High-efficiency Sedimentation Tank in WWTP

HUO Huai-huai

(Qingdao Low-carbon Environmental Technology Co. Ltd., Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The effluent quality from a  $35\,000 \text{ m}^3/\text{d}$  wastewater treatment plant in Liaocheng City was subject to the first level A criteria in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). In order to further reduce the discharge pollutants, the wastewater treatment plant has been upgraded and reconstructed by adopting magnetic sedimentation technique to meet the level quasi IV criteria in *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002), among which the SS limit is  $5 \text{ mg/L}$  and the TP limit is  $0.3 \text{ mg/L}$ . This main design parameters of the magnetic sedimentation tank, as well as the improvement measures for the high-efficiency sedimentation tank and equipment were introduced. The original 2 sets of high-efficiency sedimentation tanks and fiber rotary disc filters in the advanced treatment section were replaced by a group of magnetic sedimentation tank which had the same processing capability and stably met the new effluent requirements.

**Key words:** magnetic sedimentation; high-efficiency sedimentation tank; advanced treatment

### 1 工程背景

山东省聊城市某污水处理厂一期规模为  $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 2016 年建成投产, 采用预处理 + AAO + 二沉池 + 絮凝沉淀 + 纤维转盘滤池 + 接触消毒处理工艺, 其中絮凝沉淀工艺段采用两组高效沉淀池, 出水执行一级 A 标准。为进一步削减污染物排放量, 该污水处理厂于 2018 年进行了《地表水环境质量标

准》(GB 3838—2002) 准 IV 类标准的提标改造。

### 2 原有工艺运行情况

原工艺深度处理段采用高效沉淀池 + 纤维转盘滤池组合工艺, 用以进一步去除 SS 和 TP。高效沉淀池改造前平面布置见图 1。高效沉淀池与中间提升泵房结合, 二沉池出水经提升后分别进到两组高效沉淀池。将絮凝剂投加至二沉池出水管, 中间提

升泵房兼具絮凝反应池的作用,在这个阶段药剂与进水充分混合,后续进到絮凝反应区及沉淀区,完成污染物的去除。高效沉淀池主要设计参数见表 1。

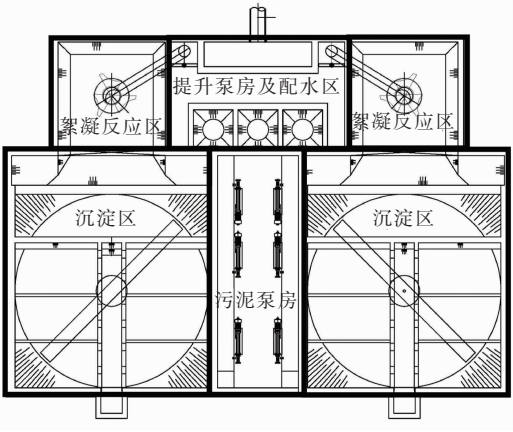


图 1 原高效沉淀池平面布置

Fig. 1 Layout of current high-efficiency sedimentation tank

表 1 高效沉淀池主要设计参数

Tab. 1 Main design parameters of high-efficiency sedimentation tank

项 目		设计参数
絮凝反应区	数量/格	2
	有效尺寸(单格)/(m×m×m)	6.5×6.5×5.95
	平均停留时间/min	20.68
高效沉淀区	数量/格	2
	直径/m	11.7
	斜管面积/m <sup>2</sup>	83.65
	斜管斜长/m	1
	斜管间距/mm	80
	倾斜角度/(°)	60
	平均表面负荷/(m <sup>3</sup> ·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	8.72

原深度处理工艺段整体运行情况良好,出水可以满足一级 A 标准。改造前深度处理工艺段平均进、出水水质见表 2。

表 2 改造前深度处理工艺段平均进、出水水质

Tab. 2 Average influent and effluent quality of advanced treatment before upgrading

项 目	SS	TP
进水水质(平均)/(mg·L <sup>-1</sup> )	50	1.5
出水水质(平均)/(mg·L <sup>-1</sup> )	8.6	0.39
平均去除率/%	82.8	74
一级 A 标准/(mg·L <sup>-1</sup> )	10	0.5
提标改造后水质要求/(mg·L <sup>-1</sup> )	5	0.3

原深度处理工艺无法稳定达到新的出水要求,需进一步提高对 SS 和 TP 的去除率。

3 改造方案

受污水厂用地限制,本工程不具备新建构筑物的条件,故应充分利用现有设施。同时,提标改造方案应节省工程投资,并易于实施,节省施工时间。

SediMag®磁絮凝沉淀是在高效沉淀池内投加高效可回收的磁粉(密度为 4.8~5.1 g/cm<sup>3</sup>),使絮凝体和磁粉结合,从而提高絮团的整体密度,进一步强化整个系统的絮凝效果和沉淀速度,并大大增强污泥的沉淀浓缩效率。改造需在系统内增设磁粉加载池和磁粉回收系统。SediMag®磁絮凝沉淀池的工艺流程如图 2 所示。

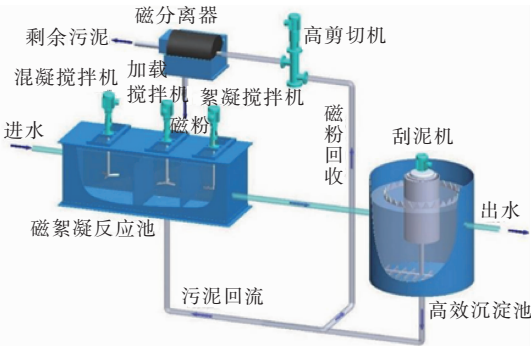


图 2 磁絮凝沉淀池工艺流程

Fig. 2 Flow chart of SediMag® magnetic coagulation & sedimentation process

SediMag®磁絮凝沉淀池作为更先进的高效沉淀池,具有比传统高效沉淀池更快的沉淀速度、更小的占地面积、更好的出水效果和更高的剩余污泥浓度等优势<sup>[1]</sup>。

本工程将其中一组高效沉淀池改造为一组 SediMag®磁絮凝沉淀系统,设计处理规模为 3.5×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d。升级完成后,单独运行 SediMag®磁絮凝沉淀池,承担全部的深度处理功能。未升级的一组高效沉淀系统和纤维转盘滤池作为应急备用。

4 工程改造措施

4.1 磁絮凝技术改造难点

由于磁絮凝沉淀池内投加了高密度的磁粉,很多技术细节和高效沉淀池存在非常大的区别,分析如下:

① 易沉积性。磁粉投加后导致絮体密度大,易产生沉积和淤积,可能会导致设计不合理的池体内死角、管道甚至泵腔中沉积磁粉,进而使系统运行

紊乱。

② 高磨损性。由于磁粉的硬度较大,在输送过程中对设备、管道具有高磨损性,易导致系统设备、管道等发生磨损。

因此,在磁絮凝沉淀池改造工程中,应在池体设计、设备选型等方面进行针对性的合理设计。

## 4.2 高效沉淀池池体改造方案

在原有高效沉淀池的土建基础上进行改造,不增设新的构筑物。应尽量减少对现状池体的破坏,合理利用现有设备,并结合厂区整体工艺流程进行合理改造。

### 4.2.1 原絮凝反应池改造

高效沉淀池的絮凝反应池改造应着重解决以下几个问题:

① 进水管由池底向上垂直接入,易发生磁粉堵塞;

② 导流筒外流速较低,磁粉易沉积;

③ 絮凝池至沉淀池的出口区靠水力推流上翻进入沉淀区,含有磁粉的磁性絮团密度较大,无法顺利进入沉淀区,会导致磁粉在过流区堆积。

针对以上主要问题,进行了如下改造设计:

① 将进水区单独隔离开,作为进水过渡区,避免磁粉进入进水过渡区引起堵塞。

② 拆除导流筒,保证磁粉在加载区内能够得到充分提升和混合。

③ 将絮凝反应池和过流区的挡墙拆除,部分过流区作为加载反应池和絮凝反应池的部分空间。将絮凝反应池内的搅拌机改为磁絮凝专用搅拌机,经机械搅拌絮凝后,将带有磁粉的絮团提升至沉淀池内。絮凝区改造示意如图3所示。

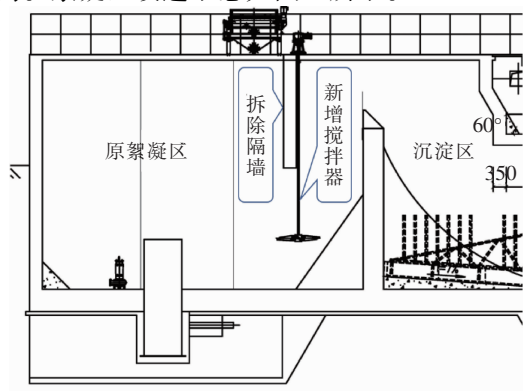


图3 絮凝区改造示意

Fig.3 Reconstruction of coagulation zone

④ 在磁絮凝沉淀池的排泥系统中,剩余污泥泵将污泥送至池顶的磁分离器进行磁粉回收,分离后的剩余污泥通过重力排放。在本工程中无法通过重力流入厂区现状污泥浓缩池内,因而需要增设污泥暂存池,由暂存池内的污泥泵将污泥输送至污泥浓缩池。

本工程需将原絮凝反应区重新划分为进水过渡区、混凝反应池(T1)、加载反应池(T2)、絮凝反应池(T3),以及污泥暂存池5个区域。各分区均采用搭建钢结构的形式改造,尽量减少对现状池体的改动。在 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的处理能力下,各分区的停留时间及有效容积如表3所示。

表3 原絮凝反应区改造主要设计参数

Tab.3 Main design parameters for reconstruction of coagulation reaction zone

项 目	设计参数	数值
进水过渡区	有效尺寸/(m × m × m)	2.5 × 3.8 × 5.95
	平均停留时间/min	2.33
混凝反应池(T1)	有效尺寸/(m × m × m)	2.7 × 2.5 × 5.95
	平均停留时间/min	1.65
加载反应池(T2)	有效尺寸/(m × m × m)	3 × 3.5 × 5.95
	平均停留时间/min	2.57
絮凝反应池(T3)	有效尺寸/(m × m × m)	3.5 × 3.5 × 5.95
	平均停留时间/min	3.00
污泥暂存池	有效尺寸/(m × m × m)	2.65 × 6.5 × 5.95

### 4.2.2 沉淀池改造

沉淀池整体状况良好,需按 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理能力重新核算主要设计参数。

沉淀池有效斜管面积 $83.65 \text{ m}^2$ ,经核算有效表面负荷为 $17.43 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,可满足磁絮凝系统要求。本工程利用原有沉淀池池体以及斜管。

原集水槽共12条,出水堰总长度120 m。经核算过堰负荷为 $3.37 \text{ L}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ,堰上水头36 mm,满足设计要求;槽内起端水深0.17 m,低于集水槽0.4 m,满足设计要求,可以利旧。

因此,沉淀池池体基本无改造,充分利旧。

### 4.2.3 污泥泵房改造

原有污泥管道从沉淀区污泥斗引出后向上连接90°弯头进入原螺杆泵。投加磁粉后,这种连接形式会导致磁粉淤积,阻塞管道,所以泵房必须与沉淀池底部齐平或者更低,以保障污泥斗通过水平管道直接进入污泥泵。

本工程将原污泥泵的平台降低,使污泥管道水



平进入磁絮凝系统配套污泥泵。

综上所述,本工程改造了原絮凝反应区及污泥泵房,沉淀池基本保留,改造后 SediMag®磁絮凝沉淀池平面布置如图 4 所示。

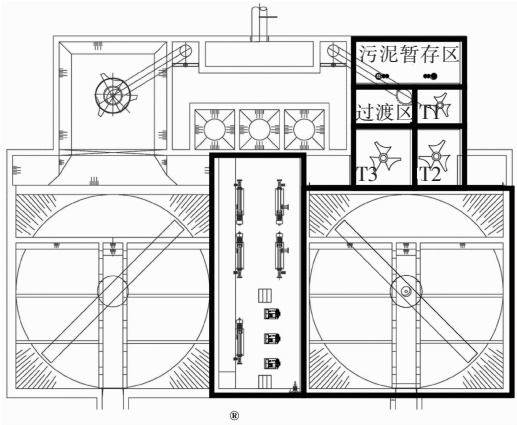


图 4 SediMag®磁絮凝沉淀池改造平面布置

Fig. 4 Plane layout of SediMag® magnetic coagulation & sedimentation process

4.3 主要设备改造方案

由于磁絮凝技术加载了磁粉,为避免机具不必要的磨损与损坏<sup>[2]</sup>,对于设备材质选用的要求更为严格。本工程的配套搅拌机、刮泥机、污泥泵、管材等设备材料均需要进行有针对性的设计和更换,才能满足工艺要求。

① 搅拌机改造

由于系统内的磁粉密度较大,对于搅拌的要求很高,需要较大的搅拌强度且不破坏已形成的絮凝体,因此将搅拌机桨叶改造为 SediMag®磁絮凝沉淀池专用 HR-3 桨叶,设计参数如表 4 所示。

表 4 磁絮凝 HR-3 桨叶主要设计参数

Tab. 4 Main design parameters of HR-3 impeller

项 目	混凝反应池	加载反应池	絮凝反应池
混合状态	完全混合	完全混合	完全混合
流态	轴向流	轴向流	轴向流
D/T 值(桨叶直径/池体直径)	0.35~0.5	0.45~0.6	0.45~0.7
轴向流速/(m·s <sup>-1</sup> )	0.2~0.3	0.3~0.4	0.3~0.4
平均吸收功率/(W·m <sup>-3</sup> )	60~100	50~80	50~80

② 刮泥机改造

由于污泥密度很高,要求刮泥机的力矩很大,传统刮泥机无法满足要求。本工程将刮泥机更换为四臂重型刮泥机,力矩按照传统刮泥机 6 倍以上计算。

一般需要对改造项目的刮泥机力矩进行核算,核算满足磁絮凝系统要求的,可以保留。

③ 污泥泵改造

磁絮凝沉淀池的污泥一部分通过污泥回流泵输送至加载池,另一部分通过磁粉回收泵输送至磁粉回收系统。污泥中的磁粉会磨损污泥泵,若采用普通离心泵或螺杆泵,经过约 6 个月的连续磨损就会造成污泥泵损坏。本工程通过优化选型采用渣浆泵,双层、径向中开式泵壳,方便维修、维护,外层为合金钢,内层为专利硫化天然橡胶,以保证污泥泵的使用寿命,保障污泥系统的稳定运行。

④ 污泥管道改造

污泥管道用于输送含有磁粉的污泥,管道材质的选型关系到整个系统运行的稳定性。为保证磁絮凝沉淀系统稳定,污泥管道宜采用 HDPE、PP 或钢衬塑等材质。本工程采用 HDPE 管道。

⑤ 增设磁粉回收设备

磁分离器和高剪切机等磁粉回收设备是磁絮凝沉淀系统的核心设备。可靠的磁分离器是保障磁粉回收率的核心,可有效降低磁粉补充率及运行成本。

在现有磁分离技术市场中,除了较为知名的磁絮凝技术供应商采用 0.5 T 以上的稀土永磁材质外,大部分供应商采用的是低于 0.38 T 的稀土永磁和锆铁氧体的复合材质,无法达到有效的磁粉回收率。本工程采用洛克环保第 5 代的高强磁场磁分离器,磁场高达 0.56 T。在保证磁粉回收率的同时,还通过专业的排磁、磁流通道设计,以及过流速度和磁链的分析,达到 99.5% 以上的磁粉回收率,有效降低了运行费用。

5 改造后运行效果与评价

本工程于 2018 年 3 月完成调试并达标排放,系统运行稳定,总投资约 300 万元。在调试期间,测试了系统的抗冲击负荷能力,当进水量达到 4 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 时,系统仍能稳定运行,保证水质达标。调试期间系统实际进、出水水质如表 5 所示,各类药剂使用量如表 6 所示。

表 5 调试期间系统实际进、出水水质

Tab. 5 Actual influent and effluent quality during

commissioning

mg·L<sup>-1</sup>

项 目	SS	TP
实际进水水质	8~36	0.22~1.29
实际出水水质	1~4.4	0.01~0.24

表6 调试期间各类药剂使用量

Tab.6 Chemical dosage during commissioning

药 剂	消耗
PAC(10%溶液)/(mg·L <sup>-1</sup> )	80~100
阴离子 PAM/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.5~0.8
初次投加磁粉/t	5
补充磁粉/(mg·L <sup>-1</sup> )	1.2

由此可见,该改造完成的 SediMag<sup>®</sup>磁絮凝沉淀系统可以保证出水稳定达标,投资省,抗冲击负荷能力强。

## 6 结语

山东聊城某污水处理厂将原处理规模为 $1.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的高效沉淀池改造为处理规模为 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的 SediMag<sup>®</sup>磁絮凝沉淀池,没有新增建设用地。改造完成后的系统出水可以稳定达到地表准Ⅳ类水中对 $\text{TP} \leq 0.3 \text{ mg/L}$ 的要求,同时 SS 可以控制在 $5 \text{ mg/L}$ 以下。采用磁絮凝沉淀技术对现有老厂进行提标改造,可以解决厂区用地限制的问题,不但充分利旧,还可以提高处理能力,具有较好的经济效益和环境效益。

## 参考文献:

- [1] 霍槐槐. SediMag<sup>®</sup>磁絮凝沉淀用于污水处理提标改造和深度除磷[J]. 中国给水排水,2017,33(8):53-56.  
Huo Huaihuai. Application of SediMag<sup>®</sup> magnetic sedimentation technology in upgrading reconstruction and

phosphorus removal of wastewater treatment[J]. China Water & Wastewater,2017,33(8):53-56(in Chinese).

- [2] 黄启荣,霍槐槐. 磁絮凝与磁分离技术的应用现状与前景[J]. 给水排水,2010,36(7):150-152.

Huang Qirong, Huo Huaihuai. Application and prospect of magnetic flocculation and magnetic separation technology[J]. Water & Wastewater Engineering,2010,36(7):150-152(in Chinese).



作者简介:霍槐槐(1985-),男,山东聊城人,大学本科,青岛洛克环保科技有限公司创始人、董事长,青岛市创新创业领军人才,具有丰富的磁絮凝沉淀技术的设计、工程实施、项目运营和企业管理经验。

E-mail:huohuaihuai@lc-tech.cn

收稿日期:2020-05-12

节约用水利在当代,造福人类功盖千秋