

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.020

污水处理厂氧化沟曝气系统改造

刘 兵¹, 韩燕聪¹, 郭延勇², 王卉春², 温汝青³, 李士松³

(1. 呼和浩特市供排水有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010030; 2. 中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000; 3. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 某采用 Orbal 氧化沟工艺的污水处理厂, 采用转碟表面曝气, 由于设备老化导致运行效率低、能耗较高。后将原有的表面曝气改造为底曝 + 推流的曝气形式。为不影响污水处理厂正常运行, 改造采用可提升的管式曝气器。改造后的污水处理厂出水水质稳定达到一级 A 排放标准, 平均每月节省电耗约 $34 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 大大降低了污水处理厂运营成本。

关键词: 氧化沟; 表面曝气; 底部曝气; 可提升管式曝气器

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0109-03

Oxidation Ditch Aeration System Modification in Wastewater Treatment Plant

LIU Bing¹, HAN Yan-cong¹, GUO Yan-yong², WANG Hui-chun², WEN Ru-qing³,
LI Shi-song³

(1. Hohhot Water Supply and Drainage Co. Ltd., Hohhot 010030, China; 2. Zhongtu International Architectural Design Co. Ltd., Shijiazhuang 050000, China; 3. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: A wastewater treatment plant (WWTP) using Orbal oxidation ditch process with rotating disc aerator for surface aeration, has low operating efficiency and high energy consumption due to equipment aging. Then the original surface aeration was transformed into the aeration mode of bottom aeration and push flow. In order to avoid affecting the normal operation of the wastewater treatment plant, the liftable tubular aerators were used. The effluent quality of the WWTP after retrofitting stably met the first level A standard. The average monthly power consumption was reduced by about $34 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$, which greatly reduced the operating cost of the WWTP.

Key words: oxidation ditch; surface aeration; bottom aeration; liftable tubular aerator

北方某污水处理厂始建于 2008 年, 设计规模 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用 Orbal 氧化沟处理工艺。曝气方式为转碟表面曝气, 进水主要为城市生活污水, 出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 B 标准。2019 年 9 月, 为使污水处理厂出水水质达到一级 A 标准, 增加了高密度沉淀池、翻板滤池等深度处理单元, 同时将原有表面曝气改造为底曝 + 推流的曝气形式, 并增加了硝化液回流等。在不影响污水处理厂正常运行的情况

下, 底部曝气采用可提升的管式曝气器, 改造后出水水质达到一级 A 排放标准。

1 原有氧化沟设计基本参数

氧化沟原设计共 3 座, 其中单座分外沟、中沟、内沟三部分, 污水依次进入氧化沟的外沟、中沟和内沟, 沟宽均为 9 m, 沟深 4.7 m, 有效水深 4.2 m。

单座氧化沟的内沟、中沟、外沟有效容积分别为 $3\,000$ 、 $5\,900$ 、 $8\,100 \text{ m}^3$, 总有效容积约 $17\,000 \text{ m}^3$ 。各沟的水力停留时间: 内沟约 1.8 h, 中沟约 3.54 h, 外

沟约 4.86 h,总停留时间约 10.2 h。

氧化沟现运行的污泥浓度平均为 5 000 mg/L,污泥负荷为 0.066 kgBOD₅/(kgMLSS · d),污泥龄 25 d,污泥回流比 100%,混合液最大回流比 180%。

采用表面曝气方式。单座氧化沟共设表曝机 16 台,其中 37.5 kW 的 6 台、22.5 kW 的 10 台。

改造前氧化沟的平均进、出水水质见表 1。

表 1 改造前的平均进、出水水质

Tab. 1 Average influent and effluent quality before

modification

mg · L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水	300	110	160	40	55	4
出水	18	7	9	5	15	0.4

改造前 NH₃ - N 和 TN 两项指标不能稳定达到一级 A 标准,其中 NH₃ - N 主要是由于氧化沟的曝气量不足,硝化反应不充分所致;而 TN 是由于氧化沟池容不足,没有充分进行硝化和反硝化反应所致。

2 氧化沟改造的技术难点、要点

2.1 氧化沟改造的技术难点

① 原设计出水标准低,池容不足,水力停留时间短,总氮去除率低。

由于该厂原设计的出水水质执行一级 B 排放标准,按照现在出水要求达到一级 A 标准来核算,原有氧化沟的池容不足,水力停留时间短,制约了反硝化反应,总氮的去除效率低。同时由于氧化沟曝气量偶尔不足(例如,发生机械设备故障),硝化反应也不充分,影响出水总氮稳定达标。因此,总氮是本次氧化沟曝气系统改造的难点之一。

本次氧化沟曝气系统改造之后,通过优化各区域曝气器数量及位置,基本保持外沟、中沟、内沟溶解氧平均 0.5、1、2 mg/L 的浓度梯度^[1]。在同一个沟内可以实现缺氧—好氧—缺氧—好氧的多级 AO 模式,实现同时硝化反硝化反应,对 TN 去除效果较好^[2]。

② 氧化沟曝气系统改造时间紧、难度大。

由于氧化沟曝气系统改造施工期不能太长,运营方仅仅向环保部门申请到了 15 d 的停水施工期,不仅要使曝气系统全部改造完毕,而且要迅速恢复通水,并使池内的各项指标达到正常运行的要求。加上现状氧化沟的上部安装有大量的光伏栅板用于收集太阳能,导致无法使用大型的起吊设备,这是本次氧化沟曝气系统改造的难点之二。

停水施工前多次开会探讨优化停水施工方案,并做出了多种预案,确保了氧化沟改造的顺利进行,未影响污水厂的正常运行。

2.2 氧化沟改造的技术要点

氧化沟工艺采用表曝设备,虽然能克服固定式微孔曝气器在运行维护上的诸多缺点,但噪声较大、充氧动力效率低^[3],而且该厂表曝机从 2008 年投入使用后,使用年限已经超过 10 年,设备老化,效率低,因此决定将 2 座氧化沟的表曝机全部拆除。

曝气系统改造主要内容:新增 3 台空气悬浮鼓风机,确定底部曝气器及推流器的选型和布置。

2.2.1 鼓风机的选型

① 曝气量的计算

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006, 2016 年版),计算得需氧量为 18 091 kg/d,该计算结果是在标准状态下清水的氧转移量,考虑实际设计温度冬季 8 ℃、夏季 25 ℃,以及污水的氧转移系数,计算得鼓风机的理论曝气量应为 90 m³/min,乘以 1.2 的安全系数,本次设计鼓风机风量取值为 110 m³/min。

② 曝气风压的选择

氧化沟有效水深为 4.2 m,再考虑空气管道的沿程和局部损失,本次鼓风机的风压设计取值为 0.054 MPa。因此本次新设计的空气悬浮鼓风机风量为 110 m³/min,风压为 0.054 MPa,单台功率 170 kW,共 3 台,2 用 1 备。

2.2.2 底部曝气的布置

本次更换的底部曝气形式采用可提升的曝气组件,每组可提升曝气组件上配有若干管式曝气器,并安装一个手动阀门,用于调节各个沟内溶解氧。采用可提升曝气形式,有利于将来检修维护,操作方便。

布置管式曝气器时,为了防止池内污泥沉淀,并保证一定的水流速度,在沟道的弯道处设置曝气器^[4]。这种布置既可以通过曝气对弯道处水流进行整流,同时也可以节省直道空间,为推流器安装预留足够的位置。

本次氧化沟曝气改造,单池底部共布置曝气管 1 112 根,其中外沟 720 根、中沟 280 根、内沟 112 根,曝气分配比例按外沟:中沟:内沟=65:25:10,即单座氧化沟外沟的供气量为 71.5 m³/min,中沟的供气量为 27.5 m³/min,内沟的供气量为 11

m^3/min ,单根曝气管设计曝气量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$ 。通过上述改造,实现了外沟、中沟、内沟的平均溶解氧浓度达到 $0.5、1、2 \text{ mg/L}$ 。

2.2.3 推流器的选型

技术改造之前,氧化沟各沟的水流循环通过表曝机推动实现。本次改造全部更换为底部曝气后,原有氧化沟内的水力循环需要增加潜水推流器来实现。单座氧化沟内增加了 12 台潜水推流器,其中中沟、内沟各 4 台,单台功率为 3.5 kW ;外沟 4 台,单台功率为 4.5 kW 。新增的潜水推流器保证氧化沟内的水流平均流速 $\geq 0.3 \text{ m/s}$ 。

3 氧化沟曝气系统改造前后运行数据

氧化沟曝气系统改造后,主要影响的指标是 COD 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 TN 三项。2019 年氧化沟曝气系统改造前、后这几项指标的运行数据对比见表 2。

表 2 氧化沟曝气系统改造前、后运行效果对比

Tab.2 Comparison of operation performance before and after modification of aeration system of oxidation ditch

项 目	COD		$\text{NH}_3 - \text{N}$		TN	
	改造前	改造后	改造前	改造后	改造前	改造后
2019 年 10 月	18	13	3.0	0.6	13.8	8
2019 年 11 月	19	14	3.5	0.8	14.0	9
2019 年 12 月	20	15	4.0	1.0	14.5	9.5

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

本次技术改造,通过对原厂老化设备进行更换,出水水质完全达到一级 A 排放标准。

4 氧化沟曝气系统改造的亮点

本次氧化沟曝气系统改造,既保证了出水水质达标,又节省了能耗。改造前总能耗很大,2 座氧化沟内共 32 台表曝机,总功率为 900 kW ;全部改为底部曝气+推流的形式后,首先是溶氧效率比以前的表曝形式有所提高,其次新增 3 台空气悬浮风机(2 用 1 备)的总功率 340 kW ,新增潜水推流器总功率 92 kW ,故新的曝气系统总功率为 432 kW 。

本次氧化沟曝气系统改造后,曝气设备总功率比改造前减少 468 kW 。按照 1 年 365 天来计算,可节约 $409.9 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,则每月节电约 $34 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。据运营方反馈,在曝气系统改造之后,仅曝气设备耗电这一项,每个月就可节省约 20 万元。

5 结论及建议

本次氧化沟曝气系统改造采用底部曝气+推流

的形式,实践证明是比较成功的,在保证出水水质达到一级 A 标准的前提下,节省 20 万元/月的能耗费用。本次改造限于资金和技术条件,无法进行溶氧仪监测数据与鼓风曝气系统的联动,建议以后考虑向这个方面改进,以便更精确地控制溶解氧量,通过曝气管的支管阀门控制,更好地形成硝化反硝化的环境,发挥氧化沟本身的特点和优势。

参考文献:

- [1] 颜秀勤,张悦,郑兴灿,等. 奥贝尔氧化沟的工程应用性能研究[J]. 中国给水排水,1999,15(7):14-17.
YAN Xiuqin,ZHANG Yue,ZHENG Xingcan,et al. Study of performance of Orbal oxidation ditch in practical application[J]. China Water & Wastewater,1999,15(7):14-17(in Chinese).
- [2] 王舜和,李滕,郭淑琴. 多级 AO 与多模式 AAO 工艺在污水厂的应用对比[J]. 中国给水排水,2018,34(10):48-51,57.
WANG Shunhe,LI Meng,GUO Shuqin. Application and comparison between multistage AO and multi-mode AAO in wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2018,34(10):48-51,57(in Chinese).
- [3] 李金国,程子悦,李文秋,等. 春南污水处理厂悬挂链曝气器工艺设计[J]. 中国给水排水,2010,26(16):103-105.
LI Jinguo,CHENG Ziyue,LI Wenqiu,et al. Design of suspended chain aeration process in Chunnan WWTP[J]. China Water & Wastewater,2010,26(16):103-105(in Chinese).
- [4] 刘晓天,郭淑琴,刘天顺. 污水处理厂 A/A/O 底曝氧化沟工艺设计[J]. 中国给水排水,2016,32(2):57-59.
LIU Xiaotian,GUO Shuqin,LIU Tianshun. Design of A/A/O oxidation ditch process with bottom aeration in wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2016,32(2):57-59(in Chinese).

作者简介:刘兵(1968-),男,呼和浩特人,大学学历,工程师,从事排水工程运行及管理工作。

E-mail:nmdfz@126.com

收稿日期:2020-05-04

修回日期:2020-07-19

(编辑:衣春敏)