

# 氧化沟内置缺氧段技术改造的工程应用

朱海敏, 刘哲诚

(苏州市相城区苏水排水管理有限公司, 江苏 苏州 215000)

**摘要:**某污水处理厂改良型氧化沟工艺采用内置缺氧段的工艺来去除 TN, 在实际运行中存在较多问题, 针对出现的问题, 研究在好氧末端设置挡墙控制混合液回流量, 形成明显缺氧环境。经实际运行表明, 此次工程改造应用有效提升了工艺的脱氮效果, 为今后同类的工艺改造提供了借鉴。

**关键词:**污水处理厂; 氧化沟; 内置缺氧; 脱氮

中图分类号: X70 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839(2021)12-0024-04

## Engineering application of technical transformation of built-in hypoxia section in oxidation ditch

ZHU Haimin, LIU Zhecheng

(Suzhou Xiangcheng Sushui Drainage Management Co., Ltd., Suzhou 215000, China)

**Abstract:** The improved oxidation ditch process of a sewage treatment plant used the process of built-in hypoxia section to remove TN, which had many problems in practical operation. In view of these problems, a retaining wall was set at the aerobic end to control the mixed liquid return flow and form an obvious hypoxia environment. The practical operation showed that the application of this engineering transformation effectively improved the nitrogen removal effect of the process, and provided a reference for the similar process transformation in the future.

**Key words:** sewage treatment plant; oxidation ditch; built-in hypoxia; nitrogen removal

苏州某污水处理厂主要收集处理周边地区的生活污水, 采用前置厌氧、内置缺氧的改良型氧化沟工艺。该工艺具有同步脱氮除磷的功能, 出水标准执行现行的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002) 中一级 A 标准, TN 执行《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要污染物排放限值》(DB32/T1072—2007) 的限值标准。改良型氧化沟工艺运行示意图见图 1。

设计进出水水质及 2017 年出水水质见表 1。

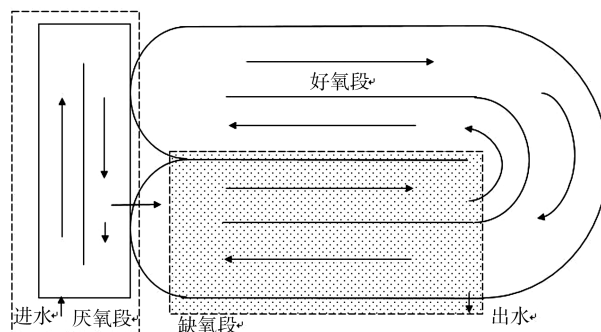


图 1 现状改良型氧化沟工艺

## 1 工程概况

### 1.1 设计规模及水质

该污水处理厂一期设计处理规模  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,

收稿日期: 2021-06-15

作者简介: 朱海敏 (1987—), 男, 工程师, 本科, 主要从事污水处理厂运行管理工作。E-mail: zhuhaimin1011@126.com

表 1 设计进出水水质及 2017 年进出水水质

单位:mg/L						
项目	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$
设计进水	180	400	200	35	4	40
设计出水	10	50	10	5(8)	0.5	20
2017 年进水	117	248	165	24.8	3.15	29.5
2017 年出水	4.62	18.1	5	0.38	0.26	12.9

1.2 主要构筑物及设计参数

1.2.1 氧化沟

氧化沟共设置 2 组, 每组处理能力为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 好氧采用底部管式微孔曝气, 单组平面尺寸  $72.7 \text{ m} \times 42.3 \text{ m}$ , 池深  $6.8 \text{ m}$ , 有效水深  $6.0 \text{ m}$ , 设计厌氧停留时间  $2 \text{ h}$ , 缺氧停留时间  $4 \text{ h}$ , 好氧停留时间  $14 \text{ h}$ , 设计污泥负荷  $0.11 \text{ kg BOD}_5/\text{kg MLSS} \cdot \text{d}$ , 硝化速率  $17.2 \text{ mg NH}_3\text{-N}/\text{g MLSS} \cdot \text{d}$ , 反硝化速率  $22.7 \text{ mg NO}_3\text{-N}/\text{g MLSS} \cdot \text{d}$ 。单组厌氧区内设 2 台功率  $4.3 \text{ kW}$  (DN2 500 mm) 水下推流器, 缺氧区设 4 台功率  $5.7 \text{ kW}$  (DN2 500 mm) 水下推流器(好氧末端 2 台, 缺氧末端 2 台)。

1.2.2 鼓风机房

鼓风机房配置有西门子 HV-TURBO 公司生产的单级高速离心风机 3 台(2 用 1 备), 额定功率  $200 \text{ kW}$ , 额定风量  $7\,660 \text{ m}^3/\text{h}$ , 供气压力  $0.7 \text{ bar}$ , 设计气水比  $6.6:1$ 。

1.2.3 污泥回流泵房

污泥回流泵泵房设置外回流泵 4 台亚太泵业潜污泵(3 用 1 备), 单台额定功率  $18.5 \text{ kW}$ , 额定流量  $560 \text{ m}^3/\text{h}$ , 扬程  $6.5 \text{ m}$ , 设计污泥最大回流比为  $100\%$ , 生化池污泥回流点设计采用两处, 一个回流点在进水分配井, 另一点在缺氧段起点。实际运行过程中外回流比约控制在  $70\%$ 。

2 运行情况及存在问题

2.1 氧化沟工艺具有较强抗冲击负荷能力

由于本工程中氧化沟工艺段水力停留时间长达  $14 \text{ h}$ , 相对有机负荷较低, 其本质上属于延时曝气系统, 能够较高度降解污水中的有机物, 因而

氧化沟工艺具有较强的耐冲击负荷的特点。在氧化沟的前端增设了一组厌氧池, 使池内有较充足的溶解性 BOD 用于释磷, 为除磷的碳源需求创造了有利的条件。该工艺运行稳定, 出水水质一直保持良好的, 其 2015—2017 年的运行情况见表 2。

表 2 2015—2017 年出水水质 单位:mg/L

项目	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$
2015 年出水	6.28	24.7	8	1.05	0.21	10.7
2016 年出水	4.18	25.5	6	0.95	0.27	12.4
2017 年出水	4.62	18.1	5	0.38	0.26	12.9

2.2 内置缺氧段氧化沟存在问题

2.2.1 缺氧段缺氧环境差导致脱氮效率低

该改良式氧化沟工艺中缺氧段和好氧段无明显分隔, 内回流的方式采用好氧末端的混合液直接通过推流器推动, 转入缺氧区域, 对缺氧环境影响非常大。通过生化池 ORP 仪表反应出缺氧的环境较差。经过一段时间的运行试验, 我们选取氧化沟的厌氧池和氧化沟的末端两个点位监测 ORP 值。从结果看出, 厌氧环境的 ORP 值平均在  $-160 \text{ mV}$  左右, 缺氧末端则高达  $+100 \text{ mV}$ 。反硝化菌作为兼性厌氧微生物, 在 ORP 为  $+100 \text{ mV}$  以上进行好氧呼吸, 在  $+100 \text{ mV}$  以下进行无氧呼吸。若溶解氧较高, 将使反硝化菌利用氧进行呼吸, 抑制反硝化菌体内硝酸盐还原酶的合成, 或者氧成为电子受体, 阻碍硝酸盐氮的还原<sup>[1-3]</sup>。

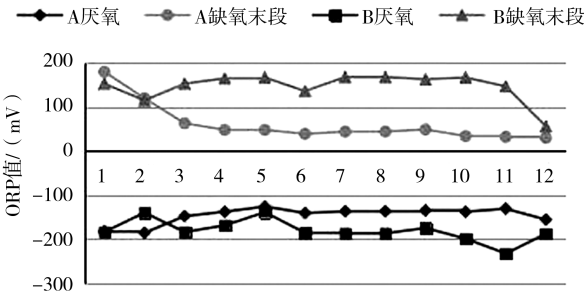


图 2 两组氧化沟厌氧段 ORP 监测数据

2.2.2 氧化沟内流速控制难度大

缺氧区前后设置的 4 台水下推流器是控制氧化沟沟内流速的关键, 是控制氧化沟内回流比的唯一手段。尝试通过减少推流器开启台数来实现减少内回流液过多影响缺氧环境, 但实际运行中发现

缺氧段存在泥水分层现象且缺氧段 ORP 降幅不大, TN 去除效果提升不明显。

### 3 技术改造方案

鉴于上述存在问题,通过查阅相关文献资料<sup>[4]</sup>以及从脱氮除磷原理上进行系统分析,在苑丹丹等<sup>[5]</sup>的研究表明,氧化沟工艺中设置缓流板,降低氧化沟廊道内混合液的循环比,延长混合液在好氧区和缺氧区循环流动,系统去除的氮量明显提高。尝试在好氧末端即内置缺氧前端设置钢制挡墙,从空间上隔断好氧和缺氧环境,同时在挡墙底部开孔设置可启闭的方闸门实现控制氧化沟沟内流速及内回流液的大小。

经过设计院复核挡墙结构,确定设置尺寸为( $L:10.0\text{ m}, H:6.2\text{ m}$ )厚度为 8 mm 的碳钢材质的钢板墙,背水侧采用方钢管斜撑,墙体底部设有 3 个尺寸为( $L:10.0\text{ m}, H:6.2\text{ m}$ )的内回流孔,单孔理论计算内回流量为  $100\% Q_{\text{进}}$ ,其中 2 个回流孔设置手动闸门用以调节内回流量大小,最大理论内回流量达到  $300\% Q_{\text{进}}$ 。

实施过程中,利用处理负荷降低的间隙,首先在 A 组氧化沟进行改造施工。挡墙焊接组装完成后,利用 B 组氧化沟进行接种培菌。待培菌调试稳

定量的溶解氧,质量浓度范围在  $1.50 \sim 2.20\text{ mg/L}$ 。未改造的 B 组缺氧段中后部分溶解氧水平以及末端的 ORP 值( $+100\text{ mV}$  左右)明显未满足反硝化的条件;而改造的 A 组在缺氧段中后部分,溶解氧水平已低于  $0.2\text{ mg/L}$ ,ORP 值在  $-50\text{ mV}$  左右,利于反硝化的进行。

### 4 改造后运行效果

2018 年 4 月 A、B 组氧化沟末端挡墙改造完成,系统脱氮效率得到明显提升,从 2018 年冬季及 2019 年全年运行状况来看,出水 TN 指标能稳定在  $15\text{ mg/L}$  以下,其中 2019 年日均 TN 小于  $10\text{ mg/L}$  的天数为 351 d,改造效果明显优于预期目标。

表 3 2017—2019 年出水水质 单位:mg/L

项目	$\rho(\text{BOD}_5)$	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$	$\rho(\text{TN})$
2017 年出水	4.62	18.1	5	0.38	0.26	12.9
2018 年出水	4.20	15.0	4	0.24	0.12	10.4
2019 年出水	2.50	18.0	4	0.19	0.13	8.7

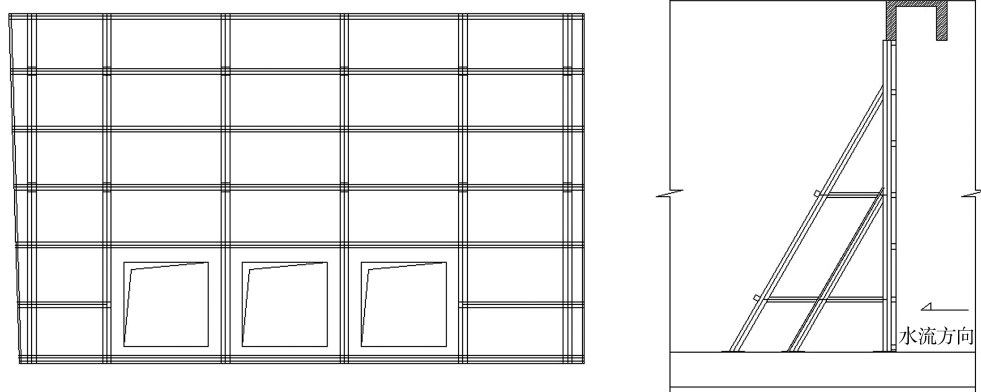


图 3 氧化沟改造挡墙示意图

定,2 周后,对生化池缺氧段前后 DO 及 ORP 参数进行跟踪监测。

通过 2 组氧化沟同步监测数据对比,从连续的溶解氧监测结果对比看出 A 组在挡墙的前后,溶解氧出现明显的差别,挡墙前 DO 质量浓度在  $4.5 \sim 5.5\text{ mg/L}$ ,挡墙后缺氧段 DO 质量浓度在  $0.15 \sim 0.38\text{ mg/L}$ ,挡墙对富含溶解氧的回流液起到有效的隔断作用,减少内回流液中溶解氧影响缺氧段的反硝化效果。未改造的 B 池则在缺氧依然保持一

### 5 结 论

国内采用内置缺氧段氧化沟工艺的污水处理厂,由于设计较早, TN 去除要求较低,未充分考虑工艺的脱氮效率,内回流液回流比无法通过有效手段进行控制,致使缺氧环境较差,系统脱氮能力受限。本项目通过在氧化沟缺氧前段设置底部开孔挡墙的工艺技改,很好的控制回流液回流量,保证了缺氧段的反硝化效果。结合改造后近 2 年的运

行数据,此次实践取得了较好效果,为今后同类工艺的污水处理厂提标改造提供了借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 郭海娟,马放,沈耀良. C/N 比对反硝化除磷效果的影响[J]. 环境科学学报, 2005, 25(3):367-371.
- [2] 陈贵生. 基于 ORP 的 Carrousel 氧化沟脱氮除磷联动调控生产性试验研究[D]. 重庆:重庆大学, 2013.

- [3] 张自杰,林荣忱,金汝霖. 排水工程(第四版)下册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2000.
- [4] 于静洁,邓宏,郑淑平,等. 氧化沟工艺应用研究进展[J]. 工业水处理, 2013, 33(6):1-5.
- [5] 苑丹丹,于静洁,苏凯凡,等. 改良型氧化沟内氮的质量平衡及转化途径分析[J]. 天津城建大学学报, 2016, 22(3):200-205.

(上接第 23 页)

组成具有明显的季节性变化特征,夏季和秋季种类明显多于春季和冬季。

(2)射阳湖各采样点浮游植物的丰度波动范围为  $0.91 \times 10^6 \sim 7.26 \times 10^6$  cells/L,平均丰度为  $3.34 \times 10^6$  cells/L,表明射阳湖处于贫—中营养状态。丰度时空变化趋势明显,夏季丰度明显上升,冬季回落,湖中心处样点浮游植物丰度明显高于湖边样点。

(3)射阳湖浮游植物物种多样性指数和均匀度年均值分别为 2.60 和 0.84,表明射阳湖处于轻—中度污染状态;综合营养指数法显示射阳湖处于轻度富营养化状态。

(4)水温、透明度、DO 和  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  是影响射阳湖浮游植物群落丰度的主要水质指标,pH 和 Chl-a 是影响射阳湖浮游植物群落多样性的主要水质指标。

#### 参考文献:

- [1] 刘凌,朱良珍,叶键,等. 张福河浮游植物群落结构及生态位特征[J]. 水资源保护, 2021, 37(3):7-12.
- [2] 赵秀侠,卢文轩,梁阳阳,等. 安徽三座通江湖泊秋季浮游植物群落结构特征及其影响因子[J]. 生态学杂志, 2021, 40(1):67-75.
- [3] 代亮亮,吕敬才,周维成,等. 3 种不同营养水平的河流浮游植物群落结构及其与环境因子的相关性[J]. 生态学报, 2021, 41(3):1242-1250.
- [4] 刘川,闫金霞,刘家乐,等. 青龙湖浮游植物群落与环境因子相关性分析[J/OL]. 人民黄河:1-6[2021-04-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1128.tv.20210324.1317.020.html>.
- [5] 马迎群,赵艳民,迟明慧,等. 嘉兴南湖水系浮游植物群落结构及其环境影响因子[J]. 水生态学杂志, 2021, 42(2):42-48.
- [6] 张春梅,朱宇轩,宋高飞,等. 南水北调中线干渠浮游植物群落时空格局及其决定因子[J/OL]. 湖泊科

学:1-17[2021-04-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1331.P.20210222.1604.004.html>.

- [7] 王雅君,傅国圣,蒋陈娟,等. 江苏省里下河腹部区水质时空变化特征分析[J]. 人民长江, 2020, 51(5):68-73.
- [8] 葛伟,张婷,牛志春,等. 蟒蛇河水域浮游植物调查与水生态评价[J]. 环境监测管理和技术, 2015, 27(4):35-39, 60.
- [9] 刘凌,朱燕,李博韬,等. 基于 MBFG 分类法的长江江苏段浮游植物生物完整性评价[J]. 水资源保护, 2020, 36(4):13-20.
- [10] 郭坤,杨德国,彭婷,等. 湖北省长湖浮游植物优势种生态位分析[J]. 湖泊科学, 2016, 28(4):825-834.
- [11] 潘鸿,杨扬,唐宇宏. 惠州沙田水库浮游植物群落特征及演替研究[J]. 生态科学, 2018, 37(4):154-159.
- [12] 李胜男,熊丽萍,彭华,等. 东洞庭湖浮游藻类粒级结构组成及其关键影响因子[J]. 湖泊科学, 2020, 32(5):1508-1518.
- [13] 孙祥,朱广伟,杨文斌,等. 天目湖沙田水库浮游植物群落结构的时空异质性[J]. 环境科学, 2017, 38(10):4160-4168.
- [14] LIU X, CHEN L, ZHANG G, et al. Spatiotemporal dynamics of succession and growth limitation of phytoplankton for nutrients and light in a large hallow lake[J]. Water Research, 2021, 194(7):116910.
- [15] 张佳敏,高健,杨诚,等. 以鲢、鳙养殖为主的长江中下游武山湖浮游植物群落结构特征[J]. 湖泊科学, 2020, 32(06):1771-1783.
- [16] 徐明,许静波,唐春燕,等. 大纵湖浮游植物群落特征及其与环境因子关系研究[J/OL]. 水生态学杂志:1-10[2021-05-10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1785.x.20201130.1647.004.html>.
- [17] 张庆吉,王业宇,王金东,等. 骆马湖浮游植物演替规律及驱动因子[J]. 环境科学, 2020, 41(4):1648-1656.