

# 转刷曝气双沟式氧化沟工艺升级改造

胡 前

(中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410116)

**摘 要:** 为解决平阳县某污水处理厂转刷曝气双沟式氧化沟设备老化、总氮去除率低、无法满足纳污范围内废水处理需要等问题,将双沟式氧化沟处理工艺就地改造为鼓风曝气式 A/O 工艺,并与厌氧池组成 A<sup>2</sup>/O 工艺,改造后接入制革厂、明胶厂等工业废水,出水 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、TN、NH<sub>3</sub>-N、TP 均值分别为 20.9、7.8、8.9、10.7、1.6、0.5 mg/L,有效提高了系统的反硝化及生化处理能力,可节约电耗 56 kW·h/10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>。

**关键词:** 城镇污水处理厂; 双沟式氧化沟; 升级改造

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)14-0089-04

## Upgrade of Rotation Brush Aeration Double-trench Oxidation Ditch Process

HU Qian

(PowerChina Group Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha 410116, China)

**Abstract:** In order to solve the problems such as equipment aging, low total nitrogen removal rate and inability to meet the wastewater treatment needs within the pollutant discharge scope of the rotation brush aeration double-trench oxidation ditch in a municipal sewage treatment plant in Pingyang County, the original oxidation ditch process was transformed into blast aeration A/O process, together with the existing anaerobic tank to work as A<sup>2</sup>/O process. After the transformation, the tanning, gelatin factory and other industrial wastewater were added into the system. The average effluent COD, BOD<sub>5</sub>, SS, TN, NH<sub>3</sub>-N, TP were 20.9 mg/L, 7.8 mg/L, 8.9 mg/L, 10.7 mg/L, 1.6 mg/L and 0.5 mg/L, respectively. The denitrification and biochemical capacity of the system were effectively improved, which could save 56 kW·h per thousand tons of wastewater.

**Key words:** municipal sewage treatment plant; double-trench oxidation ditch; upgrade

### 1 工程背景

浙江省平阳县某污水厂一期、二期工程设计处理规模均为 3×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,合计为 6×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,采用双沟式氧化沟处理工艺,服务面积为 8 km<sup>2</sup>。该厂原设计双沟式氧化沟具备脱氮除磷功能,但因转刷曝气机及出水可调节堰门设备老化已无法满足双沟切换的运行要求,双沟交替式氧化沟无法按原设计交替运行,污水未经过缺氧-好氧的交替处理,不能发挥反硝化脱氮功能,总氮去除率低;同时纳污范围内排污企业增加,处理负荷无法满足需要。因此该污水厂决定进行升级改造。

#### 1.1 原设计进、出水水质

该污水厂原设计进、出水水质见表 1。

表 1 原设计进、出水水质

Tab. 1 Original design influent and effluent quality

mg·L<sup>-1</sup>

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	TN	氨氮	TP	SS
进水/ (mg·L <sup>-1</sup> )	≤350	≤180	—	≤30	≤3	≤220
出水/ (mg·L <sup>-1</sup> )	≤60	≤20	≤20	≤8(15)	≤1.5	≤20
去除率/%	≥82.8	≥88.9	—	≥73.3	≥50.0	≥90.9
注: 进、出水 pH 值均为 6~9。						

## 1.2 原设计工艺流程

双沟式氧化沟由容积相同的1#氧化沟和2#氧化沟组成,为双沟半交替工作式氧化沟。二沉池与氧化沟分开,并设有独立的污泥回流系统。两个氧化沟相互连通,沟内设双速转刷曝气机,高速时曝气充氧,低速时仅推流,充氧较少,控制溶解氧在0.5 mg/L以下,使两沟交替处于缺氧和好氧状态,从而达到脱氮除磷的目的<sup>[1]</sup>,目前国内污水处理厂大多采用双沟式氧化沟工艺(见图1)。该污水处理厂原设计厌氧池两座,停留时间为45 min;DE氧化沟两座,每座有效容积13 000 m<sup>3</sup>,设计有效水深3.5 m。

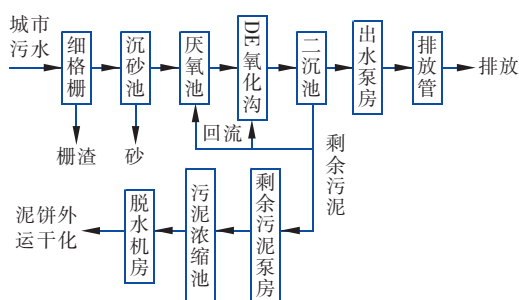


图1 原设计污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of original wastewater treatment process

## 2 改造前运行状况及存在的问题

### 2.1 水量、水质

该污水厂改造前的进水量为 $(5.3 \sim 6.0) \times 10^4$  m<sup>3</sup>/d,接近满负荷运行。

2013年8月—2014年7月主要进、出水水质如表2所示。

表2 2013年8月—2014年7月主要进、出水水质

Tab. 2 Actual influent and effluent quality from August 2013 to July 2014 mg · L<sup>-1</sup>

项 目		COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> - N	TP
进 水 质	最大值	197.6	91.4	142.5	25.1	21.0	3.0
	平均值	110.3	80.7	70.7	21.0	15.0	1.9
	最小值	60.8	39.2	30.4	9.3	9.0	0.9
出 水 质	最大值	58.4	23.0	19.6	18.4	4.2	0.9
	平均值	25.1	13.3	18.0	15.8	0.8	0.6
	最小值	10.2	6.1	10.2	9.2	0	0.3

由表2可见,主要进水水质指标平均值低于设计负荷,但进水水质波动较大。

该污水厂出水水质基本能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准,COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN及TP等指标已经优于出水标准,特别是出水NH<sub>3</sub>-N浓度非常低,NH<sub>3</sub>-

N去除率达到94.67%。TN虽然达到排放标准,但去除率仅为28.57%,说明处理系统中NH<sub>3</sub>-N的硝化反应进行得较完全,但反硝化程度较低。

### 2.2 运行中存在的问题

#### ① 总氮去除率不高

原双沟式氧化沟工艺设计合理,具备脱氮除磷功能,但由于转刷曝气机等设备无法满足双沟式氧化沟运行要求,污水在氧化沟内只经过好氧处理后即排出。在此种运行模式下有机物被微生物降解,氨氮经过好氧环境被氧化为硝态氮,但没有经过缺氧环境,达不到理想的反硝化脱氮反应,造成目前总氮去除率不高<sup>[2]</sup>。虽然目前出水总氮达标,但未来随着纳污范围内的制革厂、明胶厂废水的进入,进水总氮很可能上升,出水总氮存在超标的风险。

#### ② 曝气设备磨损严重、能耗高

该污水厂转刷曝气机高速运行时经常出现电机过热导致自动停机现象。转刷曝气机已经使用了10年,主要部件磨损严重且无法彻底修复,导致传动阻力上升,电机已经无法满足转刷所需轴功率。该污水厂转刷曝气机共24台,频发的故障维修需大量的人力及资金。根据原设计转刷曝气机相关参数,单台转刷曝气机充氧能力为63 kgO<sub>2</sub>/h,电机功率为42 kW,则单台转刷曝气机充氧动力效率为1.5 kgO<sub>2</sub>/(kW · h)。若采用中、微孔曝气器进行鼓风曝气,按照《环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器》(HJ/T 252—2006),其充氧动力效率>4 kgO<sub>2</sub>/(kW · h)。因此转刷曝气比鼓风曝气能耗大。

## 3 双沟式氧化沟升级改造

### 3.1 双沟式氧化沟改造工艺

将双沟式氧化沟工艺改造为A/O工艺,并与氧化沟前的厌氧池组成A<sup>2</sup>/O工艺。将每组2#氧化沟部分池容改造为缺氧池,1#氧化沟与2#氧化沟的另一部分池容改造为好氧池,新增硝化液回流系统,好氧池的硝化液经过穿墙回流泵提升后回流至预缺氧池,再自流入缺氧池。

① 缺氧池采用潜水推流器,好氧池采用鼓风微孔曝气,废除原有转刷曝气器,更换部分潜水推流器。预缺氧池同时设置了微孔曝气器及推流器,运行时可根据进水水质情况关闭或开启曝气器,方便缺氧池实现缺氧环境。

② 鼓风机选用高效节能的空气悬浮鼓风机。改造前氧化沟有效水深为3.5 m,超高为0.8 m,改

造后取消走道板上的转刷,水深可增加 0.3 m,在同等污泥负荷的情况下,处理规模可增加 12%。改造后单组 A<sup>2</sup>/O 系统主要工艺设计参数:厌氧池容积为 900 m<sup>3</sup>,停留时间为 0.72 h;缺氧池容积为 3 584 m<sup>3</sup>,停留时间为 2.9 h;好氧池容积为 9 644 m<sup>3</sup>,停留时间为 7.7 h;预缺氧池容积为 1 341 m<sup>3</sup>,停留时间为 1.1 h;设计污泥浓度 (MLSS) 为 4.0 g/L;污泥负荷为 0.09 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS · d)。

改造后工艺流程见图 2。

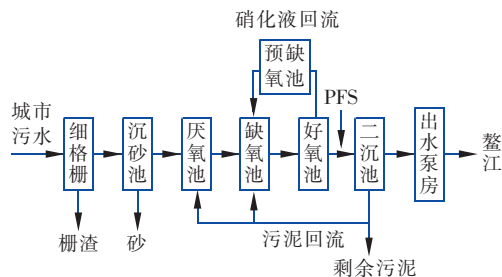


图 2 改造后工艺流程

Fig. 2 Flow chart of upgrading and reconstruction project

### 3.2 主要处理设施及设计参数

氧化沟改造方案示意图 3。

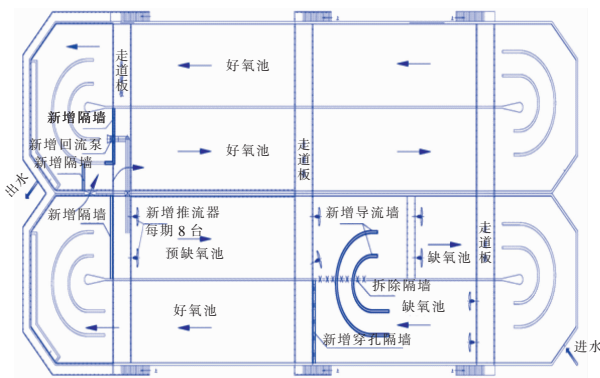


图 3 氧化沟改造方案示意

Fig. 3 Schematic diagram of oxidation ditch upgrading

- ① 空气悬浮鼓风机 3 台 ( $Q = 104 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $P = 60 \text{ kPa}$ ,  $N = 110 \text{ kW}$ , 2 用 1 备);
- ② 潜水推流器 16 台 (桨叶直径为 1.8 m, 转速为 41 r/min,  $N = 4.3 \text{ kW}$ );
- ③ 穿墙硝化液回流泵 3 台 ( $Q = 2 500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 90 \text{ kPa}$ ,  $N = 10 \text{ kW}$ , 2 用 1 备);
- ④ 微孔曝气器 ( $\varnothing 215 \text{ mm}$ , 膜片材质 EPDM, 4.5 m 水深氧利用率  $\geq 25\%$ , 气泡直径  $\leq 3 \text{ mm}$ ) 8 600 套。

### 3.3 水质提升效果

该工程于 2014 年 9 月—2015 年 5 月分两期改造完成,改造后的进、出水水质见表 3。

表 3 2015 年 6 月—2016 年 5 月主要进、出水水质

Tab. 3 Actual influent and effluent quality from June 2015 to

May 2016

mg · L<sup>-1</sup>

项 目	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	TN	NH <sub>3</sub> - N	TP
进水水质	最大值	592.7	128.0	348.0	49.9	28.8
	平均值	192.9	83.3	98.4	22.4	19.5
	最小值	106.7	33.0	34.0	12.2	7.8
出水水质	最大值	47.8	19.1	20.0	17.1	9.2
	平均值	20.9	7.8	8.9	10.7	1.6
	最小值	3.0	4.1	2.0	3.4	0.1

由表 3 可见,改造后由于附近明胶厂等工业废水的接入,进水水质浓度有不同程度的提高,但出水水质除了 NH<sub>3</sub> - N 略有上升外,其余指标明显下降,其中 COD 去除率提高 11.9 个百分点, BOD<sub>5</sub> 去除率提高 7.1 个百分点, SS 去除率提高 16.39 个百分点, TN 去除率提高 27.6 个百分点, NH<sub>3</sub> - N 去除率下降 2.92 个百分点, TP 去除率提高 14.31 个百分点。经分析, NH<sub>3</sub> - N 去除率轻微下降主要是因为改造后好氧区停留时间缩短, NH<sub>3</sub> - N 硝化不完全。

### 4 经济效益

改造前电耗为 0.195 kW · h/m<sup>3</sup>, 改造后为 0.139 kW · h/m<sup>3</sup>, 节省了 0.056 kW · h/m<sup>3</sup>, 电耗下降 28.7%。按照设计污水处理量为 6 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 计算, 可节电 3 360 kW · h/d, 电价按 0.815 元/(kW · h) 计算, 可节约电费 2 738.0 元/d, 每年可节电 1.226 4 × 10<sup>6</sup> kW · h, 节约电费 99.95 万元/a。

维修材料费由改造前 2.520 8 万元/月下降到 1.351 8 万元/月, 维修材料费下降了 1.169 0 万元/月。每年可节约维修材料费 14.028 万元。

### 5 环境效益

以处理水量为 6 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 计, 改造后比改造前每年多削减 COD 1 899.6 t、BOD<sub>5</sub> 177.7 t、SS 805.3 t、TN 142.5 t、NH<sub>3</sub> - N 81.2 t、TP 20.9 t。因改造工程提高了氧化沟有效水深, 同时提高了污水处理效率, 从而大大提高了可接纳的污水处理量。通过改造期间的负荷试验, 单组氧化沟最大可达到 4.7 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d 的处理量, 处理能力提高了 57%。

### 6 结论

本次改造工程投资为 673.56 万元, 将双沟式氧 (下转第 96 页)