

· 工程与实践 ·

文章编号:1006-7329(2001)02-0104-05

# 一体化氧化沟在城市污水处理中的工程应用\*

李伟民, 邓荣森, 王涛

(重庆大学B区 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

**摘要:**立足于新都规模型一体化氧化沟城市污水处理示范工程的生产运行实践,阐述了该工艺的特色、处理效果和可靠性,并对单空间连续进出水的一体化氧化沟作出了较为深入的理论分析和探讨。

**关键词:**一体化氧化沟; 城市污水; 应用

**中图分类号:**X703

**文献标识码:**A

城市污水是造成水体污染的主要原因之一。我国每年排放的废水量近400亿t,现有城市污水处理厂不足二百个,治理率仅为6%左右,和发达国家相距甚远(美国城市废水治理率为71%,英国为87%)。我国中小城市量大、面广,有相当数量城镇分布在长江、黄河等重要水系的中上游,其污染程度直接关系到中下游广大地区的水环境状况。因此,尽快控制中小城市所带来的水污染是解决我国水污染问题的重要环节。但是,目前我国经济尚不发达,在城市污水治理设施建设和运营方面,资金缺口较大,建设进程缓慢且建得起用不起的情况较为普遍,特别是在中小城市,这一现象更为突出。所以,必须寻求投资省、占地少、能耗低、处理效果好、管理简便、适合我国国情的污水处理新技术。一体化氧化沟技术就是其中的一种。

## 1 一体化氧化沟技术的发展

氧化沟自问世以来,经久不衰的一个重要原因是污水是在一个闭合沟渠中完成污水净化的。从理论上讲,它既具有推流反应的特征,又具有完全混合反应的优势,前者使其具有出水优良的条件,后者使其具有抗冲击负荷的能力。正是因为有这个环流,且有能量分区的特点,使其与其它许多污水生物处理技术相比具有独特的优势,其中最为显著的优势是工作稳定可靠。

### 1.1 一体化氧化沟技术简介

一体化氧化沟又称合建式氧化沟(Combined Oxidation Ditch),集曝气沉淀、泥水分离和污泥回流功能为一体,无需建造单独的二沉池。Pasveer教授1954年在荷兰Voorschoten研制成功的氧化沟,用来处理360人口当量的污水,间歇运行,曝气和沉淀是利用一沟完成的,可以看作是最早的一体化氧化沟。规模型开发研究始于80年代。国内使用的D型氧化沟、T型氧化沟等也属于一体化技术的范畴。这里所说的一体化氧化沟是指曝气净化与固液分离操作在同一个构筑物中完成,污泥自动回流,设备和池容利用率为100%,连续运行的一体化氧化沟。其工艺的主要特点是:

- ① 工艺流程短,构筑物和设备少,不设初沉池和单独的二沉池,污泥自动回流,管理简便。
- ② 处理效果稳定可靠,硝化和脱氮作用明显,并有一定的除磷效果。

\* 收稿日期:2000-09-29

作者简介:李伟民(1969-),男,江西吉安人,讲师,博士生,主要从事污水处理的研究。

- ③ 产生的剩余污泥量少,性质稳定,污泥不需消化,易脱水。
- ④ 造价低,建造快,设备事故率低。
- ⑤ 固液分离效率比一般二沉池高,池容小,能使整个系统在较大的流量和浓度范围内稳定运行。
- ⑥ 污泥回流及时,减少了污泥膨胀的可能。

## 1.2 进展情况

一体化氧化沟技术开发至今迅速得到发展,目前,这种连续运行的一体化氧化沟有多种,根据沉淀器置于氧化沟的部位进行区分可概括为三类:沟内式,侧沟式和中心岛式一体化氧化沟。这三种形式国内都有工程实践,国外的发展更为丰富。据1987年统计,在美国已有92座合建式氧化沟,较有代表性的是联合工业公司(United Industries Inc.)的船式沉淀器(BOAT)、Armco环境企业公司的BMTS系统,EIMCO公司的Carrousel渠内分离器,湖滨(Lakeside)设备公司的边墙分离器以及Lightnin公司的导管式曝气内渠和边渠沉淀分离器,此外是Envirex公司的竖流式氧化沟等。

## 2 新都规模型一体化氧化沟城市污水处理工程

### 2.1 工艺流程

按照《污水综合排放标准(GB8978—1996)》一级标准要求设计,工艺流程见下图:

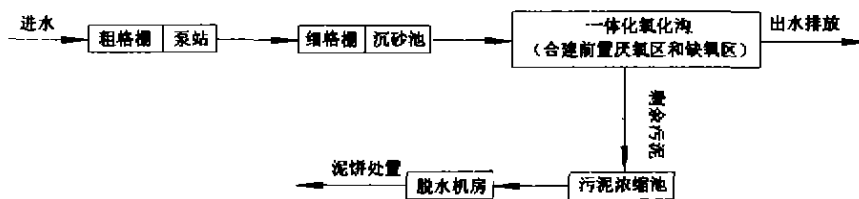


图1 一体化氧化沟污水处理工艺流程图

工艺设计规模为 $10\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ ,在氧化沟上合建了缺氧段和厌氧段。与常规方法不同的是,在沟段布置上省去了一道机械内回流系统。设计总水力停留时间为15 h,其中好氧段为12 h,缺氧段为2 h,厌氧段为1 h。有效水深4.5 m,沟宽10.5 m,采用侧沟式固液分离器。使用直径1 000 mm,长9 m转刷两台,每台配用电机45 KW,主沟中设7.5KW水下推动器两台。此外,厌氧区设0.75 KW水下混合器一台,缺氧区设2.2 KW水下混合器一台。

设计污泥浓度 $\text{MLSS}=3\ 000\ \text{mg}/\text{L}$ , $\text{BOD}_5$ 污泥负荷 $0.1\ \text{kg}\ \text{BOD}_5/(\text{kg}\ \text{MLSS}\cdot\text{d})$ 。设计进水水质为 $\text{BOD}_5=100\sim 150\ \text{mg}/\text{L}$ , $\text{COD}_\text{cr}=200\sim 300\ \text{mg}/\text{L}$ , $\text{SS}=250\ \text{mg}/\text{L}$ , $\text{NH}_4^+-\text{N}=30\ \text{mg}/\text{L}$ , $\text{TP}=5\ \text{mg}/\text{L}$ ,设计出水水质拟达到GB8978—1996一级标准。

### 2.2 工艺特色

工艺除了具有一体化氧化沟技术固有的特点之外,通过合理布局 and 设备的优化配置,还具有以下特色:

- 1)通过侧沟进行泥水分离,实现了无泵自动回流,泥水分离水力条件较好,能实现曝气净化与沉淀分离一体化;
- 2)装设水下推动器,改善了混合推动条件,增加沟深缩小了占地,节省能耗,增加了运行方式的灵活性;
- 3)合建共壁,节省土建费用,方便管理,并将好氧区至缺氧区的回流改为水力内回流;
- 4)采用了中央控制系统,设有多个液位计、PH探头及溶解氧探头,实现对各个构筑物的自动控制,使运行方式更为灵活且有助于节省能耗。

### 2.3 启动和运行

工程于1999年11月中旬建成并进行培菌启动。培菌初期基本上是直接引入原污水进行闷曝,由于培菌期间为冬季,平均水温 $10^{\circ}\text{C}$ 左右,故微生物增长十分缓慢。后改为连续进出水培菌,至2000年2月底,沟中活性污泥浓度达到 $1\ 000\ \text{mg/L}$ 左右,SV30达到10%左右。活性污泥沉降性能良好,镜检已出现固着型原生动物,出水水质稳定。至此,培菌启动期结束,开始投入正常运行。

## 2.4 处理效果及分析

### 1) 原水水质

原污水主要为新都县城部分生活污水,其各项水质指标见下表:

表1 原水水质情况表(mg/L)

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	TP
范围	77.9~578	55~153	22~541	13~27.8	18~30.7	2.6~8.9
均值	197.4	73.2	123.1	20	23.4	5.8

从表中数据分析可知,原水平均 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}=0.37$ ,可生化性较好,但从营养比来看, $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P}=12.6:4:1$ ,营养明显失调,有机物浓度偏低,这主要是由于原污水基本上是生活污水,经化粪池后,有一部分有机物发生了沉降和降解。

### 2) 处理效果

尽管原水水质波动很大,但固液分离器出水水质在沟中污泥浓度达到 $1\ 000\ \text{mg/L}$ 以后,基本稳定在国家标准值以下。这一阶段水温一般在 $10\sim 13^{\circ}\text{C}$ ,出水水质并未受低温的影响,说明一体化氧化沟在冬季运行能够得到保证。处理后出水水质见下表。

表2 处理后出水水质情况表(mg/L)

项目	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	TP
范围	26.0~46.0	9.2~19.6	3.0~19.2	0.8~2.3	3.1~10.7	1.1~2.7
均值	36.0	14.4	11.1	1.5	6.9	1.9

从上表可以看出,除了TP外,其余各项指标均优于国家标准GB8978-1996所规定的一级标准。这主要是由于除磷是通过剩余污泥的排除来实现的,而在此期间,基本上还未实现正常排泥。

经测算,该工程吨水投资为761.1元,吨水电耗为0.25度左右,吨水占地为 $0.45\text{m}^2$ 左右。从以上数据可以说明,工艺是成功的。

### 3) 比较

- ① 与同类其它技术相比,极大地简化了工艺流程,节省了工程投资和运行管理费用;
- ② 由于技术独特的固液分离机理,其表面负荷率较一般的二沉池增加了近一倍,减少了侧沟占用面积;
- ③ 与传统A<sup>2</sup>/O工艺相比,省去了两道机械回流装置;
- ④ 在沟中MLSS达到 $1\ 000\ \text{mg/L}$ 时,出水已基本上趋于稳定且能达标,说明工艺可靠且有潜力。

## 3 关于一体化氧化沟的技术分析

近年来国外城市污水处理技术大量涌入我国,我国同行也在不断地进行研究开发,有关技术的讨论已经展开。

要对各类一体化生物处理技术作出科学分析,有必要分析生物处理的基本原理。众所周知,泥龄(SRT)是生物处理动力学计算基础,厌氧和好氧计算都要涉及泥龄的问题,其中用以计算的污泥应当是参与反应的活性污泥,不包括二沉池,亦不包括三沟、SBR和Unitank等用于沉淀区那一部

分污泥。因此,对于交替式氧化沟或 Unitank 这种通过多个池子交替曝气和沉淀的“一体化系统”,有的学者引入了一个参与反应的污泥量系数(AF)来修正泥龄的计算:

$$SRT = \frac{XV}{\Delta X} \times AF, \quad AF < 1$$

对于 SBR 反应器这种按时间顺序安排曝气和沉淀的“一体化系统”,则用反应时间比定义的有效性系数( $f_a$ )作出修正:

$$SRT = \frac{(VX)_r f_a}{Q_w X_r}, \quad f_a < 1$$

式中: $X$ ——活性污泥浓度,mg/L;

$\Delta X$ ——排除剩余污泥量,kg/d;

$V$ ——反应器容积, $m^3$ ;

$X_r$ ——排泥浓度,mg/L;

$Q_w$ ——排除剩余污泥量, $m^3/d$ 。

$AF$  和  $f_a$  实质上是一样的,可统称为有效性系数。

无论是对于按空间调配或按时间调配的一体化曝气系统,如果曝气停留时间较长,根据其运行方式,都需要用较长的停留时间或池容用于沉淀,池容大土建造价高,不经济。而对于不作时空调配的一体化氧化沟,沉淀分离部分所占池容不到总池容的十分之一。

三沟式氧化沟本身的容积理论利用率为 58%,由于三沟污泥浓度分布不均匀等原因,国内实测结果为 0.40。

双沟式氧化沟容积理论利用率则为 37.5%。

容积利用率较低是交替式氧化沟的一个主要问题。

SBR 一个周期内沉淀和排水时间是一定的,显然增加周期数会造成实际反应时间缩短,周期数越多,池容越大,投资越高。

通过上述分析可以看出:

1) 按空间或时间调配的曝气沉淀一体化活性污泥系统属于活性污泥法工艺的一种变形,遵循活性污泥工艺的一般规律,有效的反应时间至关重要,由于 SRT 的计算方法不同,导致了有效性系数概念的引入。

2) 按空间或时间调配的一体化活性污泥系统由于系统本身的特点,具有结构简单,机械设备少等优点。但是由于系统的经济性问题,选用时需要从多方面比较确定。对于三沟、双沟式氧化沟等系统的计算可知,其容积利用率较低。此外,这些工艺的控制要求严格。

3) 对于一体化氧化沟技术,不作时空调配,仅作分区优化,不存在有效性系数的引入问题,管理比较方便。这已在新都规模型一体化氧化沟工程生产性实践中得到证实。

## 4 结论

1) 单空间连续进出水的一体化氧化沟,不作时间和空间调配,空间、设备利用率高,达到了合建一体化缩短工艺流程的目的,使工程投资、占地和能耗更少,适合于中小城市污水处理。

2) 一体化氧化沟的池型优良、运行方式灵活,实现了分区优化,容积利用率为 100%。

3) 曝气转刷和水上推动器联合使用,使运行方式更为灵活,如采用间歇曝气可节省能耗 25% 以上。

4) 侧沟和中心岛泥水分离和无泵污泥自动回流是成功的,固液分离效率高,水力条件较好。

5) 中央控制系统的设置,使中小城市污水处理的管理水平上了一个层次,且便于配合调整运行方式,节省运行费用。

## 参考文献:

- [1] 王凯军. 曝气沉淀一体化活性污泥工艺设计方法和问题讨论[J]. 给水排水, 1990, 25(3): 12-15
- [2] 周律, 钱易. 浅议三沟式氧化沟的设计[C]. 石化工业给排水技术文集, 1998, 10: 281-284
- [3] 羊寿生. 一体化活性污泥法(Unitank)工艺及其应用[J]. 给水排水, 1998, 24(11): 16-19
- [4] 沈耀良, 王宝贞. 循环活性污泥系统(CASS)处理城市废水[J]. 给水排水, 1999, 25(11): 5-8
- [5] 邓荣森, 李伟民, 等. 从运行方式看氧化沟技术的发展[J]. 给水排水, 2000, 26(3): 19-21
- [6] 邓荣森, 等. 城市污水处理与一体化氧化沟技术[J]. 给水排水, 2000, 26(11): 28-31

## Application of Integrated Oxidation Ditch (IOD) to the Municipal Wastewater Treatment

*LI Wei-min, DENG Rong-sen, WANG Tao*

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University B, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** Based on the practice of Xindu full-scale IOD municipal wastewater treatment plant in Sichuan province, the IOD process characteristics, treatment effect and reliability are elaborated. Additionally, the single space and continuous flow IOD process is deeply analyzed and discussed from the theoretical point of view.

**Keywords:** Integrated Oxidation Ditch (IOD); municipal wastewater; application

---

(上接第 80 页)

## Research on Preparation of Powder Sand High Performance Concrete

*WANG Chong, PU Xin-cheng*

(Silicate Research Section, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** For preparation of high performance concrete (HPC) the first choice for fine aggregate is medium sand or coarse one, while superfine sand and powder sand are unfavorable. In this paper, based on experiments the powder sand HPC with a slump  $\geq 200$  mm, spread  $\geq 600$  mm and 28 d compressive strength  $\geq 100$  MPa has been successfully developed.

**Keywords:** powder sand; high performance concrete