

生物膜氧化沟污水处理性能的研究

何大江 陈吕军 钱 易
(清华大学环境工程系, 北京 100084)

摘要: 生物膜氧化沟是在普通氧化沟内放置合适填料, 使之成为活性污泥法与生物膜法相结合的混合污水处理工艺。本研究通过清水试验, 选择出了生物膜氧化沟的合适填料及其安装方式, 并同时比较了生物膜氧化沟和普通氧化沟的传质效果、水流阻力、水力混合特性。通过污水试验, 确定了生物膜氧化沟的填料最佳填充率。并比较了生物膜氧化沟和普通氧化沟的去除 COD、SS、TN 效率及两者的污泥性能。

关键词: 氧化沟 普通氧化沟 生物膜氧化沟 填料

三十多年来, 由于氧化沟具有处理流程简单、出水水质好、稳定性高及基建投资省、运行费用低、管理简单等优点, 氧化沟技术得到了迅速发展^[1]。但是氧化沟也有其缺点, 特别是其常用容积负荷为 $0.2 \sim 0.4 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 与传统的活性污泥法的容积负荷 $0.4 \sim 0.9 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 相比较低^[2]。而且氧化沟也属于活性污泥法一种, 同样也存在污泥上浮等问题。本研究在氧化沟内放置合适填料, 使氧化沟成为活性污泥法与生物膜法相结合的混合污水处理工艺, 并期望通过这种结合提高氧化沟的容积负荷和脱 N 脱 P 效率, 并改善运行性能。

1 实验装置

本实验装置为两个平行的氧化沟污水处理系统。其中 1 个系统的氧化沟内放置填料, 为生物膜氧化沟系统, 另 1 个为普通氧化沟系统。两个氧化沟系统的流程布置与各单元的尺寸完全相同。图 1 为实验氧化沟系统流程。

本实验采用的氧化沟长 1400mm, 深

300mm。

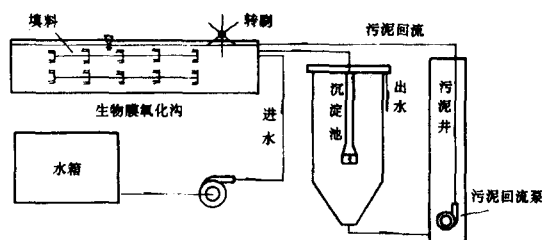


图 1 氧化沟系统流程

2 生物膜氧化沟与普通氧化沟的清水对比试验

2.1 生物膜氧化沟填料的选择及安装方式的确定

载体填料不仅直接影响生物膜氧化沟的处理效果, 还关系到生物膜氧化沟的基建投资和运行费用, 所以选择合适的填料及参数是生物膜氧化沟研究的关键。本试验根据填料的挂膜性能、比表面积、传质效果、水流阻力、价格及填料的生物化学稳定性综合比较确定生物膜氧化

表 1 试验采用的 4 种典型填料的主要规格性能参数

填料名称	规格(mm)	成品重量 (kg/m ³)	成膜后基本重量 (kg/m ³)	理论比表面积 (m ² /m ³)	空隙率 (%)	价 格 (元/m ³)
软性填料	直径 120, 片间距离 60, 安装间距 60	2.2~3.0	30~50	3561	>99	55
第二型软性填料	直径 120, 片间距离 60, 安装间距 60	3.0~3.5	50	2472	>99	82
SL 型复合填料	直径 120, 片间距离 60, 安装间距 120	7.0~8.5*	80~95*	1246*	>99*	225*
YDT 型弹性立体填料	直径 173, 丝条直径 0.5, 安装间距 173		50~110	50~300	>99	>250**

注: 1. *: 为直径 150mm 的 SL 型复合填料。

2. **: 参照国家环保局 1991 年编辑的《生物接触氧化法处理废水技术》的数据^[3]。

3. 以上未注明数据都从浙江省玉环县楚门环保净化设备厂提供的资料摘入。

第一作者: 何大江, 男, 24 岁, 1994 年毕业于清华大学, 学士。

沟的最佳填料及各项参数。

2.1.1 试验采用的填料及安装方式

本试验采用浙江省玉环县楚门净化设备厂生产的4种典型填料:软性填料、第二型软性填料、SL型复合填料、YDT型弹性立体填料。4种填料的主要规格性能参数见表1。

本试验采用了两种填料安装方式:一种是水平式即填料顺水流方向安装,见图2;另一种是垂直式,即填料垂直于水流方向悬挂安装,见图3。

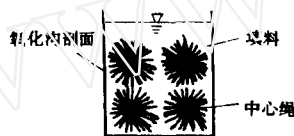


图2 填料顺水流方向安装图

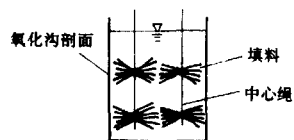


图3 填料垂直于水流方向安装图

2.1.2 试验方法研究

要直接测定填料对传质效果的影响是困难的。本试验选择20℃清水中氧总转移系数 $K_{La}(20)$ 作为表征传质效果的参数。因为 $K_{La}(20)$ 不但反应了气水间的传质效果,而且能间接的反映污染物质与微生物、微生物与气水间的传质效果。

测定填料对水流阻力的影响的方法是测定各种填料与安装方式组合下氧化沟内水流速度 V ,用水流速度来表征水流阻力大小。水的流速大,说明填料的水流阻力小;水的流速小,说明填料的水流阻力大。

填料在氧化沟内的安装位置见图4。

由于填料填充率还没有统一的计算方法,

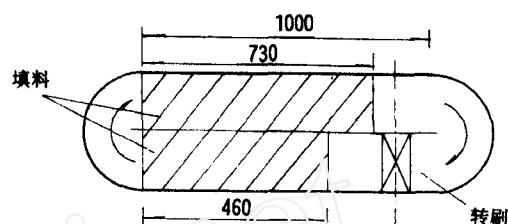


图4 填料在氧化沟内安装位置

本文采用安装填料的排水体积占整个池子有效容积的百分数作为填料填充率。这种方法能准确反映安装填料的数量。

2.1.3 试验结果与分析

按以上试验方法,测得各种填料与填充方式下的 $K_{La}(20)$ 及 V 值,见表2。

表2 在各种填料与填充方式组合下,试验测得的 $K_{La}(20)$ 及 V 值

填料名称	顺水流方向安装		垂直水流方向安装	
	$K_{La}(20)(h^{-1})$	$V(m/s)$	$K_{La}(20)(h^{-1})$	$V(m/s)$
软性填料	22.174	0.148	20.909	0.144
第二型软性填料	26.445	0.135	27.658	0.127
SL型复合填料	24.007	0.085	25.343	0.135
YDT型弹性立体填料	27.714	0.093	28.659	0.082

根据表2的数据,并综合填料的其他性能(见表1),可以得到表3。从表3可知,第二型软性填料的理论比表面积大,价格便宜,使用寿命长,传质效果较好,并且在顺水流方向安装下,水流阻力也较小。故从理论比表面积、价格、使用寿命、传质效果、水流阻力5项综合比较结果来看,以第二型软性填料水平安装最优。第二型软性填料的挂膜性能在后续污水处理中得到验证,证明其挂膜性能是好的。

2.2 填料最佳安装数量的确定

2.2.1 试验方法

表3 各种填料与填充方式组合综合比较

填料名称	理论比表面积	价格	使用寿命	顺水流方向 传质效果	顺水流方向 水流阻力	垂直水流方向 传质效果	垂直水流方向 水流阻力
软性填料	大	便宜	长	差	小	差	小
第二型软性填料	较大	较便宜	长	较好	较小	较好	较大
SL型复合填料	较小	贵	长	较差	大	较差	较小
YDT型弹性立体填料	小	贵		好	较大	好	大

在上阶段试验基础上,本阶段试验确定第二型软性填料在水平式安装方式下的最佳填充率。判断最佳填充率的参数还是表征传质效果的 $K_{La}(20)$ 及表征填料阻力大小的水流速度 V 。在氧化沟具有最佳填充率情况下,要求有较好的传质效果及较小的水流阻力。

2.2.2 试验结果及分析

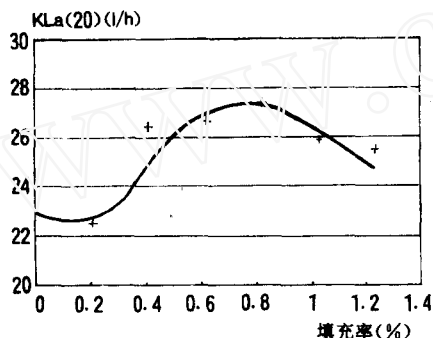


图5 第二型软性填料水平安装方式下不同填充率时的 $K_{La}(20)$ 曲线

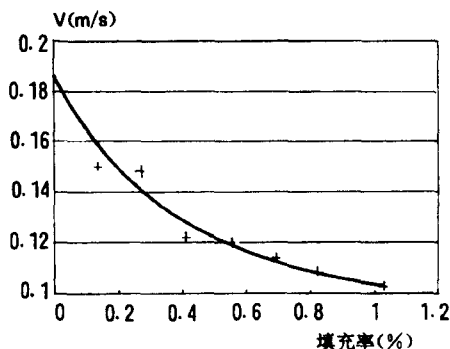


图6 第二型软性填料水平安装方式下不同填充率时的 V 曲线

图5和图6是在不同填充率下测得的氧化沟的 $K_{La}(20)$ 和流速 V 的试验结果。

从图5和图6可知,当填料填充率为0.82%时,生物膜氧化沟的传质效果最好。氧化沟中填料填充率越大,填料对水流阻力越大。综合传质效率和水流阻力两项因素可以得出结论,第二型软性填料在生物膜氧化沟中水平安装的填充率以0.82%为宜。

2.3 清水条件下生物膜氧化沟与普通氧化沟的水力混合特性研究

氧化沟具有特殊的水力混合特性。如果着眼于整个氧化沟,可以认为氧化沟是一个完全混合池。但如果着眼于氧化沟中某一段,就可以发现某些推流式特征。生物膜氧化沟内安装填料会改变氧化沟内水流状态^[1]。本研究通过试验比较了生物膜氧化沟与普通氧化沟的不同水力混合特性。

2.3.1 试验方法

表征实际反应器的有离散模型和等容积连续搅拌反应器(CSTR)串联模型两种。对于离散模型,离散数 D/ul 反映了纵向离散的程度,当 D/ul 趋向于0时,实际反应器接近于理想活塞流反应器;当 D/ul 趋向于正无穷时,表示纵向离散很大,为连续搅拌反应器。对于等容积CSTR串联模型,反应器个数 N 为1时,为连续搅拌反应器;当 N 趋向于正无穷时,为活塞流反应器^[4]。

生物膜氧化沟内安装第二型软性填料,填充率为0.82%。用NaCl作示踪剂,用自来水作原水,在氧化沟进水处采用脉冲信号输入。试验采用的水力停留时间为24h、18h、12h、6h。

2.3.2 试验结果分析

试验结果经计算后,得到了普通氧化沟和生物膜氧化沟在各个试验水力停留时间下的等容积CSTR串联模型的串联个数 N 值及离散模型的离散数 D/ul 值,如图7所示。

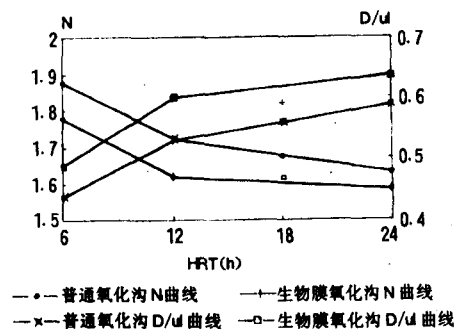


图7 普通氧化沟和生物膜氧化沟等容积CSTR串联模型的串联个数 N 及离散模型的离散数 D/ul

分析图7可以得出结论,生物膜氧化沟的 N 值一般小于普通氧化沟的 N 值,生物膜氧化沟的 D/ul 值则大于普通氧化沟的 D/ul 值。故

在清水条件下,生物膜氧化沟的水力混和性能优于普通氧化沟。这也说明在氧化沟内安装填料有促进水力混合的性能。

3 生物膜氧化沟与普通氧化沟的污水处理性能对比试验

生物膜氧化沟与普通氧化沟的污水处理性能对比试验是在清水基础上进行的。生物膜氧

化沟内安装了第二型软性填料,并采用了水平式安装。填充率起初采用0.82%,后来在试验过程中发现填料截留悬浮污泥能力过强,以致生物膜氧化沟的悬浮污泥浓度太低,故降到0.34%。试验采用的污水由生活污水与牛肉膏、葡萄糖调配而成。试验过程中无污泥排放。污水试验进行了HRT为24h、12h两个阶段。试验具体参数见表4。

表4 生物膜氧化沟和普通氧化沟污水试验的具体参数

试验阶段	氧化沟类型	HRT (h)	回流比 (%)	泥龄 (d)	温度 (°C)	pH	DO (mg/L)	进水 COD (mg/L)	以进水 COD 为基础的容积负荷 (kgCOD/m ³ ·d)
第三阶段	普通	24	100	153.7	17.8~22.5	6.4~6.7	6.6~8.1 平均 7.4	242~741 平均 406	0.242~0.721 平均 0.406
第三阶段	生物膜	24	100	165.5	17.6~22.5	6.4~6.7	6.0~8.4 平均 7.2	242~741 平均 406	0.242~0.721 平均 0.406
第四阶段	普通	12	100	117.0	21.0~24.5	6.4~6.7	5.5~7.2 平均 6.2	268~1041 平均 594	0.536~2.082 平均 1.187
第四阶段	生物膜	12	100	228.0	21.0~24.5	6.4~6.7	6.6~7.4 平均 7.1	268~1041 平均 594	0.536~2.082 平均 1.187

表5 生物膜氧化沟和普通氧化沟在 HRT 为 24h 和 12h 时对 COD、SS 去除情况

氧化沟种类	HRT (h)	平均进水 COD (mg/L)	平均出水 COD (mg/L)	平均 COD 去除率 (%)	平均进水 SS (mg/L)	平均出水 SS (mg/L)	平均 SS 去除率 (%)
普通氧化沟	24	406	29	92.1	145	20	84.7
生物膜氧化沟	24	406	32.7	91.1	145	27.9	76.6
普通氧化沟	12	594	25.0	94.4	184	28.0	84.0
生物膜氧化沟	12	594	24.6	94.3	184	24.9	85.7

3.1 试验结果

3.1.1 生物膜氧化沟和普通氧化沟对 COD、SS 去除效果比较

表5列出了HRT为24h和12h时生物膜氧化沟和普通氧化沟对COD、SS的去除情况。从表5可知,在此两个水力停留时间下,生物膜氧化沟和普通氧化沟对COD都达到了很高的去除效果,两者去除率都在90%以上;另外,对SS也达到了较高的去除效果,去除率都在

75%以上。另一方面,从表5可知,在此两个水力停留时间下,生物膜氧化沟和普通氧化沟对COD、SS去除效果相当接近,对COD的去除效果相差不超过1%,对SS的去除效果在HRT为24h时,普通氧化沟比生物膜氧化沟高8.0%;在HRT为12h时,普通氧化沟比生物膜氧化沟低1.7%。

3.1.2 生物膜氧化沟和普通氧化沟对 N、P 去除效果的比较

表6 生物膜氧化沟和普通氧化沟在 HRT 为 24h 和 12h 时对 N、P 去除情况

氧化沟种类	HRT (h)	进水 TN (mg/L)	出水 TN (mg/L)	平均 TN 去除率 (%)	进水 TP (mg/L)	出水 TP (mg/L)	平均 TP 去除率 (%)
普通氧化沟	24	19.34~29.30	19.5~28.8	2.8	2.86~4.89	3.03~3.58	1.9
生物膜氧化沟	24	19.34~29.30	17.7~25.8	10.7	2.86~4.89	3.06~4.75	1.1
普通氧化沟	12	11.49~19.20	12.80~21.26	7.2	0.69~0.89	0.44~0.92	1.2
生物膜氧化沟	12	11.49~19.20	2.36~11.72	45.3	0.69~0.89	0.88~1.08	0.7

表6列出了生物膜氧化沟与普通氧化沟在HRT为24h、12h两种情况下的对N、P去除情

况。从表6可知,在HRT为24h及12h情况下,生物膜氧化沟与普通氧化沟对TN的去除

效果都较低(低于46.0%)。但生物膜氧化沟的脱N效果明显优于普通氧化沟,当HRT为24h时,生物膜氧化沟TN去除效率比普通氧化沟高7.9%;当HRT为12h时,生物膜氧化沟比普通氧化沟高出38.1%。在试验过程中,

由于无污泥排放,故生物膜氧化沟和普通氧化沟对P基本上无去除效果。

3.1.3 生物膜氧化沟和普通氧化沟的污泥浓度及污泥指数的比较

表7 生物膜氧化沟和普通氧化沟在HRT为24h和12h时的污泥浓度及污泥指数情况

HRT (h)	普通氧化沟混合液 悬浮固体平均浓度 (g/L)	普通氧化沟混合液悬 浮固体污泥指数均值 (mL/g)	生物膜氧化沟悬 浮固体平均浓度 (g/L)	生物膜氧化沟悬 浮固体污泥指数均值 (mL/g)	生物膜氧化沟固 定固体平均浓度 (g/L)	生物膜氧化沟总 固体平均浓度 (g/L)
24	3.08	267.4	1.83	109.0	2.79	4.62
12	3.28	215.0	2.46	179.5	3.18	5.64

表7列出了生物膜氧化沟和普通氧化沟在HRT为24h、12h情况下的污泥浓度与污泥指数情况。从表7可知,在HRT为24h及12h情况下,生物膜氧化沟内悬浮固体的浓度明显低于普通氧化沟内的混合液悬浮固体浓度,在HRT为24h时,低1.25g/L,在HRT为12h时,低0.82g/L。另外,从表7可知,生物膜氧化沟污泥指数比普通氧化沟小很多,这说明生物膜氧化沟能改善污泥的沉降性能。

3.2 结果分析

在试验过程中,生物膜氧化沟和普通氧化沟在HRT为24h及HRT为12h情况下,对COD的去除率基本相同,作者认为主要有以下两个原因:

(1) 试验过程中,普通氧化沟和生物膜氧化沟的出水都保持很好的水质,出水BOD₅始终小于20mg/L,故生物膜氧化沟的潜力可能还未发挥出来,还需进一步试验。

(2) 生物膜氧化沟内存在缺氧区。这虽然一方面促进生物膜氧化沟的脱N效果,但也影响了其对COD的去除效果。

在HRT为24h和HRT为12h时,生物膜氧化沟和普通氧化沟的脱N效果还较差(低于46.0%),这主要有以下两个原因:

(1) 普通氧化沟和生物膜氧化沟的DO值都较高(>6.2mg/L),影响了反硝化细菌的生长。

(2) 氧化沟中有机物浓度较低,可供反硝化菌利用的有机碳源较少。

由于生物膜氧化沟的局部区域产生了缺氧区,故生物膜氧化沟的脱N效果明显优于普通氧化沟。

4 结论

通过生物膜氧化沟和普通氧化沟的清水试验和污水试验,可以得出如下结论:

(1) 第二型软性填料为生物膜氧化沟的最佳填料,与水流方向平行安装为最佳安装方式。

(2) 在清水条件下,填料填充率为0.82%时,生物膜氧化沟对氧的传递效果达到最优。但污水试验表明,填充率为0.82%时,填料安装过于密集,对悬浮固体吸附能力过强。在污水条件下,填充率以0.34%为宜。

(3) 在清水条件下,生物膜氧化沟的水力混合性能优于普通氧化沟,生物膜氧化沟的水流阻力大于普通氧化沟。

(4) 生物膜氧化沟与普通氧化沟在HRT为24h和12h时,对COD、SS的去除效率基本相同,对TN的去除效果生物膜氧化沟明显优于普通氧化沟。

(5) 生物膜氧化沟的悬浮固体沉降性能优于普通氧化沟,易于管理。且生物膜氧化沟悬浮固体浓度低于普通氧化沟内活性污泥浓度,故生物膜氧化沟能降低氧化沟污水厂在沉淀池和污泥回流系统上的基建投资。

参考文献

- 钱易、米祥友. 现代废水处理新技术. 北京: 科学出版社, 1991.
- 给排水设计手册(第五册). 中国建筑工业出版社, 1983.
- 国家环保局. 生物接触氧化法处理废水技术. 环境科学出版社, 1991.
- 许保玖. 当代给水与废水处理原理讲义. 清华大学出版社, 1983.

Study on Tetrachloroethylene Degradation by Anaerobic Bacteria

Ma Guangting

(Guangxi Agricultural University)

G. Gottschalk

(Institute of Microbiology, Göttingen University)

Abstract

The characterization of tetrachloroethylene degradation by anaerobic bacteria in Methanogenic sewage sludge-methanol-enrichment culture was discussed.

The methanogenic enrichment culture was formed by adding H_2/CO_2 , acetate, methanol, ethanol as carbon and energy sources. The methanogenic sewage sludge-methanol-enrichment culture had the highest activity, as 1400 n mol/L of the tetrachloroethylene degradation per day.

From the methanol-sewage sludge-enrichment culture one methanosarcina, two vibrios and one bacteroid have been isolated. The mixed culture with those isolated species has more high activity for the tetrachloroethylene degradation in the sewage sludge-methanol-enrichment culture.

Key words: Methanogenic enrichment culture of sewage sludge,

Tetrachloroethylene degradation by anaerobic bacteria, Anaerobic conditions

Study on Waste-water Treatment Performance of Biofilm Oxidation Ditch

He Dajiang Chen Lujun Qian yi

(Environmental Engineering Department, Tsinghua University)

Abstract

The Biofilm Oxidation Ditch is a hybrid waste-water treatment process that combines Active Sludge Process and Biofilm Process by installing media in an oxidation ditch. To study Biofilm Oxidation some experiments with tap water and waste-water were conducted.

An appropriate media of the Biofilm Oxidation Ditch and its suitable installation pattern were decided in the test of tap water. In the same time, the mass transfer efficiency, resistance of water flow and hydraulic mixing characteristics of Biofilm Oxidation Ditch were compared with them of conventional Oxidation Ditch. On the basis of the experiments with waste water, the appropriate installation density of the media was also decide and the removal rates of COD, SS and TN of Biofilm Oxidation Ditch were compared with them of conventional Oxidation Ditch. Moreover, both of the specialities of suspended solid in Biofilm Oxidation Ditch and those of Active Sludge in conventional Oxidation Ditch were studied.

Key words: Oxidation Ditch, Active Sludge Process, Biofilm Oxidation Ditch, media