

# 投加填料法城镇污水处理厂曝气池升级改造技术研究

肖 磊, 金腊华

(暨南大学环境工程系, 广东广州 510632)

[摘要] 利用自制的活性污泥曝气池, 通过试验研究了投加轻质填料对该曝气池处理模拟生活污水效果的影响。试验结果表明, 当进水 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN 和 TP 分别为 101~136、7.87~20.01、22.14~29.16、1.76~2.74 mg/L 时, 投加轻质填料的活性污泥曝气池对污水中 COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN 和 TP 的去除率分别达到 83%、89%、60% 和 38%, 与未投加轻质填料时相比, COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN 和 TP 去除率分别提高 4%、9%、11% 和 3%。此项研究为污水处理厂曝气池的升级改造提供了一种新的方法。

[关键词] 曝气池; 生活污水; 轻质填料; 生物膜; 升级改造

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2014)10-0049-03

## Research on upgrading technology for aerobic reactor in urban sewage treatment plants by adding fillers

Xiao Lei, Jin Lahua

(Department of Environmental Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** A homemade activated sludge aerobic reactor has been used for the experimental research on the influence of adding light fillers to the activated sludge aerobic reactor on the effectiveness of simulated domestic sewage treatment. The results show that when the COD<sub>Cr</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TN and TP of the influent are 101~136, 7.87~20.01, 22.14~29.16, 1.76~2.74 mg/L, respectively, after adding the light fillers, the removing rates of COD<sub>Cr</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TN and TP can reach 83%, 89%, 60% and 38%, respectively. Compared with the results before adding light fillers, the removing rates of COD<sub>Cr</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TN and TP have increased 4%, 9%, 11%, and 3%, respectively. This research provides a practically new method for upgrading the existing aerobic reactor in sewage water treatment plants.

**Key words:** aerobic reactor; domestic sewage; light fillers; biofilm; upgrading

我国城镇现有污水处理厂大多采用 A<sup>2</sup>/O 工艺处理城镇污水, 该工艺具有污染物去除率高、运行管理方便的特点。但随着社会经济的发展, 污水处理量越来越大, 现有的污水处理规模已不能满足实际需要。因此, 污水处理厂面临扩容、增效和节能的巨大压力<sup>[1]</sup>。曝气池是污水处理厂关键性构筑物, 具有明显的升级改造潜力。笔者采用在活性污泥曝气池中投加轻质填料<sup>[2~5]</sup>, 旨在提高曝气池的微生物数量以提高其对污染物的去除效果, 改善出水水质。通过试验对投加轻质填料和不投加轻质填料条件下曝气池的净水效果进行了对比, 分析了投加轻质填料对曝气池的净水效果的影响, 以期为污水处理厂曝气池的升级改造提供一种新方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 填料

试验用填料采用轻质塑料球, 用聚丙烯制成, 具有孔隙度大、比表面积大、化学性能稳定、机械强度高等特点。塑料球直径为 23~26 mm, 孔隙度为 63.31%~65.76%, 比表面积为 28.22~33.31 cm<sup>2</sup>/g。

### 1.2 原水水质及接种污泥

试验启动采用模拟生活污水, 分别以葡萄糖、氯化铵、磷酸二氢钾作为 C、N 和 P 的来源, 同时投加 Fe<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ni<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>等微生物生长所必须的微量元素, 通过碳酸氢钠缓冲液调节进水 pH。

本试验配制的模拟污水, 是模拟某生活污水处理厂的进水, 生活污水中的碳氮质量比在 18 左右。

[基金项目] 东莞市高校科研机构科技计划项目(2012108101002)

模拟生活污水水质: COD<sub>Cr</sub> 为 101~136 mg/L, BOD<sub>5</sub> 为 52~126 mg/L, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 为 7.87~20.01 mg/L, TN 为 22.14~29.16 mg/L, TP 为 1.76~2.74 mg/L, SS 为 73~209 mg/L, pH 为 7.31~7.71。

试验用接种污泥取自广州某污水处理厂浓缩池, 该污泥需要在实验室进行活化。接种时定比稀释, 使反应池中 MLSS 为 1 000~2 000 mg/L。

### 1.3 试验装置

试验装置见图 1。

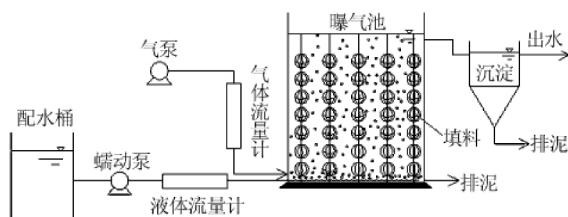


图 1 试验装置

活性污泥曝气池由透明有机玻璃制成, 长和宽为 200 mm, 高为 500 mm, 有效容积约为 14 L。用铜线将轻质填料串接起来, 悬挂在反应池内。试验中采用蠕动泵连续进水, 通过溢流的方式连续出水。曝气采用微孔砂芯曝气头, 将其均匀分布于反应池底部, 曝气量通过玻璃转子流量计来调控。反应池定期排泥。投加的轻质填料的填充率为 30%。

### 1.4 分析方法

COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN、TP 均采用国家标准方法测定<sup>[6]</sup>; DO 采用 LIDA821 溶解氧快速测定仪测定; pH 采用 pHS-3C 型 pH 计测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 投加轻质填料的曝气池对主要污染物的去除

试验条件: 曝气池温度为 16~30 ℃, DO 为 2.5~3.5 mg/L, pH 为 7.31~7.71, HRT 为 9 h。

#### 2.1.1 对 COD<sub>Cr</sub> 的去除情况

投加轻质填料的活性污泥曝气池对 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果如图 2 所示。

由图 2 可以看出, 曝气池进水 COD<sub>Cr</sub> 在 101~136 mg/L 之间变化, 曝气池运行 18 d 后达到稳定, 出水 COD<sub>Cr</sub> 稳定在 18 mg/L 左右, COD<sub>Cr</sub> 去除率在 83% 左右。由此可知, 投加轻质填料后曝气池对有机物具有较好的去除效果。分析认为: 反应前期, 轻质填料表面的生物膜正处在生长阶段, 大量微生物的繁殖需要吸收和转化较多的碳源。后期轻质填料上的生物膜已生长成熟, 对小型颗粒有机物和胶体有机物

具有吸附截留作用, 同时轻质填料上附着的生物膜又增加了对有机物的降解, 从而强化了系统的吸附、降解能力。投加轻质填料的活性污泥曝气池对污水中有机物的降解是物理、化学和生物共同作用的结果。

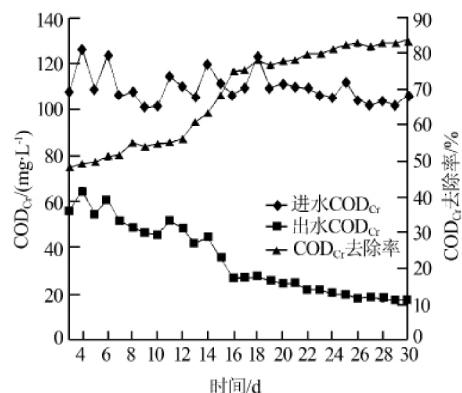


图 2 投加轻质填料的曝气池对 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果

#### 2.1.2 对 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除情况

投加轻质填料的活性污泥曝气池对 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除效果如图 3 所示。

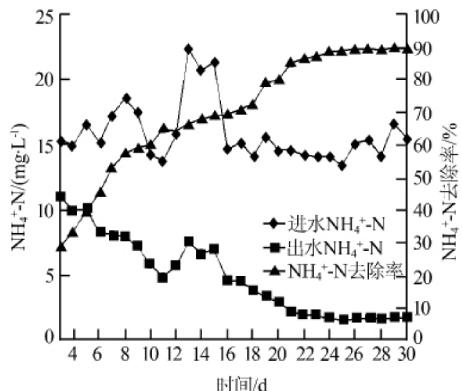


图 3 投加轻质填料的曝气池对 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的去除效果

由图 3 可以看出, 曝气池进水 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 在 14~22 mg/L 之间变化, 曝气池运行 22 d 后达到稳定, 出水 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 稳定在 1.6 mg/L 左右, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除率在 89% 左右。曝气池内轻质填料的扰动作用和剪切作用可使反应池中的气泡轨迹变长, 气泡不断变小, 有利于氧的传递; 而硝化反应的最佳温度在 30~35 ℃, 曝气池在后期由于环境温度升高, 使得硝化反应得以高效进行, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 去除效果较好。

#### 2.1.3 对 TN 的去除情况

投加轻质填料的活性污泥曝气池对 TN 的去除效果如图 4 所示。

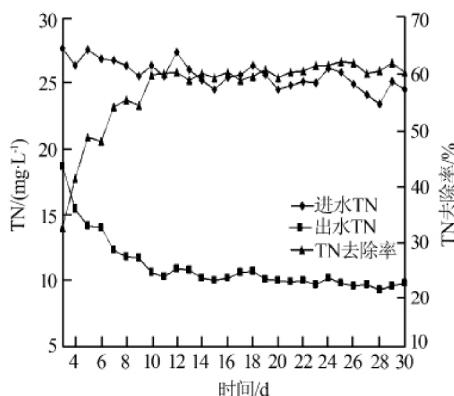


图 4 投加轻质填料的曝气池对 TN 的去除效果

由图 4 可以看出,曝气池进水 TN 在 24~27 mg/L 之间变化,曝气池运行 10 d 后达到稳定,出水 TN 稳定在 10 mg/L 左右,TN 去除率在 60% 左右。在轻质填料附着的生物膜附近,DO 浓度由表及里逐渐降低, $\text{NH}_4^+$ -N 在其表层发生了硝化反应,产生了  $\text{NO}_2^-$ -N、 $\text{NO}_3^-$ -N,造成曝气池内  $\text{NO}_2^-$ -N、 $\text{NO}_3^-$ -N 含量较高。可推测,生物膜里层有反硝化反应发生,这不仅强化了系统去除  $\text{NH}_4^+$ -N 的效果,对 TN 也有较好的去除效果。

#### 2.1.4 对 TP 的去除情况

投加轻质填料的活性污泥曝气池对 TP 的去除效果如图 5 所示。

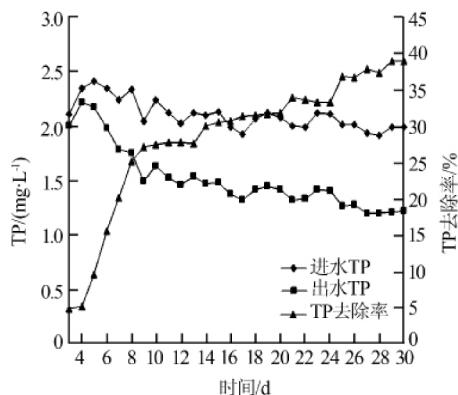


图 5 投加轻质填料的曝气池对 TP 的去除效果

废水中 TP 的去除主要经过厌氧释磷和好氧吸磷 2 个过程。在连续运行的条件下,生物膜里层处于厌氧状态可进行厌氧释磷过程,外层则可进行好氧吸磷过程。从图 5 可以看出,曝气池进水 TP 在 1.9~2.3 mg/L 之间变化,曝气池运行 16 d 后趋于稳定,出水 TP 稳定在 1.2 mg/L 左右,TP 去除率在 38% 左右。分析认为:微生物通过同化作用将磷吸收转化为自

身细胞物质如核酸等贮存在细胞体内,随着微生物的不断生长,生物膜老化脱落,通过及时排泥而达到除磷的目的。投加轻质填料的活性污泥曝气池对 TP 有一定的去除效果。

#### 2.2 未加轻质填料的曝气池对主要污染物的去除

在曝气池温度为 16~30 °C,DO 为 2.5~3.5 mg/L,pH 为 7.31~7.71,HRT 为 11 h,回流比为 90% 的条件下,考察了去除轻质填料后,曝气池对  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+$ -N、TN 和 TP 的去除效果。结果表明,曝气池运行稳定后,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+$ -N、TN 和 TP 去除率分别稳定在 79%、80%、49% 和 35% 左右。由此可以看出,投加轻质填料的活性污泥曝气池对污染物的处理效果明显好于未投加轻质填料的活性污泥曝气池。

### 3 结论

在一定的运行条件下,当污水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+$ -N、TN 和 TP 分别为 101~136、7.87~20.01、22.14~29.16、1.76~2.74 mg/L 时,投加轻质填料的活性污泥曝气池对污水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+$ -N、TN 和 TP 的去除率分别可达到 83%、89%、60% 和 38%,同未投加填料时相比,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+$ -N、TN 和 TP 去除率分别提高 4%、9%、11% 和 3%。投加轻质填料可增强曝气池的净水效果,在不破坏现有构筑物的前提下明显改善了出水水质,该方法适合于对现有城镇污水处理厂的升级改造。

### 参考文献

- [1] 万年红. A<sup>2</sup>/O 工艺的改良与设计应用 [J]. 中国给水排水, 2003, 19(8): 81~83.
- [2] 何富国, 周延炎, 高延耀. 悬浮填料活性污泥法的脱氮效果及影响因素 [J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 6~8.
- [3] 张永丽, 许唯临, 刘钟文, 等. 多孔悬浮填料 SBR 工艺和传统 SBR 工艺的对比研究 [J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2007, 39(2): 66~71.
- [4] Winkler S, Matsche N, Gasser M, et al. Upgrading of wastewater treatment plants for nutrient removal under optimal use of existing structures [J]. Water Science and Technology, 2008, 57(9): 1437~1443.
- [5] 王立立, 卢创新, 金腊华. 悬浮式生物膜法处理河涌水挂膜实验 [J]. 暨南大学学报: 自然科学版, 2008, 29(1): 73~76.
- [6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 80~150.

[作者简介] 肖磊(1988— ),硕士研究生。通讯联系人:金腊华,电话:13660706261,E-mail: profjin@163.com。

[收稿日期] 2014-07-15(修改稿)