

Experimental Research on the Treatment of Municipal Wastewater by Anaerobic Baffled Reactor

SHAO Pi-hong¹ HAN Xiang-kui² DING Da-wei³ AI Sheng-shu¹

(1. School of Water Conservancy & Environment Engineering, Changchun Institute of Technology, Changchun 130012, China.

2. School of Municipal and Environment Engineering, Jilin Institute of Architectural and Engineering, Changchun 130021, China.

3. ChangChun Environmental Monitoring Central Station, Changchun 13002 China)

Abstract: A high-efficient anaerobic technology is demonstrated in this paper. Multi-stages and two-phase anaerobic process of pilot scale anaerobic baffled reactor was used to treat municipal wastewater. Through designing of scientific reactor structure, two phases separation was realized; for purpose of enhancing mass transfer in the improved anaerobic reactor. Better hydraulic conditions and biochemical reaction conditions were acquired in the system. Hi-efficient organic removal rate was achieved. The experiment results show that the removal rates of COD attain 66.5% when the hydraulic retention time(HRT) is 10 hours and the temperature is 19°C. Which indicates the anaerobic baffled reactor is both effective and stable when treating municipal wastewater.

Keywords: municipal wastewater; multi-stage and two-phase anaerobic process; pilot scale anaerobic baffled reactor; separated-phase

厌氧折板反应器处理城市污水试验研究

邵丕红¹ 韩相奎² 丁大伟³ 艾胜书¹

(1. 长春工程学院水利与环境工程学院,长春,中国,130012; 2. 吉林建筑工程学院市政与环境工程学院,长春,中国,130021;

3. 长春市环境监测中心站,长春,中国,130022)

摘要: 本研究提出了一种异波折板多级两相厌氧高效城市污水处理技术。通过科学的反应器结构设计,实现了系统内相分离,改善反应器内微生物与基质之间的传质条件。实现了系统内良好的水力条件和生化反应条件,进而达到有机污染物去除的高效性。试验结果表明,水温19°C、水力停留时间10h时,COD的去除率分别为66.5%。研究表明,该反应器处理城市污水,不仅具有良好的处理效果,且运行稳定。

关键词: 城市污水; 多段两相厌氧; 异波折板厌氧反应器; 相分离

1 引言

目前中国城市生活污水的处理率仅为 22.3%。且普遍采用好氧工艺,投资和运行费用都十分高昂。厌氧污水生物处理技术以高负荷率、低能耗、低运行成本、低污泥产率等突出优越性日渐成为公认的治理高浓度、难降解废水的有效途径之一。但城市污水厌氧处理技术却面临巨大挑战^[1, 2]。笔者通过对化学传质和厌氧微生物理论进行了深入研究后认为,传统的厌氧反应器处理低浓度有机废水之所以效率低,主要原因有两个:一是由于传质效率低;二是反应器内厌氧微

生物活性得不到充分发挥。课题组经过 5 年的试验研究,不断地对厌氧反应器结构进行改进和优化,形成了异波折板多级两相厌氧工艺。用以处理城市污水,溶解性 COD 的去除率可达传统方法的 2 倍以上。

2 高效厌氧反应器的设计

2.1 反应器的设计

由于两种厌氧微生物(产酸菌和产甲烷菌)的生理生化条件迥异,适应的反应条件不同,传统的厌氧反应器不能将两种厌氧微生物进行相分离,使他们不能充分发挥作用,造成厌氧系统效率降低^[4]。

通过对前期试验的分析和总结^[3],将试验装置设计

基金项目:吉林省教育厅“十一五”科学技术研究项目(007204)

成如图1所示。反应器为推流式异波折板厌氧反应器，由有机玻璃加工而成，有效容积均为60L ($100 \times 12 \times 50\text{cm}^3$)，用缠绕在反应器外壁上的电热丝加热，用自动湿式温控仪进行恒温控制，反应器内设九块 $12 \times 50\text{cm}^2$ 的异波折板将反应器均匀分成十个格室，内置弹性立体填料，由转子流量计控制进水流量。

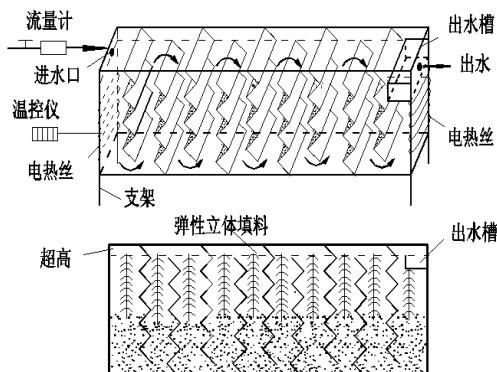


Fig 1 Anaerobic reactor
图 1 厌氧反应器

2.2 试验条件

试验用水采用人工配制污水，水质模拟城市污水厂进水，水质成分包括蔗糖、牛肉膏、氯化铵、硫酸

镁、碳酸氢钠、氯化钠、氯化钙、磷酸二氢钾、磷酸氢二钠等，进水 COD 浓度控制在 450mg/L 左右，波动范围在 420mg/L~480mg/L 之间。由高位水箱供水，通过转子流量计控制进水流。接种污泥为玉米深加工废水处理工艺的厌氧污泥。各种水质指标的检测参照《水和废水监测分析方法》进行。

3 反应器效能的研究

3.1 单相厌氧运行方式的研究

为考察新的运行方式的优越性，试验初期，先未向反应器中注入颗粒污泥，即按单段厌氧运行方式运行。控制温度19℃，进水pH值7.5左右，中间不加碱液调pH值，水力停留时间（HRT）为10h时，对反应器内沿程各室COD去除率及pH值进行了测定，结果如图2。

从图2可见，采用单相厌氧运行方式时，系统的COD去除率很低（低于37%），这与前期试验结果相比，比HRT为6h时几乎没有提高。这说明对于该种厌氧反应器，单纯延长水力停留时间并不能改善其处理效果。分析沿程各室pH值不难发现，第2、第3格pH值下降较快，之后各格pH值基本保持在5.0左右。当pH值小于6.5时，甲烷菌的活性会受到明显的抑制。整个反应器内微生物仍以酸化菌为主，因此整个系统的COD去除率较低。

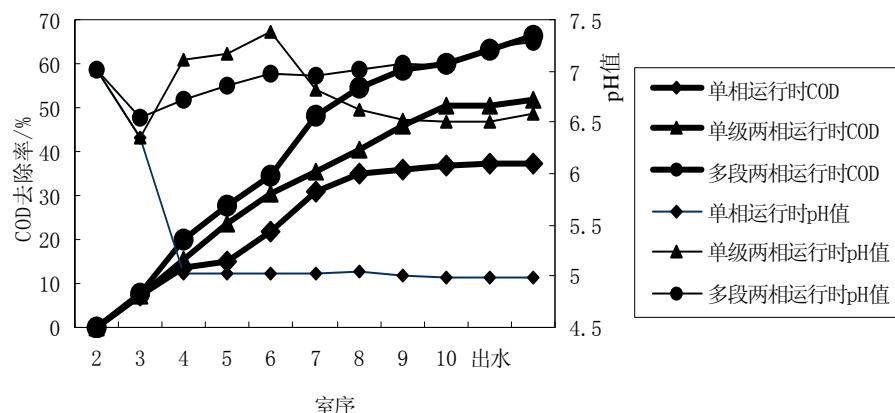


图2 沿程各室的COD去除率及pH值
Fig 2 Removal rate of COD and pH of flow direction

3.2 单级两相厌氧运行方式的研究

从微生物的生理生态角度出发，将产酸和产甲烷阶段分别控制在不同的反应器或同一反应器的不同空间内是厌氧处理工艺设计的必然选择。实现相分离是实现两相厌氧生物处理的关键。在第3格中加入碳酸

钠溶液调节反应器后半段的pH值（物理化学法），创造甲烷菌良好的生态环境，使甲烷菌在后半段中形成优势菌种，形成单级两相厌氧运行方式。调节后沿程各室pH值和COD去除率结果也一并示于图2。结果分析可见，调节pH值后，沿程各室COD去除率明显提高，

出水 COD 去除率达 51.2%。可见，两相厌氧生物处理系统更有利于充分发挥其各种微生物群体的特性，提高处理效率。

3.3 多级两相厌氧工艺的研究

由图2可以看出，采用单级两相厌氧运行方式，沿程各室COD去除率虽有明显提高，但第7格以后的几格室COD去除率几乎没有增大，这是因为后几格又出现有机酸积累，pH值均维持在6.5左右，而甲烷菌适应的最佳pH值范围是6.8~7.2。为了进一步提高传质效率，为产酸菌和产甲烷菌创造良好的生化反应条件，试验后期，将弹性立体填料只悬挂在每格的上半部分，形成酸化区，下半部分则装入厌氧颗粒污泥，为产甲烷区。经过对反应中微生物相的检测发现，弹性立体填料中的微生物以产酸菌为主，而下部颗粒污泥则以产甲烷菌为主。调节后在整个反应器内形成了多级两相厌氧运行方式，调节后沿程各室pH值和COD去除率结果也一并示于图2。

由图2可见，采用多段两相厌氧运行方式后，反应器沿程各室pH值都在6.8~7.2范围内。COD去除率明显提高，出水COD去除率可达66.5%。而且各格室COD去除率呈阶梯状提高。可见，多级两相厌氧生物处理系统更有利于充分发挥各种微生物活性，提高处理效率。

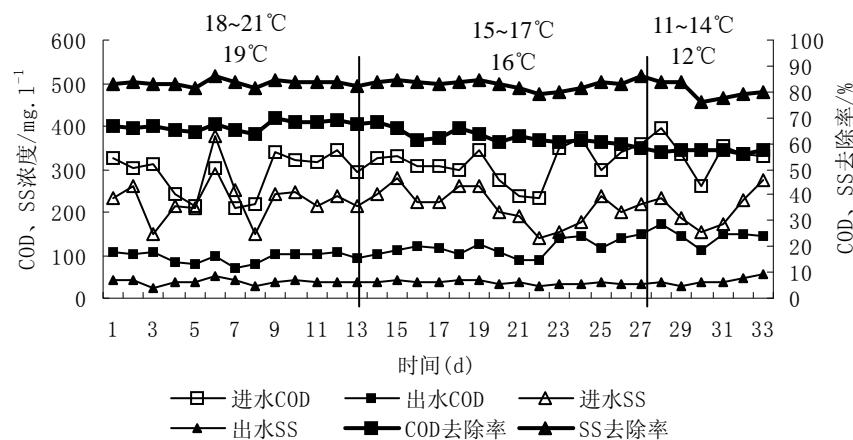


图 3 运行期间 COD 和 SS 去除情况
Fig 3 The removal rate of COD and SS in all process

(2) 通过向异波折板厌氧反应器各格室内接种颗粒污泥，形成多级两相厌氧运行方式，在反应器内实现产酸相、产甲烷相的合理搭配，温度 19 度， HRT 为 10h 时，城市污水 COD 去除率可达 66.5%。

(3) 该新型厌氧反应器处理低温水具有很好的

3.4 温度对处理效果的影响

为了考察温度对反应器运行效能的影响，本试验在系统启动成功后，系统经历了自然温差变化，结合系统温度的变化，考察了系统处理低温水的效果。在 HRT 为 10h 条件下，图 3 所示为试验期间进水 COD、SS 的浓度变化和去处率。

从图 3 可见，COD 的去除率随温度的下降而变小，但这种变化不十分明显。平均水温 12°C 时，COD 的去除效率仍可达到 57.0%，效果优于 UASB 反应器^[5]。与平均水温 19°C 时 COD 的去除效率 66.5% 对比，下降幅度不是很大。这说明该厌氧反应器对温度的下降表现出很好的稳定性。平均水温 12°C 时，SS 的去除效率仍可达到 81.2%。

4 结论

(1) 通过新型厌氧反应器结构设计，可以改善反应器内微生物与基质之间的传质条件，并通过向反应器第 3 格加入碳酸钠溶液调节 pH 值，可有效避免了反应器内有机酸的积累和 pH 值变化而使反应系统运行状况恶化的风险，沿程各室 COD 去除率明显提高，温度 19 度，HRT 为 10h 时，城市污水 COD 去除率可达 51.2%。

稳定性。上述进水水质条件下，水温 12°C，HRT 为 10h 时， COD 和 SS 的去除率分别为 57.0% 和 81.2%。

试验结果表明，该高效厌氧技术对溶解性 COD 的去除能力是对照传统方法的 3 倍以上，效果非常显著。利用该厌氧反应器处理低浓度、低温城市污水，可在

很大程度上减小后续好氧处理构筑物规模，降低污水处理成本和运行费用。

References (参考文献)

- [1] Wang Yonghua, Xu Peng, Zhao Jinbao, *Research Advances of Anaerobic Digestion Pretreatments on Waste Sludge* [J]. *Environmental Science Trends*. Apr., 2004. 9~11
王永华, 徐鹏, 赵金保. 污泥厌氧消化预处理的研究进展[J]. 环境科学动态. 2004, 4. 9~11
- [2] Elmitwalli T A , Sklyar V, Zeeman G, et al. *Low Temperature Pre-treatment of Domestic Sewage in an Anaerobic Hybrid or an Anaerobic Filter Reactor* [J]. *B ioresour Technol*, 2002, 82 (3): 233 -239.
- [3] Shao Pihong, Hang Xiangkui, etc. *Experimental Investigation on Treatment of Urban Wastewater by Spiral-Flow Anaerobic Baffled Reactor* [J]. *Environmental Science and Technology* Mar., 2006. 85~86
邵丕红, 韩相奎等. 旋流折板厌氧反应器处理城市污水试验研究[J]. 环境科学与技术 2006, 3. 85~86.
- [4] Ren Nanqi, Wang Aijie. *Principle and Application of Anaerobic Biological Technology* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004, 73-77
任南琪,王爱杰.厌氧生物技术原理与应用[M].北京:化学工业出版社,2004,73-77.
- [5] Yang Jian, Ju Zhihua, Wu Ming. *Pilot-scale Test of Anaerobic Hybrid Reactor for Pretreatment of Low Temperature Combined Urban Sewage* [J]. *China Water & Wastewater Engineering* 2007, 23(5): 58-61
杨健,居志华,吴敏.复合式厌氧反应器预处理低温城市合流制污水中试[J].中国给水排水 2007, 23(5): 58-61
- [6] Introduction of the First Author] Shao Pihong, (1967-), female, from Changchun, Jilin, associate professor, Doctor, Major Research Field: Water Pollution Control and Treatment.
- [7] Contact Information: School of Water Conservancy and Environment Engineering in Changchun Institute of Technology Zip code: 130012 E-mail: shaopihong@163.com Tel.: 0431-8620-7822 Mobile Phone: 136-3431-6088