

# 常温 EGSB 去除有机物的性能与机理

王 强<sup>1</sup>, 吴昌敏<sup>2</sup>, 季 民<sup>2</sup>, 杨宝国<sup>1</sup>

(1. 天津市政建设发展有限公司, 天津 300070; 2. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

**摘 要:** 将厌氧污泥膨胀床 (EGSB) 分别与厌氧生物滤池、好氧生物滤池和活性污泥法串联并用其处理城市污水, 考察了 EGSB 在常温下的工艺性能和去除有机物的机理。结果表明, 在常温 and 较短水力停留时间下, EGSB 的厌氧生化过程主要停留在水解阶段, 对有机物的去除主要以颗粒污泥的吸附、吸收作用为主; 影响 EGSB 处理效果的主要因素有温度、上升流速、水力停留时间、进水浓度及容积负荷等。

**关键词:** 厌氧污泥膨胀床; 污水处理; 厌氧—好氧

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)08-0051-03

## Performance and Mechanism of Anaerobic Expanded Granular Sludge Bed Process for Removal of Organic Matters at Ambient Temperature

WANG Qiang<sup>1</sup>, WU Changmin<sup>2</sup>, JI Min<sup>2</sup>, YANG Baoguo<sup>1</sup>

(1. Tianjin Municipal Engineering Construction Corporation, Tianjin 300070, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Anaerobic expanded granular sludge bed (EGSB) process was combined in series respectively with anaerobic biofilter, aerobic biofilter, and activated sludge process for municipal wastewater treatment, and its process performance and mechanics in removal of organic matters at ambient temperature were investigated. The result shows that under ambient temperature and short HRT, the anaerobic biochemical process is limited in the hydrolysis stage, and the organic removal is mainly dependent on adsorption and absorption of granular sludge. The factors affecting the effectiveness of EGSB are temperature, up-flow velocity, HRT, influent concentration, and volumetric loading, etc.

**Key words:** anaerobic expanded granular sludge bed; wastewater treatment; anaerobic - aerobic

长期以来好氧生物处理技术,尤其是活性污泥法一直是我国城市污水处理厂的主体工艺,它具有处理效率高、出水水质好等优点,但能耗及运行费用高,剩余污泥产量多。厌氧生物处理技术因能耗低、污泥产量少而在许多发展中国家(例如巴西、哥伦比亚、印度等)的城市污水处理中得到了广泛应用。厌氧生物处理技术有多种工艺,如王凯军等人<sup>[1]</sup>开

发的厌氧接触法和升流式厌氧污泥床(UASB)城市污水厌氧水解工艺。但国外的研究表明<sup>[2,3]</sup>,应用 UASB 在常温下处理低浓度城市污水时,由于产气量少,反应器内混合强度低,很容易形成短流和死区,导致反应器处理效率下降甚至难以正常运行。为克服 UASB 工艺的缺点,Lettinga 教授等开发出了适应常温或低温、低浓度污水处理的厌氧颗粒污泥

膨胀床 (EGSB), 它通过加大上升流速来增加混合搅拌强度, 提高了处理效率。笔者将 EGSB 分别与厌氧生物滤池、好氧生物滤池和活性污泥法串联, 开展了处理城市污水的试验研究。

## 1 试验装置和方法

### 1.1 试验装置

在天津纪庄子污水处理厂进行试验, 原水为一沉池出水, 厌氧部分采用 EGSB (如图 1 所示): 有机玻璃柱加工而成, 反应区高为 2.00 m, 内径为 150 mm, 三相分离区高为 0.80 m, 内径为 185 mm, 放缩段高为 0.03 m; 沿反应柱高度方向设置 5 个取样口。EGSB 出水进入后续反应器, 进水流量用转子流量计测量, 产气量用湿式气体流量计测量。

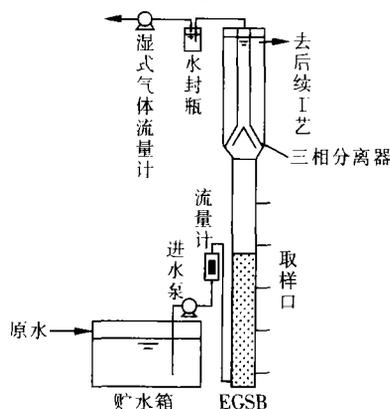


图 1 试验装置

Fig 1 Schematic diagram of experimental set-up

### 1.2 分析项目及方法

COD: 重铬酸钾法; 溶解性 COD ( $COD_{s01}$ ): 经中速定量滤纸过滤后测定 COD; TOC: TOC-500 分析仪; SS: 质量法;  $NH_4^+ - N$ : 纳氏试剂分光光度法。

### 1.3 原水水质

试验从 2004 年 4 月开始, 到 11 月结束, 期间水温为 14~26.5 (平均为 20), COD 为 143.4~575.4 mg/L (平均为 250.6 mg/L), TOC 为 25~85.6 mg/L (平均为 56.7 mg/L), SS 为 28~484 mg/L (平均为 107.4 mg/L),  $NH_4^+ - N$  平均为 55.42 mg/L。

## 2 结果与讨论

### 2.1 常温下 EGSB 去除有机物效果

接种污泥取自纪庄子污水处理厂的消化池, 启动 105 d 后可见明显的颗粒污泥 (粒径为 0.3~1.0 mm), 对 COD 的去除率达到了 20%~30%, 可认为启动完成, 进入稳定运行阶段。由于一沉池出水

COD 浓度较低, 导致 EGSB 对 COD 的平均去除率仅为 25.8%, 对 TOC 的平均去除率为 42.6%, 较文献 [2] 的低, 经分析原因可能是一沉池出水中的有机物主要为溶解态, 反应器对其截留效果较差。此外, 在常温下 EGSB 的产气量很少 ( $CH_4$  产量平均为 0.41 L/d), 而 COD 去除量平均为 58.5 g/d。按照 350 mL  $CH_4$  /gCOD 的理论转化系数, 可计算出产生 0.41 L 的  $CH_4$  相当于去除 1.17 g 的 COD, 说明去除的 COD 中仅有 2% 被完全厌氧化, 即厌氧反应进行得不完全。对颗粒污泥性质进行分析发现其产甲烷活性较小。试验中 EGSB 出水中的溶解性 COD 浓度大于进水的 (进水溶解性 COD 与总 COD 的比值平均为 0.61, 出水的为 0.78), 表明厌氧阶段有较好的水解作用, 有利于后续生物处理工艺的运行。

根据试验结果推测有机物在 EGSB 中的转化过程为: 当污水进入 EGSB 后, 首先借助污泥床的过滤及颗粒污泥的吸附作用将有机物吸附网捕到颗粒污泥的表面, 这是一个物理过程, 一般只需要几秒到几十秒即可完成, 然后在水解酸化菌的作用下得到降解。在较短的水力停留时间 (1.0~2.5 h) 下, EGSB 主要通过颗粒污泥的吸附和吸收等作用去除有机物, 发生的厌氧生化反应则主要是水解反应。

### 2.2 温度对 EGSB 处理效果的影响

试验结果表明, 随着温度的升高则 COD 去除率有所增加 (温度每升高 10 则 COD 去除率增加约 10%), 这是因为, 随着温度的升高则微生物的活性有所增加, 从而提高了对有机物的去除率。

### 2.3 EGSB 对有机物的快速去除能力

试验中发现, 当反应区的水力停留时间 (不包括三相分离区) 为 0.8~1 h 时就可获得较稳定的 COD 去除率, 此后随着水力停留时间的延长则 COD 去除率呈下降趋势。为了进一步验证该试验结果, 将反应器内的污泥取出进行静态厌氧降解试验, 结果表明, 在污水与厌氧污泥接触后的前 1.0 h 内有机物浓度急剧下降, 在 1.5~2 h 时有机物浓度趋于稳定。这说明, 由于厌氧反应器主要依靠颗粒污泥的吸附和吸收去除有机物, 这一过程在较短的停留时间内即可完成, 延长水力停留时间并不会使去除效果得到改善, 相反还会因水流上升流速减小而削弱水力搅拌作用, 导致对有机物的去除率下降。

### 2.4 进水 COD 浓度对其去除率的影响

图 2 和图 3 分别显示了进水 COD 浓度和反应

器容积负荷对 COD 去除率的影响。

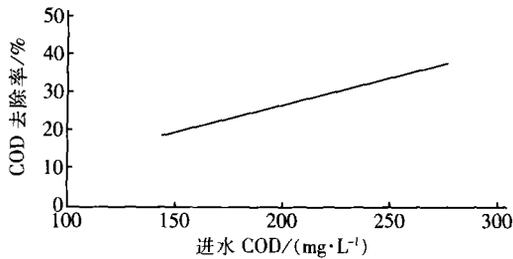


图 2 COD 去除率与进水 COD 浓度的关系

Fig 2 Relationship between influent COD concentration and its removal rate

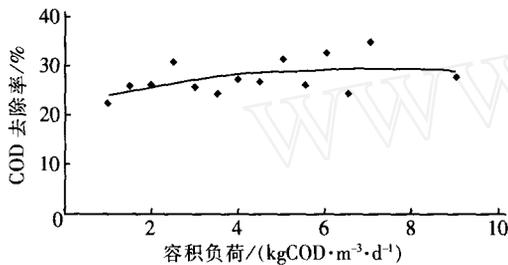


图 3 COD 去除率与 COD 容积负荷的关系

Fig 3 Relationship between volume load and COD removal rate

提高进水 COD 浓度会增加反应器中基质与微生物浓度之比,促进了微生物生长并增强了其活性和处理能力。在进水 COD 浓度变化范围不大的情况下,容积负荷的增加也就意味着水力负荷的增加,从而提高了水流上升流速和搅拌能力,因而有利于提高反应器对 COD 的去除率。由图 2 可知,当进水 COD 从 150 mg/L 增加到 250 mg/L 时,COD 去除率随其进水浓度的增加而呈直线上升。许多城市污水处理厂的沉砂池出水 COD 通常为 300 ~ 400 mg/L, 按此推测则 COD 去除率应能达到 50% 以上。由图 3 可知,当进水 COD 负荷为 2 ~ 8 kgCOD / (m<sup>3</sup> · d) 时,COD 去除率随负荷的增加呈缓慢上升趋势,当进水 COD 负荷达到 6 ~ 7 kgCOD / (m<sup>3</sup> · d) 时去除率最高。

### 2.5 对不同分子质量有机物的去除能力

为深入研究 EGSB 去除有机物的机理,对 EGSB 进、出水的分子质量分布进行了测定,结果见表 1。

由表 1 可知,对总 TOC 和分子质量 > 10 ku 有机物的去除率而言,两次的试验结果比较接近;在第一次试验中分子质量为 4 ~ 10 ku 的 TOC 值出现了出水比进水高的现象,而第二次测试则是在 1 ~ 4 ku

出现这种情况,这说明延长水解反应时间能够促使有机物的分子质量进一步减小;快速厌氧过程对小分子有机物有较好的去除效果,同时还能够将大分子有机物转化为中小分子有机物。

表 1 分子质量分布

Tab 1 Molecular weight distribution

分子质量 /ku	TOC (HRT = 1.18 h, T = 20.5 )			TOC (HRT = 2.71 h, T = 14.5 )		
	进水 / (mg · L <sup>-1</sup> )	出水 / (mg · L <sup>-1</sup> )	/ %	进水 / (mg · L <sup>-1</sup> )	出水 / (mg · L <sup>-1</sup> )	/ %
>10	7.7	4.2	45.5	9.2	4.7	48.9
4 ~ 10	1.3	3.3	- 153.8	1.6	0.8	50.0
1 ~ 4	0.6	0.3	50.0	2.3	3.9	- 69.6
<1	15.2	8	47.4	20.4	10.8	47.1

### 3 结论

稳定运行时,EGSB 对 TOC 的平均去除率为 42.6%,对 COD 的平均去除率为 25.8%。EGSB 能够提高溶解性 COD 与总 COD 的比值,为后续处理创造了良好条件。

有机物在 EGSB 内主要通过颗粒污泥的吸附和吸收作用去除,厌氧生化反应主要为水解反应,该过程能使大分子有机物转化为中小分子有机物。应用 EGSB 处理城市污水时在 1 ~ 2 h 的接触时间内就能获得达到比较稳定的去除效果。

提高进水温度、有机物浓度、容积负荷都可使 COD 去除率有所增加。当进水 COD 从 150 mg/L 增加到 250 mg/L 时,COD 去除率随其进水浓度的增加而呈直线上升;控制进水 COD 负荷在 6 ~ 7 kg-COD / (m<sup>3</sup> · d) 可获得较高的 COD 去除率。

### 参考文献:

- [1] 王凯军. 低浓度污水厌氧—水解处理工艺 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1992
- [2] Lucas Seghezzi, Grietje Zeeman, Jules B van Lier, et al. A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors [J]. *Bioresource Technology*, 1998, 65: 175 - 190
- [3] 季民,霍金胜. 厌氧颗粒污泥膨胀床 (EGSB) 的工艺特征与运行性能 [J]. *工业用水与废水*, 1999, 30 (4): 1 - 4

电话: 13802192681

收稿日期: 2005 - 04 - 10