



HAR—生物接触氧化处理生活污水

蒋柱武, 罗琳, 赵建夫

(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

[摘要] 试验采用复合式厌氧反应器(HAR)后续接生物接触氧化工艺(BC)处理生活污水。在水温高于 15 ℃, HAR运行 31 d 后, HAR 完成启动, HRT 为 6 h, HAR 的 COD_{Cr} 去除率达到 60%以上; HAR 出水经 BC 段处理, HRT 为 3.2 h, 出水 COD_{Cr} 平均小于 40 mg/L, SS 小于 12 mg/L, BOD_5 和氨氮小于 15 mg/L。试验结果表明, HAR—BC 工艺在我国气候适宜的地区可用来高效地处理生活污水。

[关键词] 复合式厌氧反应器; 生物接触氧化; 生活污水

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2005)07-0023-04

Application of HAR—biological contact oxidation process to the treatment of domestic sewage

Jiang Zhuwu, Luo Lin, Zhao Jianfu

(The Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Hybrid anaerobic reactor (HAR), followed by biological contact oxidation (BC) technique, is used for treating domestic sewage. When HAR is under operation for 31 d and the water temperature is 15 ℃, the COD removal rate is up to over 60%. When outlet water is treated by biological contact oxidation, HRT is 3.2 h, the COD of outlet water is less than 40 mg/L averagely, SS less than 12 mg/L, BOD_5 and NH_3 less than 15 mg/L. The results show that HAR and BC techniques can be used for treating domestic sewage in areas where the climate is suitable.

Key words: hybrid anaerobic reactor; biological contact oxidation; domestic sewage

厌氧生物反应器在过去 20 年取得了长足的发展, 随着对厌氧技术和厌氧微生物研究的深入, 希望将厌氧工艺用于处理生活污水等低浓度的污水。

厌氧相对于传统的好氧工艺, 具有能耗小、污泥产量低、适合分散处理等优点, 在气候适宜的地区可用来高效地削减有机污染负荷, 是一项很有吸引力的技术^[1,2]。生活污水由于浓度低、变化大, 而且含有大量的颗粒态物质, 各种颗粒态有机物质的厌氧降解性质不同, 对于厌氧处理过程而言属于复杂废水^[3], 如果采用一级厌氧处理, 效果并不理想。本试验采用升流式厌氧污泥床反应器(UASB)和厌氧滤池(AF)两种工艺结合的复合式厌氧反应器(HAR)作为预处理, 去除生活污水中大部分悬浮物和溶解性有机物质, 后续生物接触氧化对 HAR 出水作进一步处理。

1 材料与方法

1.1 工艺流程

试验工艺流程见图 1。HAR 上部为填料床层, 下部为污泥床层。填料层占反应器高度的 3/5, 污泥床层占反应器高度的 2/5。反应器总高为 2.0 m。反应器从底部以上 1.5 m 段内径为 40 cm, 以上 50 cm 段内径为 60 cm。四束纤维填料悬挂式安装在反应器中。纤维填料单体是通过中心绳绞合, 将填料丝压布固着于绳内形成辐射状立体构造。填料丝具有弹性, 带波纹和微毛刺。接触氧化池池长 1.10 m, 深 0.45 m, 宽 0.60 m, 反应区有效容积为 150 L, 沉淀区有效容积为 100 L, 接触氧化池采用 $D150$ mm 蜂窝球形悬浮填料, 比表面积为 $150\sim350\text{ m}^2/\text{m}^3$, 空隙率为 97%。

1.2 HAR 接种污泥的性状

本试验接种污泥取自某污水处理厂的污泥浓缩池。污泥呈褐色, 外观黏稠呈絮凝体状, 注入反应器

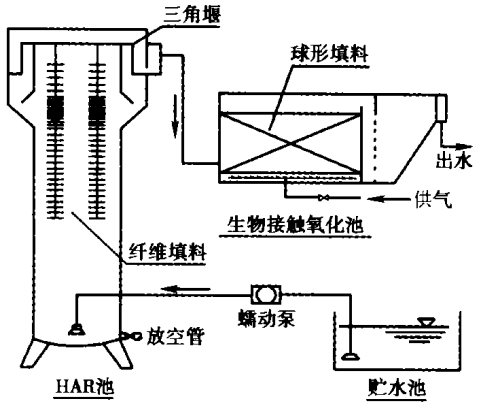


图 1 试验装置

前用筛布筛除部分非污泥粗大杂质。测得的污泥性状见表 1。

表 1 接种污泥的基本性状				
项目	SS/(g·L ⁻¹)	VSS/(g·L ⁻¹)	SVI	VSS/SS
数值	33.5	15.6	52	0.46

1.3 试验用水

本试验用水取自某小区污水泵站。进水先由潜水泵抽至集水箱，再从集水箱由蠕动泵抽至 HAR 底部。试验用水水质见表 2。

表 2 试验用进水水质指标			
项目	数值	项目	数值
COD _G /(mg·L ⁻¹)	141~417	总氮/(mg·L ⁻¹)	29~65
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	45~198	温度/℃	9~29
SS/(mg·L ⁻¹)	51~214	硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	35~65
pH	7.1~7.6	碱度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	345~410

1.4 分析检测项目

在试验期间每天都进行采样分析。进水取自蠕动泵的集水池, HAR 出水取自三角堰集水区, 生物接触氧化池出水取自沉淀区集水口。分析项目为进出水 COD_G、BOD₅、pH、SS、氨氮、碱度和污泥 VSS、SVI 值。

2 结果与讨论

2.1 HAR 的启动

厌氧反应器的启动是指在一定的条件下, 让厌氧微生物增殖, 产生各种厌氧微生物种群和污泥形态, 达到稳定的降解效果。反应器启动成功与否主要看反应器是否达到稳定的理想去除率。

根据反应器启动期运行的实际情况, 将 HAR 的启动分为污染物积聚期、污泥成长期和污泥成熟期三个阶段。整个启动期均采用连续进水的方式。各个阶段 HRT 分阶段递减, 有利于反应器内厌氧污泥的

分级和聚集。污泥成熟期共运行 14 d, 前 7 d 的 HRT 为 6.0 h。为了使厌氧微生物有充分的营养, 并使上升水流产生较高的筛分强度, 后 7 d 的 HRT 变为 4.5 h, 水力负荷从 4.0 m³/(m³·d) 提高到 5.33 m³/(m³·d), COD_G 容积负荷相应地从 0.775 kg/(m³·d) 增加到 2.227 kg/(m³·d)。经过污泥成熟期后, 反应器下部污泥床层中出现细小的颗粒污泥, 大小很不均匀, VSS/SS 值不断升高, 达到 0.50 以上。污泥的 SVI 值从初始值 49 下降到 30 以下, 说明反应器下部的污泥具有较好的活性和沉降性。从图 2 可以看出, 在启动期各阶段, HRT 虽然变化显著, 但去除率逐渐提高, 当 COD_G 的去除率稳定达到 60% 以上时, 认为反应器启动完成。

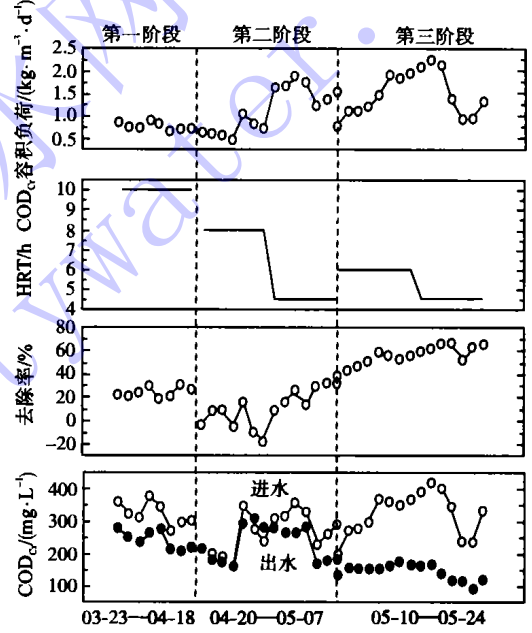


图 2 HAR 启动阶段运行情况

HAR 反应器的工艺形式有利于反应器的启动。填料床层在启动初期的沉淀和拦截作用积聚了有机物, 在厌氧分解作用开始后增大了参与反应的基质浓度和生化降解的推动力, 另外, 填料层在启动期可防止污泥流失, 有利于厌氧污泥的累积。

2.2 稳定运行期试验结果

2.2.1 HAR 在两个工况下的运行结果

HAR 在工况 1(HRT = 6 h)和工况 2(HRT = 8 h)下对 COD_G 和 BOD₅ 的去除率见图 3。从图 3 可以看出, HAR 对 BOD₅ 的去除率要大于对 COD_G 的去除率, 原因可能是 BOD₅ 是易生物降解的有机物质而更容易被厌氧微生物消化降解, 这一点也可从进出水的 BOD₅ 与 COD_G 比值变化看出, 说明绝大部分容易降解的污染物质在反应器中已被消化。

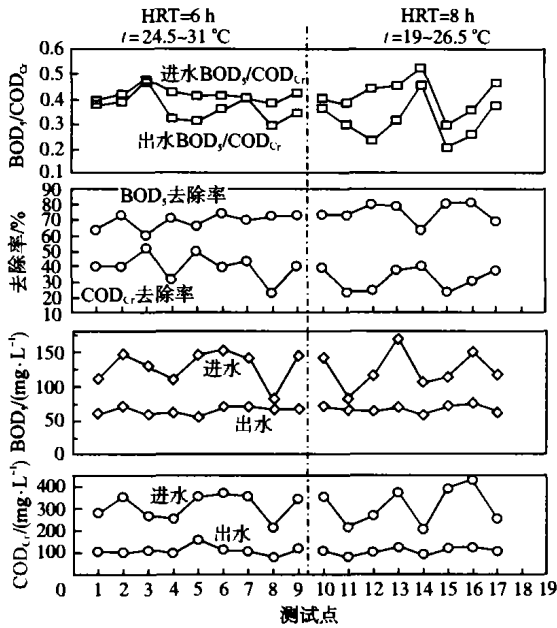


图3 两种工况下HAR的运行结果

在进水没有回流的情况下,HAR对SS的去除率主要与HRT、进水浓度变化和甲烷气的释放情况有关。当HRT大于4h时,出水的SS受停留时间的影响不明显,SS去除率均达到60%以上。当HRT小于4h时,出水SS变化较大。在雨季进水COD_G、进水悬浮物浓度低时,出水SS浓度明显降低。当积聚的甲烷气瞬间释放时,出水挟带的SS较高。反应器对SS的去除率见图4。

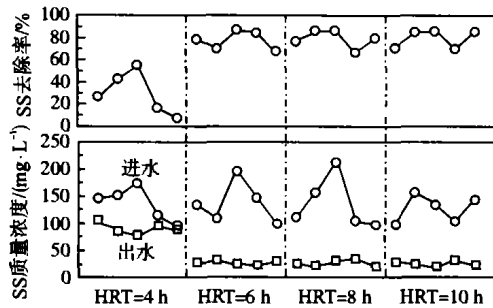


图4 HRT与SS去除率的关系

2.2.2 HAR出水的后续处理

温度适宜时,厌氧能高效率去除生活污水中的有机污染物,比其他方法有独到的优势。但是厌氧出水中残存的部分有机物、悬浮物和氮磷营养物仍然会影响受纳水体的质量。因此,单纯厌氧处理生活污水只能作为一种削减污染负荷的方法。在水环境质量要求高的地区,厌氧出水的后处理是必要的。

厌氧出水可供选择的后处理方法很多,为了经济有效的进一步去除COD_G、BOD₅和NH₃-N,大都采用活性污泥法、生物膜法和氧化塘^[4]。本试验采用生物接触氧化池(BC)作为后处理。

后处理试验只对HAR工况1的出水进行处理。水温在18.5~27℃之间,接触氧化池的HRT为3.2h,溶解氧控制在1.80~2.45mg/L,生物接触氧化对COD_G、SS和BOD₅的去除结果见表3。

表3 生物接触氧化法处理HAR出水结果

进水COD _G /(mg·L ⁻¹)	出水COD _G /(mg·L ⁻¹)	COD _G 去除率 /%	进水BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	出水BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ 去除率 /%	进水SS /(mg·L ⁻¹)	出水SS /(mg·L ⁻¹)	SS去除率 /%
91.3	29.1	68.1	25.9	9.6	62.9	25	13	48.0
104.3	35.6	65.9	26.3	12.2	53.6	27	12	55.6
114.2	42.6	62.7	45.6	17.6	61.4	36	15	58.3
107.2	37.6	64.9	32.6	13.5	58.6	40	11	72.5
124.8	41.9	66.4	31.2	16.3	47.8	42	12	71.4
92.5	29.7	67.9	21.5	11.2	47.9	26	10	61.5
87.3	34.7	60.3	18.8	10.2	45.7	28	14	50.0
109.3	45.6	58.2	30.8	14.3	53.6	43	13	69.8

3 结论

(1)HAR反应器的工艺形式有利于反应器的启动,填料层在启动期可防止污泥流失,有利于厌氧污泥的累积。

(2)在水温为15℃,HAR运行31d后,反应器完成启动。HRT为6h,COD_G和SS去除率可达到60%以上。反应器的水力负荷从4.0m³/(m³·d)提高到5.33m³/(m³·d),去除率不受影响。

(3)用接触氧化法处理HAR反应器出水,HRT为3.2h,出水COD_G平均小于40mg/L,SS小于12mg/L,BOD₅小于15mg/L。

[参考文献]

- [1]Alaerts G J, et al. Feasibility of anaerobic sewage treatment in sanitation strategies in developing countries [J]. Wat. & Sci. Tech., 1993, 27: 179-186
- [2]Kalker T J J, et al. Transfer and acceptance of UASB technology