



A²/O 滤床生活污水净化槽的特性研究

王 昶¹, 卜宇岚^{1,2}, 贾青竹¹, 刘继辉¹

(1. 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457; 2. 湖南公安高等专科学校, 武汉 500263)

摘要: 根据家庭生活污水的特点, 开发了一种联合厌氧和好氧生物膜处理工艺的小型一体化生活污水净化槽. 通过冷模实验, 调查了系统中各部分的流体流动特性, 对选定的聚乙烯多孔波纹板填料分别进行好氧和厌氧微生物的驯化、挂膜, 观察了生物膜的成熟及其经时变化情况. 实验表明: 厌氧区流体流动呈现出较好的平推流特性, 而好氧区表现出混合流的特性; 滤床填料挂膜后启动十分便利, 各区域中对污水都具有较好的去除能力, 出水的水质达到国家污水排放一级标准, 其中: COD_{Cr}<60 mg/L, 去除率>86.9%; BOD₅<20 mg/L, 去除率>97.4%; 浊度去除率>97.7%.

关键词: 生活污水; 净化槽; 生物滤床; 厌氧

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1672-6510 (2008) 02-0001-05

Study on Characters of Purifying-Tank Combined A²/O and Filter-Bed

WANG Chang¹, BO Yu-lan^{1,2}, JIA Qing-zhu¹, LIU Ji-hui¹

(1. College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;
2. Hunan Public Security College, Wuhan 500263, China)

Abstract: A small size household sewage purifying-tank combined A²/O and bio-filter was developed based on the characters of household sewage. The flow mechanisms of water in each zone were investigated through cold-model experiments, the perforated polyethylene boards were selected as parking material of filter bed. The reclamation and formed membrane of aerobic and anaerobic microorganism were carried out respectively to analyze the variation of the bio-membrane growth with time. The results reveal that the water in the anaerobic zones and aerobic zone show the performance of plug flow and mixed flow respectively. After the bio-membrane form on the surface of the boards, the start-up of the tank is easy, and the efficiency for degradation of the sewage is also high. The effluent quality come up to the national first-class discharge standard, the COD_{Cr} and BOD₅ are less than 60 mg/L and 20 mg/L, the removal efficiency of the COD_{Cr}, BOD₅ and turbidity reached 86.9%, 97.4% and 97.7% respectively.

Keywords: household sewage; purifying-tank; bio-filter bed; anaerobic degradation

随着改革开放, 城市化建设速度飞快, 城乡人民的生活水准有了很大提高, 人们对生活质量的要求也越来越高. 大部分新建城乡都采用水冲洗厕所, 改变了家庭生活环境^[1]. 但是占我国人口 70.1% 的农村人口其生活污水收集处理设施还很不完善, 很多城镇由于资金问题致使管网不配套和污水处理厂建设、运行相对滞后^[2]. 即使按照国家“十一五”规划的要求, 直至 2005 年城市污水集中处理率也只达到 45%, 我

国每天未经处理直接排放的生活污水 BOD 负荷量仍超过 4.64 万吨. 毫无疑问, 若将未经处理的生活污水直接排放到生活区附近的河流, 势必会引起水体不同程度的污染, 甚至会影响人们生活用水的供给.

高效生活污水净化槽不仅可以弥补现行条件下政府财政不足, 解决公共下水道设施建设困难, 而且还可以对郊外、乡镇短期内无法建立污水处理系统的地区以及风景区进行生活污水即厨房用水、洗澡用水

收稿日期: 2007-09-06; 修回日期: 2007-12-13

基金项目: 天津市农委 2006 年重大资助项目 (0604140)

作者简介: 王 昶 (1958—), 男, 江苏人, 教授, 博士, wangc88@163.com.

以及冲厕用水一同连续处理^[3-6],使净化后的排水达到国家一级排放标准($BOD_5=20\text{ mg/L}$),使水来自于自然,回归于自然.分散式小型净化槽系统与城市生活污水处理系统的互补是整个生活污水处理的完整系统,是保护我国自然水体的发展方向^[7-9].

本文根据家庭生活污水的特点,开发设计了一种厌氧、好氧生物处理工艺的小型高效处理家庭生活污水的净化槽,分别使用 KCl 溶液和有机染料红墨水示踪剂,调查了流体在各区域内的流动特性,确保高浓度生活污水在平推流下,低浓度在全混流下进行生物降解.进而还调查了生物滤床挂膜过程中,生物膜生长情况和特性以及净化槽生活污水处理启动过程各区域水质指标的变化,为净化槽的实用化、标准化和产业化提供重要的基础数据.

1 材料与方法

1.1 实验装置

自行设计开发的净化槽^[10]实验装置如图 1 所示,是由有机玻璃制作而成的,主要由一级厌氧区、二级厌氧区、好氧区、沉淀区、消毒区以及气泵等构成,进入到净化槽的污水将靠各区之间的势能差形成自然流动.本实验装置为实际运行时净化槽体积的 1/67,实验装置处理流量以实际五人家一天一吨用水量计算,一般设定为 15 L/d.

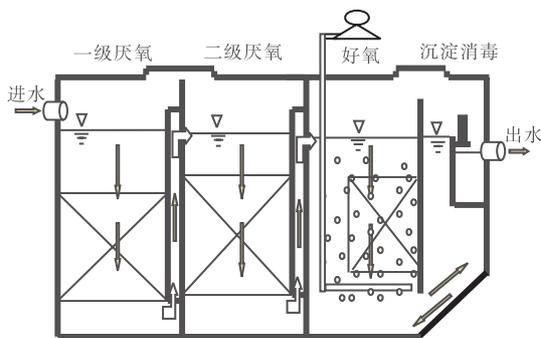


图 1 生活污水一体化净化槽装置图

Fig. 1 Schematic diagram of the integrated purifying-tank for treatment of the household sewage

1.2 流体流动特性的测定

净化槽中流体流动特性对抗冲击性具有很大的影响,生活污水进入净化槽后,一旦受流体返混或短路影响,就会进入后续降解区,对出口水质产生较大的波动.为了调查净化槽两级厌氧一级好氧的抗冲击性能力,分别使用红墨水和 KCl 溶液示踪剂调查其流体流动特性.

红墨水示踪实验是将净化槽内加满自来水,调好一定浓度的红墨水溶液,经磁力循环泵以流速为 0.301 L/min 抽到净化槽的进口处,连续观察红墨水在槽中各部位的流动状态,定时拍照以便比较分析.同样选用 0.015 mol/L 浓度的 KCl 溶液,以 0.30 L/min 的速度连续进样,分别在不同时刻测定已设定好的 4 个点的电导率,取样点分别为一级厌氧出口,二级厌氧出口,好氧区底部以及净化槽的出口.

1.3 挂膜和启动实验方法

为了增加填料表面积、强度以及耐腐蚀性,本实验选用了二种不同规格的多孔波纹板:一种是波纹较细的,单位体积表面积为 $70\text{ m}^2/\text{m}^3$,用作厌氧滤床填料,所占体积分别为一级厌氧和二级厌氧槽体积的 40%和 60%;另一种是波纹较粗的,单位体积表面积为 $40\text{ m}^2/\text{m}^3$,用作好氧滤床填料,占好氧槽体积的 50%.填料挂膜之前,经表面活性剂全面清洗,去除油污交叉叠合捆扎一体,分别进行厌氧和好氧挂膜.

厌氧挂膜选择校园学生生活区化粪池的厌氧井,波纹板填料置于其中,定期搅拌水体,且跟踪观察挂膜情况.好氧挂膜实验用污水取自天津科技大学学生生活区生活污水,其水质见表 1.好氧挂膜阶段将污水在容器内闷曝 2 d 后,每天间歇进约容器体积 1/3 的新鲜污水,溶解氧控制在 3.60 mg/L 左右.

表 1 学生生活区生活污水主要水质参数

Tab. 1 Main water quality parameters of the sewage in the student area-living

水质指标	平均值	样本数
$COD_{Cr}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	336.95	21
$BOD_5/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	228.95	4
浊度/NTU	144.43	21
pH	7.34	5
水温/ $^{\circ}\text{C}$	18.5	12
$\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	123.58	2

厌氧挂膜和好氧挂膜完成后,各自填料放入相应装满学生生活区取来的生活污水的净化槽内进行启动.第一阶段厌氧区不进污水,处于浸渍状态,而好氧区连续曝气,溶解氧控制在 5.0 mg/L 左右^[11],水温 20~25 $^{\circ}\text{C}$,每天定时更换好氧槽体积 1/3 的新鲜污水,4 d 后取样测定各区液体中五日生物耗氧量 BOD_5 和化学耗氧量 COD_{Cr} 以及浊度,各指标均采用标准方法测定^[12].第一阶段启动的适应期完成后,进入初步运行阶段,以连续的方式流入污水,其速度为 15 L/d,曝气量保持不变,连续 5 d 进水后取样测定各项指标.

2 结果与分析

2.1 流体流动特性分析

图 2 表示经连续进水 12 min 和 115 min 时槽中的红墨水的分布情况. 由 12 min 时的分布情况可知, 尽管红墨水染料的浓度差引起一些扩散, 在分界面附近出现较小的波动, 但是, 红墨水与下部的清澈自来水仍存在明显的分界面, 说明厌氧区几乎没有返混, 流体按照平推流方式缓慢向前流动, 抑制了高浓度溶液进入到低浓度中. 115 min 时的流动状态也同样反映出二级厌氧区和二级厌氧区红墨水颜色变化的类似性, 即使存在扩散作用, 但纵向上仍然没有返混现象. 而好氧区借助于曝气气体的湍动, 液体进行激烈的混合, 所以颜色明显减弱, 反映了好氧区的全混流特性.

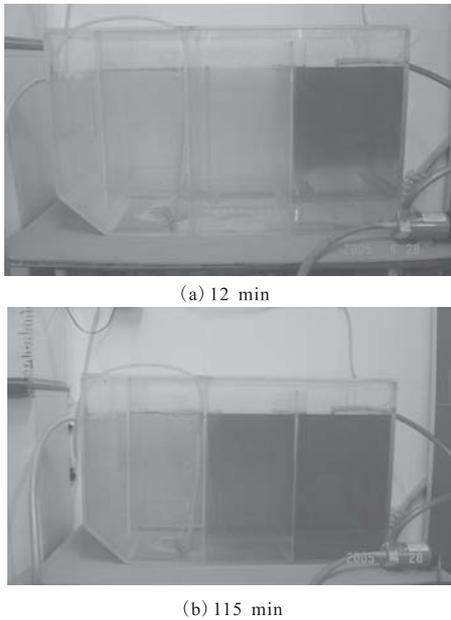


图 2 连续进水 12 min 和 115 min 后净化槽中红墨水分布
Fig. 2 Distribution of red ink after 12 min and 115 min flowing continuously in the purifying-tank

为了定量表达水体的流动特性, 提高抗冲击性, 采用 KCl 溶液作为示踪剂, 分别在一级厌氧槽中部、二级厌氧槽中部、好氧槽中部以及沉淀槽中部定时取样, 测定其溶液的电导率. 图 3 表示 KCl 溶液示踪实验中电导率随时间的变化结果. 一级厌氧和二级厌氧的电导率经时变化曲线极为相似, 当到达某一时刻后, 电导率快速增加, 而好氧区的电导率经很长时间才会缓慢增加, 反映出全混流的特性, 从浓度高低来说, 进口处的高浓度区是靠平推流形式向前推进流到后续区域, 充分体现了抗冲击性能力.

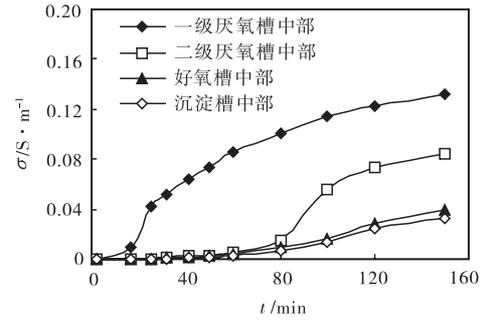


图 3 不同测定点 KCl 溶液电导率的经时变化
Fig. 3 Variation of the conductivity of the KCl solution with time at the different determination points

2.2 挂膜和启动结果

生物膜在载体表面形成, 首先是微生物要在载体表面附着. 在生活污水的厌氧井中, 通过进水的冲击和人工的搅拌, 给微生物从液相转移到载体表面提供了充分条件, 由于细菌具有胶体粒子的性质, 尺度约为 1.0 μm, 自身布朗运动也增加了它与载体表面接触的机会. 在实验中可以观察到由于厌氧污泥的亲水性很差, 挂膜较难, 需要微生物分泌一些黏性代谢物质在填料表面上附着, 增加微生物的附着能力, 约一周后, 微生物在填料表面获得一个相对稳定的生存环境后开始通过所提供的底物进行繁殖、增长. 先是在载体表面不规则处形成小的、分散的微生物菌落, 并逐渐扩大. 10 d 后, 填料表面形成了一层很薄的厌氧膜, 但是膜的厚薄不均, 沟槽处的膜较厚, 适应期形成的分散菌落迅速增长, 逐渐覆盖载体表面, 这个挂膜阶段需要近一个月的时间. 成熟后的厌氧生物膜为不易剥落、质地均匀的黑色膜. 厌氧挂膜填料表面前后变化情况表示在图 4 中.

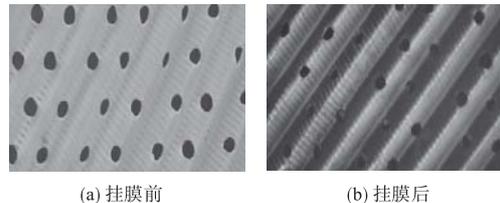


图 4 厌氧挂膜填料表面前后变化
Fig. 4 Variation of the packing surface before and after anaerobic bio-membrane formation

好氧挂膜填料表面前后变化情况表示在图 5 中. 相比之下好氧挂膜相对较快, 大约 2~3 d 就可以观察到好氧填料表面形成的黄色菌胶团黏质黏膜, 但是此时的好氧膜厚薄不均, 在沟槽部位的菌胶团量较大, 这是因为细菌具有胶体粒子的性质, 像沟槽处这样受曝气搅动等水利剪切作用较小的地方, 其与载体

表面接触的机会多,细菌很容易从液体中转移到载体表面,逐渐增多的细菌形成黏性更大的菌胶团,在挂膜初期的吸脱中很快达到平衡^[13].一周后填料表面就附着了大量的絮状棕褐色好氧膜.好氧生物膜在此时期,随着进水量的增加而迅速增厚.10 d左右在温度、营养物、水力剪切等环境条件相对稳定后,好氧生物膜生长情况良好,生长与脱落趋于动态平衡,此时挂膜进入稳定期,成熟后的好氧生物膜虽然不如厌氧生物膜结构紧密,但是吸附性较强.此后要严格控制曝气量、污水浓度等,否则,已经形成的膜很容易脱落.

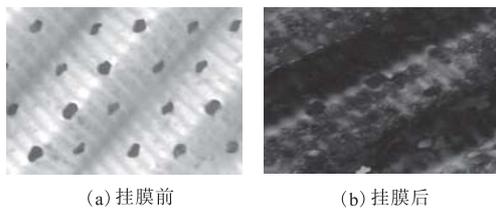


图5 好氧挂膜填料表面前后变化

Fig. 5 Variation of the packing surface before and after aerobic bio-membrane formation

启动第一阶段,由于厌氧区没有污水注入,厌氧菌充分发挥其功效,经4 d后,分别取各区水样进行测定,其结果见表2.由表2结果可知,各区水质的COD、BOD和浊度都有了显著降低,污水得到了有效的净化.其中二级厌氧的各指标比一级厌氧区的好,这是由于滤床填料所占体积不同,二级厌氧区的单位体积微生物含量要高于一级厌氧区,降解能力强.好氧区在连续曝气的条件下,由于填料上的生物膜以及污泥中部分好氧微生物的作用,即使在每天更换1/3新鲜污水的第4天后,COD和BOD都有了大幅度的降低,达到了国家排放污水水质一级标准.此时沉淀区悬浮物沉淀于底部,上部的水质更好.

实验进入运行启动阶段(第二阶段),以15 L/d污水流速连续进水,好氧区溶解氧DO控制在5.0 mg/L左右,此阶段持续5 d,然后取样测定,其结果见表2.由结果可知,与第一阶段相比,一级和二级厌氧区的COD和BOD虽然依次降低,但去除率不高,表明连续进水后,由于厌氧降解速度不快,厌氧发酵水解过程主要使不溶解的污染物水解成可溶性的、大分子分解成小分子的污染物,这些降解后的污染物更有利于后续好氧生物的降解.水的浊度经厌氧区后大为改观,尤其是一级厌氧区,去除率可达72%.这是由于滤床的作用以及生物膜吸附作用,使颗粒悬浮物得到了有效分离.在好氧区,可溶性的、

分子较小的污染物在好氧微生物作用下进行生物氧化降解,水质明显提高,其中COD和BOD分别小于60 mg/L和20 mg/L,达到国家排放水一级标准,去除率由二级厌氧出口的54.5%提高到94.1%.其结果也应归功于滤床的作用,滤床不仅提高了好氧区内的微生物有效体积含量,而且可以减少污泥产生量,有利于操作和管理.经过沉淀区,水质又有了进一步提高,COD_{Cr}、BOD₅和浊度去除率分别可达86.9%、97.4%和97.7%,表现出高效率、低能耗的特点.

表2 二个不同启动阶段净化槽各区域中的参数测定

Tab. 2 Determination index of two star-up phases in different zones of purifying-tand

测定参数	第一阶段		第二阶段		
	测定值	去除率/%	测定值	去除率/%	
原水	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	351	252		
	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	253	231		
	浊度/NTU	178	157		
一级厌氧	COD _{Cr} /mg·L	126	64.1	187	25.8
	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	69	72.7	171	26.0
	浊度/NTU	72	59.6	44	72.0
二级厌氧	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	102	70.9	115	54.4
	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	59	76.7	105	54.5
	浊度/NTU	65	63.5	27	82.8
好氧	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	41	88.3	41	83.7
	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	7.5	97.0	13.6	94.1
	浊度/NTU	15.3	91.4	13.3	91.5
出水	COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	23	93.4	33	86.9
	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	4.0	98.4	6.1	97.4
	浊度/NTU	5.8	96.7	3.5	97.7

3 结论

(1) 一段和二段厌氧区污水采用平推流形式,有效地抑制了高浓度污水进入低浓度区,充分地发挥了厌氧微生物在高浓度区的降解作用.减少了好氧区的负荷,降低了过程的能耗.而好氧区在曝气作用下处于全混流状态,可以更加有效地去除剩余有机负荷,使出水达到国家排放标准.

(2) 由于厌氧微生物亲水性差,不易在固体表面成膜,但成膜一旦形成就非常稳定,不易脱落,外观呈现黑色、致密.好氧微生物生长快,亲水性好,容易在固体表面成膜,但生物膜受环境影响大,容易脱落,外观呈现棕色、松散.

(3) 生物滤床不仅提高了微生物在厌氧和好氧区的有效浓度,加速了降解的速度,而且还发挥了过滤作用,抑制了家庭生物污水中颗粒物的后移,增加了颗粒物的停留时间,确保了出水的质量.

(4) 滤床填料挂膜后,启动便利,生活污水在各区中都具有较好的降解特性,对于进水流量和浓度的变化具有较强抗冲击能力.滤床填料挂膜后启动十分便利,各区域中对污水都具有较好的去除能力,出水的水质达到 $\text{COD}_{\text{Cr}} < 60 \text{ mg/L}$,去除率 $> 86.9\%$; $\text{BOD}_5 < 20 \text{ mg/L}$,去除率 $> 97.4\%$;浊度去除率 $> 97.7\%$.

(5) 生活污水 COD 的减少主要发生在厌氧区内,去除率约在 65%以上.浊度的减少主要发生在一段厌氧区内,去除率约在 60%以上.

参 考 文 献:

- [1] 杨岳平,徐新华,刘传富. 废水处理工程及实例分析 [M]. 北京:化学工业出版社,2003:59—64.
- [2] 吕 军. 中国统计摘要—2001 [M]. 北京:中国统计出版社,2001:100—102.
- [3] Philippi Luiz S, da Costa Rejane H R, Sezerino Pablo H. Domestic effluent treatment through integrated system of septic tank and root zone [J]. Wat Sci Tech, 1999, 40 (3):125—131.
- [4] Markus Boller. Small wastewater treatment plants—a challenge to wastewater engineers [J]. Wat Sci Tech, 1997, 35 (6):1—12.
- [5] 小野洋. 净化槽和管理体系的未来模式 [J]. 用水和废水 (日), 1995, 38 (7):13—17.
- [6] 康 提. 日本小型合并处理净化槽的性能初探 [J]. 贵州环保科技, 2002, 8 (3):26—31.
- [7] 闵毅梅. 日本净化槽技术在中国的推广前景 [J]. 污染防治技术, 2003, 16 (4):74—79.
- [8] 宋洁明,张建国,刘树博,等. WSD-1 型生活污水处理装置的研制 [J]. 辽宁城乡环境科技, 2004, 19 (5):56—65.
- [9] 全向春,杨志峰,汤 茜. 生活污水分散处理技术的应用现状 [J]. 中国给水排水, 2005, 21 (4):24—27.
- [10] 王 昶,王 然. 家庭用自流式生活污水净化处理装置:中国, ZL 200520130697.0[P]. 2007-01-10.
- [11] 孔小松,干爱华,刘瑞轩,等. 气水比对生物膜法处理废水各阶段的影响 [J]. 工业水处理, 2005, 25 (7):50—52.
- [12] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 3 版. 北京:中国环境科学出版社, 1994:11—13.
- [13] 方 芳,龙腾锐,郭劲松,等. 多孔填料表面物理特性对生物膜附着的影响 [J]. 工业用水与废水, 2004, 35 (6):1—4.

科技论文的规范表达

引 言

论文的引言又叫绪论,写引言的目的是向读者交代本项研究的来龙去脉,其作用在于唤起读者的注意,使读者对论文先有一个总体的了解。

引言中要写的内容大致有如下几项:

(1) 研究的理由、目的和背景。包括问题的提出,研究对象及其基本特征,前人对这一问题做了哪些工作,存在哪些不足;希望解决什么问题,该问题的解决有什么作用 and 意义;研究工作的背景是什么。

如果要回答的问题比较多,则只能采取简述的方法,通常用一两句话即把某一问题交待清楚。

(2) 理论依据、实验基础和研究方法。如果是沿用已知的理论、原理和方法,只需提及一笔,或注出有关的文献。如果要引出新的概念或术语,则应加以定义或阐明。

(3) 预期的结果及其地位、作用 and 意义,要写得自然、概括、简洁和确切。