

悬浮填料转笼式生物反应器的研制与应用

江帆¹, 陈维平¹, 吴纯德², 潘国如¹, 张 骏¹

(1. 华南理工大学机械工程学院, 广东 广州 510640;
2. 华南理工大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 为了有效治理日益严重的河流、湖泊水污染, 研制了一种悬浮填料转笼式生物反应器。其工作原理是: 利用水流推动转笼转动, 中心轴微孔曝气提升悬浮填料, 转笼体内叶片搅拌悬浮填料, 形成一个均匀混合的高效处理河流、湖泊污水的流化态微环境。将该反应器进行了应用实验研究, 结果表明, 该悬浮填料转笼式生物反应器处理低浓度污水比传统处理方式的处理效果高 10%。

关键词: 转笼式反应器; 悬浮填料; 污染治理

中图分类号: X703.1; TQ051

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2005)08-0053-03

Design and application of rotation-cage-type bioreactor with suspended packing

JIANG Fan¹, CHEN Wei-ping¹, WU Chun-de², PAN Guo-ru¹, ZHANG Tao¹

(1. College of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;
2. College of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In order to control pollution in rivers and lakes, a rotation-cage-type bioreactor with suspended packing was designed. Its working principle is: the rotation-cage driven by water flowing, the suspended packing elevated by aerating air from micro-holes on the center axis, and stirred by vanes in the cage-body, thus forming the well-proportioned microenvironment for treating the sewage from rivers and lakes in high efficiency. Then the application experiment was processed, and the results showed that the removal effect was 10% higher than the traditional biodisk reactor for low-concentration sewage.

Key words: rotation-cage-type bioreactor; suspended packing; pollution control

作为淡水资源的主要提供者——河流和湖泊, 正在遭受到越来越严重的污染, 目前地球上已几乎找不到未受人类活动影响的天然水体了^[1]。目前, 我国城市污水处理率还很低, 因此, 有大量未经处理或未达标的工业废水和生活污水排入河流、湖泊等水体, 致使许多河流、湖泊水体的污染状态比较严重, 而且有继续加剧的趋势, 对城市的发展与人民的用水安全构成了现实的或潜在的威胁。为此, 华南理工大学机械工程学院于 2004 年研制出一种新型高效的移动式河流(湖泊)污水处理设备——悬浮填料转笼式生物反应器^[2], 并进行了模拟小试试验, 试验结果证实该反应器具有自然挂膜快、效果好、灵活方便、节省能源的特点。笔者详细介绍其结构、工作原理、特点及应用试验研究。

1 结构及工作原理

1.1 反应器结构

该反应器整体结构简单, 由转笼体、叶片、转轴、

悬浮填料、曝气管等组成, 如图 1 所示。

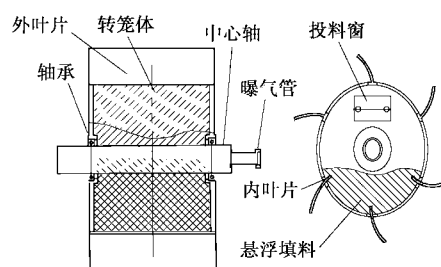


图 1 悬浮填料转笼式生物反应器结构

转笼体的外圆周有流线型叶片, 其长度根据水流速度调节, 能在水流动能的驱动下转动; 内周也布置有叶片, 以搅拌悬浮生物填料, 达到内部强化的气、固、液流化态; 周壁上开有小孔(开孔率为 70% ~ 85%), 水流周向进入转笼体与悬浮填料接触; 转笼体内填充 50% 的悬浮生物填料作为挂膜介质; 中心轴固定, 通过轴承与转笼体连接, 中心轴周壁上开有微孔, 以便给反应器曝气。

收稿日期: 2005-04-19; 修回日期: 2005-06-27

基金项目: 广东省科技攻关计划项目(2003C34504)

作者简介: 江帆(1974-), 男, 土家族, 博士生, 13802806152, jiangfan330@163.com; 陈维平(1959-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为环境材料、绿色制造。

1.2 工作原理

悬浮填料转笼式反应器工作原理如图 2 所示。

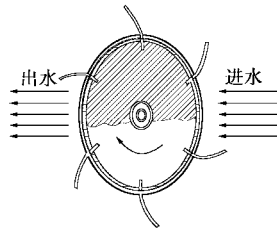


图 2 悬浮填料转笼式反应器工作原理图

悬浮填料转笼式反应器处理河道湖泊污水综合了浸没型生物膜法^[3]和流动床型生物膜法^[4]的优点。污水水流从右方流经转笼式反应器,推动转笼体的外叶片,使反应器定向转动,并在外叶片的导流作用下沿周壁上的开孔进入转笼反应器内,与悬浮填料上的生物膜接触,微生物吸附污水中的有机物并将其迅速降解,进而达到除去水中污染物的作用。

悬浮填料是一种密度略小于水的高比表面积的生物载体,各种微生物包括土著微生物可在其上附着和繁殖,形成黏液状的生物膜。生物膜随着厚度的增加,形成内层为厌氧层、外层为好氧层的生物膜。同时反应器内部以中心曝气方向形成梯度好氧区与厌氧区,构成一个硝化和反硝化同步进行的污水处理反应的微环境。当污水水流沿周向曲面上的开孔进入转笼反应器内,并与悬浮填料上的生物膜接触时,生物膜与污水、空气之间进行有机物、 O_2 、 CO_2 、 NH_3 等的传递。微生物吸附并迅速降解污水中的有机物,进而达到除去水中污染物的作用。空气通过中心轴曝气,悬浮填料在提升反应器内流化的同时直接促进有机物的氧化分解,强化处理效果。

由于转笼转动、内叶片搅拌悬浮填料以及中心曝气的气流提升和冲击悬浮填料共同作用的结果,加快了悬浮填料上生物膜的老膜的脱落,在反应器内部形成良好的均匀混合流化状态,使反应器内生物活性始终处于旺盛状态,从而达到高效处理污水的目的。

2 转笼式生物反应器的特点

(1) 工艺简单,运行费用低

悬浮填料转笼式生物反应器结构简单,包括一个带有内、外叶片的转笼体,内部填充有悬浮填料。实际应用时,根据水流水质决定反应器序列的数目,河流污水随流动方向沿转笼体的周向开孔进入反应

器内,与悬浮填料上附着的生物膜接触,其中有机污染物被部分降解,经初步处理的污水进入下一级反应器,直到有机污染物完全被去除。该反应器固定在悬停机构上,可以停留在任一遭到污染的水域进行污水处理,不需要专人操作,并能在水流动能的作用下定向转动,节省能源。

(2) 高效的气、固、液均匀混合的污水处理微环境

河流污水流经悬浮填料转笼式生物反应器时,作用于外叶片上推动转笼转动,并经外叶片导流进入反应器内,在中心轴微孔曝气的提升作用下,以及在悬浮填料在转笼体内叶片的搅拌作用下,形成均匀的气、固、液混合流化态,能保持悬浮填料上生物膜始终保持高活性,构成一个高效的污水处理微环境。

通过中心轴微孔的曝气气流经过悬浮填料、转笼体的内叶片及周向开孔的切割,使气泡直径减小,增大了气膜、气水的接触面积,大大提高了氧利用率,促使曝气在给微生物膜供氧、提升悬浮填料的同时直接氧化分解有机污染物,使反应器处理效率进一步提高。反应器内部悬浮填料之间的相互碰撞,填料与反应器内周、内叶片的摩擦与撞击,克服了传统生物接触氧化池在运行一段时间由于老膜过厚脱落造成的阶段性出水水质变差的不足,并且这种碰撞、撞击的方式非常有利于水体中污染物在生物膜上的传递速率,提高了处理效率。

(3) 污泥自动离开反应器,不产生淤积

悬浮填料上的老膜脱落产生的污泥通过转笼体的周向开孔沉入河(湖)底,不堵塞反应器,不会出现传统生物反应器使用过程中易堵塞、需要反冲洗的麻烦。

(4) 利用土著微生物,保持河流(湖泊)水中的生物平衡

转笼式生物反应器中的悬浮填料吸附河流(湖泊)水中的土著微生物,形成一层适应该水质的生物膜,不需要培育和引入外来的优势微生物,不会破坏该水域的生态平衡,更不会导致生态灾难。

3 应用实验研究

悬浮填料转笼式生物反应器主要针对河流(湖泊)的水污染治理而开发的。为了模拟河流实际状态,设计了模拟试验装置,进行本反应器的小试试验,试验装置如图 3 所示。

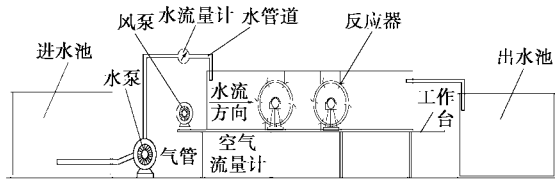
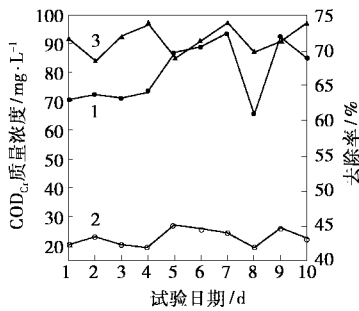


图 3 模拟试验工艺图

试验用的转笼式反应器直径约 400 mm,长度约 400 mm,模拟河道试验段长度 2 730 mm;进水池尺寸 1 100 mm × 1 096 mm × 1 075 mm;出水池尺寸 1 500 mm × 1 096 mm × 1 075 mm。采用两级结构,两级之间相距 800 mm。

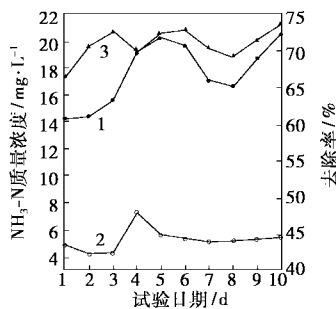
试验条件为:悬浮填料选用轻质陶粒;转笼转速 2 r/min(模拟试验中由调速电机驱动);气、水体积比为(4~5):1;水力停留时间为 1.6 h;污水水源为华南理工大学南湖侧的部分生活污水及实验室、办公室排出污水的混合水。

自 2004 年 9 月 25 日开始进行转笼式反应器的应用试验,运行 16 天后,化学需氧量(COD_{Cr})和 NH₃-N 的去除率均稳定在 70% 以上,自然挂膜成功。稳定运行后的 COD_{Cr}、NH₃-N 及浊度的去除效果如图 4 至图 6 所示,传统的生物转盘反应器 COD_{Cr}及浊度的去除效果如图 7 所示。



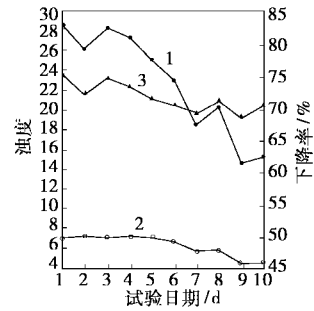
1—进水 COD_{Cr};2—出水 COD_{Cr};3—去除率

图 4 转笼式反应器 COD_{Cr} 去除效果



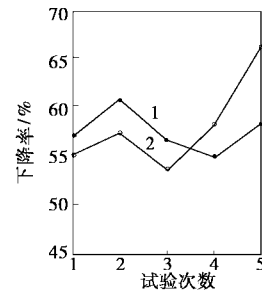
1—进水 NH₃-N;2—出水 NH₃-N;3—去除率

图 5 转笼式反应器 NH₃-N 去除效果



1—进水浊度;2—出水浊度;3—下降率

图 6 转笼式反应器浊度去除效果



1—COD_{Cr} 去除率;2—浊度下降率

图 7 传统生物转盘反应器的处理效果^[5]

可以看出,悬浮填料转笼式生物反应器在稳定运行时,COD_{Cr}、NH₃-N 及浊度的去除效果均达到 70% 左右,比传统的生物转盘反应器去除率高 10% 以上。当温度变化较大时,该反应器对污染物去除效果比较稳定,适合于不同地区的江、河、湖、泊的污水处理。

4 结语

悬浮填料转笼式生物反应器集成了生物转盘反应器和流化床反应器的处理优势,可形成高效的气、固、液均匀混合的污水处理微环境,适应河流、湖泊移动式治理要求。模拟小试试验结果表明,该反应器自然挂膜速度快,污水处理效果较传统生物转盘反应器处理好,有进一步推广应用的潜力。

参考文献

- [1] 刘鸿志,卢雪云.[J].世界环境,2001,18(4):27-30.
- [2] 陈维平,江帆,吴纯德,等.一种转笼式悬浮填料生物污水处理方法及装置[P].CN 200410077611.2,2004-12-24.
- [3] Wesley W, Eckenfelder J R. Industrial water pollution control[M]. Third Edition. New York: McGraw-Hill Companies Inc, 2000.
- [4] Scragg A. Environmental biotechnology[M]. London: World Book Publish Company, 2000.
- [5] 苏国先,周兴求,伍健东,等.[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(2):77-80. ■