

用于生物接触氧化工艺的填料特性比较研究

李晓晨^{1,2} 吴成强¹ 杨敏¹ 张君枝¹ 张雅景³ 周军⁴

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 环境水质学国家重点实验室, 北京 100085;
2. 中国矿业大学资源学院, 徐州 221008; 3. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083;
4. 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100061)

摘要 填料材质、结构等影响到生物膜的性状和水力学特性, 是决定生物接触氧化工艺处理效果的关键因素。本文分别选取了悬挂式填料和悬浮式填料各 2 种填料, 分别从 COD 与 NH₃-N 的去除、充氧效率和出水浊度等方面对各种填料处理城市污水进行了比较研究。实验结果表明, 悬挂式填料具有挂膜快、处理效果稳定, 受环境变化影响较小; 悬浮式填料受气水作用能够悬浮转动而具有较强的布水、布气功能; 生物量的差异导致悬浮式填料和悬挂式填料处理效果和充氧效率不同, 悬浮式填料生物膜容易脱落导致系统受负荷冲击时生物量流失而处理效果变差; 软性填料生物膜容易板结成球, 容易导致其处理效果降低。

关键词 生物填料 生物接触氧化 污水处理

Comparative study on the characteristics of bio-media used for bio-contact oxidation processes

Li Xiaochen^{1,2} Wu Chengqiang¹ Yang Min¹ Zhang Junzhi¹ Zhang Yajing³ Zhou Jun⁴

(1. SKLEAC, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;
2. School of Resources, Chinese University of Mineral Technology, Xuzhou 221008; 3. Civil and Environmental Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083; 4. Beijing Drainage Group Co. LTD, Beijing 100061)

Abstract Four kinds of commercial synthetic bio-media were compared from the aspects of COD removal, nitrification, and oxygen dissolving efficiency on treating municipal wastewater. The result shows that the hanging type bio-media were better than those of suspended type in terms of wastewater treatment effects. However, the suspended bio-media were superior in terms of oxygen dissolving effects. Among the 4 bio-media, the semi-soft bio-media shows the best performance.

Key words bio-media; bio-contact oxidation; wastewater treatment

生物接触氧化法兼有活性污泥法和生物膜法的特点, 具有管理简单、耐冲击负荷和处理效果稳定等优点^[1-3]。近年来, 随着生物填料的不断改进和创新, 生物接触氧化技术已在我国得到越来越多的应用^[4-6]。

生物接触氧化法的核心部分为生物填料, 它是生物膜的载体, 污水净化过程就是附着于填料之上以及悬浮于填料之间的微生物的新陈代谢过程。填料的特性对生物膜的性状、氧的利用率和水力分布条件等起重要作用, 是直接影响生物接触氧化工艺处理效果的关键因素^[7-9]。目前市场上的生物填料在材质、类型、规格和价格方面千差万别, 至今为止对各种类型的生物填料的废水处理性能进行过客观评价的研究较少, 人们在选用生物填料时缺乏有力的客观依据。

本研究选取 2 种悬挂式和 2 种悬浮性共 4 种具有代表性的市售填料, 分别从 COD 与 NH₃-N 的去除、充氧效率和出水浊度等方面对各种填料在相同运行条件下的城市污水处理效果进行了比较研究, 以期水处理工程设计中填料的选择以及新型高效生物填料的研制开发提供依据。

1 实验材料、流程及方法

1.1 实验材料

1.1.1 原水

本实验在北京市高碑店污水处理厂进行, 实验

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50238050)

收稿日期: 2003-10-26; 修订日期: 2004-02-12

作者简介: 李晓晨(1970~), 男, 硕士, 主要从事生物脱氮工艺研究。

E-mail: lixiaochen02@163.com

用水直接来源于初沉池出水,其水质平均结果为: BOD₅:94 mg/L;COD:170 mg/L;NH₃-N:33 mg/L;浊度:77 NTU。

1.1.2 填料

本实验选用了4种填料,其中悬挂式填料为2种组合软性纤维填料(介于软性纤维填料和半软性纤维填料之间),悬浮式填料为2种填充式网状球形悬浮填料:φ50 mm及φ100 mm,其中φ100 mm的填料内部装有能够旋转的活页,φ50 mm的填料内部填充有宽度为1 cm的塑料带。4种填料的理化性能如表1所示。

表1 生物填料的物理性能

Table 1 Physico-chemical property of media

填料名称	比表面积 (m ² /m ³)	空隙率 (%)	成品重量 (kg/m ³)
悬浮型生物填料	350 ~ 360	90	50 ~ 60
软性纤维填料	2472	99	3 ~ 4
半软性填料	80 ~ 110	97.1	13 ~ 14

1.1.3 反应器

接触氧化池采用曝气池与沉淀池一体式的反应器,反应器用PVC材料加工而成。反应器外观尺寸为660×360×650 mm,其中曝气池有效体积为91 L,沉淀池的有效容积为16.5 L。实验中4套反应器同时运行,其编号分别为A、B、C和D,其中的生物填料分别为:A:悬浮性填料(φ50 mm);B:悬浮性填料(φ100 mm);C、D:组合软性纤维填料(图1)。



图1 填料照片

Fig. 1 Appearance of media

1.2 处理工艺流程

首先,原水进入储水槽,通过进水泵进入高位水箱,利用水位差以自流方式进入各反应器,然后,处理后的出水通过导流板由沉淀池底部进入沉淀池,最终,出水由溢流堰排出。采用PVC穿孔管进行穿孔曝气。曝气池的进水和供气均由反应器底部进入,其流量分别由液体流量计和气体流量计控制。考虑到目前对于悬浮填料没有一个确定的填充密度及组合软性填料的特点,同时,为了分别考察悬浮填料之间和悬挂式填料之间的性能对比,各填料填充

密度均设置10 kg/m³。

1.3 指标及实验方法

实验中选取的监测指标及方法如表2所示。

表2 实验指标及方法

Table 2 Test items and methods

分析项目	测定方法/仪器	分析项目	测定仪器
COD _{Cr}	CTL-12型化学需氧量快速测定仪	浊度	哈纳浊度仪
		pH	酸度计
NH ₃ -N	水杨酸-次氯酸盐光度法	DO	溶氧仪

2 实验启动

本实验采用不接种污泥、连续进水、自然挂膜的方式启动。首先以高负荷连续进水约10 d,然后降低进水负荷进行硝化菌的培养、驯化;当NH₃-N的去除率>60%后,结束启动运行,进入实验运行阶段。实验运行采用由低到高逐步提高水力负荷的方式进行。实验期间水温变化范围在18~27℃之间。

3 结果与讨论

3.1 有机物的去除

4种不同填料对COD的去除情况如图2所示。在近60 d的运行期间,水力停留时间(HRT)由刚开始的7 h,在第13 d缩短到6 h,在第33 d降到5 h。实验结果表明,在上述HRT范围内,水力负荷对各反应器COD去除性能的影响不明显。整个运行期间,各反应器出水COD虽有一定的波动,但均不高于60 mg/L。A、B、C、D 4种反应器的出水COD平均分别为44、39、25、25 mg/L。使用半软性填料D的反应器表现出最佳的稳定性和COD去除性能,半软性填料C具有和D相当的去除有机物性能;尽管悬浮填料具有较低的比表面积,但是其去除有机物的性能良好,出水水质略低于软性填料。总之,悬浮

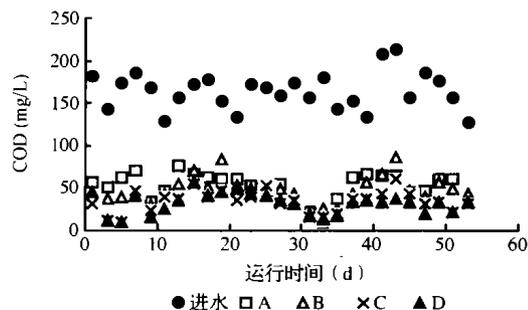


图2 各反应器对COD的去除

Fig. 2 COD removal of different reactors

填料之间和组合软性填料之间分别具有相当的去除有机物性能。

3.2 NH₃-N 的去除

进出水 NH₃-N 的变化如图 3 所示。进水 NH₃-N 的浓度在 27 ~ 40 mg/L 之间时,水力负荷的变化对 NH₃-N 的去除造成了一定的影响。这种影响主要表现在变化的最初几天里,出水 NH₃-N 浓度增加,A 和 B 两种悬浮性填料出水浓度增加幅度大,持续时间长,但是软性填料明显优于悬浮填料,其中软性填料 D 性能最好。特别是当 HRT 缩短到 5 h 以后,除软性填料 D 以外,设置其他填料的反应器出水均有不同程度的 NH₃-N 残留。

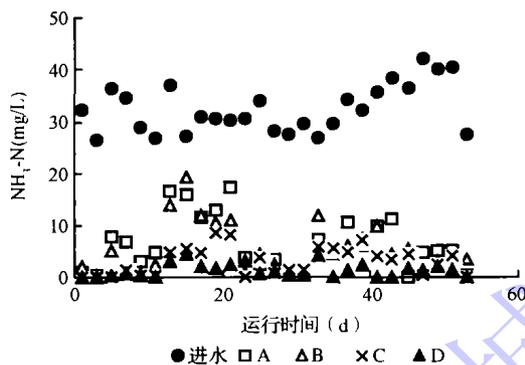


图 3 各反应器对 NH₃-N 的去除
Fig. 3 Ammonia removal of different reactors

综合 COD 和 NH₃-N 的去除效果比较可以看出,悬挂式填料反应器要优于悬浮式填料反应器。造成这一差别的主要原因是 2 种填料具有不同的比表面积和材料本身对微生物的亲合作用不一样导致其上生长的生物量的不同。悬挂式填料上有大量细纤维丝,它们对微生物具有很好的吸附作用,因此反应器内能够保持较多的生物量,而悬浮式填料比表面积小且本身对生物的亲合作用差,其上生长的生物膜容易脱落,反应器内生物量较少。从实验结果可以看出,2 种悬浮式填料尽管直径相差 1 倍,它们在 COD 和 NH₃-N 的去除效果以及稳定性方面并没有表现出明显的差别。但是,软性填料 D 处理性能却比软性填料 C 要好,主要原因可能软性填料 C 更容易板结形成泥球,使得填料有效比表面大幅降低,而半软性填料因为纤维丝被强制性地分布于塑料圆环上,没有类似的泥球形成,微生物与氧气和废水的接触比较充分。

3.3 充氧效率

填料的布气和二次布水能力关系到运行期间的

能耗问题,是重要特性之一,因此,对 4 个反应器的充氧效果也进行了初步评价。在反应器运行条件相同,即控制相同的水力负荷、曝气量和曝气管的布置方式的条件下,监测反应器出口的溶解氧(DO),其结果如图 4 所示。装有悬浮性填料的反应器 DO 明显高于半软性填料和软性填料,氧的充氧效率由高到低依次为: B > A > D > C。B 填料中装有能旋转的活页,具有很强的布气、布水能力,但 B 受反应器空间限制无法在反应器内悬浮混合;尽管 A 内没有旋转的活页,但 A 填料在水中混合漂浮也强化了气液接触效果。实验期间可明显观察到装有悬浮性填料的反应器中的气泡比软性和半软性填料反应器中的气泡小,且更均匀。软性填料 A 中心的塑料圆环具有一定的布水、布气作用,其反应器内溶解氧明显高于软性填料 B。由于悬浮填料比表面积小和生物膜容易脱落,导致其反应器内生物量明显低于软性填料,而高生物量必然需要消耗更多的氧气,因此可以认为,生物量的不同是造成悬浮式填料和组合软性填料充氧效率不一致的缘故。

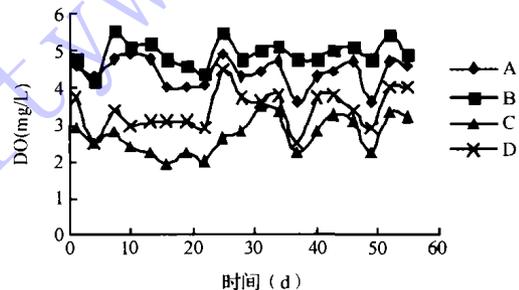


图 4 不同反应器中氧的利用情况
Fig. 4 Oxygen utilization in different reactors

3.4 出水浊度

各反应器进出水的平均浊度结果为:进水:77.1 NTU; A: 12.6 NTU; B: 14.1 NTU; C: 6.78 NTU; D: 3.6 NTU。

4 个反应器对进水浊度均表现出较高的去除效果,这与生物接触氧化反应器对悬浮性物质的物理截留、吸附和生物降解作用有关。2 种悬挂式填料的出水浊度明显低于悬浮性填料,其中半软性填料对浊度的去除效果最好,说明半软性填料上生物膜脱落后具有优良的絮凝沉降性。悬浮性填料由于在水中不停地运动,其上所附着的生物膜容易脱落,生物膜絮凝性能较差,对污染物的捕捉能力弱,这可能是导致悬浮性填料的出水浊度较高的原因。



(上接第 46 页)

4 结 论

(1) 悬挂式填料具有挂膜快、处理效果相对稳定,受环境变化影响较小,其中组合软性填料 D 的处理效果和充氧效率优于软性填料 C;悬浮式填料受气水作用能够悬浮转动而具有较强的布水、布气功能,其中悬浮式填料 B 处理效果和充氧效率优于悬浮式填料 A。

(2) 生物量的不同是造成悬浮式填料和悬挂式填料处理效果和充氧效率不同的主要原因,悬浮式填料生物膜容易脱落是系统受负荷冲击时生物量流失导致处理效果变差的一个原因。

(3) 组合软性填料 C 生物膜容易板结成球,因而单位填料上好氧微生物量减小,导致其处理效果相对较差;组合软性填料 D 的中心塑料圆环具有一定的布水、布气作用,这与其充氧效率相对较高有关。

(4) 今后,应该进一步增加悬浮式填料的填充密度或相对降低悬挂式填料的填充密度,确定各类填料合适的填充率,为进一步评价比较悬浮式填料和悬挂式填料的处理性能提供依据。同时,应该从

微生物群落结构上对生物填料进行评价,为定向开发生物填料提供依据。

参 考 文 献

- [1] 王凯军,贾立敏.城市污水生物处理新技术开发与应用.北京:化学工业出版社,2002.329~335
- [2] 郑元景.生物膜法处理污水.北京:中国建筑工业出版社,1982
- [3] 国家环保局科技标准司.城市污水处理及污染防治.北京:中国环境科学出版社,2001.206~219
- [4] 郑均华.生物接触氧化法在炼油污水处理中的应用.工业水处理,1998,18(5):42~43
- [5] 侯世全.生物接触氧化法处理生活污水.铁道劳动安全卫生与环保,2003,30(1):51
- [6] 李树苑,罗宜兵,等.网状填料生物氧化预处理受污染水库水.中国给水排水,1999,15(11):5~9
- [7] 张菊萍,孙华,周增炎.一种新型悬浮填料的性能实验研究.安全与环境学报,2002,2(5):42~44
- [8] 刘翔,高廷耀.生物接触氧化法处理污水的一种新型填料——悬浮性填料.重庆环境科学,1999,21(4):42~44
- [9] 梅翔,陈洪斌,高廷耀.微污染源生物接触氧化处理工艺中几种填料处理效果的初步比较.给水排水,1999,25(5):1~3