

文章编号:1672-058X(2011)01-0063-04

包埋固定化微生物在废水处理中的应用*

张文东¹, 刘 鹏², 陈 龙¹, 王晓雪¹

(1. 重庆工商大学 环境与生物工程学院, 重庆 400067; 2. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘 要:随着固定化技术处理废水的不断发展,包埋固定化微生物在环境治理领域中显示了独特的优势和巨大的潜力;主要介绍了包埋固定化微生物技术的特点,探讨了包埋固定化技术在废水处理中的研究,综述了包埋固定化微生物技术的现状及其不足,并对其发展前景进行了展望。

关键词:固定化;包埋;废水处理;应用

中图分类号:069

文献标志码:A

1 废水处理中的有益微生物

微生物固定化技术是将微生物固定在载体上使其高度密集并保持其生物活性功能,在适宜的条件下还可以增值以满足应用之需的技术。这种技术有利于提高反应器内微生物的数量,利于反应后的固液分离,利于除氮、去除高浓度有机物或难以生物降解物质,提高系统处理能力和适应性,是一项高效低耗、运行管理简单的十分有前途的废水生物处理技术。目前微生物的固定化方法在国内外尚没有统一的分类标准,方法也多种多样,但主要有表面吸附(结合)固定化、交联(键联)固定化、(多聚体)包埋固定化和自身固定化(微生物细胞间自交联固定化)等几种方法^[1]。固定化微生物技术中,以包埋法最为常见。包埋法是将微生物封闭在天然高分子多糖类或合成高分子凝胶的网络中,从而使微生物固定化。其特点是能将固定化微生物制备成各种形状(球状、块状、圆柱状、膜状、布状、管状等),并且固定化后的微生物能增值,所以对它的研究最多,应用也最广^[2]。包埋法中使用的材料主要有海藻酸钠、聚乙烯醇、三醋酸纤维、琼脂等,并添加辅助材料如活性炭、累托石、石灰石等以提高包埋材料的性能。

在废水的微生物处理过程中,主要利用微生物的生物化学作用,废水中的有机污染物作为微生物生命活动过程中所需要的营养物质,并在微生物的生命活动过程中被吸收利用,并被转化为易于分离或无害的物质。微生物在水体中具有改良水质、生物自净、抑制藻类过度繁殖、控制水体富营养化、增加溶氧、降低COD、降低氨氮、降低磷含量、改善水环境生态平衡等功能^[3]。

废水处理中的有益微生物:硝化细菌、反硝化细菌、枯草杆菌、氨同化细菌、高效聚磷菌、乳酸菌、光合细菌、放线菌、芽孢杆菌、酵母菌、微藻、EM 微生物菌群等。

2 包埋单种微生物在废水处理中的应用

2.1 包埋单种微生物对含油废水的处理

吕荣湖等^[4]通过包埋固定化微生物法固定除油菌(Y1#菌),用于处理含油废水,并以水体中乳化油去除率为指标。结果表明,在 25~40℃,固液比 1:10, HRT 为 6 h 的条件下,进水油含量在 20~50 mg/L,乳

收稿日期:2010-07-12;修回日期:2010-08-25.

* 基金项目:重庆市科技攻关计划项目(CSTC,2009,AD7204).

作者简介:张文东(1986-),男,重庆忠县人,硕士,从事水处理方面的研究.

油去除率可达 85%~90%,出水油含量低于 5 mg/L。

K. Takeno 等^[5]包埋固定化光合细菌(S)去除生活污水中的食用油。在试验中用琼脂包埋后的 S 菌在稀释率为 0.4/d 的条件下对含油生活污水进行连续式处理。结果表明,污水中 96% 的油被去除了,而且最大的油去除率可达到 3.38 kg 油/m³/d。毛雪慧等^[6]包埋固定化光合细菌处理含油废水。结果表明,固定化颗粒降解 1 000 mL 含油废水的最佳使用条件为:好氧避光条件下,粒径 4 mm,包埋比 1:2,颗粒投加量 10 g。生活污水被处理 6 d 后,含油废水中油、NH₄⁺-N、PO₄³⁻ 的去除率分别为 80.1%、87.4%、96.3%。通过固定化光合细菌与游离态光合细菌对油去除率的比较,固定化光合细菌去油率达到 74.95%,与游离态光合细菌(去油率为 35.31%)相比,提高约 50% 以上。此外,分析了油降解后的脂肪酸成分,固定化光合细菌对脂肪酸的去除效果显著。

张辉等^[7]采用改进的聚乙烯醇-硼酸包埋固定化微生物法固定芽孢杆菌,并用于油污染地表水处理。结果表明,固定化芽孢杆菌对地表水中油和 COD 的去除能力均大于游离菌,作用 120 h 后固定化芽孢杆菌对油的去除率为 80.1%,对 COD 的去除率为 79.4%;游离菌对油的去除率为 50.4%,对 COD 的去除率为 66.5%。

2.2 包埋单种微生物对氨氮废水的处理

陈君等^[8]在实验室分离得到亚硝酸菌和好氧反硝化菌处理模拟氨氮废水。结果发现,各种固定化微生物的降解能力明显比游离细胞强。其中海藻酸钠包埋法效果最好,可以在 24 h 内将 23 mgPL 氨氮完全降解。

齐素芳等^[9]用壳聚糖和海藻酸钠包埋固定化硝化细菌,处理养殖水体中的氨氮。结果表明,当壳聚糖的质量分数为 1.5%~1.7%,海藻酸钠的质量分数为 3%,氯化钙的质量分数为 4.6%~5%,戊二醛的质量分数为 1.1%~1.3%,包菌量为 5~5.3 mL 时,氨氮去除率达到 94% 以上。王伟宁等^[10]用海藻酸钠包埋固定化硝化细菌并对氨氮废水进行处理,1 mg/L 的氨氮废水经过 48 h 的处理,氨氮的去除率 100%;2 mg/L 的氨氮废水经过 120 h 的处理,氨氮的去除率 100%;5 mg/L 的氨氮废水经 120 h 处理,去除率 94.8%;10 mg/L 氨氮的废水经 120 h 处理,氨氮去除率 60.5%。表明海藻酸钠包埋固定化硝化细菌对氨氮废水具有较好的去除效果。

贾燕等^[11]用聚乙烯醇和海藻酸钠作为复合包埋载体,以氯化钙和硼酸溶液作为交联剂,固定巨大芽孢杆菌 TN-1,制备得固定化球形颗粒,并对实际生活污水的氨氮和化粪池散发的 NH₃ 去除率进行了测定。结果表明,聚乙烯醇、海藻酸钠、氯化钙和硼酸质量分数分别为 10%、0.8%、2% 和 5.3%,固定化时间为 24 h,4 ℃ 充分交联;在常温(30±2) ℃、转速为 150 r/min 的条件下,处理 pH7.0、NH₃-N 为 88 mg/L 的试验水样 24 h,氨氮去除率为 96.2%,同样条件下处理氨氮浓度为 54 mg/L 的实际生活污水 24 h,氨氮去除率为 80.6%。

余冬冬等^[12]采用装填了包埋固定化微生物颗粒的好氧流化床对广州某自来水管厂的微污染地表水进行处理,其中包埋菌颗粒的填充率为 10%,流化床采用气升管曝气内循环方式。结果表明,包埋菌颗粒可以高效、快速地去掉原水中的氨氮和亚硝酸盐氮,在水温为 25~27 ℃、DO 为 3~4 mg/L 的条件下,当进水 NH₄⁺-N 平均为 0.90 mg/L、HRT 为 10 min 时,出水氨氮平均为 0.32 mg/L,亚硝酸盐氮 < 0.05 mg/L。包埋菌颗粒的密度为 1.02~1.04 g/cm³,具有良好的生物活性和流态化特性,非常适于在自来水厂应用。

2.3 包埋单种微生物对其他废水的处理

曾宇等^[13]用不同的包埋载体和方法包埋光合细菌,分别进行城市污水处理的实验。结果表明,使用海藻酸钠为载体,较易操作,球体物理强度较好,菌体亦表现良好活性,对污水处理 96 h 后,COD_{Cr} 去除率达 90% 以上。

唐玉斌等^[14]研究了包埋葱的高效降解菌对含葱废水进行处理,经过 9 h 即可使葱的去除率达到 81.8%,经过 23 h 的处理后葱的去除率可达 100%。

何萍等^[15]用包埋固定光合细菌处理黄泔水。结果表明,光合细菌的包埋条件为 10% 聚乙烯醇、4% SiO₂、0.15% 海藻酸钠和 30% 菌液。在好氧黑暗、pH 值 8.0、菌液接种量 20%、装液量 100 mL 条件下,固定

化光合细菌处理黄泔水 120 h,其 COD_{Cr} 去除率为 91%。

3 实际应用与分析

3.1 包埋活性污泥在废水处理中的应用

李杰等^[16]研究了包埋固定化活性污泥的 SBR 反应器,并且通过与普通活性污泥法 SBR 反应器处理生活污水效果相比,前者达到最大 COD 去除率的反应时间比后者缩短了 2 h,抗进水 COD 冲击负荷能力提高约 50%,稳定运行时对 LAS 的去除效果高出约 30%,并有很强的抗 LAS 毒害的能力。

唐凤舞等^[17]利用包埋固定化技术对城市污水进行污染物降解处理实验研究,包埋富集培养后的活性污泥,制成固定化小球并用作城市污水的 COD 去除实验。废水经处理后,硝基苯去除率达 97.9%,COD 达 89.2%,悬浮物达 72.3%,pH 显中性,出水水质稳定。

3.2 包埋其他复合微生物在废水处理中的应用

Yang, P. Y. 等^[18]包埋复合微生物对 250 mg/L (SCOD) 和 26 mg/L (NH₄⁺ - N) 的废水进行处理。用 10 mm 大小的载体, HRT 为 9 h,曝气与不曝气时间比为 1:1,运行温度为 25 + 2 °C, SCOD 和氮的去除率分别为 96% 和 84%;用 20 mm 大小的载体, HRT 为 9 h,曝气与不曝气时间比为 1:1,运行温度为 25 + 2 °C, SCOD 和氮的去除率分别为 96% 和 76%。Yang, P. Y. 等也做了包埋复合微生物对猪粪废水的处理研究^[19],用三醋酸纤维作为包埋复合微生物的载体,包埋复合微生物在不同的供氧和两种不同大小的载体条件下进行试验。结果表明,30 h 的水力停留时间,1 h 曝气和 1 h 不曝气,先用铵结晶预处理,再用中等大小的载体填充包埋复合微生物反应器, TN 去除率达 95.1 ± 1.0%, TCOD 和 SCOD 去除率分别为 83.5 ± 2.2% 和 84.1 ± 1.1%。

朱刚利等^[20]探寻一条维持反应器中厌氧氨氧化混培物生物量的新途径,采用 CMC、PVA、SA 以及 PVA 和 SA 混合液等为包埋材料,对厌氧氨氧化混培物进行包埋固定,并用于废水处理。结果表明,4 种包埋固定化小球均表现出较高的厌氧氨氧化活性,氨氮和亚硝酸盐氮的去除率分别达到 100% 和 96% ~ 98%,其中氨氮、亚硝酸盐氮去除量和硝酸盐氮生成量的比值在 1: (1.142 ~ 1.252): (0.200 ~ 0.365) 之间,并且综合评价 PVA 和 SA 为最佳的固定化材料。

4 结语与展望

包埋固定化微生物技术在生活废水、工业废水等处理方面都有大量的研究,并且都表现出了很好的处理效果。包埋固定化微生物技术因在环境治理中的独特优势,在环境污染治理中的应用前景潜力巨大。但作为一门需要走向成熟的科学技术,在实际工程的应用方面还有很多地方需要改进和完善。

(1) 目前在研究中发现载体材料使用寿命短,价格比较高,限制了技术在实际工程中的应用。因此,开发性能优良,价格低廉的载体对包埋固定化技术的发展非常重要。

(2) 通过现代生物工程技术,研究开发具有多功能、抗毒性强、高效和适应性强等特点的工程菌,应该是一个很有发展前景的方向。

(3) 开发高效的固定化反应器,以便能给固定化微生物提供良好的反应环境。

参考文献:

- [1] 沈耀良,黄勇,赵丹,等. 固定化微生物污水处理技术[M]. 北京:化学工业出版社,2002
- [2] 王建龙. 生物固定化技术与水污染控制[M]. 北京:科学出版社,2002
- [3] 王宗华,庞金钊. 生物技术治理富营养化河水水体研究[J]. 三峡生态与环境. 2006,7(1):89-93
- [4] 吕荣湖,郭召海. 包埋固定化微生物法处理含油废水研究[J]. 环境污染治理技术与设备. 2009,6(2):18-21
- [5] TAKENO K, YAMOKA Y, SASAKI K. Treatment of oil-containing sewage wastewater using immobilized photosynthetic Bacteria [J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2005, 21: 1385-1391

- [6] 毛雪慧,徐明芳.光和细菌固定化及其处理含油废水的研究[J].农业环境科学学报.2009,28(7):1494-1499
- [7] 张辉,李培军.固定化芽孢杆菌修复油污染地表水研究[J].中国给水排水.2007,23(7):28-3
- [8] 陈君,张爱晓.固定化脱氮细菌协同除氨氮废水及生物膜观察[J].生物技术.2008,18(3):76-80
- [9] 齐素芳,余煜棉.复合载体固定化硝化细菌去除水体中氨氮的研究[J].广东工业大学学报.2007,24(2):15-19
- [10] 王伟宁.固定化硝化细菌对氨氮的去除[J].广西轻工业.2007,7:29-87
- [11] 贾燕,江栋,刘永,等.固定化硝化细菌去除氨氮和气相氨的试验研究[J].给水排水,2009(1):18-24.
- [12] 余冬冬,金勇威.包埋固定化微生物处理微污染原水的试验研究[J].中国给水排水,2008,24(13):85-88
- [13] 曾宇,廖问陶.光合细菌固定化及其净化城市污水的研究[J].重庆环境科学,2000,22(4):42-43
- [14] 唐玉斌,梁林林.葱的高效降解菌的固定化小球的制备及其降解特性[J].环境工程学报,2007,5(1):31-35
- [15] 何萍,吴向华.光和细菌固定化及其处理黄泔水研究[J].扬州大学学报:农业与生命科学版,2005,26(3):91-94
- [16] 李杰,刘珊.包埋固定化间歇式生物工艺处理生活污水[J].长安大学学报:自然科学版,2006,26(3):103-106
- [17] 唐凤舞,樊华.固定化微生物技术处理城市污水的研究[J].环保科技,2009(1):20-25
- [18] YANG P Y, ZHANG Z Q, JEONG B G. Simultaneous removal of carbon and nitrogen using an EMMC process [J]. Water Research, 1997, 31: 2617-2625
- [19] YANG P Y, CHEN H J, KIM S J. Integrating entrapped mixed microbial cell (EMMC) process for biological removal of carbon and nitrogen from dilute swine wastewater [J]. Bioresource Technology, 1997, 86: 245-252
- [20] 朱刚利,胡勇有.不同材料包埋固定化厌氧氨氧化混培物[J].环境科学学报,2008,28(9):1861-1866

Application of Entrapped Immobilized-microbe to Wastewater Treatment

ZHANG Wen-dong¹, LIU Peng², CHEN Long¹, WANG Xiao-xue¹

(1. School of Environment and Bioengineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067;
2. School of Urban Construction and Environment Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: With the development of wastewater treatment of immobilized technology, entrapped immobilized-microbe technology shows unique advantage and great potential in the field of environment governance. This paper mainly introduces the characteristics of the entrapped immobilized-microbe technology, discusses the research on wastewater treatment of the technology, reviews its status quo and disadvantages and prospects its development future.

Key words: immobilization; entrapment; wastewater treatment; application

责任编辑:田 静