

微量营养物质对毛纺废水生物处理效果的影响

梁 威^{1,2} 胡洪营¹ 王 慧¹ 郭玉凤¹ 宋玉栋¹ 车玉伶¹

(1 清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点实验室,北京 100084;

2 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室,武汉 430072)

摘要 研究了 Mg、Mo、Zn、维生素 B₁ 以及烟酸等微量营养物质对活性污泥降解 COD_{Cr} 活性的影响,同时,对微量营养物质作用前后处理系统微生物群落结构进行了比较研究。试验结果表明:毛纺废水缺乏生物处理系统所需足够的微量营养物质;不同种类和浓度的微量营养物质对活性污泥降解 COD_{Cr} 活性的影响效果也不相同,Mg、Mo、Zn、维生素 B₁ 和烟酸的最佳浓度分别为 5 mg/L, 2 mg/L, 1 mg/L, 1 mg/L 和 1 mg/L;其最佳促进效果可使 COD_{Cr} 降解速率分别达到对照系统的 180%、140%、130%、160% 和 220%。添加微量营养物质显著改变了微生物群落结构。

关键词 毛纺废水 微量营养物质 COD_{Cr} 降解速率 微生物群落结构

Effects of micronutrients on purification effects of textile wastewater

Liang Wei^{1,2}, Hu Hong-ying¹, Wang Hui¹, Guo Yu-feng¹, Song Yu-dong¹, Che Yu-ling¹

(1. State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Technology, Tsinghua University, Beijing, 100084, China; 2. State Key Laboratory of Freshwater and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: In this paper, the concentration of micronutrients of the textile wastewater was determined, and the effects of micronutrients (Mg, Mo, Zn, thiamine, niacin) on COD_{Cr} removal of textile wastewater were studied. The results showed that the micronutrients can affect the purification effects of textile wastewater, and the influences of different kinds and concentrations of added micronutrients were different. The optimal concentrations of Mg, Mo, Zn, thiamine, and niacin were 5, 2, 1, 1 and 1 mg/L, respectively. The COD_{Cr} removal rate when Mg, Mo, Zn, thiamine and niacin were added individually to the wastewater in their optimal concentrations were 1.8, 1.4, 1.9, 1.6 and 2.2 times of that of the control, respectively. The quinone profiles of the microorganism community structure in the textile wastewater treatment system changed significantly during the experiments. It could prove that there was probably the feasibility of optimizing the biological treatment performances and microorganism community structure of textile wastewater treatment system through micronutrient supplementation.

Keywords: Textile wastewater; Micronutrients; COD_{Cr} removal rate; Microorganism community structure

微量营养物质在生化处理废水中起到非常重要

的作用,如果缺乏将导致处理效率降低等一系列问题。营养物质不均衡是工业废水生物处理效率降低的重要原因之一,以往的研究主要针对 C、N、P 等大量营养物质,但对微生物代谢所需的微量金属元素

国家高技术研究发展计划 863 资助项目(2002AA601150);中国博士后基金项目(2003034137)。

等微量营养物质的作用缺乏系统研究。近年来,国内外的研究者从调节生物处理系统所需微量营养物质平衡等角度,开始了对微量营养物质对处理效果影响的初步研究^[1~10]。

Burgess 等^[1](1999)在处理精细化工的废水处理厂中研究发现,向废水中投加烟酸,其 COD_{Cr} 的去除量由 $1.94 \text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 提高到 $2.24 \text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 。Jefferson 等^[5](2001)在氮/磷受限的灰水处理中,在合成非厕所生活污水中添加微量营养物质 Cu、Mo、Zn 和 Al,促进了生物量的增长,其 COD_{Cr} 去除分别达到对照系统的 124%、117%、132% 和 115%。同时,向氮/磷平衡的实际非厕所污水中投加一定剂量的 Co、Cu、Mo、Fe 和 Zn,其 COD_{Cr} 去除分别达到对照系统的 130%、240%、150%、185% 和 290%。

毛纺废水是难生物降解的工业废水之一,生物处理系统中普遍存在运行不稳定以及 COD_{Cr} 去除率低等问题。本文的目的是研究微量营养物质对毛纺废水生物处理系统处理效果的影响;对添加微量营养物质前后的微生物种群结构进行监测,研究利用微量营养物质调控废水生物处理系统的可能。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用毛纺废水取自北京某毛纺厂废水处理站,活性污泥取自该废水处理系统的曝气池。

1.2 试验方法

毛纺废水处理试验均采用摇瓶法进行。摇瓶培养温度为 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$, 摇床速度为 $(150 \pm 10) \text{ r/min}$; MLSS 为 $1\,000 \sim 2\,000 \text{ mg/L}$, 系统 pH 7~8。每个浓度均设置 3 个平行样。在开始培养以及培养一定时间后,分别从锥形瓶中取少许培养液,在 $4\,000 \text{ r/min}$, 20°C 的条件下离心 30 min; 取上清液测定其 COD_{Cr} , 计算其去除率及去除速率。

1.3 分析方法

微量金属元素采用 PE 等离子体质谱仪(ELAN 6000 ICP-MS)进行分析,分析元素主要包括 K、Ca、Na、Mg、Mn、Mo、Co、Fe、Cu、Zn 等。 COD_{Cr} 的测定采用重铬酸钾滴定法。微生物群落结构的监测采用微生物菌指纹法^[11,12]。

2 结果与分析

在系统起始 COD_{Cr} 为 172 mg/L , MLSS 为 $1\,400 \text{ mg/L}$ 条件下,探讨微量元素对系统处理效果的影响。

2.1 试验废水微量营养物质含量分析

在试验期间,对试验废水的微量营养物质含量进行了分析,具体试验结果见表 1。

表 1 微生物微量营养物质需求及试验废水含量分析

微量营养物质	实际废水微量营养物质含量	所需营养物质参考
Ca/mg/L	4.34~17.20	0.4~1.4
K/mg/L	2.39~3.68	0.8~3.0
Na/mg/L	120.59~227.8	0.5~2.0
Mg/mg/L	2.07~4.38	0.4~5.0
Fe/mg/L	0.054~0.16	0.1~0.4
Mn/mg/L	0.008~0.011	0.01~0.5
Cu/mg/L	0.002~0.015	0.01~0.05
Al/mg/L	0.027~0.075	0.01~0.05
Zn/mg/L	0.0042~0.016	0.1~1.0
Mo/mg/L	0.003~0.017	0.2~0.7
Co/mg/L	0.001~0.012	0.4~5.0

从表 1 结果及其他试验研究结论判断,毛纺废水中的 Mg、Zn、Mo、Co、维生素 B_1 以及烟酸等可能存在一定的缺乏。

2.2 Mg 对活性污泥 COD_{Cr} 去除速率的影响

从图 1 可以看出,Mg 对系统 COD_{Cr} 去除率以及去除速率有影响,Mg 浓度为 1 mg/L 的系统 COD_{Cr} 去除速率最高,是对照系统的 180%。

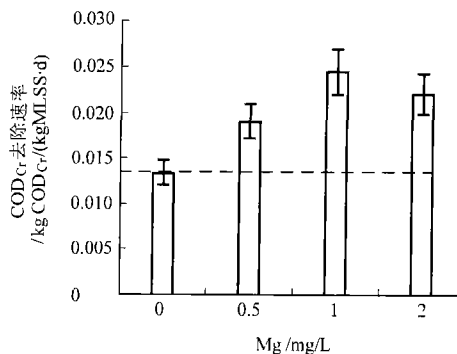


图 1 Mg 对 COD_{Cr} 去除速率的影响(培养时间 48 h)

这可能说明在试验条件下, 1 mg/L 的 Mg 含量是系统需要的最佳浓度,当高于此浓度时,Mg 可能对系统的微生物降解产生抑制作用。

2.3 Mo对活性污泥 COD_{Cr}去除的影响

从图2可见,加入不同浓度 Mo 后,污泥系统的 COD_{Cr}去除情况发生了较明显的变化。在试验条件下,投加 2 mg/L 的 Mo 对单位污泥 COD_{Cr}去除速率的促进作用最明显,是对照系统的 140%。

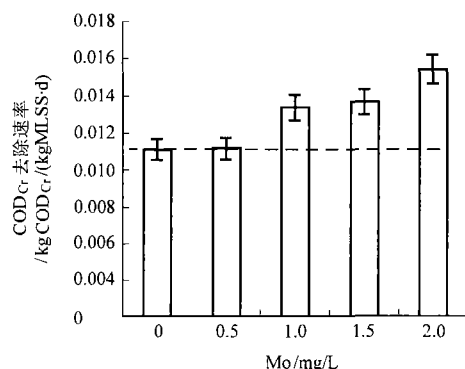


图2 Mo对 COD_{Cr}去除速率的影响(培养时间 24 h)

2.4 Zn对活性污泥 COD_{Cr}去除速率的影响

从图3可见,与对照系统比较,在培养的 12 h 后,加入 0.5 mg/L 和 1 mg/L 的 Zn 对摇瓶 COD_{Cr} 的去除效率均有明显提高;分别达到对照系统的 113%和 132%。

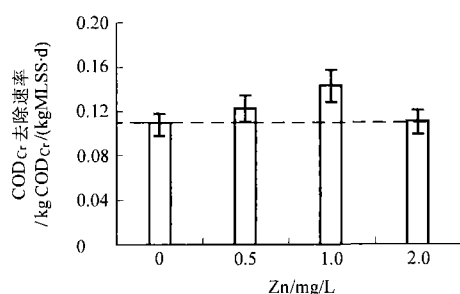


图3 Zn对 COD_{Cr}去除速率的影响(培养时间 12 h)

2.5 维生素 B₁对活性污泥 COD_{Cr}去除速率的影响

从图4可见,在试验条件下,加入不同浓度的维

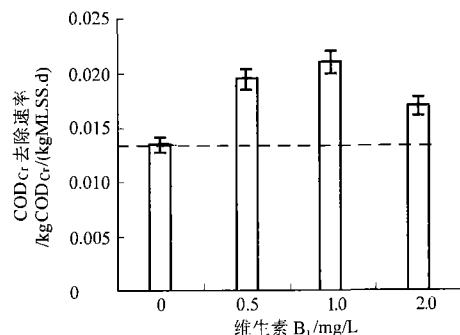


图4 维生素 B₁对 COD_{Cr}去除速率的影响(培养时间 48 h)

生素 B₁ 后,系统 COD_{Cr}去除速率都有一定的提高,浓度为 1 mg/L 的系统 COD_{Cr}去除速率最高,是对照系统的 160%。

这可能说明 1 mg/L 的维生素 B₁ 是系统需要的最佳浓度,当高于此浓度时,维生素 B₁ 可能对系统的微生物的降解产生抑制作用。

2.6 烟酸对活性污泥 COD_{Cr}去除速率的影响

从图5可见,在该试验条件下,加入不同浓度的烟酸后,系统 COD_{Cr}去除速率都有一定的提高,烟酸浓度为 1 mg/L 的系统 COD_{Cr}去除速率最高,是对照系统的 220%,这可能说明 1 mg/L 的烟酸浓度是系统需要的最佳浓度。

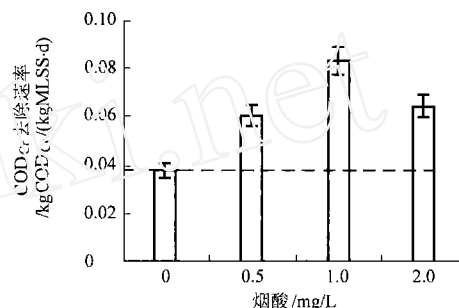


图5 烟酸对 COD_{Cr}去除速率的影响(培养时间 6 h)

2.7 微量营养物质对废水生物处理系统群落结构的影响

为了研究微量营养物质对处理系统微生物群落结构的影响,在研究 Zn 对活性污泥 COD_{Cr}降解影响的同时,用微生物酞指纹法等技术^[11,12]对添加 Zn 前后处理系统的群落结构进行监测。其中微生物的多样性(DQ)数值越大表明微生物多样性越大;微生物种的分布均匀性(EQ)的最大值为 1, EQ = 1 表明所有微生物的比例相同, EQ 的数值越小表明微生物种的分布越不均衡。具体结果见表 2。

表2 处理系统群落结构的酞指纹多样性变化

项目	微生物的多样性 DQ	微生物种的分布均匀性 EQ
投加前	9.84	0.76
投加后	6.69	0.557

由表2发现投加微量营养物质前后微生物酞指纹的微生物多样性指数 DQ 发生了显著变化,可能说明微量营养物质对处理系统的微生物群落结构具有一定的调控作用。

3 讨论

本试验中发现添加微量营养物质促进了毛纺废水的生物处理效率,添加 Mg、Mo、Zn、维生素 B₁ 以及烟酸的 COD_{Cr} 去除速率可分别达到对照系统的 183%、140%、139%、156% 和 218%。研究同时发现,不同微量元素浓度对 COD_{Cr} 降解的影响也不相同,在达到最佳投加浓度前,随着浓度的提高,其促进作用越来越强;而在达到一定浓度后,随着投加浓度的提高,其促进作用明显降低,甚至出现抑制现象。这些研究结果说明添加微量营养物质具有优化毛纺废水活性污泥处理系统净化效果的可能。

在废水生物处理系统中,微生物的群落结构是控制污染物降解能力重要的影响因素。在本研究中发现,添加微量营养物质 Zn 前后处理系统的微生物群落结构发生了明显变化,可能说明微量营养物质具有优化微生物群落结构的功能。

总之,不同微量营养物质对毛纺废水活性污泥净化效果影响的研究表明,毛纺废水处理系统中微量营养物质存在一定的缺乏,通过调节活性污泥处理系统中微量营养物质是可以达到提高废水处理效率目的,这就为提高现有工业废水生物处理系统处理效率提供了新的选择。

参考文献

- Burgess J E, Quarmby J, Stephenson T. Micronutrient supplements for optimization of the treatment of industrial wastewater using activated sludge. *Water research*, 1999, 33(18):3707~3714
- Burgess J E, Quarmby J, Stephenson T. Role of micronutrients in activated sludge-based biotreatment of industrial effluents. *Biotechnology Advances*, 1999, 17:49~70
- Grau P. Criteria for nutrient-balanced operation of activated sludge process. *Water Science and Technology*, 1991, 24(3~4):251~258
- Hilde L, George L, Metzner G. Vitamin addition in biological wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 1998, 37(4~5):395~398
- Jefferson B, Burgess J E, Pichon A. Nutrient addition to enhance biological treatment of greywater. *Water Research*, 2001, 35(11):2702~2710
- Lenner H, Nitschke L. Vitamin content of four sludge fractions in the activated sludge wastewater treatment process. *Water research*, 1994, 28:737~739
- Yetis U, Gokcay C F. Effect of nickel (II) on activated sludge. *Water Research*, 1989, 23(8):1003~1007
- Zhang F M, Knapp J S, Tapley K N. Decolourisation of cotton bleaching effluent with wood rotting fungus. *Water Research*, 1999, 33(4):919~928
- 程芳,齐鸿雁,杨建州,等. 微量元素对柠檬酸废水发酵回用的影响. *环境污染治理技术与设备*, 2000, 1(1):20~26
- 雷萍,郭爱莲,张志杰,等. 焦化废水降解的生物强化条件研究. *西北大学学报(自然科学版)*, 2000, 30(6):511~513
- Hu H Y, Fujie K, Nakagome H. Quantitative analyses of the change in microbial diversity in a bioreactor for wastewater treatment based on respiratory quinones. *Water Res*, 1999, 33:3263~3270
- Hu H Y, Fujie K, Urano K. Development of a novel solid phase extraction method for the analysis of bacterial quinones in activated sludge with a higher reliability. *J Biosci Bioeng*, 1999, 87:378~382

@电话:(027)68780045

E-mail:wliang@ihb.ac.cn

收稿日期:2004-12-15

修回日期:2005-01-19

我国新《生活饮用水水质标准》有望出台

新修订的《生活饮用水水质标准》中常规检验项目由原来的 35 个增加到 42 个,并增加非常规检验项目 63 个,在新标准中首次对亚硝酸盐、溴酸盐、贾第虫、隐孢子虫以及镉等物质的标准限值作出规定。

当自来水中含有对人体有害的亚硝酸盐时,生水经过加热烧开后,亚硝酸盐含量还会因此而增高,亚硝酸盐在体内积累时,往往会给人带来血液性疾病;用臭氧消毒公共饮水而产生的无机消毒副产物溴酸盐更是被国际癌

症研究机构定为 2B 级的潜在致癌物。据一项对全国 35 个城市的调查表明,出厂水经管网输送到用户,自来水不合格率增加 20% 左右。另据对 490 个纯净水样品的调查结果显示,全部指标合格的仅有 28.82%,菌落总数、大肠菌群的超标率分别为 49.06% 和 27.31%,亚硝酸盐的超标率为 30% 左右,pH 超标率为 52.12%,其余各项指标也有不同程度超标。

(丹 丹)