

CASS 工艺微生物抵抗含 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 锻造 添加剂废水毒性的效果

李鑫¹, 孙志民², 赵铭珊³, 梁方瑜², 邬慧雅²

1. 沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 广州市市政工程设计研究院, 广东 广州 510060;
3. 东北电力大学化学工程学院, 吉林 吉林 132012

摘要: 工(产)业园区内企业在紧急情况下排放的污水中, 有毒物质会影响污水处理厂活性污泥微生物的活性, 甚至导致微生物的死亡。基于此, 利用 CASS 工艺的特点检验微生物系统抗冲击毒性的能力, 通过不同的配比浓度调整试验水样中 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 的质量浓度, 监测 CASS 系统进出水的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 COD_{cr} 指标, 用以判断微生物系统是否受到影响, 进而确定 CASS 微生物系统抗毒性冲击的临界点。结果表明: Cu^{2+} 质量浓度小于 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ni^{2+} 质量浓度小于 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, CASS 工艺微生物抵抗含 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 锻造添加剂废水的毒性能力较强, 对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 COD_{cr} 的去除率均可以达到 80%; 当 Cu^{2+} 质量浓度大于 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ni^{2+} 质量浓度大于 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, CASS 工艺微生物对毒性抵抗能力显著降低, 活性受到严重破坏, 对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 COD_{cr} 去除率下降至 60% 以下。所以可以确定 CASS 工艺微生物抵抗含 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 锻造添加剂废水毒性的最高质量浓度限值, Cu^{2+} 为 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ni^{2+} 为 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。为污水处理厂实际运行工程中避免活性污泥微生物系统受毒性冲击而导致运行瘫痪提供参考依据。

关键词: CASS 工艺; 活性污泥微生物; 锻造添加剂废水; 毒性

中图分类号: 171.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5906 (2009) 06-2098-04

我国的污水处理通常采用分散处理与集中处理的二级处理方式, 但由于各企业存在着处理设备简单、没有维修处理设施等问题, 导致工业企业的超标排放的污水集中进入污水处理厂, 造成污水处理厂生物系统的瘫痪。目前, 发达国家如美国、德国、加拿大以及日本采用的是工业生产废水集中处理的方法, 即 CWT。将生产废水收集后集中处理, 或者将相近种类的工厂集中在一个区域, 建立集中生产废水处理厂。因此, 不存在工业企业超标排放生产废水的问题。

进入到污水处理厂的超标排放的污水为各个工业的集中废水, 污染物的种类繁多、浓度高, 处理难度比单一种类的废水要高。国内通常采用的是先物理方法预处理然后采用电化学或膜处理方法。但这种方法存在着需要改动污水处理厂的构筑物, 耗时耗财。基于此, 笔者的处理思路是预处理将超标的工业废水控制在污水处理厂微生物系统能够承受的范围, 利用微生物系统达到处理效果。本文主要研究微生物系统的承受范围。

CASS 工艺是公认的用于生活污水及工业废水处理的先进工艺^[1], 在我国已经得到推广应用, 每个 CASS 池进水、排水相对独立、间歇, 互不干涉、互不影响, 因此 CASS 工艺具有很强的抗毒性冲击

能力^[3,4,5]。笔者以广州市经济技术开发区永和水质净化厂三期工程为例, 针对含 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 锻造添加剂废水, 利用 CASS 工艺抗毒性冲击能力强的特点研究微生物系统对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 毒性的抵抗能力。

1 材料与方法

1.1 材料

将企业的锻造添加剂废水与广州开发区永和水质净化厂的正常进水的配比水作为试验水样。从外管网用潜污泵抽取永和水质净化厂正常进水至储水罐内, 同时用磁力泵向储水罐内投加企业生产废水, 进行调配。用转子流量计控制加入的水量, 保持调配比例的稳定; 将调配后的水, 用潜污泵输送至物化处理试验装置, 目的旨在去除大部分 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等重金属离子, 以及有机污染物, 之后投加至 CASS 试验装置进行生化处理, 目的旨在将物化装置出水水质控制在微生物所能承受的负荷范围内, 对物化处理效果进行验证。

将取自广州开发区永和水质净化厂曝气池中的活性污泥在 CASS 池中进行培养驯化作为动态试验的活性污泥。

1.2 实验方法

CASS 试验装置如图 1 所示, 用钢板制作而成。分为 A、B 两个独立的池体, 每池尺寸均为 $0.6 \text{ m}\times 0.8$

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50678041)

作者简介: 李鑫 (1984 年生), 女, 硕士研究生, 研究方向: 污水处理理论与技术研究。snownic2910@163.com

收稿日期: 2009-09-22

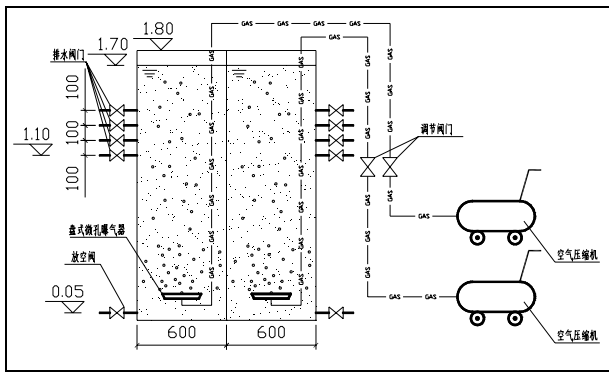


图 1 试验装置示意图
Fig. 1 Experiments Setup

m×1.8 m,采用盘式微孔曝气器曝气,气水比为 10 : 1,其中 A 池进行毒性试验,B 池作空白试验进行对照。由于小型滌水器加工较困难,本试验采用在侧壁不同高度设置排水管排出沉淀后的上清液,池底部设置排泥口。

活性污泥 MLSS 控制在 4 000 mg·L⁻¹ 左右,按照 CASS 工艺以序批式曝气-非曝气的方式运行^[6],一个周期为进水 0.2 h、曝气 2.8 h、沉淀 0.5 h、排水 0.5 h。待 CASS 模型系统运行稳定,出水水质满足排放要求后,投加含有 Cu²⁺、Ni²⁺的物化处理出水,考查其对活性污泥微生物的冲击与毒性,检测 CASS 进出水中 Cu²⁺、Ni²⁺、COD_{cr} 指标。

2 结果及分析

2.1 Cu²⁺、Ni²⁺去除效果分析

活性污泥微生物系统对 Cu²⁺、Ni²⁺的去除率与进水的 Cu²⁺、Ni²⁺质量浓度有关,如图 2、图 3 所示,对 Cu²⁺、Ni²⁺的去除率与进水水样中 Cu²⁺、Ni²⁺质量浓度呈现的是负相关性变化。进水 Cu²⁺、Ni²⁺的质量浓度分别小于 3.0 mg·L⁻¹和 5.0 mg·L⁻¹时,活性污泥微生物系统对 Cu²⁺、Ni²⁺的去除率高,可达

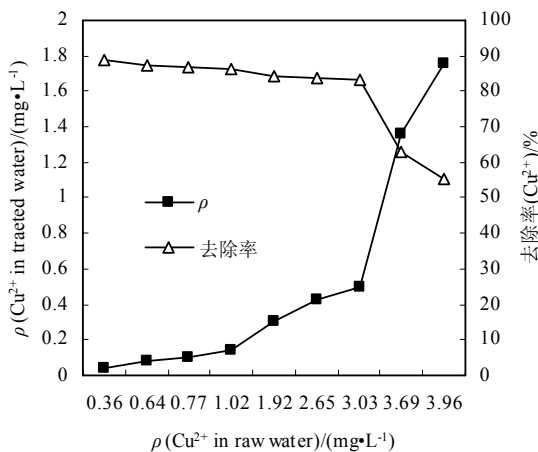


图 2 不同 Cu²⁺质量浓度下 Cu²⁺去除率

Fig. 2 the Removal of Cu²⁺ in Different Concentration of Cu²⁺

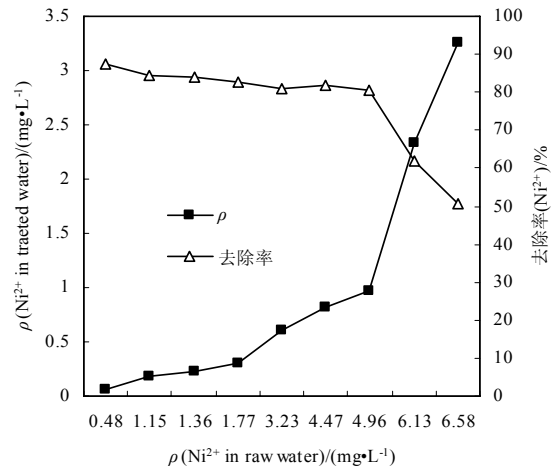


图 3 不同 Ni²⁺质量浓度下 Ni²⁺去除率

Fig. 3 the Removal of Ni²⁺ in Different Concentration of Ni²⁺

到 80%以上,出水 Cu²⁺的质量浓度小于 0.5 mg·L⁻¹, Ni²⁺的质量浓度小于 1.0 mg·L⁻¹,达到了国家污水综合排放标准;进水 Cu²⁺、Ni²⁺的质量浓度分别大于 3.0 mg·L⁻¹和 5.0 mg·L⁻¹时,Cu²⁺、Ni²⁺的去除率明显下降,出水不达标,并且 CASS 池内出现浮渣,活性污泥的性状也发生显著变化,颜色变为黑色,沉降性能降低,说明当进水 Cu²⁺、Ni²⁺的质量浓度分别大于 3.0 mg·L⁻¹和 5.0 mg·L⁻¹时,活性污泥微生物系统受到有毒物质毒性的冲击,污泥活性明显受到影响,甚至有部分微生物死亡。

2.2 进水 Cu²⁺、Ni²⁺质量浓度对 COD_{cr}去除效果分析

图 4、图 5 分别为不同 Cu²⁺、Ni²⁺质量浓度下 COD_{cr} 的去除率,当进水 Cu²⁺质量浓度小于 3.0 mg·L⁻¹、Ni²⁺质量浓度小于 5.0 mg·L⁻¹时,活性污泥微生物对 COD_{cr} 的去除率高,可达到 80%以上,出水 COD_{cr} 小于 40 mg·L⁻¹,满足国家污水综合排放标

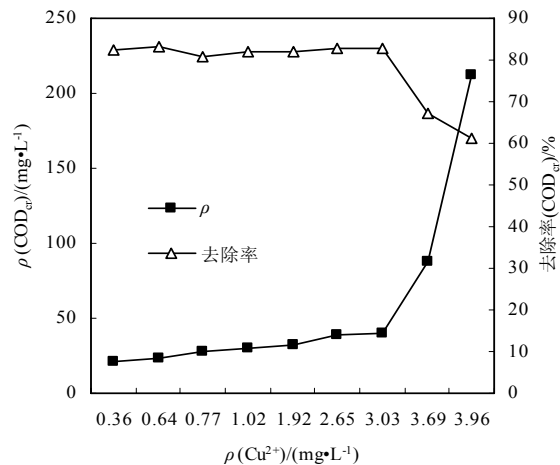
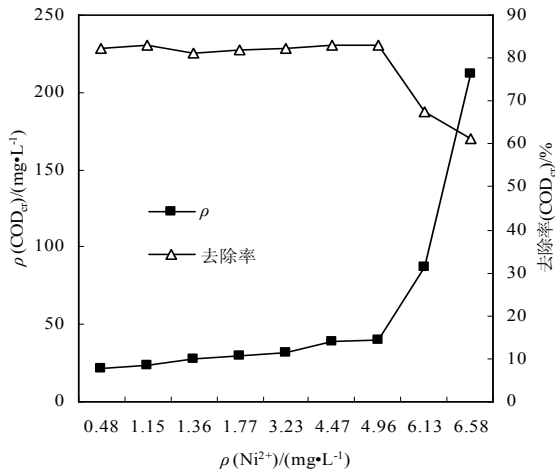


图 4 不同 Cu²⁺质量浓度下 COD_{cr}去除率

Fig. 4 the Removal of COD_{cr} in Different Concentration of Cu²⁺

图5 不同 Ni^{2+} 质量浓度下 COD_{cr} 去除率Fig. 5 the Removal of COD_{cr} in Different Concentration of Ni^{2+}

准的一级标准。相反当进水 Cu^{2+} 质量浓度大于 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 Ni^{2+} 质量浓度大于 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,活性污泥微生物不仅对 COD_{cr} 的去除率降低,而且活性污泥微生物表现出颜色变黑、沉降性能变差的现象,甚至CASS池中出现浮渣。

3 机理探讨

CASS工艺中,活性污泥是絮状的微生物集合体,有很大的表面积,絮状体表面带有负电荷,可以对重金属离子有很强的吸附作用^[7,8,9]。重金属去除机制大致可分为:生物吸附作用、动物体内累积作用、细胞外高聚物和污泥颗粒吸附作用以及重金属的可溶性^[10-12]。生物吸附 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等重金属离子的过程可分为两个阶段:即快速吸附阶段和慢速吸附阶段^[13-15]。在快速吸附阶段,主要是 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等重金属离子与活性污泥微生物表面细胞迅速结合,是一种被动吸附的物理化学过程,与生物活性关系不大,这一阶段吸附了大量的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等重金属离子,占重金属离子去除的主要部分^[7];在慢速吸附阶段,是微生物细胞的主动吸附过程,主要是快速吸附阶段所吸附的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 等重金属离子通过传质作用向污泥颗粒内部传输,这一阶段速度慢,时间长。

本次试验确定CASS工艺中微生物系统抵抗 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 毒性的最高质量浓度限值为: Cu^{2+} 质量浓度为 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ni^{2+} 质量浓度为 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。当进水 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 质量浓度低于此质量浓度限值时,CASS工艺微生物抵抗 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 毒性的能力较强,能保持较好的活性,并且对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 和 COD_{cr} 去除率都很高;当进水 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 质量浓度超过此质量浓度限值时,CASS工艺微生物抵抗 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 毒性的能力明显下降,微生物的活性受到严重的破坏,对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 COD_{cr} 去除率明显下降。这是

因为 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 在慢速吸附阶段大量进入微生物细胞内,与某些酶结合,并在微生物细胞内沉积,大量的 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 沉积超负荷会破坏其正常的新陈代谢,使其活性降低,表现出一定的毒性,严重时甚至会表现明显的毒性导致微生物的死亡,使得对 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 以及 COD_{cr} 的去除率降低。

4 结论

CASS工艺微生物抵抗含 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 锻造添加剂废水毒性的最高质量浓度限值为: Cu^{2+} 质量浓度为 $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, Ni^{2+} 质量浓度为 $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,为污水处理厂实际运行工程中避免活性污泥微生物系统受毒性冲击而导致运行瘫痪提供参考依据。

参考文献:

- [1] Richard I Seadlak. Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater Principles and Practice [M]. New York: Lewis Publisher, 1991: 101-113.
- [2] 侯瑞琴,张统,张志仁,等.循环式活性污泥法污水处理厂的设计及运行[J].中国给水排水,1999,15(8):32.
HOU Ruiqin, ZHANG Tong, ZHANG Zhiren, et al. Design and Run of Cyclic Activated Sludge System Sewage Treatment Plant[J]. China Water and Wastewater, 1999, 15(8): 32.
- [3] 张胜华.循环式活性污泥法的优化设计及应用[J].中国给水排水,2006,22(2):52-55.
ZHANG Shenghua. Optimization Design and Application of Cyclic Activated Sludge System[J]. China Water and Wastewater, 2006, 22(2): 52-55.
- [4] 许劲,孙俊贻.循环式活性污泥法工程设计方法探讨[J].给水排水,2007,33(2):34-38.
XU Jun, SUN Junyi. Design Means Discuss of Cyclic Activated Sludge Engineering[J]. Water and Wastewater, 2007, 33(2):34-38.
- [5] 罗春广. CASS工艺在水处理中的典型应用[J].科技与经济,2006,16:112-113.
LUO Chunguang. Typical Application of CASS Process in Water Treatment[J]. Technology and Economy, 2006, 16: 112-113.
- [6] 沈耀良,王宝贞.循环活性污泥系统(CASS)处理城市废水[J].给水排水,1995,25(11):5-8.
SHEN Yaoliang, WANG Baozhen. Treatment of City Sewage by CASS[J]. Water and Wastewater, 1995, 25(11):5-8.
- [7] 黄玉娥.污水污泥中重金属去除方法研究[D].长沙:湖南大学,2007:24-33.
HUANG Yuee. Study on the Methods of Removing Heavy Metal from Sewage Sludge[D]. Changsha: Hunan University, 2007: 24-33.
- [8] 赵夜.循环式活性污泥法处理污水工艺研究[J].云南环境科学,2005,24(1):44-45.
ZHAO Zhi. Investigation of Cyclic Activated Sludge System Sewage Treatment Process[J]. Yunnan Environment Science, 2005, 24(1): 44-45.
- [9] Kangala.B.Chipasa. Accumulation fate of selected heavy metals in radiological Wastewater treatment system[J]. Waste Management, 2003, 23: 135-143.
- [10] 程晓如.活性污泥法对城市污水中重金属去除率的研究[J].中国

- 农业水利水电, 2005, 10(12): 87-89.
- CHENG Xiaoru. Research on Heavy Metal Removal Efficiency by Activated Sludge Method[J]. China Agriculture Hydraulic Hydroelectricity, 10(12): 87-89.
- [11] 王红梅. 重金属在活性污泥系统中迁移规律的研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2006:27-34.
- WANG Hongmei. Investigation of Heavy Metal dissipation law in Activated Sludge System[D]. Beijing: China Geology University, 2006: 27-34.
- [12] Osman Gulnaz, Saadet Saygideger, Erdal Kusvuran. Study of $\text{Cu}(\text{II})$ biosorption by dried activated sludge: effect of physicochemical environment and kinetics study[J]. Journal of Hazardous Materials, 2005, 120(1/3): 193-200.
- [13] 吴海锁, 张鸿, 张爱茜, 等. 活性污泥对重金属离子混合物的生物吸附[J]. 环境化学, 2002, 21(6): 528-532.
- WU Haisuo, ZHANG Hong, ZHANG Aixi, et al. Biosorption of Heavy Metal Mixture by Activated Sludge System[J]. Environment Chemistry, 2002, 21(6): 528-532.
- [14] N Goyal, S C Jain, U C Banerjee. Comparative studies on the microbial adoption of heavy metal[J]. Advances in Environmental Research, 2003, 7(2): 311-319.
- [15] 谢冰, 奚旦立, 陈季华. 活性污泥工艺对重金属的去除及微生物的抵抗机制[J]. 上海环境科学, 2003, 22(4): 283-289.
- XIE Bing, XI Danli, CHEN Jihua. Mechanisms of Removal Heavy Metals and Resistance to Microorganisms by Activated Sludge [J]. Shanghai Environment Science, 2003, 22(4): 283-289.

Antitoxic effect of microorganisms on Cu^{2+} and Ni^{2+} in CASS Process for forging additives wastewater treatment

LI Xin¹, SUN Zhimin², ZHAO Mingshan³, LIANG Fangyu², WU Huiya²

1. Shenyang Jianzhu University, School of Municipal and Environment Engineering, Shenyang 110168 China;

2. Guangzhou Municipal Engineering Design Research Institute, Guangzhou 510060 China;

3. Northeast Dianli University, School of Chemical Engineering, Jilin 132012 China

Abstract: Toxic substances in industrial wastewater could inhibit biological activity of activated sludge and lead to death of microorganisms in wastewater treatment plant. The experiments have been processed to study antitoxic effect of microorganisms on Cu^{2+} and Ni^{2+} in CASS Process by changing the concentrations of Cu^{2+} and Ni^{2+} in raw wastewater. The experiment result indicated the antitoxic effect of microorganisms on Cu^{2+} and Ni^{2+} was better and the removal efficiency of Cu^{2+} and Ni^{2+} and COD_{Cr} were more than 80% when the concentrations of on Cu^{2+} and Ni^{2+} were less than $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectively. On the contrary, the removal efficiency of Cu^{2+} and Ni^{2+} and COD_{Cr} were declined to 60%, suggesting the microorganisms were seriously inhibited when the concentrations of Cu^{2+} and Ni^{2+} were more than $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The conclusion could be drawn that the limited concentrations of Cu^{2+} and Ni^{2+} in CASS Process were $3.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and $5.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Study on the antitoxic effect of microorganisms in CASS Process for forging additives wastewater copper-nickel.

Key words: CASS Process; microorganisms in activated sludge; forging additives wastewater; toxicity