

试验研究

高效复合脱氮剂物化法处理高浓度氨氮废水的中试研究

孙连鹏^{1,3}, 陈莉莉¹, 罗家和², 方恒²

(1.中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275; 2.广州中大环境治理工程有限公司, 广东 广州 510275; 3.广东省环境污染控制与修复技术重点实验室, 广东 广州 510275)

摘要:以平均氨氮浓度 550 mg/L 以上的猪场废水为研究对象, 通过对比直接吹脱法和高效复合脱氮剂物化法对氨氮的去除效率, 来寻找适合于高浓度氨氮废水的去除方法。结果表明, 在吹脱法的基础上, 投加高效复合脱氮剂, 确实能提高氨氮去除率, 缩短反应时间; 在 pH=11, T=45 °C, 曝气速率为 115.2 m³/h 的条件下, 投加脱氮剂, 吹脱相同的时间, 氨氮去除率与直接吹脱法相比, 最大可提高 7.6 %。

关键词:氨氮废水; 高效复合脱氮剂; 吹脱法; 猪场废水

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2014)06-0031-03

RESEARCH ON TREATMENT OF HIGH CONCENTRATION AMMONIA-NITROGEN WASTEWATER BY AIR STRIPPING WITH ORGANIC COMPOSITE DENITRIFICATION REAGENT IN PILOT SCALE

SUN Lian-peng^{1,3}, CHEN Li-li¹, LUO Jia-he², FANG Heng²

(1.School of environmental science and engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2.Guangzhouzhongda Environmental Engineering Co, Ltd Guangzhou 510275, China; 3.Guangdong Provincial Key Laboratory of Environmental Pollution Control and Remediation Technology, Guangdong, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Piggery wastewater of which the average concentration of ammonia-nitrogen is 550 mg/L is treated by air stripping with organic composite denitrification reagent, which is compared with directly air stripping in order to find a better treatment. It turns out that, in the same reacting time within 5 hours, the former method reaches a higher ammonia-nitrogen removal rate; After 4 hours' reaction, under the same reaction conditions, the ammonia-nitrogen removal rate that treated by denitrification reagent in the dosage of 10 mg/L is up to 94.6 %, while directly air stripping is only 87.0 %.

Key words: Ammonia-nitrogen wastewater; Organic composite denitrification agent; Air-stripping; Piggery wastewater

收稿日期: 2013-10-10

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2011A090200024), 广州市科技计划项目(11A71030883), 佛山市科技发展专项资金(2012AA100091)资助。

第一作者简介: 孙连鹏, 男, 副教授, 博士, 1973 年 8 月出生, 主要从事水污染控制技术研究。

高浓度氨氮废水的处理仍是污水处理的一个难点。目前,氨氮废水处理技术主要有物化法(如吹脱法、离子交换法、折点氯化法、化学沉淀法等)^[1]、传统生物脱氮技术^[2]以及短程硝化反硝化^[3]、同步硝化反硝化^[4]、厌氧氨氧化^[5]等新型生物脱氮技术。常规的物化处理法主要存在着处理成本高,去除效果有限等问题,往往作为高浓度氨氮废水预处理工艺^[1];新型生物脱氮技术克服传统生物技术供氧量大、需外加碱和外加碳源的缺点,并且实现了氨氮的短途径转化,提高了去除效率,但其脱氮机理的研究大多仍处于实验阶段,工艺的实际应用有待进一步研究,尚不能大范围应用于工程实际^[6,7];在物化处理法中吹脱法因其工艺简单、易于控制、处理效果稳定的优点被广泛应用,但吹脱法能耗高,并且无法将氨氮废水一次处理后直接达标排放,所以吹脱法通常作为高浓度氨氮废水的预处理工艺^[8,9]。

基于此种情况,本文以猪场废水为研究对象,通过投加高效复合脱氮剂并进行曝气吹脱来去除水中的氨氮,利用高效复合脱氮剂的作用来提高脱氮效率。

1 试验材料与方法

1.1 废水水质

猪场废水是规模化养猪生产过程中冲洗粪污而形成的,主要由猪尿、残余的粪便、饲料残渣和猪圈冲洗水等组成,其中冲洗水占了绝大部分。猪场废水属于高浓度氨氮废水,悬浮物和有机物含量大。

试验水样来自广州畜牧总公司广良优质高效瘦肉型猪示范场污水处理中心集水池,未经过任何预处理,该废水呈黑色,含较多悬浮颗粒,pH值为8~9,COD为2 000~5 000 mg/L,氨氮浓度为350~750 mg/L。

1.2 试剂与仪器

试验所用的有机复合脱氮剂由广州氨氮水污染治理有限公司提供,用纯度为99%的工业片碱调节pH值,试验所需仪器有普析通用T6紫外分光光度计,WMX-B微波消解装置,高压灭菌锅。

1.3 试验装置

高效复合脱氮装置示意图如图1所示,脱氮装置主要部件见表1。

脱氮装置为空心碳钢内衬防腐材料箱体,反

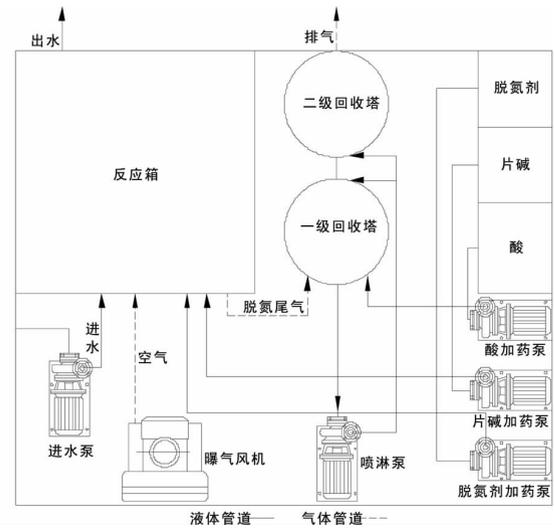


图1 高效复合脱氮装置平面图

表1 高效复合脱氮装置主要部件

名称	说明
整外箱体	1500×1800×1000 mm
反应箱	800×800×1000 mm
回收塔	Φ355×1000 mm
加药箱	250×800×1000 mm
pH计	台湾捷夫特 pc200
温度传感器	测量表、检测仪
曝气风机	流量:100 mL/min

应箱内设有pH探头和温度探头,底部布有曝气管,曝气管距箱底约0.1 m,加热器设置在距箱底约0.3 m处,曝气管外接曝气风机;同时脱氮装置还通过管道将反应箱、一级吸收塔以及加药箱相连通。

运行方式:废水由进水泵抽入反应箱中,液位达到0.4 m,即水量为256 L时,进水泵停止运行,开启曝气风机,待原水混合均匀后取原水样;然后向反应箱中投加脱氮剂,开启碱加药泵和加热器来分别调整碱度和温度;从系统曝气运行第2 h开始,每隔一小时取一次水样;运行时间结束后,排水电磁阀自动开启,系统排水。吹脱出来的气体通过管道进入回收塔,由稀硫酸吸收,吸收尾气直接排放。脱氮工艺流程图如图2所示。

1.4 分析方法

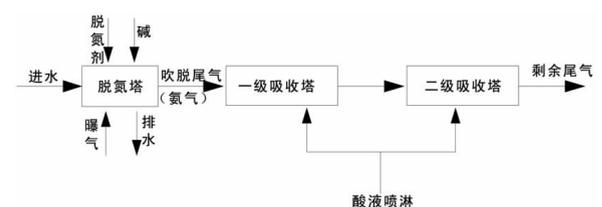


图2 脱氮工艺流程图

氨氮:纳氏试剂分光光度法(HJ 535-2009)^[10]。

COD:微波消解法^[11]。

2 试验结果和分析

2.1 pH 对氨氮去除率的影响

随废水 pH 值的升高,水中游离氨的比例会增大,有利于氨氮的吹脱。pH 为 11 时,水中游离氨的比例约占 90%,再升高 pH 值,游离氨的比例增加不大^[12]。众多的文献报道,pH 控制在 10.5~11 之间,脱氮效果最好^[8,12]。调整废水温度为 45℃,曝气量为 115.2 m³/h,不投加脱氮剂,在 pH 分别为 10.5 和 11 的条件下,曝气吹脱 5 h,氨氮去除率分别为 93.4%和 96.6%,pH 为 11 时去除率仍有小幅度的上升,将试验 pH 定为 11。

2.2 温度对氨氮去除效果的影响

考察 40℃、45℃和 50℃三个温度的脱氮效果,将废水的 pH 调为 11,曝气量为 115.2 m³/h,不投加脱氮剂,吹脱 5 h,做不同温度下氨氮去除率随时间变化曲线如图 3 所示。

如图 3 所示,吹脱时间相同时,氨氮去除率随

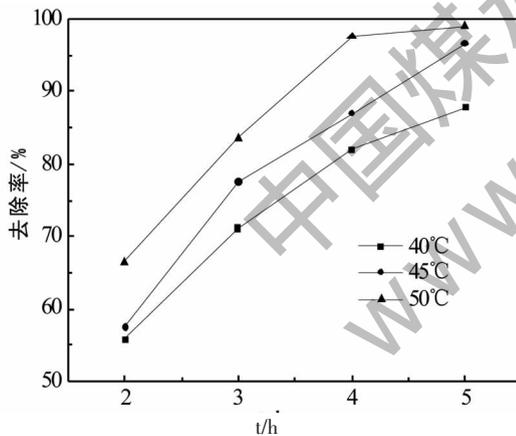


图 3 不同温度下氨氮去除率随时间变化曲线

温度升高而增加。水中氨氮转化成游离氨是一个吸热过程,同时氨在水中的溶解度随温度增加而降低,不考虑水分蒸发,升高温度有利于氨氮的去除^[13]。t=5 h 时,40℃、45℃、50℃条件下氨氮去除率分别为 87.7%、96.6%和 98.9%,后两者的差值不到 3%,同时加热废水能耗较大,从节能和经济成本考虑,反应温度宜为 45℃,可通过适当延长吹脱时间来满足氨氮去除率的要求。

2.3 脱氮剂投加量对氨氮去除率的影响

调整 pH 值为 11,温度为 45℃,曝气量为 115.2 m³/h,脱氮剂投加量为 0,10,20 和 50 mg/L

时曝气运行 5 h,绘制不同脱氮剂投加量下氨氮去除率随时间变化曲线,如图 4 所示。

由图 4 可以看出,随吹脱时间的延长氨氮去

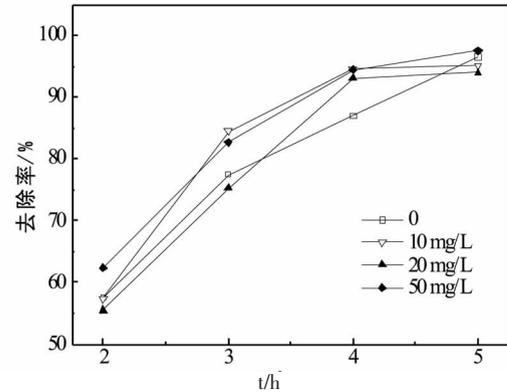


图 4 不同脱氮剂投加量下氨氮去除率随时间变化曲线

除率不断增加,投加脱氮剂的去除率变化曲线都在 4 h 时出现拐点,之后便趋于稳定;而直接吹脱的在 5 h 内无明显拐点,去除率普遍低于投加脱氮剂的,相同的吹脱时间下,两者最大差值可达 7.6%。传统的吹脱工艺对废水中的有机氮几乎不起作用,断开氨和水分之间存在的氢键需要较长的反应时间。本试验所用的高效复合脱氮剂含有大量的 O、H、OH、CH、CH₂ 等原子和离子活性基团,起到将其他形式的铵盐和有机氮转化成氨氮,加速氢键断裂的作用。上述结果表明,投加脱氮剂确实能提高氨氮的去除效果,缩短反应时间;但随脱氮剂投加量的增加,氨氮去除效果并无显著变化,工程应用上应寻找脱氮剂发挥作用的最小投加量,降低经济成本。

3 结论

经试验探究表明,在吹脱法的基础上,投加高效复合脱氮剂来处理氨氮废水,确实能提高氨氮去除效果,缩短反应时间。在 pH 为 11,温度为 45℃,曝气速率为 115.2 m³/h 的条件下,投加脱氮剂,其氨氮去除率与直接吹脱法相比,最大可提高 7.6%。脱氮剂投加量变化对氨氮去除效果并无显著影响。

参考文献

- [1]崔树军,谷立坤,张建云.高浓度氨氮废水的处理技术及研究应用现状[J].中国给水排水.2010,26(14):26-29.
- [2]陈碧美,陆文忠,苏蓉等.两次进水 SBR 法处理养猪场废水厌氧消化液[J].能源环境保护.2010,24(2):19-21,26.
- [3]Van R K, W M J, A U L C, et al. Overview:full scale experience

(下转第 21 页)

量均低于当地同类农作物产量,如荞麦仅是当地产量的 30.36%,玉米仅是当地产量的 25.75%,马铃薯仅是当地产量的 48.45%。

温室蕃茄单位面积平均产量为 18 000 kg/hm²,不及当地的 1/2。

4 林农土地复垦方式改良土壤养分与投资分析

4.1 林农土地复垦方式改良土壤养分分析

对马家塔露天采坑设计与采取造林种草和种植农作物二种土地复垦试验方式,经过 2006 年 3 月~2007 年 10 月林草、农作物植物的生长发育观察,于 2007 年 11 月上旬对林草、农作物 4 种复垦土地耕作层 1~35 cm 土壤,以及露天采坑回填待复垦土地 1~35 cm 层,5 cm 取土样 1 个计取 28 个土样,经分析化验、统计,结果表明马家塔露天采坑复垦土地的土壤养分状况发生了明显变化,见表 1:

表 1 马家塔露天采坑林农土地复垦地土壤养分测定

土壤养分测定类型	有机质/%	速 N/ppm	纯 P/ppm	纯 K/ppm
乔灌造林复垦林地	0.5435	3.78	0.68	41
种草复垦地	0.2834	2.5	0.4	18.32
大田农作物复垦地	0.3906	15.9	2.84	54.35
温室蔬菜复垦地	0.7168	36.35	14.4	83.7
露天采坑回填待复垦对照地	0.1376	1.9	0.275	14.975

4.2 林农土地复垦方式投资费用分析

马家塔露天采坑林农土地复垦投资费用计算原则是,对露天采坑回填和整体推平的机械作业划入马家塔露天矿剥离开采生产中,林农土地复垦按种植类型的不同分别计付投资费用,林农四种土

地复垦类型的单位面积平均投资费用分别是:乔灌造林复垦 18916 元/hm²、种草复垦 16394 元/hm²、大田农作物复垦 108230 元/hm²、温室蔬菜复垦 288610 元/hm²,按造林种草和农作物种植二类型土地复垦方式计算,则造林种草和农作物种植土地复垦平均投资费用分别是 17655 元/hm²、198420 元/hm²,造林种草土地复垦投资费用仅是农作物种植土地复垦种植的 8.9%。

5 结论

(1)通过 2006~2007 年对马家塔露天采坑 13.33 hm²(200 亩)林农土地复垦方式试验,不但行之有效地治理和改善了地处黄河中游乌兰木伦河一级阶地煤炭露天开采坑局部的生态环境,而且初步摸索出神东亿吨现代化能源基地露天采坑造林种草土地复垦技术措施,为我国地处半干旱风水复合侵蚀生态恶劣地区,创新和创建“开发与治理同步”、“国土再造”和可持续发展的绿色能源开发模式,提供了详实、可靠的技术实践依据。

(2)对马家塔露天采坑采取造林种草土地复垦方式,有效地治理和改善亿吨现代化能源基地的生态系统环境,起到科学预防新增沙漠化和水土流失的生态危害,而且造林种草土地复垦投资仅是农作物土地复垦种植的 8.9%,并且改良露天采坑回填地土壤土质的效果显著,1~35 cm 土地复垦耕作层内有机质、速 N、纯 P、纯 K 分别比待复垦对照地提高 0.1458%~0.5792%、0.6~34.45 ppm、0.125~14.125 ppm、3.345 ppm,可谓是一项投资少、土地复垦管理程序简便但生态防护效益高的有效、实用、适用的土地复垦技术。

(上接第 33 页)

of the SHARON process for treatment of rejection water of digested sludge dewatering [J]. Water Science and Technology. 2001, 44(1): 145-152.

[4]Munch E V, Lant P, Keller J. Simultaneous nitrification and denitrification in bench-scale sequencing batch reactors [J]. Water Research. 1996, 30(2): 277-284.

[5]Mulder A, Van De Graaf A A, Robertson L A, et al. Anarobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor [J]. FEMS Microbiology Ecology. 1995, 16(3): 177-183.

[6]康志伟. 废水生物脱氮新技术及研究进展[J]. 科协论坛. 2012, 1(下): 124-125.

[7]李礼, 杨平. 废水生物脱氮的研究进展 [J]. 四川化工. 2007, 10(4): 43-48.

[8]赵贤广, 李武, 王金龙等. 高浓度氨氮废水处理与氨资源化新技术[J]. 工业水处理. 2011, 31(12): 31-34.

[9]邵敏, 程焕龙, 李定龙等. 高浓度氨氮有机废水的吹脱实验研究 [J]. 能源环境保护. 2010, 24(6): 20-22.

[10]环境保护部. HJ 535-2009, 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法[S]. 北京, 2009.

[11]COD 测定的新方法——微波消解法 [J]. 理化检验—化学分册. 1997, 33(3): 135-136.

[12]周明罗, 黄飞. 吹脱法处理高浓度氨氮废水的研究[J]. 工业安全与环保. 2008, 34(11): 14-16.