

有机复合脱氮剂 / 吹脱法与直接吹脱法的除氨对比

雷春生¹, 马 军², 关小红², 王桂玉³

(1. 江苏工业学院 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164; 2 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 3 常州武进友邦净水材料有限公司, 江苏 常州 213163)

摘 要: 自制一种以乳酸乙酯为主体的有机复合脱氮剂, 并对比了直接吹脱法和有机复合脱氮剂 / 吹脱法对氨氮的去除效果。结果表明, 有机复合脱氮剂 / 吹脱法对氨氮的去除率可达 99.99% 以上, 废水中剩余氨氮的浓度最低可达 0.2 mg/L。有机复合脱氮剂 / 吹脱法的最佳 pH 比直接吹脱法的低, 节省了加碱量; 其最佳气液比是直接吹脱法的 1/10, 大大节约了能耗。有机复合脱氮剂 / 吹脱法前 0.5 h 的平均吹脱速率是直接吹脱法的 2 倍。在常温条件下, 其吹脱 1.5 h 后对氨氮的去除率比直接吹脱 6 h 的高; 而在加热条件下, 其吹脱 1 h 后对氨氮的去除率就比直接吹脱 6 h 的高, 从而大大缩短了吹脱时间。

关键词: 氨氮; 直接吹脱法; 有机复合脱氮剂

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2009)23-0082-03

Comparison of Ammonia Nitrogen Removal by Organic Composite Denitrification Agent/Air-stripping and Traditional Air-stripping

LEI Chun-sheng¹, MA Jun², GUAN Xiao-hong², WANG Gui-yu³

(1. Department of Environmental and Security Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. Changzhou Wujin Youbang Water Purification Materials Co., Ltd., Changzhou 213163, China)

Abstract: An organic composite denitrification agent composed of ethyl lactate was prepared, and the removal effect of ammonia nitrogen by organic composite denitrification agent/air-stripping was compared with that by traditional air-stripping method. The results show that the removal rate of ammonia nitrogen by organic composite denitrification agent/air-stripping is above 99.99%, the concentration of residual ammonia is 0.2 mg/L. Its optimal pH is lower than the pH of traditional air-stripping, saving the alkali addition volume. And its optimal gas-liquid ratio is only 1/10 of the traditional air-stripping, saving energy consumption greatly. The average stripping velocity of the organic composite denitrification agent/air-stripping during the first half hour is 2 times of the traditional air-stripping. Under the normal temperature condition, the removal rate of ammonia nitrogen by organic composite denitrification agent/air-stripping treating for 1.5 h is higher than that by the traditional air-stripping treating for 6 h, and un-

基金项目: 哈尔滨工业大学科研创新基金资助项目 (HIT-NSRF-2008-65); 教育部科技创新工程重大项目培育资金资助项目 (705013)

der the heating condition, the removal rate of ammonia nitrogen by organic composite denitrification agent/air-stripping treating for 1 h is higher than that by the traditional air-stripping treating for 6 h, so the treating time is decreased greatly

Key words: ammonia nitrogen; air-stripping; organic composite denitrification agent

随着产业规模的扩大和人类活动的加剧,生活污水和工业废水的排放量迅速增加,导致水质严重恶化。目前主要采用生化法、离子交换法、折点加氯法、气提法和吹脱法等进行废水脱氮^[1~4]。因为传统方法对氨氮的处理很难一步达到国家排放标准,因而对废水中的氨氮特别是高浓度氨氮的处理仍是一个难以解决的问题。针对这种情况,笔者从氨氮在水中的存在形态和氨气从水中挥发时气、液两相间的平衡原理出发,复配了一种液态有机复合脱氮剂对废水中的氨氮进行处理,并与直接吹脱法的除氨效果进行了比较。

1 试验材料与方法

1.1 废水水质

试验水样来源于常州市某制药厂的制药废水,其 pH 值为 8.5、浊度为 2 NTU、氨氮浓度为 29.856 mg/L、COD 浓度为 5.987 mg/L。

1.2 仪器与试剂

主要仪器: ACO 系列电磁式空气泵、微孔曝气器、pH 计、722 型可见分光光度计等。

主要试剂: NaOH (分析纯)、NH₄Cl (分析纯)、KOH (分析纯)、KI (分析纯)、HgCl₂ (分析纯)、有机复合脱氮剂。

1.3 试验条件和方法

将制药废水分别加入 12 个盛水容器中 (6 个盛水容器为 1 组,共 2 组,第 1 组为直接吹脱,第 2 组为有机复合脱氮剂/吹脱,每个容器盛废水 20 L,水深为 10 cm),用固体 NaOH 调节 pH,取 1 mL 有机复合脱氮剂放入 500 mL 水中,然后再将其加入到第 2 组废水中,搅拌均匀,2 组试验同时曝气,试验完毕测定 (纳氏试剂比色法) 废水中的氨氮浓度。

2 结果与讨论

2.1 pH 对去除氨氮的影响

废水中氨氮的初始浓度为 29.856 mg/L,投加一定量的固体氢氧化钠调节废水至不同 pH,控制气液比为 6 000,投加 1 mL 有机复合脱氮剂,30 min 下吹脱 3 h,考察 pH 对去除氨氮的影响。

结果表明,当采用直接吹脱法去除废水中的氨

氮时,对氨氮的去除率随废水 pH 的升高而增大,当 pH < 10 时,对氨氮的去除率较低,说明此时废水中的氨氮主要以化合态的铵根离子形式存在;当 pH > 11 时,对氨氮的去除效果明显增加,这是因为当 pH > 11 时,废水中的氨氮 90% 以上是以游离氨的形式存在;当 pH 继续增加到 12 以上时,氨氮去除率的增幅变小。考虑到加碱量,确定直接吹脱法的最佳 pH 值为 12,此时对氨氮的去除率为 95.67%。在 20 L 废水中加入 1 mL 有机复合脱氮剂后再在相同条件下进行吹脱,当 pH 值为 9 时,对氨氮的去除率就达到了 99.80%;当 pH > 11 时,对氨氮的去除率 > 99.99%。考虑到加碱量,确定有机复合脱氮剂/吹脱法的最佳 pH 值为 11。这说明当 pH > 9 时,在废水中加入有机复合脱氮剂后,废水中的氨氮几乎全都以游离氨的形式存在,但对有机复合脱氮剂的脱氮机理还有待更进一步的研究。

2.2 温度对去除氨氮的影响

当 pH 值为 12、吹脱时间为 3 h、气液比为 6 000 时,考察温度对去除氨氮的影响。结果表明,直接吹脱法对氨氮的去除率随温度的升高呈先增加后降低的趋势,其最佳温度为 30℃,此时对氨氮的去除率达到 94.74%。生成氨气的反应是吸热反应,当温度较高时,氨气的挥发速率大于溶解速率,平衡向右进行,但当温度 > 30℃ 时,由于水分蒸发导致废水的氨氮浓度升高,致使对氨氮的去除率下降^[2]。有机复合脱氮剂/吹脱法对氨氮的去除率与水分的蒸发关系不大,在常温条件下,其对氨氮的去除率 > 99.86%,当温度 > 45℃ 时,其对氨氮的去除率 > 99.99%,故最佳温度为 45℃。

2.3 气液比对去除氨氮的影响

当 pH 值为 12、温度为 30℃、吹脱时间为 3 h 时,考察气液比对去除氨氮的影响。结果表明,直接吹脱法的最佳气液比为 6 000,有机复合脱氮剂/吹脱法的最佳气液比为 600。在温度和吹脱时间相同的条件下,虽然有机复合脱氮剂/吹脱法的气液比只是直接吹脱法的 1/10,但其对氨氮的去除率比直接吹脱法大得多 (5.26%),废水的氨氮浓度从 29.856

mg/L 降到 31 mg/L,这进一步说明了有机脱氮剂能把废水中的氨氮全部转化成游离氨。

2.4 吹脱时间对去除氨氮的影响

当 pH = 12、温度分别为 30 和 45、直接吹脱法和有机复合脱氮剂吹脱法的气液比分别为 6 000 和 600 时,测定吹脱时间与氨氮去除率的关系,其结果分别见表 1、2。

表 1 30 时吹脱时间对去除氨氮的影响

Tab 1 Effect of stripping time on ammonia removal
at 30

吹脱 时间 /h	直接吹脱法			有机复合脱氮 剂吹脱法		
	剩余氨 氮浓度 /(mg · L ⁻¹)	平均吹脱 速率/(mg · L ⁻¹ · h ⁻¹)	去除 率/%	剩余氨 氮浓度 /(mg · L ⁻¹)	平均吹脱 速率/(mg · L ⁻¹ · h ⁻¹)	去除 率/%
0.5	12 640	34 432	57.66	6 540	46 632	78.09
1	7 628	10 024	74.45	1 456	10 168	95.12
1.5	4 689	5 878	84.29	794	1 324	97.34
2	2 998	3 382	89.96	290	1 008	99.03
2.5	1 903	2 190	93.63	98	384	99.67
3	1 569	668	94.74	33.6	129	99.89
4	1 454	115	95.13	10.9	23	99.96
5	1 346	108	95.49	5.8	5	99.98
6	1 274	72	95.73	2	4	99.99

表 2 45 时吹脱时间对去除氨氮的影响

Tab 2 Effect of stripping time on ammonia removal
at 45

吹脱 时间 /h	直接吹脱法			有机复合脱氮 剂吹脱法		
	剩余氨 氮浓度 /(mg · L ⁻¹)	平均吹脱 速率/(mg · L ⁻¹ · h ⁻¹)	去除 率/%	剩余氨 氮浓度 /(mg · L ⁻¹)	平均吹脱 速率/(mg · L ⁻¹ · h ⁻¹)	去除 率/%
0.5	14 863	29 986	50.22	1 719	56 274	94.24
1	8 437	12 852	71.74	732.4	1 973.2	97.55
1.5	5 186	6 502	82.63	85.6	1 293.6	99.71
2	3 315	3 742	88.90	12.2	146.8	99.96
2.5	2 104	2 422	92.95	4.6	15.2	99.98
3	1 735	738	94.19	2.3	4.6	99.99
4	1 608	127	94.61	0.8	1.5	99.99
5	1 488	120	95.02	0.4	0.4	99.99
6	1 408	80	95.28	0.2	0.2	99.99

由表 1 可知,剩余氨氮的浓度与是否投加有机复合脱氮剂密切相关。当采用直接吹脱法时,吹脱 6 h 后的剩余氨氮浓度为 1 274 mg/L,去除率为 95.73%;当投加有机复合脱氮剂时,6 h 后的剩余氨

氮浓度为 2 mg/L,去除率为 99.99%。吹脱速率与氨氮浓度有关,浓度越大则吹脱速率越大,在吹脱的前 0.5 h,有机复合脱氮剂吹脱法的平均速率约为直接吹脱法的 2 倍,3 h 后两种方法的平均吹脱速率均大大降低,直接吹脱法降到 668 mg/(L · h),有机复合脱氮剂吹脱法则降到 129 mg/(L · h)。

由表 2 可知,当温度为 45 时,吹脱 6 h 后,采用有机复合脱氮剂吹脱法的剩余氨氮浓度为 0.2 mg/L,低于采用直接吹脱法的 (1 408 mg/L)。采用有机复合脱氮剂吹脱法的平均吹脱速率在前 0.5 h 约是直接吹脱法的 2 倍。3 h 后,采用直接吹脱法的剩余氨氮浓度基本不变,说明氨气在气、液两相间达到平衡;有机复合脱氮剂对氨氮的去除率则在前 3 h 就达到 99.99%,3 h 后氨氮的浓度还继续降低,直至降到 0.2 mg/L。

3 结论

有机复合脱氮剂吹脱法对氨氮的去除率可达 99.99% 以上,废水中的剩余氨氮浓度最低可达 0.2 mg/L。有机复合脱氮剂吹脱法的最佳 pH 比直接吹脱法的低,节省了加碱量。有机复合脱氮剂吹脱法的最佳气液比是直接吹脱法的 1/10,大大节约了能耗。有机复合脱氮剂吹脱法前 0.5 h 的平均吹脱速率是直接吹脱法的 2 倍。常温条件下,其吹脱 1.5 h 后对氨氮的去除率比直接吹脱法吹脱 6 h 的高;而在加热条件下,其吹脱 1 h 后对氨氮的去除率就比直接吹脱法吹脱 6 h 的高,从而大大缩短了吹脱时间。

参考文献:

- [1] 刘健,李哲. 氨氮废水的处理技术及发展 [J]. 矿冶工程, 2007, 27(4): 54 - 60
- [2] 陈莉荣,戴宝成,武文斐,等. 吹脱法处理稀土氯铵废水试验研究 [J]. 金属矿山, 2007, 375(9): 101 - 102
- [3] 王有乐,翟钧. 超声波吹脱技术处理高浓度氨氮废水试验研究 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2001, 2(2): 59 - 63
- [4] 赵剑宇,胡继峰,田凯. 反渗透—氨吹脱对高氮工业废水净化试验 [J]. 水处理技术, 2002, 28(5): 291 - 292

电话: 13921033438

E-mail: qiuyu_lei@126.com

收稿日期: 2009 - 05 - 15