

常温氨氮对 UBF 反应器抑制作用的试验研究

胡锋平 杨卫权

朱锦福

(土木工程系)

(同济大学环境工程学院)

摘 要 采用常温 25°C , 改变 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度, 通过 UBF 反应器对鸡粪混合液离心出水进行处理¹⁹。试验结果表明: $\text{NH}_3\text{-N}$ 对鸡粪混合液离心出水的厌氧生物处理具有抑制作用, 25°C 时 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的抑制浓度为 1600mg/L , 游离氨 (NH_3) 的最大承受能力为 110mg/L ¹⁹。

关键词 UBF 反应器; 厌氧处理; 氨氮; 抑制作用

分类号 X52.703

0 引 言

鸡粪混合液离心后固体回收, 通过自然高温好氧发酵作为饲料的可行性已被证实^[1]。但鸡粪混合液离心出水后含有较高的有机物和悬浮固体, 不宜直接排放, 我们曾对上海县马桥乡集约化养鸡场离心出水采用上流式厌氧污泥床滤层反应器 (UBF) 在 25°C 条件下进行处理试验, 结果表明^[2]: 离心出水作为原水, 不予稀释, 在 25°C 条件下, 容积负荷为 $15.60\text{kgCOD}_c/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 时, COD_c 去除率为 74.08% , BOD_5 去除率为 83.78% , 产气率为 $0.52\text{m}^3/\text{去除 kgCOD}_c$, 反应器运行状况良好¹⁹。但由于养鸡场离心出水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度较高, 变化幅度较大, 且随着存放时间的变化, pH 值变化较大, 游离氨 (NH_3) 和铵离子 (NH_4^+) 的变化相对也较大¹⁹。而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 对厌氧反应器的抑制甚至毒性作用^[3,4]经常发生, 鸡粪离心出水是一种含 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度较高的废水, 其厌氧生物处理也有氨氮抑制甚至毒性作用发生的可能¹⁹。本试验通过改变 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度, 在 25°C 条件下采用 UBF 反应器对上海县马桥乡集约化养鸡场离心出水进行处理试验, 研究 $\text{NH}_3\text{-N}$ 对处理效果的影响, 为以后的工程设计提供参考依据¹⁹。

1 试验材料和方法

1.1 试验工艺流程

本试验采用工艺流程如图 1¹⁹。

UBF 反应器是一内径为 10cm , 高 118cm , 有效容积 7.3L 的圆柱形有机玻璃管, 反应器的

内部功能从下到上依次为污泥床, 悬浮区, 滤层, 澄清区和气室五部分, 滤层由5片组合式填料片按上下片距4cm 的距离悬挂于上流式厌氧污泥床的悬浮区和澄清区之间¹⁹反应器置于木制自控恒温箱中¹⁹废水在流进恒温箱的过程中预热, 试验温度控制为25℃, 不设专门的加热装置¹⁹.

1.2 试验用水水质

试验用水取自上海县马桥乡集约化养鸡场鸡粪混合液离心出水, 其水质变化较大, 试验水质如表1¹⁹.

1.3 试验分析项目及测试方法

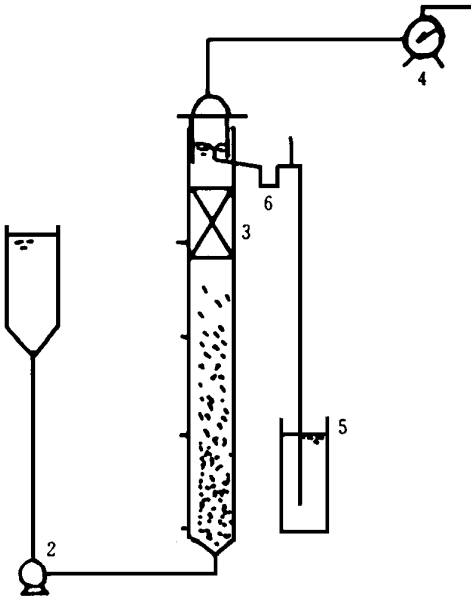
本试验分析项目有 COD_{cr}, BOD₅, NH₃-N, VFA, ALK, SS, pH, 产气量¹⁹测试方法^[5,6]如下:
COD_{cr}:快速重铬酸钾法;BOD₅:叠氮化钠改良法;NH₃-N:硼酸吸收法;VFA:蒸馏法;ALK:电位滴定法;SS:105℃称重法;pH:电位计法;产气量:湿式气体流量计¹⁹.

2 试验内容、结果及分析

2.1 污泥的培养和驯化

试验用的污泥^[7]取自二部分, 一部分为1990年作者采用25℃时上流式厌氧污泥床滤层反应器处理鸡粪混合液离心出水所培养的污泥, 污泥性能较好, 有细小的颗粒污泥, 但存放时间长, 活性较差; 另一部分污泥取自上海市闵行污水处理厂的消化污泥, 污泥呈絮状, 灰褐色, 沉降性能差¹⁹二部分污泥混合后 TVS/TS=0.34, 沉降性能差¹⁹.

为了恢复混合污泥的活性, 先用啤酒外加适量的尿素和磷酸二氢钾按 BOD₅ 桑桑 =100桑桑 配制作作为进水, 并用 Na₂CO₃ 调 pH 到7左右, 加微量 Ca²⁺ 以改变污泥的沉降性能和加速污泥颗粒化¹⁹污泥培养过程中, 当进水负荷 为 2.5kgCOD_{cr}/m³ d 时, 培养液改用葡萄糖加鸡粪废水, 在此阶段发现 UBF 反应器底部出现颗粒污泥; 逐步提高鸡粪离心出水的比例, 增加进水浓度¹⁹当进水负荷提高到3.5kgCOD_{cr}/m³ d, 在此阶段整个污泥床都有颗粒污泥; 稳定后, 进水完全用鸡粪混合液离心出水的稀释液, 不外加营养, 不调 pH 值, 在此阶段发现 UBF 反应器整个污泥床充满颗粒污泥, 污泥床下部污泥颗粒大, 上部小¹⁹培养出的颗粒污泥粒径约为2mm, 大的约1cm, 此时底部污泥的 TVS/TS = 0.52¹⁹.



1. 贮水槽; 2. 蠕动泵; 3. 反应器;
4. 气体流量计; 5. 出水槽; 6. 水封¹⁹.

图1 试验工艺流程图

表1 上海县马桥乡集约化养鸡场
鸡粪混合液离心出水

项	目	数 据
COD _{cr}	(mg/L)	14000~20000
BOD ₅	(mg/L)	7300~10700
NH ₃ -N	(mg/L)	1050~2100
VFA	(CH ₃ COOH 计 mg/L)	4500~7500
ALK	(CaCO ₃ 计 mg/L)	4300~6500
SS	(mg/L)	1400~2700
pH		7.1~8.1

2.2 提高负荷阶段试验

本阶段的试验是在保持水力停留时间基本不变的条件下,采用鸡粪混合液离心出水进行稀释,逐步提高进水浓度的方法进行¹⁹.

提高负荷阶段试验结果如表2¹⁹.

表2 提高负荷阶段试验结果

容积负荷 kgCOD _{cr} /m ³ ·d	水力停留时间 hr	pH		COD _{cr}			NH ₃ -N		产气量 L/d	产气率 m ³ /去除kgCOD _{cr}
		进水	出水	进水 mg/L	出水 mg/L	去除率 %	进水 mg/L	出水 mg/L		
4.11	25.39	7.72	8.05	4351.94	903.59	79.23			9.98	0.416
7.95	23.68	7.33	8.00	7847.36	1534.53	80.45	581.18	555.76	20.06	0.429
10.30	23.84	7.16	8.09	10233.50	1910.25	81.33	818.15	753.00	29.24	0.478
12.19	24.85	7.24	8.10	12623.85	2476.97	80.37	1050.00	1000.34	34.18	0.478
15.95	24.00	7.18	8.37	15948.65	4051.54	74.60	1375.24	1280.14	43.41	0.499
18.12	24.00	7.33	8.35	18121.26	6035.91	66.69	1556.29	1362.44	48.26	0.547

表3 NH₃-N 对 UBF 反应器处理效果影响的试验结果

容积负荷 kgCOD _{cr} /m ³ ·d			16.90	16.90	15.60	16.98	16.96
水力停留时间 hr			26.15	26.15	26.15	26.15	26.15
COD _{cr}	进 水	mg/L	18327.64	18416.54	18207.11	18506.42	18476.56
	出 水	mg/L	4718.41	4721.64	4720.08	6216.36	8024.16
	去除率	%	74.26	74.36	74.08	66.41	56.57
BOD ₅	进 水	mg/L	10220.17	10241.03	10214.19	10414.26	10400.31
	出 水	mg/L	1597.41	1596.48	1656.78	2679.61	3847.07
	去除率	%	84.37	84.41	83.78	74.27	63.01
pH	进 水		7.16	7.19	7.54	7.49	7.51
	出 水		8.01	8.02	8.16	8.21	8.27
SS	进 水	mg/L	1418.30	1646.00	1700.00	1824.30	1954.60
	出 水	mg/L	1107.00	1210.00	1310.00	1517.60	1620.40
ALK	进 水	mg/L	5247.61	5331.09	5432.73	6475.36	6145.73
	出 水	mg/L	5643.68	5745.55	6182.65	7243.21	7046.36
VFA	进 水	mg/L	5941.37	6143.56	5751.20	6044.32	6014.76
	出 水	mg/L	557.42	561.79	740.91	1046.51	1327.49
进水酸化率			0.324	0.334	0.316	0.327	0.326
出水 VFA/ALK			0.099	0.098	0.120	0.145	0.188
NH ₃ -N	进 水	mg/L	1300.54	1464.32	1597.17	1754.62	1912.62
	出 水	mg/L	1210.76	1371.64	1480.31	1602.71	1750.23
产气率	m ³ /去除 kgCOD _{cr}		0.511	0.516	0.518	0.472	0.406
	m ³ /kgCOD _{cr}		0.380	0.384	0.384	0.313	0.230

中国知网 <https://www.cnki.net>
由表2可知,随着进水 COD_{cr}浓度提高,容积负荷提高,进水 NH₃-N 浓度逐渐提高,

BOD_5 , COD_{cr} 去除率呈下降趋势, 在容积负荷分别为 $15.95 \text{ kgCOD}_{cr}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$, $18.12 \text{ kgCOD}_{cr}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ 时, BOD_5 , COD_{cr} 去除率下降较快, 处理效果下降的原因可能是由于 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度过高引起, 也可能是由于反应器容积负荷率高引起¹⁹。为了确定是否是由于 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度过高引起, 进行了 25°C 条件下 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 对 UBF 反应器处理效果影响的试验¹⁹。

2.3 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 对 UBF 反应器处理效果影响试验

该试验阶段的研究目的在于保持反应器容积负荷一定(约 $16.90 \text{ kgCOD}_{cr}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 进水为鸡粪混合液离心出水 (COD_{cr} 约 18500 mg/L), 进水量一定 (6.7 l/d), 改变进水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度, 考察 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 对 UBF 反应器处理效果的影响, 确定在 25°C 条件下, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 对鸡粪混合液离心出水厌氧处理的抑制浓度¹⁹。

$\text{NH}_3 - \text{N}$ 对 UBF 反应器处理效果影响试验结果如表 3¹⁹。

由表 3 可看出: 随着 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度的提高, COD_{cr} 的去除率下降, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度为 1597.17 mg/L 时出现一个折点, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度由 1597.17 mg/L 提到 1754.62 mg/L 时, COD_{cr} 的去除率由 74.08% 下降到 66.41% , BOD_5 去除率从 83.78% 下降到 74.27% ¹⁹。可以认为 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 对 UBF 反应器处理鸡粪混合液离心出水具有抑制作用, 且抑制浓度为 1600 mg/L , 此时游离氨 (NH_3) 浓度为 110 mg/L ¹⁹。从上表可以看出, 出水 $\text{VFA}/\text{ALK} < 0.3$, 反应器的缓冲能力较大, 反应器仍能稳定运行¹⁹。

2.4 讨论

象鸡粪废水这类蛋白蛋含量较高的废水, C/N 比较低, 由于^[8]: (1) 这类废水水解发酵主要产物是丙酸, 而丙酸对反应器的启动不利, 这是处理蛋白质废水 UBF 反应器难于形成颗粒污泥的一个原因; (2) C/N 比值低, 细菌形成胞外多聚物或内贮存物质较少, 不利于细菌的凝聚和形成颗粒污泥, 培养颗粒污泥困难¹⁹。本试验通过加强葡萄糖与鸡粪混合液驯化污泥, 并投加 Ca^{2+} 加速颗粒污泥的形成, 结果培养出性能良好的颗粒污泥¹⁹。

氨氮对厌氧处理抑制作用的研究很多, 大多数研究认为: 含 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度比较高的废水, 经厌氧生物处理后, 出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度升高, 这是由于蛋白质分解产生 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 量比合成细胞所消耗的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 多¹⁹。本实验几组结果表明: 经 UBF 反应器处理的出水, 其氨氮 ($\text{NH}_3 - \text{N}$) 浓度比进水中的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度低, 这可能是由于在本次污泥培养中, 有能够利用 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的微生物存在¹⁹。

氨氮的抑制作用是厌氧处理过程中经常发生的现象, 严重时甚至有毒性作用, 试验的原水在以前的研究中虽然没有产生毒性作用^[2], 但 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度高到 1600 mg/L 以上时产生抑制作用, 在运行过程中要加以注意¹⁹。

在本次试验中, 虽然经 UBF 反应器处理后, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度得到一定程度的降低, 但出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度仍相当高, 对后续生物处理有不利影响, 在进入后续生物处理以前要采取措施降低 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度¹⁹。

3 结束语

(1) C/N 比较低的废水, 通过适当的方法能够培养出性能良好的颗粒污泥¹⁹。

(2) 25°C 条件下, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的抑制浓度约为 1600 mg/L , 游离氨 (NH_3) 浓度为 110 mg/L ¹⁹。

(3) $\text{NH}_3\text{-N}$ 超过以上浓度时鸡粪混合液离心出水的厌氧生物处理有抑制作用¹⁹.

参 考 文 献

- 1 朱锦福等¹⁹集约化蛋鸡场鸡粪混合液资源化无害化处理¹⁹城市环境与城市生态, 1992, 5(1): 1~5
- 2 朱锦福, 胡锋平¹⁹上流式厌氧污泥床滤层反应器处理鸡粪混合液离心出水¹⁹城市环境与城市生态, 1993, 6(3): 6~9
- 3 Kroeker E J, et al. Anaerobic Treatment Process Stability. Journal WPCF, 1979, 51(4): 718~727
- 4 Bhattacharya S K, et al. The Effect of Ammonia on Methane Fermentation Processes. Journal WPCF, 1989, 61(1): 55~59
- 5 都昌杰主编¹⁹实用环境监测水质分析手册¹⁹哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1986
- 6 金儒林, 刘永龄¹⁹污泥处置¹⁹北京: 中国建筑工业出版社, 1982
- 7 胡锋平¹⁹鸡粪混合液离心出水厌氧生物处理的试验研究:[学位论文]¹⁹上海: 同济大学
- 8 刘双江¹⁹ASB反应器内颗粒污泥形成过程中的微生物学研究:[学位论文]¹⁹北京: 清华大学

Experiment Study of Inhibiting Action of Ammonia-Nitrogen in UBF Reactor at 25℃

Hu Fengping Yang Weiquan

Zhu Jinfu

(Department of Civil Engineering) (School of Environmental Engineering,
Tong Ji University)

Abstract

In this paper, a study of inhibiting action of ammonia-nitrogen by changing $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration in UBF reactor at 25℃ is presented. The results of the experiment are as following: an $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration exceeding in a threshold level causes inhibition to the anaerobic biological treatment of centrifugal effluent from laying-hen manure mixing liquid. At 25℃, an $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration exceeding in 1600mg/L causes inhibition, and an NH_3 concentration exceeding in 110 mg/L causes inhibition.

Key words UBF reactor; Anaerobic biological treatment; Ammonia-nitrogen($\text{NH}_3\text{-N}$); Inhibiting action