

处理高氮公厕污水改进 A/O 工艺试验研究^{*}

张 杰^{1,2} 刘年丰¹ 王 琪¹ 周国胜¹

(1. 华中科技大学环境学院,湖北 武汉 430074;2. 黄石理工学院环境工程系,湖北 黄石 435003)

摘要 根据旅游区公厕污水水质水量特征,采用常规 A/O 工艺以武汉市动物园公厕化粪池污水为实例进行研究。试验证明 A/O 工艺虽能有效去除水中 COD,但 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率较低,难以超过 60%。针对此问题,本研究提出了该工艺的改进措施,将好氧段按功能分为二级,即碳氧化段和硝化段。试验结果表明,A/O 工艺经改进后,在有效去除 COD 的同时, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率由 60% 上升为 80% 以上。

关键词 A/O 工艺 高氨氮去除 硝化

Improved A/O process for treating high ammonia wastewater of public washrooms Zhang Jie^{1,2}, Liu Nianfeng¹, Wang Qi¹, Zhou Guosheng¹. (1. Huazhong University of Science & Technology, Wuhan Hubei 430074;2. Huangshi College of Science and Technology, Huangshi Hubei 435003)

Abstract: Conventional A/O process provided adequate COD removal yet only 60% removal of ammonia-nitrogen when it was employed for treating the septic tank effluent of public washrooms in Wuhan Zoo. Based on the wastewater characteristics, a two-stage aerobic treatment, consisting of the first stage of COD removal and the second stage of nitrification, was developed. The improved A/O process removed more than 80% of ammonia-nitrogen in the raw wastewater.

Keywords: A/O process High concentration of ammonia-nitrogen Nitrification

我国城市公共厕所已达到 20 万个左右,每年所产生的粪便量为 3 000 多万吨,其中 90% 直接排入河流或近海^[1]。

旅游区公厕远离城区,污水一般难以汇入纳污管网进入城市污水处理厂集中处理,往往就近排放;由于旅游区游客人数随季节和节假日呈大幅度波动,导致公厕水量变化很大;加之旅游区公厕多数较分散,粪水无其他生活污水稀释,COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 等远高于一般城市生活污水,COD 为 800~1 200 mg/L, BOD_5 为 300~500 mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为 150~160 mg/L^[2]。因此,只是经化粪池稍加处理后就近排入水体的公厕污水,极大地影响了旅游区的水环境。

公厕粪水具有高 COD、高氮磷、可生化性好和水质水量波动大的特点,其处理的难点在于脱氮和除磷。采用常规的 A/O 工艺,处理未经混合的公厕粪水,难以提高 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率。原因是高 COD 的条件下硝化菌处于竞争劣势,影响了硝化效率。

为维持硝化反应的进行,一般 BOD_5 应在 20 mg/L 以下^[3]。因此,将 A/O 工艺中的 O 段(好氧段)分解为两段:碳氧化好氧(Oxic)段和硝化(Nitrification)好氧段,前段主要消减 COD,后段消减 $\text{NH}_4^+\text{-N}$,这样为碳氧化菌和硝化菌分别营造了适合各自生存的条件。

1 试验部分

1.1 试验用水

以武汉动物园中的 1 座公厕为具体研究对象。该公厕位于汉阳区的墨水湖畔,远离城市排污管网,粪水只经化粪池简单处理后直接排入湖中。经过连续多日监测,水量情况如下:平时周一至周五为 0.9~1.8 m³/d,周六至周日为 3.7~4.1 m³/d,春节、五一为 11.5~13.3 m³/d。

本试验所用的污水取自武汉动物园公厕化粪池出水,污水水质情况如表 1 所示。

表 1 污水水质

COD /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N /(mg·L ⁻¹)	SS /(mg·L ⁻¹)	pH	水温 /	TN /(mg·L ⁻¹)	TP /(mg·L ⁻¹)
800~1 200	250~500	90~190	150~1 000	6.5~7.5	8~15	111.4~273.01	12.95~29.75

第一作者:张 杰,男,1967 年生,硕士研究生,讲师,主要从事污水处理工程教学与研究工作。

^{*} 国家“863”改善汉阳水环境质量(No. 2002AA601022-4-2)子专题“动物园示范区面源污染调查及典型环境工程技术研究”资助项目。

试验中测定 COD、BOD₅、NH₄⁺-N、SS、pH、TP、水温、DO 和 MLSS 等,均采用国家规定的标准方法。

1.2 试验工艺及装置

试验装置如图 1 所示。缺氧罐容积为 20 L,设有可变速搅拌装置;两个好氧罐容积均为 12 L,内置曝气头。在碳氧化罐和硝化罐中各设 1 个泥水分离区,使上清液流出,泥流入曝气区。试验期间不排泥。根据生物脱氮的原理,应控制 3 个反应器中的 DO。缺氧反应器 DO 在 0.5 mg/L 以下,碳氧化罐 DO 在 2.0~4.0 mg/L,硝化罐 DO 大于 1.0 mg/L。

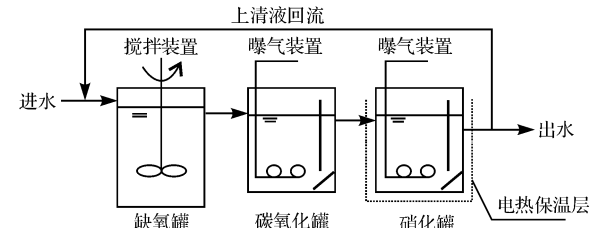


图 1 A/O 改进工艺试验装置示意图

1.3 菌种培养

菌种取自武汉东西湖啤酒厂污水处理站(主体工艺为 UASB + 氧化沟)。

刚采的厌氧污泥呈黑褐色,培养 5 d 后发现该污泥外观无明显变化,沉降性能很差,不能达到试验的要求。对该污泥进行曝气培养 72 h 后,该污泥颜色逐渐变黄。停止曝气,进行缓慢搅拌,控制 DO 在 0.5 mg/L 以下。培养 1 周以后,污泥呈现浅黑色,表明缺氧罐中兼性菌启动成功。

碳氧化罐中的好氧污泥对粪水适应性很好,启动 2 周后,停留时间为 6~8 h 即可使 COD 去除率达 80% 以上;硝化罐中的好氧污泥以碳氧化罐的出水为培养液,保持水温在 20~25℃、pH 为 7.5~8.5,连续培养 50 d 后启动成功。

2 试验结果与讨论

2.1 COD 去除试验

在不同 MLSS 和 HRT 条件下,观察碳氧化罐对 COD 的去除效果,结果如图 2 所示。

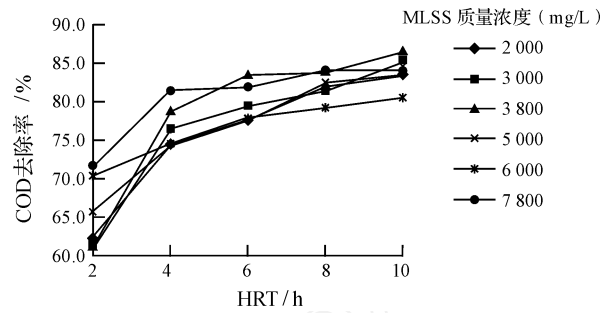


图 2 不同 MLSS 和 HRT 条件下 COD 的去除率

由图 2 可以看出:(1)水力停留时间 4~6 h,COD 去除率可达 80.0% 左右,延长停留时间,COD 去除率略有上升;(2)污泥浓度的差异对于去除 COD 影响不大,MLSS 在 3 000~4 000 mg/L 较为适宜;(3)公厕化粪池出水可生化性很好,常规 A/O 工艺对 COD 去除率较高。

2.2 NH₄⁺-N 去除试验

本试验研究的重点是观察系统对粪便污水中 NH₄⁺-N 的去除效果。试验原水 NH₄⁺-N 为 100~180 mg/L、COD 为 1 000~1 200 mg/L,经缺氧罐停留 5 h 及碳氧化罐曝气 6 h 后 COD 降低到 300 mg/L 以下,为后续的硝化罐中硝化菌生长繁殖创造了良好条件。

MLSS、HRT 和回流比 (R) 对 NH₄⁺-N 去除具有重要影响,为优化上述运行参数,采用正交实验^[4]方案进行了 9 组试验,结果见表 2。

表 2 不同 MLSS 和 HRT 条件下的 NH₄⁺-N 去除效果

进水 NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	试 验 条 件				出水 NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	去除率/ %
	MLSS ¹⁾ / (mg·L ⁻¹)	HRT ₁ ²⁾ / h	HRT ₂ ³⁾ / h	R/ %		
158.6	6 000	8	8	200	4.5	95.7
116.6	6 000	6	6	150	9.2	92.1
161.1	6 000	4	4	150	56.1	65.1
178.0	4 500	8	6	250	17.0	90.5
137.3	4 500	6	4	150	46.1	66.4
102.2	4 500	4	8	200	13.5	86.8
136.0	3 000	8	4	150	30.8	77.3
121.6	3 000	6	8	250	22.3	81.7
178.0	3 000	4	6	200	37.0	79.2

注: ¹⁾ MLSS 指硝化罐的活性污泥质量浓度; ²⁾ HRT₁ 指碳氧化罐水力停留时间; ³⁾ HRT₂ 指硝化罐水力停留时间。

表 3 常规 A/O 工艺的 NH₄⁺-N 去除效果

HRT/h	NH ₄ ⁺ -N			TN			出 水 NH ₄ ⁺ -N / TN / %
	进水 / (mg · L ⁻¹)	出水 / (mg · L ⁻¹)	去除率 / %	进水 / (mg · L ⁻¹)	出水 / (mg · L ⁻¹)	去除率 / %	
12	136.7	63.9	53.3	157.9	70.0	55.7	91.3
16	184.5	83.5	54.7	197.2	90.4	54.1	92.4
20	130.4	55.5	57.3	-	-	-	-

2.3 NH₄⁺-N 去除对比试验

为了验证改进工艺对 NH₄⁺-N 有较高的去除率,另做一组对比试验。用常规 A/O 工艺处理动物园公厕粪水,结果如表 3 所示。

从出水 NH₄⁺-N/ TN 的值可以看出,NH₄⁺-N 占 TN90 %以上,说明在好氧段硝化能力不强,绝大部分氮仍为 NH₄⁺-N,同时可以推断回流液中硝氮和亚硝氮含量低,使缺氧段反硝化过程受抑制,最终整个系统脱氮效率低下。

即使将 HRT 从 12 h 逐步增加到 20 h,系统的脱氮效果并没有明显加强。说明用常规 A/O 工艺处理高 COD、高 NH₄⁺-N 公厕污水,加大 HRT 对提高 NH₄⁺-N 去除率不明显。

高 COD、氮源充足、DO 充分的污水有利于增殖速度快的异养型好氧菌生长,有利于降解 COD。与此同时增殖速度缓慢的自养型的硝化菌处于竞争劣

势,不能成为优势种属,硝化反应难以进行。硝化菌是自养型细菌,有机物浓度低并不限制它的生长,相反含碳有机物浓度不应过高,一般 BOD₅ 应在 20 mg/L 以下^[5,6]。

2.4 水温对系统的影响

废水好氧生物处理,以中温细菌为主,其生长繁殖的最适温度为 20 ~ 37 ℃;厌氧生物处理常采用温度为 33 ~ 38 ℃ 和 52 ~ 57 ℃^[7]。为了观察水温对去除率的影响,在硝化罐和碳氧化罐 HRT 为 2 h 下,改变系统温度,分别测试硝化罐进出水 NH₄⁺-N 浓度和碳氧化罐进出水 COD 浓度,结果见表 4 所示。试验结果表明,硝化反应的适宜温度是 20 ~ 30 ℃,15 ℃ 以下时,硝化速度明显下降,低于 5 ℃ 时完全停止;碳氧化菌对水温的适应范围比较广。在本研究中对硝化罐采用了电热保温措施,控制硝化罐的水温 16 ~ 24 ℃,碳氧化罐无需保温。

表 4 水温对系统的影响

水温/	硝化罐 NH ₄ ⁺ -N			碳氧化罐 COD		
	进水/ (mg · L ⁻¹)	出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/ %	进水/ (mg · L ⁻¹)	出水/ (mg · L ⁻¹)	去除率/ %
5	158.6	154.9	2.3	876	354	59.6
10	138.5	104.3	24.7	961	330	65.7
15	167.1	95.5	42.8	-	-	-
20	143.3	52.7	63.2	-	-	-

3 结 论

(1) 传统的 A/O 工艺能有效去除 COD,但 NH₄⁺-N 的去除率低于 60 %。

(2) 改进后的 A/O 工艺与传统的 A/O 工艺相比,碳氧化菌、硝化菌和反硝化菌分别在各自的反应器内生长繁殖,环境条件适宜,反应速率快,因此 NH₄⁺-N 去除率明显提高,从低于 60 %上升到 80 % 以上。

(3) 硝化反应的适宜温度是 20 ~ 30 ℃,15 ℃ 以下时硝化速度下降,低于 5 ℃ 时完全停止;碳氧化菌对水温的适应范围较广,无需保温。

(4) 改进后的系统增设了 1 个硝化罐,使系统控制较原工艺复杂。

参考文献

[1] 朱端卫,董恩炘,李军. 公厕水冲物的固液分离技术研究[J]. 中国环保产业,2001,7(增刊):32.
[2] 瞿永彬. 化粪池水量调查和污染物计算[J]. 环境卫生工程,1999,3(7):3-5.
[3] 王宝贞,王琳. 水污染治理新技术:新工艺、新概念、新理论[M]. 北京:科学出版社,2004:13.
[4] 马希文. 正交设计的数学理论[M]. 北京:人民教育出版社,1981.
[5] 李军,杨秀山,彭永臻. 微生物与水处理工程[M]. 北京:化学工业出版社,2002:378.
[6] 张自杰,林荣忱,金儒霖. 排水工程[M]. 第 4 版. 北京:中国建筑工业出版社,2002:315.
[7] 高廷耀,顾国维. 水污染控制工程(下册)[M]. 第 2 版. 北京:高等教育出版社,1999:64.

责任编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2005-10-09)