

两次进水 SBR 法处理养猪场 废水厌氧消化液

陈碧美¹, 陆文忠², 苏蓉¹, 钱建英²

(1. 闽西职业技术学院 化学工程系, 福建龙岩 364021;

2. 煤炭科学研究总院杭州环保研究院, 浙江杭州 311201)

摘要:对于养猪场废水厌氧消化液的处理有很多不同方法,本试验结果表明,厌氧消化液经两次进水 SBR 处理后,出水 COD_{Cr}、氨氮低于排放标准,但总磷达不到排放标准,在硫酸亚铁同步沉析及絮凝作用下,经两次进水 SBR 处理后,出水总磷小于 8 mg/L,各项指标达到排放标准。

关键词:养猪场废水; 厌氧消化液; SBR; 脱氮; 除磷

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2010)02-0019-03

TREATMENT OF ANAEROBICALLY DIGESTED EFFLUENT OF PIGGERY WASTEWATER USING TWO STEP-FEED SBR METHOD

CHEN Bi - mei¹, LU Wen - zhong², SU Rong, QIAN Jiang - ying²

(1. *Department of Chemical Engineering, Minxi Vocational and Technical College, Longyan 364021, China;* 2. *Hangzhou Environmental Protection Research Institute, CCRI, Hangzhou 311201, China*)

Abstract: Different treating approaches were adopted to obtain the best treatment of anaerobically digested effluent of piggery wastewater. The experimental results indicated that the COD_{Cr} and NH₃-N of effluent after two step-feed sequencing batch reactor (SBR) treatment were lower than excess standard, except total phosphorus (TP). While the TP of effluent can be reached lower than 8 mg/L only by using two step-feed SBR accompanied with adding FeSO₄. This implied FeSO₄ acted as an effective phosphorus removal agent through setting out and flocculation.

Keywords: piggery wastewater; anaerobically digested effluent; SBR; denitrification; phosphorus removal

目前,处理有机物、氨氮和磷浓度高及恶臭严重的养猪场废水,普遍采用厌氧—好氧的组合工艺。废水经厌氧处理后的消化液中仍含有一定数量的有机污染物,特别是 NH₃-N、P 含量还很高,

因此,养猪场废水厌氧消化液具有高氨氮、低 C/N 比的水质特点,仍属于难处理的一类废水。国内外处理养猪场废水厌氧消化液采用的方法主要是活性污泥法、接触氧化法、氧化沟工艺及近年比较热门的 SBR 法等^[1-2],但是这些工艺的处理效果均不理想,虽对有机物及氮均有一定的去除率,但停留时间较长,处理费用较高,运行不稳定,且基本上

都没有对磷进行处理。为此,要寻找一种适合处理养猪场废水厌氧消化液,并具有高效脱氮除磷的好氧工艺,使废水经处理后出水各项指标能达标排放。

1 试验水质

试验所用养猪场废水取自某规模化养猪场。首先,采用化学混凝对养猪场原水进行固液分离,经沉淀后的上清液,再经厌氧 UASB 处理后,其厌氧消化液(UASB 出水)即为本试验用水。养猪场废水厌氧消化液水质情况见表 1。

表 1 养猪场废水厌氧消化液水质一览表

水质指标	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	pH
厌氧消化液	900~2200	400~800	300~500	200~800	20~90	7.0~8.3

注:单位除 pH 无量纲外,其余均为 mg/L。

2 试验原理及方法

2.1 试验原理

SBR 工艺在时间序列上提供了缺氧、厌氧和好氧的环境条件,使缺氧条件下实现反硝化,厌氧条件下实现磷的释放和好氧条件下的硝化及磷的过量摄取,从而有效地脱氮除磷。由于厌氧消化液中氮、磷含量都很高,除磷和脱氮是同时进行的,它们之间在泥龄、碳源等方面存在着矛盾,二者不能兼顾。试验中采取控制泥龄、两次进水提高反硝化阶段碳源等措施,优先考虑脱氮,因而生物除磷不稳定。利用 SBR 法易与化学法相结合的特点,在 SBR 的基础上,添加化学药剂,将废水中经 SBR 处理后仍遗留的磷通过化学沉析除去,即投加硫酸亚铁同步沉析强化除磷^[3]。其除磷原理是:于曝气后期将硫酸亚铁投放到反应器中,硫酸亚铁在水中氧化后形成的硫酸铁溶液与污水中的磷酸盐、聚磷酸盐结合生成 FePO₄ 沉淀,通过剩余污泥的排放而去除。

2.2 试验方法

首先建立稳定运行的 SBR 系统,然后将生物法与化学法相结合,试验装置如图 1 所示。SBR 法进水分两次,14 h 为一个周期,活性污泥的有机负荷在 2~3.5 kg(COD_{Cr})/(m³·d),泥龄 15 d。SBR 稳定运行后在二次曝气结束前 20 min 投加硫酸亚铁作为同步沉析强化除磷,投加量根据每个周期化学沉析所要去除的磷的量及投加系数为 2 计算^[4]。

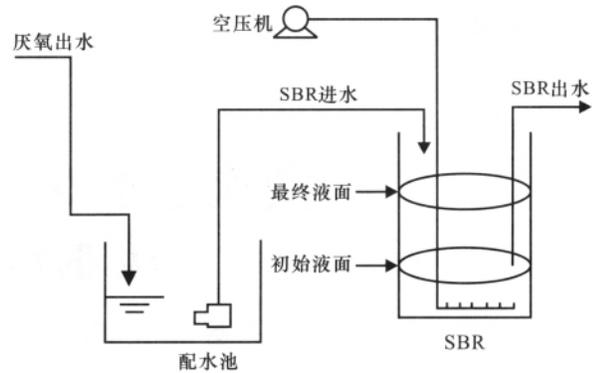


图 1 SBR 装置图

3 结果与讨论

3.1 SBR 反应器的启动

试验采用城市污水处理厂的活性污泥作为菌种,直接进行接种驯化。驯化过程中将厌氧消化液与自来水配比,逐渐提高消化液的体积比。最终反应器中污泥浓度稳定在 3.5~4.5 g/L, COD_{Cr} 去除率在 60% 以上。

3.2 两次进水 SBR 法处理厌氧消化液的结果分析

3.2.1 两次进水 SBR 工艺参数的确定

试验中首先采用一次进水 SBR 处理养猪场厌氧消化液, SBR 一个反应周期为 12 h, 其中厌氧 2 h, 曝气 4 h, 缺氧 2 h, 曝气 2 h, 沉淀 1 h, 滗水 1 h, 对 COD_{Cr} 去除率可达到 70%~83%, 出水 COD_{Cr}、NH₃-N 和 TP 分别为 200~400 mg/L、100~200 mg/L、10~20 mg/L, 出水氨氮和 TP 远远不能达到排放标准。分析一次进水 SBR 法对污染物降解过程(见图 2)发现,当反应进行到第一次曝气结束时, COD 值就降到 356.4 mg/L, NH₃-N 为 199.52 mg/L, 而且养猪场废水中含有一定量(约 300 mg/L)生物难降解的有机物^[5-6], 因此在接下来的反硝化反应中就没有充足的碳源(一般 C/N 不低于 1.7 h, 反硝化进行得比较彻底^[7]), 影响了反硝化的反应, 出现了 NO_x-N 的积累, 进而影响了氨氮的硝化, 导致反应过程中氨氮的硝化不彻底^[8]。为提高系统的碳源, 采用两次进水, 即反应开始时和反硝化阶段各注入一部分新鲜废水。由于在反硝化阶段加入了废水, 此时, 系统中的氨氮和磷的含量升高了, 为了氨氮能尽可能转化为硝酸盐, 二次曝气时间增为 3 h, 在二次曝气结束后增加了 1 h 的缺氧阶段, 进一步将硝酸盐转化为 N₂, 达到彻底除氮的目的。实验比较了两次进水量比例

为 1:1、2:1、3:1 时的处理效果,确定最佳比例为 2:1。两次进水的 SBR 停留时间为 2.9 d,工艺运行参数见表 2。

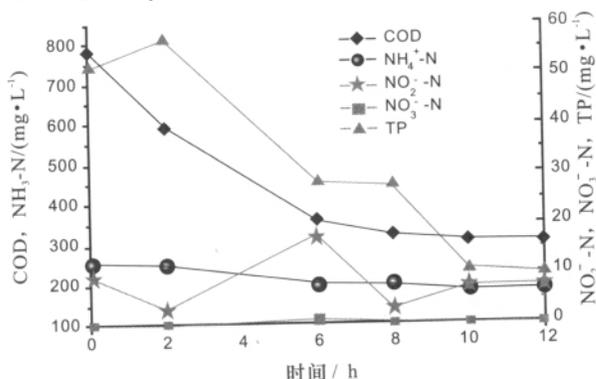


图 2 一次进水 SBR 法不同时段各指标的变化情况

表 2 两次进水的 SBR 工艺运行参数

顺序	作用	时间/h
第一次进水/厌氧	充水(总水量的 2/3)/聚磷菌释磷	瞬时/2
曝气	降解有机物、硝化反应、聚磷菌吸磷	4
第二次进水/缺氧	充水至满/反硝化反应	瞬时/2
曝气	降解有机物、硝化反应、聚磷菌吸磷	3
缺氧	反硝化反应	1
沉淀	泥水分离	1
滗水	排出处理后的废水等待下一周期处理	1

3.2.2 结果分析

SBR 稳定运行后的处理结果见表 3。由表 3 可见,SBR 对进水 COD_{Cr} 的变化具有较强的缓冲能力,能将 COD 值降至 400 mg/L 以下,达到了畜禽养殖业污染物的排放标准(GB18596-2001)。但出水中仍残留部分难降解 COD_{Cr},是生化处理难以去除的。邓良伟^[5]、Bortone^[6]等亦认为,养猪场废水经好氧处理后出水中含有大约 300 mg/L 的难降解 COD_{Cr},本试验结果与之相符。

通过两次进水,保证了反硝化阶段应该有充足的碳源,确保 NO_x⁻-N 较完全转化为 N₂。因此两次进水 SBR 提高了氨氮的处理效果,氨氮去除率最高可达到 92.91%,去除氨氮较稳定,出水氨氮的平均值为 58.64 mg/L,达到排放标准(80 mg/L)。

在厌氧阶段中,由于混合液中 NO_x⁻-N 的干扰减少了,磷的释放更完全,因而可获得更好的除磷效果。可将总磷出水值降至 6~11 mg/L,平均值为 8.78 mg/L。但本试验优先考虑脱氮,控制泥龄为 15 d,导致生物除磷不稳定^[9],出水总磷仍达不到排放标准(8 mg/L)。

表 3 两次进水 SBR 法处理结果

项目	进水 / (mg·L ⁻¹)	出水 / (mg·L ⁻¹)	去除率/%
COD	1 248~2 120	341~390	72~84
NH ₃ -N	285~685	42~78	80~93
TP	45~79	6~11	73~87

3.3 化学强化除磷的 SBR 处理厌氧消化液的结果分析

通过投加硫酸亚铁同步沉析强化除去废水中经 SBR 处理后仍遗留的磷,实际上投加化学药剂后,污水中进行的不仅仅是沉析反应,同时还进行着化学絮凝作用,在絮凝沉淀过程中,将部分不易生物降解的有机物及附着在不溶性有机物颗粒上的部分氨氮携带沉淀了,因此,可减少废水在 SBR 反应器中的停留时间,试验采用停留时间为 1.75d 的两次进水的 SBR 工艺。

表 4 化学强化除磷 SBR 法处理结果

项目	进水 / (mg·L ⁻¹)	出水 / (mg·L ⁻¹)	去除率/%
COD	916~2 008	151~332	85~90
NH ₃ -N	285~615	25~78	83~95
TP	45~89	5~8	79~89

试验中观察到投加 FeSO₄ 后,出水颜色与不加时比稍浑,但并不影响出水的水质。投加药剂后,系统中的污泥由去除有机物产生的剩余污泥和同步沉析除磷的沉析物所组成,硫酸亚铁为金属盐药剂,会使活性污泥重量增加,从而可以避免活性污泥膨胀。因此,采用硫酸亚铁作为同步沉析除磷是可行的。

系统稳定运行后的处理结果见表 4。经本工艺处理后出水 COD_{Cr} 150.98~331.69 mg/L,氨氮 24.88~77.52 mg/L,总磷 5.00~7.90 mg/L(出水平均值为 6.605 mg/L),出水稳定,各项指标能够连续达标排放,特别是解决了养猪场废水处理中存在的总磷超标排放的难题。

4 结论

(1) SBR 处理系统对进水 COD_{Cr} 的变化具有较强的缓冲能力,但出水中仍残留部分难降解 COD_{Cr},是生化处理难以去除的。

(2) 两次进水的 SBR 工艺,在缺氧阶段及时

(下转第 26 页)

表3 两种工艺技术特征比较结果表

项目内容	A ² /C 氧化沟	改良型一体化氧化沟
工艺流程	简单	更简单
脱氮除磷效果	好	很好
出水水质	好	更好
耐冲击负荷能力	强	更强
维护管理及控制	简便	很简便
设备数量	少	少
节约能耗效果	很好	非常好
装机容量	一般	小

通过经济技术比较可以看出,改良型一体化氧化沟工艺相比传统 A²/C 氧化沟工艺,更具有出水水质好、管理简便、节省能耗等优点。尤其在节省能耗方面,每年节省运行电费 60.22 万元,节省能耗 30%,效益显著。如果除去前段的预处理、后段的消毒工序以及污泥处理单元,单就生物处理单元而言,蚌埠三污的改良型一体化氧化沟运行能耗仅在 0.09 kWh/m³ 左右,而传统 A²/C 氧化沟运行能耗则在 0.22 kWh/m³ 左右,生物处理单元的能耗降低可高达 60%,节能效果明显。

4 结语

从前面的分析比较可以总结蚌埠三污项目的节能特点:

(1)工程采用新型微孔软管曝气技术,为大表面面积微孔曝气,可以保证气泡在池体的均匀分

布,产生的气泡细小且密集,大大增加氧的传递效率,动力效率(E_p)高达 4 kg O₂/kWh 以上,氧的利用率(EA)高达 35%~60%,有效减少鼓风量和运行能耗;

(2)微孔软管曝气技术的使用,使低溶氧技术、同时硝化/反硝化技术得以实施,低溶氧环境下驯化的活性污泥絮体可以直接摄取细小气泡中的氧气进行代谢,对氧浓度的需求较其它活性污泥法要低得多,可以降低单位面积的池中曝气量,另一方面,氧传递作用是在氧亏条件下进行的,可以提高氧的传递效率。同时,由于生物池中溶解氧较低,氨氮在硝化过程中大部分生成亚硝酸盐,可以被反硝化菌群直接利用进行反硝化脱氮,提高反硝化速率和脱氮效率;

(3)工程中应用一体化技术,在沉淀区用快速澄清装置(斜管)取代二沉池,实现了污泥无泵自动回流,省去机械回流,从而降低运行能耗。此外,工程利用空气提升装置来实现沟内大比例混合液回流,大大降低用于推流的动力消耗。

参考文献:

- [1]邓荣森,俞天明,王涛,肖海文.新型一体化氧化沟工艺的节能特点[J].中国给水排水,2001,17(10):16~18.
- [2]张自杰,等.排水工程(下册)[M].北京:中国建筑工业出版社,1996,64~69.
- [3]张自杰,等.环境工程手册水污染防治卷[M].北京:高等教育出版社,1996,251~258.
- [3]陈乐荣,吴雪莉,陈粉珠.城市污水处理厂化学法辅助除磷的试验研究[J].环境技术,2004,(4):35~38.
- [4]唐建国,林洁梅.化学除磷的设计计算[J].给水排水,2000,26(9):17~22.
- [5]邓良伟.水解-SBR 工艺处理规模化猪场粪污研究[J].中国给水排水,2001.17(3):8~11.
- [6]Bortone G, Gemelli S, Rambaldi A, et al. Nitrification, denitrification and biological phosphate removal in sequencing batch reactors treatment piggery wastewater. [J].Wat Sci Tech,1992,26 (5-6):977~985.
- [7]赵晨红. ASBR-SBR 工艺处理养猪场废水 [J]. 重庆环境科学, 2003,25(4):36~39.
- [8]D. Obaja Biological nutrient removal by a sequencing batch reactor(SBR) using an internal organic carbon source in digested piggery wastewater[J]. Bioresource Technology.96(2005):7~14.
- [9]孙力平.污水处理新工艺与设计计算实例[M].科学出版社,2001:160~163.

(上接第 21 页)

补充了反硝化反应所需的碳源,促进了系统的脱氮作用,对 COD 和氨氮有很好的去除效果,但对磷的去除效果不佳。

(3)在投加硫酸亚铁的同步沉析及絮凝作用下,经两次进水 SBR 处理后出水 COD_{Cr}、氨氮和总磷分别降至 150.98~331.69 mg/L、24.88~77.52 mg/L 和 5.00~7.90 mg/L,各项指标均达到了排放标准。

参考文献

- [1]雷英春.国内外规模化猪场废水处理工艺技术新进展[J].城市环境与城市生态,2003.16(6):218~220.
- [2]崔理华.国内外规模化猪场废水处理组合工艺进展[J].农业环境保护,2000.19(3):188~191.