

曹宗敏,施亮亮,曹文平,等. 一体化复合式生物膜反应器处理生活污水的效果[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):335-337.

# 一体化复合式生物膜反应器处理生活污水的效果

曹宗敏,施亮亮,曹文平,成彦蓉,张玉红

(徐州工程学院环境工程学院,江苏徐州 221111)

**摘要:**为明确新开发的一体化复合式生物膜反应器处理生活污水的效果,用一体化复合式生物膜反应器处理河南城建学院池塘进水口生活污水。试验结果表明,微生物培养时间仅为 11 d;当水温 15 ~ 20 ℃ 和水力停留时间为 8 h 时,进水 COD 浓度 134 ~ 206 mg/L,氨态氮浓度 13.1 ~ 30.5 mg/L 时,反应器对 COD、氨态氮的去除率分别为 65% ~ 81%、94.9% 以上;同时一体化复合式生物膜反应器表现出良好的耐冲击负荷。

**关键词:**一体化复合式反应器;生物膜;活性污泥;生活污水

**中图分类号:** X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0335-02

水污染问题已成为亟待解决的环境污染问题之一,其中向受纳水体排放大量的污水或未达标的污水是导致水环境质量不断下降的主要原因<sup>[1]</sup>。而由于工业化、城市化和人口的增加使污水量不断升高,与日趋紧张的有效耕地相冲突。常规的城市污水处理厂占地巨大,主要处理构筑物包括配水井、曝气池、沉淀池、污泥回流井等<sup>[2]</sup>。这些处理构筑物往往还有大量的管线、大量的水泵、污泥泵等,不仅处理成本高,而且管理较为复杂。研制和开发一些占地少、高效低耗的污水处理反应器就显得尤为重要<sup>[3-4]</sup>。

基于目前污水处理厂众多的构筑物和错综复杂的管线、水泵和风机等。我们独立设计了一体化复合式生物膜反应器,该反应器分为曝气区和沉淀区,并在空间上呈上升趋势,进水口和进气口在曝气区进口处迅速混合,出水口设在沉淀区,在沉淀区和曝气区之间增设了利用重力作用实现回流和排泥的装置。此外,在曝气区铺设了弹性立体填料,不仅提高了系统生物吸附量,也可以对气水进行很好的剪切,以改善传质效果和反应器的处理效果<sup>[5]</sup>。本试验研究一体化复合式生物膜反应器对污水的处理效果和特征。

## 1 材料和方法

### 1.1 一体化复合式生物膜反应器

一体化复合式生物膜反应器采用 3 mm 厚度的钢板焊接而成,反应器总容积约为 80 L,分为曝气区和沉淀区两部分。其中曝气区有效容积为 40 L,尺寸为 200 mm × 200 mm × 1 000 mm。沉淀区形似倒立四棱柱承台,上表面尺寸为 500 mm × 500 mm,下表面尺寸为 200 mm × 200 mm,高为 240 mm,有效容积约为 40 L。曝气区底部设置一根曝气管,空气扩散装置采用五个烧结石曝气头。曝气系统由烧结石曝

气头、GF-系列叶轮式鼓风机、LZB-4 玻璃转子流量计构成。在距反应区底部和上部各 100 mm 处焊接两根钢筋,主要作用是挂填料。沉淀区底部一侧设置排泥管,采用重力人工排泥。沉淀区底部其他 3 个侧面各开 2 个直径为 25 mm 的圆孔,用于回流污泥。沉淀区顶部设置溢流槽,收集排放处理过的清水。试验用填料为自制加工,选用拖把布为材料,将多条 100 mm 长的布条以 50 mm 的间隔系在 800 mm 的细绳上,共做 5 条同样规格的填料系在填料架上。选用拖把布是因为拖把布浸水膨胀,体积增大,棉线纤维易于挂膜。试验进水经原水箱、流量泵、曝气区、沉淀区,由沉淀区上部溢流排水。一体化复合式生物膜反应器见图 1。



图1 一体化复合式生物膜反应器

### 1.2 反应器设计原理与流程

将进水口和进气口设计在反应器曝气区的底部,利用水压有利于实现曝气区底部污水和空气的完全混合。在曝气区内设填料和补充活性污泥,以提高生物复杂程度和生物量以及减少污泥产量<sup>[6]</sup>。曝气区出水溢流进入沉淀区,在沉淀区经沉淀后其上清液由排水管排出反应器,一部分污泥则利用重力经过回流管返回到曝气区,另一部分污泥则外排出反应器。

### 1.3 原水水质

污泥培养水质:自来水与葡萄糖、磷酸氢二钾、尿素和少量牛奶(伊利)等配制而成,在试验的不同阶段配制的污水

收稿日期:2013-03-11

基金项目:江苏省“青蓝工程”优秀青年骨干教师项目;徐州工程学院基金(仪器专项)(编号:XKY2011606)。

作者简介:曹宗敏(1990—),女,江苏宿迁人,本科生,主要从事环境污染治理与修复方面的研究。

通信作者:曹文平,博士研究生,副教授。E-mail:caowenping5000@163.com。

COD 浓度不同,根据试验需要,采用人工添加尿素、磷酸氢二钾等肥料,调配不同的氮、磷浓度,并调节 pH 值。

试验水质:以河南城建学院人工湖进水口的生活污水为试验用水,COD 浓度为 134 ~ 206 mg/L,氨态氮为 13.1 ~ 30.5 mg/L。营养物平衡按  $n_{\text{COD}}: n_{\text{N}}: n_{\text{P}} = 100: 5: 1$  投加,葡萄糖的投加量为 4 g,尿素为 2.175 g,邻苯二磷酸氢钠为 1.74 g,同时加入少量微量元素铁、锰、镁等,有利于微生物的生长。用  $\text{NaHCO}_3$  调节 pH 值在 7.0 ~ 8.0 之间。考虑到反应器内污泥来源及污泥浓度较低,而且污泥和生物载体刚进入反应器需要一段时间适应,所以选择葡萄糖提供碳源<sup>[7]</sup>。启动期进水流速控制在 5 L/h,反应器曝气区有效体积为 40 L,计算曝气区和沉淀区水力停留时间(HRT)均为 8 h。相关水质检测方法参照国家标准<sup>[8]</sup>进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 污泥的培养与驯化

接种活性污泥取自平顶山市新城区污水处理厂 SBR 反应池中的活性污泥,混合液悬浮固体浓度(MLSS)为 4 500 mg/L 左右。污泥培养进行闷曝,每 2 d 换水 1 次,约 14 d 后污泥初步成熟。污泥培养初期出水 COD 高,出水浑浊,有臭味,填料上基本无膜,COD 去除效果非常差。6 d 后在填料的内表面长出了一层薄薄的生物膜,镜检发现有菌胶团、丝状菌和少量群居钟虫等,出水 COD 开始逐渐降低。11 d 后,出水较为清澈,出水 COD 低于 100 mg/L(图 2)。活性污泥中和生物膜中均出现了钟虫和轮虫(镜检)。污泥培养期后即进入试验阶段。

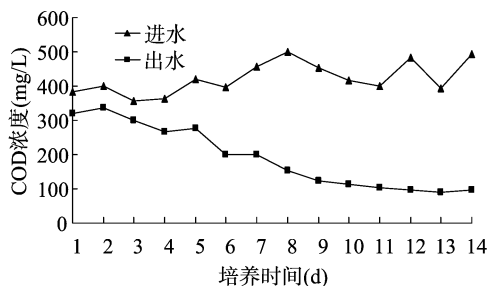


图2 污泥培养期进出水COD浓度

### 2.2 COD 去除效果

反应器进水为河南城建学院池塘进水口生活污水,图3显示了生物膜反应器的进水及沉淀区出水COD的变化情况。

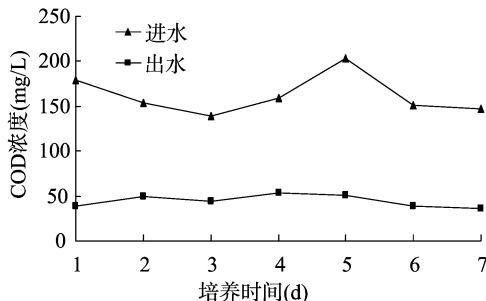


图3 一体化复合式生物膜反应器对污水COD的去除效果

从图3可见,在试验的7 d中,进水COD为134 ~ 206 mg/L,出水COD为30 ~ 56 mg/L,COD去除率为65% ~

81%,出水水质达到了GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准(A)。说明一体化复合式生物膜反应器对污水COD的去除效果是非常好的。

### 2.3 氨态氮去除效果

图4显示,进水氨态氮13.1 ~ 30.5 mg/L,出水氨态氮0.4 ~ 1.4 mg/L,去除率均在94.9%以上,说明一体化复合式生物膜反应器对氨态氮的去除效果非常好,出水水质远远优于城镇污水处理厂污染物排放标准(GB 18918—2002)一级标准(A)。可能是因为生物膜对硝化细菌的增殖提供场地,使硝化细菌在反应器内不断富集的结果<sup>[9]</sup>。

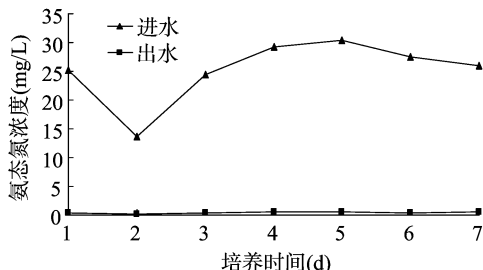


图4 一体化复合式生物膜反应器进出水氨态氮浓度

### 2.4 生物相

挂膜初期,填料上基本无膜,也没有明显的COD去除效果。7 d后,在填料的内表面长出了一层薄薄的生物膜,镜检能观察到菌胶团、丝状菌和钟虫等,成熟的生物膜呈黄色且透明。

随着时间的推移,填料上的膜长得很快,经历逐渐成熟到逐渐衰老的过程,颜色也相应由白色到奶黄色到金黄色最后为棕褐色。活性污泥的污泥絮粒大、边缘清晰、结构紧密,呈封闭状、具有良好的吸附和沉降性能。絮粒以菌胶团细菌为骨架,穿插生长一些丝状菌,但丝状菌数量远少于菌胶团细菌,轮虫生长活跃。这种生物相是运行正常的污水处理设施的活性污泥生物相,表明污泥沉降及凝聚性能较好,在沉淀区能很快和彻底地进行泥水分离<sup>[10]</sup>,污水处理效果好。

### 2.5 抗冲击负荷能力

在曝气量、进水负荷相等条件下,提高葡萄糖的添加量,将15 d和21 d进水COD分别增加到600 ~ 800 mg/L。图5显示在进水COD浓度大幅度提高的条件下,一体化复合式生物膜反应器进出水COD的变化情况。进水COD浓度从400 mg/L上升至600 mg/L(15 d),COD去除率从80%降至76.0%,16 d时COD去除率又上升至82.7%,之后较为稳定。当进水COD浓度上升至800 mg/L(21 d)时,一体化复合

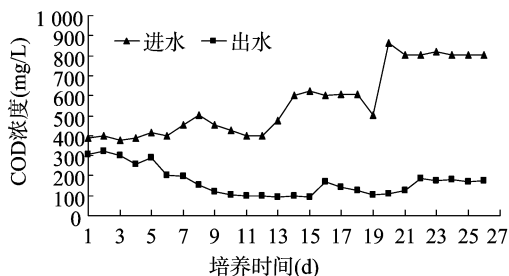


图5 有机冲击负荷条件下一体化复合式生物膜反应器进出水COD浓度

田爱军,吴云波,邢雅因,孙兆海.江苏省畜禽养殖污染特征及成因分析[J].江苏农业科学,2013,41(10):337-339.

# 江苏省畜禽养殖污染特征及成因分析

田爱军,吴云波,邢雅因,孙兆海

(江苏省环境科学研究院,江苏南京 210036)

**摘要:**根据 2011 年江苏省畜禽养殖污染统计数据及对江苏省畜禽养殖业的调研,分析了江苏省畜禽养殖污染排放特征,并对江苏省畜禽养殖污染产生的主要成因及污染防治面临的压力进行了探讨研究,为科学有效地开展江苏省畜禽养殖污染防治工作提供科学支撑。

**关键词:**江苏省;畜禽养殖;污染特征;成因分析

**中图分类号:** X713 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0337-03

江苏是我国畜禽养殖业较发达省份。近年来,随着农业产业结构的不断调整,畜禽养殖业得到了快速发展,畜禽养殖污染问题也日益突出,已成为重要污染源之一<sup>[1-4]</sup>,给环境造成极大压力,日渐成为当前社会关注的热点<sup>[5-8]</sup>。本研究对江苏省畜禽养殖污染状况进行分析,讨论江苏省畜禽养殖污染防治中存在的问题及面临的压力,以期对江苏省各地区畜禽养殖污染防治工作的有效开展提供科学支撑。

## 1 江苏省畜禽养殖污染特征

### 1.1 畜禽养殖量持续增长,规模化程度不断增加

由表 1 可知,2001—2011 年,江苏省 5 类畜禽规模化养

殖比例呈逐年增长趋势,年际增长率为 19.7%~67.7%。畜禽养殖规模化率仍较低,2011 年江苏省纳入减排的 5 类畜禽养殖规模化程度分别为:生猪 36.2%、奶牛 70.3%、肉牛 10%、蛋鸡 32.2%、肉鸡 47.5%。由图 1 可见,以生猪、奶牛养殖为主的专业户比例呈现逐步增加趋势,但增速缓慢,散户比例呈现逐年减少趋势。

### 1.2 畜禽养殖污染物产生与排放量大

根据 2011 年江苏省畜禽养殖污染统计数据可知,全年畜禽养殖污染物化学需氧量(COD)和氨氮的产生量分别为 182.19 万 t 和 5.64 万 t,相应的排放量为 34.33 万 t 和 2.44 万 t,分别为工业源相应污染物排放量的 1.43 倍和 1.5 倍,已经成为除生活源外的第二大污染源。

### 1.3 污染源点多、面广,地区间污染程度差异大

据统计,2011 年江苏省畜禽养殖业污染源总数为 5 071 个,遍布于各乡(镇)、村,畜禽养殖污染物排放较为分散,为集中治理带来了难度。由图 2 可见,由于各地养殖规模、品种结构及污染物综合利用水平不同,地区间的污染程度有很大

收稿日期:2013-03-06

基金项目:江苏省环保科研课题(编号:2012061)。

作者简介:田爱军(1978—),男,硕士,江苏泰州人,高级工程师,主要从事环境工程 and 环境影响评价工作。

通信作者:邢雅因。E-mail:yanan79@163.com。

式生物膜反应器 COD 去除率从 81.6%降至 78.0%,22 d 时 COD 去除率又上升至 81.0%,以后几天出水 COD 变化幅度很小。说明在进水 COD 浓度变化较大的情况下,一体化复合式生物膜反应器具有良好的抗冲击负荷的能力。

## 3 结论

一体化复合式生物膜反应器仅用 11 d 的生物培养和驯化,出水 COD 低于 100 mg/L,出水较为清澈,活性污泥中和生物膜中均出现了钟虫和轮虫。当一体化复合式生物膜反应器进水 COD 为 134~206 mg/L 时,出水 COD 为 30~56 mg/L, COD 去除率为 65%~81%,出水水质达到了 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准(A)。当进水氨态氮为 13.1~30.5 mg/L 时,出水氨态氮为 0.4~1.4 mg/L,去除率均在 94.9%以上,出水水质远远优于 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级标准(A)。同时一体化复合式生物膜反应器表现出良好的耐冲击负荷。

## 参考文献:

[1]曹文平.水力负荷对内环流蜂窝陶瓷生物反应器去除 COD 和氨

氮的影响[J].徐州工程学院学报:自然科学版,2012,27(3):73-77.

[2]高廷耀,顾国维,周琪.水污染控制工程:下册[M].3版.北京:高等教育出版社,2007:321-345.

[3]刘智晓,崔福义,丁雷,等.中小城镇高效低耗污水处理工艺的选择[J].给水排水,2006,32(4):32-37.

[4]Qian Y, Wen X H, Huang X. Development and application of some renovated technologies for municipal wastewater treatment in China[J]. Front Environ Sci Engin, 2007, 1(1): 1-12.

[5]杜平,孙志民,刘强,等. SBBR 不同填料类型的挂膜启动[J].广东化工,2010,12(12):97-98.

[6]王金保,邓香平,王敬斌,等. SBBR 挂膜前活性污泥培养与驯化的研究[J].环境工程学报,2009,3(2):246-248.

[7]曹文平,张永明,李亚峰,等.竹丝填充床对高有机负荷及低 C/N 水质的脱氮特性[J].中国环境科学,2010,30(8):1067-1072.

[8]国家环保总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:432-537.

[9]于英翠,高大文,陶彧,等.利用序批式生物膜反应器启动厌氧氨氧化研究[J].中国环境科学,2012,32(5):843-849.

[10]张金凤,李铭,徐森,等.干扰素生产废水处理试验及生物相分析[J].城市环境与城市生态,2012,25(4):40-41,46.