

生物渗滤床处理养殖废水的技术经济性研究

王守伟, 祝明, 赵燕, 朱百泉, 万波

(1. 中国肉类食品综合研究中心, 北京 100068)

摘要:该试验研究了生物渗滤床对养殖废水的处理效果,同时对生物渗滤床与常规好氧生物方法处理养殖废水的技术经济参数进行对比分析。结果显示,生物渗滤床对养殖废水具有很好的处理效果,出水 COD 平均浓度 120mg/L,明显优于畜禽养殖业污染物排放标准的指标要求(COD≤400mg/L);可实现全自动控制、基建投资费用可节省 45%、运行能耗可节省 86%,吨水处理费用仅为 0.22 元。技术经济分析结果表明,生物渗滤床是一种高效、稳定、低成本的养殖废水处理新技术,完全能够取代常规好氧生物处理方法。

关键词:养殖废水;生物渗滤床;技术经济分析

中图分类号:S261;X713

文献标识码:A

文章编号:1002-6819(2006)Supp-0252-05

0 引言

根据对养殖场的调查研究发现,养殖废水主要为畜牧舍冲洗水,废水中含有大量动物粪便、尿液和毛发,有机物和悬浮物含量非常高。采用传统厌氧与好氧相结合的方法处理养殖废水,基础建设投资大,运行能耗高,养殖场普遍承受不起^[1-3]。为解决养殖废水处理资金不足问题,本文提出,依据不同养殖废水的水质情况,采用传统厌氧与生物渗滤床有机结合处理养殖废水,或直接采用生物渗滤床处理养殖废水的方案,可大大降低养殖废水处理的投资费用和运行成本,并在实验室研究的(基础上成功进行了实际工程应用,处理效果稳定可靠,出水水质达到排放标准^[4-6]。

生物渗滤床是基于污水土地处理系统逐渐发展而来的全新的生物处理技术^[7-9]。该技术延续了污水土地处理系统淹水和落干相交替的运行方式,采用改进的人工渗滤介质代替天然土层,大大提高了水力负荷。通过渗滤介质及介质上生长的微生物对水中有机物质的吸附、截留与分解作用,实现对废水的净化过程。由于生物渗滤床独特的结构及进水方式,使渗滤介质表面的微生物菌相十分丰富,通过进水周期的变化,渗滤介质表面具有好氧、兼氧、厌氧的作用,从而进一步提高废水的处理效果。

本试验通过实验室试验和实际工程应用试验对生物渗滤床处理养殖废水的效果和经济参数进行研究和分析,为生物渗滤床在养殖废水处理中的推广应用提供参考。

1 材料与参考文献^[10,11]

1.1 试验用水

实验室试验:采用猪粪浸泡污水(简称猪粪水)模拟实际猪场厌氧出水,猪粪水 COD 为 1000~1500mg/L、NH₃-N 为 40~60mg/L。由于猪粪中尿液含量较少,

因此所配猪粪水中 NH₃-N 浓度较实际猪场厌氧出水低。

实际工程:建设地点位于河北省奶牛养殖场,该奶牛养殖场采用干清粪工艺处理粪污,废水排放量 15m³/d,废水中主要包括尿液、冲洗牛舍水和少量生活污水。

养殖场内原建有一座贮污池,容积约 500m³,养牛废水先排入贮污池经初步沉淀后,再进入污水处理设施,贮污池出水水质:COD1200~1600mg/L;NH₃-N150~200mg/L。

1.2 试验装置与流程

实验室试验:生物渗滤床采用高 2m 直径为 0.11m 的 PVC 管制成,渗滤介质层主要为 1.5m 厚的天然河砂。污水由生物渗滤床顶部进入系统,靠重力自流经过渗滤介质层,底部出水。试验装置见图 1^[12-15]。

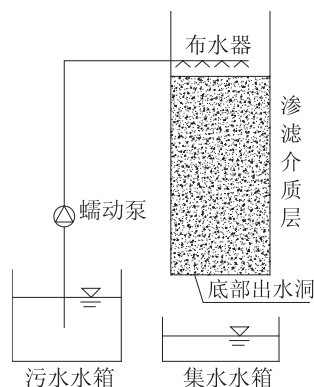


图 1 试验装置示意图

Fig. 1 Diagram of the experimental device

实际工程:生物渗滤床结构为长 10m 宽 7.5m 高 2.5m 的矩形,平均分为三个渗池,渗滤介质层主要为 1.5m 厚的河砂。工艺流程如图 2。

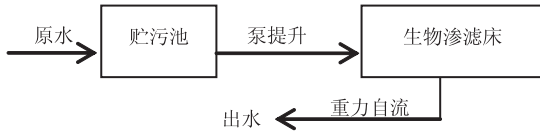


图2 生物渗滤床处理养牛废水的工艺流程

Fig.2 Flow chart of cattle farm wastewater treatment by biological filter bed

1.3 运行方式

每个淹水落干周期采用间歇性淹水 1d、落干 2d 的运行方式;间歇性淹水为每 8h 进水一次;水力负荷为 0.2m³/d。

1.4 分析项目及方法

试验分析项目包括 COD(重铬酸钾法)、BOD₅(稀释接种法)、NH₃-N(纳氏试剂光度法)和 SS(重量法)。

2 结果与分析

2.1 生物渗滤床对养殖废水的去除效果

实验室试验中,生物渗滤床对猪粪水的处理效果见图 3。

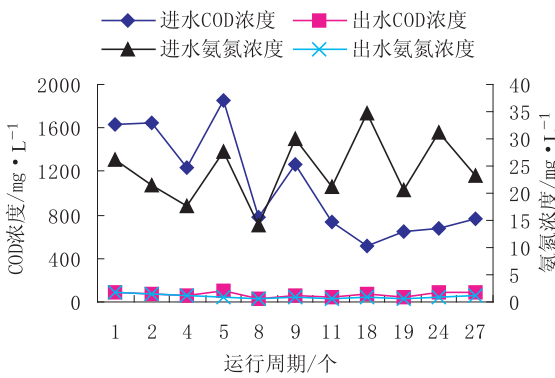


图3 进出水污染物浓度的变化曲线

Fig.3 Variation of influent and effluent pollutant concentration

实际工程中,生物渗滤床对养牛废水的处理效果见表 1。

表1 生物渗滤床对养牛废水的处理效果

Table 1 The treatment result of cattle farm wastewater by biological filter bed mg · L⁻¹

水样	指标			
	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	SS
原水	1352	560	168	308
处理出水	208	65	32.6	26.4

由图 2、表 1 可知,生物渗滤床对养殖废水具有很好的处理效果,处理出水能够达到《畜禽养殖业污染物排放标准》要求,出水水质稳定,受进水水质变化影响较小,说明生物渗滤床具有较强的抗冲击负荷能力。

2.2 经济分析

2.2.1 小型养殖场污水处理工程

前文所述奶牛养殖场,采用生物渗滤床处理养牛废水的工程投资估算和运转费用见表 2。

表 2 奶牛场污水处理工程的投资估算和运转费用

Table 2 Investment and operation cost for project of livestock waste water treatment

序号	投资估算			造价/万元
	项目内容	单价	数量	
1	改造贮污池			0.3
2	污水泵	3000 元 · 台 ⁻¹	1 台	0.3
3	生物渗滤床	800 元 · m ⁻³	砣 30 m ³	2.4
4	渗滤介质	300 元 · m ⁻³	142.5 m ³	4.28
5	配水系统	2000 元 · 套 ⁻¹	1 套	0.2
6	通气系统	1500 元 · 套 ⁻¹	1 套	0.15
7	集水系统	1500 元 · 套 ⁻¹	1 套	0.15
8	排水及设备基础			0.2
9	管道、管件、阀门、配件及安装			1.0
10	电气设备、管线及自控设备			0.3
11	PLC 自动控制系统	30000 元 · 套 ⁻¹	1 套	3.0
12	工程费小计			12.28
13	设计费(工程费×5%)			0.61
14	调试费(工程费×3%)			0.37
15	总计			13.26
16	吨水投资费用			0.884

序号	运行费用			金额/元 · a ⁻¹
	项目内容	单价	定额	
1	(动力)电	0.6 元 · kW · h ⁻¹	1095 kW · h · a ⁻¹	657
2	工资及福利	—	1 人兼管	1000
3	年总运行费用	—	—	1657
4	吨水运行成本	—	—	0.3

2.2.2 大型养殖场污水处理工程

以存栏 10000 头猪的集约化养猪场为例,废水排放量约为 200m³/d。废水水质如下:

COD 8000~10000mg/L;NH₃-N 1300~1400mg/L

分别采用厌氧挡板式反应器+生物接触氧化法和厌氧挡板式反应器+生物渗滤床处理养猪废水,对比其在基础建设投资和运行费用方面的资金消耗,工艺流程分别见图 4、图 5。

表 3 各处理单元设计参数

Table 3 Design parameter of treatment unit

项目	容积负荷率 /kg · (m ³ · d) ⁻¹	停留时 间/h	水力负 荷/m · d ⁻¹	滤层厚 度/m
厌氧+生物渗滤床				
调节池		10	—	—
厌氧挡板式反应器	3.0	—	—	—
配水池	—	12	—	—
生物渗滤床	—	—	0.2	1.5
厌氧+生物接触氧化法				
调节池	—	10	—	—
厌氧挡板式反应器	3.0	—	—	—
一级生化池	3.2	9	—	—
中间沉淀池	—	3	—	—
二级生化池	2.0	5	—	—
二次沉淀池	—	3	—	—

根据下列前提条件和废水水质确定各处理单元的设计参数,见表 3。

- 1)各处理单元均在常温下进行;
- 2)处理出水执行国家《畜禽养殖业污染物排放标准》

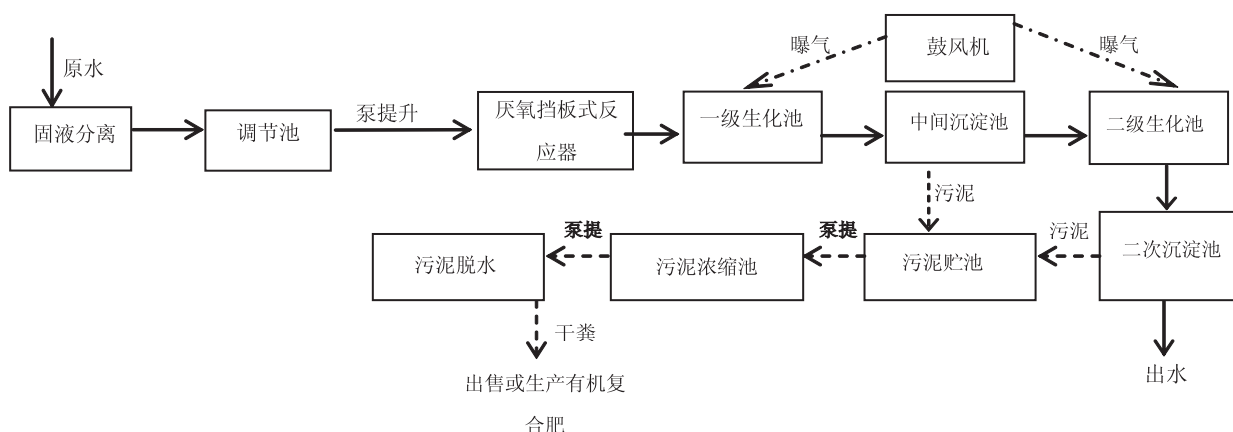


图 4 厌氧+生物接触氧化法处理养猪废水的工艺流程

Fig. 4 Flow chart of piggyery wastewater treatment by anaerobic-biological contact oxidation process

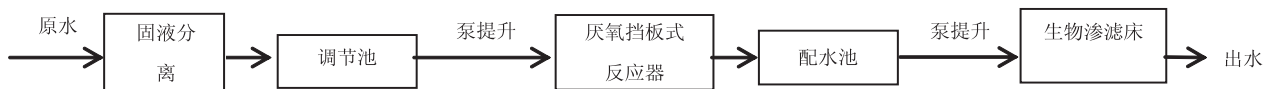


图 5 厌氧+生物渗滤床处理养猪废水的工艺流程

Fig. 5 Flow chart of piggyery wastewater treatment by anaerobic-biological filter bed

表 4 投资估算比较

Table 4 Comparison of investment

序号	工艺 项目内容	厌氧+生物渗滤床			厌氧+生物接触氧化法	
		单价	数量	造价/万元	数量	造价/万元
1	固液分离机	30000 元·台 ⁻¹	1	3	1	3
2	调节池	800 元·m ⁻³	砵 40m ³	3.2	砵 40m ³	3.2
3	厌氧挡板式反应器	800 元·m ³	砵 150m ³	12	砵 150m ³	12
4	配水池	800 元·m ⁻³	砵 40m ³	3.2	—	—
5	生化池	800 元·m ⁻³	—	—	砵 56m ³	4.48
6	沉淀池	800 元·m ⁻³	—	—	砵 24m ³	1.92
7	污泥贮池	800 元·m ⁻³	—	—	砵 5 m ³	0.4
8	污泥浓缩池	800 元·m ⁻³	—	—	砵 40m ³	3.2
9	污水泵、污泥泵	3000 元·台 ⁻¹	2 台	0.6	3 台	0.9
10	鼓风机	40000 元·台 ⁻¹	—	—	2 台	8
11	曝气装置	70000 元·套 ⁻¹	—	—	2 套	14
12	半软填料及支架	500 元·m ⁻³	—	—	160 m ³	8
13	沉淀池斜板及支架	400 元·m ⁻³	—	—	50 m ³	2
14	带式压滤机及其配套设备	250000 元·套 ⁻¹	—	—	1 套	25.0
15	风机房、污泥脱水房	500 元·m ⁻²	—	—	150m ²	7.5
16	生物渗滤床	800 元·m ³	砵 360 m ⁻³	28.8	—	—
17	渗滤介质	30 元·m ⁻³	720 m ³	2.16	—	—
18	配水系统	3000 元·套 ⁻¹	1 套	0.3	—	—
19	通气系统	10000 元·套 ⁻¹	1 套	1.0	—	—
20	集水系统	8000 元·套 ⁻¹	1 套	0.8	—	—
21	排水及设备基础	—	—	0.5	—	2.0
22	管道、管件、阀门、配件及安装	—	—	2.0	—	10.0
23	电气设备、管线及自控设备	—	—	0.5	—	5.0
24	PLC 自动控制系统	30000 元·套 ⁻¹	1 套	3.0	—	—
25	工程费小计	—	—	61.06	—	111.6
26	设计费(工程费×5%)	—	—	3.05	—	5.58
27	调试费(工程费×3%)	—	—	1.83	—	3.35
28	总计	—	—	65.94	—	120.53
29	吨水投资费用	—	—	0.33	—	0.60

准》(GB18596—2001),即 $COD < 400 \text{ mg/L}$, $BOD_5 < 150 \text{ mg/L}$, $SS < 200 \text{ mg/L}$, $NH_3-N < 80 \text{ mg/L}$;

3) 厌氧挡板式反应器容积负荷取 $COD 3.0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$,一级生化池的 BOD_5 —容积负荷率取 $BOD_5 3.2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,二级生化池的 BOD_5 —容积负荷率取 $BOD_5 2.0 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;生物渗滤床的设计水力负荷取 0.2 m/d 。

(1) 投资

根据表 2 的设计参数确定各构筑物大小、设备数量及其造价估算见表 4。

与生物接触氧化法相比较,生物渗滤床结构简单,无曝气系统和污泥处置设备,其投资主要用于床体建设、购买渗滤介质和 PLC 自动控制系统。比较总投资,采用厌氧+生物渗滤床处理养猪废水比厌氧+生物接触氧化法处理养猪废水节省 45%。

对比表 2 和表 4 可知,采用生物渗滤床处理养殖废水,废水处理量越大,则单位水处理投资费用越少。

(2) 运行费用

按每天产生干污泥 500kg 计算,污泥脱水絮凝剂(阳离子型聚丙烯酰胺)用量为干污泥的 0.3%。在不考虑设备折旧和维护费用的情况下,计算所得的直接运行费用见表 5。

从表 5 可以看出,养猪废水的处理费用主要是电费、药剂费和人工费,由于厌氧+生物渗滤床仅需要两级提升,且无曝气系统、污泥提升设备和污泥处置设备,因此电消耗非常少;处理过程中不需要投加任何药剂,因此无药剂费用;采用厌氧+生物渗滤床处理养猪废水可实现全自动控制,无需专人管理,因此人员费用也很低。在能耗方面,生物渗滤床较生物接触氧化法节省 86%;吨水处理费用仅为 0.22 元。

表 5 运行费用比较

Table 5 Comparison of operation costs

序号	项目	单价	厌氧+生物渗滤床		厌氧+生物接触氧化法	
			定额	金额/元·a ⁻¹	定额	金额/元·a ⁻¹
1	阳离子型聚丙烯酰胺	40000 元·t ⁻¹	—	—	0.5475 t·a ⁻¹	21900
2	(动力)电	0.6 元·(kWh) ⁻¹	18615 kWh·a ⁻¹	11169 kWh·a ⁻¹	132130 kWh·a ⁻¹	79278
3	工资及福利	—	1 人兼管	5000	1 人	10000
4	年总运行费用	—	—	16169	—	111178
5	吨水运行成本	—	—	0.22	—	1.52

对比表 2 和表 5 中的吨水运行成本,可知,利用生物渗滤床处理养殖废水,处理水量越大,则生物渗滤床的吨水处理费用就越低。

3 结 语

1) 实验室试验和实际工程一致证明,生物渗滤床对养殖废水具有很好的去除效果,处理出水达到《畜禽养

殖业污染物排放标准》(GB18596—2002)。因此,生物渗滤床完全能够替代传统好氧工艺处理养殖废水。

2) 采用生物渗滤床处理养殖废水,处理水量越大,则吨水投资越少,吨水处理费用越低。

3) 采用厌氧+生物渗滤床处理养殖废水,具有基础建设投资少、运行成本低、结构简单、操作管理简便、易维护、可实现全自动控制、无需专人管理等特点,非常适合于污水处理资金不足、水处理知识贫乏的养殖企业使用。

4) 以存栏 10000 头猪的集约化养猪场为例,与厌氧+生物接触氧化法相比较,采用厌氧+生物渗滤床处理养猪废水,可节省投资 45%,节省能耗 86%,吨水处理费用仅为 0.22 元,实现了养殖废水低成本处理的设想,为解决养殖废水污染环境开辟了一条新的途径。

[参 考 文 献]

- [1] 邵芳,张鼎国,赵由才. 矿化垃圾生物反应床处理畜禽废水的试验研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2002,3(2):32—36.
- [2] 潘涌璋,唐纪进,张临苏. 高级综合稳定塘处理养猪场废水[J]. 环境工程,2004,22(5):12—13.
- [3] 丁升艳,陈安国,阎祥州. 沸石净化养殖水体的研究进展[J]. 家畜生态,2004,25(4):183—186.
- [4] 贾宏宇,孙铁珩,李培军. 污水土地处理技术研究的新进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2001,2(1):62—67.
- [5] Chris C Tanner, James P Sukias. Accumulation of organic solids in gravel-bed constructed wetlands[J]. 1995, 99: 310—309.
- [6] Chris C Tanner, James P S Sukias, Martin P Upsdell. Organic matter accumulation during maturation of gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters[J]. Water Res, 1998, 32(10): 3046—3053.
- [7] 汪民,无永锋,等. 污水快速渗滤土地处理[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [8] 曾扬,阮晓红,孙敏. 土地处理技术在污水资源化处理中的应用分析[J]. 陕西环境,2002,9(6):17—19.
- [9] 党西胜,黄钟,张伯鸣,等. 污水土地处理的研究现状及发展趋势[J]. 陕西环境,2002,9(5):17—19.
- [10] 崔理华,朱夕珍. 北京西郊城市污水人工土快滤处理系统的技术参数分析[J]. 华南农业大学学报,1997,18(3):67—71.
- [11] 崔理化,朱夕珍,李国学,等. 北京西郊城市污水人工快滤处理与利用系统[J]. 中国环境科学,2000,20(1):45—48.
- [12] 高拯民,李宪法,王绍堂,等. 城市污水土地处理利用设计手册[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991.
- [13] 何江涛,马振民,等. 污水渗滤土地处理系统中的堵塞问题[J]. 中国环境科学,2003,23(1):85—89.
- [14] 何江涛,张达政,陈鸿汉,等. 污水渗滤土地处理系统中的复氧方式及效果[J]. 水文地质工程地质,2003,(1):103—106.
- [15] 余杰,陈鸿汉,田宁宁,等. 新型防粘闭污水土地处理系统的研究与应用[J]. 环境污染治理技术与设备,2004,5(6):54—58.

Technological and economical potential of biological filter bed used in treatment of livestock wastewater

Wang Shouwei, Zhu Ming, Zhao Yan, Zhu Baiquan, Wan Bo

(1. *China Meat Research Center, Beijing 100068, China*)

Abstract: A technological and economical comparison between the biological filter bed and the traditional aerated biological oxidation process was carried out. The result showed that biological filter bed was quite effective in treating livestock wastewater. Because the average effluent COD is 120mg/L, which is obviously better than the 400mg/L which required in “discharge standard of pollutant for livestock and poultry breeding”. Furthermore, the biological filter bed was automated, and could save 45% of the cost for construction, and 86% of energy consuming. The cost of wastewater treatment was only 0.22RMB yuan per ton. The technological and economical analysis indicates that biological filter bed is an efficient, stable, low cost and novel process, and is a prospective substitution for traditional aerated biological oxidation process for treatment of livestock wastewater.

Key words: livestock wastewater; biological filter bed; technological and economical analysis