

三相流化床处理屠宰废水的试验研究

龙腾锐 郝以琼 贺启祥 左玉珍 田平

(城市建设工程系)

摘要 本文研究了气、液、固三相流化床处理屠宰废水的工艺特性。结果表明：当进水 COD 浓度为 1000mg/l 左右，水力停留时间为 124.5min 时，COD 去除率可达 80% 以上。本试验采用陶粒作为载体，具有质轻、易流化和易挂膜、价格低廉等优点，是一种较好的生物流化床载体。

关键词 废水，流化床

前言

在屠宰场的每一生产工序中，几乎都排出含有畜毛、血、粪、油脂以及其它杂物的废水。由于废水主要含溶解和悬浮的有机物，所以会较快地腐化，产生很高的需氧量和讨厌的臭味，污染性很强，如直接排入水体，将成为水体不可忽视的有机污染源。为了探求屠宰废水生物处理新途径，我们自 1986 年 11 月开始进行了三相生物流化床处理屠宰废水的小型动态试验研究，历时 16 个月。

近二十年来，生物流化床在处理废水领域中的应用发展迅速。本试验采用小粒径的陶粒为生物载体，利用废水与空气的升流作用，使载体在床内流态化，微生物附着在载体表面上形成生物膜。由于生物流化床既具有活性污泥法中固液接触表面积大的优点，又具有生物膜法中微生物能在固定表面安定地生长的优点，因而大大地强化了废水中有机物的去除过程。

1 试验工艺及方法

1.1 实验废水

采用某宰猪场的新鲜废水，在现场去掉大块漂浮物（包括碎肉、块状油）及大块杂物后，加入适量自来水配制。新鲜废水的水质如表 1 所示。

1.2 试验设备及材料

生物流化床：由反应器和分离器组成，总高 1780mm。反应器内径 $\phi 140\text{mm}$ ，高 1000mm，

表1 新鲜屠宰废水水质

项目	pH	COD (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
数据范围	6.0~6.4	3013.4~6026.8	1392.9~2518.7	3204.0~4516.0	15.6~74.3	50.0~80.0

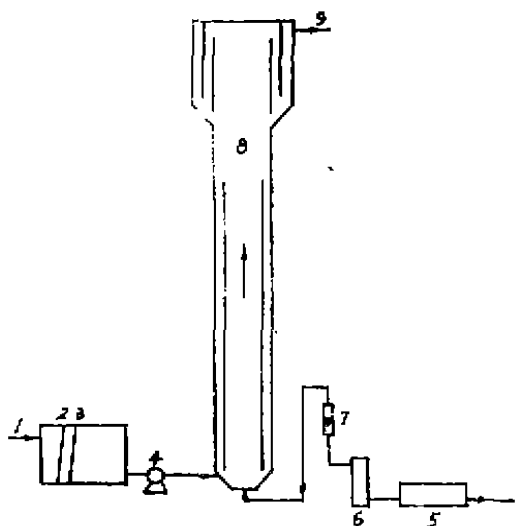


图1 试验流程简图

1、9—进、出水；2—格栅；3—格栅；4—定量水泵；5—空压机；6—平衡罐；7—转子流量计；8—流化床

有效容积16.6l,内设内径 $\phi 90\text{mm}$ 、高1000mm的中心导流筒；底部锥体高178mm,倾角 45° ,内装空气扩散板；分离器内径 $\phi 500\text{mm}$,高600mm,分离器沉淀部分有效容积3.3l.

生物载体:采用陶粒M600,填充量为反应器容积的15%.陶粒粒径 $0.5\sim 1.0\text{mm}$,当量粒径 0.73mm ,视比重 1.70g/cm^3 ,堆积容重 0.64g/cm^3 ,经压汞法测定,孔隙容积 $0.1477\text{cm}^3/\text{g}$,微孔构成的比表面积 $10.9\sim 11.5\text{m}^2/\text{g}$.在水温为 25°C 时,该陶粒清水试验最小流化速度为 9m/h ,最大流化速度为 171m/h (膨胀300%).

1.3 试验流程

试验流程如图1所示。配制好的废水经贮水箱由柱塞式计量泵抽入；空气经空气压缩机、平衡罐和转子流量计进入，运行时水气比为 $1:50\sim 75$ 。

1.4 试验方法

将原废水配制成不同的进水COD浓度段 ($<600\text{mg/l}$, $600\sim 1000\text{mg/l}$, $1000\sim 2000\text{mg/l}$, $>2000\text{mg/l}$),分别在进水流量为 3.4l/h , 4.4l/h , 8.0l/h 的运行条件下进行试验,每个浓度段均稳定运行三周以上。所有化验项目均按“污染源统一监测分析方法(试行)(废水部分)”进行。

2 试验结果与分析

2.1 COD (BOD₅) 进水浓度与去除率的关系

COD (BOD₅) 进水浓度对去除率的影响见表2,其相互关系如图2所示。从图2b中看出,当COD进水浓度低于 1000mg/l 时,不同进水流量的COD去除率都比较稳定;当COD进水浓度高于 1000mg/l 后,随着浓度增加,不同进水流量的COD去除率都有所下降,下降幅度在 $12\sim 16\%$ 之间。从图2a中看出,当进水BOD₅浓度低于 500mg/l 时,不同进水流量的BOD₅去除率亦比较稳定;浓度高于 500mg/l 后,随着浓度增加,其去除率亦趋下降,下降幅度在 $12\sim 16\%$ 之间。

2.2 COD (BOD₅) 容积负荷与去除率及出水COD (BOD₅) 浓度的关系

COD (BOD₅) 容积负荷对去除率及出水浓度的影响见表3。COD容积负荷与去除的关系见图3a,从图中看出,随着容积负荷的增加,不同进水流量的COD去除率都有所下降,且

表2 进水COD (BOD₅) 浓度与去除率的关系

进水流量 (l/h)	停留时间 (min)	回流倍数 R	进水浓度 (mg/l)	COD (mg/l)		去除率 (%)	BOD ₅ (mg/l)		去除率 (%)
				进 水	出 水		进 水	出 水	
3.4	292.9	0	<600	233.4~ 544.5	19.5~53.9	94.8~86.4	119.7~ 219.9	4.7~17.7	96.0~92.0
			600~1000	645.7~ 995.3	73.8~ 142.1	92.0~84.7	304.2~ 506.8	18.6~25.8	95.4~94.5
			1000~2000	1053.9~ 1867.8	95.8~ 232.5	91.9~73.5	734.0~ 967.0	45.1~126.5	95.5~85.5
			>2000	2053.9~ 3773.0	594.8~ 982.1	76.4~70.4	934.0~ 1550.0	158.0~319.1	83.1~79.4
4.4	264.0	0	<600	339.5~ 585.1	68.9~89.6	85.0~79.7	254.6~ 308.6	34.8~52.8	88.7~83.2
			600~1000	624.9~ 976.4	53.7~ 144.2	91.9~81.5	250.6~ 400.9	13.1~20.6	96.3~91.7
			1000~2000	1044.7~ 1969.1	192.8~ 324.1	85.2~79.8	524.9~ 870.1	41.4~126.5	92.4~85.5
			>2000	2007.6~ 3243.1	566.3~ 939.2	75.6~66.6	720.1~ 1636.3	151.8~408.1	78.9~75.1
8.0	124.5	0	<600	375.8~ 488.6	61.5~ 100.3	86.3~73.4	197.0~ 235.0	14.0~14.5	94.6~92.6
			600~1000	625.0~ 944.0	104.2~ 215.9	84.5~76.0	297.4~ 504.8	26.3~45.8	93.1~87.9
			1000~2000	1115.1~ 1944.9	171.7~ 324.4	85.9~78.7	639.8~ 840.0	85.0~154.5	91.6~81.6
			>2000	2071.0~ 3609.6	530.3~ 1407.6	79.6~57.8	1180.0~ 1512.1	105.4~505.3	85.5~66.6

表3 COD (BOD₅) 容积负荷与去除率及出水浓度关系

进水流量 (l/h)	停留时间 (min)	回流倍数 R	COD			BOD ₅		
			容积负荷 (kgCOD/ m ³ ·d)	出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)	容积负荷 (kgBOD ₅ / m ³ ·d)	出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)
3.4	292.9	0	1.15~1.85	19.5~982.1	94.8~70.8	0.59~7.61	4.7~319.1	96.0~79.4
4.4	264.0	0	2.16~20.63	53.7~939.2	91.9~66.6	1.62~10.4	18.4~408.1	95.4~75.1
8.0	124.5	0	4.35~41.7	61.5~1407.6	86.3~57.8	2.14~17.49	22.0~505.3	94.6~66.6

其下降趋势基本一致。图3b)表示COD容积负荷与出水浓度的关系。从该曲线看出,随着COD容积负荷的增高,COD出水浓度增高。在满足“重庆市环境污染物排放标准”(一类水域)COD出水浓度 $\leq 250\text{mg/l}$ 的要求条件下,当进水流量分别为3.4 l/h、4.4 l/h、8.0 l/h时

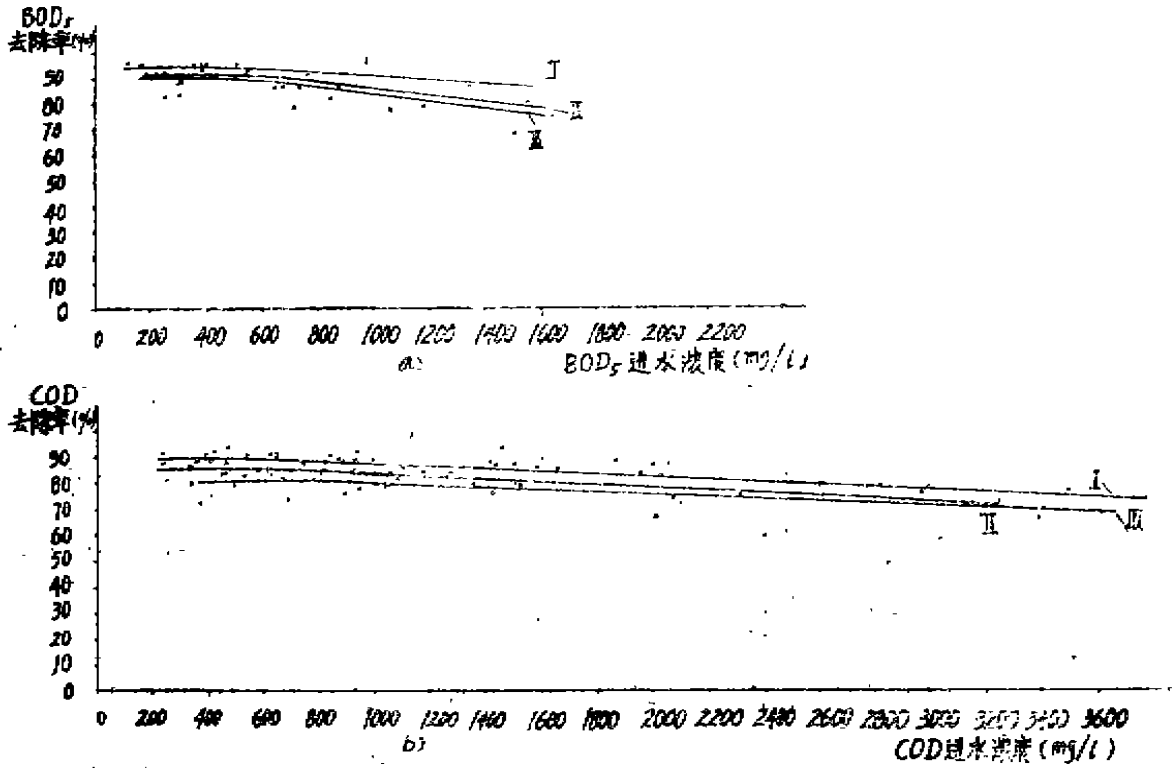


图2 进水 COD (BOD₅) 浓度与去除率关系曲线
 a) 进水 BOD₅ 浓度与去除率关系曲线 b) 进水 COD 浓度与去除率关系曲线
 I—Q=3.4l/h, II—Q=4.4l/h, III—Q=8.0l/h

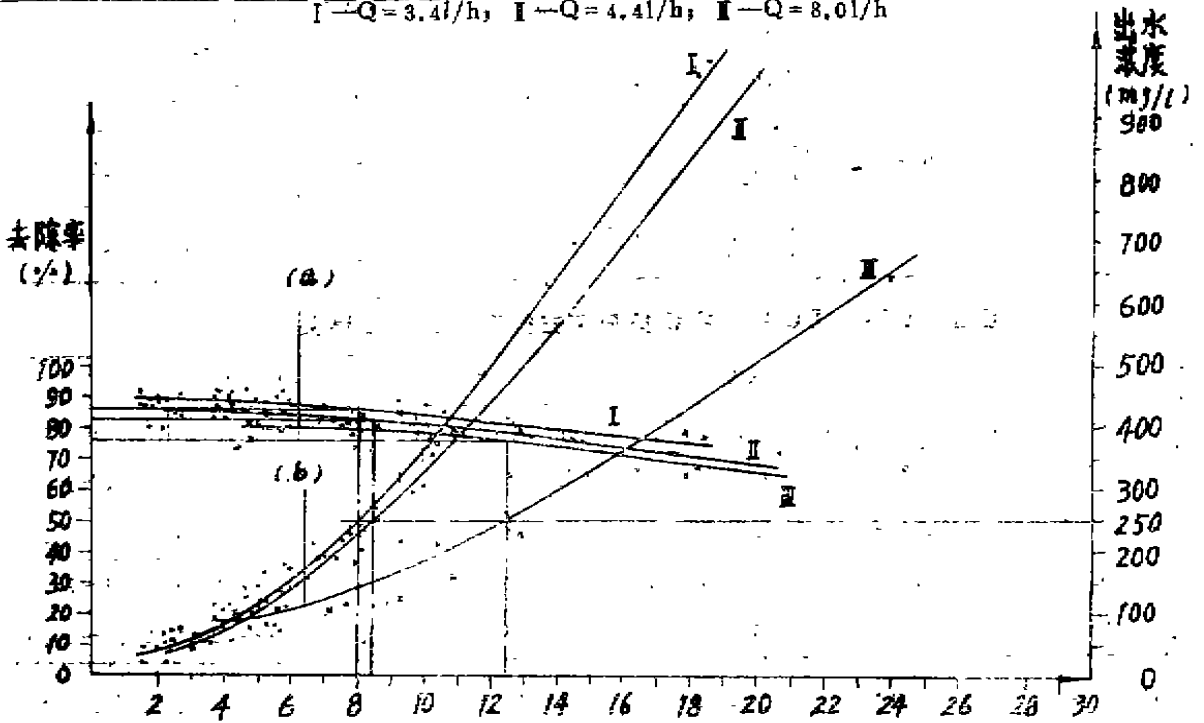


图3 a) COD 容积负荷与去除率关系曲线 b) COD 容积负荷与出水浓度关系曲线
 I—Q=3.4l/h, II—Q=4.4l/h, III—Q=8.0l/h

COD 容积负荷分别为 $8.0\text{kgCOD}/\text{m}^3\text{d}$ 、 $8.4\text{kgCOD}/\text{m}^3\text{d}$ 和 $12.5\text{kgCOD}/\text{m}^3\text{d}$ 。其相应的去除率为 86%、82% 和 76%。

2.3 不同水力停留时间对 COD、BOD₅ 去除率的影响

不同水力停留时间对 COD、BOD₅ 去除率的影响见表 2 和图 2。从图 2 可知，当水力停留时间分别为 292.9 min、264.0 min 时，124.5 min 时，COD 去除率相应为 73~89%、71~85%、68~80%；BOD₅ 去除率相应为 86~94%、77~92%、74~90%。也就是说，随着水力停留时间减少，去除效率相应降低，但下降幅度不大。当水力停留时间从 292.9 min 降至 124.5 min 时，COD 去除率下降 5~9%，BOD₅ 去除率降低 1~12%。

3 问题讨论

3.1 生物流化床中的生物相

本试验在室温 25℃ 条件下进水运行 10~15 日，载体表面生物膜便已初步形成。从外观看，载体粒子表面被一层灰白色透明薄膜包围，镜检可见大量丝状菌附着在粒子表面，并有大量活跃的钟虫、等枝虫、盖纤虫、轮虫等原生、后生动物与丝状菌交织在一起（见图 4）。但在运行中，当进水浓度大于 1000 mg/l 以后，曾多次出现载体表面的丝状菌大量繁殖增长，菌丝向外延伸交织成网状（其间有大量轮虫，线虫出现），致使流化颗粒上浮，脱落的生物膜在三相分离器中难以分离沉淀，故出水带泥，水质浑浊，处理效果下降。在出水中镜检出大量成束的丝状细菌。若将出水过滤，其 COD 浓度与滤前相差甚大（见表 4）。因此，采用三相生物流化床处理废水时，丝状细菌的恶性繁殖问题应予以高度重视。



图 4 载体表面生物相

表 4 出水过滤前、后的 COD 值比较

COD 进水浓度 (mg/l)	COD 出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)	COD 滤后出水浓度 (mg/l)	去除率 (%)
1042.4	772.2	25.9	90.7	91.3
1119.6	508.3	54.6	84.1	92.5
1698.8	694.4	59.1	108.1	93.6
1814.6	887.0	50.1	90.1	95.0
2046.2	973.1	52.2	128.8	93.7

3.2 生物载体的选择问题

本试验曾选用砂、纤维和陶粒作载体，由于陶粒具有易流化、易挂膜、价格低廉等优点，最终选用了陶粒 M600。但在运行中发现，该材料强度不够，易磨损，流失量较大，需定期补充。笔者以为，如采用强度较高的陶粒，如 M900 或 M1200，可能更为适宜。

3.3 三相流化床设备的设计问题

目前, 试验性三相流化床多将三相分离器设置在反应器的上部, 形成一个整装设备。试验发现, 当污泥量增大后, 一些悬浮的微生物絮体易被空气带出三相分离器, 致使出水水质下降。其主要原因就在于, 细气泡在三相分离区来不及逸出而进入了固液分离区。为解决这一问题, 只能加大气液分离区, 这将使上部三相分离器的总体积增大, 从而导致整个设备显得头重脚轻, 不相匹配。为此, 在实际设计三相流化床时, 宜将反应器与三相分离器分建。

4 结 论

1. 三相生物流化床处理屠宰废水, 进水COD (BOD₅) 浓度高, 水力停留时间短。

当水力停留时间为124.5min时, 进水COD浓度可达3000mg/l, 去除率仍在70%左右。若进水浓度在1000mg/l或以下时, 去除率可稳定在80%以上。这说明, 在满足同一处理效率时, 生物流化床的COD进水浓度可比其它生物处理法高, 而水力停留时间则比其它生物处理法短。

2. 三相生物流化床承受的容积负荷高, 处理能力大。

水力停留时间为292.9min、264.0min、124.5min时, 容积负荷分别可达8.0kgCOD/m³·d、8.4kgCOD/m³·d、12.5kgCOD/m³·d, 相应的COD出水浓度为250mg/l, 满足重庆市规定的废水排入嘉陵江的要求。这证明, 生物流化床具有容积负荷高、处理能力大的特点。

3. 本试验证明, 三相生物流化床处理废水时, 采用适当的载体(如陶粒)和选用适当的池型构造, 可以在与其它好氧生物法同样曝气量条件下, 不必进行废水回流。

4. 本试验采用的陶粒载体具有质轻, 易流化, 易挂膜, 价格低廉等优点, 是一种有发展前途的生物流化床载体。

参加本科科研工作的还有冯万全等同志。

参 考 文 献

- [1] 龙腾锐、贺启祥, 屠宰废水的治理, 《重庆环境科学》, No. 1, 1988
 [2] 周仕铮、罗幼华, AA—A法处理屠宰废水研究, 重庆建筑工程学院研究生论文, 1988.2

(编辑: 刘家凯)

RESEARCHS ON THE SLAUGHTER WASTE- WATER TREATMENT IN A GAS-LIQUID-SOLID FLUIDIZED BED BIOREACTOR

Long Tengrui Hao Yiqun He Qixiang

Zuo Yuzhen Tian Ping

ABSTRACT This paper studies the performance of a gas-liquid-solid fluidized bed bioreactor(FBB) for the slaughter treatment. The results show that the COD

removal rate is higher than 80% when COD concentration in the influent wastewater is about 1000mg/l and the hydraulic residence time(HRT)is 124.5 minutes. In the experiments, the crushed granular shale used as media in FBB has advantages of slight weight, easy fluidization, ease of attaching by microbes and cheapness.

KEY WORDS wastewater, fluidized bed bioreactor