



中华人民共和国城镇建设行业标准

CJ/T 517—2017

生活垃圾渗沥液厌氧反应器

Anaerobic reactor for leachate of municipal solid waste

2017-07-10 发布

2018-01-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与型号 2

5 使用条件 3

6 要求 3

7 试验方法 5

8 检验规则 7

9 标志、包装、运输和贮存 8

附录 A（资料性附录） 故障分类 9

附录 B（资料性附录） 可靠性检验记录 10

附录 C（资料性附录） 运行检验 12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部市容环境卫生标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：上海市环境工程设计科学研究院有限公司、上海环境卫生工程设计院有限公司、北京天地人环保科技有限公司、江苏维尔利环保科技股份有限公司。

本标准主要起草人：刘庄泉、王声东、刘伟、李元元、朱卫兵、齐奇、刘婷婷、许雯佳。

生活垃圾渗沥液厌氧反应器

1 范围

本标准规定了生活垃圾渗沥液厌氧反应器的术语和定义、分类与型号、使用条件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于处理 $400 \text{ m}^3/\text{d}$ (含)以下的生活垃圾渗沥液升流式厌氧污泥床反应器(UASB)和上流式厌氧污泥床过滤反应器(UBF)。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 12467.1 金属材料熔焊质量要求 第1部分:质量要求相应等级的选择准则

GB/T 13306 标牌

GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范

JB/T 2932 水处理设备 技术条件

JB/T 5946 工程机械 涂装通用技术条件

NB/T 47003.1 钢制焊接压力容器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生活垃圾渗沥液厌氧反应器 anaerobic reactor for leachate of municipal solid waste

用于对生活垃圾渗沥液进行厌氧消化的设施。

3.2

升流式厌氧污泥床反应器(UASB) upflow anaerobic sludge blanket reactor

将生活垃圾渗沥液以升流式通过布水装置依次进入底部的污泥层和中上部污泥悬浮区,与其中的厌氧微生物反应生成沼气,气、液、固混合液通过三相分离器进行分离,污泥回落到污泥悬浮区,分离后废水排出系统,同时回收产生沼气的厌氧反应器。

3.3

上流式厌氧污泥床过滤反应器(UBF) upflow anaerobic sludge blanket filter reactor

将生活垃圾渗沥液以升流式通过布水装置依次进入底部的污泥层和中上部污泥填料区,与床中附着有厌氧生物膜的载体不断接触反应生成沼气,气、液、固混合液通过填料层进行分离,污泥部分被截留在填料区、部分回落到污泥悬浮区,分离后废水排出系统,同时回收产生沼气的厌氧反应器。

3.4

三相分离器 three-phase separator

安装于厌氧反应器中上部,收集反应区产生的沼气,并使悬浮物沉淀、出水排放,实现气体、固体、液

体分离的部件。

3.5

内循环 internal recycle

将未经过三相分离的出水与进水相混合的一种循环方式。

3.6

外循环 external recycle

将通过三相分离的出水与进水相混合的一种循环方式。

4 分类与型号

4.1 分类

4.1.1 按反应器型式分类见表 1。

表 1 渗沥液厌氧反应器型式分类

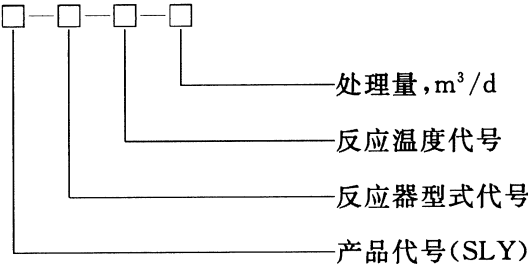
序号	型式	代号
1	升流式厌氧污泥床反应器	UASB
2	上流式厌氧污泥床过滤反应器	UBF

4.1.2 按反应温度分类见表 2。

表 2 渗沥液厌氧反应器反应温度分类

序号	反应温度	代号
1	常温厌氧,反应温度为 15 ℃~25 ℃	NT
2	中温厌氧,反应温度为 30 ℃~37 ℃	MT

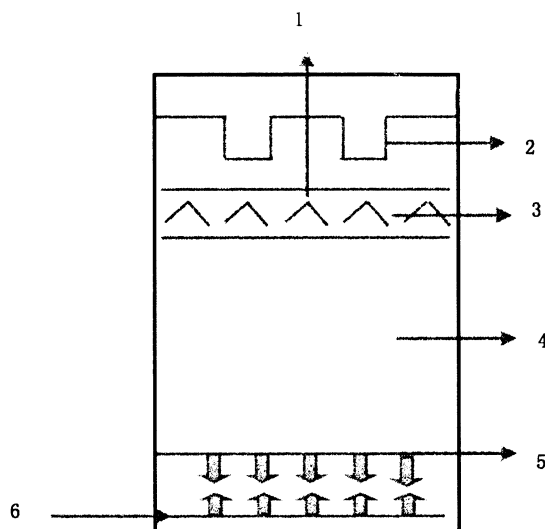
4.2 型号



示例：处理量为 $100 \text{ m}^3/\text{d}$ 的中温 UASB 厌氧反应器,标记为:SLY—UASB—MT—100。

4.3 结构组成

生活垃圾渗沥液厌氧反应器主要由容器、布水器、三相分离器(或填料分离层)、污泥床、排泥系统、集水器、沼气收集系统等组成。生活垃圾渗沥液厌氧反应器结构示意图见图 1。



说明：

- 1——沼气收集系统；
- 2——集水器；
- 3——三相分离器(适用于 UASB)或填料分离层(适用于 UBF)；
- 4——污泥床；
- 5——排泥系统；
- 6——布水器。

图 1 厌氧反应器结构示意图

5 使用条件

- 5.1 pH 值宜为 6.0~8.0。
- 5.2 悬浮物含量宜小于 3 000 mg/L。
- 5.3 氨氮浓度宜小于 2 000 mg/L。
- 5.4 硫酸盐浓度宜小于 1 000 mg/L, COD/SO₄²⁻ 比值应大于 10。
- 5.5 COD 浓度宜大于 10 000 mg/L。

6 要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 厌氧反应器罐体宜采用碳钢材质,加工所用的钢板应符合 NB/T 47003.1 的规定,且应考虑腐蚀裕量。
- 6.1.2 钢制厌氧反应器保温材料可采用聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料、玻璃丝棉、泡沫混凝土、膨胀珍珠岩等。
- 6.1.3 厌氧反应器宜按 GB 50493 的规定设置可燃气体和有毒气体检测报警装置,在反应器顶部或侧壁应设置金属防爆片和防雷接地装置。
- 6.1.4 厌氧反应器应设爬梯及检修平台,在反应器底部和顶部均应设检修口,检修口直径宜不小于

800 mm, 在检修口位置应设置安全防护标识。

6.1.5 厌氧反应器仪表信号应纳入自动控制系统, 对各参数进行记录显示, 超过设定值的进行报警提示。

6.1.6 厌氧反应器应设置内循环或外循环, 构成回流系统对进水稀释, 保证所需上升流速不低于 0.25 m/h。

6.1.7 厌氧反应器集水器可采用不锈钢、碳钢、玻璃钢、PP 等材料, 宜采用三角堰收集。

6.1.8 厌氧反应器三相分离器可采用不锈钢、玻璃钢、PP 等材料, 并应符合下列规定:

- a) 单元三相分离器中沉淀区的表面负荷宜小于 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;
- b) 出气管的流速宜小于 2.5 m/s;
- c) 集气室的上部宜设置消泡喷嘴。

6.1.9 厌氧反应器布水器可采用不锈钢、碳钢、玻璃钢、PP 等材料, 并应符合下列规定:

- a) 宜采用重力布水、脉冲布水或压力管道布水;
- b) 布水孔口流速应大于 2 m/s, 穿孔管直径应大于 100 mm, 单点服务面积宜不大于 2 m^2 ;
- c) 布水器宜采用多点布水或环状一管多孔式布水;
- d) 布水器进水点与反应器底部宜保持 150 mm~250 mm 的间距;
- e) 布水器应考虑布水均匀性, 并应有防污堵、防结垢措施。

6.1.10 厌氧反应器排泥装置应符合下列规定:

- a) 排泥装置宜采用重力多点排泥方式;
- b) 排泥点设在污泥区中上部和底部, 中上部排泥点宜设在三相分离器下 0.5 m~1.5 m 处;
- c) 排泥管管径应不小于 150 mm。

6.1.11 厌氧反应器中成套供应的阀门、压力表、液位计等配套附件, 应有制造厂的质量合格证。

6.2 外观

6.2.1 钢结构罐体涂装质量应符合 JB/T 5946 的规定。

6.2.2 钢结构罐体的焊缝质量应符合 GB/T 12467.1 的规定。

6.2.3 产品铭牌、操作指示牌、警示牌等应位置醒目, 字迹清晰, 安装牢固、端正。

6.2.4 钢制联结件、紧固件应连接牢固, 不应松脱。

6.2.5 厌氧反应器有效水深应不小于 5 m, 超高应不小于 0.5 m, 高径比应不小于 1。

6.2.6 厌氧反应器的底板及盖板的平面度偏差应不大于 8 mm/m 和垂直度偏差应不大于 15 mm。

6.3 密闭性

厌氧反应器应密闭、无异常变形、不渗漏。

6.4 防腐

厌氧反应器内部应进行防腐处理, 钢制结构件及加工的零部件应进行除锈和防锈处理。碳钢结构厌氧反应器内壁及其支撑结构宜采用环氧树脂、煤油沥青等方式防腐。

6.5 性能

6.5.1 容积负荷

厌氧反应器容积负荷应符合表 3 的规定。

表 3 厌氧反应器容积负荷

渗沥液类型	容积负荷/[kgCOD/(m ³ ·d)]	
	常温厌氧	中温厌氧
填埋场渗沥液	4~6	5~7
焚烧厂、转运站渗沥液	6~8	7~10

6.5.2 COD 去除率

厌氧反应器对 COD 的去除率宜符合表 4 的规定。

表 4 厌氧反应器对 COD 的去除率

反应器类型	渗沥液类型	COD 去除率/%
常温 UASB	填埋场渗沥液	≥30
	焚烧厂、转运站渗沥液	≥40
中温 UASB	填埋场渗沥液	≥40
	焚烧厂、转运站渗沥液	≥55
常温 UBF	填埋场渗沥液	≥35
	焚烧厂、转运站渗沥液	≥40
中温 UBF	填埋场渗沥液	≥45
	焚烧厂、转运站渗沥液	≥55

6.5.3 上升流速

厌氧反应器内废水的上升流速宜小于 0.8 m/h。

6.5.4 产气率

厌氧反应器甲烷产气率宜为 0.35 m³/kgCOD ~0.5 m³/kgCOD, 沼气中甲烷含量宜为 55%~65%。

6.6 可靠性

在运行过程中应进行可靠性试验, 首次无故障工作时间应不小于 500 h, 平均无故障工作时间应不小于 150 h, 可靠度应不小于 85%。

7 试验方法

7.1 外观

- 7.1.1 目测其结构是否合理、配置是否齐全, 各构件连接应符合设计要求。
- 7.1.2 查验反应器所用产品及材料的检验合格证是否齐全。
- 7.1.3 目测防腐层是否均匀牢固。
- 7.1.4 钢结构罐体目测其外表油漆涂层是否均匀牢固, 无皱纹、无明显擦痕、划痕等缺陷。
- 7.1.5 查验反应器图纸, 有效水深、超高及高径比应符合设计要求。

7.1.6 用水平仪(或尺)测量反应器平面度偏差和垂直度偏差。

7.2 密闭性

7.2.1 厌氧反应器的密闭性应以充水试验过程中无渗漏为合格,试验方法应按 JB/T 2932 规定进行。若发现渗漏,应进行修补。

7.2.2 厌氧反应器的强度及密闭性试验,应以充水到设计最高液位并保持 48 h 后,反应器壁无渗漏、无异常变形为合格。发现渗漏时应放水,并应进行修补。

7.2.3 固定顶的强度及密闭性试验,反应器内水位应在最高设计液位下 1 m 进行缓慢充水升压,当升至试验压力时保持时间,应以反应器顶部无异常变形,无渗漏为合格。试验时应使反应器内部与大气相通,常压试验。

7.2.4 固定顶的稳定性试验,应充水到设计最高液位用放水方法进行。试验时应密闭反应器顶阀孔缓慢降压,达到试验负压时,反应器顶无异常变形为合格。试验后,应立即使反应器内部与大气相通,恢复到常压。

7.3 防腐

防腐性能检验应按 JB/T 2932 的规定进行。

7.4 性能

7.4.1 容积负荷

反应器有效容积 V 按设计图纸计算,反应器进水有机物浓度 S_0 需由实验室测定。厌氧反应器容积负荷按式(1)进行计算。

$$N_v = Q_0 \times S_0 / 1\,000V \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

N_v ——容积负荷,单位为千克 COD 每立方米每天 $[\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})]$;

V ——反应器有效容积,单位为立方米(m^3);

Q_0 ——厌氧反应器设计流量,单位为立方米每天(m^3/d);

S_0 ——厌氧反应器进水有机物浓度,单位为毫克 COD 每升(mgCOD/L)。

7.4.2 COD 去除率

反应器进水有机物浓度 S_0 和出水有机物浓度 S_e 需由实验室测定。厌氧反应器对污染物去除率的测定按式(2)进行计算。

$$\eta = (S_0 - S_e) / S_0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

η ——对污染物的去除率, %;

S_0 ——厌氧反应器进水有机物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

S_e ——厌氧反应器出水有机物浓度,单位为毫克每升(mg/L)。

7.4.3 上升流速

反应器截面积 A 按设计图纸计算,利用流量计读出厌氧反应器给水流量 Q_0 和回流流量 Q_r 。厌氧反应器上升流速的测定按式(3)进行计算。

$$v = (Q_0 + Q_r) / A \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

v ——反应器上升流速,单位为米每小时(m/h);

A ——反应器截面积,单位为平方米(m^2);

Q_0 ——厌氧反应器进水量,单位为立方米每小时(m^3/h);

Q_r ——厌氧反应器回流流量,包括内回流和外回流,单位为立方米每小时(m^3/h)。

7.4.4 产气率

Q_z 和 C_0 和 C_e 需由实验室测定。厌氧反应器的产气率的测定应按式(4)进行计算。

$$y = Q_z / (C_0 - C_e) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

y ——产气率,单位为立方米每千克(m^3/kgCOD);

Q_z ——厌氧反应器每小时产生的沼气体积,单位为立方米每小时(m^3/h);

C_0 ——每小时进入厌氧反应器的 COD 量,单位为千克每小时(kg/h);

C_e ——每小时流出厌氧反应器的 COD 量,单位为千克每小时(kg/h)。

7.5 可靠性

7.5.1 在可靠性检验前,可进行维修、保养、更换有关易损件等,但应做好记录。

7.5.2 可靠性检验方法

在满足设备额定台班处理量的工况下,机械稳定运行 300 h,不出现附录 A 中第一类故障,并按附录 A 中统计故障次数。按附录 B 的规定,计算首次故障前平均工作时间、平均无故障时间和可靠度 R ,并将结果记录在附录 B 表 B.1。

7.5.3 可靠度应按式(5)计算。

$$R = [T_s / (T_s + T_i)] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

R ——可靠度;

T_s ——可靠性实际试验时间,单位为小时(h);

T_i ——修复故障时间,不含保养时间,单位为小时(h)。

7.6 运行检验

运行检验方法参见附录 C。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验,检验项目见表 4。

8.2 出厂检验

每台出厂的设备均应按表 4 的规定进行外观、密闭性及防腐性能的检验,检验合格并附有产品质量合格证后方可出厂。

8.3 型式检验

8.3.1 在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 产品结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- b) 正常生产后每 5 年进行一次;

c) 产品停产半年恢复生产时。

8.3.2 型式检验抽样与判定规则

8.3.2.1 可用工厂中经出厂检验合格的设备 1 台~2 台做为样品进行型式检验,也可用经现场验收合格的设备 1 台~2 台做为样品。

8.3.2.2 按本标准 7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 规定的试验方法先进行外观检验、密闭性检验、防腐性能检验、性能指标检验及可靠性检验。检验的各项结果全部符合本标准对设备的要求时,判为合格,见表 5。

表 5 检验内容与要求

序号	检验内容	出厂检验	型式检验	要求	检验方法
1	外观	▲	▲	6.2	7.1
2	密闭性	▲	▲	6.3	7.2
3	防腐性能	▲	▲	6.4	7.3
4	性能指标		▲	6.5	7.4
5	可靠性		▲	6.6	7.5
注:“▲”代表必须检验项目。					

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

设备应在明显位置装有固定的金属铭牌,铭牌应符合 GB/T 13306 的规定,并至少标明如下项目:

- a) 设备名称和型号;
- b) 制造厂名称;
- c) 设备的容积负荷 $[\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})]$ 与处理量 (m^3/d) ;
- d) 设备的外形尺寸 $(\text{m} \times \text{m} \times \text{m})$;
- e) 出厂日期和编号。

9.2 包装

9.2.1 设备包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.2.2 每台设备随机文件和附件如下:

- a) 装箱单;
- b) 合格证;
- c) 使用说明书;
- d) 必备的随机附件。

9.3 运输

9.3.1 设备运输应轻装轻卸,途中不应拖拉、摔碰。

9.3.2 设备运输时要严格保证防腐层的完好性。

9.4 贮存

9.4.1 设备贮存时,应放置在符合承载力的基础上,定期对其进行清洁和保养。

9.4.2 设备贮存环境应保持通风干燥、远离火源。

附 录 A
(资料性附录)
故 障 分 类

A.1 故障分类

故障分类见表 A.1。

表 A.1 故障分类

故障类型	划分原则	危害系数
一类	涉及人身安全,可能导致人身伤亡,造成主要部件报废,造成重大经济损失	∞
二类	导致专用功能失效;造成主要零部件损坏,且不能用随机工具和易损备件在 1 h 内修复	3
三类	造成专用性能下降,但不会导致主要零部件损坏,并可用随机工具和易损备件或价值低的零件在 1 h 内修复	1
四类	不影响正常使用,不需要更换零部件,可用随机工具在 20 min 内排除	0.1

A.2 故障统计原则

A.2.1 可靠性试验只对产品 在试验中由于本身固有的缺陷引起的故障(基本故障)类别进行统计,对由于外界原因或作业人员违反操作规程,不按规定的条件使用所造成的故障(非基本故障)不计入故障次数,但应如实记入记录表中。

A.2.2 当发生由于外界原因或作业人员违反操作规程使用所造成的故障,并造成可靠性试验中断时,允许重新抽样、试验。

A.2.3 同时发生多个故障,若为非关联故障,则各个故障应分别统计故障类别;若为关联故障,则按最严重的故障统计故障类别,但其余故障应在试验记录的备注中注明。

A.2.4 一个故障应判定为一个故障次数,并只能判定为故障类别中的一类。

A.2.5 在排除故障期间所发生的同一零部件的另一故障一起被认为是一次故障,不单独统计,但应以其中严重 者确定故障类别,并在试验记录的备注中注明。

A.2.6 按产品维护保养手册规定进行保养和更换易损件不作为故障,但应在试验报告中加以说明。

附 录 B
(资料性附录)
可靠性检验记录

B.1 可靠性检验表

可靠性检验表见表 B.1。

表 B.1 可靠性检验记录表

试验厌氧反应器型号：			制造商：		
出厂编号：			检查地点：		
检查日期：			检查人员：		
日期	开始时间	结束时间	实际试验时间 (h)	故障类别	修复故障时间 (h)
合计					
首次故障前连续工作时间 $CTTFF =$ h					
平均无故障工作时间 $MTBF =$ h					
可靠度 $R =$ %					

B.2 首次故障前平均工作时间

首次故障前平均工作时间按式(B.1)计算：

$$MTTFF = \frac{1}{n} \left[\sum_{j=1}^{\gamma} t_j + (n - \gamma)t_e \right] \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$MTTFF$ ——首次故障前平均工作时间，单位为小时(h)；

γ ——被试验或被调查产品发生首次故障的台数；

t_j ——第 j 台产品发生首次故障的工作时间，单位为小时(h)；

t_e ——可靠性规定的试验时间，单位为小时(h)；

n ——被试验或被调查产品的台数。

对于单台考核产品(即 $n=1$)，该指标简称为首次故障前工作时间，按式(B.2)计算：

$$MTTFF = t \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

t ——被试验或被调查产品发生首次故障的台数。

B.3 平均无故障工作时间

平均无故障工作时间按式(B.3)计算：

$$MTBF = \frac{\sum_{j=1}^n t_{jo}}{\gamma_b} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

$MTBF$ ——平均无故障工作时间，单位为小时(h)；

t_{jo} ——第 j 台产品累计工作时间，对考核试验则为规定的定时截尾试验时间，单位为小时(h)；

γ_b ——被试验或被调查的产品在规定的可靠性试验时间内出现当量故障数，其值按式(B.4)计算。

$$\gamma_b = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^4 k_{ij} \epsilon_i \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

ϵ_i ——第 i 类故障的危害度系数；

k_{ij} ——第 j 台产品出现第 i 类故障的次数。

当 $\gamma_b < 1$ 时，令 $\gamma_b = 1$ ，但应在试验报告中说明出现轻度故障的次数。

对于单台考核的产品按式(B.5)、式(B.6)计算：

$$MTBF = \frac{t_0}{\gamma_b} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

t_0 ——产品累计工作时间，单位为小时(h)。

$$\gamma_b = \sum_{i=1}^4 k_i \epsilon_i \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

k_i ——产品出现第 i 类故障的次数。

附 录 C
(资料性附录)
运 行 检 验

C.1 按 GB/T 13922 与 JB/T 2932 的规定确认满足试运行条件下,按照设备安装图、工艺图、电气图,对设备系统进行全面检查,确认材料、部件、外观、密闭性及防腐符合 6.1、6.2、6.3、6.4 的规定,且安装正确无误后,打开电源开关,启动厌氧进水泵与循环水泵,用清水对厌氧反应器进行循环联动调试,检查系统渗漏情况,仪表及其他配套设备工作情况,直至联动调试合格为止。

C.2 在联动调试合格的情况下投入试运行,对厌氧反应器可靠性进行检验,并对厌氧反应器进行厌氧污泥接种与厌氧生化调试,直至达到设计处理量和出水水质。

C.3 经试运行之后,保持厌氧反应器及附属设备的正常运转,达到设计参数,设备运行试验宜不小于 72 h。按 CJ/T 428 规定的测定方法检测进水和出水的 pH、悬浮物、氨氮、硫酸盐及 COD 浓度,按 7.4 的规定检测容积负荷、COD 去除率、上升流速及产气率。
