

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2013-2012

升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范

Technical specifications of up-flow anaerobic sludge blanket (UASB)
reactor for wastewater treatment

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2012-03-19 发布

2012-06-01 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 设计水量和设计水质	3
5 总体要求	5
6 工艺设计	6
7 检测和过程控制	12
8 主要辅助工程	12
9 劳动安全与职业卫生	13
10 施工与验收	14
11 运行与维护	16
附录 A（资料性附录）国内外实际工程 UASB 反应器的设计负荷统计表	19
附录 B（资料性附录）污泥产甲烷活性测定方法	20

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，规范升流式厌氧污泥床（UASB）反应器污水厌氧生物处理工程的建设与运行管理，防治环境污染，保护环境和人体健康，制定本标准。

本标准规定了升流式厌氧污泥床（UASB）反应器的工艺设计、检测和控制、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等技术要求。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、清华大学、北京市环境保护科学研究院、山东十方环保能源股份有限公司。

本标准环境保护部 2012 年 03 月 19 日批准。

本标准自 2012 年 06 月 01 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了升流式厌氧污泥床（UASB）反应器污水厌氧生物处理工程的工艺设计、检测和控制、辅助工程、施工与验收、运行与维护的技术要求。

本标准适用于采用升流式厌氧污泥床（UASB）反应器处理中、高浓度有机废水处理工程的设计、建设与运行管理，可作为环境影响评价、设计、施工、验收及建成后运行与管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

- GB 3836 爆炸性气体环境用电气设备
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB 12999 水质采样样品的保存和管理技术规定
- GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50014 室外排水设计规范
- GB 50015 建筑给水排水设计规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50037 建筑地面设计规范
- GB 50040 动力机器基础设计规范
- GB 50046 工业建筑防腐蚀设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50053 10kV 及以下变电所设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50069 给水排水工程构筑物结构设计规范

GB 50108 地下工程防水技术规范

GB 50187 工业企业总平面设计规范

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范

GB 50203 砌体工程施工质量验收规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范

GB 50209 建筑地面工程施工质量验收规范

GB 50222 建筑内部装修设计防火规范

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50275 压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范

GB/T 18883 室内空气质量标准

GBJ 19 工业企业采暖通风及空气调节设计规范

GBJ 22 厂矿道路设计规范

GBJ 87 工业企业噪声控制设计规范

GBJ 141 给水排水构筑物施工及验收规范

GBZ 1 工业企业设计卫生标准

GBZ 2 工作场所有害因素职业接触限值

CJ/T 51 城市污水水质检验方法标准

CJJ 60 城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程

HGJ 212 金属焊接结构湿式气柜施工及验收规范

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ/T 250 环境保护产品技术要求 旋转式细格栅

HJ/T 262 环境保护产品技术要求 格栅除污机

HJ/T 353 水污染源在线监测系统安装技术规范

HJ/T 354 水污染源在线监测系统验收技术规范

HJ/T 355 水污染源在线监测系统运行与考核技术规范

JGJ 37 民用建筑设计通则

NY/T 1220.1 沼气工程技术规范 第1部分：工艺设计

NY/T 1220.2 沼气工程技术规范 第2部分：供气设计

NY/T 1220.3 沼气工程技术规范 第3部分：施工及验收

《建设项目（工程）竣工验收办法》（国家计委 计建设（1990）1215号）

《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（国家环境保护总局令（2001）第13号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 升流式厌氧污泥床反应器 upflow anaerobic sludge blanket reactor

指废水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进行反应生成沼气，气、液、固混合液通过上部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（简称 UASB 反应器）。

3.2 三相分离器 three-phase separator

指安装于厌氧污泥床中上部，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、液体分离的装置。

3.3 絮状污泥 flocculent sludge

也称厌氧活性污泥，是指由兼性菌和专性厌氧菌与废水中的有机和无机固形物混和在一起所形成的黑褐色絮状物。

3.4 颗粒污泥 granular sludge

指通过生物自固定过程形成的细胞团聚体；厌氧颗粒污泥有一定形状、结构和表面积，粒径相对较大（ $d > 0.5\text{mm}$ ），并在沉速、强度、密度、空隙率等方面具有相对稳定的物理性质，其包含了降解废水有机污染物所必需的各种酶和菌群，并具有较高的产甲烷活性。

3.5 容积负荷 volumetric loading rate

指反应器单位容积每日接受废水中有机污染物的质量，一般以 $\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 表示。

3.6 反应器启动 reactor start-up

指向厌氧反应器中投入接种物，通过控制进水条件驯化和培养接种物，使反应器中厌氧活性污泥的数量和活性逐步增加，并适应进水条件，直至反应器的运行效能稳定达到设计要求的全过程。

4 设计水量和设计水质

4.1 设计水量

4.1.1 设计水量应根据工厂或工业园区总排放口实际测定的废水流量设计。测试方法应符合

HJ/T91 的规定。

4.1.2 废水流量变化应根据工艺特点进行实测，确定流量变化系数。

4.1.3 无法取得实际测定数据时，可参照国家现行工业用水量的有关规定折算确定，或根据同行业同规模同工艺现有工厂排水数据类比确定。

4.1.4 工厂内或工业园区内的生活污水宜直接进入后续的好氧处理单元。生活污水量、沐浴污水量的确定，应符合 GB50015 的有关规定。

4.1.5 提升泵房、格栅井、沉砂池宜按最高日最高时废水量计算。

4.1.6 UASB 反应器设计流量应按最高日平均时废水量设计，如厂区内设置调节池且停留时间大于 8h，UASB 反应器设计流量可按平均日平均时设计。

4.1.7 UASB 反应器前、后的水泵、管道等输水设施应按最高日最高时废水量设计。

4.2 设计水质

4.2.1 设计水质应根据进入污水处理厂（站）的工业废水的实际测定数据确定，其测定方法和数据处理方法应符合 HJ/T91 的规定。无实际测定数据时，可参照类似工厂的排放资料类比确定。

4.2.2 UASB 反应器应符合下列进水条件：

a) pH 值宜为 6.0~8.0；

b) 常温厌氧温度宜为 20℃~25℃，中温厌氧温度宜为 35℃~40℃，高温厌氧温度宜为 50℃~55℃；

c) 营养组合比（COD_{Cr}:氨氮:磷）宜为 100~500:5:1；

d) BOD₅/COD_{Cr} 的比值宜大于 0.3；

e) 进水中悬浮物含量宜小于 1500mg/L；

f) 进水中氨氮浓度宜小于 2000mg/L；

g) 进水中硫酸盐浓度宜小于 1000mg/L；

h) 进水中 COD_{Cr} 浓度宜大于 1500mg/L；

i) 严格控制重金属、氰化物、酚类等物质进入厌氧反应器的浓度。

4.2.3 如果不能满足进水要求，宜采用相应的预处理措施。

4.2.4 设计出水直接排放时，应符合国家或地方排放标准要求；排入下一级处理单元时，应符合下一级处理单元的进水要求。

4.3 污染物去除率

UASB 反应器对污染物的去除效果可参照表 1。

表 1 UASB 反应器对污染物的去除率

化学耗氧量 (COD _{Cr})	五日生化需氧量 (BOD ₅)	悬浮物 (SS)
80~90%	70~80%	30~50%

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 UASB 反应器设计除应执行本标准外，还应符合国家现行的有关标准和技术规范的规定。

5.1.2 污水处理厂（站）建设、运行过程中产生的废气、废水、废渣及其它污染物的治理与排放，应执行国家环境保护法规和有关标准的规定，不得产生二次污染。

5.1.3 污水处理厂（站）的设计、建设应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合 GBJ87 和 GB50040 的规定，厂界环境噪声排放应符合 GB12348 的规定，污水处理厂（站）周围应建设绿化带，并设有一定的防护距离，防护距离由环境影响评价确定。

5.1.4 污水处理厂（站）应按照国家或当地的环境保护管理要求安装在线监测系统，在线监测系统的安装、验收和运行应符合 HJ/T353 、HJ/T354 和 HJ/T355 的规定。

5.2 项目构成

5.2.1 UASB 污水处理厂（站）主要由预处理、UASB 反应器、后续处理、剩余污泥、沼气净化及利用系统组成。后续处理一般指好氧处理，此部分不在本规范范围内。

5.2.2 UASB 反应器主要由布水装置、三相分离器、出水收集装置、排泥装置及加热和保温装置组成。

5.2.3 UASB 污水处理厂（站）辅助工程包括：总图、建筑、结构、供配电、给排水、消防、暖通、检测与控制等。

5.2.4 污水处理厂（站）应按照国家 and 地方的有关规定设置规范化排污口。

5.3 厂（站）选址和总平面布置

5.3.1 污水处理厂（站）址和总体布置应符合 GB50014 的相关规定。总图设计应符合 GB50187 的规定。

5.3.2 污水处理厂（站）的防洪标准不应低于城镇防洪标准。

5.3.3 处理单元的竖向设计应充分利用原有地形，尽可能做到土方平衡和减少污水提升的次数。

5.3.4 污水处理厂（站）分期建设时，应按远期处理规模进行总体布置和预留场地。管网和地下构筑物宜一次建成。

5.3.5 污水处理厂（站）的各种管线应统筹安排，避免相互干扰，便于清通和维护，合理布置超越和放空管线。

6 工艺设计

6.1 工艺流程

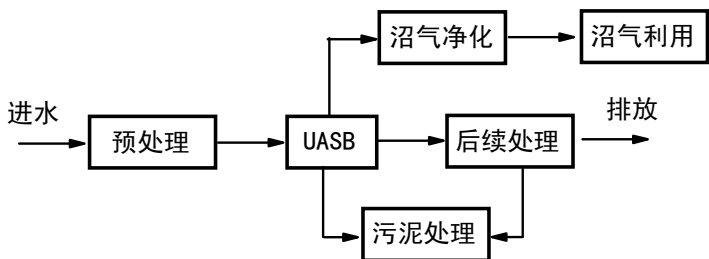


图 1 工艺流程图

6.2 预处理

6.2.1 预处理包括格栅、沉砂池、沉淀池、调节池、酸化池及加热池等。

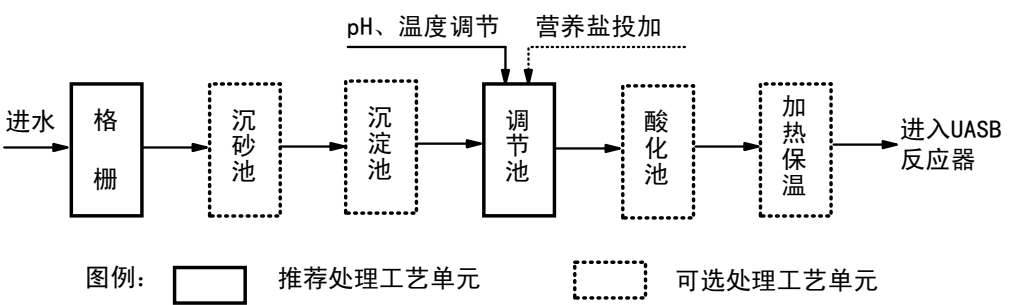


图 2 预处理工艺流程

6.2.2 应根据需要设粗、细格栅或设细格筛。格栅和细格筛的设计应符合 GB50014 和 HJ/T250、HJ/T262 的规定。

6.2.3 处理畜禽粪便、屠宰和酒糟等含砂较多废水时，应设置沉砂池。沉砂池的设计应符合 GB50014 的规定。

6.2.4 处理造纸、淀粉等含大量悬浮物的废水时，应设置沉淀池。沉淀池的设计应符合 GB50014 的规定。

6.2.5 应设置调节池。调节池的设计应满足以下要求：

a) 调节池容量应根据废水流量变化曲线确定；没有流量变化曲线时，调节池的容量应满足生产排水周期中水质水量均化的要求，停留时间宜为 6h~12h；如为间歇运行，调节池

容量宜按 1~2 个周期设置;

- b) 宜在调节池内投加酸、碱、营养源(氮、磷等)等药品,可兼用作中和池;
- c) 调节池内宜设置搅拌设施,搅拌机动宜为 $4W/m^3 \sim 8W/m^3$ 池容;
- d) 调节池出水端应设置去除浮渣装置,池底宜设置除砂和排泥装置。

6.2.6 pH 值调节及加药装置宜设在加药间内,其设计应符合下列要求:

- a) 通过投加碱性或酸性物质来调节和控制 UASB 反应器内的 pH 值,碱性物质主要有 Na_2CO_3 、 $NaHCO_3$ 、 $NaOH$ 等;酸性物质主要有盐酸、硫酸等;
- b) 药剂应有一定的存储量,酸性物质贮存时间宜为 7d 以上,碱性物质贮存时间宜为 15d 以上;
- c) 溶药宜采用专用的溶药罐和搅拌设备,投加宜采用计量泵自动定量投加;
- d) pH 值粗调宜在中和池或调节池中投加酸性物质或碱性物质进行,pH 值微调宜采用管道混合器和定量加酸加碱泵进行;
- e) 在加药间宜同时设置营养盐(氮、磷等)等药品溶解和加药装置。

6.2.7 当进水可生化性较差时,宜设置酸化池。酸化池设计应满足以下要求:

- a) 宜采用底部布水上向流方式;
- b) 宜根据地区气候条件不同,增加浮渣、沉渣、保温等处理设施;
- c) 有效水深宜为 4.0m~6.0m;
- d) 酸化池容积宜采用容积负荷计算法,按公式 (1) 计算。

$$V_s = \frac{Q \times S_a}{1000 \times N_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

V_s ——酸化池容积, m^3 ;

Q ——设计流量, m^3/d ;

N_s ——酸化负荷, $kgCOD_{Cr}/(m^3 \cdot d)$,宜取 $10kgCOD_{Cr}/(m^3 \cdot d) \sim 20kgCOD_{Cr}/(m^3 \cdot d)$;

S_a ——酸化池进水有机物浓度, $mgCOD_{Cr}/L$ 。

6.2.8 反应器宜采用保温措施,使反应器内的温度保持在适宜范围内。如不能满足温度要求,应设置加热装置,具体要求如下:

- a) 加热方式可采用池外加热和池内加热,池外加热有加热池和循环加热两种方式,池内加热宜采用热水循环加热方式;
- b) 热交换器选型应根据废水特性、介质温度和热交换器出口介质温度确定。热交换器换热面积应根据热平衡计算,计算结果应留有 10%~20% 的余量;
- c) 加热装置的需热量按公式 (2) 计算。

$$Q_t = Q_h + Q_d \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Q_t ——总需热量，kJ/h；

Q_h ——加热废水到设计温度需要的热量，kJ/h；

Q_r ——保持反应器温度需要的热量，kJ/h。

6.3 UASB 反应器

6.3.1 UASB 反应器池体

6.3.1.1 UASB 反应器容积宜采用容积负荷计算法，按公式（3）计算。

$$V = \frac{Q \times S_o}{1000 \times N_v} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

V ——反应器有效容积， m^3 ；

Q ——UASB 反应器设计流量， m^3/d ；

N_v ——容积负荷， $kgCOD_{Cr}/(m^3 \cdot d)$ ；

S_o ——UASB 反应器进水有机物浓度， $mgCOD_{Cr}/L$ 。

6.3.1.2 反应器的容积负荷应通过试验或参照类似工程确定，在缺少相关资料时可参考附录 A 的有关内容确定。处理中、高浓度复杂废水的 UASB 反应器设计负荷可参考表 2。

表 2 不同条件下絮状和颗粒污泥 UASB 反应器采用的容积负荷

废水 COD_{Cr} 浓度 (mg/L)	在 $35^{\circ}C$ 采用的负荷 ($kgCOD_{Cr}/(m^3 \cdot d)$)	
	颗粒污泥	絮状污泥
2000~6000	4~6	3~5
6000~9000	5~8	4~6
>9000	6~10	5~8
*注：①高温厌氧情况下反应器负荷宜在本表的基础上适当提高。		

6.3.1.3 UASB 反应器工艺设计宜设置两个系列，具备可灵活调节的运行方式，且便于污泥培养和启动。反应器的最大单体体积应小于 $3000m^3$ 。

6.3.1.4 UASB 反应器的有效水深应在 5m~8m 之间。

6.3.1.5 UASB 反应器内废水的上升流速宜小于 0.8m/h。

6.3.1.6 UASB 反应器的建筑材料应符合下列要求：

a) UASB 反应器宜采用钢筋混凝土、不锈钢、碳钢等材料；

b) UASB 反应器应进行防腐处理，混凝土结构宜在气液交界面上下 1.0m 处采用环氧树

脂防腐；碳钢结构宜采用可靠的防腐材料等；

c) 钢制 UASB 反应器的保温材料常用的有聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料、玻璃丝棉、泡沫混凝土、膨胀珍珠岩等。

6.3.2 UASB 反应器组成

UASB 反应器主要包括布水装置、三相分离器、出水收集装置、排泥装置及加热和保温装置。反应器结构形式见图 3。

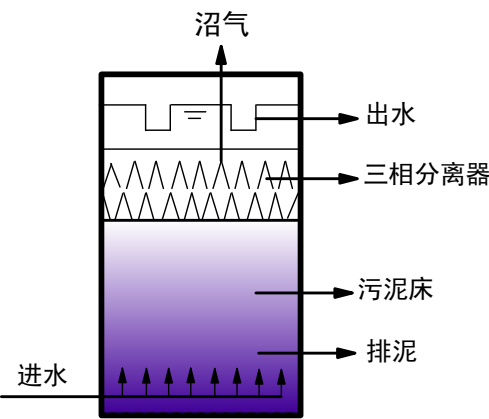


图 3 UASB 反应器结构示意图

6.3.3 布水装置

6.3.3.1 UASB 反应器宜采用多点布水装置，进水管负荷可参考表 3。

表 3 进水管负荷

典型污泥	每个进水口负责的布水面积(m^2)	负荷 $[\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})]$
颗粒污泥	0.5~2	2~4
	>2	>4
絮状污泥	1~2	<1~2
	2~5	>2

6.3.3.2 布水装置宜采用一管多孔式布水、一管一孔式布水或枝状布水。

6.3.3.3 布水装置进水点距反应器池底宜保持 150mm~250mm 的距离。

6.3.3.4 一管多孔式布水孔口流速应大于 2m/s，穿孔管直径应大于 100mm。

6.3.3.5 枝状布水支管出水孔向下距池底宜为 200mm；出水管孔径应在 15mm~25mm 之间；出水孔处宜设 45°斜向下布导流板，出水孔应正对池底。

6.3.4 三相分离器

6.3.4.1 宜采用整体式或组合式的三相分离器，单元三相分离器基本构造见图 4。

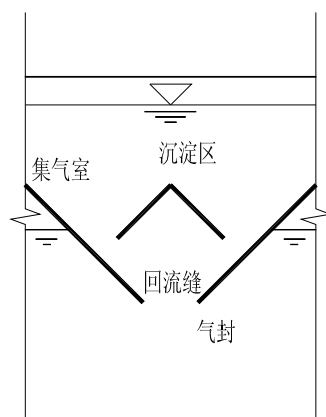


图 4 单元三相分离器基本构造图

- 6.3.4.2 沉淀区的表面负荷宜小于 $0.8\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，沉淀区总水深应大于 1.0m 。
- 6.3.4.3 出气管的直径应保证从集气室引出沼气。
- 6.3.4.4 集气室的上部应设置消泡喷嘴。
- 6.3.4.5 三相分离器宜选用高密度聚乙烯（HDPE）、碳钢、不锈钢等材料，如采用碳钢材质应进行防腐处理。
- 6.3.5 出水收集装置
- 6.3.5.1 出水收集装置应设在 UASB 反应器顶部。
- 6.3.5.2 断面为矩形的反应器出水宜采用几组平行出水堰的出水方式，断面为圆形的反应器出水宜采用放射状的多槽或多边形槽出水方式。
- 6.3.5.3 集水槽上应加设三角堰，堰上水头大于 25mm ，水位宜在三角堰齿 $1/2$ 处。
- 6.3.5.4 出水堰口负荷宜小于 $1.7\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。
- 6.3.5.5 处理废水中含有蛋白质或脂肪、大量悬浮固体，宜在出水收集装置前设置挡板。
- 6.3.5.6 UASB 反应器进水管宜采用聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PPR）等材料。
- 6.3.6 排泥装置
- 6.3.6.1 UASB 反应器的污泥产率为 $0.05\text{kgVSS}/\text{kgCOD}_{\text{Cr}} \sim 0.10\text{kgVSS}/\text{kgCOD}_{\text{Cr}}$ ，排泥频率宜根据污泥浓度分布曲线确定。应在不同高度设置取样口，根据监测污泥浓度制定污泥分布曲线。
- 6.3.6.2 UASB 反应器宜采用重力多点排泥方式。
- 6.3.6.3 排泥点宜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 $0.5\text{m} \sim 1.5\text{m}$ 处。
- 6.3.6.4 排泥管管径应大于 150mm ；底部排泥管可兼作放空管。

6.4 剩余污泥

6.4.1 厌氧污泥宜直接排至厂区的集泥池，根据污泥性质，确定后续处理方法。颗粒污泥宜设存储装置，经过静置排水后作为接种污泥；絮状污泥宜和好氧池剩余污泥合并后一同脱水处理。

6.4.2 污泥处理和处置要求参照GB50014的规定，经处理后的污泥应符合GB18918的规定。

6.4.3 污泥脱水设计时宜考虑污泥最终受纳场所的要求。

6.5 沼气净化及利用

6.5.1 UASB 反应器的沼气产率为 $0.45\text{Nm}^3/\text{kgCOD}_{\text{Cr}} \sim 0.50\text{Nm}^3/\text{kgCOD}_{\text{Cr}}$ ，沼气产量按公式（4）计算。

$$Q_a = \frac{Q \times (S_0 - S_e) \times \eta}{1000} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Q_a ——沼气产量， Nm^3/d ；

Q ——设计流量， m^3/d ；

η ——沼气产率， $\text{m}^3/\text{kgCOD}_{\text{Cr}}$ ；

S_0 ——进水有机物浓度， $\text{mgCOD}_{\text{Cr}}/\text{L}$ ；

S_e ——出水有机物浓度， $\text{mgCOD}_{\text{Cr}}/\text{L}$ 。

6.5.2 沼气净化利用主要包括脱水、脱硫及沼气贮存，系统组成见图 5。

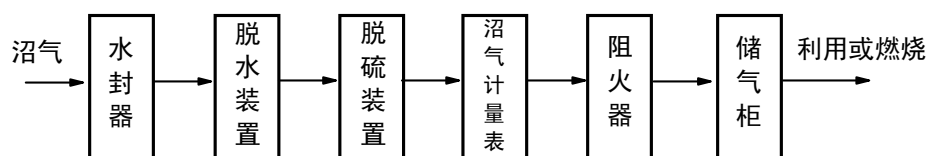


图 5 沼气净化系统图

6.5.3 沼气净化利用设计应符合 NY/T1220.1、NY/T1220.2 和 GB50016 的有关规定。

6.5.4 沼气利用应经过脱水和脱硫处理后方可进入后续利用装置。沼气脱水、脱硫设计应符合 NY/T1220.2 的有关规定。

6.5.5 沼气贮存可采用低压湿式储气柜、低压干式储气柜和高压储气柜。储气柜与周围建筑物应有一定的安全防火距离。储气柜容积应根据不同用途确定：

a) 沼气用于民用炊事时，储气柜的容积按日产气量的 50%~60%计算；

b) 沼气用于锅炉、发电时，应根据沼气供应平衡曲线确定储气柜的容积；无平衡曲线时，储气柜的容积应不低于日产气量的 10%。

6.5.6 沼气储气柜输出管道上宜设置安全水封或阻火器。沼气利用工程应设置燃烧器，严禁随意排放沼气，应采用内燃式燃烧器。

6.5.7 沼气日产量低于 1300m^3 的 UASB 反应器，宜作为炊事、采暖或厌氧换热的热源，沼气日产量高于 1300m^3 的 UASB 反应器宜进行发电利用或作为炊事、采暖或厌氧换热的热源。

7 检测和过程控制

7.1 检测

7.1.1 预处理宜设液位计、液位差计、液位开关及流量计，大型污水处理厂（站）宜在进口处增设 COD_{Cr} 检测仪。

7.1.2 调节池出水端宜设置温度、pH 值自动检测装置，检测值用于控制温度和药剂投加装置。

7.1.3 溶药宜采用专用的溶药罐和搅拌设备，药剂应根据检测设定值自动投加。

7.1.4 UASB 反应器应设置 pH 计、温度计、污泥界面仪等在线仪表，在线检测应符合 HJ/T353 的有关规定。

7.1.5 剩余污泥宜设流量计计量。

7.2 过程控制

7.2.1 应结合工程规模、运行管理的要求、工程投资情况、所选用设备仪器的先进程度及维护管理水平，因地制宜选择监控指标和自动化程度。

7.2.2 中小型污水处理厂（站）宜采用集中控制，当污水处理厂（站）的规模比较大或反应器数量比较多时，宜采用分散控制的自动化控制系统。

7.2.3 UASB 反应器宜与全站其他反应器共用一套 PLC 控制器，必要时可在 UASB 反应器处设现场 I/O 模块，PLC 控制器一般不另设操作员接口设备。

7.2.4 采用成套设备时，成套设备自身的控制宜与 UASB 污水处理厂（站）设置的控制相结合。

7.2.5 关键设备附近应设置独立的控制箱，同时具有“手动/自动”的运行控制切换功能。

7.2.6 现场检测仪表应具有防腐、防爆、抗渗漏、防结垢和自清洗等功能。

8 主要辅助工程

8.1 电气工程设计应符合下列规定：

a) 工艺装置的用电负荷应为二级负荷；如不能满足双路供电，应采用单路供电加柴油发电机组的供电方式。

- b) 高、低压用电设备的电压等级应与其供电系统的电压等级一致。
 - c) 中央控制室主要设备应配备在线式不间断供电电源。
 - d) 接地系统宜采用三相五线制。
 - e) 变电所及低压配电室设计应符合国家标准 GB50053、GB50054 的规定。
 - f) 供配电系统应符合 GB50052 的规定。
 - g) 电机应优先采用直接启动方式。当通过计算不能满足规范中规定的直接启动电压损失条件时才考虑采用降压启动方式。
- 8.2 防腐工程设计应符合 GB50046 的规定。
- 8.3 防爆工程设计应符合 GB50222 和 GB3836 的规定。
- 8.4 抗震等设计应符合 GB50011 的规定。
- 8.5 构筑物结构应符合 GB50069 的规定。
- 8.6 建筑物设计应符合 GB50037 的规定。
- 8.7 防火与消防工程设计应符合 GB50016 的规定。
- 8.8 防雷设计应符合 GB50057 的规定。
- 8.9 供水工程设计应符合 GB50015 的规定。
- 8.10 排水工程设计应符合 GB50014 的规定。
- 8.11 采暖通风工程设计应符合 GBJ19 的规定。
- 8.12 厂区道路与绿化等工程设计应符合 GBJ22 的规定。

9 劳动安全与职业卫生

- 9.1 采用 UASB 反应器的污水处理厂（站）工程的设计应采取有效防治措施保护人身安全和身体健康。
- 9.2 污水处理厂（站）的设计、建设、运行过程中应高度重视职业卫生和劳动安全，严格执行 GBZ1、GBZ2 和 GB12801 的规定。
- 9.3 UASB 反应器应按照规定设置防护栏杆、防滑梯等安全措施。
- 9.4 电气设备的金属外壳均应采取接地或接零保护，钢结构、排气管、排风管和铁栏等金属物应采用等电位连接；厌氧反应器、沼气柜应加装避雷针。
- 9.5 UASB 反应器宜采用密闭方式，减少恶臭对周围环境的污染，臭气浓度应符合 GB/T18883 的规定。
- 9.6 UASB 污水处理厂（站）宜设置恶臭集中处理设施，可采用化学除臭或生物除臭法。
- 9.7 UASB 反应器放空、维修时，应打开人孔与顶盖，强制通风 24h，通过检测确认安全并佩

戴防毒面具和便携式甲烷检测仪方可进入。反应器外必须有人进行安全保护。

9.8 工作人员必须按照安全规程操作，上、下沼气储气柜巡视、操作或维修时，必须配备防静电的工作服，并不得穿带铁钉的鞋或高跟鞋。

9.9 在清洗沼气净化装置时，应打开旁路阀门，检查进出口阀门是否完全关闭后方可进一步操作。

9.10 操作人员必须经常检查沼气发电机进气管路，防止漏气及冷凝水过多而影响供气。

9.11 在发电、供电等各项操作中，必须执行有关电器设备操作制度，遇有紧急情况可采用紧急停车措施。

9.12 发电机组备用或待修时，应将循环水的进、出闸阀关闭，放空主机及附属设备内的存水。

9.13 应加强作业场所的职业卫生防护，做好隔声减震和防暑、防中毒等预防工作。

10 施工与验收

10.1 一般规定

10.1.1 工程施工单位应具有国家相应的工程施工资质；工程项目宜通过招投标确定施工单位和监理单位。

10.1.2 应按工程设计图纸、技术文件、设备图纸等组织工程施工，工程变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。

10.1.3 施工前应进行施工组织设计或编制施工方案，明确施工质量负责人和施工安全负责人，经批准后方可实施。

10.1.4 施工过程中，应作好设备、材料、隐蔽工程和分项工程等中间环节的质量验收。

10.1.5 管道工程的施工和验收应符合 GB50268 的规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合 GB50204 的规定；构筑物的施工和验收应符合 GBJ141 和 NY/T1220.3 的规定。

10.1.6 施工使用的设备、材料、半成品、部件应符合国家现行标准和设计要求，并取得供货商的合格证书。设备安装应符合 GB50231 的规定。

10.1.7 工程竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件存档。

10.2 施工

10.2.1 土建施工

10.2.1.1 建筑物的基础、构造柱、圈梁、模板、钢筋、混凝土等施工应符合 GB50202 和 GB50204 的规定。

- 10.2.1.2 建筑物的砖石工程施工应符合 GB50203 的规定。
- 10.2.1.3 建筑物的地面工程施工应符合 GB50209 的规定。
- 10.2.1.4 防渗混凝土的施工应符合 GB50108 的规定。
- 10.2.1.5 钢构的制作、安装应符合 GB50205 的规定。
- 10.2.1.6 处理构筑物应根据当地气温和环境条件，采取防冻措施。
- 10.2.1.7 污水处理厂（站）构筑物应设置必要的防护栏杆并采取适当的防滑措施，应符合 JGJ37 的规定。

10.2.2 设备安装

- 10.2.2.1 设备安装应符合 NY/T1220.3 的规定。
- 10.2.2.2 设备基础应按照设计要求和图纸规定浇筑。
- 10.2.2.3 预埋件水平度及平整度应符合 GB50231 的规定。
- 10.2.2.4 地脚螺栓应按照设备出厂说明书的要求预埋，位置应准确，安装应稳固。
- 10.2.2.5 三相分离器安装应符合下列要求：
 - a) 设备安装完毕后，进行注水试验，试验不少于 24h，设备不得有渗漏现象。试验合格后，作防腐、保温处理；
 - b) 吊装时钢丝绳应固定牢固，起吊需平稳；
 - c) 设备安装前基础应找平，设备圆周部位的误差 $\leq 10\text{mm}$ 。
- 10.2.2.6 泵类的安装应符合 GB50275 的有关规定。
- 10.2.2.7 脱硫罐安装应根据设备总重量、底座大小和地脚螺栓的位置安放好垫铁；罐内的构件和填料，应按技术图纸的要求进行安装；脱硫罐与各管道的连接接头不得漏气。
- 10.2.2.8 储气柜的施工应符合 HGJ212 的有关规定。

10.3 工程验收

- 10.3.1 工程验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》、相应专业现行验收规范和本标准的有关规定执行。工程竣工验收前，严禁投入生产性使用。
- 10.3.2 布水器应按设计要求进行各项性能试验，保证布水均匀。
- 10.3.3 三相分离器应按设计要求进行各项性能试验，保证固、液、气的分离效果。
- 10.3.4 泵房和风机房等应按设计最多开启台数进行 48h 运转试验。
- 10.3.5 排水管道应做闭水试验，上游充水管保持在管顶以上 2m，外观检查应 24h 无漏水现象。
- 10.3.6 验收时应对厌氧反应器进行满水试验、气密性试验、管道强度及严密性试验等。

10.3.7 仪表、化验设备应定期送计量检定部门检定。

10.3.8 变电站高压配电系统应由供电部门组织电检、验收。

10.4 环境保护验收

10.4.1 污水处理厂（站）在正式投入生产或使用之前，建设单位应向环境保护行政主管部门提出环境保护竣工验收申请。

10.4.2 污水处理厂（站）环境保护验收应按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定和工程环境影响评价报告的批复执行。

10.4.3 污水处理厂（站）验收前应结合试运行进行性能试验，性能试验报告可作为竣工环境保护验收的技术支持文件。性能试验内容包括：

- a) 耗电量统计，分别统计各主要设备单体运行和设施系统运行的电能消耗；
- b) 满负荷运行测试，处理系统应满负荷进水，考查各工艺单元、构筑物 and 设备的运行工况；
- c) 厌氧污泥测试，观察污泥性状、活性及浓度；
- d) 水质检测，在工艺要求的各个重要部位，按照规定频次、指标和测试方法进行水质检测，分析污染物去除效果；
- e) 计算全厂技术经济指标： COD_{Cr} 去除量、 COD_{Cr} 去除电耗 $[(\text{kw} \cdot \text{h}) / \text{kgCOD}_{\text{Cr}}]$ 、沼气产量 (m^3/d) 、处理成本 $(\text{元}/\text{kgCOD}_{\text{Cr}})$ 等。

11 运行与维护

11.1 一般规定

11.1.1 污水处理厂（站）的运行、维护及安全管理应参照 CJJ60 执行。

11.1.2 污水处理厂（站）的运行管理应配备专业人员和设备。

11.1.3 污水处理厂（站）在运行前应建立设备台帐、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查等管理制度，以及各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等技术文件。

11.1.4 操作人员应熟悉本厂（站）处理工艺技术指标和设施、设备的运行要求；经过技术培训和生产实践，并考试合格后方可上岗。

11.1.5 各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等应示于明显位置，运行人员应按规程进行操作，并定期检查构筑物、设备、电器和仪表的运行情况。

11.1.6 定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检修维护，确保设施稳定可靠运行。

11.1.7 应定期检测进出水水质，并对检测仪器、仪表进行校验。

11.1.8 运行中应严格进行经常性和定期性安全检查，及时消除事故隐患，防止事故发生。

11.2 水质检验

11.2.1 污水处理厂（站）应设水质检验室，配备检验人员和仪器。

11.2.2 水质检验室内部应建立健全的水质分析质量保证体系。

11.2.3 检验人员应经培训后持证上岗，并应定期进行考核和抽检。

11.2.4 检验方法应符合 CJ/T51 的规定。

11.2.5 样品采集应符合 HJ/T91 的规定。

11.2.6 样品不能立即进行检验需要进行保存时应符合 GB12999 的规定。

11.2.7 宜每日检测 UASB 反应器进口和出口的化学需氧量（ COD_{Cr} ）、悬浮物（SS）及反应器内的 pH 值、温度、挥发性脂肪酸（VFA）、碱度和沼气产量，生化需氧量（ BOD_5 ）、污泥浓度和沼气成分等性状指标宜每周检测一次。

11.3 反应器启动

11.3.1 以絮状污泥启动

11.3.1.1 反应器启动前宜进行污泥产甲烷活性的检测，检测方法可参考附录 B。

11.3.1.2 UASB 反应器的启动周期较长，一旦启动完成，停止运行后的再次启动可迅速完成。

11.3.1.3 絮状污泥接种方式的接种量宜为 $20\text{kgSS}/\text{m}^3 \sim 30\text{kgSS}/\text{m}^3$ 。

11.3.1.4 UASB 反应器的启动负荷应小于 $1\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，上升流速应小于 $0.2\text{m}/\text{h}$ ，进水 COD_{Cr} 浓度大于 $5000\text{mg}/\text{L}$ 或处理有毒废水时应采取出水循环或稀释进水措施。

11.3.1.5 应逐步升温（以每日升温 2°C 为宜）使 UASB 反应器达到设计温度。

11.3.1.6 出水 COD_{Cr} 去除率达 80% 以上，或出水挥发酸浓度低于 $200\text{mg}/\text{L}$ 后，可逐步提高进水容积负荷；负荷的提高幅度宜控制在设计负荷的 20%~30%，直至达到设计负荷和设计去除率。

11.3.1.7 进水水力负荷过低，宜采用出水回流的方式，提高反应器内的上升流速，加快污泥颗粒化和优良菌种的选择进度。

11.3.1.8 接种污泥中宜添加少量破碎的颗粒污泥，促进颗粒化过程，缩短启动时间。

11.3.2 以颗粒污泥启动

11.3.2.1 颗粒污泥接种方式的接种量宜为 $10\text{kgVSS}/\text{m}^3 \sim 20\text{kgVSS}/\text{m}^3$ 。

11.3.2.2 启动的初始负荷宜为 $3\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

11.3.2.3 处理废水与接种污泥废水性质完全不同时，宜在第一星期保持初始污泥负荷低于

最大设计负荷的 50%。

11.4 运行控制

UASB 反应器的运行、维护及安全管理应参照 CJJ60 执行，并应符合以下规定：

a) 应根据 UASB 反应器监测数据及时调整反应器负荷、控制进水碱度或采取其他相应措施。厌氧反应器中碱度(以 CaCO_3 计)应高于 2000mg/L, 挥发性脂肪酸(VFA)宜控制在 200mg/L 以内；

b) 启动和运行时，均应保证 UASB 反应器内 pH 值在 6.0~8.0 之间；严禁 pH 值降至 6.0 以下，必要时宜加入碳酸氢钠等碱性物质；

c) 厌氧反应器反应区污泥浓度不宜低于 30gVSS/L；

d) 厌氧反应器污泥层应维持在三相分离器下 0.5m~1.5m，污泥过多时应进行排泥；

e) 厌氧反应器宜维持稳定的设计温度；

f) 应保证厌氧反应器溢流管畅通。

11.5 停产控制

11.5.1 反应器长期停运时，应将反应器放空，并采取相应的防冻措施。

11.5.2 反应器再启动时，应先恢复运行温度，并根据运行状态逐步提高进水负荷。

11.6 维护保养

11.6.1 废水处理设施、设备的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中。

11.6.2 企业应根据设计单位和设备供应商提供的设备资料制定详细的维护保养计划。

11.6.3 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的部件，并做好维护保养记录。

11.6.4 应定期对 UASB 反应器中的 pH 计、温度计、流量计、液位计、污泥浓度计、污泥界面仪等仪表进行校正和维修。

11.6.5 厌氧反应器本体、各种管道及阀门应每年进行一次检查和维修。

11.6.6 厌氧反应器的各种加热设施应经常除垢、疏通。

11.7 应急措施

11.7.1 过量的有毒有害物质进入 UASB 反应器时，应采取回流、稀释进水，同时调节反应器内营养盐等应急措施，保证反应器的正常运行。

11.7.2 沼气利用系统突发故障时，应立即启动燃烧器。

11.7.3 企业应根据自身生产情况及废水排放周期等综合因素设置事故池。

附录 A
(资料性附录)

国内外实际工程 UASB 反应器的设计负荷统计表

序号	废水类型	国外				国内			
		负荷[kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d)]			统计 厂家数	负荷[kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d)]			统计 厂家数
		平均	最高	最低		平均	最高	最低	
1	酒精生产	11.6	15.7	7.1	7	6.5	20.0	2.0	15
2	啤酒厂	9.8	18.8	5.6	80	5.3	8.0	5.0	10
3	造酒厂	13.9	18.5	9.9	36	6.4	10.0	4.0	8
4	葡萄酒厂	10.2	12.0	8.0	4				
5	乳品、奶场	9.4	15.0	4.8	9				
6	清凉饮料	6.8	12.0	1.8	8	5.0	5.0	5.0	12
7	小麦淀粉	8.6	10.7	6.6	6	6.5	7.0	6.0	2
8	淀粉	9.2	11.4	6.4	6	5.4	8.0	2.7	2
9	土豆加工等	9.5	16.8	4.0	24	6.8	10.0	6.0	5
10	酵母业	9.8	12.4	6.0	16	6.0	6.0	6.0	1
11	柠檬酸生产	8.4	14.3	1.0	3	14.8	20.0	6.5	3
12	马来酸生产	17.8	17.8	17.8	1				
13	味精					3.2	4.0	2.3	2
14	麦芽制造厂	6.5	6.5	6.5	1				
15	面包厂	8.7	9.9	6.8	3				
16	油炸薯条	10.5	10.5	10.5	1				
17	巧克力	9.2	10.0	8.4	2				
18	糖果厂	7.7	11.0	4.8	3				
19	制糖	15.2	22.5	8.2	12				
20	果品加工等	10.2	15.7	3.7	13				
21	食品加工	9.1	13.3	0.8	10	3.5	4.0	3.0	2
22	蔬菜加工	12.1	20.0	9.2	4				
23	大豆加工	11.7	15.4	9.4	4	6.7	8.0	5.0	3
24	咖啡加工	7.4	9.1	5.7	2				
25	鱼类加工	9.9	10.8	9.0	2				
26	再生纸, 纸浆	12.3	20.0	7.9	15				
27	造纸	12.7	38.9	6.0	39				
28	制药厂	10.9	33.2	6.3	11	5.0	8.0	0.8	5
29	烟厂	6.7	7.4	6.0	2				
30	家畜饲料厂	10.5	10.5	10.5	1				
31	屠宰场	6.2	6.2	6.2	1	3.1	4.0	2.3	4
32	垃圾滤液	9.9	12.0	7.9	7				
33	热解污泥上清液	15.0	15.1	15.0	2				
34	城市污水	2.5	3.0	2.0	2		0.0	0.0	0
35	其它	8.8	15.2	5.6	7	6.5	6.5	6.5	1

附录 B

（资料性附录）

污泥产甲烷活性测定方法

B.1 目的

这一测定的目的是为了了解厌氧污泥（以 VSS 计）的产甲烷活性，即单位重量的以 VSS 计的污泥在单位时间内所能产生的甲烷量。由于废水中被去除的 COD_{Cr} 主要转化为甲烷，因此污泥产甲烷活性可反映出污泥所能具有的去除 COD_{Cr} 及产生甲烷的潜力，它是污泥品质的重要参数。

污泥的产甲烷活性与许多因素有关，试验必须在标准条件下进行。

B.2 测定所用的装置

测定污泥的产甲烷活性装置可采用血清瓶作为反应器，如图 B.1 所示。

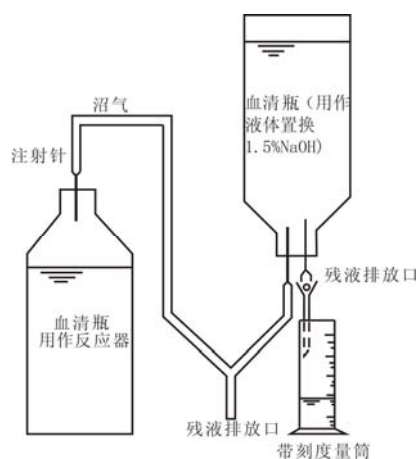


图 B.1 利用血清瓶测定甲烷活性的实验装置

B.3 测定条件

B.3.1 温度

发酵温度（35℃）作为实验温度。

B.3.2 基质和污泥的浓度

表 B.1 列出血清瓶反应器（0.5L~1L）中推荐使用的污泥和底物浓度，其中 COD_{CH_4} 指以 COD_{Cr} 表示的甲烷产量。

表 B.1 在产甲烷活性测定中使用的污泥和底物 VFA 浓度

测定装置	污泥浓度/ ($\text{gVSS} \cdot \text{L}^{-1}$)	VFA 浓度/ ($\text{gCOD}_{\text{Cr}} \cdot \text{L}^{-1}$)
血清瓶	1.0~1.5	3.5~4.5

B.3.3 基质（VFA）的组成

测定污泥活性可用 VFA 作为底物，VFA 的组成也会对测定结果有影响。可配制 VFA 储备液，例如可选取乙酸、丙酸、丁酸浓度比为 73:23:4，总 COD_{Cr} 浓度为 20g/L，测定时可根据

需要进行稀释。根据研究的需要，也可采用其他比例，表 B.2 可作为配制其他比例的参考。

表 B.2 VFA 储备液配比

挥发性脂肪酸 (VFA)	gCOD/gVFA	密度 (g/L)	体积 (mL)
乙酸	1.067	1.05	13.04
丙酸	1.514	0.993	3.06
丁酸	1.818	0.957	0.46

B.3.4 pH

一般测定前先将底物 VFA 配成浓度较大的母液，然后以 NaOH 中和至 pH 为 7。VFA 必须被中和，否则非离子化的 VFA 会引起严重抑制作用。

B.3.5 营养物和微量元素

测定污泥活性所配制的水样中还应当添加营养物和微量元素，其标准可参照表 B.3 配制。

表 B.3 厌氧活性测定标准无机营养液组成

成 分	在反应器内浓度 (mg/L)	成 分	在反应器内浓度 (mg/L)
NH ₄ Cl	400	NH ₄ VO ₃	0.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	400	CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.5
KCl	400	ZnCl ₂	0.5
Na ₂ S · 9H ₂ O	300	AlCl ₃ · 6H ₂ O	0.5
CaCl ₂ · 2H ₂ O	50	NaMoO ₄ · 2H ₂ O	0.5
(NH ₄) ₂ HPO ₄	80	H ₃ BO ₃	0.5
FeCl ₂ · 4H ₂ O	40	NiCl ₂ · 6H ₂ O	0.5
CoCl ₂ · 6H ₂ O	10	NaWO ₄ · 2H ₂ O	0.5
KI	10	Na ₂ SeO ₃	0.5
(NaPO ₃) ₆	10	C ₉ H ₁₁ NO ₃	10
MnCl ₂ · 4H ₂ O	4.5	NaHCO ₃	6000

同时，为简化可配制宏量营养物和微量元素的母液，宏量营养液每升含：NH₄Cl (170g)；NH₂PO₄ (37g)；CaCl₂ · 2H₂O (0.8g)；MgSO₄ · 4H₂O (9g)。微量元素每升含：FeCl₃ · 4H₂O (2000mg)；CoCl₂ · 6H₂O (2000mg)；MnCl₂ · 4H₂O (500mg)；CuCl₂ · 2H₂O (30mg)；ZnCl₂ (50mg)；H₃BO₃ (50mg)；(NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O (90mg)；Na₂SeO₃ · 5H₂O (100mg)；NiCl₂ · 6H₂O (50mg)；EDTA (1000mg)；36% HCl (1mL)，刃天青 (500mg) 和硫化钠母液 Na₂S · 9H₂O (100g)，使用时临时配制。

配制水样时每升加入以上母液各 1mL。此外，还要加入酵母提取物(酵母膏)0.2g。

B.4 测定步骤

在反应器内加入适量 VFA 底物后，根据上述原则加入有宏量营养物和微量元素的母液、硫化物和酵母提取物等，并补加水到预定体积。向上述混合物中通入氮气 3min 以除去部分

溶解氧，然后按图示将反应器与液体置换系统相连接。逐日记录产气量(以量筒中的碱液体积代表所产甲烷体积)，直到底物 VFA 的 80% 已被利用。然后开始第二次投加水样再逐日记录每日产气量直到 80% 的底物已被利用。

第一次投加水样目的在于使污泥适应这种底物，因此第一次投加水样时污泥的活性总是较低。一般第二次投加水样后的结果可作为正式测定的结果。

B. 5 计算

B. 5. 1 曲线绘制

产甲烷活性的计算应根据第二次曲线计算。在曲线中有一个最大活性区间，污泥的产甲烷活性 (R) 是这一区间的平均斜率，其单位为 mLCH₄/h。另外，最大活性区间应当至少覆盖已利用的底物 VFA 的 50%。

B. 5. 2 计算

根据最大活性区间的平均斜率 R 即可计算出污泥的产甲烷活性，其结果以单位 gCOD_{CH₄}/(gVSS · d) 计。计算如下：

$$ACT = \frac{24R}{F \cdot V \cdot VSS} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- ACT——污泥产甲烷活性，gCOD_{CH₄}/(gVSS · d)；
- R——产甲烷速率（即曲线中最大活性区间的平均斜率），mLCH₄/h；
- F——含饱和水蒸气的甲烷体积数与以克为单位的 COD_{Cr} 的转换系数，见表 B. 4；
- V——反应器中的液体体积，L；
- VSS——反应器中污泥的浓度，gVSS/L。

表 B.4 相当于 1gCOD_{Cr} 的甲烷气的体积毫升数 (1. 013 × 10⁵Pa)

温度 (℃)	干燥甲烷 (mL)	含饱和水蒸气的甲烷 (mL)
10	363	367
15	369	376
20	376	385
25	382	394
30	388	405
35	395	418
40	401	433
45	408	450
50	414	471