

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4757—2025

中高温沼气工程技术指南

Technical guidance for moderately thermophilic biogas plants

2025-04-27 发布

中华人民共和国农业农村部 发布



目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般原则	1
5 工艺设计	1
5.1 原料预处理	1
5.2 工艺类型	2
5.3 温度	2
5.4 搅拌混合	2
6 启动管理	2
6.1 接种物	2
6.2 厌氧微生物适应驯化	2
6.3 厌氧微生物活性及处理负荷提升	2
7 运行管理	2
7.1 一般要求	2
7.2 失稳预警	3
7.3 运行调控	3
附录 A(资料性) 中高温沼气工程有机废弃物原料预处理要求	4
附录 B(资料性) 中高温沼气工程不同原料厌氧消化参考温度	5
附录 C(资料性) 中高温沼气工程启动运行阶段化验分析项目及参数控制	6
附录 D(资料性) 中高温沼气工程稳态评价指标区间及评价结果	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由农业农村部科学技术司提出。

本文件由全国沼气标准化技术委员会(SCA/TC 515)归口。

本文件起草单位：杭州能源环境工程有限公司、浙江大学、中国华电科工集团有限公司、农业农村部农业生态与资源保护总站、中国农业大学、维尔利环保科技集团股份有限公司、中国科学院广州能源研究所、杭州市环境集团有限公司、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司。

本文件主要起草人：寿亦丰、李月中、宫亚斌、詹偶如、秦勇、宋波、董保成、吴伟祥、董仁杰、孟波、蓝天、吕镇梅、谭婧、张中亮、吴昊、邢涛、徐文勇、李剑、赵振振、王润沛、李颖、李冰峰、皂辉杰、熊波、张建平。



中高温沼气工程技术指南

1 范围

本文件规定了以农作物秸秆、畜禽粪污、餐厨/厨余垃圾、果蔬废弃物、薯类废渣和酿造废渣等有机质为主要原料的中高温沼气工程一般原则、工艺设计、启动管理、运行管理等方面的要求。其他有机质原料参照执行。

本文件适用于采用中高温厌氧消化工艺的新建或改(扩)建沼气工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 51063 大中型沼气工程技术规范

NY/T 1220.1 沼气工程技术规范 第1部分:工程设计

NY/T 1220.4 沼气工程技术规范 第4部分:运行管理

NY/T 1220.6 沼气工程技术规范 第6部分:安全使用

NY/T 3239 沼气工程远程监测技术规范

NY/T 3896—2021 生物天然气工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中高温沼气工程 moderately thermophilic biogas plants

以 40 °C~45 °C 厌氧消化为主要技术环节,集有机废弃物处理、沼气生产、资源化利用于一体的系统工程。

3.2

厌氧消化影响因子 factors of anaerobic digestion

对厌氧消化系统稳定性及沼气生产效率产生重要影响的参数,包括酸碱值(pH)、温度、挥发性脂肪酸/总碱度比值(VFAs/ALK 比值)、氨氮浓度、原料沼气产率、甲烷(CH₄)含量等指标。

3.3

稳态评价 system stability evaluation

根据厌氧消化影响因子的耐受阈值,对厌氧系统的稳定性进行评估。

4 一般原则

4.1 中高温沼气的工艺设计应遵循有机废弃物减量化、资源化、无害化和低碳化处理原则,综合考虑沼气的实际建设目标,选择行业先进的技术和经济性合理的总体工艺路线与参数。

4.2 中高温沼气的运行管理应按照 GB/T 51063 和 NY/T 1220.4 的规定。

5 工艺设计

5.1 原料预处理

5.1.1 不同种类原料需经破碎、除杂、匀浆等预处理。预处理后的物料宜充分水解及温度调节后进入中

高温厌氧消化系统。中高温沼气工程有机废弃物原料预处理要求见附录 A 中的表 A.1。

- 5.1.2 以破碎后的农作物秸秆为原料的中高温沼气工程进料前宜经窖储或水解酸化处理。
- 5.1.3 以畜禽粪污等高含氮物料为原料的中高温沼气工程进料总氮浓度宜控制在 6 000 mg/L 以内。
- 5.1.4 以餐厨、厨余垃圾等有机浆料为原料的中高温沼气工程进料宜控制含油率 $\leq 0.5\%$ ，且进料宜采用进料布水和回流循环相结合的方式。
- 5.1.5 以果蔬废弃物、薯类废渣、酿造废渣等易水解酸化物料为原料的中高温沼气工程进料回流比宜 ≥ 2 。

5.2 工艺类型

5.2.1 综合考虑原料种类与含固率、厌氧反应器类型与原料适用性等，中高温沼气工程可选择湿式、半干式、干式等厌氧消化工艺。其中，厌氧反应器内含固率 $\leq 12\%$ ，宜采用湿式厌氧消化工艺；含固率为 $12\% \sim 15\%$ ，宜采用半干式厌氧消化工艺；含固率 $\geq 15\%$ ，宜采用干式厌氧消化工艺。

5.3 温度

- 5.3.1 中高温沼气工程宜根据不同原料种类、碳氮比、总氮含量及酸碱值等性质参数，选择中高温厌氧消化温度，或依据同类工程和实验数据确定。中高温厌氧消化温度选择可参照附录 B 中的表 B.1。
- 5.3.2 中高温厌氧消化温度应实行精准调控，每座反应器宜设置至少 2 组及以上测温点，并配置自动增温保温控制系统，确保厌氧反应器内日温差不超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.4 搅拌混合

- 5.4.1 根据原料特性及厌氧消化固体浓度等，厌氧反应器宜采用多点进料布水、搅拌、回流等工艺措施强化原料与厌氧消化料液的混合及传质传热。
- 5.4.2 厌氧反应器可选用节能型机械搅拌，搅拌功率选择应符合 NY/T 1220.1 中的相关规定。

6 启动管理

6.1 接种物

- 6.1.1 新建沼气工程接种物优先选择中高温沼气工程厌氧污泥，其次选择同类型原料或类似原料沼气工程的厌氧污泥；当前两者都不可获取时，可考虑选择污水处理设施中厌氧/兼氧剩余污泥或牛粪。
- 6.1.2 已/改(扩)建沼气工程宜选用原厌氧消化系统内的厌氧污泥。
- 6.1.3 厌氧反应器内接种污泥浓度不宜低于 10 kgVS/m^3 。

6.2 厌氧微生物适应驯化

- 6.2.1 将厌氧反应器温度逐步升高/降低至设计厌氧消化温度。升/降温期间日温差不宜超过 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，稳定阶段日温差不宜超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.2.2 适应驯化期间进料负荷不宜超过 $0.5\text{ kgVS}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。
- 6.2.3 适应驯化过程中应关注厌氧消化影响因子的变化，并根据实际运行参数适当调整进料负荷，其化验分析项目及参数控制参照附录 C 中的表 C.1。
- 6.2.4 适应驯化周期宜维持 2 周以上，待沼气甲烷含量达到 50% 以上，且单位原料沼气产率、消化料液参数达到设计要求后，方可提升进料负荷。

6.3 厌氧微生物活性及处理负荷提升

- 6.3.1 厌氧微生物活性及处理负荷提升期间，每日进料宜分批次均匀投加。
- 6.3.2 进料期间应确保厌氧反应器的搅拌器或自循环单元正常运转。
- 6.3.3 同一进料负荷下宜维持有机物去除率与沼气产量稳定后，再提高进料负荷提升，直至达到设计处理负荷。其中，每阶段进料负荷稳定周期不宜少于 5 d，每阶段进料负荷提升量不宜超过上一阶段进料负荷的 30% 。

7 运行管理

7.1 一般要求

7.1.1 中高温沼气工程的运行管理人员应经专业培训考核合格后上岗,并遵守 NY/T 1220.6 等相关安全规定。

7.1.2 中高温沼气工程宜配备化验分析、自动控制等管理单元,可按照 NY/T 3239 的规定建设信息化数据监测控制平台。

7.1.3 中高温沼气工程的原料、消化料液、沼气组分等化验分析项目及检测周期频次宜按照 NY/T 3896—2021 中附录 F 的规定,如厌氧系统有失稳迹象,应加强化验分析项目的检测频次。

7.1.4 中高温沼气工程宜采用信息化数据平台实时监测;无信息化数据平台时,宜对温度、pH、沼气成分等实时监测,宜对 VFAs、ALK、氨氮等每日化验。

7.1.5 应根据化验或监测数据调整厌氧反应器运行参数,化验分析项目及参数控制参照附录 C 中的表 C.1。

7.2 失稳预警

7.2.1 中高温沼气工程宜每周至少进行一次稳态评价。

7.2.2 稳态评价应依据厌氧消化影响因子指标参数进行评价,评价结果分为稳定、警示和危险。稳态评价指标区间及评价结果参照附录 D 中的表 D.1。

7.3 运行调控

7.3.1 若厌氧消化料液 pH 处于 6.5~7.0,应降低进料负荷或加强搅拌/回流循环等;若 pH 大于 8.1,应排查进料中是否混入大量碱性物质;若 pH 低于 6.5,应停止进料或投加碱性物质。

7.3.2 若厌氧反应器内任意两温度监测点日温差在 1.0℃~2.0℃时,应及时调节进料温度或调整温控系统精度;若日温差超过 2℃时,排查预增温及换热系统、温度监测设备及温控系统是否正常,并采取应对措施处理。

7.3.3 若厌氧消化料液 VFAs/ALK 比值处于 0.3~0.5,应强化搅拌或加大回流比;若超过 0.5,应降低进料负荷或加强搅拌,严重时停止进料。

7.3.4 若沼气甲烷含量处于 48%~52%,应适当调整进料负荷,避免甲烷含量进一步降低;若甲烷含量小于 48%,应从进料量、进料负荷、进料设备控制等方面进行排查并采取应对措施,必要时停止进料。

7.3.5 若厌氧消化料液氨氮浓度为 5 000 mg/L~6 000 mg/L,应适当稀释进料浓度;若大于 6 000 mg/L,应稀释进料浓度或厌氧反应器料液浓度或调节原料配比。

7.3.6 若厌氧消化料液污泥浓度出现连续下降现象,应加强污泥回流/回收,严重时宜向厌氧反应器内补充厌氧污泥。

7.3.7 若原料产气率降低 10%~30%,应严格控制进料量或浓度,降低进料负荷;若降低超过 30%时,应从进料量、进料负荷、进料设备控制、其他指标抑制情况等方面进行排查并采取应对措施,严重时停止进料。

附 录 A

(资料性)

中高温沼气工程有机废弃物原料预处理要求

中高温沼气工程有机废弃物原料预处理要求见表 A.1。

表 A.1 中高温沼气工程有机废弃物原料预处理要求

编号	原料种类	预处理要求	备注
1	农作物秸秆	宜对秸秆类原料进行破碎或揉丝等预处理,破碎后原料粒径青/黄秸秆不宜大于 30 mm,干秸秆粒径不宜大于 10 mm	参照 NY/T 2142—2012 附录 B 的规定
2	畜禽粪污	畜禽粪污宜经过调质均质、除杂、水解酸化等预处理	参照 NY/T 1222—2006 中 7.2 前处理的一般规定
3	餐厨/厨余垃圾	1. 经多级工序预处理后的餐厨垃圾有机浆料含油率宜小于 0.5%,物料粒度应小于 10 mm 2. 经多级工序预处理厨余垃圾有机浆料,采用湿式厌氧消化工艺的,其物料粒度应小于 10 mm;采用干式厌氧工艺的,物料粒度应小于 25 mm	参照 CJJ 184—2012 中 7.3.1 和 GB 55012—2021 中 5.4.1 的规定
4	其他有机质原料(果蔬废弃物、薯类废渣、酿造废渣等)	原料经破碎均质化及水解酸化预处理	

附录 B

(资料性)

中高温沼气工程不同原料厌氧消化参考温度

中高温沼气工程不同原料厌氧消化参考温度见表 B.1。

表 B.1 中高温沼气工程不同原料厌氧消化参考温度

原料	农作物秸秆	畜禽粪污	餐厨/厨余垃圾	果蔬废弃物	薯类废渣	酿造废渣
温度	42℃~45℃	40℃~43℃	42℃~45℃	40℃~43℃	42℃~45℃	42℃~45℃

附 录 C

(资料性)

中高温沼气工程启动运行阶段化验分析项目及参数控制

中高温沼气工程启动运行阶段化验分析项目及参数控制见表 C.1。

表 C.1 中高温沼气工程启动运行阶段化验分析项目及参数控制

编号	化验分析项目	单位	参数	备注
1	温度	℃	40~45	厌氧反应器日温差不超 1℃
2	pH	无量纲	7.0~8.1	
3	氨氮	mg/L	≤5 000	
4	VFAs	mg/L	300~2 000	
5	VFAs/ALK 比值	无量纲	≤ 0.3	总碱度以 CaCO ₃ 计
6	甲烷(CH ₄)含量	%	≥ 50	

附录 D

(资料性)

中高温沼气工程稳态评价指标区间及评价结果

中高温沼气工程稳态评价指标区间及评价结果见表 D.1。

表 D.1 中高温沼气工程稳态评价指标区间及评价结果

编号	厌氧消化影响因子	单位	指标区间	评价结果
1	pH	无量纲	7.0~8.1	稳定
			6.5~7.0 或 > 8.1	警示
			< 6.5	危险
2	日温差	℃	≤ 1.0	稳定
			1.0~2.0	警示
			> 2.0	危险
3	VFAs/ALK 比值	无量纲	≤ 0.3	稳定
			0.3~0.5	警示
			> 0.5	危险
4	甲烷(CH ₄)含量	%	≥ 52	稳定
			48~52	警示
			< 48	危险
5	氨氮	mg/L	≤ 5 000	稳定
			5 000~6 000	警示
			> 6 000	危险
6	污泥浓度	kgVS/m ³	>20	稳定
			10~20	警示
			<10	危险
7	原料产气率降低	%	≤10	稳定
			10~30	警示
			> 30	危险

参 考 文 献

- [1] GB 55012—2021 生活垃圾处理处置工程项目规范
 - [2] CJJ 184—2012 餐厨垃圾处理技术规范
 - [3] NY/T 1222—2006 规模化畜禽养殖场沼气工程设计规范
 - [4] NY/T 2142—2012 秸秆沼气工程工艺设计规范
-