

ICS 13.030.40
CCS P 41

T/CAMIE 10—2022

团 体 标 准

T/CAMIE 10—2022

城镇污水处理厂污泥热解气化技术标准

Standard for pyrolysis gasification technology of
sludge from urban sewage treatment plant

中国环保机械行业协会标准
城镇污水处理厂污泥热解气化技术标准
T/CAMIE 10—2022

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 15 千字
2022 年 XX 月第一版 2022 年 XX 月第一次印刷

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国环保机械行业协会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 工艺原理	3
4.1 工艺原理	3
4.2 工艺流程	4
5 技术要求	4
5.1 干化系统	4
5.2 造粒系统	5
5.3 气化系统	5
5.4 燃烧及余热回收系统	5
5.5 烟气处理和尾气净化系统	6
6 环保要求	6
6.1 噪声	6
6.2 废气	6
6.3 废液	6
6.4 固体废物	6
6.5 环保监测要求	6
7 设计与运行管理安全要求	7
7.1 设计安全要求	7
7.2 运行管理安全要求	7
8 采样与检测	7
8.1 采样要求	7
8.2 检测要求	7
图 1 污泥热解气化工艺流程图	4
表 1 检测项目测定方法	8
表 2 检测项目和周期	8

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。

本文件由中国环保机械行业协会提出并归口。

本文件起草单位：郑州市污水净化有限公司、河南华天环保科技有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、天津市政工程设计研究总院有限公司、同济大学、华北水利水电大学、合肥通用机械研究院有限公司。

本文件主要起草人：梁伟刚、谭云飞、赵明银、施祖辉、李国金、何群彪、赵顺波、王秀珍、刘迎旭、宋欣欣、马军涛、张光辉、张凯、文炯、李明峰、王宁、丁凯、李升、王佳音。

本文件为首次发布。

引 言

城镇污水处理厂污泥热解气化技术是一种绿色环保型污泥处理处置技术，是热解气化技术在市政污泥处理处置行业的创新应用，具有较好的社会和环保效益。目前国内外尚未制定有关污泥热解气化的相关标准，热解气化在设计、建设、运行等方面主要参照 GB/T 24602、GB 18485、GB/T 23484 等执行，但这些标准都不完全适用于城镇污水处理厂污泥热解气化技术。因此，为推动污泥热解气化技术的转化应用，推进污泥热解气化技术的标准化建设，特制定本文件。

城镇污水处理厂污泥热解气化技术标准

1 范围

本文件规定了城镇污水处理厂污泥热解气化技术的术语和定义、工艺原理、技术要求、环保要求、设计与运行管理安全要求、采样与检测等内容。

本文件适用于以城镇污水处理厂污泥为原料的热解气化处理处置技术的设计及运行。

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 213 煤的发热量测定方法
- GB/T 219 煤灰熔融性的测定方法
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准
- GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准
- GB/T 23484 城镇污水处理厂污泥处置 分类
- GB/T 24602 城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质
- GB 30485 水泥窑协同处置固体废物污染控制标准
- GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
- GB/T 36699 锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术条件
- GB 50016 建筑设计防火规范（2018年版）
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准
- CJJ 131 城镇污水处理厂污泥处理技术规程
- CJ/T 221 城市污水处理厂污泥检验方法
- CJ/T 531 生活垃圾焚烧灰渣取样制样与检测
- HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范
- HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱—高分辨质谱法
- HJ 1024 固体废物 热灼减率的测定 重量法
- MT/T 142 煤矿井下空气采样方法
- MT/T 748 工业型煤冷压强度测定方法

MT/T 924 工业型煤热稳定性测定方法

MT/T 1073 工业型煤热强度测定方法

TSG 11 锅炉安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

污泥热解 **sludge pyrolysis**

污泥在隔绝空气或惰性气氛的条件下持续加热，在不同的终温下发生的一系列的物理变化和化学反应，并生成气体、液体和固体等产品的过程。

3.2

污泥气化 **sludge gasification**

在一定的温度、压力条件下，用气化剂将污泥中的有机物转化为可燃气体的过程。

3.3

污泥气化炉 **sludge pyrolysis gasifier**

发生污泥热解气化过程反应的设备。

3.4

固定床气化 **fixed bed gasification**

原料靠重力下降与气流逆向接触的气化过程。按照气化炉的操作压力一般可分为常压和加压固定床气化。本文件中为常压固定床气化。

3.5

可燃气 **combustible gas**

污泥热解气化反应的气态产物，以一氧化碳和氢气为主要可燃成分，含有少量的烷烃类气体。

3.6

气化剂 **gasification agent**

气化过程中加入的气态反应物，可以是氧气、空气、蒸汽、二氧化碳等。本文件所述的气化剂为空气和蒸汽的混合气。

3.7

低位热值 **lower calorific value**

单位质量污泥完全燃烧时，当燃烧产物回复到反应前污泥所处温度、压力状态，并扣除其中水分气化吸热量后，放出的热量。

3.8

冷压强度 **cold pressing strength**

造粒后污泥于环境温度下在规定的试验机上，以 10 mm/min~15 mm/min 的均匀位移速度单向施力至开裂时的抗裂强度。

[来源：MT/T 748，3.2，有修改]

3.9

热稳定性 thermal stability

造粒后污泥在高温燃烧或者气化过程中对热的稳定程度，也就是造粒后污泥在高温作用下保持原来粒度的性质。

[来源：MT/T 924，3.2，有修改]

3.10

炉渣 slag

污泥经过热解、气化、燃烧后从气化炉内直接排出的灰渣。

3.11

灰熔点 ash fusion point

在规定条件下，随着加热温度的变化，灰分的锥体形状发生变形、软化、呈半球和流动特征等物理状态发生变化时的温度。

[来源：GB/T 219，第3章]

3.12

污泥造粒机 sludge granulator

将干化后的污泥经过物理挤压成特定形状的成型设备。

3.13

热风炉 hot-blast furnace

使污泥热解气化炉产生可燃气体的燃烧装置。

3.14

造粒污泥（或成型污泥）限下率 sludge undersize fraction

筛上产品中粒度小于规定粒度下限部分的质量百分数。

3.15

焖炉 stewing furnace

短时间内停止向气化炉通入气化剂并停止加料，同时关闭出气阀门，使气化炉处于密闭状态的一种操作手段。

3.16

烘炉 bake furnace

在有耐火材料的炉体砌筑完成后或长期搁置待使用前，按照一定的烘炉曲线，加热干燥炉体，烧结砌砖泥浆的过程。

4 工艺原理

4.1 工艺原理

污泥热解气化是指污泥在高温（约 1 100 ℃）贫氧的条件下，污泥中的有机组分与气化剂（水蒸气、氧气等）在还原性气氛下发生的一系列复杂的热化学反应，最终生成可燃气和炉渣的过程。整个反应过程主要分为干燥、干馏、气化和燃烧 4 个阶段。

- a) 干燥阶段：污泥经不断烘干脱去污泥颗粒中的部分水分，为发生干馏反应做准备；
- b) 干馏阶段：污泥中的有机质在高温缺氧的环境中发生裂解反应，大分子有机物分子键断裂，一氧化碳、氢气和烷烃类气体逸出，剩余的半焦或焦炭进入下一阶段；

- c) 气化阶段：污泥中剩余的碳与水蒸气、二氧化碳等中间产物发生还原反应，生成以氢气和一氧化碳为主的可燃气体；
- d) 燃烧阶段：污泥经干馏气化后，剩余未反应的半焦或焦炭与气化剂中的氧气发生反应，经过充分燃烧后，生成无机炉渣。

4.2 工艺流程

污泥热解气化技术主要包括干化系统、造粒系统、气化系统、燃烧及余热回收系统、烟气处理和尾气净化系统 5 个部分（见图 1）。污泥进入干化系统，去除所含大部分水分后再进行造粒，制成粒度均匀的污泥进入气化系统，经过干燥、热解、气化、燃烧，与从污泥气化炉底部进入的气化剂逆流接触，反应生成 CO、H₂、CH₄ 等可燃气体，剩余的无机物以炉渣的形式排出。气化系统产生的可燃气体在燃烧和余热回收系统中回收能量，为干化系统提供热量。

干化系统产生的废气及燃烧系统产生的烟气经处理后达标排放；气化后的炉渣具有多孔性，且性质稳定、无毒无害，可作为吸附材料、建材原料等，以达到资源再利用的目的。

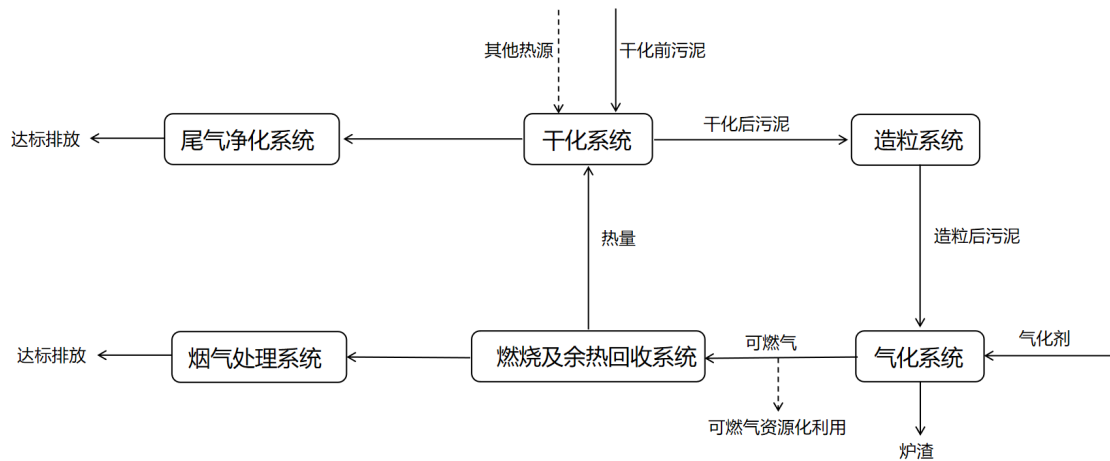


图 1 污泥热解气化工艺流程图

5 技术要求

5.1 干化系统

5.1.1 干化系统的设计应按照 CJJ 131 中的污泥热干化的规定。

5.1.2 对于不同含水率的干化前污泥，选用不同的干化工艺处理。

- a) 含水率高于 98%，宜先浓缩后选用板框脱水+热干化工艺；
- b) 含水率低于 98%，宜选用板框脱水+热干化工艺；
- c) 含水率低于 80%，宜选用热干化工艺。

5.1.3 干化前污泥要求：

- a) 干基污泥有机物含量应不小于 30%；
- b) 干基污泥低位热值应不小于 6 279 000 J；
- c) 污泥中严禁混入有毒工业制品及其废弃物等危险品及钢铁、玻璃、木块等硬质垃圾。

5.1.4 污泥热干化设备可采用带式干化机，工艺运行应符合以下要求：

- a) 干化机内腔室温度应低于 160 ℃；
- b) 干化后污泥含水率宜为 10%~20%；
- c) 干化机腔室内 CO 含量应不超过 1 250 mg/m³；
- d) 干化机应维持负压运行，防止废气泄露。干化机输送装置处增加防尘设计，防止粉尘泄露。

5.2 造粒系统

5.2.1 造粒机宜采用环模造粒机或对辊造粒机。

5.2.2 造粒前污泥要求：

- a) 含水率宜为 10%~20%；
- b) 污泥颗粒粒径应不大于 4 mm。

5.2.3 污泥造粒机的运行应符合以下要求：

- a) 污泥造粒机宜间歇运行；
- b) 污泥造粒机附近 1 m 处工作噪声应不大于 85 dB (A)；
- c) 污泥造粒机除出料口之外不应有粉尘外溢。对于存在粉尘外溢隐患的点位，应根据污泥特性增加除尘设计，加装防尘和除尘装置。

5.3 气化系统

5.3.1 污泥气化炉宜采用常压固定床气化炉，可选干式或湿式出渣方式。

5.3.2 气化炉原料要求：

- a) 含水率宜为 10%~20%；
- b) 造粒后污泥进入气化炉之前需经过筛分，筛分后污泥限下率（20 mm）不宜超过 5%；
- c) 冷压强度应不小于 800 N/个；
- d) 热强度应不小于 300 N/个；
- e) 热稳定性（TS+6）应不小于 60%。

5.3.3 气化炉运行要求：

- a) 气化炉运行前应检测设备及管道的密封性，避免跑冒滴漏；
- b) 气化炉首次启动之前应做好烘炉工作，长时间未运行也应重新烘炉。烘炉时间由耐火材料的厂家提供其使用性能，并按照厂家的要求进行使用前的应用；
- c) 气化炉应连续运行，若因工艺或设备问题需焖炉或者停炉，应严格按照焖炉或者停炉操作规程执行；
- d) 炉渣排放应按照 GB 18485 中炉渣热灼减率的规定；
- e) 运行过程中应保持进料和出渣的均匀性和稳定性；
- f) 运行过程中应保持气化剂均匀稳定地进入炉内；
- g) 运行过程中应定期对可燃气体成分进行检测；
- h) 气化炉停车时应按照气化炉停车操作规程出空并降温冷却。

5.4 燃烧及余热回收系统

5.4.1 污泥热解气化可燃气体的燃烧宜采用立式热风炉，气化炉宜与热风炉一一匹配。

5.4.2 可燃气体热值不宜低于 2 511 000 J。

5.4.3 热风炉运行要求：

- a) 热风炉内温度宜大于 850 ℃；

- b) 热风炉内的烟气停留时间应不小于 2 s;
 - c) 设置辅助燃烧系统, 在启、停热风炉时应保证热风炉的运行工况满足本文件的要求;
 - d) 热风炉应维持微负压运行。
- 5.4.4 燃烧器宜垂直安装在热风炉顶部, 燃烧器的设计应按照 GB/T 36699 的规定。
- 5.4.5 不宜采用预混式燃烧器。
- 5.4.6 余热回收系统宜采用立式余热锅炉, 锅炉的设计应按照 TSG 11 的规定。
- 5.4.7 余热锅炉内应安装自动吹灰装置, 换热管间距不宜小于 50 mm, 避免运行中出现系统堵塞问题。

5.5 烟气处理和尾气净化系统

- 5.5.1 系统排放的烟气应设烟气处理设施, 经脱硫、脱硝、除尘后的排放值应符合 GB 18485 的规定及当地地方标准的要求。
- 5.5.2 系统排放的尾气应设尾气净化设施, 且净化后应符合 GB 14554 的规定及当地地方标准的要求。
- 5.5.3 系统烟囱高度设置应参照 GB 13271 的规定及当地地方标准的要求, 具体的高度按批复的环境影响评价文件确定。

6 环保要求

6.1 噪声

厂区噪声排放应符合 GB 12348 的规定, 设备运行时距离设备 1 m 处的噪声应不大于 85 dB(A)。

6.2 废气

- 6.2.1 废气中的颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、硫化氢、二噁英、一氧化碳、重金属类的排放应符合 GB 18485 的规定。
- 6.2.2 当有地方标准时, 同时应符合地方标准的污染物排放规定。

6.3 废液

- 6.3.1 气化系统和燃烧系统产生的夹套或锅炉排污水可经间接冷却后直接排放。
- 6.3.2 干化系统和烟气处理、尾气净化系统排放的废水应符合 GB 8978 的排放规定及当地地方标准的规定。若附近有市政污水管网, 在核实其排放能力后, 可将废水处理至满足污水处理厂纳管标准 GB/T 31962 后排放至污水管网。

6.4 固体废物

- 6.4.1 气化炉产生的炉渣, 应集中收集于渣仓内, 定期运输和处置。
- 6.4.2 炉渣可作为建材原料回收利用。
- 6.4.3 烟气处理产生的飞灰应单独储存、运输和处置, 根据鉴定结果, 确定是否按照危险废物进行管理。如进入生活垃圾填埋场处置, 应符合 GB 16889 的规定; 如进入水泥窑处置, 应符合 GB 30485 的规定。

6.5 环保监测要求

- 6.5.1 应按照有关法律和《环境监测管理办法》等规定, 建立企业监测制度, 制定监测方案, 并向当地环境保护行政主管部门和行业主管部门备案。对污染物排放状况及其对周边环境质量的影响开展自行监控, 保存原始监控记录周期为 1~3 个月, 并实时在线更新监测结果。
- 6.5.2 应按照《污染源自动监控管理办法》的规定安装烟气在线监测装置, 监测指标应至少包括烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物。

6.5.3 烟气中重金属类污染物和气化炉炉渣热灼减率的监测应每月至少开展 1 次；对烟气中二噁英的监测应每年至少开展 1 次，其采样要求应按照 HJ 77.2 的规定，其浓度为连续 3 次测定值的算术平均值。对其他大气污染物排放情况监测的频次、采样时间等要求，按照有关环境监测管理规定和技术规范的要求执行。

7 设计与运行管理安全要求

7.1 设计安全要求

7.1.1 可燃气体、有毒气体检测报警系统的设计按照《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》GB 50493 的规定执行。

7.1.2 建筑物的结构形式以及选用的材料应符合《建筑设计防火规范》GB 50016—2014 中防火防爆的规定。

7.1.3 按照现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的规定划分爆炸和火灾危险区域，并设计和选用相应的仪表、电气设备。

7.1.4 有超压危险的生产设备和管道应设计泄压系统。

7.1.5 设置火灾自动报警装置，在污泥转运部位采取加强局部通风措施。

7.2 运行管理安全要求

7.2.1 操作人员必须经过培训、考核合格后上岗，必须熟悉热解气化处理工艺和设施、设备的运行要求及技术指标。特种作业人员（如电工、锅炉工等）应持证上岗。操作人员上岗时应佩戴劳动保护用品。对于有限空间、高处、临时用电、电气倒闸操作等危险作业，按照相关管理制度严格执行审批手续，安排专人负责现场安全管理，确保安全措施的实施。

7.2.2 污泥热解气化工程的料仓、地坑、气化炉、热风炉、余热锅炉、输送装置、用电设备和厂房等设施和设备应设置明显标识，在潜在的坠落、触电、火灾、机械伤害、中毒、窒息等危险处应设置警示标识。

7.2.3 针对潜在事故隐患源的分布、发生事故的可能性及其严重程度，应制定事故隐患的现场管理制度，制订停水停电、中毒、火灾爆炸、机械伤害等各类安全事故的应急预案，建立应急救援组织，配备应急救援器材。

8 采样与检测

8.1 采样要求

8.1.1 污泥的采样应按照 CJ/T 221、CJ/T 531 及 HJ/T 20 的规定执行。

8.1.2 可燃气体的采样应按照 MT 142 的规定执行。

8.1.3 炉渣的采样应按照 CJ/T 531 的规定执行。

8.2 检测要求

8.2.1 污泥热解气化技术的检测项目测定方法参考表 1。

表1 检测项目测定方法

序号	检测项目	测定方法	方法来源
1	热值	恒温式热量计法	GB/T 213
2	可燃气成分	气相色谱法	GB/T 8984
3	有机物含量	重量法	CJ/T 221
4	含水率	重量法	CJ/T 221
5	热灼减率	重量法	HJ 1024
6	冷压强度	—	MT/T 748
7	热稳定性	—	MT/T 924
8	热强度	—	MT/T 1073

8.2.2 污泥热解气化技术的检测周期宜按表2的规定执行。

表2 检测项目和周期

序号	检测项目	检测周期
1	热值	24 h
2	可燃气成分	2 h
3	有机物含量	24 h
4	含水率	24 h
5	热灼减率	24 h
6	冷压强度	24 h
7	热稳定性	24 h
8	热强度	24 h