

ICS 27.010

CCS F 01



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

生物质烘焙-热解耦合工艺技术规程

Biomass torrefaction - pyrolysis coupled process technical specification

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 总体要求	2
4.1 原料要求	2
4.2 设备要求	2
4.3 人员要求	2
4.4 环境要求	2
4.5 工艺系统要求	2
5 工艺流程	2
5.1 总体工艺流程	2
5.2 工艺要求	3
6 工艺过程控制	4
6.1 控制体系要求	4
6.2 关键参数监测要求	4
6.3 单元协同控制要求	4
6.4 异常工况控制要求	4
7 安全要求	4
7.1 通用安全要求	4
7.2 工艺安全要求	4
7.3 消防安全要求	5
8 环保要求	5
8.1 废气污染控制要求	5
8.2 废水污染控制要求	5
8.3 固体废物管理要求	5
8.4 噪声与粉尘控制要求	5
9 维护与保养	5
9.1 设备维护与保养	5
9.2 工艺系统维护	5

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

生物质烘焙-热解耦合工艺技术规范

1 范围

本文件规定了生物质烘焙-热解耦合工艺的总体要求、工艺流程、工艺过程控制、安全要求、环保要求、维护与保养。

本文件适用于农作物秸秆、林业剩余物、木质废弃物及其他适宜热化学转化的生物质材料的烘焙-热解耦合工艺生产过程。

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 8978 污水综合排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 40113.1 生物质热解炭气油多联产工程技术规范 第1部分：工艺设计

3 术语和定义

GB/T 40113.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物质 biomass

通过光合作用形成的有机物质，包括农作物秸秆、林业剩余物、木质废弃物及其他适宜热化学转化的材料。

3.2

烘焙 roasting

通过均匀加热原料，使原料水分降低至工艺要求范围，为热解工艺提供适宜条件的预处理工艺单元。

3.3

热解 pyrolysis

在缺氧或惰性气氛下对烘焙后的生物质进行快速升温，使其发生热分解反应生成焦炭、液态产物和气态产物的过程。

3.4

炭化率 carbonization rate

热解过程中生物质有机成分转化为固体焦炭的比例，反映热解效率。

4 总体要求

4.1 原料要求

- 4.1.1 进入烘焙-热解耦合工艺系统的生物质原料应来源合法、稳定可靠，并符合相关法律法规及标准要求。
- 4.1.2 生物质原料宜包括农作物秸秆、林业剩余物、木质废弃物及其他适宜热化学转化的生物质材料。
- 4.1.3 原料中不应混入危险废弃物、有毒有害物质及其他可能影响工艺安全运行的杂质。
- 4.1.4 原料的水分含量应不高于25%，粒径应不大于80mm，灰分含量应不大于8%，杂质含量应不大于2%。
- 4.1.5 应建立原料质量检验与验收制度，对进厂原料进行分类、检测和记录。

4.2 设备要求

- 4.2.1 工艺系统设备配置应与设计产能、工艺路线及运行负荷相匹配，并满足连续稳定运行的要求。
- 4.2.2 主要工艺设备应包括原料预处理设备、烘焙装置、热解装置、热能回收装置、产物处理装置及辅助设备。
- 4.2.3 与高温、高腐蚀环境接触的设备部件应具备相应耐高温、耐腐蚀及耐磨性能，设计参数如下：
 - a) 烘焙装置设计耐温不低于220℃；
 - b) 热解反应器耐温不低于500℃；
 - c) 物料输送能力不低于设计产能的1.2倍。
- 4.2.4 关键设备应设置必要的安全保护、联锁控制及报警装置。
- 4.2.5 工艺设备应便于运行监控、维护检修及部件更换。
- 4.2.6 设备安装、调试及验收应符合相关技术规范和安全要求。

4.3 人员要求

- 4.3.1 从事烘焙-热解耦合工艺运行、维护及管理的人员应具备相应的专业知识和操作技能。
- 4.3.2 操作人员应经培训合格后上岗，并定期接受工艺、安全及应急处置培训。
- 4.3.3 关键岗位人员应熟悉工艺流程、控制参数及异常工况处理方法。
- 4.3.4 应建立岗位责任制，明确各岗位职责及操作权限。
- 4.3.5 特殊作业人员应按照国家有关规定持证上岗。

4.4 环境要求

- 4.4.1 工艺系统运行环境应防火、防爆、防尘、防腐蚀，通风良好。
- 4.4.2 生产操作区域室内温度宜为15℃~35℃，相对湿度应为30%~70%，关键操作区域通风风速应不低于0.3m/s。
- 4.4.3 生产场地应具备稳定的供电、供水、供气及通信条件。
- 4.4.4 生产区域宜设置必要的防护设施和安全警示标识。
- 4.4.5 室外设备及管线应采取防雨、防晒、防冻等防护措施。

4.5 工艺系统要求

- 4.5.1 烘焙系统、热解系统、热能回收系统及辅助系统应进行统一规划与集成设计，实现协同运行。
- 4.5.2 工艺系统应具备稳定运行、负荷调节及应急处置能力。
- 4.5.3 各工艺单元之间的物料输送、能量传递及信息交互应顺畅可靠。
- 4.5.4 工艺系统宜配置集中控制系统，对关键运行参数进行实时监测和记录。
- 4.5.5 工艺系统运行过程中不应存在影响系统安全、稳定及连续运行的结构性缺陷。

5 工艺流程

5.1 总体工艺流程

5.1.1 工艺流程图

生物质烘焙-热解耦合工艺的典型工艺流程如图1所示。

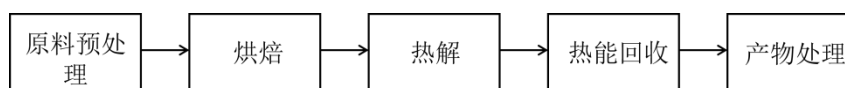


图1 生物质烘焙-热解耦合工艺流程

5.1.2 工艺单元

生物质烘焙-热解耦合工艺主要包括以下单元，每个单元的功能如下：

- a) 原料预处理单元：通过清理、破碎、筛分和混合，确保原料粒径、水分及杂质符合工艺要求，并顺利输送至烘焙单元；
- b) 烘焙单元：均匀加热原料至预定温度，降低水分含量，为热解工艺提供适宜条件；
- c) 热解单元：在控制气氛下对烘焙物料进行快速升温，使原料发生热解反应，生成焦炭、液体和气体产物；
- d) 热能回收单元：利用热解气体及废热对烘焙及其他单元进行能源回收，提高系统能效；
- e) 产物处理单元：对焦炭、液态产物和气态产物进行分离、收集和储存。

5.2 工艺要求

5.2.1 原料预处理工艺

原料预处理工艺要求如下：

- a) 原料接收：明确原料接收的流程，包括检验、称重、分类存放，对不合格原料进行单独处理，避免混入工艺系统；
- b) 除杂：应对原料进行清理，去除石块、金属及其他杂质；
- c) 破碎与筛分：根据工艺需求，对原料进行破碎、筛分，控制原料粒度均匀，粒径应不大于50mm，操作过程中应控制粉尘扩散；
- d) 干燥预处理：根据原料含水率，采用适宜的干燥方式降低原料水分，水分宜控制在10%~20%；
- e) 输送与暂存：将干燥后的原料均匀输送至烘焙单元或暂存仓，防止混料或水分变化。

5.2.2 烘焙工艺

烘焙工艺要求如下：

- a) 进料与均匀加热：将原料均匀送入烘焙设备，确保温度分布均匀；
- b) 烘焙温度控制：烘焙温度应控制在180℃~220℃，水分应降低至5%~12%；
- c) 停留时间控制：物料在烘焙设备中应停留30min~60min；
- d) 出料操作：烘焙完成后，原料应冷却至规定温度后再进入下一工艺单元，出料过程中应控制速度，避免物料堆积；
- e) 排气与气体处理：烘焙过程中产生的气体应按工艺要求进行处理或回收；
- f) 关键控制点：出料水分差异应不高于3%。

5.2.3 热解工艺

热解工艺要求如下：

- a) 物料送入：将烘焙后的原料均匀送入热解反应器；
- b) 升温与温控：升温速率应控制在5℃/min~15℃/min，热解温度应控制在400℃~550℃；
- c) 停留时间：物料在热解温度下停留30min~90min，炭化率应不低于65%；
- d) 气氛控制：保持低氧或惰性气氛，避免原料氧化；
- e) 产物生成与监测：监测气体组成，热解反应应充分且产物稳定。

5.2.4 热能回收工艺

热能回收工艺要求如下：

- a) 余热利用：将热解气体及废热用于烘焙或原料预热；
- b) 热效率控制：热效率应不低于60%，热交换温差应控制在5℃~30℃；
- c) 流量与温度监控：系统热量应平衡，避免局部过热或能量浪费；
- d) 关键控制点：热回收系统输出温度和流量应满足烘焙及预热需求。

5.2.5 产物处理工艺

产物处理工艺要求如下：

- a) 产物出料：将热解产物均匀送入分离设备，防止积料或堵塞；
- b) 分离收集：对焦炭、液态产物和气态产物进行分离和收集；

- c) 产物温控：焦炭出料温度应不高于100℃，液态产物温度应不高于50℃；
- d) 储存管理：产物储存区应通风良好，液态产物分类储存，收集效率应不低于95%；
- e) 关键控制点：保证产物稳定性及收集效率，防止产物混合或损失。

6 工艺过程控制

6.1 控制体系要求

- 6.1.1 应建立覆盖原料预处理、烘焙、热解、回收及产物处理全过程的工艺控制体系。
- 6.1.2 应对关键工艺参数实施分级控制管理。
- 6.1.3 应采用自动控制系统与人工巡检相结合的方式。

6.2 关键参数监测要求

- 6.2.1 应对温度、水分、流量、压力、气体组成等参数实施在线或定期监测。
- 6.2.2 监测点设置应覆盖关键工艺节点。
- 6.2.3 监测数据应实时记录并存档，保存期限不应少于3年。

6.3 单元协同控制要求

- 6.3.1 原料预处理与烘焙单元应保持产能匹配。
- 6.3.2 烘焙与热解单元应保持连续稳定衔接。
- 6.3.3 热能回收系统运行应与主工艺负荷协调。

6.4 异常工况控制要求

- 6.4.1 异常工况判定
出现参数持续超限、产率异常波动、系统运行不稳定等情况时，应判定为异常工况。
- 6.4.2 异常工况处理
出现异常工况时应按下列程序处理：
 - a) 确认异常原因；
 - b) 调整工艺条件；
 - c) 评估运行状态；
 - d) 恢复正常生产。

7 安全要求

7.1 通用安全要求

- 7.1.1 企业应建立安全生产管理制度，明确从业人员的安全职责，定期开展安全生产培训和应急演练，提升从业人员的安全意识和操作技能。
- 7.1.2 车间应设置明显的安全标志（如防火、防爆、防尘、防毒标志），配备齐全的消防器材、应急救援设备，定期检查、维护。
- 7.1.3 从业人员应穿戴符合要求的劳动防护用品（如安全帽、防护手套、防尘口罩、耐高温防护服等），严格按照操作规程操作，严禁违规操作。

7.2 工艺安全要求

- 7.2.1 烘焙、热解设备应具备良好的密封性能，防止热解气、粉尘泄漏，避免形成易燃易爆、有毒有害气体。
- 7.2.2 工艺系统应设置防爆、泄压装置，定期校验，防止设备内压力过高导致爆炸事故。
- 7.2.3 热解气的回收、输送应符合安全规范，避免泄漏、回火，管道应定期检查、维护，防止腐蚀、破损。
- 7.2.4 严禁在工艺运行过程中违规打开设备检修门、进料口等，如需检修，应先停机、冷却、通风，确认安全后再进行操作。

7.3 消防安全要求

7.3.1 车间内应严禁吸烟、违规使用明火，严禁存放易燃易爆物品，配备足够的消防器材，明确消防通道，确保畅通。

7.3.2 应定期开展消防安全检查，及时清理车间内的积尘、杂物，排查火灾隐患，制定火灾应急预案，定期开展应急演练。

8 环保要求

8.1 废气污染控制要求

工艺过程中产生的废气（如热解气、粉尘、挥发性有机物）应经过净化处理，符合GB 16297的要求后排放，严禁未经处理直接排放。

8.2 废水污染控制要求

工艺过程中产生的废水（如设备清洗废水、冷凝水）应收集处理，符合GB 8978的要求后排放。

8.3 固体废物管理要求

工艺产生的固体废弃物（如原料杂质、设备积料、固体炭残渣）应分类收集、合理处置，可回收利用的应回收利用，不可回收的一般工业固体废物应按照GB 18599的要求处置，危险废物应按照GB 18597的要求处置。

8.4 噪声与粉尘控制要求

工艺运行过程中应采取有效的防尘、降噪措施，减少对周边环境和人员的影响。

9 维护与保养

9.1 设备维护与保养

9.1.1 应建立设备维护保养制度，明确维护保养周期、内容、责任人员，定期对烘焙设备、热解设备、输送设备、监测设备等进行清洁、检查、维修、校准。

9.1.2 维护保养过程应做好记录，包括维护保养时间、内容、结果等，存档备查，对老化、损坏的设备部件应及时更换。

9.2 工艺系统维护

9.2.1 应定期对工艺管道、密封装置、换热系统等进行检查、维护，防止泄漏、堵塞，确保工艺系统的密封性和稳定性。

9.2.2 应定期清理工艺系统内的积料、结焦、粉尘等，避免影响工艺效率和设备运行，清理过程应符合安全操作要求。