

ICS:

# 团 体 标 准

T/JSERS 1-202X

## 生物质气化多联产装置设计及性能规范

Design and performance specification of biomass  
gasification poly-generation plant

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

江苏省能源研究会发布

## 前言

生物质气化多联产作为生物质利用的一种科学、高值、规模化的方式，可将生物质转变为炭、电、热、液、肥等多种产物，市场商业化前景广阔，但由于该技术尚处于起步阶段，且现有技术及装置水平差异较大。为进一步促进技术进步；进一步提高市场准入门槛；进一步合理规范技术设计，需要一部能够定性定量的标准以指导、规范产业发展。根据以上要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本导则。

本导则的主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、性能指标、安全原则、附录。

本标准由合肥德博生物能源科技有限公司提出，江苏省能源研究会负责归口。

**本标准负责起草单位：**

**本标准参加起草单位：**

**本标准主要起草人：**

# 目 次

1 总则 .....	- 1 -
2 术语和符号.....	- 2 -
2.1 术语.....	- 2 -
2.2 符号.....	- 3 -
3 基本规定.....	- 3 -
3.1 一般规定.....	- 3 -
3.2 装置工艺要求.....	- 4 -
3.3 装置制造规定.....	- 8 -
4 性能指标.....	- 8 -
4.1 产物指标.....	- 8 -
4.2 液相产物利用与处理.....	- 9 -
5 安全原则.....	- 10 -
5.1 防爆装置.....	- 10 -
5.2 电气联锁.....	- 10 -
5.3 吹扫.....	- 11 -
附录 A.....	- 12 -
附录 B.....	- 13 -
附录 C.....	- 14 -
附录 D.....	错误!未定义书签。
附录 E.....	错误!未定义书签。
附录 F.....	错误!未定义书签。
附录 G.....	- 17 -
本导则用词说明.....	- 20 -
引用标准名录.....	- 21 -

## 1 总则

1.0.1 为了规范和指导生物质气化多联产装置设计，提高行业发展水平，使生物质气化多联产装置满足稳定运行、安全可靠、经济合理、技术先进、“四节一环保”等要求，制定本导则。

1.0.2 本导则适用生物质处理量大于 300kg/h 的生物质气化多联产系统。

1.0.3 本导则规定了以农林生物质为主要原料，采用生物质气化多联产工艺，将生物质转变为生物质炭、生物质燃气、电能、热能、生物质液、炭基复合肥等多种产物的多联产系统的装置设计及原则等要求。

1.0.4 生物质气化多联产装置设计除应符合本导则外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 生物质气化 biomass gasification

利用空气中的氧气作为气化剂，在一定温度条件下生物质原料中的纤维素、半纤维素、木质素等发生化学反应，转化为可燃的一氧化碳、氢气和甲烷等气体及其他副产物的热化学转化过程。

#### 2.1.2 生物质气化多联产 biomass gasification polygeneration

采用气化工艺，将生物质原料转化为生物质炭、生物质燃气、生物质液，进而再转变为电能、热能、炭基复合肥等等多种产物的技术。

#### 2.1.3 气化强度 gasification intensity

单位时间、单位横截面积上气化的原料量。

#### 2.1.8 生物质燃气 biomass gas

生物质原料经反应所产生的含一氧化碳、氢气、烷烃等可燃物质的混合气体。

#### 2.1.9 生物质炭 bio-char

生物质原料经反应后生成的含碳固态物质。

#### 2.1.10 生物质液 biomass liquid

生物质原料反应过程中生成的常温下呈液态的产品，高温时呈气态的物质，以生物质焦油、生物质木醋液为主要组分。

#### 2.1.12 外部含灰率 extra ash content

生物质原料中的外来灰分质量与生物质原料总质量的百分比。

#### 2.1.13 含水率 moisture content

生物质原料中的水分质量与生物质原料质量的百分比。

#### 2.1.6 额定原料消耗量 rated raw material consumption

在额定反应负荷下，单位时间内生物质气化多联产装置反应消耗的生物质原料质量。

#### 2.1.7 生物质炭收率 bio-char yield

反应产生的生物质炭质量与参与反应的生物质原料质量的百分比。

#### 2.1.4 生物质炭含碳率 biochar carbon content

生物质炭中固定碳的质量与生物质炭质量的百分比。

#### 2.1.5 气化全热效率 gasification overall thermal efficiency

生物质原料反应成生物质燃气、生物质焦油、生物质炭所携带的物理显热及化学热能量

之和与参与反应的生物质原料热量的百分比。

## 2.2 符号

$q$  一气化强度；

$m$  一单位时间参与反应的原料质量；

$S$  一生物质气化多联产装置横截面积；

$A_{\text{外}}$  一外部含灰率；

$m_a$  一干燥基初始试样质量；

$m_b$  一经浸泡、过滤、冲洗后干燥基试样质量；

$\eta$  一气化全热效率；

$Q_1$  一入炉生物质原料物理显热；

$Q_2$  一入炉生物质原料化学热量；

$Q_3$  一生物质焦油化学热量；

$Q_4$  一生物质焦油物理显热；

$Q_5$  一生物质燃气物理显热；

$Q_6$  一生物质燃气化学热量；

$Q_7$  一生物质炭物理显热；

$Q_8$  一生物质炭化学热量；

$\eta_{\text{炭}}$  一生物质炭收率；

$m_{\text{炭}}$  一单位时间生物质炭产生质量；

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 生物质气化多联产装置设计应遵循生物质多组分价值梯级利用的原则。

3.1.2 生物质气化多联产装置设计应根据实际工程运行现状，不断总结生产经验，实时对装置进行优化、改进及升级。

3.1.3 生物质气化多联产装置设计应符合相关标准的规定。

3.1.4 生物质气化多联产装置中关键设备设计使用寿命不应低于 20 年，主体钢构件使用寿命不低于 20 年。

3.1.5 设备的防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB50057-2011 的有关规

定。

3.1.6 生物质气化多联产装置场站的火灾危险性分类及防火等级设计按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016-2014 执行，生物质气化多联产装置车间应属于乙类火灾危险性生产厂房，其建筑耐火等级不应低于二级。

### 3.2 装置工艺要求

3.2.1 生物质气化多联产装置的选择可分为下吸式固定床生物质气化多联产装置、上吸式固定床生物质气化多联产装置、流化床生物质气化多联产装置等。

3.2.2 流化床、上吸式固定床生物质气化多联产装置系统可以分为微压系统、负压系统和加压系统。下吸式固定床生物质气化多联产装置分为负压和微压系统。加压系统需保证原料的可靠供给，微压及负压系统需保证燃气的安全输送。

3.2.3 生物质气化多联产装置由于结构形式和气化反应场所不同，适用于不同特性的生物质原料，生物质气化多联产在炉型与原料的匹配上宜参考表 3.1 的规定。

表 3.1 生物质气化多联产装置与适用的生物质原料种类

生物质气化多联产装置类型	适用的生物质原料
上吸式固定床生物质气化多联产装置	主要适用于块状的原料，如木片、竹片、秸秆压块等。
下吸式固定床生物质气化多联产装置	主要适用于小颗粒状原料，如稻壳、杏仁壳、棕榈壳、桃壳、椰壳等果壳、颗粒燃料。
流化床生物质气化多联产装置	主要适用于粉状、条状原料，如竹屑、木屑、工厂下脚料、锯末及高水分、高碱类生物质原料。

3.2.4 生物质原料的特性影响气化反应的进程与结果，进入生物质气化多联产装置的原料应进行破碎、干燥、除灰等处理。外部含灰率的测定宜符合规范，测定方法参见附录 A，含水率的测定方法应按现行国家标准《固体生物质燃料全水分测定方法》GB/T 28733-2012 执行。生物质气化多联产装置所用生物质原料的特性宜满足表 3.2 的规定。

表 3.2 主要生物质原料的特性要求

原料种类	粒径 (cm)	含水率 (%)	外部含灰率 (%)
木片	5-10	≤20	≤3
竹片	5-10	≤20	≤2
秸秆压块	3-5	≤15	≤3

稻壳	-	≤13	≤5
杏仁壳	-	≤10	≤3
竹屑	-	≤45	≤5
木屑	-	≤45	≤5

注：棕榈壳、桃壳、椰壳等果壳同杏仁壳指标。

3.2.5 生物质气化多联产装置的规模大小应根据原料量进行确定，考虑收储及装置的机械性能，工业化应用的生物质气化多联产装置额定原料消耗量设计宜符合表 3.3 的规定。

表 3.3 生物质气化多联产装置的额定原料消耗量（单台）

生物质气化多联产装置类型	额定原料消耗量（kg/h）
上吸式固定床生物质气化多联产装置	3500~10000
下吸式固定床生物质气化多联产装置	1800~4000
流化床生物质气化多联产装置	1000~20000

注：生物质气化多联产装置的运行负荷调整应按照额定原料消耗量的 60%-110% 进行。

3.2.6 生物质气化多联产装置内原料层应设计在合理高度，且不宜小于表 3.4 的规定。

表 3.4 生物质气化多联产装置内料层高度

生物质气化多联产装置类型	原料层高度（mm）
上吸式固定床生物质气化多联产装置	3500
下吸式固定床生物质气化多联产装置	2500

注：流化床生物质气化多联产装置对原料层的高度不作限制，但流化床生物质气化多联产装置的床料高度不宜小于 500mm。

3.2.7 生物质气化多联产装置的气化强度是以衡量装置性能的重要指标，计算方法参见附录 B，气化强度的范围取值宜符合表 3.5 的规定。

表 3.5 生物质气化多联产装置的气化强度

生物质气化多联产装置类型	气化强度（kg/（m <sup>2</sup> ·h））
上吸式固定床生物质气化多联产装置	50~300
下吸式固定床生物质气化多联产装置	50~350
流化床生物质气化多联产装置	1000~2000

3.2.8 生物质气化多联产装置生物质炭产品品质与设计反应温度相关，生物质气化多联产装置燃气出口温度宜符合表 3.6 的规定。

表 3.6 生物质气化多联产装置燃气出口温度

生物质气化多联产装置类型	装置燃气出口温度（℃）
上吸式固定床生物质气化多联产装置	80~150
下吸式固定床生物质气化多联产装置	350~450
流化床生物质气化多联产装置	550~780

3.2.9 生物质气化多联产装置应在关键的高温区域配套有水冷装置，如：炉排装置、出炭装置、給料装置等。

3.2.10 生物质气化多联产装置平台基础及设备框架载荷，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009-2012 的有关规定确定。

3.2.11 生物质气化多联产装置炉膛承压能力不应小于 $\pm 400\text{kgf/m}^2$ ，炉膛外应由大于 8mm 钢板组成，应保证在各种工况下不发生永久变形。

3.2.12 生物质气化多联产装置应根据不同部位选择不同性能耐火材料，宜使用酸性耐火材料或中性耐火材料，不宜使用碱性耐火材料。常用的耐火材料有耐火砖、轻质保温砖、轻质隔热浇注料、硅酸铝纤维保温材料、耐磨耐火浇注料、耐磨可塑料。具体性能及主要使用部位参见附录 C。

3.2.13 生物质气化多联产装置保温层厚度的确定应按现行国家标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-2013 的有关规定。

3.2.14 生物质气化多联产装置人孔门、设备检修孔密封时选择材料应符合下列规定：

1 进行人孔门密封时，人孔门直径不宜小于 500mm，应选择耐高温油浸石棉盘根进行密封。

2 进行检修孔密封时，应选择耐高温石棉板密封。

3.2.15 生物质气化多联产装置本体上安装的温度监测仪表和料位监测仪表超出炉壁距离不宜小于 3cm；物料挤压处超出炉壁距离不宜小于 1cm。

3.2.16 生物质气化多联产装置表面应进行涂漆防腐处理。

3.2.17 生物质气化多联产装置炉型和容量的设计，应根据生物质原料的来源、品种、供应规模、各种产品的市场需求、投资、工艺流程以及技术经济综合比较后进行确定，同时生物质气化多联产装置的设计应符合下列要求：

#### 1 流化床生物质气化多联产装置

3.2.18 流化床生物质气化多联产装置的布风装置设计应有较高的抗敲打及抗烧损能力，应

使物料能够流化均匀，风帽口应便于清理。

3.2.19 流化床生物质气化多联产装置的炭输送绞龙装置应符合下列要求：

- 1 炭输送绞龙输送量不宜小于生物质气化多联产装置额定工作运行时生物质炭产量的150%；
- 2 生物质炭出口设置多级密封装置；
- 3 炭输送绞龙应具备正反转功能。

## II 上吸式固定床生物质气化多联产装置

3.2.20 上吸式固定床生物质气化多联产装置炉排装置设计应符合下列要求：

1 上吸式固定床生物质气化多联产装置的炉排设计应符合技术文件的要求及相关标准的规定，支撑气化的燃料层，有效松动料层、消除架桥、排出生物质炭，满足进入炉排内的空气气流分布匀速的要求；

2 上吸式固定床生物质气化多联产装置的炉排转速设定应满足相关技术要求，炉排的驱动装置宜采用变频调速技术，且应采取相关减震措施，驱动装置固定处基础载荷不低于设计值的1.5倍。

3.2.21 上吸式固定床气化多联产装置的炉前给料装置应采用密封式。

3.2.22 生物质气化多联产装置内高温工作的机械部件应充分考虑受热膨胀不利影响，避免设备在正常运行时因产生热变形现象造成生物质气化多联产装置内机械运动部件出现卡阻、咬死等故障。

3.2.23 上吸式固定床生物质气化多联产装置的炭输送绞龙装置应符合本标准第3.2.19条的规定。

3.2.24 上吸式固定床气化炉应设有位计进行料位监测。

3.2.25 上吸式固定床生物质气化多联产装置与生物质燃气接触金属应使用304不锈钢等耐腐蚀性较好的材料。

3.2.26 上吸式固定床气化多联产装置应采用干式出炭/出渣。

## III 下吸式固定床气化炉

3.2.27 下吸式固定床生物质气化多联产装置炉排装置设计应符合本标准第3.2.20条的规定。

3.2.28 下吸式固定床生物质气化多联产装置的炭输送绞龙装置应符合本标准第3.2.19条的规定。

3.2.29 下吸式固定床生物质气化多联产装置炉排转盘啮合处从动齿轮强度应高于传动齿轮

强度。

3.2.30 下吸式固定床生物质气化多联产装置应设有监控装置对生物质气化多联产装置内料层情况进行实时监测，监控安装位置不宜少于两处。

3.2.31 下吸式固定床生物质气化多联产装置设计运行时应能够关闭装置上的孔、门。

### 3.3 装置制造规定

3.3.1 生物质气化多联产装置的炉墙砌筑方法应按现行国家标准《工业炉砌筑工程施工与验收规范》GB50211-2014 执行。

3.3.2 生物质气化多联产装置的零件、组件及部件焊接应按现行行业标准《钢制焊接常压容器》NB/T 47003.1 和现行国家标准《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》GB/T985.1 和执行，焊缝不得有表面缺陷（如焊缝尺寸不符合要求，咬边、表面气孔、表面夹渣、表面裂纹、焊瘤、弧坑等）及内部缺陷（如气孔、夹渣、裂纹、未熔合、偏析、显微组织不符合要求等）。

3.3.3 固定床生物质气化多联产装置水冷夹套结构及冷却水管道焊接缝经外观检查合格后进行压力试验，应按现行国家标准《压力管道规范工业管道检验与试验》GB/T20801.5-2006 执行。

## 4 性能指标

### 4.1 产物指标

4.1.1 气化全热效率作为衡量系统有效工作效率的重要能效指标，其性能指标不宜小于表 4.1 的规定。测定方法参见附录 D。

表 4.1 物质气化多联产装置气化全热效率性能指标

生物质气化多联产装置类型	气化全热效率 (%)
上吸式固定床生物质气化多联产装置	>90
下吸式固定床生物质气化多联产装置	>90
流化床生物质气化多联产装置	>92

4.1.2 生物质炭收率作为衡量物质转化率的重要经济指标，其指标能效指标不宜小于表 4.2 的规定。

表 4.2 生物质气化多联产装置生物质炭收率性能指标

生物质气化多联产装置类型	原料种类	生物质炭收率 (%)
--------------	------	------------

上吸式固定床生物质气化多联产装置	木、竹类	>13
	秸秆类	>15
下吸式固定床生物质气化多联产装置	稻壳	>28
	杏仁壳	>22
	秸秆类	>15
流化床生物质气化多联产装置	木、竹类	>11
	秸秆类	>13
	杏仁壳	>18
	稻壳	>22

注：1、原料含水率按 18% 标定上表中指标。

2、棕榈壳、桃壳、椰壳等果壳同杏仁壳指标。

4.1.3 生物质炭的含碳率受生物质原料种类的影响，生物质炭含碳率的测定方法应按现行国家标准《木炭和木炭试验方法》GB/T 17664-1999 执行。生物质炭的含碳率不宜小于表 4.3 的规定。

表 4.3 生物质炭含碳率

原料种类	生物质炭含碳率 (%)
木片	>75
竹片	>70
秸秆压块	>40
稻壳	>43
杏仁壳	>75
竹屑	>70
木屑	>73

## 4.2 液相产物

4.2.1 生物质液经冷凝、分离、回收及提取后得到含有酸类、醇类、酯类、醛类、酮类、酚类等多种化学成分的生物质提取液。生物质提取液的利用方向可参考下列规定：

- 1 生物质提取液微量元素丰富，可制备成农药助剂及液面肥。
- 2 生物质提取液有抑菌和杀菌作用，可制备成消毒液、杀菌液及除臭剂。
- 3 生物质液应在处理达标后进行排放，严禁直接对外排放。

4 生物质液在冷凝、分离、回收及提取过程中，应对产生的异味进行处理，严禁对环境产生二次污染。

4.2.2 鉴于环保控制存在风险，生物质气化多联产装置液相产物没有明确下游产业时，不宜产生液相产物。

## 5 安全原则

### 5.1 防爆装置

5.1.1 生物质气化多联产装置应设置水封或爆破阀等防爆泄压装置。设置在室外，冬季平均气温低于 0℃的地区不宜使用水封泄压装置。

5.1.2 流化床生物质气化多联产装置应装设爆破阀装置，按现行国家标准《发生炉煤气站设计规范》GB 50195-2013 执行。

5.1.3 爆破阀的装设应符合下列规定：

1 爆破阀的尺寸应经过计算，设计计算按现行国家标准《爆破片与爆破片装置》GB 567-1999 规定执行。

2 爆破阀应保持密封状态。

3 爆破阀应装设在设备的薄弱处或者直接受到高压气流冲击力的部位。

4 爆破阀的泄爆口不应正对建筑物的门窗、通道及有人员通过的道路。

5 爆破阀的泄爆口应装设有防护装置。

5.1.4 固定床生物质气化多联产装置应装设泄压水封装置，水封的有效高度应符合表 5.1 的规定。

表 5.1 水封的有效高度

生物质气化多联产装置炉型	有效高度 (mm)
上吸式固定床生物质气化多联产装置	150
下吸式固定床生物质气化多联产装置	100

5.1.5 固定床生物质气化多联产装置泄压水封装置应符合下列规定：

1 装置应设有保持其水位固定的措施。

2 对低温地区，装置应有保温、加热或添加防冻液等措施。

3 水封箱内应长期保持洁净。

### 5.2 电气连锁

5.2.1 生物质气化多联产装置重要温度测点或压力测点应设置安全连锁，当测点偏离正常值

后，应立即执行联锁停炉操作，保证系统安全、可靠运行。

5.2.2 生物质气化多联产装置重要温度测点设置报警。

5.2.3 应设置故障信号安全联锁，安全联锁保护动作符合下列规定：

#### I 后部用气系统故障

5.2.4 后部用气系统发生故障时，应立即执行安全操作：

- 1 自动切断生物质气化多联产装置与后部用气系统，生物质气化多联产装置切入排空状态，降低负荷运行；
- 2 后部用气系统在短时间内无法排出故障，应清空原料停炉检修。

#### II 生物质气化多联产装置风机故障

5.2.5 生物质气化多联产装置风机发生故障时，应立即执行安全操作：

- 1 自动切断生物质气化多联产装置与后部用气系统，生物质气化多联产装置切入排空状态；
- 2 风机故障处理时应在管道嵌入盲板。

#### III 停电故障

5.2.6 当现场发生停电故障时，应立即执行安全操作：

- 1 检查各阀门工作状态，排空阀门应为开，其他阀门应为关；
- 2 操作人员第一时间开启备用水源。

### 5.3 吹扫

5.3.1 生物质气化多联产装置在故障后，应对管道进行吹扫，吹扫用气体应符合下列规定：

- 1 当利用惰性气体进行吹扫时，宜采用氮气或二氧化碳，惰性气体可采用气瓶储存及运输；
- 2 当厂区有自用蒸汽时，优先考虑用蒸汽进行吹扫。

## 附录 A

### 外部含灰率的测定

(资料性)

#### A.1 外部含灰率的测定方法:

取少量已知质量的干燥基原料式样,利用清水对原料进行浸泡、冲洗、过滤等,经上述步骤完成后将水洗后的原料式样进行烘干,烘干至初始状态。将经过浸泡、冲洗、过滤后的干燥基原料式样进行称重,式样的初始质量减去经过浸泡、冲洗、过滤后的干燥基式样质量即为干燥基原料式样携带的外来灰分。外来灰分与式样初始质量的比值即为原料的外部含灰率。

#### A.2 外部含灰率的计算公式:

$$A_{\text{外}} = \frac{m_a - m_b}{m_a} \times 100\% \quad (\text{A.1.1})$$

式中,  $A_{\text{外}}$  —外部含灰率, %;

$m_a$  —干燥基初始式样质量, kg;

$m_b$  —经浸泡、过滤、冲洗后干燥基式样质量, kg。

附录 B  
气化强度的计算  
(资料性)

B 气化强度的计算公式

$$q = \frac{m}{S} \quad (\text{B. 1. 1})$$

式中， $q$ —气化强度， $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；

$m$ —单位时间参与反应的原料质量， $\text{kg}/\text{h}$ ；

$S$ —生物质气化多联产装置横截面积， $\text{m}^2$ 。

附录 C  
耐火材料  
(资料性)

C.1 耐火砖

表 1 耐火砖的主要性能指标

项目	高铝砖			黏土砖	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	70	80	90	40
SiO <sub>2</sub> /%	25	15	5	-	-
常温耐压强度/MPa	60	80	100	25	30
常温抗折强度/MPa	10	12	14	-	-
荷重软化开始温度/°C	1450	1550	1650	1350	1400
抗热震性(900°C水冷)/次	15	20	30	-	-
抗耐磨性/cm <sup>3</sup>	≤10	≤8	≤6	-	-
热导率(1000°C以下) / W·(m·K) <sup>-1</sup>	1.5	1.5	1.5	-	-
最高使用温度/°C	1400	1500	1600	-	-
使用性能	高温体积稳定, 耐磨损, 抗熔渣侵蚀				
主要使用部位	流化床生物质气化多联产装置整体炉墙部位、上吸式固定床生物质气化多联产装置整体炉墙部位、下吸式固定床生物质气化多联产装置上筒体炉墙及下吸式固定床生物质气化多联产装置炭仓墙体等部位				

C.2 轻质保温砖

表 2 轻质保温砖的主要性能指标

项目	超轻微珠保温砖		水泥珍珠岩保温砖		硅藻土保温砖	
	体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4
常温耐压强度/MPa	1	1.5	0.5	0.8	0.6	0.8
900°C线变化率/%	1	1	2	2	2	2
热导率/W·(m·k) <sup>-1</sup> (350°C)	0.15	0.2	0.06	0.08	0.13	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	35-40	35-40	10-15	10-15	25	25
工作温度/°C	500	600	200	200	300	300
主要使用部位	流化床生物质气化多联产装置整体炉墙部位、上吸式固定床生物质气化多联产装置整体炉墙部位、下吸式固定床生物质气化多联产装置上筒体炉墙部位、下吸式固定床生物质气化多联产装置下筒体炉墙部位及下吸式固定床生物质气化多联产装置炭仓墙体等部位					

C.3 轻质隔热浇注料

表 3 轻质隔热浇注料的主要性能指标

项目		黏土轻质浇注料	珍珠岩保温混凝土	硅藻土保温混凝土
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%		30	20	15
密度/g·cm <sup>-3</sup>		0.5	0.4	0.4
抗压强度/MPa	110℃	2.5	2	1.5
	500℃	0.6	1	0.5
	900℃	0.8	-	-
热导率/W·(m·k) <sup>-1</sup>		≤0.2	≤0.1	≤0.06
最高使用温度		900	600	600
主要使用部位		流化床生物质气化多联产装置炭斗部位、下吸式固定床生物质气化多联产装置炭仓底部及炭斗部位、上吸式固定床生物质气化多联产装置炭仓部位等		

#### C.4 硅酸铝纤维保温材料

表4 硅酸铝纤维保温材料的主要性能指标

指标	普通硅酸铝纤维毡	优质硅酸铝纤维毡	高铝纤维毡	干法针刺毡	含锆硅酸铝纤维毡	硅酸铝纤维板	硅酸铝纤维绳	岩棉板	复合硅酸盐板
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	46-50	50-54	60-64	-	≥38	-	-	-	-
SiO <sub>2</sub> /%	48-53	44-48	34-38	-	≥15 (ZrO <sub>2</sub> )	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	≤1.2	≤1.0	≤1.0	-	≤1.0	-	-	-	-
纤维直径/ μm	1-4	1-4	1-4	2-4	-	-	-	-	-
密度/ kg·cm <sup>-3</sup>	150-250	150-250	200-300	90-128	95-150	130	200-300	100-160	50
渣球含量/ %	≤4	≤4	≤4	-	≤10	-	-	-	-
气孔率/%	≥80	≥80	≥80	-	-	-	-	-	-
加热收缩率/%	≤4	≤4	≤4	≤4	≤3	-	-	-	-
热导率/ W·(m·k) <sup>-1</sup>	≤0.045	≤0.040	≤0.045	≤0.04	≤0.055	0.035	0.051	0.04	0.045
最高使用温度/℃	1100	1000	1000	1200	1250	900	600	400	600
主要使用部位	流化床生物质气化多联产装置整体炉墙及旋风分离器部位、上吸式固定床生物质气化多联产装置整体炉墙部位、下吸式固定床生物质气化多联产装置上盖、上筒体、下筒体、炭仓墙体及底部等部位								

#### C.5 耐磨耐火浇注料

表 5 耐磨耐火浇注料主要性能指标

牌号		J60	J65	J70	J75	J80	J85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%		≥60	≥65	≥70	≥75	≥80	≥85
体积密度/g·cm <sup>-3</sup>	110℃, 24h	≥2.4	≥2.5	≥2.6	≥2.7	≥2.8	≥2.9
	110℃, 24h	≥7	≥8	≥9	≥10	≥11	≥12
抗折强度/MPa	1000℃, 3h	≥9	≥11	≥13	≥13	≥14	≥14
	110℃, 24h	≥55	≥60	≥65	≥80	≥90	≥100
耐压强度/MPa	1000℃, 3h	≥80	≥90	≥100	≥100	≥100	≥110
线变化率/%	1000℃, 3h	±0.3	±0.3	±0.3	±0.3	±0.3	±0.3
常温磨损量/cm <sup>3</sup>	1000℃, 3h	≤9	≤8	≤7	≤7	≤7	≤7
抗热震性 (1000℃水冷) /次		≥20	≥20	≥20	≥18	≥18	≥18
最高使用温度/℃		1400	1450	1500	1550	1600	1650
主要使用部位		流化床生物质气化多联产装置旋风分离器、流化床生物质气化多联产装置炉膛密相区、流化床生物质气化多联产装置风室等部位					

C. 6 耐磨可塑料

表 6 耐磨可塑料的主要性能指标

项目		YH-SG48	YH-SG60	YH-SG70	YH-SG75	BRNK-A
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%		48	60	70	75	75
耐火度/℃		≥1760	≥1780	≥1790	≥1790	≥1790
耐压强度/MPa	110℃	≥50	≥50	≥50	≥50	≥50
	815℃	-	-	-	-	≥60
抗折强度/MPa	110℃, 24h	≥12	≥12	≥12	≥12	≥8
	815℃	-	-	-	-	≥10
可塑性指数/%		15-40	15-40	15-40	15-40	20-40
常温磨损值/cm <sup>3</sup>		-	-	-	-	≤8
胶结材料性质		气硬性				
主要使用部位		流化床生物质气化多联产装置旋风分离器及旋风分离器进、出口燃气通道等部位				

## 附录 D

### 气化产物的测定

(资料性)

G.1 气化全热效率计算公式:

$$\eta = \frac{Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8}{Q_1 + Q_2} \times 100\% \quad (\text{D.1.1})$$

式中,  $\eta$  一气化整体热效率, %;

$Q_1$  一参与反应生物质原料物理显热, kJ;  $Q_2$  一参与反应生物质原料化学热量, kJ;

$Q_3$  一生物质焦油化学热量, kJ;  $Q_4$  一生物质焦油物理显热, kJ;

$Q_5$  一生物质燃气物理显热, kJ;  $Q_6$  一生物质燃气化学热量, kJ;

$Q_7$  一生物质炭物理显热, kJ;  $Q_8$  一生物质炭化学热量, kJ;

按公式 (G.1.2) 计算入炉生物质原料物理显热:

$$Q_1 = C_{\text{原料}} * m_{\text{原料}} * (t_1 - 273) \quad (\text{D.1.2})$$

式中,  $C_{\text{原料}}$  一原料的比热容, kJ/(kg·K);

$m_{\text{原料}}$  一原料的质量, kg;

$t_1$  一原料初始温度, K。

按照 GB/T 30727-2014《固体生物质燃料发热量测定方法》测点生物质原料化学热量  $Q_2$ 。

按公式 (G.1.3) 计算生物焦油化学热量:

$$Q_3 = q_{\text{生物焦油}} * m_{\text{生物焦油}} \quad (\text{D.1.3})$$

式中,  $q_{\text{生物焦油}}$  一生物焦油的低位热值, kJ/kg;

$m_{\text{生物焦油}}$  一生物焦油的质量, kg。

按公式 (D.1.4) 计算生物焦油的物理显热:

$$Q_4 = C_{\text{生物焦油}} * m_{\text{生物焦油}} * (t_2 - 273) \quad (\text{D.1.4})$$

式中,  $C_{\text{生物焦油}}$  一生物焦油的比热容, kJ/(kg·K);

$t_2$ —生物焦油的温度，K。

按公式 (D.1.6) 计算生物质燃气物理显热：

$$Q_5 = C_{\text{燃气}} * V_{\text{燃气}} * (t_3 - 273) \quad (\text{D.1.6})$$

式中， $C_{\text{燃气}}$ —燃气比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；

$V_{\text{燃气}}$ —燃气的体积，Nm<sup>3</sup>；

$t_3$ —燃气出口温度，K。

按公式 (D.1.7) 计算燃气比热容：

$$C_{\text{燃气}} = C_{N_2} * \xi_{N_2} + C_{CO_2} * \xi_{CO_2} + C_{CH_4} * \xi_{CH_4} + C_{H_2O} * \xi_{H_2O} + C_{H_2} * \xi_{H_2} + C_{CO} * \xi_{CO} + C_{H_2S} * \xi_{H_2S} + C_{C_nH_m} * \xi_{C_nH_m} \quad (\text{D.1.7})$$

式中， $C_{N_2}$ — $N_2$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{N_2}$ —燃气中  $N_2$  的体积份额，%；

$C_{CO_2}$ — $CO_2$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{CO_2}$ —燃气中  $CO_2$  的体积份额，%；

$C_{CH_4}$ — $CH_4$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{CH_4}$ —燃气中  $CH_4$  的体积份额，%；

$C_{H_2O}$ — $H_2O$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{H_2O}$ —燃气中  $H_2O$  的体积份额，%；

$C_{H_2}$ — $H_2$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{H_2}$ —燃气中  $H_2$  的体积份额，%；

$C_{CO}$ — $CO$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{CO}$ —燃气中  $CO$  的体积份额，%；

$C_{H_2S}$ — $H_2S$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{H_2S}$ —燃气中  $H_2S$  的体积份额，%；

$C_{C_nH_m}$ — $C_nH_m$  的比热容，kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) ；  $\xi_{C_nH_m}$ —燃气中  $C_nH_m$  的体积份额，%。

单一气体的比热容参考表1进行线性计算：

表7 单一气体的平均比热容 ( kJ/ (Nm<sup>3</sup>·K) )

温度	氮气	一氧化碳	二氧化碳	水	氢气	甲烷	乙烯	硫化氢
0	1.299	1.299	1.600	1.494	1.277	1.545	1.827	1.507
100	1.300	1.302	1.700	1.505	1.291	1.620	2.062	1.532
200	1.304	1.307	1.787	1.522	1.297	1.758	2.283	1.562
300	1.311	1.317	1.863	1.542	1.299	1.892	2.495	1.595
400	1.321	1.330	1.930	1.565	1.303	2.018	2.686	1.633
500	1.332	1.343	1.989	1.589	1.305	2.135	2.863	1.671
600	1.345	1.357	2.041	1.615	1.308	2.252	3.026	1.708
700	1.358	1.372	2.088	1.641	1.312	2.361	3.170	1.746

800	1.372	1.386	2.131	1.668	1.317	2.466	3.308	1.784
900	1.385	1.400	2.169	1.696	1.323	2.562	3.432	1.817
1000	1.397	1.413	2.204	1.723	1.329	2.654	3.547	1.851

按公式 (G.1.8) 计算生物质燃气化学热量:

$$Q_6 = q_{CH_4} * V_{CH_4} + q_{H_2} * V_{H_2} + q_{CO} * V_{CO} + q_{H_2S} * V_{H_2S} + q_{C_nH_m} * V_{C_nH_m} \quad (D.1.8)$$

式中,  $q_{CH_4}$  — 燃气中  $CH_4$  的低位热值,  $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ ;  $V_{CH_4}$  — 燃气中  $CH_4$  的体积,  $\text{Nm}^3$ ;

$q_{H_2}$  — 燃气中  $H_2$  的低位热值,  $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ ;  $V_{H_2}$  — 燃气中  $H_2$  的体积,  $\text{Nm}^3$ ;

$q_{CO}$  — 燃气中  $CO$  的低位热值,  $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ ;  $V_{CO}$  — 燃气中  $CO$  的体积,  $\text{Nm}^3$ ;

$q_{H_2S}$  — 燃气中  $H_2S$  的低位热值,  $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ ;  $V_{H_2S}$  — 燃气中  $H_2S$  的体积,  $\text{Nm}^3$ ;

$q_{C_nH_m}$  — 燃气中  $C_nH_m$  的低位热值,  $\text{kJ}/\text{Nm}^3$ ;  $V_{C_nH_m}$  — 燃气中  $C_nH_m$  的体积,  $\text{Nm}^3$ 。

按公式 (G.1.9) 计算生物质炭物理显热:

$$Q_7 = C_{\text{炭}} \times m_{\text{炭}} \times (t_4 - 273) \quad (D.1.9)$$

式中,  $C_{\text{炭}}$  — 生物质炭比热容,  $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ;

$m_{\text{炭}}$  — 生物质炭的质量,  $\text{kg}$ ;

$t_4$  — 生物质炭排出温度,  $\text{K}$ 。

D.2 生物质炭收率计算公式:

$$\eta_{\text{炭}} = \frac{m_{\text{炭}}}{m} \quad (D.2.1)$$

式中,  $\eta_{\text{炭}}$  — 生物质炭收率, %;

$m$  — 单位时间参与反应的原料质量,  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$m_{\text{炭}}$  — 单位时间生物质炭产生质量,  $\text{kg}/\text{h}$ 。

## 本导则用词说明

1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《工业炉砌筑工程施工与验收规范》 GB50211-2014
- 《工业设备及管道绝热工程设计规范》 GB50264-2013
- 《压力管道规范工业管道检验与试验》 GB/T20801.5-2006
- 《钢制焊接压力容器》 NB/T 47003.1
- 《气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口》 GB/T985.1
- 《建筑设计防火规范》 GB50016-2014
- 《建筑结构荷载规范》 GB50009-2012
- 《固体生物质燃料全水分测定方法》 GB/T 28733-2012
- 《木炭和木炭试验方法》 GB/T 17664-1999
- 《发生炉煤气站设计规范》 GB 50195-2013
- 《爆破片与爆破片装置》 GB 567-1999
- 《建筑物防雷设计规范》 GB50057-2011