

下吸式生物质气化炉的设计

任永志(辽宁省能源研究所营口 115000)

董立明(辽宁省营口市环境监测中心站营口 115003)

摘要：介绍了下吸式生物质气化炉的工作原理、特点，以及主要结构尺寸的设计要点。

下吸式生物质气化炉由于具有结构简单，易于操作，产出气的焦油含量低等优点已经得到了广泛的应用。生物质气化过程是一个复杂的热化学反应过程，生物质气化炉各部位结构尺寸将极大地影响气化炉的热效率、产气成分和产气品质，所以设计合理的生物质气化炉是有效利用生物质能的关键。下面针对下吸式气化炉的特点介绍其设计要点。

1下吸式生物质气化炉的工作原理

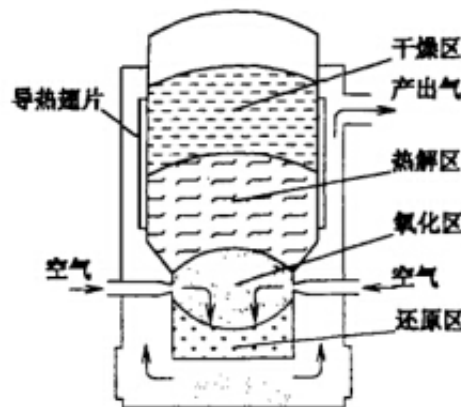


图1 下吸式气化炉结构简图

如图1所示，作为气化剂的空气从气化炉侧壁空气喷嘴吹入，产出气的流动方向与物料下落的方向一致，故下吸式气化炉也称为顺流式气化炉。吹入的空气与物料混合燃烧，这一区域称为氧化区，温度约为900~1200℃，产生的热量用于支持热解区裂解反应和还原区还原反应的进行；氧化区的上部为热解区，温度约为300~700℃，在这一区域，生物质中的挥发分(裂解气、焦油以及水分)被分离出来；热解区的上部为干燥区，物料在此区域被预热；氧化区的下部为还原区，氧化区产生的CO₂、炭和水蒸气在这一区域进行还原反应，同时残余的焦油在此区域发生裂解反应，产生以CO和H₂为主的产出气，这一区域的温度约为700~900℃。来自热解区富含焦油的气体须经过高温氧化区和以炽热焦炭为主的还原区，其中的焦油在高温下被裂解，从而使产出气中的焦油大为减少。

2下吸式生物质气化炉的特点

气化炉料斗下部横截面尺寸较小的部位称为“喉部”，“喉部”尺寸的大小决定了气化炉的产气能力和产气品质。

为保证物料与空气的充分混合，在“喉部”布置多个空气喷嘴。一般有外喷(空气由喉部外壁向中心喷射)和内喷(空气由喉部中心供气管向外喷射)两种布置形式，其中第一种形式应用较多。

气化炉料斗外壁焊有翅片，以增大产出气与料斗的换热面积，降低产出气的温度，提高气化炉的热效率。

气化炉内具有火焰温度稳定效应，即当反应温度偏高时，作为吸热的还原反应相对加剧，从而降低了气体温度；当反应温度偏低时，还原反应相对减缓，放热的氧化反应占优势，又使气体温度升高。火焰温度稳定在800~1200℃，这样产出气成分也相对稳定。

由于“喉部”的存在，使下吸式气化炉的气化能力要低于外形尺寸相同的其它结构形式的气化炉，尤其是上吸式

气化炉。

3下吸式生物质气化炉设计要点

(1)设计要求

应了解生物质材料的物理特性。

物料热值为了保证生物质气化炉结构尺寸的合理性与经济性,计算气化炉入炉热量时,应采用生物质材料的应用基低位发热量,即:物料完全燃烧时放出的全部热量中扣除水蒸气气化潜热后所得到的发热量。

- 物料水分含量物料中水分的蒸发所造成的热损失使气化炉热效率降低,同时也降低了产出气的品质。当物料中的水分高于一定值(约70%)时,燃烧反应不能进行,依靠燃烧反应提供热量的还原反应(产气反应)也停止进行。物料中水分一般控制在15%以内。

- 物料粒度从化学反应动力学角度分析,粒度较小的物料表面积较大,与气化剂混合充分,利于气化反应,但气流阻力和风机的负荷增加;反之,粒度较大的物料与气化剂接触面积变小,反应不够完全,同时容易产生“搭桥”现象,使物料不能均匀下落。推荐物料尺寸在80mm×80mm×80mm与40mm×40mm×40mm之间较为合适。

- 物料的堆密度物料的堆密度系指物料在自然堆积状态下的密度。堆密度的大小影响到气化炉内物料的驻留时间、下落速度,同时也影响到气化炉各部位的几何尺寸。表1给出常见生物质材料的堆密度,以供参考。

表1 生物质材料的堆密度 kg/m^3

物料名称	木块	木片	锯末 (松散)	玉米秸秆 50mm,20%水分	玉米芯
堆密度	200	130	140	100	280

- 挥发分含量生物质材料中的挥发分含量为63%~80%。通过合理的“喉部”设计,保证一定厚度的炽热焦炭层存在,可以使气体中的焦油得到充分裂解,从而得到较为洁净的产出气。

- 灰分含量物料中存在较多的灰分且灰熔点较低时会造成气化炉氧化区内结渣,产出气中焦油含量增大,严重时,气化炉不能运行。一般灰分含量在5%以内,气化炉能够可靠地运行。表2给出常见生物质材料的灰分含量,以供参考。确定气化炉产出气参数,如产气量、产气成分等。对于下吸式气化炉,单台最大产气量不应超过500m³/h。

表2 常见生物质材料的灰分含量

生物质材料	木材	玉米 秸秆	玉米 芯	麦 秸	棉 柴	稻 壳
灰分 %	0.1	3	1.5	7.4	17.2	16-23

应从结构上考虑气化炉各密封面的良好密封,防止漏风和产出气泄露。

“喉部”空气喷嘴附近区域应敷设耐火材料,以防烧坏“喉部”,喷嘴应采用不锈钢材料。

“喉部”尺寸较大或生物质材料粒度较小时应加设铸铁炉栅。

(2)理论计算及主要结构尺寸的确定

理论空气量的确定以及喷嘴几何尺寸的计算

生物质材料与空气在气化炉中发生复杂的热化学反应,从热动力学角度分析,空气量对于产出气成分的影响可以从图2中看出,图中横坐标值为所提供的空气中的氧与物料完全燃烧所需氧的当量比。

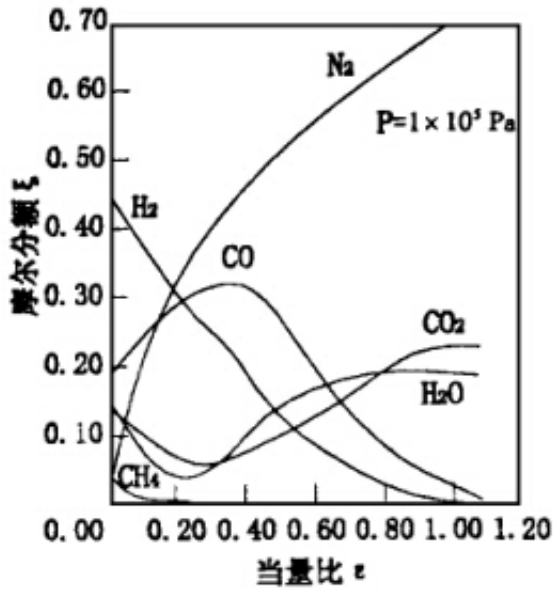


图2 空气量与产出气成分关系

从图2中曲线可以看出，当量比为0时，没有氧气输入，直接加热物料的反应属于热解反应，虽然也可以产生 H_2 ， CO ， CH_4 等可燃成分，但产出气中焦油含量很高，并且约占物料质量30%的焦炭不能同时转变为可燃气体；当量比为1时，物料与氧气发生完全燃烧反应，不能产生可燃气体；只有在当量比为0.25~0.3时，即气化反应所需的氧仅为完全燃烧耗氧量的25%~30%，产出气成分较理想。当生物质物料中水分较大或挥发分较小时应取上限，反之取下限。计算气化炉反应所需空气量时，应首先根据生物质物料的元素分析结果，按下式计算出其完全燃烧所需理论空气量 V ，然后按当量比0.25~0.3计算实际所需空气量 $V_{气}$ 。

$$V = \frac{1}{0.21}(1.866C + 5.55H + 0.7S - 0.7O)$$

式中 V ——物料完全燃烧所需的理论空气量, m^3/kg ;

C ——物料中碳元素含量, %;

H ——物料中氢元素含量, %;

S ——物料中硫元素含量, %;

O ——物料中氧元素含量, %。

理论空气量确定之后, 再确定喷嘴的尺寸。喷嘴几何尺寸按下式计算。

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{GV_{\kappa}}{n\pi v}}$$

式中 G ——生物质耗用量, kg/h ;

v ——喷嘴中空气流速, m/s ;

V_{κ} ——气化所需空气量, m^3/kg ;

n ——喷嘴个数;

d ——喷嘴直径, m 。

喷嘴中空气流速推荐值为15~20m/s, 根据计算出的理论空气量以及喉部的几何尺寸确定喷嘴的孔径和数量。在结构允许的条件下, 较多的喷嘴有利于空气和物料的良好混合, 但也增大了阻力, 增加风机负荷。

“喉部”几何尺寸的计算

“喉部”的几何尺寸决定了气化炉的产气能力, 应根据气化强度以及物料的物理特性进行计算。

$$\text{喉部截面积} = \frac{\text{每小时生物质耗量}}{\text{气化强度}} \quad \text{m}^2$$

由于生物质物料的堆密度、粒度相差较大, 这将明显影响物料在炉内的驻留时间, 这就要求气化炉因物料不同而选用差别较大的气化强度。对于堆密度较小或粒度较小的物料, 其炉内驻留时间短, 气化强度应相应减小; 反之, 应增大气化强度。一般气化强度推荐值为500~2000kg/(h·m²)。

尽管下吸式气化炉产出气中焦油含量很少, 但根据产出气的不同应用场合, 还应当配置不同的除焦油设备, 以及除尘、除湿设备, 以进一步提高产出气的品质。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/88859.html>