

# 生物质气化原理及设备浅析

高嘉楠，方小里

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司，黑龙江，哈尔滨150046)

摘要：生物质作为一种可再生的洁净能源，其气化技术得到大力发展。本文对生物质气化的基本原理及气化工艺类型进行了简要介绍，同时阐述了主要气化炉类型的工作原理及优缺点，如固定床原料适应性广，但难以大型化，流化床气化效率高但结构复杂；并对气化炉的特性进行浅析，对生物质气化工程的设计及运行具有指导意义。

## 引言

随着全球的能源危机及生态环境的破坏日趋严重，生物质作为一种可再生的洁净能源，仅次于石油、煤炭、天然气的第四大资源，引起人们的高度重视。生物质气化技术不仅可以供气和发电，而且还可以用于合成甲醇和氨，具有充分的技术灵活性，较好的洁净性，较高的经济性，且效率高，全球各国都在积极推进生物质气化技术的研究。

## 1 生物质气化原理

生物质气化是一个较多复杂的反应的集合，从宏观来说，都可分为干燥、热解、氧化（燃烧）和还原四个反应阶段。

干燥是个简单的物理过程，主要发生在100~150℃之间，整个过程需要吸收大量的热。当温度达到150℃以上，生物质开始发生热

解，析出挥发分，留下木炭

，构成进一步反应的床层。生物质热解的气体产物有C

O、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>

等，会与氧气发生氧化反应（燃烧），发出大量的热，为干燥、热解和还原反应提供足够热量，维持整个气化过程的持续性。氧化反应（燃烧）产生的水蒸气和CO<sub>2</sub>等会与碳反应生成H<sub>2</sub>

和CO，从而完成固体燃料向气体燃料的转变，此过程为还原反应（吸热反应），温度越高，反应越激烈，当温度低于800℃后反应基本处于停滞状态。

## 2 固定床气化炉

固定床气化炉中，生物质燃料经历干燥、热解、氧化（燃烧）和还原后转化成可燃气体。根据气化剂供给位置和流过燃料层的顺序，有上吸式、下吸式、横吸式和开心式，主要使用前两种气化炉。

### 2.1 上吸式气化炉

上吸式气化炉反应层由上到下依次为干燥层、热解层、还原层和氧化层。生物质从顶部加入气化炉中，首先被燃气加热干燥，然后受热发生热解，析出大量挥发分，固体炭依次进入下方的还原层和氧化层。气化剂则是从下部供给，首先与固体炭进行氧化反应，放出热量使气流和床层温度迅速升高，气流中全是燃烧产物。进入还原层后，燃烧产物与炭发生还原反应，吸热使得温度降低，当温度降低到800℃以下，反应速率变得缓慢以至停止。气流继续上行，为燃料热解和干燥提供热量。

### 2.2 下吸式气化炉

下吸式气化炉反应层由上到下依次为干燥层、热解层、氧化层和还原层。根据气化剂供给的位置不同，有两种形式的下吸式气化炉：一是带有中间缩口段的下吸式气化炉，气化剂由中部的缩口段偏上供入；二是无中间缩口段的下吸式气化炉，气化剂由上部供入。下吸式气化炉的工作原理与上吸式基本相同，只是燃料干燥和热解所需的热量来自下部的氧化层。

## 3 流化床气化炉

流化床与固定床的主要气化反应机理基本一样，但其没有明显固定的床层，目前，流化床主要有鼓泡流化床、循环

流化床、双流化床三种形式。

### 3.1 鼓泡流化床气化炉 (BFB)

鼓泡流化床中，当气速超过临界流化气速后，固体开始流化，床层出现气泡，并明显地出现粒子聚集的密相区和气泡为主的稀相区。

炉体比较粗胖，下部是有明显床层的密相区，气化反应主要发生在密相区，为了防止细颗粒燃料被气流带出密相区，炉膛上部设计有扩张段，降低气速，也延长了燃料在稀相区的反应时间。

### 3.2 循环流化床气化炉 (CFB)

CFB气化炉炉体细长，炉膛上部出口安装了旋风分离器，将高温固体颗粒分离收集并送回炉膛。

CFB床层充满整个容器空间，不存在密相区和稀相区，维持床层颗粒浓度的必要条件是很高的固体颗粒循环量，一旦循环不佳，床中全部颗粒可能被吹空。由于生物质燃料的流化特性不好，CFB气化炉基本上都使用砂子作为辅助流化介质。

CFB气化炉有两个特征：气流速率较高，一般在4~7m/s之间，床层工作在快速流化区；固定颗粒的高循环倍率在10~20之间。

### 3.3 双流化床气化炉 (DFB)

双流化床气化炉采用两个流化床炉膛，一个是气化炉，另一个是燃烧炉。生物质燃料加入以热砂子为床料的气化炉，从砂子吸收量，进行热解反应，气体产物携带残炭和砂子在分离器中分离。分离后的残炭和砂子在燃烧炉中与空气发生燃烧，将砂子加热，烟气携带热砂子再经分离器分离后，热砂子返回气化炉。DFB气化炉的突出特点是，利用流化床的强大输运能力使燃料颗粒在两个流化床炉膛中传输。

## 4 各种型式的气化炉特点

固定床气化炉结构简单，原料适应性广，颗粒度能达到100mm，对结渣性敏感度低，燃气飞灰含量低，但只适用于小规模的气化操作，难以大型化。

流化床气化炉气化效率高，热值高，但结构较复杂，对燃料的颗粒度、均匀性、含水量、自然堆积角有一定要求，对结渣性敏感，且燃气飞灰含量多，需要配套除尘净化系统。目前，大规模的生物质气化工程逐渐采用加压的流化床气化炉技术。各种型式的气化炉特性对比，见表1。

表1 各种型式气化炉的特性对比

炉型	原料适用性	燃气质量	设备特点及实用性	缺点
上吸式	原料适应广，水分在15~45%之间可稳定运行	H <sub>2</sub> 含量少，燃气热值较高，含灰少	生产强度小，多用于工业炉窑燃气等要求热值高的小型系统	焦油含量高，加料不方便，难以大型化
下吸式	大块原料可直接使用，水分通常在15~20%	H <sub>2</sub> 含量较多，焦油含量较低，但热值较低	生产强度小，多用于内燃机发电等要求洁净燃气的小型系统	气化效率低，燃气含灰较多，难以大型化
BFB	颗粒小于15mm，但尺寸要均匀，水分10%~40%	成分稳定，H <sub>2</sub> 、CO含量高，飞灰含量较多	结构相对简单、操作气速较低，对设备磨损轻，应用较多	对原料的均匀性要求较高，对结渣性敏感
CFB	100~200μm 细颗粒，水分15%~30%	成分稳定，H <sub>2</sub> 、CO含量高，飞灰含量较多	气化效率、气化强度高于BFB，用于大型的热电厂锅炉等系统	要求细颗粒，故原料需要进行预处理，对结渣性敏感
DFB	颗粒小于10mm，水分10%~40%	成分稳定，H <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 含量高，飞灰含量较多	C的转换率更高，利用空气即可获得含氮量低的高热值燃气	结构复杂，成本较高，对结渣性敏感

## 5结语

目前，全球的碳排放要求越来越严格，具有“碳零排放”特点的生物质的重要性日趋明显。本文简单介绍了生物质的气化原理并对不同型式的气化炉进行对比、浅析，可见固定床与流化床各有所长，但流化床更适合大型化，是未来发展的方向，借此给生物质气化工程的设计、运行带来点滴的指导意义。

## 参考文献

- [1]邓先伦，高一苇，许玉.生物质气化与设备的研究进展[J].化学工程，2007，41（6）：37-41.
- [2]王艳，陈文义，石海波.国内外生物质气化设备研究进展[J].化工进展，2012，31（8）：1656-1664.
- [3]邱钟明，陈砾.生物质气化技术研究现状及发展前景[J].RENEWABLEENERGY，2002，4：16-19.
- [4]郭东彦，伊晓路.生物质循环流化床循环特性研究[J].可再生能源，2004，6：23-25.
- [5]孟凡彬，刘建坤.生物质流化床气化技术应用研究现状[J].可再生能源，2011，4：92-95.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/165627.html>