

工业锅炉中生物质燃料的应用研究和开发

陈飞

(福建省锅炉压力容器检验研究院, 福建福州350008)

摘要：介绍了菌草生物质燃料特性和气化原理，并根据其燃烧特性开发了一种新型的菌草生物质固定床气化燃烧系统应用于工业锅炉的燃烧。

0前言

随着社会经济的发展，全世界对能源的需求日益增加，据国际能源署(IEA)2012年世界能源展望从现在到2035年全球能源需求将增长1/3以上，其中，60%的需求增长来自中国、印度和中东地区。世界能源特别是我国能源在可见的未来将更加紧缺，石油、煤、电价格将持续上升，寻求替代传统能源迫在眉睫，因此各国普遍需要开发和利用可再生能源，其中如何利用生物质能源受到极大重视。而由我院承担的国家质检总局科技项目“生物质燃料应用于工业锅炉的研究和推广”，就是利用一种产量很高的多年生草本植物巨菌草压制的颗粒燃料气化产生生物质燃气应用于工业锅炉的燃烧，该项目研究成果的应用将有利用城市燃油气工业锅炉节能改造，对于增加我国的能源供应，改善能源结构，保护环境，促进经济和社会的可持续发展具有很大的现实意义。

1菌草生物质燃料特点

菌草生物质燃料与木屑、秸秆等生物质燃料相比，其物理及化学成分与秸秆类生物质相似。其颗粒燃料的燃料特性如表1所示。

表 1 颗粒燃料的燃料特性表

$M_{ar}(\%)$	$C^r(\%)$	$H^r(\%)$	$O^r(\%)$	$S^r(\%)$	$N^r(\%)$	$A^r(\%)$	$V^r(\%)$	$Q_{dw}^r(kJ/kg)$
9.8	16.12	5.8	37.21	0.13	0.9	4.61	69.11	14880

从表1中可看成其主要特性是：高挥发份、低灰分、低硫、热值较低(一般只为常用燃煤的80%左右)，容易着火，燃点低，燃烧温度低，其化学成分中草木灰含碱金属较大，容易结焦和发生碱腐蚀。

生物质燃料工业锅炉燃烧应用主要采用直燃和气化燃烧两种方法。采取锅炉直接燃烧容易产生黑烟及在受热面上沉积焦油，其燃烧迅速，难以合理配风，燃烧温度较难控制，且需要的炉膛容积较大，容易结焦，不易压火，因此采用直燃燃烧方式难以组织稳定燃烧，而且燃烧效率较低，不利于实现生物质燃料的高效利用。

而利用生物质气化技术和装备，使菌草生物质颗粒燃料气化后以气态的方式送入锅炉燃烧，是目前生物质燃料高效清洁燃烧最有效的方法之一。但气化燃烧应用也存在其缺点：在生物质气化过程中会产生大量焦油，通常焦油中的能量一般占生物质燃气总能量的5-15%，其在低温下难以与可燃气一道被燃烧利用，降低了生物质燃料的气化效率。更重要的是由于焦油是一种复杂的可凝结烃类物质的混合，其在低温下凝结成液体，容易和水、炭粒等结合在一起，堵塞输气管道和阀门、腐蚀金属，同时焦油燃烧时产生炭黑等颗粒对锅炉设备损害相当严重，且焦油及其燃烧后产生的气味对人体也是有害的，因此在生物质气化燃烧过程中必须解决焦油裂解的问题，同时还应对气化燃气的输送和燃烧安全加以考虑。

2生物质气化反应机理

生物质气化是以生物质颗粒为原料，以氧气(主要是空气)、水蒸气为气化剂，在高温条件下通过热化学反应将生物质中可燃的部分转换为

可燃气体的过程。生物质气化时产生的气体，主要燃烧成分为CO、H₂、CH₄

和部分烃类等，称为生物质燃气。气化和燃烧过程是密不可分的，燃烧是气化的基础，气化是部分燃烧或缺氧燃烧。固体燃料中碳的燃烧为气化过程提供了能量，气化反应其它过程的进行取决于碳燃烧阶段的放热状况。实际上，气化是为了增加可燃气体的产量而在高温状态下发生的热解过程。

生物质气化反应包含氧化反应、还原反应、热裂解反应和燃料的干燥等四个过程，而生物质气化的主要反应发生在氧化层和还原层，因此称氧化层和还原层为气化层。在实际气化过程中上述四个区域是没有明显边界，是相互渗透和交错的。

3 菌草生物质固定床气化燃烧系统的开发

3.1 菌草生物质固定床气化燃烧系统流程

针对生物质颗粒燃料的生物特性和燃烧特点，我院技术人员开发出一种新型生物质固定床气化燃烧系统，使其能很好地应用于工业锅炉燃烧，该系统包括生物质燃料颗粒的制气、输送和燃烧应用的整个过程。系统主要设备有固定床气化炉、下料装置、气化炉配套鼓风机、燃气输送管道、锅炉燃烧机及其点火和火焰检测器、燃烧器配套鼓风机、水封装置、CO检测仪和燃气放散管、点火和小枪管路、自动控制装置等。本系统流程图如图1所示。

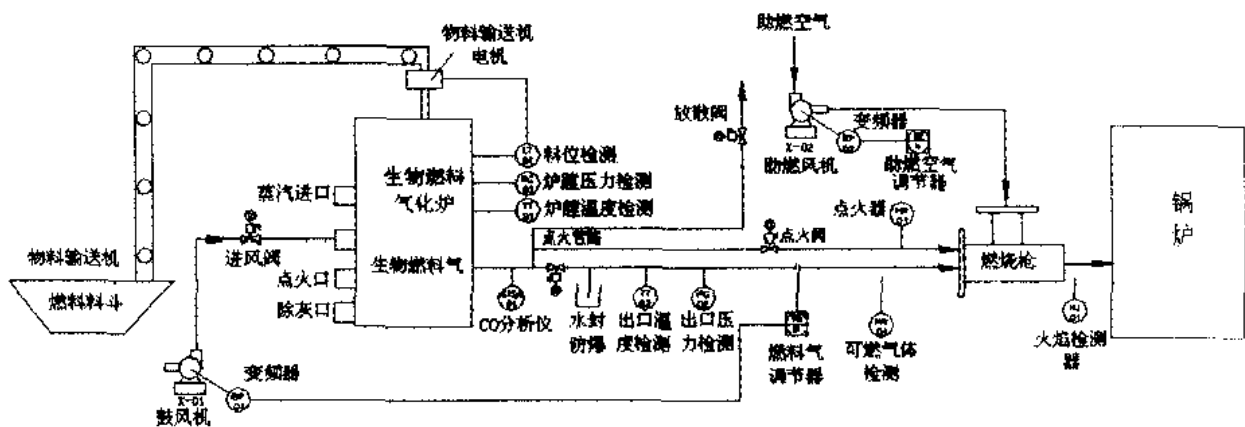


图 1 系统流程图

系统运行过程如下：菌草生物质颗粒燃料通过料斗进入气化炉(气化炉内设有料位检测装置，实现给料自动控制)，气化炉点火，开动鼓风机，菌草生物质燃气产生，鼓风机变频控制产气量。产生的燃气经CO分析仪检测，成分比例符合要求后沿管道经水封控制阀后由燃烧器点火喷入锅炉燃烧。

3.2 固定床气化炉

生物质固定床气化燃烧系统中难度最大的是配套容量相当于2t/h工业锅炉使用的生物质固定床气化炉的设计，而本技术所开发的气化炉在遵循一般气化原理的基础上，独立设计出了独特的、圆形炉体、复合式内部结构，进一步发展了焦油裂解技术。

气化炉炉体复合式内部结构主要包括：三段式、双炉篦、两级供风下出气结构。气化炉的顶部安装有钟罩式双重锁气加料装置，生物质燃料由此进入。炉体中部设有密封点火门，燃料在此处点燃，点火后该门关闭。炉壁上部和中部均设有进气管，燃烧所需要的空气由此处吹入炉内，由鼓风机统一从炉体中部进风管供风，其配风比例约为3：2。炉体设有内炉壁和外炉壁，内炉壁内衬耐火混凝土，内炉壁和外炉壁之间形成夹套，为提高生物质产气率，在夹套内布置有蒸汽排放管，通过与炉外的蒸汽发生器连接引入蒸汽供气化反应需要。在炉体下部的两炉篦中间的炉壁上布置有燃气出气口，气化生产的生物质燃气由此口喷出。炉体的下部还设有除灰装置，经气化反应后的灰渣落到炉底，由此处排出。

3.3 燃气的焦油裂解

如前所述生物质气化过程中产生的焦油具有相当大的危害性，因此在可燃燃气燃烧使用前，必须尽量降低其焦油含量。国内外主要沿用炉外净化处理、焦油催化裂解室、生物质气化炉镍基催化剂这样的二次法工艺路线去除焦油，虽然其效果较好，但其工业路线、设备复杂，投资成本高，并不利用工业锅炉节能改造应用。有关焦油催化裂解的研究表明，含焦油气体在800℃木炭的催化作用下，接触时间0.5s时，转换率达到91%，而在900℃时，转化率则达到99.5%。由此可见高温焦炭对焦油催化裂解作用是比较明显的。因此本系统气化炉采用下出气，炉内一体式焦油催化裂解技术，利用下出气结构优势使热裂解区分离出来的富含焦油的热解气在通过炽热炭层为主的还原区时，气体中的焦油被高

温焦炭催化裂解，在炉体内基本完成焦油的分解，提高气化率。同时我们还在气化炉中部还原区增加一个空气进口，采用两级式供气技术，优化气化炉内部的温度分布，使还原区的温度提高到了1000 以上，进一步提高了焦炭的催化裂解能力。赖艳华等的研究证实，在相同的气化强度下，采用两级供风技术的气化炉的燃气焦油含量约为一级供风焦油含量的1/10，明显低于一级供风时燃气的焦油含量。在实际应用中通过以上优化炉体结构的措施可使燃气中的焦油含量下降到10mg/m³。

3.4 燃烧器

生物质燃气是一种特殊的燃气，其热值较低(低位发热量为4600~6560kJ/m³)，比重大，含有一定量的氧气，可燃成分少，因而要达到相同热负荷时，生物质燃料体积消耗大，火焰温度低，单位容积热负荷强度低，火焰稳定性差，因此传统的燃气燃烧机并不适用于生物质燃气燃烧。根据生物质燃气的燃烧特性，我院自行设计了适合其燃烧的生物质低热值气化气体燃烧器(燃气量为1000m³/h)，采用预混式旋流扩散燃烧技术，即燃气与空气在燃烧前进行全部预混，其空气系数 $\alpha = 1$ 。该燃烧技术具有燃烧完全，化学不完全燃烧损失小，过剩空气少，用于工业锅炉直接加热时不会引起过氧氧化，燃烧温度高，容易满足高温工艺要求等优点，特别适用于低热值燃气的燃烧。同时本燃烧机还采用小枪点火技术，具备自动点火程序控制功能和火焰监测及熄火连锁保护功能，能够实现自动点火和燃烧安全控制。

3.5 燃气管道

本系统燃气管道主要有三条；气化炉到燃烧机之间的主燃气管道，气化炉燃气出口的放散管管道和燃烧器点火小枪管道。主燃气管道设有快速切断阀门和CO检测仪，可实现在线检测CO浓度，在燃气CO浓度不符合要求和燃烧器意外停止工作时，自动打开放散管阀门，关闭主燃气管道上的快速切断阀门，燃气自动放空，保证气化系统运行安全。同时燃气管道边上设有可燃气体检测器进行在线检测，当燃气泄露时可在3s内自动关闭主燃气管道上的快速切断阀门，保证了系统的燃气输送安全。

4 结论

“生物质燃料应用于工业锅炉的研究和推广”科技项目所开发应用的菌草生物质固定床气化燃烧系统开拓性地解决了国内生物质气化燃烧中温度场布置不合理、气密性差、焦油含量多、煤气输送易燃易爆和燃烧不完全等问题，其不仅适用于燃菌草生物质颗粒，其它农、林业的废弃物等生物质燃料也可运用于锅炉燃烧。通过该项目成果的应用可形成系列产品，适用于不同容量燃油气工业锅炉的节能改造，企业采用其代替燃油锅炉，不但节省了国家宝贵的石油资源消耗，同时其热值相当于柴油的40%，可降低燃油成本1/3。而且其减排效益显著，研究表明生物质气化应用于锅炉燃烧可减少CO₂排放量94%以上，同时由于菌草含硫量低、灰渣量很少，烟尘及SO₂的排放量均较燃煤减少90%以上。可见，该项目的开发应用符合我国的大政方针，可减少我国对化石能源的依赖，促进循环经济，保持经济的可持续发展，具有良好的经济和环保效益。

参考文献：

- [1]张睿智，罗永浩，刘春元，等.生物质气化过程中焦油的生成[A].工业加热，2006(6)：1-6
- [2]吴创之，阴秀丽，刘平，等.生物质焦油裂解的技术关键[J].新能源，1998，20(7)：1-5，9.
- [3]赖艳华，吕明新，马春元，等.两段气化对降低生物质气化过程焦油生成量的影响[J].燃烧与科学技术，2002，8(5)：478~481.
- [4]刘明.生物质气化及其燃气燃烧试验研究与分析[D]，天津大学，2008.
- [5]阴秀丽，吴创之，等.生物质气化对减少CO₂排放的作用[J].太阳能学报，2000，21(1)：40~44.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/113587.html>