

# 改性生物质燃料技术的开发应用

柯海，袁凯恒

(广东省公路管理局茂名沥青储运中心，广东茂名525000)

摘要：在我们日常的生活生产中，生物燃料技术应用广泛，技术发展越来越成熟，生物燃料技术有生物质直接燃烧技术、生物质与煤混烧技术以及生物质成型技术。生物能源的充分利用能够很好的替代传统的不可再生能源，用生物能源替代不可再生能源能够缓解日益紧缺的能源问题的同时还能够起到改善环境，减少大气污染物的排放，实现能源的可持续发展，其中生物质常温成型技术是未来固体生物质燃料发展的趋势，是生物能源的未来开发应用方向。当前在我国能源消耗快速增加的情况下，我国实现节能减排目标面临的形势十分严峻，新能源开发与节能减排行动正轰轰烈烈地进行，本项目研制的生物质粉体燃烧机和生物质粉体燃料也以崭新面孔加入到这一行列，并发挥着一定的作用。

## 1 生物质粉体燃料

生物质是指植物利用太阳、大气、水、土地等通过光合作用产生的各种有机体，而生物质能源是根据生物质的特点，运用一定的技术方法将生物质转化为可利用的能源，生物能源技术有固体燃料生产技术、液体燃料生产技术及气体燃料生产技术等。其中固体燃料生产技术主要是发展最传统成熟的生物能源技术，从生物质的直接燃烧到生物质煤混燃烧技术，发展到现在生物质成型燃烧技术，目前生物质常温成型技术是固体燃料生产的发展方向。生物质能源相比传统能源更加环保高效，在对环境保护，生产成本等方面具有显著的优势，更加符合现代社会的发展要求。

### 1.1 生产生物质粉体燃料原料来源

生物质粉体燃料原料来源大多是农林废弃物，如稻壳、木屑、树枝和树皮等，加入一定比例添加剂，经过破碎、磨粉、烘干等工艺加工成块状的固体能源，块状固体直径一般6~8cm，长24~40cm，破碎率在1.5%~2.0%左右或者以下，干基含水量在10%~15%以下，灰分含量不能超过1.5%，硫含量和氯含量均在0.07%以下，氮含量小于0.5%，同时需要标明所加入添加剂的种类及数量。目前国际上，欧盟标准没有对生物质燃料的热值规范尺度提出要求，但销售商要在产品上表明相关热值，而瑞典标准对生物质燃料的热值标准一般要求不能小于16.9兆焦。

### 1.2 生物质粉体燃料特性

二氧化碳排放：据有关文献介绍，生物质燃料的主要成分是碳水化合物，在燃烧过程中放出的二氧化碳相当于在光合作用中吸收的二氧化碳，形成一个自然界的碳平衡，科学上这种碳平衡称为零排放； 二氧化硫低排放：据有关文献介绍，生物质燃料含硫量低，二氧化硫排放小于1mg/

m<sup>3</sup>，远远低于烧燃煤，燃油二氧化碳排放量，不需要安装脱离装置装量就可以实现二氧化硫减排； 资源丰富，可再生循环生长，取之不尽。

表 1 生物质颗粒燃料的性能指标

项 目	生物质木屑指标	生物质秸秆指标	生物质稻壳指标
热值	> 4000Kcal/kg	> 4000Kcal/kg	> 4000Kcal/kg
密度	> 1.1t/ 立方米	> 1.1t/ 立方米	> 1.1t/ 立方米
外观	呈淡黄色圆柱型 6mm	呈淡棕色圆柱型 6mm	呈淡黄色圆柱型 6mm
灰分	< =1.1%	< =4%	< =7%
水分	< =8%	< =13%	< =12%
燃烧率	> =95%	> =95%	> =95%
热效率	> =81%	> =81%	> =81%
排烟黑度（林格曼级）	< 1	< 1	< 1
排尘浓度	< =80mg/ 立方 米	< =80mg/ 立方 米	< =80mg/ 立方 米

### 1.3 生物质粉体燃料生产规模

目前，我国生产生物质粉体燃料大多数还停留在传统的制粒方法上，传统的制粒方法为：

将原料从环模内部加入，经由压辊碾压挤出环模而成粒状，与现有的饲料制粒方式相同；

生产过程中需要进行原料烘干、压制、冷却、包装等工序。首先需要将生物质原料进行烘干，保持合适的相对湿度，通常保持12%左右的湿度，才能更好的成型，然后进行颗粒的压制，压强需要控制在50MPa到100MPa之间，高压的状态下压制会让原料产生变形和升温，可达到120 高温，压制出来的颗粒大概在100 左右，最后需要将颗粒燃料冷却后进行包装。整个生产过程需要消耗大量的能量，加上压制过程对机器的损耗，造成生产成本偏高。

常温成型技术的发展出现让生物质生产过程更加高效和降低生产成本，生产出来的成品具有更高能量效能，热值更高，体积更轻便，便于运输储存的特点，还可以作为生产液体燃料和生物化工产品的原料。以往传统的生物质直接燃烧方式能效一般比较低，而且容易发生不完全燃烧，产生大气污染物，造成环境的污染，用颗粒燃料的替代可以很好的改善这些问题。常温成型技术还在不断的改进发展，在原料预脱水和如何提高单机生产能力上还需要更多的工作开发。

本项目在广西浦北利用当地丰富的树皮、树枝、木糠建立了一条，月生产生物质粉体料500吨左右的生产线；在洞庭湖产粮区，与当地粮食部门加工厂合作，利用当地丰富的谷壳，建立了一条月生产生物质粉体燃料1500吨的生产线。

当前在我国能源消耗快速增加的情况下，我国突现节能减排目标面临的形势十分严峻。新能源开发与节能减排行动正轰轰烈烈地进行。本项目研制的生物质粉体燃烧机和生物质粉体燃料也以崭新面孔加入到这一行列。并发挥着一定的作用。

## 2燃烧原理和燃烧过程

### 2.1生物质锅炉

燃烧生物质成型燃料需要用到专门的生物质锅炉，生物质锅炉的专门设计能够更好地燃烧生物质成型燃料，令污染物产出尽可能的少，随着追求绿色环保的观念兴起，生物质锅炉高效环保的优点使得在日常生活中普及使用，根据不同的用途和使用的生物质燃料不同，生物质锅炉的种类多种多样，常见的有生物质炊事采暖两用炉、生物质热水锅炉、生物质蒸汽锅炉、生物质采暖炉、生物质数控锅炉等等。

生物质锅炉的燃烧系统分为四个部分：

#### 2.1.1给料系统

给料系统主要负责燃料的运输工作，由料仓、振动给料器、螺旋给料机、螺旋给料管等部件组成。

首先需要在料仓中储存燃料，通过皮带运输机将成型的生物质燃料运输到料仓中，振动给料器连接在料仓与螺旋给料机之间，主要是为了保证下料的持续和运输的稳定，螺旋给料机负责将生物质成型燃料通过给料管输送到燃烧器。

#### 2.1.2燃烧系统

燃烧系统主要负责燃料的燃烧，由燃烧器、风机、点火器等部件组成。生物燃料需要先在燃烧器里进行预热再输送到炉膛燃烧，燃料的运输主要通过风机进行，生物质成型燃料具有很高的挥发分，在给风的条件下，当炉膛内温度达到其挥发分的析出温度时，启动点火器就可以迅速让燃料着火燃烧。燃烧过程中需要控制温度及空气供给量，温度与空气供给量相关，温度以炉膛内的温度为准，燃烧过程需要注意锅炉的负荷，控制给料量，燃烧后产生的烟气进入对流烟道进行换热，换热后进入除尘器进行净化处理，最后排出。

#### 2.1.3吹灰系统

由于燃烧容易让烟管炉膛产生积灰，在锅炉中加入自动吹灰系统，可以定期维护清扫烟管和炉膛，避免积灰，确保锅炉运行的稳定安全。

#### 2.1.4烟风系统

烟风系统由送风系统和引风除尘系统组成。送风系统是利用鼓风机将空气通过燃烧器送至炉膛，能够达到输送燃料

及助燃的作用；引风除尘系统主要是通过引风机，将燃烧完成后产生的高温烟气经过在烟管中的对流换热后，进入除尘净化器净化然后排出。

### 2.1.5 自控系统

智能化控制锅炉的运行过程，利用自动化中央控制处理系统，通过中文简易的交互界面与用户交换信息，让锅炉的运行更加高效快捷自动化。

### 2.2 燃烧机的原理

生物质成型燃料燃烧机是在传统的燃煤设备的基础上进行改进，使之适合于燃烧固化的生物质成型燃料，将低品位的生物质转化为高品位的生物质颗粒燃料或者块状燃料，缩小了体积，增加了燃料的密度，更加容易储存与运输，同时显著提高了燃料的燃烧效率，能效可达45%（如瑞典的Kcraft热电厂），超过一般煤的能效。

传统的能量转化形式是直接燃烧，不需要太多的加工，优点是低成本、低风险等，但缺点也很明显，存在燃烧效率偏低，容易产生燃烧不完全，对环境污染比较大等问题。

随着技术进步，现代化的锅炉技术能够很好的解决传统直接燃烧的缺点，适应时代的要求。同时随着生物质能源技术的不断提高改进，生物质燃料的直接燃烧也得到了提升，生物质燃料即使直接燃烧，能效也可达到30%（如丹麦的Energy2秸秆发电厂，瑞典的Umea Energy垃圾热电厂）。

本课题的生物质燃料技术包括燃烧机和生物质粉体燃料，与用户锅炉、加温炉、导热油炉配套使用。燃烧机利用亚基米德渐开线原理，将输料管和燃烧机炉膛形成一个切入角，以旋转的状态使其瞬间爆燃，产生高温火焰，再被用户炉尾部引风机抽进用户炉内使用。锅炉额定蒸汽排放量不超过3吨/小时，额定蒸汽压力不超过0.1兆帕，额定功率2300 kW，额定炉温1100 。

锅炉一般通过热平衡实验来检测锅炉的性能以及改进存在的设计问题，可以通过正反两种方法来实验，从有效利用能量计算锅炉性能是正平衡法，从根据损失能量来计算锅炉性能是反平衡法，运用正反平衡法计算锅炉性能的同时需要从实际出发，考虑到锅炉辅机的能量损耗。



图 1 生物质粉体燃料燃烧机

理论空气量是根据化学反应计算出的，单位质量或单位容积的燃料完全燃烧时的空气需求量。燃料的充分燃烧需要足够多的空气，足够多的空气接触面，考虑到损耗实际情况，进入锅炉内的空气量往往需要大于理论空气量，越多的空气虽然可以防止燃料不完全燃烧造成的损耗，但排烟的热损失会增大，而且硫氧化物和氮氧化物量会增多，需要供给最合适的空气量去保证燃料完全燃烧，这需要在燃烧技术上的不断改进开发。

生物质粉体燃料燃烧机是本课题合作单位专利产品（专利文件复印件见附件一）。生物质粉体燃料添加剂是该公司经多年研究成功。该设备已经在广东省茂名市南粤科技学校，清远市雅豪洗浴部、高州市谭头灰渣砖厂等企事业单位使用，达到用户达到用户加温炉温要求或达到用户锅炉额蒸汽定压力和额定蒸汽蒸发量。经广东省特种设备检测院检测，检测结论：该锅炉燃烧设备运行正常，配套辅机（指燃烧机）运行可靠，造型基本合理。

### 3 烟气污染处理

#### 3.1 烟气污染问题

生物质

燃料属于新型清洁

燃料，是省市重点推广项目。因为生

物质燃料含硫量低，经有关单位检测， $\text{SO}_2$ 排放量小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$

，远低于煤和燃料油燃烧产生的 $\text{SO}_2$ 排放量，因此可实现 $\text{SO}_2$

的低排放。但是生物质燃料在燃烧过程中产生的烟气中可能含有粉尘、黑烟及白烟，粉尘是燃烧后的残余无机灰分形成的，黑烟是燃烧不完全的有机物形成的，白烟（水雾）是燃烧产物和原料中的水分在高温下形成的水蒸气在烟囱口-因周围大气温度低而冷凝-形成的液态水微小颗粒。对于所排烟气中的粉尘和黑烟这些污染物质必须加以净化，防止其污染大气环境；对于白烟，本身只是水蒸气，无毒无害，但其产生原因是高温，可通过降温消除。

#### 3.2 烟气污染处理工艺

### 3.2.1 工艺流程

根据黑烟、粉尘、白烟的形成原因及各自特点，可采用如下工艺对其处理净化。

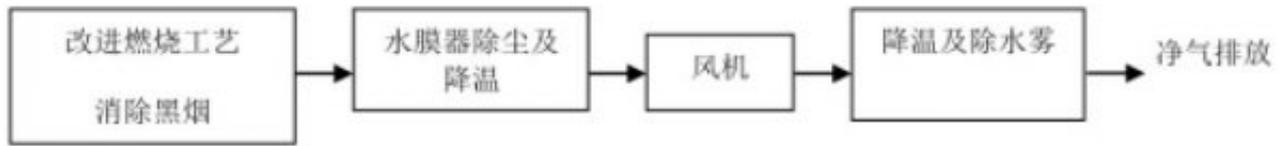


图 2 烟气污染处理工艺流程

### 3.2.2 工艺分析

#### 3.2.2.1 消除黑烟工艺分析

燃料在锅炉中燃烧后产生的烟气含有大量的硫和氮的氧化物以及粉尘等污染物，对环境有巨大的污染，如果不进行进化处理就直接排放到大气中去，会对周边地区造成严重污染，可超过环境保护标准数倍到数十倍不等。因此，在燃烧前需要对燃料进行预处理，同时改进燃烧技术，加强燃烧后烟气的除尘、脱硫、脱硝等净化处理，树立科学的生产发展观，构建环境友好型燃烧技术。

在用户提供准确的导热油炉额定功率参数的基础上，本项目可根据用户的实际参数设计燃烧炉，使制造的燃烧机风量、长度、直径满足生物质燃料充分燃烧，达到导热油炉额定功率。燃料充分燃烧，可以基本消除黑烟的产生和排放。另外，考虑到燃料因素，在设计燃烧机时实行多级进料；在调试时，若因燃料未充分燃烧，可以延长燃料燃距，使燃料充分燃烧，达到消除黑烟的目的。

#### 3.2.2.2 除尘工艺分析

烟气除尘一般利用力的作用将粉尘分离，运用到的有重力、惯性力附着力、离心力以及声波、静电等。一般采用重力沉降和惯性力对粗颗粒进行分离，离心力常被利用在较高容量下分离除尘，具有较高的除尘效率的是布袋过滤器和静电除尘器。湿式和文氏—水膜除尘器利用水滴水膜能粘附飞灰的原理，具有很高的除尘效率并且能够吸收气态污染物。

因为燃烧产生的烟气温度高（近200℃），除尘的首选装置应采用湿式除尘器，该类除尘器在除尘的同时还起降温的作用。湿式除尘器常用的有水膜除尘器、填料洗涤器和文丘里洗涤器三种。填料洗涤器因填料成本较高，文丘里洗涤器压力损失非常大，水膜除尘器虽然除尘效率低于填料洗涤器和文丘里洗涤器，但因其结构简单、易于操作，且压力损失最小，所以茂名沥青储运中心现有燃煤烟气的除尘采用的是水膜除尘器。

#### 3.2.2.3 除雾工艺分析

生物质燃料本身属于清洁燃料，燃烧后产生的烟气中污染物少，利于保护大气环境。但是燃料中少量的水分在燃烧后变成水蒸气；同时，生物燃料中的有机碳燃烧后生成的产物之一就是水，在高温下也以水蒸气形态释放，这些水蒸气随着烟气从烟囱口排入大气中。但是由于烟囱口周围大气温度较低，烟气中的大量水蒸气遇冷而冷凝形成液态水微小颗粒，即“白烟”（或“水雾”）。因为所用燃料是生物质，本身属于清洁燃料，燃烧后除了可能产生的黑烟和粉尘外，没有白色的化学物质产生。

对于“白烟”（“水雾”），本身只是水蒸气，无毒无害，但其产生原因是高温（形成了水蒸气），要消除白烟，一要降低烟气温度，二要减小烟气速度让微细的水粒聚集。燃烧炉出来的烟气经水膜除尘后温度一般仍达到90℃以上，而且经过水膜除尘器后又有大量的水变成微细的水颗粒（白烟）。工业上要使烟气降温需要消耗大量的冷却水，热水再利用又需要冷却系统，所以是投资很大、运行不经济的。所以本项目根据现场实际，利用厂区的沉淀池来降温和除水雾，这是技术可行且最经济的方法。



图 3 水膜除尘器

### 3.3 实施方案

#### 3.3.1 除尘的实施方案

燃油技术改为生物质燃烧技术后，在实施运行的头一个季度内，视粉尘排放情况对现有除尘器进行改造，直到设备达到除尘要求。

#### 3.3.2 除水雾的实施方案

只要将高温烟气引入沉淀池，通过加装空气分布器使烟气均匀分摊到沉淀池底部，较高温度的水雾被冷凝而消除。

去除白烟（水雾）在设计时采用下图的管线布置。首先，除尘后温度下降的烟气经总管通过风机引过来，在水平总管的最低处需要预留排水口定期排出管道中的冷凝水；然后，从总管分出若干支管在沉淀冷却池底部均匀分布，支管上再均匀安装多个烟气（空气）分布器，这样的布置可确保较高温度的烟气被冷却而使水蒸气冷凝。

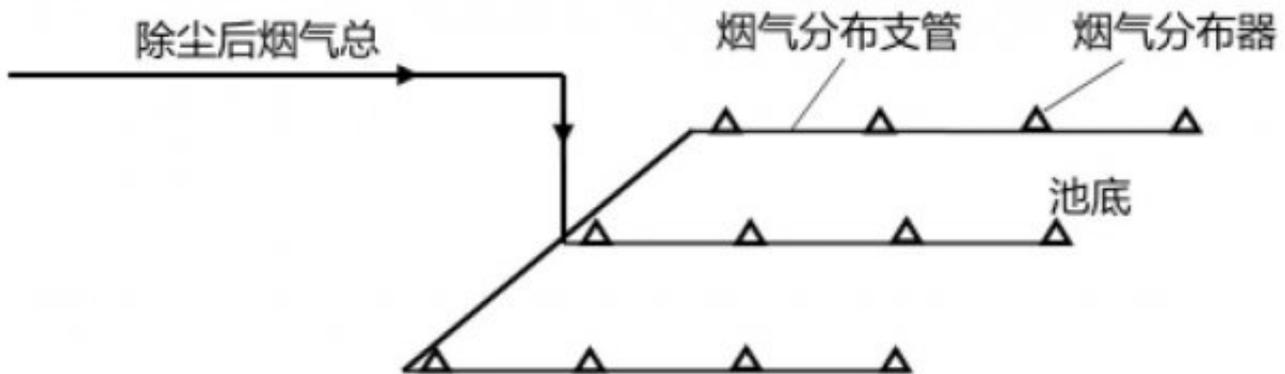


图 4 水膜除尘器循环池管线布置图

#### 4经济效益和社会效益

在全球应对气候变化，发展低碳经济的浪潮中，为中国减少温室气体排放，提升产业结构做出了贡献。生物质能源是太阳辐射经植物光合转化后生成的化学态能源，可以转化为固态、液态和气态等多种多样的能源产品。目前中国生产和使用比较广泛的生物质燃料有沼气，秸秆热裂解制气，秸秆固化成型燃料，燃料酒精和生物柴油。中国发展生物质燃料产业不仅减少进口石油和减排温室气体，更重要的是可以解决三农问题，尤其是农村就业问题。

由于人类过度消费化石燃料，造成臭氧层破坏，全球气候变暖，酸雨等灾难性后果和严重的环境污染。生物质能源，与传统能源相比，具有可再生，清洁，环境污染小等无法比拟的优势。居住和生活环境改善，将有利于妇女、儿童的身心健康，利于社会的可持续发展。

检测尾气采用便携式气味检测仪，型号是OMX-SRM，检测锅炉废气，精度可以在0.1ppm。检测仪先把气体通过泵吸进仪器内，再通过检测装置进行精密的检测，测量值可靠，响应迅速，广泛应用在大气环境检测，新建房屋甲醛等气体检测，有毒工业废气检测，对环境监测，保护公民生理健康方面有重要的意义。

从现场的检测数据可以看出，生物质燃料排放的温室气体远远达不到煤排放值的一半，生物质燃料有毒烟雾的排放值远远不到煤的十分之一。符合国家提出的可持续发展的指导思想，低碳环保，各类排放指标均低于《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2001）中一类地区 类时段标准值要求，其中二氧化硫、氮氧化物近乎零排放，远低于煤锅炉。表2显示的是生物质燃料的减排数据。

表 2 生物质燃料减排数据

测试项目	单位	煤	生物质燃料	减排 (%)
氮氧化物	Mg/m <sup>3</sup>	125	21	83.7
一氧化碳	Mg/m <sup>3</sup>	420	28.5	91.6
二氧化硫	104Mg/m <sup>3</sup>	69.8	34.3	71.3
粉尘	Mg/m <sup>3</sup>	0.05	0.03	50.2

生物质能源，在广大农村地区，具有可再生，资源丰富的优点。石油短缺，能源结构不合理是我国的基本国情。充分利用生物质能源如秸秆等替代煤炭，石油和天然气等燃料可以减少对矿物能源的依赖，保护国家能源资源。

沥青的比热为：液态1.34kJ/(kg·℃)，根据热值计算公式： $Q=cm\Delta t$ ，Q表示热量，c表示比热容，m表示质量， $\Delta t$ 表示变化的温度。 $W=Q=qm$ ，Q某种燃料完全燃烧后放出的热量，m表示某种燃料的质量，q表示某种燃料的热值。可以计算出加热每吨沥青每升高1℃，需要消耗煤大约0.3626吨，消耗生物质粉体燃料大约0.3039吨。从加热的数据来看，每个储罐储存沥青2000吨，同时加温2个储罐4000吨，一个台班可升温11.4℃，平均每小时能升温大约1.42℃，除以锅炉的热效率92%，能够达到额定功率2300kW。

加热每吨沥青每升高1℃消耗煤改性生物质粉体燃料和煤的加热速率相当，每小时产生176万大卡热量。和煤相比，改性生物质粉体燃料可节约10%费用。每产生176万大卡热量（1吨蒸汽）消耗生物质粉体燃料量0.4T，约折合人民币360元，而煤锅炉需要消耗0.5T煤，约折合人民币400元。

表 3 生物质粉体燃料和煤燃烧效果比较

燃料名称	热值	用量	燃料价格	燃料成本	热效率	加热速率
天然煤	4000 大卡	0.5 吨 / 小时	800 元 / 吨	400 元 / 小时	88%	176 万大卡 / 每小时
生物质粉体燃料	4900 大卡	0.4 吨 / 小时	900 元 / 吨	360 元 / 小时	90%	176 万大卡 / 每小时

能创造更多的“绿色工作岗位”。国际金融危机不仅给世界经济发展带来了新挑战，同时也带来发展的新机遇，给发展包括第二代生物燃料产业在内的绿色经济带来了机遇。创造更多相关职位，同时能够增加农民收入。

生物质燃料更加清洁卫生，投料简便，能够降低工人的劳动强度，很大程度的改善相关产业的劳动环境，同时企业能够降低劳动力方面的成本，改善企业的经济效益。

## 5总结

总的来说，“改性生物质粉体燃料在锅炉或加温炉上使用技术的研制”项目自通过省局立项后，茂名沥青储运中心与茂名鸿宇节能技术开发有限公司根据项目任务书的要求内容，结合实际情况，积极开展科研工作，已较好完成了项目要求的研究内容，将该技术应用到茂名沥青储运中心的有机热载体炉上，能够达到额定功率2300kW，并节约10%燃料费，烟尘排放达到国家允许的排放要求，并拟向相关行业推广。

## 参考文献：

- [1]管雨荷.我国循环流化床锅炉技术的现状及发展前景[J].化工管理，2014(26).
- [2]刘德昌，吴正舜，张世红.我国循环流化床锅炉的发展现状和建议[J].动力工程学报，2003(3).
- [3]张建胜，吕俊复，岳光溪.循环流化床锅炉的发展现状及前景[J].锅炉制造，1999(3).
- [4]赵旺初.循环流化床锅炉在我国的现状和发展[J].锅炉技术，1997(2).
- [5]李巍.循环流化床锅炉的发展现状及前景[J].应用能源技术，2001(4).
- [6]蔡毅，程乐鸣，邱坤赞.循环流化床锅炉专利现状与趋势分析[J].能源工程，2013(1).

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/136600.html>