

# Wood-Pallet

## A new kind of promising energy

Dianxiang Zhu<sup>1</sup>, Baojin Wang<sup>1</sup>, Dongsheng Guo<sup>2</sup>, Jun Sun<sup>1</sup>, Ling Zou<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nanjing Forestry University, Nanjing, China, 210037

<sup>2</sup> Beijing Riverland S&T Co., Ltd., Beijing, China, 101100

Email: dianxian@163.com, wbj@njfu.com.cn, dongsheng@vip.sina.com, sunjun227@163.com, zouling1018@163.com

**Abstract:** Wood-pellet is a kind of renewable, clean fuel with stable cost that can be made from such renewable material as crop straw, bamboo surplus material by processing and waste wood and is used in quantities in North America and Europe. The development status of wood-pellet fuel industry, product properties, usage and processing technology were mainly introduced and the development prospect of this material in China was analyzed.

**Keywords:** pellet fuel; biomass fuel; wood and bamboo surplus material by processing; waste wood; crop straw

## 木煤

——一种极具发展潜力的新型能源

朱典想<sup>1</sup>, 王宝金<sup>1</sup>, 郭东升<sup>2</sup>, 孙军<sup>1</sup>, 邹玲<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南京林业大学, 南京, 中国, 210037

<sup>2</sup>北京泛欧瑞得科技有限公司, 北京, 中国, 101100

Email: dianxian@163.com, wbj@njfu.com.cn, gututo@vip.sina.com, sunjun227@163.com, zouling1018@163.com

**摘要:** 木质颗粒燃料(简称木煤)是一种可再生、清洁和成本稳定的燃料,可由农作物秸秆、木竹加工剩余物及普通的废旧木料等可再生的物质制成,北美和欧洲正在大量使用。本文主要介绍木质颗粒燃料产业的发展现状、产品特点、用途和制造工艺以及我们在这方面所做的工作,并分析这种燃料在我国的发展前景。

**关键词:** 颗粒燃料; 生物质燃料; 木竹加工剩余物; 废旧木料; 农作物秸秆

## 1 引言

能源的开发和利用一直以来见证着人类文明的进步,能源的更新替换,成为人类适应环境、利用环境、改造环境的重要标志之一。当今的新型替代能源,如风能、太阳能、生物能、地热能等纷纷涌现,各具优势,且利用技术的不断成熟和发展,其中生物能在实用性、可行性、广泛性方面,显现出独有的优势,被认为是未来30~50年里,最具大规模产业化开发前景的新型能源。

生物质能源的原料来源广泛,如美国用玉米、巴西用甘蔗制备乙醇,欧洲用油菜生产生物柴油等。但使用农作物发展生物质能源,会对农产品的市场需求、价格和基本民生造成很大影响,尤其是对于我国这样的农业大国。而利用生物质的废弃物如利用农林的加

工采伐废弃物、农作物秸秆、工业有机垃圾等来制造能源,这种不与民争粮、不与粮争地的发展生物质能源的方式科学而现实,是值得关注的。

## 2 木质颗粒燃料的发展概况

木质颗粒燃料,简称木煤,其发展源于19世纪70年代美国能源短缺时期,当时的原材料主要来源于家具、造纸等工厂的木材(屑)废料,产生的能源可替代电能、薪炭燃料、化石燃料等。期间发生的石油危机,还促使丹麦开始研究木质能源发电技术,1988年诞生了世界上第一座秸秆生物燃烧发电厂,目前已有130家秸秆发电厂遍及丹麦,秸秆发电等可再生能源占到全国能源消费量的24%以上。

近年来,北美木质颗粒燃料的产量和销售量均呈上升趋势,见图1、图2;而木质颗粒燃料在欧洲的

价格则呈现小幅波动，见图 3。

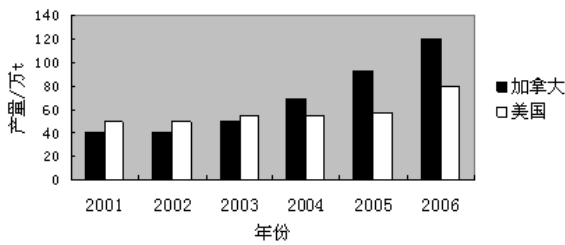


Figure.1 Output of wood pellet fuel in Canada & USA during 2001—2006

图 1 加拿大和美国近年来木质颗粒燃料的产量

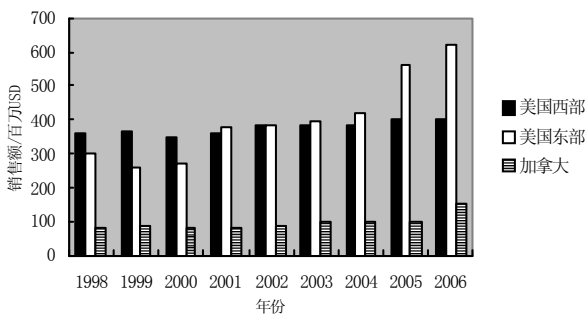


Figure.2 Annual sales of pellet fuel used for resident in North American

图 2 北美住宅颗粒燃料年度销售情况

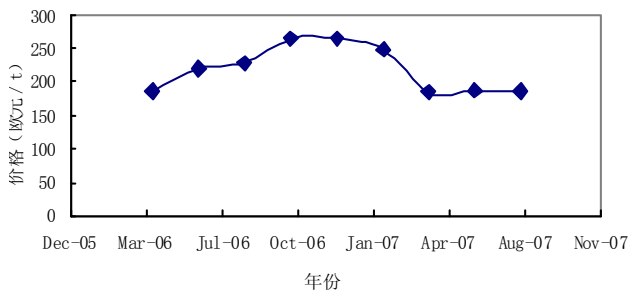


Figure.3 Price trend of pellet fuel in Europe during 2006—2007

图 3 2006—2007 年欧洲木质颗粒燃料价格变化图

在美国，目前谷类作物的 15% 用于生产非柴油运输燃料，乙醇生产增长的速度更快。美国能源部已制定了 2010 年以农作物为原料的大规模一体化生物炼油厂发展计划，到 2030 年，计划生物质能源占美国发电量的 5%、运输燃料的 20% 和化学品生产量的 25%。届时将相当于现有石油消费量的 30%。世界瞭望学会预测，采用新技术后，在今后 25 年内生物燃料可望占美国运输燃料的 37%，如果汽车燃料经济性翻一番，

占运输燃料比例可提高到 75%。

为了节省天然气和石油，减少 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 的排放量，美国大力倡导使用木质颗粒燃料，并给予适当补贴，部分发电和供热的燃料被木质颗粒燃料所取代。此外，石油天然气的上涨，也极大推动木质颗粒燃料的发展。2005 年，美国林地提供了 3.68 亿 t 木质燃料资源用于能源生产，其中不包括目前无法到达的林区和环境敏感地区的林地。木质燃料资源利用约占美国能源需求的 10%。

### 3 木质颗粒燃料的生产工艺及特点

目前，发达国家采用高温高压挤压设备，将生物质材料挤压成一定的颗粒 (pellets) 或压块 (briquettes) 作为燃料 (见图 4、图 5)，即木质颗粒燃料。这种燃料质地坚硬，属能量高效聚集的固化型燃料，具有比重大、热值高、燃烧充分、成本低、使用方便、清洁卫生，便于贮存和运输等优点，可作为燃烧炉、气化炉、取暖炉、气化站、锅炉和发电的燃料，用于供热的燃烧效率可达 83%；同时还可作为生产沼气、制作肥料、饲料、人造板、隔墙板、餐饮具、育苗钵等的原料；各种农作物秸秆还可压缩成块状饲料。



Figure.4 Wood pellets  
图 4 木质颗粒



Figure.5 Wood briquettes  
图 5 木质压块

美国生产的木质颗粒燃料 wood pellets 和

briquettes, 是由木质废料经加压制成, 用于各种供热装置的燃料。常见的供热装置可分为 4 种<sup>[1]</sup>:

1) 微型燃烧装置 (1MW): 主要用于住宅或办公室的取暖。木质颗粒燃料既可通过加热空气或水供暖, 也可以在家中的壁炉中直接燃烧。

2) 小型燃烧装置 (1~5 MW): 热水介质, 属经济型供热装置。木质颗粒燃料也可用于驱动空调系统。

3) 中型燃烧装置 (5~15 MW)。在美国一般为学校或单位采用。

4) 大型燃烧装置 (15 MW) 以上: 通常用于林区工业企业, 或林区附近的其他工业企业, 如水泥企业。

5) 特大型的燃烧装置: 一般用于发电厂, 常见的规模为 10~20 MW, 有的甚至达到 75 MW 以上。常采用木质颗粒燃料和煤搭配燃烧, 以降低空气污染。

### 3.1 制粒工艺

木煤 pellets 的典型制造工艺流程为:

原料→粉碎→除尘去铁→输送→去铁→搅拌→高温压缩→冷却→包装→储存→运输。

先将原料含水率干燥至 8%~10%, 送入振动料仓, 经过除铁器和气流分选机, 将其中的金属物质和石头等杂质分离出来, 再采用双螺旋进料器将其送入锤式打磨机打碎。

将打碎的木屑用传送带送入混合器, 加入适量的水进行混合, 然后送入搅拌器进行充分搅拌, 木屑吸收适当的水分, 有利于生产出高质量的木屑颗粒。

物料自搅拌器的底部, 通过重力自流进入位于造粒机顶部的进料器, 进料器将木屑定量注入造粒机, 进料速度通过变频调整。

造粒机将木屑压缩成一定直径的长条圆棒形状并挤出。在圆棒出口处通过钢齿切割机, 将圆棒切割成一定长度的颗粒状。

高温的木质颗粒经过不锈钢传送带, 传送到逆流空气冷却器, 将其冷却至高于周围环境 5~10℃ 的温度, 颗粒冷却所需要的强气流, 由冷却器底部的一台强力鼓风机提供。

冷却后的木质颗粒按顺序成批送入筛式过滤器, 将其中的粉尘筛出, 并返回到系统中再加工。最后将成品木质颗粒包装、储存、运输。

### 3.2 木质颗粒燃料的优势

- 清洁环保。木质颗粒燃料制造过程中不添加胶

黏剂, 是一种天然生物质燃料。由于含水率较低, 助燃空气容易调节, 燃烧效率高, 燃烧时产生的烟气平均排放量为 1.2g/h, 远远低于美国环保局规定的 7.5g/h。

- 节省空间。由于木质颗粒燃料经过高温压缩, 大大节约了储存空间, 也便于运输。
- 燃烧热效率高。木质颗粒燃料能大大提高木质材料的燃烧效率, 对制成一定的密集形态粒状或块状燃料, 热效率可提高 80% 以上。据测算, 1t 的木质颗粒燃料所产生的热量相当于 1 t 煤。
- 使用安全。木质颗粒燃料由于取自于自然状态的生物废料, 不含有易裂变、爆炸等化学物质, 故不会像其他能源那样, 发生中毒、爆炸、泄漏等事故。
- 可持续性利用。木质颗粒燃料燃烧后的炉灰可以作为肥料, 促进新的植物生长, 进入新的循环, 使生物资源的供应源源不断, 持续利用。

## 4 木煤节能效益评估

我国工业企业供热和北方地区集中采暖主要采用工业锅炉作为热源设备, 工业锅炉目前燃用的主要燃料为煤炭, 其中多数地区采用二类烟煤, 其低位热值从 4500Kca/kg ~ 5700Kcal/kg 不等, 平均热值为 5100Kca/kg 左右。燃煤工业锅炉的热效率约为 60%~70%, 平均为 65%。

木煤热值与生产木煤的原料种类有关, 普遍来讲, 木材加工剩余物和秸秆作为生产木煤的原料, 所生产出的木煤热值为 4000Kcal/kg~4700 Kcal/kg。

木煤颗粒尺寸均匀, 在锅炉中燃烧时吹飞量和漏煤量大为减少; 木煤易于着火、易于燃尽, 锅炉炉渣含碳量接近于零; 使用木煤可以降低锅炉空气过剩系数, 减少锅炉床层通风阻力, 降低风机功耗, 减少排烟损失, 锅炉效率可以提高 10%~20%, 平均提高 15%。以目前燃煤锅炉的平均热效率为 65% 计, 使用木煤后, 锅炉热效率可以提高至 80% 左右。

如以木材加工剩余物和麦秸为木煤原料, 则每吨木煤可以替代 1.04t~0.96t (平均为 1t) 二类烟煤, 简言之, 1t 木煤可以替代 1t 二类烟煤。

## 5 木煤项目环境效益评估

煤炭在锅炉中燃烧后, 排出大量的飞灰、炉渣、二氧化硫和二氧化碳, 其中飞灰和二氧化硫是主要的

空气污染物，炉渣占用大量的土地面积，二氧化碳是主要的温室气体。而锅炉使用木煤则可最大限度地减少这些物质的排放量，具有非常显著的环境效益。

### 5.1 评估对象与基本数据

本项评估以木材加工剩余物（木屑）和麦秸为原料生产的木煤为评估对象，以锅炉代表性设计煤种（二类烟煤）作为对比对象，分别计算锅炉使用木煤替代煤炭后各项主要污染物的排放量。

锅炉选取链条式锅炉，在工业企业中，该型锅炉约占锅炉总量的90%左右。链条式锅炉中，飞灰比率为20%，除尘器的除尘效率统一取为90%。

锅炉未安装烟气脱硫设备。由于脱硫设备投资大、运行成本高，所以一般企业锅炉很少安装，而且这一状况近期很难有所改变。

锅炉燃烧5t二类烟煤，向大气排放的飞灰（粉尘）量为325t，而燃烧5万t木煤，向大气排放的飞灰（粉尘）量仅为6t（燃烧木屑木煤）或26t（燃烧麦秸木煤），比燃烧烟煤分别少排放319t和299t。

与燃烧二类烟煤相比，燃烧木煤的飞灰（粉尘）减排率分别为98.3%和92.0%，飞灰（粉尘）减排效果非常显著。

### 5.2 燃烧木煤减少炉渣排放量

锅炉燃烧5万t二类烟煤，产生的炉渣量为15915t，而燃烧5万t木煤，排放的炉渣量仅为1094t（燃烧木屑木煤）或5174t（燃烧麦秸木煤），比燃烧烟煤分别少排放14821t和10741t。

与燃烧二类烟煤相比，燃烧木煤的灰渣减排率分别为93.1%和67.5%，炉渣减排效果非常显著。

木煤燃烧后产生的炉渣是良好的肥料，可用于花卉等经济作物的生长。

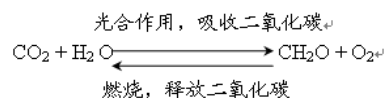
### 5.3 燃烧木煤减少二氧化硫排放

锅炉燃烧5万t二类烟煤，向大气排放的二氧化硫为1552t，而燃烧5万t木煤，向大气排放的二氧化硫仅为40t（燃烧木屑木煤）或144t（燃烧麦秸木煤），比燃烧烟煤分别少排放1512t和1408t。

与燃烧二类烟煤相比，燃烧木煤的二氧化硫减排率分别为97.4%和90.7%，二氧化硫减排效果非常显著。

### 5.4 燃烧木煤减少二氧化碳排放

木煤的原料均为生物质，生物质中的碳来自空气中流动的二氧化碳，通过光合作用将其固化在生物质中，而木煤在燃烧过程中，又产生等量的二氧化碳排放到空气中，即：生物质生长过程和燃烧过程集合在一起，实现了二氧化碳的零排放。



然而，生物质来源地分散、能量密度低，收集、运输、粉碎、干燥等处理过程都需要消耗一定的能源（如：汽油、柴油、电力和热力）；每吨木煤成型过程也需要消耗约100kWh的电力。消耗这些能源的同时，也要排出一定量的二氧化碳。

锅炉燃烧5万t二类烟煤，向大气排放的二氧化碳为85342t，而燃烧5万t木煤，向大气排放的二氧化碳仅为11550t，比燃烧烟煤少排放73792t。

与燃烧二类烟煤相比，燃烧木煤的二氧化碳减排率为86.5%，二氧化碳减排效果非常显著。

## 6 我国发展木煤燃料的可行性

我国每年消耗16亿t煤炭，其中9亿t用于发电，7亿t是用于工业用锅炉和生活用锅炉<sup>[2]</sup>。锅炉用煤的热效率只有60%左右，同时排放大量的CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>。在替代将近7亿t的工业用煤中，木煤将会发挥很重要的作用。

目前，我国木质能源仍以直接燃烧的柴灶方式为主，由于薪材原始状态很松散，燃烧过程中，80%~90%的能量随着烟气和灰分的散失而浪费，热利用效率很低，只有10%~15%左右。

我国拥有丰富的木煤资源，目前可供利用开发的资源主要为木质废弃物，包括农作物秸秆、薪材、加工剩余物和城市固体有机垃圾中的废旧木料等。据理论测算，我国木煤资源可达50亿t左右。

1) 农作物秸秆。我国作为一个农业大国，农作物秸秆是主要的木质能源资源之一，目前，主要作为生活燃料、饲料、肥料和工业原料等，仍有大量未得到有效利用。每到收割季节，有大量秸秆焚烧，污染环境，影响交通，已成为严重的社会公害。按每年废弃的农作物秸秆约有6~7亿t，其中约有3亿t可作为能源使用，折合标准煤1.5亿t左右，如果将这些秸秆资

源用于发电,相当2套0.9亿KW火电机组年平均运行5000h,年发电量为9000亿KWh<sup>[3]</sup>。

2) 木、竹采伐和加工剩余物。我国林木生物质总量约178.86亿t,每年可采伐剩余物的生物量约16.2亿t。考虑到采运条件、生态防护、资源分布等多方面因素,每年可提供发展生物质能源生物量为3.3亿t,折合标准煤约2亿t,如全部得到利用,能够减少1/10的化石能源消耗<sup>[4]</sup>。

3) 工业木质废弃物。在其它工业生产中,例如造纸厂、糖厂和粮食加工厂等,每年也会产生大量的木屑、树皮、蔗渣、谷壳等。

4) 城市废弃木材。随着我国城市化进程加快,城市数量和规模都在不断扩大,与此同时,我国城镇的垃圾量每年以10%左右的速度增长,每年产生的城市垃圾约为60亿t,其中各类木材垃圾可达6000万t,完全可以用于颗粒燃料的制造<sup>[5]</sup>。

## 6.1 生物质能源的政策扶持

我国在《中国新能源和可再生能源发展纲要(1996—2010)》中提出,要把发展“高效的直接燃烧技术、致密固化成型技术、气化技术”,作为今后能源工作的一个主要方面来抓。对于生物燃料的发展,我国的“十一五”规划,也明确了要按照以新能源替代传统能源、以优势能源替代稀缺能源、以可再生能源替代化石能源的发展思路,逐步提高替代能源在能源结构中的比重。

国家发改委2007年9月发布的《可再生能源中长期发展规划》也指出,要逐步提高优质清洁可再生能源在能源结构中的比例,力争到2010年使可再生能源消费量,达到能源消费总量的10%左右,到2020年达到15%左右,同时指出,我国可再生能源发展的重点是水能、生物质能、风能和太阳能。国家将采取强制性市场份额、优惠电价和费用分摊、资金支持和税收优惠、建立产业服务体等政策和措施,积极支持可再生能源的技术进步、产业发展和开发利用。

## 6.2 现阶段所做的工作

根据国家产业发展需要,南京林业大学与美国泛欧木工机械有限公司早在2007年就开展了合作,在河北丰宁实施了“年产5万吨木煤研发中试项目”,并于2009年9月16日通过国家发改委、农业部、环保部、国资委、国家林业局等五部委的验收。在此基础上,我们与河北丰宁宏森木业有限公司又联合向国家发改委申报了“年产20万吨木煤开发项目”并获得立项(发改办环资[2010]26号)。目前研发工作正在逐步推进。

综上所述,以木质材料和农作物秸秆为基础的可再生能源符合国家产业发展导向,充足的资源与国家政策的扶持,将为我国生物质能源的发展提供一个广阔的平台,也为木煤燃料的发展提供了坚实的基础。

## References (参考文献)

- [1] John I Z. Thermal energy, electricity and transportation fuels from wood[J]. *Forest Prod* (1):6-4.
- [2] Shi Yuanchun, Talking about the development and utilization of biomass energy [R/EB], <http://tech.qq.com/a/2006-08-31/000329.htm>.  
石元春, 漫谈生物质能源的开发和利用 [R/EB]. <http://tech.qq.com/a/2006-08-31/000329.htm>.
- [3] China Electrical Enterprise Network, Straw power: New growth in wheat field [R/EB]. <http://www.newenergy.org.cn/html/2006-2/2006220-7658.html>.  
中国机电企业网, 秸秆发电: 麦田里的新增长点 [R/EB]. <http://www.newenergy.org.cn/html/2006-2/2006220-7658.html>.
- [4] Afforestation Division of State Forestry Bureau, Maintain energy security a huge role in the development of forestry biomass energy [R/EB]. <http://news.chemnet.com/content/2007-06-25/297539.html>.  
国家林业局植树造林司, 维护能源安全发展林业生物质能源作用巨大 [R/EB]. <http://news.chemnet.com/content/2007-06-25/297539.html>.
- [5] Development Centre of wood saved, Second National Conference of waste wood recycling & First National crop (straw) Comprehensive Utilization Seminar Successfully held [EB/OL]. <http://www.cwp.org.cn/ShowArticle.asp?ArticleID2007-12-11=1011>.  
木材节约发展中心, 第二届全国废旧木材回收利用研讨会暨首届全国农作物(秸秆)综合利用研讨会成功召开 [EB/OL]. <http://www.cwp.org.cn/ShowArticle.asp?ArticleID2007-12-11=1011>.