



The China Sustainable Energy Program

中国可持续能源项目

中国可持续能源项目

中国生物质固体成型燃料产业化发展研究

最 终 报 告

中 国 投 资 协 会

中国生物质固体成型燃料产业化发展研究课题组

2012 年 6 月

目 录

摘要

第一章 前言

- 一、 项目背景
- 二、 主要研究人员
- 三、 研究方法与过程
- 四、 主要成果

第二章 中国生物质成型燃料产业发展的几个阶段

第三章 中国生物质成型燃料产业的发展现状和主要特点

- 一、 农林固体剩余物资源与成型燃料的原料
 - 1 农业剩余物资源与原料
 - 2 林业剩余物资源与原料
 - 3 原料的收集、运输和储存
 - 4 问题与讨论
- 二、 成型燃料的生产装备
 - 1 成型燃料生产装备的制造企业
 - 2 生物质颗粒燃料成型机
 - 3 生物质压块燃料成型机
 - 4 成套辅助设备
 - 5 问题与讨论
- 三、 成型燃料的生产
 - 1 生产和销售成型燃料的企业
 - 2 颗粒燃料的生产
 - 3 压块燃料的生产
 - 4 成型燃料的成本
 - 5 颗粒燃料与压块燃料的比较

- 6 问题与讨论
- 四、 成型燃料的燃烧利用设备及其终端用户
 - 1 生物质固体成型燃料的特性
 - 2 制造成型燃料燃烧设备的企业
 - 3 成型燃料工业锅炉
 - 4 其它成型燃料工业利用装置
 - 5 小型成型燃料燃烧利用设备
 - 6 成型燃料的终端用户
 - 7 问题与讨论
- 五、 产业链分析
 - 1 当前产业链和企业的特点
 - 2 产业链评价
- 六、 中央政府有关支持成型燃料产业发展的政策
 - 1 秸秆能源化利用补助资金
 - 2 资源综合利用产品的所得税和增值税优惠政策
 - 3 环保政策
 - 4 建设绿色能源示范县
 - 5 农机购置补贴政策
 - 6 对成型燃料产业的其它鼓励政策
 - 7 对成型燃料产业的科技支持
 - 8 问题与讨论
- 七、 地方政府有关支持成型燃料产业发展的政策
 - 1 有关政策及典型案例
 - (1) 郑州市的政策和做法
 - (2) 河南沈丘县的政策和做法
 - 2 问题与讨论

第四章 中国生物质成型燃料产业化发展分析

- 一、 “十二五”期间以及 2020 年的发展目标

1 “十二五”期间的发展目标

2 2020年的发展目标

二、中国成型燃料产业化路径研究

1 一张地图的启示

2 政策和规划引导产业发展的巨大作用

(1) 政策引导

(2) 规划管理

3 成型燃料产品分类分级

4 市场定位

(1) 替代中小燃煤燃油燃气工业锅炉

(2) 北方冬季采暖地区区域供热

(3) 农村市场

(4) 市场培育

5 提升和完善成型燃料产业链

(1) 产业链构想

(2) 原料的规模化收、储、运体系建设

(3) 成型燃料生产装备的设计制造

(4) 成型燃料的生产

(5) 终端应用设备——成型燃料锅炉和其它民用炉具

(6) 建设跨地区的成型燃料物流配送平台

(7) 新型能源服务

(8) 行业标准化工作

6 资金与金融产业进入

(1) 资金保障体系

(2) 资金来源结构示意

7 产学研结合与人才培养

8 产业政策的完善和配套

第五章 结论

第六章 附件

- 一、 《生物质固化成型燃料产业化发展经验交流会》简介
 - 1 会议简报
 - 2 关于成立产业联盟的倡议
- 二、 参加《2012 可再生能源与环境材料国际会议》论文
- 三、 主要企业联系索引

参考资料

摘 要

《中国生物质固体成型燃料产业化发展研究》是由中国投资协会主持完成的，得到了美国能源基金会项目“中国可持续能源项目”的资助。项目研究的时间为 2011 年 7 月至 2012 年 6 月。

项目研究的目的是掌握中国生物质固体成型燃料产业的发展现状及存在的问题，产业发展的政策环境和产业发展的趋势，为产业界和有关决策部门提供第一手的参考信息，为实现“十二五”期间和到 2020 年的产业发展目标提出发展路径和政策的建议。

通过对 11 个省、直辖市的 18 个城市和 5 个农村区县中的近 30 个企业和其它几个政府部门、研发机构的现场调查，基本掌握了我国成型燃料产业的发展历程和现状，对产业的整体布局和各个环节的能力有了比较接近客观实际的认识。我国的成型燃料产业正处在产业化发展的初期，虽然产业基础还相当薄弱，但是已经具备了加快发展的基本和必要的条件。

生物质固体成型燃料是一种可再生的绿色能源，不仅使农林固体剩余物废弃资源得到综合利用，而且可以代替煤炭、燃料油和天然气，既能减排 SO_2 、 NO_x 和粉尘，还能减排 CO_2 ，又能为改善能源结构做出贡献。因而发展成型燃料产业一举多得，利国利民。

2015 年和 2020 年，我国成型燃料的消费量要达到 1,000 - 1,200 万吨^[注]和 5,000 万吨。2013 到 2015 三年中，成型燃料的生产消费量平均每年要增加 250 - 300 万吨；2016 - 2020 五年中，平均每年要增加约 800 万吨。为了实现这个发展速度，2013 - 2015 三年中，整个产业需要的投资平均每年约 70 亿元，其中成型燃料生产方面的投资约 48 亿元，终端利用方面的投资约 22 亿元；2016 - 2020 五年中的投资平均每年约 160 亿元，其中成型燃料生产方面的投资约 114 亿元，终端利用方面的投资约 46 亿元（按 2011 年的价格水平测算）。

虽然从理论上讲我国农林固体剩余物资源完全能满足 2015 年和 2020 年的成型燃料发展目标对原料的需求，但是从资源到原料的转换过程中，收储运在技术和成本上都是难题。

在成型燃料产业链中，目前大多数的行为主体都是小型企业，虽然已经成长

了一些有一定的技术、资金和经营管理实力的企业，但是数量太少。在成型燃料生产装备设计制造方面，形成了上海申德、江苏牧羊、北京奥科瑞丰、江苏溧阳和河北石家庄“三厂二平台”的格局；年产 3 - 5 万吨成型燃料的规模化的燃料生产厂在全国屈指可数；我国强大的燃煤工业锅炉设计制造能力容易转换为制成型燃料工业锅炉和炉具等利用设备的能力；当前成型燃料消费市场的总体规模小，地域分布不平衡，市场动力不足，极大地限制了成型燃料产业健康快速地发展。

成型燃料的产业链很长，是一个庞大复杂的系统工程。今后产业化发展的重点是解决收储运的难题，迅速扩大成型燃料的终端利用市场，建设年产 3 万吨及以上的压块燃料厂和 5 万吨及以上的颗粒燃料厂，制造中小容量成型燃料工业锅炉和户用炉具，及建设中小规模成型燃料锅炉房。

中央和地方政府制定并坚决贯彻一系列扶持和激励成型燃料产业发展的政策，如秸秆能源化利用财政补贴政策、资源综合利用产品的所得税优惠和增值税即征即退政策、农机购买补贴政策、建设绿色能源示范县政策、科技项目支撑、城区限制燃煤的政策等，对成型燃料的生产和利用起到了决定性的推动作用。今后政府积极支持成型燃料产业发展的政策和对政策实施的监督只能加强，不能削弱。

建议中央和各地有关政府部门尽快完善和配套支持成型燃料产业规模化发展的政策，加强对落实“十二五”和 2020 年成型燃料规划目标的监督和管理。政策的重点是：（1）国家发改委、国家能源局和国家财政部会同国家环保部尽快出台全国适用的支持利用成型燃料的文件，推广河南省郑州市和沈丘县利用成型燃料代替煤炭改善市区和县城空气质量的经验，为迅速扩大成型燃料消费市场创造政策条件，带动整个成型燃料产业的发展；（2）有关涉及支持生产和利用以农业剩余物为原料的成型燃料的财政补贴、奖励、税收优惠和减免的政策要扩大到适用于以林业剩余物为原料的成型燃料的生产和利用；（3）对利用成型燃料实现节能减排的终端客户应给予奖励；（4）国家对成型燃料产业的科技支持项目要紧密结合产业发展中急需解决的技术瓶颈问题，推动产学研结合；（5）组织制定产业发展所必需的标准、规范和条例；（6）建立成型燃料产业发展的投资保障体系；（7）建立年产 3 - 5 万吨及以上成型燃料规模化生产项目的省内审批和向国家

能源局备案的制度，以利全国范围内的综合平衡；(8) 推动建立国内的碳排放权交易制度。

[注] 2015 年我国成型燃料的消费量要达到 1,000 - 1,200 万吨是在项目研究过程中综合各方面信息得到的结果。在本报告付印前，国家能源局于 2012 年 8 月 6 日正式发布了《可再生能源发展“十二五”规划》和生物质能专题规划，其中提出到 2015 年生物质成型燃料的发展目标是年利用量达到 1000 万吨。

An Investigation on the Industrialization Development of Biomass Solid Densified Fuel in China

Final Report

China Investment Association

June 2012

ABSTRACT

The project “An Investigation on the Industrialization Development of Biomass Solid Densified Fuel in China” has been carried out and accomplished by China Investment Association, and financially supported by the Energy Foundation of US. The implementation period of the project is from July 2011 to June 2012.

The purposes of the project are well to know current situation including existing problems in development of the biomass solid densified fuel (BSDF) industry of China, policy circumstances and development trend of the industry, to provide reliable information for the industry circle and related decision-making authorities, to give helpful suggestions about rout-map and policy in order to realize the development targets of the industry during the 12th Five-Year Plan and up to 2020.

The project team has visited and investigated about 30 typical enterprises of the industry and other several governmental and R&D organizations, which are located in 18 cities and 5 rural counties throughout 11 provinces and municipalities directly under the Central Government, basically being aware of the development history, current situation, whole layout and abilities of key links of the industry. China's BSDF industry goes on the way of primary period of industrialization development, although basis is relatively weak, the industry has necessary conditions for rapid development.

BSDF is one of the renewable green energies, not only utilizes solid agricultural and forest residues, but also can substitute coal, fuel oil and natural gas, resulting improvement of energy structure, emission reduction of SO₂, NO_x and suspension dust, especially CO₂ as well. Development of BSDF industry kills several birds with one stone and benefits the nation and the people.

In 2015 and 2020, the planned utilization amounts of BSDF in China would be 10 – 12 million tons and 50 million tons respectively. It means that during the three years from 2013 to 2015, average annual increase in production and expenditure of BSDF would be 2.5 – 3 million tons, then it would be about 8 million tons during the period of 2016 – 2020. It is estimated on the basis of the price in 2011 that in order to realize the growths above, average annual investment would be approximate 7 billion RMB Yuan for the whole industry during 2013 – 2015, where 4.8 billion for production of BSDF and 2.2 billion for end use of BSDF; and about 16 billion RMB Yuan, where 11.4 billion for production and 4.6 billion for end use of BSDF respectively during 2016 - 2020.

Although the resource of agricultural and forest residues can fully meet the demand for raw materials to produce BSDF in 2015 and 2020, collection, transportation and storage of the raw materials is a difficult problem in the aspects of technology and economy.

At present in the chain of BSDF industry, most enterprises are small. Even though there are few of enterprises have become ones in relative strengths of technology, capital and management, their number is too little. Shanghai Shende Machinery Co., Ltd, Muyang Biomass EngineeringCo in Jiangsu Province, Beijing Aoke Ruifeng Mechanical and Electrical Technology Co., Ltd, and other two groups of small manufactures in Liyang of Jiangsu Province and Shijiazhuang of Hebei Province are the main manufactures of production equipments of BSDF. Bigger plants to produce annually 30 – 50 thousand tons of BSDF are numbered. The expenditure market of BSDF is quite small and unbalanced geographically; it very limits rapid development of BSDF industry.

The industry chain of BSDF is quite long, and a big and complicated systematic engineering. Development emphases of the industry in the future are fast to enlarge end-use market of BSDF; to construct production plants with capacities of 30 thousand and more tons of biomass lumps and of 50 thousand and more tons of biomass pellets; manufacture BSDF-fueled industrial boilers with capacities in the range of 1 t/h (700 kW) to 20 t/h (14 MW) and small appliances for rural households; and BSDF-fueled industrial boiler houses.

The central and some local governments have made and firmly implemented a series of incentive policy to help and encourage development of BSDF industry, such as financial subsidy to energy utilization of straws, preferential income tax and remission of VAT for the products of resource comprehensive utilization, construction of green

energy demonstration counties, scientific and technical support with projects, restriction of burning coals in unbans, etc. These policies play a decisive role to promote production and utilization of BSDF. Implementation and supervision of the positive policies must be strengthened, but weakened in future.

This report suggests that the central and local governments should further improve the existing policies and supplement other necessary policies to support scale-up development of BSDF industry as soon as possible, enhance supervision and management for realizing the development targets of BSDF in the 12th Five-Year Plan and in the year of 2020. For example, The National Development & Reform commission, the National Energy Administration, the Ministry of Finance together with the Ministry of Environmental Protection should issue a document applicable in the whole country to positively evaluate BSDF's role in air quality improvement, to create a good policy environment for rapid enlargement of the end-use market of BSDF, bringing development of the whole industry; all the incentive policies related to financial subsidies and taxes for BSDF produced from agricultural solid residues would be applicable to BSDF from forest solid residues; to set-up a system to ensure enough capital in investment for BSDF industry; to promote a domestic CO₂ emission right trade mechanism; and so on.

第一章 前言

一、项目背景

开发利用生物质能是中国发展可再生能源的一个重点领域，对我国节约资源，改善能源结构，发展低碳经济，节能减排，保护环境和农村发展都具有重要的意义。在生物质能的开发利用中，生物质固体成型燃料的产业化发展占有特别重要的地位。

生物质固体成型燃料（后简称成型燃料）是指通过专门设备和系统将固体生物质压缩成一定形状的燃料，既可作为农村居民的炊事和取暖燃料，也可作为区域采暖和工业热源的燃料。生产成型燃料的原料主要是农作物秸秆、农产品加工废弃物和林业及木材加工废弃物，统称为农林固体剩余物。由于成型燃料本身的性质，其储存、运输、使用方便，在专门设计的燃烧（或气化）设备上燃烧（或气化）效率高，清洁环保，因而成为受市场用户欢迎的优质固体燃料。

早在 2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议通过的《中华人民共和国可再生能源法》中就指出：国家鼓励清洁、高效地开发利用生物质燃料，利用生物质资源生产燃气和热力^[1]。2007 年 9 月，国家发改委发布了《可再生能源中长期发展规划》，其中对从 2010 年到 2020 年期间可再生能源发展总的要求是要建立起完备的可再生能源产业体系，大幅降低可再生能源开发利用成本，为大规模开发利用打好基础；2020 年以后，要使可再生能源技术具有明显的市场竞争力，使可再生能源成为重要能源。这个要求同样适用于成型燃料产业的发展。该规划在中央政府层面上第一次对成型燃料的发展目标作了明确的说明：到 2010 年，成型燃料年利用量达到 100 万吨，全国建成 50 个绿色能源示范县；到 2020 年，成型燃料年利用量达到 5000 万吨，绿色能源县普及到 500 个^[2]。目前，国家有关部门正在制定“十二五”期间可再生能源发展规划，据有关报道，到 2015 年全国的成型燃料利用量将达到 1000 万吨^[3]，同时建设 200 个绿色能源示范县^[4]。我国政府还向世界承诺，到 2020 年，中国非化石能源将占一次能源消费的 15%，单位 GDP 的 CO₂ 排放强度比 2005 年要下降 40~45%^[5]。据测算，实现这一减排目标，2020 年的 CO₂ 减排量大约为 17.3~25 亿吨^[6]，而利用 5000 万吨成型燃料对这个减排量的贡献率大约将为 4~3%。可见，发展和

利用成型燃料是一个重要的 CO₂ 减排途径。上述法律、规划和承诺给中国成型燃料的产业化发展带来了前所未有的机遇，也提出了严峻的挑战。

近几年来，在中央和地方政府多项政策的鼓励和支持下，从事成型燃料产业的企业、研发机构和成型燃料终端用户的积极性被空前调动起来，使这个产业呈现出加快发展的势头。2010 年，全国成型燃料的生产和消费量大约为 250 万吨^[7]。然而，我国的成型燃料产业起步晚，行为主体多为民营小企业，布局分散，技术基础薄弱，人才、资金、市场条件先天不足，产学研脱节，地区间的发展极不平衡，产业链不完整、不健全，政策的导向滞后。这些因素都制约了成型燃料产业的快速、健康和可持续发展，使顺利实现 2015 年和 2020 年的发展目标遇到很大的困难。而现实的要求是：从 2011 年到 2015 年 5 年间，每年成型燃料的生产和利用量平均要增加近 150 - 200 万吨，而在“十二五”的头两年，这个增长任务肯定完成不了，就要求在后三年平均每年要增加 250—300 万吨；从 2016 年到 2020 年 5 年间每年平均要增加 800 万吨。要突破未来 10 年的规划需求和现实能力条件之间的差距，非采取切实有效的得力措施不可。

为了掌握我国成型燃料产业的真实情况，了解产业发展中存在的问题和矛盾，为解决这些矛盾和问题提出合乎实际的对策建议，为成型燃料产业部门的企业和研究单位，为各级，特别是中央有关制定成型燃料产业发展政策的政府部门提供有价值的参考材料，中国投资协会在国家能源局新能源和可再生能源司梁志鹏副司长等领导的关心下，在美国能源基金会的支持下，从 2011 年 7 月开始组织实施了“中国生物质固体成型燃料产业化发展研究”。课题组经过一年的工作，于 2012 年 6 月完成了该课题的调查、研究和报告编写任务。这份研究报告就是该课题研究工作的总结。

二、 主要研究人员

课题负责人：周凤起 国家发改委宏观经济研究院研究员

课题组成员：陈乐平 中国低碳经济发展促进会常务理事、兼职教授

李定凯 清华大学热能工程系教授

李 鹏 中国低碳经济发展促进会秘书长

三、 研究方法

1 研究方法

成型燃料的产业链很长，从原料的收集、运输和储存，燃料成型设备的设计和制造，到成型燃料的生产和配送，直至成型燃料利用设备的设计制造，以及终端客户的使用、运行，各个环节有互不相同的特点，同时又互相衔接、互相依赖、互相制约。整个产业链的发展还与外部及内部的市场与政策环境密不可分。成型燃料产业链各个环节之间的逻辑关系见图 1。

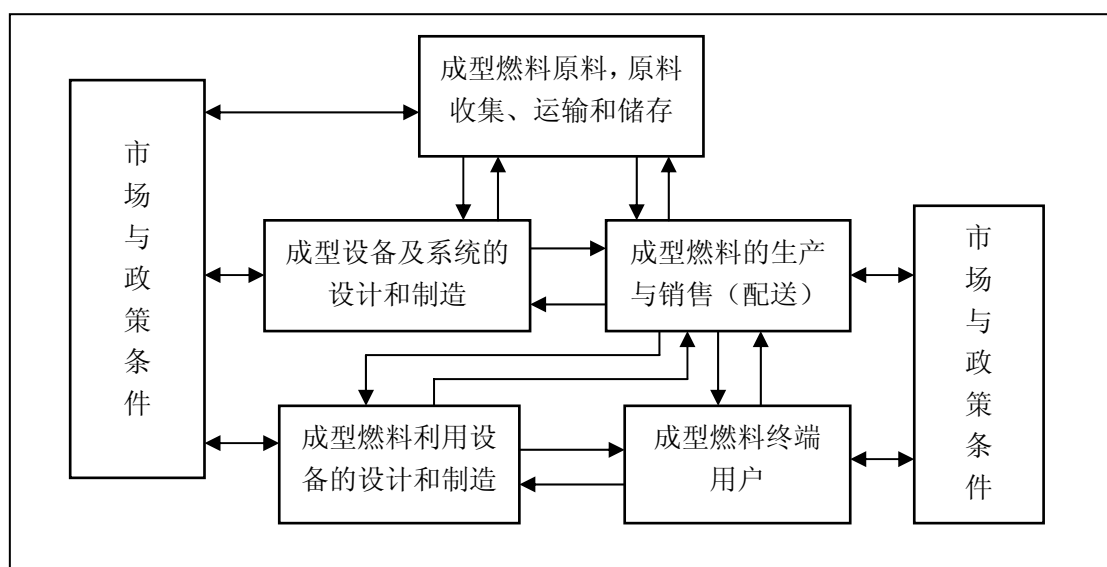


图 1 成型燃料产业链逻辑关系图

因此，要研究成型燃料的产业化发展，就需要对产业链中的每个环节（或产业中的每个部门）加以认真的考察，考察它们各自的现状、特点和规律，以及它们互相之间的联系和制约，然后再进行系统的综合的分析。

根据上面的要求,我们确定本课题的主要研究方法是调查研究,而调查研究又分为现场实地调查、问卷调查、参加行业会议、参观行业展览、召开业内人士专题会议、搜寻网页等等。在以上调查研究中,以现场实地调查为主。现场实地调查又分为选择典型区域,按产业链的不同环节选择典型企业开展,同时还与地方政府部门和一些科研院所进行交流。通过上述活动获得第一手资料。

现场实地调查活动涉及的省市和企业、机构见表 1。

表 1 现场实地调查考察对象一览表

现场 实地 调查	典型地区 (11 个省、 直辖市)	东北地区	黑龙江省、吉林省、辽宁省
		华北地区	北京市、河北省
		华中地区	河南省
		华东地区	安徽省、江苏省、上海市
		华南地区	广东省
		西南地区	云南省
	城市 (18 个城 市)	北京市、上海市、哈尔滨市、长春市、锦州市、抚顺市、石家庄市、郑州市、合肥市、太仓市、溧阳市、镇江市、扬州市、连云港市、广州市、深圳市、珠海市、昆明市	
	农村 (5 个农村 县区)	辽宁省阜新蒙古族自治县、河北省雄县、河南省沈丘县、安徽省固镇、广东省雷州市客路一纪家	
	产业链 不同环节	原料收集、 运输与储存 (5 个企 业)	辽宁省阜蒙县鼎鑫秸秆燃料公司、河北省雄县牛宝秸秆青草加工有限公司、河南省沈丘县富利新能源科技有限公司、蚌埠市中科新能源有限公司、广州迪森热能技术股份有限公司粤西基地
		成型设备的 设计与制造 (6 个企 业)	上海申德机械有限公司、江苏牧羊集团牧羊生物能源设备公司、溧阳市荣达饲料设备有限公司、江苏鼎邦生物质能源机械有限公司、河北天太生物质能源开发有限公司、河北奥科瑞丰机电技术有限公司
		成型燃料利 用设备的设 计与制造 (5 个企 业, 1 个“炉 具之乡”)	广州迪森热能技术股份有限公司、河南（奥科瑞丰）德润锅炉、北京盛昌绿能科技有限公司、北京金荣升商贸有限责任公司、河北神禾生物质能科技有限公司、河北省高碑店市

		成型燃料的生产与销售 (配送) (16 个企业)	辽宁森能再生能源有限公司、辽宁省阜蒙县鼎鑫秸秆燃料公司、锦州辽能生物质能源开发有限公司、(吉林)辉南宏日新能源有限责任公司、哈尔滨金石生物质能源发展有限公司、北京盛昌绿能科技有限公司、河北省雄县牛宝秸秆青草加工有限公司、河南省沈丘县富利新能源科技有限公司、河南奥科新能源发展有限公司、蚌埠市中科新能源有限公司、安徽省中兴首创新能源有限公司、苏州迪森生物能源有限公司、江苏奥科瑞丰新能源有限公司、连云港皓越新能源技术有限公司、广州迪森热能技术股份有限公司粤西基地、云南腾众新能源科技有限公司
		成型燃料终端用户 (13 个终端用户)	长春高新技术产业开发区吉林大学校区、天合富奥汽车安全系统(长春)有限公司、抚顺辽宁美亚制药有限公司、(北京)经济日报社、北京市房山区阎村温室大棚、(郑州)河南省发改委培训中心、郑州利宝龙磨具工贸有限公司、联合利华合肥工业园、上海(嘉定)顶味食品有限公司、(镇江)金光集团金东纸业、(昆明)滇虹药业、深圳华美金属材料产业园区、珠海红塔仁恒纸业有限公司
	其它对象	政府机构、科研院所、大学 (8 个)	阜蒙县政府、河北省农机推广总站、安徽省合肥市农委、江苏省溧阳市投资促进局、溧阳经济开发区管委会、河南省科学院能源研究所、中科院广州能源所、清华大学煤燃烧工程研究中心

2 研究过程

本课题的研究过程分为以下三个阶段：

2011 年 7 月——8 月。制定研究方案和计划，召开开题研讨会，开展文献调研，参加有关会议。其中 2011 年 7 月 19 日在北京召开了课题的开题研讨会，中国科学院、工程院两院院士石元春、国家能源局新能源和可再生能源司副司长梁志鹏、国家环保部污染防治司、国家可再生能源中心、北京环卫集团等机构的负责人和专家，以及美国能源基金会北京代表处的代表参加了研讨会。到会的领导和专家充分肯定了课题的立项和目标，讨论了课题的研究方案和计划，并提出了若干调整和修改的意见。2011 年 8 月 21 日，课题组成员到石家庄参加了中国农村能源行业协会和农业部能源环保技术开发中心举办的“生物质固体成型燃料标准宣贯会议”，并收集有关资料。

2011 年 9 月——2012 年 4 月。开展现场实地调查，组织召开“生物质成型燃料产业化发展研讨会”，为“2012 可再生能源与环境材料国际会议”撰稿。这期间，课题组成员分 5 次在北京和到外地对成型燃料产业发展状况进行现场实地调查，表 1 中所列的即是 5 次调查考察的地区和对象。在结束了第三次调查考察以后，中国低碳经济发展促进会于 2011 年 11 月 25——26 日在北京组织召开了“生物质成型燃料产业化发展研讨会”，国内近 20 家从事成型燃料生产和利用的装备制造龙头企业以及成型燃料生产企业的负责人，国家有关主管生物质能和大气环境保护的政府部门负责人，以及从事有关技术和政策研究的专家学者共 50 多人参加了研讨会。研讨会上，课题组成员介绍了此前研究的阶段性成果，部分主要企业介绍了各自发展成型燃料产业的情况，交流了取得的经验，提出了存在的问题和矛盾，企业、政府、研究单位的人员面对面探讨了共同促进成型燃料产业发展的途径。研讨会期间，参会企业和研发机构共同发起成立全国生物质成型燃料产业联盟，并推举了产业联盟筹备小组。图 2 是研讨会会场。2012 年 3 月、4 月间，应中国能源学会的邀请，在本课题研究阶段性成果的基础上，为“2012 可再生能源与环境材料国际会议（2012 International Conference on Materials for Renewable Energy and Environment）”撰写了一篇论文，题目是“中国生物质固体成型燃料产业的发展态势（Development Situation of the Industry of Densified Biomass Solid Fuel in China）”。该国际会议于 2012 年 5 月 18 日-20 日在北京召开，这篇论文在生物能材料的分会上进行了宣读，引起较好的反响。



图 2 生物质成型燃料产业化发展研讨会会场（2011.11.25）

2012 年 5 月——6 月。整理课题研究资料，撰写研究报告。

四、 主要成果

这个项目的研究结果对从事产业发展的企业、技术研发机构、政策研究机构，特别是对政府主管部门了解产业状况和需求，有的放矢地制定相关政策有重要的参考价值。项目研究的主要成果如下：

1. 通过对 11 个省、直辖市的 18 个城市和 5 个农业区县中的近 30 个企业和其它政府机关、研发机构的现场调查，基本掌握了我国成型燃料产业的发展历程和现状，对产业的整体布局和各个环节的能力有了比较接近客观实际的认识。研究认为我国的成型燃料产业正处在产业化发展的初期，虽然产业基础还相当薄弱，但是具备了加快发展的基本和必要的条件。

2. 考察和分析了产业中的各个环节，包括资源和原料、原料的收储运、成型燃料生产加工的技术工艺和设备、成型燃料利用的技术和设备、成型燃料的终端利用市场、投资运营成本等。总结了一些典型企业和案例的成功经验，也发现了产业发展中的技术、社会和经济方面的障碍。

3. 全面回顾和梳理了中央和地方有关政府部门促进和鼓励成型燃料产业发展的各项政策，包括社会经济发展规划、产业和行业规划、财政税收、环保、科技支持等政策。研究认为这些政策，特别是中央财政补贴、税收优惠和减免、地方政府的环保控制和经济奖励及处罚等政策，对推动成型燃料产业艰难发育和

成长起到了至关重要的作用，对今后产业健康快速地发展也将起关键性的引导、扶持和宏观综合平衡的作用。

4. 对从现阶段到 2015 年和 2020 年产业的发展路径进行了分析，提出了产业内各个环节发展的重点、步骤和规模，预测了“十二五”后三年和“十三五”期间的发展速度和投资规模。

5. 向中央和地方有关政府部门提出了完善和配套刺激和保障成型燃料产业向规划目标迈进的政策建议。

第二章 中国生物质成型燃料产业的发展阶段分析

成型燃料产业的发展可分为三个阶段。

第一阶段从 2004 年（或更早）到 2008，为起步与探索阶段。人们在缺乏成型技术工艺路线、设备和目标市场的情况下开始接触、了解成型燃料这一新的事物，不断认识，不断探索与实践。在这一阶段，引进、开发或仿制了几种成型技术和设备，如螺杆压缩颗粒成型、棒状燃料压缩成型、液压大块成型、平模颗粒成型、环模颗粒成型、环模（小）块状成型的技术和设备。主要以玉米秸和锯末等农林剩余物作为原料，对成型机理、成型燃料的利用、终端应用设备等进行研究、开发和试验、示范，不断改进、筛选，结果在产业链的三个主要环节上，即成型设备的研制、成型燃料的生产、成型燃料锅炉和炉具等应用设备的开发方面都取得了有益的经验 and 积极的成果。

这一阶段的探索带有较大的盲目性，因为那个时候，人们虽然从发布的《可再生能源法》和《可再生能源中长期发展规划》中意识到了成型燃料产业的发展前景，但是普遍缺乏成型燃料的知识，对国外的技术、生产与应用情况不甚了解，更缺乏比较。在不掌握关键技术，实践经验很少的情况下，产生一些不合规律的想法和做法，遭遇碰壁和失败也就不可避免了。在那段岁月里，一些“探路者”和“先驱者”先后倒下了，其中包括具有一定背景和投资规模的企业，如在满洲里建设颗粒燃料厂的某香港公司、国能生物发电公司属下的国能惠远公司、英国投资的澄宇能源、香港万里能源投资的另外一个公司等等。他们或者因为技术不成熟，或者产品的市场定位发生了偏差，或者管理不得力，或者公司经营在经济上连续亏损，使他们陆续退出了这个产业，成为匆匆过客。虽然这一阶段的许多失败给产业的萌生带来一定的负面影响，但是对行业的发展却很有启迪和贡献，使不屈不挠继续前行的人们头脑更清醒了，方向也更明确了。

第二阶段是产业发展的初期阶段，也是从起步向规模化发展的过渡阶段。这一阶段从 2009 年开始，大概需要 5-8 年的时间。从总体上讲这一阶段的主要特点是在国家大的社会 and 产业发展政策的鼓励和推动下，不少企业通过对技术路线和工艺设备的摸索、试验和逐步定型，对商务运行模式的不断探索与实践，在不成熟的市场上反复尝试，已经从维持生存发展的阶段，过渡到扩张发展和专业化

分工的模式。产业链逐步形成，产业链的每一个环节开始从低级形式向高级形式转变，并经过自身的打造与演变而逐步完善。随着成型燃料逐步成为一种常规形式的能源，成型燃料产业的市场环境正在改善。

最近三四年来，在产业链的各个环节上都涌现出了一批骨干企业，虽然数量还不够多，但是他们都逐步立住了脚跟，成长壮大，具有典型和示范带动的效应。成型技术设备从多种形式走到以环模颗粒机和环模压块机为主，设备的生产能力从每小时吨级成型燃料以下发展为吨级以上，企业设计和生产的生产装置从单台设备为主发展为成套设备和整条生产线，而且追求设备的优化设计和性价比，等等。在成型燃料利用设备方面，也从以开发户用的小型炉具和锅炉为主提升到以开发和生产中小型成型燃料工业锅炉为主，成型燃料的用户市场也从原来以农村为目标转向以城镇、工业用户为主，兼顾农村市场，从而有可能形成良性的自我发展。

这一阶段是生物质成型燃料产业化发展的关键阶段，它将奠定整个产业发展的基础，制约和规定整个产业发展的质量、规模与节奏。这一阶段的关键是政策引导、科学布局和有力组织，核心任务是资源合理配置和产业链的建设。需要指出的是，在这个阶段市场自身的调节力量远不能构成推动产业规模化发展的根本动力，而政府政策的引导和资金扶持举足轻重，决定着产业发展的质量、规模和节奏，甚至产业的成败。此时政策的引导、资金的扶持将有力推动产业规模的扩大和市场机制的形成，吸引社会资源向产业链上下游各个节点流动、重组，特别是人力、资金、技术这些关键资源，推动产业形成自我发展，良性循环的能力。在这一阶段，林业能源、农业能源将开始大规模培育，专业收储运的农业机械和林业机械得到开发与配套，农林剩余物的配置和使用将形成长效机制；成型燃料的生产设备与工艺将不断完善，从粗放走向精细，标准生产单元规模不断扩大；生物质锅炉成为锅炉行业的一个分支，其设计生产不断向国际水平靠近，替代燃煤、燃油工业锅炉得到广泛应用。与此同时，产业链中各行业标准、质量标准、检验规则等将成为引导和规范行业和市场发展的手段。特别是生物质成型燃料产业独有的原料的收储运，和成型燃料的物流配送，将逐步从企业中分离出来，成为产业链中独立的环节运行，这时产业也就进入了规模发展阶段。

第三阶段大约从 2015 年开始，为产业化、规模化、标准化快速发展阶段。

这一阶段会和第二阶段后期有相当的交叉，地区的发展也会不平衡，但是整个产业链中的每一个节点都拥有了自己的规模企业，展示了作为一个行业的行为特点和市场地位。整个产业的结构布局、资源配置、配套政策、生产布局均基本到位，成型燃料将为全社会接受，其在热能生产供应领域的应用成为常态，市场开始理性化发展，生产规模有序地扩张，使整个成型燃料产业具备迈向 2020 年生产利用 5000 万吨目标的能力。在这一阶段所形成的资源培育、成型燃料生产、终端应用的循环，将逐步成为社会低碳生产生活中的一部分而常态化，成为可持续发展的一种经济方式而长期存在。

这一阶段的主要特点是成型燃料产业走向成熟和快速规模扩张，充分显示出它的必要性和优越性，作为可再生能源的一部分在社会和经济生活中发挥应有的作用。

第三章 中国生物质成型燃料产业的发展现状和主要特点

一、 农林固体剩余物资源与成型燃料的原料

生产成型燃料的原料来自农业和林（木）业固体剩余物。农业固体剩余物是指农作物秸秆（如玉米秸、棉花秆、豆秸、油菜秸、稻草、麦秸、薯秧、烟秆等）和加工农产品产生的固体废弃物（如稻壳、花生壳、玉米芯、干果壳、甘蔗渣、糠醛渣等）。林（木）业固体剩余物一般是指林业“三剩物”——采伐剩余物、造材剩余物、木材加工剩余物——和废旧木质材料或其加工剩余物，如树木枝桠、边角料、树皮、锯末、木粉等。另外，我国还有数量可观的薪炭林与速生林资源、果树剪枝和城市绿化废弃物。农林固体剩余物的种类很多，随着地理和气候条件，以及地域经济结构的不同而存在很大的差别。在农林固体剩余物中，有的适合于生产成型燃料，有的并不适合。在适合作为成型燃料的原料中，有着不同的品种，因为它们形状、性质不同，对成型设备和系统的要求也不一样。因此，在规划生产成型燃料的工厂布局及规模，设计每一个生产工厂和设备选型时，必须对当地的生物质资源和品种进行深入细致的调查和评估，这是发展成型燃料产业的一项基础性工作。要实现 2015 年和 2020 年全国的成型燃料发展目标，就需要对农林固体剩余物的资源和成型燃料的原料进行分析评估。

1 农业剩余物资源与原料

近 10 年来，农牧业部门和从事生物质能源研究的机构和人员对我国的农业固体剩余物资源，特别是农作物秸秆资源进行了大量的调查研究。《可再生能源中长期发展规划》中概略地指出：“全国农作物秸秆年产生量约 6 亿吨，除部分作为造纸原料和畜牧饲料外，大约 3 亿吨可作为燃料使用，折合约 1.5 亿吨标准煤。”其它比较详细的研究除了得到秸秆资源总量外，还研究了秸秆品种和主要农产品加工废弃物的数量及其地理分布^{[8]、[9]、[10]、[11]、[12]}。在文献[8]—[12]中，[9]和[11]中的研究结果比较全面和有代表性。表 2 和表 3 分别是 2005 年全国农业固体剩余物资源量和它们的分布。

表 2 2005 年全国农业固体剩余物资源量^{[9]*}

编号	农业剩余物种类	品种	数量（万吨）
1	粮食作物秸秆	稻草	16,253.28
		小麦秸	10,718.95
		玉米秸	16,723.80
		其它谷物秸秆	1,658.08
		豆类秸秆	3,661.80
		薯类藤蔓	1,734.00
		小计	50749.91
2	油料作物秸秆	油菜秸	1,957.84
		向日葵秆	578.36
		花生秧	1,147.32
		芝麻及其它秸秆	290.94
		小计	3,974.46
3	纤维作物秸秆	棉花秆	5,257.04
		麻秆	124.90
		小计	5,381.94
4	其它经济作物	烟秆与药材作物残余物	999.88
秸秆合计			61,106.19
5	农产品加工剩余物	稻壳	4 875.98
		玉米芯	3 484.13
		花生壳	448.89
		甘蔗渣及叶稍	2599.14
		小计	11,408.14
6	农业固体剩余物资源总量		72,514.33

* 不含香港、澳门特区和台湾省。

表 3 2005 年全国农业固体剩余物资源分布^[11]

资源区域	省、直辖市、自治区	拥有资源 近似份额 (%)	资源密度等级	省、直辖市、 自治区
东北区	辽宁省、吉林省、 黑龙江省	13.50	高密度地区 (319.64 t/km ²)	豫、鲁、苏、 皖、津、沪、 冀、鄂、吉
黄淮海区	北京市、天津市、 河北省、河南省、 山东省	24.37		
长江中下游 区	上海市、江苏省、 浙江省、安徽省、 江西省、湖北省、 湖南省	24.83	中密度地区 (140.80 t/km ²)	湘、渝、辽、 桂、赣、粤、 浙、京、黑、 晋、贵
华南区	福建省、广东省、 广西自治区、海南 省	9.21		
西南区	重庆市、四川省、 贵州省、云南省	12.91	低密度地区 (31.23 t/km ²)	宁、川、琼、 闽、陕、云、 甘、内蒙、新、 青、藏
黄土高原区	山西省、陕西省、 甘肃省	5.73		
华北西北干 旱区	内蒙古自治区、宁 夏自治区、新疆自 治区	9.01		
青藏高原区	西藏自治区、青海 省	0.43		
全国		100.00	平均密度 (88.55 t/km ²)	31 省、直辖 市、自治区

虽然表 2 和表 3 提供的是 2005 年的数据，但因为我国的基本农田保障制度

和农业种植结构的基本稳定，农业固体剩余物的年产量也是基本稳定的，变化不大。如在表 2 中，2005 年全国秸秆产量约为 6.11 亿吨，农产品加工剩余物约为 1.14 亿吨，两项合计为 7.25 亿吨。作为比较，文献[12]研究得到的 2006–2007 年全国秸秆资源总量为 7.41 亿吨，包括 6.54 亿吨田间秸秆和 0.87 亿吨作物加工副产物；文献[8]得到的 2004 年全国大宗农作物秸秆总量为 5.86 亿吨，农产品加工副产物为 1.28 亿吨，合计为 7.14 亿吨。这些数据说明，我国每年有 6 亿吨左右的主要农作物秸秆资源和 1 亿吨左右的主要农产品加工副产物生物质资源，这两项大的统计数是可靠的。

在农作物秸秆中，稻草作为燃料的质量较差（含灰量大和灰熔点低），而小麦秸秆难以成型，所以这两项资源单独使用不大适合作为成型燃料的原料。而其它的秸秆（3.41 亿吨）和稻壳、玉米芯、花生壳等加工剩余物（1.14 亿吨）都可以作为成型燃料的原料。如果在这些资源中，除掉还田、收集和运储损失、饲料、其它工业原料和能源燃料消耗的之外，即使有 15%可以用来加工成型燃料，也有 6800 万吨可用资源作为生产成型燃料的原料。

表 3 表明，吉林、河北、河南、山东、安徽、江苏、湖北等地的农业固体剩余物资源密度是全国平均密度的 3.6 倍，黑龙江、辽宁、山西、湖南、江西、浙江、广东、广西、重庆、贵州等地的农业固体剩余物资源密度是全国平均密度的 1.6 倍。这些省区，特别是其中盛产适合于成型燃料秸秆和农作物加工业集中的地方，是成型燃料规模化发展的比较理想的原料供应地。即使在农业固体剩余物资源平均密度低的省区，在它们当中也不乏有资源丰富的局部地区，如四川的成都平原和甘肃的河西走廊农业发达，内蒙有的地方盛产向日葵，云南不少地方烟秆资源多，新疆石河子的棉花产地等等。从原料供应角度看，这些地方也具备建设规模化的成型燃料生产厂的条件。

2 林业剩余物资源与原料

木质原料是成型燃料，尤其是颗粒燃料的优质原料，其燃料性质优于农业固体剩余物。所以发展成型燃料产业，必须重视林木生物质资源。《可再生能源中长期发展规划》指出：我国每年林木枝桠和林业废弃物的可获得量约 9 亿吨，大约 3 亿吨可作为能源利用，折合约 2 亿吨标准煤。我国对林业生物质能源资源的调查起步较晚，调查数据比较笼统，缺少完整性和准确性。宏观地说，可以作为

能源利用的林木生物质资源有下面几个来源：林业“三剩物”、薪炭林与速生林、果树剪枝和城市绿化废弃物。对这些资源，林业“三剩物”的估计数据比较多，对薪炭林与速生林的资源也有所研究^[13]，而对后面两项资源的研究则几乎是空白。

文献[8]的研究结果是：2005 年左右我国每年产生的林业“三剩物”有 1.4 亿吨，薪柴 1 亿多吨，废旧木材和果树枝有 0.7 亿吨，三项合计有 3.1 亿吨，按热值折算约合 1.8 亿吨标准煤。中国工程院院士王涛认为，“中国现有林地面积 3 亿公顷，加上采伐、造材和木材加工等林业剩余物，中国每年可提供林木生物量为 3.3 亿吨，折合标准煤约 2 亿吨。”^[14]对现有的林业固体剩余物能源资源的这两个估计比较接近，也都与《可再生能源中长期发展规划》中的数字相吻合。

图 3 和图 4 显示了中国各省、直辖市、自治区的林业“三剩物”的数量及分布。它们是按照“十一五”期间的年森林采伐限额、造材和木材加工规模估算数据绘制出来的。很明显，云南、福建、广西、湖南、江西、四川、广东、江苏、重庆这些省市区每年都有 600 万吨以上的木质资源可资利用，这些地方应是我国发展木质颗粒燃料产业的重点地区。

需要指出的是，我国的水果种植面积和产量均居世界第一^[15]，城市化步伐加快。因果树养护和管理而产生的果树剪枝和因城市绿化管理而产生的花木废弃物资源不可忽视。这些生物质都是很好的能源资源，应当加以高效清洁地利用。可是，无论是城市能源或环境管理部门，还是农村地方政府都没有对此加以重视。特别是在城市，环卫部门往往把这些生物质废弃物当作一般垃圾运出填埋，既浪费能源资源，又占用宝贵的垃圾填埋用地。如北京市每年估计有 40 万吨绿化废弃物没有很好地利用。陕北富县、甘泉地区百万亩苹果树的剪枝也被常年堆放。这应当引起有关部门足够的重视。

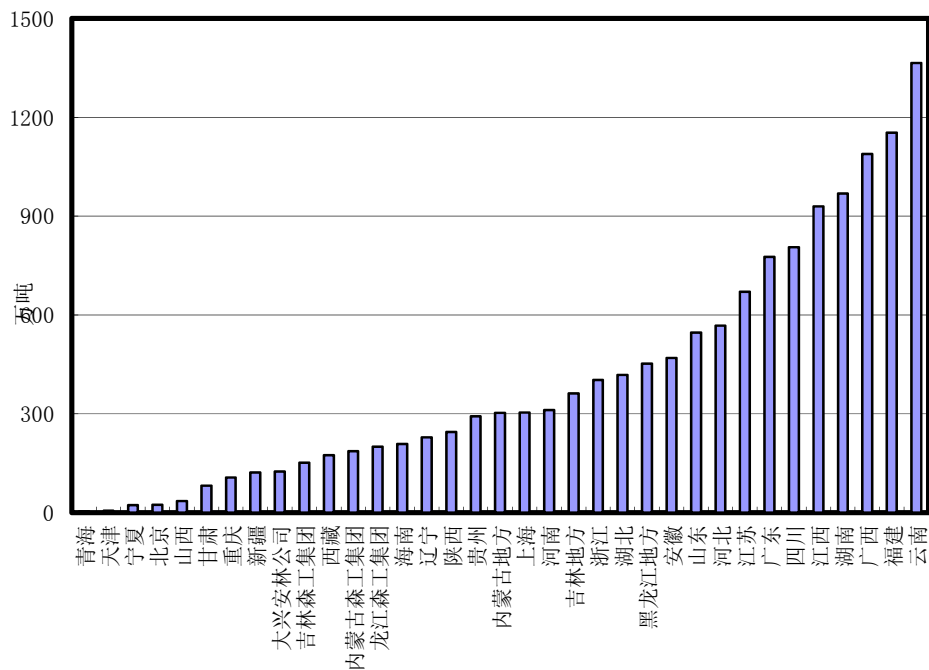


图3 2010年各省市自治区及重点国有林区林木“三剩物”总量（预测）及分布^[8]

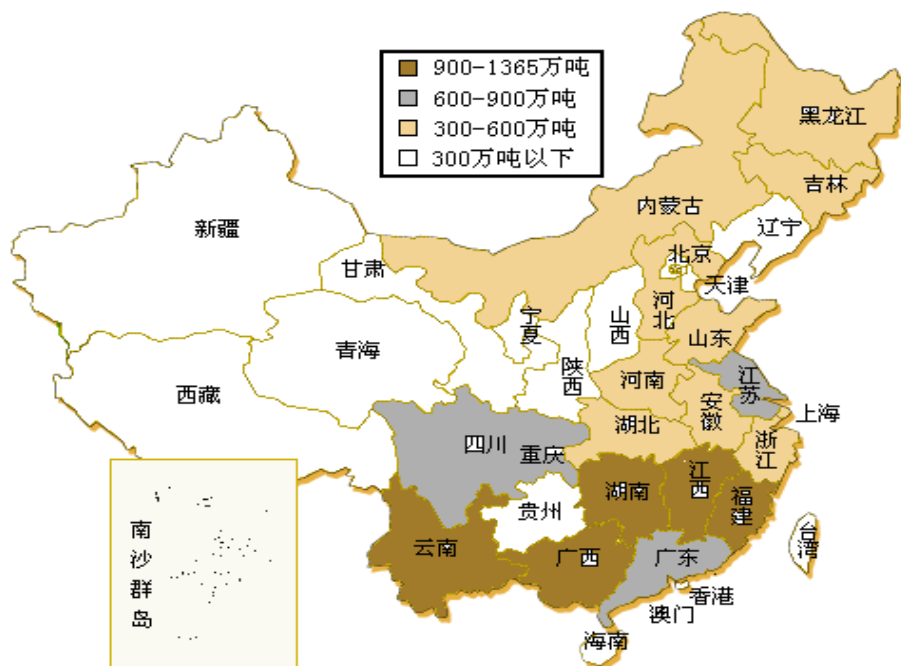


图4 中国林业“三剩物”分布图^[8]

目前，我国沿海港口地区集中着一些进口木材集散加工中心，产生数量可观的优质木材加工剩余物，如锯末等颗粒燃料的原料。例如江苏太仓港，每年从俄罗斯进口 250 - 300 万立方米落叶松木材，在太仓港附近至少有 10 家成规模的

木材加工企业，仅产生的锯末每年就有 20 - 30 万吨。广州迪森公司就是看准了这个原料来源，结合苏州等地区工业企业对热能供应的需求和长三角对环保排放的限制，成立了苏州迪森公司生产颗粒燃料，同时利用自产的颗粒燃料，以合同能源管理的方式为工业企业提供生产用蒸汽或其它供热。

3 原料的收集、运输和储存

目前，在中国各地生产成型燃料的企业中，原料的收集、运输和储存主要有三种模式。第一种是由原料生产者自己收集，然后运送并销售给成型燃料生产商。这一种模式多发生在农业地区，一个个农户将自己家庭土地上生产的秸秆直接供应给当地规模不大的成型燃料生产点，运输距离不长。第二种是专业化的市场行为，由专业原料供应商根据成型燃料生产商的需要把分散的原料收购集中起来，进行运送和销售。这种模式的活动范围较大，对农林两类原料都适用，原料的供应对象是成型燃料生产稳定而且规模较大的生产商。第三种模式是成型燃料生产商自己购买机器设备，组织专业队伍，到田间收获秸秆，打包或粉碎后运到生产点储存加工。采用何种原料收集方式，取决于成型燃料生产商的生产特点、规模、当地的原料资源条件和他们对原料成本的经济核算和比较。

在我们考察调查的原料生产商中，采用第一种模式的有河南省沈丘县富利新能源科技有限公司、河南奥科新能源发展有限公司和北京盛昌绿能科技有限公司。前两个公司都在所在区域的农村布置若干个生产点，以秸秆为原料生产压块燃料，每个生产点的生产规模不大（年产 3000 - 5000 吨）。当地耕作一年两季，上一季收获和下一季播种之间的时间间隔不长，农民收获上一季作物以后，急于把地里的秸秆清理掉，把耕地翻整好，以备耕下一季作物。农民们就用小型三轮摩托运输车或小拖拉机带拖车，把从自家田地上收集的秸秆运到附近的成型燃料生产厂去。

采用第二种原料收集模式的有辽宁森能再生能源有限公司、苏州迪森生物能源有限公司、连云港皓越新能源技术有限公司、广州迪森热能技术股份有限公司粤西基地、蚌埠市中科新能源有限公司、辉南宏日新能源有限责任公司和云南腾众新能源科技有限公司。其中辽宁森能、苏州（太仓）迪森、连云港皓越三个公司的单厂年产颗粒燃料的能力在 4 - 5 万吨左右，以木材锯末为主要原料。这样大的产量没有稳定的长期合作的原料供应商是不行的。广州迪森粤西基地以桉树

皮为原料生产压块燃料，每个厂的年生产能力为 2 - 3 万吨。当地有众多的桉树木材加工厂，燃料供应商从每个加工厂收集树皮，集中向压块厂运送。（奥科瑞丰）中科公司在固镇生产点以花生壳为原料生产压块燃料，年产能约 3 - 5 万吨。蚌埠市固镇一带是花生集散地，原料供应商收集和运送花生壳，为中科公司提供专业化服务。凡是单厂生产规模达到几万吨的成型燃料生产厂，由专业化的供应商供应原料，对燃料生产商而言成本较低。

采用第三种模式的有河北雄县牛宝公司和辽宁阜蒙县鼎鑫公司。这两个公司都是主要以玉米秸秆为原料生产压块燃料。雄县只有牛宝公司一家生产成型燃料，阜蒙县人均有 10 亩以上耕地，土地多。所以牛宝公司和鼎新公司没有其它公司与他们争原料，原料供应充足。他们所在地方的种植特点是一年一季，秋季玉米收获后，秸秆可以保留在地里自然风干，直至第二年春耕，有长达半年的时间进行秸秆收集。在农村地区，非农忙季节里劳动力多数外出打工，加上劳动力成本和燃油价格上升幅度较大，如果短期内请专门的经纪人供应数量有限的秸秆原料，原料成本会超出预期。牛宝公司算了一笔账，由他们自己购买收割和运输秸秆的机械和车辆，用自己的工人（这些工人往往是一专多能）根据需要下地收割、运输原料，同时为耕地使用权人提供收割和秸秆还田的有偿服务，结果成型燃料厂付出的原料成本比直接从农户或经纪人手里购买原料便宜，耕地使用权人也可以为每亩地节省大约 100 元收割费现金，双方都有好处。

据雄县牛宝公司介绍，他们从 2 亩半玉米地里可以收到 1 吨（干）秸秆。如果考虑到秸秆还田、饲料等其它用途，假设一半的秸秆产量可以用作成型燃料的原料，那么对于一个年产万吨成型燃料的生产厂，5 万亩玉米地上的秸秆就可以满足其原料的需求。那么，原料的运输半径只有 3 - 5 千米，如果是年产 3 万吨成型燃料的生产厂，原料运输半径在 10-12 千米。

关于原料的储存。需要预加工处理的秸秆、木材树枝、树皮一类的原料一般都是露天堆放，而锯末、木粉、稻壳之类需要防水的原料则需要钢结构储料棚或原料仓库。储料场的占地面积从几亩到几十亩不等，依生产规模、原料种类、土地性质、租地价格等因素而定。图 5 — 图 9 是几个生产成型燃料的公司原料收集/运输/储存的方式。



图 5 一户户农民向河南沈丘富利公司运送秸秆原料（左）
北京盛昌公司成型燃料厂的秸秆原料储存场（右）



图 6 雄县牛宝公司（左）和 阜蒙县鼎新公司（右）自行收集秸秆



图 7 蚌埠市中科公司固镇花生壳储料场（左）和阜蒙县鼎新公司秸秆储料场（右）



图 8 辽宁抚顺森能公司混合料储料库（左）和吉林辉南宏日公司稻壳储料库（右）

图 9 迪森粤西基
地桉树皮原料场



4 问题与讨论

当前及今后若干年内，不是生产成型燃料的农林固体剩余物资源和原料不够用，而是生产侧的消耗量远小于可用资源量。例如在东北玉米生产带，深秋时仍然在田野里大范围地焚烧玉米秸秆。木质固体剩余物资源的利用比例可能更小。因此，关于成型燃料的资源和原料的问题，应当把注意力集中于现有原料的收集、运输和储存的技术和经济方面，包括秸秆剩余物和林业剩余物。

原料的收集、运输和储存，因地域条件和成型燃料生产商的不同而不同，不存在固定的模式，应当因地制宜，因企业而变。但是，随着成型燃料生产向规模化方向发展和集中，原料收集和运输的专业化发展趋势是必然的。农村劳动力的逐渐缺少，劳动力成本的提高以及运输费用的上涨，都要求原料的收集和运输向集约化、规模化和精细管理方向发展，以提高劳动生产率，降低单位成本。

现在的玉米联合收割机和秸秆收割机还不适应成型燃料产业发展的要求。现有的联合收割机和秸秆收割机械多是只具备粮食收获和秸秆还田两项功能或秸秆收集一项功能，秸秆的根部留茬太短。如果能发展出具有粮食收获、秸秆根部留长茬以利还田、秸秆收集三项功能的新的联合收割机和兼顾秸秆还田和收集的新的秸秆收割机，将会受到欢迎。

林业采伐剩余物和造材剩余物的收、运、储更为复杂，涉及到这些剩余物的利用模式。一般来说，这两种剩余物的产地（林地所在地）远离成型燃料的消费地。是就近把这些剩余物直接加工成成型燃料，然后把成型燃料运到终端用户所在地，还是把原料运到离终端用户近的地方生产成型燃料，哪种方式好些，受到多种因素（包括电源和交通条件）的制约。目前这方面实际经验的积累还远远不够。

对于成型燃料的规模化生产，原料的储存也是一个问题。一个成型燃料生产厂，用地面积大小的顺序是原料储存、生产-生活-办公建筑和产品库存。年产 5 万吨的成型燃料生产厂，如果储料场按 30000 吨设计，堆料高度为 5 米，加上运输、装运通道的占地，储料场至少需占地 35 – 40 亩。在土地紧张的地方，这就带来建厂的土地供应问题。

二、成型燃料的生产装备

1 成型燃料生产装备的制造企业

目前成型燃料的生产设备主要是环模制粒机和环模压块机，配套的系统设备有不同类型的原料和产品的输送机、原料揉切机、切片机和粉碎机、原料筛、原料烘干机、原料湿度调质机、成型燃料冷却器、产品包装机和配电控制装置等。工厂里还配有一定数量的抓斗机、铲车、叉车、轻型车辆等可移动机械。这些设备中，除环模制粒机和环模压块机是专用设备之外，其它多为从农业机械现有通用设备中选型，有的需做些改进，以更适应生物质原料。生产颗粒多以木质原料为主，生产压块多以草本原料为主。颗粒燃料的生产线比较完整和成熟，机械化程度比较高，而压块燃料生产系统还处于按工序分段和半机械化的水平，有待进一步改进完善。

国内有代表性的成型燃料生产设备制造商主要集中在江苏省、上海市、北京市和河北省（见表 4），它们当中大都专门生产环模制粒机及其配套系统，或环模压块机及其配套系统一种机型，只有牧羊集团两种成型机都可生产制造。实际上无论是颗粒成型机还是压块成型机，都是从引进的饲料成型机移植、引伸、发展而来。大多数制造商，在设计和制造颗粒燃料成型机和压块燃料成型机之前，有设计和制造饲料颗粒机和饲料压块机及系统设备的经验，此后经历了多年的重新设计与改进才达到了现在的燃料成型机水准。目前，国内生产的生物质成型燃料机械设备除供给国内市场的需求外，颗粒成型机还出口中欧国家、俄罗斯、美国、加拿大、韩国和一些东南亚国家（主要是上海申德、溧阳荣达的设备）。

表 4 主要颗粒设备制造商

企业名称	产品、功能、特点	主要客户
上海申德机械有限公司*	原为中德合资饲料机械厂，2006 年开始颗粒燃料成型机研制，参考德国技术和标准，拥有 500、600、700、800 系列产品，制造工艺细致，属高端产品。2009 年之前主要客户在国外，自 2010 年国内较有实力客户选择申德产品，是国内生物质成型燃料生产设备主要生产供应商之一。	加拿大、德国、东欧各国、韩国、吉林宏日、连云港皓越、昆明腾众等。 *2012 年 4 月被奥地利安德里茨公司兼并，现为其全资子公司。
江苏牧羊生物能源设备公司	大型股份制饲料机械厂，世界名列前茅。2006 年开始研究燃料成型设备，2009 年专门注册成立生物能源设备公司，以高起点、大力度进入生物质成型燃料产业，公司有较强的实力和规模，产品规范，	2011 年成型燃料生产设备产值指标 1.16 亿元。

	拥有颗粒、压块两类燃料成型机，是国内生物质成型燃料生产设备主要供应商之一。	
江苏溧阳地区企业集群，如溧阳市荣达饲料设备有限公司、江苏鼎邦生物质能源机械有限公司、溧阳华升公司等数十家企业	溧阳地区不仅是中国，而且是世界的饲料设备与备件生产供应基地，自 2006 年起有相当多的企业开始进入生物质成型燃料行业，目前也是颗粒燃料行业设备、备件生产供应基地。其突出特点是均为民营企业，单个企业规模较小，大多缺少技术开发能力，但行业分工精细，相互合作，互相配套能力和市场意识强，效率高，已成为一个集群和配套平台。在生物质成型燃料行业中，溧阳地区的数十家企业良莠不齐，设备较多属中低档产品。	荣达公司的产品在国内市场占有一定的份额，国内客户有江西赣州南康和顺生物、南昌高安、广州迪森等公司；60%产品出口，出口对象主要是中东欧国家（俄罗斯、波兰、乌克兰、斯洛伐克、匈牙利等）和东南亚国家（越南、泰国、马来西亚、印尼等）。

2 生物质颗粒燃料成型机

环模制粒机有多种型号，产能以环模内径为主要标识，主要有 300、400、500、600、700 等系列，不同的厂家沿用不同的具体尺寸，如 420、450，508、520 等。随着产业的发展，单个成型机的生产能力越来越大，目前国内已从 400 系列过渡到以 500 系列产品作为基准机型。500 系列颗粒燃料成型机的单机产量，木质颗粒产能 1.5 - 1.8 t/h 或更多，草质颗粒 2.5 t/h 左右或更多。700 系列成型机的木质颗粒产能达到 5 - 6 t/h。500、600-700 系列成型机的主电机功率分别为 132kW/160kW/2×75kW、220kW/250kW/2×110kW。单机产能越大，单位产能投资越小，生产率高，单位重量燃料的生产成本低，因而规模化的颗粒燃料生产商都倾向选用成熟的大直径环模机，这是产业发展的趋势。不过单机产能越大，设备本身越复杂，要求的配套系统也越完善可靠。目前上海申德可生产 600 系列、800 系列的颗粒燃料环模成型机，其中 800 系列产品已出口到韩国、加拿大。

制粒机的产能还与原料的性质和含水量密切相关，原料在同等含水量的情况下，草本原料产量较大，木本原料产量较小。含湿量为 14~18% 时最便于加工，过大或过小都难于成型。环模模孔直径有 6mm、8mm、10mm、12mm 几种，8mm 直径的居多，对于家庭民用颗粒直径一般偏小，工业用户使用燃料的直径可大些。

由于颗粒燃料与颗粒饲料的原料大不相同，前者的木质素、纤维素含量比后者大得多，还含有一定的尘土和细沙粒，燃料的密度比饲料的密度也大得多，因

此对颗粒燃料成型机的强度、刚度、耐磨性、对不同原料的适应性，以及动力性能等，都比对饲料成型机的要求高得多。比如，由于原料的流动性差，原料自身的粘结力低，因而原料在模孔中成型需要的压力和扭结力更大，停留的时间更长，导致机械传动部件承受高压、大扭矩，模孔处应力大，磨损快，环模、轴承、压辊等零部件都是在高压、高湿度的环境下工作，承受高负载、强磨擦，工况较为恶劣，极易损坏。图 10 是环模磨损、断裂和压辊轴断裂的情况。



图 10 环模严重磨损（左）、断裂（中）和压辊轴断裂（右）

2005 到 2007 年，一些企业直接使用饲料成型机生产颗粒燃料，差不多在每一个进行尝试的企业都无例外的多次发生主轴、轴承、齿轮、环模、螺栓断裂毁坏，环模、轧辊快速磨损，致使生产无法正常进行。因此，颗粒燃料成型机的制造商对整机及零部件，包括结构、材料、工艺处理、润滑、冷却等等都进行了重新设计。如申德公司对关键部件环模（也是易损件）进行了不断试验和改进，做了更多的细致工作，例如，材料从普通合金钢改为 X4Cr13 不锈钢等，改进了成型孔的结构和布局，改进了润滑脂的检查注入方式，有的公司还增加了对环模、压辊密闭工作空间的冷却等。与此同时，轧辊和轧辊轴承的使用寿命也同步提高，大体上是二套轧辊和轧辊轴承配一个环模。申德的颗粒成型机是参照德国的产品标准制造的，目前国内一副环模的使用寿命能稳定地达到生产 600 – 800 吨木质颗粒燃料或更多。在这三年中，基本完成了从“饲料颗粒机”到“燃料颗粒机”的过渡。

行业中一些企业生产的颗粒燃料成型机（如 500 系列）已接近世界水准，但和发达国家相比，成套设备生产工艺路线的设计思路 and 理念有所不同，配套设备的结构、工艺比较粗糙，在生产线的自动控制方面差距较大，另外单机产能和单厂生产规模也没有达到国外较高的水平。这主要是受我国成型燃料产业发展水平的制约，也与制造商的技术力量和技术储备不足有关。没有对颗粒燃料广阔地域

和大批量的市场需求，就刺激不了有数量规模的有实力的投资商的投资欲望，因而颗粒燃料成套生产装备整体水平的提高就比较缓慢。随着今后国内市场对成型燃料需求的迅速增加，上述状况会得到改善。

国内生物质颗粒燃料成型机的传动方式有二种类型：皮带传动（欧洲技术流派）和齿轮传动（美国技术流派）。上海申德、江苏（扬州）牧羊为皮带传动的代表；溧阳地区的企业为齿轮传动的代表，他们是以美国 CPM 公司的产品为样板。对于二种传动方式，国外曾有过较为深入的比较研究，但似也难分伯仲，只是因沿用的习惯和公司的偏好而不同。在应用中的实际体会是，齿轮传动结构紧凑些，效率略高，但对承载零部件的要求也高，皮带传动的最大优势是会减小传动中的瞬间冲击力，设备更为安全。

总的来说，经过几年的努力，曾经制约我国发展颗粒燃料的关键设备成型机及其配套设备已经开发成功，其设计和制造工艺水平，以及设备成套能力均能满足市场的要求。目前，国内几个主要的颗粒燃料成型机厂家的制造能力大约为年产 550 – 650 万吨颗粒燃料的成型设备，因为市场需求不足，实际的产量远低于这个能力，而且在国际市场的销售量大于国内的市场。成型机以及生产系统配套装置，以它们的综合质量（单机产能、易损件寿命、可靠性、稳定性、外观、性价比等）可划分为相对高端产品和普及产品两类，面向不同的国外、国内用户群。图 11 是国内两个最大的颗粒燃料成型机生产车间。



图 11 批量生产的颗粒成型机装配车间(左)和环模生产车间(右)

3 生物质压块燃料成型机

由饲料压块成型机改进发展成为燃料压块成型机是中国的特色。1995 年引进饲料压块机的初衷是以玉米秸为原料（2#玉米，玉米秸含粗蛋白 8%），经处理压制密度为 $0.6-0.7\text{g}/\text{cm}^3$ 的 $32\text{cm} \times 32\text{cm}$ 截面的块状，称为粗饲料，用于开春

青黄不接之时饲喂奶牛，这是当时引入饲料压块机的目的。大型奶业公司伊利、蒙牛、三元、光明等都曾在一定规模上使用过这种粗饲料。这个背景造就了石家庄地区成为当时饲料压块机制造基地。2007-2008 年，随着这种粗饲料的喂养形式在推广中遇到阻力，饲料压块机市场逐步萎缩。正在这个时候，生物质成型燃料行业开始兴起，于是饲料成型机的制造厂家开始涉足进入了燃料行业，后来干脆转行专门设计生产压块燃料成型机。

从饲料压块机转型成为燃料压块机，比颗粒成型机的转型简单些，因为原料是相同的，最大的差异是产品密度。但是密度的改变给设备带来的问题也很严峻，主要是增大了压缩过程的压力，改变了工作部件的受力和应力状态，致使饲料压块机的模块、压辊的耐磨性能无法适应生产燃料的要求，而且至今没有很好地解决。目前一副模块的平均寿命只能生产 400 吨左右压块燃料，少的只有 300 吨，修复和更换过于频繁，维修和备件成本高。对于大规模连续生产方式，这是一个严重的制约因素。图 12 是压块燃料环模成型机在使用中模块断裂和压辊磨损的情况。

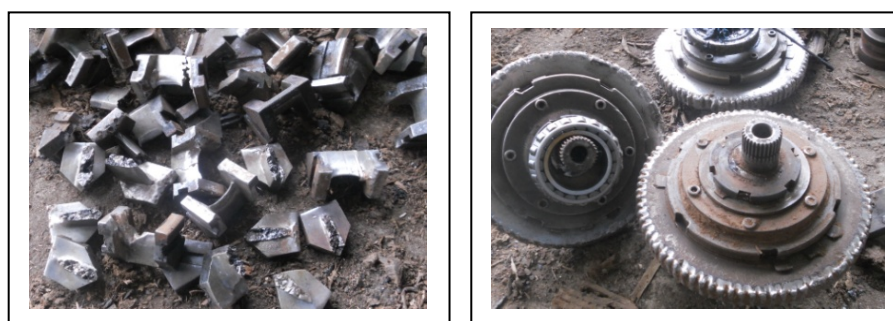


图 12 成型燃料压块机的模块断裂和压辊磨损情况

压块燃料成型机的另一个问题是生产系统不连续，从原料准备到压块燃料产出，生产工艺被分割成几个尚未前后以自动方式或机械方式连接的部分，即便是牧羊集团的压块燃料生产系统，也只做到了半机械化，生产环境中粉尘充斥，较为恶劣。如果要适应压块燃料的规模化生产，生产工艺系统设备装置的完善配套还有很多工作要做。

环模压块机也有多种型号，以环模压块的数量为标识，有 30 孔、45 孔和 60 孔三种，其中 45 和 60 为常用，模孔的断面尺寸一般为 $32\text{mm} \times 32\text{mm}$ ，每个模块两侧各有半个孔，两个模块并在一起组成一个模孔。传统的环模为垂直结构布

置，三年前北京奥科瑞丰公司将 45 模块环模旋转 90 度，成为水平布置，并批量生产，在业内有所影响。环模压块机所配动力电机的功率和台数也不尽相同，45、60 模块压块机的主电机功率为 $2 \times 30\text{kW}$ 、 $2 \times 37\text{kW}$ / $2 \times 55\text{kW}$ / 92kW 。功率大些会减少闷车事故，运行平稳，不过取决于制造商的设计理念和传统，以及产品的目标用户。

压块燃料的主要原料是农业剩余物，生产实践中应用较多的是玉米秸秆和花生壳，根据地区资源有的地方使用棉花秆、桉树皮、糠醛渣等。45 孔压块机的平均产量在 1.2 - 2.0 t/h，60 孔的可达 1.8 - 2.5 t/h，原料和含湿量不同对产量影响较大。另外豆秸、油菜秆、棉花秸也都可以压缩成型，只是麦秸的成型特性较差，需和其它原料如玉米秸混合使用，混合比例为 1/5 或 1/4。表 5 介绍了国内部分主要的压块燃料成型设备制造商，图 13 是压块燃料成型机的两种机型。

表 5 主要压块燃料成型设备制造商

企业名称	说明	主要客户
江苏牧羊生物能源设备公司	是国内唯一一家高端压块燃料成型设备生产制造商，虽价格偏高，但成套性好，运行稳定。现存的关键问题是压辊、模块的耐磨性不高，工作寿命较短，用户更换成本高，需尽快研发解决。	客户分布于国内外，盘锦森能生物质能源有限公司是一次购入量最大的客户（20 套）。
北京奥科瑞丰机电技术有限公司	国内主要的压块机生产厂商，具有较大的开发和制造能力，其产能在行业中名列前茅。2008 年将 45 模块立式环模改为水平环模，效果不错，已为市场接受。	公司在各地注册燃料生产公司，向其下属燃料生产公司投入成型机产品。
河北石家庄地区企业群，如：河北天太生物质能开发有限公司、石家庄燕峰机械制造有限公司等十几家企业	石家庄地区集中了十几家压块燃料设备生产商，是压块机的集群生产平台。但大多规模小，资金少，研发能力较弱。块状成型燃料的生产工艺不易形成一条连贯的机械化生产线，这也是压块成型机系统的总体水平低于颗粒成型机系统的原因之一。	2010 年天太公司向 163 个用户销售 185 台套压块燃料成型机，2011 年销售约 200 台套，用户分布于河北、广东、广西、山东等省区。

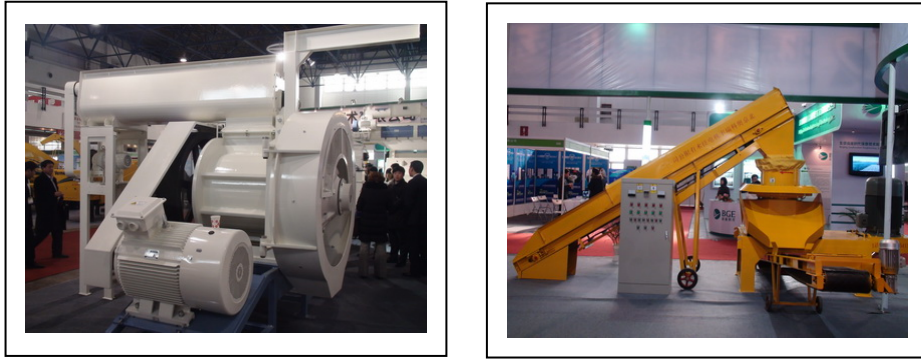


图 13 立式压块燃料成型机(左)和卧式压块燃料成型机(右)

到 2012 年底，国内压块燃料成型机主机的生产能力至少能满足年生产 800 - 1000 万吨压块燃料的需求。仅奥科瑞丰公司一家就能生产 2000 台套压块机，牧羊集团也具备较大的生产能力，石家庄地区有 700 - 800 台套的生产能力，另外河南、山东、黑龙江等地也有一些较为廉价的小型压块机的生产能力，虽更不够规范，但也有一些农民用户。

4 成套辅助设备

在成型燃料的生产设备中，除成型机是关键的核心设备以外，还有若干辅助设备和装置，主要是揉搓机、粉碎机、烘干机（含热风炉）、振动筛、滚动筛、去磁筒、原料调质混合机、各种形式的输送机、冷却机、旋风除尘器、布袋除尘器、包装机、料仓、连接管道等，还有用于装卸原料和成品的铲车、叉车、抓斗车、运输卡车等。这些设备大都是原有的农机设备或木材加工设备，根据成型燃料生产工艺的需求，或者是直接选用，或者稍加改进即可成为燃料成型生产线的配套设备。在这些辅助设备中，粉碎机（或搓揉机）用于保证原料的粒度（或长度），烘干机用于保证原料的含水率，它们都直接影响成型燃料的产量和质量。除尘设备用于保持工作环境清洁和物料的循环利用。图 14 - 图 17 是成型燃料生产工艺流程中几种常用的设备。



图 14 回转式原料干燥机(左)和干燥热烟气炉(右)



图 15 粉碎机（左）与皮带输送机（右）



图 16 插装车（左）与抓勾机（右）



图 17 铲车（左）与农用卡车（右）

5 问题与讨论

虽然目前我国成型燃料生产主机（颗粒成型机和压块成型机）总的制造能力已能满足“十二五”期间成型燃料发展规划的需求，甚至也能满足“十三五”期间规划的相当部分需求。但是在绝大部分厂家所生产主机的若干性能还需要改进和提高，特别需要改变经营理念和管理方法，提高生产工艺水平和成套装备水平，提升自身能力，适应规模发展的需求。

成型燃料成型机及成套设备制造企业可概括为“三厂二平台”的现状，即三厂为上海申德、扬州牧羊和奥科瑞丰，二平台为溧阳地区和石家庄地区。在其它地区如河南、山东、东北三省等也有一些企业分布，但多为小企业，更缺乏规模、技术和规范。“三厂”中的上海申德和扬州牧羊有多年生产成套饲料机械的基础，搞燃料成型设备（主要是颗粒成型设备）在技术、设备、资金、管理和市场营销方面有较好的条件较多的经验，起点高，容易走向正规化、规模化和现代化。北

京的奥科瑞丰虽然是后发的公司，但是它的企业追求正规，领导层有强烈的建立现代化企业的意识，有一套独特的企业发展和管理模式，特别是有较强的融资能力，发展迅速。在“二平台”上，是由数十个个体或家族式小公司组成的分散群体，经过多年的打拼，也已开辟出一方天地，溧阳的生物质燃料成型机产品已经进入国际市场，是国内发展成型燃料装备制造的重要力量。但是这些企业有先天不足的缺点，缺乏技术和人才，资金力量有限，其理念和管理方式相对落后。

为适应成型燃料产业化发展的需要，应当对以下一些问题加以重视：

(1) 仅从国内的“十二五”和 2020 年成型燃料规划的角度看，现有的成型主机制造能力一定程度地满足这些规划的数字需求，不需要盲目扩张制造能力，而是需要整合与提升整个装备制造业的发展模式，需要做强，不仅是成型燃料产业的数量大国，而且是强国。分为三个方面，首先是统一认识，统一标准，统一方向。第二是解决生产工艺、生产环境和生产设备的具体问题。第三是在发展中优胜劣汰，造就现代规模企业。这样既能充分利用现有资源，避免无效投资和设备制造能力的重复建设，也能走上追求质量，调整产业内部结构的目的。

(2) 颗粒燃料成型机及成套设备基本成熟，但是需要从成型机的结构、材料、加工工艺，以及生物质原材料的限定条件等多方面着力解决环模和压辊的断裂、磨损速度和寿命偏短的问题。要建立规模化颗粒燃料生产厂（年产 3—5 万吨及以上颗粒燃料）的设计和建设标准，使生产颗粒燃料的投资运营商少走弯路，提高资金利用率，项目投产即能达产和正常运行。

(3) 和颗粒燃料成型机一样，压块燃料成型机的模具及轧辊的磨损问题也亟待解决。更为重要的是，目前在压块燃料生产装备方面，主要设备就是一台压块燃料成型机加上前后与之连接的输送原料和压块产品的皮带机。大量生产现场的设备配置是一台这样的设备单独运行，或数台设备并列运行，其它工序都是分开的。这是当前条件下适合在农村分散生产压块成型燃料的做法。如果是对于规模化生产，这样的装备模式显然不能满足要求。迄今国内还没有一条完整或大致完整的规模化生产压块燃料的生产线（比如年产 2—3 万吨），更没有一个标准的生产线工艺设计和配套设备选型的指导性技术文件。压块燃料成型机的龙头设计制造商要在提高压块成型机的性能和质量，研究、开发规模化生产线及其配套装备，进行规模化压块燃料生产示范厂的建设和制定标准上下功夫，为“十三五”期间成

型燃料产业规模的迅速扩张做好技术和装备能力的准备。

(4) 国家有关部门和行业协会应通过规划、政策、资金、标准等手段引导和规范成型燃料装备制造行业要素的有序整合，发挥和提升“三厂二平台”的优势，合理配置主机和系统辅助设备设计制造的资源，避免扎堆恶性无序竞争和打乱仗。

三、成型燃料的生产

1 生产和销售成型燃料的企业

目前在中国，从东北的黑龙江省到西南的云南省，从北方的内蒙古到南方的广东省，从东边的山东省到西边的四川省，至少在 19 个省市自治区有生物质成型燃料生产企业，全国大大小小可能超过 200 家，其中至少超过 50 个企业的年生产和销售成型燃料的规模达到了 1 万吨以上。据估计，2010 年、2011 年全国的成型燃料产量大约分别有 250 万吨和 300 万吨。广州迪森热能技术股份有限公司和北京奥科瑞丰机电技术有限公司是最大的两个成型燃料生产商，迪森公司同时生产颗粒燃料和压块燃料，奥科瑞丰公司只生产压块燃料。迪森公司在 2010 年的产量超过 10 万吨，实际应用量超过 20 万吨；2011 年产量 20 万吨，实际应用量 40 万吨。

除了迪森公司和奥科瑞丰公司之外，吉林宏日、辽宁（抚顺）森能、盘锦森能、北京盛昌绿能、连云港皓越、安徽睥城、湖北和泰、云南腾众等公司也都是具有一定规模的成型燃料生产商。在上述成型燃料生产商中，有些公司如广州迪森、吉林宏日、北京盛昌绿能、云南腾众等，还同时是热能产品生产运营供应商，以合同能源管理的方式利用自己生产的成型燃料，向热能用户供应生产用蒸汽或冬季区域供热。这些企业的地理分布是从南到北，客户行业有千差万别，却不约而同地选择这样的经营模式，是有其必然性的，因为在目前成型燃料市场销售环境不确定性因素较多的情况下，一方面保证自己客户对成型燃料的需求，避免燃料市场价格波动对公司生产业务的冲击，另一方面延长了公司的服务链，增加了成型燃料的附加价值，提升了利润空间，改善了公司的财务状况。他们的这种经营策略在现实的市场环境中取得了成功。表 6 是几个成型燃料生产企业 2010 年生产和销售产品的数量。

表 6 2010 年几个企业生产供应成型燃料的数量

序号	企业名称	生产基地	产品种类	2010 产量 (万吨)	2010 实际 供应量* (万吨)
1	广州迪森	珠三角、长三角	颗粒+压块	10	20
2	奥科瑞丰	华北、华东	压块	12	12
3	辽宁森能	抚顺地区	颗粒	8	8
4	吉林宏日	长春地区	颗粒	1	2
5	北京盛昌 绿能	北京、河北	颗粒+压块	4	4
6	湖北和泰	湖北	颗粒+压块	2.5	2.5

* — 表中销售量大于生产量是因为执行供热合同，自产燃料不足，还需要外购一部分。

2 颗粒燃料的生产

多数规模化的颗粒燃料生产厂都是按照工厂化设计建设的，工艺流程的安排分成几个工艺组合和独立的空间，上下游工艺组合之间通过物料输送机械或管道连接起来，形成一条完整的生产线。在各个工艺组合上，多合同种功能的设备（如粉碎机、烘干机、制粒机）是并列安装的。工艺组合的划分一般是：1. 原料储存；2. 原料前处理，原料烘干；3. 原料含湿量调整、压缩制粒；4. 颗粒冷却和包装；5. 产品储存与外运。这样设计比较容易实现清洁生产。目前，国内最大的单厂颗粒燃料生产规模为年产5~6万吨。图 18 是颗粒燃料生产线的工艺流程。

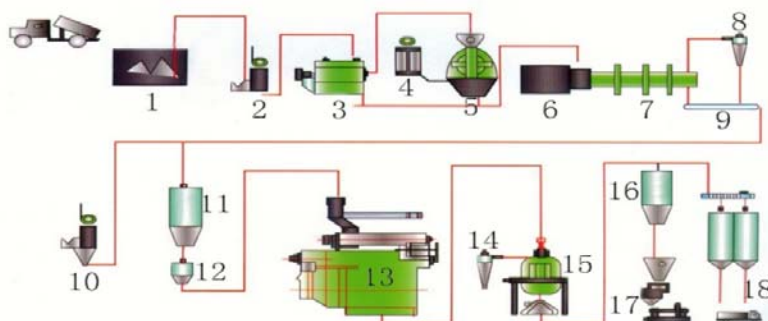


图 18 颗粒成型燃料生产工艺流程示意

1 储料场；2 筛分上料；3 筛分机；4 旋风除尘；5 中间料仓；6 热风炉；7 烘干炉；8 分离器；9 螺旋输送器；10 输送机；11 熟料仓；12 清除磁物器；13 成型机；14 冷却风机；15 冷却器；16 颗粒储罐；17 自动包装；18 装车出货

国内大的颗粒燃料生产厂大多利用锯末或稻壳做原料，也有的掺入玉米秸秆、油菜秆等农业剩余物，从而使原料预处理环节和设备得到简化，秸秆、花生壳等为主的原料多用在较小的颗粒燃料生产厂。木质颗粒燃料多数销售给高端用户，代替燃油或燃气，或者环保排放要求高的用户。图 19 – 图 21 是几个颗粒燃料生产厂的图片。



图 19 满洲里颗粒燃料生产厂(左)和抚顺森能颗粒燃料生产厂(右)



图 20 连云港年产 5 万吨颗粒燃料厂的成型机车间



图 21

从环模压制的颗粒燃料

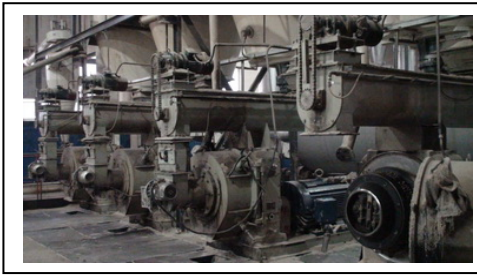


图 22 迪森江苏（太仓）公司年产 5 万吨颗粒燃料厂（左）
和用溧阳荣达公司设备装备的年产 5 万吨颗粒燃料厂（右）

广州迪森是生产颗粒燃料最大的公司。迪森公司原来的业务以设计制造燃油燃气锅炉为主，在新加坡上市。2007 年开始进入成型燃料锅炉领域，依托自

行研发制造的成型燃料锅炉，购买颗粒燃料成型机，建设燃料生产基地，用成型燃料锅炉替代燃油、燃气和燃煤锅炉，以合同能源管理的模式为客户供热，几年来成绩斐然，令人瞩目。迪森的业务主要集中在广东省和长江三角洲地区，至今已建成 10 个单产能力 5 万吨的成型燃料生产基地（其中 9 个生产颗粒，1 个生产压块），所有生产基地均以锯末、树皮等林业剩余物为主要原料。2010 年公司自产燃料 10 万吨，外购 10 万吨，2011 年翻了一倍；建成 4 个成品燃料调配基地、3 个原料调配基地和 1 个原料种植基地。图 23 是迪森公司在珠三角（广东、广西）和长三角地区的成型燃料生产基地及客户群。



图 23 广州迪森公司在珠三角地区（左）
和长三角地区（右）的成型燃料生产基地与客户群

广州迪森本身实行产学研相结合，拥有研发队伍、试验基地、锅炉和燃料的生产基地和客户群，是行业内成型燃料生产和利用方面最具规模和实力的企业。他们的特点有三：第一，战略目标清晰，坚持高标准，大手笔，执行力强，能够在较短的时间内建成一个具有规模的大型企业；第二，有上市公司的支持，资金雄厚，富有企业运作经验；第三，有产学研联合的超前意识。的确，在成型燃料的产业化、规模化发展方面，迪森公司走在了前面，他们的许多思路、做法和经验值得总结，值得整个行业学习和借鉴。

行业中另外几个有代表性的颗粒燃料生产企业：辽宁森能、吉林宏日、北京盛昌绿能、连云港皓越和昆明腾众。他们都是在 2006 年前后建立，经历了艰难的创业和经营模式的探索。他们开始重点生产成型燃料，形成一定的生产规模后，就千方百计为产品寻求市场，其中有条件的企业走上与广州迪森公司同样的经营

之路，即延长产业链，自产成型燃料，同时以合同能源管理方式为客户提供热源服务。

辽宁森能在抚顺的颗粒燃料生产厂投产于 2007 年。建厂之初，由于缺乏技术和有一定的资金，国内又没有现成的样板，便采取了低价引进的策略把厂办了起来。它从意大利引进了一台二手的美国 CPM 颗粒燃料成型机（环模内径 793），并且请有经验的意大利工程师设计整个工艺流程。尽管这台成型机的环模和压辊发生了正常的磨损，但是整机完好，生产系统工艺设计合理，投产后的一年中有近一半的时间连续 24 小时稳定运行，几乎没有发生过故障，产能达到 3.5 t/h 木质颗粒燃料。意大利设计师把 60%以上的注意力集中于原料的前处理，其中包括安装一台从意大利进口的能力强大的粉碎机和全自动包装机，配置辽宁远大公司生产的烘干机，严格控制原料的粒度、清洁度和湿度。经过烘干的原料在进入成型压缩机之前，先在多个“熟原料”储罐内停留，一方面用于成型机进料的储备和调节，另一方面用于原料的“回性或养生”，改善成型机进料的性质，即起到“调质”的作用。该厂因为设计周到，所以生产环境清洁。首先是把易于产生粉尘的原料预处理空间和压缩成型工艺环节进行物理隔离，其次是在每个产生粉尘的生产点、输送点，都安装了除尘装置和粉尘回收装置，尽量保证生产车间的清洁。森能公司的一期引进工程为他们少走弯路，学习、积累颗粒燃料生产经验，直到后来进行自主扩建并有所创新，起了重要的作用。他们的经验对今后建设颗粒燃料生产厂的业主有参考价值，当然现在国内已不需要引进在国外生产的成型设备，也不需要引进设计队伍了。2009 和 2010 年，该厂分别扩产二台溧阳的设备，现在厂内共有二条生产线，5 台成型机，2010 年抚顺一个厂的颗粒成型燃料产量已达到 6 万吨。

除上述企业外，还有一批较小的颗粒燃料生产企业（多在华东、华中和华南），他们大都拥有 2 台产能小、较为廉价的设备，产品自销或销售给同行中自我生产能力不足的企业。这些小厂家生产工艺装备较为简陋，生产环境比较恶劣，一般难以稳定生产。但是他们上马快，数量多，生产成本比较低，对市场反应灵敏，在目前的产业发展过程中有积极作用。

3 压块燃料的生产

生产压块燃料的原料主要是农作物秸秆和农产品加工剩余物，其中玉米秸秆、棉花秸秆、油菜秆、花生壳、糠醛渣，还有桉树树皮（广东）使用最多。压块燃料生产企业分布在这些原料的主产区。压块燃料生产点的布局一般是根据原料供应能力、道路运输条件、场地大小和电源等条件，再加上劳动力和周边人文等综合因素确定的。除非有特殊的原料和厂房条件，否则因为要控制原料成本，把原料的收集和运输限制在较小的范围内，单个的压块燃料生产厂一般规模都不大。在目前的压块燃料生产商中，只有少数是规模化、跨省市的正规企业，如广州迪森公司和北京奥科瑞丰公司，而多数是地方性很强的小公司，由农村的经济合作社或私人投资兴建，建设简单的生产厂房和成品库房，厂房内安装 1 - 3 台压块机，所配置的原料前处理设备比较简单，只有铡切机、揉搓机和输送皮带等。除广州迪森的粤西生产基地由于规模生产的需求，配置了烘干机烘干湿度很大的桉树皮外，其它厂家一般不装备原料的烘干装置，原料大多都靠日晒风吹自然干燥，对天气的依赖性较大，因而进入压块成型机原料的一致性不稳定，既影响成型机的稳定工作，也影响压块燃料产品的质量。成型后的压块燃料经皮带或推车运到硬化的地面上堆放冷却，之后装袋入库或出厂销售。压块燃料的密度比颗粒燃料低，一般为 0.7 - 0.9 克/立方厘米，在装卸运输过程中容易造成破碎，直接影响客户使用。压块燃料直接销售给锅炉客户或中间商，价格比颗粒燃料低，一般销售出厂价在 450 - 550 元/吨，净利润很低。

这样的分散生产点一般生产能力为年产 3 千吨至 1 万吨压块燃料，但由于原料、天气、市场等原因，都不能满负荷生产。少数大的企业，如广州迪森、北京奥科瑞丰建设的一些压块燃料生产厂配置 8 - 10 台成型机，生产过程可实现半机械化，管理正规，分工细致，生产和客户都稳定，使用的原料主要是花生壳、树皮和少量秸秆，最大产能达到年产 4~5 万吨压块燃料。

在我们调查的对象中，北京奥科瑞丰公司在全国安装了 326 台套 45 模块压块机组，广州迪森有 30 台 45 模块和 1 台 60 模块压块机组，阜新市阜蒙县鼎鑫等公司有 20 台 60 模块机组，七里河张庄有 16 台 60 模块机组。全国的压块机组产能或还大于颗粒机组产能。

和颗粒成型燃料相比，压块燃料的生产工艺和设备多数都较为粗糙，虽能支撑目前的生产规模，但在生产工艺设备的配置上难于适应大规模产业化发展。

4 成型燃料的成本

成型燃料除去常规的生产成本概念之外，还延伸出“比较成本”的概念。

成型燃料的成本由原料成本、原料储运成本、加工直接成本、设备维修成本、固定资产折旧、产品储运成本、销售成本、资金成本、企业管理成本等组成，其中前 5 项构成生产成本。但是，实际运行中的大都是微小型企业，一般算总账，对生产成本和总成本的分解核算不细，同时随地区不同，原料价格、人工成本、电费都不同，所以成型燃料的生产成本难于统计。我们根据在几个企业的调查数据，经过类推比较，得到木质颗粒燃料和秸秆类（含稻壳、花生壳等）压块燃料的生产成本估算结果如表 7 所示。

表 7 颗粒燃料与压块燃料每吨的生产成本估算表

序号	项 目	木质颗粒燃料（元/吨）	压块燃料（元/吨）
1	原 料	450 - 550	200 - 350
2	电 费	不含烘干 80；含烘干 120	40
3	人 工	不含烘干 40；含烘干 45	30 - 40
4	易损件+维修	40	40
5	包 装	25	20
6	房租+仓储	20	20
7	折 旧	20	10
8	其 它	10	20
9	生产成本合计	685 - 830	380 - 540
10	销售参考价	800-1200 元/吨	480 - 640 元/吨

表中的参考销售价范围是不同地区的数据，只比生产成本高大约 100 元/吨，如果还考虑管理和销售成本，企业的利润极低甚至亏损。倘若没有政府政策的倾斜和补贴，企业的积极性很难保持，产业很难发展。

在现实的市场经济里，大多数社会产品的消费者关注的是获得使用价值的经济性，而不太考虑对环境生态的影响，成型燃料的用户也不例外。很多用户在选择成型燃料时，常常与使用化石燃料付出的成本比较，这样就产生了“比较成本”的问题。草本和木质成型燃料的热值大约分别是 13.4 MJ/kg 和 17.5 MJ/kg。从上

表可以看出，按单位热值算，成型燃料的价格比市场煤价高，但是比燃油、燃气价格低。因此，在煤价较低的地区，如果没有对成型燃料的政策鼓励和对烧煤的限制，一般烧煤的用户是很难接受和改烧成型燃料的。从“比较成本”看，也不难理解为什么在不少地方，成型燃料，特别是木质颗粒燃料受到燃油燃气工业用户的亲睐了。

5 颗粒燃料与压块燃料的比较

木质原料比草本原料成型难度大，要求高，适合用来生产颗粒燃料。草本原料既可生产压块燃料，也可生产颗粒燃料。颗粒燃料成型厂的初期投资大，设备和工艺复杂，技术要求高，生产成本大。受投资规模和销售价格的制约，在利用农业固体剩余物做原料时，我国成型燃料生产商多选用压块成型的方案。但是另一方面，颗粒燃料有许多压块燃料所不具备的优点，特别是使用范围的广度和使用效果的显著是压块燃料难以媲美的。随着我国经济社会的发展，今后在我国成型燃料产业的发展中，究竟颗粒燃料和压块燃料二者的位置如何摆，或者说市场用户将对这两种成型燃料作何选择，现在还难以说清。但是从国外已有的经验和走过的路径看，颗粒燃料会占上风，即使同是秸秆原料，颗粒燃料也有突出的优点。表 8 是两种燃料的相关比较。

表 8 木质颗粒成型燃料与秸秆块状成型燃料之间的比较

内容		木质颗粒成型燃料	秸秆块状成型燃料
市场	工业锅炉	替代燃油、燃气、燃煤	替代煤
	农户生活用能	价格偏高	适用
	农村机关、学校、医院、养老院等公用设施	价格偏高	适用
	城市商业小餐馆、洗浴、别墅等高端客户	适用	不适用
价格，元/吨		800-1200	480-640
热值，MJ/kg		~ 17.5	~13.4
密度，g/cm ³		1.0-1.3	0.7-0.9

对物理特性、燃烧特性的研究深度		深入	一般
运输、存储品质		优	中
生产设备与生产工艺的成熟度		较为成熟	有待改进
原料分布		靠近林区或木材加工集散地，较为集中	农作物产地、加工集中地区
原料获取难易程度		相对较易	原料分散，季节性制约，规模化收、运、储有难度
应用终端设	生物质锅炉	基本成熟，已有典型案例	已有案例
备成熟度	民用炉具	基本成熟	基本成熟
生产中物流与控制品质		优	中
运输与存储品质		优	中
使用中给料的特点		易实现机械化、自动化	半机械化
烟气排放情况		粉尘量低	比颗粒燃料高
炉渣		灰分少，不易结焦	灰分较多，易结渣
发达国家应用情况		已作为可再生能源常规燃料	——

木质颗粒燃料和秸秆压块燃料各有各的特点，各有各的优势，各有各的市场。把农业固体剩余物加工成成型燃料利用，是中国国情下的一个创造。中国农业固体剩余物资源丰富，秸秆压块燃料的技术和设备将越来越成熟，将会成为工业锅炉和农村生活用能的一种常规能源。

6 问题与讨论

在成型燃料的生产方面，主要有以下几个问题：

(1) 尽管我国已有一定数量的成型燃料生产企业，但是小企业居多，规模化的企业太少。小企业的资金筹措能力有限，技术和管理水平较低，如何在两三年的时间内，从外部加大资金、政策支持力度，从内部调整发展计划、更新改造设备、引进培训人才和加强企业管理等方面入手，争取将其中的一些企业提升一个档次，将小企业升级为合格的中等规模的企业，以适应成型燃料市场发展的形势，是一个艰巨的任务。

(2) 在目前的颗粒燃料生产厂和压块燃料生产厂中，真正称得上正规生产

企业的屈指可数，这是小企业升级改造的重点。

(3) 成型燃料原料的收储运的专业设备、体系的结构和运行模式是成型燃料产业化发展的关键之一，要尽快适应规模化生产的要求。建议研究和借鉴现有生物质直燃发电厂在这方面的成功经验，进行移植和推广。

(4) 建议有关业务主管部门和行业协会，下力量组织制定成型燃料生产厂的工厂标准和生产经营管理通用的基本规章制度，规范成型燃料生产厂的企业行为。农业部发布的成型燃料行业标准 NY/T 1878-2010 —— NT/T 1883-2010 中，成型燃料生产厂必须执行的要强制执行。

四、 成型燃料的燃烧利用设备及其终端用户

成型燃料是固体燃料，又有规整的圆柱形颗粒或长方小块的形状，因此它们的燃烧利用设备在基本原理上与粒状或块状煤炭的燃烧利用设备相似。但是与煤炭相比，成型燃料的燃料性质与煤炭有不少差别，所以成型燃料的燃烧利用设备在设计上又有其自身的特殊性，它们的终端用户也有其特点。本报告将比较详细地介绍目前国内成型燃料的燃烧利用设备及其终端用户的情况。

1 生物质固体成型燃料的特性

成型燃料的原料是农林固体剩余物，其加工过程是用物理和机械方法将原料压缩成一定的形状，使原料的密度增加，燃料的形状规范，便于成型燃料作为商品燃料进行运输、储存和利用。成型燃料的化学性质与原料并无大的差别。为了了解成型燃料与煤的燃烧利用设备的差别，先要了解它们之间燃料性质的差别（见表 9）。

表 9 成型燃料与大同煤的性质差别

燃料	密度 (g/cm ³)	V _{ad} (%)	FC _{ad} (%)	S _{ad} (%)	A _{ad} (%)	FT (°C)	Q _{ar,net} (MJ/kg)
成型燃料	1.0 - 1.4	65 - 80	13 - 20	0.05 - 0.2	1.0 - 13	1000 - 1200	13.0 - 16.4
大同煤	1.25 - 1.50 (烟煤)	24.00	47.82	1.78	12.04	1500	27.22

表 4 列出了成型燃料和大同煤的性质比较。大同煤是一种优质动力和民用煤。从表中可以看出：

- 成型燃料与煤的密度相当。
- 成型燃料的挥发分 (V_{ad}) 大约是烟煤的 2 - 3 倍。
- 成型燃料的固定碳 (FC_{ad}) 大约是烟煤的 $1/2 - 1/3$ 。
- 成型燃料的含硫量 (S_{ad}) 远低于煤炭。以秸秆为原料的成型燃料的含硫量一般不会超过 0.2%；木质成型燃料的含硫量只有 0.05%左右。
- 成型燃料的含灰量 (A_{ad}) 远低于煤。在我国，大同煤是一种含灰量低的优质煤，其含灰量也相当于含灰量最高的成型燃料。玉米秸秆成型燃料的含灰量在 8%左右；木质颗粒燃料的含灰量为 5%左右；只有稻草和稻壳成型燃料的含灰量才达到 13%左右。
- 成型燃料的灰熔点 (FT) 一般较低，最高不超过 1200°C ，低的甚至只有 900°C 。成型燃料灰熔点低的原因，是生物质原料中含有较多的钾、钠等碱金属元素。
- 成型燃料的低位发热量 ($Q_{ar,net}$) 大约是优质煤的一半左右，秸秆成型燃料热值较低 ($\sim 13\text{MJ/kg}$)，木质成型燃料的热值较高 ($\sim 17\text{MJ/kg}$)。这不影响成型燃料的燃烧，只要适当增加给料量，就能弥补其热值较低的缺陷。

从控制燃烧排放的大气污染物成分 SO_2 、 NO_x 和烟尘浓度的角度看，成型燃料是一种易于达到污染物排放标准的比较清洁的燃料，更是一种温室气体 CO_2 中性（零）排放的燃料，特别有利于 CO_2 减排。成型燃料高挥发分、低固定碳、低灰熔点的性质要求其燃烧利用设备有别于煤的设备。

2 制造成型燃料燃烧设备的企业

随着成型燃料产业的发展和终端用户的不断增加，从事成型燃料燃烧利用设备的研发、设计和制造的机构和企业也在不断涌现。成型燃料的燃烧利用设备，包括各种工业和民用锅炉、气化装置、燃烧器和小型炊事采暖炉具。这些设备的研发和设计，大多是在煤燃烧利用技术和设备的基础上改进、发展而来的。现在

全国从事这方面业务的机构和企业有上百家，他们都有煤燃烧利用的技术基础。实力较强的代表性企业有广州迪森热能技术股份有限公司、河南（奥科瑞丰）德润锅炉、（吉林）辉南宏日新能源有限责任公司和北京盛昌绿能科技有限公司。

广州迪森热能技术股份有限公司成立于 1996 年，早期从事燃油燃气锅炉的设计制造，大约五年前开始从事生物质能开发利用，特别是成型燃料的生产和成型燃料锅炉的设计制造。公司从 2009 年进入了快速发展的阶段。现在广州迪森公司已成长为国内最大的成型燃料锅炉和锅炉房系统及成套设备设计制造企业，也是国家创新型和高新技术企业、广东省现代产业 500 强和广东省知识产权示范企业。

河南德润锅炉有限公司是北京奥科瑞丰机电技术有限公司旗下专门从事节能环保锅炉的设计制造企业。公司成立于 2004 年，现有总资产 2500 万元，职工总人数 218 人，其中研发设计人员 26 人。拥有燃煤（油）锅炉改烧成型燃料及生物质燃料专用锅炉核心技术和知识产权。2007 年，德润公司在生物质锅炉研究设计及燃煤锅炉改生物质锅炉技术方面取得了突破，并于 2008 年进行了成规模的推广。2008、2009、2010 三年中，共制造销售新锅炉 120 台，单台最大热功率为 7MW。2011 年，最大单台锅炉容量又有提高。德润公司是中国农村能源行业协会会员单位，《生物质固体成型燃料技术条件》和《生物质固体成型燃料加工设备技术条件》两个行业标准制定的参与单位之一。

辉南宏日新能源有限责任公司成立于 2006 年，注册资金 1692 万元，是一家生产生物质颗粒燃料，并用高效环保的颗粒燃料专用锅炉向终端用户提供供热服务的新型能源公司。公司共有员工 130 人，其中技术人员 30 人。宏日新能源是国家林业局生物质能示范单位、吉林省建设厅生物质能供热技术支撑单位。该公司与吉林大学和其它锅炉制造企业共同研发了多种规格型号的成型燃料专用锅炉，在多个热用户得到示范应用，运行稳定，安全性好，热效率达到 85%。

北京盛昌绿能科技有限公司成立于 2006 年 2 月，注册资本 5500 万元，是北京市高新技术企业。公司业务涵盖成型燃料的生产和销售、成型燃料锅炉的研发、设计和制造以及供热合同能源管理。该公司建在北京大兴的生物质锅炉厂具有 B 级锅炉制造资质，有设计制造 7MW 及以上热功率成型燃料锅炉的能力。

图 24、图 25 是上述四个公司的办公建筑物或锅炉制造厂的图片。



图 24 广州迪森公司总部（左）和河南德润锅炉制造厂（右）



图 25 辉南宏日公司工厂（左）和北京盛昌绿能公司总部（右）

3 成型燃料工业锅炉

国内的成型燃料工业锅炉都是从燃煤工业锅炉改进和发展而来的。已经投入运行的锅炉包括新设计制造安装的和对原有的燃煤锅炉进行改造的两大类。

成型燃料锅炉有工业蒸汽锅炉和热水锅炉两类，热功率从 1 t/h（700kW）到 40 t/h（28MW）不等。从燃烧设备的型式来分，主要是链条炉排锅炉、往复炉排锅炉和循环流化床锅炉，这些在燃煤工业锅炉中都是成熟的技术。更小容量的锅炉就采用固定炉排或其它燃烧装置，如下饲式燃烧器。链条炉排和往复炉排对颗粒燃料和块状炉排都适用，而循环流化床锅炉和下饲式燃烧器只能用 6-8mm 直径的颗粒燃料，而且下饲式燃烧器还要求使用质量好的木质颗粒。因为成型燃料有高挥发分、低固定碳、低灰熔点、低水分、低热值等特点，所以成型燃料锅炉在燃烧设备和受热面的设计上与燃煤锅炉均有所不同。

成型燃料的挥发分含量高达 65~80%，含水率一般小于 12~15%，当燃料送进燃烧室之后便迅速升温并释放出大量挥发分。为了使燃料的挥发分在有限的燃烧空间和时间内充分燃尽，同时减轻灰结渣对燃烧的影响，需要从设计和运行两方面合理配置一、二次风，控制灰渣层的温度。一、二次风的配比以 0.4:0.6 或

0.5:0.5 为宜。从现有成型燃料锅炉运行的情况看，控制燃料层温度不结焦有一定难度，技术上做的努力还不够。如果炉膛设计温度比燃煤锅炉低，锅炉总受热面大小和各部分受热面的分配就不能照搬燃煤锅炉的设计。

从发热量角度看，成型燃料的燃烧过程是大半气体（挥发分）、小半固体（固定碳）的燃烧，燃料的灰分和水分都比较低，从理论上说成型燃料锅炉的热效率应该比燃煤锅炉高。国外木质颗粒燃料锅炉的热效率确实也能和燃油燃气锅炉不相上下，国内有些研究单位研发的小型热水锅炉的热效率也不低。在实际运行的成型燃料工业锅炉中，热效率总体上比同容量的燃煤锅炉高，但是有的并没有达到应有的高水平，表现在锅炉的排烟温度偏高。究其原因，一是受热面设计少了，二是运行控制粗放，司炉工认为只要火烧旺了就好，往往不注意控制炉膛的过量空气系数。有的成型燃料锅炉设计制造企业把 2.8MW - 7MW 锅炉的设计热效率定为 80 - 82%，显然是偏于保守了。图 26、图 27 是锅炉制造现场和几台已投入运行的成型燃料锅炉。



图 26 河南德润公司成型燃料锅炉制造现场（左）
和北京盛昌公司生产的 1.4MW 颗粒燃料热水锅炉（右）



图 27 辉南宏日公司研发的 2.8MW 颗粒燃料蒸汽锅炉（左）和广州迪森公司建设的颗粒燃料 2×28MW CFBB 蒸汽生产厂（已投运，模型）（右）

除了锅炉本体，成型燃料给料系统和整个锅炉房的设计都要考虑到成型燃料的特点。因为成型燃料的热值较低，与通常 21MJ/kg 以上的工业锅炉用煤相比，

燃料消耗量大。对链条炉排和往复炉排锅炉，成型燃料的入炉料层厚度可能达到200mm，因此料斗与炉排间控制料层厚度闸板的上下行程需要足够大。成型燃料容易着火，在料斗和炉膛衔接的位置需要采取密封技术，防止漏入过多的空气引燃燃料，引起从炉膛向料斗回火，妨碍锅炉的正常运行。有的制造商巧妙而简单地从结构上解决了这个问题。颗粒燃料的流动性好，用螺旋绞龙或靠重力能很好地输送，故而从送到锅炉房的燃料卸料到向锅炉给入燃料，整个流程都可以实现密封送料，不仅使锅炉房干净整洁，而且可以保证锅炉燃料系统的安全。广州迪森、吉林辉南宏日、北京盛昌公司都开发出了颗粒燃料锅炉供料系统和设备，并在实际工程中得到应用。块状燃料的输送不如颗粒燃料方便，因此在块状成型燃料锅炉上，目前给料方法仍与给煤一样。燃煤锅炉改造为燃烧成型燃料的情况，因为场地条件的限制，一般只改造锅炉炉拱、给料装置和添加二次风管，对其它辅助系统则少有改造。图 28 是燃烧颗粒燃料的新建锅炉房的系统布置图，图 29、图 30 是两个颗粒燃料锅炉房的给料系统。

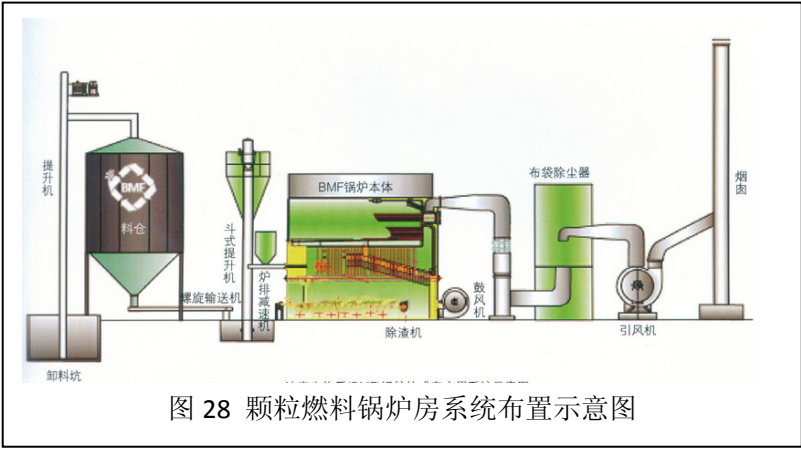


图 28 颗粒燃料锅炉房系统布置示意图

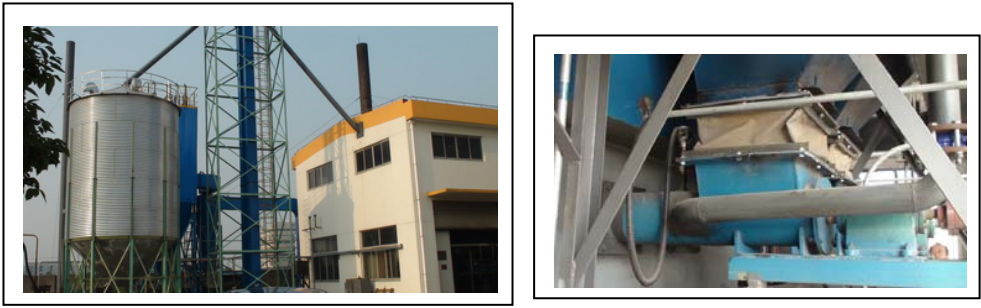


图 29 上海嘉定顶味食品厂 2.8MW 颗粒燃料蒸汽锅炉
燃料仓及输送系统（左）和锅炉给料装置（右）



图 30 北京房山区阎村苗圃 1.4MW 颗粒燃料
热水锅炉燃料仓（左）和锅炉给料装置（右）

成型燃料锅炉排烟中的 SO_2 浓度低，不需要安装烟气脱硫装置；因为炉膛温度较低， NO_x 的排放浓度一般也不会超标；灰渣排放量少，适于安装布袋除尘器或比较简单的湿式除尘器，烟尘排放容易控制。因此，生物质固体成型燃料锅炉房的系统布置紧凑，运行环境整洁，深受用户欢迎。表 10 是在 2 台成型燃料锅炉上测量得到的主要污染物排放浓度及与标准限值的比较。

表 10 成型燃料工业锅炉大气污染物排放浓度及与标准限值的比较

项目	锅炉 1	锅炉 2	国家标准 限值	北京市 地方标准限 值
锅炉型 (标准编号)	YWW-5800BMF	DZW2.1-0.7/95/70-M	GB 13271-2001	DB11/139-2007
设计热功率 (MW)	5.8	2.1	-	-
燃料	木质颗粒	木质颗粒	-	-
烟尘折算浓度 (mg/m^3)	11	6	50 (燃气锅 炉，全部区 域)	10
SO_2 折算浓度 (mg/m^3)	<5	<2	100 (燃气锅 炉，全部区 域)	20
NO_x 折算浓度 (mg/m^3)	106	137	400 (燃气锅 炉，全部区 域)	150

烟气黑度	<1.0	<1.0	1 级	1 级
------	------	------	-----	-----

上表说明，成型燃料锅炉的各项大气污染物排放浓度远低于现行国家标准对燃气锅炉规定的限值，也符合最严格的北京市地方标准规定的要求。显然，成型燃料无疑是一种清洁燃料，燃烧成型燃料的工业锅炉经过严格环境排放测试合格后完全可以在某些城市区域内运行。除此之外，成型燃料锅炉还有化石燃料锅炉所没有的减排 CO₂ 的优势。

有文献报导生物质电站锅炉部分受热面会因燃料中含有碱金属元素钾、钠和卤元素氯而在运行中发生腐蚀。这与电站锅炉高温过热器受热面的表面温度接近 600℃ 有关。国内的成型燃料工业锅炉实际运行经验表明，这些锅炉经过 2-3 年的运行，用户没有发现受热面有明显的腐蚀现象。这与工业锅炉受热面管壁温度较低有关。比如，通常使用的工作压力为 1.25MPa 锅炉生产的饱和蒸汽温度为 194℃，对应管壁温度只有 250℃ 左右或更低；普通热水锅炉受热面的温度就更低了。可见，工业和民用的成型燃料锅炉的安全可靠性和经济使用寿命是有保障的。

4 其它成型燃料工业利用装置

在工业应用中，成型燃料除了广泛用于蒸汽和热水锅炉外，还有其它的应用，如用来气化产生工业用燃气，作为热风炉的燃料提供干燥用的热介质，各种专用燃烧器产生高温烟气用于不同情况下的热交换等。

目前国内最大的成型燃料气化项目是广州迪森公司与中科院广州能源研究所合作，由迪森公司投资于 2010 年 5 月建成投产的深圳华美钢铁有限公司成型燃料气化替代重油示范工程。该气化装置采用由外循环和内循环相结合的循环流化床空气气化炉，年消耗颗粒燃料 5 万吨，可生产 1.6 亿标准立方米低热值（约 4.2MJ/Nm³）生物质燃气。气化炉产生的热燃气不经冷却净化，直接进入两段式连续推钢加热炉，提供轧钢用加热燃料，加热炉温度达到 1200 - 1300℃。项目每年可代替重油约 2.5 万吨，减排 SO₂ 约 82 吨，减排 CO₂ 约 7 万吨，经济和环境效益十分显著。

大型成型燃料热风炉的燃烧装置与链条式锅炉的燃烧装置没有大的差别，只是炉膛里不设受热面。近 1000℃ 热烟气在高温净化室内经过飞灰聚合沉降后，

进入混风室掺入适量冷空气得到需要的工艺用热风。国内典型的成型燃料热风炉是杭州美宝窑炉工程有限公司 2009 年为联合利华合肥洗衣粉厂设计制造的成型燃料直接式热风炉。该热风炉使用各种生物质颗粒和压块燃料代替天然气，年消耗成型燃料约 2.5 万吨。图 31 是该热风炉车间和燃料。



图 31 合肥联合利华成型燃料热风炉（左）和车间内燃料储存区（右）

5 小型成型燃料燃烧利用设备

小型成型燃料燃烧利用设备包括各种 700kW 以下蒸汽和热水锅炉、炊事取暖两用炉、炊事炉、燃烧器等。国内有很多研究机构和小企业从事这方面的工作。设计制造质量高的这些设备，热效率和污染物排放浓度都能达到相当高的水平。值得一提的是，中国生物质成型燃料小型炉具在国际上也有很高的声誉。早在 2006 年，中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会和美国加州大学伯克利分校国际健康与发展企业家中心就合作完成了“促进中国和国际高效低排放户用生物质炉灶技术创新和推广”项目^[16]。该项目由壳牌基金会提供经费支持，经农业部有关部门批准。项目评审结束后，中国的 3 个生物质炉具企业的 15 台炉具被运到印度，由美国加州大学伯克利分校和中国农大的博士、硕士生组成推广小组，在印度进行了为期 4 周的演示和考察。2012 年 4 月，“2012’ 节能清洁炉具和生物质燃料成型设备研讨会”在有“中国炉具之乡”之称的河北省高碑店市召开，同时举办了成型设备和炉具展览，有国内外学者、专家、企业家和政府官员约 400 人参加^[17]。

中国成型燃料炉具在研讨会和展览会上受到国内外同行的高度关注和评价。全球清洁炉灶联盟计划在 2020 年实现推广 1 亿台清洁炉灶的目标，意在创立一个面向发展中国家和发展中国家内的、大规模低成本的、可以提供清洁和高效的炊事解决方案——炉具和/或燃料——的成熟的全球炊事炉具产业，而高效利用

可再生的生物质能和改善发展中国家农村居民的室内空气质量是这个目标的直接推动力。我国农业部已把炉灶炕升级换代，推广高效低排放炉灶炕提上了议事日程。这为推动中国小型成型燃料燃烧利用设备创造了前所未有的机遇。图 32 – 图 35 是国内开发的一些小型成型燃料利用设备。

性能	测量值	要求限值
输出热功率, kW	12	-
热效率, %	75	>65
烟尘浓度, mg/m ³	21	<50
SO ₂ 浓度, mg/m ³	0	<50
NOx 浓度, mg/m ³	82	<150
CO, ppm	700	2000
林格曼黑度, 级	<1	1

图 32 一种自动给料除灰的颗粒燃料采暖炉及其性能



性能	测量值	要求限值
输出热功率, kW	2.03	2
热效率, %	36	>35
烟尘浓度, mg/m ³	16	<50
SO ₂ 浓度, mg/m ³	0	<50
NOx 浓度, mg/m ³	65	<150
CO, ppm	300	2000
林格曼黑度, 级	<1	1

图 33 一种颗粒燃料炊事炉及其性能

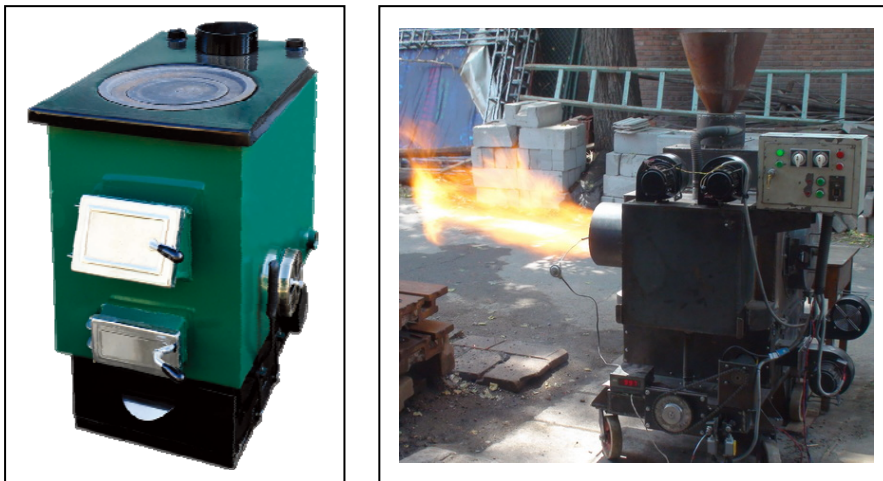


图 34 一种成型燃料炊事采暖两用炉（左）和燃烧器（右）



图 35 多乐牌成型燃料自控锅炉（左）
与博伟数控锅炉（右）

6 成型燃料的终端用户

一方面，成型燃料是一种固体燃料，其终端用户范围与煤的用户范围没有大的区别；另一方面，成型燃料又是一种原料可再生的、环保的优质固体燃料，不仅可以替代煤炭，而且在许多情况下可以代替燃料油和天然气。成型燃料的原料分散，与煤炭比较生产规模小、成本高，但是比燃料油和天然气在价格上仍然有不小的优势。这就决定了迄今我国成型燃料的终端用户只是局限在某些地区和某些社会生产和消费部门：

- 煤炭供应紧张、煤炭市场价格高的地区；
- 工业和服务产品附加值较高或群众收入水平较高的经济比较发达的地区；

- 对使用煤炭进行严格限制的某些城市；
- 对野外禁烧农作物秸秆管理严格的地区；
- 原来的供热和动力设备使用燃料油或天然气，为了降低燃料成本寻求价格较便宜的替代燃料的企业；
- 有节能减排、主动承担减排温室气体社会责任的企业。

总之，目前成型燃料的终端用户包括：成型燃料成本在生产成本中比重较低、能承担得起较高成型燃料价格的企业，或能够从成型燃料代替燃料油或天然气得到额外经济利益的企业；在政府禁止烧煤及野外禁烧秸秆等环保政策和引导使用成型燃料得力的城市和农村；重视树立企业自身的社会形象、节能减排和保护环境意识强的企业。实际上，很多成型燃料终端用户是在多种因素共同促进下走向选择成型燃料的，他们既受到政策的限制和引导，又考虑到企业经济效益，真正主动承担环保和减排温室气体社会责任的是少数，建立良好的环保企业公众形象只是次要因素。

目前我国成型燃料的终端用户多集中在珠三角、长三角，以及如哈尔滨、长春、沈阳、北京、天津、郑州等城市及周边。西部如云南省也有规模化启动的迹象。用户所在的行业或单位性质有钢铁、造纸、食品饮料、医药化工、纺织印染、五金机械、酒店、医院、洗浴、餐饮、农业种植、机关、学校、居民社区等。成型燃料的用途主要用于提供工业生产或服务业需要的蒸汽、热水，冬季建筑物采暖，和少数农村的燃料消费。在典型案例中，除了前面介绍的上海（嘉定）顶味食品厂、北京房山区林业局苗圃、深圳华美公司成型燃料气化工程和联合利华合肥洗衣粉厂的热风炉外，还有以下几个案例。

珠海红塔仁恒纸业有限公司。该公司原用重油作燃料生产蒸汽，2009 年由广州迪森公司投资约 5000 万元（不含土地和管网等附属投资）建设了一座以生物质颗粒为燃料的蒸汽厂，替换重油锅炉，迪森公司以合同能源管理方式向红塔仁恒公司供应蒸汽。蒸汽厂有 2×28MW 饱和蒸汽锅炉，年产 50~55 万吨蒸汽，消耗 8.5~9.5 万吨颗粒燃料，代替 3.3~3.8 万吨重油。该项目产生了良好的经济、环境和社会效益：节省了原重油锅炉计划的强制脱硫脱硝装置的投资，通过燃料替换每年节省蒸汽生产成本约 4000 万元；年减排 CO₂ 约 11~13 万吨，通过 CO₂ 交易还可以进一步得到减排的经济回报；使农林剩余物得到了循环利用，增加了

农区和林区的就业和收入。图 36 是红塔仁恒公司及其成型燃料蒸汽厂的概貌图。

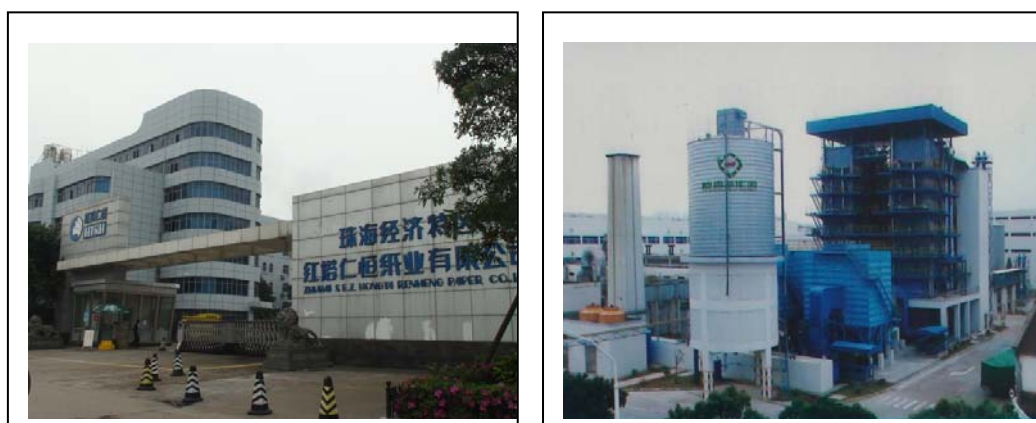


图 36 珠海红塔仁恒纸业公司（左）及其颗粒燃料蒸汽厂（右）

长春吉隆坡大酒店与高新技术产业开发区。辉南宏日新能源公司 2008 年为长春吉隆坡大酒店用木质颗粒燃料锅炉代替从城市热网取热冬季供暖和替换常年作为酒店营业热源的 4×1.4MW 燃油蒸汽锅炉，提供“成型燃料专用锅炉与配套设施设计建设-生产供应成型燃料-供热运营”的能源合同管理服务。该酒店位于长春市中心区，建筑面积 4.5 万平方米，有 260 间客房和其它各种服务设施。燃料替换前，冬季酒店客房温度低于 18℃，大堂温度低于 16℃，燃油费高达 560 万元/年。替换后，冬季客房温度保持 22℃ 以上，大堂温度保持 18℃ 以上，完全满足了高档酒店的服务要求，同时酒店每年能节约燃料费 260 万元，还减少了原来燃油锅炉的污染物排放。这是一个在大城市中心高端客户使用颗粒燃料很成功的案例。宏日公司还在长春高新技术产业开发区以同样的模式为吉林大学新校区 20 万平方米建筑和美资企业天合富奥汽车安全系统（长春）有限公司提供冬季采暖和生产用热。2008 年、2009 年和 2010 年，宏日公司提供合同能源管理服务的建筑面积分别为 8 万、20 万和 80 万平方米，以超过翻番的速度增加；2011 年，又签下了 400 万平方米的供热合同。该公司计划到 2015 年的合同能源管理供热总面积达到 1000 万平方米。图 37 和图 38 分别是长春吉隆坡大酒店和吉林大学新校区建筑。



图 37 长春吉隆坡大酒店夜景（左）与酒店内宏日锅炉房（右）

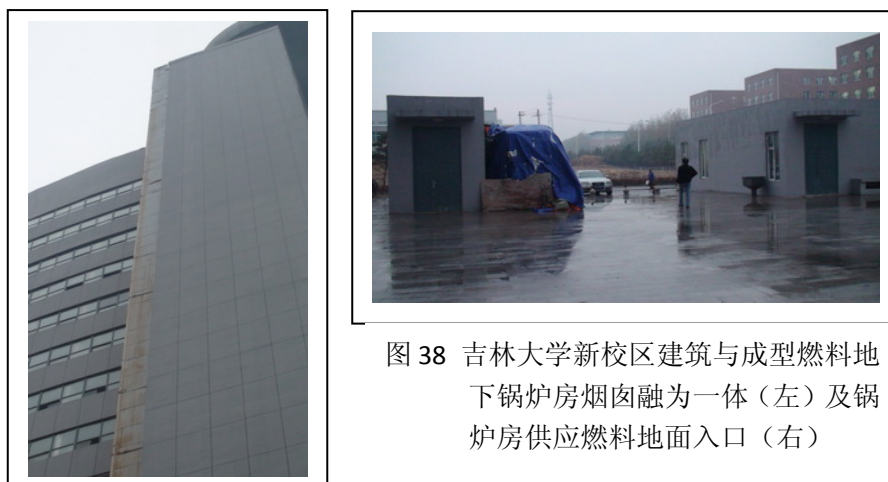


图 38 吉林大学新校区建筑与成型燃料地下锅炉房烟囱融为一体（左）及锅炉房供应燃料地面入口（右）

抚顺辽宁美亚制药有限公司与昆明滇虹药业。抚顺工业开发区的辽宁美亚制药公司原有一台 10 t/h 燃煤蒸汽锅炉，供应药厂生产用蒸汽和冬季建筑物采暖。由于锅炉较老、煤炭质量差等原因，锅炉运行费煤，出力不足，蒸汽压力不稳，影响生产计划和产品质量。2009 年，美亚公司与（抚顺）辽宁森能再生能源公司和抚顺煤矿一锅炉改造公司合作，将该锅炉改造为改烧颗粒燃料。锅炉的改造仅涉及炉拱、配风，同时在尾部加装一台给水预热器（即省煤器），改造费用很低。改造后，锅炉热效率提高，出力增加，蒸汽压力稳定，压火后启动快，操作方便，厂方的直接反映是锅炉不拖生产的后腿了，每年节约燃料费 30 多万元，锅炉烟气排放还能达标。像美亚公司这样的改造项目在辽宁已经有几十台锅炉。

昆明滇虹药业有限公司是一家完全私营的中美合资中药制剂企业。原来该厂用 1 台 4 t/h 燃油锅炉生产工艺用蒸汽，燃料成本太高。2011 年，用 2×2 t/h 颗粒燃料蒸汽锅炉代替原来的燃油锅炉，使用云南腾众新能源科技公司生产的颗粒燃料，锅炉热效率达 89%。燃料替代以后，蒸汽价格由 550 元/吨降到 300 – 350

元/吨，经济和环保效益十分显著。这是云南省（也许是西南地区）使用生物质成型（颗粒）燃料代替化石燃料的第一个工业示范项目。图 39 和图 40 分别是美亚药业和滇虹药业厂区 and 锅炉房的部分设备。

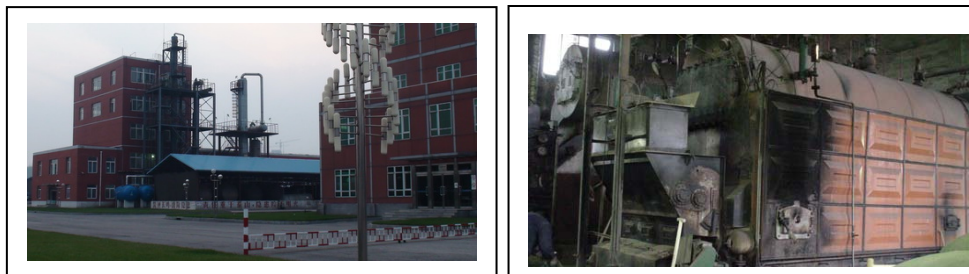


图 39 辽宁美亚制药有限公司厂区(左)与其改造的 10t/h 成型燃料锅炉(右)



图 40 昆明滇虹药业公司厂区(左)与成型燃料锅炉房操作控制台(右)

郑州河南省发改委培训中心。在郑州市人民政府办公厅[2007]69 号和郑州市人民政府[2011]23 号关于燃煤锅炉洁净燃料改造和改善空气质量文件的直接和严厉的推动下，近几年来郑州市使用成型燃料代替煤炭的势头迅猛发展，全市大大小小的燃煤锅炉陆续被改造或替换成成型燃料锅炉。2011~2012 年冬季，郑州市的成型燃料供应甚至达到局部供不应求的程度。处于市区重要地段的省发改委培训中心，以对外接待会议、培训、客人住宿餐饮为业务。该中心院内有 1 座小锅炉房，原来安装 1 台 4 t/h 燃煤蒸汽锅炉。2010 年，由河南（奥科瑞丰）德润锅炉把该燃煤锅炉改造为改烧秸秆压块燃料，燃料由河南奥科新能源公司供应。由于锅炉房空间太小，改造难以到位，2011 年德润锅炉用 1 台新设计制造的 4 t/h 秸秆压块燃料蒸汽锅炉替换了改造的锅炉，锅炉的热效率得到保证，烟气污染物排放也得到了控制。图 41 是该培训中心院落和建筑，以及新换的锅炉。

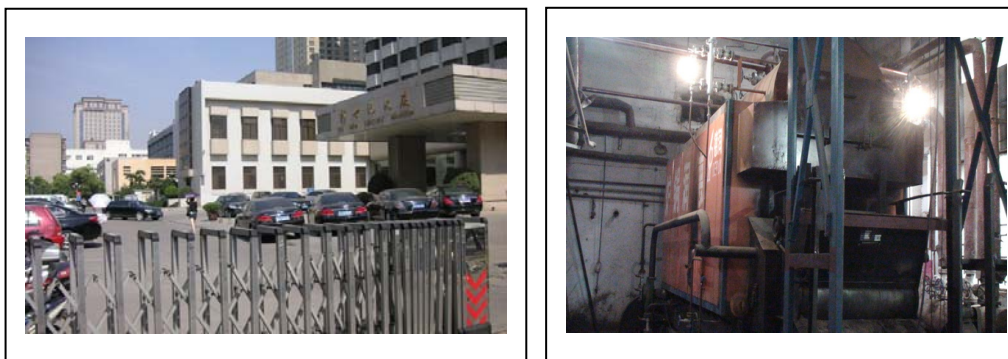


图 41 河南省发改委培训中心(左)及其 4t/h 秸秆压块蒸汽锅炉(右)

镇江金东纸业(江苏)股份有限公司是目前世界上单厂规模最大的铜版纸生产企业之一,拥有装机 29 万千瓦的自备热电厂,其循环流化床锅炉($2 \times 220 \text{ t/h} + 1 \times 250 \text{ t/h}$)每天燃用低质煤炭约 3000 吨。为了节能减排,该厂除把造纸有机废渣掺入燃料煤,还混烧一部分秸秆压块,由江苏奥科瑞丰新能源有限公司生产供应。江苏奥科瑞丰公司成立较晚,生产能力不足,2011 年每天除掉供应其他客户,只能供应金东纸业不足 20 吨压块燃料,可谓杯水车薪。不过这也意味着仅金东纸业一个客户,就为江苏奥科瑞丰公司提供了巨大的市场空间。图 42 是金东纸业自备电厂和燃料库。



图 42 镇江金东纸业自备热电厂(左)和煤库中混合的秸秆压块燃料(右)

还有一个案例是改造现有的燃煤锅炉,使之符合生物质燃料的特点。抚顺市平天蜡制品有限公司,主要生产茶蜡、圆柱蜡及杆蜡等蜡制品,全部产品用于出口。公司原有 2 台 4 t/h 链条锅炉,分别由本溪锅炉厂和沈阳锅炉厂生产,于 2008 和 2009 年改造为颗粒燃料锅炉。其改造工程由原抚顺煤矿动力厂老工程师带领完成,要点是打掉原有炉拱,重新设计砌筑了符合颗粒燃料燃烧特点的炉拱。改造完成后,燃烧效率提高,运行成本降低,炉渣减少了 85%,烟囱也看不到冒黑烟,司炉工的劳动强度明显降低,公司很满意。炉拱改造方案见图 43。

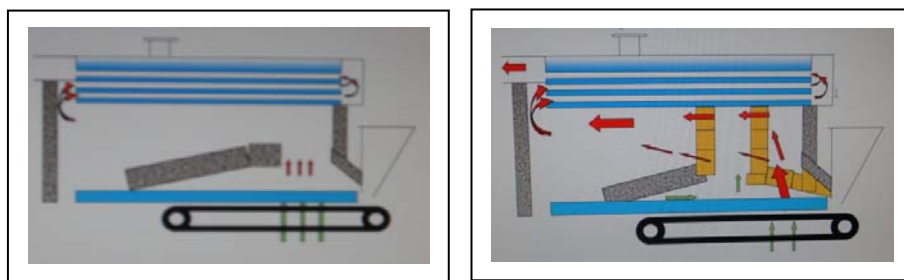


图 43 改造前的炉拱结构（左）和改造后炉拱结构（右）示意图

6 问题与讨论

从目前国内成型燃料的燃烧利用技术和设备及终端用户的状况看，主要的问题有以下几点：

（1） 成型燃料的主要利用方式是作燃料生产蒸汽和热水，供工业生产和民用，成型燃料锅炉是主要的利用设备。设计和生产成型燃料锅炉的企业规模小，工业锅炉行业的骨干或一流企业都没有进入这个领域，可能与市场份额过小有关。这就造成成型燃料锅炉的设计制造技术水平参差不齐，有的质量高些，有的质量差些，技术进步缓慢。

（2） 一些主要的成型燃料锅炉设计制造企业，如广州迪森、河南德润、吉林辉南宏日、北京盛昌绿能等，各自执行自己的企业产品标准，而且产品多在企业内部使用（用于企业承包的合同能源管理供热项目或承担的示范项目），企业间的产品缺少市场交流和比较、竞争，这也阻碍了技术进步。

（3） 小型成型燃料炉具的设计制造企业规模更小，技术力量更薄弱，有的全靠在低水平的仿制中摸索，技术和产品互相模仿、克隆，打价格战恶性竞争的很多。一方面造成有限资源的浪费，另一方面优秀技术和产品难以脱颖而出。

（4） 产学研结合是个薄弱环节。很多企业有短视行为，多希望从研发机构得到现成技术和产品，偶然以纯商业的模式一次性从研发机构获得了某项技术和产品，互相之间的合作也就终止了，没有可持续性。

（5） 现阶段，成型燃料及其利用设备的客户市场培育主要靠政策推动，中央主管部门的政策是主动力，地方主管部门的政策也很重要，二者缺一不可。现在一些地方的环保部门还认为生物质成型燃料不是清洁燃料，阻碍了成型燃料的推广应用。国家环保部应该对此问题明确地有所规定，作为地方环保部门审批项目的依据。

五、产业链分析

1 当前的产业链和企业的特点

根据当前的实际状况，按照功能分类，可将现有业内企业分为：成型燃料设备设计制造企业，包括颗粒成型机和压块成型机及辅助配套设备；成型燃料生产，即使用成型成套设备生产颗粒燃料和压块燃料的企业，在他们中间又分为单纯燃料生产商，和延伸发展为热力供应商；生物质锅炉及其它终端设备的设计制造企业；最后是热利用产品生产和终端客户。完整的成型燃料产业链如图 44 所示。

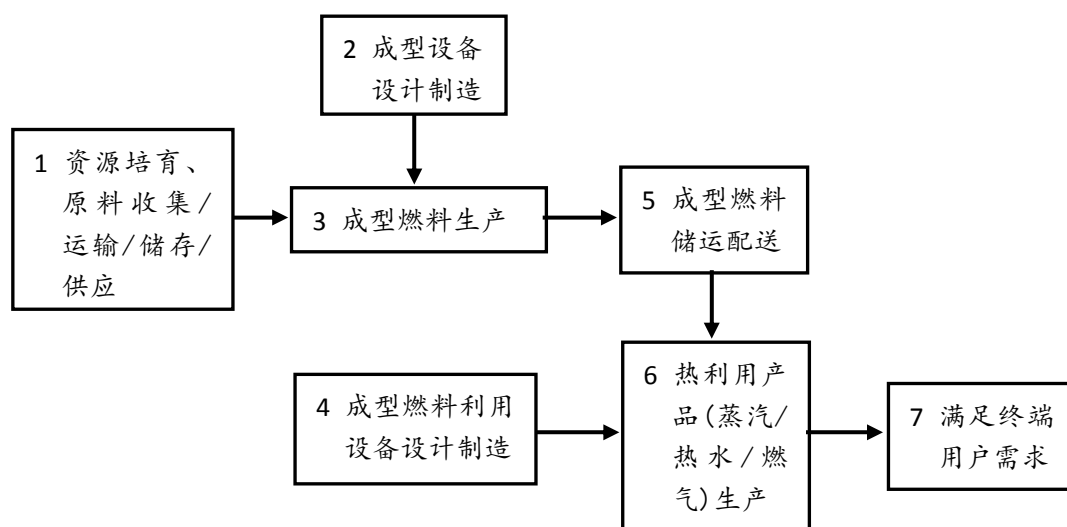


图 44 生物质成型燃料产业链示意图

现阶段受整个产业的规模限制，产业链中各个环节经济活动的规模和总量都很小，使得一些非主流业务（如环节 1 和环节 5）都被主体企业（环节 3）所消化而无需独立出来。这是产业发展过程中必然要经历的过渡阶段。装备制造企业功能明确而简单，他们只是为成型燃料生产/利用企业提供成套设备和售后服务。成型燃料生产企业承担了较多的功能，内部链条较长，要购买原料、生产成型燃料、寻找或开发成型燃料用户，有的还要为用户提供节能环保方案，建设或改造、运行锅炉，直到最后为客户供应蒸汽或热水，即占据 1、3、5、6、7 几个环节。

在现实情况中，还有干脆将产业链大部“通吃”的企业，例如奥科瑞丰公司的业务囊括了 1、2、3、4、5 五个环节；广州迪森、吉林宏日、盛昌绿能等公司覆盖了 1、3、4、5、6、7 六个环节。他们采取这样的经营模式，一是客观上被成型燃料产业的初期环境逼出来的，二是企业有一定的规模和实力，尽量在产业

发展早期占据行业的制高点，争取今后企业发展的主动权。

值得注意的是，世界级的成型燃料装备设计制造企业美国 CPM 等公司都在中国设有分支机构，目前还未进入成型燃料行业。但是，2011 年底奥地利公司 Anderlis 已向成型燃料市场跨出了具有实际意义的第一步，完成了以 100%收购上海申德为目标的谈判签约，2012 年 4 月获得股东大会通过。这样，原由中方控股拥有技术、系列产品、品牌和市场的上海申德成型燃料装备公司就成为 Anderlis 的全资子公司了。

或许这是个信号，拥有技术和实力的外国公司将继续进入中国的成型燃料产业，这对国内同行既是挑战，也是加快发展自己的动力。

2 产业链评价

目前，产业链中的环节 1 只是处于自发、简单的原料收储运状态，资源培育还远远谈不上，因为现有的资源量已满足现有市场的需要，这个环节的发展有待今后在实践中摸索。成型燃料装备产业和成型燃料利用设备产业需要整合、提升。对于成型装备设计制造环节，急需要做的是进一步增加颗粒成型机和压块机环模和压辊的使用寿命，提高整机的可靠性和连续运行能力；提高压块生产线的工厂化水平和生产规模；建立成型燃料规模化生产线的设计标准。对于成型燃料锅炉和炉具设计制造环节，需要提高产品质量，增加产品品种，完善系统配套，建立产品标准。成型燃料生产环节整体要逐步走上规范化、规模化的轨道，小、乱、脏的状态必须改变。现在最薄弱的环节是终端需求不足，缺乏市场动力。成型燃料大规模推广的根本出路是代替煤炭，而成型燃料生产成本较高既是客观事实，也是妨碍推广使用的最大阻力。要破解这道难题，唯有主要靠政府从经济和环保两方面给予政策支持和引导。一旦成型燃料需求端的口子大了，其上游的各个环节自然就会动起来，活起来。

六、中央政府有关支持成型燃料产业发展的政策

自从 2005 年《中华人民共和国可再生能源法》和 2007 年《可再生能源中长期发展规划》制定和颁布以后，我国的生物质成型燃料逐步走上了产业化发展轨道。这种产业化发展，是与中央和地方政府有关部门为落实可再生能源法和中长

期发展规划而出台的一些鼓励和优惠政策密不可分的。这些政策的杠杆主要是经济补助、税收优惠、环保推动、资源综合利用和科技支持。下面分别介绍相关的政策。

1 秸秆能源化利用补助资金

2008 年 10 月，财政部为了加快推进秸秆能源化利用，培育秸秆能源产品应用市场，根据可再生能源法、《国务院办公厅关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》（国办发[2008]105 号）和《财政部关于印发〈可再生能源发展专项资金管理暂行办法〉的通知》（财建[2006]237 号），决定从中央财政中安排资金支持秸秆产业化发展，制定了《秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法》^[18]（简称《暂行办法》），从 2008 年开始执行。在《暂行办法》中，规定“农作物秸秆”包括水稻、小麦、玉米、豆类、油料、棉花、薯类等农作物秸秆以及农产品初加工过程中产生的剩余物；支持对象为从事秸秆成型燃料、秸秆气化、秸秆干馏等秸秆能源化生产的企业；申请补助资金的企业应满足以下条件：（一）企业注册资本金在 1000 万元以上；（二）企业秸秆能源化利用符合本地区秸秆综合利用规划；（三）企业年消耗秸秆量在 1 万吨以上（含 1 万吨）；（四）企业秸秆能源产品已实现销售并拥有稳定的用户。

这个政策对推动秸秆成型燃料产业链的发展起到了决定性的作用。从 2008 年开始，财政部连续三年组织项目申请申报，派专家队伍对申请补助企业的实际情况逐一进行审查和核查，对满足条件的企业给予了资金补助。很多从事秸秆成型燃料生产和销售的企业从这个政策的贯彻中看到了企业不亏本和略有盈利的希望，决心把企业做下去，争取逐步做大做强，使全国的秸秆成型燃料产业面貌一新。秸秆成型燃料生产和销售企业的发展，同时带动了上游燃料成型设备制造企业 and 下游燃料利用设备制造企业的发展。在落实《暂行办法》的三年中，获得中央财政资金补助的企业逐年增加，企业在全国的分布逐年扩大。2011 年，全国共有 50 个秸秆能源化生产企业获得了中央财政资金补助（实际上是对他们 2010 年生产和销售产品的补助），其中从事成型燃料生产和销售的企业有 46 个（其中有两个企业还生产秸秆燃气），占获得补助企业总数的 92%。这些企业分布在 14 个省市自治区。可见在从事秸秆能源化生产的企业中，搞成型燃料的是

绝大多数。这也反映了在秸秆能源产品中，成型燃料是市场需要的主要产品。表 11 是上述 46 个企业的名单。

表 11 2011 年符合秸秆能源化利用财政补助条件的成型燃料企业名单^[19]

序号	地区（企业）	技术类型
一、北京		
1	北京奥科瑞丰机电技术有限公司	成型燃料
2	北京盛昌绿能科技有限公司	成型燃料
二、河北		
3	河北奥科瑞丰生物质技术有限公司	成型燃料
4	大名县盛泰生物质燃料加工有限公司	成型燃料
5	任县隆金昶建机有限公司	成型燃料
6	衡水宏业秸秆燃料有限公司	成型燃料
三、山西		
7	山西强民草务有限公司	成型燃料
四、内蒙古		
8	通辽和田牧业科技发展有限公司	成型燃料
9	通辽市润旺生物质加工有限责任公司	成型燃料
10	通辽绿清源秸秆资源开发有限公司	成型燃料
11	开鲁县厚源再生资源加工有限责任公司	成型燃料
五、辽宁		
12	辽宁森能再生能源有限公司	成型燃料
13	辽宁省阜新隆昌生物能源有限公司	成型燃料
14	辽宁省锦州北镇市五峰米业加工有限公司	成型燃料
六、吉林		
15	吉林省松原市盛野生物能源有限公司	成型燃料
七、黑龙江		
16	黑龙江省杜蒙县龙睿新能源科技有限公司	成型燃料
17	齐齐哈尔新华机械有限公司	成型燃料
18	黑龙江省盛焱新能源开发有限公司	成型燃料
19	黑龙江龙能燃气投资有限公司	成型燃料
20	绥化继岩能源设备制造有限公司	成型燃料
21	黑龙江铁丰米业有限公司	成型燃料

22	黑龙江大江农业科技有限公司	成型燃料
23	鹤岗市三禾农业科技有限公司	成型燃料
24	黑龙江三叶能源科技有限公司	成型燃料
25	密山金地阳秸秆综合利用开发有限公司	成型燃料
八、江苏		
26	连云港市欣森木业有限公司	成型燃料
27	江苏国绿生物质燃料有限公司	成型燃料
28	江苏宝祥再生能源有限公司	成型燃料
29	泰兴市鼎立科技有限公司	成型燃料
30	江苏爱能洁新能源有限公司	成型燃料
九、安徽		
31	安徽晔城生物科技开发公司	成型燃料
十、山东		
32	山东百川同创能源有限公司	成型燃料
33	山东省夏津县阳光新能源开发有限公司	成型燃料
34	古贝春集团有限公司	成型燃料
35	武城县昊源油业有限公司	成型燃料
36	泰安正大生物质能源有限责任公司	成型燃料
十一、河南		
37	河南中埠新能源有限公司	成型燃料
38	新乡市海润苜蓿秸秆发展有限公司	成型燃料
39	河南奥科新能源发展有限公司	成型燃料
40	河南省富利新能源科技有限公司	成型燃料
41	商丘三利新能源有限公司	成型燃料
十二、湖北		
42	湖北和泰生物能源有限公司	成型燃料
43	湖北健康(集团)新能源科技开发有限公司	成型燃料
44	湖北省孝感市孝锅节能设备有限公司	成型燃料
十三、广东		
45	广州迪森热能技术股份有限公司	成型燃料
十四、陕西		

2 资源综合利用产品的所得税和增值税优惠政策

要对成型燃料生产商的燃料产品给予减、免、退税优惠，首先要确认成型燃料符合有关减、免、退税政策的条件。

在 2008 年 8 月 20 日由财政部、国家税务总局和国家发改委联合公布的《资源综合利用企业所得税优惠目录（2008 年版）》^[20]中，把以 70%以上的农作物秸秆及壳皮（包括粮食作物秸秆、农业经济作物秸秆、粮食壳皮、玉米芯）生产的热力列入了该目录，并自 2008 年 1 月 1 日起施行。与此目录相配套，2009 年 4 月 10 日国家税务总局发布了《关于资源综合利用企业所得税优惠管理问题的通知》（国税函[2009]185 号）^[21]，规定符合以该目录“规定的资源作为主要原材料，生产国家非限制和非禁止并符合国家及行业相关标准的产品取得的收入，减按 90%计入企业当年收入总额”，自 2008 年 1 月 1 日起执行。

2008 年 12 月 9 日，财政部和国家税务总局联合发布了《关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知》（财税[2008]156 号）^[22]。通知中规定对销售以垃圾为燃料生产的热力实行增值税即征即退的政策，而且将农作物秸秆和树皮废渣列为垃圾。这项政策自 2008 年 7 月 1 日起执行。

上述两个文件虽然未涉及成型燃料，但是把以农作物秸秆等农林固体废弃物为燃料生产的热力产品列为企业所得税优惠和增值税即征即退的对象，为用成型燃料进行供热能源合同管理服务的企业提供了享受上述税收优惠的政策依据。

2011 年 11 月 21 日，财政部、国家税务总局进一步下发了《关于调整完善资源综合利用产品及劳务增值税政策的通知》（财税[2011]115 号）^[23]，对农林剩余物资源综合利用产品增值税政策进行调整完善，并增加部分资源综合利用产品及劳务适用增值税优惠政策。对以稻壳、花生壳、玉米芯、油茶壳、棉籽壳、林业“三剩物”、次小薪材为原料生产、销售的热力和燃料实行增值税即征即退 100%的政策，自 2011 年 8 月 1 日起执行。

这个政策明确了除了利用成型燃料供热的企业外，成型燃料的生产企业也可享受产品增值税即征即退的政策。这对艰苦坚持的成型燃料生产企业和供热企业的发展有重要的作用。

3 环保政策

迄今为止，在中央政府层面针对成型燃料的燃料属性和燃烧利用对大气环境影响的评价只有 2009 年 8 月 7 日环保部办公厅给广东省环保厅《关于生物质成型燃料有关问题的复函》（环办函[2009]797 号）^[24]一个文件。这个复函是针对广东省环保厅《关于明确生物质成型燃料（BMF）是否属于高污染燃料的请示》（粤环报〔2009〕29 号）而发的，并不是一个全国性的文件。在复函中，肯定了生物质成型燃料“不属于高污染燃料”，但也没有指出它是清洁燃料；并对成型燃料的生产和使用提出了一些限制条件。这个文件为成型燃料在广东的规模化生产和使用开了一个口子，但是在其它省市自治区的积极影响相当有限。在其它省市自治区，环保主管部门对成型燃料燃烧利用的态度在一定程度上取决于环保主管官员个人对成型燃料的认识，甚至有的直辖市的环保局长就是认为成型燃料是污染燃料，绝对不允许在城区使用。缺少一个对全国各级环保行政主管部门有指导作用的在符合环保排放标准的条件下鼓励使用成型燃料的文件，是妨碍成型燃料应用市场迅速扩大的一个因素。

4 建设绿色能源示范县

建设绿色能源示范县是《可再生能源中长期发展规划》和《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中的一项内容，绿色能源县建设规划的一个目标是 2010 年要建成 50 个绿色能源示范县。绿色能源是指生物质能、太阳能、风能、地热能、水能等可再生能源；绿色能源示范县是指经国家能源局、财政部和农业部共同认定、以开发利用绿色能源为主要方式解决或改善农村生活用能的县（市）。由于各种原因，2010 年示范县的目标没有实现。

2009 年 12 月 10 日，国家能源局发出《关于推荐绿色能源县的通知》（国能新能[2009]343 号）^[25]。通知中规定了绿色能源县的评价指标，其中有：全县可再生能源年开发总量达到 15 万吨标准煤以上或者年开发量按户平均 1 吨标准煤以上；全县农村生活用能中的可再生能源比重超过 50%；80%以上农户的生活能源主要由清洁能源提供，清洁能源在生活用能中超过 50%的农户占到全县农户总数的 80%；传统方式利用的生物质能在农村生活用能中的比例低于 20%。

在各省、自治区、直辖市组织申报和推荐的基础上，2010年10月28日国家能源局、财政部和农业部共同发布了《关于授予北京市延庆县和江苏省如东县等108个县(市)国家绿色能源示范县称号的通知》(国能新能[2010]349号)，确定这108个县是首批要建设的绿色能源示范县，国家将对符合条件的绿色能源示范县建设予以支持，为农村能源发展起示范和带动作用。表12是108个县的名单。

表12 国家首批绿色能源示范县名单

省、自治区、直辖市	县(市)名	数量
北 京	延庆县	1
天 津	宁河县	1
河 北	围场满族蒙古族自治县、平山县、承德县、张北县、藁城市	5
山 西	平陆县、广灵县、垣曲县	3
内 蒙 古	杭锦后旗、杭锦旗、松山区、五原县	4
辽 宁	桓仁县、法库县、昌图县	3
吉 林	公主岭市、农安县	2
黑 龙 江	海林市、依兰县、桦南县	3
上 海	崇明县	1
江 苏	如东县、东台市、东海县、泗阳县、句容市	5
浙 江	温岭市、景宁市、龙游县	3
安 徽	霍山县、青阳县、休宁县、肥东县、潜山县	5
福 建	屏南县、德化县、南靖县	3
江 西	定南县、鄱阳县、上高县、上犹县	4
山 东	寿光市、文登市、诸城市、荣成市、禹城市、单县、临朐县	7
河 南	洛宁县、辉县市、夏邑县、沁阳市、鹿邑县、新县、临颍县	7
湖 北	通山县、大悟县、谷城县、鹤峰县、利川	6

	市、房县	
湖 南	桃江县、临澧县、桑植县、花垣县、沅陵县、澧县、江永县	7
广 东	饶平县、东源县、揭西县、乳源县、阳山县	5
广 西	恭城瑶族自治县、武鸣县、灌阳县、融安县	4
重 庆	云阳县、酉阳土家族苗族自治县	2
四 川	九寨沟县、射洪县、德昌县、安岳县、苍溪县、犍为县	6
贵 州	威宁县、开阳县、西秀区、水城县	4
云 南	盈江县、洱源县、腾冲县、大姚县、双柏县、永胜县、金平县	7
陕 西	定边县、彬县、周至县	3
甘 肃	玉门市、庄浪县、迭部县	3
青 海	大通县	1
宁 夏	青铜峡市	1
新 疆	达坂城、哈密市	2
合 计		108

国家能源局、财政部、农业部共同组织实施绿色能源示范县的建设。为了落实绿色能源示范县建设计划，中央政府决定从中央财政拨专款给予建设资金补助。2011年4月6日，财政部、国家能源局和农业部联合发出《关于印发〈绿色能源示范县建设补助资金管理暂行办法〉的通知》^[26]（后称《暂行办法》）。中央财政示范补助资金支持的范围及用途主要包括：沼气集中供气工程；生物质气化工程；生物质成型燃料工程；其他可再生能源开发利用工程和农村能源服务体系。《暂行办法》要求生物质成型燃料工程单个项目年产能在5000吨及以上，原则上用于1000户及以上的农户炊事采暖及医院、学校、政府机关、孤儿院、幼儿园、养老院等公共机构供热采暖。示范补助资金仅用于支持生物质炊事采暖

炉具购置，生物质生活用锅炉、炕具及灶具改造；生产成型燃料的工程项目投资由地方补助和企业自筹解决。示范建设期内中央财政支持项目（不含可再生能源建筑应用项目）必须达到的具体预期目标主要为：新增绿色能源生产能力超过 5 万吨标准煤；新增绿色能源用户 2 万户及以上；畜禽粪便和农林废弃物资源化利用率提高 10 个百分点及以上；农作物秸秆资源综合利用率达到 80%以上。《暂行办法》的发布，标志着绿色能源示范县的建设开始启动。

2011 年 5 月 6 日，国家能源局新能源和可再生能源司发出《关于组织申报绿色能源示范县中央补助资金项目的通知》（国能新能函[2011]19 号）。2011 年 5 月 26 日，国家能源局、财政部、农业部联合发出《关于印发绿色能源示范县建设管理办法的通知》（国能新能[2011]164 号）^[27]。紧接着，2011 年 7 月 6 日农业部、国家能源局、财政部发布《关于印发〈绿色能源示范县建设技术管理暂行办法〉的通知》（农科教发[2011]5 号）^[28]。这些文件将绿色能源示范县建设纳入了法制化、科学化、规范化、规模化的轨道。

经过对各地申报的绿色能源示范县中央补助资金项目的评审和审核，2011 年 8 月 30 日，国家能源局、财政部、农业部发出《关于绿色能源示范县第一批实施方案批复的通知》（国能新能[2011]287 号），第一批 26 个绿色能源示范县的建设正式启动，每个绿色能源示范县从中央财政获得的建设补助资金原则上不超过 2500 万元。表 13 是 26 个县名单。

表 13 首批实施绿色能源示范县方案的 26 个县名单

省、自治区、直辖市	县（市）名	数量
北 京	延庆县	1
河 北	承德县、藁城市	2
内 蒙 古	五原县	1
辽 宁	桓仁县	1
黑 龙 江	依兰县	1
上 海	崇明县	1
江 苏	如东县、东台市、句容市	3
安 徽	休宁县	1
山 东	诸城市、临朐县	2

河 南	夏邑县、沁阳市、鹿邑县、新县、临颍县	5
湖 北	通山县、大悟县、鹤峰县、房县	4
湖 南	桑植县、花垣县、澧县、江永县	4
合 计		26

在绿色能源示范县的建设中，根据地理、气候、资源、技术、农村用能习惯等条件的约束，成型燃料的生产和利用技术设备将起重要的作用。一些从事成型燃料产业的企业通过项目投标和竞争，已经获得了首批绿能示范县建设中的一些成型燃料工程项目的实施权。

5 农机购置补贴政策

在成型燃料的产业链中，从农作物秸秆的收集运输，到原料预处理中的粉碎烘干，再到压块或颗粒成型，都要用到农业机械。对于从事原料收集运输和成型燃料生产的企业，特别是小型企业，购置机械设备需要的资金是不小的负担。多年来，国家为了加强和提高农业机械的技术水平，支持和加快农业机械化的步伐，实施农机购买补贴政策。如在 2011 年全国农机购置补贴机具种类范围中，就有玉米收割机、棉花收获机、高秆作物割晒机、大豆收获专用割台、花生收获机、油菜籽收获机、割晒机、割捆机、压捆机、捡拾压捆机、秸秆粉碎还田机、拖拉机、花生脱壳机、饲料破碎机、饲料搅拌机、烘干机和热风炉、压块机、颗粒饲料压制机这些机械^[29]。由于这些机械的功能与成型燃料的原料收集、运输、预处理、加工所需要的功能很多是相通的，对这些机械的购置者给予资金补贴，就为活跃在农村的成型燃料原料经纪人和燃料生产企业减轻了资金压力，有利于降低成型燃料的生产成本，促进其产业化发展。国家推广质优、价廉、市场信誉好的农机产品，也有利于成型燃料产业技术装备水平的提高^[30]。

6 对成型燃料产业的其它鼓励政策

除了前面的一些涉及到支持成型燃料产业发展的具体重大政策外，在国家的一些宏观产业规划和政策、资源综合利用政策、农业和农村发展政策、节能环保政策中，对生物质成型燃料产业的发展都很重视，对各级政府将发展成型燃料产

业提上议事日程并采取落实措施，起到了重要的指导作用。比如：

(1) 在《产业结构调整指导目录(2011 年本)》^[31]中，“农作物秸秆还田与综合利用（含固化成型燃料）”、“农林生物质资源收集、运输、储存技术开发与设备制造；农林生物质成型燃料加工设备、锅炉和炉具制造”和“城镇集中供热建设和改造工程”都被列为鼓励类产业范围；

(2) 在《可再生能源产业发展指导目录》^[32]中，“生物质固化成型燃料”被列入其中。

(3) 在《国务院办公厅关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》^[33]中，要求以秸秆为原料的生物质能（含固化成型）逐步实现产业化。

(4) 《关于印发“十二五”农作物秸秆综合利用实施方案的通知》^[34]认为秸秆固化成型燃料是秸秆燃料化利用的重要方式，在“十二五”期间，大力发展秸秆固化成型燃料，可以提高可再生能源在能源结构中的比例。同时指出，要结合新农村建设，实施秸秆固化成型燃料的示范工程。

(5) 在《农业部关于进一步加强农业和农村节能减排工作的意见》^[35]中，要求大力开展包括秸秆固化成型在内的生产技术示范，为农村居民提供生物质商品燃料，推进农作物秸秆能源化利用。实现省柴节能炉灶商品化生产，推进农村生活节能。

(6) 在有关林业生物质能源产业方面，即将出台的《全国林业生物质能源发展规划（2011～2020 年）》明确了“十二五”期间将着力发展固体成型燃料等林业能源产业；在林业能源产品中，热利用的贡献率将为 90%^[36]。

7 对成型燃料产业的科技支持

我国成型燃料技术的发展，一直都得到国家发改委、科技部和农业部在科技方面的支持。早在 2005 年，国家发改委就支持在北京市怀柔区开展一项小规模生物质颗粒燃料成型和农村应用技术的中间试验项目，科技部也给予了一定的研究经费支持。该项目虽然由于当时成型技术的不成熟和项目管理方面的原因，没有最终取得预期的成果，但是却在国内产生了很大的影响，拉开了在政府层面上重视和支持成型燃料的序幕。

2006 年 10 月，科技部发布“十一五”国家科技支撑计划重大项目“农林生物质工程”课题申请指南，其中包括“生物质成型燃料产品及装备开发”

课题，支撑计划对此课题的国拨经费预算为 1100 万元^[37]。经过课题申请和评审，江苏正昌粮机股份有限公司承担了该课题的研发任务。在技术内容和经济技术指标方面，课题要求：

- （1） 研究原料预处理工艺对成型燃料性能、原料粒度分布和模板结构对成型工艺的影响，研究纤维结合技术，提高不同生物质原料的加工适用性；
- （2） 研制大规模、低能耗的将原料预处理、粉碎、成型工艺组合集成为一体化、可移动的成型燃料生产设备；
- （3） 完善生物质成型燃料的配套系统，形成固体成型燃料生产、供热燃烧器具、客户服务等完善的市场和技术体系；
- （4） 以农林剩余物为原料，建立年生产能力在 3000 吨以上的生物质固化成型燃料示范工程。
- （5） 成型燃料设备单台处理能力 300~1000kg/h，成型能耗小于 70kWh/吨。

由于当时对成型燃料技术设备的理解和认识还不够深入和全面，课题中有的任务和指标提得过高，比如研制“一体化、可移动的成型燃料生产设备”就非常困难。加上课题承担单位的企业体制、人事变化等原因，这个课题也没有圆满完成。

2007 年 11 月，由农业部发展计划司和科教司立项的全国第一个年产万吨级生物质成型燃料示范工程项目在北京市大兴区礼贤镇建成并投入试生产。该项目由农业部规划设计研究院负责并设计建设，北京盛昌绿能科技有限公司负责营运。该项目利用农作物秸秆、木屑、果木剪枝、花生壳等农林固体剩余物为原料，采用环模颗粒燃料成型技术，形成了从燃料处理到成型燃料产品包装的完整生产线，实现了产业化运营。经过两年多的生产运行考验，项目于 2010 年 1 月 15 日通过竣工验收^[38]，在实践中肯定了项目工艺路线的可行性。项目自投入运行以后，先后受到全国人大、全国政协、国家发改委、农业部、财政部、科技部、环保部等中央部门和北京市领导的视察和参观，对中央部门出台有关支持成型燃料产业的实际政策起到了积极的示范作用。

CRESP 项目的支持。中国可再生能源规模化发展项目（China Renewable Energy Scale-up Programme - CRESP）是中国政府与世界银行（WB）及全球环境基金（GEF）合作开展的可再生能源政策开发和投资项目。从项目准备、签订协议，到实际执行持续了将近 8 年的时间，至 2011 年底以机制发展和能力建设为

目标的一期项目全部结束。该项目的宗旨是在调查我国可再生能源资源和借鉴发达国家可再生能源发展经验的基础上,研究制定我国可再生能源发展政策,支持可再生能源技术进步,建立可再生能源产业体系,逐步实现可再生能源规模化发展。在一期能力建设项目中,有4个成型燃料技术的项目得到了 CRES P 项目赠款的支持,它们分别是:农业部规划设计研究院承担的“高效、低成本生物质颗粒燃料成型设备”,通过对生物质原料理化特性研究,及对成型机的关键部件——压辊、环模、喂料装置等的优化设计,研究开发了 PM485-II 型高效、低成本的生物质固体颗粒成型机,提高了关键部件的使用寿命,解决了成型燃料生产过程中生产率低、单位产品能耗高及原料适应性差等问题^[39];山东大学承担的“低能耗生物质常温压块成型技术与装备研发”,通过研究动力传动与成型模块两项核心技术,研发了低能耗生物质常温压块成型装备样机,变传统的“正压力高温挤压成型”为“偏张量常温碾切成型”,从机理上解决了秸秆类生物质原料“力传导性差”和“含水率高”的问题,降低成型所需压力和能耗^[40];北京奥科瑞丰机电技术有限公司承担的“生物质致密成型成套设备”,完成了具有自主知识产权的分体式环模压块成型机定型设计、研制和生产^[41];河南省科学院能源研究所有限公司承担的“低成本生物质颗粒燃料致密成型技术及成套设备的优化”,目标是改进环模和模孔的设计,研究制造出智能化、集成化的颗粒燃料成型机系统成套设备,满足大规模工业化应用的要求^[42]。这些项目的实施,提高了我国成型燃料生产装备的自主研发能力。

“十二五”期间,科技部将“固体成型燃料产业化”列入了《“十二五”农业与农村科技发展规划》的重点领域和方向^[43];在第一批启动的支撑计划的“生物质能源与生物基材料”领域中,“生物质低能耗固体成型燃料装备研发与应用”项目已经签约实施。项目实施的目标就是为加快成型燃料的产业化提供技术支撑。整个项目的三个课题分别由农业部规划设计研究院、河南省科学院能源研究所和华北大学分别承担,其中由河南省科学院能源研究所承担的“大规模生物质成型燃料技术集成与产业化示范”课题要形成年产 300 台套颗粒燃料成型设备和 10 万吨颗粒燃料的生产能力。

8 问题与讨论

在此项研究中,我们注意搜集了从事成型燃料产业的企业和政策研究人员对

中央政策方面的反映和要求，主要有以下几个问题。

（1） 普遍认为中央财政补贴和税收优惠等经济激励政策对农作物秸秆等农业固体剩余物能源化利用的产业化发展起到了至关重要的扶持作用。如果没有这些政策的支持，由于成本高、起点低、规模小、市场不成熟等原因，这个产业就不会发展到目前的状态。要实现“十二五”和 2020 年成型燃料的发展目标，一个重要的前提条件是继续坚定不移地执行和完善已有的政策，否则很多已经初具规模的企业就会很快垮掉或退出这个产业，其它想进入这个产业的市场主体更会望而却步，不会进入。

（2） 林业固体剩余物是成型燃料重要的、而且是更优质的原料，而在目前的利用量中，木质原料占的比例较小，原因之一是可获得的资源数量有限，原因之二是木质（颗粒）成型燃料的生产成本更高，又没有像秸秆能源化利用那样的中央财政补贴，除非是对成型燃料品质有严格要求的用户群体，一般用户承担不起高昂的木质颗粒燃料的价格。因此要研究专门针对以林业固体剩余物为原料的成型燃料的补贴政策。

（3） 迄今为止，从国家环保部到各个地方的环保局对成型燃料在工业锅炉领域推广应用对环境的影响还没有形成统一的认识和政策依据，主要表现在没有一个全国性的政策文件对成型燃料的燃料品质、成型燃料的燃烧利用对环境的影响进行定位。在国际上的发达国家中，从环境影响的角度，特别是在 CO₂ 减排方面，都是把合乎标准的生物质成型燃料作为清洁的、可持续的、环境友好的燃料对待。但是我国有些地方环保部门，甚至一线城市环保部门的负责人，缺乏成型燃料的知识，对成型燃料仍采取排斥态度。这就需要国家环保部制定一个统一的指导政策，对各地环保主管部门在审批新建或改造工业和民用成型燃料锅炉项目时有部门政策依据。

（4） 目前对成型燃料生产销售企业有财政补贴或税收优惠政策，但是对成型燃料终端用户没有优惠政策。从单纯的燃料单位热值市场价格看，目前在许多地方成型燃料对煤炭还不具有优势，如果没有其它限制，燃料用户往往是选择煤而不是成型燃料。另一方面，成型燃料工业锅炉的热效率一般比同容量燃煤锅炉的热效率高 5 - 10%，仅从节能角度看，使用成型燃料也是节能的。但是国家发改委办公厅、财政部办公厅《关于组织申报 2012 年节能技术改造财政奖励备

选项目的通知》^[44]根据文件《节能技术改造财政奖励资金管理办法》（财建[2011]367号）^[45]却不支持终端用户用生物质能源（如：秸秆、稻壳和其它废弃物）替代燃煤、燃油锅炉（窑炉）的节能改造。这从鼓励节能和扩大成型燃料终端用户两方面看都是不合理的。

（5）在绿色能源示范县的建设中，生产成型燃料的工程项目建成后，如何保证成型燃料在农村的市场销售具有可持续性和投资项目的企业有合理盈利水平的动力，目前是一个尚未解决的问题。

（6）国家有关部门应该根据成型燃料产业发展的新特点和新趋势，明确将秸秆成型燃料生产设备列入通用农机补贴目录，而不是像目前的做法，秸秆成型燃料机械搭成型饲料机械的便车享受农机购买补贴的政策，造成潜在的不确定性，秸秆能源化利用和绿色能源示范县建设造成可能的伤害。

（7）科技政策和经费对成型燃料技术的支持在某些环节上存在与产业发展实际情况脱节的现象，比如一方面企业出于技术和经营保密的考虑不愿与研究单位交流技术问题，另一方面研究单位对企业在技术方面的发展和存在的问题认识不深，从而造成企业单打独斗和研究机构难以把握研究的切入点。

七、 地方政府有关支持成型燃料产业发展的政策

1 有关政策及典型案例

在省、市、县几级地方政府中，目前采取的支持成型燃料发展的政策主要是从改善城市空气环境出发的限烧煤炭及奖惩政策，从解决地头焚烧秸秆问题出发的鼓励在城镇以秸秆成型燃料替换煤炭的政策，以及各级地方政府根据中央政府的资源综合利用、可再生能源发展和产业发展规划精神制定的各项地方性规划中鼓励发展成型燃料的政策。下面是这些政策的两个例子。

（1） 郑州市的政策和做法

郑州市、昆明市、石家庄市、长沙市、苏州市、宁波市、洛阳市、潍坊市等城市先后制定了在一定市区范围内限期禁烧煤炭或劣质煤炭的强制性政策。例如郑州市人民政府办公厅在2007年6月20日发布的《关于推进燃煤锅炉洁净燃料改造的通知》（郑政办文[2007]69号）中明确规定：“建成区内10蒸吨以下燃煤锅炉按计划逐步拆除、改用清洁能源或清洁燃料”；“在本市市区建成区内，集中

供热与天然气无法满足需要的用户，其燃煤锅炉可改用生物质燃料替代燃煤”；“市区出入市口的主要路段两侧各 1 千米范围内的锅炉用户，不得使用高污染燃料，可改用生物质燃料和洁净煤技术替代”。在郑州市人民政府 2011 年发布的《关于印发郑州市推进空气质量持续改善暨大气污染联防联控工作实施方案和郑州市空气质量持续改善暨大气污染联防联控工作奖惩暂行办法的通知》（郑政[2011]23 号）中规定：“各县（市、区）政府在规定的时间内完成市政府下达的拆除、改造 10 蒸吨以下燃煤锅炉任务，并符合《郑州市人民政府办公厅关于推进燃煤锅炉洁净燃料改造的通知》（郑政办文[2007]69 号）要求，经市环保部门核定确认后，给予当地政府每 1 蒸吨锅炉 2 万元奖励，每拆除一根废弃烟囱 1 万元奖励；给予拆除锅炉单位每 1 蒸吨 3 万元奖励，改造为清洁能源的每 1 蒸吨 2 万元奖励”；“对未按规定的时间完成拆除改造燃煤锅炉、拆除废弃烟囱任务的县（市、区）政府，锅炉按照每蒸吨 3 万元、未拆除的废弃烟囱按照每根 1.5 万元计算扣缴至市财政部门”。郑州市执行上述有关政策认真、坚决、严格，极大地推动了对成型燃料的市场需求，所以近几年在市区范围内将 10 吨/时以下燃煤锅炉改/更换为成型燃料锅炉很普遍，成型燃料的销售很旺盛。

（2） 河南省沈丘县的政策和做法

河南省沈丘县是以种粮为主的农业县，全县 114 万亩耕地，每年可产各种农作物秸秆（含秧蔓）110 万吨。为了解决这些秸秆的综合利用，克服资源浪费和环境污染的现象，推动农业增效和农民增收，2009 年 3 月 12 日，沈丘县发改委和能源局联合印发了《沈丘县 2009-2013 秸秆综合利用规划》（沈发改农字[2009]2 号），计划在全县 22 个乡镇（办事处）558 个行政村设置秸秆收集中心，添置秸秆成型燃料加工设备，对玉米、小麦等秸秆进行集中收集和加工，同时对城（镇）区内燃煤锅炉及煤烟型和油烟型污染问题开展整改，县政府大力支持积极使用成型燃料替代燃煤的企业、单位和个人。紧接着在 2009 年 3 月 20 日，沈丘县人民政府办公室下发了《关于推进秸秆综合利用工作的意见》（沈政办[2009]12 号），其中决定对 2009 年 5 月 30 日前建成的秸秆压块燃料厂，根据规模大小奖励 1 万至 4 万元；每购 1 台秸秆压块燃料成型机，政府补助购机款的 50%；对发展快、规模大、带动强的农民专业合作社秸秆压块燃料厂，政府给予奖励。2010 年 3 月 22 日，沈丘县人民政府发文《关于进一步推进秸秆综合利用

工作的实施意见》(沈政[2010]17号),其中对秸秆综合利用的目标任务、工作措施作了更明确的规定,包括“全县境内作物秸秆完全实现禁烧”;“强力推进秸秆压缩成型燃料生产。各乡镇(办事处)要积极帮扶企业或个人建立秸秆压缩成型燃料生产场点1至2处,每个场点配备大型秸秆压缩成型燃料机械1至2台(套);10月1日前每新建1座标准秸秆压缩成型燃料生产场点,县财政扶持以奖代补资金3万元”;“对秸秆压缩成型燃料销售实行托市收购保护政策,以全县为单位核算,当加工企业每吨秸秆压缩成型燃料净收入低于50元时,实行托市收购”;“秸秆压缩成型燃料生产场点用电享受农用电价”;“加快建立秸秆收储体系。采取市场化方式推进秸秆收储体系建设,鼓励个人或企业建设秸秆收购中心,对新购置大型秸秆打捆机,新建大型秸秆收贮站(占地20亩以上)的个人或企业,县财政补助以奖代补资金3万元”;“对全县辖区内小锅炉进行改造”。这就从政策上打通了全县范围内的秸秆收储——成型燃料生产场点布局和建设——成型燃料生产、销售——成型燃料终端利用的产业链通道。同日,沈丘县人民政府发出“沈政[2010]21号”文,提出“改善大气环境保障城区群众健康集中整治城区燃煤锅炉专项活动实施方案”,要求在2010年10月底以前全部改造淘汰县城区内71台2t/h以下(含2t/h)的燃煤锅炉(每年消耗煤炭约24,610吨),鼓励2t/h以上容量的燃煤锅炉也进行改造,代以秸秆成型燃料或气化燃料。第二天,即2010年3月23日,沈丘县委、县政府决定成立县秸秆综合利用领导小组,由一位县委副书记、副县长任组长,县委副书记、宣传部长任常务副组长,一位副县长任副组长,其它县委、县政府各相关委办局、乡镇一把手或主要负责人共49人任组员,县能源办主任兼任领导小组办公室,具体负责全县秸秆综合利用的服务、监督和管理(见沈办文[2010]11号)。这就为落实该县秸秆综合利用(包括秸秆成型燃料)的举措提供了强有力的组织领导保证。

像沈丘县这样从规划、组织、财政、环境保护、市场运作多方面整体推进秸秆资源综合利用,特别是成型燃料的生产利用,在全国县级政府中是很典型而且有示范意义的。

2 问题与讨论

在地方政府推动成型燃料产业发展的政策中,停留在规划上的多,能付诸实

施的少；原则政策多，财政奖励少；单项政策多，系统政策少；一般号召的多，具体落实的少；定性规定的多，定量规定的少；文件与实施不符的多，不折不扣执行的少。比如在辽宁省某煤烟型污染严重的城市，市环保局几年前曾经发文件限制燃煤锅炉的运行，有些锅炉业主也改烧成型燃料，但由于成型燃料的成本较高，已经改烧的又退回来烧煤，并没有受到监督和查处。这样就使环保局原来发的文件形同虚设，成型燃料在该市的市场难以打开。像河南省郑州市和沈丘县的政策和实施的经验值得在其它省市县宣传和推广。

第四章 中国生物质成型燃料产业化发展分析

一、“十二五”期间以及 2020 年的发展目标

成型燃料在发展生物质能产业、节能减排、改善城镇空气质量和建设绿色能源示范县等方面将发挥越来越重要的作用，由国家发改委（能源局）牵头，中央有关政府部门正在研究“十二五”期间加快生物质成型燃料产业发展的目标和政策措施，同时为实现 2020 年的规划目标奠定坚实的基础。根据已经公开或媒体披露的消息，“十二五”期间及 2020 年成型燃料发展规划的目标规模可从以下几个方面反映出来。

1 “十二五”期间的发展目标

（1）可再生能源发展规划。有媒体报导，生物质能源“十二五”规划即将出台，其中包括固体成型燃料的发展目标是 2015 年达到 1,000 – 2,000 万吨/年^[46]。

（2）建设绿色能源示范县。“十二五”期间，全国的目标要建设 200 个绿色能源示范县^[47]。按照绿能县的一个评价指标，全县可再生能源年开发利用量要达到 15 万吨标准煤以上或户均 1 吨标准煤以上。如果在 200 个绿能示范县中，有 100 个在长江以南，可再生能源以小水电、沼气、太阳能为主；另外 100 个在长江以北，可再生能源以生物质能（成型燃料和秸秆气化）、太阳能、风能为主。在长江以北的 100 个县中，如果每个县有 2 万户使用成型燃料，户均年利用 2 吨（折合约 1 吨标准煤），只占全县可再生能源利用量的 13.33%。从农村可再生能源开发利用的实际条件看，成型燃料的这个比例似乎偏小。即使如此，那么全国到 2015 年，仅绿能县就要利用 400 万吨成型燃料，占全国 1,000 万吨利用量目标的 40%。从目前全国成型燃料生产利用的实际状况看，这个比例又似乎偏高。就是说，如果 2015 年实现了绿能示范县的规划目标，全国的成型燃料利用量可能要超过 1,000 万吨。

（3）农作物秸秆利用规划。在国家发改委、农业部、财政部 2011 年 11 月 29 日《关于印发“十二五”农作物秸秆综合利用实施方案的通知》（发改环资[2011]2615 号）^[48]中，要求到 2015 年力争“重点在粮棉主产区的示范村，秸秆清洁能源入农户项目村入户率达到 80%以上，年秸秆能源化利用量约 3000 万

吨”。能入农户的秸秆清洁能源只有沼气、村级气化燃气和成型燃料。就技术的成熟度和利用的方便程度说，成型燃料的比例不应低于 30—40%，即如要实现这个规划的目标，用于成型燃料的秸秆消耗了不应低于 900—1200 万吨。

(4)林业能源发展规划。即将出台的《全国林业生物质能源发展规划(2011～2020 年)》提出：“十二五”期间，我国林业生物质能源发展将着力发展以固体成型燃料、生物柴油、生物质发电和燃料乙醇为代表的林业生物质能源产业；同时明确了到 2015 年，林业生物质能源替代 700 万吨标煤的石化能源，其中生物质热利用贡献率为 90%，生物柴油贡献率为 10%^[49]。这就意味着 2015 年的林业能源产品大约要消耗 1,200 万吨林业固体剩余物。其中成型燃料的消耗量会占多少尚不明确，如果按四分之一计，将有约 300 万吨。

综合上述四个方面的规划数据，可以推测到 2015 年，全国成型燃料的生产消耗量至少需要达到 1,200—1,400 万吨，才能基本实现以上规划的目标。

2 2020 年的发展目标

《可再生能源中长期发展规划》指出，到 2020 年要利用 5,000 万吨成型燃料，这与建设 500 个绿色能源示范县的目标和 2020 年林业生物质能源要替代 2,025 万吨标煤石化能源的目标是否相合，难以评论。在分析 2020 年前成型燃料的发展趋势时，应以 5,000 万吨的目标作为依据。

二、中国成型燃料产业化发展路径研究

1 一张地图的启示

图 45 是由生物质能源国际 (Bioenergy International) 绘制的一张地图，标题是“颗粒燃料世界，2012”(The World of Pellets, 2012)。这是一幅世界各个国家生物质颗粒燃料生产分布点的地图，地图上每一个红色的圆点表示一个生产生物质颗粒燃料的公司，红点的疏密表达了各个洲各个国家生产生物质颗粒燃料公司的数量，一目了然。



图 45 生物质固体颗粒燃料世界 2012

图上共标出了 634 家公司，包括公司名称、地理位置和装机生产能力。可以清楚地看出，西欧、东欧、北欧和美国生产成型燃料的公司最多，俄罗斯的数量也不少。图中在中国版图上的公司共有 19 家，占世界公司总数的 0.3%。图中统计的世界各国装机的总生产能力为 3,304.675 万吨/年，其中中国的生产能力为 88.2 万吨/年，占总量的 2.7%。世界上生产能力最大的单一公司为美国的 Georgia`Biomass，年产 75 万吨，第二为加拿大的 Pinnacle Pellet，年产 40 万吨，其它一般在 5 - 15 万吨不等，中国公司的年生产能力一般在 2 - 3 万吨，最大为 12 万吨。图 46 是上图的局部放大。

年生产能力小于 1 万吨颗粒燃料的公司不在统计之列。这是一份世界颗粒燃料生产能力的统计资料，不知道是否包括像中国有的压块燃料。如果只是颗粒燃料生产能力的统计，对中国的统计还是比较准确的。从图上可以看出，我国颗粒燃料产业的发展水平相比欧洲（包括东欧）、北美、甚至俄罗斯都有很大差距。应该说，这种规模与数量的差距，归根结底反映的是技术、市场、能源结构、甚至是认识上和政策上的差距。“十二五”期间是我国努力缩小这些差距的关键阶段。



图 46 欧洲、北美（上）
和中国的（下）颗粒燃料生产企业分布图

2 政策和规划引导产业发展的巨大作用

（1） 政策引导

正确的经济、产业、财政、环保等政策是政府引导产业发展的保证，决定产业的生命，对生物质固体成型燃料产业尤为如此。

有关成型燃料产业的政策法规可以分为三个层面：第一个层面是法律和规划的基础文件，如《可再生能源法》和《可再生能源中长期发展规划》，它们提出了产业发展的法律框架和依据；第二个层面是国家和地方政府根据总的法律框架和规划依据而确定的产业发展的具体阶段性目标，如“十一五”和“十二五”期间的可再生能源规划等；第三个层面是为保证阶段性目标的实现而制定的正向激励和反向惩罚的具体操作性政策文件，如前述的《秸秆能源化利用补助资金管理

暂行办法》等，以及郑州市的限煤政策和沈丘县禁止随意焚烧秸秆政策中的处罚办法，它们从中央财政和税收优惠等角度直接扶持行业中的优秀企业，鼓励和帮助他们积极发展，同时对违反全国和地方社会发展规划的企业实行惩罚，迫使他们改正。正向激励和反向惩罚的政策是同时并举、相反相成、互为补充的。一、二两个层面的政策对企业确定前瞻性的发展战略和步骤起重要的指导作用，第三个层面的政策则对企业运行起直接的推动和抑制作用。

对于刚刚步入产业化发展阶段的成型燃料产业而言，在“十二五”期间，一、二两个层面的政策都已经具备了，最需要的是中央和地方政府尽快使第三个层面的政策完善化、配套化和协调化。非如此，完成“十二五”成型燃料规划的指标将存在巨大的不确定性和风险。

关于完善化。需要把中央现有的财政补助和税收优惠政策扩大到以林业固体剩余物为原料的成型燃料生产销售企业；把节能奖励政策扩大到利用成型燃料代替煤、油、气生产热能终端产品（蒸汽、热水、热交换介质）的企业；把农机购买补贴政策（包括产品目录）扩大到直接为农林固体剩余物成型燃料产业服务的机械产品等。

关于配套化。在控制大气污染物排放方面，需要环保部制定对全国适用的文件，防止地方环保主管部门对利用成型燃料的工业和民用项目采取歧视和排斥的态度。成型燃料产业的装备研发制造、燃料生产、燃料使用各个环节上的标准、规范、细则要配套齐全，使整个产业迅速走上规范化的轨道。

关于协调化。成型燃料产业的政策与能源、环保、资源利用、农业和农村、林业、财政、工商税收、科技等部门都有关系，有些政策是几个部门联合发布的，有些政策是一些部门单独发布的，政策之间要互相照应，协调一致，而不能互相冲突、互相抵消。要建立监督、保证已经发布的政策得到有效贯彻的机制。

（2） 规划管理

一个具体规划的实现，条件之一是要加强对规划的管理，包括对规划任务的分解和制定规划的实施细则。

全国在“十二五”期间的成型燃料发展目标，应根据资源、市场、资金、发展基础等条件分解到各省市自治区加以落实。

各级地方政府制定的涉及到成型燃料产业发展的单项规划，如秸秆综合利用

规划、林业能源规划、生态环境保护规划、循环经济规划等，应有具体的实施细则加以配套，其中对成型燃料的生产布局、规模、成型燃料利用的市场要有具体的描述。

3 成型燃料产品分类分级

成型燃料的质量差别很大。造成差别的原因很多：成型燃料的形状有颗粒燃料和压块燃料；生产颗粒燃料的原料有木质原料和草本原料，压块燃料的原料主要是草本原料；在木质原料和草本原料里，各种原料的质量也各不相同；各个厂家生产成型燃料的工艺装备和条件不同等等。对成型燃料进行分级分类有利于其优质优用，最大限度地发挥成型燃料的使用价值；有利于根据成型燃料的品种设计制造不同结构和性能的利用设备；有利于优质优价，发挥市场竞争、调节和淘汰的作用；有利于刺激成型燃料生产企业提高产品质量，增加产品品种。

在国外，高质量的木质颗粒燃料已经像日用商品一样，能在超市里任顾客选购。用于工业锅炉使用的批量颗粒燃料采用散装散运。随着我国成型燃料产业规模的扩大，也要向这个方向引导。只有建立了分类分级的产品标准，才能实行市场准入制度。

我国的动力用煤就是按照煤的质量指标进行分类，使不同的用户选用不同的煤种。燃料油也是分类分级的。对成型燃料也需要这样做。

参考我国煤炭分类标准，结合成型燃料的特殊性质和它们的原料来源，成型燃料的分类分级指标似乎可以包括挥发分、热值、密度、灰熔点、含灰量、含硫量、含氯量、形状和尺寸。分类分级标准的具体制定，应由权威部门组织专家去完成。

4 市场定位

(1) 替代中小燃煤燃油燃气工业锅炉

使用成型燃料，首要的目标是帮助解决节能环保问题。我国有四、五十万台中小容量燃煤工业锅炉，每年消耗的煤炭折合约 4 亿吨标准煤，实际运行效率只有 60 - 70%，是 SO_2 、 NO_x 、烟尘（含可吸入颗粒物）、废炉渣等污染物排放的主要源头之一。正因为如此，其节能减排的潜力巨大。这些锅炉主要分布在人口相

对稠密和工业相对集中的地区，即城市区域和工业区。这些燃煤锅炉自然成了成型燃料锅炉第一位的替代对象。

在我国一些经济发达、加工工业集中的地区，如珠三角、长三角地区，企业有一定存量的燃油燃气锅炉，生产工艺用蒸汽。很高的油价气价使这些企业的能源成本不堪重负，成型燃料是理想的替代燃料。

“十二五”期间规划的成型燃料使用量，只占这些工业锅炉所消耗的燃料量很小的一部分，在理论上不愁成型燃料找不到市场。问题在于：1. 如何保证替换的成型燃料能得到稳定、可靠的供应？2. 成型燃料在供应有保障的前提下，能不能得到环保部门的批准顺利进入这个市场？3. 如何消化成型燃料代替煤炭给用户带来的燃料成本的增加？这些问题，要靠成型燃料生产供应商和政府政策两方面共同来解决。

（2） 北方冬季采暖地区区域供热

在上述城市区域的燃煤锅炉中，有相当一部分担负着北方地区冬季采暖供热的任务。为了控制城市空气污染，在气源不足的情况下，用成型燃料替代煤是很好的解决方案。因为供热采暖关系到千家万户的正常生活，所以在替代方案确定以后，稳定、可靠地供应成型燃料就显得更加重要。

（3） 农村市场

农村市场分为二类，生产用能和生活用能。

农村生产用能主要是北方地区现代农业温室大棚的冬季供暖，用于育苗、蔬菜、菌类、特种水果的种植，随着现代农业的发展其用能量越来越大。温室供暖的特点是白天利用太阳能，傍晚到第二天清晨供暖。盛昌绿能公司用成型燃料在北京大兴、房山等地已有过成功的探索和实践。

农村生活用能的主体是农户家庭及村镇养老院、幼儿园、学校、医务站、办公室等公用设施，用于炊事、供开水和取暖。成型燃料和专用小锅炉、炉具大有用武之地。在绿色能源示范县建设中，这个市场举足轻重。成型燃料在这个市场里的应用，对于改善农村用能结构和农户家庭的室内空气质量，将起重要的作用。同时，全球清洁炉灶联盟确定了到 2020 年实现在世界上发展中国家有 1 亿户使用清洁炉灶的目标。成型燃料在我国农村市场成功的示范和积累的经验，对我国成型燃料炉具走向国际市场，在这个市场里占据一定的份额将至关重要。

成型燃料在农村市场里如何实现可持续的发展，特别是成型燃料的价格如何与农民的收入水平相适应，仍然是一个没有解决的问题。另一方面，要改变农民长期来形成的生活用能习惯，也是一件不简单的事情。这些都要通过实践加以解决。

（4） 市场培育

当前成型燃料产业的市场还远没有发育成熟，市场培育要从扩大成型燃料用户的范围和数量入手，迅速增加全国的成型燃料消费量，以此带动成型燃料的生产、成型燃料生产装备以及成型燃料锅炉和炉具市场的发展。成型燃料的需求增长，始终是产业发展的原动力。所以要从社会经济的可持续发展、环保、财政政策等各方面推动需求端的发育。前几年我国成型燃料行业的发展经验表明，各级政府通过政策和行政手段推动市场需求增长所起的作用，在很多地方、很多时候是决定性的。

5 提升和完善成型燃料产业链

（1） 产业链构想

完整的成型燃料产业链如图 47 所示。从不同的角度，可以把产业链分成几个部分。

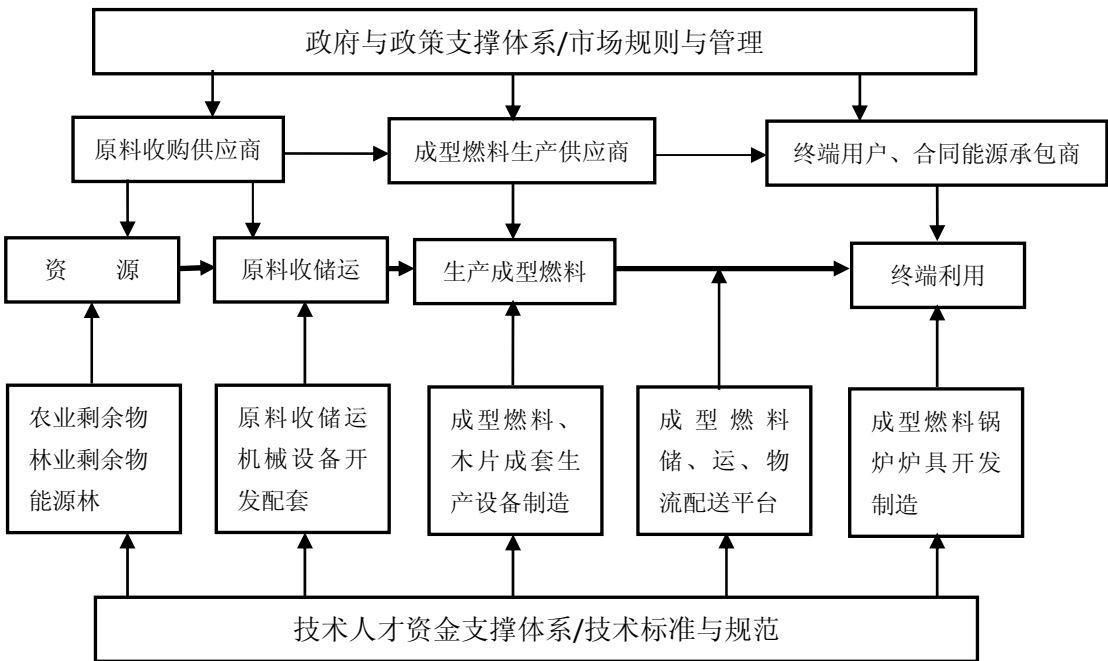


图 47 生物质成型燃料产业链示意图

从生物质资源到成型燃料利用的物流流程看：资源——原料收储运——成型加工——产品储运和物流配送——终端利用；

从产业链的运行行为主体看：原料收储运设备设计制造商——原料收购供应商——成型技术设备设计制造商——成型燃料生产商——成型燃料储运配送平台+成型燃料利用设备设计制造商——终端用户和合同能源管理承包商；

从产业硬件支撑体系看：原料收储运技术设备+成型燃料加工技术设备+产品储运配送技术+设备成型燃料终端利用技术设备

从产业软环境支撑体系看：政府和政策的支撑体系+人才和技术（包括技术标准和规范）支撑体系+资金支持体系+市场管理体系。

上述产业链实际上是一个矩阵系统，其中的许多元素相互之间是互相联系和依赖的。因为市场的不成熟，至少在 2020 年以前，政府和政策体系的导向和支撑作用，对产业链的成长发育将起到至关重要的作用，其它环节都将在政府和政策的引导下按市场规律进行发展。

（2） 原料的规模化收储运体系建设

原料的收集、运输和储存，尤其是专用机械的开发是成型燃料产业中的一个薄弱环节。随着农村劳动力的逐步转移和劳动力价格的攀升，这个矛盾会越来越突出。虽然现有的农林固体剩余物资源量能满足“十二五”期间和 2020 年前生产和消费成型燃料的规划目标对原料的要求，但是随着每年生产总量的快速增加和单个生产厂规模的扩大，不建立机械化、规模化、商业化的原料收储运体系，原料的稳定供应就可能成为成型燃料生产环节的制约因素。建设原料的规模化收储运体系，有两个问题需要解决：探索运作模式和开发配套设备。

关于运作模式。现有的散户分送、经纪人运营和生产商自行收集三种模式还会继续存在。随着产业规模化的进展，经纪人运营的模式将会占主导地位。这种运营模式在保障生物质直燃发电厂燃料供应的收储运体系中已有大量的成功经验，可以移植到成型燃料产业中来。经纪人可以隶属于成型燃料生产商，也可以是独立的法人。经纪人模式会增加原料的供应成本，将给控制成型燃料生产成本带来压力。

关于收储运设备。我国在发展秸秆直燃发电的过程中，通过国家立项和生物质发电公司权属单位（如国家电网公司）的投资，开发了若干种农作物秸秆收集

打包的机械，已能部分满足需要，但是品种尚不齐全。在林业能源领域，这类机械基本上还是空白。一方面要完善农作物秸秆的收集机械，另一方面要开发林业固体废弃物的收集 — 捆扎 — 粉碎 — 装运的成套机械，在这方面应该借鉴国外林业能源发达国家的技术和经验。

一般来说，年产 5 万吨成型燃料的生产厂需要的原料收集和运输半径不会超过 25MW 秸秆直燃发电厂的一半，也就是说不会超过 25 km，在原料充足的地方还会更短。原料运输的技术问题比收集简单。

原料收储运机械化程度的提高，必然要求向这方面增加投资，能源消耗也会增加。在本研究中，我们没有收集这方面的数据，无法预测未来的发展在资金方面的需求和控制能耗的途径。

（3） 成型燃料生产装备的设计制造

如在第三章中介绍过的那样，“十二五”期间直到 2020 年，我国成型燃料生产装备的设计制造将主要依靠“三厂二平台”的优化、整合和提升，颗粒成型和压块成型装备方面重点要解决的技术问题也已经做过分析，这里不再重复。

本章开始指出，2015 年和 2020 年全国生产和利用的成型燃料数量分别是 1,200（-1,400）万吨和 5,000 万吨。如果生产燃料的装机设备平均留有 25 % 的冗余度，那么 2015 年和 2020 年全国成型装机的年生产能力应分别为 1,500 万吨和 6,250 万吨。假设压块设备对颗粒设备的比例为 6 : 4，则 2015 年成型设备的装机为 900 万吨压块燃料产能和 600 万吨颗粒燃料产能，2020 年为 3,750 万吨压块燃料产能和 2,500 万吨颗粒燃料产能。若 2012 年全国已有装机产能 300 万吨（压块 250 万吨，颗粒 50 万吨），设定今后规模化的压块燃料厂和颗粒燃料厂的年生产能力下限分别为 3 万吨/年和 5 万吨/年，那么今后 8 年内全国装机产能的增加幅度如表 14 所示。

表 14 2013-2020 期间全国成型燃料生产装机能力增长预测

	2013 - 2015	2015 年总数	2016 - 2020	2020 年总数
压块燃料装机产能平均增幅，万吨/年	~220	900	570	3,750
新增年产 3 万吨压块燃料厂*，个/年	59	177 (3 年新增)	152	760 (5 年新增)

颗粒燃料装机产能平均增幅，万吨/年	~180	600	380	2,500
新增年产 5 万吨颗粒燃料厂**，个/年	29	87 (3 年新增)	61	305 (5 年新增)

*——若实际新增压块生产厂产能为 6 万吨/年，则 1 个厂相当于表中的 2 个厂；

**——若实际新增颗粒生产厂产能为 10 万吨/年，则 1 个厂相当于表中的 2 个厂。

上表意味着到 2020，生产成型燃料装备的企业每年至少要为成型燃料生产环节提供表中的装备数量，才能实现“十二五”期间和 2020 年的成型燃料规划目标。这是一个既繁重又艰巨的任务。正如第三章中所说的，繁重和艰巨的原因不在于成型主机的制造能力，而在于成型机产品的质量（环模和压辊的寿命，设备运行的可靠性等）和成型工艺系统设备的配套能力。这是成型设备设计制造环节要着力解决的问题。

（4）成型燃料的生产

表 14 给出了“十二五”后三年和“十三五”期间成型燃料生产环节的大致发展速度。在研究这一阶段成型燃料生产环节的发展时，需要着重指出以下三点：新厂布局、新厂建设标准、投资估算。

- 新厂布局。建设新的成型燃料生产厂的布局必须慎重。因为新厂生产规模较大，建设投资多，而且直接与实现规划目标有关，投资必须有效，所以无论是投资商的决策还是政府的指导，都需要考虑以下几个因素：生产成型燃料的原料来源有保障而且可持续；产品离销售市场较近，尽量避免跨省区长途运输；新厂占地、交通、电源条件较好。

- 新厂建设标准。首先是规模化标准，要逐渐摒弃重复建小厂从事简陋生产的思路，做到建一个成一个，能维持长期规模化生产；其次是规范化标准，颗粒燃料生产厂必须是成套的完整生产线，压块燃料生产厂即使一步达不到完整的生产线水平，也要经过系统化的设计，有一定的机械化水平，给今后完善生产流程预留改造空间；第三是清洁生产标准，生产环境要防粉尘、降噪音，保护工人健康，尽量保持设备整洁有序。

- 投资估算。对颗粒燃料厂和压块燃料厂分别按实际年产 5 万吨颗粒和 3 万吨压块估算。设颗粒厂装备 6 - 8 台 508 或 520 成型机，并按标准生产工艺配

置全套辅助生产设备；压块厂装备 6-8 台 45 模块压块机，并按标准生产工艺配置全套辅助生产设备。表 15 和表 16 分别是新建上述两个标准成型燃料生产厂的投资估算（2011 年不变价）以及为实现“十二五”和 2020 年的成型燃料发展规划每年需要的平均建设投资。

表 15 建设年产 5 万吨颗粒燃料生产厂的投资估算（2011 年不变价，仅供参考）

序号	名称与说明	数量	资金需求，万元
1	占地面积，亩	40	购买或租赁
2	建筑工程，m²: -生产车间，m ² -原料堆场 -原料库，m ² -成品库，m ² -办公室、检测化验室、食堂、宿舍等，m ² -公用工程、道路、绿化、上下水、电信 -防火工程（蓄水、水泵、消防龙头等），m ²	~13,000: ~3,000 ~3,000 ~4,000 ~2,000 ~1,000	1,200
3	电源（电源接入、变压器等），kVA	1,850	1,000
4	设备及安装： （原料预处理、制粒系统、包装系统、操作控制系统，除尘等资金需求合计） -原料粉碎 -原料清理 -热风炉与烘干 -熟料仓与混合调制 -压缩制粒（以 520，508 为基准） -冷却包装 -除尘系统 -电器与控制 -质量检测设备	6-8 台颗粒成型机	1,500
5	-原料收集设备 -叉车、铲车、场地原料翻倒设备等 -运输设备 -办公设备等		300
6	基本建设与固定资产总投资，万元		4,000
7	单位产能平均投资，元/吨		800
8	平均电耗，kWh/吨		90-120

9	不可预见费，万元		500
10	流动运行资金，万元		3,000
11	资金总需求（6+9+10，不含土地购买或租赁费），万元		7,500
12	“十二五”后三年平均每年颗粒燃料厂投资*		~ 21.8 亿元
13	“十二五”后三年颗粒燃料厂总投资*		~ 63.4 亿元
14	2016 – 2020 每年平均颗粒燃料厂投资*		~ 45.8 亿元
15	2016 – 2020 颗粒燃料厂总投资*		~ 229 亿元

*——不含土地购买或租赁费。

表 16 建设年产 3 万吨压块燃料生产厂的投资估算（2011 年不变价，仅供参考）

序号	名称与说明	数量	资金需求，万元
1	占地面积，亩	30	购买或租赁
2	建筑工程，m²： -生产车间，m ² -原料堆场，m ² -原料库，m ² -成品库，m ² -办公室、检测化验室、食堂、宿舍等，m ² -公用工程、道路、绿化、上下水、电信 -防火工程（蓄水、水泵、消防龙头等），m ²	10,500： 2,500 2,000 3,000 2,000 1,000	900
3	电力（电源接入、变压器等），kVA	800	400
4	设备及安装： -原料储存 -原料铡切和揉搓 -原料干燥 -原料回性 -压块成型（以 45 模块压块机为例） -冷却包装 -除尘系统 -电器与控制 -质量分析检测设备， 材料费与工程安装费	8-12 台压块机	700 万元
5	其他辅助设备资金需求合计 -原料收集设备 -叉车、铲车、场地原料翻倒设备等 -运输设备 -办公设备等		200 万元

6	基本建设与固定资产投资汇总, 万元		2,200
7	单位产能平均投资, 元/吨		~730 元/吨
8	平均吨电耗, kWh/吨		~80
9	不可预见费, 万元		300
10	流动运行资金, 万元		2,000
11	资金总需求(6+9+10), 万元		4,500
12	“十二五”后三年平均每年压块燃料厂投资*		~26.6 亿元
13	“十二五”后三年压块燃料厂总投资*		~79.7 亿元
14	2016 – 2020 每年平均压块燃料厂投资*		~68.4 亿元
15	2016 – 2020 压块燃料厂总投资*		~342 亿元

*——不含土地购买或租赁费。

(5) 终端应用设备——成型燃料锅炉和其它民用炉具

成型燃料的终端利用主要是代替煤炭、燃油和燃气进行热利用, 无论是 2015 年还是 2020 年, 成型燃料的终端用户仍将主要是蒸汽用户、集中采暖用户和农户家庭。因此, 成型燃料的终端利用设备主要是中小型的蒸汽锅炉、热水锅炉和户用炊事/采暖/炊事-采暖两用炉具。在分析产业链中终端利用设备的发展时, 需要考虑的问题是: 规划目标年的数量规模; 产品品种与质量; 设计制造能力的需求; 投资与市场环境。

● 目标年的数量规模

以 2015 年和 2020 年为目标年。按照前面的分析, “十二五”结束时, 即 2015 年, 规划的成型燃料利用量为 1200 (– 1400 万吨), 2020 年为 5000 万吨。大多数成型燃料锅炉的容量在下面的范围内: 1t/h / 700kW、2t/h / 1.4MW、4t/h / 2.8MW、6t/h / 4.2MW、8t/h / 5.6MW、10t/h / 7MW、20t/h / 14MW。现在无法预测在目标年每个容量的锅炉究竟需要多少台。假设在目标年成型燃料锅炉的平均容量为 6t/h / 4.2MW, 锅炉平均热效率为 85%; 锅炉额定负荷年运行时间为 3500 小时; 成型燃料平均收到基发热量为 13.5MJ/kg; 平均每个农户一年利用 3 吨成型燃料; 工业和集中供热用的成型燃料和农户分散利用的成型燃料比例为 6 : 4。这样可以估算在目标年拥有的成型燃料锅炉和民用炉具的大致规模。表 17 是估算的结果。

表 17 2015 年和 2020 年全国成型燃料锅炉和炉具的数量

年份	工业锅炉			民用炉具	
2015	成型燃料消耗量: 720 万吨/年			成型燃料消耗量: 480 万吨/年	
	平均容量 (t/h / MW)	燃料消耗量 (t/台 · 年)	锅炉台数	燃料消耗量 (t/台 · 年)	炉具台数
	6 / 4.2	4,600	1,565	3	160×10^4
2020	成型燃料消耗量: 3000 万吨/年			成型燃料消耗量: 2000 万吨/年	
	平均容量 (t/h / MW)	燃料消耗量 (t/台 · 年)	锅炉台数	燃料消耗量 (t/台 · 年)	炉具台数
	6 / 4.2	4,600	6,520	3	666.7×10^4

从表 17 可以看出，按平均容量 6t/h / 4.2MW 计，2015 年和 2020 年全国成型燃料锅炉的数量分别约 1600 台和 6500 台，即使考虑到不同容量的分布，锅炉总数与这两个估计数的差别也不会太大。户用炉具的数量分别是约 160 万台和 670 万台。这个数只占全球清洁炉灶联盟计划的 1 亿台的 6.7%。

● 产品品种与质量

1 t/h – 20 t/h （0.7 – 14 MW）的燃煤工业蒸汽和热水锅炉都是常用的锅炉产品，对于成型燃料，也应该是通用产品。但是在用成型燃料作燃料时，要考虑几个专门的问题：热效率要足够高，按容量从小到大和不同的燃料品种，热效率要达到 80% - 90%，这要通过燃烧系统和受热面的精细设计加以保证；一、二次风的配风方式要讲究，风量能调节，既保证气体和固体可燃成分有很高的燃烧效率，又要控制烟气过量空气系数在合理的范围内；颗粒燃料的给料系统要专门设计，压块燃料的给料系统与给煤系统类似，但是也有其特殊性；要提高锅炉（房）的运行操作、监控和管理水平，监测锅炉运行参数（工质的流量、温度、压力，燃烧温度，烟气含氧量，燃料消耗量，锅炉效率测算等）的系统设计要完备，一次和二次传感元件的质量要过关，电动操作的执行机构要可靠，为科学、安全和清洁生产提供保证；要绝对保证烟气污染物排放浓度达到使用地区的排放标准，特别是随着国家和地方对烟气中细颗粒物排放浓度的要求逐步严格，高质量的布袋除尘将成为成型燃料锅炉的主要除尘方式。

目前民用炉具的品种多样，质量参差不齐，但是也有性能优良、制造工艺高、

设计新颖美观的产品在出现。户用炉具也要像家用电器和家具那样，向标准化、实用化、艺术化方向发展。今后要通过提高标准、规模化生产、质量监督、市场竞争和管理，把劣质和山寨产品驱逐出成型燃料炉具市场。

● 设计制造能力的需求

目前在成型燃料工业锅炉的设计制造方面，有些企业是从燃煤锅炉设计制造企业转型发展而来的，如河南的奥科瑞丰德润锅炉和北京盛昌绿能科技有限公司，有的是从燃油燃气锅炉的设计制造企业转型发展而来的，如广州迪森生物能源有限公司。虽然从锅炉制造的工艺装备和工艺质量看，燃油燃气锅炉制造厂可能要优于燃煤锅炉制造厂，但是成型燃料工业锅炉的设计和制造对原来两种类型的制造商来说都有新的课题和挑战。从估算的 2015 年和 2020 年成型燃料工业锅炉的拥有数量看，国内的制造能力很容易满足“十二五”期间直到 2020 年的市场需求，因为这些数量只占国内现有的燃煤、燃气、燃油工业锅炉制造能力的很小一部分。能力的重点将集中在成型燃料工业锅炉的设计方面。不仅是锅炉本体的设计，还有整个锅炉房的设计。由于在过去几年中，成型燃料的工业化、规模化应用处于起步和摸索阶段，各个公司都是边干边摸索，逐步积累经验，形成自己企业的设计标准和规范，一般只在企业内部进行交流和讨论，基本处于内部封闭运行的状态，对外则很少公开信息和交流讨论，造成了各个公司关门照自己的设计方案、方法、标准、规范搞的局面，产品的设计水平和制造质量差别不小，妨碍整个成型燃料工业锅炉水平的迅速提高。随着成型燃料工业锅炉使用量和运行实践经验的增加，要着手组织设计院、制造厂的工程技术人员，集体编写带有通用性质的锅炉和锅炉房设计规范和手册，国家有关部门要组织制定相应的设计制造标准。

对小型成型燃料炉具而言，因为需求量很大，就要求生产规模要相对集中，才能克服小、散、乱的现状。要着力扶持和培育产品适销对路的，有资本、技术和市场营销实力的，年产销 10 万台套量级炉具的龙头企业。

● 投资与市场环境

取锅炉整套设备（包括电器测控设备）价格为 15 - 20 万元/吨（0.7MW）、新建锅炉房的成套造价为 40 - 50 万元/吨（0.7MW）、炉具平均价格为 2,000 元/台套（以上均为 2011 年价格），根据表 17 估算的数据，到 2015 年和 2020 年购

买成型燃料工业锅炉和炉具，以及新建锅炉房（假设全部为新建）的累计投资见表 18。

表 18 至 2015 年、2020 年累计购买成型燃料锅炉和炉具及新建锅炉房的投资估算

项目		工业锅炉	锅炉房	小型炉具
价格指标	万元/蒸吨 (0.7MW), 元/台套	15 - 20	40 - 50	2,000
2015 年 累计量	蒸吨 (MW), 万台套	9,390 (6,573)	9,390 (6,573)	160
2015 年 累计投资	亿元	~14.1 - 18.8	~37.6 - 47	~32
2020 年 累计量	蒸吨 (MW), 万台套	39,120 (27,384)	39,120 (27,384)	667
2020 年 累计投资	亿元	~58.7 - 78.2	~156.5 - 195.6	~133.4

表 18 给出了到 2015 年、2020 年社会向成型燃料终端利用设备方面累计投资的大致数量（2011 年不变价）。

到 2015 年，累计投资在成型燃料工业锅炉设备、建设完整的锅炉房和小型炉具方面的资金大约分别为 14.1 - 18.8 亿元、37.6 - 47 亿元和 32 亿元，合计大约为 69.6 - 79 亿元（锅炉设备投资含在锅炉房投资内），“十二五”还有 3 年半时间，平均每年大约需投入 20 - 22.6 亿元。

到 2020 年，累计投资在成型燃料工业锅炉设备、建设完整的锅炉房和小型炉具方面的资金大约分别为 58.7 - 78.2 亿元、156.5 - 195.6 亿元和 133.4 亿元，合计大约为 289.9 - 329 亿元（锅炉设备投资含在锅炉房投资内），扣除“十二五”期间的投资，“十三五”期间平均每年大约需投入 44 - 50 亿元。

（6）建设跨地区的成型燃料物流配送平台

在原则上，成型燃料应该就地加工，就地利用。但是实际上由于资源和原料相对集中的地区与成型燃料消费相对集中的地区不一定重叠，成型燃料的生产周期与消费周期不一致（比如城镇冬季集中供热）等因素，从而造成在一个地区内或一个时段内产销不平衡。目前广州迪森公司就遇到了这样的矛盾，并且已经开

始考虑建立公司自己的跨省区的成型燃料存储调运中心。可以设想，今后随着成型燃料消费量的增加，以及林业固体剩余物的开发利用和木质颗粒燃料生产量的增加，地区之间和一年中不同季节之间产销不平衡的问题可能会越来越突出。在这种情况下，建立成型燃料的存储调运配送平台自然就会提到议事日程上来。

对大宗物资的存储调运，我国已有非常丰富的经验。煤炭、燃油、粮食等物资在存储调运方面的经验都可以学习借鉴。只要有市场需求和盈利空间，市场行为主体就会投入参与进来。

（7） 新型能源服务

像目前的广州迪森、吉林宏日、北京盛昌绿能等公司同时扮演成型燃料生产商和合同能源管理承包商的角色一样，今后在产业链中可能会大量出现类似的新型能源服务公司。

新的能源服务公司可能有各种各样的形式，有的同时从事成型燃料的生产和合同能源管理服务，有的从事成型燃料的存储调运和合同能源管理服务，有的甚至从燃料生产、锅炉制造、燃料调运，到合同能源管理服务一条线下来做到底（如广州迪森公司的业务），以追求公司利润的最大化。从已有的案例分析看，面对客户用成型燃料开展合同能源管理服务，是有一定利润空间的业务，可以比较有效地部分规避成型燃料生产成本高的缺点。正因为如此，上述几个公司才在实践中摸索到了这条出路。特别是用成型燃料代替燃油燃气的合同能源管理项目，留给承包商的利润空间还比较大。对于用户来说，省去了热源更新改造投资和燃料采购、日常运行的负担，花合理的成本获得所需要的热能和优质的服务，环保排放达标又得到了保障，何乐而不为呢？

实行合同能源管理，对管理服务承包商的要求很高，即有较雄厚的资本实力，有专项的技术特长，拥有多种专业的人才，管理和抗风险能力较强，等等。改造或新建合同能源管理项目热源的固定资产投资和运行费用都由服务承包商承担，一般在 8 年左右的合同期内，承包商必须兑现其节能减排和所有其它的服务承诺，才能回收他们的投资和运行成本，并得到期望的利润回报。

有能力承担成型燃料合同能源管理服务的公司不是短时间内能够打造出来的，而必须经过在行业中的锤炼，所以这种新型能源服务的成长一定是渐进和有序的。

（8） 行业标准化工作

标准是一个行业生存发展的基础，市场竞争的有力武器。成型燃料产业是一个年轻的产业，涉及的行业多、专业多，在生产工艺和设备、成型燃料产品等方面，目前所缺的标准也多，特别是缺少统一的标准和规范。即使已有的标准也没有得到普遍严格的执行。这种情况使产品生产商和用户无法用比较统一的尺度开展业务。对有关行业标准、规范、规程的现状和建议见表 19。

表 19 有关成型燃料产业的标准现状和建议

序号	项 目	目前状况	备 注
1	成型燃料标准		
	颗粒燃料基本性能标准	已发布农业部标准和北京市标准	没有普遍执行
	压块燃料基本性能标准	已发布农业部标准和北京市标准	没有普遍执行
	分类分级标准	无	
	质量检测试验标准	已发布农业部标准和北京市标准	基本没有执行
	包装和运输标准	已发布农业部标准和北京市标准	没有严格执行
2	成型设备标准		
	技术条件标准	已发布农业部标准	没有严格执行
	试验方法标准	已发布农业部标准	没有严格执行
	设计制造标准、规范（程）	无行业标准、规范（程）	各厂执行标准差距大
3	成型燃料生产工厂设计建设规范	无	急需制定
4	生产原料的存储规范	无	需要制定
5	成型燃料工业锅炉技术条件标准与试验规程	无	目前套用一般工业锅炉标准，不完全合适。
6	成型燃料户用炉具性能与试验方法标准	已发布北京市标准	无全国性标准
7	成型燃料锅炉厂房设计与建设规范	无	目前套用燃煤锅炉房规范，不完全合适。
8	成型燃料产业市场准入与市场管理条例	无	需要研究制定

6 资金与金融产业进入

（1） 资金保障体系

应该说，建设我国成型燃料规模化发展的产业体系，从“十二五”规划的第三年开始才能加快步伐。虽然需要的投资资金量不太大（按 2011 年不变价，“十二五”后三年平均每年投入约 70 亿元，“十三五”平均每年约投入 160 亿元），但是任务紧迫而且繁重，产业中现有的法人主体又多是中小型私营企业，他们的资金实力十分有限，如果国家不帮助建立起投资资金保障体系，需要的资金筹措不到，成型燃料产业的规划目标就有落空的危险。

要动员资金的拥有者向成型燃料投放资金，首先要保证他们投入的资金能够回收回来。这个前提就是投入资金后形成的产品和服务能进入市场创造出产值和利润，就是说生产的成型燃料和锅炉、炉具等利用设备能被终端用户所充分消费，从消费带来的利润中逐步收回投资。所以政府一定要促成建立可持续的成型燃料产品和服务的消费机制。

国内银行、基金公司、投资公司、行业内实力较强的公司，大型能源企业和其它行业的企业、外资都是成型燃料产业潜在的投资者。只要有积极的产业政策让他们看到光明的投资前景，筹集到上述需要的资金应该是有问题的。

（2） 资金来源结构示意

如上所述，成型燃料产业化发展所需投资的资金来源结构如图 48 所示。

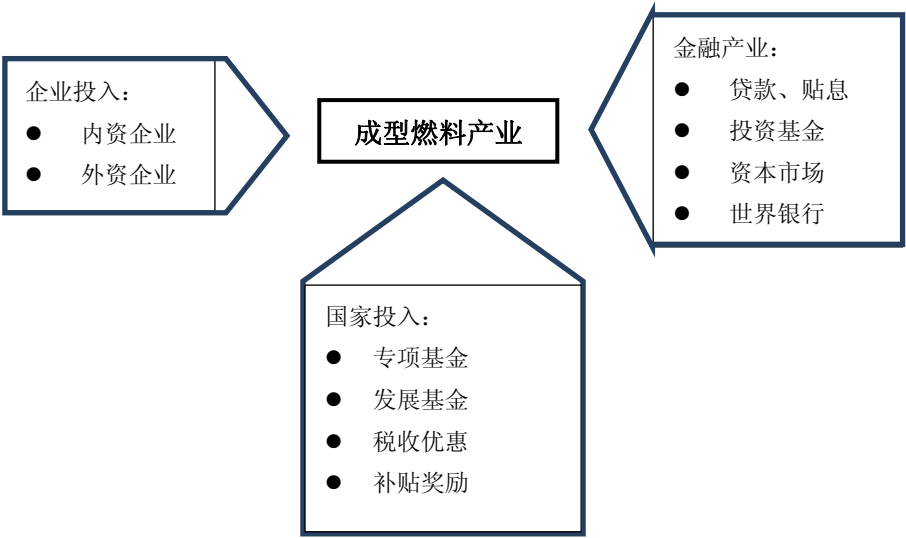


图 48 发展成型燃料产业资金来源结构示意图

7 产学研结合与人才队伍的培养

通过产学研结合，集中三方面的优势，扬长避短，联合攻关，是世界上各个

产业和技术先进国家的成功经验，我国不少产业和技术领域也受益于此。在加快发展成型燃料产业的过程中，也需要走这一条路。同时产学研结合也是高校为产业和研究部门培养和输送专业对口技术人才的捷径。

在成型燃料产业链的各个环节上，目前产学研的结合都很薄弱，许多企业的骨干技术队伍十分紧缺。为了改变这种状况，需要采取一些切实可行的措施和办法来促进产学研的结合。

(1) 现有的和准备进入成型燃料产业的企业，特别是成型燃料原料的收集运输、成型燃料生产装备和成型燃料利用设备的设计制造企业，在观念上要认识知识产权和企业经营信息保护与技术保密、市场竞争的联系和区别，把握好保密的分寸，努力把企业办成与外界有人员和信息交流的开放式企业。对企业在技术方面的短板和瓶颈要敢于公开，敢于主动地吸纳社会资源参与解决。

(2) 中央和地方政府部门在科技项目方面支持成型燃料产业发展时，要有意识地加强对产学研结合的引导，避免只靠一方面的力量单打独斗，提高科研经费的使用效率。在国家资金支持下产生的科研成果中，凡是非保密的成果，项目承担单位都有责任和义务向社会无保留地公开。

(3) 在成型燃料产业技术方面有研究基础和条件的高校，可开办专题短期培训班，面向对口的有关企业招生开课，企业派人带着生产实践中需要解决的急难问题参加培训班，这样一方面批量系统地普及专业基础知识，另一方面群策群力探讨急难问题的解决方案。对办这些培训班需要的经费，采取企业出大头、相关政府部门出小头给予补助鼓励的办法解决。

(4) 企业主动向高校对口专业的本科生、研究生开放，每年提前公开发布计划接纳学生到企业开展社会实践、专业实习的人数、专业范围等信息，既吸引学生走进企业、熟悉企业、研究企业，又为今后招揽专业人才进入企业工作打好基础。

(5) 生物质成型燃料产业联盟筹备成立后，可以在推动产学研结合中发挥重要的组织和协调作用。

8 产业政策的完善和配套

为了实现“十二五”期间和到2020年成型燃料产业的发展目标，中央和地

方政府加强和完善现有的支持激励政策，研究和制定还需要出台的政策，是必不可少的的重要的前提条件。在产业政策的完善和配套方面，需要重视的问题有以下几个方面。

(1)对现有的中央财政支持的秸秆能源化补贴、以农林固体剩余物为原(燃)料的能源产品的所得税和增值税优惠、农机购买补贴、科技支持等政策一定要坚持下去并加以补充完善，即使在实际贯彻执行中遇到这样那样的问题，也不能动摇。因为成型燃料产业目前的状态还很不成熟，行业在整体上刚刚步入产业化发展的轨道，今后 5 — 10 年的任务又重又急，只有坚持积极的政策扶持方向不动摇，才能巩固整个行业的发展信心，注入发展的动力，保持良性的发展势头。政策执行中产生的矛盾，是可以解决的。

(2) 需要环境保护部从全国的角度出发，在调查研究的基础上，制定相应的文件，对成型燃料燃烧利用的总体环境影响作出积极的、实事求是的界定，给全国各地的环保技术部门在进行成型燃料利用项目的环评和环保主管部门在审批项目时有一个统一的政策依据。

(3) 建议国家能源局、财政部、国家税务总局、农业部、国家发改委资源节约与环境保护司等部门协同，对现有的能涵盖成型燃料的生产、销售和利用的各项政策和执行情况进行梳理和回顾，使从不同部门发出的文件能够互相协调、平衡和兼容，对不协调、不平衡和不兼容的地方进行适当的修订，对缺失的地方进行补充。

(4) 迄今已出台的对成型燃料适用的政策多与农作物秸秆及农产品加工固体剩余物的能源化利用有关，对以林业固体剩余物为原料的成型燃料适用的不多，这种情况已不适应成型燃料产业的发展。木本成型燃料的质量和环境影响比草本成型燃料的更好，应用面更广，应当引起足够的关注。另一方面，木本成型燃料的生产技术更复杂，成本更高，因此要给予必要的政策扶持。建议有关部门尽早把制定这方面的鼓励政策提到议事日程上来。

(5) 为了鼓励发展可再生能源，刺激向可持续和绿色经济转型，国家需要建立国内的 CO₂ 减排行业责任制度和交易 (CDM) 机制。如果建立起这样的制度和机制，将有利于成型燃料的推广使用。

(6) 地方各级政府应当针对包括成型燃料产业在内的生物质能发展制定具

体的、可实施的、可量化评估的政策，从一般规划和号召转向具体落实。

第五章 结 论

1. 生物质固体成型燃料是一种可再生的绿色能源，不仅使农林固体剩余物废弃资源得到综合利用，而且可以代替煤炭、燃料油和天然气，既能改善能源结构，又能减排 SO_2 、 NO_x 、粉尘，还能减排 CO_2 。发展成型燃料产业一举多得，利国利民。

2. 2015 年和 2020 年全国生产和消费成型燃料的目标分别是大约 1,200 万吨和 5,000 万吨。这些目标意味着，2013 到 2015 三年中，成型燃料的生产消费量平均每年要增加 250 – 300 万吨；2016 – 2020 五年中，平均每年要增加约 800 万吨。从现在起，如果不采取非常规的跨越式发展的刺激政策和有力措施，上述目标就很难实现。

3. 我国成型燃料产业经过“十一五”期间的摸索和培育，已经具备了进行产业化发展的基本条件。在设计和制造成型设备方面，国内形成了上海申德、江苏牧羊、北京奥科瑞丰、江苏溧阳和河北石家庄“三厂二平台”的格局；我国制造成型燃料工业锅炉和炉具等设备的能力很强；对成型燃料在城市和农村消费市场的开发，也积累了一些经验。这些条件为今后的产业发展打下了必要的基础。

4. 我国现有的农林固体剩余物资源中，大约有 4 亿吨农业固体剩余物和 3 亿吨林业固体剩余物可做能源化利用，完成对其中的部分资源的收储运就能满足 2015 年和 2020 年的成型燃料发展目标对原料的需求。但是因为农林固体剩余物散布在农村和山区，堆积密度小，形状各异，原料的收储运在技术和成本上都是难题。

5. 在成型燃料产业链中，目前大多数的行为主体都是小型企业，虽然已经成长了一些有一定的技术、资金、经营管理实力的企业，但是数量太少。在成型燃料生产装备设计制造方面，已经初步具备了颗粒燃料环模成型机和整条生产线的设计、制造和配套能力，但是装备运行的可靠性有待提高，特别是环模、压辊等易损件的工作寿命需要加长；压块燃料环模成型机的设计制造能力也已具备，但是尚无完整的生产线设计方案，更无示范工程，压块成型机运行不稳定和环模、压辊等易磨损的问题也需要进一步解决。年产 3 – 5 万吨成型燃料的规模化燃料生产厂在全国屈指可数。成型燃料消费市场总体规模小，地域分布不平衡，市场

动力不足，极大地限制了成型燃料产业健康快速地发展。

6. 成型燃料的产业链很长，是一个庞大复杂的系统工程。从原料的收储运到燃料的加工和终端利用，涉及到农村、林区和城市的广大地域，农业、林业、能源、环保多个部门，机械、热能转换和利用、环境、工业化生产和经营管理等多个专业。今后产业化发展的重点是建设年产 3 万吨及以上的压块燃料厂和 5 万吨及以上的颗粒燃料厂，中小型成型燃料工业锅炉及锅炉房和户用炉具。为了实现规模化发展目标，经过测算，按 2011 年的价格水平，2013 - 2015 三年中，整个产业需要的投资平均每年约 70 亿元，其中成型燃料生产方面的投资约 48 亿元，终端利用方面的投资约 22 亿元；2016 - 2020 五年中的投资平均每年约 160 亿元，其中成型燃料生产方面的投资约 114 亿元，终端利用方面的投资约 46 亿元，这些资金的来源还没有落实和整合。

7. 总结过去五、六年我国成型燃料产业发展的经验，中央和地方政府制定并坚决贯彻一系列扶持和激励成型燃料产业发展的政策，如秸秆能源化利用财政补贴政策、资源综合利用产品的所得税优惠和增值税即征即退政策、农机购买补贴政策、建设绿色能源示范县政策、科技项目支撑、城区限制燃煤的政策等，对成型燃料的生产和利用起到了决定性的推动作用。今后政府积极支持成型燃料产业发展的政策和对政策实施的监督只能加强，不能削弱。

8. 建议中央和各地有关政府部门尽快完善和配套支持成型燃料产业发展的政策，加强对落实“十二五”和 2020 年成型燃料规划目标的监督和管理。政策的重点是：（1）环保部尽快出台全国适用的支持利用成型燃料的文件，推广河南省郑州市和沈丘县利用成型燃料代替煤炭改善市区和县城空气质量的经验，为迅速扩大成型燃料消费市场创造政策条件，带动整个成型燃料产业的发展；（2）有关涉及支持生产和利用以农业剩余物为原料的成型燃料的财政补贴、奖励、税收优惠和减免的政策要扩大到适用于以林业剩余物为原料的成型燃料的生产和利用；（3）对利用成型燃料实现节能减排的终端客户应给予奖励；（4）国家对成型燃料产业的科技支持项目要紧密结合产业发展中急需解决的技术瓶颈问题，推动产学研结合；（5）组织制定产业发展所必需的标准、规范和条例；（6）建立成型燃料产业发展的投资保障体系；（7）建立年产 3 - 5 万吨及以上成型燃料规模化生产项目的省内审批和向国家能源局备案的制度，以利全国范围内的综合平

衡；（8）推动建立国内的碳排放权交易制度。

第六章 附件

一、《生物质固化成型燃料产业化发展经验交流会》简介

1 会议简报

全国生物质成型燃料产业化发展研讨会简报

一、会议概况

2011年11月25-26日在北京神舟国际酒店召开了全国生物质成型燃料产业化发展研讨会，出席这次会议的有相关政府部门领导、业内专家和有典型性和代表性的企业。

这次会议是课题组研究计划的一部分，设计这次研讨会的目的是将调研的基本情况和初步结论向与会领导、专家和企业代表做一汇报，并征得反馈意见；倾听“十二五”成型燃料规划对行业发展的要求和政策精神；与到会企业代表进行深入访谈、讨论，获得深入的行业信息和需求。这次会议的时间安排在课题的第一阶段现场调研之后和第二阶段现场调研之前，达到对项目前期工作小结，和对后期工作指导的目的，使得本课题的最终报告能尽可能贴近中国产业发展现状和产业发展政策。

会议由课题组长、国家发改委能源研究所原所长周凤起研究员主持并致开幕词，主要议程有：（1）项目组汇报；（2）典型企业广州迪森、上海申德发言；（3）主要领导讲话；（4）领导、专家和企业代表针对产业现状和规模化发展交流、讨论；（5）讨论关于成立产业联盟事宜。此外还安排了预备会议、会外会、会外交流和访谈等。

这次会议的召开是现阶段产业发展的需要，是完成“十二五”全国成型燃料发展规划的需要，也是多年来企业、专家、政府领导共同不懈追求与实践的小结和对未来的期待和展望。

二、发言要点

项目组汇报调研情况和初步结论的要点是：自2009年以来，成型燃料产业呈现了一波发展的高潮，状况比想象的要好，表现在成型燃料生产工艺与设备的基本成熟和生产规模的扩大；成型燃料在

工业和民用热能领域，特别是中小型工业锅炉中成功应用的诸多案例；成型燃料的生产销售应用出现了如珠三角和长三角的地方性市场；成型燃料的发展势头进入了一个新阶段。但同时还要看到整个产业还处在初级发展阶段，产业链还不够完整，不够成熟，要达到正常的产业化发展阶段还有相当一段路程。

随后，广州迪森公司、上海申德公司重点介绍了企业的发展历程和主要经验。广州迪森是业内企业的典范，是成型燃料规模生产、生物质锅炉制造与应用的综合型企业，也是业内唯一一家集产学研于一体的现代企业。他们已经建设了或正在建设 10 个年产 5 万吨成型燃料的生产基地，在工业中利用成型燃料代替煤炭、燃油和燃气的规模和水平也很高。上海申德是制造成型燃料生产设备的骨干企业之一，2006 年以来经过不断的探索、创新、实践，成功开发出 420、520、600、800 等系列生物质颗粒燃料压缩成型机及成套设备，目前其产品主要的市场在欧洲、美国、加拿大和韩国等地，代表着国内的高端产品。广州迪森和上海申德两个公司的发展经验值得成型燃料产业内的其它企业思考和借鉴。

在广州迪森和上海申德介绍了他们企业发展的情况后，国家发改委新能源和可再生能源司副司长梁志鹏首先讲话。他指出生物质固体成型燃料是一种比较实用的技术和能源生产消费形式，它的产业化发展是必须的。“十二五”可再生能源发展规划即将确定生物质固体成型燃料的发展目标，是一个实实在在的高标准，也是“十二五”可再生能源管理的重点之一，其产业化发展有着比较好的机遇。一个是生物质固体成型燃料在新能源城市建设中用于供热、供暖是合适的，并且要求达到一个绝对数量或者一定的比例，以此来带动商品化发展和产业化进程。另一个是绿色能源县建设，每一个绿色能源县都要有 1-2 万户农民使用成型燃料作为他们生活用能的能源，同时还要有一定数量的农业或工业生产用能。现在的问题是行业要尽快制定各领域的技术、质量标准，提高行业的自我发展能力，为市场和客户提供可靠的产品。

紧接着农业部原副部长洪绂曾在发言中指出，要提升农业生物能源的发展速度，生物质能源对可在生能源的贡献将是巨大的，在座的都是开拓者。生物质固体成型燃料产业还是一个新兴的产业，仍面临很多问题、难题，资源的利用就是其中之一。资源的数量巨大，但

是目前能利用的数量很少。还有设备的标准化、规模化也是一个问题。发展新兴产业要依靠科学技术，做应用研究，也要做些必要的基础研究，可以实施产学研相结合，也可以跨系统、跨部门的整合资源，解决技术难题。根据可再生能源中长期发展规划，到 2020 年中国生物质固体成型燃料生产应用将达到 5000 万吨，这对代替煤炭等化石燃料，减排 CO₂ 和 SO₂，帮助农村劳动力就业，带动直接投资和 GDP 增长都有重要的意义。另外成立成型燃料产业联盟是很重要的举措，是组织化、规范化之举，使整个行业受益，所有企业受益。

中国工程院院士石元春为生物质固体成型燃料产业的发展已奔走呐喊多年，他很有感慨地说，很多事情预料不到，成型燃料产业在我国的发展过程就是这样，可以说是九死一生，不过能生存，能发展到今天的规模和水平，一是不容易，二是必然有它的道理。相比起来，固体成型燃料是最简单、最实在、最有群众基础的生物质能源技术路线，认识这个问题是需要一个过程的。我们的声音太弱小，适当的时候邀请媒体帮助宣传，做些报道是必要的。由于这是一个新产业，看起来简单，但做起来难点不少，首先是政策层面不够成熟，在战略层面的考虑不够清晰，应更清楚些，积极推动战略新兴（型）产业的发展。第二是定位支点问题，对成型燃料的生产和清洁应用，怎样表达才更准确，更有引导性、鼓励性和易于推广。第三，在中小工业锅炉上使用成型燃料替代煤，是有优势的。第四，整个产业还很幼小，还不成熟，需要扶持和一个较长时间的建设。

环保部污控司大气处刘孜处长的发言很受企业的关注，因为大家知道环保部门拥有一票否决权，环保政策对推动成型燃料产业化发展举足轻重。刘处长说，第一，当前大气污染形势非常严峻，区域性污染、灰霾天气和污染源头控制，但是各地产生污染的原因又是不一样的，其中煤的污染主要是 SO₂、NO_x 和粉尘（可吸入颗粒物，包括 PM₁₀），目前正在制定《空气质量标准》，征求意见稿将很快发布。第二，国办 32 号文和“十二五”规划都支持、鼓励发展生物质固体成型燃料，环保部也不例外，只是需要制定具体操作、检测办法。第三，成立产业联盟后要制定出产业自身的技术路线和发展路线，要制定相关标准和规范，包括规范生产和规范生物质锅炉、炉具等。还有，能否编写一个产业发展专项规划，哪怕是参考性的。最后他说，生物质固体成型燃料减排很有特色，控制得好，操作得好可以与天然气相比，是环

保的切入点。

国家发改委能源研究所可再生能源发展中心研究员秦世平是固体成型燃料的专家，是参与国家有关可再生能源、生物质能政策性文件的起草人之一。他在发言中说，第一是（市场）理念的转变，即要树立工业理念，走工业化生产、消费的道路，成型燃料的生产是规模化，成型燃料的应用是工业化，其主导市场是中小工业锅炉，农村、农民的应用是辅助的、低成本的。因此无论是生产装备、锅炉等都不能是低端产品，要开发中高端产品才能适应规模化、产业化发展要求。第二关于看得见的市场，其中城市使用生物质固体成型燃料和生物质锅炉集中供热，农村 108 个绿色能源县，每个县国家补贴 2500 万元，发展沼气和成型燃料，计算下来有 1,000 个乡，再加上 10,000 个林业生物质点都要使用成型燃料作为家庭炊事、采暖的能源。

中国炉具协会副会长贾振航发言的第一句话就是，现在是成型燃料行业成立产业联盟的时候了，我们 100%支持成立产业联盟。我在中国炉具协会工作，深知“行业协会”或“产业联盟”对企业和行业发展的重大作用。产业联盟可以把企业组织起来，为企业做很多实实在在的事，在推动成型燃料产业化发展进程中其作用是无可替代的。第二，目前成型燃料产业还不成熟，比如成型设备及相关产品都缺乏相关行业标准，所借用的一些农机产品的专用设备，其相关标准有的也已落后。另外行业中的大多数企业，规模过小，处于一种无组织、无序，有的甚至还是作坊状态，难于适应规模化、产业化发展要求。第三，我们所推动使用的清洁炉具的目标是替代燃煤和提高室内空气质量。中国一些地区的老百姓在生活中所使用的煤的含氟、含硫量几十倍甚至上百倍超标，给人民群众的身体健康甚至生命安全带来严重威胁。而使用生物质固体成型燃料替代当地的劣质煤是解决这个问题的有效方法之一。因而，中国推广生物质成型燃料和生物质清洁炉具是功德无量的伟大事业。

协鑫集团控股有限公司首席战略官周篁博士闻讯也赶来参加会议。他的发言开宗明义，说他就是为成型燃料产业联盟来的，有了产业联盟，企业就有了找到家的感觉。站在产业整体的高度，产业联盟的出现是必然的，是产业发展的产物，也是具备了初步产业化发展条件的结果。接着他又讲了市场和产业化之间的关系。他列举了生物质发电的例子，说生物质发电首先解决了上网问题，也就是解决了市场

出路，有了市场就不愁卖。借助这个思路，把成型燃料和城市集中供热联接起来，也就解决了成型燃料的市场出路，这样产业发展动力就解决了，因而明确成型燃料的市场方向和定位是至关重要的。他最后说，协鑫集团还是有些实力的，出资 10-20 个亿是可能的，问题是看准项目，看准着力点，希望能和大家合作。

农业部规划设计研究院能源环保研究所副所长孟海波说，对今天的会议感受非常深，和五年前产业比较，和五年前的会议比较，确实跨出了巨大一步，登上了新的台阶。今天是总结的会议，也是研究发展的会议。现提两点建议：一是为了产业化发展，企业要组织起来，要团结协作；二是成立产业联盟，企业是主体。

到会的嘉宾、学者发言的还有美国能源基金会代表卢红、国能生物发电公司科技部总经理庄会永、山东大学教授董玉平、中南林业大学教授陈喜龙、中国绿色碳汇基金会总工程师李金良、农业部规划设计研究院新能源室主任田宜水、中国农业大学生物工程中心讲师朱万斌等，他们的发言角度不同，各具特色。

辉南宏日、江苏牧羊、北京奥科瑞丰、辽宁森能、北京盛昌绿能、溧阳荣达、河北天太、湖北和泰等企业的负责人也都争先恐后发了言。根据专业不同，这些企业分为三类。第一类是成型燃料的生产设备制造企业，第二类是成型燃料的生产企业，第三类是成型燃料终端利用设计制造企业。在这三类企业中，有的第二类和第三类企业还兼负有合同能源管理服务的任务。到会的企业负责人代表了整个行业的缩影。

出席研讨会的企业代表们集中反映了成型燃料产业目前面临的一些突出问题，它们主要是，一，可收集和利用的资源在价格和数量方面的不确定性，，缺乏一种原料收储运的长效运行机制。二，多数生产成型燃料的厂家不具备工业生产规模，并且存在生产工艺粗糙和成型设备运行不稳定等问题。三，成型燃料市场的不确定性和不规范性，扩大市场的动力不足。四，行业标准不完整，不健全。5，产业政策不配套。这些问题都要在企业、政府的共同努力下尽快解决，扫清成型燃料大规模产业化发展的障碍。

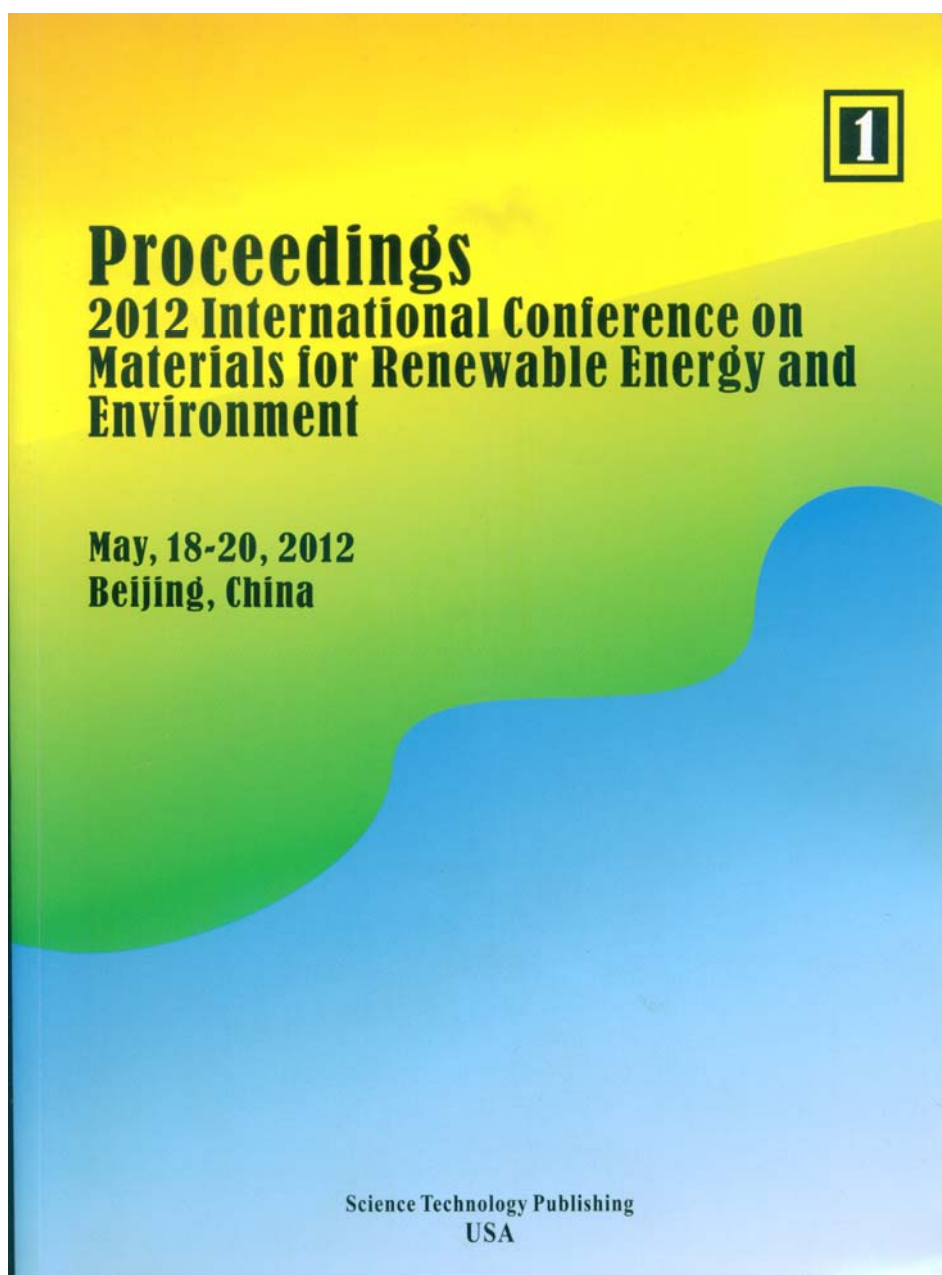
三、倡议成立产业联盟

与会领导、专家和企业代表一致同意由会议提出成立产业联盟的

倡议，并委托农业部规划设计研究院能源环保研究所副所长孟海波博士、辉南宏日新能源公司董事长洪浩博士和中国农业大学生物工程中心朱万斌同志共同负责前期筹备工作，大会还通过了《关于成立生物质成型燃料产业联盟的倡议书》。

2 关于成立产业联盟的倡议

二、 参加《2012 可再生能源与环境材料国际会议》论文



Development Situation of the Industry of Densified Biomass Solid Fuel in China

Leping Chen

China Low-Carbon Economy Promotion Association
No.21 Bei Er Tiao, Xi Si, Xichen District,
Beijing, 100034, China
E-mail: leping_chen@163.com

Dingkai Li

Department of Thermal Engineering,
Tsinghua University,
Beijing, 100084, China
E-mail: lidk@mail.tsinghua.edu.cn

Abstract - For the purpose of realizing the development target of densified biomass solid fuel (DBSF) stated in the "Medium and Long-Term Development Plan for Renewable Energy in China" and the reduction target of CO₂ emission in 2020, this paper summarily and full-view likely describes the development situation of DBSF industry in China based on intensive investigations. Resource of DBSF, R&D and manufacture of extrusion equipment, performances of the equipment, collection and transportation of raw biomass materials, production and end-use of DBSF, encourage and incentive policies for DBSF development are presented respectively. Finally, several important problems to influence further development of China's DBSF industry are discussed.

Keywords – biomass energy; densified biomass solid fuel; industrialization; incentive policy

I. INTRODUCTION

DBSF refers to the solid fuels with shapes of pellet, lump and cudgel which are produced by extrusion of agricultural and forest solid residues (AFSR). In 2010, the amount of produced and consumed DBSF in China was only approximate 2.5 million tons; the amount of DBSF would reach 10 million tons in 2015; and then would rapidly increase up to 50 million tons in 2020 [1]. These targets not only provide an unprecedented opportunity but also raise a severe challenge to the industrialization development of DBSF. Meanwhile, China will reduce CO₂ emission intensity per unit GDP by 40-45% till 2020 compared with 2005. As estimated, in order to realize the target in 2020, total amount of CO₂ emission reduction in China would be around 1.73-2.5 billion tons in the year [2]. Utilization of 50 million tons of DBSF will contribute the rate of 4-3% to the CO₂ emission reduction mentioned above. Therefore, DBSF is a significant way for CO₂ emission reduction. Based on intensive investigations, this paper provides some useful information to the industrialization development of DBSF in China.

Industrial chain of DBSF is quite long, including collection, transportation and storage of AFSR, design and manufacture of the equipments to produce and utilize DBSF, production and distribution of DBSF, and utilization of DBSF by end-users. Every link of the chain has own distinguishing feature, but all the links are interdependent and mutually condition.

II. RESOURCES

China is a country relatively rich in AFSR, among which corn stalk, bean straws, cotton stalk, rape straw, corncob, peanut shell, rice husk and wooden residues are

suitable for production of DBSF. One research shows that about 360 million tons of corn stalk, rape straw, cotton stalk, bean straws, rice husk, corncob and 300 million tons of wood wastes could be used as energy resource in 2004 [3]. The area of China's arable land is relatively stable, sustainability of forestry is of assurance. It can be believed that there is enough biomass resource to meet the demand for raw materials of DBSF production in 2020.

Although china has enough biomass energy resources, the resources are scattered throughout the country. Furthermore, the differences of geographical and climatic conditions cause great variety of biomass species in different regions. This leads to very big difference in processes and conditions of collecting raw materials and producing DBSF. Therefore, development of China's DBSF industry must go on in the light of local conditions.

III. EQUIPMENT AND SYSTEM TO PRODUCE DBSF

In China, the main existing extruders of DBSF are pelletizers and cubers with annular dies. The auxiliary equipments which are combined with the extruders to compose a complete production system of DBSF are various conveyers, kneading and cutting machines of straws, choppers of woods, crackers, hot gas furnace, dryers, moisture adjuster of feedstock, cooler of DBSF, packager and so on. Production plants of DBSF are also equipped with some movable machines such as graspers, shovel loaders, forklifts and light trucks.

The feedstock for pelletizers are mainly wooden materials; for cubers – herbaceous. The production lines with pelletizers are well designed, relatively integrated and highly mechanized. However, the best production systems with cubers are only at the levels of semi-mechanization.

There are several types of pelletizer with annular die. The production capacities of small ones are less than 1t/h, the capacities of big ones are 2-3t/h. Production capacity of pelletizer also strongly depends upon properties of feedstock. The diameters of holes of dies are 6mm, 8mm, 10mm and 12mm respectively, which consumers can choose according to their need.

There are also several types of cubers with annular die. Mode hole number of the dies mainly is 36, 45 and 60; cross section size of the die holes usually is 32mm × 32mm. Annular dies are allocated vertically or horizontally.

The domestic representative manufactures of equipments to produce DBSF are mainly located in Jiangsu Province, Shanghai, Beijing and Hebei Province, such as Muyang Biomass Engineering Co., Shanghai Shende Machinery Co., Ltd., Liyang Rongda Feed Equipment Co., Ltd., Beijing Aoke Ruifeng Mechanical and Electrical Technology Co., Ltd., Hebei Tiantai Bio-energy Development Co., Ltd., etc. Among the manufactures, some only make pelletizers and their auxiliary equipments, some only make cubers and their auxiliary equipments, some make both. Most of them have experiences in manufacturing extruders plus auxiliary equipment of fodders before manufacturing those of DBSF. At present, domestic manufactured equipments to produce DBSF are already exported to some Middle European countries, Russia, US, Canada, some South-East Asian countries, South Korea etc. besides to meet domestic market.

Due to the raw materials of DBSF much different from that of fodders, i.e. the formers contain much more lignin and cellulose, and fine dust and sand as well, and density of DBSF being bigger than that of fodder, very high pressure is needed for densifying raw material of DBSF in the mode holes. These factors result in not only quicker wastage of mode hole by erosion, but also damage of bearings and the parts of transmission gears of extruders. The damageable parts of extruders mainly are the press rollers and the die of pellrtizer or the mode blocks of cuber.

IV. EQUIPMENT AND SYSTEM TO UTILIZE DBSF

The utilization ways of DBSF are similar to those of coal, so the equipments and systems for utilization of the two kinds of fuels are similar to each other. However, in comparison with coal, DBSF contains much higher volatile, lower fixed carbon, moisture and sulfur. In addition, the elements of potassium, sodium and chlorine in DBSF are relative high. These properties determine some special requirements of the equipments and systems related to DBSF utilization.

There are main three kinds of equipment to use DBSF, they are various small and middle industrial boilers, appliances of space heating and cooking stoves for households, gasifiers and pyrolyzers with special uses.

Volatile content of DBSF is as high as 65-75%, moisture content usually is less than 12-15%. While DBSF is fed into combustion furnace, temperature of the fuel rapidly goes up and plenty of volatile is released. In order to burn out the volatile within a limited space and time in the furnace, and to reduce unfavorable influence of ash slagging to combustion of DBSF, it is necessary to distribute primary and secondary airs perfectly in two aspects of design and operation, and control temperature in the cinder layer. With respect to industrial boilers of DBSF, particular attention should be paid to the designs of feeding system and heat transfer surfaces. Thermal efficiency of the DBSF- fueled boilers of 0.7-14MW can easily be over 80%, even reach 90%, obvious superior to those kinds of coal-fired boilers, almost competitive with the gas or oil-fired ones. The DBSF-fired boilers with capacity of equal to or less than

0.7MW usually use fixed plate; the boilers larger than 0.7MW adopt traveling chain or reciprocating grate. In the case of larger capacity (e.g. 28MW) and burning pellets, CFB combustion could be better for avoidance of slagging in the furnace. Practice shows that during the operation of industrial DBSF-fired boilers, corrosion of heat transfer surfaces caused by the comprehensive reactions of iron, potassium, sodium and chlorine is not notable, so operational safety and economic service life of the boilers are ensured.

Because the SO_2 emission concentration of DBSF-fired boiler is low, in general, there is no need for desulfurization facility in the boiler house. Due to low temperature combustion, NO_x emission concentration usually does not exceed the related standard value. In a DBSF-fired boiler house, disposed cinder is small and bag-house filter can control fine PM emission. Therefore, the boiler house is quite compact and tidy. Figure 1 is a schematic layout of pellet-fired boiler house.

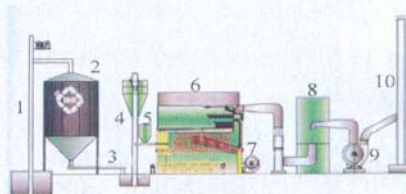


Figure 1. Schematic layout of pellet-fired boiler house

1. Elevator; 2. Pellet bin; 3. Screw feeder; 4. Elevator; 5. Governing feeder; 6. Boiler; 7. Forced draft fan; 8. Bag house filter; 9. Induced draft fan; 10. Chimney

One boiler house is equipped with one 0.7MW wood pellet-fired boiler with reciprocating grate, and a bag house filter. Measured performances of the boiler were as follows: thermal efficiency of direct heat balance was 80.3%; converted emission concentrations of TSP, SO_2 and NO_x were 8mg/m^3 , 2mg/m^3 and 117mg/m^3 respectively; Lingeman Blackness was less than one. The results demonstrate that DBSF-fired boiler and corresponding boiler house is efficient and clean equipment and system.

In order to disseminate DBSF in rural area, many companies have designed and manufactured different types of small appliances and stoves to meet the demand for space heating in winter, daily cooking and bath of farmers' households.

V. PRODUCTION AND END USERS OF DBSF

A. Production of DBSF

At present, from Heilongjiang Province in the Northeast to Yunnan Province in the Southwest, from Inner-Mongolia in the North to Guangdong Province in the South, from Shandong Province in the East to Sichuan Province in the West, there are a number of enterprises, that are distributed

throughout at least nineteen provinces, autonomous regions and municipalities directly under the Central Government (MDUCG), to produce DBSF. Among the enterprises, there are more than fifty ones that have annual production and sale scale of over ten thousand tons of DBSF.

Guangzhou Devotion Thermal Technology Co., Ltd. and Beijing Aoke Ruifeng Mechanical and Electrical Technology Co., Ltd. are the two largest producers of DBSF in China. Business of the former is mainly in Guangdong Province and Yangtze Delta region, the latter's business is scattered in the provinces of Jilin, Liaoning, Hebei, Henan, Hubei, Anhui, Shandong, Jiangsu, etc.. Both companies had produced over 100,000 tons of DBSF in 2011.

In the agriculture regions, biomass lumps are the main product of DBSF with agricultural residues being used as raw materials of cubers. In the forest regions or the areas where timber processing industry is developed, pellets are the main product with sawdust and waste woods as main raw material of pelletizers.

Collection and transportation distance of raw materials is a restriction on DBSF production. Production sites of biomass lumps are relatively scattered, depending on the conditions of raw material supply, transportation road, site area and power supply, etc. Production workshop and product warehouse are simple, one or a few cubers and pre-processing machines of raw materials are installed at a site. Such one site can produce approximate 3,000-10,000 tons of lumps annually. A few lump production plants have been built up quite regularly due to close to big gathering and distributing centers of raw materials (e.g. peanut shell, rice husk and bark), and/or there being existing big idle plant buildings to be rented as well. Production processes in such plant are little better than semi-mechanization, the largest production capacity of the plants can reach 40,000-50,000 tons of lumps annually.

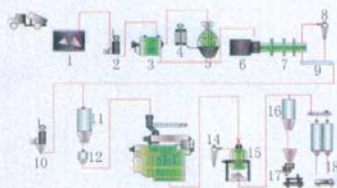


Figure 2. Production flow chart of pelletizing plant

1. Storage and pre-processing area of raw materials; 2. Feeding device; 3. Rolling sieve; 4. Dust cyclone; 5. Cracker; 6. Hot gas furnace; 7. Dryer; 8. Induced draft fan; 9. Screw conveyor; 10. Qualified feedstock; 11. Hopper; 12. Iron remover; 13. Pelletizer; 14. Cooling fan; 15. Pellet cooler; 16. Product hopper; 17. Packager; 18. Loading and transporting bulk pellets

Most of the scaled up pellet fuel plants were designed and constructed in accordance with the requirements of industrial production. The production processes in a plant are divided into several sectors and each sector has a separated space, with the sectors being jointed by conveyers and pipes so that to form a complete production line.

Division of the sectors usually is arranged as follows: 1. upper sector is the space for storage and pre-processing of raw materials; 2. followed by drying sector of feedstock; 3. then to the sector including processes of adjusting moisture content of feedstock, pelletizing, cooling and packaging pellets; 4. storage of DBSF products. Within each sector, the equipments with same function (e.g. crackers, dryers and pelletizers) are installed in parallel. Such design is favorable for efficient and clean production. At present, the largest single pelletizing plant produces 50,000-60,000 tons of pellets per year. Figure 2 and Figure 3 are flow chart of pelletizing plant and the pelletizing workshop of a pellet fuel production plant respectively.



Figure 3. The pelletizing workshop of a DBSF plant

B. End Users of DBSF

In China, the consumption of DBSF depends on competition between the prices of DBSF and fossil fuels, and guidance of governmental policies. It is well known that production cost of DBSF is relatively high and most coal mines are located in the North, Northeast and Northwest of China. Therefore, in those regions DBSF has no competitive ability with coal from the point of view of the price per unit calorific value of fuels. By contrast, the South of China is short of coal resources, over there DBSF can compete with coal on balance in price. If compared with natural gas (NG) and oil fuel, the price of DBSF has obvious superiority. On the other hand, improvement of air quality is an urgent problem in the agendas of many Chinese cities, some of the municipal governments strictly limit use of coal. This situation forces the consumers used to depend on coal to find other replaceable fuel, thus the market of DBSF is being expanded day by day.

The above factors make DBSF have two larger markets in China. One is in the cities in the north part of China which strictly limit use of coal to meet the demand for space heating during winter and daily heat supply in hospitals, hotels, public baths, etc. Another market is in the south of China, where some enterprises, such as food factories, pharmaceutical factories, chemical factories to produce goods of daily use, textile mills, paper mills and so on, substitute fossil fuels, particularly NG and fuel oil, with DBSF to reduce production cost and meet requirement of environmental protection.

In recent years, a new trend has being emerging in the aspect of DBSF utilization. That is producers of DBSF

directly supply heat to the heat consumers in the way of contract management of energy. Guangzhou Devotion Thermal Technology Co., Ltd. has done this best. The company has invested and built up one gasification plant for a steel hot-working plant located in Shenzhen and one steam generation plant for a paper mill located in Zhuhai, Guangdong Province. The company operates the two plants, and use wood pellets, a part of which is produced by the company itself, another part is purchased by the company from other pellet producers, as gasification feedstock and boiler fuel. The gasification plant is equipped with two CFB air-blown gasifiers and consumes about 50,000 tons of pellets annually, sells hot gas to the steel plant for its heating furnaces, which used to burn heavy oil. The steam generation plant is equipped with two 28MW CFB boilers and consumes about 60,000 tons of pellets annually, sells steam to the paper mill for processing use, which also used to burn heavy oil. The effects of energy conservation and CO₂ emission reduction of the two plants are very significant. Another example is Great Resources (Hui'an) Co., Ltd. located in Changchun City, Jilin Province. The company is one of the biggest DBSF producers and suppliers in the northeast of China. It has signed a contract of space heating of 4 million square meters buildings in winter with Changchun authority through contract management of energy. This business mode of DBSF combines production, sale and consumption of DBSF together, enhancing planning of DBSF production and sale, avoiding market uncertainty and risk, and reducing the costs occurring in the middle links. The people in the DBSF industry are realizing the advantages of this business mode, and start to adopt the mode more and more.

VI. THE INCENTIVE POLICIES TO STIMULATE DEVELOPMENT OF DBSF INDUSTRY

In order to promote comprehensive resource utilization and development of renewable energy, the central and local governments of China have made a series of concrete incentive policies based on The Renewable Energy Law of the People's Republic of China, Development Program of Renewable Energy in Medium and Long Terms and other regulations. Five important policies play a key role in promoting development of DBSF industry, they are: 1. the financial subsidy to the projects of energy utilization of straws; 2. the preferential taxation given to the heat and fuel products which are produced with agricultural and forest solid residues; 3. to encourage utilization of DBSF and limit use of coal; 4. construction of green energy demonstration counties (GEDC); 5. the financial subsidy given to agricultural machines purchased by farmers.

A. The Subsidiary Fund for Energy Utilization of Straws

In 2008, the Ministry of Finance made the policy "The Provisional Procedures for Management of the Subsidiary Fund for Energy Utilization of Straws". It is stipulated in the policy that the conditions for an enterprise that produces DBSF to apply for the central financial subsidiary fund for energy utilization of straws are: 1. registered capital of the enterprise must be over 10 million RMB Yuan; 2. for the

enterprise, its total consumed straws and other residues raised from primary processing of agricultural products in one year must be equal to or over 10,000 tons. Since 2009 this policy has been carried out successively for three year, resulting very positive impacts on bring the enterprises' initiative into producing DBSF, and mitigating high cost pressure on the enterprises.

In 2011, 50 enterprises in 15 provinces, autonomous regions and MDUCGs obtained different subsidies from the fund. This policy will be continuously implemented in the future.

B. The Policy on Value Added Tax (VAT) of Resource Comprehensive Utilization Products

To develop recycle economy and speed up construction of resource-conservative and environment-friendly society, the Ministry of Finance and the State Administration of Taxation adjusted and improved the policy on VAT of AFSR comprehensive utilization products in 2011, issued "A Notice on Adjustment and Improvement of the Policy Related to Resource Comprehensive Utilization Products and Their Services and VAT", with the policy including immediately to return VAT of DBSF one hundred per cent to fuel producers. This policy leads to lower price of DBSF, so is welcome by producers and consumers.

C. The Policies of Encouraging Use of DBSF and Limiting Use of Coal

In 2009, a letter in reply of the Ministry of Environmental Protection confirmed that in the case of DBSF utilized by dedicated combustion equipments, efficient and clean combustion could be realized, DBSF would not be a high pollutant fuel; while NG would be in short supply in cities, DBSF could be a replaceable fuel, but emission standard should be as same as NG. During the 16th Asian Games held in Guangzhou in 2010, DBSF was used in that area as usual.

Some municipalities, e.g. Zhengzhou, Luoyang, Kunming, Changsha, Ningbo, Suzhou, Baotou, etc., limit use of coal in urban district, particularly forbid small hot water and steam boilers to continue use of coal, which has to be replaced by other clean fuels. These local policies are promoting development of the DBSF market. In the past winter, a situation of demand for DBSF over supply occurred in Zhengzhou City.

D. To Construct Green Energy Demonstration Counties

The Development Program of Renewable Energy in Medium and Long Terms requires that 500 GEDC should be achieved till the year of 2020. In the initiative, DBSF will act as a key role. By the end of 2010, NDRC, NEA and the Ministry of Agriculture together determined that 108 counties in China had been selected into the list of GEDC under construction. Among those, 26 counties first have received financial subsidy from the Central Government, the specified number of the subsidy is 25 million RMB Yuan per one county.

DBSF engineering is an important item in construction of GEDC. One DBSF engineering project has to produce and supply 6,000 tons or more of the fuel every year. In principle, the DBSF should meet the demands for space heating and daily cooking of at least 1,000 farmer households and public organizations in rural area. Besides production and supply of DBSF, end-use appliances such as boilers and stoves are also needed.

The technical indexes of the equipments, products and environmental protection are as follows:

1. Production capacity of a single pelletizer $> 1,000$ kg/h, electricity consumption rate of pelletizer ≤ 60 kWh/t, pellet formation rate $> 95\%$; single service life of the damageable parts of pelletizer > 300 hours; working noise of pelletizer ≤ 85 db, dust concentration in the production surroundings $\leq 10\text{mg/m}^3$; pellet density $\geq 1,000\text{kg/m}^3$, etc.

2. Production capacity of a single cuber $> 1,000$ kg/h, electricity consumption rate of cuber ≤ 40 kWh/t, lump formation rate $> 95\%$; single service life of the damageable parts of cuber > 300 hours; working noise of cuber ≤ 85 db, dust concentration in the production surroundings $\leq 10\text{mg/m}^3$; lump density $\geq 800\text{kg/m}^3$, etc.

3. The performances of DBSF-fired boilers and stoves: thermal efficiency of industrial boilers for rural use $\geq 75\%$, that of household's boilers $\geq 70\%$, that of stoves for both cooking and space heating $\geq 60\%$, and that of cooking stoves $\geq 35\%$.

4. Emission indexes of the DBSF-fired boilers and stoves: the average concentrations of CO , SO_2 and TSP are less than 0.2% , 30mg/m^3 and 50mg/m^3 respectively; Lingeman Blackness < 1 .

E. *The Policy of Financial Subsidy for Purchase of Agricultural Machines*

China has been carrying out the policy to give financial subsidy to the agricultural machinery which is purchased by farmers for years, so that farmers could purchase more the machines for their business and agricultural machinery industry can develop faster. In the production process of DBSF, collection, transportation and pre-processing of raw materials and distribution of DBSF products need some agricultural machines, such as straw harvesters, straw packers, tractors, kneading and cutting machines of straws, crackers, mixers, etc. All these machines are in the category of the subsidy. If DBSF producers and raw material suppliers in a province purchase the machines, they can enjoy the subsidy from the central finance with at most thirty per cent of the prices which are the average prices of the machines within the province in the previous year.

VII. DISCUSSION

The DBSF industry of China has gone through its start stage, just steps in the period of fast development. Although the industry already has a development basis and experiences, is far from mature. As for speeding up its

development, to achieve the targets in 2015 and 2020, there are still a great number of problems to be solved. These problems are mainly embodied in the aspects of technology, funds, qualified personnel and policy.

As to technology, first, it is necessary to draw up design standards for DBSF production plants with quite large scale which should be suitable to the conditions of different regions, and that for DBSF-fired boiler houses; second, it is needed to focus on some solutions of key technologies such as lengthening service life of the damageable parts of DBSF extruders, universally raising thermal efficiency of end-use equipments of DBSF, control of fine particulate matters emitted from combustion equipments of DBSF.

With regard to fund input, at present, most of the existing enterprises of DBSF industry are small, a few of them are middle, and no large one, thus the industry is seriously short of funds. How to attract and encourage big enterprises with rich fund to put money into the industry is the key problem for annual increase by about 2 million tons of DBSF in the following four years, and 8 million tons every year from 2016 to 2020.

In the aspect of qualified personnel, nowadays expert persons who are engaged in the DBSF industry are extremely in short; the combination of the industry, universities and research institutes is very weak. The DBSF industry is related to wide multi-disciplines and technologies, with a big shortage of a complete chain of expert personnel existing. Only if an efficient personnel entering and training system is established, can meet the demand for qualified personnel to the expanding development of the industry.

With respect to policy, the existing incentive policies should be further improved, systemized and sustained. At present, the policies pointing to the DBSF of agricultural solid residues are relative concrete, but policy pointing to forest solid residues almost is blank; there are only favorable policies for DBSF producers, but those for DBSF end-users; countrywide support to utilization of DBSF from the authorities for experimental protection is not strong enough. All these problems should be solved. In addition, domestic CDM for DBSF should be established.

ACKNOWLEDGMENT

The investigation activities for this paper were partly supported by the project To Assist Renewable Energy Development of China.

REFERENCES

- [1] NDRC, Medium and Long-Term Development Plan for Renewable Energy in China (Abbreviated Version, English Draft), Issued in September 2007.
- [2] www.steelinfo.com.cn, "The Amount of CO_2 emission reduction of China would exceed that of Europe and U.S. in 2020" (in Chinese), July 6, 2011.
- [3] www.aebiom.org/cheubio, Development of Co-firing Power Generation Market Opportunities to Enhance the EU Biomass Sector Through International Cooperation with China, November 2008 (publishable final report)

三、主要企业、机构联系索引

生物质固体成型燃料行业主要企业和机构联系索引

序号	姓名	单位	职务	电话	邮箱
1	任 曙	上海申德机械有限公司	总经理	021-57745781	renshu@shendemach.com
2	唐林强	上海申德机械有限公司	市场部副经理	021-57745779, 13917693865	shendetlq@163.com
3	易炳权	牧羊集团	副总裁	0514-87848888, 13905279635	ybq@muyang.com
4	张国平	牧羊生物能源设备公司	总经理	0514-85828990, 13952562869	zgp@muyang.com
5	管 君	溧阳市荣达饲料设备有限公司	总经理	0519-67180580, 13801495939	lyrdgh@163.com
6	宋旭伟	江苏鼎邦生物质能源机械有限公司	董事长	0519-87327388, 13901496326	jslyxy@163.com
7	杨小亮	河北天太生物质能源开发有限公司	总经理	0311-82238229, 18631198293	hebeitiantai@163.com
8	石书田	北京奥科瑞丰机电技术有限公司	总经理	010-64843368, 18611013323	stshi@bjakrf.com
9	周子丹	北京奥科瑞丰机电技术有限公司	副总经理	010-64850100, 18611013356	zdzhou@bjakrf.com
10	贾振海	河北奥科瑞丰生物质技术有限公司	总经理	0316-8937041, 13343263900	zhjia@bjakrf.com
11	王 辉	北京奥科瑞丰机电技术有限公司	总经理助理	010-64850100, 18611013368	wanghui@bjakrf.com
12	马 革	广州迪森热能技术股份有限公司	总裁	020-82199653	dsmage@devotiongroup.com
13	曾剑飞	广州迪森热能技术股份有限公司	原料公司 总经理	020-82199902, 18675625631	xh2311389@yahoo.cn
14	洪 浩	辉南宏日新能源有限责任公司	董事长	010-82601957, 18611705333	hh@hrxny.com

15	赵 威	辽宁森能再生能源有限公司	董事长	0413-5262909, 13904230018	silverport2008@yahoo.com.cn
16	李金斗	辽宁森能再生能源有限公司	总经理	0413-5263433, 13009268888	silverport2008@yahoo.com.cn
17	傅友红	北京盛昌绿能科技有限公司	董事长	010-65831226, 13901360476	honghuif@vip.163.com
18	张晓姣	北京盛昌绿能科技有限公司	总经理助理	010-60215442, 15810207709	janazhang@bj-sbst.com
19	李善学	湖北和瑞生物能源有限公司	董事长	027-81881668, 15872397812	info@harmonybe.com
20	石 磊	哈尔滨金石生物质能源发展有限公司	首席执行官	0451-53753466, 13845083267	owenshi@ksenergy.cn
21	魏保欣	河南奥科新能源发展有限公司	常务副总经理	0371-65636930, 13323827688	bxwei@bjakrf.com
22	王 珏	蚌埠市中科新能源有限公司	副总经理	0552-6619966, 18611036016	gege139@hotmail.com
23	张春德	雄县牛宝秸秆青草加工有限公司	董事长	0312-5752319, 13703323119	niubaogongsi@126.com
24	王艳秋	雄县牛宝秸秆青草加工有限公司	总经理	0312-5752319, 13933271279	niubaogongsi@126.com
25	李 巍	连云港皓越新能源技术有限公司	总经理	0518-85328999, 13951498808	
26	邵 勇	云南省西部开发投资有限公司	总经理	0871-5358641, 13308718866	ynkm_shao@126.com
27	陈惠良	云南腾众新能源科技有限公司	副总经理	0871-8314085, 18669078316	tenzhong@163.com
28	郭建平	云南腾众新能源科技有限公司	总工程师	0871-8314085, 13312558815	tenzhong@163.com
29	彭世润	河南德润锅炉有限公司	总经理	0371-65861212, 13837168831	pengshirun@126.com
30	崔桂娟	辽宁葫芦岛华东锅炉厂	总经理	13709898694	cuiguiguan@163.com
31	刘正请	湖南万家工贸实业有限公司	副总经理	0736-4427428, 13707427238	hnwjysy@163.com
32	邢立力	北京老万生物质能科技有限责任公司	总经理	010-69743044	stsyb@laowan.com
33	徐海东	河北鑫华新锅炉制造有限公司	区域经理	0312-2838888, 15831208066	hx@xinhuaxin.com.cn
34	姜仲国	北京金荣升商贸有限责任公司	总经理	010-51350866, 13911388195	zxluju@sina.com

35	刘丽峰	保定奥普奥普机械有限公司	销售部长	13633322868	bdopop@hotmail.com
36	曹津生	石家庄青欣炉具有限公司	总经理	0311-85346329, 18631125592	Jinsheng612@sina.com
37	王瑞林	河北神禾生物质能科技有限公司	董事长	0311-86508760, 13582338364	
38	周亚君	通辽和田牧业科技发展有限公司	总经理	0475-2861877, 18647580577	
39	周 篁	协鑫（集团）控股有限公司	首席战略官	021-68862858, 13910084997	zhouhuang@gcl-power.com
40	吴创之	中国科学院广州能源研究所	所长	020-87057688	wucz@ms.giec.ac.cn
41	何晓峰	河南省科学院能源研究所有限公司	总工程师	0371-65710049, 13838098845	hexfh@163.com
42	孟海波	农业部规划设计研究院	副所长		
43	田宜水	农业部规划设计研究院节能与新能源室	主任	010-65929410, 13331003085	yishuit@yahoo.com
44	郝芳洲	中国节能炉具专业委员会	主任委员	010-85989148, 13801210836	haofangz@126.com
45	秦世平	国家发改委能源所可再生能源发展中心	研究员	010-63908475, 13911518113	qinshp@amr.gov.cn
46	庄会永	国能生物发电集团有限公司科技部	总经理	010-58681607, 13910883668	hyzhuang@163.com

参考资料

- [1] 《中华人民共和国可再生能源法》，2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员
会第十四次会议通过
- [2] 国家发展与改革委员会.《可再生能源中长期发展规划》，2007 年 9 月
- [3] <http://www.cinic.org.cn/site951/schj/2012-02-29/539596.shtml>
- [4] <http://www.chinaluju.com/ztbd/html/5366.html>
- [5] <http://news.qq.com/a/20091126/002470.htm>
- [6] <http://www.steelinfo.com.cn> [2011-7-6 8:06:09]
- [7] Leping Chen and Dingkai Li, Development Situation of the Industry of Densified Biomass
Solid Fuel in China. Proceedings of ICMREE012, May 18-20, 2012, Beijing, China. pp.476-480
- [8] 清华大学、河南省能源研究所.《中国生物质资源与分布调查报告》. 中欧合作项目
CH-EU-BIO 研究报告，2007
- [9] 毕于运、高春雨等. 中国秸秆资源量估算. 农业工程学报, 第 25 卷, 第 12 期(2009):211-217
- [10] 万发春、刘晓牧等. 2009 年中国主要粗饲料产量分析. 饲料工业, 第 31 卷, 第 16 期
(2010): 59-60
- [11] 毕于运、王亚静等. 中国主要秸秆资源数量及其区域分布. 农机化研究, 2010 年 03 期:
1-7
- [12] 谢光辉、王晓玉等. 中国作物秸秆资源评估研究现状. 生物工程学报, 第 26 卷, 第 7 期
(2010): 855-863
- [13] 陈晶晶、张楚. 我国薪炭林现状及发展对策探讨. 江西农业学报, 2009, 21(8):169-172
- [14] 王涛. 中国森林生物质能源资源研究现状及展望. 第十二届中国科协年会——非粮生物
质能源与高技术产业化研讨会论文集, (2010):1-6
- [15] <http://www.gxhx.gov.cn/tsny/tsny/jhxx/200904/31197.htm>. 中国水果种植面积和产量双居
世界第一. 2009.4.1
- [16] 郝芳洲. 壳牌基金会生物质炉灶项目通过评审. 能源与环境, 2006 年第 7 期: 61 – 62
- [17] <http://www.chinaluju.com/hdjl/html/6362.html>: 清洁炉具和生物质成型设备研讨会纪要
- [18] [http://www.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/caizhengwengao/caizhengbuwengao2008
/wengao200811qi/200903/t20090304_118500.html](http://www.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/caizhengwengao/caizhengbuwengao2008/wengao200811qi/200903/t20090304_118500.html)
- [19] http://jjs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/tongzhigonggao/201203/t20120314_635073.html
- [20] [http://www.chinatax.gov.cn/n8136506/n8136563/n8193451/n8193466/n8193662
/8237149.html](http://www.chinatax.gov.cn/n8136506/n8136563/n8193451/n8193466/n8193662/8237149.html)
- [21] <http://www.chinatax.gov.cn/n8136506/n8136593/n8137537/n8138502/9089556.html>
- [22] http://xm.mof.gov.cn/lanmudaohang/zhengcefagui/200903/t20090327_127462.html
- [23] http://szs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/zhengcefabu/201111/t20111123_609990.html
- [24] http://www.zhb.gov.cn/info/bgw/bbgth/200908/t20090812_157379.htm
- [25] <http://wenku.baidu.com/view/2885896a561252d380eb6e69.html>

- [26] http://jjs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/zhengcefagui/201104/t20110418_538363.html
- [27] <http://www.ehome.gov.cn/Article/Class1/201106/7252.html>
- [28] http://www.stee.agri.gov.cn/zytz/t20110711_845438.htm
- [29] http://d.wanfangdata.com.cn/Claw_G000116641.aspx
- [30] 《2012-2014 年国家支持推广的农业机械产品目录（公示稿）》，
http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zxfb/201112/t20111213_2434849.htm
- [31] <http://www.mofcom.gov.cn/aarticle/b/g/201107/20110707669104.html>
- [32] http://www.ndrc.gov.cn/cyfz/zcfg/t20060526_70936.htm
- [33] http://govinfo.nlc.gov.cn/jlsfz/zfgb/200818/201010/t20101009_443077.htm?classid=383
- [34] http://www.ndrc.gov.cn/hjbh/hjzhd/t20111219_451474.htm
- [35] http://www.moa.gov.cn/zwl/m/zcfg/nybgz/201112/t20111214_2435273.htm
- [36] <http://roll.sohu.com/20120131/n333257939.shtml>
- [37] <http://wenku.baidu.com/view/889ed40a79563c1ec5da7120.html>
- [38] 《农业工程技术：新能源产业》，No.1, 2010:36
- [39] <http://www.cresp.org.cn/chinese/content.asp?id=1436>
- [40] <http://www.cresp.org.cn/chinese/content.asp?id=1435>
- [41] <http://www.cresp.org.cn/chinese/content.asp?id=1434>
- [42] <http://www.cresp.org.cn/chinese/content.asp?id=1437>
- [43] http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2012/201203/t20120328_93413.htm
- [44] http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/2011tz/t20111229_453493.htm
- [45] http://www.lceic.gov.cn/art/2011/6/30/art_190_136166.html
- [46] <http://finance.qq.com/a/20111102/002064.htm>,
<http://finance.people.com.cn/stock/GB/16247770.html>
- [47] <http://finance.sina.com.cn/roll/20110808/082510281275.shtml>
- [48] http://www.sdpc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/2011tz/t20111219_451468.htm
- [49] <http://roll.sohu.com/20120131/n333257939.shtml>