

我国林业生物质成型燃料产业化实证研究

洪浩¹, 尤玉平², 严德福³

(1. 北京大学环境科学与环境工程学院, 北京 100471; 2. 惠州学院经济管理系, 广东惠州 516007;

3. 辉南宏日新能源有限责任公司, 长春 130000)

[摘要] 分析了发达国家林业生物质成型燃料产业发展的经验, 指出国内目前阶段该产业的发展依赖于完整的产业链构建。我国可能源化利用的林业生物质资源丰富, 具有充分的比较优势。分析我国供热市场现状和问题后指出, 林业生物质成型燃料的市场应该锁定在分布式供热上, 并提出促进该产业发展的具体建议。

[关键词] 林业生物质成型燃料; 产业化; 分布式供热; 产业链

[中图分类号] U448.25 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)02-0066-06

1 前言

2009年9月在联合国气候变化峰会上, 我国政府承诺到2020年森林面积比2005年增加4 000万 hm^2 , 森林蓄积量增加13亿 m^3 , 单位GDP能耗降低40%^[1]。林业具有完成以上目标的责任, 同时也面临完成任务的巨大压力和挑战。要实现森林面积和蓄积量“双增长”的目标, 清林抚育是关键。目前清林抚育工作由于没有经济收益, 仅采用传统的行政手段分配任务, 难以确保工作的顺利进行。大量的清林剩余物被丢弃于林间, 不但造成资源浪费, 而且也为森林火灾和病虫害的发生埋下隐患。此外, 林区转产种植木耳后, 丢弃的木耳菌袋无法处理也已经成为制约该产业发展的瓶颈。近年来, 北方林区的棚户区改造任务占全国的90%以上^[2], 改造后的棚户区楼房, 大部分为林业局自行购买燃煤统一供暖(保守估算, 北方林区要烧掉燃煤110万t, 花费资金约5亿元)。由于用能问题没有很好解决, 部分改造后的棚户区居民又转向使用原来的烧柴取暖, 影响了棚户区的改造实效。因此在北方林区推广使用林区剩余物生产的木质颗粒燃料, 引导企业以市场化手段参与清林抚育, 对提高森林质量, 培育林区转型后接续替代产业以及解决棚

户区改造后居民生活用能问题、全面高质量地完成林区棚户区改造任务等有着十分重要的意义。

文章对林业生物质成型燃料是否能与林业生态建设有效衔接, 成长为有市场竞争力和可持续发展能力的产业做了深入探讨。

2 发达国家林业生物质成型燃料产业的发展经验

2.1 林业生物质能源在生物质能源利用中占较大比例

全球一次能源供应中, 可再生能源占13%, 其中生物质能源占可再生能源的77%。在生物质能源消费中, 林业生物质能占绝对优势, 达87%(见图1)。2003年欧盟所有成员国林业生物质能的利用量达6 143万tce, 其中法国最多, 达1 326万tce, 瑞典和芬兰次之。2010年欧盟林业生物质利用量将达到1.43亿tce^[3]。由此可见, 林业生物质能源在生物质能源总量以及可再生能源中起着非常重要的作用。开发利用好林业生物质能源资源是生物质能利用的重中之重。

2.2 发达国家经验表明生物质能源主要市场导向是供热市场

能源终端消费市场分为3类: 发电、供热、交通

[收稿日期] 2010-12-07

[作者简介] 洪浩(1968—), 男, 吉林长春市人, 博士生, 从事生物经济与生物质能源研究; E-mail: honghao968@163.com

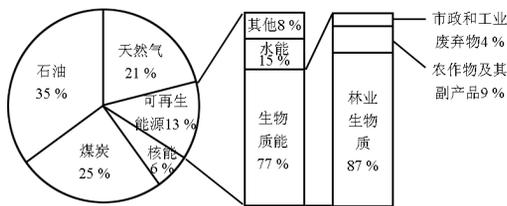


图1 生物质能源占全球一次能源的比例

Fig.1 Proportion of bioenergy in global primary energy supply

注：数据来源 IEA(2008)和 IPCC(2007)

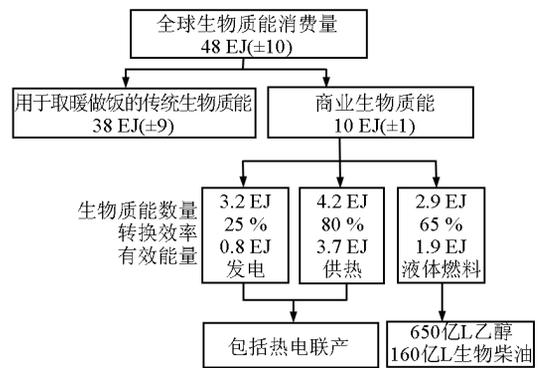


图2 2008年全球用于生物质能源的生物质总量及结构

Fig.2 Total amount and structure of biomass used for global bioenergy in 2008

注：数据来源于 IEA2009。引自 IPCC, Contribution to special report renewable energy sources

燃料；任何能源类型最终都需要进入这3类市场，对于新能源的利用，首先需分析其进入这3类市场的条件和可能性，以及进入目标市场与原有能源品种的比较优势。2007年全球生物质能消费总量为48 EJ(±10)，其中商业生物质能10 EJ(±1)，消费总量的42%用于供热市场(见图2)。欧洲是全球生物质产业发展最快的地域，2006年欧洲生物质资源转化为能源的总量为8900 toe，其3类市场份额分别为发电36%、液体燃料6%、供热58%，其中木质生物质能源有83.4%用于供热，仅有16.6%用于发电(2003年数据)^[3]。生物质成型燃料已经成为欧洲家庭常规燃料，在超市中作为普通商品销售，大部分国家已经统计人均颗粒使用量，欧洲各国都建立了生物质成型燃料相应的行业标准、技术规范和产品标准，产业发展已经进入了成熟商业化的快速发展阶段。例如瑞典，其森林覆盖率为57%，林木总蓄积量达27亿m³，林业生物质资源丰富，是世界工业化国家中生物质能源使用比例较高的国家之一。截至2007年底，可再生能源消费占瑞典全国能源消费总量的53.6%，其中供热的60%以上来自生物质能源，主要是木屑压缩制成的林业生物质颗粒燃料。目前瑞典木质颗粒燃料年产量超过200万t，17%以上的家庭都使用木质颗粒燃料取暖供热，在瑞典全国各地的加油站均有袋装的木质颗粒燃料销售^[3]。从欧洲的经验看，固体燃料用于供热市场是目前生物质资源能源化的主要技术路线和市场途径。

2.3 林业生物质成型燃料产业分析

分析林业生物质成型燃料产业在发达国家的推广应用，得出以下4方面的固有优势，有力地促进了该产业的发展。

1) 适用性广。林业生物质成型燃料，特别是颗粒状燃料，具有密度高、形状单一、便于运输和自动

化控制等优点，可广泛用于中小企业生产、家庭取暖和区域供热，实现对燃煤、燃油、燃气的替代。在充当燃料直接燃烧供热的时候，成型燃料还可以作为生物质发电、裂解气化以及生物基产品等的原料，更加扩大了它的适用范围。

2) 经济性强。与同等热值的化石能源相比，林业生物质颗粒燃料具有明显的价格优势，价格相当于燃油的50%~60%，燃气的70%(2009年油气价格)，综合成本与煤基本持平(见表1)。

表1 生物质颗粒燃料与常规燃料热值及费用比较

Table 1 Between biomass pellet fuel and conventional fuel comparison of heat value and the cost

品种	燃烧热值 (净含)	单位价格	每生产1 GJ 所需燃 料费用之比	
管道天然气	36 006.48 kJ·m ⁻³	1.95元 ·m ⁻³	54.16元 ·GJ ⁻¹	1.0
燃料油 180CST	48 148.20 kJ·kg ⁻¹	3 000元 ·t ⁻¹	62.31元 ·GJ ⁻¹	1.2
燃料 油 M100	41 868.00 kJ·kg ⁻¹	3 300元 ·t ⁻¹	78.82元 ·GJ ⁻¹	1.5
柴油 0#	50 241.60 kJ·kg ⁻¹	5 780元 ·t ⁻¹	115.04元 ·GJ ⁻¹	2.2
煤	24 283.44 kJ·kg ⁻¹	1 350元 ·t ⁻¹	55.59元 ·GJ ⁻¹	1.0
商业用电	3 600.65 kJ·kW ⁻¹ ·h ⁻¹	0.6元· kW ⁻¹ ·h ⁻¹	166.64元 ·GJ ⁻¹	3.1
木质颗粒	18 840.60 kJ·kg ⁻¹	1 000元 ·t ⁻¹	53.08元 ·GJ ⁻¹	1.0

3) 加工技术适应资源特点。林业生物质资源

具有资源密度低、能量密度低、分布广泛等特点。在生物质能产业中,原料购买及收集费用通常超过总成本的 50% 以上。生物质液体燃料的经济生产规模一般在 5 万 t 以上,生物质发电的资源需求量在 20 万 t 以上。如此巨大的资源使用量,使得收集半径急剧增加,收集成本迅速增加。与之相对照,林业生物质成型燃料加工企业的资源需求约为 1.00 万 ~ 1.50 万 t,适应林业生物质资源分散分布的特点,收集成本得以有效降低。且成型后的燃料体积大幅变小,约为最初资源的 1/15 ~ 1/7,堆积密度提高至 600 kg/m³ 左右,便于中远距离运输,从而既可灵活供应城市能源市场,又可兼顾农村能源市场的需求。

4) 能源转化效率高。能量投入产出比是衡量能源产品开发的重要经济指标。就目前的技术水平而言,生物质成型燃料的能量投入产出比大约是 1:20,生物质液体燃料大约是 1:5,生物质发电大约是 1:3^[4]。可以看出,发展生物质成型燃料,是投入少、产出多的发展模式,符合生物质资源的特性和经济规律。

3 我国林业生物质成型燃料产业发展的资源条件

3.1 我国林业生物质资源条件

我国森林覆盖率达 20.39%,林业生物质资源丰富。林业“三剩物”(采伐剩余物、清林抚育剩余物、木材加工剩余物)资源丰富,每年可获得量达 9.03 亿 t。其中,可利用作为能源的生物量约为 3 亿 t,折合近 2 亿 tce。其中,全国采伐剩余物量约为 5.54 亿 t,主要分布在内蒙古、黑龙江、吉林等省(自治区),若加上防护林和特种用途林需采伐更新面积的采伐剩余物量 2.06 亿 t,该数量将达 7.7 亿 t^[4]。清林抚育是增加森林生产力,促进林业生态建设的重要环节。2010 年 10 月在吉林省辉南县召开的全国林业生物质成型燃料现场学习交流会上,国家林业局造林司司长指出,“十二五”期间全国共有 15.6 亿亩(1 亩 ≈ 0.067 hm²)林地要进行清林抚育,按照每亩林地至少产生 500 kg 清林抚育剩余物计算,全国将产生 7.8 亿 t 林业剩余物。这部分剩余物如果不加以利用,丢弃在林间不仅造成资源浪费,还是森林火灾隐患和滋生林业病虫害的温床,最佳的利用方式就是加工林业生物质成型燃料。我国每年的林产加工业也生产出大量废弃物。2009 年全国生产木材 7 068.29 万 m³,木材加工剩

余物数量达 1 215.7 万 t。同时,东北林区大量种植地栽木耳,以黑龙江省东宁县为例,2010 年该县种植地栽木耳 84 814 万袋,在为当地农民创造 158 651 万元产值的同时,也生产出 21.2 万余吨废弃木耳菌袋。如果没有合适的利用方式,这些废弃菌袋随意堆放腐烂将严重污染水资源,并且其塑料包装形成白色污染。而加工生物质成型燃料是资源化利用废弃木耳菌袋的有效方式,不仅解决了污染问题,还能为农民增加收入。

3.2 我国林业生物质资源的比较优势

我国林业生物质资源具有的比较优势,一是与常规化石能源资源比较,二是与其他可再生能源资源比较,三是与农业生物质能资源比较。

林业生物质能源相比化石能源的优势为化石能源是“点”上的资源,而林业生物质资源是“面”上的资源。化石能源虽然储量相对集中,能量密度较高,价格相对较低,但其资源本质上不可再生,可利用的资源量越来越少,开采成本越来越高,经济性逐渐降低,并且其废弃物环境污染异常严重。相对而言,虽然林业生物质资源在地理上分散,能量密度较小,大范围大规模收集成本较高,开发与利用受收集半径的制约,但其资源本质上可以再生,只要利用得当和重视发展林业,其资源就可以持续利用,并且存量还会增加,同时可改善自然环境。林业生物质能资源的空间分散性在较小地理上集中的小规模优势,正好适应林区、农区村庄和城镇居民及单位的分布式分散需求。

林业生物质能资源与其他可再生能源资源相比,在资源类型丰富性、能量易储性、生产经济性和环境生态性方面具有较明显优势。林业生物质成型燃料易于储存和运输,减排作用显著。

与农业生物质资源相比,林业生物质资源的优势主要表现在以下方面。首先,林业生物质资源收集成本低于农业秸秆资源。林业采伐剩余物和加工剩余物的产生相对集中,而农作物秸秆资源较为分散,故林业生物质资源较易收集。其次,林业生物质资源交易成本低。农作物秸秆资源分散在数量众多的农户手中,产权分散,交易成本较高。在欧美国家,几个农场主拥有的农作物秸秆就可满足一个 2 MW 发电厂的需求,而在中国,收集同样数量的秸秆将涉及上千农户,面临较高的交易成本。相比之下,林业产权大部分集中在国有林场和森林工业企业,产权集中程度优于农作物秸秆,因而交易成本

低,同时林业产权集中也有利于资源的稳定持续供给。再次,林业生物质资源品质优于农作物秸秆。农作物秸秆资源热值普遍较低,约 15.22 MJ/kg,灰分含量高,灰熔点低,易结焦;而林业生物质资源热值达 16.68 MJ/kg,灰分含量低于 2%,灰熔点高,火力强,相当于中质烟煤,燃烧性能优于秸秆。综合来讲,相比农业废弃物,林业生物质资源发展成燃料产业具有较大的比较优势。

4 我国林业生物质成型燃料产业发展的市场定位

4.1 我国能源市场结构和特点

我国能源消费总量目前居全球第二,但增速已列第一,高于全球能源消耗增速 4 倍。我国能源市场结构不同于发达国家,发达国家能源结构高品位的油气占 70%,我国低品位的煤占比达 70% 左右^[5],因此我国正处在低品味能源向高品位能源的过渡期,除了对外掌控更多的油气资源,能源结构调整预示着生物质能的巨大机遇。我国非商品能源的传统生物质(主要是秸秆和薪柴)支撑了农村人口一半的生活用能需求;同时由于经济发展水平差异,我国能源消费结构中城乡差别悬殊,农村能源消费增长潜力巨大。我国农村商品能源消耗相当于城镇人均的 1/4。随着农民收入的增加,新农村建设的开展,一方面,农村人均能耗将逐步增加;另外,在没有其他因素影响的情况下,传统生物质能消耗将逐步向商品能源转化。据测算到 2020 年,农村地区人均商品能耗将由 0.62 tce 增加到 1.99 tce,新增商品能源消耗近 10 亿 tce,相当于 2009 年我国能源消费总量的 1/3。如果城市可以通过产业结构调整、节能降耗等手段使能源需求呈现一定弹性,那么农村能源的需求增长则呈现相对刚性,这部分能源需求也为生物质能源的发展带来原动力。

4.2 我国供热市场分析

供热是重要的公用产品,也是公共基础实施的组成部分,我国供热市场的热源主要有发电厂余热和供热锅炉两种;燃料有煤、油、气、电等;供热方式分为热水和蒸汽两种;供热用户大致可分商业、民用和工业 3 类;供热市场收费方式,对于一般建筑供暖按供热面积计费,工业蒸汽则按流量计费。

供热市场是能源终端消费市场中增长最快的市场,每年增速超过 10%,同时供热市场又是资源浪费和环境污染严重的领域。目前城市供热方式实际

情况中主要有以下 4 个问题。

1)集中供热并非占绝大多数。例如,吉林省会长春市,总供热面积 1 亿 m^2 ,热电联产的集中供热只占 3 500 万 m^2 ,中等规模锅炉区域供热达 4 000 万 m^2 ,小锅炉供热 2 500 万 m^2 。

2)集中供热存在结构问题。集中供热无法解决特殊建筑的能源需求,比如酒店、医院、洗浴中心等。另外,由于管线尾端 20% 左右的用户供热状况始终不佳,工业用能管道尾端用户甚至影响正常生产。长春高新区和经济开发区均存在类似问题,济南高新区情况更加严重。

3)污染严重。全国中小供热锅炉总数 57 万多台^[6],每年能源消耗量达 6 亿 tce,占能源消耗总量的 1/7。中小锅炉多以燃煤为主,缺乏高效的脱硫、除尘装置,其二氧化硫排放占比超过 50%,是国家整治的主要对象。

4)供热效率损失严重,尤其是集中供热方式。用户采暖量的多少不受经济利益约束,用户的室温低了产生投诉,室温高后开窗放热,大约浪费了全部热量的 7%;这种浪费在公共建筑中更明显,办公楼、教室等公共建筑在下班、放学以后照常供热,例如华北地区,供热期 125 天,其中节假日就有 40 天,占采暖期的 30%,造成大量的能源浪费。据测算,集中供热效率损失为 10%~30%^[7,8]。

4.3 锁定分布式供热市场

分布式能源是贴近能源消费市场需求,提高能源利用效率的高效系统,代表着能源利用的发展方向。在供热市场上,分布式能源主要涵盖三个方面:一是具有特殊供热要求的公共建筑,如酒店、医院、洗浴中心等;二是集中供热无法覆盖的城市周边和农村新城镇;三是需要特殊热源指标(如温度、压力等)的工业企业。目前这三类分布式能源需求主要由中小锅炉提供用热服务,其中绝大多数是燃煤锅炉,不仅由于效率低导致成本高,同时造成严重污染,特别是二氧化硫排放问题。但由于燃煤是目前分布式能源最经济的解决方案,因此要在分布式能源市场上取代燃煤,首先要在经济上与燃煤有可比性。生物质固化成型燃料取代燃煤的经济性主要表现在热效率方面,由于生物制成型燃料专用锅炉的热效率超过同等功率燃煤锅炉 15%~20%,因此,通过减少燃料量而获得同样热值来达到成本降低的优势。效率的提高也就意味着减少污染。

我国分布式能源消费市场总量达 6 亿 tce,每年

成长速度近 10%，分布式的能源消费市场与生物质资源的空间分散性恰好吻合。分布式能源市场为生物质成型燃料产业发展提供了广阔的市场空间。如果发展生物质成型燃料全部取代我国近 57 万台中小锅炉中小化石能源锅炉燃料，可提高清洁能源比率 20%，总体提高能源利用效率最少 2.5%，极大改善能源结构，同时极大缓解减排压力。

5 吉林林业生物质成型燃料产业发展的成功案例

位于吉林省的辉南宏日新能源有限责任公司在林业生物质成型燃料产业发展中创立了成功的商业

模式。该公司通过打通生物质成型燃料产业发展的完整产业链，即资源收集、加工成型、燃烧产能、市场消费 4 个环节，为林业生物质成型燃料找到了出路，并能有效保障能源产品的稳定、持续供给（见图 3）。

宏日新能源建立的 3 座工厂分别以采伐剩余物、清林抚育剩余物和木耳菌袋作原料，通过拥有自主知识产权，可以实现连续稳定生产木质生物质颗粒燃料的生产工艺加工颗粒燃料，然后运送到生物质成型燃料供热站，用生物质颗粒燃料专用锅炉燃烧供热。宏日的实践证明，只有建立起完整的生物质成型燃料供热产业链，才能为生物质成型燃料找

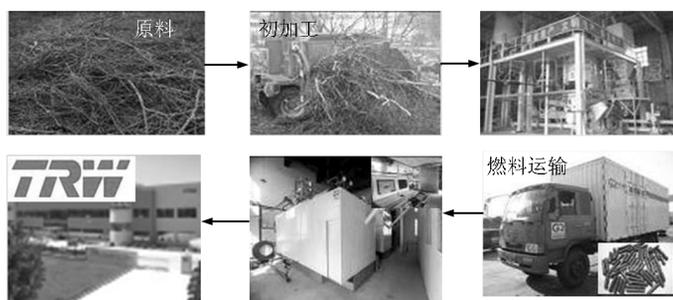


图 3 宏日新能源林业生物质成型燃料供热产业链

Fig. 3 The industry chain of Great Resource's woody biomass briquette heating

到稳定的出路，才能为用热客户提供有保障的供热服务。生物质成型燃料产业发展了，才会使植树造林、清林抚育产生经济效益，从而有效调动林区居民育林的积极性，确保林业“双增长”目标实现。

6 我国林业生物质成型燃料产业发展的综合效益分析

6.1 经济效益

我国现有可生产林木生物质成型燃料的资源折合 6 300 万 tce，直接增加经济价值 600 亿元，如果加上未来 10~20 年，可望新增 24 778 万 tce 的林业生物质资源发展潜力，届时将形成一个 31 078 万 tce、市场价值超过 3 000 亿元的生物质能源产业。如果考虑到对关联产业的带动作用，清林抚育和采伐剩余物收集带动了林业活立木蓄积量生长、病虫害和火灾减少而增加的林业收益，为成型燃料生产和使用而投资研发并制造的加工设备、收集设备、运输设备、存储装备、燃烧设备等装备工业和能源管理服务业，整个产业链的增加值将超过 1.2 万亿元，形成一个产值超万亿的产业群。

6.2 社会效益

一是能够促进林区富余劳力就业，缓解林业改革转型期间形成的社会就业压力。林业生物质能源资源的收集、运输、加工、使用等诸多环节，从林区到城市，都需要人力。根据目前的实践经验，仅推动北方林区林业剩余物全部转化为木质颗粒燃料，就可创造 123 万余个就业岗位。二是可以改善林区棚户区改造后居民的生活和取暖用能，改善他们的生活环境，提高生活质量。三是能够为保障国家能源安全做出贡献，缓解我国能源短缺状况，促进能源结构改善，为 2020 年可再生能源占能源消费 15% 比例的实现提供有力保障。如果 3.1 亿 t 林业生物质资源转化成为成型燃料，仅此就可占到 2020 年能源消费的 6%~10%。

6.3 生态环境效益

一是可以有效地清理回收林区防火清障和采伐及清林的剩余物，防止森林火灾和林业病虫害的发生，目前林业病虫害防治率只有 70%；二是可以替代煤炭，减少二氧化碳和硫化物的排放。仅北方林区林木剩余物生产成型燃料就可节约 3 000 余

万吨标准煤,减排二氧化碳0.75亿t;三是能源林均为幼龄林,固碳释氧效果最好,可以充分发挥中幼林地固碳释氧能力,改善空气质量,美化环境;四是清林可以大幅度促进森林生长,增强蓄水功能,有利于防洪抗旱减灾,减少地质灾害,提高生态效益。在江河源头,大量过熟林对水土保持作用显著。

7 结语

综上所述可以有以下几点启示:基于林业资源特点和比较优势,我国发展林业生物质成型燃料产业具有极大的发展空间;林业生物质成型燃料产业可以和清林等林业生态建设进行衔接,实现林业生态建设的产业化运营模式;林业生物质成型燃料产业的目标市场要兼顾城市和林区(农村),城市特殊供热市场拉动产业发展,林区棚户区改造和农村新城镇建设等将为产业发展提供广阔的市场空间。

鉴于木质颗粒燃料产业显著的经济、社会、环境效益和广阔的发展前景,建议参考南方沼气推广的成功经验,结合北方开展的森林经营和棚户区改造工作,推进林业木质颗粒燃料产业发展。具体建议如下:

1)对林业木质颗粒燃料产业给予高度重视,尽快出台配套的扶持政策。新兴产业发展初期需要强力政策扶持,目前林业木质颗粒燃料产业已完成了从资源到市场的产业链构建,但相应的配套政策尚待完善。比如,农业秸秆颗粒的扶持政策并未涵盖林业颗粒燃料;对在林区新建木质颗粒燃料加工企业,应给予土地、税收等方面的优惠,制定企业参与清林工作的具体办法,鼓励企业发展能源林基地,合理利用资源,增强产业发展后劲。创造条件,引导产业发展与清林抚育和林业棚户区改造相衔接,以此为契机,吸引社会资金投入林业生态建设,推动林业转变发展方式,深化改革,促进林业可持续发展。

2)参考农村沼气工程推广的政策和经验对北方林业生物质颗粒燃料的生产和使用予以扶持。鼓

励林区职工使用颗粒燃料取代传统的木柴和燃煤,对改造后集中居住的棚户区使用颗粒燃料锅炉予以一次性补贴;对分散居住的林业职工更换颗粒燃料炉具同样给予补贴,对使用木质颗粒燃料予以适当补助;对城市周边中小燃煤锅炉改造为木质颗粒燃料锅炉也给予一次性补贴,为产业发展创造更为广阔的市场空间。

3)进一步扩大示范规模,合理布局,引导产业健康有序发展。林业木质颗粒燃料和配套的专用炉具在分布式能源需求市场上的竞争优势已经显现,其成功经验和做法亟待推广,是否可以考虑以地区或省为区域,开展木质颗粒燃料的推广工作。同时,为了避免无序竞争,林业主管部门应积极对木质颗粒燃料生产进行引导和指导,合理布局,使林业木质颗粒燃料产业健康有序的发展。

参考文献

- [1] 胡锦涛. 携手应对气候变化挑战——在联合国气候变化峰会开幕式上的讲话[J]. 资源与环境, 2009(20): 6-7.
- [2] 国家发展和改革委员会振兴东北司. 东北地区国有林区棚户区改造调研报告[J]. 振兴老工业基地工作简报, 2010(150): 1-7.
- [3] 河北省林业局赴瑞典林业生物质能源开发利用技术培训团. 河北省林业局赴瑞典林业生物质能源开发利用技术培训报告[J]. 河北林业科技, 2009(4): 1-6.
- [4] 中国可再生能源发展战略研究项目组. 中国可再生能源发展战略研究丛书生物质能卷[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.
- [5] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2010 [M]. 北京:中国统计出版社, 2010.
- [6] 赵钦新, 周屈兰. 工业锅炉节能减排现状、存在问题及对策[J]. 工业锅炉, 2010, 1(1): 1-6.
- [7] 戴晓华. 城市供热收费体制改革的思考[J]. 价格月刊, 2008(11): 39-40.
- [8] 蒋剑春, 应浩, 孙云娟. 德国、瑞典林业生物质能源产业发展现状[J]. 生物质化学工程, 2006(9): 31-36.

(下转 77 页)