

中国生物质固体成型燃料技术和产业

赵立欣, 孟海波, 姚宗路, 田宜水

(农业部规划设计研究院, 北京 100125)

[摘要] 生物质固体成型燃料技术具有易运输和储存、燃烧效率高等特点, 是生物质开发利用主要方向之一。国外生物质能固体成型燃料技术及设备已经趋于成熟, 形成了整个产业链的成熟技术体系和产业模式。我国已形成了良好的政策法规环境, 生物质固体成型燃料产业化关键技术已趋于成熟。但还存在一定的问题, 需要加强技术研发。

[关键词] 中国; 生物质; 固体成型; 燃料; 燃烧

[中图分类号] TK6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)02-0078-05

1 前言

当今, 全球气候变化形势十分严峻, 已成为世界发展面临的共同难题^[1]。2009年12月, 中国政府在哥本哈根气候大会上自愿做出减排承诺: 到2020年, 在2005年的基础上削减碳排放40%~45%。发展包括生物质能在内的可再生能源已成为我国当前刻不容缓的任务, 不仅有利于优化能源结构, 缓解能源紧张的局面; 而且减少温室气体排放, 有助于国家完成自愿减排的国际义务^[2,3]。

生物质固体成型燃料技术, 即在一定温度和压力作用下, 利用木质素充当粘合剂将松散的秸秆、树枝和木屑等农林生物质压缩成棒状、块状或颗粒状等成型燃料。压缩后的成型燃料体积缩小6~8倍, 能源密度相当于中质烟煤, 提高了运输和贮存能力; 燃烧特性明显得到了改善, 提高了利用效率, 是生物质能开发利用技术的主要发展方向之一^[4]。生物质成型燃料不仅可以为家庭提供炊事、取暖用能, 也可以作为工业锅炉和电厂的燃料, 替代煤、天然气、燃料油等化石能源, 近年来越来越受到人们的广泛关注^[5]。

我国农作物秸秆数量大、种类多、分布广, 每年

秸秆理论资源量约为8.20亿t^[6]。近年来, 秸秆出现了地区性、季节性、结构性过剩, 大量秸秆资源未被利用, 浪费较严重。加快推进秸秆固体成型燃料的利用, 实现秸秆资源化、商品化, 变废为宝, 化害为利, 对于提高农业综合生产能力, 促进农业和农村经济的可持续健康发展, 增加农民收入, 减少污染, 加快建设资源节约型、环境友好型社会具有十分重要的意义。另外, 广大农村生活燃料仍以秸秆和薪柴为主, 秸秆经固化后变成优质的清洁能源, 可以提高农民的用能品位, 改善居室环境, 提高生活水平, 有利于促进社会主义新农村建设。

拟通过综述国内外生物质固体成型燃料技术产业发展现状, 评价不同的成型技术以及燃烧技术, 介绍了标准制定情况, 最后指出技术产业发展中存在的主要问题, 并指出了下一步发展方向。

2 国内外产业发展现状

2.1 国外

目前, 欧盟主要以木质生物质为原料生产颗粒燃料, 其成型燃料技术及设备的研发已经趋于成熟, 相关标准体系也比较完善, 形成了从原料收集、储藏、预处理到成型燃料生产、配送和应用的整个产业

[收稿日期] 2010-12-13

[基金项目] 农业部引进国际先进农业科学技术项目(2008G2); 农业科技成果转化资金项目(2010GB23260580)

[作者简介] 赵立欣(1967—), 女, 甘肃省兰州市人, 研究员, 博士, 主要从事可再生能源及生态环境保护领域的政策、技术与开发工作;
E-mail: zhaolixin5092@gmail.com

链的成熟技术体系和产业模式。2009年,欧盟生物质固体成型燃料产量达452.85万t,消费量为496.68万t,现有颗粒燃料生产厂847家,生产能力约714.2万t^[7]。其中,瑞典生物质颗粒燃料的产量约157.6万t,消费量约191.8万t,位居世界首位。生产的颗粒燃料除通过专门运输工具定点供应发电和供热企业外,还以袋装的方式在市场上销售,已经成为许多家庭首选的生活用燃料。2008年,瑞典约有12万户使用颗粒燃料锅炉,2万用户使用颗粒燃烧炉,另外,还有4000个中型锅炉使用颗粒燃料^[8]。生物质固体成型燃料也成为全球贸易的对象,如加拿大等林业资源丰富的国家具有非常大的生产潜力,而瑞典、丹麦则是重要的消费国^[9~11]。

2.2 国内

近年来,国家高度重视秸秆能源化利用工作,相继出台了一系列政策法规,鼓励和支持相关产业的发展。财政部出台了《秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法》,拟采取综合性补助方式,支持从事秸秆成型燃料、秸秆气化、秸秆干馏等秸秆能源化生产

的企业收集秸秆、生产秸秆能源产品并向市场推广。我国生物质固体成型燃料技术得到明显的进展,生产和应用已初步形成了一定的规模。截至2009年底,国内有生物质固体成型燃料生产厂260余处,生产能力约76.6万t/a^[12],主要用于农村居民炊事取暖用能、工业锅炉和发电厂的燃料等。相当于替代38.3万tce,减少温室气体排放83万t/a,为农民增收节支2.3亿元,社会、生态和环境效益显著。

3 国内外技术发展现状

3.1 固体成型技术

生物质固体成型技术主要分为压模辊压式成型机、活塞式成型机和螺旋挤压式成型机等几种形式^[5]。其中,压模辊压式成型机分为环模压辊成型机和平模压辊成型机等。活塞冲压式成型机按驱动力不同可分为机械活塞式成型机和液压驱动活塞式成型机两种类型。各类固体成型技术综合比较见表1。

表1 各类固体成型技术综合比较一览表^[5]

Table 1 Comparison of various types densified technology^[5]

技术类型	成型原理	适用原料	燃料形状	主要技术特点	适于场合
环模压辊	采用环形压模和圆柱形压辊压缩成型,一般不需要外部加热	农林生物质	颗粒、块状	生产能力较高,产品质量好;模具易磨损,维修成本较高	适合大规模生产
平模压辊	采用水平圆盘压模与压辊压缩成型,一般不需要外部加热	农林生物质	颗粒、块状	设备简单,制造成本较低;生产能力较低	适宜小规模生产
机械活塞	冲压成型	农林生物质	棒状	密度高;设备稳定性差;振动噪声大,有润滑污染问题	适宜工业锅炉用户
液压活塞	冲压加热成型	农林生物质	棒状	运行平稳,密度高;生产能力低,易发生“放炮”现象	适宜工业锅炉用户
螺旋挤压	连续挤压,加热成型	木质生物质	空心棒状	产品密度高;套筒磨损严重,维修成本高	适宜中小规模生产,加工成机制碳

国外模辊式成型机设备制造比较规范^[13],自动化程度高,生产技术大部分已经成熟,瑞士Buhler Inc.公司、英国的UMT Andritz Group公司、丹麦的Sprout - Matador公司以及瑞典的Sweden Power Chippers AB公司等多采用模辊式成型技术,生产生物质固体成型燃料成型机,关键部件寿命达到1000h以上,生产率达到2t/h以上,并达到规模化和商品化。但这些成型机以木屑等林业剩余物为主要原料,且设备价格高,并不适合我国以秸秆为原料的国情。

与螺旋挤压式和活塞冲压式成型技术比较而言,模辊式成型技术工艺实现了自然含水率生物质不用任何添加剂、粘结剂的常温压缩成型,生产率较高,具备了规模化、产业化发展条件,是产业化发展的重点^[14,15]。农业部规划设计研究院研发了适宜于农作物秸秆的HM-485型环模式成型机,生产率达到了1.5t/h,关键部件寿命达到400h以上,利用该技术工艺和设备已在北京市大兴区建成了年产2万t的生物质固体成型燃料生产线并投产运行^[16]。吉林辉南宏日新能源公司初步建立了林木

收集、颗粒燃料加工、锅炉配套、供热服务相衔接的木质成型燃料供热运营商业模式,2008年起在长春开展供热运营示范,总供热面积8万m²[20]。

3.2 燃烧技术

针对生物质固体成型燃料的种类、热值、灰分含量、颗粒尺寸和加热系统,各国也分别开发了不同的采暖炉和热水锅炉,而且可以应用配套的自动上料系统。国外具有代表性的燃烧器生产厂商有 Ulma AB、Janfire AB、Pelltech LTD 等,其产品主要以 $\phi 6 \sim$

8 mm 的木质颗粒为燃料,输出功率在 12 ~ 80 kW,平均燃烧效率大于 85% [17~19]。这些燃烧器及锅炉主要采用木质颗粒作为燃料,木质颗粒具有热值高、灰分低、灰熔点较高、燃烧后不易结渣等优点,因此国外燃烧设备在设计方面没有专门的破渣、清灰机构,多采用人工清灰,间隔在 1 ~ 2 周。生物质颗粒燃烧器的形式较多,分类方式也有多种。根据喂料方式的不同,颗粒燃烧器主要可以分为 3 种类型:上进料式、底部进料式和水平进料式,见图 1。

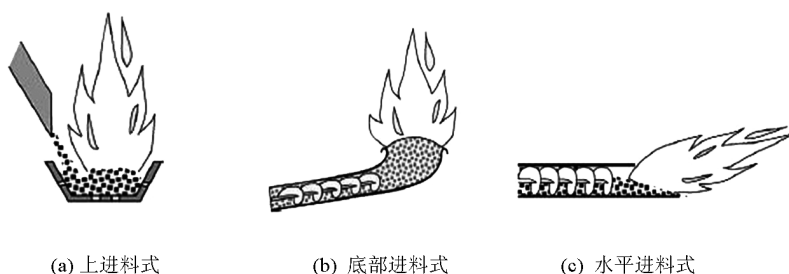


图 1 燃烧器的三种进料形式[20]

Fig. 1 Three feeding forms of the burner [20]

我国生物质固体成型燃料配套燃烧设备的研发也取得一定的进展,开发了秸秆固体成型燃料炊事炉、炊事取暖两用炉、工业锅炉等专用炉具[21]。北京万发炉业中心研发的燃用秸秆类颗粒燃料的暖风壁炉、水暖炉、炊事炉等一系列炉具,吉林华光生态工程技术研究所研发的暖风壁炉和炊事采暖两用炉等。哈尔滨工业大学较早地进行了生物质燃料的流化床燃烧技术研究,并先后与无锡锅炉厂、杭州锅炉厂合作开发了不同规模、不同炉型的生物质燃烧锅炉。河南农业大学研制出双层炉排生物质成型燃料锅炉,浙江大学研制出燃用生物质秸秆颗粒燃料的双胆反烧锅炉等。国内也引进一些以生物质颗粒为燃料的燃烧器,但这些燃烧器的燃料适应范围很窄,只适用于木质颗粒,改燃秸秆类颗粒时易出现结渣、碱金属及氯腐蚀、设备内飞灰严重等问题,而且这些燃烧器结构复杂、能耗高、价格昂贵,不适合我国国情,因此没有得到大面积推广。

生物质颗粒燃料尺寸较为单一、均匀,因此可以实现自动进料连续燃烧,燃烧效率通常能达到 86% 以上。通过与不同用途的设备(如锅炉、壁炉、热风炉等)配套使用,燃烧器可以应用到取暖、炊事、干燥等各个领域,将是未来发展的方向。

4 标准体系

在标准方面,欧盟标准化委员会(CEN)委托瑞典标准所(Swedish Standards Institute)组建欧盟固体生物质燃料标准化委员会(CEN/TC 335),已发布了 30 个技术规范,分为术语、规格、分类和质量保证,取样和样品准备,物理(或机械)试验,化学试验等 5 个方面[22,23]。美国材料与试验协会(ASTM)于 1985 年成立了 E48 生物技术委员会,下设 E48.05 生物转化子委员会,共制订了 9 项标准,主要适用于生物质水分、灰分、挥发分、元素分析、堆积密度等特性的测定[24]。

我国已制定《生物质固体成型燃料技术条件》(NY/T 1878-2010)、《生物质固体成型燃料采样方法》(NY/T 1879-2010)、《生物质固体成型燃料样品制备方法》(NY/T 1880-2010)、《生物质固体成型燃料试验方法》(NY/T 1881-2010)、《生物质固体成型燃料成型设备技术条件》(NY/T 1882-2010)、《生物质固体成型燃料成型设备试验方法》(NY/T 1883-2010)等 13 项农业行业标准,并于 2010 年 5 月 20 日以农业部公告第 1390 号发布,这标志着我国生物质固体成型燃料标准体系初步形成。

5 存在的主要问题

5.1 国家引导投入不足

我国秸秆年产量 8.2 亿 t,可用于成型的秸秆量约 2 亿 t,目前实际用于成型的秸秆量不足 80 万 t,总量明显偏低,迫切需要国家财政给予资金引导和扶持,促进产业健康发展,但目前国家在这方面投入还不足。

5.2 缺乏综合性的研发与转化平台

目前,国内从事生物质固体成型燃料研究的机构多是一些大专院校为了科研与教学的需要而成立的,研究力量相对薄弱而又分散,普遍存在着重复研究和资源浪费的现象,还没有形成一个集研发与中试为一体的工程技术研究机构,难以集中力量对关键技术进行攻关和中试转化。

5.3 核心技术还不完善

包括农作物秸秆的收集、储运技术体系不完善,机械化水平低;成型设备机组可靠性能较差,模具磨损严重;设备能耗过高;设备系统配合协调能力差;成型设备的原料适应能力差;秸秆的碱金属元素含量高,使用时结渣现象严重,不仅降低了燃烧效率,而且还降低了燃烧设备的性能和使用寿命^[25-27];没有建立科学完善的服务管理体系等。

6 对策与建议

生物质固体成型燃料技术是生物质开发利用主要方向之一。国外生物质能固体成型燃料技术及设备已经趋于成熟,形成了整个产业链的成熟技术体系和产业模式。我国已形成了良好的政策法规环境,生物质固体成型燃料产业化关键技术已趋于成熟。但还存在一定的问题。特提出如下建议。

6.1 加强技术研发

重点支持一些科研单位,组建国家级生物质固体成型燃料实验室,开展关键技术和设备研发和推广,攻克机组运行可靠性、易损件使用寿命、维修方便性、降低能耗等问题,努力降低造价,使成型机和炉具以及成型燃料尽快进入商业化阶段;逐步完善现有技术,实现设备生产规模化、产业化,形成完善的设备生产、产品配送体系,在生产实践中提高并考验生物质固体成型技术的可靠性和经济性,有效降低生物质固体成型燃料的生产成本,增强产业发展的科技支撑。

6.2 完善政策措施

对购置成型燃料专用炉具和使用成型燃料的农

户给予财政补贴,引导和鼓励农民使用秸秆成型燃料。

6.3 开展试点示范

我国幅员辽阔,各地区气候特点、资源禀赋和经济发展水平差异很大。生物质固体成型燃料技术及运行模式需要在不同地区进行技术适用性、工程应用模式以及综合配套技术的完善。建议在全国的典型地区对不同原料、不同用途、不同运行模式的秸秆固体成型燃料技术进行试点,验证工艺和设备的可靠性、可行性及适用性,为下一步大面积推广提供技术支持和管理经验。

7 结语

我国《可再生能源中长期发展规划》提出,力争到 2020 年秸秆固体成型燃料年利用量达到 5 000 万 t。农业部《农业生物质能产业发展规划》也提出,到 2015 年,秸秆固化成型燃料年利用量达到 2 000 万 t 左右,未来发展潜力巨大。通过发展生物质固体成型燃料产业,有利于保障国家能源安全,增加农民收入,改善农民生活条件,为减少温室气体排放作出贡献。

参考文献

- [1] IPCC. 2007: Summary for Policymakers[M]//Parry M L, Canziani O F, Palutikof J P, et al. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007: 7 - 22.
- [2] The International Energy Agency (IEA). World energy outlook 2010[D]. OECD/IEA, 2010.
- [3] 石元春,李十中. 迎接生物质经济时代的到来[J]. 中国财政, 2007,5:69 - 73.
- [4] 王久臣,戴林,田宜水,等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报,2007,23(9):276 - 282.
- [5] 田宜水. 中国生物质固体成型燃料产业发展分析[J]. 农业工程技术,2009(2):13 - 17.
- [6] 崔明,赵立欣,田宜水,等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. 农业工程学报,2008(12):291 - 296.
- [7] PIR. Pellet market data 2008 [EB/OL]. <http://www.pelletcentre.infor2009.12.2009-09-15>.
- [8] PiR. Delivery statistics of pellets to the Swedish market 2008, (Swedish Association of Pellet Producers) [EB/OL]. <http://www.pelletsindustrin.org.2008-12-25>.
- [9] 姚宗路,崔军,赵立欣,等. 瑞典生物质颗粒燃料产业发展现状与经验[J]. 可再生能源,2010,28(6):28 - 32.
- [10] Johan Vinterback. Pellets 2002: the first world conference on

- pellets[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2004, 27:513 - 520.
- [11] Martin Kaltschmitt, Michael Weber. Markets for solid biofuels within the EU - 15[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2006,30:897 - 907.
- [12] 农业部科技教育司,农业部能源环保技术开发中心. 2009 年全国农村可再生能源统计汇总表[D]. 2010.
- [13] Husain Z,Zainac Z,Abdullah Z. Briquetting of m fibre and shell from the processing of palm nuts to palm oil[J]. *Biomass and Bioenergy*,2002,22:505 - 509.
- [14] Sylvia Larsson. Fuel pellet production from reed canary grass [D]. Doctoral Thesis of Swedish University of Agricultural Sciences,2008.
- [15] 霍丽丽,侯书林,赵立欣,等. 生物质固体成型燃料技术及设备研究进展[J]. *安全与环境学报*,2009,9(6):27 - 31.
- [16] 姚宗路,田宜水,孟海波,等. 生物质固体成型燃料加工生产线及配套设备[J]. *农业工程学报*,2010,26(9):280 - 285.
- [17] Sjaak Van Loo, Jaap Kopejan. Handbook of Biomass Combustion and Co - firing [M]. Enschede: Twente University Press, 2002.
- [18] Juan F Gonzalez, Carmen Mgonzalez - Garcia, Antonio Ramiro, et al. Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler [J]. *Biomass and Bioenergy*, 2004,27:145 - 154.
- [19] Frank Fiedler. The state of the art of small - scale pellet - based heating systems and relevant regulations in Sweden, Austria and Germany [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2004,8:201 - 221.
- [20] 石元春. 可再生能源以生物质能源为主导是大趋势[N]. *科学时报*, 2010.
- [21] 罗娟,侯书林,赵立欣,等. 生物质颗粒燃料燃烧设备的研究进展[J]. *可再生能源*,2009,27(6):90 - 95.
- [22] Eua Aiakangasa, Jouni Valtanenb, Janerik Levlinb. CEN technical specification for solid biofuels—fuel specification and classes [J]. *Biomass and Bioenergy*,2006,30:908 - 914.
- [23] 田宜水,赵立欣,孟海波,等. 欧盟固体生物质燃料标准技术发展[J]. *可再生能源*,2007(8):61 - 64.
- [24] 田宜水,赵立欣,孟海波,等. 中国生物质固体成型燃料标准体系的研究[J]. *可再生能源*,2010,28(1):1 - 5.
- [25] 袁艳文,林聪,赵立欣,等. 生物质固体成型燃料抗结渣研究进展[J]. *可再生能源*,2009,27(9):48 - 51.
- [26] Bhattacharya S P, Haritig M. Control of agglomeration and defluidization burning high—alkalighigh—sulfur lignites in a fluidized bed combustors effect of additive size and type and the role of calcium[J]. *Energy&Fuels*,2003,17:1014 - 1021.
- [27] Xiong Shaojunar, Burvali Jan, RBERG O' Hakan. Slagging characteristics during combustion of corn stovers with and without kaolin and calcite[J]. *Energy&Fuels*,2008,22:3465 - 3470.

China biomass densified biofuel technical industry

Zhao Lixin, Meng Haibo, Yao Zonglu, Tian Yishui

(Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China)

[**Abstract**] Biomass densified biofuel is one of the main developing directions of biomass utilization for its easily transportation and storage, and high combustion efficiency. Foreign technology and equipment has matured to form the mellow technology and industrial model in the whole industry chain system. Because China has formed a favorable regulatory environment, key industrial technology of biomass densified biofuel is becoming mature. But there are still some problems which need to strengthen the technology research and development.

[**Key words**] China; biomass; densified; biofuel; combustion