

生物质成型燃料技术的现在与未来

李保谦 徐光辉

(河南农业大学, 河南郑州, 450002)

摘要：秸秆类生物质能源属可再生能源，热压成型后作燃料，使其得到高品位的利用，是替代化石能源的理想能源之一，具有广阔的发展前景。全文在论述了国内外生物质成型燃料技术发展现状的基础上，分析了中国生物质成型燃料技术发展中的关键技术问题。提出了中国生物质成型燃料技术的发展必须进行工程化研究，发展市场应立足于农村，同时需要国家的产业政策支持，对生物质成型机磨损部位材料的快速磨损、热处理工艺、运行参数试验优化、生产系统中的可靠性等关键技术问题需有待于进一步突破，最终实现产业化。

1前言

目前，全球能源消耗平均每年以3%的速度递增^[1]，随着化石能源资源的逐年减少，凸显出了生物质能源资源巨大的市场潜力，在经历了多次世界性石油危机之后，国际上对生物质能的广泛利用重新得到了认识和发展。中国是一个农业大国，8亿多人口生活在农村，一方面是生物质资源的及其丰富，资源总量达6.5亿t标准煤以上^[2]，农村生活用能还处在依赖低品位利用的生物质能源。另一方面是农村能源的普遍短缺，尤其是优质能源，能源供求矛盾十分突出，每年约有2亿多t的生物质秸秆被废弃或荒烧，造成了严重的空气污染和雾霾，极大地影响了社会、经济、环境、生态和人们的生活，成为各级政府关切的一个严重社会问题^[3]。

生物质成型燃料技术可将结构疏松的生物质秸秆成型后作为高品位的能源加以有效利用，是解决能源短缺问题的支柱能源之一，它可以再生，排放物中含S很低，CO₂零排放，遍布农村，便于规模化收集和贮存，实现生物质成型燃料的规模化生产和应用既能缓解农村优质能源短缺问题，又是减少生物质秸秆荒烧、改善空气环境质量的有效途径。

2生物质成型燃料技术的发展现状

2.1国外生物质成型燃料技术的发展现状

欧洲一些国家把秸秆加工技术主要用在了燃料和发电上，目的是作为油和煤的替代燃料。秸秆加工设备、锅炉、热风炉、发电设备等都已产业化，同时还把秸秆出口到中东一些国家。而美国是将秸秆作为重要的工业原料或饲料加工和出口，加工出的产品大多不是燃料，加工过程实现了全程机械化或工厂化，秸秆在田间的收集方式主要是“秸秆打捆”技术。

国际上生物质成型的主要方式有4种，即环模和平模式颗粒成型、螺旋挤压式成型和活塞冲压式成型。螺旋挤压式成型机是最早研制生产的生物质热压成型机，有比利时BMD、美国Spodance、奥地利pini&kay、日本等生产螺旋挤压式成型机，但螺旋杆的磨损修复周期仅60h左右。这类成型机以其运行平稳、生产连续、所产成型棒易燃（由于其空心结构以及表面的炭化层）等特性，在成型机市场中尤其是在印度、泰国、马来西亚等东南亚国家和中国一直占据着主导地位。

日本从20世纪30年代就开始研究机械活塞冲压式成型技术处理木材废弃物，1983年又从美国引进了颗粒成型燃料生产技术。西欧一些国家在20世纪70年代已有了活塞冲压式成型机和颗粒成型机。活塞冲压式成型机改变了成型部件与原料的作用方式，大幅度提高了成型部件的使用寿命，显著降低了单位产品能耗。根据驱动力来源不同，该类成型机可分为机械活塞冲压式和液压活塞冲压式成型机^[4]。生产机械活塞冲压式成型机的有瑞典Bogma、丹麦Dester、德国Drupp、瑞士Pawert等，这类产品最大问题是一次性投入大，每台最少需10万欧元以上，且曲轴偏磨问题很难解决。生产液压冲压式成型机的有英国Comafer、美国FBN、荷兰RSN等，设备生产率较低，一般为65~100kg/h。

2.2中国生物质成型燃料技术的发展现状

生物质成型燃料技术在中国之所以得到应用和发展，是因为成型后的燃料产品具有一定的形状和密度，密度可达0.8~1.3t/m³

, 能量密度与中质煤相当, 燃烧特性明显改善, 火力持久、黑烟少、炉膛温度高, 且贮存、运输、使用方便, 干净卫生, 可代替矿物能源用于工业生产和生活领域^[4]。因此, 作为生物质能转化的重要手段和方法, 在中国越来越受到政府的重视。

纵观中国生物质成型燃料技术的发展过程, 主要有下列特征:

(1) 虽然经历了30多年的发展历程, 由于多种因素的影响至今仍然落后。中国从20世纪80年代才开始引进螺旋式生物质成型机, 至今已有30多年的历史。近些年来, 中国加大了在生物质能源领域的投资力度, 取得了显著成效, 但多数生物质成型燃料技术企业仍处于工程化研究的初级阶段, 距离技术推广的产业化目标仍然相差甚远。

(2) 生物质成型燃料技术初期发展速度慢, 后期发展速度快。在20世纪末的20年, 生物质成型燃料技术的发展虽然没有大的突破, 但在多家高等院校、科研院所、企业的示范作用下, 吸引了上百家企业加入了这个行业, 为生物质成型燃料技术的快速发展奠定了基础。近几年, 生物质成型燃料技术的应用和燃料的生产已初步形成了一定的规模。从2009年生物质成型燃料生产能力不足50万吨/年, 每年以翻番的速度递增, 到2013年, 生物质成型燃料的生产能力已超过400万吨/年, 生物质成型燃料设备生产企业近700家, 生物质成型燃料主要用作农村居民炊事取暖、工业锅炉等。

(3) 生物质成型燃料设备的企业多, 种类、型号繁杂, 发展初期模仿的多, 具有自主知识产权的少。生物质成型燃料设备主要有螺旋式、环模式、平模式、机械(液压)冲压式和对辊式; 生产的燃料产品有块状、棒状、颗粒状等; 有的研究单位和企业根本没有掌握关键技术, 就盲目进行低水平扩张或低端竞争, 不利于行业的长远发展; 有的企业直接利用颗粒饲料机改造出了多种类型的环模式、平模式生物质颗粒成型机, 其生产率低、单位产品能耗高、易损件的使用寿命短, 技术性能参差不齐, 基本无法推广。

(4) 生物质成型燃料行业的兴起促进了生物质炉具的快速发展, 且生物质成型燃料燃烧技术比成型技术成熟。河南农业大学从秸秆燃烧特性试验入手, 研究出了“双室燃烧、分级供气”理论, 用创新结构设计方法主动消除“结渣和沉积”现象, 只需在8000h后检查表面清理即可。经锅炉燃烧应用表明, 生物质成型燃料是一种燃烧特性优于普通燃煤、价格低于煤、燃烧尾气污染成分少于煤的可再生优质燃料^[5-6]。

(5) 国家农业部、国家能源局等部委先后立项制定生物质成型燃料技术与设备方面的相关标准, 规范了生物质成型燃料技术行业市场。2010年9月农业部颁布实施了生物质固体成型燃料术语、生物质固体成型燃料和成型设备技术条件、生物质固体成型燃料和成型设备试验方法等多项生物质成型燃料技术方面的标准。2012年河南农业大学从国家能源局获批立项了环模式块状、平模式块状和活塞冲压式棒状生物质燃料成型设备技术条件3个标准的制定, 预计2014年5月颁布实施。

(6) 分体模块式环模生物质燃料成型技术是国内的最新研究成果, 形成了中国特色。常用的环模结构形式有整体式、套筒式和分体模块式3种, 环模以套筒和分体模块方式组合后, 套筒和模块的结构尺寸可以单体设计, 分别加工, 产品易于实现“三化”(标准化、系列化、通用化)。分体模块式环模是由若干个模块组合而成, 分体模块的结构尺寸、加工质量和精度直接影响环模的使用寿命和成型设备的产量以及燃料产品的质量, 对用户的使用成本也有很大影响^[7]。

3 生物质成型燃料技术发展中的关键技术

(1) 单位产品能耗高的问题。能耗随着成型燃料尺寸的减小而增加, 颗粒成型耗能高, 棒状或块状成型耗能较低。套筒式平模和环模、分体模块式环模结构的成型设备, 单位产品能耗在28~35kWh/t; 活塞冲压式成型设备单位产品能耗在40~50kWh/t。目前棒状或块状成型加工过程中的能耗问题已基本解决。

(2) 成型可靠性低的问题。成型设备能否连续运转主要取决于成型机组的可靠性。有些企业由于没有自己的知识产权, 仅凭几张照片或一段录像起家就开始步入生物质成型燃料技术行业, 这样开发出的成型设备往往是经过无数次反复试验才形成样机, 在企业(公司)内部技术人员的精心操作下还勉强运行, 到了用户手中几乎无法正常运行, 用户极不满意。这样的企业往往是多年不见经济效益, 最终转行。

(3) 易损件耐磨性问题。生物质成型燃料设备的快速磨损问题是制约产业化发展遇到的重要瓶颈问题, 不同类型的成型设备, 磨损部位也不相同, 选用的材料不同, 设备推广状况也不尽相同。螺旋挤压式成型设备, 其磨损的主要部位为螺旋杆头部和成型套筒内壁。由于螺旋杆与物料始终处于高速摩擦状态, 螺旋杆螺纹的磨损非常剧烈, 尤其以螺旋杆头部最后一圈螺旋叶片, 磨损最为严重; 环模及平模式成型设备是依靠压辊与生物质之间的高速相对运动从而

把生物质压入成型模孔内，压辊外缘与成型模孔快速磨损情况同样严重；活塞冲压式成型设备的成型套筒是主要磨损部件，通常设计成锥形筒，锥角的选择最为关键，由于采用了往复冲压成型，在往复运动速度较低条件下成型锥筒的磨损速度较慢；对辊式成型设备中的一对成型辊最耐磨。目前最大的问题仍是成型模具的材料问题，国内市场上生物质成型设备使用维修周期一般在300h左右，耐磨性较低，使用寿命短。

(4) 原料的收集和预处理问题。由于国内地块面积小且分散，秸秆收集机械化水平较低，打捆和定向收集没提到日程，秸秆粉碎还田常作为政府的行政指令。因此目前秸秆收集是难点，有技术问题，也有社会认识的问题，要想把原料收集起来必须从管理和技术体系上创新，并配以得力的政策和法规。没有收集后充足的原料生物质成型燃料技术就不可能迅速发展，生物质原料的收集和预处理一直是制约成型燃料技术发展的技术瓶颈^[4]。

(5) 生物质原料自身的多样性及复杂性。一是生物质原料的种类繁多，其木质素、纤维素、半纤维素、果胶质等成分含量有较大差别，受力变形情况也不一样。二是生物质原料力传导性很差，反弹性很强，被压缩成型的条件也有很大差异；三是生物质原料堆积密度只有 $0.1 \sim 0.15\text{g/cm}^3$ ，要将其压缩成密度为 $1.0 \sim 1.3\text{g/cm}^3$ ，如何提高原料喂入量是一个大难题；最后是生物质原料的含水率随季节、气候、地域及秸秆种类不同相差很大，而成型工艺对原料含水率的要求又较严格，所以原料含水率问题成为制约热压成型的又一难题^[4]。

(6) 生物质成型设备工作环境的不稳定及多变性。生物质原料在收集和存放过程中不可避免的会带有一些泥土、粉尘和砂粒，这些物质的存在一方面加剧了成型部件的快速磨损；另一方面还污染了成型设备的润滑系统，影响设备的使用寿命和稳定运行。因此，在生物质原料在收集和存放过程中减少泥土、粉尘和砂粒的含量，可以提高成型设备易损件的使用寿命。

(7) 与国际上同类研究、同类技术的差异。与国际上同类研究和技术综合比较后，有下列不同点：

规模化程度不同。国内生物质成型燃料设备的生产主要以单机为主，生物质成型燃料的生产多以农户为经营单元；国外生物质成型燃料的生产是以生产线的方式进行规模化生产。

产业方向不同。国内以秸秆成型燃料为主，用于多种代煤燃炉；国外以木质原料为主，用于发电和家用高档取暖设备，成型加工秸秆比木质原料技术难度大。

成型燃料形状不同。国内环模和平模式机型多以成型棒状（直径30mm左右）或块状为主；国外以成型木质颗粒（直径10mm左右）环模成型机为主。

磨损后维修方法不同。国内环模和平模式机型磨损后实行模块维修或单孔换件维修；国外实行整体更换模盘维修，磨具多为高质合金，维修成本高。

成型设备价格不同。国外成型燃料设备整体比国内的成型设备价格高出8~10倍。

4 生物质成型燃料技术的发展方向

(1) 中国生物质成型燃料技术的发展必须首先进行工程化研究。生物质燃料成型技术的发展是一项系统工程，“工程化”研究不是整台样机的研究，是在集成多项技术基础上的“再创新”，在集成多项技术构成新的设备系统后必须进行工程化试验，提炼成熟的指标，解决新的技术问题。生物质的收集、干燥、粉碎、成型、燃烧所需技术与设备必须配套、协同发展。

(2) 中国生物质成型燃料技术的发展应立足于农村（场）或城乡结合部。中国乡镇和农村的秸秆、农林废弃物量大充足，属可再生资源，价格低廉，是生物质成型燃料技术发展良好的基础条件。工程化成型技术立足于农村可减少生物质原料和成型燃料产品的收集、贮存、运输及供应问题。

(3) 中国生物质成型燃料技术的发展需要国家产业政策的支持。从国家政策分析，该项技术符合中国能源、环保及建设节约型社会的要求。生物质成型燃料燃烧后的灰尘及其它指标的排放均比煤低，可实现 CO_2 、 SO_2 降排，减少温室效应，是保护生态环境、减少雾霾现象的有效途径，环保效益突出。中国政府应调整扶持政策，支持有创新能力的大型企业投入这项产业，鼓励农机行业的生产和技术单位参加收集、贮存、加工成型、燃烧利用等环节

的生产和创新活动。从规范市场的角度分析，要求国内农业、能源和环保部门尽快出台包括农业生产环节在内的相关行业标准，规范生物质成型燃料技术、设备和产销市场，提高投资者的经济效益。

(4) 生物质成型燃料的关键技术还有待于突破。生物质成型燃料生产设备(秸秆收集、粉碎、成型等设备)的加工工艺并不复杂，成本较低，操作简单，使用方便。虽然一些企业生产的生物质成型机易损件的使用寿命已达300~500h，粉碎与成型单位产品能耗已降至50kWh/t以下，但与产业化和规模化的要求仍相差甚远。还需要进一步研究解决生物质原料的收集、贮存问题；成型机磨损部位材料的快速磨损、热处理工艺、运行参数试验优化等问题，如在环模、平模式成型机上改变成型模孔与辊轮之间切线的角度、增加正压力，模辊间隙可调，降低辊轮的转速，提高辊轮轴承的密封性，选择耐磨性好的模辊材料，合适的原料粉碎粒度与含水率等，以提高成型燃料生产系统中的可靠性。

(5) 中国生物质成型燃料技术行业的发展最终是实现产业化。据国际可再生能源组织的预测，地下石油、天然气及煤的贮量，按目前的利用率只够用60年左右。而秸秆类生物质能源属可再生能源，热压成型后作燃料，使其得到高品位的利用，是替代化石能源的理想能源之一。根据中国能源发展规划，在生物质成型燃料的利用方面由目前的不足500万t/年，到2020年要提高到2000万t/年。因此，加大生物质成型燃料的利用力度，提高生物质成型燃料的生产能力和技术水平，实现生物质成型燃料的利用目标，改善和提高我国农业资源利用效率具有重要意义。因此，生物质成型燃料技术行业的发展实现产业化是中国生物质能源利用的根本出路。

参考文献

- [1]李京京,庄幸.我国新能源和可再生能源及未来发展趋势分析[J].中国能源,2001(4):5-9.[2]张百良主编.农村能源工程学[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [3]卞有生.生态农业中废弃物的处理与再生利用[M].北京:化学工业出版社,2000.[4]李保谦.秸秆成型燃料技术的研究现状与发展趋势[J].农机推广与安全,2006(9):10-12.
- [5]张百良,樊峰鸣,李保谦,等.生物质成型燃料技术及产业化前景分析[J].河南农业大学学报,2005,39(1):111-115.
- [6]李保谦,张百良,夏祖璋,等.PB-型活塞式生物质成型机的研制[J].河南农业大学学报,1997,31(2):112-117.
- [7]张百良著.生物质成型燃料技术与工程化[M].北京:科学出版社,2012.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/81433.html>