

# 生物质固体燃料成型装备研究

张海鹰,俞国胜,闫文刚,陈 诚,刘小虎  
(北京林业大学,北京 100083)

**摘要:**阐述了生物质固体燃料成型装备研究的背景及成型装备的工作原理、类别和特点,介绍了成型装备国内外发展现状,提出了目前存在的问题和解决措施,探讨了中国生物质致密成型装备的发展趋势及研究方向。

**关键词:**生物质; 固体燃料; 成型装备; 发展趋势

**中图分类号:**TQ330.4;S216

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)10-0117-03

日益增长的煤炭、石油和天然气等化石燃料的消费给世界带来了能源安全和环境问题,给社会带来了巨大的压力。通过英国 BP 公司 2009 世界能源统计的数据可以看出化石能源的有限性(见表 1)。我国的化石能源人均储量低于世界平均水平,能源安全问题尤为突出。居于世界能源消费总量第四位的生物质能源一直是人类赖以

生存的重要能源。它具有可再生性、存量丰富、可以代替化石燃料并且容易长期储存、含硫量低、灰分小,特别是具有 CO<sub>2</sub> 近“零”排放的特点。生物质能源被认为是减轻温室气体排放的重要选择,符合《京都议定书》的目标。由于全球可利用的生物质数量庞大,生物质能源供应的安全性绝对可靠<sup>[1]</sup>。

表 1 2008 年底石油、天然气和煤炭探明储量

项目	石油			天然气			煤炭		
	探明储量/t	占世界比例/%	储采比	探明储量/m <sup>3</sup>	占世界比例/%	储采比	探明储量/t	占世界比例/%	储采比
世界	1.71×10 <sup>11</sup>	100.0	42.0	1.85×10 <sup>14</sup>	100.0	60.4	8.26×10 <sup>11</sup>	100.0	122.0
中国	2.10×10 <sup>9</sup>	1.2	11.1	2.46×10 <sup>12</sup>	1.3	32.3	1.15×10 <sup>11</sup>	13.9	41.0

## 1 生物质固体燃料成型装备研究的意义

随着社会经济的发展与人们生活水平的提高,林业“三剩物”、平茬复壮的灌木、农作物秸秆等的剩余量越来越大,由于这些生物质原料产地分散、质地疏松、能量密度小,给采集、储运和使用带来许多不便。致密成型是该类生物质能源转化的重要技术途径之一<sup>[2]</sup>。经致密成型加工后的生物质固体成型燃料,其粒度均匀、单位密度和强度增加,便于运输和贮存,且燃烧性能明显改善,热效率可达到 80%~95%。而未经处理的粗放式燃烧,热利用率仅有 10%~15%<sup>[3]</sup>。根据发改委

《可再生能源发展“十一五”规划》,到 2010 年,我国生物质固体成型燃料年利用率将达到 100 万 t,到 2020 年,生物质固体成型燃料达 5 000 万 t。

生物质致密成型技术是指应用机械加压的方法,将各类原来分散、没有一定形状、密度低的生物质原料压制成具有一定形状、密度较高的各种固体成型燃料的过程。成型是生物质固化技术的核心<sup>[4]</sup>。故成型装备的性能决定了产品质量和生产成本。固体成型燃料是我国发展生物质能的重要利用方向,制约固体成型燃料发展的因素主要集中在成型机械的稳定可靠运行方面。

## 2 生物质固体燃料成型装备的研究现状

目前,国内外最常见的压缩成型设备主要包括螺旋挤压式成型机、活塞冲压式成型机和压辊式颗粒成型机。按成型温度可分为加热成型和常温成型 2 种,按压缩成型方式又可分为“闭模”压缩和“开模”压缩 2 种方式。

收稿日期:2010-06-28

基金项目:“948”引进资助项目(2005-4-76);林业公益性行业专项资助项目(200904007)

第一作者简介:张海鹰(1971-),女,山东省诸城市人,在读博士,高级工程师,从事生物质能源装备研究。E-mail:hyzhang5566@yahoo.com.cn。

通讯作者:俞国胜(1956-),男,浙江省宁波市人,博士,教授,从事林业与园林机械研究。E-mail:sgyzh@bjfu.edu.cn。

## 2.1 国外成型设备研究现状

生物质致密成型技术很早就引起发达国家的重视,并投入了大量资金和技术力量进行研究。20世纪30年代,美国就开始研究该项技术,并研制了螺旋式成型机,能把木屑和刨花压缩成固体成型燃料。20世纪70年代初,美国又开发了内压滚筒式颗粒成型机。20世纪末,已有25个州兴建了树皮成型燃料工厂<sup>[5]</sup>。日本也开始研究致密成型技术来处理农林废弃物,研制成功了棒状燃料成型机,20世纪80年代从美国引进颗粒燃料生产技术并形成工厂化生产。

20世纪70年代后期,由于世界能源危机的出现,欧洲许多国家也开始重视压缩成型技术的研究,先后研制生产了活塞冲压式成型机、颗粒成型机<sup>[6-7]</sup>。目前,美国、日本及欧洲一些国家在该领域已达到世界领先水平。生物质压缩成型技术与装备都已定型并形成产业化。

除日本外的亚洲各国(如泰国、印度、菲律宾等)从20世纪80年代开始生物质成型技术及装备研究,先后研制成加粘结剂的生物质压缩成型机<sup>[8]</sup>。

## 2.2 国内成型设备研究现状

20世纪80年代,我国开始致力于生物质致密成型技术及装备的研究,取得了一定的进展。1985年,湖南衡阳市粮食机械厂根据国外样机试制了第一台ZT-63型生物质压缩成型机。1986年,江苏连云港市东海粮食机械厂引进一台OBM-88棒状燃料成型机。“七五”期间,中国林业科学院林产化工所<sup>[9]</sup>承担了生物质致密成型机及生物质成型理论的研究课题。通过对引进的样机消化吸收,1990年研制成功了螺旋挤压式棒状燃料成型机,完成了木质成型设备的试制,并建成了年产1 000 t棒状燃料生产线。1990年以后,陕西武功轻工机械厂、河南巩义包装设备厂、河北正定常宏木炭公司等单位先后研制和生产了几种不同规格的生物质成型机和炭化机组。目前,江苏连云港新现代能源设备厂、上海奇圣炭业有限公司等厂家生产棒状成型机设备。

1998年中国林业科学院林产化工研究所与江苏正昌粮机集团公司合作,又研制成功颗粒燃料成型机(见图1),生产能力为250~300 kg·h<sup>-1</sup>;同年,南京平亚取暖器材有限公司从美国引进一套生产能力为1 500 kg·h<sup>-1</sup>的颗粒成型燃料生产线,次年开始正式生产。

2002年,原中南林学院在国产饲料制粒机的基础上结合引进的瑞典技术开发了颗粒燃料成型

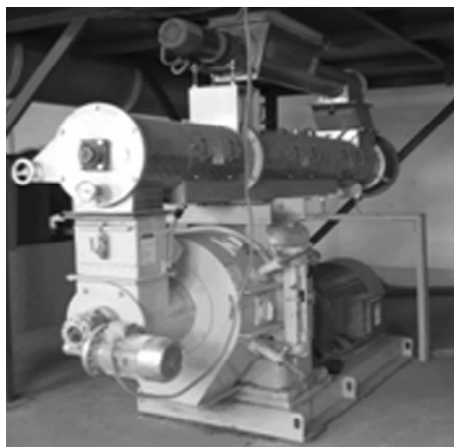


图1 内压环模式颗粒成型机

机。为了降低颗粒燃料成型的能耗,河南省科学院能源研究所<sup>[10]</sup>研制了一种在常温下生产颗粒燃料的成型机。颗粒燃料的生产效率达300~500 kg·h<sup>-1</sup>,但仍有30%的原料不能形成颗粒,需筛选后再送入供料斗。2004年,清华大学清洁能源研究与教育中心<sup>[11]</sup>以车战斌为主的研究小组研制成功常温成型颗粒燃料生产设备。原料在自然干燥含水率状态就可制成颗粒燃料。成型机的装机功率为55 kW,生产率达到600 kg·h<sup>-1</sup>,比国外同类设备耗能低。21世纪以来,生物质颗粒成型技术发展日趋成熟。国内多家企业在颗粒饲料机的基础上先后研究出了多种类型的颗粒成型机。

“八五”期间,中国农机院能源动力研究所,辽宁省能源研究所、中国林业科学院林产化工所、中国农业工程研究设计院,对生物质冲压式压块技术装备进行了项目攻关。20世纪90年代,中国农业机械化科学研究院研制了CYJ-35型机械冲压式成型机;中国机械化研究所研制了6YK-65型压块机<sup>[12]</sup>;河南农业大学研制了PB-I型机械冲压式成型机和HPB系列液压驱动冲压式成型机<sup>[13-14]</sup>。河南农业大学1999年对HPB-I型生物质成型机进行了应用研究,该机可显著提高易损件的使用寿命,降低单位产品能耗。

首钢<sup>[2]</sup>研制了一种机械活塞冲压式生物质块状燃料成型机(见图2)。原料成型靠活塞的往复运动实现,其工作过程都是间歇式的,在压缩管内,前一块与后一块挤在一起,但有边界,压缩块从成型机的出口处被挤出时,在自重的作用下能自动分离。

北京林业大学的俞国胜<sup>[15]</sup>教授研制、开发了一种液力双向挤压的生物质成型燃料常温成型机(见图3)。该机的装机功率为22 kW,加工能

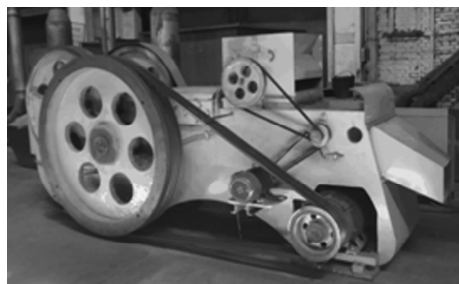


图2 活塞冲压式块状燃料成型机

力为  $500 \sim 600 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ , 实际成型能耗不大于  $40 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{t}^{-1}$ 。成型块的密度可以通过设备液压系统的压力来调整, 既能满足加工畜牧业养殖所需的粗饲料要求, 又可满足生物质成型燃料加工的要求, 最大密度可达  $1.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。该机已在内蒙古地区推广使用。

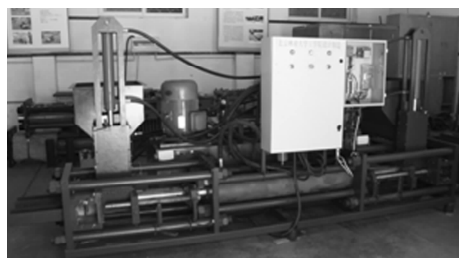


图3 液力双向挤压常温成型机

东南大学、中国科学院广州能源研究所、湖南农业大学、中国农机院可再生能源与环境研究所等单位也进行了一些特色研究<sup>[16]</sup>。河南农业大学农业部可再生能源重点实验室从 1992 年起开始相继开发生产了液压式、辊压式和螺杆式生物质致密成型机, 并进行了小批量生产, 取得了较好的社会效益和经济效益。

### 3 生物质固体燃料成型装备存在问题及解决措施

许多研究人员在对现有的成型设备进行改进和创新, 以实现提高设备使用寿命、提高生产率、降低能耗的目的。

对于螺旋挤压式成型机, 由于螺杆与物料始终处于高速摩擦状态, 导致压缩区螺纹的磨损非常严重。目前国内外的工艺技术条件尚不能从根本上解决螺杆磨损问题, 因一次性投入较低, 目前还有不少国家在应用。可采用规模化生产, 批量换件维修的方法来解决。环模成型设备同样存在快速磨损问题。其滚轮在环模内高速旋转过程中与喂入环模内的秸秆摩擦生热, 温度可达  $200^\circ\text{C}$  以上, 同时滚轮运动的分力挤压秸秆进入成型孔成型。滚轮和成型孔磨损很快。其解决方法: 选

用耐磨金属材料, 进行热处理, 来改变其耐磨性能; 优化模具结构, 改变成型孔与滚轮切线的角度, 增加推入力, 减少挤压力。螺杆维修周期过短, 环模成型设备的修复成本过高, 导致了成型燃料价格过高, 阻碍了生物质成型燃料的推广。活塞冲压式成型机改善了成型部件磨损严重的问题, 具有成型部件使用寿命长、能耗低等优点。

目前的研究还主要集中在加热成型装备方面, 加热成型存在设备成型部件易磨损, 能耗相对高等缺点, 常温成型减少了加热装置, 设备更加简单, 也避免了加热造成的成型部件材料易磨损及成型块热值损耗问题, 单位能耗相对降低。由于材料没有加热软化, 常温成型压力稍高于加热成型压力。开模成型较闭模成型设备减少了卸料装置, 使得设备更加简单, 可降低设备成本, 提高生产率, 减少设备故障率, 利于成型设备及燃料推广。

### 4 生物质固体燃料成型装备的发展趋势

生物质固体燃料成型装备的研究对世界能源战略和环境保护具有重要意义。生物质固体燃料成型装备向实用、高效节能、低成本方向发展, 在实用性方面将以常温压缩成型技术为主; 生物质固体燃料成型设备向标准化、系列化方向发展, 为方便配套炉具的规格设计, 兼顾原有炉具的改造。生产的固体燃料规格应标准化、系列化。成型装备也应形成系列化, 符合一定的标准。同时, 加快配套装备(如灌木削片粉碎机、灌木平茬收割机、专用炉具等)的研发, 使装备系列化; 成型装备的设计离不开理论的指导, 加大投入力度, 促进成型技术及理论的研发进度, 加强国际交流合作, 学习国外成熟先进的技术; 生物质固体燃料成型装备国产化, 提高国产成型装备的研发、制造水平, 开发适合我国国情的成型装备。

#### 参考文献:

- [1] 张军, 李小春. 国际能源战略与新能源技术进展[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 俞国胜, 侯孟. 生物质成型燃料加工装备发展现状及趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2009, 37(2): 4-8.
- [3] 马孝琴. 生物质压缩成型技术的研究现状及评价[J]. 资源节约与综合利用, 1998(3): 39-42.
- [4] 何元斌. 生物质压缩成型燃料及成型技术(一)[J]. 农村能源, 1995, 63(5): 12-14.
- [5] 刘石彩, 蒋剑春, 陶渊博, 等. 生物质致密制造成型炭技术研究[J]. 林产化工通讯, 2000, 36(2): 3-5.
- [6] Neale M A. Research and Development for on-Farm Straw Packaging Machines[J]. Straw: A Valuable Material, Proceedings of International Conference, Cambridge, England, 1987, 10: 120-132.

# 木本饲料四倍体刺槐收获机往复切割试验台的设计

陈 昕,俞国胜

(北京林业大学 工学院,北京 100083)

**摘要:**以四倍体刺槐枝叶为饲料原料的高效收割采集设备的设计过程中,遇到往复式切割器的设计问题,需要确定一些设计参数,而获得这些重要的设计参数就需要进行物理模拟切割试验。为了更加方便地进行试验研究,设计了木本饲料四倍体刺槐收获机的往复式切割试验台。试验台由机架、动力传动装置、往复切割装置、茎秆夹持装置和虚拟仪器测试系统组成,可模拟往复切割作业情况,并能分析往复切割机理及影响切割转矩及切割质量的各种性能因素,最终得出往复式切割部件各工作参数的优化组合。

**关键词:**往复式;四倍体刺槐收获机;试验台;结构

**中图分类号:**F776

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)10-0120-05

灌木化培育的四倍体刺槐生物量大、可循环利用,其嫩枝叶可作为优质的木本粗饲料原料。结合国家林业局“木本灌木资源产业化促进沙荒

地植被恢复技术研究”科研项目,为实现木本饲料产业化,用作饲料的四倍体刺槐嫩枝、树叶的高效收割采集设备的研发是关键之一<sup>[1]</sup>。但设计过程中四倍体刺槐切割阻力等重要设计参数需要通过物理模拟切割试验来获取。为了便于试验研究,设计了基于 AKC-205 A 型旋转式扭矩传感器的多茎秆往复切割试验台,主要用于四倍体刺槐茎秆的往复切割试验,可为四倍体刺槐饲料收获设备整机设计提供设计参数。

**收稿日期:**2010-05-27

**基金项目:**国家林业局林业公益性行业科研专项资助项目(200904007)

**第一作者简介:**陈昕(1986-),女,江西省黎川县人,在读硕士,从事林业与园林机械研究。E-mail:rosiechen@126.com。

- [7] O' Dogherty M J. A Review of the Mechanical Behaviour of Straw When Compressed to High Densities [J]. J. Agric. Engng. Res, 1989, 44: 241-265.
- [8] 盛奎川,蒋成球,钟建立. 生物质压缩成型燃料技术研究综述[J]. 能源工程, 1996(6): 8-11.
- [9] 蒋剑春,刘石彩,戴伟娣,等. 林业剩余物制造颗粒成型燃料技术研究[J]. 林产化学与工业, 1999, 19(3): 25-30.
- [10] 马孝琴,杨世关,孔书轩. 生物质压缩成型技术的节能分析[J]. 资源节约和综合利用, 1997(3): 33-36.
- [11] 车战斌. 生物质就地及时压缩成型技术[J]. 中国能源, 2005, 27(1): 28-31.

- [12] 杨军太,朱柏林,刘汉武. 6YK-65 型压块机试验研究[J]. 农业机械学报, 1995, 27(2): 87-90.
- [13] 张百良,李保谦,赵朝会,等. HPB- I 型生物质成型机的实验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 133-136.
- [14] 刘庆权,聂春宵. 秸秆压块技术的研究[J]. 饲料工业, 2000, 21(1): 11-13.
- [15] 俞国胜. “生物质成型燃料高压致密成型技术引进”国家林业局 948 项目验收证书[R]. 2009-11-28.
- [16] 李美华,俞国胜. 生物质燃料成型技术研究现状[J]. 木材加工机械, 2005(2): 36-40.

## Research of Biomass Solid Fuel Shaping Equipment

ZHANG Hai-ying, YU Guos-heng, YAN Wen-gang, CHEN Cheng, LIU Xiao-hu

(Technology School of Beijing Forestry University, Beijing 100083)

**Abstract:** The paper described the research background, working principle, types and characteristics of biomass solid fuel shaping equipment. The current development of shaping equipment in domestic and abroad was introduced, and the existing problems and solutions were proposed. The biomass shaping equipment development trends and research direction of China were discussed.

**Key words:** biomass solid fuel; shaping equipment; development trend