

生物质固体成型燃料环模成型技术研究进展

欧阳双平^{1,2}, 侯书林¹, 赵立欣², 田宜水², 孟海波²

(1. 中国农业大学工学院, 北京100083; 2. 农业部规划设计研究院, 北京100125)

摘要: 综合分析了国内外生物质固体成型燃料环模成型技术、成型设备及产业发展现状, 比较了生物质环模颗粒成型机和生物质环模压块成型机的性能和产品, 指出了生物质固体成型燃料环模技术及设备存在着基础理论薄弱、原料适应差、易损件寿命短等问题; 提出了我国生物质固体成型燃料环模成型技术的发展方向。

0引言

生物质能作为一种清洁能源, 具有可再生和环境友好的双重属性。发展生物质能, 既有利于缓解我国能源紧张的局面, 减少温室气体的排放, 保护生态环境, 又有利于改善农村居民生产生活条件, 增加农民收入。我国是一个农业生产大国, 具有丰富的生物质资源。目前, 农作物秸秆年产量已超过7亿t, 折合成标煤约为3.5亿t。此外, 我国还有约1.3亿t林木业生物质资源可供利用。

生物质固体成型燃料是各类原来分散的、没有一定形状的秸秆等生物质经干燥和粉碎后, 在一定温度与压力作用下, 压制成的具有一定形状的、密度较大的新型清洁燃料。它具有便于储存和运输等优点, 不仅可为农村家庭提供炊事、取暖用能, 也可作为工业锅炉和发电厂燃料, 替代煤、天然气、燃料油等化石能源, 是生物质能利用的重要发展方向之一。随着农村居民生活水平的提高、对新型能源需求的扩大以及加强环境保护、应对全球气候变化的战略需要, 生物质固体成型燃料已成为一种极具竞争力和发展潜力的替代能源。

目前, 生物质固体成型燃料的成型设备主要有螺旋挤压式成型机、活塞冲压式成型机和压辊式成型机等3种形式。其中, 压辊式成型机分为环模成型机和平模成型机。环模成型机采用环状压模, 成型模孔环状径向辐射均布, 工作区接触面积大、模孔多, 环模与压辊接触线上各点等速, 具有生产率高、能耗较低等优点, 已经逐渐成为当前欧美等发达国家的主流技术。

本文拟通过对国内外生物质固体成型燃料环模成型技术发展现状及趋势等进行综合分析, 探讨制约产业发展存在的关键技术问题, 并提出下一步研究方向及对策措施。

1技术发展现状

1.1环模成型理论研究进展

生物质压缩成型技术研究, 早期主要集中于成型压力和密度上。Skalweit最早提出了秸秆压缩成型理论, 得出压力与密度为指数关系。随后, 各国的研究者对其做进一步的证明和修正。

李在峰分析了成型时电耗主要集中在粉碎与制粒两个工序上, 在不影响颗粒燃料使用性能的前提下, 应尽可能地降低对密度的要求。姜洋发现了豆秆采用压缩比为4.0的环模、玉米秸秆采用压缩比为4.5的环模、锯末采用压缩比为5.0的环模时, 颗粒燃料密度达到质量要求时设备系统的能耗较低。申树云对环模颗粒成型机核心工作部件——环模进行了ANSYS有限元分析, 建立了颗粒成型过程中的温度场、应力应变场模型, 得到长径比为5:1时成型效果最佳的结论。高建辉对环模压块成型机利用ANSYS程序对成型设备力学性能以及振动响应特性进行了系统的量化分析, 得到主轴部件的前6阶模态振型、临界转速以及在工作载荷频率下的动态响应特性。

现阶段, 国内对生物质固体成型燃料环模成型设备的研究成果, 主要是基于某种条件下进行的试验研究得到的一些优化结果。但受成型过程多方面因素影响, 优化结果只在特定环境发挥作用。尚没有深入地研究环模成型机理, 也缺乏对环模压块成型机的试验研究。

1.2产业发展现状

生物质环模成型机最初由饲料成型设备改进而得。早在20世纪60年代, 美国约翰迪尔公司生产的Lundell压饼机, 即采用了环模式压饼装置, 并已成为定型产品在市场上销售。目前, 国外主要生产木制颗粒燃料。近年来, 生物质颗粒燃料总产量逐年增加, 2008年全世界生物质颗粒燃料总产量达1160万t, 其中欧洲(不含俄罗斯)总产量达740万t。某

些大企业年产量达数十万t，如瑞典Skellefte Kraft AB公司2009年的产量达23.5万t。

从20世纪80年代起，我国开始致力于生物质固体成型燃料技术的研究。1996年，辽宁省农牧业机械研究所申请了环模压块机的专利；1998年江苏正昌粮机集团公司开发了环模颗粒成型机，生产能力为250~300kg/h；2008年，农业部规划设计研究院完成了具有我国自主知识产权的环模颗粒成型机，并在北京市大兴区建成年产1万t生物质固体成型燃料生产线。国内外部分环模成型机的主要技术指标如表1。

表1 国内外部分环模成型机的主要技术指标

Table 1 Main specifications of annular mould forming machines at home and abroad

成型机型号	主机尺寸 mm×mm×mm	主机功率 kW	环模内径 mm	工作面积 m ²	生产率 t/h	研发单位
7930-4	/	250/315	762	0.225	3.5-5	CPM(美国)
DPAS	2485×2010×2440	200	660	0.473	2.5	Buhler Inc.(瑞士)
UMT-Paladin	/	320	880	0.691	4-4.5	UMTAndritz Group(英国)
2000-250/2R						
PM717XW	/	250	700	0.55	/	Sprout-Matador(丹麦)
120A-175	2540×2340×2930	150/225	652	0.36	3-4	Bliss Industries, Inc.(美国)
PP450 Kompakt	/	37	410	0.0425	0.4-0.5	Sweden Power Chippers AB(瑞典)
485	2015×1283×2230	90	485	0.190	1.5-2	农业部规划设计研究院

目前，国外环模成型机适用原料主要为木屑等林业废弃物，产品多为颗粒燃料，设备制造比较规范，自动化程度高，生产技术大部分已经成熟，并达到规模化和商品化，但价格较高。国内生物质环模成型机还处于商业化初期，规模较小、适应性差，因此，亟待开发适合我国国情的环模成型设备。

2 生物质环模成型机分类和比较

生物质环模成型机可按生产的产品尺寸规格进行分类，主要分为生物质环模颗粒成型机和生物质环模压块成型机。本文重点对农业部规划设计研究院在北京大兴基地研制的两种典型环模成型机进行分析比较。

2.1 生物质环模颗粒成型机

生物质环模颗粒成型机生产的颗粒燃料，通常为圆柱形，直径一般不大于25mm，长度不大于其直径的4倍；常见的直径尺寸有6，8，10mm。颗粒燃料的密度大

于压块燃料，达1.2~1.4t/m³

。由于颗粒燃料直径较小，模孔压缩比较大，对原料含水率要求较高，一般在含水率为12%~15%、原料粒径为1~5mm时适合成型。

环模颗粒成型机及关键部件见图1和图2，该机型采用环形压模和与其相配的圆柱形压辊为主要工作部件，主要由喂料、搅拌、传动及润滑系统组成。因其压模轴线通常为水平布置，故常称卧轴环模颗粒成型机。

环模颗粒成型机工作原理：原料在配料仓经专门配置的抄板搅拌混合，调质处理，随后螺旋供料器将物料喂入压粒器制粒。在压粒器内，匀料板将调质好的物料均匀地分配到模、辊之间。

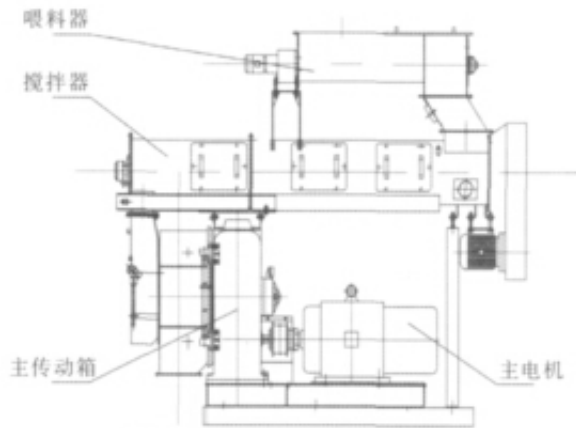


图1 环模颗粒成型机结构图

Fig.1 Structure diagram of annular mould biomass pellet machine

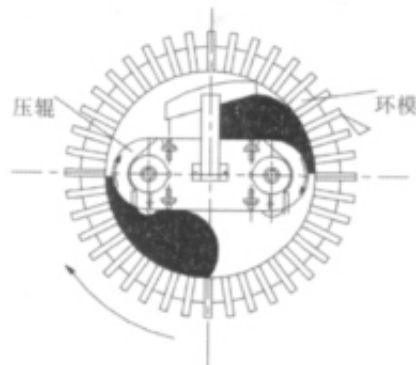


图2 关键部件示意图

Fig.2 Schematic diagram of key components

环模由电机带动回转，安装于环模内的2只压辊在模辊间的物料及其间的摩擦力作用下只自转不公转。由于模、辊的旋转，将模、辊间的物料钳入、挤压，最后成条柱状从模孔中被连续挤出来，再由安装在压模外面的固定切刀切成一定长度的颗粒燃料。

制粒系统工艺流程主要包括原料干燥、粉碎（除尘）、气流输送、收集、原料混合搅拌、螺旋输送、制粒成型、切断、冷却、包装、入库等工序。

2.2 生物质环模压块成型机

生物质环模压块成型机生产的压块燃料，通常为棱柱形或圆柱形，其直径或横截面的对角线一般大于25mm，长度不等。由于模孔横截面尺寸为30mm×32mm，模孔压缩比较小，对原料含水率要求宽松一些，一般为10%~20%。

环模压块成型机主要构造及关键部件见图3和图4，它主要由喂料系统和主传动压块系统两部分组成。

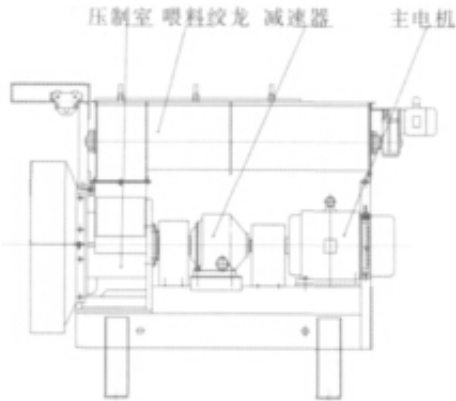


图3 环模压块成型机结构图

Fig.3 Structure diagram of annular mould biomass briquette machine



图4 关键部件示意图

Fig.4 Schematic diagram of key components

环模压块成型机的主要工作原理不同于环模颗粒成型机，它的主要工作部件是由固定的单列方模孔的环模和转动的单一偏心压轮组成。粉碎后的秸秆物料经喂料口进入带有不等螺距的内外螺带的机体腔仓中，随着主轴体的转动，将物料推至环模腔中，并布满环模沟槽，由沿着环模沟槽内切公转和摩擦自转的偏心压轮将物料挤压进环模孔中。环模压块成型机主轴体与偏心压轮有一定的偏心距形成主轴体的旋转扭力臂，偏心压轮的半径形成了传动扭力臂，主轴体的动力作用点在偏心压轮的轴心上形成主轴圆周力。偏心压轮每完成一次公转周期就将布满环模沟槽内的物料挤压入模孔内，从而形成了燃料块的一个压层。

随着物料的不断喂入和偏心压轮的公转、自转，便接连不断地形成无数个物料压层，相继地挤入模孔中，通过模孔中不断呈柱状挤出，然后与出料罩斜面接触，被掰成一定长度的方形柱状物。

压块系统工艺流程主要包括原料干燥、粉碎（除尘）、输送、成型、冷却、包装等工序。

2.3环模颗粒成型机与环模压块成型机性能对比

由于环模颗粒成型机的环模内径不超过500mm，因此环模可以整铸；采用动模式驱动，喂料方便，可以获得更高的转速；颗粒产品的质量好，密度大，能达 $1.2\sim 1.4\text{t/m}^3$ ，生产率达 $1.5\sim 2\text{t/h}$ ，成型率不低于95%。

由于环模压块成型机的环模内径超过800mm，因此环模采用分体式模块组成；采用动轮式驱动，主运动部件质量轻、节能，但可能导致喂料不均匀；压块产品的生产率高，能达 $3\sim 4\text{t/h}$ ，密度适中，为 $0.6\sim 1.0\text{t/m}^3$ ，成型率在90%。两种环模成型机性能特点如表2所示。

表 2 两种生物质环模成型机性能特点

Table 2 Performance and characteristics of two types of annular mould forming machines

项目	成型机	
	环模颗粒成型机	环模压块成型机
不同点		
主动件	环模	压轮
压辊(轮)数	2个压辊	1个压轮
原料含水率/%	12~15	10~20
成型率/%	≥95	≥90
产品密度/t·m ⁻³	1.2~1.4	0.6~1.0
产品吨耗电量/kW	45~60	40~50
生产率/t·h ⁻¹	1.5~2	3~4

总之，环模颗粒成型机采用双压辊结构受力比较均匀，压制的颗粒产品成型率高、密度大、质量好、更易于储存，目前颗粒燃料已经有了稳定的商业化市场；环模压块成型机采用单压轮结构，物料摄入区域大、生产率高、对物料的含水率适用范围也比较宽，生产的工序少、设备投资少、人工成本和能耗低、产品价格低。

3存在的主要问题

3.1基础理论研究薄弱

国内外在秸秆压缩环模成型基础理论方面的研究还很薄弱，无法满足生物质压缩成型设备研究和开发需要。目前，针对螺旋挤压式和活塞冲压式压块成型机的研究比较多，针对环模成型机的研究很少。在环模成型机的研究中，主要是针对颗粒成型机的研究多，针对压块成型机的研究较少，而压块比制粒工艺流程短，实际工作条件更恶劣，两者差异较大，须要专门研究。

3.2原料适应性差

目前，国外研究的环模成型机多以木屑等木质类为原料，尚缺少专门针对农作物秸秆开发的成型设备。国内现有针对秸秆原料的生物质环模成型机，大部分仅适用于有限几种原料，且可靠性差，运行不平稳。

3.3易损件使用寿命短

国外压模使用寿命（以产量计）一般达到5000~10000t以上，国内寿命仅100~1000t，较好的也已达5000t左右。

3.4结构设计存在缺陷

采用动轮式的环模压块机，因采用（螺旋）曲线上料，压轮滚动压缩进料，高速旋转点对点进入环模孔，即原料送到，压轮也刚好转到，因物料本身重量的原因，喂料上下不太均匀。此外，物料在输送过程中存在漏流和逆流情况，致使环模压块机喂料不均匀、进料困难、易堵料，降低了生产率。

3.5压块燃料密度低，成型率不高

环模压块成型机压制的压块普遍存在密度比较低，难以达到1t/m³以上，且成型率不高，低于90%，生产的压块易松弛，甚至出现开裂的问题，影响其燃烧效果和运输储存。

4结论与建议

国外研究的环模成型机，所适用的原料多为木屑等木质类原料，少有针对农作物秸秆这类原料开发的环模成型设备。环模成型机的研究还存在着基础薄弱等问题，加大力度解决生物质环模成型技术及设备生产中的成型率低、稳定性差、故障率高、难以保证连续作业等问题，可有效促进生物质固体成型燃料产业规模化发展。

应加紧对成型影响因素，如开孔率、模孔形状等进行试验研究，找出影响规律及最佳范围，以便改进环模成型机局

部结构。环模压辊（轮）是环模成型机的主要工作部分，应当通过使用新材料、新热处理工艺的办法，提高环模成型机环模压辊（轮）的使用寿命。此外，还应提高环模成型机自动化水平，改善操作环境，保证产品质量。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/85813.html>