

# 生物质秸秆致密成型关键技术研究

孔祥印<sup>1</sup>, 樊庆斌<sup>2</sup>, 田玉智<sup>3</sup>, 杜振兵<sup>4</sup>, 郭艳丽<sup>4</sup>

(1.曲阜市农业局能源办公室, 山东曲阜273100; 2.郓城市农业局能源办公室, 山东郓城274700; 3.惠民县农业局能源环保站, 山东惠民215700; 4.任城区农业局能源办公室, 山东济宁272000)

摘要: 简单介绍了国内外生物质致密成型技术研发现状、研究的主要内容、重点及研究中存在的问题, 提出解决和改进的具体措施并得到了很好地验证。

## 0引言

中国是一个农业大国, 每年生物质能资源十分丰富。目前, 生物质在中国能源消费中约占25%, 在农村占71%。这些生物质能源除用于工业和饲料外, 大部分直接燃烧, 多余部分就地烧荒, 不仅热利用效率低, 而且严重污染环境。因此, 研究生物质能转换技术, 将丰富的农业废弃物资源变废为宝, 转换为优质燃料, 对保护生态环境、促进农业可持续发展具有重要意义。

秸秆的能源化利用对于新农村建设, 改善农村生产生活环境, 全面实现节能减排, 提高农村生活质量, 促进农民增收支等方面均具有重要意义。秸秆成型是农业废弃物资源再利用的一个必要条件。

## 1生物质秸秆致密成型技术及其发展现状

生物质致密成型技术是指具有一定粒度的农林废弃物(锯屑、稻壳、树枝、秸秆等)干燥后在一定的压力作用下(加热或不加热), 可连续挤压制成棒状、粒状、块状等各种成型燃料的加工工艺, 压缩成具有一定形状、密度较大的固体成型燃料, 方便贮存和运输, 提高生物质的可利用性和利用率。

山东省农作物秸秆主要包括玉米、小麦、水稻和花生等作物的秸秆, 且各种秸秆产量大、范围广。秸秆经过成型后, 成为高品质的能源产品加以利用, 完全可以作为燃料替代煤。工业化生产过程中产生大量的蔗渣、中药渣、糠醛渣、木浆泥等工业垃圾, 这些垃圾的处理成大难题, 也是主要的污染源。秸秆成型机的研究开发既可以减轻此类物质直接焚烧所造成的大气污染, 又为企业降低了生产、生活成本, 为秸秆利用、变废为宝提供了商业化、产业化的新途径, 且符合国家环保政策, 可实现CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>

减排, 减少温室效应, 是保护生态环境的有效方法, 环保效益明显。在国际国内能源13益紧张的情况下, 生物质致密成型技术为废弃农作物秸秆和蔗渣、中药渣等工业垃圾的利用带来了新出路。

### 1.1国外技术研发现状

国外成型燃料的发展大体分为三个阶段, 20世纪30年代—50年代为研究、示范、交叉引进阶段, 研究的着眼点以代替化石能源为目标; 20世纪70年代—90年代为第二阶段, 各国普遍重视化石能源对环境的影响, 对数量较大、可再生的生物质能源产生了兴趣, 开展生物质固化成型燃料研究, 到0年代, 欧洲、美洲和亚洲的一些国家在生活领域中比较大量应用生物质固化成型燃料; 20世纪90年代后期至今为第三阶段, 首先以丹麦为首开展了规模化利用的研究工作, 丹麦著名的能源投资公司BWE率先研制成功了第一座生物质固化成型燃料发电厂, 目前, 美国已经在25个州兴建了树皮成型燃料加工厂, 每天生产燃料超过300t, 但生物质固化成型燃料以欧洲的一些国家如丹麦、瑞典、奥地利发展最快。例如, 瑞典人均生物质固化成型燃料消耗量达到160kg/a, 欧洲现有近百家生物质固化成型燃料加工厂, 农场以秸秆为原料, 靠近城市的加工厂以木屑为原料, 南非在2013年建成了14座以木柴加工废弃物为原料, 年产量达到120×10<sup>4</sup>

t的成型燃料加工厂。国外生物质固化成型燃料技术发展有如下特点: 原料以木屑等林业废弃物为主, 一般不利用农作物秸秆; 生产技术大部分已经成熟, 并达到规模化和商品化; 成型燃料的用途已经由烧壁炉等生活用能为主转向了生产应用; 设备制造比较规范, 但能耗高, 价格高。

### 1.2国内研发现状

#### 1.2.1研发现状

中国从20世纪80年代起开始致力于生物质固化成型燃料技术的研究, 主要引进韩国、日本、中国台湾等成套设备。

随后，荷兰、比利时等国家的技术和设备也相继引入中国，已成功研制出各种类型的生物质固化成型燃料生产设备。

### 1.2.2 各类型设备性能介绍

a) 活塞冲压式成型机。该机由河南农业大学和中国农业机械化科学研究院研制，河南农业大学率先对冲压式生物质固化成型设备进行了应用研究，所设计的往复活塞双向挤压成型机具有创新性。生产试验和分析结果表明：该成型机可显著提高易损件的使用寿命，降低单位产品能耗，工作平稳，成型可靠，成本低，投入回收期短，经济效益和环保效益明显，生产以秸秆为主的生物质原料，推广前景广阔，但该类型设备所生产的燃料密度比较小；

b) 螺旋挤压式成型机。中国林业科学研究院林产化学工业研究所率先开始研制螺旋挤压式棒状燃料成型机，主要由加热装置、螺旋挤压装置和控制装置组成，但这些设备存在一些诸如成型筒及螺旋轴磨损严重、寿命较短、电耗大等缺点；

c) 环模挤压成型。一种是采用内旋式环模结构，挤压成型；一种采用外旋式环模结构，挤压成型，这两种都是由饲料成型设备改进而来。前者以北京盛昌绿能科技有限公司改进美国技术为代表，是目前欧美国家的主流技术，设备采用常温成型，适用原料为秸秆、木屑等各种农林废弃物，产品为颗粒状及方块状，环模工作寿命约600h，根据配置其

售价 $30 \times 10^4$ 元/套— $60 \times 10^4$

元/套，在北京市大兴区礼贤镇建有年产20000t的示范工厂；后者以国能惠远公司为代表，常温成型，主要适用原料为木屑，过于干燥不易成型，成型后需要干燥处理，有黏结剂易于成型，产品为颗粒状，生产能力约300kg/h~500kg/h，模具工作寿命约400h，售价约 $30 \times 10^4$

元/套，河北石

家庄万通机械厂生产的YIG-500

型，外旋式结构，生产能力为500kg/h，售价在 $8 \times 10^4$

元/套，主要适用原料以玉米秸秆为主，但外旋式大盘采用轴承采用的是6188型，密封不能彻底解决，因秸秆成型机的工作环境所致，故障不断；

d) 平模挤压成型。由饲料成型设备改进而成，以济南三农能源科技有限公司为代表。设备采用常温成型，主要适用原料为木屑、玉米秸秆(须处理得很细)等，产品圆柱状，设备生产能力50kg/h~300kg/h，平模工作寿命约400h，售价 $5 \times 10^4$ 元/套— $15 \times 10^4$ 元/套，在国内有不少应用，也存在密封、成型率、能耗、产量等问题。

总体来说，中国生物质固化成型燃料有如下特点：在全国范围内，还处于研究示范试点阶段，设备技术原理比较先进，成本低廉，适合中国国情；规模化和市场化较差；管理不规范，支持政策缺乏，推广速度缓慢。

## 2 生物质致密成型技术主要研究的内容

### 2.1 致密成型技术

致密成型一般是辊压成型，有水平轴式环模挤压成型、垂直轴式环模挤压成型和平面辊压成型。冷压致密成型工艺常用于含水量较高的原料，原料进入成型室后，在压辊或压模的转动作用下，进入压模与压辊之间，然后挤入成型孔，从成型孔挤出的原料被挤压成型，再用切刀切割成一定长度的颗粒状或块状燃料。冷压致密成型主要用于木材加工厂的木屑和秸秆碎料，成型设备一般比较简单，价格较低，但由于死角较大，引起无用能耗大，成型部件磨损较快。工作中易出现辊轮和成型孔堵塞现象，且由于燃料湿度较大，不含黏结剂，易吸湿变形，不利于长期保存、运输和使用。

### 2.2 生物质致密成型技术的研究重点

对各类成型机进行比较，综合其优、缺点进行深入分析，针对成型设备存在的各种问题做了大量研究试验，本项目所涉及的主要是动辄式平模式秸秆成型机，包括粉碎机、输送设备、成型机、电控柜等。成型是整个过程的决定性步骤，故成型机的性能决定了产品质量和生产成本，因物料种类、含水率、回性程度等的差异，造成成型技术的复杂性和工艺的不确定性。物料的压缩是大盘和压轮配合完成的，即大盘和压轮必须在1mm—3mm的范围内才能在较快的挤出速度下获得较大密度的成型燃料。二者均是在较高温度和压力下工作的，压轮和大盘与物料始终处于干磨擦状态，导致大盘和压轮磨损非常快。当磨损到一定程度时，二者失去尺寸配合，成型就无法进行。由于成型大盘和压轮的工作环境极端恶劣，使得其使用寿命一般在200h以下。

## 3 项目研发过程中遇到的主要问题和解决方案

### 3.1 研发过程中遇到的主要问题

阻碍生物质致密成型技术的推广应用的问题主要是大盘、压轮磨损问题，二者压缩区域的磨损程度决定了大盘的使用寿命。因此大盘和压轮的使用寿命成为生物质致密成型技术实用价值的决定性因素。

### 3.2 解决方案

下面从两个方面来分析磨损问题，大盘是被固定在机座上，物料从静止的模孔中挤出，被切断后形成颗粒状，这种大盘静止的工作方式有利于颗粒成型率的提高，作为成型机的核心工作部件，大盘的结构参数是否合适直接决定了颗粒质量的优劣和产量的高低。

加工不同的物料，应当配备不同厚度的大盘，大盘的开孔面积、模孔尺寸、模孔排布方式等要素都是决定压块性能的重要因素，大盘是易损件，需要定期更换。

一般情况下模孔长径比越小，产量越大，相对应压块密度就越小，质量也越差，相反长径比过大，产量低、密度大，还容易出现堵机。与环模相比，平模的优势在于结构简洁、体积紧凑、能正反使用、成本低廉。

在压辊方面，平模机压辊的特点是转速较低、直径大，与某些型号的环境机相比，其转速甚至不到环境压辊的一半，而较大的直径可以增大压辊的攫取角，这使工作中的压辊对物料有较强的攫取力，并且降低了打滑的可能性，但是工作中的压辊并非整体在做纯滚动，从其轴向上看，压辊的里侧与外侧都会发生滑动，这种滑动作用是由平模机的工作原理决定的，并不因物料的改变而改变。滑动作用的存在固然在一定程度上加快了压辊的磨损，但是客观上却增强了压块机的挤压性能，使平模式压块机在加工含粗纤维较多的生物质原料方面成为佼佼者。下面将从运动分析和受力分析方面对压轮磨损问题进行讨论。

以图1所示为顺时针旋转的压辊，平模式颗粒机在工作时，压辊上必定存在一条纯滚动的圆周线，在纯滚动线左侧，压辊发生超前性滑动，称之为滑转滚动；在纯滚动线右侧，压辊发生滞后性滑动，称之为滑移滚动。

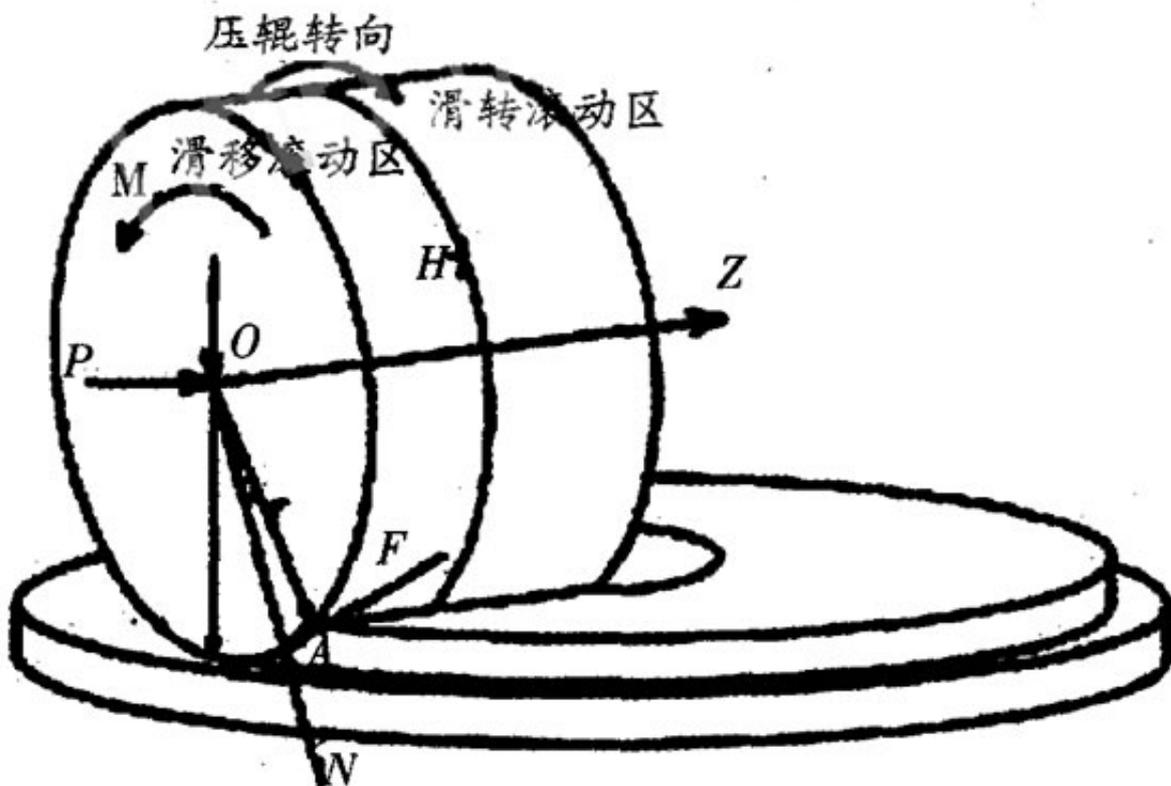


图 1 压辊的受力情况

在压辊与物料接触的任意点，其受力如图1所示，因挤压物料而受到物料施加给压辊的反作用力，总是沿半径

指向圆心方向；压辊与物料之间还可能存在着摩擦力 $F$ ，必定沿切线方向，但指向有待讨论。当机器进入稳态时，压辊处于平衡状态，建立如图所示的柱坐标系，以磨辊轴心为 $z$ 轴，磨辊最外截面圆心为 $z$ 轴 $O$ 点，以竖直方向半径为角坐标 $O$ 点。因平模压辊的自转是从动的，不存在驱动力矩，故其自身力矩之和为零。

明确了压辊的受力情况，就可以分析物料受力，物料受力情况如图2所示，在与平模接触的平面，物料受到水平方向上的摩擦力 $S$ 和铅直方向上的支撑力 $T$ 。

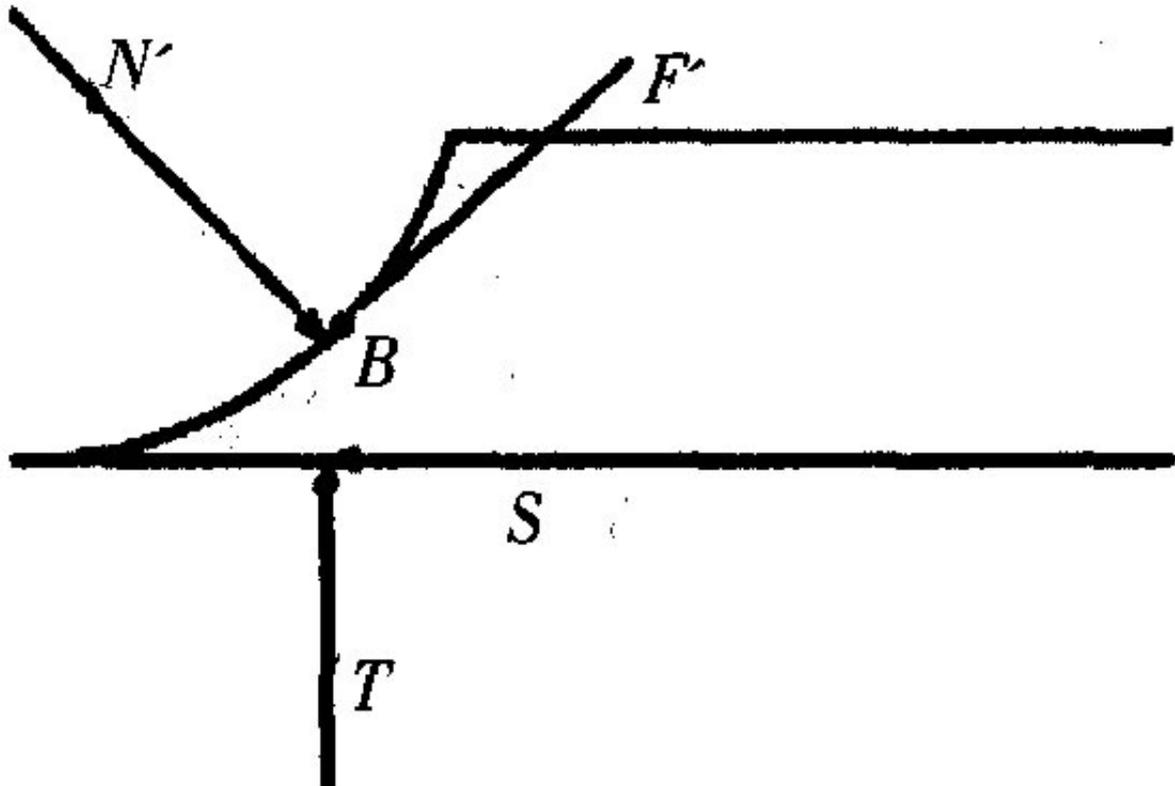


图 2 物料受力情况

从上述的压辊运动情况和物料受力情况可以做出以下分析：产生滑转滚动和滑移滚动时，与纯滚动相比，相当于在竖直方向和水平方向对作用力进行了重新分配。两种滑动作用导致了摩擦力的产生，摩擦力 $F$ 使压辊和物料之间产生了两种剪切作用。滑转滚动区的超前性滑动使磨辊在竖直方向对物料产生了较强的剪切作用，这种剪切作用越靠近模板中心越明显。摩擦力也就越大，压辊的受损程度就越深，这种受损程度离大盘中心越明显。试验时从出料口往里观察，发现大盘的中间几圈模孔出料快，越是里圈和外圈的模孔，出料越慢。如果卸掉切刀观察，中间几圈的物料被挤出较短的长度就会断裂、坠落。而里圈和外圈的模孔中挤出的物料不易自动断裂和坠落，有许多甚至长至200mm以上才脱离模板。这是由于两种剪切作用的存在，模板内侧和外侧的物料受较大剪切力，物料粒子被充分揉切、撕裂进而充填、嵌合，所以越是两侧，成型颗粒质地越密实，出料越缓慢。平模机之所以在加工粗纤维含量较多的物料时具有优越的性能，也正是因为这两种较强的剪切作用对物料进行了充分的预处理。

滑移滚动和滑转滚动的存在会导致压辊、大盘的磨损程度增加，但在设计时可将平模设计成对称结构，能够正反使用，这将有效降低易损件成本。

#### 4项目创新点

对大盘的磨损问题，各研究和生产厂家采取了很多办法，但由于受工艺技术等制约，都没有从根本上解决问题。经过多台成型机的实际运行试验结果表明，大盘和压轮的磨损只发现在一个导程范围内，解决这部分的磨损，整个的磨损问题也就解决了。设计了一种保护罩，在原来大盘和压轮经过调质处理和热处理后，在大盘和压轮母体上选择特殊

耐磨材料(如D705焊接材料)、用特殊工艺,在其外层磨损区域焊接电镀制作一层耐磨保护层。实际运行结果是这种大盘和压轮使用寿命在800h以上。在经过一段时间运行后,达到一定磨损的程度(在没有磨损致母体的前提下)可以重复制做此保护罩。大盘的模孔采用圆形孔,方便加工与维修,使用成本低;大盘采用上模子L与下模孔呈现对称结构,如果上面模子L磨损较重可将大盘反转,使用下面模孔;也可将上模孔与下模孔的轴向高度设计为55mm、46mm、60mm等不同的尺寸,分别适用于各种类别不同的生物质材料,可进一步降低使用成本。另外一种办法是用模套方式解决磨损问题,模孔以模套形式工作,压轮以轮套形式工作,既保证了磨损件的制造质量,也降低了零部件的使用成本,提高了生产效率,模套加工采用数控切削方法,解决了压缩模量渐变的技术难题。

## 5结语

通过此项目的研发,研究人员不仅积累了大量的宝贵实践经验,而且取得了生物质致密成型过程中的耐磨、密封等多个新成果。项目通过试验推广应用,平模式秸秆成型机在降低能耗、提高生产效率、增加大盘压轮磨损性、降低使用成本和减少故障率等方面有了很大改进,该技术已通山东省农机管理部门的鉴定,列入国家农机推广补贴目录。随着产品的制造工艺、自动化和水分精准化控制等技术的提高,生物质致密成型技术将更加成熟,将产生更大的经济效益和社会效益。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/123221.html>