

中空生物质燃料颗粒挤压成型机构研究

徐磊，杨小军，王佳东，胡蝶

（浙江省衢州学院，浙江衢州324000）

摘要：生物质能是一种环保且可再生的资源。对于我国这样农业发达的国家来说，合理开发利用生物质能，不仅仅是充分利用废弃物，变废为宝，同时也响应了国家节能减排、绿色能源的号召。现主要针对生物质燃料颗粒的形状，对生物质燃料颗粒挤压成型机构进行了改进，使最终的颗粒成中空型颗粒，方便燃烧充分。

引言

生物质能的开发利用，对我国经济建设起到了非常大的作用，特别是对于农村地区来说，因为生物质能的利用基本都是通过使用生物质燃料提供能量，而生物质燃料一般主要是农林废弃物，如秸秆、锯末、甘蔗渣等。对于我国这样的农业大国来说，高效利用生物质能的意义十分深远，特别体现在带动农村发展上面，能减小我国的贫富差距。然而直接燃烧农林废弃物是不可取的，由于原料成分含水率过高，利用率很低，且成本较高，所以需要对其进行加工处理才能投入市场使用。

生物质燃料致密成型技术研究始于20世纪初，目前世界上对其已有几十年的研究历史，具备了相应的理论技术和实践操作的基础。目前市场上针对生物质燃料颗粒的成型机构有很多种，不过由于这些加工设备存在成本较高、体积较大、不利于转移等问题，大多应用于规模相对较大、大批量处理的企业，并不符合家庭规模加工的要求。最重要的是成型后的燃料燃烧不够彻底，这主要是因为成型过程使生物质燃料颗粒内部紧密坚固，导致无法燃烧到内部，利用率不够高，不易烧尽。

针对上述问题，本文对生物质燃料粉碎颗粒成型机的成型机构进行了改进，使最终颗粒形成空心圆柱，方便燃烧充分，提高利用率，减少剩余残渣。

1成型系统工作原理

本文设计的挤压成型机构中，通过压辊与成型碾盘的相对运动，使原本松散杂乱的粉碎颗粒在摩擦力的作用下，逐渐被挤压成密度较大、形状规则的条状生物质燃料，由于在压模孔中固定小型螺柱，使燃料颗粒在成型过程中形成中空状态，得到颗粒呈空心的圆柱体，最后在成型碾盘下方的小口处被挤压入下方的出料室中。在出料室内达到一定长度后，通过刮料片的自动作用，对加工处理完成后的条状生物质燃料进行切削，最终成为规格统一的每段长4~6mm的生物质燃料颗粒。图1为生物质燃料颗粒图。

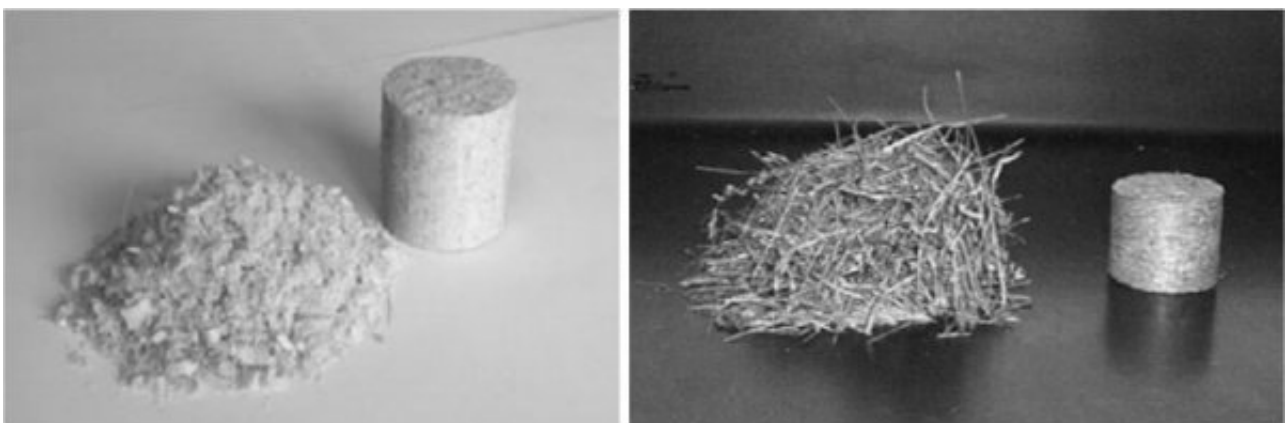


图1 生物质燃料颗粒图

下面对压辊挤压物料进行力学模型分析。

压辊压力 P 和平模内表面反作用力 R 作用于原料，攫取物料需满足以下条件：

$$F \cos \alpha + T = f P \cos \alpha + f_1 R$$

$$f_1 R + f P \cos \alpha \geq P \sin \alpha$$

式中, f_1 为平模板与物料间的摩擦系数; f 为压辊与物料间的摩擦系数; T 为压杆所受转矩, $\text{N} \cdot \text{m}$ 。

其中

$$R = P \cos \alpha + f P \sin \alpha$$

整理后可得物料攫取条件为:

$$\tan \alpha \leq \frac{f_1 + f}{1 - f f_1}$$

根据已知物料在模孔内的轴向压应力和沿孔径方向物料无变形两个条件, 由广义胡克定律可得出物料的径向压应力:

$$P(x) = \frac{\mu}{1 - \mu} \sigma(x)$$

式中, $P(x)$ 为物料径向压应力; μ 为物料的泊松比。

模孔在承受径向压应力时也受切向摩擦力 F 作用, 摩擦力由径向压力产生。受力分析建立平衡方程:

$$\pi r_0^2 \sigma(x) - [\sigma(x) + d\sigma(x)] \pi r_0^2 + 2\pi r_0 dx * g(x) = 0$$

式中, $g(x)$ 为模孔切向摩擦力; r 为膜孔半径, m 。

经积分后可得:

$$\sigma(x) = \sigma(o) e^{\frac{-2f}{r_0} \cdot \frac{\mu}{1-\mu} x}$$

$$P(x) = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma(o) e^{\frac{-2f}{r_0} \cdot \frac{\mu}{1-\mu} x} = P(o) e^{\frac{-2f}{r_0} \cdot \frac{\mu}{1-\mu} x}$$

式中, $\sigma(o)$ 为模孔内壁对物料的轴向压应力; $P(o)$ 为模孔内壁对物料的径向压应力。

从上式可知, 由于物料种类不同, 其摩擦系数也不同, 因此攫取角 α 也不同。生物质物料的摩擦系数一般为 $0.1 \sim 0.7$ 。若 $f = f_1$, 则攫取角区域 α 在 $22.6^\circ \sim 70^\circ$ 。物料受的轴向压应力、模孔径向压应力以及模孔切向摩擦力都随模孔长度呈指数变化, 在模孔内表面处达到最大值, 然后随模孔长度的增加逐渐减小。

2改进后的成型机构工作原理

图2为生物质燃料颗粒粉碎成型机的成型机构明细图。

成型系统采用的方法是辊模碾压式成型，基本的工作部件由压辊和压模两部分组成，其中压辊绕辊轴转动，并且在压辊的外周加工有槽，用于压紧原料而不致打滑。经过粉碎后的原料通过输送机构被输送到成型系统，在成型机构工作的过程中，四个压辊同时进行工作，提高效率。在挤压成型的过程中，生物质中含有的木质素、糖分、蛋白质和淀粉受热变形，最后生物质物料被挤压成具有一定强度和密度的燃料颗粒。压辊与成型碾盘的旋转速度在挤压成型过程中起到至关重要的作用，因此需要使其转动速度维持在合适的范围内，确保最终挤压成型出来的颗粒符合要求。

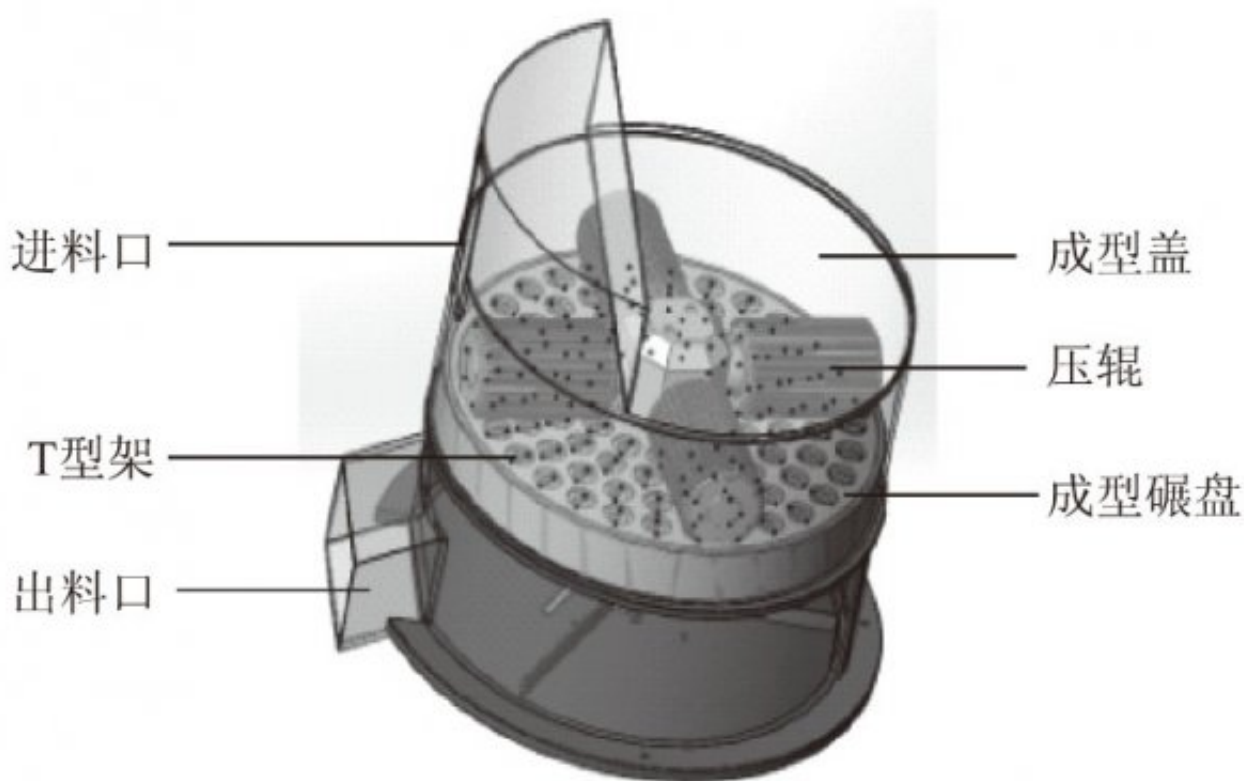


图2 生物质燃料颗粒粉碎成型机的成型机构明细图

同时，我们在传统的直孔型成型孔基础上，在压模孔中固定了T字架，并利用螺栓固定。这样使得物料在经过挤压成型机构后，形成的最终的圆柱状生物质燃料颗粒呈中空形式。由该成型孔加工出的生物质燃料颗粒与空气的接触面积增大了，虽然总体积减小，但利用率被提升了，含水量也更低，更加容易被点燃并燃尽，更深一层地促进了对生物质资源的利用，提高了生物质能利用率，拥有巨大的生产空间价值，实现高效低耗。中空生物质燃料颗粒具有目前市场上其他生物质燃料颗粒所没有的特点。该成型机构的改进设计使得加工成型碾盘的加工工艺变得相对简单，工作时的能耗也相对降低了。

3结语

挤压成型作为生物质燃料颗粒成型工艺过程中的最后一步工序，在很大程度上决定了最后所加工出的生物质燃料颗粒是否满足要求，在整机设备中占据着极为重要的地位。本文的设计是将目前市场上应用最广泛的成型机构，即平模成型机与环模成型机有效结合起来，使得生物质燃料颗粒的加工率得到较大程度的提高，最后所得的生物质燃料颗粒质量也有了明显改善。同时，我国对生物质燃料颗粒的成型机研究还在不断深入，向简洁方便、性价比高、适应性强的方向进一步发展。

参考文献

[1]俞国胜,侯孟.生物质成型燃料加工装备发展现状及趋势[J].林业机械与土木设备,2009,37(2):4-8.

-
- [2]袁惊柱,朱彤.生物质能利用技术与政策研究综述[J].中国能源,2018,40(6):16-20.
- [3]崔金磊.秸秆拾取—粉碎—成型联合机关键技术的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2015.
- [4]张正钧.新型生物质平模成型机的研究与设计[D].西安:陕西科技大学,2017.
- [5]贾凤伶.我国能源农业循环经济产业体系研究[J].江苏农业科学,2018,46(13):359-362.
- [6]陈晓红,王智勇,毛天宇.生物质成型燃料产业现状与发展前景[J].中国资源综合利用,2018(6):24-26.
- [7]张彦民.复合式环模生物质燃料颗粒成型机的研究[J].农业开发与装备,2017(4):66-67.
- [8]李锐.基于创新设计模型的秸秆粉碎成型一体机设计研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2013.
- [9]白阳,闫文刚,刘志刚.生物质燃料致密成型方式的发展现状与展望[J].林业机械与木工设备,2018(9):37-38.
- [10]何继龙.生物质块状燃料成型机的研究设计[D].南京:南京林业大学,2010.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/149036.html>