生物质固体成型燃料成型工艺进展研究

摘要：介绍了生物质固体成型燃料技术和工艺的概念，回顾了国内外产业现状，提出生物质固体成型燃料的生产工艺分类方法，比较研究颗粒和压块成型工艺，分析了生物质固体成型设备和工艺配套设备现状，指出了生物质固体成型的设备与工艺存在的主要问题，并提出我国生物质成型工艺的发展方向，为生产中设备和工艺优化指以方向。

0引言

生物质指利用太阳能经光合作用合成的任何有机物，包括农林副产品及加工剩余物、能源作物，以及人畜粪便等有机废物。生物质能指利用生物质转化成的能源。全球生物质资源丰富，生物质能作为唯一能够保存的可再生能源，其推广和利用将对能源结构的改善和能源需求的短缺发挥其必要的作用。生物质固体成型燃料技术指在一定温度和压力作用下，利用木质素充当粘合剂将松散的秸秆、树枝和木屑等农林生物质压缩成棒状、块状或颗粒状等成型燃料，是目前国内外利用生物质能比较普遍且效果显著的技术之一。

生物质固体成型燃料成型工艺是指将秸秆等生物质原料加工成固体成型燃料的方法、技术等，包括整条生产线技术和设备。现在生物质固体成型燃料产品一般为块状和颗粒状两种形式，因其工艺参数要求不同，所需的成型生产工艺也有较大差别，可分为压块生产工艺和颗粒生产工艺。按照生产的连续性，可分为连续生产工艺和单机生产工艺。具有原料粉碎、干燥、输送、混配、喂料、成型、切断、冷却、计量包装等工序，能够自动连续稳定生产线的生产工艺为连续生产。单机生产则主要依靠人工间歇性上料，为非连续生产。

按自动化程度，可分为自动化生产工艺和非自动化生产工艺。各生产工艺的生产线的主要产品或多数产品的工艺路线和工序劳动量比例，决定了一条生产线上拥有为完成某几种产品的加工任务所必需的机器设备，机器设备的排列和工作地的布置等。各生产工艺的工艺路线通过调整其中的工艺参数，以适应产品的生产需要，采用最佳的生产工艺能取得良好的经济效益。

本文对生物质固体成型燃料成型的生产工艺进行研究，就生物质固体成型燃料的产业现状作一个概述，对生产工艺所要求的生产线的成型机以及配套设备现状与存在的问题进行研究，探讨解决制约规模化和产业化生产中的工艺路线与相关设备的技术途径。

1国内外产业发展现状

因全球传统能源———石油、煤炭和天然气的减少，和温室气体排放的压力等原因，生物质固体成型技术受到国外发达国家的普遍重视。根据欧盟制订的《欧盟生物质能行动计划》，从2009到2020年将利用生物质能占消耗能源的14%提高到20%。在2010年，芬兰、瑞典和奥地利等国家的生物质能利用，依次占该国一次能源消耗量的18%、16%和10%，其中2010年瑞典共有94家颗粒生产企业，总生产能力约2.20Mt。

我国从20世纪80年代起开始致力于生物质压缩成型技术的研究，也取得了不少成果。2008年农业部规划设计研究院在北京市大兴区建成年产20kt固体成型燃料生产线示范厂，其中包括年产10kt的颗粒燃料生产线和10kt的压块燃料生产线，主要以玉米秸、木屑为主，兼顾加工麦秸、花生壳、棉秆等为原料。

2009年，吉林省辉南宏日新能源公司在辉南县建成以林业生物质为原料的生产线，该线生产能力是15kt/年，次年该公司在大兴沟，蛟河各建成一条相同的生产线。随后全国又建成北京延庆生物质压块燃料示范点、安徽淮南生物质颗粒示范点等10余处。目前，河南、江苏、北京、吉林、湖北、山东、黑龙江、辽宁等省市建成年产万吨以上成型燃料厂100余处，生产能力已达3Mt，实现了规模化生产。

2生物质加工工艺路线

生物质固体成型燃料成型工艺是指将秸秆等生物质原料加工成固体成型燃料的方法、技术等，包括整条生产线参数调整技术及设备。生物质固体成型燃料产品为块状、颗粒状和棒状三种形式，按照产品形状分为压块、颗粒和棒状生产工艺。按照生产的连续性，可分为连续生产工艺和单机生产工艺。

具有原料粉碎、干燥、输送、混配、喂料、成型、切断、冷却、计量包装等工序，能够自动连续稳定生产的生产工艺为连续生产；单机生产为非连续生产。按自动化程度可分为自动化和非自动化生产工艺。生产中自动调整设备工艺参数，以适应产品的生产需要，为自动化生产工艺。

国外发达国家的生物质固体成型多为连续自动化生产工艺，其生物质原料多来源于农场、农产品加工厂或木材加工厂，来源集中，原料较单一，生产中一般不考虑物料混配工序，图1是瑞典BooForssjoEnergiAB的生物质固体成型生产工艺路线实例。

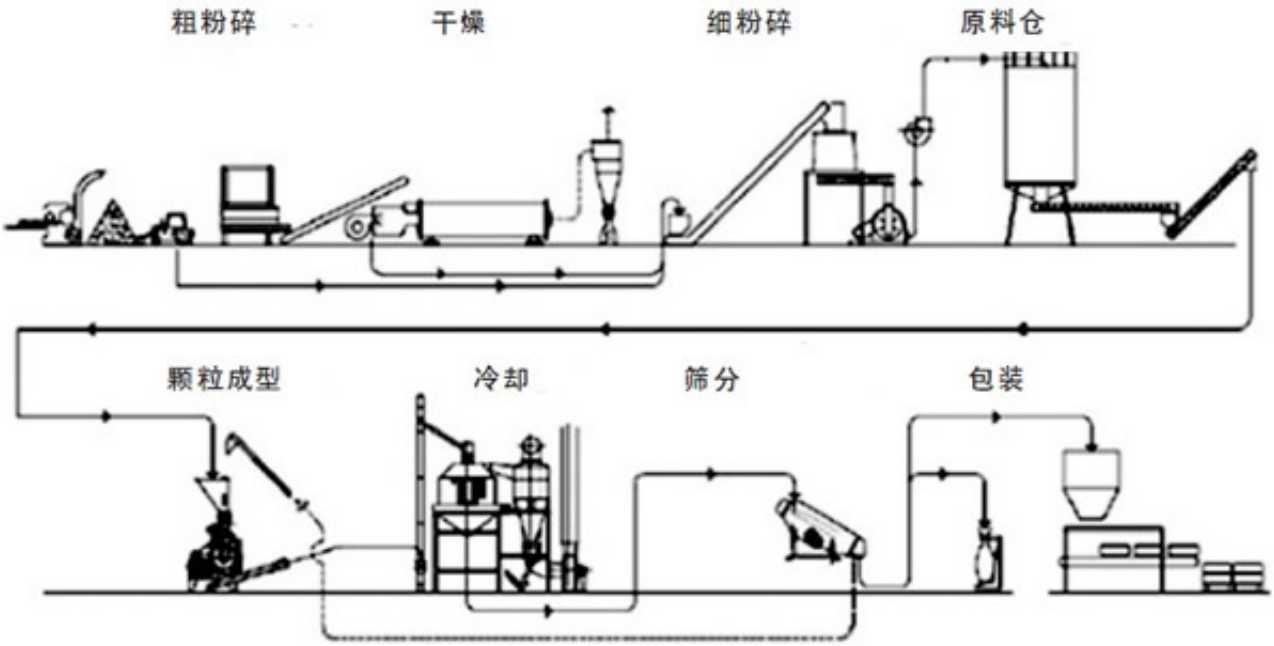

图1　瑞典生物质固体成型工艺流程图

我国现阶段多为单机生产，其生产只需要粉碎和成型两个工序，人工间歇性上料，依靠生产者的经验判别在生产中上料量的和上料的湿度等等，工艺简单，成本低，但劳动强度大，产品质量不稳定，效率低，单机生产工艺路线如下图2所示。

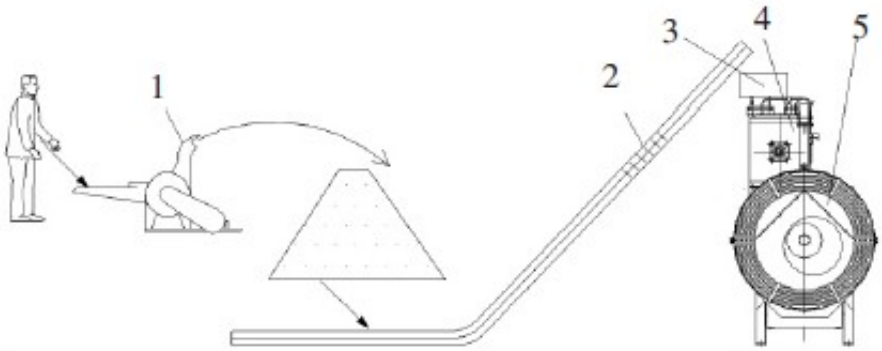

图2　生物质单机成型工艺流程图

1.粉碎　2.输送　3.原料仓　4.强制喂料器　5.成型机

连续生产中，我国常用的有压块和颗粒成型，其工艺有所不同。目前国内的连续自动化生产工艺多应用在压块和颗粒成型工艺中。

压块成型工艺路线，通常是原料通过圆柱形或棱柱形的模孔成型，模具直径或横截面的对角线通常大于25mm，在此成型工艺中，原料含水率要求一般为10%~20%，原料粒度一般低于50mm时都可成型，工艺路线如图3所示。

颗粒成型工艺路线，原料通常通过圆柱形模孔，模具直径一般不大于25mm，模具厚度即模孔长度不大于其直径的4倍，通常直径尺寸有6mm、8mm、10mm三种。原料含水率要求一般为12%~15%，原料粒度为1~5mm时最适合成型，如图4所示。

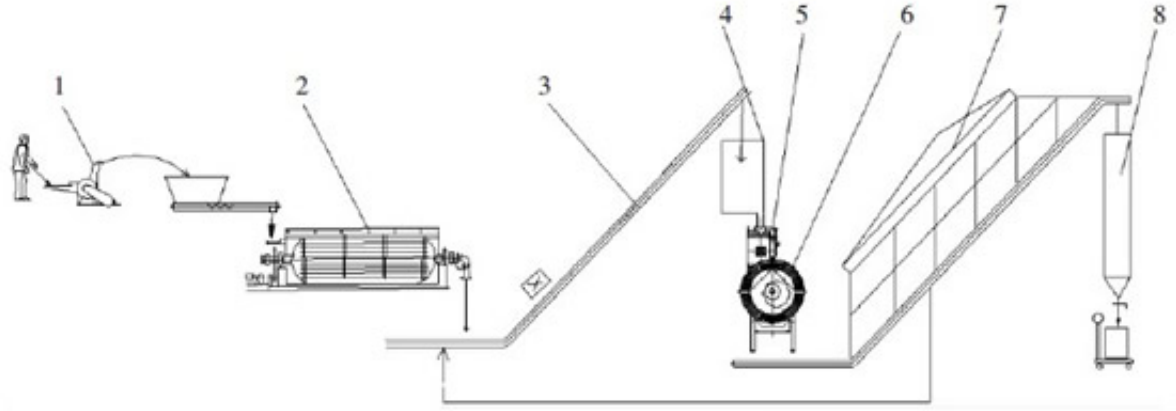

图 3　生物质压块成型工艺流程图

1.粗粉碎　2.干燥　3.输送　4.原料仓　5.强制喂料器　6.压块成型机　7.输送筛分　8.产品料仓

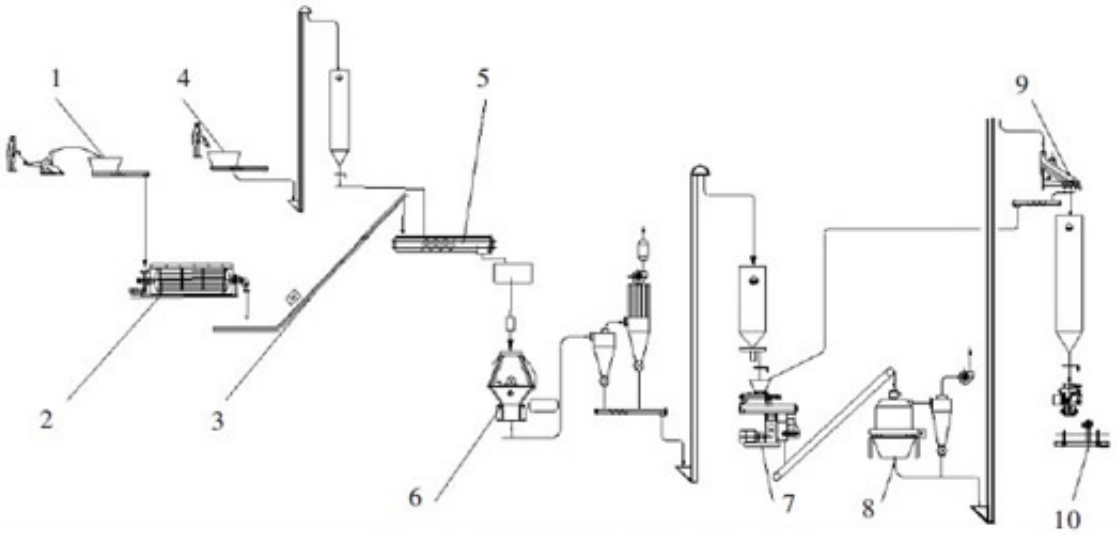

图 4　生物质环模颗粒成型工艺流程图

1.粗粉碎　2.干燥　3 刮板输送　4.辅料添加　5.物料混合　6.细粉碎　7.颗粒成型机　8.冷却　9.筛分　10.包装

压块成型和颗粒成型工艺路线有较大差异，主要表现在以下几个方面：

1)粉碎方式。根据物料成型粒度要求的不同，采用的粉碎方式也不同，粒度为50mm的物料粉碎采用挤压揉搓方式和铡切方式为主，压块成型需要一次粉碎即可以满足粒度要求。在颗粒成型工艺中安排了粗粉碎和细粉碎的二次粉碎工序，细粉碎一般采用撞击击打方式的锤片式破碎机。

2)输送方式。粒度不同影响物料的流动性特性，在原料输送和喂料的方式上也有所不同，采用的输送和喂料设备也相应的改变。因粒度较大的物料容易形成搭桥现象，喂料时需要有强制喂料装置，输送粒度30~50mm的物料时应用螺旋输送、皮带输送、刮板输送；5mm以下的物料可以采用气力输送的方式。

3)杂质嵌入。颗粒成型工艺中的成型产品直径一般是6mm、8mm、10mm三种规格，而块状成型产品直径一般不低于25mm。不同规格的成型产品吸收杂质嵌入的能力不同。颗粒成型相对于块状成型产品，对原料杂质含量及粒度要求更为严格，特别是对于砂石杂质的去除要求，应设置不同除杂系统。

4)冷却方式。颗粒物料在压制后容易破碎，骤冷会引起“爆腰”，需要冷却设备进行冷却，压块燃料一般体积较大，密度较小，自然冷却干燥即可。

3生物质成型设备及配套设备研究

3.1生物质成型设备研究

目前我国的主要生物质成型设备有螺旋挤压式、活塞冲压式和辊模挤压式等三种成型机，特别以环模成型机最为普遍，环模成型机分为颗粒和压块两种。北京奥科瑞丰公司(压块成型机)、江苏正昌公司(颗粒成型机)、河北盛昌绿能公司(压块成型机)等相继开发了环模成型机，其技术参数见表1。

表 1　环模成型机生产厂商及参数

公司名称	型号	产量(t/h)	功率(kW)	产品规格(mm)	成品密度(g/cm³)
奥科瑞丰公司	9SYX—IVB(压块机)	0.95~1.5	45	32×32	0.6~1.1
江苏正昌	SZLH678JG(颗粒机)	3~3.5	200	6、8、10	0.8~1.4
北京盛昌绿能	9JPH—1500(压块机)	1.2~1.5	45	32×32	0.6~1.1

3.2生物质成型配套设备研究

配套设备的选用决定于工艺路线，以上文提到的生物质环模颗粒成型工艺路线为例，分析粉碎、干燥、除杂、物料混配和冷却等工序的配套设备作用、技术研究现状等。

3.2.1粉碎设备

粉碎是指通过挤压、撞击、研磨、锯切或其他方法部分地破坏物质分子间的内聚力，达到粉碎原料到某粒度范围的目的过程。

粉碎设备是生物质成型的粒度参数的保证，针对不同的物料则应采用不同的粉碎方式，以提高粉碎效率及质量。打击方式的设备主要为锤片式粉碎机，利用锤片打击物料。此种设备一般尺寸较大，物料与锤片的接触面积较大，适应于含水率较低、韧度较小的生物质物料，如豆秆、棉秆、葵花秆等。锯切的设备为切碎机，可以加工韧度较大、含水率较高的生物质物料，如水稻、小麦、玉米等。在对生物质粉碎中，根据实际情况采用多种方式混合生产，提高效率，减少功耗。

3.2.1干燥设备

干燥的目的保证成型原料的合适水分，可分为自然干燥和人工干燥。自然干燥指利用太阳能和自然风进行干燥。人工干燥是指利用液体或煤气加热的高温气流，在很短的时间内将物料进行干燥。生物质的含水率受自然环境的影响较大，不适应规模化工业生产的需要。为得到成型所要求的生物质含水率，必须采用人工干燥方法，使生物质迅速干燥达到压制生产要求的含水率，这种方法不受气候影响，但设备要求高，投资较大。

常规干燥设备分为喷雾干燥机、流化床干燥器、气流干燥器、回转干燥器、传导干燥设备等。在干燥时可选择合适的设备。根据生物质物料的特性以及干燥条件，一般选用气流干燥器和回转干燥器。干燥是一个高能耗的单元操作，生物质原料的干燥温度一般在40°C~70°C之间，与太阳能的低温利用技术相适应，应充分利用太阳能技术，节省常规能源，降低干燥设备的能耗。

3.2.2除杂设备

我国生物质来源广泛，来源渠道大多从农户直接收购，原料杂质含量较大，主要的杂质有金属杂质、砂石杂质和泥土以及如绳子线头等杂质。金属杂质、砂石杂质和泥土会加剧生产线关键设备的磨损。绳子线头等杂质会使物料的输送产生拥堵，影响物料输送的均匀性和平稳性。

对于金属杂质可以采用磁石进行去除；绳子线头等杂质，可以设计绞龙装置，使其缠绕其上，然后定期清除；砂石杂质可以根据其物理特性与秸秆物理特性的不同，采用风选设备和振动分离的方法来去除。颗粒成型工艺中的成型产品直径一般是6mm、8mm、10mm三种规格，而块状成型产品直径一般不低于25mm，颗粒成型对原料杂质含量要求，特别是对于砂石杂质的去除要求更为严格。

目前我国对于此类研究尚有待于深入研究杂质的分类与特性，物料与杂质的不同物理特性，利用其之间相差最悬殊的特性，采用相应的机械和技术措施，分离杂质。如对于杂质中的含铁物品，考虑对物料特性的影响，来决定选择平板式除铁器、磁栅式除铁器、永磁滚筒等设备。对于砂石等杂质，根据物料摩擦特性的不同，应用振动筛或抖动板等设备，也可根据物料密度的不同采用风选法。应用技术创新，根据不同杂物种类设计不同的工艺流程，有效地去除物料中的杂质。

3.2.3物料混配设备

生物质固体成型过程中需要控制的一个重要参数是原料含水率，适当的生物质原料含水率既能传递压辊压力，又能起润滑作用，促进原料成型。我国成型的生物质原料复杂，为改变主原料的特性和成型性能，经实验研究，适当混配合适的其他原料将有利于成型。同时可以通过物料混配在一定范围内来调整成型物料的含水率，省去干燥工艺阶段，节省常规能源。

另，为保证原料成型要求的普适性，需对低于成型要求含水率的物料进行调整，需适当添加水分进行调湿处理。生物质混合处理要求原料混配的均匀性和水分调整的适度性，原料种类以及混配比重对成型和热值的影响等，为课题研究指以方向。

1)各物料的特性与混合物料特性的差异性研究是决定物料混合成分研究的基础。这种混合特性是各物料特性的线性叠加，亦或是非线性的组合形式，其特性规律需要试验研究和理论研究方可建立对应的解决模型。在生物质成型研究中，混合物料特性研究、混合物料的比重对于成型的影响规律研究，以及混合物料对于成型产品的热值和结渣特性的影响，应是研究的方向。

2)物料混合设备方面研究。混合的机理研究也是设备理论工作部分开始设备优化和其他一切工作的前提。混合设备是在保证物料混合机的混合均匀度、缩短混合时间为前提再考虑物料混合的残留量，设备损耗与功耗等其它因素，是设计混合设备的关键。物料混合设备的控制应考虑工作环境，控制参数量，以及控制难易程度和便捷的操作性等方面因素。

3.2.4冷却设备

饲料颗粒工业生产中，颗粒产品温度在85℃左右、含水率约16%。这种情况下，颗粒容易破碎，贮存过程中容易发霉变质，必须经过冷却干燥来降低温度和水分。冷却干燥原理设备是利用冷风通过冷却设备内的热颗粒，带走水分，降低温度。冷却设备通常采用的是逆流式冷却器。

冷却设备要同时保证冷却和干燥的要求，要设计合理的容积和合适的风机。工艺设计中，需防止激冷造成成型颗粒的爆腰，要保证足够的在冷却设备中的停留时间，使成型产品充分冷却干燥高于室温5℃以下。这些研究是基于饲料颗粒工业生产的基础上，对于作为燃料的生物质压制成型的颗粒产品，温度也在100℃左右，含水率一般低于10%。成型产品不同，所选用冷却干燥的参数，也应随之改变。

4存在问题

我国生物质固体成型燃料成型工艺生产线目前尚有以下几个主要问题：

1)我国的生物质固体成型燃料生产线多以单机等简单工艺进行生产，主要依靠人工间歇性上料，劳动强度大，生产率低，工艺参数多是人为的经验性的进行调整。

2)多数工艺无除杂或有简单的除杂工艺，特别是对于砂石杂质去除率较小，影响关键部件使用寿命，使成型生产线的故障率提高。

3)在原料混配中工人依靠经验来配比物料，或者简单的根据存储物料量来进行物料混合，没有科学的原料混配、添加辅料等工艺措施和技术方案，缺乏物料混配对于对加工为成型燃料后的品质特性的影响等方面的研究。

5结语

本文围绕生物质固体成型燃料的成型工艺进行研究，对工艺进行分类，比较研究颗粒和压块成型工艺，研究工艺参数和成型工艺配套设备等，探讨它们对生物质燃料成型工艺的影响，为成型工艺生产提供理论依据。

为使产品的质量等达到客户要求，降低生产的功耗、设备的磨损，需要合适的生产工艺，需要参考工艺特性来调整工艺参数，应用先进自动控制理论搭建生产线平台对设备生产过程进行控制，实现工艺生产线中各个设备间的耦合，实现产品质量和各工序参数调整及设备间的反馈控制。

下一步工作应加强生物质固体成型技术及工艺装备系统集成化、自动化的研究开发，特别是工艺中除杂和混配工艺

方面的研究，使工艺设备和技术更适合于我国的特定生物质原料成型，为我国生物质资源化利用提供理论和技术支撑。（张林海，侯书林，田宜水，赵立欣，孟海波）

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/59736.html