

# Pressing Technology and Equipment of Biomass Pellet

Baojin Wang<sup>1</sup>, Dianxiang Zhu<sup>1</sup>, Dongsheng Guo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nanjing Forestry University, Nanjing, China

<sup>2</sup> Beijing Riverland S&T Co., Ltd., Beijing, China

Email: wbj@njfu.com.cn, dianxiang@163.com, guyuto@vip.sina.com

**Abstract:** Biomass pellets fuel is a renewable clean energy, with a wide range of raw materials and great potential for development. Biomass pellet fuel is usually formed by heating method. This paper focused on the main manufacturing processes and equipment of biomass pellet fuel. Biomass pellet fuel production technology is moving in the direction of low-cost large-scale development. The biomass pellet fuel production line, of annual output of 50,000 tons, has been developed and put into operation in China. The pellet fuel is sold at home and abroad; the remarkable economic and social benefits has been achieved.

**Keywords:** biomass; pellet fuel; processing technology; equipment

## 生物质颗粒燃料生产工艺与设备

王宝金<sup>1</sup>, 朱典想<sup>1</sup>, 郭东升<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 南京林业大学, 南京, 中国, 210037

<sup>2</sup> 北京泛欧瑞得科技有限公司, 北京, 中国, 101100

Email: wbj@njfu.com.cn, dianxiang@163.com, guyuto@vip.sina.com

**摘要:** 生物质颗粒燃料是一种可再生的清洁能源, 具有广泛的原料来源, 开发潜力巨大。生物质颗粒燃料通常采用加热成型方式。本文着重介绍了颗粒燃料的主要制造工序和设备, 生物质颗粒燃料生产技术正朝着低成本规模化方向发展, 国产年产 5 万吨颗粒燃料生产线已被开发成功并投入生产运行, 生产的颗粒燃料畅销国内外, 已取得显著的经济效益和社会效益。

**关键词:** 生物质; 颗粒燃料; 生产工艺; 设备

### 1 引言

生物质固体成型燃料是指通过专用设备将分散的各类生物质原料经干燥、粉碎到一定粒度, 在一定的温度、湿度和压力条件下, 形成形状规则、密度较大的固体燃料。如生物质颗粒燃料和生物质块状燃料。

生物质固体成型燃料是解决生物质资源规模化利用的有效方法。由于生物质原料直接作为燃料存在能量密度小、运输和储存成本高、占用空间大等缺点, 这成为制约生物质资源规模化利用的“瓶颈”。而生物质固体成型燃料密度高、粒度均匀, 减少了运输和储运成本, 又可以改善原料的燃烧性能, 燃烧利用效率可提高到 83% 以上; 燃烧后产生的二氧化硫排放量极小, 二氧化碳零排放, 有利于环境保护。

生物质固体成型燃料既可作为农村居民的炊事和取暖燃料, 也可作为工业锅炉和火力发电厂的燃料替代煤炭、天然气、燃料油等化石类能源。

生物质固体成型燃料的原料来源广泛, 非常丰富。主要有林业生物质资源和农业生物质资源。此外, 动物粪便及城市有机固体垃圾也是制造生物质固体成型燃料的原料。我国生物质资源丰富, 开发潜力巨大。每年废弃的农作物秸秆约有 6~7 亿吨左右, 折合标准煤 3 亿吨左右, 如果将这些秸秆资源制成固体成型燃料用于发电, 相当于 2 套 0.9 亿千瓦火电机组年平均运行 5000 小时, 年发电量为 9000 亿千瓦时<sup>[1-4]</sup>。

生物质固体成型燃料作为一种可再生的清洁能源, 对于改善我国的能源安全、节能减排及应对气候变化都具有重大意义。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中, 将生物质能源的开发作为重点领域和优先发展的主题。提出了重点发展风能、太阳能、生物质能等可再生能源技术, 并实现低成本规模化应用。2007 年 8 月, 国务院公布的《可再生能源中长期发展规划》, 提出生物质固体成型燃

料的发展目标和建设重点为：到 2020 年，使生物质固体成型燃料成为普遍使用的一种优质燃料，全国生物质固体成型燃料年利用量达到 5000 万吨。同时，我国把应对气候变化作为重要战略任务，1990 至 2005 年，单位国内生产总值二氧化碳排放强度下降 46%。在此基础上，到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%。

经过多年的发展，我国生物质固体成型燃料的市场需求正在逐年增加，生产技术也日趋成熟，正朝着低成本规模化方向发展。

## 2 生物质固体成型燃料的成型机理

### 2.1 加热成型

植物原料主要由纤维素、半纤维素、木素组成。由于木素属非晶体，为一种热塑性高分子物质，无确定的熔点，但具有玻璃态转化温度，而且较高。当温度为 70~110℃ 时软化具有粘性，可将植物原料中的半纤维素、纤维素在压力下在模具内压缩粘结成颗粒燃料，木素起到一种粘结剂的作用。对植物原料加热软化，也利于减少成型挤压力。因此某些块状燃料成型机，在成型模的末端用电阻丝加热，达到既成型又减少阻力的目的。颗粒燃料通常采用加热成型方式。

不同种类的原料，木素、半纤维素、纤维素含量不同。木材中木素的含量为 27%~32% (绝干原料)，禾草类植物中木素含量为 14%~25%。不同树种的木质素含量差异较大，阔叶材的木质素含量通常低于针叶材，单一树种的原料可以与几种不同树种的原料混合，以确保均匀的木质素含量，以减少成型燃料在压制过程中的破碎。对于木素含量较低的禾草类农作物秸秆原料，在压缩成型过程中，可以加入少量的诸如黏土、马铃薯淀粉、废纸浆等无机、有机和纤维类粘结剂，使压缩后的颗粒维持致密的结构和既定的形状<sup>[1-4]</sup>。

### 2.2 常温成型

被粉碎后的生物质原料结构疏松、密度较小，当受到一定的外部压力后，原料颗粒先后经过位置重新排列、颗粒机械变形和塑性流变等阶段。在压缩开始时，较低的压力传递至生物质颗粒上，使原先松散堆积的固体颗粒排列结构开始改变，内部空隙率减少；当压力逐渐增大时，生物质颗粒在压力作用下破裂，变成更加细小的粒子，并发生变形和塑性流动，粒子开始填充空隙粒子间更加紧密地接触而互相啮合，一

部分残余应力贮存于颗粒内部，使粒子间结合更牢固。经过压缩后，原料的体积大幅度减小，密度显著增大。由于非弹性或粘弹性的纤维分子之间的相互缠绕和绞和，在去除外部压力后，一般不能再恢复原来的结构形状。此外生物质原料中所含的腐殖质、树脂、蜡质等是固有的天然粘结剂，在成型过程中发挥有效的粘结作用<sup>[1-8]</sup>。块状成型燃料常采用常温成型方式。

## 3 生物质颗粒燃料制造技术

### 3.1 颗粒燃料制造工艺

图 1 为生物质颗粒燃料生产工艺流程图。

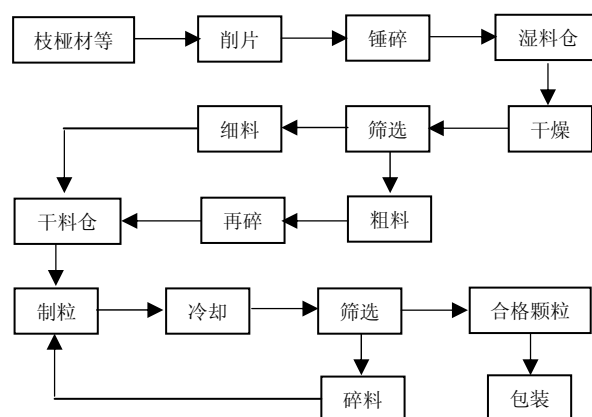


Figure 1. Flow diagram of the pelletising process

图 1. 生物质颗粒燃料生产工艺流程图

生物质颗粒燃料主要生产工序如下：

(1) 削片：采用削片机将小径木、枝桠材、板皮、废单板、竹材、棉杆及其它非木质纤维杆茎切成长度为 30mm 左右的木片，储存到木片料仓，作为制造颗粒燃料的基本原料。如图 2 所示，鼓式削片机系统的主要结构组成包括：进料皮带输送机、金属探测器、上进给辊、下进给辊、切削机构、液压动力组件、传动皮带、电机及基座等。在原料进入削片机之前，由金属探测器将原料中含铁质探测出来并排除。

(2) 清洁与锤碎：采用锤式粉碎机对木片进行粉碎，使物料颗粒细碎至 5mm 左右，通过输送到细碎湿料仓储存。图 3 为锤式粉碎机的结构示意图。对于一些直接外购的木片、锯末等原料中含有一些杂质，如金属、沙石等，这些杂质会严重锤式粉碎机以及制粒机的使用寿命和安全。同时也降低了颗粒燃料的产品质量，如果颗粒含杂质多，燃烧后灰分容易在炉膛中

结渣，增加了清理炉灰的难度。因此，在对原料进行锤碎之前必须进行清洁处理。为此。在锤式粉碎机中，设置有磁铁、比重气流分选装置去除原料中的铁质和砂石等杂质。清洁工序对于回收的木质材料尤为重要。经过清洁处理后的原料进入研磨室被锤片打碎，通过筛网排出。

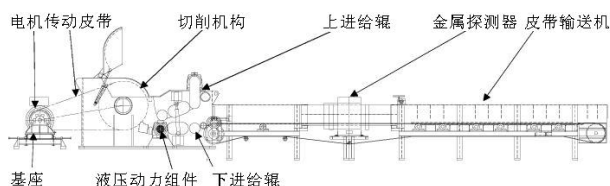


Figure 2. Diagram of drum chipper  
图 2. 鼓式削片机系统

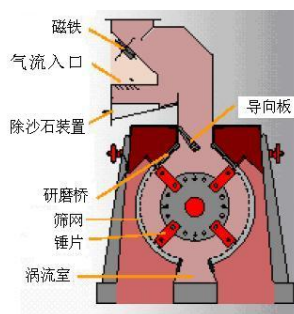


Figure 3. Diagram of hammer mill  
图 3. 锤式粉碎机示意图

(3) 干燥：采用滚筒干燥机或网带式干燥机将锤碎后的细料干燥到 10% 左右的含水率。物料的含水率对颗粒成型及最终产品的质量有重要影响，如果含水率高于 15%，制粒成型非常困难。

(4) 物料筛选与再碎：采用振动筛选机，将干燥后细料进行筛选，将颗粒大于 5mm 物料分离出来，输送到锤式粉碎机进行再碎；将颗粒小于 5mm 物料送入干料仓储存；如果采用的原料是干燥的锯末、刨花等可以直接进行筛选与再碎。

(5) 制粒：采用制粒机将干燥的细料挤压成型，制成一定直径和长度的颗粒燃料，制粒是颗粒燃料制造的最关键的工序。颗粒的成型属于加热成型。由于物料与模具孔之间摩擦力的作用，原料的温度会上升到 105℃ 左右，能使木素软化熔融起到粘结剂的作用。对于含水率低于 8% 的物料，在成型压制之前，应通入水蒸汽，目的是使原料的含水率提高 1~2%，同时将

原料快速加热到大约 70℃，加热是为了确保木质素能够很快进入软化熔融状态，这有助于增加粒子之间的结合力，提高最终产品的质量。挤压成型过程如图 4 所示。在压辊前的一层原材料被压辊挤压进模具的圆柱孔中，随着原料的不断挤入和压辊的连续挤压，原料不断被挤压进模具孔中，挤压过程中，由于摩擦力的作用，使原料的密度增加，从而将原料压缩成颗粒。影响制粒及颗粒质量的因素是多方面的，主要有：原料质量、挤压工艺参数；模具孔中的摩擦力；模具和压辊的材料和表面质量；模具孔的直径和长度；模具表面原料层的厚度，即每次被挤压进模具孔中的原料的厚度；挤压的频率，即压辊相对于模具旋转的速度。此外，模具和压辊之间的距离也影响着颗粒的质量、机器的磨损和能量的消耗。试验表明：模具和压辊之间的距离从 0 增加到 1mm，能量消耗会增加 20%，但同时木屑的体积可减少 30%<sup>[9]</sup>。环模压辊制粒机的原理如图 5 所示，原材料被导入环模内腔中，多只压辊将原料挤压进环模的中径向排列的圆柱孔中。挤压成型的颗粒通过模后，被安装在环模外侧的切刀切断成适合的长度。模具可以更换，所以模具中圆柱孔的直径也可以改变，同样直径的颗粒长度也可以改变。每批颗粒燃料产品具有相同的直径，颗粒燃料的直径一般为 6~8mm。图 6 为平模压辊制粒机的示意图。

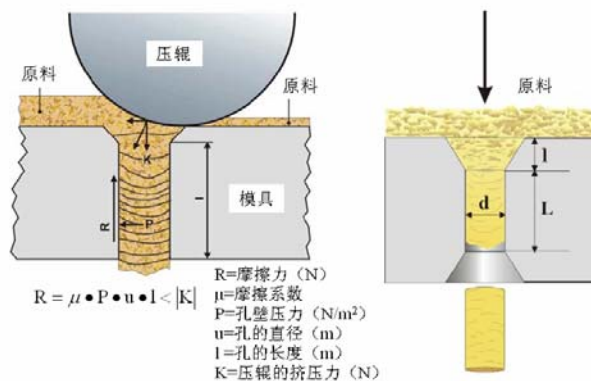


Figure 4. Schematic diagram of pelletising principle  
图 4. 挤压成型原理图

(6) 颗粒冷却：由于从制粒机排出的颗粒温度较高，并具有一定的弹性，还没有完全硬化。因此，需要进行冷却，使温度快速降低到室温。冷却的目的主要是增加颗粒的耐久性，以减少在后续的运输和包装等过程中产生的碎料量。在逆流冷却过程中，颗粒和

冷空气流动的方向相反，热空气去冷却温度最高的颗粒，室温的空气去冷却温度最低的颗粒。逆流冷却可以使高温颗粒逐渐冷却，从而减少颗粒的热应力，以保证颗粒的质量。

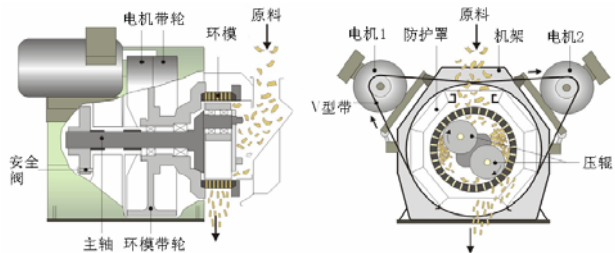


Figure 5. Diagram of pelletising machine with ring die block  
图 5 环模压辊制粒机的示意图

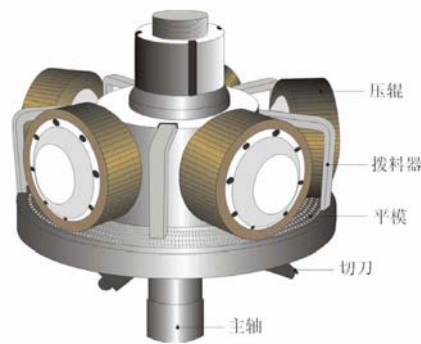


Figure 6. Diagram of the plane type die block  
图 6 平模压辊制粒机的示意图

(7) 颗粒筛选：颗粒经过冷却之后，还需要采用机械振动筛进行筛选以去除颗粒中的碎料和制粒过程产生的过小颗粒。筛选出来的碎料返回到制粒机重新用于制造颗粒。

(8) 包装：将经过筛选合格的颗粒按照一定重量要求进行包装。

### 3.2 国产年产 5 万吨颗粒燃料生产线

图 7 所示为木质颗粒燃料生产线示意图。主要包括木材削片与锤碎系统、碎料干燥系统、制粒系统以及成品处理与打包系统。主要设备包括：鼓式削片机、锤式粉碎机、滚筒干燥机、环模压辊制粒机、逆流冷却器、颗粒筛选机、袋式包装机、薄膜缠绕机，以及其他与之配套的各种运输机和料仓等。

生物质颗粒燃料生产朝着低成本规模化方向发

展。北京泛欧瑞得科技有限公司与南京林业大学合作开发出了年产 5 万吨以上的颗粒燃料成套生产技术与装备，并在河北省丰宁县宏森木业有限公司建立了国内首条年产 5 万吨颗粒燃料生产线，该生产线为目前国内产能最大的木质颗粒燃料生产线，总装机容量约为 1142kW，采用环模压辊加热成型技术，颗粒直径为 6~8mm，质量达到德国和丹麦的标准要求。生产的颗粒燃料产品销往北京、广州等地，并部分出口到韩国，已经取得了显著的经济效益和社会效益。该生产线已于 2009 年 9 月通过国家五部委的联合验收。

表 1 为北京泛欧瑞得科技有限公司生产的年产 5 万吨颗粒燃料生产线设备配置。

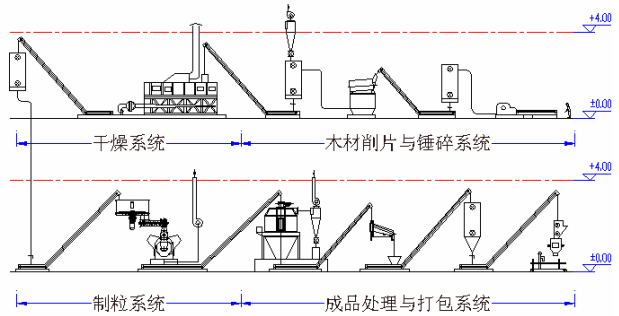


Figure 7. Diagram of production line of wood pellets  
图 7 木质颗粒燃料生产线示意图

Table 1. Equipment configuration of wood pellets production line of annual output of 50,000 tons  
表 1. 年产 5 万吨木质颗粒燃料生产线设备配置

| 序号 | 设备名称                             | 数量<br>(台) | 功率<br>(kW) |
|----|----------------------------------|-----------|------------|
| 1  | 进料皮带输送机                          | 1         | 5.5        |
| 2  | 鼓式削片机                            | 1         | 110        |
| 3  | 出料刮板输送机 (到木片料仓)                  | 1         | 3          |
| 4  | 木片料仓 (带出料螺旋)                     | 1         | 3          |
| 5  | 螺旋输送机 (到锤碎机)                     | 1         | 3          |
| 6  | 锤式粉碎机                            | 2         | 2*200      |
| 7  | 锤碎出料气力运输系统 (包括旋风分离器、回转下料器、风机、管道) | 1         | 22         |
| 8  | 细料料仓 (带出料螺旋)                     | 1         | 3          |
| 9  | 裙边输送机 (到干燥机)                     | 1         | 3          |
| 10 | 滚筒干燥机                            | 1         | 85         |
| 11 | 在线红外含水率测量仪                       | 1         |            |
| 12 | 裙边输送机 (到制粒机料仓)                   | 1         | 3          |

|    |                                    |   |         |
|----|------------------------------------|---|---------|
| 13 | 制粒机料仓（带出料螺旋）                       | 1 | 2.2     |
| 14 | 环模压辊制粒机                            | 2 | 2*220   |
| 15 | 定量给水系统                             | 1 |         |
| 16 | 排湿风机                               | 2 | 2*3     |
| 17 | 裙边运输机（到冷却机）                        | 2 | 2*3     |
| 18 | 冷却器                                | 2 | 2*2     |
| 19 | 冷却器配套系统（含旋风分离器、<br>回转下料器、风机、管道、料斗） | 2 | 2*11    |
| 20 | 裙边运输机（到筛选机）                        | 2 | 2*3     |
| 21 | 颗粒筛选机                              | 2 | 2*0.6   |
| 22 | 裙边运输机（到包装机颗粒料仓）                    | 2 | 2*3     |
| 23 | 颗粒料仓（带螺旋出料）                        | 1 | 3       |
| 24 | 袋式包装机                              | 1 | 3       |
| 25 | 皮带出料机                              | 1 | 0.75    |
| 26 | 薄膜缠绕机                              | 1 | 1.2     |
| 27 | 非标设备现场制作                           |   |         |
| 28 | 电控系统                               | 1 |         |
|    | 功率合计                               |   | 1141.85 |

#### 4 结语

生物质固体成型燃料是一种可再生的清洁能源，制造原料来源广泛，开发潜力巨大。

生物质固体成型燃料具有加热成型和常温成型两种方式。颗粒燃料通常采用加热成型，而块状成型燃料常采用常温成型。

颗粒燃料主要制造工序为：原料削片、清洁与锤碎、细料干燥、物料筛选与再碎、挤压成型（制粒）、颗粒冷却、颗粒筛选、包装等。

所用的设备主要有：鼓式削片机、锤式粉碎机、滚筒干燥机、环模压辊制粒机、逆流冷却器、颗粒筛选机、袋式包装机、薄膜缠绕机，以及其他与之配套的各种运输机和料仓等。

生物质颗粒燃料生产技术正朝着低成本规模化方向发展，国产年产 5 万吨颗粒燃料生产线已开发成功并投入生产运行，生产的颗粒燃料畅销国内外，已取得显著的经济效益和社会效益。

#### References (参考文献)

- [1] Wu Chuangzhi, Ma Longlong, Biomass energy modern using technology, Chemical Industry Press, 2003.5, P80-90.  
吴创之，马隆龙主编，生物质能现代化利用技术，化学工业出版社，2003.5, P80-90.
- [2] Chen Yongsheng, The industrial development of biomass solid fuel in China[J], Solar Energy, 2006(4), P16-18.  
陈永生等，生物质成型燃料产业在我国的发展[J]，太阳能，2006(4), P16-18.
- [3] Yu Guosheng, Hou Meng, Development Status and Trend of Biomass Briquettes Processing Equipment [J], Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2009, 37(2), P4-8.  
俞国胜，侯孟，生物质成型燃料加工装备与发展趋势[J]，林业机械与木工设备，2009, 37(2), P4-8.
- [4] Liu Yanchun, Zhang Yingnan, Liu Ming, Zhang Qichang, Dong Zheng, Reviews on Solidification Technology of Biomass[J], World Forestry Research, 2008, 21(4), P41-47.  
刘延春，张英楠，刘明，张启昌，董征，生物质固化成型技术研究进展[J]，世界林业研究，2008, 21(4), P41-47.
- [5] Xiao Hongru, Song Weidong, Zhong Chengyi, Qin Guangmin, Study on Pressing Technology and Equipment of Biomass Solid Fuel[J], Agriculture Engineering Technology (New Energy Industry), 2009 (10), P16-23.  
肖宏儒，宋卫东，钟成义，秦广明，生物质成型燃料加工技术与装备的研究[J]，农业工程技术(新能源产业)，2009 (10), P16-23.
- [6] Li Zaifeng, Lei Yanzhou, He Xiaofeng, Zhu Jinling, The Forming Technology of Biomass Pellet in general conditions[J], Solar Energy, 2005(6), P43-44.  
李在峰，雷廷宙，何晓峰，朱金陵，生物质颗粒冷态致密成型技术[J]，太阳能，2005(6), P43-44.
- [7] Jiang Yang, Qu Jingxia, Guo Jun, Liu Rixin, Zhang Dalei, Study on the formation conditions of biomass pellet[J], RENEWABLE ENERGY, 2006 (5), P16-18.  
姜洋，曲静霞，郭军，刘日新，张大雷，生物质颗粒燃料成型条件的研究[J]，可再生能源，2006 (5), P16-18.
- [8] HUI Cai-juan; YU Guo-sheng, A Study on the Influencing Factors of Biomass Briquette Forming with High Pressure of General Conditions of Bio-materials Solidification Fuel, Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2005(11), P10-14.  
回彩娟，俞国胜，影响生物质块状燃料常温高压致密成型因素的研究[J]，林业机械与木工设备，2005(11), P10-14.
- [9] [http://pellets.force.dk/dk-teknik\\_docs/showdoc.asp?id=030212122505&type=doc&fname=5%20Produktionsteknik.pdf&pdf=true](http://pellets.force.dk/dk-teknik_docs/showdoc.asp?id=030212122505&type=doc&fname=5%20Produktionsteknik.pdf&pdf=true)