

生物质造粒机技术研究和未来发展趋势分析

王保国，邱筱玲

（中联重科股份有限公司）

摘要：简要分析国内外生物质颗粒加工设备的发展历程和技术现状，重点研究分析生物质造粒机的技术路线和理论研究，判断未来行业技术发展方向和需求趋势。

引言

近几年，随着国家治理大气污染和环境保护力度的不断加大，政府密集出台了相关生物质能源支持政策，提倡发展生物质能源，尤其是生物质原料加工成颗粒后取代燃煤的应用。随着生物质颗粒行业的蓬勃发展，作为颗粒加工的上游产业生物质造粒机行业也快速增长，一度出现供不应求的局面。

国内生物质颗粒机发展历史较短，最初从饲料颗粒机演变而来，20世纪60年代开始采用从欧洲引进、借鉴和消化吸收后国产化应用的模式。随着生物质颗粒机行业的发展，产品技术逐步成熟，可靠性不断提高，但是还存在行业低端恶性竞争、知识产权保护不足和环模等核心零部件可靠性不高等问题。

当前，国内生物质制粒成型技术基础理论体系不完备，一定程度严重制约了产业的发展。因此，研究环模制粒原理、创新制粒方法、完善和规范行业标准等对提升造粒机行业整体技术水平、发展生物质燃料和降低环境污染等具有非常重要的理论意义和实用价值。

1 固定式生物质造粒机历史演变和技术发展历程

中国是一个农业大国，作物秸秆、木材等农林废弃物相对较多，生物质资源丰富，储量较大。随着国家和社会对于生态环境保护的逐步重视，以及对循环经济的大力支持，生态型能源将会越来越受欢迎。

随着新环保法的实施，对农林秸秆焚烧采取了监管措施，农林废弃物无处安置。生物质颗粒机设备应运而生，不仅解决了这一问题，同时为国家的环保事业也做出了巨大贡献。生物质颗粒机主要以农林产生的秸秆、稻壳、木糠、树皮和树叶等废弃物为主，通过预处理加工成生物质燃料，加工后的燃料具有热值高、成本低、燃烧后污染成分少和运输方便等优点，部分代替煤炭等传统矿物质的使用，近几年在国内逐渐推广起来，目前已经进入蓬勃发展期。

国内生物质造粒机的研究工作起步比较晚，最初主要从饲料环模机演变而来，主要采用卧式环模结构，根据生物质颗粒成型特点和成型压力要求等进行适应性改进。随着行业的发展不断创新改进，产品不断更新换代，目前很多企业仍然采用环模式造粒机结构，仍然能看到饲料造粒机的元素。

除了在饲料环模造粒机基础上的延伸开发外，我国造粒机行业还采取国外技术引进、消化吸收和再创新的开发模式。在20世纪60年代从英国UMT公司引进第一台制粒机，通过消化，70年代研制出了我国第一台环模颗粒机。之后随着造粒机行业的发展，国内一些科研院所和高校也积极参与环模制粒机的设计、研制以及改进，生物质造粒机的机械性能和适应性不断升级。

2 国内生物质造粒机技术路线和研究现状分析

我国生物质颗粒机技术的创新发展之路和生物质能源的行业发展基本并行和呼应，伴随国家对生物质能源的政策驱动和人们对生物质能源的认识一路走走停停。在这个过程中生物质颗粒机不断尝试各种技术路线的研究，包括从饲料机技术的演变、借鉴国外同行技术和自主研究等。

我国生物质造粒机技术发展道路曲折，快速发展和产品成熟时期主要集中在近10年。目前国内生物质造粒机技术路线基本清晰，整机产品核心技术相对成熟；环模和压辊等关键零部件可靠性有较大提高；先进加工工艺、热处理工艺和新材料开始在行业引入和应用。

根据造粒环模的布置方式、结构差异、造粒机动力源及工作方式等方面的不同，生物质造粒机分类和技术路线划分如下。

2.1 主流产品技术路线按照造粒环模布置方式不同，分为立式造粒机和卧式造粒机

生物质造粒机的工作原理是通过环模和压辊（或环模）运动过程中产生的挤压和摩擦力作用，在造粒腔体内高温高压环境下将秸秆、木屑或稻壳等原料压实并挤压出模孔，最后形成规则的、密度较大的成型燃料。

造粒环模和压辊是设备的核心部件，主流技术主要是采用单环模+双压辊（三压辊）方式，根据环模和物料喂入相对整机的布置不同分为立式和卧式两种。立式造粒机粉状物料从整机上部喂入造粒腔体，环模相对造粒单元水平放置；卧式造粒机粉状物料则从造粒腔体前端垂直喂入（借助风机力量强行喂入），环模与造粒单元垂直布置。

卧式造粒机和立式造粒机工作原理基本相同，但在整机对物料的含水率适应性、维修方便性、腔体温度、物料输送和喂入均匀性等方面存在优劣差异。

卧式造粒机技术是从饲料颗粒机演变而来，造粒腔体内温度相对较高，轴承等工作部件故障率相对较高，物料的输送需要风机强制完成，而且存在物料不均匀的问题。

卧式造粒机同时也具有对原料含水率适应性相对较高的优势，一般可以适应20%~15%的原料正常造粒，而且环模和压辊等关键部件的维修保养方便，打开造粒腔体外罩就可以很方便进行环模更换和压辊调整或更换。

立式造粒机技术是生物质造粒的创新改进产品，粉状物料从上部垂直、均匀进入造粒腔体，造粒效果相对较好，环模和压辊的磨损均匀，使用寿命相对延长，同时腔体内温度相对较低，轴承等工作部件故障率低。但是也具有对原料含水率适应性相对严格的劣势，一般要求含水率15%左右的原料进行造粒，而且环模和压辊等关键部件的维修保养不方便、时间长。

2.2 造粒机类型划分

国际国内市场生物质造粒机动力驱动一般是由电机来完成，设备以固定式为主，根据动力驱动和工作方式不同可分为固定式造粒机和移动式造粒机，其中移动式又可以细分为牵引式和自走式。

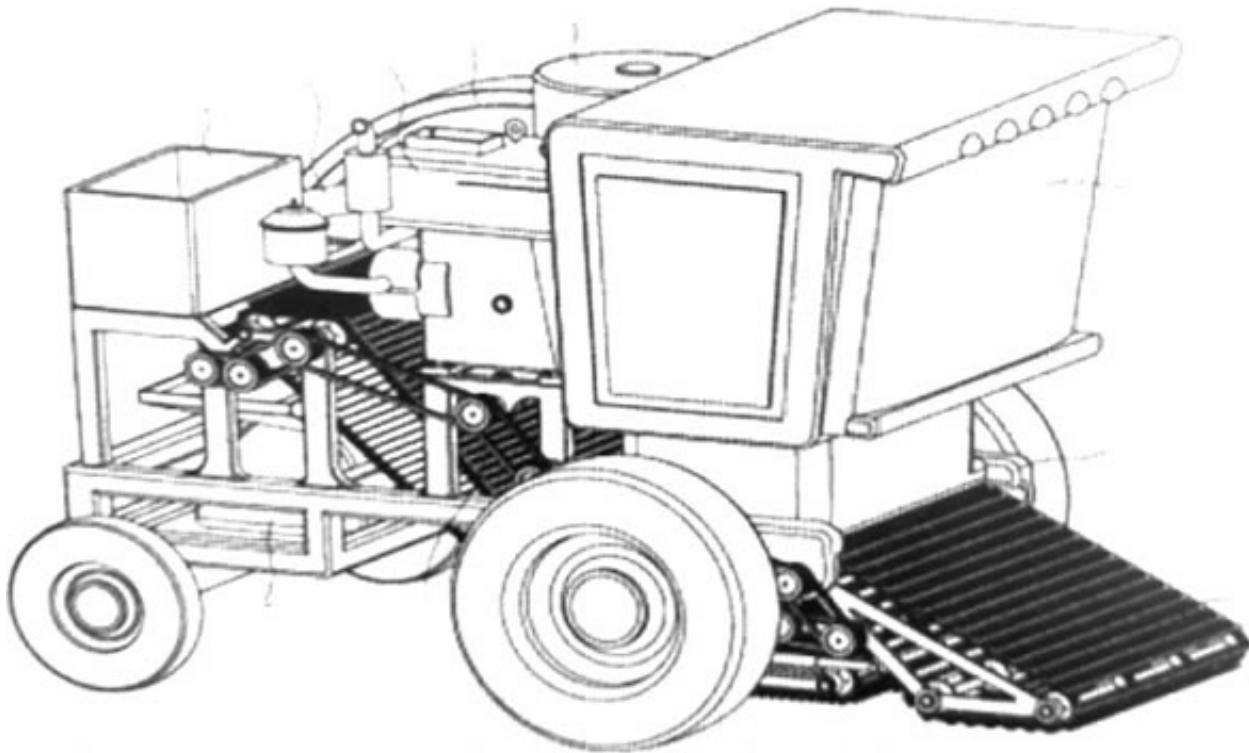
固定式造粒机工作位置相对固定，一般在厂房内完成造粒作业，高效率造粒机机组往往还配置有切碎、输送、除尘、降温和包装等系统，以生产线方式运行。动力来源一般是电机，根据生产线或设备效率不同选择不同功率的电机。

目前国际和国内市场造粒机以固定式为主，各厂家产品在核心工作部件结构、整机技术路线和产品工作效率设计等方面存在差异，同类产品可靠性国内外差距较大。国内环模和压辊的使用寿命相对较短，一般加工1000t左右就需要更换（部分厂家的加工500t左右就需要更换），维修更换频率较高，使造粒机使用成本居高不下。

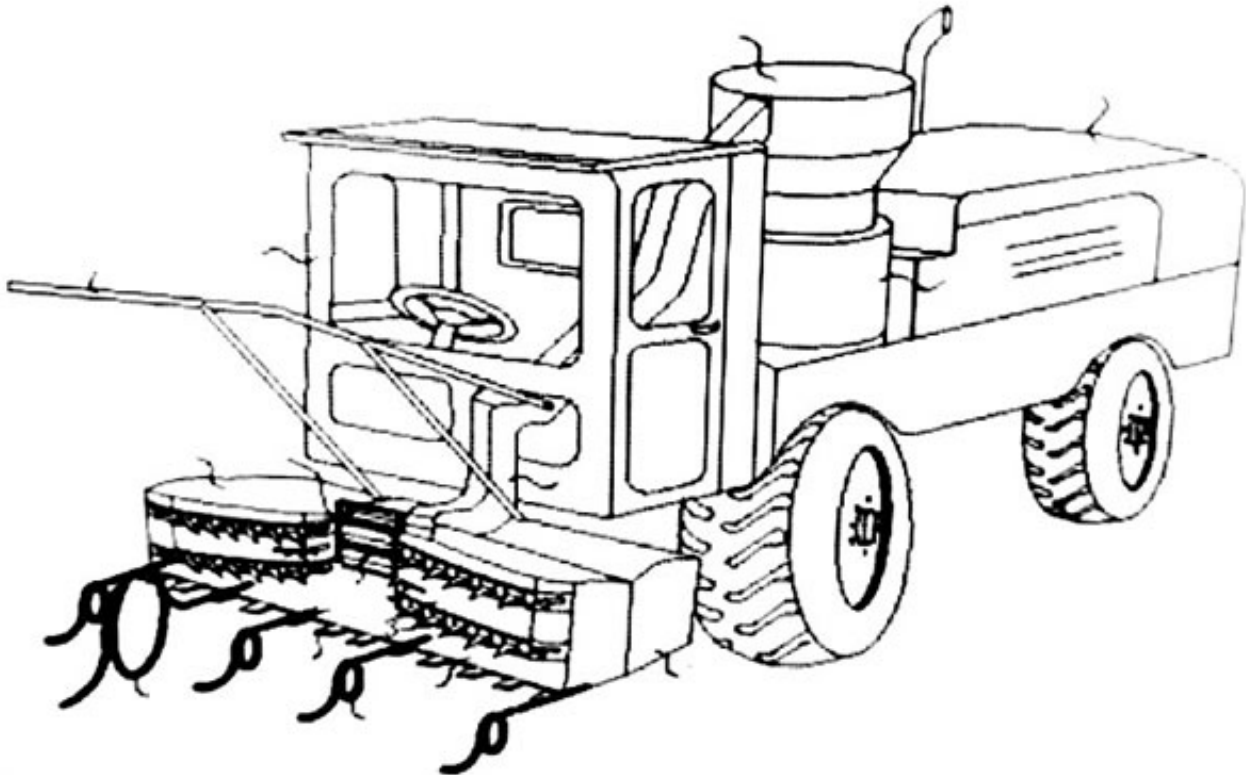
为实现秸秆、饲料等物料的田间地头收获造粒，降低收储运成本，提高工作效率，行业内一些研究机构 and 高校开始创新研制出了移动式造粒机产品，实现了秸秆捡拾、切碎、造粒、冷却和仓储一体化。

移动式造粒机是对固定式造粒的创新性改进，动力源一般为柴油发动机，行走方式有自走式和牵引式移动两种。自走式动力来自本身自带发动机，工作部件和行走都全部由发动机完成，整机各功能部件匹配性设计；牵引式一般由拖拉机牵引完成，动力一般来自拖拉机后动力输出。

目前国内自走式移动造粒机暂时处于研究阶段（图1）。部分厂家开始尝试牵引式移动造粒机或压块机的研发和试验，对各系统的整机匹配性方面进行研究和摸索。



(a)



(b)

图 1 自走式移动造粒机

固定式造粒机技术比较成熟的欧洲市场，以高端青贮收获机闻名的德国Krone（科罗尼）公司近几年开发完成了一款牵引式移动造粒机（图2），工作效率为5t/h，由拖拉机牵引完成。目前该产品处于市场试验验证阶段。



(a)



(b)

图 2 德国 Krone 牵引式移动秸秆造粒机
3造粒成型理论分析

秸秆等物料中含有一定的纤维素和木质素，其木质素是物料中的结构单体，是苯丙烷型的高分子化合物。具有增强细胞壁、粘合纤维素的作用。木质素属非晶体，在常温下主要部分不溶于任何溶剂，没有熔点，但有软化点。当温度达到一定值时，木质素软化粘结力增加，并在一定作用下，使其纤维素分子团错位、变形和延展，内部相邻的生物物质颗粒相互进行啮接，重新组合而压制成型。

生物质造粒机是通过机械力（挤压力、摩擦力等）的作用，在高温高压环境下将秸秆、木屑或稻壳等压实并挤压出模孔，期间充分利用木质素或纤维素的高温粘合作用，最终将生物质粉料压制形成颗粒状物料。

生物质环模制粒成型技术是一种先进的颗粒成型工艺技术，集成了机械工程、粉体力学等多学科知识。在生物质颗粒在压制过程中实质上是物料受到挤压力、摩擦力和高温高压综合作用产生变形的过程。

根据粉料在造粒成型过程中所处的状态不同，可以将整个过程分为3个区：供料区、变形压紧区和挤压成型区，如图3所示。

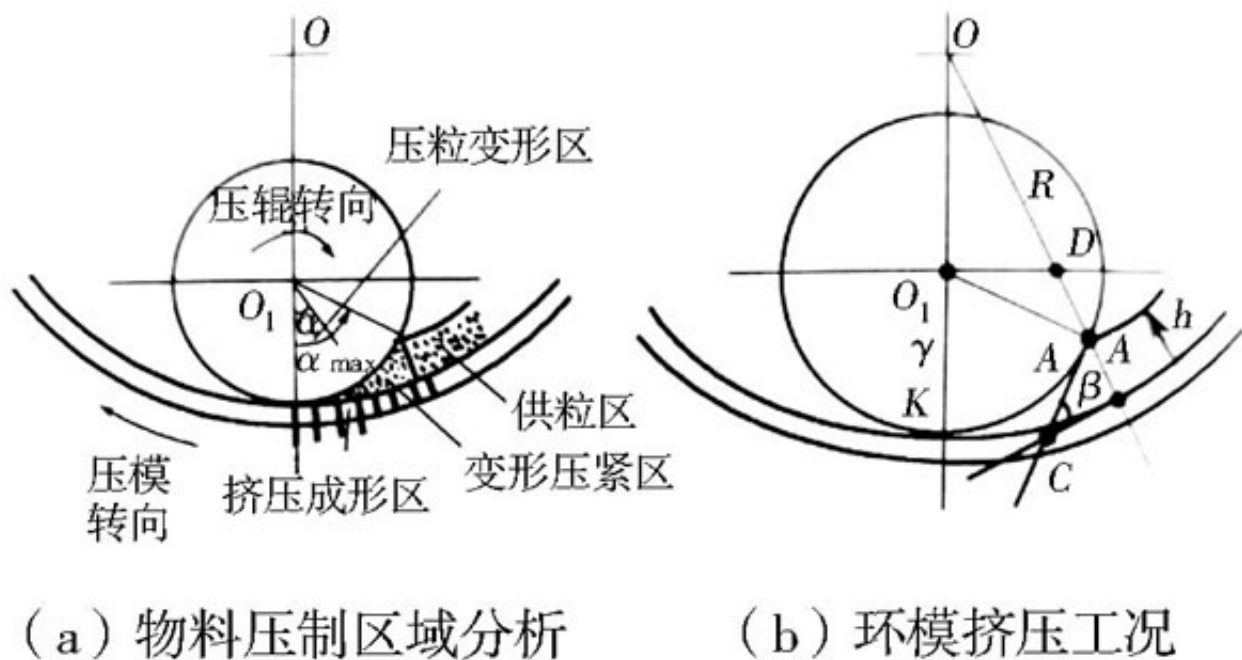


图3 挤压成形过程及受力分析

供料区：物料基本不会受到挤压力，但是在环模旋转过程中会产生离心力，在离心力作用下粉料紧贴在环模内侧。

变形压紧区：随着外环模的旋转，压辊同时被动旋转，物料在环模作用下进入压紧区，同时受到环模和压辊的挤压和摩擦作用，物料之间产生相对移动。随着物料向前移动，挤压力逐步增大，粉料颗粒之间的间隙逐步变小，产生变形，物料密度也逐步加大。

挤压成型区：在物料进入该区域时挤压力和摩擦力快速增大，同时产生高温和高压环境，物料之间的接触面积增大，在木质素和纤维素的作用下产生相互黏结，被连续不断的挤压入模孔，形成不同密度的颗粒。在挤压区，环模和压辊会保持0.5~1.0mm的间隙，随着造粒过程中环模和压辊的磨损，两者间隙逐步增大，当超过一定极限后（一般经验为5mm）造粒效果将受到影响，就需要对环模和压辊进行调整或更换。

4 行业技术未来发展趋势判断

4.1 存在的问题

目前，生物质环模造粒装备产业已经形成了相对完善的产业体系，基本能够满足国内各领域的生产应用需求。但行业技术研究方面还存在以下方面问题。

(1) 环模造粒装备技术平台与基础研究相对滞后, 产品设计缺乏先进的试验与检测条件支撑, 经验设计仍占有相当大的比重, 但高端人才比较短缺, 极大制约了产品的创新力度与技术水平。

(2) 部分指标已达到或接近国际先进水平, 但总体技术水平与国际先进水平相比还有较大差距, 尤其是环模和压辊等核心零部件材料技术、表面热处理技术、模孔形状优化技术等方面还需要继续研究和提升; 关键零部件可靠性与瑞士BUHLER、美国CPM、奥地利Andritz、德国MUNCH和丹麦Sprout-Matador等国外高端品牌相比差距甚远。

(3) 以环模制粒机为核心的颗粒成套生产线大型化、智能化水平不高。以贝斯尔、溧阳金梧和宇龙等为代表的颗粒机企业已经开发出具有自主知识产权的环模制粒装备自动控制系统, 及以环模制粒机为核心的颗粒生产成套生产线自动控制系统, 并得到一定程度的应用, 可以满足目前国内大型颗粒加工厂对装备的需求。但当前成套控制系统的智能化水平较低, 且成套生产线的大型化水平与国际先进水平相比差距较大。

4.2 发展方向

根据国内造粒机行业的发展历程和技术现状, 同时参考国际高端品牌技术发展历程等综合分析判断, 未来国内生物质造粒机技术领域主要向以下方面发展。

(1) 逐步搭建完善的技术体系, 包括造粒工艺、核心部件设计、制造工艺、新材料和智能化控制等。

目前, 欧洲等发达国家已经形成了健全的环境制粒装备技术体系, 能够提供多种优质、高效的生产设备与完善的工程解决方案。国际著名的环境制粒装备企业已分别从制粒工艺、装备设计与制造、智能控制技术、专家诊断与服务技术等多个方面进行了系统研究, 形成了完善的技术体系。

国内造粒机行业将随着行业的发展, 不断学习国外先进技术和工艺, 加大技术研究的投入, 逐步搭建造粒机行业技术体系。

(2) 不断优化改进环模、压辊等核心零部件技术, 包括技术参数优化调整、新材料应用、热处理工艺改进、模孔结构和技术参数优化等, 有效提高核心零部件适应性和使用寿命, 提高造粒机性能、可靠性和工作效率。

(3) 向大型化、智能化方向发展。不断引入智能化控制技术, 使装备的智能化监控和操作水平不断提高, 从而提升环模造粒装备的整体技术水平。

(4) 造粒生产线工艺流程不断优化, 开发智能化全过程监控和管理系统, 实现生产线的时时监控、调整及故障诊断等, 逐步实现自动化操作。

(5) 移动式造粒技术不断成熟, 各功能部件系统匹配性逐步完善。在作物秸秆田间造粒方面逐步应用, 核心造粒单元对作物秸秆水分、形态等方面的适应性不断改进, 整机技术逐渐成熟。移动式造粒机将作为未来生物质造粒机的创新性产品, 和固定式造粒机共同促进生物质造粒行业的技术及产品的不断成熟、发展。

参考文献

[1] 郝玲, 祖宇, 董良杰. 模辊式生物质燃料成型技术及设备的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (1): 367-369, 372.

[2] 胡建军. 秸秆颗粒燃料冷态压缩成型实验研究及数值模拟 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.

原文地址: <http://www.china-nengyuan.com/tech/161985.html>