

香蕉秸秆颗粒燃料固体成型机的设计与试验

张喜瑞, 王俊霖, 李 粤*, 王 涛, 仇倩倩

(海南大学机电工程学院, 海口 570228)

摘要: 针对中国热带农业区香蕉秸秆粗大、含水率高、秸秆固体成型设备少等问题, 该文研究设计了香蕉秸秆固体成型机, 确定了螺杆挤压装置、搅拌装置、挤出成型装置和排水装置等部件的主要结构参数。样机性能试验结果表明: 该机生产率为 358 kg/h, 颗粒燃料的成型率为 95.4%, 机械耐久性为 96.7%, 颗粒质量密度为 1.35 g/cm³, 颗粒含水率为 2.76%, 符合生物质颗粒燃料成型要求。整机工作平稳, 成型可靠, 经济效益与生态效益明显, 在中国热带农业区具有广阔的推广应用前景。

关键词: 设计, 试验, 生物质, 成型, 螺杆挤压, 香蕉秸秆

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.11.004

中图分类号: S223.2⁺6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-11-0022-05

张喜瑞, 王俊霖, 李 粤, 等. 香蕉秸秆颗粒燃料固体成型机的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 22-26.
Zhang Xirui, Wang Junlin, Li Yue, et al. Design and experiment on biomass pellet densifying machine for banana stem[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(11): 22-26. (in Chinese with English abstract)

0 引言

香蕉是中国热带地区重要的热带作物, 其产业已成为热带地区农业支柱性产业, 在热区经济和农村社会发展中发挥着重要作用^[1-2]。香蕉秸秆是香蕉产区主要副产品, 按 2 600 株/hm²、每株秸秆鲜质量 35 kg 计算, 全国香蕉秸秆的年生物量可达 2 700 万 t^[3-4]。长期以来, 香蕉秸秆由于分布零散、体积大、收集运输成本高和缺乏适应的机械化处理技术等原因, 处理较为困难^[5]。因此, 蕉农多采取田间堆弃、焚烧等方式处理香蕉秸秆, 这不仅造成了资源的浪费, 而且容易引起大气污染、土壤矿化, 甚至引发火灾和交通事故等问题^[6-7]。

生物质成型机是指把能源密度低的作物秸秆、农林废弃物压缩制成能源密度高、质地坚硬的棒状或颗粒状燃料, 以便于储存和运输^[8-10]。成型燃料具有热值高、着火容易、含灰分低、热效率高、燃烧时清洁卫生等特点, 广泛应用于工业、生活锅炉及民用燃料^[11-13]。

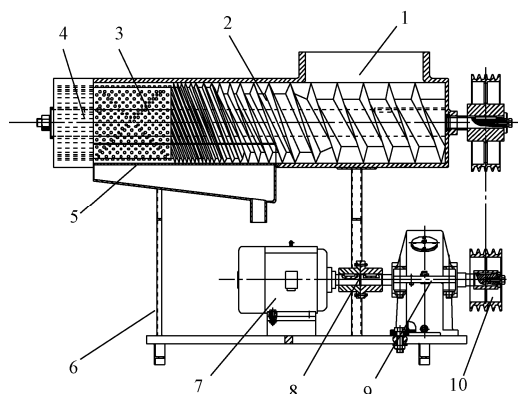
中国香蕉秸秆资源数量大、利用率低, 如果能基于生物质成型技术, 利用机械化切碎技术将其收集处理, 从而用于生物质能源, 不但能实现秸秆资源化、商品化, 变废为宝, 化害为利, 还能够提高热带农业综合生产能力, 增加农民收入、减少污染, 加快建设资源节约型、环境友好型社会^[14]。目前, 国内生物质固体成型燃料技

术已经取得了阶段性成果, 研发了螺旋挤压式、活塞冲压式、模辊碾压式等 3 种固体成型燃料生产设备, 但主要应用于木质生物质、小麦秸秆、玉米秸秆和林业废弃物等原料^[15-16], 而以香蕉秸秆为原料的生物质成型机研究和试验仍是空白。本文针对香蕉茎秆粗大、含水率高的特点, 采用螺杆挤压成型原理, 开发设计了香蕉秸秆固体成型机, 分析确定了其关键部件的结构参数, 并进行了一定性能试验, 以期能为生物质固体成型技术在中国热带农业区的推广应用提供理论依据与技术支持。

1 香蕉秸秆固体成型机的构造与工作原理

1.1 整体构造

香蕉秸秆固体成型机结构示意图如图 1 所示, 主要由送料口、螺杆挤压装置、搅拌装置、挤出成型装置、排水装置、机架、电动机、变速器、带轮等组成。整机主要技术参数如表 1 所示。



1.送料口 2.螺杆挤压装置 3.搅拌装置 4.挤出成型装置 5.排水装置
6.机架 7.电动机 8.联轴器 9.变速器 10.带轮

图 1 香蕉秸秆固体成型机结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of biomass pellet densifying machine for banana stem

收稿时间: 2011-10-15 修订时间: 2012-05-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(51105123)和海南省重点科技计划项目(ZDXM20120074)

作者简介: 张喜瑞(1981-), 男, 山东临沂人, 博士, 讲师, 主要从事热带农业机械的研究。海口 海南大学机电工程学院, 570228,

Email: zhangxirui_999@sina.com. 中国农业工程学会会员(E042300003M)。

※通信作者: 李 粤(1965-), 男, 广西北流人, 教授, 中国农业工程学会会员(E041200562S), 主要从事热带农业机械的研究。海口 海南大学机电工程学院, 570228, Email: liyue_888888@163.com

表 1 香蕉秸秆颗粒燃料固体成型机主要技术参数
Table 1 Technology parameters of biomass pellet densifying machine for banana stem

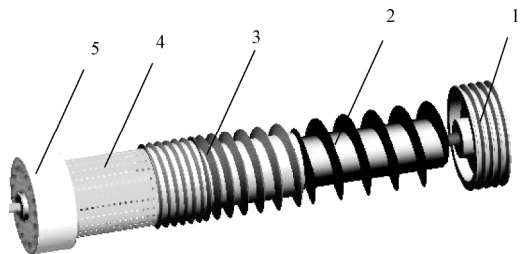
技术参数	设计值	技术参数	设计值
外形尺寸/mm	1990×560×1190	螺杆外径/mm	300
结构质量/kg	380	螺杆转速/(r·min ⁻¹)	240
产量/(kg·h ⁻¹)	300~350	成模内径/mm	150
主机功率/kW	32.5	颗粒规格/mm	15
搅拌器/kW	3.8	颗粒成型率/%	95

1.2 工作原理

该成型机的螺杆挤压装置、搅拌装置、挤出成型装置通过卡口、销键等连接安装在光轴上。工作时，预处理切断的香蕉秸秆块（长度为 10~15 cm）在重力的作用下通过送料口进入螺杆挤压装置，在电机的带动下，高速转动的螺杆可以将香蕉秸秆自右向左进行挤压粉碎；同时由于螺杆螺距不同，香蕉秸秆的体积将不断因挤压缩小，秸秆中水分能够不断被挤出，并通过排水装置排出，从而达到燃料成型的含水率要求；挤压后的香蕉秸秆体积通过搅拌装置再次受力缩小，密度不断增大，通过挤出成型装置挤出，最终得到压缩成型颗粒。

2 整机关键部件的设计

香蕉秸秆固体成型机关键部件主要由螺杆挤压装置（初始螺杆和末端螺杆）、搅拌装置、挤出成型装置和带轮等组成。整机关键部件三维示意图如图 2 所示。



1.带轮 2.初始螺杆 3.末端螺杆 4.搅拌装置 5.挤出成型装置

图 2 整机关键部件三维示意图

Fig.2 Three-dimensional schematic diagram of key part

2.1 螺杆挤压装置设计

在对比分析现有固体成型技术的基础上^[17-20]，结合香蕉秸秆的理化特性，本文采用螺杆挤压成型原理，并在此基础上设计螺杆挤压成型装置。该装置采用变螺距双螺旋结构，即螺杆设计为 2 段，即初始螺杆和末端螺杆，2 段螺杆通过花键连接。该装置具有粉碎能力强，压缩比大，耐磨性高、工作平稳等特点。

2.1.1 螺杆外径 D

螺杆的外径 D 是螺旋挤压成型装置的重要参数，其计算公式为

$$D = k_z \sqrt[2.5]{\frac{Q_1}{k_\alpha k_\beta \rho}} \quad (1)$$

式中， k_z 为物料综合特性系数，取值为 0.07； Q_1 为香蕉秸秆处理量，t/h； k_α 为物料填充系数，取值为 0.6； k_β 为

螺杆圆锥角系数，取值为 0.45； ρ 为粉碎后的香蕉秸秆质量密度，t/m³。

将 $Q_1=12$ t/h， $\rho=1.2$ t/m³ 代入上式，得到 $D=0.297$ m。

本设计螺杆外径 D 为 300 mm；初始螺杆的螺距 s_1 为 70 mm，初始螺杆螺槽深度为 60 mm；末端螺杆的螺距 s_2 为 25 mm，末端螺杆螺槽深度为 15 mm。

2.1.2 螺杆轴径 d

螺杆轴径分别为初始螺杆部分 d_c 和末端螺杆部分 d_m ，其大小与螺距有关，因为两者共同决定了螺杆叶片的升角，也就决定了香蕉秸秆的滑移方向及速度分布，所以应从考虑螺杆面与香蕉秸秆的摩擦关系以及速度各分量的适当分布来确定最合理的轴径与螺距之间的关系。通常螺杆轴径 $d=(0.45\sim0.8)D$ ，考虑实际香蕉秸秆进料量不大，香蕉秸秆总体积较大，取初始螺杆轴径 $d_c=0.7D=210$ mm；取末端螺杆轴径 $d_m=0.75D=225$ mm。

2.1.3 螺杆转速 n

螺杆转速的大小影响压缩成型处理能力，螺杆转速高，其生产能力提高；螺杆转速过小，其生产能力下降。螺杆转速 n 的计算公式为

$$n = \frac{5.5Q_1}{60\pi s D k_\alpha k_\beta \rho} \quad (2)$$

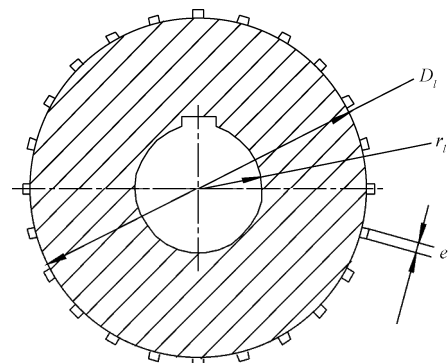
式中，s 为螺杆的螺距，取值为 70 mm 或 25 mm；

取 ρ 为 1.2 t/m³， Q_1 为 1.2t/h，结合上述参数，可以求得螺杆转速 $n=85.7\sim240$ r/min。结合香蕉秸秆的输送量、螺旋直径和物料的特性，本设计中选取螺杆转速 $n=240$ r/min。

2.2 搅拌装置设计

搅拌装置的作用是将螺杆部分传来的香蕉秸秆受热均匀，使融化的木质素与未融的物料结合更加紧密，香蕉秸秆塑化均匀，并将香蕉秸秆以一定的压力从成型模中挤出。

本设计搅拌段主要采用的带销钉混炼头的螺杆，销钉均匀分布在螺杆上，其结构示意图如图 3 所示。结合室内模拟试验效果，确定搅拌段螺杆外径 $D_f=300$ mm，内径 $r_f=51$ mm，销钉的直径 $e=8.5$ mm，螺钉的高度为 6 mm。



注：D_i 为搅拌段螺杆外径，mm；r_i 为搅拌段螺杆内径，mm；e 为销钉的直径，mm。

图 3 搅拌装置示意图

Fig.3 Schematic diagram of mixing device

2.3 挤出成型装置设计

在香蕉秸秆的压缩过程中, 香蕉秸秆的体积变化越大, 相应的香蕉秸秆的弹性特征也将有很大的变化。香蕉秸秆弹性特征主要取决于其品种、成熟度、含水率等因素。同时由于香蕉秸秆中含有一定木质素, 因此香蕉秸秆能在不使用粘结剂的条件下完成挤压成型。

本设计成型部分的挤出段采用直接成型, 采用的成型模的形状是直径为 30 mm 的圆柱颗粒, 其三维示意图如图 4 所示。

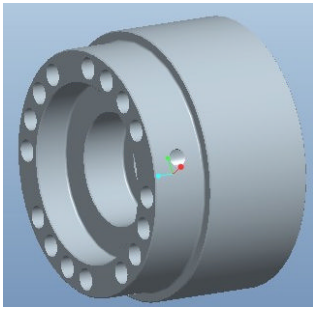
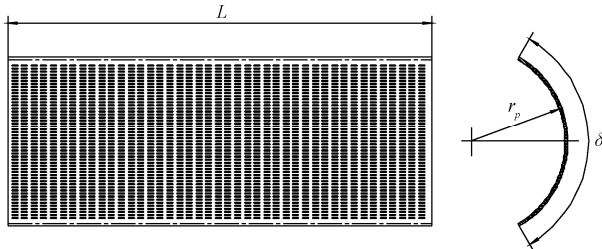


图 4 挤出成型装置三维示意图

Fig.4 Three-dimensional diagram of extrusion device

2.4 排水装置设计

由于香蕉秸秆含水率较高, 因此在挤压的过程中, 会产生大量的水分, 为及时将水分排出料筒, 在螺杆挤压与搅拌装置下方设计了排水装置, 其机构示意图如图 5 所示。设计中, 排水采用筛网形式, 其整体长度为 $L=700$ mm, 筛网最大圆弧角度 $\delta=120^\circ$, 半径 $r_p=155$ mm, 筛孔密度为 76 孔/m。



注: L 为筛网长度, mm; r_p 为筛网圆弧半径, mm; δ 为筛网最大圆弧角度, $(^\circ)$ 。

图 5 排水装置示意图

Fig.5 Schematic diagram of draining mechanism

3 性能试验分析

3.1 试验条件

试验选用香蕉秸秆为海南当地种植较多的巴西 Williams 香蕉品种。由于新鲜的香蕉秸秆含水率较高(一般达到 80%以上), 茎秆粗大(茎秆平均直径达到 35 cm 以上、株高达到 2.3 m 以上), 为利于成型, 需要对香蕉秸秆进行预切断并进行一定晾晒^[21-23]。本试验利用香蕉秸秆切碎机对香蕉秸秆进行径向切断, 切断长度为 10~15 cm, 晾晒后秸秆含水率为 45%。

采用本文设计的机器进行压缩试验, 生产出的颗粒燃料在实验室平铺放置 3~5 h, 待完全冷却后取样, 测

量生产率、吨燃料能耗、成型率、机械耐久性、颗粒密度和颗粒含水率等参数指标^[24-27]。

3.2 试验方法

3.2.1 生产率

正常生产过程中, 在成型机出口处每隔 5 min 接取颗粒一次, 然后称质量。考虑到原料含水率不同, 计算中增加含水率系数, 取值为 0.8。其计算公式为

$$Q = 3600 \frac{m(1-H_q)}{0.8t} \quad (3)$$

式中, Q 为生产率, kg/h; m 为接取的样品质量, kg; H_q 为成型燃料含水率, %; t 为接取样品时间, s。

3.2.2 吨燃料能耗

生物质颗粒燃料成型机生产 1 t 成型燃料所消耗的能量, 其计算式为

$$W = 1000 \times \frac{P}{Q} \quad (4)$$

式中, W 为小时吨燃料能耗, kW·h/t; P 为每小时消耗的电能, kW。

3.2.3 成型率

用筛孔孔径为 14 mm 的振筛装置进行筛分, 并称质量, 计算式为

$$X = \frac{m_a}{m_b} \times 100\% \quad (5)$$

式中, X 为成型率, %; m_a 为筛上物质量, g; m_b 为总质量, g。

3.2.4 机械耐久性

取筛分后的颗粒 1 000 g 放入转鼓试验机内, 定向连续运转 500 转, 然后取出样品, 再利用振筛机再进行筛分, 计算式为

$$C = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (6)$$

式中, C 为机械耐久性, %; m_2 为筛分后筛上物质量, g; m_1 为所取样品质量, g。

3.2.5 颗粒密度

一般要求成型燃料颗粒质量密度大于 1.0 g/cm³。根据阿基米德排水法原理, 利用电子比重计直接测量得出数值。

3.3 试验结果与分析

经过多次重复试验取样, 香蕉秸秆固体成型机性能试验结果如表 2 所示。试验结果表明: 样机平均生产率为 358 kg/h, 超过生产率为 300~350 kg/h 的设计要求; 吨燃料能耗为 83.1 kW·h/t; 样机平均成型率为 95.4%, 符合成型率大于 95%的设计要求; 颗粒机械耐久性较好, 达到 96.7%, 符合颗粒燃料要求; 样机平均颗粒质量密度为 1.35 g/cm³, 符合成型燃料颗粒质量密度大于 1.0 g/cm³ 的设计要求。

在优化整机参数的基础上, 对样机进行成本分析。整机制造成本约为 80 000 元, 生产成本为 145 元/t, 其中电费 45 元/t(按 0.75 元/kW·h 计算)、工时费 45 元/t(按 40 元/人·d 计算)、原材料 55 元/t、维修折旧费按 6 a 计

算; 收益按年成型燃料 600 t、售价 180 元/t (参照目前散煤价格), 利润为 21 000 元/a。因此该机在常规能源相对缺乏, 香蕉秸秆资源充足的热带农业区进行推广, 经济效益和生态效益显著, 具有广阔的推广应用前景。

表 2 香蕉秸秆固体成型机性能试验结果

Table 2 Test results of biomass pellet densifying machine for banana stem

项目	测试值(3 次均值)
生产率/(kg·h ⁻¹)	358.33
吨燃料能耗/(kW·h·t ⁻¹)	83.10
成型率/%	95.43
颗粒机械耐久性/%	96.70
颗粒密度/(g·cm ⁻³)	1.35
颗粒含水率/%	2.76

4 结论与展望

1) 结合热带农业区香蕉秸秆粗大, 含水率高等特点设计了香蕉秸秆固体成型机, 整机采用螺杆挤压与搅拌成型相结合原理, 能够完成香蕉秸秆粉碎挤压、脱水、成型等作业工序。

2) 香蕉秸秆固体成型机性能试验表明: 样机生产率为 358 kg/h, 颗粒燃料的成型率为 95.4%, 颗粒机械耐久性为 96.7%, 颗粒密度为 1.35 g/cm³, 颗粒含水率为 2.76%, 满足生物质颗粒燃料成型生产要求。

该机型的成功研制, 满足香蕉秸秆固体成型的技术要求, 能够实现规模化、连续稳定生产, 具有显著的经济效益和生态效益, 在中国热带农业区具有广阔的推广应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 李玉萍, 方佳. 中国香蕉产业现状与发展对策研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 443—447.
Li Yuping, Fang Jia. A survey on status and countermeasures of banana industry in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(8): 443—447. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张汉荣, 刘长全, 朱建荣. 我国香蕉科技研究的几点思考与建议[J]. 热带农业科学, 2006, 26(6): 55—58.
Zhang Hanrong, Liu Changquan, Zhu Jianrong. Some ideas and suggestions on scientific and technological development of banana in China[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2006, 26(6): 55—58. (in Chinese with English abstract)
- [3] 雷武逵. 香蕉产业升级配套技术及对策研究[J]. 广西农业科学, 2008, 39(3): 397—400.
Lei Wukui. Complementary upgrading technology for banana industry and its countermeasures[J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2008, 39(3): 397—400. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王芳, 过建春, 夏勇开. 海南香蕉产业组织现状与发展对策[J]. 海南大学学报人文社会科学版, 2008, 26(1): 7—11.
Wang Fang, Guo Jianchun, Xia Yongkai. Analysis and evaluation on the status of banana industry organizations in Hainan[J]. Humanities and Social Sciences Journal of Hainan, 2008, 26(1): 7—11. (in Chinese with English abstract)
- [5] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87—91.
Han Lujia, Yan Qiaojuan, Liu Xiangyang, et al. Straw resources and their utilization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(3): 87—91. (in Chinese with English abstract)
- [6] 崔明, 赵立欣, 田宜水, 等. 中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 291—296.
Cui Ming, Zhao Lixin, Tian Yishui, et al. Analysis and evaluation on energy utilization of main crop straw resources in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(12): 291—296. (in Chinese with English abstract)
- [7] 中国农业部, 美国能源部项目专家组. 中国生物质资源可获得性评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [8] Dias J, Costa M, Azevedo J L T. Test of a small domestic boiler using different pellets[J]. Biomass and Bioenergy, 2004, 27(6): 531—539.
- [9] 王久臣, 戴林, 田宜水, 等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 276—282.
Wang Jiuchen, Dai Lin, Tian Yishui, et al. Analysis of the development status and trends of biomass energy industry in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(9): 276—282. (in Chinese with English abstract)
- [10] 姚宗路, 田宜水, 孟海波, 等. 生物质固体成型燃料加工生产线及配套设备[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 280—285.
Yao Zonglu, Tian Yishui, Meng Haibo, et al. Production line and corollary equipment of biomass solid fuel[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(9): 280—285. (in Chinese with English abstract)
- [11] 孙丽英, 田宜水, 孟海波, 等. 中国生物质固体成型燃料 CDM 项目开发[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 304—307.
Sun Liying, Tian Yishui, Meng Haibo, et al. Development of clean development mechanism (CDM) project of biomass densified biofuels in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(8): 304—307. (in Chinese with English abstract)
- [12] 马孝琴, 张百良. 秸秆成型燃料燃烧速度影响因素的研究[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(1): 77—82.
Ma Xiaoqin, Zhang Bailiang. A study on the influence factors of straw briquette combustion velocity[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2006, 40(1): 77—82. (in Chinese with English abstract)
- [13] Boman C, Israelsson S, Öhman M, et al. Combustion properties and environmental performance during small scale combustion of pelletized white hardwood raw material[C]// World Bioenergy 2008, Sweden: Jönköping, 2008: 241—246.
- [14] 赵军, 王述洋. 我国生物质能资源与利用[J]. 太阳能学报, 2008, 29(1): 90—94.
Zhao Jun, Wang Shuyang. Bio-energy resource and its utilization in China[J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2008, 29(1): 90—94. (in Chinese with English abstract)

- [15] 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, 6.
Hu Jianjun. Straw Pellet Fuel Cold Molding by Compression: Experimental Study and Numerical Simulation[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2008, 6. (in Chinese with English abstract)
- [16] 霍丽丽, 侯书林, 田宜水, 等. 生物质固体燃料成型机压辊磨损失效分析[J]. 农业工程学报, 2010, 6(7): 102—106.
Huo Lili, Hou Shulin, Tian Yishui, et al. Wear failure analysis on roller assembly of biomass pellet mill[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(7): 102—106. (in Chinese with English abstract)
- [17] 朱德文, 陈永生, 杜静, 等. SHJ-400型水葫芦固液分离机设计与性能试验[J]. 农机化研究, 2011, 33(4): 79—83.
Zhu Dewen, Cheng Yongsheng, Du Jing, et al. Design and experiment of SHJ-400 liquid-solid splitter for hyacinth[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(4): 79—83. (in Chinese with English abstract)
- [18] 张百良, 李保谦, 赵朝会, 等. HPB-I型生物质成型机的应用研究[J]. 太阳能学报, 1999, 20(3): 234—238.
Zhang Bailiang, Li Baoqian, Zhao Chaohui, et al. Application of HPB-I biomass briquetting machine acta energiae solaris sinica[J]. 1999, 20(3): 234—238. (in Chinese with English abstract)
- [19] 孟海波, 赵立欣, 徐义田, 等. 用粗糙集理论评价生物质固体成型燃料技术的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 198—202.
Meng Haibo, Zhao Lixin, Xu Yitian, et al. Assessment of biomass pellets and briquettes technologies by rough sets theory[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(3): 198—202. (in Chinese with English abstract)
- [20] 何元斌. 生物质压缩成型燃料及成型技术[J]. 农村能源, 1995(5): 12—14.
He Yuanbin. Biomass pellet fuel and briquettes technology[J]. Rural Energy, 1995(5): 12—14. (in Chinese with English abstract)
- [21] 朱晓闯, 张喜瑞, 陈致水, 等. 滚压式香蕉假茎粉碎机设计[J]. 广东农业科学, 2011(18): 144—146.
Zhu Xiaochuang, Zhang Xirui, Chen Zhishui, et al. Study on the pressure roller pulverizing false banana stem crusher[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011(18): 144—146. (in Chinese with English abstract)
- [22] 朱晓闯, 张喜瑞, 李粤, 等. 我国香蕉秸秆回收利用现状研究[J]. 价值工程, 2011, 30(34): 273—274.
Zhu Xiaochuang, Zhang Xirui, Li Lue, et al. Study on the recycling of banana straw of China[J]. Value Engineering, 2011, 30(34): 273—274. (in Chinese with English abstract)
- [23] Liu Yuelian, Lu Qingfang. Identification and cultivation of a wild mushroom from banana pseudo-stem sheath[J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129(4): 922—925.
- [24] 罗娟, 侯书林, 赵立欣, 等. 典型生物质颗粒燃料燃烧特性试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5): 220—226.
Luo Juan, Hou Shulin, Zhao Lixin, et al. Experimental study on combustion and emission characteristics of biomass pellets[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(5): 220—226. (in Chinese with English abstract)
- [25] Dias J, Costa M, Azevedo J L T. Test of a small domestic boiler using different pellets[J]. Biomass and Bioenergy, 2004, 27(6): 531—539.
- [26] 吴创之, 周肇秋, 阴秀丽, 等. 中国生物质能源发展现状与思考[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 91—99.
Wu Chuangzhi, Zhou Zhaoqiu, Yin Xiuli, et al. Current status of biomass energy development in China[J]. Transactions of the CSAM, 2009, 40(1): 91—99. (in Chinese with English abstract)
- [27] 霍丽丽, 田宜水, 孟海波, 等. 生物质颗粒燃料微观成型机理[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊1): 21—25.
Huo Lili, Tian Yishui, Meng Haibo, et al. Mechanism of surface morphology of biomass pellet[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(Supp 1): 21—25. (in Chinese with English abstract)

Design and experiment on biomass pellet densifying machine for banana stem

Zhang Xirui, Wang Junlin, Li Yue^{*}, Wang Tao, Qiu Qianqian

(*Institute of Electrical and Mechanical Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China*)

Abstract: Aiming at the present situation regarding the handling of the coarse banana straws which are labor intensive, high water content, and unavailability of satisfactory straw solid molding equipment in the tropical agricultural areas of China, the biomass pellet densifying machine for banana stem was designed. The main structural parameters of screw extrusion device, mixing device, extrusion device and draining mechanism were determined. The results of machine performance test showed that the productivity was 358 kg/h, forming rate of particle fuel was 95.4%, mechanical durability was 96.7%, particle density was 1.35 g/cm³, and particle moisture content was 2.76%. The machine can meet the requirements of biomass pellet fuel forming, which has durable, stable and reliable performance, as while as obvious economical and ecological benefit. It will have the broad prospect of application in the tropical agricultural areas in China.

Key words: design, experiments, biomass, molding, screw extrusion, banana stem