

桉树木屑成型颗粒成分变化和热解特性研究

王明峰¹, 徐建宇¹, 蒋恩臣¹, 姜 洋², 任永志¹, 戚日莹¹

(1. 华南农业大学材料与能源学院, 广州 510642; 2. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510642)

摘 要: 以中国南方典型生物质桉树木屑的成型颗粒作为研究对象,将成型颗粒分层剥离后,对原料和剥离层进行工业分析、组分分析和丙酮提取物成分分析,研究成型过程中的成分变化;开展桉树木屑及成型颗粒剥离层热分析试验,分析成型前后热解特性的变化,并采用 Coasts 积分法计算热解反应动力学参数。结果表明:桉树木屑在成型后挥发分含量降低、灰分含量增加,纤维素、木质素和半纤维素含量有不同程度的降低,提取物含量明显增加。桉树木屑原料的丙酮提取物少,但提取物种类多;成型颗粒的丙酮提取物含量相较原料显著增加,以高活性组分 4-羟基-4-甲基-2-戊酮为主。在热解特性方面,成型颗粒的预热解温度区间变窄,主热解区间往低温区偏移,活化能和指前因子变小。

关键词: 生物质; 木屑; 成型颗粒; 热解; 动力学参数

中图分类号: TK6

文献标志码: A

0 引 言

生物质是仅次于煤炭、石油、天然气的第四大能源,在整个能源系统占有重要地位^[1]。近些年来,生物质能因其储量大、可再生、对环境友好、利用方便等特点受到广泛关注^[2-5]。但生物质原料的固有特性,如堆积密度低、物理形状各异等,给储存、运输和利用带来挑战。成型可将生物质转化成形状规整、尺寸均匀的高密度颗粒,提高了燃料性能^[6-7]。在过去的 10 年里,生物质成型燃料产量经历了快速增长,瑞典、加拿大和美国等国每年生产几百万 t^[8]。近些年来,中国生物质成型燃料的生产量和需求量急剧上升,市场规模持续增长。

成型颗粒是一种优良的制炭原料,热解可获得颗粒生物炭、液相生物油和气相产物,是一种高效的转化利用途径。关于成型颗粒的热解特性研究已有研究报道。Arshad 等^[9]利用玉米秸秆颗粒进行微波炭化,颗粒炭产率 41.1%,热值达到 32 MJ/kg,副产物生物油的产率 19.6%,热值 2.5 MJ/kg。在成型颗粒热解动力学方面,Bartocci 等^[10]进行了混有 10%丙三醇的木屑成型颗粒的热解动力学研究,获得了生物质颗粒主要组分半纤维素、纤维素、木质素和丙三醇的热解动力学参数,反应

活化能和指前因子依次为:149.7 kJ/mol 和 $1.98 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 、230.1 kJ/mol 和 $1.84 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ 、154.3 kJ/mol 和 $5.14 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$ 、74.5 kJ/mol 和 $2.17 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ 。

目前,针对生物质原料和成型颗粒的热解特性和动力学参数已有研究^[11-13],而对于成型过程中物料组成的变化及其对热解特性影响的相关研究较少。本文以桉树木屑及其成型颗粒作为研究对象,对成型颗粒进行分层剥离处理,对成型前原料和分层后的燃料进行工业分析和成分分析,并利用热分析仪研究其热解特性和热解动力学参数,探究生物质成型过程中成分的变化及其对热解特性的影响,深入了解热解反应特性和机理,以期对生物质成型颗粒的燃烧、气化或热解炭化等热化学转化利用技术与工艺的优化提供理论基础。

1 试验设备及试验条件

1.1 试验样品

试验所用桉树木屑及其成型颗粒取自广东某生物质燃料成型厂。成型颗粒利用 Hyj-500 型颗粒成型机在压力 70~80 MPa 下成型,成型时原料水分为 13%~17%,成型颗粒产量为 1.0~1.3 t/h,直径约 10 mm,长约 50 mm。通过对成型颗粒进行剥离,获得内、中和外 3 种

收稿日期: 2018-05-02

基金项目: 广州市科技计划(201607010138); 广东省科技计划(2016A020221028); 国家自然科学基金(51706074)

通信作者: 蒋恩臣(1960—), 男, 博士、教授、博士生导师, 主要从事生物质能利用工程方面的研究。ecjiang@scau.edu.cn

剥离层,其中外层厚度约 1.5 mm,中层厚度约 1.5 mm,剩余内层圆柱体半径即内层厚度约 2 mm。将桉树木屑及分层后的成型颗粒,粉碎后过 100 目筛备用。

1.2 试验设备及试验方法

根据标准 GB/T 211—1996、GB/T 212—2001 和 GB/T 212—2001 在 YX-GYFX7701 全自动工业分析仪上对桉树木屑和成型颗粒剥离层进行工业分析。采用 Van Soest 法进行桉树木屑和成型颗粒剥离层的组分分析,并把除纤维素、半纤维素、木质素和灰分外的其他成分定义为提取物。

提取物试验方法:称取 5 g 物料加入带盖磨口锥形瓶中,按液料比 1:10 和 1:8 分别加入丙酮(分析纯),在 50 ℃的水浴锅中分别浸渍提取 5 h 和 3 h,混合 2 次提取液,取混合后的提取液置于离心管中,经 5000 r/min 离心 15 min,离心 2 次,取上层清液采用默飞 TRACE 1300ISQ 气相色谱质谱联用仪进行提取物成分分析。其中,气相色谱条件为:色谱柱 HP-INNOWax 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:50 ℃(2 min)—10 ℃/min—280 ℃(10 min);载气高纯 He(99.999%)流速 1.2 mL/min;进样口温度 220 ℃;分流比 66.7:1;进样量 1 μL。质谱条件为:电离源 EI;源温度 280 ℃;电子轰击能量 70 eV;倍增器电压 1.7 kV;接口温度 300 ℃;质谱扫描范围 46~350 amu;溶剂延迟时间 2 min。

采用耐驰 STA449c 同步热分析仪进行热分析试验,所用坩埚为氧化铝坩埚。为减少坩埚中杂质对热分析曲线的影响,坩埚在使用前经 1300 ℃的高温煅烧。升温过程中使用初始温度等待,保证每次试验都以 24 ℃的初始温度开始,以减少初始温度不同带来的试验误差。热解试验和燃烧试验每次称取约 5 mg 的样品放入坩埚内,以升温速率 10 ℃/min,反应终止温度 800 ℃,反应气氛分别为高纯 N₂(99.99%)和空气,流量均为 45 mL/min。

1.3 动力学计算

生物质热分解过程反应一般可简化为:A(固)→B(固)+C(气),反应动力学方程可表示为:

$$\frac{d\alpha}{dt} = kf(\alpha) = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)f(\alpha) \quad (1)$$

式中, α ——热分解转化率, $\alpha=(m_0-m)/(m_0-m_x)$,其中 m_0 为试样初始质量, m_x 为反应终温剩余物质量, m 为 TG 曲线上某一温度 T 或某时刻 t 时的质量; k ——Arrhenius 速率常数, $k=A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$; A ——指前因子, 1/s; E ——反应活化能, kJ/mol; R ——气体通用常数, $R=8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$; $f(\alpha)$ ——分解的固体反应物

与反应速率的函数关系。

将 $\beta=dT/dt$ 代入式(1)得到:

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)f(\alpha) \quad (2)$$

Coats 积分法是动态热重法中常用来研究动力学的方法。对式(2)采用 Coats-Redfern 法进行分离变量积分,整理得:

$$\ln\left[\frac{G(\alpha)}{T^2}\right] = \ln\left[\frac{AR}{\beta E}\left(1 - \frac{2RT}{E}\right)\right] - \frac{E}{RT} \quad (3)$$

对于一般的反应温区和大部分的 E 值而言, $\frac{2RT}{E} \ll 1$, $\ln\left[\frac{AR}{\beta E}\left(1 - \frac{2RT}{E}\right)\right]$ 可近似看作为常数,用 $\ln\left[\frac{G(\alpha)}{T^2}\right]$ 对 $\frac{1}{T}$ 作图,并对所做曲线进行线性拟合,由直线的斜率和截距分别计算 E 值和 A 值。

2 试验结果与分析

2.1 工业分析及成分分析比较

4 种样品干基条件下的工业分析及成分分析结果如表 1 所示。由工业分析可知,桉树木屑在成型后挥发分明显降低,灰分明显升高,并且该变化以内层燃料最为明显。由成分分析可知,桉树木屑在成型后纤维素、半纤维素、木质素三组分均有不同程度的降低,其中以纤维素最为明显,成型颗粒的纤维素相对含量降低到约 40%,原料的纤维素相对含量则高达 53.11%;成型后,颗粒中的提取物含量则明显增加,原料中提取物的相对含量只占 2.86%,但成型颗粒中提取物的相对含量均在 19%以上,且越是处于颗粒外部的物料,提取物含量越高,这主要是由于成型过程中机械挤压和蒸汽携带的作用,提取物被挤出并富集在颗粒表面,同时在成型过程中桉树木屑发生轻微的热解反应,改变了原料的组分分布。

桉树木屑在压缩成型中主要依靠物料间以及物料与模具间的摩擦提供足够的成型压力,在此过程中因为摩擦生热使物料温度升高并会产生较高的局部瞬现温度^[14]。由于颗粒成型原料具有一定的初始含水率,温度升高后,颗粒内的水分开始从颗粒内部向颗粒外扩散,并将提取物从颗粒内部逐渐携带到颗粒外层并富集,导致成型后提取物含量逐层递增。此外,局部瞬现高温甚至达到生物质的热转化温度,使部分物料发生轻微的热解反应,产生的挥发物在析出外溢过程中会沉积于成型颗粒内,导致成型后提取物含量骤增。同时,由于外层物料的温度首先升高并达到瞬现的反应温度,因此外层提取物含量略大于内层。

表1 桉树木屑及其成型颗粒剥离层的工业分析及成分分析(%)

Table 1 Proximate and composition analysis of eucalyptus sawdust and its stripped pellets (%)

项目	工业分析			成分分析			
	挥发分	灰分	固定碳	纤维素	半纤维素	木质素	提取物
原料	82.24	2.49	15.27	53.11	19.78	21.76	2.86
内层	76.81	7.98	15.21	38.86	19.22	14.71	19.23
中层	77.38	6.30	16.32	39.83	18.50	15.66	19.71
外层	78.38	4.15	17.47	41.49	17.96	15.73	20.67

从组分变化看,提取物含量的增加导致纤维素、半纤维素和木质素的含量皆有所降低。由于三组分热解的起始温度和反应温度由低到高依次为纤维素、半纤维素和木质素^[15],因此成型后颗粒中提取物增加的含量主要由纤维素发生的不完全热解反应产生,反应产生的小部分产物为气质产物,大部分产物冷凝后以提取物形式保留在成型颗粒中,气质产物的逸出使成型颗粒的挥发分降低,灰分升高。

2.2 GC-MS分析结果

根据总离子流图并对照 NIST 谱库和相关文献^[16-17]对各样品的丙酮提取物进行定性和定量分析,对检出组分峰进行面积归一化处理,得到各组分的相对含量,其结果见表 2。原料和成型颗粒内、中、外剥离层样品的

丙酮提取物中总共检测到 7 种物质,原料的丙酮提取物中相对含量超过 10%的物质为 4-羟基-4-甲基-2-戊酮、二甲基亚砜和 2-正-己基呋喃,成型颗粒的内层、中层和外层的丙酮提取物中相对含量超过 10%的物质为 4-羟基-4-甲基-2-戊酮和枯烯。对比 4 个样品的分析结果并结合成分分析结果,原料提取物中所含物质种类最多但含量最少,成型颗粒提取物的种类从内层到外层逐渐减少,但含量比原料多。并且,在丙酮提取物中含量最多的 4-羟基-4-甲基-2-戊酮的闪点较低,是一种高活性物质。结合成分分析的结果,纤维素、半纤维素、木质素降低的部分转化成活性更高的物质作为提取物存在于成型颗粒中,这一类提取物含量的增加将对成型颗粒的热解特性造成一定影响。

表2 原料和成型颗粒丙酮提取物的GC-MS分析结果

Table 2 GC-MS analysis results of acetone extracts from eucalyptus sawdust and its stripped pellets

化合物名称	保留时间/min	化学式	相对含量/%			
			原料	内层	中层	外层
1-甲基-1-环己烯	3.30	C ₇ H ₁₂	3.29	6.47	—	—
二甲醚	3.33	C ₂ H ₆ O	—	—	8.16	—
异亚丙基丙酮	3.68	C ₆ H ₁₀ O	—	3.35	—	—
4-羟基-4-甲基-2-戊酮	4.32	C ₆ H ₁₂ O ₂	53.89	77.86	79.99	88.24
二甲基亚砜	4.37	C ₂ H ₆ OS	12.34	—	—	—
枯烯	5.75	C ₉ H ₁₂	8.31	12.32	11.84	11.76
2-正-己基呋喃	21.41	C ₁₀ H ₁₆ O	22.16	—	—	—

2.3 样品的热解特性

图 1 为原料和成型颗粒内、中、外剥离层在同一升温速率($\beta=10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)下的热重曲线,其热解过程可分为失水、预热解、主热解和炭化 4 个阶段。表 3 所示为 4 个样品在主热解阶段的特征参数。由图 1 可见,4 个样品的热解特性曲线比较相似。第 1 阶段为失水阶段,失重过程出现在 $40\sim130\text{ }^{\circ}\text{C}$,样品因失去水分质量下降;随后在 $130\sim200\text{ }^{\circ}\text{C}$,DTG 曲线趋于平坦,无明显失重现象,

这个阶段(第 2 阶段)是预热解阶段,在此阶段中,物料内部组织发生解聚及玻璃化转变^[18-19],随后聚合度均化,形成自由基和主要官能团,并释放出少量小分子挥发分气体;第 3 阶段为主热解阶段,热解反应主要发生在 $200\sim450\text{ }^{\circ}\text{C}$,此阶段失重率急剧增大,释放出大量气体产物,DTG 曲线出现最大峰值;第 4 阶段为炭化阶段,发生在 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后,此阶段失重率比较低,气体产物很少,DTG 曲线逐渐趋于平坦。桉树木屑原料及其成型颗粒剥离层样品的热解特性曲线存在一定差异,其中

3 个成型颗粒剥离层样品预热解阶段的温度区间与原料相比相对较窄,成型颗粒的预热解阶段为 130~200 ℃,而桉树木屑原料的预热解阶段为 130~220 ℃,这是由于压缩过程中桉树木屑已发生部分热解,导致成型颗粒的预热解温度区间变窄。另外,在主热解阶段,原料的 DTG 曲线在 200~310 ℃出现明显的凸肩,而在成型颗粒剥离层的 DTG 曲线上并不明显。该凸肩曲线是由于热解过程由以半纤维素热解为主导过渡为以纤维素热解主导所造成的。而生物质在压缩过程中由于不充分的热解反应产生大量中间产物,这些中间产物的热解使这个过渡更加平缓。

在表 3 主热解阶段特征参数中可发现,与原料木屑热解相比,成型颗粒主热解阶段的起始温度和终止温度降低,最大热解速率略有降低,峰值温度往低温区略有偏移,在主热解阶段的失重率减少。成型颗粒的纤维素

含量明显减少,与半纤维、木质素的比例发生变化,比例变化后的生物质三组分与提取物在热解过程相互影响,使成型颗粒的热解特性产生较大变化。

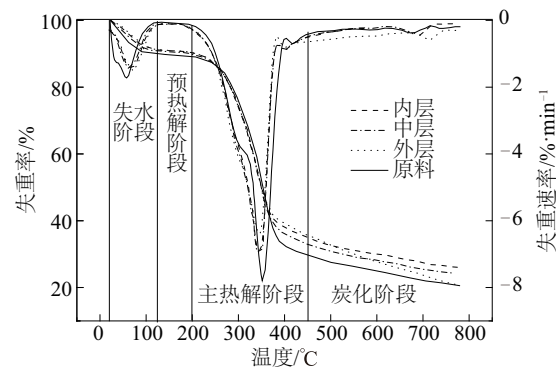


图1 升温速率为10 ℃/min时各样品的热解TG-DTG曲线
Fig. 1 Pyrolysis TG-DTG curves of samples at heating rate of 10 ℃/min

表3 桉树木屑原料及其成型颗粒剥离层样品主热解阶段特征参数

Table 3 Characteristic parameter of main pyrolysis stage of eucalyptus sawdust and its stripped pellets						
项目	升温速率 $\beta/^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$	主热解起始 温度 $T_i/^\circ\text{C}$	主热解结束 温度 $T_f/^\circ\text{C}$	峰值温度 $T_p/^\circ\text{C}$	最大热解速率 $(d\alpha/dt)_{\max}/\% \cdot \text{min}^{-1}$	主热解阶段失重率 $W_d/\%$
原料	10	225.7	455.3	352.4	7.83	59.93
内层	10	204.2	434.8	350.1	6.56	54.75
中层	10	204.3	434.8	350.0	6.72	57.32
外层	10	204.2	434.9	349.3	6.23	53.61

2.4 反应动力学参数的计算

由于热分析试验数据对操作条件(如气流、微振动等)极其敏感,在一定程度上会降低求解拟合方程的线性回归系数,因此在曲线不失真的条件下,首先利用 Origin Pro 软件对数据进行平滑处理,然后进行计算,所得桉树木屑原料及其成型颗粒剥离层的热解动力学参数如表 4 所示,其中原料的活化能和指前因子为 151.55 kJ/mol 和 $3.186\times10^{12}\text{ s}^{-1}$ 。成型颗粒内、中、外层剥离层样品的活化能与桉树木屑原料相比均有所降低,其中内层和中层样品活化能值相近,外层剥离层样品活化能最低为 131.46 kJ/mol,与桉树木屑原料相比降低约 20 kJ/mol。表明成型颗粒热解反应能垒降低,挥发分析出特性变好,与原料相比更易发生热解反应。然而,成型颗粒热解的指前因子降低,与原料相比较,内层和中层样品指前因子降低 1 个数量级,外层剥离层样品降低 2 个数量级,表明成型颗粒热解反应速率降低,动力学计算结果与前文的热重实验结果相吻合。生物质成型过程中,物料内部成分的变化对热解特性产生一定影

响,使得热解反应更易发生,但反应速率较慢。

表4 桉树木屑原料及其成型颗粒剥离层样品主热解阶段动力学参数

Table 4 Kinetic parameters of main pyrolysis stage of eucalyptus sawdust and its stripped pellets				
	拟合方程	$E/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	A/s^{-1}	r
原料	$y=-18228x+16.392$	151.55	3.186×10^{12}	0.9903
内层	$y=-16905x+14.616$	140.55	5.211×10^{11}	0.9971
中层	$y=-16912x+14.718$	140.61	5.760×10^{11}	0.9922
外层	$y=-15812x+12.310$	131.46	5.237×10^{10}	0.9953

3 结 论

- 1)桉树木屑成型颗粒和原料相比,挥发分降低、灰分增加,其中以成型颗粒内层的变化最大。在化学组成成分方面,成型颗粒的纤维素明显降低,由原料的 53.11%降至约 40%,而提取物则明显增加,由 2.86%增至 19%以上。
- 2)桉树木屑丙酮提取物中所含物质种类最多,但含

量最少,成型后的丙酮提取物中所含物质种类由内层到外层逐渐减少,其中高活性组分 4-羟基-4-甲基-2-戊酮的含量最多。

3)桉树木屑的热解 DTG 曲线中存在平滑的凸肩峰,但成型颗粒的 DTG 曲线中不存在,成型颗粒的预热解温度区间变窄,主热解阶段往低温区偏移,最大热解速率降低。

4)成型颗粒内、中、外层剥离层主热解阶段的活化能和指前因子较原料均有降低,热解反应能垒降低,更易发生热解。

[参考文献]

- [1] 张瑞芹. 生物质衍生的燃料和化学物质[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2004.
ZHANG R Q. Biomass-derived fuels and chemicals[M]. Zhengzhou: Zhengzhou University Press, 2004.
- [2] 田宜水, 王茹. 基于多升温速率法的典型生物质热动力学分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 234-240.
TIAN Y S, WANG R. Thermokinetics analysis of biomass based on model-free different heating rate method [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(3): 234-240.
- [3] 赵立欣, 贾吉秀, 姚宗路, 等. 生物质连续式分段热解炭化设备研究[J]. 农业机械学报, 2016, 47(8): 221-226.
ZHAO L X, JIA J X, YAO Z L, et al. Equipment for biomass continuous grading pyrolysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2016, 47(8): 221-226.
- [4] ROMAN A V, MARGARITA V R, SERGEY K Z, et al. Review: biofuel production from plant and algal biomass[J]. International journal of hydrogen energy, 2016, 41(39): 17257-17273.
- [5] SHO N, TOMOHIRO T. Assessment of social, economic, and environmental aspects of woody biomass energy utilization: Direct burning and wood pellets [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2016, 57(5): 1279-1286.
- [6] LIU Z G, QUE A K, BALASUBRAMANIAN R. Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars [J]. Applied energy, 2014, 113: 1315-1322.
- [7] CASTELLAN J M, GÓMEZ M, FERNÁNDEZ M, et al. Study on the effects of raw materials composition and palletization conditions on the quality and properties of pellets obtained from different woody and non woody biomasses[J]. Fuel, 2015, 139(9): 629-636.
- [8] NUNES L J R, MATIAS J C O, CATALÃO J P S. Mixed biomass pellets for thermal energy production: a review of combustion models[J]. Applied energy, 2014, 127(5): 135-140.
- [9] ADAM S A, AFZAL M T, BENNAMOUN L. Pyrolysis of corn stalk biomass briquettes in a scaled-up microwave technology [J]. Bioresource technology, 2017, 233(2): 353-362.
- [10] BARTOCCI P, ANCA-COUCÉ A, SLOPIECKA K, et al. Pyrolysis of pellets made with biomass and glycerol: kinetic analysis and evolved gas analysis [J]. Biomass and bioenergy, 2017, 97(12): 11-19.
- [11] WANG Q, HAN K H, GAO J, et al. The pyrolysis of biomass briquettes: effect of pyrolysis temperature and phosphorus additives on the quality and combustion of bio-char briquettes[J]. Fuel, 2017, 199(3): 488-496.
- [12] 傅旭峰, 仲兆平, 肖刚, 等. 几种生物质热解特性及动力学的对比[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 199-202.
FU X F, ZHONG Z P, XIAO G, et al. Comparative study on pyrolysis characteristics and dynamics of grass biomass [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(1): 199-202.
- [13] 卢洪波, 戴惠玉, 马玉鑫. 生物质三组分燃烧特性及动力学分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 186-191.
LU H B, DAI H Y, MA Y X. Combustion characteristics and dynamic analysis of three biomass components [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(17): 186-191.
- [14] 波波夫 瓦伦丁 L. 接触力学与摩擦学的原理及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
POPOV V L. Principles and applications of contact mechanics and tribology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011.
- [15] 黄娜. 生物质三组分热裂解特性及其动力学研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2007.
HUANG N. Study on pyrolysis characteristics and kinetics of three components of biomass [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2007.
- [16] 彭万喜, 武书彬, 吴义强, 等. 尾巨桉新旧木片苯/醇抽提物的 Py-GC/MS 分析[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(3): 67-74.
PENG W X, WU S B, WU Y Q, et al. Analysis of benzene/ethanol extractives from flesh and old

- eucalyptus urophydis chips by Py-GC/MS[J]. Journal of South China University of Technology (natural science edition), 2009, 37(3): 67-74.
- [17] 张婧, 谢耀坚, 杜阿朋, 等. 尾叶桉叶片脂肪酸成分的GC-MS分析[J]. 桉树科技, 2011, 28(1): 9-13.
- ZHANG J, XIE Y J, DU A P, et al. Analysis of fatty acid composition in the leaves oils of eucalyptus urophyllaby GC-MS [J]. Eucalypt science & technology, 2011, 28(1): 9-13.
- [18] 王明峰, 蒋恩臣, 周岭. 玉米秸秆热解动力学分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 204-207.
- WANG M F, JIANG E C, ZHOU L. Kinetic analysis of cornstalk pyrolysis [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(2): 204-207.
- [19] 赵明, 吴文权, 卢玫, 等. 稻草热裂解动力学研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 107-110.
- ZHAO M, WU W Q, LU M, et al. Pyrolysis kinetics of rice straw [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(1): 107-110.

STUDY ON COMPOSITION CHANGE AND PYROLYSIS PROPERTIES OF EUCALYPTUS SAWDUST PELLETS

Wang Mingfeng¹, Xu Jianyu¹, Jiang Enchen¹, Jiang Yang², Ren Yongzhi¹, Qi Riying¹

(1. College of Material and Energy, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Guangzhou Energy Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Biomass pellets with high volume energy density, are convenient for storage and combustion, so biomass molding technology has received extensive attention in recent years. At present, research on the composition change during the molding process and its influence on pyrolysis are few. In this paper, pellets made of eucalyptus sawdust which is a typical biomass in southern China were taken as the research object. Proximate analysis, component analysis, and compositions of acetone extracts of the raw materials and the delaminated layer of pellets were carried out to study the compositions changes during the pelletization process. Meanwhile, the pyrolysis characteristics were analyzed by thermal analysis test for the eucalyptus sawdust pellets and delaminated pellets, and the pyrolysis reaction kinetics parameters were calculated by Coasts integral method. The results showed that the contents of volatiles, ash, cellulose, lignin and hemicellulose decreased in different degrees, while the contents of extracts increased obviously after pelletization. The amount of acetone extracts of eucalyptus sawdust was low, but the substance species were more. The content of the acetone extracts of pellets increased significantly, and 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone was the predominant component. In terms of pyrolysis characteristics of the eucalyptus sawdust pellets, the pre-heating temperature range became narrow, the main pyrolysis zone shifts towards the low temperature orientation, and the activation energy and pre-exponential factor decreased.

Keywords: biomass; sawdust; pellets; pyrolysis; kinetic parameters