

农林废弃物热解的试验研究^{*}

盛奎川^① 蒋成球 钟建立
(浙江农业大学)

提 要 介绍了用于生物质热解的试验装置及试验方法,研究了温度、加热速率等因素对木屑、稻壳等农林废弃物生物质热解产物的产率及其质量的影响。试验结果表明,两种不同生物质热解产物得率的变化规律基本一致。热解温度控制在 400~500℃ 时,热解油产率最大。热解温度越高,则炭产量越少;温度大于 500℃ 时,热解气为中等热值可燃气体,其热值大于 10 MJ/m³。测试结果还表明,常规热解条件下的生物质热解表现为三阶段反应特点。

关键词 生物质 木屑 稻壳 热解

Experiment Study on Biomass Pyrolysis of Agricultural and Wood Wastes

Sheng Kui chuan Jiang Cheng qiu Zhong Jian ti
(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou)

Abstract This paper describes experimental facility and testing methods for the biomass pyrolysis. The effects of temperature and heating rate on the yields and characterization of pyrolysis products have been studied on the basis of the pyrolysis of two typical biomass from agricultural and wood wastes, sawdust and rice hull. The experimental results showed that the regular changes of yields distribution of pyrolysis products from the different types of biomass are similar on the same condition. The significant amount of liquid product can be obtained at the temperature between 400 and 500℃. The yields of charcoal reduces as the temperature increases. The pyrolysis gas is medium heating value fuel gas and its heating value is more than 10 MJ/m³ as the temperature is more than 500℃. Also, the experimental results indicated that three stages of reaction corresponds to biomass pyrolysis process occurred on the conventional pyrolysis.

Key words Biomass Sawdust Rice hull Pyrolysis

1 引 言

当前,因地制宜地利用农村生物质资源,将树皮、木屑、稻壳、果壳和秸秆等低品位农林废弃物转换成高品位燃料是迫切需要研究的课题。有机废弃物通过热解转换成高品位的可

收稿日期: 1996-12-03

* 浙江省重点扶植学科(农村能源)基金项目

① 盛奎川,硕士,讲师,杭州市华家池 浙江农业大学工程技术学院,310029

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

燃气、炭及生物油是生物质热化学转换技术的重要方式之一。本研究的主要目的在于通过对木屑、稻壳等典型农林废弃物热解的实验室试验,初步探讨热解温度等主要因素对生物质热解过程影响的变化规律,分析热解产物特性,从而为农林废弃物热解气化转换成高品位能源的深入研究奠定基础。

2 试验条件与方法

2.1 试验装置及试验方法

试验装置由热解釜、电加热器、温度指示调控仪、冷凝管、气体流量计及集气筒等组成,系统流程见图 1

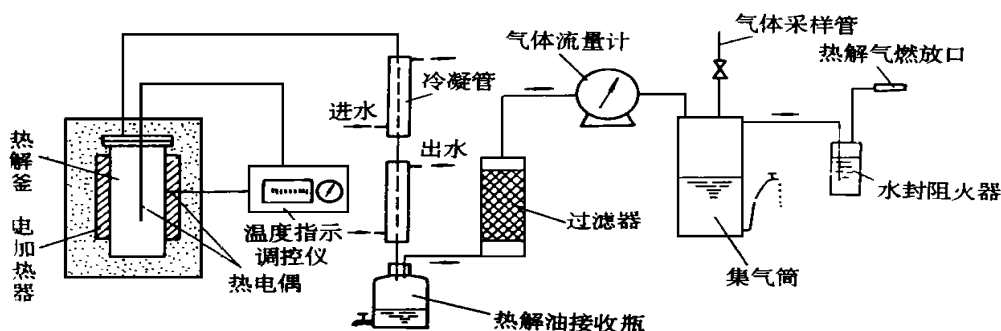


图 1 生物质热解试验系统流程图

试验开始时,预先将称重过的原料样品加入热解釜内,并将温度指示调控仪调至设定的各种热解温度值。电加热器向热解釜供热,热解温度自动控制在设定值。热解釜中的原料受热分解,逸出的挥发份经过二级冷凝管冷凝,使气、液两相物质分离。热解油由接收瓶收集。热解气经过滤,由气体流量计显示流速及流量,然后由集气筒采用排水法收集,以便取样分析热解气成份。反应结束后,称量热解油和釜内残留炭,可取样分析其成份。

2.2 试验原料

试验所用原料为木屑与稻壳两种。木屑样品取自校内木工车间,主要组份为松木屑,经筛选,粒径 $\leq 1.5\text{ mm}$ 。稻壳由中国水稻研究所提供,为杭州市富阳农村的谷物加工残余物。

2.3 样品分析方法

1) 原料含水率(W^f)、挥发份含量(V^f)、灰份含量(A^f)和固定碳含量(C_{gd}^f)采用常规分析法测定。

2) 原料及釜内残留炭热值(Q_{DW})采用 ZD-1 型煤炭发热量测定仪测定。

3) 热解气成份由 QF1904 型气体分析仪分析。根据可燃气成份的体积百分含量,计算热解气热值。

4) 热解产物中炭(包含灰份)和热解油含量采用分析天平称量。根据质量守恒定理计算出热解气质量。

3 试验结果及讨论

3.1 原料分析结果

试验用两种原料样品分析结果见表 1 由表可见,两种原料的挥发份 V^f 含量均大于 60%,且灰份 A^f 含量较少,这些特性有利于生物质通过热解转换提高品位

表 1 试验用原料样品特性 % w t

原料种类	W^f	V^f	C_{gl}^f	A^f	$Q_{DW} / \text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
木屑	10.40	71.20	17.30	1.05	16.27
稻壳	11.45	60.90	15.40	12.25	14.13

3.2 温度对热解产物产率的影响

利用温度指示调控仪设定不同的热解温度控温值 原料经热分解后可获得炭、热解油和热解气三相产物(见表 2) 木屑热解时釜内平均升温速度在 $8.08 \sim 8.45^{\circ}\text{C} / \text{min}$,稻壳热解时为 $9.70 \sim 10.35^{\circ}\text{C} / \text{min}$ 因此,本试验为常规热解条件下的生物质热解^[3]。

表 2 不同温度条件下热解产物得率 % w t

序号	热解控温 $/^{\circ}\text{C}$	木 屑			稻 壳		
		炭	热解油	热解气	炭	热解油	热解气
1	300	52.5	28.5	19.0	46.0	33.6	20.4
2	350	38.4	42.3	19.3	43.0	36.2	20.8
3	400	30.3	45.8	23.9	39.3	39.5	21.2
4	450	30.0	47.8	22.2	37.0	42.1	20.9
5	500	28.5	44.8	26.7	36.3	40.3	23.4
6	550	28.0	43.4	28.6	36.0	35.1	28.9
7	600	29.7	40.2	30.1	35.2	34.5	30.3
8	700	27.7	38.5	33.8	34.6	31.4	34.0
9	800	25.0	31.5	43.5	31.5	25.1	43.4
10	850	24.5	31.3	44.2	32.5	23.0	44.5

由表 2 可知,两种不同原料热解产物得率的变化规律基本一致 随设定的热解温度的提高,炭产率减少,而热解气产量增加 热解油产率的变化有一个明显的极值点,当热解温度设定在 $400 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 时,热解油产量很大。

3.3 热解温度对产气率的影响

对两种原料热解气累积产气量及产气率进行测定,结果表明两者产气率曲线基本相似。图 2 所示为不同热解温度下,木屑产气率与热解时间的关系 由图 2 可知,设定的热解温度越高,累积产气量越大,产气率变化越明显,结束热解反应的时间越短

3.4 热解气特性

3.4.1 热解气成份分析

经测定分析,热解气主要包含 CO CO_2 H_2 CH_4 少量的碳氢化合物 (C_nH_m) 及部分气态有机化合物 表 3 给出了木屑在设定的不同热解温度条件下,热解产气物中 4 种主要成份的体积百分比

尽管两种原料在相同条件下获得的热解气成份比例有差别,但当热解温度变化时,各种成份的变化趋势基本一致 当设定的热解温度提高, CO_2 含量减少; H_2 和 CH_4 含量增大, H_2 在 600°C 之后增加明显; CO 含量变化有一个极值点,温度控制在 550°C 左右, CO 含量最高。试验过程还发现,釜内温度在 200°C 以上,开始有焦油状液体在玻璃冷凝管内凝聚下滴,

300℃以上有大量冷凝物下流到接收瓶。根据气体成份分析及观察结果,生物质常规热解可分为三阶段反应过程,即低温(<200℃)的预热解阶段,中温(300~600℃)的热解挥发阶段及高温(>600℃)的热裂解气化阶段,即伴随热解反应的同时,发生碳的气化及焦油裂解气体的反应

表 3 不同温度条件下木屑热解气主要化学成份

序号	热解控温 /℃	%			
		CO ₂	CO	H ₂	CH ₄
1	350	40.6	28.8	7.4	8.8
2	400	35.4	30.5	8.4	10.4
3	500	32.2	35.4	11.5	11.0
4	550	30.4	36.0	15.2	13.0
5	600	29.5	35.0	16.1	15.0
6	650	28.2	33.2	18.6	15.2
7	750	26.2	29.2	24.1	18.3
8	850	23.8	26.7	26.4	17.6

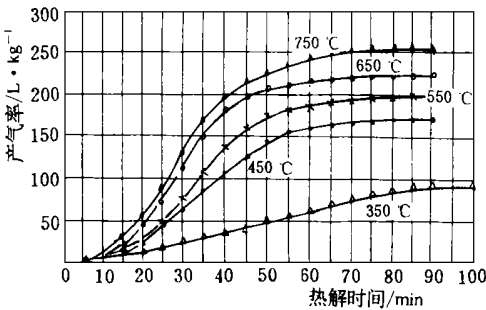


图 2 不同温度下木屑产气率与热解时间的关系

积百分比,可以近似计算热解气热值^[5],即

$$Q_v \approx 126.37 V_1 + 107.84 V_2 + 397.10 V_3$$

式中 Q_v ——热解气值, KJ/
 m^3 ; V_1 ——CO 体
积百分含量,%;
 V_2 ——H₂体积百分含
量,%; V_3 ——CH₄体积百分含量,%。

由表 4 知,热解控温值增加,热解气热值增加,品质改善。温度大于 500℃时,热解气为中等热值可燃气,热值大于 10 MJ/m³。

4 结 论

- 1) 热解温度控制在 400~500℃范围内可获得最大的热解油产量。热解温度提高,炭产率减少,热解气产率增加;
- 2) 农林废弃物热解可获取中等热值可燃气。适宜的热解制气温度应大于 500℃,木屑及稻壳的热解气热值大于 10 MJ/m³。热解温度提高,热解气热值增加;
- 3) 常规热解条件下的生物质热解表现为三阶段反应特点,即预热解阶段、热解挥发阶段及热裂解气化阶段

参 考 文 献

1 朱俊生. 大力发展农业剩余物的综合利用. 农村能源, 1991(2): 9~ 11
2 王进武. 木质能源利用概况. 新能源, 1988, 10(6): 17~ 20
3 G Maschio, C Koufopoulos & A Lucchesi. Pyrolysis, a promising route for biomass utilization. Bioresource Technology, 1992, 42: 219~ 231
4 徐吉浣主编. 燃气测试技术. 上海: 同济大学出版社, 1991. 25~ 52
5 吴创之, 徐冰燕, 罗曾凡等. 固体生物质气化动力试验研究. 太阳能学报, 1991, 12(2): 121~ 129