

颗粒密度对垃圾衍生燃料燃烧特性的影响

黎 涛, 熊祖鸿, 房科靖, 鲁 敏, 谢 森, 熊培培

(中国科学院广州能源研究所, 广州 510640)

摘 要: 垃圾衍生燃料 (RDF, refuse derived fuel) 是垃圾焚烧发电的原料, 该文研究 RDF 预加工的形态对其燃烧释放能量过程的影响。将 RDF 制备成不同密度等级的成型颗粒, 通过热重、热值、灰分分析, 同时参与非成型的 RDF 和生物质秸秆燃料, 观察 RDF 成型颗粒燃烧特性。研究表明, 该组非成型 RDF 的着火点为 234.0 °C, 3 个最大失质量速率分别为 6.30, 2.21, 0.53% min; 高密度 RDF 的着火点为 238.2 °C, 3 个最大失质量速率分别为 5.70, 3.11, 0.61%/min, 表明较高密度 RDF 颗粒在燃烧过程中, 着火点较高, 燃烧速率较为均衡。该组高密度 RDF 比非成型 RDF 燃烧后的灰渣少 6.7%, 表明高密度 RDF 燃烧较为充分。在热值方面, 方差显著性分析表明, RDF 颗粒密度值对其燃烧产生的热值无明显影响。

关键词: 垃圾; 燃烧; 生物质; RDF; 密度; 灰分

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.23.031

中图分类号: TK16

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2017)-23-0241-05

黎 涛, 熊祖鸿, 房科靖, 鲁 敏, 谢 森, 熊培培. 颗粒密度对垃圾衍生燃料燃烧特性的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 241-245. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.23.031 <http://www.tcsae.org>
Li Tao, Xiong Zuhong, Fang Kejing, Lu Min, Xie Sen, Xiong Peipei. Effect of particle density on combustion characteristics of refuse derived fuel [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(23): 241-245. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.23.031 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

随着社会经济的发展、人口增长、农村城镇化加大、居民生活水平提高等, 城市垃圾产量逐年增加, 同时也必然导致全球范围的能源需求提高^[1-8]。据统计, 2014 年, 中国 246 个大、中城市生活垃圾产生量 16 816.1 万 t, 2016 年增加到 18 564.0 万 t, 年增长率达 5.20%。垃圾发电 (waste to energy, WTE) 是处理城市垃圾问题、缓解能源需求压力的优选方案。焚烧可使垃圾质量减少 80%, 体积减少 70%; 有机物中大约 65%~80% 的能量可转化为热能, 25%~30% 可通过焚烧转化电能^[9-13]。政府通过 WTE 方案妥善处理垃圾和降低垃圾容量, 解决垃圾的污染、填埋问题, 还贡献出可再生能源, 缓解能源需求压力。目前, 全球的垃圾产量为 2.4 万亿 t/a, 2025 年将达到 2.6 万亿 t/a^[14]。中国也投入建设大量垃圾焚烧发电厂。通过焚烧垃圾产生热量发电, 减轻日益增长的能耗负担, 同时也大大减少垃圾的填埋场地的压力^[15]。

垃圾经过分选、除铁、破碎、高压成型等过程, 将垃圾中的可燃烧部分制备成垃圾衍生生物颗粒燃料, 简称 RDF^[16]。Hirunpraditkoon 等^[18-20]认为每千克 RDF 燃烧的有效热约为 15.3 MJ; 每 18 kg 干的 RDF 在燃烧完成后, 产生 1 kg CO^[17]。Bosmans 等^[20]从动力学角度分析, RDF 热解单方面的热能转换, 也包括气化和燃烧过程。Younan 等^[21-22]认为 RDF 颗粒尺寸对其内部和外部传热有着很大

的影响, 小颗粒温度均匀, 在反应器中的反应也是均匀的; 但对于大颗粒, 传热速度变慢, 颗粒加大到一定的限度, 就会导致颗粒内温度非均匀分布, 降低反应的热效能。本文针对 RDF 成型颗粒, 在不同挤压强度下制备不同密度等级的成型颗粒的燃烧特性进行探讨, 探索 RDF 颗粒密度对其燃烧特性的影响。

1 试验部分

1.1 样品制备

本试验使用的生活垃圾来自佛山南海绿电再生能源有限公司厂区分选的可燃烧垃圾样品, 包括废纸 (18.17%)、草木 (8.84%)、布碎 (10.28%)、塑料和皮革 (39.32%)、厨余 (23.39%) 等, 经干燥、粉碎、混合、添加微量的黏合剂, 通过挤压设备制备成 4 个密度等级的成型颗粒, 同时取一未成型样品作为对照。样品原料的工业分析、元素分析含量见表 1, 样品密度分别为 0.51、0.42、0.31 g/cm³, 对照的非成型 RDF 密度为 0.10 g/cm³。

表 1 RDF 样品的工业分析和元素分析

Table 1 Proximate analysis and ultimate analysis of RDF sample

工业分析 Proximate analysis				元素分析 Ultimate analysis/%				
水分 Water	挥发分 Volatile	灰分 Ash	固定碳 Fixed carbon	C	O	N	H	S
6.18	65.01	18.69	10.12	35.54	18.85	1.34	4.89	0.12

1.2 试验仪器与装置

试验仪器主要包括 TGAQ50 热重分析仪 (美国 TA 公司)、Wvario EL cube 元素分析 (德国 elementar 仪器公司)、ZR-1T-CII 微电脑自动热量计 (长沙奔特仪器有

收稿日期: 2017-07-27 修订日期: 2017-10-28

基金项目: 广州市民生科技攻关计划项目 (705272504057)

作者简介: 黎 涛, 广东湛江人, 高级工程师, 从事固体废物资源化利用。

Email: litao@ms.giec.ac.cn

限公司)、AL204 电子天平(梅特勒-托利多仪器公司)、SX2-4-13N 箱式电阻炉(上海一恒科技有限公司)、GZX-9240 MBE 数显鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司)。

1.3 试验方法

热重分析每次样品 10 mg 左右,天平净化流氮气 30 mL/min,样品净化流氮气 40 mL/min,空气气氛,升温速率 10 °C/min,从室温升至 900 °C。工业分析挥发分、灰分、固定碳项目参照 GB/T212-2008,热值项目参照 GB/T213-2008。

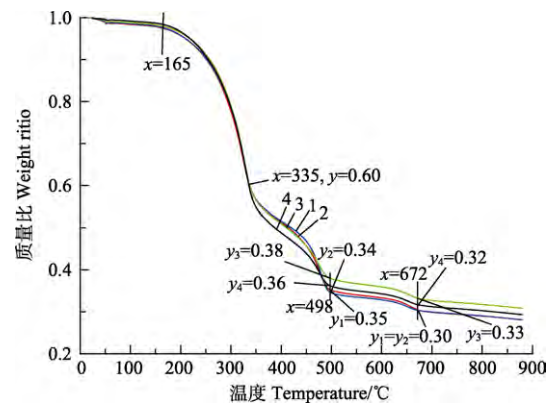
2 结果与分析

2.1 RDF 各阶段燃烧趋势分析

图 1 为样品 1~4 的热重分析的 TG 曲线图。由图 1 可以看到,颗粒样品 1~3 与非成型样品 4 的燃烧趋势大致相同,分为 4 个燃烧阶段,即脱水、挥发物热解、挥发物燃烧与固定碳燃烧并存、固体碳的进一步燃烧^[23],分别在 165、165~335、335~498、498~672 °C。在水分挥发阶段,1 号样在最下端,4 号样在最上方,表明这个阶段高密度颗粒水分溢出较慢,但差别并不太大,0.51 g/cm³ 比 0.10 g/cm³ 的样品在同一温度点只有 0.01% 减幅。

样品在完成水分挥发后,进入挥发物热解,各样的 TG 曲线逐渐重叠,表明这个阶段的燃烧侧重热解,需要的氧气量不多,同物料不同颗粒密度的 RDF 燃烧速率在此阶段接近。值得注意的是,样品完成挥发物热解,质量已经减少了 40%,如果除去 RDF 所含的不可燃烧的无机成分(灰分),该燃烧部分实际占样品原始质量的 50%,说明 RDF 有一半的易燃物质在 165~335 °C 温度段燃烧,

为热值做出重大贡献。



注: 样品 1~4 分别为成型 RDF 0.51, 0.42, 0.32 g·cm⁻³, 非成型 RDF。

Note: Samples 1-4 are pelleted RDF 0.51, 0.42, 0.32 g·cm⁻³, non-pelleted RDF.

图 1 样品 1~4 的 TG 曲线

Fig.1 TG scan diagram of sample 1-4

在 335 °C 后, RDF 进入挥发物及固定碳燃烧。由图 1 的 TG 图可以看到,未成型的非颗粒样品 4 号 RDF 的失质量速度以绝对优势超过成型颗粒 RDF1~3,结合 DTG 图更清晰地表现,4 号样比 1~3 号更加剧烈地燃烧。可见, RDF 在这个阶段的燃烧需要氧气的助燃,而密度大的 RDF 间隙少,接触空气面积小,氧气少,使其燃烧速度降低^[24]。

2.2 RDF 燃烧特征参数分析

系列样品 1~4 的 TG 和 DTG 整理出着火点 T_i 和最大失质量温度 T_{Max} 和最大失质量速率 DTG_{Max} , 见表 2。

表 2 不同样品的着火点 T_i , 最大失质量温度 T_{Max} 和最大失质量速率 DTG_{Max}

Table 2 T_i , T_{Max} , DTG_{Max} of different samples

样品 Samples	样品密度 Density of sample / (g·cm ⁻³)	着火点 T_i /°C	第 1 组失质量峰		第 2 组失质量峰		第 3 组失质量峰	
			最大失质量温度 T_{Max1} /°C	最大失质量速率 DTG_{Max1} / (%·min ⁻¹)	最大失质量 温度 T_{Max2} /°C	最大失质量速率 DTG_{Max2} / (%·min ⁻¹)	最大失质量温度 T_{Max3} /°C	最大失质量速率 DTG_{Max3} / (%·min ⁻¹)
RDF 0.51	0.51	238.2	324.6	5.70	477.5	3.11	658.3	0.61
RDF0.42	0.42	236.8	327.4	5.89	478.5	3.75	653.9	0.52
RDF0.31	0.31	235.4	328.1	6.12	475.3	2.24	656.9	0.56
非成型 RDF	0.10	234.0	328.9	6.30	476.3	2.21	653.4	0.53

由表 2 看出,随着 RDF 颗粒密度的增加,着火点逐渐提高,从 234.0 °C 升至 238.2 °C,表明着火点与物料接触到的空气面积密切相关。从另一角度看,物料密度直接影响着火点,挤压成型物料单元体积也会影响着火点。

为突出 RDF 的特点,本试验同时做了一个非成型的秸秆样品作为对照样。从图 2 看到,对照样的第一个失质量峰后的温度段,已经没有多少物质可以燃烧了,这就是生物质燃料与 RDF 的重大区别。由于 RDF 是混合物,有塑料、纸纤维、布纤维、植物纤维等组成,不同的物质具有不同的燃烧特征,使得本试验的 RDF 在 DTG 出现 3 组失质量峰。在第 1 组是失质量峰里,未成型 RDF,密度为 0.10 g/cm³,最大失质量温度 T_{Max1} 最高,最大失

质量速率 DTG_{Max1} 也最高,随着 RDF 密度提高, T_{Max1} 降低, DTG_{Max1} 也有所降低。有趣的是,在第 2 组的失质量峰里,未成型的 RDF 的 T_{Max2} 降至第 3, DTG_{Max2} 降至最末。2 号成型 RDF,密度为 0.42 g/cm³,在第 2 组排第 1。在第 3 组失质量峰里,未成型 RDF 的 T_{Max3} 、 DTG_{Max3} 都降至最末;1 号成型 RDF,密度为 0.51 g/cm³ 排位第 1。可见,较高密度的 RDF 成型颗粒,有利于燃烧的持久性和均匀性。

2.3 RDF 残渣量分析

在实际生产中, RDF 的燃烧产生大量的灰渣所涉及的废弃物处理是非常严峻的工作,尽量减少 RDF 的残渣量也是垃圾处理的解决方案之一^[25-26]。仪器分析与实际

焚烧的情况可能有出入，但系列条件样品平行比对的结果仍然具有参考价值。从图 1 的 TG 组图可以看到，RDF 在 672 °C 以后，基本上燃尽，密度较大的 1 号和 2 号样灰渣量几乎一致，比 4 号未成型样品低 6.7%，而密度较小的 3 号样的灰渣量比 4 号样高 3.1%。这组数据表明，增加 RDF 的成型颗粒密度，可燃物质分子之间的距离减小，燃烧过程原子活化能较高的获得能量释放离子；在距离较短的情况下，离子克服较少的位能即可与相邻的离子发生反应，释放反应能^[27]，因此，较大的密度有利于促进 RDF 在燃烧的后期进一步燃烧，燃烧后部分物质转化气体离开，相应减少灰渣量。

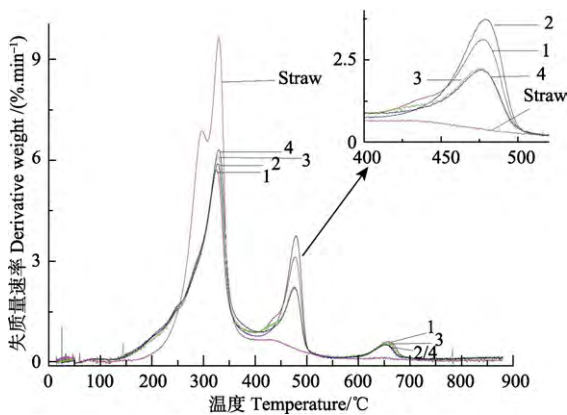


图 2 样品 1~4 与秸秆的 DTG 曲线
Fig.2 DTG scan diagram of sample 1-4 and straw

2.4 RDF 热值分析

本试验的计算得 F 为 0.25，从 F 分布表^[28]查得 $F_{0.05}(3, 8) = 4.07$ ， $F_{0.01}(3, 8) = 7.59$ ， $F < F_{0.05} < F_{0.01}$ ，故 RDF 颗粒密度对热值无显著影响。

表 3 样品 1~4 的热值
Table 3 Calorific value of sample 1-4 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

样品 Samples	密度 Density/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)			
	0.51	0.42	0.31	0.10
1	21 249	21 845	21 685	22 168
2	22 226	21 355	22 907	23 565
3	22 798	22 906	22 845	21 644
平均值 Average	22 266			

表 4 颗粒密度对热值影响的方差分析表
Table 4 Variance analysis of effects of particle density on calorific value

差异源 Difference source	SS	df	MS	F
组间 Between groups	499 133	3	166 378	
组内 Within group	5 401 665	8	675 208	0.25
总和 Total	5 900 798	11		

Note: $F=0.25 < F_{0.05} < F_{0.01}$.

3 结 论

垃圾的易燃部分经破碎混合后再经过挤压制备 RDF

颗粒。对一系列不同密度的 RDF 颗粒的热性能分析，得出以下结论：

- 1) 高密度 RDF 颗粒在燃烧过程中，着火点较高，燃烧剧烈程度小于低密度颗粒。但高密度颗粒在燃烧过程的几个阶段，其燃烧速率较为均衡，有利于热量吸收。
- 2) 高密度 RDF 颗粒在后期的进一步燃烧较为充分，燃烧后的灰渣含量比低密度和非颗粒的 RDF 少 7% 左右，有利于减少灰渣含量，对减少固体废弃物排放有着重要的意义。
- 3) 试验数据分析，RDF 颗粒密度大小对燃烧过程释放的热量值无直接影响。

除了技术上的因素，RDF 在实际生产中的工艺受到诸多因素的制约，如场地、设备、运输，以及生产过程中能耗；另外，垃圾焚烧炉空间大，温度分布不均匀，导致灰渣量增加、灰渣成分复杂等等情况。RDF 的研究需要从每一个环节入手，在细节上考虑优化生产工艺；同时，开辟其他能提高其 RDF 附加值的产品，如对灰渣进行资源化利用也值得深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] 袁振宏, 吴创之, 马隆龙. 生物质能利用原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 段佳, 罗永浩. 生物质燃料再燃研究进展[J]. 热能动力工程, 2006, 21(3): 227—230;
Duan Jia, Luo Yonghao. Recent advances in the study of biomass fuel reburning[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2006, 21(3): 227—230. (in Chinese with English abstract)
- [3] 何晶晶, 陈淼, 杨娜, 等. 我国生活垃圾焚烧发电过程中温室气体排放及影响因素[J]. 中国环境科学, 2011, 31(3): 402—407.
He Pinjing, Chen Miao, Yang Na, et al. GHG emissions from Chinese MSW incineration and their influencing factors [J]. China Environmental Science, 2011, 31(3): 402—407. (in Chinese with English abstract)
- [4] Gallardo A, Carlos M, Bovea M D, et al. Analysis of refuse-derived fuel from the municipal solid waste reject fraction and its compliance with quality standards[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 83: 118e125;
- [5] Rotheut M, Quicker P. Energetic utilisation of refuse derived fuels from landfill mining[J]. Waste Management, 2017, 62: 101—117.
- [6] Kabalina N, Costa M, Yang W, et al. Energy and economic assessment of a polygeneration district heating and cooling system based on gasification of refuse derived fuels[J]. Energy, 2017: 1e10.
- [7] Edo M, Budarin V, Aracil I, et al. The combined effect of plastics and food waste accelerates the thermal decomposition of refuse-derived fuels and fuel blends[J]. Fuel, 2016:

- 180: 424—432.
- [8] Zhou X, Liu W, Zhang P, et al. Study on heavy metals conversion characteristics during refused derived fuel gasification process[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2016, 31: 514—519.
- [9] W A Wan Ab Karim Ghani, Alias A B, Savory R M, et al. Co-combustion of refuse derived fuel with coal in a fluidised bed combustor[J]. *Journal of Engineering Science and Technology*, 2009, 4 (1): 122—131.
- [10] 胡谢利, 云斯宁, 尚建丽. 生物质燃料压缩成型技术研究进展[J]. *化工新型材料*, 2016, 44(9): 42—44.
Hu Xieli, Yun Sining, Shang Jianli. Research progression of briquetting technology for biomass fuel[J]. *New Chemical Materials*, 2016, 44 (9): 42—44. (in Chinese with English abstract)
- [11] 成伟, 陈汉平, 杨海平, 等. 棉秆燃烧过程中的颗粒物排放特性[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(19): 223—228.
Cheng Wei, Chen Hanping, Yang Haiping, et al. Emission characteristics of particulate matter during combustion of cotton stalk[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2017, 33(19): 223—228. (in Chinese with English abstract)
- [12] Carroll J, Finnan J. Emissions and efficiencies from the combustion of agricultural feedstock pellets using a small scale tilting grate boiler[J]. *Biosystems Engineering*, 2013, 115(1): 50—55.
- [13] Zhou Chunguang, Yang Weihong. Effect of heat transfer model on the prediction of refuse-derived fuel pyrolysis process[J]. *Fuel*, 2015, 142: 46—57.
- [14] Ouda O K M, Raza S A, Nizami A S, et al. Waste to energy potential: A case study of *Saudi Arabia*[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 61: 328—340.
- [15] Niu M, Huang Y, Sun Y, et al. Enriched-air gasification of refuse-derived fuel in a fluidized bed: Effect of gasifying conditions and bed materials[J]. *Effect of Gasifying Conditions and Bed Materials*, 2014, 37 (10): 1787—1796.
- [16] 刘军伟, 雷廷宙, 杨树华, 等. 浅议我国垃圾焚烧发电的现状与发展趋势[J]. *中外能源*, 2012(17): 29—34.
Liu Junwei, Lei Tingzhou, Yang Shuhua, et al. Garbage-fired power generation in china today and development trends[J]. *Sino-global Energy*, 2012(17): 29—34. (in Chinese with English abstract)
- [17] Sibel Bas, Hilal Aydemir. Pyrolysis of olive pomace and copyrolysis of olive pomace with refuse derived fuel[J]. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2014, 33(2): 649—656.
- [18] Hirunpraditkoon S, Dlugogorski B Z, Kennedy E M. Fire properties of surrogate refuse-derived fuels[J]. *Fire and Materials Fire Mater*, 2006, 30: 107—130.
- [19] Schwarzböck T, Aschenbrenner P, Rechberger H. Effects of sample preparation on the accuracy of biomass content determination for refuse-derived fuels[J]. *Fuel Processing Technology*, 2016, 153: 101—110.
- [20] Bosmans A, Dobbelaere C D, Helsen L. Pyrolysis characteristics of excavated waste material processed into refuse derived fuel[J]. *Fuel*, 2014, 122: 198—205.
- [21] Sibel Bas, Hilal Aydemir. Pyrolysis of olive pomace and copyrolysis of olive pomace with refuse derived fuel[J]. *Wiley Online Library (wileyonlinelibrary. com)*. DOI 10.1002/ep.11827.
- [22] Younan Y, Goethem M W M V, Stefanidis G D. A particle scale model for municipal solid waste and refuse-derived fuels pyrolysis[J]. *Computers and Chemical Engineering*, 2016, 86: 148—159
- [23] Robinson T, Bronson B, Gogolek P. Sample preparation for thermo-gravimetric determination and thermo-gravimetric characterization of refuse derived fuel[J]. *Waste Management*, 2016, 48: 265—274
- [24] 罗娟, 侯书林, 赵立欣, 等. 典型生物质颗粒燃烧特性实验[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] 刘恩海, 刘圣勇, 白冰, 等. 玉米秸秆打捆燃料燃烧动力学模型[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(24): 218—225.
Liu Enhai, Liu Shengyong, Bai Bing, et al. Development of dynamic model of cornstalk bale combustion[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2013, 29(24): 218—225. (in Chinese with English abstract)
- [26] Ishii K, Furuichi T. Influence of moisture content, particle size and forming temperature on productivity and quality of rice straw pellets[J]. *Waste Management*, 2014, 34(12): 2621—2626.
- [27] Krüger B, Mrotzek A, Wirtz S. Separation of harmful impurities from refuse derived fuels (RDF) by a fluidized bed[J]. *Waste Management*, 2014, 34: 390—401.
- [28] Kaliyan N, Morey R V. Densification characteristics of corn cobs[J]. *Fuel Processing Technology*, 2010, 91(5): 559—565
- [29] 李云雁, 胡传荣. 实验设计与数据处理 [M]. 第二版. 北京: 化学工业出版社, 2008.

Effect of particle density on combustion characteristics of refuse derived fuel

Li Tao, Xiong Zuhong, Fang Kejing, Lu Min, Xie Sen, Xiong Peipei

(Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Waste to energy (WTE) plants have been built more and more worldwide nowadays. It is one of the most successful types to resolve the impact of city rubbish on environment. Refuse derived fuel (RDF) is the fuel of WTE plant, which is made of combustible refuse such as cardboard, paper, various plastics, textile and wood. According to literature, the incineration process has the advantage of reducing waste weight by 80% and volume by 70%, and around 25%-30% energy within RDF can be obtained through conversion of power facilities. Combustible refuse can be processed into pellets with physical density of more than 0.3 g/cm^3 through extrusion forming after separating, crushing, and drying procedure. In this paper, pelleted RDF with different densities of 0.51, 0.42, and 0.31 g/cm^3 was adopted in this experiment, and their combustion characteristics from 30 to $900 \text{ }^\circ\text{C}$ were investigated by means of thermogravimetric (TG), calorific value, and ash content analysis. Meanwhile, pelleted RDF was compared with non-pelleted RDF and straw which represented biomass fuel. By comparing TG of pelleted RDF and non-pelleted RDF, the results indicated that non-pelleted RDF was faster in burning, showing pelleted RDF can release energy slower, which is good for boiler equipment to absorb energy more efficiently. By comparing DTG of pelleted RDF and non-pelleted RDF, the ignition point of the non-pelleted RDF (0.10 g/cm^3) was $234.0 \text{ }^\circ\text{C}$, and 3 maximum mass loss rates were 6.30, 2.21 and 0.53 percentage points per minute, respectively; While for the highest density of pelleted RDF (0.51 g/cm^3), the ignition point was $238.2 \text{ }^\circ\text{C}$, and 3 maximum mass loss rates were 5.70, 3.11, and 0.61 percentage points per minute, respectively, showing that the higher density, the higher ignition point, and the higher burning rate got more balance. DTG data also show that pelleted RDF is more suitable for the boiler to absorb heat efficiently. After finishing burning, the content of combustion ash coming from the highest density pelleted RDF sample in this experiment was 6.7% less than that of the non-pelleted one, showing that procession of extrusion forming will help to reduce weight and volume of RDF ash, thus relieving the pressure of landfill, which is the most serious problem to our environment. For the burning calorific value, and the data from pelleted RDF and non-pelleted RDF checked by calorimeter, each sample was checked 3 times. By calculating all sample values with the method of variance analysis, F value was 0.25, while df values between groups and within group were 3 and 8, respectively, the final $F_{0.05}(3, 8)$ value was 4.07, and $F_{0.01}(3, 8)$ value was 7.59, thus $F < F_{0.05} < F_{0.01}$. The results of variance analysis show that calorific value difference between pelleted RDF and non-pelleted RDF is not obvious. Though pelleted RDF has some advantage for equipment to absorb energy, its procession is limited by many factors, such as space, equipment structure, transportation, moreover, investment cost and energy cost are also included in the consideration. On other hand, we also can make use of RDF ash as product material, so there are still many researching works to be done.

Keywords: wastes; combustion; biomass; refuse derived fuel; RDF density; ash