

Experiment for Heating Rate on Pyrolysis Characteristics of Biomass-Coal Mixture

Qing He, Ye Wang, Dongmei Du

School of Energy Power and Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Beijing
Email: hqng@163.com

Received: Apr. 15th, 2011; revised: Apr. 18th, 2011; accepted: Apr. 24th, 2011.

Abstract: The pyrolysis experiment on biomass, coal and biomass-coal mixture with various heating rates were carried out and analyzed by thermo-gravimetric analysis method. The effects of heating rates on the process of pyrolysis characteristics of biomass, coal and biomass-coal mixture were obtained and analyzed. The experiment results showed that the thermo-gravimetric curves move to the high-side of temperature while heating rate increases; there is a large different characteristic between biomass and coal, and the pyrolysis characteristic of biomass-coal mixture presents separately the characteristics of biomass or coal at different stages.

Keywords: Renewable Energy Resources; Biomass Power Generation; Coal; Pyrolysis; Thermo-Gravimetric Analysis

升温速率对生物质与煤共热解特性影响的试验研究

何青, 王野, 杜冬梅

华北电力大学能源动力与机械工程学院, 北京

Email: hqng@163.com

收稿日期: 2011年4月15日; 修回日期: 2011年4月18日; 录用日期: 2011年4月24日

摘要: 采用热重分析法, 在不同升温速率下, 对生物质、煤以及生物质与煤的混合物进行热解试验, 分析了升温速率对热解过程的影响, 研究了生物质与煤热解特性的差异以及他们共热解时生物质对煤热解过程的影响。试验结果表明, 随着升温速率的升高, 热重曲线向温度高侧移动, 生物质与煤的热解特性差异很大, 并且在生物质与煤混合热解时, 总体热解特性分阶段呈现生物质与煤的热解特性。

关键词: 可再生能源; 生物质发电; 煤; 热解; 热重分析

1. 引言

煤炭是当代社会主要的化石燃料, 我国一次能源消费构成中煤炭比例超过 66%, 在现有能源中占有重要的地位。但是, 煤炭是不可再生的化石燃料, 燃烧可造成大气环境的严重污染, 因此开发利用生物质等可再生能源有着重大的意义^[1]。目前, 生物质能源作为一种清洁的可再生能源已经为世界各国所重视, 它是仅次于煤、石油和天然气的第四大能源。生物质的硫和氮含量低, 燃烧过程中生成的 SO_x 和 NO_x 较少。所以, 开发利用生物质能源不仅能缓解能源危机, 而且能减轻环境污染^[2]。

生物质发电技术是生物质能利用的重点方向, 但是生物质燃烧发电技术整体上还处于实验阶段, 主流技术之一就是 will 生物质与煤进行混合燃烧^[3]。本文采用热重

分析的方法, 对生活中常见的一种生物质花生壳与煤及其混合物进行热解试验研究, 研究升温速率对其热解过程的影响。

2. 试验过程

2.1. 试验装置

试验系统包括电子天平, 差热分析仪, 数据采集/处理系统和载气瓶。电子天平可精确到 0.001 mg。加热炉中放有两只圆柱形 Al_2O_3 坩埚, 每只坩埚的容积为 0.6 ml, 每只坩埚一次最多可装填生物质粉 1 g。实验时只在一只坩埚内加入物料。热分析仪采用 DTU-2A/B 型热分析仪, 如图 1 所示。DTU-2A/B 型热分析

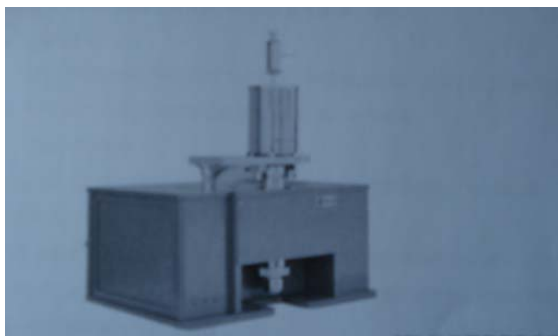


Figure 1. Photograph of thermo-balance meter DTU-2A/B
图 1. DTU-2A/B 微机差热天平

Table 1. Specification of thermo-balance meter DTU-2A/B
表 1. DTU-2A/B 型热分析仪性能参数

温度范围	A 型(室温~1150℃); B 型(室温~1450℃)
调温速率	0.3~80℃/min(用户自定义)
温度控制	升温、降温和恒温
差热范围	±1000 μV 全范围无级调整
热重微分	计算机自动计算完成
热重精度	1 μg
差热精度	0.01 μV
测温精度	0.1℃
通讯方式	RS232 通讯接口/USB 数据转换传输线

仪以国际热分析协会制定的热重分析法与差热分析法为理论标准，其性能参数如表 1 所示。

2.2. 试验材料与处理

本试验所用的材料包括生物质花生壳和煤。试验前先将花生壳和煤均研磨成粉^[4]。煤的粉碎利用电动磨煤机进行；而生物质的粉碎则利用铁舟手工磨碎。粉碎后的粒度均 < 0.5 mm。

2.3. 试验方法及条件

热分析试验包括热重(TG)曲线和热重微分(DTG)曲线。试验采用 DTU-2A/B 型热分析仪。试验系统自动采样，由计算机绘出失重曲线和微分曲线。试验分别对花生壳粉、煤粉和花生壳粉与煤粉按 1:1 比例混合的混合物进行热解。程序升温速率分别采用 10、20、40℃/min，起始采样温度设为 60℃，空气气氛升温终点为 1100℃。

3. 试验结果与分析

3.1. 升温速率对花生壳粉热解特性影响

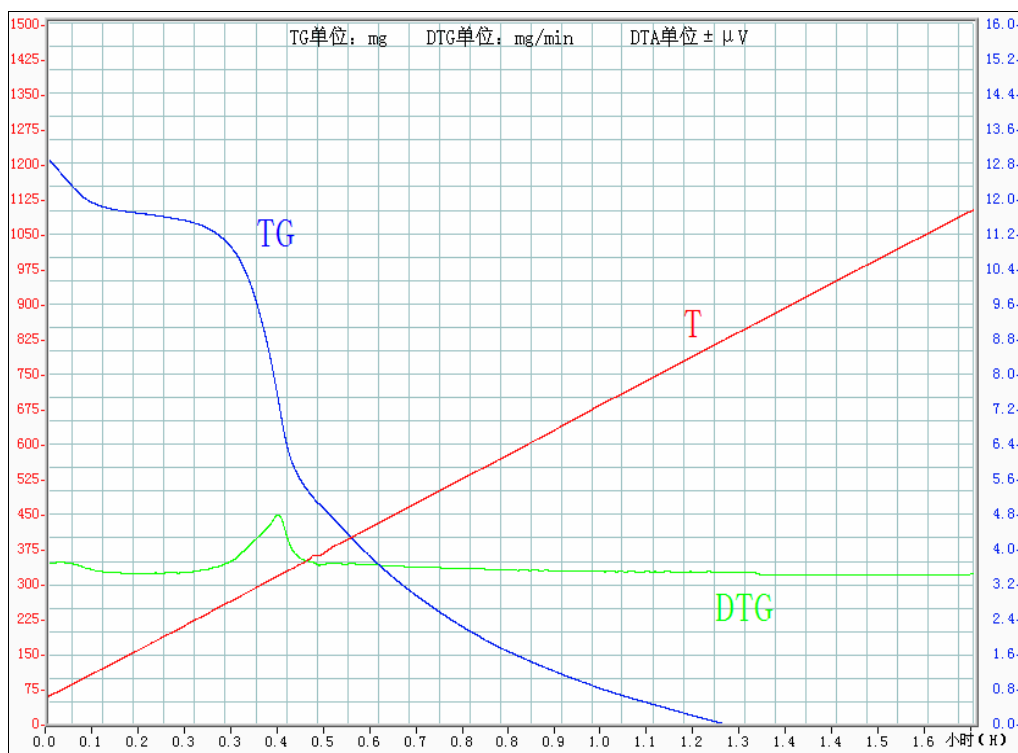


Figure 2. TG/DTG curves of peanut shell under heating rate 10℃/min

图 2. 升温速率为 10℃/min 时花生壳粉的 TG/DTG 曲线

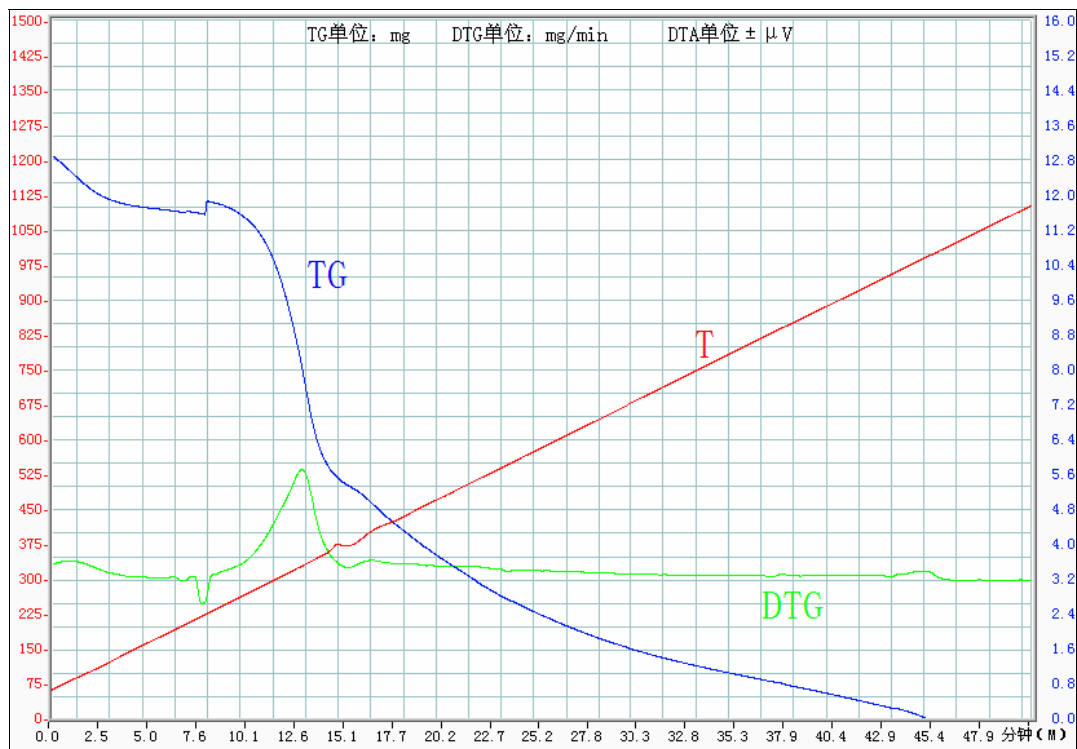


Figure 3. TG/DTG curves of peanut shell under heating rate 20°C/min

图 3. 升温速率为 20°C/min 时花生壳粉的 TG/DTG 曲线

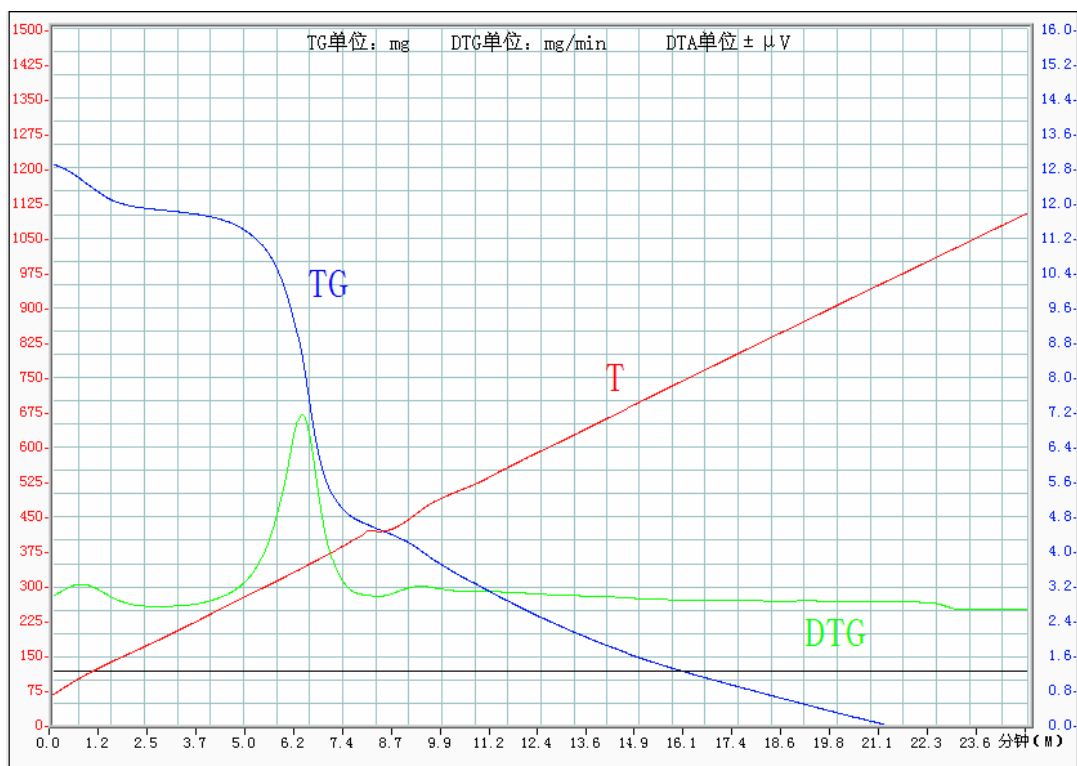


Figure 4. TG/DTG curves of peanut shell under heating rate 40°C/min

图 4. 升温速率为 40°C/min 时花生壳粉的 TG/DTG 曲线

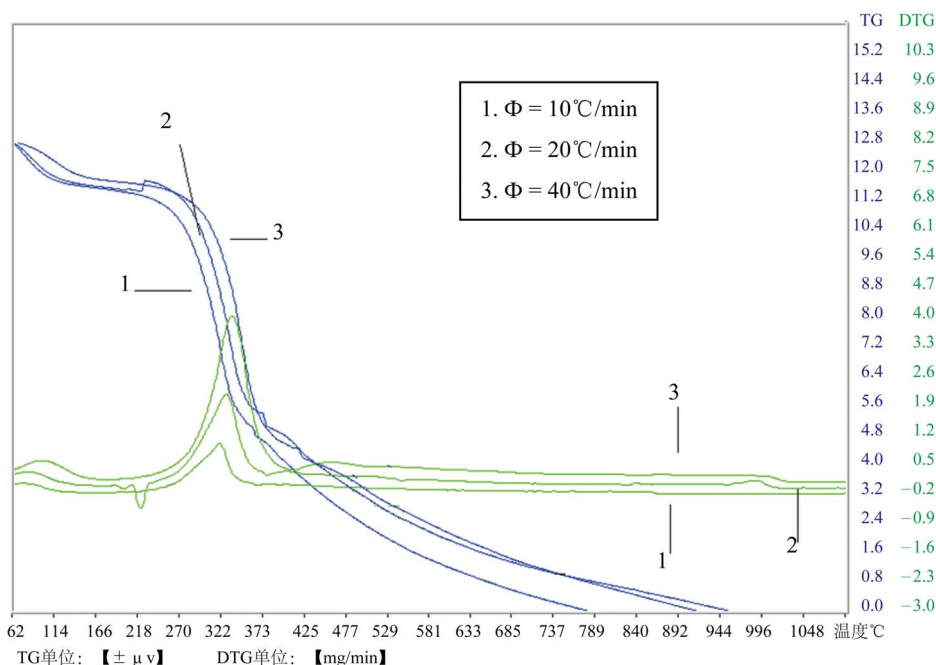


Figure 5. Heating rate on pyrolysis process of peanut shell powder

图 5. 升温速率对花生壳粉热解过程的影响

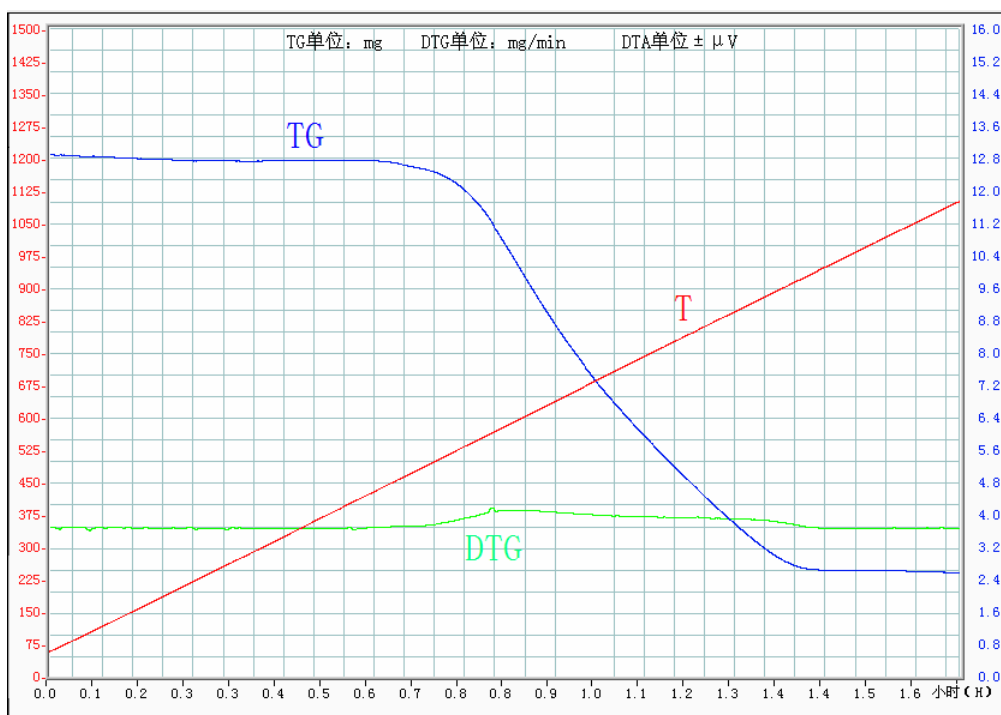


Figure 6. TG/DTG curves of coal under heating rate 10°C/min

图 6. 升温速率为 10°C/min 时煤粉的 TG/DTG 曲线

图 2~图 4 是三份质量(12.887 mg)相等的花生壳粉试样在不同升温速率(10°C/min, 20°C/min 和 40°C/min)下的 TG/DTG 曲线的试验系统自动监测采样

图。为了便于对比三条 TG/DTG 曲线, 分析升温速率对生物质热解过程的影响, 将三幅监测采样图整理加工成图 5。图中曲线所对应的升温速率从左至右按由

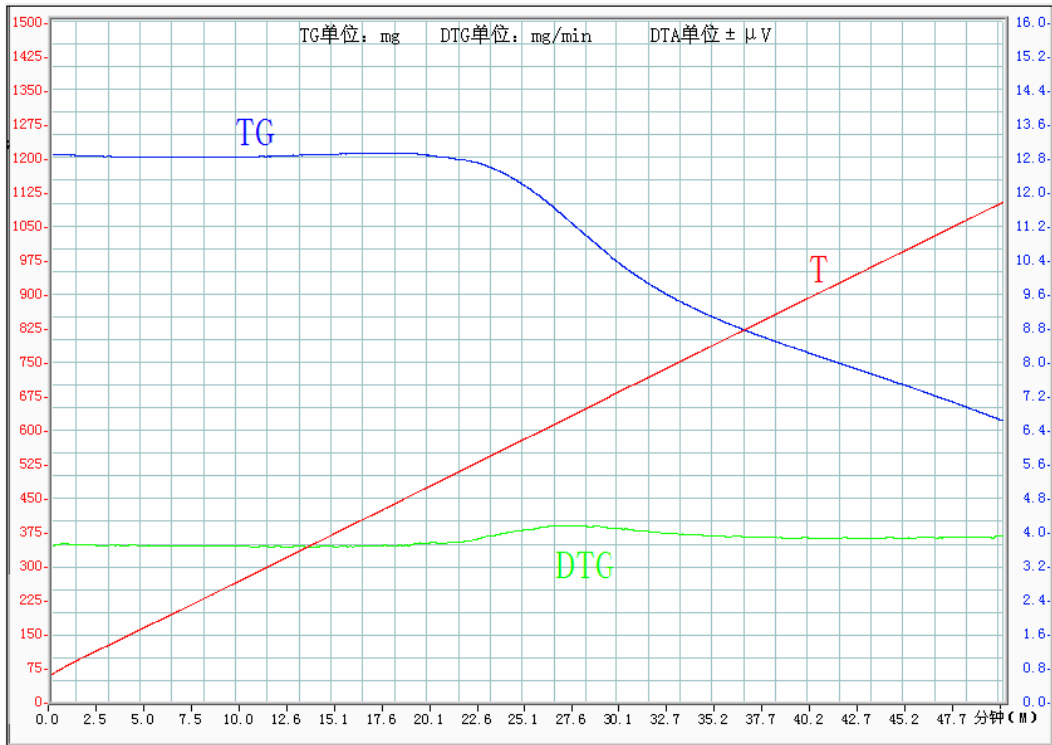


Figure 7. TG/DTG curves of coal under heating rate 20°C/min

图 7. 升温速率为 20°C/min 时煤粉的 TG/DTG 曲线

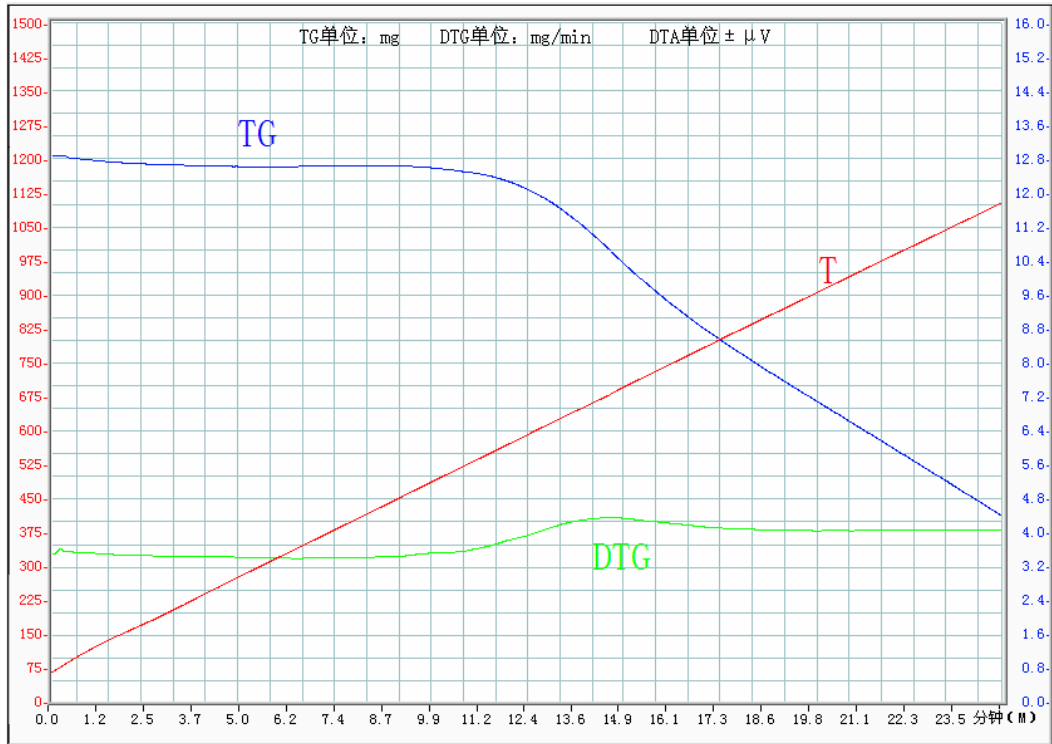


Figure 8. TG/DTG curves of coal under heating rate 40°C/min

图 8. 升温速率为 40°C/min 时煤粉的 TG/DTG 曲线

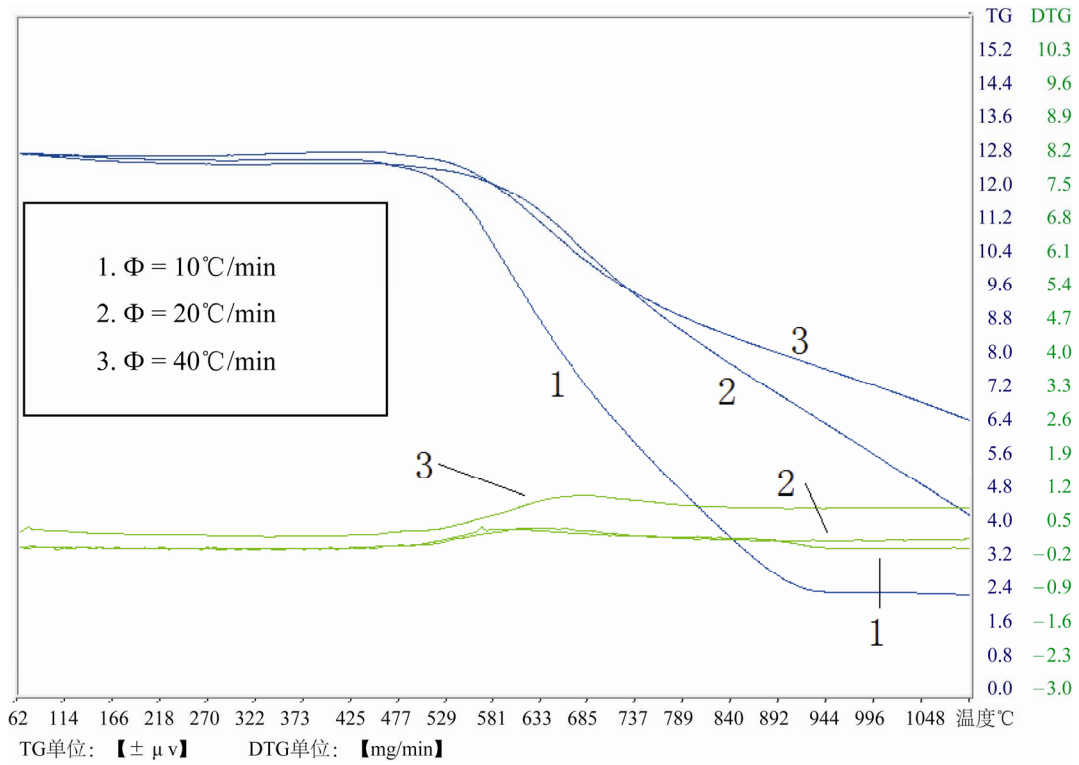


Figure 9. Heating rates on pyrolysis process of coal
图 9. 升温速率对煤粉热解过程的影响

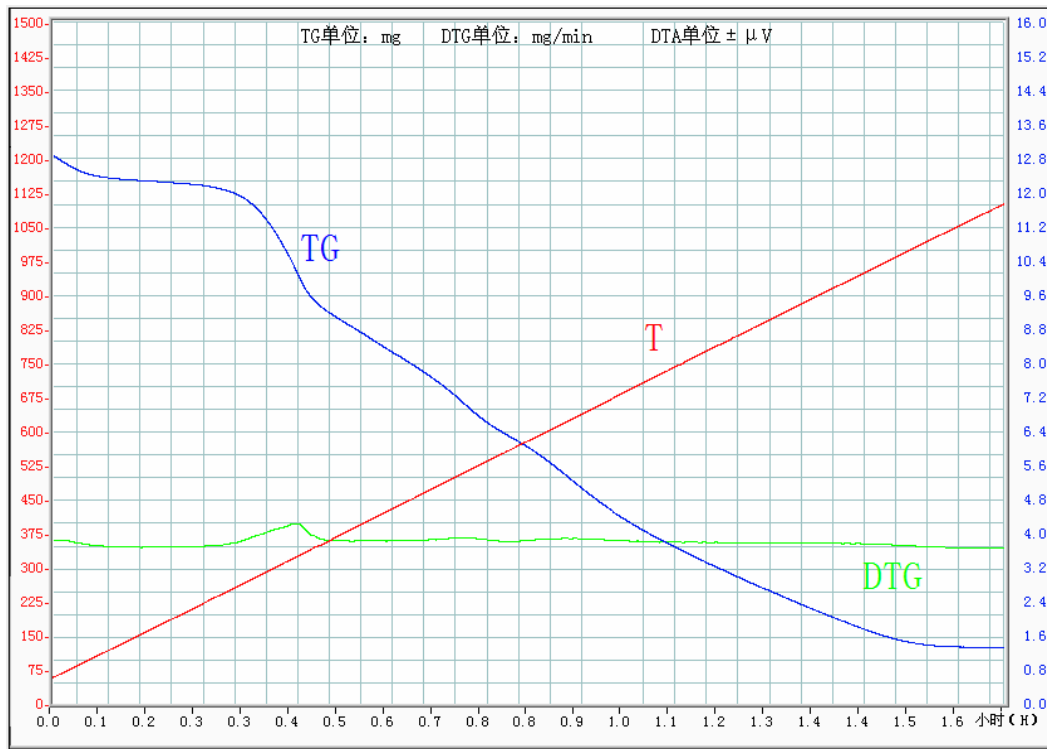


Figure 10. TG/DTG curves of coal and peanut shell mixed by ratio 1:1 under heating rate 10°C/min
图 10. 升温速率为 10°C/min 时煤粉与花生壳粉 1:1 混合物的 TG/DTG 曲线

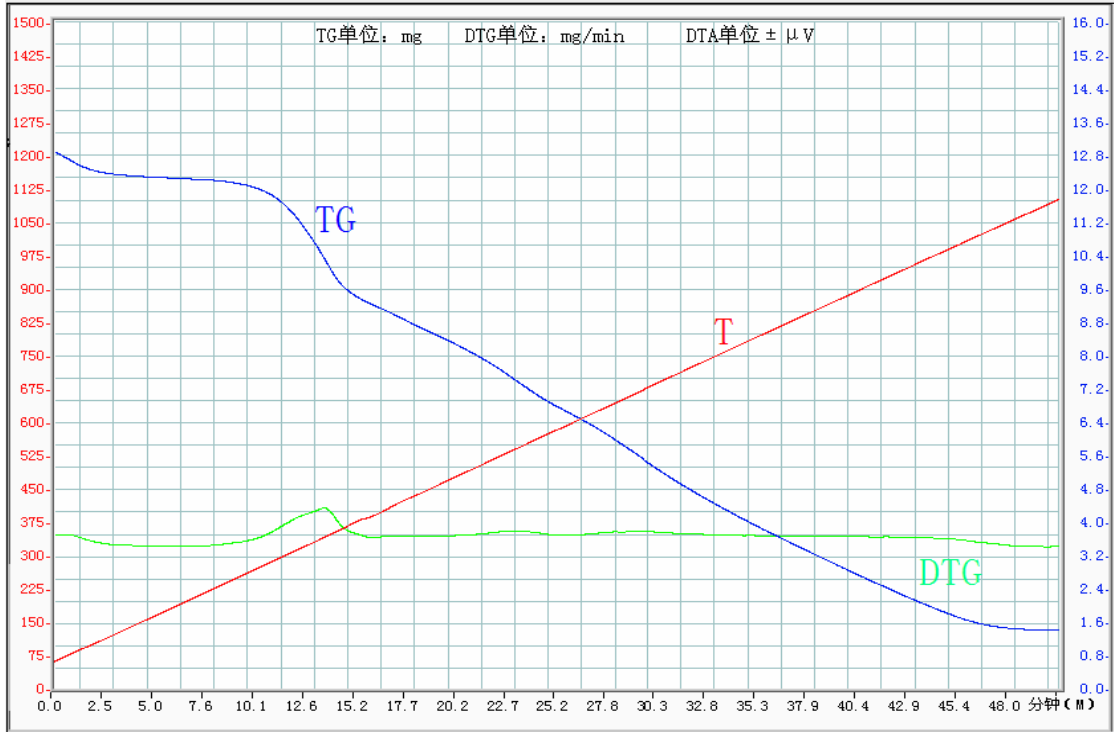


Figure 11. TG/DTG curves of coal and peanut shell mixed by ratio 1:1 under heating rate 20°C/min
 图 11. 升温速率为 20°C/min 时煤粉与花生壳粉 1:1 混合物的 TG/DTG 曲线

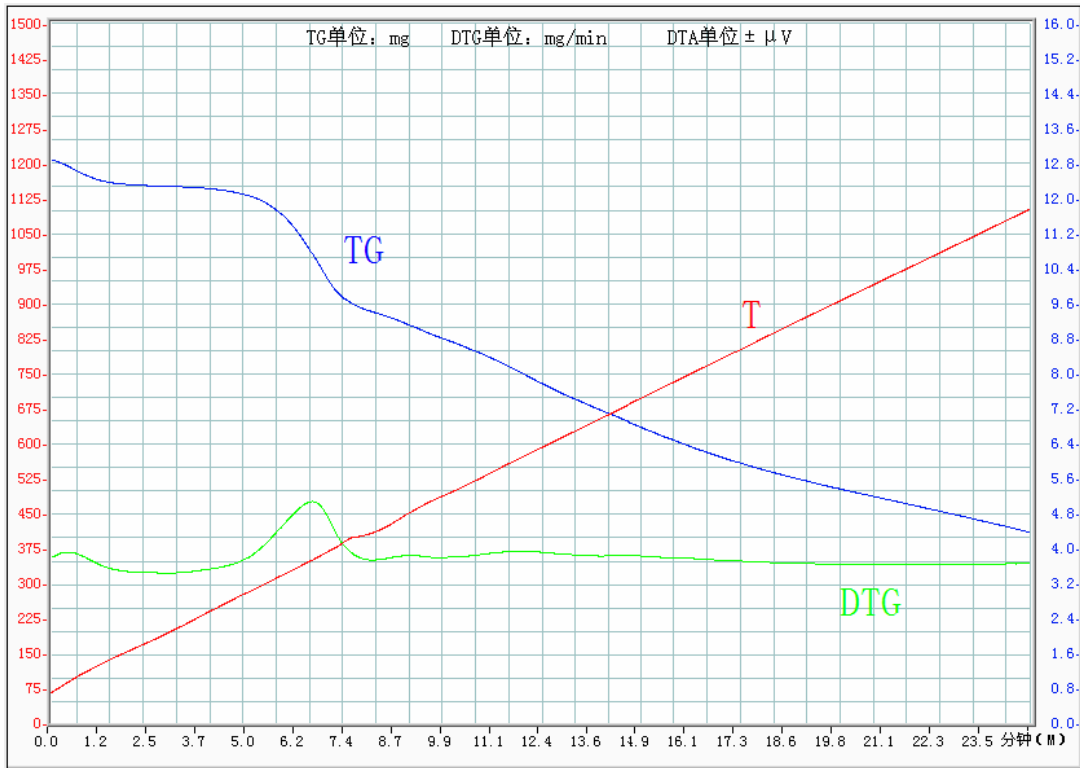


Figure 12. TG/DTG curves of coal and peanut shell mixed by ratio 1:1 under heating rate 40°C/min
 图 12. 升温速率为 40°C/min 时煤粉与花生壳粉 1:1 混合物的 TG/DTG 曲线

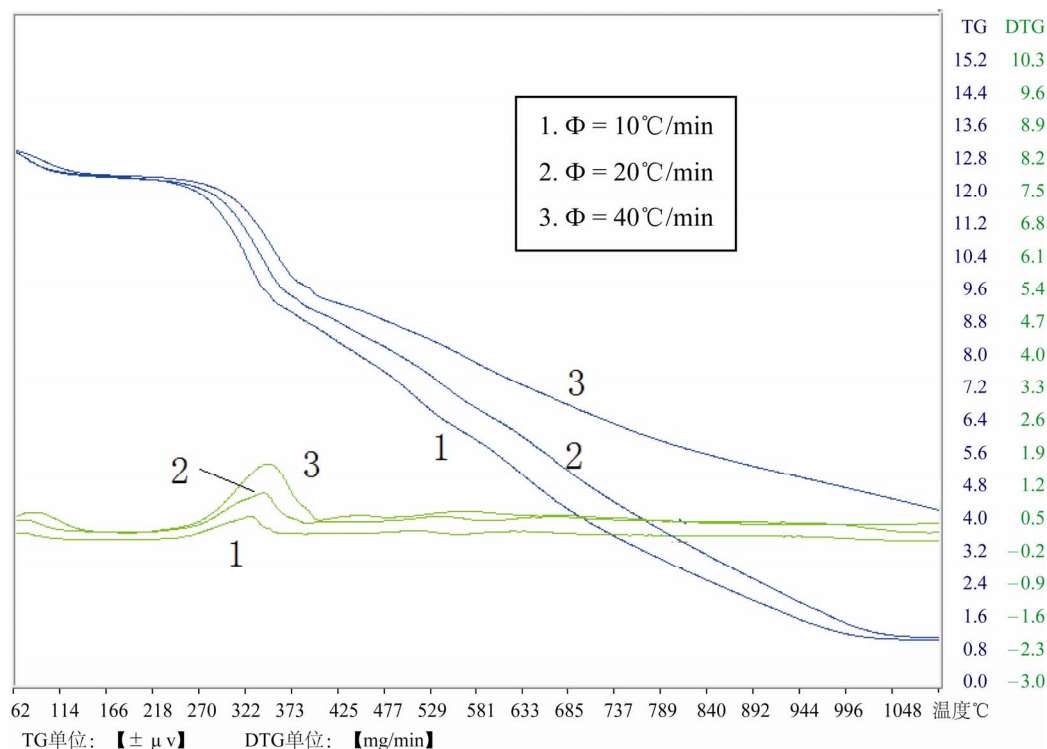


Figure 13. Heating rates on pyrolysis process of coal and peanut shell mixed by ratio 1:1

图 13. 升温速率对煤粉与花生壳粉 1:1 混合物热解过程的影响

慢到快的顺序排列。从图 5 中明显看出,随着升温速率的升高,TG 曲线向温度高侧移动,即在到达相同失重量的情况下,所需的热解温度也越高。在相同的温度下,升温速率越低,热解越充分,挥发分析出量越多,余重越少^[5]。

在试验升温速率范围内,热解温度在 300~400°C 之间,在相同热解温度下,升温速率为 10°C/min 和 40°C/min 相比,花生壳粉的失重率最大相差 25% 左右。不同的升温速率达到最终热解温度所需的时间相差很大:当加热终温为 1100°C 时,升温速率为 10°C/min 耗时约 75 min,而升温速率为 20°C/min 需约 45 min,升温速率为 40°C/min 时仅需 20 min,不到升温速率为 10°C/min 所需时间的三分之一。

3.2. 升温速率对煤热解特性影响

图 6~图 8 是三份质量(12.887 mg)相等的煤粉试样在不同升温速率(10°C/min, 20°C/min 和 40°C/min)下的 TG/DTG 曲线的试验系统自动监测采样图。为了便于对比三条 TG/DTG 曲线,分析升温速率对煤粉热解过程的影响,将三幅监测采样图整理成图 9。

由图 9 可知,虽然各工况升温速率变化很大,但是煤粉的失重曲线、失重速率曲线在不同升温速率下变化趋势都一致。由图 9 可以看出,随着升温速率增大,DTG 曲线峰值加大,反应的起始温度和终止温度增高,TG 曲线向高温侧移动,产生热滞后现象。这是因为煤的热解是吸热反应,煤的导热性差,传热需要一定的时间。当升温速率增加时,样品内部不能及时升温挥发和分解^[6]。试验还发现热滞的变化并不与升温速率成正比。当升温速率过快时,TG 曲线的起始和终止温度的增加反而不明显,但 DTG 曲线会出现比较明显的双峰,析出物也开始发生变化。另外,随升温速度增加,煤粉总失重量也增加^[7]。

3.3. 升温速率对煤与生物质共热解特性影响

图 10~图 12 是三份质量(12.887 mg)相等的煤粉与花生壳粉的混合物(按 1:1 比例混合)试样在不同升温速率(10°C/min, 20°C/min 和 40°C/min)下的 TG/DTG 曲线的试验系统自动监测采样图。为了便于对比三条 TG/DTG 曲线,分析升温速率对煤粉与花生壳粉混合物热解过程的影响,将三幅监测采样图整理加工成图

13. 不难发现, 升温速率对煤与生物质混合物热解过程的影响, 与升温速率对煤或生物质单独热解过程的影响是相似的。

花生壳与煤的共热解过程中, 有两段剧烈失重。一段剧烈失重区域与花生壳单独热解的剧烈失重区域大体相同, 而第二段失重区域与煤单独热解的剧烈失重区域大体相同。虽然花生壳与煤共热解时两个剧烈失重区域中的最大失重率差别很大, 但对应的峰值温度与煤、花生壳单独热解时对应的峰值温度却十分接近^[8]。

4. 结论

本文选取了生物质样品花生壳, 采用热重分析法, 在不同升温速率下, 对生物质样品花生壳、煤和两者的混合物进行热解试验, 分析了升温速率对热解过程的影响, 对生物质与煤热解特性的差异以及他们共热解时生物质对煤热解过程的影响进行了试验研究。试验结果表明:

(1) 随着升温速率的升高, 生物质与煤的 TG 曲线向温度高侧移动, 即在到达相同失重量的情况下, 所需的热解温度也越高。

(2) 生物质与煤的热解特性差异很大: 生物质的热解温度低, 热解速度快, 而煤的热解温度相对较高, 热解速度慢。

(3) 生物质与煤共热解过程中, 各剧烈失重区域分别与生物质、煤单独热解时剧烈失重区域大体相同, 各剧烈失重区域最大失重率对应的峰值温度十分接近。即生物质与煤混合热解时, 总体热解特性分阶段呈现生物质与煤的热解特性。

参考文献 (References)

- [1] 朱孔远, 谌伦建, 马爱玲等. 生物质与煤热解特性及动力学研究[J]. 农机化研究, 2010, 3(3): 202-206.
- [2] 朱孔远, 谌伦建, 黄光许等. 煤与生物质共热解的 TGA- FTIR 研究[J]. 煤炭转化, 2010, 7(3): 10-14.
- [3] 张红霞. 生物质与煤混合的热解特性研究[J]. 电力技术, 2010, 1(2): 63-66.
- [4] 修双宁, 维明, 何芳. 几种生物质热重曲线的分析[J]. 淄博学院学报, 2004, 4(2): 82-85.
- [5] 罗婕, 戴玉春, 刘敏. 两种我国常见生物质的热解特性研究[J]. 株洲师范高等专科学校学报, 2006, 11(5): 45-47.
- [6] 于娟, 章明川, 沈轶等. 生物质热解特性的热重分析[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(19): 1475-1478.
- [7] 何佳佳, 邱朋华, 吴少华. 升温速率对煤热解特性影响的 TG/DTG 分析[J]. 节能技术, 2007, 25(144): 321-325.
- [8] 李世光, 徐绍平. 煤与生物质的共热解[J]. 煤炭转化, 2002, 25(1): 8-12.