烟草废弃生物质热解实验研究

何明会，陈洪粉，阮兵，刘东阳，罗苏丽

（贵州大学电气工程学院，贵州贵阳550025）

摘要：采用热重分析方法，以氮气为载气对不同粒径烟梗、烟杆和玉米秸秆等生物质进行不同升温速率下的热解实验，分析出烟梗在不同条件下的失重情况，并与烟杆和玉米秸秆进行对比分析。研究显示：烟梗热解主要由水分析出，低沸点化合物析出，半纤维素、纤维素热解析出挥发分，木质素热解和生物炭的形成五个热重阶段组成。升温速率的提高会导致挥发分析出困难、峰值向高温区移动、而析出量增大；在相同的热解条件下，烟梗的热稳定性最好；随着粒径的减小，烟梗在低温区的热解持续时间缩短，热解能力变差，析出挥发分减少。

化石染料的广泛使用对环境的危害已广为人知：一是二氧化碳造成的温室效应；二是二氧化硫所引起的酸雨污染；三是氮氧化物，这些都带来了严重的环境污染和气候变化问题。据资料显示[1]，2012至2013年我国的进口原油接近2.7亿吨，对外的依存度超过了55%，煤炭进口3.2亿吨，供需矛盾的出现势必会严重影响国家的石油安全。化石能源的枯竭和环境的恶化严重制约着当今社会的发展，而生物质能以其独特的特点（可再生性，低二氧化碳排放，几乎不排放二氧化硫）跃然纸上。因此，科学高效地利用生物质能源必将成为解决我国能源环境的有力措施之一。在刚出台的十三五规划中也承诺在2030年实现减排65%，非化石能源占一次能源消费比重达到20%左右，其中也提到了加快发展生物质能的要求。现阶段最常见的生物质能源利用方式是生物质气化、燃烧将其转化为高效洁净能源产品或燃料物质。

烟草业是贵州省的支柱产业。常年种植烤烟20万公顷左右，产量40万吨左右，约占全国烤烟总量的20%，是全国烤烟生产的第二大省。这就导致每年势必会有大量的烟草废弃物出现，而它们得不到高效利用就会造成资源浪费。近年来，大多数烟草废弃物的研究都着重于提取烟碱、植物蛋白和茄尼醇，制备活性炭、堆肥和生物质类燃料等，而很少有关于烟草废弃物热解特性的研究。所以可以通过研究烟草废弃物热解特性，了解挥发分热解析出规律，使烟草废弃物能够得到广泛高效的利用，实现企业节能减排，达到废物资源化利用的目的，为特定行业的废弃物处理提供新的路径。

文章以烟梗为主要研究对象，同时与烟杆、典型生物质玉米秸秆进行对比，采用热重分析方法研究不同粒径、不同温升速率下烟梗、烟杆及玉米秸秆的热失重曲线，分析其热解特性。

1实验部分

1.1采样

实验所用生物质样品是烟梗、烟杆和玉米秸秆，均采自清镇市。将采集来的样品在105%的鼓风干燥箱中干燥2小时，然后磨制成5个实验样品，分别是：80目烟梗、150目烟梗、200目烟梗、80目烟杆、80目玉米秸秆。

1.2实验仪器及方法

本实验采用的是德国耐弛同步热分析系统STA409PC。

实验方法：取12.5±0.5mg的实验样品放入热天平坩埚中，在纯氮条件下以不同的升温速率进行实验，从室温升温到900%。升温速率分别设定为5°C/min、10°C/min、15°C/min、20°C/min、25°C/min；保持载气流量为40ml/min；保护气为氮气，保持其流量在15ml/min。

记录不同条件下TG-DTG-DSC曲线，通过曲线分析其热解过程。

2实验结果分析

2.1热重特性分析

以80目烟梗在氮气40升温速率5°C/min的条件下的TG-DTG曲线（图1）进行分析，由TG-DTG曲线可看出烟梗主要经历了五个热失重阶段。初始失重阶段是从20°C-118.8°C，该阶段DTG存在一个失重峰，主要发生水分的析出[4]；第

Ⅱ个失重阶段是从118.8°C-178.9°C，由于温度低于200°C，所以该阶段主要归因于烟梗中低沸点化合物的析出[4]；第Ⅲ个失重阶段是从178.9°C-339°C。此过程存在两个失重峰，主要是烟草中的大分子聚合物的热解，析出大量挥发分，失重最多的阶段，其质量损失百分比达到了34.29%。第一个失重峰是在178.9°C-260.6°C期间，主要是半纤维素的热解析出少量挥发分，第二个失重锋是在260.6°C-339°C期间，这是由于纤维素的热解析出大量挥发分[5]，最大失重峰峰值温度为289.6°C；第Ⅳ个失重阶段是从339°C-510°C，主要是因为高温使木质素热解，导致质量损失；第Ⅴ个失重阶段是从510°C-899.5°C，生物炭缓慢形成，产生炭的残留物[6]。

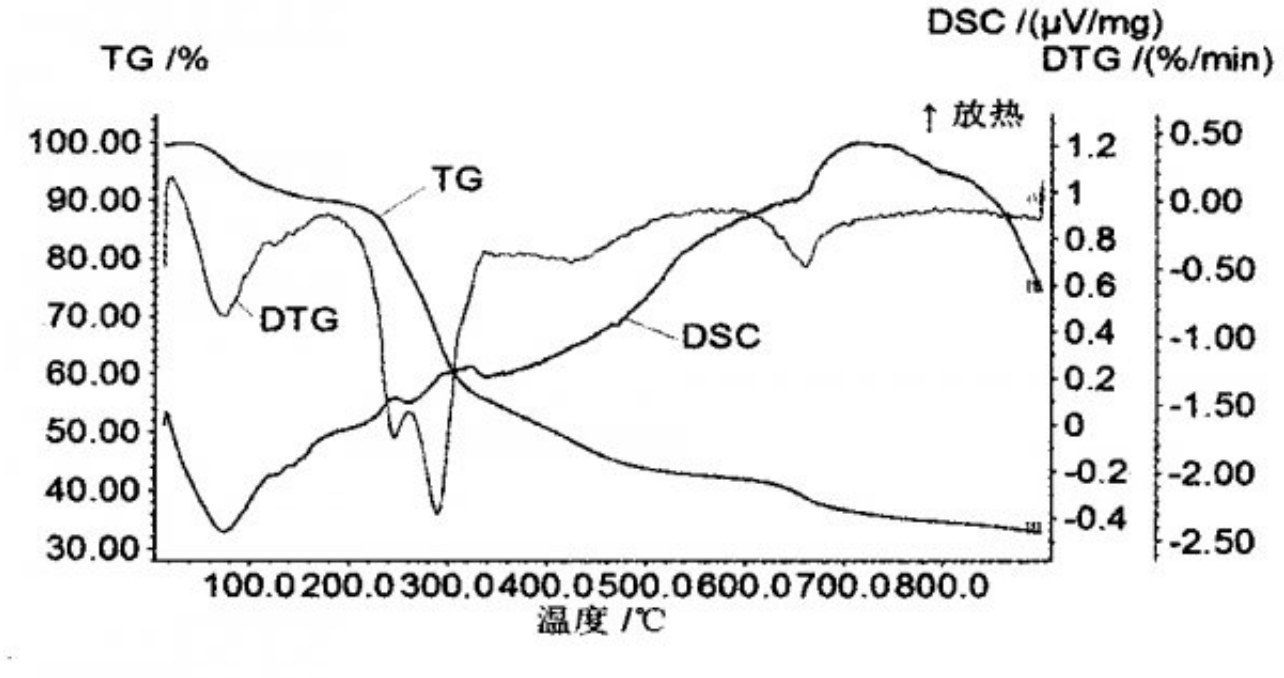
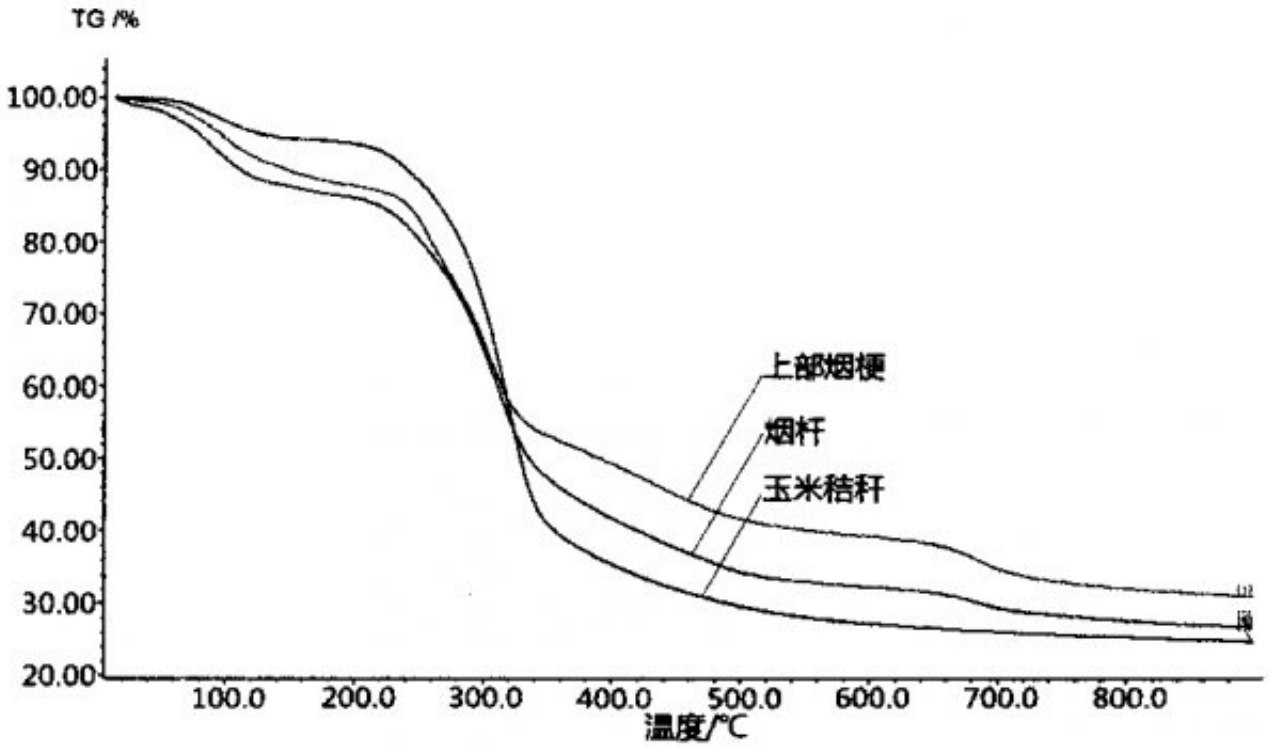
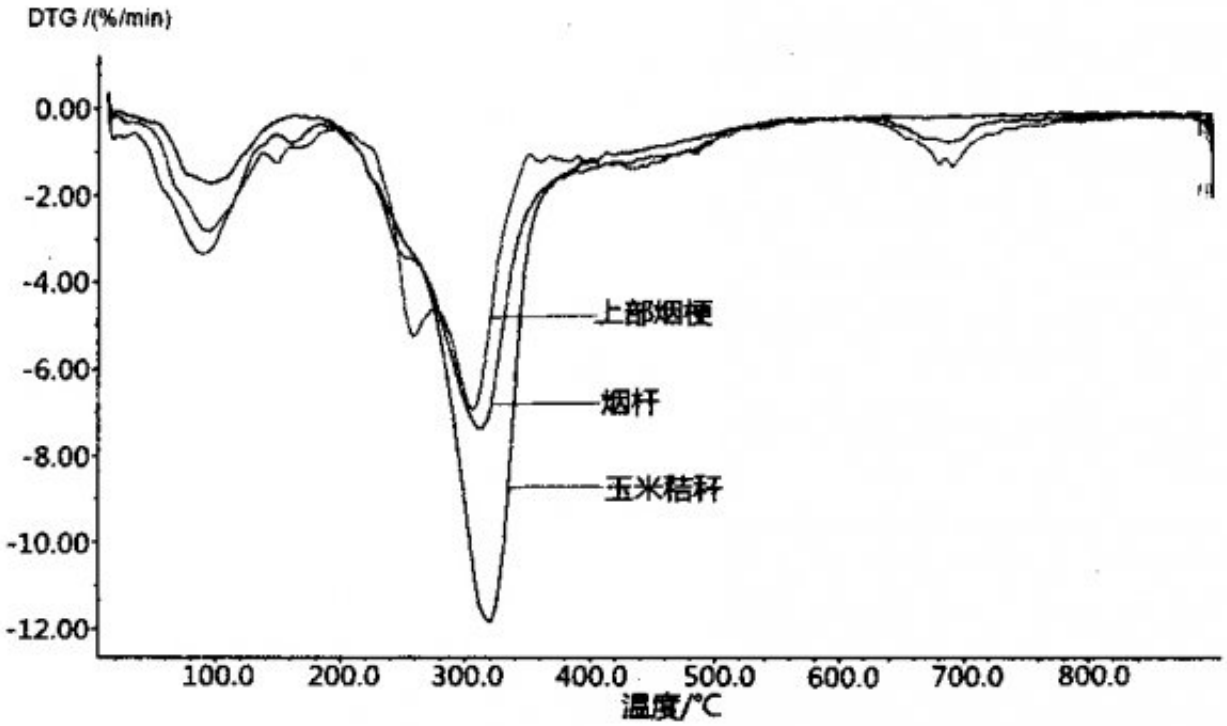


图 1 烟梗热解 TG-DTG-DSC 曲线

2.2不同生物质热重特性比较分析



a 不同生物质 TG 曲线



b 不同生物质 DTG 曲线

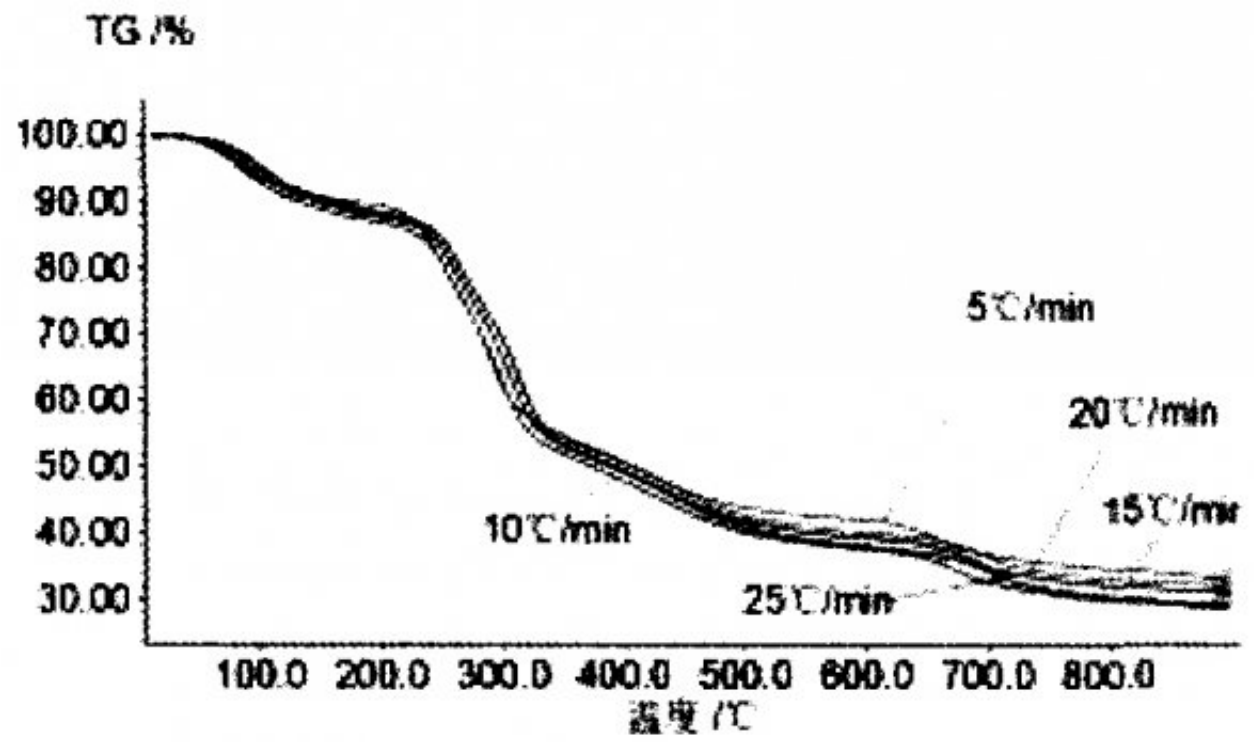
图 2

以80目烟梗在氮气40升温速率15℃/min的条件下的TG-DTG曲线（图2）进行分析比较，由几种不同生物质的TG-DTG曲线可知，烟杆热解与烟梗热解过程表现的TG-DTG曲线走势形状大致相同，烟杆的TG曲线向低温区移动，烟杆没有明显的半纤维素热解析出峰，但是在最大失重速率点左边有一个侧肩，这是由于半纤维素和纤维素热解温度区间出现重叠，导致半纤维热解峰的消失[5]；失重过程中的最大失重速率较大，后期失重峰的失重速率较小，但是相差都

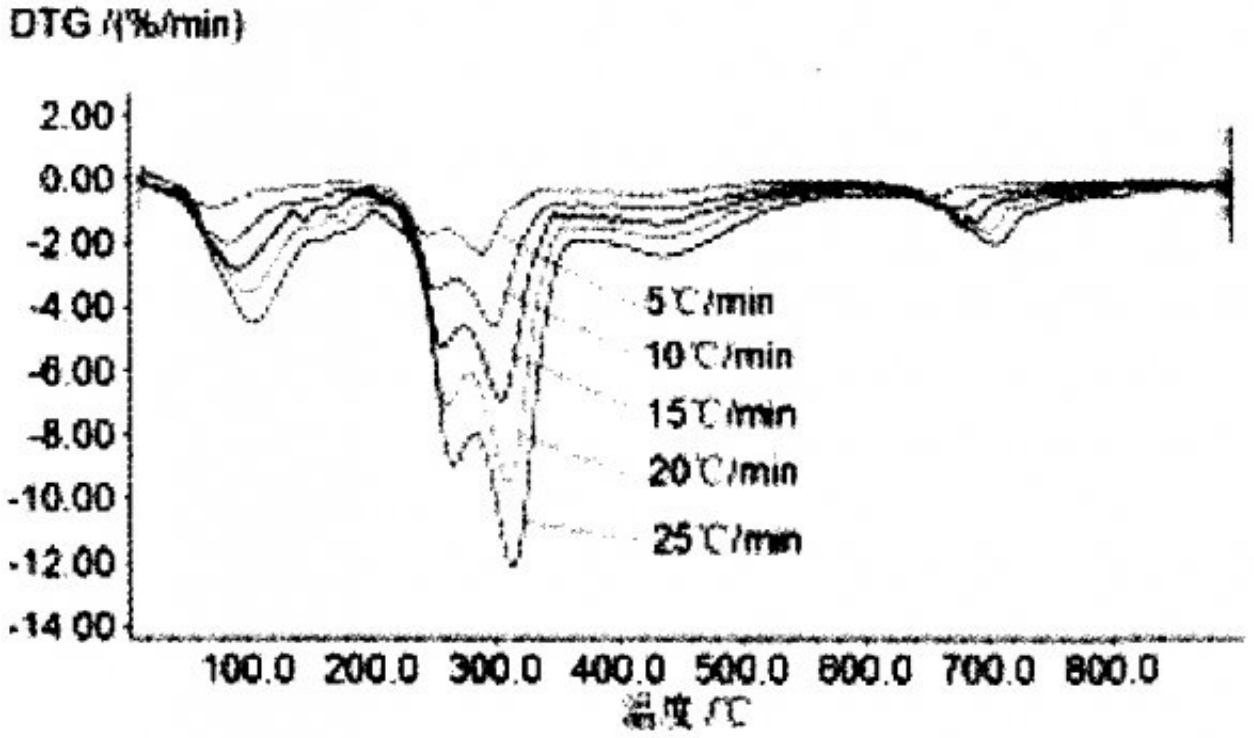
不是很大。烟杆残留质量百分比为26.87%，烟梗残留质量百分比为30.91%；而玉米秸秆的热解与烟梗热解曲线相比，失重过程只经历了三个热失重阶段，分别是水分的析出，半纤维素、纤维素热解析出挥发分和木质素高温热解阶段，残留质量百分比为24.76%。玉米秸秆在水分析出阶段的失重速率较慢；在半纤维素、纤维素析出挥发分时期，质量急剧失去；在最后的木质素高温热解阶段失重较缓慢。

烟梗、烟杆和玉米秸秆的DTG曲线峰值点对应的温度不同且挥发分析出的起始点和终止点也不同，这是由于不同生物质中半纤维素、纤维素和木质素的含量和矿物质含量不同。整个热失重过程DSC曲线存在一个大的放热峰。烟梗残留质量百分比最多，其次是烟杆，玉米秸秆是残留质量百分比最少的。这是由于烟梗含有较多的木质素，热解析出的挥发分较少；而玉米秸秆是高纤维素，低木质素生物质，在纤维素热解阶段质量急剧变化，大量析出挥发分导致最后残留质量百分比最少。

2.3不同升温速率下烟梗的热重特性比较分析



a 不同升温速率下烟梗 TG 曲线



b 不同升温速率下烟梗 DTG 曲线

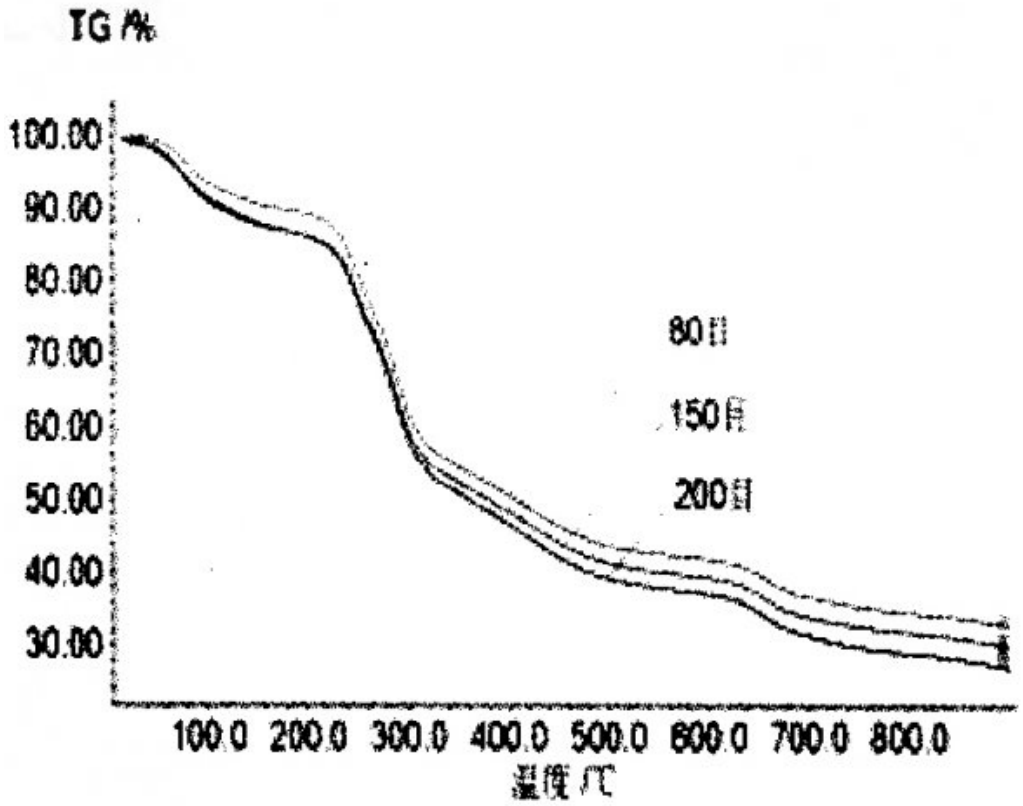
图 3

由80目烟梗在氮气流量40ml/min不同升温速率下的TG-DTG曲线（图3）比较可知，随着升温速率的升高：DTG曲线向高温区移动且失重速率均增大。即随着升温速率的增大，最大失重速率点的温度向高温区移动，挥发分的析出产生了延迟现象，这是由于升温速率的提高增大了样品颗粒内外的温度差，而生物质的导热率较小，导致传热不良，颗粒内部温度较低，外部温度较高，这便导致了内外反应速率不同。也就是文献[7]中提到的热滞后现象。失重速率的

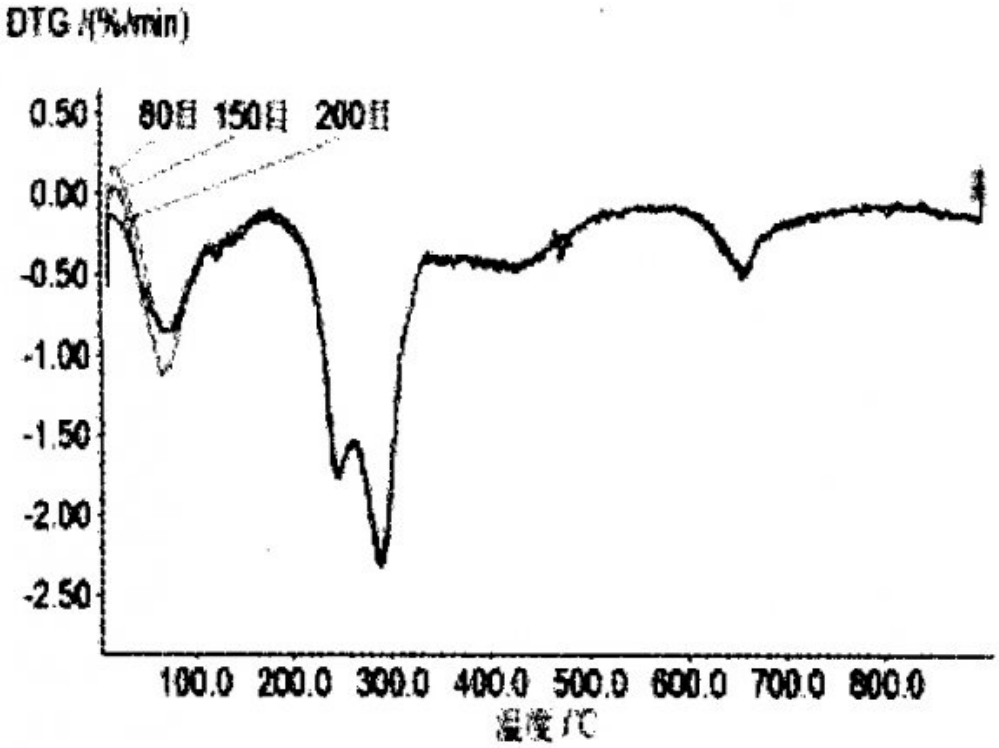
增加是由于升温速率的提高，析出的挥发分在颗粒表面的停留时间缩短，促进了挥发分的析出。烟杆和玉米秸秆的TG-DTG曲线随着升温速率的提高也表现出相似的变化规律。

2.4不同粒径烟梗热重特性比较分析

由烟梗在氮气流量40ml/min升温速率5℃/min条件下不同粒径TG-DTG曲线（图4）可知，随着粒径的减小，炭的残留百分比分别为32.78%，29.97%，27.02%，呈逐渐减小趋势，峰值温度随粒径的减小向低温区移动[7]，在低温区的热解持续时间较短。这是由于粒径较大，生物质颗粒传热能力较差，内部升温较缓慢，热解能力变差，析出挥发分减少。



a 不同粒径下烟梗 TG 曲线



b 不同粒径下烟梗 DTG 曲线

图 4

3结束语

文章采用热重分析方法进行了以烟梗为主、烟杆和玉米秸秆为辅的热解实验，比较分析其热解特性，同时研究了不同升温速率及不同粒径对生物质热解的影响。根据实验分析，可以得到以下结论：（1）烟梗和烟杆的热解主要经历了五个热失重阶段：水分析出，低沸点化合物的析出，纤维素和半纤维素热解析出挥发分，木质素高温热解，生物炭的形成。玉米秸秆则明显分为三个热失重阶段。由于不同生物质中半纤维素、纤维素和木质素的含量和矿物质含量不同导致它们峰值温度和挥发分析出的起始点和终止点不同。烟梗热解析出的挥发分较少，残留率多，热稳定性最好；而玉米秸秆大量析出挥发分，残留质量百分比最少。（2）随着升温速率的提高，三种生物质的峰值温度均向高温区移动且最大失重速率增大，产生热滞后现象。即升温速率的提高会导致：挥发分析出困难，峰值向高温区移动，析出量增大。（3）随着烟梗粒径的减小，炭的残留百分比呈逐渐减小趋势，峰值温度随粒径的减小向低温区移动，低温区热解持续时间较短。

参考文献

[1]闫金定.我国生物质能源发展现状与战略思考[J].林产化学与工业,2014,34(4):151-158.
[2]吴创之.生物质气化发电技术讲座_3_生物质焦油裂解技术[J].可再生能源,2003,109(3):54-57.
[3]彭国勋,李平,吴锡刚,等.烟草废弃物资源化利用研究进展[J].安徽农业科学,2013,41(9):4036-4038.
[4]童保云,张晓宇,孔俊,等.烤烟烟叶叶片及其烟梗的热分解过程和动力学[J].烟草化学,2013(12):54-58.
[5]廖艳芬,曾成才,马晓茜,等.中国南方典型生物质热解及燃烧特性热重分析[J].华南理工大学学报,2013,41(8):1-8.
[6]王贝贝,孙家伟,许开立,等.热分析_质谱联用技术在生物质热失重特性中的应用[J].环境科学与技术,2015,38(6P):316-319.
[7]肖瑞瑞,杨伟,陈雪莉,等.三种常见生物质热解动力学特性的研究[J].化学世界,2012(11):663-667.
[8]王冠,赵立欣,孟海波,等.我国生物质热解特性及工艺研究进展[J]技术,2014,32(184):120-124.
[9]吕博,刘建国,杨鲁斌,等.棉秆催化热解的TG_MS分析[J].安徽农业科学,2013,41(26):10785-10787.
[10]晶博,郭晟,冯宇,等.热重_质谱联用研究城市生活垃圾热解特性[J].工业安全与环保,2015,41(4):65-68.
[11]林宏,俞海森.生物质组分热解气化特性研究现状[J].能源研究与信息,2015,31(1):9-13.
[12]于娟,章明川,沈铁,等.生物质热解特性的热重分析[J].上海交通大学学报,2002,36(10):1475-1478.
[13]杨海平,陈汉平,王贤华,等.生物质热解研究的进展[J].煤气与热力,2006,26(5):18-21.
[14]赵巍,汪琦,刘海啸,等.热分析_质谱联用分析生物垃圾热解机理[J].环境科学与技术,2010,33(5):55-58.
[15]龚德鸿,许成,顾红艳.烟梗的热解特性分析[J].贵州大学学报,2011,28(4):33-36.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/184835.html