生物质成型燃料化学实验分析

刘晓，杨晓辉，李现奇，赵斌

(华北理工大学，河北唐山063200)

摘要：生物质对提高能源利用率和缓解环境污染具有非常重要的作用。以松木、棉柴、花生壳和玉米秸秆这4种典型生物质成型燃料为实验材料，分析其化学特性。结果表明：当原料配比为80%松木+20%花生壳或玉米秸秆时，生物质成型燃料燃烧效率最高，其研究结果可为生物质燃料的高效清洁燃烧提供理论依据。

引言

经济社会的发展以能源为动力基础，经济发展越快，能源消耗速度越快，其中化石燃料消耗最多。由此带来的后果是大量多余能量以及二氧化碳被排放到周围环境中，破坏了自然界的能量平衡与碳平衡。生物质在能源利用过程中实现CO_2
的零排放的同时，不仅可以提高工业锅炉的燃烧效率，而且使可燃废物变废为宝，这无疑为缓解环境恶化和能源紧缺现象提供了新的解决思路。因此，提高生物质成型燃料的燃烧效率具有不可忽视的重要性。

1实验研究

1.1实验原料

生物质成型燃料可以划分为木质燃料和草本燃料，木质燃料主要有松木、棉柴、木屑等；草本燃料主要有稻草、花生壳、玉米秸秆等。

文中以唐山市具有代表性的4种典型生物质成型燃料(松木、棉柴、花生壳和玉米秸秆)为实验原料。生物质含有多种成分，其中，构成生物质的3种主要成分含量如表1所示。

表1　生物质结构分析　%

实验样品	纤维素	半纤维素	木质素
松木	31.2	31.2	4.5
棉柴	29.1	29.3	4.9
花生壳	25.6	26.2	13.2
玉米秸秆	28.5	28.5	16.1

在构成生物质成型燃料的化学成分中，纤维素是一种由葡萄糖组成的高分子聚合物，是生物质中的骨架结构，半纤维素也是多种糖的聚合物，木质素则起粘合剂的作用。

1.2实验

1.2.1实验制样

首先将适量的松木、棉柴、花生壳和玉米秸秆这4种典型生物质成型燃料分别倒人锤式破碎缩分机中进行初步破碎，物料粒度越小越容易反应，反之，粒度越大物料局部反应不完全，容易造成结渣。因此，初步破碎后，仍需分2组

在制样粉碎机中研磨120s。最后，分别在标准筛振筛机中振荡筛分180s。其次将研磨筛分后的试样装进贴有标签的试样瓶，制成试样。

1.2.2实验过程

由于目前生物质成型燃料的工业分析还没有具体实验标准，因此参照煤的工业分析法对生物质成型燃料进行实验。生物质成型燃料加热至230°C时，首先失去的是其内在所含的水分。在氮气保护的条件下，加热至280°C，此时以气态形式析出的可挥发物称为挥发分，残留的固体物质则称为固定碳。当温度加热至430°C时，通人氧气，固定碳将燃烧生成CO_2排放掉，余下的固体则是灰分。

元素分析中碳、氢、氮元素的含量通过碳氢氮元素测定仪确定，同样参照煤的元素分析方法进行实验。取一定的试样在氧气中燃烧，燃烧所得气体中的H_2O和CO_2
分别用吸水剂和主要成分为氢氧化钠的二氧化碳吸附剂吸收，通过吸水剂和吸附剂的质量变化来计算碳、氢元素的含量。氮元素的含量则是通过氮催化剂使燃烧气体中的氮氧化物完全转换为N_2，最后由载气带入热导池进行检测。

生物质成型燃料发热量的测定方法是在量热仪不锈钢坩埚中放入试样，将盛有试样的坩埚放入充满过量氧气的弹筒内。再将其放进盛有水的椭圆形筒内，最后一同放入双层水套筒中。通过计算水温的变化值及热容量，计算生物质成型燃料的发热量。由于实验所得的原始数据为弹筒发热量，减去硫酸类和硝酸类的形成热后，得到燃料的高位发热量，再减去汽化潜热吸收的热量，最终得到低位发热量。

高位发热量为：

$$Q_{g,ad} = Q_b - (94.1S_{ad} + a \cdot Q_b) \quad (1)$$

$$Q_{g,d} = Q_{g,ad} \times 100 / (100 - M_{ad}) \quad (2)$$

低位发热量为：

$$Q_{net} = (Q_{g,ad} - 206H_{ad}) \times (100 - M_{ar}) / (100 - M_{ad} - 23M_{ar}) \quad (3)$$

式中：Q_b—弹筒发热量，kJ/kg；

a—硝酸校正系数，当 $Q_b \leqslant 16.7$MJ/kg 时，$a = 0.001$。

不同成型燃料配比如表 2 所示。

表 2　不同成型燃料配比　%

样品编号	松木	棉柴	花生壳	玉米秸秆
1	90	10	0	0
2	90	0	10	0
3	90	0	0	10
4	80	20	0	0
5	80	0	20	0
6	80	0	0	20
7	70	30	0	0
8	70	0	30	0
9	70	0	0	30

混合后的生物质成型燃料采用冷压成型工艺，主要设备为冷压成型机，传动设备以及除尘设备，其成型工艺流程如图1所示。

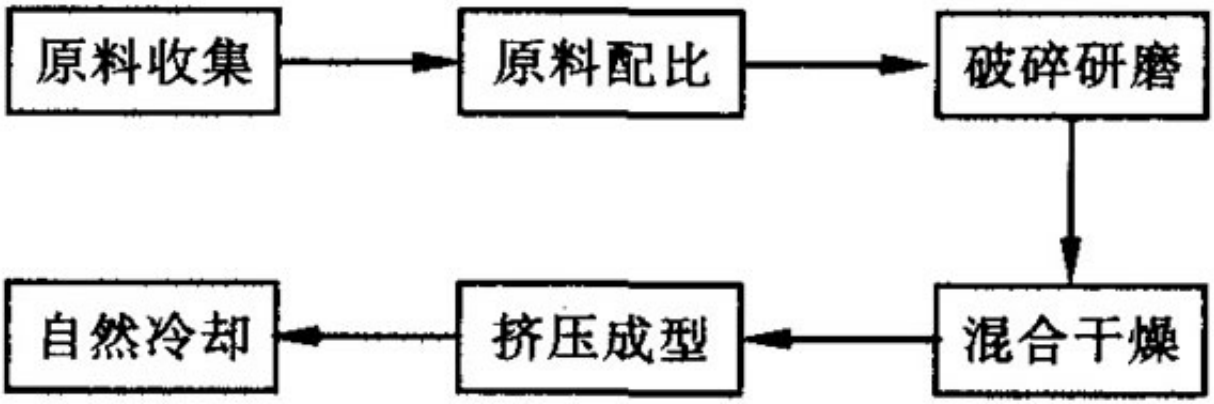

图1　工艺流程图

1.3实验设备

主要实验设备如表3所示。

表3　主要实验设备

规格型号	设备名称	设备编号	生产厂家
TSTJS－SBC－0022	电脑测硫仪	5E－S3100A	长沙开元仪器有限公司
TSTJS－SBC－0136	电子天平	BSA124S	北京赛多利斯仪器公司
TSTJS－SBC－0137	电子天平	BSA224S	北京赛多利斯仪器公司
TSTJS－SBC－0196	电子天平	TE2101－L	北京赛多利斯仪器公司
TSTJS－SBJ－0009	电热鼓风干燥箱	101－2EBS	北京永光明医疗器厂
TSTJS－SBJ－0008	光波水分仪	5E－S3100A	长沙开元仪器有限公司

SDLA618工业分析仪由计算机设备、充气设备等组成，可准确测定生物质成型燃料的水分、灰分、挥发份以及固定碳。

5E—CHN2000碳氢氮测定仪由计算机设备、充气设备、电子天平等组成，可准确测定生物质成型燃料中碳、氢、

氮元素的含量。测定范围为：碳(1～100)%；氢(0—20)%；氮(0—20)%。

SDC5015量热仪由计算机设备、充气设备、电子天平等组成，可准确测定生物质成型燃料的低位发热量。测温范围为0～50℃；分辨率为0.0001K。

5E—MF6000智能马弗炉。温度控制为室温～1300℃；燃烧室尺寸为300mm×200mm×120mm。

2结果及分析

2.1实验结果

按照实验标准要求每种样品的每项指标测量4次，当4次之间的误差不超过2%时，视为数据符合实验要求。对所得数据进行4次平均值处理，最终实验数据如表4、表5所示。

表 4　生物质工业分析

样品	M_{ad}/%	A_{ar}/%	FC_d/%	V_{daf}/%	$Q_{net,ar}$/MJ·kg^{-1}
松木	6.62	11.98	15.66	80.90	15.08
棉柴	6.92	10.25	22.08	75.78	14.94
花生壳	6.20	14.35	27.17	75.24	14.15
玉米秸秆	5.50	12.99	16.86	78.99	13.72

注：M_{ad}—空气干燥基水分；A_{ar}—收到基灰分；FC_d—干燥基固定碳；V_{daf}—干燥无灰基挥发分；$Q_{net,ar}$—收到基低位发热量。

表 5　生物质元素分析　%

样品	C_{ar}	H_{ar}	N_{ar}	S_{ar}	O_{ar}
松木	39.80	4.29	0.42	0.09	35.42
棉柴	38.37	4.39	1.58	0.22	39.18
花生壳	38.05	3.92	1.02	0.12	35.39
玉米秸秆	37.92	4.29	1.00	0.14	37.26

实验原始数据如表 6 ~ 表 9 所示。

表 6　生物质灰分测定

样品	坩埚/g	坩埚 + 样/g	燃烧后/g	A_{ad}/%
松木	17.7853	18.7854	17.9129	12.73
松木	18.6894	19.6901	18.8058	11.64
松木	18.0245	19.0288	18.1521	12.68
松木	18.2463	19.2497	18.3635	11.65
棉柴	18.1004	19.1009	18.1857	8.52
棉柴	18.1807	19.1813	18.2596	7.89
棉柴	18.1046	19.1043	18.189	8.50
棉柴	18.1205	19.1207	18.2007	8.01
花生壳	18.2503	19.2508	18.3881	13.76
花生壳	17.8860	18.8858	18.0513	16.52
花生壳	17.9697	18.9701	18.1103	14.04
花生壳	18.3685	19.3691	18.5101	14.12
玉米秸秆	17.9211	18.9208	18.0539	13.28
玉米秸秆	17.7757	18.7762	17.9066	13.07
玉米秸秆	17.8755	18.8761	18.0079	13.21
玉米秸秆	17.5627	18.5657	17.6948	13.15

表 7　生物质热值测定　　kJ/kg

样品	弹筒发热量	空气干燥基高位发热量	干燥基高位发热量	收到基低位发热量
松木	16441.31	16410.7436	17559.49575	15078.66583
松木	16300.17	16269.76483	17408.64837	14939.95155
松木	16474.92	6444.34008	17595.44385	15111.72251
松木	16496.42	16465.81858	17618.42586	15189.66010
棉柴	16417.77	16387.24723	17534.35454	15071.23388
棉柴	16410.61	16380.09439	17526.70098	15064.17922
棉柴	16142.85	16012.70215	17133.59128	14701.83920
棉柴	16190.41	16230.07456	17366.17976	14922.74770
花生壳	15815.25	15785.32975	16890.30281	14518.39214
花生壳	15354.11	15324.63091	16397.35505	14065.99374
花生壳	15488.38	15458.78662	16540.90168	14197.73236
花生壳	15109.35	15080.13565	16135.74514	13817.88170
玉米秸秆	14713.95	14685.13105	15566.23888	13420.98163
玉米秸秆	14837.51	14808.56749	15697.08152	13542.55019
玉米秸秆	15280.61	15251.20441	16166.27665	13978.48901
玉米秸秆	15207.38	15178.04764	16088.73048	13937.97920

表 8　生物质挥发分测定

样品	坩埚/g	坩埚＋样/g	燃烧后/g	V_{ad}/%
松木	24.5528	25.5567	24.8245	66.30
松木	24.4168	25.4165	24.6896	66.08
松木	24.3762	25.3766	24.6695	64.08
松木	24.7420	25.7426	25.0131	66.29
棉柴	24.2187	25.2192	24.5055	64.42
棉柴	24.6892	25.6894	24.9780	64.18
棉柴	24.4533	25.4555	24.7471	63.74
棉柴	24.3794	25.3804	24.6618	64.85
花生壳	24.9275	25.9276	25.2808	58.45
花生壳	24.1958	25.1958	24.5196	61.42
花生壳	24.7315	25.7321	25.0842	58.56
花生壳	24.6322	25.6324	24.9712	59.88
玉米秸秆	22.3050	23.3046	22.6005	64.88
玉米秸秆	24.1419	25.1419	24.4517	63.52
玉米秸秆	24.7215	25.7221	25.0289	63.78
玉米秸秆	24.1461	25.1466	24.4438	64.75

表9 生物质元素分析 %

样品	C_{ad}	H_{ad}	N_{ad}	S_{ad}	M_{ar}
松木	39.28	4.12	0.48	0.07	8.15
松木	40.00	4.42	0.38	0.08	8.08
松木	41.02	4.54	0.38	0.08	8.08
松木	41.51	4.32	0.32	0.07	8.21
棉柴	38.74	4.45	1.57	0.22	8.16
棉柴	38.89	4.31	1.52	0.23	8.19
棉柴	38.92	4.52	1.62	0.21	8.22
棉柴	38.95	4.47	1.57	0.22	8.24
花生壳	38.11	4.03	1.11	0.14	7.94
花生壳	7.65	3.88	1.05	0.13	7.97
花生壳	40.39	3.92	0.96	0.13	7.88
花生壳	38.72	4.01	1.03	0.14	7.75
玉米秸秆	37.82	4.35	1.06	0.14	6.99
玉米秸秆	38.37	4.35	0.97	0.16	7.01
玉米秸秆	38.79	4.39	1.02	0.15	6.88
玉米秸秆	39.02	4.51	1.05	0.15	6.89

2.2结果分析

从含水量方面分析，松木的含水量略高于花生壳和玉米秸秆，即随着原料中松木含量的减少，含水量会随之降低。因此，编号4—6的含水量低于编号1～3。从灰分和固定碳含量方面分析，松木的灰分和固定碳含量较花生壳和玉米秸秆低。因此，编号1—6灰分和固定碳含量低于编号7—9。

从挥发分含量方面分析，松木的纤维素和半纤维素含量较高，而由于纤维素和半纤维素是容易热解的多糖类物质，因此松木的挥发分更容易析出，所以松木的挥发分高于其他3种生物质成型燃料，燃烧更完全。从低位发热量方面分析，低的O／C值意味着高的热值。松木的O／C值较花生壳和玉米秸秆低，低位发热量便高于花生壳和玉米秸秆的低位发热量。即：随着原料中松木含量的减少，低位发热量理论上也会随之降低。从含硫量方面分析，随着原料中花生壳和玉米秸秆含量的增加，样品中的硫含量将呈微弱上升趋势。但硫含量理论上会在0.2%左右，对环境影响较小。而棉柴含硫量较高，因此，编号5和编号6比编号4含硫量低，对环境影响更小。

综上所述，从燃料品质要求出发，理论上分析得到当松木：(花生壳／玉米秸秆)=8：2的情况下，其燃烧效率最高。

3结语

文中以唐山市4种典型生物质成型燃料为实验原料，由所得的实验结果发现生物质成型燃料挥发分含量较高，灰分含量和含硫量较低。且热值介于13.72～15.08MJ／kg，属于中低热值燃料。并且讨论了当松木与花生壳(或玉米秸秆)配比为8：2的时候，其混合后的生物质成型燃料燃烧效率较理想。研究结果可为唐山地区生物质成型燃料的的高效燃烧以及相关锅炉设备的设计提供数据支撑。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/137576.html