

固体生物质燃料发热量测定方法研究

文/隋艳¹, 李英华²

(1国家煤炭质量监督检验中心, 北京100013; 2煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室, 北京100013)

摘要: 本文照欧盟和美国标准, 以及我国煤的发热量测定方法标准, 选取具有代表性的不同类型的固体生物质燃料, 针对氧弹内加水量、充氧压力、辅助燃烧条件等因素进行试验研究, 考察氧弹量热法不同条件试验的准确度和精密性, 提出适合的发热量最佳测定条件, 为合理利用固体生物质燃料提供依据。

发热量是固体生物质燃料的一项重要特性指标, 凡利用固体生物质燃料的热能时都必须准确了解其发热量值。如在发电锅炉燃烧中, 发热量测定的准确与否直接关系到锅炉的燃烧效率的高低, 影响到电厂的经济效益。

利用固体生物质燃料代替煤炭等燃烧, 既解决了能源的再生问题, 又减少了由于煤炭燃烧带来的污染物排放, 同时实现节能减排, 符合实现可持续发展的要求, 许多国家加大了生物质能的研究与开发力度。固体生物质燃料特性的试验方法研究及相关标准的制定是科学和高效利用固体生物质燃料能源的基础工作。目前国际标准化组织和我国都还未建立成熟的、现行有效的固体生物质燃料发热量测定方法标准。美国和欧盟现行的技术规范尚未完善。我国上世纪80年代制定过《生物质燃料发热量测定方法》, 当时受条件制约, 试验研究不够充分, 现已废除。本项目采用国际上普遍使用的氧弹量热方法研究适用于我国固体生物质燃料特性的发热量测定方法, 并制定相应的国家标准, 满足快速发展的固体生物质燃料应用技术的需要, 提高我国固体生物质燃料的开发和高效利用。

1 试验部分

1.1 研究原理

采用氧弹量热法, 模拟固体生物质燃料在工业锅炉里的燃烧情况, 将一定量的试样放在充有过量氧气的氧弹内燃烧, 放出的热量被一定量的水吸收, 根据燃烧前后水温的升高来计算试样的发热量。量热系统的热容量(水温升高1K吸收的热量)预先用已知热值的基准量热物质(苯甲酸)标定。

1.2 研究内容

根据固体生物质燃料结构松散, 密度较小, 挥发分高, 易爆燃, 易喷溅, 吸水性较强等特性, 选择10~20种具有代表性的固体生物质

燃料, 品种包括各种秸秆、稻壳、麦

草、松枝、树皮、木薯、红柳等, 热值($Q_{b,ad}$

) 在(14~21)MJ/kg之间, 制成粒度<1mm或0.5mm(可能时)的空气干燥状态分析试样。用已知热值的擦镜纸包裹粉末状样品进行燃烧试验, 针对氧弹内加水量、充氧压力、辅助燃烧条件等因素进行研究, 考察结果的精准度, 对试验条件做进一步的改进, 建立适用于固体生物质燃料的、准确可靠的发热量测定方法。

2 结果与讨论

采用德国的IKAC2000型自动量热仪, 选择两个燃烧时易爆燃喷溅的压缩秸秆样品, 分别在不同加水量和不同充氧压力下进行发热量测定试验, 观察其爆燃喷溅的现象, 发现降低充氧压力可以有效减少某些样品燃烧时的喷溅现象; 减少氧弹内加水量, 也可适当减少样品燃烧时的喷溅现象。

2.1 相同加水量下不同充氧压力对测定的影响

对15个固体生物质燃料样品, 分别在氧弹内加水量为1mL和5mL、充氧压力为(2.8~3.0)MPa和(1.8~2.0)MPa条件下进行发热量测定试验, 测定统计结果如表1所示。

表1 氧弹内相同加水量下不同充氧压力的发热量测定统计结果 (MJ/kg)

统计量	发热量测定结果之差, MJ/kg	
	1mL加水量差值 $d_{2.8-1.8}$	5mL加水量差值 $d_{2.8-1.8}$
d	0.036	0.016
S_d	0.046	0.085
t	2.991	0.732
$t_{0.05,14}$	2.145	
差值的95%概率置信区间	-0.064~0.135	-0.064~0.135

试验表明, 当氧弹加水量为5mL时, 2种不同充氧压力下发热量的测定结果没有显著性差异, 2种试验条件可以相互替代; 当氧弹加水量为1mL时, 尽管2种不同充氧压力下发热量测定结果存在显著性差异, 但差值的95%概率置信区间仍在GB/T213规定的再现性临界差(0.300MJ/kg)之内, 认为2种试验条件可以相互替代。

无论氧弹内加水量为1mL还是5mL, 多数样品在充氧压力(2.8~3.0)MPa下的发热量测定值比在充氧压力(1.8~2.0)MPa下的测定值系统偏高, 说明固体生物质燃料样品在充氧压力(2.8~3.0)MPa下燃烧释放的热量更完全, 充氧压力高、氧气过量的多, 能更好的保证样品燃烧完全。

因此, 通常选择充氧压力为(2.8~3.0)MPa, 遇到特别容易喷溅的样品时, 可将充氧压力降至(1.8~2.0)MPa。

2.2 充氧压力为(2.8~3.0)MPa时氧弹内不同加水量对测定的影响

氧弹内充氧压力为(2.8~3.0)MPa, 对13个固体生物质燃料样品, 分别在氧弹内加水量为10mL、5mL和1mL条件下进行发热量测定试验, 测定统计结果如表2所示。

表2 充氧压力为 (2.8~3.0) MPa时氧弹内加不同水量的发热量测定统计结果 (MJ/kg)

统计量	发热量测定结果之差, MJ/kg		
	d_{5-10}	d_{1-10}	d_{1-5}
d	-0.018	-0.041	-0.023
S_d	0.033	0.036	0.042
t	1.943	4.065	2.009
$t_{0.05,12}$	2.179		
差值的95%概率置信区间	-0.090~0.054	-0.121~0.038	-0.114~0.068

对不同加水量的试验方法进行显著性检验, 发现5mL加水量测定结果与10mL加水量和1mL加水量测定结果之间均无显著性差异, 平均差值也都很小(分别为0.018MJ/kg和0.023MJ/kg), 差值的95%概率置信区间的端值, 都落在GB/

T213规定的重复性限(0.120MJ/kg)之内，说明5mL加水量的发热量测定结果比较稳定。

氧弹内加水量的多少，主要影响到燃烧产物如CO₂和灰渣中的金属氧化物的溶解热，以及酸性氧化物溶解于水中如硫酸、盐酸等的形成热。固体生物质燃料中的硫含量较低，硫酸形成热影响较小；但其氯含量大多远高于煤炭，盐酸形成热影响可能较大；其它副化学反应热可能很小，情况复杂，加水量取中间值为佳。并且5mL加水量的爆燃喷溅现象比10mL加水量时少，虽然比1mL加水量时稍多，但发热量测定结果比1mL加水量时略高。

因此，选择通常氧弹内的加水量为5mL，遇到特别容易喷溅的样品时，可将加水量减少至1mL。

2.3辅助燃烧条件对测定的影响

试样压饼后进行燃烧试验是欧盟标准中推荐的防止样品爆燃喷溅的方法之一。为证实其可行性，进行了10个固体生物质燃料样品的包纸、不压饼和不包纸、压饼试验。试验在氧弹内5mL加水量、(2.8~3.0)MPa充氧压力下进行。试验结果和试验中记录到的喷溅现象如表3所示。

表3 试样压饼和不压饼的发热量测定结果和喷溅现象

样号	样品种类	包纸，不压饼		不包纸，压饼	
		发热量测定值MJ/kg	喷溅现象	发热量测定值MJ/kg	喷溅现象
1	林木	17.853	无	17.794	无
2	皇竹草	17.828	无	17.649	喷2次
3	秸秆块	17.207	无	17.041	略喷
4	红柳枝	18.860	喷1次	18.374	喷2次
5	玉米杆	16.186	无	15.972	喷2次
6	棉杆	17.356	无	17.190	喷2次
7	麦秆	15.196	无	14.981	喷2次
8	锯末	19.978	喷1次	19.690	略喷
9	木屑	16.564	无	16.424	无
10	混秸	18.038	无	17.581	喷2次

从表3数据和记录到的现象可以看出，10个样品的20次测定，用包纸不压饼的方式，只出现2次爆燃喷溅现象；而用压饼、不包纸的方式，出现了16次爆燃喷溅的现象。同样在不爆燃的情况下，试样包纸的发热量测定结果高于试样压饼的发热量测定结果。固体生物质燃料不易磨制成粒度很小的试样，缺乏粘绪陛，很难压成完整的、没有裂纹的饼，几乎试验的所有样品压饼后无法完整的夹起，转移至坩埚内的样品已有部分变成碎末，在燃烧过程中更易喷溅。因此，试图用压饼的方式解决样品在燃烧试验中爆燃喷溅和燃烧不完全问题是不可取的。

欧盟标准推荐的另一种防止样品爆燃喷溅的方法是将试样装入燃烧袋或胶囊后再进行燃烧试验，目前的市场上很难购买到适当容积(能装1g固体生物质燃料试样)、均匀一致并且有准确热值的燃烧袋或胶囊，该方法不具可操作性。

因此，试验选择采用预先标定了热值的擦镜纸包裹试样的方法，不仅可以有效防止样品在燃烧过程中的爆燃喷溅现象，保证样品完全燃烧，并且廉价易得，操作简单。

3结论

本项目通过大量的试验研究，确定了适用于固体生物质燃料的发热量测定方法—氧弹量热法，该方法与固体矿物燃料煤的发热量测定方法原理和试验程序，以及使用的仪器设备基本一致，通过改变某些试验条件和给出防止样品爆燃喷溅时应采取的有效措施，给出了适用于固体生物质燃料特性的，能获得精密度好、准确度高的发热量测定结果的创新性的试验方法：

(1)通常充氧压力为(2.8~3.0)MPa，遇到特别容易喷溅的样品时，可将充氧压力降至(1.8~2.0)MPa，保证样品燃烧和释放热能完全，获取更准确的测定结果。

(2)通常氧弹内加水量为5mL，遇到特别容易喷溅的样品时，可将加水量减少至1mL有效防止的样品爆燃和喷溅，保证测量结果的准确可靠性。

(3)用预先标定了热值的擦镜纸包裹样品再进行燃烧试验，比CEN/TS14918：2005中规定的将试样压饼，或装入燃烧袋或胶囊后再进行试验，更简单和方便实用，且能有效防止样品的爆燃和喷溅。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/132976.html>