生物质气化及生物质与煤共气化技术的研发与应用

徐春霞，徐振刚，步学朋，董卫果，戢绪国，杨宗仁

(煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院，北京100013)

摘要：总结了生物质原料的特点及生物质单独气化的缺点；介绍了国内外生物质气化技术及生物质与煤共气化技术的研发与应用现状；分析了在此领域国内外的发展趋势与前景；概括了开展生物质与煤共气化技术研发的意义。

生物质包括植物、动物及其排泄物、垃圾及有机废水等几大类。与煤炭相比，生物质原料具有如下特点：

①挥发分高而固定碳含量低。煤炭的固定碳一般为60%左右；而生物质原料特别是秸秆类原料的固定碳在20%以下，挥发分却高达70%左右，是适合热解和气化的原料。

②原料中氧含量高，灰分含量低。

③热值明显低于煤炭，一般只相当于煤炭的1/2～2/3。

④低污染性。一般生物质硫含量、氮含量低，燃烧过程中产生的SO_2、NO_x较低。

⑤可再生性。因生物质生长过程中可吸收大气中的CO_2，其CO_2净排放量近似于零，可有效减少温室气体的排放。

⑥广泛的分布性。

生物质气化是生物质利用的重要途径之一。生物质气化技术已有一百多年的发展历史，特别是近年来，对生物质气化技术的研究日趋活跃。但生物质单独气化存在一些缺点。

首先，生物质的产生存在季节性，不能稳定供给；其次，由于生物质处理后形成的颗粒具有不规则性，在流化床气化炉内不易形成稳定的料层，需要添加一定量的惰性重组分床料如河砂、石英砂等；第三，生物质单独气化时生成较多的焦油，不仅降低了生物质的气化效率，而且对气化过程的稳定运行造成不利影响。生物质与煤共气化不仅可以很好地弥补生物质单独气化的上述缺陷，同时在碳反应性、焦油形成和减少污染物排放等方面可能会发生协同作用。

1国外的研究与应用情况

(1)生物质气化发电

生物质气化及发电技术在发达国家已受到广泛重视，如美国、奥地利、丹麦、芬兰、法国、挪威和瑞典等国家生物质能在总能源消耗中所占的比例增加相当迅速。美国在利用生物质能发电方面处于世界领先地位，美国建立的Battelle生物质气化发电示范工程代表生物质能利用的世界先进水平。

奥地利成功地实施了建立燃烧木材剩余物的区域供电站的计划，生物质能在总能耗中的比例由原来大约2%～3%增到目前的25%，该国现已拥有装机容量为1～2MWe的区域供热站80～90座。瑞典和丹麦正在实施利用生物质进行热电联产的计划，使生物质能在转换为高品位电能的同时满足供热的需求，以大大提高其转换效率。

日本资源能源厅调查结果显示，2001年日本有83家生物质废弃物发电厂，形式为废弃塑料等与重油等化石燃料混烧发电，2003年又投资约14.5亿日元建设了发电量为3MW的生物质发电项目，年利用林业和建材业废旧材料5.9万t。菲律宾、马来西亚以及非洲的一些国家，转化利用都先后开展了生物质能的气化、成型、热解等技术的研究开发，并实现了工业化生产。

(2)生物质燃气区域供热，利用类似于传统固定床气化炉的上吸式气化炉生产生物质可燃气，用于区域供热已达到了商业化水平。用于区域供热的生物质气化设备已在芬兰、瑞典各地运行。气化炉以泥炭、木片或木材加工过程产生的废弃物为原料。

设备工作性能稳定可靠，转换效率高，对原料湿度和粒度要求宽松。通过调节气化剂中水蒸气的含量来控制氧化层

的反应温度，可避免反应物料出现烧结现象。可燃气中焦油含量虽然较高，但是通向燃烧器的管道既粗又短，不易出现堵塞现象，因而系统不须安装焦油过滤装置。焦油及气化炉产生的可燃气可在后面的燃气锅炉等燃烧器中直接燃烧，既充分利用了焦油的能量又避免了管道堵塞等问题，因而通常不需要高效气体净化和冷却系统，系统相对简单，热利用率高。

(3)水泥厂供燃料与发电并用的生物质气化站，意大利已建成一座生物质气化站，此气化站是欧洲较大的生物质气化站之一。站内所用燃料是2种有机质颗粒的混合物，一种颗粒用城市垃圾中轻质可燃物制成，另一种颗粒用农业生产废弃物制成，这2种颗粒均由当地颗粒燃料加工厂制作。该站与一个水泥厂毗邻，气化站内有2台循环流化床气化炉。1号气化炉生产的可燃气全都被用作水泥厂的生产燃料；2号气化炉生产的可燃气部分被用作水泥厂的生产燃料，部分被用于气化站内发电。用于发电的可燃气与天然气同时通往蒸汽锅炉，此蒸汽推动汽轮机带动发电机发电，发电功率为2.8MW。

(4)生物质气化合成化学品，生物质气化合成化学品是指经气化炉中产生的中热值燃气，通过一定的工艺合成为化学制品，目前主要是合成甲醇和氨。

近几年来，欧盟开发了木料气化制甲醇技术，已建成4个示范工厂气化规模为4.8～12t(干木)/d，气化炉均为流化床气化炉，用水蒸气、氧气或空气作气化剂，产出中热值可燃气。生物质气化合成甲醇的技术目前已达到了可商业化应用的阶段，但其产品的经济性尚不能与石油化工和煤化工相竞争。

芬兰已建成一座生物质气化合成氨示范工厂，此厂是世界上第一个以泥炭为原料，采用气化合成氨的方法来生产化肥的厂家。其工艺是将湿度为40%的泥炭，经低压蒸汽干燥(压力0.4MPa)，使湿度降到15%后，粉碎加入加压流化床

$_2$，6%～8%CH_4，22%CO_2。气化每吨泥炭需氧气290Nm^3
，需水蒸气160kg。该厂还用泥炭与木屑的混合物作原料进行过气化试验，也获得了成功。

(5)生物质与煤共气化，由于灰分和硫含量低，挥发分含量高且反应性高，生物质与低阶煤共气化如能产生协同作用就可能产生低热值气体来增加产品的附加值。为此，研究二者的协同效应是热点之一。Collot等，Pan等研究认为煤与生物质简单混合共热解时，两者并不能产生协同作用。

Sjostrom等在加压流化床反应器中，进行了700～900℃，0.4MPa富氧气氛下，波兰煤和桦树共气化实验，发现焦的产率比单一物料的低，气体产率提高；但是在1.5MPa的压力下这些现象不再出现。

McLendonTR等在灰团聚流化床中试气化装置中分别进行了次烟煤和烟煤与木屑的共气化实验，生物质的最高质量掺混比例为35%，气化压力3.0MPa。

试验结果表明次烟煤与木屑混合物共气化时没有显著的协同作用产生，而烟煤与生物质混合物在共气化中产生了显著的协同作用；但2种煤与生物质混合物的流化性能与单一煤相比都有显著提高。Collot等在固定床和流化床中，分别进行了煤与银杉木的共热解及共气化实验，在共热解实验中均未观察到协同效应的存在；但是1000℃所制混合焦，在固定床燃烧实验中的反应性是单一煤焦的2倍，这显示了一种协同作用；而在流化床实验中未观察到显著的协同作用，认为协同作用与生物质和煤颗粒间的接触有关。SjostromK等分析煤与生物质共气化产生协同作用的原因，认为气化首先在木质生物质有机物质中最弱的共价键中发生热裂解，形成的挥发分分解形成很多自由基，这些自由基加速了煤的氧化分解；木质生物质是富氢物质，脱挥发分过程中产生的氢和煤自由基反应，阻止了二次焦的形成；木质生物质中的碱金属是煤气化的有效催化剂，促进了煤的催化气化反应。Brown等进行了富含钾盐生物质与煤的共气化研究，认为生物质能极大地促进煤的气化反应，可作为廉价的煤气化催化剂。

在德国位于柏林附近的RudersdorferZementGmbh公司水泥厂，使用鲁奇CFB气化装置处理垃圾，该装置1996年开始运行，最大能力100MW，以工业废料和城市生活垃圾为主要原料，褐煤作辅助转化利用原料。生产的低热值热煤气用于一座200万t/a水泥回转窑的原料加热，排出的灰渣用作水泥原料，设备的运转可用率达到90%以上。

荷兰Nuon
公司从2000年4月开始进
行煤与生物质共气化试验，使用20%鸡场废物和
80%的煤，以降低CO_2

排放量。该公司计划使用的共气化原料包括：生物质(家禽废料、下水道淤泥、废木材、马路边的草)、助剂(石灰、纸浆、膨润土)、其它燃料(次烟煤、石油焦、热解焦)。另外计划建立新的发电量为1200MW的煤与生物质共气化IGCC电厂。

2国内的研究与应用情况

(1)生物质气化，中国对生物质气化技术的深入研究始于上世纪80a代。经过20多年的努力，尤其是近年来，国内加大了研究力度，使得中国生物质气化技术日趋成熟。目前已经成功开发出将生物质转化成可燃气体的技术，如河北的ND系列、山东的XFL系列、广州的GSQ一110型和云南QL50、60型气化设备；建成的多个生物质气化的供热、传热系统，应用在不同场合取得了一定的社会、环保和经济效益。

中国已研制的中小型生物质气化发电设备功率从几千瓦到2MW。秸杆燃烧发电在中国正成为现实，中国首台秸秆混燃发电机组，已于2005年底在华电国际枣庄市十里泉发电厂投运，该机组每年可燃用10.5万t秸秆，相当于7.56万t标准煤；另外，河南许昌、安徽合肥、吉林辽源、吉林德惠、北京延庆等地也在建设秸杆发电厂。

目前，中国使用的生物质热解气化技术，主要有固定床、流化床和直接干馏热解3种工艺形式，其中最为主要的是以空气为气化剂的常压固定床气化技术。

这类工艺不论是上吸式、下吸式或是平吸式的气流方式，都有设备结构简单、易于操作、可以实现多种生物质原料的热解气化、投资少等特点。但
是得到的生物质燃气热值低，一般只有5，000kJ/Nm^3
，且焦油含量高，容易造成管路堵塞。中国生物质气化炉的发展现状见表1。

表1　中国生物质气化炉概况

类型	型号	热输出 /kJ·h^{-1}	用途	研究单位
上吸式	GSQ－1100	(1.09－2.63)×10^5	生产供热	广州能源所
		1.6×10^5	锅炉供热	广州能源所
	ND600	6.27×10^5	木材烘干	中国农机院
	QFF－1000	1.25×10^5	气化供气	山东能源所
下吸式	QFF－2000	2.5×10^5	气化供气	山东能源所
	HQ/HD－280B	1.2×10^4	炉用炊事	中国农机院
循环流化床		1.316×10^6	生产供热	广州能源所
		9.2×10^6	技术试验	中科院化冶所
层式下吸式		5.76×10^5	发电	原商业部
		2.16×10^5	发电	江苏省粮食局
中热值气化炉		0.67×10^3	供气	广州能源所

(2)生物质与煤共流化、共气化，在生物质与煤共气化方面，中国近几年有了较深入的研究。煤和生物质共燃烧、转化技术及生物质能技术目前已被列入国家“863”计划。煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院已联合中国科学院广州能源研究所申请了国家863计划课题：新型生物质与煤共气化装置及工艺开发，准备对生物质与煤共气化进行深入研究，此课题现已得到国家批准。郭庆杰等指出，在生物质和惰性颗粒组成的不等密度体系中，浮升组分的质量分率大于50%时不能形成良好的流化状态。

宋新朝等在有机玻璃制成的圆柱型流化床中，对玉米秆、稻秆、煤及其混合物的流化特性进行了冷态实验研究，得出单一生物质颗粒不能形成良好的流化状态，而加入一定量煤构成生物质和煤2组分混合颗粒可以实现稳定流化，为确保正常流化，生物质的质量分率在混合颗粒中不宜超过50%，如图1所示。郭庆杰等在沙子和锯末混合实验中发现，采用与锯末粒径接近的沙子颗粒可以很好地混合，而用较大粒径的沙子时出现分离现象。宋新朝等得出生物质和煤混合颗粒在共流化时，采用较接近的粒径范围，可使混合颗粒实现良好的流化。

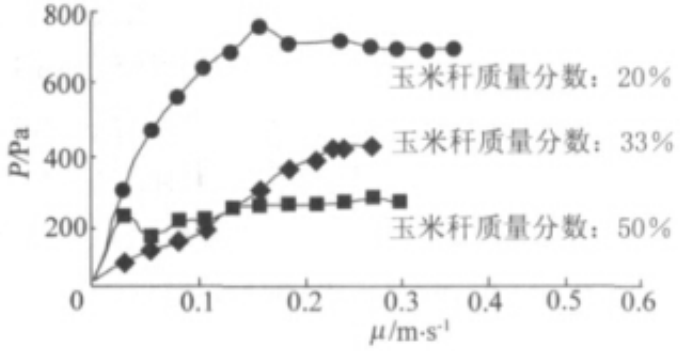

图 1 玉米秆和煤混合物的流化曲线

宋新朝等在热天平和流化床实验装置中研究了生物质与煤的共气化特性，在热天平实验中采用程序升温法，气化剂为水蒸气，得出物料的反应活性顺序为：高粱秆焦>稻秆焦>玉米秆焦>神木煤焦，且在一定温度下，生物质焦与煤焦混合物的气化碳转化率高于各自气化碳转化率的加和；在流化床气化实验中，比较了单独煤气化与稻秆/煤混合物气化的结果，得出混
合物气化碳转化率、气体中可燃组分
的体积分数均高于单独煤气化，气体中CO_2的体积分数低于单独煤气化CO_2
的体积分数，这表明在生物质与煤共气化过程中产生了协同效应。闫秋会等进行了煤与生物质共超临界水气化制氢的实验研究，发现在产氢率和气化率上出现了明显的协同效应。这与SjostromK等和PanYG等的研究结果相一致。

3国内外发展趋势与前景

发达国家由于生物质资源相对集中，多采用大型气化设备，设备自动化程度高；而中国目前生物质资源较分散，难以集中利用，仍以发展小型设备为主，且在基础理论和专项技术的研究方面与发达国家相比仍有较大的差距。世界各国都有大量的生物质资源，中国是农业大国，生物质能资源十分丰富，每年农作物废弃物就相当于6亿多吨标准煤，还有约3亿t煤当量的林业废弃物，而节能减排是当今世界一致公认的举措，生物质气化在国内外有着广阔的市场前景，开发低焦油产率、高气化效率的气化工艺是生物质气化的发展方向。生物质与煤共气化不仅可以弥补生物质单独气化时的某些缺陷，而且有利于煤炭资源的可持续
利用，并可减少CO_2、硫氧化物及氮氧化物的排放量，对保护环境，节约化石能源具有重要意义，极具开发前景。

4结语

生物质能开发利用研究是中国可持续发展技术的重要内容之一，已被列入中国21世纪发展议程。煤与生物质共气化过程中如能成功地裂解焦油，不仅可以提高生物质的利用效率，而且对燃气的后续加工利用及环境保护极其有利。目前，国内外对生物质与煤的共气化研究仍处在热天平和实验室规模的小型流化床或固定床气化炉技术水平，有许多研究工作待做。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/83612.html