

生物质气化技术的再认识

张齐生，马中青，周建斌

（南京林业大学竹材工程研究中心，江苏南京210037）

摘要：近现代，生物技术在工业、农业和能源领域得到广泛应用，对世界科技和经济发展起到重大的变革和促进作用。由于化石燃料资源性枯竭问题和环境污染问题，寻找一种清洁、可再生的替代燃料和燃料生产技术已迫在眉睫。

生物质气化技术作为一种清洁的可再生能源利用技术得到了快速发展，然而由于气化设备自身不够成熟以及未对气化副产物（生物质炭和生物质提取液）加以有效利用等问题，严重阻碍了生物质气化技术的商业化推广和运行。生物质气化多联产技术是指基于生物质下吸式固定床气化的气、固、液三相产品多联产及其产品分相回收、利用技术。该技术的提出，以及相关核心设备的开发成功与应用，为生物质气化技术的进一步发展提供了新的思路。笔者详细介绍了气化技术发展的历史和困境、生物质气化多联产技术的路线和核心设备以及多联产技术产品的开发和应用情况。

生物技术特别是转基因、克隆、酶工程等技术，已经深入到了工业、农业、矿业、化工医药、食品、能源和环境保护各个领域，对世界科技和经济发展起到重大的变革和促进作用；由于化石燃料资源性枯竭问题和环境污染问题，人们寄希望于可再生、清洁的生物质加工转化成可替代化石燃料的生物燃料和化学产品。

生物质是指可再生和循环利用的生物有机物质，主要包括种植、养殖、林业、农业产品加工和生活等有机废弃物，以及利用边际性土地种植的能源植物生产的纤维资源、油脂或其他次生代谢产物等。据估计，中国理论生物质能资源约50亿t，具有品种多、分散性强、能量密度低、收集成本高等特点。

因此，对生物质进行能源开发宜采用分散式、分布式、中小规模化开发方式，将其就地、就近利用。经过10多年的研究，

生物质能源转化技术的研究和应用，主要包括生物质物理、化学和生物转化技术，已取得了突破性进展，特别是大规模的生物质直燃发电技术和生物质乙醇技术的逐渐成熟，加上生命科学的飞速发展，人们已经看到了这种绿色能源替代化石能源的潜力和希望。

1 生物质气化技术发展历史和困境

1.1 生物质气化技术历史

生物质气化技术是以生物质为原料，以氧气（空气、富氧性气体或纯氧等）、水蒸气或氢气等为气化剂，在高温条件下通过热化学反应将生物质转化为可燃性气体的过程。生物质气化过程中还会产生生物质炭、生物质提取液（活性有机物、焦油）等副产物。气化技术可将低品位的固体生物质转化成高品位的可燃气体，从而广泛应用于工农业生产的各个领域，如集中供气、供热、发电、费托合成甲醇和乙醇等第2代生物燃料。

早在1798年，煤气化技术就已经在法国和英国出现。1812年，煤气化产生的燃气曾经作为伦敦市照明的主要燃料。直到1840年，法国的Bischoff才开发出一种小型的商业化生物质气化炉；1861年，Siemens在Bischoff的基础上进行了改进。二次世界大战后，由于中东地区大规模廉价优质石油的开发，几乎所有发达国家的主要能源都转为石油，生物质气化技术长时间处于停滞状态。直到1973年世界能源危机的爆发，使西方国家认识到化石能源的不可再生性和分布的不均匀性，可再生能源的研究逐渐成为热点，生物质气化技术作为一种重要的新能源技术重新引起全世界的关注和重视。

1.2 生物质气化技术发展困境

生物质气化技术根据气化炉的不同主要分为固定床气化技术和流化床气化技术。固定床气化炉优点是装置的结构简单、坚固耐用、运行方便可靠；缺点是内部过程难于控制，易架桥，生产强度小。流化床气化炉优点是传热传质均匀，气化反应速度快，碳转化率高，易放大设计；缺点是可燃气体中灰分含量高，设备结构复杂，原料尺寸需要细小均一。近些年，虽然生物质气化技术在全世界各地引起研究和应用热潮，但是大部分的气化发电或供热项目在开始运行不久后便难以为继，究其原因，主要分为以下几点：

(1) 气化副产物未加以资源化利用。气化过程还会产生大量的副产物生物质炭和生物质提取液。可燃气中焦油一般占燃气能量的5%~10%，经水洗净化处理后转变成大量的提取液，循环喷淋后浓度逐渐增加；固定床气化炉气化的炭得率为20%~30%，流化床的炭得率为5%~15%。气化副产物若不加以资源化利用，不仅降低了生物质利用效率，而且还会造成严重的环境污染。

(2) 气化设备技术不够成熟。固定床气化技术针对的是中小规模应用，主要存在的问题有：机械化、自动化程度较低，如开心式的稻壳气化炉容易架桥烧结，运行时需要耗费大量人力在炉顶操作，威胁到操作人员安全；焦油含量高，上吸式固定床所产燃气中含有大量的焦油，对燃气净化系统造成巨大负担，去除不净造成管路、阀门堵塞，内燃机需频繁维护；规模小，目前固定床单台产能一般都集中在200~500kW，不易放大规模，规模效益不佳；发电效率低，气化发电所用的内燃机一般都由低转速的柴油发电机改装而成，电转化效率只有30%，固定床气化发电效率为10%~15%。

流化床气化技术针对的是中等及以上规模应用，问题是：其一，若未采用BIGCC技术，高温的粗燃气和发电机尾气的余热未加以利用，热效率低，发电机组功率小，发电效率低；其二，若采用BIGCC技术进行规模化开发应用，那么整个气化系统将非常复杂，对系统的各个部分都有严格要求，需要开发高气化效率和低焦油含量可燃气的气化炉，配备能满足燃气轮机的高效燃气净化系统，开发适用低热值燃气的燃气机；其三，发电效率低，流化床气化发电效率也只有15%~25%，BIGCC技术发电效率也只能达到35%。

(3) 经济效益不佳。目前看来，气化发电的经济效益还不是很高，主要原因是：气化产品单一，只产出电产品，而未开发以生物质炭和生物质提取液为原料的相关产品；气化发电整体的电效率不高；规模还不是很大，单位发电成本较高，规模效益体现不出来。

从20世纪80年代起，我国的气化技术迅速发展，全国各地已经兴建或正在兴建的生物质气化发电厂数不胜数，由于受技术、资金、环境及安全等问题的困扰，能够长期稳定运行的不多。结合上述分析可知，生物质气化技术目前正处于商业化和产业化的最艰难时期，相关科研和从业人员都在寻找适合中国国情的生物质气化发展新思路，致力于研究新工艺，开发新产品。

2 基于生物质固定床气化的多联产技术的提出

笔者所在研究团队经过近10a在生物质固定床气化发电（或供热）、木（或竹）炭、木（或竹）活性有机物和活性炭等方面的研究和应用，提出了“基于生物质固定床气化的多联产技术”。区别于生物质气化热电联产（CHP）和生物质整体气化联合循环发电技术（BIGCC）等多联产技术，在此将“基于生物质固定床气化的多联产技术”定义为基于生物质固定床气化的气、固、液三相产品多联产技术，即将生物质可燃气、生物质炭、生物质提取液（活性有机物和焦油）三相产品分别加工开发成多种产品。多联产工艺的核心设备为下吸式固定床气化发电或供热设备。生物质固定床气化多联产工艺路线见图1，生物质气化发电工艺流程见图2。

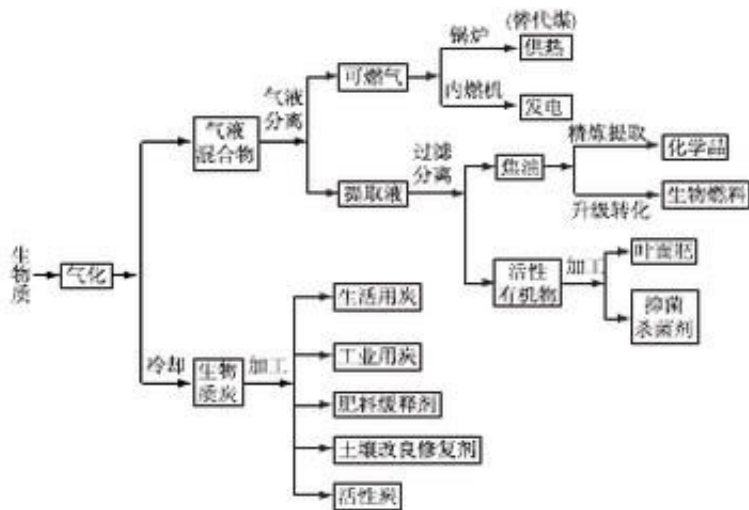


图1 生物质气化多联产工艺路线

Fig.1 Process flow chart of biomass gasification polygeneration

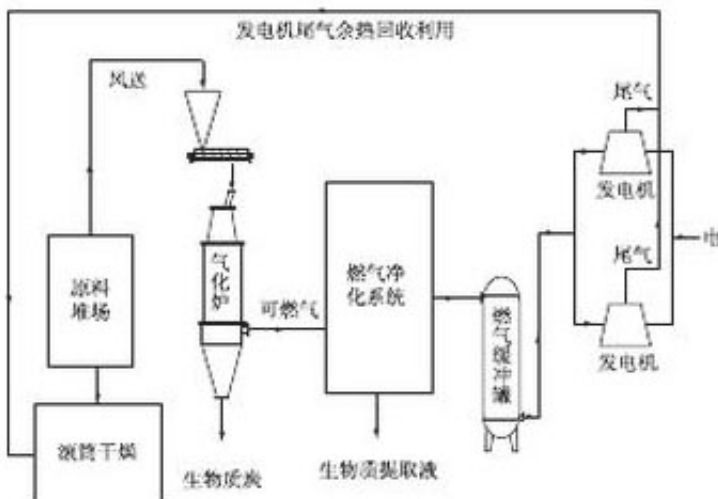


图2 生物质固定床气化发电工艺流程

Fig.2 Process flow chart of power generation using biomass fixed bed gasification

生物质固定床气化发电和供热设备，主要由固定床气化炉、燃气净化系统、内燃机或燃气锅炉组成。生物质气化产生的燃气经净化系统气液分离后分为生物质燃气和生物质提取液，气化炉下体还会产生生物质炭。生物质燃气可用于内燃机发电或替代煤向锅炉供热；生物质炭根据生物质原料的特性可分别制成速燃炭或烧烤炭，也用于冶金行业的保温材料，或可制成炭基肥料、缓释剂、土壤改良剂、修复剂等用于农业，还可制成高附加值的活性炭产品；生物质提取液中的有机组分可加工成叶面肥等作物生长调节剂，也可制成抑菌杀菌剂，焦油可经精炼提取成苯、甲苯、二甲苯（BTX）及其他用途的化学品，或升级转化为清洁生物液体燃料。

基于生物质固定床气化多联产技术是一条生物质综合、高效、洁净利用的先进技术路线，是综合解决生物质气化技术面临困境的重要途径和关键技术，主要表现为：

（1）多联产可以生产多种产品并提高生物质的利用效率，多联产在发电的同时，还可以大规模的生产炭基缓释肥、活性炭、叶面肥、BTX等高附加值产品，拓展其在农业和化工业上的应用，有效扩展了生物质的利用范围。

(2) 多联产对因水洗产生的生物质提取液和生物质炭等副产物进行资源化利用，能有效杜绝气化过程的环境污染，满足未来社会对环保更严格的要求。

(3) 多联产还有利于提高系统可靠性和可用率，如果其中一种产品被社会淘汰或者经济效益并不显著，可以开展另外一种新兴产品的应用，提高生物质气化技术的生命力。

(4) 通过利用多台1MW的气化炉并联集中供气发电，扩大固定床气化发电规模，对发电机尾气余热进行回收利用，提高生物质利用效率，降低单位发电成本，提高生物质规模效益。

3 生物质下吸式固定床气化系统设备

3.1 生物质下吸式固定床气化炉

生物质固定床气化炉主要分为上吸式、下吸式气化炉和横吸式气化炉。下吸式固定床气化炉因其燃气中焦油含量低（50~500mg/m³）的优点，特别适合于内燃机发电，是目前固定床气化炉中的研究热点。下吸式固定床气化过程从上至下主要分为4个反应区：干燥区、热解区、氧化区和还原区（图3）。

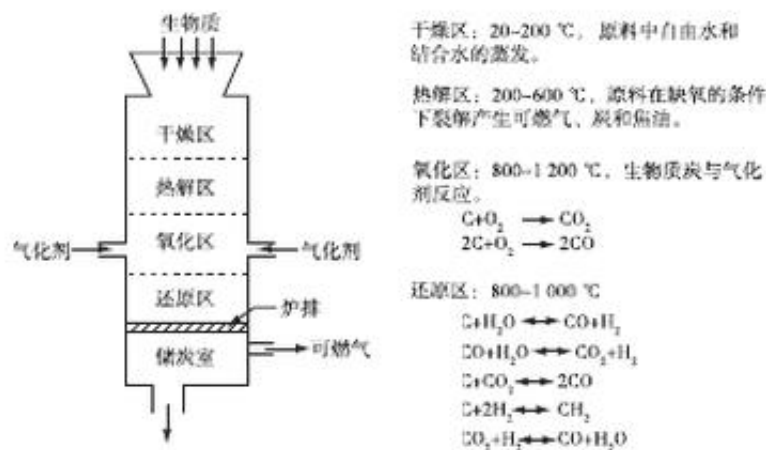


图3 下吸式固定床气化炉气化原理图

Fig.3 Schematic diagram of downdraft fixed bed gasifier

下吸式气化炉性能主要根据可燃气成分、热值和产量，可燃气体中焦油含量，气化炉的产能、碳转化率和冷气效率等方面来判断，其性能主要受当量比、表观速度、物料特性（化学组成、含水率、形态（粒径））、气化剂种类等因素的影响。以空气为气化剂，通过对木材、榛子壳、甘蔗渣、橄榄果渣、畜禽粪便、稻壳、城市下水道污泥等生物质进行气化研究表明，下吸式固定床气化炉的主要性能如下：当量比0.2~0.5，含水率25%，可燃气体主要成分中，含CO15%~20%、H₂15%~20%、CH₄0.5%~2%、CO₂10%~15%，热值4~6（MJ/Nm³），冷气效率55%~80%，碳转化率75%~95%，电转化率10%~15%。

笔者研究团队开发的稻壳和木片下吸式固定床气化炉，为了克服固定床的缺点，进行如下改进：

(1) 提高设备的机械自动化水平：进料和出炭采用风送系统，集中供料和收炭；气化炉顶部采用拨料器自动拨料，炉内采用炉排结构，通过液压驱动升降往复，避免了炉内架桥和烧穿现象，无需人工通炉。

(2) 降低焦油含量：采用二步进气方法，提高炉内反应温度，使炉内有两个高温氧化区，使可燃气体经过二次裂解，不仅降低可燃气体焦油含量，还提高燃气热值。

(3) 便于放大设计：气化炉采用直筒形（Stratified），而非喉式（Imbert）气化炉，便于扩大规模设计。采用此种结构，目前已经成功开发出1MW的木片和稻壳气化炉。

(4) 延长使用寿命：气化炉下炉体和炉排采用水夹套结构，既能冷却不在反应区炭的温度，又能降低炉体这几个部位的温度，延长炉体使用寿命。

3.2 生物质燃气净化系统

生物质气化炉中产生的可燃气为气液混合物，不能直接加以利用，其中含有大量杂质，主要是固体杂质（灰、焦炭、颗粒）、液体杂质（焦油、水蒸气）和少量微量元素（碱金属等），必须经过净化处理才能进入发电机发电。固体杂质的去除比较简单，一般采用干式和湿式这两种物理法去除。干式除灰主要设备有旋风分离器、颗粒层过滤器、袋式除尘器等。湿式除灰是利用液体（一般为水）作为捕集体，将气体中杂质捕集下来，主要设备有鼓泡塔、喷淋塔、填料塔、文丘管洗涤器等。液体杂质，特别是焦油组分的去除比较复杂，这是气化技术的一大难点。焦油去除方法主要有机械/物理法、热裂解法和催化裂解法。虽然热裂解法和催化裂解法实验研究效果显著，但是离工业化应用还有很大差距，主要原因：催化剂易钝化，价格昂贵，难以回收利用；设备技术不成熟，成本投资太大等。因此目前应用最广泛的是机械/物理除灰/焦法。

3.3 生物质燃气发电机

下吸式固定床气化发电所用发电机一般采用往复式内燃机（RICEs）中的柴油机，其具有热效率高、启动性能好、耐久性好、维护

周期长的优点。RICEs对生物质燃气质量

要求是固体杂质含量少于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，焦油含量少于 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$

。传统的RICEs一般都是以热值较高的天然气、柴油和汽油为燃料，而下吸式固定床气化炉产出的生物质燃气的热值一般只有 $4\sim 6\text{MJ}/\text{Nm}^3$

，其中含氢量、氮含量分别为 $15\%\sim 20\%$ 、 $40\%\sim 50\%$ （体积分数），而且可能还含有少量未净化完全的焦油。因此为了适应成分特殊、热值更低的生物质燃气燃料，RICEs必须经过适当的改进才能适用于燃气发电，主要包括机械部件和燃烧工艺的改进，改进型柴油机的电转化效率只有30%左右。

目前适用于生物质燃气发电的改进型柴油机一般都在 $200\sim 500\text{kW}$ ，山东淄博淄柴新能源有限公司与笔者研究团队合作已成功开发出 1MW 的燃气柴油机，使之与 1MW 下吸式固定床气化炉配套使用。

4 生物质固定床气化多联产产品研究和应用分析

生物质原料经过固定床气化后转化成生物质可燃气、生物质炭、生物质提取液（活性有机物和焦油）三相产品，其中生物质燃气的应用已经相对比较成熟，对生物质炭和提取液的应用报道较少。生物质原料经过固定床气化后转化成生物质三相产品见图4，固定床生物质气化发电项目实例见图5，生物质提取液应用实例见图6。

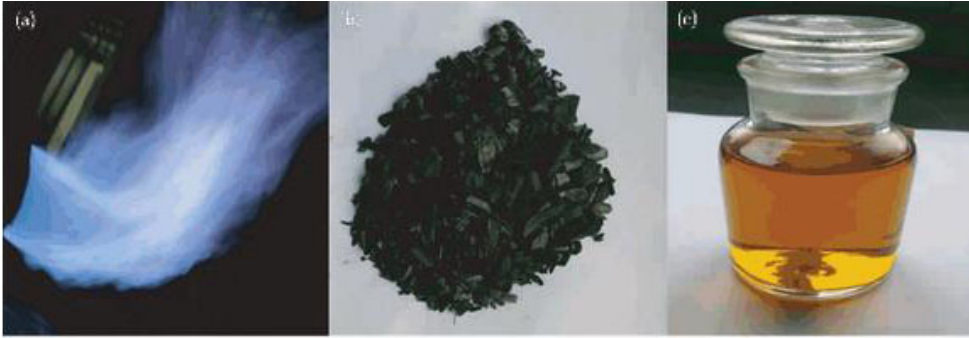


图4 生物质气化产生的气、固、液产品

Fig.4 Gas-solid-liquid products from biomass gasification



图5 固定床生物质气化发电项目实例

Fig.5 Few power generation projects of fixed bed gasifiers

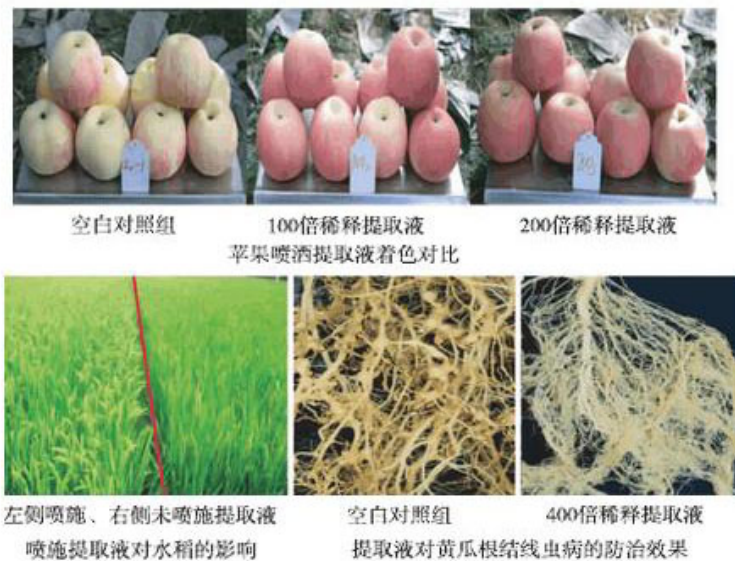


图6 提取液在农业上的应用

Fig.6 The application of bio-extract in agriculture

4.1 生物质可燃气的应用（发电和供热）分析

世界范围内有文献记载的商业化的生物质下吸式固定床气化发电（或供热）项目情况，在发达国家或者发展中国家都有分布，基本上属于小规模的应用（ $< 3\text{MW}$ ）（表1）。燃气用于供热时，需要在锅炉前加装特殊燃烧器。南京林业大学经过多年的研究成功开发出以稻壳和木片为原料的500~1000kW的下吸式固定床气化发电（或供热）设备，其中在安徽颍上和江苏常州的项目已经成功连续运行超过2年，技术已经成熟，另外还有几个项目正在建设和调试中，2年之内也将全部开始商业化运行。

表1 文献记载的生物质下吸式固定床气化炉的商业化应用项目
Table 1 Recorded commercially available downdraft fixed bed gasifiers in the world

应用地 region	原料 raw material	产能/kW capacity	生产商 (技术支持单位) producers
美国	木材	1 000	GLEW
美国	木片,玉米棒	40	Strwalley Engg.
丹麦	木材加工剩余物	500	Hollesen Engg.
新西兰	木块,木片	30	Fluidyne
法国	木材,农业剩余物	100 ~ 600	Martez
英国	木片,榛子壳	30	Newcastle Univ of Tech
英国	农业加工剩余物	300	Shawton Engineering
瑞士	木材,农业生物质	50 ~ 2 500	DASAG
瑞士	木材	25 ~ 4 000	HTV Energy
印度	木片,稻壳	100 [*]	Associated Engineering Works
印度	木材,玉米棒,稻壳	—	Ankur Scientific Energy Technology
南非	木块,木片	30 ~ 500	SystBM Johnsonson gas producers
荷兰	稻壳	150	KARA Energy Systems
中国北京	锯末	200	Huairou Wood Equipment
中国山东	农作物秸秆	300 ^①	Huantai Integrated Gas Supply System
中国湖南	农作物秸秆	300 ^①	Dalian Integrated Gas Supply System
中国江苏镇江	木片	200 ^②	南京林业大学
中国黑龙江	木片	500 ^②	南京林业大学
中国安徽颍上	稻壳	500 ^②	南京林业大学
中国浙江杭州	木片	500 ^②	南京林业大学
中国江苏常州	稻壳	2 000 ^①	南京林业大学
中国广西南宁	木片	300 ^②	南京林业大学 (正在调试)
中国浙江嘉兴	木片	500 ^②	南京林业大学 (正在建设)
中国湖南	稻壳	500 ^②	南京林业大学 (正在建设)
中国山东威海	果树枝条	1 000 ^②	南京林业大学 (正在建设)

注：^{*} 产能单位为 kg/h；^① 燃气用于供热的产能；^② 燃气用于发电的产能。

笔者认为，通过开发出1MW的固定床气化炉及配套的1MW燃气发电机，然后多台并联的1MW气化炉通过储气罐供气给多台并联的1MW的发电机，即可实现下吸式固定床气化发电技术的中等及以上规模化生产，产生的电可并网使用。通过并网模式可以实现固定床气化发电的规模化发展，再通过回收发电机尾气（400~500℃）的热能，用于干燥原料，进一步提高生物质热效率，是一种有潜力的可再生能源利用方式。

4.2 生物质炭的应用分析

4.2.1 生物质炭的组成

生物质炭 (Bio-char) 是指由富含碳的生物质通过裂解或者不完全燃烧生成的一种富炭产物。生物质经过下吸式固定床气化后, 产炭率为15%~25%。生物质炭根据其原料的不同, 可分为农作物秸秆炭、木炭和稻壳炭等。表2列出3种气化炭的元素和工业分析, 文献中分析了各种炭的微量元素含量、比表面积、孔容和孔径分布。总体上说, 固定床气化产生的生物质炭还具备一定的燃烧热, 富含植物生长必需的N、P、K、Ca、Mg等营养元素, 具备较强吸附功能的孔隙结构。

表2 几种下吸式固定床气化生物质炭的元素及工业分析
Table 2 Element analysis and industrial analysis of some biochar from downdraft fixed bed

生物质炭 biochar	工业分析 industrial analysis				元素分析 /% element analysis					
	c (挥发分) / %	c (固定碳) / %	c (灰分) / %	高位热值 / (kJ·kg ⁻¹) high heating value	C	H	O	N	S	Si
木炭	11.1	85.4	3.5	31 768	81.6	2.1	14.6	0.4	0.13	—
稻壳炭	5.2	52.6	42.2	20 468	60.9	1.8	13.5	0.8	0.1	22.1
稻草炭	12.5	65.8	21.7	22 154	68.6	1.5	8.4	0.4	0.076	2.3

4.2.2 农业用——有机复合肥料和土壤修复剂

生物质炭主要由碳元素组成, 并富含植物生长所必需的营养元素及发达的孔隙结构, pH为8~10, 因此其在农业上应用的前景广阔。其主要作用有: (1) 碱性的生物质炭可以改良酸性土壤; (2) 生物质炭发达的孔隙可以增强土壤的通气性和保水能力, 同时也为微生物提供了生存和繁殖的场所; 生物质炭的孔隙可以影响作物对分子的吸附和转移; (3) 生物质炭的多孔结构使表层土壤空隙度增加, 密度减小, 这种结构有利于植物根系的生长, 从而促进作物地上部分的生长, 提高作物的产量; (4) 生物质炭可以吸附和保持水分, 并且可以增强土壤水分的渗透性; (5) 生物质炭在土壤中有极强的抗微生物和化学分解的能力, 这使得它可以在土壤中存储较长的时间, 同时缓慢释放营养供植物吸收; (6) 生物质炭的多孔结构和表面丰富的含氧官能团使得生物质炭具有较强的吸附有毒物质的能力, 可以用来修复污染土壤; (7) 生物质炭具有积聚能量的性能, 能适当提供土壤温度(1~3℃)。

基于生物质炭的以上功能, 开展农作物秸秆炭(稻草炭、麦秸炭、玉米秸炭等)在农业上的应用, 制成炭基复合肥料和土壤修复剂, 使之“取之于田, 用之于田”, 对促进农业低碳、循环、可持续发展具有重要意义。沈阳农业大学以农作物秸秆炭为原料制成炭基缓释肥料, 在大田试验中表现出明显的增产和提高品质效果, 同时减少养分的淋溶损失和化学肥料的面源污染, 维持了土壤的可持续生产能力, 目前正处于市场开发和推广阶段。南京林业大学也利用生物质炭开发出有机肥料, 基质等产品用于农业生产。现在, 炭基复合肥料等产品都处于工业化推广阶段, 需通过大规模推广应用来验证生物质炭还田的各种性能与效果。

4.2.3 民用——成型炭燃料根据表2可以看出生物质炭还有一定的燃烧热值, 特别是木炭热值达到近31768kJ/kg, 甚至超过标煤的热值(29260kJ/kg), 因此将其制成型炭和速燃炭, 可替代煤广泛用于工业生产和民用生活, 如工业锅炉、供暖、餐饮、烧烤等。生物质成型炭燃料具有形状规则、较高的堆积密度与强度、易燃、无烟、无污染、灰分少、热值高等优点。速燃炭制作时还需要添加一定量的引燃剂, 包括各类易燃的无机材料, 碳酸钠、硝酸钠、硝酸钾、硝酸铯、氯化钠以及以一定质量比例混合的氢氧化铝和氯化钠, 确保制成的速燃炭满足“一点即燃”。

4.2.4 工业用——活性炭/冶金保温材料

气化产生的木炭具有较高的固定碳, 较低的灰分, 非常适合制成活性炭产品, 提高生物质炭的附加值, 已有人对其可行性进行了研究。稻壳炭和稻草炭等虽然灰分含量较高, 但是其Si含量也非常高, 因此也可考虑用其制活性炭同时提取SiO₂。稻壳炭目前主要还是用于冶金行业的保温材料, 将其覆盖在钢水、铁水上进行保温, 可大大提高成产率。

4.3 生物质提取液(活性有机物和焦油)的应用分析

4.3.1 生物质提取液成分

生物质燃气经水洗和冷凝后会产生大量提取液, 提取液循环喷淋后浓度会逐渐增加。提取液的主要成分可分为两大类: 一类为水溶性的活性有机物, 主要成分为有机酸、酚类、醛类、酮类、酯类等有机物; 另一类为易溶于有机溶剂的焦油, 主要成分为芳香族化合物, 大部分的焦油(分子质量较大)都会沉淀在提取液循环池底部, 少量的焦油(分

子质量较小)会漂浮于提取液表面。

目前关于生物质气化产生的活性有机物和焦油的具体组分的数据非常有限,而关于生物质热解产生的醋液的成分的定量和定性分析非常详细,两种工艺同属生物质热化学转化,只是温度和工艺有一定的差异。由文献可知几种生物质热解醋液的主要成分为酚类、酮类、有机

酸和醛类等,密度为 $1 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$

, pH为 $2 \sim 3$, 颜色为深棕色,并且具有浓烟焦味。通过GC/MS分析了热解产生的竹焦油的化学组分,含93种化合物,主要分为脂肪族化合物和芳香族化合物。脂肪族化合物的相对含量为 7.31% ,主要为环戊烯酮和有机酸衍生物;芳香族化合物的相对含量为 75.24% ,主要为烷基苯酚、烷基苯、杂环类及其取代物。

4.3.2 生物质活性有机物提取液的应用

日本、韩国等国家对于竹醋液的研究较为深入,已广泛应用于工农业和环境保护领域。经过江苏省疾病预防控制中心的细胞毒性试验,遗传毒性试验和经口急慢性试验证实活性有机物在农业生产上使用安全。大量研究表明,活性有机物具有以下功能:(1)促进农作物种子发芽、生根、生长;(2)提高水果的产量和糖度,改善鲜果口感和外观品质;(3)具有抑菌、杀菌和驱避害虫能力;(4)防治土壤中根结线虫病。

鉴于活性有机物的以上功效,可制成植物生长调节剂(叶面肥)和抑菌、杀菌剂。笔者所在团队在宁夏、江西、江苏、山东等省市对几种水果开展叶面肥的田间试验发现,提取液能增加西红柿的座果率,改善苹果的着色、口感和产量;与山东新港生物科技有限公司合作开发的叶面肥经2年多的推广应用,证明不仅具有肥效,又具有抑虫防病的功能,能提高农产品的品质,在农民中反响很好,推广应用前景广阔。另外,研究了提取液对线虫病的防治效果,使用400倍稀释的提取液对盆栽黄瓜土壤进行浇灌,与空白对照组对比后发现,土壤pH下降 15.81% ,病株率下降 54.54% ,病情指数下降 59.51% ,证明其对防治线虫病有良好的效果。此项技术的成功推广应用将有效减少农药用量,缓解有害生物的抗药性,减轻农药对环境的毒性压力,促进我国无公害、绿色及有机农业的发展。提取液在农业上的应用效果见图6。

4.3.3 生物质焦油的应用

(1)特殊化学品。目前生物质气化焦油的产品开发还很少,然而煤焦油相关产品开发却已非常成熟。全世界每年需要消耗 3.7×10^7

t芳烃类化学品,其中有 $1/6$ 只能从煤焦油提取出来,例如 $15\% \sim 25\%$ 的BTX(苯、甲苯和二甲苯)和 95% 的多环芳烃只能来自于煤焦油。为了得到高附加值的化学品,根据焦油成分沸点的不同,焦油需要通过蒸馏进行粗分,然后再使用其他的技术进行提纯分离成各种化学品。煤焦油的高附加值提纯利用,可为生物质气化大规模发展产生的生物质焦油的应用提供思路。

(2)可再生燃油(Bio-oil)。目前对于快速裂解制生物油的研究非常多,很多研究者将其作为可替代柴油、汽油的可再生绿色燃料进行开发和应用。快速裂解生物油由于黏度高、腐蚀性强、热不稳定、易老化和低热值等缺点,难以直接作为燃料使用。目前有几种方法对其进行品质升级,有物理方法和催化升级等方法。物理方法:通过添加极性溶剂(如甲醇),可改善生物油的黏度和均匀性,提高热值;或者添加表面活性剂后与柴油进行混合乳化,经过物理法升级的生物油可替代柴油、汽油等供发电机发电或供锅炉燃烧。催化升级:通过催化加氢和催化裂。

气化焦油和快速裂解产生的焦油(生物油)的热值相差不大(表3),只是气化焦油中水分、碳元素和灰分含量更高,因此气化焦油与快速热解生物油一样,具备制成高品质生物油的潜力。

表 3 快速热解和气化产生焦油的组分和热值

Table 3 Chemical composition and heating value of bio-oil (ar) from fast pyrolysis and gasification

原料 material	含水率 / % moisture	化学组成 / % chemical composition					灰分 ash	高位热值 / (MJ·kg ⁻¹) high heating value
		C	H	O	N			
气化焦油	50	76	6.1	15	4.1	1.5	16.8	
快速热解油	25	56	6	38	0.1	0.1	17	

目前，生物质气化的焦油还难以进行工业化应用。原因是与煤焦油相比，各地气化工厂产生的焦油太分散，且产量也不是很大，最好隔一段时间收集清理一次，如果不能高附加值利用，为防止造成环境污染，可直接与原料混合后进气化炉再次气化，或者与木炭混合制成成型炭棒供锅炉燃烧。

5 结语

综上所述，生物质气化技术的困境主要是技术不够成熟，气化副产物未加以资源化利用，规模效益不突出。生物质气化多联产技术的提出为生物质气化技术走出困境指明了新思路，将彻底解决气化技术目前存在的问题。生物质气化技术虽然是一项传统的技术，但是在原有技术的基础上，深入研究它的发生、发展和调控规律，克服它固有的某些缺陷，并赋予它更多的新活力。对生物质气化技术的认识和应用，将会在我国和世界的生物质资源化利用领域中，发挥它应有的贡献。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/82355.html>