

生物质发电技术发展探讨

陆智¹，李双江²，郑威³

(1广西电力工业勘察设计研究院，广西南宁530023；2河北省电力勘测设计研究院；3中南电力设计院)

摘要：联系生物质发电技术的发展趋势，分别对生物质直接燃烧发电技术、生物质与煤混合直燃发电技术和生物质气化发电技术进行深入分析，并对比生物质直燃技术和生物质气化技术的优劣势。

生物质能是唯一可储存的可再生能源，其利用过程环境友好，且可替代化石能源减排CO₂，因而是一种颇具产业化和规模化利用前景的可再生能源，对我国能源结构的优化意义重大。发展生物质发电，是构筑稳定、经济、清洁、安全能源供应体系，突破经济社会发展资源环境制约的重要途径。秸秆发电变无序焚烧为集中燃烧并发电、造肥，节省了大量煤炭资源，并增加农民收入。秸秆在生长和燃烧中不增加大气中CO₂量，且含硫量极低，仅为0.1%。发展生物质发电，替代煤炭，可显著减少CO₂等温室气体和SO₂的排放，有巨大的环境效益。

1 生物质直接燃烧发电利用技术

生物质直燃发电就是将生物质直接作为燃料进行燃烧，用于发电或者热电联产。生物质直接燃烧具有以下特点^[1]：

(1) 生物质燃烧所放出的CO₂大体相当于其生长时通过光合作用所吸收的CO₂，因此可以认为是CO₂的零排放，有助于缓解温室效应；

(2) 生物质的燃烧产物用途广泛，灰渣可加以综合利用；

(3) 生物质燃料可与矿物质燃料混合燃烧，既可以减少运行成本，提高燃烧效率，又可以降低SO₂、NO_x等有害气体的排放浓度；

(4) 采用生物质燃烧设备可以最快速度实现各种生物质资源的大规模减量化、无害化、资源化利用，而且成本较低，因而生物质直接燃烧技术具有良好的经济性和开发潜力。

1.1 单燃生物直燃技术

在欧美发达国家主要燃烧的生物质是木本植物，在我国，由于特殊的国情使得我们用于燃烧的物质基本局限于秸秆等草本类植物。

据有关文献对秸秆的燃烧机理进行的研究，秸秆等生物质与常规燃料的区别主要有以下几点^[2]：

(1) 秸秆的含水量较大，约20%，是常规燃料的8~10倍。因此，在锅炉相同出力的情况下，其烟气量约是常规燃料的1.5~2倍。在锅炉受热面布置时，要充分考虑这一情况。

(2) 秸秆的堆积密度较小。秸秆投入炉内燃烧时，先落在炉床上，随着水分蒸发，开始漂浮在炉内进行燃烧。因此，在这类锅炉设计时，一定要考虑到燃烧室的体积要大一些，使得燃料在炉内有足够的停留时间，得以完全燃烬。

(3) 从燃料的燃烧过程来看，大多数秸秆（除甘蔗渣外）在干燥后，挥发份快速脱离母体迅猛燃烧，挥发份不附着在秸秆表面燃烧，这与煤的燃烧机理是完全不同的。

(4) 逸出挥发份后的秸秆变黑成为暗红色焦炭粒子，未见明显的火焰，而且在炉膛高温火焰的辐射下，缓慢地燃

烧，燃烬时间也较长。

1.1.1层燃炉燃烧技术

层燃炉燃烧技术主要以炉排炉为代表，燃料在固定或者移动的炉排上实现燃烧，空气从下方透过炉排供应上部的燃料，燃料处于相对静止的状态，燃料入炉后的燃烧时间可由炉排的移动或者振动来控制，以灰渣落入炉排下或者炉排后端的灰坑为结束。图1给出了丹麦正在使用的一种很典型的的活动炉排炉。

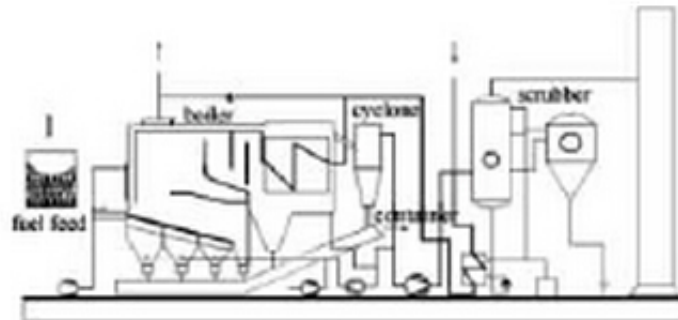


图 1 丹麦典型燃炉排炉系统图

1.1.2循环流化床燃烧技术

循环流化床锅炉独特的流体动力特性和结构使其具备很多独特的优点，如燃料适应性广，低温燃烧，燃烧效率高，负荷调节性能好等。

瑞典、丹麦、德国等发达国家在流化床燃用生物质燃料技术方面具有较高的水平。美国爱达荷能源产品公司已经开发生产出燃生物质流化床锅炉，锅炉蒸汽出力为4.5~50t/h，供热锅炉出力为36.67MW；美国CE公司利用鲁奇技术研制的大型燃废木循环流化床发电锅炉出力为100t/h，蒸汽压力为8.7MPa；美国B&W公司制造的燃木柴流化床锅炉也于20世纪80~90年代初投入商业运行。此外，瑞典以树枝、树叶等林业废弃物作为大型流化床锅炉的燃料加以利用，锅炉热效率可达到80%^[4]

；瑞典和丹麦正在实行利用生物质热电联产的计划，使生物质能在提供高品位电能的同时，满足供热的要求。

1.2生物质与煤混合直燃技术

混合燃烧的技术优势^[5]：

(1) 生物质是可再生能源，煤粉炉中生物质共燃，可以利用现役电厂提供一种快速而低成本的生物质发电技术，也是一种最好（廉价而低风险）的利用可再生能源发电的技术。

(2) 煤粉燃烧发电效率高，可达35%以上，生物质共燃正是借用其高效率的优点，这是现阶段其它生物质发电技术难以比拟的。

(3) 生物质燃烧低硫低氮，在与煤粉共燃时可以降低电厂的SO₂和NO_x排放。

(4) 对于煤粉燃烧电厂，共燃生物质意味着CO₂排放的降低，被公认为是现役燃煤电厂降低CO₂排放的最有效措施。

(5) 我国生物质资源丰富，可利用未被利用的生物质折合近4亿t标准煤，且分布广泛，可就地利用；另一方面，大量利用生物质发电可增加农民收入，促进农业和农村经济的可持续发展。

(6) 生物质共燃技术简单，投资和运行费用低。生物质相对较便宜，对燃煤电厂而言还可增加燃料的选择范围和燃料适应性，降低燃料成本。

丹麦哥本哈根AVEDORE电厂，2002年增加了热功率为105MW的生物质发电设备，采用天然气（油）与麦秸混合燃烧工艺，每小时秸秆消耗25t，秸秆主要来源于芬兰和丹麦。生物质的水分含量用超声波测定，控制在25%左右^[6]。

2 生物质气化发电技术

生物质气化是在高温下部分氧化的转化过程。该过程是直接向生物质通气化剂（空气、氧气或水蒸汽），使之在缺氧的条件下转变为小分子可燃气体的过程^[7]。

目前，生物质气化技术大体上可按2大类进行分类：按气化剂分类，按设备运行方式分类。

2.1 按气化剂类型分类

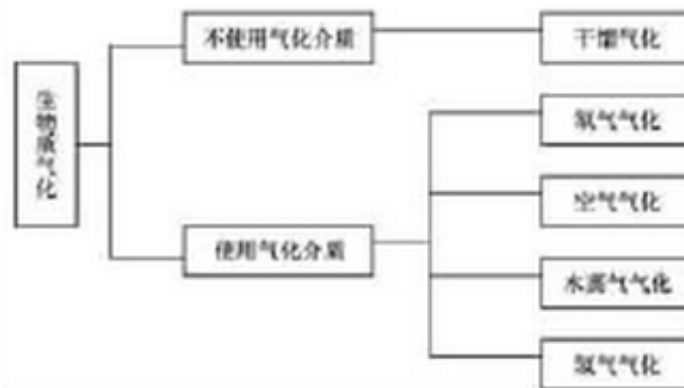


图 2 生物质气化技术分类 1

生物质气化技术按气化剂类型分类如图2。其中，干馏气化其实是热解气化的一种特例。且由于干馏是吸热反应，应在工艺中提供

外部热源以使反应进行。氧气气化则不需要提供外部热源，产品为热值为15000kJ/m³的中热值气化气。空气气化由于N₂的加入，使其可燃气体成分含量降低，热值也随之降低在5000kJ/m³

左右，为低热值气体。氢气气化反应条件苛刻，需要在高温高压且具有氢源的条件下进行，其气化气为热值高达22260~26040kJ/m³的高热值气化气。表1给出几种气化剂气化性能^[8]。

表 1 几种气化剂气化性能

	空气气化炉	氧气气化炉	水蒸气气化炉	氢气气化炉
气化剂	空气	氧气	水蒸气	氢气
热值 /kJ/m ³	4200 ~ 7500 (低热值)	10920 ~ 18900 (中热值)		22260 ~ 26040 (高热值)
用途	锅炉、干燥、动力	区域管网、合成燃料、氨		工艺热源、管网

2.2 按气化装置运行方式分类

生物质气化技术按气化装置的运行方式分类如图3^[9]。



图3 生物质气化技术分类 2

国内外已投入商业运行的气化方法主要有：固定床气化炉、流化床气化炉。固定床气化炉可分为下吸式、上吸式、横吸式和开心式。其中下吸式气化炉应用最广。

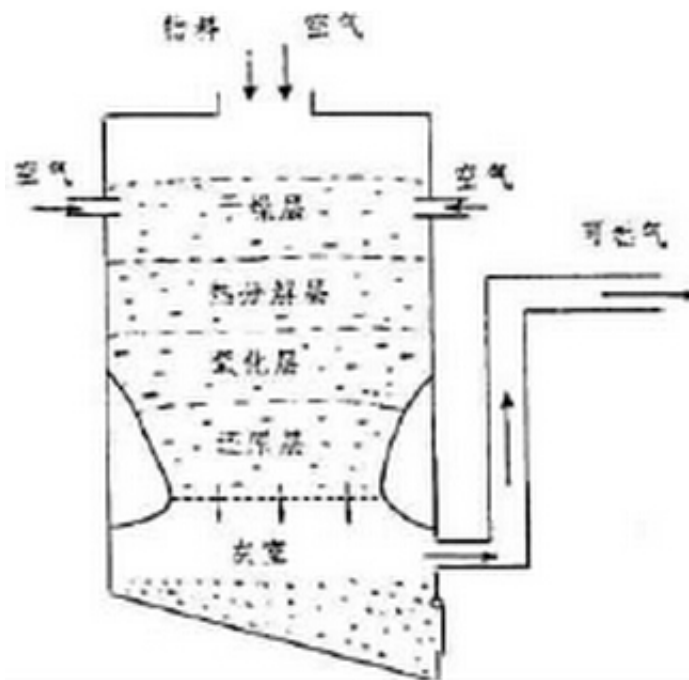


图4 下吸式固定床气化炉反应图

图4是下吸式固定床气化炉的基本结构和气化反应示意图。生物质原料由炉顶的加料口投入炉内，气化剂（空气、氧气）可以由顶部进入，也可以在喉部加入。气化剂与物料混合向下流动，在高温喉管区发生气化反应。

下吸式气化炉主要特点是气化强度高（相对于上吸式），工作稳定性好，可随时加料；由于燃烧区在热解区与还原区之间，因而干馏和热解的产物都要经过燃烧区，在高温下裂解 H_2 和 CO ，使得气化中焦油含量大为减少。

流化床气化炉按气化炉结构和气化过程，可将流化床气化炉分为循环流化床、双流化床和携带床四种类型。按吹入气化剂的压力大小，流化床气化炉又可分为常压流化床和加压流化床。其中循环流化床由于其众多优点，适用于大型商业化运行。

循环流化床是唯一在恒温床上反应的气化炉。气化反应在床内进行，焦油也在床内裂解。流化介质一般选用惰性材料（沙子）或非惰性材料（石灰或催化剂），可增加传热及清洗可燃气，适合水分含量大、热值低、着火困难的生物质燃料。循环流化床气化炉的主要缺点是入料需要预处理，产气中灰分需要很好的净化处理和部件磨损严重。

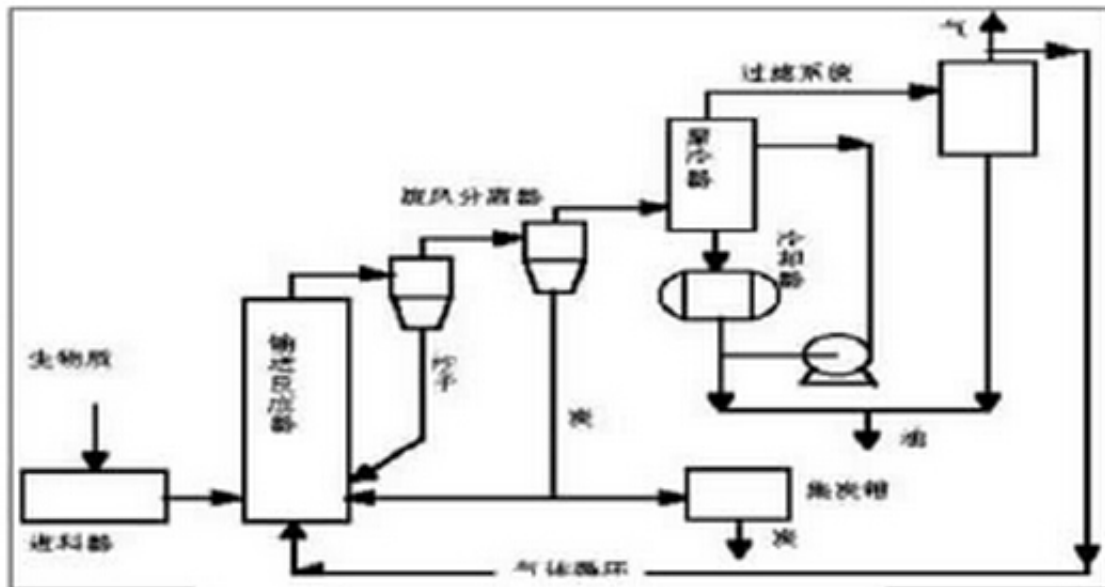


图 5 意大利 Ensyn 循环流化床热解工艺流程图

图5是意大利Ensyn Engineering研究的上流式循环流化床反应器的工艺流程图。典型操作条件为温度600℃，加工能力100kg/h，以杨木为原料时产气率可达65%。优点在于结构紧凑、传热速率高、气相停留时间短、有效抑制裂化，但是载气需求量大^[10]。

气化产生的可燃气主要用来发电。生物质气化的发电技术有以下3种方法：带有气体透平的生物质加压气化、带有透平或者引擎的常压生物质气化、带有朗肯循环的传统生物质燃烧系统。传统的生物质气化联合发电技术（BIGCC）包括生物质气化、气体净化、燃气轮机发电及蒸汽轮机发电^[11]。

生物质气化发电技术的基本原理是把生物质转化为可燃气，可利用可燃气推动燃气发电设备进行发电。气化发电工艺包括3个过程：生物质气化，把固体生物质转化为气体燃料；气体净化，气化出来的燃气都带有一定的杂质，包括灰分、焦炭和焦油等，需要经过净化系统把杂质除去，以保证燃气发电设备的正常运行；燃气发电。目前，国际上有很多发达国家开展提高生物质发电效率方面的研究，如美国Battelle（63MW）项目，欧洲英国（8MW）和芬兰（6MW）的示范工程^[12]。图6给出了生物质气化发电系统。

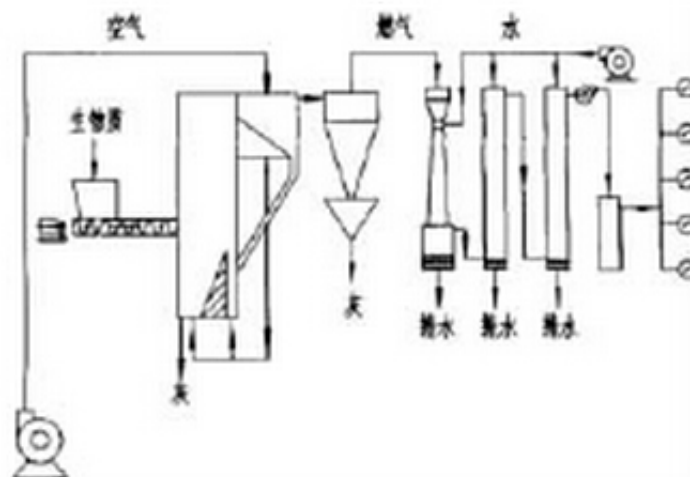


图 6 生物质气化发电系统

针对我国广大农村的现状,浙江大学热能工程研究所开发的生物质中热值气化集中供气新型生物质能源利用技术,它将秸秆高效利用和解决农村用能问题有机结合起来,即将丰富的秸秆资源转化为高品位、中热值的清洁煤气供民用或发电。同时,产生的半焦炭和其它副产品又可作为有机复合肥料还田,从而实现秸秆资源综合利用。

该技术以农业废弃物为气化原料,特别适用于稻秆、麦秆等软质秸秆,采用先进高效的干馏加热系统将燃料燃烧和气化相结合,同时通过控制运行参数等方式解决秸秆结团问题,使燃料中固体和气体成分得到合理利用,实现较高的燃料利用率。在基本完成气化机理试验之后,浙江大学热能工程研究所又开展了生物质热解制气的中试试验研究和生物质热解焦油的催化裂解净化研究工作并取得了一定的成果。

浙江大学以生物质中热值热解气化集中供气技术为基础开发的整套生产系统设备不但技术简单、适应性好,而且启动速度快、运行稳定,并已于2000年5月获国家实用新型专利(专利号:ZL992121914),它具有以下显著特点:

- (1) 原料适应性广。不仅可利用硬质秸秆,而且可利用南方丰富的软质秸秆(稻草、麦秆)气化;
- (2) 生物质煤气热值高。产生的中热值煤气热值可达 2500kcal/Nm^3 ,最高可达 3000kcal/Nm^3 ;
- (3) 气体中焦油含量小于 50mg/Nm^3 。
。因采用炉内焦油裂解催化转化技术,煤气中焦油含量大大降低,符合农业部标准NY/T443-2001的规定。

3 生物质直接燃烧技术与生物质气化技术的比较

生物质直接用来燃烧简化了环节和设备,减少了投资,但利用率还比较低,利用的范围还不是很广。由于中国生物质分布分散,成为大规模利用生物质直接燃烧技术发电较大障碍。然而秸秆类生物质因为含有较多的K、Cl等无机物质,在燃烧过程中很容易出现严重的积灰、结渣、聚团和受热面腐蚀等碱金属问题,碱金属问题是秸秆大规模燃烧利用面临的严峻挑战,这些还需要进一步研究解决问题的方法。

生物质气化技术能够一定程度上缓解中国对气体燃料的需求,生物质被气化后利用的途径也得到相应的扩展,提高了利用效率。

4 结语

面对资源和环境的双重压力,过去以煤电为主的电力结构的弊端逐渐显现,我国能源形势面临着严峻挑战。大力发展可再生能源被广泛认为是解决能源匮乏和环境问题最可行的方法,而在可供发展的可再生能源种类中,生物质能无疑占据了很重要的位置,生物质能具有可再生性、广泛分布性、低污染等特点。合理开发生物质能源,响应国家节能减排政策,改善能源结构,为经济发展提供稳定的电力供应。

参考文献

- 1张明,袁益超,刘聿拯.生物质直接燃烧技术的发展研究.能源研究与信息,2005,21(1)
- 2曹建峰.秸秆的综合利用技术分析.能源研究与分析,2006,22(1)
- 3秸秆直接燃烧供热发电项目,资源可供性调研和相关问题的研究.太阳能,2006,(2)
- 4别如山,李炳熙,陆慧林,等.燃烧生物质废料流化床锅炉.热能动力工程,2000,15(4)
- 5盛昌栋,张军.煤粉锅炉共燃生物质发电技术的特点和优势.热力发电,2006(3)
- 6袁振宏.欧洲生物质发电技术掠影.可再生能源,2004(4)
- 7雒廷亮,许庆利,刘国际,等.生物质能的应用前景分析.能源研究与信息,2003,19(4)
- 8中国生物质能技术开发中心.生物质气化及相关技术的技术经济评价,1996
- 9农业部生物质气化技术研究测试培训中心.生物质气化技术及其应用,1999

10董良杰.生物质热解试验与机理研究,沈阳农业大学博士学位论文,1997

11米铁等.生物质气化技术比较及其气化发电技术进展.新能源及工艺,2004(5)

12吴创之,马隆龙,陈勇.生物质气化发电技术发展现状.中国科技产业,2006

13Weigang, Wenli Song.Power production from biomass in Denmark.燃料化学学报,2005,33(6)

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/83139.html>