生物质秸秆发电技术研究进展与分析

马洪儒，张运真

（安阳工学院机械系，河南安阳 455000）

摘要：介绍了清洁的可再生能源生物质秸秆的利用情况，着重论述了生物质秸秆发电技术在国内外的研究及应用发展现状，通过对生物质锅炉直接燃烧发电、生物质-煤混合燃烧发电和生物质气化发电3种工艺的分析和对比，指出生物质发电是我国今后有效利用生物质能的发展方向。

0引言

生物质秸秆是一种洁净的可再生能源，它包括玉米秆、小麦秆、稻秆、油料作物秸秆、豆类作物秸秆、杂粮作物秸秆、棉花秆等多种作物的茎秆。作为新能源中最具开发利用价值的一种绿色可再生能源，生物质秸秆发电受到高度重视，世界上许多国家将其作为21世纪发展可再生能源的战略重点和具备发展潜力的战略性产业。秸秆发电技术已被联合国列为重点项目予以推广。

在欧洲，尤其是北欧的一些国家利用秸秆发电已经有10余年的历史，世界上第1座生物质秸秆发电厂于1988年在丹麦投产(Haslev，5MW)，如今，丹麦已建成100多家秸秆发电厂，秸秆发电量占该国总发电量的24%。目前，世界上最大的秸秆发电厂是位于英国坎贝斯的Elyan生物质能发电厂，装机容量为38MW。

我国是一个农业大国，生物质资源十分丰富。据1998～2003年统计数据估算，我国可开发的生物质资源总量约7亿t标准煤，其中农作物秸秆约3.5亿t标准煤。

目前我国农作物秸秆中大约有1.45亿t用作畜牧饲料，0.91亿t用作还田肥料，0.14亿t用作工业原料，2.8亿t作为农民传统的生活燃料，余下的1亿t左右大部分在田间地头被直接焚烧了。这不仅污染环境，还造成能源的浪费。近几年来，随着农村液化气、煤炭等优质能源的大量使用，使得农作物秸秆、谷壳等农作物废弃物的剩余量越来越大。

生物质秸秆为低碳燃料，而且含硫量低，是一种较为清洁的燃料。利用秸秆发电，不仅可为缺电地区提供宝贵的电力，而且会极大地改善环境质量，对环境保护非常有利；另外秸秆通常含有3%～5%的灰分，这种灰分以锅炉飞灰和灰渣/炉底灰的形式被收集，灰分中含有丰富的钾、镁、磷、钙等成分，可用作高效农业肥料。所以，生物质秸秆资源是新能源中最具开发利用价值的一种绿色环保可再生能源。

1生物质秸秆能源转换技术研究进展

生物质秸秆发电主要工艺分3类：生物质锅炉直接燃烧发电、生物质-煤混合燃烧发电和生物质气化发电。目前，生物质发电量已占发达国家可再生能源发电量的70%。

1.1生物质秸秆气化发电技术

20世纪70年代，Chaly首次提出了将气化技术用于生物质这种含能密度低的燃料，使气化技术成为生物质能量转化过程最新技术之一。近年来欧洲很多研究人员对生物质气化发电技术进行了大量的研究，并取得了相当的成果。生物质受热后，在相对较低的温度下就可使大量的挥发分物质析出，生物质原料挥发分高达70%以上。因此，气化技术非常适合生物质原料的能量转化。

生物质秸秆气化发电技术的基本原理是把生物质秸秆转化为高品位的燃料气，再利用燃料气推动内燃机或燃气轮机发电，进行热电联产联供。这样既能解决生物质秸秆燃烧效率低，分布分散的缺点，又可以充分发挥燃气发电设备结构紧凑、污染少的优点。所以，气化发电是生物质秸秆最有效、最洁净的利用方式之一。

气化发电工艺主要包括3个方面：一是生物质秸秆气化，在气化炉中生物质秸秆转化为气体燃料；二是气体净化，气化后的燃气都含有一定的杂质，包括灰焦炭和焦油等，需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；三是燃气发电，利用内燃机或燃气轮机进行发电。有的工艺为了提高发电效率，发电过程可以增加余热锅炉和蒸汽轮机。

生物质气化技术是通过热化学反应，将固态生物质转化为气体燃料的过程。生物质秸秆气化技术根据采用的气化反应炉的不同可以分为固定床气化和流化床气化。在气化过程中使用不同的气化剂，采用不同的过程运行条件，可以得到3种不同热值的气化产品：低热值——4.6MJ/m^3
(使用空气和蒸汽/空气)；中等热值——12～18MJ/m^3
(使用氧气和蒸汽)；高热值——40MJ/m^3
(使用氢气)。固定床气化炉与流化床气化炉有着各自的优缺点和一定的适用范围。其性能比较见表1。

表 1 固定床气化炉与流化床气化炉性能比较

类型	使用原料	碳转化率	燃气中飞灰含量	技术性能	综合经济性
固定床气化炉	特定种类、形状、尺寸一致；颗粒尺寸较大	90%～99%	低	结构简单，坚固耐用；容量小；加热缓慢；床内温度不均匀；运行负荷可在设计负荷的20%～110%之间变动	建设投资低，运行投资高；综合经济性一般
流化床气化炉	种类、形状和尺寸可不一致；颗粒尺寸较小	90%左右	高，必须对燃气进行净化除尘处理	结构复杂；容量大；加热迅速；床内温度均匀；运行负荷只能在设计负荷的50%～120%之间变动	建设投资高，运行投资低；综合经济性好

可以看出，流化床气化炉比固定床气化炉具有更好的经济性，应成为今后生物质气化研究的方向。

生物质整体气化联合发电技术(BIGCC)作为先进的生物质气化发电技术，从1990年开始得到广泛研究。BIGCC通过2级燃烧方式，利用2种工质将勃雷登(Broyton)循环和朗肯循环叠加在一起，具有较高的发电效率和较大的发电规模。但由于生物质燃气热值低，炉子出口气体温度较高(800℃以上)，要使BIGCC达到较高效率，需具备2个条件：一是燃气进入燃气轮机之前不能降温，二是燃气必须是高压状态的。这就要求系统必须采用生物质高压气化和燃气高温净化两种技术才能使BIGCC的总体效率较高(40%)。目前，欧美一些国家正在开展这方面的研究，也建设了多个生物质气化发电BIGCC示范项目。但由于焦油处理技术和燃气轮机改造技术难度大，限制了其应用推广。

我国对生物质秸秆气化技术的深入研究开始于20世纪80年代。目前，国内生物质气化装置基本上是以空气为气化剂的常压固定床气化技术，如河北的ND系列，山东的XFL系列，广州的CSQ系列和云南的QL系列。其技术上存在的问题主要有：燃气质量不稳定且燃气热值低；CO含量过高，不符合城市居民使用的燃气标准；燃气净化及焦油的处理技术落后；整套装置的可靠性差、使用寿命短；气化系统质量标准与施工规范尚未建立，难以实现生物质气化技术的工程化。

我国于1998年10月建成了1MW谷壳气化发电系统，2000年7月通过了中科院鉴定；1999年1MW木屑气化发电示范工程建成并投入运行；2000年6MW秸秆气化发电示范工程建成并投入运行；2005年5月由中国科学院广州能源研究所开发的4MW生物质联合发电项目，在江苏兴化市投入运行。

由于受气化效率与内燃机效率的限制，简单的气化-内燃机发电系统效率低于18%，单位电量的生物质消耗量一般大于1.2kg/(kW · h)。目前，我国的生物质秸秆发电技术的最大装机容量与国外相比，还有很大差距。

1.2生物质-煤混合燃烧技术

1.2.1生物质秸秆燃料和固体燃料(煤)特性比较

生物质秸秆和煤在组成和特性(如发热量)等方面存在明显的差异，见表2和表3。

表 2 生物质秸秆元素分析 (质量分数)及热值 *

生物质	C_{ad} /%	H_{ad} /%	O_{ad} /%	N_{ad} /%	S_{ad} /%	Q / (MJ /kg)
稻秆	38. 32	5. 06	42. 00	0. 63	0. 11	13. 98
玉米秆	42. 17	5. 45	45. 59	0. 74	0. 12	15. 55
棉花秆	43. 50	5. 35	46. 07	0. 91	0. 20	15. 97
小麦秸秆	41. 28	5. 31	43. 68	0. 65	0. 18	15. 37

* 下标“ad”为空气干燥基。

表 3 烟煤 (山西大同)元素分析 (质量分数)及热值 *

C_{ar} /%	H_{ar} /%	O_{ar} /%	N_{ar} /%	S_{ar} /%	Q / (MJ /kg)
49. 8	3. 25	5. 67	1. 07	0. 80	20. 27

* 下标“ar”为空气收到基。

可以看出，秸秆的挥发分和含氧量远高于煤，而灰分和含碳量，特别是固定碳含量远低于煤，其热值也小于煤。

1.2.2实施生物质秸秆-煤共燃技术的优势

(1)生物质秸秆资源丰富，而且分布广泛。我国是一个农业大国，每年产生的生物质秸秆量超过7亿t，除去40%作为饲料、肥料和工业原料外，尚有60%可用作能源开发，大约折合2.1亿t标准煤。

(2)可以提高生物质秸秆的燃烧效率。煤粉发电燃烧效率高，可以达到35%以上，生物质秸秆与煤共燃，可以借用其高效率的优点。

(3)生物质秸秆-煤共燃技术简单易行，可以利用现役燃煤电厂而无需大量投资。生物质秸秆价格相对较低，大量使用可以降低燃料成本。

(
4)降低
有害气体排
放，有利于环境保护。
生物质秸秆燃料低碳、低氮，在与煤粉共燃时
可以降低电厂废气中SO_2和NO_x的含量。生物质秸秆燃烧被看作CO_2零排放，所以，采用生物质秸秆-
煤共燃技术，是现役燃煤电厂降低CO_2排放量的有效措施之一。

1.2.3生物质秸秆-煤共燃实施技术

在现役燃煤电厂实施生物质秸秆-
煤共燃较为简单，仅仅涉及在已有的燃料系统中进行生物质秸秆的掺混，通常有下面2种方式：

(1)在给煤机上游与煤混合，再一起制粉后喷入炉膛燃烧。

(2)采用专门的粉碎装置进行生物质秸秆的切割和粉碎，然后在燃烧器上游混入煤粉气流中，或通过专设的生物质燃烧器喷入炉膛燃烧。

第1种方式相对简单，无需对现有设备和系统进行改造，但由于生物质能量密度低且难以粉碎，磨煤机的容量及系统可靠运行对掺烧比例有限制。对燃烧烟煤的电厂，生物质秸秆质量配比一般小于4%～5%；第2种方式需要加装单独的生物质燃料制备系统，设备投资等费用显著增加。

1.2.4生物质秸秆-煤共燃的一些技术问题

(1)掺烧比例。综合国外在这方面的大量试验和工程应用研究，采用生物质秸秆-煤共燃时，一般生物质秸秆热量配比(生物质秸秆发热量大约为煤的一半)小于15%或质量配比小于5%。若超过此限度，可能会造成燃料及制粉系统的堵塞，影响制粉系统的正常运行。

(2)生物质秸秆燃料的制备。生物质秸秆与煤在共燃时，必须首先将其粉碎成尺寸为3mm左右的颗粒；生物质秸秆含水量不能太高，故在粉碎前应对其进行干燥处理。研究表明，当颗粒尺寸大于3mm，秸秆中水分含量大于40%时，将不易充分燃烧。

(3)腐蚀问题。生物质秸秆中氯和碱金属含量较高，它们在燃烧中生成氯化物而凝结在受热面上，可能会引起受热面金属腐蚀。因此，在共燃生物质秸秆时，碱金属氯化物的腐蚀问题需要关注。

(4)对催化剂活性的影响。研究表明，煤粉燃烧电厂共燃生物质秸秆，会出现选择性催化还原，致使烟气脱硫系统催化剂的活性显著降低，其原因可能是生物质秸秆燃料中丰富的碱金属和碱土金属会引起上述系统中催化剂中毒。

1.3生物质秸秆直接燃烧技术

生物质秸秆直接燃烧是最简单，也是最早被采用的生物质能利用方式。但在过去的传统燃烧方式中，生物质燃烧效率极低，一般只有10%左右，造成能源严重浪费。若能开发一种方便、高效的生物质直接燃烧技术，必将具有很好的经济和社会效益。锅炉燃烧是一种先进的燃烧技术，把生物质秸秆压缩成型后作为锅炉的燃料燃烧，可以提高生物质能的利用效率，适应于生物质资源相对集中，可大规模利用的地区。

生物质(秸秆)成型技术(Biomass Briquetting Technology)是指在一定温度和压力下，将各类分散的、没有规则形状的生物质废弃物压制成具有规则形状的、密度较大的各种成型燃料的高新技术。生产生物质成型燃料的工艺流程如下：秸秆收集→干燥→粉碎→成型→成品→燃烧→发电(供热)。用于生物质秸秆成型的设备主要有螺旋挤压式成型机、机械活塞冲压式成型机、环磨辊压式和液压活塞冲压式成型机等几种主要类型。从主要技术指标来看，环磨辊压式成型机具有最高的效率，而且生产成本低，但是技术要求较高，目前在我国还不成熟。技术比较成熟的是机械活塞成型和液压活塞成型，比较而言前者生产率高，但主要部件寿命低；而后者主要工作部件寿命可达前者2倍，但最高生产能力不足前者的1/2。考虑总体产品成本，液压活塞成型机较低。

现有的国内外绝大多数生物质成型工艺要先将秸秆粉碎至极为细小的颗粒或粉末，然后经成型设备压缩成型，否则将不能成型或难以成型。樊峰鸣，张百良利用河南农业大学研制的HPB-Ⅲ型生物质秸秆成型设备进行粗大秸秆挤压成型试验，将原料粒度大大放宽，粗大玉米秆只需要简单切碎，对麦秸秆、豆秸秆、稻壳、花生壳等直径小于1cm、长度小于25cm的大粒径松软生物质秸秆，不需要粉碎便可输入成型机挤压出成型燃料。不但降低了能耗，减少了生产环节，还有效地提高了生产效率。

农作物秸秆经压缩后的成型燃料密度可达0.8～1.4g/cm ^{3}，便于储存和运输。而且其热值大于木材，热值为14～17MJ/kg，相当于中质烟煤，适于直接燃烧，具有黑烟少、火力旺、燃烧充分、不飞灰、干净卫生以及NO_x，SO_x极微量排放等优点。秸秆锅炉为水冷式振动锅炉或链条炉排锅炉，是专门为秸秆燃烧发电而开发的设备。

马孝琴，骆仲泱设计的生物质秸秆成型锅炉采用双胆反烧结构，经燃烧试验，表明该炉具有较高的热效率和环保效益，燃用秸秆成型燃料燃烧稳定，床层不易结渣且烟气中飘尘含量达标。

2结束语

(1)生物质秸秆作为一种洁净能源，利用时不仅SO_2，NO_x

等有害气体排放量极小，而且具有CO_2零排放的优点。据测算，建设一个2×12MW的秸秆发电厂，与同等规模的燃煤电厂相比，利用秸秆发电每年可节约标准煤6万t，减少SO_2排放量600t，减少烟尘排放400t。一方面提高了农村的生活环境，另一方面也改善了农民的生活质量。秸秆发电锅炉排放的灰渣还可作为农家肥再利用，其生态和经济效益十分明显。

(2)生物质秸秆发电技术，不仅可为农村提供更多电力，而且使生物质能资源的商品化成为可能，农民可通过出售农作物秸秆获得一定的收入。如我国第一个完全利用作物秸秆发电的建设项目——河北省晋州市秸秆发电厂，每年所需的近20万t秸秆全部从当地收购，按市场价格100元/t计算，可为当地农民增收2000万元/年。另外，生物质秸秆的收购、运输及储存等也会形成一系列的产业，从而带动农民收入的增加。

(3)秸秆发电作为一项新技术，建设秸秆发电厂的一些设备还需要进一步完善，一些技术问题还有待于进一步解决。开发效率较高的秸秆发电系统，是我国开发生物质秸秆发电技术的一个主要课题，也是我国能否有效利用生物质能源的关键。应积极引进、消化和吸收国外先进技术，嫁接商品化、集约化、规模化的管理经验，并不断创新，早日实现秸秆成套发电设备的国产化。

(4)我国具有丰富的农作物秸秆资源，若能充分利用，不仅能减少环境污染，变废为宝，而且还是能源可持续发展的必由之路。我国的《可再生能源法》已于2006年1月1日正式实施，相关的价格、税收、强制性市场配额和并网接入等鼓励扶持政策也相继出台，这些措施的落实，将使我国的可再生能源产业进入一个加速发展时期。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/84129.html