

# 中国秸秆直燃发电技术现状

李廉明，余春江，柏继松

(浙江大学能源清洁利用国家重点实验室，浙江杭州310027)

**摘要：**生物质直燃发电技术日益受到关注。秸秆是我国生物质资源的主体。本文主要介绍国内秸秆直燃发电主要技术，发展状况，存在的问题以及产业发展前景。秸秆炉排炉燃烧技术和秸秆循环流化床燃烧技术是国内主要秸秆直燃发电技术。但是由于我国生物质发电产业处于起步阶段，燃烧设备、燃料系统以及政策方面都存在着问题。自主开发是解决生物质发电产业问题和生物质发电产业不断前进的关键。总体来说，生物质发电产业在我国有着广阔的前景。

随着世界经济的不断发展，煤、石油、天然气等化石燃料的消耗量日益增加，而且已经接近枯竭。生物质作为一种重要的可再生能源，已经引起世界各国重视。

世界石油危机后，欧美发达国家不断提高可再生能源在整个能源结构中的地位，并且采取政府补贴、发布能源新计划等措施来促进扶持新能源产业。生物质直燃发电产业也得到大力发展。据资料显示，目前在丹麦、荷兰、瑞典、芬兰等欧洲国家，利用植物秸秆作为燃料发电的机组已有300多台<sup>[1]</sup>。

我国是一个农业大国，生物质资源比较丰富，主要生物质资源类型有农作物秸秆、农业加工残余物、薪材及林业加工剩余物、禽畜粪便、城市生活垃圾，这些生物质资源折合成标准煤分别为每年34亿吨、4.2亿吨、10亿吨、9亿吨、8亿吨。显然，农作物秸秆和薪材及林业加工剩余物构成了我国生物质的主体。

我国的生物质发电行业还处于起步阶段。截止到2006年，生物质发电装机容量在2000MW左右，包括1700MW的甘蔗渣发电、燃烧200万吨的城市生活垃圾发电以及一些气化和沼气发电<sup>[2]</sup>

，几乎没有利用农林废弃物进行发电。2006年1月1日，《可再生能源法》制定后，我国的生物质发电行业开始了迅速发展。根据国家可再生能源中长期项目计划，生物质发电在2010年达到5.5GW，在2020年更要达到30GW。

目前生物质发电主要技术途径有直燃发电、气化发电、沼气发电。就发电规模而言，气化发电和沼气发电相对较小，而直燃发电相对较大<sup>[3-5]</sup>，单机容量一般能达到15MW。因此，从中国生物质资源储量、发电规模以及产业化前景等方面考虑，在众多发电技术中，直接燃烧发电是生物质发电的主要途径。

## 1 生物质直燃发电技术

生物质直接燃烧发电的技术核心在于燃烧设备。生物质发电从技术上可以分为生物质纯烧发电技术和生物质混烧发电技术两大类。生物质纯烧发电技术根据燃料性质的不同可以分为两类：一类是欧美国家针对木质生物质燃料的燃烧技术。我国早期的蔗渣炉和稻壳炉也属于这一类。另一类是秸秆燃烧技术，由于燃料本身特性，这类技术难度较大，设计思路与前一类也不同。国内的生物质发电主要以生物质纯烧发电技术为主。考虑到我国生物质资源以秸秆为主体的特性，必须考虑秸秆类生物质的燃用。鉴于此，国内生物质燃烧技术的研究主要集中在秸秆燃烧技术上。

国内生物质直接燃烧发电的锅炉主要有两种：秸秆炉排炉、秸秆循环流化床锅炉。

### 1.1 秸秆炉排炉

国内的秸秆炉排炉主要是国能生物质发电公司引进丹麦BWE公司研发的秸秆生物质燃烧发电技术以及国内锅炉厂根据丹麦技术进行的改进技术。

丹麦开发的水冷振动炉排技术主要针对麦秆。麦秆收割后要打包成0.5吨左右的麦秆捆，储存，最后由皮带输送到炉前。秸秆进炉燃烧一般有两种方式<sup>[6]</sup>：一种是麦秆捆进入炉膛采用“雪茄式燃烧”，同时将破碎的秸秆以抛撒或者风力输送的方式送入炉膛燃烧。燃烧后散落或者未燃尽的麦秆、半焦等在炉排上继续燃烧。另一种是炉前破碎后入炉燃烧，国内一般多采用这种模式。为了防止结渣产生并提高燃烧效率，炉排采用水冷振动炉排，这也是丹麦技术的独特之处。丹麦技术示意图见图1。

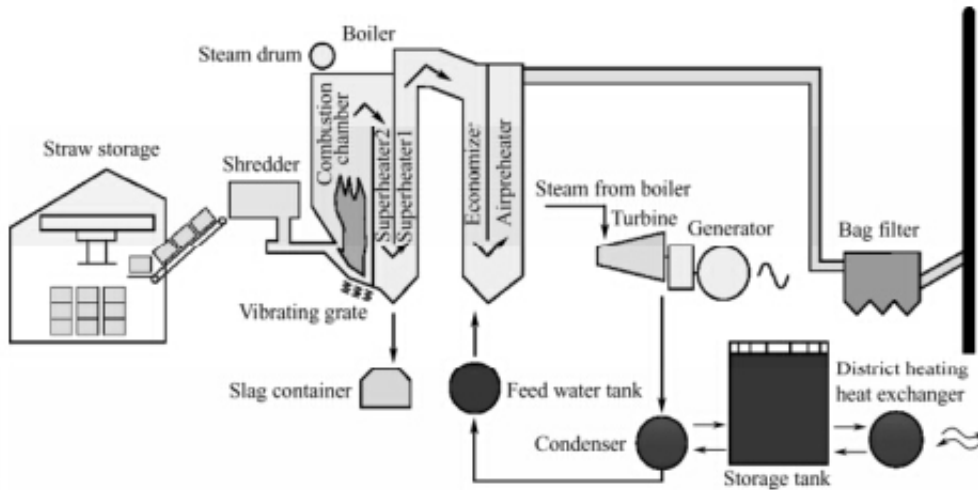


图1 丹麦水冷振动炉排技术示意图<sup>[6]</sup>

另外，国内锅炉厂家根据我国生物质发电实际情况对引进的丹麦技术进行了改进。这些技术基本采用水冷振动炉排的形式，并自主开发了燃料预处理系统、给料系统以及排渣系统。

### 1.2 秸秆循环流化床锅炉

在国外，欧美国家在流化床燃烧生物质技术方面具有较高的水平，燃料主要是林业加工废弃物等低碱类生物质，以秸秆为燃料的流化床锅炉很少。

在国内，浙江大学循环流化床燃烧技术方案已经在中节能投资的宿迁生物质发电厂实施应用，这是世界上第一台具有自主知识产权的纯烧秸秆的循环流化床锅炉。宿迁生物质发电厂于2007年初并网发电并成功运行。除了浙江大学以外，国内还有一些机构进行生物质循环流化床锅炉的研发，如哈尔滨工业大学就与长沙锅炉厂合作研制了多台生物质流化床锅炉，可以适用于甘蔗渣、稻壳、碎木屑等多种生物质；武汉凯迪控股有限公司自主开发了生物质循环流化床锅炉；中科院和济南锅炉厂也在合作开发燃用生物质的循环流化床锅炉；另外，太原锅炉厂、泰安锅炉厂都已自主开发了生物质循环流化床锅炉。

### 1.3 两种燃烧技术的比较

水冷振动炉排是典型的层燃燃烧，燃料的大部分燃烧发生在炉排上，少部分燃烧发生在炉膛上部空间。因此为了保证挥发份和细碳粒的完全燃烧，炉膛上部空间应该合理布置二次风系统。

在燃烧温度方面，炉排炉燃烧温度要明显高于循环流化床燃烧温度，这就容易造成对流受热面沉积、高温受热面金属腐蚀以及炉膛的熔渣现象。而循环流化床炉膛内有大量惰性床料，床料和燃料的混合能够使燃烧放出的热量均匀释放，所以在炉膛内温度要低于炉排炉，更适合燃烧高碱生物质，同时也能够有效减少受热面沉积和高温受热面腐蚀，降低结渣和聚团形成速度。而且流化床中强烈的颗粒运动，对于燃烧生物质燃料来说，在防止炉膛内水冷壁上出现熔渣等方面具有积极作用。此外，较低的燃烧温度也可以保证燃料中水溶性钾较多的转入固相飞灰中，并且维持原有水溶性状态，这对飞灰的肥用价值具有重要意义。

和循环流化床锅炉相比，炉排炉更适合燃烧单一稳定的燃料，在燃料适应性方面较差，燃料品种和性质的改变就可能造成锅炉效率的下降。较好的燃料适应性是循环流化床锅炉的一个特点。对低质量的燃料，比如高碱、高含水量、高灰分、较差的预处理的燃料，循环流化床锅炉都能够很好的适应。

另外，循环流化床锅炉更能适应在变负荷情况下运行，并能够保持较高的效率。流化床运行中最大的问题是存在聚团问题，必须在设计中予以重视和考虑。

## 2 国内生物质发电技术发展状况

### 2.1 纯烧生物质燃料发电技术

#### 2.1.1 丹麦技术

国能生物发电集团有限公司是从事生物质能综合利用的专业化公司，通过引进国外技术，充分利用国内生物质资源，该公司已在国内投资建设了大量生物质发电厂。

丹麦BWE公司研发的水冷振动炉排技术是由国能生物发电集团有限公司引进并进行推广。由于丹麦国土面积小，农作物品种单一，秸秆主要以麦秆为主。根据燃料特性划分，麦秆属于高碱生物质，可以说丹麦水冷振动炉排技术是专门为高碱生物质设计的。由于采用了水冷振动炉排，该技术可以保证炉排上生物质的燃尽以及灰渣的排尽。另外，炉膛和对流受热面的设计也充分考虑了结渣、沉积以及高温金属腐蚀等问题。

目前，国能公司已取得核准项目40个，遍布山东、河北、河南、江苏、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、新疆、湖北、安徽、陕西等省和自治区。其中，已投产项目16个，发电装机容量360MW。截止2008年底，国能威县、成安、高唐、垦利、射阳、望奎、辽源、浚县、鹿邑9台机组相继建成投产；另外，国能扶沟、巨野、阿瓦提、黑山、赤峰、巴楚、通辽、昌图、梅河口9个项目也已开工建设，2008年完成吉林德惠、公主岭、扶余、永吉，内蒙古翁牛特、开鲁，江苏大丰，陕西富平，黑龙江绥滨、巴彦，河北吴桥11个项目核准工作，完成河北南宫等19个项目可研工作，完成新疆沙湾等9个项目框架协议签订工作，完成山东惠民等27个项目初步布点工作。

国能投资建设的第一个国家级生物质直燃发电示范项目——山东单县生物质发电工程 $1 \times 30\text{MW}$ 机组于2006年12月1日正式投产（如图2），设计年发电能力1.6亿千瓦时，主要燃料为棉花杆以及林业废弃物。该项目投资费用较高，锅炉运行情况基本稳定。在投产初期，由于国内生物质燃料品质较低，给料系统存在一些问题，但是改进后问题已经得到解决。另外，只有保证燃料品质的前提下，锅炉的效率才能保证，而且锅炉对燃料和运行工况的变化的适应能力较差，这主要体现在锅炉结渣情况严重和效率低两个方面（如图3）。



图2 山东单县生物质电厂

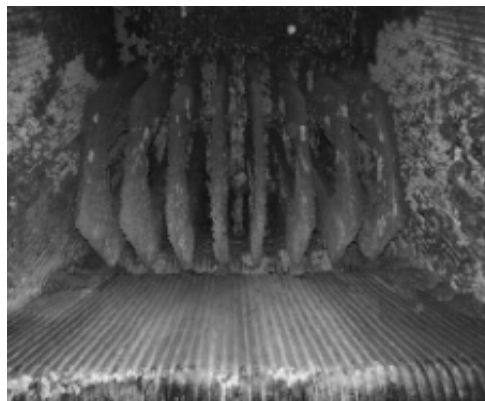


图3 丹麦炉排炉内壁结渣图

国能投资建设的黑龙江望奎项目（ $1 \times 25\text{MW}$ ），是世界上第一个以玉米秸秆为主要燃料的生物质发电项目，于2007年11月16日正式建成投产<sup>[7]</sup>

。此项目的投产为我国玉米秆等黄色秸秆生物质能的开发利用探索出一条可行之路。我国是世界第二大玉米生产国，产量占世界总产量的1/5左右，玉米秸秆资源丰富，开发潜力巨大。但是，以玉米秆等黄色秸秆为燃料的生物质直燃发电机组要比以灰色秸秆为燃料的生物质发电机组技术复杂程度和难度大得多。

### 2.1.2 国产技术

国产炉排炉生物质燃烧技术主要是在丹麦BWE基础上进行改进。无锡华光锅炉有限公司、北京蓝昆力行生物技术



有限公司、上海四方锅炉厂，中国西部电力工业集团有限公司。

由于是自主开发的技术，设备上的花费较低。在设计初期，锅炉运行还存在很多问题，包括给料、锅炉结构、机械拖动、燃烧组织以及灰渣的清理，需要进一步改进。虽然在运行效率上已经慢慢接近国外技术，但是离技术上成熟还有一段距离。在保证燃料质量的前提下，锅炉效率不低于正常水平，但是仍然低于引进的丹麦技术。

河北省建设投资公司投资建设的锦州生物质发电厂采用无锡华光锅炉有限公司生产两台75吨水冷振动炉排炉；江苏淮安热电公司和连云港协鑫环保热电有限公司都采用了无锡华光锅炉有限公司生产的水冷振动炉排炉。

北京蓝昆力行生物技术有限公司隶属于中国国电公司，专门从事生物质发电技术研发。由龙源电力集团公司投资的东海生物质电厂采用蓝昆研发的水冷振动炉排炉，并已于2008年1月投产运行。

中电国际投资的洪泽生物质热电项目，采用中国西部电力工业集团有限公司生产的锅炉，已于2007年6月投产。

上海电气集团下属的上海地方锅炉厂专门从事锅炉和压力容器的生产加工。长葛恒光热电公司投资的长葛生物质发电厂（ $2 \times 12\text{MW}$ ）采用上海四方锅炉厂生产的锅炉。安阳灵锐热电有限责任公司投资的安阳生物质电厂（ $2 \times 12\text{MW}$ ）正在建设中。

### 2.1.3 循环流化床技术

国内生物质发电行业所采用的循环流化床技术以国产为主，其中主要包括浙江大学、东南大学、哈尔滨工业大学、太原锅炉厂、泰安锅炉厂、武汉凯迪。

浙江大学一直致力于生物质循环流化床燃烧技术的研究，在经过小型试验研究和中试试验之后成功走向工程实际应用。中节能投资建设的江苏宿迁生物质发电厂（如图4），是我国第一个全部采用国产技术建成的秸秆发电示范项目，装机容量 $2 \times 12\text{MW}$ ，锅炉采用浙江大学设计的 $2 \times 75\text{t/h}$ 循环流化床锅炉<sup>[8]</sup>。该项目运行至今，表现出以下特性。



图4 江苏宿迁生物质电厂

（1）具有良好的燃料适应性。锅炉设计燃料为50%稻草掺烧50%麦草。但是根据燃料收集的实际情况，稻壳、花生壳、树皮、棉花杆等生物质也都作为发电燃料。对于各种不同燃料，锅炉的效率都能保证，实际运行效率达到90%以上。飞灰含碳量一直低于4%。

（2）锅炉普遍适用性较强，维修费用低。该技术能够很好的处理燃烧高碱生物质存在的碱金属问题。锅炉运行半年后，水冷壁、高温辐射受热面和对流换热面结渣沉积较少（如图5），实现了预期设计目标。由于高温燃烧，燃烧高碱生物质后炉排炉结渣沉积现象严重。



图5 炉内水冷壁结渣情况

此外，采用浙江大学循环流化床技术的黑龙江庆安生物质电厂（ $2 \times 12\text{MW}$ ）已于2008年9月运行，设计燃料为50%稻壳掺烧50%稻草；湖南澧县生物质电厂（ $2 \times 12\text{MW}$ ）已于2009年并网发电，设计燃料为秸秆、稻壳、棉花杆以及木下脚料；广西柳城生物质电厂（ $2 \times 12\text{MW}$ ）也于2010年投产发电，广东粤电湛江生物质电厂（ $2 \times 50\text{MW}$ ）正处于建设阶段。

## 2.2 生物质混烧发电技术

生物质混烧发电是指在燃煤电厂基础上辅以生物质燃料进行发电的技术。从燃烧技术上划分，生物质烧发电技术可以分为直接混合燃烧、间接混合燃烧和并联燃烧三种。直接混合燃烧是指直接将生物质燃料送入炉内进行燃烧发电；间接混合燃烧是

指将生物质气化所得燃气送入炉

内进行燃烧发电；并联燃烧是指生物质独立燃烧发电<sup>[9]</sup>

。国内应用的技术主要是直接混合燃烧，后两种技术在国内还没有运行记录。因此本文仅介绍直接混合燃烧在国内的应用情况。

生物质直接混合燃烧有四种模式：将生物质与煤混合之后进入磨煤机，然后由磨煤机将混合燃料分配到粉煤燃烧器；将生物质燃料与煤分开处理后送入配煤通道或者燃烧器；将生物质燃料处理后送到专门的燃烧器进行燃烧；将生物质作为再燃燃料<sup>[9]</sup>。

由于计量、监管和落实生物质发电补贴政策的困难，国家对生物质混烧发电的政策扶持较少，这就导致国内生物质混烧发电厂只有少数几个。

华电国际的十里泉电厂是国内第一个生物质混烧类型的示范电厂，该电厂在原有煤粉锅炉的基础上进行混烧改造。改造采用添加专门生物质燃烧器模式，增添了秸秆预处理系统和专门燃烧器。

虽然由于经济和技术上的一些原因，示范工程并没有稳定长期进行，但是工程仍然取得了不可多得的经验。

该模式一般在大型电站锅炉上进行，改造的技术要求和资金要求都比较大，且为了确保生产稳定，生物质的掺烧份额通常在20%以下，其突出的优点就是掺入的生物质燃料能够以相当高的效率被利用。

一般来说，混烧发电具有建设周期短，投资少的特点。在掺烧率较低（20%以下）的情况下，生物质燃料的转化效率相当高。另外混烧发电的燃料组织比较自由，可以根据燃料的成本以及供求状况进行调整，这也从一定程度上保证了燃料供应的可靠性<sup>[10]</sup>。与煤相比，生物质氮、硫含量低，和煤混合燃烧后能够有效降低污染气体排放量。

鉴于这些优势，混烧发电是一种值得推广的发电技术。国内主要以直接混烧发电为主，但是在国内政策没有向混烧发电倾斜的前提下，在大型电站锅炉上进行混烧技术推广是不合时宜的。因为技术改造和资金的要求太大。因此在较小机组上进行类似混烧改造，一方面可以自由组织燃料，节约成本；另一方面也可以较好地利用生物质能，对可持续发展具有重要意义。

当然，生物质混烧发电是建立在对生物质燃料预处理和燃烧特性深刻理解的基础上的。就国内目前生物质直接燃烧发电产业状况来看，离这一目标还有一段距离：国内生物质燃料的存储、收集和预处理系统有待进一步完善；生物质

燃料的炉内燃烧特性也有待进一步研究。此外，较高掺烧率的混烧发电在技术上还存在一定瓶颈。

从另一个角度来说，生物质燃料的加入也给燃烧带来了难题。高碱生物质在高温时易引起沉积和高温腐蚀问题，而且生物质对整个锅炉的燃烧组织和烟气处理系统都有不同程度的影响。同时，生物质和煤混烧之后，一方面原有的燃煤灰渣特性发生了改变，原有的燃煤灰渣处理办法不再适用；另一方面混烧灰渣也不能象生物质灰渣那样直接回用到土壤中。混烧灰渣的处理也是混烧发电不得不面对的一个问题。

### 3 生物质发电产业存在的问题与解决措施

#### 3.1 存在的问题

从国内生物质电厂的建设和运行状况可以看出，制约我国生物质发电产业发展的因素主要有如下。

(1) 燃烧设备以及其辅助系统（包括燃料的收集和储存）需要较高的费用。

和传统火电厂相比，生物质发电厂需要更高的投资。目前，生物质电厂单位造价为每千瓦1~1.5万元，很大一部分原因是燃烧设备的高昂费用。与此同时，生物质燃料所需的费用也很高。除了购买燃料本身需要花费以外，燃料的预加工、运输和储存费用也是生物质燃料花费的一大部分。为了方便运输和储存，软秸秆（比如稻草和麦草）要进行打包，见图6。打包机的购买和运行都要需要较大的花费。由于生物质本身能量密度较小，所以生物质燃料占用的存储空间很大。国能投资的单县生物质电厂有8个存储场地，每个场地大约20~40亩，每天的存储费用相当高。另外，生物质电厂的税务负担很重。传统火电厂的有效税率大约在6%~8%，小水电的有效税率大约在3%，而生物质电厂的有效税率为11%。



图6 打包后的秸秆

(2) 燃料系统问题，包括生物质的预处理和给料。

燃料的预处理对生物质电厂运行来说很关键，也是一直困扰中国生物质电厂的问题。燃料破碎系统和给料系统是最容易出问题的两个环节。燃料破碎系统能耗高，磨损大，而且出力低，这种现象对稻草麦草等软秸秆比较严重。燃料破碎不均匀往往造成给料系统的问题。而给料系统的稳定与否直接影响着生物质电厂的运行。无论是国内技术还是国外技术，目前的设备运行小时数都偏短，主要是燃料处理上料系统问题（燃料品质因数居多）和燃烧设备成熟度不高等因素造成的。目前国内普遍采用螺旋给料装置（如图7），这种装置能够保证密封，但是由于生物质燃料具有较强的纤维性、韧性，对旋转的螺旋叶片容易缠绕，燃料在螺旋叶片与壳体之间容易挤塞，影响正常运行。国外技术普遍采用活底料仓，例如单县电厂，但是这种技术适用灰色生物质，对黄色生物质并不适用。





图7 生物质电厂螺旋给料

### (3) 国家政策的限制。

虽然现存的法律和政策已经给生物质发电提供了一个有利的环境以及合法的保护，但是对于生物质电厂来说，这些激励政策和措施是不够的。为了促进生物质发电的发展，政府给出的生物质发电上网电价是在脱硫煤上网电价基础上，每度电补贴0.25元。但是这种补贴是在脱硫煤基础上的，而生物质燃料和煤是不同的，所以说这种政策是不合理的。同时，在生物质电厂运行15年以后，就不能再享受这种补贴。而且2010年以后的可再生能源电厂所享受的补贴逐年递减2%<sup>[11]</sup>

。另外，财政部的“可再生能源专属基金暂定措施”主要致力于风能、太阳能和海洋能源的普及发展，这其中并不包括生物质能源。

### 3.2 技术解决措施

对比国内外技术，针对生物质电厂普遍存在的问题，在技术上可以采取以下措施来减少生物质电厂的投资运行费用，提高生物质电厂的经济性，进而提高生物质电厂的竞争能力和生存空间。

(1) 大力发展具有自主知识产权的燃烧技术可以显著减少投资费用。具有自主知识产权的燃烧技术避免了昂贵的技术许可费用。一般来说生物质直燃发电采用进口技术30MW规模的电厂造价在每千瓦1.0~1.1万元。而自有技术类似规模电厂造价可控制在8000/kW。同时鼓励进口技术与国产技术进行合理有序竞争，形成良好的市场氛围，避免垄断的产生，也能减少投资费用。充分利用国内日趋完善的制造业，避免进口产品技术所需的昂贵费用，也是减少投资的一个途径。锅炉设备和辅助设备上，进口设备要比国内生产的造价高50%~100%。因地制宜，根据不同地域生物质燃料的不同特点和燃烧特性，采用不同的燃料预处理技术和燃烧技术，无疑能够减少运行和维修费用。国外成套引进的炉前给料设备和国内自己技术的同类装备相比差价也在5~8倍。

当然，国内技术上还存在缺陷，主要是效率不高。国外丹麦秸秆锅炉的设计效率92%~93%，国内技术设计效率85%~91%，技术成熟度不高电厂的可能还达不到，也存在一些国内技术的燃烧效率远远低于设计保证值。

(2) 探索和改进农村地区生物质燃料收集系统。国内农村生物质燃料的来源和收集情况和国外有很大不同，而且在国内不同的地域，燃烧的来源和收集情况也是不同的。这就需要有一个专门的体系来保证燃料的收集。事实上，在中国大范围的生物质收集是很难的并且缺乏实际操作经验。国内生物质直燃电厂一般到厂燃料价格约300元/吨，如果对燃料品质规格要求较高的情况，价格还会升高。而且到厂燃料水分很少能控制在20%以内，含灰土、杂质和变质情况更是普遍。国内生物质电厂收集范围很多已经扩大到100km范围（特别是江苏山东等布点密集的地区），理论上最佳的收集半径30~50km。人力和运输费用成为生物质燃料成本提高的重要因素。生物质收集的捆扎和运输手段较落后，采用农用车运输，每车运载量小于5吨，人工和燃料损失较大，考虑农用车没有税收养路费的成本，在山东和苏北地区的一般情况，小于50km的运输费用大约在30~40元/吨，但存在超高超宽等安全问题。因此，对整个生物质燃料收集系统进行优化设计能够减少生物质燃料成本。

(3) 开发合适的生物质预处理（包括破碎机构）和给料系统。目前生物质电厂采用的预处理系统普遍问题是能耗太高，出力少，而且可靠性差。生物质电厂厂内破碎出力电耗过大，特别是对于软秸秆的破碎电耗过大，260kW功率的破碎机械出力不到15吨。加上厂内转运上料等环节电厂的自用电率较高（25MW级别），整个生物质电厂的能耗过多。因此，开发能耗低并且出力多，特别是对软秸秆的破碎效率高的预处理系统显得尤为迫切。而国内设备首先价格上具有绝对优势，在此基础上进行改进可以节约成本。国外进口的生物质破碎装置，价格是国内同规格设备的10倍，

例如国外每小时20吨出力的秸秆破碎机械300~400万元人民币；国内只需30~40万元，但是目前性能不能保证，有待完善。给料系统的设计应该本着这样的原则：结构简单，可靠性高，较好的燃料适应性，成本低，自动化。

#### 4 产业发展趋势与展望

就国内生物质发电产业发展现状来看，技术引进和自主开发已经成为中国生物质直燃发电的主旋律。但是要清楚地认识到努力走自主开发之路才是中国生物质直燃发电的最终出路，而且不断完善的国产技术将最终主导中国市场。

鉴于中国生物质燃料的特点以及循环流化床燃烧技术独一无二的优势，循环流化床对于秸秆燃烧来说是一个不错的选择。循环流化床必将成为中国未来生物质直燃发电的市场上的主导技术。

配套辅助系统的开发、成熟和完善是生物质直燃发电事业不断发展关键。而国内相关系统，比如收集、储存、运输、预处理和给料系统等，都存在一定问题。这些系统的完善成熟与否将决定着中国生物质发电事业的发展方向。

另外，生物质电厂的选址布局一定要合理，避免出现燃料供给不足的现象。同时也要充分考虑生物质电厂对周边环境的影响，特别是生物质电厂灰渣的处理，这将是生物质电厂发展必须面临的一个问题。

#### 参考文献

- [1]王风雷.生物质能发电发展状况及炉前备料系统[J].起重运输机械, 2007(5): 4-7.
- [2]颜涌捷, 许庆利.生物质能: 清洁理想的可再生资源[N].中国建设报, 北京: 2009-02-09.
- [3]马志刚, 吴树志, 白云峰.生物质能利用技术现状及进展[J].能源工程, 2008(5): 21-27.
- [4]骆仲泮, 周劲松.中国生物质能利用技术评价[J].中国能源, 2004(9): 39-42.
- [5]孙永明, 袁振宏, 孙振钧.中国生物质能源与生物质利用现状与展望[J].可再生能源.2006(2): 78-82.
- [6]秦建光.秸秆类生物质流态化燃烧特性研究[D].杭州: 浙江大学, 2009.
- [7]国能生物发电有限公司.<http://baike.baidu.com/view/1888690.htm>.
- [8]秦建光, 余春江, 王勤辉, 等.流化床秸秆燃烧技术与开发[J].水利电力机械.2006(12): 70-75.
- [9]范鲁, 克佩耶.生物质燃烧与混合燃烧技术手册[M].田宜水, 姚向君译.北京: 化学工业出版社, 2008: 116-118.
- [10]马文超, 陈冠益, 颜蓓蓓, 等.生物质燃烧技术综述[J].生物质化学工程, 2007(1): 43-48.
- [11]周应华.我国发展生物质能的思路与政策[J].中国热带农业, 2006(5): 7-8.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/85010.html>