

# 生物质高温燃烧与发电系统

(2009年10月14日)

所谓生物质能 (biomass energy)，就是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式，即以生物质为载体的能量。取之不尽、用之不竭，是一种可再生能源，同时也是唯一一种可再生的碳源。生物质能是一种清洁能源，具有可再生和环境友好的双重属性，也是人类一直赖以生存的重要能源之一，目前其利用当量仅次于煤炭、石油、天然气列第四位；在世界能源消耗中，生物质能占总能耗的14%，在发展中国家，则占到40%以上。据推算，每年由植物固定下来的太阳辐射能是目前世界每年能源消耗总量的10倍。因此，生物质能在未来能源结构中具有举足轻重的地位。

目前越来越多的政府正在推动并扩大生物燃料的开发、生产和利用，以达到减缓化石燃料的消耗速度，保障国家能源安全，保护生态环境，减排CO<sub>2</sub>，保持国家经济可持续发展的目的。例如，欧盟在2006年开始实施“生物质能行动计划”(Biomass Action Plan)，制定了欧盟生物燃料战略，启动了生物燃料技术平台以协调生物燃料和生物质能的开发与研究，并于2006年11月30日通过了欧盟有史以来规模最大的第七框架计划(the Seventh Framework Programme for Research and Technological Development, 2007-2013)，大大地提升了生物质能源开发力度；美国在2006年初连续出台了“美国竞争力计划”与“先进能源计划”(Advanced Energy Initiative, AEI)两个庞大的国家级计划和“能源农场计划”，其重点是加大对清洁能源，特别是生物质能源技术的投资力度，以摆脱对国外能源的依赖，保障国家能源安全；日本通过制定新国家能源战略，实施“新能源计划”(New Energy Innovation Plan)发展生物质能；印度的“绿色能源计划”、巴西的“酒精能源计划”等都是生物质能成功利用的范例。可以预见，在不久的未来生物质能将会成为世界支柱能源之一。

我国作为一个世界上的农业大国，农作物的种类很多，而且数量也较大。目前我国农作物秸秆年产量约为8亿吨，可作为能源用途的秸秆近4亿吨，至

少可替代 2 亿吨的煤炭。但在能源消费结构中，据统计，2006 年我国煤炭消费量达到 23.92 亿吨，占一次能源消费总量 72.97%；石油占 21.25%，天然气占 3.18%。与发达国家相比，我国的生物质能源利用情况要小得多，亟待开发的空间巨大。所以，中国应积极推动生物质的能源化工作。而作为国内的农业大省、秸秆生产量大省，安徽省更应紧紧抓住这一有利的先天优势，从节能减排、能源发展战略的高度，将秸秆的能源化技术列为秸秆综合利用规划中的**重头戏**。

生物质燃烧发电是国外发展最成熟、应用也最广泛的一种生物质利用技术。在奥地利、丹麦、芬兰、法国、挪威、瑞典和美国等国家，生物质能在总能源消耗中所占的比例增加相当迅速。从技术上看，欧洲的生物质发电系统已经成熟，已形成比较完整的装备制造体系。例如丹麦已有 130 家秸秆发电厂，秸秆发电占到全国能源消费量的 24%以上，丹麦靠新兴替代能源由石油进口国一跃成为石油出口国。

与国外相比，我国在秸秆发电利用技术上还有较大差距。主要表现在：秸秆本身的特性，如热值低、碱腐蚀等，在稳定运行、焦油清除、气体净化等技术上需要提高；秸秆收集、运输与压缩成本过高；秸秆直接燃烧技术和装置方面有较大差距等。

## 1 生物质燃料的特性及应对方法

生物质燃料的特性主要表现在以下几个方面：

(1) 生物质燃料的水分含量高，可从小于 10%到大于 50%，而且水分含量受天气和处理过程等的影响较大。

(2) 生物质的灰分一般很低，木本生物质干燥基灰分一般小于 1%，草本生物质小于 5%，但在生产过程中若混入泥土等杂质，其灰分也可高达 20%以上。

(3) 生物质的挥发分含量很高，干燥基挥发分一般在 60%~80%，固定碳一般在 10%~20%之间。

(4) 热值低。含湿量 9%左右的农作物秸秆低位热值介于 14~19 MJ/Kg，相当于煤的一半。热值较低会引起锅炉容积热负荷低，换热效率低，燃烧不稳定

问题，导致发电效率低。

(5) 生物质燃烧过程具有  $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  与  $\text{NO}_x$  排放低的特点。

(6) 在秸秆类生物质中含有一定量的 K、Cl。Cl 与生物质中的碱性元素结合容易在锅炉的高温换热器表面形成高温腐蚀，对换热单元造成危害。

表1 生物质工业分析、发热量与煤等固体燃料的比较

项目	Mar/%	Vd/%	FCd/%	Ad/%	Qgr. d/MJ. kg <sup>-1</sup>
木本生物质	20-60	80	20	<1	15-20
草本生物质	20-60	78	17	5	14-19
烟煤	4-8	30	65	5	28-33

表2 生物质与化学能源排放量的对比 (单位:  $\text{g} \cdot (\text{kW} \cdot \text{h})^{-1}$ )

能源	$\text{CO}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_x$
生物质	17~27	0.07~0.16	1.1~2.5
煤炭(最佳)	955	11.8	4.3
石油(最佳)	818	14.2	4.0
天然气(IGCC)	430	-	0.5

根据以上问题，本项目组提出：

(1) 通过燃用秸秆压缩成型燃料，以此提高单位体积内秸秆的热量，同时使压缩成型秸秆燃料尺寸满足锅炉高温燃烧需求。

(2) 通过在成型燃料中添加燃煤飞灰、高岭土等添加剂。其主要作用：一是为了稳定热值需求；二是使其与生物质中的 K、Cl 发生反应，在燃烧中 K、Cl 以盐的形式存在灰渣中，从而减轻碱腐蚀，降低锅炉换热金属面的腐蚀速度；三是起润滑作用，减小生物质造粒过程中生物质粉末与模具的摩擦力，减小模具的摩擦损耗；四是使成型的生物质颗粒表面致密性好，在一定时间内使生物质颗粒防霉防潮。燃煤飞灰和高岭土可有效地降低沉积物中水溶性氯的质量分数；燃煤飞灰作添加剂还可以使沉积物变得疏松，便于吹灰装置将其吹掉，可有效地解决由沉积引起热效率问题和进一步减轻由沉积引起的腐蚀问题。

(3) 采用超焓燃烧技术，实现锅炉“无焰燃烧”，提高锅炉容积热负荷，提高炉膛温度，提高锅炉换热效率，从而提高发电效率。

(4) 液态排渣，可降低受热面积灰，降低烟尘排放。灰渣可以做农用有机

肥，或用作建筑节能保温材料。

具体研究内容如下：

(1) 生物质成型技术研究

选取不同种类生物质，通过正交实验方法研究水分、生物质种类、物料粒度、混合比、成型压力、添加剂等因素对生物质成型性能的影响。

(2) 生物质成型颗粒、生物质与添加剂混合成型颗粒的燃烧特性研究

对生物质成型颗粒、生物质添加剂混合成型颗粒进行燃烧特性研究，研究在不同的过量空气系数和燃烧用空气温度等条件下，生物质（添加剂混合）成型颗粒的成分、颗粒大小和含湿量等因素对高温无焰燃烧过程的影响，优化选择生物质（添加剂混合）成型颗粒成分、颗粒大小、含湿量，以及最佳反应温度(高温)范围、最佳氧浓度范围，探索实现高温低氧无焰燃烧的实现条件。

(3) 根据生物质燃烧特性、高温低氧无焰燃烧的实现条件和实验要求确定热负荷，设计烟气再循环系统，进行生物质燃烧布置方式设计，无焰燃烧反应器的设计，燃烧室的型式选择与结构设计，探索生物质（添加剂混合）成型颗粒常温空气高温低氧无焰燃烧的实现条件，并研究不同的燃烧系统工程化应用的可行性和适应性。

(4) 根据燃烧室结构与生物质添加剂混合成型颗粒常温空气高温低氧无焰燃烧的实现条件，研究生物质添加剂混合成型颗粒组分、氧浓度、配风方式、燃烧室结构与布置方式、排渣温度等参数对灰熔点的影响，寻求并优化液态排渣的实现条件，并进行液态排渣装置的设计。

(5) 建立燃烧系统内物料流动、混合、热解与燃烧、放热和传热的物理数学模型，模拟生物质成型颗粒常温空气高温低氧热解和无焰燃烧的过程，以提高生物质添加剂混合成型颗粒燃烧效率和换热效率、并显著地减少  $\text{NO}_x$  的排放量为目标，获得不同配风方式、过量空气系数、燃烧器结构与布置方式、燃烧室的型式与结构等参数情况下，炉内空气动力场、温度场、燃烧产物  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{SO}_2$  等气体浓度场，获得强化炉内燃烧和传热的实现方法，提高锅炉的容积热负荷，对生物质无焰燃烧系统进行优化设计，并探索系统运行的最佳工况。

(6) 根据模拟优化得到的结构设计，建立生物质添加剂混合成型颗粒常温空气高温低氧无焰燃烧实验装置并进行实验研究，测试获得不同实验工况下炉内空气动力场、温度场、燃烧产物 CO、CO<sub>2</sub>、NO、N<sub>2</sub>O 和 SO<sub>2</sub> 等气体浓度场，以及灰分的组成、结焦和结渣性能，与模拟得到的结果相比较，综合探讨实现生物质的高效低 NO<sub>x</sub> 燃烧与液态排渣的技术措施。

(7) 依据以上结果对实验系统进行燃烧试验，选择 35t/h 以上吨位蒸汽锅炉进行燃烧试验，研究物料粒度与锅炉的适配性，优化物料粒度尺寸、炉膛结构与锅炉运行参数。

(8) 从系统能量分配和平衡的角度，建立数学模型，优化选择与设计锅炉相适配的发电系统。

(9) 进行示范工程研究与建设，通过系统整体结构和运行工况优化，获得生物质常温空气高温低氧无焰燃烧与液态排渣发电核心技术。

#### 研究目标：

本项目的研究，采用超焓燃烧技术，实现锅炉“无焰燃烧”，开发生物质(秸秆)燃烧发电技术，实现生物质能高效、低污染、经济、安全、大规模的高品位利用。预期目标如下：

- (1) 生物质成型技术、生物质与添加剂混合成型技术与设备研制。
- (2) 生物质、生物质与添加剂混合成型燃料的燃烧特性研究。
- (3) 生物质、生物质与添加剂混合成型颗粒的高温燃烧理论模型的建立。
- (3) 烟气再循环系统设计。
- (4) 燃料/空气分级系统设计。
- (5) 无焰燃烧反应器的研制。
- (6) 生物质燃烧布置方式设计。
- (7) 锅炉的燃烧型式选择与结构设计。
- (8) 液态排渣装置的设计，实现低粉尘排放。
- (9) 发电系统优化选配，提高发电效率。

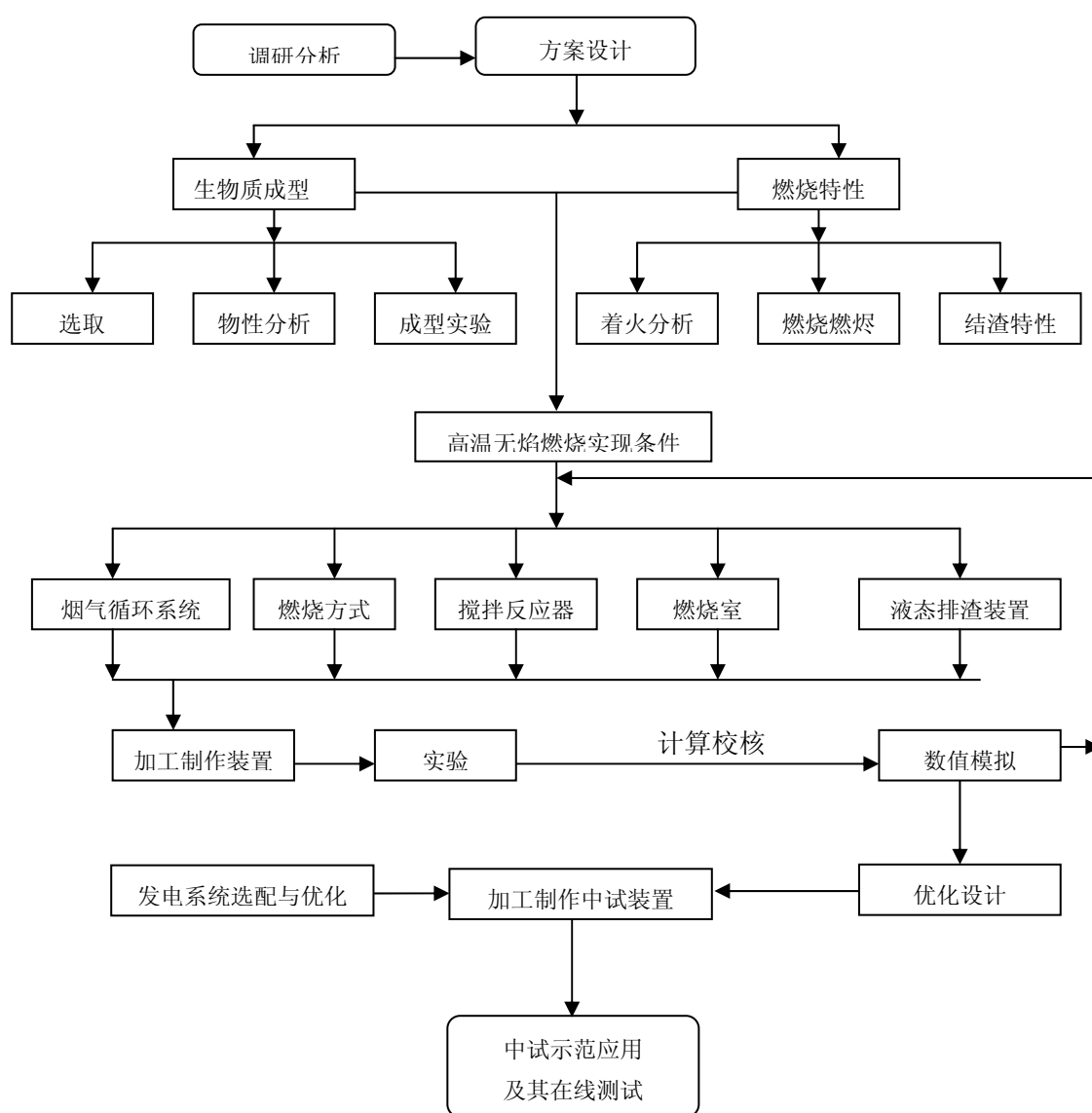
## 技术指标：

(1) 利用常温空气无焰燃烧技术开发自主知识产权的生物质直燃技术，燃烧效率大于 99%，锅炉热效率大于 90%。

(2) 污染物排放：NO<sub>x</sub> 排放浓度小于 100ppm，CO 等污染物排放浓度满足我国污染物排放标准。

(3) 发电效率：大于 35%，明显优于目前国内外生物质发电技术。

## 项目拟采取的技术路线：



## 2 秸秆燃料收集方式的探讨与成本控制

秸秆燃料的收集是秸秆电厂快速发展的的关键之一。我国在建的生物质发电示范项目规模一般为  $2 \times 12\text{MW}$ ，采用直接燃烧供热发电技术，在运行中对生物质需求量相当大，年需耗用生物质 20~30 万吨，每天耗用 1000 吨左右。目前已建和在建的秸秆电厂有很多，但很多没有投入正常的使用秸秆直燃运行，例如省内的大唐安庆自过了 72+24 小时实验后，就一直断断续续运行，华电宿州目前是每周开机 2-3 天。因此，合理地进行生物质能发电厂原料的收集，是保证生物质能发电厂维持商业化运行的关键。

究其原因，主要是由于生物秸秆具有体积大、重量轻、易着火、分布面积广、收获具有季节性等特点，给秸秆收集、运输、储藏、防火等造成了很大的困难，再加上当前农村大部分地区的农业机械化水平较低，生物质从收获到制成燃料还没有一条龙机械设备，大量生物质的收集、储存成为生物质能发电厂燃料加工生产过程中的“瓶颈”，制约着生物质的大范围大规模收集利用。

**收购难：**秸秆分布在千家万户，而每亩地的秸秆产量又少，如一亩地产量也就在 200 公斤左右，按华电宿州现行经纪人的每吨 90-100 元收购价，也就是一二十块钱而已，对农民来说没有多大甜头。电厂不可能派人到千家万户去收购，因此，必须委派第三方即经纪人上门收购，这样就给经纪人在秸秆收购过程中的掺假、秸秆质量低劣、甚至哄抬价格等提供了可能。

**运输难：**秸秆是体积大、重量轻、发热量低的物品，需要打包运输，由于体积较大，难以运输，使得同等重量的秸秆装卸费和运输费都远远高于其它物品。华电宿州经纪人从农民手中收购的秸秆，结过经纪人加价以及加上打包、装卸、运输等环节产生的各项费用，到厂秸秆实际收购成本价格平均在 320 元/吨左右，远高于其概算中的 190 元/吨。据了解，江苏宝应、淮安、以及我省的大唐安庆等秸秆电厂，其秸秆收购成本平均价都在 350 元/吨左右。

**储存难：**由于秸秆收购具有季节性特点，常常造成秸秆的批量集中收购，使得秸秆质量特别是秸秆的干燥度难以控制，有时经纪人甚至故意加水，造成秸秆不能完全脱水，另外由于仓储条件的限制，秸秆露天堆放，常常造成秸秆雨淋。干燥不够或雨水淋过的秸秆易发酵，发酵过的秸秆的热值将会大幅下降，甚至不能燃烧，增大了企业成本，因此，秸秆电厂所储藏的秸秆一般不超过 21 天。

**防火难：**由于秸秆是易燃品，大批量的秸秆采购，造成秸秆储藏的另一个问题是防火难，为此，需秸秆电厂需投入相当量的人力和物力，有时甚至要求配备消防车等消防工具或设施。

针对以上问题，本项目组提出了两种收集方式：

#### (1) 方式一

分布式秸秆收割—压缩成型—运输—储存的秸秆收集方法。通过可移动式秸秆压缩成型机械，将秸秆压缩成型机械直接在农村村镇设点，进行现场压缩形成1cm \* 2cm大小的颗粒，然后再进行运输和储存，大大减少了将原本运输、储存过程中因秸秆体积庞大而增加的费用，而且，有利于储存过程中防潮、防火等一系列问题。这一方式大大降低了秸秆电厂等大规模秸秆用料的成本，同时也为秸秆的后续使用提供了物性的稳定可靠性保障。

在秸秆压缩设备上，可形成以村、镇为单位的形式共同拥有一套或多套生物质收割、粉碎、干燥、压块成型的成套设备。通过借政府的农机补贴，政府补贴一点，公司出资一点，村、镇自行支付一部分组成股份公司，压缩成型机械所有权归股份公司所有，以此发挥并调动农户的积极性，也使得农户在压缩机的使用、维护上尽职尽责。

在成型的秸秆颗粒的运输上，可以通过合理可行的市场化运作，也可以成立运输分公司承担秸秆颗粒的收集和运输任务。由于经压缩，秸秆体积大大减小，相应地也大大减少了由于秸秆体积庞大而造成的秸秆装卸费和运输费。

#### (2) 方式二

建设分散式生物质燃料加工基地。生物质燃料加工基地是生物质能发电厂燃料收集、储运和预处理中心，应当采取以电厂为轴心分布式多点布局设置，每个加工基地应设在生物质资源密集区域内，考虑到运输成本，其收集辐射半径在50公里以内为宜，厂区面积应不低于5亩，可充分利用荒地或空闲地。基地以简易建筑为主，厂房可采用三面墙或一面墙建设。燃料加工基地就像燃煤电厂的煤矿一样为生物质能发电厂供应燃料，生物质能发电厂可以投资方式参与其中，以便控制生物质燃料的收集处理。

这两种方式可以独立存在，也可以相互并存，相互补充，公司化运作。将成型燃料的成本控制在 320 元/t 左右（秸秆收购每吨 150 元左右，加工费每吨 30 元左右，人工费每吨 15 元左右，设备折旧每吨 10 元左右，运输费每吨 40 元左右，公司管理费每吨 25 元，公司毛利税每吨 50 元左右），为生物质电厂提供价格合理、质量达标、供给稳定的秸秆成型燃料。

### 3 生物质高温燃烧技术的提出

生物质的直接燃烧技术是将生物质如木材、秸秆等直接送入燃烧室内燃烧，燃烧过程中放出的热量用以加热工质以产生蒸汽或利用蒸汽发电。从国内外生物质直接燃烧技术的发展状况来看，目前用于生物质燃烧的锅炉主要有层燃锅炉和流化床锅炉。

层燃锅炉属层状燃烧，燃烧效率较低，炉排易烧损。其原因是：①生物质燃料密度低，在其通过给料斗送到炉排上时容易在炉排上形成厚薄不均分布。②当生物质燃料含水率很高时，水份蒸发需要大量热量，干燥及预热过程需时较长，所以，生物质燃料在床层表面很难着火，或着火推迟，不能及时燃烬，造成固体不完全燃烧损失很高，导致锅炉燃烧效率、热效率很低。

流化床锅炉对生物质燃料的适应性较好，负荷调节范围较大。但流化床锅炉存在如下缺点：①对入炉的燃料颗粒尺寸要求较为严格，必须对生物质进行筛选、干燥、粉碎等一系列预处理，使其尺寸、状况均一化，以保证生物质燃料的正常流化。该过程增加了设备投资和能耗。②对于类似稻壳、木屑等比重较小、结构松散、蓄热能力比较差的生物质，必须不断地添加石英砂等以维持正常燃烧所需的蓄热床料，燃烧后产生的生物质飞灰较硬，容易磨损锅炉受热面，并且灰渣混入了石英砂等床料很难加以综合利用。

所以，目前这些直燃方式由于其燃烧温度低、低熔点飞灰造成的积灰和结渣以及燃烧过程中会产生对人体的健康有影响的颗粒排放物等一系列的问题，限制了这种粗放的应用方式。另外，由于生物质含水量大，可从小于 10 % 到大于 50 %，燃烧产生的热量很多浪费在水分的蒸发上，使得生物质在固定床和流化床的燃烧热量利用率较低；与煤相比，生物质灰中碱性成分(特别是碱金属 K)

含量很高，且主要以活性成分的形式存在，在火焰中易挥发出来而后凝结在受热面上形成结渣和积灰。生物质中氯和碱金属含量比煤灰中高得多，它们在燃烧过程中挥发出来，在烟气中生成氯化物而凝结在受热面上，有引起受热面金属腐蚀的倾向。因此研究开发高效燃烧富含水分的生物质技术是直燃技术的一个难点。

针对生物质能利用的一系列问题，中国科学技术大学热科学和能源工程系，一直坚持生物质高温直接燃烧发电的研究方向，在国家 973、863、国家自然科学基金、省自然科学基金、省科技攻关等项目的支持下，进行了一系列基础研究和探索。在秸秆（生物质）的直燃发电方面进行的研究，取得了令人瞩目的成果。

该研究团队将高温低氧无焰燃烧技术应用于生物质的直接燃烧，并采用液态排渣技术、分级燃烧技术和烟气再循环等技术，提高生物质(秸秆)的燃烧效率，使炉内温度场均匀，提高容积热负荷，提高锅炉热效率，解决飞灰的积灰与结渣问题，减少污染物的排放，以实现生物质(秸秆)的高效、低污染、经济、安全、大规模的高品位开发利用。

该技术通过模拟计算与实验研究，完成了生物质燃烧器及燃烧室设计，研制了中小型生物质高温燃烧锅炉（专利授权号 CN200710131843.5），并选择与之相匹配的蒸汽轮机与发电机，进行了系统集成，形成具有自主知识产权的生物质高温燃烧发电技术。该项目的特色在于：（1）实现了高温超焓燃烧，提高了燃烧温度，可以使焦油有效裂解、氧化，实现高的燃烧效率；（2）燃烧温度的提高，提高了能量品位，系统可用能增加，大大提高系统热效率；（3）通过独特的燃烧室结构设计，除尘技术，降低了受热面积灰与烟尘排放，解决燃烧生物质锅炉的氯和碱金属腐蚀问题。通过该项目研究，实现生物质的低成本、大规模、高效率的燃烧热利用，节约一次能源，减少污染物排放，保护生态环境。

## 4 生活垃圾与生物质混燃发电技术的提出

近年来在我国垃圾焚烧处理的比重逐年增加。对于我国现有的垃圾焚烧厂，基本上还是将不经过处理或者是仅仅经过简单分选的原生垃圾直接入炉焚烧，由于未经分类的原生垃圾中含有大量可生物降解的有机组分，水分含量高，直接焚烧时温度常达不到垃圾焚烧炉标准规定的 850℃，热利用效率低，燃烧不稳

定，容易产生二次污染，腐蚀设备，增加了垃圾处理的难度，并且浪费了潜在的可回收利用资源。无论从资源利用的角度还是从设备运行的经济性来讲，都存在明显的不足。

另一方面，目前的垃圾焚烧处理仅仅局限于少量的人口多、经济发展较好的大中型城市，而在小型城镇、乡镇，特别是在广大农村地区，人们生活产生的大量的垃圾基本上都是采用露天堆放处理，造成了环境的极大污染，同时也白白浪费了可用的能源。

基于此，本项目组提出在中小城市将生活垃圾进行分选得出可燃组分，然后在进入炉膛燃烧前与秸秆混合，制成混合燃料，这不仅有利于组织高效的焚烧，提高垃圾、生物质焚烧能源化利用的整体经济性，而且有利于提高中小城市的垃圾处理水平，改善人民生活环境状况。这样既解决了城市的生活垃圾和农村的生物质处理问题，又获得了能源，清洁了城市的环境。

## 5 生物质直燃发电/热电联产技术的提出

本项目技术生物质燃烧锅炉的热效率一般可以达到 90%，比正常同型号锅炉的热效率要高 10%，所以系统发电总效率比正常状况要高 3-5%。

采用热电联供模式可以将不同品位的热能分级利用，将生物质单纯发电的利用效率提高一倍以上，具有节约能源、改善环境、提高供热质量、增加电力供应等综合效益。

## 6 项目的技术、经济效益分析

### (1) 技术分析

与国内外同类技术先进水平对比，具有以下创新点和技术优势：

1) 通过燃用秸秆压缩成型燃料，以此提高单位体积内秸秆的热量，稳定燃烧。

2) 生物质的混合成型，可采用调整添加剂与生物质的混合比例使地域不同、种类不同生物质的热值稳定问题，满足锅炉额定工况稳定的条件。并且可解决

由于地区生物质数量不足造成的目前生物质发电不能连续稳定运行问题。而且添加剂与生物质的混燃可解决煤单独燃烧存在硫化物污染、生物质单独燃烧存在的碱腐蚀问题。

3) 常温空气无焰燃烧可提高燃烧温度，提高传热温差，具有燃烧效率与热效率高，污染排放低，解决目前生物质发电锅炉效率偏低问题。

4) 液态排渣，可降低受热面积灰，降低烟尘排放。灰渣可以做农用有机肥，或用作建筑节能保温材料。

## (2) 经济效益分析

在各种可再生能源中，生物质能最具有实用价值。据统计，每年全世界所生产的生物质能总量是人类消耗化石燃料的 8 倍。目前我国农作物秸秆年产量约为 6.6 亿吨，可作为能源用途的秸秆约 2 亿吨，采用生物质高温燃烧技术，用生物质替代煤炭发电，每年至少可节约 1 亿吨标煤。由于秸秆含硫量只有煤炭的四分之一到五分之一，用秸秆替换 1 亿吨煤炭，可减少  $\text{SO}_2$  排放 6 万多吨， $\text{CO}_2$  排放 3.67 亿吨，烟尘排放 40 万吨。如果作为能源利用的秸秆的 50% 采用本项目技术替代煤炭发电，每年至少可节约 0.5 亿吨标煤，减少  $\text{SO}_2$  排放 3 万多吨， $\text{CO}_2$  排放近 2 亿吨，烟尘排放 20 万吨。

根据 2005 年 2 月生效的《京都议定书》，签订了发展中国家参与环保合作的新型国际合作机制 CDM (clean development mechanism)。该机制是发达国家提供资金和技术援助，在发展中国家境内实施温室气体减排项目；通过购买发展中国家  $\text{CO}_2$  减排指标，发达国家抵消国内温室减排高成本的指标。中国在《京都协议书》中属于发展中国家，由于 2012 年以前不需要承担具体减排义务，因此在中国境内所有减少的温室气体排放量，都可以按照《京都协议书》中的 CDM 机制转变成有价商品向发达国家出售。因此该项目——生物质高温燃烧发电技术所减排的  $\text{CO}_2$  可以通过 CDM 机制到国际市场出售。目前国内减排市场的  $\text{CO}_2$  交易价格是每吨 7 - 15 美元左右， $\text{CO}_2$  减排 2 亿吨可获效益 14~30 亿美元，其减排收益甚至大于生物质本身的发电收益。

## 7 项目的经费需求及来源

项目研究目标内的全部研究内容需要经费\_\_\_\_万元(不含锅炉和发电系统全部设备费用)。

申请政府资助经费\_\_\_\_万元,课题承担单位提供配套经费\_\_\_\_万元。

本项目采用产学研方式组织实施,由中国科学技术大学负责基础研究,从发展燃烧理论、生物质能利用技术方面,结合研究生培养进行相关工作研究;由安徽省能源集团有限公司负责组织项目全面研究实施。