



## 一、立项依据

### 1、本项目国内外科技创新发展概况和最新发展趋势

随着全球工业化的快速发展，一次性能源(如石油、煤炭、天然气等)的消耗量不断增加；但根据国际能源机构统计，地球上石油、天然气、煤炭三种能源供人类开采的年限分别只有40年、50年和240年。因此，人类为了自身的生存和发展，世界各国都在积极进行再生能源的开发和利用工作，以减少或替代一次性能源的消耗。

与化石燃料能源相比，生物质能具有可再生性、低污染性、广泛分布性、总量丰富等独特的优点。近年来，国内外学者对生物质能的利用进行了广泛深入的研究，主要有生物质直接燃烧技术、生物质气化燃烧技术和生物质液化燃烧技术，并取得了可喜的成绩。1988年丹麦诞生了世界第一座秸秆生物燃烧发电厂。与同等规模每年发电1.38亿kWh的燃煤电厂相比，秸秆发电每年可节约煤炭10多万t，减少SO<sub>2</sub>年排放量400t。目前丹麦已建立了13家秸秆发电厂，还有一部分烧木屑或垃圾的发电厂也兼烧秸秆。目前，以秸秆和木屑为主要原料的生物质能在丹麦可再生能源中的比重已超过40%。丹麦的秸秆发电技术现已走向世界，并被联合国列为重点推广项目。在比利时，有100年历史的布罗赛尔温克能源技术公司是生物质热电联产专用锅炉的生产企业，是世界上最早采用生物质为燃料的锅炉制造公司之一，如今已发展出适应木材废弃物、建筑木质废弃物、造纸废弃物及城市垃圾等不同燃料的锅炉设备。与芬兰、丹麦等国的技术不同，该公司的产品采用的是倾斜式液压移动式炉排，其热效率可达85%，比较适用于20MW以下的生物质发电。美国在利用生物质能发电方面处于世界领先地位，各类生物质发电站有350多座，发电装机总容量达700MW，提供了大约6.6万个工作岗位，据有关科学家估计，到2010年，生物质发电将达到13000MW装机容量，可安排超过17万就业人员。我国从60年代起就曾开始小型生物质气化电技术的研究开发，代表作品是60 kW稻壳气化电系统。但由于系统热效率低下且气化气净化带的含焦废水二次污染问题，气化发电技术一度被弃。迫于能源与环保压力，1987年气化发电重新上议程，并列国家科技部“七五”重点攻关项目年以来取得了不少可喜的进展。近年来MW级的中型BGPG系统也已研究开发出来。1998年10月中科院广州能源所完成1MW级的生物质循环流化床气化-内燃机发电系统(GIEC)，5台

200kW发电机组并联工作，但受气化效率与内燃机效率的限制，效率低于18%，单位电量的生物质消耗量一般大于112kg/(kW·h)，在此基础上2000年在海南三亚建成第二套中型气化发电系统，装机容量1.2MW。“十五”期间，广州能源所现在承担的4MW生物质气化气——蒸汽整体联合循环发电示范工程取得了较好的结果，设计条件下运行时，每年可处理约3万多t秸秆、稻壳、木屑等生物质废料，作为最直接的效果之一，每年可减少CO<sub>2</sub>的排放约3万t。但该系统在进一步向高品质、易于传输的电转换方面，受到了该类气体发电机组功率较小的制约，已成为气化发电技术进一步发展利用的瓶颈。

对于生物质液化技术，国际能源署(IEA)组织了加拿大、芬兰、意大利、瑞典、英国和美国的10余个研究小组包括Battelle、MIT等国际著名大学实验室进行了10余年工作，到1995年初，已有20余套工业示范装置在运行中，最大处理能为日处理生物质100t，加拿大西安大略大学研发的生物质直接超短接触液化技术，大规模工业化生产成本仅为50加元/t(约合人民币3元/t)，是生物质液化技术的重大突破，其技术经济评价表明，目前的生产成本可与常规的化石燃料相竞争。此外，INTERCHEM建了大型涡旋反应器，加料流量达1350kg/h；美国太阳研究所建立了不同工艺的生物质裂解油试验装置，产油率达70%左右。中国在这方面的研究尚处于起步阶段，沈阳农业大学在1995年引进了一套荷兰研制的生物质处理量50kg/h的式热解实验装置，并用松木粉作了一些生物油转换实验。在该技术的研究方面，我国远落后于国外。但由于生物质能的研究还处于起步阶段，技术手段还不够成熟，在其利用过程中存在着缺陷和不足，需做进一步研究。气化、液化技术是将生物质经过多次转换和净化之后再行燃烧，中间环节不但提高了投资运行成本，也降低了生物质能的总利用效率。而且气化、液化燃料热值低，在稳定运行、焦油清除、气体净化等技术上还需提高；而直燃技术效率较高，且没有焦油带来的二次污染问题，所以相对而言，直燃的优势是明显的。但目前的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，燃烧产生的热量很多浪费在水分蒸发上，使得生物质在固定床和流化床的燃烧热量利用率较低，所以研究开发高效燃烧富含水分的生物质直燃技术是生物质能利用技术的发展趋势。

## 2、本项目研究的目的、意义

本项目的研究，旨在借鉴超焓燃烧和高温空气燃烧技术解决上述生物直燃的难题，并采用液态排渣技术、分级燃烧技术和烟气再循环等技术，设计生物质(秸秆)高温燃烧锅炉，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，降低锅炉制造成本，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，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和我国秸秆直接燃烧锅炉的自主开发。

生物质能是仅次于煤、石油、天然气的第四大能源，在世界能源消耗中占有一定的比例。由于生物质燃烧在CO<sub>2</sub>总量上的实现了零排放，消除了产生温室效应的根源，有关专家认为生物质能源将成为未来可持续能源的重要组成部分。而且，我国目前有工业锅炉约50万台，每年耗煤量约为全国产煤总量的三分之一，推广各种节能技术，提高工业锅炉热效率的工作虽已取得较大成绩，但从矿物能源资源有限和因大量使用会造成环境状态恶化的战略观点出发，结合我国拥有丰富生物质资源的现实，逐步发展燃用生物质工业锅炉技术，对节约常规能源、优化我国能源结构，将具有重要的经济意义、生态环境意义以及社会意义。

## 3、本项目研究现有起点科技水平及已存在的知识产权情况

中国科学技术大学对超焓燃烧和高温空气燃烧的研究已取得了显著的成绩，实现了常温空气无焰燃烧技术，获发明专利 6 项，论文数十篇，并获得安徽省科技成果奖，经专家鉴定该项研究填补了国内空白，其技术水平国内领先，部分技术达到国际先进水平，可为更加节能、更具环保的燃气工业锅炉以及诸如生物质的低热值燃料的高效燃烧提供了新的实现途径。因此，在徐州四方锅炉有限公司与中国科技大学的紧密合作下，通过本项目的大力支持下做进一步的研究，可在生物质燃烧热利用方面，实现生物质高温无焰燃烧，燃烧效率达到 99% 以上，采用液态排渣方式，降低粉尘与 NO<sub>x</sub> 等污染物排放，使热效率达到 90% 以上，直接将生物质代替煤炭作为电站锅炉燃料，达到高效、经济的目的，大规模低成本应用于生产实践中。

## 4、本项目研究国内外竞争情况及产业化前景

在发达国家，生物质作为能源的利用，多采用高投入、高产出的方式，建设大型的生物质能转化工程，将传统的生物质能转化为现代能源利用。例如，美国

在 1992 年就大约有 1000 个利用木材气化的发电厂，运行装机 650 万千瓦，年发电 42 亿千瓦时，发电成本 4-6 美分每千瓦时，每千瓦投资 2000-3000 美元，美国加州电力供应的 40% 来源于生物质发电生物质转化为现代能源的利用。在美国、瑞典和奥地利的基本能源消费中已分别占到 40%、16% 和 10%。在欧盟国家中，开发利用的所有新能源和可再生能源（包括水电在内）中生物质能源已占总和的 59.6%。国外生物质气化装置一般规模较大，自动化程度高，工艺较复杂，以发电和供热为主，如，加拿大摩尔公司（Moore Canada Ltd）设计和发展的固定床湿式上行式气化装置、加拿大通用燃料气化装置有限公司（Omnifuel Gasification System Limited）设计制造的流化床气化装置、美国标准固体燃料公司（Standard Solid Fuels Inc）设计制造的炭化气化木煤气发生系统、德国茵贝尔特能源公司（Imbert Energietechnik GMBH）设计制造的下行式气化炉-内燃机发电机组系统等等，气化效率可达 60%-90%，可燃气体热值为  $1.7-2.5 \times 10^4 \text{kJ/m}^3$ 。目前，在该领域具有领先水平的国家有瑞典、美国、意大利、德国等。美国近年来在生物质热解气化技术方面有所突破，研制出了生物质综合气化装置-燃气轮机发电系统成套设备，为大规模发电提供了样板。

从 80 年代初开始，经过近 20 年的努力，我国生物质气化技术也日趋完善。我国自行研制的集中供气 and 户用气化炉产品已进入实用化试验及示范阶段，形成了多个系列的炉型，可满足多种物料的气化要求，在生产、生活用能、发电、干燥、供暖等领域得到利用。近年来，还将煤气化技术引入到生物质气化方面来，如沸腾流化床技术可用在细粒状的生物质气化，克服了此类原料在固定床连续加料的困难，同时生物质流化床技术也被很多研究单位和高校重视，有关该项技术的实验研究也在进行中。目前，我国使用的秸秆气化技术，主要以固定床为主。固定床工艺一般采用空气为气化剂，这类工艺，不论是上吸式、下吸式或是平吸式的气流方式，都有设备结构简单、易于操作、可以实现多种生物质原料的热解气化、投资少等特点。但是得到的生物质燃气热值低，一般只有  $5000 \text{kJ/Nm}^3$  左右，且生物质气中焦油含量高，燃料利用率低，生产、输送、配给的成本较高。分析其原因，主要有两方面：第一，由于工艺路线局限，多采用空气为气化剂，得到的燃气中氮气含量高，通常在 50% 左右，影响了气体的热值；第二，由于秸秆原料有些不利于气化因素，使得燃料得不到完全气化，仅利用了燃料中的挥发

成分，固定碳得不到充分利用。集中供气的形式，以山东能源研究所开发的 XFL 秸秆气化系列和大连环境科学研究院开发的 LZ 生物质干馏气化系列为代表，但气体热值较低，仅为  $5000\text{kJ}/\text{m}^3$ ，而且气体中焦油含量较高；后者气体热值可达  $14000\text{kJ}/\text{m}^3$ ，但产气率低，仅为  $0.3\text{m}^3/\text{kg}$ ，而且其主产品为碳，生物质气只是副产品。目前，两种炉型均只作为较小范围的生物质集中供气系统，要建大规模的系统，所带来的一些技术及经济上的问题尚需解决。

目前，生物质利用趋势应该朝着低成本、大规模的趋势发展。本研究项目的最大特点一是改变以往秸秆利用方式，直接进行高温燃烧热利用，从而大大提高燃料利用过程的系统热效率。二是燃烧过程的高温，以及无焰燃烧方式，可以使焦油有效裂解、氧化，实现高的燃烧效率和低的未燃可燃物排放。三是高温燃烧，可以提高燃烧温度也就是提高了能量品位，增加系统可用能。四是实现具有空间放热特征的无焰燃烧方式，炉膛容积热负荷高，且温度分布均匀，可以实现非常低的 NOX 排放。五是生物质热利用提供了具有自主知识产权的工艺技术。因此，项目拟研究的生物质直燃锅炉具有一定的市场竞争实力。

节能和环保是当今世界的两大主题，本项目在江苏省科技厅领导下，中国科学技术大学燃烧和环境工程研究组攻关完成的生物质高温燃烧锅炉，将能充分利用资源丰富的秸秆，缓解能源紧张、提高能源品位、改善环境质量、提高人民生活水平，强有力的促进生物质直燃发电的示范运行及产业化的迅速发展。因此，生物质高温燃烧锅炉的开发与应用，对于保护环境，节约能源，具有重要实际意义。而且能使生物质能利用设备的技术升级，科技含量高，可以完全替代进口产品，因而能使生物质能利用设备的价格大大降低，产业化市场前景非常广阔。同时，国家能源和环保政策的出台，对新能源的支持和迫切需要高效率低排放的热能设备为国民经济服务，完全符合国务院提出的创建节约型社会的要求。该项科研成果的诞生，符合国家产业政策，符合科技发展，符合当代形势，符合市场需求。因此，本项目所形成的产品具有明显的技术优势和广阔的市场前景。

## 二、研究内容

### 1、具体研究开发内容和要重点解决的关键技术问题；

本课题通过对生物质(秸秆)的燃烧特性研究,进行燃烧器及燃烧室设计,通过模拟计算与实验研究,强化炉内燃烧与传热过程,优化燃烧器与燃烧室结构设计,实现生物质(秸秆)常温空气高温低氧无焰燃烧和液态排渣,提高燃烧效率与换热效率,降低污染物的排放。拟研究的主要内容如下:

(1) 针对选定的地区,研究在一定区域范围内生长和经一定时间储存了的生物质(秸秆)的特性,进行元素分析、工业分析和燃烧特性研究,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,优化选择生物质的储存方式、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。

(2) 研究生物质高温快速热解机理,不同热解温度、氧浓度和时间等条件对热解过程、热解产物和热解产物组份的影响规律,研究生物质热解化学反应动力学的模型;研究不同燃烧温度、氧浓度和时间等条件对焦炭燃烧过程特性影响规律。并建立相应特征生物质颗粒的热解和燃烧理论模型。

(3) 根据生物质高温热解和燃烧过程特性、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,进行燃烧器结构与布置方式选择,无焰燃烧搅拌反应器的设计,燃烧室的型式选择与结构设计,探索生物质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常温空气高温低氧无焰燃烧的实现条件,研究生物质组分、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的流动、混合、热解与燃烧、放热和传热的物理数学模型,模拟生物质常温空气高温低氧热解和无焰燃烧的过程,以提高生物质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 CO、CO<sub>2</sub>、NO、N<sub>2</sub>O 和 SO<sub>2</sub> 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放大，进行中试，优化结构与运行参数。

(8) 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的核心技术。

#### 拟解决的关键问题

(1) 通过具有“极限”换热能力的蓄热体、烟气回流、炉内空气动力场的合理组织、无焰燃烧搅拌反应器、燃烧器与炉膛的结构优化设计实现高温空气燃烧。

(2) 通过燃料/空气分级系统设计、无焰燃烧搅拌反应器、燃烧器与炉膛的结构优化设计、高温空气与燃料的流动合理组织实现以均匀温度场为特征的低氧无焰燃烧。

(3) 实现液态排渣，并避免渣池的析铁和管壁的高湿腐蚀。

#### 2、项目的特色和创新之处;

(1) 将常温空气无焰燃烧技术应用在生物质(秸秆)颗粒燃烧中，使得锅炉炉膛内的换热以辐射换热为主，将彻底改变目前固体燃料锅炉以对流换热为主的传热方式，提高锅炉热效率。

(2) 开发适用于燃烧生物质(秸秆)颗粒的无焰燃烧搅拌反应器，结合烟气再循环技术、烟气再循环技术等，开发生物质(秸秆)的常温空气高温低氧无焰燃烧技术。

(3) 常温空气无焰燃烧技术要比高温空气无焰燃烧技术更先进，表现在，它保留了高温空气无焰燃烧技术的高效低污染的特点，另外，不需要高温空气蓄热

式预热系统，大大简化了无焰燃烧的实现条件，并避免了燃烧的脉动；解决了高温空气无焰燃烧技术不能应用于燃烧低热值的生物质(秸秆)而导致的排烟温度低的问题。此项研究的开发成功，将对节约能源和改善环境具有重大意义。

### **3、要达到的主要技术、经济指标及社会、经济效益。**

#### **技术指标：**

(1) 利用超焓燃烧技术开发自主知识产权的生物质直燃锅炉，燃烧效率大于 99%，热效率达到 90% 以上，实现液态排渣。

(2) 污染物排放：NO<sub>x</sub> 排放浓度小于 100ppm，CO 排放浓度小于 10ppm。满足我国污染物排放标准，明显优于目前国内外生物质燃烧设备。

#### **经济指标及社会、经济效益：**

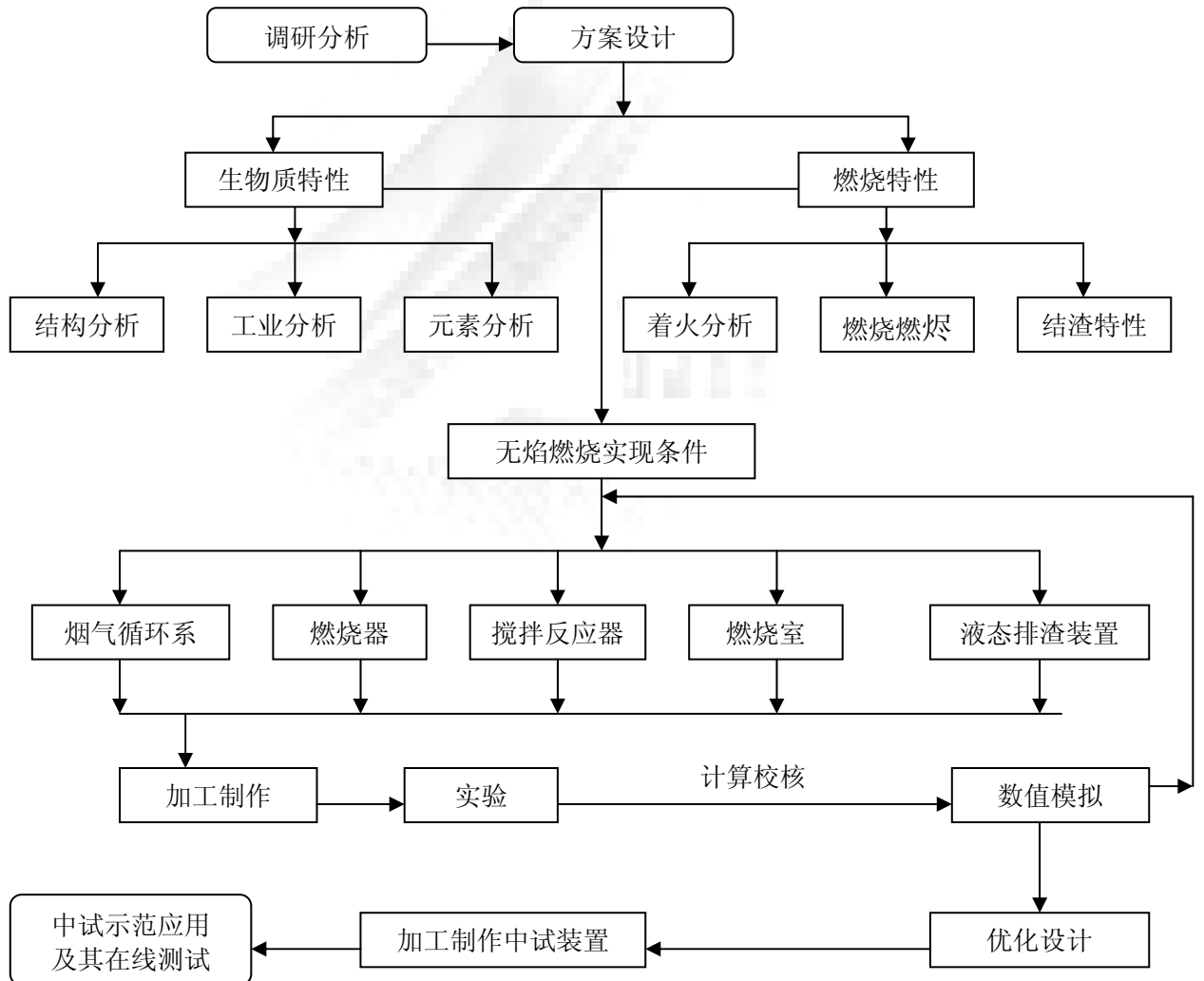
目前我国农作物秸秆可作为能源用途的秸秆近 2 亿吨。按 10% 的用于锅炉燃烧供热发电利用率计算，相当于每年减少 1000 万吨的燃煤消耗，约减少 20 万吨 SO<sub>2</sub>、5 万吨 NO<sub>x</sub> 和 15 万吨烟尘排放，并可使农民每年增收约 60 亿元。良好的经济、社会和环境效益显而易见。

### 三、研究试验方法、技术路线以及工艺流程

#### 试验方法

运用流体力学、传热学、燃烧学的基本原理及相关工程经验公式进行生物质燃烧锅炉的燃烧器、燃烧室、无焰燃烧搅拌反应器与液态排渣装置的初步方案设计，借助模拟计算与实验研究优化燃烧系统结构与运行参数，强化炉内均匀燃烧与传热过程。根据设计先加工初样，改变各种工况参数进行实验测试。根据实验结果分析与计算的校核，对结构作优化设计，并加工正样进行测试。测试结果满足要求后，对小试模型进行放大，进行中试装置的设计、测试与示范应用。

#### 技术路线以及工艺流程



## 四、工作基础和条件

### 1、承担单位概况，拥有知识产权状况

江苏四方锅炉有限公司是国家定点 B 级锅炉和三类压力容器专业制造企业。公司占地面积 80000 余平方米，生产基地建筑面积 30000 余平方米，新厂区占地面积 100 多亩，即将投入使用。企业拥有大型生产设备和精良的检测仪器。“四方”牌系列锅炉先后荣获徐州市名牌产品、江苏省名牌产品、江苏省著名商标、全国用户满意产品，连续 8 年保持徐州市重合同守信用企业称号。科学的管理、严谨的质量控制使企业通过 ISO9001 国际质量体系认证。企业研制的主要产品有燃油、燃气、燃煤、无烟煤和电加热等六大类，八十余种锅炉和三类压力容器产品。“四方”牌锅炉产品以运行效率高、节省能耗、环保性能好、智能程度高等优越特点赢得了用户好评，加之企业良好的信誉，及时到位的服务，使产品享誉全国二十多个省市自治区，并在全国各地和城市设有办事机构。“四方”牌锅炉产品广泛适用于发电、轻工、化工、纺织、造纸、食品加工工业及宾馆、医院等企事业单位生产生活用汽用水。

中国科学技术大学是一所以理工类为主的综合性大学，具有多学科综合交叉的优势，在燃烧、工程热物理、化工、机械等研究领域有各方面人才。本项目依托中国科学技术大学，拥有教授 3 人，研究生 16 人，长期以来一直致力于燃烧节能与环保的研究，主要以煤、石油、天然气、生物质及可燃废弃物高效、清洁燃烧利用以及新型的能源利用为研究背景，进行气液固无焰燃烧、超焓燃烧、微尺度燃烧、催化燃烧机理以及应用研究，为本项目提供了理论基础和人才储备。课题组承担过多项国家级项目，获发明专利 6 项，论文数十篇，并获得安徽省科技成果奖，

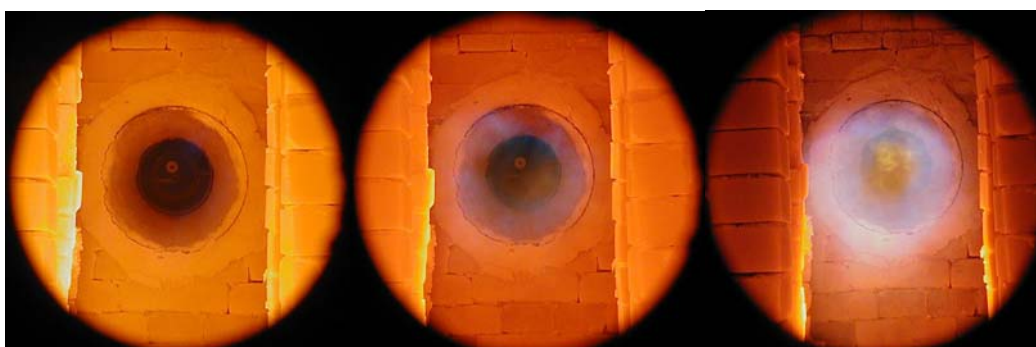
### 2、本项目现有的研究工作基础

项目组 2000 年曾经承担国家自然科学基金项目阴燃特性研究，研究中发现阴燃过程的传播需要的能量比有焰燃烧少；较低的氧浓度就可以维持阴燃；反向阴燃对阴燃燃烧产物具有自净化作用。我们在生物质的热解动力学机理方面，进行了大量的研究与探索。在热分析仪上，对各种生物质进行了大量的热重分析实验，研究了不同环境氛围情况下的释热、失重过程以及生物质热解过程。我们

这些早期的工作，所得到的一些结论，为本项目的研究提供了研究经验。

我们去年立项的国家 863 研究计划，主要工作是利用超焓燃烧的思想处理超低浓度瓦斯（主要成分是甲烷），目前已经能够使容积浓度范围在 0.4~1.0% 的甲烷稳定燃烧，这个工作的意义在于处理矿井通风中的低浓度瓦斯。本项目同为采用超焓燃烧技术解决低热值燃料燃烧问题，国家 863 研究计划项目的研究成果，对本项目的研究方案的确定提供了技术基础。

此外，项目合作单位之一中国科学技术大学燃烧与环境课题组已成功研制出天然气在常温空气进气条件下实现无焰燃烧技术的技术方案，并在蒸汽的锅炉上进行了实验研究。实验发现：在常温空气情况下，利用强射流和漩流，用特殊的燃烧室结构，可以实现无焰燃烧反应，见下图。经安徽省环境监测中心站现场测定，在烟气中的 NOX 与 CO 浓度远低于传统的低 NOX 分级燃烧，燃烧室温度分布均匀且无局部高温，无可见火焰前沿等特征，都只有高温空气无焰燃烧才能实现。这种“新型无焰燃烧”，保持了所有现代无焰燃烧的优点，只是避免了高温空气预热所带来的问题。并在 2 吨/小时的燃煤锅炉上改烧天然气，热效率达到 92% 以上，远高于国内外同类型燃气锅炉的热效率；同时，烟气中测得 CO 浓度小于 10ppm，NOX 浓度小于 100ppm，这些排放指标只有高温空气无焰燃烧条件下才能达到。这项工作在 2006 年 5 月通过了安徽省科技厅组织的专家鉴定（皖科鉴字[2005]第 105 号），与会专家认为，采用新型无焰燃烧技术，在燃烧效率、NOX 和 CO 排放等方面优于国内外同类产品。在复杂炉膛结构下，控制流动、传热和化学反应条件，实现空间型反应有一定基础。



.天然气燃烧实验图

a)无焰:流量 114Nm<sup>3</sup>/h    b)过渡:流量 105Nm<sup>3</sup>/h    c)有焰:流量 65 Nm<sup>3</sup>/h

#### 目前已具备的实验条件:

STA490C 热分析仪: STA490C 热分析仪是由德国耐弛公司生产, 本仪器主要用于城市生物质的热重分析, 研究生物质在高温条件下的热解过程以及热解成分的析出过程。

气相色谱-质谱仪: 主要用于分析燃烧炉出口处的燃烧产物成分, 以及对产物中的有害成分进行分析检测。

燃烧模拟试验炉: 经过改装, 对进料系统进行改造, 即可作为本项目生物质燃烧的模拟试验装置。

燃气成分在线分析仪: 测定 CO、HC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> 等, 对燃烧产物的成分进行在线分析。

### 3、项目负责人以往承担国家、省级等各类科技计划项目完成情况

(1) 国家 863 计划课题“低浓度煤层气燃烧技术与热能利用”(2007-2008, 项目编号: 2006AA05Z210), 主要解决矿井通风中甲烷的温室效应及热能利用问题。甲烷的温室效应是同重量 CO<sub>2</sub> 的 21 倍, 本项目的实施, 每年相当于减少 2 亿吨 CO<sub>2</sub> 当量。同时每年我国煤矿风排瓦斯所含甲烷约为 150 亿立方米, 如果利用效率达到常规天然气的三分之一, 风排瓦斯的甲烷则相当于 50 亿立方米天然气, 其市场价值则高达 100 亿元人民币。其研究结果对于解决诸如生物质、垃圾、废气等低热值气的燃烧问题具有指导意义

(2) 安徽省重点科研计划项目“新型无焰燃烧技术在工业锅炉中的应用”(2005-2006, 编号: BJ2090130006)。取得的重要成果之一是采用新型无焰燃烧技术改造现有锅炉, 使锅炉热效率达到 92% 以上, NO<sub>x</sub>、Soot、UHC 排放均远远低于国家标准。2005 年 5 月, 安徽省科技厅对该项目组织了鉴定, 与会专家认为, 在燃烧效率、NO<sub>x</sub> 和 CO 排放等方面均优于国内外同类产品。其研究结果对中小型用热设备具有显著的节能减排效果。

(3) 安徽省科技攻关计划重点项目“基于空间反应的粉煤高效气化技术”(2007-2008, 编号: BJ2090130011), 提出了采用高温无焰燃烧解决难以气化的

劣质煤。

(4) 国家自然科学基金项目“森林火灾中地下火的阴燃特性研究”(2001-2003, 编号: 59976039)研究了林间可燃物的阴燃过程和控制方法,建立了描述阴燃过程的物理模型,探索了利用阴燃特性构造反向阴燃炉用于焚烧生活垃圾的新途径。

(5) 国家林业部软科学研究项目“林火管理与森林防火投资效益分析研究”(1998-1999, 项目编号: CC2803)。提出了林火管理决策模型和森林防火的投资效益函数,为林火管理与森林防火的投资决策提供了理论依据。其研究结果可为节能减排投资效益分析、能源排放管理模型的建立提供经验。

(6) 原国家林业部与加拿大庞巴迪公司项目“在中国使用水陆两栖飞机扑救森林火灾的可行性研究”(1999-2000, 项目编号: CC2806)。主要研究结果得到国内外专家的高度评价,并被原国家林业部作为购买水陆两栖飞机扑救森林火灾的主要决策依据。可为全局性能源技术的选择提供参考依据。

(7) 安徽省自然科学基金项目“森林火灾演化机理和扑救决策系统研究”(2001-2003, 项目编号: JB1301),得到安徽省森林防火指挥部的肯定,该扑救决策系统已经作为森林火灾扑救决策的辅助工具。其研究结果可指导突发性排放事故的管理决策。

#### **4、项目实施具备的人才队伍、经费配套投入能力及科技服务管理能力;**

本项目采用产学研合作方式进行组织实施,由江苏四方锅炉有限公司负责生产、市场,由中国科学技术大学负责研究,从发展燃烧理论、生物质能利用技术方面,结合研究生培养,进行本项目的实施。如果本项目能够得到省科技支撑计划的支持,江苏四方锅炉有限公司与中国科学技术大学将在人员、资金、设备等方面提供保障,全方位支持课题组完成本项目。江苏四方锅炉有限公司并承诺:如果本项目能够得到科技支撑计划的支持,将从公司自有资金中为本项目配套经费 100 万元人民币,主要用于人员费、间接费用和业务费等方面。并且,江苏四方锅炉有限公司与中国科学技术大学热科学和能源系联合成立了项目指挥部,按照各自分工,制定了详细的研究计划,细化各方所解决的主要问题,形成独立的项目管理机构,由能源、化工、热力、自动化、电力、技术经济、经济管理、市

场营销等专业人员 50 人组成，对项目实行网络控制、分块管理的项目管理程序，完善计量、检测、验收等措施。

#### **5、本项目实施可能对环境的影响及预防治理方案。**

本项目的研究工作就是拟解决燃煤锅炉锅炉产生的环境污染问题，采用生物质替代煤炭，对环境是有益的。而且通过本项目的进一步研究，也可降低生物质在燃烧过程中排放对大气的污染。总之，本项目的研究的出发点就是从保护环境出发的，因此本项目的实施不会对环境产生负面的影响。

## 五、项目研究预期成果及效益

### 预期研究成果

- (1) 提供课题研究报告。
- (2) 提供小试原理模型。
- (3) 在国内外期刊发表论文 4~6 篇。
- (4) 预期取得专利 3 项:
  - a) 炉子的外观设计。
  - b) 生物质高温燃烧锅炉
  - c) 生物质锅炉工艺设计

### 培养人才:

预期培养博士 2 人，硕士 4 人。

### 预期效益:

四方锅炉公司位于徐州市柳新镇华润工业园区，周边生物质燃料供应丰富，适合进行生物质锅炉大研发与应用。据抽样调查显示：以柳新镇为中心，10 公里范围内户均可出售秸秆 2033 公斤，有农户 4.4 万户，可出售秸秆量 9.01 万吨；10-15 公里范围内户均可出售秸秆量 2326 公斤，有农户 2.5 万户，可出售秸秆 5.81 万吨；15-20 公里范围内户均可出售 2405 公斤，有农户 6.3 万户，可出售秸秆量 15.13 万吨；25 公里以上户均可出售秸秆 3735 公斤，有农户 2.3 万户，可出售秸秆量 8.52 万吨。仅以 25 公里内用户计算，可出售秸秆量为 29.95 万吨。按秸秆平均发热量 3000kcal/kg，热效率 90% 计算，可长年供一台 160T 左右锅炉运行燃烧用。秸秆按平均发热量 3000kcal/kg，热效率 90% 计算，据市场调查，秸秆每公斤 0.16 元左右，则产生 1 吨蒸汽需秸秆 222 公斤，燃料费用需 35.52 元。烟煤按平均发热量 4500 kcal/kg，热效率 80% 计算，烟煤每公斤 0.8 元左右，则产生 1 吨蒸汽需烟煤 167 公斤，燃料费用需 133.6 元。燃用秸秆锅炉每产生 1 吨蒸汽，相对燃用烟煤，可节省约 100 元。另外，燃用秸秆还包含着巨大的环保效益及社会效益。因此生产燃用生物质（秸秆）锅炉市场前景广阔。生产锅炉

创收预算!!!!

## 六、计划进度安排与考核指标

工作进度	主要工作内容
2008年7月至2008年12月	资料收集整理、先期准备工作的实施,生物质(秸秆)燃烧特性研究。
2009年1月至2009年6月	烟气回流系统设计,燃料/空气分级系统设计,无焰燃烧搅拌反应器的研制,燃烧器设计,燃烧锅炉设计,液态排渣装置的设计。
2009年7月至2009年12月	炉膛内部流场、温度场、燃烧产物的模拟计算;实验装置的建立与调试,开展实验研究。
2010年1月至2010年6月	中试、示范工程建设。
<b>项目完成后主要考核指标:</b> (1) 形成具有自主知识产权的小试生物质锅炉,利用超焓燃烧技术,燃烧效率大于99%,热效率达到90%以上,实现液态排渣。 (2) 污染物排放: NO <sub>x</sub> 排放浓度小于100ppm, CO 排放浓度小于10ppm。满足我国污染物排放标准,明显优于目前国内外生物质燃烧设备。	

## 七、项目主要研究人员

课题负责人								
姓名	性别	年龄	职务 职称	学位	专业	为本项目工作 时间(%)	所在 单位	项目 分工
段绪强	男	42	董事长	学士	热能工程	60	江苏四方锅炉有限公司	总负责
林其钊	男	51	教授	博士	热能工程	70	中国科学技术大学	技术总负责
主要研究人员								
戚振元	男	65	财务主管	学士			江苏四方锅炉有限公司	经费管理
郑乐鸣	男	65	总工	学士			江苏四方锅炉有限公司	系统设计
师为东	男	43	常务副总	学士			江苏四方锅炉有限公司	系统设计
邓益忠	男	44	技术部经理	学士			江苏四方锅炉有限公司	优化设计
王明月	男	45	副总工	学士			江苏四方锅炉有限公司	热工计算
王荣岗	男	44	设计人员	学士			江苏四方锅炉有限公司	热工计算
常春梅	女	30	设计科长	学士			江苏四方锅炉有限公司	产品设计
陈家润	男	49	设计科长	学士			江苏四方锅炉有限公司	产品设计
陈敬新	男	63	工艺科长	学士			江苏四方锅炉有限公司	工艺设计
王高峰	男	29	博研	博士	热能工程	50	中国科学技术大学	燃烧控制
王宝源	男	27	博研	博士	热能工程	60	中国科学技术大学	流动计算
唐志国	男	30	讲师	博士	热能工程	60	中国科学技术大学	燃烧计算
扈鹏飞	男	27	博研	博士	热能工程	100	中国科学技术大学	燃烧实验
何贤钊	男	26	硕研	硕士	热能工程	100	中国科学技术大学	燃烧控制
蔡万大	男	28	硕研	硕士	热能工程	100	中国科学技术大学	燃烧实验

## 八、经费概算及来源

### 1、经费筹集情况（经费单位：万元）

	合计	自有 资金	贷款	政府部门			其他
				省科技 厅	市、县	其他 部门	
已投入经费（包括政府部门、其他资金投入）情况说明：							

### 2、新增经费预算（经费单位：万元）

序号	科目名称	总预算	其中：省拨款
	(1)	(2)	(3)

申报单位须提供必要保障条件和自筹资金，自筹资金与申请省资助经费比例为 1:1 以上。项目主管部门（不含苏北五市）应提供必要的配套经费，配套经费与申请省拨经费比例不低于 0.5: 1。经费请根据要求填写!!!!!!!

九、承担单位审查及承诺意见、盖章

承担单位  
(法人签字)

盖章  
年 月 日

参加单位  
(法人签字)

盖章  
年 月 日

十、县(市)科技主管部门承诺意见、盖章

是否同意配套支持: 是  配套支持经费: 万元  
否

(负责人签字)

单位盖章  
年 月 日

十一、省辖市科技主管部门、省有关厅局审查承诺意见、盖章

是否同意配套支持: 是  配套支持经费: 万元  
否

(负责人签字)

单位盖章  
年 月 日

## 本项目任务书所附的附件清单

附件名称（复印件）
-----------

