

一、项目概述

生物质高温燃烧锅炉的研发项目是由江苏四方锅炉有限公司承担，邀请中国科学技术大学（热能系）参加本项目的实施。该项目与 2008 年 12 月获江苏省科技支撑计划 - 工业部分项目立项，项目编号 BE2008026。项目启动时间是 2009 年 1 月，预计完成时间 2009 年 12 月。

二、项目任务来源

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源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 SO₂ 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 年的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 CO₂ 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。

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 CO₂ 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。

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，由江苏四方锅炉有限公司和中国科学技术大学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。

三、设计、试制时间表

年 度	主要工作内容
2008年1月 2008年6月	工作计划：1、资料收集整理、先期准备工作的实施；2、生物质(秸秆)燃烧特性研究。 考核目标：发表论文1—3篇。
2008年7月 2008年12月	工作计划：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。 考核目标：1、相关设计图纸及发表论文1—2篇；2、申请专利1—2项。
2009年1月 2009年6月	工作计划：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。 考核目标：1、建立的实验装置能满足研究测试的需要；2、计算与实验报告；3、公开发表论文1—2篇。

<p>2009年7月 2009年12月</p>	<p>工作计划: 最终形成具有自主知识产权的适用于生活和工业用生物资高温燃烧锅炉产品、配套的工艺设计图纸与相关的技术规范; 中试、示范工程建设; 总结中试装置的经验, 提交整体系统设计方案及实验报告; 组织验收。</p> <p>考核目标: 1、整体设计图纸、项目报告、示范装置; 2、形成的生物质高温燃烧锅炉产品各项指标能达到标准规范及设计要求; 3、发表论文1—2篇, 申请专利1—2项。</p>
-----------------------------------	---

四、项目的主要研究课题和解决的关键问题

主要研究课题

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 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_2 、 NO 、 N_2O 和 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_2 、 NO 、 N_2O 和 SO_2 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高效低 NO_x 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。

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。

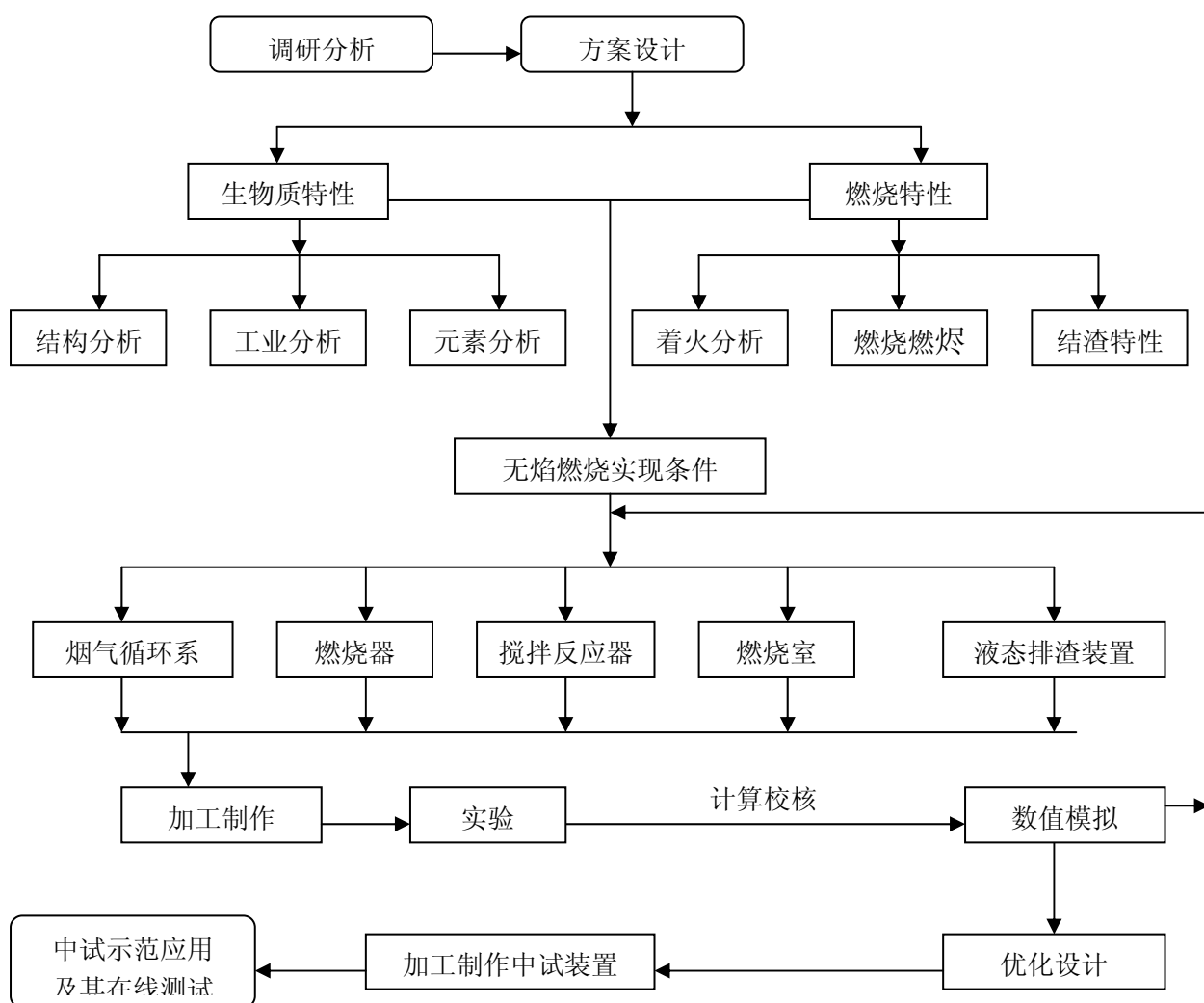
(2) 通过燃料/空气分级系统设计、无焰燃烧搅拌反应器、燃烧器与炉膛的结构优化设计、高温空气与燃料的流动合理组织实现以均匀温度场为特征的低氧无焰燃烧。

(3) 实现液态排渣，并避免渣池的析铁和管壁的高湿腐蚀。

技术路线

技术路线

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。



五、主要性能指标完成情况

六、技术工作的团队建设

七、技术基础实力及开发能力

八、推广应用及问题总结