

煤热解、气化和高温净化过程的 基础研究^{*}

关键词 煤热解, 煤气化, 高温净化

1 首席科学家

王 洋 中国科学院山西煤炭化学研究所研究员, 博士生导师, 能源环境室主任, 国家级有突出贡献的中青年专家; 兼任中国化工学会煤化工专业委员会委员、山西化工学会常务理事; 《燃料化学学报》、《燃烧科学与技术》、《煤炭转化》、《煤化工》、《燃气与热力》等刊物编委。

六七十年代, 从事高气速气固流态化行为研究, 作为技术骨干设计了丁烯氧化脱氢制丁二烯挡板流化床反应器(第二发明人, 获国家发明奖三等奖)。作为项目负责人完成了“六五”中国科学院重点攻关项目和“七五”、“八五”和“九五”国家重点攻关项目“灰熔聚流化床粉煤气化工艺开发”的研发, 相关研究成果获国家发明专利两项及实用新型专利一项, 获中国科学院科技进步奖一等奖 2 项、三等奖 1 项, 获国家“八五”科技攻关成果奖及国家“八五”科技攻关先进个人奖。该气化系统已于 2001 年 6 月在陕西城固汉中城化公司投入化工试运行并入生产系统, 标志着我国自行开发的煤气化技术已进入工业应用阶段。在长期煤转化研究基础上, 注意到气固反应中每一粒子的“间歇反应器”特性即反应速率指数下降特性及燃烧反应与气化反应速率数量级差别的特性, 提出了部分气化-燃烧集成系统优化为主要特征的煤气化(转化)思路, 并进而发展为煤分级转化、污染物定向脱除和过程优化集成的总体思想。

谢克昌 太原理工大学校长, 教授, 博士生导师,

国家级有突出贡献的中青年专家。国务院学位委员会学科评议组成员, 中国化工学会理事兼煤化工专业委员会副主任, 煤化学专业委员会委员。兼任《煤炭转化》主编、《煤化工》编委会副主任、*Fuel Processing Technology*、《燃料化学学报》、《C1 化学与化工》编委。

在煤气化、煤结构及反应性方面做出卓有成效的工作, 建立了差热法煤气化动力学研究方法和理论, 其中 6 项研究成果分获山西省科技进步奖一等奖 5 次和教育部科技进步奖二等奖 1 次, 发表论文 211 篇。已经和正在主持的其它主要国际、国家及省级科技项目包括“煤气化过程中氮氧化物及其前驱物形成与抑制”、“流化床煤气化炉内石灰石固硫特性研究”、“差热法煤气化动力学”、“煤的显微组份结构及热解、气化特性和规律”、“煤低温等离子体气化制乙炔”、“等离子体裂解煤制有机物的物理、化学基础研究”等。

2 科学内涵及意义

煤炭是我国主要能源, 以煤为主的能源结构在相当长时间内不会改变。由于煤是植物残体经几亿年地质演变而形成的不同组分化学反应性差别巨大、含有多种杂质的有机混合矿物, 目前将煤视为性质“单一”的物质并力图经单一过程将其全部转化, 必然造成其利用过程的低效和高污染。若依据煤结构和组成本质以及不同组份及其在不同转化阶段反应性特征, 实施煤热解、气化、燃烧的分级转化和优化集成(为洁净的气、液、固体燃料), 则可

^{*} 收稿日期: 2001 年 7 月 13 日

使煤炭气化技术简化,过程效率提高,从而减少投资,降低成本,同时可经济地解决煤中污染物的脱除问题。该项目全部研究都围绕这一学术思想,分7大项研究内容展开,其中包括煤热解过程的化学基础、煤气化过程的化学基础、煤热解、气化过程的工程学、煤气高温净化、煤转化新过程概念验证以及过程的优化集成、等离子体炬辅助下煤热解、气化的基础研究、中国典型动力煤种的热解、气化基础数据库建立。其目标是形成煤热解、气化、燃烧的分级转化,有害组分的定向脱除,过程的优化集成理论,验证若干高效低污染的煤热解、气化工工艺概念;完成高温、高压下气固接触、流动和粉体传输特性研究,建立大型气化系统的工程理论;完成煤分级转化、优化集成概念工艺软件包,为建立大型煤气化装置建立技术基础;建立中国典型动力煤种的热解、气化基础数据库;建立具有国际知名度的科研基地并培养和造就一批富有创新能力的中青年学术带头人。

3 研究进展与创新点

我国现有气化技术多为污染严重、原料价格昂贵的落后技术,引进技术反应条件要求苛刻(高温、高氧耗),投资和运行成本仍较高。该项目以通过分级转化、优化集成、污染物定向脱除来实现系统的最优化为目标。集中了国内最有活力的煤化学、化学工程和热能工程及物理等专业的优秀团体和骨干,均具有博士、硕士学位,保证了研究任务的顺利完成。项目在前两年取得的突出进展为:

(1) 依据煤转化阶段反应性不同的特点,构思和构造了热解气化-燃烧集成系统,以实现洁净、高效、经济的煤转化。加压气化-加压燃烧、加压气化-常压燃烧、常压气化-常压燃烧三个子系统的构建可实现不同的目标(用途)下的最佳气化热能配比,这一概念的技术经济评估和初步实验研究验证,已显示良好的技术创新前景。

(2) 通过快速热解-红外装置的建立和初步实验,提出了煤热解的反应模型,关联了煤结构与反应性关系,比国际同类研究定量性更强,对总项目具有指导作用。

(3) 研究开发了加压快速升温的固定床和落管反应器,可在线获得热解气化有机物和污染物溢出特性,为阶段气化和污染物脱除即分级转化提供了数据和理论基础,所建立的在线方法该项目独创。

(3) 在工程学研究方面,建立了适合粉煤气化热解反应器的无待定参数的二维气固流动流型计算软件包。通过过程与尺度分解的方法建立了非均匀结构气固两相流多尺度传质模型,进行了相关量化计算。

(4) 建立了适应分级转化的大型冷态流化床系统,进行了高固体通量下流化床的反应器流动和结构特性的研究。

(5) 提出并初步验证了颗粒层过滤加表面过滤的复合式除尘过程的高效性及稳定性,基于颗粒层除尘过程速率和脱硫剂吸收速率的匹配,初步证实了除尘脱硫一体化的可行性,有望提出结构简单、投资和运行费低廉的高效净化技术。该技术具有理论和实践突破意义,颗粒层除尘加表面过滤复合式除尘的理论和实验研究均尚未见国外报道。

(6) 进行了离散颗粒场的数值模拟,为粉尘过滤过程和设备放大提供了理论指导。

(7) 初步构建了煤转化数据库。

4 总体水平及学术影响

随着煤气化发电系统和煤化工合成系统理论和工业实践的不断发展,国内外众多研究者都认识到依据气固反应(煤气化属气固反应)和煤转化阶段反应性不同的特点,实施煤的热解、气化、燃烧分级转化,可经济地解决煤的高效利用和煤中污染物的控制。这一研究思路在国内外都是较新颖的,其形成已有5年,但实际研究工作是从该项目开始才得以系统进行。该项目完整研究煤热解气化的化学基础、工程学基础和我国煤质及转化数据库,因此比国外同行有更好的理论基础和完整性,技术突破的可能性更大。已发表论文109篇(*SCI*、*EI*收录42篇),专利6项,专著3部,产生了较好的学术影响。