

# 超临界态碳氢燃料传热性能实验研究

仲峰泉<sup>1</sup> 邢云绯<sup>1</sup>

(1. 中国科学院力学研究所 高温气体动力学国家重点实验室, 北京, 100190)

**摘要:** 超临界态碳氢燃料如甲烷、正庚烷、煤油在冲压发动机、火箭发动机的燃料输运系统、主动冷却系统等领域有着广泛应用。与液态、气态所不同的是, 超临界态具有类似于液态的密度、类似于气体的输运性质, 以及无相变、无潜热等特性。以往研究显示超临界流体在临界点附近会出现密度、动力粘性系数剧烈下降, 而定压比热显著增大, 同时超临界流体的对流传热也有诸多的独特性。由于超临界水、二氧化碳以及简单碳氢化合物如甲烷在核反应堆冷却系统、电子器件冷却以及火箭发动机冷却等领域已被大量使用, 因此相关研究比较充分。而对于碳氢化合物的复杂混合物如航空煤油, 其相关基础研究很少, 其中, 关于超临界煤油传热特性以及裂解吸热特性的研究非常缺乏。

由于煤油是由几百种碳氢化合物组成的混合物, 其热物性及输运特性极为复杂, 难以预测。因此, 在发展准确的煤油替代模型以及数值算法之前, 煤油传热特性将主要依靠实验来获得。常用的煤油加热装置包括圆管加热装置及三维结构加热装置, 分别用来研究圆管流动及三维通道(如矩形截面通道)流动。加热方式也包括电加热、热传导加热以及辐射加热等。测量手段主要有壁温、油温测量、沿程压力测量、流量测量以及二维平面内温度场测量等。传热研究所关心的主要参数包括: 对流传热系数、努赛尔数以及化学吸热量分布。本文将着重介绍采用热传导方式加热的圆管试验装置、测量方法以及数据分析过程, 对超临界煤油出现的传热强化、恶化现象进行讨论, 并通过湍流数值模拟对传热恶化机理进行了初步探讨。另外, 本文将介绍液晶显示技术在冲击射流强化冷却研究中的应用, 以及超临界态煤油冲击强化传热特性的初步研究结果。

**关键词:** 超临界态, 碳氢燃料, 传热特性, 实验研究

**作者简介:** 仲峰泉, 男, 35岁, 博士, 中国科学院力学研究所副研究员。国家自然科学基金“空天飞行器高温气体流动”创新群体成员。美国 AIAA 会员。2007 年获美国普林斯顿大学机械与航空工程博士学位。2007 年 7 月, 回到中科院力学研究所工作, 从事冲压发动机主动冷却技术以及超声速燃烧机理相关问题的研究。近五年来, 已在航空煤油替代模型, 超临界态煤油对流传热、高温裂解吸热特性, 主动冷却系统气-液耦合传热机理、以及超声速燃烧数值模拟等方面取得一些成果。近五年来, 发表 SCI 文章 9 篇, EI 文章 6 篇, 专利及软件认证 2 项。已获得 3 项国家自然科学基金项目资助, 中科院知识创新工程重大项目子课题等项目的资助。2010 年获中国科学院卢嘉锡青年人才奖, 2009 年获中国科学院王宽诚教育基金资助。

邢云绯, 女, 33岁, 博士, 中国科学院力学研究所助理研究员。2010 年获得德国斯图加特大学航空工程热力学博士学位。2010 年 10 月, 回到中科院力学研究所工作, 从事冲压发动机主动冷却技术等相关问题的研究。负责和参与了发动机冷却系统分析及优化, 煤油超临界态对流传热特性, 和螺旋管传热特性等方面的研究。近五年, 发表 SCI 文章 4 篇, EI 文章 2 篇。