

的影响,采用涡耗散概念模型(EDC)和概率密度模型(PDF)对HIFiRE2直连式发动机模型进行了模拟,并与该发动机实际工作性能做了对比。从壁面压强结果来看,EDC模型预测压强升高位置比较准确,但压强升高速度较快,明显高于实验结果,PDF模型预测壁面压强分布与实验结果吻合更好。从流场结果来看,PDF模型计算结果能更为准确的描述HIFiRE2流场现象。总的来看,在设定的计算条件下,两种湍流燃烧模型都能够准确的进行模拟,且与实验结果吻合较好,但PDF模型能更准确地预测HIFiRE2直连式发动机的燃烧过程。

编号: CSTAM2015-A35-B0046

### 化学动力学模型对超声速燃烧释热分布影响研究

刘冰,何国强,秦飞,曹东刚,黄志伟

(西北工业大学 燃烧、热结构与内流场重点实验室,西安 710072)  
摘要 为了研究不同化学动力学模型对乙烯燃料超声速燃烧释热分布的影响,本文使用DRG方法和CSP方法对GRI3.0详细机理进行了简化,获得了一个23组分50步反应的乙烯框架机理,框架机理能够较为准确的描述燃烧过程,并且与常用的3步乙烯总包反应和10步乙烯总包反应进行了对比研究,同时基于开源计算软件OpenFOAM使用50步框架机理、3步总包反应和10步总包反应对超声速燃烧进行了数值模拟。研究结果表明,三个化学动力学模型都能获得了较好的壁面压力曲线,但是总包反应无法描述燃烧中间产物,而框架机理可以准确的描述中间产物分布,并且框架机理能够较详细的描述超声速燃烧的释热分布。

编号: CSTAM2015-A35-B0048

### 气相斜爆轰波起爆区结构的数值研究

滕宏辉,王涛,姜宗林

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

摘要 气相斜爆轰波是一种超声速传播的燃烧波,能够利用激波压缩实现预混可燃气体的自点火以及迅速放热。以斜爆轰波为基础,研究者提出了斜爆轰冲压发动机和冲压加速器,可望在未来的高超声速推进系统中得到应用。然而,爆轰波起爆过程非常复杂,目前对斜爆轰波的起爆过程还缺乏深入的认识,制约了斜爆轰推进系统的发展。本研究采用无粘Euler方程和基元反应模型,对氢气空气混合气体中的斜爆轰进行了模拟,重点研究了高空飞行状态下,斜爆轰起爆区的结构特征。数值结果显示斜爆轰波是从斜激波光滑过渡而来的,同时在斜激波后方会形成一道爆燃波。这种光滑过渡区结构和目前主要研究的突变过渡区结构是不同的,其产生的主要原因在于高空飞行状态下来流密度小,导致放热量有限。为了给工程设计提供参考,对不同来流状态和楔面角度下的斜爆轰波进行了模拟,给出了起爆区长度的变化规律。

编号: CSTAM2015-A35-B0049

### 入口参数变化条件下超声速燃烧室流动与燃烧特性数值研究

程柳维<sup>\*+,</sup>仲峰泉<sup>\*+,</sup>张新宇<sup>\*+,</sup>

(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)

+ (中国科学院高超声速科技中心,北京,100190)

摘要 本文采用雷诺平均方法及SST k- $\omega$ 湍流模型结合Westbrook等人提出的乙烯三步反应模型,数值研究了入口参数变化条件下超声速燃烧室的流动与燃烧特性。燃烧室入口马赫数在1s内从2.4线性变化到1.8,总温和总压分别保持1650K和1MPa,用来模拟飞行过程中飞行器攻角发生突变时燃烧室入口的来流变化条件。研究结果表明,在燃烧室中心区域,马赫数降低使得气流速度降低、燃料停留时间增加,燃烧更为充分。而对于接近侧壁面的区域,高马赫数时燃烧室底面/侧面的角区流动分离更为显著,形成较大的涡结构,燃料能够更好地与空气混合,并进行更充分的燃烧。由此可见,燃烧室中心区与角区的流动与燃烧机制完全不同,导致马赫数变化在不同区域的影响规律不同。随着马赫数的降低,燃烧室整体的燃烧效率略有降低,从马赫数2.4的65%降低到马赫数1.8的59%。通过数值结果分析,这一变化主要是由于马赫数降低时,如果保持当量比不变,燃料流量将明显增大,因此燃料/空气混合效率有所下降。同时,释热率分布的结果显示:沿燃烧室轴向,释热主要集中在主喷注点和凹腔后缘之间。另外,壁面的高热流区域也因马赫数的降低而增大,这与燃烧特性的变化是对应的。本文初步揭示了变马赫数来流条件下,燃烧室的流动与燃烧特性变化规律,为超声速燃烧室的设计提供了参考。

编号: CSTAM2015-A35-B0050

### 超临界态煤油弯管内湍流流动与对流传热数值研究

张永江<sup>1,</sup>仲峰泉<sup>1,2</sup>邢云绯<sup>1,2</sup>张新宇<sup>1,2</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)

(2 中国科学院力学研究所 中国科学院高超声速科技中心,北京100190)

摘要 本文针对国产RP-3航空煤油在三维弯管内的湍流流动与对流传热特性进行了数值研究。湍流模拟采用RNG k- $\epsilon$ 两方程模型以及针对壁面低雷诺数流动的Wolfstein一方方程模型;并结合煤油的十组物理替代模型以及广义对应状态法则,确定了航空煤油的热物性以及输运特性。本文对煤油入口温度为360K、400K,流量为3g/s的两个弯管算例分别进行了研究,得到了弯管不同壁面的对流传热系数分布。计算结果显示,弯管内燃料受重力、离心力影响产生了复杂的二次流动,导致燃料的传热系数出现局部增大或减小的现象。相比于直管,弯管由于受离心力的影响显著,因此超临界态导致的传热恶化现象有所减弱。

编号: CSTAM2015-A35-B0051

### 激励频率对射流混合层主导频率影响的实验研究

闫继东<sup>\*+,</sup>顾洪斌<sup>\*+,</sup>张新宇<sup>\*+,</sup>