

编号: CSTAM2015-A35-B0017

### 燃料前喷对隔离段性能的影响

张升升\*, 秦江<sup>†</sup>, 于达仁\*

\* (哈尔滨工业大学能源学院先进动力研究所, 哈尔滨 150001)

<sup>†</sup> (哈尔滨工业大学基础与交叉科学研究院, 哈尔滨 150001)

**摘要** 隔离段是双模态超燃冲压发动机实现双模态和模态转换的一个重要部件, 同时它把进气道和燃烧室隔离开, 以防止燃烧室工作对进气道干扰, 引起进气道不启动。本文利用计算流体力学软件 Fluent, 对隔离段内喷射燃油进行数值模拟。并分析了来流马赫数、喷射位置、喷射角度和出口反压对隔离段性能的影响。结果表明: 燃料前喷能够增强燃料与主流空气掺混, 降低隔离段出口温度; 贴壁处形成隔热层, 降低壁面温度; 此外还改善了激波/附面层相互作用, 提高隔离段抗反压能力。

编号: CSTAM2015-A35-B0018

### 超燃冲压发动机用空气涡轮动叶片油冷方案分析

孙红闯, 秦江

(哈尔滨工业大学能源科学与工程学院, 哈尔滨 150001)

**摘要** 超燃冲压发动机长时间飞行的关键问题之一是解决燃料供给和电力需求问题。采用空气涡轮技术进行燃料供给和发电的主要障碍在于高超声速飞行条件下来流空气总温过高, 超过了当前涡轮材料的耐热极限。本文提出了一种用燃料作为冷却剂的油冷方案, 对涡轮叶片进行冷却, 利用空心转轴将燃料从轴中心输送到动叶轮盘部位, 然后通过径向通道将冷却剂通入动叶中对其进行冷却, 最终燃料再通过转轴中心流出旋转部件。针对该高速旋转状态下动叶冷却结构进行了设计, 通过全三维数值模拟的方法进行了流固耦合换热的数值计算, 分析了冷却效果, 以及冷却对主流造成的影响。结果表明: 油冷方案可以在基本不影响涡轮性能的基础上有效降低叶片温度; 单个叶片用 1g/s 的燃油流量就能是叶片温度得到 400K 左右的降低幅度。

编号: CSTAM2015-A35-B0019

### 预冷型 ATREX 发动机循环性能分析及优化

郑佳琳, 秦江, 玉选斐, 于达仁

(哈尔滨工业大学先进动力技术研究所, 哈尔滨 150001)

**摘要** 通过建立预冷型 ATREX (Air Turbo-Rocket Expander-cycle) 发动机的非线性变比热气动热力模型, 计算分析了其循环性能和飞行马赫数范围, 对比了采用不同燃料对发动机性能的影响。针对计算中出现的预冷型 ATREX 发动机在高马赫数下比冲低的现象, 给出了一种优化预冷器参数设置的计算方法。仿真结果表明, 预冷型 ATREX 发动机具有可采用高设计增压比的压气机和可工作于更宽广的飞行马赫数范围的特点, 可以作为两级入轨空天飞机的助推级推进系统; 对循环参数进行优化计算后, 原有的高马赫数比冲低的现象得到明显改善; 计算表明了应依据燃料的比热容和热值来衡量及选择预冷发动机采用的燃料。

编号: CSTAM2015-A35-B0020

### 超临界碳氢燃料供给系统的动态频域特性研究

刘文超\*, 肖雪峰\*, 刘祥灿#, 周伟星<sup>†</sup>, 范学军<sup>‡</sup>, 于达仁\*

\* (哈尔滨工业大学 能源科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

<sup>†</sup> (哈尔滨工业大学 基础与交叉科学研究院, 黑龙江哈尔滨 150001)

# (中国民航大学 航空工程学院, 天津 300300)

<sup>‡</sup> (中国科学院 力学研究所, 北京 100080)

**摘要** 主动再生冷却是对超燃冲压发动机进行冷却的一种十分有效的冷却方式, 吸热型碳氢燃料由于具有较高的物理和化学热沉而被认为是最优潜力的燃料。本文针对发动机燃料供给系统的动态变化特性, 建立了高温燃油供给管道零维模型, 采用频域特性方法研究了供油系统在超临界条件的动态特性, 并分析了不同结构参数时动态特性参数的变化过程。最后, 基于高温燃油加热实验台进行了对比实验, 实验结果验证了频域分析结果的准确性, 获得了不同结构参数下碳氢燃料供给系统动态过程的变化规律。

编号: CSTAM2015-A35-B0021

### 基于混合能量有限元的结构高频振动研究

曾健, 陈海波, 周红卫, 王用岩, 庄宁宁

(中国科学技术大学近代力学系, 中国科学院材料力学行为和 Design 重点实验室, 安徽合肥 230026)

**摘要** 高超声速飞行器在飞行过程中会承受长时间的脉动压力, 局部结构由此会产生高频共振耦合问题。常规的高频振动预测方法能量有限元 (EFEM) 仅适合模拟回响声场, 在激励点附近的能量密度预测结果严重偏低。本文将直接场考虑进来模拟结构高频振动。首先总结了能量辐射法 (REM) 基本思想, 进而将混合能量方法 (HEM) 在结构上进行离散, 推导出混合能量有限元方法 (Hybrid-EFEM) 进行高频振动模拟。通过数值算例对比可以看出混合能量有限元的模拟结果与理论解更加接近, 在峰值处与 EFEM 相比有了明显改善。

编号: CSTAM2015-A35-B0022

### 两种燃烧加热风洞参数匹配方案的比较

刘坤伟\*, 朱雨建\*, 杨基明\*, 毛雄兵<sup>†</sup>

\* (中国科学技术大学近代力学系, 安徽合肥 230027)

<sup>†</sup> (中国空气动力研究与发展中心, 四川绵阳 621000)

**摘要** 采用准一维带化学反应数值模拟方法对燃烧加热风洞的两种常见参数匹配方案——静温静压马赫数 ( $TPM$ ) 匹配和总焓动压马赫数 ( $h_0QM$ ) 匹配——进行了比较分析研究。结果表明, 污染气流对燃烧室能量输入量、 $O_2$  捕获流量的不同是导致污染效应的主要原因, 污染组分的高热容及其离解反应也会对化学反应释热产生一定影响。匹配化学反应释热量将获得较好的燃烧室气动特性模拟。从模拟发动机推力的角度来说, 对于氢气燃烧加热气流, 固定燃油比则  $TPM$  方式更佳, 固定燃油量则  $h_0QM$  方式更佳; 但两种匹配方案均可通过调整燃油量的方式达到与纯空气结果的较好契合。从模拟发动机比冲的角度来说, 则  $h_0QM$  方式更可靠。若燃烧室出现明显的、局部热壅塞导致的激波结构, 在固定燃油比条件下, 燃烧室流场结构