

CSTAM2012-B03-0268

## 超临界压力下煤油在三维冷却结构中流动与传热数值研究

党国鑫<sup>\*,†,1)</sup>, 仲峰泉<sup>\*,†</sup>, 陈立红<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:** 超临界压力下碳氢燃料的对流传热在火箭发动机和冲压发动机的主动冷却技术中有着广泛的应用。采用主动冷却方式一方面可以对机体起到冷却作用, 另一方面可以对燃料进行预热, 提高能量利用率和燃烧效率。在超临界压力下, 碳氢燃料的热物性和输运特性在临界点和拟临界温度附近变化十分剧烈, 其流动和传热特性将发生显著改变, 在一定条件下会发生传热恶化或强化现象。目前国内外针对超临界条件下碳氢燃料对流传热的研究主要集中在一些简单的碳氢化合物上, 如甲烷、乙烷、正庚烷等, 而针对煤油超临界传热的研究较少, 并且研究模型多为轴对称加热圆管, 这与冷却通道的实际构型有很大的差别。首先, 实际通道大多为矩形横截面, 因此流动具有一定的三维效应; 同时冷却结构仅从发动机内壁面获得热流加载, 因此热流沿冷却通道周向为典型的非均匀分布。这些因素将影响煤油的流动与传热性能。

本文采用数值方法研究了超临界压力下 RP-3 航空煤油在三维冷却结构中的流动与对流传热特性, 并将计算结果和煤油在轴对称水平加热圆管中的结果进行了比较, 讨论了两者的差异以及传热出现恶化及强化的机理及产生条件。本文还将研究冷却通道的不同高宽比对超临界煤油流动和传热的影响。

数值方法采用了 RNG $k-\epsilon$  两方程湍流模型和增强壁面处理法, 煤油的热物性和输运参数根据 RP-3 煤油的 10 组分替代模型和广义状态对应法则 (ECS) 确定。三维结构中煤油的流动与传热与结构内传热相互作用, 是一个流固耦合问题。流固耦合的求解方法是同时求解煤油流动方程和固壁内热传导方程, 然后将两者的温度及热流在流固界面上实时匹配。文中系统讨论圆管、三维结构流动与传热的差异以及机理。同时, 将探讨冷却通道高宽比对超临界态煤油流动和传热的影响。

<sup>1)</sup> Email: dangguoxin@imech.ac.cn