

## 壁面正弦流向波纹结构对航空煤油流动与传热的影 响机理研究<sup>1)</sup>

高尔康<sup>\*+</sup>, 范文慧<sup>\*+</sup>, 仲峰泉<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 北四环西路 15 号, 北京 100190)

+ (中国科学院大学 工程科学学院, 北京 100049)

**摘要:** 以燃料作为冷却介质的对流传热是航天航空飞行器与发动机最常用的主动冷却方式之一。而冷却介质的对流传热系数、摩阻系数成为冷却性能最重要的评价指标。现有的基于水、空气的研究结果表明, 在冷却通道的壁面上构建微结构, 会对冷却介质的流动与传热特性产生一定的影响。具有波纹结构的壁面就是一种可以促进旋涡生成, 增强局部流动的湍流强度, 从而提升冷却通道的对流传热性能的微结构形式。已有的针对水等简单介质的研究显示, 相对于光滑冷却通道, 冷却介质在具有某些波纹结构的冷却通道中可以显著地提升传热性能。但对于复杂的冷却介质, 例如应用于超燃冲压发动机再生冷却技术中的航空煤油, 其在具有波纹结构的冷却通道中的传热规律及其流动机理, 缺乏深入的研究。

本文针对具有不同构型参数的正弦流向波纹结构, 数值研究了波纹结构对于冷却通道中航空煤油传热性能的影响规律, 分析了其传热强化的流动机理。研究表明, 具有正弦流向波纹结构的冷却通道, 其对流传热系数显著增大, 增幅可达到 20%。冷却介质经过波纹结构的波峰上行区域时, 随着流通截面的不断收缩, 流体加速并冲击波纹面, 使得局部温度边界层变薄, 温度梯度增大, 局部流动的湍动能增大, 进而产生强化传热效果; 而在靠近波谷时, 流体流经温度更高的波谷壁面, 在截面扩张作用下产生局部上升流动, 将流体推离壁面, 使得温度边界层变厚, 传热效果变差。同时, 基于  $Q$  准则的旋涡强度分析结果显示, 正弦流向波纹结构产生了显著的旋涡, 增强了湍流强度, 是波纹结构强化传热的主要机理之一。本文的研究结果为深入理解波纹微结构的强化传热机理, 以及具有波纹结构的冷却通道的工程应用提供了有益的参考。

**关键词:** 数值研究; 航空煤油; 波纹结构; 强化传热;

1) 资助项目 (国家自然科学基金项目 No. 12072351)