

## 航空煤油螺旋管流动与传热的分离涡模拟<sup>1)</sup>

杜蒙蒙<sup>\*, +</sup>, 仲峰泉<sup>\*, +, 2)</sup>, 范文慧<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)

+ (中国科学院大学 工程科学学院, 北京 100049)

**摘要:** 相比于直管内的流体传热, 螺旋管内具有二次流动因而有着更高的传热效率, 因此螺旋管换热已广泛应用于电力、制冷、石油化工等领域, 是一种高效的紧凑式换热形式。以燃料为冷却介质的再生冷却是目前各类航天航空发动机最常用的冷却方式之一。近年来碳氢燃料流动与传热成为了研究热点, 诸多燃料流动与传热特性如流动失稳现象、传热恶化现象被很多研究陆续报道。但以复杂碳氢燃料如煤油为介质的螺旋管流动与传热研究极少。

本文采用基于 SST  $k-\omega$  的分离涡模型(DES)数值研究了航空煤油螺旋管湍流流动与传热特性。螺旋管直径 6 毫米, 曲率半径为 192.5 毫米, 煤油入口雷诺数为 10400。计算结果显示: 煤油流入螺旋管, 在管道内产生了明显的二次流动, 形成了典型的反向旋转的对涡。螺旋管道外侧的流速大于管道内侧, 且内侧的流场不断波动。由于二次流动的影响, 管道外侧的换热效率显著高于管道内侧。对管道壁面无量纲传热努塞尔数  $Nu$  进行分析, 螺旋管道内侧的  $Nu$  出现了明显的波动, 且内侧的时间平均  $Nu$  出现了传热恶化现象。内侧壁面煤油传热的恶化现象与煤油吸热升温后进入超临界态相关。进一步分析管道内侧  $Nu$  随时间变化的曲线及其频谱发现, 管道内侧的  $Nu$  呈周期性波动, 频谱分析显示内壁面的  $Nu$  有着显著的特征频率振荡, 频率为 111Hz。管道外侧壁面的  $Nu$  并没有出现明显的波动现象, 并且外侧传热未出现传热恶化。

**关键词:** 螺旋管; 航空煤油; 努塞尔数; 分离涡模拟

1) 资助项目: 国家自然科学基金 (项目编号: 11672307), 中国科学院青年创新促进会