

## 壁面展向振动对高超声速边界层旁路转捩的影响

宋沁杨\*, 董明<sup>\*,2)</sup>, 赵磊<sup>+,2)</sup>

\* (中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

+ (天津大学机械工程学院力学系, 天津 300072)

**摘要:** 壁面振动, 由机械作用或气动弹性引起, 是影响高速飞行器表面边界层转捩的一个典型因素。研究了在具有展向振动壁面的高超声速边界层中, 由低频自由流涡扰动 (FSVDs) 激发的非模态扰动的演化。在弱非线性理论框架下, 开发了一种基于调和型线性化 Navier-Stokes 方程的高精度数值方法, 用以描述边界层对 FSVDs 和壁面振动相互作用的响应。当非模态扰动积累到有限幅值时, 采用非线性抛物化稳定性方程 (NPSE) 来处理不同傅里叶分量之间的非线性相互作用, 导致二次失稳模态的出现, 并最终在没有模态扰动的参与下转捩到湍流。研究发现, 壁面振动会增强条带的强度和二次失稳模态的不稳定性, 导致转捩提前。

**关键词:** 边界层稳定性; 旁路转捩; 高超声速流动

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金, U20B2003, 12002235, 11988102)