

超声速旋转圆锥边界层的模态失稳¹⁾

宋润杰*, 董明*,+,2)

* (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)

+ (北京大学中俄数学中心, 北京 100871)

摘要: 本文针对超声速来流条件下绕自身纵轴旋转的圆锥为研究对象, 采用线性稳定性理论, 系统地研究了边界层的模态失稳, 揭示了旋转速度($\bar{\Omega}$)以及雷诺数(R)对失稳特性的影响。通过求解边界层方程获得了基本流场, 并与求解 Navier-Stokes 得到的结果相符, 证明了边界层方程解的可靠性。研究表明: 当旋转速度非常小时($\bar{\Omega} \ll 1$), 仅存在被旋转修正的 Mack 模态, 它是二维(轴对称)边界层中 Mack 模态向旋转圆锥边界层的拓展; 逐渐增加 $\bar{\Omega}$ 将导致横流模态的出现, 其主要分布在零频附近, 并与 Mack 模态处于同一个失稳区(这里将横流模态和 Mack 模态统称为模态-I); 当 $\bar{\Omega}$ 增加到 $O(1)$, 出现了一个新的失稳区域, 被称为模态-II。当 R 小于某一阈值, 模态-II 展现出离心模态的特性; 对于 R 很大的情况, 模态-II 是另一支新的横流模态。增加 $\bar{\Omega}$ 促进离心模态的失稳, 并使其失稳区域扩大。此外, 本文还比较了各类失稳模态的结构, 并且讨论了各类模态的大雷诺数渐近行为。

关键词: 线性失稳; 超声速流动; 旋转圆锥; 边界层

1) 资金资助项目: 国家自然科学基金(U20B2003, 11988102), 中国科学院战略性先导科技专项(XDB22040104)