

# 不同喷压比下欠膨胀射流对特征频率激励的 响应<sup>1)</sup>

李晓鹏<sup>\*, +, 2)</sup>, 姚卫<sup>\*</sup>, 范学军<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)

+ (中国科学院工程热物理研究所, 传热传质研究中心, 北京 100190)

# (中国科学院大学, 北京 100190)

**摘要** 欠膨胀射流广泛应用在高超声速飞行器的燃料喷注、发动机尾喷管、姿态调整, 以及局部热流控制等方面, 其流动特性一直是国际上的研究热点。特别地, 在以超燃冲压发动机为代表的高超声速飞行器燃烧室内, 超声速空气来流的驻留时间较短, 实现燃料和氧化剂的快速掺混是目前发动机设计中面临的关键技术挑战。相关研究表明, 通过对射流施以一定频率的激励可以有效的促进混合。值得注意的是, 射流来流总压和环境压力之间的比值(NPR)是影响欠膨胀射流流场发展的关键因素。在不同的喷压比下, 射流的欠膨胀程度不同(会使得射流近场的激波结构存在相当的差异), 射流的激波啸叫(主不稳定模态)特性也存在一定的差异。由此可以预期, 不同喷压比下的欠膨胀射流对同样的特征频率激励会有不同的流动响应。然而, 目前国际对这方面的研究还相对较少, 缺乏对其中物理过程的揭示和流动机理的认识。正是在这样的背景下, 本文构建了合适的计算模型和高分辨的计算网格, 采用大涡模拟方法(LES), 对 NPR=5.60 和 9.34 的欠膨胀定常射流和在相同特征频率激励下的激励射流进行了三维数值计算。通过和实验测量数据进行比较, 验证了本文数值结果的可靠性。根据高时空分辨率的 LES 结果, 考察了特征频率激励对射流流场结构、混合特性, 以及激波啸叫等声场特征的影响, 并重点比较了在两个不同喷压比下欠膨胀射流对激励的响应。

**关键词** 欠膨胀射流; 喷压比; 特征频率激励; 大涡模拟; 流动响应

1) 资金资助项目 (国家自然科学基金 (11502270) 和中国博士后科学基金 (2016M591258) )

2) Email: lxpyfy@163.com