

第二粘性对“真实激波的形成与结构”的影响研究

李馨东^{1*}, 赵英奎¹, 胡宗民², 姜宗林²¹北京应用物理与计算数学研究所, 北京 100094²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

为了考察第二粘性（体积粘性 ζ ）对激波形成和结构的影响，首先对 Burgers 模型方程进行了详细的理论推导和渐近求解，分析了真实激波的形成过程，体积粘性所带来的物理耗散会降低速度峰值，弥散激波阵面的宽度。其次，根据氮气体积粘性的分子运动论和连续介质理论，利用打靶法求解一维 Navier-Stokes 方程的半解析解，得到激波层的内部流动，结果表明：（1）体积粘性对激波层内的密度、速度、压力等物理量的具有抹平效应，会增大激波层内的粘性输运耗散，减小热流和熵流的峰值；（2）考虑体积粘性效应后，数值计算的密度分布和激波厚度与实验数据吻合得更好；当马赫数为 $1.2 \leq Ma \leq 10$ ，激波层内的 $Kn \leq 0.4$ 。与忽略体积粘性的情形相比，含体积粘性的连续流 Navier-Stokes 方程组能给出与实验值更符合的预测结果。

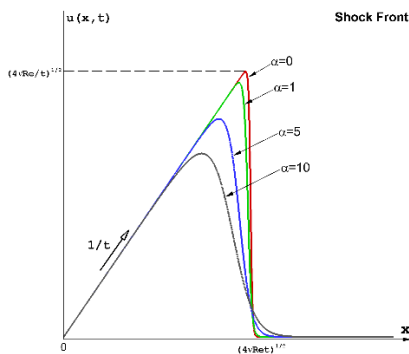
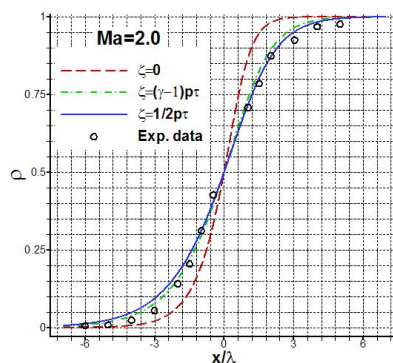
图1 不同 $\alpha = \zeta/\mu$ 下形成的激波阵面

图2 激波内部的密度分布

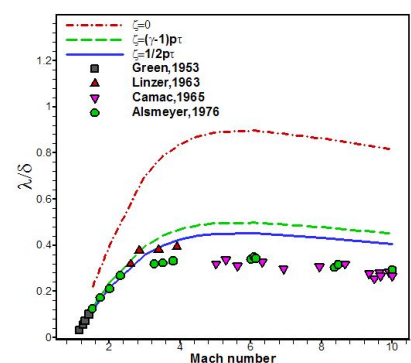


图3 激波厚度随 Ma 数变化

参考文献

- [1] Stokes G.G. Trans. Camb. Philos. Soci., 8(22): 287-342 (1845).
- [2] Alsmeyer H. J. Fluid Mech., 74(3): 497-513 (1976).
- [3] Elizarova T G, Khokhlov A A, Montero S. Phys. Fluids, 19, 068102 (2007).
- [4] 李馨东, 胡宗民, 姜宗林. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 46,034701 (2016).
- [5] Xin-Dong Li, Zong-Min Hu, Zong-Lin Jiang. J. Fluid Mech., 812: 966-990 (2017).

基金项目：中国博士后科学基金资助（2017M610821）