

流体第二粘性的连续介质模型及其物理内涵¹⁾

李馨东^{*·2)}, 赵英奎^{*}, 胡宗民⁺, 姜宗林⁺

^{*}(北京应用物理与计算数学研究所, 北京 100090)

⁺(中国科学院力学研究所, 北京 100190)

摘要: 流体力学基本理论的完整建立可以追溯至 1845 年 G.G. Stokes 发表的研究工作(G.G. Stokes, Transactions of the Cambridge philosophical society, 1845, 8(22):287-342), 他基于牛顿内摩擦定律首次完整导出了含两个常系数的流体运动基本方程组, 这两个粘性输运系数分别被称为第一粘性(或剪切粘性 μ)和第二粘性(或体积粘性 ζ , 也叫膨胀粘性)。在该文中, Stokes 提出了一个被后世长期争议的假设, 即第二粘性 $\zeta = 0$, 这个所谓的“stokes 假设”也是至今主流研究在求解 Navier-Stokes 方程组时所采用的假设条件。近六十年来, 理论和实验已表明: 除了理想的单原子气体外, stokes 假设一般是不成立的。本文主要根据第二粘性(即体积粘性 ζ)的分子动理论和作者新建立的连续介质模型, 阐释了流体第二粘性的数学形式和物理内涵, 指出第一粘性对应着动量交换, 第二粘性对应着能量交换; 同时探究了第二粘性对流体运动的影响实质: 体积粘性 ζ 定量地决定了流体微团热力学压力和动力学压力的差异大小, 并给出一些流体运动算例加以说明。

关键词: 可压缩流体; 连续介质理论; Stokes 假设; 第二粘性; 体积粘性

1) 资助项目: 中国博士后科学基金(2017M610821), 国家自然科学基金青年科学基金(1190242)