

**MS5710**

## 流动失稳现象的分子统计模拟和涨落关联特性分析

张俊<sup>1</sup>, 樊菁<sup>1</sup>

1. 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

*E-mail: zhangjun04@imech.ac.cn*

流动失稳现象在自然界普遍存在,常用的流动稳定性理论是建立在 Navier-Stokes 方程基础上的扰动分析,即分析流体运动受到扰动后恢复原来形态的能力。如果流动有抵抗这些扰动的能力,使它们逐渐衰减掉,恢复到原来的流动状态,称流动是稳定的。反之,如果流动在扰动后变成另外一种新的流动,则流动是不稳定的。本文从基于分子动理论的直接模拟 Monte Carlo (DSMC) 方法出发,通过分子模拟研究流动失稳现象,探讨流动失稳的微观机制。同传统的流动稳定性分析相比,分子模拟不需要引入人为的扰动,分子的无规则热运动会自发产生扰动或者说涨落。以 Kolmogorov 流动为例,我们首先通过分子模拟证实了流动失稳现象的存在。进一步,我们发现,在临界  $Re$  数之下,尽管宏观流动为稳定的剪切流动,然而由分子热运动引起的涨落已经存在空间长程关联,并且这种关联的空间形式与失稳后形成的流动结构一致。随着  $Re$  数逐渐靠近临界值,涨落关联的强度增大,最终触发流动失稳。因此,从分子流体力学的观点来看,在流动失稳之前,流动并非水波不兴,而是蕴藏着长程的涨落关联,蓄势待发。当涨落关联突破某临界值后,流动失稳发生。基于此,我们认为,流动失稳现象是一个从失稳前的“量变”到临界点处的“质变”过程,研究失稳前的涨落关联形式可以帮助我们未卜先知,从而预测、控制和利用流动失稳现象。

**Keywords:** 流动稳定性;分子模拟;涨落关联;DSMC;

**Preferred Presentation Type:**