

发布人: 于欣 发表日期: 2005-3-14 点击次数: 1778

代表性研究成果名称(4): 微尺度稀薄气体流动的统计模拟方法

在1998年法国召开的第21届国际稀薄气体动力学大会上, 樊菁和沈青研究员 (Fan & Shen. in *Rarefied Gas Dynamics*, edited by R. Brun, 1999, Vol.2, pp. 245-252) 在国际上首先提出了信息保存法(Information Preservation method, 简称IP方法), 近年来发表了一系列有关IP方法的论文, 解决了传统的Monte Carlo方法模拟低速气体流动遇到的统计涨落问题(见附件6)。Monte Carlo方法是分析各种稀薄气体动力学问题的主要工具, 已有大量的成功应用实例。但在许多实际问题的研究中, 特别是当涉及气流速度较低时, 传统的Monte Carlo模拟也暴露出明显的缺陷。例如, 在目前研究很多的微机电系统中, 通常会遇到微通道中低速流动与传热问题; 而对于微尺度、低流速(如特征速度为1米/秒)的气流, 由于气体分子的平均热运动速率明显大于气流的宏观速度, 采用传统的Monte Carlo模拟会遇到严重的统计涨落问题。要得到准确的流场模拟结果, 需将模拟分子的数目取得很多, 从而使Monte Carlo模拟的工作量大到不切实际、模拟工作实际上难以进行的程度。IP方法很好地克服了这一困难, 它可以用比传统Monte Carlo模拟小几个量级的分子样本数得到合理的模拟结果。这是一项原创性工作, 得到国内外有关研究人员的广泛关注。

- 2000年以来SCI源刊引用18次; 在美国航空航天学会和国际稀薄气体动力学等系列会议上, 有许多关于IP方法文章以及论文的引用。(见附件7)
- 已出现了许多后续工作。例如, Michigan大学I. D. Boyd教授领导的研究小组在国际非平衡气体和等离子体流动研究中具有重要影响, 他们关于IP方法的研究论文连续在流体力学重要刊物如Journal of Fluid Mechanics (502:199-206, 2004), Journal of Computational Physics(194:256-277; 2004; 179: 400-425, 2002), Journal of Thermophysics and Heat Transfer (16: 171-179, 2002)和AIAA Journal等发表。他们评价是:
 1. “The information preservation method, first proposed by Fan and Shen [12], was used to overcome the problem of statistical scatter in the DSMC method for low-speed, constant density flow systems. It achieved great success for several unidirectional transitional gas flows as shown in [13], including Couette flow, Poiseuille flow, and the Rayleigh problem.” (见附件8)
 2. “To overcome the statistical scatter problem in the DSMC method, Fan and others developed an information preservation (IP) techniques for low speed rarefied gas flows [4-7]. ... Numerical experiments [6-8] showed the IP method works quite well in solving micro-scale gas flows.” (见附件9)
 3. 国际著名的计算流体力学专家, Brown大学Karniadakis教授和Texas大学Beskok教授, 在他们的微流动专著 (*Micro Flows, Fundamentals and Simulation*, Springer, 2001) 的10.2.2节专门介绍IP方法, “the result presented in Figure 10.8 is a clear indication of significant advancement of the DSMC-IP over the classical DSMC method for nearly isothermal flow conditions” (见附件10)。

第24届国际稀薄气体动力学会议、第4届国际流体力学会议、中国空气动力学前沿

研讨会，均分别邀请樊菁和沈青研究员做IP方法的大会报告。2004年沈青研究员被国际著名Springer出版社邀请撰写专著《Rarefied Gas Dynamics》，该专著2005年1月出版，在全世界公开发行，专著的中文版已于2003年国防工业出版社发行（见附件11）。

 关闭窗口