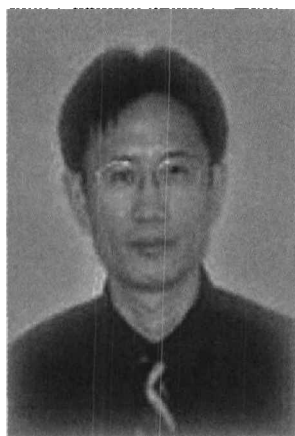


CCTAM2009-002836

高超声速流动研究进展

樊菁

中国科学院力学研究所, 北京 100090



樊菁, 研究员, 1987年毕业于北京大学力学系流体力学专业, 1996年获中科院力学所博士学位。1996年12月任力学所副研究员、气动物理实验室主任、高温气体开放实验室副主任; 1998年7月~2000年12月先后在美国Cornell大学机械与航天工程系和Michigan大学(Ann Arbor)宇航工程系访问; 2000年入选中国科学院“百人计划”, 2001年1月回所工作。现任中科院力学研究所所长、所学术委员会副主任, 中国力学学会副理事长, 《力学进展》常务编委, 《Acta Mechanica Sinica》编委, 《科学通报》编委, 中国科技大学兼职教授, 国际稀薄气体动力学咨询委员会成员, 国际计算流体力学会议科学委员会成员, 国际高超声速技术会议程序委员会委员等。主要从事分子气体动力学, 重点是微尺度和非平衡流动, 及其在航天领域、真空工业、微系统方面的应用。

高超声速的英文名称 hypersonic, 是钱学森先生 1946 年命名的。由于洲际导弹、卫星、飞船、航天飞机以及当前国际上十分关心的各种高超声速飞行器的研制需要, 过去的半个多世纪, 世界大国纷纷投入力量开展高超声速流动研究, 使其成为最为活跃的力学研究领域之一。

高超声速与超声速流动的差别, 不像亚声速与超声速流动那样, 能以一个确定的 Mach 数 (M) 分界。例如, 若以一般教科书所采用的 $Ma = 5$ 作为前高超声速临界 M 数, $M = 4.99$ 和 $M = 5.01$ 的两种流动之间并无明显的不同。Park 认为高超声速与超声速的本质区别在于高温气体效应, 切中要害。随着飞行速度的提高, 空气和飞行器表面摩擦产生大量的热, 把表面附近的空气温度提高到几千度甚至上万度。这样空气分子就会离解为原子, 而原子又会失去一个或几个电子变成离子; 随着高度上升, 大气密度指数下降, 空气分子和原子之间碰撞相应稀少, 由此引起分子平动、转动、振动能量分配、电子能级跃迁、不同组分化学反应程度的非平衡。上述现象的研究, 空气动力学不仅需要与热力学结合, 还需要与化学热力学、化学动力学、统计力学、原子分子物理结合。经过多年的努力, 这些方面均已取得很大进展, 但要准确预测高超声速飞行器气动力、气动热、气动物理性能, 并找出妥善的方法 (涉及到耐高温材料和结构设计问题) 加以解决, 还有不少的困难, 从美国航天飞机每次发射和回地受到的关注和担心, 可见一斑。

本文着重介绍高超声速流动的若干关键问题, 以及中国科学院力学研究所在这些方面所取得的进展, 包括高温气体效应判据、高超声速流动相似律、高超声速升阻比、远程超低飞行轨道、高超声速峰值热流估计、新型空天推进技术、爆轰驱动地面实验方法、临近空间流动领域划分, 等等。