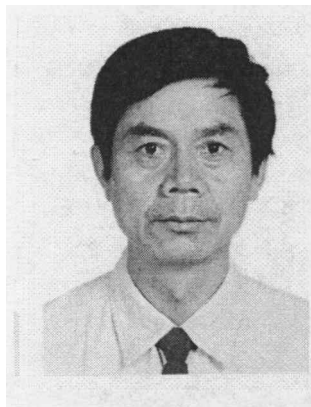


CSTAM2013-A31-0004

高超声速飞行与高温气体流动研究进展

姜宗林

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



姜宗林, 中国科学院力学所研究员; 1982年, 1984年哈尔滨船舶工程学院分别获学士和硕士学位; 1985年北京空气动力研究所任工程师; 1993年北京航空航天大学力学系获博士学位; 1993年北京航空航天大学力学系副教授; 1994年日本东北大学流体科学研究所副教授; 1999年中科院“百人计划”回国。主要从事高温气体流动、激波与爆轰物理、高焓风洞技术和气动热力学领域的研究工作。在激波捕捉计算方法、气相爆轰统一框架理论和高焓激波风洞技术3个方面取得重要进展, 发表期刊论文137篇。现任高温气体动力学国家重点实验室主任; 中国空气动力学会副理事长, 中国力学学会常务理事, 国际激波研究院副理事长, AIAA推进剂与燃烧技术委员会委员, *Shock Waves*、《力学学报》、《力学进展》、《空气动力学学报》编委。

航空航天技术改变了人类的生活模式, 是现代文明的标志和国际社会的主要支柱产业。从1903年首次实现带动力可控飞行, 人类分别走进了亚和超声速飞行时代, 目前正在探索高超声速飞行技术。高超声速是指以5倍声速以上的飞行, 具有高效和快捷的特点, 能够提高人类“进入空间”、“探索空间”和“利用空间”的能力, 已经成为新世纪国际科技发展的战略方向之一。空天飞行器以高超声速飞行时, 强烈的头部激波和黏性摩擦阻力使得飞行器周围的空气被加热到数千度、甚至上万度。高温导致了空气分子的振动能激发、解离、复合甚至电离, 使得普通空气变成一种随着气体温度变化而不断进行着热化学反应的复杂介质, 超出了传统气体动力学的研究范畴, 孕育了高温气体动力学。高温气体的微观物理化学现象通过热力学、传热学、激波动力学和化学反应过程对空天飞行器的气动力/热特性及其周边流场产生重要影响, 表现出了非线性、非平衡、多尺度的流动特征, 成为气体动力学的前沿学科和高超声速科技最具有挑战性的基础研究领域。

先进高超声速飞行技术在高温气体动力学领域存在3大主要关键问题: 即高焓气体流动实验模拟; 飞行器气动力/热规律与气动布局; 超声速燃烧与推进技术。本报告从上述3个方面, 简要回顾国内外研究进展, 介绍高温气体动力学国家重点实验室的部分研究成果。包括(1)提出激波风洞爆轰驱动方法和高焓激波风洞新技术: 发展并形成了飞行高度25~80 km, 飞行马赫数5~25, 试验气流总温1500~10000 K的高超声速流动模拟试验能力, 特别是研制成功了300 m长的国际首座超大型复现高超声速飞行条件激波风洞, 被国际同行称为“超级虹龙”(Hyper-Dragon), 成为具有世界领先水平的高温气体试验平台。(2)研究了高温气体解离效应、反应气体表面催化效应、复杂激波相互作用对气动热的影响规律, 发展了基于高速/高温热环境的飞行器气动布局理论, 获得了具有降低热环境能力的高升阻比气动构型。(3)研究了超燃混合、火焰稳定、燃烧释热的控制方法, 发展了具有主动冷却能力的超燃冲压发动机技术, 获得了较高的发动机推力性能。

从1903年首次带动力可控飞行, 人类迅速突破“声障”, 并在上世纪70年代跨入了超光速飞行时代。从V-2/WAC Corporal在1949年2月24日试飞高超声速, 至今人类依然徘徊在真正的高超声速飞行的初级阶段。高超声速“屏障”表现得远远比“声障”坚固得多! 60年高超声速科技的研究表明: 人类飞行速度不断的“量变”提升, 带了航空航天技术的“质变”要求! 高超声速空天飞行器是航空航天领域的革命性创新工程, 其发展呼唤着系列新概念、新方法和新技术的提出、发展与支撑。