

高超声速流动实验研究的理论、技术与实践

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, 中国科学院大学工程科学学院, 北京 100190)



姜宗林, 中国科学院力学研究所研究员, 中国科学院大学教授, 中国科学院大学宇航工程科学系主任。国际激波学会副理事长, 国际激波学会 Fellow, 美国航空航天学会 Associate Fellow, 美国航空航天学会燃烧与推进委员会委员, 中国力学学会激波与激波管技术专业委员会主任。获得美国航空航天学会(AIAA)2016 年度地面试验奖, 国家技术发明奖, 中国科学院杰出科技成就奖, 中国力学科技进步奖, 第 6 届明斯克国际传热传质论坛杰出贡献奖, 日本高速成像与光电会议高速成像大会金奖。

研究领域: 爆轰与激波物理、高温气体动力学、激波计算理论与方法、高焓风洞理论与技术。

研究成果: 提出了气相爆轰波起爆与传播统一框架理论, 构建了高超声速飞行复现风洞理论与技术体系, 研制成功世界领先的高超声速复现风洞。提出频散控制稳定性条件, 成为构造无振荡激波捕捉格式的基本原则。发表期刊论文 200 多篇, 其中 SCI 论文 100 多篇。

摘要: 高超声速飞行是宇航领域新一代的高新技术, 能提高人类“进入空天”、“探索空天”和“利用空天”的能力, 是航空航天科技的国际发展潮流。高超声速飞行诱导了热化学反应主导的高温气体流动, 其介质团的微观变化伴随着能量转移和热量传递, 显著影响了宏观流动规律。非平衡热化学反应与高温边界层物理超越了传统气体动力学的理论范畴和风洞实验准则, 成为航空航天领域的研究难题。本报告首先介绍 JF12 复现高超声速飞行条件激波风洞 (JF12 复现风洞) 的核心理论, 包括反向爆轰驱动方法与长实验时间激波风洞理论。进而介绍基于这些理论发展的关键技术与工程实现效果。报告然后综述了基于 JF12 复现风洞开展的高温热化学反应流动实验研究。这部分内容包括: 气动力与真实气体效应、气动热与高温边界层流物理、高超声速动态部件分离、超燃冲压发动机燃烧试验。这些实验研究结果一方面验证了高超声速关键技术, 同时也揭示了高温气动学科的前沿难题。报告最后介绍国家重大科研装备项目计划研制中的 JF22 超高速风洞的基础理论。这部分内容包括正向爆轰驱动理论和非定常膨胀试验气流焓增方法。JF12 复现风洞 (马赫数 5-9) 和 JF22 超高速风洞 (马赫数 10-25) 一起将构成一个覆盖高超声速飞行全速域和全空域的高温气动实验平台, 对于推动我国空天飞行器关键技术的研发和高温气体动力学前沿问题的探索具有重要意义。