

吴承康先生纪念专刊序

李家春¹⁾

(中国科学院力学研究所, 北京 100190)

2023 年 12 月 25 日是《力学学报》原主编吴承康先生逝世一周年纪念日. 吴承康先生 (图 1) 是中国科学院院士, 我国燃烧学、高温气体动力学、等离子体动力学专家. 他在燃烧理论、高速飞行器防热和再入通讯、等离子体技术等方面取得了一系列开拓性成果, 为我国航天事业和能源工程做出了重要贡献.



图 1 吴承康先生 (1929 ~ 2022)

Fig. 1 Prof. Cheng-Kang Wu (1929-2022)

吴承康先生 1929 年 11 月出生于上海. 1947 年考入上海交通大学, 1949 年赴美威斯康辛大学和麻省理工学院学习, 并于 1957 年获科学博士学位. 胸怀报效祖国的崇高信念, 吴先生毅然放弃美国的优渥生活, 学成后便于 1957 年 9 月回国. 先后在中国科学院动力研究室、力学研究所, 第七机械工业部 207 和 701 所工作. 1978 年回中国科学院力学研究所后历任研究员、室主任和副所长等职.

吴承康院士早在 20 世纪 50 年代就开始从事燃烧研究. 在几十年的科研生涯中, 对气动热化学有许多创新的研究成果. 他通过测量汽油机瞬时温度, 解决了爆震机理的争议, 特别是提出了 Livengood-Wu“爆震累积临界值”的概念, 给出了爆震发生的定量准则. 他用激光测速法确定了“真正的一维火焰传播速度”, 澄清了一段时间以来由于火焰拉伸导致测量数据分散的原因. 他发展了非对称射流技术, 通过在预燃室中形成湍流混合的大环流区, 实现煤粉和水煤浆的点火和稳燃, 并被成功和广泛地应用于我国电站锅炉运行中. 他开展了端头与局部烧蚀试验的研究, 提出结构防热设计原则, 并被型号部门采用等等. 这些基础和应用研究成果

2023-12-17 收稿, 2023-12-18 录用, 2023-12-18 网络版发表.

1) 李家春, 院士, 主要研究方向为流体力学. E-mail: jcli05@imech.ac.cn

引用格式: 李家春. 吴承康先生纪念专刊序. 力学学报, 2023, 55(12): 2703-2705

Li Jiachun. Preface of special issue in memory of Prof. Cheng-Kang Wu. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2023, 55(12): 2703-2705

为我国的“两弹一星”事业和能源工程做出了重要的贡献。

吴先生积极推动等离子体学科的研究和应用,曾连续四届担任中国力学学会的等离子体科学与技术专业委员会主任 20 年,并多次组织国际和亚太地区等离子体科学的学术交流活动.在他的努力下,第十三届等离子体化学国际学术会议 (ISPC13) 于 1997 年 8 月在北京成功召开,得到美国 Minnisoda 大学 E. Pfender 教授等国际等离子体界专家学者的高度赞誉,促进了我国等离子体学科和工业应用的稳步发展.

为继承吴承康先生的学术思想,弘扬他的科学精神,追忆他的科学贡献,《力学学报》组织出版《吴承康先生纪念专刊》.该特刊包括学科综述、学术论文和研究方法等不同体裁,涵盖了燃烧科学和能源工程、高温气体动力学和推进技术、等离子体动力学和工业应用等不同领域,共计 22 篇文章.希望以此推动相关领域的学术交流和研究进展.

在燃烧科学和能源工程方面,上海交通大学齐飞等研究射流扩散火焰不稳定性对频率特性的影响.他们用 PIV 解析流场结构的动态演变,验证火焰闪烁的外涡环主导机制,发现浮力主控火焰 varicose 模态的频率相较于 sinuous 模态有明显提升,而动量主控火焰的频率显著偏离了经典的 1/2 标度律.清华大学张海等综述富氢燃料射流火焰回火的研究现状,分析燃料氢含量、燃烧室条件、喷嘴结构等关键参数对回火特性的影响,提出克服或减缓回火现象的燃烧器设计方法,并建议未来应加强具有高效防回火功能的燃烧技术研究,以提高燃气轮机使用低碳燃料的安全性和可靠性.西安交通大学王金华等通过对燃烧场的测量,包括火焰结构、可燃极限、火焰稳定性及污染物排放特性,揭示等离子体能够通过连续点火、产生活性组分提高火焰稳定性并拓展吹熄极限的影响规律,可对临近吹熄时燃烧时燃烧进行有效调控,同时亦有 NO_x 排放增加的不利影响.华中科技大学姚洪等探索燃料分级燃烧方法在氢燃料燃烧中降低氮氧化物 (NO_x) 排放的潜力,并结合化学反应器网络模拟,明确了 NO_x 的生成特性和反应路径,为低氮氢燃烧器设计及参数优化提供指导.西安交通大学胡二江等阐述零碳燃料氨的分解反应机理,综述铁系金属催化氨裂解制氢的最新研究进展,重点介绍等离子体技术的原理、种类、作用机制以及在辅助催化氨裂解制氢方面的协同效应和显著优势,为未来高效低成本灵活氨分解氢的技术发展和工业应用提供了新思路.东南大学肖睿等综述常见生物质含氧衍生物的制备方法,详述实现碳链增长的六条主要途径,评价了生物质领域长链含氧化合物的最新合成路径,为生物质长链含氧燃料的发展提供了依据.中国科学技术大学夏维东等认为,作为高品位光、热与化学能的能量载体,热等离子体可视为相当于“氢能”的二次能源.在综述等离子体能技术后,分析等离子体替代燃烧加热和高效转化利用 CO₂ 对助力中国重工业“碳中和”的重要作用,并提出了绿电-等离子体驱动的再造传统工业低碳流程的新路线,支撑可再生能源电力的储存和消纳.中国科学院力学研究所魏小林等对转炉煤气余热回收利用过程中的 CO 爆燃现象进行实验与数值模拟,探究 CO 当量比、混合气初始温度和含水量等因素对 CO 爆燃特性的影响,并结合生产实际提出煤气爆炸遏制和预防的方法和技术.

在高温气体动力学和推进技术方面,北京航空航天大学王海兴等针对高超声速飞行器面临复杂的气动热环境,分析激波层内气体辐射特性与飞行状态的相关性,发展高温空气态-态动力学和逐线辐射耦合计算模型,揭示不同飞行条件下飞行器头部激波层空气辐射特征及其物理机制.清华大学李和平等基于“能量树”概念对等离子体中非平衡协同输运机制进行深入分析,提出通过改变工作气压调节等离子体冲击壁面热流密度的方法.作为烧蚀材料高焓风洞实验预先研究,在实验室开展了高速飞行器再入过程中表面热环境和典型部件烧蚀的地面模拟,实验结果与空间飞行试验吻合良好.中国科学院力学研究所黄河激等利用能量和工质归一化方法对超低轨空间的飞行动力学环境进行了研究,论证了 200 km 以下超低轨飞行器长期在轨飞行的可行性,提出了超低轨空间椭圆轨道飞行方案及其控制方法.中国科学院力学研究所肖雅彬等针对飞行器一体化设计,创新性地提出基于流管划分的前体/进气道一体化设计方法,不仅实现了收缩比可控,且理论上满足流场出口流动参数分布均匀的要求,初步数值仿真结果验证了该方法的有效性.哈尔滨工业大学于达仁等面向空间运输任务,通过分析主流大功率电推进技术,结合各类电推进工质优化选择,论述了采取新型液体或固体工质作为电推进工质的合理性和可行性,以期降低电推进的工质储存代价和工质成本,为远距离高

载荷比空间运输提供空间动力新方案.

在等离子体动力学与工业应用方面, 中国科学院等离子体物理研究所倪国华等对大尺寸电弧等离子体的产生方式、特性控制及其应用进行系统综述, 指出针对具体应用场景发展新型大尺寸电弧等离子体发生器, 研究精确调控电弧等离子体空间位形、动态行为、传热和流动仍是未来研发重点. 大连理工大学王友年等对面向平板显示工艺和光伏工艺的大面积矩形感性耦合等离子体腔室进行了三维流体模拟, 揭示了气压对于等离子体均匀性具有明显影响, 指出了采用阵列线圈可以显著提高等离子体的均匀性. 山东大学张远涛等以数据驱动方法在大气压射频放电中的应用研究为例, 发现深度神经网络可以近乎实时地给出计算结果, 并可极大丰富和强化原有的数值模拟效果, 更好地体现射频等离子体的演化规律. 北京印刷学院陈强等从放电机制和放电特性两方面综述了螺旋波等离子体放电过程中的低场峰、模式跃迁、无电流双层现象的研究现状, 阐述影响螺旋波等离子体放电特性的关键参数和主要能量沉积机制, 指出未来需要借助于包括 AI 的数值模拟技术实现对螺旋波等离子体放电特性的精确诊断和能量耦合机制的深入理解. 苏州大学吴雪梅等对高频高压交流电源驱动的双环状电极等离子体射流进行了纳秒级时间分辨诊断, 揭示了等离子体射流详细的演化过程, 为等离子体行为规律分析和等离子体设备优化提供了参考. 上海交通大学钟晓霞等介绍了等离子体电化学方法, 考察了等离子体电化学法制备金、银纳米颗粒与碳量子点的实验结果及其应用的进展, 讨论了当前研究中的问题与挑战, 并尝试提出解决方案. 东华大学张菁等简述研究团队在脉冲和连续波低温等离子体放电特性、等离子体化学反应动力学、等离子体多场耦合作用对纳米结构材料的生长和二维尘埃晶体形成的调控行为等方面的研究进展. 中国科学院力学研究所盛宏至等综述了低温热等离子体处理固体废物的基础研究、技术原理和工程应用进展, 分析了当前应用中的问题并提出发展建议. 华中科技大学刘大伟等开发了一套基于离子风增强带电气溶胶沉积的负直流电晕放电系统, 实现了大面积、阵列式的负直流电晕等离子体, 产生的离子风可以有效促进云室内气溶胶的循环、荷电、碰并和在网状电极上的沉积, 水雾沉积量可达到单电极放电的 8.3 倍, 该系统或许是水雾收集、消除致病生物气溶胶的潜在有效方法.

正如吴先生所说的: “开展研究工作主要应该根据需求, 可以是国家建设的需要, 也可以是科学发展中需要回答的重要学术问题. 有时开始做的时候不一定对所要解决的问题很明显, 特别是基础研究, 但有意义的成果必然是解决重要问题的”. 我们深信, 专刊的出版必将会对促进燃烧科学和能源工程、高温气体动力学和推进技术、等离子体动力学和工业应用等领域的学科发展及其应用起到积极的作用.

最后向本专刊的组织者黄河激、魏小林和孟显及本专刊的所有作者表示衷心的感谢!

doi: [10.6052/0459-1879-23-610](https://doi.org/10.6052/0459-1879-23-610)