多尺度复杂系统物理建模与模拟·编者按

自然界与工业领域存在大量的形式各异的复杂结构介质或系统. 几乎所有的宏观系统都含有多尺度的空间结构或动力学模式. 例如, 固体材料中有局域晶格结构、位错、晶界、缺陷、裂纹、杂质等; 流体系统中有大漩涡、小漩涡、气泡/液滴、边界层等. 系统内不同时空尺度的结构和动力学模式之间的竞争往往导致极其丰富、复杂的非平衡行为! 所以, 宏观介质的动态响应特性不仅取决于外部作用的加载和卸载过程, 而且依赖于介质内的稳定和慢变结构(例如, 塑性变形中的位错、相变过程中的新相畴、损伤和断裂过程中的空穴和剪切带、冲击压缩区域内的非平衡涡旋和射流等). 这些结构及其演化涉及的时间-空间尺度范围很宽(空间尺度大约 10^{-10} – 1 m; 时间尺度大约 10^{-12} – 10^{-3} s). 复杂介质宏观响应特性的理解与模拟要求考虑其中的各种微观结构及其演化机制、各种形式的能量及其转化与耗散机制. 在燃烧与爆轰系统中, 化学反应的介入引入新的维度, 从而使得系统内的动力学行为更加复杂.

近年来我国科技工作者在复杂介质动态响应过程多尺度物理建模与数值实验领域取得较长足的进展. 为了展示我国在这一领域的近期成果, 激发和培养青年科技工作者和广大学生对这一领域的兴趣, 特别在《中国科学: 物理学 力学 天文学》期刊组织了“多尺度复杂系统物理建模与模拟”专辑, 由14篇相关课题的综述文章、研究论文组成. 这些论文包括: (1) 延性金属动态拉伸断裂的损伤演化研究; (2) 流体中强冲击波的微观结构数值模拟研究进展; (3) Boltzmann方程碰撞积分建模与稀薄空气动力学应用研究; (4) 高雷诺数预混湍流火焰的数值模拟与结构表征; (5) 燃烧数值模拟中的复杂化学反应机理处理方法; (6) 基于过程变量-火焰面模型的湍流燃烧大涡模拟; (7) 湍流基于EMMS原理的介尺度建模; (8) 含有可变形界面的两相流和传递的数值模拟; (9) 声子水动力学: 进展、应用与展望; (10) 压力驱动纳米流控行为的计算模拟研究; (11) 晶格Boltzmann方法中流体力的计算; (12) 气体介质中二元液滴的碰撞动力学; (13) 基于物质点法的多尺度计算; (14) 颗粒介质物质点法与离散元法的多尺度建模. 这些论文的研究对象既有固体材料, 又有流动介质, 分别结合当前关注的热点课题进行综合评述或开展创新性研究.

专辑的顺利出版得到了国内外各位专家学者的大力支持, 但由于篇幅的限制和组稿时间的仓促, 以及部分受邀专家未能来得及供稿, 这些论文仅代表了我国在复杂介质动态响应过程多尺度物理建模与数值实验领域研究成果的一小部分. 希望通过本专辑的出版, 起到抛砖引玉的作用, 吸引更多的科研工作者关注和投身于该领域的科学研究.

许爱国

北京应用物理与计算数学研究所

姬广富

中国工程物理研究院流体物理研究所

引用格式: 许爱国, 姬广富. 多尺度复杂系统物理建模与模拟·编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2017, 47: 070001

Xu A G, Ji G F. Special issue on modeling and simulation of multi-scale complex systems (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2017, 47: 070001, doi: 10.1360/SSPMA2017-00069