DOI: 10.11858/gywlxb.20261119

轻质复合防护材料与结构的力学行为专刊 • 前言

航空航天、国防装甲、运载装备与轨道交通等领域的跨越式发展,对防护体系提出了兼具轻量化、高比吸能及多场耦合抗冲击能力的严苛要求。传统均质金属防护构件因自重过大、能量耗散路径单一,且极端条件下易诱发突发性整体失稳,已难以满足装备续航效率、综合防护性能与服役结构可靠性协同提升的迫切需求。轻质多孔材料、纤维增强复合材料、陶瓷-金属梯度复合构型以及仿生层级夹层结构,凭借其低密度、高效耗能及力学性能可定制化等显著优势,正逐步成为突破传统技术瓶颈、引领防护革新的核心路径。

当前,国内外学者借助分离式霍普金森杆、高速侵彻试验与元件级等效冲击测试等典型表征手段,并结合有限元数值仿真、数据驱动智能优化及逆向构型设计等前沿分析方法,围绕结构多尺度动态损伤演化、多相界面失效机制、冲击波调控策略及弹道耗能吸能机理等方向开展了系统深入的探索。研究成果有力推动了轻质防护材料的研究范式转型——从单一的“材料性能表征”迈入“构型-组分-载荷”一体化协同设计的全新阶段。

尽管领域内已积淀丰硕成果,但从科学认知到工程应用仍横亘着若干关键瓶颈,亟待突破:复合结构在高速碰撞、深侵彻与强爆炸冲击等极端服役工况下的多场耦合力学响应机理尚不明晰;陶瓷、纤维、泡沫及金属等多相材料界面的脱黏、分层及碎裂动态演化规律,尚未建立统一的定量化表征判据;针对仿生构型、TPMS(triply periodic minimal surface)多孔体、自锁吸能结构与波纹夹层等新型拓扑防护体系的逆向设计方法、边界效应调控准则及分级吸能匹配理论,仍有待系统构建;尤为突出的是,面向航空发动机叶片抗外物撞击、装甲靶板抗弹击穿及运载平台缓冲吸能等典型工程场景,等效试验标准缺位、数据驱动优化框架缺失、组分适配方案粗放等问题,严重迟滞了新型防护构件的工程转化与行业标准化进程。

为此,本刊特邀国内冲击动力学、复合材料力学、仿生设计与防护工程等交叉领域的一线科研团队,精心策划了“轻质复合防护材料与结构的力学行为”专刊,旨在集中呈现我国在该领域的最新理论突破、尖端试验技术与高保真数值模拟成果。本专刊致力于构建航空、兵器、力学与材料学科深度融合的高端学术交流平台,贯通冲击动力学基础研究与装备工程应用间的技术鸿沟,展示我国轻质防护领域的原始创新实力,加速拓扑优化、纤维复合增强及陶瓷金属梯度防护等关键技术的学术共享与产业转化,助力国家高端轻量化防护装备实现跨越式技术迭代。在此,谨向全体投稿作者、严谨尽责的评审专家,以及为本专刊顺利出版付出辛勤劳动的编辑团队,致以崇高的敬意与诚挚的感谢。

王志华 李世强
太原理工大学
2026 年 6 月 21 日

专刊主编



王志华，教授，博士生导师，国家杰出青年科学基金获得者，教育部新世纪优秀人才，山西省首批青年拔尖人才，山西省学术技术带头人，中国力学学会常务理事，山西省力学学会理事长，山西省机械工程学会副理事长，中国力学学会爆炸力学专业委员会委员，冲击动力学专业组组长，中国有色金属学会复合材料专业委员会副主任委员，SCI 期刊《Journal of Reinforced Plastics and Composites》副主编。主要研究方向为爆炸与冲击动力学，发表 SCI 收录论文 100 余篇，他引 3 000 余次，获山西省科学技术奖（自然科学类）二等奖 4 项。



李世强，教授，博士生导师，中国力学学会爆炸力学实验技术专业组委员，山西省“三晋英才”科技创新领域青年拔尖人才，《高压物理学报》、《应用力学学报》青年编委。主要研究方向为爆炸与冲击动力学、多孔材料及其夹芯结构冲击动力学行为与优化设计等。先后主持和承担国家自然科学基金 3 项、山西省自然科学基金及国家重点实验室基金等 10 余项。发表 SCI 论文 50 余篇，他引 750 余次，获山西省科学技术奖（自然科学类）二等奖 2 项，杜庆华力学与工程优秀青年学者 1 次，广东省土木建筑学会科学技术二等奖 1 项。