

## 序

廉艳平<sup>1</sup>, 易敏<sup>2</sup>

(1. 北京理工大学先进结构技术研究院, 北京 100081;

2. 南京航空航天大学 航空航天结构力学及控制全国重点实验室, 南京 210016)

增材制造 AM(additive manufacturing)作为一种变革性的数字化制造技术,是新质生产力,代表了先进制造技术的重要发展趋势,在航空航天、轨道交通、生物医疗和能源核电等工业领域有巨大的应用空间和广阔的发展前景。与传统减材和等材制造工艺不同,AM依据三维CAD设计数据,通过光源或高能热源等将离散材料(液体、粉材和丝材等)逐层堆叠形成实体零部件,是一种自下而上的自由制造近净成型过程。因此,其在复杂结构零件快速制造、个性化定制、高附加值产品制造等方面具有独特的优势。

目前,增材制造技术的创新发展和深入应用仍面临诸多亟待解决的关键力学问题。这些问题往往涉及多尺度多物理耦合和强非线性,对计算力学方法精度、效率和稳定性等提出了诸多挑战。因此,亟需发展高效可靠的计算方法和数值计算模型以辅助增材成形机理探究和工艺参数优化,该领域亦是目前计算力学的研究热点和前沿发展方向。为此,《计算力学学报》组织出版了增材制造计算力学专题,该专题包括8篇研究论文,旨在集中反映该领域国内的部分最新研究成果,以期促进增材制造计算力学领域学术交流,并供相关学者和技术人员参考。

基于高能热源的金属增材制造技术是该领域目前的重要发展方向,有望成为工业高端装备结构迭代升级的关键技术途径之一。针对增材制造过程-微观组织-材料力学性能数值模拟等方面,专题组织了6篇文章。其中,针对制造过程的热-流-固强耦合问题,李明健和廉艳平等提出了多物理场物质点有限元法,为该问题的高效高精度求解提供了一种新型数值模拟方法。周翔和江五贵等采用有限体积法建立了GH4169合金选区激光熔化过程的高保真数值模型,揭示了剥蚀、球化等制造缺陷的形成机理,为成型质量工艺参数优化提供了依据。针对AlSi10Mg合金激光选区熔化增材制造技术,钱学海和赵吕等发展了结合离散元法和有限体积法的高保真数值模型,探究了基板温度对熔池温度场的影响规律,给出了降低热应力和残余应力的工艺参数优化参考。进一步,常珂和易敏等发展了热-流-微观组织耦合相场模型,实现了316L不锈钢合金激光选区熔化从铺粉到粉末熔化凝固过程的数值模拟。针对金属增材制造过程-微观组织-力学性能数值模拟问题,王艺飞和张昭等发展了基于顺序耦合策略的传热有限元法-Monte Carlo模型-晶体塑性有限元法计算框架,实现了电弧送丝增材制造Ti-6Al-4V合金的全过程模拟,揭示了成型材料力学性能各向异性的机理。进一步,肖庆晖、朱思瑛和易敏等发展了基于卷积神经网络的增材制造合金力学性能高效预测模型,实现了基于材料微观组织的增材铜合金力学性能计算效率较传统晶体塑性有限元法的数量级提升。

在其他增材制造技术的数值计算方面,专题组织了2篇文章。其中,针对连续纤维增材制造技术,叶红玲等基于独立连续拓扑变量提出了一种连续纤维复合材料结构多尺度拓扑优化方法,实现了连续纤维复合材料结构宏观拓扑、微观纤维方向和纤维疏密的并行优化设计。针对冷喷涂增材制造技术,陈聪和刘岩等发展了基于无网格物质点法的成型过程数值模型,揭示了不同冲击速度下颗粒和基底氧化物对接触面积、塑性变形程度的影响规律。

目前,增材制造计算力学所涉及的研究内容颇为广泛。由于篇幅所限,本专题尚未涉及其他增材工艺(如光固化制造技术和外场辅助增材技术等),也未囊括考虑真实制造形貌和缺陷的构件力学响应数值模拟等方面的研究内容。目前,考虑增材制造工艺特点的拓扑优化算法、增材制造工艺过程的高效高精度数值模拟方法、增材制造材料与结构力学性能与寿命评估方法以及数据驱动计算方法仍存在诸多挑战性问题。本专题期望以此为契机,积极推动增材制造计算力学理论、模型、算法及工艺仿真软件的发展,从而为先进制造工艺发展和先进制造强国战略实施,提供坚实理论基础和关键技术支撑。