**“先进材料跨尺度力学行为的理论体系、测量技术及标准规范研究”重大项目指南**

先进材料已越来越广泛地应用于航空航天、国防等高科技领域。有效地建立先进材料力学行为的标准规范对实现其高效率使用意义重大。为此需要研究先进材料的宏观力学行为与其微结构的关联规律，需要系统地建立跨尺度力学理论体系，并将跨尺度力学理论体系应用于对先进材料强度、韧性以及破坏性能的评判与性能设计。跨尺度力学理论体系不仅要继承连续介质力学体系的优势（即具有可有效表征先进材料跨尺度力学行为的独立力学参量，同时成为建立先进材料力学行为标准规范的基础），而且还要涵盖先进材料的微观信息并充分反映微结构的作用机制。因此，分别从微观离散力学体系模拟与观测出发和从连续介质跨尺度力学理论表征出发，研究表征先进材料的跨尺度力学行为、先进材料的微观结构对宏观力学行为的影响机制、微观离散体系与宏观连续介质跨尺度力学理论体系的关联方法、先进材料及结构的跨尺度力学性能的测量技术等。针对航空航天及国防等高技术领域所涉及的先进热障涂层体系，将跨尺度力学理论用于对其强度、韧性和破坏机制的表征、评价及指导其性能设计等。

　　**一、科学目标**

　　通过项目的实施，期望实现如下科学目标：系统地建立连续介质跨尺度力学理论，获得可有效刻画材料跨尺度力学行为的普适可测的材料参量；建立跨尺度力学行为材料参量的测量原理和测量技术；采用建立的跨尺度力学理论可有效地表征先进材料的跨尺度力学行为，进一步建立先进材料力学行为的评判标准和性能设计规范，解决制约先进材料重大工程应用的关键力学问题，获得对先进热障涂层强韧设计的有效指导；通过将微观力学行为的离散模拟体系与连续介质跨尺度力学理论体系进行等效，建立两种体系的尺度关联方法，实现离散理论体系与连续介质跨尺度理论体系间的无“鬼力”界面关联。

　　**二、研究内容**

　　（一）先进材料跨尺度力学行为的表征理论和测量原理。

　　计及应变梯度及表界面效应的连续介质跨尺度理论的普适性；特征尺度参量和表界面能密度与微结构几何特征及微观物理参量的关系；采用高分辨率电子显微镜技术，观测纳米晶体微结构及微缺陷的形成与演化规律，系统地揭示层错能和变形能的演化规律；基于跨尺度理论对纳米结构材料变形行为的大规模数值模拟和实验验证；研究多个材料参量同时存在时的表征方法；研究材料参数的普适性和可测性；系统地建立同时计及表界面效应与应变梯度效应的连续介质跨尺度理论的有限元方法。

　　（二）先进材料跨尺度力学性能的高精度测量技术和表征。

　　针对跨尺度力学理论中的力学参量，发展探针微加载和微位移精密控制测量技术和方法；综合高分辨率电子显微技术、原位光学和光谱类技术以及微/纳探针技术，表征微纳测量时的物理吸附与化学吸附等耦合效应；利用微纳实验操纵技术，研究一维纳米材料与其它器件连接和接触的基本力学与化学耦合问题；构建光谱类方法表征纳米结构力学性能的理论框架，解决光谱测量技术中的材料力学参量测量的关键技术，提高测量精度。

　　（三）先进材料力学性能的高分辨率观测方法和应用。

　　基于同步辐射光学测量技术，研究不同机制的纳米分辨显微成像技术，包括透射、衍射和折射成像技术，建立图像信息与被测材料微结构的关联；研究试件精确定位和原位加载技术；研究图像的快速同步采集、三维重构和动态显示技术；基于同步辐射新型光源的纳米分辨三维结构检测表征平台，结合微力传感器系统发展纳米界面层的结构定量表征技术和微纳米阵列三维变形观测技术。

　　（四）先进热障涂层体系的强韧和破坏机制的标准规范研究。

　　与航空航天部门密切合作，将跨尺度力学理论应用于对先进热障涂层体系的强度、韧性和破坏机制的表征、评价及性能设计，探讨建立先进热障涂层体系力学性能的标准规范。

　　**三、申请注意事项**

　　（一）申请书的附注说明选择“先进材料跨尺度力学行为的理论体系、测量技术及标准规范研究”。

　　（二）申请人申请的直接费用预算不得超过2000万元/项（含2000万元/项）。

　　（三）本项目由数理科学部负责受理。