**17. “高性能构件材料-结构一体化设计与制造”重大项目指南**

高性能构件多服役于苛刻环境，一般具有超强承载、极端耐热、超高精度、超轻量化和高可靠性等特性，是高超飞行器、运载火箭、轨道空间站和核聚变装置等重大装备的核心组成部分。受材料、结构和工艺等多重因素的耦合影响，高性能构件设计与制造目前存在以下三方面问题：一是由于材料分布和多尺度结构特征对构件性能的耦合影响规律复杂，导致构件材料与结构匹配的性能设计困难；二是由于传统设计方法和制造工艺的约束，导致复杂构件整体制造困难；三是由于缺乏构件精确成形调控方法，需反复试错，造成高性能目标控制困难。

　　材料-结构一体化设计与制造是解决上述问题的有效途径。通过材料与结构的匹配优化设计，从宏微多尺度发掘材料与结构潜力，突破现有设计极限；采用增/减/等材复合制造，探索复杂构件整体制造新方法；强化梯度材料组织与多尺度结构的形性协调，实现构件性能的精确调控。开展相关领域基础研究可促进材料、力学、信息与机械学科交叉，发展和丰富材料-结构一体化设计与制造内涵，并为航空航天等领域国家重大装备需求提供基础理论保障。

　　一、科学目标

　　以航空航天典型高性能复杂构件为研究载体，探明多尺度结构与构件性能的映射规律，揭示材料组织演化与结构变形的交互作用机制，探索材料-结构一体化复合制造原理，形成材料-结构一体化设计与制造基础理论，实现高性能复杂结构的整体制造。

　　二、研究内容

　　（一）材料-结构多尺度建模与一体化设计。

　　研究苛刻服役环境下高性能构件宏微多尺度性能表征建模及材料-结构与性能的映射规律，建立宏微结构构型与材料分布的跨尺度拓扑优化设计新方法。

　　（二）多材料结构逐点/逐域控制的增材制造。

　　研究成形过程熔池的表/界面行为和多材料、多尺度结构的界面问题，揭示界面应力的局部能场调控机理，实现材料-结构的形性协调。

　　（三）异质材料构件的界面行为与结构精确制造。

　　研究异质材料叠层制造中宏细观界面特征形成和几何误差传递规律，探索复合制造过程的调控策略，实现高性能构件几何特征与性能的同步精确制造。

　　（四）材料组织演化与结构变形的精确调控。

　　研究高性能构件材料组织演化与结构变形的耦合机理，揭示外加能场对构件材料组织和变形的影响规律，实现多场耦合作用下结构变形协调与性能的精确调控。

　　（五）高性能构件整体制造新原理与新装备。

　　基于材料-结构一体化设计与制造新方法，探索与验证典型构件整体制造新原理、新工艺与新装备。

　　三、申请注意事项

　　（一）申请书的附注说明选择“高性能构件材料-结构一体化设计与制造”，申请代码1选择E0508（以上选择不准确或未选择的项目申请将不予受理）。

　　（二）申请人申请的直接费用预算不得超过1500万元/项（含1500万元/项）。

　　（三）本项目由工程与材料科学部负责受理。