**极端条件电磁能装备科学基础重大研究计划2023年度项目指南**

　　极端条件电磁能装备科学基础重大研究计划以电磁能装备领域的国家重大战略需求为牵引，以建立电磁热力多场耦合极端冲击条件电磁能装备基础理论为核心，通过在等价实验机理、在线测量原理、复杂系统建模理论、快速数值求解算法、材料评价与设计方法和数据处理及分析方法方面的不断创新，为电磁能装备的研制及发展提供科学基础。

**一、科学目标**

　　聚焦电磁能装备及其所用储能电介质材料和直线推进金属材料在多场耦合极端冲击条件下的构效关系和物性演化，以材料调控为基础，以耦合测试为手段，以长效服役为目标，揭示电磁热力多场耦合极端冲击条件电磁能与材料相互作用时空演化机理，构建电磁热力多场耦合极端冲击条件电磁能装备科学基础，引领电磁能装备研发模式变革，产生重大原始创新，占领电磁能技术领域制高点，形成代表世界电磁能技术水平的战略科技力量。

**二、核心科学问题**

　　本重大研究计划的核心科学问题是：电磁热力多场耦合极端冲击条件电磁能与材料相互作用时空演化机理。

**三、2023年度资助研究方向**

　　本重大研究计划所述的电磁能装备特指实现电磁能与动能间瞬时高功率转换的装备；所述的极端条件特指多场耦合和极端冲击的共同作用，其中极端冲击指的是极高功率、极短时间（ms级）、极大电流（MA级）和极高速度（≥2000m/s），多场耦合指的是电磁热力共同作用下的多物理场强耦合。本年度重大研究计划所述的电磁能装备材料聚焦电磁能装备所用的直线推进金属材料（含轨道和运动体）和储能材料。2023年度项目申请应符合上述限定条件。

　　（一）重点支持项目。

　　拟资助（但不限于）以下方向：

**1. 直线推进电磁能装备材料物性演变机理与非线性构效关系。**

　　研究极端条件电磁能装备直线推进金属材料（轨道和运动体）的各参量（电导率、弹性模量、屈服强度、延伸率、软化温度、表面硬度、海洋环境适应性等）的时空演化规律；建立极端条件电磁能装备直线推进金属材料在多场耦合强冲击下的物性参数演变模型；建立评价各参量演变规律的指标体系。

**2. 直线推进电磁能装备高速载流摩擦界面损伤机制与调控。**

　　面向电磁能装备高速载流摩擦磨损的极端条件，开展高速载流摩擦磨损界面行为研究，建立高速载流摩擦磨损模型，揭示界面沉积物的形成和演化机制，实现对不同发射条件下磨损量的定量预测；开展界面损伤抑制策略研究，实现对磨损量的有效调控。

**3. 直线推进电磁能装备极端条件颠覆性新材料探索研究。**

　　面向未来电磁能装备发展需求，应用人工智能和大数据等前沿技术，探索关键性能显著提升、满足极端条件电磁热力多场耦合服役需求，促进电磁能装备轻量化和长寿化的颠覆性新概念材料。其中，储能电介质薄膜材料，储能密度≥8MJ/m³（涵盖电压范围2~10kV），充放电频率≥20次/分钟（毫秒级放电），寿命≥2万次，放电效率≥95%（10kHz范围内），自放电时间常数≥1000s（最高工作场强，工作温度≥80℃）；直线推进材料要求屈服强度≥750MPa，导电率≥60%IACS，伸长率≥10%，软化温度≥700℃，弹性模量≥120GPa，表面硬度220-300HV，与铝干摩擦系数≤0.15，与铝载流滑动摩擦系数≤0.02，可用于大尺寸制备（1吨以上）。

　　（二）集成项目。

　　拟资助以下方向：

**1. 高速直线推进电磁能装备枢轨材料性能劣化与实时原位诊断和评价研究。**

　　针对电磁能装备枢轨材料可靠性和健康状态评价的需求，从发射过程极端多物理场耦合作用出发，开展电磁能材料原位诊断技术研究，研制能实时原位检测和表征枢轨关键力学性能、电枢材料元素残留分布的方法及装置（主要性能指标：屈服强度测量误差≤10%、元素检测空间分辨率≤0.1mm、成像空间分辨率≤0.1mm），揭示极端发射工况下（运行速度≥2000m/s、载流密度≥1010A/m2、应变速率≥106/s、升温速率≥105K/s）电磁能材料失效机理，建立发射条件与枢轨材料微观组织及力学性能的关系，形成物理与数据驱动的轨道健康状态评估模型及软件，并实现在电磁能装备的集成及示范应用。

**2. 电磁能装备储能电介质材料与器件极端条件物性演化过程的模拟与原位测量、性能劣化机理表征与性能提升研究。**

　　针对电磁能装备储能材料的高储能密度和长寿命两大技术要求，从结构出发厘清科学问题，实现储能材料电磁热力多场耦合作用极端条件的模拟加载和过程表征；发展储能材料服役物性演化过程（含空间电荷、温度分布、应力应变分布、电场分布、表面形貌等）的原位测量方法，揭示储能材料极端条件服役的物性参数劣化机理，形成储能材料极端条件服役性能的表征方法；发展储能材料跨尺度（微观分子结构、介观界面结构、宏观结构）关联性能提升策略，突破现有储能材料的密度和寿命关键技术指标，取得性能具有重大提升的实物研究成果，并在电磁能装备上开展典型示范验证。电介质材料实物指标要求为：储能电介质薄膜材料，储能密度≥8MJ/m³（涵盖电压范围2~10kV），充放电频率≥20次/分钟（毫秒级放电），寿命≥2万次，放电效率≥95%（10kHz范围内），自放电时间常数≥1000s（最高工作场强，工作温度≥80℃）。储能元件的实物指标要求为：充电秒级，放电毫秒级，储能≥1kJ，储能密度≥4MJ/m³，单位储能的放电电流≥0.5A/J，额定电压涵盖2-20kV范围，充放电频率≥20次/分钟（毫秒级放电），放电效率≥93%（10kHz范围内），服役寿命≥1万次（最高工作电压，环境温度-40℃~55℃）。

**四、2023年度资助计划**

　　2023年度拟资助重点支持项目11项左右，直接费用资助强度约为300万元/项，资助期限为4年，申请书中研究期限应填写“2024年1月1日至2027年12月31日”；拟资助集成项目2项左右，直接费用资助强度约为1200万元/项，资助期限为4年，申请书中研究期限应填写“2024年1月1日至2027年12月31日”。鼓励来自电气、材料、数学、物理、化学、信息等不同学科领域的研究队伍联合参与申请。

**五、申请要求及注意事项**

　　(一）申请条件。

　　项目申请人应当具备以下条件：

　　1. 具有承担基础研究课题的经历；

　　2. 具有高级专业技术职务（职称）。

　　在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进行申请。

　　（二）限项申请规定。

　　执行《2023年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

　　（三）申请注意事项。

　　申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2023年度国家自然科学基金项目指南》和《关于2023年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

　　1. 本重大研究计划项目实行无纸化申请。申请书提交日期为2023年10月26日－11月1日16时。

　　（1）申请人应当按照科学基金网络信息系统中重大研究计划项目的填报说明与撰写提纲要求在线填写和提交电子申请书及附件材料。

　　（2）本重大研究计划将紧密围绕核心科学问题，对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合，成为一个项目集群。申请人应根据本重大研究计划拟解决的核心科学问题和本指南公布的拟资助研究方向，在分析国内外已有成果的基础上，明确新的突破点以及创新思路，自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

　　（3）申请书中的资助类别选择“重大研究计划”，亚类说明选择“重点支持项目”或“集成项目”，附注说明选择“极端条件电磁能装备科学基础”,根据申请的具体研究内容选择相应的申请代码。

**重点支持项目的合作研究单位不得超过2个，集成项目的合作单位不得超过4个。**

　　（4）申请人在申请书“立项依据与研究内容”部分，应当首先说明申请符合本项目指南中的资助研究方向，以及对解决本重大研究计划核心科学问题、实现本重大研究计划科学目标的贡献。

　　如果申请人已经承担与本重大研究计划相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

　　2. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺、组织申请以及审核申请材料等工作。在2023年11月1日16时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料，并于11月2日16时前在线提交本单位项目申请清单。

　　3. 其他注意事项。

　　（1）为实现重大研究计划总体科学目标和多学科集成，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中应关注与本重大研究计划其他项目之间的相互支撑关系。

　　（2）为加强项目的学术交流，促进项目群的形成和多学科交叉与集成，本重大研究计划将每年举办1次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人有义务参加本重大研究计划指导专家组和管理工作组所组织的上述学术交流活动，并认真开展学术交流。

　　（四）咨询方式。

　　工程与材料科学部工程五处

　　联系电话：010-62328301