

交叉科学部重大项目指南

2026 年交叉科学部共发布 8 个重大项目指南，拟资助 4 个大项目。项目申请的直接费用预算不得超过 1500 万元/项。

“局域结构精准构筑与新颖功能物质”

重大项目指南

局域结构是决定物质宏观物理化学性质的关键因素之一。本项目聚焦于埃至纳米尺度的原子排列及其三维分布，尤其是偏离理想晶格长周期性的短程结构，通过多学科交叉研究，解决局域结构精确识别、精准构筑、局域结构与新颖物性间的复杂构效关系，以及新颖功能物质定向创制的挑战，为我国信息、能源、量子等相关领域的战略性功能物质需求提供支撑。

一、科学目标

突破化学元素组合与长程平均结构调控的传统设计思路，发展局域结构精准构筑和跨尺度精确识别新方法，揭示局域结构与新颖物性间的本征关联，并据此定向创制新型功能物质，如低维强铁电体、宽温域高效热电材料、高温常压镍基新超导体等，建立以局域结构为设计核心的新颖物质创制范式。

二、研究内容

（一）局域结构精准构筑。

聚焦局域结构的精准构筑与调控，发展空间限域生长、拓扑化学转化、多相共格、界面工程、缺陷调控与团簇构筑等策略，实现具有空间梯度分布、极性团簇协同、晶格应变以及原子级异质层有序排列等特征的局域结构；通过调控声子、电荷与自旋等基本物理自由度之间的协同耦合，推动功能导向的新颖物质创制。

（二）局域结构精确表征。

基于中子散射等具有独特优势的局域结构表征技术，结合基于机器学习力场的分子动力学等理论方法，精准解析三维原子尺度局域结构，研究局域结构与电子结构及声子结构的耦合关联，建立局域结构与新颖物性之间的构效关系。

（三）功能导向的局域结构调控与物质创制。

基于对局域结构精准构筑和表征，针对特定功能材料，发展1-2种局域结构调控方法与技术，包括但不限于：（1）采用低对称性局域结构调控手段，开发高熵梯度晶体、非常规能带半导体等宽温域优异热电新材料；（2）采用极性局域结构调控手段，结合先进理论计算方法，合成具有巨极化、超薄、耐疲劳等特性的新颖氧化物铁电体；（3）采用异质原子层局域结构精准构筑方法，获得高温常压及强场下具有非常规超导电性的新型镍基超导体，阐明局域结构调控下的配对相互作用起源、对称性与超导电性演变规律。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“局域结构精准构筑与新颖功能物质”，受理代码选择 T01。

（二）咨询电话：010-62328382。

“无序物质动效关系”

重大项目指南

本项目通过多学科交叉研究，拓展以结构序为基础的无序材料研究框架，探索无序物质动力学模式中涵盖的“动力学序”，建立有一定普适性的“动效关系”模型，构建数据驱动无序材料研究新范式，推动在电子信息、能源装备等战略领域中高性能无序材料的设计与创制。

一、科学目标

建立无序材料动力学宽时域、跨尺度表征与解析方法，构建“无序结构-动力学序-材料性能”数据中心，融合物理机制与数据驱动方法，揭示动力学序的物理内涵，建立以动力学序为核心的“动效关系”理论体系，实现高性能无序材料的智能设计与创制。

二、研究内容

（一）无序材料动力学宽时域跨尺度表征与解析。

发展覆盖宽时域、多空间尺度结构、动力学与材料物性集成的实验表征与解析方法；阐明不同动力学模式间的时空耦合机制、微观起源及其在外场作用下的演化规律，构建“无序结构-动力学序-材料性能”关联数据库。

（二）动力学序与“动效关系”理论与建模。

基于人工智能驱动的数据分析，建立动力学序体系，揭示其

物理内涵；构建“动力学序-材料性能”关联图谱，形成以动力学序为核心的“动效关系”理论体系；发展面向无序材料研究的通用 AI 模型。

（三）变革性无序材料创制与应用。

构建无序材料研发智能系统，实现从性能需求、动力学特征设计到成分工艺优化的闭环反馈，支撑材料的自主化、智能化设计。例如，针对金属玻璃、铁性玻璃、液态金属、高熵合金等材料，开展高频软磁、高机械强度、高灵敏度、超导等高性能无序材料的智能创制，实现关键性能突破，推动在电子信息、能源装备等战略领域中高性能无序材料的设计与创制。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“无序物质动效关系”，受理代码选择 T01。

（二）咨询电话：010-62328382。

“基于原子级精准创制策略的磁性拓扑准粒子器件”

重大项目指南

准粒子是凝聚态材料体系在多体相互作用下的集体低能激发，通常表现为在原子级尺寸空间内局域或准局域分布的量子态。不同类型准粒子具有独特的内禀自由度，其可控产生、调制与耦合为发展新型信息存储、逻辑运算与传感器件提供了全新的物理基础。基于磁性拓扑准粒子构建的器件展现出超低功耗、高集成度、高稳定性、高可控性等优越特性。但是，现有器件在原子尺度上的均一性不足造成的功耗高，速度慢等问题，限制了磁性拓扑准粒子器件的应用。实现准粒子材料的原子级精准创制与物性调控是发展未来信息器件的关键，对我国抢占未来信息技术制高点的国家重大战略具有重要意义。

一、科学目标

针对未来信息器件小型化、低功耗、高灵敏的发展需求，突破磁性拓扑准粒子器件的原子级制造与调控技术瓶颈，重点研究具有高稳定、高存储密度和超低功耗的准粒子功能器件的理论设计、材料精准制备、物态精准测量与调控，以及原型器件的构筑。

二、研究内容

(一) 准粒子材料及器件的理论设计研究。

融合理论模型与数据驱动创新，开展准粒子材料体系预测和器件设计研究，聚焦二维材料异质结、分子晶格、人工原子晶格

等低维结构，重点研究拓扑磁激发态（磁性斯格明子等）、Yu-Shiba-Rusinov（YSR）束缚态、拓扑角态等准粒子物态，建立组分-结构-器件性能的跨尺度映射，实现准粒子材料与器件的协同优化和按需定制。

（二）准粒子材料的原子级精准创制研究。

开发适用于超高真空环境中半导体衬底人工晶格构筑的原子操纵技术，发展准粒子晶格的原子级精准制备方法，获得具有稳定准粒子态的分子、原子晶格，研发适用于准粒子器件的原子级洁净选区沉积设备，支撑准粒子基元材料的创制，揭示准粒子物态和晶格的构效关系，实现面向器件应用的定制化材料制备。

（三）准粒子物态的精准测量与多场调控研究。

发展具有亚埃空间分辨、毫电子伏能量分辨及高动量分辨的先进显微分析技术，实现纳米至原子尺度的斯格明子准粒子的位点分辨精准测量，研究电场、磁场、温度及非平衡外场条件对准粒子能级结构、空间分布及物态稳定性的调控规律，揭示纳秒电流脉冲驱动下斯格明子的精准响应与可控演化行为，实现 YSR 态和拓扑局域态能级位置与占据状态的可逆调节。

（四）准粒子原型器件构建与功能演示。

发展面向准粒子器件的原子级界面精准构筑先进制造技术，研究基于拓扑角态和 YSR 态的存储和逻辑运算器件原理，构建磁性磁相互作用达到原子级操控精度的斯格明子原型器件，实现其存储、与或非逻辑运算的功能演示，探索拓扑磁性准粒子器件在

集成度、功耗、可控性、灵敏度等方面的性能极限。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“基于原子级精准创制策略的磁性拓扑准粒子器件”，受理代码选择 T02。

(二) 咨询电话：010-62329489。

“火星极稀薄大气扑翼飞行器基础研究”

重大项目指南

以火星探测领域国家重大战略需求为牵引，针对火星飞行探测这一国际新趋势与新挑战（火星环境大气密度和飞行器工作雷诺数均小于地球环境下的 1%，常态 5-8 级风），将昆虫、小型鸟类等生物在低雷诺数下的非定常高升力、高效率 and 强抗扰优势向火星环境迁移，通过相关流体力学、材料科学、机械工程、控制科学、航空宇航科学等学科交叉融合，突破火星环境扑翼飞行基础科学理论，构建高性能火星扑翼探测器技术，为我国探火飞行装备研发提供理论与技术储备。

一、科学目标

从扑翼飞行器关键系统所面临挑战出发，针对其在火星环境下的高升力气动与构型设计、轻量柔性翅翼构建、高频电驱动技术、环境动态感知与自主飞行控制等领域的科学瓶颈，研究扑翼生物气动机理向火星环境的迁移与工程仿生设计规律，基于智能材料与新结构探索轻量扑翼设计方法，提出高频高效能驱动机构设计与扑翼运动操控理论，开发具备智能感知、可耐受和利用强风的仿生飞行控制系统，构建火星扑翼技术飞行验证平台。

二、研究内容

（一）扑翼非定常流动机理与气动构型设计研究。

建立昆虫与小型鸟类仿生飞行原理向火星环境的迁移转化机

制，探究火星大气条件下柔性扑翼的非定常流动特性，阐明火星环境扑翼升力/推力增强的气动机理，揭示扑翼垂直起飞-悬停-前飞-机动-垂直降落多模高效转换的气动规律，建立面向火星环境的扑翼气动总体设计方法，提出适配该环境的气动构型。

（二）扑翼流固耦合拓扑结构与力-感共形一体化设计。

研究生物扑翼轻薄坚韧同时具有环境感知能力的仿生原理，分析扑翼刚度-质量分布与流固耦合柔性变形机理，提出扑翼仿生拓扑设计方法，探寻轻量化智能柔性材料，通过共形集成实现翼面力学特性增强与绕流、应变等多源感知能力，构建兼具空气动力学-结构力学-感知特性的轻量化仿生智能翼结构。

（三）扑翼多模可折展高频扑打机构与操控方法。

探索生物扑翼扑打与姿态控制内在机构学与动力学原理，研究扑翼高频往复传动损耗机理及增效方法，构建翼面多自由度协同调控的扑-控一体化机构方案，实现扑翼力矢量灵活操纵与飞行器强机动能力，提出驱动机构在飞行器悬停-巡航过程中多模变体与折叠运输/着陆展开策略。

（四）宽温低对流扑翼高效驱动与能量管理技术。

综合考虑扑翼周期载荷与火星大气低温低热传导约束开发扑翼驱动元件与驱动系统，提出高功重比高速/高频驱动元件优化构型，分析驱动系统磁-力-能-热多场耦合机理，建立精细化热管理理论，寻求机载高效俘能与储能方法，构建飞行器火星过夜、过冬机载系统能量管理与生存策略。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

(五) 强抗扰仿生飞控与自主探测任务规划。

提出机载资源强受限情况下飞行态势感知、飞行轨迹动态规划与降落点决策方法，构建可耐受和利用强风的仿生飞行控制策略，建立复杂地形垂直起降、高效能长时飞行、适应火星强风并利用有利气流大半径空中探索的完整火星自主任务方案，形成火星扑翼原理与技术验证平台，完成模拟火星环境的关键飞行与控制性能验证。

三、申请要求

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

(一) 申请书的附注说明选择“火星极稀薄大气扑翼飞行器基础研究”，受理代码选择 T02。

(二) 咨询电话：010-62329489。

“城市生活垃圾焚烧全流程智能协同优化控制”

重大项目指南

城市生活垃圾高效治理和资源化利用是保障环境安全和公众健康的关键。焚烧是资源化利用的主导方向。然而，生活垃圾组分多变、热值波动大，使焚烧过程呈现强非线性、多变量耦合和非平稳特征。同时，热解-燃烧机理复杂、减污增效目标制约，增加了机理解析与调控难度。因此，实现焚烧过程安全稳定控制与绿色高效运行，是生活垃圾处理领域亟待解决的关键问题。

一、科学目标

针对生活垃圾焚烧全流程绿色高效运行面临的挑战，揭示多组分生活垃圾焚烧过程作用机理、污染物生成机理和迁移转化规律，建立焚烧过程智能感知与动态表征模型，解析操作变量对生活垃圾处置、污染物排放以及热能回收的影响机理，获得全流程协同优化控制方法，构建基于新型互联网架构的智能调控系统。

二、研究内容

（一）生活垃圾焚烧污染物生成机理和迁移转化规律研究。

研究多源生活垃圾基元统一表征方法，揭示热解、气化、燃烧等多场耦合反应中的组分相互作用机制；探究污染物生成机理、迁移路径与演变规律，剖析组分波动、燃烧状态与流场、温度场、浓度场交互作用，建立反应机理与运行状态间的关联关系。

（二）生活垃圾焚烧过程智能感知与动态表征研究。

研究生活垃圾焚烧状态智能感知方法，构建主要污染物从生成到迁移再到排放的全流程动态感知系统，实现焚烧状态精准感知；构建融合反应机理和动态数据的智能表征模型，研究模型结构自组织设计方法与参数自适应学习算法，实现对生活垃圾焚烧过程热工动态特性和污染物演变规律的精准表征。

（三）生活垃圾焚烧炉燃烧过程生成式智能控制研究。

研究操作变量与燃烧状态、热能产量的关联关系，揭示给料、配风、炉排速度对焚烧过程的调控机理；研究融合焚烧机理、动态数据与运行知识的生成式控制方法，建立操作变量前馈补偿与运行状态反馈校正协同机制，实现焚烧炉高效稳定运行；构建数字孪生驱动的燃烧工况监控方法，形成新一代智慧燃烧技术。

（四）生活垃圾焚烧烟气污染物协同净化研究。

研究燃烧状态对酸性气体、氮氧化物、二噁英等污染物生成及排放的影响，获得炉膛温度、火焰分布及烟气驻留时间的最佳调控策略；研究污染物在脱酸、脱硝及除尘等净化单元中的脱除规律及耦合影响，确立喷射位置、喷射速率、反应温度和停留时间等关键运行参数的优化配置，形成多污染物协同净化方法。

（五）生活垃圾焚烧全流程协同优化控制及验证研究。

构建涵盖环境经济与能源效益的焚烧性能综合评价体系，研究垃圾存储、热解焚烧、余热利用、烟气净化等多环节协同优化方法，实现工艺装备的动态设定与优化调度；构建全流程云边协同优化调控模式，研发集智能感知、自主控制、优化调度于一体

的智能调控系统，并在不同规模生活垃圾焚烧厂应用验证。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“城市生活垃圾焚烧全流程智能协同优化控制”，受理代码选择 T02。

（二）咨询电话：010-62329489。

“人工合成受体设计与肿瘤智能药物研究”

重大项目指南

肿瘤是威胁人类健康的重大公共卫生问题，亟需创新药物突破现有治疗瓶颈。以嵌合抗原受体（CAR）T细胞为代表的新疗法在血液肿瘤的临床治疗中取得了突破性进展，但在实体肿瘤治疗中仍面临有效靶点稀缺、抗原逃逸及肿瘤微环境抑制等多重挑战。因此，深度解析实体肿瘤非抗原靶点，设计肿瘤微环境特征信号识别的人工合成受体与分子传感器，将为肿瘤治疗提供新途径。本项目聚焦“非抗原依赖的肿瘤精准靶向治疗”这一关键科学问题，构建基于肿瘤微环境感知的新型人工合成受体与基因线路，开发能有效响应肿瘤特异信号并精准定位的可编程活体药物原型，为提升实体肿瘤临床疗效提供底层技术支撑。

一、科学目标

解析实体肿瘤非抗原靶点与人工合成受体之间的识别和信号转换机制；发展 AI 驱动的人工受体-基因线路性能预测、自动化设计与迭代优化体系，构建可精准识别实体肿瘤微环境、高效驱动下游可编程功能输出的人工合成受体和分子传感器；开发智能活体药物原型，在动物模型中评估疗效，并探索其在临床场景中的应用潜力。

二、研究内容

（一）非抗原靶点与人工合成受体的互作机制研究。

解析实体肿瘤微环境中的特征信号，针对非抗原靶点，构建高灵敏度、高特异性的人工合成受体及分子传感器库；揭示非抗原靶点与人工合成受体之间的识别和信号转换机制。

(二) 非抗原依赖的人工合成受体与基因线路的智能设计。

结合 AI 技术建立受体结构-功能预测模型，构建不依赖传统抗原识别的人工合成受体及其耦联的可编程基因线路，实现高性能人工合成受体及基因线路的自动化、智能化设计，形成“设计-预测-验证”的闭环，赋能活体药物核心底层构件研发。

(三) 人工合成受体智能药物的构建与效能评价。

开发具备动态响应肿瘤微环境特征信号的智能活体药物原型；在实体肿瘤动物模型中，系统评价其肿瘤识别特异性、信号响应灵敏度、体内抗肿瘤效能与安全性，并开展临床概念验证。

三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“人工合成受体设计与肿瘤智能药物研究”，受理代码选择 T03。

(二) 咨询电话：010-62327096。

“风光氢储低碳能源系统多时空尺度优化调控 基础理论研究”重大项目指南

“风光氢储”低碳能源系统是破解新能源消纳瓶颈的重要途径。波动性可再生能源、绿电直连制氢、异质储能及其复杂的市场因素导致调控面临前所未有的挑战。本项目拟通过化工、信息、电气、管理等多学科交叉融合研究，创新风光氢储多尺度优化调控基础理论，推动可再生能源前沿技术发展，为绿色低碳可持续发展提供可行路径。

一、科学目标

围绕风光氢储低碳能源系统优化调控面临的强波动、非线性、跨尺度等科学挑战，研究能量流-物质流-信息流跨时空耦合特性与演化规律，探索低碳能源系统动态协同调控机理，发展多市场耦合下调度交易决策理论，构建从模型机理认知、协同调控到调度市场一体化智能决策的多尺度调控体系，实现风光氢储低碳能源系统优化调控应用验证。

二、研究内容

（一）风光氢储低碳能源系统跨时空信息物理融合建模。

研究风光氢储多尺度耦合机理与数据深度融合的柔性保真建模与高效智能计算方法，揭示多时空尺度动态响应特性与协同机制，构建智能分析与闭环反馈校正的低碳能源系统数字孪生仿真平台。

（二）分布式能源系统动态协同调控。

研究新能源场站集群分布式协同控制方法，发展匹配新能源发电波动的电解槽、锂电储能集群协同柔性调控策略，提出多能互补分布式动态协同调控算法，提升区域内风光氢储低碳能源系统的快速响应与自主运行能力。

（三）能源系统源网荷储调度交易一体化智能决策。

解析多品类能源、多元柔性负荷及多类型储能的时空耦合关联和互补特性，发展面向源网荷储异质资源多向互动的虚拟电厂聚合调控理论，提出电氢碳为核心的多尺度能源系统及多层级市场协调运行机制，形成自适应智能决策理论与应用方案，在风光氢储低碳能源系统中实现应用验证。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“风光氢储低碳能源系统多时空尺度优化调控基础理论研究”，受理代码选择 T04。

（二）咨询电话：010-62328922。

“滑坡地质灾害的颗粒物理基础理论研究”

重大项目指南

滑坡地质灾害的孕育、失稳与运动过程在物理本质上对应于颗粒体系的复杂流变与相变行为。滑坡地质灾害研究仍然缺乏微观机制，难以准确描述和预测致灾过程的复杂行为。本项目拟通过颗粒物理、力学和工程地质学等多学科交叉研究，结合先进实验观测、数值模拟与人工智能技术，发展颗粒连续介质理论，揭示滑坡地质灾害的失稳与致灾关键物理机制，为提升灾害预警与防控能力提供科学支撑。

一、科学目标

围绕滑坡地质灾害的颗粒体系复杂流变行为与相变过程，发展颗粒连续介质理论和非平衡态相变理论。构建滑坡地质灾害演化过程多尺度、多相态颗粒系统动力学模型，绘制滑坡地质灾害过程的颗粒统一物理图像。结合多尺度、多相态数值模拟与人工智能技术，发展面向灾害全过程的数值推演与预测方法。

二、研究内容

（一）颗粒物质连续介质理论与非平衡态相变理论。

利用高时空分辨率三维动态实验观测技术，实现从静态到流动状态下颗粒实验体系中万级颗粒运动轨迹的精确追踪，系统表征其微观结构和动力学演化特征。基于颗粒物质满足的非平衡态统计物理框架，构建宏微观联系，发展颗粒物质三相连续介质理

论和非平衡态相变理论，为理解颗粒物质复杂行为提供基础物理理论框架。

（二）滑坡地质灾害过程颗粒物理模型。

研究滑坡由连续到非连续的灾变过程，提出超宽级配不规则形状颗粒相变、破碎数值模拟算法，在颗粒物理本构关系与相变模型约束下，构建滑坡启动、运动与堆积过程的多尺度、多相态颗粒系统动力学模型，研究滑坡过程中颗粒系统破碎、侵蚀、分选、堆积等的物理机理，建立实用性连续介质模型，绘制滑坡过程的颗粒统一物理图像。

（三）滑坡地质灾害全过程数值推演与验证。

利用基于颗粒物理连续介质模型的多尺度、多相态数值推演方法，实现滑坡地质灾害孕育、失稳及运动过程的可解释模拟与可视化分析。结合重大灾害数据库与天空地多元观测信息，研究人工智能技术-物理机理耦合驱动灾害时空预测方法，支撑滑坡预警和危害范围预测。

三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“滑坡地质灾害的颗粒物理基础理论研究”，受理代码选择 T04。

（二）咨询电话：010-62328922。