

关于发布超越传统的电池体系重大研究计划

2025 年度项目指南的通告

国科金发计〔2025〕11号

国家自然科学基金委员会现发布超越传统的电池体系重大研究计划2025年度项目指南，请申请人及依托单位按项目指南所述要求和注意事项申请。

国家自然科学基金委员会

2025年1月24日

超越传统的电池体系重大研究计划

2025 年度项目指南

超越传统的电池体系重大研究计划面向“双碳”战略和国家安全的重大需求，针对储能电池与动力电池在能量密度、功率密度、安全性、环境适应性、资源与成本等方面面临的关键科学问题和技术瓶颈，发展超越传统的电池体系和相关理论，为我国下一代电池创新发展提供科学支撑。

一、科学目标

聚焦电池体系的能量与物质可控输运规律，突破传统平板电极界面电荷层理论、“摇椅式”嵌脱储能机制、传统电池材料体系与架构以及当前研究范式等，发挥多学科交叉融合研究优势，围绕超长寿命、高稳定性储

能电池与超高比能动力电池新体系创新，取得前瞻性基础研究成果，引领全球电池科技变革，支撑我国“双碳”战略和能源科技自立自强。

二、核心科学问题

本重大研究计划围绕以下三个核心科学问题展开研究：

(一) 多场耦合下的电子、离子、分子等多物种运输规律。

电池体系中物种的运动规律与运输理论，多物理场（电、磁、力、热、光等）耦合的多子传输与动态反应机制。

(二) 跨尺度、多结构的能量-物质传递与转化规律。

电池体系中物质与能量运输的多尺度环境演变行为，多相微环境中电化学活性位点的协同机制和构效关系，电池全生命周期的结构演变规律。

(三) 带电界面的相互作用与调控机制。

能量高密存储与高效转化的电池体系中电极与电解质表界面的作用机制，电池带电界面调控和性能提升规律。

三、2025 年度资助研究方向

(一) 培育项目。

围绕上述科学问题，以总体科学目标为牵引，对于探索性强、选题新颖、前期研究基础较好的申请项目，将以培育项目的方式予以资助，研究方向如下：

1. 电池新概念及新结构。

针对现有电池体系在安全、寿命、续航能力、充电时间、环境适应性等方面的瓶颈问题，从电极设计、电芯构筑、模组集成、电池组管理等方面提出新概念和新结构。鼓励申请人提出超越传统电池体系的原创性电池

概念、新的能量储存与转换的物理化学机制，提出与当前电池体系有本质区别的结构体系与发展路径，发掘能量转换、物质运输、稳定性、安全性之间的关联规律与变化趋势，阐明电池新结构的能质传递与转化调控规律。

2. 电池新理论及人工智能方法。

针对传统双电层理论和空间电荷层理论无法精准描述恒定电极电势、恒定离子强度、非平衡态、离子极化场、复杂界面双电层等电化学属性的问题，发展针对复杂电池体系原位、动态结构和过程的精确、高效计算新方法和计算 workflow，提出新理论；发展基于第一性原理的多物理场电化学双电层仿真方法，建立从微观到介观的跨尺度电化学理论模型；探明多物理场耦合下的电荷转移新机制，研究流体电池热质传递和电化学反应耦合过程，构建电池全生命周期全要素数字孪生系统和碳足迹模型。通过高通量计算以及实验数据，发展针对正负电极、电解质特定性质的机器学习模型，挖掘、设计电池新材料；筛选可精确描述电池特性的描述符体系，利用机器学习模型，精确评估、预测电池全生命周期参数，明晰电池衰减以及失效机制，建立电池安全性预警策略。

3. 电池新表征方法及机制。

针对传统表征技术难以研究真实工况下电池的问题，发展先进的原位、工况表征新方法，揭示真实条件下电化学反应机理，阐明电极材料结构组成、电解液与界面微观结构及动态演变规律；研制基于量子传感的电化学表征分析测量综合系统，探索量子传感捕捉电极材料原位工况条件下的磁性变化规律以及微区压力与温度探测新方法；建立表征数据可靠性的质量管理体系；研究电池传感响应特性，开发电池无损-工况-全范围检测方法；

探索超低温、超高温、微重力、强冲击、强辐照等极端条件下电化学反应过程和机制。

4.电池新材料及创制策略。

针对现有电池材料在能量密度、功率密度以及安全性、寿命、成本等方面的不足，突破传统电池材料性能和资源瓶颈，开发基于丰产元素的高比能电池新材料，基于稀土材料增效的新型电极材料体系，高安全宽温域阻燃液态和固态电解质，安全且高效的电极材料和关键辅材，超轻质、耐高温、抗冲击电池组安全防护材料体系。结合电池材料基因数据库和智能算法，发展自动化制备和实验验证技术，实现电池关键材料及配方的理性设计和自动化实验验证的智能闭环。

5.颠覆性电池储能新体系。

提出区别于基于传统能质转化机制的电池体系，鼓励创制颠覆性能量储存新体系，发展基于新的能质转化原理与能量赋存形式的储能器件，阐明储能机制与性能特性的关联，验证新型储能电池体系实现路径和可行性，例如极端环境同位素储能电池、量子储能电池、相变储能电池、智慧储能电池等非常规储能体系。

(二) 重点支持项目。

围绕前沿科学问题和产业重大需求，以总体科学目标为牵引，对于前期研究成果积累较好、对总体目标有较大贡献的申请项目，将以重点支持项目的方式予以资助，鼓励与企业联合申报，研究方向如下：

1.电池共性科学问题解析与解决对策。

针对现有电池体系中长期循环面临的金属负极可逆性差、枝晶生长难控、界面易失效与电池安全风险高、极端环境服役受限等共性基础科学问题，发展人工智能辅助的工况环境全电池高维复杂物理模型和高时空与能量分辨的工况条件原位“透明”探测方法，精细表征电池充放电过程金属负极微观形核跨尺度生长机制，基于多物理场与多参数耦合作用机制实现精确计算，构建兼容高性能与高安全性超越传统电池体系，创制高可逆性与枝晶抑制新型金属负极材料体系；发展先进的表征新方法，揭示固体电解质界相（Solid Electrolyte Interphase, SEI）膜的形成机制和离子运输机理，建立描述 SEI 膜多维度、多尺度物化性质的定量参数，阐明电极结构、电解液、工况条件等因素对 SEI 膜形成、离子运输机理和物化性质的影响规律；建立可靠的 SEI 膜力、电、化学等方面性质的数据库，通过机器学习等方法解析其对电池性能的影响，提出新型电池结构-性能-寿命系统性优化的颠覆性策略，解决现有电池体系中金属负极性能劣化、界面失效和安全风险等瓶颈挑战。

2. 电池系统工况表征新技术。

针对电池体系动态、工况下关键信息采集和分析的瓶颈，特别是难以研究真实工况下电池的问题，发展先进的原位、工况表征新方法，阐明电极材料结构组成、电解液（或固态电解质）与界面微观结构及动态演变规律；依托大型科学仪器装置和其他先进表征技术，以揭示电极结构和电极-电解液表界面关键动态变化过程中的新原理、新机制为导向，构建基于光谱、质谱、能谱、色谱等多谱学方法联用的原位/工况表征系统，实现共点（面）、同时刻原位表征电极结构和电极-电解液表界面的关键动态变化过

程；开发微弱电化学信号的测试和抽取方法，实现其与电池微观结构与过程的精准对应；发展覆盖电池全生命周期的多维度工况表征技术，高时间-空间-能量分辨、多维度、可视化解析电池反应过程的新原理、新机制，建立针对电池体系关键动态过程的多模态全局表征新范式。

3.高比能长寿命高安全的固态电池。

针对现有固态电池体系载流子输运速率慢、电极-电解质固/固界面阻抗大、体积变化严重等问题，提出颠覆性的新型固态电池关键材料解决方案，构建有序通道实现高效载流子输运，通过开发新型固态电池关键材料与原位电化学表征技术，多尺度解析固态电池表界面结构演化规律，揭示热-电-力-化学耦合下的电池性能衰退与热失效机制，构建大尺寸固态电池的多物理场耦合模型，发展高比能、高安全、无外压、长寿命的固态电池新体系，实现电池能量密度高于 600Wh/kg 和循环寿命大于 1500 周的性能突破，提供固态电池失效预警与防护的理论依据，安全性达到国家标准。

4.极端条件下能质高效长时转化的电池新体系。

针对超宽温域、高压、微重力、高湿度、强冲击、高加速度、强辐照等极端环境与力学条件下的能量可逆存储和高效转化需求，特别是全电飞行器瞬时加速和传感器稳定持续供电的需求，研究极端条件下电池性能退化现象与材料失效机制，开发满足极端条件使用要求的长贮存、快激活、高过载、宽温域电池；探明飞行器动力电源在高能量密度及大倍率等苛刻条件下荷质传输动力学规律，匹配高空飞行多维度传感与信号传输系统，并推动其在全电飞行器电源中的应用；发展兼具高能量转化效率和高辐射抗性的放射性能量转换材料可控合成方法，厘清材料结构、化学组分、放

射源掺杂方式等对辐射能量转化作用规律，发展长效辐光伏核电池器件制备和封装技术，并推动其在传感器供电上的应用验证。

5.电池关键材料数据库和智能设计平台。

面向电池体系的多尺度演化与复杂耦合行为，结合产业需求，融合自动化高通量实验、人工智能加速从头算方法、大数据与人工智能技术，构建关键材料数据库，发展跨尺度系统模拟与性能快速优化迭代方法。针对寿命与安全性预测的关键挑战，基于短时间、少循环数据开发智能预判工具，突破当前依赖长时间充放电循环与传统安全测试的局限。通过机器学习与数据挖掘，揭示结构-性能-寿命-安全的内在关联，为电池体系的智能设计、稳定性评估与安全管理提供支撑。

(三) 集成项目。

围绕重大前沿科学问题和产业急迫需求，以总体科学目标为牵引，对于前期研究成果积累丰富、对总体目标有重大贡献、具有重大应用价值的申请项目，将以集成项目的方式予以资助，需与头部企业联合申报，提倡申请人采用多学科交叉的研究手段，注重与化学科学、工程材料科学、数理科学、信息科学等领域的合作。研究方向如下：

1.超高比能高安全宽温域的动力电池新体系。

针对现有动力电池续航里程短和工作温域窄等问题，创制兼容性好和离子电导率高的新型功能电解液或固态电解质、比能高和稳定性好的正负极新材料和电池新架构；结合原位表征技术和多尺度理论计算模拟，解析电池中不同温度下物质与能量输运规律，阐明材料构效关系，揭示材料、电极、电池、模组等不同尺度下结构演变规律，发展高比能、本质安全、

宽温域的动力电池新体系，实现电池能量密度高于 700Wh/kg、循环寿命大于 200 周和工作温域-50°C 至+60°C 的性能突破，优化模组集成与系统管理，推动其在动力电源中的应用。

四、项目遴选的基本原则

(一) 紧密围绕核心科学问题，注重需求及应用背景约束，鼓励原创性、基础性和交叉性的前沿探索。

(二) 优先资助能够解决超越传统的电池体系中的基础科学难题并具有应用前景的研究项目。

(三) 重点支持项目和集成项目应具有良好的研究基础和前期积累，对总体科学目标有直接贡献与支撑。

五、2025 年度资助计划

拟资助培育项目**约 10 项**，直接费用资助强度约为 80 万元/项，资助期限为 3 年，培育项目申请书中研究期限应填写“2026 年 1 月 1 日 - 2028 年 12 月 31 日”；拟资助重点支持项目**约 5 项**，直接费用资助强度约为 300 万元/项，资助期限为 4 年，重点支持项目申请书中研究期限应填写“2026 年 1 月 1 日 - 2029 年 12 月 31 日”；拟资助集成项目**1 项**，直接费用资助强度约为 1500 万元/项，资助期限为 4 年，集成项目申请书中研究期限应填写“2026 年 1 月 1 日 - 2029 年 12 月 31 日”。

六、申请要求及注意事项

(一) 申请条件。

本重大研究计划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《2025 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、《2025 年度国家自然科学基金项目指南》和《关于 2025 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 **2025 年 3 月 1 日 - 2025 年 3 月 20 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）本重大研究计划旨在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项目指南公布的拟资助研究方向，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“培育项目”或“重点支持项目”，附注说明选择“超越传统的电池体系”，受理代码选择 T01，根据申请的具体研究内容选择不超过 5 个申请代码。

培育项目和重点支持项目的合作研究单位不得超过 2 个，集成项目合作研究单位不得超过 4 个。集成项目主要参与者必须是项目的实际贡献者，合计人数不超过 9 人。

(4) 申请人在申请书起始部分应明确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 **2025 年 3 月 20 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 **3 月 21 日 16 时**前在线提交本单位项目申请清单。未按时提交项目清单的申请将不予受理。

3. 其他注意事项。

(1) 为实现重大研究计划总体科学目标 and 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。

(四) 咨询方式。

交叉科学部交叉科学一处

联系电话：010-62328382