

自然-人工融合高效物质转化的科学基础

重大研究计划 2026 年度项目指南

“自然-人工融合高效物质转化的科学基础”重大研究计划聚焦能量与物质跨尺度精准传输与转化的关键科学问题，通过对复杂生物体系的深入探索、借鉴利用和人工重构，从分子机制解析、代谢通路调控、融合体系构建以及创新应用示范四个维度，跨越自然与人工体系的鸿沟，探索自然-人工融合高效物质转化研究的新范式，为可持续发展提供变革性物质转化新引擎。

一、科学目标

围绕自然-人工融合高效物质转化的科学基础，建立能量与物质跨尺度精准传输与转化新理论，发展自然-人工融合的高效物质转化新体系，实现复杂药物分子、清洁能源等高效物质转化的应用示范，提升我国在自然-人工融合物质转化领域的创新能力和整体水平。

二、核心科学问题

（一）生物质转化过程的解析。

发展高时空分辨的原位动态表征技术，融合大科学装置、先进表征仪器与人工智能技术，解析生物质转化的能量传递和物质转化过程，阐明能量流与物质流的动态协同机制。

（二）高效能量捕获、电子转移与物质转化。

揭示融合体系中高效能量捕获、电子转移与物质转化规律，发展能量捕获与物质跨尺度精准传输与转化理论，建立全局时空多尺度关联模型，实现能量-电子-物质通路的精准描述与解析。

（三）自然-人工融合高效物质转化体系构建。

发展自然启发功能基元精准装配的通用策略，构筑结构-界面-能级适配的自然-人工融合高效物质转化新体系，实现复杂药物分子等高值化学品和清洁能源的绿色合成及应用示范。

三、2026 年度资助研究方向

（一）培育项目。

以总体科学目标为牵引，基于核心科学问题，2026 年度拟围绕以下研究方向优先资助探索性强、技术路径新、前期研究基础较好的培育项目。

1. 生物质转化过程原位动态解析新方法和新技术。

融合大科学装置、先进表征仪器与人工智能技术，发展高时空分辨的原位、动态与多模态表征新方法与新技术，发现解析生物质转化的能量传递和物质转化过程，追踪并阐明能量流与物质流的动态协同耦合机制。

2. 能量/物质跨尺度传输新机制和新理论。

发展描述自然-人工融合体系的能量捕获、电子转移与物质转化耦合过程的新算法与新理论，构建能量-电子-物质通路的动态关联模型，阐明基元协同作用、构象动态匹配、能量/电子转移规律。

3. 自然-人工融合高效物质转化新体系。

模拟自然体系的关键结构和功能，发展功能基元精准装配、跨界面物质选择性传输与转化、人工元件与生物协同的通用策略，构筑结构-界面-

能级适配的融合新体系，实现复杂药物分子等高值化学品和清洁能源的高效绿色合成。

（二）重点支持项目。

以总体科学目标为牵引，基于核心科学问题，2026 年拟围绕以下研究方向，优先资助前期研究成果积累较好、交叉性强、对总体科学目标有较大贡献的重点支持项目。

1. 生物能量工厂的原位全景解析与模拟。

融合大科学装置、先进表征仪器与人工智能技术，实现对叶绿体、线粒体、微生物等生物能量工厂内部能量与物质转化路径的原位、全景、动态解析与数字模拟，阐明高效物质转化的结构基础、时空组织及动态调控机制。

2. 跨膜能量/电子传递的精准解析与调控。

构建自然-人工融合体系的跨膜能量/电子传递体系，揭示相关跨膜通道、转运蛋白、人工电子载体、代谢酶等多时空尺度的结构演化、运行机制及协同规律，阐明基元协同作用，实现能量/电子跨膜传递与精准调控。

3. 酶催化资源小分子高效转化。

通过酶的设计合成、定向进化和级联重构，发展自然-人工融合的资源小分子转化新策略，突破天然酶固有反应类型的限制，构建兼具生物高选择性与人工高效性的物质转化平台。

4. 自然-人工融合体系赋能复杂药物分子合成。

解析自然体系中复杂药物分子合成的关键结构单元与片段，开发自然启发的汇聚式片段级联方法，发展人工元件与生物体系的界面组装策略，

精准调控能量代谢与物质转化通路，实现肽类抗菌素等复杂药物分子的高效可控合成及应用示范。

5. 自然-人工融合体系赋能清洁能源绿色智造。

模拟酶的结构和功能，开发多场耦合多中心协同策略，调控能量与物质传输路径，构建具有催化反应功能分区、传能界面智能耦合、刺激响应动态适应的物质转化新体系，在温和条件下实现氨或其它可再生燃料的绿色合成。

四、项目遴选的基本原则

- (一) 对实现总体科学目标的贡献度。
- (二) 解决自然-人工融合高效物质转化的关键科学和技术难题，具有原创性、基础性、交叉性和应用前景。
- (三) 具有高值化学品和清洁能源高效绿色合成应用示范的潜力。

五、2026 年度资助计划

拟资助培育项目约 25 项，直接费用资助强度约为 60 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“2027 年 1 月 1 日 - 2029 年 12 月 31 日”；拟资助重点支持项目约 8 项，直接费用资助强度约为 280 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“2027 年 1 月 1 日 - 2030 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科学技术人员不得作为申请人进行申请。

（二）限项申请规定。

执行《2026 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、《2026 年度国家自然科学基金项目指南》和《关于 2026 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。申请书提交时间为 2026 年 3 月 1 日 - 2026 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（以下简称“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具体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) 项目申请人在科学基金网络信息系统中选择“在线申请”——“新增项目申请”——“申请交叉科学部项目”进行项目申报。

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“自然-人工融合高效物质转化的科学基础”，受理代码选择T04，并根据申请项目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均不得超过2个。

(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（写明指南中的研究方向序号和相应内容），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2026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接收。**

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。

国家自然科学基金委员会交叉科学部交叉科学四处

联系电话：010-62328922