

科学技术部文件

国科发资〔2021〕131号

科技部关于发布国家重点研发计划 “数学和应用研究”等“十四五” 重点专项 2021 年度项目 申报指南的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市科技厅（委、局），新疆生产建设兵团科技局，国务院各有关部门，各有关单位：

“十四五”国家重点研发计划深入贯彻落实党的十九届五中全会精神和“十四五”规划，坚持“四个面向”总要求，积极探索“揭榜挂帅”等科技管理改革举措，全面提升科研投入绩效。根据《国家重点研发计划管理暂行办法》和组织管理相关要求，现将“数学和应用研究”等“十四五”重点专项 2021 年度项目申报指南予以公布。请根据指南要求组织项目申报工作。有关事

项通知如下。

一、项目组织申报工作流程

1. 申报单位根据指南方向的研究内容以项目形式组织申报，项目可下设课题。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。项目设1名负责人，每个课题设1名负责人，项目负责人可担任其中1个课题的负责人。

2. 项目实施应整合优势创新团队，聚焦指南任务，强化基础研究、共性关键技术研发和典型应用示范各项任务间的统筹衔接，集中力量，联合攻关。

3. 国家重点研发计划项目申报过程分为预申报、正式申报两个环节，具体工作流程如下。

——填写预申报书。项目申报单位根据指南相关申报要求，通过国家科技管理信息系统公共服务平台（<http://service.most.gov.cn>，以下简称“国科管系统”）填写并提交3000字左右的项目预申报书，详细说明申报项目的目标和指标，简要说明创新思路、技术路线和研究基础。从指南发布日到预申报书受理截止日不少于50天。

预申报书应包括相关协议和承诺。项目牵头申报单位应与所有参与单位签署联合申报协议，并明确协议签署时间；项目牵头申报单位、课题申报单位、项目负责人及课题负责人须签署诚信承诺书，项目牵头申报单位及所有参与单位要落实《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》《关于进一步弘扬科学家精神加

强作风和学风建设的意见》要求，加强对申报材料审核把关，杜绝夸大不实，甚至弄虚作假。

预申报书须经相关单位推荐。各推荐单位加强对所推荐的项目申报材料审核把关，按时将推荐项目通过国科管系统统一报送。

专业机构受理预申报书并组织首轮评审。为确保合理的竞争度，对于非定向申报的单个指南方向，若申报团队数量不多于拟支持的项目数量，该指南方向不启动后续项目评审立项程序，择期重新研究发布指南。专业机构组织形式审查，并根据申报情况开展首轮评审工作。首轮评审不需要项目负责人进行答辩。根据专家的评审结果，遴选出 3~4 倍于拟立项数量的申报项目，进入答辩评审。对于未进入答辩评审的申报项目，及时将评审结果反馈项目申报单位和负责人。

——填写正式申报书。对于通过首轮评审和直接进入答辩评审的项目申请，通过国科管系统填写并提交项目正式申报书，正式申报书受理时间为 30 天。

专业机构受理正式申报书并组织答辩评审。专业机构对进入答辩评审的项目申报书进行形式审查，并组织答辩评审。申报项目的负责人通过网络视频进行报告答辩。根据专家评议情况择优立项。对于支持 1~2 项的指南方向，原则上只支持 1 项，如答辩评审结果前两位的申报项目评价相近，且技术路线明显不同，可同时立项支持，并建立动态调整机制，结合过程管理开展关键节点考核评估，根据评估结果确定后续支持方式。

二、组织申报的推荐单位

1. 国务院有关部门科技主管司局；
2. 各省、自治区、直辖市、计划单列市及新疆生产建设兵团科技主管部门；
3. 原工业部门转制成立的行业协会；
4. 纳入科技部试点范围并且评估结果为 A 类的产业技术创新战略联盟，以及纳入科技部、财政部开展的科技服务业创新发展行业试点联盟。
5. 港澳科研单位牵头申报的项目，分别由香港创新科技署、澳门科学技术发展基金按要求组织推荐。

各推荐单位应在本单位职能和业务范围内推荐，并对所推荐项目的真实性等负责。推荐单位名单在国科管系统上公开发布。

三、申报资格要求

1. 牵头申报单位和参与单位应为中国大陆境内注册的科研院所、高等学校和企业等（以下简称内地单位），或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位（名单见附件 1）。内地单位应具有独立法人资格，注册时间为 2020 年 6 月 30 日前，有较强的科技研发能力和条件，运行管理规范。国家机关不得牵头或参与申报。

项目牵头申报单位、参与单位以及团队成员诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

申报单位同一个项目只能通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

2. 项目（课题）负责人须具有高级职称或博士学位，1961年1月1日以后出生，每年用于项目的工作时间不得少于6个月。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

3. 项目（课题）负责人原则上应为该项目（课题）主体研究思路的提出者和实际主持研究的科技人员。中央和地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员（包括行使科技计划管理职能的其他人员）不得申报项目（课题）。

4. 项目（课题）负责人限申报1个项目（课题）；国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目（课题），课题负责人可参与申报项目（课题）。

项目（课题）负责人、项目骨干的申报项目（课题）和国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目在研项目（课题）总数不得超过2个。国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目（课题）负责人和项目骨干不得因申报新项目而退出在研项目；退出项目研发团队后，在原项目执行期内原则上不得牵头或参与申报新的国家重点研发计划项目。

项目任务书执行期（包括延期后的执行期）到2021年12月31日之前的在研项目（含任务或课题）不在限项范围内。

5. 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

6. 受聘于内地单位的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为项目（课题）负责人，全职受聘人员须由内地聘用单位提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

7. 申报项目受理后，原则上不能更改申报单位和负责人。

8. 项目具体申报要求详见各申报指南，有特殊规定的，从其规定。

各申报单位在正式提交项目申报书前可利用国科管系统查询相关科研人员承担国家科技重大专项、国家重点研发计划重点专项、科技创新 2030—重大项目在研项目（含任务或课题）情况，避免重复申报。

四、项目管理改革举措

1. 关于“揭榜挂帅”项目。为切实提升科研投入绩效、强化重大创新成果的“实战性”，“十四五”重点研发计划聚焦国家战略亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的攻关任务，设立“揭榜挂帅”项目。突出最终用户作用，实施签订“军令状”“里程碑”考核等管理方式。对揭榜单位无注册时间要求，对揭榜团队负责人无年龄、学历和职称要求，鼓励有信心、有能力组织好关键核心技术攻坚的优势团队积极申报。明确榜单任务资助额度，简化预算编制，经费管理探索实行“负面清单”。

2. 关于青年科学家项目。为给青年科研人员创造更多机会组织实施国家目标导向的重大研发任务，重点研发计划在更大范围内设立青年科学家项目。根据领域和专项特点，采取专设青年科学家项目或项目下专设青年科学家课题等多种方式。青年科学家项目不下设课题，原则上不再组织预算评估，鼓励青年科学家大胆探索更具创新性和颠覆性的新方法、新路径，更好服务于专项总体目标的实现。

3. 关于部省联动。部分专项任务将结合国家重大战略部署和区域产业发展重大需求，采取部省联动方式实施，由部门和地方共同凝炼需求、联合投入、协同管理，地方出台专门政策承接项目成果，在项目组织实施中一体化推动重大科技成果产出和落地转化。

五、具体申报方式

1. 网上填报。请各申报单位按要求通过国科管系统进行网上填报。专业机构将以网上填报的申报书作为后续形式审查、项目评审的依据。申报材料中所需的附件材料，全部以电子扫描件上传。确因疫情影响暂时无法提供的，请上传依托单位出具的说明材料扫描件，专业机构将根据情况通知补交。

项目申报单位网上填报预申报书的受理时间为：2021年6月1日8:00至7月7日16:00。进入答辩评审环节的申报项目，由申报单位按要求填报正式申报书，并通过国科管系统提交，具体时间和有关要求另行通知。

2. 组织推荐。请各推荐单位于 2021 年 7 月 15 日 16:00 前通过国科管系统逐项确认推荐项目，并将加盖推荐单位公章的推荐函以电子扫描件上传。

3. 技术咨询电话及邮箱：

010-58882999（中继线），program@istic.ac.cn

4. 业务咨询电话：

（1）“数学和应用研究”重点专项咨询电话：010-68104460

（2）“干细胞研究与器官修复”重点专项咨询电话：
010-88225199，010-88225123

（3）“纳米前沿”重点专项咨询电话：010-68104484

（4）“生物大分子与微生物组”重点专项咨询电话：
010-68104344

（5）“物态调控”重点专项咨询电话：010-68104460

（6）“催化科学”重点专项咨询电话：010-68104776

（7）“工程科学与综合交叉”重点专项咨询电话：
010-68104823

（8）“大科学装置前沿研究”重点专项咨询电话：
010-68104776

附件：1. 内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位名单

2. “数学和应用研究”重点专项 2021 年度项目申报指

南和“揭榜挂帅”榜单

3. “干细胞研究与器官修复”重点专项 2021 年度项目申报指南
4. “纳米前沿”重点专项 2021 年度项目申报指南
5. “生物大分子与微生物组”重点专项 2021 年度项目申报指南
6. “物态调控”重点专项 2021 年度项目申报指南
7. “催化科学”重点专项 2021 年度项目申报指南
8. “工程科学与综合交叉”重点专项 2021 年度项目申报指南
9. “大科学装置前沿研究”重点专项 2021 年度项目申报指南



(此件主动公开)

附件 1

**内地与香港、内地与澳门科技合作委员会
协商确定的港澳科研单位名单**

香港中文大学	职业训练局
香港城市大学	制衣业训练局
香港浸会大学	香港生物科技研究院
香港理工大学	澳门大学
香港科技大学	澳门科技大学
香港大学	澳门城市大学
岭南大学	澳门理工学院
香港教育大学	
香港公开大学	
香港树仁大学	
香港恒生大学	
香港应用科技研究院	
物流及供应链多元技术研发中心	
纳米及先进材料研发院	
香港纺织及成衣研发中心	
香港生产力促进局	

附件 2

“数学和应用研究”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“数学和应用研究”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向国家战略需求，解决一批影响未来发展的重大数学与应用问题，提升我国自主创新能力。

2021 年度指南围绕数据科学与人工智能的数学基础，科学与工程计算方法，复杂系统的分析、优化、博弈与调控，计算机数学理论与算法，基础数学重大前沿问题研究等 5 个重点任务进行部署，拟支持 13 个项目，拟安排国拨经费概算 1.45 亿元。同时，拟支持 24 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 7200 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，围绕重大科学问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部内容。

项目执行期一般为 5 年。一般项目下设课题数原则上不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。申请“基础数学重大前沿问题研究”领域的项目参与单位数不超过 3 家。鼓励依托国家重点实验室等科研基地、国家应用数学中心组织项目。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目支持青年科研人员针对数学重大前沿问题潜心研究，鼓励开展另辟蹊径的前沿探索，主要支持基础数学研究、少量支持应用数学前沿研究，可参考重要支持领域（标*的方向）组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 数据科学与人工智能的数学基础*

1.1 油气管网安全运维的大数据分析理论与算法

针对油气管网运维和安全预警中出现的小样本、非平衡、高维、异构等数据特征，发展机理建模与机器学习相结合的大数据分析理论与方法。提出小样本学习的新型深度神经网络架构、学习方法与性能评估理论；突破超高维优化变分分析框架，设计有理论保证的高效随机优化算法。将理论与方法应用于复杂油气管网运维优化与安全预警，建立油气管道第三方入侵预警技术，支

持不少于3种典型业务场景，准确率不低于90%；构建图像特征识别深度学习架构，实现环焊缝缺陷识别准确率75%以上、管道线路特征识别准确率90%以上；提出机器学习与混合整数规划相融合的新算法，用于复杂管网运营优化，在3条以上典型天然气和成品油管道上现场应用验证。

1.2 可解释深度学习的微分嵌入与最优传输理论

针对深度学习缺乏理论可解释性的难题，建立可解释深度学习的微分几何和最优传输理论，并应用于解决多中心/多模态医学影像分析问题。具体研究深度神经网络复杂映射机制的微分几何与最优传输理论解释；发展保结构的低维流形隐空间嵌入理论和最优传输理论，研究最优传输映射的高效计算理论与算法；建立最优传输奇异点理论，有效消除模式坍塌问题；研究基于保结构流形嵌入的可解释深度编解码网络，发展基于保结构最优传输理论的生成对抗、分布变换、模态转换几何深度学习模型与优化算法。应用所发展的可解释几何深度学习方法，解决多中心/多模态医学影像的跨模态影像转换、缺失模态影像生成和多中心影像数据分布对齐等问题，提升深度学习在医学辅助诊断应用中的跨模态/跨中心应用泛化能力。

1.3 支持机器学习自动化的元学习理论与应用

研究实现机器学习“自身模式之学习”的元学习范式，形成机器学习数据样本、模型算法、环境任务各层面自动化的元学习方法；建立基于无穷维贝叶斯与统计学习的元学习泛化性与可学

习性基础理论，形成多学习任务元学的算法的收敛性理论；实现数据自选择、标注自校正、模型自构建、算法自设计、环境自适应、任务自转换的元学习基础算法，降低机器学习超参调整率 50% 以上，在典型分类、检测和分割任务上算法性能达到国际最佳水平；在大规模教学监控网络数据分析中，支持 10 种以上不同教学场景下的教室人群计数、听课状态检测和交互行为识别任务，实现教室人群自动计数错误率低于 1%，有效识别 4 种以上典型听课状态与 5 种以上交互行为，识别错误率低于 5%；研发系统能够支持 24 小时全天候教学系统实时多监控任务分析，在超过 10 个省市 200 所以上大、中、小学实现规模化应用。

2. 科学与工程计算方法*

2.1 基于流体动力学与数据融合的典型心脑血管疾病计算模拟和临床验证

研究典型心脑血管疾病的机理与数据融合的数学模型及模拟。发展基于医学影像数据的血管重建算法，建立高保真多尺度血流动力学模型，构造高精度流固耦合问题计算方法与可扩展并行算法，初步研制完成相应软件平台，建立相关疾病的预警指标体系及辅助个性化诊疗系统；研究脑组织微循环的多场耦合的热力学相容可计算模型与数值方法，发展融合脑部影像和电生理数据的数据同化算法，建立模型的最优控制及治疗策略，研制一套相应脑功能障碍疾病辅助诊疗方案；完成至少数十例真实病例的计算，对临床关心的指标，如血流储备分数（FFR）的计算结果与测量数

据之间的误差控制在 5%~10%之间。

3. 复杂系统的分析、优化、博弈与调控*

3.1 智慧城市交通系统若干关键技术的数学理论与算法

研究复杂交通流运行机理、多方式动态出行行为规律，构建智慧城市交通顶层设计和日常运行管理中的数学理论和模型，突破数据应用瓶颈。建立复杂路况的线路优化设计和大规模动态路径规划实时高效算法，动态、异构、多源数据的融合分析、在路网上的路径协同优化方法以及多源信息组合导航增强技术的数学方法，智慧信号灯的智能感知及运行控制优化模型与算法、新型智慧城市交通混合出行需求预测方法、重大突发事件下城市交通流传播计算模型与运行状态仿真算法、关键系统运行的可靠性分析与监测；搭建面向大中城市的不少于 5 种典型交通场景的智慧城市交通运行算法及示范应用平台，并进行典型城市应用。

3.2 复杂感知系统博弈演化理论及应用

揭示复杂感知系统的环境认知方法与自组织博弈决策机理，建立信息驱动的感知系统自组织博弈决策理论，构建多节点协同的环境时空认知模型和信息流动模型、感知节点之间信息关系的定量描述方法，设计系统的博弈演化学习算法并分析算法的收敛性与稳定性；面向典型应用场景构建仿真平台，实现干扰与杂波等多类环境信息下的自适应协同感知。以研发下一代预警探测系统为背景，在三维复杂环境中部署多个可自由飞行的自组织感知节点组成飞行感知阵列，构建系统仿真平台，感知节点个数不少

于 20 个，平台协同认知决策时间最长不超过 1 秒，环境协同认知准确率不低于 90%。

4. 计算机数学理论与算法*

4.1 通信领域若干关键问题的数学理论和算法

构建多域协同的动态网络信息理论的数学模型，设计面向多目标的计算、感知与通信的多域自适应协同机理，谱效、能效和时延等综合性能指标得到实质性提升。给出超大规模多输入多输出（MIMO）系统建模与性能分析框架，实现系统的高精度定量刻画与预测，传输速率提升 1 倍以上。给出 LDPC 码的设计中的置信传播译码的可靠性预测和分析，建立准确预测 Polar 码的列表译码算法行为的数学模型，提高码吞吐量，降低时延；初步建立代数几何码的高效硬判决译码器和软信息译码器的数学原理。给出语义信息的数学表征以及最优语义编解码的架构和算法；面向语义的信息传输速率得到提升；初步建立语义编码的数学理论基础。

4.2 区块链系统的关键密码理论及系统设计

发展区块链系统中用户身份和交易信息的隐私保护方法，既能保证信息的安全性又满足监管要求；设计基于国密算法、可容忍区块链系统中私钥连续泄漏的数字签名方案，以及对应的多方协同签名协议，与通用安全多方计算协议相比计算效率提升 3 倍以上，通信负载降低 10 倍以上；开展不可区分混淆和函数加密的基础理论研究；研究共识算法的安全模型，设计并验证基于国

密算法的高延展性的共识机制，延迟小于 100ms，性能不低于 60,000TPS，共识节点可延展到 100 个以上；设计实现基于密码技术（包括但不限于可验证随机函数）的随机选举机制，选举验证时间小于 5ms；研究适用于高数据量、多参与方应用的区块链新型架构和工作模式；研究基于国密算法的兼顾机密性、可用性、完整性的分布式系统设计。

5. 基础数学重大前沿问题*

5.1 Riemann 假设与素数分布

围绕与 Riemann 假设与素数分布相关的前沿问题开展研究。研究 Landau-Siegel 零点，建立它与素数分布的核心问题的内蕴联系，如 Goldbach 猜想、Hardy-Littlewood 猜想等；研究高阶 L 函数的均值及中心线上的零点分布；探索高阶 L 函数对应的 Riemann 假设及其在高维素数分布问题中的类比；深化有限域上的 Riemann 假设，发展代数迹函数的解析理论，并用于素数分布中孪生素数猜想、Hardy-Littlewood 猜想等著名问题的研究。

5.2 多复变和复几何

针对多复变与复代数几何交叉领域、Teichmüller 空间理论和双曲复几何等重要问题展开深入研究。研究具有特殊性质的全纯函数和全纯截面的存在性与构造；研究最优 L^2 延拓问题及其在多复变与复几何中的应用；研究乘子理想层的新性质及其在代数几何中的应用。研究 Teichmüller 空间是否能双全纯等价于复欧氏空间中的某点局部凸的有界全纯域，研究其边界的局部光滑性。研

究双曲复流形是否是 Kähler 的、射影代数的；研究双曲复流形刻画猜想。

5.3 流体力学方程组的数学理论

研究三维不可压缩 Navier-Stokes 方程具有有限能量光滑初值整体光滑解的存在性问题；寻找更多的初值函数类使得该方程存在唯一整体解；研究该方程在可能奇点附近的爆破行为；研究轴对称情形不可压缩 Navier-Stokes 方程的 Liouville 型定理、爆破方程解的渐近行为等；利用渐近分析方法研究不可压缩 Navier-Stokes 方程及相关流体力学方程解的粘性消失极限和 Prandtl 边界层的数学理论；研究 Boltzmann 方程的 Hilbert 展开，从数学上严格证明 Boltzmann 方程的极限为可压缩 Euler 方程。

5.4 低维动力系统的拓扑和统计性质

围绕有关低维动力系统的重要前沿问题开展研究。研究复动力系统的结构稳定性的 Fatou 猜想、多峰区间映射的通有性质的 Palis 猜想等；研究一维复动力系统的 Lyapunov 指数，及其与 Fatou 猜想的关系；研究多峰区间映射的 Feigenbaum、Lyubich-Milnor 重整化算子的双曲性，及其与 Palis 猜想之间的关系；研究具有非解析型临界点的区间映射族的横截性质，以及 Milnor-Thurston 的熵单调性问题；研究多项式斜积映射的游荡域问题；研究圆周扩张映射的斜积型线性扩充的拓扑和统计性质。

5.5 统计物理中的概率模型及分析

围绕统计物理中的概率模型及相关问题开展研究。发展奇异

随机偏微分方程的适定性与遍历性理论，包括随机量子化方程及其在 ϕ^4 场、规范场论中的应用；研究微观超临界随机微分方程及与宏观流体力学方程之间的联系；研究局部及非局部随机动力学方程的正则化效应；研究 KPZ 普适性以及 KPZ 不动点的分析刻画；发展关于多体系统平均场极限问题的方法；研究分枝随机游动、平均场模型和多尺度模型；探索针对广义随机能量模型相变问题的方法和工具。

“数学和应用研究”重点专项 2021 年度 “揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党的十九届五中全会精神和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“数学和应用研究”重点专项聚焦国家战略亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的重大攻关需求，凝练形成 2021 年度“揭榜挂帅”榜单，现将榜单任务及有关要求予以发布。

一、申报说明

本批榜单围绕 5.5G 通信系统设计、基站滤波器生产设计、卫星机电系统性能预测、集成电路设计等重大应用场景，力争在解决制约技术发展的深层次数学问题方面取得突破，拟安排国拨经费不超过 4500 万元。除特殊说明外，每个榜单任务拟支持项目数为 1 项。项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。企业牵头申报的项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

榜单申报“不设门槛”，项目牵头申报和参与单位无注册时间要求，项目（课题）负责人无年龄、学历和职称要求。申报团队数量不多于拟支持项目数量的榜单任务方向，仍按程序进行项目评审立项。明确榜单任务资助额度，简化预算编制，经费管理探索实行“负面清单”。

二、攻关要求

揭榜立项后，揭榜团队须签署“军令状”，对“里程碑”考核要求、经费拨付方式、奖惩措施和成果归属等进行具体约定，并将榜单任务目标摆在突出位置，集中优势资源，全力开展限时攻关。项目（课题）负责人在揭榜攻关期间，原则上不得调离或辞去工作职位。

项目实施过程中，将最终用户意见作为重要考量，通过实地勘察、仿真评测、应用环境检测等方式开展“里程碑”考核，并视考核情况分阶段拨付经费，实施不力的将及时叫停。

项目验收将通过现场验收、用户和第三方测评等方式，在真实应用场景下开展，并充分发挥最终用户作用，以成败论英雄。由于主观不努力等因素导致攻关失败的，将按照有关规定严肃追责，并依规纳入诚信记录。

三、榜单任务

1. 5.5G 大规模 MIMO 通信系统的超分辨率参数估计和补全问题

需求目标：研究 5.5G 大规模 MIMO（Massive MIMO）系统的无线信道信息（CSI）估计与波束赋形算法优化设计相关的超分辨参数估计和补全问题，包括：1、在时分双工（TDD）系统中，利用信道结构特征大幅度降低测量误差，通过已知的部分带宽上的测量信道估计整个频带上的信道信息，以及端到端（E2E）场景中最优化设计单用户/多用户的下行权值；2、设计频分双工

(FDD)系统的降维反馈矩阵、结合终端反馈的CSI,估计理想的全维度信道;3、设计数模混合(HBF)系统的降维矩阵、结合测量到的降维信道,估计全维度信道信息;4、针对近似稀疏、低信噪比、有限样本、信道非平稳或系统存在各种非理想因素等实际的通信场景,设计对前述算法的性能影响和相应的算法优化方案。具体需求目标如下:

基于下述场景,给出CSI误差的理论下确界,并设计低复杂度算法逼近该下确界(相差1dB以内):1、TDD系统,3.5GHz频段,64通道;2、FDD系统,2.1GHz频段,8通道或32通道;3、HBF系统,3.5GHz或4.9GHz频段,64通道或32通道。针对CSI的后续应用单用户(SU)、多用户(MU)最优下行权值设计,提出E2E度量下(系统容量等),上述高精度CSI的获取方法,达到容量上界的90%以上。提出利用稀疏性信道特征在稀疏变换域上进行低复杂度矩阵计算的方法,使复杂度和存储相对传统典型运算降低10倍以上。

时间节点:研发时限为4年。

榜单金额:不超过1200万元。

2. 通信基站滤波器高性能设计和智能高效生产的数学应用研究

需求目标:针对5G通信基站核心射频通信器件-滤波器高性能拓扑设计要求和高精度自动化生产需求,研究非摩尔射频滤波器的自动化、规模化、高效化生产方法,实现5G基站的规模建

设。针对滤波器的智能高效生产中滤波器的自动化调试问题，通过研究基于矩阵相似变换求给定场景下特定解的方法，解析求解制约生产效率的寄生参数和对未知网络拓扑的模型拟合问题。针对滤波器的不同频段（sub1G，2.6G，3.5G 等）、不同形态（介质、腔体），各频段形态滤波器自动化调试覆盖率提升 50%，实现滤波器的智能化生产。研究高性能新型滤波器设计的基础理论，包括滤波器的新结构、低插损、高抑制，实现高性能 5G 网络覆盖；通过研究矩阵的相似变换问题，解决多通带射频滤波器网络拓扑变换，双模多模并存的模型构建问题。具体需求目标如下：

基于矩阵相似变换的解析方法，完善多通带、高集成、轻量化的复杂滤波器设计理论，满足未来高性能网络布局下滤波器最优设计的需求，给出理论文档和软件。基于含有未知变量的矩阵相似变换的数学方法，解析求解未知变量，用于滤波器模块多变量干扰下的模型识别，保证静态场景下有效率不低于 99%，动态调试场景下有效率不低于 90%。基于欠定条件下的矩阵相似变换的数学模型，建立凸方法，识别可控稳定的数学模型，确保优化解在限制条件下唯一或工程实现最优，优化解提取误差小于 1%。

时间节点：研发时限为 3 年。

榜单金额：不超过 900 万元。

3. 大型遥感卫星在轨机电性能退化的压缩感知及预测方法

需求目标：基于压缩感知技术对大型遥感卫星进行在轨状态监控并预测机电性能退化。研究多源异构监测信息的压缩感知与

高效重构算法:基于卫星在轨监测的机电运行状态多源异构数据,开展压缩感知数学建模和优化求解算法研究,解决在轨硬件资源受限条件下的欠定状态反演问题。研究基于不完备数据的卫星机电性能退化预测方法:基于卫星在轨自感知信息及不完备数据,开展机电性能退化的数学建模和人工智能预测方法研究,解决环境要素强不确定条件下的性能退化自适应智能预测难题。具体需求目标如下:

新型压缩感知和重构算法可应用于展开尺寸达百米或机械口径达 30m 量级的遥感卫星在轨机电性能退化预测与诊断,对关键指标预测偏差不超过 30%、对关键部件典型故障的诊断成功率不低于 60%。与传统小波分析和傅里叶分析算法相比,新算法的仿真分析精度提升不低于 10%、计算效率提升不低于 10%。

时间节点:研发时限为 3 年。

榜单金额:不超过 900 万元。

4. 数字电路物理设计自动化中的数学创新方法与软件模块研发

需求目标:针对数字电路物理设计中的布局、布线和签核环节的最优求解,研究针对版图规划和布局问题中的非光滑连续优化模型和快速求解算法;针对全局布线的优化问题,研究拥挤度函数的结构及其逼近模型构建方法,发展新型全局优化算法并研究图论基础在高效智能布线算法中的应用;针对时序功率签核问题,发展电流电压信号响应波形的高精度、超高速求解的数学理

论基础和算法。以上研究，电路的实例数量需大于等于 2 百万，使用的工艺为 28nm 或 40nm。具体需求目标如下：

布局模块：与国外主流工具如 Innovus 相比在布局后总线长减少 3% 以上，功耗减少 1%，总负时序裕量（TNS）减少 10%，运行时间缩短 10%。布线模块：在可布通的前提下，与国外主流工具相比，总线长减少 1~3%，通孔数量减少 4%，运行时间缩短 20%。签核模块：在工作电压 0.8~1.2V 的前提下，与 SPICE 分析结果的平均误差小于 3%；运行时间与世界主流产品相当或更快。对标的国外主流工具版本限制在 2018 年下半年版本。

时间节点：研发时限为 3 年。

榜单金额：不超过 1500 万元。

“数学和应用研究”重点专项 2021 年度项目 申报指南和榜单形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向（榜单任务）基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报 1 个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新 2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在 2020 年 6 月 30 日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为 5 年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

(3) “揭榜挂帅”项目（课题）负责人无年龄、学历和职称要求，项目牵头申报和参与单位无注册时间要求。

本专项形式审查责任人：朱庆平，电话：010-68104460

“数学和应用研究”重点专项 2021 年度 项目申报指南和榜单编制专家组

序号	姓名	工作单位	职称
1	袁亚湘	中国数学会	研究员
2	张平文	北京大学	教授
3	叶向东	中国科学技术大学	教授
4	郭田德	中国科学院大学	教授
5	高小山	中科院数学与系统科学研究院	研究员
6	李增沪	北京师范大学	教授
7	江松	北京应用物理与计算数学研究所	研究员
8	王小云	清华大学	教授
9	徐宗本	西安交通大学	教授
10	陈增敬	山东大学	教授
11	姚正安	中山大学	教授
12	冯建峰	复旦大学	教授
13	徐文伟	华为战略研究院	高级工程师
14	周伯文	京东人工智能研究院	高级工程师

“干细胞研究与器官修复”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“干细胞研究与器官修复”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕干细胞发育与器官再生关键科学问题，开展干细胞命运调控、器官形成与衰老机理、器官功能重塑与制造、基因编辑与调控方法、人类疾病干细胞模型等方面的基础理论和关键技术研究，开展器官再生调控药物、生物人工器官、疾病类器官模型等前沿探索，为重要组织器官修复与替代及重大疾病诊疗提供创新理论和技术。

2021 年度指南围绕干细胞命运调控、基于干细胞的发育和衰老研究、人和哺乳类器官组织原位再生、复杂器官制造与功能重塑、疾病的干细胞、类器官与人源化动物模型等 5 个重点任务进行部署，拟支持 17 个项目，拟安排国拨经费概算 4.4 亿元。同时，拟支持 12 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 6000 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指

南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 4 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目支持青年科研人员承担国家科研任务，本指南所有方向均可作为青年科学家项目组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项所有涉及人体被试和人类遗传资源的科学研究，须遵守我国《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《人胚胎干细胞研究伦理指导原则》等法律、法规、伦理准则和相关技术规范。涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，并通过实验动物福利和伦理审查。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 干细胞命运调控

1.1 细胞命运和功能的精准调控新技术

以人类干细胞为主，开发表观遗传检测分析新技术、基因调控网络分析新方法。研究细胞命运调控的关键分子和调控机制，以及代谢与转录、翻译等过程间的复杂调控网络，建立细胞命运调控和重塑的关键技术，推动转化应用。

1.2 胞核内无膜颗粒结构对干细胞命运的调控机制

以胞核内无膜结构为重点，研究多能干细胞和组织干细胞命运维持、转变过程中，相关非编码 RNA、核内无膜亚结构小体的形成、结构和定位，以及这些结构对细胞命运的调控作用、机制及生物学意义。

1.3 染色质高级结构对细胞全能性的调控机制

从染色质高级结构角度研究哺乳类细胞全能性获得与维持。鉴定调控胚胎基因组激活的关键转录因子及对多种表观修饰的协同调控，解析染色质高级结构与其它表观遗传修饰（包括组蛋白修饰、DNA 甲基化、R-loop）在细胞全能性建立中的关联调控。

1.4 干细胞周期调控与命运决定

利用多能干细胞分化、体细胞重编程体系，研究细胞周期改变对 DNA 甲基化稳定维持的影响。建立细胞周期中 DNA 甲基化稳定维持调控细胞命运的理论模型，阐明关键因子的功能及其机制，开发调控 DNA 甲基化稳定维持的新技术。

2. 基于干细胞的发育和衰老研究

2.1 中内胚层来源组织干细胞命运的转录调控

围绕肌肉、小肠、肝等组织器官再生过程中组织干细胞命运转变，研究关键转录因子、辅因子以及非编码调控元件调控基因表达，决定细胞命运的机制。比较它们在损伤修复和退行性疾病中对染色质结构及转录调控的异同，鉴定其对正常机能和再生的作用。

2.2 颅颌面干细胞谱系分化及其微环境调控

研究颅颌面干细胞分化成各干细胞谱系的机制，揭示颅颌面干细胞在器官发育、组织形成和细胞分化中的作用及其机理。开发不同谱系颅颌面干细胞的分选技术和纯化方法，推动干细胞治疗药物研发。

2.3 调节型和效应型免疫细胞分化与功能优化

研究人类干细胞向调节型和效应型免疫细胞的定向分化与功能，建立功能性免疫细胞获得的关键技术，实现临床治疗规模的功能性免疫细胞的制备；以免疫紊乱和恶性肿瘤为目标疾病，制备具有特异识别能力或功能优化的免疫细胞，结合人类疾病动物模型，评价其安全性和有效性，探索临床用途。

2.4 造血干细胞发育及重建造血功能

研究生命全程和不同病理状态下造血干细胞的染色质构象特征、动态变化、影响因素和调控机制，揭示造血干细胞异质性亚群形成的时空规律。研究造血干细胞移植后增殖动力学变化规

律及重建造血功能的模式。通过造血干细胞功能重塑或造血微环境改造提升造血干细胞移植的治疗效能。

2.5 皮肤干细胞异质性与命运调控

围绕皮肤衰老与再生过程中皮肤干细胞的异质性，高精度追踪不同组织学来源的干细胞命运和演变轨迹，在单细胞水平上揭示皮肤干细胞的功能和调控机制，阐明干细胞异质性在皮肤损伤修复和衰老相关疾病中的命运改变及其机制，探索相关疾病的治疗新策略。

3. 人和哺乳类器官组织原位再生

3.1 创伤修复过程中组织干细胞的鉴定及再生调控机制

针对创伤等因素引起的多组织（如骨骼、肌肉、皮肤等）损伤开展干细胞研究。鉴定参与创伤修复过程的组织干细胞，研究组织干细胞感知物理性刺激因子及其机制，以及物理性因素通过影响成体干细胞增殖、分化、迁移调控器官组织再生修复的机制，探索通过干预组织干细胞促进创伤修复的新策略。

3.2 视、听觉损伤的干细胞机制

针对影响视觉或听觉的特定神经损伤和疾病，解析参与神经损伤修复的关键细胞类型，阐明神经损伤修复中细胞异质性，揭示神经再生的特性及其机制。通过激活内源性干细胞与调控干细胞微环境，建立促进神经再生修复和视、听觉功能恢复的新策略。

3.3 神经系统退行性病变等疾病中神经干细胞微环境

研究中枢神经系统退行性病变等疾病发生发展中神经干细

胞及其微环境的变化及规律，鉴定病变相关免疫细胞亚群及其神经免疫作用，阐明病变的调节机制，研发减轻损伤、促进修复的新手段。

4. 复杂器官制造与功能重塑

4.1 促进结构重建和功能重塑的干细胞及相关制品

针对器官组织修复、结构重建及功能重塑的临床需求开展研究，力争取得可用于临床的细胞治疗及相关产品。参照药品申报临床试验的基本要求，开展细胞及外泌体药效机制、细胞在体内代谢过程、体外赋能规模化培养工艺以及生产过程中质量控制标准等研究，获得干细胞及外泌体药品临床试验许可，开展 I 期和 II 期临床试验，或完成探索性临床试验，开展确证性临床试验。

4.2 干细胞及相关产品质量控制及评价技术

针对目标适应症，探索干细胞成药的有效分子标志物。研究干细胞相关基因治疗产品质量控制、药学、安全性和有效性等非临床评价技术，建立评价技术体系和规范，促进干细胞研发和临床应用。

4.3 神经干（前体）细胞移植促进脑环路重建

以重建脑神经环路为方向，鉴定能表征人神经干（前体）细胞分化能力的功能分子标记物，建立特定类型细胞移植新技术及其评价体系，开发安全有效的神经干（前体）细胞治疗新方法，促进脑功能恢复。

5. 疾病的干细胞、类器官与人源化动物模型等

5.1 基于干细胞的人类重大难治性疾病模型

聚焦严重影响我国人民健康的重大难治性疾病（包括恶性肿瘤，心血管、呼吸、神经、代谢病等），建立基于干细胞、类器官和人源化动物的疾病模型。结合干细胞资源及疾病生物信息，研究病理状态下干细胞变异、异质性及其发生机理，发掘疾病诊疗的新靶标，探索诊疗新策略。

5.2 非人灵长类多能干细胞基因组稳态特征和调控网络

研究不同类型、不同多能态的多能干细胞基因组稳态特征、调控网络及其变异，探讨这些变异对干细胞功能的影响及其机制。结合灵长类干细胞资源和动物模型，揭示多能干细胞维持基因组稳定的独特机理和调控网络，改进灵长类多能干细胞获取和培养体系，并建立相关疾病动物模型。

“干细胞研究与器官修复”重点专项 2021 年度项目申报指南形式 审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由

双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过4个, 项目参与单位总数不超过4家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：于振行，电话：010-88225123

**“干细胞研究与器官修复”重点专项
2021年度项目申报指南
编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	卞修武	解放军陆军军医大学第一附属医院	教授
2	裴端卿	西湖大学	研究员
3	高绍荣	同济大学	教授
4	胡宝洋	中科院动物所	研究员
5	陈晔光	清华大学	教授
6	王佑春	中国食品药品检定研究院	研究员
7	黄河	浙江大学	教授
8	惠利健	中科院上海生科院	研究员
9	牛昱宇	昆明理工大学	教授
10	王松灵	首都医科大学	教授
11	马洁	北京医院	研究员
12	杨运桂	中科院北京基因组研究所(国家生物信息中心)	研究员

“纳米前沿”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“纳米前沿”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕物质在纳米尺度（1~100 纳米）上呈现出的新奇物理、化学和生物特性，开展单纳米尺度效应和机理、新型纳米材料和器件制备方法、纳米尺度表征新技术等方面的基础前沿探索和关键技术研究，催生更多新思想、新理论、新方法和新技术等重大原创成果。同时，开展纳米科技与信息、能源、生物、医药、环境等领域的交叉研究，提升纳米科技对经济社会发展重点领域的支撑作用。

2021 年度指南围绕单纳米尺度等前沿科学探索、纳米尺度制备核心技术研究、纳米科技交叉融合创新等 3 个重点任务进行部署，拟支持 23 个项目，拟安排国拨经费概算 4.5 亿元。同时，拟支持 10 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 5000 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技

术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

指南方向 4 是青年科学家项目，支持青年科研人员承担国家科研任务。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项所有涉及人体被试和人类遗传资源的科学研究，须遵守我国《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《人胚胎干细胞研究伦理指导原则》等法律、法规、伦理准则和相关技术规范。涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，并通过实验动物福利和伦理审查。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 单纳米尺度等前沿科学探索

1.1 纳米性能标准的计量溯源原理与方法

面向纳米技术在能源环境、信息、生物医药等领域的应用，

开展性能检测和质控特性标准研究，建立计量装置，探索纳米尺度能量转换效率、表面吸附、生物结合能力等功能特性的准确测量机制和溯源途径或溯源过程，研制功能特性纳米标准物质，制定规范标准。建立基于晶格常数的量值传递、纳米材料光电转换、纳米表面增强效应等普适性计量溯源方法 3~5 种；完成载药释放、发光效率等功能特性国家标准物质/标准样品 10 项以上；研究制定 ISO/IEC 国际标准 15 项以上。

1.2 纳米尺度生物活性单分子与系综多模态表征新方法

针对生物能量代谢及催化反应过程中的生物活性分子，发展能综合测量生物分子多模态物性的表征方法，在纳米尺度下开展生物活性分子的高灵敏电学（10fA）和单个电子转移测量，揭示其电子自旋分布、电子传递供体-受体-通路特性，以及在能量代谢、生物识别与解离等过程和生理功能中的物理化学机制；获取在单分子条件下生物活性分子的多模态本征指纹信息及系综条件下的平均信息，构筑指纹信息并提供相应的量化分析标准，实现对单个关键结构单元差异的分辨，生物力学操控及动态测量的空间分辨率达到 0.1nm。

1.3 非均匀纳米材料结构与力学行为的原位分析方法

非均匀纳米材料通过微纳尺度与宏观构件尺度上的结构和成分的合理耦合实现材料高性能。通过从宏观构建与微观区域多尺度研究非均匀纳米材料微纳结构演化过程及建立结构-力学性能的关联规律，揭示整体与局域结构对宏观力学性能与变形

机制的影响规律。原位研究材料在多场使役条件下组织与性能的耦合响应机制。实现对典型跨尺度非均匀纳米材料的结构演变与力学行为（包括 10~1773K 条件下）的原位测量；实现非均匀纳米材料的整体和局域结构与力学行为的原位表征与测量；为非均匀纳米材料的强韧化提供若干实现途径及理论基础，并开展验证。

1.4 太赫兹与中远红外波段极化激元二维原子晶体及其感放存微纳器件

面向智能感知领域探测及其信号放大、存储一体化功能器件，聚焦太赫兹与中远红外波段的高效极化激元二维原子晶体及其新特性新结构，研究建立时空高分辨太赫兹与中远红外原位多模态物理特性表征技术，表征谱段 1~30 THz、空间分辨率在亚 10 纳米尺度、时间分辨率在 30 飞秒以内，兼容光谱、光场、光电响应及形貌等成像；实现在亚 10 纳米尺度下观察极化激元和载流子自旋演化动力学机制；研制基于单纳米尺度二维原子晶体及其结构极化激元效应的太赫兹波及中远红外光探测及其信号放大、存储一体化微纳器件，在室温工作、谱段 1~30 THz、相频可选择。

1.5 手性纳米结构的可控构筑、性能传递及功能调控

发展新型刺激响应性手性纳米结构体系，研究手性纳米材料对多重刺激的响应调控、规律与机制。研究定向合成技术，实现手性纳米结构的独特光化学作用和光力学效应，发展分子构象和

功能光调控的新方法。获得 2~3 类吸收、反射和发射的光学各向异性系数 (g-factor) 超过 1.5 的手性纳米结构; 开发 2~3 类具有多重响应性能的手性纳米材料; 构建具有生物调控功能的手性纳米结构; 探索手性纳米材料的应用。

1.6 纳米限域超流的化学反应和信息传输

开展纳米限域超流体的有序组装反应机理研究, 发展高产率、高选择性和低能耗的化学反应技术, 理解生物信息传输的原理。获得接近生物水通道中水分子输运的通量 ($>10^9$ molecules/s) 和生物钾离子通道中钾离子输运的通量 ($>10^8$ ions/s), 实现纳米限域空间中分子和离子的高速输运; 建立限域通道的尺寸、化学结构、界面浸润性以及通道内的反应物分子流体流速等参数与速率、产率和立体选择性等性能的关系, 构建接近 100% 反应产率、100% 选择性和低能耗 (40°C 以下) 的反应体系。

2. 纳米尺度制备核心技术研究

2.1 高迁移率超薄半导体材料与高性能器件集成

围绕新型沟道材料的规模化制备、硅基兼容与器件性能提升的问题, 研制 200°C 下电学性质稳定的超薄高迁移率沟道材料及高 k 栅介质的晶圆 (直径大于两英寸)。研制短沟道场效应晶体管, 沟道厚度小于 3nm 时, 室温场效应迁移率高于 $125\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$; 沟道长度小于 12nm 时, 在 0.7V 驱动电压下的开态电流密度大于 $1\text{mA}/\mu\text{m}$, 开关比超过 10^6 。实现工作频率 1.5GHz 以上的环振电路演示。验证器件在柔性逻辑电路等领域的优势。

2.2 围栅硅纳米结构器件与三维垂直集成技术

针对 3 纳米及以下节点大规模集成电路制造问题，研究围栅（环绕栅）硅纳米结构（如纳米线/片）器件与三维垂直集成新工艺，探索构建不同功能典型电路的技术路径，研制至少四层硅纳米结构堆叠沟道的环绕栅器件，单层沟道厚度小于 10 nm；在 N/PMOS 器件上实现三种以上阈值调控（区间大于 200 mV）；N/P 型源漏上的接触电阻率小于 $1 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{cm}^2$ ；在 0.7 V 驱动电压下的驱动电流密度大于 $400 \mu\text{A}/\mu\text{m}$ ，亚阈值摆幅小于 70 mV/dec，电流开关比高于 10^7 ；实现双层器件高密度三维垂直集成，同等设计规则条件下，新工艺的 16K SRAM 阵列面积相比传统电路缩小 30%以上。

2.3 晶圆级二维半导体集成电路

针对二维材料器件的大规模集成电路制造和设计问题，研究二维材料的低缺陷均匀生长方法、N/P 型精准掺杂与界面调控、高性能互补 MOS 器件设计及工艺集成方法、器件物理精确解析模型。研制直径大于 8 英寸、薄膜厚度均一性大于 99.9%的晶圆级高质量二维材料，获得高性能互补 MOS 器件，室温下 N/P 型晶体管器件平均场迁移率大于 $50\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ 、电流开关比大于 10^5 ；研制基于二维半导体材料的逻辑、模拟和射频电路的整套集成工艺，实现千门级逻辑电路功能展示；建立器件模型和工艺库，获得大规模集成电路的 SPICE 电路仿真结果。

2.4 亚 5 纳米分辨率并行电子束集成电路芯片高通量检测装备关键技术

面向亚 10 纳米节点集成芯片高通量检测装备的需求，研制快速响应的并行电子束源模组及其电子光学系统，研究多电子束信号串扰机制、形貌表征和电特性多维度检测方法、高通量数据采集与成像系统，研究上述功能协同驱动实现并行电子束同步检测的集成原理和技术。实现 12 束电子束同步并行检测和空间分辨小于 5nm、景深不小于 1mm 的成像技术；电子发射端曲率半径小于 5nm；单电子束的束流强度不小于 200pA、亮度不小于 $5 \times 10^8 \text{ A} \cdot \text{m}^{-2} \text{ Sr}^{-1} \text{ V}^{-1}$ 、能谱半高宽不大于 1eV；12 束电子束流强度均匀性高于 95%；研制出并行电子束集成芯片检测装备原型样机。

2.5 纳尺度电畴调控的高灵敏光电感知器件及系统

面向光电感知应用对高灵敏、快速响应探测器的需求，研究极化电畴调控的高速高灵敏光电探测器件原理，研究纳尺度电畴对器件势垒结构及其空间电荷区特征参数的调控机制，揭示其对器件光生载流子拆分、传输及收集的规律，研制采用极化材料与半导体异质结构的光电探测器件，研发集成技术。纳尺度电畴实现不同势垒类型调控，器件空间电荷区尺度调控范围 2~120nm；光电探测器件响应度 $>0.5 \text{ A/W}$ ，响应时间 $<1\text{ns}$ ，比探测率 $>10^{12} \text{ cmHz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$ ，响应波长 400~1550nm；集成列阵规模 $\geq 128 \times 128$ ；实现探测和识别演示。

2.6 二硫化钨半导体晶圆和可集成光源器件

针对光子信息技术可集成光源性能难以满足需求的问题，聚焦高质量、高发光效率单层二硫化钨晶圆的研究，研制满足半导体器件制作用的单层二硫化钨晶圆（直径大于4英寸），载流子迁移率 $>200\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ，并拓展到其合金及其它过渡金属硫族化合物晶圆制备；研制室温工作二硫化钨的发光二极管，出光效率达到 $\geq 5\%$ ，同时发展二硫化钨掺杂及其合金材料制备工艺等，进而实现波长可调谐发光二极管，波长调谐范围 $>100\text{nm}$ ，驱动电压 $<2\text{V}$ ；实现连续光激发下受激辐射，发射谱线半高宽 $<1\text{nm}$ 、阈值 $<0.5\text{W}/\text{cm}^2$ ，集成多层垂直器件；探索研发二维电泵浦激光器。

2.7 大尺寸石墨烯单晶与高速光通信器件

针对下一代高速光通信技术中的关键支撑材料和器件集成需求，开展面向硅基集成的石墨烯单晶精准合成及规模化制备技术，建立大尺寸石墨烯材料向硅衬底的洁净无损规模化转移方法，研制与硅基光波导技术结合的片上集成石墨烯高速光通信器件。石墨烯单晶尺寸达6英寸，平整度优于 0.5nm ，石墨烯层数为 $\geq 95\%$ 单层；石墨烯单晶转移至硅衬底的完整度 $\geq 99\%$ ，石墨烯室温载流子迁移率高于 $15000\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ；石墨烯集成光通信器件数据速度 $\geq 30\text{Gbit/s}$ 。

3. 纳米科技交叉融合创新

3.1 纳米材料跨越生物屏障机制与效应调控方法

为夯实纳米生物学理论基础，建立3~5类高生物相容纳米材

料跨越多种生物屏障体内外过程的高灵敏、高特异、多尺度、高通量的原位动态研究方法；纳米颗粒跨越不同种类生物屏障的活体动态成像，实现活体组织深度 $>1.5\text{cm}$ ，分辨率 $>0.2\text{mm}$ ，帧数率 >100 帧/秒；单细胞三维成像空间分辨率 $>50\text{nm}$ 、灵敏度 $>\text{fg}/\text{细胞}$ 。重点研究纳米材料和体内流体微环境表界面生物大分子形成的纳米蛋白冠和环境冠等对肠道微生物屏障、生殖屏障及对子代生长发育的影响及其分子机制；整合大数据和计算分析方法，系统揭示 2~3 类纳米材料跨越复杂生物屏障的基本过程；阐明纳米材料在不同生物屏障微环境的生物转化途径与作用机制。

3.2 抗病毒高分子纳米药物

针对重大疾病（如病毒引起的肿瘤、突发传染病等）靶向治疗药物的发展需求，研究高分子组装体和生物纳米材料构建纳米药物的普适性规律，发展基于高分子的高效功能定向新方法，利用这些纳米材料设计并合成新型药物（例如病毒中和抗体），研究揭示不同构象、组成、价态的纳米药物与靶标的作用规律和分子机制，完成 3~5 种体内靶向纳米药物偶联物和高效抗病毒中和抗体，针对新型病毒引起的传染病对真病毒半抑制浓度达到 pM 级，其中至少 1 种获得临床批件进入临床试验。

3.3 纳米体系或工程化细胞对重大疾病基因治疗药物递送

发展副作用低而递送、转染、治疗效率高且构效关系明确的基因药物递送材料的制备新技术、新方法。创建仿生纳米体系或工程化细胞的制备技术，制定质控标准，开展其肿瘤治疗的临床

前研究和临床研究。构建 1~2 种针对肿瘤基因治疗具有特异性的、靶向性的递送载体和新剂型，完成临床前研究；构建 1~2 种仿生纳米药物递送体系或 1~2 种工程化细胞，建立规模化制备工艺和质控标准，完成临床前研究，其中 1~2 种体系获得临床批件进入临床试验。

3.4 微纳米智能系统的组装原理及其临床研究

发展微纳米智能系统及其组件原位定向合成、可控组装、体内自主靶向及病灶智能识别技术；研发具有诊疗一体化功能、高组织穿透性以及智能型分子组装体系，应用于体内活检、肿瘤及栓塞疾病治疗，实现可控定点药物释放新功能；发展智能型微纳米机器人的体内过程分析及安全性评价方法。完成 3~4 种生物相容的新型微纳米自组装体系的构建，揭示对肿瘤微环境的响应机制。至少有 1 种微纳米智能系统完成临床前药效评价及其安全性评价。

3.5 诊疗、器官修复、体外防护用的纳米杂化纤维

基于人体组织与材料相互作用机制，通过有机-无机杂化、高通量成形和仿生命体多场耦合调控等，研究功能一体化仿生设计，获得具有增强诊疗、组织修复、体外防护等功能的纤维聚集体复合材料。研制含水光导诊疗纤维，模量 10^{-2} ~10MPa，衰减达 $0.1\text{dB}\cdot\text{cm}^{-1}$ ；研制肌肉/肌腱修复用可编织高强仿生杂化纤维，含水率 0~70%，强度达 50MPa，杨氏模量达 200MPa，伸长率 10~200%，磨损强度和扭转强度均不低于 100 万次；开发类人体

软-硬组织一体化三维纳米支架，孔径 20~100 μm 可调，杨氏模量 200kPa 至 2GPa 可调，强度 $>5\text{MPa}$ ，实现诱导成骨再生。开展 2~3 个产品的临床应用。

3.6 用于电磁治疗的医用磁性微纳器件及技术

面向若干难治性疾病，研制可体内驻留达完整疗程的、由磁性纳米颗粒组装构建的磁性微纳器件；研究磁场遥控微纳器件产生磁极化、磁热、磁力等电磁效应及与纳米尺度相关的新现象、新机制，以及对体内特定部位神经系统的调控规律；在动物或人体水平开展神经电磁调控对难治性疾病的治疗研究。开发 2~3 种在体内驻留时间不少于 4 个月的磁性微纳器件，及 1 套电磁治疗设备，针对不少于 3 种疾病（骨质疏松、骨关节炎、周围神经损伤等）验证治疗有效性和适用性；至少 1 种磁性微纳器件电磁治疗新技术获批临床试验，在 2 家以上三甲医院开展研究。

3.7 纳米结构光学功能设计及其高灵敏增强光谱应用

针对光波长与分子之间尺寸失配导致光与物质相互作用微弱，难以获取有效信号的问题，设计和构筑新型纳米光学材料和结构实现将光波长压缩超过 50 倍，实现单分子水平光谱探测。建立具有光学功能的纳米材料和结构的理性设计方法；实现 2~3 类具有高局域光场增强的纳米结构（光强度增加 $>10^5$ 倍），频率范围直接覆盖分子振动指纹区（675~2000 cm^{-1} ）；利用增强结构实现高光场局域结构与发光材料之间的强耦合；实现 2~3 种单分子层有机物和无机半导体的增强光谱测量；实现含 C-O、CH-O 等

化学键的 2~3 种催化反应中间体的化学成分检测，以及 2~3 种亚纳米级生物分子检测。

3.8 大视野纳米数字显微芯片成像技术

针对生物纳米尺度大视野高分辨成像的重要需求，研究超大规模纳米像素数字显微芯片的大规模集成工艺制程设计与成像串扰抑制方法；开展小体积、长时程、多模态大视野纳米数字显微芯片成像系统设计和研制；开展循环肿瘤细胞/肿瘤干细胞/微小残留灶等各种生物组织的探测与识别。单个纳米数字显微芯片的像素数目 ≥ 10 亿，显微芯片量子效率 $\geq 30\%$ ，响应波段为 400~700nm，实现 $\geq 100\text{mm}^2$ 视野中全部活细胞动态监测，成像分辨率优于 500nm，帧频 ≥ 1 帧/秒。

3.9 收集水波能的纳米发电基础与应用

水波和微风蕴藏着丰富而清洁的可再生能源。研究纳米固体之间、液体与纳米固体之间在分子与原子级的摩擦起电物理机制，开发用于收集水波能量的高性能纳米发电机的新材料和新结构，研制高输出功率和高效率的水波能摩擦纳米发电机网络；构筑海洋环境中基于水波能的自驱动应用系统，面向不同的应用需求，实现在水波激励下达到 $50\text{W}/\text{m}^3$ 以上的输出功率密度，构建海上可移动自供电系统。

3.10 纳米铁—微生物处理有机废水的协同机制与智能化关键技术

研究纳米铁界面的质子梯度效应、电子—质子协同传输与调

控机制，揭示微生物利用纳米铁电子的分子机制；构建纳米铁—微生物协同技术工艺体系；开展纳米铁—微生物协同处理低可生化性与低碳氮比有机废水的技术实际应用验证。完成纳米铁规模化的生产工艺，研制出废水可生化性/碳氮比快速测定及智能化调控设备，验证纳米铁—微生物协同处理典型有机废水（处理量大于 50 吨/日）的技术有效性。

4. 青年科学家项目

4.1 手性软光子材料的纳米构筑、多元操控与光学应用

针对纳米光子技术主动式、柔性化、功能集成化的需求，研究手性软光子材料在多元外束缚条件下的纳米尺度分子场效应、特征光电效应及动态调控机制，探索提升纳米组装结构的稳定性、光谱动态域和工作波段范围的技术路径，发展多维度、超宽带、高效率、自适应的纳米光学新思路、新技术。

4.2 超低功耗场控自旋电子器件

面向未来信息技术对超低功耗逻辑器件的需求，开展基于纳米尺度新材料与高效耦合界面的场效应控制自旋逻辑器件研究。探索自旋—轨道与自旋—电偶耦合的界面特性和基于场效应控制的自旋态传递机理，以及在外加磁场情况下的多级器件输入输出级联技术途径。研制非易失性逻辑器件、布尔逻辑门电路，开展验证实验。

4.3 纳米尺度铅基铁电材料与器件

面向大数据时代对存储器高速、高密度和低功耗的需求，开

展新型铅基铁电机理、存储单元与三维集成技术的研究。探索纳米尺度铅基铁电材料的极化机制与翻转动力学过程，研究掺杂浓度、工艺条件、薄膜厚度对极化的调控规律，构建高速、低功耗的存储器件结构，研究铁电存储器的三维集成技术。

4.4 高性能金属空气电池相关的纳米器件

发展高性能金属空气电池中正极氧还原/析出过程的关键功能纳米材料设计方法，筛选出 5 种以上下一代金属空气电池非贵金属纳米材料并探索宏量制备技术，研究金属空气电池关键功能纳米材料的结构与氧还原反应路径的关系，提出可以调控 4 电子转移或 2 电子转移的方法，开展在电池器件应用的验证研究。

4.5 用于水中抗生素及抗性基因污染治理的纳米材料与技术

针对我国水环境抗生素及抗性基因污染治理的重大需求，发展基于纳米材料与技术的抗生素及抗性基因废水深度处理技术与工艺。面向我国产量大及使用量大的几类典型抗生素的生产企业或使用场所，探索源头排放控制技术，验证技术实际应用能力。

“纳米前沿”重点专项 2021 年度项目 申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：童杨，电话：010-68104484

**“纳米前沿”重点专项 2021 年度
项目申报指南编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	许宁生	复旦大学	教授
2	赵宇亮	国家纳米科学中心	研究员
3	高鸿钧	中科院物理研究所	研究员
4	徐红星	武汉大学	教授
5	刘 明	中科院微电子研究所	研究员
6	黄 如	北京大学	教授
7	赵进才	中科院化学研究所	研究员
8	谭蔚泓	湖南大学	教授
9	罗 毅	中国科学技术大学	教授
10	卢 磊	中科院金属研究所	研究员
11	顾 宁	东南大学	教授
12	陆延青	南京大学	教授
13	钱志勇	四川大学	教授

“生物大分子与微生物组”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“生物大分子与微生物组”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕我国经济与社会发展的重大战略需求和重大科技问题，结合生物大分子和微生物组研究的前沿发展态势，开展战略性、基础性、前瞻性研究，增强我国在生物大分子和微生物组研究的核心竞争力，产出国际领先、具有长远影响的标志性工作，实现重点领域对国际前沿的引领，在原创性基础和理论研究中取得突破，为人口健康、生物医药、农业与环境、生物安全等领域提供理论支持和技术支撑。

2021 年度指南围绕生物大分子与生命活动维持及调控关系等方面的基本科学原理、标准微生物组及其与宿主/环境作用对生命活动影响的原理与机制、结构生物学、蛋白质组学等方向的新技术和新方法等 3 个重点任务进行部署，拟支持 18 个项目，拟安排国拨经费概算 4.43 亿元。同时，拟支持 11 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 5500 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指

南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，围绕重大科学问题和关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部内容。项目执行期一般为 5 年。一般项目下设课题数原则上不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目支持青年科研人员承担国家科研任务，本指南所有方向均可作为青年科学家项目组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项所有涉及人体被试和人类遗传资源的科学研究，须尊重生命伦理准则，遵守《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《中华人民共和国人类遗传资源管理暂行办法》《人胚胎干细胞研究伦理指导原则》等国家相关规定，严格遵循技术标准和伦理规范。涉及实验动物和动物实验，要遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准及有关规定，使用合格实验动物，在合格设施内进行动物实验，保证实验过程合法，实验结果真实、有效，并通过实验动物福利和伦理审查。涉及病原微生物的活动要严格

遵守《生物安全法》和《病原微生物实验室生物安全管理条例》有关规定。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 生物大分子与生命活动维持及调控关系等方面的基本科学原理

1.1 真核生物基因转录调控蛋白质机器的结构与功能

围绕真核生物基因转录调控，发现参与真核生物基因转录调控的新型蛋白质机器，研究基因转录各阶段关键蛋白质机器的组成、结构、功能及调控的分子机制，研究共转录染色质修饰对转录的调控和分子机制，揭示真核生物基因转录的基本原理，发展针对真核生物基因转录调控过程的干预手段。

1.2 泛素化修饰关键蛋白质机器调控疾病发生发展的功能机制

围绕严重威胁我国居民健康的消化系统肿瘤（如肝癌、肠癌等）发生发展过程中的炎症、免疫和代谢微环境稳态维持及失衡，发现参与稳态调控的蛋白质泛素化修饰相关的新型蛋白质机器，研究其结构、功能、动态变化及与疾病的关系，发展基于泛素化修饰和蛋白质降解的靶向干预手段。

1.3 生物大分子调控生物膜完整性的功能机制

围绕生物膜的时空变化规律，研究细胞内膜系统完整性的稳态调控机制，研究生物大分子介导内膜系统完整性维持、膜损伤的修复机制、膜完整性的动态变化机制，研究生物膜完整性动态变化对生物大分子的影响，研究生物膜完整性维持的生理意义，

发展和优化运用于内膜系统完整性监控的技术，发展生物膜稳态维持的新型干预手段。

1.4 哺乳动物细胞命运决定过程中生物大分子互作网络的系统演化规律

围绕哺乳动物细胞命运决定过程，发展超高分辨率的细胞谱系追踪技术，研究哺乳动物发育中的细胞命运决定过程；研究细胞命运决定过程中生物大分子互作网络的定量表征、数学模型及其转变规律；研究细胞命运的分子互作网络对脏器发育鲁棒性的贡献。

1.5 重要生物的多维蛋白质组精细图谱和动态网络

针对重要经济农作物或高等模式生物，在蛋白质表达、合成、降解、修饰、互作等多维层面，绘制具有时空特性的组织/器官蛋白质组精细图谱，并且通过基于人工智能算法的自然语言处理，重构生命体系中的动态网络，建立蛋白质组数据与知识分享平台。

1.6 环形 RNA 加工代谢与功能调控

研究环形 RNA 在生理和病理条件下的加工、结构、翻译和降解特性，阐明环形 RNA 生成、代谢和调控过程及其与蛋白质机器的作用机制，揭示环形 RNA 在神经发育、天然免疫及细胞代谢系统中的调控功能和机制。

1.7 恶性肿瘤发展中的生物大分子网络及机制

研究功能性 RNA、蛋白质等生物大分子在肿瘤细胞恶性转化和可塑性调控等过程中的功能机制，研究生物大分子与基因表达调控、炎症信号转导、临床耐药等相关的网络及分子机制，发展

生物大分子在诊断分型和防治中的应用技术。

1.8 植物免疫过程中生物大分子的作用机制和应用研究

围绕植物对病原微生物的感受和识别，阐明植物免疫受体、信号编码器、感受器及其高级组装结构等生物大分子的关键作用机制，研究植物离子转运与植物响应危险因子的早期信号途径，挖掘可能应用于作物育种的新型抗病生物大分子及其功能，发展基于植物免疫受体、编码器、感受器等大分子的作物抗病新技术。

1.9 新型冠状病毒重塑宿主细胞关键细胞器的机制研究

揭示新型冠状病毒在宿主细胞内用于复制的膜状结构的形成机理；研究病毒从复制、蛋白质合成、装配到释放的细胞内系统路径，以及病毒逃避胞内自噬降解的分子基础和机制；阐明病毒对关键细胞器及相关生物大分子产生影响的分子机制。

1.10 结核分枝杆菌感染和致病过程中的蛋白质机器研究

针对结核分枝杆菌等重要分枝杆菌感染、致病、耐药等重要生理过程相关的关键蛋白质机器，研究其组成、结构、功能及调控机制；研究分枝杆菌与宿主免疫系统相互作用的特征；发现针对蛋白质机器的新型抑制剂，并阐释其分子机制；发展针对结核病的新型诊断、治疗、预防手段。

2. 标准微生物组及其与宿主/环境作用对生命活动影响的原理与机制

2.1 健康人微生物组库和特征解析

建立全国范围不同地区的不同生活环境、不同饮食习惯、不

同年龄段万人级队列,建立标准化的微生物组样本库和共享体系,获得微生物组及基因组基线大数据库;研究中国健康人群的微生物组特征,及其与遗传、生活环境及饮食习惯等因素的关系。

2.2 人体肠道微生物组稳态平衡及其失衡调控重大疾病的分子机制

研究维持健康人群肠道微生物组稳态平衡和可塑性的机制,鉴定核心菌群和基本特征,发现菌群来源的活性分子和宿主应答信号通路;围绕肠道微生物组调控宿主代谢、免疫等生理过程并影响相关疾病(如糖尿病等)发生发展,阐明肠道微生物组失衡调控相关疾病的分子机制,发展治疗疾病的新手段。

2.3 微生物组与药物交互作用影响疗效及安全性的分子机制

发展元基因组和代谢组的时空分析技术,研究药物调控微生物代谢及代谢信号传递机理;解析微生物组对临床常用药物体内代谢和处置过程的影响,揭示微生物组代谢药物的功能酶系、代谢途径及内源代谢通路的整合作用与机理;鉴定影响药物临床疗效和安全性的关键菌谱,建立预测个体对药物响应的模型,为精准治疗提供科学依据。

2.4 微生物组学新技术及实验动物体系

发展微生物单细胞成像与物种快速鉴定、单细胞分选和测序、微生物培养、跨尺度微生物组数据分析、元基因组功能注释与可视化等的共性创新技术;建立用于微生物组研究的规范化无菌动物技术体系和动物模型,并用于相关疾病的研究。

2.5 病原微生物感染过程中的宿主免疫机制

围绕病原微生物感染过程，建立宿主免疫在感染和预后期的多维度动态图谱，研究宿主免疫持续时间、免疫效应强度差异的生物学和分子机制，研究病原微生物新发突变对既存抗体免疫效果的影响，发展针对宿主免疫的调控靶标和新手段。

3. 结构生物学、蛋白质组学等方向的新技术和新方法

3.1 面向超大蛋白质机器结构研究的整合性技术方法

基于冷冻电镜技术、X射线晶体学和核磁共振波谱学等结构生物学方法，并结合质谱、小角散射、超高分辨率荧光显微镜、人工智能及其他新技术，开发整合性的多尺度结构研究技术体系，用于研究重要生理病理过程中的关键蛋白质机器的高分辨率三维结构、在体结构或者动态变化等。

3.2 蛋白质组与生物大分子互作的时空分析新方法

发展细胞表面蛋白质组与外源性生物大分子动态相互作用的鉴定方法；发展细胞内蛋白质变体及复合物的动态表征技术；发展活细胞中亚细胞器定位的蛋白质相互作用规模化鉴定方法；建立蛋白质组与核酸原位相互作用位点的动态表征技术。

3.3 大队列临床蛋白质组研究关键技术

面向中国人群高发肿瘤的临床大队列样本与基于质谱的蛋白质组分析，发展快速可配置、标准化、高稳定、全面质控，智能化的样本制备流水线；发展基于深度学习的融合型质谱数据采集与分析方法，实现微量临床样品的蛋白质组深度覆盖与精准定

量，建立标准化输出格式；发展基于人工智能的多层次信息学整合分析新技术及标准；建立包含模型、标准库、 workflow、实验设计等在内的高质量蛋白质组学研究辅助知识库系统。

“生物大分子与微生物组”重点专项 2021 年度 项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：江海燕，电话：010-68104344

**“生物大分子与微生物组”重点专项 2021 年度
项目申报指南编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	贺福初	军事科学院军事医学研究院	研究员
2	许文青	上海科技大学	研究员
3	周如鸿	浙江大学	教授
4	冯 雁	上海交通大学	教授
5	周丛照	中国科学技术大学	教授
6	屈良鹄	中山大学	教授
7	朱 冰	中国科学院生物大分子卓越创新中心	研究员
8	张友明	山东大学	教授
9	王健伟	中国医学科学院	教授
10	娄智勇	清华大学	研究员

“物态调控”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“物态调控”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：在物理规范、新奇物态、调控方法、探测手段等方面取得重要创新，在拓扑超导、低维材料等前沿方向实现结构设计、材料制备、原型器件的重大突破，催生更多引领国际前沿的重大原创性成果。同时，面向国家战略需求发展基于新物态的新技术，发展新型功能器件，为推动新兴产业发展、践行自主创新奠定基础。

2021 年度指南围绕电子物态调控、拓扑物态调控、人工微结构物态调控等 3 个重点任务进行部署，拟支持 22 个项目，拟安排国拨经费概算 4.6 亿元。同时，拟支持 8 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 4000 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为5年。项目下设课题数不超过4个，每个项目参与单位总数不超过6家。项目设1名负责人，每个课题设1名负责人。

青年科学家项目支持青年科研人员承担国家科研任务，可参考重要支持方向（标*的方向）组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。项目设1名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为1986年1月1日以后出生，女性应为1983年1月1日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项2021年度项目申报指南如下。

1. 电子物态调控

1.1 高温超导材料和新超导材料*

面向高温超导机理难题，为厘清多种有序态的相互竞争关系，建立新超导材料的超高压（ $>200\text{GPa}$ ）调控和原位电阻、磁化率和比热测量系统，揭示非常规超导电性和奇异物性与其晶体结构、磁学结构和电子结构之间的关联。发展极低温和超高分辨的特色谱学测量手段，解析超导相互作用谱函数，进而确定支配超导配对的相互作用，指导开发新的高温超导体系。

1.2 强配对势超导材料及机理研究

针对强相互作用引起的高临界温度超导现象，研发常压下临

界温度超过液氮温度的新超导体系，发现强配对势超导体的共性特征，建立描述超导体从弱耦合到强耦合的统一图像，在非中心对称和强自旋轨道耦合体系中探寻超导序参量具有手性特征的新型三维超导体。

1.3 二维材料人工异质结的物态调控*

针对二维人工异质结材料中出现的独特强关联物理现象及其潜在应用，设计和制备多自由度耦合的二维材料体系及其异质结构，探寻其中丰富的二维磁性、拓扑特性、界面超导、关联电子态等新奇物态；发展电场、转角、光场等多参量调控手段，结合能量、动量、自旋和时间分辨等多维度电子能谱测量，揭示界面能带调控及耦合关联效应对新奇物态的影响机制。

1.4 凝聚态体系的激发态调控

针对凝聚态体系激发态的探测和调控问题，发展兼有高精度时间和空间分辨的凝聚态体系激发态的理论计算方法和实验探测手段，探索凝聚态体系的新奇激发态，实现对电子态和声子态的激发态调控，通过调控与声子耦合作用的电子激发态实现凝聚态体系的物态转变（如结构相变、电荷序、自旋序、超导态等）和新物性。

1.5 窄带体系的新奇物态调控和机制研究

针对窄能带体系中的丰富物态和层展现象，构筑具有新奇物性的窄能带体系，结合电场、磁场、应力、掺杂、压力等多种调控方法，获得物态转变的相图；利用先进的输运、谱学和散射技

术揭示轨道、晶格、电荷、自旋等微观自由度的演化规律，理解新型物态与新奇物性产生的微观机理，并探讨可能的应用。

1.6 量子磁体中的新物态与分数化自旋激发的发现和调控

针对阻挫导致的量子自旋液体等新颖量子相及其元激发的物态调控，提出量子自旋液体态判定的新思路；寻找基于强自旋轨道耦合的新型 Kitaev 磁性体系和新型交换阻挫自旋量子相；发展能量尺度互补谱学探测，揭示阻挫量子磁体中分数化及非常规自旋激发性质；构建量子磁体的异质结，研究非常规量子自旋激发在自旋电子学中的潜在应用。

1.7 轻元素体系中的新奇量子效应和物态调控研究

面向调控原子核量子态的需求，开发同时对电子量子态和轻原子核量子态敏感的原创实验探测技术和全量子化理论方法；发展和优化大面积轻元素原子单晶材料生长技术，通过原子精度的材料设计，并结合外场和各种极端条件，调控轻元素体系的全量子化效应；研究核量子效应和非绝热效应对轻元素体系物性的决定性影响，从全量子化角度探索调控其物性的有效途径，力争催生超越电子的全新量子物态。

1.8 低维磁性体系的自旋态调控及其应用

针对将电子自旋应用到存储与逻辑运算等基本信息操作的需求，发展低维（二维、一维、零维）磁性体系的自旋态（包括基态和激发态）的制备和高时空分辨表征方法以及自旋运输的动态空间成像表征方法，研究低维磁性体系相互作用诱导的集体行

为、磁性与非磁性界面自旋态及其对自旋注入的影响，探索自旋态与自旋运输的关联及其多场调控方法及物理机理，构筑低维磁性体系的自旋电子器件及系统集成。

2. 拓扑物态调控

2.1 无 He-3 极低温制冷机和非常规量子物态调控技术的研发和应用

针对低于 400mK 的极低温环境在物态研究中的重要地位，以及当前主流制冷机依赖匮乏资源 He-3 的现状，研制不需要 He-3、可以稳定维持极低温环境的新一代制冷机；发展不便于在传统制冷机上实现的极低温物态调控技术；研究二维体系在力学、光学和声学等调控手段下的拓扑物态，结合理论揭示新物态产生的机制，并发展制备二维材料器件的新思路和新途径。

2.2 高维度量子霍尔效应与非线性霍尔效应*

针对在三维材料体系中调控量子霍尔效应的挑战，探索实现三维和更高维量子霍尔效应，以及非线性霍尔效应的新体系（如拓扑半金属、高阶拓扑绝缘体、准晶、拓扑电路、扭角二维范德瓦尔斯材料、磁性拓扑绝缘体等）；揭示无序诱导，外力诱导，周期场驱动等新机制；研究非对易几何、多参数空间几何相位、相互作用效应、非线性磁电响应等新物理和新应用；探索非线性霍尔效应在揭示和标识量子材料新物相和对称性中的应用。

2.3 磁性拓扑物态及其物性调控研究*

针对发展具有关联效应的磁性拓扑物态的需求，将拓扑理论

拓展至磁空间群，探索磁空间群保护的新型拓扑不变量和拓扑分类，开发预测磁结构和拓扑不变量的计算工具，发现磁性高阶拓扑绝缘体、磁性外尔半金属等新材料体系；利用谱学、输运性质研究，绘制电荷和自旋动力学谱，获取准粒子激发的新量子数；利用电荷、自旋和轨道等多自由度耦合效应实现对磁性和拓扑态的有效调控。

2.4 拓扑超导物态探测及调控研究*

针对未来信息技术以及量子器件对拓扑物理的需求，寻找潜在的作为拓扑超导态载体的拓扑材料和超导材料；发展观察和测量拓扑超导物态的实验技术手段；实现拓扑超导边缘态的成像观察和对拓扑超导物态的观测和调控，发现超导磁通芯中的拓扑物态、异质结和纳米线结构中的拓扑超导态和拓扑分数约瑟夫森效应；理解拓扑超导现象的内在机制，发展预言和设计拓扑超导物态的理论。

3. 人工微结构物态调控

3.1 光子人工带隙材料的物态调控与器件研制

针对高性能关键器件的需求，揭示非厄密和拓扑等效应对光子带隙材料能带及光子态的调控规律，发现的新现象和效应；发展非厄密、拓扑和多层次嵌套等新型光子结构的设计、制备和表征技术；研制突破瓶颈的两类新型器件：带宽 $>10:1$ 且剖面高度 $<1/6$ 低频波长的剖面超宽带辐射器件，单一工作频率(0.5~5MHz)且发射/接收端面积比 $>10:1$ 的近场无线传能系统。

3.2 激子极化激元多场调控及应用

发展新型微腔光子与低维半导体激子强耦合，揭示激子极化激元产生与调控的新机制，实现单激子与光学微腔强耦合拉比劈裂超过 $500\mu\text{eV}$ ，与表面等离激元纳腔超过 125meV ；建立激子极化激元调控与探测的新原理、新技术，制备新原型器件，实现单光子水平的非线性效应，以及片上单光子开关与逻辑门，实现超低阈值甚至无阈值的激子极化激元激射。

3.3 自旋物态调控及其原型器件*

针对未来信息应用需求的爆发式增长，变革自旋物态调控的方法和手段，探索以自旋为信息载体的新原理信息器件。研究自旋物态在电、光、磁等多手段调控下的新现象，特别是探索垂直磁性材料中自旋物态的全电学调控新方法，并阐述内在的物理机制；实现低维半导体中的高效自旋注入、输运和探测（自旋注入效率 $>60\%$ ）；研究铁磁/半导体异质结中光与物质的相互作用以及自旋极化光电子的集体行为；设计并研制新型低维磁性/半导体（超导）等异质结构，探索相关物理机理和器件新效应（磁电阻效应 $>200\%$ ）。

3.4 微波腔强耦合体系的物态调控*

开展微波腔与人工原子和固体元激发强耦合体系的物态调控研究，实现微波腔与超导人工原子的深强耦合，发现反旋波相互作用导致的新效应和现象，发展基于宇称对称破缺的探测深强耦合系统量子真空的方法；实现可调控的非厄密物理系统，揭示其对微波强隐身的新机理；实现高性能的表面等离激元与腔的强

耦合，探寻在单光子或少光子条件下的表面等离子激元调控。

3.5 基于固态微腔光电子芯片

针对多功能高性能固态微腔光电子芯片需求，探索片上多微腔集成的原理和技术；自主研发针对量子光源优化的生长技术，实现量子点精细结构劈裂 $<5\mu\text{eV}$ ，线宽 $<95\%$ 傅里叶变换极限且效率 $>90\%$ 片上量子光源；实现与硅基光电子器件集成的固态量子芯片，构建基于纳腔的室温量子强耦合系统和室温量子逻辑门器件，并演示片上高灵敏量子探测。

3.6 低维超冷原子气体的物态、表征与输运特性研究*

针对低维超冷原子物态制备和表征中的关键科学问题，通过引入新型盒子势，无序势、人工规范势和相互作用等精确调控手段，实现均匀量子气体、摩尔晶格中的超流、量子磁性以及液滴态等；发展时间分辨率为微秒的相互作用调控以及空间分辨率为单格点的自旋、密度、相位调控和测量技术，高精度表征低维体系的相变、演化、输运和耗散性质。

3.7 超冷原子气体的多体关联物态与动力学调控*

针对超冷原子气体中的新型多体关联物态的调控和非平衡态动力学的表征，发展新型光晶格中自旋和高轨道自由度的精确调控技术，实现自旋和高轨道系统关联和多体激发态拓扑相；实现自旋—轨道角动量耦合，揭示非平衡态动力学中标度不变和对称性破缺等具有普适性的物态性质；探索非平衡体系动力学行为的普适性规律、拓扑和动力学物相；建立表征动力学相的新的基

本概念和普适理论。

3.8 基于冷里德堡原子的新奇物态调控*

针对里德堡态原子集合物态特性及在复杂系统演化中的应用问题，利用数目可控、外场相干操控、长相干时间、强相互作用的单原子阵列和冷原子气体，实现里德堡极化子、里德堡超原子、里德堡原子多体激发态和拓扑态等新奇物态；研究物态的外场调控和物态之间的相变规律；探索新物态在复杂系统稳态结构与相干控制演化、能量相干传输、电磁场灵敏测量等方面的应用。

3.9 面向下一代通信技术的人工微结构物态调控及智能器件*

针对下一代通信技术在大视场、高精度、小型化天线技术方面的需求，突破传统材料性能和器件架构限制，探索多原子体系与新奇分子物态、多场耦合的人工带隙结构、半导体人工微结构材料及其物态调控技术，发展集纳米光源、信息编码、智能检测、逻辑计算于一体小型化器件，为下一代超高带宽、超低能耗通信技术提供关键器件支撑。

3.10 超低温离子晶体物态高精度测量与调控及应用*

针对精密物理测量与高精度时频应用中超低温离子晶体物态调控问题，发展高精度谱学测量方法，开展相变和动力学研究。基于深度冷却的离子体系，实现高精度时间频率标准及其远距离比对并探索在航天测控中的应用；基于协同冷却的分子离子体系，实现高精度光谱测量并结合理论计算获得亚 ppb 精度的质子—电子质量比。

“物态调控”重点专项 2021 年度项目 申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：朱庆平，电话：010-68104460

**“物态调控”重点专项 2021 年度
项目申报指南编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	李树深	中科院	研究员
2	谢心澄	北京大学	教授
3	段文晖	清华大学	教授
4	龚新高	复旦大学	教授
5	陆 卫	中科院上海技术物理研究所	研究员
6	王玉鹏	中科院物理研究所	研究员
7	许京军	南开大学	教授
8	詹明生	中科院精密测量科学与技术创新研究院	研究员
9	马琰铭	吉林大学	教授
10	封东来	中国科学技术大学	教授
11	王慧田	南京大学	教授
12	许祝安	浙江大学	教授
13	易 俗	中科院理论物理研究所	研究员

“催化科学”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“催化科学”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：阐明催化反应过程中化学键的活化、定向构建规律和机理，发展相关理论；研制一系列高效催化剂和相关的精准催化过程，实现精细化学品和功能材料生产的技术突破；创新可再生能源催化理论和过程。通过系统任务部署，推动我国催化科学快速发展，在若干重要方向实现引领；促进高效清洁催化技术转移转化，为我国经济社会绿色和可持续发展提供科技支撑。

2021 年度指南围绕催化基础与前沿交叉、催化剂创制、催化原位动态表征与模拟、可再生能源转换的催化科学、化石资源转化的催化科学、环境友好与碳循环的催化科学等 6 个重点任务进行部署，拟支持 19 个项目，拟安排国拨经费概算 4.5 亿元。同时，拟支持 10 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 5000 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指

南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

指南方向 7 是青年科学家项目，支持青年科研人员承担国家科研任务，也可参考重要支持方向（标*的方向）组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 催化基础与前沿交叉

1.1 纳米及团簇结构的表界面催化研究

面向能源小分子的精准催化转化，研究氧化物及相关纳米催化剂中缺陷调控规律和催化作用原理。认识界面催化体系中的限域催化和协同催化等效应的化学本质，阐明活性位点在反应中的动态稳定机制；揭示活性位点上 C-O 和 C-H 等化学键活化以及中

中间体形成和转化的热力学和动力学规律，力争形成化学键精准构建的催化新概念和新理论。

1.2 惰性有机分子高效催化转化研究*

针对惰性有机分子如 sp^3 杂化烷烃分子、 sp^2 杂化芳香烃分子高效活化的关键科学问题，研制高活性和高选择性的催化剂，发展新型高效过渡金属催化、电催化等催化转化过程。深入认识 C-H 键活化、物种插入、化学键选择性断裂与重组等过程的机制，揭示惰性有机分子催化转化的反应机理，实现功能分子的高效构建，将低利用价值惰性有机分子转化为高利用价值有机分子。

1.3 催化加氢和元素化反应研究*

发展新型高活性稀土金属及丰产金属催化体系，通过对配体、金属价态及自旋态的调控，发现新的活化模式，揭示催化剂构效关系，精准调控催化活性及选择性，发展不饱和化合物的高效催化加氢及元素化反应（如硅氢化、硼氢化、磷氢化等），实现手性功能分子精准合成和稀土等战略元素资源化利用。

2. 催化剂创制

2.1 氧化铝等多孔催化材料创制

针对高端氧化铝等多孔催化材料制备科学中的核心问题，发展多孔材料的体相结构（晶型）、表面化学（配位、缺陷）和物理结构（孔结构）的多尺度精准调控方法，形成高端多孔催化材料的制备和成型新技术；针对烷烃脱氢、催化重整等几类关键石油化工催化剂，揭示金属活性组分在氧化铝等多孔载体表面的赋存

形式及工况条件下动态演化规律；形成具有自主知识产权的高端氧化铝等多孔催化材料核心工业化技术，满足移动床应用的高强度（>40N）、低堆比（<0.70g/ml）、孔体积极高（>0.65ml/g）、粒度分布均匀（1.5~1.8mm，>98.0%）等要求。

2.2 基于晶态孔材料的仿酶催化体系研究

多相催化反应空间的微环境对催化性能具有重要的影响。突破传统多相催化剂的结构与反应机制，基于晶态孔材料探索具有仿酶结构与功能的多相催化剂的精准合成与调控，发展新型催化剂骨架结构，探索控制孔内微观结构实现高效多相催化剂的精准合成与调控；在限域的微反应空腔内构建多级次活性位点，实现温和条件下高效催化转化甲烷、二氧化碳等小分子以及生物质分子。

2.3 面向重要催化过程的单原子催化剂创制

发展单原子催化剂的制备与稳定方法，在原子尺度上实现单原子催化剂的组成和结构调控，最大限度地提高催化剂的催化效率，促进单原子催化剂在不同催化反应的应用。探索活性位点的局域结构在反应中的动态变化规律，阐明活性位点距离效应；面向重要的催化过程实现高活性、高选择性、高稳定性的单原子催化剂宏量制备，贵金属原子利用率大于90%。

3. 催化原位动态表征与模拟

3.1 原位动态表征技术及催化机理研究*

利用大科学装置等先进的表征手段，聚焦重要催化反应实现

高时空分辨和高灵敏探测。发展催化反应的原位和在线表征技术，揭示催化反应活性中心等在时空和能量匹配的物理化学机制；发展多组分稳态同位素瞬变动力学分析及与理论计算耦合新技术，量化催化剂动态结构与原位动力学信息之间的内在联系，建立能定量描述催化剂结构动态变化的动力学模型。

3.2 计算和数据驱动的催化剂理性设计新方法研究

超越传统的试错开发模式，结合第一性原理计算与人工智能技术，开展计算和数据驱动的催化模拟、催化剂理性设计和催化理论探索研究。基于第一性原理计算，发展多相催化反应网络的自动化构建程序，实现催化体系构效关系的自动化筛选或设计；基于数据训练开发催化描述符提取算法，发展针对目标逆向预测反应路径的机器学习方案，形成自动化催化剂设计软件，逐步引导实验研究摆脱试错模式。另外，基于概率相关性从海量数据中推导结构、谱学表征、电子态、催化性能之间的数学关系，力争产生原创性的催化新概念和理论。

4. 可再生能源转换的催化科学

4.1 可规模化太阳能光催化分解水制氢研究*

聚焦太阳能光催化分解水制氢中的关键科学难题与技术挑战，以光催化完全分解水制氢为目标，发展半导体光催化材料体内建电场的构建策略及光生电荷分离研究方法，发展微纳尺度上集成光催化剂体系的构筑思路与方法，实现高效稳定的光催化分解水制氢过程，太阳能制氢效率超过2%，并探索规模化太阳

能分解水制氢的可行性策略。

4.2 固体电解质器件电解水制氢研究*

聚焦固体电解质电化学器件电解水制氢中的关键科学难题与技术挑战，研制与固体电解质匹配的高活性、高稳定性电催化析氢及析氧催化材料，发展高效稳定电催化三相反应界面的气体扩散电极及膜电极制备技术，发展气体扩散电极/固体电解质电催化界面微观结构和动态演化的高分辨原位表征技术，发展高强度、耐腐蚀的双极板/集流体制备加工工艺，装配高性能固体电解质电化学器件与系统，实现大电流密度 ($\geq 1\text{A}/\text{cm}^2$) 电解水制氢过程。电极中贵金属用量不高于 $1\text{mg}/\text{cm}^2$ ，能耗不高于 $4.2\text{kWh}/\text{Nm}^3(\text{H}_2)$ ，电堆功率在 10Kw 级别。

4.3 原子结构精确的新一代低铂燃料电池催化剂研究

面向电催化剂中贵金属的高效利用和替代，发展高效亚纳米和原子尺度低铂催化剂创制的新方法，研发面向高/低温燃料电池膜电极所用的低铂氧还原催化剂；建立催化剂表面原子的电子结构与催化活性的构效规律，阐述在实际工况下催化活性和稳定性的机制；研制出低成本、兼具高活性和长循环的燃料电池氧还原催化剂，实现催化剂百克级制备。开发高性能低铂膜电极，膜电极中阴极铂负载量 $0.10\text{mg}/\text{cm}^2$ ，氧还原活性高于 $0.44\text{A}/\text{mgPt}@0.9\text{V}_{\text{IR-free}}$ ；膜电极在氢空 1.5bar 背压下的最大功率密度超过 $1.0\text{W}/\text{cm}^2$ ；经过 $0.6\text{V}\sim 0.95\text{V}$ 加速稳定性扫描 30000 圈后，其活性衰减不超过 30% ；膜电极运行 1000h 以上。

4.4 甲醇和含能分子现场催化制氢研究*

聚焦甲醇等含能分子制氢中的关键科学问题，发展高效稳定的稀土促进型制氢催化剂的精准制备方法，充分降低制氢反应的温度，提高产氢效率，产氢选择性达到>99%，深入理解制氢催化剂的构效关系及稀土元素的促进作用机制。

5. 化石资源转化的催化科学

5.1 基于分子炼油的关键催化材料及催化过程研究

基于原油的分子组成精准分析，以石油炼制产品碳氢分布最优调控为目标，发展石油精准炼制催化新材料和新技术。研究催化剂酸中心调控及多功能催化协同、孔道修饰及多级孔构建等机制，发展烃裂解深度可控的催化新材料、稠环芳烃可控加氢开环的重油加氢裂化催化材料；研究烃催化转化过程中反应分区调控机制，开发重质油高效转化、油品升级及多产基本有机化学品的工业催化新技术，目标产品收率较当前最高水平提升 15%以上。

5.2 烃类高效脱氢催化剂设计及新工艺研究

针对烷烃高效脱氢过程中的高温能耗大、低温效率和选择性差的问题，研究碳氢键活化机制，探索非铬金属氧化物等新催化体系，发展新型绿色高效低碳烷烃的脱氢催化材料及工艺，实现催化性能接近当前工业铬系或铂系催化剂水平；发展基于化学链循环的低碳烷烃脱氢制烯烃催化体系，解决载氧体稳定性和化学链流程技术等难题，实现丙烷脱氢制丙烯收率不低于 30%、选择性不低于 90%。

5.3 烯烃环氧化催化新材料及过程研究

以烯烃绿色环氧化为目标，研究分子氧活化、烃的选择氧化机制，创新分子氧活化—环氧化过程耦合概念，研制烯烃环氧化催化新材料及新过程。开发以有机过氧化物为氧化剂的丙烯环氧化新过程，有机过氧化物转化率和环氧丙烷选择性均达99%以上；创制多功能催化材料复合体系，实现丙烯—氧气/氢气直接选择氧化制环氧丙烷高效催化体系；发展具有高选择性的氯丙烯等双氧水环氧化高效催化材料，双氧水转化率 $\geq 99\%$ 、双氧水环氧化选择性 $\geq 99\%$ ，氯丙烯利用率 $\geq 97\%$ 。

6. 环境友好与碳循环的催化科学

6.1 CO₂电解制液体燃料与化学品研究*

针对CO₂电催化还原产物选择性、生成速率、能量效率与稳定性不足的挑战，发展高效CO₂电还原催化材料和基于膜电极的CO₂电解器件系统集成技术，提高乙烯、乙醇等产物选择性，使得C₂₊产物选择性 $>80\%$ ，探索气体扩散电极内部传质规律以提高其结构稳定性，开展电解器件内部物料传输、反应压力与水热管理研究，实现在大电流密度下（ $\geq 500 \text{ mA/cm}^2$ ）CO₂电解系统高效稳定运行100h以上。

6.2 基于超分子调控的高分子聚合催化研究*

发展分子催化与超分子催化的集成技术，构建新型超分子单体、超分子引发剂、超分子催化剂以及超分子调控试剂等。开拓超分子催化剂辅助的可控/活性聚合新方法，实现对分子量、序列、

构型可控的精密功能高分子的制备，解决传统聚合方法环境欠友好的相关难题。

6.3 可循环高分子合成与废弃塑料回收催化体系的研究*

针对聚烯烃和聚酯等重要高分子材料，发展催化聚合和废弃塑料降解回收的新催化体系、新策略、新理念和新方法，促进结构可控聚烯烃和聚酯等聚合物的创制以及相应废弃塑料的转化利用，实现高分子化学理论的新突破；发展新型聚合反应与过程，创制新型聚烯烃和聚酯等可循环高分子材料，实现可再生单体的精准聚合和单体高效回收，通过高分子物理和加工应用研究，实现创制、应用和循环回收。

6.4 氯乙烯合成绿色无汞催化剂研究

开发乙炔氢氯化反应合成氯乙烯的无汞催化剂。提高无汞催化剂的活性、选择性、长周期稳定性。阐明催化剂详细反应路径和失活机理，并提出可行的催化剂再生和循环使用方案。开辟PVC无汞生产新途径，催化剂要满足工业使用的技术可行性和经济可行性，生产过程低成本、绿色环保、可再生。实现乙炔空速 $30\sim 40\text{ h}^{-1}$ ，乙炔转化率大于98%、氯乙烯选择性大于99.5%，寿命大于3000小时，催化剂单耗不大于150元/吨PVC。

7. 青年科学家项目

7.1 水和生物质光、电重整制备高附加值化学品、燃料和氢气

探索面向光、电催化制氢技术的新型阳极替代反应，创制生物质等可再生碳基资源分子转化的新催化剂和新反应过程，揭示

C-C 和 C-H 等化学键选择性活化的规律，实现水和生物质等可再生碳基资源分子光、电重整制备高值化学品、燃料和氢气。

7.2 高温电催化体系探索

基于高温下反应分子易活化、电化学超电势低与反应速率快的优势，探索气/固界面上水、二氧化碳或甲烷等小分子转化的高温电催化体系；组装高温电化学器件，解析电极基元反应过程，阐明高温电催化反应机理。

7.3 酶—金属协同催化体系研究

针对化学工业对催化剂在温和条件下兼具高效率和高选择性的需求，利用酶—金属协同催化实现单一酶催化或者金属催化难以驱动的重要反应，突破酶催化剂改造的生物学方法，探索面向高效不对称合成的酶—金属协同催化新理论和新机制。

7.4 碱性膜燃料电池催化剂研究

发展应用于碱性膜燃料电池的低铂或非铂催化剂，揭示碱性条件下电解质及催化剂结构对氢气/氧气活化的敏感性等催化机理，获得描述材料结构与电催化性能之间的构效关系，实现在低贵金属或无贵金属催化剂情况下的氢氧高效催化反应，为降低碱性氢气/氧气燃料电池成本提供新思路和新策略。

7.5 海水制氢催化研究

发展高效和高稳定性的直接海水制氢技术，重点进行高选择性催化材料的合理设计与制备，抑制卤素阴离子及其他无机离子的竞争反应，实现产氢和抑氯的高选择性催化转化。研究和揭示

催化剂的产氢和抑氯机理和催化剂稳定性增强机制，实现海水高效稳定制取氢燃料（过电位 $<200\text{mV}$ ，电流 $>1\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ ）。在工业电解电流情况下，电解综合能耗不高于 $4.4\text{kWh}/\text{Nm}^3(\text{H}_2)$ ，连续运转 2000 小时，性能衰减小于 5%。

7.6 电催化高效合成氨探索

针对传统合成氨高能耗的问题，开发系列单原子、团簇、纳米等多尺度催化剂，探索高效电催化活化氮气制氨，并揭示电催化活化氮气过程的反应机理。

7.7 机械催化新概念和新方法探索

探索机械作用引起的介质极化导致的新颖催化理论和应用、研究相关过程中液体—固体界面电子转移和能量传递的规律，及物理化学本质，实现能源转化和环境保护相关重要过程的高效催化反应。

“催化科学”重点专项 2021 年度项目 申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：李丹，电话：010-68104776

**“催化科学”重点专项 2021 年度
项目申报指南编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	包信和	中国科学技术大学	教授
2	张希	吉林大学	教授
3	丁奎岭	上海交通大学	教授
4	赵东元	复旦大学	教授
5	韩布兴	中科院化学研究所	研究员
6	李灿	中科院大连化物所	研究员
7	严纯华	兰州大学	教授
8	谢在库	中国石化科技委	教授级高级工程师
9	唐勇	中科院上海有机化学研究所	研究员
10	巩金龙	天津大学	教授
11	李隽	清华大学	教授
12	游劲松	四川大学	教授
13	曹荣	中科院福建物质结构研究所	研究员

“工程科学与综合交叉”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“工程科学与综合交叉”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：着眼强调前瞻性、原创性，在关系国家未来竞争力和长远发展的基础前沿领域，开展综合交叉的科学问题研究。把握科技发展前沿和产业发展趋势，在空间、制造、信息、能源、海洋、医工、交通、材料等领域，开展前瞻性、原创性交叉研究；综合运用基础科学、技术科学和社会科学的工具和成果，凝练并解决重大工程应用领域中的共性和基础科学问题，带动相关领域持续发展。

2021 年度指南围绕极端制造领域、可再生能源领域、交通工程领域、海洋领域、医工领域等 5 个重点领域进行部署，拟支持 20 个项目，拟安排国拨经费概算 3.475 亿元。同时，拟支持 15 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 5250 万元，每个项目 350 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的指南方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技

术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

指南方向 6 是青年科学家项目，支持青年科研人员承担国家科研任务，也可参考指南方向 1~5 中标*的方向组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 极端制造领域

1.1 三维纳米结构激光快速加工原理与方法研究*

阐明激光作用下材料的能量吸收、等离子体演化及表面微纳结构演变规律，研究大尺寸加工过程中光束畸变与扫描位置的关系、光束稳定性与设备振动响应特性的关系，研究高通量光束并行调控关键方法，实现跨尺度材料微结构的高效高精度制造。高均匀、无拼接的玻璃板加工尺寸大于 1m^2 ，含 10^8 个 $30\sim 150\mu\text{m}$ 直

径可控微孔结构，位置精度 $<2\mu\text{m}$ ，尺寸误差 $<2\mu\text{m}$ ，加工时间小于 10 分钟，可见光波段透明度不低于 40%。突破光学衍射极限，实现精度达 50nm 以下，尺寸 1cm 的高分子材料的超分辨三维纳米打印。

1.2 超大尺寸复材机翼整体壁板高性能精确成型方法研究*

研究超大空间内纤维自动化精准铺放与预浸料形性合理调控技术，建立预浸料性能时变演化精准预测模型，研究复合材料固化成型缺陷与变形的形成机制，建立成型缺陷与变形的多级热能场调控方法，形成超大尺寸复合材料机翼整体壁板热压罐成型工艺优化平台。形成工艺优化专用平台软件 1 套，完成 20m 复合材料机翼整体壁板的热压罐固化成型，成型后壁板在间距每 250mm 的距离上施加 50N 力轻压下，贴模间隙 $\leq 0.2\text{mm}$ ，内部孔隙率小于 1.5%，在同等结构重量条件下，复合材料试件设计许用值提高 10%，寿命提高 10%，复合材料试件修理后，在结构增重不大于 10%前提下强度恢复至原有设计水平，寿命恢复至原有设计载荷值。

1.3 高品质超大深径比加工原理与方法研究*

研究激光与管电极电解同步复合加工技术，探索基于固体边界全光导约束的激光与电化学能量场可控耦合机制，探索激光与管电极电解同步复合高效去除材料机理及加工间隙演化规律，解决轻质合金、高温单晶材料等难加工材料大深度小孔的高效精密制造难题。研发出深小孔五轴加工系统，可加工工件尺寸不小于

300mm; 加工轻质合金、高温单晶材料等难加工材料, 小孔直径 0.5~1.5mm, 深径比 $\geq 50: 1$, 孔壁表面再铸层 $\leq 0.8\mu\text{m}$ 、孔壁粗糙度 $R_a \leq 5\mu\text{m}$, 且加工过程中工具电极的进给速率 $\geq 5\text{mm}/\text{min}$, 工具电极无损耗。

1.4 轻量化可重构月面建造方法研究*

研制轻量化、大成型空间、可重构月球建筑大型驱动打印系统, 建立冗余自由度未知参数下大型机器人驱动、辨识与动力学模型, 研究不规整地形的打印轨迹规划方法, 研究月球建筑打印实时调控方法, 突破月球模拟环境下的三维大尺度打印。研制出大型驱动打印系统 (大型驱动机构总质量 $\leq 200\text{kg}$, 成型空间 $\geq 5\text{m}\times 5\text{m}\times 5\text{m}$), 搭建出低重力、高低温、强辐射、真空月球模拟环境, 完成月球模拟环境下凸凹地形上自适应打印试验, 打印出月球建筑样件 (建筑样件尺寸 $\geq 3\text{m}\times 3\text{m}\times 3\text{m}$)。

2. 可再生能源领域

2.1 高通量聚光太阳能热化学转化储能理论与方法

面向大规模太阳能高效热化学转化过程, 研究高通量聚光太阳能集热结构、太阳能高效热化学储能载体、及热化学转化高温反应器的理论与方法。研究高通量聚光太阳能在高温储能反应载体表面的光热转化、热力耦合、光热力协同作用的机制及材料晶体调控; 研究太阳能热化学储能载体的配制遴选方法及热化学反应热力学模型与动力学机理; 建立太阳能热化学反应单元性能调控的理论与方法; 研究太阳能聚光集热与化学储能相结合的一

体化太阳能高效热化学储能装置。聚光器热功率 $\geq 10\text{kW}$ ，太阳能热化学储能效率 $\geq 60\%$ ，储能材料循环利用次数 ≥ 2000 后性能下降不超过 30%，反应温度 $\geq 700^\circ\text{C}$ ，反应转化率 $\geq 80\%$ ，储能密度 $\geq 1000\text{kJ/kg}$ 。

2.2 基于钙钛矿太阳能电池的高效光伏电解水制氢理论与方法*

探索新型高效低成本光伏电解水制氢系统构建理论，研究用于光解水制氢的高效低成本钙钛矿太阳能电池、电催化剂的设计及其制备理论，研究膜电极界面流动与电化学反应的协同强化机制与方法，开发具有高效气、水、电、热传输与高耐压及抗腐蚀的电解池流场及集电器结构，提出电解系统与光伏电池板电流电压匹配与电池最优工作点自动调控机制，研究电解水制氢系统的气、水、电、热的综合管理及智能化控制模型。开发钙钛矿太阳能电池和电催化剂耦合的高效太阳能光解水制氢器件（活性面积 $\geq 1\text{cm}^2$ ），太阳能制氢能量转化效率 $\geq 15\%$ ，稳定性 $\geq 3000\text{h}$ （效率衰减 $\leq 10\%$ ），并构筑大面积光伏电解水制氢验证系统（太阳能制氢能量转化效率 $\geq 12\%$ ，系统面积 $\geq 1\text{m}^2$ ）。

2.3 固态电解质及固态电能源存储器件基础研究*

针对固态电解质能量存储器件发展瓶颈，研究固态电解质及界面反应设计、理论与高通量计算；界面电催化能源转化反应新机制和新技术；可控阴离子催化氧化还原分解的反应动力学；基于新型固态电解质电能源存储器件的结构设计，优化及性能演变

规律等，发展新一代固态二次电池。固态电解质工作温度 $-20\sim+80^{\circ}\text{C}$ ，电导率 $\geq 1\times 10^{-3}\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ；固态电池容量 $\geq 20\text{Ah}$ ，室温能量密度 $\geq 400\text{Wh/kg}$ （1C，室温），寿命 ≥ 1000 次。

2.4 可再生能源耦合互补转化理论与方法*

针对可再生能源能量密度低、波动性造成低能效、高成本等关键技术瓶颈，侧重从可再生能源转换源头，研究化石能源与可再生能源等多种能源互补有序转化与耦合机理与方法，提出多能源互补的光化学/热化学等耦合制氢与碳氢燃料方法，并完成验证，能耗降低10%以上，提出可再生能源转化为高密度能源的转化储能协同方法，建立多能源耦合互补系统设计理论与优化方法，建立多能源有序转化与储能协同实证平台，与单独能源转化方式相比，能源综合利用效率提升10%。

3. 交通工程领域

3.1 重大交通工程混凝土高性能制备与应用基础*

针对重大交通工程面临混凝土脆性大，以及特殊环境耐久性差的难题，探究混凝土材料脆性本质和增韧机理，改良水泥水化产物，调控微结构；研究高原等特殊环境混凝土损伤失效机理与耐久性设计理论，开发新型智能防护与修复材料；研究高性能混凝土3D打印及其装配化与高效智能建造原理。揭示混凝土微结构与韧性关系，提出增韧理论和方法，混凝土韧性提升30%以上。提出特殊环境下混凝土耐久性设计理论与方法，服役寿命提升1倍以上。

3.2 桥梁智能建造理论与方法*

研究桥梁结构多目标智能优化理论，研究结构智能建模与分析方法以及桥梁智能深化设计算法。针对桥梁建造场景，研究点云、全景照片、视频、BIM 等数据的高效融合算法。研究桥梁智能制造机器人的目标识别、距离测量、路径规划、自动控制理论与方法。研究桥梁构部件的智能数字化检测和预拼装算法，研究桥梁的智能化工程进度统计方法。针对桥梁建造全过程，提出多目标智能整数优化理论与算法，开发出智能正向建模与分析方法；探明深化设计中的多智能体协同工作机理，提出多任务智能深化方法；提出多源异构数据高效融合算法；提出目标识别与逆向建模算法；提出桥梁智能制造机器人的控制理论与算法；提出桥梁智能化尺寸检测、预拼装与进度统计算法。

3.3 交通基础设施结构智能诊治基础科学问题*

面向桥梁、隧道、综合交通枢纽、港口码头等交通基础设施，研究结构性能指标智能传感技术的原理和方法；研究结构的智能无损检测方法；研究基于图像识别、大数据和深度学习的结构智能监测、评估与预警理论；研究基于高性能材料的结构性能提升理论和方法；研究结构全寿命周期性能的智能感知、演化规律和评估理论。研发高精度、长寿命和适用于复杂环境的智能传感装置；建立结构的智能无损检测方法；提出多源异构数据的挖掘、清洗、融合和集成的监测数据智能感知算法；提出考虑时变效应和结构性能提升后的分析与评估方法；建立结构全生命周期性能

演变分析方法。

3.4 重载铁路线路智能运维基础科学问题*

面向我国现代化重载铁路运输体系建设与交通强国战略实施需求，探明重载铁路车辆与轨道的动态相互作用机制，揭示我国重载铁路线路服役性能演化规律，建立基于车载监测数据和车线耦合作用模型驱动的重载铁路线路服役状态辨识与智能感知方法，变革传统铁路线路养护维修模式，发展重载铁路线路结构智能运维策略，形成具有自主知识产权的重载铁路线路服役状态监测与智能养护维修技术（标准）体系，实现重载铁路线路智能运维。在国内典型重载铁路上实现线路智能运维方法验证。

4. 海洋领域

4.1 关键海区地声特征及其与水声作用机制

聚焦水下目标探测中地声环境对水声传播的影响，开展海底地声与水声工程交叉融合研究；研究海底底质信息获取方法，探明关键海区海底地声环境特征，建立区域底质声学特征数据库；开展地声参数、水声信号的联合观测方法研究和观测系统构建，并进行示范验证。揭示关键海区地声特征对水声传播的作用机理，建立关键海区地声参数-水声耦合模型；实现地声、水声信息的高时空分辨率联合观测。

4.2 南海典型生态系统生物多样性资源保护原理

围绕我国南海岛礁生态修复与生物资源保护及其可持续利用的国家重大战略需求，聚焦珊瑚礁生物多样性形成与演化机理

问题，开展人类活动胁迫下南海典型海洋生态系统中的生物物种及组学多样性研究，揭示生物多样性格局形成与维持机制，实施关键物种的生态功能和适应进化研究，阐明物种共生、演化与濒危机理，形成评估、监测与预警方法与规程 2~3 套，创建南海海洋物种和组学多样性资源库和数据平台，建立南海海洋生物多样性保护工程的理论框架。

4.3 海底热液成矿元素迁移转化的地生耦合机制

围绕大洋中脊多金属硫化物资源勘探预测和成矿过程中生物与矿物相互作用这一交叉科学问题，开展海底热液系统中微生物介导的成矿元素地球化学过程研究和海底原位生化耦合观测实验，实现时间序列采样和微生物原位富集培养，揭示微生物对洋壳和硫化物矿物的调控作用，识别海底典型热液区浅层流体运移通道，揭示热液区表层与深部成矿元素迁移、转化过程和环境效应，探讨海底热液循环过程中岩石矿物与微生物相互作用的耦合机制，建立海底热液系统成矿元素迁移转化的地质—微生物耦合模型。

4.4 南极罗斯海底层水的源区观察和变异机理

围绕极地海洋深层循环及其效应问题，支撑极地海洋保护区制度建设需求，开展罗斯海南极底层水（AABW）源区的综合观测和耦合模拟研究，揭示 AABW 的生成及其跨陆架/陆坡下沉的动力机制，阐明大气、海洋、海冰和冰架过程对 AABW 产量和性质变异的影响，建立一套 AABW 源区的新型观测系统，发展

高分辨率的海—冰—气区域耦合模式，使南极底层水通量的模拟精度提高 15%，气候模式在南大洋的系统性偏差降低 10%，评价 AABW 在储碳增汇中的作用和效应。

5. 医工领域

5.1 实时原位超分辨光学成像关键问题研究

研究活体大深度高时空分辨光学成像技术及高灵敏度基因编码探针，发展可快速识别生物微观结构并获取多维光学信息的成像手段，建立具有分子选择性的快速无标记光学成像方法，研发基于人工智能和机器学习的多维光学信息融合算法，实现活体光学成像在时空分辨率、信息维度以及成像速度等方面的突破。原位大深度成像（1~8mm），空间分辨率最高达到 1 μ m，且成像速度不低于 10 帧/秒；原位超分辨成像空间分辨率最高达到 100nm（有荧光标记）；实现不少于 6 个信息维度的同时信息获取；研发不少于 3 个基因编码探针（动态范围不小于 8 倍）；无标记活体光学成像的空间分辨率达到 110 nm（无标记），速度不低于 20 帧/秒。

5.2 重大心脏病心肌纤维化演变规律与精准诊断方法研究

研发多尺度、多模态、基于分子—病理—影像的心肌纤维化诊断体系，提高医学成像精度、缩短成像时间、丰富评价指标，对各类心脏病患者的心肌纤维化发生与演变进行识别及预后评价；明确心肌纤维化各演进阶段的分子生物学—影像学表征相关性，从微观到宏观、为精准诊断以及监测疾病演变提供多尺度无

创性影像学方法。构建用于心肌纤维化分子机制研究的探针，实现不少于两种早期诊断或监测的分子学新方法；研发不少于3种用于心肌纤维化的心肌组织学定量成像方法及相关硬件设备；构建不少于2种心肌纤维化评价的新影像学指标和相应诊断标准；建立心脏多模态影像数据库，包含冠心病和至少5种心肌病，每种不少于500例；建立2种心脏疾病的风险预测模型，准确性 $\geq 90\%$ ；明确与抗心肌纤维化药物干预疗效相关的关键影像指标。

5.3 基于学习模型的超高场磁共振成像关键问题研究

针对全身超高场 ($>4T$) 磁共振成像中扫描时间长、射频激发不均匀，及 SAR 值预测不准确等瓶颈难题，开展基于学习模型的超高场磁共振成像关键研究，阐明基于学习模型的多信号反问题理论，建立超高场下多对比度快速成像方法，形成超高场射频激发策略和 SAR 值准确预测方法，最终和超高场人体磁共振成像系统集成并实现全身多部位应用。和全采样相比多对比快速成像加速倍数不少于8倍；实现8通道并行射频激发且总激发功率 $\geq 64kW$ ；满足 SAR 约束情况下感兴趣区内均匀性不低于60%；脑弥散成像分辨率0.6mm 各向同性；三维快速头颈联合血管壁成像分辨率0.5mm 各向同性，扫描时间小于4分钟；实现腹部动态成像单层时间分辨率小于1.5秒，实现不少于2种多核代谢成像应用。

5.4 面向运动和感觉功能障碍的神经肌肉接口及功能康复的重大基础问题研究

阐明神经肌肉组织电生理与血液微循环（血流/血氧）的耦合

工作机制，建立外周神经肌肉的光声电多模生理信息传感及高分辨同步实时检测方法，解析神经肌肉损伤后躯体运动与感觉功能障碍的生理变异，研制运动和感觉功能康复系统，外周神经超声刺激，实现康复效果的生理和功能评估。柔性电极阵列 ≥ 64 通道、空间分辨率 $\geq 2\text{mm}$ 、均向拉伸 $\geq 100\%$ 、共模抑制比 $\geq 100\text{dB}$ ；血流/血氧信号测量深度 $\geq 2\text{cm}$ ；声学刺激与检测频率不低于 10MHz ；空间分辨率 $\geq 1\text{cm}$ ；能完成不少于 3 种运动和感觉功能障碍患者的神经肌肉功能分析及康复评估。

6. 青年科学家项目

6.1 海洋领域青年科学家项目

围绕水合物上覆沉积—水环境多界面甲烷转化过程与固碳机制、深海冷水珊瑚生态系统物质能量循环、海洋生物资源高效且高值化利用、海底灾害动力过程与新型探测原理等领域的基础和交叉问题，支持青年科学家开展研究。

6.2 医工领域青年科学家项目

围绕医学信息、生物电子、医疗机器人、生物力学和医学成像相关领域的基础和交叉问题，支持青年科学家开展研究。

“工程科学与综合交叉”重点专项 2021 年度 项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：车子璠，电话：010-68104823

**“工程科学与综合交叉”重点专项 2021 年度
项目申报指南编制专家组**

序号	姓名	工作单位	职称
1	林忠钦	上海交通大学	教授
2	杨华勇	浙江大学	教授
3	罗喜胜	中国科学技术大学	教授
4	王 赤	中科院国家空间科学中心	研究员
5	窦贤康	武汉大学	教授
6	张荣桥	国防科工局探月与航天工程中心	研究员
7	孙凝晖	中科院计算技术研究所	研究员
8	廖湘科	国防科技大学	研究员
9	张 平	北京邮电大学	教授
10	郭烈锦	西安交通大学	教授
11	金红光	中科院工程热物理所	研究员
12	吴伯荣	北京理工大学	教授
13	李家彪	自然资源部第二海洋研究所	研究员
14	张 偲	中科院南海海洋研究所	研究员
15	许瑞明	中科院生物物理研究所	研究员
16	郑海荣	中科院深圳先进技术研究院	研究员
17	周绪红	重庆大学	教授
18	翟婉明	西南交通大学	教授
19	缪昌文	东南大学	教授
20	方 忠	中科院物理研究所	研究员
21	张清杰	武汉理工大学	教授
22	谢建新	北京科技大学	教授

“大科学装置前沿研究”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“大科学装置前沿研究”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：开展专用大科学装置的科学前沿研究，推动我国粒子物理、核物理、天文学等重要学科的部分研究方向进入世界先进行列；开展平台型大科学装置的先进实验技术和实验方法研究，提升大科学装置支撑科技创新、经济社会发展和国家安全的能力。继续支持我国具有特色和优势的大科学装置开展前沿探索研究，力争在世界上率先实现若干重大前沿突破。

2021 年度指南围绕粒子物理、核物理、强磁场、天文学、先进光源、交叉应用等 6 个方向进行部署，拟支持 21 个项目，拟安排国拨经费概算 5.15 亿元。同时拟支持 8 个青年科学家项目，拟安排国拨经费概算 4000 万元，每个项目 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。除特殊说明外，同一指南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部研究内容。项目实施周期一般为 5 年。项目下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 6 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目支持青年科研人员承担国家科研任务，本指南所有方向均可作为青年科学家项目组织申报，但不受研究内容和考核指标限制。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2021 年度项目申报指南如下。

1. 粒子物理

1.1 CKM 矩阵参数与底强子非粲衰变 CP 破坏的精确测量

研究内容：利用海量的底夸克实验数据开展 CP 破坏等重味物理前沿课题研究，主要包括：精确测量 CKM 夸克混合矩阵参数，例如 β 和 γ 相角等；精确测量 B 介子非粲衰变的 CP 破坏，包括理解三体衰变复杂的 CP 破坏结构等；在底重子衰变中寻找 CP 破坏，包括 Λ_b^0 衰变到三体或四体末态，并理解其中多体末态的 CP 破坏结构。

考核指标：对 γ 相角相关的重要衰变道进行测量，并结合其他测量结果，将 γ 相角的测量精度提高到 4 度以内；在无圈图污染过

程 $B^0 \rightarrow D^0 \pi^+ \pi^-$ 中完成 $\sin 2\beta$ 测量，精度达到 10% 以内。若干 B 介子非粲衰变和底重子衰变的 CP 破坏的测量结果达到世界最好水平或为世界首次测量。

1.2 基于中微子的反应堆监测新技术及相关物理研究

研究内容：发展新型中微子探测技术，开展反应堆监测技术和物理研究，主要包括：发展极低阈值、极低本底双相氩时间投影室探测技术，寻找反应截面最大但尚未被探测到的反应堆中微子—原子核相干散射过程，以实现中微子探测器的小型化，用于反应堆监测，同时研究其相关物理；发展基于新型低温液体闪烁体的高能量分辨探测器技术，用于精确测量反应堆中微子能谱及核素谱。

考核指标：发展小型化反应堆中微子探测技术，研制并运行一个极低阈值、极低本底的双相氩时间投影室探测器，采用低本底氩，有效质量不低于 150kg，探测阈值达到 1keV 核反冲能；利用台山反应堆，成功探测到反应堆中微子—原子核相干散射信号；测量低能标下的弱混合角。研制并运行一个采用高量子效率硅光电倍增管的新型低温液体闪烁体探测器，有效质量不低于 1 吨，能量分辨在 3MeV 时优于 1%，比现有大型液闪探测器的最好水平（Borexino, ~2.8%）提高 2.5 倍以上；利用台山反应堆，测量高精度反应堆中微子能谱和核素谱，为江门中微子实验提供有效谱形误差 1% 以内的数据依据，对 U235 和 Pu239 测量的有效谱形误差达到 4% 和 8%。

1.3 无中微子双贝塔衰变和太阳中微子实验关键技术研究

研究内容：依托中国锦屏地下实验室，开展寻找无中微子双贝塔衰变、太阳中微子探测实验的关键技术和方法研究，并初步建立相关实验装置开展实验探测。

考核指标：在无中微子双贝塔衰变实验领域开展先进高纯锗半导体探测器、极低温晶体量能器、基于 Topmetal 技术的高气压时间投影室等实验技术研究，确定具有中微子双贝塔衰变有效质量小于 10meV 灵敏度的探测器技术方案；建设百吨级太阳中微子探测平台，实现太阳 B8 中微子的探测，重建出太阳中微子方向，5MeV 能量区间，太阳角重建的角度分辨为 35 度（68%的置信区间）。

1.4 依托大型国际合作装置阿尔法磁谱仪（AMS）的物理研究

研究内容：依托大型国际合作装置 AMS 实验，开展暗物质和反物质寻找，宇宙线的起源加速和传播规律机制的物理研究工作。通过宇宙线正电子、反质子和反氦核的精确测量，进行暗物质寻找；通过宇宙线反氦核、反碳核和反氧核的测量寻找原初反物质；精确测量宇宙线各原子核的能谱以研究宇宙线的起源加速和传播规律。参与国际合作，研制满足空间环境要求的新型大面积硅探测器，应用于 AMS02 的探测器升级。

考核指标：暗物质寻找的研究，分析 AMS 实验数据得到 1GeV~1.4TeV 的宇宙线正电子能谱测量结果，700~1000GeV 精度达到 35%；得到 1GV~500GV 的宇宙线反质子能谱结果，反质子能谱 500GV 精度好于 20%；得到宇宙线反氦研究结果。反物质寻

找的研究，得到宇宙线反氦研究结果。宇宙线起源加速传播机制的研究，得到 2GV~3TV 的宇宙线 Na、Al、S、亚铁 ($Z=21\sim 25$) 等分析结果，100GV 精度 4%~5%，3TV 精度 20%~40%；研制成满足空间条件的 10cm×100cm 硅探测器，位置分辨率好于 5 微米，优良通道占比超过 95%。

2. 核物理

2.1 STAR 束流能量扫描实验中 QCD 相结构和临界点的实验研究

研究内容：针对量子色动力学 (QCD) 的核物质相结构和 QCD 临界点的重大科学问题，依托相对论重离子对撞机 (RHIC) 的螺旋管径迹探测器 (STAR) 的第二期束流能量扫描实验，主要开展质心能量 20GeV 以下的重离子碰撞实验的物理分析。通过测量守恒荷的高阶矩、超子整体极化和矢量介子的自旋排列、多奇异强子的产生、同质异位核素的可能的手征磁效应分析等，建立系统的 QCD 相结构和临界点的实验探针与方法，研究 QCD 物质相结构和 QCD 临界点。

考核指标：基于 STAR 实验第二期能量扫描实验数据，获得质心系 7~20GeV 不同能量点下的守恒荷的高阶矩的高精度实验数据，系统测量 Λ 、反 Λ 超子及矢量介子的整体极化及自旋排列的速度依赖与能量依赖并揭示其物理起源，精确测量 Ω 粒子、 ϕ 粒子等多奇异强子的产额分布并揭示其产生机制；通过测量分析同质异位素碰撞中相关物理量给出 QCD 手征磁效应、手征磁波效应是

否在夸克胶子等离子环境中被观测到的结论；利用以上分析得到的系统实验结果给出 QCD 相结构及 QCD 临界点的信息。

2.2 低能区原子核结构与反应及关键天体核过程研究

研究内容：针对 X 射线暴和超新星等爆发性天体环境中的关键核反应过程，依托北京放射性核束装置 BRIF 和相关核天体物理研究装置等，在低能区开展高精度的原子核的基本性质、结构特性与反应机制及关键天体核过程研究，积极发展相关微观模型，在更广泛的同位旋和角动量维度上探索原子核有效相互作用新规律，探索宇宙元素起源和星体能量产生机制。

考核指标：完善 BRIF 高精度核物理实验平台（带电粒子探测器阵列立体角覆盖达 4π 的 40% 以上，能量分辨好于 50keV），测量 3~5 项奇特原子核的基本性质、反应截面和衰变过程，统计精度好于 10%；发展结合人工智能的核理论分析方法，探索原子核有效相互作用及其演化规律；完善 BRIF 和相关核天体物理实验平台（伽马探测器阵列立体角覆盖达 4π 的 60% 以上），发展天体核反应的高精度实验方法，测量天体演化相关的 3~5 项核反应截面和放射性原子核半衰期，统计精度好于 10%；结合天文观测，验证天体演化模型，理解宇宙元素起源和星体能量产生机制；建立相关微观模型，研究 α 团簇和核物质状态方程等在天体核过程中的关键作用。

3. 强磁场及综合极端条件

3.1 强磁场下的代谢性疾病发病机制及防控新方法研究

研究内容：瞄准糖尿病和脂肪肝两种代谢性疾病，依托稳态

强磁场大科学装置，发展高场生物磁共振波谱与成像新技术，深入研究糖尿病和脂肪肝发生发展和调控机理；探索不同参数稳态磁场对糖脂代谢、铁代谢和氧化还原等代谢性疾病关键过程的调控及机制，研究稳态磁场对肠道微生物代谢的影响，探索稳态磁场在糖尿病和脂肪肝诊疗中的新策略。

考核指标：发展针对糖尿病和脂肪肝等代谢性疾病的新型核磁共振波谱与成像检测方法，开发 1~2 种治疗糖尿病和/或脂肪肝的候选药物；阐明稳态磁场对糖脂代谢、铁代谢和氧化还原的调控机制，明确稳态强磁场生物安全界限，开发磁场在糖尿病和脂肪肝的潜在应用，研发 1~2 种基于磁场防控糖尿病和脂肪肝的演示样机，血糖和脂肪肝改善达到>20%。

3.2 强磁场下零/窄带隙新型电子材料制备及其应用研究

研究内容：依托稳态强磁场装置，针对下一代电子器件对零带隙/窄带隙新型电子材料的需求，围绕极端条件强磁场下电子材料制备的关键技术与关键科学问题，聚焦磁场对材料生长调控规律的获取，系统开展强磁场下窄带隙化合物半导体、零带隙低维碳基材料、高频碳/磁薄层材料、新型热电材料等新型电子材料制备与应用研究，开拓其量产应用。

考核指标：开发出强磁场（ $\geq 18\text{T}$ ）辅助布里奇曼单晶炉样机 1 台；在强磁场下研发出几种具有实用化前景的零带隙/窄带隙电子材料，包括大尺寸窄带隙化合物半导体（~1 英寸，带隙~0.62eV，霍尔电阻率 $>2000\text{cm}^2/\text{Vs}$ ，位错密度 $<5000/\text{cm}^2$ ）、高性能碳基光热

催化量子点与光电材料(吸收/发射波长 $>1200\text{nm}$, 光热转换效率 $\geq 40\%$, 纳米酶催化效率 $\geq 0.1\mu\text{M/s}$, 载流子迁移率 $\sim 10\text{cm}^2/\text{Vs}$, 光响应性 $\sim 106\text{A/W}$)、适应于 GHz/THz 波段的轻质宽带高频吸收材料(GHz 波段: 吸收 $>20\text{dB}$ 、带宽 $>5\text{GHz}$; THz 波段: 吸收 $>20\text{dB}$ 、带宽 $>1\text{THz}$)、低成本高性能多元纳米复合热电薄膜(ZT 值 ≥ 2.0 , 温差 $\geq 10\text{K}$, 成本降低 50%); 探索研发材料在器件中的量产应用。

3.3 强磁场回旋管高功率太赫兹波源及电子自旋共振谱仪

研究内容: 依托脉冲强磁场装置, 针对材料电子自旋与核自旋的关联、激发和弛豫过程等研究需求, 开展 THz 回旋管理论与技术、高精度磁场位形和波形调控方法、THz 高品质波束形成与瞬态测量技术、高功率 THz 波激励下的电子自旋共振谱仪研究, 为探索关键材料结构、性能以及动力学变化提供先进测试平台。

考核指标: 建立基于强磁场的高功率回旋管太赫兹波源设计理论体系, 解决磁场时空分布精确调控等关键技术问题, 实现高功率太赫兹脉冲波和连续波输出。(1) 脉冲波辐射源: 磁场强度 $>40\text{T}$, 频率 $>1\text{THz}$, 功率 $>300\text{W}$; (2) 连续波辐射源: 磁场强度 $>15\text{T}$, 频率 $>800\text{GHz}$, 功率 $>30\text{W}$; (3) 电子自旋共振谱仪: 时间分辨 $\tau(\pi/2) \leq 10\text{ns}$, 带宽 $>1\text{GHz}$, DEER 空间分辨 2~50nm。

4. 天文学

4.1 依托 LAMOST、FAST 的恒星稀有天体和关键物理过程研究

研究内容: 瞄准恒星内部结构和关键物理过程, 依托

LAMOST、FAST 大科学装置，搜寻和发现恒星关键/稀有天体，探测恒星内部结构，识别 Ia 型超新星前身星；发展恒星对流模型，研究特殊元素的形成和输运、角动量转移过程；深入探讨双星演化的走向和结局，以及超新星等重要双星相关天体的形成和演化，结合黑洞观测，多方面提高宇宙测距精度。

考核指标：发现几颗双星公共包层演化阶段天体；构建贫金属星和氦星的快速物质损失模型，系统建立双星演化的关键性判据；确定对流超射和星风在物质与角动量转移中的作用；获得下主序恒星和红巨星表面存在磁场的星震学证据；通过 FAST 确定几颗超新星前身星；提高超新星等宇宙标尺的测距精度。

4.2 第 25 太阳周重大爆发活动与空间天气研究

研究内容：针对太阳爆发活动及空间天气形成的重大科学问题，充分利用我国自主观测设备，探索重大爆发活动中磁场时空演化、爆发机理、能量释放机制、空间天气形成机理及影响的全链路过程。诊断太阳活动中等离子体加热、粒子加速、激波形成与演化，获得对重大太阳活动产生机理及其空间天气效应新的可靠物理理解，并建立高精度的物理和数值预报模型。

考核指标：确保我国自主观测新设备，如 MUSER、NVST、AIMS、WeHot、FASOT 等发挥科学效益；取得第 25 太阳活动周重大活动事件完整观测，建立数据库，涵盖国内外磁场、光学、射电等多波段成像及光谱/频谱数据，开发新型大数据分析方法；

发展三维（辐射）磁流体力学数值模拟，建立针对重大太阳爆发事件的理论和数值模拟模型；建立灾害性空间天气的高精确度预报模式和方法。

5. 先进光源、中子源及前沿探索

5.1 超高功率软 X 射线光源新原理及关键技术研究

研究内容：针对能源科学、超导材料科学、超快物理化学和光刻等科学和应用领域对高功率 EUV/软 X 射线光源的具体需求，依托软 X 射线自由电子激光大科学装置，开展超高平均功率和超高峰值功率 EUV/软 X 射线光源的新原理及核心关键技术研究，包括探索基于同步辐射和自由电子激光等产生高功率软 X 射线脉冲的新机制，发展高功率 X 射线光源所需种子激光、光学传输和诊断等关键技术。

考核指标：完成基于角色散机制的高平均功率 EUV/软 X 射线光源（平均功率 $>100\text{W}$ ）和基于啁啾激光增强型自放大自发辐射的高峰值功率软 X 射线光源（峰值功率 $>100\text{GW}$ ）的物理机制研究；基于软 X 射线自由电子激光装置实验验证高功率 X 射线产生的新机制，掌握其关键技术和实验方法，为用户提供峰值功率大于 1GW 、光子能量大于 200eV 的软 X 射线激光；掌握超高重复频率（ $>1\text{MHz}$ ）紫外波段种子激光和超大带宽红外波段种子激光等关键技术；掌握超高功率软 X 射线的光学传输、光学元件冷却（平均热负载 $>100\text{W}$ ，峰值功率 $>100\text{GW}$ ）和光学诊断（时间测量精度好于 1fs ）等技术。

6. 交叉科学与应用

6.1 超高真空平面微纳量子器件的分子束外延直接生长和原位表征技术研究

研究内容：发展选区外延生长和片上掩模外延生长等技术，实现量子材料微纳结构和平面异质器件的超高真空分子束外延直接生长；开发极低温、强磁场原子力显微镜，实现绝缘基底上的微纳结构和器件的扫描隧道谱电子态表征；改进平台扫描微波显微镜、氧化物分子束外延生长等技术设备；基于这些新发展的技术研究拓扑-超导异质结构中的马约拉纳模相关物理机理等关键科学问题。

考核指标：利用分子束外延在超高真空环境直接生长出超导电极间距 $<300\text{nm}$ ，半导体或拓扑绝缘体薄膜宽度 $<150\text{nm}$ ，超导与半导体或拓扑绝缘体的界面原子级平整（起伏小于 0.05nm ）的超导约瑟夫森结，测量到近邻超导的硬能隙。所开发的原子力显微镜工作温度低至 0.4K ，外磁场垂直方向最大 9T ，平行方向最大 2T ，扫描隧道谱能量分辨率好于 1meV ，实现对超导约瑟夫森结的扫描隧道谱图测量。

6.2 粒子流、先进光源新实验技术研究

研究内容：依托同步辐射光源、超快强激光、先进中子源、加速器等束流装置平台，针对材料科学技术、信息科学技术、生命健康和环境保护等领域的关键科学技术问题，发展急需的先进实验技术和方法。

考核指标：在选定的研究领域和研究目标，通过研究平台与相关领域研究部门的密切合作，研发在同步辐射光源、超快强激光、中子源和加速器上为解决上述瓶颈问题急需的先进实验技术和实验方法，促进大设施在材料科学技术，信息科学技术、生命健康和环境保护等领域的交叉实验研究。

有关说明：本方向拟支持不超过 8 个项目。

“大科学装置前沿研究”重点专项 2021 年度 项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向基本相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目及下设课题负责人应为 1961 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 1986 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

(2) 受聘于内地单位或有关港澳高校的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为重点专项的项目（课题）负责人，全职受聘人员须提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一

并提交。

(3) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家, 原则上不能申报该重点专项项目(课题)。

(5) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央、地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位, 或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在2020年6月30日前。

(3) 诚信状况良好, 无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

(1) 项目执行期一般为5年。每个项目下设课题数不超过

4 个，项目参与单位总数不超过 6 家。

(2) 青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，根据相应指南方向明确的研究重点，自主确定选题进行申报。

本专项形式审查责任人：李丹，电话：010-68104776

“大科学装置前沿研究”重点专项 2021 年度 项目申报指南编制专家组

序号	姓名	工作单位	职称
1	龚旗煌	北京大学	院士
2	赵政国	中国科学技术大学	院士
3	马余刚	复旦大学	院士
4	李 亮	华中科技大学	教授
5	孙冬柏	中山大学	教授
6	陈 刚	中科院高能物理研究所	研究员
7	郇仁忠	中科院上海高等研究院	研究员
8	匡光力	中科院合肥物质科学研究院	研究员
9	吕 力	中科院物理研究所	研究员
10	程建平	北京师范大学	教授
11	常 进	中国科学院国家天文台	研究员

抄送：中国生物技术发展中心、科学技术部高技术研究发展中心。

科学技术部办公厅

2021 年 5 月 10 日印发