

科技部关于发布国家重点研发计划“信息光子技术”等“十四五”重点专项2021年度项目申报指南的通知

发布时间：2021年05月11日 来源：科学技术部

国科发资〔2021〕133号

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“信息光子技术”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. 项目组织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。

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. 项目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，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。

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。

4. 关于技术就绪度（TRL）管理。针对技术体系清晰、定量考核指标明确的相关任务方向，“十四五”重点研发计划探索实行技术就绪度管理。申报指南中将明确技术就绪度要求，并在后续的评审立项、考核评估中纳入技术就绪度指标，科学设定里程碑考核节点，严格把控项目实施进展和风险，确保成果高质量产出。

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，专业机构可根据情况通知补交。

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) “信息光子技术”重点专项咨询电话: 010-68104410
- (2) “高性能计算”重点专项咨询电话: 010-68104410
- (3) “多模态网络与通信”重点专项咨询电话: 010-68104457
- (4) “区块链”重点专项咨询电话: 010-68207775、68207726
- (5) “氢能技术”重点专项咨询电话: 010-68104408
- (6) “储能与智能电网技术”重点专项咨询电话: 010-68207731、68207732
- (7) “交通基础设施”重点专项咨询电话: 010-68104467
- (8) “新能源汽车”重点专项咨询电话: 010-68104492

附件:

1. [“信息光子技术”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
2. [“高性能计算”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
3. [“多模态网络与通信”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
4. [“区块链”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
5. [“氢能技术”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
6. [“储能与智能电网技术”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
7. [“交通基础设施”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
8. [“新能源汽车”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)

科技部
2021年5月10日

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

发布时间：2021年05月10日 来源：科学技术部

国科发资〔2021〕131号

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. 项目组织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（形式审查条件要求、指南编制专家名单）](#)
3. [“干细胞研究与器官修复”重点专项2021年度项目申报指南（形式审查条件要求、指南编制专家名单）](#)
4. [“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、指南编制专家名单）](#)
5. [“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、指南编制专家名单）](#)
6. [“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、指南编制专家名单）](#)
7. [“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、指南编制专家名单）](#)
8. [“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、指南编制专家名单）](#)
9. [“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、指南编制专家名单）](#)

科技部
2021年5月10日

科技部关于发布国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料”等“十四五”重点专项2021年度项目申报指南的通知

发布时间：2021年05月13日 来源：科学技术部

国科发资〔2021〕137号

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“新型显示与战略性电子材料”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. 项目组织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。

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. 项目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，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。

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。

4. 关于技术就绪度（TRL）管理。针对技术体系清晰、定量考核指标明确的相关任务方向，“十四五”重点研发计划探索实行技术就绪度管理。申报指南中将明确技术就绪度要求，并在后续的评审立项、考核评估中纳入技术就绪度指标，科学设定里程碑考核节点，严格把控项目实施进展和风险，确保成果高质量产出。

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，专业机构可根据情况通知补交。

项目申报单位网上填报预申报书的受理时间为：2021年6月3日8:00至7月8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) “新型显示与战略性电子材料”重点专项咨询电话: 010-68104778
- (2) “稀土新材料”重点专项咨询电话: 010-68208208、68207716
- (3) “先进结构与复合材料”重点专项咨询电话: 010-68104778
- (4) “高端功能与智能材料”重点专项咨询电话: 010-68104475
- (5) “网络空间安全治理”重点专项咨询电话: 010-68207726、68207775
- (6) “智能传感器”重点专项咨询电话: 010-68104423
- (7) “高性能制造技术与重大装备”重点专项咨询电话: 010-68104402
- (8) “工业软件”重点专项咨询电话: 010-68104487
- (9) “地球观测与导航”重点专项咨询电话: 010-88377340
- (10) “文化科技与现代服务业”重点专项咨询电话: 010-88377340

附件:

1. [“新型显示与战略性电子材料”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
2. [“稀土新材料”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
3. [“先进结构与复合材料”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
4. [“高端功能与智能材料”重点专项2021年度项目申报指南](#)、[“揭榜挂帅”榜单](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
5. [“网络空间安全治理”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
6. [“智能传感器”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
7. [“高性能制造技术与重大装备”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
8. [“工业软件”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
9. [“地球观测与导航”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)
10. [“文化科技与现代服务业”重点专项2021年度项目申报指南](#) (形式审查条件要求、指南编制专家名单)

科技部

2021年5月13日

附件 1

“信息光子技术”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“信息光子技术”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：积极抢抓新型光通信、光计算与存储、光显示与交互等信息光子技术发展的机遇，重点研发相关核心芯片与器件，支撑通信网络、高性能计算、物联网等应用领域的快速发展，满足国家战略需求。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕光通信器件及集成技术、光计算与存储技术、光显示与交互技术 3 个技术方向，按照基础前沿技术、工艺与共性技术、关键核心技术三个层面，拟启动 23 项任务，拟安排国拨经费 3.5 亿元。其中，围绕半导体激光器芯片、电光调制器芯片、光子集成芯片等技术方向，拟部署 9 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 4500 万元，每个项目 500 万元。除青年科学家项目外，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

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，每个方向拟支持项目数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。

申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题不超过4个，项目参与单位总数不超过6家；共性技术类和关键核心技术类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名项目负责人，项目中每个课题设1名课题负责人。

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1983年1月1日以后出生，女性应为1981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。

指南中“拟支持数为1~2项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这2个项目。2个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 光通信器件及集成技术

1.1 薄膜铌酸锂光子集成关键工艺及集成技术开发（共性技术类）

研究内容：针对当前欠缺薄膜铌酸锂光电子芯片加工工艺平台的问题，建设开放共享的薄膜铌酸锂光电子加工工艺平台。研究大尺寸高品质光学级铌酸锂晶体生长技术，建设薄膜铌酸锂光电器件工艺线，研究无源波导的传输和损耗问题，研制滤波、偏振、模式等各类无源器件，研制薄膜铌酸锂电光调制器件，进行

一定规模的集成。开发薄膜铌酸锂光电子芯片的耦合封装技术。支撑国家重点研发任务的实施，为我国关键科研院所和企业提供流片服务，为产业界和学术界提供开放共享的芯片加工平台。

考核指标：建设纳米级薄膜铌酸锂光电子芯片加工工艺平台，实现稳定的工艺流程，对社会开放共享。具体考核指标包括：（1）铌酸锂单晶晶圆直径 ≥ 8 英寸，长度不低于60 mm，偏振消光比优于10000:1，折射率不均匀性 $\leq 2 \times 10^{-4} / \text{cm}$ @1310nm&1550nm。（2）开发出薄膜铌酸锂波导的标准化制备方法，加工精度达到40 nm。波导宽度误差小于20 nm，刻蚀深度误差小于20 nm。波导传输损耗小于0.1 dB/cm，工艺可重复性优于90%。开发薄膜铌酸锂电调/热调波导器件的工艺，电调系数 $\leq 3 \text{ V} \cdot \text{cm} / \pi$ ，热调系数 $\leq 150 \text{ mW} / \pi$ 。基于此波导研制3dB耦合器、波分复用器/解复用器、微环谐振器、偏振分束器、可调滤波器、光开关，建立工艺开发包（PDK）。（3）开发出薄膜铌酸锂MZI调制器的标准结构与工艺参数，研制出标准薄膜铌酸锂调制器芯片，调制器芯片带宽大于70 GHz，半波电压小于3 V，器件性能波动幅度小于10%。（4）实现薄膜铌酸锂光电子芯片的规模化集成，单片集成度不低于20个单元器件。（5）开发标准化的薄膜铌酸锂光电子芯片的耦合封装技术，采用标准单模光纤与芯片耦合时，单端耦合损耗小于1.5 dB。开发薄膜铌酸锂集成芯片高性能射频封装技术，封装器件带宽 $\geq 50 \text{ GHz}$ 。（6）建成纳米级薄膜铌酸锂光电子芯片加工工艺平台，实现稳定的工艺流程，对社会开放共享。申报发明专利20

项以上，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 5 项，平台外单位的用户数不少于 20 家（以加工合同和加工费拨付凭证为准），支撑 3 项以上“信息光子技术”专项项目的研发，实现典型示范应用，为国内行业骨干企业和设计单位提供流片服务。

1.2 PLC 光子集成关键工艺及集成技术开发（共性技术类）

研究内容：针对我国 PLC 光子集成芯片工艺平台加工能力不足的问题，建设开放共享的 SiO₂ 基 PLC 光子集成加工工艺平台。建设和完善 SiO₂ 基 PLC 光子集成工艺线，研究掺杂 SiO₂ 无源波导的损耗和偏振等问题，研制功率分配、波分复用、热光调制、相干混频等各类无源器件；开发 SiO₂ 基 PLC 光子集成芯片的耦合封装及自动化测试技术。支撑国家重点研发任务的实施，为我国关键科研院所和企业提供流片服务，为产业界和学术界提供开放共享的芯片加工平台。促进我国 SiO₂ 基 PLC 核心光子芯片技术研发及产业化，服务我国光电子信息产业发展。

考核指标：（1）开发出掺杂 SiO₂ 波导的标准化制备方法，具备掺杂组分可调 SiO₂ 材料均匀生长、陡直刻蚀、低应力高温退火工艺，其中掺杂 SiO₂ 波导折射率差控制范围为：0.3%~2.5%，折射率均匀性±0.0006，厚度均匀性±2%，芯区刻蚀陡直度 90°±1°，刻蚀深度≥7μm，波导最小传输损耗小于 0.01 dB/cm，工艺可重复性优于 90%。基于掺杂 SiO₂ 波导研制加工无源和热调器件，包括 Y 分支结构及级联、波分复用器/解复用器、微环谐振器、热光可调衰减器；形成 Y 分支、AWG、MZI 标准工艺库；（2）开

发标准化的 SiO₂ 基 PLC 光子集成芯片的仿真设计软件、标准工艺 PDK、耦合封装技术，采用标准单模光纤与芯片耦合时，单端耦合损耗小于 0.5 dB；（3）打通 PLC 光子集成芯片仿真设计、加工制备和封测技术，整体水平达到国际先进工艺平台加工能力；（4）建成亚微米级 SiO₂ 基 PLC 光子集成芯片加工工艺平台，具备中试及小批量生产工艺技术能力，实现稳定的工艺流程，对社会开放共享；（5）申报专利 20 项以上，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 5 项，平台外单位的用户数不少于 30 家（以加工合同和加工费拨付凭证为准），支撑 3 项以上“信息光子技术”专项项目的研发，实现典型示范应用，为国内行业骨干企业和设计单位提供流片服务。

1.3 光电芯片全流程联合仿真技术研发（共性技术类）

研究内容：聚焦光电芯片的全链条光电联合设计需求，研制覆盖工艺模拟、器件设计、链路分析、版图绘制的全流程设计软件；研究高效率全波仿真、高精度模式求解和分析、载流子输运仿真、热力学仿真等核心算法；结合国内工艺线建立光电集成器件紧凑模型、工艺参数抽取及校准模型、可靠性和良率分析模型、链路时域和频域分析模型；开发三维计算机辅助设计引擎、光电联合自动布线和规则检查引擎；建立开放源代码的可扩展基础器件库，通过 PCELL 的调用实现光电芯片的快速设计；建立从核心器件至功能芯片的全流程层次化仿真设计新架构，实现光电芯片仿真设计工具产品化。

考核指标：（1）三维时域全波仿真算法单节点峰值计算速度不低于 4000 Mcells/s；器件紧凑模型与全波仿真结果误差小于 5%；联合工艺线开发 PDK，支持国内工艺平台不少于 2 个，器件库器件数量不少于 20 种；链路分析支持光电器件数量不少于 500 个；三维计算机辅助设计引擎支持刷新速度不低于 30fps@2K；版图绘制、自动布线及规则检查速度不低于 100 个器件/小时；（2）开发出可适用 III-V 族和硅、氮化硅、锗等多种材料体系下光电芯片仿真软件，与国外同类软件相比精度误差小于 5%；软件用户不少于 100 个，单位用户不少于 20 个，支撑 3 项以上“信息光子技术”专项项目的研发，实现典型示范应用；相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 5 项，申请发明专利和软件著作权 15 项以上。

1.4 面向规模集成的高效硅基光波导放大器和激光器（关键核心技术类，拟支持 3 项）

研究内容：针对硅基光电集成发展所面临的瓶颈问题，开展可用于规模化硅光集成的光放大器和激光器研究。研究硅基发光的基础理论与方法，研制高增益、低损耗的硅基稀土掺杂光波导放大器；研究基于键合技术的硅光集成 SOA 放大器，实现片上高增益、高饱和功率光放大；研究基于掺杂玻璃材料的超小型低噪声光放大器；研究基于键合技术的大功率硅基 DFB 激光器，实现高性能硅光片上光源；研究高质量硅基 III-V 族外延关键工艺，研制电泵浦的高输出功率的硅基量子点激光器；研究高效新型波

导耦合器，使激光输出与 SOI 波导的基波场模高效耦合；开发 CMOS 工艺兼容的硅基光源与超低损耗波导以及其他无源器件的集成技术，完成芯片上光的放大和激光的高效耦合输出。

考核指标：研制出满足规模集成的通信波段、高增益、小尺寸硅基稀土掺杂光波导放大器，增益达到 5 dB/cm 以上，传输损耗低于 2 dB/cm；玻璃基掺杂的小型化光放大器信号增益 15 dB 以上，噪声系数 7 dB 以下，输出功率 10 dBm 以上；研制出基于键合技术的大功率硅基 DFB 激光器，输出光功率大于 20 mW，边模抑制比达到 40 dB，阈值电流小于 50 mA，工作温度范围 0~70°C；研制出低成本、高质量外延生长技术的硅基量子点激光器，激光器功率大于 30 mW，室温工作寿命大于 10 万小时，边模抑制比达到 40 dB，阈值电流小于 50 mA，业界标准条件下 1000 小时长期可靠性试验功率变化不超过 5%，满足温度在 0~70°C 正常工作。硅基光源与硅光波导的耦合效率大于 3 dB/每端面。实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请发明专利 20 项以上，技术就绪度不低于 6 级。

1.5 光电融合集成低功耗光频梳芯片（关键核心技术类）

研究内容：围绕微腔光频梳的产生和调控核心机理，以及相关激光器、微腔、调制器和探测器等有源无源器件光电集成关键技术，研究微腔光场演化规律与锁模机制；研究高稳定性和相干性锁模方法；研究微腔耦合和色散调控新机理与方法；研究超低阈值光学微腔的结构与加工工艺；研究电光调制光频梳技术和光

频梳相位噪声的转化规律；研究片上集成高效率激光器、高速低功耗电光调制器、大功率光电探测器及其与微腔的光电融合集成技术。

考核指标：（1）研制出适用于波分复用的宽光谱覆盖、高单梳齿功率的片上微腔光频梳器件，梳齿间隔 100 GHz，梳齿数不低于 30，单梳齿功率不低于 1 mW，RIN 噪声 < -145 dBc/Hz；（2）突破多种材料单片异质集成及混合集成的新工艺，研制出低重频、光电融合集成的有源微腔光频梳芯片，梳齿间隔 10 GHz，实现有源器件与微腔的片上全集成，参量振荡阈值 < 10 mW，合成的微波信号相位噪声低于 -120 dBc/Hz@100 kHz；（3）突破超低损耗电光材料加工工艺，研制出重复频率连续可调、光谱平坦的单片集成光频梳产生器件，实现多调制器单片集成，梳齿间隔可在 5~25 GHz 之间连续可调，10 dB 带宽内梳齿数不低于 40，光纤到光纤插入损耗小于 15 dB；（4）攻克超低功耗光频梳光电集成芯片相关的新机理、新方法与新工艺，研制出高质量超低功耗光电融合集成光频梳芯片与器件。实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请发明专利 20 项以上，技术就绪度不低于 6 级。

1.6 相干太赫兹探测阵列芯片（关键核心技术类）

研究内容：针对 6G 太赫兹波通信等应用需求，聚焦太赫兹波段阵列探测的光电融合感知集成芯片，突破抗干扰、多路并行传输和相干探测芯片关键技术，集成制备太赫兹高增益直接检测

和相干检测阵列芯片。开展集成超表面微纳结构研究，对光场的强度、相位、偏振等特性进行多维调控，获得超表面偏振、相位调控微结构，研制出高效率的太赫兹偏振和相位感知的新型探测芯片。

考核指标：（1）探测频段： 340 ± 20 GHz，阵列规模： 1×128 ，阵元间距：1~2 mm，支持直接检测和相干检测 2 种工作模式，直接检测帧频： ≥ 1 kHz，直接检测 NEP： ≤ 50 pW/Hz^(1/2)，相干检测帧频： ≥ 100 Hz，相干检测 NEP： ≤ 10 fW/Hz，变频损耗： ≤ 47 dB，工作环境温度： $-40\sim 50$ °C；（2）探测频段： 890 ± 45 GHz：阵列规模： 1×128 ，阵元间距：1~2 mm，支持直接检测和相干检测 2 种工作模式，直接检测帧频： ≥ 1 kHz，直接检测 NEP： ≤ 100 pW/Hz^(1/2)，相干检测帧频： ≥ 15 Hz，相干检测 NEP： ≤ 50 fW/Hz，变频损耗： ≤ 47 dB，工作环境温度： $-40\sim 50$ °C；（3）实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请发明专利 20 项以上，技术就绪度不低于 6 级。

1.7 通感测一体的阵列式微波光子关键技术(关键核心技术类)

研究内容：针对通信、传感、检测独立功能体系演进的资源和规模瓶颈，研究通感测一体微波光子关键技术，涉及信号共生共传、阵列化与信道化处理、多信道芯片与多波长器件等。重点研究微波光子通感测多模态信号一体化生成方法，以及跨光域与电域的共存传输理论与性能；研究通感测多功能交织下微波光子信号阵列化与信道化处理理论，以及并行时域、空域、频域多维

信号处理方法；研究支撑通感测一体化的幅度、频率、相位联合调控型多波长相干光源、多信道调制与多端口处理芯片及器件。

考核指标：完成微波光子多模态信号的共生方案，同时实现 3 种通感测功能：6G/B6G 大容量通信（容量不低于 100 Gbit/s）、高精度环境参量感知（分辨率达到厘米量级及以下）、宽开电磁环境检测（瞬时带宽不低于 20 GHz），并具备覆盖微波（2~30 GHz 范围中 1 个重要频段）、毫米波（30~100 GHz 范围中 1 个重要频段）、太赫兹波（100 GHz~10 THz 范围中 1 个重要频段）的能力；建立涵盖电光与光电转换、光纤非线性效应、无线多径效应、高移动性（500 km/h）多普勒频移效应等的通感测一体共传理论模型与仿真平台，对各种效应进行均衡和补偿，预测容量理论边界；完成基于多信道协同、矩阵分解与合成理论（ 8×8 ）的微波光子信号处理方案，实现宽带对消、多径解耦、深度去噪、稀疏时空频感知、多普勒频偏补偿等效果。研制幅/频/相灵活调控的相干多波长光源（信道数不低于 32），以及集多信道调制、复用、滤波、光路重构于一体的芯片与核心器件，工作带宽不低于 40 GHz。实现典型示范应用，申请发明专利 20 项以上，技术就绪度不低于 6 级。

1.8 多维复用基础理论研究（基础研究类）

研究内容：面向未来空分复用光通信系统应用，针对弱耦合少模、强耦合少模、弱耦合多芯、强耦合多芯等新型空分复用光纤，研究模与模之间、芯与芯之间能量的相互作用机理，建立空

分光纤的品质因数模型，牵引空分复用光纤设计优化；设计并制备少模、多芯等新型空分复用有源光纤；研究非理想条件（如材料性能微扰、结构微扰、机械应力、温度应力等干扰因素）下的实用化光信号传输信道模型；研究增加空间维度后的 QoT 模型，指导空分复用系统的传输能力评估。

考核指标：建立实用化的光纤物理模型，实现骨干、城域典型距离下空分复用光纤对损耗、色散、非线性、skew/空间模式色散、偏振损耗、模式相关损耗的评估偏差全部 $<10\%$ ；非理想条件下信道传输模型对外部应力的影响模拟与实验结果偏差 $<20\%$ ；QoT 模型与长距离实验的 SNR 评估精度偏差小于 0.5 dB ；在各层次模型综合指导下，设计并制备直径小于 $180\text{ }\mu\text{m}$ 空分光纤及配套模分复用器或 FI/FO 器件，并支持实验演示 2000 km 距离、 80 km Span 、skew/空间模式色散积累 $<10\text{ ns}$ 、频谱效率 $>50\text{ Bit/s/Hz}$ 的传输能力。相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请发明专利 20 项以上，技术就绪度不低于 6 级。

1.9 超高速直调半导体激光器芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向低成本高速光通信需求，研制超高速直调半导体激光器芯片。研究提升直调半导体激光器本征调制带宽的机理与方法；研究突破半导体激光器弛豫振荡频率限制并实现带宽拓展的物理机理与技术方案。掌握相关材料生长、器件设计与制备，以及性能表征技术。

考核指标：直接调制带宽 $\geq 67\text{ GHz}$ ；出光功率 $\geq 10\text{ dBm}$ ；边

模抑制比 ≥ 35 dB；业界标准条件下 1000 小时长期可靠性试验功率变化不超过 5%。直接模拟调制带宽指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.10 超小尺寸微纳电泵半导体激光器芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向低功耗高速数据通信需求，研制超小尺寸微纳电泵半导体激光器芯片。研究提升微纳激光器出射方向性的机理与方法；突破激光器出射方向性需要构建分布反馈式反射镜的限制。掌握相关材料生长、器件设计与制备，以及性能表征技术。

考核指标：实现 C 波段通信窗口电泵激射；有源区面积 $\leq 10 \mu\text{m}^2$ ，发散角 $\leq 10^\circ$ ，激射阈值 $\leq 100 \text{ kA/cm}^2$ 。有源区面积指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.11 超高线性度电光调制器芯片（青年科学家项目）

研究内容：研究电光调制器的带宽以及非线性特性，聚焦器件材料的物理效应机制，利用电光相互作用新方法，从材料、器件结构、驱动方法、测试表征技术等方面出发，对电光调制器的线性度进行改进。探索复合光波导超模式、干涉与谐振级联结构的组合原理，突破传统材料对器件性能的限制，同时实现大带宽、大无杂散动态范围的电光调制器。

考核指标：研制出超高线性度电光调制器芯片，工作波长 1550 nm 的调制效率 $V_\pi L_\pi$ 高于 $2 \text{ V}\cdot\text{cm}$ ，纤到纤总体插入损耗 ≤ 6 dB，无杂散动态范围 $\geq 130 \text{ dB}\cdot\text{Hz}^{2/3}$ @10GHz，电光调制 3dB 带宽 ≥ 40 GHz。无杂散动态范围指标达到国际领先水平，实现典型示

范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.12 高速可集成单光子探测器（青年科学家项目）

研究内容：研究单光子探测器的最佳工作机制，研制可集成的单光子级别的高灵敏度和高速光强度探测器。研究单光子探测阵列在高速单光子通信中的应用。

考核指标：实现对光信号在单光子级别上的高速（带宽 ≥ 2 GHz）探测和片上集成，单光子探测效率 $\geq 50\%$ ，探测波长为近红外（ ~ 900 nm）或通信波段，暗计数率 $\leq 10^{-5}/\text{gate}$ 。单光子级别探测宽带指标达到国际领先水平，实现至少两个探测器的片上集成及其典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.13 超高品质因子光子集成芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向高相干性光信号产生与处理的应用需求，开展超高品质因子光子集成芯片关键技术研究。研究光波导线性和非线性损耗机理，分析能量耗散过程，探索极低损耗的光子集成新材料、新结构和加工工艺。研究超高品质因子微型谐振腔的制备方法，探索光场模式、色散的灵活调控机制。研究波导与微腔的高效耦合原理与方法，实现片上耦合的微腔芯片。

考核指标：低损耗光波导传输线，损耗不大于 0.1 dB/m，长度不小于 1 米；片上耦合集成微腔，本征品质因子不小于 10^8 ，片上波导耦合效率大于 90% 。片上耦合集成微腔本征品质因子指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.14 近零功耗非易失可重构光子器件（青年科学家项目）

研究内容：针对智能光计算对超大规模、超低功耗集成光子芯片技术的需求，开展非易失可重构光交叉阵列芯片关键技术研究。探索人工异质结构内光场、电场、热场的纳米尺度耦合机制，发展极大光学常数反差新型低损相变材料的硅基集成方法，研制 CMOS 后端工艺兼容的电致可重构非易失光交叉连接器，实现静态零功耗的片上光场调控。

考核指标：研制出硅基单片集成的相变非易失光子芯片。在通信波段内，相变薄膜 $\Delta n > 0.8$ 且 $\Delta k < 0.05$ ，非易失多态光开关插损 < 0.5 dB，串扰 < -20 dB，重构开关功耗 < 1 nJ，交叉阵列规模大于 8×8 ，实现近零功耗可重构。非易失光开关插损串扰指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.15 基于拓扑优化的多波长光子晶体激光器阵列芯片（青年科学家项目）

研究内容：深入研究光子晶体能带的鲁棒性及能带连续变化规律，基于拓扑优化的光子晶体结构，探索可兼容低成本的光刻技术，实现多波长激光器阵列光源的新原理及新方案，输出通道间隔满足 ITU 标准。

考核指标：实现 C 波段通信窗口 64 路波长间隔 100 GHz(0.8 nm)的大规模光子集成光源，激光器自发发射耦合因子大于 0.8，激光器平均阈值优于 0.06 kW/cm²，每路单模输出，单路功率大

于 10 dBm，边模抑制比 ≥ 30 dB，波长间隔 $100\text{GHz}\pm 20\text{GHz}$ ($0.8\text{nm}\pm 0.16\text{nm}$)。波长数与平均阈值等核心技术指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.16 光学全通滤波器（青年科学家项目）

研究内容：研究全通滤波器的内在机理，基于有损的无源波导实现幅频响应为常数、相频响应非线性的光学全通滤波器。提高全通滤波器的灵活性，实现全通滤波器相频响应的可调谐和可重构。研究低插损的高阶全通滤波，拓展全通滤波器的应用范围。研究基于全通滤波器的延时器，实现低功率抖动的可调延时；研究基于全通滤波器的微波光子移相器，实现低功率抖动的宽带微波光子移相。

考核指标：基于半导体无源波导研制出集成高阶光学全通滤波器，阶数 ≥ 3 ，平坦度优于 ± 0.1 dB，插入损耗（不包含耦合损耗）小于 5 dB，并实现滤波器的可调谐和可重构，响应时间 ≤ 100 μs 。基于高阶光学全通滤波器，实现 ns 级延时的光学可调延时器，改变延时大小时信号功率抖动 ≤ 0.3 dB；实现移相范围不小于 2π 、带宽不小于 40 GHz 的微波光子移相器，功率抖动 ≤ 0.3 dB。阶数、平坦度、延时量等综合指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

1.17 超宽带高隔离度非互易光子集成芯片（青年科学家项目）

研究内容：研究非互易光子集成芯片，实现近红外光通信波段光隔离器、光环行器和多端口非互易光学器件的硅基集成。研

究超宽带、温度稳定的硅基光波导集成非互易光学器件理论和设计方法；发展高性能非互易光学材料的硅基集成方法，实现低损耗、强非互易性磁光薄膜材料的硅基集成；突破磁光材料等非互易光学材料与硅基 CMOS 工艺兼容难题，发展硅基 CMOS 后端工艺兼容的非互易光子芯片集成技术。

考核指标：研制出硅基单片集成的磁光非互易光子芯片。芯片插损低于 3 dB，隔离度高于 25 dB，20 dB 隔离带宽大于 80 nm，覆盖 1530~1565 nm 波段，实现 8×8 端口间的非互易光传输。核心技术指标达到国际领先水平，实现典型示范应用，申请不少于 10 项发明专利。

2. 光计算与存储技术

2.1 光电混合 AI 加速计算芯片(关键核心技术类,拟支持 2 项)

研究内容：面向 CNN（卷积神经网络）中对卷积计算的算力需求，研究非相干光、相干光多波复用的卷积实现机理和方法，研制基于混合集成技术的光学卷积芯片，实现包括光源、模拟芯片、数字芯片在内的同步设计和综合集成方案；面向时序信息处理蓄水池计算网络对存储和算力的需求，研究光学蓄水池计算实现的机理与方法，研制支持规则拓扑实现与随机拓扑生成的片上光学蓄水池计算芯片。研制实现基于特殊应用优化的集成光学计算芯片方案。

考核指标：（1）研制出混合集成的光学卷积芯片，一维卷积单芯片最大支持 128 相量长度，二维卷积单芯片最大支持 128×128

规模矩阵，目标精度 8 bit，同时通过光学矩阵的波长数量大于等于 2 路，端到端单次时延小于 500 ps，能效比高于 10 TOPS/W，力求达到计算密度 1TMACs/s/mm²，完成数据智能搜索和查找应用场景演示，整体能效比相比同期电系统（GPU 和 FPGA 等）提升 10~100 倍；（2）研制出光学蓄水池计算芯片，有效输入输出端口不小于 128 路，隐含层 500 节点以上规模，系统归一化均方误差小于 0.05，完成多维时间序列数据异常检测和趋势预测应用场景演示；（3）完成光电芯片联合封装和控制，其中光芯片上主动单元数量大于 10000 个，完成主流卷积神经网络指标测试和演示，包括应用于 Imagenet 数据集的 Resnet50 神经网络演示，每秒处理图像数量不小于 5000 帧（>5000 fps），总能耗小于 150 W；（4）探索出适用于混合集成光学芯片的深度学习应用场景；（5）实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请不少于 20 项发明专利，技术就绪度不低于 6 级。

2.2 光学神经拟态计算系统（关键核心技术类）

研究内容：探索神经拟态处理模拟生物大脑处理机制，研究具备自适应性、稳健性和快速性的光学神经拟态脉冲网络。研究拟态神经网络实现架构、神经元的硬件实现（低损耗、可恢复、低阈值）和大规模相位调制芯片，研究脉冲神经元的时间编码机制、突触可塑性机制等的光学实现。研究激光器、探测器等非线性器件集成技术与扩展性，进行全光神经网络非线性材料及功能研究，并研究神经拟态网络训练算法。研究高速信号输入、大规

模探测阵列、光电接口线性与非线性计算神经网络架构。针对匹配目标追踪、基因分析等应用场景进行研究。

考核指标：（1）完成光脉冲神经网络理论研究，包括建立光脉冲网络可扩展性理论模型，至少可模拟 1000 个节点。模拟生物神经元的兴奋响应、抑制响应、不应期等性质，模拟突触可塑性机制，设计实现光脉冲神经网络的无监督/监督学习算法，可实现高准确度的元音单词识别，达到国际先进水平。（2）实现神经元个数>100 个，神经突触>1000 个，算力达到 10 TOPS，可以进行语音识别，完成准确率>90%的光脉冲神经网络芯片及原型制备。（3）研制大规模光学神经网络协处理器，技术指标满足当前目标跟踪、基因分析等场景的神经网络计算需求，最终实现光学神经网络协处理器的计算演示。实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请不少于 20 项发明专利，技术就绪度不低于 5 级。

2.3 PB 级超低功耗纳米光信息存储技术（关键核心技术类）

研究内容：研究超分辨光信息存储技术，突破衍射极限，实现 10 纳米以下分辨率的超分辨记录与读取，同时结合多维复用技术，实现等效单张标准光盘 1 PB 的容量的光信息存储技术，简化超分辨光学系统，降低超分辨率技术的能耗，实现单比特 10 fJ 的读写能耗。研究金属纳米颗粒、稀土掺杂纳米颗粒、量子点、石墨烯、拓扑绝缘体钙钛矿等新型纳米材料，结合有机、无机的晶态、非晶态等基质，开发适合超分辨光信息存储技术的长寿命光

信息存储材料，实现 200 年以上存储寿命。通过深度学习等人工智能技术，结合人工智能芯片，针对颜色、偏振、强度等光信息存储的特征参数，建立基于超分辨光信息存储技术的人工神经网络，实现大量并行的读写过程，从而达到 100 Gb/s 的存储速度。

考核指标：开发长寿命新型纳米复合材料，结合人工智能技术，实现低能耗纳米光子学光信息存储技术研发，实现 200 年连续的读写 1 PB 的信息，单数据点存储能耗优于 10 fJ/bit，数据读写速度达到 100 Gb/s。突破纳米光子学光信息存储技术，支撑下一代大数据中心数据存储向更长寿命、更高速度、更加节能方向发展。实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请不少于 20 项发明专利，技术就绪度不低于 4 级。

3. 光显示与交互技术

3.1 感存算一体光电融合芯片技术（关键核心技术类）

研究内容：面向视觉图像大数据边缘实时处理需求，研究智能化三维堆叠型视觉信息光电感存算芯片，包括：研究灰度、深度兼容成像并具备速度感知功能的多维度视觉信息传感技术，研制具备灰度、深度、速度等多维度信息感知功能的视觉传感器；研究基于深度神经网络的多维度视觉信息处理器架构及电路设计；研究二维三维融合视觉信息光电感存算芯片架构设计、视觉图像处理软硬件协同设计、多层三维堆叠集成技术，以及相关可靠性问题，研制智能化三维堆叠型视觉芯片，具备图像信息原位、智能化识别处理、语义分析及情感计算功能，具备大容量图像信

息存储功能。

考核指标：研制出多维度视觉信息传感器，二维视觉图像分辨率>500 万像素、成像速率>100 帧/秒，深度图像分辨率>100 万像素、三维成像速率>60 帧/秒，速度场分布图像分辨率>100 万像素、生成速率>30 帧/秒；研制出多维度视觉信息智能处理器和智能化三维堆叠型视觉信息光电感存算芯片，实现智能化检测、识别、目标跟踪以及语义分析、情感计算的实时处理，集成视觉存储器容量>100 M、视觉处理器算力>10 TOPS。研制出面向先进显示与交互应用的感存算一体光电融合系统芯片，建立技术优势。感存算融合芯片对特定数据集场景的 Top-5 目标识别率不低于 85%；对特定数据集的语义处理正确性解析度指标 PPL<20。实现典型示范应用，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，申请不少于 20 项发明专利，技术就绪度不低于 6 级。

3.2 高通量三维光场实时获取和感知技术(关键核心技术类)

研究内容：针对三维视觉感知与三维内容生成的能力和精度瓶颈，研究高通量光场获取与三维处理技术，实现对大范围视觉场景的高精准三维视觉感知和高逼真光场三维内容获取及呈现；研究面向宽视场大范围的高通量光场获取装置，实现宽视场大范围现实场景光场感知；研究宽视场高分辨的大范围动态场景的多对象三维表示与实时三维重建方法，支持具有平移+旋转自由度的自由视点绘制。

考核指标：构建基于三维动态场景实时光场获取及实时呈现

技术与系统，在医疗、工业、教育、文化等领域实现应用示范，形成国际领先的技术优势；针对高通量光场获取与三维处理技术、宽视场大范围高通量光场获取装置，实现 0.25 米到 200 米范围内场景连续深度信息的光场获取与感知，RGB 通道视频分辨率达到 10 亿像素/帧@30fps，深度信息分辨率达到 1 亿分辨率/帧@30fps，横向视场范围 ≥ 180 度，纵向视场范围 ≥ 60 度，深度精度误差 $\leq 1\text{mm}@2$ 米， $\leq 100\text{mm}@10$ 米， $\leq 5\text{m}@100$ 米；针对宽视场高分辨的大范围动态场景的多对象三维表示与三维重建方法，实现场景内的多动态对象高精度实时三维重建，三维重建精度： $\leq 1\text{mm}@2$ 米， $\leq 10\text{mm}$ （20 米外，相对精度），场景光场绘制速度 $\geq 30\text{fps}$ 。实现体系化典型示范应用，申请不少于 20 项技术发明专利，相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 3 项，技术就绪度不低于 6 级。

3.3 临场真实感近眼三维显示技术与装置（关键核心技术类）

研究内容：围绕限制真实感近眼显示发展的高性能核心器件、便携呈现方案、质量评估方法以及移动混合现实应用等方面开展技术研究，研究面向人眼观察习惯的光场再现高分辨率三维显示方法，实现便携化光场近眼显示系统；研究大视角、非相干、低噪声全息近眼显示方法，实现高图像质量轻小型宽色域全息近眼显示方法；研究真实感近眼显示的性能测试与质量评价方法，建立面向近眼显示的真三维模型创建渲染以及性能参数测试平台和规范标准；研究端云协同的真三维混合现实场景构建、呈现与

应用。

考核指标：实现临场真实感近眼三维显示技术与装置，搭建近眼显示测试平台，覆盖深度、分辨率、清晰度、延时等核心参数，并在医疗、工业、军事、文化等领域进行应用，形成国际领先的技术优势；实现空间带宽积（ $\geq 10^7$ ），连续深度再现（0.25~10m），视场角大于 50 度，出瞳距离 18 mm 的条件下，眼动范围大于 16mm×14mm，轻质量（光学系统质量 ≤ 350 g），旨在保持高分辨率和大视角的基础上，实现符合人眼观看习惯（观看前后人眼融合范围变化统计值 $\leq 5 D$ ，其中 D 为屈光度）的真实感近眼三维呈现技术和系统。实现体系化典型示范应用，申请不少于 20 项技术发明专利，国际行业标准提案不少于 2 项，技术就绪度不低于 6 级。

“信息光子技术”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，“信息光子技术”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

本批榜单围绕裸眼光场 3D 显示器、电视机和手机等重大应用场景，拟解决裸眼 3D 显示核心光学器件、共性关键技术与架构等实际问题，拟启动 2 个任务，共拟安排国拨经费不超过 3000 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 2:1。

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时，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、攻关和考核要求

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. 裸眼 3D 显示核心光学器件研究和开发(关键核心技术类)

需求目标：针对现有裸眼 3D 显示屏的核心光学器件存在控光精度低、范围窄和效率低的问题，开展裸眼 3D 显示核心光学器件研究和开发，为新一代裸眼光场 3D 显示屏提供核心控光器件。具体需求目标如下：

（1）研制裸眼 3D 显示的微纳光学器件。研究 3D 显示性能与微纳光学器件参数间的关系，研究大面积高精度微纳光学器件

和材料的制备工艺、性能测试与优化方法等，研制微纳光栅阵列、微透镜阵列、光学超表面阵列等微纳光学器件，器件厚度 ≤ 0.5 mm，透过率 $\geq 80\%$ 。

(2) 研制裸眼 3D 显示背光波导控光组件。研究基于面板光源微纳光学准直收束技术、可见光高效率指向性偏折技术，研制裸眼 3D 显示背光波导控光组件，组件的幅面大于 65 英寸，均匀度大于 80%，扩散角度小于 5° 。

(3) 研制采用微纳光学器件的光场 3D 显示原理样机。样机具有 120 度以上的裸眼 3D 观看视角，单视点分辨率超过 1024×768 ，观看范围内具有正确的运动视差和空间遮挡关系，长时间观看无视觉疲劳感。

(4) 实现典型示范应用，申请不少于 20 项技术发明专利，国际行业标准提案不少于 2 项，技术就绪度不低于 6 级。

时间节点：研发时限为 3 年，立项 18 月后开展“里程碑”考核。

榜单金额：不超过 1500 万元。

其他要求：无。

2. 3D 显示关键共性技术与架构（关键核心技术类）

需求目标：针对现有视差裸眼 3D 显示存在观看眩晕和图像清晰度、视角和景深不佳等问题，突破裸眼光场 3D 显示关键共性技术，为裸眼光场 3D 显示器、电视机和手机提供裸眼光场 3D 显示屏及其性能评价方法和检测系统。具体需求目标如下：

(1) 研究和优化集成成像 3D 显示、超多视点 3D 显示等的光场设计与架构。设计指标包括屏尺寸、分辨率、视角、视点分布、角度分辨率、图像深度、串扰、像素分配、像素光源整形等。

(2) 研制高清、无晕眩、无重影等体验的裸眼光场 3D 显示屏。采用的 2D 显示屏分辨率 $\geq 7680 \times 4320$ ，尺寸 ≥ 30 英寸，实现超过 10000 视点，视角 $\geq 150^\circ$ ，深度 ≥ 0.4 m，帧率 ≥ 60 Hz，观看前后人眼融合范围变化统计值 $\leq 5D$ (D 为屈光度)。

(3) 研究 3D 显示屏性能评价方法和检测系统。研究超大规模场景的超多视点实时 3D 显示编码算法；研究裸眼 3D 显示指标与人眼主观体验的相互影响因素，建立基于视觉度量的裸眼 3D 显示质量及认知功效评价模型；研发新型裸眼 3D 显示屏性能检测系统。

(4) 实现典型示范应用，申请不少于 20 项技术发明专利，国际行业标准提案不少于 2 项，技术就绪度不低于 6 级。

时间节点：研发时限为 3 年，立项 18 月后开展“里程碑”考核。

榜单金额：不超过 1500 万元。

其他要求：无。

附件 2

“高性能计算” 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“高性能计算”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：在高性能计算机的体系结构、新型处理器结构、高速互连网络、整机基础架构、软件环境、面向应用的协同设计、大规模系统管控与容错等核心技术方面取得突破，研制适应应用需求的新型高性能计算机系统。研发基础算法库、编译器及性能优化等支撑软件，研发一批重大关键领域/行业的高性能计算应用软件，构建可持续发展的国产高性能计算应用生态环境。探索新型高性能计算服务机制，建立具有金字塔层次结构和全局调度能力的国家超级计算基础设施，依托该设施，研发重点行业和关键领域的应用平台，提高国家超级计算基础设施的应用服务能力。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕高性能计算机研发技术方向，拟部署 15 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 7500 万元，每个项目 500 万元。项目执行周期为 2 年。

青年科学家项目（项目名称后有标注）不再下设课题，每个项目所含参研单位总数不超过3家。项目设1名项目负责人。本任务为开放性研究项目，申请者可聚焦指南1.1的部分研究内容进行申报（即不必涵盖所有的研究内容），提出明确的任务目标和具体的考核指标。青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为1983年1月1日后出生，女性应为1981年1月1日后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

1. 高性能计算机研发

1.1 1000万核以上并行计算系统的基础理论和方法研究（青年科学家项目，拟支持15项）

研究内容：研究超导、量子、光电子等新兴技术加速计算的理论和方法；缓解存储墙问题的新理论和方法；新型运算节点的构建方法和技术；混合精度计算的理论、方法和技术；可靠性方法和技术；新型计算节点互联方法和技术；新型高效并行编程、编译、调度方法和技术；多域协同的任务调度方法和技术；多域异构数据的处理框架。

考核指标：在1000万核以上并行计算系统场景下，围绕上述研究内容，形成从数据、节点、系统、多域协同的创新成果，建立相应的可验证系统，并开源模型和代码等。

附件 3

“多模态网络与通信”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“多模态网络与通信”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：开展多模态网络核心芯片、设备、关键技术和创新环境构建的研究，初步构建全维可定义的多模态融合网络架构、协议体系、安全体系和服务体系，使我国成为支持演进和创新的新型网络技术的主导者；巩固我国在移动通信领域的领先优势，重点开展 5G 演进及 6G 技术的前期研究，开展天地一体化技术的先导研究，使我国成为 6G 技术、系统和标准的全球引领者，并使我国高频段通信系统核心模块和芯片达到国际先进水平；充分发挥我国在光通信系统产品上的领先优势，带动光通信核心模块和芯片逐步取得竞争优势；并与微电子、光电子、新材料等方面交叉融合，借助本领域已有的产业优势，在前沿技术上率先取得突破。

2021 年度指南部署围绕多模态网络、新一代无线通信、超宽带光通信 3 个技术方向，按照基础研究、共性技术两个层面，拟启动 10 项任务，拟安排国拨经费 2.64 亿元。共性技术类项目配

套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

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，每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类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；共性技术类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 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 多模态网络

1.1 多模态网络的软件定义互连交换芯片关键技术与验证（共性技术类）

研究内容：面向多模态网络网元设备研制需求，以软件定义硬件为基础，开展多模态网络交换芯片架构、模态隔离转发技术、状态可编程技术、模态加载和编译技术等研究，突破软件定义数据链路层协议、软件定义报文解析、多模态混合可编程交换和软件定义 QoS、高负载下模态弹性无扰隔离技术、大规模状态表下的线速转发等关键技术难点，形成多模态高效芯片处理架构，完

成支撑多模态网络的软件定义互连交换处理器原理验证。

考核指标：提出高效多模态网络互连交换处理器架构和系列芯片设计方案与制造方案,具有存算一体异构集成结构,支持状态可编程,支持多模态加载、编译及运行,实现大规模状态表下的高性能转发,支持模态间的弹性隔离。端口传输速率 100Gb/s,支持不同模态下的有状态寻址或无状态寻址,流表项状态表大于 10k,支持两种以上软件定义数据链路层协议。完成设计方案 1 份、完成关键技术 in FPGA 上验证、形成关键技术验证报告 1 份,专利 15 篇。

1.2 工业互联网络模态关键技术研究及验证（共性技术类，拟支持 2 项）

研究内容：针对工业互联网人机物全面互联的发展趋势，以及港口、能源、交通、制造等工业应用特征，开展基于多模态网络的工业互联网络模态总体架构、网络控制管理技术、基于工业标识的寻址路由、异构工业网络融合和复合业务灵活编排技术、内网能力融合部署、云网边缘融合模型下的算力度量和工业智能技术、面向重点行业的模态生成和应用适配技术等研究，突破工业互联网共性能力生成、确定性转发、内生安全体系构建、快速高效的静态/动态流量调度、超低时延传输、边缘网络组网、大连接高效分发等技术难点，开展工业互联网络模态相关关键技术原理和原型系统验证，形成重点行业多模态网络解决方案。

考核指标：完成基于多模态网络的工业互联网络模态总体架

构的方案设计，构建基于多模态网络的工业网络和算力融合互联互通技术体系，建立基于多模态网络的工业网络模态能力评估体系与评估工具；完成多模态网络架构下，具有时延敏感特性的工业网络控制系统验证，支持不少于 3 个厂家的设备互联互通，流量调度延时时间达到<10 微秒级；端到端抖动不大于 20 微秒；完成工业互联网模态的内生安全方案，实现新设备基于可信身份的入网认证，具备主动 DoS 攻击防御、精细化访问控制的能力；完成异构硬件算力和用户算力需求可度量的算力服务系统、时延敏感网络边缘网关系统的方案验证，支持不少于 5 种工业网络模态；形成不少于 3 个行业的多模态网络解决方案，开展不少于 5 种典型应用验证；申请专利或者软件著作权 15 项以上，提交国际或国内标准草案 5 项以上。

1.3 多模态边缘网络芯片与设备关键技术与验证（共性技术类）

研究内容：围绕协议体制异构、安全等级不同、接入速率多样和服务需求差异等多模态边缘网络特性，开展多模态边缘网络协议体系、异构协议适配与融合，多模态用户安全准入与流量隔离，多模态报文确定性性能保证等技术的研究，突破异构协议高效适配与一体化融合技术、动态用户身份认证与安全加固技术、有限资源实时优化调度与确定性保证技术，完成多模态边缘网络芯片的创新性方案设计和多模态边缘网络设备关键技术的验证。

考核指标：提出多模态边缘网络协议体系，支持各种边缘网

络模态的平滑接入；设计轻量化的异构协议适配与融合机制，支持多模态边缘网络无损互联互通；设计多模态边缘网络内生安全机制，支持多模态用户安全准入与流量隔离；设计确定性资源调度算法，支持多模态报文确定性性能保证；完成边缘设备芯片的方案设计和高性能多模态网络边缘设备关键技术的验证，单端口速率不低于 40Gb/s,吞吐量不低于 2.56Tb/s，支持网络有状态数据平面可编程，具有存算异构集成结构。形成多模态边缘网络芯片和设备技术方案，提交方案设计报告一份，完成关键技术 in FPGA 上验证，完成技术验证报告一份，申请专利 10 项。

2. 新一代无线通信

2.1 6G 通信—感知—计算融合网络架构及关键技术(共性技术类)

研究内容：海量数据驱动 6G 网络向智能化演进，算力需求飞速增长。依赖于环境信息感知和超强算力的自动驾驶等无人化业务、沉浸式体验业务孕育催生，通信节点的内生智能感知能力亟待提升。亟需研究 6G 通—感—算融合网络架构，构建智能、分布式算力、通感的融合；研究智能通—感—算一体化的融合技术、多维信息感知与数据处理机制、干扰管理技术；研究 6G 通—感—算融合的资源管理；研究实时/智能/绿色的算力网络技术，为 6G 通—感—算融合网络架构提供算力支撑；研制通—感—算一体化试验系统。

考核指标：形成一套 6G 通—感—算深度融合的网络架构方

案，同时具备 AI 计算和无线计算两种能力，显著降低 6G 网络的部署成本、能耗水平，提升系统容量、速率和可靠性，降低时延。与通一感一算非融合的系统相比，通信容量、能效和可靠性的性能指标提升 50%，时延降低 50%，感知精度达到厘米级。构建软件仿真与试验验证平台，对 6G 通信—感知—计算融合网络架构及关键技术开展性能评估。申请发明专利不少于 20 项，其中国际专利不少于 5 项；提交国际国内标准技术提案 10 篇。

2.2 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输技术（共性技术类）

研究内容：工业物联网、自动驾驶等垂直行业应用对 6G 网络提出了超低时延超高可靠及信息时效性的需求，低时延和高可靠成为 6G 支撑智能物联的基础性指标。开展 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输理论研究，建立面向低时延高可靠通信的信道容量表征；研究海量终端低时延高可靠通信的跨域协同及适配技术；研究时频空码波及计算缓存多域资源的协同和调度技术；研究海量终端低时延高可靠通信接入与多连接技术；研究 6G 超低时延超高可靠无线空口技术，实现无线传输环境、业务模型和用户特征等多维特性的深度适配。

考核指标：建立超低时延超高可靠大规模无线传输技术体系，提出跨域协同及适配、低时延高可靠接入及多连接技术。传输时延和可靠性相比于 5G URLLC（3GPP R15）的性能指标提升 1 个数量级以上。构建软件仿真与试验验证平台，对 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输技术开展性能评估。申请发明专利不少

于 20 项，其中国际专利不少于 5 项；提交国际国内标准技术提案 10 篇。

2.3 Q/V 频段宽带星载相控阵多波束天线技术(共性技术类)

研究内容:面向低轨道卫星互联网星座业务向更高的通信频段延伸发展的需求，研究突破宽带 Q/V 频段星载相控阵多波束天线总体设计、超密集收发组件与多波束形成网络集成、空时频多维抗干扰、波束灵活赋型以及机电热一体轻量化设计等关键技术，研制 Q/V 频段天线原理样机，申请国家发明专利不少于 1 项。

考核指标:(1)频段:发射 37.5~42.5GHz,接收 47.2~50.2GHz、50.4~52.4GHz;(2)波束数量:发射不小于 8 个,接收不小于 8 个;(3)极化方式:圆极化;(4)最大单波束带宽:不小于 1GHz;(5)支持跳波束扫描应用模式,扫描范围大于等于 $\pm 45^\circ$ 圆锥区域;(6)支持波束赋形,支持功率在波束间的灵活分配;(7)支持功率向特定波束集中,单波束最大可达 EIRP:不低于 58dBW;(8)单波束最大 G/T:不低于 13dB/K;(9)样机重量不大于 35kg。

2.4 天地一体多场景、宽窄带融合接入技术(共性技术类)

研究内容:面向未来天地融合多频段、宽窄带一体、大容量和安全接入需求,开展多频段天地一体接入新型波形设计、基于业务与环境感知的大连接低时延接入管控和按需服务技术、面向跳波束捷变覆盖的波形优化设计及空间分集传输技术、面向天基物联网的大容量、低复杂度非正交多址接入技术、天基物联网空中信号重构及低复杂度检测方法、星地非理想链路条件下的物理

层安全接入技术研究以及基于多业务子带滤波的资源切片方法，研制原理样机，完成演示验证。

考核指标：波形支持 L/S、Ku、Ka 和 Q/V 多频段的天地一体化接入；波形设计支持相控阵跳波束服务模式，波束切换时间不大于 100 μ s；在相同 SINR 下，新波形设计较 OFDM 的频谱效率提升 10%，相同频谱效率下峰均比较 OFDM 降低至少 3dB；物联网信道超载率不小于 200%，单波束支持用户数不小于 10 万（1.5MHz 带宽）；物理层传输和安全一体化设计，非合作用户误码率可达 50%；支持至少 2 种场景不同波形的切片处理。

2.5 天地融合智能组网技术（基础研究类）

研究内容：面向天地融合的组网互联与信息传输需求，结合卫星网络动态拓扑、异构链路等条件，探索网络的自主管控与调度机理，研究网络结构与功能的弹性自适应技术、星地网元自适应动态协作部署技术、多尺度网络切片及智能适配技术、天地一体混合业务感知和智能接入控制技术、天地一体多维网络资源智能感知技术以及时敏确定性路由转发技术，构建地面原型系统，完成演示验证，申请国家发明专利不少于 2 项。

考核指标：（1）支持面向异构业务和网络协议的智能服务部署、迁移、升级及扩容等能力，支持不少于三种组网协议的动态加载；（2）适应不同业务需求与节点处理能力，支持网络功能柔性分割与网元动态协作部署；（3）支持至少 5 类业务的智能感知、识别和自动化网络配置，识别准确性不低于 95%；（4）实现时空

大尺度下的细粒度网络资源利用态势的感知，资源类型不少于 6 种，时间精度可达毫秒级；（5）支持多要素的灵活切片，可同时运行至少 5 类切片策略；（6）实现时延可预测的大尺度空间路由机制，时延预测误差不超过 10%。

3. 超宽带光通信

3.1 高速长距光纤传输系统软件设计平台（基础研究类）

研究内容：面向高速长距离单模光纤传输系统的应用需求，聚焦灵活性、可靠性、可演进性，基于计算机编程语言，研究开发具有自主知识产权的高速长距光纤通信系统仿真软件平台，服务于下一代高速长距光纤通信系统设计开发和系统应用，填补国内空白。基础仿真性能对标业界现有商用软件，实现光电器件建模、光纤信道建模和经典收发算法集成；仿真建模支持 GPU 加速，支持灵活可编程和人工智能收发算法。开发一套完整开源、可靠的、智能化、可编程的高速长距光纤通信系统仿真软件平台。

考核指标：（1）基于高速长距单模光纤传输系统，实现 C+L 波段，最少 40 通道、单波长最高速率不低于 800 Gb/s、最长距离不低于 1000 公里的仿真软件平台，面向少模多芯空分复用光纤传输系统应用需求，建立新型光纤（多芯光纤、少模光纤）模型库，实现至少 7 芯 6 模、单通道最高速率不低于 100 Tb/s、最长距离不低于 1000 公里的仿真软件平台；（2）智能仿真软件平台包括光电器件建模模块、光纤信道建模模块以及收发端数字信号处理算法模块，支持多通道、双偏振信号传输，光纤信道建模支

持经典分布傅里叶算法建模和人工智能建模双模式；（3）源代码通过计算机编程语言（C、C++、Python 等）以及开源代码库实现，支持 GPU 加速，收发算法支持灵活编程，支持人工智能算法，具备实现端到端深度学习算法的能力；（4）软件需要开源，模块化可扩展，具有图形用户界面（GUI）控制光学组件布局、传输系统参数以及算法模块，同时具有可视化工具分析时域波形、光谱、眼图、星座图等；（5）在背靠背底噪相同的情况下，40 通道 800Gb/s 信号 1000 公里仿真软件平台运行结果与真实系统的误码率在同一量级；（6）申请不少于 10 项发明专利、10 项软件著作权。

3.2 面向工业互联网应用的超低延迟、超大连接无源光网络关键技术研究（共性技术类，拟支持 2 项）

研究内容：聚焦工业互联网中的确定性低延迟和低抖动传输、单主站多点控制等新特性、新场景的应用需求，开展匹配工业多样化场景应用网络的支持超大连接的无源光网络新型接入复用架构研究，研究基于 P2MP 架构的低成本高集成度光接入系统、工业互联网汇聚网关 OLT 与接入网关 ONU 的关键技术，探索通过多维复用、相干光检测等多种路线提升单端口在线连接数并降低端到端传输延迟的方案。研究超大连接下工业无源光网络智能管理运维方案，开展边云协同模型架构及功能研究，构建面向工业智能的边云协同模型与要求的统一标准规范，进一步完善工业互联网边缘计算行业标准体系，开展工业无源光网络在新场景下

的示范演示，推动相关产业标准制定，实现成果落地。

考核指标：针对工业多样化场景应用需求，研制低延迟、超大连接工业无源光网络系统，系统单个 OLT 设备可同时支持用户光接入节点数不少于 1024 个，单节点接入能力最大不低于 50Gb/s，各接入节点上下行单节点转发延时可根据业务应用场景灵活配置，平均延迟最小不超过 10 μ s，定时精度不超过 50ppb，工业 ONU 网关支持边缘计算以及容器功能，支持 Modbus、EtherNet/IP、EtherNet TCP/IP、DL/645、IEC104、S7、OPC 等 30 种工业协议，匹配工业互联网智能制造的各类设备，开展支持智能运维的工业无源光网络在新场景下的示范应用。申请不少于 30 项发明专利，贡献国际标准提案不少于 10 项。

附件 4

“区块链”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“区块链”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：聚焦区块链领域的紧迫技术需求和关键科学问题，建立自主创新的区块链基础理论体系，突破区块链系统构建共性关键技术，加强区块链监管与治理技术研究，构建自主知识产权的区块链基础平台，开展重大应用示范。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕区块链基础理论、区块链系统构建共性关键技术、区块链安全监管与治理技术 3 个领域方向，拟启动 8 项任务，拟安排国拨经费 1.16 亿元。其中，围绕区块链基础理论与方法、威胁感知与取证两个方向，拟部署 4 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目 300 万元。除区块链基础理论方向、区块链安全监管与治理技术方向、青年科学家项目外，其他项目配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向组织申报。除特殊说明外，每个项目拟支持数为 1~2 项，项目实施周期不超过 3 年。项目应整体申报，须覆盖该二级标题下指南所列的全部内

容。区块链基础理论类项目下设课题数不超过3个，项目参与单位总数不超过4家；共性技术类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。每个项目设1名项目负责人，项目中每个课题设1名课题负责人，项目负责人可同时担任1个课题负责人。

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1983年1月1日后出生，女性应为1981年1月1日后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为1~2项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这2个项目。2个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 区块链基础理论

1.1 新型区块链体系架构设计理论与方法（基础理论类，拟支持2项）

研究内容：针对当前区块链体系架构在性能、可扩展性、安全性、隐私保护等方面的困难与挑战，研究新型的多链（片）并行区块链体系架构，提升区块链系统的可扩展性和可伸缩性；研究海量业务并发支撑技术，提升区块链的交易并发处理性能；研究链上链下智能化协同优化技术，将复杂业务逻辑迁移至链下执

行；研究适应复杂多变运行环境的区块链高效同步方法；研究区块链的节点身份认证、分级访问控制、跨域可信及隐私保护等核心功能在区块链体系结构的内生支持机制。

考核指标：提出高性能多链（片）并行区块链体系架构，支持的并行分片数不低于 1000，跨链（片）关联交易对系统性能不造成显著影响；提出支持海量业务并发及链上链下交互等新型交易处理机制，支持区块链系统整体通量线性可扩展；提出高效区块链同步方法，适应多样化、高动态运行环境，随着节点规模增大，性能保持稳定；实现面向新型区块链体系结构的身份认证、新型分级访问控制、跨域可信及可信服务等机制；发表高质量论文；申请发明专利 10 项以上。

1.2 高延展性可证明安全共识算法及系统设计理论与方法研究（基础理论类，拟支持 2 项）

研究内容：针对拜占庭共识机制的动态节点增删安全性缺乏理论保障、异步网络环境安全性难以保障、系统可延展性弱等问题，研究可证明安全高效、可支持动态节点、高延展性、高吞吐量的共识机制设计理论；研究在网络异步的环境中同时保障安全性及活性的高性能共识算法和负载低、延展性强的容错系统架构；研究可证明安全的高效分片共识方案；构建复杂网络环境下共识协议的合理安全模型。

考核指标：提出具有可证明安全性的异步共识算法，在网络带宽不低于 100 Mbps 时，延迟低于 200 ms，吞吐量达到 60000

TPS；给出支持节点动态加入和离开的可证明安全的拜占庭共识算法，延迟增幅低于 50 ms；提出分片共识及存储方案，可延展至 500 个节点以上，分片后吞吐量提高 200%；给出精准的共识评估模型刻画共识协议的安全性；发表高质量论文；申请发明专利 10 项以上。

1.3 高并发可扩展区块链存储的基础理论和方法研究（青年科学家项目，拟支持 2 项）

研究内容：针对传统链式区块链难以支撑高频次高并发应用场景的需求，研究区块链系统的高效可扩展存储理论、缓解存储压力的轻量级弹性区块链数据模型、支持数据查询检索的高效完整性及一致性验证技术。

考核指标：核心区块链弹性可扩展存储模型具备创新性；支持基于图式区块链的轻量级可扩展数据分级存储功能；实现至少对 10TB 区块链数据的高效一致存储，将存储开销降低 5 倍以上；支持高效可信存储的数据索引机制，并能对查询结果进行有效验证；发表高质量论文；申请发明专利 5 项以上。

2. 区块链系统构建共性关键技术

2.1 区块链性能模型及多层次协同优化关键技术研究（共性技术类）

研究内容：针对传统区块链低性能与高频交易需求间的矛盾，研究区块链性能模型及多层次协同优化技术。研究多指标约束下的区块链性能模型；研究低时延低冗余区块链网络传输协议

及数据传播架构，支持大规模节点应用的高效数据分发和数据同步；研究适用于大规模网络部署的低开销且兼顾公平与效率的区块链共识机制；研究数据存储模型及高效存储与访问机制；研究智能合约并行执行冲突消解技术，提高合约并行执行效率。

考核指标：提出多指标约束下的区块链性能模型，基于该模型设计至少 3 种主流区块链系统的性能优化方法；建立 1 套区块链性能多层次协同优化技术体系，部署不少于 3 种主流区块链系统，交易确认延时不超过 1 秒；在多核 CPU、千兆局域网、SSD 硬盘、16 个共识节点的规模下，测试转账类业务的吞吐量不低于 55000 TPS；研发区块链智能合约执行平台，支持不少于 10 种应用场景的智能合约；申请发明专利 15 项以上，提交国际/国家/行业标准草案 2 项以上。

2.2 区块链可证明安全隐私保护技术研究（共性技术类，拟支持 2 项）

研究内容：针对区块链数据公开透明、无中心节点管控、隐私保护困难的问题，研究区块链系统的隐私安全风险，研究区块链匿名交易技术，研究通用的安全可重组的隐私保护技术；研究监管友好的区块链交易隐私保护机制，涵盖零知识证明、账号匿名、同态加密、安全多方计算等技术与方法，保护交易身份和交易内容等敏感的交易信息；研究交易追踪溯源技术，支持针对特定异常交易的识别和追踪溯源；研究基于国家认可的商用密码算法的隐私交易平台，在工业、农业、政务、商务、民生、金融等

领域开展示范应用。

考核指标：区块链协议具备在并发混合使用场景下的安全性，提供严格的形式化等证明，实现区块链交易隐私保护机制的功能正确性和规范一致性证明，满足可追溯性和可验证性；提出不少于3种区块链交易隐私保护方法，保护交易双方身份和内容等敏感信息；实现监管友好的区块链隐私保护系统，支持权威监管机构对异常交易信息的识别和追踪溯源；区块链隐私交易平台支持用户账户数量不低于10亿；支持日交易量不低于10亿笔；链上存储量可弹性扩展；平台技术成果应用于不少于3类场景；申请发明专利15项以上，提交国际/国家/行业标准草案2项以上。

2.3 区块链评测技术体系与系统研究（共性技术类）

研究内容：针对区块链快速发展与评测体系、技术手段尚不完备之间的矛盾问题，研究建立区块链评测技术体系，涵盖性能、功能、真伪性、安全性、可靠性和合规性等方面；研究新型区块链技术的组件化评测方法；研究区块链系统的脆弱性发现、对抗策略与问题关系验证机制；研究区块链密码算法及协议、密码模块和密码应用安全性的检测评估方法；研究区块链信息内容安全评测技术；研究多样性测试数据集构造方法，保障异构区块链性能测试公平性；构建评测工具库，设计实现区块链评测系统，支持评测策略的自适应调整；以区块链在法定数字货币、数据生产要素流通、智慧城市、金融科技、工业互联网、政务民生、能源、社会治理等应用为评测场景，研制差异化评测模板，实现穿透式

评测，并对区块链系统的创新程度进行评测。

考核指标：建立区块链评测技术体系，形成 1 套区块链评测规范；提出不少于 3 种区块链系统脆弱性、内容安全防护、共识有效性的评测技术；研制区块链脆弱性评测工具，支持多种网络协议、共识算法等的对抗推演和评测；研制区块链密码评测工具，并实际完成不少于 2 款区块链密码产品评测；提出不少于 3 种测试数据集构造方法；提出面向智能合约的功能正确性和安全性评测方法，构建自动化评测工具，支持 3 个以上主流区块链平台，自动化检测 20 种以上常规智能合约安全漏洞；构建评测工具库，支持对区块链设备接入、数据存证和流通、智能合约、跨链、安全防护等方面进行评测；建设评测平台，支持大规模网络节点，性能测试上限达到 12 万 TPS，兼容不少于 5 种底层链，具备区块链隐藏安全风险评测能力、高风险漏洞检测定位能力，支持评测策略自适应调整和执行；在法定数字货币、数据生产要素流通、智慧城市、金融科技、工业互联网、政务民生、能源、社会治理等应用中设计并实现不少于 3 种典型区块链应用场景的评测模板，支持区块链应用生态的自动化安全风险测试评估；申请发明专利 15 项以上，提交国际/国家/行业标准草案 3 项以上。

2.4 区块链安全威胁感知与取证研究（青年科学家项目，拟支持 2 项）

研究内容：针对区块链层出不穷的安全威胁，设计具有高兼容性、高扩展性且具有快速响应能力的区块链安全威胁感知平台；

研究各类区块链安全威胁的内部机理；提出应对已知和未知类型安全威胁的通用解决方案；设计区块链海量数据快速获取和存储方法；设计在海量区块链数据中快速关联安全威胁的算法；研究可扩展的区块链安全威胁取证系统，支持自定义的取证模式，以支持多种取证场景。

考核指标：区块链安全威胁感知平台的性能开销不超过10%；区块链安全威胁感知平台能发现不少于10种类型的安全威胁；区块链安全威胁感知平台能应用于三种以上主流区块链基础平台；支持在10亿级交易数量的区块链上开展安全威胁取证；从10亿级区块链数据中关联安全威胁的时间开销不超过5分钟；支持不少于5种安全威胁取证模式；申请发明专利5项以上。

3. 区块链安全监管与治理技术

3.1 区块链生态安全监管关键技术研究（共性技术类，拟支持2项）

研究内容：面向区块链生态中存在的安全风险，研究区块链安全生态监管技术框架，实现对区块链生态体系的监管。研究精细化深度分析与识别技术，研究账号、交易、链群三维一体的区块链生态实体关联关系构建技术，研究区块链数字身份关联技术；研制区块链生态安全监管系统，实现区块链生态共性安全风险识别与定位、安全风险事件的精准刻画和风险及时发现预警、网络空间与物理空间的实体关联以及跨账户、跨平台的关联式监管等能力；形成法定数字货币、数据生产要素流通等区块链场景下的

生态安全风险分析和安全监管方案，开展监管示范应用。

考核指标：构建区块链安全生态监管技术框架，提出共性安全风险规范，明确区块链不同层级安全风险；提出不少于3种具有精细化深度分析与识别、区块链生态实体关联关系构建、区块链数字身份关联等能力的技术；支持不少于10类安全风险点的分析与识别；支持实体关系的构建、融合、推理等，形成千万级规模的实体关系库；对智能合约异常交互行为的检测准确率超过90%；面向法定数字货币、数据生产要素流通、智慧城市、金融科技、工业互联网、政务民生、能源、社会治理中的至少2类区块链应用场景形成针对性监管方案并进行应用示范，每类场景下部署区块链应用不少于3个；申请发明专利15项以上，提交国际/国家/行业标准草案3项以上。

“氢能技术”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“氢能技术”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：以能源革命、交通强国等重大需求为牵引，系统布局氢能绿色制取、安全致密储输和高效利用技术，贯通基础前瞻、共性关键、工程应用和评估规范环节，到 2025 年实现我国氢能技术研发水平进入国际先进行列。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕氢能绿色制取与规模转存体系、氢能安全存储与快速输配体系、氢能便捷改质与高效动力系统及“氢进万家”综合示范等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 18 个项目，拟安排国拨经费 7.95 亿元。其中，围绕氢能安全存储与快速输配体系技术方向，拟部署 1 个青年科学家课题，课题拟安排国拨经费不超过 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基

基础研究类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，共性关键技术类和示范应用类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。

项目下设青年科学家课题的（项目名称后有标注），青年科学家课题负责人及课题参与人员年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 氢能绿色制取与规模转存体系

1.1 光伏/风电等波动性电源电解制氢材料和过程基础（基础前沿技术）

研究内容：针对光伏/风电等制氢系统应用所面临的动态适应性和运行可靠性等问题，开展波动电源电解制氢材料和过程基础研究，具体内容包括：研究复杂工况下电解制氢系统动/静态响应特性与建模方法；研究复杂运行工况对电解堆性能和寿命的影响机理与提升技术，包括适应波动性输入的电解堆材料/结构的设计和优化；研究新能源富集地区源/网特征刻画方法及模拟技术，研制电解堆及系统的适应性验证平台；研究高比例新能源电网系统

中电解堆及系统的适应性评价和表征方法；研究适应复杂工况的电解制氢系统配置优化与过程控制技术，研制适应波动性输入的长寿命电解制氢试验装置。

考核指标：电解制氢系统模型动静态误差 $\leq 10\%$ ；研制适应波动性输入的水电解制氢试验系统，其中电解堆：额定电流密度 $1.5\text{A}/\text{cm}^2$ 、电解电压 $\leq 2.0\text{V}@1.5\text{A}/\text{cm}^2@80^\circ\text{C}$ 、额定功率 $\geq 100\text{kW}$ 、操作压力 $\geq 3.5\text{MPa}$ 、产氢纯度 $\geq 99.99\%$ ，5~150%额定功率范围内连续调节，稳态工作3000h、平均单节电压衰减率 $\leq 15\mu\text{V}/\text{h}$ ，模拟华北、西北、东北等典型新能源富集地区电网能量平衡规律下工作2000h、平均单节电压衰减率 $\leq 40\mu\text{V}/\text{h}$ ；构建复杂工况下电解堆适应性验证平台，纹波频率：100~2000Hz，占比1~10%可调，电流阶跃响应时间 $\leq 20\text{ms}$ ，复现误差 $\leq 1\%$ ；建立水电解制氢系统波动电源适应性评价体系；相关标准规范（送审稿） ≥ 3 项。

1.2 低成本质子交换膜（PEM）水电解制氢电堆关键材料制备技术（共性关键技术）

研究内容：针对关键材料制备规模小、单位成本高等制约PEM水电解制氢应用和发展的的问题，开展低成本电解水制氢用关键材料设计与批量化制备技术研究，具体内容包括：研究新型低铱（Ir）基/非Ir基催化剂的设计、合成与高一致性批量化制备工艺；研究高电导率、高强度、高稳定性的离子交换树脂及其增强薄膜的设计与制备技术；研究低成本大面积膜电极涂布及成型工艺；研制适于连续工业化生产的质子膜及膜电极制备装备。

考核指标：低 Ir 催化剂：Ir 载量 $\leq 0.3\text{mg}/\text{cm}^2$ ，基于膜电极测试电解电压 $\leq 1.9\text{V}@2\text{A}/\text{cm}^2@80^\circ\text{C}$ ，过电势 $\leq 200\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ ，不同批次催化剂，制成膜电极测试的过电势偏差 $\leq \pm 10\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ ，工作 3000h 后，电势衰减 $\leq 2\%$ 。非 Ir 析氧催化剂：载量 $\leq 1.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 条件下，膜电极电解电压 $\leq 1.80\text{V}@500\text{mA}/\text{cm}^2$ ，过电势 $\leq 350\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ ，酸性条件下 10000 次循环后过电势衰减 $\leq 20\text{mV}$ ；质子膜：树脂交换容量(IEC) $\geq 0.9\text{mmol}/\text{g}$ ，厚度 $\leq 80\mu\text{m}$ 、偏差 $\leq \pm 5\%$ （采样面积 $\geq 300\text{cm}^2$ ），质子电导率 $\geq 0.2\text{S}/\text{cm}@80^\circ\text{C}$ ，拉伸强度 $\geq 50\text{MPa}$ 、弹性模量 $\geq 300\text{MPa}$ （50%RH，25°C），面向尺寸变化率 $\leq 5\%$ （50%RH 至 100%RH），成本 ≤ 2300 元/ m^2 ；质子膜制备装备：幅宽 $\geq 600\text{mm}$ ，产能 ≥ 10 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ；膜电极制备装备：单片活性面积 $\geq 3000\text{cm}^2$ ，产能 ≥ 10 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ；质子膜制备及膜电极制备装备设计寿命 ≥ 10 年；采用本任务研制的材料、工艺等技术制成低 Ir 催化剂单电池，活性面积 $\geq 3000\text{cm}^2$ ，电解电压 $\leq 1.9\text{V}@2\text{A}/\text{cm}^2$ ，过电势 $\leq 200\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

1.3 高效大功率碱水电解槽关键技术开发与装备研制（共性关键技术）

研究内容：针对碱性电解水制氢大功率、高电流密度、低能耗的需求，研发大功率碱性水电解制氢关键技术与系统集成技术，具体内容包括：低成本、高活性、长寿命一体化大面积新型复合电极设计与批量制备技术，功率波动工况下的电极过

程动力学特性；大面积、低传质阻抗、高亲水性、高耐热性新型非石棉隔膜批量制备技术；大直径碱性电解槽结构优化设计与集成技术；具有宽功率波动适应性的电解水制氢成套装备的优化设计与集成技术，宽功率波动工况下制氢系统的电—热—质均衡优化技术。

考核指标：电解槽额定产氢量 $\geq 3000\text{Nm}^3/\text{h}$ ，电极小室电压 $\leq 1.80\text{V}@5000\text{A}/\text{m}^2$ ；制氢负荷 $\geq 80\%$ 额定条件下，电解槽直流电耗 $\leq 4.3\text{kWh}/\text{Nm}^3\text{H}_2$ ，系统单位能耗 $\leq 4.8\text{kWh}/\text{Nm}^3\text{H}_2$ ，2000h 后电解槽直流电解效率衰减 $\leq 0.1\%$ ；电解制氢装备额定功率 $\geq 15\text{MW}$ ，设备运行压力可调范围 $\geq 0.8\sim 1.6\text{MPa}$ ，功率可调范围 $\geq 20\sim 110\%$ 的额定功率。

1.4 电解制氢加 CO_2 制甲醇工程技术及中试装备开发（共性关键技术）

研究内容：针对大规模氢气加 CO_2 实现碳减排的产业化发展需要，研发电解制氢加 CO_2 制甲醇工程技术与中试装备，具体内容包括：构筑用于 CO_2 高效活化的催化剂体系；研究 H_2 和 CO_2 在催化剂表面的吸附与活化、失效规律以及中间物种的形成和变迁规律；研究粘结剂和催化剂成型方式、催化剂强度及孔结构优化技术；开发工业化规模的换热优化新型反应器及工艺；开发工程化甲醇/水分离关键技术以及能源协同高效利用方案；开发氢气加 CO_2 制甲醇成套工艺包，实现十万吨级工业示范。

考核指标：催化剂运行 5000h 甲醇收率衰减 $\leq 5\%$ ；反应器：

单塔规模 ≥ 10 万吨，氢气转化率 $\geq 90\%$ ， CO_2 单程转化率 $\geq 15\%$ ，甲醇选择性 $\geq 90\%$ ；有机相中甲醇含量 $\geq 99.5\%$ ；编制氢气加 CO_2 制甲醇十万吨级优化工艺包，提交能耗、全工艺流程核算报告；建立十万吨级工业示范装置， CO_2 总转化率 $\geq 90\%$ ，甲醇总选择性 $\geq 95\%$ ，稳定运行时间 $\geq 5000\text{h}$ 。

1.5 电解制氢—低温低压合成氨关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：针对发展可再生能源与低温低压合成氨互补融合新路径，开展电解制氢—温和条件合成氨关键技术及应用，具体内容包括：探索近常压氢气和氮气合成氨新机制，研发低温低压高效合成氨的催化新材料和副反应的抑制新方法，阐明 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键活化和 N-H 键形成的催化机理；研究高性能热化学合成氨催化剂及批量制备技术；构建可再生能源电解水制氢—低温低压热化学合成氨的模拟仿真平台，开发互补融合系统的成套新技术；设计并建成万吨级可再生能源制氢—低温低压热化学合成氨技术的验证装置。

考核指标：氢气转化率 $\geq 26\%$ ；近常压合成氨催化剂：反应温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ 、反应压力 $\leq 0.2\text{MPa}$ ，产氨速率 $\geq 100\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；低温低压条件合成氨催化剂：反应温度 $\leq 400^\circ\text{C}$ ，反应压力 $\leq 7.0\text{MPa}$ 、空速 $\geq 10000\text{h}^{-1}$ ，氨产率 $\geq 15\%$ ；可再生能源制氢—低温低压热化学合成氨技术的验证装置：可再生能源制氢电解系统 $\geq 3\text{MW}$ ，合成氨运行压力 $\leq 7.0\text{MPa}$ 、反应温度 $\leq 400^\circ\text{C}$ ，氨净值

≥15%，3000h 以上连续稳定运行。

1.6 十万吨级可再生能源电解水制氢合成氨示范工程（示范应用）

研究内容：针对我国西南地区水/光发电消纳困难以及传统合成氨工艺的碳减排等问题，开展十万吨级可再生能源电解水制氢合成氨示范应用，具体内容包括：研究适应可再生能源动态特性的电解水制氢合成氨系统建模与优化配置方法；研究适应柔性生产的合成氨工艺流程优化与调控；研究适应水光互补特性的大规模电解水制氢系统集成与集群控制技术；研究源—网—氢—氨互动的全系统协同控制技术；研究计及电、氢、氨等要素的全方位安全防护与市场运营机制，形成绿氢合成氨相关标准体系。

考核指标：掌握可再生能源电解水制氢合成氨全工艺环节建模技术，动静态模型误差 ≤5%，开发适应柔性生产的合成氨工艺流程仿真分析软件；建成十万吨级电解水制氢合成氨示范工程：绿氢占比 100%，合成氨产能 ≥10 万吨/年，产量调节范围 50~100%，为可再生能源制氢—低温低压（运行压力 ≤7.0MPa、反应温度 ≤400℃）热化学合成氨装置提供工程验证条件；电解制氢系统：规模 ≥100MW，系统单位能耗 ≤4.8kWh/Nm³，集群系统调节范围 10~100%，冷启动时间 ≤30min，热启动时间 ≤30s，动态调节速率 ≥20%/min；可再生能源消纳能力 ≥5 亿 kWh/年；电网调峰指令响应时间 ≤1s；形

成技术标准（送审稿） ≥ 5 项。

2. 氢能安全存储与快速输配体系

2.1 高密度储氢材料及其可逆吸/放氢技术（基础前沿技术，含青年科学家课题）

研究内容：针对高密度储氢材料的应用需求，研发具有高质量储氢量的可逆储氢材料、批量制备工艺以及示范储氢系统。具体内容包括：高密度储氢材料的设计和制备；高密度储氢材料吸/放氢热力学和动力学研究；高密度储氢材料的吸/放氢速率控制；高密度储氢材料循环性能的衰减机制和稳定化方法；以高密度储氢材料为工质进一步研制示范储氢系统，以及释放氢气中杂质的种类、含量及抑制方法等。

考核指标：低于 200°C 下材料的质量储氢密度 $\geq 9.0\text{wt}\%$ ，可逆放氢量 $\geq 95\%$ ，吸/放氢循环寿命（50次） $\geq 90\%$ ，储氢压力 $\leq 7\text{MPa}$ ；示范储氢系统的吸/放氢速率 $\geq 3.0/0.3\text{gH}_2/\text{min}$ ，氢气纯度 $\geq 99.99\text{wt}\%$ ，杂质气体含量满足燃料电池用氢气品质 GB/T 37244—2018 要求。

有关说明：本项目中关于高密度储氢材料的设计和制备拟设立一个青年科学家课题。

2.2 氢气液化装置氢膨胀机研制（共性关键技术）

研究内容：针对液氢规模化、致密化储运所需的低温液化系统核心装备，开展氢膨胀机、低温氢气换热器和正仲氢转化技术研究。具体内容包括：氢液化流程及氢膨胀机组参数优化与动态

仿真技术；高效低温氢膨胀机设计方法；低温氢膨胀机变工况与两相膨胀适应性；低温氢膨胀机的密封、绝热技术与制造工艺和可靠性；高效紧凑型低温氢气换热器设计方法与制造工艺；高效正仲氢转化催化剂材料及转化器设计；液氢储罐液位在线精密测量技术；基于氢气膨胀机的氢液化验证装置。

考核指标：氢气膨胀液化装置液化能力 ≥ 5 吨/天，液氢产品仲氢含量（体积分数） $\geq 97\%$ ；氢膨胀机等熵膨胀效率 $\geq 80\%$ ，启停寿命 ≥ 1000 次，连续10000h免维护运行；液氢储罐液位测量偏差 $\leq 0.5\%$ ；开发氢液化流程设计与仿真软件，液化量预测偏差 $\leq 15\%$ ；开发低温氢气换热器设计软件，换热量等关键热物理量预测和实验值偏差 $\leq 10\%$ ；建立氢膨胀机及氢液化装备国家/行业产品标准（送审稿）1~2项。

2.3 车载复合材料储氢气瓶服役检测监测与诊断评估技术（共性关键技术）

研究内容：针对在用车载复合材料高压储氢气瓶服役安全的在线检测与评定需求，开展车载气瓶在线检测、监测与安全评估技术研究。具体内容包括：车载气瓶无损检测技术，满足道路行驶要求的气瓶支撑紧固结构设计与安装准则，复合材料层与内衬在正常充装、供氢等工况下性能退化行为规律与结构健康在线检测监测技术；车载工况下气瓶典型缺陷和损伤的演化规律，车辆事故对支撑、瓶体结构的损伤及隐患评估技术；车载气瓶缺陷和损伤在线检测技术、车规级实时监测器件与诊断技术；复合材料

储氢瓶的寿命预测模型和在线检测评定方法；车载复合材料高压储氢系统设计与安装、服役和在线检测监测与评估技术规范。

考核指标：研制的车载复合材料高压储氢气瓶在线系统达到开口裂纹检测灵敏度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，纤维层分层/脱粘灵敏度优于 $\phi 6\text{mm}$ ，分层/纤维断裂监测相应时间小于 1s ；氢泄漏感知响应速度 $\leq 0.5\text{s}$ ；在 ≥ 50 辆燃料电池汽车上部署结构健康在线监测系统，与充装、使用过程中典型损伤演化规律预测模型比对误差 $\leq 15\%$ ，与寿命预测模型比对误差 $\leq 15\%$ ，与车规级器件实时诊断比对偏差 $\leq 15\%$ ；提出车载复合材料高压储氢系统设计与安装、服役与监测、检验与检测技术规范1套（适用范围包括GB/T 35544—2017、T/CATSI 02 007—2020），提交包含复合材料高压储氢气瓶在线检测、监测与评价方法的国家/行业标准不少于2项。

2.4 气氢与液氢容器及管件泄漏、燃烧与爆炸行为分析和材质要求（共性关键技术）

研究内容：针对氢能及燃料电池产业对储氢装置在生产、储运、加注和使用全链条过程中“耐高压、高密封及爆燃安全”等性能的全面需求，开展氢容器及管件安全健康诊断方法、失效—泄漏—燃烧—爆炸全过程灾害风险演化模型、氢能爆炸时空演化规律、安全防护装备与应急救援研究。具体内容包括：研究氢气泄漏行为的全链条表征与评价，研究高速碰撞下储氢装置的失效破坏模式，提出气氢及液氢泄漏—扩散—爆炸风险全链条预测评估模型；研究适用于加氢站、灌装厂等场景下氢气及液氢爆燃发

展规律与毁伤机制，揭示氢容器在典型失效条件下的爆炸判据和失效特征；提出氢容器燃烧与爆炸防护基准策略，研制系列爆炸冲击防护材料和隔爆、抑爆材料；研究储氢及临氢装置的本质安全设计方法，形成储氢装置的全面安全健康诊断方法和具有高燃爆防护效应的储氢安全装置、设施的设计准则；研究氢能爆炸事故现场应急处置部署决策技术方案及实现方法，综合提升氢能爆炸应急自救及消防救援能力。

考核指标：构建氢气泄漏检测及氢气火焰识别方法，通风或惰性气体稀释装置的快速联动响应时间 $\leq 1s$ ；建立典型公共场所车载高压氢气和液氢泄漏扩散以及低温可燃云团爆燃预测模型，预测误差 $\leq 15\%$ ；建立高压氢泄漏自燃以及含有杂质的液氢爆炸的引发机理及判据，并进行试验验证，其中高压氢气泄漏压力 $\leq 35MPa$ ，单次液氢爆炸试验容量不低于200L，试验次数不少于5次；揭示大尺度开敞空间氢气云爆炸传播特征，超压预测模型在宽温度、宽压力、宽浓度范围下的精度 $\geq 90\%$ ；提出储氢安全装置及设施爆燃安全防护方法，设计适用于加氢站和灌装厂的新型抗爆燃储氢安全装置及设施，抑爆材料可对区域内的爆炸火焰完全抑制，爆炸压力下降95%以上；隔爆材料可对系统内不低于0.3MPa的爆炸压力实现完全控制；防护材料使爆炸压力下降70%以上；泄漏爆炸不引起临近装置及设施殉爆，爆炸破片速度在不低于725m/s（动能不低于2100J）下储氢安全装置及设施不被穿透，100gTNT当量外部接触爆炸不破裂；爆炸冲击波、破片及其

联合作用的致灾效应计算精度大于 90%；提出储氢装置安全指标体系，建立储氢装置运行全过程健康诊断评估方法；构建加氢站及灌装厂等典型氢能场景下燃爆风险实时应急预警系统，系统反应时间 $\leq 5\text{min}$ ；建立临氢装置安全管理信息平台，实现不少于 1000 台（套）氢能储运装备的信息化管理。

2.5 搭载瓶装氢气燃料电池汽车转运与集中存放技术与规范 (共性关键技术)

研究内容：基于燃料电池车辆应用中车辆停放、跨地域运输需要，研究车辆带氢运输、与燃油车混合运输过程中，在公路隧道、轮船、停车场等封闭、半封闭、开放典型场景下，集中运输和停放技术。具体内容包括：研究轮船滚装过程、服务区和停车场氢燃料电池汽车停放过程的风险识别与评价技术；研究搭载瓶装氢气燃料电池车辆转运与集中存放安全技术要求；研究停放/运输氢燃料汽车，在典型密闭、半密闭、开放场景下，氢气安全区间快速识别监测、预警、评价技术；研究氢燃料电池汽车高风险场景安全防范技术；研究典型场景氢泄漏扩散仿真与应急救援技术。

考核指标：建立针对车辆带氢运输、存放的安全风险分析与评测方法，并完成示范应用 ≥ 5 项；形成不同场景下的燃料电池汽车运输、存放、风险评价国家/行业标准报批稿 ≥ 2 项；建立叠加 20 至 1000 辆混合停车场存放或运输的在线监测系统 1 套，氢燃料电池汽车储氢瓶在线监测系统 1 套，覆盖泄漏、过载、超温

等主要风险点，形成燃料电池汽车储氢瓶在线监测国家/行业标准报批稿 ≥ 1 项。

3. 氢能便捷改质与高效动力系统

3.1 跨温区新型全氟质子膜研究（基础前沿技术）

研究内容：针对燃料电池快速冷启动和系统简化需求，设计具有跨温区工作能力的全氟质子聚合物结构，突破其单体合成、聚合物制备、成膜及工程化制造技术，包括：兼具低温质子传导能力和高温稳定性的离子聚合物结构设计及多元协同质子传导机理；全氟离子功能单体的合成及其聚合技术；宽服役温度、长寿命全氟离子聚合物与增强体的高效复合结构，新型质子交换膜成膜工艺及其工程化制造技术；多元复合全氟质子膜在燃料电池中的应用研究。

考核指标：全氟质子聚合物单体纯度 $\geq 99\%$ ；聚合物分子量 ≥ 25 万、交换容量(IEC) $\geq 1.25\text{mmol/g}$ ；玻璃化转变温度 $\geq 130^\circ\text{C}$ ，聚合物分子量热分解温度 $\geq 350^\circ\text{C}$ ；质子交换膜EW $\leq 900\text{g/mol}$ ，工作温度范围 $-30\sim 120^\circ\text{C}$ （膜电极实际工作条件），电导率 $\geq 45\text{S/cm}^2$ （ $60\sim 120^\circ\text{C}$ 、 $50\%\text{RH}$ ）、 $\geq 5\text{S/cm}^2$ （ $-30\sim 0^\circ\text{C}$ ，膜电极实际工作条件），机械强度 $\geq 50\text{MPa}$ ，干湿循环耐久性 ≥ 20000 次；批量制造厚度偏差 $\leq \pm 1\mu\text{m}$ 、成品率 $\geq 99\%$ 。

3.2 低成本长寿命碱性膜燃料电池电堆研制（基础前沿技术）

研究内容：针对低成本基站用不间断电源需求，突破千瓦级非铂碱性膜燃料电池电堆、材料及其组件关键技术，具体内容包
括：研究高活性阳极非铂催化剂和阴极非贵金属催化剂的制备技

术；开发非贵金属催化电极的高效传质结构与制备技术；研究 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 工况下碱性燃料电池的水管理技术，实现碱性燃料电池电堆的高性能输出；研究碱性条件下电解质及电极结构对 CO_2 的敏感性、自由基对碱性聚电解质的攻击等关键问题，实现氢气/空气条件下碱性燃料电池电堆的长寿命运行。

考核指标：氢电极使用非铂催化剂、氧电极使用非贵金属催化剂，膜电极中贵金属催化剂用量 $\leq 0.05\text{mg}/\text{cm}^2$ 、氧还原催化剂活性 $\geq 0.044\text{A}/\text{cm}^2@0.9\text{V}_{\text{IR-free}}$ ；碱性膜电导率 $\geq 45\text{S}/\text{cm}^2$ （ $25\sim 80^{\circ}\text{C}$ ）、氧传输阻力 $\leq 10\text{s}/\text{cm}$ ；碱性膜燃料电池电堆功率 $\geq 2\text{kW}$ 、功率密度 $\geq 1\text{W}/\text{cm}^2$ ，氢气/空气操作寿命 $\geq 3000\text{h}$ （实测，性能下降 $\leq 10\%$ ）。

3.3 电站用高效长寿命膜电极技术（共性关键技术）

研究内容：针对固定式电站对燃料电池长寿命和高效率的应用需求，开展电站用燃料电池膜电极设计、制备及寿命关键技术研究，具体内容包括：膜电极关键材料催化剂、质子交换膜、扩散层在发电工况下的衰减规律与结构强化技术，提升膜电极寿命和抗 CO 能力；突破电站用膜电极催化层低极化和扩散层高传质技术，降低催化剂用量、提升电池能量转化效率和功率密度；突破膜电极高可靠性一次成型封装结构及其工程化制备技术，提升膜电极产能、批量制备的一致性和可靠性。

考核指标：基于发电稳态工况，膜电极在额定工作点电压衰减率 $\leq 10\%@40000\text{h}$ （实际测试 10000h ，性能衰减 $\leq 2\%$ ）；膜电极

Pt 载量 $\leq 0.25\text{mg}/\text{cm}^2$, 性能 $\geq 0.80\text{V}@0.4\text{A}/\text{cm}^2$ 、 $\geq 0.70\text{V}@1.2\text{A}/\text{cm}^2$ (空气压力 $\leq 150\text{kPa}_{\text{abs}}$ 、氢气中 CO 含量 $\geq 5\text{ppm}$); 基于高可靠性一次成型封装结构, 开发的膜电极在设计寿命范围内满足氢气渗透要求、年产能 ≥ 60 万片, 性能偏差 $\leq 10\text{mV}$ ($1.2\text{A}/\text{cm}^2$ 工况条件, 抽检样本 ≥ 300 片); 建立涵盖催化剂、离聚物、质子交换膜等关键材料的性能衰减预测模型, 性能衰减预测误差 $\leq 10\%$ 。

3.4 管式固体氧化物燃料电池发电单元及电堆关键技术 (共性关键技术)

研究内容: 针对固定式电站发电供能领域对高效、长寿命固体氧化物燃料电池的需求, 开展管式固体氧化物燃料电池用电解质膜、单电池、电堆的制备工艺与工程化研究。具体包括: 开发针对管式结构特征的致密电解质膜的制备工艺和生产装备; 研究兼具高输出功率和高运行可靠性的管式单电池的结构及其制造方法; 研究管式单电池及电堆模块的热、电、应力分布规律, 确立管式电堆的组堆方式及热管理策略; 研究运行条件对电堆效率及运行寿命的影响规律, 确立管式固体氧化物燃料电池电堆模块组装技术, 同时确立管式电池、电堆的工程化技术。

考核指标: 单个管式电池的空载电压大于 20V , 输出功率密度 $\geq 0.4\text{W}/\text{cm}^2$, 最大输出功率 $\geq 100\text{W}$; 管式电池支撑体平直度 $\leq 2\text{L}\%$, 孔隙率 $\geq 25\%$, 抗弯强度 $\geq 50\text{MPa}$; 可级联放大的电堆模块功率 $\geq 5.0\text{kW}$, 初始电效率 $\geq 55\%$, 冷热循环启动次数 ≥ 100 次, 电效率衰减 $\leq 0.2\%/次@100$ 次, 连续运行时间 $\geq 1500\text{h}$ (实测),

稳定运行情况下每 1000h 衰减率 $\leq 1\%$ ，电堆预期寿命 $\geq 20000\text{h}$ 。

3.5 千瓦级固体氧化物燃料电池发电系统及高可靠性电堆关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对住宅、楼宇、社区分布式供能领域对高效、长寿命、可多次启停固体氧化物燃料电池的需求，开展高可靠性固体氧化物燃料电池与电堆工程化技术与系统集成研究，具体内容包括：研究支撑电极结构对电池的抗氧化还原、冷热循环、燃料重整性能的影响，提出电池结构与性能优化策略；研究电堆环境下电池与连接体的热、电、应力分布规律，开展电堆界面电子收集与封装材料特性研究，优化电堆集成方案，开展千瓦级电堆的工程化制造与评价技术研究；研究燃料特性对电堆效率及运行寿命的影响规律，开展燃料处理与热量回收处理方式技术研究，开展千瓦级热电联供系统集成应用研究。

考核指标：单体电池面积比电阻(ASR) $\leq 0.25\Omega/\text{cm}^2@750^\circ\text{C}$ ，冷热循环电效率衰减 $\leq 0.2\%/次@100次$ ；电堆功率 $\geq 1\text{kW}@0.85\text{V}$ ，效率 $\geq 65\%$ ；系统功率 $\geq 2.0\text{kW}$ （掺氢天然气燃料），系统发电效率 $\geq 55\%$ ，热电联供效率 $\geq 90\%$ ；系统连续运行时间 $\geq 4500\text{h}$ （实测），冷热循环启动次数 $\geq 100次$ ，预期寿命 $\geq 80000\text{h}$ 。

4. “氢进万家”综合示范

4.1 中低压纯氢与掺氢燃气管道输送及其应用关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对城镇地区用氢需求，开展中低压纯氢与掺氢

(5~20%)燃气管道输送及其应用关键技术研究。具体内容包括:管材和焊缝中渗氢扩散机理,管材和焊缝对纯氢/掺氢输送的相容性研究,纯氢/掺氢输送架空和埋地管道连接工艺;管道中掺氢传质输运机理,多级减压和调压技术,纯氢/掺氢燃气管输工艺,掺氢设备研发;纯氢/掺氢燃气管道和关键设备的安全事故特征和演化规律研究、失效后果及防护研究、完整性管理及应急抢修技术;氢气分离工艺与设备研发及末端增压设备研发(用于燃料电池气源);纯氢管道输送试验平台、掺氢综合实验平台;纯氢/掺氢家用燃烧器、换热器内传热传质机理及结构优化研究、形成家用燃气灶、家用热水器及末端增加装置等科技试验平台。

考核指标:形成中低压纯氢/掺氢燃气管输工艺、管材、试验方法行业/国家标准送审稿2~3项,开发管输工艺软件1套,研发流量随动精准掺氢设备1套;开发纯氢/掺氢燃气管道完整性评估软件1套,形成纯氢/掺氢燃气管道应急抢修的行业/团体规范或标准送审稿1~2项;建成纯氢管道输送科技试验平台:最高压力 $\leq 4\text{MPa}$,长度 $\geq 4\text{km}$,管径 $\geq 300\text{mm}$,输氢总量 ≥ 5000 吨/年,安全运行60天,气密性试验1.1P下泄漏率 $< 0.3\%/h$ (试验时间24h),材料满足输氢工作条件下抗氢脆要求;建成掺氢综合实验平台:掺氢比5~20%,压力平稳调控,稳压精度 $\pm 2\%$,可实现不同输送设备的气密性检测,氢气分离纯度 $\geq 99.999\%$;进户压力 $> 2.0\text{kPa}$,家用燃氢热水器热效率 $\geq 80\%$,家用燃氢灶具热负荷 $\geq 3.0\text{kW}$,燃烧烟气中的氮氧化物含量 $\leq 0.015\%$;末端增压

装置增压至 0.2MPa；形成纯氢/掺氢燃气燃烧器具国家/行业标准送审稿 1~2 项。

4.2 住宅用质子交换膜燃料电池综合供能系统集成关键技术（共性关键技术）

研究内容：综合考虑质子交换膜燃料电池（PEMFC）的产电、产热特性以及住宅场景的电、热能需求，开展住宅用 PEMFC 热电联供系统及其关键技术研究，具体内容包括：研究典型住宅场景热电用能模式与影响因素，以及燃料电池热电动态耦合运行机制、能量协同管控技术；研究固定式住宅用燃料电池热电联供系统集成优化及运行状态实时监测诊断技术；开发固定式住宅用燃料电池热电联供系统的关键器件及测试评价技术；开发耦合燃料电池的高效余热回收、蓄热及电辅热技术；研究家用燃料电池热电联供系统接入电网技术，研发低成本的自适应并网控制器。

考核指标：基于管道氢燃料的 PEMFC 热电联供系统中 PEMFC 电堆功率密度 $\geq 0.8\text{kW/L}$ ；系统额定功率 $\geq 1\text{kW}$ ，峰值发电效率 $\geq 50\%$ ，热电联供效率 $\geq 85\%$ ；住宅热电需求与燃料电池热电输出功率匹配度 $\geq 95\%$ ，功率控制响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ，实测寿命 $\geq 7500\text{h}$ ，目标寿命 $\geq 40000\text{h}$ ，具备 $\geq 5\text{min}$ 抗 200ppm CO 冲击能力，电流过载能力 ≥ 2 倍@100ms，单一家用电器冲击下电压恢复时间 $\leq 10\text{ms}$ ，电网控制指令响应时间 $\leq 2\text{s}$ ，满足家用电气安全、电能质量等相关标准；万套级系统成本 ≤ 5000 元/kW。

“氢能技术”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，“氢能技术”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

本批榜单围绕车用高功率密度、长寿命燃料电池电堆的高效率、高一致性批量化制造等重大应用场景，拟解决膜电极高精度、高效率量产工艺及工程化制造装备，双极板高精度成形、高稳定性涂层连续化制备工艺及装备，电堆组件的高速堆叠、高精度对位、差异化组件抓取、自动化装配工艺及装备，电堆快速活化技术及装备等关键实际问题，拟启动 1 个项目，共拟安排国拨经费不超过 5500 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时，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、攻关和考核要求

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. 高精度电堆组装及成套批量制造装备技术

需求目标：针对车用燃料电池电堆高功率密度、长寿命、高效批量化制造需求，突破国产化关键零部件和电堆制造、装配、活化等关键技术，实现电堆及关键零部件的自动化生产。具体需

求目标如下:

(1) 膜电极高精度、高效率量产工艺及工程化制造装备。所研制装备膜电极产能 ≥ 10 万平方米/年、批量制造合格率 $\geq 99\%$ 、批量制造过程催化剂损耗率 $\leq 5\%$ 、催化层厚度偏差 $\leq \pm 0.5\mu\text{m}$ 。

(2) 双极板高精度成形、高稳定性涂层连续化制备工艺及装备。所研制装备双极板产能 ≥ 500 万片/年, 批量制造合格率 $\geq 99\%$, 双极板厚度一致性偏差 $\leq \pm 10\mu\text{m}$ 。

(3) 电堆组件的高速堆叠、高精度对位、差异化组件抓取、自动化装配、快速活化工序及装备。所研制装备电堆组件堆叠节拍 $\leq 2\text{s}/\text{片}$ 、组件直接对齐偏差 $\leq \pm 0.08\text{mm}$ 、产能 ≥ 10000 台电堆/年, 电堆生产过程能力指数 $C_{pk} \geq 1.33$, 活化时间 $\leq 2\text{h}$ 。

(4) 开展从膜电极、双极板到电堆的工艺体系研究, 编制生产标准和工厂产线规范。工艺研发对应的电堆产品应满足额定功率 $\geq 120\text{kW}$, 支持 -30°C 低温启动, 寿命 $\geq 10000\text{h}$ (峰值功率点电压下降 20%); 成套工艺装备输出电堆样本的功率偏差 $\leq 2\% @$ 额定电流, 无故障时间 $\geq 5000\text{h}$ 。

时间节点: 研发时限为 3 年, 立项 12 个月以内开展第一个“里程碑”节点考核: 生产体系基本贯通。立项 24 个月以内开展第二个“里程碑”节点考核: 采用研制装备的生产体系建立, 且制造电堆连续合格记录不少于 300 台。

榜单金额: 不超过 5500 万元。

其他要求: 无。

附件 6

“储能与智能电网技术”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“储能与智能电网技术”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：通过储能与智能电网基础科学和共性关键技术研究的布局，推动具有重大影响的原始创新科技成果的产生，着力突破共性关键技术，增强创新能力建设，促进科技成果转化和产业化，从而保证未来高比例可再生能源发电格局下电力供应的安全可靠性、环境友好性、经济性和可持续发展能力，推动我国能源转型，为实现“碳达峰”“碳中和”战略目标提供坚实的技术支撑。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕中长时间尺度储能技术、短时高频储能技术、高比例可再生能源主动支撑技术、特大型交直流混联电网安全高效运行技术、多元用户供需互动用电与能效提升技术、基础支撑技术等 6 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 20 项指南任务，拟安排国拨经费 6.67 亿元。其中，围绕中长时间尺度储能技术方向，拟部署 2 个青年科学家课题，每个课题拟安排国

拨经费不超过 500 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类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，共性关键技术类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。

项目下设青年科学家课题的（项目名称后有标注），青年科学家课题负责人及参与人员年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 中长时间尺度储能技术

1.1 吉瓦时级锂离子电池储能系统技术（共性关键技术）

研究内容：针对高比例可再生能源并网消纳及电力供应峰谷差加剧问题，研究适用于吉瓦时级应用的新型锂离子电池规模储能技术，具体包括：研究开发宽温区、超长寿命、高能量转换效率、低成本、高安全的新型锂离子储能电池；电池系统高电压化

集成技术；电池系统高效热管理技术；系统级安全防护技术；吉瓦时级锂离子电池储能系统集成技术及智能管理系统。

考核指标：兆瓦时级锂离子电池储能系统单元循环寿命不小于 15000 次(0.5 倍额定充电功率/0.5 倍额定放电功率, 25°C, 100% 放电深度)；支持不小于 0.5 倍额定放电功率下 2 小时储能，高压电池系统单元对地绝缘耐受水平不小于 35 千伏（直流），系统能量转换效率不小于 90%（含主回路和辅助回路功耗，AC 低压侧效率），额定功率不小于 1 倍充放电额定功率，1 分钟持续峰值功率不小于 2 倍充放电额定功率，预期服役寿命不小于 25 年，锂离子电池储能系统输出规模不小于 1 吉瓦时，等效度电成本不大于 0.1 元/千瓦时。

1.2 兆瓦时级本质安全固态锂离子电池技术（共性关键技术）

研究内容：针对包括可再生能源接入等各类中长时间尺度的储能需求，研究具有高安全长寿命的固态锂离子电池技术，具体包括开发全寿命周期具有低电阻和高稳定性的固态电解质膜与电极材料；本质安全、长寿命、低内阻的界面与电极结构及储能型固态锂离子电池电芯开发；适应全气候域应用、具有高成组效率、高可靠性的模组和系统设计；固态储能锂离子电池的失效分析、在线检测、状态预测和预警以及热失控行为研究。

考核指标：突破储能型固态电池的关键材料、电芯设计与系统设计。电池单体电芯中液体电解质含量占比低于电芯质量的

5wt%，循环寿命不小于 15000 次（1C 充电/1C 放电，25°C，100% 放电深度）；研制 10 兆瓦时级固态储能锂离子电池系统，模组成组效率超过 90%，电池柜级别系统成组效率超过 80%，40 尺集装箱可装电量超过 5 兆瓦时；系统循环次数不小于 12000 次（0.5 倍额定充电功率/0.5 倍额定放电功率，25°C，100% 放电深度），响应速度不大于 200 毫秒，系统能量转换效率不小于 90%（含主回路和辅助回路功耗，AC 低压侧效率），等效度电成本不大于 0.2 元/千瓦时，系统极限滥用下不起火，不爆炸。

1.3 金属硫基储能电池（基础前沿技术，含青年科学家课题）

研究内容：针对中短时长大规模储能发展对于降低成本、减少资源依赖的需求，研究基于锂/钠等金属负极和含硫正极的本质安全、低成本和长寿命金属硫基储能电池。具体包括：高比容量、高面容量金属或合金负极、含硫正极、本质安全电解液或固态电解质、多功能隔膜与粘结剂等关键材料的设计与低成本规模化制备技术；金属负极服役条件下的保护策略；力、电、热耦合条件下金属硫基储能电池界面反应热力学、动力学、稳定性行为研究；电池电芯、模组、系统的模拟仿真、原位与非原位表征以及失效机制分析；长寿命电池的电芯、模组、系统的设计、研制、智能管理控制、环境适应性和安全性的评测和改进技术。

考核指标：金属硫基储能电池单体循环寿命不小于 15000 次（室温，充放电倍率不小于 0.5C，80% 放电深度）；安全性达到国标要求；负极在 3 毫安/平方厘米电流密度，面容量 6 毫安时/

平方厘米下，500次循环平均库伦效率高于99.99%。研制出100千瓦时级金属硫基储能电池系统，0.5倍额定充电功率/0.5倍额定放电功率，25℃下，系统能量转换效率不小于80%，循环寿命不小于12000次，-20℃工作环境下放电容量保持率不小于80%，系统成本不大于0.6元/瓦时。

有关说明：本项目中关于金属负极服役条件下的保护策略研究以及力、电、热耦合条件下金属硫基储能电池界面反应热力学、动力学、稳定性行为研究拟设立为两个青年科学家课题。

2. 短时高频储能技术

2.1 低成本混合型超级电容器关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对负荷跟踪、系统调频、无功支持及机械能回收、新能源场站转动惯量等分钟级功率补充等应用需求，研究开发兼具高能量、高功率和长寿命的低成本储能器件，具体包括：混合型超级电容器材料体系、复合电极及器件的优化设计和关键材料国产化；“能量—功率—寿命”和“热—电—寿命”的耦合模型及寿命衰减机制的模拟仿真和试验验证；兆瓦级储能系统集成技术；不同应用场景混合型超级电容器系统服役的失效机理，改性和应用研究。

考核指标：单体能量不小于15瓦时，比能量不小于70瓦时/千克，10秒充/放电比功率不小于10千瓦/千克，实测最大比功率不小于30千瓦/千克；80%放电深度循环寿命不小于20万次，-40℃和5C放电能量保持率不小于60%，安全性满足标准；储能

系统不小于 200 千瓦时，功率响应不小于 1 兆瓦，最优充/放电能效不小于 95%；15 分钟级储能工况系统成本不大于 1 元/瓦，1 分钟级储能工况系统成本不大于 0.4 元/瓦。

3. 高比例可再生能源主动支撑技术

3.1 光伏/风电场站暂态频率电压主动快速支撑技术（共性关键技术）

研究内容：针对提高光伏/风电高占比电力系统运行稳定性和消纳能力的迫切需求，研究光伏/风电场站对电力系统暂态频率电压的主动支撑技术，具体包括：光伏/风电场站实时调节能力动态评估技术；适应可再生能源资源特性的光伏/风电场站快速频率响应及支撑技术；光伏/风电场站多无功源协同暂态电压控制技术；光伏/风电场站暂态支撑多级协同优化技术；光伏/风电场站主动支撑控制系统研制开发。

考核指标：光伏/风电场站控制系统具备场站调节能力动态评估和暂态主动支撑功能，暂态电压控制响应时间不大于 50 毫秒，无功调节能力不小于场站额定容量 20%；快速频率控制响应时间不大于 200 毫秒；紧急有功控制响应时间不大于 100 毫秒；在可用有功出力范围内上调幅度不小于 10%、下调幅度不小于 20%场站额定容量；控制系统可接入发电单元数量不小于 200 台；在装机容量不小于 100 兆瓦的光伏电站或风电场验证。

3.2 柔性直流海上换流平台轻型化关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对远海风电大规模开发和输送的需求，研究高

压大容量柔性直流海上换流平台的轻型化技术，具体包括：海上风电直流输电系统拓扑及过电压与绝缘配合方法；柔性直流换流阀轻型化设计及抗震技术；高压直流气体绝缘开关（GIS）关键技术及样机研制；换流平台与电气主设备的紧凑化协同设计技术；千兆瓦柔性直流轻型化换流平台工程方案典型设计。

考核指标：提出柔性直流输电技术在海上风电送出并网中的离岸具体范围；针对海上风电送出千兆瓦柔性直流轻型化换流平台，提出换流阀紧凑化设计方法，体积和重量比国内现有柔性直流工程用同等级换流阀减小 30%；直流 GIS 样机额定电压不小于 ± 320 千伏，操作冲击过电压耐受水平不小于 850 千伏，雷电冲击过电压耐受水平不小于 950 千伏，体积较敞开式空气绝缘布置减小 60%以上；平台设计重量不超过 1.2 万吨/1000MW（不含平台桩基结构）。

3.3 规模化储能系统集群智能协同控制关键技术研究及应用（共性关键技术）

研究内容：针对双碳目标场景下电力系统储能应用场景，研究规模化储能系统集群智能协同控制关键技术，具体包括：研究兼顾灵活性、安全性、经济性与支撑能力的电力系统多类型储能智能规划与接入技术；研究规模化储能系统特性及其与风、光、水、火等电源联合优化运行技术和稳定支撑技术；研究规模化储能系统电网主动支撑能力和评估指标；研究多场景下储能参与调峰、调频和紧急功率支撑等电力辅助服务的成本和价值评价方法；

研究规模化储能支撑新能源外送技术。

考核指标：研究提出规模化储能集群智能协同控制策略；建立规模化储能系统电网主动支撑能力评价指标体系；形成规模化储能配置和调度运行规范；研发规模化储能集群智能协同控制平台，实际接入控制对象不少于 30 个储能电站，容量规模不小于 0.5GW；具备规模化储能与多类型电源联合优化运行、协同稳定支撑、支撑清洁能源外送和辅助服务边际成本量化分析等功能。储能集群控制精度不低于 1%，储能集群控制指令响应时间不大于 5 秒，紧急功率控制响应时间不大于 300 毫秒。

4. 特大型交直流混联电网安全高效运行技术

4.1 响应驱动的大电网稳定性智能增强分析与控制技术（共性关键技术）

研究内容：针对现有安全稳定控制系统无法有效保障复杂非预想故障情况下电网安全运行的问题，研究响应驱动的大电网智能增强稳定分析与控制技术，具体包括：含高比例可再生能源的交直流混联电网受扰后电气量的时空分布特性和稳定特性；关键响应特征提取及稳定性判别技术；提升响应驱动稳定性判别可信度的混合增强智能分析技术；非预案式的电力系统自主协同稳定控制技术；研发响应驱动的大电网稳定性混合智能增强分析与控制系统。

考核指标：研发稳定性混合智能增强分析与控制系统，并进行试验验证。与至少含 30 台同步电源、15 个风/光可再生能源场站、3 回直流和 1 万三相节点规模电网的全电磁暂态仿真结论进

行对比测试，其中运行方式不少于 10 套典型方式及连续 30 天峰谷平实际方式，故障集覆盖范围不小于 50% 的 500 千伏及以上交直流线路，稳定判别方法对失稳样本的正确识别率达到 100%，对稳定样本的误报率小于 5%，单次判断时间小于 150 毫秒。

4.2 多馈入高压直流输电系统换相失败防御技术（共性关键技术）

研究内容：针对多馈入直流系统发生换相失败后，可能导致连锁故障并严重影响电网稳定的问题，研究多馈入直流换相失败的多层级综合防御技术，具体包括：多馈入直流系统换相失败及其与电网相互作用机理；考虑交直流混联电网稳定约束的换相失败防御方法；可防御换相失败的新型直流换流器样机研制及等效试验技术；多馈入直流系统数字物理仿真平台技术；防御换相失败的直流输电系统设计及控制保护技术。

考核指标：提出抵御换相失败的多层级综合防治方法，可使多馈入直流系统发生连续换相失败的概率降低 80% 以上；针对新建及在运直流工程分别提出可防御换相失败的新型换流器拓扑；建成包含至少 5 条直流系统详细模型的数字物理仿真平台；研制抵御换相失败的换流阀及阀控样机，换流阀额定电流不低于 3 千安，并完成验证。

4.3 基于自主芯片的变电站高可靠性保护与监控技术（共性关键技术）

研究内容：针对变电站保护与监控系统软硬件自主可控程度

低、站内设备监控水平亟待提升等问题，研究全面采用自主芯片及操作系统的高性能保护及监控技术，具体包括：安全、集约、协同、兼容的变电站保护与监控体系架构；基于自主芯片的硬件架构及内生安全的设备研制；全过程实时数据高精度统一采集及高效安全传输技术；保护系统采、传、算、控、监全环节整体可靠性提升技术；基于国产操作系统的主辅设备全景监控预警技术与多级协同的系统开发。

考核指标：提出高可靠性变电站保护与监控系统整体架构，研制基于全国产化软硬件的 35~500 千伏电压等级变电站保护设备和监控系统样机，并通过工程验证，保护设备可耐受电磁干扰性能不低于标准要求（在 A 级快速瞬变、雷电波 4 千伏冲击干扰下保护动作值误差不超过 5%），监控系统接入数据容量不低于 10 万点，单节点实时计算能力不低于 20 万次/秒，支持模拟量、累积量、同步相量、故障录波、报文、模型、图形和报告等多类型数据。

4.4 柔性低频输电关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对中、远距离海上风电高效汇集送出的迫切需求，研究新型柔性低频交流输电系统构建与核心装备技术，具体包括：低频输电频率对输电系统和设备特性的影响规律；低频输电系统构建方案、主回路设计、系统控制保护与仿真技术；大容量交交换流拓扑及异频能量交互控制技术；计及各级换流器暂态特性的低频输电系统过电压特性和设备绝缘配合；低频输电系统

短路开断技术及断路器等核心装备样机研制与试验检测技术。

考核指标：提出海上风电柔性低频汇集送出等系统典型方案及抑制过电压用避雷器配置和高盐雾环境下外绝缘配合方案；研制柔性低频交流输电核心装备并完成验证：交直流换流器样机容量不低于 220 千伏等级/100 兆伏安，效率不低于 98%，频率变换比不小于 2；断路器样机额定电压/电流不小于 250 千伏/3150 安，额定短路开断电流不小于 50 千安；线路故障检测时间不超过 3 毫秒。

5. 多元用户供需互动与能效提升技术

5.1 规模化灵活资源虚拟电厂聚合互动调控关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对大规模分布式资源参与电网互动调节的重大应用需求，研究规模化灵活资源虚拟电厂聚合互动调控技术，具体包括：虚拟电厂分层分区动态构建、响应能力量化分析技术；虚拟电厂通信网络调度及业务承载时延控制技术；海量异构终端实时安全接入及用户隐私数据保护技术；基于区块链的分布式可信交易技术；虚拟电厂分布式协同互动运行控制技术。

考核指标：研发“云边协同+物联网技术+人工智能”架构的虚拟电厂协同互动调控系统，支持百万数量级智能终端即插即用安全接入，支持不少于 10 个区块链交易节点（覆盖源、网、荷、储各环节），交易共识达成时间小于 1 秒；建成的虚拟电厂含分布式电源总容量不低于 300 兆瓦，可调节资源总容量 1000 兆瓦

以上，其中快速调频容量不低于 100 兆瓦，快速调频指令响应时延小于 300 毫秒；可实现最高峰值负荷降低 200 兆瓦及以上。

5.2 配电网业务资源协同及互操作关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对配电网及海量充电桩、分布式电源等监控设备数据接入管控以及跨业务、跨应用、跨角色数据共享与业务应用需求，研究配电网业务资源协同及互操作关键技术，具体包括：跨域跨应用的配电网运行数据共享体系及互操作技术；配电网业务资源的统一数据建模及语义贯通关键技术；配电网智能设备的通用性即插即用关键技术；配电网边缘计算平台技术及系列化软件定义智能终端；动态可伸缩的配电网云平台微服务架构及云边端协同应用技术。

考核指标：兼容智能断路器、智能换相开关、无功补偿装置、电动汽车充电桩及分布式电源并网点监控 5 种关键装置的通用性即插即用；边缘计算平台的内核自主化率 100%，支持国产自主可控处理器，支持至少 10 款不同终端 APP 同时运行，APP 可兼容不同硬件平台；软件定义馈线终端、站所终端、台区终端采用国产 CPU 和边缘计算平台；智能终端管控平台具备百万级智能终端并发接入管理能力，在示范工程中实现 10 万级智能终端的并发接入与管理；支持 5 类以上应用场景，末端应用响应时间不超过 1 分钟。

6. 基础支撑技术

6.1 新型环保绝缘气体研发与应用（基础前沿技术）

研究内容：针对电力系统中大量设备使用的 SF₆（六氟化硫）

绝缘气体带来温室效应的问题，研究探索新型环保绝缘气体及其应用技术，具体包括：新型环保绝缘气体分子结构与理化特性；新型环保绝缘气体批量制备与精制提纯技术；新型环保绝缘气体工程用绝缘、灭弧特性与气固相容性；基于新型绝缘气体的 110 千伏环保输电管道（GIL）样机研制。

考核指标：研发并制备出 10 公斤级新型环保绝缘气体，全球变暖指数不超过 SF₆ 的 5%，臭氧消耗潜值为零，0.1 兆帕下绝缘强度高于 SF₆，液化温度低于 -23℃，急性吸入毒性 LC₅₀（大鼠）大于 20000μL/L，研制基于新型绝缘环保气体的 110 千伏环保 GIL 样机，最低使用温度达到 -25℃，并通过型式试验。

6.2 干式直流电容器用电介质薄膜材料（共性关键技术）

研究内容：针对干式直流电容器用绝缘材料及其批量化生产的应用需求，研究超净聚丙烯粒料及电介质薄膜批量化制备、干式直流电容器应用及其可靠性评估技术，具体包括：电工级超净聚丙烯粒料关键参数调控与批量化制备技术；薄膜材料双向拉伸、电极蒸镀工艺及批量化制备技术；交直流电压叠加作用下薄膜材料绝缘、热稳定及自愈特性；基于国产化薄膜的干式直流电容器设计和研制；薄膜材料及直流电容器试验与可靠性评价技术。

考核指标：单次批量化聚丙烯粒料不小于 18 吨，等规度不小于 98%、灰分不大于 20ppm；批量化双向拉伸聚丙烯薄膜不小于 10 吨，厚度不大于 6 微米，均一性标准偏差不大于 0.05 微米，常温下直流击穿强度不小于 600 千伏/毫米、拉伸强度不小于 155

兆帕；研制的干式直流电容器，电压不低于 2.8 千伏、容量不小于 7.5 毫法，并通过换流阀组级工况验证。

6.3 高压大功率可关断器件驱动芯片关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对高比例电力电子装备智能电网发展需求，研究高压大功率可关断器件驱动技术及自主化驱动芯片，具体包括：高压大功率可关断器件电压型和电流型驱动技术；高压大功率绝缘栅双极型晶体管（IGBT）用低功耗模拟驱动芯片设计；高压大功率 IGBT 用数字驱动芯片设计；高压大功率集成门极换流晶闸管（IGCT）电源与信号管理驱动芯片设计；基于自主驱动芯片的可关断器件驱动器开发与应用。

考核指标：研制适用于 3300 伏及以下 IGBT 器件的模拟驱动芯片，功耗不超过 0.8 瓦；研制适用于 4500 伏和 6500 伏 IGBT 的数字驱动芯片，控制步长不超过 200 纳秒；研制适用于 4500 伏 IGCT 的电源与信号管理驱动芯片，关断换流时间小于 1 微秒；研制基于自主化芯片的 IGBT 和 IGCT 驱动器并进行应用验证。

6.4 高压电力装备多物理场计算软件（共性关键技术）

研究内容：针对高压电力装备多物理场计算软件的迫切需求，研究自主可控的多物理场计算技术及软件，具体包括：变压器、套管等典型电力装备的多场耦合机理及精确模型；适应复杂部件和结构的几何模型预处理技术以及场量非线性和大梯度变化的网格生成技术；多物理场仿真内核和耦合求解技术；软件架构设计以及无代码化专用仿真模型开发和编译技术；变压器、套管

和桥臂电抗器等设备多参数优化设计及可视化性能评估技术。

考核指标：研制的软件具有电动力学、固体力学、流体力学、热力学等单物理场及多物理场耦合的自主化仿真求解器，可实现亿级自由度的稳定计算，求解精度和计算效率与主流商业软件相当，支持完全无代码化的电力装备仿真模型定制开发和独立运行。

6.5 储能电池加速老化分析和寿命预测技术（共性关键技术）

研究内容：针对锂离子电池储能系统全寿命周期对健康状况可知可控的要求，研究储能电池加速老化评估和寿命精准预测技术，具体包括：电池材料、电极、界面和单体在力、热、电、气、反应等多衰减因素耦合下的衰减机理；储能材料和器件的多尺度模拟仿真方法；储能单体、模组、系统在工况条件下寿命自然衰减的预测模型与模拟仿真；储能单体、模组、系统在加速老化条件下的寿命衰减预测模型和模拟仿真；储能电池老化的户外实证研究以及与模拟仿真的对比。

考核指标：开发高精度电池热力学状态评估方法，开路电压—充电状态（OCV-SOC）曲线预测电池绝对容量误差低于 1%；建立电解液消耗/浸润/残余、电池膨胀模量、电池原位产气等关键衰减因子的量化评估方法及评估装置/平台，测试相对偏差低于 2%；对器件的电池健康状态（SOH）、充电状态（SOC）、温度分布、膨胀等模拟仿真结果的准确率高于 90%；建立基于电化学耦合算法的寿命预测机理模型，实现基于 3 个月的电池单体和 1.5 个月的电池模块寿命实测数据预测电池系统 25 年以上可靠性衰减图谱。

6.6 储能锂离子电池智能传感技术（共性关键技术）

研究内容：针对储能锂离子电池提高运行效率、安全性、稳定性的迫切要求，研究基于单体电池内部和外部的在线数据实时准确监测方法，构造从单体锂离子电池到储能装置的智能检测系统。具体包括：研究锂离子电池单体内部温度、应力、气压和气体浓度、种类等传感技术；研究锂离子电池单体外部温度、应力、气压和气体浓度、种类等传感技术；研究储能电池单体植入式或外置式智能传感一体化集成技术；研究传感器监测信号通信技术；发展具备单体电池传感信息的实时采集、无线和有线传输、自动分析和主动预警功能的实时监测控制的储能系统管理技术及其典型应用集成技术。

考核指标：植入式传感器对储能锂离子电池容量（500次循环）影响小于5%；电解液环境对植入式传感器影响小于5%；多种信号传输采样频率大于100赫兹；内部温度测量量程： $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，精度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；内部应变测量量程： $3000\mu\epsilon$ ，示值误差小于 $5\mu\epsilon$ ；内部气压测量量程2兆帕，精度0.1兆帕；内部气体测试多于2种，精度0~100%（体积百分比）；内部电压测量范围2.3~6.0伏，误差小于5%，内部电流测量误差小于5%；建立电池内部传感器或外部传感器获取的传感信号与电池外部电化学特性及热失控行为之间的关系；集成传感的储能智能控制系统能实时采集单体的传感信号，实现有线或无线传输，并能在控制单元自动分析传感信息，据此发出预警指令。

6.7 锂离子电池储能系统全寿命周期应用安全技术（共性关键技术）

研究内容：针对规模化电化学储能中面临的安全问题，开展锂离子电池储能器件的灾害演化机制及灾害防控技术研究，具体包括：研究不同装置层级锂离子电池热失控触发机理及动态扩散演变机制，研究全尺寸储能系统火灾特征及致灾危害综合评价技术，研究电池储能安全性能等级评价体系及标准；发展储能电池热失控阻隔技术，开发高效、主动安全的储能电池模块及电池簇，研究不同布置方式对储能系统安全性的影响；建立电池热失控征兆集，发展基于大数据分析的故障检测诊断技术，研发高效、可靠的全生命周期分级预警方法；开发清洁高效低成本灭火技术，研究分等级应急处置技术；研究并改善电池安全系统对不同实际环境的适应性。

考核指标：建立电池储能安全性能等级评价体系，研发的热失控阻隔技术实现电池电芯间不发生热失控扩散，且电池簇外部无明火等现象；开发的全寿命周期电池故障诊断技术诊断准确率不小于 85%；开发一套适用于兆瓦时级储能大数据监控系统，实现提前 15 分钟事故预警；研发出锂离子电池储能系统先进灭火技术，在火灾报警信号发出后，5 秒内扑灭电池初期火灾，24 小时不复燃，覆盖范围不小于 1 兆瓦时。建立全尺寸电池系统火灾模拟试验平台，可模拟不小于 1 兆瓦时电池系统故障着火试验；建立认证机构认可的电池储能安全性能等级评价认证实施规则。

有关说明：实施年限 3 年

“储能与智能电网技术”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，“储能与智能电网技术”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

本批榜单围绕新型电力系统构建的重大需求，解决智能电网高端装备核心组部件自主研发等关键实际问题，拟启动1个项目，共拟安排国拨经费不超过3300万元。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时，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、攻关和考核要求

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. 换流变压器有载调压分接开关技术及装备

需求目标：针对换流变压器核心组件研制和应用的重大需求，研制换流变压器有载调压分接开关样机，并开展应用。具体需求目标如下：

（1）有载调压分接开关额定参数。有载调压分接开关额定级容量 6000 千伏安，额定级电压 6 千伏，最大额定通流 1.5 千安。

（2）机械式有载调压分接开关特征参数。电气寿命不小于

30 万次，机械寿命不小于 150 万次；耐受短路电流能力（峰值/有效值/时间）不小于 51 千安/20 千安/3 秒；满足 6 千伏/2 千安和 4 千伏/3 千安各开断 100 次；谐波电流切换能力满足额定电流叠加谐波条件下切换 1 万次（波形相似度不低于 85%）；暂态过电压条件下（中心频率不小于 5 千赫兹、峰值倍数不小于 1.6）具备切换 1 千次的的能力。

（3）电力电子式有载调压分接开关特征参数。在满足机械式有载调压分接开关特征参数的基础上，还需要满足：电力电子组件切换过程的启动信号动作误差不超过 3 毫秒；全寿命周期内机械开关动作时序误差不超过 5 毫秒；电力电子组件控制时序周期不超过 100 微秒。

（4）开展应用与评价体系研究，编制产品标准和应用规范。研制新产品 2 项，申请发明专利 10 件以上，编制相关标准或规范 2 项以上，实现示范应用 1 项以上。

时间节点：研发时限为 3 年，立项 1 年后开展“里程碑”考核。

榜单金额：不超过 3300 万元。

其他要求：无。

附件 7

“交通基础设施”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》和“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“交通基础设施”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：着力破解材料、结构、信息、能源等技术融合的基础性、科学性难题，突破交通基础设施绿色化、智能化建设与运维等重大技术短板，攻克交通基础设施耐久性差和服役寿命短等核心技术瓶颈，创新交通能源自洽系统技术，大幅增强交通基础设施绿色、智能、安全建设能力和水平，全面支撑“一带一路”倡议、“交通强国”战略实施和“碳中和”愿景实现。专项实施周期为 5 年。

2021 年指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕交通基础设施绿色技术、智能技术、韧性技术、长寿命技术、交通与能源融合 5 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 16 个项目，拟安排国拨经费 3.25 亿元。原则上共性关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1；示范应用类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类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，共性关键技术类和示范应用类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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 交通基础设施绿色技术

1.1 生态敏感地区陆路交通基础设施环境保护与修复重建（共性关键技术）

研究内容：研究陆路交通基础设施与生态环境协调机制、生态环境影响跟踪监测及立体巡查技术；研究陆路交通基础设施自然融合设计、生态建造和无害化穿（跨）越技术；研究陆路交通走廊生态环境影响与效益提升评估技术，生态环境影响贡献率评估方法与标准体系；构建基于物质循环、生物群落演替平衡的全生态、全环境要素生态治理与恢复技术体系，研究生态敏感地区陆路交通廊道受损生态系统修复与生物群落结构重建技术。

考核指标：形成生态敏感地区陆路交通基础设施环境保护与修复重建和资源利用技术方法；研发陆路交通基础设施环境影响空天地立体评估与监测系统，技术就绪度不低于 7 级，监测精度不低于 90%，预测精度不低于 75%；在不少于 2 处的典型生态敏感地区开展工程技术验证，总长度不低于 300 公里，交通基础设施沿途生态环境修复率不低于 80%，生物群落恢复率不低于 95%；形成我国陆路交通基础设施环境低影响核心技术标准体系框架，编制技术标准规范 2 项以上。

1.2 绿色港口建设与生态安全保障技术（共性关键技术）

研究内容：面向“一带一路”重要节点港口，研发绿色港口环境智能监测与控制技术，开发港口典型污染物实时动态监测及全流程智能化控制系统；研究缺水地区港口雨污水、压载水等非常规水源综合利用技术，港口水资源高效循环利用保障技术体系；研发港口水环境与生态动力学精细化模拟技术，海陆交错敏感带港口建设与栖息地协同保护修复技术，疏浚土等资源循环利用与抛泥区伴生修复技术，港口海域敏感生物智能识别与损害防护技术；研发高度契合典型生物栖息需求的生态友好型港口防护结构和码头结构。

考核指标：建成港口环境监测与智能控制系统，技术就绪度 8 级，典型污染物控制率不低于 85%，周界外浓度低于《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）相应限值 15%；形成港口水资源高效循环利用保障技术体系，港口雨污水、压载水等非常规水源利用率不低于 90%；建成港口水环境与生态动力学精细化

模拟系统、港口海域典型敏感生物智能识别系统，技术就绪度 8 级，覆盖鱼类等典型敏感生物多行为过程模拟，平均精确度（mAP）达到 0.85 以上；形成不少于 2 种透水型生态码头结构，生态友好型港口防护结构适用的谱峰周期大于 16s，稳定系数 KD 值达到 24，生态防护结构临近水域典型生物种群数量提高 20% 以上；编制绿色港口建设相关技术指南不少于 2 部，在“一带一路”重要节点港口开展应用验证。

2. 交通基础设施智能技术

2.1 交通基础设施数字化软件技术研发（共性关键技术）

研究内容：研究交通基础设施数字化工业软件体系架构；研究共性/异性设施单元集与逻辑功能架构，多源异构数据的空间数据融合技术和空间单元全要素统一编码技术；研究交通基础设施数字化模型，研发全生命周期多源异构数据实时接入、处理和资源化分析技术；研究我国交通基础设施数字化核心技术标准体系；开发交通基础设施数字化基础性软件。

考核指标：开发具有全生命周期、数字信息交互和多模态运输基础设施互通能力的交通基础设施数字化工业软件，技术就绪度不低于 7 级，需求预测、规划评价、数字建模、信息索引、大场景真实渲染、多模式交互等数字化模型精度 $\geq 95\%$ ，3D GIS、影像、深度和点云等多场景多源数据快速分割错误率小于 2.5%；支持亿级以上智能物联点位流数据接入、存储和溯源分析计算，处理延迟时间小于 5 秒；具备各类型交通基础设施数据计算分析

接口扩展功能；形成我国交通基础设施数字化核心技术标准体系框架，编制相关技术标准不少于 5 项。

2.2 陆路交通基础设施智能化设计共性关键技术（共性关键技术）

研究内容：面向陆路交通基础设施智能设计，研究全天候、高精度的基础设施空天地定位技术，基于人工智能和空天地的基础设施空间地理与地质信息快速获取、多源数据融合及三维数字化表达技术；研究基于数据、智能和星基位置服务技术的交通基础设施勘察、测绘、选线、设计等关键技术；研究陆路交通基础设施关键结构数字化建模和集成设计智能技术，以及设计成果数字化交付技术及标准。

考核指标：形成基于人工智能和空天地一体化的陆路交通基础设施勘察、测绘、选线、设计技术系统，技术就绪度 8 级；建立陆路交通基础设施主要构造物数字化模型库，数字化建模准确率大于 90%；勘察、测绘空间定位精度达到厘米级，勘察、测绘、选线、设计全流程效率提高 10% 以上；形成交通基础设施勘察设计与交竣工验收成果数字化交付清单；编制陆路交通基础设施智能化、数字化设计标准不少于 2 项。

3. 交通基础设施韧性技术

3.1 交通基础设施韧性评估与风险防控基础理论方法（基础前沿技术）

研究内容：研究交通基础设施工程韧性提升方法，研究交通

基础设施复杂网络系统建模、智能仿真与系统韧性优化技术；研究局部设施失效对综合交通系统服务能力影响和系统失效机制，交通设施系统韧性分级标准和综合评估技术；研究自然灾害和突发事件下交通系统功能损失、交通迟滞精准评估、交通系统功能重构和灾后恢复决策等技术方法；研究交通基础设施韧性风险防控系统理论。

考核指标：形成交通基础设施韧性评估与风险防控理论方法，建立适用于道路、铁路、民航、码头和航道的基础设施系统韧性量化评估指标体系；形成交通基础设施系统连通可靠度、重要度和关联度的快速建模技术，模型精度不低于 90%；形成具备交通基础设施隐性风险甄别、灾变演化预测、防控措施遴选的决策支持技术方法；研发交通基础设施韧性评估和风险防控仿真系统，技术就绪度不低于 7 级，具备不小于 1000 公里交通网的分析能力，重大自然灾害影响下交通设施力学性能分析准确率不低于 80%；编制相关技术标准不少于 2 项。

3.2 陆路交通基础设施韧性提升共性关键技术(共性关键技术)

研究内容：研究自然灾害或突发事件作用下的陆路交通基础设施结构动力响应特性、损伤机理与失效模式；研发陆路交通基础设施全要素结构仿真分析与验证系统；研究融合北斗系统的“空一天一地”一体化智能监控及系统安全预警关键技术；研发陆路交通基础设施重点区段结构安全和抗灾韧性提升关键技术及装置，研究设施柔性运行与灾后快速恢复关键技术及装备。

考核指标：形成陆路交通基础设施韧性提升关键技术体系架构；研发3种以上重点区段结构抗灾韧性提升关键装置；建立陆路交通基础设施全要素结构仿真与验证系统，技术就绪度不低于7级，仿真验证精度不低于95%；建立高精度空天地一体化设施安全性监控系统，重大自然灾害预警前置时间大于48小时，安全预警稳定性提升25%；开发设施安全性能智能检测技术装置不少于2种，灾后快速恢复技术不少于2种，灾后恢复应急保障装备不少于2台（套）；编制相关技术标准不少于2项。

3.3 沿海交通水工建筑物韧性提升关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究全球气候变化背景下强潮大浪时空分布规律，建立高分辨率的中国沿海海域时序海浪及长重现期要素数据库；研究超设计标准强浪条件下沿海防浪建筑物全时域脆性破坏机理及分析方法；研究强震作用下考虑地基液化弱化沿海交通水工建筑物结构动力灾变机理；研究沿海桩基结构海床冲刷演变及防护技术，研发沿海交通水工建筑物损害部位快速诊断装备；建立沿海交通水工建筑物整体性安全评价方法和韧性分级标准；研发提升沿海交通水工建筑物韧性的新材料及施工装备。

考核指标：开发波浪—结构物—地基耦合模拟软件1套，开展模型比尺不小于1:5且覆盖中国海区的极端海况实验验证，波浪力模拟误差小于10%；建立能够考虑土体动应变0.2以上的液化大变形沿海交通水工建筑物耦合分析方法，并开展水平—垂直双向地震同时作用的离心模型试验验证；形成沿海交通水工建筑

物损害快速诊测技术，水下及隐蔽部位损伤识别精度小于 0.5m；提出 3 种以上基于混凝土胶结、摩擦力增大的韧性增强材料及装备，混凝土水下胶结体强度达到 50MPa 以上，重力式结构与地基摩擦系数增大至 1.0 以上，形成的沿海交通水工建筑物韧性提升施工装备作业波高大于 2m，技术就绪度不低于 7 级；形成沿海交通水工建筑物整体性安全评估技术、韧性评价标准及设计指南等不少于 3 项；在典型港口和跨海工程开展应用验证。

3.4 海底隧道建造与韧性增强关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对强侵蚀、多构造等复杂严酷海洋环境，研发钻爆法/机械法海底隧道建造高韧性、耐久性与智能感知型材料，开发隧道材料—结构—信息融合关键技术；揭示海底隧道断层、强风化槽等特殊不良地质段结构长期复杂荷载作用下劣化破坏机制，研究长寿命隧道结构增强设计方法；构建隧道运维人、机、流程、数据、实物结合的物理—信息互联感知系统，研发长距离、大断面海底隧道安全状态智慧感知与诊断技术；研发基于人—机—环境信息交互技术的海底隧道重大地质灾害预控技术，构建海底隧道灾害防控与决策云平台；研发适用于复杂海洋环境的隧道智能维养设备与快速修复方法。

考核指标：研发新型海底隧道建造材料 2~3 种，材料耐久性提升 $\geq 20\%$ ，结构韧性提升 $\geq 30\%$ ；研制海底隧道安全状态智慧识别设备 ≥ 1 套，感知裂缝、渗漏水等关键数据种类 ≥ 3 种，识别准确率 $\geq 90\%$ ；研制海底隧道病害维护智能设备 ≥ 1 套，作业

效率提升 $\geq 40\%$ ；研发海底隧道结构内外信息无人化巡检设备 ≥ 1 套，无线传输距离 $\geq 1\text{km}$ ，结构病害诊断与灾变预测预警平台响应延迟时间 15s ，裂缝病害识别精度达 0.2mm ，可识别最小渗漏水面积 5 平方厘米；编制海底隧道特殊不良地质段长寿命系统韧性增强设计标准 2 项，海底隧道建造中重大地质灾害预控技术指南 1 项；开展海底隧道工程应用验证不少于 2 处。

4. 交通基础设施长寿命技术

4.1 重大交通基础设施长寿命设计理论与方法(基础前沿技术)

研究内容：针对我国重大交通基础设施设计使用年限短问题，揭示极端环境、不稳定地质条件和大交通量荷载等多场耦合作用下的材料、构件、结构的性能演变规律和演变机理，建立性能追踪等模型；研究面向新建、扩建基础设施的长寿命设计理论，构建基于性能目标的全寿命、全概率设计方法体系；研究材料—结构—功能—环境协同的长寿命设计方法。

考核指标：构建适用于区域性环境差异的重大交通基础设施荷载与抗力演变概率模型，模型精度不低于 90% ；形成支撑沥青路面设计寿命 30 年、重载水泥路面设计寿命 50 年、无砟轨道设计寿命 100 年、桥梁隧道设计寿命 200 年、港口码头设计寿命 100 年、设有基床的内河航道整治工程设计寿命 25 年的重大交通基础设施长寿命设计理论与实验验证方法；编制相关技术标准不少于 3 项。

4.2 陆路交通基础设施耐久性提升关键技术(共性关键技术)

研究内容：揭示陆路交通基础设施运营效能演变和可靠性保

障机理，研究结构长寿命定量测度和定性分析评价技术，研究可靠性、耐久性、安全性提升保障技术体系；研发严酷环境下高性能混凝土桥隧构造物、高性能钢轨、高性能路面的延寿和修复技术；研发基于新材料的陆路交通基础设施一体化设计和建造关键技术；开发陆路交通关键大型构造物服役能力测试装备。

考核指标：构建陆路交通基础设施服役年限延长和性能提升技术体系；建立在役重大基础设施状态演变模型与足尺试验验证系统，仿真精度不低于 90%；建立基于新材料的陆路交通基础设施关键设计参数，形成寿命不低于 200 年的陆路交通桥隧构造物混凝土制备成套技术，技术就绪度不低于 7 级；开发强度 690MPa 及以上且具备良好低温韧性的铁路设施高强钢及配套制造工艺，寿命提升 50% 以上；形成沥青路面服役寿命大于 30 年、水泥路面服役寿命大于 50 年的路面耐久性增强技术和工艺；开发陆路交通基础设施服役能力智能检测设备及平台不少于 2 套，检测工效提升不低于 20%；编制技术标准不少于 3 项。

4.3 沿海港口桩基码头泥沙淤积机理及其防治关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究不同海域重大港口码头前、后方及下方泥沙回淤演变机理、预测理论与评估方法；研究水下淤积岸坡变形失稳灾变机制，以及水下淤积与清淤对港口水工结构物各类桩基服役性能的影响；研发港口码头后方及下方淤泥强度原位触探技术，研发可移动式码头后方导流技术和智能清淤作业技术；研发港口

码头水动力及回淤高精度预警预报、清淤效果实时监测与定量评估技术。

考核指标：建立沿海重大港口码头前、后方及下方泥沙淤积预测方法，预测与实测回淤量偏差不超过 20%；形成水动力及泥沙淤积实时监测预警技术，研制原位触探装备及回淤预警系统各 1 套，触探测量精度不低于 0.2kPa，淤积厚度监测分辨率不超过 1cm；研制可移动式码头后方导流装备 1 套，导流冲淤流速提高 50%；提出适用于码头后方及下方的灵巧型智能清淤作业技术，研制作业装备 1 套，技术就绪度不低于 7 级，清淤效率不低于 150m³/h；编制码头后方及下方清淤技术标准不少于 2 项；在沿海典型重大港口码头开展应用验证。

4.4 道面设施寿命增强与性能提升技术（共性关键技术）

研究内容：针对既有道面设施更新升级的重大技术需求，研究复杂条件下道面设施结构和功能的寿命演化机理与行为理论；研究不同类型道面设施结构寿命—功能寿命协同增强技术；研究结构—材料相统一的道面设施性能提升技术；研究不同应用场景下道面设施抗冲击、抗磨耗等安全性能提升与保持技术，以及低干扰条件下的道面装配式更新技术。

考核指标：形成机场道面设施、道路铺装更新升级技术方法和施工工艺，开发装配式道面施工技术和设备，技术就绪度不低于 7 级；既有机场道面设施经更新升级的结构设计使用寿命延长至 50 年，沥青道面结构使用寿命延长至 30 年以上；1.5MPa 以上

飞机胎压下道面抗着陆冲击、抗磨损等功能性能保持不少于 10 年，抗除冰剂冻融损伤能力提升不少于 50%；装配式道面的单板装配时间小于 1 小时；形成相关技术标准不少于 3 项；在大型机场、国（省）公路等不同场景进行应用验证。

5. 交通与能源融合

5.1 交通自洽能源系统基础设施规划与设计技术（基础前沿技术）

研究内容：研究交通多态清洁能源的自洽系统构成，以及与交通智能化运行、绿色化运维之间的适配性；研究差异化地理区域下多态能源供给潜力评估与交通需求驱动的能源负荷预测技术；研究交通能源自洽基础设施的运行模态、方案及效能提升技术；研究交通需求驱动的自洽能源系统设计技术与系统关键特性的评估技术；研发交通需求驱动的自洽能源系统规划与设计软件系统。

考核指标：形成交通自洽能源系统规划设计理论与方法，构建绿色交通能源系统基础设施规划和设计技术体系；建立与环境相适应、与交通运输特性相匹配的具备多场景适配、架构优化、性能评估的交通自洽能源系统规划与设计软件系统，技术就绪度不低于 7 级，软件系统覆盖公路、水路、铁路 3 种交通方式以及建设、维养、管理等不少于 9 个交通自洽能源规划设计场景，并支持不少于 3 类非碳基清洁能源、不少于 3 类储能的集成设计，具备支持不少于 500 公里交通路网、不低于 100 个用能节点、不低于 50MW 清洁能源接入容量的交通自洽能源系统规划设计功

能；编制相关技术标准/设计规范不少于 3 项。

5.2 公路交通自洽能源系统的多能变换与控制技术（共性关键技术）

研究内容：研究保障公路交通运转运维的用能需求与环境低影响的系统构型；研究支持电、热、氢等多态能源间的变换与控制技术；研制具备多能变换功能的公路交通自洽能源系统的高可用性一体化关键装备；研究公路交通自洽能源变换装备全生命周期服役能力保持技术；研究适用于公路交通能源自洽及其运转运维装备在途补给的多能变换装备优化集成、综合效能评价以及场景适配的运行控制技术。

考核指标：形成公路交通自洽能源系统多能变换与控制技术架构；研制适配公路交通环境、具备发储配用一体化功能的多能变换关键装备，技术就绪度不低于 7 级，公路交通自洽能源变换装备平均功率密度在 $1.0\text{W}/\text{cm}^3$ 以上，平均无故障工作时间不低于 1000 小时，平均维修时间不超过 1 小时，装备可用性不低于 99.9%；装备可提供公路交通运转运维装备的在途补给能力，适用于冷热负荷、交/直流负荷、风电、太阳能发电、储电储热等多能转换场景，实现 5 种以上能源间的转换，装备供电规模不低于 3MW，交直流转换效率不低于 95%，综合能源利用效率不低于 90%。

5.3 轨道交通“网—源—储—车”协同供能技术（共性关键技术）

研究内容：研究与轨道交通场景相适配、“网—源—储—车”

相协同的多源供电系统体系架构；研究“网—源—储—车”协同的高效能与高弹性轨道交通能源自洽技术；研制适配于轨道交通场景的分布式可再生能源发电和储能接入的电力变换与互联装备；研究轨道交通自洽能源系统的能源管控与高效利用技术；开展轨道交通“网—源—储—车”协同供电系统工程示范验证。

考核指标：形成普适于我国轨道交通系统“网—源—储—车”协同供电的系统技术架构和解决方案集；建立“网—源—储—车”协同的轨道交通自洽供电技术体系；研制轨道交通供能场景可调制的高效储/供能装备，其中风电/光伏汇集变换器的单机容量不低于 5MW、效率大于 96%；研发轨道交通“网—源—储—车”协同供电的能量管理系统；完成不少于 300 公里的示范工程建设，新能源渗透率不低于 15%，可再生能源发电接入容量不低于 5MW，峰值负荷削减 30%以上，具备可保持不超过 4MW 的轨道交通重要负荷 15min 应急供电能力。

5.4 水运港—船多能源融合技术及集成应用（示范应用）

研究内容：研究我国港区“风、光、储、氢”等多能源融合系统网络构架；研究不同负荷及特征各异能源的捕获、变换与控制技术；研发与港—船多能源融合系统相适应的氢气注—储—供系统和能量管理系统等关键装备；研究港—船多能源融合系统与港区负荷的匹配与优化控制技术；研究港—船多能源融合系统技术集成应用及效益评估。

考核指标：形成与自然禀赋相适应的港区“风、光、储、氢”

等多能源融合系统网络规划理论与设计技术；研制水运港—船多能源融合系统的关键装备，实现港—船多能源融合系统的集成应用，港区多能源融合系统具有 3 种及以上供能模式，总容量不小于 2MW，可再生能源渗透率不低于 30%，用电自洽率不低于 20%，稳态下电能质量 THD 小于 2%，氢能发电系统容量不低于总容量的 8%；能量管理系统能实现至少 5 个子系统的协同互动，监测节点数不小于 200 个；在典型港口开展示范应用。

附件 8

“新能源汽车”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“新能源汽车”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：坚持纯电驱动发展战略，夯实产业基础研发能力，解决新能源汽车产业卡脖子关键技术问题，突破产业链核心瓶颈技术，实现关键环节自主可控，形成一批国际前瞻和领先的科技成果，巩固我国新能源汽车先发优势和规模领先优势，并逐步建立技术优势。专项实施周期为 5 年。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕能源动力、电驱系统、智能驾驶、车网融合、支撑技术、整车平台 6 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 18 个项目，拟安排国拨经费 8.6 亿元。其中，围绕全固态金属锂电池技术方向，拟部署不超过 3 个青年科学家项目，拟安排国拨经费不超过 1500 万元，每个项目 500 万元。原则上共性关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1；示范应用类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

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，每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类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，共性关键技术类和示范应用类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 能源动力

1.1 全固态金属锂电池技术（基础前沿技术，含青年科学家项目）

研究内容：全固态电池中电极（正极、负极）与固体电解质界面稳定化与自修复机制；微结构固态复合正极（含活性材料、电解质、电子导电介质等）中电子、离子的输运特性；具有导电

骨架结构的金属锂负极和固态电池中界面/结构对锂沉积形态的影响；超薄高离子电导率固体电解质层制备技术及面离子输运均匀性、机械强度、与正负极界面兼容性；新型电池结构、干法电极、新型电解质层制备方法及其封装方式；电池内部温度/力学/电化场以及失效破坏等实验表征技术及固态电池综合评价方法。

考核指标：固态复合正极比容量 $> 400\text{mAh/g}$ ；复合金属锂负极比容量 $> 1500\text{mAh/g}$ ；固体电解质厚度 $< 15\mu\text{m}$ ，室温电导率 $> 1\text{mS/cm}$ ，锂离子迁移数 > 0.8 ；全固态金属锂电池：容量 $> 10\text{Ah}$ ，比能量 $> 600\text{Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 500 次。

有关说明：支持一般项目的同时，并行支持不超过 3 个不同技术路线（互相之间、与一般项目之间技术路线均明显不同）的青年科学家项目；实施周期不超过 5 年。

1.2 车用固体氧化物燃料电池关键技术（基础前沿技术）

研究内容：针对不同燃料场景需求的车用燃料电池发电系统，研究固体氧化物燃料电池（SOFC）关键部件、电堆、系统设计及集成技术，主要包括：优化电极微观结构，研究高性能、高可靠电池结构设计及可控制备技术；优化连接体材料及结构，开发低成本连接体加工及涂层致密化技术；开发高一致性、长寿命电堆组装技术，形成千瓦级电堆批量制造能力；研发氢气、天然气、醇类等不同燃料处理技术及关键部件；集成不同燃料应用场景的 SOFC 系统，研究系统快速启动响应技术，研究系统在模拟行驶工况下的应用安全。

考核指标：建立车用 SOFC 关键部件、电堆与系统技术及理论体系。完成高性能、高可靠电池的结构设计和验证，电流密度 $\geq 300\text{mA}/\text{cm}^2$ 条件下，电压衰减 $\leq 4\%$ /千小时（运行时间 $\geq 1000\text{h}$ ）；形成低成本金属连接体及涂层材料加工工艺，连接体高温服役 5000h ， $\text{ASR} \leq 30\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ；掌握 SOFC 电堆组装技术，单电堆功率 $\geq 1.0\text{kW}$ ，电堆功率密度 $\geq 1.0\text{kW}/\text{L}$ ，电效率 $\geq 60\%$ ；完成氢气、天然气以及醇类等为燃料的 SOFC 系统开发，额定发电功率 $\geq 50\text{kW}$ ，启动 3 分钟达 50%输出功率，发电效率 $\geq 55\%$ （DC，LHV），建立系统安全性能评价体系。

有关说明：实施周期不超过 5 年。

1.3 高密度大容量气氢车载储供系统设计及关键部件研制 （共性关键技术）

研究内容：针对燃料电池重型车辆长途续航需求，研究车载储氢瓶、车载储氢系统设计、制造和检测技术，研究不同工况下大容量储氢的释放和泄露规律，研制车载 70MPa 大容量 IV 型瓶、集成瓶阀、储氢系统调压阀组、储氢系统控制器、氢气泄漏探测传感器等，形成高压力、大容量车载储氢系统。

针对大功率燃料电池发动机供氢需求，研究大流量、高动态等复杂工况条件下供氢系统集成与控制技术，研制氢气流量控制阀组、循环引射器、机械循环泵等核心部件。

针对燃料电池重型车辆快速加注需求，研究加氢口预冷高压大流量气氢在车载系统中的扩散、增压、升温等规律，获得稳定

匹配与安全阈值控制技术，定义各部位材质循环加载要求、车载储氢系统受氢口与加氢枪的机械接口方式，开发面向高可靠、高安全的氢燃料快速加注操作流程、接插连接规范及通信协议。

考核指标：车载 70MPa 大容量 IV 型瓶储氢系统有效储氢质量 $\geq 32\text{kg}$ ，氢气泄漏率 $\leq 10\text{mL/h}$ ，供氢能力 $\geq 7\text{g/s}$ ，系统服役寿命 ≥ 10 年；形成相应气瓶与瓶阀的自主知识产权及产品标准，制定系统零部件、总体结构、集成设计等安全设计准则。其中，70MPa 氢 IV 型瓶满足 T/CATSI 02007—2020 要求、容积 $\geq 400\text{L}$ ，单瓶质量储氢密度 $\geq 6.8\text{wt}\%$ ，单位储氢能力碳纤维使用量 $< 10.7\text{kg/kg H}_2$ ；集成瓶阀设计压力 $\geq 70\text{MPa}$ ，内置电磁阀寿命 ≥ 50000 次，瓶阀功耗 $\leq 8\text{W}$ ，瓶阀质量 $\leq 1.2\text{kg}$ ，瓶阀集成电磁开关装置、过流量装置、超温超压泄放装置（TPRD）、温度检测装置和手动操作装置；调压阀组循环寿命 ≥ 50000 次，输出压力波动范围 10~15%，波动持续时间 $\leq 10\text{s}$ ，输出流量 $\geq 7\text{g/s}$ ，质量 $\leq 1.2\text{kg}$ ；车载氢系统控制器具备独立加氢模式、红外通讯、6 路以上氢安全检测通道，具备加氢状态控制与停车氢安全巡检策略；加氢口及加氢枪加注速率 $\geq 7.2\text{kg/min}$ ，加氢口使用寿命 ≥ 20000 次，加注过程瓶内气温 $\leq 85^\circ\text{C}$ 。大流量氢气流量控制阀组最大喷射流量 $\geq 7\text{g/s}$ （阀组流量），内外氢气泄露率 $\leq 0.3\text{mL/h@30bar}$ ，耐久性：喷射阀开闭次数不小于 4 亿次（比例电磁阀全开闭次数不小于 500 万次）；大流量氢循环引射器压升 $\geq 50\text{kPa}$ ，引射比 ≥ 2.2 ，电堆功率覆盖范围 60~400kW；大流量氢气循环泵系统压升 $\geq 50\text{kPa}$ （采

用氢气混合气体，循环流量 $\geq 3000\text{slpm}$ ，氢气浓度 $\geq 90\%$ ），功耗 $\leq 1.5\text{kW}$ ，效率 $\geq 46\%$ ，噪音 $\leq 70\text{dB}$ ，寿命 $\geq 20000\text{h}$ 。建立快速加注机械接口标准、通信协议和加注操作规范，并形成标准送审稿；加注协议标准符合国际通用需求。

2. 电驱系统

2.1 基于新材料和新器件的电驱动系统技术（基础前沿技术）

研究内容：在电驱动系统集成与控制方面，研究 SiC 电驱动系统新结构、多物理场集成和全域高效控制方法，研究 SiC 电驱动系统电磁兼容特性及抑制方法，解决 SiC 电驱动系统在高密度集成和高效控制的基础科学问题。开展新型电驱系统技术测试与分析，完成电驱系统前沿技术对标评价；开展车用服役条件下电驱系统功率器件、电机绝缘和轴承等系统致命故障检测、诊断和预测方法研究，形成电驱系统健康管理技术体系和标准规范。在新材料与新器件方面，研究高性能超级铜线（包括但不限于基于铜合金和铜/纳米管等复合材料的高性能超级铜线）及电机绕组制备技术，探索大电流 SiC MOSFET 芯片载流子输运性能高温骤降机理和抑制栅介质界面缺陷等可靠性增强方法，研究超低杂散参数/高效散热的 SiC 模块与组件协同优化技术，实现材料与器件优化。

考核指标：超级铜线在 20°C 的电阻率 $\leq 1.90\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ ， 180°C 的电阻率 $\leq 2.57\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ ，并应用于高性能电机样机； 1200V SiC MOSFET 单芯片通流能力 $\geq 250\text{A}@150^{\circ}\text{C}$ ，导通压降 $\leq 2.5\text{V}@250\text{A}/150^{\circ}\text{C}$ ，最高结温 250°C ，阈值电压偏移 \leq

0.1V@150°C; SiC 电机控制器峰值功率体积密度 $\geq 70\text{kW/L}$ @峰值功率 300kW, EMC 达 CISPR 等级 4 要求; 提交电驱系统产品对标测试与技术分析报告共 5 份, 每年样本量 2 套, 提交电驱系统健康管理标准规范 1 项。

有关说明: 实施周期不超过 5 年。

2.2 高性能轮毂电机及总成技术 (共性关键技术)

研究内容: 在高性能轮毂电机及总成方面, 突破轮毂电机与制动、转向和悬架系统深度集成与转矩矢量分配技术难题, 实现轮毂电机系统性能、功率密度和转矩密度的持续提升, 为全新电动化底盘开发和产业化提供核心零部件支撑; 在高密度轮毂电机方面, 研究高密度轮毂电机的电磁机热声等多物理场协同设计与仿真、故障诊断与容错控制、转矩脉动抑制、噪声抑制和可靠性与耐久性验证方法, 开发轮毂电机的新材料、新结构和新工艺技术 (包括冷却结构、动密封等)。

考核指标: 轮毂电机总成 30s 峰值扭矩重量比 $\geq 20\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$; 轮毂电机总成系统最高效率 $\geq 92\%$, 系统 CLTC 工况综合使用效率 $\geq 80\%$; 轮毂电机在额定转速点 (额定转矩转折点), 1 米噪声总声压级 $\leq 72\text{dB (A)}$, 防护等级不低于 IP68, 冲击振动标准不低于传统轮毂指标, 电磁兼容性能满足 Class4 级及以上, 轮毂电机总成产品实现装车运行。形成可靠性与耐久性测试规范。

2.3 混合动力专用发动机及高效机电耦合技术 (共性关键技术)

研究内容: 研究高效清洁燃烧 (包括但不限于新型喷射、高

EGR 率、新型点火、高压压缩比、可变机构技术等) 结构优化、高效热管理、高效后处理、先进控制策略、低摩擦和低噪声等混合动力专用发动机技术, 开发出热效率高、排放好的混合动力专用发动机; 研究新型构型、一体化机电集成、高效传动、高效热管理、动态控制和低噪声等机电耦合技术, 开发出高效率、高集成、低成本的机电耦合变速箱。研究先进混动控制系统、高效混动控制策略、混动专用电机及电池、高压安全管理、测试验证等混动总成技术, 实现总成高效和高可靠性, 通过整车高效优化控制实现整车级行业领先动力和能耗指标。

考核指标: 专用发动机最高热效率 $\geq 45\%$, 整车排放满足国六 b+RDE; 机电耦合系统机械传动效率 $\geq 95\%$, 机电耦合系统综合效率 $\geq 85\%$ (注: WLTC 工况电平衡工况下的发电和驱动的加权综合效率); 产品可靠性及寿命满足整车要求, 实现装车运行。所搭载的整车 0~100km/h 加速时间 $\leq 7s$, A 级车在电量维持模式下油耗 $\leq 0.0018 \times (CM-1415) + 3.8L/100km$ 。混合动力专用高效发动机在额定功率下, 1 米噪声总声压级 $\leq 90dB(A)$; 机电耦合系统在其基速点 (转矩转折点), 1 米噪声总声压级 $\leq 78dB(A)$, 完成产品公告的量产车。

3. 智能驾驶

3.1 多域电子电气信息架构 (EEI) 技术 (基础前沿技术)

研究内容: 构建基于服务的车路云网一体化集中式电子电气信息架构, 探索高内聚、低耦合架构新形式, 研究混合关键级任

务调度与分配机理，建立域内、域间高可靠软件动态资源共享协议，探索车辆终端、边缘节点和云平台算力分配技术和通用应用开发架构，形成域内、域间、车云标准接口，实现软件模块复用以及整车软件管理；研究 C-V2X 和车载网络融合的新型架构底层软件设计关键技术，研究车载以太网和时间敏感网络等通信机制，设计高带宽、低时延、高可靠的软件信息系统构架，构建数据远程分析、诊断、调校与升级一体化技术平台；研究电子电气架构安全冗余体系，基于多维度安全设计方法，构建故障检测、主动重构控制及可靠高效的多层纵深防御体系；研究电子电气架构评估与实时性仿真分析技术，建立多层级、一体化电子电气架构测试验证体系，搭建车路云网一体化集中式电子电气信息架构测试平台；研究电子电气信息架构集成应用，实现技术应用与示范。

考核指标：架构支持车路云一体化协同的高级别自动驾驶系统，可实现软硬件独立和域间协同计算，架构支持算力集中的弹性中央计算平台和分布区域管理控制器实现整车软件定义功能开发，形成具有自主知识产权的标准化软硬件接口 ≥ 400 个，接口包括：智能化传感器接口，原子服务接口，车-云标准接口和车与路侧设备接口等，标准接口支持 2 种以上的操作系统。电子电气架构一体化技术平台支持 C-V2X 信息交互，车辆相关软件升级时间 ≤ 20 分钟，车载网络通讯速率可达 10Gbit/s，时间敏感业务流转发时延小于 50 微秒，时间同步精度小于 20 纳秒。具有高可靠的冗余防失效机制，形成架构冗余设计准则和预期功能安全的解决方案。满足复

杂电磁环境下的电磁安全要求,通过 GB/T 18387 和 GB 34660 标准测试。建立信息安全纵深防御设计准则和防护策略。形成整车电子电气架构仿真、评估、优化和测试验证评价体系。在 2 家以上整车企业获得应用,完成相关技术标准或草案 3 项。

有关说明: 实施周期不超过 5 年。

3.2 学习型自动驾驶系统关键技术(共性关键技术)

研究内容: 研究人车路广义系统的多尺度场景理解技术,开发交通参与者的长时域行为预测系统;自动驾驶感知—决策—控制功能在线进化学习技术,研发模型与数据联合驱动的高效迭代求解算法,开发通用的建模、优化与分析软件;研究自动驾驶系统的高实时车载计算装置,包括低功耗异构计算架构、分布式高效任务管理、策略模型压缩/编译/部署等关键技术;研制多维驾驶性能分析系统与训练平台,包括边缘场景的自然驾驶数据库、以安全性为核心的驾驶性能评估模型、支持虚拟交通场景的半实物在环训练等;开发自动驾驶系统学习功能集成与测试验证技术,包括符合车规级标准的开发方法及测试流程,功能优化、故障诊断、远程监控、人机交互等辅助模块,以及封闭测试场和开放示范道路的试验。

考核指标: 典型交通参与者行为预测时域不少于 5s,长时域轨迹预测误差 $\leq 0.6\text{m}$ (横向) 和 $\leq 2\text{m}$ (纵向);支持 L3 级及以上自动驾驶功能的自我进化训练,涵盖典型道路场景 ≥ 5 类和交通参与者 ≥ 4 类,在线学习系统的更新周期 $\leq 30\text{min}$;车载计算装置

运行 L3 级及以上自动驾驶算法模块时，单位功耗算力 $\geq 2\text{Tops/W}$ ，主要功能模块平均延迟 $< 150\text{ms}$ ；边缘场景的自然驾驶样本片段 ≥ 1 万个，边缘场景类型 ≥ 80 类，自动驾驶性能评估模型的准确性 $\geq 90\%$ ；训练平台支持 ≥ 100 个交通节点虚拟交通场景，支持不少于 20 辆实车的封闭测试场或开放示范道路的验证；制定国家/行业标准 ≥ 3 项。

3.3 智能汽车预期功能安全技术（共性关键技术）

研究内容：研究智能汽车预期功能安全认知技术，包括与场景理解紧密相关的感知认知和决策规划等系统的性能局限分析技术、结合系统正向开发流程的危害分析及风险评估技术，构建面向智能汽车的预期功能安全量化评估模型；研究预期功能安全实时防护技术，构建预期功能安全实时监测与防护系统；研究降低预期功能安全风险的机器学习成长系统关键技术，包括面向自动驾驶机器学习成长平台的数据系统以及面向大数据的预期功能安全高性能云计算技术；研究人机交互的预期功能安全关键技术，包括车内外人机交互的预期功能安全防护技术及其功能模拟技术；研究预期功能安全场景库建设及测试评价技术，包括场景库测评优先子集和覆盖梯度研究、搭建预期功能安全仿真测试模型，研究预期功能安全量化与测试评价技术，建立预期功能安全试验验证规范及标准。

考核目标：开发预期功能安全实时防护系统一套，实现预期功能安全的实时保障，并在不少于 20 个边缘场景下进行技术验

证；搭建面向大数据的数字孪生高性能云计算平台 1 套；开发自动驾驶系统预期功能安全分析、仿真测评和管理工具软件 1 套；开发有条件自动驾驶及以上级别的智能网联汽车预期功能安全测试案例库 1 套，测试用例 ≥ 300 条；搭建预期功能安全实车测试平台 1 个；完成 ≥ 100 万公里实车道路数据采集，构建预期功能安全场景 ≥ 1000 个；完成预期功能安全量化开发及测试评价体系标准或草案 1 项。

4. 车网融合

4.1 智能汽车信息物理系统（CPS）技术（基础前沿技术）

研究内容：面向智能汽车与信息通信及智能交通一体化，建立智能汽车信息物理系统基础理论，研究智能汽车信息物理系统架构体系构建、分析与构型优化方法；研究智能汽车信息物理融合机理，解构系统要素功能间协同机制与耦合规律，研究智能汽车信息物理系统建模方法；研究智能网联汽车信息物理系统开放性、涌现性和演进性特性，研究智能网联汽车信息物理系统全生命周期数字孪生重构设计与系统工程方法；研究智能汽车信息物理系统测试验证与量化评估方法，建立智能汽车信息物理系统关键指标体系；研究智能汽车信息物理系统协同实现方法，构建典型参考系统以及系统确认方法。

考核指标：建立智能汽车信息物理系统架构、特性分析、建模、设计、评估、验证、协同实现、系统确认与系统工程方法；架构体系包含设计分析维度 ≥ 7 个；总系统架构包含系统需求定

义 ≥ 2000 项，系统功能、逻辑和物理架构要素不少于4500个；系统建模工具原型可支持不少于4个类别的模型融合；系统设计工具原型可支持不少于7个维度的系统全生命周期重构设计考量，且可支持不少于50个用户端的数据库并发访问修改和唯一设计版本溯源；智能汽车信息物理系统关键指标体系包含不少于7个维度的量化关键指标且总数不少于50个；智能汽车信息物理系统典型参考系统原型的可支持不少于16类智能汽车运行场景和不少于3000项测试用例的测试验证；完成相关理论著作不少于3项，技术指南或路线图不少于3项，完成系统工程应用手册1套。

有关说明：实施周期不超过5年。

4.2 高精度自动驾驶动态地图与北斗卫星融合定位技术（共性关键技术）

研究内容：研究支持自动驾驶的高精度动态地图模型与架构，研究面向中国道路特点、支持增量更新与扩展的地图数据模型，建立动静态、变分辨率地图数据的表达与存储机制；研究面向量产车众包数据的地图在线更新技术，研究地图数据实时加密与偏转技术；研究基于地图感知容器的网联汽车协同感知技术，建立车一路一云网联信息的多源融合机制；研究车规级北斗定位芯片与车载多源定位终端技术，构建基于北斗及其增强系统的车载定位、导航、授时一体化系统，研究融合视觉、惯导与地图的智能全息组合主动定位技术；研究自动驾驶地图与定位系统的车

载软硬件集成技术。

考核指标：地图模型支持动静态多层数据调用，包括自动驾驶感知与决策的应用接口协议，地图覆盖公里数 ≥ 1 万公里；高精度地图每100米相对误差 ≤ 15 厘米，基于专业采集车地图更新准确率 $\geq 99\%$ ，基于众包数据地图更新准确率 $\geq 90\%$ ；超视距无盲区感知检测准确率 $\geq 90\%$ ，动态信息传输延迟 ≤ 1 秒；基于车载北斗卫星定位终端，多源信息融合实现高精度定位，试验场条件下，静态高精度增强定位误差 ≤ 1 厘米，动态高精度增强定位误差 ≤ 10 厘米，有卫星信号覆盖的常规城市综合路况下，动态高精度增强定位误差 ≤ 20 厘米；支持具备车路协同感知功能的高精度地图示范区域2个以上，完成相关技术标准或草案 ≥ 5 项。

4.3 自动驾驶仿真及数字孪生测试评价工具链(共性关键技术)

研究内容：“人一车一路一环”耦合的高保真建模仿真技术，研究高精度传感器、动力学、环境建模技术和强耦合机制，研发支撑L3及以上自动驾驶实时仿真软件；融合自动驾驶场景及交通流特征的云端仿真技术，研究包含中国自动驾驶事故场景特性的宏微观一体化交通流建模与加速测试技术，开发场景批量生成与高并发大规模云计算测试平台；车一云一场协同的自动驾驶在线加速测试评估技术，研究基于交通流的驾驶员行为、自动驾驶车辆行为的云端协同与场地孪生连续测评技术；多车协同的整车交通在环数字孪生技术，研制高灵敏的驱动、制动、转向一体化整车级系统平台，研究“人一车一路一环”实时模拟与虚实融合

交互集成测试技术；自动驾驶测试评价平台及工具链，研究驾驶智能性评级、缺陷自动识别与安全性能认证技术，构建标准化的工具软件及硬件平台。

考核指标：高精度自动驾驶仿真软件的极限工况动力学模拟精度 $\geq 90\%$ ；开放道路自动驾驶事故场景案例 ≥ 1000 例；云控平台数据规模支持PB级，仿真任务执行成功率 $\geq 99.9\%$ ，达到10000个/分钟用例生成速率及10000个/小时用例测试速率；数字孪生测试系统支持车速200km/h，最大制动强度 10m/s^2 ，最大转向角 40° ；数字孪生支持虚、实传感器信号叠加；工具链支持L3级以上自动驾驶全流程测试，完成相关技术标准或草案不少于2项，服务自动驾驶车型不少于20个。

5. 支撑技术

5.1 汽车电控单元关键工具链开发（共性关键技术）

研究内容：研发汽车电控单元模块级软件建模工具，实现基于模型的软件设计功能；研发汽车电控单元软件测试验证工具，实现软件测试验证的流程标准化、接口统一化、测试自动化；研发汽车电控单元软硬件集成测试与标定工具，实现电控软硬件功性能的在线优化；研发车辆通讯总线仿真与测试工具，实现对车辆通讯总线的功能测试和性能优化；开发基于云技术的汽车电控单元设计仿真平台与模型库，实现自主工具链的云端并行计算技术。

考核指标：汽车电控单元软件开发及验证的关键工具链能够

满足 V 型开发流程，研制覆盖软件建模、软硬件测试、通讯总线仿真与测试等环节的关键工具不少于 4 种；汽车电控单元模块级软件建模工具能够支持系统图形化建模、连续与离散仿真、状态机建模等不少于 3 项的基本功能；汽车电控单元软件测试验证工具支持图形化测试用例搭建、支持自定义测试用例库、测试用例库及测试计划统一管理不少于 3 项基本功能；汽车电控单元软硬件集成测试与标定工具能够支持不少于 2 种类型标定协议，支持用户可定制的图形标定界面，支持标定数据的记录以及刷写等不少于 3 项基本功能；车辆通讯总线仿真与测试工具支持总线监测分析、总线激励、诊断服务等不少于 3 项基本功能；自主开发工具的云上服务平台实现云端用户登录不少于 1000 人次/12 个月，工具链包含的云端模型库中有效模型数量不少于 50 个。

5.2 关键车规级芯片的测试技术和评价体系研究（共性关键技术）

研究内容：研究车规控制、通讯、计算、安全、存储芯片在车载使用要求下的可靠性、电磁兼容性测试技术，设计开发基于 FPGA 半实物平台和芯片实物平台的车规芯片功能安全测试用例库及测试技术；针对智能驾驶使用要求，研究车规计算芯片的算力、能耗测试技术；针对网联驾驶使用要求，研究车规信息安全芯片基于国密算法安全保证能力的信息安全测试技术；搭建车规控制、通讯、计算、安全、存储芯片测试平台，建立其在车载使用要求下的评价方法和评价体系。

考核指标：搭建支持多样本（ ≥ 20 个）同步试验、试验温度范围 $-40\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、湿度相对湿度 $>65\%$ 、压力 $\geq 15\text{psig}$ （磅/平方英寸）的环境应力试验系统，以及可施加电源（电压范围 $0\sim 20\text{V}$ 且分辨率 10mV ）偏置的寿命试验系统；搭建 EMC 测试环境，支持传导干扰（ $20\text{Hz}\sim 108\text{MHz}$ ）、辐射干扰（ $20\text{Hz}\sim 40\text{GHz}$ ）、HBM_ESD（ 10kV ）、电源间断跌落实验（时间 $\leq 1\text{ms}$ ）；搭建支持 1024 数字通道资源，5G 通讯速率，激励电压范围 $-0.5\sim +1.5\text{V}$ 且分辨率为 $10\mu\text{V}$ 的 ATE 测试系统；开发车规计算芯片测试系统，支持 GPU/AI 等多种架构车规计算芯片在不同系统配置下（内核可配置、主频测试精度最小 100MHz ）的算力测试（范围覆盖 $5\sim 20\text{TFlops}$ 、 $5\sim 300\text{Tops}$ ）及能耗测试（最高精度 0.1W ）；设计开发支持车规芯片半实物和实物芯片的功能安全测试系统，测试范围覆盖车规计算芯片的总线、存储、DDR、时钟、IO、中断等硬件模块及底层软件，完成 1~2 款芯片功能安全测试用例开发至少 1000 条；开发车规信息安全芯片国密算法（SM1~SM4）检测系统，支持被测芯片 ≥ 5000 次/秒签名验签测试，开发支持置信度（ α 值 $0.02\sim 0.05$ ）任意定义且不少于 4 个真随机源任意开关的随机数据采集及随机性水平的测试平台，开发信息安全测试用例（包含安全攻击用例）至少 100 条；在车规芯片测试方面形成 5 项以上标准提案。

5.3 车载储能系统安全评估技术与装备（共性关键技术）

研究内容：研究多场景全工况多因素耦合下电池系统安全性损伤机理、演变规律及评价技术，研究电池系统热失控热扩散评价技

术，研究电池系统失效致灾危害评估技术，研究电池系统使用寿命与安全耦合机制与规律，建立动力电池多维度安全性评价体系和标准；研究动力电池系统高频失效行为的孕育演化机制和复现评估技术，研究车端感知、线下检测、云端数据协同的在役动力电池系统安全性风险评估技术；开发智能无损检测装备及软件。

研究多场景多因素耦合下车载氢系统失效机理、失效模式及定量化安全评估技术；研究车载氢系统失效危害评估技术，建立车载氢系统多维度安全性评价体系；研究氢气泄露可视化检测技术，研究车载氢系统微量氢泄漏检测技术；研究车载氢系统安全风险在线监测方法。

考核指标：建立动力电池多维度安全性评价体系和装备；开发在役动力电池系统安全性智能无损检测系统不少于 2 套，测试准确度不低于 90%；搭建车载氢系统安全性定量化评价体系和在线监测系统，在商用车和乘用车上进行应用验证，在线监测系统安全响应时间小于 1 秒；车载氢系统微量泄漏检测精度高于 50ppm；车载氢系统严重泄漏预判准确率 > 95%；形成 5 项以上动力电池系统和车载氢系统安全性评价相关标准提案。

5.4 高效协同充换电关键技术及装备（共性关键技术）

研究内容：研究车一桩（站）一云多层次充电物理信息网体系架构，大数据驱动的安全高效充电管理与控制技术，研发车桩（站）互联互通实时数据交互平台；研究基于用户行为识别与充电设施状态感知协同的充电负荷时空多维度预测方法，充换电设

施网点布局与站点构型规划方法；研究车一桩一云协同信息服务的运营管理与决策理论方法，用户行为识别与充电设施状态感知协同的车群充电规划方法与引导技术；研究快换站多型号动力电池包融合存储、识别和充电技术，快换电池包标准化技术，多车型、多型号电池包识别和匹配技术，研发可多车型共用动力电池快换设备；研究多功率等级兼容的无线双向充放电技术，研发大功率、高效率、智能适配的双向无线充放电装备。

考核指标：建成车桩数据交互平台，实现跨平台车桩数据互联互通，跨平台的数据互通与调用平均响应时间 $\leq 1s$ ，高并发服务能力 ≥ 200 万个，接入充电桩 ≥ 100 万个，车 ≥ 100 万台，车型 ≥ 100 个，抗DDoS攻击能力 $\geq 200G/s$ ；数据传输可靠性 $> 99.95\%$ ，信息安全通过三级等保评测；构建城市公共充换电场所建设规划模型和技术规范；充电桩利用率提高 $\geq 30\%$ ，车辆充电等待时间降低 $\geq 30\%$ ；快换电池系统兼容电池包类型 ≥ 3 种，可更换车型 ≥ 3 个，电池更换时间 $\leq 90s$ ；无线充放电系统双向功率 $\geq 30kW$ ，工作间隙 $\geq 20cm$ ，输出电压范围DC250-900V，10%到100%负载范围内系统效率 $\geq 92\%$ ，最高效率 $\geq 94\%$ ，满足多车型互操作性，实现3个以上车型搭载验证。

6. 整车平台

6.1 纯电动客车/乘用车高效高环境适应动力平台技术（共性关键技术）

研究内容：研究极寒环境整车低能耗自保温技术，高温高湿

环境下动力平台高效冷却技术、高绝缘和高安全防护技术；研究多应用场景的电驱动系统、动力电池系统内部温度预测方法、温控回路智能高效控制技术；研究电驱动、动力电池以及乘员舱热管理系统间的能耗耦合机理，研究高效智能化热管理控制技术，研发多热源协同智能高效一体化热管理系统；研究多阀门多通道多冷却回路一体化、压缩机低温可靠性、可变制冷剂充注量等空调技术，研发低温高效热泵空调系统；研究基于功能域的动力平台高效集中式控制技术、基于大数据的整车能量管理优化标定技术，研发基于自主核心芯片的多合一高压集成控制器和网联化整车综合控制系统，研发高环境适应动力系统平台和专用化底盘。

考核指标：12米纯电动客车：整车能耗 $\leq 52\text{kWh}/100\text{km}$ （CHTC工况）；全气候（环境温度范围覆盖 $-30\sim+55^{\circ}\text{C}$ ）续驶里程 $\geq 300\text{km}$ （CHTC工况）； -30°C 环境下，车辆续驶里程不低于常温续驶里程的85%，车辆冷启动时间 $\leq 8\text{min}$ ，空调制热功率 $\geq 14\text{kW}$ ，COP ≥ 1.3 。 55°C 环境下，空调制冷功率 $\geq 22\text{kW}$ ，COP ≥ 1.7 ；研制车型 ≥ 2 个，30分钟最高车速 $\geq 100\text{km}/\text{h}$ ， $0\sim 50\text{km}/\text{h}$ 加速时间 $\leq 15\text{s}$ ，最大爬坡度 $\geq 25\%$ ，实现百辆级验证应用。

B级乘用车：整车能耗 $\leq 14\text{kWh}/100\text{km}$ （CLTC工况）；全气候（环境温度范围覆盖 $-30\sim+55^{\circ}\text{C}$ ）续驶里程 $\geq 500\text{km}$ （CLTC工况）； -30°C 环境下车辆续驶里程不低于常温续驶里程的85%，车辆冷启动时间 $\leq 5\text{min}$ ，空调制热功率 $\geq 4\text{kW}$ ，COP ≥ 1.3 。 55°C 环境温度下，空调制冷功率 $\geq 7.5\text{kW}$ ，COP ≥ 1.7 ；研制车型 ≥ 2 个，

最高车速 $\geq 180\text{km/h}$; $0\sim 100\text{km/h}$ 加速时间 $\leq 4\text{s}$, 满载最大爬坡度 $\geq 30\%$; 实现千辆级验证应用。

6.2 智能电驱动重载车辆平台关键技术及应用（示范应用）

研究内容：开发智能电驱动重载车辆一体化平台架构，研究重载车辆的整车物理结构与电驱动系统、智能驾驶系统间的耦合机理与设计方法；开发面向恶劣环境的重载车辆智能驾驶系统，研究颠簸路面大盲区多源传感器融合感知技术，研究强振动、重载荷等条件下车辆故障诊断及导向安全智能决策技术，研究大幅变载荷工况下车辆纵横向协调控制技术；面向复杂工况的重载车辆大功率智能电驱动系统开发，构建面向重载车辆的新型驱动系统拓扑结构，研究湿滑坡道下自适应力矩分配与预测型智能控制技术；开发面向多场景作业的智能电驱动重载车辆仿真验证平台，研究智能电驱动重载车辆的硬件在环仿真与编组作业模拟技术；开展典型场景下智能电驱动重载车辆的无人化协同作业示范应用。

考核指标：开发智能电驱动重载车辆的整车平台原理样机 1 套；小尺寸（ $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ）障碍物检测距离 $\geq 100\text{m}$ ，距离检测误差 $\leq 0.3\text{m}$ ，重载车辆在 100 吨及以上载重条件下停靠控制误差 $\leq 0.5\text{m}$ ，可实现 16%坡道的坡停坡起；开发自主可控的电驱动系统，与国际同类产品相比，特定场景与工况下综合能效提升 20%，在 1km/h 车速下仍可有效电制动；开发智能电驱动重载车辆仿真验证平台 1 套；在典型场景下开展不少于 50 台、100 吨及

以上载重车辆的无人化协同作业示范运行,并稳定运行 1 年以上,与国际同类产品相比,平均能耗降低 15%;形成相关技术标准或草案 1 项。

“新能源汽车”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，“新能源汽车”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

本批榜单围绕新能源汽车低温环境下的正常使用和全天候条件下的安全运行等重大应用场景，拟解决新能源汽车低温充电慢、续驶里程降幅大，高温安全性差等关键实际问题，拟启动 1 个项目，拟安排国拨经费不超过 6000 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时，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、攻关和考核要求

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. 高安全、全气候动力电池系统技术

需求目标：针对新能源汽车低温环境下充电慢、续驶里程降幅大，高温环境下安全问题多发等难题，研发高环境适应性和高安全性动力电池及动力电池系统，提高新能源汽车全天候条件下的性能发挥和使用能力，并开展相关配套应用。具体需求目标如下：

（1）动力电池系统无损极速加热技术。动力电池系统从

-30~0°C升温时间 $\leq 5\text{min}$ ，且能耗占比 $\leq 5\%$ ；动力电池系统内温度差异 $\leq 3^\circ\text{C}$ （-30~0°C）；动力电池无损加热循环使用寿命 ≥ 300 次（环境温度-30°C）。

（2）高安全、全气候电池系统集成技术。电池系统成组效率 $\geq 80\%$ ；电池系统安全风险预测预警模型 ≥ 3 个，动力电池系统中异常电池识别率 $\geq 95\%$ ，电池内短路故障诊断准确率 $\geq 90\%$ ；电池系统发生热扩散 90min 内不起火不爆炸（电池热失控信号发出后）；电池系统 200kN 挤压不起火不爆炸。

（3）开展配套应用和考核验证。高安全、全气候动力电池系统装车 ≥ 1000 辆（乘用车）或商用车 ≥ 100 辆，建立安全风险评估体系和技术规范。

时间节点：研发时限为 3 年，立项 1 年后开展“里程碑”考核。

榜单金额：不超过 6000 万元。

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^d 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。

附件 3

“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，探索临床应用途径。

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。

附件 4

“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运输的通量（ $>10^9$ molecules/s）和生物钾离子通道中钾离子运输的通量（ $>10^8$ ions/s），实现纳米限域空间中分子和离子的高速运输；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 $>fg$ /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>5MPa，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 纳米尺度钪基铁电材料与器件

面向大数据时代对存储器高速、高密度和低功耗的需求，开展新型钪基铁电机理、存储单元与三维集成技术的研究。探索纳米尺度钪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。

附件 5

“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。

附件 6

“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（>200GPa）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

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。

附件 7

“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（ $>40\text{N}$ ）、低堆比（ $<0.70\text{g/ml}$ ）、孔体积极高（ $>0.65\text{ml/g}$ ）、粒度分布均匀（ $1.5\sim 1.8\text{mm}$ ， $>98.0\%$ ）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、高稳定性电化学析氢及析氧催化材料，发展高效稳定电化学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/固体电解质电化学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 1000 h 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。

“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力能场调控方法，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；提出桥梁智能建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 ($>4\text{T}$) 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 $\geq 64\text{kW}$ ；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。

附件 9

“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 $\sim 0.62\text{eV}$ ，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。

附件1

“新型显示与战略性电子材料”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“新型显示与战略性电子材料”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：以国家产业安全和重大工程建设需求为导向，突破新型显示产业应用关键核心技术，打通创新链，突破战略性电子材料制备与应用各环节的共性关键技术，提高我国信息、能源、交通、高端装备等领域核心电子材料和器件的自主可控能力。

2021年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕新型显示、第三代半导体及前沿电子材料与器件、大功率激光材料与器件3个技术方向，按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动25个项目，拟安排国拨经费3.79亿元。其中，拟部署7个青年科学家项目，拟安排国拨经费2100万元，每个项目300万元；拟部署4个部省联动项目。

项目统一按指南二级标题（如1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为1~2项，实施周期不超过4年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基

基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

本重点专项部分项目采用部省联动方式组织实施（项目名称后有标注）。应用示范类部省联动项目，由广东省科技厅推荐，广东省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目。共性关键技术类部省联动项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于两个课题由广东省有关单位作为课题牵头单位。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 新型显示材料与器件

1.1 Micro-LED 显示外延与芯片关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸衬底上低缺陷密度、高波长均匀性 Micro-LED 外延生长技术，开展小注入条件下 Micro-LED 量子效

率的提升机制和实现方法，解决 Micro-LED 尺寸效应、边缘效应以及低损伤刻蚀和钝化修复技术难题，开发高均匀性、高效率的 Micro-LED 外延片和 Micro-LED 芯片；发展驱动背板与 Micro-LED 芯片集成技术，开发单色 Micro-LED 显示样机。

考核指标：大尺寸衬底（ ≥ 6 英寸）上 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 区域范围内红、绿、蓝 Micro-LED 波长偏差 $< \pm 1\text{ nm}$ ；芯片尺寸 $< 5\text{ }\mu\text{m}$ ，在 0.3 A/cm^2 下，蓝光、绿光和红光 EQE 分别 $\geq 35\%$ 、 $\geq 25\%$ 和 $\geq 10\%$ ，衬底（ ≥ 6 英寸）上芯片良率 $\geq 99.9\%$ ；蓝光（ $465\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 20\text{ nm}$ ，绿光（ $525\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 25\text{ nm}$ ，红光（ $630\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 22\text{ nm}$ ；单色 Micro-LED 显示样机：尺寸 ≥ 0.5 英寸，分辨率 $\geq 2000\text{ dpi}$ ，亮度 $\geq 6000\text{ cd/m}^2$ ，灰度等级 $\geq 10\text{ bits}$ ；申请发明专利 ≥ 25 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.2 高亮度高对比度全彩 Micro-LED 显示关键技术研究（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：开展针对 Micro-LED 显示需求的高效芯片制备工艺研究；发展适用于 Micro-LED 显示的低温共晶金属键合材料和工艺，突破无衬底 Micro-LED 芯片巨量转移和玻璃基驱动背板键合技术；开展非接触 EL 方式实现 Micro-LED 器件高效缺陷检测技术研究，突破高亮度和高对比度的驱动技术，开发高性能全彩化 Micro-LED 显示屏，并实现工程化应用。

考核指标：尺寸 ≥ 10 英寸，ppi ≥ 170 ，分辨率 $\geq 1920\times 1080$ ，像素间距 $< 150\text{ }\mu\text{m}$ ，芯片尺寸 $< 30\text{ }\mu\text{m}$ ，亮度 $\geq 2000\text{ cd/m}^2$ ，均匀性

≥80%，灰度等级≥10 bits，对比度≥1000000:1；申请发明专利≥25件，其中PCT专利≥5件。

1.3 超高分辨率 LCoS 空间光调制器关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究超高分辨率、快速响应的空间光调制器设计、制备与封测等关键技术，解决像素串扰、材料匹配、驱动控制、时间波动、影像模糊、空间形变等关键问题，制备出高性能相位型和振幅型 LCoS 器件；研究 LCoS 芯片与三基色 LD 的高效率匹配技术；研究基于 LCoS 空间光调制器的光学引擎架构设计和优化，并实现整机集成测试与表征。

考核指标：开发出满足激光显示整机应用的超高分辨率 LCoS 空间光调制器，相位调制度≥ 2π ，分辨率 3840×2160（4K）和 7680×4320（8K），器件有效区域≥0.6"（4K）和≥1.2"（8K），帧频速度≥180 Hz，开口率≥90%，反射率≥80%，灰阶等级≥10 bits，对比度≥4000:1，亮度≥400 cd/m²，寿命≥20000 小时。申请发明专利≥25件，其中PCT专利≥5件。

1.4 无载流子注入纳米像元电致发光显示关键材料与器件（基础前沿技术）

研究内容：研究无电学接触、无载流子注入纳米像元电致发光器件工作机制，解析限域载流子束包的振荡、跃迁、光子辐射原理；研究面向无电学接触、无载流子注入模式纳米发光材料的设计制备与纳米尺度图案化技术；开展器件结构优化设计，研发

具有高电场耦合系数、高载流子产生率、高载流子增益系数的耦合腔和超表面等纳米倍增结构;突破像元级驱动技术与集成工艺,制备原型样屏;探索无电学接触、无载流子注入工作模式在发光芯片非接触检测领域的示范应用。

考核指标: 纳米发光材料尺寸 $<300\text{ nm}\times 300\text{ nm}$; 无倍增结构的器件亮度 $\geq 200\text{ cd/m}^2$, 倍增结构的器件亮度提升率 $\geq 500\%$; 研制出红、绿、蓝光单色纳米像元电致发光显示原型样屏, $\text{ppi}\geq 30000$, 交流驱动电压峰值 $<20\text{ V}$, 像元尺寸(包含发光单元和驱动单元) $<500\text{ nm}\times 500\text{ nm}$; 发光芯片(衬底尺寸 $\geq 5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$, 芯片尺寸 $<50\text{ }\mu\text{m}\times 50\text{ }\mu\text{m}$)无接触检测准确率 $\geq 99.99\%$; 形成无电学接触、无载流子注入发光器件及纳米发光显示的表征测试与评价方法; 申请发明专利 ≥ 25 件, 其中 PCT 专利 ≥ 5 件; 领域研究报告 1 项。

1.5 超薄宽视角向量光场显示技术与系统(共性关键技术)

研究内容: 开展面向光场显示的变参量结构设计与构筑方法研究, 解决传统多视角三维显示的视角反转、周期重复性视点排布和色彩漂移问题, 突破基于微纳结构的视角调控器件和超薄指向性光源关键技术; 研究基于柔性/曲面显示屏的光场显示方法; 突破变参量微纳结构光刻核心技术, 开发超薄宽视角向量光场显示系统及工程化技术。

考核指标: 彩色动态三维显示, 具有连续运动视差的视角范围 $\geq 150^\circ$, 显示幅面 ≥ 27 英寸, 三维显示系统厚度 $<100\text{ mm}$; 3D

图像深度 ≥ 0.4 m，刷新速率 ≥ 30 Hz；柔性视角调控器件可弯曲程度 <1700 R；自主变参量微纳结构光刻调控精度 <1 nm，实现超薄宽视角向量光场显示示范应用。申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 6 件。

1.6 彩色电子纸显示材料与器件（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究高性能界面功能材料、印刷电子纸墨水材料和界面耦合机制，开发高可靠电子纸显示器印刷制备工艺和高色域显示器件集成技术及驱动系统，突破印刷电子纸显示关键材料瓶颈及印刷制程核心技术；研究高效率、高均一性电子纸显示墨水填充、封装核心设备；实现广色域、高亮度、低功耗电子纸显示器件。

考核指标：电子纸墨水材料基色种类 ≥ 3 种；彩色电子纸显示器尺寸 ≥ 10 英寸，彩色显示色域 $\geq 50\%$ NTSC，响应时间 <30 ms，分辨率 ≥ 180 ppi，能耗 <10 mW/平方英寸，器件寿命 ≥ 1.5 万小时；研制自主知识产权的电子纸显示墨水填充封装关键装备：成膜均匀性 $\pm 5\%$ ，封装对位精度 ± 5 μm ；申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.7 高性能氧化物 TFT 材料与关键技术（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：面向柔性大面积显示，开发高迁移率、高稳定性、高电流开关比的高性能氧化物半导体新材料；开发用于高世代生

产线的高性能氧化物靶材的工程化技术；开发可用于生产的高性能氧化物薄膜晶体管（TFT）器件的结构及工艺，突破高世代线高性能 TFT 量产技术；开发低能耗、高低频宽范围可调的低温多晶硅-高性能氧化物（LTPO）驱动背板技术。

考核指标：1.场效应迁移率 $>40\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ；电流开关比 $\geq 10^9$ 。正栅压应力下阈值电压漂移电压应力测试 PBTs $<0.5\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ；NBTs $<1.0\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=-20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ；负栅压光照应力下阈值电压漂移 NBTIS $<2.0\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=-20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ，光照（白光 LED） $>10000\text{ cd/m}^2$ 。2.高性能氧化物 TFT 技术导入量产线（G8.5 代线及以上）；高性能 LTPO 技术导入量产线（G6 代线及以上）。申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

2. 第三代半导体及前沿电子材料与器件

2.1 面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子材料与器件（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 Si 衬底上 GaN 薄膜及其异质结构的大失配外延生长和缺陷/应力控制技术；研究材料中点缺陷、杂质对器件性能的影响规律及其表征方法；研究器件阈值电压漂移机制及栅压摆幅提升技术；研究高耐压、低导通电阻及高可靠性器件设计与产业化制备技术；研究 GaN 基高压桥式电路及其驱动电路集成技术；研究电压/电流振荡抑制技术和电磁干扰改善技术以

及高转化效率电路拓扑,推动 GaN 基高效功率电子材料与器件在数据中心服务器领域的应用。

考核指标: 实现 650V 电压等级国产 GaN 材料和功率器件规模化生产, 6~8 英寸 Si 衬底上 GaN 外延层位错密度 $< 1 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$, 异质结构方块电阻 $< 300 \Omega/\text{sq}$, 均匀性 $< 3\%$; 电压等级 650 V 的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 $< 4 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$, 导通电阻 $< 30 \text{m}\Omega$, 高频下动态电阻上升不超过 12%; 整机功率 $\geq 1.5 \text{kW}$ 的 GaN 基 AC-DC (220 V-48 V) 电源实现系统工作频率 $\geq 300 \text{kHz}$, 整机最高转换效率 $\geq 98\%$, 功率密度 $\geq 100 \text{W}/\text{in}^3$, 输出电压纹波 $< 0.5\%$, 电流 THD $< 5\%$, 实现在数据中心服务器领域的示范应用; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.2 InGaN 基长波段 LED 关键材料与器件技术(共性关键技术)

研究内容: 面向下一代无荧光粉纯 LED 照明应用, 研究高 In 组分 InGaN 基材料的外延生长、高效率量子结构设计与高光效黄光与绿光 LED 芯片关键技术, 研究无荧光粉多基色 LED 照明封装技术, 开发无荧光粉纯 LED 健康照明新产品。

考核指标: 波长 $\geq 520 \text{nm}$ 绿光 LED, $20 \text{A}/\text{cm}^2$ 电流密度下 WPE $\geq 50\%$ 、流明效率 $\geq 240 \text{lm}/\text{W}$; 波长 $\geq 565 \text{nm}$ 黄光 LED, $20 \text{A}/\text{cm}^2$ 电流密度下 WPE $\geq 30\%$ 、流明效率 $\geq 180 \text{lm}/\text{W}$; 形成 InGaN 基长波段 LED 芯片批量生产能力; 推出无荧光粉纯 LED 健康照明新产品, 色温 $< 2700 \text{K}$, 显色指数 ≥ 90 , 灯珠流明效率 $\geq 150 \text{lm}/\text{W}$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.3 新结构、新功能微小尺寸 LED 材料与器件及其在通信/传感领域的应用（共性关键技术）

研究内容：研究高亮度、高复合速率、高调制带宽、高灵敏度的蓝、绿光微小尺寸 LED 材料和器件制备技术；研究超高速可见光通信、空间精确定位和成像技术；研究微小尺寸 LED 柔性阵列芯片制备工艺，实现在光神经调控、血糖实时监测等医疗健康领域的应用；攻克国产化车规级高功率、高亮度微小尺寸 LED 材料、芯片及光源模组的产业化技术，实现在人车信息交互数字化车灯系统的应用。

考核指标：蓝、绿光 LED 外延片位错密度 $< 5 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，载流子复合衰减时间 $< 300 \text{ ps}$ ；LED 通信芯片 3dB 带宽 $\geq 1.5 \text{ GHz}$ ，传输距离 $\geq 10 \text{ m}$ ，微小尺寸 LED 阵列 MIMO 通信速率 $\geq 50 \text{ Gbps}$ ，LED 定位和成像系统精度 $< 1 \text{ cm}$ ；医疗健康用柔性 LED 阵列发光峰强度变化率 $< 5\%$ （曲率半径 $< 20 \text{ mm}$ ）；基于国产材料和微小尺寸 LED 芯片的数字前照灯像素 $\geq 200 \times 60$ ，整灯输出光通量 $\geq 3000 \text{ lm}$ ，感知系统夜间识别距离 $\geq 300 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 90\%$ ，雨雾雪天识别距离 $> 100 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 80\%$ ；实现通信传感、医疗健康、智能交通等领域 3 项以上示范应用；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.4 镓系宽禁带半导体新型异质结构高灵敏信息感知材料和器件（基础前沿技术）

研究内容：开展镓系宽禁带半导体异质结构材料的高通量计

算设计和实验研究，探索固溶度、微结构、相变、极化、缺陷和杂质等与材料能带结构、载流子输运性质和器件信息感知能力之间的关联规律，发展材料结构—物理性质—器件性能之间的预测模型；探索具有超高灵敏度的镓系宽禁带半导体异质结构信息感知材料的可控制备新原理、新方法和新工艺，研制可用于高场强、强辐射等极端条件下的光电探测、气体传感和生化传感等新型半导体信息感知原型器件，进而对第三代半导体及前沿电子材料与器件的材料体系进行研究。

考核指标：开发出信息感知材料高效设计筛选技术和计算软件，高通量计算 ≥ 50000 算例，筛选准确率 $\geq 90\%$ ，研发出高通量实验装置 ≥ 2 台（套）；发现镓系宽禁带半导体新型异质结构材料 ≥ 3 种，研制出超高灵敏度半导体信息感知新型原型器件 ≥ 2 种；在高通量材料设计和复合结构制备领域发展出具有自主知识产权的新技术 ≥ 2 项；申请发明专利或软件著作权登记 ≥ 10 件，领域研究报告1项。

2.5 大尺寸 SiC 单晶衬底制备产业化技术（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 4H-SiC 单晶生长与电学性能控制技术，有效提升电学性质一致性和可靠性；研究 SiC 单晶生长的热力学和动力学特性，研究晶体生长过程中杂质、多相和缺陷控制技术，推进大尺寸、低成本 SiC 单晶的产业化。针对 SiC 衬底加工工艺和表面质量、面型参数等关键技术问题，研究高效、低损耗的加工技术和大尺寸 SiC 单晶衬底表面粗糙度控制技术。

考核指标: 实现 6 英寸 SiC 衬底材料规模化生产, 6 英寸 SiC 衬底(004)晶面的 XRD 摇摆曲线半峰宽 $< 45 \text{ arcsec}$, TTV $< 10 \mu\text{m}$, LTV $< 2 \mu\text{m}$, WARP $< 30 \mu\text{m}$, 表面粗糙度 $< 0.2 \text{ nm}$; 其中半绝缘 SiC 衬底的微管密度 $< 0.3 \text{ cm}^{-2}$, 电阻率 $\geq 1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$; 导电衬底的微管密度 $< 0.1 \text{ cm}^{-2}$, 电阻率 $< 0.025 \Omega \cdot \text{cm}$, 基平面缺陷密度 $< 1000 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 螺位错密度 $< 400 \text{ 个}/\text{cm}^2$; 8 英寸 SiC 单晶直径大于 203mm, 4H 晶型比例大于 95%, 使用面积大于 90%, XRD 半峰宽 $< 60 \text{ arcsec}$; 大于 $0.3 \mu\text{m}$ 的颗粒密度小于 $0.5 \text{ 个}/\text{cm}^2$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标制 ≥ 2 项。

2.6 高性能忆阻材料与红外智能感知器件研制(基础前沿技术)

研究内容: 针对光电感知终端对高功能密度、低功耗及小型化的需求, 研究可室温工作的新型红外探测材料设计及性能调控技术; 研究基于高性能忆阻材料的突触、神经元器件及其电路配置方案; 研究新型红外探测器、忆阻器与外围电路的集成工艺; 研究面向智能感知的神经形态计算网络架构, 构建多场景的硬件演示系统。

考核指标: 实现忆阻材料体系 ≥ 2 种, 忆阻器件编程功耗 $< 1 \text{ pJ}$ 、编程速度 $< 50 \text{ ns}$ 、集成规模 $\geq 16 \text{ Mb}$; 神经元电路具有频率/时序编码、自适应调节和可配置的放电模式; 开发 ≥ 2 种室温工作的红外探测材料体系, 红外传感器探测率 $\geq 10^{10} \text{ Jones}$, 红外探测器阵列规模 $\geq 320 \times 256$; 实现忆阻器与红外探测器的集成; 研制感存算一体的红外智能感知硬件系统, 实现在探测和目标识别等任务的演示验证; 申请发明专利 ≥ 20 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.7 新型自旋电子材料与高性能存内计算器件研制（基础前沿技术）

研究内容：针对传统电荷型存储器的能效和可靠性瓶颈，突破自旋电子材料物理和器件集成关键核心技术；研究自旋轨道矩全电控驱动自旋翻转物理机制统一模型及其对存内计算特性的调控规律，发展临界翻转电流密度不随器件微缩而显著增加的方法；研究反铁磁材料的电学操控技术及构筑反铁磁自旋器件；开发工业量产可行的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系和制备方法；建立关键自旋轨道矩材料物性对器件性能调控的工艺库标准；实现全电控新型自旋量子器件存内计算单元结构设计和验证。

考核指标：实现 CMOS 工艺兼容的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系 ≥ 2 种；实现反铁磁磁矩翻转的临界电流密度 $< 8 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ ，新型反铁磁自旋器件 ≥ 3 类；完成自旋轨道矩驱动型磁存储器关键材料工艺集成，磁存储器隧穿磁电阻率 $\geq 150\%$ ，能耗 $< 0.5 \text{pJ/bit}$ ，写入次数 $\geq 1 \times 10^{12}$ ，数据保持 ≥ 10 年，实现全电控高效自旋轨道矩驱动磁存储器件单元阵列芯片，演示其读写及高并行存内计算功能；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

3. 大功率激光材料与器件

3.1 高性能 SESAM 材料器件及窄线宽泵浦半导体激光器关键技术（共性关键技术）

研究内容：开展可饱和吸收镜（SESAM）外延材料和生长技

术研究，优化可饱和吸收镜时间特性，缩短带间弛豫时间，开发低温生长吸收层材料和离子注入工艺，攻克外延材料生长、检测和表征及镀膜封装等关键技术，提高 SESAM 材料器件性能，开发实用化的低弛豫时间、高损伤阈值的 SESAM 器件；开展窄线宽泵浦激光器外延材料设计、波长稳定、非吸收窗口等研究，拓展 766、780、796、852nm 等新波长，提升窄线宽泵浦激光器性能；开展高均匀、低吸收玻璃的折射率调制度调控机制以及不同应用波长锁波体光栅损耗抑制与应用性能测试研究。

考核指标：半导体可饱和吸收镜 (SESAM)：弛豫时间 < 500 fs，损伤阈值 $\geq 3.5 \text{ mJ/cm}^2 @ 1064 \text{ nm}$ ；弛豫时间 < 12 ps，损伤阈值 $\geq 3.5 \text{ mJ/cm}^2 @ 1064 \text{ nm}$ ，研制实用化高质量外延材料及商用化器件，实现 SESAM 核心器件应用。窄线宽泵浦半导体激光器：766、780、796、852nm 泵浦 LD，功率 $\geq 10 \text{ W}$ ，线宽 < 0.05 nm，研制的窄线宽 766 nm 等泵浦激光器，实现国产化应用。锁波体光栅：光栅厚度 $\geq 5 \text{ mm}$ ，反射率 $15\% \pm 5\%$ ，半高宽 (FWHM) < 0.05 nm，实现国产化应用。应用验证数量每个品种 ≥ 2 只，申请发明专利 ≥ 5 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 3 项。

3.2 千瓦级高功率特种光纤激光器（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究 1 mm 波段单频光纤激光振荡、放大设计与制作、噪声产生及传递演化机理与抑制，突破线宽压窄技术、频率稳定技术、功率协同放大与稳定技术、光束质量优化技术等，研

制出单模块千瓦级低噪声窄线宽单频光纤激光器，掌握其相位噪声特性，支撑引力波探测及空间相干测速等领域应用；研究 2mm 波段光纤激光种子源、Tm/Ho 共掺增益光纤激光功率放大、非线性效应抑制、高效热管理等技术，研制出高可靠千瓦级 2mm 波段光纤激光器，支撑航空航天发动机燃烧流场诊断等领域的应用。

考核指标：1 μm 波段单频光纤激光器：工作波长 $\sim 1.0 \mu\text{m}$ ，单模块输出功率 $\geq 1 \text{ kW}$ ，线宽 $< 10 \text{ kHz}$ ，频率漂移 $< 1 \text{ MHz}/30\text{min}$ ，相对强度噪声 $< -160 \text{ dB/Hz}$ ，功率不稳定性 $< 1\%$ ，光信噪比 $\geq 55 \text{ dB}$ ，光束质量 $M^2 < 2$ 。2 μm 波段光纤激光器：工作波长 $1.8\sim 2.2 \mu\text{m}$ ，输出功率 $\geq 1 \text{ kW}$ ，线宽 $< 0.05 \text{ nm}$ ，功率不稳定性 $< 5\%$ ，光信噪比 $\geq 30 \text{ dB}$ ，光束质量 $M^2 < 2$ 。申请发明专利 ≥ 6 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

3.3 激光材料及器件在线测试与自动化设计技术（共性关键技术）

研究内容：开展高置信度、高精度、功率密度 TW 级飞秒激光损伤测试研究，构建损伤测试平台。开展上升沿纳秒、加载高压万瓦级电光晶体开关测试研究，构建电光器件测试平台。开展自由曲面建模、折反光线追迹、智能化光学仿真软件研究，构建异构并行的智能化计算库。

考核指标：检测飞秒激光损伤能量密度 $\geq 0.6 \text{ J/cm}^2 @ 515 \text{ nm}$ & 1030 nm 、 $\geq 0.2 \text{ J/cm}^2 @ 343 \text{ nm}$ ，测量不确定度 $< 8\%$ ，脉宽 $< 500 \text{ fs}$ ；电光晶体消光比 $\geq 40 \text{ dB} @ 1053 \text{ nm}$ & 1064 nm ，测量不确

定度 $<10\%$ @30 dB, 加载电压 0~10000V (上升沿 $<15\text{ns}$)。具有包含自由曲面的多种面型、折反光线追迹、智能优化等功能。具有矩阵及数值迭代运算、傅里叶变换、图像卷积等异构并行智能化计算库, 含 100 余个核函数。技术就绪度 6 级, 对标国外 Zemax、Code V 光学设计软件的核心功能, 实现国产化应用。申请发明专利 ≥ 5 件, 软件著作权 ≥ 3 件, 制定国家/行业/企业标准 ≥ 2 项。

3.4 激光与非线性光学晶体高通量制备与表征(基础前沿技术)

研究内容: 发展激光与非线性光学晶体材料的计算设计软件, 开发激光与非线性光学材料高通量制备和表征技术及设备, 开展材料数据的机器学习研究, 建立材料化学组成、微观结构与吸收效率、发光品质、抗激光损伤阈值和非线性光学响应等关键性能之间的构效关系, 应用于新型深紫外非线性光学晶体、大尺寸低吸收的中远红外非线性光学晶体、大尺寸波长可调谐的黄光激光晶体、大功率高重频人眼安全波段激光晶体与器件和高质量中红外激光单晶光纤等材料的研制, 进而对大功率激光材料体系进行研究。

考核指标: 研发激光和非线性光学晶体材料计算设计软件 1 套和基于机器学习的材料筛选系统 1 套, 研制激光和非线性光学材料高通量制备和表征装置 ≥ 2 台(套)。深紫外非线性光学晶体: 截止边 $<200\text{ nm}$ 、尺寸 $\geq 4\times 4\times 5\text{ mm}^3$; 红外晶体器件尺寸 $\geq 8\times 8\times 30\text{ mm}^3$, 泵浦波长处吸收系数 $<0.03\text{ cm}^{-1}$, 中波和长波激光输出功率分别 $\geq 5\text{ W}$ 。黄光激光晶体: 尺寸 $\geq \Phi 50\times 50\text{ mm}^2$, 平均功率 $\geq 5\text{ W}$,

波长调谐范围 570~590 nm; 1.55 μm 激光晶体: 尺寸 $\geq 60 \times 60 \times 40 \text{ mm}^3$, 峰值功率 $\geq 2 \text{ kW}$, 重频 $\geq 500 \text{ kHz}$; 中红外激光单晶光纤: 直径达百 μm 级, 直径均匀性优于 10%, 单根光纤激光输出功率 $\geq 50 \text{ W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项, 领域研究报告 1 项。

4. 青年科学家项目

4.1 基于氮化物半导体的纳米像元发光器件

研究内容: 研究 Micro-LED 从微米进入纳米尺度、结构从二维进入一维乃至零维的纳米尺度量子结构、光学微腔以及超表面结构的生长与制备方法; 研究包括表面等离子极化激元、激子极化激元等准粒子的形成机制与非辐射能量转移机制, 探索超自发辐射、受激辐射等发光新机制; 研究超高量子效率、超低受激辐射阈值的纳米像元发光器件, 探索在微显示方面的应用。

考核指标: 衬底上 (≥ 2 英寸) 蓝光纳米像元发光器件: 发光单元尺寸 $< 500 \text{ nm}$, 显示分辨率 $\geq 10000 \text{ ppi}$, 发光效率 IQE $\geq 50\%$; 超辐射发光器件: 室温下表面等离子极化激元、激子极化激元的拉比分裂和阈值 $< 1 \text{ kW/cm}^2$ 。申请发明专利 10 项, 其中 PCT 2 件。

4.2 纳米像元量子点发光材料与器件研究

研究内容: 研究新型量子点发光材料制备、结构调控和阵列化技术, 发展纳米像元量子点发光器件的制备方法与工艺, 开展电场调控纳米像元量子点发光器件的性能研究, 探索器件工作机

理，突破纳米像元量子点发光结构设计与电场驱动关键技术，研制纳米像元量子点发光原型器件。

考核指标：单色纳米像元量子点发光器件，分辨率 640×480 ，发光像元尺寸 $< 800 \text{ nm} \times 800 \text{ nm}$ ，亮度 $\geq 1000 \text{ cd/m}^2$ ，发光效率 $\geq 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 件，其中 PCT 专利 ≥ 2 件。

4.3 中高压 SiC 超级结电荷平衡理论研究及器件研制

研究内容：研究 SiC 超级结结构的电荷平衡理论和电场调控机制；研究超级结器件结构参数对器件性能的影响规律和机制，探索具有低比导通电阻的器件结构及实现方法；研究具有高电场调控能力的终端保护结构；研发高深宽比超级结器件关键工艺技术和实现方法；研制低比导通电阻的 SiC 中高压超级结器件；研究超级结器件的可靠性并进行应用验证。

考核指标：建立起 SiC 超级结器件的电荷平衡基础理论，揭示器件结构参数和工艺条件对电荷平衡效果的影响规律和机制；超级结结构深宽比 $\geq 5:1$ ，器件阻断电压 $\geq 3.3 \text{ kV}$ ，室温下比导通电阻 $\leq 6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.4 GaN 基宽禁带半导体与 Si 半导体的单片异质集成方法与技术

研究内容：研究 GaN 基宽禁带半导体晶圆与 Si 晶圆的高强度异质键合技术；研究大尺寸 GaN 单晶薄膜的剥离与转移技术；研究异质集成晶圆上 GaN 基射频电子器件和 Si 半导体逻辑器件的兼容制造工艺技术；研究单片集成 GaN 与 Si 的材料热兼容性

和器件电磁兼容性；研究单片集成的 GaN 基器件和 Si 器件的可靠性及其加固方法。

考核指标: GaN 与 Si(100) 半导体单片异质集成晶圆中 GaN 薄膜位错密度 $< 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，异质结构二维电子气迁移率 $\geq 2000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，方块电阻 $< 400 \Omega/\text{sq}$ ；单片异质集成晶圆上的 GaN 基射频电子器件截止频率 $\geq 40 \text{ GHz}$ ，6GHz 时输出功率密度 $\geq 3.5 \text{ W/mm}$ ，功率附加效率 $\geq 50\%$ ，150°C 结温下 MTTF 大于 10^6 小时；Si(100) NMOS 晶体管的饱和电流 $\geq 100 \text{ mA/mm}$ ，开关比 $\geq 10^5$ ，125°C 下 MTTF 大于 10^6 小时；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.5 GaN 单晶新生长技术研究

研究内容: 开展 GaN 单晶衬底材料的新生长技术探索；研究 GaN 液相生长中的成核、传质运输、结晶生长机制；研究 GaN 中背景杂质控制、应力控制等关键技术；研究 GaN 中位错产生、湮灭、演化机制；研究 GaN 氨热法生长中的杂质控制与光学、电学性能调控技术；研究 GaN 助熔剂生长中的形核控制与大尺寸生长技术。

考核指标: 用新生长技术制备的 GaN 单晶直径 ≥ 2 英寸、厚度 $\geq 1 \text{ cm}$ ，在 2 英寸面积范围内位错密度 $< 1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ ；n 型 GaN 单晶衬底电阻率 $< 20 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ ，半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^8 \Omega\cdot\text{cm}$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.6 面向大功率激光应用的金刚石材料

研究内容: 开展单晶金刚石钨元素掺杂技术研究，开发钨源

高效导入系统，突破高掺杂浓度关键工艺；探索钷掺杂单晶金刚石激光增益机理，开展金刚石基增益介质激光产生基础研究；开展低缺陷密度大尺寸光学级单晶金刚石拉曼晶体生长技术研究，突破大尺寸生长设备优化、应力控制、杂质及缺陷调控等关键技术；开展金刚石和激光增益介质超高真空表面活化技术研究，突破低界面热阻金刚石基复合增益介质异质集成键合技术。

考核指标：钷掺杂单晶金刚石材料：钷掺杂浓度 $\geq 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ，其晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $< 60 \text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $< 4 \text{cm}^{-1}$ 。光学级单晶金刚石材料：尺寸 $\geq 20 \times 20 \times 30 \text{mm}^3$ ，N、Si 等杂质浓度 $< 1 \text{ppm}$ ，B 杂质浓度 $< 1 \text{ppb}$ ，晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $< 50 \text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $< 3 \text{cm}^{-1}$ ，缺陷密度 $< 10^5 \text{cm}^{-2}$ 。金刚石和激光增益介质复合晶体：键合口径 $\geq \Phi 30 \text{mm}$ ，界面热阻 $< 4 \times 10^{-4} \text{cm}^2 \text{K/W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件。

4.7 基于氮化铝半导体材料的单细胞分析器件

研究内容：研究高性能压电薄膜材料的压电极化一致性机制，以及主体化合物合成与制备技术；研究新型压电薄膜材料及关键器件的制备及图形化技术；研究新型压电材料与微流控芯片技术的片上集成技术，以及基于图像技术的细胞形态学分析方法，实现对单细胞的检测与分选，推动单细胞分析示范应用。

考核指标：实现基于细胞固有生物物理特性的高灵敏度、无标记性、无损分析方法，器件性能达到单细胞分辨率，实现对单

个细胞>5个角度的多角度形态学分析；器件分析通量>1万细胞/分钟，细胞识别准确率>98%；细胞分析样机数量 ≥ 2 款；实现对 ≥ 5 种的肿瘤细胞系和 ≥ 3 种的临床细胞样品的实时检测与分析；临床验证实验数 ≥ 500 例；申请发明专利 ≥ 4 件。

“新型显示与战略性电子材料”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，“新型显示与战略性电子材料”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

本批榜单围绕手机、平板、TV、可穿戴、新能源汽车电机系统、5G 移动通讯基站、高功率激光器和和半导体芯片缺陷检测等重大应用场景，拟解决我国新型显示产业发展的显示材料及制造装备技术、新能源汽车和 5G 核心器件工程化技术、重大工程和高端加工用工程化激光产品等制约产业发展的关键实际问题，拟启动 6 个项目，拟安排国拨经费不高于 2.89 亿元。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（其中任务 1、任务 2 项目参与单位总数不超过 20 家）。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

本榜单任务 1、2、3、4、6 采用部省联动方式组织实施（任务名称后有标注）。任务 1、2 由广东省科技厅推荐，广东省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目。任务 3、4、6 各推荐

渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于2个课题由广东省有关单位作为课题牵头单位。

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、攻关和考核要求

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. 蒸镀 OLED 柔性显示产业化应用示范（部省联动项目）

需求目标：开发出具有自主 IP 的国产化蒸镀 OLED 核心材料，并导入量产线应用，提升蒸镀 OLED 核心材料与器件制备技术储备率和量产应用率。具体需求目标如下：

（1）材料批量合成能力 ≥ 10 kg/批、单台单批提纯能力 ≥ 3 kg（公斤级以上量产化蒸镀 OLED 材料；材料性能达到器件性能要求，其中主体材料纯度 $\geq 99.99\%$ ），在高温 240 小时以后性能没有明显劣变。

（2）在电流密度 10 mA/cm^2 条件下测试，蒸镀 OLED 器件实现如下性能：蓝光在 $\text{CIE-y} < 0.05$ 下电流效率 $\geq 10 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1000$ 小时，绿光在 $\text{CIE-y} \geq 0.72$ 下电流效率 $\geq 180 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1500$ 小时，红光在 $\text{CIE-x} \geq 0.68$ 下电流效率 $\geq 72 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1600$ 小时。

（3）显示触控一体化触控传感器支持折叠屏或卷轴屏应用；开发 In-cell 光电传感器阵列，光电屏性能指标：传感器阵列 640×360 （位置精度 $\pm 1 \text{ mm}$ ），可根据屏幕大小进行分辨率扩展；扫描采样频率 $\geq 120 \text{ Hz}$ ；单采样 IC ≥ 256 通道，通道响应时间 $< 16 \mu\text{s}$ ，功耗 $< 0.5 \text{ W}$ ，ADC 采样精度 12bits。

（4）蒸镀 OLED 材料实现批量化制备，导入量产线应用。申请发明专利 ≥ 50 件，其中 PCT 专利 ≥ 10 件。

时间节点：研发时限为 2 年。

项目执行期满 1 年：掌握蒸镀 OLED 核心材料和器件制备关键技术，发光材料和封装材料等核心材料国产化率显著提高。

考核指标：材料性能达到器件性能要求，其中主体材料纯度 $\geq 99.95\%$ ，在高温 240 小时以后性能没有明显劣变；在电流密度 10 mA/cm^2 条件下测试，蒸镀 OLED 器件实现如下性能：蓝光在 $\text{CIE-y} < 0.05$ 下电流效率 $\geq 10 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 700$ 小时，绿光在 $\text{CIE-y} \geq 0.72$ 下电流效率 $\geq 180 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1500$ 小时，红光在 $\text{CIE-x} \geq 0.68$ 下电流效率 $\geq 72 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1600$ 小时；申请发明专利 20 件以上。

项目执行期满 2 年：实现 3 种及以上的 OLED 核心材料在产线的应用。

考核指标：材料批量合成能力 $\geq 10 \text{ kg/批}$ 、单台单批提纯能力 $\geq 3 \text{ kg}$ （公斤级以上量产化蒸镀 OLED 材料；材料性能达到器件性能要求，其中主体材料纯度 $\geq 99.99\%$ ）；在电流密度 10 mA/cm^2 条件下测试，蒸镀 OLED 器件实现如下性能：蓝光在 $\text{CIE-y} < 0.05$ 下电流效率 $\geq 10 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT95} \geq 1000$ 小时；实现蒸镀 OLED 核心材料与器件制备技术储备率大于 70%，量产应用率大于 30%；显示触控一体化触控传感器，实现对折叠屏或卷轴屏应用的支持；申请发明专利 50 件以上，其中 PCT 专利 10 件以上。

榜单金额：不超过 8500 万元。

其他要求：该项目的成果须通过国家新型显示技术创新中心的验证测试。

2. 印刷 OLED/QLED 柔性显示产业化关键技术（部省联动项目）

需求目标：提升印刷 OLED/QLED 柔性显示产业化关键技术性能指标，开发出满足印刷 OLED/QLED 柔性显示器件性能要求的有关材料，研制出具备自主知识产权的印刷装备。具体需求目标如下：

（1）在亮度 1000 cd/m^2 条件下测试，印刷 OLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 $\text{CIE-y} < 0.06$ 下电流效率 $\geq 5.5 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 350$ 小时，绿光在 $\text{CIE-y} \geq 0.70$ 下电流效率 $\geq 125 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 10000$ 小时，红光在 $\text{CIE-x} \geq 0.68$ 下电流效率 $\geq 48 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 8000$ 小时。

（2）在亮度 1000 cd/m^2 条件下测试，印刷 QLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 $\text{CIE-y} < 0.06$ 下电流效率 $\geq 8.5 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 300$ 小时，绿光在 $\text{CIE-y} \geq 0.70$ 下电流效率 $\geq 120 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 15000$ 小时，红光在 $\text{CIE-x} \geq 0.68$ 下电流效率 $\geq 60 \text{ cd/A}$ 、寿命 $\text{LT}_{95} \geq 15000$ 小时。墨水粘度 $3\sim 15 \text{ cp}$ ，表面张力 $28\sim 45 \text{ mN/m}$ ，沸点 $\geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ，PH 值 $6\sim 8$ 。

（3）印刷装备的性能指标为：墨滴落点精度沿打印方向 $< \pm 5 \mu\text{m}$ ，垂直打印方向 $< \pm 5 \mu\text{m}$ ，喷印行走速率 $\geq 200 \text{ mm/s}$ ，高分辨率阵列喷头与控制系统实现 $< 1 \text{ pL}$ 液滴，阵列打印 $\geq 600 \text{ ppi}$ ，开发出 G4.5 RGB（基板尺寸 $730 \text{ mm} \times 920 \text{ mm}$ ）及以上世代印刷装备，在其上实现 ≥ 30 寸、分辨率 $\geq 100 \text{ ppi}$ 柔性显示样机。

（4）印刷 OLED 材料实现批量化制备并通过量产验证。申请发明专利 50 件以上，其中 PCT 专利 10 件以上。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：突破印刷 OLED/QLED 红绿蓝光关键材料核心技术瓶颈。

考核指标：在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 OLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 CIE-y<0.06 下电流效率 ≥ 4.5 cd/A、寿命 LT95 ≥ 200 小时，绿光在 CIE-y ≥ 0.70 下电流效率 ≥ 100 cd/A、寿命 LT95 ≥ 10000 小时，红光在 CIE-x ≥ 0.68 下电流效率 ≥ 40 cd/A、寿命 LT95 ≥ 8000 小时；在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 QLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 CIE-y<0.06 下电流效率 ≥ 7.5 cd/A、寿命 LT95 ≥ 100 小时，绿光在 CIE-y ≥ 0.70 下电流效率 ≥ 100 cd/A、寿命 LT95 ≥ 10000 小时，红光在 CIE-x ≥ 0.68 下电流效率 ≥ 60 cd/A、寿命 LT95 ≥ 10000 小时。

项目执行期满 2 年：印刷 OLED/QLED 红绿蓝光材料性能显著提升。

考核指标：在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 OLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 CIE-y<0.06 下电流效率 ≥ 5.0 cd/A、寿命 LT95 ≥ 300 小时，绿光在 CIE-y ≥ 0.70 下电流效率 ≥ 118 cd/A、寿命 LT95 ≥ 10000 小时，红光在 CIE-x ≥ 0.68 下电流效率 ≥ 45 cd/A、寿命 LT95 ≥ 8000 小时；在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 QLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 CIE-y<0.06 下电流效率 ≥ 8.0 cd/A、寿命 LT95 ≥ 200 小时，绿光在 CIE-y ≥ 0.70 下电流效率 ≥ 120 cd/A、寿命 LT95 ≥ 12000 小时，红光在 CIE-x ≥ 0.68

下电流效率 ≥ 60 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 12000$ 小时。

项目执行期满 3 年：印刷 OLED/QLED 显示关键材料处于国际领先地位，为建立高世代量产线奠定基础。

考核指标：在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 OLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 $CIE-y < 0.06$ 下电流效率 ≥ 5.5 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 350$ 小时，绿光在 $CIE-y \geq 0.70$ 下电流效率 ≥ 125 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 10000$ 小时，红光在 $CIE-x \geq 0.68$ 下电流效率 ≥ 48 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 8000$ 小时；在亮度 1000 cd/m² 条件下测试，印刷 QLED 显示器件的性能指标为：蓝光在 $CIE-y < 0.06$ 下电流效率 ≥ 8.5 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 300$ 小时，绿光在 $CIE-y \geq 0.70$ 下电流效率 ≥ 120 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 15000$ 小时，红光在 $CIE-x \geq 0.68$ 下电流效率 ≥ 60 cd/A、寿命 $LT_{95} \geq 15000$ 小时；显示材料在自主研发装备中形成合格器件。

榜单金额：不超过 8000 万元。

其他要求：该项目的成果须通过国家新型显示技术创新中心的验证测试。

3. 面向新能源汽车应用的 SiC 功率电子材料与器件(部省联动项目)

需求目标：针对电动汽车对大电流、高可靠性功率电子材料、芯片的需求，开展车规级 SiC 功率电子外延材料、芯片、封装技术研究及示范应用。具体需求目标如下：

(1) 开发出 1200V 电压等级的大电流高可靠性 SiC 功率电

子芯片，MOSFET 器件阈值电压 ≥ 2.5 V，沟道迁移率 ≥ 25 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，短路时间 ≥ 3 μs ，比导通电阻 < 3.3 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，单芯片导通电流 ≥ 200 A。

(2) 开发出 1200V 电压等级大电流、低热阻 SiC 功率模块，电流 ≥ 800 A；开发出基于 SiC 模块的电机驱动系统，功率密度 ≥ 40 kW/L，最高效率 $\geq 99\%$ 。

(3) 实现车规级 SiC 功率电子外延材料、芯片产业化，实现全国产 SiC 模块在新能源汽车上的示范应用；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

(4) 产品需满足国内主要新能源汽车制造商电机驱动系统的使用要求；生产成本合理，制造周期优于国外一流企业供货周期，满足新能源汽车电机驱动系统制造商的采购计划。

时间节点：研发时限为 4 年。

项目执行期满 2 年：开发出车规级 1200V SiC MOSFET 器件。
考核指标：比导通电阻 < 4 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，单芯片电流 ≥ 150 A。

项目执行期满 3 年：1200V SiC MOSFET 器件比导通电阻 < 3.3 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，单芯片电流 ≥ 200 A；模块电流 ≥ 800 A；驱动系统功率密度 ≥ 35 kW/L，并在新能源汽车上试用。

项目执行期满 4 年：1200V SiC MOSFET 器件比导通电阻 < 3.3 $\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，单芯片电流 ≥ 200 A；模块电流 ≥ 800 A；驱动系统功率密度 ≥ 40 kW/L，实现示范应用。

榜单金额：不超过 3500 万元。

其他要求：3 年阶段考核不合格，终止项目。

4. 5G 移动通讯基站用 GaN 基 Sub-6 GHz 及毫米波材料与器件研发（部省联动项目）

需求目标：开展 5G 移动通讯基站用 GaN 基 Sub-6 GHz 及毫米波材料与器件研发，完成系列化 5G 基站用射频功放产品研发，并实现批量应用。具体需求目标如下：

（1）4~6 英寸 SiC 衬底上 GaN 基异质结构外延片翘曲 < 35 μ m，方块电阻 < 300 Ω /sq，不均匀性 < 3%。

（2）Sub-6 GHz 功放模块 2515~2675 MHz、3.4~3.6 GHz、4.8~5.0 GHz 漏极效率分别 \geq 52%、46%、44%@39 dBm，线性增益 \geq 10 dB，饱和功率 \geq 47 dBm。

（3）毫米波前端模块工作频率分别为 24.75~27.50 GHz、37.0~42.5 GHz，饱和效率 \geq 20%，输出功率 \geq 33 dBm。

（4）申请发明专利 \geq 10 件，制定国家/行业/团体标准 \geq 5 项。产品失效率优于 100PPM；部分典型产品实现销售供货超过 1000 万只以上，项目验收时出具相关合同证明。技术就绪度超过 8 级。

时间节点：研发时限为 2 年。

项目执行期满 1 年：产品性能达到考核指标，实现批量试用。

项目执行期满 2 年：产品性能全面满足客户需求，实现大批量应用，销售不低于 1000 万只。

榜单金额：不超过 3500 万元。

5. 高频、高功率激光器调制器技术与应用

需求目标：针对高功率激光器、即开即用脉冲激光器、超快激光器、高速红外激光信号传输与调制等应用所需，研制高频高功率激光调制器技术，并开展应用。具体需求目标如下：

(1) BBO 调制器：重频 ≥ 1 MHz，孔径 $\geq \Phi 4$ mm，插入损耗 $< 1\%$ 、消光比 ≥ 30 dB、损伤阈值 ≥ 1 GW/cm²@1064 nm；KTP 调制器：重频 ≥ 1 MHz，孔径 $\geq \Phi 15$ mm，插入损耗 $< 1.5\%$ 、消光比 ≥ 27 dB、损伤阈值 ≥ 800 MW/cm²@1064 nm，室温电阻率 $\geq 10^{13}$ $\Omega \cdot \text{cm}$ ；RTP 调制器：重频 ≥ 1 MHz，孔径 $\geq \Phi 8$ mm，插入损耗 $< 1.5\%$ 、消光比 ≥ 27 dB、损伤阈值 ≥ 800 MW/cm² @1064nm。

(2) 声光调制器：80 MHz 声光调制器：孔径 $\geq \Phi 8$ mm，透过率 $\geq 99.6\%$ ，衍射效率 $\geq 80\%$ ，损伤阈值 ≥ 1 GW/cm²；300 MHz 选单声光调制器：上升/下降时间 < 6 ns，插入损耗 < 3 dB，关断消光比 ≥ 50 dB，偏振消光比 ≥ 18 dB，损伤阈值 ≥ 500 MW/cm²。

(3) 磁光开关、隔离器：TGG 晶体口径 $\geq \Phi 60$ mm，氟化物磁光晶体口径 $\geq \Phi 50$ mm；大口径、大功率磁光隔离器口径 $\geq \Phi 45$ mm，承受平均功率 ≥ 500 W、透过率 $\geq 93\%$ 、峰值隔离度 ≥ 33 dB@1064nm；YIG 磁光开关响应速率 < 70 μs ，损耗 < 0.6 dB，尺寸 $< 5.5 \times 4.5 \times 20$ mm³。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：实现 TGG 晶体口径 ≥ 40 mm，磁光隔离器实现口径 25mm。

项目执行期满 2 年：实现电光调制器重频 500kHz，考核指标

除重频外验证所有指标。

考核指标：80MHz 声光调制器实现口径达到 6mm。300MHz 声光调制器达到 250MHz，上升时间小于 10ns。TGG 晶体实现口径 50mm，氟化物磁光材料实现口径 40mm，磁光隔离器实现口径 35mm。

项目执行期满 3 年：电光调制器实现全部考核目标，80MHz 和 300MHz 声光调制器实现全部考核目标。

考核指标：TGG 晶体实现 60mm，氟化物磁光材料实现 50mm，磁光隔离器实现口径 45mm，YIG 磁光开关实现响应速率 $<70\mu\text{s}$ ，损耗 $<0.6\text{ dB}$ ，尺寸 $<5.5\times 4.5\times 20\text{ mm}^3$ 。推广 KTP 电光调制器、80M 声光调制器、300M 声光调制器、大口径/大功率光纤隔离器、磁光开关等应用不少于 3000 套，销售额不少于 6000 万元。

榜单金额：不超过 2700 万元。

6. 高功率、高性能极紫外飞秒激光技术（部省联动项目）

需求目标：面向 28nm 和 1Xnm 芯片制程的缺陷检测设备需要，研制飞秒极紫外激光光源，技术就绪度达到 5 级，在中芯国际、合肥长鑫等半导体设备生产厂商中实现缺陷检测应用示范。具体需求目标如下：

（1）研制出飞秒极紫外光源：飞秒极紫外光源波长 $<150\text{ nm}$ ，输出功率 $\geq 1\text{ mW}$ （单个谐波）@50nm&1MHz，脉冲能量 $\geq 1\text{ nJ}$ （单个谐波）@50nm&1MHz，功率不稳定性 RMS $<5\%$ （8 小时）@50nm&1MHz，光束指向稳定性 RMS $<10\mu\text{rad}$ （8 小时）

@50nm&1MHz, 光束质量 $M^2 < 1.5$ @50nm&1MHz。

(2) 实现飞秒极紫外光源在半导体检测设备上的应用示范: 实现半导体晶圆缺陷检测, 检测成像分辨率 < 50nm。

(3) 研制飞秒极紫外光源相关新技术、新产品 2 项以上, 申请发明专利 3 件以上。

时间节点: 研发时限为 4 年。

项目执行期满 1 年: 实现飞秒极紫外光源台面装置演示。

考核指标: 飞秒极紫外光源波长 < 150 nm, 输出功率 ≥ 1 mW (单个谐波) @50nm&1MHz, 脉冲能量 ≥ 1 nJ (单个谐波) @50nm&1MHz。

项目执行期满 2 年: 实现飞秒极紫外光源工程样机系统集成。

考核指标: 飞秒极紫外光源波长 < 150 nm, 输出功率 ≥ 1 mW (单个谐波) @50nm&1MHz, 脉冲能量 ≥ 1 nJ (单个谐波) @50nm&1MHz, 功率不稳定性 RMS < 5% (8 小时) @50nm&1MHz, 光束指向稳定性 RMS < 10 μ rad (8 小时) @50nm&1MHz, 光束质量 $M^2 < 1.5$ @50nm&1MHz。技术就绪度达到 5 级。

项目执行期满 3 年: 实现飞秒极紫外光源在半导体领域初步应用演示。

考核指标: 实现半导体晶圆缺陷检测应用, 检测成像分辨率 < 100nm。

项目执行期满 4 年: 实现飞秒极紫外光源在半导体领域应用示范。

考核指标：实现半导体晶圆缺陷检测应用，检测成像分辨率
<50nm。

榜单金额：不超过 2700 万元。

其他要求：2 年阶段考核不合格，终止项目。

附件 2

“稀土新材料”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“稀土新材料”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：面向新一代信息技术、航空航天、先进轨道交通、节能与新能源汽车、高端医疗器械、先进制造等领域对稀土新材料的迫切需求，发展具有我国资源特色和技术急需的稀土新材料，加强稀土新材料前沿技术基础、工程化与应用技术创新，提升稀土新材料原始创新能力和高端应用水平。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕稀土永磁材料强基及变革性技术、新型高效稀土光功能材料及应用技术、高效低成本稀土催化材料及应用技术、稀土材料绿色智能制备和高纯化技术、稀土物化功能材料及应用技术、稀土新材料及材料基因工程 6 个技术方向，按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 33 个项目，拟安排国拨经费 3.47 亿元。其中，拟部署 11 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3300 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。每个项

目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

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，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 稀土永磁材料强基及变革性技术

1.1 钕铁硼基相调控及性能提升技术（共性关键技术）

研究内容：针对无人机、高端机器人等应用领域的迫切需求，围绕内禀矫顽力与剩磁去耦合的科学问题，开发超高性能钕铁硼永磁材料；开展晶粒细化对钕铁硼磁体综合性能影响研究，解决高内禀矫顽力、高剩磁磁体制备的共性关键技术问题；研究钕铁硼基相成分、跨尺度结构调控、重稀土掺杂与磁性能关联等科学

问题，制备超高综合性能磁体。

考核指标：高内禀矫顽力高综合性能磁体取向度 $\geq 99\%$ ，最大磁能积 ≥ 40 MGOe，内禀矫顽力(kOe)+最大磁能积(MGOe) ≥ 80 ；标准永磁样品在磁化方向施加 10 kOe 的外加磁场后在 200°C保温 3 h,其热减磁 $< 3\%$ 。高剩磁烧结钕铁硼磁体剩磁 ≥ 14.6 kGs，内禀矫顽力 ≥ 18 kOe，满足器件小型化、高功率密度需求。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.2 重稀土极致应用与钕铁硼磁体选区扩散技术（共性关键技术）

研究内容：面向新能源车用低成本、高稳定性磁体应用需求，研究重稀土元素在永磁材料中极致应用，提升重稀土资源高效利用水平，开发微结构重构及高矫顽力磁体的低成本制备技术；研究烧结态、回火态等不同工艺过程重稀土扩散的动力学问题，开发磁体的选区精准渗透及微结构控制技术，在千吨级生产线实现技术推广。

考核指标：实现新能源汽车驱动电机用磁体重稀土减量应用，千吨生产线制备磁体的剩磁 ≥ 12.8 kGs，内禀矫顽力 ≥ 28 kOe，镨用量 < 3.5 wt%、铽用量 < 0.6 wt%。低成本、高稳定性稀土永磁体内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。剩磁温度系数 $|\alpha(B_r)| < 8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 。建立稀土永磁晶界扩散质量评价技术标准，制定稀土永磁高温检测方法国家标准。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.3 烧结钕铁硼磁体批量一致性 & 先进制备流程技术（示范应用）

研究内容：针对烧结钕铁硼磁体批量一致性差的技术难题，开发材料制备流程各环节的关键技术，重点突破晶界扩散过程的智能转运和靶材的数字化管理技术，实现关键制备节点的智能化，提升材料规模化生产一致性。

考核指标：批量磁体性能一致性，剩磁 $\pm 100\text{Gs}$ （或 $\pm 1\%$ ）和矫顽力 $\pm 500\text{Oe}$ （或 $\pm 2\%$ ）以内，实现晶界扩散过程产品的智能转运及晶界扩散环节的靶材智能监控和寿命预测。建成 3000 吨烧结钕铁硼制备高自动化及智能化示范线，智能制造成熟度达到三级以上（GB/T39117-2020《智能制造能力成熟度评估方法》）。制定国家标准 ≥ 2 项。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.4 微特电机专用粘结磁体高性能化技术（示范应用）

研究内容：针对新型微特电机小型化、高速化、长寿命的发展要求，开发高性能粘结磁粉流程化制备技术；研究核心微量元素对微观组织的调控机理；研究表面处理、晶界扩散对磁体磁性能、加工性及耐热性的影响规律和机理，开发新型复合粘结剂体系；开发取向磁环关键成型技术，研究多场耦合磁粉取向与磁化规律，掌握充退磁夹具设计技术以及整体器件的一体化生产技术。

考核指标：突破高性能粘结磁粉及其关键制备技术，磁粉综合磁性能（内禀矫顽力（ kOe ）+最大磁能积（ MGOe ）） ≥ 58 ；突破高温稳定性辐射取向粘结磁环关键成型技术，环形磁体最大

磁能积 ≥ 20 MGOe, 内禀矫顽力 ≥ 12 kOe, 内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 4.5 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ (室温至 120°C); 开发出高性能刚性或柔性粘结磁体、磁环、磁瓦的成套应用技术。申请发明专利 ≥ 10 项。

1.5 高性能永磁材料及热压流变取向新技术(共性关键技术)

研究内容: 针对新能源汽车驱动电机的高耐温、高功率密度、高耐蚀、降成本等技术和市场要求, 研发高性能异性热压磁体。通过成分和工艺的优化突破热压磁体的技术瓶颈, 开展长片状、环形等不同形状磁体各向异性形成机理研究, 解决异形热压磁体成型困难、均匀性差的难点; 研发制备具有高磁能积、高耐温性、高均匀性、良好耐蚀性、高材料利用率的长片状、环形等热压磁体的制备技术及装备。

考核指标: 高磁能积热压磁体的最大磁能积 ≥ 54 MGOe; 制备的磁环直径 < 6 mm, 剩磁 ≥ 12.7 kGs, 表磁不均匀性 $\leq 5\%$; 长度方向 ≥ 40 mm 的长片状磁体, 室温最大磁能积 ≥ 40 MGOe, 内禀矫顽力 ≥ 18 kOe@ (无 Dy、Tb), 磁体磁性能的内部偏差率优于 $\pm 4\%$, 内禀矫顽力 ≥ 7 kOe@ 150°C 。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.6 多尺度功能基元构筑的高性能稀土永磁材料(基础前沿技术)

研究内容: 基于不同尺度相互作用机理的差异, 开展层状原子结构、纳米晶粒、微米或毫米颗粒等多尺度功能基元构筑的新型稀土永磁材料的原理和验证研究。研究基元的成分和结构对材料磁性的影响和调控作用; 开发包括纳米尺度硬磁基元的取向技

术和多种功能基元的三维可控构筑技术，揭示制备工艺—微结构—宏观磁性之间的关系；以磁能积超过现有材料的理论值为导向，探索基于功能基元的新概念永磁材料的新原理、新技术或新方法。

考核指标：用于微型永磁电机或者微机电系统的 RE-TM-B（RE-稀土，TM-过渡金属）系列微纳尺度的永磁基元的内禀矫顽力 $\geq 12\text{kOe}$ 。RE-TM-B/RE-Co 全致密多基元杂化磁体的最大磁能积 $\geq 35\text{ MGOe}$ ，使用温度 $\geq 180^\circ\text{C}$ 。各向异性多基元（RE-Fe-N/RE-TM-B）磁粉的最大磁能积 $\geq 40\text{ MGOe}$ ，矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 5.7 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ （温度区间 $20\sim 120^\circ\text{C}$ ）。研制新型永磁材料 ≥ 2 种。申请发明专利 ≥ 10 项。

2. 新型高效稀土光功能材料及应用技术

2.1 新型高效深红-近红外发光材料及应用技术（共性关键技术）

研究内容：面向安防监控、现代农业、食品安全和光伏等领域对荧光转换型深红—近红外发光材料的重大需求，采用第一性原理计算及高通量材料设计技术，筛选高效匹配的基质材料和发光中心，设计适合近紫外—蓝光激发的新型高效深红—近红外发光材料；研究其发射光谱定向调谐及发光效率增强技术，粒度、形貌等可调控的关键制备技术；研究其在热、湿、光辐照下的光色衰减机理，开发材料耐候性提升技术；开发基于深红—近红外发光材料的应用技术。

考核指标：研制出 ≥ 5 种（发射峰值波长不同）近紫外—蓝

光激发下峰值波长范围为 700~1100 nm 的新型深红—近红外发光材料，其外量子效率 $\geq 35\%$ 、其中至少 3 种 $\geq 40\%$ ，热猝灭特性 $\geq 90\% @ 100^\circ\text{C}$ ；形成 ≥ 3 个应用场景。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.2 超高能量分辨及多模探测用稀土卤化物闪烁晶体制备技术（共性关键技术）

研究内容：针对国土安全、深海深空探测领域对高性能闪烁材料的迫切需求，探索超高能量分辨、中子—伽马多模探测用稀土卤化物闪烁晶体成分/结构设计、性能调控核心规律；开发相关晶体高纯无水原料批量制备、单晶高效生长、晶体防潮加工及封装关键制备技术；开发基于高性能稀土卤化物闪烁晶体的新型先进辐射探测器件制备技术。

考核指标：开发出 ≥ 2 种超高能量分辨（能量分辨率 $< 2.5\% @ 662\text{keV}$ ）和中子—伽马多模探测（中子—伽马甄别品质因子 ≥ 2.5 ）稀土卤化物闪烁晶体新材料，形成晶体高纯原料制备—单晶生长—加工封装全链条关键技术，晶体器件直径 ≥ 3 英寸；开发出 ≥ 2 种满足温度 $\geq 50^\circ\text{C}$ 、湿度 $\geq 80\text{RH}\%$ 环境使用的辐射探测器件。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.3 紫光激发新型高效稀土发光材料及应用基础（基础前沿技术）

研究内容：面向类太阳光 LED 健康照明迫切需求，建立发光性能高通量计算设计的筛选因子集，研究发光材料基质的组分、结构、缺陷等因素与发光、热猝灭性能的构效关系，设计和开发

适用于紫光（400~420 nm）激发的新型高效稀土发光材料；研究晶体场对光谱调谐及发光效率增强的共性规律；研究温度、湿度等多场耦合条件下发光材料的失效基础理论及可靠性提升关键技术，探索其封装应用技术方案。

考核指标：完成 $\geq 10^4$ 个样本的高通量计算筛选预测，研发出 ≥ 5 种适合紫光激发的新型多色稀土发光材料，蓝色、青色、绿色和长波红色发光材料的发射峰值波长分别位于450~480 nm、485~500 nm、510~540 nm和650~680 nm，其中 ≥ 4 种外量子效率 $\geq 60\%$ ，热猝灭特性 $\geq 85\% @ 120^\circ\text{C}$ ，LED封装器件（0.5 W）的 $R_a \geq 95$ （ $R_g \geq 100$ 和 $R_f \approx 100$ ）时光效 $\geq 120 \text{ lm/W}$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

3. 高效低成本稀土催化材料及应用技术

3.1 稀土分子筛催化新材料制备关键技术及应用（示范应用）

研究内容：针对催化裂化装置中催化材料高活性与低焦炭产率难以兼顾的难题，研发高性能超稳Y分子筛催化材料，构建多级孔催化剂新体系；研究稀土分子筛催化材料抑焦机理；掌握稀土元素配分、定位分布与催化功能的构效关系；研制稀土高效负载新技术，开发稀土催化材料提升催化活性和选择性的新方法；建立基于外场强化手段的催化剂宏量制备新技术，在催化剂生产装置和催化裂化装置实现应用示范。

考核指标：开发 ≥ 3 类典型稀土配分的催化剂；催化剂磨损指数 $< 2.5\%$ ，比表面 $\geq 260 \text{ m}^2/\text{g}$ ， 800°C 、100%水蒸气老化17小

时微反活性 $\geq 60\%$ 。新型催化剂在百万吨级催化裂化装置实现应用示范，较传统催化剂的活性提高 $\geq 10\%$ 、三烯产率提升 $\geq 2\%$ 、焦炭产率降幅 $\geq 15\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

3.2 复杂工况工业烟气深度净化稀土脱硝催化剂及应用（共性关键技术）

研究内容：针对非火电行业（钢铁、有色、化工及水泥等）高温高硫、低温高湿、高碱尘、高空速等复杂工况下的工业烟气脱硝应用需求，研究稀土基及稀土掺杂催化剂在低温反应性能提升、高温抗烧结及抗活性组分流失、耐碱尘/重金属中毒等方面的独特性能，考察烟气中典型组分 SO_2 对催化剂性能的影响规律，并探究其强化机制。开发非火电行业复杂烟气深度净化用无钒稀土基脱硝催化剂，实现共性关键技术的规模化应用。

考核指标：形成 ≥ 2 种无钒稀土基脱硝催化剂；水汽含量（体积） $\geq 15\%$ 条件下，脱硝工作温度 $< 150^\circ\text{C}$ ；宽温脱硝工作温度 $150\sim 350^\circ\text{C}$ ；在非火电行业实现 ≥ 2 个领域的应用示范并稳定运行 ≥ 1 年，满足国家或地方行业最新排放标准。申请发明专利 ≥ 10 项。

3.3 多孔稀土催化与稀土-贵金属催化材料开发（基础前沿技术）

研究内容：针对传统催化剂开发成本高、周期长的问题，利用材料基因工程关键技术，结合高通量计算预测和实验筛选，开发出多孔稀土催化和稀土-贵金属催化新材料，构建包含电子态特征、合成策略与催化性能等参数的稀土催化材料数据库；开发

高通量、高精度的稀土催化材料表征、评价技术；建立“预测—合成—评估—优化”的数字化研发技术，开发“低成本、短周期”的新型稀土催化材料。

考核指标：实现多孔稀土催化材料 $\geq 10^3$ 量级的高效计算，构效模型 $R^2 \geq 0.8$ ，构建 $\geq 10^5$ 条数据的专用数据库，多孔材料比表面积 $\geq 1200 \text{ m}^2/\text{g}$ ，应用于高品质航空燃油制备，反应温度 $< 100 \text{ }^\circ\text{C}$ 、底物转化率 $\geq 99\%$ 、产物选择性 $\geq 99\%$ ；研制出稀土—贵金属催化材料四通道催化活性评价装置、六通道快速老化装置各一套，精密度偏差 $< 5\%$ ，建立 ≥ 3 款车型/机型稀土—贵金属催化材料的仿真模型，完成系统仿真设计与匹配标定，瞬态测试循环实测结果误差 $< 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

4. 稀土材料绿色智能制备和高纯化技术

4.1 可再生稀土功能材料二次利用技术（共性关键技术）

研究内容：针对我国可再生稀土功能材料现行回收技术能耗高、环境负担重、二次循环率低等问题，采用多级物理和化学工艺，开发基于稀土功能产品加工油泥和废旧产品的绿色高值化再生利用技术，包括高纯度稀土铁硼基超细粉和稀土化合物的制备；采用无压烧结、纳米颗粒改性、晶界扩散等工艺，研制高磁性能再生烧结稀土功能产品；开发可再生稀土功能材料的绿色高值化再生利用全套产业化技术与装备。

考核指标：获得从稀土功能产品加工油泥、废旧产品到再生稀土功能产品的短流程制备产业化新技术；稀土及其它有价元素

综合回收率 $\geq 95\%$ ；再生稀土功能粉末的饱和磁化强度 ≥ 15.5 kGs，粒度 $D_{50} < 2\mu\text{m}$ 。原产品与再生产品的主要性能指标的差值 $< 3\%$ 。制定国家标准 ≥ 1 项。申请发明专利 ≥ 5 项。

4.2 超高纯稀土氧化物/氟化物制备基础（基础前沿技术）

研究内容：面向高功率激光光纤、激光晶体、光学镀膜等对超高纯稀土化合物的迫切需求，开展稀土氧化物/氟化物中杂质深度去除过程与机理研究；开发超高纯稀土氧化物的高效分离提纯及其高温稳定性稀土配合物制备新技术；开发超高纯稀土氟化物的制备及深度脱水除氧新方法；开发高纯稀土氧化物/氟化物的分析方法。

考核指标：探明主元稀土与稀土杂质、碱土/过渡族等非稀土杂质分离的基本规律，获得超高纯稀土氧化物/氟化物制备及分析新方法；获得 ≥ 5 种高于 5N 纯度稀土氧化物，其中 Ca、Si 含量均 < 1 ppm 及 Fe、Co、Cr、V、Ni、Cu、Zn、Mn、Mg 含量均 $< 5 \times 10^{-2}$ ppm；获得 ≥ 2 种 6N 稀土有机配合物， 200°C 时分解率 $< 5\%$ ；获得 ≥ 3 种 4N 高纯稀土卤化物，总氧含量 < 50 ppm。申请发明专利 ≥ 5 项。

4.3 特种稀土功能合金及制备技术（共性关键技术）

研究内容：面向车辆轻量化、核安全屏蔽、高性能电机等领域的材料需要，开发新型特种稀土功能合金，研究稀土元素对合金氧化腐蚀性能、导电性能及电磁性等影响规律及机理；开发稀土合金均质铸造、变形加工及微观组织控制技术，研究其组织结

构、体密度等对阻燃性、核屏蔽性、导电性及磁性等关键性能的影响；研制新型多元稀土合金；开展稀土合金关键制备技术及应用研究。

考核指标：获得稀土特种功能合金的成分—组织—特种性能等关键性能间的变化规律。稀土铜合金电导率 $\geq 50\%$ IACS，电磁屏蔽性能 ≥ 90 dB，抗拉强度 ≥ 800 MPa；阻燃稀土镁合金的燃点 $\geq 900^\circ\text{C}$ ，中性盐雾寿命 ≥ 1000 h，抗拉强度 ≥ 300 MPa；核屏蔽镍基稀土合金（5 mm 厚板）的热中子衰减系数 $\geq 10^{-5}$ 以上，体密度 $8.0\sim 11.0$ g/cm³，抗拉强度 ≥ 600 MPa，断裂延伸率 $\geq 25\%$ 。多种富稀土含量合金纯度 $\geq 3\text{N}5$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

5. 稀土物化功能材料及应用技术

5.1 高能量密度新型稀土储氢材料及应用技术（共性关键技术）

研究内容：针对氢能及储能领域产业技术需求，发展兼具高有效储氢容量和优良平台特性的新型稀土储氢材料，研究材料成分和结构对储氢动力学及热力学性能的影响机制，研究材料结构稳定性、粉化和杂质气体等对循环寿命的影响规律；开发成分和相结构可控的低成本批量制备技术，研制基于新型稀土储氢材料的高能量密度、快动态响应固态储氢装置。

考核指标：新型稀土储氢材料的有效储氢容量 $\geq 1.7\text{wt}\%$ ，室温放氢平台压力 ≥ 0.3 MPa，2000 次吸放氢循环后容量保持率 $\geq 80\%$ ；高密度固态储氢装置的重量储氢密度 $\geq 1.4\text{wt}\%$ ，体积储氢密度 ≥ 55 kg/m³。制定储氢动力学评价标准。申请发明专利 ≥ 10 项。

5.2 高端显示玻璃基板用稀土抛光材料及其应用关键技术 (共性关键技术)

研究内容：针对新型显示用高世代大尺寸显示玻璃基板用稀土抛光材料完全依赖进口的现状，研发高分散、超细、类球形稀土抛光粉的可控制备技术；开展粉体高悬浮稳定、易清洗抛光浆料配方设计等研究；开发高世代大尺寸显示玻璃基板的精密抛光工艺，建立性能检测与评价方法规范。

考核指标：抛光粉体呈纳米类球形颗粒，晶粒大小在 45 ± 5 nm，体粒径 $D_{\max} < 5.5 \mu\text{m}$ ，大颗粒 ($\geq 5 \mu\text{m}$) 数量占比 < 300 ppm，粒度分布 $(D_{90}-D_{10}) / (2D_{50}) < 1$ ；抛光浆料抛光速率 ≥ 500 nm/min，波纹度 $W_a < 2 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ ，粗糙度 $R_a < 1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

5.3 高品质速凝铸片及智能流程技术 (示范应用)

研究内容：针对各种稀土功能合金对高品质速凝合金铸片需求，研究微晶合金的喷射速凝技术以及晶粒生长控制技术，探索树枝晶间隔均匀速凝结构的制备技术，研发速凝新设备，开发速凝制备工艺流程智能化控制技术，实现浇铸自动化及温控、抽样、检测和筛分等过程的智能控制，开发低氧含量、低缺陷速凝铸片。

考核指标：速凝片树枝晶间隔为 $2\sim 3 \mu\text{m}$ ，晶粒结构接近磁体单畴颗粒尺寸 ($0.9 \mu\text{m}$)，富稀土相分布均匀，无粗大树枝晶。速凝微晶合金粉尺寸为 $0.8\sim 2 \mu\text{m}$ ，通过智能化流程控制，提高合格产品收率 3%，技术成果在年产千吨生产线示范应用。申请发明

专利 ≥ 5 项。

6. 稀土新材料及材料基因工程等新技术应用

6.1 新型稀土相变制冷材料（基础前沿技术）

研究内容：揭示晶体结构、磁性原子间相互作用、磁晶各向异性等对磁转变温度、磁熵变、饱和磁场的影响规律，设计新型高性能磁制冷材料；研究磁热、电热、压热等热效应的耦合原理，获得增强材料热效应的新方法；研究铸造或粉末冶金高通量合成技术及材料均匀批量化的可控制备技术，获得公斤级可直接应用的制冷材料。

考核指标：研制出 ≥ 2 种新型全温区磁制冷材料，在磁场变化 10 kGs 时，材料的可逆熵变 $\geq 15 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ；建成集磁场、电场、应力场的单/多效稀土固态制冷的功能评测平台；获得公斤级磁致冷材料制备技术。设计出性能不低于原材料 95%，单元微尺度小于 $500\mu\text{m}$ 的制冷器件和磁制冷样机；获得新型稀土相变制冷材料一次高通量合成数量 ≥ 50 个样品的技术。申请发明专利 ≥ 10 项。

6.2 新型易面型稀土基高频材料开发及应用研究（基础前沿技术）

研究内容：针对电力电子、5G 通讯等领域对高频材料的高饱和磁感应强度、高磁导率和低损耗的迫切需求，开发新型易面或易锥面的稀土基高频材料，阐明具有高饱和磁化强度的各磁性相的成相规律以及相转变机制；开展稀土高频材料的内禀磁性设计与可控制备技术研究，并完成小批量试制。

考核指标：获得 ≥ 2 类稀土基高频材料；稀土基高频材料/粘接剂复合体的磁导率分别达到 $20@0.5\text{ MHz}$ 、 $10@30\text{ MHz}$ ，饱和磁感应强度 $\geq 1.1\text{ T}$ ；高频损耗 $< 5000\text{ mW/cm}^3$ （ $1\sim 5\text{ MHz}$ ， 20 mT ）；高频电磁波吸收材料工作频率达到 X 波段，有效带宽 $\geq 8\text{ GHz}$ ，最大吸收强度达到 -40 dB 。申请发明专利 ≥ 10 项。

6.3 新型稀土超磁致伸缩材料（共性关键技术）

研究内容：面向换能、驱动、传感等功能器件宽温域应用的发展需求，开展高磁致伸缩系数、高电阻率、低磁致伸缩温度系数的新型稀土磁致伸缩合金成分高通量筛选与设计；建立高性能磁致伸缩材料组分—结构—磁致伸缩性能关系图；研究高电阻高磁致伸缩材料制备新方法；研究强磁场对凝固过程中熔体和生成相产生的作用效果，突破大尺寸高磁致伸缩晶体材料的取向生长、组织结构调控关键技术；实现高性能稀土磁致伸缩材料在石油增采方面的典型应用。

考核指标：开发出 ≥ 2 种新成分稀土磁致伸缩材料；低温度系数磁致伸缩材料：磁致伸缩温度系数 $\Delta\lambda/\Delta T \leq 1.8\text{ ppm}/^\circ\text{C}@$ （室温 $\sim 150^\circ\text{C}$ ），室温磁致伸缩性能 $\lambda_s \geq 1650\text{ ppm}$ 。在 80 kA/m 磁场、 10 MPa 预压力条件下，电阻率为 $\rho \geq 1.0 \times 10^{-2}\Omega\cdot\text{m}$ 的高电阻磁致伸缩材料的磁致伸缩性能 $\geq 800\text{ ppm}$ ；直径 $\geq 30\text{ mm}$ 、长度 $\geq 300\text{ mm}$ 的大尺寸磁致伸缩晶体材料的磁致伸缩性能 $\geq 1250\text{ ppm}$ 。制备的 Tb-Dy-Fe 合金中 Laves 相沿 $\langle 111 \rangle$ 方向的晶体取向度和排列程度均 $\geq 80\%$ ；不同批次、沿轴向磁致伸缩性能一致性偏差均

小于 10%。应用于石油开采增采率 $\geq 5\%$ 。

6.4 数据驱动的新稀土功能材料与应用（基础前沿技术）

研究内容：针对稀土功能材料成分和含量敏感、电子结构复杂和数据稀疏等特点，发展稀土光功能、稀土硬磁功能、稀土力热功能、稀土催化功能和稀土磁电功能等新材料数据提取、质量评估与控制技术和方法；发展基于主动学习的多目标协同优化理论、算法和软件，研发材料高通量计算与大数据技术相互融合和迭代的稀土新材料智能化设计和研发技术；构建具有物理可解释性的材料特性参量与目标性能的机器学习模型和数学表达；建设典型稀土功能材料高精度专题数据库，在基于 4f 电子的磁性材料等研发中进行应用，研发出具有自主知识产权和应用前景的新一代稀土功能材料。

考核指标：建成基于材料 3d-4f 电子相互作用理论模型与大数据有机融合的新稀土功能材料智能设计平台和专题数据库；形成 ≥ 3 项稀土材料特征参量优化筛选方法、多目标优化方法，并获得应用；利用机器学习、材料基因工程技术等多种方法并结合第一性原理计算，设计、计算模拟出 ≥ 4 种具有自主知识产权的新概念稀土功能化合物材料；获得 ≥ 2 种新材料的实验验证数据；申请发明专利或著作权登记 ≥ 10 项。

7. 青年科学家项目

7.1 元素双梯度钴基复合磁体变温磁耦合机制及调控技术

研究内容：研究元素交叉梯度及界面特征对 2:17R 相、1:5H

相及复合体系的内禀磁参量的影响规律及其随温度的演变行为，澄清不同温度下钴基复合磁体磁耦合作用类型及其演化调控理论，揭示磁耦合类型、元素梯度分布和微观结构的最佳组合方式，为高工作温度磁体开发提供理论支撑。

考核指标：获得超高温稀土永磁检测技术。在室温至 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 范围，剩磁温度系数 $|\alpha(B_r)| < 4 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ，内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 1.8 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ；无镀层状态下高低温循环热冲击 50 次后，室温内禀矫顽力衰减率 $< 20\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.2 新型高性能稀土激光荧光材料的研制与应用

研究内容：针对新一代超高亮度、超大功率激光照明对关键荧光材料的重大需求，揭示高功率密度激光激发下荧光材料的失效机制，建立科学评价激光荧光材料性能的方法；掌握激光荧光材料的可控制备技术，探索其成分、微观结构与发光效率及可靠性之间的关联关系；开展基于上述材料的白光光源应用研究。

考核指标：掌握激光荧光材料的设计准则，建立激光荧光材料的发光和可靠性评价方法；研发出 ≥ 3 种新型高性能激光荧光材料；制备出耐入射蓝光激光功率密度 $\geq 20 \text{ W}/\text{mm}^2$ 的荧光材料；基于上述材料的激光白光光源的显色指数 ≥ 80 、光效 $\geq 150 \text{ lm}/\text{W}$ 、光通密度 $\geq 500 \text{ lm}/\text{mm}^2$ 、 150°C 下较室温的亮度衰减 $< 5\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.3 新型 d-f 跃迁稀土发光材料的设计与应用

研究内容：面向智能透光膜及透明显示器件等领域对光转换

型发光材料的迫切需求，研究湿热稳定性好、发光效率高、紫外耐受性强的新型稀土发光配合物；研制基于配体三线态的 d-f 跃迁稀土发光配合物，研究其在热、湿、连续辐照下的光色衰减机理，开发材料的耐候性提升技术；开发基于光转型发光材料的透明显示技术。

考核指标：研制出 ≥ 3 种近紫外—蓝光激发的红/绿/蓝色新型稀土配合物材料，其外量子效率 $\geq 70\%$ ，热猝灭特性 $\geq 70\% @ 100^\circ\text{C}$ ，制备的三基色透明显示器件（初始亮度 1000 cd/m^2 ）连续工作 1000 h 后衰减 $< 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.4 新型 Ce 基催化材料结构设计及贵金属减量技术

研究内容：探究稀土 Ce 基催化材料极端服役条件下贵金属团聚和失活机理；考察 Ce 基稀土氧化物载体与贵金属相互作用机制；基于第一性原理和分子动力学等计算模拟手段，剖析组成和尺寸等关键因素对 Ce 基稀土氧化物载体高温热稳定性影响规律，并进行结构设计和筛选，提高贵金属分散度与稳定性，减少催化剂贵金属用量。

考核指标：针对高热稳定性和低贵金属用量汽油车尾气净化催化剂等应用需求，设计出 ≥ 2 种新型 Ce 基催化材料结构，在目前贵金属总量水平上（ $40\sim 50 \text{ g/ft}^3$ ），提出贵金属减量 $\geq 10\%$ 的贵金属分散技术方案。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.5 稀土氧化物缺陷/空位催化作用理论

研究内容：开发稀土氧化物缺陷/空位原位定性、定量表征方

法；探究稀土氧化物中缺陷/空位动态形成机制；解析材料结构、缺陷/空位与催化性能间构效关系，发展稀土氧化物缺陷/空位催化作用理论。

考核指标：建立稀土氧化物缺陷/空位原位定性、定量表征方法；提出稀土氧化物缺陷/空位形成机制；获得材料结构、缺陷/空位与催化性能间构效关系。申请发明专利 ≥ 2 项。

7.6 高性能环保稀土着色剂及其绿色制备新技术

研究内容：针对传统有毒有害着色剂亟需替代的重大应用需求，开发在不使用硫化氢或二硫化碳等危化原料条件下，以稀土氧化物或含氧化合物为原料的绿色高效合成硫化物着色剂新技术；研究稀土氧化物的脱氧加硫技术及机理，探索不同稀土元素的硫化条件与产物之间的内在关系；开展稀土硫化物着色剂表面耐水修饰等应用基础研究。

考核指标：获得不以硫化氢和二硫化碳为原料的稀土硫化物绿色高效制备新技术。制备出 ≥ 3 种新型稀土硫化物着色剂材料，粒度 $D_{50} \leq 3 \mu\text{m}$ ，耐光性8级，红色着色剂的红度值 ≥ 50 ，黄色着色剂黄度值 ≥ 80 ，形成 ≥ 3 个场景应用。申请发明专利 ≥ 3 项。

7.7 超晶格稀土储氢电极材料研究

研究内容：针对节能与新能源汽车对高性能化学电源的技术需求，开发原创性的高放电容量超晶格稀土储氢电极材料，研究化学组成与热处理制度对材料晶体结构、物相演变的影响规律，探究充/放电循环过程中储氢材料的成分分布状态及其结构演变

规律，开发超晶格稀土储氢材料结构和性能调控技术及其电极材料产品。

考核指标：获得高容量超晶格稀土储氢电极材料，放电容量 ≥ 370 mAh/g (30°C, 60 mA/g 充/放)；放电容量 ≥ 350 mAh/g (30°C, 300 mA/g 充/放)，300 mA/g 充/放循环 200 周后放电容量 ≥ 290 mAh/g (30°C, 60 mA/g 充/放)；放电容量 ≥ 260 mAh/g (-30°C和 70°C, 60 mA/g 充/放)。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.8 高性能稀土生物特种纤维及制备技术

研究内容：针对下一代高端装备对高强高韧纤维及保温功能的迫切需求，开发系列具有光热转化特性的稀土蛋白质及其高性能特种纤维材料。探索稀土结构蛋白分子高效合成以及多尺度精确组装；发掘稀土蛋白质生物合成的新方法，揭示不同稀土元素对稀土蛋白质的功能性差异影响；实现高强高韧稀土蛋白纤维材料的工程化技术突破和装备蓄热应用。

考核指标：建立稀土功能蛋白质理性设计和工程化制备技术路线；开发 ≥ 3 种具有光热功能的稀土高强高韧生物纤维，光热转化效率 $\geq 30\%$ ，拉伸强度 ≥ 500 MPa，杨氏模量 ≥ 10 GPa，韧性 ≥ 80 MJ/m³。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.9 稀土掺杂高综合性能铁氧体及制备技术

研究内容：针对我国稀土掺杂高性能铁氧体研发及产业流程技术落后于国外的局面，研究 Ca²⁺、La³⁺组合替代 Sr²⁺大幅度提高 M 主相饱和磁感应强度 B_s 的机制和技术，研究 Co²⁺替代 Fe³⁺

对离子电荷平衡和温度稳定性提高的作用，揭示内禀矫顽力温度系数 $\alpha(H_{cJ})$ 与成分和微观结构的关联。研究关键工艺参数对稀土掺杂高综合磁性能铁氧体材料微观结构和磁性能的影响。

考核指标：稀土掺杂铁氧体综合磁性能（内禀矫顽力（kOe）+最大磁能积（MGOe）） ≥ 10 ，其中 $(BH)_{\max} \geq 4.6$ MGOe， $H_{cJ} \geq 5.4$ kOe，径向收缩率 SHR=（13 \pm 0.5）%，耐击穿电压 V-AC ≥ 1.8 kV；获得实验室成果向千吨级生产线转化的关键技术。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.10 新型稀土基多层阻抗渐变宽频吸波复合材料

研究内容：针对航空航天、国防军工对宽频吸波材料的高阻抗匹配度、高耐环境性、结构功能一体化的迫切需求，开发新型稀土掺杂磁性金属或铁氧体吸波层，与阻抗匹配层、高耐环境性树脂分层层级构筑复材，阐明稀土占位、价态、晶体结构对其成相规律、共振频率及高频电磁参数的影响，揭示阻抗匹配层与电波吸波层的匹配及协同作用机制；实现稀土吸波结构功能一体化复材的设计、可控制备及环境应用，建立多层阻抗渐变模型。

考核指标：获得 ≥ 2 种稀土掺杂的高频阻抗渐变吸波复合材料；工作频率达到 2~18 GHz，有效吸收频宽（RL \leq -10 dB） > 10 GHz，最大垂直反射率 \leq -30 dB，且在盐雾、氧化等恶劣环境下（70 天内）仍能保持 90%的宽频吸波性能。

7.11 稀土基化合物相平衡和相结构的高通量实验测定

研究内容：利用材料基因组工程的“扩散多元节”高通量实

验技术，实验测定稀土基三元体系的相平衡、组织结构及凝固路径，获得稀土化合物晶体结构及相平衡的准确信息，揭示稀土基材料的成相规律和稳定条件。根据相平衡、组织结构及凝固路径等的实验参数，采用国际先进的相图计算（CALPHAD）方法，构建相图热力学数据库。

考核指标：建立 Nd-Dy (Tb) -Y (Sm) -Fe-B 稀土基合金体系的原子迁移率耦合热力学描述，获得合金微观组织与凝固速率的关系，建立稀土基多组元合金体系的相图热力学数据库。申请发明专利 ≥ 5 项。

“稀土新材料”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，“稀土新材料”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

本批榜单围绕稀土催化材料在能源加工、环境治理等重大应用场景，拟解决机动车尾气高效净化稀土催化材料、稀土分子筛催化新材料制备关键技术及其规模示范应用等关键实际问题，拟启动 1 个项目，拟安排国拨经费不高于 2000 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。

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、攻关和考核要求

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. 机动车尾气高效净化稀土催化材料及应用技术

需求目标：针对机动车尾气催化材料市场需求，开发高效低成本机动车尾气净化稀土催化材料，并开展示范应用。具体需求目标如下：

（1）高性能稀土催化材料。堇青石蜂窝陶瓷载体材料：直径不小于 266.7mm 的大尺寸陶瓷载体技术，中值孔径 14~18 μm 的高捕集率 GPF 载体；铈基储氧材料，经 1100 $^{\circ}\text{C}$ 、10 h 高温老

化后比表面积 $\geq 28 \text{ m}^2/\text{g}$ ，静态储氧量 $\geq 500 \text{ }\mu\text{mol}/\text{g}$ ；稀土改性氧化铝材料，经 1200°C 、10 h 高温老化后比表面积 $\geq 80 \text{ m}^2/\text{g}$ ；稀土调控分子筛催化活性及稳定性的作用机制，稀土基分子筛催化材料，经 $800^\circ\text{C}/10\%\text{H}_2\text{O}/16 \text{ h}$ 水热老化后， $185\sim 500^\circ\text{C}$ NO_x 的脱除率 $\geq 80\%$ ；新型稀土基 NO 氧化催化剂，经 $650^\circ\text{C}/10\%\text{H}_2\text{O}/100 \text{ h}$ 水热老化后， $150\sim 400^\circ\text{C}$ NO 的氧化转化率 $\geq 40\%$ ；柔性贵金属催化剂涂层技术以及低贵金属稳定负载技术。

(2) 完成年产能 3000 万升国六蜂窝陶瓷载体产线、2000 吨铈基储氧材料和高稳定稀土改性氧化铝材料产线、1000 吨脱硝分子筛产线建设；开发出长寿命、低贵金属机动车尾气净化催化剂产业化制备技术，催化剂贵金属减量 $\geq 20\%$ ，完成 3000 万升国六催化剂涂覆产线建设。开发出低成本、短周期的汽油车、柴油机后处理系统匹配与集成技术，实现汽油车和柴油机各 10 万台/套的应用示范。申请发明专利 ≥ 20 项。

时间节点：研发时限为 2 年

项目执行期满 1 年：实现机动车尾气高效净化稀土催化材料可控制备。考核指标：铈基储氧材料，经 1100°C 、10 h 高温老化后比表面积 $\geq 28 \text{ m}^2/\text{g}$ ，静态储氧量 $\geq 500 \text{ }\mu\text{mol}/\text{g}$ ；稀土改性氧化铝材料，经 1200°C 、10 h 高温老化后比表面积 $\geq 80 \text{ m}^2/\text{g}$ ；稀土调控分子筛催化活性及稳定性的作用机制，稀土基分子筛催化材料，经 $800^\circ\text{C}/10\%\text{H}_2\text{O}/16 \text{ h}$ 水热老化后， $185\sim 500^\circ\text{C}$ NO_x 的脱除率 $\geq 80\%$ ；新型稀土基 NO 氧化催化剂，经 $650^\circ\text{C}/10\%\text{H}_2\text{O}/100 \text{ h}$

水热老化后，150~400°C NO 的氧化转化率 $\geq 40\%$ 。

项目执行期满 2 年：实现机动车尾气高效净化稀土催化材料生产线建设及示范应用。考核指标：实现汽油车和柴油机各 10 万台/套的应用示范；申请发明专利 ≥ 20 项。

榜单金额：不超过 2000 万元。

附件 3

“先进结构与复合材料”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“先进结构与复合材料”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：面向制造强国、交通强国、航天强国建设等国家重大需求部署先进结构与复合材料研发任务，形成国产材料体系化自主研制和保障能力，实现航空发动机、重载火箭、国产大飞机、核电工程装备、深海油气资源开采等国家大型工程等急需的关键结构与复合材料的国内自主供给。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕高性能高分子材料及其复合材料、高温与特种金属结构材料、轻质高强金属及其复合材料、先进结构陶瓷与陶瓷基复合材料、先进工程结构材料、结构材料制备加工与评价新技术、基于材料基因工程的结构与复合材料 7 个技术方向。按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 37 个项目，拟安排国拨经费 6.32 亿元。其中，拟部署 9 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3600 万元，每个项目 400 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项

目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 高性能高分子材料及其复合材料

1.1 高性能全芳香族纤维系列化与规模化制备关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天、武器装备等亟需的高强度高韧结构材料应用需求，开展高性能全芳香族纤维制备关键技术及其应用研究。揭示大分子刚性链结构、纤维纺丝成型、凝聚态及其性能之间的内在规律，攻克全芳香族纤维制备共性科学问题；研究高

强/高模芳纶纤维成型和热处理工艺，突破制备关键制备技术及成套装备；研究高伸长耐高温芳纶 III 纤维、芳纶纸及其蜂窝应用技术；探讨高性能液晶纺丝聚芳酯聚合物结构设计、固态缩聚反应动力学和纤维冷却成型机理，攻克聚芳酯纤维制备关键技术。

考核指标：对位芳纶：高强型复丝纤维纤度范围 930~1110dtex、拉伸强度 ≥ 23 cN/dtex、离散系数 $\leq 3.0\%$ 、拉伸模量 ≥ 580 cN/dtex，高模型复丝纤度范围 1110~1670dtex、拉伸强度 ≥ 20 cN/dtex、离散系数 $\leq 3.0\%$ 、拉伸模量 ≥ 800 cN/dtex，分别建成产能 3000 吨/年的生产示范线；芳纶 III 纤维拉伸强度 ≥ 32 cN/dtex、拉伸模量 ≥ 850 cN/dtex、伸长率 $\geq 4.0\%$ ，芳纶 III 纸纵向抗张强度 ≥ 1.8 KN/m、拉伸模量 ≥ 2000 MPa，芳纶 III 蜂窝（1.83-48）稳定压缩强度 ≥ 2.28 MPa，250°C 强度保持率 $\geq 60\%$ ，典型应用通过功能和静力考核；聚芳酯纤维：纤维单丝纤度 3~5dtex，复丝拉伸强度 ≥ 23 cN/dtex，拉伸模量 ≥ 500 cN/dtex，极限氧指数 $\geq 28\%$ ，建成产能 100 吨/年以上的生产示范线。

1.2 面向高端应用的阻燃高分子材料关键技术开发（共性关键技术）

研究内容：面向 5G 通讯和轨道交通等高端制造业的需求，形成一批具有国际领先水平和自主知识产权的合成树脂材料及应用技术。重点开发 PCB 的无卤高阻燃、高 Tg、低介电性能的环氧树脂；高阻燃耐老化热塑性弹性体 TPE 和聚脲弹性体无卤阻燃技术及应用；研发本征阻燃高温炭化不熔滴聚酯和低热释放本征

阻燃聚碳酸酯合成技术；本征阻燃尼龙 66 工程化制备及其应用，完成万吨级规模化生产与应用示范。

考核指标：各种材料的阻燃达到 UL94V-0，其中 PCB 材料， $D_k < 4.0$ ， $D_f < 0.008$ ， $T_g > 170^\circ\text{C}$ ；聚烯烃弹性体断裂伸长率 $\geq 400\%$ ；建成百吨级聚脲弹性体生产线，阻燃 $\text{LOI} \geq 28\%$ ，断裂伸长率 $\geq 350\%$ ；本征阻燃聚酯 $T_g \geq 85^\circ\text{C}$ ，拉伸强度 $\geq 85\text{MPa}$ ，炭化不熔滴；聚碳酸酯阻燃等级 UL94 5VA（厚度 1.5mm）；本征阻燃尼龙 66 拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$ ， $\text{LOI} > 30\%$ 。

1.3 低成本生物基工程塑料的制备与产业化（共性关键技术）

研究内容：面向生物基高分子材料成本高和高性能工程塑料牌号少的问题，集中开发低成本生物基呋喃二甲酸（FDCA）、异山梨糖醇的制备技术；开发 1,4-环己烷二甲醇（CHDM）和 2,2,4,4-四甲基环丁二醇（CBDO）的国产化制备技术，基于生物基单体和新型单体开发 PEF、PCF、PIF 和 PETG 等生物基聚酯以及 PIC、PCIC 等生物基聚碳酸酯，从单体、聚合物到后端应用全链条研究。精细调控产品结构，研究产品的耐温性能、力学性能、阻隔性能等，开发不低于 8 种高性能聚酯和聚碳酸酯产品，并在包装领域得到应用。

考核指标：呋喃二甲酸的产品纯度大于 99.9%，吨级成本低于 2 万元，完成千吨级中试示范；CHDM 和 CBDO 纯度 $\geq 99.9\%$ ，完成千吨级中试示范；异山梨醇产品纯度 $\geq 99.5\%$ ，完成千吨级中试示范；PEF 的力学强度 $\geq 75\text{MPa}$ ，玻璃化转变温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ ，

建立万吨级产业化生产线。基于 CHDM 和 CBDO 开发低成本系列聚酯以及与呋喃二甲酸、异山梨醇的生物基聚酯或聚碳酸酯，产品的成本低于 2 万元/吨，拉伸强度 $\geq 80\text{MPa}$ ，拉伸模量 $\geq 2.5\text{GPa}$ 。开发不低于 8 个牌号的新产品，实现聚酯、聚碳酸酯的千吨级稳定生产。

2. 高温与特种金属结构材料

2.1 高温合金纯净化与难变形薄壁异形锻件制备技术（共性关键技术）

研究内容：针对国产高温合金冶金质量差、材料综合利用率低、力学性能波动大等问题，研究镍基高温合金纯净熔炼、返回料处理和再利用技术，返回料与全新料混合重熔工艺；开发难变形高温合金成分优化及纯净熔炼、铸锭均匀化热处理、合金铸锭均质开坯、棒料细晶锻制、大型薄壁异形环形件整体制备等工艺技术，建立合金工艺与成分、组织和性能的影响关系，实现高温合金棒材和锻件组织均匀性和性能一致性的优化控制，完成合金制备工艺、材料与构件质量评估及在先进能源动力装备的考核验证。

考核指标：母合金铸锭返回料添加比例在 40% 以上，力学性能与全新料相当，O、N、S 总含量 $\leq 30\text{ppm}$ 、45 种痕量元素总含量 $\leq 200\text{ppm}$ ；环形锻件晶粒度不小于 4 级且级差不超过 2 级，室温拉伸强度 $\geq 1210\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 15\%$ ， 760°C 拉伸强度 $\geq 850\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 25\%$ ， $730^\circ\text{C}/550\text{MPa}$ 持久时间 ≥ 23 小时；锻件外径尺寸 1500~2500mm、高度 700~1000mm、壁厚 25~70mm，

材料利用率较现有技术提升 30%以上。

2.2 高品质 TiAl 合金粉末制备及 3D 打印关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对电子束 3D 打印所需的低氧含量球形 TiAl 合金粉末，研究铝元素挥发、粉末球形度差、空心粉高问题，突破工业化生产球形 TiAl 合金粉末和工业化 TiAl 构件增材制造关键技术；开展增材制造 TiAl 合金的材料—工艺—组织—缺陷—性能一体化系统研究及典型服役性能测试，突破构件增材制造工艺及性能控制关键技术，掌握包括材料、工艺、组织调控、性能特征及典型应用，为新一代航空发动机高温关键构件制造及工业化应用提供技术支撑。

考核指标：粉末指标：粉末粒度 45~105 μm ，收得率 $\geq 40\%$ ，粉末氧含量 $\leq 0.075\text{wt}\%$ ，粉末流动性 $\leq 35\text{s}/50\text{g}$ ；成形件指标：室温抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 1.5\%$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 抗拉强度 $\geq 500\text{MPa}$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 高周疲劳强度（ σ_{-1} ， $K_t=1$ ， $N=1\times 10^7$ ） $\geq 300\text{MPa}$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 持久强度（ $\sigma_{100\text{h}}$ ） $\geq 250\text{MPa}$ 。

2.3 光热发电用耐高温熔盐特种合金研制与应用（示范应用）

研究内容：针对太阳能光热发电产业低成本高效发电可持续发展需求，以下一代低成本高效超临界二氧化碳光热发电系统中耐高温氯化物混合熔盐特种金属材料及其制造技术为研究对象，研究耐高温不锈钢、高温合金板材及其焊接界面在高温氯化物、硝酸盐中的腐蚀机理和服役寿命预测技术，研究满足氯化物和硝

酸盐熔盐发电系统用的耐高温不锈钢、高温合金板材成分和组织设计及其批量制造技术，开发耐高温熔盐不锈钢、高温合金成型和焊接行为及其先进制备技术，发展高温合金长寿命高吸收率吸热涂层，实现高性能不锈钢、高温合金产品开发及应用示范。

考核指标：耐高温不锈钢、高温合金板材耐熔盐腐蚀性能达到国际先进水平（满足行业标准要求），不锈钢在 800°C 氯化物、600°C 硝酸盐中的腐蚀速率 $< 0.01\text{mm}/\text{年}$ ，高温合金在 800°C 氯化物、600°C 硝酸盐中的腐蚀速率 $< 0.005\text{mm}/\text{年}$ ；形成耐高温氯化物熔盐的不锈钢和高温合金设计与板材先进制造技术，高温合金板材涂层太阳能吸收率 > 0.96 ；形成万吨级以上耐高温熔盐不锈钢板材、百吨级耐高温熔盐高温合金板材研发和生产能力，在光热发电系统中获得示范应用。

2.4 海洋工程及船用高端铜合金材料（共性关键技术）

研究内容：针对舰船和海洋装备泵体、管路及阀门等耐蚀性差、服役寿命短、高端材料依靠进口的问题，研究海洋工程及船用新型高性能铜合金材料设计、成分—组织—工艺内禀关系、腐蚀行为及耐蚀机理，开发耐高流速海水冲刷型铜合金承压铸件制备、超大口径耐蚀铜合金管材加工及管附件成形、海洋油气开采用高耐磨高耐蚀铜合金管棒材加工及热处理组织性能调控等高质量低成本工业化制造技术，开展产品应用技术研究，实现高端铜合金典型产品示范应用。

考核指标：耐高流速海水冲刷铜合金铸件室温抗拉强度 \geq

500MPa、断后伸长率 $\geq 16\%$ ，5m/s 海水冲刷腐蚀速率 $\leq 0.05\text{mm/年}$ ；超大口径耐蚀铜合金管材及管附件最大外径 $\geq 500\text{mm}$ ，室温抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 30\%$ ，3.5m/s 海水冲刷腐蚀速率 $\leq 0.20\text{mm/年}$ ；高耐磨高耐蚀铜合金管材室温抗拉强度 $\geq 1100\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 3\%$ 、HRC 硬度 ≥ 34 ，相同腐蚀试验条件下均匀腐蚀速率不高于进口 C72900 材料水平；形成铸件 500 吨/年、管材及管附件 5000 吨/年的工业化规模生产能力。

3. 轻质高强金属及其复合材料

3.1 苛刻环境能源井钻采用高性能钛合金管材研究开发及应用（示范应用）

研究内容：针对我国油气、可燃冰等能源钻采高耐蚀和轻量化的紧迫需求，研究苛刻环境下高强韧耐蚀钛合金多相组织强韧化、抗疲劳机理，以及高温、高压、腐蚀、疲劳等服役环境下材料损伤及失效机理；建立服役环境适应性材料设计方法及油气井钻采用钛合金钻杆、油套管服役性能适用性评价方法；开发高性能大规格钛合金无缝管材成套工艺技术及关键应用技术；制定专用标准规范，开展苛刻服役条件下应用研究，实现工业化规模稳定生产，在典型应用场景实现示范应用。

考核指标：钛合金油套管最大直径/厚度/长度 $\geq \phi 270\text{mm}/15\text{mm}/10\text{m}$ ，钻杆最大直径/厚度/长度 $\geq \phi 140\text{mm}/10\text{mm}/8\text{m}$ ；屈服强度 $\geq 900\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、冲击功 $A_{kv} \geq 50\text{J}$ ；钻杆全尺寸实物弯曲疲劳寿命 $\geq 10^7$ 次；在 100°C 、

20wt.%HCl 及 5wt.%CH₃COOH 酸化条件下，均匀腐蚀速率 ≤ 0.025mm/h；钛合金耐磨涂层实物的工况磨损率 < 10%/100h；完成 3 种以上典型规格高强韧耐蚀钛合金管材的全尺寸实物验证试验；连接螺纹结构满足石油天然气工业特种管材技术规范要求；形成标准和技术规范 2 项以上；实现 2 种以上典型工况的现场示范应用。

3.2 先进铝合金高效加工及高综合性能研究（共性关键技术）

研究内容：针对汽车、飞行器以及船舶等提速减重、绿色制造的迫切需求，开展以铸代锻、整体成型、短流程、低排放的高效加工技术研究，研发高综合性能的先进铝合金材料；开展先进铝合金材料综合性能评价及加工技术效能评价，形成铸锻一体成型的新型高综合性能铝合金高效加工技术，将铸造、增材制造等铝合金提升到变形铝合金强度水平。

考核指标：铸锻一体成型高强铝合金屈服强度 > 350MPa、延伸率 > 6%、碳排放比 A356 合金减少 10%，建设 10000 吨/年生产线，示范应用于飞行器、船舶等；高强传动连接铝合金材料，抗拉强度 ≥ 450MPa、屈服强度 ≥ 400MPa、延伸率 ≥ 8%、疲劳强度 ≥ 300MPa、焊接系数达到 0.85、满足高强传动连接部件需求、建设 10000 吨/年生产线、示范应用于汽车、飞行器等；核电超高强铝合金管材外径 150mm、壁厚 3.5mm、抗拉强度 ≥ 650MPa、满足应用要求；高强铝合金增材制造产品屈服强度 ≥ 400MPa、延伸率 ≥ 6%、疲劳强度 ≥ 200MPa、建立 100 吨/年生产线，示范应用

于汽车、飞行器。

3.3 高性能镁合金大型铸/锻件成形与应用（共性关键技术）

研究内容：针对商用车、高速列车、航空航天等领域的轻量化紧迫需求，探索热—力耦合条件下大容积镁合金凝固与形变过程中成分—组织—性能演变规律与调控技术，开发适合于大型铸/锻件的高性能镁合金材料；研究大型镁合金铸/锻件组织均匀化与缺陷调控机理，开发高致密度铸造成形技术、大体积熔体清洁传输及半连续铸造技术、挤锻复合一体成形技术；开展大型承载件的结构设计、产品制造、腐蚀防护及使役性能评价等技术研究，并实现示范验证与规模化应用。

考核指标：开发 1 类既适合铸造又适合锻造的高性能镁合金材料，压铸件实体抗拉强度 $\geq 300\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 180\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ 、最大投影面积 $\geq 1\text{m}^2$ ；锻件实体主变形方向抗拉强度 $\geq 470\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 10\%$ ，其余方向抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ ，长度 $\geq 1.2\text{m}$ ，最大重量 $\geq 350\text{kg}$ ；大型压铸件内部孔隙率低于 3%，大锻件探伤质量优于 A 级；大型铸锻件表面处理后耐中性盐雾腐蚀 $\geq 2000\text{h}$ ，膜层均匀性 $\pm 5\mu\text{m}$ ；实现 2 种以上大型镁合金铸/锻件在商用车、高速列车、航空航天等上的考核验证和示范应用，形成镁合金大型铸/锻件 20 万件/年的工业化规模生产能力。

3.4 新型结构功能一体化镁合金变形加工材制造技术（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天、轨道交通、能源采掘、电子通信等重大装备升级换代的紧迫需求，研究新型强化相对镁合金力学性能与功能特性的协同调控机理，发展新型结构功能一体化镁合金材料与新型非对称加工技术，开发大规格高强阻尼镁合金环件、宽幅阻燃镁合金型材、高强可溶镁合金管材、高强电磁屏蔽/高导热镁合金板材的工业化制造成套技术及关键应用技术，并实现典型示范应用。

考核指标：高强阻尼镁合金环件直径 $\geq 3000\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 320\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 6\%$ 、比阻尼系数 $\geq 20\%$ ，阻燃镁合金型材宽度 $\geq 450\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 310\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 260\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 10\%$ 、燃点 $\geq 800^\circ\text{C}$ ，高强可溶镁合金管材抗拉强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 340\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 5\%$ 、溶解速率 $\geq 60\text{mg}/(\text{cm}^2\cdot\text{h})$ ，高强电磁屏蔽/高导热镁合金板材宽度 $\geq 800\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 280\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ 、屏蔽效能 $\geq 80\text{dB}$ /热导率 $\geq 125\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，形成结构功能一体化镁合金变形材 15000 吨/年和新型可溶镁合金加工材 5000 吨/年的工业化规模生产能力，实现 3 种以上结构功能一体化镁合金材料在航空航天、轨道交通、能源采掘、电子通信等重大装备上的示范应用。

3.5 极端环境特种服役构件用构型化金属基复合材料（示范应用）

研究内容：针对航空航天特种服役构件用耐疲劳高强韧铝基

复合材料、耐热高强韧钛基复合材料以及岛礁建设与隧道掘进等重大工程用高耐磨钢铁基复合材料，开发铝、钛基复合材料用合金粉末的低成本制备技术，解决传统制粉技术细粉出粉率低、氧含量高等技术难题，实现高端铝、钛合金粉末规模化制备。探索复合材料体系—复合构型设计—复合技术—宏微观性能耦合机制与协同精确控制机理，开发跨尺度分级复合构型的定位控制、界面效应与组织精确调控、性能及质量稳定性控制、大型结构件塑性加工与热处理、低成本批量制备等产业化关键技术，开展特种服役性能评价、全寿命预测评估与应用技术研究，建立相关标准规范，实现其稳定化生产与应用示范。

考核指标：复合材料制备用粉末指标，粒度小于 $25\mu\text{m}$ 铝合金粉末一次收得率 $\geq 60\%$ ，氧含量 $\leq 150\text{ppm}$ ，无卫星球，空心球含量 $\leq 2\%$ ，流动性 $\leq 35\text{s}/50\text{g}$ ，与传统雾化技术相比制备成本降低 50% 以上；粒度小于 $25\mu\text{m}$ 钛合金粉末一次收得率 $\geq 30\%$ ，氧含量 $\leq 1000\text{ppm}$ ，流动性 $\leq 40\text{s}/50\text{g}$ ，成本降低 50% 以上；铝基复合材料室温抗拉强度 $\geq 530\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 350\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 8\%$ ，弹性模量 $\geq 97\text{GPa}$ ，旋转弯曲疲劳性能 (1×10^7 次) $\geq 250\text{MPa}$ ，断裂韧性 $\geq 30\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，开发出大尺寸复杂形状锻件，坯锭单锭重量 ≥ 1.5 吨，锻件最大投影面积 $\geq 2\text{m}^2$ ，建成年产 400 吨铝基复合材料及锻件的生产示范线；耐热、高强韧构型化钛基复合材料室温抗拉强度 $\geq 1200\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 1100\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 7\%$ ， 700°C 持久时间较基体钛合金提高 30 倍以上， 750°C 抗拉强度 \geq

500MPa; 高耐磨构型设计钢铁基复合材料的基体材料抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 800\text{MPa}$ 、硬度 $\text{HRC} \geq 60$ 、冲击韧性 $\geq 10\text{J}/\text{cm}^2$ ，复合层厚度 5~100mm 可调，使用寿命较相应基体提高 3 倍以上，复合构件重量规格可覆盖 10~10000 kg、壁厚规格可覆盖 10~300mm；开发出极端环境特种服役构件用构型化金属基复合材料典型产品的工业化制造成套技术与装备，并在飞行器耐热、耐疲劳等承载关键件以及岛礁建设与隧道掘进等重大工程用耐磨构件上实现批量示范应用。

3.6 高端装备用高强轻质、高强高导金属层状复合材料研制及应用（示范应用）

研究内容：针对高速列车、先进飞机、防护车辆等高端装备轻量化、高性能化的迫切需求，研究高性能多层铝合金板材、铜包铝合金等层状复合材料界面结构与复合机理，探索应用人工智能、大数据等前沿技术优化界面调控的理论与方法，阐明铝合金复合板材的叠层结构、复合界面、陶瓷颗粒第二相等在高应变速率下抵抗冲击的作用机理；开发防护车辆、特种装备等用抗冲击多层高强铝合金复合板材的工业化制造成套技术及复合板材的性能评价等关键应用技术；开发高速列车、航空航天、电力电器等高端装备用铜包铝合金复合材料短流程高效工业化生产成套技术及多场景应用关键技术，实现在高端装备上的示范应用。

考核指标：多层铝合金复合板材抗拉强度 $\geq 580\text{MPa}$ ，规定塑性延伸强度 $\geq 530\text{MPa}$ ，断后伸长率 $\geq 8\%$ ，界面剪切强度 \geq

90MPa, 高应变速率下 ($5.0 \times 10^3/s$) 的抗冲击强度比 7A52 铝合金板材提高 30% 以上, 形成多层铝合金复合板材 1 万吨/年的工业化规模生产能力。铜包铝合金加工态抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 3\%$, 退火态抗拉强度 $\geq 220\text{MPa}$, 断后伸长率 $\geq 20\%$, 界面剪切强度 $\geq 50\text{MPa}$, 电导率 $\geq 66\% \text{IACS}$, 形成铜包铝合金复合材料产品 2 万吨/年的工业化规模生产能力。

4. 先进结构陶瓷与陶瓷基复合材料

4.1 高端合金制造及钢铁冶金用关键结构陶瓷材料开发及应用 (示范应用)

研究内容: 面向冶金产业提升的发展需求, 研究高端合金制造及钢铁新技术领域用关键结构陶瓷材料组分设计与制备技术, 开发高品质高温合金制备用结构陶瓷材料、冶金领域用高效节能硼化锆陶瓷电极、薄带连铸用结构功能一体化陶瓷材料的规模化生产工艺, 开展应用评价技术研究, 建立规模化生产线, 研制关键生产设备, 制定制备及检测标准。

考核指标: 高品质高温合金制备用结构陶瓷的应用使高温合金纯净度达到国际领先水平, 与同类普通材料相比, 关键性能指标上提高 50%, 使用寿命提高 30%; 高效节能硼化锆陶瓷电极的常温弯曲强度 $> 300\text{MPa}$, 耐 2000°C 高温氧化, 电阻率 $15 \sim 200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, 连续使用寿命 1 年以上, 节电效率 $\geq 15\%$; 陶瓷侧封材料热导率 $\leq 20\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 热膨胀系数 $\leq 3 \times 10^{-6}/\text{K}$, 使用温度 $\geq 1800^\circ\text{C}$, 常温弯曲强度 $\geq 150\text{MPa}$, 高温 ($1400^\circ\text{C}/0.5\text{h}$) 弯曲强度

≥30MPa，杨氏模量≥70GPa，表面加工精度±1μm，实现稳定高效批量化制备以及总体使用寿命6小时以上。

4.2 低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件制备（基础前沿技术）

研究内容：针对空间遥感光学系统的应用需求，研究低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件的结构拓扑设计，开展复杂形状碳化硅构件的增材制造等新技术、新工艺研究，开发低面密度复杂形状碳化硅构件的近净尺寸成型与致密化烧结技术，开展低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件的光学加工与环境模拟试验研究，实现满足空间遥感光学成像要求的低面密度碳化硅光学—结构一体化构件材料制备。

考核指标：碳化硅陶瓷材料开口气孔率≤0.5%，弹性模量≥350GPa，弯曲强度≥350MPa，热导率≥160 W/(m·K)；光学—结构一体化构件尺寸≥500mm，面密度≤25kg/m²，表面粗糙度Ra≤1nm，面形精度RMS≤λ/40（λ=632.8nm），500~800nm可见光波段平均反射率≥96%，3~5 μm和8~12 μm红外波段平均反射率≥97%；通过空间成像光学系统环境模拟试验考核（包含时效稳定性、热真空、力学振动等试验，面形精度RMS≤λ/40）。

4.3 高性能硅氧基纤维及制品的结构设计与产业化关键技术（示范应用）

研究内容：针对高效隔热防护服、高强芯片、高保真通讯电缆等对高性能硅氧基纤维及制品的应用需求，研究硅氧前驱体化

学组成、结构重组、多级微纳结构演变对纤维成型的影响规律，攻克硅氧基无机制品高温均匀化熔制拉丝关键技术，开发高强玻璃纤维；研究前驱体分子缩聚和纳米/微米多级孔组装结构演变对孔结构形成的影响规律，突破多孔玻璃纤维常温挤出成型技术，开发低介电、低热导、轻质柔性玻璃纤维；研究模拟月球和火星环境的微重力、高真空环境下玄武岩材料熔制技术及深空环境对纤维成型的作用机制，开发高性能连续玄武岩纤维；开展高性能玻璃纤维及复合制品产业化示范，形成千吨级生产线；开发极端环境的模块化连续玄武岩纤维成型装置，实现微重力下自主成纤中试。

考核指标：高强度玻璃纤维：纤维单丝强度 ≥ 4.6 GPa，浸胶纱强度 ≥ 3.2 GPa，模量 ≥ 82 GPa，热膨胀系数 $\leq 5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，中空纤维率 $\leq 10 \times 10^{-6}$ 。深空连续玄武岩纤维：微重力（ < 0.3 g）、低压（ < 1 kPa）下制备连续玄武岩纤维强度 ≥ 2.0 GPa，模量 ≥ 90 GPa。低介电、低热导、轻质柔性玻璃纤维复合制品：介电常数 < 2.0 ，介电损耗正切 $< 8 \times 10^{-4}$ ；热导率 < 0.026 W/(m.K)，密度 < 0.5 g/cm³。建成 1 条千吨级/年军民两用高性能玻璃纤维及复合制品生产线，设计建造 1 套极端环境连续玄武岩纤维模块化装备自动实验装置，实现应用示范。

5. 先进工程结构材料

5.1 海洋建筑结构用耐蚀钢及防护技术（共性关键技术）

研究内容：针对海洋建筑结构对长寿命钢铁材料的需求，研

究高盐雾、高湿热、强辐射等严酷海洋环境下，钢铁结构材料的失效机理与材料设计准则；防腐涂层的成分设计、制备技术、涂装工艺及腐蚀评价；耐蚀钢板/钢筋的成分设计、制备技术、焊接技术及腐蚀评价；复合钢板的制备技术、焊接技术及腐蚀评价；海洋建筑结构用钢的服役评价、设计规范及示范应用。开展免维护海洋结构用低合金耐蚀钢板及复合钢板的成分设计及制备技术研究；开展防腐涂层设计与制备技术、钢板与涂层耦合耐蚀机理研究；研究低成本耐蚀钢筋母材与覆层协同耐蚀机制与制备技术；开展耐蚀钢连接技术研究；建立复杂海洋环境钢材及构件的服役评价及全寿命周期预测方法。

考核指标：耐蚀及复合钢板 $R_{el} \geq 345\text{MPa}$ ， $R_m \geq 490\text{MPa}$ ， $A \geq 20\%$ ， $-20^\circ\text{C AKV} \geq 100\text{J}$ ，耐蚀钢板较传统钢板耐蚀能力提升 3 倍以上，复合钢板界面剪切强度 $\tau \geq 300\text{MPa}$ ；防腐涂层主要指标应高于 GB/T 18593 要求 20% 以上，典型海洋环境下 30 年免维护；耐蚀钢筋 $R_{el} \geq 500\text{MPa}$ ，均匀延伸率 $A_{gt} \geq 7.5\%$ ，典型海水海砂环境下耐蚀性能较传统钢筋提升 6 倍以上；形成海洋环境下钢材产品的设计指南或规范 2 件以上，申请发明专利 10 件以上，实现工程示范应用 2 项。

6. 结构材料制备加工与评价新技术

6.1 金刚石超硬复合材料制品增材制造技术（示范应用）

研究内容：围绕深海/深井勘探与页岩气开采、高端芯片制造等国家重大工程对长寿命、高速、高精度超硬材料制品的需求，

开展高性能金刚石刀具、磨具和钻具等结构设计和增材制造技术研究，结合新型金刚石超硬复合材料工具宏观外形和微观异质结构的理论设计和数值模拟，重点突破增材制造用含金刚石的球形复合粉体关键制备技术和含超硬颗粒的多材料增材制造关键技术，完成典型工况条件下服役性能的评价。

技术指标：切/磨削类制品在典型工况条件下磨耗比提高 70% 以上，耐热性达到 800°C 以上，使用寿命是传统技术制备的超硬材料工具的 2 倍以上；钻具类制品抗弯强度 >2000 MPa，冲击韧性 >4J/cm²，努氏硬度（压痕）达到 50GPa，相同工况条件下，使用寿命比传统技术制备的超硬材料钻具提高 50% 以上；形成年产百万件的工业化生产能力，实现 2~3 种产品的规模应用。

6.2 高强轻质金属结构材料精密注射成形技术（共性关键技术）

研究内容：针对 5G 基站、消费电子、无人机或机器人等领域对高强轻质结构零件的迫切需求，研究粉末冶金高强轻质金属结构材料及其注射成形工艺过程精确控制原理与方法、小型复杂构件精密成形、低残留粘结剂设计及杂质元素控制、强化烧结致密化及合金的强韧化。重点突破粉末冶金高强轻质钢设计及其粉末制备、低成本近球形钛合金微细粉末制备、可烧结高强粉末冶金铝合金及近球形微细粉末制备、组织性能精确调控等关键技术，实现高强轻质金属复杂形状制品的稳定化宏量生产。

考核指标：高强轻质钢密度 $\leq 6.2\text{g/cm}^3$ ，屈服强度 $\geq 1000\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ；低成本钛合金粉末（ $D_{50} \leq 10\mu\text{m}$ ），较等离子雾化

钛合金粉末成本降低 50%以上，合金屈服强度 $\geq 900\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 7\%$ ；高强铝合金密度 $\leq 3\text{g/cm}^3$ ，屈服强度 $\geq 550\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ；标准试件精度 $\pm 0.1\%$ ；形成年产 1000 吨高强轻质金属粉末及注射成形制品的工业化生产能力。

6.3 大型复杂薄壁高端金属铸件智能液态精密成型技术与应用（共性关键技术）

研究内容：面向大涵道比涡扇航空发动机、新能源汽车等对超大型复杂薄壁高端金属铸件的需求，打破传统“经验+试错法”研发模式，探索基于集成计算材料工程、大数据与人工智能相结合的金属铸件智能液态精密成型关键技术。研究超大型复杂薄壁金属铸件凝固过程的组织演变与缺陷形成机理，建立多物理场耦合作用下铸件组织与缺陷的预测模型，发展数据驱动的材料综合性能与铸造工艺多因素智能化寻优方法，形成金属铸件智能液态精密成型数字孪生模型及系统。

考核指标：开发超大型复杂薄壁高端金属铸件液态精密成型仿真分析专用软件 1 套，实现多物理场耦合分析的并行计算求解和铸造缺陷高精度预测，计算网格规模可支持 200 亿以上。开发智能液态精密成型数字孪生体与数字孪生系统 1 套，计算实时精度不低于 95%，实现铸造工艺智能优化与铸件质量智能控制。在高温合金、铝合金等不少于 2 类超大型复杂薄壁高端金属铸件制造中进行验证应用，铸件的最大尺寸 $\geq 1700\text{mm}$ ，最小壁厚 2~4 mm，尺寸公差达到 DCTG6，气孔/缩松缺陷低于 3%，主要力学

性能指标满足国标相关要求，铸造成品率不低于 90%。

6.4 复杂工况下冶金领域关键部件表面工程技术与应用（示范应用）

研究内容：针对冶金领域高温、重载、高磨损等复杂工况对关键部件表面防护技术的迫切需求，开展复合增强表面工程材料及涂镀层结构的理性设计，开发高效率、高性能激光熔覆、堆焊、冷喷涂、复合镀等技术及多技术结合的复合表面工程技术，攻克复杂工况下冶金领域关键部件表面耐高温、耐磨损、抗疲劳涂镀层制备的关键技术，开展其服役性能评价和寿命预测，并应用于挤压芯棒、结晶器、除鳞辊等典型部件，在大型钢铁冶金企业得到示范应用。

考核指标：开发无缝钢管挤压芯棒、结晶器、除鳞辊等三种典型件表面制造的专用复合粉末 3 种以上，涂层结合力 $\geq 100\text{MPa}$ ，综合使用寿命提升 40% 以上；挤压芯棒的耐磨性比 H13 钢提高 2 倍以上，表面润滑镀层摩擦磨损性能比传统镀层提升 20% 以上；除鳞辊的硬质相质量比 $\geq 60\%$ ，粘结相硬度 HRC ≥ 38 ，无裂纹；结晶器修复层晶粒度 $< 10\ \mu\text{m}$ ，可修复厚度 $\geq 6\text{mm}$ ；表面强化涂层孔隙率 $< 1\%$ ，修复及强化后变形量 $\leq 2\text{mm/m}$ ，单套结晶器一次修复过钢量 15 万吨以上。

7. 基于材料基因工程的结构与复合材料

7.1 结构材料多时空大尺寸跨尺度高通量表征技术（基础前沿技术）

研究内容：针对高温合金、轻合金和高性能复合材料等的工程化需求，基于先进电子、离子、光子和中子光源，集成多场原位实验与多平台关联分析技术，研发晶粒、组成相、相界面、化学元素、晶体缺陷与织构的多时空跨尺度高通量表征、智能分析与快速评价技术，研发大尺寸多尺度组织结构和宏微观力学性能高通量表征技术与试验装备，实现典型工程化结构材料制备、加工和服役过程中内部组织结构的动态演化和交互作用规律的高效研究，建立材料成分—组织—性能的多尺度统计映射关系与定量模型，在典型结构材料的改性、工艺优化和服役评价等方面得到实际应用。

考核指标：建立多场耦合条件下晶粒、组成相、相界面、化学元素、晶体缺陷与织构的多维多尺度高通量表征技术与系统 ≥ 3 项，维度 ≥ 4 维，空间尺度范围覆盖亚埃至厘米级，时间尺度范围覆盖微秒至秒级，实现微观、介观、宏观组织结构的多时空跨尺度表征；建立大尺寸多尺度组织结构和宏微观力学性能高通量表征技术与试验装备 ≥ 2 项，实现3种以上产品全流程的高通量表征与快速服役评价，实现产品核心性能和工艺的显著优化。申请发明专利3~5项，软件著作权登记3~5项，形成高通量表征技术和服役评价标准或规范3项以上。

7.2 金属结构材料服役行为智能化高效评价技术与应用（共性关键技术）

研究内容：针对金属结构材料腐蚀、疲劳、蠕变等服役性能

评价耗时长、成本高的问题，通过多物理场耦合、宏微观跨尺度损伤建模，融合智能传感、信号处理、机器学习等现代技术，研发材料服役性能物理实验与模拟仿真实时交互和数字孪生的智能化高效评价技术和装置；研究金属结构材料数据虚实映射与数据交互规则，建立数据关联平台，加速材料服役性能数据的积累，形成关键金属结构材料安全评价数据系统；集成结构模型与损伤模型，发展基于大数据技术的金属结构材料服役安全评价和寿命预测的新技术和新方法，并获得实际应用。

考核指标：研发出金属结构材料服役性能参数实时监测和数据采集的新型智能传感器 2 种以上；建立材料服役性能评价物理空间与数字空间加速模拟之间的多维度映射和数字孪生关系，研发出满足时效性的金属结构材料服役性能表征参量建模和模拟方法 3 种以上，满足 3 种以上耦合环境的模拟，研发出智能化高效评价实验装置 2 台（套）以上，评价效率提升 2 倍以上；申请发明专利 5~8 项。

7.3 基于材料基因工程的新型高温涂层优化设计研发（共性关键技术）

研究内容：针对海上动力装备用热端部件及其海洋腐蚀环境，发展高温涂层的高通量制备技术，开展新型高性能高温涂层成分和组织结构的高通量实验筛选和优化研究；研发涂层—基体界面结构和性能多尺度高效模拟设计和预测技术，研发涂层高温力学性能、界面强度、残余应力和高温腐蚀性能等的高通量实验

技术，开展涂层与界面性能和工艺优化研究；综合利用材料基因工程关键技术，研发出具有重要工程应用前景的新型超高温、耐腐蚀涂层。

考核指标：研发出不少于 3 套针对涂层的高温力学性能高通量测试技术和装置，测试温度不低于 1600°C，满足高温力学性能、界面强度和残余应力等多种力学性能的测试，测试效率提高 30% 以上；研发可用于高温涂层的模拟海洋环境加速腐蚀实验装置 1 台（套）以上；研发出涂层—基体结构和性能多尺度高效模拟预测模型和技术，模型预测值与实际测试值偏差 $\leq 15\%$ ；综合利用材料基因工程技术，研发出 3 种以上新型高性能涂层材料，服役温度提高 100°C 以上，1200°C 循环氧化达到完全抗氧化级，在 1100°C 海水蒸气实验条件下的涂层寿命提高 50% 以上，综合性能满足工程应用需求；申请发明专利 10 项以上，国际标准 3 项以上。

7.4 高强韧金属基复合材料高通量近净形制备与应用（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天领域高强韧金属基复合材料应用需求，围绕非连续增强金属基复合材料强韧性失配及复杂构件成形加工周期长、成本高、材料利用率低的突出问题，结合利用材料基因工程思想和近净形制备技术原理，研发铝基、钛基复合材料高通量近净形制备技术及其高通量表征技术；测试和采集基体/增强相界面物理化学数据，建立基体/增强相界面热力学和动力学物性数据库；研究铝基、钛基复合材料成分—构型—工艺—界面

一性能交互关联集成计算技术，实现材料体系与构型及其近净形制备工艺方案与参数的高效同步优化，并在航空航天等领域得到工程示范应用。

考核指标：构建成分—构型—工艺—界面—性能关系设计平台及多尺度模拟平台，实现 100 种以上复合材料构型的模型高效创建与计算；高通量近净形制备和表征技术能力 ≥ 200 样品数/批次；建立支撑高强韧金属基复合材料研发和工艺优化的数据库 1 个，数据量 ≥ 20 万条；构型化复合材料断裂韧性比均匀复合材料提升 $\geq 30\%$ ，晶须增强型与颗粒增强型铝基复合材料的弹性模量比基体分别提高 50% 与 150% 以上，钛基复合材料承温能力提高 200°C 以上；复杂构件近净形制备技术的材料利用率提高 3~5 倍，制造周期及生产成本“双减半”；在航空航天等领域实现 10 个以上典型应用；申请发明专利 20 项以上。

7.5 先进制造流程生产汽车用钢集成设计与工程应用（示范应用）

研究内容：鉴于钢铁工业绿色制造、生态发展对先进制造流程生产高端钢铁材料的迫切需求，基于材料基因工程的思想，针对近终形流程生产汽车用钢，采用多场耦合和跨尺度计算技术，集成材料开发与产品应用的跨尺度计算模型，构建一体化集成计算平台，建立材料基础数据和工艺、产品数据库，开发基于数据挖掘和强化机制的组织性能定量关系模型，实现产品成分—工艺—组织—性能的精准预报；开展在近终形流程生产汽车用钢的示

范应用，研制出代表性产品并实现工程应用。

考核指标：针对近终形流程生产汽车用钢，开发出成分—工艺—组织—性能关系的跨尺度（微米至米级）模型，构建出全流程一体化集成计算平台，关键工序的组织结构模拟与产品性能预报误差 $\leq 10\%$ ；建成材料、工艺、产品等复杂异构有机融合的数据库，数据量大于 50 万条；研发出 2 种汽车用钢，在典型近终形流程上实现千吨级生产，研发成本和周期降低 35%；申请发明专利或软件著作权 10 件以上。

7.6 增材制造用高性能高温合金集成设计与制备（共性关键技术）

研究内容：针对航空发动机、高超声速飞行器、重载火箭等国家大型工程所需高温合金精密构件服役特点和增材制造物理冶金特点，应用材料基因工程理念，发展多层次跨尺度计算方法和材料大数据技术，形成增材制造用高性能高温合金的高效计算设计方法、增材制造全流程模拟仿真技术与机器学习技术，结合高通量制备技术和快速表征技术，建立增材制造用高性能高温合金的材料基因工程专用数据库；发展适合高温合金增材制造工艺特性的机器学习、数据挖掘、可视化模拟等技术，开展增材制造用高温合金高效设计与全流程工艺优化的研究工作，实现先进高温合金高端精密构件的组织与尺寸精密化控制，并在航空航天等领域得到工程示范应用。

考核指标：针对国家大型工程等所需高温合金精密构件特

点，研制出 3~5 种增材制造用高温合金，研发周期缩减 40%以上、研发成本降低 40%以上；发展与高端增材制造装备和工艺配套的高温合金材料和技术体系，实现国产化规模应用，综合性能平均提升 20%以上，产品成本降低 30%以上，核心性能指标、批次稳定性达到国际先进水平；申请发明专利或软件著作权 10 件以上。

7.7 极端服役条件用轻质耐高温部件高通量评价与优化设计 (共性关键技术)

研究内容：发展基于大数据分析和数据挖掘的高温钛合金、钛铝金属间化合物等轻质耐高温部件组织结构与疲劳、蠕变等关键性能的定量预测模型；研制实时瞬态衍射、原位成像表征装置，发展三维无损检测高效分析技术；研究高温腐蚀环境下组织结构演化和性能退化机理、高温和循环载荷等多因素耦合作用下的损伤累积及高通量评价与寿命预测技术；基于极端环境服役性能需求，利用机器学习和数据挖掘技术，实现轻质耐高温材料的成分、组织、制备工艺、服役性能的高效优化，并在航空、航天、核能等领域实现在极端服役条件下工程示范应用。

考核指标：开发轻质耐高温材料高温蠕变与疲劳性能预测程序 1 套，包含组织模型、实验数据分析与处理模型、预测模型等；研制出微观结构原位高通量表征装置 1 套，实现瞬态衍射与二维原位成像，时间分辨均优于 $1\mu\text{s}$ ，二维原位成像空间分辨率优于 $5\mu\text{m}$ ；研发出 3~4 种新型轻质耐高温材料及其制备方法，高温钛合金 $700^{\circ}\text{C}/300\text{MPa}/0.5\text{h}$ 条件下的蠕变性能提升 30%以上，钛铝

金属间化合物 700°C疲劳强度提升 40%以上，构件制造成品率提升 30%以上；制定标准或技术规范 2 项以上；在 3~4 个重大工程关键材料上获得示范应用。

8. 青年科学家项目

8.1 车载复合材料 LNG 高压气瓶制造基础及应用技术

研究内容：针对车载复合材料液化天然气（liquefied natural gas, LNG）高压气瓶的制造与应用，研究 LNG 介质相容的树脂基复合材料体系设计与制备；耐极端环境复合材料 LNG 气瓶结构设计技术；复合材料 LNG 高压气瓶抗渗漏、抗漏热和抗振动技术；复合材料 LNG 高压气瓶制造技术；复合材料 LNG 高压气瓶的性能评价技术。

考核指标：建立容积 1000L 以上复合材料 LNG 高压气瓶的设计方法，复合材料 LNG 高压气瓶工作压力 1.59MPa，理论充满率 $\geq 88\%$ ，静态蒸发率 $\leq 2.4\%/d$ ，漏放气速率 $\leq 6 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，漏气速率 $\leq 6 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，抗振性能满足车载低温气瓶抗振试验要求（参照 GB/T34510-2017），与同尺寸金属 LNG 气瓶相比减重 30%以上。

8.2 新一代结构功能一体化泡沫的制备和应用

研究内容：面向结构功能一体化泡沫技术迭代的迫切需求，开发具备负泊松比和高耐火保温等功能的泡沫，主要针对新型多级结构负泊松比结构泡沫材料、耐高温聚酰亚胺泡沫和高温可发泡防火材料等开展攻关，并开展其复合材料研究，在结构支撑、

保温隔热等领域得到应用。

考核指标：负泊松比材料的泊松比-1.4~0.2 可调，拉伸杨氏模量大于 1MPa，能量吸收提高达到 5 倍以上，冲击加速度峰值降低 50%；聚酰亚胺泡沫长期使用温度不低于 300℃，密度不高于 10kg/m³；高温可发泡防火材料 300℃发泡 1.5 倍，烟毒性达到 AQ1，耐火极限 2h。

8.3 单晶高温合金先进定向凝固技术及其精确模拟

研究内容：针对当前航空发动机单晶涡轮叶片生产合格率低、冶金缺陷频发的现状，开展单晶高温合金及叶片高温梯度液态金属冷却（LMC）定向凝固技术研究，突破 LMC 技术中动态隔热层配置、晶体取向控制、模壳制备、低熔点金属污染控制等关键技术，实现 LMC 技术的多场耦合、多尺度精确模拟，研究复杂结构单晶叶片在高梯度定向凝固中的缺陷形成、演化机理，发展缺陷控制技术。

考核指标：LMC 工艺制备的单晶合金高周疲劳性能比传统定向凝固工艺提高 50%；LMC 工艺制备的航空发动机单晶叶片一次枝晶间距<240μm；发展单炉叶片数量≥18 件、毛坯合格率>70%的高效单晶叶片制造技术并实现工程应用；申请核心发明专利 3 项以上。

8.4 海洋油气钻采关键部件用高强高韧合金

研究内容：针对海洋油气随钻测量和定向钻井、海底井口设备关键部件主要依靠进口问题，开展时效硬化型高强韧镍基、铁

镍基耐蚀合金设计、高纯净低偏析冶金、强韧化机理、应力腐蚀疲劳失效寿命评估理论与方法等基础共性技术和产业化关键技术研究，实现高强韧、大规格、高均质耐蚀合金和超高强度高耐蚀合金稳定批量生产和工程化应用。

考核指标：高强韧高镍和镍基耐蚀合金 2 个牌号，各项技术指标全面达到 API 6ACRA 和 API 6A718 现行标准要求，夹杂物等级（含碳氮化合物） ≤ 1.0 级、 -60°C 弦向冲击功与轴向冲击功之比 ≥ 0.8 ，达标棒材直径不小于 400mm；系列高性能合金实现规模生产并批量应用于高酸性油气和海洋油气工程，实现国产化替代。直径 100~200mm， $\sigma_b \geq 1500\text{MPa}$ 、 $\sigma_{0.2} \geq 1400\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 的时效硬化型超高强韧镍基或铁镍基耐蚀合金研究取得进展。

8.5 基于增材制造技术的超轻型碳化硅复合材料光学部件制造

研究内容：面向空间光学系统轻量化发展需求，研究新型超轻型碳化硅复合材料光学部件预制体增材制造用粉体原料的设计与高通量制备技术；开发基于增材制造技术的碳化硅复合材料光学部件基体成型与致密化技术；开发基于增材制造技术的碳化硅复合材料光学部件表面致密层制备技术；开展超轻型碳化硅复合材料光学部件的加工验证研究。

考核指标：碳化硅复合材料弯曲强度 $\geq 200\text{MPa}$ ，弹性模量 $\geq 250\text{GPa}$ ，热导率 $\geq 120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；碳化硅复合材料光学部件口径 $\geq 500\text{mm}$ ，轻量化率 $\geq 80\%$ ，面密度 $\leq 20\text{kg}/\text{m}^2$ ；研制出 500mm 以上

口径碳化硅复合材料光学部件，表面粗糙度 $Ra \leq 1\text{nm}$ ，面形精度 $RMS \leq \lambda/40$ ($\lambda=632.8\text{nm}$)，500~800nm 波段平均反射率 $\geq 96\%$ 。

8.6 基于激光技术的材料服役行为多维度检测技术和装备

研究内容：针对核电、海工等领域极端条件下结构材料服役性能远程在线、多维度、智能化检测的发展需求，开展基于激光技术的光谱、表面声波、超声或多种方法融合的材料组分、结构特性、力学性能、缺陷特征检测新原理和新方法研究，发展极端条件下结构材料服役行为的实时、原位、无损检测技术，研制与材料基因工程大数据、人工智能分析算法和机器人技术深度融合的材料多维、多尺度在线检测原型装置，实现多场耦合极端环境下材料多层次、多维度服役性能原位无损在线测量及示范应用。

考核指标：基于先进激光技术的、指标国际先进的 3 种材料服役性能原位无损在线测量方法；关键材料服役行为多维度非接触无损检测装备 1 套：关键痕量元素测量限优于 100ppm，材料力学性能测量精度高于 85%，可检测 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 以上尺度内部缺陷或损伤；在 2 种以上典型材料服役场景获得验证性示范应用；申请核心发明专利 8 项以上。

8.7 超高刚度镁基复合材料的集成计算设计与制备

研究内容：以航空、航天或高铁领域为应用场景，针对超高刚度镁基复合材料特点，发展高刚度镁合金集成材料计算软件和镁基复合材料高通量实验技术，开展基于弹性变形抗力提升的镁合金基体成分设计和增强体种类、尺寸和分布形态对镁合金刚度

和强韧性影响规律的研究工作，研发多尺度增强体复合构型强化的镁合金材料高效制备与组织调控技术，建立高刚度镁基复合材料及其典型构件的全流程制备技术，并实现在重大工程中的应用验证。

考核指标：研发一套适用于高刚度镁合金组分与增强体快速筛选的高通量制备系统 1 套，单次试验可制备试样数大于 10^2 数量级；研制出 1 种以上高刚度镁合金复合材料，密度 $\leq 2.0\text{g/cm}^3$ ，弹性模量 $\geq 90\text{GPa}$ ，室温抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 250\text{MPa}$ ，断后伸长率 $> 1.0\%$ ；研发 1~2 种高刚度镁合金典型构件，在航空、航天或高铁领域实现验证性示范应用。

8.8 增材制造先进金属材料的实时表征技术及应用

研究内容：研发基于同步辐射光源的原位表征技术与装备，动态捕捉增材制造过程中高温下微秒级时间尺度和微米级局域空间内的相变和开裂；通过高通量的样品设计和多参量综合表征手段，揭示动态非平衡制备过程中材料组织结构的演化和交互作用规律。面向典型高性能结构材料，揭示增材制造快速熔化凝固超常冶金过程对稳定相、材料组织结构和最终性能产生影响的因素，快速建立材料成分—工艺—结构—性能间量化关系数据库；结合材料信息学方法，发展增材制造工艺和材料性能高效优化软件，在典型增材制造材料的设计与优化中得到应用。

考核指标：发展基于同步辐射光源的增材制造原位表征技术与装备，在多个尺度上实时追踪增材制造过程中材料组织演变、

裂纹生长和化学反应的动态过程。实现单点表征区域 $> 200\mu\text{m}$ ，空间分辨率 $\leq 10\mu\text{m}$ ，时间分辨率 $\leq 50\mu\text{s}$ ，表征通量 $> 10^3$ 样品空间成份点的原位无损分析；构建高温合金、不锈钢、钛合金、铝镁合金等高性能结构材料成分—工艺—结构—性能数据库，开发增材制造工艺优化专用软件，应用于三种增材制造材料的设计与优化。申请发明专利 3~5 项，软件著作权 2~3 项。

8.9 新一代抗低温耐腐蚀高强韧贝氏体轨道钢

研究内容：针对低温下贝氏体钢中亚稳残余奥氏体易转变为脆性马氏体，增加贝氏体钢轨道安全服役隐患的问题，研究腐蚀、低温环境下贝氏体轨道钢（含钢轨和辙叉）的失效破坏机制，建立贝氏体轨道钢“夹杂物特性—组织结构—常规性能—服役条件—失效方式及寿命评估”数据库，开发适用于腐蚀、低温环境的新一代高强韧性、长寿命贝氏体轨道钢及其冶金全流程制造关键技术。

考核指标：抗低温耐腐蚀贝氏体轨道钢牌号 1 个，完整数据库 1 套；贝氏体轨道钢的室温下屈服强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 1380\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 15\%$ 、 $A_{KU} \geq 130\text{J}$ ， -40°C 下 $A_{KU} \geq 80\text{J}$ 、 $K_{IC} \geq 60\text{MPa m}^{1/2}$ 、 $da/dN \leq 15\text{m/Gc}$ ($\Delta K=10\text{MPa m}^{1/2}$)、 $da/dN \leq 50\text{m/Gc}$ ($\Delta K=13.5\text{MPa m}^{1/2}$)；耐腐蚀性能较现役贝氏体轨道钢提高 20% 以上；申请发明专利 5 项以上。

“先进结构与复合材料”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，“先进结构与复合材料”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

本批榜单围绕川藏铁路、高速列车等重大应用场景，拟解决川藏铁路用钢轨/混凝土/缆索、高速列车刹车盘等关键实际问题，拟启动4个项目，共拟安排国拨经费不超过1.32亿元。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、攻关和考核要求

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. 川藏铁路用长寿化轨道用钢研制与应用

需求目标：针对川藏铁路复杂服役条件下铁路轨道（包括钢轨和辙叉）磨损、腐蚀和疲劳破坏及性能退变等问题，研制川藏铁路用长寿化轨道用钢，并开展应用。具体需求目标如下：

（1）长寿命高强度钢轨新钢种。钢轨新产品抗拉强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、 -40°C 低温断裂韧性 $\geq 35\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，与现有U71Mn热轧钢轨相比，相对耐蚀性提高25%以上，耐磨使

用寿命提高 30%以上。

(2) 长寿命辙叉用新钢种。新型辙叉钢抗拉强度 $\geq 950\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 50\%$ 、室温 $A_{KU} \geq 200\text{J}$ 、 -40°C 下 $A_{KU} \geq 118\text{J}$ ，新型辙叉钢的耐磨性能、耐潮湿环境腐蚀性能和抗疲劳性能比普通铸造高锰钢均提高 50%以上。

(3) 新型高强度钢轨间及其与新型辙叉间焊接关键技术。钢轨间焊接接头性能满足 TB/T 1632 标准要求；钢轨与辙叉间焊接接头满足实际使用要求。

(4) 开展应用与评价体系研究，编制产品标准和应用设计规范。研制新技术、新产品 4 项，申请发明专利 10 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现钢轨和辙叉示范应用 2 项（含）以上。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：完成复杂服役条件下轨道钢的磨损和腐蚀失效机制研究；完成长寿命高强度钢轨新钢种开发；完成长寿命辙叉用新钢种开发。

考核指标：钢轨新产品抗拉强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、 -40°C 低温断裂韧性 $\geq 35\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ；新型辙叉钢抗拉强度 $\geq 950\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 50\%$ 、室温 $A_{KU} \geq 200\text{J}$ 、 -40°C 下 $A_{KU} \geq 118\text{J}$ ；编制技术条件（暂行）2 项（钢轨、辙叉）；申报发明专利 3 件以上。

项目执行期满 2 年：完成复杂服役条件轨道钢的疲劳失效机制

和性能退变规律研究；完成长寿命高强度钢轨的工业化试制；完成长寿命辙叉制造关键技术开发；完成新型钢轨间焊接技术开发；完成新型钢轨与辙叉间焊接技术开发；完成钢轨和辙叉的试铺。

考核指标：钢轨闪光焊接头抗拉强度 $\geq 880\text{MPa}$ ；钢轨与辙叉间焊接接头满足 60kg/m 钢轨焊接接头在静弯载荷达到 900kN 时不断裂；钢轨与现有 U71Mn 热轧钢轨相比，相对耐蚀性能提高 25%；新型固定心辙叉钢耐磨性能、耐潮湿环境腐蚀性能和抗疲劳性能比普通铸造高锰钢均提高 50%以上；完成国铁运营线路（西南高原地区）试铺钢轨不少于 3 公里，辙叉不少于 4 组；编制技术条件（暂行）1 项（焊接）；申报发明专利 5 项以上。

项目执行期满 3 年：完成钢轨及辙叉服役评价体系的建立，完成钢轨及辙叉服役性能评价。

考核指标：钢轨与现有 U71Mn 热轧钢轨相比，耐磨耗使用寿命提高 30%以上；编制技术规范（暂行）1 项（使用及养护维修）；申报发明专利 2 项以上。

榜单金额：不超过 3300 万元。

2. 川藏铁路桥梁用大吨位碳纤维复合材料拉索

需求目标：针对复杂高原服役条件下高性能、长寿命川藏铁路桥梁的建设需求，研发轻质、高强、耐腐蚀与抗疲劳的大吨位碳纤维复合材料拉索，并开展示范应用，形成川藏高原铁路桥梁用 1000 吨级以上大吨位碳纤维复合材料索体与配套锚固体系的设计方法与制备技术。具体需求目标如下：

(1) 大吨位自监测碳纤维复合材料拉索。拉索用碳纤维复合材料拉伸强度标准值大于 2400MPa，拉伸模量大于 160GPa，湿热老化 1000 小时后拉伸强度保留率大于 90%；碳纤维拉索索体全长应变自监测测点长度分布密度 $\leq 1\text{m}$ ，应变精度 $\leq 10\mu\epsilon$ ；1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索锚固体系，锚具效率系数 ≥ 0.9 。

(2) 碳纤维复合材料拉索的服役性能评价与控制技术。1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索满足 1000 小时冻融循环与湿热老化后疲劳循环 200 万次以上要求，以及循环次数为 50 次的周期荷载试验要求；川藏高原恶劣环境下碳纤维复合材料拉索服役寿命预期超过 50 年。

(3) 开展设计方法与应用技术体系研究，编制产品标准和应用设计规范。研制新技术、新产品、新工法 4 项，申请发明专利 10 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现碳纤维复合材料拉索示范应用 1~3 项。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：实现大吨位碳纤维复合材料拉索研制。

考核指标：拉索用碳纤维复合材料拉伸强度标准值大于 2400MPa，拉伸模量大于 160GPa，湿热老化 1000 小时后拉伸强度保留率大于 90%；碳纤维拉索索体全长应变自监测测点长度分布密度 $\leq 1\text{m}$ ，应变精度 $\leq 10\mu\epsilon$ ；1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索锚固体系的锚具效率系数 ≥ 0.9 。研制新产品、新技术 2 项以上，编制碳纤维复合材料耐湿热性能评价方法国家标准 1 项，申请发

明专利 2 项以上。

项目执行期满 2 年：实现碳纤维复合材料拉索的服役性能评价与控制技术开发。

考核指标：1000 吨级以上碳纤维复合材料拉索满足 1000 小时冻融循环与湿热老化后疲劳循环 200 万次以上要求，以及循环次数为 50 次的周期荷载试验要求；川藏高原恶劣环境下碳纤维复合材料拉索服役寿命预期超过 50 年。研制新技术 1~2 项，申请发明专利 3 项以上，编制相关标准 1~2 项，拉索产品形式纳入到结构用纤维增强复合材料拉索国家标准。

项目执行期满 3 年：实现大吨位碳纤维复合材料拉索示范应用。

考核指标：实现碳纤维复合材料拉索在跨度 100 米以上桥梁建设中示范应用 1~3 项，编制碳纤维复合材料拉索应用行业技术规程 1 项，研制新技术或新工法 2 项，申请发明专利 5 项以上。

榜单金额：不超过 3300 万元。

3. 川藏铁路复杂环境结构混凝土关键材料与应用

需求目标：针对川藏铁路复杂环境下不同结构部位混凝土开裂、长期性能劣化及冻融破坏等问题，研制川藏铁路高性能结构混凝土关键材料，并开展应用。具体需求目标如下：

(1) 川藏铁路工程混凝土专用低热硅酸盐水泥。水泥熟料 $C_2S \geq 40\%$ ，3d 水化热 $\leq 220\text{kJ/kg}$ ，28d 抗折强度 $\geq 8.0\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.08\%$ 。

(2) 隧道混凝土用速凝早强材料。隧道单层衬砌混凝土 6h

抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，24h 抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.02\%$ ，喷射回弹率 $\leq 10\%$ ，28d 抗冻性 $\geq \text{F300}$ 。

(3) 隧道混凝土用水化温升调控材料和原位增韧材料。30°C下 24h 水化热降低率 $\geq 50\%$ ，隧道二次衬砌混凝土水化温升降低 $\geq 15\%$ ，收缩率降低 $\geq 50\%$ ，56d 基体拉压比提升 $\geq 30\%$ ，不开裂保证率 $\geq 95\%$ 。

(4) 桥梁混凝土用基体减缩材料与表层防护材料。桥梁混凝土 90d 徐变度 $\leq 20 \times 10^{-6}/\text{MPa}$ ，7d 干燥收缩率 $\leq 0.01\%$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.025\%$ ，56d 干燥收缩率 $\leq 0.035\%$ ；表层防护材料导热系数 $\leq 0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，水蒸气透过率 $\leq 0.2\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

(5) 研究川藏铁路结构高性能混凝土制备与应用成套技术，建立相关标准规范，实现工程示范应用。研制新技术、新产品 ≥ 5 项，形成关键材料生产示范线 ≥ 2 条，申请发明专利 ≥ 20 件，编制相关标准或技术规范 ≥ 3 项，在川藏铁路进行工程示范及应用。

时间节点：研发时限为 3 年

项目执行期满 1 年：实现高围岩等级隧道单层衬砌混凝土和高地热大温差环境下二次衬砌机制砂混凝土收缩开裂机理研究目标，以及川藏铁路工程混凝土专用低热硅酸盐水泥和隧道混凝土用速凝早强材料开发。

考核指标：水泥熟料 $\text{C}_2\text{S} \geq 40\%$ ，3d 水化热 $\leq 220\text{kJ}/\text{kg}$ ，28d 抗折强度 $\geq 8.0\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.08\%$ ；隧道单层衬砌混凝土 6h 抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，24h 抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，28d 干燥收缩

率 $\leq 0.02\%$ ，喷射回弹率 $\leq 10\%$ ，28d 抗冻性 $\geq F300$ 。申请发明专利 12 件及以上。

项目执行期满 2 年：实现大温差、强紫外、低湿干燥环境下桥梁混凝土长期性能和正负温交变条件下无砟轨道混凝土性能演变规律研究目标，以及隧道混凝土用水化温升调控材料、原位增韧材料和桥梁混凝土用基体减缩材料、表层防护材料开发。

考核指标：30°C 下 24h 水化热降低率 $\geq 50\%$ ，隧道二次衬砌混凝土水化温升降低 $\geq 15\%$ ，收缩率降低 $\geq 50\%$ ，56d 基体拉压比提升 $\geq 30\%$ ，不开裂保证率 $\geq 95\%$ ；桥梁混凝土 90d 徐变度 $\leq 20 \times 10^{-6}/\text{MPa}$ ，7d 干燥收缩率 $\leq 0.01\%$ ，28d 干燥收缩率 $\leq 0.025\%$ ，56d 干燥收缩率 $\leq 0.035\%$ ；表层防护材料导热系数 $\leq 0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，水蒸气透过率 $\leq 0.2\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。申请发明专利 8 件及以上，编制相关标准或技术规范 2 项及以上。

项目执行期满 3 年：实现川藏铁路结构高性能混凝土制备与应用成套技术的开发，并进行工程示范应用。

考核指标：建设关键材料生产示范线 2 条及以上，编制相关标准或技术规范 1 项及以上，并在川藏铁路隧道衬砌、桥梁墩身等结构部位进行工程示范应用。

榜单金额：不超过 3300 万元。

4. 400km/h 高速列车用碳陶（C/C-SiC）制动盘及配对闸片关键技术（共性关键技术）

需求目标：制动部件是确保高速列车行车安全的关键。时速

400km 高速列车纯空气制动时摩擦材料承受的制动能量密度大于 $1400\text{J}/\text{cm}^2$ ，制动盘表面瞬间温度高达 900°C 。针对时速 400km 及以下高速列车在复杂运营条件下，列车制动时制动盘/闸片摩擦性能稳定性、耐磨性、耐高温性、结构稳定性及抗疲劳性等问题，开展碳陶复合材料制动盘及配对闸片的应用研究。具体需求目标如下：

(1) 高导热高强韧性碳陶 (C/C-SiC) 复合材料制动盘承载与摩擦功能一体化设计及其近尺寸制备。碳陶复合材料密度 $\leq 2.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，抗压强度 $\geq 180\text{MPa}$ ，抗弯强度 $\geq 120\text{MPa}$ ，可抗 25g 时速 600km/h 石头冲击。碳陶轮盘（外径 750mm、盘厚 46.5mm） $\leq 45\text{Kg}/\text{对}$ ，碳陶轴盘（外径 640mm、盘厚 80mm） $\leq 35\text{Kg}/\text{个}$ ，比钢盘减重 60%以上；

(2) 制动盘结构设计及制动盘与钢质车轮/盘毂高温紧固连接技术。碳陶制动盘技术接口完全匹配现有车辆接口，满足《动车组制动盘暂行技术条件》(TJ/CL310-2014) 要求。

(3) 碳陶制动盘配对闸片开发与 1:1 台架试验及失效评价。闸片满足《动车组闸片暂行技术条件》(TJ/CL307-2019) 要求，初速度 400km/h 时，紧急制动距离 $\leq 6500\text{m}$ ，摩擦系数 ≥ 0.32 ，闸片磨耗量 $\leq 0.35\text{cm}^3/\text{MJ}$ ，制动盘表面平均温度 $\leq 900^\circ\text{C}$ 。碳陶制动盘与配对闸片的使用寿命比目前高铁使用的制动盘/闸片提高 30%以上。

(4) 碳陶制动盘工业化关键装备研究及生产线建设。开发碳

陶制动盘关键工艺装备，实现低成本工业化制备，原材料和工艺成本低于 1.3 万元/盘片，制造工艺周期不超过 3 个月。建设年产 10000 盘碳陶制动盘的生产线。

(5) 开展应用与评价体系研究。建立 400km/h 高速列车碳陶制动盘及配对闸片的技术标准。碳陶制动盘及配对闸片开始进行时速 $\leq 350\text{km}$ 的装车应用考核，完成时速 400km 的装车前考核。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：实现碳陶制动盘及闸片的选材配型。

考核指标：完成台架试验用碳陶制动盘和闸片的制备。

项目执行期满 2 年：实现时速 $\leq 350\text{km}$ 车辆用碳陶制动盘及配对闸片应用考核。

考核指标：完成时速 $\leq 350\text{km}$ 的装车应用。

项目执行期满 3 年：实现时速 400km 车辆用碳陶制动盘及配对闸片应用考核。

考核指标：完成生产线产能建设，项目结题。

榜单金额：不超过 3300 万元。

其他要求：

(1) 申报团队应就本项目研发内容和目标与用户单位有充分的前期交流，具有碳陶制动盘生产和应用经验，并建立了相应的质量管理体系。

(2) 本项目对承担任务团队的工程化研发能力要求较高，申报单位团队研发水平和科研装备平台应充分具备相应的基础条件。

附件 4

“高端功能与智能材料”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“高端功能与智能材料”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。

本重点专项的总体目标是：以国家重大需求为导向，支撑新一代信息技术、智能制造、新能源、现代交通、深海/深空/深地探测等重要领域的发展，补短板与建优势并举，解决高端功能与智能材料的重大基础原理、核心制备技术与工程化应用等关键问题。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕先进能源材料、关键医用与防疫材料、高端分离膜及催化材料、机敏/仿生/超材料、特种与前沿功能材料和材料基因工程应用技术 6 个技术方向。按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 35 个项目，拟安排国拨经费 6.59 亿元。其中，拟部署 6 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1800 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。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基

基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 先进能源材料

1.1 新一代钙钛矿太阳能电池关键材料及宏量制备技术（共性关键技术）

研究内容：面向新一代钙钛矿太阳能电池实际应用的需求，研制高稳定、高效率、高均一性、低成本钙钛矿材料，发展高纯度钙钛矿晶体的绿色无污染宏量化制备技术，解决无废料高产率原料合成、可控高速结晶及分离纯化等难题；开发均匀薄膜制备及稳定性技术，围绕兆瓦级钙钛矿太阳能电池中试生产，发展组件封装技术，实现材料性能迭代提升。

考核指标：围绕兆瓦级钙钛矿太阳能电池，研制的单一模组面积不小于 1m^2 ，基于宏量钙钛矿材料，小批量组件样品数 ≥ 10 ，光电转换效率不低于 18%，效率差异小于 1%；组件户外稳定发电记录不少于 1 年，性能衰减小于 5%，峰瓦成本低于硅基太阳能电池；形成不少于 2 吨的高纯钙钛矿晶体材料产业化能力。

1.2 高性能高温超导材料及磁储能应用（示范应用）

研究内容：面向电力系统快速功率补偿和补偿电压瞬时跌落应用需求，建立超导磁储能装备中不同磁场强度部件用超导材料体系，开发高均匀 MgB_2 和 Bi 系前驱粉末的喷雾热分解批量制备、超导线材多芯陶瓷粉末/金属复合体塑性变形控制、高压热处理技术；突破 YBCO 长带涂层结构优化、磁通钉扎控制、快速沉积技术，全面提高超导带材载流能力、机械与电磁性能；基于国产超导材料，开发超导集束缆线成缆技术，研制大容量超导储能用高载流缆线；研究基于新型集束缆线的环形超导储能磁体电—磁—热—力多场耦合分析、结构设计与制造技术；研究超导磁储能系统接入技术及控制策略，解决 10MJ 级超导磁储能系统集成与应用技术，完成并网试验验证。

考核指标：建成单根长度大于千米、年产 300 千米的超导线材生产线，三类线材的性能分别达到： MgB_2 线材，4.2K、3T 下临界电流密度达到 $1000\text{A}/\text{mm}^2$ ；Bi 系线材，4.2K、20T 下临界电流密度达到 $1200\text{A}/\text{mm}^2$ ；YBCO 线材，77K、自场下临界电流密度大于 $20000\text{A}/\text{mm}^2$ 。超导储能磁体储能量不小于 10MJ，最大输

输出功率不小于 5MW，能量转换效率达到 90%，完成并网试验验证。

1.3 高能量密度金属锂基二次电池及其关键材料（共性关键技术）

研究内容：针对新能源汽车、智能电网对高能量密度、本质安全二次电池技术的广泛需求，研究金属锂基二次电池的基础科学问题、关键材料和技术。设计和制备实用新型金属锂基复合负极材料以及与之相适配的环境友好型、低成本高性能固态电解质和高容量正极材料；开展微结构设计调控、界面适配性与改性研究，提升电池电化学性能和稳定性；构筑高能量密度、高安全的金属锂基二次电池。

考核指标：提出金属锂基二次电池电化学性能调控新机制和新理论；开发金属锂基复合负极，比容量 $\geq 2000\text{mAh/g}$ ；固态电解质膜面电阻 $\leq 10\ \Omega\cdot\text{cm}^2$ ，厚度 $\leq 20\ \mu\text{m}$ ，电化学窗口 $\geq 4.8\text{V}$ ；正极材料比容量 $\geq 215\text{mAh/g}$ ，可逆循环 2500 次后容量保持率 $\geq 80\%$ ；单体电池能量密度 $\geq 350\text{Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 2000 次，10Ah 以上单体满充态通过穿钉测试（不着火，不爆炸），安全性达到现行国标要求。

1.4 高效高安全储运氢关键材料开发及应用（示范应用）

研究内容：面向氢能产业发展的重大需求，针对氢储运效率低等技术瓶颈，开发运氢能效率高、安全便捷、长服役寿命的新型储氢材料及其制备技术，突破材料规模化制备和均一性、高安全、高效储运氢系统集成等关键技术，开展储运氢工程示范。

考核指标：高温型储氢材料的重量储氢密度 $\geq 6.0\text{wt}\%$ 、体积

储氢密度 $>75\text{kg H}_2/\text{m}^3$ 、放氢温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ 、工作压力 $\leq 2.0\text{MPa}$ 、循环 2000 次后有效储氢密度 $\geq 4.5\text{wt}\%$ ；低温型材料的有效储氢密度 $\geq 2.5\text{wt}\%$ 、放氢温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 、循环 2000 次后有效储氢密度 $\geq 1.8\text{wt}\%$ ；形成年产百吨级规模能力，合格率 95%以上；建成储氢材料运氢示范工程。

1.5 高性能低成本燃料电池膜电极的产业化制备技术（示范应用）

研究内容：面向车用高功率密度的氢燃料电池的需求，研究开发低铂载量的高性能膜电极以及低铂含量合金催化剂、复合质子交换膜的宏量制备技术；围绕膜电极宏量制备关键环节，构建制备工艺—膜电极性能分析与预测模型，实现在线监测、自动控制以及宏量制备技术的迭代提升。

考核指标：膜电极功率密度 $\geq 2.0\text{W}/\text{cm}^2$ ，膜电极寿命 $\geq 10000\text{h}$ （运行时间），膜电极最高工作温度 $\geq 95^\circ\text{C}$ ，原材料全部实现国产化，膜电极成本 ≤ 300 元/kW，质子交换膜的离子电导率 $\geq 0.1\text{S}/\text{cm}$ （ 95°C ，60RH%），铂载量 $\leq 0.1\text{g}/\text{kW}$ ，催化剂产能 $\geq 1000\text{kg}/\text{年}$ ，复合质子交换膜产能 ≥ 20 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ，膜电极产能 ≥ 20 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ，宏量制备膜电极良品率 $\geq 98\%$ （抽检 10000 片，输出功率偏差 $\leq \pm 8\% @ 0.65\text{V}$ ）。

1.6 电力电子装备用关键磁性材料开发及样机研制（共性关键技术）

研究内容：面向电力电子装备的高频、高功率发展需求，开

发平面流铸的核心装备及极薄规格硅钢制备成套工艺技术，研制系列极薄规格无取向硅钢和 6.5%Si 硅钢；开发宽幅超薄高性能软磁合金制备与应用技术；研制电动汽车用大功率、具有高抗偏移能力的无线充电工程样机。

考核指标：建成平面流铸带制备极薄规格硅钢中试线，钢水后工序产线长度、能耗和水耗比传统流程减少 80%以上。采用平面流铸流程开发出厚度 0.05~0.15mm 的无取向硅钢和 6.5%Si 硅钢，其中无取向硅钢 $B_{5000} \geq 1.60\text{T}$ ， $P_{1.0\text{T}/400\text{Hz}} \leq 12\text{W/kg}$ ；6.5%Si 硅钢磁致伸缩 $\leq 0.1 \times 10^{-6}$ ， $B_s \geq 1.80\text{T}$ ， $B_{800} \geq 1.27\text{T}$ ， $P_{1.0\text{T}/400\text{Hz}} \leq 5.85\text{W/kg}$ ， $P_{0.2\text{T}/5000\text{Hz}} \leq 12\text{W/kg}$ ；高性能软磁合金宽度 $\geq 120\text{mm}$ ，厚度 $\leq 0.015\text{mm}$ ，100kHz 下的磁导率 $\mu \geq 20000$ ，损耗 $P_{0.2\text{T}/100\text{kHz}} \leq 160\text{kW/m}^3$ ；无线充电工程样机功率 15~20kW，在横向偏移 200mm 或高度方向偏移 80mm 条件下效率不低于 90%，实现工程应用。

1.7 超高储能密度电介质材料及器件（基础前沿技术）

研究内容：针对超高储能密度电介质储能实际应用需求，研究储能电介质材料及器件在交流和脉冲强电场下的极化行为、应力变化、热/电失效等物理过程与其微观组分和结构的关系，建立实现性能提升的理论基础和设计范式；利用材料的熵作为新的调控维度，开发超高储能密度新型高熵电介质材料体系，实现储能性能的大幅提升；发展新型储能电介质材料及其精细微结构的制备技术；研发超高储能密度电容器并研究其在交流和强场下的介

电稳定性和使用寿命，突破传统介质电容器的技术壁垒。

考核指标：发展 3 种以上新型电介质储能材料，其中高熵电介质储能材料不少于 2 种。高熵无机薄膜介质（厚度 0.5~1 μm ）储能密度 $\geq 120 \text{ J/cm}^3$ ，储能效率 $\geq 80\%$ ，稳定工作温度范围：-50~150 $^{\circ}\text{C}$ ，循环寿命 $\geq 10^6$ 次；柔性介质薄膜储能密度在 -50~150 $^{\circ}\text{C}$ 温度区间储能密度 $\geq 6 \text{ J/cm}^3$ （或在室温 $\geq 40 \text{ J/cm}^3$ ），储能效率 $\geq 80\%$ ，循环寿命 $\geq 10^6$ 次；高储能密度大容量多层陶瓷电容器（厚度 0.1~0.2mm）储能密度 $\geq 10 \text{ J/cm}^3$ ，可释放能量效率 $\geq 85\%$ ，工作温度范围：-50~150 $^{\circ}\text{C}$ ， 10^6 次电循环后储能密度衰减 $< 10\%$ ；研制可实用化电容器模组：电容量 $> 100 \mu\text{F}$ ，储能密度 $> 3 \text{ J/cm}^3$ ，可释放能量效率 $\geq 80\%$ 。

2. 关键医用与防疫材料

2.1 高性能医用高分子关键材料技术及产业化（示范应用）

研究内容：面向高端医疗器械及医疗防护需求，开发“人工肺”聚 4-甲基 1-戊烯的单体及其中空纤维膜材料、高端药包材用环烯烃（共）聚合物材料、血液净化材料、医疗防护用超高熔指聚丙烯树脂，开发国产化替代的应用技术，进行相关技术标准体系建设。

考核指标：开发 4-甲基-1-戊烯单体制备技术，其转化率 $> 80\%$ ，纯度达到聚合原料要求，产能 1000 吨/年；“人工肺”的中空纤维膜 PMP 材料透光率 $> 92\%$ ，吸水率（%） < 0.01 ，热变形温度 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ，熔点 220~240 $^{\circ}\text{C}$ ，密度 < 0.9 ，产能 1 吨/年以上；

环烯烃（共）聚合物开环易位聚合单体转化率>95%，氢化转化率>99%，或加成聚合环烯烃插入率>25 mol%，透光率>90%，吸水率（%）<0.01，折射率>1.52，热变形温度>120°C，玻璃化转变温度>130°C，低溶出物及无机杂质<150 ppm，产能100吨/年以上；血液净化用聚砜类材料（聚砜、聚醚砜）的二聚体杂质含量低于1.3%、重均分子量65000±4000 D，分子量分布小于4.5，金属离子等杂质含量满足医用要求，产能3000吨/年以上；形成年产万吨直接聚合法超高熔指聚丙烯树脂示范及应用装置，树脂改性后，MFR≥1500g/10min并实现窄分子量分布（<3.5）、挥发分≤0.1%。上述四种材料满足医用要求，并进行相应的器械应用示范。

2.2 骨组织精准适配功能材料及关键技术（共性关键技术）

研究内容：面向因骨质疏松、骨肿瘤、感染等导致的人体骨组织缺损疾病治疗的需求，研发对骨组织功能重建具有生物适配功能的高端无机非金属再生修复材料，突破大尺寸类骨无机非金属材料3D打印关键技术及表面后处理技术，阐明骨长入机制，实现骨组织功能重建。开发融合生物材料、医学影像、计算机模拟、增材制造、人工智能的先进骨组织修复与再生成套技术，发展外场驱动的非侵入性材料，促进无生命材料向具有健全功能组织的转化。

考核指标：获得3~5种无机非金属3D打印新材料，阐明材料和组织相互作用机制及细胞信号通路；研发4~6种电、磁、声、

光、热、力等外场驱动的新材料；3D 打印大尺寸无机非金属材料骨修复体连通气孔率 $>50\%$ ，孔径在 $100\sim 600\ \mu\text{m}$ 之间可控调节，压缩强度 $>40\ \text{MPa}$ ，实现大尺寸骨缺损的再生修复；建立术前组织三维重建与手术模型制备、术中手术定位导板与精准修复再生修复材料构建、术后康复材料设计的围手术期骨精准再生修复成套技术；完成骨再生精准修复材料的临床前研究，开展临床试验 20 例以上。

2.3 生物大分子药物输送载体材料（共性关键技术）

研究内容：针对感染、肿瘤、心血管等重大疾病的治疗，发展多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类高分子材料及其药物载体，递送免疫检查点抗体、抗感染性疾病的治疗性抗体和 siRNA、mRNA、质粒等核酸类生物大分子药物，克服药物递送生物屏障，并研究药物输送载体工程化制备技术，实现高效药物输送和疾病治疗。

考核指标：获得 3~5 种多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类药用载体材料，其中 2 种及以上载体材料单批次合成规模 5 公斤以上；聚乳酸类聚合物分散度 <1.5 ，催化剂残留量低于临床医用标准；多羟基聚阳离子材料的羟基/胺基比不小于 2，在工作浓度下，溶血阴性；获得 3~5 种基于多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类医用材料的生物大分子药物输送载体，药物负载效率 $>95\%$ ，药物含量 $>5\%$ ；建立 2 种以上抗体、核酸类生物大分子药物输送载体规模化制备技术，单批次生产规模 >1000 支（单支含药量为单人单次给药量），完成至少 1 种的临床前评价。

2.4 基于重大疾病分子诊断的生物材料与探针(共性关键技术)

研究内容：面向重大传染病、肿瘤、心脑血管等重大疾病的早期检测、动态示踪及可视化监测，研究具有重大疾病微环境刺激响应性或重大疾病标志物靶向能力的聚集诱导发光生物材料，明确构效关系，实现病灶部位和重大疾病标志物的高灵敏、特异性成像与检测；开发基于上述生物材料的便携式定量检测设备。

考核指标：获得 5 种以上用于重大传染病、肿瘤、心脑血管等重大疾病的早期检测、动态示踪及可视化监测的聚集诱导发光生物材料，针对病灶部位成像的敏感性 $>90\%$ ，病灶部位与正常组织的对比信噪比 >100 ，针对疾病标志物检测的分析时间 <20 分钟，变异系数 $<5\%$ ，对疾病诊断的敏感性 $>80\%$ 、特异性 $>80\%$ ，疾病标志物检测限 <1 ng/mL；完成各类疾病不少于 500 例临床样本的检测；研制出 2~3 种基于上述材料的便携式定量检测设备。

3. 高端分离膜及催化材料

3.1 混合基质型水处理膜材料规模化制备技术(示范应用)

研究内容：围绕海水淡化、盐湖资源利用的应用需求，解决无机纳米粒子相与有机高分子材料相界面匹配问题，精准构筑水处理膜微结构和表面性质；研制高通量和高脱盐率的混合基质反渗透膜、一二价离子高分离率的纳滤膜和大通量低盐透正渗透膜，研发规模化的混合基质膜生产线；开发超滤、纳滤、反渗透、正渗透等耦合的多膜法海水淡化、盐湖锂资源提取等工程化应用技术，开展工程应用示范。

考核指标：混合基质型反渗透膜元件性能（32000mg/L NaCl，5.5MPa，25°C）：水通量 $\geq 1.2\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，盐截留率 $>99.7\%$ ；混合基质纳滤膜元件性能的截留分子量：200~400Da，水通量 $\geq 30\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，一二价离子的分离率大于 90%。形成 10000 支/年 8040 混合基质膜元件的生产能力、万吨/日的工程应用示范。正渗透膜元件性能（1mol/L NaCl 为汲取液，去离子水为原料液，25°C）：水渗透通量 $\geq 10\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 、盐反混通量 $\leq 0.2\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。形成 10 万 m^2 /年混合基质正渗透膜的生产能力。

3.2 高性能混合基质气体分离复合膜规模化制备及应用（共性关键技术）

研究内容：围绕二氧化碳减排和能源气体高效分离的应用需求，开发高 CO_2 分离性能的纳米填料，实现对其形貌、尺寸和气体传输通道的有效调控，提高纳米填料在聚合物基质中的分散性和稳定性；设计混合基质复合膜的规模化生产装置，评价所制膜在多种分离体系下的分离性、均匀性和耐杂质性；开发混合基质膜组件的卷制工艺和用于 CO_2 分离的混合基质膜中试装置。

考核指标：开发出 3 种以上高性能 CO_2 分离纳米填料，形成混合基质复合膜规模化制备的关键技术，设计出可规模化制备超薄无缺陷混合基质复合膜的生产线并连续制备出幅宽大于 1m 的膜产品，生产线所制大规模混合基质膜在 CO_2/N_2 （15/85）、 CO_2/CH_4 （10/90）和 CO_2/H_2 （40/60）混合气体体系下测试， CO_2 渗透速率分别 $\geq 1000\text{ GPU}$ 、 400 GPU 和 300 GPU ，分离因子分别

≥80、60 和 40；利用所制混合基质复合膜批量卷制出工业规模膜组件，单个膜组件的膜面积大于 25m²，建成并稳定运行 1000Nm³/h 的中试装置，运行考核时间大于 1000h。

3.3 抗热震耐高压多孔无机膜制备与应用（共性关键技术）

研究内容：针对石油化工与核电领域的节能减排及安全生产需求，研究低温原位烧结成型技术和孔结构精准调控技术，开发高性能无机膜规模化制备技术；研究石化行业高温气体净化膜装置及反冲控制技术并实现工业应用；研制射流乳化无机膜技术并在典型反应体系实现工业应用；研究第四代核电燃料系统用耐高压、高精度气体净化膜装置及高效除尘技术并实现工业应用。

考核指标：开发出 3 种以上的无机膜新产品，抗热震温差 ≥800°C，抗折强度 ≥20MPa，形成 5000m²/年的高性能无机膜生产能力；建成 1000 Nm³/小时的石化行业高温气体净化膜装置，运行温度 >400°C，运行考核时间 >1000 小时，高温气体中粉尘脱除率 >99.9%；形成 200 万吨级以上射流乳化膜反应耦合技术的工艺包，并在重油催化裂化工艺中得以实施，运行考核时间 >1000 小时；建成耐高压、高精度核电燃料系统气体净化膜装置，除尘精度达到 0.3μm，除尘效率 >99.9%，耐压 >8MPa，反冲洗再生次数 3000 次以上，运行考核时间 >1000 小时。

3.4 高性能电驱动离子膜制备技术及应用示范（示范应用）

研究内容：围绕高盐废水减量化、资源化和化工清洁生产等应用需求，研制具有高浓缩性能的电渗析膜材料和高产碱性能的

双极膜材料；研究高性能盐浓缩膜材料规模化制备技术，开发含盐废水的高倍率、低能耗的电渗析浓缩技术；研究高产碱通量、高产碱浓度的双极膜材料规模化制备技术，研究双极膜中间层催化剂流失机理及延寿技术；进行高性能电驱动离子膜的规模化生产及应用示范。

考核指标：形成 10 万 m^2 /年的电渗析膜生产能力，膜片幅宽 $\geq 1.0 \text{ m}$ ，膜电阻 $< 3\Omega \cdot \text{cm}^2$ ，迁移数 $> 98\%$ ；盐浓缩浓度 $> 21 \text{ wt.}\%$ （NaCl 溶液），盐浓缩能耗 $< 180 \text{ kWh/吨 NaCl}$ ，建成千吨/日的工程应用示范；形成 5 万 m^2 /年的双极膜生产能力，膜片幅宽 $\geq 1.2\text{m}$ ，双极膜初始水解离压降 $\leq 1.2\text{V}$ （电流密度 100 mA/cm^2 ），连续运行 1000 小时后，水解离压降增加幅度 $\leq 1\%$ ，产碱能力 $\geq 0.2\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ NaOH，产碱浓度 $\geq 5\text{mol/L}$ ，产碱能耗 $\leq 1500 \text{ kWh/吨 NaOH}$ ，碱转化率 $\geq 85\%$ ；在盐制酸碱等领域建成不小于 500 吨/日的工程应用示范。

3.5 面向耐溶剂型复合有机膜制备的关键材料技术（共性关键技术）

研究内容：围绕化工、医药、生物、食品等领域溶剂回收和纯化的应用需求，研制高稳定耐溶剂的聚醚醚酮和含氟类等高分子制膜材料，建立膜材料在溶剂体系中的稳定性评价方法；研究耐溶剂型复合有机膜材料表界面结构调控和制备技术，开发膜组件结构设计及封装关键技术；开发低成本规模化有机膜绿色生产技术。

考核指标：研制出 2 种以上可在有机溶剂体系（烃类、醇类、

酮类、酯类等)中长期稳定运行的有机高分子材料;开发出2种以上耐溶剂有机膜及1种以上新结构膜组件,在溶剂环境中运行考核时间大于两年,膜性能衰减不高于10%;实现制膜材料的规模化生产,满足单条年产量大于10万m²制膜生产线的使用量。

3.6 重要反应过程催化材料的贵金属减量化关键技术(示范应用)

研究内容:针对烷烃脱氢、乙炔选择性加氢和氨及胺类化合物、煤基甲酸甲酯、抗生素合成、维生素合成等典型反应过程,研究载体微区晶格限域和晶格诱导等对贵金属分散结构和局域电子结构的调控机制;发展高效、单分散贵金属催化材料结构精准控制方法和宏量制备关键技术;开发贵金属等效减量化、高稳定抗流失的系列单分散负载型催化材料,研究金属间化合物催化材料;开展代表性反应的应用示范。

考核指标:同等活性水平下,贵金属用量比传统催化剂减少20%以上,催化剂成本较传统催化剂降低20%以上,特定目标产物选择性不低于95%;同样工艺条件下,反应周期比传统催化剂延长一倍,贵金属组元流失率降低50%;建立4条年产百吨级催化剂规模化制备装置,在3个以上万吨级典型反应体系过程中完成应用示范。

3.7 反应过程强化用结构化催化剂关键技术(示范应用)

研究内容:针对化工过程中传热、传质限制带来的高能耗、高物耗和高污染等问题,开发以规则整体材料为载体的结构化催

化剂反应强化技术，研制面向苯二酚和己内酰胺高效绿色生产的结构化钛硅分子筛催化剂、面向丙二酸绿色生产的催化—分离—一体化结构化固体酸催化剂，开发相应的固定床反应工艺；研究表面缺陷结构可控的炭基结构化催化剂，发展偏氟乙烯清洁生产新工艺；开展结构化催化剂在苯二酚、己内酰胺、丙二酸等清洁生产中的工业示范。

考核指标：研究出 3 种以上结构化催化剂，完成 1000 小时催化剂性能评价，形成 100m³/年的结构化催化剂规模化生产能力；开发出 3 种以上清洁生产新工艺；钛硅分子筛结构化催化剂在 1000 吨/年苯二酚生产装置中实现工程应用，苯酚的转化率 ≥ 85%，在 10 万吨/年己内酰胺水体系氨肟化—溶剂重排装置中实现工程应用，环己酮转化率和环己酮肟选择性均 ≥ 99.9%；结构化固体酸催化剂在 1500 吨/年丙二酸生产装置中实现工程应用，丙二酸收率 > 95%。

4. 机敏/仿生/超材料

4.1 温度—热流—应变敏感材料及传感器研发（共性关键技术）

研究内容：面向航空发动机燃气轮机高温区温度、应变、热流等参数准确测试的迫切需求，研究多层敏感薄膜沉积技术、界面应力调控方法、典型薄膜传感器制造等关键技术，发展与金属结构件一体化集成的薄膜传感器，形成完整的高温薄膜传感器制造方法与技术标准，实现器件应用。

考核指标：在 800~1800°C 温度测量范围内，薄膜温度传感器

塞贝克系数 $>5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、响应时间 $\leq 1\text{ms}$ ；应变计最高工作温度 1000°C 、应变因子 $\text{GF}>2$ 、应变测量范围 $0\sim 800\mu\epsilon$ 、测量误差 $\leq \pm 10\%$ ，响应频率不低于 1kHz ；薄膜热流计最高工作温度 1000°C 、灵敏度 $>80\mu\text{V}/(\text{W}/\text{cm}^2)$ 、响应时间 $<0.2\mu\text{s}$ ；传感器总厚度不大于 0.1mm 。实现对新一代航空发动机典型工件的表面温度、热流、应力参数的准确检测。

4.2 特异性分离和能量转换仿生材料（共性关键技术）

研究内容：面向海水提取锂、铀等战略性资源元素及浓差电池发电技术的需求，发展超浸润乳液分离、元素富集以及能量转换仿生材料及器件，开发仿生微纳孔膜的离子筛分和富集材料，研究基于仿生微纳孔膜渗透能转换器件集成技术及能源转换器件。

考核指标：仿生微纳孔膜材料用于海水提锂及海水提铀，在锂离子初始浓度不高于 10ppm 的海水中锂吸附量达到 $20\text{mg}/\text{g}$ ，铀吸附量由商用吸附膜的21天 $6\text{mg}/\text{g}$ 提升到 $20\text{mg}/\text{g}$ 。自清洁油水分离功能高分子膜纯水通量 $\geq 3\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ ，油水乳液分离功能的高性能膜材料将污水含油量自 $1000\text{mg}/\text{L}$ 降至 $5\text{mg}/\text{L}$ 以下，较传统气浮工艺节能 50% 以上。高浓度梯度电解质体系渗透能转换器件功率密度 $\geq 10\text{W}/\text{m}^2$ 。

4.3 基于电磁模态耦合的新型功能超材料（共性关键技术）

研究内容：面向信息技术、高端技术装备等领域中特定工作频段光源、探测和波导器件的重大需求，开发室温工况的太赫兹二次谐波超材料，实现太赫兹谐波高自由度人工调控；发展基于

超材料光电转换的非制冷、超快红外探测器件；发展基于各向异性激元表面波或表面模的新型低损耗高信息量二维表面波器件，扩展表面波的信息承载能力。

考核指标：太赫兹二次谐波超材料工作频段 0.3~5.0THz，二阶非线性极化率高于 5 nm/V，响应时间小于 1 ns。光电探测超材料器件实现红外波段信号探测，非制冷条件下工作温度不低于 290K。新型低损耗高信息量二维表面波器件工作波段 488~780nm，支持两种不同自旋态的表面波的传播并具有区分两种自旋态的能力，损耗低于 3dB/10 μ m。

4.4 声学超材料及集成器件（共性关键技术）

研究内容：面向大飞机、高速铁路、新能源汽车、医学成像等应用对振动与噪声控制、声波传输用超材料的重大需求以及高速移动通讯对声学超构器件的需要，开发声学超材料设计技术，发展基于 3D 打印等先进制造手段的声学超材料制备方法，研发具备宽带、全向等优异吸声、隔声特性的声结构功能材料和基于拓扑声学的全固态集成声学器件，实现基于超材料的低频声波定向传输，开发有效提高超声穿透性能并实现高分辨颅脑超声成像的声学超材料。

考核指标：声学超材料在空气介质中设计频带范围 20~800 Hz，设计带宽 ≥ 200 Hz，厚度 ≤ 30 mm，其中吸声超材料实现设计带宽内吸声系数 ≥ 0.85 、平均值 ≥ 0.95 ，隔声超材料在面密度不大于 10kg/m² 条件下实现设计带宽内插入损失 ≥ 20 dB、平均值 \geq

30 dB。中频超构声学器件的工作频率 ≥ 100 MHz，室温品质因子 $Q \geq 10^4$ ，高频超构器件的工作频率 ≥ 3 GHz，室温品质因子 $Q \geq 5 \times 10^3$ ，滤波器带宽的可设计范围优于 0~3%，带外抑制 ≥ 40 dB，插入损耗 ≤ 5 dB。超声成像用超材料的超声穿透效率 ≥ 0.7 。

5. 特种与前沿功能材料

5.1 苛刻环境用润滑密封材料与技术（共性关键技术）

研究内容：针对高端装备服役环境复杂化、工况极端化、核心指标极致化、性能要求功能化等发展趋势，开发耐高温动密封材料技术和高温高载荷防腐蚀润滑技术，研制减摩耐磨耐蚀功能一体化材料和抗辐照耐磨润滑材料，突破苛刻润滑密封设计方法和润滑密封材料可控制备技术，满足高端装备极限设计要求，取得重大工程应用。

考核指标：耐高温动密封材料技术：用于燃油泵和航天发动机，高温 350°C 、高速（ 30m/s ）、 5000h 近零泄漏，宽温域 $25\sim 1300^\circ\text{C}$ 下摩擦系数 ≤ 0.35 。减摩耐磨耐蚀功能一体化材料：用于航空发动机，耐盐雾 $\geq 1000\text{h}$ 、宽温域（ $-55\sim 300^\circ\text{C}/-55\sim 650^\circ\text{C}$ ）、摩擦系数 ≤ 0.30 。抗辐照耐磨润滑材料：用于反应堆控制系统，经 $10^{21}/\text{m}^2$ 粒子辐照，离位损伤 $\leq 5\text{dpa}$ ，摩擦系数 ≤ 0.1 ，耐磨寿命 $\geq 1 \times 10^7$ 转。高温高载荷防腐蚀润滑技术：用于重型直升机等高载荷传动系统，承载能力达参考油 190% 以上、氧化试验（ 175°C ）酸值 $\leq 2\text{mgKOH/g}$ 、与丁腈等密封材料相容，通过海水腐蚀试验。

5.2 可反复化学循环生物降解高分子材料（示范应用）

研究内容：针对一次性使用塑料制品废弃后难回收所造成的资源浪费和环境污染问题，研制满足不同力学性能和耐热性能需要的、可实现高效化学回收循环并且可完全生物降解的聚对二氧环己酮（PPDO）、聚己内酯（PCL）、聚左旋丙交酯（PLLA）等高分子材料，突破单体与聚合物的可控绿色合成、高单体选择性的聚合物高效解聚、回收单体的分离纯化等关键技术，开展单体、聚合物合成、聚合物解聚回收单体的中试和示范生产技术研究。

考核指标：形成百吨级 PPDO、千吨级 PCL、万吨级 PLLA 等 3 种生物降解高分子材料的单体与聚合物的合成能力。PPDO：拉伸强度 ≥ 40 MPa，断裂伸长率 $\geq 400\%$ ，解聚单体回收率 $\geq 95\%$ ，回收单体再聚合 PPDO 特性粘数 ≥ 1.8 dL/g；PCL：拉伸强度 ≥ 20 MPa，断裂伸长率 $\geq 500\%$ ，解聚单体回收率 $\geq 95\%$ ，循环回收单体再聚合 PCL 分子量 ≥ 80 KDa；PLLA：拉伸强度 ≥ 60 MPa，解聚后左旋丙交酯的回收率 $\geq 95\%$ ，光学纯度 $\geq 98\%$ ，循环回收单体再聚合 PLLA 分子量 ≥ 160 KDa。由回收单体制备的三种聚合物的生物降解性与原聚合物相同，可全生物降解。

5.3 低环境负荷无机胶凝材料（示范应用）

研究内容：面向现代都市、高速交通、重大公共安全设施建设对材料高性能化和低环境负荷的双控需求，以硅酸盐无机胶凝材料全生命周期环境负荷最低为目标开展生态设计，研究材料性能提升与生命周期低环境负荷协同改进模式及其交互作用机理，

开发原料活化、过程强化净化、污染抑制等胶凝材料生产技术，研发低品位/非传统原料活化与有害组分固化/钝化、高温反应过程强化与污染排放抑制、材料应用成型速率调控与性能提升等关键技术，形成材料流程多维管控技术工业应用、材料产品重大基础设施建设示范应用。

考核指标：建立低环境负荷无机胶凝材料生态设计理论方法，开发覆盖产品全生命周期、多维度指标、数据本土化率>90%的设计软件/数据库系统2套以上；低品位/非传统原料高温反应活性提高10%以上，有害组分固化/钝化率90%以上；熟料综合煤耗<95kgce/t、碳排放<835kgCO₂/t、NO_x≤50mg/Nm³；综合环境负荷降低12%以上；熟料强度60MPa，耐久性能提高10%，抗氯离子渗透系数（RCM法）<2.5×10⁻¹²m²/s，高质服役寿命提升20%以上；建设产能500万吨/年以上的低环境负荷无机胶凝材料工业示范，单条生产线规模不低于200万吨/年；形成系列材料工程示范应用6项以上。

6. 材料基因工程应用技术

6.1 数据驱动的新型高性能功能材料智能化研发与应用（共性关键技术）

研究内容：基于数据驱动技术，针对功能材料成分工艺敏感、数据稀疏和高噪音的特点，基于不确定量化分析，发展功能材料数据质量清洗和控制技术，建立评估准则，建设包含不确定分析的典型功能材料高精度专题数据库；发展适用于功能材料的物理

化学描述符，开发基于材料领域知识的功能材料特征参量优化筛选算法，基于因果关系挖掘技术，构建具有物理可解释性的材料特征参量与目标性能的机器学习模型和数学表达；发展基于主动学习的多目标自适应协同优化理论、算法和软件，耦合高通量实验迭代，实现功能材料性能的多目标智能优化；研发材料高通量计算与大数据技术相互融合和迭代的新型功能材料智能设计技术，在能源材料、生物医用材料、催化材料、特种功能材料等研发中进行应用，研发出具有自主知识产权和应用前景的新型高性能功能材料。

考核指标：研发出 3~5 种具有自主知识产权的能源材料、生物医用材料、催化材料、特种功能材料等典型的新型高性能功能材料，相关材料的性能指标均为国际领先水平，1 种以上材料能够替代目前进口产品；形成 3 项以上材料数据质量评估与控制技术和准则；建成材料高通量计算与大数据有机融合的新型功能材料智能设计平台和专题数据库，数据量>100 万条，满足 5 类以上典型功能材料智能设计的需求；形成 3 项以上功能材料特征参量优化筛选方法、多目标优化方法，研发出 3~5 种具有自主知识产权的新型高性能功能材料，1 种以上材料获得应用；申请软件著作权登记不少于 3 件。

6.2 新型膜材料的理性设计与集成制备（基础前沿技术）

研究内容：针对气体分离用膜材料的巨大需求，从材料基因工程理念出发，以 MOF/COF 膜材料为对象，探索新型膜材料 ≥

10²级并发式高通量计算，筛选≥10⁶种分离膜材料，实现≥64个/批次组合制备方法等材料基因工程关键技术：结合多层次模拟计算方法，建立膜材料多组元热力学、动力学和结构等数字化数据库；研究基于构筑模块的膜材料高通量组装、膜性能计算和筛选方法；建立新型膜材料的高通量制备与测试表征方法，及组元、结构与制备工艺集成设计方法；发展出具有自主知识产权的新型高效膜材料，面向典型气体分离开展应用示范。

考核指标：建立包含10⁶种以上MOF和COF典型分子结构的数据库；开发每小时可组装出10⁵种以上材料的高速材料构筑算法和高性能筛选模拟方法，实现≥10²级的并发式高通量计算，形成基于材料基因工程的新型膜材料设计系统与计算机软件；开发≥64个/批次MOF/COF膜材料的高通量制备技术平台，针对CH₄/N₂、烯烃/烷烃等典型气体环境分离，进行验证性应用；开发1~2类膜气体渗透速率≥10³GPU级，CH₄/N₂分离因子≥5的新型MOF/COF膜材料；申请软件著作权登记不少于3件。

6.3 基于材料基因工程的多铁性材料的性能调控（共性关键技术）

研究内容：面向信息存储领域对多铁性材料的巨大需求，利用材料基因工程的先进理念、方法和技术，探索多铁性序参量从相互排斥到相互融合的可能方案；深入研究多铁性材料中多重序参量共存、耦合与竞争的微观机理，探索由此诱发多铁性的新原理、发现新材料；发展用于多铁性材料性能预报与设计的高通量

计算模型和方法，显著增强铁电性、磁性与磁电耦合效应；发展多铁性材料快速合成与制备技术，制备各类结构与成分可控的强磁电耦合多铁性新材料及其异质结，并对其结构和多场耦合性能进行精确表征；阐明多铁性在外场中的演化和调控机制，构筑基于新材料的原型器件。

考核指标：突破 2 项以上多铁性新材料设计和制备的新原理、新方法和新技术，研究出 2~3 个（近）室温强磁电耦合单相多铁性材料新体系；揭示多铁性材料中铁性序参数共存的微观机制，设计出不少于 2 种具有拓扑磁电畴的多铁性异质结构；构筑超低功耗（ $<0.01\text{pJ/bit}$ ）、快速处理（ $<10\text{ns}$ ）的多态非易失存算一体新原型器件；申请软件著作权登记不少于 2 件。

6.4 可控应变率加载功能梯度材料的高通量设计与动态评价技术（共性关键技术）

研究内容：针对重大工程对增强关键材料在多应变率载荷下服役过程中的可靠性和安全性等重大需求，开展功能梯度材料的组元体系设计与筛选，确定材料密度、波阻抗以及弹性常数等的变化范围；构建功能梯度材料设计参数的数据库；阐明材料波阻抗分布与加载应变率之间的关联以及实现可控应变率加载功能的物理机制；实现功能梯度材料实现可控应变率加载功能的高通量设计；建立面向典型可控应变率加载功能梯度材料的高通量实验评价技术。针对重大工程对增强关键材料在多应变率载荷下服役过程中的可靠性和安全性等重大需求，开展功能梯度材料的各组

元体系及其多物性参量的高通量计算，构建功能梯度材料设计参数的数据库；开展多材料体系、宽组成范围梯度材料加载过程的仿真模拟与高通量设计，阐明材料波阻抗分布与加载应变率之间的关联以及实现可控应变率加载功能的物理机制；开展面向典型可控应变率加载功能梯度材料的高通量评价研究，建立可控应变率加载实验技术。

考核指标：建立多材料体系、宽组成范围、可控应变率加载功能梯度材料设计参数的数据库；构建功能梯度材料的高通量、多尺度计算平台，实现 $\geq 10^2$ 级的并发式高通量计算；研制3~5种具有可控应变率加载功能的梯度材料并且材料前后端材料的密度倍差 $\geq 10^2$ ，最低密度小于 0.15 g/cm^3 ；建立应变率范围为 $10^4\sim 10^6/\text{s}$ ，加载应力达到 100GPa 量级的可控应变率加载高通量评价技术；申请软件著作权登记不少于3件。

7. 青年科学家项目

7.1 新型高密度储氢材料

研究内容：针对金属氢化物热力学和动力学制约，探索基于多策略改性的新型制备技术和新机制、新理论，发展高密度储氢材料新体系；研究新体系下的材料组成、维度、晶型、形貌与材料吸/放氢热力学和动力学性能的关系，掌握相应调控方法。

考核指标：提出2~3种改善储氢性能新策略、新理论，发展出2~3种储氢材料新体系，2~5种新型储氢材料，其可逆容量比现有体系提高30%以上。

7.2 限域传质效应的分离与催化材料设计制备

研究内容：研究分子、离子等在特定纳微结构中的超常行为，突破分离材料的选择性和渗透性相互博弈的瓶颈；研究具有有限域效应的分离、催化材料微结构形成机理及调变规律；研究分子结构设计与调控、微结构的多层次调控和优化方法；构建适合水、离子、气体分子等传递通道，开发原创性的分离膜材料、单原子催化专用制备技术。

考核指标：发展出变革性分离膜材料，分离性能呈现倍增效益，形成限域传质分离膜应用范例；或发展出单原子催化材料，催化性能极大提升，形成单原子催化应用范例。

支持项目数：2 项

7.3 航空燃油用聚结分离材料及其装置研究

研究内容：针对航空喷气燃料聚结分离用关键材料，解决滤材在低界面张力、水滴粒径小、流量大的条件下航空喷气燃料中水滴难以分离的难题，研究航空喷气燃料添加剂对水滴聚结性能及材料润湿性能的影响，开发聚结分离关键材料的结构设计方法，研制高效率、高纳污容量的聚结分离关键材料及工程化制备技术和聚结分离装置。

考核指标：聚结分离装置的纳污容量 $\geq 1.43 \text{ g}/(\text{L}/\text{min}$ 额定流量)，滤后燃料的洁净度指标：游离水含量 $< 15 \text{ mg}/\text{L}$ ，固体杂质含量 $< 0.26 \text{ mg}/\text{L}$ ，纤维含量 $< 10 \text{ 根}/\text{L}$ 。

7.4 熵调控合金新材料及其微纳结构设计

研究内容：针对抗震防灾安全监控和生物医用领域对高灵敏

度传感材料的需求,发展基于成分和原子堆垛结构的熵调控方法,研究熵对应力阻抗效应、电化学活性、生物相容性、微纳形貌形成过程的影响规律和机制,研制熵调控合金传感材料,构筑多形态、多层次微纳拓扑形貌,探索熵调控合金材料在安全监控和生物传感器中的应用。

考核指标: 开发出 3~5 种熵调控合金材料, 构型熵可调范围 $\geq 5 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$; 100MPa 下应力阻抗比 $\geq 100\%$; 单层级拓扑形貌的特征尺寸在 10nm~10 μm 范围内可调, 多层次拓扑形貌的骨架 $\geq 5\mu\text{m}$ 、孔径 $\leq 15\text{nm}$, 比表面积 $\geq 50\text{m}^2/\text{g}$, 电化学或光学检测灵敏度比无微纳拓扑形貌的同成分熵调控合金提高 5 倍以上。

支持项目数: 2 项

“高端功能与智能材料”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，“高端功能与智能材料”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

本批榜单围绕集成电路、高铁和大数据等重大应用场景，拟解决高性能引线框架铜合金的设计开发、牵引电机效率和功率密度提升、液冷数据中心热管理材料设计制备等关键实际问题，拟启动3个项目，共拟安排国拨经费不超过9000万元。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、攻关和考核要求

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. 高效能牵引电机关键材料与集成技术

需求目标：针对城际交通装备对高效率、高功率密度牵引电机的发展需求，研究大尺寸高导电铜基复合材料、高性能永磁和软磁材料的可控制备工艺和性能调控技术；开发高导电铜基复合材料与高性能永磁和软磁的工程化制造技术；发展基于高导电铜基复合材料与高性能磁性材料的牵引电机集成设计与制造技术，

研制高效牵引电机并开展应用。具体需求目标如下：

(1) 铜基复合材料：导电率 $\geq 118\%IACS$ ，抗拉强度 $\geq 200MPa$ ，中试样件长度 $\geq 50m$ ，导电率 $\geq 108\%IACS$ 。

(2) 磁性材料：剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ，室温磁能积 $\geq 35MGOe$ ， $150^{\circ}C$ 下磁能积 $\geq 30MGOe$ ，抗弯强度 $\geq 160MPa$ ，中试样件磁性均匀度优于 $\pm 0.5MGOe$ 。

(3) 软磁铁芯：饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.75T$ ， $P_{1.5T/150Hz} \leq 1.2W/kg$ ， $P_{1.5T/400Hz} \leq 3.5W/kg$ 。

(4) 牵引电机：基于上述材料研制的牵引电机，在 S1 工作制下，功率密度 $\geq 1.2kW/kg$ ，最高效率 $\geq 97.5\%$ ，装车测试数不少于 2 台套。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：探索高导电率铜基复合材料关键制备技术；研究低剩磁温度系数、 $150^{\circ}C$ 下高磁能积磁体的生产工艺；研究高饱和磁感应强度的软磁铁芯的制备技术；开始高效能牵引电机的仿真设计和模拟。

考核指标：铜基复合材料高导电率 $\geq 108\%IACS$ ，抗拉强度 $\geq 180MPa$ ； $150^{\circ}C$ 下磁能积 $\geq 28MGOe$ 的磁性材料，其剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ，室温磁能积 $\geq 32MGOe$ 。

项目执行期满 2 年：获得高导电率铜基复合材料关键制备技术；获得低剩磁温度系数、 $150^{\circ}C$ 下高磁能积磁体的生产工艺参数；掌握高饱和磁感应强度的软磁铁芯的基础实验参数，完成高

效能牵引电机的仿真设计和模拟。

考核指标：铜基复合材料的导电率 $\geq 118\% \text{IACS}$ ，抗拉强度 $\geq 200 \text{MPa}$ ；高稳定性磁体室温磁能积 $\geq 35 \text{MGOe}$ ，剩磁温度系数优于 $-0.065\%/K$ ， 150°C 下磁能积 $\geq 30 \text{MGOe}$ ；软磁铁芯 $P_{1.5\text{T}/150\text{Hz}} \leq 1.2 \text{W/kg}$ ， $P_{1.5\text{T}/400\text{Hz}} \leq 3.5 \text{W/kg}$ ，饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.75 \text{T}$ 。

项目执行期满 3 年：研究基于上述材料的一致性、稳定性生产技术，完成材料的牵引电机装机实验。

考核指标：基于上述材料的牵引电机，在 S1 工作制下，功率密度 $\geq 1.2 \text{kW/kg}$ ，最高效率 $\geq 97.5\%$ ，装车测试数不少于 2 台套。

榜单金额：不超过 3000 万元。

2. 高端集成电路引线框架铜合金材料研发

需求目标：针对国内集成电路引线框架材料以中低端产品为主，关键高端产品自给率低，大部分依赖进口等制约我国集成电路、电子通讯等战略性新兴产业发展的突出问题，采用材料基因工程方法开发高性能引线框架铜合金材料，并开展产业化关键技术研究，实现批量生产和实际应用。具体需求目标如下：

(1) 建立包含铜合金成分、工艺、组织、性能 4 个模块的数据库，收录各类数据 1000 条以上；建立铜合金成分—强度&导电率模型，模型精度 $\geq 90\%$ 。

(2) 高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系引线框架材料：抗拉强度 $\geq 880 \text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 850 \text{MPa}$ ，导电率 $\geq 45\% \text{IACS}$ ，弹性模量 $\geq 125 \text{GPa}$ ，软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$ ，Co $\leq 1 \text{wt}\%$ ，成材率 $\geq 50\%$ ，建设

年产 5 千吨级生产线。

(3) 蚀刻框架用高强高导铜铬系材料: 抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$, 屈服强度 $\geq 560\text{MPa}$, 导电率 $\geq 75\%\text{IACS}$, 弹性模量 $\geq 125\text{GPa}$, 软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$, 残余应力 $< 35\text{MPa}$, 蚀刻后扭曲 $< 0.5\text{mm}$ 、侧弯 $< 0.04\text{mm}$, 形成年产千吨的生产能力。

(4) 高端引线框架用铜合金带材: 厚度 $0.08\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$ 、宽度 600mm 以上, 厚度公差 $\pm 2\%$ 、宽度挠曲 $\leq 0.05\text{mm}$ 、粗糙度 $\leq 0.10\mu\text{m}$ 。

(5) 开展引线框架铜材应用与评价体系研究, 编制产品标准或技术规范。研制新产品、新技术 2 项, 申请发明专利 10 件以上, 编制相关标准或技术规范 2 项以上, 实现新型引线框架铜材示范应用 2 项以上。

时间节点: 研发时限为 2 年。

项目执行期满 1 年: 实现引线框架用高性能铜合金材料成分设计及关键制备技术开发, 建立产业化生产线。

考核指标: (1) 建立包含铜合金成分、工艺、组织、性能 4 个模块的数据库, 收录各类数据 1000 条以上; 建立铜合金成分—强度&导电率模型, 模型精度 $\geq 90\%$; (2) 开发出高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系引线框架材料: 抗拉强度 $\geq 880\text{MPa}$, 导电率 $\geq 45\%\text{IACS}$, 弹性模量 $\geq 125\text{GPa}$, 软化温度 $\geq 500^\circ\text{C}$, Co $\leq 1\text{wt}\%$, 建设年产 5 千吨级生产线; (3) 开发出蚀刻框架用高强高导铜铬系材料: 抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$, 导电率 $\geq 75\%\text{IACS}$, 弹性模量 \geq

125GPa，软化温度 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ ，形成年产千吨的生产能力；（4）研制新产品、新技术 2 项，申请发明专利 4 件以上。

项目执行期满 2 年：实现引线框架用高性能铜合金带材产品批量生产，各项性能指标满足示范应用需求，完成相关标准或技术规范的制定。

考核指标：（1）实现高端引线框架用铜合金带材批量生产，带材厚度 0.08~0.3mm、宽度 600mm 以上，厚度公差 $\pm 2\%$ 、宽度挠曲 $\leq 0.05\text{mm}$ 、粗糙度 $\leq 0.10\mu\text{m}$ ；（2）带材基本性能达到指标要求的同时，高性能低成本 Cu-Ni-Co-Si 系带材成材率 $\geq 50\%$ ；蚀刻框架用高强高导铜铬系带材残余应力 $< 35\text{MPa}$ ，蚀刻后扭曲 $< 0.5\text{mm}$ 、侧弯 $< 0.04\text{mm}$ ；（3）申请发明专利 6 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上，实现材料示范应用 2 项以上。

榜单金额：不超过 3000 万元。

3. 数据中心液冷热管理材料研发与应用示范

需求目标：围绕数据中心大量数据吞吐和运算所带来的能耗和散热等难题，完成高可靠性液冷热管理材料的筛选、设计、制备、性能测试、热控防护系统设计、运行测试，并实现液冷热管理材料的产业化与应用示范。具体需求目标如下：

（1）高可靠性液冷热管理材料分子设计。通过数据中心热仿真分析与液冷模式流动场模拟，开展多种含氟化合物基本物性、高温稳定性、对基材的兼容性研究，选定主体化合物及其组合物。满足以下性能：在 10GHz 条件下，介电常数 $DK \leq 2$ ，损耗因子

DF \leq 0.05; 击穿电压 \geq 3kV/mm, 运动粘度 \leq 9 \times 10⁻⁶ m²/s (40 $^{\circ}$ C), 沸点 \geq 130 $^{\circ}$ C, 燃点 \geq 235 $^{\circ}$ C, 开口闪点 \geq 200 $^{\circ}$ C, 导热系数 \geq 0.3W/(m \cdot K), 比热容 \geq 960J/(kg \cdot K); 基材浸泡兼容性符合要求; 化合物及组合物加速模拟稳定性符合要求。

(2) 液冷热管理材料的批量制备。在研究主体化合物合成与纯化规律、分子量调控与端基稳定化机制的基础上, 应用现代过程强化技术解决中试工程技术问题, 实现宏量制备, 产品性能指标符合前述要求。

(3) 数据中心液冷结构及热控防护系统设计与运行测试。完成液冷模拟、液冷结构及热控防护系统设计, 通过液冷热管理材料应用单机测试、系统运行测试。

(4) 应用示范。建成液冷热管理材料 1000t/年工业化装置, 实现稳定生产; 实现 2 套以上计算中心液冷应用示范。

时间节点: 研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年: 完成高可靠性液冷热管理材料分子设计、合成与纯化规律研究、中样制备。

考核指标: 完成至少 1 个新产品分子结构定型; 建立化合物高温稳定性、对基材兼容性的分析测试方法; 百 kg 样品的性能指标达到目标 (1) 要求; 申请发明专利 2 件以上。

项目执行期满 2 年: 完成数据中心液冷结构设计、热管理材料中样的测试评估; 完成热管理材料制备与复配中试研究, 解决中试工程化问题, 完成核心工业化装置工程设计。

考核指标：建立液冷单机和运行测试评估平台，液冷热管理材料中样通过评估；新产品 1 个；千吨级工程设计通过评审；申请发明专利 2 件以上，编制相关标准或技术规范 2 项以上。

项目执行期满 3 年：完成热管理材料工业化示范装置建设和试验，完成产品运行测试评估，建成应用示范装置，完成示范应用。

考核指标：热管理材料工业化示范装置负荷考核达到 1000t/a 生产能力，产品符合目标（1）指标要求；实现 2 套以上数据中心液冷热管理应用示范；申报发明专利 1 件以上。

榜单金额：不超过 3000 万元。

附件 5

“网络空间安全治理”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“网络空间安全治理”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：围绕全球网络公害、涉及民生的数据资产和“新基建”基础设施等领域的安全挑战，开展互联网基础设施、数据、网络公害、新技术新应用领域安全治理的战略性、基础性、前沿性研究，到 2025 年力争打造自立自强的网络空间安全治理技术体系，形成中国特色的网络空间安全治理方案，支撑“共建、共治、共享”的网络空间命运共同体建设。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、问题导向、强化基础、引领前沿的原则，围绕互联网基础设施治理、网络空间数据安全治理、网络公害与内容治理及新技术新应用安全治理等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 15 个项目，拟安排国拨经费 2.55 亿元。其中，拟部署 5 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安排国拨经费 3000 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。每个项

目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿技术类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，共性关键技术类和示范应用类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 抗量子计算的加密体系及安全机理研究（青年科学家项目）

研究内容：针对量子计算对传统密码体系的威胁，研究公钥密码算法经典数学困难问题的传统计算和量子计算算法；研究抗量子计算公钥加密、密钥封装、密钥交换、数字签名算法的设计理论与分析技术；研究抗量子计算密码算法的安全性；揭示对称

密码算法组件抗量子计算攻击的安全机理，刻画抗量子计算对称密码算法的安全强度。

考核指标：密码算法在电子计算和量子计算下的安全强度不低于 128 比特，给出具体参数选取下密码算法的电子计算和量子计算下的安全强度；设计抗量子密码算法 ≥ 10 个，开发提供抗量子计算公钥加密、密钥封装、密钥交换、数字签名等功能齐备的开源库；申请国家发明专利 ≥ 20 件，其中国际专利 ≥ 3 件，获批密码行业标准或国家标准 ≥ 3 项。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.2 隐私计算及安全保障基础理论研究（青年科学家项目）

研究内容：围绕建立体系化的隐私计算及安全保障理论，形成数据处理全流程的隐私保护能力，研究面向隐私信息采集、发布、共享等阶段的隐私计算及安全保障模型；研究多维度隐私信息形式化描述方法、隐私信息的智能感知技术；研究保护效果与数据可用性平衡的高效数据采集隐私保护技术；研究跨系统数据统计、查询、发布的隐私保护技术；研究隐私信息延伸控制、销毁与取证溯源监管机制；研究场景适应的隐私动态度量与隐私保护效果评估技术。

考核指标：提出不少于 5 类数据采集本地差分隐私保护机制和信息率失真隐私保护机制；提出不少于 5 类跨系统数据发布和查询统计的扰动、脱敏混淆等机制；提出跨系统转发行为的延伸控制和隐私侵犯行为的审计监管机制；开发隐私动态度量与保护效果评估工具集，支持不少于 5 类的隐私保护算法保护效果评估。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 面向去中心化网络的信任模型与密码算法研究（青年科学家项目）

研究内容：针对去中心化网络中身份互认困难、共识性能要求高、核心密码算法缺乏设计与分析的问题，研究去中心化内生信任建立与跨域管理技术；研究去中心化网络共识机制设计与分析方法；研制去中心化网络节点身份管理系统；研究面向去中心化网络应用的加密算法和数字签名算法；研究去中化网络安全评估模型与主动动态防御方法；研究去中心化网络节点的身份可信认证与授权技术。

考核指标：设计满足大规模去中心化节点信任管理的轻量级信任模型1个；提出至少1种新型节点共识算法，共识节点数超过200个，事务处理时延小于800ms；设计至少1种适用于去中心化网络的新型加密算法和数字签名算法，单核验签处理速度大于40000次/秒；构建一套去中心化网络安全评估模型，提出一种去中心化网络主动动态防御方法；研制一套软硬件自主可控去中心化网络节点的身份管理系统，支持每秒签发可信凭证大于100000个，支持亿级可信凭证管理。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.4 面向网络公害治理的知识图谱构建理论研究（青年科学家项目）

研究内容：针对新型匿名化网络公害源头发现难、取证难、

溯源难等问题，研究网络公害的多模态信息抽取技术；研究基于公害威胁数据时态特征的知识图谱构建方法；研究适合网络公害治理的知识图谱存储方法；研究基于图挖掘的公害源关联分析方法；研究匿名网络公害行为主体画像及个体影响力分析模型；研究主体行为预测、特定群体公害行为预测的技术；研究面向特定公害行为群体的画像追踪技术。

考核指标：实现 1 套数据规模在 TB 级别的公害威胁知识图谱系统，支持 10 种以上的异构数据输入，支持亿级以上的图数据查询和机器学习处理，支持近实时的数据更新；设计实现公害源关联分析模型和策略不少于 3 项；可发现网络公害行为的匿名化手段不少于 2000 种，匿名网络公害行为主体刻画准确度达到 95%，匿名化网络公害主体源头定位精确到城市级别，主体行为预测准确度达到 90%；支持不少于 10 种特定群体公害行为类型，且每种群体公害行为预测成功率达到 80%。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.5 人工智能安全防御及评估技术（青年科学家项目）

研究内容：研究偏见等定向、非定向风险，突破人工智能模型脆弱性分析理论基础，设计面向数据和模型的检测、防御方法；突破鲁棒性人工智能核心理论，设计对抗训练、网络蒸馏等人工智能模型防御方法；研究面向神经网络模型的复制、破坏、非法分发等行为的防御手段；研究面向人工智能模型的安全性评估体系，突破人工智能可解释性难点，研发模型的可信性、公平性、

鲁棒性与可解释性评测工具。

考核指标：提出人工智能模型脆弱性分析、鲁棒性分析与可解释性评测核心理论体系；提出不少于 5 种针对分类器威胁的检测和防御方法、不少于 3 种面向数据和模型的去偏方法、不少于 5 种鲁棒性人工智能算法、不少于 3 种人工智能模型安全完整性认证和盗版溯源方法、不少于 5 种人工智能模型安全性评测方法；支持不少于 3 种常用开发框架、上亿级神经网络参数的规模化安全防御与评估。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

2. 共性关键技术

2.1 纳米级芯片/硬件综合安全评估技术

研究内容：围绕纳米级处理器集成电路、微体系结构和芯片三个层面的硬件安全需求，研究微体系结构逆向工程技术和底层固件代码读取技术；研究处理器硬件脆弱性检测技术；研究具备验证权限正确性、数据完整性、信息私密性等的漏洞测评方法；研究能够与功能性电子设计自动化流程有效融合的安全验证方法及量化评估体系；研究面向白盒测试的芯片设计代码加速仿真与设计结构安全检测。

考核指标：支持不少于 5 类主流芯片厂商的处理器芯片的安全测试，支持对处理器微体系结构设计的批量形式化安全检测，可覆盖已发现的主要硬件安全漏洞；支持 Verilog 和 VHDL 两类设计语言的白盒测试加速仿真与设计结构安全检测，具备基于形

式化模型实现设计中时间、能量和电磁侧信道检测的能力；芯片层反向码点提取技术支持纳米级空间分辨率，底层固件代码读取技术支持微米级空间电磁能力和亚微秒级时间分辨率。

2.2 互联网源地址验证表的分布式生成协议及设备研发

研究内容：针对当前互联网体系结构缺乏源地址验证体系的问题，研究自治域内部的源地址验证表分布式生成协议；研究自治域之间的源地址验证表分布式生成协议；研发高性能路由器，实现基于源地址验证表的源地址验证功能，实现源地址验证表的分布式生成协议。

考核指标：支持源地址验证表的分布式动态生成；支持路由不对称和多路径路由场景下的源地址准确验证；自治域内部的源地址验证表生成协议支持路由环路检测；自治域之间的源地址验证表生成协议的通信开销不高于边界网关协议（BGP, Border Gateway Protocol）；提交 IETF 标准草案 3 项以上；路由器单槽位交换容量不低于 1.8T，单机端口交换容量不低于 36T。

2.3 高性能可扩展的资源公钥基础设施关键技术研究

研究内容：针对当前资源公钥基础设施（RPKI）存在的同步开销大、难以设置最长前缀长度、难以保障路径通告正确性等问题，研究 RPKI 的高性能数据同步方法，提高 RPKI 的可扩展性；研究 RPKI 最长前缀设置方法；研究 RPKI 根证书和授权单边撤销、删除、重写和增加的应急响应与主动防御技术；研究 RPKI 的路径验证技术；研究 RPKI 的路由策略验证技术。

考核指标：RPKI 资料库支持依赖方在分钟级别增量同步所有资料库，并保证依赖方对 RPKI 资料库视图的一致性；最长前缀设置既能支持灵活的流量工程优化，又能防范子前缀劫持；提出降低 RPKI 对 5 个信任锚依赖程度的新技术，有效降低 RPKI 根证书和授权单边撤销、删除、重写和增加的风险；通过同时支持源验证、路径验证以及路由策略验证，RPKI 对 BGP 路由劫持和路由泄露的有效防范率达到 95% 以上；提交 IETF 标准草案 2 项以上；在真实网络开展试验验证。

2.4 开放环境下大数据安全利用研究

研究内容：针对当前开放环境中数据泄漏、恶意篡改、删除等问题，研究海量数据存储服务中的轻量级加密和安全存储理论，以及相应的安全高效存储、数据备份、高效数据同步技术；研究加密数据的高效安全检索技术，实现数据不解密情况下常用的数据检索操作；研究加密数据的高效计算技术，支持常用的数据运算操作；研究对平台数据、检索结果和计算结果的高效完整性验证技术；研究对开放平台的数据滥用监管技术，实现针对开放平台数据滥用的有效监管。

考核指标：实现至少对 1PB 数据的高效存储、备份和同步；设计至少三种常用的加密数据计算方法，并在标准安全模型下证明其安全性；支持亿级数据量的存储、检索和计算，检索时间在秒级以下，并能对计算结果进行有效验证；实现存储、检索和计算的全日志功能，开展示范应用，供第三方进行监管。

2.5 智能终端场景中移动应用的隐私检测和分析研究

研究内容：针对智能终端场景中移动应用隐私保护与监管面临的底层安全支撑能力薄弱和运行时检测缺失难题，研究移动应用的数据敏感性量化及隐私保护效果评估方法；研究恶意应用和应用恶意收集数据行为的有效检测和准确溯源；研究从单一恶意应用检测到恶意应用家族检测以及恶意应用开发者、发布者和传播渠道的整体生态的安全性；研究应用运行时的恶意收集和威胁发现技术；研发大规模移动应用隐私保护和检测平台。

考核指标：研制一套大规模移动应用隐私保护和检测平台，支持日活亿级的移动设备运行时检测；研制一套恶意应用家族检测系统和恶意应用开发者、发布渠道生态感知系统，支持不少于100种恶意应用家族，覆盖恶意代码数量超1000万；研发一个大规模移动应用隐私保护和合规检测平台，支持定制检测、众包检测等检测方式；研发一套代码审计工具，能发现隐私和安全威胁不少于10种，数量不少于20个；在不少于三个现实业务场景开展应用示范。

2.6 隐私数据的个人权益保障研究

研究内容：针对个人数据被非法获取、交易和滥用等问题，研究个人敏感信息识别以及分类技术；研究公民个人采集信息的分散存储脱敏技术；研究针对个人敏感信息的监管技术；研究基于属性的个人信息保护和访问控制方法和理论，实现对个人信息扩散范围和使用期限的控制；研究数据删除技术，支撑公民对个

人信息的删除权。

考核指标：提出个人敏感信息安全分类标准，支持 10 类以上不同安全级别个人敏感信息分类和识别，实现至少对 100 万个个体敏感信息按照敏感级别进行分类，个人敏感信息识别准确率 90% 以上；支持至少对 100 万人的个人信息进行拆分脱敏存储和信息重构，实现毫秒级内对单条个人敏感信息进行拆分和重构；研制一个个人敏感信息存储、管理和使用的综合性平台，提供对个人敏感信息监管服务，以及公民对个人信息的删除权和个人信息被使用的知情权等服务。

2.7 加密流量中网络公害检测与行为识别、处置研究

研究内容：针对加密流量中网络公害监管与分析难、行为主体溯源难等问题，研究网络公害行为在加密流量各粒度层次下的形式表征方法；研究新型加密协议的流量的检测、工具识别；研究加密流量分类与网络公害行为识别方法；研究加密流量中公害网页、图片和视频的识别方法；研究网络公害行为与主体的关联分析方法；研究针对性网络公害行为流量阻断技术。

考核指标：可支持单点网络流量带宽峰值不少于 100Gbps，TLS 1.3 协议全加密流量承载的移动 APP 应用识别种类不低于 300 种，误报率小于 5%，漏报率小于 5%；支持不少于 300 种常见加密应用分类，不少于 5 类网络公害行为分类与识别，时间不超过 2 秒，误报率小于 10%，漏报率小于 5%；实现网络公害行为与主体间的映射，主体数据库规模达千万级；加密视频识别需包含使用

多路复用技术传输的自适应流媒体视频，视频精准识别所需视频数据的播放时间不超过 30 秒，支持常见加密视频平台不少于 10 种，能精准识别 40 万个以上的视频，达到准确性不低于 98%，误识率不高于 1%，图片公害类型不少于 5 类，黑名单网页数量不低于十万个，同时访问加密网页的终端类型不少于 5 类。

2.8 智能驾驶汽车内部异构网络轻量化安全防护

研究内容：针对智能驾驶汽车内部异构网络安全防护严重缺失，传统安全方案受计算、带宽等资源限制难以有效实施的问题，研究面向嵌入式 ECU 的轻量化身份认证、消息加解密及密钥协商安全算法，研究安全系统资源占用轻量化技术；突破安全数据载荷的轻量化技术，减少由安全数据引发的报文帧增多及报文数据位占用；研究车载网络不同功能区域的安全等级划分、分域隔离及车载网络专用防火墙技术。

考核指标：车内时间敏感关键功能区域，数据加密处理与传输新增时延不超过 5ms；安全防护相关应用占用运行内存不超过 10%、占用存储空间不超过 5%；安全数据载荷新增报文帧不超过 10%、占用数据段不超过 10%；车载网络支持多层级安全域划分，防火墙支持访问行为控制、危险操作阻断、可疑行为审计等；轻量化信息安全防护技术在不少于 3 款车型上开展应用验证。

2.9 基于国产密码算法的工控编程平台安全防护技术

研究内容：围绕工控系统典型共性安全问题，研究工控安全防护模型，构建基于国产密码技术的工控编程平台安全防护框架；

研究应用层代码、工程文件、操作记录、通信等加密技术；研究适配工业领域嵌入式平台运算能力的轻量级加密算法；研究编程平台应用层细粒度管控、运行态访问许可等认证技术；研究安全通信、静态可信认证、动态度量 and 身份认证体系。

考核指标：支持 IEC61131-3 规范，支持基于国产密码算法的标准总线协议栈加密，至少 5 种工业协议；可编程逻辑控制器（PLC）控制周期小于 10ms，IO 点数量大于 1000 点；支持不少于 5 种轻量级密码算法，加解密运算性能不低于 20Mbps；分散控制系统支持基于 SM2、SM3、SM4 的算法应用接口，支持通信加密、身份认证等功能，最小控制周期小于 50ms，输入输出点数量大于 10000 点。

2.10 智能网联场景工业控制系统深度防御与安全处置技术

研究内容：针对智能工厂高级持续威胁攻击防护难、溯源难等问题，研究 5G 融合场景下工业控制系统可信启动、动态度量、协同安全认证、商用密码加密通信等一体化安全协同防护关键技术；研究工业网络加密数据流特征提取、异常监测、深度入侵检测及工业通讯协议监测技术；研究智能网联工业控制系统功能安全与信息安全融合设计技术，构建智能工厂工业控制系统安全监测、预警与响应处置技术体系；研究石化、化工、电力等典型行业工业控制系统安全预警和应急响应机制，实现基于数据分析的安全处置。

考核指标：研发 1 套安全可信工业控制系统，支持 5G 网络

可信接入，支持输入输出信号点 10000 点，控制周期 20ms，达到信息安全等级 SL2 深度防御能力；支持至少 3 种工业控制系统网络检测，支持 35 种以上工业通讯协议监测，支持至少 8 类典型攻击异常监测报警，入侵检测的准确率到达 95%；支持至少 3 个行业的安全预警和应急响应方案；针对不少于 2 种重点行业 5G 应用场景中开展应用验证。

附件 6

“智能传感器”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“智能传感器”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：以战略性新兴产业、国家重大基础设施和重大工程、生命健康保障等重大需求为牵引，系统布局智能传感基础及前沿技术、传感器敏感元件关键技术、面向行业的智能传感器及系统和传感器研发支撑平台，一体化贯通智能传感器设计、制造、封装测试和应用示范环节，到 2025 年实现传感器创新研制支撑能力明显提升，产业链关键环节技术能力显著增强，若干重点行业和领域的核心传感器基本自主可控，专项引领传感器产业可持续规模化发展。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、场景驱动、强化体系、协同发展的原则，围绕智能传感基础及前沿技术、传感器敏感元件关键技术、面向行业的智能传感器及系统、传感器研发支撑平台等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 27 个项目，拟安排国拨经费 3.985 亿元。其中，在智能传感基础及前沿技术方向，拟部署青年科学家项目，支持不超过 3

项，拟安排国拨经费 900 万元，每个项目 300 万元。为充分调动社会资源投入智能传感器的技术创新，在配套经费方面，传感器敏感元件关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1；面向行业的智能传感器及系统类项目，以及传感器研发支撑平台类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿技术类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，共性关键技术类和示范应用类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 智能传感基础及前沿技术（基础前沿技术）

1.1 高精度力学量的量子传感技术研究

研究内容：面向高精度、小体积力学量的量子传感应用需求，探索高精度力学量的量子传感新机制；研究微观以及介观尺度量子调控及增强机理；研究量子传感结构跨尺度可控制造方法；研究噪声抑制及传感信号高效提取方法；研制高精度、小体积力学量量子传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立新型高精度力学量的量子传感理论方法；可测力学量种类 ≥ 2 种；实现片上敏感器件集成，申报时应明确提出可达到的量子敏感器件尺寸；传感器力检测精度优于 10^{-20} N/Hz^{1/2}；力检测分辨力优于 10^{-21} N；在新机制、新机理传感器和制造方法等方面，申请发明专利不少于3项。

1.2 生化量检测用太赫兹传感技术研究

研究内容：针对特定生化量物质高灵敏检测难题，探索太赫兹增强传感新机理和新方法；研究太赫兹波调控及探测机理；研究生化量传感表征方法，研究生化量太赫兹传感器设计、制造方法；研制高灵敏生化量太赫兹传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立太赫兹增强传感理论、调控及探测方法；可传感钠、钾、钙等极性离子液体 ≥ 3 种，灵敏度达到人体生理指标浓度；可测氨基酸、蛋白质、核酸、多糖等生化量种类 ≥ 3 种；传感器灵敏度 ≥ 0.5 THz/RIU，品质因子 ≥ 25 ，频谱范围至少覆盖0.2~2 THz，测量误差 $\leq 1\%$ ；太赫兹发射源和探测器实现片上集成；

在太赫兹传感、调控和设计制造等方面，申请发明专利不少于 3 项。

1.3 结构光场纳米位移传感技术研究

研究内容：针对传统光栅类位移传感器存在栅线制造精度极限的问题，探索结构光场构建理论以及相关位移传感方法；研究结构光场的高稳定构建、高精度调控和位移解调等关键技术；研制纳米位移传感器样机，开展光刻机等精密装备上的试用验证。

考核指标：建立结构光场构建理论和位移传感方法；线位移传感精度优于 $\pm 1\text{nm}@50\text{mm}$ ，测量量程不小于 150mm，测量分辨力优于 0.1nm；角位移传感精度优于 $\pm 0.1''$ ，测量分辨力优于 0.01''；在精密装备上的应用场景不少于 1 个；申请发明专利不少于 2 项。

1.4 人体健康监测传感器自供能关键技术研究

研究内容：针对人体多参量生物传感器在无线场景下自供能入网难题，研究从人体获取能量的自供能技术、器件和组件；研究自供能高灵敏人体多参量生物传感器技术；研究自供能组件与多种生物传感结构的匹配集成技术及其与人体的兼容性；研制分布式柔性可穿戴的人体多参量监测自供能生物传感器，在医联网典型场景应用验证。

考核指标：传感器可检测温度、脉搏波、呼吸波等人体健康信号 ≥ 5 种；传感器件满足不同检测体位的尺寸要求，结构延展性 $\geq 50\%$ ；自供能组件的能源转换效率 $\geq 25\%$ ，峰值输出功率密度 $\geq 50\mu\text{W/g}$ 且 $\geq 50\mu\text{W}/\text{cm}^3$ ；自供能生物传感系统的性能保持率满足典型场景使用时限要求；申请发明专利不少于 3 项，制定国

家/行业/团体标准不少于 1 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

1.5 有机框架材料及气体传感技术研究

研究内容：针对有机框架材料高性能气敏机制不完善和实现路径不明确的共性问题，研究 MOFs、COFs 等新型有机框架材料及其衍生物的气敏机制和合成方法；研究高性能、低功耗气敏元件设计制造技术；研制气体传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立新型有机框架材料及其衍生物的气敏理论；气体传感器功耗 $\leq 1\text{mW}$ ；实现包括硫化氢、二氧化氮、甲醛、氨气等不少于 5 种典型气体的高选择、高灵敏、高可靠检测，传感灵敏度、选择性系数、稳定性等性能指标相比现有同类产品先进水平提高 2 倍以上；最低检测限 $\leq 10\text{ppb}$ ，浓度 100ppb 的被检测气体响应 $\geq 5@$ 空气背景；申请发明专利不少于 2 项。

1.6 基于超材料的力热传感增强技术研究

研究内容：针对超材料传感器在特殊场景下力、热传感灵敏度低以及增强传感构效优化难问题，探索超材料传感性能增强调控机理和方法；研究高灵敏超材料力、热敏结构设计方法；研制基于超材料的力、热敏感元件和传感器样机，开展高温环境下力、热测量的试用验证。

考核指标：建立超材料力、热传感增强新方法；基于超材料的力、热等物理量传感器样机 ≥ 2 种；传感器面向 1000°C 以上高温力、热测量等场景，传感器灵敏度等性能指标相比现有同类产

品的先进水平提高 2 倍以上；申请发明专利不少于 2 项。

1.7 柔性植入式多模态集成感知及调控技术研究

研究内容：针对脑部植入式传感器监测功能单一、微型化和集成度低等关键问题，探索柔性植入式多模态生理生化集成传感与电调节机理，研究可长期植入生物体的微小传感器设计制造关键技术；研制传感、电调控、信号处理的集成专用芯片；研究植入传感器和体表芯片的系统封装技术；开发多参数融合智能识别嵌入式系统，开展生物体微创口下系统的功能、稳定性及安全性验证。

考核指标：建立柔性基底植入式多模态传感理论模型；传感器具备压力、氧分压、 Na^+/K^+ 离子组分等测量功能，智能识别疾病数 ≥ 3 种；信号调理芯片具有信号处理、脉冲发生和无线传输功能，总功耗 $\leq 15\text{mW}$ ；传感器植入端温度变化 $\leq 1^\circ\text{C}$ ，植入 6 个月系统测量误差 $\leq 25\%$ ；申请发明专利不少于 3 项。

1.8 异质微结构印刷工艺及传感器研究

研究内容：针对印刷制造薄膜类传感器结构精度低和在微圆周面上图形化加工传感器结构困难的共性问题，探索基于印刷工艺的高性能传感器异质微结构实现方法；研究微结构高精度批量制造关键加工工艺；研究传感器三维异质敏感结构成套标准化印刷工艺；针对热学量、力学量等面阵型传感器制造，开展试验验证。

考核指标：薄膜最小印刷线宽 $50\mu\text{m}$ ，最小印刷厚度 $5\mu\text{m}$ ；微圆周面印刷最小偏转角度 20° ，印刷同轴度 $\leq 10\mu\text{m}/\text{mm}$ ；试验

验证传感器种类 ≥ 3 种，至少包含1种可穿戴健康监测传感器；申请发明专利不少于3项，制定传感器印刷工艺标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

1.9 微纳跨尺度结构集成的超灵敏生化传感器

研究内容：针对现有气体分子、溶液离子和生物分子等生化物质检测灵敏度低、选择性差的问题，研究具有普适性的跨微纳尺度复合结构超敏感生化传感方法，探索纳米效应增敏机制和信号转换机制，研究敏感界面与被测生化分子间作用的传感机理；研究纳米材料在特定敏感微区的一体化精确构筑技术；研制微纳结构一体化集成传感器阵列原理样机，开展痕量生化传感现场应用验证。

考核指标：传感结构中局域选择自组装纳米结构的复合纳米材料种类 ≥ 2 种；研制出可用于现场检测的生化传感原理样机 ≥ 3 种， H_2S 检测限 $\leq 10\text{ppb}$ 、 Ca^{2+} 检测限 $\leq 100\text{ppb}$ 、抗坏血酸检测限 $\leq 1\text{nM}$ 、多巴胺检测限 $\leq 1\text{pM}$ 、miRNA检测限 $\leq 0.1\text{pM}$ ；芯片传感平面尺寸 $\leq 0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ ；申请发明专利不少于3项。

1.10 感算一体化室温红外成像探测技术研究

研究内容：针对无人驾驶、安防监控等领域红外探测芯片功耗高、智能化程度低、成本高的共性问题，研究高质量、大面积、读出电路兼容的短波红外敏感薄膜制备和器件结构工艺；研究低功耗ADC设计技术；研制红外探测器读出电路芯片；开发红外感知的新型神经形态信号流处理算法和硬件；研制感算一体的室

温红外成像芯片，开展试用验证。

考核指标：短波红外探测器室温下暗电流密度 $\leq 1\text{nA}/\text{cm}^2$ ，响应波段覆盖 900~2000 nm；单路 ADC 功耗 $\leq 50\mu\text{W}@10\text{bit}$ ；成像芯片原型器件集成度 ≥ 300 万像素，像素尺寸 $\leq 5\mu\text{m}$ ；信号流处理速度不低于 30fps，对 FLIR 红外数据集的目标识别率 $\geq 95\%$ ；申请发明专利不少于 2 项。

1.11 变革性敏感原理、材料、工艺及传感器研究（青年科学家项目）

研究内容：针对各类物理、化学、生物量传感需求，跟踪领域学科前沿和传感器智能化发展趋势，从敏感原理、敏感材料、传感器设计与制造等方面进行突破，实现颠覆性的传感技术创新。

考核指标：相对于领域已有技术，在敏感原理、敏感材料、传感器结构或制造工艺上具有变革性创新，展示具有显著技术领先性的新型传感器。

有关说明：青年科学家项目，支持不超过 3 项。

2. 传感器敏感元件关键技术（共性关键技术）

2.1 病原微生物及疾病代谢标志物敏感元件及应用

研究内容：针对目前生物传感器制造均质性低、稳定性差、抗干扰能力弱的瓶颈问题，研究酶与膜材料的结合界面特性；研究新型酶/蛋白质生物敏感元件制造技术；研究融合酶生物传感器制造关键技术；研制病原微生物及疾病代谢标志物敏感元件，并在生物检测传感器制造领域应用验证。

考核指标：开发出 15 种以上酶/蛋白质生物敏感元件，敏感元件响应时间 $\leq 20\text{s}$ ；建立敏感元件标准化制造工艺，批次酶活载量差异 $\leq 2\%$ ；敏感元件信号强度 $\geq 85\%$ @连续使用 15 天；基于生物传感器研制的便携式检测仪 ≥ 3 种，测量误差 $\leq 1.5\%$ ；获得医疗器械注册证 1 项，传感器销售量 ≥ 1000 套，检测仪销售量 ≥ 100 台。

有关说明：由企业牵头申报。

2.2 新型低功耗、高选择性气敏元件及传感器

研究内容：针对现有气敏元件功耗大、选择性不高等共性问题，研究工作温度在 $20\sim 150^\circ\text{C}$ 范围内的新型高性能气敏材料，研究气敏元件原位表征方法，研究低功耗新型气敏元件的工作机制；研究气敏材料的 MEMS 集成工艺；研究气敏元件稳定性和选择性提升技术；研制低功耗、高选择性 MEMS 气体传感器，开展新能源车、大气环境监测等场景应用验证。

考核指标：MEMS 气体传感器检测下限： $\text{H}_2 \leq 5\text{ppm}$ ， $\text{NH}_3 \leq 1\text{ppm}$ ， $\text{NO}_2 \leq 10\text{ppb}$ ， $\text{H}_2\text{S} \leq 10\text{ppb}$ ；传感器响应时间 $\leq 30\text{s}$ ，功耗 $\leq 5\text{mW}$ ，选择性系数 ($R_{\text{目标}}/R_{\text{干扰}}$) ≥ 10 ，响应值波动 $\leq \pm 10\%$ /年；传感器销售量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 高性能高选择性离子敏元件及传感器

研究内容：针对离子敏元件灵敏度低、抗干扰能力弱等问题，

研究新型离子敏感膜材料，研究表征固—液及固—固界面特性方法；研究离子敏传感器结构设计技术，研究批量制备多通道微型离子敏传感器关键工艺；研究溶液中多种离子的检测方法和识别算法；研制多通道微型高性能高选择性离子敏传感器，开展环境水质、生化检测等应用验证。

考核指标：离子敏感膜选择性系数 ≥ 10 ；离子敏传感器具备在水质、体液等样品中多种离子的高灵敏度、高选择性检测，最低检出限 $\leq 10^{-7}\text{mol/L}$ ，线性范围 $10^{-7}\sim 10^{-1}\text{mol/L}$ ，多离子浓度测量时检测精度 $\leq 1\%$ ；传感器销售量 ≥ 1000 只；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 微型高性能加速度敏感元件及传感器

研究内容：针对目前微型加速度传感器精度低和稳定性差等技术问题，研究加速度敏感元件高稳定力学模型，研究加速度敏感元件稳定性漂移抑制方法；研究敏感元件制造、集成封装和稳定性提升等关键技术；开发低噪声信号读出及处理电路，研制微型化高性能加速度传感器，在航空航天航海等领域开展惯性测量与导航应用验证。

考核指标： $\pm 3\text{g}$ 量程的加速度传感器：分辨力 $\leq 0.5\mu\text{g}$ ，零偏稳定性 $\leq 0.5\mu\text{g}$ ，全温零偏稳定性 $\leq 10\mu\text{g}$ ，标度因数稳定性 $\leq 0.5\text{ppm}$ ； $\pm 70\text{g}$ 量程的加速度传感器：分辨力 $\leq 1\mu\text{g}$ ，零偏稳定性

≤1μg，全温零偏稳定性≤30μg，标度因数稳定性≤1ppm；集成封装尺寸≤Φ30mm×20mm；传感器销售量≥2000套；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 微型高分辨力三轴加速度敏感元件及传感器

研究内容：针对目前加速度传感器无法同时满足高分辨力和宽动态范围性能的问题，研究高分辨力和宽动态范围的三轴加速度传感机制；研究宽动态范围加速度信号检测技术；研究加速度传感器集成技术；研制微型三轴加速度传感器，在机器人精密作业和高精度测量装备中开展应用验证。

考核指标：加速度传感器三轴动态范围均在10ng~1g之间，传感器噪声≤10ng/Hz^{1/2}，通频带1~500Hz，封装尺寸≤50mm×50mm×50mm，重量≤100克；传感器销售量≥100套；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于1项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 高性能声音敏感元件及传感器

研究内容：针对声音敏感元件在小体积内实现高信噪比的共性技术难题，研究高性能声音敏感元件的结构设计方法；研究声音敏感元件的精准制造技术；研究声音敏感元件配套的ASIC设计技术；研制高性能声音敏感元件和硅麦克风传感器，在助听器、

降噪耳机、智能手机或工业安全监测等领域应用验证。

考核指标：建立高性能声音敏感元件的精准制备技术体系；敏感元件平面面积 $\leq 1.5\text{mm}\times 1.5\text{mm}$ ，封装尺寸 $\leq 3.5\text{mm}\times 3\text{mm}\times 1\text{mm}$ ；集成 ASIC 的硅麦克风传感器信噪比性能 $\geq 72\text{dB}$ ，最大声压级 $\geq 135\text{dB}$ ；传感器销售量 ≥ 500 万只；申请发明专利不少于 3 项，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.7 高灵敏 MEMS 磁敏感元件及传感器

研究内容：针对小体积磁敏感元件多物理场耦合及增强难题，研究高灵敏磁敏材料和敏感元件结构设计技术；研究磁敏元件灵敏度与线性度提升技术；研究磁敏感元件及传感器的 MEMS 制造技术；开发传感器低噪声信号调理 ASIC 电路，研制高灵敏磁敏感元件及传感器，在新能源汽车、电网等磁场探测领域开展应用验证。

考核指标：磁敏感元件的磁场探测极限优于 300pT ，低频磁噪声指数优于 $100\text{pT}/\text{Hz}^{1/2}@1\text{Hz}$ ，线性度优于 1%；含 ASIC 的磁传感器封装尺寸 $\leq 15\text{mm}\times 15\text{mm}\times 5\text{mm}$ ，磁敏传感器平均故障间隔时间 $\geq 1000\text{h}$ ；传感器销售量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 1 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.8 高性能激光气体传感器及应用

研究内容：针对我国激光气体传感器件功耗大、集成度低等技术难题，研究低功耗激光芯片设计制造技术，研究微弱传感信号采集处理的低功耗芯片技术，研究激光气体传感微型化组件技术；研究多气体交叉干扰抑制和防护等技术；研制高性能、微型化激光集成气体传感器，在新能源、煤矿、化工等行业开展应用验证。

考核指标：CO、C₂H₄、H₂S、C₂H₂、CH₄和CO₂检测精度优于： $\pm 1\text{ppm}@ (0\sim 25\text{ppm})$ ，测量值的 $\pm 4\%@(25\sim 1000\text{ppm})$ ；激光器波长包含4.2~10.5 μm 波段多气体吸收谱线；功耗 $\leq 500\text{mW}$ ，响应时间 $\leq 30\text{s}$ ；传感器组件尺寸 $\leq \Phi 60\text{mm}\times 70\text{mm}$ ；激光气体传感组件通过相关行业安全认证，激光气体传感组件销售 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于3项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.9 高性能 X 射线敏感元件及在线传感应用

研究内容：针对复杂精密工件内部结构和缺陷在线高精度快速检测困难的问题，研究 X 射线敏感的残影效应和辐射损伤改善方法；研究高分辨力 X 射线敏感元件设计技术，研制高分辨、高帧率的高性能 X 射线敏感元件；研究敏感元件高可靠封装、辐射防护、稳定性提升和高速图像传输等传感应用关键技术；研制高性能 X 射线传感器及工业 X 射线无损检测系统，在复杂型腔结构

检测及尺寸测量、多膜层结构透视检测等领域应用验证。

考核指标：X 射线敏感元件的空间分辨力 $\geq 3.59\text{LP/mm}$ ，对比度分辨率 $\leq 0.5\%$ ，敏感元件辐射耐受寿命 $\geq 10^5\text{Gy}$ ；成像面积 $\geq 210\text{mm}\times 210\text{mm}$ ，成像帧率 $\geq 30\text{fps}$ ，成像残影 $\leq 0.5\%$ ；传感器销售数量 ≥ 200 套；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 1 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

3. 面向行业的智能传感器及系统（示范应用）

3.1 深地探测高灵敏度电磁传感器技术及深部探矿示范

研究内容：针对当前金属矿资源勘察中传感器探测深度、分辨率不足以及勘探准确度低等问题，研究高精度、高线性度宽频磁场/电磁传感器等新型传感器材料和工艺；研究高精度、高分辨率的电场、磁场和电磁场高端传感器设计与测试标定方法；研究新型传感器的抗干扰技术；研制核心部件国产化的高精度电场、磁场和电磁场高端传感器系列产品，开展找矿示范应用。

考核指标：电场传感器电极极差 $\leq \pm 0.05\text{mV}$ ，极差漂移 $\leq 100\mu\text{V}/24\text{h}$ ；磁场传感器噪声优于 $1\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}@(\geq 20\text{Hz})$ ，频带宽度 $\geq 1\text{MHz}$ ；电磁场传感器噪声优于 $0.5\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}@1000\text{Hz}$ ，带宽 $\geq 50\text{kHz}$ ；传感器工作温度范围 $-20\sim 50^\circ\text{C}$ ；实现宽频带电场、磁场和电磁场的测量数据的反演功能；完成 2~3 处大深度金属矿勘探示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

3.2 车载固态激光雷达关键技术及工程化研究

研究内容：针对现有机电旋转式激光雷达在成本、环境适应性、可靠性等方面难以满足规模化车载应用的问题，研究固态激光雷达线宽窄、频率调制线性度高的光源模块及集成化的多通道并行相干接收模块关键技术；研究高可靠大口径微振镜激光扫描和光束引导技术；研究车规级固态激光雷达规模化制造工艺；研制远距离、高测距精度、高分辨率车用固态激光雷达，并搭载自动驾驶汽车开展示范应用。

考核指标：固态激光雷达传感距离 $\geq 300\text{m}$ ，测距精度 $\leq 50\text{mm}$ ，测速精度 $\leq 0.1\text{m/s}$ ，帧率 $\geq 10\text{Hz}$ ，水平视场角 $\geq 120^\circ$ ，垂直视场角 $\geq 30^\circ$ ，角度分辨力 $\leq 0.05^\circ$ ，激光点云采样率 $\geq 2.5\text{Msps}$ ，目标距离与速度的全天候检测正确率 $\geq 99.5\%$ ；固态激光雷达环境适应性、可靠性通过车规级考核，建立满足不同等级自动驾驶汽车应用需求的激光雷达系统集成方案；申请发明专利不少于 10 项，制定国家标准草案不少于 1 项；车载激光雷达产品搭载应用车型 ≥ 2 款，销售数量 ≥ 1 万套。

有关说明：由企业牵头申报。

3.3 汽车级高精度组合导航传感器系统开发及应用

研究内容：针对导航定位传感器不能满足汽车自动驾驶高精度、低成本、高可靠和批量化要求的问题，研究惯性传感器芯片设计制造、ASIC 电路和封装测试等关键技术；研究惯性与卫星

等组合导航模组设计技术、批量制造及快速标定技术、多传感器组合定位算法等关键技术；研制微型惯性传感器和组合导航传感器系统系列化产品，开展示范应用。

考核指标：建成微型组合导航传感器系统的设计及批量制造平台；组合导航系统姿态精度：横滚/俯仰（ 1σ ）优于 0.02° ，航向漂移（ 1σ ）优于 0.03° ；位置精度：组合定位精度优于 $2\text{cm}+1\text{ppm}$ ，惯性定位精度优于 0.1% （行程）；微惯性测量组合：陀螺仪（X/Y/Z 轴）量程 $300^\circ/\text{s}$ ，零偏稳定性（ 1σ ）优于 $1^\circ/\text{h}$ ，全温零偏误差（ 1σ ）优于 $0.01^\circ/\text{s}$ ；加速度传感器（X/Y/Z 轴）量程 10g ，零偏稳定性（ 1σ ）优于 0.05mg ，全温零偏误差（ 1σ ）优于 0.5mg ；工作温度 $-40\sim 85^\circ\text{C}$ ；微惯性测量组合体积 $\leq 10\text{cm}^3$ ；微型惯性传感器和组合导航传感器系统系列化产品满足 L3 及以上自动驾驶量产车要求，通过车规认证和功能安全认证，应用车型 ≥ 3 款，销售数量 ≥ 5 万套。

有关说明：由企业牵头申报。

3.4 特种钢生产关键参数在线检测传感技术及应用

研究内容：针对重大装备用钢铁材料从炼铁到成品工件生产工况恶劣、关键参数连续在线感知手段欠缺等问题，研究钢水温度在线检测传感器及其耐超高温连续稳定应用技术；研制高可靠炼铁、炼钢关键成分检测传感器，工件尺寸及表面缺陷检测传感器；研究恶劣环境下传感器及系统数据可靠传输和产线集成等关键技术；开发重大装备用钢铁材料生产关键参数在线快速检测分析算法和系统，在高铁车轮钢材生产等领域开展应用。

考核指标：传感器及系统可靠性满足现场应用要求，形成重大装备用钢铁材料生产关键参数在线检测的成套解决方案。铁水、钢水温度检测传感器工作温度最高达到 1680°C，钢水温度原位连续检测时间 $\geq 15\text{min}$ ；成分检测传感器可测炼铁、炼钢成分元素至少包括 Si、Mn、Cr、Ni、Ti、Fe、Cu、Al 等，重复性优于 10%@1%，关键成分在线传感分析系统工作温度大于 1300°C，单次测量时间 $\leq 1\text{min}$ ；运动工件外形尺寸及表面裂纹缺陷图像传感器分辨力优于 50 μm @(尺寸 $\geq 200\text{mm}\times 200\text{mm}$ ，被测工件温度范围 200~1100 °C)，图像传感系统测量精度 $\pm 3\text{mm}$ @3m \times 2.4m，采样间隔 $\leq 1\text{s}$ ；申请发明专利不少于 3 项，制定国家/行业/团体标准不少于 3 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

4. 传感器研发支撑平台（共性关键技术）

4.1 8 英寸 MEMS 传感器加工中试平台

研究内容：针对高端 MEMS 传感器定制化加工需求，研究功能材料薄膜工艺、复合膜应力调控技术、晶圆级真空键合、异质集成等关键共性工艺技术，建立高性能 MEMS 加速度计、陀螺仪、压力传感器、红外传感器、硅基生物 MEMS 传感器等高端传感器的定制化加工成套工艺，形成标准工艺设计工具包（PDK），为高端 MEMS 传感器客户提供定制化、规模化加工服务。

考核指标：平台兼容 8 英寸 CMOS 与 MEMS 核心工艺；具备整晶圆（ $\geq 700\mu\text{m}$ ）硅通孔、多晶圆（ ≥ 3 片）键合和晶圆级

真空键合能力，键合对准精度 $\leq 0.5\mu\text{m}$ ，真空晶圆键合腔内真空度 $\leq 1\text{mBar}$ ，薄膜片内及片间均一度 $\leq 2\%$ ；形成5套以上相应PDK和惯性传感器、压力传感器、光学传感器、生化传感器等关键产品工艺流程，实现不少于4类传感器的小批量生产，2类以上（含2类）传感器良率 $\geq 85\%$ ；申请工艺相关发明专利不少于5项；服务客户数不少于300家，其中服务承担本专项敏感元件研制任务的客户数不少于10家；所有考核指标须在同一个平台上完成。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于1:1，牵头单位承担并完成80%以上研发任务。

4.2 MEMS 传感器批量制造平台

研究内容：针对国内MEMS传感器对批量制造平台的迫切需求，研究多种传感器敏感元件的湿法腐蚀、干法刻蚀、膜层沉积/生长、晶圆键合等成套制造工艺技术，MEMS传感器批量制造标准化设计规则；研究传感器专用集成电路设计技术；研究传感器敏感元件与专用集成电路的一体化技术；建立传感器标准化批量制造平台，开展批量制造代工服务。

考核指标：建立成套的MEMS批量制造标准工艺流程，晶圆批量刻蚀均匀性优于 $5\% @$ 深度 $400\mu\text{m}$ 、关键膜层厚度的片内及片间一致性优于 5% 。批量制造平台具备硅麦克风、压力传感器等5种以上敏感元件成套工艺能力，提供敏感元件制造、敏感元件与专用电路一体化制造的标准化设计规则，建成10000片/月的

8 英寸晶圆批量生产能力；形成传感器专用集成电路标准化设计规则，提供 5 种以上传感器专用集成电路设计 IP 和产品服务；2 类以上（含 2 类）传感器良率 $\geq 85\%$ ，批量制造的多种传感器代工数量 ≥ 1 亿颗，一体化制造的传感器代工数量 ≥ 300 万颗；服务客户数不少于 10 家；申请发明专利不少于 2 项。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

4.3 高温传感器专用 ASIC 工艺平台开发

研究内容：针对高温传感器配套特殊应用集成电路（ASIC）制造难题，研究高温传感器 ASIC 设计、成套制造工艺、封装以及高温可靠性等关键技术；开发高温传感器 ASIC 工艺平台；研制高温压力传感器和加速度传感 ASIC 芯片，实现在高温传感器系统中的应用验证。

考核指标：建立高温传感器 ASIC 标准工艺器件模型库、高温单元库，高温传感器与专用电路的封装方法，实现高温环境下压力、加速度传感器的一体化集成。金属电迁移可靠性寿命 ≥ 3 年@250°C，工艺控制成品率 $\geq 95\%$ ，月产能 ≥ 2000 片；ASIC 芯片工作温度 $\geq 250^\circ\text{C}$ ，温度系数小于 $1.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，数字转换精度 $\geq 12\text{bit}$ ；高温 ASIC 芯片应用数量 ≥ 3 万只，高温传感器销售数量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于 2 项。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

附件 7

“高性能制造技术与重大装备”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“高性能制造技术与重大装备”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：围绕国家战略产业高端产品及重大工程关键装备在复杂环境、复杂工况下高性能可靠服役需求，突破高性能制造基础前沿和共性关键技术，研制具有高精度、高可靠、高效率、智能化、绿色化等高性能特征的基础件、基础制造工艺装备、基础试验与分析平台等，实施重大装备集成应用示范，推动制造技术向材料—结构—功能一体化的高性能设计制造转变，实现高性能制造技术和重大装备的自主可控，增强我国战略性高端产品和重大工程关键装备的核心竞争力。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、整机带动、分步实施、重点突破的原则，围绕基础前沿技术、高性能基础件、高性能基础工艺、高性能基础试验与分析、集成应用示范等 5 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 18 个项目，拟安排国拨经费 2.83 亿元。其中，围绕基础前沿技术方向，拟部署 3 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安

排国拨经费 1800 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。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿技术类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，共性关键技术类和示范应用类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 重大装备设计基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：研究性能/功能驱动的复杂装备机—电—液—智耦合设计理论与方法、材料—结构—组织—表界面一体化的高性能

构件设计模型与方法、极端环境和复杂工况服役关键特性参数的表征与评价等重大装备及关键构件的设计新原理、新方法。

考核指标：形成典型高性能重大装备设计模型、理论与方法，并开发具有自主知识产权的设计软件和原理样机/系统，完成相关成果的技术验证，并在典型高性能重大装备或高性能构件的形性一体化设计中实现验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.2 高性能基础件基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：面向轴承、齿轮、液压元件等基础件高性能服役需求，研究极端工况下接触界面动力学理论及服役性能调控方法、材料—结构—功能一体化的设计制造理论和方法、极端条件下的服役性能先进测试理论与方法等，为新型高性能基础件研发提供支持。

考核指标：形成典型高性能基础件的创新设计、制造、测试等基础理论、方法和支持工具，开发具有自主知识产权的新型基础件原理样件或装置，结合典型应用场景进行功能和性能的试验验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 高性能制造工艺基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：研究高性能制造过程中的加工、成形、表面改性、焊接、装配等新原理与技术，重点突破难加工材料构件的高效精密加工、复杂结构形性协同成形、大差异异质材料高可靠连接/

高强度焊接等新工艺。

考核指标：形成高性能加工、成形、表面改性、焊接、装配等创新理论方法，研发具有自主知识产权的制造新工艺和原理样机，在典型关键零部件的高性能制造中实现验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

2. 共性关键技术

2.1 耐高温抗腐蚀传动系统轴承

研究内容：研究轴承高温、腐蚀环境适配性设计方法；突破轴承自润滑与供油润滑、轴承高功率密度适应性、轴承高精度及长寿命、轴承性能及寿命试验验证等关键技术；研发耐高温、抗腐蚀环境传动系统轴承，建设轴承性能的拟实工况基础试验平台。

考核指标：研制耐高温抗腐蚀环境轴承，实现高速（ $\geq 22000\text{r/min}$ ）、重载（ $\geq 10\text{kN}$ ）状态下，轴承接触应力 $\leq 2500\text{MPa}$ ，轴承正常运行工作温度达到 300°C ，轴承 dmN 值 $\geq 2.5 \times 10^6\text{mm}\cdot\text{r/min}$ ；在 pH 值 3.5 ± 0.5 的酸性、盐雾环境下，轴承耐腐蚀等级达到7级以上；轴承的首翻期寿命不低于 1800h ，总寿命不低于 3600h ；技术就绪度达到7级以上，在重型无人机等领域得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.2 海洋高可靠耐腐蚀齿轮箱

研究内容：突破海洋装备齿轮箱可靠性及减振降噪设计、关键构件形性可控制造、基于海洋环境的齿轮箱温压差等多物理场耦合、开放环境下防腐与密封、智能故障诊断及健康监测等关键技术，搭建海洋装备齿轮箱模拟环境试验平台，研制海洋装备齿轮箱。

考核指标：齿轮箱传动功率达到兆瓦级；设计寿命 ≥ 25 年、可靠度 $\geq 98.5\%$ ，空气噪声 $\leq 95\text{dB}$ ；齿轮箱抗腐蚀防护达到海洋腐蚀环境级（C5-M），密封耐压水深 $\geq 200\text{m}$ ，防腐及密封设计大修寿命 ≥ 5 年；海洋环境综合模拟试验平台可满足兆瓦齿轮箱满负荷试验，具备模拟200~300米水深耐压、密封、浸泡等试验能力；开发齿轮箱智能在线监测系统，故障识别率 $\geq 80\%$ ；技术就绪度达到7级以上，在海洋勘探开采装备上得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.3 内曲线低速大扭矩液压马达

研究内容：研究内曲线马达低速重载摩擦副的油膜承载特性、界面轮廓形貌设计方法、马达低速稳定性机理等，突破高效率配油系统设计、摩擦副材料及表面功能改性、内凸轮曲线轮廓精密加工等关键技术，开发界面参数评价与测试设备，研制内曲线低速大扭矩液压马达。

考核指标：内曲线低速大扭矩液压马达排量 5~20L/r；额定压力 28~35MPa；转速范围 0.5~100r/min；扭矩 15000~75000N·m；总效率 $\geq 85\%$ ；噪声 $\leq 77\text{dB}$ ；耐久性 $\geq 1500\text{h}$ ，且马达容积效率下降不超过 4%；技术就绪度达到 7 级以上，在大型舰船、掘进机等装备中得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.4 航空液压系统高性能密封件

研究内容：研究航空液压系统高性能密封件材料与性能评价技术与标准；突破高性能密封—主机系统协同设计、密封件高形状精度与高质量表面加工、可靠性评价等关键技术；搭建振动、温度和压力耦合的极端工况拟实基础试验平台；研发密封件生产过程典型工艺绿色化技术及装备；研制航空作动器、起落架等液压系统高性能密封件。

考核指标：航空高性能密封系统设计软件 1 套；航空液压系统高性能密封件工作压力 0~35MPa，工作温度 -60~200°C，工作寿命 $\geq 3000\text{h}$ ，泄漏率 $\leq 0.2\text{mL}/1000$ 次往复循环；试验平台：瞬时工作压力 $\geq 70\text{MPa}$ 、最大工作压力 $\geq 56\text{MPa}$ 、最大往复速度 $\geq 15\text{m/s}$ ，工作温度 -70~250°C；技术就绪度达到 7 级以上，在航空液压系统中实现应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.5 高速列车传动系统综合试验平台

研究内容：突破高速列车轮轨关系模拟、牵引动力能量回馈、实车线路运行工况全参数模拟等技术，研发高速列车传动系统拟实综合试验平台；研究转向架用轴箱轴承、齿轮箱轴承、牵引电机轴承等高铁轴承综合试验方法及评价体系。突破高铁轴承试验大样本数据采集分析与故障诊断、基于大数据的高铁轴承建模与优化设计等关键技术，模拟实车线路运行工况开展高铁轴承耐久性试验。

考核指标：建成 400km/h 速度级的高速列车传动系统综合试验平台，能量回馈技术节约试验能耗 80%以上，实现运行工况全参数模拟，替代检测实车路试考核，考核周期缩短 15 倍以上（不超过 8 个月）；完成不少于 15 种高铁轴承耐久性试验。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.6 高强极薄铜箔制造成套技术

研究内容：研究高性能铜箔微纳组织结构与性能关联关系及其调控机理；突破极薄铜箔电沉积、高抗拉高挠曲纳米孪晶组织极薄生箔制备、铜箔超低轮廓高剥离微粗化、硅烷偶联化表面处理、镀液成分监控、铜箔性能检测评价等全流程精准控制关键技术，研制极薄铜箔制造装备，制备高性能极薄铜箔。

考核指标：研制高性能铜箔制备成套装备，阴极辊直径 $\geq 2.7\text{m}$ ，铜箔宽幅 $\geq 1.35\text{m}$ ；极薄铜箔厚度 $1.5\sim 4.5\mu\text{m}$ ，粗糙度 $\leq R_z$

1.3 μm ，面密度均匀性 $\pm 0.5\text{g}/\text{m}^2$ 以内，重量重复性 $\geq 98\%$ ；抗拉强度 $\geq 460\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ，剥离强度 $\geq 1.2\text{N}/\text{mm}$ ；技术就绪度达到7级以上，在通信、新能源、芯片封装及柔性印刷电路等领域应用验证。申请发明专利 ≥ 3 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.7 大型薄壁铝合金整体构件精确成形技术

研究内容：研究大型网格筋薄壁整体构件复合成形原理，突破多级网格筋成形几何连续性、成形精度控制、跨尺度组织性能均匀调控等关键技术，研制测量—规划—成形一体化制造技术与成套装备。

考核指标：研制大型薄壁构件精确成形装备，实现多级网格筋筒体整体构件精确近净成形；筒体构件直径 $\geq 3300\text{mm}$ ，径厚比 ≥ 400 ，筋高壁厚比 ≥ 2 ，轮廓精度 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；抗拉强度 $\geq 430\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 7\%$ ；与传统制造构件相比结构重量降低10%以上，制造周期缩短40%以上；技术就绪度达到7级以上，在运载火箭、空间站或飞机等应用验证。申请发明专利 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.8 超大规格H型钢高性能热轧成形技术

研究内容：构建超大规格H型钢的异形坯连铸、冷却控制、轧制规程、孔型设计等全流程生产工艺模型；突破温度场—应力

场一应变场耦合作用的形性一体化调控技术；研制超大规格 H 型钢的连铸、轧制及精整成套装备。

考核指标：研制超大规格 H 型钢高效率热轧成套装备及控制系统，轧机轧制力 ≥ 3000 吨，生产效率提高 20% 以上；实现高度大于 1600mm、宽度大于 500mm、屈服强度 420MPa 级的超大规格 H 型钢产品一体化成形；产品高度偏差 $\pm 0.5\%$ 以内，宽度偏差 $\pm 1.2\%$ 以内，弯曲度 \leq 长度的 1/1000。技术就绪度达到 7 级以上，在重要桥梁施工或关键石油装备制造等中应用验证。申请发明专利 ≥ 10 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.9 大尺寸钛合金结构高强韧焊接技术

研究内容：研究低熔蚀钛合金焊料原位合成机理，突破大尺寸钛合金结构焊接界面强韧化调控、界面温度自适应调控技术，研制大尺寸钛合金结构高可靠高效焊接装备。

考核指标：研制钛合金构件焊接设备，有效区尺寸 $\geq 1200\text{mm} \times 800\text{mm} \times 800\text{mm}$ ，温度控制精度 $\pm 3^\circ\text{C}$ 以内；焊接构件尺寸 $\geq 1000\text{mm} \times 600\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，且焊后变形 $\leq 1\text{mm/m}$ ，脆化层厚度 $\leq 40\mu\text{m}$ ，焊接后焊料残余率 $\leq 20\%$ ；结构耐压强度 $\geq 4\text{MPa}$ ，焊缝 450°C 高温强度不低于母材 80%；与传统工艺相比制造周期缩减 60% 以上，实现换热能力 $\geq 1300\text{kW}$ ；技术就绪度达到 7 级以上，在重型舰船换热器等应用验证。申请发明专利 ≥ 8 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.10 冷冻砂型绿色铸造技术

研究内容：研究水基冷冻砂型复合成形机理及宏微尺度精准控制机制、水粘接剂低温喷射渗透和沉积固化多参数耦合机理；突破冷冻砂型浇冒口及浇道优化设计、冷冻砂型加工精度闭环控制及补偿、高温熔体和冷冻砂型界面瞬态热流传导、大温度梯度下凝固组织转变和多尺度协调控制等关键技术；研制数字化冷冻砂型绿色成形装备。

考核指标：研制数字化冷冻砂型加工成形装备，有效成形尺寸 $\geq 1000\text{mm}\times 800\text{mm}\times 600\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内；冷冻砂型水加入量 $\leq 5.0\text{wt.}\%$ （水与砂型重量的百分比），冷冻温度 $\leq -25^\circ\text{C}$ ，砂型透气性达到 70，砂型抗拉强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ，抗压强度 $\geq 1.8\text{MPa}$ ，发气量 $\leq 18\text{mL/g}$ ；与传统砂型铸造相比，铸件性能提高 8%以上，有机粘接剂/固化剂含量降低 70%以上，型砂直接回收率 $\geq 90\%$ ；技术就绪度达到 7 级，在大型柴油发动机上实现应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.11 Micro-LED 用新型 MOCVD 技术

研究内容：研究新型 MOCVD 设备的腔体设计、流场结构和外延生长机理，突破加热器温场均匀性提升以及实时调控、Micro-LED 外延片表面低颗粒度的硬件结构设计等关键技术，开

发新型基于模型的温度控制系统、片盒到片盒传输的自动化取放片系统，研制大尺寸衬底上 Micro-LED 量产的高可靠性 MOCVD 外延设备。

考核指标: 研制 Micro-LED 量产的高可靠性 MOCVD 外延设备，腔体控温范围 450~1200°C，温度控制精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内，设备能实现片盒到片盒传输取放片，平均开腔（PM）炉次 ≥ 50 炉次，设备稼动率 $\geq 90\%$ ；研制 6 英寸蓝宝石或硅衬底上氮化镓基 Micro-LED 外延生长工艺及装备，实现蓝光 100mm \times 100mm 方片波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.55\text{nm}$ ，绿光 100mm \times 100mm 方片波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.65\text{nm}$ ，炉间波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.8\text{nm}$ ；大尺寸显示应用缺陷颗粒度 ≤ 0.3 颗/cm²（颗粒尺寸 $\geq 0.5\mu\text{m}$ ，边缘去边 3mm），微显示应用缺陷颗粒度 ≤ 0.2 颗/cm²（颗粒尺寸 $\geq 0.25\mu\text{m}$ ，边缘去边 3mm）；技术就绪度达到 7 级以上，实现客户端生产应用。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3. 重大装备应用示范

3.1 深远海船舶大推力全回转推进器设计制造关键技术与装备

研究内容：研究深远海船舶大推力全回转推进器服役性能演变规律与设计方法，建立全回转推进器数值仿真模型，研制全回转推进器缩比模型；突破大推力全回转推进器高精度电液控制、变截面厚壁导流管多能场复合焊接控形控性、大型桨叶加工高表

面完整性调控、伞齿轮高性能加工等关键技术；研发大推力全回转推进器高质高效大型导流管焊接、桨叶加工工艺与装备；自主研发大推力全回转推进器。

考核指标：导流管焊接总体变形量 $\leq 1.5\%$ ，接头强度系数 ≥ 0.9 ，桨叶疲劳寿命提高30%以上，桨叶—导管间隙 $\leq 0.5\%$ ；导流管焊接装备焊接速度 $\geq 1.5\text{m/min}$ ，桨叶加工装备铣削面型精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内，伞齿轮加工精度达到ISO 4级以上；研制6000kW功率级别及以上的船舶大推力全回转推进器，在深远海钻井平台、特种救援船或极地船舶等示范应用，推力 ≥ 65 吨，伞齿轮主传动效率 $\geq 95\%$ ，推进效率 $\geq 70\%$ ，转舵控制精度 $\pm 1^\circ$ 以内，转舵速度 $\geq 180^\circ/12\text{s}$ ，设计寿命 ≥ 20 年。申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

3.2 深水海底钻井系统关键技术与装备

研究内容：研究深水海底钻井系统集成设计与布局优化方法，开展深水海底钻井系统总体方案、高效动力钻具结构创新设计；突破钻井系统水下作业装备快速安装、下放回收、精准定位、紧急脱离等关键技术；研发深水海底钻井系统集成控制软件，研制深水海底钻井系统装备。

考核指标：深水海底钻井装备1套，设计工作水深 $\geq 1200\text{m}$ ，设计钻井深度 $\geq 400\text{m}$ ，井眼直径 $\geq 127\text{mm}$ ，海底目标井位定位误差 $\leq 1\text{m}$ ；连续工作时长 $\geq 40\text{h}$ ；具备全面钻进、取心钻进、井下

原位地层数据实时采集等功能；在海上工程示范应用。申请发明专利 ≥ 4 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3.3 千米竖井硬岩全断面掘进机关键技术与装备

研究内容：研究深部地层岩体原位精细化探测与岩性识别方法、大体积硬岩高效机械破碎机理；突破竖井垂直排渣、高效掘进与支护协同等关键技术；开发配套高效集中控制的撑靴与悬吊系统、新型破岩刀具与刀盘；研制千米竖井硬岩全断面掘进机装备。

考核指标：研制竖井全断面掘进机装备，适用于岩石抗压强度 80~150MPa，承压 ≥ 10 MPa，掘进速度 ≥ 4 m/天；研制高强度耐久性新型刀盘，连续工作进尺 ≥ 200 m；主轴 MTBF ≥ 15000 h；悬吊系统深度 ≥ 1000 m，重量 ≥ 1000 t；岩石破碎和垂直排渣速度 ≥ 25 m³/h；在千米硬岩竖井工程示范应用，竖井深度 ≥ 1000 m，直径 6~12m。申请发明专利 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3.4 第三代半导体高性能碳化硅单晶制备和外延工艺及成套装备

研究内容：建立大尺寸反应室热力学和动力学模型，突破高温真空低漏率、耐高温耐腐蚀材料及老化特性、中频热场精确控制和扩径生长、膜厚及表面形貌的高精度实时监控等关键技术，研制反应室及加热、大尺寸高效能碳化硅单晶生长、碳化硅高性

能外延生长等关键装备，实现 6 英寸碳化硅单晶生长和外延装备的国产化和批量应用，推动第三代半导体产业发展。

考核指标：6 英寸半绝缘碳化硅单晶生长装备：最高温度 $\geq 2400^{\circ}\text{C}$ ，控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，控压精度 $\pm 1\%$ 以内，单晶生长速率 $\geq 1\text{cm}/100\text{h}$ ，单位能耗 $\leq 3500\text{kW}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 。6 英寸碳化硅外延装备：最高温度 $\geq 1700^{\circ}\text{C}$ ，控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，温度不均匀性 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，漏率 $\leq 1.0^{-9}\text{mbar}\cdot\text{L}/\text{s}$ ；平均无故障工作时间 $\geq 1000\text{h}$ ，平均修复时间 $\leq 8\text{h}$ ；衬底表面粗糙度 $\leq \text{Ra } 0.2\text{nm}$ ，外延片掺杂浓度不均匀性 $\leq 2\%$ ，最高生长速率 $\geq 50\mu\text{m}/\text{h}$ ，表面形貌缺陷密度 ≤ 0.15 个/ cm^2 。技术就绪度达到 8 级以上；申请发明专利 ≥ 10 项，制定装备相关标准 ≥ 4 项；研制装备 ≥ 10 台套，在 5G 通信、新能源汽车、空间抗辐射等领域形成批产应用。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

“工业软件”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“工业软件”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：针对我国工业软件受制于人的重大问题以及制造强国建设的重大需求，系统布局产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台，贯通基础前沿、共性关键、平台系统及生态示范等环节。到 2025 年，引领现代制造业发展的新模式、新平台、新体系和新业态逐步形成，核心工业软件基本实现自主可控，基于工业互联网的工业软件平台及数字生态逐步形成，工业软件自主发展能力显著增强，推动制造业产业生态创新以及技术体系、生产模式、产业形态和价值链的重塑。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕工业软件及数字生态前沿技术、产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 17 个项目，拟安排国拨经费 1.92 亿元。其中，围绕工业软件及数字生态前沿技术方向，

拟部署 2 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安排国拨经费 1200 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。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿技术类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，共性关键技术类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 面向 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论与方法研究 (青年科学家项目)

研究内容：针对端边云分布式部署的工业应用系统面临大量异构设备接入、端边云协同困难等问题，研究数据和模型驱动的分布式端边云互联集成模型，构建标准化、平台化的端边云互联集成技术架构；研究异构跨域通信映射模型及语义集成方法、端边云统一数据空间的制造资源信息建模与可重构方法等；研究全互联、多场景的端边云资源调度方法及协同技术，形成可配置的动态互联集成机制；开展原理验证。

考核指标：提出新型的支持 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论；突破信息建模、资源调度和语义集成等新方法 ≥ 5 项；研制信息模型配置、模型测试等基础软件工具或组件 ≥ 3 套；研制云边端 OT 和 IT 融合集成测试验证系统 1 套，在典型工业场景开展原理验证。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.2 离散制造全流程工业数据智能理论与方法研究（青年科学家项目）

研究内容：针对离散制造中数据多源异构、流程复杂等问题，研究基于多时空关联与场景感知交互的跨域推理和融合认知方法，形成工业数据智能理论；研究场景/知识/模型联动的时空演变数据重构/融合/关联/预测机理，研发复杂离散工业企业决策模型，实现企业动态智能管控与交互式决策；研究制造智能体的知识自演化技术，构建基于人工智能的跨平台模型描述/编译/调用的智能计算引擎。

考核指标：建立离散制造全流程工业数据智能理论、方法和模型/构件库；在典型企业开展方法与模型的原理验证；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 新一代工业物联网数据管理基础理论与技术研究

研究内容：针对工业物联网创新发展需求，研究端边云协同场景下海量数据采集、存储、查询、处理一体化基础理论，形成时效驱动、资源驱动、负载驱动的时序数据管理体系；研究新型时序数据压缩与存储技术；研究工业物联网时序数据高鲁棒处理技术，形成工业时序数据的一致性、完整性、时效性、有效性等多维度数据质量画像；研发工业物联网数据分析通用算法库；融入工业物联网数据管理开源软件生态。

考核指标：提出物联网时序数据管理理论模型；形成新型工业物联网时序数据库软件架构；支持面向时序数据时域、频域、区间、集合、采样等操作 ≥ 5 种；时序数据质量评价维度 ≥ 4 种；形成工业物联网时序数据库管理系统原型，单节点数据读写性能均不低于2000万点/秒，支持进行分组聚合运算不低于5000万数据点/秒。通过国际TPCx-IoT标准测试认证。

1.4 嵌入域等几何CAE基础理论与方法研究

研究内容：研究复杂工程结构CAD/CAE模型统一参数化表达方法；研究无需网格剖分的一体化设计分析技术、数据/模型融合驱动的CAE分析技术；研发嵌入域等几何CAE分析内核、显

示引擎及超高分辨率图像交互组件，实现众核 CPU/GPU 异构并行计算；研究高精度、高效率、高数值稳定性的先进等几何 CAE 数值方法；开发国产三维 CAE 设计分析一体化软件原型，在航空航天、船舶、汽车等行业开展原型应用。

考核指标：形成国产三维 CAE 设计分析一体化软件原型 1 套；支持亿级单元规模的嵌入域等几何分析；支持多个零部件的复杂装配体等几何分析；支持不少于 3 种典型数据格式的无重构性能分析；在不少于 3 类行业中进行原型应用。

1.5 集团企业价值链数字生态理论研究

研究内容：针对集团型企业整合多制造基地构建生态价值链的需求，研究集团制造企业多基地价值链数字生态理论，突破制造企业多基地生态价值链模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技术；构建集团制造企业多基地生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：形成集团制造企业多基地价值链数字生态理论；突破集团企业生态价值链模型、价值链优化和数据智能服务等方法和技术 ≥ 3 类；研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项；在重大装备等离散制造企业得到验证，实现支撑集团企业多基地价值链的协同。

1.6 大规模制造产业网状结构价值链数字生态理论研究

研究内容：针对基于第三方平台构建网状结构生态价值链的

需求，研究基于第三方平台的多价值链协同体系、网状结构价值链数字生态理论；突破网状结构价值链及数字生态模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技术；基于第三方平台构建网状结构生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：建立基于第三方平台的网状结构价值链数字生态理论，突破网状结构多价值链协同、数据驱动的价值链优化等方法和技术 ≥ 3 类，研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项，遴选汽车、家电等大规模制造的离散制造业，在第三方平台得到验证，实现支撑网状结构的多价值链协同。

1.7 大规模制造产业可信溯源理论与方法研究

研究内容：针对大规模制造产业链全域标识数据异构多源、可信度低、实时追溯和协同共享难等问题，研究基于区块链的多源异构数据管理架构、协同共享模型和基于多方治理决策的可信追溯机理；研究面向产业链全域数据溯源共识算法和成员敏感数据切片式实时共享机制；研究大规模制造产品设计/制造/服务全生命周期数据标识寻址、实时追溯和可监管隐私保护方法；构建大规模制造产业可信高效溯源典型应用场景及服务平台，开展原理验证。

考核指标：建立基于区块链的大规模制造产业可信溯源理论；突破毫秒级跨域切片式实时共享传输、可监管隐私保护等前

沿技术 ≥ 5 项；研发基于区块链的大规模制造产业可信溯源平台，研发可信溯源支撑构件 ≥ 10 个；在电子信息、通信、汽车等行业开展原理验证；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项，制定相关标准。

1.8 新一代现场级工业物联网融合组网与配置前沿技术研究

研究内容：针对智能工厂人机料法环对工业物联网灵活、便捷接入及确定性低时延等需求，研究新一代智能生产线现场级工业物联网有线与无线融合组网新技术与新方法；研究基于软件定义的现场级异构网络统一配置前沿技术；研究覆盖工业现场总线、TSN 网络、工业无线网络、5G 等异构网络协议互联互通与协同新方法；开发基于新一代现场级工业物联网融合的典型行业制造过程管控技术。

考核指标：提出至少 5 种主流工业有线网络与 5G 等 2 种无线网络互联互通的统一配置新方法；满足工业现场端到端确定性时延抖动 $< 1\text{ms}$ ，在钢铁生产、新能源汽车、纺织化纤等场景中应用验证；申请相关专利 ≥ 10 项，提出相关国家或国际标准 2 项。

1.9 流程行业智能工厂数字安全一体化管控理论与方法研究

研究内容：针对流程行业工艺繁多、流程长、工序关联耦合等特点导致的工厂级综合安全管控困难等问题，研究攻击安全、故障安全、失效安全等多种安全机制协同和优化方法；研究基于智能工厂多源危险安全机理和关联特征的一体化风险模型；研究基于 AR 的工厂危险预知预警方法；研究多模态交叉融合的安全

风险一体化管控理论方法；研制流程行业智能工厂安全一体化管控原型系统。

考核指标：开发功能安全与信息安全冲突消解和人机交互风险预知等技术 ≥ 8 项；研发安全一体化管控系统1套，满足功能安全完整性 SIL2 级，信息安全 SL2 级；申请发明专利 ≥ 10 项，制定相关标准，在典型行业开展验证。

1.10 数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法研究

研究内容：面向航空航天、能源石化等复杂产品制造过程面临的提质增效重大挑战，研究数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，研究产品制造过程数字主线、多性能数据关联分析方法、多目标“预测—反应式”闭环调度方法等基础理论，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化系统，在典型行业开展验证。

考核指标：提出数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，开发数字主线、关联分析、闭环调度等新技术 ≥ 5 项，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化原型系统1套；制定相关标准，申请发明专利 ≥ 10 项，在航空航天、能源石化等行业得到验证。

1.11 基于云边端协同的智能产线管控理论和方法研究

研究内容：面向离散行业的精密零件加工无人化、柔性化和智能化需求，研究基于云边端协同的智能产线管控理论和方法。研究基于 5G 网络的智能产线云边端协同管控系统架构；研究基于

横纵向数据流的智能产线 OPCUA 信息建模和数据封装方法；研究基于视觉的智能产线零件加工质量在线感知新方法；研究基于云边端协同的智能产线精度控制、运行调度、能效优化等新技术。

考核指标：提出基于云边端协同的智能产线管控理论方法；开发智能产线信息建模和数据封装、零件加工质量感知等新技术 ≥ 3 项；研发 1 套云边端协同的智能产线管控原型系统；申请发明专利 ≥ 10 项；制定相关标准；在高端制造装备、航空航天等离散制造行业得到验证。

1.12 基于 MEC 的边缘控制与实时仿真基础理论与方法研究

研究内容：针对云端化工业软件部署的边缘侧功能分配等问题，研究基于 MEC 的边缘感知、分析、决策、控制等理论与方法。研究基于 MEC 的边缘侧行为级编程、基于产品设计模型的工艺表征与在线规划、制造过程加工/装配工艺代码生成等方法；研究基于多学科联合与机器学习的轻量化仿真方法；构建适用于 MEC 边缘控制与实时仿真的数据集、算法库、工艺包与建模工具等。

考核指标：提出基于 MEC 的边缘控制与实时仿真理论；开发基于 MEC 的边缘控制与实时仿真工具和软件构件 ≥ 30 项，实现机器人运动轨迹、机床 NC 代码的自动生成；申请发明专利 ≥ 15 项；制定相关标准；在典型行业开展验证。

2. 共性关键技术

2.1 离散行业工业互联网操作系统核心组件研发与应用

研究内容：针对离散制造行业工业互联网操作系统的接入资

源种类多、数据量大和应用场景多的问题，研究面向设备、产品和服务全要素资源接入技术；研究基于大数据与知识深度迁移的异构系统大数据空间共享融通技术；研究基于数字孪生和多任务调度的双场景驱动工业引擎技术；研制离散制造行业工业互联网操作系统的核心组件，开展应用验证。

考核指标：研制操作系统核心组件，含接口协议库、大数据湖、工业引擎和场景化机理模型库等；提供资源接入模型 ≥ 10 个和接口协议 ≥ 20 种，提供不少于10种异构数据和10万节点的集成与管理能力；提供操作系统原型样机，在离散行业的设计和制造等场景开展验证；制定国家/行业标准（草案） ≥ 3 项。

2.2 大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台研发与应用

研究内容：针对复杂施工环境重大工程对大型工程机械装备提出的适应性难题，研究产品研发设计/生产制造/运维服务一体化发展模式和产品生命周期价值链协同技术，基于知识的产品与施工地质环境自适应设计方法，供应链多维度动态协同、智能柔性排产等技术，数据与知识驱动的装备状态监测、故障诊断、性能预测、地质风险预警、远程服务等技术；研发基于模型的定制化匹配设计、智能化生产排产和装备运维技术及系统，构建大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台；开展应用验证。

考核指标：研发建立基于模型的大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台，支撑产品生命周期价值链协同；形成平台集成定制化匹配设计系统1套、柔性排产模型 ≥ 10 个、价值链协同和运

维服务构件 ≥ 15 个，建立企业标准体系；在硬岩掘进机、钻爆法施工装备等3类以上大型工程机械装备研制以及高原、高寒、缺氧、高地应力、软岩大变形等复杂施工环境的国家重大工程建设中进行应用，支持150台套以上大型工程机械装备的运维服务，支持实现施工速度提升10%以上、维修周期或者成本降低10%以上。

2.3 大规模制造产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对工业互联网环境下大规模制造产业协同模式创新的需求，面向制造企业为核心的产业价值链，研究基于工业互联网和人/物/业务相联结的价值链协同模式、产业价值链治理与重构机制以及价值链协同业务流程，研究大规模制造产业价值链优化技术、基于区块链的价值链管控技术、数据驱动的价值链业务协同预测/预警技术，研究工业互联网平台架构，研发大规模制造产业工业互联网平台，开发产业价值链协同优化APP组件，以链主制造企业为核心实现平台的应用。

考核指标：建立支撑产业链重构及多维生态协同的大规模制造产业工业互联网平台，研发支持产业链快速重构的工业APP ≥ 10 个，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 15 项，建立企业标准体系，在汽车、家电、电子信息等产业开展应用验证，产业链协同企业 ≥ 2000 家，要素整合周期缩短 $\geq 20\%$ ，产业链重塑响应速度提升 $\geq 20\%$ 。

2.4 个性化定制产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对工业互联网环境下个性化定制产品生命周期价

价值链各环节交互协同、产品研制和运维服务实时性要求高等难题，面向大型复杂个性化定制产业价值链，研究基于工业互联和人/物/业务相联结的价值链协同模式，研究面向制造企业为核心的产品研发设计、生产制造、运维服务以及与关键配套设备供应协同的统一数据模型和开放共享机制；研究跨系统业务流程融合、产品生命周期全流程协同优化与控制、基于区块链的全域价值链生态资源重构等技术；研发个性化定制产业工业互联平台，开发业务环节服务组件，构建个性化定制的产业生态链模式，并开展应用验证。

考核指标：建立基于模型、跨系统业务流程融合的个性化定制产业工业互联平台 1 个，研发服务组件 ≥ 30 个，建立企业标准体系，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项；在船舶、核电等个性化定制产业实现应用验证，实现典型协同场景 ≥ 10 个，支持产业链协作的企业累计 ≥ 100 家，核心协作企业 ≥ 30 家。

2.5 分布式工厂工业互联平台研发与应用

研究内容：针对分布式工厂间生产资源互联、生产协同执行与质量高效管控等需求，研究分布式工厂协同生产及工业互联机理；研究基于 MBSE 的异地协同生产执行、数据驱动的产线运行透明管控、多源异构数据融合、基于数字孪生的分布式工厂产能协同优化配置、面向生产拉动的智能物流配送、基于数字主线的全产业质量预测与控制等关键技术，开发相关软件；研发分布式工厂工业互联平台并开展应用。

考核指标：建立分布式工厂工业互联平台，开发工业 APP \geq 50 个，连接生产类型 \geq 8 种，飞机总装状态质量预测和问题诊断溯源准确率提高 20%，主制造商和供应商间制造协同效率提升 30%，建立企业标准体系，在国产民用飞机干线客机核心制造企业进行应用验证，实现与不少于 80 家企业开展生产计划、资源使用等协同，支撑产能的大幅度提升。

附件 9

“地球观测与导航”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“地球观测与导航”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：瞄准世界空天科技前沿领域，坚持“四个面向”提出的发展方向，重点构建开放创新、链条完整、全球领先的地球观测与导航技术体系，提升地球观测与导航战略高技术的核心竞争力，服务国家重大战略、国民经济发展、社会进步和人民健康福祉的提升，为保障国家发展利益提供战略科技支撑。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕多圈层透视探测技术、空天地一体化综合验证与质量追溯、空天定量遥感和智能信息处理、全球和区域地球观测应用示范、先进定位导航授时关键技术、全时空信息理论与系统、下一代全球碳监测卫星与应用示范等 7 个技术方向，按照基础前沿类、共性关键技术类、应用示范类，拟启动 12 个项目，拟安排国拨经费 4.3 亿元。应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例原则上不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿类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；共性关键技术类和应用示范类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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 多圈层透视探测技术

1.1 高分辨率极区冰冻圈主被动微波探测技术（共性关键技术类）

研究内容：面向冰川、积雪、冻土等极区冰冻圈多种环境要素的探测需求，针对冰川快速变化监控及预测、冰基底物质分类及分辨、积雪覆盖及冻土变化等前沿科学问题，研究基于综合孔径体制的主被动微波高分辨探测系统技术，研究微波遥感电磁波可变介质中传输特性及敏感性差异，冰川微波成像分辨率与衰减特性，分布式主动穿冰雷达三维成像方法，电离层误差探测与补偿方法，研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合

孔径探测仪原理样机，开展机载校飞试验，为极区航道开发等重大应用提供保障。

考核指标：研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合孔径探测仪原理样机，开发低频电磁回波综合处理与图像解译软件和多波段协同探测的数据处理软件；主动微波探测实现穿透深度 3~4km 极地冰层，水平空间分辨优于 100 m，垂直分辨率优于 5 m，具备探测冰下基岩和水系的能力；被动微波探测实现积雪探测厚度 0~2m，精度优于 15cm，次表层（20cm）土壤水分误差优于 $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ，分辨率达到 5~40km，灵敏度优于 1K。

1.2 多波束星载高分宽幅 SAR 系统技术（共性关键技术类）

研究内容：面向陆海高分宽幅遥感和大比例尺测绘等应用需求，突破传统合成孔径雷达（SAR）信号体制限制，研究新体制多波束星载高分宽幅 SAR 总体技术，研究新体制波形编码、多波束收发，研究基于射频光传输的大动态范围接收机通道技术；研究多波束时频域分离和重构处理，研究新一代星载高分宽幅 SAR 平台等关键技术，设计多波束星载 SAR 技术方案、研制机载原理验证样机并完成机载飞行试验验证，为星载高分宽幅 SAR 遥感应用奠定基础。

考核指标：突破星载高分宽幅 SAR 理论和关键技术，设计新体制多波束星载高分宽幅 SAR 技术方案，满足 X 波段分辨率/幅宽 1m/300km 和 5m/1500km，载荷重量 $\leq 800\text{kg}$ 。研制机载原理样机 1 套，实现在 X 波段分辨率/幅宽优于 0.2m/60km；接收机通道动态范围 $\geq 80\text{dB}$ ；噪声等效后向散射系数优于 -22dB，模糊度优

于-20dB,具有干涉成像能力的功能。开展机载平台行业应用示范3项,包括测绘行业应用示范1项,面积不小于100km²,满足1:5000测图精度要求,水利与海洋行业应用示范1项,面积不小于3000 km²,具有大范围陆海监测能力,交通行业应用示范1项,面积不小于3000km²,具有道路及桥梁等交通基础设施大范围安全监测技术能力。

1.3 航空重磁多参量组合观测关键技术研究(共性关键技术类)

研究内容:面向日益增长的地球观测等领域对区域重磁场精细观测的需求,解决高精度重力、磁力仪器的自主可控问题,提升近地空间重磁场观测精度。重点突破重磁探测器的关键芯片和器件的制备工艺,高精度磁测飞行平台干扰补偿以及高精度区域重磁场模型构建等关键技术;实现高性能重、磁探测器的完全国产化并开展试验验证;在此基础上,构建近地空间高精度区域重磁场模型。

考核指标:航空磁矢量梯度与总场多参量观测系统1套,矢量磁梯度芯片噪声水平:优于15fT/m/√Hz(室内标定);矢量磁梯度飞行噪声水平:飞行测试场景下优于10pT/m(0.05~1Hz,有效值);磁总场探测飞行噪声水平:飞行测试场景下优于4pT(0.05~1Hz,有效值),飞行测试场景下飞行平台挠性误差磁补偿改善比:≥2;航空重力观测系统1套,航空重力测量精度:飞行测试场景下优于1.2mGal@半波长空间分辨率3km(外符合);地面量子绝对重力测量系统1套,量子绝对重力仪原子落体频率

≥3Hz，地面测量合成标准不确定度以及积分时间为300秒时的分辨率均优于5μGal，具备动态测量演示能力；区域重磁场建模算法软件1套，数据处理提升信噪比50%；典型区域（华北地区中等起伏地形条件区域）大地水准面模型精度：优于2cm。

2. 空天地一体化综合验证与质量追溯

2.1 基于空间卫星平台的微波无线传能技术（基础前沿类）

研究内容：面向大规模、分布式对地观测星群卫星平台高效能源供给对轻质化、小型化及灵活性等方面的需求，开展基于空间卫星平台的微波无线传能创新方案研究，突破空间小型化、集成化和低成本发射与接收天线一体化系统设计、面向多目标传能的发射天线多波束形成与管理，面向动目标的微波无线传能高精度指向测量与控制、高密度高功率系统热控、地面演示验证系统相似性等关键技术研究，研制基于卫星平台的微波无线传能地面演示验证原理样机并开展地面验证。

考核指标：空间卫星平台微波无线传能创新方案，比功率（功率与传能系统重量比）≥40；基于卫星平台的微波无线传能地面演示验证原理样机，传能效率（接收天线输出直流功率与发射天线输入直流功率之比）≥20%，同时传能目标数≥2个，传能距离≥100m；传输功率≥1kW；卫星平台所携带能量接收装置为可重复展/收天线，展开天线口径≤5m。

3. 空天定量遥感和智能信息处理

3.1 大气海洋一体化参数反演与应用（共性关键技术类）

研究内容：聚焦大气和海洋参数独立反演过程中两者相互干扰造成误差放大的问题，建立自主的微波全极化大气海洋一体化快速辐射传输模型，突破多源载荷时空匹配、全极化海气耦合微波辐射传输模式开发、气象海洋卫星场景自适应同步反演，台风及其风暴潮一体化监测、同化和预报等关键技术，针对台风与风暴潮集成我国大气海洋关键参数一体化综合反演与预报系统，开展产品验证，支撑业务化应用。

考核指标：建立自主海气耦合微波快速矢量辐射传输模式与伴随模式，模式计算误差平均减小 10%；海上大气温度/湿度廓线、降雨反演相对误差减小 15%~30%，海面风速、海表温度、有效波高、海面水汽含量反演误差减小 10%~20%；建立国产气象、海洋卫星新型微波载荷大气海洋参数一体化反演和预报系统，实现台风与风暴潮监测预报的业务应用。

3.2 复杂自然场景高分辨率遥感智能处理技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国地形地貌多样、气象条件复杂、地表结构细碎等复杂场景下的遥感大数据智能处理与空间认知的应用瓶颈，开展复杂地表空间的遥感数据表征理论与要素智能提取技术攻关，构建“数据—模型—知识”驱动的高分遥感视觉感知、探测机理耦合的复杂地表遥感知模型，重点突破星空地多传感器多模态数据时空融合、地表要素分层解构与图谱特征智能提取、典型要素智能解译与真实性验证等关键技术，研发遥感智能解译

系统与精准应用平台，开展行业典型示范应用。

考核指标：建立面向复杂自然场景的遥感认知理论与智能提取方法，提取方法适应 5 种以上复杂场景；时空数据融合至少包含光学、SAR、LiDAR、众包地理信息等 5 种以上类型数据，支持 5 个以上尺度的空间分辨率数据，融合精度达到像元级；智能提取技术支持我国主要高分辨率卫星数据产品，典型要素提取具备并行化计算能力；多种自然地理以及人类活动影响下建设用地、耕地、林地、草地、未利用地等典型地表要素数据产品在分辨率优于 5m 时，识别总体精度不低于 90%；研发自主知识产权的遥感智能解译平台 1 套，支持深度学习、迁移学习、强化学习等多种智能计算，算法与工具集种类不少于 20 种；典型行业示范与验证适应 5 种以上复杂场景，示范区域不少于 5 万 km²。

4. 全球和区域地球观测应用示范

4.1 多尺度流域水资源和水利设施遥感监测应用示范（应用示范类）

研究内容：面向中小流域，构建空天地一体化综合观测真实性检验基地及流域数字孪生。突破多源遥感与地面涉水要素综合观测数据同化融合关键技术，形成水循环核心要素同化方法和开放成果集；在北方完整灌区，进行灌溉水和退水的遥感反演和对比验证，解析作物耗水、灌溉水有效利用系数等变量的时空分布；针对工程全生命周期监管能力提升急需，开展大型水利工程施工季进度遥感监督和跟踪、投运工程的风险源定位、识别及月动态

监测方法指标研究；在北方水资源过载流域分析多时间尺度地下水蓄变过程，探究地下水多年累计开采量和年内季相开采节律；开展流域水文基准点沉降形变跟踪；结合干涸河道治理和生态补水监测，评估并提出跨流域调水生态效益评估方法。

考核指标：针对蓄满和超渗产流不同类型中小流域（不少于6个），搭建空天地一体化涉水要素1公里格网、小时级更新的流域数字孪生系统；建立多源数据融合和再分析模型，开放式提交时空连续序列日分辨率水文及涉水要素参数集，提供真实性检验；构建含田间尺度耕作层土壤水、作物耗水、灌溉水有效利用系数的灌区动态监测系统并交付实际运用，灌溉水遥感反演与实地观测误差小于15%；提出监管或跟踪要素指标方法，构建业务化动态监测系统及10个以上在建、5个以上在用大型水利工程典型实例。海河流域近20年年际和近5年季相蓄变数据分析数据集，与国家地下水观测实测结果误差小于20%；提交流域水文基准点近5年系列地面形变厘米级结果；评估近10年河道占用、跨流域调水对水资源超载区生态影响。

5. 先进定位导航授时关键技术

5.1 单片光机电融合式导航微系统（基础前沿类）

研究内容：面向无人飞行器智能导航、物联网时空服务等重大应用对微型化、高性能导航系统的迫切要求，针对传统单源导航微系统在卫星导航拒止条件下定位精度有限和抗干扰能力差等基础科学问题，研究基于惯性器件与光电探测的单片融合式综合

导航微系统，开展基于 MEMS 微结构多维调制的光电测量机理、多维惯性信息感知技术的研究；研究微机械惯性器件与光电敏感器件的单片加工技术，建立光电信息与惯性测量的智能融合与误差补偿机制；研制芯片级光机电融合式综合导航微系统原理样机。

考核指标：实现光电测量视场角大于 120° ，精度优于 $2''(3\sigma)$ ，惯性陀螺零偏稳定性 $0.3^\circ/\text{h}(3\sigma)$ ，光机电系统质量小于 50g ，实现光电、惯性信息智能融合，消除传统惯性导航漂移，实现 24 小时导航位置偏差优于 $200\text{m}(3\sigma)$ 。

5.2 远程精准时间传递与计量一体化网络关键技术（基础前沿类）

研究内容：面向国家对时间精准计量和溯源的需求，针对计量基准时间量值的精准远程传递和校准的难题，突破高精度时间保持、远程低不确定度的时间频率信号计量、无参考接收机的北斗时间传递链路校准、实时性和精确性平衡的振荡器的驯服控制及基于精准时间源的精密测试与标校等关键技术。研制扁平化精准时间计量体系示范系统、精准远程时间溯源节点设备，及基于北斗的时间频率实时比对服务平台和时间频率精密传递比对数据后处理平台。

考核指标：构建一套溯源至国家时间频率计量基准的扁平化精准时间传递与计量一体化网络示范系统，节点数不少于 10 个。精准时间溯源方面，参考节点距离基准源 100km ，时间偏差绝对值优于 $0.5\text{ns}(2\sigma)$ ，1 天的时间稳定度优于 30ps 、频率稳定度优

于 $7E-16$; 分布式节点距离基准源不少于 1000km, 时间偏差绝对值优于 $2ns (2\sigma)$, 1 天的时间稳定度优于 $0.3ns$ 、频率稳定度优于 $1 E-14$; 时间传递链路校准方面, 绝对校准和差分校准, 合成标准不确定度不大于 $1ns$; 时间计量方面: 1 天采样时间的附加时间稳定度优于 $0.3ns$, 合成标准不确定度不大于 $1ns$ 。申请发明专利不少于 10 项, 申报国家/行业标准不少于 2 项。

5.3 地下大空间高精度定位导航与控制技术(共性关键技术类)

研究内容: 面向日益增长的地下空间高精度定位导航应用需求, 针对当前 WiFi、Zigbee、UWB 等技术无法实现地下大空间内人员及无人驾驶装备的精确定位导航问题, 突破地下大空间复杂电磁环境下信号传输模型、数字孪生地图、规模可伸缩自主定位导航授时 (PNT) 系统组网、高精度定位等关键技术; 研制地下大空间范围内轨道车辆、设备等的无人驾驶精确定位控制系统; 开展地下大空间复杂电磁环境下自主 PNT 系统及导航控制应用验证。

考核指标: 研制地下 PNT 系统一套, 定位节点容量不低于 1000 个; 支持对轨道车辆、装备等的无人自动控制; 定位频率不低于 $1Hz$; 地下三维定位精度 (1σ): 静态优于 $0.3m$ 、动态 (速度不低于 $25km/h$) 优于 $1.5m$; 单基站定位容量不小于 30 个; 网络同时定位总容量不少于 2000 个; 网络连续覆盖路线长度不小于 $30km$; 实地部署地下典型应用验证系统不少于两个, 其中深度不小于 $300m$ 、路线长度不小于 $20km$ 。

6. 全时空信息理论与系统

6.1 地理空间智能核心技术与软件系统（共性关键技术类）

研究内容：面向国民经济建设、人民生命健康保障和国家重大战略实施对全时空大数据深度融合与精准分析的迫切需求，针对地理空间离散几何化抽象难以表达复杂语义关系、地理空间分析智能化水平不足等瓶颈，研究基于几何代数学的全时空对象建模方法，建立全时空对象化表达与对象空间建模的理论体系；研究知识驱动的时空大数据智能计算方法，构建对象内嵌的地理空间智能算法库，建立面向复杂场景动态演化的学习和模拟模型；研制集成大数据引擎、知识引擎、时空分析引擎、智能计算引擎和全息可视化引擎的多模态协同的引擎中台；设计规模可伸缩、模块易插入的云原生集成环境，研制以数据—知识—模式三元组构成为基础、全时空对象化表达与智能计算为核心、具有自主知识产权、世界领先的地理空间智能基础平台软件和应用基础软件，实现地理空间智能理论方法与技术的根本性突破；在自然资源管理、数字农业和全球综合环境信息智能保障等领域开展应用示范。

考核指标：研制地理空间智能软件一套，包括基础平台软件和不少于3个典型领域的行业应用套件，核心中台技术模块不少于20个；可管理PB级时空大数据和亿级时空知识元组，查询响应时间为秒级，支持超过100万用户并发访问；研发100个以上集成人工智能的空间分析算法，其中融合认知与感知的智能诊断

性和预测性算法不少于 50 个；项目关键技术成果申请发明专利不少于 10 项；申报国家/行业标准不少于 2 项。应用示范验证系统需在省市及以上相关部门业务运行。

7. 下一代全球碳监测卫星与应用示范

7.1 下一代碳卫星技术方案研究（共性关键技术类）

研究内容：给出我国首颗碳卫星技术成果与效能分析，面向 2030 “碳达峰”、2060 “碳中和”的国家战略，开展下一代中国碳卫星需求论证；研究星座布局、有效载荷指标分析，提出卫星系统总体方案和关键技术解决途径，为我国高时频、高精度、多要素、多尺度的下一代碳卫星设计提供依据；针对未来全球温室气体盘点目标，开展基于卫星监测的“自上而下”排放清单校核方案研究，创建具有我国自主知识产权的基于卫星遥感的主要温室气体清单校核方法，开展试验验证。

考核指标：研发满足空间分辨率全球 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 、中国 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 、典型城市 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 不确定度分别优于 15%、20%、50%，具备国别清单校核能力的多尺度碳通量计算模型；针对重点行业点源和大中型城市开展天地一体化排放监测仿真与验证。提出星座系统方案，监测要素包括 CO_2 、 CH_4 、 CO 、 NO_2 、SIF 等，精度分别达到： XCO_2 精度优于 0.7ppm、 XCH_4 精度优于 5ppb、SIF 精度优于 $0.25 \text{ mw m}^{-2}\text{nm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ，重点排放地区 XCO 精度优于 10%、 NO_2 精度优于 $1.0\times 10^{15} \text{ molecules/cm}^2$ ，幅宽优于 240km。全球普查空间

分辨率优于 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 、热点地区空间分辨率优于 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的要求，时间分辨率优于 1 天。

“文化科技与现代服务业”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“文化科技与现代服务业”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：面向文化科技与现代服务业生态集聚的新趋势、服务消费升级的新需求和服务场景创新的新特征，结合文化科技与现代服务业数字化、专业化、智能化和生态化的发展趋势，系统布局共性基础技术研究，媒体融合、数字文化、文旅融合、文化遗产保护等文化科技场景服务技术创新与应用，生活服务、科技服务、生产服务等现代服务业场景服务技术创新与应用，促进文化产业数字化转型升级，提升国家文化软实力；支撑现代服务业健康快速发展，培育经济发展新动能。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕文化产业基础性制约性关键技术、数字文化、文旅融合、服务科学与技术、生活服务、科技服务、生产服务等 7 个技术方向，按照基础前沿类、应用示范类，拟启动 10 个项目，拟安排国拨经费 2.1 亿元。其中，围绕文化产业基础性制约性关键技术方向，拟部署 4 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 2000 万元，

每个项目 500 万元。应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例原则上不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项（其中，任务 1.1 拟同时支持 4 个青年科学家项目），实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础前沿类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，应用示范类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。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 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。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 文化产业基础性制约性关键技术

1.1 文化产品产权价值评估与确权标识应用技术研究（基础前沿类、青年科学家项目）

研究内容：研究文化产品产权价值评估指标要素挖掘、关联分析与表示模型，研究基于大数据的文化产品产权价值建模理论与可解释评估方法，构建文化产品产权价值多维评估指标体系，研发文化产品产权价值智能评估工具及系统；研究确权标识的结构体系，提出确权标识的生成与解析方法；研究提出将确权标识与文化产品有效绑定的隐蔽嵌入方法，以及文化产品流转过程中识别确权标识的鲁棒提取方法；研发基于登记注册与追踪查证的文化产品确权服务系统；重点结合影视作品创作、文化艺术品交易等开展产权价值评估和确权标识技术应用验证。

考核指标：提出可实用验证的文化产品产权价值评估指标体系和评估建模方法，形成文化产品产权价值评估、确权标识嵌入与提取相关软件产品不少于4项，制定文化产品产权价值评估、确权标识生成与解析、影视作品标识登记相关标准规范不少于3项；确权隐蔽标识具备抗压缩转码、分辨率改变、画面裁剪、片段截取、画面录制等常见攻击，标识鲁棒提取准确率达到95%以上；建立文化产品影视作品确权服务系统，注册作品数量2000件以上。申请发明专利或软件著作权登记不少于5项。

2. 数字文化

2.1 网络视听全景式交互化新业态关键技术研发与应用示范（应用示范类）

研究内容：研究支持全景式、交互化的超高清视频内容拍摄制作技术，研究基于视角的全景视频编解码技术、基于对象和场

景的音频编解码技术，支持沉浸式用户体验；研究全景式交互化视音频展现技术及主客观体验评价技术，研发全景式和交互化视音频内容采集工具、云化/虚拟化制作工具和渲染引擎，研发基于人工智能+云等技术的全景式交互化视音频内容生产基础平台与多形态呈现终端；在广播电视与网络视听领域内容生产、分发传播、终端呈现等环节开展典型场景应用，制定相关标准规范，打造即时可取的大众化、个性化的新视听业态。

考核指标：开发全景式交互化视音频拍摄制作技术系统，支持现场拍摄及处理，支持 8K、50fps、10bit，支持动态光场拍摄，支持对象和场景的三维声音频；开发基于云的全景式交互化业务系统，支持现场处理、云制作边协同，支持全景式内容生产、交互式分发、终端自适应呈现，支持全景式视频、VR 视频、交互视频、云互动娱乐等新服务模式；研制基于视角的全景视频编解码系统，支持 8K 分辨率，相对于传统全景视频编码可节约码率达 70%以上；研制小型化全景式交互化呈现终端实验装置 1 套，支持覆盖视角不小于 $120^{\circ}\times 70^{\circ}$ （水平 \times 垂直），支持 8K 视频解码与渲染显示，音频不低于 5.1.4 声道还音系统；提出全景式交互化网络视听行业标准体系，完成全景式交互化网络视听行业标准草案不少于 10 项，在 2~3 个广播电视与网络视听机构开展全景式视频、VR 视频、交互视频、云互动娱乐等业务形态，完成 5 部全景式交互化视音频内容制作，服务用户数不少于 100 万人。申请发明专利不少于 6 项，完成软件著作

权不少于 10 项。

2.2 面向智能交互产品的创意服务设计技术与平台（应用示范类）

研究内容：研究智能交互电子产品的用户行为、产品特征与市场联动分析方法，融合用户行为、使用场景、产品功效、终端反馈等海量多源异构数据，开发智能化的产品画像、设计决策、精准营销服务平台；研究智能电子产品设计的人因工程与人机交互技术，建立面向自然交互的物理、认知、情感等多模态人因数据库，形成人因设计规范与体验设计标准；研究复杂场景下自然交互技术和设计美学特征表达方法、人机协同的智能生成设计工具与审美评价标准，建立场景融合的文化、风格及美学主客观评价指标体系；研制机器学习和跨通道表征、图像与三维生成等智能交互设计工具系统，提高人机协同设计流程的效率和质量；开发基于智能交互、模式识别、全场景分析的 PSSD 设计迭代与智能化评估服务平台，针对通讯电子、健康与可穿戴设备等智能交互电子产品创意设计开展应用示范。

考核指标：建立智能电子产品用户的“特征—行为—体验”指标体系，构建全场景用户行为与设计决策分析平台，形成用户研究数据 20 万条以上、100 个专业场景库的精准画像与设计决策；建立面向智能交互产品的多模态人因数据库和智能辅助设计平台，包含中国用户的静态和动态人因数据 5 万条以上，支持多通道交互与跨终端产品设计的舒适性、可用性评估；开发典型行业

智能设计平台，支持自动生成 100 万张以上的设计作品，形成不少于 6 个专业设计服务领域的智能设计服务资源库和人机协同设计体系。申请发明专利不少于 10 项，软件著作权不少于 10 项。

3. 文旅融合

3.1 云演艺共性服务平台研发与应用示范（应用示范类）

研究内容：面向我国传统演艺行业的数字化转型等需求，研究基于超高清的云端分布式渲染显示技术和专业导播切换软件化平台系统，实现演播基本功能云化；研究混合现实技术演艺演出沉浸式体验场景设计、8K 视频的实时分片解码技术、虚拟视角合成与多视角即时切换技术，提升云演艺现场感；研究云演艺海量视音频数据多协议传输、超高清 5G 切片及多业务数据流端到端的虚拟网络技术，提升传输效率；研制自主可控中低成本专业 8k 拍摄编码传输设备和场景化 AI 导播技术，降低内容制作门槛；研发面向云演艺全链条的共性集成服务平台，创新运营模式，在若干专业演艺领域开展应用示范。

考核指标：建立基于融合网络传输的超高清远程协同云演艺共性集成服务平台，实现基于 5G+超高清+XR 的应用模式，覆盖云演艺全链条服务，支持不少于 10 路高清信号和 4 路 4K 信号切换，支持不少于 20 路信号实时连线直播互动；推动 5G+超高清+XR 在演艺产业的应用，培育 5 个以上线上原生云演艺产品，改造或新建 3 个以上超高清云演艺数字化实体场景开展示范，观演人次达 100 万以上。申请发明专利或软件著作权登

记不少于 15 项。

4. 服务科学与技术

4.1 服务效能理论与技术研究及应用（基础前沿类）

研究内容：面向众多智能主体（人、企业或机构、智能机器人等）分工协作构成的服务系统，明确智能主体的智能水平、服务效能的内涵，研究提出智能主体的智能水平及服务效能的定量计算方法。研究服务系统智能水平或效能与智能主体智能水平、服务系统结构、服务过程信息交换与共享等关键影响因素之间的定量变化规律。开发服务系统效能定量分析诊断、跟踪优化方法与系统。

考核指标：形成服务效能定量分析诊断、跟踪优化系统 1 套，该系统能够根据特定服务场景或服务的服务主体、服务内容及服务过程信息，通过定制化技术与特定服务场景或服务系统互联，在线、同步、定量分析诊断与跟踪优化服务过程，有效提升服务系统运行效能。在 3 个以上服务场景或服务系统进行应用验证，起草或制定 3 项相关技术标准。

5. 生活服务

5.1 面向智慧社区的物业服务融合技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：面向智慧社区的构建，研究多模态物业数据融合技术，研究物业服务智能物联网（AIoT）技术与数字孪生技术，构建含社区建筑、社区环境、社区安全、社区活动、居民生活等

在内的人机物融合数字化物业服务基础设施；结合地方政府智慧社区工程的建设，研发面向智慧社区跨界服务场景的融合方法与技术，打造面向未来邻里、教育、健康、建筑、交通等多个场景的智能跨界物业服务数字化平台，以数字化技术整合社区物业服务生态；探索面向智慧社区的物业服务新模式，归纳总结不同模式特征与内涵，构建和谐化、社会化、平台化的物业服务新型生态体系；研究基于区块链的政府基层组织、业主委员会、物业公司、业主等多方协同、共建共管的可信物业服务设计、交付、监管等环节的流程与服务治理模式、技术与平台。

考核指标：突破面向智慧社区的智能物联网（AIoT）技术与数字孪生技术，实现不少于 50 种常用社区设备类别的连接，融合 BIM、社会、政务、CIM、车联网等不少于 10 类物业相关大数据；总结提炼面向智慧社区的物业服务新模式，构建和谐化融合化的新型服务生态；研制面向智慧社区物业服务的智能跨界物业服务数字化平台，提供支撑未来社区不少于 9 个场景的核心功能；突破可信物业服务设计、协同、交付、监管等关键技术，研制相关支撑平台，提升物业服务的跨社区协同与智能监管水平；制定 3 项物业服务质量控制国家/行业/地方标准，服务 3000 以上社区，服务 1000 万人群。

5.2 面向终身学习的个性化“数字教师”智能体技术研究与应用（应用示范类）

研究内容：面向终身学习个性化服务场景，研究基于多模态

行为数据的用户画像生成和迭代更新模型，研究行业知识体系的构建和生命周期管理技术、互联网教学资源与行业知识图谱的语义映射技术，研究自适应教学与学习路径规划、跨媒体智能推荐等个性化学习技术，研究信息化和多元化的综合竞争力测评体系构建技术，研究针对特殊群体的语音识别、语音合成、手势识别等智能交互技术。研发服务全民终身学习的数字化智能体系统，在数字世界为学习者构建一位陪伴终身的专属智能教师，有效完善终身学习教育体系并推动学习型社会的建立。

考核指标：完成覆盖 6 个数字经济重点行业的知识图谱构建和自动演化，建立 10 个维度以上的综合竞争力测评体系；研发服务全民终身学习的数字化智能体系统，具备个性化教学、学习路径规划和精准内容推荐等自适应教育等功能，能够为至少 3 种类型的特殊群体提供教学便利；在 2 个以上代表性行业开展终身学习规模化示范应用，覆盖 10 万以上用户，单用户日均使用时长不小于 20 分钟；制定个性化学习相关 3 项国家/行业/地方标准。

6. 科技服务

6.1 新型研发机构创新服务平台技术研发与应用(应用示范类)

研究内容：研究新型研发机构的内涵、分类、机理，研发企业技术创新需求挖掘与技术成果智能匹配技术，研发产业技术创新图谱智能绘制等可视化技术；突破研发服务管理数字化技术，创新研发团队协同、研发项目管理、研发成果管理等研发机构管理服务模式与技术，研发面向企业服务的个性化智能交互技术；

研究新型研发机构服务考核评价与激励技术；构建新型研发机构创新服务平台，集成检验检测、技术转移、创业孵化、标准化、科技金融等服务，汇聚设备、专利技术、人才、资金等要素，面向细分产业的专业性新型研发机构和多个产业的综合性新型研发机构开展应用示范。

考核指标：突破新型研发机构创新服务关键技术不少于 10 项，形成国家/地方/团体标准 2 项以上；形成一套新型研发机构创新服务平台，面向 3 个以上不同类型的新型研发机构开展应用示范，每个示范实现对 4 类以上科技服务的深度集成，服务企业超过 1000 家，支撑示范机构实现数字化转型，支撑研发机构管理、研发机构对外服务等场景不少于 6 个。

7. 生产服务

7.1 产业互联网服务技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：研究数字孪生企业服务理论与模型，研究产业互联网生态体系理论、发展模型、运行机理、动力机制；面向家居、服装纺织、包装食品等传统产业，研发面向产业链上下游的服务数据共享机制、数据协同规范，研发云原生的数字化产业链服务协同技术，支撑产业链灵活用工、共享财务、品质管控、精准营销、科学决策等场景，实现产业全链条服务数字化、互联化、智能化；研究面向产业互联网的服务体系与服务内容，研发产业互联网服务平台，并面向智能家居、服装纺织、包装食品等领域开展应用示范，推动产业链服务升级和价值链优化，促进产业跨界

融合、产业模式创新。

考核指标：突破产业互联网的数据共享、数据协同、服务协同等关键技术不少于 30 项，形成国家/行业/地方标准 5 项以上；形成一套覆盖 3 个以上细分产业链的云原生数字化产业链解决方案，覆盖从营销到生产的产业链服务数字化场景 10 个以上；面向 3 个产业开展应用示范，形成 3 个产业互联网服务平台，并建立平台运营服务体系，每个平台包含产业链服务数字化场景不少于 5 个，汇聚产业内重点企业不少于 50 家，服务企业不少于 1000 家，累计服务收入不少于 5000 万元。

7.2 服务型制造服务共性技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：围绕制造与服务融合、产品与服务集成带来的技术挑战，探讨基于传感和智能技术的制造和服务深度融合机理和模式，研究产品服务系统设计与优化方法、网络驱动的制造产品服务化设计、基于数字孪生和工业互联网的数字化服务、基于 IoT 与 5G 的产品远程运维等关键共性服务技术；研究制造服务生态体系的数据交换方法、数据定价模型和制造服务智能交易技术，建立面向全生命周期的制造服务数据治理机制，激活数据要素在服务型制造中的牵引作用。研制面向典型行业、典型模式、可定制的开放式产品服务化支撑平台，并开展示范应用。

考核指标：突破产品服务系统设计、部署、交易、运营等关键技术，形成面向制造服务生态的制造数据治理方案，建立一套数据安全共享交换平台。研制至少 1 套面向典型行业、典型模式、

可定制的开放式产品服务化支撑平台，开发不少于 20 项集成资源及软件构件，为制造企业快速实施服务型制造工程提供解决方案，应用在生物医药、机械装备、汽车、厨电、纺织、包装、家具等 10 个典型制造行业；形成服务型制造共性技术公共服务平台，接入并服务企业 500 家以上，终端服务用户数不少于 5000 家。制定服务型制造相关的国家/行业/团体标准不少于 3 项，申请发明专利不少于 10 项，取得软件著作权不少于 10 项。