

科学技术部文件

国科发资〔2022〕100号

科技部关于发布国家重点研发计划 “先进结构与复合材料”等 重点专项 2022 年度项目 申报指南的通知

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

国家重点研发计划深入贯彻落实党中央关于科技创新的决策部署，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“先进结构与复合材料”等重点专项 2022 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. 整合优势创新团队，并积极吸纳女性科研人员参与项目研发，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。鼓励有能力的女性科研人员作为项目（课题）负责人领衔担纲承担任务。

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》等要求，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 2021 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，1962 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 2022 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”，重点研发计划聚焦高质量发展亟需、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练需求、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。

5. 关于科技型中小企业项目。为进一步强化企业创新主体地位，加快科技型中小企业创新能力提升，在部分重点专项指南中试点设立科技型中小企业项目，要求由科研能力强的科技型中小企业牵头申报。项目下不设课题，实行定额资助，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情况进行同步考核。

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：2022年5月17日8:00至6月20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2022年6月24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）“先进结构与复合材料”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、
68207717

（3）“高端功能与智能材料”重点专项咨询电话：
010-68104475

（4）“新型显示与战略性电子材料”重点专项咨询电话：
010-68104778

（5）“储能与智能电网技术”重点专项咨询电话：

010-68207731、68207706

(6) “可再生能源技术”重点专项咨询电话: 010-68104408

(7) “煤炭清洁高效利用技术”重点专项咨询电话:
010-68104430

(8) “氢能技术”重点专项咨询电话: 010-68104492

(9) “交通基础设施”重点专项咨询电话: 010-68104462

(10) “交通载运装备与智能交通技术”重点专项咨询电话:
010-68104467

(11) “新能源汽车”重点专项咨询电话: 010-68104408

(12) “高性能制造技术与重大装备”重点专项咨询电话:
010-68104402

(13) “智能传感器”重点专项咨询电话: 010-68104423

(14) “工业软件”重点专项咨询电话: 010-68104472

(15) “增材制造与激光制造”重点专项咨询电话: 010-68104487

(16) “智能机器人”重点专项咨询电话: 010-68207734、
68207732

(17) “网络空间安全治理”重点专项咨询电话: 010-68207726、
68207794

附件: 1. “先进结构与复合材料”重点专项 2022 年度项目申报指南及“揭榜挂帅”榜单

2. “稀土新材料”重点专项 2022 年度项目申报指南

3. “高端功能与智能材料”重点专项 2022 年度项目申报指南及“揭榜挂帅”榜单
4. “新型显示与战略性电子材料”重点专项 2022 年度项目申报指南
5. “储能与智能电网技术”重点专项 2022 年度项目申报指南
6. “可再生能源技术”重点专项 2022 年度项目申报指南
7. “煤炭清洁高效利用技术”重点专项 2022 年度项目申报指南
8. “氢能技术”重点专项 2022 年度项目申报指南
9. “交通基础设施”重点专项 2022 年度项目申报指南及“揭榜挂帅”榜单
10. “交通载运装备与智能交通技术”重点专项 2022 年度项目申报指南
11. “新能源汽车”重点专项 2022 年度项目申报指南
12. “高性能制造技术与重大装备”重点专项 2022 年度项目申报指南
13. “智能传感器”重点专项 2022 年度项目申报指南及“揭榜挂帅”榜单
14. “工业软件”重点专项 2022 年度项目申报指南
15. “增材制造与激光制造”重点专项 2022 年度项目申报指南

16. “智能机器人”重点专项 2022 年度项目申报指南
17. “网络空间安全治理”重点专项 2022 年度项目申报指南



“先进结构与复合材料”重点专项 2022 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 2022 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，实现空间应用、轨道交通、能源装备、深海深地等领域急需的关键结构与复合材料的国内自主供给。

2022 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，按照基础研究类、共性关键技术类、应用示范类三个层面，拟启动 49 项指南任务，拟安排国拨经费 8.03 亿元。其中，拟部署 12 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3600 万元，每个项目 300 万元。应用示范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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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）。部省联动应用示范类项目，由江苏省科技厅推荐，江苏省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目，须在江苏省落地实施。部省联动共性关键技术类项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于 1 个课题由江苏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. 高性能高分子材料及其复合材料

1.1 大丝束碳纤维及复合材料低成本高效制备技术（应用示范类）

研究内容：针对现代交通和能源装备等对低成本轻量化发展需求，开展大丝束（48K 及以上）碳纤维大规模高效率高稳定性和高适配性制备、大丝束纤维展纱和织造损伤控制、可调幅宽多轴向织物装备及织物高效率稳定制备、大克重比长适用期非热压灌成型预浸料设计和制备等技术研究，形成相应材料标准和工艺规范，建立应用数据集；开展大丝束碳纤维及织物大断面多腔异型复杂结构件快速拉挤成型技术和大克重比预浸料大型复杂构件真空成型技术研究，完成高速轨道交通、风电叶片、无人机、商用车辆典型构件设计和性能验证。

考核指标：大丝束碳纤维：单线产能 ≥ 2000 吨/年（48K 及以上），最大线速度可达 15 米/分钟，拉伸强度 ≥ 4000 兆帕，模量 220~260 吉帕（可调）；多轴向织物：门幅宽度在 50~100 英寸（1270~2540 毫米）可调；预浸料：单位面密度精度 $\pm 2.5\%$ ，真空成型 20 毫米复合材料板孔隙率 $\leq 1.5\%$ ，层间剪切强度 ≥ 70 兆帕；拉挤制品：制件宽度 ≥ 500 毫米、厚度 ≥ 100 毫米，腔体数量 ≥ 4 个，拉挤成型效率 ≥ 0.3 米/分钟，孔隙率 $\leq 2\%$ ；典型构件：满足高速轨道交通、风电叶片、无人机、商用车辆应用的设计要求，减重效率达到 20%以上，较小丝束纤维（12K 及以下）和织物及传统热压成型成本降低 50%以上；形成 5~7 项标

准或规范。

1.2 特种工程塑料薄膜制备技术开发与产业化（共性关键技术类）

研究内容：针对高性能装备轻量化对于耐高温、耐老化、高强度超薄工程塑料薄膜的需求，开展芳杂环薄膜专用树脂的结构设计，研究芳杂环聚合物缩聚反应中的副反应机理及其对聚合物链结构、聚集态结构及宏观物理性能的影响规律，优化并确定树脂合成、精制及后处理工艺参数，实现产品批次稳定性精细控制，突破反应放大过程中的聚合物结构、组成精细控制技术、专用料复配技术以及加工稳定性控制技术，完成高性能薄膜的连续加工，并在轨道交通、空天装备和电子电气等领域通过验证。

考核指标：半结晶型聚芳醚酮薄膜专用料玻璃化转变温度和熔点分别大于 150 摄氏度和 370 摄氏度，拉伸强度 ≥ 110 兆帕，无定形聚芳醚酮薄膜专用料玻璃化转变温度 ≥ 260 摄氏度，拉伸强度 ≥ 100 兆帕，建成 100 吨/年薄膜专用树脂的示范生产线；高性能聚芳醚酮薄膜拉伸强度 ≥ 90 兆帕、厚度 ≤ 6 微米，建成 1 万平方米/年生产示范装置；形成 2~3 项薄膜的生产和应用规范或者标准。

1.3 耐苛刻使役环境合成橡胶制备技术及其产业化（共性关键技术类）

研究内容：针对密封、减震和轮胎行业对高低温、高磨损、强疲劳等使役环境下合成橡胶的需求，研究橡胶序列结构和立构

规整度与性能之间的关系，考察聚合物结晶度、氢化程度和分子量对使役性能的影响规律；重点开发轮胎用 1, 2-间同聚丁二烯橡胶、高耐热氢化丁腈橡胶、耐低温丁戊橡胶、耐疲劳反式丁戊橡胶和高耐磨嵌段共聚溶聚丁苯橡胶；突破材料规模化制备关键技术，优化后端凝聚工艺和干燥工艺，大幅降低能耗和污染排放。

考核指标：间同聚丁二烯结晶度 35%~70%间可调控；反式丁戊橡胶的反式结构含量 $\geq 95\%$ ，结晶熔融焓在 5~30 焦/克间可调控；氢化丁腈橡胶氢化度为 90%~99%，门尼粘度值 50~120；耐低温丁戊橡胶的低温脆性温度 ≤ -90 摄氏度，压缩耐寒系数（-50 摄氏度） ≥ 0.5 ；嵌段共聚溶聚丁苯橡胶阿克隆磨耗 ≤ 0.05 克/1.61 千米，60 摄氏度损耗因子 ≤ 0.05 ，0 摄氏度损耗因子 ≥ 0.5 ；开发的后端凝聚工艺和后处理工艺，可降低能耗和污染排放 20%以上。以上胶种满足轮胎、密封或减震件等领域的需求并实现应用。

1.4 生物基弹性体的制备与规模化应用（应用示范类）

研究内容：针对我国天然橡胶对外依存度高、生物基弹性体缺乏验证的问题，重点发展环保型天然橡胶、环氧化天然橡胶、蒲公英橡胶和杜仲胶；深入研究环保型天然橡胶的制备机理，突破低温微剪切超聚态天然橡胶制备关键技术；研究环氧化天然橡胶制备机理，突破原位法环氧化天然橡胶制备关键技术；研究蒲公英橡胶纳米复合材料增强机理和粘弹性调控机制，并突破其规模化制备关键技术；完成杜仲胶高效清洁提取与产品质量控制成套设备的研发，实现杜仲橡胶在轮胎和空气悬架

球纹等领域的应用。

考核指标：超聚态天然橡胶拉伸强度 ≥ 25 兆帕，断裂伸长率 $\geq 750\%$ ，回弹率 $\geq 75\%$ ，建设千吨级中试装置；环氧化天然橡胶产品开环率低于10%、环氧化度波动 ± 5.0 摄氏度的 $\tan\delta \geq 0.3$ ，并试制环氧化天然橡胶轮胎，建设千吨级中试装置；雪地胎用蒲公英橡胶纳米复合材料，玻璃化转变温度 ≤ -46 摄氏度，储能模量 ≤ 25 兆帕，建成1万套/年蒲公英橡胶雪地轮胎中试装置及并完成轮胎试制；矿山轮胎用杜仲橡胶纳米复合材料邵氏A硬度 64 ± 3 度，拉伸强度 ≥ 22 兆帕。空气悬架杜仲胶球纹，疲劳实验25万次后，动刚度变化率 $\leq 20\%$ ，球皮撕裂强度 ≥ 33 千牛/米，分别完成1万套/年杜仲胶矿山轮胎和空气悬架球纹制品中试生产装置及制品试制。

1.5 聚乳酸的规模化制备技术及关键单体丙交酯的一步法产业示范（应用示范类）

研究内容：针对生物降解聚乳酸产业发展中的规模化放大、丙交酯可控制备和应用推广等关键瓶颈问题，开发聚乳酸规模化生产工艺高效催化体系，设计并优化脱水、裂解与聚合过程中的装备与工艺参数，降低反应过程中聚合物的消旋化，解决15万吨级规模聚合过程中的传质、传热、反应活性等核心问题，制备高旋光纯度、高分子量、窄分布、低单体含量树脂；研究乳酸“一步法”制备聚合级丙交酯的催化关键工艺技术，明晰催化剂结构—催化条件—产物性能间的关系，建立千吨级中试示范生产线；

开展高性能聚乳酸改性树脂研究，优化成核剂、扩链剂等助剂体系以及成型工艺，制备具有优异力学强度、高耐热、高抗冲改性树脂，应用于工程塑料领域，开发聚乳酸淋膜、双向拉伸膜以及熔喷非织造布等成型工艺研究，拓展聚乳酸应用领域。

考核指标：建立 15 万吨/年聚乳酸产业化生产线。聚乳酸熔体流动速率 2~5 克/10 分钟（190 摄氏度，2.16 千克），单体残留量 $\leq 0.5\%$ ，旋光纯度 $\geq 99.5\%$ ，熔点 ≥ 178 摄氏度；建立不低于 1 千吨/年一步法丙交酯示范生产线，停留时间 ≤ 30 分钟，全程收率 $\geq 98\%$ ，丙交酯纯度 $\geq 99.5\%$ ；聚乳酸工程塑料专用树脂，拉伸强度 ≥ 100 兆帕，缺口冲击强度 ≥ 12 千焦/平方米，维卡软化温度 ≥ 200 摄氏度，湿热老化 500 小时后拉伸强度保持率 $\geq 90\%$ ；聚乳酸纸塑复合材料：剥离力 ≥ 1 牛/15 毫米，聚乳酸双向拉伸薄膜：拉伸强度 ≥ 100 兆帕，断裂伸长率 $\geq 20\%$ ，雾度 $\leq 5\%$ ，聚乳酸熔喷非织造布：克重 ≤ 40 克/平方米，滤效 $\geq 99.5\%$ （0.3 微米）。

2. 高温与特种金属结构材料

2.1 铸造高温合金返回料再利用技术与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对铸造高温合金返回料大量堆积、无法高效利用、高温合金铸件成本居高不下的问题，开展铸造高温合金返回料的分类、杂质净化机制和处理技术研究，形成返回料前处理工艺规范；研究坩埚、过滤器等辅助材料及工艺对返回料净化作用的影响及返回料纯净化冶炼技术，明确真空感应、真空电渣、真

空自耗电弧以及电子束熔炼等对返回料的净化作用，实现返回料合金锭中有害杂质元素的超低含量控制；研究含铪及稀土等活泼元素铸造高温合金返回料净化及成分精确控制技术、返回料对高温合金力学性能、氧化腐蚀性能以及工艺性能的影响，确定返回料使用条件，制备涡轮叶片典型件；开展小批量铸造高温合金返回料应用工艺验证和返回料再利用应用研究。

考核指标：典型等轴、定向和单晶铸造高温合金吨级返回料中，母合金的纯净度：O、N、S 总量 $\leq 15\text{ppm}$ ，Sb、As、Cd、Ga、Ge、Au、In、Hg、K、Ag、Na、Th、Sn、U 和 Zn 等 15 种杂质元素总含量不超过 50ppm，浮渣含量 ≤ 0.3 平方厘米/公斤；返回料添加比例不低于 50% 的典型等轴、定向和单晶高温合金，化学成分、力学性能（拉伸、持久、疲劳）达到新料水平，母合金成本比新料降低 30% 以上。形成 2~3 种铸造高温合金返回料应用的技术标准，实现 1~2 种铸造高温合金返回料的应用示范。

2.2 高温合金大铸锭低偏析熔铸及大型构件整体制备技术（共性关键技术类）

研究内容：针对重型燃气轮机用大尺寸涡轮盘制造流程中高品质大锭型质量控制、大锻件成型和控性等问题，开展高温合金大锭型宏微观偏析的影响规律研究；开展大锭型高温合金三联冶炼技术研究，解决大尺寸锭型的黑斑、白斑等缺陷及 Al、Ti、C 等元素烧损问题；开展大型盘件铸锭及锻件的冶金质量分析与评估；开展大型高温合金涡轮盘锻件的残余应力控制、热处理与组

织性能控制技术研究;建立大型高温合金涡轮盘件质量控制体系,形成制造技术规范。

考核指标:高温合金三联冶炼低偏析自耗锭重量 ≥ 15 吨、直径 ≥ 1000 毫米;研制尺寸达到直径2200毫米的涡轮盘试验件;全尺寸盘锻件轮缘性能:室温拉伸断裂强度 ≥ 1250 兆帕、屈服强度($\sigma_{0.2}$) ≥ 1000 兆帕、延伸率 $\geq 13\%$ 、断面收缩率 $\geq 20\%$,650摄氏度/690兆帕持久时间 ≥ 50 小时,室温冲击功 ≥ 40 焦/平方厘米;全尺寸涡轮盘锻件平均晶粒度不粗于3.0级;超声波探伤单个缺陷不得大于直径2.0毫米当量平底孔,实现10吨级超大型高温合金涡轮盘的应用示范。

2.3 强疲劳载荷环境用超高强度钢(共性关键技术类)

研究内容:针对高端装备关键承力部件对强疲劳载荷环境下超高强度钢的需求,开展强韧化组织匹配、多相耦合析出、非平衡相变尺度调控、应力循环响应机制等研究,揭示强疲劳载荷服役环境下材料设计准则和失效模式机理,突破强疲劳载荷服役环境材料设计、组织性能匹配、单真空冶金、均质化制备和质量一致性评价技术,建立制备工艺—组织性能调控—强疲劳载荷环境服役协同机制。开发低成本2200兆帕超高强度钢、高性能3000兆帕超高强度钢,形成稳定工业化生产能力,具备典型示范应用能力。

考核指标:低成本高强韧超高强度钢:棒材直径或边长 ≥ 400 毫米,抗拉强度 ≥ 2200 兆帕、屈服强度 ≥ 1750 兆帕、延伸率 \geq

6%、断面收缩率 $\geq 30\%$ ，断裂韧性 ≥ 65 兆帕 \times 米^{1/2}（边长90毫米方棒），晶粒度 ≥ 6 级，棒材成本不高于国外同级别产品的50%，组批能力 ≥ 40 吨/批次。高性能高强塑超高强度钢：抗拉强度 ≥ 3000 兆帕、屈服强度 ≥ 2400 兆帕、延伸率 $\geq 4\%$ 、断面收缩率 $\geq 30\%$ ，晶粒度 ≥ 8 级。形成低成本高强韧超高强度钢大尺寸棒材2000吨/年的工业化规模生产能力，具备典型示范应用能力。

2.4 超低温工程装备用高强高韧特种合金研制及应用（应用示范类）

研究内容：针对国家重大工程装备超低温服役对高强韧、高强塑、抗疲劳特种合金的需求，开展适应于超低温服役环境用高强高韧特种合金设计、超高纯冶炼工艺、多相组织演变机制与稳定性调控、强韧性与强塑性匹配等研究，揭示超低温服役环境下合金设计准则与失效模式机理，突破超低温、宽温域、交变载荷服役环境下材料的合金设计、微观组织与强韧性匹配、零部件热处理与尺寸稳定性控制等关键技术，开发出超低温服役环境用系列高强高韧特种合金材料，形成样件并完成典型应用示范。

考核指标：成功研发出液氮、液氦等超低温服役环境用系列高强高韧特种合金。液氮服役环境性能满足：高强韧合金-196摄氏度屈服强度 ≥ 1800 兆帕，V型缺口冲击功 ≥ 30 焦，平面断裂韧性 ≥ 80 兆帕 \times 米^{1/2}；高疲劳寿命合金室温屈服强度 ≥ 950 兆帕，V型缺口冲击功 ≥ 150 焦，-196摄氏度屈服强度 ≥ 1250 兆帕，V型缺口冲击功 ≥ 70 焦，拉一拉疲劳强度 ≥ 700 兆帕。液氦服役环境

性能满足：高强塑性合金-269 摄氏度屈服强度 ≥ 1500 兆帕，延伸率 $\geq 25\%$ 。形成 3 种以上材料样件，实现超低温服役重大工程装备的典型应用示范。

2.5 耐超高温抗蠕变难熔金属材料及复杂构件制备技术（共性关键技术类）

研究内容：针对半导体高温气相沉积装备等超高温长时服役对铼及铼合金等难熔金属材料高温抗变形、抗蠕变性能的迫切需求，开展难熔金属材料合金固溶强化与微观组织调控、高温陶瓷第二相颗粒增强、焊接工艺及焊接接头组织调控等研究。揭示超高温长时服役用难熔合金、难熔金属陶瓷的高温强化机制、焊接熔池和基体交互作用机理等，突破超高温抗蠕变难熔金属材料成分与组织性能调控、焊接接头缺陷控制等关键技术；建立制备工艺—组织性能调控—超高温长时服役条件协同控制机制；构建材料高温蠕变失效模型和寿命预测方法。开发出应用于超高温长时服役环境下的系列难熔金属材料，形成样件实现典型应用验证。

考核指标：金属有机化合物气相沉积等高端超高温装备用难熔金属材料性能：2000 摄氏度，100 小时蠕变断裂强度 ≥ 15 兆帕；室温-2000 摄氏度，热循环 ≥ 1800 轮次，满足抗蠕变要求。超高温装备推进系统用难熔金属材料性能：2000 摄氏度，40 兆帕应力条件下，稳态蠕变速率 $\leq 9.0 \times 10^{-7}$ /秒。超高温装备电源系统用难熔金属材料性能：1200 摄氏度，50 兆帕应力条件下，稳态蠕变速率 $\leq 1.0 \times 10^{-7}$ /秒；依据《焊接接头拉伸试验方法 GB/T 2651》，

1400 摄氏度，焊接接头结合强度不低于基体强度的 80%。形成 3 种以上材料样件，实现超高温长时服役装备典型应用验证。

2.6 特种合金环形锻件控形控性一体化技术与应用示范（应用示范类，江苏部省联动任务）

研究内容：针对高端装备特种合金环形锻件产业低碳发展需求，开发低成本高性能钛合金与低合金钢环形锻件控形控性一体化近净环轧成形技术，研发两类合金铸锭纯净熔炼与成分优化、组织性能均匀化处理技术；研发大型复杂薄壁钛合金与异形厚截面低合金钢环形锻件近净环轧成形工艺、组织性能精准调控、残余应力均化与全流程数值模拟技术；研究环形锻件组织、残余应力、性能调控的跨尺度效应，实现低成本高性能特种合金环形锻件的“低碳”制备以及典型装备的示范应用。

考核指标：钛合金锭坯室温抗拉强度 ≥ 950 兆帕，延伸率 15%~20%；低合金钢锭坯室温抗拉强度 ≥ 500 兆帕，晶粒度 ≥ 6 级；钛合金环锻件，室温拉伸强度 900~1160 兆帕，延伸率 $\geq 10\%$ ，400℃拉伸强度 ≥ 600 兆帕，外径尺寸 $\Phi 500\sim 3500$ 毫米；低合金钢环锻件，室温拉伸强度 450~600 兆帕，-50℃冲击 ≥ 50 焦，晶粒度 ≥ 6 级，外径 $\Phi 3000\sim 10000$ 毫米；环锻件尺寸精度 $\geq 1\%$ ，尺寸散差 $\leq 0.2\%$ ；环锻件残余应力强度分布散差 $\leq 20\%$ ，机加工变形由 0.1%降低至 0.05%以下；钛合金与低碳钢环形锻件性能指标按外径尺寸上限考核；建成特种合金环形锻件智能化生产线一条，形成钛合金环锻件 300~500 件/年、低碳钢环锻件 5 万吨/年的生

产能力，分别实现钛合金与低碳钢环形锻件在发动机机匣与海上风电法兰盘上的应用示范，较现有技术生产效率提升 20%~40%，能耗降低 30%~50%。

3. 轻质高强金属及其复合材料

3.1 钛合金返回料利用及高效短流程制备关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对海洋工程和交通运输装备高比强、高耐蚀、低成本的发展需求，开展大量使用返回料的低成本钛合金成分设计与控制技术、低成本钛合金返回料循环利用的熔炼技术、低成本钛合金板材和管材的高效短流程加工技术研究，完成低成本钛合金全尺寸典型件的制备及应用考核验证；制定低成本钛合金材料制备和应用考核标准规范，形成低成本钛合金板材和管材的工业化规模生产能力。

考核指标：用于海洋工程的板材：密度 ≤ 4.7 克/立方厘米；规格：厚度 40~45 毫米、宽度不小于 2 米、长度不小于 4 米；力学性能：抗拉强度 $R_m \geq 1000$ 兆帕、屈服强度 $R_{p0.2} \geq 900$ 兆帕、断后伸长率 $A \geq 9\%$ ，杨氏模量 $E \geq 110$ 吉帕，冲击韧性 $a_{ku} \geq 40$ 焦/平方厘米，平面应变断裂韧度 $K_{IC} \geq 70$ 兆帕 \times 米^{1/2}，平面应变应力腐蚀断韧度 $K_{ISCC} \geq 60$ 兆帕 \times 米^{1/2}；同种规格板材成本较传统方法制备的 TC4 合金板材降低 40%以上，并通过典型件的应用考核；形成低成本钛合金板材 3000 吨/年的生产能力。用于交通运输装备的管材：密度 ≤ 4.7 克/立方厘米；力学性能：抗拉强度 $R_m \geq 900$ 兆帕、

屈服强度 $R_{p0.2} \geq 830$ 兆帕、断后伸长率 $A \geq 10\%$ ；典型规格管材的外径允许偏差、壁厚允许偏差、弯曲度、不圆度、壁厚不均性、超声波检验缺陷等满足规范要求；同种规格管材成本较传统方法制备的 TC4 合金管材降低 40% 以上，并通过典型件的应用考核；形成低成本钛合金管材 1000 吨/年的工业化规模生产能力。

3.2 空间装备用新型超高强韧及耐损伤铝合金（共性关键技术类）

研究内容：针对空间装备领域进一步轻量化对更高综合性能铝合金的重大需求，聚焦超强高韧抗疲劳厚板、高强耐损伤薄板、高强可焊厚板等铝合金材料，研究超强高韧抗疲劳铝合金成分与多相组织对韧性、疲劳性能的协同作用，高强耐损伤铝合金损伤机理及其与多相组织、环境因素的关联性，高强可焊铝合金母材、焊丝成分组织与性能、焊接工艺对母材及其焊接接头性能的匹配规律，突破高综合性能铝合金制备关键技术，完成材料制备工艺与应用性能的工程化验证。

考核指标：新型 7000 系超高强韧铝合金厚板：抗拉强度 $R_m \geq 650$ 兆帕、屈服强度 $R_{p0.2} \geq 585$ 兆帕，断后伸长率 $A \geq 9\%$ ，平面应变断裂韧度 $K_{IC} \geq 25$ 兆帕 \times 米^{1/2}，应力集中系数 $K_t=1$ 、应力比 $R=0.06$ 、周次 $N=10^7$ 条件下纵向加载疲劳极限 ≥ 300 兆帕，厚度不低于 80 毫米；低成本 2000 系耐损伤铝合金薄板：抗拉强度 $R_m \geq 520$ 兆帕、断后伸长率 $A \geq 10\%$ ，平面应力断裂韧度 $K_C \geq 180$ 兆帕 \times 米^{1/2}，应力比 $R=0.1$ 、应力强度因子 $\Delta K=30$ 兆帕 \times 米^{1/2} 条

件下横向—纵向（T-L）疲劳裂纹扩展速率 $da/dN \leq 2 \times 10^{-3}$ 毫米/循环次数，应力腐蚀敏感因子 $\leq 5\%$ ，厚度 1.0~6.0 毫米，成本与 2524 铝合金相当；高强可焊铝合金厚板：抗拉强度 $R_m \geq 500$ 兆帕，断后伸长率 $A \geq 8\%$ ，熔焊接头系数 ≥ 0.8 ，厚度不低于 35 毫米；三类铝合金材料通过典型构件制造考核，典型构件最大投影面积不低于 2 平方米。

3.3 大尺寸高模量及超高模量铝基复合材料（共性关键技术类）

研究内容：针对空间装备精密构件大型化、轻量化、产品系列化以及高刚度与高精度稳定性设计需求，发展大尺寸的轻质高模量及超高模量系列铝基复合材料。研究复合材料体系—界面—宏/微观性能耦合集成设计技术，建立材料成分—界面—组织—宏观性能的多尺度映射和构效关系，揭示工艺—缺陷—残余应力—表面完整性—服役行为耦合机制与协同控制机理，攻克大尺寸铸锭高均匀稳定制备以及大尺寸构件塑性成形、协同热处理、尺寸稳定化、表面完整性控制、特种连接、表面改性等面向应用场景的关键技术，制定相关材料标准与工艺技术规范，建立服役行为评价体系。

考核指标：高强型高模量铝基复合材料，抗拉强度 $R_m \geq 600$ 兆帕，弹性模量 $E \geq 110$ 吉帕，断裂韧性 $K_{IC} \geq 18$ 兆帕 \times 米^{1/2}，锻件最大投影面积 ≥ 1 平方米，型材最大长度 ≥ 5 米；高强韧型高模量铝基复合材料，抗拉强度 $R_m \geq 530$ 兆帕，弹性模量 $E \geq 110$ 吉帕，断裂韧性 $K_{IC} \geq 30$ 兆帕 \times 米^{1/2}，锻件最大投影面积 ≥ 1 平方

米，型材最大长度 ≥ 30 米；高强型超高模量铝基复合材料，抗拉强度 $R_m \geq 450$ 兆帕，弹性模量 $E \geq 140$ 吉帕，单锭重量达到吨级，铸锭最大投影面积 ≥ 0.3 平方米；低膨胀型超高模量铝基复合材料，热膨胀系数 $\leq 10 \times 10^{-6}$ /摄氏度，弹性模量 $E \geq 180$ 吉帕，单锭重量达到1.5吨，铸锭最大投影面积 ≥ 3 平方米；研制出8种以上典型构件产品，通过地面考核验证，其中部分产品实现空间在轨运行应用。

3.4 抗辐射、耐腐蚀的金属结构复合材料研制及应用（应用示范类）

研究内容：针对空间强辐射环境及苛刻油气开采腐蚀环境对高性能金属结构材料的需求，研发抗辐射铝基层状复合材料及耐腐蚀双金属复合无缝油管，研究复合材料界面结构与优化设计、抗辐射及耐腐蚀性能作用机理；开发复合材料组分及结构设计技术、复合加工协同变形控制技术、综合性能调控及应用评价技术；制定相关材料标准与工艺技术规范，实现示范应用。

考核指标：铝/钽层状复合卷材抗拉强度 $R_m \geq 470$ 兆帕、屈服强度 $R_{p0.2} \geq 360$ 兆帕，界面剪切强度 ≥ 50 兆帕；在类地球中高轨道连续电子能谱（0.5~5兆电子伏）辐照下，相同面密度情况下（0.81~2.70克/平方厘米）铝/钽复合材料屏蔽防护效果比单质铝材料提高70%以上，实现在轨验证应用。“耐蚀碳钢+不锈钢和碳钢+镍基合金”等类型的双金属冶金复合无缝管：抗拉强度 $R_m \geq 793$ 兆帕、屈服强度 $R_{p0.2} \geq 700$ 兆帕，界面剪切强度 ≥ 350 兆帕；

在温度 150 摄氏度、二氧化碳分压 3.5 兆帕、硫化氢分压 0.1 兆帕、15%氯化钠溶液、1 米/秒流速条件下耐蚀表面腐蚀速率 ≤ 0.3 毫米/年；采用 NACE TM0177-2016 试验方法 A，pH 值 4.0、硫化氢压力 5 千帕条件下内层部分符合 65%规定最小屈服强度门槛值；形成油气开采用双金属复合无缝油管 1 万吨/年的工业化规模生产能力。

4. 先进结构陶瓷与复合材料

4.1 大尺寸透明陶瓷部件制备关键技术与应用示范（应用示范类）

研究内容：针对重大装备领域对大尺寸、高透过率透明陶瓷部件的紧迫需求，突破高纯度、高烧结活性、高批次稳定性透明陶瓷专用粉体制备技术；开发大尺寸、高密度均匀性透明陶瓷素坯成型、透明陶瓷烧结过程同步致密化及其变形量控制、米级以上大尺寸透明陶瓷部件拼接连接等技术；建立透明陶瓷部件模块层合材料匹配性设计与结构优化规范；形成工程化研制能力并实现在光电窗口、透明防弹等典型场景的应用示范。

考核指标：透明陶瓷专用粉体中位粒径的批次稳定性优于 15%（三个连续批）；单体式透明陶瓷部件模块尺寸 ≥ 450 毫米 $\times 750$ 毫米，拼接式透明陶瓷部件模块尺寸 ≥ 1200 毫米 $\times 800$ 毫米；透明陶瓷材料透光率 $\geq 83.5\% @ 600$ 纳米（厚度 10 毫米）；透明陶瓷部件模块透光率 $\geq 75\%$ ，雾度 $\leq 5\%$ ；发展不少于 2 种透明陶瓷防弹部件模块产品，透明陶瓷动态压缩强度 ≥ 2.5 吉帕（2000/s

应变率), 透明装甲面密度 ≤ 85 公斤/平方米; 建立标准或技术规范 2 项; 实现典型示范应用。

4.2 高安全性耐中子辐照陶瓷基复合材料构件研制 (基础研究类)

研究内容: 针对新一代先进能源系统对新型高安全包壳材料的明确需求, 开展耐中子辐照陶瓷基复合材料的组成与结构调控研究, 建立耐中子辐照陶瓷基复合材料包壳构件的结构设计与仿真方法, 开发超长薄壁耐中子辐照包壳构件的净尺寸成型、高致密化、精密加工、可靠连接技术, 开展耐中子辐照陶瓷基复合材料和部件在先进能源系统中的应用评价考核。

考核指标: 耐中子辐照陶瓷基复合材料轴向拉伸强度 ≥ 230 兆帕, 环向拉伸强度 ≥ 200 兆帕, 基体开裂应力 ≥ 80 兆帕; 耐中子辐照陶瓷基复合材料包壳构件长度 ≥ 2 米, 壁厚 ≤ 1 毫米, He 气泄漏率优于 5×10^{-11} 标准大气压·毫升/秒。高温力学性能 (1200 摄氏度) 保持率 $\geq 70\%$; 300 摄氏度、10 兆帕条件下水腐蚀后包壳的近水侧涂层侵蚀深度 ≤ 10 微米; 可承受的辐照损伤剂量 ≥ 30 原子平均离位。建立标准或技术规范 1 项, 获得 2 米量级耐中子辐照陶瓷基复合材料包壳构件。

4.3 超高尺寸稳定性蜂窝结构 C/C 复合材料构件设计与制备关键技术 (共性关键技术类)

研究内容: 针对新一代重大工程与测绘装备中承载平台对超高尺寸稳定性轻量化结构件的应用需求, 突破 C/C 蜂窝夹层结构

等低膨胀高强轻量化结构多目标协同设计优化与制备技术；建立大尺寸 C/C 蜂窝夹层结构等低膨胀高强轻量化结构芯板形性精确控制及损伤破坏抑制方法；开发 C/C 蜂窝夹层结构等低膨胀高强轻量化结构高效集成与工艺稳定性控制技术；实现 C/C 蜂窝夹层结构在新一代超高精度空间测绘与观测系统等典型应用环境（0~40 摄氏度、高真空 $\leq 10^{-3}$ 帕）下的评价考核。

考核指标：C/C 复合材料构件尺寸不小于 1000 毫米×1000 毫米×70 毫米（长×宽×高），且蜂窝节点破坏率 $\leq 0.01\%$ ，面板翘曲变形量 ≤ 0.2 毫米/1000 毫米；密度 ≤ 200 公斤/立方米；压缩强度 ≥ 10 兆帕，模量 ≥ 1 吉帕，剪切强度 ≥ 4 兆帕；热膨胀系数（0~40 摄氏度） $\leq 0.2 \times 10^{-6}$ /摄氏度，湿膨胀系数（地面 20 ± 5 摄氏度，50%~70%相对湿度） $\leq 5 \times 10^{-5}$ ；力学和热学性能的离散系数 $\leq 15\%$ ；典型结构件通过振动、静力等环境模拟试验考核，基线长度稳定性 ≤ 1 纳米/赫兹^{1/2}（0.005~0.1 赫兹）。

4.4 高耐压陶瓷部件制备关键技术与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对海工领域关键装备对轻质舱体和密封部件的急迫需求，开展高耐压、高可靠陶瓷舱体材料优化设计与性能稳定性控制技术研究，突破大尺寸轻型深海探测器舱体成型与近零变形致密化技术；开发耐磨耐蚀高耐压大尺寸陶瓷密封部件性能优化与均匀致密化技术、强结合高耐磨表面改性涂层设计与沉积技术，建立大尺寸耐压舱体、密封环等典型海工装备部件的水密封接、微纳加工技术；实现高耐压陶瓷部件在无人深潜器、深海

油气平台等海工装备上的评价考核和应用示范。

考核指标：高耐压陶瓷材料压缩强度 ≥ 3000 兆帕，比刚度 ≥ 120 吉帕/(克/立方厘米)，比强度 ≥ 900 兆帕/(克/立方厘米)；机械密封陶瓷材料弯曲强度 ≥ 600 兆帕，断裂韧性 ≥ 6.5 兆帕 \times 米^{1/2}；耐磨涂层改性机械密封环干摩擦系数 ≤ 0.1 ，PV值 ≥ 40 兆帕 \times 米/秒；陶瓷舱体直径 ≥ 500 毫米，自重排水比 ≤ 0.5 克/立方厘米；陶瓷壳体在最大工作压力（125兆帕）条件下循环打压 ≥ 300 次不破坏，通过11000米海水深度应用考核；陶瓷机械密封环直径 ≥ 600 毫米，泄漏量 ≤ 40 升/小时，7.5兆帕下工作寿命 ≥ 1000 小时，通过应用工况考核。

4.5 基于3D打印技术的精密陶瓷部件研制（应用示范类）

研究内容：针对半导体、清洁能源、精细化工与先进制造等重点行业对精密陶瓷部件复杂结构和结构精密的更高需求，发展基于3D打印增材制造技术的复杂结构、高精密陶瓷部件制备技术，突破3D打印成型用陶瓷粉体、浆料的设计与可控制备技术；开发基于3D打印成型技术的复杂形状氧化铝陶瓷劈刀、高温金属熔体传输用陶瓷泵叶轮、氮化硅涡轮叶片、碳化硅微通道反应器、高端装备复杂铸件陶瓷型壳等典型精密陶瓷部件的成型与致密化烧结技术，形成典型精密陶瓷部件示范生产能力，建立精密陶瓷部件性能评价方法。

考核指标：3D打印用陶瓷浆料体积固含量 $\geq 50\%$ ，3D打印用陶瓷粉体休止角 ≤ 36 度；氧化铝陶瓷劈刀尖端直径等关键尺寸

精度优于 50 微米，弯曲强度 ≥ 430 兆帕，韦伯模数 ≥ 8 ；氮化硅陶瓷泵叶轮尺寸 ≥ 75 毫米 \times 40 毫米 \times 140 毫米，成型精度优于 50 微米；氮化硅陶瓷涡轮叶片尺寸 \geq 直径 15 毫米 \times 长 70 毫米，弯曲强度 ≥ 500 兆帕，断裂韧性 ≥ 7 兆帕 \cdot 米^{1/2}；碳化硅陶瓷微通道反应器尺寸 ≥ 100 毫米 \times 100 毫米 \times 10 毫米，通道直径 2~5 毫米，热导率 ≥ 120 瓦/（米 \cdot 开氏度）；陶瓷型壳轮廓尺寸 ≥ 500 毫米，表面粗糙度 $R_a \leq 3.2$ 微米，1500 摄氏度下弯曲强度 ≥ 20 兆帕。建成打印速率 700 件/天、年产 20 万件 3D 打印高精密氧化铝陶瓷劈刀和年产 2000 件氮化硅陶瓷泵叶轮示范生产线 2 条，陶瓷型壳实现国家重大工程任务中 2 种以上复杂铸件应用示范。

5. 先进工程结构材料

5.1 高原复杂环境高性能桥梁钢板制造关键技术及应用（应用示范类）

研究内容：针对高原复杂服役环境对高性能长寿命桥梁钢板的需求，研究易焊接耐候钢板强韧化机制、腐蚀行为、疲劳与断裂机理等，提出材料设计准则；研究碳钢与不锈钢复合板界面结合机制及失效行为；开发易焊接耐候钢板制备关键技术及配套焊材和焊接工艺；开发碳钢与不锈钢复合板制备关键技术及配套焊材和焊接工艺；研究焊接截面耐候钢和不锈钢复合板构件及节点的受力性能；开展应用与评价研究，编制产品设计指南或规范，实现示范应用。

考核指标：开发出 500~550 兆帕级耐候桥梁钢，耐候指数 I

≥6.5，预测百年寿命周期腐蚀减薄量不超过1毫米，焊接接头-40℃冲击功KV₂≥60焦、探伤合格率100%；开发出420~500兆帕级碳钢与不锈钢复合板，复合界面剪切强度τ≥350兆帕，焊接接头-40℃冲击功KV₂≥60焦；提出焊接截面耐候钢和不锈钢复合板构件及节点的设计方法；制定桥梁钢板的设计指南或规范2部，在高寒、大温差等高原复杂环境下实现示范应用。

5.2 海洋工程用热塑性复合材料筋材及其应用技术研究（应用示范类）

研究内容：针对海洋工程建设对高耐腐蚀与长寿命结构材料的需求，研发纤维增强聚丙烯/尼龙基等热塑性树脂基复合材料筋材的高效制备成型技术；研究海洋环境下热塑性复合材料筋材的长期性能及其提升关键技术；研究预应力与非预应力热塑性复合材料筋材增强混凝土结构的设计方法与工业化建造技术；开展热塑性复合材料筋材在海港码头等海洋工程建设中的示范应用。

考核指标：研制出具有自主知识产权的热塑性复合材料筋材制备装备1套，筋材成型速率≥0.5米/分钟；筋材最大规格公称直径≥20毫米，筋材纤维浸渍度≥90%、纤维体积含量≥60%；碳纤维筋材的拉伸模量≥130吉帕、拉伸强度≥2400兆帕；玻璃纤维筋材拉伸模量≥50吉帕、拉伸强度≥800兆帕，热成型弯折段的拉伸强度≥40%直筋强度；带肋筋材与混凝土的平均粘结强度≥8兆帕；预应力筋材用工程化锚具体系的锚具效率系数≥0.95；碳纤维与玻璃纤维筋材60摄氏度海水浸泡2000小时后拉

伸强度保留率分别 $\geq 90\%$ 与 $\geq 80\%$ ；海洋环境下碳纤维与玻璃纤维筋材的长期拉应力限值分别 $\geq 70\%$ 与 $\geq 30\%$ 拉伸强度标准值；开发热塑性复合材料筋材制备新技术、新产品 ≥ 4 项，编制产品、海洋工程结构设计等标准 ≥ 2 部，实现在海港码头、海洋平台等海洋工程建设中的示范应用 ≥ 4 项（至少 1 项采用工业化建造技术）。

5.3 特深井科学钻探机具关键复合材料及应用技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对特深井高温、高速冲蚀、磨粒磨损、腐蚀等极端复杂环境下科学钻探机具长寿命高可靠需求，研究钻探机具关键部件（水力动密封、摩擦副等）失效机理和双向防护机制；开展关键部件用耐磨耐蚀复合材料成分设计、制备工艺研究；开展钻探机具关键部件设计和制造技术研究；研制耐高温容积式动力钻具及取心钻具；开展关键部件在模拟特深井高温环境下（ ≥ 300 摄氏度）的测试验证，实现机具在地质钻探取心工程中示范应用。

考核指标：钻探机具关键部件及复合材料均适用特深井 ≥ 300 摄氏度高温环境；水力动密封用碳化钨基复合材料每平方厘米磨粒磨损量 ≤ 0.2 立方厘米/100000 转，硬度 HRV ≥ 2500 ；摩擦副用金刚石聚晶材料耐热温度 ≥ 900 摄氏度，磨耗比 ≥ 20 万（与标准碳化硅砂轮对磨）；关键部件工作寿命 ≥ 400 小时，运动副摩擦系数 ≤ 0.2 ；耐高温容积式动力钻具输出扭矩较同规格（外径及

长度) 涡轮钻具提高 30%以上; 取心钻具岩心采取率 95%以上; 编制特深井科学钻探机具评价标准、设计指南或规范 2 部; 实施地质钻探取心工程示范应用 ≥ 5 处。

5.4 超大跨缆索承重桥梁用关键材料研发与示范应用 (共性关键技术类)

研究内容: 面向超大跨缆索承重桥梁缆索及锚固体系关键材料高性能、长寿命等发展需求, 针对其在复杂服役条件下的疲劳退化、腐蚀破坏等问题, 开发超高强度、超耐腐蚀、高抗疲劳的桥梁缆索钢丝、索股及超耐腐蚀的缆索防护材料; 开发高抗疲劳、超耐腐蚀、强度匹配的桥梁缆索锚固体系及材料; 研究缆索及锚固体系在潮湿、腐蚀、疲劳等服役环境下的损伤及失效机理; 研究缆索及锚固体系的服役性能高效评估及长效保障技术; 编制缆索、锚固体系、性能评估与保障技术等专项技术标准或指南, 实现示范应用。

考核指标: 开发超大跨缆索承重桥梁用超高强度、超耐腐蚀、高抗疲劳多元合金镀层钢丝, 5 毫米级系列钢丝抗拉强度 ≥ 2200 兆帕, 7 毫米级系列钢丝抗拉强度 ≥ 2100 兆帕; 开发主缆防护用多元合金镀层 S 型缠绕钢丝; 多元合金镀层钢丝镀层的抗盐雾腐蚀能力不低于同级别热镀锌钢丝镀层的 3 倍; 开发高抗疲劳、超耐腐蚀、强度匹配的缆索锚固体系, 锚固后缆索抗疲劳性能在最大应力载荷 0.45 倍强度与应力幅 280 兆帕条件下, 循环 200 万次断丝率 $\leq 2\%$, 锚固效率系数 ≥ 0.95 ; 提出缆索及锚固体系长效保

障技术，保障其服役寿命不低于 100 年；制定适用于超大跨缆索承重桥梁的缆索、锚固体系、性能评估与保障技术等专项技术标准或指南 ≥ 3 部，2000 米以上的悬索桥工程示范应用 ≥ 2 座，1100 米以上的斜拉桥工程应用 ≥ 1 座。

6. 结构材料制备加工与评价新技术

6.1 大型复杂薄壁高端金属构件智能液态精密铸造成型技术与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对现代交通工具对大型复杂薄壁高端金属铸件的需求，聚焦精密铸造全流程数字化的发展方向，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，发展数据驱动的铸造工艺多因素智能化寻优方法，构建金属铸件智能液态精密成型数字主线，形成数字孪生模型及系统。

考核指标：开发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，缩孔/缩松缺陷预测精度与 CT 检测结果对比不低于 90%。开发智能液态精密成型数字孪生系统 1 套，具备工艺调优和质量智能分析的功能，计算实时响应达到秒级，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 ≥ 1600 毫米，最小壁厚2~4毫米，尺寸公差达到DCTG6，缩孔/缩松缺陷含量低于3%，主要力学性能指标满足国标相关要求，铸件合格率不低于90%。

6.2 关键金属构件智能锻造成形技术开发及应用（共性关键技术类）

研究内容：面向高性能金属构件数字化和智能化的发展方向，针对高端装备对关键金属锻件的需求，开发基于集成计算材料工程、大数据与人工智能交叉融合的关键金属构件锻造成形过程智能控制共性技术；发展数据驱动的热力耦合锻造成形过程多尺度/全过程集成建模方法、锻造过程智能感知—学习—决策—执行方法、锻造成形工艺高效智能寻优与控制方法，构建基于工艺数据库/知识库/模型库的数字孪生锻造系统，实现稳定可靠的锻造过程智能闭环控制；开发金属构件锻造成形智能集成控制软件，并在交通运输等关键装备用高性能金属构件的锻造生产过程中进行应用。

考核指标：实现锻造装备位移、压力、模具温度等状态数据的毫秒级采集，锻造成形过程锻件温度、位置和关键特征尺寸等数据的实时测量与闭环控制；建立金属构件锻造成形数字孪生系统1套，计算实时响应达到秒级，实现锻造工艺智能优化和锻件质量智能控制；开发金属构件锻造成形过程智能集成控制专用软件1套，兼容至少5种以上不同类型的现场总线协议；金属构件锻造成形智能控制工艺与技术可在3~4种关键金属构件锻造生产中实现应用，复

杂锻件废品率降低 50%，尺寸精度波动范围缩小 20%以上，产品锻造质量一致性变异系数 CV 值由目前的 5%下降至 3%。

6.3 高性能轻合金大型复杂构件成形技术（共性关键技术类）

研究内容：针对运载装备核心部件轻量化和尺寸极端化的发展需求，聚焦高性能轻合金复杂整体构件成形技术，研究复杂热力耦合条件下铝合金、镁合金拼焊板材的旋压成形机理、组织演变规律和性能评价方法，阐明大径厚比板材旋压成形局部失稳机理；探索热力耦合条件下超大型环筒件形变过程组织—性能演变规律和调控机理；开发大型拼焊板材冷/热成形技术、超大型环件整体热塑成形集成技术，建立高强韧轻合金复杂构件形性精准调控及使役性能评估的方法；研制新一代航天器用铝合金、镁合金等大规格高性能复杂构件，实现在空间应用领域示范应用。

考核指标：镁合金曲母线型构件：直径 ≥ 1000 毫米、高度 ≥ 800 毫米、最大径厚比 ≥ 200 、最大外径的圆度 ≤ 1 毫米/米、壁厚偏差 $\leq \pm 0.3$ 毫米，室温抗拉强度 ≥ 420 兆帕、屈服强度 ≥ 240 兆帕、延伸率 $\geq 5\%$ ，过渡区强度不低于本体的 80%；大厚差变曲率铝合金构件：直径 ≥ 3500 毫米、高度 ≥ 1200 毫米、最小壁厚 ≤ 8 毫米、最大壁厚 ≥ 20 毫米、最大径厚比 ≥ 600 、轮廓精度 $\leq \pm 0.5$ 毫米/米、环向壁厚偏差 $\leq \pm 0.4$ 毫米，本体抗拉强度 ≥ 430 兆帕、屈服强度 ≥ 310 兆帕、延伸率 $\geq 8\%$ ，过渡区强度不低于本体的 85%，气密 0.5 兆帕保压 15 分钟无泄漏；超强铝合金环件：外径 > 5000 毫米、高度 > 200 毫米、壁厚 > 170 毫米整体锻环，周向抗

拉强度 ≥ 530 兆帕、屈服强度 ≥ 475 兆帕、延伸率 $\geq 8\%$ ，轴向抗拉强度 ≥ 520 兆帕、屈服强度 ≥ 460 兆帕、延伸率 $\geq 6\%$ ，径向抗拉强度 ≥ 500 兆帕、屈服强度 ≥ 430 兆帕、延伸率 $\geq 4\%$ ，剥落腐蚀性能不低于 EB 级，径向 200 兆帕载荷试验 20 天无应力腐蚀开裂，环件机加工后圆度 ≤ 1.5 毫米。实现 2 种以上大型复杂构件在航空航天领域的示范应用。

6.4 高效承载—热控一体化金属构件增材制造技术（共性关键技术类）

研究内容：针对重大装备等对高效承载—热控一体化金属构件的需求，开展承载—热控（散热、主动发汗、防隔热）一体化构件增材制造技术的研究。研究管、板、杆等点阵结构单元的增材制造成形能力，阐明增材制造工艺对一体化结构设计的约束；探索毛细微孔结构的增材制造成形方法，研究毛细微孔结构与致密实体结构的一体化增材制造工艺；研究增材制造承载—热控样件宏微结构的一体化形性控制技术，完成 5 种以上样件的性能测试。

考核指标：承载—散热一体化构件平面尺寸 ≥ 500 毫米 $\times 500$ 毫米，承载能力相比传统组装构件减重 30% 以上，传热能力 ≥ 1000 瓦/（平方米·开尔文）；承载—散热—导电一体化构件的抗压强度 ≥ 300 兆帕，电流承载能力 ≥ 400 安培/平方厘米，散热系数 ≥ 150 瓦/（米·开尔文）。承载—主动发汗一体化构件尺寸 ≥ 500 毫米 $\times 500$ 毫米，其中毛细微孔主动发汗构件的微孔壁面孔径 ≤ 30 微米，孔隙率 $\geq 25\%$ ；层板主动发汗构件表观密度 ≤ 4 克/立方厘米，材料

本体 1200 摄氏度下强度 ≥ 100 兆帕。承载—防隔热一体化构件平面尺寸 ≥ 500 毫米 \times 500 毫米，耐热温度 ≥ 650 摄氏度，650 摄氏度/600 秒烧蚀后背温 ≤ 150 摄氏度。

6.5 极端工况下金属结构件及关键部件表面涂层技术（共性关键技术类）

研究内容：针对强腐蚀（年辐射 7000 兆焦/平方米和湿度 90%、液态金属）、高温（ ≥ 650 摄氏度）、重载（ >2 吉帕）等复杂极端工况对关键部件表面强化与防护的迫切需求，聚焦海洋装备表面磨损与腐蚀耦合动态损伤、核反应堆堆芯表面高温液态金属腐蚀脆化、航空发动机传动部件表面重载高速磨损等问题，设计制备复合增强表面工程材料及涂镀层结构，揭示多场耦合环境下涂镀层的服役行为和防护机制。突破极端工况下海洋装备关键部件表面自润滑防腐一体化涂层、先进核能系统堆芯材料表面等离子渗铬氮化及高熵合金基防腐涂层、航空传动关键部件表面注渗镀一体化超弹超低摩擦涂层等关键技术，建立极端工况下关键部件表面组织演变—性能退化—失效行为评估模型。

考核指标：海洋自润滑防腐一体化涂层：抗中性盐雾试验 ≥ 10000 小时，摩擦系数 < 0.06 ，磨损率 $< 1.0 \times 10^{-7}$ 立方毫米/牛·米，耐紫外 > 2500 小时。反应堆用高熵合金基防腐涂层： ≥ 650 摄氏度动态腐蚀 5000 小时后腐蚀层厚度 ≤ 20 微米。堆芯渗铬氮化层：厚度 ≥ 140 微米、表面硬度 $HV_5 \geq 400$ ；100 摄氏度/24 小时饱和水蒸气环境 35 平方厘米面积腐蚀点直径 ≤ 1.0 毫米、数量 $\leq 5,530$

摄氏度液钠环境 3000 小时浸泡试验腐蚀速率 ≤ 0.9 毫克/平方米·小时。航空传动关键部件表面注渗镀一体化超弹超低摩擦涂层：350 摄氏度以下注渗深度 >10 微米，涂层厚度 >3 微米，弹性恢复 $>85\%$ ，摩擦系数 <0.05 ，结合力 >80 牛（划痕法，JB/T 8554-1997），磨损率 $<1.0 \times 10^{-7}$ 立方毫米/牛·米，复合涂层耐磨寿命 >1000 小时（T/CSAE 103-2019）。

6.6 增材制造过程及极端服役环境下金属构件的多尺度实时表征与评价（共性关键技术类、江苏省部省联动项目）

研究内容：针对金属增材制造过程和金属构件极端环境服役行为对多尺度实时表征与评价技术的迫切需求，基于 X 射线源与中子源建设可用于研究增材制造过程中的熔池界面、残余应力、缺陷等演变机制的原位表征装置；开发超高低温、动载荷等极端服役环境中金属构件高时空分辨率、跨原子—宏观尺度衍射与成像原位表征装置；建立多因素环境下金属材料残余应力与缺陷的多维多尺度原位表征技术与评价方法，实现研发技术在航空航天等重大工程领域关键金属构件的增材制造过程和极端环境服役评价的应用。

考核指标：建成基于同步辐射 X 射线的高能束增材制造过程实时表征装置，应力测量精度 ≤ 150 微应变、空间分辨率 ≤ 5 微米、定位精度 ≤ 10 微米、最短单点测量时间 ≤ 10 微秒、显微缺陷识别精度 ≤ 1 微米、尺寸变形测试精度 ≤ 40 微米；建成基于 X 射线源/中子源谱仪的金属构件超高温（ >1650 摄氏度）、超低温

(<-190 摄氏度)、高温低温交变($-190\sim 700$ 摄氏度)、动载荷(>50 赫兹)、腐蚀等极端环境原位实验装置, 应力测量精度 ≤ 100 微应变; 形成从原子尺度到宏观尺度的原位表征与评价技术, 实现在至少 3 个典型场景下的应用。

6.7 先进能源结构性能劣化多维原位表征与评价技术及工程应用 (应用示范类)

研究内容: 针对先进能源关键结构长期服役在辐照、高温、腐蚀等恶劣环境下的材料老化问题, 研发材料微观结构、成分变化及性能劣化的实时、原位、多维多尺度表征技术和装备, 发展基于数据挖掘和损伤演化机制的结构状态多维融合评价预示方法, 开发核能结构服役行为分析软件和可靠性寿命评估系统, 建立检测规范和评价体系, 并在在役核电站及先进反应堆重要承压容器、管道等典型场景实现示范应用。

考核指标: 开发在役典型核能结构不同机制体积及表面老化损伤的实时、原位、多维无损评价技术 3 种或以上, 实现组织、成分、微观损伤和力学性能的定量检测和表征, 形成核能结构性能劣化多维融合表征与寿命评估系统 1 套。实现材料 4 种以上关键力学性能参数检测和表征, 测量精度 $\geq 80\%$, 实现微纳尺度微观损伤的检测和评价; 物质组分测量精度 $\geq 90\%$ 、空间分辨率 ≤ 0.5 毫米; 评估系统预测精度 $\geq 80\%$ 。在 3 种或以上在役核电站及先进反应堆典型场景获得示范应用, 形成多维智能损伤表征与寿命评估规范 2 项以上, 申请发明专利 8 项以上、软件著作权登记

2 项以上。

7. 基于材料基因工程的结构与复合材料

7.1 关键结构材料集成计算设计方法与应用（基础研究类）

研究内容：针对国家重大工程所需关键结构材料的研发和应用需求，发展晶体结构、微观组织结构、制备工艺与关键性能关联关系的预测模型，研发“成分—工艺—组织—性能”的多层次、跨尺度计算软件和集成计算材料工程软件，实现从元素、成分到综合性能的高效集成设计。融合材料数据、图像数据等多模态数据以及大数据与人工智能机器学习等技术，形成支撑关键结构材料研发的高效集成计算设计方法与跨尺度的、可实现数据传递的集成软件系统，并结合工程应用场景，在高性能关键结构材料成分、工艺、组织和性能的预测等方面进行实验验证和工艺优化。

考核指标：开发高性能结构材料的多尺度计算软件和集成计算材料工程软件 4 项以上，实现大规模、多层次、跨尺度、集成化的高效计算；建立关键结构材料从成分设计到应用的全流程示范，并通过实验评价验证所开发的高效集成计算设计方法，及其从材料设计到使役性能的集成软件系统的有效性和可靠性；对典型结构材料的基础物性、宏观物性与使役性能的预测误差在 15% 以内，材料微观组织的识别率和分割准确率达到 90% 以上，安装使用的用户单位 10 家以上；申请发明专利和软件著作权 10 项以上。

7.2 高强韧轻金属基复合材料近净形高效制备与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对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、材料利用率低等实际问题，采用材料基因工程研究理念和近净形制备加工技术原理，研发铝基、钛基复合材料高通量近净形制备技术与高通量表征技术；测试和采集物理化学数据，建立增强相/基体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—性能交互关联集成计算技术，实现材料体系、构型、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 70 种以上复合材料构型的模型高效创建；建立 200 样品数/批次以上的高通量、近净形制备与表征平台；建立高强韧金属基复合材料从材料研发到工艺优化全链条信息数据库 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 摄氏度以上；近终形制造构件的材料利用率 $\geq 80\%$ ，制造周期及生产成本“双减半”；在航空航天领域实现 10 个以上典型应用。

7.3 基于数据技术的新型高强韧高耐蚀钢研发（共性关键技术类）

研究内容：面向深海、深地资源开发等重大工程对低成本、

高强韧、耐极端环境腐蚀材料的迫切需求，针对高品质钢新品种研发对数据库和机器学习等技术和方法的急需，建立高强韧高耐蚀不锈钢与生产应用数据库，构建语义级材料知识智能分析与展示技术；研发高强韧高耐蚀不锈钢成分与制造工艺设计的机器学习技术，以及异质结构强化不锈钢组织结构设计的深度学习技术，建立材料成分—制造工艺—组织结构—服役性能的映射关系；利用迁移学习技术，融合工业生产大数据，开展数据驱动的多目标、自适应协同设计与生产工艺优化研究，研发出具有自主知识产权的高强韧高耐蚀不锈钢。

考核指标:建立数据完备的高强韧高耐蚀不锈钢数据库 1 个，数据量达到 50 万条以上；建立数据驱动的新型高性能不锈钢研发设计、生产工艺优化方法，研发出机器学习和深度学习算法及软件 3~4 项，并实现多目标协同优化设计；研发出具有自主知识产权的新型 110 和 125 钢级高强韧高耐蚀不锈钢，室温延伸率 $\geq 20\%$ ，Ni、Cr、Mo 合金元素总含量 $\leq 26\%$ ；抗 H₂S 应力腐蚀开裂性能：110 钢级通过 NACE TM0177-2016 标准 B 环境试验，125 钢级通过 NACE TM0177-2016 标准 D 环境试验，满足深海、深地资源开发的要求；实现工业化生产。

7.4 先进能源反应堆堆芯关键材料快速设计与评价技术（共性关键技术类）

研究内容:面向先进能源反应堆燃料包壳和堆芯等关键结构材料的重大需求，针对先进反应堆结构材料实验难度大、研发周

期长的问题，基于材料基因工程理念，研发耐高温抗辐照材料高效设计与服役性能预测技术和软件，构建材料高温力学性能和辐照效应多尺度高效计算模拟设计平台；建设计算和实验数据有机融合的先进核反应堆关键结构材料高质量数据库，发展高温抗辐照材料数据挖掘和机器学习技术；研发中子辐照、热室蠕变和断裂韧性等高效实验技术，融合计算模拟和材料大数据技术，高效研发出具有自主知识产权的先进能源反应堆关键结构材料，完成测试评价。

考核指标：建成融合多尺度高效计算和数据技术的智能设计平台；数据量 $\geq 10^5$ 条，涵盖成分—加工工艺/组织结构—性能完备数据 $\geq 10^4$ 条；热室蠕变性能高通量表征 ≥ 10 个样品/批次，中子辐照和热室断裂韧性实验效率提高10倍；研发出2~3种新材料，在1000摄氏度、5000小时、1%应变条件下的蠕变强度 ≥ 60 兆帕，至少1种材料实现入堆考验，累计辐照剂量 ≥ 1 原子离位次数。

7.5 陶瓷基复合材料的界面相高通量研究及示范应用（共性关键技术类）

研究内容：针对空间领域用陶瓷基复合材料研发成本高、周期长和原材料消耗大等难点问题，采用材料基因工程理念，探索陶瓷基复合材料纤维/基体界面相组分连续可控的高通量制备新方法，构建典型界面相组分—工艺—显微结构—材料性能之间的映射关系，优选综合性能佳的界面相，开发出新型陶瓷基复合材

料。开展基于多尺度模型设计的陶瓷基复合材料和发动机典型热结构件的制备—结构—性能演化规律研究。开发出陶瓷基复合材料的新产品并应用于验证考核。

考核指标：研发陶瓷基复合材料组分连续可控的界面相高通量制备技术，基于分离组合方法的样品制备能力 ≥ 200 样品/批次；建立典型界面相组分—工艺—显微结构—材料性能之间的映射关系；900 摄氏度/90% H_2O -10% O_2 /24 小时水氧条件下，界面相失重率 $\leq 20\%$ ；1200 摄氏度/90% H_2O -10% O_2 /1000 小时水氧条件下，陶瓷基复合材料拉伸强度保留率 $\geq 60\%$ ；研制出航空发动机高压涡轮外环等典型热结构件 2~3 种，通过模拟台架试验考核，技术就绪度达到 5 级；申请专利 10 项以上，建立标准或技术规范 2 项。

7.6 基于智能化设计与制备的树脂基复合材料研发（共性关键技术类）

研究内容：面向空间应用领域等重大工程对树脂基先进复合材料与构件制备自主可控的重大需求，针对该类材料高性能化、轻量化和大尺寸结构制造及性能稳定性的迫切要求，突破自动化与智能化实验技术，开发制备树脂基复合材料的标准化和智能化装备；开发数据自动采集技术，建立材料数据库；发展具有自动适应和自主决策能力的机器学习算法，突破树脂基复合材料设计和优化中的多目标、多变量、偏好性和动态性等技术瓶颈；研究材料强度、模量、韧性等服役性能与材料成分、结构、加工工艺、

微观形貌的关联规律，建立材料自主设计和优化迭代的智能化开发流程和应用平台；开发应用于空间应用领域新型高性能树脂基复合材料产品。

考核指标：开发树脂基复合材料标准样品自动化制备实验装置 ≥ 2 台（套），建立树脂基复合材料数据库1个和涵盖从材料设计到应用全流程的智能化研究平台1个；开发2~3种热固性和热塑性高性能树脂基复合材料，室温拉伸强度 ≥ 1800 兆帕，拉伸模量 ≥ 100 吉帕，层间剪切强度 ≥ 80 兆帕；1.8兆帕下热变形温度 ≥ 300 摄氏度，耐低温性能 ≤ -100 摄氏度。开发新型高性能树脂基复合材料产品，完成在空间应用领域关键部件的制造与验证。

8. 青年科学家项目

8.1 高性能芳杂环聚合物结构设计与纤维成型新方法

研究内容：针对空天装备等领域对高性能有机纤维的需求，设计新型芳杂环聚合物，开发合成新方法，改善聚合物溶解性及加工性，研究纤维制备过程中溶胶—凝胶转变、高分子链结构及凝聚态结构演变规律，揭示多级结构与纤维性能的内在关系，获得耐候性好、强度高和界面性能优良的高性能芳杂环纤维及制备技术。

考核指标：设计3~5种新型芳杂环聚合物分子和新合成方法，芳杂环聚合物纤维拉伸强度 ≥ 4.5 吉帕，初始模量 ≥ 200 吉帕，起始分解温度 ≥ 500 摄氏度，玻璃化转变温度 ≥ 300 摄氏度，复合材料界面剪切强度较PBO纤维增强材料提高 $\geq 20\%$ ，紫外老化性

能较 PBO 纤维提升 $\geq 30\%$ 。

8.2 高耐磨聚四氟乙烯专用料及其在轴承领域应用

研究内容：针对耐磨润滑轴承领域对高性能氟碳基特种工程塑料的需求，开发聚四氟乙烯（PTFE）及其专用料改性技术，研究材料结构与线膨胀系数、抗蠕变性能、耐磨性能之间的关系，研究多尺度、复杂体系增强复合材料耐蠕变、耐磨损性、载荷性的调控机制，通过对相关树脂进行结构设计、聚合体系改进和后处理工艺优化，得到适合于轴承应用专用树脂，并在耐磨润滑轴承领域得到试用。

考核指标：PTFE 改性材料性能达到：拉伸强度 ≥ 30 兆帕，摩擦系数 ≤ 0.04 ，磨损量 $< 1 \times 10^{-5}$ 立方毫米/（牛·米），邵氏硬度 $\geq 50\text{HD}$ ，导热系数 ≥ 0.35 瓦/（米·开尔文）（125~250 摄氏度），含水率 $< 0.015\text{wt}\%$ ，收缩率 $< 4.0\%$ ，完成高性能氟碳基树脂在下游轴承等领域的应用评价。

8.3 第三代镍基单晶高温合金高纯净度、高晶界缺陷容限制备技术

研究内容：针对先进动力系统对第三代单晶高温合金的需求，开展痕量元素和微量元素对冶金缺陷和晶界容限的研究；研究微（痕）量元素的分布、作用机理和控制技术；实现制备工艺—微（痕）量元素水平—显微组织—关键性能调控，发展高品质、低成本第三代单晶高温合金的制备技术。

考核指标：1120 摄氏度/137 兆帕持久时间 ≥ 100 小时；杂质

元素含量 $N \leq 3\text{ppm}$ 、 $O \leq 3\text{ppm}$ 、 $S \leq 1\text{ppm}$ ；存在不大于 12° 晶界的单晶合金，横向、纵向持久和疲劳性能不低于无缺陷单晶合金的 70%。

8.4 抗疲劳高止裂非均质组织风电用钢研究

研究内容：针对国家清洁能源开发对抗疲劳高止裂风电用钢的需求，探索非均质组织对风电用钢疲劳和止裂性能的影响机理；研究形变/相变耦合作用对非均质组织的形成和热稳定性影响机制；研发非均质组织原型钢，发展抗疲劳高止裂风电用钢制备和加工技术。

考核指标：提出晶粒尺寸在 300 纳米~20 微米的非均质组织调控新技术，设计并研发出 500 兆帕级抗疲劳高止裂风电用钢，模拟焊后 -60 摄氏度冲击功 ≥ 100 焦，-20 摄氏度 CTOD 特征值 ≥ 0.45 毫米，疲劳强度 ≥ 500 兆帕。

8.5 紧固件丝材用 1500 兆帕级超高强高韧钛合金研制

研究内容：针对航空航天对超高强钛合金紧固件丝材的需求，开展 1500 兆帕级超高强韧钛合金的成分优化或短流程加工工艺优化研究，揭示合金元素的作用机理或阐明短流程加工工艺对合金微观组织、力学性能的影响规律；研究热处理工艺对合金显微组织结构及强度—塑性—韧性—疲劳匹配的影响；开展 1500 兆帕级超高强韧钛合金紧固件用丝材制备技术研究，并试制紧固件。

考核指标：开发出 1~2 种超高强韧钛合金，直径为 10~14 毫米棒材的室温力学性能达到抗拉强度 $R_m \geq 1500$ 兆帕，断后延伸

率 $A \geq 6\%$ ，条件断裂韧性 $K_{Ic} \geq 50$ 兆帕 \times 米^{1/2}；直径 10 毫米紧固件用丝材的室温力学性能：抗拉强度 $R_m \geq 1550$ 兆帕，断后延伸率 $A \geq 6\%$ ；直径 8 毫米沉头抗剪型高锁螺栓紧固件最小抗拉载荷 ≥ 62 千牛，剪切强度 ≥ 800 兆帕，疲劳寿命 ≥ 6.5 万次；与现有相同规格紧固件丝材相比，制备成本降低 20% 以上。

8.6 高性能金属增强镁基复合材料及制备加工技术

研究内容：围绕交通等领域高端装备对新一代高比强度、高比模量轻量化材料的迫切需要，探索异质金属增强镁合金组织结构特征模式，研究多尺度异质金属增强体热力学演变规律、界面平衡与非平衡态动力学行为以及金属增强体强化机理，发展新型金属增强铸造和变形超高强镁基复合材料，建立金属增强镁基复合材料设计准则，并形成制备关键技术。

考核指标：设计并开发 2 类或以上高性能金属增强镁基复合材料，其中铸造超高强镁基复合材料，弹性模量 $E \geq 50$ 吉帕、抗拉强度 $R_m \geq 400$ 兆帕、断后延伸率 $\geq 6\%$ ；变形超高强镁基复合材料，弹性模量 $E \geq 52$ 吉帕、抗拉强度 $R_m \geq 600$ 兆帕、断后延伸率 $\geq 5\%$ 。

8.7 新一代先进能源系统用碳化硅堆芯构件

研究内容：面向新一代加速器驱动先进能源系统对堆芯抗辐照陶瓷部件的发展需求，研究优异抗辐照特性的新型碳化硅陶瓷材料体系高通量筛选方法，发展高性能核用碳化硅陶瓷材料制备技术；开发大尺寸、复杂形状碳化硅陶瓷六棱柱堆芯构件的精密

成型与常压烧结致密化技术，实现碳化硅陶瓷六棱柱堆芯构件研制；研究核用碳化硅陶瓷抗辐照性能评价方法。

考核指标：筛选出 1~2 种先进核能系统用新型碳化硅陶瓷材料体系，弯曲强度 ≥ 500 兆帕，可承受辐照损伤剂量 ≥ 30 原子平均离位。建立离子束辐照评价技术规范 1 项，研制高度不小于 600 毫米 SiC 陶瓷堆芯构件 1 件。

8.8 空间应用领域新型高熵环境障陶瓷涂层材料与部件

研究内容：面向空间应用领域苛刻环境的服役要求，研究新型高熵环境障陶瓷涂层材料的高通量设计与性能控制方法；开发高温相稳定、低热膨胀系数的高熵环境障陶瓷涂层材料体系；开发高熵环境障陶瓷涂层粉体原料制备、喷涂与热处理等技术；研究高熵环境障陶瓷涂层与基体匹配性，开展高熵环境障陶瓷涂层部件的环境模拟试验考核。

考核指标：设计并研发出 2~3 种高熵环境障陶瓷涂层材料，高熵环境障陶瓷涂层材料相稳定性 ≥ 1600 摄氏度，线热膨胀系数（室温~1600 摄氏度） $\leq 5.0 \times 10^{-6}$ 开氏度⁻¹，孔隙率 $\leq 3.0\%$ ，与基体结合强度 ≥ 20 兆帕；带高熵环境障陶瓷涂层的部件 1350 摄氏度燃气热循环寿命 ≥ 2000 次（1350 摄氏度保温 5 分钟，压缩空气冷却 5 分钟）。

8.9 高原复杂环境低热水泥混凝土性能劣化机理与耐久性评价技术

研究内容：针对高原复杂环境重大交通建设用低热水泥混凝

土耐久性缺少系统研究的问题，研究高原复杂环境混凝土微结构发展及演化规律；研究弯拉、约束荷载和冻融作用下混凝土应变、相对湿度和剥落深度等表征新方法；研究荷载作用下隧道二衬混凝土的碳化机理和抗碳化关键技术；研究荷载作用下桥梁混凝土高频冻融破坏机理和抗冻融关键技术；提出高原复杂环境下低热水泥混凝土的高耐久设计方法。

考核指标：快速冻融条件下评价装置的弯拉荷载波动 $\leq 5\%$ ；低热水泥混凝土干燥收缩率 $\leq 0.035\%$ ；高原环境受荷隧道二衬低热水泥混凝土碳化深度 ≤ 10 毫米；约束荷载下桥梁低热水泥混凝土单面盐冻质量损失 ≤ 500 克/平方米。

8.10 细径硬质合金棒材形性精确控制近终形制备技术

研究内容：针对难加工关键部件对精密加工工具的需求，聚焦精密工具用细径硬质合金棒材成形精度低及形性协同难等问题，开展细径硬质合金棒材增塑挤压流变—形变特性、烧结致密化和服役行为研究，阐明快速无缺陷脱脂、晶粒长大抑制等机制，揭示复杂工况下合金的失效机理，建立细径硬质合金棒材形性精确控制方法。

考核指标：建立细径硬质合金棒材增塑挤压流变—形变模型；硬质合金棒材直径2~5毫米，长径比 ≥ 20 ，外径极差 ≤ 0.1 毫米，抗弯强度 ≥ 5000 兆帕，硬度 ≥ 92.5 HRA，相对密度 $\geq 99\%$ ；平均晶粒尺寸0.35~0.5微米，晶粒尺寸离散度 < 0.4 ；使用寿命较现有同类材料提升30%以上。

8.11 数据驱动的高强韧金属基复合材料集成设计

研究内容：以低成本轻质超高强高韧耐热金属基复合材料为对象，基于理论计算、大数据和机器学习等关键技术和集成计算材料工程应用技术，开发金属基复合材料高效计算设计的软件系统，实现新型金属基复合材料高效设计的研究新范式，并进行试验验证，为先进复合材料的高效智能设计与开发提供技术支撑。

考核指标：开发多尺度的计算程序模块 5 项及以上；高强韧金属基复合材料数据库的数据量大于 10 万条，发展 2 种适用于金属基复合材料的可解释性机器学习算法，建立高效集成设计方法。开发 1~2 种超高强高韧耐热金属基复合材料。

8.12 超高强钢服役过程跨尺度计算和高通量评价技术

研究内容：研究超高强钢服役过程中氢脆问题的跨尺度集成计算方法，开发氢脆的高通量评价技术，构建超高强钢计算与实验的相关数据库，建立基于数据挖掘和机器学习的成分—工艺—氢脆敏感性定量关系模型，实现超高强钢氢脆的高效评价与性能优化，为超高强钢的理性设计与智能优化提供关键的技术支撑。

考核指标：开发出热成形钢机器学习势函数，建立基于数据驱动的跨尺度计算模型，计算精度 $\geq 85\%$ ；超高强钢计算与实验的相关数据库数据量大于 10 万条；开发针对氢脆的高效评价技术，评价效率提升 $\geq 50\%$ 。设计出 1 种 2000 兆帕级热成形钢，抗氢脆敏感性提升 $\geq 30\%$ 。

“先进结构与复合材料”重点专项 2022年度“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实国家科技创新有关部署安排，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2022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

本批榜单围绕商用飞机等重大应用场景，拟解决商用飞机主承力加筋壁板、商用航空发动机风扇叶片等关键实际问题，拟启动2个项目，共拟安排国拨经费不超过4600万元。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。应用示范类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. 超高韧碳纤维复合材料及应用（应用示范类）

需求目标：针对商用航空发动机风扇叶片轻质、高强、高耐疲劳、抗冲击和耐久性需求，研制国产高强中模碳纤维超高韧复合材料，建立材料标准和过程控制文件（PCD），形成应用设计数据集，选择典型商用航空发动机风扇叶片，完成产品设计、制造和综合验证，通过叶片性能试验和发动机台架试车试验。具体需求目标如下：

（1）超高韧碳纤维复合材料： 0° 拉伸强度（RTD） ≥ 3000 兆帕， 0° 拉伸模量（RTD） ≥ 165 吉帕， 0° 压缩强度（RTD） ≥ 1550 兆帕， 0° 压缩模量（RTD） ≥ 150 吉帕，开孔拉伸强度（RTD）

≥500 兆帕，开孔压缩强度（RTD）≥300 兆帕，6.67 焦耳/毫米能量冲击后压缩强度 ≥330 兆帕。

（2）典型发动机风扇叶片：内部孔隙率 ≤1%，重量离散系数小于 2%，满足静强度、抗鸟撞和疲劳要求，与钛合金叶片相比减重 ≥15%。

（3）形成 3~5 项标准或规范，一套 PCD 文件。

时间节点：研发时限为 3 年。

立项后 12 个月，完成超高韧碳纤维复合材料研制，性能全面达标，形成 PCD 文件和材料标准。

立项后 24 个月，完成复合材料全面性能研究，形成材料许用值等应用设计数据集；完成风扇叶片设计和制造工艺研究，叶片精度和内部质量满足指标要求。

立项后 36 个月，完成风扇叶片静强度、抗鸟撞和疲劳试验，满足设计要求，与钛合金叶片相比减重 ≥15%。

榜单金额：不超过 2300 万元。

2. 主承力复合材料构件高效自动化液体成型技术研究（应用示范类）

需求目标：针对商用飞机主承力加筋壁板高效低成本制造需求，开展蒙皮干纤维自动铺放液体成型技术和长桁拉挤液体成型技术研究。选择商用飞机主承力加筋壁板，进行复合材料结构设计、构件制造和考核验证，完成地面静力试验，支撑复合材料高效自动化液体成型在商用飞机主承力结构上的应用。具体需求目

标如下:

(1) 干纤维铺放材料: 长度 ≥ 500 米/卷, 满足自动铺放和预成型体制备工艺要求。

(2) 干纤维自动铺放效率: 蒙皮预成型体制造效率 ≥ 3.0 千克/小时。

(3) 干纤维自动铺放液体成型复合材料: 纤维体积含量 $55\pm 2\%$, 6.67 焦/毫米能量冲击后压缩强度 ≥ 280 兆帕;

(4) 拉挤液体成型: 拉挤速度 ≥ 0.3 米/分钟, 复合材料孔隙率 $\leq 1.0\%$;

(5) 加筋壁板: 壁板面积 ≥ 10 平方米, 通过地面静力试验验证, 加筋壁板相较预浸料—热压罐工艺制造成本降低 20% 以上;

(6) 形成 3~5 项标准或规范。

时间节点: 研发时限为 3 年。

立项后 12 个月, 完成干纤维铺放材料研制和预成型体制备工艺研究, 性能全面达标, 形成 PCD 文件和材料标准。

立项后 24 个月, 完成干纤维自动铺放液体成型和拉挤液体成型工艺研究, 制造效率、内部质量、物理和力学性能达到指标要求。

立项后 36 个月, 完成 ≥ 10 平方米加筋壁板研制, 通过地面静力试验验证, 加筋壁板相较预浸料—热压罐工艺制造成本降低 20% 以上。

榜单金额: 不超过 2300 万元。

“先进结构与复合材料”重点专项 2022年度项目申报指南和 榜单形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 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。

(3) 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。

(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）。

(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) 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。

(7) 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）。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2021 年 6 月 30 日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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

(2)青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。

本专项形式审查责任人：于笑潇

附件 2

“稀土新材料”重点专项 2022 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 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向事关国计民生的新一代信息技术、先进轨道交通、节能与新能源汽车、生态环境、高端医疗器械与健康、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、产业核心竞争力和高端应用水平。

2022 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等新技术应用、特种稀土功能材料及专材专用技术 7 个技术方向，按照基础研究类、共性关键技术类、应用示范类三个层面，拟启动 31 项指南任务（其中包括 2021 年度指南的流转指南任务 7 项），拟安排国拨经费 3.64 亿元。其中，拟部署 8 个

青年科学家项目，拟安排国拨经费 2400 万元，每个项目 300 万元。应用示范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，每个方向拟支持项目数为 1~2 项，每个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；共性关键技术类和应用示范类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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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（共性关键技术类）

研究内容：针对无人机、高端机器人等应用领域对超高性能钕铁硼永磁材料产品的迫切需求，围绕钕铁硼基相成分、跨尺度

结构调控、重稀土掺杂与磁性能关联、内禀矫顽力与剩磁去耦合等基础性、前瞻性科学问题，开展需要长期演进的产业新技术和新产品研究，解决高内禀矫顽力、高剩磁磁体制备等产业重大共性关键技术问题；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 兆高奥，内禀矫顽力（千奥斯特）+最大磁能积（兆高奥） ≥ 83 ；标准永磁样品在磁化方向施加 1.0×10^4 奥斯特的外加磁场后在200摄氏度保温3小时，其热减磁 $< 3\%$ 。高剩磁烧结钕铁硼磁体剩磁 $\geq 1.46 \times 10^4$ 高斯，内禀矫顽力 $\geq 1.8 \times 10^4$ 奥斯特。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.2 高性能永磁材料及热压流变取向新技术（共性关键技术类）

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，研发高性能异形热压磁体。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、均匀性差的难题；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：形成 ≥ 2 种环状或块体热压热流变取向产品的新技术；热压磁体的最大磁能积 ≥ 54 兆高奥；热压磁环直径 < 6 毫米，剩磁 $\geq 1.27 \times 10^4$ 高斯，表磁不均匀性 $\leq 5\%$ ；长度方向 ≥ 40 毫米的长片状磁体：室温最大磁能积 ≥ 40 兆高奥，内禀矫顽力 \geq

1.8×10⁴ 奥斯特@ (无镨、铽), 磁体磁性能的内部偏差率优于±4%, 内禀矫顽力 ≥ 7×10³ 奥斯特@150 摄氏度。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.3 烧结钕铁硼磁体批量一致性及其先进制备流程技术 (应用示范类)

研究内容: 针对传统烧结钕铁硼产业各工序环节人为影响因素大、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智能化生产技术, 重点突破晶界扩散技术在产业化制备过程的智能转运和数字化管理技术, 实现关键制备节点和工艺制度调整的智能化, 提升材料规模化生产一致性。

考核指标: 批量制备磁体的剩磁偏差在±100 高斯 (或±1%) 以内, 矫顽力偏差在±500 奥斯特 (或±2%) 以内。实现晶界扩散环节的数字化控制及产品的智能转运, 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。

2. 新型高效稀土光功能材料及应用技术

2.1 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 (共性关键技术类)

研究内容: 针对深海深空探测、反恐等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 $< 2.5\% @ 662$ 千电子伏）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 ≥ 50 摄氏度、相对湿度 $\geq 80\%$ 环境使用的辐射探测器件。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.2 特种信息探测用稀土发光材料及制备技术（基础研究类）

研究内容：面向医用诊疗和高端装备等特种信息探测领域对新型稀土发光材料的重大应用需求，设计和制备新型高效稀土纳米发光材料，构建对生物介质灵敏探测的稀土发光纳米探针，研究稀土纳米发光材料在生物体内可控降解性。设计和制备新型高效温敏探测用稀土发光材料，研究发光材料的光谱特征和荧光寿命对温敏特性等的影响规律，开展高端装备用荧光温敏探测应用技术研究。

考核指标：研制出 ≥ 3 种新型稀土纳米发光材料，发光波长覆盖可见到近红外光范围，量子产量 $\geq 15\%$ ，稀土发光纳米探针心脑血管炎症标志物的检测限 $< 1 \times 10^{-2}$ 纳克/毫升，可控降解的稀土纳米发光材料在生物体内 72 小时代谢排出率 $> 80\%$ 。研制出 ≥ 3 种新型温敏探测用稀土发光材料，发光峰值波长位于 400~1000 纳米范围，应用于温敏器件的温度检测范围为 -50 摄氏

度~150 摄氏度，相对灵敏度<1%，测量精度优于 0.2 开尔文。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.3 新型窄谱发射绿色与红色发光材料及制备技术（基础研究类）

研究内容：针对超高色域液晶显示技术发展需要，建立发光性能高通量计算设计的筛选因子集，研究稀土发光材料的基质晶体结构与发光离子能级结构的高效匹配规律，设计适合蓝光（440~460 纳米）高效激发的新型窄谱发射绿色与红色发光材料；研发其光谱特性调控和发光效率提升的关键技术；开展发光材料在 LED 封装器件中的应用研究。

考核指标：完成 ≥ 10⁴ 个样本的高通量计算筛选预测，研制出 ≥ 2 种新型窄谱发射稀土发光材料，绿色发光材料在蓝光激发下的外量子效率 ≥ 50%，色品坐标 $y \geq 0.67$ ，半高宽 < 45 纳米；红色发光材料在蓝光激发下的外量子效率 ≥ 50%，色品坐标 $x \geq 0.70$ ，半高宽 < 10 纳米。采用其制成的 LED 封装器件（1 瓦）显示色域 ≥ 100%NTSC、光效 ≥ 150 流明每瓦。申请发明专利 ≥ 5 项。

2.4 超快稀土闪烁晶体及其关键制备技术（共性关键技术类）

研究内容：针对核医学成像和高能物理重大应用需求，开展新型超快稀土闪烁晶体材料设计与性能调控研究，探索超快闪烁发光新机制和材料新体系，突破超快稀土闪烁晶体材料制备和器件集成关键技术；研究超快稀土闪烁晶体与硅光电倍增管、超快光电倍增管等新型光电探测器件的匹配应用技术，开发基于超快

稀土闪烁晶体的飞行时间—正电子发射断层扫描成像(TOF-PET)探测器、吉赫兹高重复频率 X 射线自由电子激光探测器等先进辐射探测器件。

考核指标：提出超快闪烁发光新机制并研制出新型超快闪烁材料；开发出光产额 ≥ 20000 光子/兆电子伏、衰减时间 < 10 纳秒和光产额 ≥ 2000 光子/兆电子伏、衰减时间 < 5 纳秒的超快稀土闪烁材料至少各 1 种，晶体尺寸 ≥ 2 英寸；研制出符合时间分辨率 < 100 皮秒的 TOF-PET 探测器、重复频率 ≥ 1 吉赫兹的 X 射线自由电子激光探测器至少各 1 款。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（应用示范类）

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，研发稀土离子落位可控的低焦炭产率超稳 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，开发提升稀土催化材料的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中实现应用示范。

考核指标：开发 ≥ 3 类典型稀土配分的催化剂，其磨损指数 $< 2.5\%$ ，比表面 ≥ 260 平方米/克，800 摄氏度、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 双燃料船舶发动机尾气净化稀土催化剂（应用示范类）

研究内容：针对新型天然气/柴油双燃料船舶发动机后处理面临的甲烷低温氧化、甲烷逃逸、NO_x低温还原等问题，探索发动机低负荷低温条件下甲烷催化氧化机理，突破甲烷的低温高效催化氧化关键技术，开发宽温度窗口高效选择性催化还原（SCR）技术，实现甲烷和NO_x的高效协同净化；开发发动机与稀土催化剂集成技术，探究发动机精确燃料喷射控制策略和催化剂边界性能的关系；开发船舶发动机搭载后处理系统的标定策略与精准匹配技术，实现船舶发动机的高效稳定排放控制。

考核指标：获得低温高性能甲烷氧化催化剂，甲烷起燃温度 ≤ 300 摄氏度，甲烷净化效率 $\geq 90\%$ ；研制出宽温度窗口高效SCR催化剂，200摄氏度~500摄氏度内NO_x转化效率 $\geq 95\%$ ，可满足未来十年内船舶发动机排放标准；在 ≥ 2 台船舶双燃料微喷样机上搭载国产化催化转化装置，排放符合项目期内国际内河近海最严限值要求，获船级社认证；实现双燃料发动机配套稀土催化剂技术的应用示范。

3.3 复杂排放工况 VOCs 高效净化关键稀土催化材料（共性关键技术类）

研究内容：针对石化、涂装、包装印刷等行业复杂工况下VOCs的净化难题，研究分子筛的结构和表面性质对VOCs吸/脱附性能的影响规律，研究分子筛吸附材料的成型技术，开发大容

量、易再生、高效吸附 VOCs 的分子筛材料及规模化生产技术；研究稀土对催化剂活性中心的结构和稳定性的作用机制以及贵金属减量化技术，开发广谱、高效的低贵金属含量稀土复合催化剂及其规模化生产技术；针对 VOCs 排放的复杂工况，研究开发适用于大风量、低浓度 VOCs 的吸附—浓缩—催化净化材料和装备。

考核指标：分子筛基吸附材料：相对湿度 80% 时的吸附效率 $\geq 90\%$ ，最高耐受温度 ≥ 500 摄氏度，寿命 ≥ 1 年；广谱 VOCs 净化稀土复合催化剂：贵金属减量 $\geq 20\%$ ，对三苯、乙酸乙酯、丙烷等的起燃温度 (T_{50}) < 250 摄氏度，对含氯 VOCs 的 $T_{50} < 300$ 摄氏度，净化效率 $\geq 99\%$ ，选择性 $\geq 95\%$ ；开发出 ≥ 4 种工业废气净化稀土基催化剂，在石化、涂装、包装印刷等重点行业开展应用示范，净化效率 $\geq 98\%$ ，满足国家最新环保标准。

4. 稀土材料绿色智能制备和高纯化技术

4.1 二次资源中稀土及有价元素综合回收技术（共性关键技术类）

研究内容：针对稀土二次资源现行回收技术资源循环利用率低、环境负担重、能耗高等问题，研究稀土金属及合金废料、晶体废料、稀土抛光废料、稀土磁性废料及稀土基废旧催化剂等典型稀土二次资源的物化性质；开发典型稀土二次资源的智能识别与精细分选技术及装备，研究典型稀土二次资源的快速检测技术；开发典型稀土二次资源中稀土及有价组分提取与杂质高效去除技术；开发典型稀土二次资源固废减量与资源化利用技术。

考核指标：开发出 ≥ 4 种典型稀土二次资源绿色循环利用关键技术，稀土金属及合金废料、稀土磁性废料、晶体废料中稀土及高价值元素综合回收率 $\geq 95\%$ ；稀土抛光废料中稀土回收率 $\geq 95\%$ ，固废在现有未利用基础上减量 $\geq 90\%$ ；废旧稀土催化剂中贵金属回收率 $\geq 98\%$ ，高价值稀土回收率 $\geq 85\%$ ；在 ≥ 2 条生产线上示范应用并实现上述指标。申请发明专利 ≥ 5 项。

4.2 特种高纯稀土金属及合金靶材规模化制备技术（共性关键技术类）

研究内容：面向芯片、传感器、发光及显示等电子信息器件应用需求，开发镧、钕、钐等稀土金属的分离提纯新方法、新工艺，开发放射性核素、碱金属等关键杂质的精准去除技术；开发成份稳定、均质、高纯大尺寸稀土合金可控熔炼技术，研究靶材塑性变形加工中晶粒尺寸、结晶取向与组织均匀性变化规律；开发靶材精密机加工、异质金属背板大面积焊接等关键技术。

考核指标：金属镧纯度 $\geq 5N$ ，其中Li、Na、K等均 $\leq 0.05\text{ppm}$ ，Ni、W等均 $\leq 0.5\text{ppm}$ ；金属钕、钐纯度 $\geq 4N5$ ，其中Li、Na、K、Mg、Co、Mn、Zn、Th、U等均 $< 0.5\text{ppm}$ ；金属镧靶纯度 $\geq 4N5$ ，尺寸 ≥ 18 英寸，晶粒平均尺寸 < 100 微米；铝钕合金靶纯度 $\geq 4N$ ，成分偏差 $\pm 0.3\%$ （重量百分比），尺寸 ≥ 25 英寸，电阻率 ≤ 4.5 微欧·厘米；铝钐合金靶纯度 $\geq 4N$ ，氧含量 $< 300\text{ppm}$ ，钐含量 $\geq 30\%$ （原子百分比），成分偏差 $\pm 0.5\%$ （原子百分比），尺寸 ≥ 12 英寸，焊合强度 ≥ 10 兆帕；靶材制品在高密度存储芯片、新型显示面板、

高频滤波器等领域实现应用；建成年产能百片级的特种高纯稀土金属及合金靶材生产线。申请发明专利 ≥ 10 项。

4.3 稀土绿色分离与材料制备一体化技术及装备（共性关键技术类）

研究内容：针对稀土材料绿色短流程制备与高值利用的战略需求，研究稀土分离提纯过程物料高效循环利用技术，开发稀土萃取分离过程酸、碱循环利用技术与装备；研究稀土分离料液的基础物性，开发稀土分离料液纯化与新型分解转化工艺及装备；研制稀土分离料液直接制备高质化稀土化合物材料的短流程、高效率技术与装备。

考核指标：形成 ≥ 2 项新型稀土材料绿色化制备技术及装备，装备处理能力达到5立方米每小时以上；稀土分离提纯与材料制备过程中物料循环利用率 $\geq 60\%$ ；以稀土分离料液为原料，直接制备出 ≥ 3 种物性可控高质化稀土化合物，其中氧化钇、氧化镨等纳米稀土氧化物D50粒径 < 100 纳米，氧化钙、三氧化二铁杂质含量均 $< 10\text{ppm}$ ，二氧化硅杂质含量 $< 20\text{ppm}$ ，氯离子杂质含量 $< 100\text{ppm}$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

5. 稀土物化功能材料及应用技术

5.1 高品质速凝铸片及智能流程技术（应用示范类）

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微观结构的制备技术，开发富稀土相均匀分布及

粗大树枝晶抑制技术，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：速凝铸片树枝晶间隔为 2~3 微米，微晶尺寸为 0.9 ± 0.1 微米，通过成分与微结构的在线检测和智能化流程控制，提高合格产品收得率 3%。速凝微晶合金粉尺寸为 0.8~2.0 微米。技术成果在年产千吨生产线示范应用。申请发明专利 ≥ 5 项。

5.2 高能量密度新型稀土储氢材料及应用技术（共性关键技术类）

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 $\geq 1.7\%$ （重量百分比），室温放氢平台压力 ≥ 0.3 兆帕斯卡，2000 次吸放氢循环后容量保持率 $\geq 80\%$ ；固态储氢材料的有效储氢容量 $\geq 2\%$ （重量百分比），循环 1000 次储氢量保持在 90% 以上。高密度固态储氢装置的重量的储氢密度 $\geq 1.4\%$ （重量百分比），体积储氢密度 ≥ 55 公斤/立方米。制定储氢动力学评价标准 ≥ 1 项。申请发明专利 ≥ 10 项。

5.3 高频器件用稀土强磁铁氧体材料研究与技术开发（共性关键技术类）

研究内容：针对 5G 通信微波器件小型化、高频化和高度集成化的发展趋势，研究多元稀土及其它离子组合掺杂对强磁铁氧体饱和磁化强度和剩磁比的影响，开发高饱和磁化强度铁氧体材料的关键制备技术；揭示磁晶各向异性场、铁磁共振线宽、微观结构对器件隔离度 $|S_{12}|$ 和插入损耗 $|S_{21}|$ 的机制；研究关键工艺参数对剩磁温度系数和耐击穿电压的影响；开发基于稀土强磁铁氧体的高性能微波吸收/屏蔽材料，研究稀土离子代换对自然共振频率、吸波有效带宽和微波吸收/屏蔽强度的影响。

考核指标：5G 环行器/隔离器用自偏置稀土强磁铁氧体材料饱和磁化强度 ≥ 3500 高斯，剩磁比 ≥ 0.9 ，铁磁共振线宽 $\Delta H \leq 500$ 奥斯特，基于自偏置稀土强磁铁氧体的 5G 环行器/隔离器 $|S_{12}| \geq 20$ 分贝@Ka， $|S_{21}| \leq 1.0$ 分贝，工作带宽 ≥ 1 吉赫兹，剩磁温度系数 $|\alpha(\text{Br})| \leq 0.2\%$ /摄氏度（-55~+85 摄氏度），耐击穿电压 $U_{AC} \geq 1.5$ 千伏特；关键技术成果在环行器/隔离器千万只生产线上实现转化。吉赫兹高频稀土铁氧体强磁吸波/屏蔽材料，宽频吸波有效带宽 >10 吉赫兹@（厚度 ≤ 2 毫米），吸波/屏蔽强度优于 40 分贝。申请发明专利 ≥ 10 项。

5.4 绝热及气体传感稀土陶瓷及其关键制备技术（共性关键技术类）

研究内容：面向燃气轮机、民航发动机等用超高温热障涂层

及车用高端气体传感器的应用需求，开展稀土陶瓷材料设计，开发组成、结构可控的高性能稀土陶瓷粉体制备技术；开发热障涂层用稀土陶瓷靶材制备技术，以及超高温、长寿命涂层制备工艺；开发气体传感用稀土陶瓷电解质膜带成型及高温共烧技术，以及高精度、高灵敏气体传感器制备技术。

考核指标：绝热稀土陶瓷粉体相变温度 ≥ 1500 摄氏度；涂层服役温度 ≥ 1400 摄氏度，1000摄氏度时热导率 < 1.0 瓦/(米·开尔文)，1400摄氏度时热冲击寿命 > 2000 次，服役时间（1100摄氏度热循环） ≥ 1000 小时。气体传感器用稀土陶瓷粉体一次粒径 50 ± 10 纳米，比表面积 8 ± 1 平方米/克；高传感陶瓷850摄氏度电导率 ≥ 50 毫西门子/厘米，抗弯强度 ≥ 500 兆帕；制成的传感器对 NO_x （500ppm~1500ppm体积浓度）和 O_2 （5%~21%体积浓度）的测量精度分别为满程偏差 $\pm 12\%$ 和满程偏差 $\pm 2.5\%$ ，响应时间 < 3800 毫秒。申请发明专利 ≥ 10 项。

5.5 磁编码器用辐射取向磁环（共性关键技术类）

研究内容：针对磁编码器体积小、精密度高、分辨率高等应用需求，研制整体辐向高性能磁环。开发提升磁环辐向方向取向度技术；揭示周向磁体密度不均匀和取向磁场不均匀影响因素，开展跨尺度范围磁性能的一致性提升技术研究。开发磁环轴向磁性能均匀化提升技术，提出磁极磁场强度分布的精确控制方法。构建周向磁极均匀性调控及编码器输出波形信号的关联模型，研究磁极与编码器分辨率关联关系，在小体积磁编码器中应用考核。

考核指标：磁环性能：剩磁 $\geq 1.3 \times 10^4$ 高斯，内禀矫顽力 $\geq 1.5 \times 10^4$ 奥斯特，最大磁能积 ≥ 40 兆高奥；圆周方向均匀性指标：辐射取向磁环充磁成多极后，磁极间的磁场强度沿圆周 360 度的差值 $< 1.5\%$ ；轴向均匀性指标：辐射取向磁环充磁成多极后，轴向 2 毫米距离内对应磁极的磁场强度差值 $< 1\%$ 。编码器在分辨率保持不变的条件下，体积减小 10%；形成 ≥ 100 万只/年的磁环产能。

6. 稀土新材料及材料基因工程等新技术应用

6.1 极低温绝热去磁制冷和磁热材料及关键技术（基础研究类）

研究内容：利用材料基因工程技术方法等开展极低温稀土磁制冷材料的高通量成分筛选，设计低磁场下具有大磁熵变材料；研究晶体结构和磁性原子间耦合作用对磁转变温度和磁热性能等参数的影响规律，开展低驱动场高性能极低温磁制冷材料研究；研究极低温磁制冷材料物性对制冷系统级间匹配的影响关系，筛选出系列材料，研制多级连续绝热去磁制冷原理样机。基于多孔介质传热理论和数值传热学方法，建立磁热模块复合传热的三维数值分析模型，研制新型高性能磁热模块；开发磁热材料的热磁发电新应用，研制室温~300 摄氏度低品位温区余热回收材料与技术。

考核指标：根据计算结果设计 ≥ 50 种稀土磁制冷材料，实现磁制冷材料磁相变温度的调控。稀土基磁制冷材料相变温度在 50 毫开尔文~0.5 开尔文；在 1.0×10^4 奥斯特磁场下的最大磁熵变值 ≥ 20 焦耳/（千克·开尔文）。多级绝热去磁制冷原理样机：无液氮不间断连续运行，无负荷最低温度 ≤ 50 毫开尔文，单级相对卡诺

效率 $\geq 70\%$ 。制备出 ≥ 3 类相变温度在室温~300摄氏度具有自主知识产权的热磁发电材料。申请发明专利 ≥ 10 项。

6.2 稀土金属功能材料智能生产及全寿命周期的工艺数据平台（共性关键技术类）

研究内容：通过机器学习、知识图谱等新一代信息技术、多场跨尺度高通量计算与稀土金属功能材料成分设计、制造工艺的深度融合，研究铸片熔炼、制粉、磁场取向和烧结等关键环节与最终材料性能的关系，构建从材料研发、生产到服役应用的数据采集交换、集成处理、建模分析、应用反馈和全寿命的数据模型，验证稀土金属功能材料“成分—工艺—组织—性能”的全局优化和智能化产业技术路线；以稀土金属功能材料及制备技术需要长期演进的研发特点为背景，建立材料成分组合与制造工艺流程的质量控制和工艺评价模型，搭建基于区块链的材料全寿命周期的闭环大数据共享及应用平台。

考核指标：建立涵盖铸片熔炼、制粉、磁场取向成型等不少于5个粉末冶金制造环节（包含 ≥ 12 个工艺特征参量）的工艺流程的数据模型；实现磁能积 ≥ 50 兆高奥材料成分—工艺的智能匹配和敏捷设计，最佳工艺实施时间比项目实施前减少15%；建立基于区块链的数千吨级稀土磁性功能材料工艺流程大数据共享平台，与项目申请前一年的规模化生产能源消耗对比，实现单一品种制备能源消耗减少 $\geq 20\%$ 。制定行业标准 ≥ 2 项。申请发明专利 ≥ 5 项。

6.3 高矫顽力无镨钕稀土钴基磁性材料及制备技术（基础研究类）

研究内容：利用材料基因工程技术，开展无镨钕的稀土钴基 $R_{n+1}Co_{5n-1}$ 等硬磁性相基元的成分设计，探索不同结构的磁性相基元的稳定机理、制备技术和本征磁性，研究多相共存时的内禀磁性和相互作用机制，揭示成分梯度、界面特性、晶粒尺寸对稀土合金磁性的影响规律，开发制粉以及磁体致密化等新技术。研究高温服役条件下磁体成分、微观结构和磁性能的稳定性机理，开发磁体高温抗氧化技术，实现磁体的宽温区应用。

考核指标：通过高通量技术筛选 ≥ 100 种材料成分，获得 ≥ 3 种单一无镨钕稀土基磁性相及组合性能：磁能积 ≥ 25 兆高奥，矫顽力 ≥ 20 千奥斯特。无镨钕的稀土钴基磁体的室温以上特殊应用温度范围 $\Delta T \geq 400$ 摄氏度，稀土合金高温氧化增重 ≤ 0.5 毫克/平方厘米@100 小时，磁能积减少 $\leq 5\%$ 。不小于 0.3 兆帕纯氢气环境服役时间提升 200% 无破碎。申请发明专利 ≥ 5 项。

7. 特种稀土功能材料及专材专用技术

7.1 磁悬浮等轨道交通系统用高可靠性稀土永磁材料制备技术（应用示范类）

研究内容：基于永磁悬浮轨道交通应用及稳定性需求，研究晶界调控对磁体的强韧性和磁性的影响机理，构建特殊结构的晶界相，探索材料的功能结构一体化制备技术，实现重稀土的高质化应用；开发新型永磁表面防护技术，满足轨道磁体在极端环境

下的使用需求；根据车辆和轨道结构设计的不同需求，实现不同类型材料的可控制备。形成磁体生产示范线，磁体应用到磁悬浮轨道交通工程中。

考核指标：研制出磁悬浮等轨道交通系统用高可靠性永磁材料，剩磁为 $(1.38 \pm 0.05) \times 10^4$ 高斯，永磁悬浮对的悬浮力 ≥ 230 千克/立方分米，轨道磁体悬浮单节车厢重量 ≥ 16 吨，悬浮高度 ≥ 10 毫米；磁体在 3.5%（重量百分比）氯化钠环境下加压实验 96 小时无锈痕和裂痕；形成年产千吨级轨道交通用钕含量 $< 0.5\%$ （重量百分比）的烧结磁体生产示范线，实现磁体在永磁悬浮轨道交通系统中的优化设计及应用。申请发明专利 ≥ 10 项。

7.2 特微磁性材料制备关键技术（应用示范类）

研究内容：针对高端智能电子器件微型化、服役场景多样化的应用要求，开发高剩磁、高精度特微磁性材料批量稳定制备及应用技术。研究晶界/晶粒表层复杂物相的形成、微区分布以及与主相的磁耦合机理，实现磁硬化下的高剩磁设计；研究特微磁体极优剩磁获得与性能均匀性提升技术，开发新型制粉和近终成型特微磁体的致密烧结技术等；开发特微磁体防护与性能的高效检测技术；开发磁体应用与器件设计技术。

考核指标：突破任一方向尺寸 < 0.5 毫米的近终成型特微磁体关键制备技术；特微磁体剩磁 $\geq 1.45 \times 10^4$ 高斯，内禀矫顽力 $\geq 1.9 \times 10^4$ 奥斯特；成品磁性能偏差 $< 3\%$ ；失效强度 ≥ 14.25 牛顿（三点抗弯测试），失效位移 ≥ 0.2 毫米；特微磁体在 105 摄氏度条件

下热减磁率 $<3\%$ ；突破特微磁体的缺陷检测技术，成品粗糙度 $Ra<0.3$ 微米。实现高磁通密度、低损伤特微磁体在高端智能电子器件领域示范应用。申请发明专利 ≥ 6 项。

8. 青年科学家项目

8.1 高电阻率稀土合金研究

研究内容：研究设计材料成分、复合结构与电阻率的关联，构建高电阻率稀土磁性材料的电阻模型，通过机器学习，实现对成分数据、工艺参数和最终性能的正关联，获得符合实际应用的精准模型。研究不同类型的高电阻率稀土磁性材料，优化微观结构，在提高电阻率的同时进一步改进其磁性能。研究高电阻率稀土磁性在实际电机中的应用技术，研究其在不同类型电机及其负载功率下的实际服役温度及磁性能变化规律。

考核指标：稀土合金电阻率较当前相同牌号材料提高 $\geq 300\%$ ，最大磁能积在 $35\sim 40$ 兆高奥范围内可调控；电阻率达到 1.5 毫欧姆厘米时磁体的最大磁能积 ≥ 40 兆高奥；研制出 ≥ 1 台实验电机，进行磁体的温升和磁性等服役性能考核。

8.2 高性能稀土磁性薄膜材料及应用技术研究

研究内容：针对器件高效、小型化对高性能稀土磁性材料的需求，研究微米级高剩磁、高矫顽力稀土磁性薄膜。阐明微米级稀土磁性薄膜的矫顽力机制和磁化翻转机制等基础磁性问题。开发微纳加工新技术，设计制备适用于微机电系统或微型伺服电机的稀土磁性薄膜原型器件。

考核指标: 建立 ≥ 2 种制备不同尺寸和形状的微米级稀土永磁薄膜器件的新方法。高性能稀土磁性薄膜: 厚度 ≥ 10 微米, 矫顽力 $\geq 1.5 \times 10^4$ 奥斯特, 饱和磁化强度 $\geq 1.0 \times 10^4$ 高斯, 剩磁比 ≥ 0.9 。

8.3 共伴生混合稀土磁性材料及制备技术

研究内容: 针对白云鄂博矿共伴生混合稀土资源特色, 研究白云鄂博矿共伴生混合稀土在永磁材料中的高效利用技术, 研究单、双主相工艺等制备混合稀土磁体的显微结构、元素占位和晶界相与性能之间的关联, 研究磁化与反磁化过程及机理。当白云鄂博矿混合稀土占稀土总量从 100% (重量百分比) 降低至 15% (重量百分比) 时, 开发磁能积一定范围内可调的混合稀土磁性材料, 获得中试生产关键技术。

考核指标: 开发 ≥ 4 种磁能积在 11~50 兆高奥可调的白云鄂博矿共伴生混合稀土标志产品及关键制备技术, 如, 磁能积 ≥ 45 兆高奥@共伴生混合稀土占稀土总量 $\geq 20\%$ (重量百分比); 磁能积 ≥ 35 兆高奥@混合稀土占稀土总量 $\geq 50\%$ (重量百分比)。申请发明专利 ≥ 3 项。

8.4 化学法制备超高矫顽力多元轻稀土—铁—氮纳米磁体及技术

研究内容: 面向高能效微型精密电机等应用需求, 开发新型多元轻稀土—铁—氮基纳米永磁材料; 发展轻稀土—铁—氮单畴单晶单分散颗粒的可控化学法制备及调控技术; 阐明稀土元素占位、电子结构等对其成相规律以及磁结构的作用机制, 揭示影响磁晶各向

异性及矫顽力的机制；发展各向异性粘结纳米磁体的取向成型技术；开发耐氧化型轻稀土—铁—氮粘结纳米永磁体及微纳永磁器件。

考核指标：获得 ≥ 2 种多元轻稀土—铁—氮单畴单晶单分散尺寸为150~800纳米磁粉及其各向异性粘结纳米磁体；磁粉内禀矫顽力 $\geq 2.5 \times 10^4$ 奥斯特，剩余磁化强度 ≥ 8000 高斯；粘结磁体磁能积 ≥ 15 兆高奥，内禀矫顽力 $\geq 2.5 \times 10^4$ 奥斯特，取向度 $\geq 80\%$ ；在空气下100摄氏度30天磁能积衰减 $< 10\%$ ；获得磁粉公斤级制备的关键技术；获得直径 ≤ 10 毫米、厚度 ≤ 1 毫米的微纳永磁器件。申请发明专利 ≥ 5 项。

8.5 稀土掺杂亚铁磁薄膜材料及超高速存算一体化新技术

研究内容：通过界面调控，实现垂直磁各向异性的稀土掺杂亚铁磁薄膜材料的大面积制备，研究稀土元素类型和掺杂比例对材料磁学物性的影响；通过化学界面调控、离子注入等方式实现在微观尺度下对亚铁磁材料磁学物性的调控，探索物性调控的微观机理；研发基于亚铁磁磁性薄膜材料的自旋电子学器件，实现超高速的磁畴存算一体化性能。

考核指标：获得稀土掺杂的亚铁磁薄膜材料的生长技术；实现对材料磁学物性的调控，磁各向异性调控范围 $\geq 10^5$ 焦耳每立方米，磁补偿温度调控范围 ≥ 100 开尔文；实现磁畴存储逻辑一体化器件，单次运算速度 < 10 纳秒。申请发明专利 ≥ 5 项。

8.6 柴油机尾气净化用NO催化氧化新材料设计与研制

研究内容：针对柴油机尾气净化对低温高活性NO催化氧化

材料的迫切需求，开展新型稀土基 NO 催化氧化材料的结构设计研究，建立耦合反应模型；探索稀土基催化材料表界面活性氧的高效传输机制和 NO 低温氧化反应机理，开发高稳定性复合结构稀土基 NO 催化氧化材料可控制备新技术；开展上述材料应用于低贵金属柴油机氧化型催化剂的技术研究。

考核指标：设计出 ≥ 2 种新型稀土基 NO 催化氧化材料。制备的氧化型催化剂在柴油机台架低温工况下 (≤ 250 摄氏度)、空速 > 80000 /小时、贵金属含量 ≤ 20 克/立方英尺时，出口尾气中 NO_2/NO_x (体积比) 最大值 $\geq 30\%$ ；催化剂经 650 摄氏度、10% H_2O 、100 小时老化后，出口尾气中 NO_2/NO_x (体积比) 最大值 $\geq 15\%$ 。获得实验室成果向年产百吨级生产线转化的关键技术，并应用于柴油机后处理系统。申请发明专利 ≥ 5 项。

8.7 超低放射性高纯稀土氧化物制备新技术

研究内容：针对电子领域所需高纯稀土材料 La_2O_3 、 Sc_2O_3 低放射性要求，开发高纯稀土氧化物中放射性元素深度去除新技术，耦合外场强化手段，构建新的纯化理论与技术体系，制备超低放射性稀土氧化物。

考核指标：开发出 ≥ 2 种稀土氧化物中放射性元素深度去除新技术， La_2O_3 和 Sc_2O_3 纯度 $\geq 5\text{N}5$ ，其中钷、铀等放射性核素杂质含量 $< 0.2\text{ppm}$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

8.8 新型稀土卤化物固态电解质材料设计与性能调控

研究内容：面向全固态电池的应用需求，开发具有高离子电

导率、高氧化稳定电位的新型稀土卤化物固态电解质材料，研究材料晶体结构与电化学性能之间的构效关系，探索材料成分、缺陷、水氧关键杂质等对电化学性能的影响机制，开展稀土卤化物固态电解质的高效制备技术研究，开发基于其匹配技术及固态电池组装技术。

考核指标：开发出 ≥ 2 款新型稀土卤化物固态电解质材料，室温离子电导率 $\geq 5 \times 10^{-3}$ 西门子/厘米，氧化稳定电位 ≥ 4.5 伏特；掌握稀土卤化物固态电解质公斤级稳定制备技术；制备出基于稀土卤化物固态电解质的全固态锂离子电池样品，比能量 ≥ 400 瓦时/公斤。申请发明专利 ≥ 5 项。

“稀土新材料”重点专项 2022 年度 项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 衣丰涛

附件 3

“高端功能与智能材料”重点专项 2022 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 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：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。

2022 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、高端分离膜与催化材料、机敏/仿生/超材料、特种与前沿功能材料，以及材料基因工程应用技术 6 个技术方向，按照基础研究类、共性关键技术类、应用示范类三个层面，拟启动 61 项指南任务，拟安排国拨经费 6.92 亿元。其中，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等技术方向，拟部署 10 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3000 万元，每个项目 300 万元。应用示范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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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 高性能低成本柔性光伏电池关键材料与模组研究及应用（应用示范类）

研究内容：围绕电子设备和移动电源轻、薄、柔的发展趋势，发展新一代高效稳定柔性太阳能电池的关键材料和模组制备技术；开发高性能柔性衬底及电极材料，研制与柔性制备兼容的低

成本光活性层材料和电荷传输层材料，实现各功能层材料的大面积均匀、连续化成膜；研究柔性太阳能电池电荷输运性质，提升单结柔性太阳能电池效率；发展柔性太阳能电池模组的关键制备及封装技术；研究柔性太阳能电池的工况稳定性以及耐弯折稳定性，提升柔性太阳能电池组件稳定性；开展高性能低成本柔性光伏电池的应用示范。

考核指标：柔性衬底材料和透明导电电极材料可见光平均透光率 $\geq 85\%$ ，厚度均匀性差异 $\leq 10\%$ （面积 100cm^2 ）；光照 AM1.5G 条件下，单结柔性太阳能电池模组功率转换效率 $\geq 20\%$ （面积 100cm^2 ）；柔性光伏组件功率转换效率 $\geq 15\%$ ，组件功率质量比 $\geq 5000\text{ W/kg}$ （面积 $\geq 1000\text{ cm}^2$ ）；连续 AM1.5G 光照 3000h 后效率保持 90% 以上，柔性电池模组弯曲/恢复交替 10000 次（曲率半径 $\leq 0.5\text{cm}$ ）后效率维持初始值 90% 以上；实现 kW 级以上柔性光伏电池验证与示范。

1.2 极端条件储能电池及关键材料（共性关键技术类）

研究内容：针对高寒酷热、深空极地等极端条件储能应用的需求，设计开发具有极端条件下稳定的关键正负极和电解质材料；研究极端条件下材料的传质传荷动力学与结构稳定性及对电池性能的影响机制，研究电极/电解质界面膜在极端条件下的动态演化及失效机制；设计和优化电芯结构，开发制备极端条件性能优异的储能电池；开展高寒酷热、模拟深空极地等极端条件下储能电池的应用验证研究。

考核指标：在-50℃条件下，正负极容量保持率 $\geq 70\%$ ，电解液离子电导率 $\geq 1 \times 10^{-3} \text{S/cm}$ ；电池工作温度范围达到-50~80℃，常温下，1C循环2000周，容量保持率 $\geq 80\%$ ；-50℃、0.2C倍率下容量保持率 $\geq 60\%$ ；80℃、1C倍率下容量保持率 $\geq 95\%$ ，循环寿命 ≥ 500 次。极地环境用电池-50℃循环300次容量保持率 $\geq 80\%$ ，单体能量密度 $\geq 300 \text{Wh/kg}$ 。深空环境用电池耐受-120℃低温冲击，-50℃和80℃下容量保持率分别达到室温容量的50%和90%，100%荷电状态下存储12个月后容量保持率 $\geq 80\%$ 。

1.3 高安全锂离子动力与储能电池关键材料及应用（应用示范类）

研究内容：面向新能源汽车和规模储能等领域对高安全锂离子电池的迫切需求，发展电池性能和安全状态的在线和快速诊断及预警技术，研究电池安全影响因素及失效机理；开发高安全电解质体系，研究其与电极材料的界面特性；开发高安全防微短路耐热隔膜材料，研究其在电池中的服役行为；开发电池耐穿刺的聚合物复合铜箔和铝箔集流体材料，研究其对电池热失控的影响以及安全性能优化机制，开发规模化制备技术；在上述关键材料的基础上，实现动力与储能电池的本征安全。

考核指标：高安全电解质体系中，液体电解质体系闪点 $\geq 100^\circ\text{C}$ ，电化学窗口0~4.8伏；固态电解质室温电导率 ≥ 1 毫西门子/厘米，膜厚度 $\leq 20\mu\text{m}$ ，锂离子迁移数 ≥ 0.8 。高安全防微短路耐热隔膜材料，透气性 ≤ 1 毫升/10分钟，300℃热收缩率 $\leq 3\%$ ，

耐电解液酸碱腐蚀，拉伸强度 $\geq 75\text{MPa}$ ，抗穿刺强度 ≥ 400 克力，离子电导率 ≥ 2.5 毫西门子/厘米，满足锂离子电池高速充放电需求，实现日产1万平方米能力。耐穿刺复合集流体材料，正极集流体厚度 $\leq 7\mu\text{m}$ ，断裂强度 $\geq 150\text{MPa}$ ；负极集流体厚度 $\leq 6\mu\text{m}$ ，断裂强度 $\geq 120\text{MPa}$ ；实现日产5万平方米的生产能力。电池在服役过程中容量衰减和安全状态预测误差 $\leq 10\%$ ；应用本项目开发的材料组装的电池热失控触发的温度 $\geq 200^\circ\text{C}$ ，能量密度 ≥ 300 瓦时/公斤的电池穿钉后不冒烟不起火且能正常完成放电，技术就绪度达到6级以上，并完成千瓦时级以上储能系统示范应用。

1.4 高效低成本光催化制氢关键材料及应用（共性关键技术类）

研究内容：围绕氢能产业发展的重大需求，发展高效低成本光解水制氢关键材料及技术。研究高效低成本光催化制氢材料的结构设计、微结构调控及其与产氢活性的构效关系，以及光催化材料载流子分离、传输与表界面反应的原位表征分析方法；发展高效低成本非贵金属光催化材料，研发其可控合成新技术，解决中试生产关键技术，并建立百公斤级中试生产线；发展高析氢选择性催化材料，研究催化材料在海水中的使役特性，构建太阳能分解海水制氢体系。

考核指标：光催化材料产氢量子效率 $\geq 80\%$ ，产氢稳定性 $\geq 1000\text{h}$ ；分解海水催化剂面积 ≥ 1 平方米，太阳能分解海水制氢能量转化效率 $\geq 15\%$ ，选择性 $\geq 99\%$ ；制氢成本 ≤ 20 元/公斤；形成百公斤级非贵金属催化剂中试生产线。

1.5 高效高安全氢储运关键合金材料开发及应用(应用示范类)

研究内容: 针对目前氢能领域亟需高效高安全规模化氢气储运技术的现状, 开发储运氢容量高、安全、长服役寿命的关键合金材料及其制备技术, 突破材料规模化稳定制备、与应用场景耦合的高能效高安全储运氢系统集成等关键技术, 开展氢储运应用验证。

考核指标: 高温型储氢合金的重量储氢密度 $\geq 6.0\text{wt}\%$ 、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 $\geq 4.5\text{wt}\%$; 低温型合金的有效储氢密度 $\geq 2.5\text{wt}\%$ 、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, 建立相应的储氢材料生产工艺规范; 完成储氢合金的氢储运应用验证。

1.6 大功率供氢系统用常温常压储氢材料技术及应用(应用示范类)

研究内容: 针对目前能源、交通、化工等领域亟需大功率常温常压大容量储氢技术的现状, 开发储氢容量高、常温常压、动力学响应速度快、长服役寿命的关键合金材料及其制备技术; 研制合金材料批量化制备设备; 实现合金材料规模化制备; 突破常温常压快速动态响应的大功率供氢系统集成等关键技术; 开发以常温常压固态储氢为基础的固态/高压复合储氢系统, 并开展应用示范。

考核指标: 储氢合金的重量储氢密度 $\geq 3.5\text{wt}\%$ 、放氢温度 \leq

50°C、充氢压力 $\leq 5.0\text{MPa}$ ， $0.2\text{MPa} \leq$ 放氢平台压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ ，年产百吨级规模能力，合格率95%以上。固态/高压（20MPa）复合储氢系统体积储氢密度 ≥ 60 公斤 H_2 /立方米，重量储氢密度 $\geq 2\text{wt}\%$ ，放氢速率 ≥ 10 立方米/分钟，用于10立方米系统下的额定储氢量 ≥ 300 公斤。建成固态/高压复合储氢大功率供氢系统应用示范工程。

1.7 近室温高性能热电材料的批量制备技术与制冷器件集成（共性关键技术类）

研究内容：面向5G关键光芯片、生命健康、车载激光雷达等精准控温和热管理应用场景，探索高力学性能、高热电性能的近室温热电材料输运机制和构效关系，发展批量化制备技术；探索基于新原理、新结构、新效应的新型热电材料及其微观输运机制；研制出高效高可靠薄膜柔性热电材料及面内高效散热原型系统；发展微型热电制冷器件的低阻高强异质界面连接与集成制造技术。

考核指标：获得高强度高热电性能近室温热电材料低成本批量化制备技术，250~400K范围内热电优值 $ZT \geq 1.4$ ，材料切割加工尺寸达 $100\ \mu\text{m}$ 量级；开发出1~2种基于新原理的新型热电材料，250~400K范围内热电优值 $ZT \geq 0.8$ ；研制出具有优异性能的柔性热电薄膜，室温功率因子 $\geq 3\ \text{mW}/\text{mK}^2$ ，1000次弯曲性能衰减 $\leq 5\%$ ，柔性热电薄膜器件制冷温差 $\geq 3\ \text{K}$ ，近室温下制冷功率密度 $\geq 100\ \text{W}/\text{cm}^2$ ；获得低阻高强异质界面连接技术，界面电阻 $<$

2 $\mu\Omega$ cm², 结合强度 ≥ 20 MPa, 热电制冷器件热端温度在室温附近时产生的最大温差 ≥ 73 °C。

1.8 面向强磁场装备应用超导材料批量制备技术（共性关键技术类）

研究内容：面向强磁场装备应用对高性能 Nb₃Sn 超导线材提出的迫切需求，开发高临界电流密度内锡法 Nb₃Sn 线材全新的 Nb/Sn/Cu 组元结构设计、元素掺杂改善磁通钉扎特性控制、多组元复合体塑性加工技术；研制高锡含量青铜合金棒材，开发难变形青铜法 Nb₃Sn 线材塑性变形控制、塑性变形过程中快速去应力退火新技术。基于国产 Nb₃Sn 超导线材，开发高场超导磁体电—磁—热—力多场耦合设计新方法，突破高磁场下 Nb₃Sn 超导接头、超导线圈的环氧浸渍强化等共性关键技术，制备出满足应用要求的高场超导磁体。

考核指标：内锡法 Nb₃Sn 超导线材，在 4.2K、12T 下临界电流密度达到 2800A/mm²，抗拉强度达到 180MPa；青铜法 Nb₃Sn 超导线材，在 4.2K、12T 下临界电流密度达到 1200A/mm²，抗拉强度达到 300MPa。两类 Nb₃Sn 超导线材单根长度均大于 2000 米。研制的 Nb₃Sn 超导磁体磁场强度水平不低于 16T，满足高端科学仪器装备等领域对高场超导磁体应用需求。

1.9 面向第三代半导体应用的高频软磁材料（共性关键技术类）

研究内容：为满足第三代半导体器件在信息通讯、新能源汽车、5G 终端等领域对高频功率电源的应用需求，研制高频下高性

能、低损耗的软磁材料：研究软磁材料在高频下损耗及磁化作用机理，解析磁耦合、磁畴、磁化、应力等对高频软磁性能的影响机制；开发先进的高频电源、高端电感元件用磁性材料制备工艺技术；开展高频高性能软磁材料在 SiC 和 GaN 第三代半导体电源模块中的关键技术集成研究并示范应用。

考核指标：SiC 半导体器件用软磁材料：在可编程电源中，功率 $\geq 30\text{kW}$ 、正弦工作频率 $\geq 10\text{kHz}$ 下，铁芯损耗 P_{cm} (10kHz, 0.5T) $\leq 0.036\text{W/cm}^3$ ，铁芯磁导率 $\mu_{10\text{kHz}} \geq 30000$ ，电源效率提高到 95% 以上；在功率电感中，铁芯初始磁导率 $\mu_i \geq 180$ ，饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.2\text{T}$ ， P_{cv} (100kHz, 0.05T) $\leq 0.15\text{W/cm}^3$ 。GaN 半导体器件用软磁材料：一体成型电感用软磁材料，损耗 P_{cv} (1MHz, 0.1T) $\leq 15\text{W/cm}^3$ ，磁导率 $\mu_{1\text{MHz}} \geq 30$ ，直流偏置 DC-bias (100 Oe) $\geq 60\%$ ， $B_s \geq 1.0\text{T}$ ；铁氧体材料，在电源功率 $\geq 65\text{W}$ 、工作频率 $\geq 5\text{MHz}$ 下， P_{cv} (5MHz, 0.05T) $\leq 4.5\text{W/cm}^3$ ， $\mu_i \geq 800$ ，电源模块充电速度提高 50% 以上。实现高频高性能软磁材料在高频大功率电源、光伏电源、汽车电子和 5G 终端设备领域中的示范应用。

2. 关键医用与防疫材料

2.1 高性能绿色防疫材料及产业化（应用示范类）

研究内容：面向高性能绿色防疫材料需求，开发瞬时释压法耐磨透湿高阻隔聚乙烯纤维非织造材料技术；开发高精度纳米纤网静电成型技术，研制纤维低离散度的长效无驻极高精度空气过滤材料；开发可降解聚合物熔喷成纤技术，研制高效低阻非织造

物；开发超低阻物理拦截型 PTFE 纤维微孔空气过滤膜，并建立异步式 PTFE 膨体拉伸成膜技术；开发高效主动防御抗菌抗病毒助剂，建立原位共聚熔融纺丝技术，发展系列高效抗菌抗病毒纤维材料。

考核指标：耐磨透湿高阻隔聚乙烯纤维直径 0.1~5 μm ，基于上述纤维的防护服耐磨性>25000 次/9kPa、透湿量>6000 g/($\text{m}^2\cdot\text{d}$)、抗合成血液穿透性 ≥ 4 级；静电成型纤维平均细度 ≤ 300 nm，长效无驻极滤材过滤效率>99.97%，过滤阻力<220 Pa；可降解熔喷纤维滤料 KN95 级阻力<100Pa、KN99 级阻力<150Pa、过滤效率 $\geq 95\%$ 、弃用堆肥降解<180d；超低阻 PTFE 纤维膜平均孔径 0.2~0.5 μm ，对 0.3 μm 颗粒物的物理拦截过滤效率 $\geq 90\%$ ，阻力小于 25Pa，全生命周期内效率不衰减；熔纺高效抗菌抗病毒纤维抑菌率 $\geq 99\%$ ，抗病毒率 $\geq 99\%$ ；建成千万平米/年耐磨透湿高阻隔聚乙烯纤维非织造材料、百万平米/年静电成型非织造材料、五百万平米/年可降解驻极熔喷滤材和 PTFE 纤维膜、千吨级抗菌/抗病毒熔融纤维生产示范线，实现 4~5 种安全性高、具有主动防护性能的防护服示范应用。

2.2 微创治疗用活性组织修复材料（基础研究类）

研究内容：针对外科手术创伤大、修复慢以及手术适应证范围窄、并发症发生率高等重点难点问题，研发基于微创技术与材料原位激发组织再生相结合、用于精准治疗的新型可注射活性组织修复材料；研究材料的流变学特性以及材料在体内原位固化机制，

探索材料体内激活内源性再生能力与调控再生微环境促进损伤器官原位再生的相关机制；研究骨、软骨、口腔等病损组织精准修复用的可注射、原位固化、力学性能可控、生物活性良好、具有生物学激发效应的活性组织修复材料，并研制与此相适应的配套器械。

考核指标：2~3种完全可注射的高效修复材料体内固化时间15~30 min，且固化过程热量变化不大于2℃，体内造影效果明显，生物相容性满足国标要求。用于骨缺损的可注射材料成型后压缩模量在50~200 MPa，3~12个月内实现体内完全降解，12个月内实现大动物脊柱的缺损修复；用于软骨缺损的可注射材料压缩模量在50~200 kPa，在1~3个月内实现大动物关节软骨缺损修复；用于口腔缺损修复的可注射材料压缩模量为200 kPa~10 MPa，在3~6个月内实现大动物口腔缺损修复。阐明微创精准治疗用活性组织修复材料的生物学效应和组织再生调控机制。完成2~3种微创治疗用材料的中试化生产和临床前研究；开发适于微创治疗的相应配套器械；获得不少于4项核心发明专利，形成至少2种可注射活性组织修复材料的临床治疗技术方案。

2.3 动态自适应和主动组织修复生物材料及关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向硬/软组织损伤修复的重大需求，研究基于多糖、蛋白质的动态细胞自适应、组织高粘附性和组织环境友好水凝胶材料及分子设计；研究具有主动组织修复性能的仿生水凝胶

材料；研究硬组织植入物界面的水凝胶涂层材料及制备技术；开发水凝胶微观动态结构自调控和水凝胶先进增材制造等关键技术；研究上述水凝胶材料的生物适配性，实现硬/软组织生物适配性主动修复。

考核指标：获得 3~5 种基于多糖、蛋白质的动态自适应和主动组织修复水凝胶生物材料；水凝胶与硬骨组织植入物表面结合强度达 80 kPa 以上，与宿主骨组织的结合强度达到 50 kPa 以上；水凝胶涂层的新生骨组织覆盖率达 90% 以上，组织修复进程缩短 20%；用于软骨组织修复的水凝胶植入物宏观杨氏模量达到 1~3 kPa，损耗模量在 0.04~0.6 kPa 范围内可调，实现动态水凝胶 10 秒内松弛 50% 应力负荷；水凝胶可按照组织缺损形状塑形，实现 90% 以上的界面吻合；建立 2~3 种大尺寸（直径 > 1cm，高度 > 1cm）仿生水凝胶的 3D 打印关键技术，3D 打印水凝胶孔隙率大于 55%，杨氏模量达 5 kPa，断裂能达 $10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ；完成 1~2 种动态自适应和主动组织修复水凝胶材料的临床前研究。

2.4 病灶微环境响应的催化医学材料（基础研究类）

研究内容：面向恶性肿瘤及致病菌感染等重大疾病的精准治疗，研究能响应病灶微环境原位催化产生活性氧等治疗性物种的掺杂/负载型介孔氧化硅、磁性金属氧化物、无机二维层状、微生物基复合材料等纳米催化医学材料，建立从分子尺度到百纳米尺度的组份结构和纳米催化特性调控等关键材料技术，阐明材料结构与病灶微环境响应及免疫激活等生物学效应之间的构效关系，

提高肿瘤及感染性疾病的特异性治疗效果。

考核指标：获得 6~8 种对病灶微环境或者外场（光、声等）高灵敏响应，且具备良好生物安全性和高催化活性的纳米催化医学材料；催化活性组分掺杂/负载量（质量）分别不低于 10% 和 20%；材料的颗粒分布指数 < 0.1 ，生理条件下稳定分散时间 ≥ 60 天；14 天体内材料的降解率和代谢率 $\geq 90\%$ ；实现不少于 5 类催化医学材料的肿瘤特异性化学反应，催化的响应时间 ≤ 20 分钟；60 分钟内，芬顿反应的过氧化氢催化转化率不低于 95%、抗氧化的活性氧清除效率不低于 90%；目标产物在病灶部位与正常组织的产率比 ≥ 50 ；完成 2~3 种催化医学材料在实验动物水平的安全性评价，及其与免疫疗法协同的治疗效果评价；开展基于医学伦理的临床试验 10 例以上。

2.5 细胞功能调控的活性生物材料（共性关键技术类）

研究内容：面对恶性肿瘤的治疗需求，研究调控肿瘤细胞死亡模式的多肽、聚多肽、聚酰胺—胺类等材料；研究调控肿瘤相关免疫细胞功能的无机矿化材料及仿生材料等；开发肿瘤微环境响应的材料特性转变或原位组装技术、多层次手性结构精准构筑技术、原位矿化掺杂技术等关键技术；开展上述活性生物材料的功效评价，实现高效的细胞功能调控和肿瘤治疗。

考核指标：获得 5~8 种调控肿瘤细胞死亡模式或肿瘤相关免疫细胞功能的活性生物材料，其中 2 种及以上实现规模化合成，单批次不低于 1 公斤；多肽、聚多肽材料分子量范围 2~20 kDa

之间可调，聚多肽分子量分布 <1.5 ，在肿瘤组织实现二级结构等性能转变时间 <10 min；聚酰胺—胺类材料的分子量 20~40 kDa 之间可调，分子量分布 <1.2 ；无机矿化材料粒径在 50~200 nm 之间可调，颗粒分布指数 <0.2 ，颗粒化学纯度 $>95\%$ ，在肿瘤组织降解半衰期 <12 h；上述活性生物材料对肿瘤细胞有高选择性，杀伤效果提高 30 倍以上，完成 3~5 种调控细胞功能的活性生物材料在动物水平的疗效评价，肿瘤增殖率 T/C (%) $<5\%$ 。

2.6 疾病诊断和诊疗一体化影像生物材料（基础研究类）

研究内容：基于磁共振成像介导可视化治疗和疗效评估的重大需求，研究用于影像介导化学动力学治疗（CDT）的零价铁基磁性材料及其晶相可控制备技术，阐明材料微观结构与（类）芬顿反应活性之间的构效关系；研究免疫调控功能的铁基诊疗生物材料及其异质界面控制合成技术，并研究材料理化性能与肿瘤免疫疗效之间的关联；研究内源性微环境或外场高灵敏驱动的铁基材料组合体，建立可控组装技术；研究上述铁基生物材料的效能，并进行生物安全性评价。

考核指标：获得 5 种以上诊疗一体化生物材料；零价铁基材料的颗粒分布指数 <0.1 ，粒径 <30 nm，饱和磁化强度 >90 emu/g，其中 1 种以上材料实现宏量化制备，产能 50 千克/年以上；1~2 种肿瘤 CDT 过程中代谢分子的动态磁共振影像活体检测限 <1 mmol/L；铁基复合材料的弛豫率比值 $r_2/r_1 < 5$ (T_1 造影) 或 $r_2/r_1 > 100$ (T_2 造影)，肿瘤免疫治疗过程的磁共振动态监测分辨率达到亚

毫米级别；获得 2 种以上内源或外场驱动的铁基材料组合体，至少 1 种组合体的异质结合率大于 90%，病灶区的组合体富集率>15%。

2.7 组织修复用多级微结构仿生支架材料及关键技术（基础研究类）

研究内容：面向心脏、脑等重要脏器损伤修复治疗的重大需求，研究模拟心肌组织/脑组织三维空间结构组成并主动调控心梗、脑梗病理微环境（缺血、缺氧、炎症等）的组织再生修复支架材料，建立抗氧化、促血管形成、促再生性修复的支架多级微结构调控技术；研究与心肌组织/脑组织特异性力学和电学性能相似的力电耦合支架材料，开发材料的力电耦合调控技术；研究多级微结构和力电耦合支架材料的生物安全性，评价多级微结构和力电耦合性能对组织再生性修复的促进作用。

考核指标：获得 8~10 种由 2 种以上不同层级/尺度（纳米—亚微米—微米）结构单元组成并模拟心肌组织/脑组织空间排布、取向的多级微结构支架材料。不同层级结构单元的尺寸比 ≥ 100 ，取向度 $\geq 80\%$ ，支架材料促进动物病灶区新生血管数量增加 $\geq 20\%$ 、纤维化程度下降 $\geq 25\%$ ；获得 3~5 种匹配心肌组织/脑组织电传导的力电耦合支架材料，力电耦合压阻常数 $>0.001 \text{ kPa}^{-1}$ ；完成至少 50 例大动物的心梗/脑梗修复支架材料的体内效果验证研究；制定并申报 1~2 项心肌组织/脑组织损伤修复支架材料行业标准。

2.8 组织、器官再生用柔性电子材料和器件（基础研究类）

研究内容：面向器官缺损的医疗需求，研发诱导器官发育与再生的镓合金液态金属—高弹体或水凝胶复合柔性电子材料，并建立复合柔性电子材料的微纳米级图案化印刷技术；研究直接与细胞接触的刺激响应高分子复合柔性电子材料及其生物相容性，并建立精准可控的药物装载、存储与释放的关键技术；研发电子—生物双向交互、监测和干预生物电信号的柔性微电极阵列器件，及面向体外人工器官生成和体内原位器官再生关键柔性电子材料与器件。

考核指标：获得用于诱导器官发育与再生且基于镓合金液态金属—高弹体或水凝胶复合柔性电子材料 3 种以上，其弹性模量为 0.5~100 kPa，形变率大于 200%，反复形变大于 10000 次，且 10000 次反复形变后电导率下降 <5%，完全生物降解时间 <100 天；刺激响应高分子复合柔性电子材料响应温度在 45 摄氏度左右，响应电压在 10~100 伏特之间，药物装载率 >90%，药物释放率 >90%，能精准控制释放 10 种以上化学小分子或核酸分子；微电极阵列中电极（包括薄膜电极或纤维电极）和导线尺寸精度在 10 μ m 到 100 μ m 之间，阵列通道数 \geq 64，拉伸率 >50%，与组织间粘附强度 >0.2 MPa；获得用于建构脑、心、肺等体外人工器官的柔性电子材料 5 种以上，用于电子—生物交互与脑、心脏功能恢复的柔性电子材料与器件 2 种以上，完成大动物体内植入评估。

3. 高端分离膜与催化材料

3.1 混合基质型渗透汽化膜材料制备技术(共性关键技术类)

研究内容: 针对化工、轻工等行业有机溶剂分离回收对混合基质型渗透汽化膜材料的需求, 开发优先透醇/透水的填料, 研究填料形貌、尺寸和气体传输通道的调控方法, 以及其在聚合物基质中分散和稳定机制; 研究混合基质复合膜的成膜及界面结合机制, 开发高界面结合强度的混合基质膜的规模化制备技术及膜组件, 开展膜材料在溶剂体系中的稳定性研究; 开发多通道管式无机载体支撑的复合膜、组件及应用技术。

考核指标: 研发出幅宽大于 1m 的混合基质渗透汽化膜, 填料粒径小于 100nm, 膜分离性能提升 20%, 单个膜组件的膜面积大于 10 m²; 研发出装填密度大于 200 m²/m³ 的有机无机复合膜及整体密封的膜组件; 规模化制备的混合基质膜在乙醇/水 (5 wt%, 40°C) 和丁醇/水 (1 wt%, 40°C) 下测试, 渗透通量分别 ≥ 1500 和 1800 g/(m²·h), 分离因子分别 ≥ 12 和 40; 开发千吨级/年 3 种溶剂体系分离回收的膜应用装置, 稳定性考核时间 > 1000h, 溶剂回收率大于 90%。

3.2 超浸润复合纤维膜材料规模化制备技术(共性关键技术类)

研究内容: 面向海水脱盐、油水乳液分离、油烟治理等对超浸润复合纤维膜材料需求, 研究材料的表界面与分子之间的作用机制、固-液界面的调控规律以及低温蒸发焓的降低机理, 开发具有特殊浸润性的纤维及其成膜技术; 优化膜材料的光热转化效率和抗污染性能, 开发新型的太阳能海水净化装置; 研究纤维抗

油污机理，开发疏油疏水性能可调控的纤维膜材料，研制油水乳液快速分离装置及含油烟气净化装置。

考核指标：纤维直径在 0.1~10 μm 范围可调，纤维膜的孔隙率大于 50%、表面水接触角小于 30° 或大于 150° ；太阳能海水脱盐功能：水在材料表面的蒸发焓小于 2000 J/g，在 1 kW/m^2 模拟太阳光下蒸发速率（无辅助条件下）大于 $2.2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，连续使用 1000 h 后，纤维膜表面无盐颗粒析出，制备的淡水中钠离子残留浓度小于 1 mg/L、硼含量 $< 0.5 \text{ mg/L}$ ；油水乳液分离用纤维复合膜表面油接触角小于 30° 或大于 150° ，在油浓度 500~5000mg/L 的条件下，膜通量 $\geq 1000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar})$ 、油水乳液分离率大于 99.5%，运行 1000h 后通量下降小于 20%；含油烟气分离用纤维复合膜气体渗透通量 $\geq 300 \text{ Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa})$ ，油去除率大于 99.5%，连续运行 1000h 后通量下降小于 10%。

3.3 特种表面性质的陶瓷膜制备与应用（应用示范类）

研究内容：面向石化、制药行业降本增效对特种陶瓷膜的需求，研究膜表面性质对油中少量水高效脱除的影响规律；研究胶体、微粒等与膜表面的相互作用关系，发展膜表面抗污染策略；开发大尺寸的陶瓷膜制备技术；研究特种表面性质的陶瓷膜技术与废油再生、溶剂萃取、植物提取、生物发酵等单元过程的耦合工艺，发展成套设备规模化制备关键技术，开展工程应用示范。

考核指标：开发出 2~3 种孔径特种表面性质的陶瓷膜材料；

膜表面水接触角大于 135° 或小于 30° ，在温度 150°C 环境中，膜表面性质保持稳定 $\geq 1000\text{h}$ ；开发出外径 $\geq 60\text{mm}$ 、长度 $\geq 1.5\text{m}$ 的大尺寸陶瓷膜，油中水去除率大于 99.5% ；特种表面性质陶瓷膜在化工、制药等行业建成万吨级规模化应用示范装置 2 个以上，与商品化陶瓷膜相比，特种表面性质陶瓷膜的稳定通量提升 50% ，循环流速降低 30% 以上。

3.4 一/二价高选择性的离子交换膜制备及应用技术(共性关键技术类)

研究内容：面向化工、电池等行业离子高效分离的需求，开发低面电阻、高离子选择性、高一价离子通量、高稳定性的专用一/二价选择性离子交换膜材料；研究一/二价选择性离子交换膜材料及膜堆组件制造核心关键技术，开展一/二价选择性离子交换膜规模化制备和应用。

考核指标：建成 $10\text{万 m}^2/\text{年}$ 的一/二价选择性离子交换膜中试线 1 条，膜片幅宽 $\geq 1.0\text{m}$ ；膜材料离子交换容量 $\geq 1.0\text{mmol/g}$ ，机械强度 $\geq 40\text{MPa}$ ，厚度 $\leq 120\ \mu\text{m}$ ，面内溶胀率 $\leq 20\%$ ，含水率 $\leq 40\%$ ，膜面电阻 $\leq 5\ \Omega\cdot\text{cm}^2$ ；一/二价选择性阳离子交换膜选择性指标： $\text{Li}^+/\text{Mg}^{2+}$ 选择性 ≥ 8 ， $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 选择性 ≥ 10 ， H^+/M^{2+} 选择性 ≥ 50 (M^{2+} =金属离子)；一/二价选择性阴离子交换膜选择性指标： $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 选择性 ≥ 15 ；建成百吨级的应用装置， 1000 小时运行后膜分离性能下降率小于 10% 。

3.5 自具孔聚合物膜材料的关键技术(基础研究类)

研究内容: 围绕共价有机框架材料、固有微孔材料等自具孔聚合物新型膜材料的开发, 研究膜材料的单体设计、合成技术, 探索膜微观结构形成机理及精密构筑方法; 研究膜限域传质与分离机制及膜材料在有机溶剂中的结构演变规律及构效关系; 开发耐溶剂型自具孔聚合物膜材料制备关键技术, 开展验证性应用研究。

考核指标: 开发自具孔聚合物膜材料的单体设计、合成及膜制备关键技术, 研制出 4 种以上能在有机溶剂体系(烃类、醇类、酮类、酯类等)中长期稳定的孔径小于 2nm 的自具孔聚合物膜, 开展用于有机溶剂分离等 2 个以上体系的验证性应用研究, 稳定时间不低于 6 个月, 溶胀率和膜性能衰减 $\leq 10\%$ 。

3.6 高性能非氟质子交换膜关键技术(共性关键技术类)

研究内容: 围绕燃料电池、水系有机液流电池等对高性能非氟质子交换膜的性能要求, 设计非氟质子交换膜用新型单体和分子结构, 合成新型含苯基和氮杂环单体; 研究杂环聚合物结构与性能的构效关系; 开发高性能、长寿命、低成本非氟质子交换膜材料, 实现非氟质子交换膜的批量化制备, 并在燃料电池及水系有机液流电池中进行应用性验证。

考核指标: 质子电导率 $\geq 0.1 \text{ S/cm}$ (25 °C, 100% 相对湿度), 膜厚度 $\leq 30 \mu\text{m}$, 强度 $\geq 45\text{MPa}$, 溶胀率 $\leq 10\%$, 在芬顿试剂中 80°C 下 3h 不破裂; 非氟离子交换膜单条生产线产能达 2 万 $\text{m}^2/\text{年}$; 应用于燃料电池功率密度 $\geq 1.0\text{W/cm}^2$, 寿命突破 $\geq 3000\text{h}$; 组装的水系有机液流电池在 60 mA/cm^2 运行条件下, 单电池库伦

效率 $\geq 90\%$ 、能量效率 $\geq 80\%$ 、循环寿命 ≥ 1 万次，完成千瓦级电堆的应用评价。

3.7 新型高效低成本拟均相催化剂及应用技术（共性关键技术类）

研究内容：针对石油烃催化裂解低碳烯烃收率低和废高分子材料催化降解回收成本高等问题，研究拟均相催化作用机制、调控规律及催化材料合成技术，开发新型高效拟均相催化材料宏量制备技术；开发基于拟均相催化材料的石油烃增产低碳烯烃关键工艺技术、废聚对苯二甲酸乙二酯（PET）高效催化降解回收利用等新技术，开展工程应用。

考核指标：实现 2~3 种尺寸 3~10 nm 的拟均相催化材料的稳定可控制备，催化材料在反应介质中的分散稳定性大于 3 个月，分散体固含量大于 20%，建成年产 5000kg（按固体计）的拟均相催化材料的规模化制备装置；拟均相催化材料在油中添加量小于 2500 ppm，低碳烯烃收率提高 2 个百分点以上，在十万吨级产能的石油制烯烃工业反应器上实现工业示范；废 PET 催化降解时间较传统金属盐催化剂缩短 1/3，催化剂用量减少 1/2，形成万吨级产能的废 PET 催化降解回收利用示范应用，稳定运行 2000h 以上。

3.8 典型污染物治理用催化剂及成套技术示范（应用示范类）

研究内容：针对化工行业难降解废液、废气高效治理的应用需求，开发临氧催化裂解、高效催化燃烧、湿式催化氧化等超低排放型环境催化剂及成套工艺，研究污染物转化过程的强化技术

和多污染物协同催化机制；研究高净化效率、能源效率、资源利用率的催化—分离减排、有机物富集回收—高效催化燃烧、临氧裂解—催化氧化等耦合净化与过程强化技术及装备，开展工程应用示范。

考核指标：开发典型环境高效催化材料 3~5 种，建立千吨级环保催化剂生产装置 1 套。构建催化净化新技术及成套装备，运行温度 $<400^{\circ}\text{C}$ ，有机废弃物降解效率 $\geq 99.9\%$ ；催化燃烧反应热回收利用率 $\geq 50\%$ ；建立废气、废水、固废催化净化示范装置 2~3 套，稳定运行 1000h 以上，催化性能下降小于 10%；净化后尾气非甲烷总烃浓度 $\leq 120\text{ mg/m}^3$ 、 $\text{NO}_x \leq 30\text{ mg/m}^3$ ，净化后尾水化学需氧量 $\leq 50\text{ mg/L}$ ，水回用率 $\geq 90\%$ ，净化气满足国家排放标准，回用水达到工业循环冷却水水质指标。

3.9 反应过程强化用结构化催化剂关键技术（应用示范类）

研究内容：针对绿色液相选择氧化、固体酸催化等重要化工生产反应过程强化传热、传质和突破反应平衡限制的需求，研制定体式结构化和微纳结构化催化剂及相应的反应工艺技术：发展整体式结构化催化剂用高强、高孔隙率、高导热性载体及其表面活性涂层的规模化制备技术；发展基于计算流体力学的整体式催化剂结构优化方法；开发微纳结构化催化剂孔结构和活性位的精细结构调控方法及规模化制备技术；开发催化剂结构化特征与反应特性相匹配的过程强化工艺并进行工业示范。

考核指标：整体式结构化催化剂载体的开孔孔隙率 $\geq 70\%$ 、

抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ 、导热系数 $\geq 10\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，生产能力百吨级/年规模以上。面向绿色液相选择氧化、固体酸催化反应过程的结构化催化剂的生产能力百吨级/年规模以上。开发出3种以上基于上述结构化催化剂的化学品清洁生产新工艺，并完成千吨级以上规模的工业示范，稳定运行1000h以上。相比传统工艺，工业示范效果需至少满足以下指标中的两项：时空收率提高20%以上、节能20%以上、选择性提高10%以上、溶剂安全绿色化。

3.10 催化膜材料的设计制备及其应用（基础研究类）

研究内容：针对碳捕集利用、催化制氢等重要反应体系，研究催化膜表面特性及孔结构调控规律，设计催化剂与膜结合的新方式，研制具有加氢、氧化等功能的催化膜材料；构建以催化膜为核心的膜反应器，研究催化过程与膜分离过程系统集成关键问题；开发膜强化反应技术，开展典型反应体系的应用研究。

考核指标：发展4种以上催化膜表面特性及孔结构调控方法，制备出4种以上的催化膜，构建 CO_2 高效转化制甲醇、甲醇重整制氢等2个以上催化膜反应器中试系统（进料速率大于 10L/h ），催化膜面积大于 0.1m^2 ， CO_2 转化率 $>40\%$ 、产物选择性 $>85\%$ ，甲醇转化率 $>80\%$ 、氢气选择性 $>98\%$ ，氢气纯度 $>99\%$ ，实现反应过程连续运行500h以上。

3.11 多功能催化剂的制备及应用（共性关键技术类）

研究内容：面向精细化学品清洁生产的需求，研究多功能催化剂结构与协同催化机理；研发以分子筛为主体的多金属活性中

心催化剂及应用技术，开发二羟基丙酮、甘油酸、丙酮酸等精细化学品的多相催化氧化技术；开发面向酯化产物的高性能催化剂及环氧化物的低温连续催化分级集成催化剂，开展应用评价。

考核指标：研发 2~3 种新型多功能催化剂，建立 2~3 种精细化工产品的多相催化氧化、酯化技术，建成仿酶空气环氧化中试装置（500 吨/年）和酯化中试装置（1000 吨/年），催化剂套用次数 ≥ 30 ，原料转化率 $\geq 99\%$ ，目标产物选择性 $\geq 90\%$ ；开发出 2~3 种多活性位点空间可控分级集成技术，建成分级催化剂载体低成本固相制备中试装置（200 吨/年）。

4. 机敏仿生超材料

4.1 4D 打印可编程智能材料（共性关键技术类）

研究内容：面向工程领域可编程智能材料的几何结构和功能特性动态变化的应用需求，研制光、电、热、磁、湿度、pH 值等仿生 4D 打印感知—驱动—变形/变构/变功能等多功能融合可编程智能材料与器件，建立材料—工艺—结构—激励多空间仿生 4D 打印编程编译方法，开发仿生 4D 打印高精度感知与驱动、多模态运动可调控等一体化材料制造关键技术。

考核指标：建立不少于 5 种仿生 4D 打印变形/变构/变功能等智能材料可编程工艺，开发 8~10 种 4D 打印智能材料，实现光、电、热、磁、湿度、pH 值等环境自动感知和驱动，在光驱动下变形量不小于 50%，非恒定变形率从 0%~100%连续可调，实现负重自重 20 倍以上不少于 3 种模式的变形控制，变形回复率 $\geq 98\%$ ，

变形响应时间 $\leq 20\text{s}$ ，变形速率 $\geq 0.05\text{m/s}$ ，实现在飞行器变体关键部件中的应用。

4.2 弹性应变传感材料（共性关键技术类）

研究内容：针对数字化健康医疗产业中运动和生理参数监控对人体兼容的传感材料的迫切需求，研究弹性体、室温液态金属、导电纳米材料及磁性纳米材料等的复合方法及其对力学性能、导电性、磁性及拉伸稳定性等的影响规律，开发高电导、高弹性、强回复导电材料，发展高弹性拉伸应变传感材料及抗拉伸干扰的压应变传感材料，发展弹性导电/铁磁复合材料、应变传感材料与弹性布料一体化集成及批量制备技术，制备出布基弹性应变传感器并在人体运动健康监控中获得应用。

考核指标：弹性导电材料电导率 $\geq 1000\text{ S/cm}$ ，拉伸率 $\geq 100\%$ ，扭转 360 度电阻变化小于 10%，回复率优于 99%；布基弹性压力传感器分辨率优于 1 N，100%拉伸应变电输出变化小于 10%；布基弹性拉伸应变传感器拉伸范围大于 100%，分辨率优于 0.01%，线性度优于 0.998，拉伸疲劳大于 100 万次，可水洗次数大于 100 次并实现规模化量产，年产能大于 100 万条；相关传感器应用于智能穿戴设备，实现对人体运动姿态、呼吸/心跳等的精准监测。

4.3 元素浓缩和能量转换用仿生材料（共性关键技术类）

研究内容：面向海水提取锂、铀等元素及盐差发电技术的需求，发展元素浓缩与能量转换用仿生材料，开发基于仿生微纳孔

膜材料的离子筛分与富集材料实现海水中资源元素浓缩，研究基于生物离子通道能量转换机制的膜材料及仿生结构能量转换器件集成技术。

考核指标：开发不少于 4 种元素浓缩用高性能仿生材料，用于锂离子初始浓度不高于 10 ppm 的模拟海水提锂时锂吸附量达到 20 mg/g，循环使用寿命不少于 10 次；海水提铀吸附容量达到 20 mg/g，循环使用寿命不少于 20 次；在我国近海海域实现十公斤级吸附材料一年实验周期内铀提取量不少于百克量级；开发不少于 3 种仿生微纳孔膜材料，离子选择性不低于 0.9，盐差发电转换效率不低于 40%，转换器件功率密度不小于 10 W/m²。

4.4 基于电磁模态耦合的新型光电功能超材料（共性关键技术类）

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 2 种不同自旋态的表面波的传播并具有区分 2 种自旋态的能力，损耗低于 3dB/10 μ m。

4.5 吸能隔振超材料的构筑（共性关键技术类）

研究内容：面向轨道交通、精密制造等领域对振动控制和碰撞吸能的需求，开发吸能隔振超材料：探索建立在地面环境以及零重力或微重力环境下的全频段隔振体系；开展复合结构逆向设计，建立吸能隔振超材料结构功能智能化构筑的策略，发展吸能隔振超材料的自组织、3D 打印等制造技术；开展吸能隔振超材料在复杂环境中的实验验证。

考核指标：形成吸能隔振超材料结构与功能智能化构筑的理论与方法，开发 3~4 种分别在地面环境及零/微重力环境下具有全频段吸能隔振功能的超材料，在地面和模拟空天环境下隔振起始频率 $\leq 0.1\text{Hz}$ ，绝对零刚度人工复合超材料在 0.1Hz~5000Hz 的振动频率范围内振动传输 $\leq -20\text{dB}$ ；吸能超材料比吸能率 1~80 mJ/mm^2 可调，阻尼因子 0.2~0.6 可调。

4.6 无线通信中继用信息超材料及其器件开发（共性关键技术类）

研究内容：针对无线通讯系统大流量、低时延通信中快速协同的需求，研究信息超材料对空间电磁波的散射机理和波束赋形方法，探索信息超材料与环境的一体化建模及仿真技术，建立统一的信道模型和设计理论，研究信息超材料单元的快速、智能设计技术与优化技术，实现可编程方式调控电磁波的传统特性，探

索信息超材料对无线信号的调制机理，实现信息超材料对空间电磁波的散射机理和波束赋形方法，完成信息超构材在无线通信中继系统中的应用验证。

考核指标：基于信息超材料的无线通信中继系统样机单元规模大于 4000 个且材料单元可独立控制，单元调相范围大于等于 300 度，调制时间小于 500ns，信息超材料在 Ka 波段水平方位角覆盖 -60~60 度，无线链路用户端接收信噪比提高 10dB 以上。

4.7 超材料微结构制造技术的开发及应用（共性关键技术类）

研究内容：面向高端装备、新一代信息技术对宽频带透波、吸波及功能相互切换的重大需求，开发透/吸波频段可调的超材料微结构制造技术，发展大面积曲面超材料薄膜制备工艺，研发可调控电磁波频段选择性透/吸波超材料薄膜和智能化驱动控制组件，实现可按需动态重构的超材料透明窗口。

考核指标：掌握基材厚度 $\leq 25\mu\text{m}$ 、幅面 ≥ 0.5 平方米的柔性无拼接超材料微结构制造技术；实现谐振频率 9~11GHz，谐振频率偏差/中心谐振频率 $\leq \pm 0.5\%$ ，晶格尺寸 \leq 中心波长的 1/20，线宽/线距 \leq 中心波长 1/1000 的超材料微结构批量生产；工作频带范围 2~18GHz、带宽 $\geq 500\text{MHz}$ 的可调谐超材料透波状态下透波系数 ≥ 0.90 、吸波状态下吸波系数 ≥ 0.80 、透/吸等功能切换频率捷变响应灵敏度 $\leq 1\mu\text{s}$ 。

5. 特种与前沿功能材料

5.1 苛刻服役条件下航天器用特种无机热控涂层（共性关键技术类）

研究内容：针对低轨及深空探测航天器面临的原子氧、在轨分子污染、光污染、粒子辐照及温度交变等极端苛刻服役条件，开发抗原子氧和抗辐照加固热控涂层、分子吸附热控涂层、超黑高吸收热控涂层、吸辐比智能调控热控涂层、低吸收—低发射热控涂层等特种无机热控涂层；发展组分—工艺—结构—性能交互关联的涂层材料设计新方法与控制制备技术；开展服役环境多因素耦合作用下，涂层性能评价、服役行为与失效机制研究，评估涂层服役稳定性与可靠性，实现新型特种无机热控涂层典型示范应用。

考核指标：阐明服役环境多因素耦合作用下，特种无机热控涂层的服役行为与失效机制；抗原子氧和抗辐照加固热控涂层使用寿命 ≥ 15 年；分子吸附热控涂层真空污染物吸附量 ≥ 6 毫克/平方厘米（ mg/cm^2 ）；超黑高吸收热控涂层宽波段（250~2500nm）太阳吸收比 ≥ 0.99 ；智能热控涂层 $-20^\circ\text{C}\sim+20^\circ\text{C}$ 发射率调控范围 ≥ 0.30 ；低吸收—低发射热控涂层太阳吸收比 ≤ 0.20 ，半球发射率 ≤ 0.20 。发展4种以上特种无机热控涂层材料，典型涂层在2个以上重大型号航天器上获得示范应用。

5.2 环境适应性水性涂料及可复涂长效低表面能涂料（共性关键技术类）

研究内容：针对建筑等民生行业在涂料制造、使用和修复全流程对低碳环保技术的广泛需求，研究涂料在水性化、可复涂、

耐老化方面的基础科学问题、关键材料和技术。设计和制备亲水—亲油转换材料、有机无机杂化材料、界面渗透材料，调控涂料的组成—结构—界面，提升涂料的寿命和防污效果。构筑涂料环保制造、低碳应用、便捷修复等特色。

考核指标：针对水性涂料提出涂料亲水—疏水转换新机制，挥发性有机化合物（VOC） $\leq 15\text{g/L}$ 、紫外老化时间 $\geq 2500\text{h}$ 、黄变值 $\Delta E \leq 10$ 、防霉菌性能 ≤ 1 级、耐温变循环性 ≥ 15 次、耐水性 $\geq 200\text{h}$ ；针对可复涂涂料提出界面渗透融合新理论，与老旧涂层的附着力 $\geq 10\text{MPa}$ 、紫外老化时间 $\geq 2500\text{h}$ 、接触角 $\geq 120^\circ$ 、涂装间隔 ≥ 1 年。

5.3 憎水抗渗型相变蓄能防火保温隔热材料（应用示范类）

研究内容：针对新建工程、既有建筑改造节能减排对高性能相变蓄能材料的广泛需求，研究新型绿色相变储能材料制备原理及在建筑围护结构中应用关键技术：设计和制备相变温度适宜、导热系数高、防火的高性能相变蓄能材料；开展相变材料宏观、微观封装界面调控，提升能量密度及耐久性；突破大容量相变材料载体关键技术，构筑高效节能、憎水抗渗、隔热保温的相变蓄能围护结构材料体系。

考核指标：绿色相变材料变温范围： $18\sim 32^\circ\text{C}$ ，导热系数 $>0.5\text{W/mK}$ ，不燃；经封装及调控后，相变蓄能材料能量密度比普通石蜡类提高20%以上，经过500个相变循环后，相变蓄能能力下降不超过10%；相变骨料代替传统骨料取代率 $>50\%$ ，相

变混凝土初始表面吸水率降低 50%以上；相变混凝土用于围护结构材料，燃烧性能符合 A 级标准，耐火极限不低于 1.5 小时；用于围护结构材料，在工程中进行示范应用，建筑面积不低于 6000m²。

5.4 面向晶圆级封装的光敏聚酰亚胺材料(共性关键技术类)

研究内容：针对我国集成电路制造技术发展对实现关键材料自主可控的迫切需求，研究光敏聚酰亚胺（PSPI）材料前驱体树脂的结构与综合性能关系、感光助剂配方体系设计与作用机理、材料在制程场景中的服役行为和失效机制，开发出应用于半导体先进封装制程的 PSPI 材料，开展应用迭代。

考核指标：完成 PSPI 材料的原型配方开发和中试工艺开发，实现单批次不小于 50Kg 的规模化量产。通过客户端产线的晶圆级先进封装制程验证并形成批量销售。产品具体参数如下：固化温度 < 260°C，杨氏模量 > 3.2GPa，断裂应力 > 130 MPa，断裂伸长率 > 40%，T_g > 240°C，5% 热分解温度 > 350°C，热膨胀系数：20~70ppm，光刻精度 ≤ 5μm/5μm（线宽/线距，深宽比 ≥ 1，曝光能量 200~400mJ/cm²）。

5.5 芯片基板用高效精密微钻材料研发与应用(应用示范类)

研究内容：围绕 5G/6G、人工智能、物联网用关键装备对长寿命、高精度、微细化钻削工具的迫切需求，研究高纯低烧结敏感性纳米碳化钨（WC）粉末、低缺陷密度超细晶硬质合金及细径复杂结构纳米金刚石涂层材料的制备技术，揭示碳热反应过程

中粉末相变机制及微观组织演变规律、超细晶硬质合金烧结致密化和晶粒长大抑制机理，突破高品质纳米 WC 粉末、高精度微钻材料的可控制备和批量一致性等关键技术，开发面向芯片基板的极小径、大长径比及高耐磨微钻材料并实现示范应用。

考核指标：WC 粉末（无抑制剂）：纯度 $\geq 99.96\%$ ，BET 比表面积 $\geq 3.8\text{m}^2/\text{g}$ ，平均粒度 $\leq 100\text{nm}$ 。硬质合金：平均晶粒度 $\leq 0.2\mu\text{m}$ ，抗弯强度 $\geq 5500\text{MPa}$ ，维氏硬度 $\geq 2100\text{HV}10$ （10 公斤载荷下的维氏硬度），杨氏模量 $\geq 600\text{GPa}$ ，断裂韧性 $\geq 9.5\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。微钻：极小径微钻直径 $\leq 75\mu\text{m}$ ，加工 CSP 芯片基板，钻孔效率 ≥ 600 孔/min、孔限 5000 下断针率 $\leq 1\%$ ；大长径比微钻长径比 ≥ 22 ，直径 $\leq 0.15\text{mm}$ ，加工 BGA 芯片基板，寿命 ≥ 5000 孔；高耐磨微钻最小直径 0.12mm ，表面涂层硬度 $\geq 70\text{GPa}$ ，加工陶瓷填充芯片基板，寿命 ≥ 100000 孔。形成 2000 万支/年芯片基板微钻的生产能力。

5.6 烯烃/烷烃吸附分离材料及应用基础（基础研究类）

研究内容：面向烯烃/烷烃分离的重大需求，针对优先吸附烯烃和优先吸附烷烃体系，发展吸附剂结构与活性位点调控新方法，设计开发基于分子筛、金属有机框架和一价铜基络合材料等的高性能吸附剂，同时提高吸附容量和选择性；探索吸附活性位稳定机制，实现温和条件下活性位点的构建和吸附剂稳定性的大幅提升；研究液态烯烃/烷烃专用吸附分离材料，建立吸附剂高通量筛选平台，开发聚合级烯烃绿色低碳吸附分离前沿技术。

考核指标：发展4种以上新型吸附材料，其中优先吸附烯烃和烷烃的材料各不少于2种；对于优先吸附烯烃的材料，常温常压下吸附容量 ≥ 2.5 mmol/g，烯烃/烷烃选择性 ≥ 10 ；对于优先吸附烷烃的材料，常温常压下吸附容量 ≥ 3 mmol/g，烷烃/烯烃选择性 ≥ 6 ；吸附剂中一价铜络合活性位的形成温度 ≤ 200 °C，空气中稳定性超过半年；开发聚合级烯烃连续化吸附分离技术及装置（烯烃纯度 $\geq 99.5\%$ ，收率 $\geq 98.0\%$ ）。

5.7 高功率射频微波用聚四氟乙烯及其复合材料（共性关键技术类）

研究内容：针对自动驾驶等人工智能领域对高频、高速通讯工况下高功率射频微波用聚四氟乙烯及其复合材料的迫切需求，研究四氟乙烯单体纯化、共聚组成等聚合关键因素以及低杂质含量的控制技术；研究填料结构设计、表面处理技术及界面调控方法；研究填料改性聚四氟乙烯及其覆铜板复合材料成型中聚集态结构演变、加工流变性和稳定性。

考核指标：聚四氟乙烯树脂金属离子溶出（单种） ≤ 10 ppb，介电损耗（10GHz） ≤ 0.0008 ，与铜箔剥离强度 ≥ 2.0 N/mm。聚四氟乙烯覆铜板复合材料：介电常数 Dk（10GHz） 3.50 ± 0.04 ；介电损耗 Df（10GHz） ≤ 0.0012 ；热导率（80°C） ≥ 1.50 W/(m·K)；X/Y/Z轴 CTE（-55~288°C） $\leq 20, 20, 40$ ppm/°C；与铜箔剥离强度 ≥ 1.5 N/mm。

5.8 核聚变用氟处理材料及轻量化结构/功能一体化屏蔽材

料（共性关键技术类）

研究内容：针对核聚变等新型核能技术对相关材料在特殊和极端条件下的服役需求，阐明氙处理材料间隙碳杂质与氢同位素的反应规律和材料中氮的扩散行为与驻留机制，突破超低碳含量氙处理材料制备及应用技术，设计制备具有优异储氙固氮性能的氙处理材料；探索轻质抗辐照金属基复合屏蔽材料组元体系核射线作用机制、辐照效应及材料强化效应的内在关联性，建立材料组分、性能和制备工艺参数的协同调控方法，掌握高屏蔽组元含量金属基复合材料制备技术，发展新一代轻量化功能/结构一体化屏蔽材料。

考核指标：提出氙处理材料间隙碳杂质与氢同位素的反应规律和氮扩散驻留新机制，材料室温（25℃）下吸氢容量 $\geq 200\text{ml/g}$ ，碳含量 $\leq 20\mu\text{g/g}$ ，解析氢中的甲烷含量 $\leq 10\mu\text{g/g}$ ，材料储氙2年后氮释放率 $\leq 1\%$ ，储氙容量保持率 $\geq 80\%$ ；研制的金属基复合屏蔽材料密度 $\leq 3\text{g/cm}^3$ ，对 ^{252}Cf 源中子的注量衰减比 ≥ 1.5 （厚度 $\leq 25\text{mm}$ ），热中子吸收率 $\geq 99.9\%$ （厚度 $\leq 10\text{mm}$ ），对 γ 射线（ ^{60}Co ）的线性减弱系数 $\geq 0.12\text{cm}^{-1}$ ，抗弯强度 $\geq 200\text{MPa}$ ，材料通过入堆辐照考核。

5.9 导电/吸波多功能杂化聚合物纤维材料关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对重大工程对宽频带吸波材料和多功能导电纤维的巨大需求，开发具有柔性、轻质、耐水洗、可编织的新型导

电、吸波杂化纤维，攻克杂化纤维纺丝成形与结构调控技术；完成纺丝工艺连续化工业生产验证，获得具有优异导电、吸波功能的杂化纤维产品；明确纤维纺丝过程控制、功能粒子分散性对杂化纤维相界面和凝聚态结构的影响机制，建立杂化纤维成形、功能粒子分散性与导电性调控、吸波阻尼匹配间的构效关系。

考核指标：提出杂化纤维导电微网络构建和材料相界面结构、功能粒子分散性和聚集态结构的调控新机制；杂化纤维轴向电导率 ≥ 20 S/m，工业洗涤 100 次后，电导率保持 $>90\%$ ；力学强度 ≥ 2.8 厘牛/分特 (cN/dtex)，断裂伸长率 $>10\%$ ；纤维抗日晒和耐磨性能满足国标优等品指标，日晒 1000 h，强度损失 $<20\%$ ，339 g/m² 以上的织物耐磨性能测试 ≥ 25000 次；在 2~18 GHz 频率范围织物的最强吸波强度 ≤ -40 dB，有效吸收宽度 ≥ 10 GHz；建立百吨级杂化功能纤维连续化生产示范线，开发 3~5 种相关杂化纤维新产品。

6. 材料基因工程应用技术

6.1 基于人工智能的新能源材料跨尺度高效计算方法开发与应用（基础研究类）

研究内容：针对高性能锂电池及新型光催化、光电、光热气转换等材料跨尺度计算模型缺乏的问题，发展基于机器学习的原子间相互作用势，建立从微观到介观的跨尺度计算模型；基于人工智能、图像识别及深度学习，开发从电子到介观尺度材料的局域动态交互迭代的跨尺度电子结构计算方法与软件平台；研究多

晶、裂纹、缺陷等复杂介观结构对原子、电子输运行为的影响机制，建立从介观结构到宏观性质的高通量计算模型，并在光催化、光电、光热气转换和电极等材料上应用和推广。

考核指标：1 个具有局域动态交互迭代的跨尺度和预测能力的“材料的结构—准粒子能带”机器学习预测模型，预期预测精度达到 90%及以上；1 套基于密度泛函理论（DFT）及多体 GW 方法的精确的半导体材料准粒子能量数据库（涵盖 10000 个 DFT 计算及 1000 个 GW 计算）；1 种可应用于原子尺度分子动力学模拟的基于机器学习的原子间相互作用势；1 套光催化材料和电极材料预测相关的机器学习软件，预测精度大于 95%，获得光催化材料数据库和电极材料数据库，材料种类不少于 15000 种；预测 3~5 种热力学和动力学稳定的、实验易合成的新型光催化、光电、光热气转换和电极等材料并开展实验验证。

6.2 基于组合医疗原理的新型介入心脏瓣膜材料和器件研究（应用示范类）

研究内容：面对人工心脏瓣膜临床需求日益增加的现状，开展基于蛋白质仿生材料数据的聚类分析和数据挖掘，建立针对心脏瓣膜的多肽和类肽数据库和机器学习模型，实现抗钙化、内皮细胞竞争性生长及组织再生诱导界面设计的理性指导；研发高通量材料组合芯片制造装备，实现材料芯片和基于细胞图像机器学习的生物评价技术的联动，开发新型介入心脏瓣膜材料、涂层及器件。

考核指标：不少于2种基于细胞图像机器学习的高通量细胞分析软件，预测准确度超过90%；涂层材料的组合种类和组合密度的高效筛选的装置，单芯片验证组合种类不少于100种；制备至少1种以上具有组织再生功能的人工心脏瓣膜材料，实现抗拉伸力 ≥ 30 牛顿，伸长率 $\leq 40\%$ ，近生理加速实验的疲劳寿命 $\geq 2 \times 10^8$ 次，抗钙化效果和原位内皮化效果提高50%以上，并完成动物实验。

6.3 信息功能陶瓷材料高通量制备及表征技术研究（应用示范类）

研究内容：围绕信息功能陶瓷材料基因工程研发范式发展的需求，针对高可靠电容器介质、高温压电陶瓷等信息功能陶瓷材料，开展基于高通量方法的材料设计、成型、烧结技术研究，建立功能陶瓷材料高通量制备平台，发展宽温区介电常数、介电损耗、阻抗等电功能高通量测试技术；发展高温压电、介电、铁电、热释电、电导等多功能参数并行高通量测试技术，建立多参数并行高通量测试平台。

考核指标：块体陶瓷材料样品库高通量制备平台每批次同时实现 ≥ 128 个功能陶瓷样品的高效制备，粉体样品库单元容积 ≥ 3 ml，样品混合适配器体积 ≤ 0.05 m³；宽温区宽频介电性能高通量测试平台，测试温度范围 $-50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，测试频率 $1 \sim 10^8$ Hz；高温多参数电性能高通量测试平台并行测试电性能参数 ≥ 7 个，测试温度范围室温 $\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，压电系数 d_{33} 测量范围 $0 \sim 2000$ pC/N，电阻

率测量范围 $10^5\sim 10^{14}\Omega\cdot\text{cm}$ ，谐振/反谐振频率范围 20 Hz ~ 20 MHz；利用高通量平台探索筛选材料配方 >5000 个，开发出 3 种以上高性能功能陶瓷材料。

6.4 数据驱动的能量材料高效开发与应用（应用示范类）

研究内容：针对提高能量材料研发效率的需求，发展面向储能、光电能量转换材料的高效设计、制备、评价及应用技术：通过数据驱动方法，研究跨空间尺度的成分、组织与结构变化与跨时间和温度尺度的物相变化的高通量制备技术，研发能量材料成分—组织—结构—性能关联性的快速表征技术和相应的高通量实验装置，开展在典型能量材料的成分设计与工艺流程优化中的应用验证。

考核指标：研发出 2~3 种能量材料高通量制备装置，制备能力达到 100 样品/批次以上（化学法），单元空间样品密度 >100 个/ mm^2 （物理法）；与传统固相烧结法比较，加工速度提高倍数或费用降低倍数比值 ≥ 10 ；研发出 2~3 台（套）能量材料快速表征装置，实现 ≥ 6 通道并行或 <1 分钟逐点扫描测试，表征能力达到 100 数据点/批次以上，表征效率提高 90% 以上；开发出 2~3 种新型能量材料。

6.5 基于材料基因工程技术的多铁性材料的性能调控（共性关键技术类）

研究内容：针对存算一体化和人工智能高端计算硬件材料的未来需求，面向多铁性磁电互斥的学科前沿重大挑战，利用材料

高通量计算和筛选技术,探索多铁性序参量从相互排斥到相互融合的方案;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,揭示由此诱发多铁性的新原理,并发现新材料;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;实现 10^3 级并发式高通量计算;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;设计出具有拓扑磁电畴的 10×10 以上纳米点阵列结构;构筑超低功耗(<0.01 pJ/bit)、快速处理(<10 ns)的多态、非易失、存算一体新原型器件。

6.6 组织再生用仿生多相材料/细胞复合体系研发(共性关键技术类)

研究内容:针对骨-软骨、骨-肌腱、皮肤等复杂多层次组织的修复难题,利用机器学习与高通量制备技术,研究用于复杂组织再生的多相材料/细胞体系的组成、结构和拓扑形貌,阐明多种不同组织细胞的化学信号、结构信号和微力学信号的传递规律;开发多组分材料与多细胞的仿生结构组织工程支架的高通量制备技术,研究多相材料/细胞体系中多种材料对多细胞的分布、增殖、

分化的影响规律；研究多相材料/细胞体系与复杂组织再生关联评价的机器学习方法，开展大动物体内评价。

考核指标：实现>100 级的并发式高通量动态模拟计算；研发出具有 2 种以上仿生组织工程材料，每种材料具有至少 2 种组织相容性功能；细胞的存活率 $\geq 80\%$ 、存活时间 ≥ 14 天，完成在骨—软骨、骨—肌腱、皮肤等复杂组织修复中的临床前研究，大动物体内植入后 12 周新组织生成率 $\geq 30\%$ 、26 周新组织生成率 $\geq 60\%$ ，形成一个仿生结构组织工程材料的数据分析平台。

6.7 基于材料基因工程的全固态电池关键材料的设计、制备与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对全固态电池在高寒环境下能量大幅下降和性能快速衰减问题，利用材料基因工程方法，设计全固态电池用高性能固体电解质、高容量正极材料；基于大数据分析的人工智能方法，优化体相掺杂、界面结构；发展高能量密度、高安全性、高倍率特性的固体电解质、隔膜材料、高容量正、负极材料及界面调控技术，研究全固态电池电芯的制造技术，并开展高寒环境中的应用验证和优化。

考核指标：形成融合机器学习的高通量计算方法，并发计算能力达到 10^3 级，开发 3 种以上新电解质与电极材料，固态电解质膜面电阻小于 $5 \Omega \text{ cm}^{-2}$ ，厚度小于 $20 \mu\text{m}$ ，电化学窗口大于 4.5 伏，机械强度满足全固态电芯批量化制备条件；高稳定型正极材料比容量 $\geq 215 \text{ mAh/g}$ ，可逆循环 1000 次后容量保持率 $\geq 80\%$ ；

高容量型负极材料单体比容量 ≥ 1400 mAh/g, 复合负极材料比容量 ≥ 600 mAh/g, 可逆循环 1000 次后容量保持率 $\geq 80\%$; 构筑的 10Ah 级以上全固态锂电池电芯能量密度 ≥ 350 Wh/kg, 1C 下可稳定循环 1000 次以上, -40°C 电芯容量保持率 $\geq 50\%$, 电芯安全性满足国标要求。

7. 青年科学家项目

7.1 新型低成本高效电池体系及关键材料

研究内容: 面向二次电池高性能化发展需求, 研究变革型电池体系的基础科学问题, 设计和制备基于丰度元素的新型电池关键材料, 探索电化学储能新机制, 构筑高安全低成本二次电池新体系, 实现电池关键性能指标的突破。

考核指标: 提出新体系低成本二次电池设计新思路 and 电化学性能调控新机制; 开发出 1~2 种电池新体系及其关键材料, 1C 倍率 (1 小时) 充放电能量效率大于 80%, 单体容量 ≥ 5 安时, 能量密度和循环寿命等性能在储能领域具有实用价值。

7.2 高温度和时间稳定性强耦合金属永磁材料开发

研究内容: 针对高精度惯性仪表对永磁材料磁稳定性的技术需求, 开发高磁能积、低温度系数、长时间稳定的金属永磁材料, 研究化学组成、定向凝固工艺与磁场热处理制度对材料组织结构、物相演变的影响规律, 探究柱晶结构、磁性析出相和基体相磁性、两相界面特性和双相耦合作用对磁性能及稳定性的影响机理, 研究磁性能与磁畴结构随时间的演变规律, 揭示永磁材料磁性时

间稳定性影响的物理机制，开发具有新型纳米调幅结构金属永磁材料的磁稳定性调控技术及其高稳定性金属永磁材料产品。

考核指标：强耦合永磁材料的室温条件下磁能积不低于 14 MGOe（兆高·奥），材料的时间稳定性要优于 10 ppm/半年，材料的温度稳定性在-40~70°C的温度区间要优于-0.005 %/°C。

7.3 智能仿生水凝胶组织工程支架

研究内容：面向长距离周围神经损伤修复需求，研究基于透明质酸、丝素蛋白的互穿网络智能仿生水凝胶材料，及动态配位、生物标志物响应的智能交联技术，模拟神经组织细胞外基质的物理、生化特性和神经组织再生微环境，调控神经元、施万细胞的功能；研究上述水凝胶对生物活性物质的控制释放，及促进神经组织的再生与功能重建的功效。

考核指标：获得不少于 3~4 种基于透明质酸与丝素蛋白的互穿网络智能水凝胶材料，压缩模量在 0.1~10 kPa 区间（匹配天然细胞外基质的压缩模量）内可控调节，并同时实现不少于 2 种生物活性物质（包括镁离子、细胞因子、小分子药物、核酸等）按组织修复过程，即控制局部炎症与构建再生微环境（第 1 周）—促进神经轴突生长（第 2~8 周）—促进髓鞘生成（第 3~8 周）的顺序有序递送；利用水凝胶分别包埋神经元、施万细胞，体外培养 24h 后，神经元突起平均不少于 2 条且长度不少于 50 μm ，施万细胞活力不低于 90%，再生相关细胞因子的表达上调 50% 以上；大鼠坐骨神经缺损（>1 cm）模型中，水凝胶植入 12 周后坐骨神

经功能指数 (SFI) 大于-60。

7.4 生物膜医用材料

研究内容: 面向炎症、肿瘤、自身免疫性疾病的治疗需求, 建立细胞来源生物膜改性的基因工程、表面工程等技术, 研究具有淋巴组织靶向功能及细胞来源的磷脂双分子生物膜医用材料, 发展生物膜医用材料分离、纯化和药物装载技术, 实现对免疫细胞功能的调控和疾病免疫治疗效果的提升。

考核指标: 获得 5 种以上用于炎症、肿瘤、自身免疫性疾病的细胞来源生物膜医用材料, 包括 2~3 种基因工程和 2~3 种细胞膜表面工程改性的生物膜医用材料, 胞内蛋白占总蛋白比例小于 5%; 建立淋巴结靶向的磷脂双分子生物膜医用材料分离、纯化技术; 获得生物膜材料的高效药物装载技术, 药物负载效率 >95%, 药物含量 >5%; 实现 2 种及以上生物膜来源的医用材料规模化制备技术, 单次提取规模大于 100 mg; 实现对淋巴组织高效靶向和免疫调节作用, 药物富集和周围组织相比提高 100 倍以上。

7.5 用于分子诊疗的可编程性生物框架材料

研究内容: 面向遗传性疾病、恶性肿瘤的诊断和治疗需求, 发展框架核酸材料的可编程性自组装技术, 研究能识别疾病的基因生物标志物的框架核酸材料, 并构建基因探针和药物递送载体, 实现对疾病标志物超长基因片段多态性的特异性、高精度诊疗。

考核指标: 获得 10 种以上基于框架核酸材料的基因探针, 基因探针直径小于 100 nm, 对长度大于 5 万个碱基的基因片段识

别位点多于 4 个；实现基因探针对遗传性疾病、恶性肿瘤的基因标志物的特异性、高精度诊断，识别特异性>95%（可区分 1 个错配碱基），分辨率<25 nm（可识别间距 80 个碱基以下的相邻基因位点），诊断准确率>90%；获得 3~5 种基于框架核酸材料的药物递送载体，药物负载效率>95%，完成动物水平疗效评价。

7.6 封装干细胞的生物材料及涂层

研究内容：面向心肌等组织损伤修复中移植干细胞的免疫排斥及存活率低的难题，研究基于海藻酸钠、透明质酸等天然高分子的微纳尺度生物材料及涂层，发展封装间充质干细胞的原位涂层技术；研究材料及涂层对干细胞移植微环境的免疫调控机制，及提高移植干细胞存活及功能的功效，提高心肌组织再生与功能重建的功效。

考核指标：获得 3~5 种基于海藻酸钠、透明质酸等天然高分子的免疫保护性水凝胶涂层，建立封装间充质干细胞的原位涂层技术，涂层厚度在 400 nm~1 μ m 区间内可调，机械强度在 1~20 kPa 可调；涂层对间充质干细胞的单细胞封装效率>90%，封装后干细胞存活率>90%，屏蔽免疫细胞识别的效率>70%，实现间充质干细胞所分泌的细胞因子有效扩散；大鼠、猪心肌组织损伤模型上，植入 3 天后干细胞凋亡率<10%，植入 4 周后射血分数>60%。

7.7 高纯气体分离的无机膜材料

研究内容：面向高纯气体分离对高性能无机膜材料的需求，研究具有有限域效应无机膜的微纳结构形成机理及传质特性，开发

膜材料合成新路线及低成本批量化制备技术，设计气体传质通道可精确调控的新型多通道中空纤维膜，开发高纯气体分离用高装填密度无机膜组件及气体分离装置。

考核指标：开发 2 种以上在水汽条件下具有高稳定性的无机膜材料；组件装填密度大于 $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，分离气体的纯度 $>4\text{N}$ ，气体渗透速率大于 100GPU 。

7.8 高稳定均相离子交换膜的设计与制备

研究内容：针对高温、高酸、高碱或强氧化性等苛刻环境对高稳定性离子交换膜的需求，探索高稳定性均相离子交换膜的制备技术和新机制、新理论，研究聚合物分子结构与调控、均相离子交换膜微观结构的可控构筑规律和传质机制，研究均相离子交换膜微观结构与宏观性能的构效关系，开发原创性的均相离子交换膜材料制备技术。

考核指标：提出 2 种高稳定性均相离子交换膜的构筑新策略，发展 2 种高稳定性均相离子交换膜材料，形成中试规模连续化制备能力，膜片宽幅 $\geq 40 \text{ cm}$ ，耐高温性能、阻氢离子性能、耐碱性能、抗氧化性能等主要性能指标超过同期国际商用产品。

7.9 量子信息超材料前沿探索

研究内容：研究超材料实现相位拓扑的机理，开发超材料全相位调控技术；研究非厄米系统拓扑超材料对光场的调控方法；研究拓扑超材料在奇异点处的简并态对光学偏振的控制；发展基于超材料全息技术的信息加密与编码技术。

考核指标：开发 2~3 种变革性拓扑超材料，提出拓扑超材料的全相位调控新理论新技术，形成拓扑超材料应用范例；开发 2~3 种超材料全息加密技术，实现幅度、偏振、波长、角动量 4 种光学自由度加密，大容量超构表面全息加密存储等效单一像素尺寸小于光学衍射极限，分辨率 ≥ 100000 点/英寸。

7.10 超宽温域超弹性应变玻璃记忆合金研究

研究内容：针对国家深空探测领域对宽温域超弹性记忆合金的需求，探索应变玻璃及应变玻璃转变新物理机制，研究合金材料的缺陷掺杂—应变玻璃转变—力学性能的关系，研发在超宽温度区间具有超弹性及良好力学性能的记忆合金材料，发展应变玻璃记忆合金制备和加工技术。

考核指标：设计并研发出 2~3 种钛镍基和镁基的应变玻璃记忆合金材料，在 $-196^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ 的超宽温域弹性应变 $\geq 5\%$ 。

“高端功能与智能材料”重点专项 2022年度“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实国家科技创新有关部署安排，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2022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

本批榜单围绕深海探测等重大应用场景，开发深海装备全寿命周期长效防护涂层与牺牲阳极材料体系，建立深海腐蚀微生物数据库，发展深海长效防护材料评价与寿命评估技术，拟启动1个项目，共拟安排国拨经费不超过2000万元。除特殊说明外，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. 极端环境长效防护材料及工程应用（共性关键技术类）

需求目标：针对油气平台和长驻型运载装备对长效耐压防护材料体系及其深海原位验证与集成示范技术的重要需求，开发二维层状材料、纤维增强增韧的长效耐压复合防护涂层、深海牺牲阳极材料及自修复防护涂层材料，揭示深海极端环境及微生物耦合损伤机制，突破实海万米原位测试评价技术，建立深海长效防护材料评价与寿命评估技术体系，实现深海工程示范应用。具体需求目标如下：

(1) 研发出长效防护涂层与牺牲阳极材料体系，长效防腐涂层盐雾寿命 >10000 小时，耐压强度 $\geq 100\text{MPa}$ 、附着力 $\geq 65\text{MPa}$ 。自修复防腐材料断裂伸长率 $>300\%$ 、拉伸强度 $>20\text{MPa}$ 、3 小时内自修复强度达到 80%。

(2) 研发出牺牲阳极材料，万米深海环境工作电流效率 $\geq 90\%$ 。

(3) 实现深海微生物腐蚀检测，分离出典型深海腐蚀微生物 3~5 株。

(4) 研制出实海原位验证技术，实现万米深海功能防护材料的投放回收，万米实海性能评价试验 ≥ 90 天。

(5) 建成千吨级高强韧耐压防腐材料中试平台，实现深海工程示范应用 1~2 项。

时间节点：研发时限为 3 年。

项目执行期满 1 年：研究深海二维层状材料、纤维增强增韧长效耐压复合材料与防护涂层，研究深海自修复智能防护涂层及水下防腐维护材料，研究海底热液、硫化氢、微生物等复杂极端环境服役材料强耦合损伤及加速失效机制。

考核指标：深海防腐涂层盐雾寿命 >5000 小时，耐压强度 $\geq 60\text{MPa}$ 、附着力 $\geq 55\text{MPa}$ 。自修复防腐材料断裂伸长率 $>300\%$ 、拉伸强度 $>15\text{MPa}$ 。深海牺牲阳极材料万米深海环境工作电流效率 $\geq 85\%$ 。

项目执行期满 2 年：突破万米深海防腐涂层与牺牲阳极联用

技术，研发出深海长效防护涂层与牺牲阳极材料体系，实现深海装备跨海深、跨海域全寿命周期长效防护，发展深海防护材料智能监测与腐蚀预警技术。

考核指标：深海防腐涂层耐压强度 $\geq 100\text{MPa}$ 、附着力 $\geq 65\text{MPa}$ 。自修复防腐材料断裂伸长率 $>300\%$ 、拉伸强度 $>20\text{MPa}$ 、3小时内自修复强度达到80%。深海牺牲阳极材料万米深海环境工作电流效率 $\geq 90\%$ 。

项目执行期满3年：实现深海微生物腐蚀监检测，构建深海腐蚀微生物数据库，开展实海万米原位测试评价技术研究，研制出实海原位验证技术，建立深海长效防护材料评价与寿命评估技术体系。

考核指标：深海防腐涂层盐雾寿命 >10000 小时。分离出典型深海腐蚀微生物3~5株。实现万米深海功能防护材料的投放回收，万米实海性能评价试验 ≥ 90 天。建成千吨级高强韧耐压防腐材料中试平台，实现深海工程示范应用1~2项。

榜单金额：不超过2000万元。

“高端功能与智能材料”重点专项 2022年度项目申报指南和 榜单形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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）。

(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) 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。

(7) 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）。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2021 年 6 月 30 日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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

(2)青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。

本专项形式审查责任人：蒋志君

“新型显示与战略性电子材料”重点专项 2022 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 2022 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。

2022 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、大功率激光、前沿电子材料 4 个技术方向，按照“基础研究类、共性关键技术类、应用示范类”三个层面，拟启动 57 项指南任务，拟安排国拨经费 7.45 亿元。拟部署 15 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 4500 万元，每个项目 300 万元。拟部署 5 个部省联动项目。应用示范类项目配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。青年科学家项目的 5.2、5.3、5.6、5.7、5.10，共 5 项指南任务同步设立科技型中小企业项目，拟安排国拨经费 500 万元，每个项目 100 万元。

科技型中小企业项目要求由科研能力强的科技型中小企业牵头申报。项目下不设课题，项目参加单位（含牵头单位）原则上不超过2家，科技型中小企业项目其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于1:1，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情况进行同步考核。科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国家税务总局印发的《科技型中小企业评价办法》（国科发政〔2017〕115号）。

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1984年1月1日以后出生，女性应为1982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）。部省联动应用示范类项目，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。部省联动共

性关键技术类项目，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。

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 柔性显示用无镉无铅量子点发光显示关键材料及器件研究（共性关键技术类，部省联动）

研究内容：研究无镉无铅高性能红、绿、蓝量子点发光材料及其功能材料关键技术，开发出无镉无铅量子点材料；设计适合于无镉无铅量子点的新型量子点发光二极管（QLED）器件结构，研究器件光电性能提升技术；研究无镉无铅量子点 QLED 器件的失效机理，开发出长寿命 QLED 器件；研制基于无镉无铅量子点的印刷 QLED 全彩柔性显示屏原型样机。

考核指标：红色 QLED 器件电流效率 ≥ 18 坎德拉/安培@ CIE-x ≥ 0.68 ，寿命 $LT_{95} \geq 1000$ 小时@1000 坎德拉/平方米；绿色 QLED 器件电流效率 ≥ 70 坎德拉/安培@CIE-y ≥ 0.70 ，寿命 $LT_{95} \geq 1000$ 小时@1000 坎德拉/平方米；蓝色 QLED 器件电流效率 ≥ 6 坎德拉/安培@ CIE-y <0.06 ，寿命 $LT_{95} \geq 120$ 小时@1000 坎德拉/平方米；样机亮度 ≥ 250 坎德拉/平方米，色域 $\geq 100\%$ NTSC；申

请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.2 基于计算—实验—数据融合的高光效窄谱带蓝光 OLED/QLED 发光材料与器件研究（基础研究类）

研究内容：研究基于计算—实验—数据融合的有机发光二极管（OLED）/QLED 发光材料设计方法，构建显示发光材料数据库，建设 OLED 和量子点发光材料高通量筛选平台；研究 OLED 分子结构、取代基团、主客体分子匹配，以及量子点核壳组成、表面配体、合成工艺参数等对材料发光性能及其稳定性的影响，开展蓝光材料结构、制备工艺和光电性能的智能化设计和筛选研究，研制高光效、高稳定性、窄谱带蓝光 OLED 材料和量子点材料；研究 OLED/QLED 发光材料反应合成与分离纯化过程的纳微尺度混合/传质强化技术，开发配套的高效合成和纯化工艺，研制 OLED 和 QLED 发光器件。

考核指标：材料计算—实验—数据协同筛选系统的数据量 ≥ 20 万条，材料高通量计算和高通量实验分别实现 ≥ 100 样品/批次；研制新型 OLED 分子发光材料 ≥ 3 种和新型量子点材料 ≥ 2 种，其中 OLED 蓝光材料（450~470 纳米），FWHM < 20 纳米，单节器件在无输出耦合的条件下 CIE-y < 0.05 ，效率 ≥ 9 坎德拉/安培、EQE $\geq 20\%$ 、寿命 LT95 ≥ 200 小时@1000 坎德拉/平方米；反应收率 $\geq 85\%$ ，纯度 $\geq 99.95\%$ ；OLED 材料合成批次量 ≥ 20 千克，纯化批次量 ≥ 10 千克；申请发明专利 ≥ 20 件，软件著作权 ≥ 1 件。

1.3 柔性显示用聚酰亚胺新材料关键技术(共性关键技术类)

研究内容: 建立透明耐高温聚酰亚胺 (PI) 新材料设计方法, 研究耐高温透明 PI 单体纯化、浆料配比、涂膜工艺技术; 开发透明耐高温柔性显示 PI 基板新材料和批量化生产工艺, 开展透明柔性显示器件功能化验证; 研究感光性 PI (PSPI) 的光敏机理、PSPI 材料纯化与批量生产工艺技术, 研究透明耐高温 PI 和 PSPI 柔性显示材料与生产工艺的匹配性技术, 开展满足产品需求的柔性显示器件的应用验证。

考核指标: 柔性 PI 基板固含量 $\geq 15\text{wt}\%$, 透光率 $\geq 85\%$, 浊度 $< 0.2\%$, $T_g \geq 460$ 度, 热膨胀系数 $< \text{百万分之十/摄氏度}@100\sim 400$ 摄氏度, 与玻璃间剥离强力介于 $0.1\sim 0.5 \text{ N/cm}$, 抗拉强度 ≥ 350 兆帕, 模量 ≥ 8 吉帕; PSPI 浆料粘度波动 $< 5\% @$ 冷冻存储 6 个月, 单种金属离子 $< \text{百万分之一}$, 曝光量 < 150 毫焦, 解析度 < 3 微米; 两种 PI 材料的批量生产能力 ≥ 200 公斤级/批次, 并导入 G4.5 代及以上量产线; 申请发明专利 ≥ 20 件, 其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.4 柔性显示加工关键装备工艺技术开发(共性关键技术类)

研究内容: 研究面向柔性显示的高能量密度、高均匀性紫外线的激光剥离装备, 研究高功率激光合束、匀化及线光斑整形技术, 研究 PI 薄膜激光剥离界面烧蚀行为, 以及 PI 薄膜与基板界面分离、冲击、碳化的精确调控技术; 研究面向柔性显示的 PI 基底与蒸镀掩膜版的高精度电荷耦合器件 (CCD) 对位系统技术, 以及透明氧化物阴极沉积的低损伤溅射系统, 实现与国产 OLED

柔性显示蒸镀装备的集成；研究面向柔性显示的高精度、高效率自动光学检测（AOI）装备，研究多视角、高动态、低对比度缺陷视觉成像技术。

考核指标：激光剥离扫描光斑长度 380~1300 毫米，最高光功率密度 ≥ 330 毫焦/平方厘米、光束指向补偿精度 ≥ 500 纳弧度，剥离扫描速度范围为 0~200 毫米/秒，长度方向光斑均匀性 $\geq 97\%$ (2σ)；CCD 对位系统精度 $< \pm 5$ 微米；低损伤溅射系统基底温度 < 60 摄氏度，透明导电膜厚均匀性 $\geq 95\%$ ，透光率 $\geq 85\% @ 550$ 纳米；以 IZO 为透明阴极的顶发射绿光 OLED 器件的寿命 $LT_{95} \geq 2000$ 小时@1000 坎德拉/平方米；检测成像精度 < 5 微米，点、线、划痕、裂纹等缺陷检出率 $\geq 99\%$ ，误检率 $< 5\%$ ；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.5 OLED 显示玻璃材料关键技术开发（应用示范类）

研究内容：面向 OLED 显示用配套玻璃材料，开展 OLED 显示用基板玻璃和超薄玻璃组成—结构—性能规律研究，开发满足特定生产工艺的玻璃配方；研究 OLED 基板玻璃熔化制备的热力学、动力学过程与温度场、流动场的高效协同机理，开发 OLED 基板玻璃高效熔化、澄清均化、精密成形等关键技术；研究基板玻璃应力弛豫机理，开发再热收缩率精细调控技术与装置；研究超薄玻璃成形的粘弹特性—流变特性规律，开发超薄玻璃一次成形、切割、强化技术。

考核指标：OLED 基板玻璃示范线熔化能力 ≥ 25 吨/天，尺寸

≥2200 毫米×2500 毫米，再热收缩率<百万分之十（600 摄氏度，10 分钟），线热膨胀系数（3.3~3.9）×10⁻⁶/摄氏度，应变点 ≥720 摄氏度，杨氏模量 ≥80 吉帕斯卡，应力<50 磅力/平方英寸，厚度及偏差 0.4±0.05 毫米和 0.5±0.05 毫米，翘曲度<0.2 毫米，308 纳米紫外光透过率 ≥70%；柔性玻璃一次成形厚度<50 微米，有效板宽 ≥400 毫米，经过强化处理后，极限弯曲半径<1.0 毫米，落笔冲击高度 ≥12 厘米，连续弯折次数 ≥20 万次，铅笔硬度 ≥7 硬（hardness 硬度），透过率 ≥90%@λ=550 纳米，良品率 ≥50%；申请发明专利 ≥20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥1 项。

1.6 面向 AR 应用的高像素密度 Micro-LED 微显示关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究低缺陷密度和高均匀性的 LED 外延生长技术，研究 Micro-LED 发光效率提升的芯片工艺技术；研究 Micro-LED 芯片非接触电场激励发光检测技术、高像素密度 Micro-LED 芯片巨量转移与金属键合和坏点修复技术；研究 Micro-LED 显示低功耗和高画质驱动技术，开发全彩色 Micro-LED 微显示器件；研究基于 Micro-LED 微显示器件的高效率光线耦合技术，开发基于 Micro-LED 微显示的高性能 AR 眼镜。

考核指标：单色 Micro-LED 器件发光点像素间距（pitch）<8 微米，芯片尺寸<5 微米；芯片检测率 ≥99.99%，键合良率 ≥99.99%，坏点修复后的不良率<0.1%；全彩色 Micro-LED 显示器件像素尺寸<16 微米，分辨率 ≥960×540，峰值亮度 ≥10000 坎德

拉/平方米，灰度等级 ≥ 10 比特，刷新率 ≥ 120 赫兹；色域 $\geq 115\%$ NTSC；AR 眼镜系统视场角（FOV） ≥ 50 度，最高亮度 ≥ 2000 坎德拉/平方米，畸变 $< 2\%$ ；发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.7 高亮度 Micro-LED 投影显示关键技术研究（共性关键技术类）

研究内容：研究适用于大电流密度工作的高效率 Micro-LED 显示芯片制备与键合技术，开发高亮度单色 Micro-LED 显示器件；研究 Micro-LED 显示器件的光束收集与整形技术，以及 Micro-LED 显示器件合色结构的光提取效率和发光均匀性的提升技术；研制 Micro-LED 投影显示的高分辨、低色散成像镜头和光学引擎模组，开发 Micro-LED 全彩色投影显示系统。

考核指标：单色 Micro-LED 显示屏尺寸 < 0.7 英寸，分辨率 $\geq 1920 \times 1080$ ，红色亮度 ≥ 1000000 坎德拉/平方米，绿色亮度 ≥ 2500000 坎德拉/平方米，蓝色亮度 ≥ 300000 坎德拉/平方米，刷新率 ≥ 120 赫兹；彩色 Micro-LED 投影显示尺寸 ≥ 100 英寸，光效 ≥ 5 流明/瓦，对比度 $\geq 10000: 1$ ，色域 $\geq 110\%$ NTSC，均匀性 $\geq 90\%$ （JBMA），畸变 $< 1\%$ ；发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.8 柔性 Micro-LED 显示关键技术研究（共性关键技术类，部省联动）

研究内容：研究驱动电路走线设计、材料和膜层结构、制造工艺对柔性 Micro-LED 显示的形变应力及电路电学性能和可靠性

的影响,开发适用于 Micro-LED 显示的柔性驱动背板;研究适用于柔性驱动背板的高良率巨量转移技术,以及键合材料及键合区域的改性强化技术,开发 Micro-LED 芯片与柔性驱动背板电极键合工艺;研究键合材料与修复的可兼容性,柔性封装和模组集成技术,开发柔性 Micro-LED 全彩显示屏。

考核指标:全彩 Micro-LED 显示屏尺寸 ≥ 6 英寸,芯片尺寸 < 15 微米,像素间距 < 80 微米,分辨率 $\geq 1920 \times 960$,弯曲半径 < 10 毫米,峰值亮度 ≥ 2000 坎德拉/平方米,功耗 < 150 毫瓦/平方厘米(白场亮度 500 坎德拉/平方米);申请发明专利 ≥ 20 件,其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.9 近零功耗彩色电子纸显示材料与柔性显示器件(应用示范类)

研究内容:研究电子纸彩色显示纳米粒子制备、墨水配制及高速、均匀、高精度大面积薄膜印刷制造技术;研究双稳态、近零功耗、高分辨率、彩色、柔性显示电子纸的像素结构、制造工艺、封装及器件驱动技术;形成柔性彩色电子纸的规模生产及应用。

考核指标:电子纸薄膜器件色度值($L^*a^*b^*$):红(20, 16, 7)、绿(22, -17, 10)、蓝(18, 4, -16);显示色域 $\geq 50\%$ NTSC,对比度 $\geq 20:1$,响应时间 < 80 毫秒,双稳态 $\geq 80\%$ (弯曲、断电 24 小时对比度保持率);柔性显示屏 ≥ 10 英寸,弯曲半径 < 3 毫米,分辨率 ≥ 200 每英寸的像素点数,刷新次数 ≥ 100 万次,按压可靠性 ≥ 10 公斤力(按压下可正常工作),功耗 < 1.5 毫瓦/平方英寸;

电子纸薄膜产能 ≥ 1 万平方米/年，电子纸模组出货量 ≥ 10 万件；申请发明专利 ≥ 20 件，国家标准/行业/团体标准 ≥ 1 项。

1.10 全印刷薄膜晶体管（TFT）与电场调控驱动技术（共性关键技术类）

研究内容：研究印刷 TFT 的半导体/绝缘层/电极材料、印刷半导体图案化和器件制备工艺技术；研制高电流开关比、高稳定性、高分辨率的全印刷有机及氧化物 TFT 器件阵列；研究电场直接调控的发光驱动一体化技术，研制发光驱动一体化原型器件；开展全印刷 TFT 与发光器件集成技术研究，研制全印刷 TFT 驱动的显示样机。

考核指标：低温工艺印刷绝缘层材料种类 2~3 种，单位电容 ≥ 300 纳法/平方厘米，漏电流密度 $<10^{-7}$ 安培/平方厘米@2 兆伏/厘米；全印刷 TFT 器件电流开关比 $\geq 10^9$ ，迁移率 ≥ 30 平方厘米/（伏特·秒），在栅压应力下阈值电压漂移电压应力测试 PBTS <1 伏特@ $V_{gs}=10$ 伏特@70 度， $V_{ds}=0.1$ 伏特，应力时间 1 小时；发光驱动一体化器件开启电压 <3.5 伏特，红光效率 ≥ 25 坎德拉/安培；全印刷 TFT 驱动的显示样机尺寸 ≥ 3.5 英寸，分辨率 ≥ 120 ppi；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.11 集成屏下摄像头等传感技术的柔性显示微系统应用示范（应用示范类，部省联动）

研究内容：研究柔性显示屏下摄像头、屏上毫米波天线或屏内指纹识别的设计方案、材料配方和合成技术；开发基于柔性显

示屏下摄像头技术，屏上或屏内新型传感器的显示微系统；研究柔性传感设计与显示微系统集成的量产技术，形成新型可弯形态产品的批量化生产，以及柔性传感和显示微系统集成的典型应用示范。

考核指标：透明聚酰亚胺（CPI）基板在 430~460 摄氏度无翘曲发生，溢出气体量<500ppb/秒；屏下摄像头（CUP）区域像素物理密度>400ppi，透过率≥40%；新型柔性传感显示微系统样机尺寸≥6英寸，分辨率≥400ppi，摄像头区域和其附近区域亮度差<1.5%@500坎德拉/平方米，环境光照度20勒克斯条件下拍照成像清晰度>1200（每个图像高度的线宽，LW/PH@TV-line）；屏上毫米波天线电压驻波比<1.5@矢量网络分析仪；屏内指纹识别认假率<0.001%@FVC指纹库，拒真率<0.1%@FVC指纹库；柔性传感显示微系统导入G4.5及以上产线，批量生产能力≥100张/批次；提供给手机等终端批量化应用；申请发明专利≥20件，制定国家/行业/团体标准≥1项。

1.12 LTPO 技术应用示范（应用示范类）

研究内容：研究面向柔性显示的低温多晶硅与氧化物半导体复合（LTPO）技术，开发低漏电流、高稳定性的氧化物半导体材料；研究新型柔性显示 LTPO 像素电路和背板技术，开发高低频自由切换的面板驱动电路系统；研究基于柔性衬底的 LTPO 量产技术，形成适用于中尺寸、新型折叠形态的宽驱动频率柔性显示产品的批量化生产，以及 LTPO 技术在柔性显示中的应用示范。

考核指标：氧化物 TFT 器件漏电流 (I_{off}) $\leq 10^{-16}$ 安倍，电流开关比 $\geq 10^9$ ，稳定性 (PBTS) < 1 伏特@ $V_{gs}=30V@70$ 度，2 小时；可折叠形态的柔性显示样机尺寸 ≥ 10 英寸，驱动频率 1 赫兹~165 赫兹，闪烁 (Flicker) < -40 分贝@可变刷新频率 (1 赫兹/165 赫兹频率直接切换, L127 灰阶)，折叠次数 ≥ 40 万次@内折 180 度(30 次/分钟)；LTPO 技术导入 G6 及以上产线应用，柔性 OLED 显示屏量产 ≥ 1 万张大板；提供给手机等终端批量化应用；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2. 第三代半导体材料与器件

2.1 抗辐射 SiC 基功率电子器件及其在航天电源中的应用 (共性关键技术类)

研究内容：开展高可靠低损耗碳化硅 (SiC) 基功率电子器件关键技术研究，以满足航天等领域能源系统对高抗辐射、高功率密度性能的需求；研究 SiC 基功率电子器件在辐射条件下的可靠性，特别是总剂量辐射和单粒子辐射的失效机理，构建辐射缺陷演化的物理模型；研究抗辐射 SiC 基功率电子器件的结构设计和关键制备工艺，优化栅氧介质、势垒金属化、钝化层、终端等结构和工艺参数；研制满足航天应用的高可靠 SiC 基金属—氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 和 SiC 基二极管，并在航天电源中进行应用验证。

考核指标：研制出宇航用高可靠 SiC 基 MOSFET 和 SiC 基二极管，抗辐射总剂量 ≥ 100 千拉德硅，抗单粒子烧毁能力线性能

量传输值 ≥ 75 兆电子伏特·平方厘米/毫克，最高工作结温 ≥ 200 摄氏度；SiC 基 MOSFET 额定电压 ≥ 650 伏特，抗单粒子烧毁能力阻断电压 ≥ 400 伏特，导通电阻 <25 毫欧，导通电流 ≥ 50 安培，阈值电压 ≥ 3.0 伏特；SiC 基二极管额定电压 ≥ 800 伏特，抗单粒子烧毁能力阻断电压 ≥ 400 伏特，导通电流 ≥ 50 安培，正向电压 <1.4 伏特；搭建宇航应用要求的抗辐射 SiC 基功率器件验证平台；开发基于 SiC 基功率器件的抗辐射电源，输入电压 ≥ 300 伏特，功率等级 ≥ 5 千瓦，最高效率 $\geq 97\%$ ，功率密度 ≥ 400 瓦/立方英寸；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.2 面向轨道交通和智能电网应用的高压 SiC 基功率电子材料和器件（应用示范类）

研究内容：研究 6 英寸 SiC 基功率电子材料中缺陷、杂质对器件性能的影响规律及表征方法，研究 SiC 基同质厚外延生长动力学规律和缺陷/应力控制技术；研究 SiC 基功率电子器件阈值电压漂移机制、高压电场平衡技术、负栅偏压和体二极管可靠性技术；研究高耐压、高可靠、低导通电阻 SiC 基 MOSFET 器件设计和制备技术；研究 SiC 基功率电子器件高温可靠、高压绝缘、电磁干扰（EMI）抑制、低感互连、低热阻和兼具高红外发射率、高热导率的双功能辐射冷却材料等封装技术；开展 3.3 千伏和 6.5 千伏 SiC 基功率电子器件在轨道交通或智能电网中的应用示范。

考核指标：6 英寸 SiC 基同质外延薄膜厚度 ≥ 60 微米，厚度不均匀性 $<5\%$ ，表面缺陷密度 <0.5 /平方厘米，基平面位错密度 $<1/$

平方厘米; 3.3 千伏的 SiC 基 MOSFET 单芯片导通电阻 <40 毫欧, 比导通电阻 <20 毫欧·平方厘米, 半桥模块电流 ≥ 1000 安培, 阈值电压 ≥ 3 伏特, 可靠性要求通过负栅压 1000 小时耐久试验, 阈值电压漂移不超过 10%; 6.5 千伏的 SiC 基 MOSFET 单芯片导通电阻 <60 毫欧, 比导通电阻 <40 毫欧·平方厘米, 半桥模块电流 ≥ 600 安培, 阈值电压 ≥ 3 伏特, 负栅偏压满足长期可靠性要求; 辐射冷却涂层红外发射率 ≥ 0.9 , 热导率 ≥ 2 瓦/(米·开尔文); 在轨道交通或智能电网中实现高压兆瓦级以上电力电子装置的应用示范, 满载效率 $\geq 96\%$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.3 面向工业电机应用的 GaN 基功率电子材料与器件(共性关键技术类)

研究内容: 研究大尺寸 Si 衬底上高耐压、低漏电、低缺陷密度、低翘曲的厚膜氮化镓 (GaN) 外延生长技术; 开发高工作电压、高可靠性 GaN 基功率电子器件的产业化制造技术, 特别是用于耐压提升的电场调控技术; 研究高耐压器件的动态电导退化机制和可靠性问题解决方案; 研究面向高速精密伺服电机驱动的高效率、高功率密度整流与逆变技术, 研究高工作电压下 GaN 基器件高频驱动和开关噪声串扰抑制技术。

考核指标: 实现 900 伏特耐压等级 GaN 基功率电子材料与器件的国产化规模制造; 6 英寸及以上 Si 衬底上 GaN 基外延层厚度 ≥ 6 微米, 厚度不均匀性 $<2\%$, 位错密度 $<5\times 10^7$ /平方厘米, 翘

曲 <30 微米，GaN 基缓冲层纵向漏电 <0.01 微安/平方毫米@900 伏特；900 伏特耐压等级的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 <6 毫欧·平方厘米，导通电阻 <50 毫欧，动态导通电阻上升在施加反向应力 1000 小时后 $<20\%$ ；10 千瓦三相 380Vac 高速电机驱动器输出基波频率 ≥ 2000 赫兹，开关频率 ≥ 50000 赫兹，效率 $\geq 98.5\%$ ，功率密度 ≥ 300 瓦/立方英寸；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.4 GaN 基纵向功率电子材料与器件研究（基础研究类）

研究内容：研究面向 GaN 基纵向功率电子器件的材料外延生长技术，研究 GaN 基材料中点缺陷及其对载流子输运特性的影响机制；研究 GaN 基纵向功率电子器件的终端保护技术和增强型器件实现方法；研究 GaN 基纵向功率电子器件关键制备工艺及异质外延衬底剥离技术；研制具有强雪崩能力和抗浪涌能力的低导通电阻、高耐压纵向功率二极管；研制高耐压、耐雪崩、低导通电阻、高阈值电压纵向场效应晶体管和高耐压双极型晶体管。

考核指标：GaN 自支撑衬底同质外延薄膜位错密度 $<1\times 10^4$ /平方厘米，Si 衬底上 GaN 外延薄膜位错密度 $<4\times 10^7$ /平方厘米，漂移区厚度分别 ≥ 25 微米和 7 微米，电子浓度均 $<1\times 10^{16}$ /立方厘米，室温迁移率均 ≥ 1000 平方厘米/伏特·秒。同质外延和异质外延垂直型 GaN 基功率二极管耐压分别 ≥ 2500 伏特和 900 伏特，比导通电阻分别 <2 毫欧·平方厘米和 1 毫欧·平方厘米，同质外延 GaN 纵向功率二极管的抗浪涌电流能力 ≥ 11000 安培/平方厘米；

GaN 基纵向场效应晶体管耐压 ≥ 1800 伏特，阈值电压 ≥ 2 伏特，比导通电阻 < 3.0 毫欧·平方厘米；GaN 基双极型晶体管电流增益 ≥ 20 ，耐压 ≥ 650 伏特；申请发明专利 ≥ 15 件。

2.5 GaN 基互补型逻辑集成电路技术的基础研究（基础研究类）

研究内容：面向 GaN 基互补型逻辑集成电路的需要，研究高性能增强型 n/p 沟道器件单片集成的外延结构及生长技术；研究该结构中空穴输运性质及其调控技术、材料缺陷的影响机制；研究 GaN 基 p 沟道场效应晶体管（p-FET）的阈值电压调控技术、低阻欧姆接触技术、开态电流提升与关态电流抑制技术；研究 GaN 基互补型逻辑集成电路关键制备工艺，研究器件稳定性和可靠性问题及其解决方案；研究 n/p 沟道迁移率差异悬殊情况下的互补型逻辑电路设计方法；研究多级、多功能 GaN 基互补型逻辑电路的设计及制备验证。

考核指标：掌握满足 GaN 基互补型逻辑集成电路制备需求的外延设计、生长方法及制备技术，p 沟道区域空穴迁移率 ≥ 20 平方厘米/伏特·秒，面电荷密度 $\geq 1 \times 10^{13}$ /平方厘米；p-FET 阈值电压 < -0.5 伏特，饱和电流密度 ≥ 10 毫安/毫米，电流开关比 $\geq 1 \times 10^6$ ，偏压温度不稳定性所致阈值漂移小于工作电压的 10%；实现电路仿真所需的器件模型，设计并制备出互补型逻辑电路，逻辑门输出电压摆幅达到供电电压，单级时延 < 10 纳秒，在室温至 300°C 范围内维持正确逻辑功能；实现多级互补型逻辑电路与功率晶体

管的单片集成；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.6 高频宽带移动通信用滤波器关键技术研究(应用示范类)

研究内容：研究满足高频宽带移动通信用滤波器研制需求的高阻 Si 衬底、AlN 薄膜等材料关键制备技术；研究高频宽带通信用主要频段滤波器的设计仿真技术和关键器件制备工艺，发展标准器件工艺，形成批量生产能力；研究电路设计及仿真技术，解决高频宽带通信主要频段滤波器的工艺集成和批量生产技术，研究高性能、低成本高频宽带通信滤波器解决方案。

考核指标：在高阻 Si 衬底上研制出 20 吉赫兹-55 吉赫兹主要通信频段的微机电系统 (MEMS) 滤波器，插损最小点 <0.8 分贝，带外抑制 >40 分贝；在 AlN 薄膜上研制出 3.0~6.0 吉赫兹主要通信频段的 BAW/FBAR/XBAR 滤波器，谐振器 Q 值 >3000 ，滤波器插损最小点 <0.8 分贝，带外抑制 >45 分贝；6 英寸流片产能 ≥ 1 万片/年，滤波器产能 ≥ 1 亿只/年；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.7 面向现代农业高效种植需求的 LED 技术及其示范应用(应用示范类，部省联动)

研究内容：研究高效率 LED 外延生长及芯片关键技术，研究高可靠性 LED 器件封装技术，以满足农作物繁育过程对 LED 光源的光谱优化需求；开发现代农业优质种子快速繁育与高附加值作物优质、高效栽培的专用多光谱 LED 灯具及其配套光环境智能调控系统；研究基于 LED 光照的主粮作物快速繁育与高附加值作

物高效栽培应用的光配方及其配套栽培关键技术；制定行业规范或技术标准，并开展规模化应用示范。

考核指标：波长 730 ± 5 纳米近红外 LED 在 35 安培/平方厘米电流密度下 WPE $\geq 55\%$ ；波长 660 ± 5 纳米红光 LED 在 15 安培/平方厘米电流密度下 WPE $\geq 80\%$ ；波长 310 ± 5 纳米 UVB-LED 在 20 安培/平方厘米电流密度下 WPE $\geq 8\%$ ；专用 LED 灯具光合光量子系统发光效率 ≥ 3.2 微摩尔/焦耳；研制出现代农业高品质主粮作物快速繁育与高附加值作物高效栽培需求的专用高防护高可靠性 LED 灯具产品 ≥ 9 种，研发出 LED 光环境智能控制系统 ≥ 3 种；构建现代农业优质农作物快速繁育与高价值作物高效栽培需求的 LED 光配方 ≥ 15 种；主粮作物繁育周期缩短 $\geq 40\%$ ，亩产提升 $\geq 10\%$ ，高价值作物经济效益增加 $\geq 20\%$ 。建设主粮作物快速繁育和百亩高附加值作物生产示范基地 ≥ 2 个，专用 LED 灯具推广应用数量 ≥ 30000 套；申请发明专利 ≥ 10 件，制定相关国家/行业/团体标准或技术规范 ≥ 2 项。

2.8 面向生殖健康医疗需求的 LED 技术及专用系统研制(应用示范类)

研究内容：研究具有窄光谱结构半导体 LED 材料与器件关键制备技术，开发基于氮化物半导体材料的超窄谱发光器件与芯片级光谱形态调控技术，研究生物相容的柔性发光芯片封装与阵列集成技术，以满足光医疗应用对 LED 多波段集成、多波段辐照度可调控、芯片可植入等功能需求；针对生殖健康医学问题，研究

LED 光的干预方法、作用机制和剂量设计理论；研发用于机理研究、动物试验与临床应用的 LED 光源装置和诊疗设备，并进行临床示范应用。

考核指标：研制出近紫外到近红外的多波段光谱自由组合及精确调控的 LED 光源芯片和装置，芯片辐射通量密度 ≥ 300 毫瓦/平方毫米；实现光谱半高宽 < 10 纳米的氮化物光源；研制出应用于生殖健康医疗的柔性 LED 器件，拉伸度 $\geq 150\%$ ；开发出 400~550 纳米、630~950 纳米波段复合光谱生物相容光源，光谱结构 ≥ 10 波段可调，调控精度 ≥ 256 级；目标光场的空间均匀性 ≥ 0.8 ，在生物体内运行时组织温升 < 1 摄氏度，满足生物相容性要求；建立机理和剂量理论，光辐照对生殖系统感染损伤等的治愈率 $\geq 90\%$ ；研制出生殖系统疾病专用 LED 诊疗设备 ≥ 2 种，每种设备完成临床试验 ≥ 200 例；制定相关国家/行业/团体标准或技术规范 ≥ 3 项，申请专利 ≥ 10 件。

2.9 大功率深紫外 AlGaIn 基 LED 发光材料与器件产业化关键技术（应用示范类）

研究内容：面向大功率深紫外 LED 需求，研究 2~4 英寸蓝宝石衬底上深紫外 AlGaIn 基 LED 高量子效率发光有源区结构外延技术；研究低电压、高出光效率、大功率深紫外 AlGaIn 基 LED 芯片制备关键技术；研究深紫外 LED 高光提取效率、高气密性、低热阻封装技术；研究深紫外 AlGaIn 基 LED 的外延结构、器件和封装工艺等对器件失效和光衰的影响机制，发展器件标准化评

价方法。

考核指标：研制出大功率深紫外 AlGaIn 基 LED 并实现量产，深紫外 LED 单芯片封装后在 350 毫安电流下的输出光功率 ≥ 250 毫瓦（发光峰值波长 < 280 纳米），电光转化效率 $\geq 10\%$ ，寿命 $LT_{50} \geq 10000$ 小时；2 英寸高性能深紫外 LED 外延芯片产能 ≥ 10000 片/年，4 英寸外延芯片产能 ≥ 2500 片/年；申请发明专利 ≥ 10 件，编制相关国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.10 高灵敏度宽禁带半导体紫外探测器及多元成像技术（共性关键技术类）

研究内容：研究宽禁带半导体紫外探测材料外延生长的缺陷抑制、掺杂和均匀性控制技术；研究高增益日盲雪崩光电探测器、极紫外探测器、紫外单光子探测器及多元成像器件的结构设计和关键制备技术；研究盖革模式下紫外雪崩器件的暗计数产生机理和单光子检测方法，紫外光电探测器的失效机理、光电稳定性和可靠性评估方法；研究低噪音读出电路和封装技术，研究多谱段紫外辐照监测模组及多元成像技术。

考核指标：研制出室温下探测效率 $\geq 30\%$ 的紫外单光子探测器及 256×1 多元成像器件；实现雪崩增益 $\geq 1 \times 10^6$ 、具备单光子探测能力的日盲雪崩光电探测器；研制出工作波段 5~200 纳米、响应度 ≥ 0.03 安培/瓦的极深紫外探测器；建立宽禁带半导体紫外探测器寿命预测模型和性能检测标准；面向火焰探测、污染物检测和深紫外光刻等应用，开发紫外辐照监控模组及产品 ≥ 3 种；申

请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.11 面向公共卫生等领域的深紫外 LED 模组和装备开发及应用示范（应用示范类）

研究内容：研究深紫外 LED 光源的波长、功率等参数在不同照射时间、距离、温度等条件下对病毒和细菌的作用效果，建立相关参数与灭活效果之间的定量关系；面向公共卫生、物流等领域应用需求，开发典型病菌消杀的深紫外 LED 光源模组，开发用于消杀装备安全性设计需求的监控模组；开发面向公共卫生或物流等领域高安全性、智能化的深紫外 LED 消杀装备及系统解决方案，并开展应用示范。

考核指标：建立起深紫外 LED 光源参数与公共卫生等领域病菌灭活效果之间的定量关系，典型病菌 ≥ 5 种，并形成行业应用指导方案；研制出专用深紫外 LED 消杀光源模组，波长 < 280 纳米，输出光功率 ≥ 3 瓦，病菌消杀率 $\geq 99.9\%$ ；研制出用于公共场所的安全智能消杀装备 ≥ 10 种；形成面向公共场所消杀系统解决方案，深紫外消杀产品示范规模 ≥ 10000 台套；申请发明专利 ≥ 10 件；制定相关国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.12 波长短于 250 纳米的 AlGaIn 基深紫外 LED、紫外激光材料与器件关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究 AlN 和高 Al 组分 AlGaIn 量子结构的外延生长技术，研究 Al 组分大于 70% 的 p 型 AlGaIn 掺杂方法，突破 250 纳米发光器件 p 型掺杂瓶颈；探索 AlGaIn 基深紫外量子结构的量

子限域、载流子输运、光发射与传播、光子与电子耦合及其调控方法；研究波长短于 250 纳米的深紫外 LED 关键制备技术，特别是光提取效率提升技术；研究波长短于 280 纳米的深紫外 LD 激光材料，探索大注入、高增益、强光限域下激光器光限制结构效率提升方法与高质量谐振腔实现途径。

考核指标：Al 组分 $\geq 70\%$ 的 AlGaIn 外延层位错密度 $< 5 \times 10^7$ / 平方厘米，Al 组分 $\geq 70\%$ 的 p-AlGaIn 空穴浓度 $\geq 3.0 \times 10^{18}$ / 立方厘米；波长短于 250 纳米的深紫外量子阱内量子效率 $\geq 50\%$ ；波长短于 250 纳米的深紫外 AlGaIn 基 LED 芯片输出功率 ≥ 1 毫瓦；研制出波长短于 280 纳米的深紫外 LD 结构材料并实现激射；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.13 GaN 单晶衬底材料制备产业化技术（共性关键技术类）

研究内容：开展大尺寸 GaN 单晶衬底材料生长装备的温场、流场以及浓度场均匀性等关键技术研究，研究 GaN 单晶衬底材料的高速率均匀生长稳定性及一致性技术；发展大尺寸 GaN 单晶衬底的中试及量产技术，研究应力调控技术、缺陷控制技术以及可控掺杂技术；研究极低位错密度 GaN 单晶材料的制备技术；研究 GaN 单晶衬底的同质外延技术并开展器件验证。

考核指标：实现 6 英寸 GaN 单晶衬底中试研发，生产能力 ≥ 500 片/年；实现 4 英寸 GaN 单晶衬底量产，产能 ≥ 15000 片/年；4 英寸量产及 6 英寸中试生产的 GaN 单晶衬底位错密度 $< 1 \times 10^6$ / 平方厘米，GaN 单晶衬底材料生长速率 ≥ 200 微米/小

时，电阻率在 $0.01\sim 10^9$ 欧姆·厘米之间可控，其中导电性 GaN 单晶衬底电阻率 < 0.02 欧姆·厘米，半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 3\times 10^8$ 欧姆·厘米；4 英寸极低位错密度 GaN 单晶衬底位错密度 $< 1\times 10^5$ /平方厘米；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.14 AlN 单晶衬底制备和同质外延关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开展大尺寸、高质量 AlN 单晶衬底和模板材料生长技术及同质外延技术研究；研究高质量 AlN 晶体生长方法和缺陷调控机理；研究 2 英寸 AlN 晶片制备的量产技术；研究 4 英寸 AlN 模板的产业化核心技术；研究基于 AlN 单晶衬底和 AlN 模板衬底的同质外延生长技术，探索高性能同质外延器件的制备技术。

考核指标：4 英寸 AlN 单晶衬底 XRD (002) 面摇摆曲线半高宽 < 500 弧秒；实现高质量 AlN 单晶衬底，位错密度 $< 5\times 10^4$ /平方厘米，光吸收系数 < 25 /厘米 @265 纳米；2 英寸 AlN 单晶衬底位错密度 $< 1\times 10^5$ /平方厘米，实现量产，产能 ≥ 200 片/年；4 英寸低位错密度模板材料的 AlN 层厚度 ≥ 10 微米，位错密度 $< 2\times 10^7$ /平方厘米，实现量产，产能 ≥ 5000 片/年；AlN 单晶衬底上同质外延层位错密度 $< 1\times 10^6$ /平方厘米，制备出波长在 265~280 纳米范围内的深紫外 LED 器件，IQE $\geq 80\%$ ；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.15 镓系宽禁带半导体异质结构材料基因工程和信息感知器件（基础研究类）

研究内容：开展镓系宽禁带半导体异质结构材料基因工程研究，探索相关高通量计算设计和制备技术，研究固溶度、微结构、相变、极化、缺陷等与材料能带结构、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。

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）；发展出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；发展出基于材料基因组技术的新型异质结构设计、制备和表征方法 ≥ 3 项；申请发明专利或软件著作权登记 ≥ 10 件。

2.16 大尺寸氧化镓半导体材料与高性能器件研究（共性关键技术类）

研究内容：研究大尺寸氧化镓单晶生长技术、缺陷形成机制及其抑制方法，研究单晶掺杂和电阻率调控技术，及其晶片整形、晶面调制和衬底加工技术；研究氧化镓薄膜的外延生长、缺陷抑制和背景载流子调控技术，研究氧化镓物相调控技术；研究n型

和 p 型可控掺杂技术和高效激活机制，探索异质结构制备、能带剪裁及界面控制工程；研究氧化镓的界面态抑制、低阻欧姆接触、高压复合终端等关键器件工艺技术，研制高性能功率电子器件和光电探测器件。

考核指标：氧化镓单晶衬底尺寸 ≥ 6 英寸，位错密度 $< 1 \times 10^4$ / 平方厘米，n 型掺杂衬底电阻率 $< 5 \times 10^{-3}$ 欧姆·厘米，半绝缘衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^{10}$ 欧姆·厘米；氧化镓外延薄膜背景电子浓度 $< 1 \times 10^{16}$ / 立方厘米，XRD 摇摆曲线半高宽 < 90 弧秒，掺杂电子浓度在 $10^{16} \sim 10^{19}$ / 立方厘米范围可控，室温电子迁移率 ≥ 160 平方厘米/伏特·秒，掺杂空穴浓度 $\geq 2 \times 10^{15}$ / 立方厘米；异质结构二维电子气面密度 $\geq 1 \times 10^{13}$ / 平方厘米，室温迁移率 ≥ 120 平方厘米/伏特·秒；二极管击穿电压 ≥ 3000 伏特、导通电阻 < 10 毫欧·平方厘米，场效应晶体管击穿电压 ≥ 3000 伏特，导通电阻 < 15 毫欧·平方厘米，日盲紫外探测器响应度 $\geq 10^5$ 安培/瓦，响应时间 < 5 毫秒；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.17 面向器件研制的大尺寸金刚石半导体材料制备和高效掺杂（基础研究类）

研究内容：研究大尺寸金刚石单晶材料的生长动力学规律、应力消除技术和缺陷控制方法，以及金刚石薄膜材料的外延生长规律和缺陷物理；研究金刚石 p 型和 n 型掺杂技术，特别是固溶度和激活效率提升机制；研究高稳定性、高电导金刚石表面终端结构的制备技术，探索载流子迁移率调控方法及其输运机制；研

究金刚石器件结构、器件物理和关键制备工艺，研制高性能微波功率器件和探测器件。

考核指标：金刚石单晶衬底尺寸 ≥ 3 英寸，XRD(400)面摇摆曲线半高宽 < 200 弧秒，未掺杂金刚石同质外延薄膜非平衡电子或空穴迁移率寿命乘积 $\geq 1 \times 10^{-5}$ 平方厘米/伏特；掺杂金刚石外延薄膜n型和p型室温载流子浓度分别 $\geq 1 \times 10^{17}$ /立方厘米和 2×10^{18} /立方厘米；金刚石表面终端方块电阻 < 5000 欧姆/平方；金刚石微波功率器件输出功率密度 ≥ 4 瓦/毫米，金刚石光电探测器响应度 ≥ 100 安培/瓦，金刚石辐射探测器 α 粒子能量分辨率 $< 2\%$ ；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.18 氮化物宽禁带半导体强耦合量子结构材料和器件(基础研究类)

研究内容：研究氮化物宽禁带半导体强耦合低维量子结构材料和器件。研究GaN基量子点结构中电声子相互作用和激子行为，研制室温光泵浦单光子发射器件；研究GaN基量子级联结构的原子级外延生长技术，研制太赫兹量子级联激光器；探索GaN基低维量子结构中自旋轨道耦合及其调控规律，研制室温自旋电子器件；探索GaN基半导体中基于自发极化和压电极化的突触器件特性，研制半导体高速忆阻器。

考核指标：实现基于GaN基量子点结构的室温光泵浦单光子源器件，发光波长 < 400 纳米，二阶相关度 < 0.15 ；GaN基量子级联结构 ≥ 100 周期，厚度 ≥ 2.5 微米，实现 ≥ 1 太赫兹的太赫兹波

发射；实现 GaN 基自旋光电/电子器件，室温自旋扩散长度 ≥ 200 纳米，自旋注入效率 $\geq 18\%$ ；实现 GaN 基半导体高速忆阻器，开关响应时间 < 85 皮秒；申请发明专利 ≥ 10 件。

3. 大功率激光材料与器件

3.1 大尺寸激光晶体材料制备的关键技术与应用研究（共性关键技术类）

研究内容：研究大尺寸激光晶体生长机理及结晶过程关键参数定量化技术，开发界面实时精准控制的激光晶体生长方法；研究大尺寸激光材料缺陷的形成、发展、演变规律与机理，开发出激光材料缺陷精确表征与抑制技术；研究大功率激光材料损伤行为及损伤机理，研制出可实现高功率激光输出的大尺寸、低损耗、高光学均匀性激光材料。

考核指标：重频高功率脉冲激光所需的关键增益材料 Nd:CaF₂ 和 Nd:LuAG：元件尺寸 ≥ 120 毫米 \times 120 毫米 \times 10 毫米，散射损耗 < 0.0015 /厘米，光学均匀性优于 1×10^{-5} ，抗激光损伤阈值 ≥ 15 焦耳/平方厘米；超快激光用大尺寸钛宝石晶体：元件尺寸 $\geq \Phi 240$ 毫米 \times 50 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10^{-5} ；高平均功率激光材料 Yb:YAG 和 Nd:LiLuF₄：元件尺寸分别 ≥ 150 毫米 \times 200 毫米 \times 14 毫米和 100 毫米 \times 50 毫米 \times 1.35 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10^{-5} ；Yb:CaGdAlO₄ 和稀土掺杂倍半氧化物材料：元件口径 $\geq \Phi 50$ 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10^{-5} 。申请发明专利 ≥ 20 件；制

定国家/行业/团体标准 ≥ 3 项。

3.2 晶体薄片加工及新一代增益器件制备（基础研究类）

研究内容：研究能量场动态调控的飞秒激光与材料作用微观成形/改性机理，揭示高精度散热结构控形控性机制；研究晶体薄片表面损伤、缺陷等对增益器件性能的影响规律，发展晶体内部改质分层切片、高散热效率微结构加工、高热导率辅助键合等制造新方法，掌握机械化学抛光、高抗损伤阈值镀膜等工艺技术；开发激光晶体增益器件制备工艺，实现高单脉冲能量的皮秒薄片激光应用验证。

考核指标：YAG、 Lu_2O_3 等晶体薄片：直径 $\geq \Phi 45$ 毫米，厚度 100~200 微米， $R_a < 0.3$ 纳米@RMS，面型精度 $PV < \lambda/10 @ 632.8$ 纳米，膜系损伤阈值 ≥ 1.2 焦耳/平方厘米@30 皮秒；SiC 热沉微结构：尺寸误差 < 5 微米，与未制备散热结构的热沉相比散热效率提升 5%；晶体薄片增益器件：高热导率辅助键合界面拉伸强度 ≥ 15 兆帕@-20~120 摄氏度，插层厚度 < 50 纳米，面内残余应力 < 100 兆帕，封接复合热导率 ≥ 350 瓦/米/开尔文；晶体薄片皮秒激光器验证：单脉冲能量 ≥ 50 毫焦，重复频率 ≥ 2000 赫兹。申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 1 项。

3.3 光纤激光器用高性能激光光纤（应用示范类）

研究内容：研究镨离子配位场精确调控和增益多维度控制技术，抑制模式不稳定效应、非线性效应及热损伤；研究高性能增益光纤的新型结构设计、高均匀性掺杂技术和精确拉丝技术，研

制高模式不稳定和高非线性阈值的大模场高功率单模运转增益光纤；研究高消光比的保偏光纤结构，研制具有高模式不稳定阈值、高非线性阈值和高消光比的保偏增益光纤。项目研制的增益光纤实现量产。

考核指标：高模式不稳定阈值增益光纤：模式不稳定（MI）阈值 ≥ 8 千瓦，承受连续功率 ≥ 10 千瓦，光束质量 $M^2 < 1.5$ ，数值孔径 $NA < 0.07$ ，吸收 ≥ 0.5 分贝/米@915 纳米；大模场单模运转增益光纤：模式不稳定（MI）阈值 ≥ 6 千瓦，承受连续功率 ≥ 20 千瓦，光束质量 $M^2 < 2$ ，数值孔径 $NA < 0.07$ ，吸收 ≥ 0.8 分贝/米@915 纳米；保偏光纤：双折射系数 $\geq 3.5 \times 10^{-4}$ ，高功率窄线宽线偏振激光输出 ≥ 3 千瓦，光光效率 $\geq 80\%$ ，线宽 < 0.2 纳米，光束质量 $M^2 < 1.3$ ，消光比 ≥ 12 分贝，无模式不稳定效应，拉曼抑制比 ≥ 20 分贝。研制的增益光纤实现大于 1000 公里的应用验证。申请发明专利 ≥ 10 件。

3.4 高损伤薄膜光学器件及大口径光栅制备及工艺研究（共性关键技术类）

研究内容：研究纳米复合薄膜材料的生长机制和性能调控技术，发展 < 100 纳米空间分辨薄膜纳米吸收缺陷的无损表征方法；研究连续激光作用下薄膜损伤失效机制，阐明飞秒激光作用下薄膜的非线性效应；研究兼顾宽带宽、高阈值和低色散等性能的膜层啁啾结构设计技术，研究薄膜厚度高精度制备技术；分别研究高衍射效率、低温升、偏振无关大口径光谱合束光栅和低像差、高衍射效率、高损伤阈值大口径脉冲压缩光栅的优化设计及全体

系制作技术；开展大面积长时间曝光条纹稳定技术及光场匀化技术；开展偏振无关合束光栅低温升光栅技术、高均匀槽形精准控制技术以及抗强光损伤技术研究；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：宽带色散薄膜：700~900 纳米波段群延迟色散 $< \pm 100$ 平方飞秒，反射率 $\geq 99.5\%$ ，损伤阈值 ≥ 1 焦耳/平方厘米 @800 纳米 & 20 飞秒；大口径超高损伤阈值双色镜：透射率 $\geq 99\%$ @800 纳米，反射率 $\geq 99.5\%$ @527 纳米，损伤阈值 ≥ 15 焦耳/平方厘米 @527 纳米 & 5 纳秒，口径 ~500 毫米；超低吸收反射薄膜：吸收 $<$ 百万分之 0.3，损伤阈值 ≥ 5 兆瓦/平方厘米 @1064 纳米；偏振无关合束光栅：波长 1060 ± 15 纳米，线密度 ≥ 1300 线/毫米，衍射效率 $\geq 98\%$ ，耐强光辐照能力 ≥ 70 千瓦/平方厘米，100 秒温升 < 2 摄氏度，口径 ~400 毫米；脉冲压缩光栅：波长 1053 纳米，对角线 ≥ 1.6 米，波面误差 $< 0.3\lambda$ ，波前梯度 GRMS < 30 纳米/厘米，衍射效率 $\geq 98\%$ ，损伤阈值 ≥ 1 焦耳/平方厘米 @1 皮秒；锁波体光栅：光栅厚度 ≥ 5 毫米，反射率 $15\% \pm 5\%$ ，半高宽 (FWHM) < 0.05 纳米，实现大于 1000 件的应用验证。申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 1 项。

3.5 高性能 SESAM 材料器件关键技术（应用示范类）

研究内容：研究可饱和吸收镜 (SESAM) 外延材料和生长技术，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。

考核指标：半导体可饱和吸收镜（SESAM）弛豫时间 <500 飞秒，损伤阈值 ≥ 3.5 毫焦/平方厘米 @1064 纳米，弛豫时间 <12 皮秒，损伤阈值 ≥ 3.5 毫焦/平方厘米@1064 纳米，寿命 $\geq 2,000$ 小时。研制实用化高质量外延材料及商用化器件，研制的 SESAM 器件实现大于 500 件的应用验证；申请发明专利 ≥ 5 件。

3.6 重频宽带大脉冲能量激光技术研究（共性关键技术类）

研究内容：研究面向百焦耳级重频宽带激光系统设计、高功率大面阵 LD 封装及均匀整形泵浦、增益介质高效热管理及热效应控制、重频大脉冲能量下光束质量控制、重频大脉冲能量宽带啁啾脉冲展宽压缩、激光传输放大过程光谱控制等关键技术，开展激光系统集成技术研究与关键技术集成验证。

考核指标：激光波长 ~ 1 微米，脉冲能量 ≥ 100 焦耳，重复频率 ≥ 10 赫兹，脉冲宽度 <10 纳秒，光谱宽度（啁啾脉冲） ≥ 5 纳米，光束质量 <5 倍衍射极限，主放大模块储能提取效率 $\geq 30\%$ ，泵浦模块输出均匀性 $<1.2:1$ （在 100 千瓦量级）。申请发明专利 ≥ 10 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

3.7 千瓦级高功率特种光纤激光器（共性关键技术类，部省联动）

研究内容：研究 1 微米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；研究折射率精确调控和掺杂离子体系优化，突破适用于千瓦单频激光放大的高增益特种光纤制备技术，实现功率高效放大和光束质量保持；研制出单模块千瓦级低噪声窄线宽单频光纤激光器，支撑超远距离空间相干测速的应用；研究2微米波段光纤激光种子源、Tm/Ho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2微米波段光纤激光器，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微米波段单频光纤激光器：工作波长~1.0微米，单模块输出功率 ≥ 1 千瓦，线宽 < 10 千赫兹，频率漂移 < 1 兆赫兹/30分钟，相对强度噪声 < -160 分贝/赫兹，功率不稳定性 $< 1\%$ ，光信噪比 ≥ 55 分贝，光束质量 $M^2 < 2$ ；2微米波段光纤激光器：工作波长1.8~2.2微米，输出功率 ≥ 1.2 千瓦，线宽 < 0.05 纳米，功率不稳定性 $< 5\%$ ，光信噪比 ≥ 30 分贝，光束质量 $M^2 < 2$ 。申请发明专利 ≥ 6 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

4. 前沿电子材料与器件

4.1 量子点纳米像元发光显示（QD-NLED）关键技术（共性关键技术类）

研究内容：发展表面亲/疏水性能可控的量子点发光材料，研究量子点纳米像元的制备技术，重点发展纳米/亚微米尺度量子点高质量异相界面组装与转印成膜技术；设计并优化适用于亚微米/

纳米像元的 QD-NLED 发光器件结构，突破 QD-NLED 漏电流抑制技术，发展新型微观形貌和光电特性测试表征技术；研究极高像素密度 QD-NLED 显示器件的干涉消除和电场驱动技术，研制单色 QD-NLED 样屏。

考核指标：QD-NLED 发光阵列器件分辨率 $\geq 1024 \times 768$ ，发光单元尺寸 < 500 纳米 $\times 500$ 纳米，外量子效率 $\geq 15\%$ ；单色 QD-NLED 显示样屏像素密度 ≥ 11000 每英寸的像素点数，亮度 ≥ 1500 坎德拉/平方米，实现动画显示；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

4.2 集成成像光场显示关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究光场显示用 2D 显示屏的高精细化像素结构，开发超高分辨率 2D 显示面板制造技术；研制高性能微透镜阵列和 2D/3D 切换显示的液晶微透镜等精密光学调控元件；开发结合人眼感知的光场渲染和 2D/3D 切换显示技术，研究集成成像光场 3D 显示的精密光学调控元件与高分辨率显示面板的大面积组装工艺，开发高性能集成成像光场显示系统。

考核指标：2D 显示屏尺寸 ≥ 27 英寸，物理分辨率 ≥ 600 ppi；集成成像光场显示系统空间带宽积 $\geq 10^8$ ，串扰 $< 5\%$ 、摩尔纹 $< 10\%$ ，视场角 ± 32 度，视点数 ≥ 32 ，视点间隔 < 2 度，光场观看范围 ≥ 1 平方米，单视点分辨率 ≥ 326 ppi；2D 和 3D 显示亮度相同条件下，3D 显示功耗上升幅度 $< 20\%$ ；完成 2D/3D 切换功能开发；申请发明专利 ≥ 25 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

4.3 高频大带宽射频滤波关键材料与器件技术（共性关键技术类）

研究内容：开展高性能射频滤波器用碳化硅基多层压电复合薄膜材料研究，突破结构可控的高机电耦合系数的多层压电复合材料制备技术，研发具有高功率耐受性的滤波器结构和与之相适应的新型叉指电极材料；开展不同模式的声波在多层压电薄膜材料中的传播规律与控制技术研究，突破高品质因素、大带宽谐振器材料与器件制备关键技术，研发面向 5G 应用的高频大带宽射频滤波器。

考核指标：开发 2~3 种碳化硅基多层压电复合薄膜材料，机电耦合系数 $k^2 > 30\%$ ，高功率耐受性的新型叉指电极材料抗电迁移 ≥ 20 小时（在 210 摄氏度和 10^6 安培/平方厘米条件下）；谐振器频率 5~10 吉赫兹，品质因素 > 3000 ，功率耐受性 ≥ 38 分贝毫瓦；5G 应用大带宽射频滤波器相对带宽 $\geq 32\%$ ，插入损耗 < 1 分贝，带内波动 < 1 分贝，带外抑制 ≥ 45 分贝；申报发明专利 ≥ 20 件。

4.4 中红外气体检测材料与器件关键技术及应用（共性关键技术类）

研究内容：研究宽增益中红外半导体激光材料与芯片设计制造技术，研究大面阵中红外探测器半导体材料生长及暗电流抑制技术，研究中红外激光气体检测核心部件驱动、温控与信号调理电路芯片设计技术，研究高光谱中红外气体成像技术，实现中红外气体检测材料与芯片自主可控和批量生产，研制高灵敏度、高

可靠性、长距离灾害气体监测终端，实现在燃气、交通等重点行业的示范应用。

考核指标：中红外激光器波长包含 3.0~6.2 微米波段（3.0~4.3 微米可调、单模输出功率 ≥ 30 毫瓦，4.3~6.2 微米可调、单模输出功率 ≥ 200 毫瓦；电光转换效率 $\geq 8\%$ ）；中红外探测器响应波长范围 3.0~6.2 微米可调，分辨率达 10 纳米，比探测率 $\geq 10^{10}$ 琼斯。气体检测量程（积分浓度）：甲烷、乙烷和丙烷 0~10000ppm·米，乙醇 0~1000ppm·米，一氧化碳、氰化氢 0~100ppm·米；灵敏度（积分浓度）达 1 ppm·米，精度 $\pm 2\%$ F·S；面阵像素达百万级。中红外气体检测和成像仪年产能力 ≥ 5000 台套，在省级市政、交管部门或龙头企业示范应用 ≥ 100 台套；申请发明专利 ≥ 10 件，制定团体标准 ≥ 3 项。

4.5 垂直沟道铟镓锌氧场效应晶体管动态随机存储器（DRAM）技术研究（基础研究类）

研究内容：研究铟镓锌氧半导体成膜工艺和材料组份调控对垂直沟道层薄膜侧壁覆盖性、均匀性和电学特性的影响，形成高质量垂直半导体沟道层的制备工艺方案；研究基于垂直沟道的氧化物晶体管的器件结构和制备工艺，建立器件结构—工艺—性能的协同优化策略，实现高性能、高可靠性的氧化物晶体管器件；基于垂直沟道的氧化物晶体管，研究新型的 DRAM 单元集成结构，开发三维堆叠工艺，实现高密度 DRAM 单元。

考核指标：制备的氧化物垂直沟道层满足 $L < 50$ 纳米， $W < 200$

纳米，垂直角度不低于 85 度；研制垂直沟道氧化物晶体管器件，其性能满足 $I_{on} > 2$ 微安， $I_{off} < 10^{-18}$ 安培， $SS < 100$ mV/decade，400 摄氏度退火各项指标退化 $< 5\%$ ；基于上述器件实现工艺特征尺寸 < 50 纳米，存储密度达到 $4 F^2$ 的 DRAM 单元结构，并实现三位堆叠，单元保持时间 > 300 秒，写入时间小于 10 纳秒。

5. 青年科学家项目

5.1 新型镓化合物量子点发光材料研究

研究内容：研究新型的高光效窄峰宽镓化合物量子点材料体系，解决蓝色印刷 QLED 寿命短的技术瓶颈；研究新型镓化合物量子点材料合成和工艺参数等对所制备量子点材料性质的影响，优化量子点材料制备技术，研制新型镓化合物发光量子点的印刷型 QLED 器件结构。

考核指标：新型镓化合物量子点发光材料的发光峰波长在可见光范围内，半峰宽 < 40 纳米，镓化合物量子点蓝色 QLED 器件外量子效率 $\geq 10\%$ 。

5.2 柔性双栅氧化物 TFT 器件与电路研究

研究内容：探究金属氧化物半导体中阴阳离子对深浅能级缺陷态和载流子的耦合调节机制，研制低缺陷高迁移率的新型氧化物半导体材料；研究双栅耦合电场下氧化物量子阱中载流子的传输机制，研制高稳定高性能的双栅氧化物 TFT 器件；探索低热预算柔性化制程诱发短沟道稳定性退化的原理，提出氧化物 TFT 的双栅结构和柔性工艺的针对性改进方案，研发面向柔性显示的高

可靠像素阵列和驱动电路。

考核指标:氧化物 TFT 场效应迁移率 ≥ 60 平方厘米/伏特·秒, 1 小时正负栅压 (± 20 伏特) 温度 (80 摄氏度) 应力造成的阈值电压漂移量 < 1 伏特; 柔性氧化物 TFT 像素阵列间非均匀性 $< 5\%$, 阵列基板行驱动电路 (GOA) 速度退化率 $< 10\%$ 。

5.3 基于原子层沉积氧化物半导体薄膜晶体管的 Micro-LED 驱动研究

研究内容: 研制高性能、高可靠性氧化物半导体薄膜晶体管器件; 设计 Micro-LED 显示驱动的大灰阶像素单元电路和高分辨率、高刷新率阵列周边电路, 构建材料—器件—阵列的协同设计方法及驱动架构, 探究驱动架构自反馈自适应的 TFT 驱动电流调制方法, 研制超大规模 Micro-LED 驱动阵列。

考核指标: 氧化物薄膜晶体管场效应迁移率 ≥ 30 平方厘米/伏特·秒, 电流开关比 $\geq 10^{10}$; 像素单元电路支持灰度等级 ≥ 10 比特, 周边电路支持 4K 分辨率 1 赫兹~120 赫兹刷新率动态自适应调整。

5.4 高动态彩色激光全息三维显示关键技术研究

研究内容: 探索动态全息三维显示的全息图快速生成和空间带宽积展宽方法, 构建三维信息实时获取、场景信息重构和彩色全息图高效生成理论模型, 研究人眼观看舒适的空间带宽积展宽、视场角扩展、散斑噪声抑制等彩色激光全息三维图像再现、优化与评价技术, 研制出高帧率动态彩色全息显示样机。

考核指标：高动态彩色激光全息三维显示系统的空间带宽积 $\geq 10^7$ ，帧频 ≥ 24 赫兹，图像采样像素数 $\geq 65K$ 点；申请发明专利 ≥ 10 件。

5.5 高折射高透明聚环烯烃关键材料与聚合反应研究

研究内容：研究高透明、高折射率、高耐磨聚环烯烃树脂的结构与聚合反应机制；设计合成环烯烃结构的活性单体，以及聚合反应的高性能催化剂；研究环烯烃的分子结构，树脂的组成、微观结构、分子量及其分布等对其光学、热学、机械性能和成型工艺的影响；开展环烯烃树脂在显示领域的应用研究。

预期指标：折射率 ≥ 1.7 ，可见光范围的透过率 $\geq 95\%$ ，摩擦系数范围为 0.05~0.11，实现显示领域中的应用。

5.6 高性能长寿命晶态蓝光 OLED 器件研究

研究内容：发展晶态有机半导体薄膜的低缺陷态生长技术，探索高质量晶态有机半导体薄膜形成的科学规律；研究具有电传输、发光层主体、发光层客体等不同功能定位材料的晶态薄膜生长、分子取向等科学问题；开展影响晶态有机半导体材料与器件发光效率与稳定性的机理性研究；开展晶态 OLED 器件结构、晶态 OLED 电输运特性与寿命特性等方面研究，建立长寿命晶态 OLED 方案。

考核指标：发展出若干基于晶态有机半导体的薄膜体系，基于 OLED 器件构型且低电场与低电荷密度条件下，空穴迁移率达 0.1~10 平方厘米/（伏特·秒），电子迁移率达 0.01~1 平方厘米/

(伏特·秒), 蓝光 OLED 器件 ($CIE_y \leq 0.4$) 寿命 $LT_{95} \geq 300$ 小时@3000 坎德拉/平方米。

5.7 大功率低插损 GaN 基开关关键技术

研究内容: 面向大功率低插损 GaN 基射频开关研制需求, 研究 GaN 基开关用外延材料高质量、高均匀性生长技术; 研究高击穿电压、低导通电阻 GaN 基开关器件设计及制备关键技术; 研究 GaN 基开关功率耐受机理、大功率低插损 GaN 基开关电路拓扑及设计技术。

考核指标: 实现 4~6 英寸 GaN HEMT 外延材料高均匀生长, 研发 Sub-6 吉赫兹典型频段大功率单刀双掷开关, 功率达到 100 瓦量级; 研发毫米波段典型频段单刀双掷开关, 功率达到 20 瓦量级; 申请发明专利 ≥ 2 件。

5.8 高维多自由度涡旋光场的调控机理与调控技术

研究内容: 开展涡旋光场新型自由度调控机理、高维多自由度涡旋光场定制技术等研究, 利用高维多自由度涡旋光场实现经典纠缠演示。

考核指标: 涡旋光场的新型调控自由度 ≥ 3 , 最大经典纠缠态数目 ≥ 8 (纠缠维度 ≥ 3), 通信加密维度 ≥ 20 。

5.9 高功率连续啁啾激光远距离单光子差分测距技术

研究内容: 探索连续啁啾激光单光子差分探测原理, 研究低量化非线性误差抑制与差分信息提取技术, 实现啁啾激光脉冲压缩与远距离目标差分测距精度达亚毫米量级。

考核指标：连续啁啾激光探测距离 ≥ 30 千米，距离差分测量精度 <1 毫米。

5.10 大功率高频段太赫兹激光器研究

研究内容：开展基于第一性原理的太赫兹激光动力学建模方法、大功率长波红外激光泵浦源及其主动稳频技术、太赫兹激光高效耦合及被动稳频技术等研究。

考核指标：太赫兹激光频率 ≥ 5 太赫兹（频点数 ≥ 2 ），平均功率 ≥ 250 毫瓦。

5.11 基于线性单光子过程的极紫外相干光源研究

研究内容：开展基于单光子过程的极紫外相干光源产生机理、高转化电泵浦亚稳态介质的产生技术、亚稳态介质与激励激光的高效率耦合技术等研究。

考核指标：光源波长 <60 纳米，光通量 $\geq 10^{12}$ 光子/秒。

5.12 基于范德华外延的柔性氮化物纳米发光器件及显示阵列研究

研究内容：研究氮化物半导体材料的范德华外延技术，探索外延界面构筑方法和调控规律；研究外延应力和缺陷对InGaN/GaN量子结构发光效率的影响，以及柔性氮化物半导体纳米发光器件的制备工艺；研究纳米尺度发光器件中表面缺陷对发光性能的影响及其抑制方法，研制基于纳米发光器件的柔性显示阵列。

考核指标：柔性氮化物发光材料的内量子效率 $\geq 40\%$ ，柔性

显示阵列像素密度 ≥ 5000 每英寸的像素点数,曲率半径 <20 毫米。

5.13 虚实融合真 3D 显示机理与关键材料研究

研究内容: 探究基于微纳结构的视角光场调控机理, 发展信息密度非均匀空间排布方法, 研究无视疲劳的真 3D 显示与虚实融合显示融合方法; 研究基于微纳结构的虚实融合相位调控功能材料设计方法, 探索彩色融合显示方法; 研究大幅面高精度像素化复杂纳米结构光刻技术, 发展大幅面纳米结构高效制备工艺, 研制虚实融合彩色真 3D 显示样机。

考核指标: 虚实融合彩色真 3D 显示视场角 ≥ 30 度 $\times 10$ 度, 眼盒范围 ≥ 200 毫米 $\times 100$ 毫米, 光透过率 $\geq 80\%$, 3D 图像深度 ≥ 1 米。

5.14 基于阻变存储器件的神经网络脉冲动力学研究

研究内容: 研究利用传统互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺及阻变存储器件 (如瞬态转变器件) 产生脉冲信号并在时序上精确调控脉冲信号的技术; 研究利用阻变存储阵列作为人工突触时的随机性、非线性阻值变化等非理想化特性; 研究神经元与突触器件性能、脉冲神经网络结构、网络算法之间的优化关系; 实现非传统计算功能的验证和演示。

考核指标: 实现大于 1 兆比特的阻变存储器 (突触) 阵列和大于 2000 个脉冲神经元电路的集成; 实现至少 2 种利用脉冲神经网络求解非线性时间复杂度问题的应用功能演示。

5.15 新型铅基铁电材料与器件集成技术研究

研究内容: 针对物联网、可穿戴等应用对高速、低功耗存储

器的需求，发展新型铅基铁电材料与器件集成关键核心技术。研究铅基铁电体的畴结构与极化翻转动力学过程；研究铁电存储单元与 CMOS 的匹配互连和集成，实现阵列集成；基于阵列数据的统计，研究材料—结构—性能之间的定量关系，优化阵列性能与可靠性；完成读写电路的设计与芯片存储功能验证。

考核指标：阐明铅基铁电畴结构与电畴翻转过程；在 CMOS 工艺线上实现铅基铁电的阵列，集成规模 ≥ 1 兆比特；阵列中器件的疲劳特性 $> 10^{10}$ ；实现 1 款铁电存储芯片，实现数据存储功能验证。

“新型显示与战略性电子材料” 重点专项 2022 年度项目申报 指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

(1) 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。

(2) 科技型中小企业项目不再下设课题, 项目参与单位总

数不超过 2 家，科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国家税务总局印发的《科技型中小企业评价办法》（国科发政〔2017〕115 号）。

本专项形式审查责任人：杨斌

“储能与智能电网技术”重点专项 2022 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 2022 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。

2022 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、超长时间尺度储能技术、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、储能和智能电网基础支撑技术等 7 个技术方向，拟启动 27 项指南任务，拟安排国拨经费概算 4.08 亿元。其中，围绕中长时间尺度储能技术、超长时间尺度储能技术、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、储能和智能电网基础支撑技术等方向，拟部署不超过 14 个青年科学家项目，拟安排国拨经费不超过 4200 万元，每个青年科学家项目拟安排国拨经费不超过 300 万元。原则上，基础研究类（含青年科学家项目）项目不要求配套经费，共性关键技术类项目要求配套经费与国拨经费比例不低于 1.5: 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 4 年。除特殊说明外，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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 中长时间尺度储能技术

1.1 低成本长寿命锰基储能锂离子电池（共性关键技术类）

研究内容：针对现有储能电池难于满足各类自然环境下未来储能系统各种应用场景需求，研究低成本、高安全、高比能、高功率、宽环境适应性的锰基锂离子电池的关键技术，具体包括：低成本、高稳定的锰基氧化物或磷酸盐类正极材料的结构设计及规模化制备技术；长寿命锰基储能锂离子电池电芯开发；高效率、低成本、长寿命、宽环境适应性的锰基储能锂离子电池模组和系统集成技术；锰基储能锂离子电池的安全性、环境适应性、失效机制以及寿命预测等问题研究。

考核指标：研发出适用于中短时长应用场景的新一代低成本锰基储能锂离子电池：高能量、长寿命锰基离子电池，能量密度不小于 200Wh/kg，具备室温 1C 充放电能力，循环寿命大于 12000 次；45°C 循环寿命大于 4000 次；实现 MWh 级以上储能电池系统的应用，储能系统的安全性符合国家标准，综合能量效率 $\geq 90\%$ ，-40°C 储能系统能量保持率 $\geq 70\%$ ，循环寿命不小于 10000 次（1 倍额定充电功率/1 倍额定放电功率）；日历寿命 ≥ 20 年，等效度电成本 ≤ 0.1 元/千瓦时。

1.2 有机储能电池（基础研究类，含青年科学家项目）

研究内容：针对储能大规模应用对低成本、资源可持续性要求及部分场景极端环境运行的要求，研究有机储能电池技术，具体包括：正负极材料有机活性分子的设计、合成与规模化低成本

可控制备技术；有机电极材料中离子、电子输运机制与调控规律以及电极/电解液界面作用机制；有机电极材料及界面在充放电过程中的官能团转化与晶体结构演变规律；长寿命、低温极端条件下、低成本的有机离子电池和模组集成技术。

考核指标：开发3种以上具有自主知识产权的有机电极材料和功能电解液；研制10Ah级以上的有机离子单体电池，电池循环寿命 ≥ 10000 次，容量保持率 $\geq 80\%$ ；室温下1C质量能量密度 $\geq 200\text{Wh/kg}$ ；环境适应温度 -50°C 至 50°C ， -50°C 容量保持率 \geq 室温容量70%；室温下5C倍率充放电容量保持率 $\geq 1\text{C}$ 容量的80%， -50°C 时5C倍率充放电容量保持率 $\geq -50^\circ\text{C}$ 时1C倍率充放电容量的40%，安全性符合国家标准；建立有机储能电池体系的评测方法并制定相关标准。

有关说明：拟支持1项常规项目，并行支持2项技术路线互不相同，且与常规项目技术路线也不同的青年科学家项目。青年科学家项目的研究内容与常规项目相同，但考核指标略有不同，具体考核指标如下：开发3种以上具有自主知识产权的有机电极材料和功能电解液；研制Ah级以上的有机离子单体电池，电池循环寿命 ≥ 10000 次，容量保持率 $\geq 80\%$ ；室温下1C质量能量密度 $\geq 200\text{Wh/kg}$ ；环境适应温度 -50°C 至 50°C ， -50°C 容量保持率 \geq 室温容量70%；室温下5C倍率充放电容量保持率 $\geq 1\text{C}$ 容量的80%。

1.3 水系金属离子储能电池（基础研究类，含青年科学家项目）

研究内容：针对规模储能对安全性、经济性和环境适应性持

续更高的要求，研发水系金属离子储能电池。具体包括：高电化学稳定、宽温域水系电解液及电极材料筛选制备与性能优化；水系电池用高性能低成本隔膜、防腐蚀集流体及粘合剂研究与开发；水系电池电极结构设计制备与电芯设计开发；水系电池模组与系统设计集成及其失效分析与寿命预测技术。

考核指标：提出高安全低成本水系金属离子储能电池材料体系、电芯、模组与系统设计可行性方案及样机验证，研制安时级以上单体电芯，单体电池能量密度大于 60Wh/kg，充放电倍率不小于 1C 和 100% 充放电深度时循环寿命大于 10000 次，容量保持率不低于 80%，能量效率不低于 85%；高温 60°C 下放电容量不低于常温的 90%，低温 -40°C 下放电容量不低于常温的 70%；完成 100kWh 级水系电池储能系统的样机验证；安全性高于储能锂离子电池国家标准。

有关说明：拟支持 1 项常规项目，并行支持 2 项技术路线互不相同，且与常规项目技术路线也不同的青年科学家项目。青年科学家项目的研究内容与常规项目相同，但考核指标略有不同，具体考核指标如下：提出高安全、宽温域、低成本水系金属离子储能电池材料体系以及电芯设计方案，研制安时级以上单体电芯，单体电池能量密度大于 60Wh/kg，充放电倍率不小于 1C 和 100% 充放电深度时循环寿命大于 10000 次，容量保持率不低于 80%，能量效率不低于 85%；高温 60°C 下放电容量不低于常温的 90%，低温 -40°C 下放电容量不低于常温的 70%。

1.4 百兆瓦时级钠离子电池储能技术（共性关键技术类）

研究内容：针对规模储能对更高技术经济性、资源可持续利用的要求，研究新型钠离子电池储能技术，以满足大规模储能、分布式储能等不同应用场景。具体包括：高能量密度钠离子电池的低成本正负极材料设计及量产技术研究；钠离子电池电解质材料设计及优化；钠离子电池中的运输、界面反应、稳定性以及全寿命周期失效机制；单体及模组的创新设计与研制；百兆瓦级钠离子电池储能系统集成技术、环境适应性、安全性及成本构成模型与降低方法。

考核指标：开发出新型低成本正负极、电解质等关键材料；研制的钠离子电池单体能量密度 $\geq 150\text{Wh/kg}$ ， -40°C 容量保持率80%；且2C以上、100%放电深度(DOD)时，循环寿命大于10000次；储能单体成本 ≤ 0.3 元/Wh，系统成本 ≤ 0.6 元/Wh，系统能量转换效率不小于90%，安全性符合国家标准；研制百兆瓦时级以上钠离子电池储能系统，实现在大规模储能、分布式储能、工业储能等领域的应用验证。

有关说明：实施年限3年。

2. 短时高频储能技术

2.1 高功率锂离子电池储能技术（共性关键技术类）

研究内容：针对新型电力系统频率稳定性问题，开发适用于调频的高功率低成本锂离子电池储能技术，具体包括：开发高功率、长寿命的储能型锂离子电池化学体系；高功率电极和电芯结

构的设计及制造工艺;研究新型高效热管理及系统安全防护技术;典型储能工况下,高精度功率预测评估算法;双向大功率快响应变流装置及兆瓦级高功率储能锂离子电池系统。

考核指标:高功率储能锂离子电池室温条件下4P充电,4P放电容量达到1P容量的90%,电池单体能量密度 $\geq 150\text{Wh/kg}$;循环寿命 ≥ 8000 次(25°C,2P连续充放电,80%DOD),容量保持率 $\geq 80\%$,25°C存储寿命 ≥ 10 年;2P工况下系统内各电池表面温差 $\leq 3^\circ\text{C}$,模块内各电池表面温差 $\leq 2^\circ\text{C}$,模块内单体热失控后,其表面峰值温度 $\leq 300^\circ\text{C}$,达到峰值后表面温度下降速率 $\geq 10^\circ\text{C/min}$,系统内单体热失控后,不发生整体热扩散;15分钟功率预测误差小于实际功率能力20%,快速频率响应时间 $\leq 50\text{ms}$,建成兆瓦时级储能系统,度电成本低于0.2元。

2.2 高功率双离子储能电池(基础研究类)

研究内容:针对短时高频储能对功率型储能的应用需求,研究开发兼具高功率密度、高能量密度、高安全、低成本的双离子储能电池技术。具体包括:高比容量阴离子插层型正极材料、高比容量复合负极材料、高电压高安全电解液或固态电解质等关键材料的设计及规模化制备技术;双离子电池高电压电解液稳定性研究以及电解液/电极界面反应的热力学、动力学、相容性研究;双离子电池电芯及系统的设计及开发;双离子电池的安全性、环境适应性评测及失效机理研究。

考核指标:双离子储能电池单体容量 $\geq 20\text{Ah}$,单体能量密度

≥150Wh/kg (室温, 充放电倍率不小于0.2C), 循环寿命不小于10000次 (室温, 充放电倍率不小于0.5C, 100% DOD), 25°C, 10C倍率充放电电池容量保持率≥1C倍率充放电电池容量的80%; 最大功率密度≥5kW/kg; 研制出100kWh级双离子储能电池系统, 系统能量转换效率≥80% (室温, 充放电倍率0.5C); 系统功率密度≥120kW, -20°C工作环境下放电容量保持率≥80%; 储能电池系统安全性能达到国标要求。

3. 超长时间尺度储能技术

3.1 新一代液流电池储能技术 (共性关键技术类, 含青年科学家项目)

研究内容: 针对可再生能源大规模接入, 传统电力系统调峰提效的重大需求, 突破新一代100兆瓦级、本质安全、高效、低成本、超长时间液流电池储能关键技术。包括: 高性能、宽温区关键电极与电解质隔膜材料技术; 电解液稳定技术、容量及能量效率恢复技术; 30千瓦以上高功率密度单体电堆设计、集成和自动化装配技术; 高可靠性系统集成与智能控制技术; 100兆瓦级系统集成与应用验证。

考核指标: 突破新一代100兆瓦级液流电池关键技术; 实现膜材料国产化、批量化、膜成本低于800元/m²; 宽温区电解液稳定化控制技术, 单电池工作温度-20°C至55°C, 在300mA/cm²条件下, 能量效率≥80%, 循环寿命>15000次, 能量密度≥40Wh/L; 发展高可靠、高功率密度电堆的自动化装配技术, 单堆功率≥

30kW，额定功率条件下能量效率 $\geq 80\%$ ，系统 AC-AC 能量效率 $\geq 75\%$ ，电堆成本低于 2000 元/kW；通过容量及能量效率恢复技术，1000 圈电堆系统能量效率和容量恢复率 $\geq 95\%$ 和 $\geq 90\%$ ；单元模块功率 $\geq 500\text{kW}$ ，系统功率 $\geq 100\text{MW}$ ，系统容量 $\geq 400\text{MWh}$ ，系统 AC-AC 能量效率 $\geq 75\%$ 。

有关说明：拟支持 1 项常规项目，并行支持 2 项技术路线互不相同，且与常规项目技术路线也不同的青年科学家项目。青年科学家项目的研究内容与常规项目相同，但考核指标略有不同，具体考核指标如下：提出和研究新型液流电池体系，开发 2 种以上新材料，研制的单电池工作温度 -20°C 至 55°C ，在 $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 条件下，能量效率 $\geq 80\%$ ，循环寿命 > 15000 次，能量密度 $\geq 40\text{Wh}/\text{L}$ 。

3.2 宽液体温域高温熔盐储热技术（共性关键技术类）

研究内容：针对电/热泵储热发电调峰电站、火电厂深度调峰、新一代太阳能热发电、多能互补综合能源系统等对大容量超长时间高温储热的要求，研究低熔点、宽温域、高温大容量熔盐储热关键技术，具体包括：低熔点、高分解温度、低成本、低腐蚀性的混合熔盐材料；大容量高温熔盐储罐及其地基的设计制造与技术；高温高压大温差熔盐换热器技术；高电压熔盐电加热器技术；高温熔盐储热系统集成与控制技术；10MWh 高温熔盐储热系统工程验证。

考核指标：研发出熔点 $\leq 150^{\circ}\text{C}$ 、分解温度 $\geq 700^{\circ}\text{C}$ ，储热密

度 $\geq 1\text{GJ/m}^3$ 的低熔点宽液体温域高温熔盐配方，在 650°C 和空气气氛情况下对不锈钢腐蚀速率 $\leq 0.05\text{mm/年}$ ；研制出高电压电加热器样机，电加热器工作电压 $\geq 6\text{KV}$ ，可将熔盐由 200°C 加热至 650°C 以上；研制出熔盐—水/蒸汽换热器，换热器水/蒸气侧工作压力 $\geq 10\text{MPa}$ ，熔盐侧进出口温差大于 420°C ；提出大容量高温熔盐储罐及其地基的设计方法和制作工艺；进行高温熔盐储热系统的工程验证，验证系统储热容量 $\geq 10\text{MWh}$ ，热盐罐温度 $\geq 650^\circ\text{C}$ ，储热效率 $\geq 92\%$ 。

4. 高比例可再生能源主动支撑技术

4.1 无常规电源支撑的大规模新能源发电基地稳定运行及直流送出关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国大量风/光资源富集地区由于就地常规水火电源支撑不足影响新能源发展问题，突破大规模风光新能源发电基地稳定运行及直流送出关键技术，具体研究：无常规电源支撑的新能源发电基地运行特性及稳定机理分析；计及稳定性与经济性的大规模风光发电组网与送出系统优化配置技术；提升系统运行稳定性的新能源单元及场站新型并网控制技术；新能源发电单元及场站与直流输电协调稳定控制技术；大规模新能源发电基地运行风险在线评估、预警及防控技术。

考核指标：提出就地无常规水火电源支撑的风光新能源发电基地配置组网方案和新能源单元/场站新型控制技术，能够在短路比小于 1.3 的电网条件下稳定运行；提出新能源发电单元/场站与

直流输电系统稳定控制方案，满足各类故障下新能源发电单元机端工频过电压水平不超过 1.3 标幺值，系统频率偏差不超过 ± 0.5 赫兹；开发大规模新能源发电基地运行风险决策支持系统，实现 15 分钟滚动在线风险评估，决策计算周期不超过 1 分钟；在装机容量不小于 1000 万千瓦的就地无常规电源支撑大型新能源基地应用验证，新能源最大出力不低于直流输电系统额定容量的 80%。

4.2 大容量海上风电机组全工况模拟及并网试验关键技术和装备（共性关键技术类）

研究内容：针对大容量海上风电机组在不同汇集和送出方式下的并网安全及并网性能试验研发需求，研究大容量海上风电机组全工况地面模拟及并网特性地面试验技术，具体包括：在多种复杂外部激励下的海上风电机组动态响应特性全尺寸模拟技术；海上风电交流/直流/混合并网下的复杂电网故障/扰动特性全工况动态模拟技术；不同汇集和送出方式下海上风电机组交互作用机理及量化补偿技术；全工况动态特性模拟装置及系统联合仿真与海上风电机组并网虚拟测试技术；基于虚拟测试与全尺寸地面并网试验相结合的并网性能试验评价技术。

考核指标：研制大容量海上风电机组全工况动态特性模拟装置，可模拟多种复杂外部激励下的机组运行特性，测试范围覆盖不低于 20 兆瓦的风电机组；研制电网运行和故障模拟试验装置，容量不低于 20 兆伏安，频率调节范围 45~65 赫兹，故障电压范围 0~1.5 标幺值。完成至少 1 台不低于 10 兆瓦的海上风电机组全

尺寸地面并网试验。

有关说明：实施年限 3 年。

4.3 极高渗透率分布式光伏发电自适应并网与主动同步关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对分布式光伏发电爆发式增长所带来的海量设备边缘计算分析、功率预测及运行控制的需求，研究极高渗透率分布式光伏自适应并网控制与主动同步技术，具体包括：支持海量分布式光伏数据接入的智能感知、边缘计算及安全可信传输技术；区域分布式光伏发电集群功率预测技术；提升支撑电网能力和供电质量的分布式光伏发电自适应控制技术；分布式光伏发电主动同步控制及集群自治运行技术；广域分布式光伏协同主动支撑与优化运行技术。

考核指标：研发融合智能感知和边缘计算功能的分布式光伏并网逆变器，包括故障预警、安全认证、主动支撑控制等功能，支持功率自适应控制响应时延不大于 200 毫秒；区域分布式光伏集群日前功率预测精度不低于 90%；研发广域分布式光伏协同优化运行平台，可支持百万数量级分布式光伏并发接入，数据协同处理过程周期不大于 10 秒，协同优化运行决策时间不大于 5 秒；在分布式光伏装机容量不小于 50 万千瓦地区应用，接入不少于 1 万个分布式光伏，其中需包括分布式光伏渗透率不低于 100% 的县域。

有关说明：实施年限 3 年。

4.4 大规模海上风电新型汇集组网送出拓扑技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：针对深远海风电大规模开发、集群送出重大需求，研究海上交流与直流风机汇集组网及送出的新型拓扑技术及其经济性、适用性，重点研究：交直流风机各类汇集和组网送出方式的经济性、适应性和源网协调性；大规模海上风电升压汇集和组网送出的新型拓扑技术；适用于新型升压汇集拓扑的海上风电机组并网接口技术及运行特性优化方法。

考核指标：提出海上交直流风机各类汇集组网方案的经济性、适用性和源网协调性评价方法；提出包含交直流风机的海上风电升压汇集及组网送出的新型拓扑，适用于单机容量不小于5兆瓦，离岸距离不小于80千米，总装机容量不小于200万千瓦的海上风电集群；提出与新型升压汇集拓扑匹配的海上风电机组并网接口技术及运行特性优化方法；通过实验样机验证新型拓扑和技术方法的有效性。

有关说明：实施年限3年，同时支持2个不同技术路线的项目。

4.5 大规模风电/光伏多时间尺度供电能力预测技术（共性关键技术类）

研究内容：针对高比例新能源电力系统在不同场景下可靠供电的迫切需求，研究大规模风电/光伏多时间尺度供电能力预测技术和极端风险评估预警技术及其应用，具体包括：1~15天风电/光伏供电保障能力预测技术；极端与转折性天气下风电/光伏功率

爬坡预测技术；数值天气预报高频更新与风电/光伏日内供电能力不足风险预测技术；提升新能源供电能力的跨省跨区风光储容量配比优化与容量置信度评估技术；考虑多时间尺度供电能力的风电/光伏主体主动参与多级电力市场交易决策技术。

考核指标：研发大规模风电/光伏发电功率和供电能力预测系统，可支撑风电/光伏在交易电量中的占比不低于 30%，并实现对省级及以上电网 1~15 天风电/光伏发电功率和供电能力的预测，第 7 天的预测准确率提升至 80% 以上，8~15 天预测准确率不低于 70%；实现对极端和转折性天气下的爬坡功率预测，省级极大预测偏差在 30% 以内；数值天气预报日内更新次数不少于 4 次，省级风电/光伏日内 4~24 小时的预测精度达到 95% 以上。

有关说明：实施年限 3 年。

4.6 灵活调节煤电与大规模新能源协同规划关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大规模新能源开发对新型电力系统发展及其安全稳定运行的重大需求，研究灵活调节煤电与新能源协同规划设计关键技术，具体包括：提升电力系统安全稳定性的新能源和煤电协同规划设计技术；计及风险驱动的煤电和新能源协同运行模拟技术；煤电与风光水等多类型发电资源广域配置和优化技术；煤电与大规模新能源协同开发的技术发展路径和市场机制；煤电与新能源协同开发规划评估指标体系构建及平台开发。

考核指标：提出新型电力系统广域充裕性评估指标体系，可

涵盖日、周、季节不同时间尺度和多种耦合能源资源供需匹配。研发的新型电力系统安全可靠评估指标体系及协同规划平台，可模拟系统节点数 2000 个以上，规划方案优化时间不超过 30 分钟，并在新能源电量渗透率不低于 40%或新能源与煤电装机比例超过 2.5 的省级电网开发规划中应用验证。

5. 特大型交直流混联电网安全高效运行技术

5.1 煤电与新能源综合调节及系统优化运行关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对新型电力系统发展背景下平衡支撑能力不足、调节灵活性欠缺、极端情况下电力供应保障难度大等问题，研究煤电与新能源综合调节效能最大化的优化运行和市场交易技术。具体包括：发电侧多资源灵活性运行能力提升技术；适应新能源波动的电—氢—化耦合系统柔性调峰技术；多资源跨时空多周期互补优化运行技术；计及多资源平衡能力的电力辅助服务与容量市场运营机制和交易技术；面向新型电力系统的煤电与新能源综合调节和优化运行系统研发与应用。

考核指标：研发煤电与新能源综合调节和优化运行系统，煤电调峰范围达到 20%至 100%额定负荷，供电煤耗降低 3 克/千瓦时；电—氢—化耦合系统制氢规模 60 兆瓦以上，调节范围 20%至 100%，电网调峰支撑时间大于 6 小时；通过煤电、新能源、储能、制氢等多元资源的优化运行技术，提升多资源的综合调节能力，系统调峰能力提升 10%以上、爬坡能力提升 5%以上；容

量市场出清计算支持主体数量不小于 1000 个，计算时间不超过 3 分钟，发电容量综合可用性提升 2%；在新能源装机容量占比高于 50%的煤电富集省级电网进行应用验证，新能源电量渗透率达到 30%，新能源利用率 95%以上。

5.2 面向碳达峰碳中和的新型电力系统结构形态及演进路径 (基础研究类，青年科学家项目)

研究内容：针对碳达峰、碳中和目标下高比例新能源高效消纳和新型负荷的安全可靠接入需求，研究新型电力系统结构形态及演进路径，具体包括：考虑新能源时空分布特性的风光发电置信容量评估与并网特性重构；市场驱动下的供需互动模式与灵活性资源特性；保障能源消费需求及系统安全稳定双重约束的新型电力系统结构形态及演进路径。

考核指标：提出考虑新能源时空分布特性的风光发电置信容量计算方法及并网特性指标体系；提出新型电力系统结构形态，并在 50%以上新能源电量占比的电力系统中仿真计算，证明其能够保持系统稳定运行；提出新能源电量占比从 10%增加到 50%以上情况下技术经济性合理的电力系统结构形态演进路径。

有关说明：实施年限 3 年，同时支持 2 个不同技术路线的项目。

5.3 支撑 20%新能源电量占比场景下的电网智能调度关键技术 (共性关键技术类，“赛马制”项目)

研究内容：针对大规模风光发电强随机性和波动性导致的电力系统平衡和供应保障难题，研究 20%新能源电量占比场景下的

电网智能调度关键技术。具体包括：计及多重随机因素的年一月一周一日平衡能力分析与预警技术；适用于电力系统调度运行的全自主可控优化引擎构建技术；考虑一次能源供给的源荷综合平衡协同优化技术；模型数据交互驱动的电网前瞻调度优化决策技术；不确定场景下电力电量平衡预警与智能调度系统设计与研发。

考核指标：研发不确定场景下电力电量平衡预警与智能调度系统，在风光新能源电量占比不低于 20% 的省级或以上电网进行应用验证，风光新能源大发期净负荷低谷时段调峰能力提升 3%；电网规模不少于 2000 个计算节点，全自主可控调度运行优化引擎支撑决策变量不少于 10 万个；日前 96 时段系统平衡优化调度计算时间小于 15 分钟，电力电量平衡裕度计算精度不低于 90%；每 15 分钟滚动开展未来 4 小时的前瞻优化调度，前瞻调度计算时间小于 1 分钟。

有关说明：同时支持 2 个不同技术路线的项目。

5.4 高压大容量发电机快速断路器关键技术(共性关键技术类)

研究内容：针对百万千瓦级大容量发电机出口短路故障快速清除、保护发电机安全运行的重大需求，突破高压大容量发电机快速断路器关键技术，具体包括：断路器在系统应用及保护特性；断路器拓扑结构及控制策略；超大容量故障电流开断方法；大容量开关稳态通流提升、开断磁场优化和动热稳定提升技术；断路器样机研制与等效试验技术。

考核指标：研制适用于百万千瓦机组系统，额定电压 31.5 千

伏、额定电流 28.5 千安、额定短路电流 250 千安的发电机快速断路器样机，并进行工程应用验证；额定短路电流 250 千安，峰值耐受电流 685 千安，具备短路电流延迟过零的故障开断能力，可在故障后两个周波内开断最大故障电流；提出适用于百万千瓦级发电机快速断路器的试验方法。

5.5 252 千伏大容量真空开断型全封闭组合电器关键技术(共性关键技术类)

研究内容：针对降低碳排放，实现电力系统设备绿色环保的发展需求，研究 252 千伏大容量真空环保型全封闭组合电器(GIS)关键技术，具体包括：环保型 GIS 真空灭弧室电弧控制、散热、绝缘优化方法；环保型 GIS 绝缘、动热稳定设计技术；环保型 GIS 操动机构设计技术；环保型 GIS 关键部件研制与集成技术；环保型 GIS 工程应用技术。

考核指标：研制出 252 千伏大容量 GIS 样机，额定电流 3150 安培；大容量开断采用单断口真空灭弧技术，额定开断电流不小于 50 千安；全封闭组合电器采用环境友好型气体进行绝缘，绝缘气体全球变暖指数不超过 SF₆ 的 5%；研制的 GIS 样机通过性能验证试验。

5.6 应对极端事件的大型城市电网韧性提升技术(基础研究类，青年科学家项目)

研究内容：针对遭受超出现有设防标准的严重自然灾害、人为蓄意攻击等小概率高风险事件的电网安全防御问题，研究大型

城市电网极端事件韧性提升技术，具体包括：考虑公共安全影响的大型城市电网韧性评估指标和方法；极端事件下保障重要负荷供电的大型城市电网极限生存技术；考虑海量异构分布式资源参与的大型城市电网快速应急恢复技术。

考核指标：提出大型城市电网韧性评估指标体系和评估方法，至少涵盖超出现有设防标准的严重自然灾害、网络攻击、物理攻击等3类不同场景；提出大型城市电网极限生存方案与快速应急恢复策略，有效提升极端事件下的电网韧性。

有关说明：实施年限3年，同时支持2个不同技术路线的项目。

6. 多元用户供需互动与能效提升技术

6.1 海量电力用户多参量广域感知量测关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对高比例新能源大规模接入电网带来的高精度计量、多参量广域感知、量测数据应用等需求，研究海量电力用户多参量广域感知量测技术，具体包括：计及新能源接入时频域宽动态、多特征量的高准确度电能计量算法；适用于宽动态信号获取的电压电流传感技术；基于海量量测数据的电能表运行误差机理、计算模型及失准预测评价方法；海量电力用户的电能表、互感器、电动汽车充电桩等设备在线量测数据可信采集与数据质量保证技术；支撑新型电力系统“源网荷”高效互动的海量电力用户量测数据融合应用技术。

考核指标：研发适用于新能源并网下动态电能计量需求的电

能表样机，计量准确度达到有功 E 级、无功 0.5S 级、谐波 1 级、电能质量 A 级，小电流低功率因数误差优于 $\pm 0.5\%$ ，有功计量误差优于 $\pm 0.2\%$ ；研制用于动态特征参数标定的标准电压、电流传感装置，电压测量范围：10kV~220kV、方波响应时间 80ns，电流测量范围 100A~2000A、方波响应时间 200ns；模型计算得到的误差超差电能表准确率不小于 95%，基于该模型得到的电能表误差结果的相对扩展不确定度优于 0.7%；研发支撑新型电力系统的量测数据融合应用平台，具备接入亿级用户量测数据的能力，应用场景不少于 10 个；编制相关标准 1 项。

6.2 大规模电动汽车安全充放电与车—网智能互动关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对电动汽车大规模发展对电网安全、充放电安全、信息安全带来的巨大挑战和新型电力系统对灵活性资源互动支撑的迫切需求，研究大规模电动汽车安全充放电与车—网智能互动关键技术。具体包括：研究大规模电动汽车充放电配电网友好接入与智能控制技术；研究电动汽车充放电过程车—网协同状态监测与安全预警、处置技术；研究大规模充放电设施灵活性资源精准预测、聚合响应与优化调控技术；研究车—桩（站）—网互动信息安全防护技术；研发大规模电动汽车与电网互动管控支持系统。

考核指标：在不增容和不影响电网安全的情况下，充电桩的总容量可达到所接入配电台区总容量的 2 倍以上，并能保证有序

充电；研发 2 兆瓦以上具备灵活性资源聚合能力快充站系统，具备电网运行支撑与分布式资源协同管控能力，可削减充电峰值负荷 20% 以上；研发桩（站）用安全智能交互终端，支持多种国际标准加密算法与国密算法，加解密速率不低于 40 兆位/秒（40Mbps），智能交互终端内核国产化率 100%；桩（站）本地及远程安全预警准确率不低于 95%；互动管控支持系统分钟级远程集中功率响应能力达到 ± 100 兆瓦、其中快充站分布式资源响应达到 ± 10 兆瓦，整体持续时间不低于 30 分钟，放电参与规模达到兆瓦级。

6.3 促进系统调节能力提升的城市级电—气—热—储多能协同调控关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对双碳目标与能源双控背景下电力送端电网城市级多能流协同提升电力系统调节能力与新能源利用率，保障新型电力系统能源供应与安全稳定运行的迫切需求，研究城市级电—气—热—储等多能协同调控关键技术，具体包括：城市级电—气—热—储耦合安全机理与建模；电—气—热—储多能系统的灵活性量化评估与提升技术；面向城市级多能系统耦合安全的多主体协同态势感知技术；电—气—热—储多能系统协同优化控制与韧性提升技术；城市级电—气—热—储多能系统安全协同调控系统研制及应用。

考核指标：城市级电—气—热—储耦合建模精度不低于 90%；灵活性量化评估准确度不低于 95%；多主体协同安全态势感知准

确率不低于 90%；多能系统能源利用效率不低于 70%，系统灵活性与韧性提升不低于 10%；安全协同调控系统的控制决策时间不大于 60 秒、控制决策周期不大于 5 分钟；在百万级人口城市中进行应用验证，覆盖燃气发电、集中供热、分散式电制热、电动汽车和储电储热等 5 种以上能源利用形式，燃气发电量占城市用电总量不小于 10%，新能源发电量占城市用电量不小于 50%，电制热、电动汽车、电储能等可控负荷用电量占城市用电量不小于 10%。

7. 基础支撑技术

7.1 低损耗高频软磁材料及兆伏安级高频变压器研制（共性关键技术类）

研究内容：针对大规模新能源发电、灵活交直流输电等领域对高频软磁材料及其相关设备的需求，研究低损耗高频软磁材料及兆伏安级高频变压器关键技术，具体包括：低损高频软磁材料设计及磁性调控方法；宽幅超薄软磁材料与高频大容量低损耗铁芯制备技术；高频大容量、低损耗变压器设计技术；大容量高频变压器研制及应用技术；大容量高频变压器试验技术。

考核指标：研制出的高频软磁带材带宽不小于 100 毫米、厚度不超过 16 微米，损耗 $P_{0.5T/10kHz}$ 不超过 2.5 瓦/千克， $P_{0.5T/20kHz}$ 不超过 6.5 瓦/千克；研制出基于宽幅带材的高频变压器铁芯，损耗 $P_{0.5T/10kHz}$ 不超过 6 瓦/千克；研制出工频耐压 35 千伏高频变压器，频率 10 千赫兹，容量 1 兆伏安，效率不低于 99%，并进行应用验证；开发出高频变压器试验平台，频率 20 千赫兹，容量

1.5 兆伏安（测试温度-30~140 摄氏度）。

7.2 面向超大规模电网设备节点的图计算分析与优化软件（共性关键技术类）

研究内容：针对新型电力系统中亿级设备节点和万级电气节点规模的快速分析计算需求，研究电网图计算分析与优化软件关键技术，具体包括：统一电网数据模型及全景电网拓扑自动构建技术；超大规模网络混合数据存储及高性能处理技术；多时态、超大规模电网设备节点的认知推理和拓扑快速分析技术；大规模新能源接入下省级交直流混联电网安全约束机组组合建模及其优化算法；电网图计算分析与优化软件开发。

考核指标：研制面向超大规模电网节点的图计算分析与优化软件，支持亿级电网设备节点图模型的实时拓扑分析，满足历史、当前、未来多时态拓扑分析时间不超过1秒；支持万级电网电气节点图模型的实时优化计算，省级交直流混联电网安全约束的机组组合优化计算时间不超过1200秒。研制的软件在含多电压等级的省级电网进行应用验证。

有关说明：实施年限3年。

7.3 储能电池高精度先进测试表征和失效分析技术（共性关键技术类）

研究内容：针对储能电池使用寿命长，故障发生时间短，失效特征变化快等问题，研究储能电池先进测试表征和失效分析技术。具体包括：研究电池生命周期材料衰变、内阻演化、模量变

化等核心因素的高精度在线和离线测试方法；开发材料—电极—电池多层级的系统失效分析技术与联用装置；研究针对大容量储能电池工艺缺陷的快速识别筛查技术；研究电池多物理场传感在线无损监控测试方法。

考核指标：开发一套储能电池多层次原位实验分析系统，实现工况下电池的表征：热探测覆盖半径 ≥ 20 米，分辨率 $\leq 1^\circ\text{C}$ ；电解液空间分布分辨率 $\leq 100\mu\text{m}$ ；电解液组分消耗量检测误差 $\leq 2\%$ ；极片三维结构分辨率 $\leq 20\text{nm}$ ；应力分布空间分辨率 $\leq 1\text{mm}$ ；模量测量误差 $\leq 5\%$ ；对电解液泄漏生成的特征气体探测极限 $\leq 10\text{ppm}$ ，响应速度 $\leq 5\text{s}$ ；界面与阳极析锂三维结构表征统计，分辨率 $\leq 50\text{nm}$ ；晶粒/颗粒跨尺度化学信息表征，分辨率 $\leq 1\mu\text{m}$ 。开发储能电池电—热—空间—应力—超声的多物理场传感与无损检测系统，建立服役储能电池实时安全评估模型，实现对电池老化、漏液、产气、工艺缺陷的快速诊断，诊断耗时 $\leq 5\text{s}$ 。编制储能电池失效分析标准1项以上。

7.4 储能电池全寿命周期的大数据和人工智能分析技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：针对储能系统全寿命周期智能运维和安全预警的迫切要求，研究储能电池及系统人工智能技术。具体包括：研究基于边缘大数据智能算法的智能电池管理系统；研究储能电池性能快速预测及智能标定算法；研究基于人工智能算法的储能电池失效行为和安全评估模型；建立适用于储能电池全寿命周期的大

数据和人工智能分析平台。

考核指标：建立支持 10^9 量级数据秒级处理响应的数据库技术框架和平台架构；建立 2 个以上电池系统安全预警算法模型，预测误差 $\leq 5\%$ ，在线预测用时 $\leq 1s$ ；建立 2 个以上电池安全性能人工智能算法模型，异常点识别率 $\geq 95\%$ ，异常点识别准确率 $\geq 50\%$ ；形成数据管理与智能分析集成平台。

有关说明：同时支持 2 个不同技术路线的项目。

“储能与智能电网技术”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 苏铮

“可再生能源技术”重点专项 2022 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“可再生能源技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：聚焦我国可再生能源产业升级和大规模开发的重大科学技术需求，强基础、谋前沿、重交叉，突破新型和薄膜光伏电池、可量产高效晶硅电池，新型大功率风能利用、深远海超大型风电机组以及生物质制备液体燃料等系列关键技术，解决制约产业发展的基础、前沿与瓶颈技术问题，全面提升太阳能光伏、风能、生物质燃料等可再生能源自主创新能力。推动光伏利用效率不断提升、海上风电大规模开发、生物质制备燃料实现产业化及可再生能源多元化开发利用。

2022 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕太阳能光伏、风能、生物质燃料、交叉与基础前沿 4 个技术方向，拟启动 24 项指南任务，拟安排国拨经费 4 亿元。其中，围绕太阳能光伏、风能等技术方向，拟部署 4 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目不超过 300 万元。原则上，基础研究类（含青年科学家项目）项目不要求配套经费，

共性关键技术类项目和应用示范类项目要求配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

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）。部省联动共性关键技术类项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于 1 个课题由江苏省有关单位作为课题牵头单位。部省联动应用示范类项目，由江苏省科技厅推荐，江苏省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目，须在江苏省落地实施。

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 4 年。除特殊说明外，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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 太阳能光伏

1.1 高效率晶硅太阳能电池及其组件制备技术(共性关键技术类)

研究内容：面对大规模光伏发电对晶硅电池持续提高效率 and 降低成本的需求，开展大尺寸高效晶硅电池及其组件关键技术研发。具体包括：全钝化接触结构界面的电荷分离和选择性传输机制、表面/界面缺陷能级和能带结构调控及匹配方案；不同掺杂类型接触钝化材料、低成本银浆材料、新型金属化材料及电池应用；用于改善基体材料杂质和缺陷状态的先进钝化技术开发；高效晶硅电池结构设计、图形化和钝化接触融合技术，电池稳定性及其控制技术；钝化接触结构接触电阻和复合损失分布特性，适用于高效晶硅电池的低损耗金属化技术、新型组件互联技术和高可靠性组件封装技术；高产能钝化接触沉积设备和封装设备。

考核指标：晶硅电池实验室光电转换效率不小于26.8%（面积不小于4平方厘米）。开发出高效晶硅太阳能电池量产成套工艺、关键材料与核心设备，建立兆瓦级中试线，量产批次太阳能电池光电转换效率平均不小于25.8%（面积不小于182×182平方毫米）；组件光电转换效率平均不小于24%（组件不少于60片电池）。

1.2 基于免掺杂钝化接触的新型晶硅太阳能电池机理及关键技术(基础研究类)

研究内容：面向光伏产业进一步降低成本和工艺简化的需求，

开展基于免掺杂钝化接触的新型晶硅太阳能电池机理及关键技术研发。具体包括：高功函数的宽带隙空穴选择性传输材料体系和低功函数的宽带隙电子选择性传输材料体系的设计与实现；高、低功函数材料/晶硅异质界面的电荷分离内动力及新机制；电荷在高、低功函数材料/晶硅界面的选择性传输机制；表面/界面缺陷能级和能带结构调控及匹配方案；具有高、低功函数的宽带隙电荷选择性传输材料大面积均匀制备技术；不同技术下实现免掺杂钝化薄膜和电池的研究；适用于免掺杂钝化接触的晶硅电池的电极金属化技术；免掺杂钝化接触晶硅电池稳定性研究及控制技术。

考核指标：揭示阐明免掺杂钝化接触的新型晶硅太阳能电池载流子分离和输运机制；设计并制备出不小于 5.5 电子伏特的高功函数和不大于 4.0 电子伏特的低功函数材料。研制的免掺杂钝化接触的新型晶硅太阳能电池实验室光电转换效率不小于 25.5%（面积不小于 4 平方厘米），大面积电池光电转换效率不小于 24.2%（面积不小于 156×156 平方毫米）；在 1 个太阳辐照度连续光照 1500 小时情况下，太阳能电池光电转换效率衰退率不大于 2%。

1.3 高效钙钛矿基薄膜叠层太阳能电池器件机理及关键技术（共性关键技术类，部省联动任务）

研究内容：面向新型薄膜太阳能电池，研发低能耗、低成本的高效钙钛矿基薄膜太阳能电池，具体包括：开展薄膜型钙钛矿/钙钛矿两端叠层太阳能电池的结构设计、器件制备及其机理的基础研究，包括钙钛矿材料的宽幅带隙调控及叠层电池带隙匹配设计；适于

钙钛矿/钙钛矿叠层电池的隧穿结设计和界面能级调控；叠层电池器件衰减机制及稳定性提升策略；大面积叠层电池组件制备技术及关键设备研制等。

考核指标：获得带隙宽幅调控的钙钛矿材料和制备技术，钙钛矿薄膜带隙在 1.2 至 1.8 电子伏特间可调；获得低光电损耗隧穿结设计方案，并阐明载流子复合机制；实现钙钛矿/钙钛矿两端叠层电池效率不小于 28.5%（面积不小于 1 平方厘米），小尺寸叠层电池模块效率不小于 24%（面积不小于 20 平方厘米）；叠层电池封装后在 1 个太阳辐照度连续光照 1000 小时情况下，电池光电转换效率衰退率不大于 8%；开发出可实用化的叠层电池制备技术及关键装备，并建设叠层电池研发示范线，中试线叠层电池模块转换效率不小于 22%（面积不小于 400 平方厘米）。

1.4 柔性高效高稳定有机太阳电池及模组研究（共性关键技术类）

研究内容：面向下一代柔性、可穿戴及建筑一体化光伏技术，开展具有本征高效柔性新型有机及高分子光电转换材料、相关机理及器件关键技术研究。具体包括：高效、高稳定和低成本有机光伏材料和器件设计及制备；适用于半透明和叠层器件的有效吸光范围可达红外 II 区的高效有机电池研制；电池开路电压损失机理及控制因素；有机电池寿命决定因素及性能衰减机理；柔性太阳电池制备关键技术及应用探索。

考核指标：刚性基板有机电池效率不小于 22%（面积不小于

4 平方毫米); 柔性有机电池效率不小于 18% (面积不小于 16 平方毫米); 柔性有机电池弯折次数不小于 10000 次、曲率半径不大于 5 毫米, 光电转换效率衰退率不大于 10%, 器件面积不小于 10 平方毫米; 在 1 个太阳辐照度连续光照 1000 小时情况下, 电池转换效率衰退率不大于 10%; 建立具有自主知识产权的千瓦级柔性有机电池研制线, 获得新型柔性高效高稳定太阳电池模组制备技术 (模组面积不小于 1 平方米, 效率大于 12%); 半透明有机电池光电转换效率不小于 11%, 可见光透过率大于 40%, 器件面积不小于 5 平方毫米。

1.5 效率 20% 以上新型高效高稳定太阳电池 (基础研究类)

研究内容: 面对大规模光伏发电对高效低成本太阳电池的需求, 开展新概念、新原理和新结构等基础理论及关键技术研究, 具体包括: 探寻突破传统理论限制的光伏新原理; 制备具有宽光谱响应、高效吸收的新型光伏材料; 研究降低光伏材料体缺陷和界面缺陷的新方法; 构建高效太阳电池的新结构、新工艺及制备技术 (“十二五” 和 “十三五” 科技部科技计划中已支持的新型电池, 本指南方向不再重复支持)。

考核指标: 提出基于新概念、新原理、新材料的原创性电池模型, 阐明其工作机理; 新型高效高稳定太阳电池转换效率不小于 20% (面积不小于 0.5 平方厘米), 在 1 个太阳辐照度连续光照 1000 小时情况下, 电池光电转换效率衰退率不大于 5%; 组件效率不小于 18% (面积不小于 400 平方厘米)。

1.6 新型高效高稳定太阳电池(基础研究类,青年科学家项目)

研究内容:突破已有太阳电池技术路线,提出具有原始创新的光伏新原理和新结构;制备具有高光吸收系数、光电转换和载流子运输的新型光伏材料(“十二五”和“十三五”科技部科技计划中已支持的新型电池,本指南方向不再重复支持;且与本专项指南任务 1.5 技术路线不同)。

考核指标:提出基于新原理的原创性电池模型,新型高效高稳定太阳电池光电转换效率不小于 18%(面积不小于 0.5 平方厘米),在 1 个太阳辐照度连续光照 500 小时情况下,电池光电转换效率衰退率不大于 10%,申请发明专利不少于 3 项。

1.7 近海漂浮式光伏发电关键技术及核心部件(应用示范类,部省联动任务)

研究内容:突破近海漂浮式光伏系统设计集成技术及适合海洋气候环境的电气、机械核心部件技术,为沿海经济带开发利用海上光伏提供一条创新技术路径。具体包括:在“高温、高湿、高盐雾,强降水、强雷电、强台风”环境下,近海漂浮式光伏系统形式及设计方法研究,光伏组件、关键机械结构和关键电气部件的耐候性研究;近海漂浮式光伏机械结构设计方法及支架、浮体、锚固等关键机械部件;近海漂浮式光伏高效、安全的电气系统设计及变换器、控制器;强风强浪等条件下机械与电气故障预警及海上工况下智慧运维技术;近海漂浮式光伏发电技术验证平台设计集成技术。

考核指标：完成近海水域总容量兆瓦级的漂浮式光伏发电技术验证平台，额定工况系统能效不低于 83%，考核运行时间不小于 1000 小时；正常运行适用海况：浪高不大于 2.5 米，流速不大于 1 米每秒，水深不大于 25 米；锚固系统极限抗风浪能力（设计值）：浪高不大于 5 米，风速不大于 30 米每秒（约 12 级台风）；电气系统额定功率不小于 1 兆瓦，光伏阵列到并网点电力汇集系统效率不低于 93%。

1.8 效率 98.5% 以上的大功率光伏变换新技术研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向光伏变换器高效率、高功率密度、多功能的发展趋势，探索大功率高电压光伏直流变换器新拓扑理论和新设计方法，研究大功率高效率光伏逆变器新拓扑理论和高效率控制新方法，开展电工新材料、人工智能、增材制造、新散热技术在光伏变换器中的应用基础研究。

考核指标：形成新型光伏直流变换器设计理论、模型与方法并研制样机，隔离耐压不低于 35 千伏，最大效率不小于 98.5%；形成大功率、高效率新型光伏逆变器拓扑理论并研制样机，最大效率不小于 98.5%；结合典型应用场景进行新技术的功能和性能试验验证；申请发明专利不少于 3 项。

1.9 光伏器件与组件特性仿真的基础研究（基础研究类）

研究内容：针对光伏产品开发对快速低成本评估手段的需求，开展光伏器件及组件建模、可靠性仿真等研究，并提供先进

的设计平台。具体包括：光伏器件及组件性能与光学、电学、热学和力学之间的内在规律及物理机制研究及多物理场建模；光伏组件长期可靠性机理、室内可靠性评估与户外大数据关联关系、组件可靠性评估测试方法研究；基于人工智能、机器学习等智能算法的光伏器件和组件性能数据库关联系统；多类型通用的太阳能电池及组件精细化设计方法，光伏材料、器件及组件仿真与设计平台，根据理论模型，围绕2~3种光伏体系开展器件仿真方法实验验证。

考核指标：阐明光伏组件长期可靠性物理机制；提出器件与组件可靠性评估测试方法；建立包含10种以上太阳能电池和组件性能关联数据库；研制光伏材料、器件及组件仿真与设计平台，软件仿真结果均方根误差不大于10%，提出指导器件实验可靠性的方法，优化得到的实验制备器件可靠性均方根误差不大于10%；开发具有自主知识产权的仿真软件，并获得软件著作权不少于5项。

1.10 建筑光伏系统仿真与设计软件（共性关键技术类）

研究内容：针对光伏系统与建筑电气、载荷、保温、美观等一体化集成设计要求，开展建筑光伏系统精细化仿真与设计软件研制。具体包括：建筑光伏系统对建筑功能、安全、效益影响的综合量化评价方法，建筑光伏系统典型设计方案；考虑建筑环境太阳辐照分布、电气、载荷、环境温度等多物理场的建筑光伏建模技术；建筑光伏系统多物理场耦合仿真、长时间序列模拟及与高性能计算联合仿真技术；建筑光伏系统精细化设计方法、虚拟

现实辅助设计技术；支持多用户并发访问的建筑光伏系统云边协同设计软件技术。

考核指标：建筑光伏系统综合评价量化指标至少包括经济性、安全性、建筑节能性、屋面利用率、日照遮挡；建筑光伏系统机械载荷和发电功率预测值与原型系统测试值的误差不大于5%，与PVsyst等国外同类仿真设计软件的计算结果偏差不大于5%；建筑光伏系统仿真模块支持仿真时长不小于25年，长时间序列模拟时间颗粒度不大于1小时。建筑光伏系统设计软件可设计的最大系统规模不小于100兆瓦，最大并发访问数不小于2000，覆盖嵌入式、壁挂式、瓦片式、遮阳式等技术路线；在至少3家光伏企业进行示范应用，设计千瓦级、兆瓦级、10兆瓦级等不同规模等级的建筑光伏系统不少于3个；获得软件著作权不少于5项，制定建筑光伏系统应用与评价相关国家标准不少于1部。

2. 风能

2.1 风电机组用滑动轴承关键技术及应用（共性关键技术类）

研究内容：针对采用滚动轴承风电机组传动系统的功率密度低、成本高、轴承故障失效率高且过度依赖进口等问题和瓶颈，探索具有高紧凑性、低成本、高可靠性的国产化大型风电机组主轴和增速齿轮箱用滑动轴承构型、设计、仿真及试验关键核心技术。具体包括：风电机组主轴和增速齿轮箱用滑动轴承高效高可靠构型设计技术；滑动轴承轴瓦面修型及低速启动宽载荷润滑设计技术；应用滑动轴承的风电机组主轴和增速齿轮箱动态优化设

计技术；滑动轴承和应用滑动轴承增速齿轮箱的试验与综合性能评价技术。

考核指标：掌握风电机组主轴和增速齿轮箱用滑动轴承构型、设计、仿真及试验技术；研制风电机组主轴用滑动轴承，启、停次数不小于4万次；研制应用滑动轴承增速齿轮箱，设计寿命不小于20年（陆上）或25年（海上）；研制的主轴用滑动轴承和应用滑动轴承增速齿轮箱分别在额定功率不小于5兆瓦的风电机组中进行应用验证，主轴（含主轴承）重量减少10%以上，增速齿轮箱扭矩密度不小于200牛米每千克、传动效率不小于97%。

2.2 风电机组整机仿真设计软件技术（共性关键技术类）

研究内容：研制自主可控的风电机组整机仿真设计软件。具体包括：适用风电机组整机动力学仿真的各种复杂风况、海况、地质以及地震等工况模型；风电机组整机气动—结构—电气—控制等子系统非线性耦合仿真技术；满足漂浮式机组需求的风—浪—流联合作用下的风电机组整机刚柔耦合动力学仿真技术；风电机组整机动力学仿真模型快速求解算法；研制风电机组整机仿真设计软件并测试验证。

考核指标：开发具有自主知识产权的风电机组整机仿真设计软件；风电机组整机集成仿真设计模型考虑风—浪—流、地震及地质条件等外部复杂环境，覆盖叶片、传动链、发电机、塔架、基础及控制系统，符合IEC、DNVGL等标准规范所涉及的所有标准工况，通过第三方机构认证；整机关键部件动态载荷和发电

功率预测值与原型测试值误差不大于 10%，与 Bladed 和 HAWC2 等国外同类仿真设计软件的计算结果偏差不大于 5%；在至少 3 家风电企业进行示范应用，覆盖直驱、双馈、半直驱的技术路线，设计不同功率等级机型数量不小于 6 个，其中海上机型数量不小于 3 个。

2.3 10 兆瓦级深远海漂浮式风电机组关键技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：面向深远海风资源开发应用场景，突破海上漂浮式风电系统及其部件关键技术。具体包括：漂浮式基础设计技术，系泊及锚固系统、动态电缆设计技术；漂浮式风机—塔架—基础—系泊—锚固—控制系统的一体化建模与仿真计算技术；适应漂浮式风电系统大幅度摇摆和多自由度运动的动静态载荷平衡及智能监测与整机稳定性控制技术；风洞和水池模型试验与整机工况一致性技术；深远海漂浮式风电机组研制，运输安装及测试验证技术。

考核指标：形成适应我国水深不小于 50 米条件的 10 兆瓦级漂浮式风电机组设计制造与安装试验全套技术；研制额定功率不小于 10 兆瓦的海上漂浮式风电机组，设计寿命不小于 25 年，漂浮式基础重量不大于 500 吨每兆瓦，抗风能力满足 IEC I 类，抗浪能力不小于 10 米有义波高；发电工况时漂浮式基础最大倾斜角不大于 5 度、最大加速度不大于 0.3 倍重力加速度，极端工况时最大倾斜角不大于 10 度；风洞和水池模型试验工况对整机工

况复现准确度不小于 95%；完成机组试验研究，并进行应用示范。

2.4 15 兆瓦级海上风电机组关键技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：面向深远海环境及风资源特性，突破大功率海上风电机组及关键部件核心技术。具体包括：高雷诺数风电叶片翼型气动设计及失速与颤振风险规避技术，超长柔性叶片气动—结构及整机载荷一体化设计技术，超长叶片先进制造及运输安装技术；高功率密度发电机与变流器、直流升压变换器设计及控制技术；大功率海上风电机组整机—支撑结构一体化设计技术；超大风轮气动效率、载荷优化及超低频稳定性控制技术；大功率海上风电机组样机研制及测试技术。

考核指标：形成 15 兆瓦级海上风电机组整机及关键部件设计制造与安装试验技术；研制额定功率不小于 15 兆瓦的大功率海上风电机组，风轮直径不小于 240 米，设计寿命不小于 25 年；叶片最大风能利用系数 C_p 不小于 0.48，整机能量综合利用效率不小于 46%，单支叶片重量不大于 4 吨每兆瓦，机舱（含发电机）重量不大于 35 吨每兆瓦，轮毂系统（不含叶片）重量不大于 11 吨每兆瓦；低速发电机转矩密度不低于 70 千牛米每吨或中速发电机转矩密度不低于 10 千牛米每吨；变流器功率密度不低于 1.4 兆瓦每吨；直流升压变换器的直流输出电压不小于 ± 50 千伏；整机平均故障间隔时间（MTBF）不小于 3800 小时；完成机组试验研究，并进行应用示范。

2.5 20兆瓦级海上新型风力发电实现机理及关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向海上尤其是深远海等应用场景，针对常规水平轴风电机组单机容量增大带来的尺寸重量大、重心高及制造、安装难度加大等问题，探索新型高效率、低成本海上风力发电实现机理及关键技术，提出未来大功率新型海上风电机组解决方案。具体包括：新型海上风电机组高效气动与传动机理及新型结构形式；新型海上风电机组整机及其风轮、传动链、支撑结构等关键部件设计技术；适合新型海上风电机组载荷、疲劳、控制特性分析的一体化数字建模、半实物仿真技术，先进控制与高效电能变换技术；新型海上风电机组集成试制、状态监测与试验测试技术。

考核指标：提出具有自主知识产权的20兆瓦级海上新型风力发电技术路线，具有高效率、单位功率重量轻、重心低、低成本等潜力，最大风能利用系数 C_p 不小于0.52，整机能量综合利用效率不小于46%，风轮与机舱总重量不大于45吨每兆瓦，设计寿命不小于25年，完成总体设计方案；建立适合新型海上风电机组原理与特性分析的数字仿真模型及运行控制半实物仿真平台；研制额定功率不小于2兆瓦的新型海上风电机组样机，并进行应用验证。

2.6 风电机组主控系统关键技术及应用（共性关键技术类）

研究内容：研制自主可控风电机组主控系统，并进行应用示范。具体包括：开发基于国产处理器的主控硬件、主控软件系统

及编译环境、自主可控的主控网络安全防护系统、自主可控的主控数据存储系统；开发风电安全及运行控制参数函数库；研究主控系统评价方法及标准；研制主控系统样机，并进行应用验证。

考核指标：研制主控系统样机，PLC 硬件国产化率 100%，其余硬件国产化率不低于 95%，编译环境支持 IEC 61131-3 标准和 NB/T 31043 标准的工业语言；在零下 40 摄氏度~70 摄氏度的环境下稳定运行，可利用率不低于 99%，通过 EMC 测试；研制的主控系统样机在额定功率 5 兆瓦以上的风电机组中并网示范运行，并通过 240 小时运行验证；形成国产风电主控系统的设计规范与评价标准。

2.7 新型高效风力发电设计基础前沿（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：围绕高效风能捕获、低损耗传动、高效发电与友好并网等问题开展研究，突破具有原始创新的新型高效风能捕获及转换理论、新型风力发电低损耗传动原理、全过程能量传递协同作用机制、宽频域机—网柔性协调控制策略、风—机—电—网多时间尺度耦合系统仿真与一体化设计等（“十二五”和“十三五”科技部科技计划中已支持的新型风力发电技术，本指南方向不再重复支持）。

考核指标：形成新型高效风力发电装备的创新设计、理论方法和支持工具；开发具有自主知识产权的新型高效风力发电装备原理样机，整机能量综合利用效率不小于 46%，完成样机的功能和性能试验验证，并通过第三方机构评估；申请发明专利不少于 3 项。

有关说明：同时支持 2 项。

3. 生物质燃料

3.1 木质纤维素制备特种航空燃料联产乙醇关键技术（共性关键技术类）

研究内容：为实现木质纤维素生物质高值化规模化利用，契合液体燃料领域碳减排的需求及高性能飞行器对特种航空燃料的需求，开展木质纤维素生物质制备高性能特种航空燃料（高密度低冰点）联产乙醇的关键技术研究。具体包括：生物质三组分分离与综纤维素转化制备羰基化合物；基于羰基化合物的高密度低冰点航空燃料基础组分制备技术；木质素转化制备高热沉组分关键技术；纤维素水相催化制备乙醇关键技术；生物质制备特种航空燃料联产乙醇关键技术的系统集成与放大验证。

考核指标：每生产 1 吨特种航空燃料联产 2.4 吨乙醇，消耗木质纤维素生物质原料（绝干）不超过 10 吨，系统能耗不超过 2 吨标准煤；非贵金属加氢脱氧催化剂寿命不低于 6000 小时；特种航空燃料产品密度不小于 0.93 克/毫升，热值不小于 39.0 兆焦耳/升，冰点不高于零下 73 摄氏度，其它指标达到大比重喷气燃料规范（GJB 1603-1993）要求；建成并运行千吨级特种航油联产乙醇中试系统。

3.2 多元生物质醇类原料定向解聚增效预处理技术（共性关键技术类）

研究内容：突破能源林草类多元生物质原料收储运模式落

后、拆解分离难、预处理成本高等能源化技术瓶颈，形成可持续保障生物质醇类燃料规模化生产的多元林草原料高效低碳预处理技术体系。具体包括：多元林草原料智能收储运模式技术；多元林草原料抗降解屏障解除及差异化拆解分离策略；多元林草原料高效低碳可控预处理技术及装备；多元林草原料解离半纤维素和木质素增值转化技术；多元林草原料预处理过程集成优化与智能控制技术。

考核指标：形成适配醇类燃料的林草原料智能收储运模式（规程）及预测模型 1 套，收储运成本低于 120 元每吨原料；明确 2 种模式林草（各 1 种）原料高效低毒预处理机制；优先分离组分（半纤维素优先或木质素优先策略）去除率 90%，能耗低于 2.5×10^6 千焦每吨原料；拆解副产物增值利用效益抵消预处理成本 40% 以上，木质素制备功能材料过程碳利用率大于 60%；完成预处理技术与装备工艺集成验证，以纤维素乙醇为导向，预处理成本占总成本低于 30%。

3.3 煤与生物质耦合发电技术（共性关键技术类）

研究内容：面对燃煤机组节能低碳发电的需求，开展煤与生物质直接耦合发电关键技术研发。具体包括：生物质燃料预处理及汽尘超洁净排放技术；煤与生物质直接耦合发电系统集成运行规律和混烧比例容纳极限；煤与生物质高效混合燃烧及对锅炉受热面沾污腐蚀、传热影响及防控技术；基于烟气碳 14 检测分析的生物质耦合燃烧比例高精度测定技术；煤与生物质耦合发电环

保适应性研究及污染物控制、灰渣无害化处理技术。

考核指标：开发煤与生物质燃料直接耦合发电技术和污染控制技术成套工艺与核心设备；在 600 兆瓦以上等级锅炉上完成煤与生物质耦合发电技术工业验证，CO₂ 减排量不低于 50 克/千瓦时，每年稳定运行 5000 小时以上。

4. 交叉与基础前沿

4.1 大规模太阳能风能系统与青藏高原生态环境协同发展技术（共性关键技术类）

研究内容：面向青藏高原大规模太阳能风能发展需求，突破与青藏高原戈壁沙漠区生态环境协同发展的太阳能风能系统设计、集成和运维关键技术。具体包括：光伏、光热及风能发电系统与青藏高原生态环境分区的匹配研究、在“高辐射、高温变、高风侵”条件下关键材料的生态环境风险量化评估方法；青藏高原戈壁沙漠区的光伏风能系统与生态环境协同设计集成方法，水资源循环再利用技术和防风固沙技术；光伏风能系统与生态环境协同运维技术，包括清洗、植被恢复和土壤改良技术；光伏风能系统地表、地上、地下生态环境要素监测技术，考虑空间代表性和测点数量的现场监测系统方案研究；青藏高原戈壁沙漠区光伏风能系统与生态环境协同发展技术验证性平台设计集成技术。

考核指标：形成针对青藏高原典型生态环境分区的太阳能风能发电系统规划布局方案、水资源再利用和防风固沙系统集成设计方案，开发至少包括 3 种可再生能源类型的多要素耦合环境影

响评价模型；光伏风能生态协同运维系统，实现土壤含水率提升10%；光伏风能系统生态环境要素监测系统，监测因子（地表、地上、地下）不少于8个，监测布点数不少于10个，可覆盖10万千瓦以上的光伏风能系统；在青藏高原戈壁沙漠区建立10万千瓦以上的技术验证性平台，与平台以外区域相比，植被覆盖率提升不少于10%，形成适用于青藏高原戈壁沙漠区光伏风能系统的生态协同工程技术导则。

4.2 紧凑型可再生能源电热氢联产系统模块关键技术（共性关键技术类）

研究内容：为填补我国分布式可再生能源电热氢联产技术空白，重点研发紧凑型可再生能源电热氢联产系统模块设计、控制、安全防护技术及关键设备。具体包括：分布式可再生能源发电、产热、水电解制氢联产系统集成设计方法，机械、电气等核心模块高集程度工艺设计方法；适合可再生能源供电、储电、制氢的高功率密度多端口电力电子变换器技术；以氢安全为核心的电热氢联产系统安全预警与快速保护技术；高效率高可靠的电、热、氢能量管理技术；紧凑型可再生能源电热氢联产系统模块研制。

考核指标：提出高体积能量密度、高质量能量密度的可再生能源电热氢联产系统设计方法；可再生能源供电/储电/制氢多端口变换器功率密度不小于2瓦/立方厘米，单端口最大转换效率不小于97%；氢安全保护装置快速联动响应时间不大于100毫秒；紧凑型可再生能源电热氢联产系统模块可接入可再生能源容量不

小于 1 兆瓦，制氢能力不小于 100 立方米（标准大气压）/小时，水电解制氢装置单位制氢电耗不大于 4.5 千瓦时/立方米（标准大气压），燃料电池发电单位耗氢量不大于 0.7 立方米（标准大气压）/千瓦时。

4.3 风电和光伏发电系统稳定控制与灵活性提升机理与方法（基础研究类）

研究内容：面向构建以新能源为主体的新型电力系统需求，深入挖掘新能源发电侧动态调节能力，突破风电和光伏发电系统稳定控制和灵活性提升理论及方法。具体包括：研究风电和光伏发电系统灵活性主要影响因素及变化规律，灵活性提升的新型电路拓扑结构及控制结构设计方法；风电和光伏发电单元故障短路电流计算及扰动在多机间传播规律分析，不同电网故障下发电系统故障暂态可控边界分析及协同控制方法；风电和光伏发电系统多模式小扰动失稳机理与分析方法，源网阻抗智能感知的风电和光伏发电系统主动阻尼方法；风电和光伏发电系统有功和无功灵活调节资源评估及挖掘，频率快速响应及电压主动支撑协同优化方法；基于控制器硬件在环实时仿真的风/光机组和场站稳定控制与灵活性校验与参数整定方法。

考核指标：提出风电和光伏发电系统稳定控制与灵活性提升的理论方法，为大规模风电和光伏发电系统安全稳定并网发电奠定理论研究基础。提出至少 2 种灵活性提升新型电路拓扑；建立风电和光伏发电系统故障分析模型，故障稳态电流计算误差不大

于 5%；提出风电和光伏发电系统源网阻抗智能感知和主动阻尼控制新方法，适应系统短路比 SCR 不大于 1.1；快速频率响应时间不大于 100 毫秒，快速无功响应时间不大于 20 毫秒；1 套全场景风电和光伏协同运行验证半物理系统，实时仿真步长不大于 50 微秒。

4.4 煤与光热耦合发电技术（共性关键技术类）

研究内容：面对燃煤发电绿色低碳转型和新能源优化发展需求，开展煤与光热耦合发电关键技术研发。具体包括：实现光热高比例耦合的系统集成设计优化技术；煤与光热耦合发电系统关键单元（储能）与关键设备（太阳能集热系统）设计与制造技术；煤与光热耦合发电系统全工况动态特性及控制策略；煤与光热耦合发电系统调峰性能和灵活性运行技术；煤与光热耦合发电系统工业验证。

考核指标：掌握煤与光热耦合发电技术，在 300 兆瓦等级（含 300 兆瓦）以上煤电机组上，完成煤与光热耦合发电系统工业验证；耦合光热 30 兆瓦（热功率）以上，煤与光热耦合发电系统调峰速率达到 4%额定电功率/分钟。

“可再生能源技术”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 张诗悦

“煤炭清洁高效利用技术”重点专项 2022 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“煤炭清洁高效利用技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：推进煤炭利用清洁低碳、灵活智能转型，在有效满足经济社会对能源需求的同时，保障国家能源安全，为能源系统平稳转型及碳达峰碳中和目标的实现提供科技支撑。

2022 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕煤炭高效清洁发电、煤炭灵活智能发电、煤炭清洁转化、二氧化碳捕集利用与封存 4 个技术方向，拟启动 22 项指南任务，安排国拨经费 2.34 亿元。其中，拟部署 8 项青年科学家项目，拟安排国拨经费 2400 万元，每个项目不超过 300 万元。原则上，基础研究类（含青年科学家项目）不要求配套经费，共性关键技术类项目要求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，每个方向拟支持项目数为 1~2 项，实施周期不超过 5 年。除特殊说明外，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 名项目负责人，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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 煤炭高效清洁发电

1.1 新型高效紧凑型换热器技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向燃煤超临界二氧化碳循环发电，探索流动和换热新机制，发明气—气新型高效紧凑型换热器，进行原理样机实验验证。

考核指标：样机在传热、减阻、通道尺寸微型化以及工质适应性等方面性能优越，换热器摩擦阻力系数不大于 0.08，换热器效率 $\geq 93\%$ ，单个紧凑型换热器热负荷不小于 100kW，表面积/体积的比值大于 $5000\text{m}^2/\text{m}^3$ 。

1.2 近零排放的燃煤污染物深度脱除技术（共性关键技术类）

研究内容：研发面向近零排放的高效低成本烟气污染物（SO_x、NO_x、颗粒物等）深度脱除技术；研制烟气多污染物经济高效深度脱除成套技术和设备；开展近零排放的烟气多污染物深度脱除技术的工业验证。

考核指标：形成深度脱除全套工艺技术，在 100MW 等级以上燃煤机组完成工业验证，颗粒物、SO₂、NO_x 排放均小于 1mg/Nm³，SO₃ 脱除率不低于 95%，重金属的脱除率不低于 90%，综合成本不高于现有超低排放系统。

1.3 循环流化床锅炉宽负荷调峰超低排放关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究循环流化床宽负荷下硫氮污染物协同控制方法与策略；开发循环流化床燃烧炉内 N₂O 和 NO_x 联合控制技术；开发循环流化床快速变负荷调节技术；开展循环流化床低成本宽负荷超低排放系统集成优化研究，进行工程验证。

考核指标：掌握循环流化床调峰及污染排放控制技术，完成 300MW 等级循环流化床锅炉宽负荷和快速变负荷超低排放的工程验证，负荷范围 25%~100%，负荷变化速率 ≥ 2.0%/min；在 25%~100% 负荷变化范围内实现 N₂O 原始排放 ≤ 80mg/m³、NO_x 原始排放 ≤ 50mg/m³。烟尘排放 ≤ 5mg/m³，SO₂ ≤ 35mg/m³。

1.4 超临界二氧化碳燃煤发电系统关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开展超临界二氧化碳基础物性研究；研究燃煤超

临界二氧化碳循环发电系统构建方法，研究循环系统动态特性及快速调峰控制策略；超临界二氧化碳燃煤锅炉关键技术；超临界二氧化碳压缩机及透平关键技术；超临界二氧化碳回热器关键技术；开展燃煤 600℃等级 20MWe 以上超临界二氧化碳机组系统集成优化研究，进行工业验证，开展发电系统瞬态特性及灵活性试验研究。

考核指标：完成燃煤 600℃等级 20MWe 以上超临界二氧化碳燃煤发电机组的工业验证。具体指标如下：（1）形成燃煤超临界二氧化碳循环发电系统设计方法；（2）超临界二氧化碳燃煤锅炉效率 $\geq 92\%$ ，回热器效率 $\geq 90\%$ ，稳态额定参数下发电效率不低于 40%；（3）负荷变化速率 6%/min 以上；（4）性能考核连续运行时间不小于 168 小时，累计运行时间不低于 1000 小时。

1.5 650℃以上高参数高效燃煤发电技术及示范(共性关键技术类)

研究内容：研究开发 650~700℃高参数机组关键部件的选材及制造、加工、焊接工艺，进行关键部件及材料验证；研究高参数热力循环关键参数及热力系统技术；研究大容量高参数锅炉燃烧与水动力耦合特性、受热面布置及汽温调节方式和紧凑经济的锅炉布置型式；开发高参数汽轮机，研究汽轮机制造工艺、气动设计及整体结构方案；开发超高参数阀门，研究高温阀门气动特性、结构设计和制造工艺；进行 650℃以上等级发电机组的工程示范。

考核指标：建成基于国产材料的 650℃等级超超临界蒸汽发

电机组示范工程。具体指标如下：（1）开发出高温国产材料部件及形成加工制造工艺；（2）锅炉效率 $\geq 95\%$ ，汽轮机热耗率不高于 6850kJ/kWh ，机组供电效率 $\geq 48\%$ ；（3）完成高温阀门自主设计及制造；（4）性能考核连续运行时间不小于168小时，累计运行时间不低于2000小时。

2. 煤炭灵活智能发电

2.1 燃煤灵活智能发电基础问题研究（基础研究类）

研究内容：针对燃煤发电机组深度调峰和快速变负荷需求，研究热力系统多时空动力学特性及智能化建模理论方法；研究智能控制理论方法、智能诊断算法及多目标协同优化控制策略；锅炉超低负荷的稳燃机制及污染物超低排放控制方法；机炉部件损伤机理、安全调控、寿命预测及评价。

考核指标：构建深度灵活调峰机组多时空动力学模型、智能控制算法、智能诊断算法及机组优化协调控制方法，形成自感知、自学习及自决策的智能系统，实现机组深度调峰快速变负荷工况下的全程自动化运行；建立燃煤发电机组灵活智能发电控制理论，构建提升灵活运行的安全环保稳定性指标体系，完成变负荷速率达到 $5\%/min$ 的深度调峰发电系统的初步设计。

2.2 新型燃煤发电锅炉快速调峰技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究煤粉燃烧快速变负荷方法和技术，研究煤粉快速变负荷燃烧稳定性和燃尽特性，进行实验验证；研究变负荷

速率与燃烧速率和传热速率间的动态匹配特性，研究燃煤发电锅炉快速变负荷技术方案。

考核指标：形成无助燃的煤粉燃烧快速变负荷方法和技术，完成 MW 级中试验证，实现负荷运行范围 20%~100%，升降负荷速率不低于 6%/min。完成 300MW 级亚临界燃煤发电锅炉及相关辅助系统快速变负荷技术的方案设计。

有关说明：同时支持 2 个不同技术路线的项目。

2.3 智能燃煤电站关键技术研发（共性关键技术类）

研究内容：开发燃煤发电智能控制系统，支持燃煤发电过程的自主感知、灵活调节、运行优化和智能决策；研究智能化状态监控和故障诊断方法，开发实时及历史数据处理技术，研究工业数据挖掘和知识推理等算法及应用，开发智能调控、故障诊断测试平台；适应电厂应用与运维的轻量化边缘云平台，以及边缘云与中心云的协同互动技术。

考核指标：燃煤电站实现包括自启停控制（APS）的全程智控，在无人工干预情况下连续运行 168 小时；测试平台上状态监控和故障诊断涵盖 >20 种典型常见的故障识别，误报和漏报率均低于 15%；开发出轻量化电厂边缘云平台，实现智能交互，支撑 10 个以上的核心功能业务。

2.4 超（超）临界机组宽负荷快速灵活调峰关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开发深度调峰锅炉汽温调节和受热面安全控制技

术；研究直流锅炉深度调峰干/湿态转换机理及控制，开发高效宽负荷自动巡航、自适应和自调节技术；开发深度调峰、快速变负荷及启停的机组安全保障技术；开展超（超）临界燃煤机组适应锅炉、汽轮机快速变负荷的主辅机匹配与系统集成研究，进行工程验证，开展全工况机组运行经济性评估研究。

考核指标：锅炉最低稳定燃烧负荷达到 20% 额定负荷，锅炉各级受热面稳定运行且不超温；锅炉干湿态转换平顺且可自动完成；形成超（超）临界燃煤机组宽负荷快速灵活调峰及系统集成技术，在 300MW 以上超（超）临界纯凝机组上完成工程验证，负荷调节范围 20%~100%，变负荷速率达到 2.5%/min，实现机组全工况安全运行，20% 负荷时煤耗的增加值不高于现有深调至 20% 负荷机组煤耗增加值的 70%。

3. 煤炭清洁转化

3.1 煤直接制纳米金刚石材料技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：探索煤制纳米金刚石材料的热力学机制与动力学转化过程，研究粒子能量等工艺条件对纳米金刚石材料的晶粒尺寸、晶体质量、生物相容性、结构中缺陷种类及浓度、机械性能等的影响，开发煤直接制纳米金刚石材料技术。

考核指标：开发煤炭转化为金刚石材料的技术，实现金刚石材料生长速率 $\geq 3\mu\text{m/h}$ ，单台设备年产量 $\geq 20\text{g}$ ，金刚石材料拉曼峰半高宽 $\leq 10\text{cm}^{-1}$ ，金刚石材料热导率 $\geq 1800\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，强度 \geq

75GPa。

3.2 合成气转化制可降解材料非贵金属加氢催化剂的开发 (基础研究类, 青年科学家项目)

研究内容: 开发高效稳定的合成气制可降解材料前聚体乙醇酸甲酯技术, 进行高选择性非贵金属加氢催化材料的合理设计与可控制备, 降低催化剂成本, 解决催化剂结焦难题。形成催化剂规模化制备技术并进行模式试验验证, 实现高效乙醇酸甲酯合成。

考核指标: 实现高效非贵金属加氢催化剂规模化制备, 催化剂在模式装置上稳定运行 ≥ 1000 小时, 乙醇酸甲酯收率 $\geq 90\%$ 。

3.3 温和条件下煤炭定向裂解制备高端精细化学品技术 (基础研究类, 青年科学家项目)

研究内容: 开发在温和条件下 ($\leq 100^\circ\text{C}$) 对煤炭进行定向裂解、直接制备、分离缩合芳香族化合物等高端精细化学品的技术。研究煤种、催化剂和溶剂对煤定向裂解的影响机制; 研究影响煤中有机质大分子裂解后可溶物收率的因素; 研究所选用的溶剂和催化剂回收和循环使用技术。

考核指标: 完成单批次 10kg 级煤炭处理装置稳定运行, 重现性误差 $\leq 5\%$; 温和条件下, 所得煤炭的溶剂可溶物收率 $\geq 80\%$, 溶剂和催化剂回收利用率 $\geq 98\%$, 目标产品纯度 $\geq 99\%$, 分离得到缩合芳香族化合物等高端精细化学品 5 种以上。

3.4 低 CO₂ 排放的新型煤间接液化成套技术 (共性关键技术类)

研究内容: 开展 Fe-C-O 高效活性结构动态稳定化调控、费

托合成反应 (FTS) 和水气变换反应 (WGS) 协同作用机制研究, 开发高活性、高稳定性、低 CO₂ 选择性的新型费托合成催化剂; 研究气液固三相体系流场分布、换热网络、高效液固分离, 开发超大规模浆态床反应器及配套装置; 耦合集成煤气化、中间产品制超清洁油品技术; 形成高效、低 CO₂ 排放的新型煤炭间接液化成套技术。

考核指标: 费托合成催化剂模式实验条件下, 时空产率 ≥ 2.5 克 C₃₊ 烃/(克催化剂·小时), CO₂ 选择性 $\leq 13\text{mol}\%$; 费托合成催化剂工业应用条件下, 时空产率 ≥ 1.2 克 C₃₊ 烃/(克催化剂·小时), 产油能力 ≥ 1200 吨 C₃₊ 烃/吨催化剂, CO₂ 选择性 $\leq 14\text{mol}\%$; 形成百万吨级新型煤间接液化工艺技术包, 单台浆态床反应器产能 ≥ 80 万吨/年, 系统能效 $\geq 49\%$, CO₂ 排放 ≤ 4.5 吨/吨产品。

3.5 大规模新型煤直接液化技术 (共性关键技术类)

研究内容: 开发高活性、高分散、低水耗煤直接液化新型催化剂; 开发煤直接液化高效供氢溶剂制备技术; 开发超大规模煤直接液化新型反应器; 开发大处理量、稳定性好、防沉积结焦新型反应系统; 开发煤基一体化通用燃料关键制备技术; 形成大规模、长周期、高效的新型煤直接液化工艺技术。

考核指标: 完成吨/日级新型直接液化催化剂中试试验验证, 吨催化剂水耗 < 0.5 吨; 循环溶剂供氢指数 $> 22\text{mg/g}$; 在百公斤级煤直接液化连续实验装置上, 煤的转化率 $\geq 89\%$, 油收率 $\geq 55\%$; 煤基一体化通用燃料完成陆、海、空典型装备发动机台架

试验验证，十六烷值 ≥ 45 ，闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ ，冰点 $< -47^{\circ}\text{C}$ ；形成 200 万吨新型煤直接液化工艺技术包，单系列煤直接液化装置油品产能 > 200 万吨/年，能源转化效率 $\geq 60\%$ ，单位反应器体积煤浆处理量提高 10%以上（与现有工业装置相比）。

3.6 合成气直接转化制长链 α -烯烃关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开发合成气直接转化制 C_{6+} 长链 α -烯烃关键技术；开发规模化高选择性、高稳定性催化剂制备技术；开发长链 α -烯烃的分离和精制技术；开展全流程工艺系统优化研究，实现装置稳定运行。

考核指标：完成长链 α -烯烃合成催化剂吨级制备；煤基长链 α -烯烃制备和分离精制技术完成万吨级验证，累计运行时间不低于 3000 小时， CH_4 产率 $< 5\%$ ，液体产品产率 $\geq 45\%$ ，液体产品中 C_{6+} （含 C_6 ） α -烯烃 $\geq 55\%$ ，聚合级 1-己烯产品纯度 $\geq 99\%$ 。

3.7 煤转化过程中 VOCs 低温高效转化去除技术（共性关键技术类）

研究内容：主要针对煤转化过程中合成气净化单元排放废气，开发新型高效耐硫催化剂，实现 VOCs 的低温高效转化；开发与催化剂相匹配工艺技术；开展过程控制研究，优化过程控制方案和运行配置；开发关键核心设备；进行 VOCs 低温高效去除成套技术工业试验。

考核指标：完成 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 以上规模废气中 VOCs 去除装置的建设并实现稳定运行；废气中烃类转化温度 $\leq 550^{\circ}\text{C}$ ，转化率

≥95%，出口非甲烷总烃浓度 ≤80mg/Nm³，耐硫催化剂实际使用寿命 ≥2 年。

3.8 煤基先进功能碳材料制备关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开发以煤为原料直接制备电池负极材料、电容炭等碳功能材料的关键技术；开发以含碳煤转化残渣为原料制备电池负极碳、电容炭、吸附碳等碳功能材料的关键技术。

考核指标：完成年千吨级煤基 Na/Li 离子电池负极材料制备，材料比容量 ≥300mAh/g，首次库伦效率 ≥85%，循环寿命 ≥10000 次；完成年百吨级煤基电容炭材料制备，材料有机系电解液比电容 ≥120F/g，一万次容量保持率 90%，耐受电压 ≥3.2V；完成年万吨级煤转化含碳残渣分离制备富集炭和富集炭制备吸附碳材料，并实现成套技术示范，吸附碳比表面积 ≥300m²/g。

4. 二氧化碳捕集利用与封存

4.1 新型低能耗 CO₂ 捕集材料及机制（基础研究类）

研究内容：研究新型低能耗 CO₂ 捕集材料定向设计方法；研究基于新型捕集材料的 CO₂ 捕集过程热质传递机理及过程强化；研究烟气组分对 CO₂ 捕集的影响规律及 CO₂ 捕集材料再生机制；研究 CO₂ 捕集全系统能量匹配规律，形成新型低能耗 CO₂ 捕集原理。

考核指标：研制出 2~3 种新型高性能 CO₂ 捕集材料，明确其烟气 CO₂ 捕集特性和作用规律，形成系统的低能耗碳捕集新体系，CO₂ 捕集率 > 90%，捕集能耗 < 2.8GJ/tCO₂ 或再生热耗 < 2.0GJ/tCO₂，捕集材料再生损耗 < 0.7kg/tCO₂。

4.2 CO₂定向转化制含氧化学品反应机制与新途径（基础研究类）

研究内容：开发 CO₂ 合成有机酸、醇、酯等高附加值化学品新途径；开发 CO₂ 定向转化高效催化剂；研究基于碳氧键断裂、物种插入与转移的 CO₂ 活化机制和基于 CO₂ 化学键定向重构的产物选择性调控机制；揭示 CO₂ 定向转化过程的热力学和动力学规律，形成 CO₂ 转化利用新体系。

考核指标：开发出 2~3 条 CO₂ 转化制高附加值含氧化化学品的反应新途径和新方法并揭示其反应机制，形成 CO₂ 定向转化高效催化剂制备方法，实现 CO₂ 总转化率 ≥ 60%，单一产物选择性 ≥ 80%。

4.3 CO₂捕集与原位催化转化技术研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究具有 CO₂ 捕集与原位催化转化性能的双功能材料设计与制备方法，研究 CO₂ 捕集与原位催化转化制高值化学品系统集成及过程强化工艺，研究原位催化转化过程中 CO₂ 捕集、活化与催化转化机制，形成 CO₂ 捕集与原位催化转化制高值化学品技术。

考核指标：形成用于 CO₂ 捕集与原位催化转化的双功能材料规模化制备方案，建成年产百公斤级规模 CO₂ 捕集与原位转化装备，实现捕集容量 ≥ 0.85 mol CO₂/kg，CO₂ 原位转化率 ≥ 60%。

4.4 电催化还原 CO₂ 制 C₂₊基础化学品探究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：开发电催化 CO₂ 转化高效催化剂，揭示电催化作

用下 CO₂ 精准活化及可控碳碳偶联机制，研究 CO₂ 催化转化制 C₂₊醇/烯烃过程强化规律，构建高效稳定的 CO₂ 电催化系统。

考核指标：建立电催化 CO₂ 制备低碳醇/烯烃系统，年产 C₂₊醇/烯烃达到百公斤级，实现 500mA/cm² 大电流密度下稳定运行大于 100h，单一醇/烯烃产物选择性大于 60%。

4.5 CO₂ 矿化联产高值产品技术（共性关键技术类）

研究内容：开发多组分煤基固废的钙镁组分高效活化和 CO₂ 深度矿化新技术；开发高适用性、高固碳率、高固废掺杂的 CO₂ 矿化联产高附加值碳酸盐、建材等产品新工艺；开发 CO₂ 矿化与废渣、废水协同资源化利用技术；研发 CO₂ 吸收与矿化反应一体化的气—液—固多相深度矿化的高效传质与反应设备；进行 CO₂ 矿化联产高值产品技术工业试验。

考核指标：形成适用于多组分的煤基固废 CO₂ 矿化联产高值产品关键技术，建立 CO₂ 矿化吸收能力 ≥ 50000 吨/年且联产高值产品的 CO₂ 矿化工业装置，在工业试验装置连续稳定运行 2000 小时的基础上进行 72 小时性能试验考核，矿化反应器 CO₂ 转化利用率不低于 90%，CO₂ 矿化净封存利用率 ≥ 70%，固废活性组分综合利用率不低于 50%。

“煤炭清洁高效利用技术”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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）。

(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) 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。

(7) 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）。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2021 年 6 月 30 日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人：朱卫东

“氢能技术”重点专项 2022 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 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以推动能源革命、建设能源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。

2022 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 4 个技术方向，拟启动 24 项指南任务，安排国拨经费 4 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，每个项目不超过 300 万元。原则上，基础研究类（含青年科学家项目）不要求配套经费，共性关键技术类项目自筹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）的研究任务申报。除特殊说明外，每个任务拟支持项目数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。

除特殊说明外，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名项目负责人，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1984年1月1日以后出生，女性应为1982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. 氢能绿色制取与规模转存体系

1.1 兆瓦级电解水制氢质子交换膜电解堆技术（共性关键技术类）

研究内容：针对风电/谷电等对高弹性、大功率电解制氢系统的需求，开展宽功率适应性的高产气量电解水制氢质子交换膜（PEM）电解堆及支持系统技术研究。具体包括：低贵金属、高稳定性膜电极制备技术研究，高均一性双极板设计及制备技术研究，高导电、高耐蚀、低流阻多孔扩散层设计与制备技术研究，

大面积单池内部机械应力均衡与封装技术研究，开展单池间结构与过程偏差敏感度分析与实验验证，设计并试制兆瓦级 PEM 电解堆，开展衰减、失效成因研究与可靠性、耐久性验证。

考核指标：兆瓦级 PEM 电解堆，额定输入功率 ≥ 1 兆瓦，产氢速率 ≥ 220 标准立方米氢气/小时，直流电耗 ≤ 48 千瓦时/千克氢气，输入功率可在 5%~150% 波动，在 60°C 且 1 安培/平方厘米的电流密度工作条件下满足单池电压 $\leq 1.85\text{V}$ 且各单池之间电压偏差 ≤ 50 毫伏，在额定输入电流处连续运行 3000 小时后满足单池电压衰变率 ≤ 30 微伏/小时、堆内单池电压极差 ≤ 60 毫伏。其中，电解堆使用的膜电极活性面积 ≥ 0.3 平方米，贵金属总用量 ≤ 1.0 毫克/平方厘米。

有关说明：由企业牵头申报。

1.2 电解水制高压氢电解堆及系统关键技术(共性关键技术类)

研究内容：针对电解水制氢注入管道输送的增压效率提升需求，突破电解水制高压氢直接注入输氢管道的质子交换膜 (PEM) 电解堆及系统装备关键技术。具体包括：研究高压力操作对电解堆性能及安全性的影响规律；研究耐高压、低氢氧渗透及高电导率膜结构设计及制备工艺；研究高导电、高耐蚀双极板材料与结构设计技术；研究高耐压密封结构与材料，研制高压操作 PEM 电解堆；研究高压水气分离与回水安全控制技术，研制全自动电解水制高压氢系统装备。

考核指标：高气压 PEM 电解堆额定输入功率 ≥ 10 千瓦，产

气压力 ≥ 15 兆帕，压差耐受 ≥ 3 兆帕，排出氧气中氢含量 $\leq 1.5\%$ ，单池电压 2.0 伏下电解堆的电流密度 ≥ 1.0 安培/平方厘米，输入功率允许波动范围 20%~100%；全自动电解水制高压氢系统装备，压力控制精度优于 1%，压差控制精度优于 2.5%，氢气纯度不小于 99.99%，氧含量不大于 80ppm，全系统完成 1000 小时的运行试验验证。其中，电解堆和系统使用的 PEM 膜电极中铱载量 ≤ 1 毫克/平方厘米，铂载量 ≤ 0.2 毫克/平方厘米，极板贵金属总量 ≤ 0.3 毫克/平方厘米。

1.3 固体氧化物电解水蒸汽制氢系统与电解堆技术（共性关键技术类）

研究内容：针对固体氧化物电解水蒸汽制氢（SOEC）技术实用化问题，研究大功率固体氧化物电解制氢电解堆与系统集成技术。具体包括：大面积、高强度的超薄电解质设计与制备技术；高活性、长寿命电极设计与制备技术；电解池电连接、串接密封及其成堆技术；电解堆模组流场和热控设计与集成技术；水热等运行条件对电解堆性能影响规律、优化运行策略及 SOEC 系统集成技术。

考核指标：固体氧化物电解水蒸汽制氢系统，功率 ≥ 50 千瓦，电解电流密度在电解电压为 1.3 伏且温度不高于 800℃的条件下 ≥ 0.8 安培/平方厘米，水蒸气转化率 $\geq 70\%$ ，电解效率 $\geq 90\%$ ，直流能耗 ≤ 3.5 千瓦时/标准立方米氢气，连续运行时间 ≥ 2000 小时，衰减率 $\leq 3\%$ /千小时，10 次冷热循环衰减 $\leq 2\%$ ，预期寿命优于

20000 小时，其中，单热区电解堆模组功率 ≥ 20 千瓦，单电解堆功率 ≥ 3.5 千瓦，电极有效面积 ≥ 100 平方厘米，电解质面比电阻（ASR） ≤ 0.20 欧姆·平方厘米。基于超薄电解质的电解单池在不高于 800°C 、电解电压为 1.3 伏条件下，电解电流密度 ≥ 2 安培/平方厘米。

1.4 质子交换膜电解水制氢测试诊断技术与设备研发（共性关键技术类）

研究内容：针对大规模质子交换膜（PEM）电解制氢技术发展和应用中面临的测试、诊断关键设备缺失等问题，开展大功率的 PEM 电解水制氢电解堆测试诊断技术研究及设备开发。具体包括：研究适用于 PEM 电解水制氢系统优化运行的多参量传感与高精度量测技术；气体泄漏快速检测、精准定位与安全防护技术；适应多测试工况的电解电源与调控技术；研究 PEM 电解堆状态信息提取与诊断评估技术；研制 PEM 电解单电池、电解堆和系统的性能及寿命综合测试平台。

考核指标：PEM 电解单电池、电解堆和系统的性能及寿命综合测试平台的测试功率 ≥ 1 兆瓦，最大测试电流 ≥ 6000 安培，测试范围宽于 $10\% \sim 100\%$ ，具备在线交流阻抗谱测试能力且阻抗测量精度优于 1% ，具备阴阳极独立背压调节功能且氢氧压力差控制精度优于 0.05 兆帕、背压压力 ≥ 5 兆帕，控温范围在 $25^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，控温精度优于 1°C ，在全测试范围内流量、电压、电流等参量测量精度优于 0.2% 且控制精度优于 1% ，氢泄漏定位精度优于 1 厘

米，氧中氢含量测量精度优于 0.1%，响应时间 ≤ 100 毫秒；提出质子交换膜电解电堆寿命评估方法，评估误差 $\leq 10\%$ 。

有关说明：由企业牵头申报。

1.5 分布式氨分解制氢技术与灌装母站集成（共性关键技术类）

研究内容：针对加氢站或加氢母站氨分解制氢面临的反应温度高、分离难等问题，开展分布式氨分解制氢关键技术与示范验证。具体包括：高效氨分解催化剂材料的筛选、构造与规模化制备技术研究；高性能氨吸附剂材料开发及氨脱除工艺研究；高性能氢气纯化膜材料开发及规模化制备技术研究；现场液氨存储、分解制氢、纯化增压、灌装长管拖车、加注燃料电池汽车等一体化系统设计与集成管控技术。

考核指标：加氢母站用氨分解制氢装备的产氢速率 ≥ 400 标准立方米/小时，反应温度 $\leq 480^\circ\text{C}$ ，氨转化率 $\geq 99.5\%$ ，获得的氢气纯度 $\geq 99.99\%$ 、氨浓度 \leq 千万分之一、其他杂质含量要求执行 GB/T37244-2018 标准；氢气制备成本 ≤ 7 元/公斤（到站氨成本不计入），装置设计寿命 ≥ 10 年，启动时间 ≤ 2 小时；分解后氮气尾排中氨气的浓度控制范围 $\leq 10\text{ppm}$ ；装备稳定运行时间不少于 3000 小时。

1.6 高温质子导体电解制氢技术（基础研究类）

研究内容：针对高温质子导体电解制氢技术的实用化需求，开展高温质子导体固体氧化物电解制氢材料、机理等基础研究，具体包括：高电化学活性和稳定性的空气极材料与制备技术；高质子电

导率固体氧化物电解质的制备和电解质薄膜烧结工艺；大面积电解池的制备与界面精确调控技术；电解堆连接、密封与成堆关键技术；电解池界面元素迁移、微观结构演变规律与性能衰减机制。

考核指标：研制出千瓦级高温质子导体型电解堆，运行温度 $\leq 650^{\circ}\text{C}$ ，产氢率 ≥ 0.4 标准立方米/小时、能耗 ≤ 3.5 千瓦时/标准立方米，运行电流密度 ≥ 0.5 安培/平方厘米，连续运行时间不少于1000小时，每1000小时的平均衰退率 $\leq 3\%$ ，室温至工作温度的热循环 ≥ 3 次。其中，单体电解池有效面积 ≥ 80 平方厘米，1.3V稳态制氢 ≥ 3000 小时（实测），每1000小时的平均衰退率 $\leq 2\%$ ；阳极对称电池测试（水蒸汽含量 $\geq 20\%$ ）500小时后在 650°C 下面比电阻（ASR） ≤ 0.1 欧姆·平方厘米，10次循环平均衰减率 $\leq 1\%$ ；质子导体电解质在 650°C 下的质子导电率 ≥ 0.01 西门子/厘米。

1.7 新型中低温固体电解质氨电化学合成与转化技术（基础研究类）

研究内容：针对固体电解质氨电化学合成与转化效率低的问题，开展兼具氨合成与转化功能的新型中低温电解质材料与电化学器件前沿研究。具体包括：中低温条件下具有高质子电导率的新型电解质材料及其制备技术；中低温条件下高效稳定的氨转化与合成催化剂；氨/氢电化学反应竞争机理与氨反应选择性强化方法；电解质和催化剂的匹配技术及界面调控方法；研发基于中低温电解质的高效氨电化学转化器件。

考核指标：电化学合成氨的验证性电堆功率 ≥ 500 瓦，稳定

运行时间 ≥ 1000 小时，运行温度 $\leq 400^{\circ}\text{C}$ ，每平方米电池的电化学合成氨产率 ≥ 0.1 摩尔/小时，法拉第效率 $\geq 80\%$ ；固体电解质直接氨燃料电池堆功率 ≥ 500 瓦，稳定运行时间 ≥ 1000 小时，运行温度 $\leq 400^{\circ}\text{C}$ ，使用的单池峰值功率密度 ≥ 0.1 瓦/平方厘米，氨转化效率 $\geq 95\%$ ；电解质相对质量密度 $\geq 90\%$ 。

1.8 耦合高附加值氧化产物的电解水制氢技术(基础研究类, 青年科学家项目)

研究内容: 针对提升可再生能源电解水制氢系统运行经济性的重大需求, 开展电解水制氢耦合阳极选择性氧化制取大宗(市场需求千万吨以上)、高附加值含氧化学品(如环氧乙烷、乙酸等)技术研究。具体包括: 探索阳极氧化过程中有机分子高选择性转化机理, 结合理论分析、开发出高性能催化材料; 改进电极结构, 强化多相反应界面传质, 减少极化; 以低值有机资源为原料, 通过电化学选择性氧化制备易分离的高附加值化学品; 开发阴极产氢耦合阳极选择性氧化电解装置, 完成大电流类工业反应环境中的稳定性和能耗验证。

考核指标: 开发出不小于 1 千瓦的电解制氢耦合高附加值氧产物的原型器件, 贵金属催化剂用量 ≤ 1 毫克/平方厘米、质量比活性 ≥ 1 安培/毫克, 制氢电耗 ≤ 3.5 千瓦时/标准立方米氢气; 在电流密度 ≥ 100 毫安/平方厘米的条件下阳极选择性氧化法拉第效率 $\geq 90\%$ 、阴极制氢法拉第效率 $\geq 99\%$ 且氢气纯度 $\geq 99.9\%$, 稳定连续运行时间超过 1000 小时。

2. 氢能安全存储与快速输配体系

2.1 液氢加氢站关键装备研制与安全性研究(共性关键技术类)

研究内容: 基于商用液氢增压气化加氢站的大容量、高效及安全加注需求, 突破关键装备、核心零部件的制备技术, 解决液氢站运行的氢安全问题。具体内容包括: 研制液氢高压泵; 建立液氢加注过程热力学和动力学模型, 研究液氢气化过程高效传热特性, 研制高压液氢气化器; 开展液氢增压气化加注的液氢加氢站试验验证, 形成液氢加氢站安全预警和完整性技术。

考核指标: 研制液氢高压泵、液氢增压气化器等关键装备。其中, 高压泵在 80 兆帕条件下, 流量 ≥ 60 千克/小时; 高压液氢气化器设计压力 ≥ 100 兆帕, 满足安全预警的国家/行业规范要求, 常温下爆破试验压力不低于 2 倍设计压力, 且理论预测误差 $\leq 15\%$; 气化器调温组件出口温度 \geq 零下 40°C ; 开发高压液氢气化器设计仿真软件, 传热量预测偏差 $\leq 15\%$ 。研发液氢增压气化加氢站, 并对所研制的液氢高压泵和气化器进行实验验证。其中, 加氢站设计总加氢量 ≥ 2000 千克/日, 全站整体峰值耗电功率 ≤ 150 千瓦; 加氢机额定加注压力 ≥ 70 兆帕, 最大加注速度 ≥ 7.2 千克/分钟, 使用温度满足零下 40°C ~零上 85°C ; 形成液氢加氢站安全预警、完整性管理行业/国家规范或标准(草案) 1~2 项。

2.2 液氢转注、输运和长期高密度存储技术(共性关键技术类)

研究内容: 针对大规模液氢转运和长期存储过程中的经济性和安全性需求, 开展液氢高效转注、输运过程绝热与安全性评价

研究，具体内容包括：液氢储罐充装和灌注过程中热管理与安全技术；大流量低闪蒸液氢输送泵；液氢转注管道低温绝热技术；液氢槽罐低温绝热技术，研制低蒸发率的运输用液氢槽罐和固定式液氢加注站用液氢储罐；研制液氢转注成套设备，开展液氢储罐充装和灌注试验验证，形成操作规程。

考核指标：液氢泵，流量 ≥ 20 立方米/小时，扬程 ≥ 100 米，效率 $\geq 70\%$ ；液氢转注低温管道，使用压力0.6兆帕，长度 ≥ 20 米，液氢温区漏热率 ≤ 2 瓦/米（管路内径 ≥ 80 毫米），使用寿命 ≥ 5 年；液氢转注过程的热力学仿真软件，蒸发率预测偏差 $\leq 15\%$ ；储氢罐低温绝热材料选型及绝热性能设计仿真软件，漏热量预测偏差 $\leq 15\%$ ；液氢运输槽罐，容积 ≥ 50 立方米，液氢静态日蒸发率 $\leq 0.7\%$ ，维持时间 ≥ 20 天，真空寿命 ≥ 5 年；站用液氢储罐，容积 ≥ 30 立方米，液氢静态日蒸发率 $\leq 0.5\%$ ；完成液氢储罐充装和灌注试验验证，形成相关行业/国家规范或标准（草案）2项。

2.3 高可靠性高压储氢压力容器的设计制造技术（共性关键技术类）

研究内容：针对制氢工厂、加氢母站的高安全、高密度、低成本氢气储存重大需求，开展大容量高压储氢压力容器可靠性设计制造技术研究。具体内容包括：超高强度、高韧性压力容器用钢的氢相容性试验与评价、材料成分组织及性能调控技术；钢质储氢压力容器基于风险与寿命的设计技术、低泄漏率高压密封技术；大壁厚钢质储氢压力容器高可靠性建造技术；大容积大壁厚

储氢压力容器缺陷无损检测与安全评估技术。

考核指标：研制出 25 兆帕以上钢质储氢压力容器，单罐储氢容量 ≥ 700 千克氢气，泄漏率 $\leq 10^{-7}$ (帕·立方米)/秒 (检测方式：GB/T 15823-2009 标准)，并进行工程示范应用；开发出超高强度、高韧性、可焊接钢板材料，抗拉强度 ≥ 800 兆帕、零下 40°C 时的冲击吸收能量 ≥ 100 焦耳；开发出与钢板配套的锻件和焊接材料，达到焊缝和钢板在高压氢气环境下具有同等性能；形成大容积钢质高压储氢压力容器材料开发、结构设计、制造工艺控制、缺陷无损检测与安全评估等新技术方法不少于 10 项，储氢容器焊缝内表面裂纹深度检测灵敏度小于等于 0.5 毫米，焊缝内部体积性缺陷检测灵敏度小于等于直径 0.5 毫米；制修订相关技术标准 (送审稿) 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 基于液态载体的可逆储放氢关键材料与应用技术 (基础研究类, 青年科学家项目)

研究内容：为利用现有液态燃油输送管道或运输车辆，实现高效、安全和大规模氢运输，达到降低氢储运成本的目的，研发可循环的高密度液态载体的储放氢技术。具体内容包括：新型高密度无机液态或有机液态、浆态储氢载体的规模制备技术；释放氢气中杂质的抑制/过滤方法；高效脱/加氢催化剂的研制；基于液态载体的移动式储氢系统的储放氢工艺控制技术及其试验验证。

考核指标：液态载体储氢系统的可循环储氢密度按质量计 $\geq 5.5\%$ ，储氢压力 ≤ 1 兆帕，液态载体经 200 次循环的利用效率 \geq

80%；在站制氢反应器工作温度 $\leq 250^{\circ}\text{C}$ ，储氢和放氢速率均 ≥ 3 克/分钟，单次循环制氢量 ≥ 600 克氢气，出口端氢气纯度按质量计 $\geq 99.99\%$ ；储氢和放氢用催化剂能稳定运行 ≥ 200 次循环；掌握储放氢过程中储氢系统的质能传递特性，并提出高密度储氢装置的氢—热耦合设计方法。

2.5 基于固态新材料的可逆储放氢技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：针对高效、高安全和大规模氢储运的需求，探索固态储氢新材料/新体系及其储放氢技术。具体内容包括：新型金属有机骨架（MOFs）、共价有机骨架（COFs）、层状结构化合物等高密度储氢材料及其规模制备技术；不低于液氮温度下的储氢热力学与动力学性能及储放氢机制；建立储氢性能的理论预测模型；释放氢气中杂质的种类、含量和抑制/过滤方法。

考核指标：研制可逆固态储氢新材料/新体系及其储氢装置，实现百克级/批次的材料制备，储氢装置在不低于液氮温度下的储氢密度按质量计 $\geq 7\%$ ，储氢压力 ≤ 10 兆帕，释放的氢气纯度按质量计 $\geq 99.99\%$ ，200次循环利用效率 $\geq 90\%$ ；储氢性能理论预测数值与实验数值的偏差率 $\leq 10\%$ 。

2.6 加氢站用新型氢压机核心理论及关键技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：为实现管网及液氢供给场景下加氢站内高效、安全、紧凑的氢气增压工艺，降低增压成本，围绕新型离子液体氢

气压缩机核心理论及关键技术展开研究。具体内容包括：离子液体热物理特性、离子液体与氢气相互作用机理、气—液界面形态演变规律研究；离子液体—氢气两相增压过程微观热力特性及宏观工作过程研究；高效离子液体分离特性及装置设计技术；离子液体压缩机能量匹配策略及整机设计技术；离子液体压缩机关键部件及整机研发。通过本项目研制满足 70 兆帕加氢站需求的离子液体氢气压缩机。

考核指标：建立离子液体压缩机压缩过程热力学和动力学模型，全工况范围内效率平均预测误差 $\leq 5\%$ ，最大预测误差 $\leq 10\%$ ；构建离子液体压缩机设计方法，研制离子液体压缩机原理样机：排气压力 ≥ 90 兆帕，进气压力 ≥ 0.5 兆帕，在 1 兆帕处的排气流量 ≥ 200 标准立方米/小时，效率 $\geq 65\%$ ；进行稳定运行试验 ≥ 200 小时（惰性气体介质）；研制离子液体分离器，分离效率 $\geq 88\%$ ；与离子液体压缩机相关的标准规范不少于 2 项。

2.7 纯氢与天然气掺氢长输管道输送及应用关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对氢气长距离、大规模安全输送需求，重点突破高压力纯氢与天然气掺氢管道输送关键技术、形成纯氢/掺氢长输管道科技试验平台，增强纯氢与天然气掺氢管道输送安全运行保障能力。具体内容包括：不同压力等级、不同管材与焊缝对纯氢/掺氢输送的相容性，服役环境对管材及焊缝性能与损伤的影响规律，临氢管道焊接等连接技术；天然气管道与关键设备掺氢适

应性，纯氢/掺氢长距离管输工艺，大流量掺氢与分离装备；高压纯氢及掺氢管道和关键设备的监测检测、动态风险评价与寿命预测方法；纯氢及掺氢管道和关键设备的事故演化规律、完整性管理和安全防范技术；研制纯氢/掺氢管道输送应用科技试验平台。

考核指标：研发大流量掺氢装备：掺混比例 5%~20%，氢气组分控制精度 $\leq 1\%$ ，研发大流量分离装备：流量 ≥ 100 标准立方米/小时，氢气分离纯度 $\geq 99.999\%$ ；开发管输工艺、寿命预测和完整性管理软件各 1 套；建成可适应于纯氢/掺氢服役工况的内检测技术装备，裂纹检测精度 ≤ 0.5 毫米，裂纹检出率 $\geq 90\%$ ；形成纯氢/掺氢管道长距离输送相关材料、管输工艺、检验检测、安全评价、完整性管理等国家/行业规范或标准（送审稿）不少于 6 项；实现纯氢/掺氢管道输送应用的科技试验平台：输气压力 ≥ 6.3 兆帕，长度 ≥ 10 千米，管径 ≥ 500 毫米，可同时开展至少三类不同规格管道的测试，测试温度范围零下 40°C ~零上 60°C ，具备测试管路典型部位裂纹和氢泄漏在线检测（快速定位）功能，输氢能力 ≥ 10 万吨/年（纯氢管道），掺氢比例 5%~20%（掺氢管道），气密性试验在 1.1P（设计压力）下泄漏率 $\leq 0.3\%$ /小时（试验时间 24 小时），安全运行 90 天。

3. 氢能便捷改质与高效动力

3.1 兆瓦级发电用质子交换膜燃料电池堆应用关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对质子交换膜燃料电池在发电领域兆瓦级应用

需求，突破关键材料国产化、零部件和电堆批量化制造一致性和制造效率瓶颈，开展高效率、大功率质子交换膜燃料电池电堆设计、工程化制造技术研究。具体包括：面向大功率单体电堆的国产化自主材料，开发膜电极、双极板等关键零部件及其工程化制造技术；研究大功率电堆结构设计、工作条件和装配工艺对电堆效率、寿命及水热管理的影响规律，设计具有高效燃料分配、热管理能力和高燃料利用率电堆，适应发电等领域兆瓦级应用的高效率、大功率运行工况；研究高一致性、高效率电堆组装集成工艺及装备，满足批量化制造需求，为商业化应用奠定基础。

考核指标：质子交换膜燃料电池单体电堆功率 ≥ 1 兆瓦、电效率 $\geq 60\%$ ，年产能 ≥ 200 台。其中，气体扩散介质抗纵向弯曲模量 ≥ 10000 兆帕，电导率 ≥ 1600 西门子/米，接触电阻 ≤ 5 毫欧姆·平方厘米；在空气端压力不高于150千帕绝对压力的情况下，膜电极在0.4安培/平方厘米电流密度处的电压 $\geq 0.80\text{V}$ 、额定工作点电压衰减率在40000小时内 $\leq 10\%$ （实际测试8000小时，性能衰减 $\leq 4\%$ ）；密封件成型精度偏差 ≤ 0.02 毫米，氢气外泄漏率每秒 $\leq 5 \times 10^{-8}$ 帕·立方米；双极板平面厚度差 ≤ 20 微米，电导率 ≥ 200 西门子/厘米，在200千帕氦气检测条件下的气体渗透率 ≤ 0.2 微升/(平方厘米·分钟)，在0.6兆帕压力下的接触电阻 ≤ 5 毫欧姆·平方厘米；电堆最高工作温度 $\geq 95^\circ\text{C}$ ，支持零下 30°C 低温启动，电堆寿命 ≥ 40000 小时（实际测试10000小时，性能衰减 $\leq 5\%$ ）。

有关说明：由企业牵头申报。

3.2 百千瓦级固体氧化物燃料电池热电联供系统应用关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向以天然气及掺氢天然气为燃料的大功率固体氧化物燃料电池热电联供系统的应用需求，针对大功率电堆批量制造、衰减过快、系统热管理困难等问题，开展高可靠性固体氧化物电堆工程化技术与大功率系统集成研究。具体包括：高可靠、长寿命电堆及其批量生产工艺及装备；电堆模块化放大策略与技术；集成燃料重整器、燃烧器、换热器和蒸发器等关键部件的高紧凑热平衡系统；大功率系统集成，运行安全控制策略与在线运行优化控制方法。

考核指标：使用掺氢天然气的固体氧化物燃料电池系统，采用掺氢浓度为 0%~15%（体积分数）的天然气作为燃料时交流输出功率 ≥ 100 千瓦，在不超 750°C 运行条件下初始发电效率在 0.4 安培/平方厘米电流密度处 $\geq 65\%$ （直流净效率），热电联供低热值效率 $\geq 85\%$ ，长期稳定运行时间 ≥ 3000 小时（实测），测试后在 750°C 运行条件下发电效率在 0.4 安培/平方厘米电流密度处 $\geq 60\%$ （直流净效率），设计使用寿命 ≥ 40000 小时。其中，单热区模组功率 ≥ 25 千瓦；单电堆多样本（至少 3 个）在大于 0.4 安培/平方厘米的电流密度下长期稳定运行时间不少于 4000 小时（实测），每 1 千小时衰减率 ≤ 15 毫欧姆·平方厘米、衰减率偏差 ≤ 5 毫欧姆·平方厘米；年产能 ≥ 10 兆瓦，成品率 $\geq 95\%$ 。

有关说明：由企业牵头申报。

3.3 质子交换膜燃料电池与氢基内燃机混合发电系统技术 (共性关键技术类)

研究内容: 针对重载装备和分布式供电设备的高效灵活电源需求, 开展质子交换膜燃料电池—氢基燃料内燃机混合发电系统关键技术研究。具体包括: 单一现场氢基燃料(氨、醇、掺氢天然气等)的在线改质、纯化与实时调控技术及现场氢源总成研制, 富氢和/或纯氢燃烧与循环调控技术及其内燃机研制, 燃料电池系统—内燃机能量耦合机制及核心器件研制, 现场氢源—燃料电池—氢内燃机全系统联合热力循环设计及建模仿真, 发电系统各单元内部状态识别及动态工况调控策略, 燃料电池—内燃机混合动力系统结构集成设计方法。

考核指标: 质子交换膜燃料电池—氢基内燃机混合发电系统, 单个模块发电额定功率 ≥ 150 千瓦、总功率 ≥ 220 千瓦, 发电效率 $\geq 45\%$, $0\% \sim 100\%$ 负荷响应时间 ≤ 1 分钟, 连续运行 ≥ 1000 小时; 燃料电池—热机混合发电系统设计仿真软件1套, 满足质子膜燃料电池—氢内燃机混合发电系统模拟与仿真需求, 模型预测燃料电池性能与实验结果误差 $\leq 10\%$ 。

3.4 燃料电池测试技术及关键零组件研制(共性关键技术类)

研究内容: 针对长寿命燃料电池工作状态的高精度诊断需求, 开发燃料电池综合诊断技术, 突破测试用关键零部件及测试装备成套技术。具体包括: 燃料电池单体、电堆、系统的性能及寿命综合测试台; 测试台压力、流量、温湿度等多物理量耦合规律及

高精度、快速响应加湿系统、热管理系统；测试台用高精度湿度传感器、流量传感器、质量流量控制器及背压阀制造技术；燃料电池高低压交流阻抗在线测试技术；大功率电子负载的电压电流精确测量及控制技术；测试台主控系统的工况模拟、自动流程控制、实验数据管理、云数据服务、大数据分析等模块集成技术。

考核指标：质子交换膜燃料电池、固体氧化物燃料电池单体测试台功率 ≥ 100 瓦，气体质量流量控制器精度偏差 $\leq 0.6\%$ ；质子交换膜燃料电池电堆测试台功率 ≥ 300 千瓦，质量流量控制器精度优于 0.5% ，控温范围在零下 40°C ~零上 150°C 、控制精度优于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；固体氧化物燃料电池电堆测试台功率 ≥ 25 千瓦，气体质量流量控制器精度偏差 $\leq 0.5\%$ ，最高测试温度 $\geq 1200^{\circ}\text{C}$ 、控制精度优于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，具备固体氧化物电解池测试功能；质子交换膜燃料电池系统测试台功率 ≥ 300 千瓦，质量流量控制器精度偏差 $\leq 0.5\%$ ，热管理系统控温范围在零下 40°C ~零上 150°C 、控制精度优于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；大功率电子负载功率 ≥ 200 千瓦、效率 $\geq 96\%$ ；上述测试台的电压及电流精度偏差 $\leq 0.5\%$ ；大功率交流阻抗在线测试装备可覆盖电堆与系统测试台全功率范围，精度偏差 $\leq 0.5\%$ ，应用 ≥ 10 套。

3.5 掺氢/氨清洁高效燃烧关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对发电深度减碳与清洁供暖的需求，研究氢、氨等富氢燃料与含碳燃料掺烧的清洁高效燃烧关键技术。主要包括两条技术路线：

(1) 氢、氨、天然气掺混燃气燃烧特性、反应机理及诊断方法；富氢掺混燃料的燃烧器动态工况燃烧特性、污染物生成特性与预测模型；掺混燃料燃烧强化机制与宽范围调节、低 NO_x 排放燃烧器优化设计策略与高效清洁燃烧技术；基于不同掺混比例稳燃的掺氢/氨燃气高效清洁燃烧技术及设备兼容性；掺氢和掺氨燃气兆瓦级燃烧器工业试验；氢、氨等富氢燃气供暖系统模拟与能量管控平台。

(2) 氢、氨、煤掺混燃料的多相混合、多场耦合燃烧特性与反应机理；富氢掺混燃料的气固两相燃烧器稳燃特性与操作参数优化、污染物生成特性及预测模型；气固两相掺混燃料燃烧强化机制、低 NO_x 排放燃烧器改进设计策略与高效清洁燃烧工艺包；基于不同掺混比例、掺混方式的掺氢、氨燃煤高效清洁燃烧技术及设备兼容性；掺氢、氨燃煤燃烧技术在大容量锅炉的工程验证。

考核指标：两条技术路线分别对应以下考核指标，

(1) 兆瓦级掺氢、掺氨燃气燃烧器，热负荷 ≥ 1.0 兆瓦，在尾气中 3.5% 氧气浓度条件下、当最高掺氢比例不低于 70% 时燃烧器出口 NO_x 排放 ≤ 50 毫克/标准立方米，在尾气中 3.5% 氧气浓度条件下、当最高掺氨比例不低于 30% 时燃烧器出口 NO_x 转化率 $\leq 5\%$ ；掺氢天然气锅炉验证性工程，掺氢比 $\geq 20\%$ ，锅炉负荷 ≥ 1.0 兆瓦，NO_x 排放低于 30 毫克/标准立方米，N₂O 低于 10 毫克/标准立方米，CH₄ 低于 5 毫克/标准立方米，稳定运行大于 168

小时；形成 1~2 项国家或行业标准（征求意见稿）；建立掺氢、掺氨燃料的燃烧活性中间产物及稳定产物实验诊断方法，测量误差 $\leq 10\%$ ；建立掺氢、掺氨燃气燃烧生成 CO、NO_x、有机污染物的预测模型，预测误差 $\leq 20\%$ 。

（2）兆瓦级掺氢/氨气固两相燃烧器累计运行不低于 1000 小时，热负荷 ≥ 1.0 兆瓦；30 兆瓦级掺氢/氨气固两相燃烧器，热负荷 ≥ 30 兆瓦，实现氢/氨掺烧比例（热量比） $\geq 25\%$ ，燃烧器出口氨的 NO_x 转化率 $\leq 0.5\%$ ；完成蒸发量每小时 600 吨等级以上燃煤锅炉工程验证，实现掺氨比例（热量比）5%~20%连续可调，炉膛出口氨的 NO_x 转化率 $\leq 0.5\%$ ，NO_x 排放低于 50 毫克/标准立方米（按 6%基准氧含量折算），锅炉尾部烟气氨逃逸浓度 $\leq 3\text{ppm}$ （摩尔比），锅炉效率 $\geq 91\%$ ，20%掺氨工况稳定运行大于 168 小时；建立掺氢/氨燃煤燃烧生成 CO、NO_x 的预测模型，预测误差 $\leq 20\%$ 。

有关说明：同时支持 2 个项目。两种技术路线各支持 1 项。

3.6 基于固体电解质的直接氨燃料电池技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向紧凑可靠耐久的氨燃料电池系统应用需求，研发高功率密度、耐冷热循环的中温或低温直接氨燃料电池。具体包括：开发高性能、非铂催化剂及可直接转化氨的电极结构，研究电极特性对氨转化与电极性能的影响规律；开发耐冷热循环的电池及其低成本制备技术，研究电极与电解质特性、运行条件

对电池性能、寿命与冷热循环性能的影响规律。

考核指标：开发出活性区面积 ≥ 25 平方厘米的单电池，采用纯氨为燃料、在 $\leq 700^{\circ}\text{C}$ 的条件下电池峰值功率密度 ≥ 0.7 瓦/平方厘米，电池耐冷热循环次数 ≥ 30 次，连续稳定运行 ≥ 500 小时。

3.7 聚合物膜燃料电池非贵金属催化的电极设计与应用关键技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：针对聚合物膜燃料电池低成本应用需求，探索高性能非贵金属催化剂及催化层设计、制备技术及评价方法，实现非贵金属催化电极性能验证。具体包括：非贵金属燃料电池阴极催化剂原子、分子尺度活性中心解析及高一致性宏量制备技术；非贵金属催化膜电极三相界面优化与制备技术；非贵金属催化膜电极结构强化及寿命保障技术，非贵金属催化膜电极测试评价体系。

考核指标：单批次产量 ≥ 10 克，不同批次电性能偏差 $\leq 5\%$ ；验证性非贵金属催化电堆功率不低于1千瓦。其中，非贵金属氧还原催化剂在0.9伏电压处（相对于RHE电位，不计欧姆损失）的活性 ≥ 0.044 安培/平方厘米；膜电极氧还原催化剂载量 ≤ 4 毫克/平方厘米，氢一空条件下在0.9安培/平方厘米电流密度对应的单池电压 ≥ 0.675 伏，在0.7伏恒电位下测试超过500小时后、电流密度保持率不低于初始值的75%。

3.8 燃料电池系统用先进空气压缩机技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：针对氢能重型载运、分布式发电用的燃料电池系

统对高效率、长寿命的稳定供氧器件需求，探索适用于大功率燃料电池系统的先进空气压缩机设计及制造技术。具体包括：高效率、大流量、低波动的压缩结构设计；耐磨蚀、长寿命、无杂质的压缩腔室材料工艺；高工况适应性的系统机电耦合控制方法；全工况的系统噪声抑制技术。

考核指标：研制出适用于燃料电池系统的大流量空压机样机：额定流量 ≥ 150 克/秒，最高压缩比 ≥ 3.5 ，出口压力波动偏差在10毫秒内 $\leq 1\%$ ，常用工况最高等熵效率 $\geq 90\%$ ，全工况最高噪声 ≤ 70 分贝，空压机排气不含有异于吸气的杂质组分（测试标准符合ISO 8573），启停次数 ≥ 2 万次（实测），预期寿命 ≥ 10000 小时。

4. “氢进万家”综合示范

4.1 中低压氢气管道固态储氢系统及其应用技术（共性关键技术类）

研究内容：针对以灰氢和蓝氢为主要氢源的高碳排放生产过程，研发基于低成本储氢材料的大容量储放氢系统，实现对管输绿氢的高效储存和特定用氢场景的供氢匹配，达到降低碳排放的目的。具体内容包括：以低成本储氢材料为工质的高密度高安全储氢床单体的设计和均一化制备技术；储氢系统的传质传热特征与优化集成技术；储氢系统循环性能的衰减原因及稳定化方法；储氢系统中低压氢气管道的增压和减压响应特性；搭建可在化工、冶金两种典型用氢生产过程中储氢系统应用的验证平台。

考核指标：储氢系统：储氢量 ≥ 500 千克，储存 1 千克氢气的成本 ≤ 10000 元，储氢压力 ≤ 5 兆帕，输入氢气纯度为 95% 时输出氢气纯度 $\geq 99.97\%$ ，吸氢速率最大值 ≥ 5.0 千克氢气/分钟，吸氢压力在 1 兆帕~5 兆帕，供氢速率最大值 ≥ 1.0 千克氢气/分钟，供氢压力在 0.2 兆帕~4 兆帕范围内连续可调，经 2000 次吸/放氢循环后储氢容量保持率 $\geq 90\%$ 。其中，储氢材料：储氢密度 ≥ 70 千克氢气/立方米，材料成本 ≤ 100 元/千克，在低于 100 $^{\circ}\text{C}$ 时材料的储氢密度 $\geq 2.0\%$ ，可逆放氢量 $\geq 95\%$ 。

“氢能技术”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 程竹静

“交通基础设施”重点专项 2022 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。根据本专项实施方案的部署，现发布 2022 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。

2022 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，按照基础研究类和共性关键技术类，拟启动 14 项指南任务，拟安排国拨经费 1.67 亿元。其中，围绕交通基础设施韧性技术、长寿命技术、交通与能源融合 3 个技术方向，拟部署 4 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目不超

过 300 万元。原则上基础研究项目和青年科学家项目不要求配套经费，共性关键技术项目要求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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 交通基础设施绿色技术

1.1 公路交通基础设施环境低影响建造关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对降低公路建设与运营对路域环境负面影响的

技术难题，研究公路交通基础设施低影响建造评价及监测技术；研究施工期低环境负荷和低交通干扰的新型工艺与技术，研究路域物质资源高效利用方法和地下水平衡控制技术；研发降低运营期路域环境负面效应的新型材料与结构，研究多因素耦合条件下的路域环境影响测试方法；研究考虑时空域的公路路域环境低影响建造技术与标准体系；开展公路交通基础设施环境低影响设计与建造集成应用技术验证。

考核指标：构建公路交通基础设施环境低影响建造技术体系，编制环境负面效应清单，建立动、静态融合的低影响评估方法与系统平台；形成低排放建造新工艺不少于3项，技术就绪度不低于7级，编制低排放施工工法，现场作业综合排放CO₂当量降低不少于25%，提出路域地下水平衡控制技术方法；实现路域物质资源利用零废弃场景不少于3种；研发具备降低声、光、水、气等环境影响的新建造材料不少于5种及公路基础设施本体新结构不少于3种，典型运营场景下实现综合降噪≥12dB、路面亮度系数提高≥0.02、路表径流的代表性污染物去除率≥70%、有害气体浓度降低25%；在实际工程中开展示范应用，验证场景不少于5处，总长度不低于50km；形成公路基础设施环境低影响建造相关标准规范建议稿不少于3项。

1.2 机场飞行区绿色运行环境治理技术（共性关键技术类）

研究内容：针对绿色机场建设中飞行区运行所面临的大气—声—水等环境治理重大技术瓶颈，开展机场飞行区绿色运行评价方法、

运行模式的研究；研究飞机尾气对机场区域大气环境影响评价技术，研发飞机尾气排放非接触式监测技术与装备；研究机场噪声智能监测与溯源追踪技术，研究单次飞行事件噪声动态分析方法；研究降噪减排多目标约束下飞行程序协同优化方法；研究飞机除冰废水小型化高效分离提纯技术，研究道面除冰液水生生物安全性提升技术。

考核指标：形成民用机场飞行区绿色运行评价方法及指标体系 1 套；构建飞机尾气区域污染量化模型，时间分辨率优于 1 小时，空间分辨率优于 1km；构建机场多污染物实时监测平台，技术就绪度不低于 7 级，具备氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、臭氧、VOCs、颗粒物等实时监测功能；开发飞机尾气非接触式监测装备，技术就绪度不低于 7 级，监测距离>3km，视场角范围>13°×10°；构建机场综合噪声监测平台，技术就绪度不低于 8 级，航空噪声事件溯源识别率大于 95%，单次飞行事件噪声动态分析模型预测误差小于 ±2dB；形成终端区降噪减排飞行程序仿真优化软件 1 套；研制移动式飞机除冰液回收处理及再生利用装置，回收液有效成分再利用率>90%、浓缩后有效成分浓度>60%，处理后排放水 COD 小于 200mg/L，机场道面除冰液水生生物安全性 LC50 不低于 2500mg/L、COD 小于 2.0×10^5 mg/Kg；在干线以上机场开展示范应用。

2. 交通基础设施智能技术

2.1 城市交通基础设施数字孪生系统构建共性技术（共性关键技术类）

研究内容：针对城市交通基础设施数字孪生的重大技术瓶

颈，研究城市道路、桥梁、隧道、枢纽等基础设施全生命周期数字重构与互联技术体系；研究城市各类交通构筑物、附属设施性态的数字化数据结构，物理实体与性能状态数字信息的映射关系；研究城市交通基础设施数字孪生体的构建、数据挖掘与仿真模拟技术，以及数字孪生体互联、异常性态诊断与演化趋势预测技术；研究数字孪生体与城市交通运行态势交互融合技术及突发事件数字化识别预警技术；研发城市交通基础设施建设运维数字孪生原型系统；在典型城市（或城区）开展应用验证系统建设。

考核指标：构建城市道路、桥梁、隧道、枢纽等交通基础设施数字化表征数据库，描述完整性不低于95%，覆盖建设运维业务流程不小于90%；研发涵盖城市道路、桥梁、隧道、枢纽和附属设施等结构物性态的精细化、全生命周期数字孪生模型，数字模型与实体工程的映射精度不低于90%；建立城市交通基础设施数字孪生原型系统，技术就绪度不低于7级，具备与城市信息模型互联能力，可实现数字空间与物理空间协同运行，具备基于物联网等泛在感知设备数据汇聚、弹性扩展与互联能力、数据挖掘与仿真模拟融合能力，支撑服役状态异常诊断，突发事件在线识别与预警准确率不低于90%，性态演化趋势预测准确率不低于85%；在特大城市的重点地区建成数字孪生应用验证系统，系统覆盖规模不小于4km²，交通基础设施覆盖率不低于80%，并至少覆盖道路、桥梁、隧道、枢纽4种类型；编制城市交通基础设施数字孪生系统相关技术标准不少于3项。

2.2 铁路基础设施智能建造质量控制关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对铁路基础设施长大线状结构物建设的智能化施工质量控制等重大技术瓶颈，研究基于建筑信息模型技术的复杂环境下长大线状结构物全流程施工质量控制理论、数据与标准体系；研究预制装配式结构构件数字化设计和全工序自动化生产关键技术，研发铁路基础设施智能建造质量管理体系；研发基于现场检测监测数据的施工过程实时动态融合感知与智能工地技术及建造质量自动诊断技术；研究铁路基础设施智能化施工组织技术，研发铁路基础设施智能建造质量控制装备。

考核指标：形成铁路桥隧、路基、轨道等基础设施智能建造质量控制技术体系；构建铁路基础设施全生命周期数字化数据接口与信息模型标准；研制基于建筑信息模型技术的长大线状结构物装配式结构和智能施工质量控制装备，首台（套）装备或系统不少于3项，技术就绪度不低于7级，装配式结构接口可靠性提升20%；研发铁路基础设施智能建造质量管理体系和施工组织智能化系统，技术就绪度不低于7级；在不少于1个施工工地进行示范应用验证，用工减少率大于20%；编制技术标准建议稿不少于2项。

2.3 大型港口高风险作业设施智能运行关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大型港口高风险作业设施主动安全防控、智能运维与保障能力不足等问题，研发港口码头主动防护技术与智

能系泊装备；研究港口大型装卸设施抗台风及突发阵风安全智能保障技术；研发港口长距离高速带式输送系统智能运维技术；研究港口流动机械全局态势追踪与复杂作业区智能避碰技术；研发港口作业设施全过程安全运行智能感知及风险预警系统；开展示范应用验证。

考核指标：形成智能系泊装备1套，技术就绪度8级，万吨级以上船舶允许作业波高比现有《海港总体设计规范》提高20%；研制港口大型装卸设施台风及突发阵风响应智能控制系统1套，风振响应降低20%以上，控制系统响应时间不超过30秒；港口长距离（ $\geq 5\text{km}$ ）带式输送系统高速运行状态（ $\geq 6\text{m/s}$ ）托辊、输送带等主要构件损伤识别准确率不低于95%，技术就绪度8级；港口流动机械及周边人和物智能识别准确率不低于95%，误差不超过0.1m，技术就绪度8级；在不少于2个大型港口进行示范应用验证。

2.4 多模式机场群安全协同运行关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对机场群协同管控难、运行风险高的重大技术瓶颈，研究多模式机场群跨域耦合运行模式与协同方法；研究机场群协同运行的空一时域资源建模与动态分配方法；研究机场群高密度异类航空器混合运行场景下的安全预警技术；研究突发事件影响下机场群交通流态势演化机理与快速恢复技术；研究机场群体体系下终端区一场面一体化的多维数据可视化智能管控技术。

考核指标：形成多模式机场群协同运行评价指标和方法体系；构建机场群数字化空一时域资源动态管理系统，实现走廊口

点、进离场航线、等待航线、跑道等4种以上关键资源的动态配置，运行效率提高15%；多模式机场群异类航空器空中运行冲突主动预警时间不小于5分钟，准确率大于95%；构建机场群交通流推演与恢复决策系统，可实现战略、预战术和战术级别机场群交通流控制策略实时推演；构建机场群体系下终端区场面一体化多维数据可视化智能管控平台，技术就绪度7级，实现秒级机场群空地协同运行管控；在典型机场群开展示范应用验证；编制相关技术标准建议稿不少于2项。

3. 交通基础设施韧性技术

3.1 重大灾害下长大桥梁性能恢复机理与建模(基础研究类, 青年科学家项目)

研究内容: 针对提升长大桥梁韧性的基础科学难题, 基于野外实地勘察和大比例缩尺模型试验, 探索重大灾害下桥梁损伤破坏非线性特征、率效应行为和失效风险传递机制; 研究长大桥梁的多灾害因子特征、耦合致灾机制和降维解析方法; 研究灾后基于隐蔽和可见损伤快速诊断的长大桥梁灾害评级模型、性能恢复模型和功能重构机制; 研究高韧性长大桥梁设防标准和性能目标。

考核指标: 提出长大桥梁材料、构件、结构的多灾害耦合试验和精细化模拟方法, 灾害类型覆盖强风、地震等不少于3种, 建立试验和仿真数据库; 形成可定量揭示长大桥梁多灾害耦合致灾机制的波动探测理论; 构建长大桥梁多灾害演化全过程力学性能分析仿真模型, 模型准确率不低于80%; 形成不同设防水准的

长大桥梁多参数韧性防灾设计理论体系。

3.2 交通基础设施材料高通量数字化表征与智能设计关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对交通基础设施水泥基与沥青基材料研发范式变革的迫切需求，研究材料高精度图像处理与非结构化数据挖掘算法、材料多层次跨尺度高通量实验与表征方法；研究材料典型性能的基因单元与基因组成特性，构建交通基础设施材料基因数据库；研究材料基因组与其宏观性能的构效关系及跨尺度材料本构方法，研究高置信和协同式的跨尺度集成计算技术，建立交通基础设施材料高精度预测与智能化设计平台；研究材料性能调控技术，设计新型建养材料不少于3类，验证智能化设计方法的合理性与准确性。

考核指标：建立交通基础设施水泥基、沥青基材料基因标准化数据库，包含材料细微观结构组成的多尺度数据量不少于10万组；形成交通基础设施建养材料性能预测与高通量智能化设计平台，技术就绪度不低于7级，材料性能预测精度不低于90%；形成基于基因库的交通基础设施新材料开发技术，材料设计方法可靠性不低于85%，材料设计周期降低70%；研制不少于3类交通基础设施建养新材料并进行工程应用验证，建设类材料疲劳寿命提升不少于50%，养护类材料抗冲击韧性提升不小于30%、浅层强度和抗松散性能保持不少于5年，冰雪雨特殊服役环境下实时路面动态摩擦系数不低于0.4；编制交通基础设施材料标准化数

据格式、交通基础设施材料高精度预测与智能化设计方法等技术标准建议稿及设计指南不少于4项。

4. 交通基础设施长寿命技术

4.1 在役特大跨桥梁寿命演化理论与建模（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向在役特大跨桥梁服役性能长期保持的基础理论难题，研究荷载环境耦合作用下桥梁性能在线辨识理论、动态演化机制和关键影响因素，研究数据驱动的特大跨桥梁全生命周期服役性能—荷载作用耦合分析方法；研究冲击荷载、循环荷载、收缩徐变等多重作用下的特大跨桥梁灾变全过程模拟方法，以及性能突变和临界状态的理论预测模型；研究多尺度数值仿真、大规模模型实验和实时化检监测相结合的多龄期特大跨桥梁性能退化表征及诊断评估方法；研究复杂荷载和地质条件下特大跨桥梁性能推演预测、风险预警及靶向加固理论体系。

考核指标：建立特大跨桥梁长期服役性能变化数据库；构建特大跨桥梁的荷载与环境作用时空分布模型、服役性能精细化数值模型、疲劳损伤力学模型和声子晶体共振模型；提出数据驱动的特大跨桥梁性能推演预测预警方法，方法可靠性不低于90%；形成靶向加固理论方法。

4.2 深大海峡水中悬浮隧道设计理论（基础研究类）

研究内容：面向深大海峡隧道设计前沿技术，探索悬浮隧道水动力特性、系统承载特性、超长跨结构整体水弹性响应和涡激

振动响应机理及控制方法；研究极端浪流环境下结构体系失效模式；研发悬浮隧道管体构型、复合式锚固系统、适用于不同海床的新型水下基础型式；研究不同突发工况下悬浮隧道系统风险评估及控制技术，提出悬浮隧道设计理论。

考核指标：构建模拟试验场景，模拟工况覆盖我国主要海峡的动力环境，水深不低于 90m、悬浮隧道连续长度不低于 3km；建立多向强潮大浪等极端环境下悬浮隧道整体水弹性响应、涡激振动预报等分析和试验方法，开发波流—管体—索—基础单级或多级耦合模拟软件 ≥ 3 套，运动量预测偏差 $\leq 10\%$ ；开展全跨度完全水弹性主动式截断试验的验证测试，物理模拟多方向非均匀波及波流耦合环境，试验模型长细比不低于 80，比尺不小于 1:50，截断边界两端运动均达到 6 自由度主动控制；提出 2 种以上振动抑制和减阻方法，涡激振动减振不低于 90%，平均减阻不低于 50%，悬浮隧道整体运动幅度不大于跨长的 1/500；开展锚固系统超重力试验测试，提出 2 种以上新型管体及锚固系统，水下基础极限承载力与其重量的比值不小于 5；提出适用于我国海峡环境的悬浮隧道设计方案和结构安全设计标准。

4.3 千米级以上跨度高速铁路桥梁线路平顺性长期保持及建养技术（共性关键技术类）

研究内容：针对千米级以上跨度桥梁高速列车限速运行的重大技术难题，研究温度、风及列车荷载等复杂环境下千米级以上跨度桥梁与无缝线路间空间变形映射关系、桥上多层结构体系的

状态与性能演变规律；研究桥梁荷载组合及变形变位设计参数，研究桥梁和线路的纵断面设计与预拱度设置方案；研究适用于运营期间的桥梁线路平顺性调控方法；研究桥梁梁端伸缩构造设计参数，研发梁端伸缩装置；研发线桥结构平顺性检测与监测技术，形成养护维修管理体系。

考核指标：揭示千米级以上跨度桥梁与无缝线路间空间变形映射机理，构建梁—轨变位映射精细化分析模型，仿真精度不低于90%；制定适用于千米级铁路桥梁的整体线形和梁端变位限值标准；形成涵盖成桥线形评价指标、线路纵断面设计、线桥结构服役状态评估体系；提出桥梁建成后轨道高程与设计存在偏差的轨道平顺性精调方法、运营期间线路长期平顺性保持技术，桥上线路综合动力性能较类似桥梁提升10%；研发1套梁端伸缩装置，技术就绪度不低于7级；搭建可实现千米级以上跨度线桥结构平顺性综合管理的检测监测平台，检测监测内容包含行车动态响应、轨道不平顺、轨道与桥梁等结构关键部件的受力变形等；开展工程应用示范验证，支撑高速列车不限速安全平稳通行；编制技术标准建议稿不少于2项。

4.4 提升服役寿命的沿海大型港口建设关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对沿海港工建筑物服役环境恶劣、腐蚀严重、寿命短的重大难题，研究港工建筑物全寿命周期性能演变规律、灾害成因机制和承载力时变分析方法；研发严苛环境下水工钢结构腐蚀监测、评估、防护技术；研发高耐久、高强度、速凝等绿

色新型混凝土建造材料和耐久性自愈合材料，研发港工建筑物新型结构型式；研究港工建筑物结构和地基耐久性定量设计技术，研发隐蔽和受限作业区智能施工装备；研发港工建筑物智能监测设备，开展港口基础设施长期性能观测网先期示范。

考核指标：建立沿海港工建筑物承载力时变分析模型，模型精度不低于 85%；钢结构免维修防护周期不低于 30 年；形成不少于 5 种新型长寿命建造及防护材料，沿海港工建筑物表面防护材料极限拉伸应变达到 0.03 以上，极限裂缝宽度小于 0.1mm，自修复材料实现小于 0.4mm 的裂缝自愈合，20 年内有效率达到 80% 以上；形成基于荷载—材料—结构耦合响应的港工建筑物耐久性定量设计技术，编制指南 2 部；形成港工建筑物耐久性智能监测设备 3 套，智能施工装备 2 套，技术就绪度不低于 7 级；建成中国沿海全域水工建筑物腐蚀环境数据库，腐蚀观测码头数量不少于 100 个；在不少于 5 个大型港口码头进行长期性能观测网先期示范应用。

5. 交通与能源融合

5.1 交通自洽多类能源技术效能评估方法研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向交通场景与多类清洁能源自洽的技术路径和可行性，研究与不同交通场景适应的多类型清洁能源可用性量化方法；研究交通自洽清洁能源多时间尺度供需耦合模型；研究交通自洽能源技术效能关键影响因素及其表征方法；研究交通自洽能源的技术效能评估方法。

考核指标：构建多类清洁能源与交通场景的匹配关系库和符合不同交通场景用能特性的高可用性能源自洽方案集，清洁能源种类不少于4种，交通场景应涵盖公路、铁路、港口等领域的应用场景8种以上；形成交通自洽多类能源的技术效能评级标准与评价方法；构建交通用能典型场景下供需耦合模型，模型精度不低于95%；建立交通自洽多类能源效能评估的原型系统。

5.2 轨道交通基础设施振动能量捕获技术研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：面向轨道交通振动能量利用的基础科学问题，研究轨道交通基础设施风致和车致等多源振动防护体系规划方法及系统架构；研究轨道交通基础设施多源振动能量的产生及能量场特征；研究基于运营安全约束条件下的轨道交通基础设施多源振动能量捕获机制及协同捕获方法；研究轨道交通基础设施服役性能自供电无线监测技术及安全防护方法。

考核指标：构建轨道交通基础设施多源振动能量捕捉分析理论与设计方法；提出突破传统动力学机理/材料的能量捕获新机制；形成符合轨道交通运行安全要求、满足基础设施自供电监测系统能量需求的多源振动能量捕捉技术方案；提出面向轨道交通基础设施服役性能无线监测传感网络能量自供给的并网技术，能耗损失低于总捕获能量的20%，极端场景下可支撑无线监测传感网络运行8小时以上。

“交通基础设施”重点专项 2022 年度 “揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党中央关于科技创新的决策部署和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“交通基础设施”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 2022 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

本批榜单围绕高速铁路安全运行等重大需求，拟解决我国高速铁路基础设施隐蔽病害精准治理的关键核心技术难题，拟安排国拨经费总概算 1500 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. 铁路基础设施隐蔽缺陷精准辨识与智能诊治关键技术（共性关键技术）

需求目标：针对我国高速铁路基础设施网络覆盖广、行车密度大、隐蔽病害难以及时发现、维修窗口期短等重大现实问题，系统研究高速铁路基础设施隐蔽缺陷孕育与灾害演化机理，研发多维检/监测技术和智能诊断系统，研制绿色修复材料和快速智能化整治技术及装备，形成我国高速铁路基础设施安全保障技术体系，全面提升基础设施长期服役性能品质，延长使用寿命。具体

需求目标如下：

(1) 列车、环境荷载等多因素耦合作用下高速铁路基础设施隐蔽病害孕育一致灾演化机理。形成轨道结构（有砟、无砟）、路基、桥隧结构全链条灾变还原与长期性能预测方法，开发基础设施全要素灾变演化规律与韧性提升技术验证平台不少于 1 套。

(2) 高速铁路轨道、路基等结构隐蔽缺陷精准检测、诊断技术与智能检测装备。有砟轨道典型病害检测速度不低于 80km/h，实现翻浆冒泥、不均匀沉降等不少于 3 类病害的智能辨识；无砟轨道典型病害检测速度不低于 40km/h，实现离缝、上拱、脱空等不少于 4 类病害的智能辨识；识别准确率不低于 90%。

(3) 高速铁路桥隧结构病害精准检测、诊断技术与智能检测装备。桥隧结构变形识别精度优于 1.0mm，裂缝等病害识别精度优于 0.1mm；实现混凝土桥（开裂等）、钢桥（焊缝损伤等）和 水下墩台基础（冲刷病害等）不少于 6 类病害的智能检测；实现隧道衬砌脱空等内部缺陷智能辨识，0.5m 深度范围内垂直、水平分辨率分别优于 0.1m、0.3m；渗水和掉块等表观缺陷识别面积小于 1cm²；智能化巡检速度不低于 40km/h，实现病害特征自动提取与智能识别，识别准确率不低于 90%。

(4) 高速铁路基础设施绿色高性能修复材料与病害快速智能化整治装备。研发适应不同结构需求的高耐久性、高韧性、环境友好的修复材料不少于 4 类，修复时间 1 小时内达到结构功能正常使用要求；研制病害快速智能化整治装备不少于 2 台套，建

立病害靶向治理成套技术。

(5) 高速铁路基础设施病害综合智能诊治与服役性能评估系统平台。研制多维综合车载智能诊断装备不少于 1 台套；研发重点结构和部位在线智能监测系统，监测内容不少于 4 项；建立服役状态评价指标体系，构建病害预测预警与服役性能评估平台。

(6) 示范应用。开展示范应用验证总里程不少于 500km，编制相关技术标准（送审稿）不少于 2 项。

时间节点：研发时限为 3 年，立项 18 个月后开展“里程碑”考核。

榜单金额：国拨经费不超过 1500 万元。

“交通基础设施”重点专项 2022年度项目申报指南和 榜单形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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）。

(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) 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。

(7) 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）。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2021 年 6 月 30 日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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

(2)青年科学家项目不再下设课题,项目参与单位总数不超过3家。

本专项形式审查责任人:程竹静

“交通载运装备与智能交通技术”重点 专项 2022 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“交通载运装备与智能交通技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：最终实现交通载运装备技术“自主可控”，在安全、运力、能耗、排放、环境友好和服役可靠性等关键本构性能方面达到国际领先水平；恢复和保持我国在轨道交通装备领域的国际领先行列地位；填补我国交通载运装备适应性空白；突破自主式交通系统基础前沿共性关键技术，形成具有国际领先水平的各种交通方式智能系统；为我国交通载运装备支撑“双碳战略”“交通强国”“国家安全”等战略提供科技创新能力和技术装备体系保障。专项实施周期为 5 年。

2022 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕交通载运装备共性技术、自主式交通系统共性技术、轨道交通载运装备与自主化系统技术、水运交通装备与自主化系统技术、绿色航空器与空中交通自主运行技术 5 个重点技术方向，按照基础研究类和共性关键技术类，拟部署 10 项指南任务，拟安排国拨经费 3.65 亿元。其中，围绕自主式交通系统共性技术和

水运交通装备与自主化系统技术方向，拟部署 3 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。原则上基础研究和青年科学家项目不要求配套经费，共性关键技术项目要求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 5 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，青年科学家课题负责人年龄要求，男性应为 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 年 1 月 1 日以后出生。原则上青年科学家课题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. 交通载运装备共性技术

1.1 交通载运装备轻量化及高性能材料与结构技术（共性关键技术类）

研究内容：研究交通载运装备多物理场耦合作用下材料与结

构服役性能演变规律、核心部件材料与结构损伤、失效及疲劳破坏等机理；研究适用于载运装备的表征轻量化材料与结构关系的高通量多尺度材料模拟分析理论与方法；研究复杂载荷谱和环境作用下载运装备轻量化部件材料与结构全生命周期服役性能仿真/试验分析的理论、方法与衡准；研究交通载运装备适用的轻量化材料/结构优化设计技术及评估技术、满足载运装备轻量化要求的异种材料（包括金属、合金、非金属和复合材料等）复合结构焊接/热熔等成型技术，以及交通载运装备轻量化部件成型及其质量控制技术；研究交通载运装备传动系统、核心部件等的轻量化设计和可靠性验证技术，形成环境友好、高性能、宽温域、智能化、精细化、多功能化交通载运装备材料与结构设计理论和制备成型技术体系；研究交通载运装备轻量化核心部件在复杂服役环境下性能演变的模拟分析、试验测试和全生命周期安全预测与评价技术，构建交通载运装备轻量化及高性能材料与结构标准质量技术体系。

考核指标：形成满足多场景要求的交通载运装备核心部件轻量化材料与结构设计理论体系，形成交通载运装备核心部件轻量、高性能材料的表征新理论、制备与成型新技术和新装备；建立满足交通载运装备安全服役要求的高性能轻量化材料/结构基因工程专用数据库 2 个；形成交通载运装备核心部件轻量化材料与结构设计行业技术标准规范 4 项、测试试验规范 4 项、材料准入准则 2 项和分析评价方法 2 项；交通载运装备核心部件轻量化材料与结

构设计开发和评估软件工具 2 套，交通载运装备轻量化部件单元结构用例库 1 套；研制轨道交通列车新型轻量化车轮，重量减少 10%以上，成本降低 15%；研制轨道交通车辆轻量化内置轴箱转向架，减重 1 吨以上；研制轨道交通轻量化牵引传动（包括牵引变流和传动装置）系统，功率密度提高 15%，节能 10%；采用异种材料焊接/热熔等联接成型技术，研制载运装备 3 种以上典型轻量化部件，减重 10%~30%；研制船舶额定转矩 ≥ 120 千牛米的轻量化传动部件，减重 $\geq 30\%$ ，疲劳寿命 ≥ 10000 小时；制修订船舶结构安全衡准 2 项，典型内河/近海船舶空船重量减重 $\geq 3\%$ 。

有关说明：本任务涵盖轨道交通和水运交通两个领域。

1.2 电功率兆瓦级新能源航空器关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究兆瓦级新能源航空器高效气动布局技术；研究兆瓦级新能源航空器轻质高性能复合材料主承力构件结构优化技术及复杂环境下性能变化规律；开展兆瓦级电推进系统架构设计技术及高压供电体制研究；研究高效、高功率密度、高可靠性电动机及大容量功率变换器技术；研究兆瓦级新能源航空器能量管理、热管理技术；研究适用于通用航空装备的高效锂电池、氢燃料电池及储氢装置等新能源应用技术；研究兆瓦级新能源航空器地面集成验证技术，研制兆瓦级电功率新能源航空器地面验证平台及验证机。

考核指标：研制兆瓦级电功率新能源航空器缩比原理样机 1 架，验证机 1 架并应用示范，示范验证机有效载荷 ≥ 800 公斤，满

载续航里程 ≥ 200 公里；研制兆瓦级电推进系统关键部件的地面集成验证平台；兆瓦级电功率新能源电推进系统功率总和 ≥ 1 兆瓦，电动机效率 $\geq 95\%$ ，功率变换器效率 $\geq 98\%$ ，电推进系统储能容量 ≥ 200 千瓦时；兆瓦级电功率新能源航空器无动力滑翔比 ≥ 16 ，定常爬升梯度 $\geq 5\%$ ；储能装置舱复合材料结构重量承载能力比 $\leq 10\%$ ，复杂环境下轻质复合材料主承力构件剩余强度 $\geq 90\%$ 。

2. 自主式交通系统共性技术

2.1 自主式交通系统运行及环境状态全息感知技术（共性关键技术类，含青年科学家课题）

研究内容：研究不同交通方式、不同自主化水平下的交通载运装备运动状态、性能状态和服役状态自感知需求，建立载运装备全生命周期健康态势自评估与跟踪方法；研究不同自主化水平的载运装备运行环境状态自感知与驾驶人员状态感知机制，突破自主化载运装备驾驶接管条件辨识技术；研究不同交通方式对可视范围内其他载运装备、基础设施及其运行环境状态的感知与态势预测共性技术，研究不同交通方式路权时空可及性态势辨识与评估技术；研究交通系统中不同自主化水平主体协同感知与感知增强技术，构建自主式交通系统超视距状态全息化感知与态势评估、安全可信信息传输与共享技术体系，实现大范围、多粒度、多主体交通态势协同辨识与评估。

考核指标：构建支持多交通方式、具备载运装备侧自感知、环境感知及协同感知处理功能的自主式交通协同感知系统技术架

构，研发支持包含公路、轨道及水运等不少于 3 种交通方式的自主式交通系统状态感知原型系统；实现载运装备运动姿态、服役性能态势、安全态势评估准确率 $\geq 90\%$ ；对可视范围内载运装备、基础设施、辅助设施、交通参与者、路权/航道管控状态及微观自然环境感知精度 $\geq 95\%$ ；对超视距范围载运装备运行环境状态感知精度 $\geq 95\%$ 、超视距交通运行环境状态评估与辨识精度 $\geq 90\%$ ；支持不少于 20 个典型场景（超视距场景不少于 8 个）、不少于 800 个对象、不少于 20 种感知方式的自主式交通系统载运装备及其运行环境状态感知；形成自主式交通载运装备及其运行环境状态感知与态势评估技术体系与标准规范 1 部，形成自主式交通系统安全协同感知与感知增强技术体系与标准规范 1 部。

有关说明：设立青年科学家课题 1 项。

2.2 自主式交通系统互操作技术（共性关键技术类，含青年科学家课题）

研究内容：研究多种交通方式下不同自主化水平的人—载运装备—基础设施—交通管控等多主体间的机械、电气、信息等互操作机制与需求体系，以及不同自主化水平交通主体间融合感知、通信、控制等功能的互操作机理；研究不同自主化水平下的交通状态表达、发布与路权指派技术，以及不同自主化水平下的状态感知、决策、控制与响应语义化表达、理解和执行技术，研究自主式交通系统安全可信互操作机制，不同自主化水平下交通系统的系统性能增强导向的互操作技术，以及基于互操作机制的多交

通主体态势协同认知与自主化运行决策技术；研究支持自主式交通系统互操作功能的感知、通信、控制、决策技术和信息安全技术；研发适应不少于 3 种交通方式的自主式交通系统构建的互操作技术架构，研制自主式交通系统互操作技术研发支持与验证环境平台。

考核指标：形成至少 3 种交通方式自主式交通系统的互操作和信息安全技术架构，申请不同自主化水平下的多交通主体间互操作协议和语义信息交互标准；研制支持不同自主化水平交通主体间感知—通信—控制一体化交互装置，信息互操作时延 ≤ 10 毫秒、可靠性 $\geq 99.999\%$ 、传输速率 >1000 兆 bps；研制自主式交通系统互操作技术测试验证和可支持基于互操作和信息安全架构的自主式交通系统运行仿真验证集成平台，支持不少于 2 种交通方式、4 类主体、5 种数据类型、3 类协议信息的共性互操作测试验证；实现交通通行效率提升 15%；虚假主体互操作识别率高于 90%。

有关说明：设立青年科学家课题 1 项。

3. 轨道交通载运装备与自主化系统技术

3.1 轨道交通调度控制一体化与联程运输服务技术（共性关键技术类）

研究内容：研究轨道交通系统列车、基础设施和环境状态全息化感知与互操作技术，基于全息感知和运行态势辨识的列车自主运行控制技术；研究多模式耦合需求的列车运行图动态智能编制技术，复杂路网条件下基于多专业协同、运力动态配

置的智能综合调度指挥技术；研究面向多场景多类别多模式旅客出行的运输需求分析和精准预测技术，面向联程化的票务出行服务及多主体精准智能清分技术，适应联程化一体化服务、以客流需求预测与出行服务支持为核心的城际轨道交通路网协同运营技术体系；研发区域轨道交通运营与服务大数据云脑平台，研究综合调度指挥系统与列车自主运行控制系统集成与一体化技术，区域轨道交通路网一体化检测监测与智能运维等技术；建立自主化轨道交通综合调度指挥与列车运行控制一体化技术体系，研制适应区域轨道交通一体化运行的综合调度与列车运行控制成套系统装备。

考核指标：构建轨道交通系统运行及环境状态全息化感知与互操作验证平台，研制适应干线铁路列车自动驾驶水平达到GoA3级、适应城际铁路自动驾驶水平达到GoA3级（运营）和GoA4级（调车）的列车自主运行控制系统，完成不少于100公里的应用示范；研制运行图动态智能编制系统，区域路网综合调度系统；研制自主可控率为100%的调度指挥与列车运行控制一体化成套系统装备并完成面向区域轨道交通路网一体化运营的试验验证，实现追踪间隔缩短至150秒、线路通过能力提升 $\geq 10\%$ 、准点率提高约3%、行车计划调整响应时间减少20%、设备接口减少20%；研发运输需求精准预测、一体化票务服务、多主体清分、智能客站服务等核心系统，研发区域轨道交通智能化客运服务系统；完成客运服务系统、综合调度系统和列车自主运行控制

系统互联互通及一体化运行示范验证工程。

3.2 自主化轨道交通系统安全保障技术（共性关键技术类）

研究内容：研究轨道交通自主化安全保障系统组分、功能及其互操作关系解、重构方法；研究面向载运工具的在线自供能、自学习的智能感知技术及设备，研究作业人员安全行为实时感知技术及设备，研究大范围超视距运行环境协同感知技术及装备；研究轨道交通系统安全全要素集数字对象规范表达、计算推演、载运工具安全运用研判、系统风险自主研判技术，研究突发事件场景数字孪生、动态评估与一体化应急响应技术；研制轨道交通系统自主化风险研判与应急调度指挥决策支持平台；研究轨道交通系统自主化安全保障虚拟/真实场景交互验证技术，构建虚拟/真实混合场景的轨道交通系统自主化安全保障测试认证平台；面向高速列车及高速铁路线路进行应用示范验证。

考核指标：建立我国轨道交通自主化运营安全保障与应急救援协同一体化技术体系和测试评估认证技术体系；形成轨道交通系统安全协同应对与保障一体化装备平台和虚拟/真实混合场景的轨道交通系统安全测试评估认证关键装备与平台；轨道交通人一机一环一管全要素风险综合辨识准确率大于 85%，平台响应周期小于 1 分钟；重大风险应对响应效率提升 50%；真实场景轨道交通系统安全测试评估认证平台功能覆盖率大于 70%；因技术原因导致的风险事故率降低 30%。面向高速列车及高速铁路线路进行应用示范验证。

4. 水运交通装备与自主化系统技术

4.1 船舶绿色动力系统构型与谱系化技术(共性关键技术类)

研究内容: 研究船用低碳/零碳燃料的雾化、燃烧和排放特性, 低碳/零碳燃料物化改性和利用技术以及船舶适用性评估技术, 船舶绿色动力系统谱系化技术; 研究基于低碳/零碳燃料的船舶电力系统 and 多能联合推进技术, 低碳/零碳燃料物化特性的船舶加注、储存、布置和安全管控技术; 研究船舶低碳/零碳燃料动力系统数字化仿真、评估与设计优化技术, 监控、故障诊断与运维支持技术; 开展低碳/零碳燃料电力多能联合推进船舶和低碳/零碳燃料内燃机动力船舶应用示范。

考核指标: 提出船舶低/零碳动力系统谱系, 形成至少 3 种以上船舶低/零碳动力系统技术架构与发展路线图; 开发 1 套适用于不同水域、不同船型、不同吨位的船舶绿色动力型式适用性评估系统; 开发 1 种典型船舶低/零碳燃料电力多能联合推进系统并完成装船应用示范, 低/零碳燃料船舶发电功率 ≥ 800 千瓦, 发电效率 $\geq 60\%$ (直流, 以燃料低热值计), 续航里程 ≥ 150 公里; 开发 1 套船用低/零碳燃料内燃机性能优化设计软件, 性能达到基于传统燃料同类主流软件的同等水平, 软件仿真计算精度 $\geq 90\%$; 研制 1 型低/零碳燃料船用中速内燃机样机 (缸径 ≥ 200 毫米, 功率 ≥ 1500 千瓦, 热效率 $\geq 40\%$, 燃料循环喷射量一致性不高于 $\pm 5\%$, NO_x 排放达到国际海事组织第三阶段排放限值标准, 与传统柴油机相比 CO_2 排放降低 $\geq 20\%$, PM 排放降低 $\geq 40\%$), 形成 1 套低

/零碳燃料内燃机驱动船舶设计方案，并完成装船应用示范；研发可支持低/零碳船舶电驱动/内燃机驱动的动力系统数字化仿真、监控与故障诊断平台，平台仿真误差 $\leq 3\%$ ，系统健康状态评估可信度 $\geq 80\%$ ，可设置非重复故障数 ≥ 200 个。

4.2 船舶运行能效提升与排放控制技术（共性关键技术类，含青年科学家课题）

研究内容：研究船舶运行多效应耦合机理与解耦机制，研究船舶高效减阻和动力系统高效润滑技术；研究船舶高效推进动力布局优化方法，研发船舶高效推进系统和辅助推进装置样机；研究船舶营运能效控制技术；研究船舶综合能效评估与验证技术；研究船舶温室气体排放监测、分析和评估验证技术，研究船舶温室气体排放控制与抑制技术。

考核指标：实现船舶高效减阻装置和动力系统高效润滑技术应用，降低船舶能耗 $\geq 3\%$ ；研发高效推进/助推装置样机，单项装置提升船舶能效 $\geq 3\%$ ；研制多源协同调控的船舶营运能效优化平台并完成示范应用，船舶营运能效提升 $\geq 8\%$ ；开发1套船舶综合能效评估体系和验证系统；开发1套船舶动力装置温室气体排放在线监测、分析和评估验证系统（至少涵盖 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 三种温室气体，测量误差 $\leq 5\%$ ），研发船舶温室气体排放控制与抑制系统样机，并在典型动力装置的实船上示范应用。

有关说明：实施周期不超过3年。在船舶动力系统超润滑技术方向设置青年科学家课题1项，研究减摩、抗磨、抗极压和低

灰分的船舶动力机械润滑新理论方法。

5. 绿色航空器与空中交通自主运行技术

5.1 有人与无人驾驶航空器融合运行关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大型无人驾驶航空器融入国家空域系统的迫切需求，重点开展有人与无人驾驶航空器的全空域融合运行关键技术研究。开展适用于融合运行的高容量、低延迟、高可靠性无人驾驶航空器指挥与控制链路系统关键技术研究；开展空地协同的无人驾驶航空器机载综合空域态势感知与智能空中防撞技术研究；开展无人驾驶航空器自主安全间隔保持、运行风险评估、航路规划及安全监控关键技术研究；开展无人航空器监管规则体系研究；开展无人驾驶航空器多场景融合运行演示验证。

考核指标：无人驾驶航空器具备与有人驾驶航空器融合运行的能力，在终端区融合运行场景下空域利用率提高 20%，符合 RTCA DO-362 标准（《指挥与控制链路最低运行性能标准》），支持无人驾驶航空器在航路、机场终端区运行的多模式指挥与控制通信系统；具备无人—无人、无人—有人冲突探测及解脱能力的无人驾驶航空器感知与防撞系统，对空监视 100 条航迹处理时间 ≤ 100 毫秒，空域监视能力 ≥ 50 公里，防撞决策计算时间 ≤ 50 毫秒，中高空管制空域防撞预警时间 ≥ 65 秒，机场终端区防撞预警时间 ≥ 55 秒；支持融合运行的无人驾驶航空器航路规划和安全风险评估系统；有人与无人驾驶航空器融合运行仿真、测试、验证

平台；实现大型无人驾驶航空器典型航路航线、机场终端区的融合运行演示验证；形成有人与无人驾驶航空器融合运行的运行规则标准建议。

5.2 翼身融合民用飞机安全性和适航技术（基础研究类）

研究内容：面向新一代航空器的绿色和安全发展需求，研究强耦合、强瞬变、强整体、强非线性特性下翼身融合民用飞机的安全机理。研究非常规进气条件下背撑式发动机和分布式发动机失效机理及其关键影响因素，研究大侧风等特殊环境下风扇稳定性问题，建立涵道风扇安全边界预测方法和评估模型，研究相邻多转子非包容失效模式，建立相邻转子非包容安全性评估方法；研究非筒段多闭室翼身融合民机结构失效行为，建立复杂载荷下的典型结构强度及损伤容限评定技术，研究翼身融合民机客舱安全影响因素及致灾机理，建立复杂客舱环境下乘员疏散风险评估方法；研究翼身融合民机机体与推进系统集成气动设计技术、飞行安全评估方法、飞控系统安全性设计和评估方法，建立飞行性能、操稳特性和飞控系统适航评定平台；研究翼身融合民机适航审定标准架构和噪声评价指标体系，建立适航标准和符合性方法。

考核指标：建立边界层吸入效应风扇气动噪声一体化预测模型，涵道风扇安全边界预测误差 $\leq 15\%$ ，噪声峰值预测误差 ≤ 3 分贝；建立翼身融合民机结构坠撞安全仿真平台，机体触地载荷及地板导轨加速度峰值预测误差 $\leq 10\%$ ；形成翼身融合民机应急撤离分析模型和集成验证平台，乘员应急撤离预测误差 \leq

10%；研制飞行安全评估缩比试验机，建立不少于 20 个场景的飞行安全评估模型库；形成翼身融合民机适航审定标准、噪声规定和咨询通告（建议稿），形成适航审定手册 1 套，行业标准 4 项（立项）。

“交通载运装备与智能交通技术” 重点专项 2022 年度项目申报 指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 项目下设青年科学家课题的，青年科学家课题负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 年 1 月 1 日以后出生）。原则上青年科学家课题其他参与人员年龄要求同上。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

无。

本专项形式审查责任人: 程竹静

“新能源汽车”重点专项 2022 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 2022 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。

2022 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，按照基础研究类和共性关键技术类，拟部署 14 项指南任务，拟安排国拨经费 5.08 亿元。其中，围绕新体系动力电池技术方向，拟部署 2 个青年科学家项目，拟安排国拨经费不超过 800 万元，每个项目不超过 400 万元。围绕自进化学习型自动驾驶系统关键技术、智能汽车预期功能安全实时防护及测试验证技术方向，拟部署 2 个青年科学家课题，每个课题不超过 300 万元。原则上基础研究项目和青年科学家项目不要求配套经费，共性关键技术

项目要求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。

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。青年科学家项目设 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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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。项目下设青年科学家课题的，青年科学家课题负责人及参与人员年龄要求，与青年科学家项目一致。

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 新体系动力电池技术（基础研究，含青年科学家项目）

研究内容：研发下一代锂离子电池关键材料与关键技术，包

括新型高容量储锂电极材料的设计与低成本化制备方法，电极反应的电荷补偿、耦合机制和动力学提升技术，材料、电极的结构演化与稳定化策略，不燃性电解液、耐高温耐高电压隔膜的设计与应用技术，高面容量电极设计与制备方法；开展新体系电池的前瞻性研究，包括电池反应新原理与新机制，电极新材料与电池新结构，电极反应动力学调控机制与改善策略，电池性能衰退机制与稳定化策略。

考核指标：储锂正极比容量 > 350 毫安时/克；储锂负极比容量 > 1200 毫安时/克；新材料体系锂离子电池容量 > 2 安时，比能量 ≥ 500 瓦时/公斤，循环寿命 ≥ 600 次；新体系电池比能量 ≥ 600 瓦时/公斤，循环寿命 ≥ 200 次。

有关说明：1.支持 2 个不同技术路线的常规项目，此外，并行支持 2 个技术路线互不相同且与 2 个常规项目技术路线也不同的青年科学家项目；2.所有项目实施周期不超过 4 年；3.青年科学家项目的研究内容与常规项目相同，但考核指标略有不同，具体考核指标如下：新材料体系锂离子电池比能量 ≥ 500 瓦时/公斤，循环寿命 ≥ 100 次；新体系电池比能量 ≥ 600 瓦时/公斤，循环寿命 ≥ 100 次。

1.2 固液混合态高比能锂离子电池技术（共性关键技术）

研究内容：研究高性能混合态电解质体系及高容量电极材料，正负极效率调控新原理和新技术；开发基于模型的极片/电池设计技术、极片/电池制造新工艺及新装备，研究内置传感器集成

技术和高精度状态估计新方法；发展原位/实时表征新技术，研究失效机制和性能改进策略、热失控机理和防范机制，建立安全风险评估体系；开展配套应用和考核验证。

考核指标：复合半固态电解质膜厚度 <15 微米，室温离子电导率 >5 毫西门子/厘米；电池单体比能量 ≥ 400 瓦时/公斤，循环寿命 ≥ 1500 次，通过针刺和 150°C 热箱试验，其他安全性满足国标要求，装车应用不低于500辆。

1.3 无钴动力电池及梯次应用技术（共性关键技术）

研究内容：无钴低成本材料设计与制备，高强度隔膜和功能电解液开发；多孔电极结构和表界面的离子传输模型构建；适应于梯次利用的全新结构动力电池及系统设计与制造；研究多场景复杂工况下动力电池动态、快速、无损检测技术以及电池电性能与安全性能的演变规律，建立电池全生命周期性能评价方法和退役电池残值评估指标体系；研究动力电池梯级利用的指标和表征参数的健康阈值和安全阈值，建立退役电池梯次应用技术规范。

考核指标：满足梯次利用需求的全新结构动力电池及系统，单体电池比能量 ≥ 240 瓦时/公斤，能量密度 ≥ 500 瓦时/升；满足整车10年/50万公里（乘用车）或8年/80万公里（商用车）要求，安全性满足国家标准要求，装车应用不低于1000辆；制定动力电池健康度评价和退役电池残值评价体系，退役电池容量快速评估误差 $\leq 3\%$ ；退役电池的梯次利用场景 ≥ 3 个，制订退役电池梯次应用技术标准1项。

有关说明：并行支持 2 个不同技术路线的项目；实施周期不超过 4 年。

1.4 乘用车用高功率密度燃料电池电堆及发动机技术（共性关键技术）

研究内容：开展高功率密度燃料电池发动机先进构型设计和匹配及系统仿真技术研究；研发适用于高功率密度燃料电池发动机的空压机、氢气循环系统等核心部件，以及先进热管理技术和低温快速启动技术；研究多维传感智能故障诊断和容错控制技术，基于乘用车路谱的燃料电池动力系统测试评价及整车集成技术。研究燃料电池发动机功率密度以及启动特性、稳态特性、动态响应特性等重要性能参数测试方法，并研究制定相关国家标准或指导性技术文件；研究乘用车燃料电池发动机批量化制造的装备技术，形成批量化生产能力。

开展动态工况下电堆特性研究，采用高功率和高功率密度电堆架构与零部件的正向设计方法，研发适应高温低湿条件运行的高性能、高动态响应膜电极技术，研发适应高电流密度的流场结构、超薄低成本双极板技术，开发提高电堆一致性、可靠性以及装配效率的集成设计和密封设计方法，集成研发的催化剂、质子膜、炭纸或扩散层、极板基材，研制燃料电池电堆，提出材料改进需求，形成批量化生产能力。

考核指标：采用项目研发的空压机和氢气循环系统集成的燃料电池发动机，额定功率 ≥ 80 千瓦；在峰值功率下，质量功率密

度 ≥ 600 瓦/公斤、体积功率密度 ≥ 700 瓦/升；最高效率 $\geq 65\%$ ，额定效率 $\geq 50\%$ ，实现 -40°C 储存、 -30°C 自启动至50%额定功率时间 < 30 秒，耐久性 ≥ 7000 小时（工况循环测试后额定功率下效率衰减 $\leq 10\%$ ），批量化产能 ≥ 10000 台/年，完成装车验证和整车产品公告；提交乘用车燃料电池发动机耐久性测试团体标准/国家标准征求意见稿1项。

采用项目研发的质子交换膜、炭纸、催化剂、膜电极和双极板集成的燃料电池电堆，峰值功率密度 ≥ 5.5 千瓦/升，性能 ≥ 0.6 伏@3.0安/平方厘米，动态加载速率 ≥ 40 千瓦/秒、减载速率 ≥ 60 千瓦/秒，支持 -40°C 低温启动，5000小时工况循环测试后额定功率下效率衰减 $\leq 5\%$ ，单节巡检电压偏差 ≤ 15 毫伏（平均值—最小值@额定功率），形成批量化生产能力，万套级电堆成本 ≤ 600 元/千瓦。

1.5 商用车用大功率长寿命燃料电池电堆及发动机技术（共性关键技术）

研究内容：研发适用于重载车辆的大功率燃料电池发动机的高效长寿命供氢、供气、水热管理、DC/DC等核心部件；研究重载车辆用大功率燃料电池发动机多功率模块控制技术；研究重载车辆燃料电池动力系统匹配与集成及系统仿真技术；开展大功率燃料电池发动机低温冷启动、环境适应性（高低温、高海拔）、电磁兼容（EMC）等测试与评价方法研究，建立重载车辆燃料电池发动机的快速测评规范。研究涵盖初始加载方法、循环工况加载

方法、性能复测方法以及气密性和绝缘电阻复测方法，以及燃料电池发动机经耐久试验后的电压衰减、功率衰减、效率衰减等评价指标，并研究制定相关国家标准或指导性技术文件；

研究长寿命电堆的膜电极、双极板及其匹配技术，研究大功率电堆的高可靠集成和控制技术，研发电堆的长寿命控制策略和电堆高效运行操作边界设计方法及加速测试验证技术；

研究重载车辆燃料电池电堆及发动机批量化制造的装备技术，形成批量化生产能力。

考核指标：采用项目研发的空压机和氢循环系统集成的燃料电池发动机，额定功率 ≥ 300 千瓦；在峰值功率下，质量功率密度 ≥ 550 瓦/公斤、体积功率密度 ≥ 600 瓦/升；最高效率 $\geq 60\%$ ，额定效率 $\geq 50\%$ ；系统最高工作温度 $\geq 95^{\circ}\text{C}$ ，实现 -40°C 储存与 -30°C 低温自启动；3000米海拔额定功率损失不超过20%；5000小时工况循环测试后额定功率下效率衰减 $\leq 5\%$ ；平均无故障运行时间 ≥ 1000 小时，批量化产能 ≥ 10000 台/年，完成装车验证和整车产品公告，制定商用车燃料电池发动机耐久性测试团体标准/国家标准征求意见稿1项。

采用项目研发的质子交换膜、炭纸、催化剂、膜电极和双极板集成的燃料电池电堆，峰值功率 ≥ 200 千瓦；在峰值功率下，质量功率密度 ≥ 3.0 千瓦/公斤、体积功率密度 ≥ 4.0 千瓦/升；最高工作温度 $\geq 95^{\circ}\text{C}$ ，支持 -40°C 低温启动；5000小时工况循环测试后额定功率下效率衰减 $\leq 5\%$ ，同时，按照国标340h测试预测

耐久性大于 20000 小时后，额定功率下效率衰减 $\leq 10\%$ ；形成批量化生产能力，万套级电堆成本 ≤ 700 元/千瓦。

2. 电驱系统

2.1 先进驱动电机研发（共性关键技术）

研究内容：开发驱动电机关键材料、零部件和驱动电机，具体包括：轻稀土或少（无）重稀土永磁体，低损耗高强度定转子铁芯，宽温变高速轴承，电磁线，高槽满率低交流电阻定子绕组，高可靠绝缘系统及其高温耐电晕、高导热、兼容油冷介质的绝缘材料；开展电机性能、质量、成本平衡的关键设计技术，提升功率密度与效率和抑制振动噪声的优化设计，开展高效冷却技术与生产制造工艺研究等，开发高性价比车用电机并实现整车应用。

考核指标：永磁体剩磁 $B_r \geq 1.40$ 特斯拉，矫顽力 $H_{cj} \geq 2300$ 千安/米，镨/铽总量 $\leq 2.5\%$ 质量百分比；铁心材料铁损 $P_{1.0/800} \leq 36$ 瓦/公斤，屈服强度 $\sigma_s \geq 420$ 兆帕，磁极化强度 $J_{5000} \geq 1.66$ 特斯拉；灌封胶导热系数 ≥ 2 瓦/米·度，浸渍漆导热系数 0.6 瓦/米·度，电磁线耐电晕寿命 ≥ 300 小时，电机绝缘系统对地局部放电初始电压（PDIV） ≥ 1.2 千伏，耐温等级 ≥ 200 摄氏度；轴承运行温度 $-45 \sim 150$ 摄氏度，油膜击穿电压 ≥ 3000 伏，速度因子 $dn \geq 0.9 \times 10^6$ 转/分·毫米。

采用项目研发的关键材料和零部件开发的驱动电机峰值比功率 ≥ 5.5 千瓦/公斤，连续比功率 ≥ 3.0 千瓦/公斤，电机峰值效率 $\geq 97.5\%$ ，最高转速 ≥ 18000 转/分；电机性能包络线的 1 米噪

声总声压级 ≤ 75 分贝；实现装车不少于100台。

有关说明：实施周期不超过4年。

2.2 先进电机控制器研发（共性关键技术）

研究内容：开展元器件关键技术及工艺和先进电机控制器关键技术的研发，具体包括：开发车规级碳化硅（SiC）功率芯片、加压烧结封装和耐高温封装材料、高容积比耐高温电容器设计与封装技术以及电容膜；突破基于碳化硅—金属氧化物半导体场效应管（SiC MOSFET）的电机控制器多物理场集成、驱动电机系统高性能转矩控制、电磁兼容、振动噪声抑制控制和功能安全等技术，开发基于高密度高能效SiC电机控制器，实现整车应用。

考核指标：1200伏特SiC MOSFET芯片电流密度 ≥ 250 安/平方厘米和高温栅偏阈值电压漂移 $\leq 20\%$ （均在200摄氏度下）；SiC MOSFET模块寄生电感 ≤ 5 纳亨利，热阻0.06摄氏度/瓦（电压1200伏特/输出电流450安（有效值）），工作结温 ≥ 200 摄氏度；焊浆料热导率 ≥ 220 瓦/（米·摄氏度），剪切强度 ≥ 50 兆帕，封装绝缘材料耐温 ≥ 220 摄氏度；高温介质电容器最高工作温度达到140摄氏度，耐纹波电流 ≥ 0.42 安/微法，工作电压 ≥ 800 伏特；薄膜电容器最高工作温度达到120摄氏度（电容膜耐温125摄氏度），容积比 ≥ 1.5 微法/毫升@500伏特（直流电压）且 ≥ 0.6 微法/毫升@900伏特（直流电压）。

采用项目研发的芯片、封装模块、材料和器件开发的基于SiC MOSFET电机控制器功率密度（含滤波器等） ≥ 45 千瓦/升，控

制器最高效率 $\geq 99.0\%$ ；电磁兼容和功能安全达到装车要求，装车不少于 50 台。

有关说明：实施周期不超过 4 年。

3. 智能驾驶

3.1 自进化学习型自动驾驶系统关键技术（共性关键技术，含青年科学家课题）

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；研究自动驾驶感知—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；研制多维驾驶性能训练平台，包括基于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和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。

考核指标：典型交通参与者行为预测时域不少于 5 秒，长时域轨迹预测误差 ≤ 0.6 米（横向）和 ≤ 2 米（纵向）；支持 L3 级及以上自动驾驶功能的自我进化训练软件系统，涵盖高速公路、城市道路等典型道路场景和机动车、非机动车、行人等典型交通参与者，在线学习系统的更新周期 ≤ 30 分钟；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 毫秒；训练平台支持 ≥ 100 个交通节点虚拟交通场景，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 $\geq 90\%$ ；完成不少于 20 辆实车的封闭测试场或开放示范道路的验证，制定相关团体标准/国家标准征求意见稿 ≥ 3 项。

有关说明：本项目中，关于自动驾驶系统的高实时车载计算装置中所涉及的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/部署等关键技术设置 1 个青年科学家课题。

3.2 智能汽车预期功能安全实时防护及测试验证技术（共性关键技术，含青年科学家课题）

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；研究预期功能安全实时防护技术，构建基于车路云协同的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。

考核指标：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；开发预期功能安全实时防护系统 1 套，实现预期功能安全的实时保障，并在不少于 20 类边缘场景下进行技术验证，风险预警成功率 95%；搭建面向大数据的数字孪生高性能计算平台 1 套，相关数据类别不少于 20 种，模型并发数量 ≥ 10 ；完成 ≥ 100 万公里实车道路数据采集，搭建智能汽车预期功能安全测试案例库 1 套，测试用例 ≥ 300 条，预期功能安全相关边缘测试场景 ≥ 1000 个；搭建预期功能安全实车测试平台 1 套；试制搭载预期功能安全实时防护系统的样车 3 辆并进行集成验证；完成预期功能安全量化开发及测试评价体系标准草案 1 项。

有关说明：本项目中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设置 1 个青年科学家课题。

3.3 智能线控底盘平台及冗余控制技术（共性关键技术）

研究内容：研究满足自动驾驶、功能安全和信息安全的线控底盘平台系统的电子电气架构、高带宽实时通讯协议与技术；研究线控底盘的智能协同控制技术，包括不同典型场景（常规、越野、极限）多余度底盘的非线性动态响应特性、多自由度动力学建模与解算方法、底盘集中信息处理方法、底盘全局状态识别方法、多执行系统协同与多目标优化的底盘智能控制算法；研究底盘失效运行技术，包括底盘系统失效模式、主冗切换及降级处理

机制，底盘系统中的制动系统、转向系统的冗余设计，电控单元软硬件冗余设计，线控多执行系统协同容错控制技术；研究满足自动驾驶车辆需求的多余度线控执行系统集成优化技术，包括线控制动（如电机伺服助力、电磁阀）、线控转向（如六相电机、集成电控动力单元）的关键部件技术；研制以底盘域控制器为核心的模块化、轻量化、集成化多余度线控底盘平台，形成智能线控底盘平台设计、建模、仿真和测评工具链，建立线控底盘平台多场景复杂工况、车云端结合的测试方法和评价体系。

考核指标：底盘域控制器具备纵横向协同的动力学控制能力。线控执行系统电子控制单元典型故障容忍间隔时间（FTTI） ≤ 25 毫秒，硬件失效率 10FIT ，诊断覆盖率 99% 。线控制动主模块的建压能力 ≥ 18 兆帕，稳态控制精度 ≤ 0.1 兆帕， 10 兆帕阶跃响应建压时间 ≤ 150 毫秒。线控制动系统的减速度响应范围 ≥ 9 米/平方秒，最小响应分辨率到达 0.1 米/平方秒，最高响应速率 > 5 米/三次方秒，最大超调 < 0.2 米/平方秒与 5% 请求值的较大值，主冗系统切换 ≤ 20 毫秒，机械备份制动减速度 $\geq 0.5g$ 。线控转向主系统的响应延迟 < 100 毫秒，稳态转向角控制误差 < 0.5 度，最小响应分辨率达到 0.1 度，电机扭矩波动 $< 3\%$ 。冗余线控转向系统的转角控制范围 ≥ 540 度，最高转向速率 > 500 度/秒，最大超调 < 5 度与 5% 请求值的较小值，主冗系统切换响应 ≤ 20 毫秒。制定相关技术标准 ≥ 2 项，实现智能线控底盘平台及关键技术在不少于 3 家乘用车企业获得应用。

4. 车网融合

4.1 智能汽车云控平台关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究车路云一体化云控平台架构，包括分析智能交通系统对边缘、区域、中心三级平台的需求，明确平台体系的迭代演进路线，构建平台逻辑架构和物理架构；研究云控基础硬件系统关键技术，包括边缘云智能运算硬件，车路云一体化通信及控制单元，非理想条件下的车路云信息交互及计算可靠支持技术；研究云控基础软件关键技术，包括车路云协同决策的多任务并行技术，车群控制协同及交通动态协同云控仿真技术，云端融合感知技术；研究面向高级别自动驾驶的车路云协同决策与控制技术，包括多层次群智决策机制，受限信息环境下车路云协同决策和规划方法，基于混合计算模式的边缘云协同技术；研究云控与非云控车辆混合交通云端优化技术，包括混合交通系统建模方法，云控性能随云控车辆渗透率变化的演化规律，不同渗透率下的混合交通系统云端优化技术；研究云控平台测试技术，包括建立多维度测试评价体系，覆盖车、路、云端的测试用例，测试评价规范和标准。

考核指标：典型云控应用场景功能逻辑架构 ≥ 20 组，应用架构 ≥ 10 组；云控基础平台核心硬件的信息编码周期 ≤ 5 毫秒，解码周期 ≤ 5 毫秒；云控基础平台软件多任务并行平均完成时间 ≤ 45 毫秒，云端感知融合平均完成时间 ≤ 30 毫秒；云控自动驾驶车辆控制器可支持平均时延 ≥ 150 毫秒、丢包率 $\geq 15\%$ 状态下行

车安全控制；高速路跟车控制的跟车误差 $\leq 5\%$ ，编队控制的车队规模 ≥ 10 辆、安全行驶距离 ≥ 30 公里；交叉路口控制的平均通行时间降低 15% 、平均时速提升 25% ；典型场景交通流模型测试集 1 套；不同渗透率微观交通流预测模型 1 套，典型场景预测精度提高 $\geq 10\%$ ；交通流优化模型不少于 3 种；云控平台测试及评价标准草案 ≥ 2 项；搭建示范应用云控平台可支持接入车辆规模 ≥ 10 万辆，典型应用场景 ≥ 10 种，在至少 1 个典型区域开展应用示范。

5. 支撑技术

5.1 智能汽车开发验证技术及装备（共性关键技术）

研究内容：研究典型交通参与者（含车辆、行人、非机动车等）物理反射特性，研究高精度、高动态实时驱动控制技术，研发标准软体目标物及运动控制平台；研究抗信号干扰、耐碰撞的室内外高精度融合定位测量与驾驶机器人横纵向动态控制技术，研发室内外多场景高精度运动参数测量系统与自动驾驶测试机器人；研究多源传感数据高带宽、低延时、高同步采集与回注技术，研究基于海量原始数据的自动驾驶算法测评技术，研发自动驾驶高保真数据采集回注与分析评价仪器；研究支持视觉、听觉、触觉的人机交互测试技术，研究智能座舱主客观量化评价方法，研发智能座舱集成测评系统。

考核指标：机动车目标物运动平台最大速度 ≥ 100 千米/小时、摩托车目标物运动平台最大速度 ≥ 80 千米/小时、低速目标物（行

人、非机动车等)运动平台最大速度 ≥ 55 千米/小时,位置定位精度 ≤ 0.02 米,速度控制精度 ≤ 0.1 米/秒,稳定直接通信距离1千米;运动参数测量位置精度 ≤ 0.02 米、速度精度 ≤ 0.02 米/秒、航向角精度 ≤ 0.1 度、数据频率 ≥ 100 赫兹,自动驾驶机器人最大转向角速度 ≥ 1600 度/秒、转向角精度 ≤ 0.02 度,最大刹车踏板制动力 ≥ 750 牛,制动/油门踏板位置精度误差 ≤ 2 毫米;高保真数据采集回注与分析评价系统数据采集带宽 ≥ 15 千兆/秒,时间分辨率 ≤ 1 微秒,支持GMSL、HDMI、CAN/CAN-FD、万兆以太网、汽车以太网等多源数据接入;智能座舱集成测试系统响应时间 ≤ 40 毫秒,力精度 ≤ 0.1 牛顿,位置精度 ≤ 1 毫米,采集帧率 ≥ 30 帧/秒;完成相关技术标准或草案 ≥ 3 项,相关测试系统及技术服务自动驾驶车型不少于50个。

5.2 智能汽车场景库应用与多维测试评价技术(共性关键技术)

研究内容:研究面向智能汽车通用功能设计运行域的场景库测试用例生成应用技术,建立基于不同来源场景库的场景分布和场景显著性分析方法,构建符合统一格式的基准测试场景库,提出驾驶场景评级理论方法和场景评价限值;研究光照、降雨、大雾等典型气象和复杂动静态交通流数字-物理融合模拟试验技术,开展模拟仿真技术拟真度研究,支持智能汽车整车及系统的安全性能测试;研究智能汽车信道衰落、电磁干扰等中国道路无线环境物理模拟技术,基于智能汽车功能激活条件与失效表征分析,开发复杂无线环境下智能驾驶可靠性测试技术;研究面向网

联车辆典型智能驾驶功能的封闭场地测试评价技术，研究智能汽车开放道路测试周期与场景覆盖度关联模型，提出智能汽车开放道路测试方法，开发高效率测试数据分析及评价工具集；集成融合气象、交通流、无线环境等多维复杂环境条件和封闭场地、开放道路等组合测试手段的智能汽车多维测试评价技术体系，研究制定相关技术规范 and 标准。

考核指标：构建智能汽车通用功能的基准测试场景库 1 套，逻辑场景参数不少于 10 个，基准场景不少于 500 类，场景评价维度 ≥ 4 ，涵盖场景复杂度、危险度、暴露率、覆盖率；形成智能汽车道路环境场景物理模拟技术平台，其中模拟光照度 5~2500 勒克斯至少 6 级可调，降雨强度 5~100 毫米/小时至少 4 级可调，人造雾能见度 15~100 米至少 3 级可调，组合气象环境场景不少于 5 种，支持动静态交通元素模拟不少于 5 类，其中车辆速度 0~120 千米/小时，其他交通元素 0~80 千米/小时，支持典型气象和复杂动静态交通流的同时模拟再现；搭建智能汽车无线环境物理模拟平台 1 个，包括车载无线信道衰落复现系统 1 套，其信道衰落复现系统频段覆盖 800 兆赫~6 吉赫，时延误差 ≤ 10 纳秒、功率误差 ≤ 1 分贝，此外，包括不少于 4 个典型交通场景的通信环境信道模型，其通信环境模型的实采道路通信环境场景 ≥ 10 个；搭建电磁干扰复现系统 1 个，采集电磁干扰场景覆盖 ≥ 5 个城市、50 个地点，采集带宽 ≥ 40 兆赫，最大场强 ≥ 200 伏/米；验证网联车辆典型智能驾驶功能 ≥ 10 个，测试用例 ≥ 50 个；智

能汽车开放道路测试理论模型支持不少于4种常见道路类型的测试周期与场景覆盖度关联评价,开发测试数据分析及评价工具 ≥ 5 个,工具每秒可分析 ≥ 100 公里开放道路传感器结构化测试数据,开放道路性能评价指标 ≥ 15 个。形成相关团体标准/国家标准征求意见稿 ≥ 5 项。

6. 整车平台

6.1 电动载货车多材料底盘结构轻量化关键技术开发(共性关键技术)

研究内容:突破电动载货车底盘与动力电池系统一体化全新构架集成设计技术;攻克电动载货车全铝车架纵、横梁断面多工况联合拓扑优化设计、车架疲劳寿命高精度预测与评价关键技术;开发2.0吉帕高应力变截面钢板弹簧、低成本纤维增强复合材料板簧、热固性碳纤维复合材料传动轴、多材料电池箱设计制造关键技术;攻克电动载货车底盘系统超厚板异种材料连接接头高精度数值仿真、性能评价及耐蚀性处理核心技术;研发电动载货车混合材料底盘高精度、数字化全自动仿真预测软件及验证平台。

考核指标:在满足性能要求下,与同尺寸钢制方案相比,多材料电动载货车底盘与动力电池系统减重20%及以上;全铝车架减重35%及以上,疲劳寿命预测精度不低于85%、在最大满载1.5倍动载荷下,车架弯曲和扭转台架试验疲劳寿命 ≥ 50 万次;与同尺寸1.5吉帕钢制少片板弹簧悬架方案相比,2.0吉帕级钢和复合材料板簧分别减重20%与45%以上,疲劳寿命分别为(试验应力

800±450 兆帕) ≥12 万次和(试验应力 650±350 兆帕) ≥24 万次; 在同等条件下, 碳纤维复合材料热固性传动轴较同尺寸钢制传动轴实现减重 55%以上, 碳纤维传动轴扭转疲劳寿命达 50 万次以上; 底盘系统异种材料连接接头动态力学仿真精度达到 95%及以上, 接头中性盐雾实验耐蚀性大于 480 小时, 焊接连接接头强度不低于母材的 80%, 其他连接接头强度不低于母材; 开发出电动载货车底盘专用复杂模型分析数字化平台软件 1 套, 至少包含 100 种材料的数据库, 疲劳寿命预测精度 ≥85%, 具备电动载货车底盘零部件应力安全因子, 疲劳安全因子等结构疲劳性能的计算机辅助工程 (CAE) 功能; 上述研究成果至少在 2 款电动载货车上产业化验证, 至少在 1 款电动载货车上得到应用, 整车满载 7500 公里试车场强化道路耐久试验无故障。

有关说明: 实施周期不超过 4 年。

“新能源汽车”重点专项

2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目（课题）负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982年1月1日以后出生）。原则上青年科学家项目（课题）其他参与人员年龄要求同上。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 张诗悦

“高性能制造技术与重大装备”重点专项 2022 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 2022 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。

2022 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，按照基础研究、共性关键技术、应用示范 3 个层面，拟启动 26 项指南任务，拟安排国拨经费 3.38 亿元。其中，在基础研究类拟部署 4 个青年科学家项目，每个项目 200 万元。共性关键技术类项目配套经费

与国拨经费比例不低于 1.5:1, 应用示范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 1984 年 1 月 1 日以后出生,女性应为 1982 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. 基础研究类

1.1 高性能制造理论与技术体系研究

研究内容:研究性能与材料、几何及工艺参数的耦合机理与模型表达形式,性能指标的逐级分配方法与评价准则,面向性能

的设计、面向制造的设计与面向性能的制造的协同原理，跨层级性能仿真建模理论与调控机制等，突破以产品性能精准保证为目标的设计制造一体化、全流程制造工艺优选和高效参数反求、定域定量定式的性能可控制造等关键技术，构建高性能制造理论与技术框架体系，并面向空天及核电装备研发等国家重大需求进行试验验证。

考核指标：构建高性能制造理论和技术框架体系，并在典型产品制造中进行试验验证；开发出面向构件高性能制造的软件工具 1 套；在 2~3 个典型高端产品研制中应用验证高性能制造理论与技术成果，产品的关键性能指标提升 30% 以上；出版专著 1~2 部。

1.2 性能驱动的高端装备稳健性设计理论与方法

研究内容：研究多样化极端条件下重大装备多场信息驱动的稳健性建模与表征、重大装备关重件数字化模型的工程一致性校验、多精度数据驱动的重大装备性能快速预测等理论和方法，形成几何—材料—载荷等不确定性下装备性能稳健性优化设计方法，并在典型重大装备设计中试验验证。

考核指标：形成面向服役性能的重大装备稳健性设计理论与方法，建立重大装备几何—材料—载荷等不确定性分布类型数据库 ≥ 3 个，开发具有自主知识产权的云边协同装备稳健性优化设计软件 1 套，并在典型重大装备设计中应用验证，实现涵盖物理场信息 ≥ 3 种、融合精度数据 ≥ 3 种，集成优化参数 ≥ 100 种，2 种及以上重要性能快速预报的精度 $\geq 90\%$ ，优化后装备性能稳健

性较当前服役方案提高 $\geq 10\%$ ；出版学术专著 1 部，登记软件著作权 ≥ 8 项。

1.3 高端装备协同智能故障诊断理论与预测方法

研究内容：研究高端装备服役过程中关键性能的退化机制与失效机理，建立基于协同高精度故障诊断与预测的装备性能失效模型；研究数据非共享式协同特征提取、非直接读取式监测数据质量评估与无数据式多实体故障诊断知识靶向迁移方法，构建装备个体定制化故障诊断模型。

考核指标：建立高端装备协同智能高精度故障诊断与预测方法，形成高端装备状态监测软件，协同故障诊断方法 ≥ 5 种，故障诊断准确率 $\geq 90\%$ ，故障诊断方法优于 5 种及以上现有常用方法；寿命预测方法 ≥ 5 种，装备退化期后半段的平均寿命预测准确率 $\geq 75\%$ ，寿命预测方法优于 5 种及以上现有常用方法。建立高端装备高质量服役状态监测数据库，包含高端装备典型故障案例 ≥ 50 种，关键部件全寿命周期数据 ≥ 30 例。在风电装备、工业机器人、新能源汽车、高档机床等 4 类典型高端装备上试验验证，构建高端装备分布式多实体协同故障诊断与预测平台。

1.4 多场耦合下异质异形构件的材料—结构—性能一体化成形理论

研究内容：研究异质异形构件的强力学性能差异材料之间的属性匹配、应力与变形协调等机制，建立异质构件设计方法；研

究多场耦合下的异质异形构件层间界面结合性能的控制机制，构建层间界面和层内失效准则，形成异质异形构件的多尺度、多维度性能评价理论体系，实现异质异形构件的材料—结构—性能一体化设计与成形，并在典型异质异形构件成形中试验验证。

考核指标：形成异质异形构件的设计、制造、性能调控基础理论与方法，实现典型异质异形构件的材料—结构—性能一体化设计与成形；制备具有异质异形特征的试验件 ≥ 2 种，试验件尺寸 $\geq 500\text{mm}$ ，成形精度 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ ，层间界面相对于低强度材料拉伸强度系数 ≥ 0.8 ，剪切强度系数 ≥ 0.9 。

1.5 面向性能的超精密加工理论与精准调控方法（青年科学家项目）

研究内容：研究超精密加工构件关键性能表征方法，揭示构件关键性能与加工质量之间的关联机制，建立加工工艺与构件关键性能之间的模型，构建面向性能精确调控的超精密加工理论与方法，并在高温等离子体屏蔽防护件加工中试验验证，形成高能粒子吸缚性能可调控的超精密加工理论和方法。

考核指标：揭示构件关键性能演化机制、表面微观组织演化与调控机制，形成面向性能精确调控的超精密加工理论与方法。加工高温等离子体屏蔽防护模拟样件：最大直径 $\geq \Phi 100\text{mm}$ ，高度 $\geq 50\text{mm}$ ，轮廓度 $\leq 5\mu\text{m}$ 、表面粗糙度 $S_a \leq 30\text{nm}$ ，等离子体束流密度 $\geq 10^{23}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，热负荷 $\geq 20\text{MW}/\text{m}^2$ ，耐辐射考核时间提升一倍、达到1000s以上。

1.6 极端服役条件基础件接触界面力学行为及性能调控方法 (青年科学家项目)

研究内容: 研究极端条件下基础件接触界面力学行为及性能演变机理, 建立面向高服役性能的几何形貌与表面织构协同设计理论, 提出考虑奇异点的基础件接触面分区修形加工方法, 开发基础件接触表面织构确定性调控新技术, 研发极端条件下基础件服役性能测试系统, 在承载能力、接触疲劳强度寿命等方面进行试验验证。

考核指标: 形成面向极端条件的基础件接触界面力学行为演变理论和面向高服役性能的基础件接触界面确定性调控理论, 研发具有知识产权的基础件接触界面确定性调控技术和支持工具, 研发极端条件下基础件服役性能测试系统, 并在基础件传动系统中进行试验验证, 轮齿啮合接触面积提高 30% 以上, 承载能力较传统方式提高 20% 以上, 齿轮接触疲劳强度寿命提升 10% 以上, 形成相关技术标准 ≥ 1 项, 申请软件著作权 ≥ 3 项。

1.7 智能复合材料结构一体化成型理论与方法 (青年科学家项目)

研究内容: 面向未来复合材料结构健康监测—承载一体化的需求, 研究光纤等传感器嵌入复合材料结构的新型方法, 实现传感器的高效率、低损伤嵌入; 探明传感器/高性能纤维混合预制体的变形跨尺度传递、宏—微观结构作用规律及多尺度建模方法, 揭示传感器/高性能纤维二元异质混合体的树脂填充—固化过程

典型缺陷形成机制与时空演化机理；突破传感器/高性能纤维混合预制体高精度低缺陷预成型—固化一体化成型制造与控制技术，形成健康监测—承载一体的智能复合材料结构制造原始创新，研制智能复合材料模拟样件进行性能评价与试验验证。

考核指标：提出内嵌传感器的智能复合材料实现方案，形成内嵌传感器的智能复合材料结构一体化成型理论；建立智能复合材料结构变形分析理论和方法，形成仿真预测分析平台，实现预成型变形和固化变形预测误差 $\leq 15\%$ ；制备内嵌传感器智能复合材料试验件，相比于同结构复合材料试验件拉伸强度和层间剪切强度衰减率 $\leq 10\%$ ；制造内嵌传感器的复合材料模拟样件，成型结构型面公差 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ ，内部传感器损失率 $\leq 10\%$ ，结构内部感知应变误差 $\leq 5\%$ 。

1.8 装备与工艺融合的制造精度可靠保障方法（青年科学家项目）

研究内容：探索机床装备与工艺融合的制造精度可靠保障新原理，突破传统固定装夹思路的局限，研究装备与工艺融合的数据监测原理与方法，研制面向变形控制的自适应装夹工艺装备，突破监测数据和知识混合驱动的制造精度可靠保障技术，保障机床装备服役过程中的制造精度可靠性，在新一代飞机铝合金、钛合金大型结构件加工中验证。

考核指标：实现高端机床装备与浮动装夹工艺融合，研制至少 2 套浮动装夹工艺装备，为机床装备服役过程中的制造精度提

供可靠保障，1 米级铝合金、钛合金大型结构件加工变形量分别从 0.2mm/m 以上和 0.5mm/m 以上控制在 0.1mm/m 和 0.25mm/m 以内，相较于传统方法，加工变形控制精度平均提升 50%以上；形成数控加工机床装备与浮动装夹工艺融合标准规范 1 项。

2. 共性关键技术类

2.1 超高速空气轴承电主轴关键技术

研究内容：研究超高速空气轴承气体支撑和润滑机理、超高速空气轴承电主轴设计方法、主轴电机气隙磁场调制方法；突破空气轴承高精度节流部件制造、轴承气浮间隙精密调节与控制、主轴内置高速电机发热控制、主轴在线动平衡测试等关键技术；研发超高速空气轴承电主轴，在典型高端制造装备中应用验证。

考核指标：研制出超高速空气轴承电主轴，电主轴产品的制造合格率提高至 90%以上，功率（S6 60%） $\geq 2200\text{W}$ ，转速 0~200000rpm，扭矩（S6 60%） $\geq 106\text{mN}\cdot\text{m}$ ，轴向刚度 $\geq 25\text{N}/\mu\text{m}$ ，径向刚度 $\geq 28\text{N}/\mu\text{m}$ ，主轴径跳 $\leq 0.35\mu\text{m}$ ，主轴端跳 $\leq 0.75\mu\text{m}$ ，转子平衡精度 0.4mm/s，热伸长波动： $\leq 0.2\mu\text{m}$ （80000rpm）， $\leq 0.5\mu\text{m}$ （200000rpm）。技术就绪度 ≥ 6 级；研制的超高速空气轴承电主轴在超精密磨床或铣削加工中心上应用验证。

2.2 空间机构长寿命高可靠齿轮传动系统关键技术

研究内容：研究空间环境高真空、微重力、温度交变载荷作用下齿轮失效机理和典型材料的服役性能，空间环境齿轮副固体润滑摩擦磨损仿真分析，超薄高强齿轮传动系统高可靠高转矩密

度设计方法；突破切—磨—渗—抛全工艺流程高效精密齿轮制造工艺；建立空间机构齿轮传动系统拟实工况下服役性能试验平台及评价体系；研制空间环境长寿命高可靠齿轮传动系统，并在重大型号空间机构中应用验证。

考核指标：研制空间机构齿轮传动系统 1 套，最大输出力矩 $\geq 1100\text{Nm}$ 、输出转矩密度 $\geq 15\text{Nm/kg}$ ，单级传动效率 $\geq 95\%$ ，设计寿命 ≥ 15 年；典型高强材料齿轮的轮齿精度优于 3~4 级、齿面硬度 $\geq \text{HRC}60$ 、粗糙度 $\leq \text{Ra}0.2\mu\text{m}$ ；研发空间环境摩擦磨损仿真分析软件 1 套；搭建空间环境高低温拟实工况试验平台，具备可靠性测试能力。技术就绪度 ≥ 6 级；在 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 高真空度、 $-50^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$ 高低温等特征空间环境下的典型空间机构中应用验证。

2.3 超高速动车组双斜齿形齿轮传动系统关键技术

研究内容：揭示 400km/h 以上高速动车组轮—轨—构架传动系统振动机理及辐射噪声映射关系；研究受限空间下双斜齿形齿轮传动系统设计、齿形宏观构型与微观修形、齿轮副高精齿面成形技术；突破高速时变地域和超长服役周期下系统振动、噪声、温升等控制关键技术，建立寿命评估方法与试验验证体系；研制智能感知、诊断、预测一体化的齿轮传动系统。

考核指标：设计研制小模数（4~7）、窄齿宽（ $\leq 70\text{mm}$ ）、小退刀槽（ $\leq 20\text{mm}$ ）双斜齿形齿轮，齿面精度达 ISO 5 级或以上，左右齿面对称精度 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ ；研制高速动车组齿轮传动系统，实现齿轮啮合派生轴向力较既有 CR400 动车组（3000~5500 N）

降低 90%以上，轴承服役寿命较既有 CR400 动车组（350km/h）提升 30%以上，系统振动 $\leq 12\text{mm/s}$ ，系统温升 $\leq 120^\circ\text{C}$ ，噪声 $\leq 100\text{dB}$ ；建立传动系统振动、温度、润滑油品质等状态在线智能监测及关键部件寿命预测平台。技术就绪度 ≥ 6 级；在 400km/h 以上高速动车组实现应用验证。

2.4 高频响高可靠数字液压元件关键技术

研究内容：研究高频响数字先导级驱动和多模式主级的构型原理和结构设计；突破容腔压力、油液温度、阀芯位移、阀口流量等多状态信息的高频响应与精确感知、融合处理与集成传输等关键技术；研发高压数字液压元件精密加工与装配等关键工艺；研制具备多通讯接口的数字式控制器及其配套控制/调试软件，实现从元件、系统到主机层面的多功能控制。

考核指标：高频响数字式先导级驱动模块 1 套，先导级驱动频响 $\geq 17\text{Hz}$ ，位置闭环控制重复定位精度 0.01mm ；总线型数字式大流量液压阀 1 套，额定压力 $\geq 35\text{MPa}$ ，额定流量 $\geq 200\text{L/min}$ ，内置式阀芯位移、压力、温度测量误差 $\leq 0.5\%$ ，整阀换向耐久性次数 ≥ 200 万次；数字液压元件功能匹配与参数优化设计软件 1 套，“元件—系统—整机”多层级控制/调试软件 1 套，流量控制误差 $\leq 2\%$ 。技术就绪度 ≥ 6 级；实现在工程机械、农业机械等装备中的配套应用。

2.5 超低速大转矩永磁电驱动系统关键技术

研究内容：研究永磁电机“机—电—磁—力—热”多域协同、

基于电机—传动或直驱的永磁电驱动系统全域高效等设计方法；突破轻稀土复合磁体建构与抗失磁、振动噪声靶向主动抑制、热耦合与热管理、状态数据交互与智能控制等关键技术；研制超低速大转矩永磁电驱动系统，在典型高能耗领域配套应用。

考核指标：研发额定 10kV/1500kW 低速大转矩永磁电驱动系统，建成 50 万 Nm 电驱动系统测试平台，实现电驱动系统输出额定转速范围 5~60rpm、体积转矩密度 $\geq 40\text{Nm/L}$ 、系统最高效率 $\geq 95\%$ （效率 80% 以上高效工作区占 95% 以上），系统噪声 $\leq 80\text{dB}$ （A）、工作寿命 $\geq 150000\text{h}$ 。技术就绪度 ≥ 6 级；在煤矿、冶金、化工等典型高耗能领域配套应用，综合节电率达到 30% 以上。

2.6 非道路车辆大功率电驱动传动系统关键技术

研究内容：研究非道路车辆大功率电驱动用发电机、驱动电机、控制器、驱动单元等高性能、高功率密度协同设计方法；突破电驱动传动系统构型设计、深度集成与动力高效耦合技术难题；开展电驱动传动系统综合能源管理技术及能效提升控制策略研究；构建大功率电驱动传动系统性能综合测试与评价技术体系；研制非道路车辆用大功率电驱动传动系统，并在百吨级装载机、矿用卡车上进行应用验证。

考核指标：电驱动传动系统：系统额定效率 $\geq 92\%$ 、功率密度 $\geq 1000\text{kW/m}^3$ 、使用寿命 $\geq 20000\text{h}$ 、车轮动态响应 $\leq 600\text{ms}$ ；发电机：功率密度 $\geq 6.5\text{kW/L}$ 、最高效率 $\geq 97\%$ ；驱动电机：功率密度 $\geq 5\text{kW/L}$ 、最高效率 $\geq 97\%$ ；驱动控制器：功率密度 \geq

25kW/L、峰值效率 $\geq 99\%$ 。技术就绪度 ≥ 6 级；实现大功率电驱动传动系统在非道路车辆上示范应用 ≥ 2 台；形成大功率电驱动传动系统综合测试与评价规范。

2.7 大规模微细阵列结构超精密加工技术

研究内容：研究大规模阵列式光学结构的高效高一致性超精密切削原理、微细结构保形超光滑抛光机理和多工序误差传递规律；突破多尺度光学结构原位超精密测量、脆性材料高精度成型以及形性调控等关键技术；研制大规模阵列式光学结构的超精密加工—测量一体化装备，在红外探测、光电感知等领域实现应用验证。

考核指标：形成面向大规模微细阵列式结构的超精密加工—测量一体化装备，直线轴定位精度 $\leq 0.3\mu\text{m}$ ，旋转轴定位精度 $\leq \pm 1''$ ，原位测量分辨率 $\leq 1\text{nm}$ ；阵列单元加工时间 ≤ 5 秒，单元面形精度 $\leq \text{PV}0.1\mu\text{m}$ ，单元表面粗糙度 $\leq \text{Ra}2\text{nm}$ ；光学结构阵列规模 ≥ 10 万，光能利用率 $\geq 80\%$ 。技术就绪度 ≥ 7 级；制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 1 项。

2.8 大口径复杂曲面光学元件超光滑制造技术

研究内容：攻克光学元件超光滑物化作用原子级材料去除基础理论；突破跨尺度气动磨头柔性研抛、磁流变高精度低损伤抛光、弹性自适应磨头超光滑控制、原位一体化轮廓测量与补偿、原位表面与亚表面损伤全口径检测等关键技术；研制复杂曲面柔性自适应抛光与原位一体化检测制造装备；在强激光系统、空间

遥感、天文观测等光学系统中应用验证。

考核指标：形成复杂曲面光学元件自适应加工与原位一体化检测装备及配套工艺软件，磨头柔性气动力精度 $\leq 0.02\text{N}$ 、定位精度 $\leq 10\mu\text{m}$ 。实现全频段误差高精度控制，低频面形精度 $\leq \text{RMS } 8\text{nm}$ ，中频平滑精度 $\leq \text{slopeRMS } 1.5\mu\text{rad}$ ，高频光滑精度 $\leq \text{Ra } 0.5\text{nm}$ ；光学元件口径 $\geq 1.5\text{m}$ ，曲面复杂度 $\geq 1\text{mm}$ ，损伤阈值 $\geq 500\text{W}/\text{cm}^2$ ，制造周期 ≤ 5 个月。技术就绪度 ≥ 7 级；制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 1 项。

2.9 超薄碳碳材料筛网结构精密制造技术

研究内容：研究超薄碳碳材料筛网结构设计和精密控形加工理论；构建符合超薄碳碳材料特殊性能要求的纤维预制体结构；形成制备高精度超薄碳碳复合材料的致密化、热处理等工艺及相关辅助工具；突破高密度阵列孔热消散分区控参精密加工、耐溅射损伤检测与寿命评估、变形抑制与低损加工全流程协同调控的“材料制备—测量—再规划—加工”闭环制造等关键技术；研制超薄碳碳材料筛网结构精密制造成套装备及碳碳栅极组件，在深空探测器、通信卫星平台等电推进系统中应用验证。

考核指标：形成超薄碳碳材料筛网结构精密制造成套装备及工艺软件，空间定位精度 $\leq 0.01\text{mm}$ ，轨迹精度 $\leq 0.03\text{mm}$ ；碳碳材料密度 $\geq 1.80\text{g}/\text{cm}^3$ ，拉伸强度 $\geq 200\text{MPa}$ ，拉伸模量 $\geq 45\text{GPa}$ ；碳碳筛网口径 $\geq \Phi 300\text{mm}$ ，厚度 $\leq 0.6\text{mm}$ ，装配后的平面度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，厚度均匀性 $\leq 0.05\text{mm}$ ；筛网孔阵列密度 ≥ 20 个/ cm^2 ，直

径 $\leq\Phi 1.9$ 的孔径精度优于 $\pm 0.05\text{mm}$ (开孔率 $\geq 65\%$),位置度优于 $\Phi 0.1\text{mm}$,单孔加工时间 ≤ 5 秒。技术就绪度 ≥ 7 级;制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

2.10 惯性器件硬脆复杂结构高效精密加工技术

研究内容:研究硬脆材料表面去除、界面损伤与构件服役性能生成机制,突破热力耦合加工形性一体化调控、亚表层微观去除与损伤抑制、构件性能高精度在位无损表征等关键技术,研制硬脆材料精密复杂构件加工—检测—修调一体化成套装备,在大型水面/水下平台、运载火箭等的高精度惯导系统上进行应用验证。

考核指标:形成硬脆材料精密复杂构件加工—检测—修调一体化成套装备,直线轴定位精度 $\leq \pm 0.4\mu\text{m}/50\text{mm}$,切削力测量误差 $\leq 0.5\% \text{FS}$ (满量程),实现表面形貌和加工缺陷在位检测;硬脆材料构件加工形位精度 $\leq 3\mu\text{m}$,表面粗糙度 $\leq \text{Ra}0.4\mu\text{m}$,加工效率优于 $40\text{h}/\text{个}$;高精度惯导单元随机漂移误差:全角模式下 $\leq 0.001^\circ/\text{h}$ 或力反馈模式下 $\leq 0.0005^\circ/\text{h}$,抗过载能力 $\geq 30\text{g}$ 。技术就绪度 ≥ 7 级;制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 1 项。

2.11 大截面异形承力构件整体成形技术

研究内容:研究微区快速凝固和非均匀强塑变成形全过程中组织缺陷演变、内应力遗传演化、特征微结构适配等共性问题,突破大规格细晶和成分均匀的锭坯制备、大型异形截面整体构件成形性控制、大尺寸结构残余应力消减等关键技术,研制大截面铝合金异形整体成形框及成形装备,在新一代直升机等装备应

用验证。

考核指标：形成基于快速凝固原理的铝合金锭坯制备装备，成锭速率 ≥ 1 吨/小时，材料收得率 $\geq 70\%$ ；铝合金锭坯 ≥ 3 吨，直径 $\geq 600\text{mm}$ ，致密度 $\geq 97\%$ ，晶粒尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$ ，成分不均匀性 $\leq 8\%$ ；整体锻框尺寸 $\geq 3600\text{mm}\times 2800\text{mm}\times 160\text{mm}$ ，各方向抗拉强度 $R_m \geq 545\text{MPa}$ 、屈服强度 $R_{p0.2} \geq 515\text{MPa}$ 、断后延伸率 $\geq 7\%$ ，残余应力 $\leq \pm 50\text{MPa}$ ，平面应变断裂韧度 K_{IC} （L-T方向） $\geq 24.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，在应力集中系数 $K_t=1$ 、应力比 $R=-1$ 、周次 $N=1\times 10^7$ 条件下疲劳极限 $\geq 180\text{MPa}$ ；加工后整体框变形量 $\leq \pm 0.5\text{mm}$ 。技术就绪度 ≥ 7 级；制订国家、行业或团体技术标准 ≥ 1 项。

2.12 探测制导复杂光机电产品精密装配技术

研究内容：研究几何量和物理量复合的精密装配理论，揭示装配连接界面应力形成与非线性时变规律，突破装配应力形成机理与检测、极端服役环境下装配性能的多源不确定性分析与优化、跨尺度系统装配性能预测与工艺调控等关键技术，研制精密光机电产品测装调一体化自动装配系统，在航天、飞机等领域的光机电导航制导系统上进行应用验证。

考核指标：形成精密惯性产品测装调一体化软硬件系统，视觉检测精度 $\leq 2\mu\text{m}$ ，装配性能软件预测精度 $\geq 85\%$ ；装配精度 $\leq 3\mu\text{m}$ ，装配应力不均匀性 $\leq 15\text{MPa}$ ，组件装配效率 ≥ 60 套/8h，一次装调合格率 $\geq 90\%$ ；在高速、高过载、高冲击服役环境下光机电系统动态精度稳定性优于 $1'$ ，平均无故障运行时间 $\text{MTBF} \geq$

2000 小时。技术就绪度 ≥ 7 级；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 1 项。

2.13 高端装备核心零部件多维度应力场测量平台

研究内容：建立多维度应力场测量平台，研究核心零部件多维应力场高准确度定量表征、加工误差与残余应力的映射方法；突破高动态运动系统超精密控制、声功能新材料性能调测与制备等关键技术；形成跨尺度/高空间分辨率应力场的现场在役测量与分析、高动态下的应力场测量与评估等试验能力。

考核指标：应力场现场测量平台：分辨力 $\leq 5\text{Mpa}$ 、不确定度 $\leq 50\text{MPa}$ ($k=2$)、空间分辨率 $\leq 10\text{mm}$ 、测量深度 $\geq 100\text{mm}$ ；应力场在役测量平台：分辨力 $\leq 10\text{MPa}$ 、不确定度 $\leq 100\text{MPa}$ ($k=2$)、水平向分辨率 $\leq 20\text{mm}$ 、垂向分辨率 $\leq 1\text{mm}$ ；应力场动态测量平台：测量分辨力 $\leq 10\text{MPa}$ 、不确定度 $\leq 100\text{MPa}$ ($k=2$)、空间分辨率 $\leq 50\text{mm}$ 、加速度覆盖 $6g\sim 10g$ 。技术就绪度 ≥ 6 级；形成国防军工、航空航天、高端仪器等 3 个以上领域的核心零部件应力检测规范与评价体系，建成后对外服务不少于 500 机时/年，并提供相关试验报告。

3. 应用示范类

3.1 航发燃烧室环形薄壁件多品种混线制造技术

研究内容：研究航发燃烧室环形薄壁件混线加工误差形性协同控制机理与多工位误差流传递机制等理论，突破毛坯铸锻形性一致性控制、特征驱动的零件加工工艺自动规划、车/铣复合加工

误差自适应补偿、薄壁零件加工残余应力调控、多品种混线生产智能协同管控等关键技术；研发车铣、铣车两类复合加工中心以及工艺自动规划、智能协同管控等系统；在航发燃烧室火焰筒和机匣等多品种环形薄壁件混线制造中应用验证。

考核指标：形成航发燃烧室环形薄壁件柔性制造示范线，实现火焰筒和机匣两大类 10 种以上零件混线加工，加工工艺规划时间 ≤ 15 天，换产时间 $\leq 1\text{h}$ ；研发车铣、铣车复合加工中心不少于 1 套，平均无故障运行时间 MTBF $\geq 3000\text{h}$ ，车铣复合加工中心重复定位精度 $\leq 5\mu\text{m}$ ，摆角轴定位精度/重复定位精度 8"/5"，铣车复合加工中心重复定位精度 $\leq 4\mu\text{m}$ ，摆角轴定位精度/重复定位精度 6"/4"。技术就绪度 ≥ 8 级；制定相关工艺标准 ≥ 4 项。

3.2 大型构件柔性加工检测一体化智能制造技术与装备

研究内容：研究智能化柔性加工工艺，突破加工装备动态精度主动调控、自感知与性能自持、大场景测量及激光视觉引导定位、振动抑制等关键技术；研发高效率智能化的中空电机驱动部件、五轴联动加工单元；研制移动式或可重构龙门桁架式柔性加工检测一体化智能制造装备，在飞机、航天器、核岛汽轮机或盾构机等装备大型结构件的原位加工中应用示范。

考核指标：研制移动式或可重构龙门桁架式柔性加工检测一体化混联加工装备 ≥ 2 台套，装备轴向刚度和侧向刚度 $\geq 1.5\text{N}/\mu\text{m}$ ，覆盖尺度 3m~6m 的多种大型结构件，空间测量精度 $\leq 80\mu\text{m}$ ，加工精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，被加工表面粗糙度 $\leq \text{Ra}1.6\mu\text{m}$ ，表面

载荷安装精度 $\leq 0.2\text{mm}$ ，表面凹凸量公差带 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ 。技术就绪度 ≥ 8 级；在航空、航天、核工业、盾构等领域不少于2家重点企业应用示范。

3.3 一体化承载式车身压铸成型工艺与装备

研究内容：研究新型免热处理高强韧压铸铝合金材料性能调控机理；突破多材料一体化车身多目标优化设计、超大型复杂薄壁压铸件模具/工艺、大型车身一体化压铸件与环境件连接等关键技术；研发新能源乘用车一体化结构件及其压铸成型工艺；研制超大型智能压铸成套装备，在新能源乘用车下车体等实现示范应用。

考核指标：新型免热处理高强高塑压铸铝合金材料抗拉强度 $\geq 270\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 135\text{MPa}$ ，伸长率 $\geq 12\%$ ；完成铝合金压铸下车体开发，对应传统钢板冲焊件减重不少于10%；完成超大型智能压铸装备开发，压铸单元最大锁模力 ≥ 10000 吨，最短建压时间 $\leq 28\text{ms}$ ；完成一体化下车体压铸件智能化示范产线建设，设计产能 ≥ 10 万件/年，下车体压铸件产品合格率 $\geq 90\%$ 。技术就绪度 ≥ 8 级；制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

3.4 超薄界面异质异构晶圆键合关键技术与装备

研究内容：研究金刚石与 GaN、SiC 与 InP/GaAs 等异质晶圆键合机理与方法；突破异质晶圆精确对位、原位表面等离子体活化、异质化合物材料键合等关键技术；研制对准模块、静电卡盘、键合台等核心零部件，研发异质异构晶圆键合设备；研制金刚石与 GaN 微波功率器件、SiC 与 InP/GaAs 光电器件等异质异构器

件；实现设备在超大功率雷达、舰载激光器关键电子器件制造中的示范应用。

考核指标：研制超薄界面异质异构晶圆键合装备，适用于4~6英寸金刚石与 GaN、SiC 与 InP/GaAs 异质异构晶圆键合。对准模块：对准精度 $\leq \pm 0.5\mu\text{m}$ ，工作真空度 $6 \times 10^{-5}\text{Pa}$ ，平均无故障运行时间 MTBF $\geq 2000\text{h}$ ；静电卡盘：吸附力 $\geq 25\text{gf}/\text{cm}^2$ ，平均无故障运行时间 MTBF $\geq 2000\text{h}$ ；键合台：温度均匀性 $\pm 1\%$ (100~500)°C，平均无故障运行时间 MTBF $\geq 2000\text{h}$ 。研制超薄键合界面器件，基于金刚石异质/异构集成技术的 GaN HEMT 器件热阻 $\leq 15\text{K}\cdot\text{mm}/\text{W}$ ，键合界面 (3~10) nm；4英寸 SiC 基 InP PD 异质键合空洞率 $\leq 10\%$ 。技术就绪度 ≥ 8 级。

3.5 大尺寸超高真空分子束外延技术与装备

研究内容：研究大尺寸生长室高流导仿真设计等方法；突破大尺寸超高真空腔体设计与制造、高流导冷阱、大面积基片均匀加热、全自动高效率晶圆传输、高稳定大容量阀控裂解源炉等关键技术；研发大容量束源炉、大尺寸高均匀衬底架和高可靠快门等核心功能部件；研制大尺寸全自动分子束外延装备；开展外延薄膜材料生长工艺研究，制备 III-V 族化合物外延材料，在光电器件或相控阵雷达/5G 基站通讯用固态微波射频器件等方向应用示范。

考核指标：分子束外延装备产能水平 7×6"（兼容 3×8"、14×4"）；外延生长室极限真空 $\leq 5 \times 10^{-9}\text{Pa}$ ；生长室束源炉端口 \geq

12 个, III 族束源炉的束流稳定性 $\geq 99\%$; 真空腔室间自动传片; 快门使用寿命 ≥ 50 万次; 衬底架最高加热温度 1000°C , 衬底温度均匀性 $\leq \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。外延片膜厚/组分非均匀性 $\leq \pm 1.5\%$; GaAs HEMT 材料二维电子气迁移率 $\geq 7500\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ (@300K)。技术就绪度 ≥ 8 级; 制定相关企业或行业技术标准 ≥ 2 项。

“高性能制造技术与重大装备”重点 专项 2022 年度项目申报指南 形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 刘进长

“智能传感器”重点专项 2022 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 2022 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改善，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，专项推动传感器产业可持续发展。

2022 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，按照基础研究、共性关键技术和应用示范三个层面，拟启动 36 项指南任务，拟安排国拨经费 5.77 亿元。其中，在智能传感基础及前沿技术方向，部署青年科学家项目，支持不超过 3 项，

拟安排国拨经费 600 万元，每个项目 200 万元；在传感器敏感元件关键技术方向，部署科技型中小企业项目，拟安排国拨经费 1000 万元，拟支持不超过 5 项，每个项目国拨经费 200 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，共性关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1.5:1；应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2.5:1。

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；共性关键技术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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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。

科技型中小企业项目要求由科研能力强的科技型中小企业牵头申报。项目下不设课题，项目参加单位（含牵头单位）原则上不超过 2 家，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情况进行同步考核。科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国家税务总局印发的《科技型中小企业评价办

法》(国科发改〔2017〕115号)。

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

1.1 光声量子纠缠调控机理及加速度传感器研制(基础研究类)

研究内容:针对无人潜器/飞行器长航时自主导航与定位对高精度、小体积加速度传感器的应用需求,研究光学受限空间中光子一声子耦合调控方法与纠缠机制;研究超高品质因子微敏感元件可控制造;研究噪声抑制及传感信号高效提取技术;研制光机械量子加速度传感器样机,开展技术验证。

考核指标:建立受限空间超强光子一声子耦合力学量传感模型;微敏感元件Q值优于 10^9 ;传感器敏感单元体积 $\leq 125\text{cm}^3$;形成加速度光量子传感器样机,精度 $\leq 10^{-10}\text{g/Hz}^{1/2}$,加速度计量程 10mg ;申请发明专利不少于2项。

1.2 精准分子识别智能增强嗅觉传感技术研究(基础研究类)

研究内容:针对嗅觉传感器在混杂气氛中对多目标分子同时识别的灵敏度低、精准性差等问题,研究高灵敏分子识别材料的设计制备方法,研制对甲基苯丙胺、二亚甲基双氧安非他明、氯胺酮等有害物质的高性能敏感材料;研究分子识别材料识别目标

分子的关键机制，分子识别材料的分子结构与其传感性能间的构效关系；研究敏感单元阵列制备与分子识别智能算法，研制感算一体化嗅觉传感器样机。

考核指标：建立分子识别传感器阵列与智能算法相融合的智能仿生嗅觉传感新模式，传感器可在混杂气体中检测甲基苯丙胺、二亚甲基双氧安非他明、氯胺酮等 3 类以上有害物质，浓度检测下限 $\leq 1\text{ppb}$ ，检测准确率 $\geq 90\%$ ，分析时间 $\leq 3\text{s}$ ，传感器检测到目标分子后可重复使用的还原时间 $\leq 15\text{s}$ ；实现在物流或者公共场所毒品检查的试用验证；申请发明专利不少于 2 项。

1.3 微机电同步共振弱力传感机理及器件研究(基础研究类)

研究内容：针对目前力学传感器小型化中机电非线性限制信噪比提升的共性问题，研究 MEMS 同步共振等非线性效应与同步共振传感机理；研究非线性 MEMS 超灵敏力学传感方法；研究微机电器件结构非线性振动多模态表征技术；研究高性能非线性 MEMS 传感电路和传感器性能测试评价技术；研制超灵敏 MEMS 力学传感器原型器件，在高精度材料原位力学测试系统等明确的场景中开展技术验证。

考核指标：建立完整的同步共振传感理论与技术体系，敏感元件平面尺寸 $\leq 5\text{mm}\times 5\text{mm}$ ；传感器同步带宽 $\geq 1\text{kHz}$ ，力检测噪声 $\leq 10\text{pN}/\text{Hz}^{1/2}$ ，力学测量量程 $50\text{pN}\sim 0.1\text{mN}$ ，标度因数 $\geq 500\text{Hz}/\mu\text{N}$ ，标度因数稳定性优于 10ppm ；动态范围 $\geq 120\text{dB}$ ；申请发明专利不少于 3 项。

1.4 非侵入式血糖持续高精度检测传感技术研究(基础研究类)

研究内容: 针对血糖监测难以实现无创、持续、高精度检测的问题, 研究皮下血糖非侵入式提取技术, 研究血糖多方法高灵敏融合持续检测技术; 研究血糖无创检测敏感元件微纳集成技术, 研究血糖持续高灵敏融合检测算法; 研制非侵入式血糖持续检测传感器样机, 在临床血糖连续监测和穿戴设备中试用验证。

考核指标: 建立一种非侵入式血糖持续高精度检测方法, 血糖持续检测绝对差百分率的平均值 $\leq 15\%$, 参考值 20/20%的一致率 $\geq 90\%$, 误差网格 A 区的比例 $\geq 95\%$; 传感器功耗 $\leq 0.2W$, 智能感知血糖相关数字标志物信息 ≥ 5 种, 提升血糖管理达标率至 60%以上, 在医院、社会康复机构和家庭等试用验证; 申请发明专利不少于 3 项。

1.5 动态非线性磁场传感机理及生物组织成像技术研究(基础研究类)

研究内容: 针对生物组织磁场传感成像灵敏度不足的问题, 研究磁粒子构建非线性磁场的实现方法, 以及非线性磁场的高灵敏传感方法; 研究非线性磁场动态调控和动态磁场高灵敏检测敏感元件, 研究调控和敏感元件一体化集成技术; 研究面向应用的磁粒子材料及诊断治疗手段, 研制磁粒子非线性响应磁场信号处理电路和动态非线性磁场成像传感器样机; 研究磁粒子与生物组织特异性分子精准靶向结合技术, 以及生物组织成像评价技术, 在肿瘤检测等场景验证技术先进性。

考核指标：建立动态非线性响应磁场生物医学成像关键传感技术体系，传感器可高灵敏检测基于超顺磁四氧化三铁、四氧化锰二铁等 5 种以上磁粒子的响应信号，磁粒子检测灵敏度 $\leq 100\text{nMol}$ ；典型生物组织检测灵敏度较现有磁共振技术提升 100 倍以上，检测准确率 $\geq 95\%$ ，成像分辨力优于 1mm ，视场优于 $\Phi 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ ；申请发明专利不少于 3 项。

1.6 耐高温功能陶瓷共形制造方法与传感技术研究（基础研究类）

研究内容：针对大曲率、复杂表面的高温参数原位实时检测难题，研究耐高温功能陶瓷敏感材料在复杂表面/长路径上液相一步成型传感方法；研究新型耐高温功能陶瓷高温环境敏感机制、微尺度液相流变规律与成型成性调控方法；研究典型狭窄空间和大尺寸复杂曲面耐高温功能陶瓷多层共形制造关键技术；研制高温共形传感器原型器件，开展高超声速飞行器气动表面、工业燃气轮机燃烧室或航发高温叶片等典型模拟环境的技术验证。

考核指标：建立耐高温功能陶瓷高温共形传感理论与方法；传感器可共形结构尺寸 $\geq 1\text{m}$ 、曲率半径 $\leq 500\mu\text{m}$ ；力、热传感器敏感单元尺寸 $\leq 3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 200\mu\text{m}$ ，界面结合强度 $\geq 50\text{MPa}$ ，耐高温性 $\geq 1300^\circ\text{C}$ ，寿命 ≥ 1 小时；应变检测灵敏度因子 ≥ 30 ；热流检测灵敏度 $\geq 20\text{mV}/(\text{W}/\text{cm}^2)$ ；申请发明专利不少于 3 项。

1.7 超高温压电材料制备及振动传感器研制（基础研究类）

研究内容：针对压电材料高温稳定性差、压电传感器件超高

温气密封难等问题，研究压电关键功能基元的温度响应规律，研究耐高温压电材料高压电活性且近零温漂调控技术；研究耐高温压电敏感元件结构设计和精密制备技术；研究封装材料、器件结构和工艺的超高温热匹配技术；研究超高温压电振动传感测试评价技术；研制超高温压电振动传感器原型样机。

考核指标：传感器最高工作温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ ，量程范围不低于 $0.1\text{g}\sim 20\text{g}$ ，最大非线性度 $\leq 1\%$ ，频率响应范围至少覆盖 $50\text{Hz}\sim 3.0\text{kHz}$ ，频率响应偏差 $\leq \pm 10\%$ ，全温区灵敏度 $\geq 3.0\text{pC/g}$ ，灵敏度温漂 $\leq \pm 10\%$ ，最大横向灵敏度比 $\leq 5\%$ ，测量误差 $\leq \pm 10\%$ ；在发动机或核电系统的热端部件上完成试用验证；申请发明专利不少于4项。

1.8 高灵敏钙钛矿 X/γ射线传感原理与技术研究（基础研究类）

研究内容：针对核辐射探测、核医学成像等领域对高灵敏、低成本 X/γ射线传感器的迫切需求，研究基于钙钛矿半导体的直接转换 X/γ射线探测原理；研发高质量钙钛矿材料制备、暗电流抑制、能量分辨、专用集成电路（ASIC）设计等关键技术；研制基于钙钛矿材料的 X/γ射线传感器，开展技术验证。

考核指标：X 和γ射线探测灵敏度 $\geq 50000\mu\text{C}\cdot\text{Gy}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ ；X 射线传感器像素数 $\geq 256\times 256$ ，像素尺寸 $\leq 75\mu\text{m}$ ，灵敏度偏差 $\leq 5\%$ ，探测量子效率 $\geq 70\%$ ；γ射线传感器能量分辨率 $\leq 2\% @ ^{137}\text{Cs}$ ，峰康比 ≥ 15 ；在连续辐照下传感器灵敏度降低 $\leq 10\% @ 1000\text{Gy}$ ；申请发明专利不少于3项。

1.9 光学超材料调控机理及微型气体传感器研制(基础研究类)

研究内容: 针对空间受限微环境安全监测对微型化、低功耗、多目标气体传感器长期服役性能需求, 探索基于光学超材料的气体传感新方法, 研究光学调控的超材料气体感知增强机理; 研究超材料辐射源和传感器的一体化加工方法; 研制超材料微集成气体传感器原型样机, 开展微环境中多组分气体检测, 验证技术可行性。

考核指标: 辐射源连续可调控光谱波长范围 $2\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$; 含超材料辐射源、气体腔室、探测单元的集成传感器体积 $\leq 2\text{cm}^3$, 传感器功耗 $\leq 100\text{mW}$; 可识别气体种类 ≥ 8 种, 其中 CO_2 浓度探测范围 $10\text{ppm}\sim 5000\text{ppm}$ 、检测准确率 $\geq 98\%$, 其他气体检测准确率 $\geq 80\%$; 在项目预申报阶段, 需明确除 CO_2 以外其他探测气体种类及浓度范围; 申请发明专利不少于 3 项。

1.10 声学超材料增强机理及穿颅脑成像技术研究(基础研究类)

研究内容: 针对颅骨限制脑组织和血流超声成像的瓶颈问题, 探索声学超材料传感性能增强机理和方法, 研究声学超材料设计与制备技术; 研究宽带超声传感器阵列设计、制造及封装技术; 研究全颅脑高分辨超声探测成像技术, 及成像质量评价技术; 研制颅脑超声成像传感器及系统样机, 开展人体颅脑成像和功能机理验证。

考核指标: 建立满足成像要求的新型超声穿颅声场理论模

型；传感器阵列单元数 $\geq 32 \times 32$ ，工作带宽 $\geq 40\%$ ；人体颅骨超声穿透效率 $\geq 70\%$ ；全颅脑超声成像分辨力优于1mm、最小可探测血流速度 $\leq 20\text{cm/s}$ ；申请发明专利不少于3项。

1.11 碳纳米管生物传感芯片晶圆级制造工艺研究（基础研究类）

研究内容：针对病毒等生物量即时检验的巨大需求和传统生物传感器存在灵敏度低、检测慢、体积大等短板，研究碳纳米管薄膜场效应晶体管生物传感芯片技术，开发超高灵敏度碳纳米管生物传感芯片的晶圆级设计制造与加工方法；研制多种碳纳米管生物传感芯片，开展乡村、山区等有限医疗资源场景下病毒核酸、蛋白分子、离子的快速检测应用验证。

考核指标：建立4英寸晶圆碳纳米管生物传感芯片微米级光刻制备标准工艺流程，支持5种生物传感器工艺库，器件良率达到60%，性能涨落低于10%；研制出2种碳基生物传感器，病毒核酸检出限 ≤ 100 拷贝/毫升，血清环境蛋白标志物检出限 $\leq 1\text{fM}$ ，各标志物检测时间 $\leq 10\text{min}$ ；申请发明专利不少于3项。

1.12 工业传感网多协议实时处理机及芯片技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对工业无线传感网络协议众多，缺少兼容多种协议的协议处理机和自主芯片的共性问题，研究传感器标准接口及传感数据特征识别技术；研究支持多种通信协议的硬件引擎技术；开发兼容多种工业无线传感网络的协议处理机及芯片，在石

化、电力等行业开展技术验证。

考核指标：工业无线传感网络节点支持 IEEE1451 相关标准；内嵌传感器数据特征识别专用处理电路，支持主流工业无线传感器网络标准 WIA、ISA100.11a、WirelessHART；硬件实现数据链路层通信协议，节点时间同步精度 $\leq 500\mu\text{s}$ ；申请发明专利不少于 2 项。

1.13 高性能硅基和碳基低维材料的变革性传感特性研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：利用硅纳米线、纳米锥和石墨烯、碳纳米管等一维/二维纳米材料优异的光学、机械、电学等特性，从传感器敏感原理与机制、敏感材料与结构设计、稳定加工工艺等方面进行原创性突破，面向水声探测、紫外光传感或气压传感等研发变革性传感器原型器件，验证一维/二维纳米材料传感技术的创新性。

考核指标：研制出 1 种基于硅纳米线、纳米锥或石墨烯、碳纳米管等一维/二维纳米材料的变革性传感器原型器件。若开发硅纳米线水声传感器原型器件，灵敏度比现有同类型水声传感器提高 2 个数量级，探测频率低至 5Hz；若开发纳米锥弱紫外光电传感原型器件，紫外光吸收率 $\geq 99\%$ ，外量子效率 $\geq 120\%$ ；若基于石墨烯、碳纳米管等低维材料开发气压计等力传感器原型器件，灵敏度或分辨力等关键性能指标比现有同类型传感器有数量级的提升，敏感结构单元面积比现有同类型传感器有显著的下降。

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

2.1 MEMS 多力学量敏感元件及智能传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对智能操控多力学量传感器存在的功能单一、精度低、体积大及分辨力差等问题，研究力、触觉等多维信息的协同感知共融机制和动态解耦方法；研究 MEMS 多力学量敏感元件的高集成结构设计及制造技术；研究敏感元件的性能评价和自校准技术，开发低噪声信号调理专用集成电路（ASIC）；研制 MEMS 多力学量敏感元件及智能传感器，在协作机器人、工业自动化精密操控等领域应用验证。

考核指标：多维力传感器敏感元件面积 $\leq 5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，每轴分辨力优于 0.01N ，精度优于 $0.5\%FS$ ；触觉敏感元件面积 $\leq 5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ，精度优于 $0.5\%FS$ ，实现 3×3 以上阵列集成；传感器具有自校准功能；项目结题时，传感器销售量 ≥ 2000 套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.2 高精度航空大气压力敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对航空压力传感器存在的静态精度低、快速温变动态精度劣化等关键难题，研究面向高空速、快速温变和速变等复杂环境的高精度压力传感器设计技术；研究高精度压力敏感元件加工工艺；研究传感器的宽温区、快温变动态温度补偿技术和算法；研制航空大气数据高精度压力敏感元件及传感器，在飞

机大气数据测量等领域应用验证。

考核指标：静压传感器测量范围 1kPa~110kPa，精度优于 0.01%FS（全温区）；总压传感器测量范围 1kPa~265kPa，精度优于 0.01%FS（全温区）；传感器测量动态精度优于 0.04%FS@（温度变化率 10°C/min、速度 4 马赫）；传感器封装尺寸 $\leq 48\text{mm}\times 30\text{mm}\times 15\text{mm}$ ，工作温度范围 -55°C~85°C；项目结题时，传感器销售量 ≥ 1000 套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 高频响三轴 MEMS 陀螺敏感元件及传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对现有陀螺传感器延时大、频响低、体积大等问题，研究高频响三轴一体 MEMS 陀螺敏感结构设计技术；研究三轴 MEMS 陀螺仪敏感元件的批量制造与封装技术；研究具有低延时、低噪声特点的配套专用集成电路（ASIC）；研制高频响三轴 MEMS 陀螺敏感元件及传感器，在无人机和机器人姿态控制、视觉稳定平台等领域应用验证。

考核指标：三轴 MEMS 陀螺尺寸 $\leq 5\text{mm}\times 5\text{mm}\times 2\text{mm}$ ；零偏稳定性优于 5°/h，角度随机游走 $\leq 0.25^\circ/\text{h}^{1/2}$ ，延时 $\leq 0.1\text{ms}$ ，频响 $\geq 16\text{kHz}$ ；加速度敏感度 $\leq 10^\circ/\text{h}/\text{g}$ ，轴间交叉灵敏度 $\leq 1\%$ 。项目结题时，传感器销售量 ≥ 1 万套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 高灵敏宽动态图像敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对现有图像传感器存在灵敏度低、动态范围小等难题，研究高量子效率、高满井容量像素设计技术，以及低噪声高增益读出电路设计技术；研究像素间串扰隔离等制造工艺，以及高质量模拟和数字电路结构堆叠工艺；研发高灵敏宽动态图像敏感元件及传感器，在自动驾驶、机器人、智能交通等领域低照度、高动态成像场景应用验证。

考核指标：图像传感器分辨率 ≥ 800 万像素，像元大小 $\leq 3\mu\text{m}$ ；单帧动态范围 $\geq 90\text{dB}$ ；帧频 ≥ 60 帧/秒@12bit；读出噪声 $\leq 1.5e^-$ ，低照度成像信噪比 $\geq 1@0.15\text{lux}$ ；峰值量子效率 $\geq 85\%$ ；项目结题时，传感器销售量 ≥ 1 万套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 受限空间相干光学位移传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对高深径比狭小空间内光束焦深与位移传感距离调控难、光信号信噪比低等问题，研究受限空间内高精度相干光学位移传感技术，研究大深径比测量传感器结构可控制造方法；研究噪声抑制、高精度感知、高动态反射抗干扰和稳定性提升等关键技术；研制受限空间相干位移传感器，在发动机叶盘喉道、鼓筒内腔和火箭喷油嘴型腔等领域应用验证。

考核指标：传感器可适应5mm~20mm直径范围，深径比 \geq

40 的测量空间，重复精度优于 $\pm 2\mu\text{m}$ ，传感器量程上限 $\geq 3\text{mm}$ ，测量速度 ≥ 1000 点/秒；可实现漫反射、类镜面反射和镜面反射等多类型表面测量；传感器在应用验证场景条件下的信噪比 $\geq 20\text{dB}$ ，测量动态范围 $0.5\text{mm}\sim 2\text{mm}$ ；应用验证零件种类不少于 5 种；项目结题时，传感器销售量 ≥ 300 套；申请发明专利不少于 4 项，制定国家/行业/团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 高精度温盐深集成光纤矢量水声传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对深远海声场探测灵敏度低、工作水深小的难题，研究集成温盐深的高精度光纤矢量水声敏感元件的设计与制造技术，研究传感器的增敏封装技术；研究多参量光纤传感器成缆、低噪声宽频带信号解调、信号实时传输、可靠性强化等关键技术；研制高性能分布式多参数光纤矢量水声传感器，在海洋暖流流路、海洋深层等环境和运动目标探测应用验证。

考核指标：光纤矢量水声传感器声压灵敏度优于 $-132\text{dB}@1\text{kHz re rad}/\mu\text{Pa}$ ，系统等效噪声声压 $\leq 30\text{dB}@1\text{kHz re } \mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$ ，工作频段 $10\text{Hz}\sim 1000\text{Hz}$ ，温度分辨力优于 0.1mK ，压力分辨力优于 1kPa ，盐度分辨力优于 0.005% ；传感器最大工作水深 5000m ，传感器探测空间分辨力优于米级；项目结题时，传感器销售量 ≥ 50 套；申请发明专利不少于 5 项，制定国家/行业/团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.7 MEMS 超声换能器元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对传统超声换能器存在的体积大、带宽窄、二维阵列制备困难、难与 IC 集成等共性技术难题，研究 MEMS 高性能超声换能器元件的机—电—声多场耦合机理及阵列式结构设计技术；研究与 CMOS 兼容的 MEMS 高性能阵列式超声换能器批量化制备技术；研究高性能阵列式超声换能器驱动与信号检测电路设计技术；研制高性能 MEMS 超声换能器元件及传感器，在重大装备结构健康无损检测、个性化超声诊疗仪器等领域应用验证。

考核指标：MEMS 阵列式超声换能器元件平面尺寸 $\leq 5\text{mm} \times 5\text{mm}$ ；中心频率 $\geq 1\text{MHz}$ ，分数带宽 $\geq 120\%$ （-6dB），发射灵敏度 $\geq 1\text{kPa/V/mm}^2$ ，接收灵敏度 $\geq 20\mu\text{V/Pa/mm}^2$ ；项目结题时，传感器销售量 ≥ 1000 套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.8 危险气液识别敏感元件及柔性传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对目前物流仓储产业中的危险气液传感器智能程度低、体积大、不能自主运行等问题，在不改变现有包装或产品结构的基础上，开发新型室温低功耗危险气液识别敏感材料，研究具有轻薄和柔性特征的自供能敏感元件；研制低功耗柔性配套电路、无线数据传输系统以及利用环境光自供能的电源系统；批量化绿色制造危险气液敏感元件及柔性传感器，在物流仓储监测领域应用验证。

考核指标：智能识别易燃气体、可挥发腐蚀液体等气液物质

种类 ≥ 3 种，检测气液下限 $\leq 100\text{ppb}$ ；柔性薄膜晶体管电路及传感阵列 $\geq 125\times 125$ ；至少具备8位电路编码能力；无线数据传输品质因数 ≥ 35 ；项目结题时，传感器销售数量 ≥ 1 万套；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；选择规模化典型物流仓储监测应用验证不少于5家。

有关说明：由企业牵头申报。

2.9 活细胞内生物物质动态检测纳米孔传感器(共性关键技术类)

研究内容：活细胞内生命物质分析是提升重大疾病早期诊断、新药开发和精准医疗水平的关键技术，针对细胞内核酸、酶、蛋白质、神经递质等生物物质提取与动态监测的需求，研究活细胞内成分的微量取样技术和提取液中生物物质的特异性检测技术；研究原位、动态生物物质纳米孔传感技术；研制无探针生物量敏感元件及传感器，在生物、医学等领域开展应用验证。

考核指标：实现活细胞内生物物质的无探针、原位、实时检测，核酸检测限 $\leq 1\text{nM}$ ，其他生物量检测限 $\leq 10\text{nM}$ ；同时检测 ≥ 64 个活细胞；单细胞内可同时检测生物量 ≥ 10 种；连续动态监测时间 ≥ 48 小时；项目结题时，传感器销售量 ≥ 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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.10 抗体条形码微阵列超高通量快速检测生物传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对高通量生物传感器用于疾病标志物筛查时单

片项目数少、速度慢、检测限偏高等问题，研究生化标记物抗体微阵列条形码制备方法，研发疾病标志物与微生物核酸高通量检测敏感元件，以及细胞功能评估检测敏感元件；研发快速检测、分析与辅助诊断一体化传感器及系统，在体外诊断和细胞治疗等领域开展应用验证。

考核指标：单一检测敏感元件可同时检测标记物 ≥ 10 种，检测限 $\leq 10\text{pg/mL}$ ，重复性 $\geq 95\%$ ，全自动化检测传感系统的单机检测速度 ≥ 1000 项目/小时，核酸全流程检测时间 $\leq 50\text{min}$ ；肿瘤、心血管疾病和病原微生物等检测敏感元件 ≥ 3 种；细胞功能评估检测元件单片检测参数 ≥ 10 万个（检测参数为单细胞分泌物）；项目结题时，检测敏感元件销售量 ≥ 2 万套；获得医疗器械注册证不少于2项，申请发明专利不少于3项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.11 磁电耦合自供能磁场敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对分布式状态感知应用中磁场传感器供能受限和灵敏度低的问题，研究磁场取能和无源磁场敏感元件的性能增强技术；研究基于磁电复合材料的磁场能量收集器件和磁场传感器的集成设计与批量制造技术；研究自供能磁场敏感元件配套的专用信号处理电路，研制磁电耦合自供能磁场敏感元件及传感器，在电力输变电智能感知、配用电网络拓扑关系识别或工业故障定位等领域应用验证。

考核指标：磁电耦合系数 $\geq 3000\text{V}/(\text{cm}\cdot\text{Oe})$ ，磁电能量收集功率密度 $\geq 0.3\text{mW}\cdot\text{Oe}^{-2}\cdot\text{cm}^{-3}$ ；磁场敏感元件的磁噪声指数 $\leq 10\text{pT}/\text{Hz}^{1/2}@1\text{Hz}$ ，非线性度优于 1%；自供能磁场敏感元件体积 $\leq 5\text{cm}^3$ ；项目结题时，自供能磁场传感器销售量 ≥ 2000 套；应用于台区电力设备拓扑关系识别准确度不低于 99%，单点识别时间不大于 10s；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.12 微型高精度真空度敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对传统真空传感器尺寸大、量程小、精度低、功耗高等共性难题，研究微型低真空度传感器敏感芯片的结构设计和制造技术；研究具有自补偿、自校准以及故障报警功能的传感信号处理电路，研究传感器在复杂电磁环境下的抗干扰封装技术；研制微型真空度敏感元件及传感器，在磁控溅射台、高温退火炉、扫描电镜等集成电路专用装备和科学仪器领域应用验证。

考核指标：带信号处理电路的传感器封装尺寸 $\leq 40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 55\text{mm}$ ；真空度测量范围 $1\times 10^{-5}\text{mbar}\sim 1\times 10^3\text{mbar}$ ；精度优于 10%（读数）@（ $1\times 10^{-5}\text{mbar}\sim 1\times 10^{-3}\text{mbar}$ ），精度优于 5%（读数）@（ $1\times 10^{-3}\text{mbar}\sim 1\times 10^3\text{mbar}$ ）；功耗 $\leq 1.5\text{W}$ ；项目结题时，传感器销售量 ≥ 5000 套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.13 路面气象状态敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对路面气象状态传感器种类多、分辨力低、可靠性差等共性技术难题，研究路面水膜厚度、冰点温度、路面温度、覆盖物种类等敏感元件的传感机理、结构设计、加工制造、可靠性提升和软硬件集成等关键技术；研制高性能、多参数路面气象状态敏感元件及集成传感器系统，在自动驾驶车路协同、公路智能管理等领域应用验证。

考核指标：路面水膜厚度测量范围 0~8mm，分辨力优于 0.02mm，精度优于 0.1mm@0~1mm；冰点温度测量范围 -40°C~0°C，分辨力优于 0.1°C，精度优于 0.5°C@-2.5°C~0°C；路面温度测量范围 -40°C~80°C，分辨力优于 0.1°C，精度优于 0.2°C@-20°C~20°C；传感器可识别干燥/潮湿/积水/结冰/积雪等覆盖物种类；项目结题时，传感器销售量 ≥ 200 套；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。

有关说明：由企业牵头申报。

2.14 高精度线光谱共焦尺寸测量传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对激光位移传感器分辨力不足，以及对弯曲、透明、多层结构测量精度差等难题，研究光谱探测阵列敏感元件结构设计及制造关键技术；研究传感器信号快速解调及处理技术；研究高精度线光谱共焦传感器设计及一体化集成技术；研制高精度线光谱共焦尺寸测量传感器，在新型显示、柔性电子、IC 检测等领域应用验证。

考核指标：探测阵列敏感元件光谱范围 $\geq 380\text{nm}\sim 780\text{nm}$ ，光谱分辨率优于 0.05nm ；传感器Z向尺寸分辨力优于 80nm ，横向尺寸分辨力优于 $1.0\mu\text{m}$ ，Z向测量重复性精度优于 50nm ；传感器横向扫描线长 $\geq 4\text{mm}$ ，Z向测量范围 $\geq 1\text{mm}$ ，测量数据采集频率 $\geq 300\text{Hz}$ ；项目结题时，传感器销售量 ≥ 200 套；申请发明专利不少于5项，制定国家/行业/团体标准不少于1项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.15 多参数融合智能工业传感器集成技术（共性关键技术类，科技型中小企业项目）

研究内容：针对工业传感器及仪表存在的可靠性与稳定性不足、智能化水平低、功能单一、集成度低等问题，发挥企业在传感器及仪表集成开发方面的技术和组织优势，研究工业传感器及仪表多参数融合、可靠稳定封装、智能数据处理或自适应组网等单项或多项集成开发关键技术；研制基于国产传感器敏感元件的高端工业在线传感器及仪表，在制造业复杂热工量原位测量场景应用验证。

考核指标：企业可参考指南所引导的技术研究方向组织申报，但并不受限于研究内容，项目申报时需参考本方向其他指南的考核指标要求，明确申报项目的考核指标。

有关说明：科技型中小企业牵头申报，每个项目参与单位不超过2家，配套经费与国拨经费比例不低于1.5:1。支持不超过5项。

3. 面向行业的智能传感器及系统

3.1 飞机故障预测与健康管理系统传感器及应用(应用示范类)

研究内容: 针对飞机供氧、液压、环控和燃油等系统故障预测与健康管理系统 (PHM) 对成套传感器的重大需求, 突破 MEMS 压力、振动、过载、温度传感器芯片高质量加工技术, 耐腐蚀、宽温区、防结冰充油封装, 传感器批量标定和测试等关键技术; 研制满足 PHM 系统要求的高精度压力、温度压力复合、多通道压力传感器组, 振动、过载传感器芯片及模组; 建立传感器生产及批量测试平台; 开展多型号飞机 PHM 系统批量应用。

考核指标: 建立飞机 PHM 系统双余度压力传感器、温度压力复合传感器、压力传感器组、过载传感器、振动传感器芯片和模组批量生产测试平台; 实现飞机供氧、液压、环控和燃油等核心系统压力、过载、振动传感器国产化。传感器性能指标达到: 双余度压力传感器量程 0~600kPa/0~200kPa, 绝压, 精度 $\pm 0.5\%$, 温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$; 温压复合传感器量程 0~2MPa, 绝压, 压力精度 $\pm 0.5\%\text{FS}$, 温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 185^{\circ}\text{C}$, 温度精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$; 多通道压力传感器组, 共 11 通道, 其中 3 通道表压 $-2\text{kPa}\sim 12\text{kPa}$, 3 通道表压 0~200kPa, 1 通道表压 0~2MPa, 3 通道绝压 0~120kPa, 1 通道绝压 0~1MPa, 工作温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$, 精度 $\pm 0.6\%$, 重量 $\leq 230\text{g}$; 高精度过载传感器, 量程 $\pm 15\text{g}$, 精度 $\pm 0.4\%$, 温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$; 高频振动传感器, 量程 $\pm 200\text{g}$, 带宽 10kHz, 温度范围 $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。项目结题时, 面向飞机 PHM 系统, 成套传感器装

机 100 台套以上，销售数量 ≥ 5000 只，申请发明专利不少于 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.2 轮胎内嵌集成传感器阵列及路面状态感知应用（应用示范类）

研究内容：针对车辆感知路面信息不精准、响应速度不及时等问题，研究适用于车辆轮胎的温度、压力、应变等多参量感知方法，以及高精度、高灵敏度多参量传感器阵列的设计技术，研究大载荷、多工况传感数据传输及供能技术；研究多参量感知传感器阵列与轮胎胎体集成设计与制造技术，研究基于智能轮胎的轮胎受力、轮胎磨损预测及路面状态感知方法，研制智能轮胎集成系统并在多种复杂场景下开展可靠性验证与示范应用。

考核指标：突破多参量传感器阵列设计与智能轮胎集成制造技术，智能轮胎温度测量范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 、精度优于 0.5°C ，压力测量范围 $0\sim 1000\text{kPa}$ 、精度优于 5%，应变测量范围 $0\sim 20000\mu\text{m}/\text{m}$ ；智能轮胎基于传感器阵列可实现对路面立体信息的连续采集，空间采样率比国际现有方案提升 20 倍；智能轮胎可精确辨识沥青、碎石等路面类型不少于 8 种以及裂缝、积水等路面状态不少于 6 种，路面平整度等级辨识准确率 $\geq 95\%$ ，路面状态信息辨识时间 $\leq 10\text{ms}$ ；轮胎寿命预测精度 $\geq 90\%$ ，轮胎受力识别精度 $\geq 95\%$ ；申请发明专利不少于 10 项，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项；项目结题时，研制出不少于 5 个型号的智能轮胎，实现小规模量产 ≥ 1000 套，示范应用场景不少于 3 类，示

范里程数 ≥ 30 万公里，单车 ≥ 5 万公里。

有关说明：由轮胎企业牵头申报。

3.3 机床切削工况刀具状态原位实时监测传感器及应用（应用示范类）

研究内容：针对精密切削加工过程中刀具状态缺乏在线感知和精度补偿的问题，研究车削和铣削两类典型刀具状态高精度原位监测的振动、力、微位移传感技术；研究刀具内嵌式集成传感器的微型化设计、制造方法；研究刀具集成多传感器交叉干扰抑制技术和传感器稳定性提升技术；研制用于机床切削工况刀具状态原位实时监测与磨损补偿的系列敏感元件、传感器和智能部件，在高精度光学元件、复合材料和特种硬脆材料等精密零件加工中示范应用。

考核指标：多传感器内嵌于刀柄一体化封装，智能车刀封装后长度及横截面尺寸均不超过原刀具 20%，智能铣刀封装后总长度不超过原刀具 30%，安装接口符合通用标准；传感器对刀具崩刃、断刀等异常切削状态响应时间 $\leq 10\text{ms}$ ，刀具磨损在线测量误差 $\leq 2\mu\text{m}$ 。切削振动传感器测量范围 $-10\text{g}\sim+10\text{g}$ ，非线性误差 $\leq 0.5\%\text{FS}$ ，交叉干扰误差 $\leq 3.0\%$ ；切削力传感器测量范围 $0\sim 200\text{N}$ ，非线性误差 $\leq 0.5\%\text{FS}$ ，交叉干扰误差 $\leq 3.0\%$ ；刀具微位移测量范围 $\geq 0.3\text{mm}$ ，刀具磨损补偿定位精度 $\leq 0.3\mu\text{m}$ ，分辨力 $\leq 10\text{nm}$ ；项目结题时，传感器系统平均故障间隔时间 ≥ 2000 小时，示范应用刀具数量 ≥ 1000 套；申请发明专利不少于 10 项，制定国家/行业/团体标准不少于 3 项。

有关说明：由刀具企业牵头申报。

3.4 强磁场高电压设备运行状态非侵入式监测传感器及系统 (应用示范类)

研究内容：针对高压输变电关键设备全面、精准、非侵入式状态感知需求，研究高电压、强磁场等复杂环境下电流/电压/温度/气体/局放测量原理与方法；研究高精度、强可靠性、微型化输变电设备传感材料与元件设计技术；研究高电压、强磁场等复杂环境下电力传感、自取能和自组网等共性关键技术；研究电流/电压/温度/气体/局放等传感器的制备、测试与自校准方法；研制变压器、组合电器、输电线路等关键设备的多参数融合微型传感监测系统，并开展示范应用。

考核指标：研制出适用于变压器、组合电器、输电线路等关键设备的多参数融合微型传感监测系统，输变电设备运行状态监测传感器实现全部国产化。非侵入式电流测量范围 1mA~40kA，测量精度优于 $\pm 1\% @ (1\text{mA} \sim 2\text{kA})$ 、 $\pm 5\% @ (2\text{kA} \sim 40\text{kA})$ ，测量频率范围 DC~1MHz；非侵入式电压测量范围 1V~500kV，测量精度优于 $\pm 2\%$ ；无源无线式温度测量范围 $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ，精度优于 $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ ；设备状态气体可测 CO、H₂、C₂H₂等不少于 5 种，CO、H₂ 检测限优于 2 $\mu\text{L/L}$ ，C₂H₂ 等其它气体检出限检测限优于 0.5 $\mu\text{L/L}$ ，支持远程自校准功能；无源无线式局放检测精度优于 $\pm 1\text{pC}$ ，无源无线传感器平均功耗低于 20 μW ；传感器敏感元件外形尺寸 $\leq 1\text{cm}^3$ ；完成不少于 2 个典型输变电工程全场景示范应用，

单网无线接入监测点数 ≥ 100 个，报警数据时延小于5ms，支持多路传感器无线自同步采集精度优于 $1\mu\text{s}$ ，无线多跳组网支持宽带业务传输不少于30跳，多跳后两节点间传输速率 $\geq 2\text{Mbps}$ 。申请发明专利不少于5项，制定国家/行业/团体标准不少于2项。

有关说明：由电力企业牵头申报。

3.5 河流全断面鱼群信息探测传感系统及应用(应用示范类)

研究内容：针对河流和鱼道大面积全断面鱼类清晰成像和快速识别技术的共性问题，研究河流和鱼道流动水体中洄游鱼群的光学和声学成像技术及传感器设计技术；研制光源均匀、进光平衡、具有自调节功能的光学传感器；研制全程聚焦的声学传感器；研究精准探测鱼群数量、体长、运动形态、轨迹等信息的综合传感技术和感知数据智能融合算法；研制适用于河流和鱼道不同场景的鱼类资源探测传感系统，在长江鱼类保护区和青海湖等重点水域示范应用。

考核指标：传感器系统可靠性满足重点水域全断面鱼群信息探测的应用需求，形成河流和鱼道不同场景鱼类资源探测的系列化解决方案，建立重点水域鱼类资源与环境监测系统，实现鱼类资源人力巡查向精细化管理的转变，传感器实现宽度30m以上大截面水域应用。光学传感器测量范围 $\geq 6\text{m}\times 0.5\text{m}$ ，成像均匀度 $\geq 80\%$ ；声学成像传感器阵列幅面宽度0.8m~2m，探测深度0~10m，波长范围2mm~10mm；图像传感器分辨率 $\geq 1920\times 1080$ ，帧频 $\geq 30\text{fps}$ ；传感器跟踪鱼群识别率 $\geq 90\%$ ，统计鱼群数量误差 $\leq 10\%$ ，测量鱼体长度误差 $\leq 10\%$ ；实现水温、流量和浊度等3项以上的

传感器融合感知；项目结题时，传感器通过可靠性测试，应用数量 ≥ 100 台套；申请发明专利不少于5项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.6 特种力热参数传感器测试标定标准化技术及装置（共性关键技术类）

研究内容：针对极端环境用特种力热参数传感器关键特性测试标定能力不足、标准化验证方法缺失的共性问题，研究超高温、大热流、高低温—压力载荷复合、高低温—振动载荷复合等特种力热参数传感器测试标定环境构建和精准控制技术；研究超高温、大热流、高低温—压力、高低温—振动等特种力热参数传感器关键特性标准化测试标定方法；研制特种力热参数传感器测试标定用高性能传感器；研制特种力热参数传感器测试标定装置和技术标准化验证平台，面向航空航天、工业制造等领域开展应用服务。

考核指标：建立超高温、大热流、高低温—压力、高低温—振动等特种力热参数传感器的关键特性测试标定通用要求和标准体系，制定国家/行业/团体标准不少于4项。技术标准化验证装置和共享服务平台能力至少覆盖：温度标定范围 $-80^{\circ}\text{C}\sim 2800^{\circ}\text{C}$ ，温度标定不确定度 1% ($k=2$)；热流标定范围 $0\sim 20\text{MW}/\text{m}^2$ ，动态特性评估范围 $1\text{Hz}\sim 0.1\text{MHz}$ ，热流标定不确定度 3% ($k=2$)；压力标定范围 $0\sim 20\text{MPa}@-253^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ， $0\sim 5\text{MPa}@25^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ ，压力标定不确定度 1% ($k=2$)；振动标定范围 $0.1\text{g}\sim 30\text{g}@(-253^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}, 20\text{Hz}\sim 2\text{kHz})$ ，振动标定不确定度 3% ($k=2$)。

项目结题时，服务航空航天、工业制造等行业客户数 ≥ 10 家，其中国内特种力热参数传感器主要研究单位不少于3家。

有关说明：由具有中国合格评定国家认可委员会（CNAS）资质能力的单位牵头申报。

4. 传感器研发支撑平台

4.1 多尺寸兼容的多材料体系 MEMS 研发平台(共性关键技术类)

研究内容：针对高端量子、光子、超声及毫米波等传感器研发制造急需的跨尺度、多材料体系的器件微加工需求，研究微纳米加工、跨体系集成及表征等共性关键技术；研究量子、光子、超导、超声、毫米波、超材料等传感器的标准化制备工艺；开发3/4/6/8英寸多尺寸兼容的MEMS工艺研发平台，面向行业提供不同尺寸、不同材料的集成与加工服务。

考核指标：平台兼容硅和非硅多材料体系，具备金刚石、LiNbO₃、PZT、GaO、AlN、碳化硅、石英、超导和量子材料等新材料制备能力，以及基于上述材料的结构加工工艺能力，工艺能力在不超过2个平台上实现；形成多材料体系下的多芯片堆叠集成、异质集成等工艺方案；开发工艺设计工具包 ≥ 5 套；建立工艺标准和规范3~5项。项目结题时，项目执行期内服务客户100家次以上，其中服务本专项研制任务承担客户不少于10家。

4.2 MEMS 传感器芯片先进封装测试平台(共性关键技术类)

研究内容：针对高端MEMS传感器先进封装测试需求，研究

晶圆级永久键合、临时键合/拆键合，低成本硅-硅、硅-玻璃、薄膜通孔垂直互连，多层叠对准键合，激光隐形划片，多芯片晶圆级系统集成等先进封装技术；形成扇出型晶圆级封装、硅和玻璃通孔晶圆级封装、集成无源器件晶圆级封装等成套先进封装工艺；建立面向图像传感器、硅麦克风、加速度计、陀螺仪、压力传感器、红外传感器、流量传感器等高端传感器的 6/8/12 英寸兼容先进封装测试公共服务平台，面向行业开展服务。

考核指标：平台开发 10 种以上不同 MEMS 传感器的芯片封装测试解决方案，实现 100 个以上不同型号传感器芯片的批量测试，建立 3000 圆片/月的批量封装测试能力；晶圆级 CSP 封装集成至少 2 种 MEMS 结构芯片与专用集成电路（ASIC）芯片，典型硅和玻璃通孔传感器芯片最小尺寸不大于 2mm，通孔引线数不少于 4 根，对准偏差小于 0.5 μ m；达到可测试 2 类以上传感器的晶圆级测试能力，可同时测试 64 颗以上芯片，测试精度优于 0.5%；平台能够为图像传感器、硅麦克风、加速度计、陀螺仪、压力传感器、红外传感器、流量传感器等多种高端传感器提供晶圆级或系统级封装测试服务，项目结题时，服务客户 100 家次以上，累计封测传感器芯片不少于 1000 万颗，其中服务本专项研制任务承担客户不少于 10 家；建立微型化压力传感器和加速度计等典型 MEMS 传感器封装测试的标准和规范 5 项以上。

有关说明：由企业牵头申报。

“智能传感器”重点专项 2022年度“揭榜挂帅”榜单

为深入贯彻落实党中央关于科技创新的决策部署和“十四五”规划，切实加强创新链和产业链对接，“智能传感器”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2022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

本批榜单围绕新冠肺炎疫情防控重大应用场景，拟解决新冠病毒快速检测及突变株识别等实际问题，拟启动1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。

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. 新冠突变株快速检测敏感元件及传感器

需求目标：针对新冠病毒筛查中德尔塔、奥密克戎等病毒突变株快速检测，研究样本中多新冠病毒抗原、核酸等生物标志物快速传感方法及技术；研究新冠病毒特异性生物标志物高灵敏传感方法及技术，以及新冠病毒突变体快速识别技术；研制新冠病毒及突变株快速检测敏感元件及传感器，开发适用于货物和人员大规模筛查及现场快速检测的传感系统。

研制出便携式新冠病毒及突变株快速检测传感器及系统，传感器芯片集成化，检测下限 $\leq 1\text{pg/ml}$ ；对于 Ct 值 ≥ 30 （RT-PCR）的阳性等效样本检测结果与 PCR 检测结果一致性 $\geq 80\%$ ；新冠病

毒从采样至检测完成时长 $\leq 5\text{min}$ ，新冠突变株检测区分时长 $\leq 20\text{min}$ ；相关技术产品完成第三方权威机构检验。

时间节点：研发时限为 18 个月，立项 9 个月后开展“里程碑”考核。

榜单金额：拟支持 1 家，不超过 3000 万元。

其他要求：企业牵头申报，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

“智能传感器”重点专项 2022 年度 项目申报指南和榜单形式 审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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

(2) 青年科学家项目不再下设课题, 项目参与单位总数不超

过3家。

(3) 科技型中小企业项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过2家，科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国家税务总局印发的《科技型中小企业评价办法》(国科发政〔2017〕115号)。

本专项形式审查责任人：张雷

“工业软件”重点专项 2022 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 2022 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。

2022 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，按照基础研究和共性关键技术，拟启动 31 个项目，拟安排国拨经费 4.80 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 800 万元，每个项目 200 万元。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，其中指南任务 2.13 和 2.14，配套经费与国拨经费比例不低于 1.5:1。

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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 基础研究类

1.1 复杂产品制造过程工艺规划与车间调度协同优化方法 (青年科学家项目)

研究内容：针对航空航天等行业的复杂产品制造过程的工艺

不稳定、生产效率低等问题，研究复杂产品制造过程工艺规划与车间调度的协同优化方法，突破数据驱动的关键制造资源状态分析与预测、基于网络图的协同优化建模与领域知识挖掘、知识驱动的协同智能优化算法等关键技术，开发工艺规划与车间调度协同优化系统。

考核指标：攻克制造资源状态分析与预测、基于网络图的协同优化建模与领域知识挖掘、协同智能优化算法等关键技术 ≥ 3 项，申请发明专利 ≥ 3 项；车间关键制造资源状态预测准确率85%以上；可求解超大规模协同优化问题（工序节点数 ≥ 100 个、单个工序节点可选资源数 ≥ 5 项、可行解空间规模不小于 10^{100} ）、且求解时间 ≤ 300 秒，在工艺规划与车间调度协同优化问题的国际公开测试集上最优解覆盖率不低于80%；开发工艺规划与车间调度协同优化系统1套，具有预测、建模与优化等核心功能。

有关说明：同时支持2项。

1.2 复杂设计域超大规模高效等几何拓扑优化方法（青年科学家项目）

研究内容：针对航空航天等领域高端装备结构件几何描述复杂，建模、分析与优化相互割裂，设计交互繁琐低效等问题，研究基于NURBS等几何的设计、分析、优化模型统一表征与自适应构建及映射技术，实现复杂结构件设计、分析、优化模型一体化构建；研究CPU/GPU异构并行的复杂结构件高精高效数值求解技术，实现复杂设计域超大规模的结构高效性能计算与等几何

拓扑优化；研究复杂 3D 拓扑优化结果的可编辑 NURBS 几何模型自动生成算法，实现与 CAD 造型系统的无缝集成；形成面向工程化应用的复杂设计域等几何设计分析优化一体化技术与软件生态构建体系，开发覆盖产品设计周期的复杂设计域等几何拓扑优化软件工具，开展热超构材料等几何拓扑优化工程应用。

考核指标：建立复杂设计域等几何拓扑优化方法，实现优化结果全自动生成 NURBS 表达的可编辑（布尔运算、调整控制点）CAD 模型，支持等几何拓扑优化单机工作站亿级自由度规模（双精度单次优化迭代时间 ≤ 1 分钟），开发等几何拓扑优化设计分析一体化软件工具 1 套，对关键技术开源，形成完整的 SDK 与自主软件生态；支持 IGS、STL、点云等复杂初始设计域描述格式 ≥ 3 种；制备具有特殊热学性能的热超构器件 ≥ 3 类；优化计算效率相比传统方法提升 40% 以上；申请发明专利 ≥ 4 项，登记软件著作权 ≥ 4 项。

有关说明：同时支持 2 项。

1.3 手绘草图采集与生成算法

研究内容：针对产品创新设计过程对设计意图理解、概念生成的快速表征等问题，突破手绘草图的数据采集与模型生成等核心算法与技术；研究基于国产数字化笔的 CAD 手绘草图数据采集技术；研究 CAD 手绘草图数据存储、交互式智能查询技术；研究基于人机混合智能的草图识别算法；研究基于草图大数据的 CAD 模型生成核心算法；基于笔式用户界面范式，研发草图 CAD

工具集，并在具体企业产品创新设计中进行技术验证。

考核指标：形成 1 套基于笔式用户界面 CAD 模型智能识别工具软件；适配国产数字化笔设备，实现真实绘制，实现时间和主题查询；提出人机混合智能的草图识别心理学模型和信息模型，识别准确率大于 95%；采用基于场景设计的方法，实现用户界面个性化定制，在不少于 3 类典型产品创新设计中进行技术验证；申请发明专利 ≥ 3 项，登记软件著作权 ≥ 2 项。

1.4 基于微服务架构的增强/混合现实应用开发引擎

研究内容：研究基于 CAD 内核的三维增强现实/混合现实（AR/MR）数据自动转换与编辑生成技术；研究基于图像视频的高精准环境感知与跟踪定位技术；研究基于三维 CAD 数据的 AR/MR 内容高精度实时渲染技术；研究支持 AR/MR 应用开发的微服务架构，研发数据转换、环境感知、跟踪定位、实时渲染等微服务组件；研制基于微服务架构的 AR/MR 应用开发引擎，开展与国产三维 CAD 软件集成的 AR/MR 验证应用。

考核指标：开发 1 套基于微服务架构的 AR/MR 应用开发引擎，关键微服务组件 ≥ 4 套，微服务架构支持 AR/MR 应用的统一工作流程和快速开发部署；支持 CAD 格式数据的直接导入和实时预览，模型导入后保留和显示完整的结构信息，模型零部件形状、坐标信息的精准度不低于 90%；光照、平面等环境信息的感知误差不高于 10%，相机位姿、人体、人脸、手势等的跟踪定位误差不高于 5%；支持 CAD 模型相关点、线、面等精确尺寸信息导入；

支持 AR/MR 内容的三维精确测量；支持大型工业 3D 模型数据照片级的实时渲染，模型三角面数不低于十亿。在复杂装备的应用场景中进行 AR/MR 开发引擎的技术验证；申请发明专利 ≥ 3 项，登记软件著作权 ≥ 2 项。

1.5 计算机辅助产品概念创新设计理论及方法

研究内容：针对 CAD 无法支持产品概念创新设计的不足，研究基于人机联合认知的概念创新设计理论与设计方法体系，构建统一结构化产品概念创新设计过程模型、设计信息表达模型和设计方案分析演化模型；突破有利于概念创新设计的创新方法融合集成、知识跨领域迁移推理、多通道创意捕捉、智能交互评价和设计问题重构等关键技术；开发计算机辅助产品概念创新设计软件，在国家重点领域典型工业场景和行业开展技术验证。

考核指标：建立支持人机联合概念创新设计的认知机理、知识迁移和协同演化模型，构建形式化与结构化概念创新设计全过程模型；开发智能化计算机辅助产品概念创新设计软件 1 套，提供概念创新设计模板 ≥ 10 个，创新设计知识资源库 ≥ 10 类，并在国家重点领域典型工业场景和行业开展技术验证，申请发明专利 ≥ 6 项，其中国际专利 ≥ 2 项，登记软件著作权 ≥ 5 项。

1.6 CAD/CAE 一体化物理仿真引擎

研究内容：针对工业制造领域中由于建模与仿真模式不合理而造成的产品设计效率低下等问题，研究 CAD/CAE 一体化的统一离散模型表示方法；研究基于细分表示的高效迭代编辑与动态

局部快速计算方法，以及形状优化问题的高效快速求解算法；研发支持异构并行的、面向显/隐式的、高效高精度和数值稳定的国产求解器，开发国产 CAD/CAE 一体化设计仿真引擎原型，并在交通运输装备、高端制造装备等领域进行应用验证。

考核指标：形成国产通用的 CAD/CAE 一体化设计仿真引擎原型系统 1 套，涵盖显/隐格式求解器，能够处理接触、几何、材料等多重非线性问题；制定不少于 3 种 CAD/CAE 一体化模型数据格式，支持不少于 3 种典型模型数据格式的相互转换；支持几何模型的高效迭代编辑与计算模型的动态重分析调整；支持千万级自由度规模的交互式异构并行仿真分析计算，支持全流程国产异构处理器的 CAD/CAE 迭代设计仿真计算；申请发明专利 ≥ 3 项，登记软件著作权 ≥ 2 项。

1.7 复杂多相多场流体动力仿真算法

研究内容：针对跨介质航行体和水力机械等研究领域面临的复杂高速多相流体系仿真难度大等问题，研究多相多场精细化模拟核心求解器构建策略；研究高效网格自动生成技术、大规模可扩展并行计算等关键技术与算法；研究面向工程应用的仿真软件系统验证和评估方法，在跨介质航行体和水力机械等领域开展技术验证。

考核指标：建立多相流模型、空化模型、湍流模型、流固耦合模型、网格自动生成模型、流动特征表征方法等仿真分析模型库，开发关键自主算法 ≥ 6 个，模型应用案例 ≥ 2 个；形成至少 1

套复杂多相多场流体动力精细化仿真算法库，实现支持亿级以上网格模型和大规模可扩展高效并行计算；在跨介质航行体和水力机械等航天和航海领域重大装备开展技术验证，多相流特征流动结构和关键流体动力等仿真结果与试验数据综合误差不高于15%；申请发明专利 ≥ 3 项，登记软件著作权 ≥ 2 项。

1.8 高端装备智能运维数字孪生体建模理论

研究内容：针对不同领域高端装备在复杂应用场景面临的安全可靠性难题，研究高端装备智能运维全过程智能化模式、数字孪生系统构架和基于知识经验与应用场景自治的装备数字孪生体建模方法；研究面向数字孪生的尺度组件精准建模技术；研究数字孪生大数据与专家系统驱动的状态评估、故障诊断、寿命预测、故障预警等技术；开发基于模型与应用场景匹配定制的高端装备智能运维系统原型，在轨道交通、航空航天和能源装备等领域进行应用验证。

考核指标：突破高端装备智能运维全过程智能化模型建模理论，提出知识经验与应用场景自治的数字孪生体建模方法2种以上；构建高端装备智能运维数字孪生架构，开发数字孪生模型至少2个；研究基于数字孪生的装备智能运维系统原型，在轨道交通、航空航天、能源装备和工程机械等至少1个领域开展验证，支持100台套以上高端装备的运维服务，对高端装备的主要运维功能覆盖率大于80%，支持10种以上典型故障诊断类型，识别率大于90%；实现5种以上典型故障预警，预警误判率小于5%；申请发

明专利 20 项，登记软件著作权 5 项，制定行业/企业标准 3 项。

1.9 工业 5.5G 基础理论

研究内容：针对工业复杂场景下海量设备互联和远程交互等应用方面的需求，研究工业 5.5G 基础理论，突破 5G 与工业现场设备以及自动化系统深度融合等难题。研究面向工业控制的 5.5G 通信理论，突破高干扰条件下的混合网络容限理论；研究面向工业自动化系统的 5.5G 通信网络与业务协同调度技术；研发适配工业现场网络的 5.5G 通信协议栈和异构网络协议转换软件；研究工业 5.5G 通信管理模块化、集成化的功能编程语言与逻辑设计，开发工业 5.5G 通信管理软件；研发面向规模制造从现场边缘设备实时采集、生产控制到应用决策的 5.5G 工业应用软件。

考核指标：攻克工业 5.5G 基础理论，突破混合网络容限和工业现场网络适配等关键技术 10 项以上；形成 1 套面向工业控制的 5.5G 通信理论与技术体系；研制工业 5.5G 通信协议栈和异构协议转换软件 1 套，实现工业 5.5G 与 5 种以上主流工业有线/无线网络协议间互联互通，组网 7 跳通信时延达到 5ms，开发工业 5.5G 通信管理软件和面向规模制造的 5.5G 工业应用软件 1 套，在新能源汽车等场景进行应用验证；申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 5 项，围绕工业 5.5G 关键技术和应用等方面提出国家或国际标准 ≥ 2 项。

1.10 基于视觉感知的复杂外形产品表面缺陷检测理论与方法

研究内容：面向关键制造工艺节点以及产品形状各异、外观

特征复杂、结构多层交织、表面凹凸曲度多样、表面折光反光等多样化的质检环境，研究复杂外形产品表面的图像采集和精准快速成像技术、基于视觉的工业缺陷智能检测技术，实现小样本、弱监督、半监督、强噪声、弱对比、背景多变等复杂条件下的表面缺陷精准检测；研究面向缺陷检测的时序数据管理、基于数字孪生的质量分析技术，建立工业缺陷多样化综合特性的缺陷评价方法；开发集成化的产品表面质量检测管控软件与装备，实现制造工艺节点和产品的表面缺陷检测与管控。

考核指标：开发复杂外形产品表面的图像采集和精准快速成像技术和小样本、弱监督、半监督、强噪声、弱对比、背景多变等复杂条件下的表面缺陷精准检测技术 ≥ 5 项，研发1套复杂外形产品表面的图像采集和精准快速成像系统、智能检测管控软件与装备，构建大规模工业缺陷数据集。对复杂外形工件缺陷检测准确率优于95%，单片图片缺陷检测时间小于10毫秒。申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 10 项，起草外观缺陷检测的国家标准草案1项。在航空发动机的涡轮叶片及外周部件群或高铁玻璃等典型产品制造缺陷检测中进行应用验证。

1.11 软件定义的感知计算控制一体化理论与方法

研究内容：针对工业可编程控制设备的组态编程平台自主能力差等问题，研究软件定义的感知计算控制融合设计方法，设计组态部署一体化架构、可编程计算控制编译型设计方法、模块化设计方法等；研究软件定义的面向不同硬件平台的代码重定位、

在线仿真方法以及多设备任务调试机制,实现不同体系架构 CPU 的透明运行;研究周期任务、循环任务、事件任务等多类型任务并存的综合调度与资源分配技术,实现计算实时性和服务一体化;研制软件定义的感知计算控制一体化的可编程开发平台系统及测试、验证技术。

考核指标:研制 1 套软件定义的工控集成组态软件,具备同步开发能力,支持不少于 7 种图形化、脚本以及高级开发语言,支持机器码和中间代码两种编译模式,与硬件解耦并支持 ARM、MIPS、X64 等 4 种以上指令集,代码开源率 $\geq 85\%$,支持不少于 16 个优先级的自由、周期与事件触发任务组态,任务调度周期、控制与记录覆盖 μs 、 ms 、 s 等时间量度的控制;开发感知计算控制一体化开发平台原型系统,支持软件定义的一体化自适应调度与管理,支持钢铁、能源等不少于 2 个典型行业特性的开发需求;申请发明专利 ≥ 6 项,形成国家/国际标准 ≥ 2 项。

1.12 基于双层结构预测的虚拟控制器设计与优化方法

研究内容:针对钢铁、石化、制药等流程制造过程环节多、耦合深,导致响应不及时、能耗碳排放高等问题,研究基于云一边协同双层结构预测的虚拟控制器,支持生产运营多车间/多环节的一体化协同。研究以低能耗为核心的流程行业物质流能源流和信息流时空边界耦合协同优化与预测仿真方法,突破流程制造过程中减碳降耗运行机制;研究基于知识分析与数据驱动相融合的低耗协同智能优化调度技术,解决高动态制造环境下的多约束条

件多目标问题；研究贯穿研制/采购/生产/仓储/物流全过程的虚拟分布式控制方法，实现边缘侧实时感知与智能调控；研究产品缺陷的数字化溯源跟踪和分析方法；研制虚拟控制器原型系统，并开展实验验证。

考核指标：提出基于云一边协同的全局预测仿真与分布式多虚拟控制器协同优化控制方法，仿真预测误差小于10%；研制云边协同虚拟集散控制器原型，研发不少于20项制造数据采集、排程、调度与可视化等微服务软件构件，形成1套流程制造全流程智能管控技术解决方案；申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项；形成标准 ≥ 2 项，在钢铁、石化、制药等典型行业开展实验验证，企业综合能耗降低10%，产品缺陷溯源准确率达到90%。

1.13 工业过程智能系统柔性低代码构建基础理论

研究内容：研究工业过程智能系统柔性低代码构建基础理论，包括显性专家经验与数据蕴含规律相结合的表达方法、工艺参数高效自动化优化理论、柔性低代码构建软件体系理论等；研究面向多源异构工业数据的全流程自动建模优化技术，提高工艺参数优化的建模效率和自动化程度，实现面向多种工艺的柔性低代码建模；研究数据驱动与知识引导的可视协同交互方法，实现工艺参数智能优化的可交互性和可解释性；研究典型大批量定制和多品种小批量制造模式下的质量统计非正态分布模型和评估算法；研制工业过程智能系统柔性低代码开发平台原型，并在具体行业的工艺优化场景中进行应用验证。

考核指标：提出一套将专家经验知识与数据蕴含规律相结合的工业过程智能系统柔性低代码构建基础理论；形成工业过程智能系统柔性低代码开发平台原型，构建典型大批量定制和多品种小批量制造模式下质量分析与优化的算法及方案，并基于低代码平台实现；选择3个及以上行业进行系统性知识融合，建立数据驱动与知识引导结合的工艺知识库；研制智能分析构件/工具集5套以上，矩阵相乘、转置、函数求导、卷积等核心科学算子计算性能提升50%以上，支持自动化特征工程、数据漂移检测、开集测试等基础性功能，支持可视化、组件化的编排式低代码分析过程构建；在汽车、航发、光电和印染等行业中选择3个及以上不同工艺参数优化场景进行应用验证；申请发明专利 ≥ 20 项，登记软件著作权 ≥ 5 项。

1.14 基于性能孪生的产品装配精度反演设计优化方法

研究内容：针对高端装备性能提升的迫切需求，开展基于性能预测的装配精度设计优化基础理论与方法研究。分析装配精度时空衍生与演变机理，研究装配误差感知、传递、累积与协调机制及规律，建立多误差源耦合的装配精度分析与公差协调分配机制；提出考虑装配误差的性能孪生体构建方法，研究基于性能孪生体的装配工艺规划方法与仿真技术，建立基于性能孪生的装配精度设计与动态优化理论和方法；构建装配精度分析、设计、预测、优化等软件构件，形成基于性能孪生的装配精度反演设计优化软件工具，并在航空、航天或兵器领域开展应用验证，为保障

复杂高端装备的高性能提供基础理论与技术支撑。

考核指标：突破产品性能孪生构建的基础理论和核心技术，构建多误差源耦合的装配精度分析、性能孪生体建模、装配精度反演设计与优化等理论模型，建立 1 套基于性能预测的装配精度反演设计及动态优化理论与方法，申请发明专利 ≥ 3 项；研制装配精度分析、设计、预测、优化等软件构件，形成基于性能孪生的装配精度反演设计优化软件工具，登记软件著作权 ≥ 6 项；面向航空、航天或兵器等领域，完成典型应用验证，达到装配效率提高 20%、装配一次成功率提升 10% 的指标。

1.15 订单驱动的制造产业链完整性评估和风险预警理论

研究内容：针对我国订单驱动的制造业产业链面临的断链、缺链风险等问题，满足中国从制造业大国向制造业强国的转型需求，研究产业链完整性评估理论，结合政府、企业及第三方数据现状，提出评估准则体系；提出基于产业链状态转移的多渠道动态监控的风险识别方法；构建基于生产网络结构和网络节点的产业链完整性评估集成模型，构建基于产业链状态矩阵方法的风险预警模型；结合电子信息、集成电路、装备制造等相关行业的典型企业开展理论、方法和模型的验证。

考核指标：形成产业链完整性和风险评估相关理论，构建订单驱动的制造企业产业链完整性和风险评估准则体系 1 套；针对订单驱动的制造企业，形成基于产业链状态转移的多渠道监控的风险识别方法 ≥ 3 类；基于交易、委托、运输、仓储、通关、承

运、保险、融资、结算、缴税等多渠道监控的风险识别方法 ≥ 3 类；建立基于生产网络结构和网络节点的产业链完整性评估集成模型 ≥ 2 个，申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项，开发基于产业链状态矩阵方法的风险预警原型系统1套，在装备制造、电子信息、集成电路等行业的企业得到原型验证。

1.16 产业链协作企业群群体智能理论和服务方法

研究内容：针对制造业产业链供应链重塑以及产业链协作企业群群体协同和服务的重大需求，基于第三方运营的产业链协同平台，研究产业链协作企业群协同模式和群体智能涌现机理，基于企业群协同业务流程、业务数据及标准的群体智能模型，基于企业群协同和服务的实时运行数据体系架构，突破多链协同数据感知和融合、价值挖掘、关联匹配、群智服务等产业链协作企业群群体智能理论和服务方法；研发产业链协作企业群群体智能及服务构件，遴选汽车、家电等产业链协作企业群及具有规模化价值链协同业务数据的第三方平台开展原型验证。

考核指标：研发形成基于第三方平台的产业链协作企业群群体协同智能理论，探索出1类产业链协作企业群群体协同模式，突破多链协同数据感知和融合等技术和方法 ≥ 3 类，研发产业链协作企业群群体智能及服务构件 ≥ 10 个，登记软件著作权 ≥ 10 项，在汽车或家电等产业链协作企业群及第三方平台实现原型验证。

1.17 面向“双碳”的能源价值链管控与协同服务理论

研究内容：针对国家“双碳”目标下制造业能源价值链数字化、

精益化管理需求，解决传统制造企业集群能源服务协同管控效率低、协调互动困难、综合能效差等问题，研究基于数据交互感知与关联融合的制造企业集群多场景用能体系建模方法；研究面向制造企业集群能源系统的分布式对等网络边缘协同控制与仿真建模方法；研究数据驱动下面向多场景生产能效管理的实时性预测、智能化决策、综合状态运维和自适应评价等制造企业集群综合用能服务方法；研究适用于多场景能源服务模式与综合减排管理的制造企业集群能源系统多装备和多资源协同互动与调度管控方法；研究制造业能源价值链核心设备碳排放在线动态评估方法，及考虑系统运行经济性的碳减排智能决策方法；研发具备高精度网络时钟同步和综合用能行为分析与态势预测功能的制造企业能源价值链管控与协同服务原型系统；在化工或装备制造等高耗能行业开展验证。

考核指标：突破多场景能源服务模式下制造企业能源协同管控理论与互动优化技术，构建数据驱动下面向生产能效管理的实时性预测与智能化决策模型，提出碳排放在线动态评估模型与管控方法；研发基于分布式对等网络边缘协同控制架构、且具备综合用能行为分析与态势预测功能的制造企业能源价值链管控与协同服务原型系统（网络时钟最高同步精度不低于 100ns）；在典型行业开展验证，综合能效提升 2%以上；申请发明专利 ≥ 5 项。

2. 共性关键技术类

2.1 云边协同的数据采集监控技术与组态工具

研究内容：研究生产过程、设备、环境中传感器、图像、音

视频等全面感知下混合流数据的信息采集与获取方法。研究软件云化与云边协同信息处理方法，实现复杂计算、人工智能、大数据分析等算法云端建模与仿真技术和边缘部署与边缘信息实时处理技术。研究工业互联网软件组态技术，实现软件低代码或无代码开发，研究微服务架构程序开发方法，研发基于数据驱动和知识驱动的微服务程序构建技术，开发云边协同的生产过程数据采集与监控系统软件。

考核指标：研发基于边缘服务的工业互联网数据采集系统，支持 100 种工业协议设备的现场数据采集，实时变量数 10000 个，刷新时间小于 100ms。开发基于数据驱动或知识驱动的微服务程序构建技术和基于工业互联网系统生产过程数据监控软件组态开发技术 ≥ 3 项，研发 1 套基于微服务架构的组态开发工具软件和组态环境系统运行软件，实现边缘设备、网络通信、实时数据、历史数据、程序界面、任务部署和运行监控等组态开发功能，形成标准 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项；在高端装备、石油、化工或电力等支柱产业进行示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.2 面向“双碳”目标绿色生产的矿产加工工艺决策与控制一体化优化软件

研究内容：针对镁、铝、煤、钢、铁等矿产资源与原材料生产加工企业对低碳绿色、高效利用与可持续发展需求迫切，研究基于大数据可视分析的高端产品质量预测、异常诊断与回溯技术；

研究多工序生产全流程高精度建模、工艺参数优化及全流程运行控制模型；开发构建先进工艺与制造可视化及高精度仿真分析工具；集成研发面向减碳提质目标的原材料绿色生产决策与控制一体化融合优化算法库与软件，实现动态供需下工艺参数决策与控制集成，形成智能化生产新模式。

考核指标：形成 20 个以上面向“双碳”目标分析与优化调控算法，申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项。质量及故障原因回溯率大于 97%，反应过程建模精度 95% 以上；研发 1 套多层融合决策与控制一体化的软件，在镁/铝/煤/钢铁企业等不少于 5 个典型流程行业应用验证，实现运行优化控制并减少碳排放量 5% 以上，降低成本 10% 以上。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 钢铁轧制全流程工艺优化与管控软件开发

研究内容：构建多因素耦合作用下的载荷特性求解与材料组织演变模型，研究基于宏—微观耦合分析的高精度解析与数值计算理论，阐明机理模型和生产数据协同的产品综合性能关联机制，建立基于产品质量和生产过程节能降耗的全流程工艺优化算法，研究基于 CAE 仿真的轧制生产过程数字孪生技术，开发全流程工艺优化与管控软件，实现设备关键参数优化设计及产品形性一体化调控。

考核指标：建立负荷分配、工艺温度、力学性能与微观组织等基础模型 ≥ 5 个；构建包含材料种类 ≥ 30 个、生产线 ≥ 50 条的

数据库；开发出界面友好易用、计算高效准确的载荷特性—材料组织协同模拟及全流程工艺优化软件，实现融合物理模型与生产数据分析的形性模拟与关键参数预测，载荷参数预测误差 $\leq 10\%$ ，精准预测晶粒度及相变规律，材料屈服强度、抗拉强度及延伸率预测误差均 $\leq 10\%$ 。开发 1 套基于数字孪生的全流程管控软件，提高生产效率 $\geq 5\%$ 。在 2 家以上企业应用示范。申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项。

2.4 有色金属生产过程多相多场先进工艺控制与优化软件

研究内容：针对有色金属生产过程部分工艺机理不明确、建模仿真难、生产状态自主识别及全流程协同优化难等问题，研究有色冶金过程的物质转化、置换提纯等多相多场耦合机理；研究有色冶金过程分层跨域数据分析和操作知识提取方法；构建面向工艺和流程优化的多相多场机理模型库、分层跨域数据分析算法库和优良操作知识库；研发大型生产装备低碳高效优化运行软件，实现有色金属生产过程的优化运行和综合效率的提高。

考核指标：面向有色金属工业，开发工艺机理模型 2000 个以上、运行优化算法 40 种以上、操作知识模型 100 个以上；申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 10 项；形成 1 套有色金属工业多相多场先进工艺控制与优化软件，开发 30 个以上动态仿真模型、30 个以上多工况动力学反应模型，稳态仿真相对误差 1%以内，动态仿真相关性 90%以上；在 5 家以上有色金属行业企业实现软件应用验证，并提高企业生产过程运行综合效率 10%以

上，降低企业碳排放 5%以上。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 面向多机协作的半导体制造过程物流调度和优化软件开发

研究内容：针对半导体制造行业智能产线对物料实时调度需求，研发智能工厂物流运输调度管理系统（TMS）。研究基于新一代无线通信技术的智能工厂生产过程物料存储与传送技术，研究智能工厂物流过程中的物料感知与智能操作技术，研究智能工厂物料转运过程中的复合操作与多机型协作技术，研究工厂实时订单数量动态调整配送策略，研究智能工厂物流过程中多移动机器人协同调度与路径优化技术，研究智能工厂全域物流管控软件架构与图形化技术，实现智能工厂物流调度软件（TMS）研发与应用。

考核指标：突破基于 5G 无线网络的智能工厂物料存储与配送技术 3 项以上；开发工厂实时订单数量动态调整配送算法：系统平均响应时间 100ms、可以同时处理 100 个订单的并发量；研制 1 套面向多机器人协作的智能工厂物流调度和路径优化的管控软件（TMS）：支持单场景下 3 种以上、数量大于 50 台多移动操作机器人实时调度，具备车间物料在存储、配送、上下料、生产制造等环节的统一建模与仿真、图形化操作、协同调度与优化功能；制定团体标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项；在半导体晶圆制造与封装测试环节各形成 2 个以上的落地应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 面向多场景定制的航空航天装备制造运营管控软件低代码开发平台与应用

研究内容：针对工艺、排产等诸多柔性制造环节持续演进，引发制造运营管控（MOM）系统需求变更频繁，多场景联动集成开发与高效部署复杂的难题。研究 MOM 需求/设计/开发一体化建模理论、表达模式和映射跟踪方法，形成多角色、多模态人机交互的 MOM 建模技术。研究多场景业务域、设计域和代码域中符号、关系、逻辑统一语义表达方法，形成 MOM 业务抽象、数据抽象和资源抽象体系。研究 MOM 多场景单元封装适配的代码自动化重构技术，形成高可扩展的 MOM 低代码开发框架。研发 MOM 低代码软件开发平台，形成面向制造企业多场景联动集成开发与高效部署的示范应用。

考核指标：研发 MOM 低代码需求/设计/开发一体化平台与工具 1 套，高时效、低延时、并行化多粒度构件调度引擎 1 个，可重用的开放式业务构件 500 项以上，通过业务构件编排与装配支持定制开发占比达 50%以上，缩短开发周期 30%以上。申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项。在 3 家以上航空航天装备制造型企业应用示范，采用多角色多模态人机交互建模开发场景单元 200 个以上，代码自动生成占比达 70%以上。

2.7 核能装备安全控制代码自动生成软件研发与应用

研究内容：针对核能装备领域安全控制代码自动生成的高可

靠、确定性、快响应的需求，研发安全控制系统设计研发平台；研究基于形式化理论的软件代码生成一致性证明技术、同步数据流语言状态机定义与验证技术、安全语言子集形式化语义定义方法、功能组态建模方法和算法模型自动正确性检查等关键技术；研究多粒度模型测试用例智能生成、虚拟仿真驱动及自动化测试等高可信嵌入式测试关键技术；研究人机交互界面动态图元控件建模和可视化交互模型等人机交互技术；研究软件对核级标准的符合性技术；在中国工程试验堆等多个核能型号工程装备上开展应用验证。

考核指标：研发具备组态建模、虚拟仿真、可信代码自动生成、自动检测和远程监控软件等功能的高可靠嵌入式设计软件一套，覆盖模型到可执行代码生成全生命周期；设计软件满足 IEC 61508 和 IEC60880 等标准要求，并通过国家核监管认证；支持 2 级生成代码优化，LUSTRE V6 基础算子 ≥ 60 个，核领域常用算子 ≥ 100 个；申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 10 项，制定国家/行业标准 ≥ 3 项；在至少 2 个典型核动力工程项目上应用，超过 100 个控制站。

2.8 全价值链产品质量精益管控智能分析软件

研究内容：针对流程行业制造过程中生产状态波动大、工艺复杂、过程质量控制约束多、机理融合困难等问题，研究全价值链人工智能与自控理论融合的新方法与新模式；研究质量和运行数据的分布式高速高效准确感知技术、全局质量数据空间构建技

术，攻克面向流程制造领域的全要素智能化模型预测控制(MPC)技术、超多维/强关联参数自主优化与学习技术、群体协同技术等；研究基于海量流程数据与工艺模型融合的开源体系和智能控制机制，突破IT和OT集成技术瓶颈，构建完备的系统辨识与仿真模型、控制决策函数库和工具集，具备支持现场实时响应与弹性计算的“云一边一端”接入能力；研究人机协同增效的数字化产品质量精益管控与动态优化体系，研发形成面向产品质量精益管控的智能分析系统；选择橡胶轮胎、化工、食品饮料、新能源等2个及以上流程行业开展应用验证。

考核指标：形成1套人工智能与自控理论相结合的新理论、新方法、新模式；突破质量数据高速感知等10项以上关键技术；研发1套面向产品质量精益管控的智能分析系统、函数库与工具集，涵盖20种以上可信人工智能算法模型和20种自控算法，核心算法具备质量感知、控制指令优化、自主深度学习、人机交互、自组织、自演化功能，且精度达到国外同类软件水平；申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 5 项，国际/国家/行业或企业标准 ≥ 3 项；在相关流程企业实施后，首次通过率(FTT)提升20%，企业关键活动效用指标(SQCDEM)综合改善20%以上。

2.9 基于产品设计与运维协同的动力电池工业软件研发

研究内容：针对系统性运维和生命周期管控需求迫切的大规模制造产品对工业软件的发展需求，研究动力电池全生命周期管理和系统性运维模式、基于多物理场耦合的设计/运维一体化模

型、基于统一建模与仿真环境的产品设计验证方法；研究生命周期仿真、性能评估评价、可靠性分析以及设计/运维协同等方法和技术；研发动力电池设计与仿真工业软件，构建端—云融合的动力电池运维平台，支持动力电池全生命周期的运维和管控；开展应用验证。

考核指标：突破基于电化学、热、机械、流体场耦合的动力电池一体化模型构建等关键技术，模型求解计算速度提升 $\geq 10\%$ ，计算误差 $< 2\%$ ；研发基于一体化模型的动力电池设计与仿真工业软件，构建形成端—云融合的动力电池运维平台，实现设计与运维的协同；申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 10 项；平台应用电池企业 ≥ 3 家，支撑累计 ≥ 20 GWh 动力电池运行管理和维护。

2.10 支持动态重构的装备制造企业智能运营决策关键技术

研究内容：针对不稳定不确定环境下企业运营风险防范、实时感知与决策、流程动态优化的需求，面向采购、生产、营销、运维等全业务流程，研究基于业务流程融合和闭环反馈的多场景决策模型和知识图谱构建方法，研究多业务融合的数据合成策略、业务态势全景感知技术、事件驱动的实时分析和增强分析技术、人机协同决策技术、基于决策闭环反馈的业务流程动态重构机理和业务流程智能优化技术；建立涵盖生产过程风险管控、制造资源协同优化、精准运维服务的智能运营决策模型库，形成情景式自助分析工具、面向高价值和复杂业务流程的动态优化工具，开发支持动态重构的制造企业智能运营决策系统，支持制造企业

ERP 等业务系统实现嵌入式运行过程的高度智能化与自动化。

考核指标：突破面向多业务场景决策模型的知识图谱构建、业务态势全景感知、事件驱动的实时分析与增强分析、面向决策闭环反馈的工业流程智能优化等关键技术 ≥ 5 项，建立包括 10 项以上智能运营管理决策模型的模型库，形成 1 组情景式自助分析、动态优化工具；研发 1 套支持动态重构的制造企业智能运营决策系统，在工程机械、航空航天、兵器装备、轨道交通等装备制造行业进行应用验证，企业运营效率提升 30%；申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 10 项，制定国家/行业或企业标准 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.11 规模化制造产业配件供应链多链协同平台研发与应用

研究内容：针对规模化制造产业中大规模社会保有产品运维服务的配件供应与协同服务问题，研究基于第三方平台的网状结构配件供应链协同体系架构，面向产品服务生命周期的配件供应链多链协同和服务业务流程、数据驱动的配件多源信息识别/追溯/需求预测等配件供应链协同和服务关键技术；研发配件供应链多链协同服务云平台，构建第三方运营服务体系；遴选汽车或家电等典型规模化制造产业，构建配件供应链多链协同和服务的典型应用场景，开展应用示范。

考核指标：研发建立基于第三方运营的配件供应链多链协同服务云平台 1 个，攻克网状结构多链协同和服务关键技术 ≥ 5 项，研发相关构件 ≥ 10 个；登记软件著作权 ≥ 10 项；完成支撑网状

结构多链协同和服务的团体/联盟或企业标准 ≥ 5 项；构建配件供应链多链协同和服务应用场景 ≥ 3 个，形成典型案例；平台各类应用企业累计2000家以上，其中开展上下游协作的各类核心企业 ≥ 10 家。

2.12 面向中小企业研发制造资源工业互联网技术服务平台

研究内容：针对中小企业技术创新、节本提效、工业互联网等需求，研究面向中小企业的工业互联网云端融合集成应用服务模式；研制多层次、多样化生产设备及科学仪器连接协议，研发及制造资源互联互通服务化接入标准；研究面向多模态接入的开放终端架构、基于规则链的工业微服务组合、云端融合应用动态构建与部署等技术；研发工业互联网技术服务平台，提供设备仪器和研发资源互联共享、远程健康维护等服务；开发中小企业工业互联网应用云端融合快速构建解决方案，并开展应用；建立政产学研结合服务体系。

考核指标：提出中小企业工业互联网云端融合集成应用服务模式；突破多模态开放终端、规则链工业服务组合、云端融合应用部署等工业互联网快速构建关键技术 ≥ 5 项，形成设备及仪器资源互联互通接入标准 ≥ 5 项；开发云端融合接口、协议、模型 ≥ 200 项；建立中小企业研发制造资源工业互联网技术服务平台1个，实现研发制造资源互联共享、远程健康维护等，服务中小企业1000个以上，接入30000台以上科学仪器；形成面向5个以上行业、10个以上场景的工业互联网快速应用解决方案20个以

上，支持 10 种以上协议、50 类以上智能诊断，在 500 以上企业应用；培育第三方平台服务商 1 家，形成标准 ≥ 5 项，申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 10 项。

2.13 产品回收拆解再利用全流程管控平台研发与示范

研究内容：针对家用电器行业产品设计制造服务与退役回收脱节、回收体系不健全、产品再利用率低等问题，研究以生产者责任延伸制为核心的家电产品回收拆解再利用网络与销售服务网络相融合的价值循环生态体系与运营模式；制定产品回收全过程数据采集/传输、物流与材料管理、拆解检测、再生利用及环保处理等全流程规范与标准；研究基于产品回收大数据的碳足迹核算技术，基于区块链、标识解析的产品回收再利用可信追溯技术，数据驱动的产品拆解精益管控、产品智能识别评估、产品设计与再利用协同等技术；研发面向生产企业的产品全生命周期绿色循环综合管控平台，构建符合国家主管部门监管要求的行业绿色循环大数据平台及管理体系；在家电行业建设全链路数字化拆解再利用工厂并开展平台应用示范。

考核指标：构建 1 套以生产者责任延伸制为主的产品全生命周期绿色循环综合管控平台，开发工业应用软件/小程序 ≥ 10 个，核心关键技术与工具 ≥ 10 项；通过项目平台及数字化拆解工厂的应用示范，实现平台的常态化运行，平台应用示范覆盖回收网点 ≥ 3000 个；支持废旧家电回收过程的全程可视管控，实现拆解过程的智能全量审核，提高监管核查效率 15% 以上，提升拆解效率

与资源回收再利用效率 15%以上；申请发明专利 ≥ 5 项，登记软件著作权 ≥ 10 项；制定产品回收全过程相关国家或行业或企业标准规范 ≥ 3 项。

有关说明：由家电制造企业牵头申报。

2.14 流程制造资源与能源计划排产软件研发与应用

研究内容：研究人工智能、工业互联网等现代信息技术助力实现双碳目标的流程制造资源与能源计划排产关键技术及软件平台，解决国产化大型石化和水泥企业生产计划排产软件难题。具体包括：研究流程制造物质/能源转化机制，开发基于过程机理和装置运行特性共融的生产工艺模型库；研究物质流/能量流/信息流关键变量跨流程/跨层级传递机制，提出基于流程结构的物料分层定价和全流程价值链表征方法；融合领域知识，创新大规模工业过程计划排产的高效求解新方法；研制跨平台/高并发/图形化计划排产服务平台架构，开发基于微服务工作流的资源与能源计划排产工业软件及系统。

考核指标：研发具有普适性的生产计划排产智能算法引擎，支持年/季/月/旬（周）多时间尺度、资源与能源耦合的非线性计划排产，支持底层模型库 ≥ 100 个，行业级生产工艺模型库 ≥ 10 个，构建典型流程行业原料数据库，原料品种 ≥ 1000 种；形成高效求解算法库，算法数量 ≥ 24 种；以月度平衡数据为基准，计划方案关键指标执行偏差率降低 20%以上；申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 30 项；支撑石化和水泥等典型流程行业生产企

业（石化：同时具备千万吨级及以上炼油和百万吨级及以上乙烯的大型炼化一体化企业；水泥：具备1万吨/天及以上熟料生产线的大型水泥企业）资源能源计划排产决策，示范应用企业 ≥ 5 家。

“工业软件”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 张梦月

“增材制造与激光制造”重点专项 2022 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“增材制造与激光制造”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：到 2025 年，使我国增材制造与激光制造成为主流制造技术之一，总体达到世界一流，基本实现全球领先，在战略新兴产业、新基建、大国重器中发挥不可替代的重大作用。同时，基本实现增材制造与激光制造全产业链主体自主可控，形成系列长板技术和一批颠覆性技术，并汇集为行业整体优势，为一批领军企业奠基强大的国际技术竞争力，高端装备/产品大批进入国际市场，实现大规模产业化应用，在制造业转型升级中发挥核心作用。

2022 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“基础理论和前沿技术、核心功能部件、关键技术与装备、典型应用示范”全链条部署任务。拟启动 28 项指南任务，拟安排国拨经费 3.58 亿元。其中，围绕难熔金属材料增材制造、超快激光制造中光子—电子—晶格相互作用观测与调控等技术方向，拟部署 2 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 400 万元，每

个项目 200 万元。围绕个性化医疗器械制造、医疗植入物表面微功能结构制造等技术方向，拟部署 5 个科技型中小企业技术创新应用示范项目，拟安排国拨经费 1000 万元，每个项目 200 万元。共性关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1.5:1。应用示范类项目鼓励产学研用紧密结合，充分发挥地方和市场作用，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，每个方向拟支持项目数为 1—2 项，实施周期不超过 5 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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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。

科技型中小企业项目要求由科研能力强的科技型中小企业牵头申报。项目下不设课题，项目参加单位（含牵头单位）原则上不超过 2 家，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情况进行同步考核。科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国家税务总局印发的《科技型中小企业评价办

法》(国科发改〔2017〕115号)。

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. 基础理论和前沿技术

1.1 跨尺度自润滑复合结构增材制造(基础研究类)

研究内容：针对我国航空航天和高端装备对高度集成、精准按需润滑以及润滑异形件的设计与制造需求，开展复合润滑功能组件整体化增材制造研究，研究增材制造专用自润滑功能材料设计制备、跨尺度润滑功能结构、尺寸突变异形构件一体化精密制造关键技术，研发面向增材制造的自润滑复合材料体系，探索精准按需润滑结构增材制造新原理、新工艺，研究面向增材制造的可控自润滑表界面材料精准设计与构筑新方法，建立跨尺度增材制造平台，发展润滑功能准确定制化系统设计与一体化制造技术。

考核指标：形成不少于2类适用于增材制造的自润滑复合材料体系，使用温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ ，载荷 $\geq 100\text{N}$ ，摩擦系数 ≤ 0.05 ，磨损率 $\leq 5\times 10^{-5}\text{mm}^3/\text{Nm}$ ；研制跨尺度自润滑复合结构增材制造装备，最大成形尺寸不小于 $600\text{mm}\times 600\text{mm}\times 600\text{mm}$ ；实现 $0.5\mu\text{m}\sim 500\text{mm}$ 范围内跨尺度自润滑复合结构的可编程设计与一体化增材制造，复合结构孔隙率 $\leq 1\%$ ，体积收缩率 $\leq 5\%$ ，拉伸强度 $\geq 100\text{MPa}$ ，断裂韧性 \geq

5MPa·m^{1/2}; 在航空、航天、核等不少于 3 个领域通过功能应用验证, 相比传统制造组件, 装配件数量减少 50%, 减重 30%, 制造周期缩短 20%, 与原有组件耐用寿命相当。

1.2 飞秒激光—电化学复合微纳增材制造 (基础研究类)

研究内容: 针对三维复杂金属微纳结构的飞秒激光辅助定域电化学增材制造, 探索微结构无掩膜激光—电化学双耦作用定向诱导粒子原位增材制造机理, 研究飞秒激光诱导下定域电化学沉积组织—结构—功能一体化微纳制造新方法, 研究激光—电学复合能场亚微米复杂构型和微米功能结构阵列制造、纳米体元与微米构型精准调控等技术。

考核指标: 建立多物理场模拟仿真模型 1 套; 实现三维复杂结构微细金属构件制造: 金属纯度 $\geq 99.5\%$, 体积沉积率 $\geq 10\mu\text{m}^3/\text{s}$; 在微米尺度曲面上实现深宽比 ≥ 500 的微细结构, 与底面的过渡圆弧半径 $\leq 2\mu\text{m}$; 复杂微结构阵列面积 $\geq 2\text{mm}^2$, 阵列中单体结构尺寸精度 $\leq 300\text{nm}$ 。

1.3 材料组分三维精确可控的粉末床熔融金属增材制造 (基础研究类)

研究内容: 研发面向粉末床熔融增材制造的在线多组分材料精确添加技术, 研究材料组分三维可控的非均质粉末床熔融增材制造工艺特性、材料原位冶金行为、材料梯度/界面行为和组织性能演化规律, 明晰非均质材料构件成形过程中的应力—形变演化规律, 建立非均质材料梯度/界面行为、组织与性能协同调控方法,

研发材料成分过渡区间精确调控和后续热处理等关键技术，实现材料组分三维精确可控构件的创新设计、制造及评价。

考核指标：研发出材料组分三维精确可控的非均质粉末床熔融增材制造装备；可实现不少于 4 种材料组分的独立精确可控添加，材料组分添加区域形状任意可控，材料组分添加位置精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$ ，材料过渡区间在 $0.1\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 范围内精确可控，材料组分变化区域位置控制精度 $\pm 0.3\text{mm}$ ；成形结构最大尺寸 $\geq 250\text{mm}$ ，构件成形精度达 $\pm 0.2\text{mm}$ ，表面粗糙度 $\leq \text{Ra}6.3\mu\text{m}$ ；完成不少于 3 类具有材料三维精确分布的金属复杂精密构件的设计与制造，关键性能/功能指标提升 $\geq 30\%$ 。

1.4 柔性光电器件的激光光场调控微纳制造（基础研究类）

研究内容：面向柔性光电器件中的关键微纳结构，研究激光时域/空域/频域光场调控方法，探索激光调控光场与柔性光子器件材料相互作用的新现象与新效应，研究激光远场与微腔等近场光学效应结合的宏微纳跨尺度无掩膜加工新技术，研制远场—近场复合光场的无掩膜高效激光微纳制造装备。

考核指标：建立空间跨尺度复合光场调控模型；实现跨越 7 个数量级以上的宏微纳多级结构制造，单次曝光加工面积 $>25\text{cm}^2$ 、单次曝光优于 80nm 线宽的微纳结构单元数量超过 2 百万个；研制的装备实现拼接面积 $>100\text{cm}^2$ 、拼接精度优于 40nm ；面向可穿戴定向光源、光电探测、光学传感等混合集成柔性光电器件，实现 1~3 项重大应用。

1.5 异质仿生结构设计及一体化增材制造（基础研究类）

研究内容：探索仿生结构中材料/结构的多重耦合行为与机制，研究与高效减振、智能变形、损伤自修复等功能需求匹配的仿生结构模块化设计方法，揭示基于异质材料增材制造的仿生功能模块化调控规律，发展功能模块化构件的多维度、多尺度和异质材料的仿生设计技术；研究异质材料体系下模块化仿生构件的一体化增材制造关键技术，研发面向增材制造的宏微构型—异质材料仿生结构设计、仿真与工艺规划平台，发展多场复杂应用环境下增材制造宏微构型—异质材料仿生构件的性能评价技术。

考核指标：建立基于异质材料一体化增材制造的功能集成仿生结构设计平台，损耗因子、结构变形量和损伤修复量等功能指标提升 30%以上，异质界面强度不低于母材的 70%，成形精度优于 $\pm 0.2/100\text{mm}$ ；建立一套仿生结构设计数据库，仿生单元库包含不少于 10 种构型种类，复合界面库包含不少于 5 种界面种类，不少于 5 种仿生结构设计模板；实现基于钛合金、镍钛合金等异质金属材料的仿生结构一体化制造；制定不少于 2 件仿生设计的国际或国家标准，实现仿生构件在不少于 2 个领域（航天、海洋等）的应用验证，具备高效减振、损伤自修复、智能变形等功能。

1.6 功能化活性心肌组织增材制造（基础研究类）

研究内容：针对心肌组织损伤治疗，开展活性心肌组织高精度增材制造及其功能再生方法研究。研究功能化活性心肌组织复杂微结构系统的仿生设计方法；研究具有电传导能力的活性心肌

组织增材制造新原理与新工艺；研究增材制造活性心肌组织的体外三维定向排布生长与高频同步跳动方法，以及体外活性心肌组织电信号特征与其生物功能的作用关系；研究大型动物大面积心肌病变缺损修复的考核评价方法。

考核指标：功能化活性心肌组织打印过程满足活性植入物的安全标准，最小打印尺寸 $\leq 30\mu\text{m}$ ，细胞活性 $\geq 90\%$ ，细胞密度 $\geq 2\times 10^7$ 个/mL；增材制造心肌组织力学与天然心肌跳动变形相匹配，可体外连续成活 ≥ 10 天，实现大面积同步跳动频率 ≥ 100 次/分钟；开展大型动物实验 ≥ 20 例，可修复心肌病变区域 $\geq 30\text{mm}\times 20\text{mm}$ ，活性心肌厚度 $\geq 2\text{mm}$ ，可与宿主心肌组织融合生长。

1.7 面向前沿探索制造新原理（青年科学家项目）

研究内容：针对新能源、新材料等新兴产业领域重大需求，重点开展难熔金属材料增材制造、超快激光制造中光子—电子—晶格相互作用观测与调控、喷墨共形打印、复合制造等前沿制造新原理新方法研究。

考核指标：青年科学家项目可参考指南支持方向组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

2. 核心功能部件

2.1 激光粉末床熔融增材制造在线监控与质量评价技术（共性关键技术类）

研究内容：研究合金成分、跨尺度微观组织/缺陷、应力/形

变状态与激光粉末床熔融增材制造过程特征信息的相互关系；研究增材制造熔池动态行为、非均质宏/微观组织特征的多物理场在线监测方法和在线质量评价技术体系，研发铺粉状态快速准确识别与分类、熔池特征分析及质量预判、逐层熔凝区域组织/缺陷识别和轮廓变形分析、质量预警及多参量复合调控等关键技术；发展基于在线监测数据的多信息融合及高效率深度学习模型，明晰工艺参数—特征信息—制造质量关联关系，研发基于过程特征的高效在线质量评价和多参量交互质量控制方法。

考核指标：针对激光粉末床熔融增材制造开发≥3种在线监控模块，可在线识别10类以上非正常制造状态特征；建立高效率监控和评价算法模型，铺粉缺陷识别准确率≥90%，漏检率≤5%，制造过程熔池温度监测精度高于±5%，铺粉缺陷与故障响应100%；建立规模≥50TB，涵盖工艺属性数据≥10类、过程监控数据≥6类、标记质量评价参数≥6类的共享数据库，开放数据下载利用率≥80%；在不少于25家企业（≥400台粉末床熔融增材制造装备）实现应用验证，制定激光粉末床熔融在线监控与质量评价规范、标准≥10份。

2.2 大型复杂构件制造过程在线检测与智能调控技术（共性关键技术类）

研究内容：面向重大装备的高性能焊接与增材制造，研究大型复杂结构制造过程中的在线三维形貌及变形的跨尺度光学测量技术、制件与制造加工头的多自由度位姿测量技术；研究制造过

程中熔池特征尺寸和温度场表征、制造缺陷非接触式在线检测技术；研发从微观位错演化到宏观结构件变形失效的跨尺度增材制造热力模拟预测技术和方法；揭示制造工艺与位错—晶界多级微结构、结构变形和制造缺陷的关联关系；研究面向大型结构的表面形貌、结构变形、构件温度和制造缺陷等成形质量自适应闭环控制系统与装备。

考核指标：研发出大型结构件焊接和增材制造过程中的多物理场在线检测和智能调控系统，实现6种以上光束模式自适应调控，工况环境下制造过程实时三维形貌与变形测量精度 $80\mu\text{m}/\text{m}$ ；熔池特征尺寸检测精度 $20\mu\text{m}$ ，温度场测量精度达到 $\pm 1\%$ ，增材制造构件缺陷在线检测分辨率 $90\mu\text{m}$ ；研发出增材制造多尺度模拟预测软件，可实现百纳米至米级跨尺度仿真预测；制定大型构件制造在线检测与智能调控规范和标准10项，应用于激光电弧复合焊接、电弧增材制造等2种以上设备，并在舰船、特种车辆、建筑等领域3类以上8m级结构件增材制造、3类以上8m级结构件焊接中实现应用验证。

2.3 增材制造构件长寿命服役行为表征与调控关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究增材制造构件在高温环境与复杂应力条件下的长寿命服役性能表征方法，典型增材制造构件/材料长寿命试验标准与疲劳数据库；研究增材制造构件微结构/缺陷与长寿命服役行为的关联机制，制造工艺—微结构/缺陷—服役性能的映射关

系；研究提高服役寿命的增材制造缺陷/微结构在线调控技术，发展高服役性能构件增材制造工艺的优化方法；研究增材制造构件长寿命疲劳的评估技术。

考核指标：建立可应用于复杂服役环境增材制造构件材料的长寿命疲劳试验方法与装备，可实现高温条件下，应力加载类型 ≥ 4 种， $\geq 10^{10}$ 周次的寿命测试；建立复杂服役环境下不少于5种典型增材制造构件/材料的疲劳性能数据库；基于调控使增材制造典型构件增寿幅度 $\geq 100\%$ ；形成带有缺陷的构件长寿命疲劳强度评估方法，预测误差 $\leq 10\%$ ；在航空、航天、车辆及轨道交通等领域实现应用验证，制定增材制造长寿命服役行为表征与调控关键技术规范和标准 ≥ 5 项。

2.4 制造用高性能高功率飞秒激光器（共性关键技术类）

研究内容：探索飞秒激光产生、放大、线性和非线性调控过程的动力学机制，以及高功率大能量飞秒激光放大时由于增益导致的脉冲宽度劣化机制；攻克高单脉冲能量飞秒激光热管理、模式控制、高效率长寿命飞秒频率转换等关键技术，研究倍频产生高功率紫外飞秒激光参量的稳定控制及优化技术，开展高功率大能量飞秒激光器模块化设计和系统集成技术研究。

考核指标：红外与紫外飞秒激光脉冲宽度 $\leq 500\text{fs}$ ；红外输出平均功率 $\geq 200\text{W}$ 且稳定性 $<1\%$ （100小时内的均方根误差），最大单脉冲能量 $\geq 2\text{mJ}$ ；紫外输出平均功率 $\geq 30\text{W}$ 且稳定性 $<2\%$ （100小时内的均方根误差），最大单脉冲能量 $\geq 300\mu\text{J}$ ；实现制

造用高功率飞秒激光器销售 ≥ 100 台。

2.5 制造用高性能高功率皮秒激光器（共性关键技术类）

研究内容：开展皮秒激光增益分布优化、模式控制机制和有效热管理等技术研究，攻克均匀泵浦、长寿命皮秒锁模及非线性抑制等关键技术，研究倍频转化效率提升、紫外皮秒激光光束质量控制及延寿等技术，研制高稳定性高功率红外、紫外皮秒激光器产品。

考核指标：红外皮秒激光器：平均功率 $\geq 1000\text{W}$ ，最大单脉冲能量 $\geq 25\text{mJ}$ ，脉冲宽度 $\leq 10\text{ps}$ ；紫外皮秒激光器：平均功率 $\geq 50\text{W}$ ，单脉冲能量 $\geq 0.5\text{mJ}$ ，脉冲宽度 $\leq 10\text{ps}$ ，实现倍频晶体寿命 ≥ 2000 小时的稳定工作，实现 100 套高功率皮秒激光器生产销售。

3. 关键技术与装备

3.1 非均质材料飞秒激光制造技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：面向复杂构件涉及的复合、多层膜、多孔等非均质材料的高性能加工共性需求，建立飞秒激光加工过程中光子能量吸收、电子状态变化、等离子体喷发、成形成性等多尺度连续观测系统；从电子层面研究飞秒激光时/空/频域协同整形的非均质材料加工新方法，突破损伤控制、选择性加工等关键工艺技术，研发飞秒激光跨尺度柔性加工装备和三维复杂构件微细加工装备。

考核指标：多尺度连续观测系统：跨越 15 个时间数量级，峰值帧速率 ≥ 5000 亿帧/秒，连续观测图像序列 ≥ 6 帧/次；跨尺度柔性加工装备：复合材料切割/制孔损伤程度较传统加工降低一

个数量级，可加工尺度覆盖 $100\mu\text{m}\sim 5\text{m}$ ；三维复杂构件微细加工装备：多孔材料微锥加工锥顶锐度曲率半径 $\leq 10\mu\text{m}$ 。在大型卫星天线及太阳翼机构、惯性导航、微小卫星空间推进系统等关键构件上实现应用验证。

3.2 陶瓷多材料连续成形光固化增材制造技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：研究高固含量/低粘度陶瓷打印浆料流变机理与稳定性优化方法，攻克陶瓷光固化增材制造精度光散射调控技术。研发陶瓷多材料连续成形光固化增材制造技术与装备，开展高效加工策略与成形效能评估研究，开发材料—工艺—装备全链条性能评价方法。

考核指标：研发高固含量/低粘度陶瓷浆料及多材料连续成形光固化增材制造装备，陶瓷浆料固含量 $\geq 60\%$ ，粘度 $\leq 5\text{Pas}$ ，实现 ≥ 3 种陶瓷材料的一体化增材制造；增材制造多材料构件的尺寸 $\geq 150\text{mm}\times 100\text{mm}\times 300\text{mm}$ ，多材料最小典型结构特征尺寸精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ，增材制造效率 $\geq 100\text{cm}^3/\text{h}$ ；增材制造多材料陶瓷的致密度 $\geq 96\%$ ，断裂韧性 $\geq 10\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ；压缩应变 $\geq 4\%$ ；不少于 5 种增材制造多材料陶瓷制品在生物医疗、航空航天等领域应用验证，制定陶瓷多材料连续成形光固化增材制造的技术规范和标准 2 项。

3.3 大能量高重频脉冲激光智能清洗技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：研究纳秒脉冲能量输出能力提升的新方法，开展

大能量高重频脉冲激光光束控制、模式调控、高功率关断和多级放大等技术研究；揭示大能量纳秒脉冲激光高效高质清洗机制，攻克基于机器视觉的精确定位、智能选区、残留物快速识别、复杂曲面路径智能规划、双光束联动无缝无重叠拼接等关键技术，研制具备复杂曲面结构高效循环作业的激光智能化清洗成套工艺与装备。

考核指标：纳秒激光器：平均功率 $\geq 2\text{kW}$ ，单脉冲能量 $\geq 0.5\text{J}$ ，脉冲宽度 $\leq 100\text{ns}$ ，光束质量 $\leq 30\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 。激光清洗装备：单层清洗厚度 $\geq 50\mu\text{m}$ ，清洗效率 $\geq 80\text{m}^2/\text{h}$ ，清洗残留物自动识别时间（以复杂曲面构件、表面积 $>5\text{m}^2$ 为考核） $\leq 60\text{s}$ ，定位精度 $\leq 0.02\text{mm}$ ，识别率 $\geq 90\%$ ，在航天或航空领域清洗方面实现典型应用。

3.4 薄壁弱刚性构件激光电解复合高效铣削加工技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：针对薄壁弱刚性整体复杂构件制造瓶颈，研究气液环境下激光束流作用过程、超高电流密度电化学加工材料去除机制及成形规律；研究激光—电解复合铣削制造新方法，攻克复合能量场形性调控、束流流域设计等关键技术；研制大型构件激光—电解复合铣削加工装备。

考核指标：研制激光电解复合铣削加工装备：行程 $\geq 1500\text{mm}\times 1500\text{mm}\times 800\text{mm}$ ，加工构件单方向尺寸 $\geq 1000\text{mm}$ ，最薄壁厚 $\leq 1.5\text{mm}$ ，表面粗糙度 $\leq \text{Ra}1.6\mu\text{m}$ ，材料去除效率较机械铣削方法提高1倍以上（以尺寸精度优于 $\pm 0.1\text{mm}$ 考核），加工成本

降低 50%以上；建立典型薄壁弱刚性整体构件的激光电解复合加工工艺规范；在航空航天等领域中实现应用。

3.5 结构功能部件飞秒激光精密制造技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：针对航空航天等领域结构功能一体化部件精密制造的需求，揭示飞秒激光光束运动参量调控的微结构控形控性制造机制，研究制造结构的几何特征、质量对部件功能和服役性能的映射关系；发展“压敏、密封、润滑”等功能部件飞秒激光制造方法，攻克激光脉冲三维整形、内腔光束运动姿态参量控制等关键技术，研制飞秒激光制造成套工艺与装备。

考核指标：研制三维空间整形、内腔润滑结构飞秒激光加工头 2 类关键模块；研制结构功能一体化部件的飞秒激光精密制造装备：实现 3 类结构功能一体化部件的精密制造；压敏结构的加工深度尺寸误差 $\leq 2\mu\text{m}$ 、密封/润滑微结构尺寸误差 $\leq 2\mu\text{m}$ ；压敏元件的压力响应偏差缩小至 6%~7%、密封产品成型合格率提高至 90%、润滑产品摩擦系数降低 20%；实现在火箭等装备中的典型应用。

3.6 海洋装备水下原位高效增材修复技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：针对海洋装备在服役过程中的修复需求，研究适用于水下原位增材修复的专用材料；研发复杂水下环境空间重构、姿态感知和损伤区域快速三维测量技术与装备；研发水下空间约

束环境下的增材修复过程规划、组织性能调控、修复部位服役性能预测等技术；研究应急响应条件下的水下结构可修复性评价和修复方案智能决策方法；研发水下现场环境修复工艺和装备。

考核指标：建立现场作业要求的水下增材修复成套装备，可实现 ≥ 10 米水深状态下的现场修复，作业区域 $\geq 1\text{m}^2$ ，具备空间曲面构件仰面、立面的修复能力；损伤区域三维建模精度 $\leq \pm 0.2\text{mm}$ ，增材修复精度 $\leq \pm 0.5\text{mm}$ ；研发 ≥ 3 种水下增材修复专用材料，水下修复部位抗拉强度、冲击韧性及耐腐蚀性能 \geq 原件性能的90%；制定水下增材修复工艺及评价规范2项；在舰船或海工装备中应用验证。

3.7 大型点阵结构无支撑高效增材制造技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：研究面向增材制造的多功能大型点阵结构设计技术；研究点阵结构的无支撑高效增材制造、高性能连接、多层点阵夹芯结构制造、结构变形控制等关键技术；研究大型点阵夹芯结构的无损检测技术；研发规模化低成本高效增材制造装备。

考核指标：研制大型点阵结构多弧并行增材制造装备，打印头数量 ≥ 40 个，沉积效率 $\geq 5000\text{cm}^3/\text{h}$ ；点阵整体结构尺寸 $\geq 10\text{m}\times 4\text{m}\times 3\text{m}$ ，点阵规模 $\geq 10^4$ 量级，结构变形量 $\leq 2\text{mm}/\text{m}$ ；增材制造材料力学性能与锻造材料相当；在船舶、车辆等装备中实现应用验证，满足抗爆、抑振、降噪等需求，功能指标提升 $\geq 30\%$ ，减重 $\geq 30\%$ ；制定大型点阵结构设计与增材制造的软件、工艺、

检测和装备等标准规范。

3.8 大幅面纤维增强热塑性复合材料增材制造技术与装备 (共性关键技术类)

研究内容: 研究面向大型纤维增强热塑性复合材料构件的多丝束挤出增材制造成形机理及翘曲变形行为, 发展大型纤维增强热塑性复合材料构件设计方法, 攻克大型纤维增强热塑性复合材料增材制造的路径优化、多材料性能匹配、多工艺参数匹配、界面结合优化、成形精度控制等关键技术; 研究增材制造复合材料构件非降级回收再制造技术和构件的性能评价方法; 研制大型纤维增强热塑性复合材料构件增材制造装备。

考核指标: 研制纤维增强热塑性复合材料多丝束挤出增材制造装备, 成形尺寸 $\geq 4000\text{mm}\times 2000\text{mm}\times 1000\text{mm}$, 成形效率比单丝工艺提升5倍以上, 构件制造精度 $\leq 1\%$; 增材制造构件纤维质量分数 $\geq 55\%$, 层厚在 $0.1\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 可调, 层间剪切强度 $\geq 35\text{MPa}$; 回收再制造复合材料力学性能不低于回收前性能的90%; 在航空航天、轨道交通等领域应用验证, 制定大型纤维增强热塑性复合材料构件增材制造成形工艺标准和测试评价规范。

3.9 超强韧中熵合金构件增材/强化/减材复合制造(共性关键技术类)

研究内容: 研究适用于增材制造的超低温超高强韧中熵合金高通量设计与性能验证方法; 研究中熵合金在复合制造过程中形性调控机制与方法, 以及表面损伤动态演变机制及抑制理论, 研

发激光增材/强化/减材复合制造工艺与装备,研究复合制造中熵合金在室温、液氧和液氮超低温环境下的强韧化机制,以及疲劳断裂等性能评价方法;研究面向服役环境的复合制造中熵合金构件重复使用评估体系。

考核指标:形成不少于3种增材制造专用超高强韧中熵合金;研制激光增材/强化/减材复合制造装备,最大成形尺寸 $\geq 500\text{mm}$;复合制造中熵合金超低温环境下(以液氮温度考核)的屈服强度 $\geq 1300\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 30\%$ 、断裂韧性 $\geq 250\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 、冲击韧性 $\geq 100\text{J}$ 、疲劳强度 $\geq 550\text{MPa}$;复合制造关键结构表面粗糙度 $\leq \text{Ra}1.6\mu\text{m}$,制件局部残余应力 $\leq 100\text{MPa}$;复合制造最高效率 $\geq 300\text{cm}^3/\text{h}$;建立中熵合金复合制造工艺数据库 ≥ 3 套;典型构件可重复使用次数 ≥ 30 次(采用仿真分析、地面试验及热试车考核验证);在航天等领域实现应用验证,制定复合制造标准与低温服役性能评价技术规范 ≥ 5 项。

3.10 大型高性能结构件增等减材复合绿色智能制造(共性关键技术类)

研究内容:研究增材/等材/减材复合制造形性协同控制机理和增材/等材/减材一体化复合制造技术;研究复合制造工艺—组织—缺陷—性能的一体化映射关系,研发大型结构件综合力学性能、疲劳性能提升关键技术;发展全过程智能化在线质量监控系统,研发大型复合绿色智能化制造装备。

考核指标:研制可实现智能监控的大型增材/等材/减材复合

制造装备，构件最大成形尺寸 $\geq 5000\text{mm}$ ，制造精度 $\leq \pm 0.01\text{mm}/1000\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra \leq 1.6\mu\text{m}$ ，成形效率 $\geq 500\text{cm}^3/\text{h}$ ，设备平均无故障工作时间 $\geq 2400\text{h}$ ；相比传统制造方式，复合增材制造综合能耗降低60%以上；复合增材制造高温合金、钛合金等构件的疲劳性能不低于同成分锻件；对尺寸 $>0.01\text{mm}$ 缺陷的在线检测灵敏度 $\geq 90\%$ ，处理响应时间 $\leq 500\text{ms}$ ；完成 ≥ 2 类大型结构件复合增材制造，在航空航天、船舶海洋、核能电力等重点行业实现应用验证，制定技术标准或规范不少于2项。

4. 典型应用示范

4.1 无人机十米级机身承力结构整体化增材制造示范应用 (应用示范类)

研究内容：针对高性能大型无人机研制需求，研究基于增材制造的大尺寸机身关键构件一体化设计方法；突破大尺寸精密复杂构件增材制造跨尺度形性主动调控及后处理关键技术；研究增材制造大尺寸机身整体构件无损检测评价关键技术；建立基于增材制造的大尺寸机身整体构件“材料—设计—工艺—检测—评价”全流程技术体系。

考核指标：增材制造大尺寸机身整体构件一体化设计后的零件数量减少 $\geq 25\%$ 、减重 $\geq 20\%$ 、制造周期缩短 $\geq 50\%$ 、综合制造成本降低 $\geq 50\%$ ；定向能量沉积一体化成形零件最大尺寸 $\geq 3500\text{mm} \times 2000\text{mm} \times 350\text{mm}$ ，且变形量 $\leq 0.3\text{mm}/100\text{mm}$ ；粉末床熔融成型零件尺寸 $\geq 1000\text{mm}$ ，且变形量 $\leq 0.1\text{mm}/100\text{mm}$ ；无人机

组合件最大尺寸 $\geq 8000\text{mm}\times 3000\text{mm}\times 500\text{mm}$ ；增材制造构件综合力学性能达到同牌号合金锻件标准要求，多批次静强度性能统计变异系数 $\leq 5\%$ ；幅面 $\geq 12\text{m}\times 9\text{m}$ 的全尺寸无人机通过静力考核和飞行演示验证，航速 $\geq 0.7\text{Ma}$ ；制定基于增材制造的大尺寸机身整体构件的设计方法、工艺规范及评价标准 ≥ 10 项。

4.2 多材料功能梯度结构增材制造在无人潜航器领域应用示范（应用示范类）

研究内容：针对万米深海无人潜航器应用需求，研究面向增材制造的无人潜航器多材料轻型耐压壳体的仿生优化设计方法，包括无人潜航器壳体仿生结构、多材料梯度耐压结构、壳体外表面防生物附着结构等设计方法；研究高分子、陶瓷、金属等多材料增材制造工艺及形性控制方法；研发无人潜航器多材料一体化智能增材制造装备，包括金属及高分子材料增减材一体化装备，陶瓷材料高效增材制造装备；研究高分子、陶瓷、金属等多材料一体化增材制造构件的检测技术和评价方法。

考核指标：研制适应万米深海无人潜航器快速开发、柔性制造的陶瓷材料、高强度高分子材料、金属材料增材制造一体化技术和装备，成形尺寸 $\geq \Phi 250\text{mm}\times 750\text{mm}$ ，制造精度 $\leq 0.05\text{mm}$ ；增材制造的一体化耐压壳体尺寸 $\geq \Phi 250\text{mm}\times 1500\text{mm}$ ，相比传统金属壳体减重 $\geq 20\%$ ，研制周期缩短 $\geq 50\%$ ，满足 110MPa 静水压力测试无渗漏、无破损、无变形要求；研制应用增材制造耐压壳体的无人潜航器1套，重量 $< 400\text{kg}$ ，实现 ≥ 5 次的大深度（ $>$

10000 米)连续剖面下潜应用验证;制定基于增材制造的一体化耐压壳体设计、制造、检测规范及考核评价标准 ≥ 10 项。

4.3 大型关重结构件激光高效高稳定增材制造工程应用示范 (应用示范类)

研究内容:研究面向规模化生产的大型关重结构件高效高精度激光增材制造材料、工艺稳定性控制方法与技术体系;研究质量性能一致性控制、检测和评价方法;研究激光增材制造典型材料关键力学性能许用值和数据库;研发面向规模化生产的高效高精度成套装备。

考核指标:研制大型关重结构件激光增材制造工程化装备,沉积效率 $\geq 10\text{kg/h}$ (钛合金),粉末一次利用率 $\geq 90\%$,最大成形能力 $\geq 6000\text{mm}\times 3000\text{mm}\times 3000\text{mm}$,变形量 $\leq 1\text{mm}/1000\text{mm}$;在95%置信度水平下,所制造构件超声多批次检验统计内部缺陷 $\leq \Phi 0.6\text{mm}$ 当量平底孔;形成不少于3类材料的激光增材制造工艺和性能数据库,增材结构静强度与锻件典型值相当,冲击韧性提高50%以上,多批次静强度性能统计变异系数 $\leq 3\%$;在国家重大装备中形成 ≥ 5 例的大型关重件批量工程应用,技术就绪度9级;制定激光增材制造大型结构件工艺、设备、材料、检测与评价成套标准规范 ≥ 10 项。

4.4 内部精细流道增材制造在空间推进领域应用示范 (应用示范类)

研究内容:开展基于增材制造的空间推进系统集成化、轻量

化和模块化设计研究，研发基于增材制造空间推进系统的流—固—力—热多物理场耦合一体化设计方法及增材制造技术；研究小尺寸复杂内流道成形、内表面加工及质量控制、薄壁耐压结构成形质量控制及后续加工处理等关键技术；研究增材制造空间推进系统的检测方法及评价标准。

考核指标：增材制造空间推进系统尺寸 $\geq 250\text{mm}\times 100\text{mm}\times 150\text{mm}$ ，总冲量 $\geq 3000\text{N}\cdot\text{s}$ ，流体通道最小内径 $\leq 1\text{mm}$ ，内表面粗糙度 $\leq \text{Ra}1.6\mu\text{m}$ ，耐压 $\geq 3\text{MPa}$ ；增材制造空间推进系统工作性能指标优于传统技术制造的同类系统，并实现减重 $\geq 20\%$ ，研制周期缩短 $\geq 50\%$ ，成本降低 $\geq 20\%$ ；通过装机考核，并在航天等领域实现示范应用；制定基于增材制造的空间推进系统设计方法、工艺规范及考核评价标准 ≥ 10 项。

4.5 高品质激光剥离与解键合在电子制造领域应用示范（应用示范类）

研究内容：针对 Micro-LED 显示、超薄晶圆封装中的激光剥离、解键合等制造技术瓶颈，研究紫外和深紫外光束传输与空间整形、光斑形貌与能量监控以及焦点跟随等关键技术；研究可减少器件损伤的激光剥离、解键合方法与加工工艺；研发光束整形器、焦点跟随等核心功能模块；开发 Micro-LED 显示激光剥离装备、超薄晶圆紫外激光解键合装备，研究成套工艺。

考核指标：研制 Micro-LED 显示激光剥离装备：光束整形器光斑能量分布均匀性 $\geq 95\%$ ，最大加工直径 150mm 、良率 \geq

99.9%；研制超薄晶圆紫外激光解键合装备：最大加工直径300mm、焦点跟随精度 $\leq 5\mu\text{m}$ 、加工效率 ≤ 60 秒/片（300mm）、晶圆破片率 $\leq 0.1\%$ ；实现激光剥离、解键合装备小批量生产，并在新型显示、先进封装等2个领域建立应用示范生产线，实现不少于5台的销售。

4.6 科技型中小企业技术创新应用示范(科技型中小企业项目)

研究内容：面向增材制造与激光制造领域不断涌现的新兴产业增长点，开展个性化医疗器械制造、医疗植入物表面微功能结构制造、光纤微纳传感器制造、光子/电子器件制造、印制电路板（PCB）增材制造等新兴增材制造与激光制造技术的产业化应用研究，发展新兴技术商业化装备，实现创新型构件或器件的小批量或个性化定制生产；开展具有产业新增长潜力的前沿新技术产业化研究，实现颠覆性创新新技术产业化应用。

考核指标：由科技型中小企业自行提出，要求达到同类技术和产品的国内领先水平；要求形成原型装备或产品；提交证明该技术和产品先进性和实用性的证明性文件，包括设计报告、分析报告、技术测试报告、第三方检测报告、查新报告等；申请/获得不少于2项核心技术发明专利。

有关说明：科技型中小企业牵头申报，可参考指南支持方向组织项目申报，但不受研究内容和考核指标限制。其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。拟支持项目数不超过5个。

“增材制造与激光制造”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

(1) 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。

(2) 科技型中小企业项目不再下设课题, 项目参与单位总数不超过2家, 科技型中小企业标准参照科技部、财政部、国

家税务总局印发的《科技型中小企业评价办法》（国科发政〔2017〕115号）。

本专项形式审查责任人：陈智立

“智能机器人”重点专项 2022 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“智能机器人”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：构建适合我国国情的智能机器人技术体系，推动技术与产品持续创新；实现产业链高级化、产品与系统应用高端化，推动我国机器人技术与产业高质量发展；支撑国民经济主战场、国家重大需求、人民生命健康等相关行业/领域自主发展。

2022 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕基础前沿技术、共性关键技术、工业机器人、服务机器人、特种机器人等 5 个技术方向，拟启动 25 项指南任务，拟安排国拨经费 3.15 亿元。其中，围绕基础前沿技术方向，拟部署青年科学家指南任务 1 项，拟安排国拨经费 1000 万元，每个项目 200 万元，拟支持青年科学家项目数不超过 5 项。

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1984年1月1日以后出生，女性应为1982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 机器人结构—功能—性能一体化设计理论(基础研究类)

研究内容：面向复杂环境机器人自适应运动需求，研究结构—功能—性能一体化设计中的机构综合设计以及运动与力分析理论，揭示机器人功能生成、多构态转换、动态性能演变的内在机理，形成设计—力学—材料—制造—运行全过程协同的机器人设计制造与驱控运维理论。研制机器人原理样机，能够根据外界环境通过机构重构自主变换结构，实现不同环境下的运动操作，结合典型需求开展实验验证。

考核指标：研制机器人原理样机，通过单一结构/机构构型的主/被动调控，在不少于4类工作环境下验证环境适应能力与运动操作功能。至少有2项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.2 可控型跨介质生机融合机器人（基础研究类）

研究内容：面向生命系统和机电系统深度融合的学科前沿，研究可控型跨介质融合机器人基础理论与实现方法，探索生物神经反馈和运动控制机制与模型理论，发展基于神经信号传递模式的生物机电跨介质一体化双向接口技术，研究内嵌式多模运动信息传感与在线检测方法，构建神经—肌肉—机电融合的跨介质生机系统和实验平台，开展实时反馈下的精确驱动控制实验验证。

考核指标：构建可控型跨介质融合机器人系统，具备生物神经响应机制，准确率 $\geq 70\%$ ，基于内嵌式传感形变量检测误差 $\leq 5\%$ ，在不少于3种场景下进行实时反馈运动控制验证。至少有2项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.3 生机电系统交互控制与行为融合（基础研究类）

研究内容：针对生机电交互信息模态单一、难以解析问题，研究肌电、肌声、血流、血氧等生理信息与力、位姿等物理信息的同步测量与多模态融合方法，探索混合超声和电刺激影响人体运动与感觉的反馈作用机制，研制多功能集成柔性双向神经肌肉

接口装置，构建具有人机协同运动功能的生机电系统交互控制实验平台，实现人在回路的精准意图识别理解和运动行为融合，面向典型需求开展实验验证。

考核指标：研制柔性双向肌肉接口装置，具有物理信号和生理信号同步检测功能，能够实现三维力、温度、肌声、肌电的原位同步测量和超声刺激功能，超声刺激空间分辨率 ≤ 8 毫米；人机交互意图识别率 $\geq 90\%$ ；构建生机电系统交互控制实验平台，行走速度 ≥ 1.6 米/秒，实现3种以上场景人机融合的典型应用。至少有2项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.4 多机器人协同全域感知技术（基础研究类）

研究内容：针对传统机器人感知受限等问题，研究机器人、环境、地理、社交等信息融合的全域场景感知和模型表示方法，多机器人集群智能的涌现与反馈机制，多类型信息跨域匹配和交叉融合，全域感知支撑下的多机器人导航定位、目标检测跟踪、交互决策等关键技术；构建多机器人协同的全域感知与智能决策系统，并进行典型应用验证。

考核指标：研制多机器人集群的全域感知与智能决策系统，实现不少于3类跨域信息的感知融合，在不少于2个典型场景实现应用验证，每个场景机器人不少于5种10台套。至少有2项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.5 机器人技能学习与智能发育（基础研究类）

研究内容：针对机器人复杂任务智能作业及摆脱人工编程便捷应用的迫切需求，研究灵巧作业臂一手的建模规划与精确控制，复杂场景物体多模感知与操作，复杂作业技能知识表达与学习，作业技能复现优化、累积泛化、迁移应用等关键技术；研制基于灵巧作业手的机器人技能学习发育系统与平台，开展实验验证。

考核指标：灵巧作业手具有力、位/触觉等多种感知能力，可执行操作动作不少于5种，可操作物体不少于5类；机器人技能学习发育系统与平台可支持人机交互技能传递和自主发育，可实现不少于5种复杂操作技能学习，可实现工具功能理解与自主使用；开展3个以上针对同类但未见对象的场景实验验证，并无需重新编程，展现泛化应用能力。至少有2项技术/系统实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.6 高原复杂环境高机动轮足仿生机器人（基础研究类）

研究内容：面向高原山地对机器人高通过能力的需求，研究轮足复合功能结构一体化设计、多传感器融合感知、敏捷步态与稳定性控制、轮足复合行为规划与决策等方法，突破复杂环境高速建模、自主攀爬/敏捷跳跃/全向移动行为控制、组合运动模式自主生成与切换等关键技术，研制高机动轮足仿生机器人样机，实现高原山地典型环境下的轮足复合敏捷运动，并开展实验验证。

考核指标：研制高机动轮足仿生机器人，具备高原山地环境

适应能力，支持轮式、足式、轮足复合等不少于3种运动模式，可形成不少于4种组合行为，可实现壕沟台阶、垂直障碍、泥泞地、陡坡爬坡等地形快速跨越；自重 ≤ 350 千克，载重 ≥ 200 千克；轮式运动速度 ≥ 30 千米/小时，爬坡度 ≥ 45 度；足式运动垂直越障 ≥ 1 米，跳跃距离 ≥ 2 米。至少有2项先进前沿技术实现首创或达到同类技术的国际领先水平，并提供佐证材料；申请/获得不少于5项发明专利。

1.7 新概念机器人系统创成（青年科学家项目）

研究内容：围绕国家需求场景，针对基于材料、生命、化学、物理、脑科学、纳米等多学科与机器人的交叉融合，研究提升机器人环境适应能力、任务作业能力或智能决策能力的新原理、新方法、新形态，开展创新设计，实现新概念机器人系统创成。

考核指标：形成具有原创性的新概念机器人系统样机，展示在国家需求中的潜在应用，具体任务目标和系统考核指标由申报项目自主设计。相对于领域已有技术，至少1项单项技术在提升机器人环境适应能力、任务作业能力或智能决策能力上具有突破性创新。申请/获得不少于5项发明专利。

有关说明：拟支持项目数不超过5项。

2. 共性关键技术

2.1 机器人核心零部件性能提升与应用（共性关键技术类）

研究内容：面向机器人核心零部件性能提升需求，开展机器人精密减速器精度保持性、可靠性设计与优化技术研究，突破齿

形优化设计与高精度加工工艺；研究机器人控制器性能与可扩展性等设计，突破控制器动力学轨迹规划、高速振动抑制、高性能插补、高性能力控等核心算法；研究高品质高功率密度驱动器、伺服电机性能优化设计，突破驱动器、伺服电机转矩脉动与扰动抑制等关键技术；研制出具有国际同类产品先进水平的机器人核心零部件，并实现推广应用。

考核指标：建立与国外同类产品对标的指标体系，控制器、伺服电机与驱动器、减速器性能及一致性达到同类产品国际先进水平；机器人用精密行星摆线（RV）减速器额定寿命优于 10000 小时，寿命期间齿隙精度 ≤ 1 弧分，角传动精度 ≤ 1 弧分；谐波减速器额定寿命优于 10000 小时，寿命期间 K1 刚度下降 $\leq 50\%$ ，双向角传动精度 ≤ 40 弧秒；伺服电机及驱动器平均无故障时间优于 30000 小时，全系具备 3 倍以上过载能力和 ≥ 5000 转/分的速度，齿槽转矩波动 $< 1\%$ ；控制器平均无故障时间优于 10000 小时，具备动力学模型辨识、控制与规划功能，辨识精度 $\geq 90\%$ ，跟踪误差 ≤ 0.004 电机圈，支持 9 轴插补及多机协同插补，支持附加轴共 16 轴联动；申请/获得不少于 10 项发明专利，并形成不少于 2 万套本体配套。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

2.2 多关节型工业机器人整机性能优化与应用（共性关键技术类）

研究内容：针对我国 6 自由度关节型工业机器人整机性能提

升的迫切需求，开展机器人轻量化设计，整机高速、高负载、高精度动力学设计与控制，离线编程与免示教部署等研究，突破机电耦合参数标定与位姿误差补偿、变惯量高速振动抑制等关键技术，提升国产工业机器人精度、静动态性能和易用性，使典型负载能力国产 6 自由度关节型工业机器人产品性能指标达到国际同类产品先进水平。

考核指标：建立与国外同类产品对标的指标体系，系列机器人负载可覆盖 6~1000 千克，机器人直线/圆弧在 500 毫米/秒速度下绝对轨迹精度优于 ± 0.2 毫米，各速度段下运动轨迹偏差不高于 1 毫米，全空间下轨迹重复精度优于 ± 0.08 毫米，运动过程无肉眼可见过冲、抖动，到位 0.1 毫米内定位稳定时间优于 0.3 秒，关节最大转矩利用率超过 90%；在不少于 5 家国产工业机器人骨干企业实现其典型负载能力的 6 自由度关节型工业机器人产品性能指标达到国际同类产品先进水平，并实现整机销售 2 万台套以上。申请/获得不少于 10 项发明专利。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

2.3 工业机器人工艺应用程序集成开发平台(共性关键技术类)

研究内容：针对工业机器人高端行业应用工艺不足的问题，研究焊接中的电弧实时跟踪、激光焊缝定位与跟踪，装配、钻铆及磨抛等接触应用中的力控及补偿，喷涂流量精确控制及路径规划等工艺与技术，突破工艺规则与工艺参数的智能学习优化，智能工艺数据中台及虚拟仿真等关键技术。研发工业机器人工艺应

用程序集成开发平台，针对焊接、喷涂、打磨、抛光、装配等典型场景需求开展应用验证。

考核指标：研发工业机器人工艺应用程序集成开发平台，包含智能工艺规划、数据中台、虚拟仿真平台等，支持包括焊接、喷涂、打磨、抛光、装配在内的不少于6种典型工艺，模拟和仿真的准确率不低于95%；支持不少于10000笔交互的并发操作，支持不低于1亿级别的海量数据吞吐，同时支持在线用户不小于1000人；在不少于3个高端领域、不少于5家重点企业推广应用，销量不少于500套。申请/获得不少于10项发明专利/软件著作权。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于2:1。

2.4 工业机器人智能操作系统（共性关键技术类）

研究内容：针对现有机器人操作系统的开放性低、兼容性差、实时性差、使用门槛高等问题，开展开放式与分布式网络控制系统架构设计、机器人通用构型运动控制与动态轨迹规划、适应用户行为模式的自学习、工艺应用集成与兼容性移植等研究，突破系统多任务并行实时处理、高可靠性网络控制与信息安全传输、系统多感知融合与机器人控制安全等关键技术，开发工业机器人智能操作系统，开展应用验证。

考核指标：研发通用型工业机器人智能操作系统，具备至少1个2毫秒内的实时任务接口；系统内集成应用算法库，算法平均耗时<50毫秒；支持不少于3种构型机器人的配置、使用，具备运动学/动力学/轨迹规划二次开发环境和接口；网络同步时钟

抖动 ≤ 1 微秒,各节点最小控制周期 ≤ 1 毫秒,网络带宽可达 1000 兆比特/秒;在不少于 2 个典型场景实现应用验证,在国产机器人规模化配套应用不少于 2000 套;申请/获得不少于 10 项发明专利。

有关说明:企业牵头,配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

3. 工业机器人

3.1 高铁白车身涂装全流程机器人自动化生产线及应用示范 (应用示范类)

研究内容:面向高铁、地铁等轨道交通车辆白车身涂装作业需求,开展车体自动定位与测量技术,自动喷砂、底漆/腻子/中涂漆/面漆等机器人自动喷涂、腻子/油漆机器人自适应打磨工艺等研究,突破高精高效校准与测量、喷涂作业规划、自适应力控制、弱特征涂层缺陷自动识别等关键技术,研制车体机器人自动涂装系统,构建轨道交通车辆涂装机器人自动化生产线,并开展应用示范。

考核指标:研制车身高精高效视觉测量系统,测量分辨率优于 0.05 毫米(深度方向)、测量效率 ≥ 4.7 平方米/分钟。建成国产机器人全流程作业自动化生产线 1 条,包含自动喷砂、腻子喷涂、涂层打磨、油漆喷涂、涂层质量自动检测等机器人作业系统 10 套以上,实现喷砂效率 ≥ 150 平方米/小时,打磨效率 ≥ 40 平方米/小时,油漆喷涂效率 ≥ 200 平方米/小时,车体平整度优于 0.5 毫米/米,车体表面腻子和油漆的自动化作业覆盖率 $\geq 95\%$,作业效率比人工提升 20%以上。申请/获得不少于 10 项发明专利、3 项软件著作权,制定企业标准不少于 2 项。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

3.2 动力电池组多机器人柔性集成制造系统及应用示范（应用示范类）

研究内容：面向新能源汽车电池包多品种批量制造中装配、焊接、涂胶、紧固等复杂工艺需求，研究电池模组自动焊接、箱体自动涂胶、紧固件人机协同作业、多品种混排敏捷生产等关键技术，研制动力电池包装配、焊接、涂胶、紧固等机器人工作站与柔性物流系统，构建多品类动力电池包机器人协同作业柔性制造系统，开展应用示范。

考核指标：研制动力电池组多机器人柔性集成制造系统，包括装配、焊接、涂胶、紧固、测试等机器人柔性作业单元工作站。焊接定位误差优于 ± 0.1 毫米，紧固件扭矩误差 $\leq \pm 5\%$ ；柔性制造系统生产节拍 20 工作量/小时，能力指数 $CMK \geq 1.67$ ，综合利用率不低于 90%，年产能不低于 10 万套，兼容不少于 3 种新能源汽车电池包产品型号；开展不少于 3 条生产线的应用示范，每条线所应用的国产机器人数量不少于 3 类 50 台。申请/获得不少于 10 项发明专利/软件著作权，制定相关技术标准不少于 2 项。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

3.3 面向织材行业的机器人自动化生产线及应用示范（应用示范类）

研究内容：针对我国织材行业作业对象复杂、自动化水平低、劳动强度大、招工难等问题，开展面向民用机织生产的机器人化

理纱、找纱头、挂纱、上下轴，面向工业用立体织造生产的机器人化辅助复杂立体织造、上下筒（轴）、织物运装与整理，面向医卫用非织造布生产的机器人化排包、在线检测、分拣、后整理等关键技术研究；突破织材作业机器人专用自适应末端执行器设计，受限空间大负载织轴转运与灵巧操作，织物缺陷检测与实时处置等关键技术；研制系列织材作业专用机器人，实现机器人化工艺集成与信息化管理，研制面向织材复杂生产流程的机器人自动化生产系统，开展应用验证。

考核指标：研制面向织材行业的国产机器人自动化生产线，具有质量检测、故障检测、流程信息化、数据可追溯等功能。机器人专用末端执行器可适应内径 24~60 毫米的纱管，织轴转运负载可达 1.5 吨，实现医卫用非织造布无菌、无人污染的作业模式，在线检测速度达到 240 米/分钟。生产线筒子纱挂纱效率可达 700 个/小时，上下织轴直径可达 1.2 米，分拣布卷效率可达 4 盘/分钟。生产线自动化率不小于 90%，平均无故障时间大于 8000 小时，减少用工 25% 以上；面向民用/工业/医卫等行业开展不少于 3 条国产机器人自动化生产线的应用示范，且每条产线均不少于 10 台机器人应用（含项目研究开发的纺织专用机器人）；申请/获得不少于 10 项发明专利。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

4. 服务机器人

4.1 辅助脊柱椎板切除手术机器人系统产品研发（应用示范类）

研究内容：面向椎板减压手术机器人对易用性、可靠性、稳

定性以及临床适应性等需求，研究椎板减压手术机器人的自主规划、人机协同、安全有效的局部自主操作等关键技术，提升人机交互性能和手术智能化水平。研究机器人临床操作规范与手术室兼容性设计，建立椎板切除机器人手术临床评价方法，提升临床适应性。完成药监局规定的产品检测与临床试验，实现产品化。

考核指标：辅助脊柱椎板切除手术机器人整机系统获得三类医疗器械许可证；实现机器人自动规划和局部自主操作，切除效果与术前手术规划相比体积相差 $\leq 5\%$ ；建立手术效果评估体系，术后感知功能及视觉模拟评分法（VAS）评分明显改善；申请/获得不少于5项发明专利，在不少于5家医院开展不少于60例临床示范应用，产品技术就绪度 ≥ 8 级。

有关说明：企业或者医院牵头，配套经费与国拨经费比例不少于2:1。

4.2 肺部等软组织穿刺手术机器人系统产品研发(应用示范类)

研究内容：研究穿刺诊疗手术机器人的易用性、稳定性以及临床适应性等内容，提升产品临床手术能力；突破手术机器人高可靠性、高安全性保障技术，实现整机可靠性设计；研究面向肺部、肝脏、肾脏等胸腹腔穿刺的临床操作规范与手术室兼容性设计，提升临床适应性。完成药监局规定的产品检测与临床试验，开展机器人系统操作规范、临床诊疗规范研究，并形成产品配置方案，实现产品化。

考核指标：肺穿刺手术机器人整机系统取得三类医疗器械注

册许可证，在不少于 5 家医院开展不少于 60 例临床示范应用；可实现肺、肝脏、肾脏等软组织器官的精准穿刺，目标靶直径 ≤ 8 毫米，穿刺一次进针到位率 $\geq 90\%$ ，一次调针到位率 $\geq 99\%$ ，CT 扫描次数 ≤ 3 次；穿刺定位机构可携带取样针、消融针等不少于 2 种穿刺工具；完成规定的临床试验例数，形成临床试验报告；申请/获得不少于 5 项发明专利；产品技术就绪度 ≥ 8 级。

有关说明：企业或者医院牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

4.3 脑神经介入核磁兼容穿刺机器人技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：面向脑神经功能性疾病核磁引导下高精度介入手术的临床需求，研究核磁兼容脑神经介入机器人系统设计、核磁影像处理与实时导航、脑神经介入手术设计与穿刺针三维路径规划、精准控制与安全保障技术，研制面向脑神经介入的核磁兼容穿刺机器人样机系统，开展动物、人体标本实验验证。

考核指标：脑神经介入穿刺机器人系统与核磁扫描机兼容，可在 3 特斯拉磁场下工作，自由度 ≥ 7 ，满足远心运动（RCM）条件；机器人末端重复定位精度优于 ± 0.3 毫米；穿刺针直径 ≤ 2.0 毫米；末端力感知分辨率优于 0.5 牛顿、量程 ≥ 5 牛顿；核磁影像导航下，穿刺针在体内定位精度优于 1.0 毫米；完成核磁导航下 10 例活体动物及 5 例人体标本的系统功能验证。系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于 5 项发明专利。

4.4 眼底显微注射手术机器人技术与系统(共性关键技术类)

研究内容: 面向眼底疾病精准显微注射的临床需求, 开展封闭眼球狭小空间内显微注射机器人机构研究, 实现微创条件下的精准、灵活操作; 研究光学相干断层扫描(OCT)与显微影像融合技术, 实现精准靶向定位; 研究基于多模态信息感知的操作状态认知、医生意图理解, 构建人一机共享的智能交互体系; 研究复杂软组织机器人精准微注射技术, 实现眼底显微精准注射; 研究基于虚拟约束的主从操作技术, 提升机器人手术操作的安全性。研制机器人辅助眼底显微注射手术系统, 制定手术操作规范, 建立手术评估方法, 完成动物实验验证。

考核指标: 研制眼底显微注射手术机器人系统, 微注射的穿刺运动分辨率优于2微米, 穿刺力感知灵敏度优于5毫牛, 穿刺针的直径 ≤ 80 微米; 显微镜下图像目标识别精度优于10微米, OCT探针直径 ≤ 200 微米, 并集成于手术器械; 完成机器人辅助眼底视网膜血管和视网膜下药物注射动物实验不少于10例, 成功率 $\geq 90\%$, 建立机器人手术操作流程及规范; 系统技术就绪度 ≥ 7 级; 申请/获得不少于5项发明专利。

4.5 经皮脊柱内镜手术机器人技术及系统(共性关键技术类)

研究内容: 面向经皮脊柱内镜手术空间狭小、操作灵活性不足、手术风险高等问题, 研究适应于脊柱内镜手术操作需求的刚柔耦合机器人机构、狭窄水环境下的多源信息感知与影像融合、视觉增强引导与人机协同安全控制等关键技术; 研制狭小空间脊

柱内镜操作机器人系统，实现脊柱内镜下剥离、探查、夹持、烧灼、切削等手术操作功能，建立机器人手术操作流程及规范，开展实验验证。

考核指标：研制经皮脊柱内镜手术机器人系统，实现内镜下剥离、探查、夹持、烧灼、切削等灵巧精细操作；手术通道直径 ≤ 10 毫米，末端自由度 ≥ 5 ，活动范围 $\geq 30 \times 20 \times 20$ 立方毫米，末端负载 ≥ 5 牛顿，操作误差 ≤ 0.5 毫米，主从操作响应时间 ≤ 100 毫秒；完成动物实验10例，标本手术实验5例，成功率优于90%；系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于5项发明专利。

4.6 中医智能针灸机器人技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：针对针灸治疗规范化智能化的迫切需求，研究模拟提插/捻转等专家针灸手法操作的机器人灵巧机构、机器人仿人针灸操作的状态感知与精细控制、针灸穴位在影像引导下的数字化建模及自动辨识、针灸穴位的自动定位规划等关键技术，研究基于专家经验的行针手法量化表征，构建不同疾病行针手法数据库，建立安全性与有效性量化评估方法。研制中医智能针灸机器人系统，实现动物与人体应用验证。

考核指标：研制自主针灸机器人系统，适应症包含神经损伤、尿失禁、疼痛治疗等；基于解剖特征的穴位自主定位精度优于1毫米；进针深度精度优于1毫米；扭转角度在0~3600度之间准确控制，误差小于3度；提插深度在0~100毫米之间准确控制，误差小于3毫米；力感知的检测精度优于0.5牛顿；穿

刺失败率 $\leq 0.5\%$ ；构建人体穴位知识图谱；形成机器人针灸操作的流程及规范；动物实验验证不少于10例，临床实验验证不少于20例；系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于5项发明专利。

4.7 危重病获得性衰弱康复机器人技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：针对重症获得性衰弱患者康复过程中存在的交流障碍、呼吸功能衰弱、神经肌肉功能障碍、肢体运动功能衰退等问题，研究视觉、触觉、电生理、超声等多模态信息融合的交互技术，实现患者认知状态识别、行为意图理解与人机交互控制；研究辅助呼吸康复评估与治疗技术、精准电刺激的肌肉功能恢复方法、可变构型机器人创成方法，研制重症获得性衰弱患者康复机器人，实现患者呼吸—运动一体化协同康复，基于脑肌电等生理参数及呼吸、运动参数建立康复量化评估系统。

考核指标：可穿戴系统可采集脑电、肌电、超声等生理与形态信息，支持脑肌电、表情等自然交互方式；认知状态、意图识别种类 ≥ 20 种，识别正确率 $\geq 90\%$ ；机器人平台支持患者完成自主呼吸康复训练，可利用电刺激促进肌肉功能的恢复；可辅助患者完成坐站体位自主转换、辅助自平衡行走，主动驱动自由度 ≥ 12 ；建立康复安全性及量化评估体系；完成患者临床试验不少于5例；系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于5项发明专利。

4.8 卧床老人二便能力增强训练与清洁护理机器人系统（共性关键技术类）

研究内容：针对失能老人易失禁、卧床排便难、护理难等问题，研究排便能力的评估与增强训练方法，研制排便能力增强训练机器人，具有自主诊断评估、个性化康复处方生成、康复训练与效果评估等功能；突破排便意图监测、人体位姿识别与定位、人机接触力控制、臀部清洗机器人操控、系统舒适性安全性设计等关键技术，研发二便护理机器人；构建卧床老人排便能力增强训练与清洁护理机器人系统，开展应用验证。

考核指标：研制卧床老人排便能力增强训练与清洁护理机器人系统，具备排便能力评估与增强训练、便意监测、排便辅助、自动清洁消毒、二便收集处理等功能，进行不少于 30 例的应用验证；二便监测预警准确率不低于 95%，排便能力训练模块支持 3 种以上的训练模式，训练后排便与排尿能力提升 20%；增强训练人机交互作用力控制误差 ≤ 0.5 牛顿；系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于 5 项发明专利。

4.9 单孔心脏外科手术机器人技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：面向复杂心脏外科小空间、高风险、高精度手术的难题，研究狭窄空间下机器人机构构型与末端执行器设计，满足手术操作要求；研究高精度多维力感知技术，实现手术操作的精准力反馈；研究基于图像信息的手术目标精准识别，实现术区的实时动态跟踪控制；研究主从、协作等手术模式，拓展医生手

术能力。研制单孔心脏外科手术机器人原型样机系统，实现乳内动脉获取以及二尖瓣手术等典型心脏手术操作，建立机器人手术操作流程及规范，开展动物实验验证。

考核指标：研制单孔心脏外科手术机器人系统，具有柔性灵活的末端手术执行器，能够实现乳内动脉获取、二尖瓣手术等心脏外科手术；单孔通道直径 ≤ 30 毫米，可同时容纳的能量器械与多功能器械数量 ≥ 3 ；手术执行器末端自由度 ≥ 6 ；手术执行器定位精度 ≤ 1 毫米；手术执行臂末端有效操作力 ≥ 3 牛顿；力感知精度优于 0.1 牛顿；完成动物实验 10 例，成功率优于 90% ；系统技术就绪度 ≥ 7 级；申请/获得不少于 5 项发明专利。

5. 特种机器人

5.1 大型水电站坝体水下智能缺陷检测机器人系统（共性关键技术类）

研究内容：针对大型水电站大深度水下坝体的表面缺陷检测问题，开展水下检测机器人轻量化结构设计、惯性自主定位导航技术、坝体缺陷测量与识别、水下抗扰运动控制、水下供电与通信、遥操作与局部自主融合等关键技术研究，研制大型水电站坝体水下智能缺陷检测机器人，满足水下坝体的水平面、直立面和斜坡面等多种工况检测要求，实现水电站水下坝体大范围裂缝、掉块、露筋等表面缺陷检查、缺陷定位、缺陷尺寸测量及数据记录分析等功能，并开展应用验证。

考核指标：研制大型水电站坝体水下智能缺陷检测机器人，

实现水下机器人悬停、定深/定高/定向/定速等运动，最大工作水深 ≥ 300 米，方向定位精度优于 1 度，距离定位精度优于斜距 0.5%，深度定位精度优于 0.05%，速度估计精度优于 0.5%，整机水下综合抗流能力不小于 2 节，正向抗流能力不小于 3 节；集成高清摄像机、图像声纳、水声定位、激光扫描仪等多功能任务模块，实现裂缝、掉块、露筋等缺陷检测，缺陷测量面积误差 $\leq 5\%$ 、体积误差 $\leq 10\%$ ，缺陷定位误差不超过 0.5 米；系统技术就绪度 ≥ 7 级。在三峡大坝等重大工程中开展应用验证。申请/获得不少于 10 项发明专利。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

5.2 Mini LED 巨量转移用高速机器人关键技术与应用示范 (应用示范类)

研究内容：面向新型显示面板 Mini LED 巨量转移技术瓶颈，研究 Mini LED 一次性、高速、精准、稳定的巨量转移方法；研究超高速、高精度、高频率的间歇运动转移机器人轻量化设计、多源误差传递与补偿、交变载荷下疲劳寿命设计、高频激励下系统抑振等关键技术；研究巨量转移机器人的几何误差特性，多源误差复合作用下误差测量与补偿技术；研究转移策略、工艺参数与综合效率、精度的关系，突破高效低漏固工艺与优化技术；研制 Mini LED 巨量转移用高速机器人系统，开展应用示范。

考核指标：研制 Mini LED 巨量转移用高速机器人系统，系统整体满足 1000 级洁净度要求；X、Y 轴定位精度 ≤ 5 微米，最

大转移目标区域 ≥ 1450 毫米 \times 850 毫米，转移芯片最小尺寸不大于 125 微米 \times 75 微米，转移速度（UPH@间距 ≤ 2 毫米） ≥ 18 万颗/小时；芯片转移精度 15 微米@ 3σ ；漏固率小于 0.001%；晶圆交换时间不大于 11 秒；支持 Z 形及 S 形转移路径。开展不少于 15 台的应用示范，申请/获得不少于 5 项发明专利。

有关说明：企业牵头，配套经费与国拨经费比例不少于 2:1。

“智能机器人”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2021 年 6 月 30 日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 苏铮

“网络空间安全治理”重点专项 2022 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 2022 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，支撑实现网络空间的“共建、共治、共享”。

2022 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕互联网基础设施治理、网络空间数据治理、网络公害与内容治理、新技术新应用治理 4 个技术方向，按照基础研究、共性关键技术等层面，拟启动 26 项指南任务，拟安排国拨经费 3.66 亿元。其中，围绕互联网基础设施治理、网络空间数据治理、网络公害与内容治理等技术方向，拟部署 5 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1000 万元，每个项目 200 万元。除基础研究类项目外，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 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 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. 基础研究类

1.1 分布式学习中的数据安全基础理论

研究内容：针对分布式学习系统在充分释放海量数据价值过程中存在的数据泄露、模型篡改、模型窃取等攻击行为，研究分布式学习场景下数据安全的基础理论框架；研究分布式学习场景下训练数据筛选与过滤技术；研究面向模型训练阶段的隐私保护

技术；研究面向模型预测阶段的隐私保护技术；研究分布式场景下学习模型的安全性验证技术。

考核指标：突破基于敏感数据的模型训练与预测技术，支持不少于3种常见开发框架与5种常见学习算法；按照密码学和安全领域规范定义系统和安全模型，明确安全假设，给出系统化的安全分析；实现密文态数据上的小时级模型训练与秒级预测，模型参数规模不低于百万级，密文态数据上的模型预测精确度下降不超过3%；实现基于混淆扰动的模型分布式训练，模型预测的精确度下降不超过3%；实现抗篡改、窃取等攻击行为的模型分布式训练，检测攻击的成功率超过98%，模型预测的精确度下降不超过5%。

1.2 网络空间与自然社会安全行为协同关联理论（青年科学家项目）

研究内容：研究网络空间中的个体身份、群体结构与社团、群体复杂关系和行为模式分析理论和方法，突破网络空间中时空动态社会安全行为理解的技术瓶颈；研究跨平台动态可扩展的网络身份行为标准表征技术；研究人物关系图谱交互式构建和智能推理技术，实现网络空间虚拟身份特征与实体特征表达的映射；研制网络空间与自然社会安全行为协同关联分析原型系统。

考核指标：支持不低于三种网络空间实体对象的身份表达类型，支持亿级以上网络空间实体对象的身份检测模型和算法，多

模态身份检测准确率不低于 85%；在千万级成员规模下，网络空间实体对象的身份检测准确率不低于 80%；成员的检测准确率在典型公开数据集上准确度不低于 70%；支持不同长度的时间窗口下的行为模式挖掘和最低 6 种社会活动类型识别，已知社会结构识别准确率不低于 90%，未知社会结构识别准确率不低于 75%；支持千万级规模人物关系图谱中的隐关系推理，推理精度达 75% 以上；关键考核指标达到同期国际先进水平。

1.3 分布式非协作网络的可信访问和路径溯源方法

研究内容：针对分布式非协作网络环境下可信访问认证难、伪造流量识别难、用户身份追溯难的问题，研究基于加密签名的非协作网络间源地址验证机制，研究基于源地址验证表的非协作网络间源地址验证机制，研究轻量级转发路径验证和路径追溯机制，研究基于地址标签的终端身份认证机制。

考核指标：基于加密签名的非协作网络间源地址验证，支持层次化的密钥和标签管理，分布式密钥分发和管理达到与域内域间路由协议同等的收敛时间要求；基于源地址验证表的非协作网络间源地址验证，避免增量部署时报文误丢弃，支持虚拟专用网/隧道、分段路由等策略路由场景下的准确源地址验证；轻量级转发路径验证和路径追溯，通信开销和计算开销相比业界的 OPT 方案降低 50%，有效吞吐率达到 95%；基于地址标签的终端身份认证，具备单一域内不少于 10 万动态标签的管理和验证能力；相关研究成果达到同期国际先进水平。

1.4 数字身份密码协议的安全设计与分析理论（青年科学家项目）

研究内容：围绕数字经济发展下用户身份的隐私保护需求，研究基于密码学的数字身份协议及其密码组件化设计与分析理论；研究基于自主身份的访问控制协议；研究基于自主身份，可满足前向安全、已知密钥安全等安全属性的认证密钥协商协议。

考核指标：提出不少于1种基于密码学的数字身份协议组件的设计方法；设计不少于1套基于自主身份的访问控制协议，需支持细粒度身份属性表达与访问控制；设计不少于1套基于自主身份的认证密钥协商协议，满足前向安全、已知密钥安全等属性；关键考核指标达到同期国际先进水平；提交国家或行业标准提案不少于1项。

1.5 受限感知能力下社交网络虚假信息检测与溯源方法（青年科学家项目）

研究内容：针对虚假信息防控需求，分析虚假信息在不同类型社交网络内部与跨平台传播特性，建立典型社交网络平台虚假信息传播的动力学模型；研究社交网络结构特征对虚假信息传播的影响机理，设计面向信息传播的超大规模网络结构拆解算法；研究多模态虚假信息快速检测方法，并探索算法在有限检测资源、内容无法获取等受限感知能力下的扩展；研究跨时空社交网络虚假信息精准溯源技术，并探索算法在网络拓扑不完全等受限感知能力下的拓展。

考核指标：建立不少于3种典型社交网络的虚假信息传播模型；虚假信息检测准确率不小于80%；设计超大规模网络拆解算法不小于5个，实现千万级网络拆解内存消耗不超过64GB，计算时间不超过10分钟，综合性能优于CI、FINDER等主流算法；侦测典型网络高传播风险虚假信息所需监控的网络节点占比不高于10%，发现时平均传播范围低于1%；给定信息资源场景下的溯源定位源集不大于网络规模的1%；关键考核指标达到同期国际先进水平。

1.6 基于智能博弈的网络安全风险主动发现与抑制机理（青年科学家项目）

研究内容：基于智能博弈理论，研究端网协同的网络安全新风险发现与识别技术；研究网络安全知识平面，突破端网、多体制网络之间的信息与互信壁垒，实现智能化网络安全风险的协同发现与主动防范；研究智能安全博弈协议，实现对网络安全未知风险的主动抑制和“易守难攻”的网络空间安全。

考核指标：突破端网协同的安全新风险发现与识别技术，支持IP、5G、卫星等多体制、高动态网络/通信体制；提出网络安全知识平面，内置3种以上智能博弈机制激励端网、多体制网络间的互信构建与知识共享；针对DDoS等智能化恶意网络流量攻击，在攻击手段与漏洞未知的条件下，抑制最优攻击策略的攻击成本收益比趋于0；相关研究成果达到同期国际先进水平。

1.7 网络空间内生安全机制与评估方法（青年科学家项目）

研究内容：提炼网络空间内生安全问题的共性特征，构建网络空间内生安全理论模型；在不依赖外部攻击者先验知识的条件下，提出解决内生安全问题的普适性方法，有效应对不确定性威胁；提出网络空间内生安全评估方法。

考核指标：建立一套网络空间内生安全理论模型；提出不少于2种的网络空间内生安全方法；能够抵御不少于10种攻击包括0-day漏洞和APT攻击等，成功率大于90%；建立网络空间内生安全定性和定量的评估指标体系；关键考核指标达到同期国际先进水平。

2. 共性关键技术类

2.1 网络空间抗测绘关键技术

研究内容：针对网络空间测绘活动大量窃取网络关键信息、严重威胁关键信息基础设施安全的问题，研究网络空间抗测绘理论、模型及效能评估体系；研究可对抗网络扫描、网络设备指纹分析等网络测绘技术的理论与方法；研究保护关键节点与关键路径的抗测绘关键技术；研究网络空间测绘与网络空间抗测绘之间的对抗博弈关系及演化机制等，提出网络空间抗测绘动态演化方法。

考核指标：构建完整的网络空间抗测绘理论及评价体系，构建一个虚实结合的网络空间抗测绘验证环境；可对抗至少3种基于人工智能模型的网络设备识别方法，受保护设备正确识别成功率不高于30%，受保护设备类型包括路由交换设备、服务器和PLC

设备等网络关键设备；在常见拓扑信息探测方法下，受保护拓扑信息正确获取成功率不高于 30%；可对抗至少 3 种隐蔽网络扫描策略组合方法，受保护端口存活发现成功率不高于 30%；提出适应动态场景的网络空间测绘与网络空间抗测绘博弈演化模型。

2.2 域名递归解析服务的安全监管与治理技术

研究内容：针对域名递归解析服务器广泛存在的劫持、篡改、信息泄露、被攻击利用等安全风险，研究递归解析服务器及其层级依赖关系、服务范围及服务质量的快速发现技术；研究递归解析服务器的风险建模、威胁发现、恶意行为分析和安全态势感知技术，评估递归解析服务器的安全状况及威胁影响范围；研究 DoH、DoT、DNSSEC 等 DNS 安全增强措施在递归解析服务器的部署态势；研究基于域名解析服务数据的大规模网络攻击发现及预警技术；研究应对上述安全风险递归解析服务监管处置技术，支持恶意域名过滤与重要域名保全的监管需求。

考核指标：递归解析服务监管及 DNS 安全增强措施部署监测，可覆盖国内主要的服务提供方，递归解析服务器数量达到 10 万级，具备对 DNS 安全增强措施错误部署的检测和告警能力；支持百万级重点域名的解析状况分析及解析异常发现；提出基于域名数据的大规模网络攻击风险发现模型；提出递归解析服务器的风险监管处置体系，具备针对各种安全风险快速预警和响应能力。

2.3 重要数据分类、识别与安全评估技术

研究内容：落实《中华人民共和国数据安全法》等政策法规

要求，支撑国家重要数据安全监管目标，在数据分类分级制度下研究重要数据识别方法和各地区、各行业重要数据目录制定方法；研究重要数据特征识别提取技术和重要性评估技术，并建立重要性特征信息比对库；针对大规模机构中数据分散存储保管等情况，研究重要数据扫描发现技术；研究公共网络中重要数据发现、甄别与责任追究技术；针对重要数据违规流转、非法出境等问题，研究违法违规行为发现技术。

考核指标：形成 1 套重要数据识别规范；建立科技信息、医疗健康、地理测绘等 3~5 个领域的行业数据分类分级方案和重要数据具体目录编制方案；建立 1 套覆盖国家、地方、行业监管需求的重要数据目录上报平台原型系统；提取至少 10 种行业专有数据指纹特征，实现至少 10 类行业专用文件的重要性特征识别提取，并建立 3~5 个行业的重要性特征信息比对库，重要性判断时间在毫秒级；实现一套大规模分散存储保管条件下的重要数据扫描、登记原型系统；实现面向公共网络的至少 500 万条规模的数据重要性评估，排查至少 5 个行业数据源可靠性；研制重要数据违规流转和非法出境监测发现示范应用平台。

2.4 非受控环境下数据资产保护技术

研究内容：研究基于时间和位置属性的非受控环境下数据访问控制方法，实现非受控环境下数据细粒度的按时发布、密钥泄露的可追踪、数据访问的可留痕；研究数据动态鉴权、细粒度数据授权等技术，有效解决非受控环境下数据确权难题；研究云数

据细粒度清洗方法，满足用户对外包至非受控环境下的数据资产的安全需求及存储效率需求，避免数据泄露问题；研究非受控环境下数据操作可信管理方法，有效保护敏感数据，满足不同用户、不同应用、不同时间段等非受控环境下海量数据删除、外发、拷贝、修改等细粒度确定性操作的需求；研究非受控环境下数据高效安全回传技术。

考核指标：研制非受控环境下数据资产保护示范应用平台，支持非受控环境下数据细粒度访问控制；500MB 大小文件数据去重时间保持秒级；设计支持至少 10TB 级的云数据可信删除方法及系统；研究开发测试验证工具，完善非受控环境下数据资产保护系统；具备完善的数据权限和账户管理功能，可支撑包括数据提供方、数据使用方的数据所有权和使用权界定，实现防溯源防追踪的数据高效安全回传。

2.5 大数据平台安全监管与治理技术

研究内容：针对大数据平台数据泄露、数据滥用等问题，研究大数据场景下的量化风险识别技术，全面衡量大数据平台安全风险状态；研究大数据场景下的隐私增强与效果验证技术，为大数据平台安全监管提供底层技术支撑；研究运行时行为感知与管控和风险控制技术，解决大数据平台管控与监管能力缺失的难题；研究数据驱动的运行后审计与攻击溯源技术，实现攻击可复现，可溯源，可取证；研发大数据监管平台，支持海量数据风险识别、运行时安全管控、运行后审计等功能。

考核指标：完成 1 套至少涵盖重标识攻击、差分攻击、统计推断攻击等三种典型攻击场景的大数据量化风险识别系统研制，具备支持 10 亿行、1000 维以上数据量化风险评估的能力，且量化风险评估时间不大于 8 小时；完成 1 套大数据安全监管系统研制，支持海量数据风险识别、运行时安全管控和运行后审计与风险控制，可根据风险识别和管控需求实时阻断大数据平台的计算与处理任务，系统所能支持的数据量级不低于 1PB；形成大数据平台安全监管实践，形成行业标准提案；在至少 2 个涉及 1 亿行以上数据的实际业务场景开展业务示范。

2.6 多媒体大数据的隐私保护技术

研究内容：针对图像、视频等典型多媒体大数据服务面临的安全和隐私威胁，以及海量多媒体数据处理效率与可用性方面的要求，研究多媒体大数据轻量级安全存储与共享技术；研究多媒体大数据查询服务中的高效验证与隐私保护技术；研究多媒体大数据发布中的隐私内容检测与保护技术；研究多媒体大数据视觉、语音听觉安全客观评价理论及分析方法；研究支持隐私保护的多媒体大数据处理与分析技术。

考核指标：建立 10 万张以上图像视觉安全测试数据库，设计至少 3 种常用的图像视觉安全评价指标，并给出形式化的安全性证明；研发自主可控的多媒体大数据安全存储系统，单命名空间文件数容量 100 亿以上，单机吞吐量 10Gb/s 以上，支持 TB 级多媒体数据的轻量级加密，加密时间开销比传统主流加密方法降

低 60%以上；实现千万级图像数据量的检索验证，验证时间在秒级以下；研制 1 套多媒体大数据隐私保护关键技术集成平台，并至少在一个行业的 TB 级数据集上进行应用。

2.7 网络开源多模态科技情报智能分析

研究内容：研究复杂网络条件下互联网开源数据稳定获取技术；研究多模态开源数据治理与融合链接技术、人物属性关系推理补全技术、虚拟身份关联技术、跨数据源的情报知识迭代校验方法；研究碎片化信息关联整合、多源异质科技情报信息网络构建技术，实现完整、高质量的科技情报信息网络构建和组织；研究多语言环境下数据内容识别与信息认知技术；研究情报智能推理与情报自动化加工技术。

考核指标：支持境内外社交媒体、新闻网络、信息站点、网络论坛等不少 200 种开源数据源的稳定获取；支持文本、图像、视频、音频等数据的融合处理；支持亿级实体规模的异质科技情报信息网络构建；支持中、英、西、俄等主要语种科技情报的自然语言处理、实体链接、属性抽取、关系抽取，准确率大于 80%；研制 1 套网络开源多模态大数据情报智能分析平台，在科技情报相关领域示范应用。

2.8 智能算法模型安全评估与风险监测技术

研究内容：面向互联网信息服务算法综合治理的国家需求和智能算法应用面临的透明可释、数据安全、模型可信、风险可控等技术需求，研究智能算法的脆弱性和归纳偏置等安全机理，形成人工

智能的内生安全基础理论；研究人工智能系统面临的攻防博弈机理，形成人工智能系统的自我学习和安全增强技术，建立智能算法主动安全基础理论，构建针对人工智能模型的攻防博弈平台；研究人工智能系统的数据安全机理，形成抗逆向工程技术和数据后门检测方法，构建数据安全检测工具集和评估标准；研究智能算法缺陷检测和安全评估技术，建立智能算法安全风险全流程分析方法，形成算法缺陷检测工具集和算法安全评估标准；研究智能算法风险产生和演变机理，构建支持智能算法运行时风险监测的沙箱测试平台；研制智能算法安全评估与风险监测示范应用平台，服务于智能信息时代国家网络空间安全治理能力的提升。

考核指标：建立算法基础谱系及安全威胁图谱，覆盖不少于 100 类主流人工智能算法和模型；针对至少 1 种人工智能安全应用系统，建立不少于 3 种学习框架的攻防博弈平台；研制 1 套数据安全检测工具集，支持不少于 100 种攻击方法的检测，检测准确率不低于 90%，并提交至少 1 项数据安全评估标准；研制面向智能算法运行时风险监测的沙箱测试平台，支持数据收集、模型训练、决策推断等智能算法全流程风险监测，在 1000PFlops（每秒浮点运算次数）算力级别的国产超算平台部署并运行全流程风险监测实验；建立智能算法安全评估与风险监测示范应用平台，实现对 80% 以上关键领域算法安全监测与评估，实现 3 个及以上省级节点部署，形成国家区域多级联动的国家级人工智能综合防御体系。

2.9 密码芯片信息泄漏深度分析与可靠防护关键技术

研究内容：围绕泛在信息泄漏互作用机理机制基础理论、安全验证模型、安全特征建模、新颖量化度量与可靠防护机制关键技术、技术概念验证原型 IP 核以及先进分析测评支撑工具环境研制等六个方面开展，研究密码芯片信息泄漏互作用机理机制；研究密码芯片信息泄漏融合分析方法；研究密码芯片信息泄漏风险威胁量化度量构造方法；研究密码芯片信息泄漏风险深度检测技术；研究基于形式验证和标准 EDA 工具的密码核设计安全性评估方法；研究密码芯片泛在信息泄漏可靠防御理论与系统设计方法；建立密码芯片安全测试与检测试验床等。

考核指标：在密码芯片信息泄漏互作用机理认知方面形成重要突破；形成密码芯片信息泄漏深度风险分析形式化模型和度量新手段，信息泄漏风险检测的误报率比现有广泛采用的测试向量泄漏评估方法至少降低 20%，检测出信息泄漏所需样本数量至少降低 20%；建立密码芯片信息泄漏可靠防御的新方法，可以抵抗经典侧信道攻击，特别是高级侧信道攻击方法；支持机密性属性的形式化验证，能够采用形式化验证手段实现密码核设计安全性的形式化证明和泄漏检测；面向国际密码算法，提出密码芯片安全设计新架构并研制 2~3 款技术概念验证原型 IP 核；研制密码芯片信息泄漏风险深度分析检测工具集，建立密码芯片安全测试与检测试验床等。

2.10 软件供应链安全风险分析与检测技术

研究内容：针对软件供应链面临的安全风险，研究软件供应

链全生命周期的安全风险分析模型，为制定相关管理规范提供技术支撑；研究软件产品与服务供应链组件、构成成分、依赖组件智能识别与关系图谱分析技术，软件供应链风险分析评价方法，构建供应关系图谱分析和风险评价能力；研究基于源码和二进制的软件缺陷分析、高危缺陷提前感知、组件缺陷关联分析技术，并提出缺陷定位和风险评估方案，形成相应的分析工具；研究软件识别技术，构建常见软件的网络特征图谱，实现软件识别和缺陷软件定位；研究软件供应链成分分析技术和软件供应链上下游透明信息库构建技术；构建软件供应链安全分析与检测集成测试平台，进行试点应用。

考核指标：制定软件供应链安全管理的国家标准提案，覆盖软件的开发、交付、部署、升级等各个环节；建立软件产品和服务供应链组件智能识别与关系图谱分析系统和网络安全审查大数据平台原型系统，实现关联分析功能；软件成分分析精准率不低于 95%，依赖关系分析精准率不低于 90%；基于源代码可识别的开源组件数量不少于 300 万种，基于二进制代码可识别的软件组件数量不少 2000 种；已知缺陷存在性检测准确率不低于 95%，二进制代码识别准确率不低于 90%，基于二进制代码的已知缺陷检测准确率不低于 80%。

2.11 面向网络协同制造的工业协议安全测试技术

研究内容：研究面向工业协议的高效协议格式描述与解析方法，以及自动化安全测试引擎，支持工业协议的快速测试建模；

研究基于静态分析和主动学习的工业私有协议自动化逆向分析技术；研究算法级高效并行化技术，打破传统并行化技术中无法实现算法因子共享的壁垒，提高模糊测试的效率；研究工业协议主被动异常响应监测技术，设计面向协同通信状态的深度交互测试方法，研发面向工业协议的体系化智能安全测试平台，构建典型工业控制系统测试验证环境，开展应用验证。

考核指标：覆盖对 OPC UA、Modbus-RTU/TCP、Siemens S7、Ethernet/IP、EtherCAT、IEC104、IEC 61850、DeltaV、PKS、CS3000、MQTT 等不少于 50 种主流工业协议的安全模糊测试，支持协议快速测试建模；实现重要领域至少 5 种工业私有协议的自动化逆向分析，协议格式推断准确率不低于 80%、语义推断准确率不低于 70%；相较于 Peach 代码覆盖率提高 150%以上，相较于现有并行化技术，相同并行节点数条件下，效率提升 50%以上；完成不少于 20 种工业控制系统测试验证，完成至少 5 种工控系统协议栈异常监视模型，异常报警响应时间小于 1 秒，发现不少于 10 个协议漏洞。

2.12 大规模异构物联网威胁可控捕获与分析技术

研究内容：针对当前物联网被用做大规模僵尸网络、物联网本身异构多样带来的物联网设备漏洞百出，以及未知威胁未知攻击手法难以发现等问题，研究海量流量中物联网攻击行为发现和恶意代码捕获技术，研究攻击报文快速聚类与关联技术、研究恶意样本逆向分析与自动分类技术、研究物联网僵尸网络追踪与威

胁评估技术、多层控制物联网僵尸网络发现分析技术、研究零日漏洞利用行为发现与漏洞验证技术，构建一套大规模物联网威胁数据捕获与威胁信息抽取系统，提升物联网僵尸网络、未知威胁及攻击手法发现等能力，达到全面感知物联网攻击行为、全面捕获物联网威胁数据、全面提取物联网威胁信息、全面发现物联网未知威胁的效果。

考核指标：形成 1 套大规模物联网威胁数据捕获与威胁信息抽取系统；识别物联网攻击行为次数不少于 1 亿/日，捕获物联网恶意样本数量不低于 1000 万/年，恶意样本检测精度不低于 95%，恶意样本分类准确率不低于 90%；发现物联网攻击手法、漏洞利用等特征不低于 500 条；构建可控的物联网诱饵环境，主动引导黑客攻击，捕获高质量的原始攻击数据，降低误报率，发现未知的物联网家族不少于 2 个、发现物联网大型僵尸网络不少于 10 个，分析发现层数超过 2 层的物联网僵尸控制网络不少于 5 个；在 48 小时内进行全网探测评估僵尸网络影响范围；发现新型移动端 APT 跨越攻击手法，检测内网中物联网设备漏洞，发现和识别物联网的未知威胁（0-day 漏洞的在野利用）不少于 5 个。

2.13 面向网络协同制造的 B5G/6G 可信接入与服务安全

研究内容：针对 B5G/6G 协同制造场景下复杂业务环境和多元信任关系，解决终端设备可信接入和端到端安全能力不足的问题，满足协同制造业务差异化安全服务的需求。研究网络设备身份标识可信管理机制，形成行业终端可信接入与转发的安全模型，

支持 B5G/6G 网络的可信接入；研究 B5G/6G 网络中网络服务防护框架，研究持续安全评估及动态授权访问控制机制；研究跨网络域、跨硬件、软件安全层和跨不同网络分层的可信协作技术，保障网络功能的安全可信运行；研究细粒度的网络切片分级认证和授权机制，以及适用于动态切片和动态组网的安全服务和策略自适应技术；研究 B5G/6G 网络功能交互主动性安全机制，以及调用逻辑推理和关联智能化分析技术；研究自适应的网络安全功能柔性重组技术，实现安全、网络 and 计算等资源的按需动态重构，满足面向协同制造的 B5G/6G 多样化的安全需求。

考核指标：构建多维度、立体化、弹性网络安全防御技术框架，保障 B5G/6G 网络应对新型网络安全威胁；研发 B5G/6G 终端可信接入系统，实现面向设备真实性的随路验证和动态授权的网络服务访问控制，针对不同网络场景实现不少于 2 项自适应切片安全服务模型；研发面向 B5G/6G 的网络功能主动性异常检测系统，定位异常行为不少于 2 种，准确率不低于 80%；研发面向网络功能虚拟化的电信云原生安全防护系统，单虚拟机转发性能不低于 100Gbps，单虚拟机对称加解密性能不小于 100Gbps，转发时延不大于 20 微秒；申请发明专利不少于 10 项，至少形成一项行业标准提案，并结合协同制造场景，实现 B5G/6G 网络可信接入与服务安全系统的试验示范。

2.14 云边协同的工业智能控制器安全防护技术

研究内容：研究典型云边协同工业场景边缘智能控制平台安

全风险，设计基于控制交互机理与内生安全构造的主动安全防御模型；研究边缘终端设备协同控制、动态演进的规则映射机制，研究基于源代码和二进制的嵌入式控制平台安全漏洞模式和缺陷检测机制，设计可主动防御内部未知安全漏洞的系统架构，构建覆盖边缘智能控制平台开发、部署、运行和更新等全生命周期的主动安全防护机制；研发具备主动防御能力的智能工业控制系统原型，实现漏洞和缺陷检测、边缘通信保护、威胁识别、安全隔离、快速响应与补偿恢复，并在能源、电力、交通、制造等典型行业开展应用验证。

考核指标：提出覆盖全生命周期的工业互联网边缘智能安全防护体系，研发 1 套智能工业控制系统原型，支持输入输出信号点 2 万点以上，支持至少 10 种典型工业协议，支持基于商用密码的身份认证、通信加密和数据完整性保护；建立边缘通信防护、威胁识别、隔离与响应算法/策略库，支持算法库/知识库不少于 5 类，支持安全漏洞模式不少于 20 种，源代码检测效率不低于 200 万行/小时；安全事件响应时间（攻击事件发现到报警/隔离时间）小于 200 毫秒；形成至少 1 项国家/行业标准提案；完成至少 3 个典型行业的应用验证。

2.15 道路交通系统大规模异构终端网络安全防护技术与应用

研究内容：研究道路交通系统异构终端的分级分类方法、标识数据结构及解析规范，构建道路交通运输行业标识解析体系；设计基于行业密钥、身份管理证书和国密算法芯片的安全访问控

制策略，构建道路交通系统海量异构终端的数字身份信任体系；从设备、数据、网络通信、接入等安全维度，构建覆盖设备层、网络层、平台层、应用层，贯穿道路交通系统全生命周期的自主可控深度安全防护体系；研发安全防护模块、安全管理系统、标识接入组件与装置；在道路交通系统重点场景开展规模化应用，形成具有示范意义的安全防护解决方案。

考核指标：针对道路交通系统重点场景的安全需求，构建能够覆盖设备层、网络层、平台层、应用层等各层次的安全防护体系，总体功能覆盖率不少于95%；研发不少于10款主动标识安全接入终端支持接入道路运输业行业标识解析节点，支持国密二级、支持SM2/3/4算法，能够保障道路交通系统异构终端的数据、通信、身份等安全；在高速公路、城市道路中开展路况监测、应急管理、车辆调度等不少于5种典型场景的安全防护应用验证，接入安全终端数不低于百万级；申请发明专利不少于10项，形成行业标准提案不少于2项。

2.16 气象卫星业务测控及数据服务的安全关键技术

研究内容：研究气象卫星业务测控系统卫星控制指令可信生成、商用密码加密、多路径高可信传输等测控安全关键技术；研究气象卫星业务测控应用的动态访问控制、可信身份认证与权限管理、安全策略引擎等智能微边界防护关键技术；研究支持细粒度数据分级、动态授权、自验证、内生安全的气象卫星数据可信标识体系，研究面向多行业气象卫星数据服务可追溯、防篡改、

防滥用的全流程安全防护与精准管控技术；研究去中心化的气象卫星数据资产的责权界定、授权共享、价值交换等数据治理技术；研发气象卫星业务测控与数据服务安全综合防御系统，实现气象卫星关键业务系统的安全加固和服务监管。

考核指标：支持控制信道商用密码加密，支持多条路径传送指令，卫星指令发送 100%安全准确；攻击检测规则不少于 10 万条，威胁情报不少于 200 万条，可对接第三方威胁情报不少于 100 亿条；支持可信标识服务，具备管理千亿级数据标识的能力，单个节点支持每秒 10 万次标识生成、可信验证，延迟低于 1 毫秒；气象卫星数据资产的数据治理支持千量级节点，每秒操作数不低于 10000，单次操作确认时间不超过 1 分钟；提交气象卫星业务测控与数据服务安全技术体系研究报告 1 套；研发 1 套气象卫星业务测控与服务安全综合防御原型系统，支持卫星数量不低于 5 颗，支持 10 万级用户并发访问，系统运行成功率大于 99.0%。

2.17 低空物联网安全管控与服务关键技术

研究内容：研究低空物联网安全协同管控策略，研究低空物联网的总体安全架构，形成安全管控技术标准体系；研究低空物联网信息采集、融合技术，研究空天地一体低空物联网安全态势感知与预测技术；研究低空物联网安全风险评估技术、ADS-B 等无线入侵智能检测技术，研究低空物联网多维安全威胁检测、动态防御及管控技术；研究低空物联网跨域、多级信息安全保护与共享技术，航空器数据安全交换及验证技术，建立管控大数据安全共享机制；

研发低空物联网安全管控与服务平台并开展应用验证。

考核指标：制定低空物联网安全协同管控策略、构建低空物联网安全架构，形成 2~3 项行业标准提案；支持不少于 5 类设施设备接入、不少于 5 种多源动态飞行数据融合处理；具备有线和无线攻击入侵检测能力，检测率达到 95% 以上；支撑安全管控与服务；在省域范围不少于 2 个典型应用场景应用示范，参与航空器不低于 1 万架次。

2.18 新一代水下系统的网络安全关键技术与应用示范

研究内容：研究面向大带宽高实时、复杂异构终端场景的可重构网络安全架构；针对多域多业务多安全等级融合访问安全问题，研究基于细颗粒度多层级身份认证和网络动态安全隔离防护技术；针对安全威胁渗透至信息物理系统，研究业务行为建模与深度分析学习技术；研究在不同场景、不同业务等级以及紧急状态下确保核心业务在网络中可信传输的系统安全功能按需重构技术；研究和构建测试环境并开发原型系统，开展应用示范。

考核指标：构建 1 套满足新一代水下系统的网络空间安全架构，覆盖身份认证、终端防护、隔离过滤、检测预警全面能力；构建 1 套满足新一代水下系统网络安全防护白皮书和相关行业标准提案；支持新一代水下系统大带宽网络场景下安全隔离技术，支持应用级、终端级、接入级和网络级隔离、会话层和指令层协议深度解析和实时阻断技术；支持基于物理机、虚拟机及容器的轻量化隔离防护技术，实现所有内部会话可视可管可控；支持网

络会话与未知指令的学习能力，未知指令解析与学习能力不低于 50Mbps；支持安全交换一体化，网络交换能力不低于 1Tbps，支持 40G 端口带宽，单跳时延不大于 10 微秒，实现网络安全一体化增强；支持智能安全管控态势，支持节点管控能力不低于 1000 个节点，支持至少 10 种内部安全事件分析与警报能力。

2.19 互联网信息推荐算法安全评估理论与方法

研究内容：基于用户属性和信息消费时空行为及内容分布等特征，研究信息推荐算法的用户行为画像、高分辨率用户群体划分、定向投放技术，支撑针对信息推荐算法及推荐内容的监控；研究基于用户群体画像的推荐系统诱导传播和定向控制技术，实现对推荐系统外部干扰的识别与利用；研究信息推荐算法安全评估量化指标体系，支撑对信息推荐算法的信息安全评估；研究信息推荐算法宏观治理方法，设计推荐算法安全运营基础性原则和要求细则，研制互联网信息推荐算法安全评估示范应用平台，支持推荐算法的良性创新与应用。

考核指标：建立至少 5 个维度的信息推荐算法安全要求和评价体系；实现至少 40 个以上信息推荐算法监测量化指标；在至少 2 个国内主流互联网媒体平台中，实现至少 300 万用户的高分辨率群体分类，其中必须包含未成年人、特殊行业从业人士等特殊重点监控群体；具备对至少 10 类重点用户群体的信息消费过程的实时监测和评估服务、以及对重点信息、正能量内容和有害信息在各人群中的传播情况进行监控；在不同群体内，

实现非偏好信息的诱导曝光，曝光率不低于 30%，并能够有效识别出被诱导曝光信息，识别准确率不低于 80%；研制互联网信息推荐算法安全评估示范应用平台，实现不少于 10 个互联网媒体信息推荐平台的算法动态安全评估，形成互联网信息推荐算法监管支撑能力。

“网络空间安全治理”重点专项 2022年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

1. 推荐程序和填写要求。

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

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

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

2. 申报人应具备的资格条件。

(1) 项目（课题）负责人应为1962年1月1日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为38周岁以下（1984年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1982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。

(3) 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。

(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)。

(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) 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。

(7) 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)。

3. 申报单位应具备的资格条件。

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

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。

本专项形式审查责任人: 刘英军

抄送：科学技术部高技术研究发展中心、工业和信息化部产业发展
促进中心。

科学技术部办公厅

2022年4月27日印发
