

科学技术部文件

国科发资〔2023〕81号

科技部关于发布国家重点研发计划 “多模态网络与通信”等6个 重点专项2023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的二十大精神，坚持“四个面向”总要求，持续推进“揭榜挂帅”、青年科学家项目等科技管理改革举措，着力提升科研投入绩效，加快实现高水平科技自立自强。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“多模态网络与通信”“先进计算与新兴软件”“高性能计算”“信息光子技术”“微纳电子技术”“区块链”6个重点

专项 2023 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开发，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书。项目牵头申报单位应与所有参与单位签署联合申报协议，并明确协议签署时间；项目牵头申报单位、课题申报单位、项目负责人及课题负责人须签署诚

信承诺书，项目牵头申报单位及所有参与单位要落实《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》等要求，加强对申报材料审核把关，杜绝夸大不实，严禁弄虚作假。

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 2022 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，1963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. 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

5. 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。

6. 申报项目受理后，原则上不能更改申报单位和负责人。

7. 项目申报查重要求详见附件1。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重点研发计划重点专项、科技创新2030—重大项目等在研项目情况，避免重复申报。

8. 具体申报要求详见各申报指南，有特殊规定的，从其规定。

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”，重点研发计划聚焦国家战略亟需、应用导向鲜明、最终用户明确的攻关任务，设立“揭榜挂帅”项目。

突出最终用户作用，实施签订“军令状”“里程碑”考核等管理方式。对揭榜单位无注册时间要求，对揭榜团队负责人无年龄、学历和职称要求，鼓励有信心、有能力组织好关键核心技术攻坚的优势团队积极申报。明确榜单任务资助额度，简化预算编制，经费管理探索实行“负面清单”。

2. 关于青年科学家项目。为给青年科研人员创造更多机会组织实施国家目标导向的重大研发任务，重点研发计划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。青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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。

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。

项目申报单位网上填报预申报书的受理时间为：2023年6月6日8:00至7月6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2023年7月10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）“多模态网络与通信”重点专项咨询电话：
010-68104457。

（2）“先进计算与新兴软件”重点专项咨询电话：
010-68104496。

（3）“高性能计算”重点专项咨询电话：010-68335570。

（4）“信息光子技术”重点专项咨询电话：010-68104410。

（5）“微纳电子技术”重点专项咨询电话：010-68104410。

(6) “区块链”重点专项咨询电话: 010-68208234、68207781。

- 附件: 1. 项目申报查重要求
2. “多模态网络与通信”重点专项 2023 年度项目申报指南
 3. “先进计算与新兴软件”重点专项 2023 年度项目申报指南
 4. “高性能计算”重点专项 2023 年度项目申报指南
 5. “信息光子技术”重点专项 2023 年度项目申报指南
 6. “微纳电子技术”重点专项 2023 年度项目申报指南
 7. “区块链”重点专项 2023 年度项目申报指南



附件 1

项目申报查重要求

1. 项目（课题）负责人限申报 1 个项目（课题）；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。

2. 涉及与“政府间国际科技创新合作”“战略性科技创新合作” 2 个重点专项项目查重时，对于中央财政专项资金预算不超过 400 万元的“政府间国际科技创新合作”重点专项项目、中央财政专项资金预算不超过 400 万元的“战略性科技创新合作”重点专项港澳台项目，与国家重点研发计划其他重点专项项目（课题）互不限项，但其他重点专项项目的在研项目负责人不得参与申报此类不限项项目。

3. 与国家自然科学基金部分项目实施联合查重。对于国家重点研发计划项目的项目（课题）负责人，需与国家自然科学基金

重大项目（限项目负责人和课题负责人）、基础科学中心项目（限学术带头人和骨干成员）、国家重大科研仪器研制项目（限部门推荐项目的项目负责人和具有高级职称的主要参与者）实施联合限项，科研人员同期申报和在研的项目（课题）数原则上不得超过 2 项，但国家重点研发计划中的青年科学家项目、科技型中小企业项目、国际合作类项目 3 类项目不在与国家自然科学基金联合限项范围内。

4. 项目任务书执行期（包括延期后执行期）到 2023 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。

附件 2

“多模态网络与通信”重点专项

2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“多模态网络与通信”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2023 年度项目申报指南。

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

2023 年度指南部署聚焦面向系统、行业应用的核心芯片、软件、关键设备研制和系统集成研究，同时辅以探索前沿技术，拟围绕多模态网络，新一代无线通信，超宽带光通信，交叉融合前沿技术四个技术方向，启动 14 项指南任务，拟安排国拨经费 2.18 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 3600 万元，每个

项目 300 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，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。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，实施周期不超过 3 年。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，参与单位不超过 6 个；共性关键技术类、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。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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 1985 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为 1~2 项。“拟支持项目数为 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 2 项。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式，第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 多模态网络

1.1 网络多模态共生与演化机制（基础研究类）

研究内容：针对数字化时代垂直行业的应用多样化需求，深

入剖析网络多模态内源性共生机理，建立应用驱动的网络多模态共生与演化理论模型，提出模型量化分析方法；以基础平台与模态实例相分离为设计原则，设计适应多模态共生及独立演化的体系结构，并设计核心功能组件，实现网络基础设施架构统一性和模态多样性之间的有机融合；研究兼容基础平台的网络模态实例化方法、性能可预测的异构资源隔离、分配与管理策略，研究各模态独立演化以及模态间竞争与协作机制，提出面向应用的多模态网络部署与运维方法，为多模态网络技术体制的兼容并蓄、共融共生发展提供理论支撑。

考核指标：提出多模态网络共生及独立演化的体系结构；研制原理系统，完成项目提出的体系结构理论模型、多模态网络环境、网络模态生成与调度等核心功能组件的实验验证，支持分组调度、流量控制、带宽分配、队列管理和路由策略等网络基线能力的灵活自定义和多样共存，支持不少于存储、计算、转发等3种异质处理资源的智能动态分配与管理，支持区分模态能力的性能可预测服务质量保障，参数不少于带宽、时延、抖动和丢失率等4种，支持面向存储、计算、位置、身份等新型网络模态动态部署，支持6种以上网络模态的共融共生和独立演化，并具备按需生成网络新模态的能力。

关键词：多模态网络，共生与演化。

1.2 多模态网络内生安全机制研究与试验（共性关键技术类）

研究内容：（1）研究多模态网络环境的网络安全与功能安全

一体化模型与安全机理。研究多模态网络环境安全的存在性及其条件，研究不同模态资源安全的相异性设计，研究模态安全隔离等技术。（2）研究融合芯片物理不可克隆函数特性的多模态网络空间可信标识体系与认证机制。研究可信标识与可信锚点的生成方法、跨模态信任传递与互证机制等关键技术。（3）研究多模态网络的类免疫安全的动态防御机制。研究异构高效协同感知发现与抗体生成技术、未知威胁免疫迁移与增强赋能技术等关键技术。（4）研究多模态网络环境内生安全主动防御架构。研究攻击意图感知、未知威胁发现与行为追溯的多层多维特征提取与智能分析等关键技术。（5）开展多模态网络环境内生安全机制综合试验，集成部署本项目研制的原型系统。

考核指标：（1）提出多模态网络环境的内生安全机制及其量化度量评价模型和测试方法，有效抑制各类已知或未知威胁，形成标准提案不少于5项。（2）白盒注入测试条件下，未知威胁差模攻击的抑制成功率不低于95%，支持不少于5种网络模态的共生共存，支持模态间隔离；具备韧性抗毁特性，支持不少于3种功能的内生安全界，界内支持不少于5种硬件安全特征的感知与分级度量，不少于3种异构组件裁决。（3）可信标识解析服务具备管理百亿标识的能力，单个服务节点支持每秒10万次可信标识生成、可信验证。（4）支持不少于3类内生安全主动防御技术的验证，支持对潜伏未知攻击的诱捕、预测防御，在特征未知情况下支持对加密恶意流量和变种威胁的检测，检测准确率不低于

90%。(5) 综合验证 4 种多模态网络内生安全机制，覆盖不少于 10 种多模态网络威胁场景。

关键词：内生安全机制，功能安全与信息安全一体化，可信标识体系，主动防御。

1.3 多模态智联计算网络技术与验证(共性关键技术类)

研究内容：面对垂直行业应用对人机物泛在互联的多元化、高质量网络承载需求，研究支持云网/算网融合的多模态智联计算网络机理，将行业应用驱动的业务流处理与计算能力融入网络，以网络基础设施的异构资源融合调度和多元模态能力生成为研究主线，突破面向垂直行业的存转算一体的网络调度、计算任务的网内透明高效执行、意图驱动的算网一体路由与运维、多模态共存与性能保障等关键技术，面向网络与计算智能融合的典型行业场景开展组网验证，基于多模态网络环境实现多样化垂直行业网络的高质量承载，为垂直行业应用提供智慧、高效、稳定的网络服务。

考核指标：形成支持云网/算网融合的多模态智联计算网络方案；研制多模态智联计算网络设备，交换与可编程器件国产化，交换容量不小于 4Tbps，端口速率支持 400Gbps，支持可编程计算与存储增强、智联计算路由，支持面向存储、计算等新型网络模态的共生共存和动态部署，具备内生安全特性，支持模态间隔离，模态间相互影响程度小于 1%；研制多模态智联计算网络路由与运维系统，支持对不少于三种智联计算路由策略的正确性验

证，支持不低于 99% 的平均网络带宽利用率，网络规模不少于 1000 节点时针对单一网络故障的路由修复时间不超过 1 秒；组网验证覆盖目标行业的 2 个典型场景，支持不少于 4 种接入方式，单节点流量转发平均时延小于 10 微秒，终端数量不少于 1 万台（个），支持场景定义的网络模态共生共存和共网传输，模态数量不少于 4 种；向 ITU/IETF/CCSA 等国内外标准化组织提交标准提案不少于 10 项。

关键词：多模态网络，智联计算，云网/算网融合。

1.4 支持软件定义的多模态网络核心设备研制与验证（共性关键技术类）

研究内容：基于多模态网络在工业网络、数据中心、5G 承载、AR/VR 等场景的应用，开展多模态网络核心设备软硬件研发与验证，重点突破多模态网络核心设备的系统架构、高速总线互联、异构资源构建、软件定义开放可编程和设备操作系统等关键技术。针对多模态核心设备的模态无关、高可靠性、扩展性和开放性，研究核心设备的转发面、控制面和管理面分离的扁平化分布式软硬件架构；针对核心设备超大容量无阻交换和高性能处理要求，研究大型框式分布式硬体系架构，包括高速总线互联、高效散热、分布式处理等技术，支持整机设备对多模态报文的超大容量无阻交换和高性能处理；针对多模态网络核心设备的开放与解耦，研究满足 IPv4/v6、SRv6、Flex-Algo、EVPN、IPv6+、NDN/ICN 等标准体系创新的核心设备操作系统架构。研究设备操作系统的大

路由规格容量技术，支持路由快速收敛性能；研究操作系统适配 NP/ASIC/多核 CPU 等不同转发平面的技术和 NSR/NSF/ISSU 等高可靠性技术。

考核指标：核心设备基于国产核心器件，单端口速率支持 10GE/100GE/400GE，单槽位支持 12.8Tbps 处理能力，整机支持 200Tbps 无阻交换容量，支持多模态运行的动态加载和隔离，支持有界抖动控制的确定性转发及 RoCEv 无损网络技术；设备操作系统拥有自主知识产权，支持 SR/EVPN/L3VPN/L2VPN 等关键业务承载技术，适配 NP/ASIC/多核 CPU 等不同转发平面，支持 NSR/NSF/ISSU 等可靠性技术，支持容器虚拟化技术，支持业务可定制和软件模块的可裁剪；支持 6M IPv4 路由以及 4M IPv6 路由，支持 SRv6 切片网络数目 16K、SRv6 标签层数 10 层，1Mv4+256kV6 路由能在 2 分钟内完成收敛；完成不小于 6 台多模态网络核心设备的组网验证，并开展确定性转发、IP 转发、标识转发和数据命名转发等多种网络模态的应用验证。

关键词：多模态网络，软件定义，网络核心设备。

1.5 基于多模态网络的全息通信及网络测量关键技术（青年科学家项目，拟支持 4 项）

研究内容：构建支持全息通信的多模态网络技术体系，研究通一感一算一存一体化协同控制、全息内容超低时延稳健分发和个性化推送、用户服务质量建模评估、多用户安全弹性接入等关键技术。突破支持全息通信的多模态网络组网机理、多模态资源

自适应调度机制等关键科学问题，完成多模态全息通信网络原型系统设计和关键技术验证；针对多模态网络对业务支持能力的度量，定义关联业务服务质量和用户体验的网络测量关键指标，提出快速准确的测量方法；研究网络资源约束和精度约束下的测量精度上界和资源下界指导算法部署，实现对测量精度自感知的网络测量算法；研究并设计较完备的测量算子集合，完成测量算子到硬件抽象模型的自动化映射，研究测量数据压缩技术，降低数据传输代价。针对相关研究内容，可以选择一项或者多项进行研究：（1）多模态网络全息通信关键技术研究；（2）针对多模态网络业务支撑能力的网络测量关键技术研究。

考核指标：分项对应上述研究内容：（1）提出多模态全息通信网络架构，构建多模态网络全息通信软硬件原型系统，同时支撑不少于5名用户的全息通信业务，提供高于10Gbps的网络带宽，不高于20ms的端到端网络传输时延，不高于0.1s的运动到成像（MTP）时延，以及 10^{-7} 数量级的分组错误概率；在3种及以上典型应用场景完成多模态网络全息通信网络关键技术性能评估、优化和验证。（2）对多模态网络业务支持能力进行指标定义与度量；在特定资源限制下，网络测量算法精度所能达到的理论上界与实验精度的误差不超过10%；在给定误差限制下，设备资源所能达到的理论下界与实验资源的误差不超过10%。在真实网络分布下，对10M量级包、100K量级流的流量测量，精度自感知算法比目前算法提升一个数量级；网络测量算子集合能覆盖常

见的测量任务，全量测量后压缩率不高于10%，恢复后平均相对误差不高于10%。起草国家、行业或核心企业标准数不少于5项。

有关说明：项目拟支持4项。

关键词：多模态网络，全息通信，网络测量。

2. 新一代无线通信

2.1 面向手机直连的天地融合宽带网络架构及关键技术（基础研究类）

研究内容：围绕手机直连的天地融合网络全覆盖、全天候、全天时通信需求，面向低轨星座系统，针对优质频率资源稀缺、卫星载荷资源受限、节点高动态、与地面网络协议兼容约束多等问题，研究支持全球化运营、差异化轻量级安全防护的多任务星地融合弹性可重构网络架构；研究星地频率共用与干扰规避方法；研究面向星上处理的高效接入与数据传输增强机制；研究面向多场景的端到端星地多维资源调度与路由机制；研制空间网络节点原理样机和手持终端原理样机，构建半物理数字原生系统，完成关键技术验证和体系效能评估。

考核指标：（1）网络架构能够提供弹性可重构的网络服务能力以灵活适配多样业务场景，支持天地无缝切换，适应全球多种落地监管要求模式，支持星地接入与馈电资源一体高效利用，支持国际漫游与全球多中心自主灵活组网，单层卫星数量不少于4800个，具备针对不同行业用户、不同安全区域、不同安全等级业务的差异化安全防护能力，支持对用户身份与数据安全的有效

管控。(2) 支持 L/S/C 频段, 支持星地频率共用, 频率共享效率不低于 90%。(3) 支持 FDD 和 TDD 两种双工方式; 接入成功率不小于 99%, 切换成功率不小于 99%。(4) 支持接入、传输、承载、处理等异构资源的星地统一调度, 相对星地独立资源调度, 提升网络时频资源利用效率 30%。(5) 研制支持手机直连的空间节点原理样机和手机终端原理样机, 满足 3GPP NTN 典型信道模型, 满足最大发射功率不大于 23dBm 条件, 在 5G 手机支持频带宽度范围内, 单用户峰值速率下行不低于 80Mbps、上行不低于 10Mbps; 基于在轨实测数据构建的数字孪生系统, 构建半物理数字原生系统, 完成网络架构、关键技术的试验验证和体系效能评估; 提交标准提案不少于 15 项。

关键词: 宽带网络, 天地融合, 手机直连。

2.2 面向 6G 复杂应用场景的高动态无线环境预测与重建(共性关键技术类)

研究内容: (1) 研究面向 6G 复杂应用场景下多频段、多制式海量感知信道数据的快速实时处理方法和异质融合方法、多维无线环境的高精度模型与自动重建方法。(2) 研究基于人工智能技术的多维多尺度环境预测框架及方法, 空一时一频多维多尺度推演的瞬态最优环境模型及理论性能限。(3) 研究近/远场、超高速、智能反射面、sub-6 GHz/毫米波/太赫兹等多频段的多种环境数据采集, 建立环境与信道关联数据库、快速时变信道感知数据库以及相应的信道模型。(4) 研究超高速移动感知、信道快速测

量及精准模拟技术，搭建融合环境智能感知、信道探测复现和动态电磁仿真的高逼真度模拟推演平台。(5) 研究多场景无线通信环境高保真仿真技术，基于感知数据融合和特征提取、多维多尺度无线环境预测、快速场景重构等研究，搭建面向 6G 的无线环境预测与重建原型试验系统。

考核指标：(1) 研究复杂应用环境的感知数据融合和特征提取方法，感知能力较单一方式提升 20%。(2) 提出基于感知增强的无线环境预测理论和方法，预测误差不大于 1%。(3) 构建至少 10 种典型场景快速时变信道感知数据库和相应的信道模型，构建的信道模型与信道感知数据库的误差小于 15%。(4) 支持至少 500km/h 移动速度快速场景的重构；重构场景无线传播能量占比不低于 95%；构建高性能 6G 信道测量硬件平台，支持 sub-6 GHz/毫米波/太赫兹至少 10 个频段的跨频段信道测量、智能反射面信道测量，信道仿真/预测与相应信道测量误差小于 15%。(5) 搭建面向 6G 的无线环境预测与重建原型试验系统，支持典型场景下的无线环境高精度预测、环境重构等关键技术的测试验证。提交标准提案不少于 10 项。

关键词：6G，无线环境感知，无线环境预测与重建。

2.3 面向 6G 超高频段通信关键技术及高性能器件（青年科学家项目，拟支持 4 项）

研究内容：针对未来 6G 超宽带、全覆盖、密集部署的业务需求，超高频段如毫米波和太赫兹超大规模 MIMO 成为公认的共

性关键技术，能够保障丰富的频谱资源和出色的频谱效率。对于超高频段通信的实现，基于可编程超表面技术的设计及组网也是值得重视的研究方向。而针对未来 6G 的宽载波、频段范围广等情况，需要探索满足要求的新型器件，研究新型高性能滤波器材料和工艺（如压电、陶瓷、MEMS、超材料等）以及新型结构和原理设计，如基于电磁学和声学两种物理原理的滤波器混合设计，达到提供宽通带、高 Q 值、提升滤波器的带外抑制性能并降低复杂度的目的。下述研究内容可选择一项或多项进行研究：（1）面向 6G 典型应用场景的超高频段远近场信道模型与传播机理，支持超高频段下远近场混合传输的超大规模 MIMO 架构与波束赋形技术。（2）面向超高频段的可编程超表面设计及实现方法，研究基于可编程超表面的超高频段多用户协同组网技术。（3）面向 6G 的高性能滤波器研究。（4）面向 6G 的滤波器与功放、低噪放、开关等前端芯片的协同设计方法，提升前端芯片模组的效率、噪声系数等性能指标及降低前端模组复杂度。

考核指标：分项对应上述研究内容：（1）建立超高频段空时频信号传播理论和信道模型，面向至少 2 种 6G 典型远近场传输应用开展测量，频率不低于 0.2THz、载波带宽不低于 20GHz。提出阵元数目不低于 1024 的低功耗超高频段超大规模 MIMO 动态波束赋形架构与混合预编码算法，提升远近场混合传播容量 1 倍以上，同时覆盖远近场范围超过 1km。（2）超高频段可编程超表面器件实现工作频率大于 0.2THz，信号带宽大于 1GHz 的波束调

控，偏转角度 ± 45 度内偏转效率均不低于20%、频谱效率不低于5bit/s/Hz，控制比特数不小于2bit，基于可编程超表面超高频段实时信号传输速率不低于5Gbps。(3)输出滤波器设计方案及原型，频率最高支持到40GHz，相同的带内平坦度及带外抑制性能前提下，相比切比雪夫滤波器，阶数降低1~2阶，损耗降低30%~50%，品质因子(Q值)提升1~2个数量级。(4)前端芯片模组发射端功率优于35dBm，效率优于25%，增益优于30dB；接收端增益优于20dB，噪声系数优于3.5dB。

有关说明：项目拟支持4项。

关键词：6G，超高频段，远近场传输，可编程超表面，滤波器。

3. 超宽带光通信

3.1 面向海底应用的大容量光通信与海洋信息感知一体化融合系统（基础研究类）

研究内容：面向海底光纤通信与感知系统的融合需求，建立海底光缆大容量宽带光通信与海洋信息感知一体化融合技术与网络验证平台。研究超长距离分布式感知技术和面向海底信息传输的高性能海洋多维度感知技术；探索海洋环境异源扰动与光通信信号作用机理；攻克海洋信息复用传输及降噪处理技术，实现海底宽带光通信与感知网络协同一体化系统；针对海底的复杂应用环境，研究基于光纤应变数据的快速震源定位、微震识别，实现对海底地震的实时监测和破坏模式预测，提高地质灾害风险评估可靠性和决策能力。

考核指标：(1)实现传感距离不少于 200km 的光纤通信与传感一体化原型系统，可兼容的光纤通信系统容量不低于 20Tb/s，空间分辨率优于 20 米，最低可探测震动信号频率不高于 0.01Hz，灵敏度不低于 $10\text{n}\epsilon/\text{Hz}^{1/2}$ 。(2)基于自研核心芯片和器件的国产可控新型光收发模块实现单波速率不低于 100Gb/s，传输距离不低于 2000km 的实时在线通信与震动监测系统，光模块支持可插拔封装，最低可探测震动信号频率不高于 0.01Hz。(3)研制总传输容量不低于 1Tb/s，传输距离不少于 100km 的全国产通信与传感一体化光传输设备，在海洋光缆上集成光纤地震感知器件、测量分辨率达 $10\text{ng}/\text{Hz}^{1/2}$ ，实现海底地震和灾害的实时监测与预警，提高地质灾害风险评估可靠性和决策能力。(4)申请发明专利不少于 6 项，其中国际专利不少于 2 项，提交国际国内标准提案不少于 5 项。

关键词：海底光纤通信，海洋信息感知，通感一体化。

3.2 超宽带超高速单模光纤通信关键技术与实验验证（共性关键技术类）

研究内容：面对单模光纤传输系统提速扩容需求，开展多波段扩展的超宽带超高速光纤通信系统的关键技术与实验验证研究，研究多波段扩展后的单模光纤传输系统基础理论和架构，发展适应扩展波段特点的调制解调技术，研究适配多波段的发射接收机关键技术，研究多波段传输复杂信道环境下的快速精确仿真模型、损伤监测与信道均衡方法，研究超宽带单波超 T 比特速率

长距离单模光纤传输系统的关键核心光电器件，研究多波段长距离传输系统的光放大技术及优化配置方法，研究单模光纤多波段的超宽带超大容量长距离传输实验技术，完成相关理论和仿真模型、算法和设计方法的实验验证及应用示范。

考核指标：建立多波段系统的超宽带光纤传输快速精确仿真平台，相比分步傅立叶算法，计算速度提高 1000 倍，Q 值误差小于 0.1dB；提出多波段系统的超宽带光功率谱优化配置方法，至少覆盖 S+C+L 波段，优化算法计算时间<10s，优化后各波段内光信号接收 OSNR 平坦度<2.0dB；完成超高速多波段大容量传输原型系统，实现单波速率 1.2Tb/s、距离不小于 1400 公里，单波 2Tb/s 速率、传输距离不小于 200 公里的单模光纤传输实验验证；基于自主研发的核心光电器件，实现单波平均速率不低于 1Tb/s，总容量不低于 120Tb/s，覆盖 S+C+L 波段范围、传输距离不少于 120 公里的单模光纤传输系统并完成现网示范。申请国际国内专利 5 项以上，提交不少于 6 篇国际国内技术标准提案。

关键词：光纤通信，单模光纤传输，超宽带。

3.3 基于高密度低功耗光电混合集成的可重构光互连技术（共性关键技术类）

研究内容：针对后摩尔时代数据中心、超算平台等关键应用场景中芯片间高速互连对大规模、高密度、低功耗和按需剪裁特性的需求，研究运用非厄米光子学、拓扑光子学方法在芯片边缘实现高密度、低功耗、高鲁棒光互连的新型体系架构和通信体制；

研制支持规模可重构的硅基—三五混合集成光互连组件化关键技术；研究基于低损耗相变材料的大动态、非易失光互连规模伸缩调控技术；研究基于新模态混合集成的高密度低功耗光电中介转接技术；研制 1550nm 光通信波段工作的大容量、阵列化光互连系统样机，开展芯片间可重构光互连技术验证和应用示范。

考核指标：建立支持可重构光互连的高密度低功耗光电混合集成关键器件与体系架构模型，研制拓扑激光器阵列，出光功率 $\geq 5\text{mW}$ ，尺寸 $\leq 50 \times 50$ 微米；拓扑保护片上光端口插损 $\leq 1\text{dB}$ ；研制光互连引擎支持 2~32 路规模可重构，器件整体损耗 $\leq 3\text{dB}$ ，链路隔离度 $\geq 30\text{dB}$ ，链路分光误差比 $\leq 10\text{dB}$ ，单链路传输速率 $\geq 50\text{Gbps}$ ，可重构光互连通信容量范围覆盖 100Gbps 到 1.6Tbps；实现集成高速调制、探测与规模伸缩调控的光电中介转接芯片，布线带宽 $\geq 50\text{GHz}$ ，直驱调制器 $V_{\text{piL}} \leq 0.37\text{Vcm}$ ；实现支持可重构光互连的 3D 封装 Chiplet，尺寸 $\leq 100\text{mm}^2$ ，并在国家级数据中心场景实现可重构光互连应用示范，支持不少于 3 个多源协议标准。

关键词：短距离光互连，光电混合集成，可重构。

3.4 Tbps 太赫兹光纤一体融合通信系统与关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向 6G Tbps 太赫兹无线传输发展需求，聚焦与光纤通信无缝融合的超宽带、长距离、太赫兹实时无线传输的关键技术，研究开发具有自主知识产权的光电太赫兹通信系统软件设计平台，实现全系列光电器件建模、光纤太赫兹融合通信信道

建模和先进数字信号处理收发算法集成，支持灵活可编程、基于 AI 的收发算法。搭建室外大容量长距离、室内通信和感知一体化场景下的验证环境，开发基于光电集成的原型验证系统，具备宽频带、可调谐、高分辨率太赫兹信号发生能力，为新一代太赫兹光纤一体融合传输系统的可行性和工程应用奠定技术基础。

考核指标：（1）面向可编程、可扩展、模块化的软件设计平台需求，建立光电器件和数字信号处理算法组件库，支持光纤和无线融合信道精准建模，实现 10Gb/s~1Tb/s 太赫兹光纤融合传输系统的软件设计平台，研制的平台与实验结果相互验证。（2）研制光电太赫兹信号的产生模块，基于自研模块搭建有自主知识产权的大容量长距离光纤太赫兹无缝融合的传输系统，实现载波频率大于 260GHz，系统容量达到 1Tbps，无线传输距离超 1000 米的实时传输，纠错后误码率低于 10^{-9} ，天线孔径不超过 50cm。（3）研制具有自主知识产权的高精度太赫兹通信和感知一体化平台，实现系统载频大于 260GHz，单通道传输速率 ≥ 100 Gb/s，传输距离不小于 10 米，实时定位精度 ≤ 1 cm，实时成像距离分辨率 ≤ 1 cm。提供实物演示系统 2 套。

关键词：太赫兹无线传输，光纤通信，一体融合传输。

3.5 面向多模态应用的基础光通信理论与光无线通信（青年科学家项目，拟支持 4 项）

研究内容：针对多模态应用对高速光通信和光无线融合通信需求，开展高速光通信系统和超高移动光无线融合通信系统架构

和技术研究，下述研究内容可选择其中 1 项进行研究：（1）研究具有低复杂度时钟恢复和均衡算法等新型相干光通信理论，突破 DA/AD 采样率等各类硬件非理想因素物理限制，完成高波特率光传输实时系统验证。（2）研究新型低成本、广覆盖、高灵活度的单通道超 100G 的光接入技术，突破系统功率预算极限，实现单通道超 100G 光接入系统验证。（3）研究基于光与无线融合的快速移动目标通信基础理论，探索提供差异化服务质量网络接入与调度机制，实现快速移动场景下高可靠、低延时、大容量的数据传输方法。

考核指标：分项对应上述研究内容：（1）形成新型相干光通信理论和系统架构并完成系统验证，系统满足：相干光通信实时实验系统满足电 ADC 采样率 $\geq 56\text{GSa/s}$ ，频谱效率 $\geq 6\text{bit/s/Hz}$ ，单波速率 $\geq 200\text{Gbps}$ ，波特率 $\geq 50\text{Gbaud}$ ，传输距离 $\geq 100\text{km}$ ，DSP 相对于复数域 DSP 资源量降低 50% 以上。（2）实现单波速率不低于 100Gb/s 的光接入原型样机并完成系统验证，系统支持接入速率灵活可调，支持单纤双向传输和点对多点拓扑，支持大于 20km 传输距离，无光放大下链路功率预算不低于 35dB；在 100Gb/s 上行速率下，突发接收最小开销时间不高于 150ns、信号光功率动态范围 $> 20\text{dB}$ 、接收灵敏度 $\leq -33\text{dBm @}1\text{E-}2$ 。（3）形成快速光无线与射频无线融合信道通信理论，实现不低于 500 km/h 移动目标跟踪与通信系统，光无线系统通信速率不低于 10 Gb/s，通信距离不小于 1 km，跟瞄角速度不小于 0.15 rad/s，端到端延迟不超过 50 μs ，

提供不低于 10 个服务等级。上述 3 项考核指标仅需完成 1 项。

关键词：相干光通信，光接入，光与无线融合。

4. 交叉融合前沿技术

4.1 基于高性能低碳玻璃的毫米波信号渗透增强技术（共性关键技术类）

研究内容：针对 6G 毫米波通信信号室内覆盖系统能耗大、覆盖效果不理想的问题，围绕国家“双碳”战略目标重大科技需求和日益增长的毫米波通信应用需求，结合建材玻璃应用背景研发具有毫米波信号低损耗渗透、红外低辐射的新型高性能低碳玻璃。研究提升低辐射玻璃在毫米波频段渗透性能的内在机理以及综合提高具有实际应用价值的宽带通信能力的关键因素；研究低辐射玻璃多层结构的宏观电磁特性、参数化多层结构的建模方法与膜层图形结构的优化方法；研究复杂部署情况下多块低辐射玻璃间的耦合机制并进行部署和波束形状的联合设计；研发增强毫米波通信的高性能低碳玻璃材料，并集成高可见光透明性和高隔热节能性；研究基于波束赋形理论的低辐射玻璃的汇聚型人工阵列电磁窗口技术；研究毫米波信号的大角度透射性能增强技术，包括材料和相位权值设计；开发兼容毫米波信号的新一代低辐射玻璃批量、大尺寸的制造工艺；研究融合新材料新器件的可配置电磁透射玻璃。基于新型玻璃材料和赋形波束设计开发实现毫米波信号室内渗透的高性能通信实验系统，完成典型场景下的应用示范。

考核指标：实现一套可对人工阵列材料参数化的代码工具。

研发集可见光透明—红外低辐射—毫米波渗透增强于一体的高效低碳建材玻璃：在 24~30GHz 毫米波通信频段内，工作频段内双极化电磁传输正入射损耗不高于 1dB，大角度入射（±60°范围内）损耗不高于 2dB，工作带宽优于 2GHz；红外频段（4.5~25μm）辐射率不高于 0.15，可见光频段（380~780nm）透射比不低于 0.61，反射比不高于 0.15；光热性能不低于 6 级，光热比不低于 1.6，传热系数 K 不高于 1.3，遮阳系数 SC 不高于 0.4，相对节能率不低于 65%。

研发集可见光透明和毫米波渗透可配置一体的智能电磁玻璃：在可见光频段（380~780nm），透射比不低于 0.61；在 24~30GHz 毫米波通信频段内，分别实现透射幅度不低于 3dB 变化的可配置，透射相位不低于 180°变化的可配置；功能不少于两种切换的可配置。搭建基于上述新型低碳玻璃的 ≥12Gbps 毫米波信号室内渗透通信实验系统。完成包括大型场馆毫米波信号渗透等场景的应用示范。

有关说明：项目由企业牵头申报。

关键词：低碳玻璃，毫米波通信。

“多模态网络与通信”重点专项 2023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 1963 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（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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2022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：相红

附件 3

“先进计算与新兴软件”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

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“先进计算与新兴软件”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2023 年度项目申报指南。

本专项总体目标是：针对新型计算系统结构、新型存储架构、新兴软件与新兴计算场景，构建神经元计算系统、图计算系统、存算一体系统、拟态计算系统等新型计算系统，系统效能相比传统计算技术提升至少一个数量级；针对大规模数据存储与新型计算需求，研制内存池化与分布式存储、近数据处理与智能存储、持久数据存储系统等新型存储系统与关键技术，存储性能提升一个量级；突破软硬协同关键技术，在晶圆级集成、数据流、机密计算、云边端协同、自然人机交互等领域取得支撑技术突破，构建新型架构上的系统软件、人机物融合系统、软件智能化开发等生态体系，支撑我国信息技术和产业平稳快速发展。

本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）。共性关键技术类部省联动项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中至少有一个课题需由之江实验室作为承担单位。

2023 年度指南部署坚持需求导向、问题导向，拟围绕新型计算系统结构与系统、新型存储系统、领域专用软硬件协同计算系统、新兴软件与生态系统等 4 个技术方向，启动 18 项指南任务，拟安排国拨经费 5.97 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目 300 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。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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，实施周期不超过 3 年。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。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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 1985 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为 1~2 项。“拟支持项目数为 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 2 项。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. 新型计算系统结构与系统

1.1 面向复杂计算场景的图计算机（共性关键技术类）

研究内容：研制统一图计算加速器，支持图计算、图挖掘、图学习等多类复杂应用场景，支持静态图、动态图等多类图结构；研究面向复杂计算场景的图计算高效系统软件，支持图计算加速器的任务调度、资源管理，支持加速器与其他处理器的协同计算；研制面向复杂计算场景的图计算编程环境，支持图计算加速器亲和的敏捷开发、代码生成、编译优化技术；设计面向复杂计算场景的分布式图计算框架，支持大图、并发图等场景高效处理；提供高性能图算法库，支持快速构建高可扩展的图计算应用；基于上述技术，设计全系列场景图加速器的领域通用处理器并流片，研制面向复杂计算场景的图计算机，并面向典型应用开展技术验证研究。

考核指标：相比业界最领先的图计算系统，基于单个图计算加速处理芯片的图加速器的典型算法计算性能提升 10 倍，基于 Graph500 标准数据集，标准图遍历算法 PageRank 计算性能达到 100GTEPS，标准图挖掘算 k -Clique ($k \geq 3$) 计算性能达到 20GTSPS；基于图计算加速处理芯片的图计算机整机性能功耗比提高 100 倍；基于 Graph500 标准数据集，标准图遍历算法 PageRank 性能功耗比达到 2.5GTEPS/W，标准图挖掘算法 k -Clique ($k \geq 3$) 性能功耗比达到 0.5GTSPS/W；基于 SNAP 标准动态图数据集，动态图处理能力可达到每秒百万条边更新速率；提供高

可扩展并行图算法库，基于上述图计算机的分布式图计算框架可支撑亿级顶点图数据规模，Graph 500 标准数据集和 GAPBS 数据集上执行典型并发图处理任务性能提升 2 个数量级；针对复杂图计算场景 1~3 个典型应用开展应用验证。

关键词：图计算，硬件加速器，编程环境，分布式计算。

1.2 异构融合高性能智能计算芯片（共性关键技术类，部省联动项目）

研究内容：以科学计算和智能计算相融合的新型计算范式为牵引，研究单指令多张量流计算模型，设计多元融合的统一智能计算指令集，研究新型超异构强泛化的智能计算芯片体系结构，高效支持智能计算、高性能计算和图形计算等多领域多精度算力融合；研究支持动态高维映射的智能计算核心和细粒度重构的运算加速部件，支持多场景、大规模的智能应用需求，研究新型片上互连、分级异构拓扑和多模式通信的片上系统，研究支持多元应用数据特征的高聚合带宽存储体系。

考核指标：完成自主统一智能计算指令集，包含共性加速指令，模型训练和推理指令，科学计算融合指令，领域智能加速指令等，完成基于该指令集的基础系统软件并开源；完成高性能智能计算芯片研发，单芯片指标：智能计算峰值性能 $>1600\text{TFlops}@fp16$ ；科学计算峰值性能 $>10\text{TFlops}@fp64$ ；领域计算峰值性能(图形) $>200\text{GPixel/s}$ ，支持 PaddlePaddle、MindSpore 等主流深度学习框架，面向计算材料、气象等不少于 2 类领域，

开展智能计算和科学计算相融合任务应用验证。

关键词：智能芯片，计算机体系结构，科学计算，智能计算，片上互联。

1.3 自演进异构融合的边缘智能计算系统(共性关键技术类，部省联动项目)

研究内容：针对无人机、卫星遥感等长航时遥感分析平台对边缘实时智能分析复杂多变影像数据的应用需求，开展具备自我学习、自我演进能力的异构融合边缘智能计算系统研制。具体包括：研究领域专用的自演进在线学习理论模型，支持具有领域属性的知识记忆、知识迁移和模型扩张；研究支持边缘设备自演进的联邦学习技术，支持跨领域知识迁移；研究边缘多机协同下的异步合作式学习框架，支持动态场景下异构设备的模型自演进；研究资源高效的自主学习与持续学习理论与技术，支持边缘设备智能模型推理与演进动态共存；研究面向边缘自演进智能模型的高效运行时环境和编程框架，适配国产智能芯片，支持自演进智能模型的高效稳定运行；研究自演进异构融合的边缘智能计算系统集成技术，基于国产化芯片构建具备边缘自演进能力的智能计算平台；在无人机、卫星智能计算等典型场景下进行示范应用。

考核指标：领域差异场景下持续学习精度不低于90%；支持目标分类、目标检测等自演进学习算法不少于6种；支持不少于5类、不少于20个端边智能计算节点之间的协同自演进学习；同等推理精度提升下的边缘设备持续学习资源消耗不高于现有系统

的 75%；基于国产处理器和智能芯片构建不少于 2 种边端自演进智能计算系统；研发智能计算节点不少于 20 个，算力能效比达到 1.5TOPS/W 以上；在计算系统功耗不大于 300W 的条件下，针对可见光遥感图像目标识别任务处理能力不低于 1GB/s；在无人机、卫星智能数据分析等典型场景下开展技术与应用验证。

关键词：边缘智能，自演进计算，无人平台，异构融合。

1.4 面向科学计算的量子计算算法与验证（青年科学家项目，拟支持 2 项）

研究内容：针对复杂科学计算快速高精度模拟需求，探索科学计算量子算法加速理论，研究量子有限体积法、量子牛顿法、量子层析法、量子蒙特卡洛、量子机器学习、量子行走等科学计算技术，研究面向大规模数据的量子随机访问存储和量子层析法，研究基于量子虚拟机的科学计算仿真应用，研究基于真实量子计算机的复杂科学计算算法验证。

考核指标：完成 2 种以上专用量子计算算法的软件实现，相对于现有技术理论加速性能 100 倍以上；优化软硬件环境，实现高效量子随机访问存储器模拟，能够对 100000 节点以上的大规模网格进行流体仿真，面向特定应用需求设计量子计算算法并验证，为典型仿真提供支撑，计算精度满足应用需求；提供基于真实量子计算芯片验证的专用量子计算算法；提供 2 种量子虚拟机以验证专用量子计算软件；提供一种可用于构建、优化、编译量子程序的量子编程框架。

有关说明：青年科学家项目不必覆盖指南全部内容，拟支持2项。

关键词：量子计算，科学计算，量子虚拟机，量子随机访问存储器，量子层析法。

2. 新型存储系统

2.1 面向新型计算模式的分布式存储系统(共性关键技术类)

研究内容：研究多种非易失存储介质与 DRAM 层次化与平行化结合的分布式存储架构；研究多层次、多介质角色控制方法，实现多种存储介质的融合管理；研究支持高可扩展的分布式元数据服务和高性能 I/O 软件栈；研究面向分布式存储的硬件加速技术；研究基于热度区分的分布式存储高速传输方法；研究 AI 使能的分布式存储控制面和数据面技术；研制控制面融合元数据组织模型，研究支持分布式文件、分布式 KV、分布式对象、分布式块等多种数据形态的分布式存储系统，实现新型计算模式多样化应用的多模态数据实时互联互通。

考核指标：建立多种非易失存储介质与 DRAM 层次化与平行化结合的分布式存储架构，研制面向新型计算模式的分布式存储系统，支持混合内存池化，实现持久化内存池与非持久化内存池按需统一调度；分布式存储有效支撑人工智能计算、大数据处理、图计算和高性能计算等应用；支持分布式文件、分布式 KV、分布式对象、分布式块等多种数据存储，多协议语义无损的并发访问；支持数据面旁路 CPU，软硬件协同 I/O 加速；同等节点规

模情况下,系统读写带宽和 IOPS 比开源存储产品提升 10 倍以上,数据规模提升 5 倍,典型应用场景下,系统整体能效提升 5 倍;支持 AI 使能的控制面,实现新型计算应用 IO 访问特征动态感知,存储资源自适应调度,存储系统节点规模不低于 128,单节点混合内存池化容量不低于 3TB、P99.99 长尾延迟低于 1ms。

关键词: 分布式存储, 非易失存储, 新型计算。

2.2 面向智能计算的边缘存储及应用(共性关键技术类)

研究内容: 研究面向边缘智能计算的分布式边缘存储体系架构; 研制面向智能计算的边缘数据处理存算一体化硬件架构及设备; 研究边缘存算一体化处理硬件设备的配套编程框架、一体化管理软件编程模型、驱动软件; 研究面向边缘数据的存储组织模式及高效检索、适应边缘场景的高效分布式存储技术与软件、支持高效检索的智能计算技术与平台; 研究面向云/边/端的智能计算与智能存储协同调度软件; 研制分布式边缘存储系统,并在典型场景下开展示范应用。

考核指标: 采用面向智能计算的边缘数据存算一体化处理硬件设备功耗不高于 100W, 存储容量不低于 5TB, 峰值存储带宽不低于 12GB/s, 4KB 随机读写 I/O 吞吐率不低于 200 万 IOPS, 计算能效比相比于传统通用计算架构设备提升 1 个数量级以上; 基于存算一体化处理设备, 研制不低于 8 个节点的分布式边缘存储系统, 分布式边缘存储系统支持毫秒级终端访问延迟, 系统 99% 尾延迟相比于传统云端访问降低 50%, 配套软件提供对 3 款以上

智能应用框架的支持；支持云/边/端协同的智能数据处理，边缘 TB 级非结构化数据内容检索延时小于 0.1 秒，精度不低于 80%，支持对包括持久性内存在内的多类存储资源的协同调度、数据预取与缓存管理。在智慧交通、工业互联网、视频监控等 3 个典型场景进行示范应用。

关键词：智能计算，边缘计算，存储。

2.3 高效安全持久内存系统（共性关键技术类）

研究内容：针对目前国内缺乏安全自主可控持久内存平台的问题，研制大容量、高性能持久内存设备，构建 TB 级高效安全持久内存原型样机，解决高效安全持久内存从仿真到实用间的障碍。具体包括：TB 级高效安全持久内存原型样机研究，研制大容量持久内存设备，研究持久内存设备控制器高性能、高可靠、高灵活性技术，研究安全持久内存系统的高效组织和管理方法，研制 TB 级高效安全持久内存原型样机，开发高效安全持久内存原型样机配套系统软件；安全持久内存数据安全性研究，研究持久内存的数据加密方法与优化方法，研究持久内存的完整性保障与优化方法，优化持久内存的安全元数据管理，设计基于持久内存的磨损均衡策略；安全持久内存系统可用性研究，研究安全持久内存系统数据可靠性机制，研究安全持久内存系统的数据崩溃一致性保障机制，研究安全持久内存系统的负载均衡和寿命延长机制，优化安全持久内存尾延迟；高效安全持久内存系统的管理与应用，研究轻量级的高效安全内存管理机制，研究动态安全内

存的分配与调度方案，研究多级别的安全性保障技术，研究安全内存的故障预测机制，并在人工智能、数据库等领域开展应用示范和验证。

考核指标：研制字节可寻址的持久内存设备，单设备容量不低于 2TB，研制持久内存设备控制器在保证数据可靠性的基础上设备访问延迟不高于 40 μ s，提供高可扩展的安全持久内存设备组织方法，在避免访存请求长尾延迟的基础上保证系统内存总带宽大于 350GB/s，研制 TB 级高效安全持久内存原型样机，持久内存容量不低于 6TB，实现持久内存系统硬件原型及配套系统软件，完成机密性、完整性、可用性保障方法功能性验证，并且系统软件软件栈延迟不超过数据访问总延迟的 20%；研制高效安全持久内存系统，提供机密性、完整性、可用性保障，针对持久内存典型应用提升系统性能 30%以上，降低持久内存访问延迟 50%以上，提升持久内存寿命 40%以上；构建高可用性的持久性内存安全机制，达到芯片间 12.5%的容错率，保障安全持久内存系统的崩溃一致性，实现系统崩溃毫秒级恢复，99.99%的请求尾延迟降低到微秒级；保障内存的访问模式安全性，避免基于侧信道的隐私泄露问题，比现有方法可降低 40%的响应延迟、70%的持久性内存写入数据量，整体性能提升 20%；在 AI 参数服务和数据库系统上开展应用示范，并在国际标准数据库评测指标上达到国际领先水平。

关键词：持久内存，数据安全性，一致性，可用性。

2.4 高能效感算一体芯片与系统（共性关键技术类，部省联动项目）

研究内容：研究感算一体计算模型与范式，设计兼具传感信号处理、信息融合和数据计算的感算一体异构芯片集成架构；研究通过智能计算增强感知的机制，包括大规模并行密集传感阵列中阵元级实时调控技术、传感阵列信号的稀疏表达机理与时空双维度计算增强机理；研制大规模传感阵列的高速并行数据采集与处理系统；研究感算一体单元异构集成技术，开发高能效、高算力、低功耗的感算一体芯片；面向机器视觉、遥感探测、类脑计算、无人驾驶等低时延、低功耗及海量数据实时处理的典型人机物三元计算空间信息融合应用场景，开展应用示范。

考核指标：设计阵元级并行采集与计算增强感知的异构集成芯片架构；研制基于视觉计算实现阵元级实时调控的传感阵列，稀疏表达的信号数据量降低1个数量级以上；研制大规模多通道传感阵列数据的高速并行采集与处理系统，支持阵元数目不低于 $1k \times 1k$ ，等效帧率不低于10kfps；研制感算一体芯片，处理器支持8bit计算位宽、计算能效比峰值不低于30TOPS/W；实现传感阵列与处理芯片的异构集成，最小互连节距小于等于 $5\mu m$ ；在机器视觉、遥感探测、类脑计算、无人驾驶等典型智能感知应用场景下实现一种或以上应用示范。

关键词：感算一体，传感阵列，计算增强感知，异构集成。

3. 领域专用软硬件协同计算系统

3.1 晶圆级集成的新型计算系统（共性关键技术类）

研究内容：面向人工智能等新型计算领域的应用需求，验证晶圆级集成的新型计算系统。具体包括：研究晶圆集成用预制件标准化设计方法及“结构适配应用”的动态构造方法；研究领域专用高级语言及其编译环境，支撑计算结构灵活重构、应用任务快速部署和运行时管理的软件系统平台；研究晶圆基板设计与制备、晶圆级集成，研究晶圆级供电网络和散热模型，突破大功率供电网络、超高热流密度芯片散热等关键技术；开发适配晶上计算系统的典型算法与场景的应用示范案例，创建测试评估体系，验证晶圆级集成的新型计算系统的性能与能效比。

考核指标：研制加速器、存储、互连、高速 I/O 四类预制件及晶上系统底座的物理设计标准与互联接口协议，集成规模不少于 50 个预制件，预制件拼装互连带宽不小于 5Gbps/link，相邻预制件互连延迟不大于 10ns；研制晶圆级集成的新型计算系统样机，基板互连密度线宽/线距不大于 $25\mu\text{m}/50\mu\text{m}$ ，供电网络峰值电流不小于 $0.5\text{A}/\text{mm}^2$ ；散热密度不小于 $0.3\text{W}/\text{mm}^2$ ；开发在线主动认知可重构软件系统，任务在线实时部署生效时间不大于 0.5s；建立基于晶上计算系统的测试评估体系，实现一套标准测试集和详细测试规范，面向自动驾驶与自然语言处理等不少于 2 种实际场景中开展应用验证。

关键词：晶圆级集成，集成电路，新型计算，可重构计算，

晶上系统。

3.2 面向云边端协同的芯粒结构与系统软件(共性关键技术类)

研究内容: 研究面向云边端协同的关键领域定制芯粒结构, 突破支持多类神经网络协同计算的可形变计算结构、可重构互连存储架构、多模型协同任务编排等技术; 研究面向云边端协同的跨域分布式计算基础架构, 突破跨域虚拟存储空间构建、广域存算协同调度、分布式训练通信调度等技术; 研究面向云边端协同的一体化高效资源管理系统, 突破算网存异构资源的融合和实时感知、异构资源的多维度统一抽象与广域协同管理; 研究面向云边端协同的去中心化任务管理平台, 突破广域异构动态环境分布式任务管理框架、智能自适应部署、动态互调用与热迁移及多端运行统一编程模式等技术; 在典型的云边端协同场景中开展应用验证。

考核指标: 设计一种面向云边端协同计算场景的领域定制化芯粒结构, 可支持 CNN、RNN、Transformer、点云神经网络等不少于 4 类神经网络模型的协同计算; 研发跨域分布式计算基础架构, 跨云边端数据访问性能不低于网络传输性能的 85%, 相比不考虑数据布局的广域计算任务调度方法, 广域存算协同调度下的任务完成时间降低 20%; 研发云边端协同一体化高效资源管理系统软件, 支持 3 种及以上包含国产平台硬件异构计算平台的资源管理, 实现以单个 hypervisor 同时支持虚机和容器, 在智能制造、智慧交通等应用场景提供 4 种及以上的异构网络接入技术管理, 实现异构网络 80ms 内故障感知与切换; 研发面向云边端任务协

同的去中心化智能管理平台，动态情况下满足 99% 以上的任务端到端延迟要求，实现运行时任务热迁移不高于 700ms，动态互调用切换延迟不高于 300ms，多端运行统一编程模式支持 3 种及以上计算平台与编程语言；在智能制造、智慧交通等 2 个及以上领域云边端协同场景中实现应用验证。

关键词：云边端协同，领域定制芯粒结构，跨域分布式计算，广域分散资源管理，异构动态任务管理。

3.3 机密计算硬件加速技术（共性关键技术类）

研究内容：研究机密计算的硬件典型运算基础算子库，分析并构建专用模块的加速器，研究硬件高并发机制；研究系统模型参数化设计，实现可广泛适用的动态重构；研究构建可灵活扩展的模块化体系结构以支持不同算法，突破可移植性与计算速度相制约的技术瓶颈；研究全同态加密和零知识证明硬件实现技术。

考核指标：机密计算硬件加速库可支持 5 种以上主流密码算法，对比开源 GPU 系统，定制化加速器将机密计算各底层运算计算速度提升 10 倍以上；加速全同态加密和零知识证明等密码学技术，对比 CPU 上最新开源系统，性能提升 1000 倍以上；大规模同态加密以及零知识证明应用硬件使用效率高于 90%。

关键词：机密计算，加速器，动态重构。

3.4 高通量弱信号软硬件协同实时计算系统（共性关键技术类，部省联动项目）

研究内容：针对高速信号流在强噪声背景下弱信号提取难、

信号处理效率低等问题，研制弱信号提取专用智能芯片，实现自适应噪声抑制、信号增强修复等功能；研制支持傅里叶变换、矩阵计算、数据压缩等专用算法的加速核，建立集成 CPU、FPGA 和专用加速核的异构计算平台；研究面向任务类型的异构资源调度、内存资源分配及算子优化技术；研发结合线性计算与非线性计算、融合传统信号处理方法与深度学习的综合算法/模型库；构建典型应用系统，在天文、声学等领域开展示范应用。

考核指标：弱信号提取专用智能芯片支持不低于 2Tbps 数据流的实时接入与计算的系统，实现频谱分辨率不低于 100Hz 或时间分辨率不低于 100ns，芯片功耗不高于 3W；针对弱信号采集提取单元，系统支持不低于 2Tbps 数据流的实时接入与计算；面向不少于 2 种场景，构建包含目标识别、信号增强等 10 类算法/模型库；系统实现频谱分辨率不低于 100Hz 或时间分辨率不低于 100ns；弱信号探测深度达到 $10^{-27} \text{W}/(\text{m}^2\text{Hz})\text{ms}$ ，探测率达到 100 次/小时；完成不少于 2 类示范应用。

关键词：弱信号提取，高通量计算，软硬件协同。

3.5 基于 RISC-V 的异构架构与工具链研究（共性关键技术类）

研究内容：针对 RISC-V 的开源芯片被广泛部署与领域专用架构（DSA）需求不断增长的挑战，研究异构架构的 RISC-V CPU 芯片与异构系统，研究内容包括研制基于 RISC-V 的指令集扩展接口与协议；研制支持 RISC-V 处理器设计的高效开发环境；研制快速定制 DSA 工具链；研制多款基于异构 RISC-V 架构的原型

系统并进行应用示范。

考核指标：研究基于 RISC-V 的指令集扩展接口与协议标准 1 套，扩展接口可以支持协处理器直连与多处理器互连；研制面向高效率处理器设计的开发环境 1 套，仿真效率相比商业 EDA 工具提升 20% 以上；开发支持基于 RISC-V 快速构建 DSA 架构的工具链 1 套，编译器支持不少于 15 种指令集子集；开发支持自适应 DSA 架构的软件栈 1 套；研制 2 款针对真实场景应用的异构 RISC-V 原型芯片，至少 1 款芯片不低于 4 核，至少 1 款芯片具有用于异构系统构建的高速互连接口，接口带宽不小于 40Gb/s；基于原型芯片构建 2 套原型平台，用于评估在人工智能和科学计算等典型应用场景中的性能表现。

关键词：RISC-V 芯片，异构架构设计，开发工具链。

3.6 多层次融合的软件定义数据流关键技术与系统（青年科学家项目，拟支持 2 项）

研究内容：研究多层融合的数据流抽象机模板及程序执行模型；研究面向多粒度数据流的编程模型及编程环境；研究软件可定义的多层融合数据流运行时系统；研究异构分布式环境下多层次任务划分与调度方法；开展基于多层融合数据流的图计算及机器学习示范应用。

考核指标：支持指令级、程序块级和线程级三层数据流模型融合；能够兼容至少 3 种以上不同类型硬件结构及 3 类异构分布式环境，程序执行效率较典型基线系统提高 60% 以上，吞吐量提

升 1.5 倍以上；在图计算领域及机器学习领域验证系统的有效性，较传统数据流系统性能提升 1.5 倍以上，并推广应用到相应的行业龙头企业。

有关说明：青年科学家项目不必覆盖指南全部内容，拟支持 2 项。

关键词：数据流，编程模型，异构计算。

4. 新兴软件与生态系统

4.1 基于新型硬件的原生数据库系统（共性关键技术类）

研究内容：研究针对非易失内存的数据库数据分布、索引、日志、数据恢复、并发控制、查询优化等核心模块和算法，研究和实现一套超高密度、超低延迟、超快恢复的基于非易失内存的原生数据库系统。研究高速内存互联协议和 RDMA 支持的跨 GPU/CPU 的高效分布式多模（包括关系、大图、向量等模型）数据查询和分析技术，实现一套基于新型硬件的多模数据库系统。

考核指标：实现基于非易失内存的原生数据库系统，具有自主知识产权，支持金融、互联网、电信等行业数据查询分析和事务处理；事务处理支持存储器件原生特征；同等节点规模下，数据管理规模达到当前内存数据库产品 1 个数量级以上；与国内外具有代表性的开源数据库相比，在同等数据规模和吞吐的前提下，平均延迟和尾延迟降低 1 个数量级以上，系统故障情况下数据库恢复速度提升 2 个数量级以上；与国外具有代表性的开源多模数据库相比性能提升 1 个数量级，至少支持包括关系、大图、向量

等 3 种以上的常用数据模型；在 2 个以上战略领域，5 个典型应用场景中使用。

关键词：原生数据库系统，新型硬件，多模数据库。

4.2 高安全强实时嵌入式智能软件系统（共性关键技术类）

研究内容：研究面向 CPU+NPU 异构多核芯片的嵌入式智能软件系统新型体系架构、分级实时和多内核混合部署技术；研究嵌入式智能软件系统的内生安全技术，研究软件系统运行时防护机制自动生成方法；研究嵌入式轻量级安全容器隔离、资源配额技术和运行时任务软件自动构造；研究嵌入式智能软件系统间实时通信；研究相应的针对 CPU+NPU 的深度学习编译框架，提升人工智能算法部署的高效性，研制相应的嵌入式智能软件系统支撑环境，研制保障任务实时要求的时延分析工具，在智能辅助驾驶、智能工业机器人、智慧电厂、安防监控等典型领域开展示范应用。

考核指标：实现进程调度切换开销 <800 时钟周期，内核种类不少于 5 种，支持 3 种以上不同属性内核同时运行，可实现 128 个内核扩展；支持异构冗余多内核可靠性和内生安全机制，能对 5 种以上的外部安全威胁进行有效防护；实现安全容器切换时间 $\leq 40\mu\text{s}$ ，最大中断时延 $\leq 30\mu\text{s}$ ，启动时间 $\leq 1000\text{ms}$ ；文件系统支持 128 核的高可扩展，支持异构冗余执行机制和异构冗余文件系统机制，内核间支持不低于 1Gbps 的实时通信；支持 8 CPU 核心+2 AI 核心，支持 PaddlePaddle、MindSpore 等在内的 2 种以上深

深度学习框架，实现不少于 4 类常用智能化算法；支持对任务端到端时延进行数学分析，悲观性低于 20%；支持 CAN 总线与 EtherCAT 总线协议，支持不少于 3 种智能辅助驾驶和智能工业机器人设备；利用深度学习编译框架，提升部署速度 30% 以上。

关键词：智能软件，高安全系统，实时嵌入式系统，新型计算架构。

4.3 面向场景计算的低代码开发方法与环境（共性关键技术类）

研究内容：研究场景计算软件理论模型，突破人机物融合复杂系统特定应用场景下的软件自动化构造、运行和可信保障技术；针对特定场景，研究框架式复杂软件系统自动分析与理解、框架代码的抽象与建模、框架与应用程序的组合分析、面向框架式软件高阶特性的动静态混合分析等理论与技术；研究面向场景计算的低代码模板自动挖掘与复用、基于知识图谱的智能化低代码开发、基于可复用服务的程序代码智能合成以及面向低代码开发的软件质量保障等关键技术，研制智能化构造低代码开发平台的元工具环境，研发相应的系列化低代码开发平台。

考核指标：提出智能化构造低代码开发平台的方法，支持不少于 3 种应用领域的低代码模板表示的方法；开发可存储 10 万种以上低代码模板的数据库；实现响应时间不超过 0.1 秒、准确率达到 80% 以上的低代码模板推荐引擎；通过 API 级和片段级代码智能化推荐完成的代码占最终完成代码的 70% 以上，代码复用

的缺陷维护准确性达到 90%以上；在选定领域中，基于领域需求描述生成可复用服务调用代码的可采纳率达到或超过 70%，自动合成程序代码的可采纳率达到或超过 70%；支持 2~3 种典型新兴软件的框架代码的规约自动分析与理解，并在 2~3 种典型应用场景开展应用。

关键词：场景计算，低代码开发，软件自动化，软件开发环境。

4.4 面向数据中心的 RISC-V 基础软件生态技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对 RISC-V 的开源硬件被广泛部署与领域专用 RISC-V 基础软件生态需求不断增长的挑战，研制面向数据中心应用场景的 RISC-V 生态基础软件，研究内容包括固件、操作系统内核、基础库、编译工具链及开发工具集（SDK）；研究面向 RISC-V 的动态二进制翻译软硬件协同加速技术，推动 RISC-V 迅速嫁接成熟生态（X86/ARM）；研究板级管理控制（BMC）、虚拟机（VM）、容器（Docker）等方面的基础软件，推动面向数据中心的应用。研究 RISC-V 开源芯片的研发路径，包括商业模式和商业要素、我国与其他国家在开源芯片发展格局中的优势与短板，以及我国应对 RISC-V 发展潮流的行业建议。

考核指标：研制面向数据中心应用场景的 RISC-V 固件发行版 1 套，RISC-V 操作系统发行版 1 套；能够支持香山等不少于 3 种典型 RISC-V 硬件，并且在不少于 100 颗 RISC-V 处理器组成的数据中心环境中验证；研制支持数据中心服务器的板级管理控制

(BMC) 软硬件解决方案 1 套, 虚拟化或者容器化解决方案 1 套; 研制面向数据中心应用场景的编译工具链及开发工具集 (SDK) 各 1 套, 支持不少于 15 种 RISC-V 扩展指令集, 包括但不限于 H、S 等特权模式指令, 以及 P、V 等扩展指令集; 研制基于 Rust 安全语言的可信操作系统各 1 套; 研制面向 RISC-V 的动态二进制翻译软硬件协同加速平台 1 套, X86/ARM 二进制翻译达到原生性能 50%。成为面向数据中心的 RISC-V 指令集操作系统内核、编译工具链和基础库的核心贡献者(RVI 相关标准和 HC/SIG/TG 参与度、上游软件贡献度等全球机构排名前三)。在服务器领域实现 RISC-V 基础软件生态成熟度与 ARM 相当。应用示范领域不少于两个行业; 提交 RISC-V 对行业影响的分析报告、行业发展建议报告, 以及不少于 2 个行业应用建议报告各 1 份。

关键词: RISC-V 基础软件, 编译工具链, 开发工具集, 二进制翻译。

“先进计算与新兴软件”重点专项 2023 年度 项目申报指南审查条件要求

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 1963 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（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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 2022 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：贾燕红

“高性能计算”重点专项 2023 年度 项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“高性能计算”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2023 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：在新一代国产超算系统的体系结构、新型处理器结构、高速互连网络、整机基础架构、软件环境、面向应用的协同设计、大规模系统管控与容错等核心技术方面取得突破，依托自主可控技术，研制适应应用需求的新一代国产超算系统。研发新一代国产超算系统的基础算法库、编译器及性能优化等支撑软件，研发一批重大关键领域/行业的高性能计算应用软件，构建可持续发展的国产高性能计算应用生态环境。探索新型高性能计算服务机制，建立具有金字塔层次结构和全局调度能力的国家超级计算基础设施，依托该设施，研发重点行业和关键领域的应用平台，提高国家超级计算基础设施的应用服务能力。

2023 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕高性能计算应用技术方向，启动 7 项指南任务，拟安排国拨经费 1.03 亿元。本批指南均为应用示范类任务，鼓励行业用

户单位牵头申报，项目配套经费与国拨经费比例按照每项指南有关说明执行。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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，实施周期不超过 3 年。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。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为 1~2 项。“拟支持项目数为 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 2 项。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. 高性能计算应用

1.1 面向新一代国产超算系统的高分辨率气候系统模式软件（应用示范类）

研究内容：围绕精准气候预测在我国防灾减灾中的重大需求，研制中国区域 1km 分辨率海—陆—气多圈层耦合区域气候模式与区域气候预测系统。充分利用新一代国产超算系统算力，提升我国气候预测的精准度，支撑我国防灾减灾和极端气候事件应对。主要研究：适合中国复杂地形和极端气候的 1km 分辨率级别区域气候模式、耦合人类活动的精细化陆面模式和适合河口海

岸精细化模拟的非结构化网格海洋模式；区域 1km 分辨率海—陆—气耦合的资料同化系统；区域 1km 分辨率海—陆—气耦合的气候模拟系统；区域气候模拟系统在国产高性能计算机上的大规模并行计算技术；精细化气候预测业务示范应用。

考核指标：研发高分辨率全球模式驱动的中国区域 1km 高分辨率海—陆—气耦合区域气候模式和气候预测系统，软件部署于国产高性能计算机系统，并对外开放使用；对标国际同类系统，功能和预测精度相当且性能超越，预测精度相对于国内已有业务预报提升 3% 以上；在项目结束时最高水平国产超算系统上实现全机规模高分辨率气候模式并行计算，并可扩展至新一代国产高性能计算机；以百万核为基准，并行规模扩展 10 倍时并行效率不低于 30%；混合精度版本的模拟结果满足工程精度要求，性能提升超过 10%；基于高分辨率耦合区域气候模式的中国区域集合气候预测系统，千万核以上规模下可在 24 小时内完成全国 1km 分辨率、20~30 个集合成员，未来 6 个月的气候预测；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；软件在行业/领域取得实际应用，渗透率不低于 10%，并为不少于 5 家重要单位/机构提供气候预测服务，取得有影响力的研究/应用成果。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。考核指标中的“渗透率”是指同类软件的用户中使用本项目所研发软件的用户所占比例，项目申

报团队应在申报书中明确“渗透率”指标的统计范围和统计方法，并说明其合理性。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，气候模式，气候预测。

1.2 面向新一代国产超算系统的量子电路模拟软件系统（应用示范类）

研究内容：围绕量子计算的研发需求，研制面向新一代国产超算系统的量子电路模拟软件和量子计算云平台，提供功能验证、性能分析及保真度验算等功能，为研究人员提供量子计算机设计、量子算法开发和量子容错机制研究的模拟验证平台。具体包括：面向大规模量子电路模拟的张量网络路径搜索优化方法和高效张量网络模拟方法，有效降低量子计算模拟复杂度，满足 1000 比特规模量子算法设计和量子计算机验证的计算需求；带噪声量子电路模型的高效张量网络模拟方法，实现 1000 量子比特规模的带噪声量子线路模拟，有效支持基于中等规模带噪声量子计算机进行容错量子计算的高效仿真；研究面向千万核以上高性能计算机体系结构的量子电路模拟极大规模多级并行算法、众核并行优化方法和自动混合精度算法，支持超大规模并行和混合精度模拟。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统的量子电路模拟器软件，部署于国产高性能计算机系统，并对外开放使用；软件支持 100~1000 量子比特规模的量子应用开发和带噪声低深度的量子线路模拟，项目结束时在最高水平的国产超算系统上实现全机规模并行计算，并可扩展至新一代国产高性能计算机；在 4000

万核规模下的并行效率不低于 80%；实现国际主流量子电路的 100 万无关构型采样的模拟，保真度高于实际量子电路，模拟时间小于 10 小时；实现不少于 2 种噪声模型，为国产量子计算机硬件设计提供依据；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；构建于国产高性能计算机系统的量子计算云平台，培育不少于 2 个量子优势应用，协助 5 个以上国产量子计算机完成软硬件协同设计。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，量子计算，量子计算模拟。

1.3 面向新一代国产超算系统的宇宙学高性能模拟软件（应用示范类）

研究内容：围绕天文学发展对宇宙学模拟规模和精度的迫切需求，研制面向新一代国产超算系统的宇宙学高性能模拟软件，实现宇宙学星系形成的流体力学模拟，显著提升宇宙学模拟的预测能力。重点研究高可扩展、高并行加速的宇宙学数值模拟技术，主要包括：研究前沿的星系形成物理过程的模拟方法，超大规模的 N 体和流体力学问题求解算法；研究宇宙引力场的超大规模偏微分方程高效并行求解方法，利用多尺度模型和观测结果研究基于物理的初值和预条件子构造算法，研究区域分解和处理器分组算法，解决全局通信和负载均衡瓶颈；针对新一代超算系统架构，

研究多尺度物理模型间的交叉融合，研究物理模型与超算异构节点之间的映射与实现，进而实现高可扩展、高并行加速的宇宙学数值模拟软件。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统的宇宙学高性能模拟软件，物理学功能、模拟算法先进性与国际主流软件（如 GreeM、Gadget-4 等）相当，并行加速能力不低于国际主流软件，部署于国产高性能计算机系统，并对外开放使用；暗物质模拟的目标粒子数超过 6 万亿，能够处理原位数据；N 体和流体力学模块在项目结束时最高水平的国产超算系统上实现全机规模并行，并可扩展至新一代国产高性能计算机；以百万核为基准，并行规模扩展十倍时的并行效率不低于 30%，核心模块的并行加速能力不低于硬件峰值性能的 20%；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；形成有影响力的研究成果，在行业或领域内取得实际应用，渗透率不低于 30%；支撑空间站望远镜、SKA 等重大科学工程。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。考核指标中的“渗透率”是指同类软件的用户中使用本项目所研发软件的用户所占比例，项目申报团队应在申报书中明确“渗透率”指标的统计范围和统计方法，并说明其合理性。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，宇宙学模拟，多尺度物理模型的耦合。

1.4 面向新一代国产超算系统的电磁计算软件系统及应用 (应用示范类)

研究内容：围绕重大工业装备对高精度、大规模和高效率电磁仿真技术的迫切需求，开展频域、时域全波电磁算法的高可扩展并行策略研究，突破大型稠密与稀疏电磁矩阵方程直接/迭代求解、负载均衡控制、数据高效通信、异构加速等高性能电磁计算中的共性关键技术，构建涵盖高/低阶矩量法、有限元法、时域间断伽略金法等算法的千万核级并行全波电磁算法体系，研制适配新一代国产计算机的大规模并行电磁仿真软件，实现带罩阵列天线辐射、载体平台天线布局、复杂微波器件网络参数等复杂电磁环境的高精度电磁模拟，显著提升飞行器等重大装备的电磁设计能力。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统的大规模并行电磁仿真软件，部署于项目结束时最高水平的国产高性能计算机系统，并对外开放使用；软件功能与国际主流同类软件相当，具有完善的前后处理功能；软件具备包括有限元法、高阶矩量法、低阶矩量法、多层快速多极子法、时域有限差分/积分法、时域间断伽略金法等多种算法在内的全波算法求解器，至少 2 种全波算法求解器实现数千万处理器核以上规模运行；至少 1 种全波算法支持项目结束时最高水平的国产高性能计算机系统全机规模并行，且扩展至新一代国产高性能计算机时强可扩展性并行效率不低于 50%，其他全波算法从百万核扩展至千万核时并行效率不低于

30%；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；软件在行业/领域取得实际应用，独立法人单位用户不少于 50 个，形成飞机、舰船等载体平台中的复杂阵列天线全波仿真应用示范，在至少 2 个行业取得重要研究/应用成果。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，电磁计算，电磁仿真。

1.5 面向新一代国产超算系统的飞行器多学科联合设计优化软件系统（应用示范类）

研究内容：围绕飞行器设计中多学科联合优化的迫切需求，研究基于高性能计算的飞行器空气动力、飞行力学、载荷、结构强度、噪声、气动弹性等多学科综合优化技术；研究面向国产超算架构的多学科多变量优化求解方法及大规模并行优化技术，突破六自由度状态飞行器的全机千万量级设计变量多学科优化带来的算法和并行计算瓶颈；研究用于加速飞行器数值仿真计算的人工智能代理模型，以及训练数据快速生成技术；研究在国产超算系统上的飞行器多学科、大变量综合优化 workflow 构建方法和高效实现技术；研制面向国产超算架构的飞行器多学科联合设计软件系统，支撑基于新一代国产超算系统的飞行器多学科联合设计应用，显著提升飞行器精细化设计水平和设计效率。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统的飞行器多学科联合设计优化软件，部署于项目结束时最高水平的国产高性能计算

机系统，并对外开放使用；软件功能与国际主流同类软件相当且性能超越，支持飞行器空气动力、飞行力学、载荷、结构强度、噪声和气动弹性的多学科综合优化，支持六自由度状态飞行器的全机千万量级设计变量多学科优化，具备气动力、结构、载荷、噪声、气动弹性不同网格的协同计算能力；基于人工智能的代理模型可用于飞行器空气动力学和结构强度求解，相比于传统数值方法，求解速度提升不低于 10 倍，求解精度相当；多学科联合设计优化可实现千万处理器核以上规模运行，以百万核为基准，并行规模扩展 10 倍时的并行效率不低于 30%；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；软件在行业/领域取得实际应用，渗透率不低于 30%，在飞行器重大装备研发设计领域形成应用示范，取得不少于 2 项具有重大影响力的成果。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。考核指标中的“渗透率”是指同类软件的用户中使用本项目所研发软件的用户所占比例，项目申报团队应在申报书中明确“渗透率”指标的统计范围和统计方法，并说明其合理性。

关键词：高性能计算，航空，飞行器设计，多学科优化。

1.6 面向新一代国产超算系统的油气藏精细模拟软件系统（应用示范类）

研究内容：围绕油气藏开发中的渗流力学问题，研发面向新

一代国产超算系统的油气藏精细模拟软件与计算云平台，提供黑油模拟、组分模拟、热采模拟、反应模拟、非常规油气藏模拟等功能，形成产量预测、生产方案优化、剩余油分布研究的模拟验证平台。具体包括：面向国产超算架构的物质守恒方程和多相平衡方程的高效并行求解技术，支持超大规模并行和混合精度计算；针对强耦合非线性渗流力学方程的可扩展稳健数值计算方法；面向油气资源开发的大规模离散方程组快速求解方法及其异构并行加速技术。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统且具有完全自主知识产权的油气多组分渗流模拟软件，部署于项目结束时最高水平的国产高性能计算机系统，并可扩展至新一代国产高性能计算机，对外开放使用，实现在油气开发领域的工业验证；支持十亿以上网格规模多相（相数 >2 ）、多组分（组分数 >3 ）渗流数值模拟；适用于黑油、组分、化学驱、热采、非常规油藏开发等模型；建立符合观测数据和地质认识的数值模型，构建数据驱动的历史拟合方法；核心计算模块实现千万核级并行计算，以百万核为基准，并行规模扩展十倍时的并行效率不低于30%；项目须将研制软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；软件系统在油气开发行业获得应用，行业渗透率达到15%以上，在不少于3个大型油气田增产增效中取得应用验证。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于3:1。考核指标中的“渗透率”是指同

类软件的用户中使用本项目所研发软件的用户所占比例，项目申报团队应在申报书中明确“渗透率”指标的统计范围和统计方法，并说明其合理性。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，油气勘探，渗流力学。

1.7 面向新一代国产超算系统的高性能材料模拟软件（应用示范类）

研究内容：围绕关键领域新材料研发需求，通过人工智能技术与基础科学研究深度结合的研究方法，突破传统材料研发中微观计算模拟尺度小、精度低、速度慢的关键科学问题，面向新一代国产超算系统，研发满足材料电子、原子尺度、分子尺度计算仿真需求的高性能材料模拟软件，提升材料电子、原子尺度、分子尺度计算模拟的精度、速度和应用范围。主要研究：利用人工智能技术有效降低极高温条件下密度泛函计算复杂度的方法和量子化学精度分子动力学势函数模型的自动化构建方法；利用人工智能预训练模型构建具有密度泛函精度、多元素适用的分子动力学势函数模型；支持 10 亿原子以上规模且具有密度泛函精度的分子动力学模拟方法及大规模并行实现技术；基于人工智能的材料热力学和动力学性质预测技术及其在多种国产超算架构上的软件实现技术；在航空材料、新能源材料、半导体材料等领域取得示范应用。

考核指标：研发面向新一代国产超算系统的高性能材料模拟软件，部署于新一代国产超算系统，并对外开放使用；软件面向

材料电子、原子尺度计算仿真需求，对标国际同类软件，功能和精度相当且性能超越；在材料电子尺度模拟方面，支持 2000 个原子以上杂化泛函精度的结构优化模拟，支持 1000 eV 的超高温模拟；在分子动力学模拟方面，所构建势函数的精度与量子化学精度相比，R2 不低于 95%；基于人工智能技术构建不少于 5 种元素混合的、能量预测精度 $RMSE < 0.008\text{eV/atom}$ 的分子动力学模拟势函数，支持不少于 10 亿原子规模的分子动力学模拟；核心计算模块以百万核为基准，并行规模扩展十倍时的并行效率不低于 30%；软件基于自主提出的高性能电子结构算法和分子动力学算法，可预测不少于 10 种材料的热力学和动力学性质；软件的可开放版本提交到本专项指定的社区，供开放或开源使用；软件在材料研发行业/领域取得实际应用，行业渗透率达到 5% 以上，并为不少于 7 家重要单位/机构提供材料性质预测服务，取得有影响力的研究/应用成果。

有关说明：本指南鼓励行业用户单位牵头申报。项目配套经费与国拨经费比例不低于 3:1。考核指标中的“渗透率”是指同类软件的用户中使用本项目所研发软件的用户所占比例，项目申报团队应在申报书中明确“渗透率”指标的统计范围和统计方法，并说明其合理性。

关键词：高性能计算，高性能应用软件，材料电子，材料数值模拟。

“高性能计算”重点专项 2023 年度项目 申报指南审查条件要求

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 1963 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（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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 2022 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：谈儒云

“信息光子技术”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“信息光子技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2023 年度项目申报指南。

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

2023 年度指南部署坚持需求导向、问题导向和应用导向，拟围绕光通信器件及集成、光计算与存储、光显示与交互三个技术方向，启动 27 项指南任务，拟安排国拨经费 2.255 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 2900 万元，除指南 1.8、1.11、1.17、1.18、1.19 任务各 300 万元外，其余指南任务均为 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，应用示范类项目配套经费与国拨比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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，实施周期不超过3年。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、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。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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1985年1月1日以后出生，女性应为1983年1月1日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为1~2项。“拟支持项目数为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2项。2个项目将采取分两个阶段支持的方式，第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 光通信器件及集成技术

1.1 智能光操控超表面芯片及新型光无线通信系统（基础研究类）

研究内容：针对光无线通信系统对传播环境实现智能化感知的应用需求，研究大衍射角、传输空间光束指向自由驾驭的智能超表面的机理、架构、设计和验证；研究8英寸晶圆级超表面光芯片的批量制造工艺；研制基于可操控光信号的超表面芯片的智

能化、高速双工光无线通信系统，形成原理样机。

考核指标：（1）超表面芯片有效尺寸不小于 $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ ，像素数不低于 4000 万。（2）超表面芯片的光波束通道数不少于 9，单通道光波束强度连续可调。（3）通信系统全波段（O/S/C/L）、双工工作，下行最高通信单波速率不低于 1Tbps，上行通信单波速率不低于 100Gbps，总通信容量不低于 10Tbps，传播距离不小于 2m。（4）光束指向的角度覆盖范围不低于 $70^\circ\times 70^\circ$ ，且动态可调，角分辨率不低于 $2'\times 2'$ ，光束调节的刷新率不低于 50Hz。

关键词：超表面，光无线通信，智能光操控，双工，光广播。

1.2 面向下一代宽带无线系统的射频光子器件及应用技术 (共性关键技术类)

研究内容：针对 Sub15GHz 黄金频谱下高能效高功率宽带无线系统的应用需求，突破高效率高功率模拟射频前传和光电探测器直驱天线的微波光子核心器件关键技术，研究高电光转换斜率的宽带高线性度半导体激光器；研究高能效的高饱和射频输出功率光电探测器；研究高效率的高功率半导体光放大器；研究高功率低插损波分复用器；研究直驱天线的高功率射频光子链路技术，实现全新形态的高能效射频光子无线系统样机。

考核指标：（1）高能效直调半导体激光器，支持 3dB 带宽 $\geq 20\text{GHz}$ ，芯片斜效率 $\geq 0.4\text{W/A}$ ，线性饱和输入射频功率（1dB 压缩点） $\geq 20\text{dBm}$ ，O 波段。（2）高能效高功率光电探测器，支持 3dB 带宽 $\geq 20\text{GHz}$ ，线性饱和输出电流（1dB 压缩点） $\geq 250\text{mA}$ ，

正弦波直流转换效率（射频输出功率/直流电源功率） $\geq 45\%$ ，响应度 $\geq 0.8\text{A/W}$ ，O 波段。（3）高功率半导体放大器，饱和输出光功率 $\geq 26\text{dBm}$ ，电光功率转换效率 $\geq 20\%$ ，O 波段。（4）高功率波分解复用器，输入光功率 $\geq 5\text{W}$ ，通道数 ≥ 4 ，单通道插入损耗 $\leq 1\text{dB}$ ，O 波段。（5）射频光子无线系统覆盖频段 Sub15GHz，支持多频带，信号 800MHz 带宽，EVM $\leq 3.5\%$ ，高功率链路 RF 输出平均功率 $\geq 27\text{dBm}$ ，PD 直驱天线，规模 16TR，具备扩展能力，16TR 塔上功耗 $\leq 100\text{W}$ 。实现系统演示验证。

关键词：高能效，高功率，射频光子链路，下一代无线系统。

1.3 高速光纤通信传感一体化系统与关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大规模既有光纤网络高效利用和智慧升级的重大需求，研究单模光纤场景下高速通信与分布式传感一体化系统与关键技术。研究基于同一单模光纤、同频共用波长信道的光纤通信传感一体化系统架构与综合性能表征方法；研究同频共用通感一体化信号的设计理论与产生方法，建立涵盖一体化信号共生、共传和解耦接收的理论模型并开发仿真软件；研究通信传感一体化系统的多维传输损伤机制，探索低串扰通感解耦方法、损伤补偿与串扰抑制技术；研制面向通信传感一体化的窄线宽光源等关键器件；研究面向既有光纤网络的通信和传感相互增强技术，并研发兼顾高速率通信功能、通信状态监测功能和高分辨高灵敏分布式传感功能的应用系统。

考核指标：（1）研制 C 波段通感一体光源，线宽不大于 1KHz，稳定性优于 10MHz/min 和 25MHz/h，波长切换时间不大于 1 μ s，载噪比不低于 40dB。（2）接入网场景下距离不低于 20km，单波通信速率不低于 50Gb/s，传感空间分辨率优于 3m、应变灵敏度达到 n ϵ 量级且频率响应不低于 20KHz。（3）城域网场景下距离不低于 80km，单波通信速率不低于 100Gb/s，传感空间分辨率优于 10m 且应变灵敏度达到 n ϵ 量级。（4）在重点行业（轨道交通、石油化工、电力电网等）的既有单模光纤通信系统中完成示范应用和推广应用，具备小批量生产能力。申请发明专利不少于 20 项，相关行业企业技术标准或 MSA 提案不少于 2 项。

关键词：通信传感一体化，高速光纤通信，分布式光纤传感。

1.4 12 英寸光电融合单片集成技术与平台（共性关键技术类）

研究内容：面向超高速、超宽带、低功耗、超短时的通信需求和光计算、光传感市场潜在需求，开展 12 英寸光电融合单片集成技术与平台开发。重点研究可嵌入 CMOS 工艺的高精度低损耗波导成型、高质量锗选区外延等硅光工艺技术；研究单片集成的硅光子关键器件，包括高速电光调制器和波导型锗探测器；研究单片集成的微电子关键器件，包括高性能晶体管、高品质射频无源器件；研究硅通孔工艺技术；研究异构集成的光电融合建模和仿真技术，形成标准化高性能的光电器件库；基于光电融合工艺平台设计实现高速互连芯片，单片集成探测器和调制器等光路器件，以及 TIA、驱动和 CDR 等电路器件；支撑光通信、传感、计

算领域企业流片，为产业界建设供应链可控的硅光芯片加工平台。

考核指标：建设 12 英寸硅光集成芯片加工工艺平台，实现稳定的工艺流程，对关键科研院所和企业开放。具体考核指标包括：（1）高加工精度硅波导，最小加工尺寸 $\leq 65\text{nm}$ ，条型波导损耗 $\leq 1\text{dB/cm}$ ，在晶圆上的良率 $\geq 80\%$ 。（2）提供 ≥ 2 层的氮化硅波导，O 波段波导损耗 $\leq 1\text{dB/cm}$ ，在晶圆上的良率 $\geq 80\%$ 。（3）硅基电光调制器，带宽 $\geq 35\text{GHz}$ ，热光调制效率 $\leq 25\text{mW}/\pi$ ；硅基锗探测器，暗电流 $\leq 100\text{nA}$ ，响应度 $\geq 0.8\text{A/W}$ ，带宽 $\geq 35\text{GHz}$ 。（4）晶体管最小栅长 $\leq 65\text{nm}$ ，截止频率 $\geq 150\text{GHz}$ ；提供片上射频电感和电容，自谐振频率 $\geq 100\text{GHz}$ ，典型品质因子 ≥ 10 。（5）硅通孔刻蚀深度 $\geq 100\mu\text{m}$ ，深宽比 $\geq 10:1$ 。（6）建立光电融合集成工艺开发套件（PDK）1 套。（7）单片光电融合集成互连收发芯片，每个通道速率 $\geq 56\text{GBaud}$ ，通道数 ≥ 8 ；发射端（驱动+调制器）调制消光比 $\geq 3\text{dB}$ ，能耗效率 $\leq 5\text{pJ/bit}$ ；接收端（PD+TIA+CDR）光电级联带宽 $\geq 35\text{GHz}$ ；完成光互连功能演示验证。平台外单位客户不少于 3 家（以加工合同和加工费拨付凭证为准），支撑 3 项以上“信息光子技术”专项项目的研发。

关键词：硅光，光电融合，单片集成平台，12 英寸。

1.5 新型光放大技术与核心芯片（共性关键技术类）

研究内容：研究高功率大模场 980nm 单模泵浦激光器芯片技术；研究高阶 Raman 光纤放大器技术；研究超宽谱低噪声 SOA 芯片技术；研究基于掺稀土元素的集成式波导光放大器芯片技术。

攻克 4 项以上新型光放大技术与核心芯片相关新机理、新结构与新工艺，为光通信网络扩容和大规模光子芯片提供可行的光放大解决方案，研制支撑下一代光纤传输和大规模光子集成的系列高性能光放大技术及芯片，填补相关高性能放大器芯片的国内空白。

考核指标：完成波长范围覆盖 C 波段和 L 波段的系列新型光放大技术与核心芯片研制。（1）研制出泵浦激光芯片，单模线性出纤光功率 $\geq 600\text{mW}$ ，中心波长 $974\pm 1\text{nm}$ ，阈值电流 $\leq 60\text{mA}$ ， -13dB 谱宽 $\leq 0.7\text{nm}$ ，支撑商业化 C+L 全波段光纤放大器技术。（2）研制出高阶 Raman 光纤放大器，增益 $\geq 25\text{dB}$ ，等效噪声指数 $\leq -3\text{dB}$ 。（3）研制出超宽谱低噪声 SOA 芯片，增益谱中心波长满足 $1310\pm 20\text{nm}$ ；增益 $\geq 20\text{dB}$ ，偏振相关增益 $\leq 1.2\text{dB}$ ，噪声指数 $\leq 6.0\text{dB}$ ，增益带宽 $\geq 50\text{nm}$ ，饱和输出功率 $\geq 15\text{dBm}$ 。（4）研制出基于掺稀土元素的集成式波导光放大器，增益谱中心波长满足 $1550\pm 20\text{nm}$ ，增益 $\geq 20\text{dB}$ ，饱和输出功率 $\geq 5\text{dBm}$ ，噪声指数 $\leq 5.0\text{dB}$ 。完成应用示范，提交相关行业标准提案不少于 2 项。

关键词：光放大器，泵浦激光器，光纤放大器，Raman，SOA，波导型光放大器。

1.6 骨干网单载波 800Gb/s 集成相干关键光芯片与模块（共性关键技术类）

研究内容：针对骨干网传输容量提升对高速率相干关键光芯片与模块的迫切需求，研究超高速超高集成度的相干光收发芯片。重点研究支持单通道 128Gbaud 的电光调制器及驱动器、光电探

测器及跨阻放大器的集成技术；研究光电芯片高速互连技术，光芯片和电芯片协同设计及先进的光电共封装技术；研制单载波 800Gb/s 相干光收发模块；研究超强传输性能的先进调制及解调算法，并实现骨干网示范应用。

考核指标：（1）研制出超高速收发集成相干光芯片，片上集成调制器、探测器、偏振分（合）束器、偏振旋转器、90°混频器等功能。其中调制器速率 $\geq 128\text{Gbaud}$ ，静态消光比 $\geq 30\text{dB}$ ；探测器速率 $\geq 128\text{Gbaud}$ ；混频器相位误差 $\leq \pm 5^\circ$ ，共模抑制比 $\geq 30\text{dB}$ ，偏振消光比 $\geq 20\text{dB}$ ，工作波长覆盖 C 波段。（2）研究相干光芯片 driver、TIA 的协同设计及先进封装技术，光电共封装后速率 $\geq 128\text{Gbaud}$ 。（3）研制出 800Gb/s 相干光收发模块，模块形态为 CFP 或 CFP2 等商用可插拔模块，单载波传输净荷速率 $\geq 800\text{Gb/s}$ 。（4）实现光收发模块在高性能长途骨干网中的示范应用，传输距离 $\geq 800\text{km}$ ，具备小批量生产能力并推广应用。提交相关行业标准提案不少于 2 项。

关键词：相干光芯片，光电共封装，光收发模块，骨干网。

1.7 城域单载波 1.2Tb/s 相干光传输集成芯片与模块(共性关键技术类)

研究内容：面向城域高速大容量通信应用需求，研究超高速集成相位调制器和相干接收机。重点研究支持带宽 65GHz 的新型电光调制器、光电探测器技术；探索硅基异质异构的超高速光电子芯片技术及其光电协同方法；研究高波特率、高频谱效率的先

进调制及解调算法；研究高速信号的光电芯片间互连技术，光芯片和电芯片协同设计、制备与集成封装技术；研制单载波 1.2Tb/s 相干光传输集成芯片与模块，并在数据中心或城域光通信网中实现示范应用。

考核指标：（1）超高速相干光调制器芯片带宽 $\geq 65\text{GHz}$ ，静态插损 $\leq 13\text{dB}$ ，偏振隔离度 $\geq 35\text{dB}$ ，工作波长覆盖 C 波段。（2）超高速相干光接收机芯片带宽 $\geq 65\text{GHz}$ ，混频器相位误差 $\leq \pm 5^\circ$ ，接收机总体响应度 $\geq 0.03\text{A/W}$ ，工作波长覆盖 C 波段。（3）完成相干光芯片与驱动器、跨阻抗放大器的一体化封装，封装后带宽 $\geq 65\text{GHz}$ ，工作波长覆盖 C 波段。（4）1.2Tb/s 相干光收发集成模块，单载波传输速率 $\geq 1.2\text{Tb/s}$ ，传输距离 $\geq 80\text{km}$ ；实现 1.2Tb/s 相干光模块在城域光通信网络中的示范应用。提交相关行业技术标准或 MSA 提案不少于 2 项。

关键词：城域光通信网，光电共封装，相干光收发集成模块。

1.8 单片集成 SOA 的高带宽大功率 EML 激光器芯片（青年科学家项目）

研究内容：研究集成 SOA（半导体光放大器）的高带宽大功率 EML（电吸收调制激光器）激光器芯片制备技术。研究集成 SOA 的高带宽大功率 EML 的工作机理研究和结构设计，高质量 EML 外延材料生长机理研究和调控制备，EML 与 SOA 单片集成方式及集成机理的研究及工艺优化，集成 SOA 的高带宽大功率 EML 激光器芯片制备技术。探索和攻克 SOA 和 EML 单片集成

的新原理、新技术和新方法，获得实用化高带宽大功率 EML 芯片设计和工艺技术。探索三五族材料的单片集成和高速调制技术，获得大功率高带宽 EML 芯片，支撑未来 PON 技术的演进发展。

考核指标：完成基于三五族材料的 EML 和 SOA 芯片的设计和工艺开发，集成 SOA 的高带宽大功率 EML 芯片，波长范围 $1342\text{nm}\pm 2\text{nm}$ ，出纤调制光功率大于 10dBm ，边模抑制比大于 35dB ，电带宽大于 45GHz ，消光比 $\text{ER} > 8\text{dB}@-3\text{V}$ ，满足实际应用要求。提供满足指标的芯片不少于 30 颗，对应的器件不少于 10 只。实现典型示范应用。

关键词：半导体光放大器，电吸收调制激光器，无源光网络 PON，50G PON。

1.9 高速高效非线性光子器件（青年科学家项目）

研究内容：针对光通信、光子信息处理对高效高速集成光子器件的需求，解决非线性光子器件功耗与速率间的矛盾，开展弱光至单光子下的高速高效非线性光子器件关键技术研究。研究基于新型高非线性材料或结构的极大非线性场增强光子器件，探索非厄米系统下非线性光子器件的光谱调控机理，突破现有非线性光子器件的效率带宽极限。研究高效非线性光子器件在高速高阶多维多路光子信息处理与安全光通信领域的典型应用，突破现有光学介质信息处理性能指标，实现多功能多维度光子灵活操控芯片，构建可片上集成的多参量联合操控的安全光通信系统并实现系统验证。

考核指标：研制出突破传统效率带宽极限的超低功耗超高速

率非线性光子器件，实现连续光、单光子脉冲下的基于二阶、三阶非线性光子器件，信息处理带宽 $\geq 50\text{GHz}$ ，单比特处理功耗低于 100fJ/bit ，三阶非线性转换效率可达 -10dB ，单片信息处理功能 ≥ 3 种（波长转换、逻辑运算、信号再生等），光子矢量操控维度 ≥ 4 个（波长、幅度、相位、偏振等），单片光子信息处理波长数 ≥ 8 路，单片光子信息处理总容量 $\geq 1\text{Tb/s}$ 。实现典型示范应用。

关键词：非线性光子器件，非厄米系统，光子信息处理。

1.10 高光束质量光子晶体激光器（青年科学家项目）

研究内容：针对光纤和固体激光泵源，以及直接半导体加工模块对高光束质量半导体激光的应用需求，研究高功率输出下光子态和电子态的联合调控机制；研究光子晶体微结构对垂直方向模场调控技术；研究侧向复合腔模场调控技术；研究载流子注入与侧向高阶模式抑制技术；研究高抗损伤阈值腔面膜制备技术，并进行器件制作，开展技术验证。

考核指标：建立高功率输出下基于光子晶体微结构对光子态和电子态联合调控模型，激光波长 $976\text{nm}\pm 5\text{nm}$ ，输出功率 $\geq 6\text{W}$ ，垂直方向光束质量 $M^2 \leq 1.4$ ，垂直方向发散角 $\leq 15^\circ$ （FWHM），侧向光束质量 $M^2 \leq 4$ ，电光效率 $\geq 55\%$ 。

关键词：半导体激光器，光子晶体，模式调控，光束质量。

1.11 基于超高品质因子光学微腔的光子感知芯片（青年科学家项目）

研究内容：面对物联网、公共卫生、医疗产业对气体感知芯

片的需求,开展基于超高品质因子光学微腔气体感知的技术研究,制备超高品质因子光学微腔,研究用于气体感知的光学微腔,识别丙酮、二辛醇、二辛酮等不同气体,实现高灵敏度气体传感;研究光学微腔与波导的耦合;研究低损耗波导的制备;研究光学微腔及其波导的封装;实现基于高品质微腔的奇异点效应,观测到模式劈裂的产生与消失。

考核指标:气体检测精度在 $\pm 5\%$ 以内,气体检测响应时间 $< 1s$,可探测气体种类 ≥ 3 种(包括丙酮、二辛醇、二辛酮等),光学微腔 Q 值 $> 1E8$,封装后的光学微腔 Q 值 $> 1E7$,光学微腔做到小型化,半径不大于 100 微米,光学微腔与波导的耦合效率应达到或接近临界耦合,耦合效率 $> 95\%$,制备超低损耗的波导,波导损耗 $< 0.3dB/cm$,实现基于高品质微腔的奇异点效应,观测到模式劈裂的产生与消失。

关键词:光子感知芯片,奇异点,光学微腔,光学波导。

1.12 基于克尔孤子光梳的集成化太赫兹源(青年科学家项目)

研究内容:针对 6G 通信等重大应用需求,聚焦太赫兹波段通信关键技术,研制出低噪声、高速调制、集成化的太赫兹源。研究基于光学微结构的光学微腔和太赫兹混合波导的物理机理和技术方案;研究光生太赫兹产生技术和调制的物理机理;研制可用于太赫兹波产生的集成化克尔微腔光孤子光频梳;突破传统太赫兹波产生方式的噪声和调制带宽限制,研制窄线宽、低噪声光生太赫兹源。

考核指标：太赫兹波频率 280GHz~380GHz，相位噪声（300GHz 载频）-100dBc/Hz@10kHz，噪声基底-125dBc/Hz，太赫兹源线宽小于 1Hz，调制速率 100Gbps，实现太赫兹源的集成化封装和典型应用场景验证。

关键词：克尔孤子光梳，光生太赫兹源。

1.13 面向复杂环境的新体制平面光学成像技术（青年科学家项目）

研究内容：围绕光波衍射对望远成像分辨力的原理限制，研究新体制平面光学理论方法，探索远距离超衍射、穿云透雾和非视域等颠覆性光学成像机理；揭示光场在大气等随机介质中的传输规律，研究时域和空域跨尺度矢量光场调控技术，发展大口径平面透镜高效制备工艺以及感算一体成像技术；研究面向超远距离、复杂环境主动照明的激光技术及微弱信号的光电探测理论；研制新体制平面光学成像系统，支撑光电态势感知、目标识别、灾害救援等领域的国家重大需求。

考核指标：研制基于平面主镜的大口径、轻量化主动光学成像系统，具备复杂环境下高分辨成像和非视域成像能力。平面主镜最大口径 $\geq 200\text{mm}$ ；衍射效率 $\geq 95\%$ ；在 3km 以上距离实现 2 倍等效口径以上的超衍射极限成像分辨能力（以 1064nm 波长为例，分辨率 $\leq 2\text{cm}$ ，对比度 ≥ 0.3 ）；轻度雾霾和湍流条件下非视域成像距离 $\geq 3\text{km}$ 。实现典型示范应用。

关键词：平面光学成像，矢量光场调控，光电态势感知。

1.14 低噪声单纵模量子点激光器及多波长阵列（青年科学家项目）

研究内容：面向数据互联、光载无线通信等应用对低噪声、单纵模、多波长光源芯片的需求，研究超低线宽增强因子的量子点增益材料，研究不同光栅结构对半导体激光器强度及相位噪声的抑制机理，研制具有低相对强度噪声、窄线宽、可直接调制的 O 波段单纵模半导体量子点激光器及多波长阵列芯片，掌握相关材料生长、激光器器件结构与关键制造技术。进一步研究提高电光转换效率、缩小器件尺寸的新机制，探索超小尺寸、低阈值电泵量子点激光器实现方法。

考核指标：实现 O 波段（1310nm）量子点 DFB 激光器，单管输出光功率大于 30mW，边模抑制比 $\geq 50\text{dB}$ ，相对强度噪声 $\leq -165\text{dB/Hz}$ ，线宽 $\leq 500\text{kHz}$ ，工作温度高于 90°C 。实现 O 波段量子点 DFB 激光器的直接调制，小信号调制 3dB 带宽大于 13GHz，1dB 压缩点调制信号功率大于 16dBm。实现满足 CWDM4 要求的多波长阵列芯片，片上信道间隔 20nm、波长覆盖范围大于 70nm（4 信道）。进一步演示模式体积小于 2 倍波长立方的电泵量子点激光器。

关键词：量子点激光器，CWDM，多波长阵列。

1.15 极低功耗高密度可寻址电光存储器阵列（青年科学家项目）

研究内容：为满足新一代光计算系统对低功耗和高密度光存

储器的需求，探索基于微纳光子学结构和量子点材料的新型电光存储器阵列，实现极低功耗的大规模电控光存储阵列。利用量子点材料增强系统的非线性效应，研制光子晶体微腔的高密度光存储器阵列，降低光存储器阵列功耗；研究光子晶体与 p-i-n 结的集成方法和制备工艺，实现电控光存储器阵列；探索基于量子点-光子晶体微腔系统的极低功耗光存储器阵列的实现方案。

考核指标：研制基于 III—V 族量子点-光子晶体微腔的极低功耗电光存储器阵列，开关时间 $\leq 100\text{ps}$ ，存储时间 $\geq 10\text{ns}$ ，存储器阵列单元数量 ≥ 25 ，存储器阵列单元密度 $\geq 4 \times 10^4/\text{cm}^2$ 。研制基于量子点-光子晶体微腔系统的极低功耗光存储器，功耗 $\leq 5\mu\text{W}/\text{单元}$ ，斯塔克位移 $\geq 7\text{meV}/\text{V}$ ，暗激子寿命 $> 100\text{ns}$ 。完成基于所研制的电光存储器阵列的系统演示验证。

关键词：光子晶体微腔，电光存储器阵列，量子点。

1.16 光控毫米波相控阵集成芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向下一代无线通信毫米波空域信息处理需求，解决大规模毫米波相控阵时延控制的精确性瓶颈，研究光控毫米波波束引导机理及芯片架构，突破光调制、探测、真延时线片上集成技术，实现大规模光控相控阵。研究片上延迟网络结构，实现对工艺容差鲁棒的阵列设计。研制大规模光控毫米波波束引导片上系统，实现超大容量毫米波波束引导通信系统。

考核指标：研制出光子集成相控阵芯片，工作频率 75 GHz，实现不少于 16 路输出（16 个天线单元）的线性相位离散调控，

离散波束数量 ≥ 16 , 波束覆盖范围超过 60° , 延时精度不低于 7bit, 波束切换时间不大于 100 微秒, 光延时线插入损耗不超过 7dB, 速率 100Gb/s 的光生、光载、光控毫米波波束引导的光纤无线通信系统。完成典型应用示范。

关键词: 波束成形, 光子集成, 光生毫米波, 光载无线系统。

1.17 高精度混合集成光频率合成器 (青年科学家项目)

研究内容: 面向大容量卫星通信, 环境大气监测, 深空物理, 高分辨光谱卫星等对光频率合成器的需求, 开展高精度混合集成光频率合成器研究。研究集成非线性光电器件制备与色散动态调控和宽带耦合关键技术; 研究倍频程集成光梳简易产生方法; 研究高效率片上倍频器; 研究片上可调谐激光器与光梳反馈锁定技术。

考核指标: 研制出高精度混合集成光频率合成器, 调谐频率分辨率 $\leq 10\text{Hz}$, 在 1 秒平均时间频率稳定度 $\leq 1 \times 10^{-13}$, 中心输出波长 1550nm, 频率调谐范围为 32nm。实现典型示范应用。

关键词: 集成光子学, 非线性光学, 微波光子学, 精密测量。

1.18 基于低维材料的视觉本能反应型光电子器件 (青年科学家项目)

研究内容: 面向物联网中数据密集型前端的高速图像信号处理需求, 基于低维材料优异的光电响应特性, 研究感算一体的神经形态人工视觉系统, 简化硬件架构的同时提高数据处理效率。开发基于低维材料的大规模智能像元阵列设计、加工和集成技术;

探索感算一体硬件与先进智能算法高效耦合的技术方案；针对空间光形态下的图像数据，研究基于神经网络算法的模拟域加速计算方法。

考核指标：研制基于低维材料的感算一体神经形态光电子器件，阵列像元规模不小于 32×32 ，数据并行处理通道数 ≥ 100 ，器件的响应时间 $< 100 \mu\text{s}$ ，器件静态功耗 $< 1 \text{pW}$ ，核心器件阵列能效比 $\geq 10 \text{ GOPS/W}$ ；阵列像元规模不小于 8×8 ，数据并行处理通道数 ≥ 64 ，器件响应频率 $\geq 100 \text{Hz}$ ，重构开关功耗 $< 10 \text{pJ}$ ；在前端硬件层面，支持可自定义操作数的模拟域图像卷积计算，使用器件对三类（椒盐、高斯、瑞利）噪声图像的平均分类精度大于 90%，实现对 MNIST 图像数据集分类示范应用。

关键词：低维材料，感算一体光电子器件。

1.19 光子引线键合混合集成光收发芯片（青年科学家项目）

研究内容：针对异质异构混合光子集成中的光互连挑战，研究基于双光子吸收聚合的光子引线键合（PWB）光互连技术，研究双光子吸收固化材料及其光学折射率调控方法，验证其环境适应性和长期稳定性；研究典型应用场景中光子引线键合的建模仿真、波导设计与制备技术；研究 III—V 族、硅基、氮化硅和薄膜铌酸锂等多种材料体系光电子芯片的低损耗光子引线互连技术，研制多通道混合集成光收发芯片。

考核指标：光子引线感光材料折射率在 1.4~1.6 之间可调；3D 打印光子引线波导传输损耗 $\leq 3 \text{dB/cm}$ ；芯片与芯片间光子引

线连接损耗 $<2\text{dB}$ ，包含 III—V 族、硅基、氮化硅和薄膜铌酸锂等 4 种以上材料体系芯片；光纤与芯片间光子引线连接损耗 $<1.5\text{dB}$ ；实现基于光子引线键合技术的 8 通道 400Gb/s ($8\times 50\text{Gb/s}$) 混合集成光收发芯片及模块，满足距离 2 公里以上光通信需求；满足 $-40^{\circ}\text{C}\sim +85^{\circ}\text{C}$ 环境温度，湿度 $\leq 85\%$ 条件下使用，长期可靠性不小于 5000 小时。实现典型示范应用。

关键词：光子引线键合，混合集成光收发芯片。

2. 光计算与存储技术

2.1 光学矩阵运算芯片及其算术逻辑器件和系统(基础研究类)

研究内容：瞄准未来计算机工程领域低时延、低功耗和高吞吐量的场景，开展光学矩阵运算芯片及其在算术逻辑器件和推理系统中的应用研究。研究基于光学矩阵运算的大规模、低功耗光学算术逻辑运算器件架构，实现全光数字算术逻辑运算位宽和能效的大幅提升；开展大规模多通道光馈入与互联技术，研制大规模高速、高阶光调制驱动电路，实现高通量并行输入；研究基于光学矩阵运算的全集成全光深度神经网络芯片，探索光学非线性新材料和新机制，实现片上非线性激活函数功能；研究大规模光电芯片封装和集成技术，研制光计算芯片系统原型机，完成高精度高位宽算数逻辑运算、分类推理等系统的示范应用。

考核指标：(1) 研制面向数字逻辑运算的二进制加法器和乘法器功耗不高于 1pJ/bit 操作，关键路径延迟不高于 0.1ns 。(2) 加法器和乘法器操作数数据位宽 32bit，工作频率不低于 1GHz ，

算术逻辑运算输出消光比 10dB 以上。(3) 全光神经网络芯片网络深度不少于 3 层, 计算总时延小于 1ns, 激活函数工作带宽 >1GHz, 输入单维向量规模不少于 64, 推理或者识别系统的示范应用不少于 3 项。

关键词: 矩阵运算, 光电计算, 算术逻辑运算, 光学神经网络。

2.2 超大规模光学矩阵多芯粒加速计算系统(共性关键技术类)

研究内容: 针对人工智能推理应用对于线性运算超大矩阵规模和低延迟的需求, 研究高速率、低功耗、小尺寸的光计算主动器件的设计原理和调制机制, 实现光电混合计算芯粒与超大型光学转接板的同步设计与集成; 开展超大规模、高集成度的光学矩阵多芯粒计算系统的制造工艺与封装关键技术研究; 研制超大规模光学矩阵多芯粒计算原型系统, 并开展服务器适配技术验证; 研发适配硬件系统的软件栈, 并在人工智能及高性能计算等领域开展示范应用。

考核指标: (1) 研制出混合集成的超大规模光学矩阵多芯粒加速计算系统, 单芯粒支持不低于 128 单维向量规模输入, 计算系统支持不小于 256×256 规模矩阵, 目标精度 8bit, 单通道时延小于 1ns, 光计算能效比高于 20TOPS/W。(2) 研制高密度、低损耗的光互连通道, 芯粒间互连通道波导密度 $\leq 20 \mu\text{m}$, 通道连接损耗 $\leq 1\text{dB}$ 。(3) 完成光电混合芯粒系统 3D 封装和控制, 实现光中介层尺寸 $\geq 1200\text{mm}^2$, 硅通孔密度 $\geq 160/\text{cm}^2$ 。(4) 研制多芯粒光计算编译配套软件, 在基于 COCO 数据集的物体识别任务中实

现 SSD 算法吞吐超过 2000FPS，并探索适用于该系统的高性能计算应用场景。

关键词：光学计算，光电混合集成，光学神经网络。

3. 光显示与交互技术

3.1 先进光谱分析与成像芯片集成技术（基础研究类）

研究内容：面向宽带、高分辨、阵列化和多功能复合化光谱分析技术的应用需求，开展先进光谱分析与成像芯片集成技术研究。研究适合芯片集成的宽光谱范围光谱分析方法和芯片实现方法，研制宽光谱范围光谱测量与分析芯片；研究微腔光频梳光谱分析技术，包括集成微腔阵列的加工制备与封装，孤子双光梳的产生，光谱的快速检测，以及结合并发展不同的光谱分析原理，实现宽带、高速、高分辨的片上光谱检测；研究芯片级光谱分析仪的大规模阵列化技术，在可见光和近红外波段研制实现高光谱动态视频记录的光谱成像芯片；研究适合芯片集成的多维度光场信息测量和光谱分析技术，研制多光场维度光谱信息测量和分析芯片及其测量物质/物体线性、非线性光谱信息和空间信息的光学系统。

考核指标：（1）研制出宽光谱范围的光谱测量和分析芯片，工作波段 400~1600nm，实现在可见光波段（400~780nm）分辨率不低于 3nm，在近红外和短波红外波段（780~1600nm）分辨率不低于 0.3nm。（2）研制出微腔光频梳光谱分析芯片，波长覆盖范围超过 100nm，光谱检测速度采样率超过 1MHz，在光通信波段

光谱分辨率不低于 0.2nm。(3) 研制出可见光和近红外波段的高光谱成像芯片, 单个芯片的光谱像素数大于 1000×1000 , 在不小于 300nm 的光谱范围内每个光谱像素的波长分辨率优于 5nm, 光谱成像速度达到 30 帧/秒, 实现动态视频记录。(4) 研制出不少于 3 个光场维度的光谱信息测量与分析芯片及其光学系统, 可同时检测待测物的线性、非线性光谱信息和空间信息, 在可见光和近红外波段光谱波长分辨率优于 5nm, 空间分辨率优于 $3.5\mu\text{m}$ 。实现不少于 3 个典型示范应用。

关键词: 光谱分析, 光子集成, 微腔光频梳, 高光谱成像。

3.2 大场景沉浸式虚实融合交互技术与系统(共性关键技术类)

研究内容: 研究基于阵列式光电薄膜和力的交互传感器件, 构建满足虚实融合空间所需的多尺度、多模态、大范围的交互信号采集; 研究面向大场景沉浸式虚实融合空间的环境感知核心器件装置, 实现大范围空间建模和人体局部精度; 研究基于光、电、力信息传感的用户行为和情境信息数据在虚实融合空间中的交互原语表示和交互意图推理, 结合交互任务特性和用户运动特性优化用户模型, 研究虚实融合系统中的用户感知—认知—运动机制; 研究光、电、声、力传感与交互应用的有效结合, 满足符合交互动态、分布、多样等特征的感知, 支持用户在虚实融合空间中自然的交互行为, 实现面向虚实融合空间的手—眼—耳协同的 3D 多模态交互范式; 研究大场景虚实融合交互系统, 集成、驱动和连接光电声力交互传感器件和装置, 并实现多空间、多用户协同

交互；将沉浸式虚实融合交互技术和系统在教育、医疗、航天等典型场景中开展示范应用。

考核指标：（1）研制阵列式光电薄膜和力交互传感器件，器件厚度不大于1毫米，传感单元分辨率不少于 20×20 ，支持微手势检测和情境感知，微手势类型不少于15种，动作位移精度不大于1厘米。（2）大范围虚实融合空间的建模误差不超过2厘米，人体局部精度达到毫米级。（3）构建基于光、电、力传感信息的面向虚实融合交互的可计算感知—认知—运动模型，对虚实融合系统中的交互行为进行描述和预测，预测准确率不低于90%。（4）构建手—眼—耳协同的三维多模态交互范式，支持虚实融合场景和任务下多模态交互技术不少于5个，多通道信号协同响应延迟不大于10毫秒。（5）研究虚实融合交互系统，支持多空间、多用户协同交互，多用户协同交互响应延迟小于30毫秒。在教育、医疗、航天等典型场景应用示范。

关键词：光电薄膜交互器件，柔性力交互器件，大场景沉浸式，虚实融合，3D交互。

3.3 面向移动终端的虚实协同技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：研制具有高配准精度的轻量级虚实融合移动终端设备，支持3D虚实内容的无缝匹配显示和场景交互功能；研究支持开放空间下虚实融合移动终端设备的高性能超低能耗的显示器件和计算部件；研究基于轻量级虚实融合移动终端设备的3D场景语义理解、多用户行为准确理解、场景和行为记忆与反馈、

多用户下的虚实协同交互等技术；实现端云协同的三维多通道虚实协同装置与系统，在办公、教育、医疗等典型场景应用。

考核指标：（1）实现轻量级便携式虚实融合移动终端，单目视场角不低于 55 度，光显示分辨率不低于 1920×1080，显示对比度不低于 600:1，3D 空间定位实现厘米级，以及 1 度以内定位精度，整机重量不高于 100 克。（2）具备基于移动终端的 3D 虚实融合呈现机制，2D 和 3D 图像实时像素级自动配准，成像帧率达到 75 帧/秒。（3）具备 3D 光声同步呈现机制，角度分辨率不高于 5 度。（4）支持 5 种以上复杂三维场景感知，在移动终端中实现场景实时分割和分类，准确率高于 85%。（5）具有基于移动终端的多通道融合交互能力，至少覆盖光声通道，开放空间下用户一次性交互意图理解的准确率不低于 95%。基于虚实融合移动终端的虚实协同系统在办公、教育、医疗等典型场景应用示范。

关键词：轻量级虚实融合终端，3D 配准，终端交互。

3.4 基于 LCD 平板裸眼 3D 显示系统（共性关键技术类）

研究内容：面向下一代 3D 显示技术，突破基于 LCD 平板的裸眼 3D 显示关键共性技术，提升裸眼 3D 的显示体验。研究适用于裸眼 3D 显示的高分辨率、高对比度以及高开口率的 TFT-LCD 面板；研究可见光调制的超快响应显示液晶材料；攻克裸眼 3D 显示的集成成像光场深度增强技术；研制基于高性能 TFT-LCD 面板的裸眼光场 3D 显示屏。

考核指标：（1）LCD 屏的像素开口率 $\geq 50\%$ ，对比度 \geq

2000:1, 刷新率 $\geq 120\text{Hz}$, 液晶响应 (灰阶切换, GTG) 时间 $< 3\text{ms}$, 灰阶偏移量 ≤ 0.2 。(2) 3~7 英寸 LCD 屏的分辨率 ≥ 16588800 像素, 亮度 $\geq 400\text{cd/m}^2$, 3D 显示屏的深度 $\geq 0.07\text{m}$, 3D 显示屏的视角 $\geq 30^\circ$, 实现 3D 显示屏水平垂直方向皆有立体效果, 观看前后人眼融合范围变化值 < 5 屈光度。(3) 27~85 英寸 LCD 屏的分辨率 ≥ 66355200 像素, 亮度 $\geq 700\text{cd/m}^2$, 3D 显示屏的深度 $\geq 0.35\text{m}$, 3D 显示屏的视角 $\geq 90^\circ$, 观看前后人眼融合范围变化值 < 5 屈光度。基于上述指标至少实现两种尺寸的 LCD 平板裸眼 3D 显示系统; 实现典型示范应用。

关键词: 裸眼 3D 显示, LCD, 集成成像。

3.5 基于 Micro-LED 平板裸眼 3D 显示系统(共性关键技术类)

研究内容: 研究针对裸眼 3D 显示的 Micro-LED 芯片阵列的低功耗有源驱动硬件和高效微米级 Micro-LED 组件, 实现适用于裸眼 3D 显示的高分辨大屏以及虚像显示使用的高亮度小屏; 攻克适用于裸眼 3D 显示屏的高性能微透镜阵列的设计和加工技术; 研制基于高分辨率 Micro-LED 的裸眼光场 3D 显示屏和驱动软硬件, 实现 3D 显示屏水平垂直方向皆有立体效果。

考核指标: (1) 适用于裸眼 3D 和虚像显示的 Micro-LED 芯片阵列与专用驱动硬件, 其中: 裸眼 3D 显示高清大屏尺寸满足对角线 ≥ 3.5 英寸, RGB 全彩, 分辨率 $\geq 3840 \times 2160$, 亮度 $\geq 2000\text{cd/m}^2$, 灰度等级 $\geq 10\text{bits}$, 色域 (NTSC 标准) $\geq 120\%$, 刷新率 $\geq 120\text{Hz}$; 虚像显示高亮小屏尺寸满足对角线 ≤ 0.37 英寸,

RGB 全彩直显，分辨率 $\geq 1280 \times 720$ ，灰度等级 $\geq 10\text{bits}$ ，色域（NTSC） $\geq 120\%$ ，亮度 > 100 万 nits，刷新率 $\geq 120\text{Hz}$ 。（2）基于上述指标的 Micro-LED 裸眼光场 3D 显示屏和驱动软硬件，其中：3D 显示水平垂直方向皆有立体效果，3D 显示深度 $\geq 0.05\text{m}$ ，3D 显示视角 $\geq 20^\circ$ ，观看前后人眼融合范围变化值 ≤ 5 屈光度。在手机、平板或虚像显示等场景中实现典型裸眼 3D 显示示范应用。

关键词：Micro-LED，裸眼 3D 显示。

3.6 3D 显示专用驱动技术（共性关键技术类）

研究内容：研究低功耗 3D 显示实时渲染技术，研发 3D 显示专用驱动渲染算法、高性能高带宽光信号传输器件等，适配超高分辨率显示面板的高性能驱动；研究深度动态调控的大景深关键技术，解决 3D 显示临境感不足问题，研究计算光学成像方法，突破传统光学成像光学像差、深度信息投影损失等物理制约，实现超清晰 3D 物体对焦与智能景深调控，突破低功耗主动选址驱动、高分辨高速显示刷新率、高时钟频率芯片等技术；瞄准超高分辨率场景，研究 3D 显示编解码技术，突破传统 3D 显示编解码技术的局限，研究结合语义信息的 3D 显示编解码；研究面向 3D 显示光场数据高维高通量特性的高速高效四维光场智能处理芯片架构，突破现有光场智能重构速度慢，能耗大的问题，支撑高性能低功耗 3D 呈现。

考核指标：在 6 英寸 8K、15 英寸 16K 或 32 英寸 24K 分辨率的显示面板上，实现超高分辨率的 3D 显示解码，研制出适配

6K、8K、16K、24K 分辨率的 3D 显示处理器件，实现 100Gbps 以上数据信号传输，支撑 3D 显示刷新率 $\geq 60\text{FPS}$ ；3D 呈现器件的数据处理时延 $\leq 100\text{ms}$ ，显示同步呈现时延 $\leq 100\text{ms}$ ；聚焦 3D 显示物体的空间频率达到兆级别；形成 1 款光场数据处理计算芯片；形成多区域空间非一致高速光场像素重排算法、高维光场数据重构算法及配套编译器，支撑光场重构速度 $\geq 30\text{FPS}$ 。实现典型应用。

关键词：3D 显示驱动，3D 显示编解码，大景深，高带宽。

“信息光子技术”重点专项 2023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1963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（1985年1月1日以后出生），女性应为40周岁以下（1983年1月1日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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2022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：张勋

“微纳电子技术”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

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“微纳电子技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2023 年度项目申报指南。

本专项总体目标是：抓住微纳电子技术的重大变革机遇，聚焦集成度、能效和设计效率三大瓶颈问题，重点突破微纳电子技术领域的前沿基础问题和关键共性技术，通过新器件、新方法、新电路和新集成的多维协同创新，形成一批具有世界先进水平的创新成果，通过关键核心技术突破带动相关技术领域的全面进展，支撑战略性新应用。

2023 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，拟围绕超越摩尔的微纳器件技术、智能与敏捷设计方法、新应用驱动的电路技术、模块化组装与集成等四个技术方向，启动 23 项指南任务，拟安排国拨经费 3.59 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 2400 万元，每个项目 300 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。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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，实施周期不超过4年。基础研究类项目下设课题数不超过4个，参与单位不超过6个；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。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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1985年1月1日以后出生，女性应为1983年1月1日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为1~2项。“拟支持项目数为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2项。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. 超越摩尔的微纳器件技术

1.1 高密度垂直集成的围栅器件与集成技术（基础研究类）

研究内容：面向下一代低功耗、高集成度、高性能逻辑器件技术需求，研究基于围栅（GAA）结构的新型垂直纳米片晶体管（VFET）器件和电路集成技术。研究VFET器件的材料、结构、工艺、器件、模型、设计等关键技术；综合考量设计工艺协同优

化 (DTCO), 探索多应用场景下的 VFET 解决方案; 基于工艺仿真, 探索 VFET 堆叠方法, 建立模型并研究标准单元实现; 基于 CMOS 工艺平台, 开发高集成度、低功耗 VFET 工艺流程和 TCAD 及 SPICE 仿真器件模型, 给出长沟道器件和 MOS 电容集成问题解决方案, 搭建 CMOS 逻辑门电路和高阶环形振荡器; 完成新型 VFET 器件与电路集成制备, 实现 CMOS 电路功能演示。

考核指标: 在 DTCO、长沟及 MOS 电容集成、标准单元和器件堆叠等关键点上申请专利 ≥ 15 项; 新型 VFET 器件栅间距 (CPP) $\leq 100\text{nm}$, 沟道长度 $\leq 40\text{nm}$; 电源电压 (V_{dd}) 为 0.5V 下, 开态电流 (I_{on}) $\geq 300\mu\text{A}/\mu\text{m}$ 、电流开关比 ($I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$) $\geq 1\text{E}5$; 环型振荡器阶数 ≥ 25 、门时延 $\leq 50\text{ps}$; 提出 VFET SRAM 单元设计方案, 面积相比水平围栅 SRAM 单元缩小 10% 以上。提供两层 VFET 堆叠方案, 反相器理论功耗相比非堆叠单元降低 $\geq 15\%$ 。

关键词: 垂直围栅晶体管, 设计工艺协同优化, 高密度 SRAM 单元。

1.2 新型低功耗铁电器件技术 (基础研究类)

研究内容: 面向“后摩尔时代”集成电路严苛的能效和功能密度要求, 采用铅基铁电和全耗尽绝缘体上硅等 CMOS 工艺兼容的低功耗应用材料, 发展晶圆级新型低功耗铁电器件技术。内容包括研究新型低功耗铁电器件极化响应在材料、结构和可靠性方面的物理机制及关键性能优化设计方法, 实现晶圆级制备; 研究器件级粒度的逻辑功能动态重构能力, 掌握可重构组合逻辑、逻

辑级联及逻辑阵列设计实现方法；发展兼具非易失存储功能的新
型低功耗铁电器件结构，研究面向可重构非冯计算的功能阵列架
构及阵列集成技术；完成可重构非冯架构芯片原型，实现可重构
非冯诺依曼计算架构创新，获得芯片功能演示。

考核指标：实现新型低功耗铁电器件 8 英寸晶圆级制备，探
索不少于两种铁电材料，器件沟道长度 $\leq 50\text{nm}$ 、工作电压 (V_{DD})
 $\leq 0.4\text{V}$ 、实现纳秒量级高速开关、电流开关比 (I_{ON}/I_{OFF}) $\geq 1E5$ 、
开关翻转功耗 $\leq 1\text{fJ}$ ；设计新型可重构低功耗铁电器件结构，实现
 ≥ 2 种单晶体管布尔逻辑计算，实现 10 种以上可重构门电路功能
及可重构逻辑功能模块和实验演示，峰值计算能效比 65 纳米
CMOS 工艺提高一倍；发展新型非易失可重构低功耗铁电器件结
构及其功能阵列集成技术，设计 ≥ 2 种非冯诺依曼计算架构电路，
实现集成规模 $\geq 16\text{kbit}$ 的可重构非冯计算的功能阵列，完成典型
非冯计算的先进性演示。

关键词：低功耗，铁电器件，晶圆级，可重构，非冯架构。

1.3 功能融合型三维堆叠 RRAM 集成技术（共性关键技术类）

研究内容：面向人工智能时代终端装备对高密度存储与功能
融合芯片的发展需求，研究功能融合型三维堆叠阻变存储器（3D
RRAM）集成技术；研究基于 3D RRAM 集成技术的功能融合架
构与周边电路，支持高密度多值存储并适配高能效智能计算系统；
研究适合规模量产的三维堆叠异质集成技术，三维堆叠电路专用
设计技术，获得原型芯片，支持不同智能任务的功能融合型系统

演示。

考核指标：开发高密度 3D RRAM 集成技术，RRAM 单元尺寸 $\leq 100\text{nm}$ 、访问速度 $\leq 20\text{ns}$ ，每单元有效存储状态数 ≥ 8 （等效 $\geq 3\text{bit}$ ），垂直堆叠层数 ≥ 8 层；研究 3D RRAM 关键外围电路，支持可重构的计算位宽，最大计算位宽 ≥ 8 位；设计一款 3D RRAM 原型芯片，存储容量 $\geq 1\text{Mb}$ ，8 位运算时能效比 $\geq 5\text{TOPS/W}$ ，1 位运算时能效比 $\geq 100\text{TOPS/W}$ ；面向典型的智能计算任务，实现不少于 2 种智能计算任务的融合型功能演示。

关键词：阻变存储器，三维集成技术，功能融合型架构。

1.4 3D NAND 闪存未来技术（青年科学家项目）

研究内容：为满足大容量三维闪存（3D NAND）存储器对高性能、高密度、高可靠性的需求，研究基于新型栅极、栅介质层或导电沟道等新材料和新器件结构的 3D NAND 存储器件，开发基于新材料和新器件结构的 3D NAND 的工艺制备、性能表征及器件集成方法；研究基于新材料和新器件结构的 3D NAND 的存储机理及阵列操作算法；阐明基于新材料和新器件结构的 3D NAND 的可靠性退化机制。

考核指标：制备基于新型栅极、栅介质层或导电沟道等新材料和新器件结构的 3D NAND 存储器件，三维堆叠层数 ≥ 8 层，存储密度 $\geq 25\text{Mb/mm}^2$ ，循环耐久性 $\geq 1\text{E}4$ 次， 25°C 下的数据保持性 ≥ 10 年；设计开发至少一种基于新材料和新器件结构的 3D NAND 工艺制备、性能表征与器件集成方案，实现规模 $\geq 16 \times 16$

的预研型存储阵列或产品；阐明基于新材料和新器件结构的 3D NAND 的存储原理并开发配套的阵列操作算法；构建至少 1 种基于新材料和新器件结构的 3D NAND 可靠性退化机制模型，模型具有较好的完备性。

关键词：三维闪存，新型材料，新器件结构。

1.5 纳米尺度工艺微观动力学（青年科学家项目）

研究内容：研究准确仿真温度效应和含时过程的分子动力学方法，掌握半导体工艺薄膜材料生长动力学机制，阐明纳米尺度刻蚀和外延生长的动力学规律和不同工艺应力产生机制；研究三维像素引擎的全工艺流程微观结构形貌建模和三维可视化技术；研究上述动力学仿真模块和微观结构建模模块在主流 GAA 工艺仿真全流程中的集成应用方法；研究缺陷准确电子结构和缺陷形成能，获得不同的电子态的缺陷扩散势垒高度，进一步揭示缺陷演化和移动物理规律；研究工艺波动下器件结构微观尺寸涨落和原子尺度缺陷的物理模型，评估实际工艺波动下复杂器件结构和随机离散缺陷对电性和可靠性的影响。

考核指标：实现微秒及以上量级的工艺过程仿真，获得基于纳米尺度晶体管的静态存储器（SRAM）、动态存储器（DRAM）等标准单元微观结构，关键尺寸与实际电镜结构误差小于 10%；支持不低于 1000 个原子体系的 Heyd-Scuseria-Ernzerhof（HSE）杂化泛函方法计算，主要缺陷形成能计算结果与基于格林函数和含屏蔽的相互作用（GW）方法计算结果定量误差小于 10%；建

立准确器件物理模型，包含实际工艺下复杂器件结构涨落和随机离散缺陷，获得的纳米尺度晶体管的电流、阈值电压、亚阈值摆幅、偏压温度不稳定性等性能参数，与实验结果相比误差在 10% 以内。

关键词：纳米尺度，微观动力学，工艺仿真。

2. 智能与敏捷设计方法

2.1 工艺—器件—电路协同设计方法（共性关键技术类）

研究内容：面向挖掘国产先进工艺潜能的需求，研究工艺—器件—电路协同设计优化（DTCO）方法，形成协同设计流程和相关工具；考虑先进工艺节点的材料特性与微观物理机制，研究准确、高效的器件仿真（TCAD）及与电路设计协同优化的方法和流程；开发早期工艺设计套件（PDK），研究工艺选择敏感度分析、标准单元库特征参数提取建模及质量评估方法；研究工艺涨落和老化感知的门级电路模型、全电路级动态时序分析及时序驱动优化方法。

考核指标：面向国产 14nm 工艺，实现工艺—器件—电路协同设计优化（DTCO）方法；研制 TCAD 工具原型，包含材料及界面微观参数的计算功能，可实现量子到经典的多尺度器件仿真，相同精度下比 Sentaurus 计算效率提升 10% 以上；研制全电路动态时序分析工具原型，包含工艺涨落和老化感知功能，关键时序弧延时分析较 SPICE 误差低于 5%；实现智能芯片中 16 比特乘累加计算阵列的工艺—器件—电路协同优化，后仿能效提升 5% 以上。

关键词：工艺—器件—电路协同，器件工艺仿真，时序分析。

2.2 物理层安全分析方法（青年科学家项目）

研究内容：针对芯片在物理设计及流片制造等过程中存在的安全威胁，研究主被动复合的芯片内生安全设计及验证技术。研究主动的布局迷惑、布线隐藏、有源复用物理防护层技术，实现物理设计环节的硅前主动防御；研究恶意冗余精准定位及失活技术、物理篡改主动感知及对抗技术，实现硅后物理芯片的安全检测；研究物理设计环节主动防御方法的自动化实现。

考核指标：千万门级电路硅前主动防御达到物理版图结构相似性 < 0.1 ，物理防护层线网尺度 $< 100\text{nm}$ ，无序度 > 0.95 ；硅后检测可感知恶意篡改，实现标准单元级恶意冗余电路定位；完成2款物理层级内生安全增强工具原型。

关键词：硅前主动防御，硅后安全检测，内生安全。

2.3 模拟电路参数自动优化方法（青年科学家项目）

研究内容：面向28nm以上模拟电路设计智能化的需求，研究模拟电路设计参数自动优化方法；研究模拟电路性能黑盒函数的建模表征方法；探索针对模拟电路性能的高维空间非线性优化的高效算法，包括全局优化技术、无导数优化技术、可行解探索技术、局部优化技术和算法并行技术等；开发相关EDA原型工具。

考核指标：研制模拟电路参数自动优化EDA原型工具，支持28nm以上工艺，处理电路规模达到300个晶体管以上，设计变量大于50维；以IEEE开源模拟电路测试集为准，在相同电路

性能优化指标下，优化效率相比开源软件 DEAP 中遗传进化等算法提升 5 倍以上；在相同运行条件下，电路关键性能指标比 DEAP 中遗传进化等算法提升 10%。

关键词：高维空间非线性优化，遗传进化算法，模拟电路参数自动优化。

2.4 寄存器传输级安全分析方法（青年科学家项目）

研究内容：针对芯片在寄存器传输级（RTL）代码开发或者第三方 IP 核中存在的设计缺陷以及恶意逻辑，研究 RTL 层级安全漏洞分析方法，包括关键链路抽取技术、低活性节点定位技术、状态空间重构及分析技术、动态安全检测技术；研究硬件安全形式化验证技术和恶意逻辑精准定位技术；开发相关 EDA 工具。

考核指标：关键链路分析深度 ≥ 500 等效门/bit，低活性节点提取覆盖率 $\geq 95\%$ ，有限状态机重构率 $> 90\%$ ；安全形式化建模支持规模 > 100 万门，支持 5 种以上安全属性自动提取，在线动态检测准确率 $\geq 95\%$ ，攻击准确识别率 $> 90\%$ ；恶意逻辑定位精度达到比特级。

关键词：寄存器传输级，安全漏洞分析方法，安全形式化验证，恶意逻辑定位。

3. 新应用驱动的数字技术

3.1 三维集成的高性能智能计算芯片（共性关键技术类）

研究内容：面向人工智能指数级增长的算力需求，研制三维集成 DRAM 存算一体化的可重构智能芯片；研究面向三维集成

DRAM 存算融合的可重构智能计算架构，研究分布式多层次存储架构，研究多芯片直连扩展技术，研究多芯片联合架构重构方法；研究三维分布式存储的资源管理策略，研究三维空间上的数据布局 and 计算映射技术，研究三维集成 DRAM 的访存均衡和温度均衡技术；研究三维集成架构的编译优化技术，研究多参量多维度的并行化编译方法。

考核指标：三维集成的高性能智能计算芯片，集成的存储容量不低于 2GB，带宽密度不低于 160Gbps/mm²，存储密度不低于 100Mbits/mm²；同时支持训练和推理，峰值计算能效不低于 3TOPS/W@INT8；支持多精度运算，支持标量、向量、张量计算，支持稀疏张量运算加速，支持卷积神经网络/循环神经网络/注意力神经网络等典型算法。

关键词：三维集成，存算融合，智能芯片。

3.2 多波束大规模阵列应用的数字化毫米波芯片技术（共性关键技术类）

研究内容：面向多波束大规模相控阵列应用，突破硅基毫米波太赫兹芯片的系统架构制约和集成瓶颈，研制高密度硅基毫米波太赫兹多波束相控阵列收发机芯片，解决数字化多波束架构、高通道效率数字化发射机、高精度幅相调节、本振信号通道本地化/阵元相位自校准、串扰消除、多波束信号处理、系统集成、阵列天线互连等关键技术挑战，研制硅基 K/Ka 波段（18~32GHz）毫米波收发机芯片，实现大阵列多波束射频前端演示系统。优先

支持易扩展至 4096 阵元的芯片解决方案。

考核指标：收发机芯片接收噪声系数小于 7dB，单通道发射功率大于 20dBm，回退 6dB 时发射效率>25%，集成系统功耗/(通道数×波束数)小于 100mW；芯片架构支持全阵面多波束，波束数量可配置和拓展，最高不小于 16 波束；系统实现不小于 4096 阵元和同时 16 波束演示，且波束宽带均小于 3 度；芯片通信带宽不小于 250MHz；总传输速率超过 30Gbps；系统集成芯片种类最少化。

关键词：数字化技术，高密度，硅基，多波束。

3.3 超高速低延迟融合互连芯粒关键技术(共性关键技术类)

研究内容：针对下一代高性能计算、数据中心需求，开展适用于处理器、网络芯片片间直连的超高速低延迟融合互连芯粒技术研究。研究高带宽密度直连接口电路收发机架构，研究芯粒间(D2D)直连高速信号单端传输技术，研究低功耗时钟数据对齐技术和低误码收发端均衡技术，研制高密度低延迟低功耗 D2D 物理层电路；研究超低延迟低功耗芯粒控制器架构，研究面向不同领域的多模态互连控制协议，研究超低延迟纠错编码解码算法，研制高密度低延迟低功耗融合互连原型芯粒并完成原型系统演示。

考核指标：D2D 链路数 ≥ 16 ，线速率 $\geq 20\text{Gbps}$ ，4dB 插损下误码率 $\leq 1\text{E-}15$ 量级，效能 $\leq 1.5\text{pJ/b}$ ，带宽密度 $\geq 800\text{Gbps/mm}$ ；支持多互连控制协议，支持降速配置、链路缺失容错、序反转，

支持前向纠错，编解码延迟 $\leq 25\text{ns}$ ，误码容限 $\geq 1\text{E-}7$ ；互连原型芯粒带宽 $\geq 640\text{Gbps}$ ，效能 $\leq 8\text{pJ/b}$ ，穿透延迟 $\leq 50\text{ns}$ ，完成原型演示。

关键词：互连芯粒，直连接口，融合控制器。

3.4 高性能抗量子攻击密码芯片技术（共性关键技术类）

研究内容：面向关键信息基础设施中抗量子攻击密码的高性能计算需求，围绕后量子密码算法硬件加速问题，开展创新的芯片架构和电路实现技术以及物理防护机制的研究。支持格/哈希/编码等多种数学难题的领域专用密码芯片架构、计算通路与敏捷设计方法；领域专用密码芯片的编译器、模拟器与仿真调试器设计技术，支持运用 C、C++ 等高级编程语言在单颗芯片上敏捷编程实现不同的抗量子攻击密码算法；满足抗量子攻击密码算法中真随机数需求、具有统计学模型或物理模型支持的高安全真随机数发生器（TRNG）；领域专用密码芯片的硬件安全防护方法与可信执行环境；构建面向信息安全应用的抗量子攻击密码芯片的示范应用系统，可应用于我国关键通信基础设施的信息安全装备和核心部门的信息安全设备。

考核指标：芯片基于 28nm 及以下工艺，同时支持国内外优势/主流的抗量子攻击密码算法，配置时间不高于 100ns；支持完整的密钥产生、密钥封装/解封装、签名/验签功能，抗量子攻击密码的峰值密钥产生性能达到 20 万次/秒以上，密钥封装/解封装性能达到 10 万次/秒以上，峰值数字签名/验签性能达到 2 万次/

秒以上；在基于统计学/物理学模型支持下，单个噪声源的满熵速率达到 120Mbps 以上，最高原始数据率不低于 1Gbps，最低内核工作能耗不高于 6pJ/bit，可抵御基于温度、电压、频率的物理攻击；抗量子攻击密码芯片示范应用系统，具有故障攻击的自检测能力与防御功耗分析攻击能力。

关键词：抗量子攻击，密码算法硬件加速，真随机数发生器。

3.5 极低功耗物联网处理芯片（共性关键技术类）

研究内容：面向智能物联网芯片低能耗需求，研制基于 RISC-V 或自主指令集的智能物联网处理芯片；研究微光能、微动能、人体温差能、射频能等环境微能量采集技术、超低电压冷启动技术、高效率能量转换和存储技术；研究近阈值低功耗电路设计技术、高效率片上电源管理技术、低功耗片上存储技术、低能耗快速起振时钟技术；研究超低功耗物联网射频收发机电路架构和射频唤醒技术；研制物联网系统及应用示范。

考核指标：芯片工作频率不低于 32MHz，片上存储容量不低于 256KB，动态功耗（运行 EEMBC Coremark 测试程序）不高于 10 μ W/MHz，睡眠功耗（支持 RTC、IO 唤醒）不高于 300nW；休眠功耗（RTC 计时、32KB SRAM 数据保持和射频唤醒）不高于 3 μ W；集成环境能量采集电路，射频能量采集的灵敏度达到 -20dBm；微光能、微动能和温差能的冷启动电压达到 100mV，支持自供能工作模式；集成低功耗蓝牙（BLE），支持射频唤醒，BLE 射频 0dBm 发送功耗不高于 7mW，BLE 射频接收功耗不高

于 3mW。

关键词：智能物联网，能量采集，极低功耗，硬件安全。

3.6 强实时高精度感知与处理芯片（共性关键技术类）

研究内容：面向新能源储能、电动车、无人系统和智能终端等应用系统对多串电池组的强实时、高精度监测与管理需求，研究基于国产硅基 BCD（Bipolar-CMOS-DMOS）工艺的强实时高精度的感知与处理芯片技术；研究强实时、高精度、低功耗的电流和电压模拟信号链电路技术；研究宽温区、高精度、低温度系数的电压参考源技术；研究高鲁棒性串行接口和高共模抑制的信号隔离器电路技术，研究 2.4GHz 高可靠、强实时无线通信芯片和组网包括全网时间同步技术研究 2.4GHz 高可靠无线组网通信和全网时间同步技术；研究低截止电流、低导通电阻的高可靠高压 BCD 工艺技术。基于上述研究，研制支持 48V 多串电池组实时监测与管理的强实时高精度感知与处理芯片，在新能源储能、电动车、无人系统或智能终端等应用领域实现批量应用验证。

考核指标：电流/电压模数转换器分辨率达到 16 位/14 位，信噪比不低于 90dB/78dB，转换时间不超过 1ms/60 μ s，功耗不超过 300 μ A/20 μ A；电压参考源精度达到 $\pm 0.1\%$ ，温度系数达到 10ppm/ $^{\circ}$ C；串行和无线通信速率不低于 1Mbps，串行共模瞬态抗干扰度 CMTI 不低于 100kV/ μ s，无线最大发射功率达到 +12dBm，无线信号传输速率达到 1Mbps。

关键词：感知与处理芯片，强实时，高精度，低功耗。

3.7 面向下一代移动通信基站的高性能毫米波收发机芯片 (共性关键技术类)

研究内容：面向 5G/6G 毫米波无线通信基站端应用需求，研制支持多频点大带宽高性能毫米波基站收发机芯片；研究毫米波多频点大带宽可重构多通道收发机前端架构，研究大带宽/多频带低噪声低杂散接收机前端方案，探索大带宽/多频带多通道低杂散发射机方案，研究毫米波高精度幅相控制技术，研究大带宽功率放大器线性化技术，研究高性能大带宽频率变换技术，研究毫米波封装与系统集成等关键技术研究，研究阵列前端多波束赋形技术，研究高速数字基带处理技术。基于以上技术，研制实现支持多频点大带宽的高性能毫米波基站收发机芯片及演示系统。优先支持低功耗、高性能、易扩展芯片解决方案。

考核指标：芯片工作频率覆盖 26/28/37/39GHz 频段，接收噪声不高于 6dB，26/28GHz（37/39GHz）模式下的带外 37/39GHz（26/28GHz）输入 1dB 压缩点不低于 0dBm，阵元芯片功率附加效率不低于 18%，通信数据传输率不低于 5Gb/s，可支持基带带宽不低于 400MHz，最高支持 256-QAM 高阶调制方式，通道切换满足 5G 标准要求；基于芯片的演示系统通信距离大于 100 米；收发及通道切换时间小于 1 微秒。

关键词：5G/6G 基站端应用，多频点，大带宽，低杂散，可重构。

3.8 面向短距无线互联的太赫兹芯片关键技术（青年科学家项目）

研究内容：面向短距离无线互联需求，开展低功耗和高速率的超高速无线互联芯片研究。研究低功耗变频与超高速收发机架构；研究高阶调制发射技术；研究高线性度调制与解调电路；研究接收机前端低功耗技术；研究高增益片上天线技术；研究功放回退效率提升方法；研究大带宽高功率本振电路。

考核指标：基于硅基工艺，实现 1 款传输速率在 100Gb/s 以上的无线通信收发机芯片；空口通信数据传输率不低于 100Gb/s，射频带宽不低于 25GHz；发射机等效全向辐射功率（EIRP）不低于 3dBm；收发芯片功耗不高于 1W；完成传输距离不小于 10cm 的通信演示。

关键词：超高速无线互联，硅基工艺，太赫兹芯片。

3.9 液氮 77K 低温处理器芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向高性能/智能计算应用需求，探索液氮 77K 低温环境中计算/存储芯片技术路径。研究液氮 77K 低功耗 CMOS 器件工艺、电路和片上存储器等关键技术；开发低温 CMOS 器件的 SPICE 模型与通用 PDK 数据库、低温标准单元库和关键计算/存储电路；研制 77K 高能效专用处理器和低温大容量片上存储芯片。

考核指标：器件阈值电压小于 0.3V，器件 SPICE 模型与 PDK 数据库覆盖 77K~298K；设计低温 77K AI 处理器原型芯片，4 比

特整数型主流神经网络下峰值能效超过 20TOPS/W；设计低温 77K 片上存储芯片，访问能效较常温设计提升 5 倍以上。

关键词：77K 低温，AI 处理器芯片，低温存储芯片。

3.10 高密度太赫兹多波束芯片（青年科学家项目）

研究内容：面向未来 5.5G/6G 通信网络发展，研究高密度、低功耗和高速率的太赫兹多波束芯片；研究太赫兹硅基多通道收发机系统紧凑布局方法；研究发射机高效率直接调制发射技术，接收机前端低功耗技术；研究太赫兹硅基高速低插损开关电路，高精度幅/相控制电路；研究高性能太赫兹硅基无源器件结构与优化设计方法，并探索基于硅基平台的封装与系统集成方法。

考核指标：基于硅基工艺，实现 1 款工作频率在 100GHz 以上的四通道通信收发机芯片及模组；通信数据传输率不低于 20Gb/s；E/H 平面单波束赋形不低于 $\pm 30^\circ$ ；发射机支持 16-QAM 调制，四通道等效全向辐射功率（EIRP）不低于 10dBm；开关/移相器/衰减器的切换延迟不高于 1 纳秒；接收机单通道功耗不高于 150mW。

关键词：5.5G/6G 通信网络，硅基芯片，太赫兹，多波束阵列，高密度。

4. 模块化组装与集成

4.1 基于亚微米 TSV 的晶圆级三维集成技术（共性关键技术类）

研究内容：面向高并行度信息处理—存储芯粒集成处理器对

存储大容量和高数据带宽的迫切需求，依托国产工艺平台，开发基于亚微米硅通孔（TSV）的晶圆级三维集成技术。研究基于多层高密度垂直互连的高带宽计算密集型处理器全新计算架构和设计方法；研究亚微米 TSV 关键工艺机理、工艺仿真方法与关键工艺技术；研究器件—互连结构跨尺度热仿真方法和高效热管理技术；研究亚微米 TSV 三维集成失效机制、退化模型和可靠性虚拟试验技术；在高带宽计算密集型处理器芯粒集成应用中进行亚微米 TSV 三维集成工艺验证。

考核指标：TSV 特征孔径不大于 800 纳米，深径比不小于 5，晶圆级堆叠层数不小于 3 层；形成跨纳米到毫米尺度多热点跨尺度热仿真方法，仿真温度较实测值偏差小于 10%；开发出 1 套面向基于亚微米 TSV 的晶圆级三维集成的可靠性仿真软件和评价方法；应用国产 8 英寸或 12 英寸晶圆制造与封装平台，建立 SRAM 存储器—计算单元三维垂直堆叠架构，研制出高带宽计算密集型处理器，三维堆叠存储器垂直数据传输带宽密度不低于 50GB/s/mm²。

关键词：亚微米硅通孔，芯粒三维集成，可靠性，热管理。

4.2 晶上系统的高精度高密度集成技术（共性关键技术类）

研究内容：面向晶上系统中超大规模芯粒集成及系统组装对高精度和高可靠性的需求，研究晶圆级芯粒集成及系统组装的集成技术和方法；研究晶圆级高精度微凸点对准技术、高精度晶圆级键合机理和晶圆级键合互连的可靠性技术；研究晶圆级背面超

大规模凸点高可靠键合技术、无源阻容器件贴装技术；研究晶圆基板与系统各部件的连接技术、系统组装可靠性设计技术；基于国内工艺，完成集成技术原型验证系统研制，形成面向晶上系统的晶圆级高精度高密度集成技术和方法。

考核指标：晶圆尺寸 8 英寸或 12 英寸，集成芯粒数量不少于 100 个，晶圆上集成凸点数量不少于 30 万，最高凸点对准精度 $\pm 300\text{nm}$ ；支持不少于 5 万凸点数量的晶圆背面键合，支持无源器件贴装；系统组装支持包含供电、散热、晶圆基板等不少于 3 类部件的高可靠组装。

关键词：晶上系统，晶圆级键合互连，晶圆级高精度对准，系统组装。

4.3 晶圆级芯片硅基基板制造工艺（共性关键技术类）

研究内容：面向晶圆级芯片的生产加工需求，开发晶圆级硅基基板制造工艺；研究高密度深沟电容（DTC）工艺技术；研究高深宽比硅通孔（TSV）相关的光刻、刻蚀、电镀等制造工艺技术；研究基于重布线层（RDL）的多光罩互连拼接工艺技术，实现多块曝光区域的同层拼接与互连；在不小于 8 英寸工艺平台上，实现集成无源元件的晶圆级芯片硅基基板的制造工艺研发，形成规模化制造方法，完成晶圆级芯片硅基基板产品工艺验证。

考核指标：深沟电容单位面积密度不小于 $500\text{nF}/\text{mm}^2$ ；硅通孔关键尺寸不大于 $10\mu\text{m}$ ，硅通孔深宽比不小于 10:1，硅通孔的侧壁角不小于 85° ；重布线层不少于 3 层金属，互连结构精度不

大于 100nm，多光罩拼接面积不小于 15000mm²。

关键词：晶圆级芯片硅基基板，深沟电容，硅通孔，重布线层，多光罩拼接。

4.4 芯粒集成的存储架构和定制设计规范(共性关键技术类)

研究内容：面向重要装备对大算力、高能效芯粒集成系统的需求，形成面向芯粒集成的存储架构设计与访存调度机制。研究芯粒集成的异构分布式存储架构，设计可重用互连基板支持异构存储芯粒的接入与扩展；研究芯粒集成的专用访存接口芯粒，支持灵活扩展外部存储器与封装内存储形成统一的存储层次；研究通用处理器芯粒、智能加速器芯粒及其他第三方芯粒跨芯粒的存储共享与数据一致性访问设计规范，研究芯粒集成的高效存储数据请求硬件调度机制；研究面向异构芯粒集成的存储资源管理机制与系统软件，支持应用级的存储空间与带宽分配，满足高并发任务的实时计算需求。基于上述技术，采用面向芯粒集成的存储架构，设计原型芯片，包含存储接口芯粒与支持分布式异构存储的可重用互连基板。

考核指标：互连基板支持包含 SRAM、DRAM 以及非易失性存储等 3 种以上介质的资源共享与分配，芯粒间共享存储访问延迟不大于 100ns；存储接口专用芯粒具备访存请求硬件调度机制，降低片外主存访问流量 20% 以上；支持不少于 2 种、不少于 10 颗芯粒的共享存储访问与数据一致性访问协议；软件任务调度与存储资源分配算法相比 TVM 等开源工具可降低片内与片外主存

访问流量 30% 以上，运行典型智能计算模型（包含 CNN、Transformer 等不少于 5 种）的访存延迟占比低于 20%。

关键词：芯粒集成，存储架构，异构存储，可重用互连基板，存储接口芯粒。

“微纳电子技术”重点专项

2023 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 1963 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（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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 2022 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：张勋

“区块链”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“区块链”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2023 年度项目申报指南。

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

2023 年度指南部署坚持需求导向、问题导向，围绕区块链基础理论、区块链系统构建共性关键技术、重点领域示范应用等 3 个方向，启动 9 项指南任务，拟安排国拨经费 0.57 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 1400 万元，1.2、2.4 指南任务各 300 万元，1.3 指南任务 400 万元，1.4、2.3 指南任务各 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，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。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，实施周期不超过 3 年。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、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。每个项目设1名项目负责人，项目中每个课题设1名课题负责人，项目负责人可同时担任1个课题负责人。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，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1985年1月1日以后出生，女性应为1983年1月1日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为1~2项。“拟支持项目数为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2项。2个项目将采取分两个阶段支持的方式，第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 区块链基础理论

1.1 面向物联网的新型区块链体系架构（基础研究类）

研究内容：面向物联网的区块链面临设备组网协同能力弱、强容错计算能力缺失、应用服务自适应功能不足等问题，研究面向物联网的新型区块链体系架构，包括零信任下区块链可信组网理论、轻量化安全区块链共识协议、基于智能合约的算存一体化机制和可重构编程模型，实现轻量化、高可信、自适

应特性。在网络层研究动态环境下云边端海量区块链节点可信组网与协同，探索零信任数字身份认证与可信组网理论以及动态不稳定环境下物联网设备的共识算法，构建面向无线网与异构网络的轻量化强安全区块链共识协议；在计算层，研究零信任下的去中心化存储与多点协同智能合约，探索区块链云边端高效分层存储机制与异构网络多点协同的智能合约机制，支持按需可信计算环境构建，实现算存一体化；在应用层，研究可重构智能编程模型，支持高可信区块链架构动态重组与云边端资源快速调配，设计多领域应用接口构建方法，利用去中心化机制增强动态网络拓扑下区块链编程模型的智能调优能力与易用性，可形式化证明安全可靠。

考核指标：设计面向物联网的轻量化、高可信、自适应新型区块链体系架构。提出零信任下的区块链可信组网理论以及不少于3种可形式化证明安全的、具有自适应性的强容错共识机制；设计不少于2种支持物联数据强安全存储证明的去中心化存储方案，支持不少于100个分布式节点，实现存储开销降低不少于50%；提出安全与隐私保护的异构网络多点协同智能合约机制，支持云边端设备部署，支持在资源受限终端设备上实现合约计算；设计不少于3套可形式化证明安全可靠、具备分布式智能调优能力的可重构智能编程模型。

关键词：物联网，区块链，体系架构，高可信，轻量化，自适应，资源受限。

1.2 基于区块链的隐私计算关键技术（青年科学家项目）

研究内容：针对现有隐私计算在半诚实模型以及恶意模型下的可用性与安全性问题，建立基于区块链的新型隐私计算框架，研究基于区块链的隐私计算身份认证协议、信任模型与激励机制。在隐私计算身份认证方面，研究基于区块链的隐私计算分布式可信身份认证体系，支持大规模轻量级身份认证场景；面向半诚实模型，基于联邦学习、多方安全计算、可信执行环境、同态加密等隐私计算技术，提出数据、计算过程及结果安全可信的隐私计算模型；面向恶意模型，建立多方在竞争、对抗及合作模式下的动态博弈隐私计算激励机制，研究基于区块链智能合约的博弈收益体系及其可信执行技术，形成恶意攻击下隐私计算的安全性防护能力。

考核指标：建立基于区块链的新型隐私计算框架，满足隐私计算半诚实模型以及恶意模型场景的需求；支持不少于2种轻量级身份认证体系；在半诚实模型中，提出数据、计算过程及结果安全可信的隐私计算模型，链上处理耗时 ≤ 3 秒；在恶意模型中，提出不少于2种动态博弈下的激励机制，不少于2种恶意攻击的安全防护方法。

关键词：隐私计算，博弈，恶意模型，半诚实模型，激励，轻量化身份认证，安全。

1.3 基于区块链的 Web 3.0 新型技术体系架构（青年科学家项目，拟支持2项）

研究内容：针对 Web 3.0 技术体系不明确、技术组件不成熟

等问题，以结构化、可互通、可扩展、可监管为目的，在基础设施、基础组件、服务组件等层面研究基于区块链的新型高兼容、高吞吐量的 Web 3.0 技术体系架构。研究支持异构互通的 Web 3.0 网络架构和协议栈层次框架，满足 Web 3.0 中的分布式存储、计算和点对点通信需求；研究满足线性一致性的高性能区块链基础组件划分及协作机制，满足 Web 3.0 在数据、身份、资产、权益等层面的需求；研究可支撑丰富 Web 3.0 应用的服务组件框架，支持低代码开发、快速部署、模块化和可扩展等技术特点，具备监管友好的 Web 3.0 应用管理机制及用户接入规范。

考核指标：提出基于区块链的 Web 3.0 技术体系架构；提出技术互通的 Web 3.0 网络架构和协议栈层次框架，实现基于轻量级虚拟化技术的 Web 3.0 网络协议栈原型验证系统；设计不少于 5 种 Web 3.0 基础组件和交互协作协议；提出具备 Web 3.0 应用管理和用户接入规范的 Web 3.0 服务组件框架。

有关说明：拟支持 2 项。

关键词：Web 3.0，区块链体系架构，协议栈，接入规范与价值激励。

1.4 基于网络动力学的区块链多层结构分析理论与方法（青年科学家项目）

研究内容：针对区块链系统在线运行时安全与性能的动态分析需求，以网络动力学为基础理论体系和研究视角，将网络层、共识层、合约层抽象为多个复杂网络结构，以网络结构中的共识节点

和用户节点行为为分析对象,提出在不完备测量数据条件下区块链在线运行时的安全与性能动态分析方法及优化策略;针对网络层网络结构与数据流动耦合的安全性问题,研究多种攻击策略下的网络鲁棒性分析、关键链路识别等方法,提出网络层结构动态优化策略;针对共识层共识节点多轮通信的收敛一致性问题,研究共识层网络的智能重构方法,提出共识层低通信复杂度的动态快速收敛策略;针对合约层多用户参与、多应用交织场景,研究合约中用户行为特征与合约驱动关系,提出合约层复杂网络动态演化行为分析方法和突变涌现机理,建立合约层复杂安全事件的预测框架。

考核指标:建立网络层、共识层、合约层多层网络动态分析与测量方法,提出一套理论模型及原型验证系统,在以太坊、波卡等不少于2种主流公有链平台上进行验证,评估该模型对区块链鲁棒性、安全性、效率等方面的提升效应;提出不少于3种网络层攻击分析模型,包含网络鲁棒性分析、关键链路识别等方法;提出不少于3种可复用、可重构的共识机制,并实现智能选择;提出不少于3种合约层复杂安全事件的预测框架,预测准确率 $\geq 80\%$ 。

关键词:网络动力学,复杂网络,动态优化,鲁棒性,行为特征,安全预测。

2. 区块链系统构建共性关键技术

2.1 基于区块链的大规模分布式可信智能计算关键技术及应用(共性关键技术类)

研究内容:针对大规模分布式智能计算面临的海量多源异构

数据和模型可信、分布式智能算力协同等问题，研究基于区块链融合人工智能、大数据等技术的大规模分布式可信智能计算技术架构；研究基于区块链的大规模分布式数据可信治理技术，实现数据真实性完整性验证、数据合规和数据确权；研究基于区块链的面向数据全生命周期的元数据体系和分布式过程数据库构建方法；融合区块链、机器学习、多方安全计算、形式化验证等技术，研究大规模分布式可信人工智能建模技术和区块链链上链下协同智能模型执行技术，实现建模、推理及结果的全过程可信验证和模型确权保护；研究数据、模型、算力等可信智能计算要素在区块链上的标准表示方法及其链下接口规范，研究基于智能合约等技术的智能计算需求与分布式算力交易撮合的链上匹配和链下可信验证技术；构建基于区块链的自主可控大规模分布式可信智能计算网络技术平台并进行应用验证。

考核指标：提出大规模分布式可信智能计算技术架构，支持分布式数据节点数 ≥ 3000 个、分布式智能算力节点数 ≥ 100 个；实现数据真实性完整性验证和确权、元数据体系和分布式过程数据库等数据可信治理技术，支持PB级链下数据和TB级链上数据，支持至少5种模态TB级数据的全生命周期合规处理；实现链上链下协同的分布式智能模型训练、保护和执行技术，实现分钟级分布式推理过程可验证，支持代码级形式化验证的安全协议；实现数据、模型、算力的链上表示和匹配、链下验证和追溯技术，算力撮合交易吞吐量 ≥ 50000 TPS，单个交易可支持不少于200个

参与节点（包括数据节点和算力节点），参与节点支持 PB 级数据和亿级可通讯机器学习参数模型，实现分布式模型的训练、保护、集成和执行全过程上链和可信验证；实现基于区块链的自主可控大规模分布式可信智能计算网络技术平台，在金融、医疗、交通、安防等至少 1 个场景进行应用验证，应用场景机构数量 ≥ 20 个；提交国际/国家/行业标准提案不少于 2 项。

关键词：区块链，智能合约，人工智能，大数据。

2.2 基于区块链的 Web 3.0 前沿技术（共性关键技术类）

研究内容：面向 Web 3.0 技术对于网络开放自治、用户数据自主管理需求，构建以区块链技术为基础的 Web 3.0 前沿技术群；面向 Web 3.0 用户自主身份管理需求，研究基于区块链技术的可信分布式数字身份管理机制，实现自主数字身份创建与端到端的用户身份管理；面向 Web 3.0 价值流通需求，研究跨应用的数字资产流通机制，构建依托区块链的经济运行模型，设计数字资产的数据确权与供需匹配方法；面向 Web 3.0 用户分布式自治需求，研究用户共建共治的生态治理机制，设计去中心化的用户声誉评价方法和用户权益激励方法；面向 Web 3.0 数据安全性与隐私保护需求，研究监管友好的数字资产全生命周期安全防护方法；开发 Web 3.0 原型系统，在社交、数字娱乐等领域开展应用验证。

考核指标：提出以区块链技术为核心的 Web 3.0 前沿技术群；实现去中心化数字身份的自主创建与管理，支持亿级用户规模，身份验证时间 $\leq 500\text{ms}$ ；提出 Web 3.0 的经济运行模型，支持对文

字、图片、视频等不少于3种模态的数据确权，支持用户数字资产交易的供需匹配功能；支持从用户的社区行为、用户贡献度等方面对用户声誉进行评价；支持工作量、存储空间等不少于5种用户权益激励形式；支持多方安全计算、零知识证明等不少于3种对用户数字资产的隐私保护技术；开发Web 3.0原型系统，在社交、数字娱乐等至少1个领域开展应用验证，用户规模达到十万级。

关键词：Web 3.0，分布式数字身份，经济运行机制，治理机制。

2.3 基于区块链的新型信任体系（青年科学家项目）

研究内容：针对区块链单一技术无法为互联网中数字经济活动提供全流程信任支撑的问题，研究基于区块链的新型信任体系，包括数据可信上链、链上信任增强、链上信任管理以及与传统信任体系的互通互信技术方案。研究数据可信上链技术，基于区块链技术锚定外部数据产生链上信任，保障数据上链的真实性与时效性；研究链上信任增强技术，推动区块链与新一代数字技术的融合创新，满足链上信任传递的低时延与高安全，打造链上链下可信协同架构；研究链上信任管理机制与方法，提出链上信任管理通用模型，构造链上信用体系；研究链上信任与传统信任体系的互通互信方案，实现链上链下信任闭环。

考核指标：提出通用性数据可信上链技术，实现MB级数据可信上链过程 $\leq 500\text{ms}$ ；提出链上信任增强技术，围绕可信计算、可信身份与可信数据协作等方面，实现不少于3种区块链融合其

他新一代数字技术的链上链下可信协同方案；提出链上信任管理通用模型，支持 C2C、B2C、B2B 和 G2B 等不少于 4 类链上社会关系场景；提出链上信任与传统信任体系的互通互信方案，满足千万级字节数据量前提下的链下存储与结合传统信任体系的链上动态存储映射，满足正确性、隐私性和安全性要求，实现链下存储及链上动态存储映射过程的高通量与低时延；在数据流通、数字贸易、数字金融等数字经济领域选取至少 1 种典型场景开展信任体系理论验证。

关键词：可信上链，信任增强，信任管理。

2.4 基于区块链的数字资产流通关键技术（青年科学家项目）

研究内容：围绕碳证、版权等资产或权益数字化形成的数字资产，研究基于区块链技术的具有实用性权益的数字资产流通理论和技术体系，建立多类型数字资产跨链/平台流通理论与动态可扩展技术架构；研究基于区块链技术的可编程数字资产的表征和权益的关联方法、价值评估模型、分类分级机制和可信交易方法，并具有高效率、可扩容性、公平性、安全性等特性；根据数字资产流通生命周期过程需求，研究基于智能合约的数字资产链上发行、版权登记、智能交易、记账和对账、托管的流通技术；根据数字资产流通过程的差异化保护需求，研究基于区块链的数字资产存证、交易和验证技术，支持多形态、多属性的数字资产版权保护、安全和隐私保护；根据数字资产流通主体类别多样性特点，研究支持高效异步共识的数字资产流通的算法可验证、逻辑可审

计和监管可穿透的方法。

考核指标：建立基于区块链的多类型数字资产流通技术体系，提出分层、跨平台、动态扩容的通用技术框架；提出不少于5类数字资产价值评估模型和5类数字资产分级分类管理模型，开发发行、交易等流通类智能合约，覆盖能源、版权等至少10个应用领域；提出数字资产可信流通机制，研发分布式数字资产交易关键技术组件1套，支持多方实时审计、隐私保护、交易穿透监管等；设计基于区块链技术的多类型数字资产流通原型验证系统，支持高效异步共识机制，模拟环境下50个节点规模的交易吞吐量 $\geq 10000\text{TPS}$ ；覆盖数字资产链上生成、登记、交易、托管、监管等过程，模拟环境下订单处理量单日 ≥ 50000 笔。

关键词：数字资产，价值评估，分级分类，数字资产流通。

3. 重点领域示范应用

3.1 基于区块链的数据要素市场关键技术与示范应用（应用示范类）

研究内容：围绕我国“十四五”规划和2035年远景目标纲要中建立健全数据要素市场规则的目标，基于区块链理论与技术成果研究构建数据要素市场的技术体系，支撑数据要素资源化、资产化、资本化。针对数据要素在采集、存储、流通、交易和治理中的问题，研发新的增强数据确权、标记、存储、交易、利用和治理过程的技术；针对数据要素合规性和产权保护问题，研究基于区块链的数据交易核验工具，跟踪数据使用情况，实现交易

数据的全流程溯源；针对数据的价值和利益分配问题，提出多元主体参与的激励机制，建立数据要素的新型市场分配机制；研发基于区块链技术的分布式数据交易平台，在相关领域开展数据生产要素流通应用示范，形成可复制、可推广、可借鉴范式。

考核指标：建立基于区块链的数据生产要素流通和交易模型，制定不少于3种数据要素交易规则，支持不少于3种类型的数据交易服务；提出增强数据确权、标记、存储、交易和利用的综合解决方案；研发数据要素市场监管治理工具，实现数据要素准确核验，百万条上链数据核验效率达秒级；建立不少于2种多元主体参与的激励机制，制定不少于3种数据要素的新型市场分配方案；研发基于区块链技术的分布式数据交易平台，在不少于3个行业领域完成数据交易示范应用，平台参与交易账户数 ≥ 10 万，产生显著经济效益；形成较完善的软件工具集不少于30个，提交国际/国家/行业标准提案不少于5项；采用区块链重点专项支持的区块链基础平台作为底层平台。

关键词：区块链，数据要素，流通与交易，激励机制，监管。

“区块链”重点专项 2023 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 1963 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（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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

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

(6) 中央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）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

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2022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

抄送：科学技术部高技术研究中心、工业和信息化部产业发展促进中心、中国科学技术信息研究所。

科学技术部办公厅

2023年5月17日印发
