

## 信息科学部重大项目指南

2026 年信息科学部共发布 10 个重大项目指南，拟资助 6 个重大项目。项目申请的直接费用预算不得超过 1500 万元/项。

# “高轨星载雷达天基定标理论与方法”

## 重大项目指南

高轨星载雷达具有强大的全球监视能力，而其全球监视的长期精确性需要定标进行保障，但国内外尚无针对高轨星载雷达的有效定标手段。高轨星载雷达存在信号传播损耗大、大幅宽扫描空变性强、旁瓣杂波污染严重等问题，而传统地面定标场无法提供有效定标服务。天基定标不受地球大气层影响，可为高轨星载雷达提供高频次、高稳定、高精度的定标服务。本项目聚焦于构建高轨星载雷达的天基定标理论体系，突破天基定标关键核心技术，形成新理论、提出新方法、推进新应用、建立新业态。

### 一、科学目标

以高轨星载雷达探测应用为牵引，在传统陆地和海洋定标基础上，研究高轨星载雷达的天基定标基础理论和关键技术，揭示高轨复杂观测几何下天基定标信息传递机理和误差耦合演变规律，建立高轨星载雷达的天基定标模型与参数反演理论，发展智能精确的天基定标处理方法，构建长期稳定的天基定标基准源，研制高可靠的天基定标微系统，形成面向高轨星载雷达探测应用的天基定标理论体系，并开展试验验证。

### 二、研究内容

#### （一）高轨宽幅几何-辐射联合天基定标理论。

研究高轨宽幅探测场景下的星载雷达几何与辐射联合定标机

理，建立同源参考与时空同步观测的几何-辐射联合定标理论，探索定标卫星星座在轨协同编队与定标策略，提出基于空间稀疏采样的大幅宽三维波束定标方法。

#### （二）基于边缘智能的天基定标处理方法。

构建快速准确推理与预测的天基边缘大模型，研究面向高轨雷达卫星的天基智能定标处理方法，提出边缘智能自主定标与联合反演框架，突破定标样本智能筛选、在轨自主协同处理、定标遥感数据智能解译等关键技术。

#### （三）智能反馈控制高稳定天基定标基准源。

建立智能反馈控制的长期稳定天基定标基准源框架，研究融合模型和数据驱动的高稳定有源天基定标系统，设计多波段可缩放的长期稳定无源天基定标基准系统，为高轨星载雷达的长期稳定天基定标提供技术支撑。

#### （四）射频直采数字密集型天基定标微系统。

开展面向高轨星载雷达的射频直采数字密集型天基定标微系统集成，研究星载定标微系统的异质异构集成方法，提出太空环境下微系统高效热管理技术，形成高可靠、低成本、小型化的天基定标微系统集成方案。

#### （五）高轨星载雷达天基主被动定标一体化设计及验证。

研究高轨星载雷达天基主被动协同定标机制与一体化设计方法，结合天基主被动基准和星载雷达数据，开展仿真和试验验证，相对辐射定标误差 $<0.7$  dB，绝对辐射定标误差 $<1.2$  dB，最大标定

幅宽大于 700 公里，为高轨星载雷达天基定标体系奠定基础。

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“高轨星载雷达天基定标理论与方法”，申请代码 1 选择 F0112。

(二) 咨询电话：010-62327143。

# “超宽带低功耗卫星通信终端相控阵理论与技术研究”

## 重大项目指南

为满足快速增长的卫星海洋通信业务需求，整合碎片化频谱资源，卫星通信终端相控阵亟需向单系统多功能复用的方向跨越式发展。本项目旨在开展超宽带低功耗卫星通信终端相控阵理论与技术研究，突破超宽带、高能效、低成本、高集成度等关键技术，构建兼容多频段业务与多通信体制的新一代卫星通信终端体系架构，提升我国在卫星通信领域的国际影响力，形成高水平自主创新研究团队。

### 一、科学目标

面向新一代卫星海洋通信终端的发展，突破超宽带低功耗高集成相控阵芯片电路理论、相控阵宽角波束覆盖与精准矢量调控机理、近海面复杂信道表征与可靠通信机制等关键科学问题，提出超宽带高效相控阵芯片与宽角覆盖共形天线设计方法，实现超宽带天线与相控阵芯片的高密度一体化集成，研制超宽带低功耗多模相控阵卫星通信终端海洋验证平台，形成超宽带低功耗卫星通信终端相控阵设计理论与技术体系，开展高中低多轨道卫星典型场景接入实验验证，为我国未来卫星海洋通信终端发展提供理论和方法支撑。

### 二、研究内容

(一) 超宽带低功耗相控阵芯片设计与高效多模重构方法。

提出适用于超宽带相控阵芯片的低功耗电路设计方法，突破超宽带高效功率放大器电路架构等关键技术，研制兼容多频段超宽带高效多模重构相控阵芯片，工作带宽覆盖 L - Ka 典型频段，典型工作模式下单通道功耗降低至百毫瓦量级。

#### (二) 卫星通信终端相控阵宽角波束覆盖与矢量调控方法。

探明大规模多功能相控阵的共形宽角波束覆盖机理，建立超宽带、低剖面、高效率相控阵天线模型，突破高密度一体化集成超宽带相控阵的精准矢量调控技术，实现方位面 360°、俯仰面 90° 上半空间的无盲区波束覆盖。

#### (三) 卫星通信终端相控阵近海面信道表征与可靠通信技术。

揭示超宽带相控阵终端在近海面复杂环境下的多径信道演化规律，提出自适应信道建模方法，突破近海面时变信道实时准确估计、超宽带相控阵终端自适应智能选频与选星等关键技术，实现不低于 3 级海况时接入成功率  $\geq 95\%$  的可靠通信。

#### (四) 超宽带低功耗多模相控阵卫星通信终端海洋验证平台。

研制面向海洋应用环境的多模相控阵卫星通信终端验证平台，建立基于海面动态场景的波束捷变与跟踪性能评估测试方法，开展海洋通信终端在高中低多轨道链路间的模式切换与波束重构能力验证，评估验证平台在不低于 3 级海况条件下的终端通信接入可靠性与链路稳定性。

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“超宽带低功耗卫星通信终端

杨明东 浙江大学

相控阵理论与技术研究”，申请代码 1 选择 F0119。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

(二) 咨询电话：010-62327143。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

# “网状基础设施安全运行的跨域表征与推演决策”

## 重大项目指南

能源、交通、通信等多领域重要基础设施在运行过程中深度耦合，在面临已知或未知威胁时易因跨域功能失效引发系统性安全风险。现有基础设施智能化管控方法多聚焦于单域建模，难以表征网状基础设施跨域耦合的复杂高维特征，无法动态推演其未来运行状态并进行相应的决策。因此，亟需开展多域网状基础设施可泛化系统建模、跨领域统一表征、动态推演决策等研究。

### 一、科学目标

针对多域网状基础设施运行过程中面临的演化机理解析不明、运行状态复杂高维特征关联刻画不清、面临威胁时决策推演与环境变化匹配不准等科学难题，本项目拟利用多模态感知数据，将多域网状基础设施的结构、功能、环境映射到数物融合空间，形成以物理先验为约束的“表征-推演-决策”融合系统，为网状基础设施安全运行提供理论与方法支撑。

### 二、研究内容

#### （一）网状基础设施安全运行的可泛化建模理论与方法。

面向多域网状基础设施演化机理的解析需求，建立可泛化的大规模网状基础设施安全运行建模理论，探索系统的跨域共性特征，研究设施安全运行过程中的结构、功能及环境间的耦合机理，提出可泛化的物理先验建模方法，构建面向设施安全运行的物理

一致性评价指标体系。

#### (二) 网状基础设施安全运行的跨域物理一致表征方法。

面向复杂高维特征的深度理解与精准关联需求，分析多域网状基础设施特征的时空特性，研究安全威胁下的鲁棒表征学习机制，提出物理先验约束下的高维隐空间语义理解方法，构建网状基础设施安全运行的跨域物理一致表征方法。

#### (三) 网状基础设施安全运行的自适应推演决策技术。

面向推演决策主动适应环境变化的需求，基于多域网状基础设施空间结构和运行状态变化的实时感知技术，研究面向安全运行预期的动态推演方法，形成主动响应安全威胁的跨域协同自适应决策技术。

#### (四) 网状基础设施数物融合决策系统及应用验证。

面向网状基础设施数物融合决策系统的演进需求，建立以物理先验为约束的“表征-推演-决策”融合系统，验证系统对安全威胁的跨域协同处置能力。在不少于 3 类重要基础设施领域（如能源、交通、通信等），面向已知与未知安全威胁（如极端天气、蓄意攻击等），开展面向多域网状基础设施安全运行的空间结构自适应推演调整与安全防护决策验证，决策一次性成功率不低于 90%。

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“网状基础设施安全运行的跨域表征与推演决策”，申请代码 1 选择 F02。

(二) 咨询电话：010-62327929。

# “自驱动数据库系统的基础理论与关键技术”

## 重大项目指南

大模型与云计算广泛应用使传统数据库面临需求多变、资源异构、数据多模等挑战。项目研究新一代自驱动数据库理论与技术，构建状态自感知、数据自组织、查询自优化、资源自伸缩等能力，推动数据库由被动响应、人工调优转向主动决策、自主优化，为关键行业数据基础设施提供支撑。

### 一、科学目标

面向传统数据库静态配置与规则化管理在复杂多变环境下的能力失配问题，建立感知-决策-执行-学习闭环演化理论，突破组件自组织、查询自适应优化、资源自伸缩等关键技术，解决异常响应滞后、查询低效、资源分配不均等问题，形成自主可控、高性价比的新一代自驱动数据库系统。

### 二、研究内容

#### （一）自驱动数据库系统的理论范式与系统架构。

突破传统规则驱动系统局限，形成智能自驱动数据库新范式。构建自驱动数据库模型，提出细粒度自主组装理论，建立全局自驱动决策与优化机制，研制原型系统。开展 TPC-H、TPC-DS 等标准评测，较国际领先系统性价比提升 1 倍。

#### （二）自驱动数据库系统的多维要素感知与自演化机理。

基于自驱动机理模型，研究资源、数据、负载多维复杂环境

下的动态感知策略、建模预测方法。建立系统状态主动感知与表征方法，研究自驱动数据库自演化机理，形成基于 SLA 的自驱动反馈与自进化闭环。在 TPC-H、TPC-DS 等标准评测集上，相比国际领先系统综合效率提升 40%。

### （三）自驱动数据库系统中柔性解耦的数据自组织模式。

研究面向自驱动的柔性解耦数据存储架构，突破多模数据高效混合存储、同步与共享的性能瓶颈。建立多模数据统一存储与访问机制，实现数据组织模式的动态自选择与主动自调整，显著提升混合负载处理能力。支持不少于 5 种数据模态，实现多模数据融合处理，在国际公认标准评测集上，相比国际领先系统数据存取效率提升 20%。

### （四）自驱动数据库系统中混合负载的查询优化机制。

研究面向混合负载的查询优化统一建模方法，设计基于负载分析预测的主动调度与智能优化策略，突破轻量高效的自适应查询优化机理，实现查询计划实时动态调优，在国际公认的评测集上，相比国际领先系统优化准确率提升 50%。

### （五）自驱动数据库系统中多粒度资源抽象与弹性自伸缩方法。

研究基于池化资源解耦的协同计算模型，设计多粒度资源抽象的异构资源管理机制，突破应用透明的弹性自伸缩核心技术，实现鲁棒性访问。在 TPC-H、TPC-C 等标准评测集上，相比国际领先系统资源利用率提升 30%。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

### 三、申请要求

(一) 申请书的辅助说明请选择“自驱动数据库系统的基础理论与关键技术”，申请代码 1 选择 F0202。

(二) 咨询电话：010-62327929。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

# “大规模复杂程序验证的智能化理论与方法”

## 重大项目指南

程序验证是软件可信与安全保障的重要途径，长期以来受困于大规模程序规约与语义建模的复杂性、程序状态空间爆炸等难题，难以有效应用。开放、动态和不确定场景以及大语言模型在程序生成领域的广泛应用进一步凸显了大规模复杂程序验证的迫切性。同时，大语言模型的语义理解能力为大规模复杂程序验证提供了新途径。本项目融合形式化方法与智能化技术，开展大规模复杂程序验证理论与关键技术研究，支撑智能化时代的软件可信开发与演化。

### 一、科学目标

针对大规模复杂程序语义复杂性和状态空间爆炸导致的程序验证难题，研究程序验证的新理论与新方法，突破开放、动态和不确定场景下程序验证的智能化关键技术，有效提高大规模复杂程序的验证能力。

### 二、研究内容

#### （一）大语言模型赋能的程序规约自动生成与分析。

研究大语言模型赋能的自然语言需求和注释的规约生成方法、基于程序代码的规约抽取方法；研究生成规约的一致性检验与可信性保障技术、编程与规约验证一体化技术等。构建大语言模型赋能的规约自动生成方法与技术体系。

## （二）规模可扩展的程序代码模型检验。

研究高效可扩展的有界代码验证及其无界推广、程序状态空间智能化抽象和约简等理论与方法；研究复杂程序路径约束的智能化求解、程序代码增量验证、面向模型检验的程序不变式智能生成与确认等技术；研究基于智能体的抽象精化策略选择与反例引导搜索技术。形成支持规模可扩展的代码模型检验理论与方法。

## （三）多智能体协同的程序自动定理证明。

研究支持复杂数据结构与内存操作的新型逻辑及其验证框架；研究面向程序定理证明的训练数据生成与模型构造、基于大语言模型的证明策略生成与形式化检验反馈闭环方法；研究证明状态感知的多智能体协同定理证明技术。构建多智能体协同的自动定理证明理论与方法。

## （四）面向开放不确定场景的程序验证及示范。

面向航空航天、轨道交通或安全车控等安全攸关领域中的开放不确定场景，聚焦并发、中断、内存共享等复杂程序行为及性质，研究基于大语言模型的大规模复杂程序静态和动态验证，构建规约生成到程序验证的一体化支撑平台并进行示范应用。全自动程序验证代码行规模在现有基础上提升一个数量级，在百万行级代码规模的开发和演化场景下进行示范验证。

## 三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“大规模复杂程序验证的智能化理论与方法”，申请代码 1 选择 F0203。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

(二) 咨询电话: 010-62327929。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

# “数字与物理空间共生的普适智能体”

## 重大项目指南

基座大模型的能力迭代推动了数字空间智能体（能够在数字空间中执行软件使用等任务）和物理空间智能体（能够在物理空间中执行具身操作等任务）的发展。然而，数字智能体缺乏深刻物理理解，物理智能体则受限于数据获取效率。两者间的简单串联已无法满足复杂任务中跨空间协同需求。因此，亟需打通数字与物理空间的壁垒，构建能够跨空间共生的普适智能体，为新一代人工智能的理论创新与应用突破提供支撑。

### 一、科学目标

聚焦数字与物理空间智能体共生难题，建立共生普适智能体基础理论，打造空间贯通的基础模型和框架，构建普适世界模型，分析跨空间协同学习与自演进机制，实现数字语义逻辑与复杂物理交互的共生，使智能体涌现出超越单空间智能体的性能水平，并基于普适智能体评测与验证平台开展应用示范。

### 二、研究内容

#### （一）共生普适智能体基础理论。

研究数字空间与物理空间的对齐理论，探索数据概念、本体概念、行为概念以及任务概念等多个层面的基础概念元素在两个空间中的统一抽象方法和对齐拓扑，构建完备的跨数字与物理空间共生机理，为共生普适智能体研究奠定理论基础。

## （二）数字与物理空间共生的世界模型。

面向跨空间场景，研究数字与物理空间共生的世界模型，打造空间贯通的任务环境和数据引擎，为共生普适智能体构建的各个环节（包括预训练、后训练、自演进以及评测等）提供跨空间环境与数据基础，提升跨空间的数据效率和探索效率。

## （三）共生普适智能体统一基础架构。

面向跨空间任务需求，研究统一数字与物理空间的基座模型，建立空间贯通的超长上下文建模机制；构建普适智能体工作框架，打造共生记忆系统、任务编排系统和子智能体调度系统，为普适智能体执行跨空间复杂长程任务提供基础支撑。

## （四）共生普适智能体协同学习与自演进机制。

基于空间贯通性质，构建智能体跨空间协同学习和自演进机制，研究高效后训练技术，建立空间贯通的闭环验证方法，形成数字空间理论知识与物理空间具身经验的协同增强，通过主动探索与策略优化的闭环迭代，实现智能体的持续演化。

## （五）共生普适智能体评测与验证平台。

基于国产自主可控软硬件体系，构建共生普适智能体的评测与验证平台，支持智能体跨空间贯通运行。面向智能制造、智能家居、科学实验等场景，在不少于3种任务（如复杂装配、新工具泛化使用、自主科学发现等）中开展应用示范验证。

### 三、申请要求

（一）申请书的附注说明选择“数字与物理空间共生的普适

智能体”，申请代码 1 选择 F0604。

(二) 咨询电话：010-62327929。

# “面向运动-认知康复的人机协同博弈及智能决策理论与方法”重大项目指南

脑卒中等疾病已成为威胁我国“人民生命健康”的重大公共卫生问题，其引发的运动-认知功能双重障碍严重影响患者回归社会生活。现有康复范式存在运动-认知协同机理不清、人机动态适配难、动态决策能力差等核心瓶颈，难以满足高效精准康复需求。项目聚焦运动-认知协同神经机制、人机协同博弈、智能决策等核心方向，突破基础理论与关键技术，构建智能康复新范式，为我国高端智能康复装备研发与临床应用提供理论与技术支持。

## 一、科学目标

面向人民生命健康国家重大需求，针对运动-认知协同神经动力学机理建模、适配个体差异的人机协同博弈与决策等关键科学问题，研究运动-认知协同神经动力学机制、人机协同博弈建模、多模态量化评估、实时安全智能决策、康复机器人系统集成与临床验证等基础理论与关键技术，建立运动-认知康复机器人系统验证平台，形成具有国际影响力的标志性研究成果。

## 二、研究内容

### （一）运动-认知协同康复的神经动力学机制。

研究“感觉-中枢-运动”传导通路下患者运动-认知协同康复的神经动力学机制，量化外部干预与内部神经激活度的关联关系，构建运动-认知协同神经动力学模型，解析运动-认知协同神经信

号动态演化规律，为多模态评估与康复决策提供指导依据。

#### （二）适配差异个体的自适应人机协同博弈建模与优化。

研究融合肌电等运动信号与脑电等认知信号的患者运动-认知意图理解模型，构建有限注意力资源下患者运动-认知均衡的人机协同博弈模型，实现机器人对差异化患者“运动目标+认知需求”双重意图的精准识别与匹配，支撑人机协同策略优化与调整。

#### （三）运动-认知功能协同多模态量化评估。

挖掘运动-认知功能量化参数，构建运动-认知协同康复场景下评估指标库，研究人机系统多模态数据的特征提取、时空特征匹配与融合方法，建立具有时空一致性的多模态量化评估模型，实现个性化患者多维度能力的精准综合评估。

#### （四）多模态评估-训练一体化智能决策。

构建融合多模态评估数据、临床规则与效果预测的智能决策框架，建立实时评估-动态训练一体化决策模型，研究运动-认知任务动态训练优化方法，设计决策安全风险监测与紧急保护机制，实现“实时评估-动态训练-智能决策”全闭环。

#### （五）运动-认知康复机器人系统关键技术验证与应用。

集成多模态感知与评估、人机协同、智能决策等模块，建立一体化高性能康复机器人验证平台；制定多中心临床对照试验方案，在不少于3家三甲医院开展大样本临床验证，对比评估康复效率、功能恢复效果、患者满意度等；根据临床反馈迭代优化系统，形成可推广的技术规范与临床应用指南。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“面向运动-认知康复的人机协同博弈及智能决策理论与方法”，申请代码 1 选择 F0309。

(二) 咨询电话：010-62327967。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

# “世界模型驱动的具身智能体主动认知与行为优化”

## 重大项目指南

具身智能是赋能未来产业的重要方向。世界模型是支撑智能体在真实世界中主动感知、自主推理、高效规划与决策、跨域迁移等能力的核心认知构架。当前具身智能体在高动态、柔性生产等非结构化场景中，面临交互数据不足、长时程推演误差累积、虚实迁移代价高、认知规划与运动控制耦合度低等问题。研究世界模型驱动的具身智能体主动认知与行为优化理论及方法，对赋能先进智造、驱动国民经济发展与保障国防安全具有重要意义。

### 一、科学目标

围绕嵌入物理常识与因果结构的世界模型构建、自我反思与行为反馈相结合的认知与主动学习、具身交互驱动的安全行为优化等关键科学问题，构建“世界模型-主动认知-具身交互-行为安全优化”的理论方法体系，研究面向高动态、柔性生产等非结构化环境下的世界模型构建、主动感知决策、持续学习迁移与安全可信执行的核心方法，建立具身智能体主动认知与行为优化应用验证平台，产生具有国际影响力的标志性研究成果。

### 二、研究内容

#### （一）高性能世界模型构建理论与方法。

研究融合物理常识、数据驱动与因果结构的高性能、可解释世界模型建模理论与方法，探索世界模型交互更新机制，构建具

身交互语料库与物理常识知识库，建立统一描述对象属性、空间关系、接触状态、动力学演化、因果推演的高性能世界模型。

#### （二）世界模型驱动的主动认知-规划-控制协同。

研究世界模型驱动的自我反思与行为反馈的主动认知理论，探索分层认知规划方法，建立高动态非结构化环境下的鲁棒决策与安全控制机制，攻克长时程误差累积、模型偏差与重规划的难题，实现认知规划与运动控制的深度协同。

#### （三）具身交互的物理引擎构建与虚实迁移学习。

研究世界模型与真实世界之间的物理映射关系，构建高保真物理仿真器，研究智能体系统辨识、跨域迁移与交互学习框架，提升模型跨场景、跨任务、跨本体迁移能力；提出基于交互认知的主动学习，实现模型的少样本持续学习与演化。

#### （四）世界模型驱动的自主行为进化与安全优化。

研究具身智能体自主操作技能层次化知识表征、世界模型驱动的主动感知、技能生成与行为安全优化方法，建立高效复用、精准优化与自主行为进化的发育机制，攻克跨场景迁移中表征偏差累积、技能泛化等难题，提升智能体行为进化与安全优化能力。

#### （五）高动态、柔性生产等非结构化场景下的智能系统验证。

研究由世界模型驱动的主动认知、具身交互、行为优化、安全约束与系统弹性等闭环测试与评估方法；在航天制造、3C 智能装配、汽车装配等高动态、柔性生产等非结构化环境下，建立不少于 20 种构型的具身智能机器人系统验证平台，并在平台上开展

理论方法验证，相关核心指标不低于国际主流理论与方法。

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“世界模型驱动的具身智能体主动认知与行为优化”，申请代码 1 选择 F0310。

(二) 咨询电话：010-62327967。

# “宽禁带半导体中声子特性与高功率密度器件 热管理新方法”重大项目指南

实现高功率密度半导体芯片的自主可控，是国家半导体发展战略的关键任务之一。基于宽禁带半导体材料发展高功率密度半导体芯片技术是重要发展方向。然而，随着功率与功率密度的不断提高，传统热管理方法和技术已难以满足当前高功率密度芯片的发展需求，亟需发展基于声子物理的热管理新方法，突破宽禁带半导体芯片的功率性能上限，支撑我国高功率密度半导体芯片技术和产业的可持续发展与保障国防安全。

## 一、科学目标

通过声子物理、外延生长、器件研制、表征方法的紧密结合，解决宽禁带半导体材料和高功率密度器件的热管理关键科学和技术问题，提出基于声子调控的材料和芯片热管理新方法，研制出低界面热阻宽禁带半导体异质外延材料，掌握低热阻、高功率密度器件关键工艺和异质集成技术，实现 S 波段连续波 35 W/mm 微波功率器件，发展出跨尺度声子输运与热管理测量新方法，热导测量空间分辨率优于 40 nm，并实现异质界面处声子模式的直接探测，为我国高功率密度半导体芯片技术和产业的发展奠定科学基础。

## 二、研究内容

(一) 半导体中声子特性和声子调控设计异质界面结构。

研究声子在宽禁带半导体材料及各种异质界面结构中的特性，探索高阶非弹性散射对异质界面声子行为的影响规律，并基于声子调控和 AI 算法构建低热阻异质界面结构。

(二) 低界面热阻、低缺陷密度材料的异质外延生长。

研究宽禁带半导体异质外延生长中利于异质界面热管理的缺陷与应力控制机理，揭示材料结构-电特性-热特性之间的构效关系，有效降低异质外延材料界面热阻。

(三) 高功率密度芯片关键工艺及高效热管理器件。

开展高功率密度宽禁带半导体器件的热管理结构设计和关键芯片工艺研究，建立精准的热调控器件模型，通过获得高强度、高热导率异质界面实现高效热管理器件。

(四) 半导体材料和器件中热特性的跨尺度无损精确测量。

开展宽禁带半导体材料和器件中跨尺度热特性表征原理和技术研究，特别是异质界面热特性的表征方法，发展半导体材料热导率与异质界面热阻的无损、高精度测试新方法。

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“宽禁带半导体中声子特性与高功率密度器件热管理新方法”，申请代码 1 选择 F0401。

(二) 咨询电话：010-62327144。

# “片上冷原子干涉测磁机理与关键技术研究”

## 重大项目指南

基于内禀量子特性的冷原子干涉测量具备高精度、高灵敏度等独特优势，是量子精密测量和传感领域的前瞻性技术。然而，当前冷原子系统面临体积重量大、功耗高、环境适应性差等问题，难以满足多场景应用需求。硅基光电技术可以通过有源无源器件片上化、光源和磁光阱微型化来解决上述体积、重量和功耗等难题。因此，研究融合了硅基光电技术的高精度、高空间分辨、微小型冷原子干涉测量系统，对于提升和夯实我国紧凑型冷原子感知、探测器件应用发展的基础研究能力具有重要意义。

### 一、科学目标

融合冷原子干涉测量和硅基光电芯片技术，研究高性能集成冷原子干涉磁场测量系统及其共性关键科学技术问题，建立片上干涉测量和片上器件多物理场耦合模型，突破片上冷原子产生与操控、低噪声光源片上化、有源无源器件低插损低串扰集成等关键技术，研制小型化冷原子干涉测磁系统样机，为高性能冷原子干涉测量和传感系统的广泛应用提供科学依据和技术支撑。

### 二、研究内容

#### (一) 片上冷原子干涉测磁基本物理问题。

研究片上冷原子与光场、磁场等相互作用的物理问题，建立基于芯片技术的冷原子制备与相干探测模型与方法。通过选态、

相干、双能级探测等手段，实现高灵敏度、高准确度的量子相干探测，测量精度达到标准量子极限，探索通过压缩、纠缠等手段突破标准量子极限的方法。

### （二）片上光源基本问题与关键技术。

设计可见光波段高性能 DFB 激光器，研究片上相噪来源与抑制机理，研究片上线宽压窄和频率稳定原理与技术。实现硅基片上稳频窄线宽光源：波长 780 nm，功率 >50 mW，线宽 <1 MHz，长期频率稳定性优于  $1\text{E}-10$ 。

### （三）片上器件基本问题与关键技术。

面向冷原子片上系统开展材料、物理、工艺和器件协同优化，研究可见光波段大尺寸钽酸锂单晶薄膜制备、缺陷控制与异质集成、低损耗纳米结构刻蚀等技术，形成覆盖波导、高频声光电光调制器、分束器与耦合结构的钽酸锂片上器件库，钽酸锂薄膜晶圆  $\geq 8$  英寸，780 nm 波导传输损耗 <0.2 dB/cm，声光调制频率  $\geq 6$  GHz，衍射光栅汇聚高度  $\geq 9$  mm。

### （四）小型冷原子干涉测磁系统。

构建小型冷原子干涉测磁系统，通过片上光源与钽酸锂器件实现光路小型化，结合微型真空系统实现原子囚禁与基于量子内态跃迁选择的磁场矢量测量。样机系统的探测端体积 <20 L，动态范围 10 pT 至 1 mT，进行完整的 B 类不确定度评估，测磁不确定度优于 1 pT，完成地磁环境下无屏蔽的直接测磁演示验证，磁场测量稳定度达到标准量子极限，并开展突破量子极限探索。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

### 三、申请要求

(一) 申请书的附注说明选择“片上冷原子干涉测磁机理与关键技术研究”，申请代码 1 选择 F0515（或 F05 及其下属申请代码）。

(二) 咨询电话：010-62327144。

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学

杨明东 浙江大学