

附件 5

“先进计算与新兴软件”重点专项 2022 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“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 2022 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。专项实施周期为 5 年（2022—2026 年）。

2022 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，按照共性关键技术、青年科学家项目两个层面，启动 8 项指南任务，拟安排国拨经费 2.15 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 400 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。

青年科学家项目不再下设课题，项目所含参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，项目负责人年龄要求，男性应为 1984 年 1 月 1 日后出生，女性应为 1982 年 1 月 1 日后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

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 感存算一体的神经元计算机系统（共性关键技术类）

研究内容：研究感存算一体的神经元计算模型及范式；设计并研制多感知融合和多模态信息处理的感存算一体芯片；研究动态可高度扩展的神经元计算机体系结构；研究神经元计算机计算资源调度与管理的软件技术；研制支撑神经元计算机运行的基础软件；研究基于多模态融合的神经计算算法；开展在“云-边”协同与边缘应用场景下的典型应用。

考核指标：研制感存算一体化的神经元计算机系统，包括神经元计算模型及范式、专用的感存算一体处理芯片、神经元计算机硬件系统、神经元计算机操作系统及其应用开发环境、面向神经元计算机的编程语言等，神经拟态硬件电路实现的神经元数量不少于 1 亿，实现 3 类以上感知信号的多模态处理能力，能效比现有系统提升 10 倍以上，峰值计算能力达到每秒 1P 突触运算。实现 2 个以上典型边缘应用场景。

1.2 面向近似计算的高效神经元计算系统（青年科学家项目）

研究内容：研究面向神经元芯片实现的神经元与突触近似计算单元架构；研究面向近似计算的神经元计算模型优化技术；研究高度动态可扩展的神经元近似计算框架；研究面向不同硬件实

现、不同计算模型的高效容错机制；研究面向计算机视觉、自然语言处理等典型应用场景的高效神经元计算原型系统。

考核指标：在相近精度与同等算例规模下相比传统计算设备计算功耗降低 50%以上、计算效率提升 100 倍以上；容错机制提供原型系统支持；支持动态调整任务精度-性能-功耗杠杆；支持 CNN、SNN、Transformer 等多个主流智能计算模型，并能够应用于 3 种以上主流神经元计算应用场景。

1.3 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、量子牛顿法等科学计算技术，研究面向大规模数据的量子随机存储器，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，加速性能两个数量级以上；优化软硬件环境，实现高效量子计算模拟加速器，能够对 1000 节点以上的大规模网格进行流体仿真，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的验证专用量子计算算法；提供 2 种量子虚拟机验证专用量子计算软件；提供 1 种可用于构建、优化、编译量子程序

的量子编程框架。

2. 新型存储系统

2.1 面向分布式异构计算系统内存池化关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究分布式异构内存池化技术提升数据密集型应用场景的效率和性能，实现计算架构从以 CPU 为中心到以数据为中心多计算引擎架构的变革，支持计算、内存解耦，实现独立扩展。研究分布式异构内存架构，实现单节点多层级混合内存扩展，具备跨节点内存数据高可用性能力，跨节点基于 RDMA 或自主协议的分布式异构内存池化，数据计算在内存池的计算引擎中完成；研究自主的高性能总线网络，实现 CPU、加速器和 I/O 设备由一致性高速互连网络连接，为内存池化提供互连保障；研究异构算力与数据处理模型间的亲和性，设计高效的任务调度机制和数据放置策略，充分发挥计算侧、存储侧、通信侧的多样化算力实现高通量数据处理，支持数据库、数据分析等应用，支持文件、块、对象存储服务。

考核指标：构建 1 套基于分布式异构计算内存池化为关键技术的计算系统，基于自主研发的网络支持超过 128 节点的集群规模，异构计算、分布式异构内存池可独立扩展，支持加速器计算引擎独立进行内存扩展，分布式异构内存池系统带宽可扩展，节

点间包含系统软件开销和传输开销的端对端通信延迟平均低于 $2\mu\text{s}$ ，99.9%的长尾延迟不超过 $20\mu\text{s}$ ，比现有的分布式内存系统通信延迟降低 3 倍以上。提交 CPU、加速器和 I/O 设备高速互连网络相关接口的标准 1 篇。实现多层级内存架构以及分布式内存池化技术使能规模化应用在百 TB 级内存中完成数据近实时性处理，支持持久化键值对存储系统、大型 AI 模型训练等典型数据密集型场景的应用验证。键值对存储系统读操作不低于 1 亿 ops，写操作不低于 2000 万 ops，比现有的分布式键值对存储系统吞吐率提高 5 倍以上。对比传统分布式计算架构，同等算力下百 TB 级大数据的大型 AI 模型训练等典型数据密集型应用性能提升 5 倍以上。

3. 领域专用软硬件协同计算系统

3.1 超异构软硬件协同计算统一框架（共性关键技术类）

研究内容：针对通用计算能力增长放缓、现有架构-工艺迭代下晶体管性能还未充分挖掘问题，研究超异构模式下的“算法-架构-工艺”跨层协同优化设计工具链，实现领域算法集合硬化成专用电路进行验证，包括：面向共性操作集合的参数化负载特征表达和提取工具、领域专用架构和算法参数空间的联合探索方法、领域专用架构设计描述、RTL 级别硬件电路的自动生成系统。超异构支持变结构计算，具备结构自适应及运行时动态优化特性。

开展领域专用加速系统的示范应用。

考核指标：共性操作集合涵盖高性能计算、大数据、人工智能等三个应用领域，形成不少于 3 个超异构可重构计算架构，能够变结构支撑不少于 30 种关键算法，相比通用处理器性能功耗比加速 2 个数量级以上；形成包括领域专用语言设计、面向超异构资源池的高效编译以及支持静态重构与动态优化的智能管理调度在内，能够实现不同算法高效部署与运行的全栈式软件工具链，领域专用架构描述语言和计算编程语言能够表达功能、结构和物理 3 个层面，设计开发周期缩短 50% 以上；负载提取算法支持混合静态分析和动态分析 2 种分析方法；设计空间探索技术同时考虑计算、存储、通信 3 类资源，支持连续变量空间和大量离散的整形变量空间的快速搜索。

3.2 多通道融合的自然人机交互系统（共性关键技术类）

研究内容：研究人-机-物融合环境中多通道融合自然人机交互的生理心理机制；研究舒适型类人感知的多模态动作和意图协同感知技术；研究支持无需穿戴设备的裸手触觉自然交互的视听触多感官时空一致融合高沉浸呈现技术；研究支持虚实融合操作的自然人机交互软件支撑环境；研制多通道融合多人协同的自然人机交互系统，并在虚实融合高沉浸式典型场景下开展示范应用。

考核指标：研制多通道融合的自然人机交互系统。支持双手

十指协同自然交互手势和裸手触力觉反馈呈现；眼动跟踪精度 0.5 度，主观眼动意图识别正确率 75% 以上；支持柔软度、摩擦、纹理、温度、振动、形状等 5 种以上模态的多元融合裸手触觉呈现装置；支持多元触觉、三维力、三维力矩的融合呈现硬件平台；支持 50 平米大空间自由移动裸手触力觉交互；触力觉交互平均时延小于 10 毫秒；支持视听触多通道时空一致融合呈现；虚实融合操作软件所能支持的同步联动协同交互模式不少于 3 种，协同交互操作的语义理解准确率不低于 90%，协同交互响应延迟小于 30 毫秒；在虚实融合高沉浸式的智慧教育、智慧医疗、文旅等典型场景应用。

4. 新兴软件与生态系统

4.1 服务器无感知计算系统软件技术（共性关键技术类）

研究内容：研究以服务器无感知计算（Serverless）模式为核心的新一代微服务开发模式，研发面向新型服务器无感知计算模式的分层云原生系统软件栈，覆盖编程与开发模型、数据存储、资源管理、任务调度、基准测试等多层次；研究云原生环境下支持服务器无感知计算下多类型异构硬件资源的高效管理和分配，显著提高系统吞吐量，并降低服务时延；研究支持无状态函数和有状态函数的高性能运行时系统，根据应用需求提供多层次的一致性保证，在保证一致性前提下提高系统性能；研究面向多租户

资源竞争场景的云原生性能隔离技术，保障多租户运行无感知计算时的性能隔离，提高资源利用率；探索服务器无感知计算模式下的新型微服务运营模式，为科学计算、大数据、人工智能、Web 应用等多类型长、短服务场景提供高层函数服务开发接口，提高云服务的易用性；关键技术在大云服务商验证并形成标准。

考核指标：针对特定典型负载的函数启动时延，其中冷启动降低 2 个数量级，热启动降低 1 倍以上。典型应用服务器无感知计算云原生计算模式相比传统计算模式端到端时延增幅不超过 20%、系统吞吐量降幅不超过 20%。突发流量场景下函数实例千倍自动扩展的时间开销达到秒级。典型云原生服务器无感知计算软件的开发过程中提供有状态和无状态的管理。提供至少 10 个以上服务器无感知计算基准，覆盖人工智能、Web 服务、大数据等多个领域。与同平台其他服务混部情况下，通过性能隔离方式提高 20% 吞吐量。可防御同平台不同实例间的信息泄露。关键技术验证服务规模不少于 10 万，形成 2 项服务器无感知计算相关标准。

4.2 基于云际计算的云监管与治理系统软件(共性关键技术类)

研究内容：针对云际计算全时全域的多样化存算和数据确权流通等复杂性需求，研究契约式横向跨域、由点及面协调地理分布资源的多方磋商机理，支持先进计算生态系统可持续成长演化

的动态重构；研究多目标优化的动态任务分配机制和接入资源并行调度方法，最大化释放计算基础设施效能，满足新兴应用工作流的多样化需求；研究大规模资源跨域协同交互的监控、度量和监管等支撑机制，形成联邦式多方计算治理体系；在突破上述关键科学问题和核心瓶颈技术基础上，形成云际计算系统软件的参考实现并开展示范应用。

考核指标：建立云际契约式横向跨域的分布连接模型，形成面向云际多样化场景需求的深度并行调度体系，设计 1 组面向关键环节技术的验证逻辑与评估方法；物化沉淀 1 组开源框架、工具和服务；在以全国一体化大数据中心协同创新体系为代表的数字经济产业中形成 3 个云际计算系统软件示范应用；云际计算覆盖的云服务主体 10 个以上，管理的计算节点不低于 10^5 量级，综合算力规模接近 1Eflops，支持 PB 级云际存储资源协同；形成 3 项云监管与治理系统相关标准。