

附件 1

“先进计算与新兴软件”重点专项 2022 年度第二批项目申报指南

(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和区域产业发展重大需求，国家重点研发计划启动实施“先进计算与新兴软件”重点专项部省联动任务。根据本重点专项实施方案，结合地方经济技术发展需求，现提出 2022 年度第二批项目申报指南。

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，系统能效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和新型计算需求，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；突破软硬件协同关键技术，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）。

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由之江实验室作为承担单位。

本专项 2022 年度第二批项目申报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 11 项指南任务，拟安排国拨经费 3.17 亿元，项目实施周期三年。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。原则上，青年科学家项目不要求配套经费，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，项目所含参研单位总数不超过 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。

1. 新型计算系统结构与系统

1.1 动态可伸缩的拟态计算系统及构建方法（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：面向大数据、人工智能与新型网络等应用场景，

研究结构可定义、功能可重组、流程可规划的动态可伸缩拟态计算模型与体系架构；研究具有混合颗粒度的异构构件化柔性可重构计算/存储/互连资源池构建方法，包括基础算核集求解、优化、实现、布局以及评估方法、分布式层次化的拟态存储结构以及应用驱动、灵活组网、多元连接的软件定义互连结构等；研究软件灵活定义与主动认知重构相结合的任务资源管理调度软件平台，包括高效能编译技术及编译系统设计方法、基于智能框架的决策支持系统等；研发资源按需求调用、结构随应用变化的动态可伸缩的拟态计算系统原型并构建测试评估体系；研究基于基础算核库的、支持高级语言编程环境的应用全流程到计算系统的编译、映射和快速部署技术并形成全栈式工具链；在智能交通、无人机群和加解密等典型场景下开展应用示范。

考核指标：设计一套领域专用异构构件资源池，构件种类不低于 5 种，并提出计算、存储、互连层次化混合粒度的软件定义结构；研制 1 套全栈式工具链，支持异构多目标高效编译、主动认知资源管理调度和动态优化；研制一套领域专用的软硬件协同拟态计算系统，通过任务和资源感知、可升级扩展的领域专用基础算核库以及拟态计算任务部署工具链支持计算规模可动态伸缩、计算结构可动态重构的拟态计算应用部署。与同期主流通用服务器相比，拟态计算系统在单节点计算性能提升 20 倍以上的条件下，性能功耗比提升 100 倍以上；拟态计算节点数量不少于 512 个；支持节点内和节点间任务动态重构，单节点计算任务切

换时间微秒级，多节点计算任务切换时间秒级；在基础算核库所涵盖的应用领域中，新算法和新应用场景的部署时间为 10 天级；领域专用的软硬件协同拟态计算系统，面向无人机群、智能交通和加解密等应用领域，实现每类应用领域不少于 3 种典型应用场景的验证。形成相关标准规范提案 1 项。

1.2 高性能计算和量子计算的融合架构与操作系统研究（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：针对量子经典混合计算的需求，研发可支持高性能计算和量子计算的量子操作系统，研究用户无感知的量子分布式计算，研究量子与经典混合分布式架构，研究量子处理器自动化校准，研究多量子线程异步并行计算，研究基于不同物理体系的多量子处理器调度算法，研究基于超算的含噪声量子计算模拟技术，研究集成量子虚拟机和真实量子芯片的量子云计算。

考核指标：实现高性能计算和多量子处理器（超导、离子阱、半导体、光量子 and 量子退火等）的融合架构与操作系统，支持适配 100+量子比特的量子处理器、多量子处理器分布式调度、高性能集群与量子计算集群混合计算；支持量子处理器自动化校准，在不少于 100 量子比特的量子芯片上，从初始化到量子计算机可执行计算任务，整体校准效率达到 4.5 分钟/量子比特；实现量子处理器自动化测试及组合优化测试功能，自动化程度超过 99%；支持多量子任务调度和并行计算，比 Qiskit 效率提升至少 5 倍；支持动态编译和量子线路优化，比 Qiskit 性能提升 4 倍以上，技

术达到国际领先水平；固定比特拓扑结构与固定测试线路的前提下，量子处理器的计算效率相对于现有串行计算模式提高 2 倍以上；提供 2 种以上可运行于量子操作系统的量子经典混合应用，验证量子计算与高性能计算融合。提供基于超算的含噪声虚拟机，至少支持噪声模型 5 种；量子虚拟机演示 20+量子比特的量子动力学模拟和 56+量子比特 20 层以上的量子线路模拟。形成相关标准规范提案 1 项。

2. 新型存储系统

2.1 存算传融合的自主计算支撑环境（青年科学家项目）

研究内容：研究存算传内生融合的计算体系结构；研究计算、存储和传输等资源的命名与数据寻址方式，支撑大规模资源发现与映射；研究存算传内生融合计算环境下任务形式化表达与节点自主决策机理；研究多维资源智能识别、推理与分解/卸载机制与复杂场景任务需求动态拟合机理；研究存算传内生融合计算环境下的安全计算，研究非可信环境下资源效能与隐私安全协同的供给机理、联邦计算新方法以及可信验证机制；构建云、边、端协同的存算传融合原型计算环境并在典型应用场景验证。

考核指标：研制存储、计算、传输内生融合的计算节点，具备对任务的分解、推理等自主决策能力；具备对网络功能、计算功能的自动请求、动态加载/卸载能力，支持至少 5 种网络/计算功能的加载/卸载；具备对数据、计算能力、计算程序、存储等异构资源的命名、寻址和利用能力，支持至少 10 万资源名字，每

秒可处理 1000 个任务的推理、决策；在网络拓扑频繁变化环境下，计算环境不少于 64 个节点时，任务响应时间较存算传分离时平均提升 50%、任务完成时间平均降低 30%。

有关说明：同时支持 2 项，不必覆盖全部研究内容与全部指标。

2.2 云边融合的安全存储系统（青年科学家项目）

研究内容：研究支持数据隔离与去重的主动加密存储器体系结构设计，以及软硬件系统设计；研究保证端边云数据一致性的主动备份存储器控制器芯片与架构；研究支持边缘私有加密数据分析与联邦学习的存储器控制器架构与系统；研究面向支持访问模式检测、预警和隔离保护的云边一体存储器硬件、固件与访问协议；研究支持数据在海量边缘设备之间、设备与云计算中心之间的低延迟存储同步与加密协议；研究高可靠边缘安全存储系统，搭建高效率视频监控网络等演示系统。

考核指标：研制云边融合的安全智能存储器原型系统，支持包含椭圆加密、国密在内的存储内数据加密方法，以及基于硬件 PUF 访问权限验证方法，支持存储通道级的访问权限隔离，MB 级数据在单边缘器件与云数据中心间的加解密与同步延迟为毫秒级（不包含网络传输延迟），支持存储器内数据去冗余操作，侦察恶意访问与非法访问的硬件处理延迟为毫秒级；针对常见图像分类检测应用单次迭代速度低于 100 毫秒的边缘设备，能够有效防御梯度攻击、内存泄露等 3 种以上攻击；安全存储与相关演示系统中，提高数据可靠性达到 99.999%，在保证数据在端边云设备加密与严格端云备

份的约束条件下，额外存储空间需求不超过 10%。

有关说明：同时支持 2 项，不必覆盖全部研究内容与全部指标。

3. 领域专用软硬协同计算系统

3.1 新型数据流异构处理器架构及计算系统（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：研究新型基于数据流计算模型的异构处理器架构；研究面向新型数据流异构处理器架构的软硬件协同计算优化方法，包括异构数据流架构的统一编程模型、编译技术和运行时优化，支持多类计算范式；研制支持片上异构数据流架构的智能处理器，支持片上硬件级异构调度、多种数据流加速器融合、细颗粒度结构化稀疏加速；开发典型应用的核心算子库及通用加速能力开发套件，在人工智能、大数据等场景开展示范应用。

考核指标：采用数据流异构处理器芯片核数不少于 4 核，核种类不少于 2 种，主频 1GHz 以上，访存带宽 150Gbps 以上；峰值计算能效相比传统控制流 CPU 芯片提升 5 倍以上；统一化编程模型需涵盖 2 种以上的核心架构，跨架构的并行优化技术性能相比单一架构的性能提升 1 倍以上；异构处理器所支持的核心算子库接口 100 个以上、通用加速能力开发套件 3 个以上；搭配新型数据流异构处理器及国产通用处理器计算系统，在人工智能和大数据处理领域验证其有效性，在相同核数下，峰值性能较经典控制流 CPU 处理器提升 10 倍以上，峰值能效提高 5 倍以上，并推广应用到行业龙头企业。

3.2 机密计算微体系结构与可信执行环境(共性关键技术类, 部省联动任务, 拟支持1项)

研究内容: 研究机密计算数据流微体系结构下的内存管理与任务调度, 研究软硬件协同的高效机密计算应用, 面向大规模数据和多层次复杂应用模式, 结合机密计算的硬件加速库和数据流微体系结构, 为全同态加密、零知识证明、可信执行环境证明以及可搜索加密等密码技术研究提供底层算法加速; 同时面向金融风控等机器学习复杂应用场景, 研究基于软硬件协同的高效机密计算证明协议, 对其有效性、安全性、可靠性进行分析。研究存储和计算融合的软硬件加速技术, 构建差分隐私增强的分布式联邦学习可信计算平台, 形成大规模、高性能、低能耗的机密计算能力。研究国际上主流的密码学技术与可信执行环境的结合, 优化国密算法和密码协议在可信执行环境中的性能; 研究可信执行环境软硬件协同安全防护技术, 提升抵抗旁路和故障攻击的防御能力, 增强隐私计算数据在机密计算架构中安全性; 探索计算性能与安全性能的平衡, 实现可信执行环境结合同态加密技术的国产异构系统。

考核指标: 构建安全的可信执行环境和同态加密混合国产异构系统, 提升同态加密方法的自适应性, 减少同态加密计算及内存消耗, 对比不采用可信执行环境方法, 性能提升 2~3 个数量级; 构建基于可信执行环境的实用型可搜索加密系统, 相关协议方案完成有效性、安全性证明, 可信执行环境证明签名时间不超过 3 毫秒, 具有并发搜索、物理删除数据和多样化搜索等能力, 具有

多关键词组合检索、多维数值区间检索、Top-K 最优排名等典型加密数据检索功能能力，支持亿级加密数据检索，单线程条件下搜索百万条密文数据的时间开销小于 3 秒；构建可信执行环境与软硬件协同防护系统，支持不少于 5 种基于可信执行环境协同安全防护策略，机密计算节点的并发证明和安全监控时间不超过 2 秒；构建存储和计算融合的机密计算加速平台，支持国内外主流的密码算法和分布式可信联邦学习算法，相比同主频 CPU 芯片峰值加速比超过 5 倍。

3.3 软硬件协同的装备专用智能计算系统（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：研究任务驱动的分布式异构芯粒架构，构建面向芯群的基础软件开发环境；研究基于算子融合的智能算法软硬件协同优化技术，设计基于中间层统一表示的软件开发框架；研究国产芯片组异构融合集成技术，支持多元异构感知数据的多级并行处理；研制高算力、高能效的装备专用的智能计算系统，并在典型场景下开展示范应用。

考核指标：基于国产处理器和智能芯片通过软硬件协同设计出不少于 2 种分布式异构芯群架构，相比业内通用的智能处理器平台，能效比提高 20%以上；装备专用嵌入式智能计算平台支持全国产化主处理器和 AI 处理器芯群级集成和国产开源智能框架，算力不低于 100TOPS，效能比不低于 1.3TOPS/W；支持目标检测与细粒度识别等关键算法不少于 10 种；在核心装备领域典型场

景下开展技术与应用验证。

4. 新兴软件与生态系统

4.1 面向微小型数据中心的系统软件（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：研究微小型虚拟原位数据中心体系结构小型化、数据计算原位化、资源适配弹性化、系统软件轻量化、业务构建灵活化、应用体验强实时等技术，突破异构计算融合、跨域资源状态感知、智能处理与协同调度等技术，分别解决体系结构异构低耗、网络按需调度、系统软件灵活弹性、应用服务质量保证等关键科学问题和核心技术瓶颈；构建一套面向边缘微小型数据中心的系统软件平台，并进行技术与应用验证。

考核指标：微小数据中心 PUE 不高于 1.05；异构集群架构间的通信吞吐量高于 90Gbps；系统软件内存开销占比降低 20%以上；虚拟原位数据中心数据移动加速比大于 1.2，资源使用成本降低 10%以上；服务器无感框架支持函数复杂拓扑编排，实现函数间直接通信功能，节点内函数在强隔离情况下端到端数据吞吐率不低于 25Gb/s；每秒并发服务处理能力不低于 10 万，异构业务机动协同成功率高于 90%，移动流式应用的用户体验 QoE 均值高于 95%，平均端到端时延低于 0.2s。

4.2 软件定义的泛在操作系统与环境（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：面向人机物融合计算与应用的挑战，针对场景计

算机的新型操作系统与环境需求，研究软件定义泛在操作系统基础理论、系统结构、定义语言和成长演化机理；研究面向泛在系统的软件建模与验证方法、软件定义智能化应用开发方法、泛在智能系统的分析测试方法、泛在系统软件的按需构造与软硬协同优化；研制相应的应用开发环境及工具链；在工业物联、智慧城市和智能机器人等领域形成泛在操作系统的参考实现，并开展示范应用。

考核指标：给出 1 套面向人机物融合泛在系统的元级软件定义方法并针对 3 个以上场景实现领域特定的面向人机物融合泛在系统实例，给出一套软件定义的开发环境和工具链；支持 10 种以上异构资源的高效管理，支持 3 种以上常见人机物融合泛在应用的高效开发和运行管理；面向工业物联、智慧城市、智能机器人等领域进行应用示范，包括 5 个以上工业现场人机物泛在智能应用场景、3 个以上智慧城市应用场景；面向建立泛在操作系统开源社区和生态，形成一组泛在操作系统和关键技术相关规范和标准。

4.3 安全攸关软件的智能开发方法与支撑环境（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：研究智能化的安全攸关软件系统建模方法，突破群体协同建模、智能化模型复用等关键技术；研究模型制导的代码智能推荐与生成方法，突破轻量级代码生成、缺陷检测与修复等智能辅助开发技术；研究安全攸关软件的多维度质量保障方法，

突破智能化形式验证、测试用例自动生成、高安全等级评估等关键技术；研究软硬协同的智能化系统仿真技术；研究仿真软件建模与嵌入式代码自动生成技术；研制开发工具与集成环境，在重大装备领域中开展应用示范。

考核指标：支持 3 种以上典型建模语言，5 万个以上模型的管理，支持领域建模语言定制；模型制导的代码智能推荐准确率优于现有主流软件开发环境 15% 以上，支持单词级、语句级和代码块等粒度的代码自动生成，生成符合安全规范代码的比率提升 20%；典型代码缺陷的自动检测性能优于主流静态程序分析工具 1 倍以上；支持基于软件领域特征的自动形式验证优化，验证效率相比主流自动验证方法提升 2 倍以上；支持软件可靠性安全性测试，并基于文本需求规格生成测试用例，支持 8 种以上测试类型的测试用例生成及执行；可支持 32 个以上仿真测试任务并行执行，12 种以上常见总线及 I/O 接口类型，以及对非标准接口的定制扩展；软硬协同验证环境实时内核定时精度达到 1 毫秒；仿真工具支持典型仿真语言建模，并支持生成 1 种以上常用嵌入式代码语言；在重大装备 3 个以上典型领域开展应用示范，形成安全攸关软件开发相关标准规范 1 项。

4.4 适配国产异构硬件平台的云原生生态体系（共性关键技术类，部省联动任务，拟支持 1 项）

研究内容：突破新一代容器和新型存储及计算器件自适应云化赋能等关键技术，建设适配国产异构硬件平台的计算框架及

云生态体系。研究新一代易部署弹性伸缩容器运行机理，突破面向容器的自主操作系统关键技术，解决内核重构和机密计算等核心问题；研究 NVM/GPU 等存储及计算新型器件的自适应云化机理及云生态的国产操作系统定制化方法；研究针对异构 GPU+CPU 的混合型计算任务智能调度；研究 AI 赋能云生态和柔性资源管理关键技术、虚拟化/计算/网络和存储等云基础能力针对国产平台的适配/性能提升；研究面向国产软硬件平台的基于 API 分层和云操作系统最小核的云生态构建机制；研究国产化软硬件协同的消息、事件、流一体化高性能、高吞吐量分布式消息中间件，在互联网应用架构中推广国产异构软硬件平台；开展云编程环境和开发社区构建及推广应用；在政府、产业互联网、超大型企业等应用领域形成参考实现，并开展示范应用。

考核指标：研发单机国产硬件平台操作系统优化技术，实现云原生容器环境的可编程应用内核技术，支持扩展内核服务，支持智能应用加速，相比主流版本内核运行容器典型应用加速性能超过 10%；研发针对国产众核、多核处理器平台的云操作系统关键能力适配和优化技术，结合 NVM 特性设计和优化层次化内存，基于 RDMA 和 GPU 等优化典型云应用性能，云桌面下 CPU、内存与网络资源利用率达到国产 PC 原生性能的 90%以上；研发针对异构 GPU+CPU 的混合型计算任务智能调度技术，与 Kubernetes 开源实现相比 GPU+CPU 混合利用率提升 10%以上；实现国产开源消息中间件，相比 RocketMQ 消息存储吞吐性能提升 20%；云

操作系统环境支持 3 种以上国产 CPU，支持作业任务和资源的智能柔性管控等，构建一站式开发环境，开发者人数达到 100 万；构建基于 API 层级的云生态，提供 2 万个 OpenAPI，支撑 50 个开源软件，服务 100 家 ISV，建成自主云计算开发者社区，用户规模总量达到 500 万；形成 3 个以上的行业/国家标准草案，在政府、产业互联网、超大型企业等行业应用案例不少于 5 个，支持 10 个以上的行业领域应用。

香港中文大学深圳研究院

“先进计算与新兴软件”重点专项 2022年度第二批项目申报 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 1962 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1984 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1982 年 1 月 1 日以后出生）。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

(3) 受聘于内地单位的外籍科学家及港澳台地区科学家可作为项目（课题）负责人，全职受聘人员须由内地聘用单位提供

全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

(4) 项目(课题)负责人限申报1个项目(课题); 国家科技重大专项、国家重点研发计划、科技创新2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目(课题), 课题负责人可参与申报项目(课题)。

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

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

(7) 中央和地方各级国家机关的公务人员(包括行使科技计划管理职能的其他人员)不得申报项目(课题)。

(8) 共性关键技术类部省联动项目, 至少有一个课题由之江实验室作为承担单位。

3. 申报单位应具备的资格条件。

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

(2) 注册时间在2021年6月30日前。

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

4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求。

青年科学家项目不再下设课题, 项目参与单位总数不超过

3 家。

本专项形式审查责任人：贾燕红

香港中文大学深圳研究院 cuhksz

抄送：科学技术部高技术研究中心。

科学技术部办公厅

2022 年 7 月 11 日印发
