附件目录

成果名称：突破“三座大山”：中国智能计算系统全栈人才培养探索与实践

成果完成人：陈云霁、李玲、李威、杜子东、郭崎、周兴社、王源、王超、陈全、何召锋、刘伟峰、翟季冬、赵永威、张蕊、张欣

成果完成单位：中国科学院大学、西北工业大学、北京大学、中国科学技术大学、上海交通大学、北京邮电大学、中国石油大学（北京）、清华大学

一、成果总结

二、支撑材料目录

1、成果获奖励情况

2、成果的推广应用效果

3、团队成员曾获荣誉或奖励

1. 成果简介

本成果聚焦我国智能计算系统领域人才培养长期存在的“无课程、无教材、无师资”的“三座大山”，**从无到有系统构建了我国智能计算系统“1+4+3”人才培养方案**：以1门智能计算系统核心课程为引领，配套前置课、通识课、实验课和前沿课4类课程，面向应用型、复合型、创新型3类人才的培养需求，形成了可推广、可复用、可持续的人才培养模式。

（1）课程建设方面：智能计算系统课程已推广至中国科学院大学、北京大学、清华大学等105所高校，线上资源播放量超过40万次，课程资源全面开放共享。课程入选国家级一流本科课程、关键领域硕博士核心课程、中国科学院大学（简称国科大）教育教学成果特等奖，填补了该领域课程体系空白。被陈国良院士等7位专家鉴定为**“开创了我国第一门讲授当代智能计算系统的课程”**。

（2）教材建设方面：出版了涵盖理论（第一版、第二版）、实验与英文版在内的4部系统教材，形成了系统化教材体系。智能计算系统系列教材累计印刷14次，总印量超2.65万册。曾列京东大中专教材销量榜第一名，获评北京市优质本科教材，被百余所高校采用。8位院士高度评价为**“我国第一本讲授当代智能计算系统完整技术体系的教材”**。

（3）师资培养方面：**建立全国首个智能计算系统教师导教班**，为180余所高校培训约1200名教师和150名助教，为我国智能计算系统人才培养建立起产教深度融合的教师梯队。

本成果已培养智能计算系统全栈人才约2.5万人，具备年均培养万人的能力。近800名毕业生入职寒武纪、华为、平头哥、龙芯、长江存储等国内核心芯片企业，作为核心技术骨干直接参与国产智能芯片和国产大模型前沿技术攻关。

成果打通了从基础研究、人才培养到产业应用的完整链条，为我国在智能计算系统领域实现从跟跑到并跑的战略转变奠定了教育基础。**成果第一完成人作为代表参加了习总书记主持的科学家座谈会**，并受到五位政治局常委的视察和指导。

2. 成果解决的主要问题和采用的方法

人工智能是新一轮科技革命与产业变革的核心驱动力量，正在重塑人类生产生活方式。习总书记指出：“加快发展新一代人工智能是事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略问题”。在人工智能技术“数据、算法、算力”三大核心要素中，算力正面临严峻的“卡脖子”难题。智能计算系统是由智能芯片及配套软件等构成的系统，作为人工智能产业的算力基石、集成电路领域的科技制高点，已成为大国博弈的关键战略必争地。

2018 年前，我国智能计算系统领域人才培养近乎空白，不仅导致我国智能计算系统产业落后于国际先进水平，更使整个人工智能产业面临“卡脖子”风险。因此，构建智能计算系统人才培养方案，势在必行，刻不容缓。然而，智能计算系统作为高度交叉的学科领域，知识体系涉及集成电路、智能算法、编程语言、编程框架等多个方向，其人才培养面临**“三座大山”**：

（1）无课程：无系统深入的课程体系；

（2）无教材：无全栈贯通的优质教材；

（3）无师资：无软硬兼修的师资队伍。

团队基于智能计算芯片及系统方向具有深厚技术研究与系统研发积累，发现智能计算系统运行的基础规律，曾获我国集成电路芯片结构领域首个国家自然科学奖，研究成果受到 6 大洲、1000 余家国内外机构，及 3 位图灵奖得主、40 余位中美院士、300 余位 ACM/IEEE 会士跟踪引用，并被深度学习开创者、图灵奖获得者 Bengio 的深度学习教科书引用，被 Science 刊文评价为深度学习处理器芯片“开创性进展”和“公认的引领者之一”。

以此为基础，打造国际首门智能计算系统课程，编撰国际首部完整介绍智能芯片软硬件技术栈的教材《智能计算系统》，举办我国首个智能计算系统教师导教班，**从根本上解决“三座大山”，从无到有建立我国智能计算系统“1+4+3”人才培养方案**，如图 1 所示。即以 1 门智能计算系统核心课为引领，配套前置课、通识课、实验课及前沿课 4 类配套课，培养应用型、复合型、创新型 3 种人才的实施方案，形成可推广、可复用、可持续的人才培养模式。

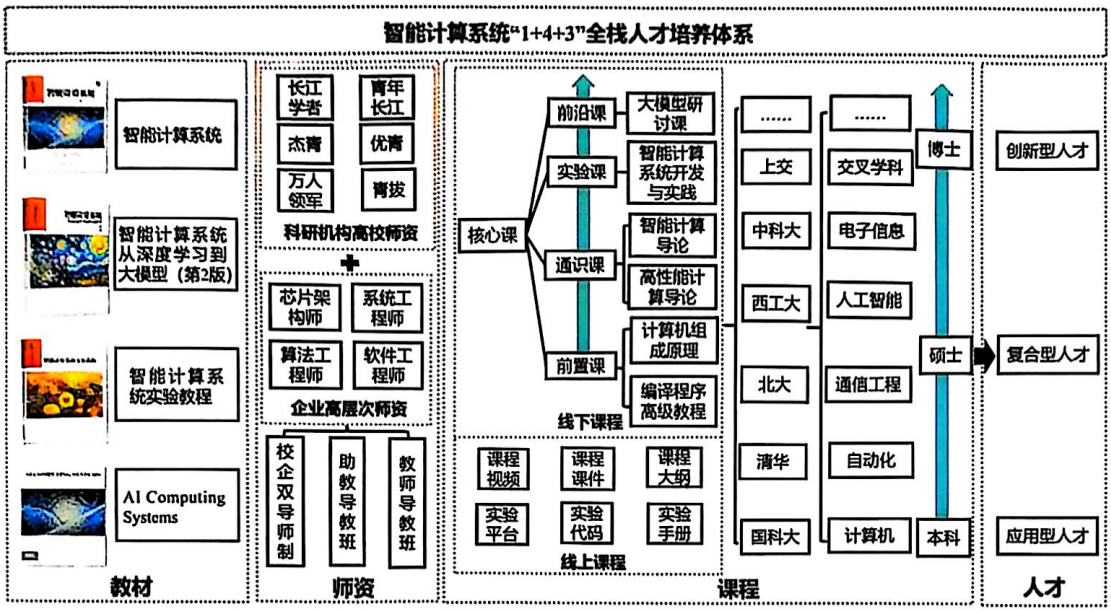

图 1 "1+4+3"人才培养方案

2.1 打造系统衔接的课程体系，填补课程空白

针对智能计算系统领域课程体系空白、缺乏系统衔接的问题，团队基于科教融合的教育创新理念，以智能计算系统运行的基本规律为纲，打造以智能应用为驱动、系统全面介绍智能计算系统软硬件技术栈的核心课程，并设计实施 1 门核心课+4 类配套课（前置课、通识课、实验课及前沿课）的系统衔接课程体系。该课程体系覆盖信息类及交叉专业学生，实现从基础知识到专业实践的分阶段培养。针对不同层次高校与学生群体，设计差异化授课方案，确保广泛适用与可推广性，提升教学的系统性和适应性。全面开放共享教学 PPT、课程视频等教学资源，打造"线上资源+线下教学"双支撑体系，扩大成果辐射范围。建设自评测实验平台，帮助学生融会贯通理解智能计算系统原理，同时减轻教师实验负担、提高教学效率。

2.2 编撰全栈贯通的系列教材，补齐教材短板

针对智能计算系统领域知识繁杂、高度碎片化的问题，首次构建涉及集成电路、智能算法、编程框架与编程语言的完整知识体系，编撰全栈贯通的智能计算系统教材。教材以智能计算系统运行的 5+3+3 基本规律（5 类基本计算模式+3 类访存数据流+3 类通信交互模式）为核心的理论骨架，并辅以贯穿始终的深度学习和大模型应用示例

作为驱动，将上百个零散知识点系统整合，培养学生全局视野、系统思维能力以及原始创新能力，让学生“知其然知其所以然”，为蓬勃发展的人工智能产业提供应用型、复合型、创新型人才支撑。

2.3 培养产教融合的师资队伍，破解师资难题

团队创新性地构建了“教师导教班+助教导教班”培训机制，建立了理论与实践结合、软件与硬件结合的高水平师资培训体系。通过与教育部高等学校教学指导委员会、中国计算机学会等机构合作，已举办多期教师导教班与助教导教班。同时联合寒武纪等公司建立“校企双导师制”，形成“理论教学-企业实训-项目实战”闭环，促进产学研深度融合，如图 2 所示。

图 2 培养产教融合的师资队伍

3. 创新点

本成果以智能芯片为核心，依托团队自主发现的智能计算系统运行基本规律，系统构建起智能计算系统人才培养的创新方案，展现出显著的开创性与示范价值。

3.1 科教融合的理念创新

本成果在理念层面实现了科教融合的深度创新。将成果完成人长期基础研究中发现的智能计算系统 5+3+3 运行规律（计算可分解为 5 类基本模式、访存可解耦为 3 类数据流、通信可归约为 3 类交互模式）作为理论基石，系统性转化为教学实践。通过凝练普适性原理、构建系统化知识框架，将前沿科研深度融入课程、教材与师资建设，

从原理上支撑了“无课程、无教材、无师资”难题的解决，推动科研优势向育人实效转化，为全栈人才培养奠定创新理念基础。

3.2 应用驱动的课程创新

本成果打造了国际首门智能计算系统核心课程。课程以大模型等典型应用为驱动，通过解析计算、访存和通信的 5+3+3 运行规律，强化学生对智能芯片软硬件技术栈的贯通式理解，提升工程能力与理论认知。课程资源开放共享，已推广至百余所高校，形成“1 门核心课+4 类配套课”的课程体系，适配本硕博多阶段教学需求，覆盖应用型、复合型、创新型人才的培养目标。获国家级一流本科课程等荣誉，示范效应显著。

3.3 全栈贯通的教材创新

本成果基于 5+3+3 基本规律，构建起贯通上层应用到底层智能芯片的全栈知识体系，编撰出版《智能计算系统》等系列教材 4 部。教材将碎片化知识点有机串联，破解学生“只知其表、不知其里”的认知局限，强化系统思维并降低学习门槛。教材内容深度融合科技前沿与产业实际，获评北京市优质本科教材，受到 8 位院士高度评价，被认为“既体现了学术前沿性，又贴合教学实际”，为课程实施提供坚实支撑。

3.4 产教融合的师资创新

本成果构建了“教师导教班+助教导教班”与校企双导师制相结合的培训机制。联合寒武纪等头部企业，形成“理论教学-企业实训-项目实战”闭环，师生通过参与芯片研发等产业实践，深化对智能计算系统的理解并促进科研转化。累计培训千余名教师和助教，形成梯队化师资队伍，提升了全栈技术传授能力，促进了人才培养与产业需求的精准对接。毕业生在华为、寒武纪等企业发挥关键作用，体现了可持续的示范价值。

4. 成果的效益及推广应用

本成果打通了从基础研究、人才培养到产业应用的完整链条，为我国在智能计算系统领域实现从跟跑到并跑的战略转变奠定了教育基础。

4.1 破解“三座大山”，从无到有建立我国智能计算系统人才培养方案。

课程：打造国际首门智能计算系统课程，已推广至国科大、北大、清华等 **105** 所

高校，线上课程播放量突破 **40 万次**。获评**国家级一流本科课程**、关键领域工程硕博士核心课程、国科大教育教学成果特等奖；获批教育部等 6 部门联合实施的基础学科拔尖学生培养计划课题 2 项、教育部产学合作育人项目 1 项。陈国良院士等 7 位专家鉴定为**“开创了我国第一门讲授当代智能计算系统的课程，该成果在智能计算系统教育体系上具有开创性，为国家战略人才供给提供了有力支撑”**，鉴定意见如图 3 所示。

鉴定意见

2025 年 4 月 15 日，中国科学院大学计算机科学与技术学院在北京组织了“突破‘三座大山’：中国智能计算系统全栈人才培养体系构建”教育教学成果鉴定会。鉴定委员会（名单附后）听取了成果完成人的成果报告、审阅了申报书、成果总结报告。经质询讨论，鉴定委员会形成如下意见。

1、该成果面向我国智能计算系统领域的高层次复合型人才培养需求，破解了无系统深入的课程体系、无全栈贯通的优质教材、无软硬兼修的师资队伍“三座大山”，开创了我国第一门讲授当代智能计算系统的课程，出版了国际首部完整介绍智能计算软硬件技术栈的教材，首创了“1+4+3”的人才培养体系。

2、该成果已在中国科学院大学、中国科学技术大学等上百所高校落地实施，累计培训教师 1200 余名，助教 150 余名，培养学生 2.5 万名，覆盖应用型、复合型、创新型多层次复合型人才，形成了良好的产学研人才流动机制。

3、该成果形成了应用驱动、全栈贯通的知识体系，抽象共性、融合集成的思维体系，多校联合、产教融合的知行体系，构建起一套适应前沿技术发展的新型工程教育体系。

鉴定委员会认为，该成果在智能计算系统教育体系上具有开创性，为国家战略人才供给提供了有力支撑，对重塑中美智能算力博弈的新格局有重要意义。

提交资料齐全，符合鉴定要求，同意通过鉴定。

建议进一步扩大课程的影响力。

鉴定委员会

主任：陈国良

委员：

2025 年 4 月 15 日

图 3 鉴定意见

教材：编撰国际首部智能计算系统教材，累计印刷 14 次，总印量超 2.65 万册，曾列京东大中专教材销量榜首，被百余所高校列为指定教材，获评北京市优质本科教材。**受到李国杰、郑南宁等 8 位院士高度评价。**

①中国工程院院士李国杰评价：“国际上首创的《智能计算系统》教材”，“对智能计算系统的各层软硬件技术栈的奥妙和相互联系进行精确、扼要的介绍，使学生对系统全貌有一个深刻印象，达到举一反三、触类旁通的效果”。

②中国工程院院士郑南宁评价：“本书作为我国第一本讲授当代智能计算系统完整技术体系的教材，既有深度也有广度，对于人工智能专业人才的培养具有重要价值。”

③中国科学院院士陈国良评价：“既体现了学术上的前沿性，又充分考虑了高校实际教学的需求”，“是对中国科学院几十年来‘科教融合’理念的传承”。

④中国工程院院士孙凝晖评价：“在智能方向打通了系统与算法，再将这些科研优势辐射到教学”。

⑤中国工程院外籍院士张亚勤评价：“深层次、全栈性地解析了 AI 的关键理论和技术，又通过一个图像风格迁移的实例生动地演示了 AI 的实践”。

⑥中国工程院院士郑纬民评价：“非常适合培养学生的系统思维。到目前为止，国内外少有同类书”。

⑦美国工程院外籍院士张宏江评价：“系统性、全面性在国内外都非常难得，值得每位人工智能方向的同学阅读”。

⑧欧洲科学院院士周志华评价：“是国内第一本关于深度学习计算系统的书籍”。

师资：举办 7 次教师导教班和 3 次助教导教班，为 **180 余所**高校累计培训约 **1200 名教师**与 **150 名助教**，形成了产教深度融合的师资梯队。参与培训的教师项刘宇获中国产学研创新成果一等奖。成果完成人中 1 人获全国五一劳动奖章、2 人获中国青年五四奖章，1 人获长江项目、2 人获杰青项目、1 人获青年长江项目、1 人获万人领军人才计划、2 人获优青项目、2 人获青年拔尖人才计划项目资助。

4.2 产学研协同育人成效显著，可推广、可复用、可持续的人才培养模式辐射带动作用持续凸显。

累计培养智能计算系统人才超 **2.5 万名**，具备年均培养 **1 万名学生**的能力。联合

上交、北邮、北理等 6 所高校与寒武纪公司共同开展 15 次实训项目，培养学生 746 名，推动产学研协同创新。

学生对智能计算系统理解不断深化，涌现出一批杰出创新成果：多名学生获得体系结构顶会 **MICRO 最佳论文亚军奖**、EDA 顶会 ICCAD **最佳论文提名奖**、超算顶会 **ICS 最佳学生论文奖**和 **SC 最佳论文奖**、系统领域顶刊 IEEE TPDS **最佳论文奖**等；学生承书尧成功研发国际首个 AI 全自动生成的 CPU“启蒙 1 号”，被 Nature 新闻评价为“中国芯片发展的好消息”；多名学生在国内外重要赛事中表现优异，获 IEEE IROS 机器人传感挑战赛导航赛冠军、SMP ChatGLM 金融大模型挑战赛季军等。

4.3 社会效益显著，有力支撑我国人工智能软硬件产业创新发展，服务国家人工智能战略需求。

寒武纪等芯片公司使用本成果内容培训上千名员工。同时，近 800 名毕业生入职寒武纪、华为、平头哥、龙芯、长江存储等国内核心芯片研制企业，在国产智能芯片、大模型等关键技术攻关中发挥重要作用。毕业生李震在寒武纪担任芯片主任架构师，研制的 7nm 国产智能芯片在性能、能效等方面均超越英伟达 7nm 产品 A100，为我国智能芯片产业反向制裁英伟达奠定了坚实基础，**为我国在智能计算系统国际竞争中实现战略相持**提供关键支撑。

成果第一完成人作为代表参加习总书记主持的科学家座谈会，受到五位政治局常委的视察和指导。