

国产平台支撑下的并行计算与人工智能融合式教学改革与实践^{*}

孙新越 郝萌 张伟哲^{**}

哈尔滨工业大学计算学部，哈尔滨 150001

摘要 针对国产化自主计算平台对并行计算与人工智能复合型人才的培养需求,分析当前并行计算课程中缺乏国产计算平台知识和人工智能场景实验的现状,提出国产平台支撑下的并行计算与人工智能融合式教学改革思路,从“优化课程内容、构建国产化人工智能计算实验平台、深化课程思政建设”三个方面系统实施,最后总结了实践教学改革的成效并展望了未来的改进方向。

关键字 国产化计算平台, 人工智能, 并行计算, 课程设置, 实验设置, 思政建设

Integrated Teaching Reform and Practice of Parallel Computing and Artificial Intelligence Supported by Domestic Computing Platforms^{*}

Xinyue Sun Meng Hao Weizhe Zhang^{**}

Faculty of Computing, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China

Abstract—In response to the need for cultivating composite talents in parallel computing and artificial intelligence on domestic autonomous computing platforms, this paper analyzes current curricular deficiencies, including insufficient coverage of domestic platforms and limited AI scenario based laboratory work. We propose an integrated teaching reform for parallel computing and artificial intelligence supported by domestic platforms, implemented through three components: optimizing course content, building an AI computing experimental platform on domestic systems, and deepening curriculum based ideological and political education. Finally, we summarize the practical outcomes of the reform and outline future directions.

Keywords—Domestic computing platforms, artificial intelligence, parallel computing, curriculum design, experimental design, curriculum based ideological and political education

1 引言

并行计算是计算机专业的核心课程, 旨在培养学生利用多处理器高性能计算机解决复杂问题的能力^[1]。作为提升计算性能的关键技术, 并行计算对人工智能(Artificial Intelligence, AI)产业快速发展(特别是大模型在各类应用中广泛落地)具有至关重要的作用。然而, 西方国家近年来对我国关键计算硬件实施出口管制, 试图限制我国相关行业发展。在这种外部压力下, 我国将“核心技术自主可控”作为国家战略的核心内容, 加快了国产计算平台的研发步伐。华为、中兴、曙光等国内科技企业加速技术攻关, 逐步实现计算平台的国产化替代。在这个背景下, 现有并行计算课程体系亟需进行改革, 以适应国产平台的技术特点和AI计算的时代需求。因此, 如何改革现有

的并行计算教学体系, 培养能够在国产平台上开展模型推理、轻量化微调、分布式训练与部署运维的复合型人才, 已成为亟待解决的问题。

2 课程教学改革亟解决问题

近年来, 我国国产高性能计算平台(如基于ARM架构的华为“鲲鹏”处理器^[2-3]等)发展迅速, 技术逐步接近国际先进水平。然而, 课程教学内容与国产化计算平台对AI计算的人才需求仍存在差距^[4-5], 具体表现在以下三个方面。

2.1 课程内容与产业需求不匹配

传统并行计算课程以x86架构为主, 对国产平台的体系结构、工具链与性能优化覆盖不足, 对AI推理加速、参数高效微调与分布式通信等内容关注不够, 难以培养学生掌握国产化计算平台下的AI计算能力。

2.2 实验教学环节薄弱

*基金资助: 本文得到教育部产学合作协同育人项目“基于华为鲲鹏的高性能与并行计算课程建设”资助。

**通讯作者: 张伟哲 wzzhang@hit.edu.cn。

学生在国产平台上的实操经验不足，不仅缺少国产化实验平台，还缺少覆盖“模型推理与服务化部署、

算子与内存优化、通信原语与扩展性评测、运维与可观测性”的完整实践，导致学生的工程能力培养不足。

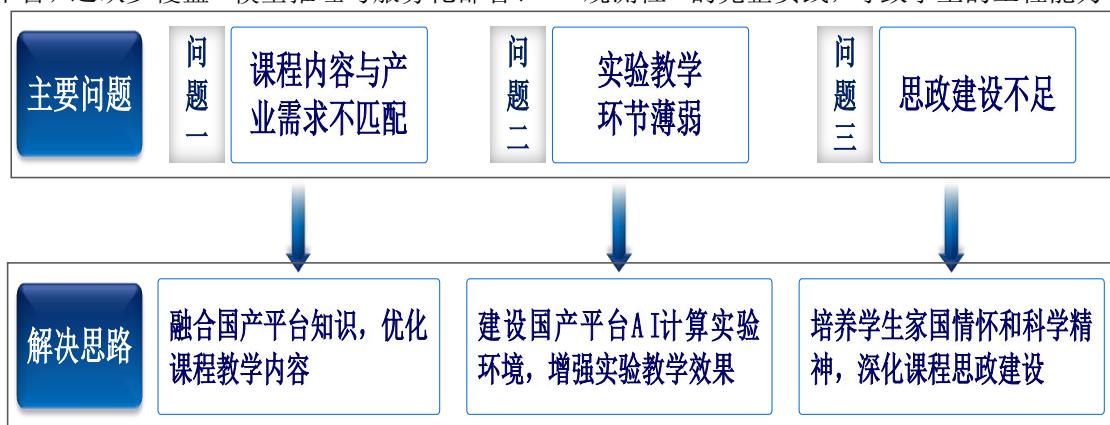


图 1 并行计算课程教学改革亟解决的问题及思路

2.3 思政建设不足

目前课程中的思政元素融入较为薄弱，学生对我国计算平台国产化背景及“核心技术自主可控”战略需求的了解不足，难以形成科技报国的使命感与社会责任感。

3 课程教学改革思路

并行计算课程的课程改革坚持以学生为中心，围绕 AI 计算能力培养这一核心目标，面向国产平台开展体系化升级。总体思路为“融合国产平台知识，优化课程内容；建设 AI 计算实验平台，增强实践效果；培养学生家国情怀和科学精神，深化课程思政建设”。

3.1 融合国产平台知识，优化课程教学内容

围绕 ARM 架构与华为鲲鹏平台，在课程中系统性地融入体系结构、编译与性能分析、向量化与内存层次优化、异构协同与资源调度等内容，并面向 AI 任务引入模型推理加速、参数高效微调与运营指标评测等主题。通过横向融入拓展多架构视野，通过纵向贯穿构建“原理、方法、优化、应用”的知识链路，掌握从 x86 架构向 ARM 架构的任务迁移与适配。

3.2 建设国产平台 AI 计算实验环境，增强实验教学效果

依托华为鲲鹏平台与国产操作系统 openEuler，构建国产化课程实验环境。采用“分段实施、螺旋上升”的教学模式，按模块化推进基础实验与综合项目，聚焦模型推理服务、参数高效微调小实验、MPI 通信原语模拟、算子融合与内存优化、小规模分布式训练与可观测性建设等任务，形成“基础能力、工程实训、场景项目”的实践序列。

3.3 培养学生家国情怀和科学精神，深化课程

思政建设

将思政元素融入课程，通过引入“西方禁购”和“核心计算芯片突破封锁”等热点事件，激发学生的爱国主义情怀。同时，通过“以赛促学”的方式，培养学生追求真理的科学精神，增强其社会责任感和家国情怀，促进学生正确价值观的树立。图 1 总结了课程教学改革亟解决的问题及思路。

4 课程教学改革实践

针对并行计算课程中存在的“课程内容与产业需求不匹配”、“实验教学环节薄弱”和“思政建设不足”等问题，本课程按照“优化教学内容”、“增强实验实践效果”、“深化课程思政建设”的改革思路，进行了具体的改革实践，推动了课程内容、实验平台和思政教育的全面提升。图 2 总结了课程教学改革实践。

4.1 融合国产平台知识和 AI 任务，优化课程教学内容

(1) 面向国产平台与 AI 任务的教学内容重构

传统并行计算课程长期聚焦 x86 架构，导致学生在国产平台上的系统认识、工具链使用与性能优化上存在断层。为贴合 AI 任务负载与工程链条，课程以“原理、工具、优化、应用”四层链路进行内容重构，并以 ARM 架构与华为鲲鹏平台为核心案例形成模块化教学单元。

一是架构与内存层次模块。围绕 ARMv8 与新一代向量扩展，讲解缓存层次结构、NUMA 亲和性与一致性协议，结合微基准实验分析访存带宽、延迟与预取效果，为后续算子优化和并行粒度选择提供依据。

二是编译与算子优化模块。系统训练编译选项与自动向量化技巧，结合手写内核演示数据布局变换、算子融合与内存复用策略，建立从性能瓶颈识别到优

化验证的闭环方法论。



图 2 面向国产高性能计算平台的并行计算教学体系

三是并行与通信模块。以 PThread、OpenMP 与 MPI 为主线，构建线程级并行、进程级并行与通信原语知识体系，重点分析 AllReduce 与 AllGather 在不同消息规模与拓扑下的性能特征，讲授通信计算重叠与拓扑感知优化。

四是 AI 任务适配模块。面向推理与小规模训练，引入推理图优化、量化与蒸馏、参数高效微调的基本流程，讲解端到端性能建模与指标设计，训练学生完成从功能正确到服务化与可观测性的全流程打通。

上述模块横向覆盖多架构与多工具的共性能力，纵向贯穿从理论到工程的技术路径。课程产出包括平台迁移清单、调优手册与实验报告模板，支持学生将 x86 上的实践平滑迁移到 ARM 平台并完成针对 AI 场景的性能达标。

(2) 持续更新机制与大模型工程认知

为保持与国产平台技术演进的同步，课程建立“版本化大纲、前沿快课、技术追踪作业、项目复盘”的滚动更新机制。每学期围绕“国产平台上的并行与 AI 计算、基于国产平台的编程模型、面向推理与训练的优化策略”等专题组织研讨，学生完成文献调研、复现实验与微基准测试，输出对标报告与改进建议。通过该机制，课程内容与产业进展保持对齐，学生在真实工程问题情境中加深对大模型工程的系统认知，形成以问题为牵引、以数据与证据为依据的能力成长路径。

4.2 建设国产平台 AI 计算实验环境，增强实

践效果

实验教学是并行计算课程的重要组成部分，旨在提升学生的实践操作能力和创新能力。随着国产化自主计算平台的迅速发展，传统的实验教学模式已无法满足现代并行计算课程的需求。因此，结合国产平台的软硬件生态，本课程建设面向 AI 计算的实验环境，支持从并行基础到分布式模型服务与训练的完整实践链条。

(1) 基于国产平台的实验平台建设

依托企业侧公有云，在华为鲲鹏处理器与国产操作系统 openEuler 上搭建教学集群。平台采用容器化与镜像仓库管理，预置并行计算与 AI 常用工具链，提供按需开通与弹性伸缩能力。每名学生获得独立节点开展编程与调试，团队可按项目申请由多节点组成的小型集群，用于通信原语评测、分布式模型训练以及服务部署演练。

平台提供以下能力：一是标准化环境。提供 PThread、OpenMP、MPI 及性能分析工具，预置面向 ARM 架构的数学库与算子优化工具。二是工程化支撑。提供容器编排与镜像版本控制，以保证实验可复现与可回滚。三是观测与评测。提供系统与应用两层指标采集，覆盖吞吐、延迟、资源利用率与通信带宽，支持压测与故障注入。

(2) 国产计算平台下的实验内容设置与教学方法

实验遵循由浅入深的序列，分为基础实验与综合应用实验两类。

基础实验。面向并行计算的核心能力，包括：1) 并行环境构建与命令行工具使用；2) 共享内存并行编程 PThread 与 OpenMP；3) 消息传递并行编程 MPI，结合微基准完成点对点与集合通信评测；4) 小型算子优化，包括数据布局、向量化与缓存友好设计。通过这些实验，学生掌握国产平台的编程环境与基础优化方法[7-8]。

综合应用实验。面向 AI 场景设置代表性任务，包括 1) 轻量级中文小模型推理服务；2) 参数高效微调入门；3) 分布式通信与扩展性分析；4) 算子融合与内存优化小实验。5) 推理服务运维与可靠性演练。

教学采用问题导向六步法开展实验内容教学工作。第一步，教师介绍实验背景与目标并搭建基础环境；第二步，学生完成功能性初版实现；第三步，使用分析工具定位瓶颈并形成优化假设；第四步，结合平台特性实施多轮优化与对比实验；第五步，进行压测与稳定性验证，达成既定性能与可靠性要求；第六步，输出包含代码、脚本、评测数据与技术复盘的完整实验报告。

4.3 培养学生家国情怀和科学精神，深化课程思政建设

课程思政是高校专业课程建设的重点之一，通过在专业课程教学中有意识地融入思政元素，推动思政教育的实际落实^[9]。

(1) 树立正确价值观，增强科技自立自强的责任感

当前，西方国家对我国高性能计算芯片实施禁运政策，试图限制我国获取先进计算硬件，进而影响我国 AI 产业的发展，达到限制我国自主创新能力的目的。然而，华为等国内科技企业近年来逐步突破硬件封锁，推动自主计算平台的研发，形成了以华为鲲鹏、openEuler 系统等为代表的国产化技术生态。从思政教育的角度来看，美国禁运、自主可控芯片等热点事件为引导学生进行价值辨析、培养爱国情怀提供了优质的案例。因此，在并行计算课程的教学中，本课程通过举办主题研讨会，邀请业界专家深度解析这些热点事件，并与学生展开讨论。通过这些研讨，学生不仅能够了解科技背后的事实，还能提升辨析科技舆论的能力，树立正确的科学价值观，并激发他们为国家科技发展贡献力量的热情。

(2) 以赛促学，培养学生追求真理的科学精神

在课程教学之外，本课程引入了“项目驱动+竞赛激励”策略，鼓励学生积极参加世界大学生超级计算

机竞赛、全国并行应用挑战赛等高水平赛事。竞赛不仅能激发学生的创新能力，还能提升他们将课程所学知识应用到实际问题中的能力。更为重要的是，竞赛中的模型调优和并行计算应用强化了学生的应变能力和创新能力，使他们在反复试错和优化过程中真正理解真理的不断追求和探索。通过这些竞赛，学生能够通过科学实验证和分析，亲身体验“实践是检验真理的唯一标准”。在这一过程中，他们不仅能够提升解决问题的能力，还能培养严谨的科学思维和持之以恒的科学精神。

5 课程教学改革成效

面向国产平台与 AI 场景的课程改革实施后，课程质量、学生能力与社会影响力均取得了实质性成效。表 1 总结了课程教学改革的效果。

表 1 课程教学改革的效果

成效维度	成果
教学质量	课程连续三年获得 A 级教学评估，学生学习投入度与满意度持续上升。课程内容系统融入 ARM 架构与华为鲲鹏平台，教学体系更加完善，教学质量显著提升。
能力提升	课程激发了学生的实践创新意识，多名学生在世界大学生超级计算机竞赛中获得全球二等奖，在“华为杯”中国研究生网安创新大赛中荣获揭榜挑战赛一等奖和“网安之星”称号。
课程推广	课程入选教育部-华为“智能基座”首批优秀课件，并作为首批高性能与并行计算课程资源在华为社区上线。课程大纲、课件和实验手册已在华为官网公开，供全国高校和科研机构参考使用。
社会影响	课程组获得教育部产学合作协同优秀项目案例、2023 年华为优秀成果奖、2024 年黑龙江省教学成果二等奖、2024 年哈尔滨工业大学教学成果一等奖等荣誉。教师获“栋梁之师”“智能基座先锋教师”“校企合作贡献奖”等称号，并受邀在华为全联接大会作专题报告。
校企合作	与华为深度合作，将鲲鹏等国产高性能计算架构引入课堂，推动国产 AI 计算平台在高校教育中的应用。

5.1 教学质量的提升与学生能力的全面发展

课程内容系统融入 ARM 架构与华为鲲鹏平台，并围绕 AI 推理与小规模训练构建实践链条，学生在系统理解与工程实现两方面能力显著增强。课程连续三年获得 A 级教学评估，教学满意度与学习投入度稳定提升。同时，课程的创新性培养模式和技术内容，激发了学生的实践能力和竞争意识。学生积极参与国内外竞赛，并取得了不俗的成绩。多名学生参加了世界大

学生超级计算机竞赛并获得了全球二等奖 2 项，并在“华为杯”中国研究生网安创新大赛中荣获揭榜挑战赛一等奖和“网安之星”称号。课程组竞赛指导教师也因此获得了“华为杯”优秀指导教师、哈尔滨工业大学计算学部“竞赛指导新锐奖”等荣誉。

5.2 课程资源的推广与社会影响力提升

课程改革不仅限于课堂教学的改进，还推动了课程资源的广泛传播。课程被教育部-华为“智能基座”项目选为首批优秀课件，并在华为社区中成为首批上线的高性能与并行计算课程资源之一。课程的大纲、课件和实验手册已在华为官网公开，供其他高校和科研机构参考，极大地扩展了课程的影响力。

此外，课程组的教学成果还获得了教育部和华为等多个机构的认可，获得了 2022 年度教育部产学合作协同优秀项目案例、2023 年华为优秀成果奖、2024 年黑龙江省教学成果二等奖、2024 年哈尔滨工业大学教学成果一等奖等荣誉。课程组的教师也获得了教育部-华为“栋梁之师”、智能基座华为云与计算先锋教师、哈尔滨工业大学计算学部“校企合作贡献奖”等荣誉。课程负责人及团队受邀在华为全联接大会作专题报告，并被环球网等媒体报道，进一步提升了课程的社会影响力和行业认可度。

5.3 校企合作推动教学改革与科研协同创新

课程改革的成效不仅体现在教学质量的提升，还推动了科学研究的深入发展。得益于校企合作的深度推进，课程将华为鲲鹏等国产高性能计算架构引入课堂，推动了国产 AI 计算平台在高校教育中的应用与普及。同时，任课教师也参与到企业实际关注的科研问题中，成功获批了多项与华为的校企合作科研项目。这一合作模式不仅让学生积极参与实际科研实践，还实现了科研与教学的深度协同。最新的科研成果被及时引入课堂，构建了高效的“科研、教学、实践”闭环，确保教学内容的前沿性和实战性。这种模式有效地促进了“科研反哺教学、教学促进科研”的双向良性循环，推动了教学和科研的相互促进。

6 结语

并行计算在 AI 产业的快速发展具有显著的推动作用。然而，西方国家对高性能计算设备的出口限制，意图制约我国相关产业的增长速度。因此，减少对国外技术的依赖、实现核心技术的自主可控，国产化计算平台替代势在必行。在这一背景下，哈尔滨工业大学对并行计算课程进行了系统改革，涵盖课程设置、实验平台建设和思政教育等方面。通过引入国产化计算平台的知识体系和 AI 计算的实践，优化学生的并行计算知识结构，课程内容更加契合 AI 产业需求，促进了学生工程实践能力的提升。同时，课程强调培养学生正确的科学价值观和职业精神，帮助学生树立正确的价值观。未来，我们将继续丰富课程内容，优化 AI 计算实验平台，确保人才培养能够更好地服务于产业发展的需求。

参 考 文 献

- [1] 吴强,彭蔓蔓,何儒汉,等. 支持自动评测的计算机体系结构课程实验管理系统[J]. 计算机技术与教育学报, 2022,10(5):57-61.
- [2] 米庆,于洋,马伟,等. 华为云 DevCloud 融入软件工程课程的教学探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2023, 11(2),70-74.
- [3] 蔡朝晖,陈伟清,贺莲,等. 面向赋能教育的计算机系统课程口袋实践体系建设[J]. 计算机技术与教育学报, 2023, 11(4),22-25.
- [4] 李广明,李秋燕. 基于“双创”本硕一体、产学研赛融合的育人模式探索与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(2),127-132.
- [5] 刘浩文,李兵,程大钊,等. 校企协同育人驱动的课程持续改进[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(3),38-42.
- [6] John L H , David A P. A new golden age for computer architecture[J]. Communications of the ACM, 2019, 62(2): 48-60.
- [7] Seonmyeong B, Colleen B, Swen B. OpenMP application experiences: Porting to accelerated nodes[J]. Parallel Computing, 2022(109): 856-859.
- [8] David P. Posix threads (Pthread)[J]. Encyclopedia of Parallel Computing, 2011(1): 1592-1593.
- [9] 陈秋莲,陈芷,尹梦晓,等. 计算机组原理课程思政混合式教学探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10(4): 38-41.