附件目录

成果名称：依托“一课三室”科教产融合贯通式培养计算机系统与处理器芯片拔尖创新人才

成果完成人：张科、常轶松、王亚洲、张思、刘士祺、郭晓康、王元卓

成果完成单位：中国科学院大学

一、成果总结

二、支撑材料目录

1 教育教学相关证书

2 教育教学相关奖励

3 科技进步、技术发明、科普传播、产学研创新等相关证书与奖励

4 教学改革项目：2019 年北京高等教育“本科教学改革创新项目”立项名单节选

5 教育教学研究论文

6 其他

一、成果总结

【成果简介】

当今世界百年变局加速演进。中共中央、国务院印发的《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》明确提出，“在战略急需和新兴领域，探索国家拔尖创新人才培养新模式”，并强调“构建人才培养、科学研究和技术转移为一体的产教融合科教融汇新样本”。作为数字化信息技术的基石，计算机系统与处理器芯片的重要性不言而喻，创新人才供给能力直接影响相关产业竞争力与科技自主水平。因此，加快构建面向“系统与芯片”领域的拔尖创新人才培养模式，深入推进产教融合与科教融汇，已成为一项重大而紧迫的任务！

然而，国内外计算机系统与处理器芯片领域拔尖人才培养模式存在诸如培养模式松散、优质师资匮乏、实践支撑不足、产教衔接不畅以及评价体系单一等痛点、堵点、卡点问题，难以应对新时代对拔尖创新人才的需求。本工作创新提出“一课三室”模式，以“理实结合”改革一门计算机专业核心课程为切入口，利用新一代敏捷云化技术打通“教室-实验室-教研室”之间隔断，以虚实兼顾、开源开放机制引导国内相关领域师资和助教共同成长，利用人才能力标准规范探索对齐教学目标与产业需求的拔尖创新人才输送管道。

【主要解决的教学问题】

一、培养模式不贯通——解决“通什么”的问题

当前本科培养模式为学生提供专业必修或选修课程、理论或实验课程、毕业设计任务、研究生深造等多样但相对独立的培养环节，这有利于人才自我探索和渐进发展，也便于高校规模化培养管理，但各环节之间缺乏有效衔接与层次递进，未能聚合形成贯穿人才成长全过程的系统化支持链条。这种结构性缺陷导致学生的综合潜力难以被充分激发和累积，因此，如何尽早甄别出具有发展潜力的学生，并加速他们向创新拔

尖人才的转变，在这期间润物细无声式地加以个性化引导，为他们提供适合成长的外部环境，锻造他们有担当、有韧性的坚毅品格，是拔尖人才培养模式中的核心关键问题。

二、科教产衔接不通畅——解决“往哪通”的问题

近年来，国内高校日益重视计算机系统领域人才的实践能力培养，然而当前主流的实操教学环境仍存在明显局限：一方面，软件仿真难以支撑复杂的处理器芯片系统级评测；另一方面，硬件板卡又因操作门槛较高，难以在本科教学中广泛普及。在此背景下，如何为学生提供一套便捷易用、同时又具备产业与科研级功能的实验环境，使其能够高效完成计算机系统与处理器芯片相关的实践任务，已成为提升人才培养质量的关键所在。进一步，尽管通过系统化的课程与实验设计，能够实现教学目标，并在“系统与芯片”领域孕育出一批具有潜力的人才，但这类人才是否能够被产业界有效识别与认可，仍是一个尚未完全解决的问题。因此，构建一条贯通教育、科研与产业的连续、高效人才输送通道，推动人才培养与人才使用之间的有机衔接，已成为当前系统与芯片人才培养体系中亟待打通的核心环节。

三、评价体系不完善——解决“通得如何”的问题

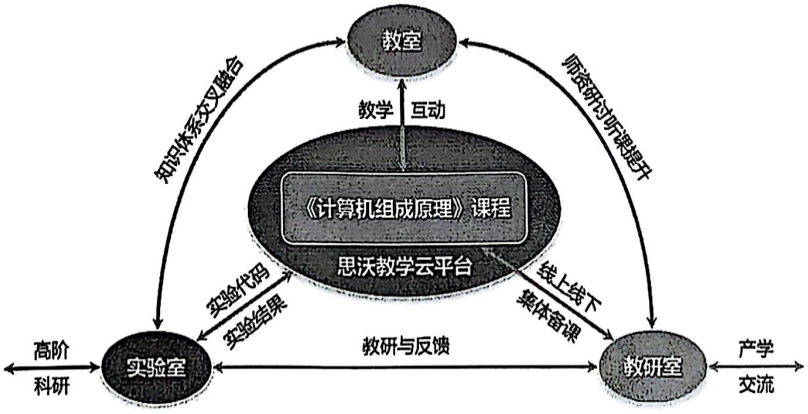
现有评价机制以量化的知识点为指标，侧重于考查学生对离散知识的掌握与程式化解题能力，难以全面反映学生在系统能力、工程实践、创新思维与产业适配性等方面的综合水平。这种评价模式的局限性引发了一个深层次的现实关切：在当前评价机制下甄选的人才能否整整获得社会的广泛认可，能否匹配用人单位对创新能力与实战素养的强期待与高要求，更进一步，其中一部分能否进入产业界并促进产业高质量发展，已成为一个亟待审视与深入探索的重大命题。因此，构建多元、过程性、能力为本的新型评价体系，形成一个能够有效反馈教学成效、精准牵引

学生个性化成长、并主动对接产业前沿需求的评价生态，是实现拔尖创新人才高质量培养的重要制度保障。

【成果解决教学问题的方法】

一、贯通式—互补式—阶梯式培养计算机系统与处理器芯片拔尖人才

本工作创新提出“一课三室”模式，形成贯通式—互补式—阶梯式的系统与芯片拔尖人才培养体系。首先，以“理论与实操贯通、课程与科研互补”的教学理念改革计算机专业大学二年级春季学期的核心课程《计算机组成原理》及《计算机组成原理（研讨课）》（注：2021 年及之前称为《计算机组成原理实验课》），依托“思沃（SERVE）”教学云平台构建贯通“教室—实验室—教研室”的培养路径。该路径以平台为枢纽，将课程知识、实验任务与教研活动有机融合，既实现了从理论到实践的闭环训练，也打通了教学相长、产研互促的系统化人才培养通道，为孕育具备扎实系统能力的拔尖创新人才提供了全流程支撑环境。



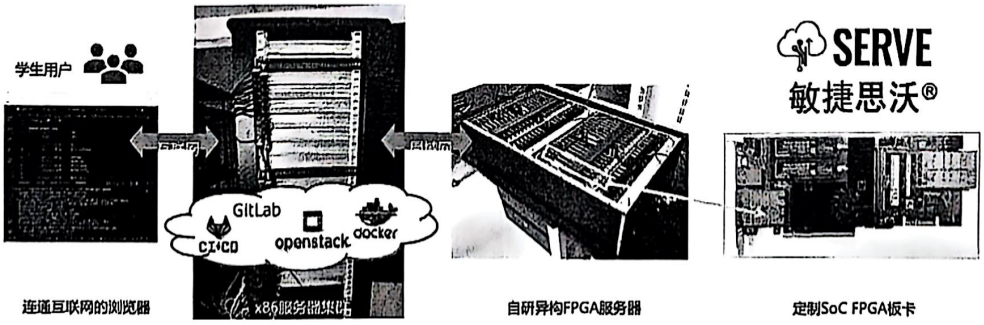
“一课三室”模式的计算机系统与处理器芯片拔尖人才培养体系

以课程改革为切入口，为大二学生提供暑期高阶科研实践项目，并在大三学年支持高水平学生继续开展，在大四为学生提供有一定挑战度的毕设题目。另外，引导高年级学生参加《处理器芯片敏捷开发》课程和“一生一芯”流片计划。截至目前，已有近百位国科大本科同学进入

“一生一芯”实践流程。通过设置阶梯式难度实验逐步提升学生的能力，同时将思政元素融入各环节，渐进达到引才、育才、拔尖的效果。学生深造率超 90%，个别高年级学生还作为助教反哺教学，并成为开源处理器芯片团队核心科研骨干，从而形成了较为完整的人才培养闭环实践链。相关成果发表于 2025 年 5 月《计算机教育》期刊、2021 年计算机教育领域国际会议 TALE 长文。

二、利用敏捷云化技术，构建系统与芯片软硬件实验评测实操环境

以产教融合、科教融汇、开源开放为理念，基于开源芯片敏捷开发平台等高水平科研成果构建“思沃（SERVE）”实践教学云平台，为学生提供一套可远程访问的、接近产业级别的现场可编程门阵列芯片（FPGA）测评环境，并支持教学团队实时在线开展学生学习效果的评估与实验项目成绩的核算。针对课程教学目标，设计紧密联系的系列化实验项目，启发学生逐步构建出一个基于第五代精简指令集（RISC-V）架构的、涵盖基本软硬件功能的开源开放计算机系统。在提升学生实验效率的同时，充分激发学生对计算机系统类课程的兴趣，实现对课程知识点的“理解-吸收-实践-创新”。利用全国性虚拟教研室资源提升云平台，进一步推动了学研产通道。相关教研成果发表在 2019 年国际计算机教育旗舰会议 ACM SIGCSE（该会议五十年历史上国内第四篇全文），2019 年获批北京高等教育“本科教学改革创新项目”，后续接连在国际计算机教学领域会议及国内知名期刊发表多篇教学研究论文。



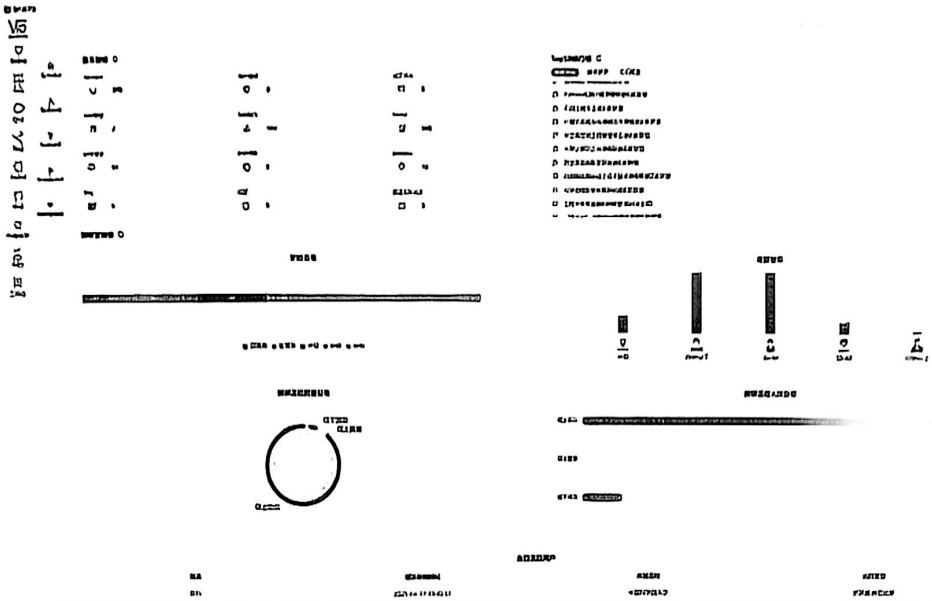
思沃（SERVE）实践教学云平台软硬件架构及实物照片

三、依托全国性“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室，设计人才能力标准规范，对齐教产之间拔尖人才输送管道

以实践教学云平台为基础，牵头建设教育部“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室。参考中国教育发展战略学会发布的《拔尖创新人才评价指标》及其他人才评价指南，2025 年 4 月邀请“产学研社”4 类、共 30 家机构来到教研室，寻找教育教学与产业社会之间各类人才——尤其是拔尖人才——输送管道的不连续性，商讨并形成面向 RISC-V 指令集处理器芯片生态的、具备行业共识的人才能力评价规范，解决拔尖人才培养路径的最后一公里卡点，为我国处理器芯片产业的自主可控与持续创新提供坚实的人才支撑。

2025 年 4 月 16 日 RISC-V 人才培养标准草案编制启动会

“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室规模已从启动时的 7 所高校、14 名成员，扩展到 55 所高校、8 个科教机构、4 家企业、总计 161 名成员，并仍在稳健增长，持续扩大影响力。2023 年入选“典型虚拟教研室”，2025 年入选“产教融合科教融汇”教研成果展。



“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室规模情况图（虚拟教研室 APP 截屏）

【成果创新点】

一、“一课三室”模式支撑系统与芯片拔尖创新人才贯通式培养

新型的“一课三室”模式以关键课程的改革为小切口，牵引相关上下游课程，大纵深地整合三室资源，从而构建起拔尖创新人才的整体性、贯通式培养体系。依托核心课程《计算机组成原理》及《计算机组成原理（研讨课）》，一方面将教室和实验室打通，学生可以方便快速地、随时随地使用一套实操环境完成计算机系统与处理器芯片的实验任务；另一方面，再与教育部“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室打通，可为全国各地教师提供开放式的云上实践教学教研环境。

二、敏捷云化、开源开放的系统与芯片软硬件实验评测实操环境

以科教融合与开源开放为基本理念，利用新兴的敏捷云化技术构建“思沃”实践教学云平台，为学生提供一套可远程访问的 FPGA 测评环境。这种将科研领域中的新兴信息技术创新地适配教学环境，不但提升了实践活动的“两性一度”，更能让学生尽早接触产学界新型开发模式，使学生在不接触 FPGA 硬件的情况下，就可全自动化地完成 FPGA 开发、逻辑

功能仿真调试、软硬件部署、真实硬件测试运行等实验步骤。这种实践模式提高了学生的开发效率，加快了学生对知识的理解与吸收，并且支持教师与助教在线开展学习效果评估。

三、虚实兼顾的教研环境支撑系统与芯片师资成长和教产衔接

为推进“系统与芯片”领域创新型人才培养的教研工作，通过虚拟教研室实现跨校师资协同与资源共享，依托敏捷云化实践教学云平台远程实验环境开展联合教研活动，坚持线上与线下相结合的教学研讨模式，形成“教学-实训-产业”全链条培养体系。通过教研创新，该体系既降低学习门槛、又确保实践质量，有效促进师资能力提升与产教教研深度融合。

本工作上述创新点支撑国科大“拓展计算机专业核心课程群，实施‘一生一芯’计划，培养国家处理器芯片急需人才”实践案例获评2021年“基础学科拔尖学生培养计划2.0”创新案例奖。此外，基于本工作创新点，教学团队已在国内外重要的计算机教育研究领域会议与期刊上共计发表教研论文10篇，其中国内中文期刊3篇。

【成果推广应用效果】

一、将“一课三室”核心理念在各类教育教学会议进行宣讲推广，启动“思沃计划”，依托云平台和资源精准特色化服务中西部及重点高校，提供云上计算机系统与处理器芯片实操环境。实践教学云平台积极服务社会，在2021-2022年期间支撑由共青团中央组织的76所国内高校、116支队伍参加的中国青年芯片科技创新大赛开源芯片设计赛道。“一课三室”模式对其他领域拔尖创新人才培养有一定借鉴推广意义。

二、持续建设教育部第二批“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室，2023年入选“典型虚拟教研室”、课程知识图谱入选“典型教研成果”。“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室规模已从启动时的7所高校、14名成员，扩展到目前的55所高校、8个科教机构、4家企业、总计161名成员。坚持线上与线下相结合的教学研讨模式，增强虚拟教研团队“粘性”。为促进虚拟教研团队成员之间在虚拟空间和现实世界中都可以“面对面”地交流，进而巩固虚拟教研团队的粘性，教研室管理团队两年时间已经线下走访了20余所兄弟院校并作深入交流，其中包括郑州大学、新疆大学等中西部高校。

三、推广的典型案例及效果:

2023年8月28-29日，虚拟教研室在郑州大学举办“开源芯片与超算生态科教融合发展研讨会”暨《计算机系统与开源芯片敏捷开发》首期师资培训班。授课内容聚焦计算机系统与开源芯片敏捷开发的核心知识与关键技能，授课对象为郑州大学及国家超级计算郑州中心的30余位任课教师、科研人员及助教。参训教师广泛认可此次培训活动，评价满意率100%，其中非常满意比例达76.9%。此次师资培训活动还得到当地主流媒体（如郑州日报）报道。

2023年10月27日，在中国计算机大会（CNCC 2023）举办“智能时代下的计算机系统与芯片创新人才培养”分论坛，正式发布“计算机系统与芯片创新人才培养思沃计划及出版工程”。此计划旨在为高校“系统与芯片”领域教师与学生提供教学实验云平台账号、师资培训、科研算力、教材出版、产业需求对接等精准特色化服务。郑州大学、哈尔滨工程大学、新疆大学、集美大学成为“思沃计划”首批四所合作高校，机械工业出版社、中科大数据研究院、中科(厦门)数据智能研究院等单位受聘成为“思沃计划”支撑机构。郑州大学给与实验平台高度认可和肯定，认为可以加速助力郑大计算机系统及处理器芯片方向拔尖人才培养，极

大扩展了他们的教学思路和手段。这是计算机系统与处理器芯片课程虚拟教研室践行科教融合理念、服务中西部及区域重点高校、打通教学与科研成果向地方高校输送“最后一公里”的重要举措。

2024年8月1-6日，教学团队在河北省秦皇岛市燕山大学为来自全国22个省份/自治区/直辖市、48所高校的70余位教师，包括普通本科34所（其中985有2所、211有7所，双一流有9所）、应用本科6所、职业本科1所、高职院校6所（其中示范性高职1所，骨干高职1所）、重点中职1所，进行了《RISC-V芯片敏捷开发与系统应用》为主题的师资培训，得到了高校教师广泛认可，满意率100%，其中非常满意比例达54.5%。此次师资培训活动重在引导参训教师关注RISC-V处理器软硬件系统领域，普及开源芯片敏捷开发理念及云平台基础设施，提升教育教学与科研实践能力，进而辐射更广范围学生，促进“产业、教学、科研、社区”联动发展。

“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室交流活动情况表 1

序号	交流对象	时间	地点
1	新疆大学软件学院、信息科学与工程学院 新疆师范大学 石河子大学 新疆工程学院	2023.7.26	新疆大学软件学院.
2	哈尔滨工程大学	2023.8.20	哈尔滨工程大学
3	郑州大学、郑州超算师资培训	2023.8.27-28	国家超级计算郑州中心
4	CNCC2023技术论坛“智能时代下的计算机系统与芯片创新人才培养”，嘉宾包括：北京航空航天大学、同济大学、哈尔滨工业大学、国防科学技术大学、集美大学、中国科学院大学	2023.10.27	沈阳
5	开放原子开源基金会人才培养闭门会，嘉宾包括：清华大学、电子科技大学、西北工业大学、湖北大学、河北大学、中国科学院大学	2023.11.22	无锡（国家）软件园
6	FICC 2023开源计算机系统与芯片人才培养论坛，嘉宾包括：中国科学院大学、中国科学院计算技术研究所、西安电子科技大学、北京开源芯片研究院、开放原子开源基金会、华东师范大学的演讲嘉宾，以及国家超级计算郑州中心、安徽大学、山东大学、新疆大学、重庆大学、中科大数据研究院、中科海微科技有限公司、北京飞腾软件技术有限公司、RISC-V工作委员会、鹏城实验室等“产学研社”四类机构	2023.12.4	三亚
7	受邀参加“河南省信创产业教育联盟”第二届论坛，做“开源芯片敏捷开发与科教实践”主题报告	2023.12.10	郑州
8	河南城建学院 平顶山学院 平顶山市科技局 河南省科学院平顶山产业技术研究院	2024.1.19	平顶山 河南城建学院
9	信息工程大学	2024.1.20	郑州 信息工程大学
10	工信部“电子信息产业重点领域人才培养专项行动计划实施单位教师能力提升培训”，参训单位包括：昆明理工大学、中南大学、中国海洋大学、邯郸学院、白城师范学院、哈尔滨理工大学、黄山学院、上海城建职业学院、东莞理工学院、中国石油大学(华东)、南京邮电大学、湖北大学、广西大学、上饶职业技术学院、南昌交通学院、苏州工业园区工业技术学校、山西经贸职业学院、安徽理工大学、吉林交通职业技术学院、沈阳航空航天大学、黑龙江大学、中国计量大学、安徽信息工程学院、南京航空航天大学金城学院、安徽财经大学、苏州工业园区工业技术学校、中南林业科技大学、武汉理工大学、伊犁师范大学、北京科技大学、三峡大学、天津工业大学、上海应用技术大学、武汉理工大学、广西科技大学、重庆交通大学、苏州科技大学、烟台理工学院、南京航空航天大学、宁波工程学院、无锡学院、青岛工程职业学院、重庆工商大学、重庆科创职业学院、黄冈师范学院、铜陵学院、西安科技大学、三亚学院、广州理工学院、重庆电子科技职业大学、中国计量大学	2024.8.1-6	秦皇岛 燕山大学
11	深圳开鸿数字产业发展有限公司、深圳市中兴微电子技术有限公司、深度数智（深圳）有限公司、广东省智能家电创新中心、中国电子产品可靠性与环境试验研究所（工业和信息化部电子第五研究所）	2024.7.2-3	深圳、广州
12	海思技术有限公司	2024.5.29	上海 海思

“计算机系统与处理器芯片课程”虚拟教研室交流活动情况表 2

序号	交流日期	交流学校（均为线下）	交流内容
1	2023年3月11日	郑州大学	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
2	2023年3月11日	河南工业大学	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
3	2023年3月19日	北京工业大学	“一生一芯”宣讲
4	2023年3月23日	厦门大学、集美大学、华侨大学、厦门大学嘉庚学院	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
5	2023年4月13日	北京科技大学	“一生一芯”宣讲+教学交流
6	2023年4月15日	大连理工大学	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
7	2023年4月15日	大连海洋大学	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
8	2023年5月17日	东北大学（秦皇岛分校）	“一生一芯”宣讲
9	2023年5月18日	深圳理工大学（筹）	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
10	2023年5月21日	上海科技大学	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
11	2023年5月22日	同济大学软件学院	CSP虚拟教研室情况与实验教学云平台
12	2023年5月25日	青岛大学	“一生一芯”宣讲+教学交流
13	2023年6月10日	天津工业大学	“一生一芯”宣讲
14	2023年6月14日	天津理工大学	“一生一芯”宣讲+教学交流
15	2023年6月16日	太原理工大学	“一生一芯”宣讲
16	2023年6月27日	河南工业大学	CSP虚拟教研室情况、“一生一芯”与实验教学云平台

2024 年 8 月 1-6 日《RISC-V 芯片敏捷开发与系统应用》师资培训

二、支撑材料目录

1 教育教学相关证书

1.1 国家级一流本科课程，2020

1.2 北京高校优质本科课程，2020

1.3 北京高校优质本科教材课件，2021

1.4 北京高校课程思政示范课程、课程思政教学名师，2022

2 教育教学相关奖励

2.1 作为团队成员，入围第三批“全国高校黄大年式教师团队”创建示范活动，2023

2.2 入选教育部第二批虚拟教研室建设试点，2022

2.3 教育部典型虚拟教研室、典型教研成果，2023

2.4 基础学科拔尖学生培养计划 2.0 创新案例奖，2021

2.5 第三届全国高等学校计算机教育教学青年教师优秀论文“一等奖”，2019

2.6 曙光奖教金，2019

3 科技进步、技术发明、科普传播、产学研创新等相关证书与奖励

3.1 国家科技进步二等奖，2012

3.2 中国电子学会科技进步二等奖，2024

3.3 中国计算机学会科技进步一等奖，2023

3.4 北京市科技进步二等奖，2023

3.5 中国人工智能学会吴文俊科技进步奖，2023

3.6 河南省科技进步二等奖，2022

3.7 北京市技术发明二等奖，2015

3.8 中国电子学会技术发明二等奖，2014

3.9 中国产学研创新奖，2021

3.10中国十大科学传播人物，2019

3.11第二十四届北京优秀青年工程师荣誉称号，2020

4 教学改革项目：2019 年北京高等教育"本科教学改革创新项目"立项名单节选

5 教育教学研究论文

5.1 依托实践教学云平台培养计算机系统与处理器芯片拔尖人才，计算机教育，2025

5.2 SIGCSE 2019 长文

5.3 TALE 2021 长文

5.4 处理器芯片设计人才培养探索：一生一芯计划实践经验与教训，计算机学会通讯，2023

5.5 计算机教育研究浅析，计算机学会通讯，2019

5.6 SIGCSE 2018 Poster

5.7 CompEd 2019 Poster

5.8 CompEd 2019 BoF

5.9 ITiCSE 2021 Poster

5.10TURC 2023 Poster

6 其他

6.1 教学云平台已授权 7 件专利，其中美国发明专利 1 件、中国发明专利 5 件、中国实用新型专利 1 件

6.2 教学云平台软件著作权登记证书，2021

6.3 教学平台用户证明，郑州大学计算机与人工智能学院、软件学院，2023

6.4 师资培训活动报道，郑州日报，2023 年 8 月 31 日第 6 版

6.5 教指委“计算机专业系统能力培养实施方案工作组成员”聘书，2019

6.6 学生反馈：国科大 2022-2023 学年春季学期《计算机组成原理》课程学生匿名评估问卷，2018-2019 学年春季学期学生评教结果等材料