附件目录

成果名称：面向国家需求的集成式本硕博贯通软件人才培养体系创新与实践

成果完成人：张健、沈海华、魏峻、严俊、蔡少伟

成果完成单位：中国科学院大学、中国科学院软件研究所

一、成果总结

二、 支撑材料目录

1. 课程体系
2. 教案、软件
3. 教材教辅讲义
4. 在校生成果
   - 4.1 优秀学生奖励
   - 4.2 竞赛奖励
   - 4.3 最佳论文
5. 教育教学（导师奖励）
6. 培养研究生为主体，参与国家级工程项目获得奖励
7. 全国性的教育教学会议
8. 公众教育
9. 成果应用证明

北京市教育教学成果奖

成果总结

成果名称：面向国家需求的集成式本硕博贯通软件人才培养体系创新与实践

成果完成人：张健，沈海华，魏峻，严俊，蔡少伟

成果完成单位：中国科学院大学，中国科学院软件研究所

一、背景

我国计算机软件领域面临的“卡脖子”问题包括两方面：

1. 基础软件核心技术自主化程度不足

目前，我国操作系统、数据库等基础软件领域国产化产品市场占有率低，给我国信息产业发展埋下安全隐患。

2. 工业软件长期短板，高端制造业受制于人

芯片设计制造领域起支撑作用的 EDA 软件仍被三大国际 EDA 公司 Synopsys、Cadence 和 Siemens 垄断，市占率超过 95%，严重威胁我国芯片设计领域的自主可控和安全；工业设计软件如 CAD、CAE 等被 Dassault、Siemens 等欧美企业垄断，市占率超过 90%，导致高端制造业受制于人。

要想解决上述问题，首要必须解决软件人才短缺问题，尤其要解决具备大型软件研发能力、能打通软硬件壁垒、具备 EDA 软件及高级工业软件研发能力的高端软件人才严重稀缺问题。

本团队立足国家需求，挖掘我国当前软件工程系统性教育及计算机软件人才培养机制中存在的短板，开展了一系列卓有成效的软件人才培养教育教学创新实践。

二、教育教学实践简介

软件工程教育教学及计算机软件人才培养是助力国产操作系统等基础软件自主开发和 EDA“卡脖子”工业软件突破技术壁垒的关键环节。团队由中国科学院大学（以下简称国科大）、中国科学院软件研究所（以下简称软件所）长期从事相关教学科研的一线教师组成，成员以国家杰青、优青、中科院青促会成员为主体，在国科大和软件所从事教学二十余年，完成的“面向国家需求的集成式本硕博贯通软件人才培养体系创新与实践”成果，包含一套以自主研发的全栈式智能教学平台为支撑的跨学科集成的本硕博贯通系统化软件人才培养课程体系，一套基于开源生态和国产

工业软件研发成果的国家项目引领的科教融合教学实践体系，以及一套国家需求驱动的、在指导学生参与“卡脖子”难题攻坚过程中形成的爱国主义和专业教育并重的思政教育体系。

成果创建“基础理论-专业基础-专业课程-跨学科集成-前沿讲座”双螺旋递进创新课程体系，按照“全栈式智能教学平台+开源生态”支撑的软件能力创新培养模式，采用“卡脖子攻关+课程思政”双优育人机制，实现了国家级科研项目驱动的科教融合育人创新实践，成功破解软件工程教学和人才培养中长期存在的两大难题：1）知识体系断层导致的学生理论根基与工程能力割裂；2）工业软件需要多学科背景知识，现有教学体系学科壁垒分明，学生难以具备跨学科集成思维方式和解决问题的能力。

成果主要推广应用包括：

1) 自主研制的全栈式智能教学平台、中英文教材、课件、讲义被南京大学、武汉大学等全国 14 个省市二十余所兄弟院校及美国 UT Arlington 大学等国外院校广泛应用。
2) 指导学生获中国科学院、中国计算机学会（CCF）及专委优博论文奖 10 人次，国际 SAT 学会优秀博士论文奖 1 人次、国际学术会议杰出论文奖 7 人次、获国际 SAT、SMT-COMP、EDA 等学科竞赛冠军/金奖/银奖 16 项。学生骨干参与研制的“网络软件基础架构平台”等系统获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、北京市科学技术一等奖/二等奖、湖南省技术发明一等奖等国家级省部级奖励 9 项。为国家培养了一批创新拔尖人才。团队 3 人次获中国科学院优秀导师，2 人次获朱李月华优秀教师，12 人次获国科大、软件所优秀教师。
3) 团队负责人先后担任计算机科学国家重点实验室主任、软件所所长助理、所教育领导小组组长、所学位委员会副主席、国科大软件与理论教研室主任；团队主要成员任 CCF 容错计算专委、服务计算专委副主任、集成电路专委常委兼教育工作组长、EDA 开放标准牵头人、《EDA 技术白皮书》方向主编，围绕软件教学和人才培养

组织全国性研讨会10余场，有力推动成果推广应用。

成果有力支持了软件工程一级学科建设，国科大该学科在全国第五轮学科评估中获评“A”。

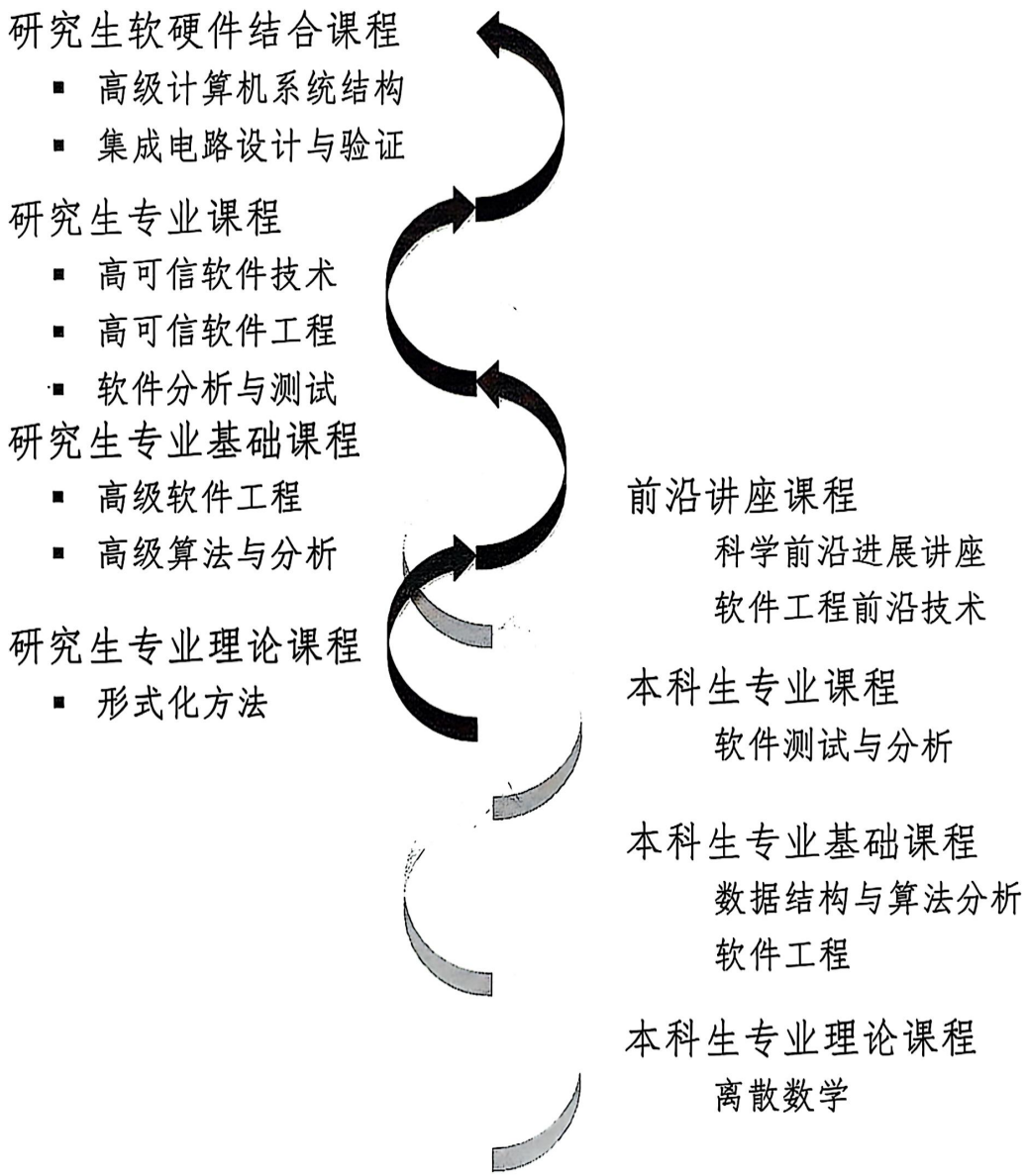

图1 集成式本硕博贯通的双螺旋递进课程体系

三、解决教育教学问题的方法

本成果给出了解决上述教育教学问题的方法。

1.以全栈式智能教学平台为支撑，构建跨学科集成的本硕博贯通系统化软件人才培养课程体系。

建立本硕博贯通系统化软件工程课程教学体系，在本科和研究生阶段分别构建基础型和进阶型“理论基础课程-专业基础课程-专业课程-跨学科集成课程-前沿讲座课程”的“双螺旋”递进式课程体系，夯实学生理论根基，提高专业素养，培养工程实践能力。在全国率先开设基础理论课《形式化方法》(2004)，补齐软件工程教学短板；打造系列精品课程，《软件测试与分析》获校级本科优秀课程；《集成电路设计与验证》等 2 门软硬件结合的跨学科集成课程获校级研究生优秀课程。

研制了一套全栈式智能化软件教学平台系统，包含支持课程体系学习的系列工具，2023、2024 年连续在中国软件大会获原型工具竞赛奖。撰写 5 部中英文教材教辅书籍，构建了完整的教案和课程讲义体系，其中《软件测试与分析》教案获北京优质本科教案（2022）。

2.以国家项目引领，依托开源生态与国产工业软件研发成果，形成科教融合的跨学科集成式教学实践体系。

建立了一支由国家杰青、优青、青促会成员为主体的教师队伍，从承担的国家科研项目入手，从任务中拆解出可匹配教学的模块，将科研项目转化为激发学生系统创新能力的“活教材”。

依托开源生态建设和团队骨干研发的国产开源 EDA 软件成果，形成“基础理论→编程实践→工业化实战”三段进阶的教学实践体系；强调软硬件结合的跨学科集成式复杂工程问题解决能力培养，实现“科研反哺教学、教学助推科研”的良性循环。

3.面向国家需求，指导学生参与国家项目直面“卡脖子”难题，形成爱国主义和专业教育并重的思政教育体系。

将团队承担的国产 EDA 项目引入教学，让学生有机会参与助力我国EDA软件“卡脖子”问题的解决，极大激发学生爱国情怀，形成爱国主义和专业教育并重的思政教育体系。博士生张昕荻在团队指导和科学家精神鼓舞下，选择硬核“逻辑求解器”作为研究方向，取得了卓越的科研成果，成功应用在国产EDA关键技术工具中，博士论文先后获中国科学院优秀博士论文奖和国际SAT学会优秀博士论文奖。

二十余年来，团队教学培养学生八千余人；指导硕博研究生220余人，发表学术论文800余篇，授权专利/软著200余项，学生骨干研发的一批关键技术已得到转化并应用于党政军、电力、医疗等国家重要领域和行业。学生毕业后主要就职高校科研院所、航空航天国防及华为等自主创新企业，成长为具备跨领域解决问题能力和敢为国家解决‘卡脖子’问题的家国情怀的高端人才。

四、教育教学成果创新点及推广应用效果

本成果的创新点包括四个方面：

1. 本硕博贯通式“双螺旋”课程体系创新

创建“基础理论-专业基础-专业课程-跨学科集成-前沿讲座”双螺旋递进课程体系，突破传统分段式培养壁垒。通过全国首个《形式化方法》基础课（2004 年）、系列专业（基础）课和软硬件结合的跨学科集成课，构建覆盖本硕博教育教学的层次化“能力阶梯”，破解了软件人才培养中知识体系断层导致的理论根基与工程能力割裂问题。

2. “全栈式智能化教学平台+开源生态”支撑的软件能力培养模式创新

自主研发全栈式智能化教学平台，实现以平台促学科；以团队科研为

牵引，深度整合开源社区和国产开源EDA软件成果，采用“基础理论→编程实践→工业化实战”的三段进阶式全链条教学，基于真实案例实现软硬件结合的跨学科集成式复杂工程问题解决能力培养，打破了现有教学体系学科壁垒，培养出具备大型软件开发能力的创新拔尖人才。

3. 国家级科研项目驱动的科教融合育人实践创新

面向国家战略需求，以团队承担的国家973、863、重点研发等重大科研项目为载体，建立“科研项目→教学模块”动态转化机制，提出“基础能力→科研实践→创新应用→工业化实战”的阶梯式创新拔尖人才培养路径，构建“科研任务分解→课程内容转化→产业应用验证”的科教融合育人新实践。

4. “卡脖子攻关+课程思政”双优育人机制创新

通过将团队承担的国产EDA软件技术难题转化为课程设计选题，引导学生直接参与“卡脖子”关键技术攻关，开创“国家需求导向-专业能力培养-爱国情怀激发”三位一体的思政教育模式，既培养了学生解决复杂工程问题的能力，又通过技术突围的切身体验强化科技报国信念，形成专业教育与爱国主义价值观塑造深度融合的双优育人新机制。

创新成果被全国14个省市二十余所兄弟院校借鉴并推广，人才培养质量受到学术界、工业界和国际同行专家的高度认可。

本成果的推广应用效果如下：

1. 培养了一批学术界和产业界优秀人才

团队长期在国科大和软件所开展课程教学及研究生培养，多年来为我国学术界和工业界培养骨干人才近万名。

指导学生获中国科学院、中国计算机学会及专委优博10人次、中国科学院院长奖7人次，国际SAT学会优秀博士论文奖1人次、国际学术会议杰出论文奖7人次、中国教育发展基金会奖1人次、国家奖学金等25

人次。学生参加国家级重大项目16项，研制的“网络软件基础架构平台”等系统获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、北京市科学技术一等奖/二等奖、湖南省技术发明一等奖等国家级省部级奖励9项，研究生参与研发的大型软件工具在国家卫健委疫情防控、中科院地球大数据科学、智能电网保障等国家重大工程中得到应用，如自主可控电网智能测试系统已成功替代国外同类产品，实现南方电网自动化测试，为电力系统安全运行提供了可靠保障。团队指导学生深入研究软件测试与分析技术，研发了相应的原型工具，在国产操作系统（开源鸿蒙）、数据库（达梦等）、智能软件（科大讯飞、百度飞桨）等重要基础软件中发现了深层缺陷，并得到开发者确认。

指导的学生毕业后成长为我国教学科研、航空航天国防、华为等自主创新企业骨干人才。窦文生等20人晋升正高、燕季薇等35人晋升副高，马菲菲等7人入选中科院青促会，刘天义、汪涛等入选华为天才少年，刘道福等7人任龙芯、寒武纪等我国自主高科技企业副总。参与指导的陈云霁、玄跻峰等已成为信息领域青年领军人才。

因教育教学成效卓著，团队3人次获中国科学院优秀导师，2人次获朱李月华优秀教师，12人次获国科大、软件所优秀教师。

2. 推动了我国软件领域教育教学改革，促进了软件工程学科建设和发展

团队负责人先后担任计算机科学国家重点实验室主任、软件所所长助理、所教育领导小组组长、所学位委员会副主席、国科大软件与理论教研室主任；主要成员任CCF容错计算专委、服务计算专委副主任、集成电路专委常委兼教育工作组长、EDA开放标准牵头人。围绕软件教学和人才培养组织全国性研讨会10余场，邀请二十余所高校院领导、名师参与研讨，有力推动了教育教学成果推广应用，促进了我国软件领域教育教学改革。

团队负责人长期担任国科大软件与理论教研室主任，领导国科大软件工程一级学科建设，国科大该学科在全国第五轮学科评估中获评“A”。

3. 积极参与国内外教学科研及科普公共服务，提升了教学科研成果在国

际国内的影响力

团队成员担任《IEEE Trans. on Reliability》《中国科学：信息科学》等 10 余种国内外顶级期刊编委，长期在国际上介绍推广我国软件领域教学科研成就。教学软件及中英文教材讲义教案等被南大、武大、美国 UT Arlington 等二十余所国内外高校广泛应用，促进了我国软件领域国际影响力提升。

积极参与中国科学院、北京市教委、中国科协组织的“科学与中国”院士专家巡讲团、中国科学院“两弹一星”科普报告团、北京市院士专家科普进校园等活动，为中小学生作科普报告 20 余场，获公众广泛赞誉。

图 2. 团队负责人张健研究员主持软件工程研究与教学研讨会

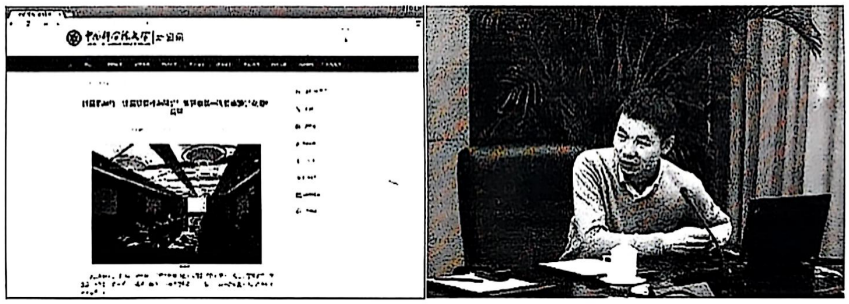

图 3　团队负责人张健研究员主持计算机软件与理论教研室教学研讨会
（左图为国科大网站新闻报道截图）

图 4 沈海华教授主持召开全国计算机创新拔尖人才培养基础教育论坛

五、结论

软件工程教育教学及计算机软件人才培养是助力国产基础软件自主开发和 EDA 等“卡脖子”工业软件突破技术壁垒的关键环节。本团队由国科大和软件所长期从事软件工程相关教学科研的一线教师组成，成员以国家杰青、优青、青促会成员为主体。

为了解决软件工程教育教学和人才培养中长期存在的问题，团队开展了一系列创新的教育教学实践，取得了一系列创新成果，包括：创建“基础理论-专业基础-专业课程-跨学科集成-前沿讲座”的递进式课程结构，构建了集成式本硕博贯通的“双螺旋”课程体系；依托自主研发全栈式智能化教学平台，建立了创新的“全栈式智能化教学平台+开源生态”支撑的软件能力培养模式；依托团队承担的国家级科研项目，成功开展了“科研任务分解→课程内容转化→产业应用验证”的科教融合育人新实践；开创了“国家需求导向-专业能力培养-爱国情怀激发”三位一体的思政教育模式，实现了“卡脖子攻关+课程思政”双优育人机制创新。

在团队负责人的带领下，中国科学院大学软件与理论教研室提出并成功实践了本创新成果，中国科学院大学软件工程一级学科在全国第五轮学科评估中获评“A”。团队成果被国内外二十余所高校广泛应用，在我国软件工程学科发展中发挥了重要作用，具备很高的推广价值。