

创新能力培养导向的开放实验教学改革和实践^{*}

陈琦 刘邦明 徐卫

浙江工业大学计算机科学与技术学院，杭州 310023

摘要 针对当前高校工科实践教学中存在的教学模式老化与产业需求脱节、教学资源配置不平衡以及创新能力培养覆盖面不足等问题，以计算机类专业为例，提出以“创新能力培养”为导向的开放实验教学改革。通过构建“四阶能力递进式”培养体系、“产、学、研、赛”贯通的开放服务平台和“三位一体”的教学模式，实现实践教学与产业需求、科研竞赛的深度融合，第一、第二课堂协同育人。经过改革和实践，有效提升了学生的创新能力，对促进实验教学体系的发展和建设高质量的教育体系都具有借鉴的意义。

关键字 创新能力，开放实验教学，工程实践能力，第二课堂

Reform and Practice of Open Experimental Teaching Guided by Innovative Ability Cultivation

Chen Qi Liu Bangming Xu Wei

College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China

Abstract—In response to the problems of aging teaching modes, disconnection between teaching content and industry demand, unbalanced allocation of teaching resources, and insufficient coverage of innovation ability cultivation in current engineering practice teaching in universities. This article takes computer majors as an example and proposes an open experimental teaching reform guided by "innovative ability cultivation". By constructing a "four level progressive ability" training system, an open service platform that integrates "production, learning, research, and competition", and a "three in one" teaching model, the deep integration of practical teaching with industry needs and scientific research competitions can be achieved, and the first and second classrooms can collaborate to educate students. Through reform and practice, students' innovation ability has been effectively enhanced, which has reference significance for promoting the development of experimental teaching system and building a high-quality education system.

Keywords—innovation capability, Open experimental teaching, Engineering practical ability, Second classroom

1 引言

实验教学是大学教学体系的一个重要方面，是工科院校培养学生实践能力、创新思维和综合素质的一个不可或缺的教学环节。^[1]在全球科技竞争加剧的背景下，《中国教育现代化 2035》明确提出要“强化实践教学环节，完善创新创业教育体系，注重产学研用深度融合，加强创新人才的培养”。^[2]结合多年教学实践，我们发现当前实践教学环节仍存在以下普遍的问题：

(1) 实践教学模式老化与产业需求脱节^[3-6]。实践形式多以第一课堂教学为主，教师依据教学大纲制定实验内容，教学内容和考核方式固定，这样往往忽视了学生的能力、水平和兴趣等个体差异，学生被动实验现象严重，同时由于课程设置滞后，教学内容与

产业需求脱节，限制了学生创新实践能力的培养。

(2) 教学资源配置不平衡^[7]。“重理论、轻实践”现象还普遍存在，许多需要集中进行的计算机核心课程实践，需要集中进行的实践环节，如《计算机组成课程设计》、《专业创新实践》等课程均只有 20 学时，学生需要在有限的时间内完成理论学习、方案设计、实验验证和答辩汇报，最后提交实验报告，学时严重不足。另外随着学分制教学的推广，学生选课时间分散导致了以班级为单位的集中实践教学很难安排，造成学生有效实验时间不足。

(3) 创新能力培养覆盖面不足。尽管学校为本科生提供了许多第二课堂教学实践活动，如科研立项、学科竞赛，但是参与其中的主要都是一些优秀的学生，大多数学生，特别是基础较差的学生往往不能参与其中而得不到锻炼的机会，多数学生在大学期间没有参与过创新实践活动，因而本科生科技创新能力的培养尚未形成体系。

针对当前实践教学存在的不足，本文面向计算机

* 基金资助：本文得到浙江省高校实验室工作研究项目(ZD202305)、浙江省产学合作协同育人项目(浙教办函〔2023〕241号)、教育部产学合作协同育人项目(240901388053313)资助

类专业，以“创新能力培养”为核心导向重构开放实验教学体系，通过阶梯式能力进阶机制、开放服务资源整合和协同育人模式创新，破解传统实验教学“重知识传授、轻能力培养”的困境，探索高校实践教学改革可行的路径。

2 改革思路

以培养学生的计算机创新能力和工程实践能力为核心导向，第一课堂和第二课堂协同进行实验教学改革的探索，构建了能力递进式的多层次开放实验教学体系（如图1所示）。改革从以下几个方面进行：根据学生学习过程遵循从低阶的知识理解到高阶工程创新的特点^[8]，设置了基础认知、技能强化、综合实践、创新突破的四阶段递进式的教学培养体系；与培养体系相对应，搭建基础实践-创新实践的开放服务平台，实现资源充分共享；以学生为中心，探索“自主实验、团队协作、教师指导”三位一体的开放式实验教学模式；为保障教学改革的可持续发展，建立行之有效的长效运行机制。

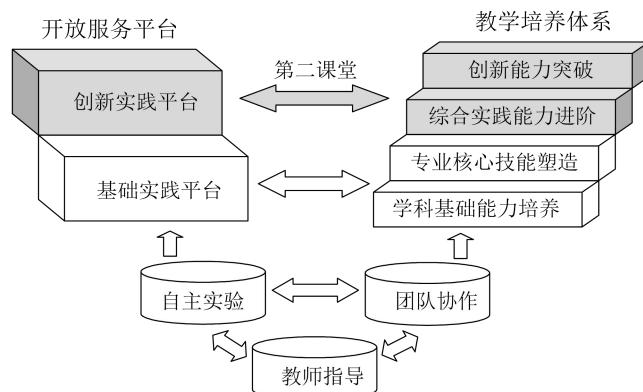


图 1 能力递进式的多层次开放实验教学体系

3 开放实验教学改革和实践

3.1 能力递进式教学培养体系构建

在本文的改革实践中，依据能力培养构建“学科基础能力-专业核心能力-综合实践能力-创新能力”4个层次的能力递进式的教学培养体系。该培养体系注重学生基础能力和专业核心能力的培养，同时深度融合行业需求与技术前沿，确保学生具备适应技术发展的核心素养，鼓励学生勇于创新。

(1) 学科基础能力培养。主要以计算机基础课程的演示实验和验证实验为主，通过理论验证提升基础认知能力，进一步扩展到更高阶的能力。这个层次注重基础能力培养，做到理论与实践相结合。

(2) 专业核心技能塑造。以课程设计、计算机工程实践等综合实训为主，实施“课内外一体化”开放

实验，弥补课内实验学时不足，在实验时间和空间上给与学生更大的自由度，如《专业创新实践》设置20学时的课外自主实验模块，学生根据个人时间安排前往实验室进行自主开放实验。该层次塑造软硬件设计、开发、调试等方面的专业技能。

(3) 综合实践能力进阶。设置三类进阶场景：①校、院级的学科竞赛，如学院的办公技能大赛、APP设计大赛，学校的程序设计大赛等，让每个学生都有机会参与；②企业实战项目历练，这类项目对接行业真实需求，具体流程为：合作企业主导，历经需求收集、项目启动、招聘、入职与启项、项目开发、验收、结项、总结回顾，应聘学生3-5人组成一个项目组，由企业导师指导全程在校内模拟企业完成；③毕业设计课题实验，由老师给定或学生自行设计的综合性课题。该层次注重学生工程应用能力和综合实践能力的培养。

(4) 创新能力突破。为学生创造机会参加各类大学生科技竞赛，部分赛事设立“一赛一课”联动制度，如服务外包大赛对应《软件工程》课程，机器人大赛对应《计算机工程实践》课程，通过课程驱动竞赛、竞赛提升课程。鼓励学生参与教师的纵向科研课题/横向企业项目，引导学生在人工智能、机器人等领域开展技术创新，提高创新能力。

3.2 开放服务平台建设

为培养高素质创新人才提供实践条件，需要搭建自主开放、资源共享的开放服务平台。基础实践平台提供全天候实验资源，保障学科基础能力与专业核心能力培养，创新实践平台对接第二课堂实践活动，从技能训练到创新突破的递进式培养，形成集“产、学、研、赛”为一体的计算机实验教学开放服务平台，平台的基本架构见图2。

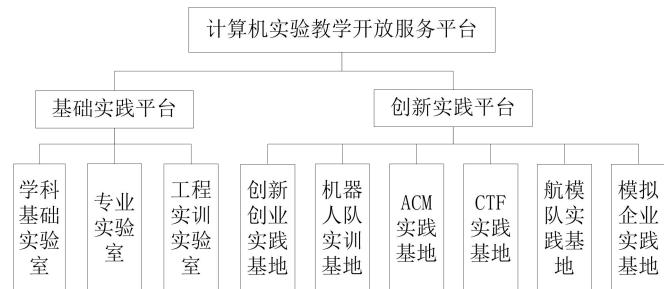


图 2 计算机实验教学开放服务平台架构

① 基础实验室：配备计算机房、电路基础实验室等，支撑程序设计基础、计算机组成原理、模拟电路等学科基础课程实验。

② 专业实验室：包括网络实验室、物联网实验室、嵌入式系统实验室、大数据实验室、数字媒体实验室

等专业课程实验室。

③ 工程实训实验室：主要面向计算机工程实践、专业创新实践等工程实践活动。

④ 大学生创新创业实践基地：供各学术社团、创新俱乐部、工作室开展学术沙龙、学科竞赛、社会实践、前沿讲座、创新交流等活动，同时配备创业导师为学生提供咨询和指导。

⑤-⑧分别为机器人队实训基地、ACM 实践基地、CTF 实践基地、航模队实践基地：用于各类科技竞赛的实训、校内选拔和备赛。

⑨模拟企业实践基地：主要为校企合作共建的校内实践基地，以企业实战项目为实训内容，使学生不出校门就能受到企业实际项目开发训练，也面向产学研合作协同育人项目和产学研项目开放，由指导教师组织学生项目团队向基地负责人提出申请，获审批后入驻。

3.3 三位一体教学模式创新

为改善学生被动实验现象，开放改革教学实践以“学生为中心”实行“自主实验、团队协作、教师指导”三位一体的开放式实验教学模式，通过学生自主实验、项目团队协作和教师动态指导的有机联动，鼓励学生积极探索、勇于创新。

① 自主实验探索。开放实验赋予学生足够的自主权，学生可根据自身能力和兴趣选择自主实验，不受实验内容和实验课时的限制，自主设计实验方案、查找资料、完成实验，培养独立解决问题的能力。

② 团队协作攻关。科研项目和科技竞赛等创新实践通常需要通过团队协作完成，面向不同的应用场景，涉及到计算机、数学及不同学科的协作团队，强调多领域知识交叉与工具协同。例如在服务外包大赛“面向汽车烘干设备智能协同 APP 设计与开发”中，项目团队由计算机专业和机械专业学生组成，在结合汽车制造专业背景下进行软硬件设计、算法优化、数据分析完成 APP 的全流程开发，锻炼了学生的跨学科学习能力和团队协作能力。

③ 教师动态指导。在开放式的创新实践教学中，教师的角色从“知识讲授者”转变为“项目导师”，导师通过阶段性目标设定和关键节点干预来保障项目质量。在企业实战项目中采用双导师制，企业导师负责技术培训和提供更多的工程经验支持，校内导师协助辅导和过程管理。

3.4 长效运行机制保障

开放服务平台实行全开放的运作模式，不仅提供实验场地支持，还需要有大量的实验耗材、设备和师

资的投入，开放服务平台管理部门为隶属于计算机科学与技术学院的计算机实验教学中心（省级示范中心），为保障开放服务平台的长效运行，计算机实验教学中心在政策、经费和管理上提供了保障。

首先是政策保障，学院制定了《本科生创新学分认定办法》，如表1所示为专业实践创新分设置。在本科生的毕业要求、奖学金评定和研究生推免申请等环节都设置了创新学分的要求，鼓励学生积极参与科技竞赛、科研研究和工程实践项目。制定了《教师教学业绩点计算办法》，明确了关于教师指导自主创新实验、大学生科技立项、科技竞赛实践获奖等的工作量计算。

表 1 专业实践创新分设置情况

序号	创新活动名称	要求和级别（认定细则略）
1	课外科技立项	院级、校级、省级、国家级（0.3-0.6分）
2	各类认证考试	计算机等级考试、软考、CCF 认证、口译、英语六级等（0.2-0.6分）
3	专业科技竞赛	院级、校级、省级、国家级（A类、B类）（0.2-1.5分）
4	学术论文发表	CCF 推荐 A、B、C 类期刊和会议，其它期刊（0.2-1.5分）
5	发表专利	软著 0.5 分，实用新型、外观专利 0.9 分，发明专利（受理）0.8 分，发明专利（授权）1.5 分
6	专业学术报告	专业知名教授、学者的报告 0.05-0.1 分/场
7	开放式项目	自主实验、科研项目、模拟企业项目（0.1-0.6 分/项）
8	创业实践	正式注册（0.6 分）

其次是经费支持，除了实验中心日常运行经费，学院为每个竞赛设置了专项经费用于设备材料购买以及参赛差旅支出等，另外学生课外科技立项、产学研合作协同育人项目和校企合作共建实践基地项目等都为创新实践活动的开展提供了经费来源。

开放服务平台由实验中心统一管理，每个实验室和实践基地均有专人负责日常管理，为保障开放服务平台有序运作，实验中心制定了一系列管理制度：“实验室开放管理制度”、“模拟企业开放管理办法”、“创新基地学生实验守则”“实验室人员岗位职责”、“实验室安全卫生管理制度”、“实验室仪器设备管理制度”等。

4 改革成效

浙江工业大学计算机科学与技术学院自 2019 年来践行创新实验的开放实验教学改革和实践，取得了良好的成效。建成的开放式的服务平台，包含基础实

实验室、专业实验室、工程实训实验室和创新实践平台四大模块，占地面积 1350m^2 ，年均服务超过1500名学生，可以满足学院学生开展学科竞赛和各类创新创业活动的需求。

在学院开放实验教学改革支持下，学生创新实践热情高涨，对学院本科生历年参与省级以上学术竞赛的获奖数进行统计，如图3所示，自2019年开始竞赛获奖数逐步增长，2022、2023和2024年年获奖数分别为108、145、154项。

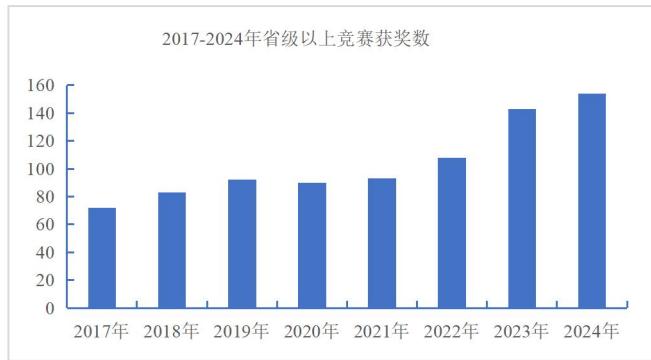


图3 计算机学院本科生历年省级以上竞赛获奖数

得益于学术竞赛获奖的增加，学院每年通过学术竞赛获得保研资格的人数也同步增长，分别取2021-2025届学术保研人数进行分析，2021和2022届为教学改革前两届的数据，2023-2025届为教学改革后几届的数据，从图4可以看出学术保研人数在2023届后有明显增加，2024届和2025届分别为20人和24人。

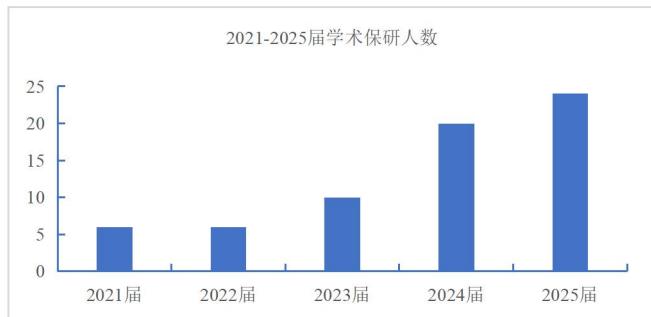


图4 计算机学院2017-2021级学术保研人数

对本科生毕业设计选题来源进行了统计，分别取2019届、2022届和2025届选题来源占比数据进行分析，如图5所示，在改革前，2019届学术毕业设计选题来源中，自选课题、企业课题和教师科研课题的占比分别为36.3%、33.6%和30.1%，而在教学改革后，开放实践教学体系重视第二课堂工程实践能力和创新能力的培养，鼓励创新活动结合学科前沿和产业需求，学生毕业设计来源于企业课题和教师科研课题占比大幅度提高，2025届本科毕业设计自选课题、企业课题

和教师科研课题的占比分别为16%、43.3%和40.7%。

截止2025年6月，学院85%以上的本科生在毕业前至少参与完成2个创新实践项目，100%的学生有校级学科竞赛经历，70%以上的学生参与过省级以上的学科竞赛和创新项目。近三年来学生累计参加校级以上科研立项132项，授权专利200余项，其中发明专利17项，获得科技竞赛国家级和省级奖项400余项，其中国家级一等奖72项、省级一等奖44项。改革结果表明本文开放实践教学体系有效提升了学生的创新实践的积极性，对于学生创新能力、工程实践能力的培养发挥了较为显著作用。

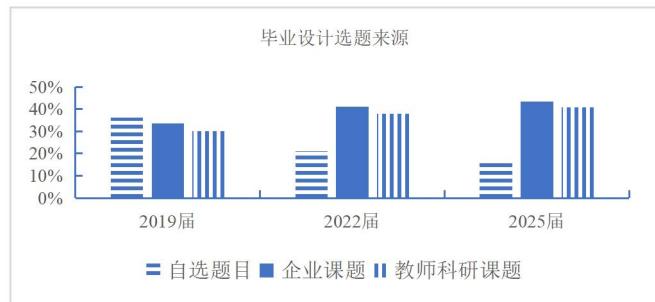


图5 计算机学院本科生毕业设计选题来源

5 结束语

以创新能力培养为导向，通过“四阶能力递进式”培养体系构建、“产、学、研、赛”贯通的开放服务平台的建设和“三位一体”教学模式探索，有助于实现创新人才培养的目标，对促进实验教学体系的发展和建设高质量的教育体系都具有借鉴的意义。我们要继续研究和探索有效的开放实验教学模式，进一步营造培养创新人才的环境。

参 考 文 献

- [1] 姚岚,谭维智. 数字化转型视域下技术创新人才培养:诉求、困境与变革[J]. 高等工程教育研究, 2023,(01):142-147.
- [2] 中共中央国务院印发《中国教育现代化 2035》[N]. 人民日报,2019-02-24(1).
- [3] 白雪飞,白亮,许行,等. 多层次人工智能教学实践课程体系构建研究[J]. 计算机技术与教育学报, 2024,12(04):115-119.
- [4] 刘振海,祖强,张长森,等. 地方本科高校实践教学体系改革的研究 J. 实验室研究与探索,2023,42(06):215-218+242.
- [5] 王明华,周国辉,崔婉淑. 高校计算机专业实践教学体系的构建[J]. 计算机技术与教育学报, 2021,9(02):49-53.
- [6] 张其亮,周瑜,卢治. “三位一体”层次化实践教学体系构建与实施[J]. 实验技术与管理,2019,36(01):33-36+43.
- [7] 张海鑫,钟将,汪成亮,等. 面向系统能力培养的开放实验体系设计[J]. 计算机教育,2023,(12):288-292+297.
- [8] 刘玮,熊永华,王广君. 新工科背景下工科课程高阶学习教学模式探讨与实践[J]. 高等工程教育研究,2021,(03):163-168.