

基于 OBE-CDIO 的电子类“三阶递进”实践教学体系构建

叶莎莎 童巨红 屠礼芬 黄浩荣 肖永军*

湖北工程学院物理与电子信息工程学院 湖北 孝感 432000

【摘要】：针对应用型高校电子信息类专业实践中课程目标与产业需求脱节、师资工程能力薄弱、学生发展需求多元化等突出问题，以“PCB 电子电路设计”课程为载体，构建了产教融合视域下的“三阶递进”实践教学体系。该体系建立“基础层—综合层—创新层”分层递进的教学内容，实施“群体化+个性化”双轨融合的教学模式，通过“4+3”校企联合培养机制打造“双师双能”型师资队伍，形成“项目共研、过程共管、资源共建、成果共享”的校企协同育人机制。经过6年（2018—2024年）实践，学生学科竞赛年均获奖38项（国家级16项），毕业生专业对口率达85%以上，出版教材在13所高校推广使用4500册，为应用型高校工程教育改革提供了可复制的范式。

【关键词】：产教融合；分层培养；实践教学；卓越工程师；OBE-CDIO；PCB设计

DOI:10.12417/2705-1358.26.07.072

引言

新工科建设背景下，工程教育正经历从“学科导向”向“产业需求导向”的深刻变革^[1]。电子信息产业对具备复杂工程问题解决能力的应用型人才需求迫切，然而应用型高校实践教学面临结构性矛盾：学生考研比例攀升（突破40%）导致实训投入不足，而企业对“毕业即就业”的复合型技术人才求贤若渴，形成“就业难”与“招工难”并存的困境^[2]。PCB（印制电路板）设计是电子信息类专业核心技能，贯穿电路设计、元器件选型、布局布线到制造加工的全流程。行业调研显示，PCB设计能力与薪资水平呈显著正相关：掌握基础设计能力者月薪6—9K，具备复杂电路设计、信号完整性分析及项目管理能力的资深工程师月薪可达20—30K。然而，传统教学停留在基础软件操作层面，缺乏面向真实工程情境的能力培养，导致学生就业竞争力不足。现有研究在分层培养^[3]、CDIO工程教育模式^[4]、OBE成果导向教育^[5]等方面取得进展，但仍存在不足：一是“双师型”教师认定多关注证书资质，缺乏真实工程能力转化机制；二是校企合作流于形式，企业深度参与教学的动力不足；三是对考研导向与就业导向的差异化需求回应不够。因此，亟需构建产教深度融合、师生协同发展的新型实践教学体系。本研究以湖北工程学院“PCB 电子电路设计”课程为改革载体（2018—2024年），旨在解决三个核心问题：（1）如何建立适应学生多元化发展需求的分层培养机制；（2）如何打造具备工程实践能力的“双师双能”型师资队伍；（3）如何构建校企协同育人的长效运行机制。

1 教学现状与核心问题

1.1 产业需求与教学供给错位

通过对珠三角、长三角地区50余家电子信息企业调研，梳理了PCB设计岗位的能力阶梯：初级工程师需掌握EDA软件及基础布线；中级工程师需具备1—3年项目经验、熟悉EMC知识；高级工程师需掌握信号完整性分析、可靠性分析及项目管理能力。然而，传统教学仍停留在初级能力培养，与产业需求存在明显差距。

1.2 核心问题诊断

（1）学生需求多元化与教学同质化矛盾。考研导向学生需压缩实训时间备考，就业导向学生期望通过实训提升岗位竞争力，传统“一刀切”模式无法满足差异化需求。（2）师资工程能力不足与评价导向冲突。教师多为“高校—高校”培养模式，缺乏企业项目经验。企业需要的工程转化科研成果难以发表高水平论文，与职称评聘要求形成冲突，加剧了“双能型”与“科研型”教师的发展不平衡。（3）校企合作形式化与深度培养缺失。企业联合培养积极性不高，高校教师研究方向与企业实际工作不一致，合作停留在表面。

2 “三阶递进”实践教学体系构建

2.1 设计理念与理论支撑

本体系以OBE成果导向教育理论为指导反向设计培养目标，以CDIO工程教育模式为框架构建“构思—设计—实施—

作者简介：叶莎莎，女，中级实验师，主要从事电子系统集成等领域研究工作。

通讯作者：肖永军（1982-），男，副教授，主要从事嵌入式控制、纳米能源及光通信等领域的研究工作。

基金项目：湖北工程学院教学改革研究项目（JY2024030），大学生创新创业训练计划项目（S202410528021，商业化除湿机的设计）。

运行”的项目教学流程,以“最近发展区”理论为依据设置分层递进的教学难度。核心理念为“因材施教、循序渐进、产教融合、能力递进”,实现从“知识传授”向“能力培养”、从“标准化教学”向“个性化发展”的转变。

2.2 “三阶递进”分层培养模型

根据学生职业规划和学习能力,设定三级递进目标与内容(见表1)

表1 “三阶递进”分层培养体系

层级	目标定位	学生类型	核心内容	项目示例
基础层	掌握核心知识点,完成PCB全流程	考研导向	立创EDA基础、常规元器件、基础设计	三极管放大电路、波形发生器、流水灯
综合层	具备常规功能模块开发能力	就业导向	模块电路设计、热设计、信号完整性基础	音频放大电路、稳压电源、交通信号灯
创新层	掌握复杂设计,具备项目开发能力	竞赛/卓越导向	自主布局设计、完整项目开发、企业联合项目	STM32智能控制系统、智慧农业系统、示波器

(1)基础层(全员必修):通过简化项目掌握核心知识点,建立基本工程认知。面向考研导向学生,确保掌握必备技能的同时不占用备考时间。(2)综合层(自主选修):完成基础PCB布局布线和工艺设计,具备常规功能模块开发能力。面向就业导向学生,培养满足岗位基本需求的专业技能。(3)创新层(择优选拔):掌握复杂电路设计、信号完整性分析、热设计等高级技能,具备完整项目开发能力。面向竞赛导向和卓越发展学生,培养专业技术骨干。建立“基础必修+高阶选修”的学分认定机制,完成高阶项目可替代低阶项目学分,激励学生挑战更高难度。

2.3 “群体化+个性化”双轨融合教学模式

(1)群体化教学:针对基础层,实施统一授课、统一要求、统一考核,确保所有学生达到基本规格。通过集中讲解、示范操作、统一答疑,提高教学效率。(2)个性化教学:针对综合层和创新层,实施自主选择项目难度、自主安排学习进度、自主选择考核方式。学生根据自身基础和目标,在教师指导下制定个性化学习方案。(3)双轨融合机制:群体化确保“底线”,个性化追求“高线”,通过学分互认实现双向流动,既保证基本规格又支持个性发展。

2.4 “双师双能”师资队伍建设机制

针对传统“双师型”认定重证书轻能力的问题,建立“选配—培养—引进—梯队”四维机制:(1)选配机制:优先安排具有企业项目背景、竞赛指导经验的教师,重点考察企业工作经历和实际产品开发案例。(2)培养机制:实施“4+3”校企联合培养模式,教师每周4天在企业实践、3天在校教学。累计推荐5名教师赴深圳嘉立创科技、湖北龙腾电子等企业担

任技术骨干,深度参与产品研发。(3)引进机制:引入企业工程师担任兼职教师,深圳嘉立创科技莫志宏、吴秋菊两位资深工程师承担16学时综合实训,提供智能卷闸门控制器等企业级项目案例。(4)梯队建设:建立“传、帮、带、荐”阶梯式培养机制,由经验丰富的教师带领青年教师,形成老中青结合、理论与实践互补的师资梯队。

2.5 校企协同育人机制

建立“需求匹配—能力互补—长效共赢”的遴选标准,实施“四共”协同路径:(1)项目共研:将智能卷闸门控制器、物联网插座等真实产品转化为教学案例,实现“真题真做”。

(2)过程共管:企业参与教学大纲制定、教学过程监督、教学质量评价,确保教学内容与产业需求同步。(3)资源共建:企业开放设计资料库、元器件库、打样平台,联合开设EDA软件训练营,为学生提供免费打样资源。(4)成果共享:学生优秀作品推荐至企业应用,企业技术难题转化为学生创新项目,形成双向转化。建立“课程嵌入+现场教学+资源支持”三维协同机制:企业工程师承担综合实训课程;组织学生赴湖北龙腾电子现场讲解PCB生产流程、参观生产线;嘉立创科技提供免费打样资源和元器件库支持。

2.6 差异化评价体系

建立“实物作品+现场答辩+学生互评”的多维考核方式:实物作品(60%)考核设计功能性、可靠性、工艺规范性;现场答辩(30%)考核表达能力和工程思维;学生互评(10%)引入学生评委(占比30%),从设计创新性、团队协作、工程文档规范性等维度评价,培养批判性思维。评价标准分层:基础层侧重功能实现,综合层侧重设计优化,创新层侧重技术创新和工程转化。

3 实施成效与推广

3.1 学生培养成效

(1)学科竞赛成绩显著提升。经过6年实践,学生参与各类学科竞赛积极性高涨,获奖数量和质量逐年攀升(见表2)。年均参与人次获奖20余项,获奖人数比例约10%,其中国家级奖项占比显著增加。(2)毕业生就业质量显著提高。专业对口率达85%以上,毕业生进入华为、中兴、海康威视、大疆等知名企业,迅速成为专业技术骨干。追踪30位近年毕业生(不含考研学生),主要从事单片机编程、嵌入式控制、硬件设计、FPGA开发等研发岗位。(3)创新创业能力增强。指导大学生创新创业训练计划项目多项(国家级2项),指导学生申请软件著作权6项、专利2项。

表 2 2019-2024 年学科竞赛获奖情况统计

年份	A 类竞赛获奖	B 类竞赛获奖	国家级奖项	备注
2019	6 项	13 项	5 项	改革启动期
2020	5 项	13 项	4 项	疫情特殊期
2021	15 项	—	8 项	模式成熟期
2022	18 项	4 项	2 项	深化拓展期
2023	28 项	19 项	5 项	全面推广期
2024	38 项	20 项	16 项	成效显著期

3.2 教学资源建设与推广

(1) 教材出版。编写《PCB 电子电路设计（基于立创EDA）》，西北工业大学出版社出版（ISBN 978-7-5612-8794-1），已在 13 所学校使用，约 4500 册。(2) 模式推广。该模式已推广至“电子工艺实训”“LabVIEW 实训”“单片机课程设计”“电子系统设计”等 4 门综合实践课程；通过教材出版、学术会议交流，已在 13 所高校推广应用。(3) 行业认可。深圳嘉立创科技、湖北龙腾电子等企业高度评价该模式，认为毕业生“工程意识强、上手快、有创新潜力”。

3.3 师资队伍建设成效

形成“专业技能+项目背景”的梯队型师资队伍：5 名教师

参考文献：

- [1] SYEED M M M, SHIHAVUDDIN A S M, UDDIN M F, et al. Outcome based education (OBE): Defining the process and practice for engineering education[J]. IEEE Access, 2022, 10: 108710-108727.
- [2] PRADHAN D. Effectiveness of outcome based education (OBE) toward empowering the students performance in an engineering course[J]. Journal of Advances in Education and Philosophy, 2021, 5(2): 58-65.
- [3] ZAMIR M Z, ABID M I, FAZAL M R, et al. Switching to outcome-based education (OBE) system, a paradigm shift in engineering education[C]//2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences. IEEE, 2022: 1-6.
- [4] ZHANG X, MA Y, JIANG Z, et al. Application of design-based learning and outcome-based education in basic industrial engineering teaching: A new teaching method[J]. Sustainability, 2021, 13(5): 2632.
- [5] CHEN W P, LIN Y X, REN Z Y, et al. Exploration and practical research on teaching reforms of engineering practice center based on 3I-CDIO-OBE talent-training mode[J]. Computer Applications in Engineering Education, 2021, 29(5): 1102-1114.
- [6] YUAN X, WAN J, AN D, et al. Multi-method integrated experimental teaching reform of a programming course based on the OBE-CDIO model under the background of engineering education[J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 19087.
- [7] HERNANDEZ-DE-MENENDEZ M, ESCOBAR C A, MORALES-MENENDEZ R, et al. Technological innovations and practices in engineering education: a review[J]. International Journal on Interactive Design and Manufacturing, 2019, 13(3): 847-867.
- [8] PEPIN B, BIEHLER R, GUEUDET G. Mathematics in engineering education: A review of the recent literature with a view towards innovative practices[J]. International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education, 2021, 7(2): 163-188.
- [9] JAMIESON M V, SHAW J M. Teaching engineering innovation, design, and leadership through a community of practice[J]. Education for Chemical Engineers, 2020, 34: e1-e12.

通过“4+3”模式赴企业实践；引进 2 名企业工程师担任兼职教师；建立老中青结合的传帮带机制，青年教师工程指导能力显著提升。

4 结论

本研究构建了产教融合视域下“三阶递进”实践教学体系，主要创新点包括：(1) 理论创新：构建了 OBE-CDIO 融合理念下的“三阶递进”分层培养模型，建立“基础层—综合层—创新层”与考研导向、就业导向、卓越导向学生需求的精准匹配机制，丰富了应用型高校实践教学理论体系。(2) 模式创新：创建了“群体化+个性化”双轨融合的教学模式，通过“基础必修+高阶选修”的学分互认机制，既保证基本规格又支持个性发展，破解了教学同质化难题。(3) 机制创新：建立了“4+3”师资培养、企业导师协同、学生评委参与等多元机制，形成“项目共研、过程共管、资源共建、成果共享”的校企协同育人新生态。经过 6 年实践，学生学科竞赛获奖数量增长 5 倍（从 6 项增至 38 项），国家级奖项增长 3 倍（从 5 项增至 16 项），毕业生专业对口率达 85% 以上，教材在 13 所高校推广 4500 册，为应用型高校工程教育改革提供了可复制的范式。未来研究将引入人工智能技术开发个性化学习路径推荐系统，建设虚拟仿真实验平台，探索“微专业+能力认证”模式，深化国际工程教育认证标准对接。