

新工科工程实践教学体系与质量评价

——以电子信息类专业为例

陈丽萍, 郑佳春

(集美大学海洋信息工程学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 依托新工科、夯实本科生实践教学的大背景, 以培养具有诚毅品格、创新思维以及研发、管理、沟通和合作等能力的应用创新型卓越工程技术人才为目标导向, 遵循“实基础、重应用、新思维、丰媒介、促成效”的教学思路, 构建电子信息类专业新工科工程实践教学体系。结合国际先进实践教学理念, 听取本行业专家、企业和校友的意见与建议, 持续改革与创新, 建立并形成系统性、创新型人才培养体系; 同时, 引入层次分析法对实践教学进行教学质量评价, 基于 CIPP 模型进行建模, 采用模糊综合评价方法生成实践教学质量评价指标参数。以近年来集美大学电子信息工程专业实践教学运行数据为样本, 进行实际的分析和计算, 结果表明: 本研究所构建的实践教学体系与质量评价方法合理、准确、可行, 可为实践教学的科学管理和决策提供理论依据。

[关键词] 新工科; 工程实践教学体系; 层次分析法; CIPP 模型; 模糊综合评价

[中图分类号] G 642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-6493 (2023) 04-0083-06

随着高等教育进入新时代, 教育部通过实施“双万计划”, 一流专业、一流课程建设, 打造“金专”“金课”等方式, 旨在实现高水平本科教育^[1-2]。“新工科”理念为高等工程教育提供了一个全新思路^[3-4], 是我国工程实践教学发展的新方式。“一带一路”“创新驱动发展”“中国制造2025”等国家重大发展战略需求, 此外国际竞争、科技革命和新一轮产业变革带来的挑战, 都在要求工程实践教育进行改革和创新, 以培养多元化、应用创新型卓越工程人才, 承担起应有的使命和责任。在电子信息类专业人才培养过程中, 通过与本行业领袖及模范企业的积极探索研究, 对比分析后发现实践教学中存在以下问题: 工程实践教学体系不够完善, 综合性训练、开发设计和创新创业, 在线实践等教学资源较少, 工程实践教学考核与质量评价亟需深度优化^[5]。《新工科建设行动路线》指出新工科建设的3个阶段目标: 探索和实践新工科

建设模式, 使其适应并支撑新技术、新产业以及新经济的发展; 到2030年, 形成中国特色的新工科发展优势, 显著增强服务创新发展能力; 到2050年, 发展为引领国际工程实践教育的中国模式, 为实现中华民族伟大复兴的中国梦夯实基础。为此, 本文以新工科建设目标为导向, 以满足工程教育专业认证对学生毕业要求能力为培养目标, 结合集美大学电子信息类专业实践教学改革的实际情况, 构建工程实践教学体系, 并应用层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, AHP)、CIPP (Context, Input, Process, Product) 模型、模糊综合评价理论对电子信息类专业新工科工程实践教学体系与质量进行评价, 为新工科应用创新型人才培养提供理论支持和科学参考。

一、新工科工程实践教学体系

遵循“实基础、重应用、新思维、丰媒介、

[收稿日期] 2022-06-20

[基金项目] 教育部首批“新工科”研究与实践项目, “产学研深度融合的电子信息技术专业群创新实践教育体系与实践平台构建”(地方高校二组—项目群序号5); 福建省教改项目“全程导师制‘人工智能+信息学’创新人才培养体系的构建”(FBJG20180126)

[作者简介] 陈丽萍 (1986—), 女, 江西吉安人, 集美大学海洋信息工程学院实验师, 硕士, 主要研究方向为交通信息工程。

郑佳春 (1965—), 男, 福建永春人, 集美大学海洋信息工程学院教授, 主要研究方向为智能信息处理、海上交通信息化、卫星通信导航、智能物联与传感等。

促成效”的教学思路,依据工程教育专业认证12条标准的要求,并结合相关研究文献^[6-8],从而构

建了电子信息类专业新工科工程实践教学体系(见图1)。

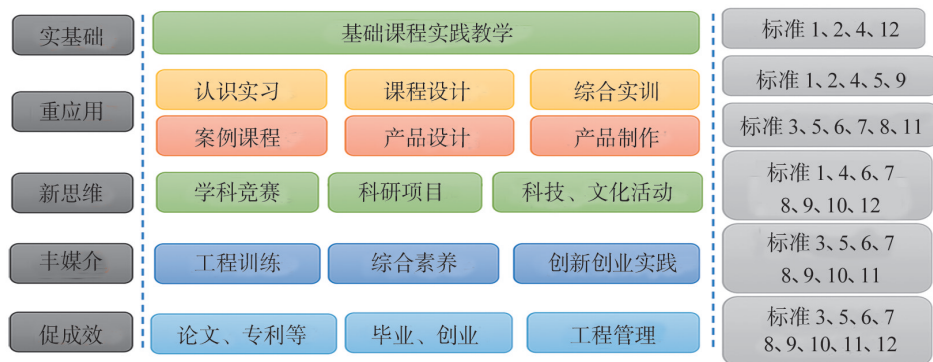


图1 新工科工程实践教学体系

(一) 实基础——基础课程实践教学改革和强化

以“提高综合运用理论知识解决问题的能力”为目标,强化基础课程实践教学,实现毕业要求的1、2、4、12条标准。软、硬件相辅相成,注重学科交叉关联,理论课与实践课程紧密结合。创新教学方式与技术,如虚拟仿真实验、硬木课堂口袋实验等,这种互动性、个性化的混合教学方式,能更好地调动学生的学习主动性,在夯实基础理论的同时还能激发出创造性,从而达到提升实践教学质量,厚基础的目的。

(二) 重应用——强调实践应用,以课程学习为核心,以“用”导“学”

强化基础理论知识的应用,通过认识实习、课程设计、综合实训等教学方式,学生低年龄段就学习基本电路设计、熟练使用各软、硬件开发平台,并能够运用开发平台实现基本功能,激发学生对本学科的学习兴趣,觉醒自我学习意识,将理论与实践充分结合,学以致用,实现标准中毕业要求的1、2、3、4、5、9条能力的培养。

以案例课题为核心,实践教学以产品设计、产品制作等方式展开,如蓝牙音箱、电子钟等。学生通过“市场需求分析、系统方案设计、电路原理设计、元器件选型、PCB设计、结构外观设计、封装工艺及制作流程、检验检测”这一全流程的综合训练,不仅对理论知识产出更深入的理解,综合工程实践能力也将得到极大提升,实现标准中毕业要求的3、5、6、7、8、11条能力的培养。

(三) 新思维——培养创新思维,孵化实践创新创业能力

实践教学内容以创新创业实践、工程训练为

主,如智能小车、数模识别、智能物联等,融合专业理论教学、专业导论课,人文素养等课程的学习,让学生形成新思想,发现并创造新知识。这些综合性、设计性实践课程有效地培养了学生的创新精神和实践能力,实现标准中毕业要求的1、4、6、7、8、9、10、12条能力的培养。

(四) 丰媒介——丰富实践教学方式方法,培养新工科应用创新型人才

参照国家对应用创新型人才实践能力的要求,号召学生积极主动参与各级大学生创新创业实践教学计划。通过广泛参加各级各类学科竞赛、科技活动及文化活动,参与感兴趣方向的科研项目等,提高学生的专业应用能力、技术开发能力、科研能力、创新意识、团队协作精神等综合能力,完成向应用创新卓越人才的蜕变。实现标准中毕业要求的3、5、6、7、8、9、10、11条能力的培养。

(五) 促成效——以成果为导向,促进实践教学成效

鼓励和指导学生积极参加各级各类竞赛,发表学术论文、申请专利等,反馈实践教学实际成效。通过毕业实习、创新创业综合训练的学习和实践,保障高质量就业。根据国际工程教育认证标准,规范实践教学管理与职业技能认证评价体系,提高国际认可度,拓展毕业生国际就业渠道。校校、校企、校所共建各种创业孵化基地、创新创业基地引导学生自主创业。实现标准中毕业要求的3、5、6、7、8、9、10、11、12条能力的培养。

这个面向新工科的实践教学体系亮点如下:

(1) 完善了实践教学的各个教学环节,实现全局化、整体化;(2) 丰富了实践教学规划,深化创新训练、案例课程等创新性实践教学;(3) 以电子产品研

制为教学内容核心,以地方产业发展和企业创新发展的需求为导向;(4)引入了国际工程教育认证标准,全方位加强学生综合素质的培养,值得推广应用。

结合上述新工科工程实践教学体系,从而建设了硬木课堂口袋式实验平台、基于机器人的可视化平台、高速 PCB 设计平台、全流程电子产品研发平台等 16 个创新创业实训平台及其配套课程资源,3 个实践教学基地。其中,校内创新基地对全部师生 24 小时开放共享。

上述平台中,全流程电子产品研发平台最具特色。该实践教学平台采用了企业实际研发平台和生产设备,连接了实践教学的“最后一公里”。该研发平台主要由三部分组成:(1)电子产品创新设计。Cadence 软件的全球市场占有率很高,使用它可进行原理图产品设计、高速 PCB 设计、SOC 系统设计、集成电路版图设计等。平台目前主要提供产品应用研究、软/硬件电路研发、集成电路版图研发等方面的实践教学课程。平台可采用线上线下混合教学模式,学习自由度高。(2)电子产品制造。学生实际地进行电子产品制造从元器件到整机电路贴片焊接、装配测试的全过程,从中掌握电子产品的制造全流程、工艺、测试等技术。(3)电子产品测评。通过检测软件、智能仪器对设计产品进行测试及性能评价。同时,全程跟踪实践教学并

给予评价、反馈,持续改进实践教学的各个环节。

在应用型人才工程实践能力培养中,综合考虑智力和非智力因素,将基础知识、专业技能以及综合素质 3 个方面作为实践课程设计的内核,储蓄交叉学科新知识、哺育跨学科研究能力与团队协作精神,使学生具备跨学科系统思维、博学多识、富有创造力、易沟通合作的素质。

二、实践教学体系质量评价模型及改革成效

(一) 质量评价模型设计

CIPP 模型具有评价方法多样化、评价主体多元化、评价目的发展性等特点,能够对实践教学类型、教学投入等不同情况进行全面的综合评价;加上它的评价理念:“评价最重要的目的不在证明,而是改进”,与工程教育理念一致,因此,我们选择它作为工程实践教学体系的评价模型,建立两层模型结构。第一层:由 CIPP 的四个评价指标各自成一级指标,在指标体系中各指标均不可或缺;第二层:每个一级指标下,设置多个二级指标且各二级指标相互独立、内涵明确,具备全面性、系统性、独立性和可操作性。依此,我们设计出电子信息类专业新工科工程实践教学体系质量评价指标(见表 1)。

表 1 电子信息类专业新工科工程实践教学体系质量评价指标

一级指标		二级指标	指标详情
实践教学体系质量评价 A	背景评价 B1	培养定位 B ₁₁	新工科教学理念、工程认证培养目标
		产学研基础 B ₁₂	校企合作度、是否产学研用结合
		师资力量 B ₂₁	高学历及高级职称实践教学授课教师的数量、授课学时;外聘教师授课学时;在企业的授课学时
	投入评价 B2	场地设备 B ₂₂	生均实验仪器设备占有量、实用性;校内实习场地利用率;校外实践基地数量及利用率
		经费投入 B ₂₃	校内、校外实践教学学生均经费投入
		教学内容 B ₃₁	实践内容设计是否合理、是否密切跟踪学科新知识,是否涵盖工程实践经验
	过程评价 B3	实践课程 B ₃₃	校内课程实验、实习实训、创新实践;企业实践;校企结合
		教学监管 B ₃₄	实践教学质量监控机制、考核方式、反馈机制及持续改进机制是否健全
		教学方法 B ₃₂	实践教学方法的形式和手段是否多样、有效;信息化程度如何
	成果评价 B4	工程实践能力 B ₄₁	以毕业设计、实践作品以及资格证书等衡量学生的实践能力及创新意识是否得到培养和提升
		社会认可度 B ₄₂	毕业生一次性就业率及就业质量;企业对毕业生实践技能的满意度

1. 背景评价。主要考评培养定位和产学研基础。培养定位主要由教学理念、培养目标来衡量, 产学研基础主要体现是校企合作度、逐步建构产学研相结合“四位一体”的教学模式。

2. 投入评价。主要考评师资力量、场地设备和经费投入。其中, 师资力量主要考核实践教学高级职称教师授课数量、授课学时, 外聘教师授课学时以及在企业中授课学时; 场地设备涵盖实验仪器设备、校内外实习场地实践基地, 主要考评生均实验仪器设备占有率、校内实习场地利用率、校外实践基地数量及利用率; 经费投入是实践教学持续稳定的保障, 主要考评校内、校外实践教学学生均经费投入。

3. 过程评价。主要考评实践教学内容、实践教学方式方法、实践课程设计形式、实践教学监管。教学内容重点关注内容设计是否合理、丰富; 具有创新性, 能否紧跟学科新知识并涵盖工程实践经验, 教学方法主要考评教学中采用的授课形式, 开放性、灵活度及信息化程度; 实践课程设计主要考评是否有校内实习实训、创新实践、企业实践和校企结合方式。教学监管旨在考评实践教学质量监

控机制、反馈机制、持续改进相关内容。

4. 成果评价。主要考评学生的工程实践能力和社会对毕业生的认可度。学生的工程实践能力可通过创新实践、学科竞赛、毕业设计、实践作品及获得的资格证书、知识产权等来衡量; 毕业生的社会认可度以一次性就业率、就业质量、企业对毕业生的评价作为指标^[12]。

(二) 评价指标权重选择

为了合理选择评价模型中的指标权重, 解决质量评价过程中模糊的、难以量化的问题, 把定性评价转化为定量评价, 我们引入模糊综合评价方法。首先, 针对质量评价指标, 依据 AHP 层次分析法, 并结合考虑专家经验法构建权重向量。其次, 建立适合的隶属函数得到科学合理的评价矩阵; 最后, 合成实践教学质量的综合评价矩阵, 形成综合评判并解释结果向量, 得到最终判决结果。

(三) 实际评价及改革成效

以集美大学电子信息工程专业的实践教学数据为样本, 进行实际评价及改革。依据相关研究文献^[9-12]方法计算得到实践教学体系质量评价指标的权重(小数点后保留 2 位有效数字)(见图 2)。

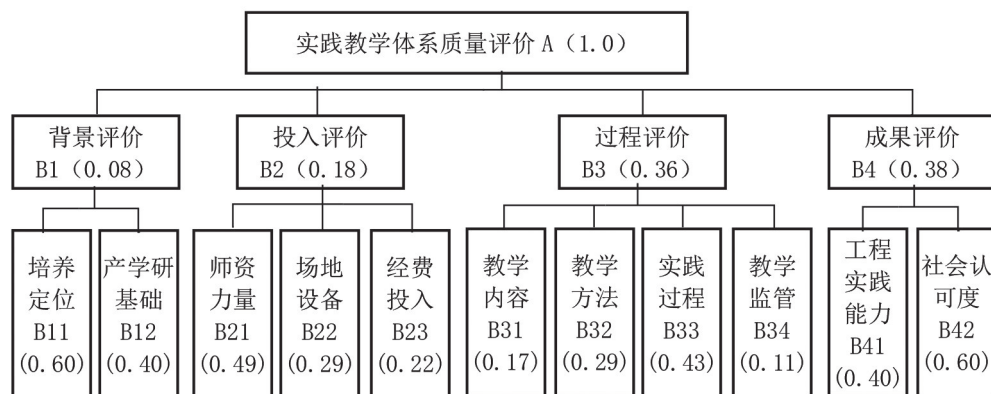


图 2 指标权重

通过向电子信息工程专业 2015 届和 2020 届毕业生、2015 届毕业生所在工作单位(随机抽取 100 家)、在校生及校内外专家发放调查问卷 500 余份, 对实践教学体系质量评价指标进行评分, 取“好”“一般”“差”三个等级作为评价等级。根据收到的 389 份有效数据统计分析, 得到一级指标的评价矩阵(小数点后保留 4 位有效数字)如下:

$$R_{B1} = \begin{bmatrix} 0.8721 & 0.1279 & 0 \\ 0.6628 & 0.3372 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{B2} = \begin{bmatrix} 0.8721 & 0.1163 & 0.0116 \\ 0.7209 & 0.2209 & 0.0581 \\ 0.5233 & 0.3605 & 0.1163 \end{bmatrix}$$

$$R_{B3} = \begin{bmatrix} 0.8023 & 0.1744 & 0.0233 \\ 0.7558 & 0.2093 & 0.0349 \\ 0.8488 & 0.1395 & 0.0116 \\ 0.9302 & 0.0698 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{B4} = \begin{bmatrix} 0.8488 & 0.1279 & 0.0233 \\ 0.7797 & 0.2093 & 0.0110 \end{bmatrix}$$

进一步计算,得到如下评价结果矩阵:

$B_{B1} = (0.7884, 0.2116, 0)$, $B_{B2} = (0.7527, 0.1995, 0.0478)$

$B_{B3} = (0.8229, 0.1580, 0.0191)$, $B_{B4} = (0.8070, 0.1767, 0.0163)$

将评价结果矩阵 B_{B1} 、 B_{B2} 、 B_{B3} 、 B_{B4} 组成实践教学质量的综合评价矩阵 R_A , 得:

$$R_A = \begin{bmatrix} 0.7884 & 0.2116 & 0 \\ 0.7527 & 0.1995 & 0.0478 \\ 0.8229 & 0.1580 & 0.0191 \\ 0.8070 & 0.1767 & 0.0163 \end{bmatrix}$$

最后求得实践教学体系质量的综合评判结果:
 $O_A = (0.8015, 0.1769, 0.0216)$ 。即:“好”等级占 80.2%，“一般”等级占 17.7%，“差”等级占 2.1%。按最大隶属原则,该专业的实践教学体系质量评价结果为“好”。

三、结束语

集美大学海洋信息工程学院电子信息工程专业已入选国家一流建设专业、高等学校服务产业特色专业,非常重视工程实践。专业实践教学环节占总学分的 36.3%,其中校企联合培养的集中实践和个性化培养学分为 34 分,占实践总学分的 56.1%。因此,过程评价、成果评价等均较好,但还需重点强化实践教学方法,不断优化教学内容、实践方式与组织管理,以进一步提升学生的工程实践能力。通过上述评价结果可知,背景评价虽然结果为“好”,但校企合作仍有上升空间^[13];投入评价分值最低,其中经费投入最低,场地设备次之。近年来,虽新引进一批高学历青年教师,提升了实践教学队伍的整体水平补充了数量不足、优化了年龄结构,但部分陈旧实验设备仍未及时更新,影响了实践教学的效果,校外实习基地的建设也需要加强^[14]。因此,须重点增加实践教学经费和场地的投入,以保障实践教学活动的可持续、高质量发展。

[参考文献]

[1] 吴岩. 2019 年,打好全面振兴本科教育攻坚战. 2019.

01.29. [EB/OL]. [2019-01-28] (2022-06-20) http://www.moe.gov.cn/s78/A08/moe_745/201901/t20190128_368232.html.

- [2] 林健. 面向未来的中国新工科建设 [J]. 清华大学教育研究, 2017, 38 (2): 26-35.
- [3] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展的思考 [J]. 高等工程教育研究, 2017 (3): 15-19.
- [4] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济 [J]. 高等工程教育研究, 2017 (1): 18-21.
- [5] 郑佳春, 蔡伟清, 吴一亮等. 电子信息应用型专业新工科教学教育体系 [J]. 集美大学学报 (教育科学版), 2019, 20 (4): 79-84.
- [6] 彭熙伟, 李怡然, 郭玉洁, 等. ABET 工程专业认证标准新变化分析及其启示 [J]. 电气电子教学学报, 2021, 43 (4): 9-12.
- [7] 孙科学, 郭宇锋, 肖建, 等. 面向新工科的工程实践教学体系建设与探索 [J]. 实验技术与管理, 2018 (5): 233-235.
- [8] 张彦军, 郝晓剑, 刘文怡, 等. 引入项目法提升“复杂工程问题”解决能力 [J]. 电气电子教学学报, 2020, 42 (6): 100-105, 154.
- [9] 王玲. 基于 CIPP 模型的金融管理专业实践教学质量管理研究——以山东经贸职业学院为例 [J]. 无锡职业技术学院学报, 2017, 16 (4): 47-54.
- [10] 徐强, 金振中, 杨继坤等. 基于 Fuzzy-AHP 的武器装备作战试验鉴定指标体系评估 [J]. 火力与指挥控制, 2021, 46 (7): 175-180.
- [11] 严太山, 文怡婷. 实践类课程教学质量评价指标体系设计及评价方法研究 [J]. 湖南理工学院学报 (自然科学版), 2018, 31 (2): 18-22.
- [12] 秦静怡, 李华, 陈秀. 西部高校新工科与创新创业融合的策略研究 [J]. 重庆文理学院学报 (社会科学版), 2020, 39 (2): 119-132.
- [13] 吉淑娇, 李杰. 电信专业在新工科下课程考核方式改革探究 [J]. 长春大学学报, 2022, 32 (4): 87-90.
- [14] 赵华君, 胡旭, 罗天洪, 等. 传统工科专业人才培养改革的探索与实践——以重庆文理学院机械工程专业为例 [J]. 重庆文理学院学报 (社会科学版), 2019, 38 (5): 131-140.

(责任编辑: 孙永泰)

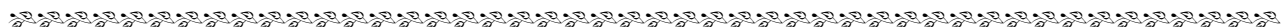
New Engineering Practice Teaching and Quality Evaluation System of Electronic Information Engineering Major

CHEN Li - ping, ZHENG Jia - chun

(School of Ocean Information Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Under the background of the new engineering, and consolidation of undergraduate education, the goal is to train compound senior engineering and technical talents with integrity and perseverance, innovative thinking, research and management, cooperative exchanges, adhering to the "solid foundation, The engineering practice teaching concept of "value training, emphasizing innovation, enriching carriers, and promoting results" builds an engineering practice teaching system for electronic information majors for new engineering subjects. We have introduced advanced international education concepts, widely absorbed the opinions and suggestions of industry experts, enterprises and schoolmates, and formed a training model that realizes engineering and innovation; and introduced the analytic hierarchy process to evaluate the quality of practical teaching. The model is modeled based on CIPP, and the fuzzy comprehensive evaluation method is used to generate practical teaching quality evaluation index parameters. Using the practical teaching operation data of electronic information engineering major of Jimei University in recent years as a sample, the actual analysis and calculation show that the accuracy and feasibility of the constructed practical teaching system and quality evaluation method can be used for the scientific management of practical teaching. It provides theoretical basis for decision - making and has application promotion value.

Key words: new engineering; engineering practice teaching system; analytic hierarchy process; CIPP model; fuzzy comprehensive evaluation



我校承办的首届海峡两岸国际邮轮人才联合培养项目顺利完成

在厦门自贸片区管委会和厦门海事局的指导和支持下, 我校承办的海峡两岸联合培养邮轮人才第一期培训班顺利完成。6月10日, 2名台湾大学生在厦门取得了大陆海事部门颁发的船员证书以及相关合格证证书, 并与厦门自贸委规建局、厦门海事局船员处代表, 我校台港澳事务办公室、质量办、继续教育学院相关负责人一同参加了“海峡两岸联合培养邮轮人才第一期培训班结业式暨欢送座谈会”。

据悉, 此次培训探索性实施“线上学分制理论培训+线下实操培训”相结合的弹性培训模式, 发挥了校、地、企等多方优势, 有针对性地破解了台湾高校学员培训过程中时间、空间上存在的实际困难, 有力保障学员按照要求完成了规定的培训内容, 取得了良好的实效, 为将来台湾同胞来大陆参加船员培训、学习、考证、就业进行了有益的探索和尝试。集美大学承办此次培训活动, 是校、地、企多方合作模式的有益探索, 是闽台高等教育融合发展的大胆创新, 更是切实增进台湾同胞福祉的实际举措, 学校将进一步为促进两岸交流融合、两岸国际邮轮人才培养作出新贡献。

2名台湾高校学员表示, 她们在培训过程中接受到各方关心、帮助、指导, 倍感幸福, 对赴大陆实习就业充满期待, 将倍加珍惜机会, 积极投身到实习与工作中。2名学员将按照计划前往深圳并登上“招商伊敦号”开展实习。

(文: 继续教育学院/图: 宣传部/编辑: 宣传部)