**DOI**:10.19789/j.1004-9398.2023.01.010
**文献引用**:方敬,岳伟伟,周茂霞,等.专创融合驱动下信号与系统课程教学创新探讨[J].首都师范大学学报(自然科学版),2023,44(1):68-74.
FANG J, YUE W W, ZHOU M X, et al. Discussion on teaching innovation of signals and systems driven by integration of specialty and entrepreneurship[J]. Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition),2023,44(1):68-74.

# 专创融合驱动下信号与系统课程教学创新探讨*

方 敬,岳伟伟,周茂霞,王晶晶,王春兴,赵曰峰**
(山东师范大学物理与电子科学学院,山东 济南 250358)

**摘要**:基于目前专创融合教学改革现状,探索基于学习产出教育(OBE)理念的创新人才培养新模式,开展本科生综合实践能力培养的教学研究。结合电子信息工程专业培养目标构建信号与系统课程核心能力,建设多课程互补的团队式教学体制。依托电子信息教学团队和雷达信号监测科研团队,设计基于OBE目标导向的信号与系统课程教学体系,从而开展理论教学、案例式教学和项目式教学等模块化教学模式,为探索学生综合实践能力和创新思维培养提供参考。

**关键词**:专创融合;信号与系统;成果导向
**中图分类号**:G420 **文献标识码**:A

# Discussion on teaching innovation of signals and systems driven by integration of specialty and entrepreneurship*

FANG Jing, YUE Weiwei, ZHOU Maoxia, WANG Jingjing,
WANG Chunxing, ZHAO Yuefeng**
(School of Physics and Electronics, Shandong Normal University, Jinan Shandong 250358)

**Abstract**: Based on the current situation of teaching reform of integration of specialty and innovation, this paper explores a new mode of innovative talent training based on outcomes-based eduction(OBE) concepts, and carries out teaching research on the cultivation of undergraduates' comprehensive practical ability. Combined with the training objectives of electronic information engineering technology, the core abilities of signals and systems courses are constructed, and a team teaching system with multiple courses complementarity with each other is constructed. Relying on the electronic information teaching team and radar signal monitoring scientific research team, the teaching system of signals and systems course based on OBE goal orientation is designed, so as to carry out modular teaching modes such as theory teaching, case teaching and project teaching, which can provide reference for exploring the cultivation of students' comprehensive practical ability and creative thinking.

**Keywords**: integration of specialty and innovation; signals and systems; outcome-oriented
**CLC**: G420 **DC**: A

收稿日期:2022-02-26
* 山东师范大学2021年度本科教学改革立项项目(2021BJ059);山东师范大学2021年度"专创融合"特色示范课程建设项目(SDNU2021ZCRH019);山东师范大学第五批实验教学改革项目(SYJG050212,SYJG050101);教育部新工科研究与实践项目;国家自然科学基金青年项目(62002208)
** 通信作者:yuefengzhao@sdnu.edu.cn

## 0　引　言

《教育部办公厅关于做好深化创新创业教育改革示范高校2019年度建设工作的通知》[1]中指出,要把创新创业教育贯穿人才培养全过程,积极优化专业课程设置,将学科专业融入学生创新创业能力训练中,从而培养具有创新思维和创新能力的高素质人才。作为电子信息工程、电子科学与技术、通信工程和物联网工程等专业的核心基础课程,信号与系统对理工科大学生分析与解决实际问题能力的提高,以及科学思维、实践技能和综合素质的培养有着深远的影响。信号与系统不仅仅是本科生教学培养计划中的一门核心专业基础必修课,还是后续的通信原理、数字信号处理、数字图像处理、语音信号处理技术及应用等专业课程的先修课程[2-3],在专业人才培养计划中起着承上启下的作用,占有非常重要的地位,是学习现代信息理论、掌握现代信息处理技术和促进国家信息化建设的理论基础。因此,本文从信号与系统课程入手,基于学习产出教育(outcomes-based education,OBE)理念,探讨专业课程创新人才培养教学改革模式。

2019年山东师范大学电子信息工程专业入选首批国家一流本科专业建设点,2020年通信工程专业和光电信息科学与工程专业分别入选第二批国家级一流本科专业建设点和省级一流本科专业建设点,是对山东师范大学近年来电子信息类专业内涵建设和人才培养成效的充分肯定。

目前,大学教育领域更多的从培养模式或课程体系的角度来探讨创新创业改革研究与实践[4-16],而针对该专业领域中的某门课程如何与创新创业模式进行结合,包括课程目标、教学理念与实施等较少进行深入探讨。本文以“电子信息创新创业”为主题词在知网中进行搜索,共找到165条结果,其中多是以电子信息类专业创新创业教育改革或人才培养模式为主体进行研究,而关于信号与系统、数字信号处理、数字图像处理、模拟电路、数字电路、单片机原理和嵌入式等电子信息类主干课程的专创融合类论文累计不及10篇[17-21]。由此可知,专创融合在电子信息专业课程中的研究并没有得到太多的关注。

目前,信号与系统课程体系结构不合理,理论课时比例明显偏高,挤压了实验实践训练课时,削弱了工程教育基础,造成工科知识架构不完整,工程训练体系不完善,导致学生解决工程问题的能力不足。工程研究型人才基础架构薄弱,学生缺乏科学思维,研究特色不突出,难以将实际问题上升到理论高度分析,造成原创能力不强,更难以成为行业领军人才。作为电子信息类专业的理论基础课程,信号与系统往往存在理论知识与实践应用脱节的问题。而且,个性化人才培养存在教育理念滞后,定位不准、特色不彰,出现千校一面,万人一模的局面。

在专业课程中融入创新创业教育,重点是学生创新能力的培养[4],山东师范大学信号与系统课程教学团队依据一流本科专业“双万计划”建设要求,致力于落实“学生为中心,产出导向、持续改进”的教学理念,针对现阶段信号与系统课程教学存在的问题,在教学改革中做出大胆尝试与实践,结合团队的科研优势,工程背景取材于团队教师的科研项目,将电子信息类专业背景与创新创业融合,主要从教学模式,教学内容与组织,教学案例设计,教学方法及手段和教学评价等5个方面进行创新实施,建立专业课程建设与创新人才培养模式融合的闭环培养模式,为探索工科专业创新思维和综合实践能力培养提供有益参考。

## 1　专创融合背景下信号与系统课程改革实施

### 1.1　基于OBE理念的信号与系统课程教学模式

OBE教育模式是目前工科教育中的先进理念。以工科专业毕业要求为指引,围绕学习产出开展教学活动[22]。在这种教育模式中,有关课程的决定取决于学生在课程结束时应展示的学习结果,是美国教育学家布鲁姆在卡罗尔教育理念基础上发展而来。在成果导向的学习中,学生通过改变时间与学习的关系来达到一个固定的学习水平,学习终极目标成为固定的,而实现学习的时间成为变量[22-23]。这些理念是基于学习产出的基本教育原则[2-3]。

各国的工程教育都在积极推进OBE教育模式,因为工程活动本身就指向产出结果,如系统搭建、产品设计和基础建设等。在山东师范大学电子信息工程国家一流专业建设背景下,如何提高学生创新实践能力,如何培养与社会需求紧密结合的电子信息类创新型人才,是应着重关注的问题[4]。结合该校2020版电子信息工程专业培养方案,基于OBE教育理念构建信号与系统课程核心能力目标如表1所示。

针对以上9项核心能力目标,遵循“厚基础、重

表1 信号与系统课程核心能力目标

| 能力目标序号 | 课程核心能力目标 | 课程能力要求 |
|---|---|---|
| 1 | 能够运用数学、自然科学和工程基础知识,理解并掌握信号与系统的基本概念,能够利用时域分析方法、频域分析方法以及变换域分析方法分析线性时不变系统 | 高 |
| 2 | 综合掌握信号与系统的时域、频域和变换域等不同描述方式及分析方法,能够对信号与信息处理方面的工程技术问题进行建模与分析 | 高 |
| 3 | 理解系统特性及分析方法,掌握系统的设计和实现方法,能够为信号与信息处理系统设计与实现问题提供解决方案 | 中 |
| 4 | 掌握信号与系统的常用实验手段和方法,能够利用仿真平台进行编程和实验,能够利用实验教学平台完成系统设计与分析,能够利用所学时频域理论与方法对实验结果进行分析和解释 | 高 |
| 5 | 在实施过程中具有创新意识,能对已有方法做出评判或改进 | 中 |
| 6 | 能有效使用现代工具进行信号处理算法的开发、测试和调试 | 中 |
| 7 | 能针对具体解决方案设计实验,整理并解释实验结果 | 高 |
| 8 | 能总结和凝练研究成果,并撰写学术论文和科研报告 | 中 |
| 9 | 能与团队开展合作,倾听意见,陈述思想 | 高 |

实践、理论与工程应用相结合”的基本原则[20],以学科前沿为导向,坚持理论基础与学科前沿相结合,构建电子信息教学团队,加大案例分析与项目研讨,形成信号与系统课程的经典理论教学主线及模块化教学体系,如图1所示。

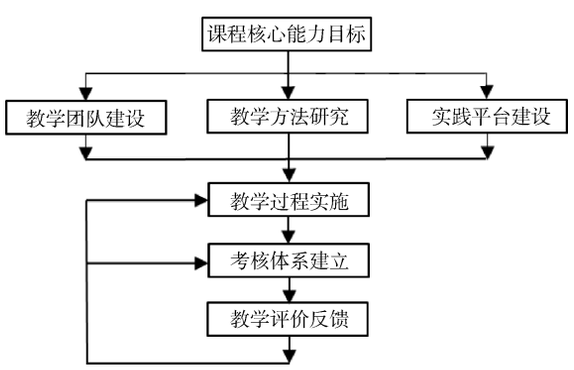



图1 信号与系统教学体系

### 1.2 教学内容及教学组织

针对学生将来的发展方向,将教学内容调整为2大体系:一方面,以3大变换理论知识为主,应用为辅,结合历年考研真题,将理论讲深、讲透;另一方面,着重讲授3大变换的工程应用,通过工程中的实际案例让学生将理论与实际更好地联系。根据具体的教学内容进行项目化教学,按照“少而精”的原则将教学内容中的重难点设置项目专题,每个项目专题依据“理论教学+案例分析+小组讨论+设计实现”的形式展开,将理论基础与工程应用紧密结合[24]。同时,教学团队针对不同学生的发展方向和学习需求,制定不同的教学设计,真正做到因材施教。优化整合课程的理论教学内容,规划理论知识模块,将团队教师的科研项目和工程实践经验与信号与系统课程中的理论原理相结合,引导学生如何用所学知识解决实际问题,真正做到学以致用,知行合一。基于项目学习的课程设计方案及教学组织如图2所示。

## 2 案例教学

### 2.1 教学案例设计

为使学生了解和运用信号处理的基本理论解决工程信号处理的实际问题,教学团队从当前电子信息处理领域的研究热点入手,将科研及实践成果进行提炼总结,以雷达信号处理、数字图像处理和语音信号处理为背景,设计信号采集、信号分析与处理和工程问题建模与分析等相关教学案例,教学案例内容框架示意如图3所示。基于雷达信号检测、滤波、特征提取、谱分析和图像处理等工程实践案例,充分利用教学团队和电工电子实验中心现有的雷达检测系统和信号采集分析实验平台,将教学团队的科研成果、产学研实践案例与理论知识结合,融合数字图像处理、语音信号处理、雷达信号处理、传感信号检测和人工智能等多学科知识于一体。全面梳理有助于开展“课程思政”建设的专业知识点,挖掘这些知识表层下被忽略和弱化的潜在思政元素,将思政元素注入到教学案例中。对二者进行生态重构,通过精细的浸润式融合,达到“1+1>2”的教学效果。雷达信号处理教学案例(图3),通过让学生采集雷达信号,并进行数学建模,对信号进行仿真处理分析,提高了学生学习兴趣和动手能力。通过对监测信号进一步分析和研究,得出影响雾霾的因

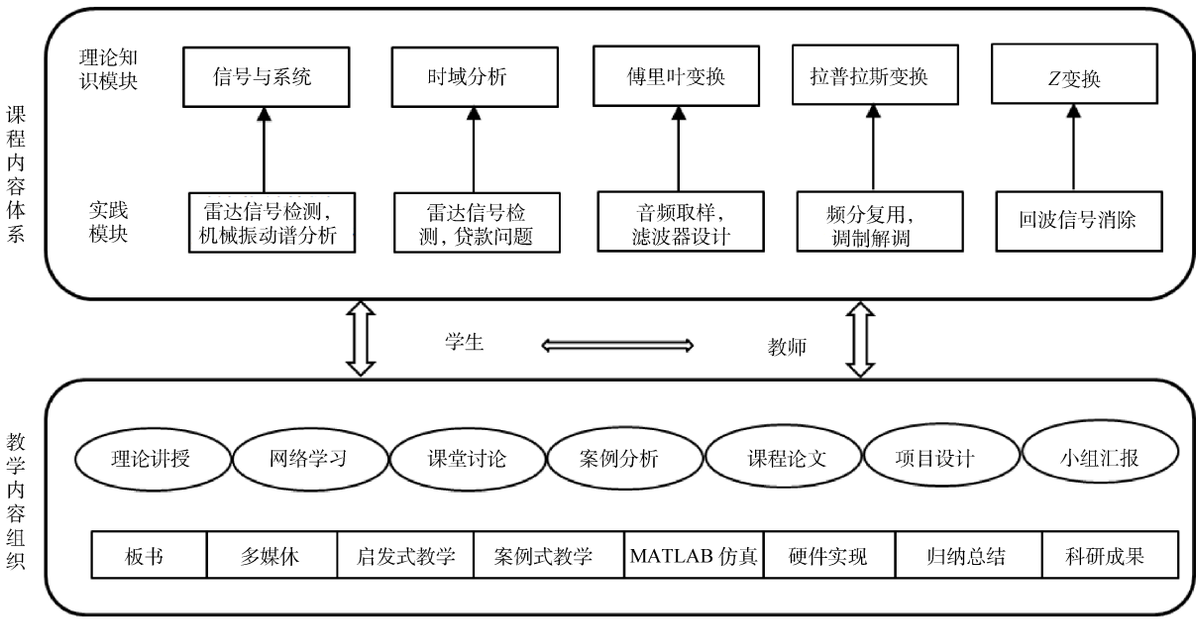



**图 2　信号与系统课程设计方案及教学组织**

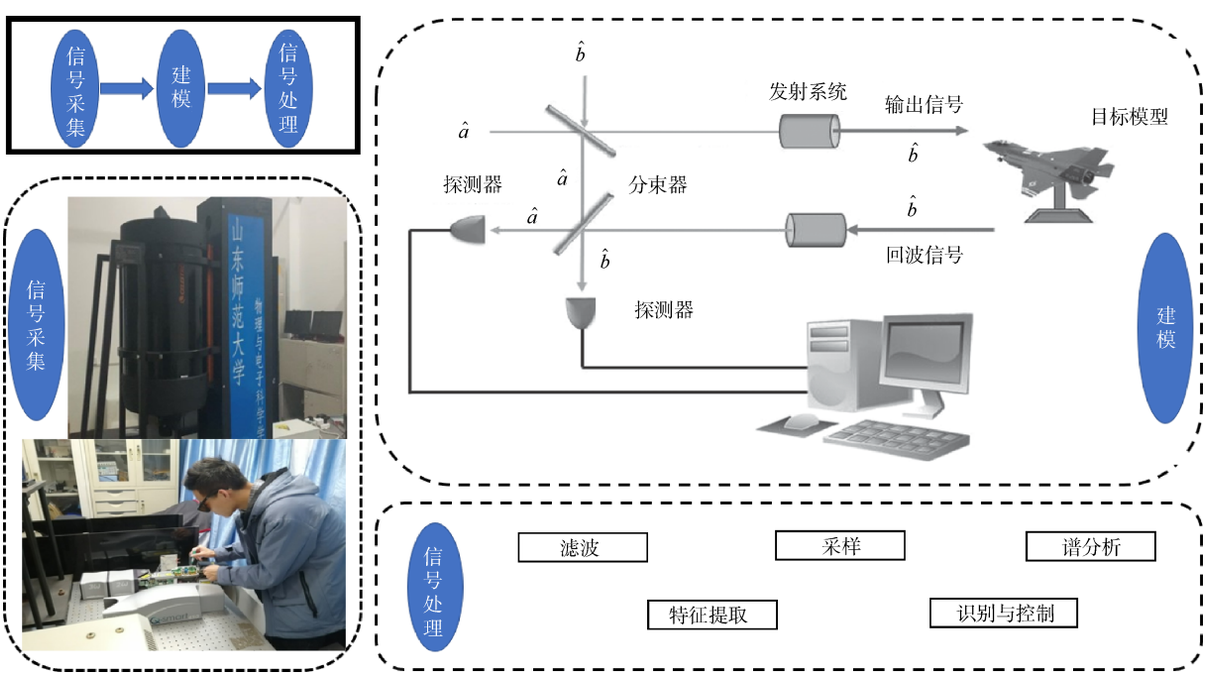



**图 3　“雷达信号处理”教学案例内容框架示意**

素和大气边界层变化等信息,培养学生的专业认同感、精益求精的工匠精神和团队合作意识。通过介绍中国在雷达系统方面的跨越式发展,培养学生的爱国热情和民族自尊心,引导学生树立远大的理想信念。

### 2.2　教学方法与手段

将多媒体教学与翻转课堂相结合,利用网络教学平台,让学生在每章内容前,制定学习目标,规划学习节奏,设置属于自己的个性化学习方式,实现创新性自主式教学模式。

由于信号与系统课程涉及大量的公式推导,学生在学习中往往注重套用公式解题,而忽略了公式变换本身的涵义,导致学习缺乏深度,更难以建立专业体系。因此,结合课程的培养目标和学生应达到的毕业要求以及课程特点实施不同的教学方法,如连续信号与系统的时域和变换域分析的基本理论可以采用讲授教学法为主,而离散信号与系统的时域和变换域分析的理论知识则可以由学生通过线上学习完成,线下利用案例教学法讨论离散系统

的建模与应用;在系统的设计与实现部分,则可以利用实验教学法,根据教学进度,结合实际应用,使学生体验系统设计与分析的过程。除此之外,还可以利用课外阅读法和讨论教学法将学科前沿融入到日常教学中。专业培养方案中该课程是90学时,每学时45 min,其中授课占46学时,上机占16学时,硬件实验占28学时,信号与系统各章节的学时分配与教学方法如表2所示。

## 3 教学评价

能力培养是OBE教育理念的核心,在教学中应引导学生理解并运用知识,而不是单纯的记忆和做题。因此,学生在完成具有高阶性和创新性项目的过程中,应当不断总结和完善解决问题的方法,进一步完成基于项目的复杂系统设计和分析问题[25]。基于此,教学团队对课程考核方式进行了改革和调整,不拘泥于简单的期末笔试和实验测评,而是构建"全过程、多角度"的综合评价体系。信号与系统课程评价体系及评价方法如表3所示,该评价体系基于形成性评价和终结性评价2条主线,每条主线又包含多个维度。形成性评价主要考察学生平时的学习态度,对知识的掌握情况以及综合能力,可以利用学生自评、互评和教师评价等方法考核,体现知识目标的达成度。在项目式学习主导中,利用实验报告、项目汇报和教师评价等方式考核,体现能力目标的达成度。终结性评价包括期末测

**表2 信号与系统各章节的学时分配及教学方法**

| 教学内容 | 教学方法 | 学时/45 min | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 授课 | 上机 | 实验 |
| 信号与系统的基本概念:信号的描述、分类及典型信号的特征;系统定义、描述、分类、特性及分析方法 | 讲授教学法、实验教学法、讨论教学法和课堂练习教学法 | 4 | 2 | 2 |
| 连续时间系统的时域分析:系统响应的时域求解方法,卷积的定义、分类和性质等 | 讲授教学法、课外阅读法和实验教学法 | 6 | 2 | 2 |
| 离散时间系统的时域分析:离散时间信号的表示,差分方程的求解,单位样值响应,卷积和的定义和性质等 | 讲授教学法、案例教学法、讨论教学法和课外阅读法 | 6 | 2 | 4 |
| 系统的频域分析:周期信号的傅里叶级数,非周期信号的傅里叶变换、性质,周期信号的傅立叶变换,系统的频域分析,取样定理,傅里叶变换应用于通信系统(无失真传输、滤波和调制) | 讲授教学法、案例教学法和讨论教学法 | 10 | 4 | 6 |
| 拉普拉斯变换和连续时间系统的$S$域分析:拉普拉斯变换的定义、性质、拉普拉斯逆变换及系统的$S$域分析和求解 | 讲授教学法、讨论教学法、实验教学法和课堂练习教学法 | 8 | 2 | 4 |
| $Z$变换和离散时间系统的$Z$域分析:$Z$变换的定义、性质,离散系统的$Z$域分析求解 | 讲授教学法、案例教学法、课外阅读法和课堂练习教学法 | 6 | 2 | 4 |
| 系统函数:系统函数与系统特性,系统的因果性和稳定性,信号流图,系统结构 | 讲授教学法、案例教学法、课外阅读法和实验教学法 | 6 | 2 | 6 |

**表3 信号与系统课程评价体系及评价方法**

| 评价体系构成 | 评价种类 | 评价内容 | 评价方法 | 评价主体 |
|---|---|---|---|---|
| 形成性评价 | 态度、兴趣 | 出勤、课堂听课、发言和参与讨论 | 观察法 | 教师 |
| | | | 学生自评 | 学生 |
| | | | 学生互评 | 教师 |
| | 知识掌握 | 理论知识 | 课堂提问 | 教师 |
| | | | 课后作业 | 教师 |
| | | | 章节测评 | 教师 |
| | 综合能力 | 系统设计与分析、工程意识、创新能力、团队合作和表达能力 | 实验报告 | 教师 |
| | | | 项目汇报 | 教师和学生 |
| | | | 小组协调 | 学生 |
| 终结性评价 | 知识掌握 | 理论知识 | 实验测评 | 教师 |
| | | | 期末测评 | 教师 |
| | 科研素质 | 分析问题和运用科学、合理的方法解决问题 | 案例研究 | 教师 |
| | | | 反思日志 | 学生 |
| | | | 研究报告 | 教师 |

评和实验测评,体现理论知识的达成度,另外,通过案例研究报告等方式考核,体现素养目标的达成度。

评价体系不仅仅考虑学生的知识和技能水平、情感态度和价值观,还对学生的知识运用能力、解决问题能力、实践能力、团队合作能力和创新能力等方面进行考核评价,从而引导学生独立思考、合作交流、质疑和创新[21]。

为检验课程核心能力目标达成情况,对2018级电子信息工程专业开展课程核心目标达成情况问卷调查。调查内容为表1中9项核心能力目标达成情况,选项为满意、一般和不满意3种。发放问卷82份,收回有效问卷78份,课程核心目标达成情况满意度调查统计如图4所示。调查结果显示,学生对能力目标5和9达成满意度较好,说明基于创新培养的教学改革极好地提高了学生的创新意识和团结合作能力;能力目标6和8达成满意度较差,说明学生在利用开发工具进行算法调试、实验验证、总结和撰写学术论文方面还有待提高。因此,教学团队在今后的教学实践中将进一步落实开发工具使用,指导学生学以致用,同时利用讨论和重点文献讲解的方式培养学生凝练学术成果,提高创新意识。除此之外,其他能力目标达成度良好,说明教学改革能够培养学生在掌握基本知识、原理的基础上进行实验分析、数学建模和综合评述。

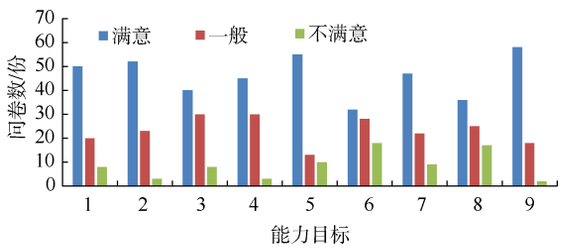



**图4　课程核心目标达成情况满意度调查统计**

课程教学团队积极开展学生的创新实践能力综合实训,以科研项目为导向,以课程案例库为依托,支持学生积极参加各类创新创业比赛。学生在比赛中收获了荣誉,更收获了知识和能力,极大地提高了创新意识、解决问题和分析问题的能力以及团队合作意识。近5年团队教师指导学生参加创新创业类比赛获奖情况如表4所示。

**表4　近5年团队教师指导创新创业类比赛获奖情况**

| 年份 | 竞赛项目 | 作品名称 | 获奖等级 | 参加学生 |
|---|---|---|---|---|
| 2017 | 第三届山东省“互联网+”大学生创新创业大赛 | “e携e测”-互联网+社区医疗监护系统 | 银奖 | 张哲豪,牛康迪,亓开元,等 |
| 2018 | “创青春”全国大学生创业大赛 | 济南益心易行电子科技有限公司 | 铜奖 | 陈泽源,张梦雨,王琳,等 |
| 2019 | 第五届山东省“互联网+”大学生创新创业大赛 | 立体机动快速精准救援系统 | 银奖 | 李晓林,高雪纯,景如画,等 |
| 2019 | 2019全国大学生电子设计竞赛(本科组) | 简易电路特性测试仪 | 全国壹等奖 | 宋玉鑫,许孟卓,王言基 |
| 2020 | 第六届山东省“互联网+”大学生创新创业大赛 | AI铁路卫士——国内全方位智能轨道润滑的领跑者 | 金奖 | 刘永累,杜含月,王洲,等 |
| 2022 | 第八届山东省大学生科技创新大赛二等奖 | 基于QCL的开放光路$N_2O$检测系统 | 银奖 | 张玉容,陈佳宏,王玉杰,等 |

## 4　结束语

针对当前电子信息类专业培养体制下学生工程实践能力和创新意识薄弱的问题,以基于OBE-CDIO的信号与系统课程教学体系研究教学改革项目为依托,探索基于OBE教育理念的信号与系统专业课程与创新融合,开展本科生综合实践能力培养的教学研究。本文从“专创融合”课程内涵出发,从课程教学模式、教学内容及教学组织、教学案例设计、教学方法与手段和教学评价等5个方面对信号与系统课程教学创新进行了探讨。实践表明,课程教学创新在实践中取得了较好效果,电子信息类本科生在全国大学生电子设计竞赛、“互联网+”大学生创业创新大赛和山东省科创大赛等多项赛事中取得较好成绩。本文为探索工科认证教育中学生综合实践能力和创新思维培养提供参考,为培养创新型高素质人才提供借鉴。

### 参 考 文 献

[1] 教育部办公厅.教育部办公厅关于做好深化创新创业教育改革示范高校2019年度建设工作的通知:教高厅函〔2019〕22号[ED/OL].(2019-03-26)[2022-2-26].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s5672/201904/t20190408_377040.html.

[2] 周涛,胡健,李艳凤,等.“金课”建设背景下“信号与系统”研究性教学载体设计[J].实验技术与管理,2020,

37(11):166-169+186.
[3] 方敬,卢文锋,乔建苹,等.时域取样定理在工程应用中的关键问题推导[J].首都师范大学学报(自然科学版),2020,41(3):24-27.
[4] 李大锦.谈“专创融合”的课程建设[J].创新与创业教育,2022,13(1):84-88.
[5] 刘艳,闫国栋,孟威,等.创新创业教育与专业教育的深度融合[J].中国大学教学,2014(11):35-37.
[6] 宋伟,邵信儒,郭志欣,等.“专创融合”课程体系构建与评价研究[J].通化师范学院学报,2021,42(7):68-73.
[7] 张有光.探寻大学专业教育之道的创新策略:以“电子信息专业导论”课程实践为例[J].工业和信息化教育,2013(4):33-37.
[8] 曹蕾,蒋学强.“专创融合”视角下创新创业实验室发展路径实践与探索[J].实验技术与管理,2020,37(8):26-31+36.
[9] 陈守辉,章伟,李霞,等.“专创融合”课程建设与考核方法改革探析[J].创新创业理论研究与实践,2019,2(20):30-31.
[10] 赵兴浩,陶然,鲁溟峰,等.电子信息类综合创新性实验课程的探索与实践[J].实验技术与管理,2009,26(6):132-133+136.
[11] 黄治同,纪越峰,尹长川.面向电子信息类创新人才培养的一流本科课程建设探索与实践[J].中国大学教学,2021(10):43-48.
[12] 彭光含.电子信息专业本科课程教学改革与创新模式[J].中国电力教育,2012(10):50-51.
[13] 卞建勇,涂用军.基于校企协同创新的电子信息工程技术专业模块化课程体系构建[J].教育教学论坛,2016(46):260-262.
[14] 乔学工,张文爱,史建芳,等.协同创新模式下电子信息类课程体系探究[J].电气电子教学学报,2017,39(4):80-82.
[15] 王春兴.电子信息专业实验课程体系改革与创新人才培养[J].实验技术与管理,2011,28(8):136-138.
[16] 秦剑,胡晓,唐冬.基于课程群的电子信息工程创新实验体系改革探索[J].实验技术与管理,2012,29(4):27-30.
[17] 王春静,孟丽丽.模拟电路课程“专创融合”教学模式的研究与实践[J].创新创业理论研究与实践,2021(22):148-150.
[18] 丁文飞,马德仲,孙会楠.专创融合教育理念下数据通信课程教学改革与实践[J].黑龙江教育(理论与实践),2020(4):16-18.
[19] 徐媛媛,黄雨婷.嵌入式课程专创融合的教学改革研究[J].创新创业理论研究与实践,2020,3(16):23-24.
[20] 谢平,林洪彬,李继猛,等.OBE背景下研究生示范课程建设及改革:以“信号处理”类课程为例[J].教学研究,2019,42(4):73-78+101.
[21] 季策.OBE-CDIO教育理念在《信号与系统》课程教学中的探索与实践[J].吉林省教育学院学报,2018(2):118-121.
[22] SPADY W G. Outcome-based education: critical issues and answers[M]. Virginia: American Association of School Administrators,1994:129-140.
[23] DAVIS M H. Outcome-based education[J]. Journal of Veterinary Medical Education,2003,30(3):227-232.
[24] 段洪君,崔玉洁,蔡凌,等.基于专创融合的教学模式改革与实践[J].中国现代教育装备,2021(11):78-80+94.
[25] 顾佩华,胡文龙,林鹏,等.基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式:汕头大学的实践与探索[J].高等工程教育研究,2014(1):27-37.

(责任编辑:兰丽丽)