

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2021.08.020

面向智能制造的机电专业实践教学体系研究^①

严寒冰, 姚 兰, 秦东兴, 蔚泽峰

成都信息工程大学 控制工程学院, 成都 610225

摘要: 针对我国智能制造产业升级优化对机械电子人才的需求和地方工科院校人才培养定位, 分析了实践教学体系重建的必要性, 从系统论角度建立了实践教学框架模型. 在此基础上, 以培养工程实践能力和创新创业能力为主线, 构建了能力递进培养的实践教学体系; 融合机电专业主要课程和机器人技术知识, 建立了具有专业特色方向的实践课程结构, 并基于成果导向教育(OBE)教学理念设计了课程实践教学方法, 保证学生不同层次专业核心能力的形成. 通过该实践教学体系建设, 有效提高了学生的实践创新能力, 推动了机电类人才培养质量不断提升, 为创新应用型机电专业人才培养提供了基础.

关键词: 智能制造; 机械电子; 工程实践; 创新创业

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2021)08-0124-08

当前全球范围内新一轮科技革命和产业变革正蓬勃发展, 越来越多国家更加重视和强化以科技促进产业转型升级. 我国提出“一带一路”倡议, 并实施了“创新驱动发展”“互联网+”“中国制造2025”等一系列重大战略, 期望构筑先发优势, 在新一轮国际竞争中胜出. 这导致以新技术、新业态、新产业为特点的新经济发展对工程人才的培养提出了新的要求^[1-2]. 同时, 为满足社会经济转型升级对不同层次不同培养类型的工程人才和区域均衡性等各方面的需求, 2015年, 我国教育部等三部委下发的《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》指出: 地方高校的人才培养应与地方经济发展需求对接, 以培养能够服务地方企业的应用型工程科技创新人才和服务区域经济社会发展的科技产业人才为主.

成都信息工程大学作为培养我国中西部基础能力建设工程人才的地方本科院校, 在我国制造业处于由弱变强, 由“中国制造”到“中国智造”转变的重要时期, 担负起培养大量适应智能制造、具有综合竞争能力的高素质应用型人才的任務. 学校认真贯彻落实教育转型发展工作, 启动了面向智能制造的创新应用型人才培养示范专业建设工程. 机械电子工程教研室的课题组老师积极开展实践教学改革, 在分析实践教学体系重建必要性的基础上, 重点对实践教学体系的框架模型、课程结构以及课程教学方法进行了研究与改革, 并取得了良好的实践效果.

1 地方院校转型发展中实践教学体系重建的必要性

1.1 科学顶层设计, 实施综合改革

地方高校以往实践教学改革通常采取增设实验、实习或社会实践等实践教学环节, 增加单门课程实践教学学时, 以及推进讨论式教学、项目团队等教学组织形式来提高学生的实践能力, 但缺乏明确的系统目

^① 收稿日期: 2020-04-18

基金项目: 四川省教育厅重点项目(17ZA0073), 成都信息工程大学重点教研项目(JY2018051).

作者简介: 严寒冰, 博士, 副教授, 副院长, 主要从事智能机器人教学与研究.

标, 没有系统合理规划实践教学资源, 存在系统性、层次性不足的问题^[3]. 文献[4]提出工程实践教学体系是由目标系统、主体系统、平台系统、保障系统构成的整体系统, 系统化建构实践教学体系是提高实践教学实效性的保障. 此外, 麻省理工学院在“工业 4.0”背景下, 建立了注重知识完整性和系统性“大工程观”的改革理念^[5]. 为此, 本文紧密结合国家创新型发展战略构建以知识、能力、素质为核心的科学教学体系, 在科学顶层设计主导下合理规划和明确各个实践教学环节的作用、地位及相互之间的关系, 以增强实践改革的系统性、整体性和协调性, 形成相互配合、相互补充的系统化实践教学体系, 有效地、有序地、持久地推进实践教学改革.

1.2 智能制造对机电类人才的需求

高校人才培养要与经济社会发展相适应, 要建立与经济结构相互支撑的人才培养体系^[6-7]. 我国政府制定的“中国制造 2025”强调信息技术和智能技术与装备过程技术的深度融合, 将形成一种以机器人、数控机床等各种智能设备为底层基础的新型、柔性、智能化的制造模式^[8-9], 所涉及的关键技术包括传感技术、网络技术、自动化与控制技术、装备制造技术、工业机器人技术和物联网技术、数控编程技术、数字化制造等, 技术领域广泛、学科知识跨度大, 要求高校本科生全面学习和掌握智能制造相关的知识, 技术难度很大. 因此, 如何将机械电子工程专业人才培养成融合智能制造技术、适应智能制造技术发展的机电专业技术人才是个亟待解决的问题.

机械电子专业是建立在机械制造、电子工程、计算机科学和控制工程等学科基础上的一个交叉学科, 主要培养学生能够承担各类机电产品的系统设计、制造、试验和开发工作^[10]. 考虑机器人技术作为智能制造技术的重要环节, 自身是一种典型的机电一体化系统, 本文将机器人技术作为机械电子专业向智能化发展的方向, 在夯实机械电子专业知识的基础上, 拓展智能机器人相关技术知识, 构建以数控加工技术和工业机器人为专业方向的实践教学体系, 既符合传统机电专业数控技术方向人才的培养目标, 又能满足制造业升级转型对智能机电专业技术人才的需求.

1.3 传统机电专业实践教学存在的问题

以往机电专业主要培养学生掌握机械结构设计和电气控制技术, 着重于技术技能型人才培养^[11-12]. 而传统制造业向智能制造升级转型需要的是具有综合应用创新能力的机电工程技术人才. 显然, 以往人才培养体系学科知识单一, 没有把解决复杂工程问题融入到实践教学, 存在创新性、综合性不足的问题.

2 实践教学理念

成都信息工程大学是首批“卓越工程师教育培养计划”试点院校、国际 CDIO 工程教育联盟成员, 立足于培养具有综合竞争能力的高素质应用型人才. 机械电子工程专业自成立以来, 一直按照应用型人才的培养目标要求做好实践教学建设工作. 四川是中西部地区经济第一梯队、制造业发展高地, 2017 年四川省发布《中国制造 2025 四川行动计划》和《四川省“十三五”工业发展规划》, 明确提出要推进信息化与工业化融合、制造业与互联网融合、新型信息技术与制造技术融合, 培育新业态, 催生新模式, 推进智能制造发展^[14]. 在此背景下, 本文从我校应用型人才的办学定位出发, 紧紧围绕智能制造发展的人才需求, 明确了机电专业数控技术和工业机器人方向的教学定位, 确立了以培养工程实践能力和创新能力为主, 坚持以培养高综合素质的创新应用型机电专业人才为目标的教學理念. 在学校顶层需求的主导下, 采用系统论方法^[3]建设各实验教学环节, 以层次化、专业方向特色化的实践教学内容体系为前提, 以覆盖专业面的工程训练中心、学科专业实验室、创新创业中心和社会实践/实习基地为基础, 以产学研结合、校内外结合和课内外结合构成的多维度工程实践环境为支撑, 以开放的管理体系和多元化的评价考核机制为保障, 形成相互交融、相互渗透、相互补充的实践教学体系框架模型. 如图 1 所示.

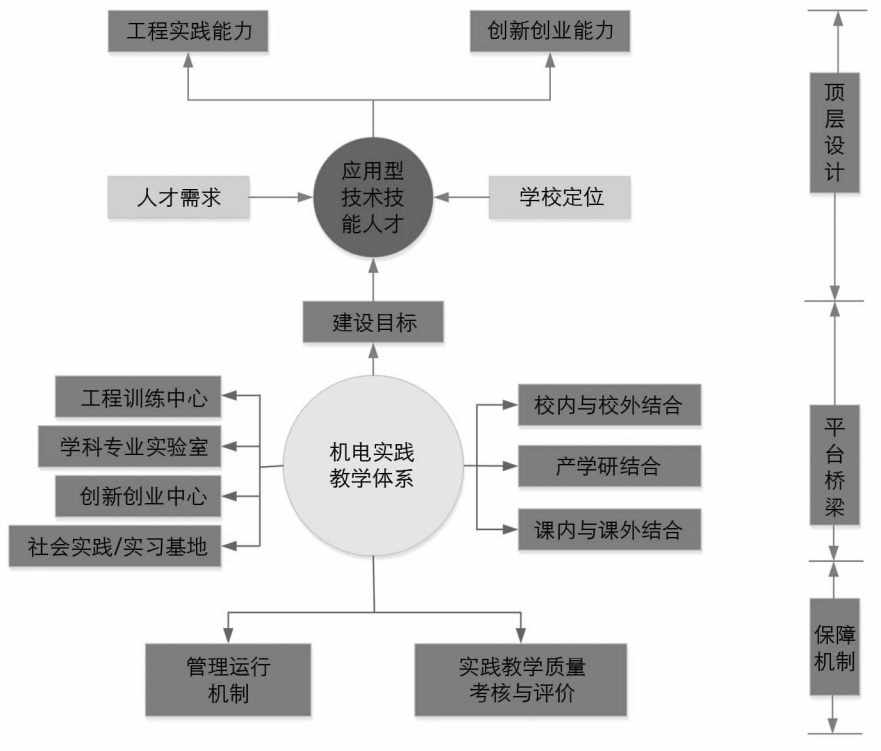


图 1 创新应用型人才培养实践教学框架模型

3 实践教学体系构建

3.1 构建思路

按照“宽厚专业知识、强化专业技能、突出创新能力、提升人文素养”的四原则构建实践教学体系。“宽厚专业知识”指在传统机电专业学科知识基础上融入智能机器人相关技术知识，培养学生掌握机械、电子技术、自动控制及人工智能等学科知识；“强化专业技能”是指注重理论知识与实践技能的综合应用，增强学生的专业技术应用技能和操作技能，培养学生掌握数控加工技术、工业机器人控制技术和机电一体化应用技术；“突出创新能力”是指结合学科专业教学开展全贯通式创新创业教育，培养学生综合运用专业知识解决工程问题的能力和创新能力；“提升人文素养”是指在专业教学过程中加强人文精神和科学精神教育，培养学生具有全球视野下的团队合作能力和人际交往能力，以及具备良好的职业道德和社会责任感等工程素养。可见，四原则指导思想从本质上是对机械电子专业向智能化方向调整，目的是培养学生成为具有工程实践能力和创新创业能力的高素质、复合型的机电工程专业人才。

3.2 层次化的实践教学体系

依据能力形成和发展的规律，围绕学校定位和专业特色，以提升学生的工程实践能力和创新创业能力为主线，按照模块化、分层化、综合化的改革思路，系统构建四级能力递进培养的实践教学体系，如图 2 所示。

1) 基础层：培养学生的机电专业认知和技能，初步形成创新思维。

通识基础实验：依托专业基础课程开设，要求与理论教学有机结合，培养学生的基本分析能力和计算能力；创新导论：初步建立工程系统概念，培养创新意识和创新思维；认知实习：通过参观、现场演示等方式感性了解机电工程背景、基础知识和产品生产过程及工艺流程，培养学生的专业兴趣和工程意识；金工实习：了解机械加工生产过程，训练学生的基本操作技能。

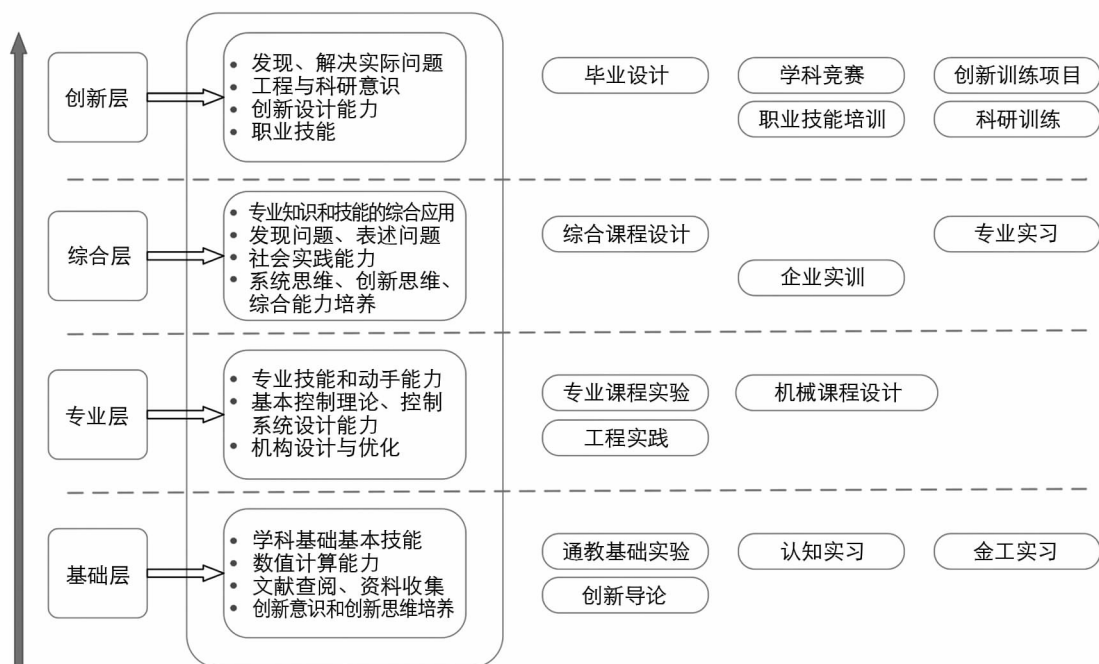


图 2 实践教学体系

2) 专业层: 培养学生掌握机电工程专业核心知识, 强化机械设计与分析能力及控制系统设计能力。

专业课程实验: 包括机构设计、电子设计和控制技术 3 个模块, 其中机构设计模块实验教学主要培养学生掌握各种机械零件和机构的知识, 具有设计机械传动装置和简单机械产品的能力; 电子设计模块实验重在培养学生的电路设计方法和实践能力; 控制技术模块实验培养学生传感器技术、机械电气控制系统的设计与分析能力。机械课程设计: 是培养实践能力的重要过程, 通过改进和设计简单机械装置培养结构设计和计算能力, 初步涉及工程应用和发挥创新设计能力。工程实践: 要求学生以小组的形式在 4 个学期完成一个完整机电系统的机械结构设计、控制器设计、传感器应用与检测信息分析、控制软件编写和系统安装与调试, 在熟悉机械一体化产品开发全过程中, 不仅锻炼学生综合应用专业理论知识的能力和发扬分工协作的团队精神, 还对培养创新设计意识和创新设计能力起着主导作用。

3) 综合层: 培养学生对所学专业知识和基本技能的综合应用, 强调系统思维、创新思维、综合能力的培养。

前面两个阶段已完成了专业基础知识和基本实践能力的培养, 为专业方向核心能力的培养提供了基础。综合课程设计: 包括数控技术和机器人技术两个专业方向模块, 具有较强的综合性和系统性, 主要培养学生综合运用专业技术知识开展系统分析和应用设计的能力。同时, 通过自主实验和科研项目为学生提供不同工程环境的实践机会, 帮助学生拓宽知识面, 接触学科前沿, 培养学生更科学的创新思维和更完整的实践能力。此外, 还通过企业实训和专业实习从根本上解决学生实践动手能力的提升问题。企业实训: 注重培养学生技能训练与创新能力的, 在真实的工程训练环境下由企业技术人员指导学生掌握主要工种的实践操作技能, 这对机电专业学生今后参加大学生工程训练综合竞赛起着重要的作用; 专业实习: 是培养学生实践能力、工程能力和职业素养的一个非常重要的教学环节, 在企业员工的指导下进入生产现场顶岗实习, 掌握工业机器人的基础知识和典型机电技术, 熟悉控制程序的编写、运行调试等, 使学生将专业知识融会贯通, 理论与实践相结合, 同时还增强团队合作意识和人际交往能力, 全面提升学生的工程素质, 帮助学生尽早融入社会。

4) 创新层: 重点培养学生的综合实践能力、科研能力和创新创业能力。

在前期学生的创新思维和创新设计能力培养的基础上, 本阶段以毕业设计为主, 结合学科竞赛、创新训练和科研训练等, 着力提升实践能力和创新创业能力。毕业设计: 采用开放式选题, 题目可来源于工程企业、教师科研项目或自拟, 重在提高学生知识综合运用能力和创新能力, 使其具有独立从事工程技术工作的能力; 科研训练: 培养学生面向工程应用的思维方式和工作方法, 促使学生在系统性实践过程中学习与运用专业知识, 独立分析、解决遇到的各种实际问题; 学科竞赛和创新训练项目: 进一步增强学生解决问题的综合能力以及自主创新能力、团队协作沟通能力等, 职业技能培训: 组织学生参加实践技能培训考试并取得相应的职业技能证书, 在真实经济社会环境中提升职业能力和职业素养。

从图 2 看出, 该实践教学体系的结构层次分明, 每层次都有明确的实践教学目标和内容, 以及学生应该掌握的理论知识和实践技能, 实践教学内容既与理论课程体系联系紧密又相对独立, 实践教学项目相互衔接、相互连贯, 能力培养逐层递进, 符合我校创新应用型机电专业人才培养的定位要求。

3.3 凝练机电专业特色方向的实践课程结构

通常, 课程实践教学是工科类专业实践教学体系中的主体, 对培养学生专业核心能力具有重要作用^[15]。结合机电专业人才培养目标要求, 建立实践课程结构如图 3 所示。可见, 实践课程内容广泛, 采用模块化方式融合机器人方向的知识 and 技能, 不仅使机电专业课程知识更加坚实, 还多方位拓展了知识面, 覆盖了机械、电子、控制、智能技术等学科的专业基础知识, 体现了“宽厚专业知识”的指导思想。

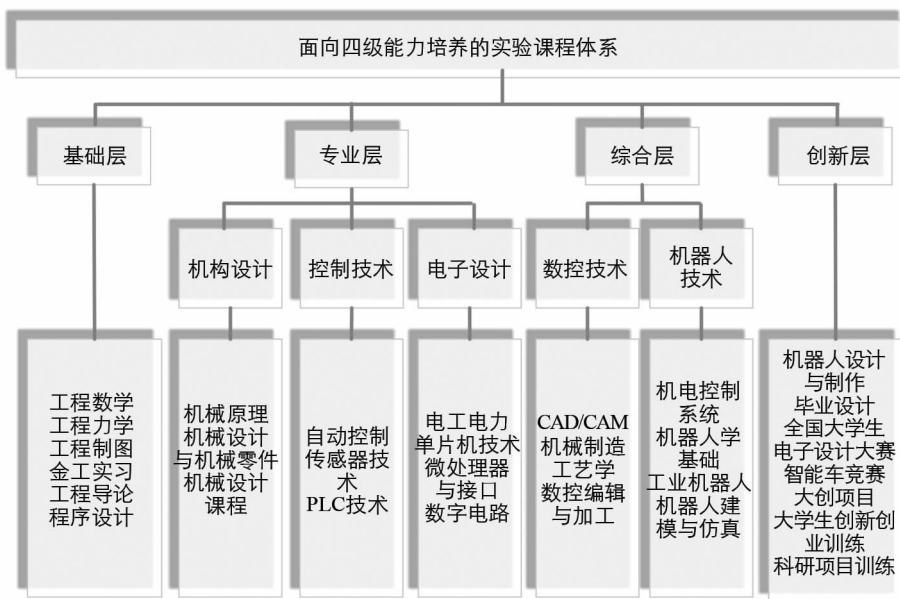


图 3 实践课程结构

在图 3 中, 基础层为大一学生设计, 主要培养学生掌握工科专业基础知识和基本理论; 专业层为大二学生设计, 通过机械设计、控制技术和电子设计 3 个课程模块培养学生掌握机械电子工程专业核心知识; 综合层为大三学生设计, 除了包括数控技术培养模块之外, 还引入智能方向的知识 and 技能, 建立面向智能制造的机器人技术培养模块, 既帮助学生巩固专业基础理论知识, 又深入掌握相应专业方向的知识与技能; 创新层为大四学生设计, 通过毕业设计和各类覆盖专业能力的竞赛活动帮助学生将所学过的专业基础理论和知识融会贯通, 培养综合运用专业知识解决实际问题的能力。

3.4 基于 OBE 的课程实践教学模式

传统课程实践教学模式通过定义实践教学的培养目标及任务进行教学, 没有针对专业核心能力培养设

计实践教学内容. OBE(Outcomes based Education) 是一种基于学习产出为导向的教育模式,在欧美等国家教育改革中得到认可和采纳^[13]. 该模式核心理念是以学生预期学习成果为目标导向来组织、实施和评价教育活动,其课程设计模型如图 4 所示.

OBE 模式下教学目标(预期学习成果)要先于教学内容而清晰存在,反向设计合适课程活动以及相关评价体系来达成学习成果. 可见, OBE 教育模式强调学生的主体作用,聚焦学生通过学习应能达成的最终学习成果和真正具备的能力,这可为高校创新应用型人才培养提供有效支撑.

本文遵循 OBE 教育理念提出的课程实践教学实施方案如图 5 所示.



图 4 基于 OBE 的教育模式模型

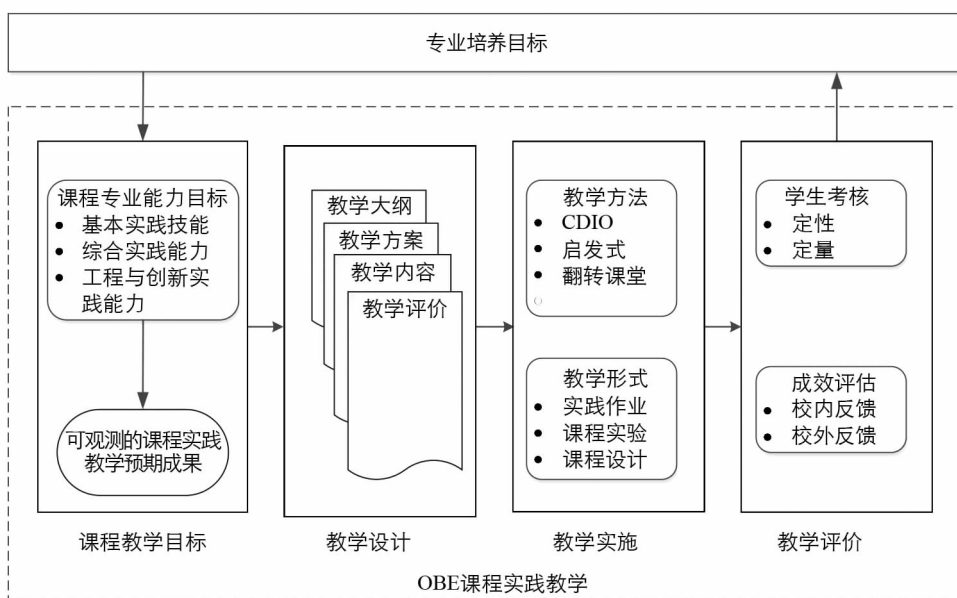


图 5 基于 OBE 实践教学实施方案

1) 课程教学目标

依据课程在专业培养实践教学体系中的定位,以及课程间相互支撑关系,明确课程培养目标及专业能力目标,并由此转化为可观测的课程实践教学预期学习成果.

2) 教学设计

以预期学习成果为导向,反向设计课程的实践教学活动内容,包括课程实践的教学大纲、教学内容和评价方式等,保证通过实践课程内容学习能够达成预期学习成效.

3) 教学实施

针对课程不同层次专业核心能力的培养目标,采用多样化的教学方法组织和管理教学活动,如基本实践技能采用任务导向法、翻转课堂的方法进行培养,工程与创新实践能力采用 CDIO 工程教育方法^[16]、PBL^[17]项目式教学方法进行培养,逐层递进培养学生的各种专业能力.

4) 教学评价

依据课程的预期学习成果,采用过程评价和结果评价相结合的方式评定学生的最终学习成果.同时,

结合校内同行教师和校外用人单位的反馈信息,提出课程实践教学质量持续改进的方案。

4 实施效果

通过近年来的教学研究与改革,我校构建的创新应用型机电专业人才培养实践教学体系能够适应当前经济转型升级对人才的需求,学生的专业知识面更广,知识运用能力和创新能力更强,综合素质得到极大提升。近 3 年来,学生踊跃参加各种学科竞赛,如全国大学生机器人“RoboMaster”竞赛、“恩智浦”杯智能汽车竞赛、“挑战杯”课外学术科技作品竞赛、电子设计竞赛、“IT”杯电子设计竞赛等,获奖人数逐年增加(表 1)。同时,学生还积极参与各类科研项目,以第一作者公开发表论文 6 篇,参与申请专利 4 项。随着学生实践能力的不断提升,毕业生的就业率明显提高,总体就业率达 98%,受到了用人单位的认可。

表 1 机械电子专业学生学科竞赛获奖统计

年份	国家级奖	省级奖	校级奖	合计
2017		3	6	9
2018	1	7	10	18
2019	3	11	15	29

5 结 语

在高校人才培养的过程中,实践教学体系是培养学生综合素质、实践能力和创新创业能力的重要途径。当前,我国正处于经济转型升级的重要时期,地方本科院校需要加强实践教学,适应经济发展对高素质应用型人才的需求。成都信息工程大学积极开展教育教学改革,在顶层设计主导下构建实践教学体系、优化实践课程结构和改进实践教学方法,取得丰硕成果。近 3 年实践结果表明,学生实践能力和就业率有了明显提高,实践教学改革在创新应用型人才培养方面发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] 杨学义. 提升大学创新能力,服务国家战略大局 [J]. 中国高教研究, 2010(3): 60-61.
- [2] 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): 1-9.
- [3] 孔繁森,王 瑞. 实践教学体系的框架模型研究 [J]. 高等工程教育研究, 2017(5): 135-139.
- [4] 孙爱东. 系统论视域下工程教育实践教学体系的构建 [J]. 中国成人教育, 2017(2): 97-101.
- [5] 解继红,杜 勇,曲晓华. “中国制造 2025”视域下机械制图“三位一体化”教学改革研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(8): 139-143.
- [6] 李德毅,马 楠. 智能时代新工科——人工智能推动教育改革的实践 [J]. 高等工程教育研究, 2017(5): 8-12.
- [7] 王晓民,李妙然. 基于创新创业导向的高校实践教学体系研究 [J]. 中国成人教育, 2016(16): 96-99.
- [8] 吕 铁,韩 娜. 智能制造:全球趋势与中国战略 [J]. 人民论坛·学术前沿, 2015(11): 6-17.
- [9] 魏 诚. 智能制造的内涵、技术路径与实现 [J]. 现代工业经济和信息化, 2018, 8(7): 40-41,44.
- [10] 葛耀峥,杨灿军,王庆丰,等. 发展高素质机电工程综合人才战略的实验教学研究 [J]. 教育教学论坛, 2012(39): 263-264.
- [11] 刘 俊,汪 焯,杨惠勤,等. 基于工程项目的机电一体化综合实验教学研究 [J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 128-130.
- [12] 郭联金. 智能制造背景下机电专业实训室的升级改造 [J]. 实验技术与管理, 2018, 35(9): 158-161,231.
- [13] 赵 健,范士杰. 基于 OBE 理念的高校工程教育实践教学模式创新研究 [J]. 高教学刊, 2018(20): 32-34.
- [14] 廖子鉴,席成斌,巩文明. 智能制造行业创新发展的税收政策探析——以四川省为例 [J]. 税收经济研究, 2018, 23(4): 51-56.
- [15] 时 伟. 论大学实践教学体系 [J]. 高等教育研究, 2013, 34(7): 61-64.

[16] 顾佩华, 沈民奋, 李升平, 等. 从 CDIO 到 EIP-CDIO——汕头大学工程教育与人才培养模式探索 [J]. 高等工程教育研究, 2008(1): 12-20.

[17] 刘景福, 钟志贤. 基于项目的学习(PBL)模式研究 [J]. 外国教育研究, 2002, 29(11): 18-22.

Research on Practice Teaching System of Mechanical and Electrical Specialty for Intelligent Manufacturing

YAN Han-bing, YAO Lan, QIN Dong-xing, WEI Ze-feng

College of control engineering, Chengdu University of information engineering, Chengdu 610225, China

Abstract: For the demand of the talents majoring in mechanical and electronic in the process of upgrading and optimization of the intelligent manufacturing industry and orientation of local engineering colleges, the necessity of the reconstruction of the practical teaching system has been analyzed, and the practical teaching framework model been established from the perspective of the system theory. On this basis, the practice teaching system has been constructed with the education of engineering practice ability and innovation and entrepreneurship ability as the main line, and the practice course structure with professional characteristics been established by means of the integration of the main courses of mechanical and electrical specialty with robot technology knowledge. Then based on the teaching concept of outcome-oriented education (OBE), the course practice teaching method has been designed to ensure the students achieve the different levels of professional core ability. By the construction of the practical teaching system, the practical innovation ability of the students has effectively been improved, the quality of the electromechanical talents training is promoted continuously, which is provided the foundation for education of innovative and applied electromechanical talents.

Key words: intelligent manufacturing; mechatronics; engineering practice; innovation and entrepreneurship

责任编辑 汤振金