

# “控制理论综合训练”课程质量反馈与持续改进实践

毛海杰<sup>1,2,3</sup> 蒋栋年<sup>1,2,3</sup> 苏敏<sup>1,2,3</sup>

- (1. 兰州理工大学电气工程与信息工程学院, 兰州 730050;  
2. 甘肃省工业过程先进控制重点实验室, 兰州 730050;  
3. 兰州理工大学电气与控制工程国家级实验教学示范中心, 兰州 730050)

**摘要** 工程教育专业认证背景下, 为保障学生实践能力培养与工程素质提升, 在深入贯彻成果导向教育(OBE)教学理念的同时, 针对新开设的“控制理论综合训练”课程, 为收集和了解学生对该课程的意见和建议, 以便做好持续改进, 设计了问卷调查。基于问卷调查结果分析及课程目标达成情况分析, 并结合指导教师座谈等质量反馈途径, 探讨了对于“控制理论综合训练”这一实践类课程, 从教学内容、教学方法、考核和管理方式等方面的持续改进措施, 以便更好地发挥该课程在自动化类专业学生实践与创新能力培养中的作用。

**关键词:** 控制理论; 综合训练; 问卷调查; 教学改革

## Quality feedback and continuous improvement practice of “comprehensive training in control theory” course

MAO Haijie<sup>1,2,3</sup> JIANG Dongnian<sup>1,2,3</sup> SU Min<sup>1,2,3</sup>

- (1. College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050;  
2. Key Laboratory of Gansu Advanced Control for Industrial Processes, Lanzhou 730050;  
3. National Demonstration Center for Experimental Electrical and Control Engineering Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050)

**Abstract** In the context of professional certification in engineering education, to ensure the cultivation of students' practical abilities and the enhancement of engineering qualities, while deeply implementing the outcome based education (OBE) teaching philosophy, a questionnaire survey is designed for the newly established course “comprehensive training in control theory” to collect students' opinions and suggestions. Based on the analysis of survey results and the achievement of course objectives, combined with quality feedback channels such as discussions with instructors, this paper discusses continuous improvement measures for the practical course “comprehensive training in control theory” in terms of teaching content, teaching methods, assessment, and management. The aim is to better leverage the role of the course in cultivating practical and innovative abilities of students majoring in automation.

**Keywords:** control theory; comprehensive training; questionnaire survey; teaching reform

## 0 引言

在当今快速发展的工程技术领域, 随着对控制工程类人才需求的日益增长, 自动化专业人才培养要求愈来愈高<sup>[1-2]</sup>。课程教学是人才培养的关键环节

之一, 持续开展课程建设与改革, 以适应不断发展变化的人才需求十分必要。在各类教学环节中, 实践类课程作为培养学生创新能力、团队合作能力、交流与沟通能力等不可或缺的重要组成, 在人才培养中占据重要地位。尤其在工程教育专业认证背景

下,开展实践类课程教学改革,对培养适应社会发展需求的高素质工程技术人才具有重要意义<sup>[3-6]</sup>。

我校自动化专业作为具有深厚历史底蕴、长久办学积淀的老牌专业,多年来十分注重学生实践与创新能力的培养,已在2018年首次通过了工程教育专业认证。为持续贯彻“成果导向”“以学生为中心”“持续改进”核心理念,在培养方案修订、课程群建设与实践课程改革等方面,做了大量工作。“控制系统计算机仿真”课程作为我校自动化专业的一门专业必修课,已有20余年的历史,期间为适应不同培养目标的需求,与培养计划调整相一致,对该课程进行了数次改革。

伴随着自动化新技术的不断发展,为适应新形势下自动化专业人才培养目标,通过深入调研东北大学、浙江大学等国内重点高校关于该课程的授课内容与方式,结合我校自动化专业学生的基础等实际情况,经课程组集体讨论,在2021版培养方案中,将“控制系统计算机仿真”课程修订为“控制理论综合训练”,时间为2周。修订后的课程突出内容的综合性、复杂性与实践性,作为“控制理论与工程实践”课程群建设的一部分,以学生能力培养为重点,进一步深入贯彻成果导向教育(outcome-based education, OBE)理念,增强课程之间的衔接度。修订后的课程目标为:“1. 依据性能指标要求,具备设计常规控制器并对其进行优化的能力;2. 掌握仿真软件的基本使用方法,掌握数值仿真的基本算法及程序实现,具备利用仿真工具分析线性连续、离散及非线性等复杂控制系统性能的能力,并能理解其局限性;3. 能够将设计工作整理成条理清晰、逻辑严谨、内容全面的科技报告,并清晰表达、交流顺畅,具备良好的文字表达、口头交流与沟通能力”。对毕业要求的支撑主要体现在设计/开发解决方案中的控制器设计与参数优化(对应毕业要求3.4)、利用现代工具完成控制工程项目的预测、模拟与仿真(对应毕业要求5.3),以及有效沟通交流自动化工程问题的能力(对应毕业要求10.1)。

2024年春季学期是“控制理论综合训练”课程开设的第一年,为保证教学质量,及时了解学生需求,以及指导教师的经验和做法,在训练结束后,除了开展常规的课程目标达成情况分析外,课程组设计问卷调查,并开展教师座谈,以收集学生和教师对课程的反馈信息。本文对反馈信息进行分析,并据此提出改革措施,以期为后续课程的持续改进提供依据和方向。

## 1 课程首轮执行情况

依据综合训练的实践性要求,在课程开始前,指导教师需要提前撰写任务书,并提交课程组审核,课程组主要从设计内容、任务难易度、工作量等方面对设计题目把关。审核通过后,综合训练课程执行过程中,在教师的指导下,学生以小组为单位,通过论证并拟定系统控制方案、建立系统的数学模型并简化、控制器设计与参数调试及控制系统性能分析等过程,分工合作,最终完成项目任务。在这一过程中,需要学生综合运用所学知识,进行问题分析,设计开发解决方案,使用现代工具进行仿真设计,并在团队合作中锻炼沟通和表达能力,激发创新思维。

2024年春季学期,作为执行2021版培养方案的第一年,为保证教学质量,课程组首先在原有教师团队的基础上,依据课程之间的关联关系,扩充了由“自动控制原理”和“现代控制理论”任课教师构成的师资队伍,共计13名指导教师,确保平均每位教师指导2~4组,每组3~5人。在训练题目的选择方面,选取与学生日常生活密切相关或工业生产中常见的且体现一定复杂性、高阶性和时代性的工程案例,如机械臂、汽车悬挂系统、电动助力转向系统、四旋翼飞行器、无人车编队等,加强学生创新与团队协作能力培养,提高学习兴趣。

同时,在学生的管理方面,采用集中+分散相结合的指导方式,即每个单元均安排固定的值班教师,同时,各位指导教师在值班之余,至少参加2~4次/周的集中指导,以及时解决学生疑惑或问题。

经过师生共同努力,首轮教学任务圆满完成,但由于此次为第一年执行该课程教学,因而有必要对教学内容和教学方法、教学手段等进行及时客观的总结,以便为下一年的持续改进做好准备。为此,课程组分别开展问卷调查、课程目标达成情况及指导教师座谈等工作,以期从不同层面对教学过程进行评价和反馈。将不同渠道的评价结果作为促进下一轮教学质量持续改善的重要依据,真正落实以学生为中心、以产出为导向、持续改进的工程教育理念。

## 2 问卷调查内容设计与结果分析

### 2.1 问卷调查的内容设计

问卷调查内容主要包括选题、设计内容、管理与指导方式、课程目标达成4个维度,涵盖学生对

课程内容的兴趣度、课程的实际应用价值、任务难度、理论知识掌握情况、对最新控制算法的兴趣、课程内容的满意度、教师指导方式、组织管理、学习资源需求、综合训练能力提升等多个方面, 问卷采用客观题和主观题形式, 确保调查全面深入。其中, 参与本次问卷调查的学生人数为 111 人, 参与率为 58%。

## 2.2 关于选题的问卷调查结果分析

选题方面, 主要给出对课程兴趣度、应用价值及满意度 3 个问题。关于选题的问卷调查结果如图 1 所示。

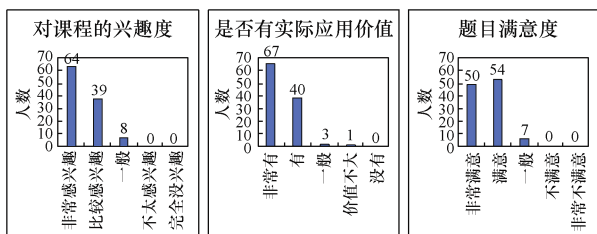


图 1 关于选题的问卷调查结果

调查结果显示, 对本次综合训练的主题和内容感兴趣的学生比例较高, 其中 57.66% 的受访者选择“非常感兴趣”; 超过 96% 的受访者认为综合训练的内容具有实际应用价值 (其中认为非常具有应用价值的占比 60.36%, 认为具有一定应用价值的占比 36.04%); 超过九成的受访者对本次训练的主题和内容表示满意或非常满意。

## 2.3 关于设计内容的问卷调查结果分析

在设计内容方面, 主要设计了对拓展内容的兴趣、任务难度、内容是否符合期待及最有趣或最有收获内容 4 个单选题。关于设计内容的问卷调查结果如图 2 所示。

通过分析问卷结果可以看出, 在对拓展内容的兴趣方面, 大多数受访者对学习最新的控制算法 (如机器学习等) 并加以应用表示有兴趣或非常有兴趣; 绝大多数受访者认为综合训练的任务难度比较大, 但经过几天的学习后可以了解和掌握; 在问及设计内容是否符合期待时, 98.2% 的学生给出肯定的答案; 在调查最有趣或最有收获的内容时, 选择控制器设计与分析的学生占比最高。

在关于综合训练内容哪些部分需要改进的主观问卷中, 学生给出“可以设计一些进阶任务, 在完成基础训练的前提下可以学习新的知识, 有助于了解和当前的前沿控制策略, 提高同学们对控制的热爱和归属感; 更贴合现代工业要求, 用更新颖

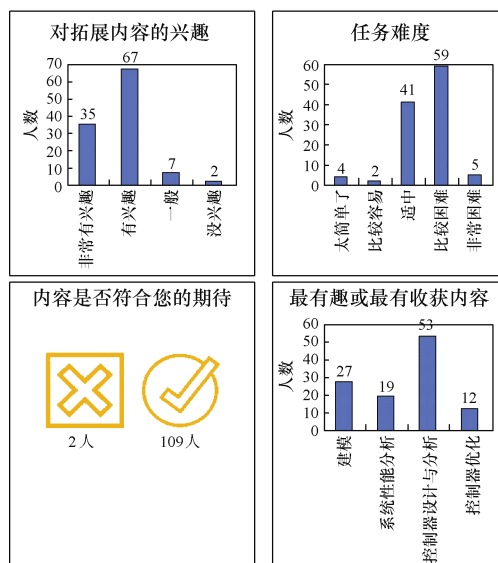


图 2 关于设计内容的问卷调查结果

的题材与技术; 在课题方面, 自己选取比较好; 允许控制方法的多样性”等诸多非常有价值的建议。

## 2.4 关于教学管理和指导方式的问卷调查结果分析

在教学管理和指导方式方面, 主要设计对教师指导方式满意度、组织和管理方式, 以及时间安排 3 方面问题。关于教学管理和指导方式的问卷调查结果如图 3 所示。

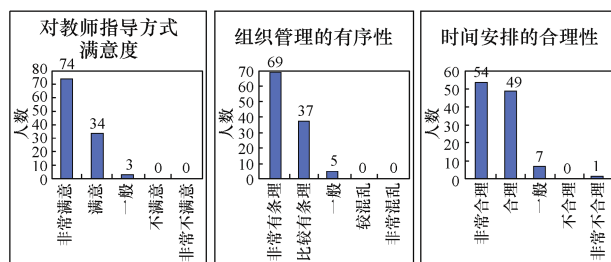


图 3 关于教学管理和指导方式的问卷调查结果

根据数据分析, 超过三分之二的受访者对教师的指导方式表示非常满意; 大多数受访者 (62.16%) 认为综合训练的组织和管理非常有序; 绝大多数 (92.79%) 认为综合训练时间安排在合理范围内。

可以看出, 学生对综合训练的组织和管理整体是满意的。在对此方面有何意见和建议的主观问卷中, 有学生给出“本次训练的场地因为各种原因, 显得很无序, 安排到课设教室会更好; 可以分次分批管理; 实操性加强; 希望加强团队合作方面考察; 每个教师的要求尽量做到统一; 小组 2~3 人最好”等很多有价值的参考, 这也是在下一轮的教学过程中需要重点改进和落实的内容。

## 2.5 关于课程目标达成情况的问卷调查结果分析

本部分主要针对综合训练所对应的3个课程目标, 希望从学生角度得到对课程目标达成情况的主观感受和评价, 以此作为课程目标整体达成情况的重要评价要素之一。关于课程目标达成情况的问卷调查结果如图4所示。

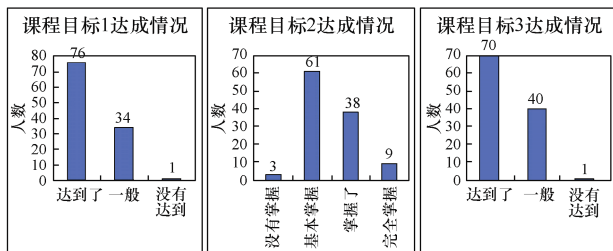


图4 关于课程目标达成情况的问卷调查结果

调查数据显示, 有68.47%的受访者认为通过本课程的训练掌握了课程目标1所要求的能力; 超过90%的受访者认为自己在本课程的训练中掌握了仿真软件的基本使用方法; 对于课程目标3, 约63%的学生认为达到了课程目标, 而36%的学生回答一般, 表明这部分学生对课程目标3的达成情况不是很满意, 且有1位学生回答没有达到。

## 3 课程目标达成情况评价与分析

为定量评价课程目标达成情况, 按惯例在成绩上报后, 及时开展课程目标达成情况评价。依据“控制理论综合训练”课程的特点及教学目标, 采用基于定性+定量、形成+终结的多维综合测评方式。其中, 形成性评价(占比75%)主要包括设计态度、独立性及出勤率(10%)、各阶段工作完成情况(20%)、设计质量(25%)及说明书质量(20%); 终结性评价主要指答辩(25%)。最终, 将上述5部分成绩相加得到总成绩, 并将其转化为五级制上报。

经统计, 2024春自动化专业修读本课程的学生共计195名, 其中192名学生参加了本课程学习且获得了有效成绩, 3个课程目标达成结果分别为0.7988、0.7946和0.8165。可见, 课程目标全部达成, 且较为均衡。相对而言, 课程目标2达成结果较低, 这与问卷调查结果(3个课程目标未达成人数分别为1、3、1)基本一致。

## 4 持续改进措施

基于学生问卷调查结果的分析, 以及课程目标达成情况分析, 同时结合课程组内指导教师座谈与

教学反思等, “控制理论综合训练”课程目前仍需要在以下方面进行持续改进。

### 4.1 选题内容的深度更新与优化

在下一年度的综合训练中, 围绕学生感兴趣的主题和内容展开, 在继续保持训练内容质量的基础上, 考虑增加互动性和实用性更强且具有时代特性的选题内容, 同时结合新的软件工具, 跟上技术发展步伐, 提升控制器设计的水平和效果, 以改进课程目标2的达成情况。例如, 在控制器设计过程中, 采纳学生提出的“用更新颖的题材与技术”的建议, 可以采用如Python等软件开展基于机器学习的控制器设计等, 以加强对最新控制算法的学习和应用; 在被控对象的类型方面, 考虑到本年度的题目多以运动控制为主, 结合本专业特色, 可以增加具有大惯性特点的过程控制, 以及与此特点相关的新型控制器, 提高课程的前瞻性和实用性, 注重实际应用价值的提升。

同时, 随着题目数量增多, 建立并完善由简到难的分级选题项目库。学生可根据自身基础和兴趣不同, 自主选择训练题目, 以适应学生差异化需求, 做到因材施教, 提高学生的参与度和成就感。

### 4.2 指导方法的创新与多元化

在落实“以学生为中心”的工程教育理念过程中, 作为典型的实践类课程, 有必要相对弱化“教与学”的传统教学方式, 强化“研究-讨论-设计-实施”的探究式教学过程, 提高学生的能力获取与固化, 培养学生的交流能力和团队合作精神。其中, 指导教师作为主导的关键, 可根据不同小组的进度, 适时参与学生的讨论与设计过程, 并就其中存在的问题, 给予及时的引导。同时, 给定任务书时, 规定训练过程以项目方式进行, 即需要开展项目方案论证、设计和实施过程, 并能及时记录这一完整过程, 整理成规范的科技文档。因此, 指导过程可采用项目导向指导方法, 遵循由简到难的知识获取规律, 通过设置一些基础和进阶任务, 使学生在学习过程中形成闯关意识, 激发学习兴趣。教师可根据任务完成情况, 及时记录评价, 便于后期开展形成性评价。

另外, 拟邀请具有丰富实践经验的企业导师参与课程指导。企业导师可以为学生带来最新的行业动态和技术需求, 使学生的训练过程更贴近实际工程应用。例如, 企业导师可以参与项目方案论证、设计评审等环节, 为学生提供专业的指导意见。这

种校企合作的指导模式，能够增强学生的工程实践能力和就业竞争力。

#### 4.3 基于过程的形成性评价机制的强化与完善

形成性评价作为教学过程中不可缺少的重要一环，能够提供反馈以调整正在进行的教、学过程，为教师和学生的讲授与学习方式改进提供依据，直接影响学生的学习习惯、学习效果及教师的教学方式。作为双向的“教—学”动态过程，在考核评价设计上，有必要设计多个阶段性考核项目，项目彼此之间有清晰的、递进的关系，互相支撑，有机融合，构成一个完整的能够指向课程教学目标的考核评价体系<sup>[7-12]</sup>。

基于这一思想，在实施 OBE 理念过程中，结合训练内容的项目式特点，更新传统的评价方式，强化过程考核与管理，注重形成性评价，引入工程项目验收的考核方式，通过阶段考核、小组讨论、项目报告等方式，评价学生的学习效果。例如，基于设计内容和设计进展，可分别从对象建模、对象性能分析、控制器设计及控制系统性能分析 4 个进阶训练过程，开展相应的评估考核。同时，在每一个过程中，还应包括对相应设计内容文档的及时撰写、记录与整理，以督促和引导学生关注每一训练环节的进展和收获。

此外，在评价主体方面，可引入学生自评与互评机制，鼓励学生进行自我评价和相互评价。学生自评可以帮助学生反思学习过程，发现自身的优点和不足；学生互评可以促进学生之间的交流与合作，提高学生的评价能力和团队协作精神。通过引入学生自评与互评机制，增强学生的主体意识和责任感，提高评价的公正性和客观性。

#### 4.4 教学资源的丰富与拓展

结合综合训练课程的实践性特点，在原有线上资源的基础上，开发整合更多的线上教学资源，如案例库、仿真软件教程等，学生可以根据自己的学习进度和需求，随时访问和学习这些资源。例如，可提供仿真软件基本使用方法的相关学习视频或文档等资料，帮助学生快速掌握软件的使用方法；收集和整理经典的控制工程案例，为学生提供丰富的实践参考。线上教学资源库的建设，能够为学生提供更加便捷和高效的学习支持。

另外，进一步加强实验室的硬件建设和软件配置，配合实验室已在执行的自主预约开放制度，学生可以在实验室进行实际的控制器调试和系统性能

测试，将仿真结果与实验结果进行对比分析，实现虚实结合，提高学生的动手实践能力。

#### 4.5 结合改进措施的教学案例设计

基于上述改进措施，并采纳学生在问卷调查中提出的“用更新颖的题材与技术”的建议，在 2025 年春季学期，增加了“基于 Python 多无人车建模及轨迹跟踪控制策略研究”综合训练题目。该训练任务要求为：①通过分析当前的无人车系统，在忽略机身弹性震动、地面效应、气流影响等因素情况下，建立单无人车的动力学模型；②设计适于多无人车的轨迹规划与跟踪控制算法；③利用 Python 实现无人车的轨迹跟踪控制算法验证。

针对这一训练题目，通过对任务要求进行细分，明确各子任务对应的课程目标及完成时间节点，教师依据任务完成进度与质量，给出相应的成绩，作为平时成绩的一部分，在加强过程管理的同时，强化基于过程的形成性评价机制实施。任务要求与进度安排见表 1。

表 1 任务要求与进度安排

任务内容	支撑目标	时间	任务进度与完成质量
单无人车的动力学建模	目标 1	2 天	
轨迹规划与跟踪控制器设计	目标 1	3 天	
Python 编程与调试	目标 2	3 天	
文档撰写与答辩	目标 3	2 天	

## 5 结论

通过对“控制理论综合训练”课程的问卷调查分析，以及课程目标达成情况评价，本文探讨了课程在教学内容、教学方法、考核和管理方式、教学资源等方面的持续改进措施，并结合改进措施，设计了新的教学案例。这些措施旨在提高教学质量，满足学生的学习需求，培养具有实践能力和创新精神的工程技术人才。未来的工作将进一步探索和实践这些改革措施，以期达到更好的教学效果。

#### 参考文献

- [1] 刘坤, 陈桂, 石建全, 等. 工程教育认证背景下自动化专业建设改革与课程体系优化探索[J]. 中国电力教育, 2024(4): 56-57.
- [2] 王珠, 岳元龙, 师光洁, 等. 自动化专业建设质量检测与评估机制的研究[J]. 教育教学论坛, 2024(29): 13-16.

- [3] 朱娟娟, 贺王鹏, 郭宝龙. 新工科电气电子类课程改革与实践: 以“信号与系统”为例[J]. 电气技术, 2024, 25(10): 72-78.
- [4] 霍鑫, 岳明潭, 弭宝涵, 等. 自动化专业实验创新平台设计与教学研究[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(6): 42-46.
- [5] 李建雄, 呼忠权, 马锴, 等. 地方高校自动化专业创新实践平台建设[J]. 教育信息化论坛, 2024(1): 99-101.
- [6] 高东, 吴重光, 李大宇, 等. 化工背景自动化专业实践类课程智能化教学方法研究与实践[J]. 高等工程教育研究, 2024(2): 97-103.
- [7] 申富媛, 李炜, 刘微容, 等. “自动控制原理”课程目标达成度统计分析持续改进[J]. 电气技术, 2023, 24(1): 65-69, 75.
- [8] 史敬灼. 工程教育专业认证背景下的形成性评价[J]. 电气技术, 2022, 23(10): 59-66, 85.

(上接第 50 页)

- [8] 李伟哲, 张凯. 工程认证标准分析及实践体系建设建议[J]. 沈阳工程学院学报(社会科学版), 2022, 18(2): 107-111.
- [9] 何云龙, 陆小力, 段小玲, 等. 大学生物联网技术课程改革与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(25): 147-151.
- [10] 蔡小庆, 孙颖. 基于产教融合的物联网人才培养模式探索[J]. 电子质量, 2024(10): 110-114.

(上接第 55 页)

- 分析》课程思政的建设与探索[J]. 产业与科技论坛, 2024, 23(22): 164-167.
- [8] 鲜龙, 陈伟, 郭群, 等. 专业认证背景下“电力系统分析”思政建设[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45(6): 82-85.
- [9] 石赛美, 王晓芳, 黄肇. 校企合作人才培养模式下课程实践教学改革创新: 以《电力系统分析课程》为例[J]. 教育教学论坛, 2016(48): 27-28.
- [10] 朱娟娟, 贺王鹏, 郭宝龙. 新工科电气电子类课程

- [9] 龙璇, 段斌, 柯其聪. 基于学情混杂控制的课程质量评价持续改进模式研究[J]. 电气技术, 2022, 23(10): 67-73.
- [10] 梁洪, 丛山, 马骏, 等. 工科高校学院教学质量监控与保障体系设计: 以自动化专业为例[J]. 创新创业理论研究与实践, 2024, 7(15): 1-4.
- [11] 孙晶, 刘新. 过程性评价、形成性评价与终结性评价教学实践[J]. 高等工程教育研究, 2024(4): 94-100.
- [12] 曹飞. 形成性评价前沿动向及借鉴[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2024, 23(2): 87-96, 116.

收稿日期: 2024-12-23

修回日期: 2025-03-11

作者简介

毛海杰(1978—), 女, 内蒙古赤峰人, 博士, 副教授, 主要从事控制理论、动态系统故障诊断与容错控制等相关教学和科研工作。

- [11] 徐延强. 项目教学法在物联网课程中的教学实践研究[J]. 办公自动化, 2024, 29(10): 22-24.

收稿日期: 2024-12-24

修回日期: 2025-02-26

作者简介

王威鹏(1986—), 男, 博士, 教授, 主要从事电子信息工程、阵列信号处理、通感一体化方向的教学和科研工作。

改革与实践: 以“信号与系统”为例[J]. 电气技术, 2024, 25(10): 72-78.

- [11] 贲彤, 陈龙. 融入课程思政理念的电工学教学改革探索与实践[J]. 电气技术, 2024, 25(1): 48-51.

收稿日期: 2024-12-23

修回日期: 2025-02-19

作者简介

王荔芳(1976—), 女, 硕士, 教授, 主要从事电力系统分析与控制、高电压与绝缘的教学与研究工作。