

电力系统分析课程改革研究与实践

王荔芳 刘庆雪 黄 钺
(昆明学院机电工程学院, 昆明 650214)

摘要 电力系统分析作为电气工程学科的核心课程, 其教学内容与毕业要求须紧跟能源转型与智能电网的新趋势。本文基于工程教育专业认证的成果导向教育(OBE)理念, 剖析当前课程教学在培养学生能力方面存在的问题, 阐述教学改革的具体实施过程、实现效果及持续改进措施。通过完善课程设置、更新教学内容、强化实践环节、促进跨学科融合及采用新型教学方法等手段, 全面提升课程教学质量与人才培养水平, 为电气工程及其自动化专业的课程改革提供有力参考, 助力培养适应未来电力行业发展的高素质专业人才, 推动学科与行业的共同进步。

关键词: 电力系统分析; 教学改革; 课程目标; 课程设置; 成果导向教育(OBE)理念

Research and practice of power system analysis curriculum reform

WANG Lifang LIU Qingxue HUANG Yue

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University, Kunming 650214)

Abstract As the core course of electrical engineering, power system analysis needs to keep up with the new trend of energy transition and smart grid. Based on the outcome based education (OBE) concept of engineering education professional certification, this paper analyzes the problems existing in the current curriculum teaching in cultivating students' abilities, and elaborates on the specific implementation process, implementation effects, and continuous improvement measures of the teaching reform. Through means such as improving curriculum settings, updating teaching content, strengthening practical aspects, promoting interdisciplinary integration, and adopting new teaching methods, the teaching quality and talent training level of the curriculum are comprehensively improved, providing a strong reference for the curriculum reform of electrical engineering and automation, helping to cultivate high-quality professionals who can adapt to the development of the power industry in the future, and promoting the common progress of disciplines and industries.

Keywords: power system analysis; teaching reform; curriculum objectives; curriculum design; outcome based education (OBE) concept

0 引言

随着全球能源结构的深刻变革和智能电网技术的迅猛发展, 电力系统作为能源转换、传输与分配的关键环节, 正面临着前所未有的机遇与挑战。作为电气工程学科的核心课程, 电力系统分析在培养学生掌握电力系统基本原理、运行分析及设计方法等方面发挥着重要作用。然而, 在工程教育专业认证的背景下, 基于成果导向教育(outcome based education, OBE)理念审视当前电力系统分析课程教学, 发现存在一些亟待解决的问题, 这些问题制约

着学生能力的培养和课程目标的达成, 难以满足当前及未来电力行业对复合型、创新型专业人才的需求。

鉴于此, 对电力系统分析课程进行深化改革, 不仅是提升教学质量、培养适应行业发展需求的高素质人才的内在要求, 也是推动电气工程学科与行业共同进步的重要途径。近年来, 多位学者对电力系统分析课程的教学改革进行了深入探索和实践^[1-3], 旨在提升课程的教学质量和学生的综合能力。本文基于OBE理念, 深入剖析当前电力系统分析课程的教学现状, 明确存在的问题与挑战, 并结合新能源、智能电网等领域的最新发展动态, 以及行业对人才

的具体需求,提出一系列具有针对性和前瞻性的教学改革措施,并阐述改革的实施过程、效果及持续改进措施。

1 教学现状分析

1.1 教学内容与存在的问题

按照工程教育专业认证的 OBE 理念,目前电力系统分析课程教学在培养学生解决复杂工程问题能力、创新能力和实践能力方面存在一定问题,影响学生毕业要求中相关能力指标的达成。电力系统分析课程目前侧重于传统内容,如基本结构、潮流计算、短路及稳定性分析,为学生奠定了理论基础。然而,面对新能源技术、智能电网等新兴领域的快速发展,课程内容显得滞后,未能充分反映行业前沿动态,导致教学与实际需求脱节。这一问题已引起教育界的广泛关注,张弦等^[4]通过教学改革实践验证了内容更新的必要性。此外,课程偏重理论教学,实践环节相对不足,学生难以将所学知识应用于实际情境,影响了其动手能力和问题解决能力的培养。同时,跨学科融合的缺失限制了学生的视野和综合素质的提升,难以满足电力行业对多元化、复合型人才的需求。因此,亟须更新教学内容,加强实践环节,促进学科交叉融合,以更好地适应电力行业发展的新趋势和人才培养的新要求。

需要说明的是,上述目前教学理论与实践脱节,并非否定过去所有教学工作,而是指在当前行业快速发展的背景下,现有教学中实践环节的深度、广度及与理论结合的紧密程度不足,无法让学生充分将理论知识有效应用到实际电力系统问题的解决中;前沿技术覆盖不足是教学中一直需要关注和改进的方面,但当前课程在此方面的问题较为突出,亟待改革。

1.2 课程目标与毕业要求

昆明学院电气工程及其自动化专业以培养适应地方经济发展和电力行业需求的应用型人才为目标。基于此培养目标,电力系统分析课程的毕业要求围绕学生在电力系统领域的工程实践能力、创新能力、职业素养等方面进行分解。

电力系统分析课程目标须紧跟时代步伐,传统上虽重视理论知识与计算能力,但当前行业更看重实践能力与创新思维。有研究表明,课程目标应全面升级,涵盖理论知识、实践能力、创新能力及职业道德四大要素。学生不仅要深入掌握电力系统分

析的基本理论,更要具备将知识应用于解决实际问题的能力。同时,鼓励学生跳出传统框架,勇于探索未知,用创新思维推动电力行业进步。此外,职业道德教育同样重要,培养学生的责任感和职业操守,为电力行业输送德才兼备的优秀人才。毕业要求应具体明确,如通过实际案例分析、项目实践、创新设计等环节,全面考察学生的知识掌握、技能运用、创新思维及道德素养,确保学生全面发展,满足行业对高素质人才的需求。

电力系统分析课程的毕业要求基于上述培养目标进行分解。培养目标强调学生在电力行业的实际工作能力和创新能力,因此着重对学生解决电气工程领域复杂工程问题的能力、创新实践能力及职业道德等方面提出要求。课程目标则进一步细化,从理论知识掌握、模型建立与求解、运行状态分析、方案选择与应用、软件工具使用及实验操作等多个维度支撑毕业要求的达成。

1.3 课程设置与教学安排

电力系统分析课程现有设置偏重理论,实践环节匮乏,跨学科融合缺失,影响学生知识应用与综合能力培养。在培养学生解决电气工程领域复杂工程问题的系统规划能力方面存在不足,课程设置未能形成从基础理论到工程实践、从单一学科到跨学科融合的系统培养体系。

为改变现状,已有研究提出重构课程体系、加强实践环节和跨学科融合等建议^[5],旨在提升学生的知识应用与综合能力。重构课程体系应理论与实践并重,增设实验、实训、项目等实践环节,让学生亲历知识转化过程,增强实操能力。同时,开设跨学科融合课程,如电力与信息技术结合、能源管理与经济政策等,打破学科壁垒,拓宽学生视野,培养复合型人才。教学安排应灵活多样,结合行业前沿动态,邀请业界专家授课,组织实地考察与交流,使学生紧跟电力行业发展步伐,为未来职业生涯奠定坚实基础。

2 教学改革实践

2.1 明确课程目标与毕业要求

在电力系统分析课程中,首先明确课程目标与毕业要求,毕业要求与课程目标的关系见表 1,旨在全面培养学生的综合能力。理论知识掌握方面,要求学生深入理解电力系统的核心原理与计算方法,并紧跟新能源、智能电网等前沿领域的发展动

态, 确保知识体系的时效性与前瞻性。实践能力培养方面, 通过设计的实验室模拟、项目实践等环节, 让学生在实战中锤炼电力系统规划、设计、运行分析等关键技能, 实现理论与实践的无缝对接。同时, 高度重视创新能力的培养, 鼓励学生积极参与科研项目、创新实验, 激发他们的创新思维, 提升解决实际问题的能力。现有研究表明, 电力系统分析课程改革需要重点培养学生的创新能力与职业素养^[6-8]。

在新型电力系统建设中, 学生既要掌握理论基础, 更要具备解决新能源并网等复杂问题的创新思维^[7]。同时, 职业道德教育不可或缺, 须引导学生建立社会责任意识。将思政案例有机融入教学, 如在“系统稳定性”章节结合大停电事故分析工程伦理, 在“新能源发电”专题通过特高压技术案例培养科技自信。这种“专业-创新-素养”融合的培养模式, 符合工程教育认证要求下的课程思政建设方向^[8]。

表1 毕业要求与课程目标的关系

课程目标	支撑毕业要求
课程目标 1: 能运用数学、物理、电路、电机学的理论知识建立电力系统元件模型, 并能进行元件参数计算	1.2 能针对电气工程领域的具体对象建立数学模型并求解
课程目标 2: 能运用电力系统的原理知识表达电力系统规划、运行与控制方面的工程问题, 建立电力系统潮流计算、短路计算和稳定性分析的数学模型, 并能正确求解	2.2 能基于相关科学原理和数学模型正确表达电气工程领域复杂工程问题
课程目标 3: 能结合工程问题, 运用电力系统分析的原理知识, 计算、分析及判断电力系统不同工况下的运行状态, 发现影响电力系统运行的关键因素	2.3 能认识到解决问题有多种方案可选择, 会通过文献研究寻求可替代的解决方案, 并能运用基本原理, 借助文献研究, 分析过程的影响因素, 获得有效结论
课程目标 4: 能运用电力系统运行和控制的基本原理, 选择合适的方案解决电力系统频率调整、电压控制、经济运行和稳定性控制中的工程问题	2.5 能运用电气工程及其自动化专业知识, 分析电力生产过程的影响因素, 证实解决方案的合理性
课程目标 5: 能熟练使用电力系统分析软件对电力系统进行潮流、短路和稳定性分析等	5.2 能够选择和使用合适的仪器、仿真软件、计算工具和实验工具对电气领域中的复杂工程问题进行仿真与预测, 并分析有效性和局限性
课程目标 6: 学会电力系统综合自动化试验台的使用方法, 并通过电力系统综合自动化试验台进行发电机的起动与运转、发电机并网调节, 单机-无穷大系统稳态运行方式改变, 电力系统功率特性和有功与无功调节等实验	6.2 能够从社会责任的角度, 分析和评价电气专业工程实践与复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律、文化及可持续发展的影响

2.2 完善课程设置与教学安排

为完善电力系统分析课程设置与教学安排, 昆明学院紧跟行业动态, 及时更新理论教学内容, 引入新能源并网、智能电网等前沿知识, 确保学生掌握最新技术动态。同时, 借鉴已有关于强化实践环节和跨学科融合的研究成果, 努力提升学生的实践能力和综合素质。在培养学生解决电气工程领域复杂工程问题的系统规划能力方面, 增设电力系统工程规划课程, 从电力系统的整体布局、发展规划到具体工程实施, 进行系统讲解和实践训练。在实践环节强化方面, 建立电力系统自动化实验室, 配备电力系统综合自动化试验平台和电力系统仿真平台, 并深化与电力公司的合作, 为学生提供更多实习实训机会。文献[9]开展校企合作人才培养模式下课程实践教学改革与创新, 通过实践验证, 校企合作模式能显著提升学生解决实际工程问题的能力。在与当地电力公司合作的实习项目中, 学生参与了

电网故障排查与修复工作, 将课堂知识应用于实际, 解决了诸多实际问题。跨学科融合方面, 开设电力系统与计算机科学、经济学等领域的交叉课程, 拓宽学生的知识视野, 培养复合型人才。如开设电力大数据分析课程, 让学生掌握电力系统运行数据的分析处理方法, 为电力系统的优化运行提供数据支持。教学方法方面, 积极探索创新, 参考电气电子类课程改革的方法论经验^[10], 采用翻转课堂、项目驱动学习等新型教学模式, 并设计跨课程的综合性实验项目(如电力系统信号处理仿真), 促进知识迁移能力的培养。文献[11]在融入课程思政理念的电工学教学改革探索与实践, 采用多样化教学形式, 其经验可为电力系统分析课程教学安排提供参考。参考“电工学”课程的多元化教学形式, 在电力系统分析课程中设置课前线上预习、课堂主动讨论、课后知识延展等环节, 增强学生的学习积极性和主动性。课程设置完善前后对比见表2。

表2 课程设置完善前后对比

项目	完善前	完善后	对应能力
课程内容设置	偏重传统电力系统理论, 如基本结构、潮流计算等	增加新能源并网、智能电网技术、电力系统大数据分析等前沿内容	掌握前沿技术知识, 提升解决复杂工程问题的能力
实践环节	实践环节少, 主要为简单实验	建立实验室, 配备试验平台和仿真平台, 与企业合作实习实训	增强实践操作能力, 培养解决实际问题的能力
跨学科课程	无跨学科融合课程	开设电力与计算机科学、经济学等交叉课程	拓宽知识视野, 培养复合型人才
教学安排	以教师讲授为主	采用翻转课堂、项目驱动学习等, 设置课前预习、课堂讨论、课后延展	提高学生自主学习主动性, 培养自主学习和创新能力

2.3 结合行业需求与技术发展趋势

为了紧密贴合行业需求与技术发展趋势, 在电力系统分析课程中做出相应调整。针对智能电网技术的快速发展, 增设智能电网技术、微电网技术等课程, 这些调整与行业需求和技术发展趋势紧密相连, 也体现了已有研究中的改革方向。同时, 新能源技术的蓬勃兴起要求必须加强新能源并网、分布式发电等技术的教学, 通过系统化的课程设计, 提升学生的新能源技术应用能力, 满足行业对新能源人才的需求。此外, 考虑到电力系统正加速向数字化转型, 紧跟时代步伐, 增设电力系统大数据分析、人工智能在电力系统中的应用等课程, 旨在培养学生的数据分析和智能化技术应用能力, 使他们能够在未来的电力行业发展中占据先机。通过这些调整, 课程体系更加贴近行业实际, 能够更好地服务于学生的职业发展和电力行业的技术创新。

2.4 学习成效评估

在电力系统分析课程的学习成效评估中, 构建多元化的评价体系, 这一做法与当前教育界倡导的多元化评价理念相符。多元化评价方式如图1所示, 除了传统理论考试、实践操作考核、项目报告评审的评价方式外, 还特别加入过程性考核, 从多个维度全面衡量学生的学习成果。过程性考核注重对学生学习过程的持续跟踪与评价, 涵盖学生在课堂上的参与度、日常作业完成情况、小组讨论中的表现及阶段性知识掌握程度等方面。通过这种方式, 能够更全面地了解学生在整个学习周期内的学习态度、努力程度和知识技能的提升过程。实践操作考核重点评估学生的动手能力和问题解决能力。项目报告评审侧重考察学生的创新思维和团队协作能力。

同时, 高度重视教学效果的定期反馈与调整, 通过收集学生反馈、开展行业调研等方式, 及时获取教学一线的真实信息, 据此对教学内容和方法进

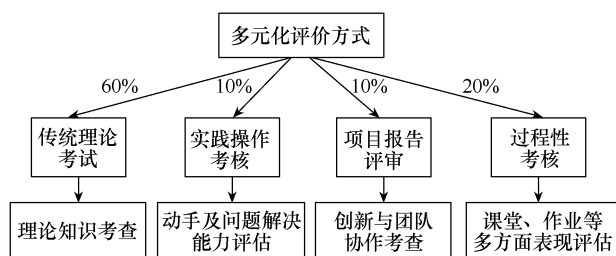


图1 多元化评价方式

行针对性调整, 确保课程体系始终与行业发展保持同步, 教学成效不断提升, 为培养适应未来电力行业需求的优秀人才奠定坚实基础。教学效果反馈与调整如图2所示。

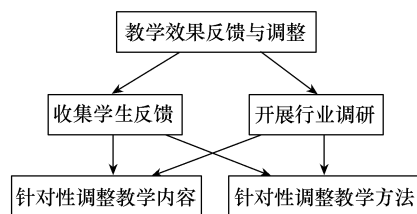


图2 教学效果反馈与调整

改革前后学生成绩的分布情况如图3所示。从图3可以看出, 在实施课程改革前, 以2020级学生成绩为例, 90分以上的学生人数占比仅为5.7%, 80~90分的学生人数占比为22.6%, 70~79分的学生人数占比达28.3%, 60分以下的学生人数占比高达13.2%。基于OBE理念的课程改革推行后, 改革后第一年即2021级学生的成绩便有了提升, 90分以上的学生人数占比提高至12.5%。改革后第二年即2022级学生的成绩进一步优化, 90分以上的学生人数占比继续攀升, 达到15.4%。高分段学生人数占比增加, 其中70~79分数段的学生人数占比最高, 为32.7%。与之相对, 低分数段学生人数占比明显下降, 60分以下的学生人数占比分别降至12.5%和9.6%。

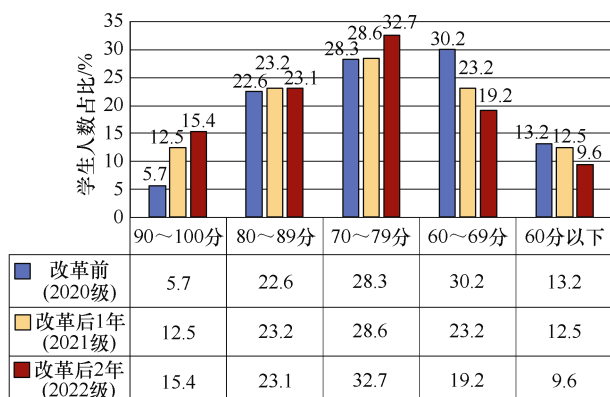


图3 改革前后学生成绩的分布情况

课程目标达成情况见表3。根据表3, 2020—2022级学生课程总目标均达成既定评价标准, 与预期达成值0.7、未达成值0.6相比, 评价结果均为“达成”。整体来看, 2020—2022级学生的课程总目标达成情况良好, 且2022级在达成率等方面表现相对更优。

表3 课程目标达成情况

年度	总目标达成人数	基本达成人数	未达成人数	达成率/%	基本达成率/%	未达成率/%	总目标达成度
2020级	36	46	7	67.92	86.79	13.21	0.749 2
2021级	35	49	7	62.50	87.50	12.50	0.765 7
2022级	44	47	5	84.62	90.38	9.62	0.794 6

综上所述, 基于OBE理念的课程改革切实提升了学生的学习成效, 高分段学生人数占比显著上升, 低分段学生人数占比明显减少, 学生的平均成绩和达成度得到了显著提高。通过对成果数据的深入分析, 结合教学反思, 能够持续改进教学, 进一步优化教学过程, 从而形成良性的教学循环。此外, 据毕业生反馈, 本课程被学生一致认为是印象最为深刻、专业知识收获最多的课程之一。

2.5 教学改革成果与不足

电力系统分析课程教学改革取得了一定的成效, 获得多项教学成果和荣誉称号。课程被评为校级一流课程、课程思政示范课程, 并获得了云南省教育厅2023年本科教育教学改革研究项目(“电力系统分析”一流课程建设研究与实践, JG2023128)的资助。教师分别获得校级第四届青年教师课堂教学比赛理工科组二等奖、校级第八届教师课堂教学比赛理工科组三等奖。学生在“第三届高校电气电子工程创新大赛”中获得省赛三等奖2项。对毕业生用人单位的调研结果显示, 毕业生就业率高, 用

人单位对毕业生的实践能力、创新能力和职业素养给予高度评价, 认为毕业生能够快速适应工作环境, 并展现出较强的解决问题的能力。

然而, 部分学生的跨学科知识融合应用能力仍存在不足, 后续将加强跨学科课程的案例教学和实践训练。下一轮课程教学改进的效果将通过学生的学习成绩、实践能力表现, 以及用人单位的反馈等进行评估。

3 结论

本文基于OBE理念对电力系统分析课程进行了系统改革, 改革成效与校企合作研究的结论形成印证, 重点解决了教学内容滞后、实践环节薄弱、跨学科融合不足等问题。通过重构课程目标、更新前沿技术内容(如新能源并网、智能电网等)、强化实验室与校企合作实践、增设跨学科课程, 并采用翻转课堂等多元化教学方法, 显著提升了教学效果。2020—2022级数据显示, 学生成绩高分段比例逐年上升, 90分以上从5.7%增至15.4%, 课程目标达成度从0.749 2提升至0.794 6, 且用人单位对毕业生实践能力的认可度提高。未来需要进一步优化跨学科案例教学, 持续跟踪行业需求, 动态调整课程内容。

参考文献

- [1] 郑伟佳, 林梅金, 余伟. 工程教育专业认证背景下“电力系统分析”课程改革探索与实践研究[J]. 工业和信息化教育, 2022(1): 39-42.
- [2] 王世蓉, 安会玲, 崔冲. 新工科应用型人才培养背景下“电力系统分析”课程教学改革探索[J]. 贵州农机化, 2024(1): 50-54.
- [3] 闫来清, 王康. 新工科与“双碳”背景下《电力系统分析》课程教学改革与实践[J]. 教育进展, 2024, 14(6): 730-735.
- [4] 张弦, 李文立. 新型电力系统背景下的《电力系统分析》课程教学模式改革[J]. 秦智, 2023(9): 130-132.
- [5] 刘伟娜, 谢云芳, 郭燕霞. 电气类专业“电力系统分析”课程教学改革与实践[J]. 河北农业大学学报(农林教育版), 2017, 19(4): 65-69.
- [6] 余铁钊, 赵莹. 电力技术类专业课程思政研究与实践: 以电力系统分析课程为例[J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2024, 29(5): 44-47.
- [7] 谌江波, 周珣, 黄素娟. “双碳”目标下《电力系统

- [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.
- [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。

(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.
- [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。

(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。