

基于虚实融合交互的电磁场课程教学方法改革与实践

李振杰, 袁得春*, 赵晓坤, 姚婷婷, 班明飞

东北林业大学计算机与控制工程学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2025年2月21日; 录用日期: 2025年4月14日; 发布日期: 2025年4月22日

摘要

传统电磁场课程教学偏重理论传授, 忽视实践应用, 导致学生难以深入理解抽象概念并建立工程思维。针对上述问题, 本文提出基于虚实融合交互的教学方法改革方案, 构建“理论 + 考核 + 实践 + 应用”四维教学模式, 结合虚拟仿真平台与真实硬件实验, 设计交互式学习流程, 为电磁场课程教学提供了可推广的虚实融合路径, 进一步提升学生的参与度和兴趣程度, 助力工程思维与创新能力的培养, 为电磁场课程教学改革提供了可复制的经验与路径。

关键词

电磁场, 虚实融合, 教学改革, 案例驱动

Reform and Practice of Electromagnetic Field Course Teaching Method Based on Virtual-Reality Fusion Interaction

Zhenjie Li, Dechun Yuan*, Xiaokun Zhao, Tingting Yao, Mingfei Ban

College of Computer and Control Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Received: Feb. 21st, 2025; accepted: Apr. 14th, 2025; published: Apr. 22nd, 2025

Abstract

The traditional teaching of electromagnetic field courses focuses on theoretical instruction while neglecting practical application, making it difficult for students to understand abstract concepts and develop engineering thinking deeply. In response to these issues, this paper proposes a teaching

*通讯作者。

文章引用: 李振杰, 袁得春, 赵晓坤, 姚婷婷, 班明飞. 基于虚实融合交互的电磁场课程教学方法改革与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(4): 316-323. DOI: 10.12677/ces.2025.134250

method reform plan based on the integration of virtual and real interaction, constructing a four-dimensional teaching model of “theory + assessment + practice + application” by combining virtual simulation platforms with actual hardware experiments, an interactive learning process is designed, providing a replicable path of virtual-real integration for the teaching of electromagnetic field courses. It further enhances students’ participation and interest, facilitating the cultivation of engineering thinking and innovation ability and offering replicable experiences and paths for the reform of electromagnetic field course teaching.

Keywords

Electromagnetic Field, Virtual-Reality Fusion, Teaching Reform, Case-Driven

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电磁场理论是电气工程、通信技术等领域的核心基础，但其抽象性、数学复杂性及传统教学模式的单一性导致学生学习效果欠佳[1][2]。当前，新工科建设强调“知识应用与创新能力并重”，传统“填鸭式”教学已无法满足人才培养需求。传统电磁场课程存在三大痛点：理论抽象难懂，即电磁场三维特性难以通过二维板书或幻灯片直观呈现[3]；实践环节薄弱，实验设备不足，学生缺乏动手机会[4]；工程应用脱节，教学内容滞后于技术发展，缺乏实际应用案例或者案例过于陈旧[5]。东北林业大学自 2021 年起，以“电磁场”课程为试点，探索虚实融合交互的教学模式，通过虚拟仿真、案例实践与硬件实验的结合，解决理论与实践脱节、课堂互动不足等问题。本文提出一套基于虚实融合交互的“电磁场”课程教学平台结合无线充电技术等前沿案例，通过构建多维度教学模式，旨在实现“知识内化、能力提升、思维创新”的教学目标，将其应用于实际教学中，促进学生均衡协调发展。

2. 传统电磁场教学存在问题及改革现状分析

2.1. 传统电磁场教学存在的问题

2.1.1. 理论教学抽象化

从物理本质上，电磁场是由电场和磁场相互作用而产生的一种力场，对于初学者而言，可能需要通过数学方法来进一步了解其属性和特点。电磁场涉及矢量分析、麦克斯韦方程组等高阶数学工具，学生易陷入“公式记忆”困境。而传统教学依赖静态图像与公式推导，缺乏动态模拟与三维可视化工具，导致学生对场分布、电磁波传播等核心概念理解困难[6]。电磁场作为一种抽象的物理概念，在传统教学方法中学生往往会被要求去记忆公式、定理，而不是从实验、观察、实际问题入手，从中理解电磁场的本质。理解电磁场需要投入一定的时间和精力，具备一定的物理和数学基础，通过进行实验和直观表达相结合来掌握其基本概念和运动规律。

2.1.2. 实践教学形式化

多数高校实验设备有限，实验内容多为验证性操作(如静电场测绘)，缺乏设计性与创新性。在多数高校的电磁场课程中，作为一种普遍现象，电磁场相关实验仅占课程学时的 20% 甚至更低，且设备更新缓慢，通常使用多年或者出现难以修复的故障才会更新，难以匹配无线充电、电磁兼容等新兴技术需求[7]。

这使得高校的学生并没有真正通过实践性的方式对抽象的电磁场相关知识和概念获得更深刻的理解,在一定程度上也阻碍了电磁场课程教学的进一步发展。

2.1.3. 工程案例缺失化

教材案例多聚焦经典理论知识的讲解(如静电场计算),很少引入相关工程案例来辅助教学,例如缺乏与无线充电、新能源技术等实际应用的结合。因此,学生难以建立“理论-应用”的认知链条,无法通过实际案例来加深对理论知识的理解,这导致学生难以感受到电磁场知识在实际工程中的应用价值,既难以培养工程思维和创新能力,也会导致学习兴趣不高,学习动力不足的现象出现。因此,在日常教学及相关教材中引入工程实例是十分有意义且必要的。

2.2. 电磁场课程改革现状研究

2.2.1. 国内研究现状

国内一些高校已经开始探索基于虚拟仿真技术的电磁场课程教学模式,通过开发虚拟仿真实验和与真实实验的有机结合,提高学生对电磁场理论知识的理解和应用能力,例如:华中科技大学的“电磁仿真与微波测量虚拟仿真教学实验项目”。此外,一些教育科技公司也开发了电磁场课程虚拟仿真教学平台,通过多媒体展示和交互功能,增强学生的学习体验和参与度,例如:希沃交互式电子白板等[8]。这些平台通常包括三维模拟仿真、交互式界面、多媒体展示等功能,使学生能够更加直观地了解电磁场的性质和规律,提高他们的学习兴趣和理解能力。

国内学者一直以来都非常注重课程教学方法的改革和创新,各高校也相继进行了课程改革实验,主要探索了以下几个方向:

1) 基于网络技术的电磁场课程教学方法。网络技术使教学更加便捷、高效、灵活,教师可利用虚拟实验室或在线课堂等方式,直观展示电磁场相关知识。网络技术为电磁场课程教学提供新的可能和发展方向。实践中进一步探索网络教学的优势和不足,结合实际情况灵活应用,提供更好的教学服务支持。

2) 基于问题学习的电磁场课程教学方法。问题学习是一种以问题为核心的学习模式,有助于提高学生的自主学习能力和解决问题的能力。在电磁场课程教学中引入问题学习,可以培养学生对于问题的敏感性和解决问题的能力,进而促进学生的学习兴趣和主动性,提高学习效果和实践能力。在实际教学中,应根据学生的实际情况和发展需求灵活应用,并结合其他教学方法,为学生提供更优质的教育服务。

3) 基于分组讨论的电磁场课程教学方法。分组讨论是一种有效的学习方法,能促进学生多角度交流和思考,帮助学生更好地理解电磁场相关知识,提高他们的课堂参与度和思维逻辑能力。通过多种类型的分组讨论教学方式(如学生小组、设计任务、讨论汇报、全班辩论等),可以培养学生的学习兴趣和主动性,增强他们的团队意识和交流能力。在轻松、自由的环境下积极参与讨论,有助于锻炼自主学习和合作能力,同时激发个人的想象力和创造力,从而深化对电磁场理论的理解和掌握。

2.2.2. 国外研究现状

国外一些研究机构 and 高校也在开展相关研究,如美国麻省理工学院(MIT)的电磁场课程采用虚拟现实(VR)技术,通过虚拟仿真和交互式界面,使学生能够更加直观地了解电磁场的性质和规律。这些研究机构和高校通常注重技术创新和教学方法的改进,以提高教学质量和效果。

与国内学者不同,国外学者注重理论研究和实验研究,尝试通过对于电磁场课程教学方法的理论分析和实验验证,主要探索了以下几个方向:

1) 电磁场课程多类教学方法的对比研究。根据不同教学方法在理论和实践中体现的效果,选择适合电磁场课程的教学方法是非常重要的。通过对不同的教学方法进行对比研究,发现不同的教学方法对学

生的兴趣和学习效果有不同的影响。因此，课程教师根据学生的个性化需求和课程内容的特点，选择更为有效的教学方法，以满足学生的学习需求并提高他们的学习效果。

2) 基于虚拟实验的电磁场课程教学方法。通过使用计算机软件来模拟电磁场实验，让学生更加直观地理解电场和磁场的分布规律和相互作用关系。通过虚拟实验，学生更好地理解电磁场中的概念和理论，发现实验现象中存在的问题和矛盾，并通过实验调整参数来解决这些问题。这种方法有助于学生更好地掌握电磁场知识，提高学生的实践能力和问题解决能力。

3) 基于多媒体教学的电磁场课程教学方法。在电磁场课程中，结合图像、声音、动画等多种媒体形式的教学方法，讲解电场、磁场的性质、原理、定律、应用等知识，使教学更加生动、直观和有效。同时，为确保多媒体教学的有效性，根据学生的认知能力、学科特点等进行有针对性的设计，提高学生的学习兴趣 and 效果，促进课堂教学的提质升级。

2.2.3. 国外相互对比与分析

国内和国外在电磁场课程教学方法的研究方面各有特色。国内研究主要关注基于虚拟仿真技术的电磁场课程教学模式、网络技术、问题学习和分组讨论等教学方法的探索和实践，以及课程教学方法的改革和创新。相比之下，国外研究更注重理论研究和实验研究，尝试通过对于电磁场课程教学方法的理论分析和实验验证，并采用虚拟现实(VR)技术进行电磁场课程的教学。国外学者还注重基于虚拟实验和多媒体教学的电磁场课程教学方法的研究，以提高实验教学质量和促进课堂教学的提质升级。在未来的研究中，结合国内外研究成果的优点，进一步完善和创新电磁场课程教学方法，以提高教学质量和效果。

综上所述，国内外关于虚实融合交互的“电磁场”课程教学平台设计及其教学改革研究已经取得了一定的成果，但仍存在一些待解决问题。未来的研究应关注如何更好地结合虚拟仿真与理论教学以及如何提高学生学习的体验度和参与度。因此，融合国内外“电磁场”课程教学改革方法的优点，本项目设计了基于虚实融合交互的“电磁场”课程教学平台，从学习效果和教学效率两方面为电磁场教学模式的创新提供思路和途径，以期开发更加丰富多彩的教学资源，为学生提供更好的学习体验和教育服务。

3. 基于虚实融合交互的电磁场课程“教学模式”探索

3.1. 教改目标及意义

探索基于虚实融合交互的“电磁场”教学平台设计方法，通过设计和开发可视化互动案例、改善教学策略和课堂互动方式，提高学生的学习兴趣、参与度和学习效果；并通过数据分析和问卷调查评估教学效果，总结教学经验，为未来的教学改革提供参考，提升教师教学水平和学生学习成果。

3.1.1. 基于虚实融合交互的“电磁场”教学平台设计的理论依据

依托现代教育学的教学原则和设计理念，强调尊重学生的主体地位，激发学习兴趣和主动性，采用多样化教学手段提高学习效果和教学质量。可视化互动案例能增强学生的视觉体验和认知效果，提高学习兴趣和主动性；互动性激发思考和探究欲望，加深对知识的理解与记忆；案例教学贴近实际生活，提升学生的应用能力。本教学模式的构建基于建构主义学习理论和认知负荷理论。建构主义强调学习者在真实或模拟环境中通过主动探索和协作建构知识。虚实融合交互平台通过虚拟仿真与真实实验的结合，为学生提供“情境化学习”环境，促进知识的内化与迁移。同时，依据多媒体学习认知理论，平台采用“双通道”(视觉与听觉)信息呈现方式，结合动态三维可视化与交互操作，降低学生对抽象电磁场概念的认知负荷，避免因信息超载导致的学习效率下降。此外，社会学习理论的引入强化了师生、生生互动机制，通过案例讨论和协作实验，激发学生的元认知能力与批判性思维。

3.1.2. 利用虚实融合案例激发学习兴趣

学生更直观地认知和理解“电磁场”知识，增强记忆效果，提升学习成绩和水平。互动性激发学生的思考和探究欲望，促进师生互动和交流。案例教学还能在解决实际问题的过程中，培养学生的应用能力和实践能力。基于可视化互动案例的“电磁场”课程教学方法改革可以显著提升学生的学习兴趣、学习效果和教学质量。

3.1.3. 因材施教，赋予学生更高参与度

选取贴近学生生活的案例，并根据学生的学习特点和认知方式，分类和选取不同难度、深度的案例合理安排互动环节，如小组讨论、问答环节和模拟实验，提高学生的参与度和互动性。教师应引导学生发挥思考和探究能力，鼓励提问和发散思维，提高学习能力和创造力。评估方法应包括成就测试、自我评估、小组评估等多种形式，使用课程测试和期末考试评价学生的学习成果。综合使用问卷调查和学生参与率等方式，考察学生的学习兴趣和参与度。教学效果的评价重点考察教学过程和内容质量，可采用课堂观察和教师自我评估。

结合上述研究目标，不断尝试和总结的基础上，项目研究工作不断迭代更新与完善，提高教学效果，让学生更好地掌握和理解电磁场知识并应用于实践。建立电磁场可视化实验室，引进模拟软件，增强学生兴趣与实践操作能力；利用在线课堂和视频直播等网络工具，使课程内容更加生动易懂；定期评估教学效果，优化改革方案，激发学生学习激情，提升学习效果；开放教学资源，搭建学术交流平台，促进资源共享与交流，吸纳更多科研单位和教研机构共同参与研究与实践。通过不断改进和交流推广，促进教学方法创新，推动教育现代化的进步。

3.2. 详细方案介绍

近年来，基于虚拟现实技术的教学模式在国内各大高校逐渐推广，通过将虚拟现实技术与教学内容相结合，为学生提供了沉浸式学习环境，从而更好地理解和应用所学知识。在此基础上，依托仿真驱动型体验教学的理念，重新审视教学大纲和授课思路，整合“电磁场”课程涉及的理论知识与工程案例，本文提出了“理论 + 考核 + 实践 + 应用”的教学模式，并且设计了基于虚实融合交互的“电磁场”课程教学平台，如图 1 所示。

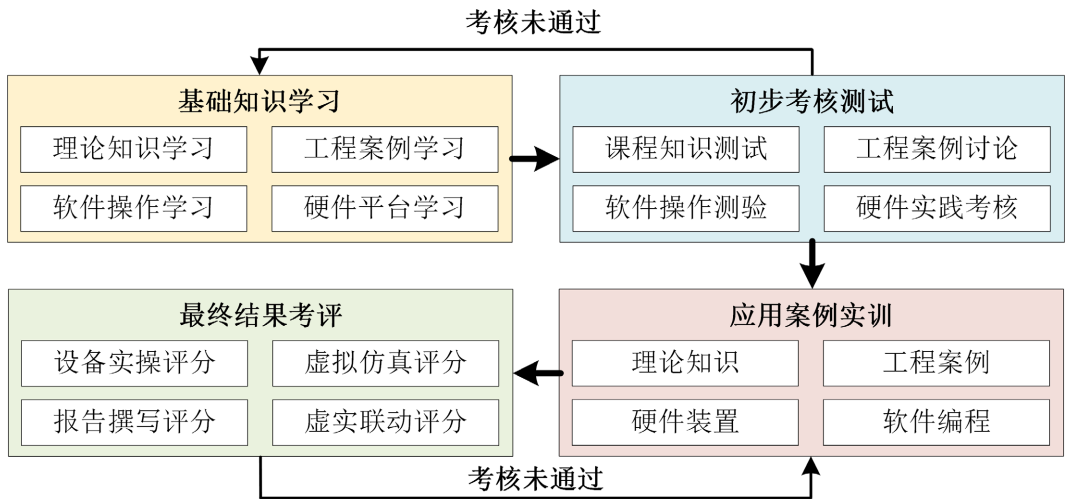


Figure 1. Electromagnetic field course teaching platform based on virtual-reality fusion interaction

图 1. 基于虚实融合交互的电磁场课程教学平台

3.2.1. 虚实融合互动案例开发

通过设计案例主题、案例故事、图像和动画等多媒体素材，帮助学生直观地理解和掌握“电磁场”知识。以图2为例，计算无线充电系统中电磁能量传输用磁耦合机构的互感值。

结合图2中电路拓扑，电路仿真软件得到满足实际工况需要的相关电气参量，据此采用有限元仿真软件直观地获取磁耦合机构的互感值，避免复杂的公式计算，给学生提供解决问题的新思路。同时，为便于学生更加直观地理解不同参数对于互感值的影响，将仿真模型封装，通过预留输入与输出接口，实现交互式操作，让学生可以自己输入参数并观察互感值的变化，从而更好地理解不同参数的影响。这种方式也有利于实现软件与硬件的联动，使得学生可以在实际硬件环境中使用仿真软件，更好地将理论知识和实践操作结合起来。

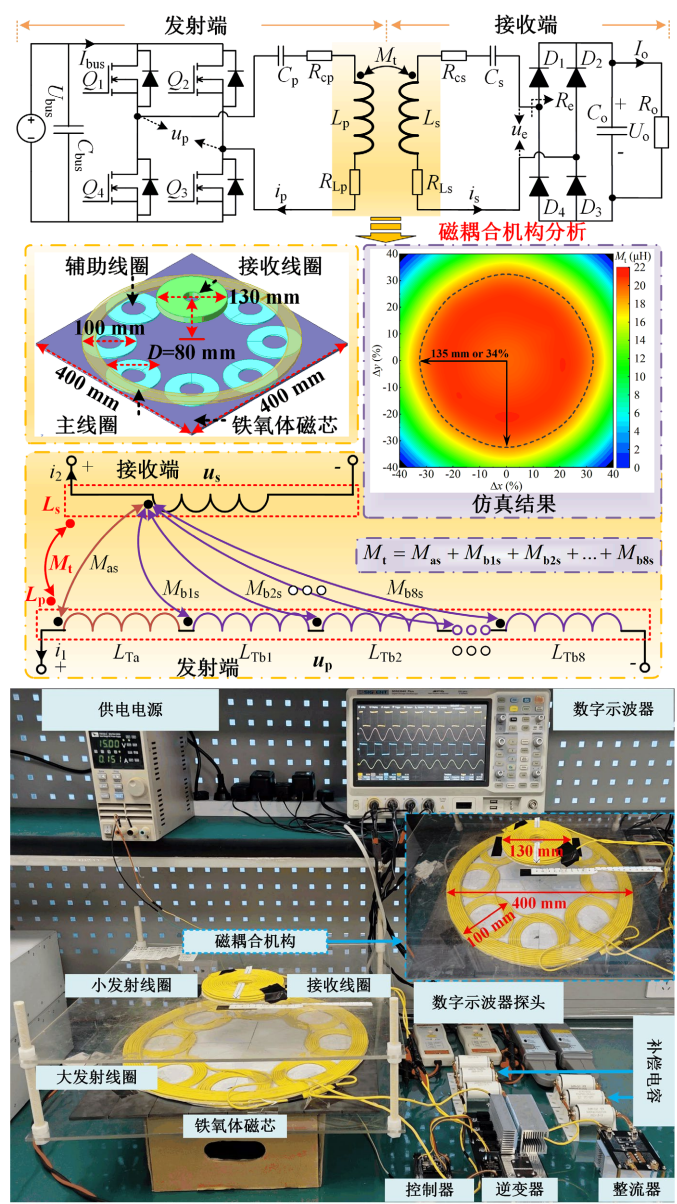


Figure 2. Simulation model and corresponding hardware object
图2. 仿真模型及其对应的硬件实物

3.2.2. 教学平台的应用与完善

引入基于虚实融合交互的“电磁场”课程教学平台，改变传统的单向授课方式，增强课堂互动和学生参与度，有效提高学生的学习效果和教学质量，促进学生全面发展和创新能力的培养。

教学平台采用虚实交互机制，通过虚拟仿真结果驱动硬件参数调整，硬件实验数据反哺仿真模型校准，形成“仿真-实验-优化”闭环，实现了双向反馈；并且具备智能导学功能，通过平台内置学习分析模块，根据学生操作记录推荐个性化学习路径(如薄弱知识点强化案例)。

此外，教学平台采用案例驱动教学方式，通过讲述具体实例引导学生分析和解决问题，提高学生的实践能力。例如，引入生活中的电磁现象，如手机充电、电动车充电等，使学生更容易理解和记忆相关知识点；推行翻转课堂模式，学生在课前自主学习相关知识点，在课堂上进行互动式讨论和实践应用，真正做到教师的引导和学生的自主探究；引入虚实融合互动教学，借助现代技术手段，让学生更加直观、深入地了解电磁场的概念和特性，增强课堂互动和学生参与度。

3.2.3. 教学效果评估与分析

通过问卷调查、学生笔记分析、考试成绩、设置对照试验并数据分析等途径，探究可视化互动案例教学方法对学生成绩、理解和应用能力的影响。综合实用这些方法，进行全面的评估和分析。通过评估和分析结果，对可视化互动案例教学进行进一步的优化和改进，提高学生应用能力、理解能力和学习效果。

问卷调查：帮助了解学生对于可视化互动案例教学方法的认知程度、看法和学习效果评价。可以设计一些问题，例如：在案例分析中掌握的知识和技能是否具有实际应用价值？

笔记分析：对学生在课堂中做的笔记进行分析，了解学生对于案例的理解和掌握情况，特别是在案例应用方面的掌握程度。学生是否能够将案例的内容应用于实际情境中？

考试成绩：将考试成绩分为案例分值和知识点分值两个部分进行分析。案例分值部分评估学生在实际应用能力上的掌握程度，知识点分值部分评估学生对于理论知识点的掌握程度。

对照试验：设置实验组(60 人)与对照组(60 人)。实验组采用虚实融合教学模式，对照组沿用传统教学方法。两组学生在性别、前测成绩(电磁场基础知识测试)上无显著差异($p > 0.05$)。

数据分析：通过标准化试卷(含理论题与案例分析题)评估知识掌握程度，要求学生在仿真平台中完成“无线充电系统互感优化”任务，评分标准包括参数合理性、结果准确性、创新性，并采用 Likert 5 级量表调查学生的参与度、兴趣度及对虚实融合教学的满意度。使用 SPSS 26.0 进行独立样本 t 检验与协方差分析(ANCOVA)。结果显示：

- 1) 实验组后测成绩($M = 85.3$, $SD = 6.2$)显著高于对照组($M = 72.1$, $SD = 7.8$)， $t(118) = 5.32$, $p < 0.001$ ；
- 2) 实验组实践任务得分($M = 8.5$)显著优于对照组($M = 6.2$)， $p < 0.01$ ；
- 3) 90%的实验组学生认为虚实融合教学提升了学习兴趣与工程思维。

4. 结论与展望

本文提出了应用于电磁场课程中的虚实融合交互教学模式，采用案例教学，让学生在真实案例中掌握理论知识和应用技能；利用虚实融合交互模式，将电磁场概念形象化，提高学生对知识点的理解和思考能力；确定明确的教学目标，重点培养学生的实际操作能力；利用数字化技术，为学生们提供更加真实且丰富的学习体验，提高课程的趣味性和互动性；将课程分为清晰的模块，帮助学生更好地理解和应用知识点，引导学生通过自主学习和合作学习，提高自主性和解决问题的能力。因此，基于虚实融合交互的电磁场课程教学方法将有效解决电磁场课程“抽象难懂、实践薄弱、应用脱节”的痛点，具备进一步激发学生的工程思维与创新能力的属性。未来还将进一步将此教学方法推广至“电力电子技术”等关

联课程,并探索人工智能辅助教学的可能性,构建更智能化的工程教育体系。

基金项目

本文系东北林业大学教育教学研究课题(编号: DGY2023-24)。

参考文献

- [1] 李振杰,刘一琦,班明飞,等. 电磁场课程的教学方法改进多维度探讨[J]. 职业教育, 2024, 13(2): 357-362.
- [2] 李振杰,刘大洋,姚婷婷,等. “电力电子技术”课程教改与实践——以“无线充电技术”为例[J]. 职业教育, 2024, 13(5): 1276-1282.
- [3] 姜凌红,王超. “电磁场与电磁波”课程教学改革研究[J]. 江苏科技信息, 2021(17): 49-51.
- [4] 梁家军,黄艳虎,马庆修. 电子信息类专业电磁场与电磁波课程的教学改革思考与探讨[J]. 科技文汇, 2021(11): 87-89.
- [5] 石艳梅,郭映,秦娟,等. 电磁场与电磁波课程教学方法探索[J]. 中国现代教育装备, 2020(11): 96-97.
- [6] 贾雁飞,刘柏生,刘岩,邹青宇,邢砾云. 新工科背景下“电磁场理论”课程的教学与实践[J]. 无线互联科技, 2018(19): 58-59.
- [7] 凌滨,宋梦实,张耀生,王铁滨. “信通类专业”背景下“电磁场与电磁波”课程改革创新的研究[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2018(10): 52-53.
- [8] 郝树宏,莫绪涛. 电磁场与电磁波课程教学方法探索[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2017(4): 71-72.