

从光电效应到微光成像:军校物理课程中光量子理论的教学实践

武 怡 李远谋 陈 宏 吴 毅 张 影 孟 惠

(武警工程大学基础部, 陕西 西安 710000)

摘 要 本文以“从光电效应到微光成像”为线索,探讨军校物理课程中光量子理论的军事应用教学实践。以“量子理论奠基→军事应用贯通→创新思维淬炼”为主线,分析如何在“量子科学与技术年”这一特殊历史时刻,破解军校大学物理量子理论教学中“理论抽象难懂”“与装备应用脱节”的痛点,为培养“懂科技、谋打赢”的新型军事人才提供可复制的样本。学员反馈表明本节课成功改变了其对军事装备发展的认知,深刻理解了基础理论对技术创新的决定性作用,教学效果得到明显提升。

关键词 军队院校;量子物理;光电效应;教学创新;雨课堂

FROM PHOTOELECTRIC EFFECT TO LOW-LIGHT IMAGING: TEACHING PRACTICE OF MILITARY APPLICATION OF LIGHT QUANTUM THEORY IN MILITARY ACADEMY PHYSICS COURSE

WU Yi LI Yuanmou CHEN Hong WU Yi ZHANG Ying MENG Hui

(Basic Courses Department Engineering University of PAP, Xi'an, Shaanxi 710000)

Abstract This article explores the military application teaching practice of light quantum theory in military academy physics courses, following the thread of “from photoelectric effect to low-light imaging”. With the main line of “from the foundation of quantum theory to the integration of military applications, and then to the tempering of innovative thinking”, it analyzes how to address the pain points of “theoretical abstraction and difficulty” and “equipment application disconnection” in the teaching of quantum theory in military academy physics during the special historical moment of the “Year of Quantum Science and Technology”. It provides a reproducible sample for cultivating new military talents who “understand science and technology and plan to win”. Student feedback indicates that this class successfully changed their cognition of military equipment development, deeply understood the decisive role of basic theory in technological innovation, and significantly improved teaching effectiveness.

Key words military academies; quantum physics; photoelectric effect; innovation in teaching; rain classroom

联合国大会于2024年6月7日正式宣布,2025年确立为“国际量子科学与技术年”(IYQ)^[1]。这一决议的通过具有深远的历史意义和教育价值,它不仅是为了纪念量子力学这一革命性科学理论的

诞生,更是为了促进全球合作,加强公众对量子科学重要性的认识,并推动量子科技在可持续发展领域的应用。

军校教育肩负着为国家培养高素质军事人才

收稿日期: 2025-06-12

基金项目: 武警工程大学2025年军事理论研究课题立项计划:“动态化、多模态、战训融合”的军事院校《大学物理》知识图谱体系建设研究(JYL2025028);武警工程大学2025年教育教学项目立项计划:AI赋能下军队院校大学物理沉浸式智慧课堂模式探索(WJX2025022)。

通信作者: 武怡, wuyi_edu@126.com。

引文格式: 武怡,李远谋,陈宏,等. 从光电效应到微光成像:军校物理课程中光量子理论的教学实践[J]. 物理与工程, 2025, 35(5): 20-25.

Cite this article: WU Y, LI Y M, CHEN H, et al. From photoelectric effect to low-light imaging: Teaching practice of military application of light quantum theory in military academy physics course[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(5): 20-25. (in Chinese)

的重任,其教学质量和效果直接关系到军队的现代化建设和战斗力提升^[2],响应联合国教科文组织的呼吁,增进军校学员对量子科学的进一步理解和认识,对于军校物理教学具有重要的指导意义。军校的物理课程需要紧跟科技发展前沿,将最新的研究成果和应用案例融入教学实践,培养具备创新思维和实战能力的高素质军事人才^[3]。本文以“从光电效应到微光夜视仪成像”为线索,探讨军校物理课程中光量子理论的军事应用教学实践,分析如何在国际量子科学与技术年这一特殊历史时刻,把握教学契机,提升教学质量,为国防事业培养更多优秀的科技人才。

1 军队院校光电效应教学改革必要性

1.1 教学内容固化,缺乏军事应用衔接

传统光电效应教学多聚焦于经典实验规律(如截止频率、光电流强度公式)和量子理论推导,却极少延伸至现代军事装备中的光电技术原理^[4-6]。例如,微光夜视仪中的光电倍增管、激光制导武器中的光电传感器、红外侦测系统中的光子计数技术等,均以光电效应为基础,但教学中很少涉及这些装备的工作原理。通过我校多年的教学调查显示,超过70%的学员认为“物理知识与专业岗位需求脱节”,无法理解光电效应与战场侦察、精确制导等能力的关联。

1.2 教学手段单一,脱离信息化作战场景

当前教学多依赖板书推导或静态实验演示(如光电管伏安特性曲线),而信息化战争要求学员具备动态环境下的光电对抗能力^[7-9]。例如,激光告警、红外诱饵弹等对抗技术依赖光电效应的时间响应特性^[10,11],但教学中缺乏虚拟仿真或实战推演环节。部队院校实验条件有限,难以开展强激光探测、量子成像等高阶实验,导致学员对前沿技术(如单光子雷达)缺乏直观认知。

1.3 课程思政不足,难以支撑思政与军事素养融合

当前军校大学物理光电效应课程教学中,思政元素的融入不足,难以实现思政教育与军事素养培养的有机融合。教学内容主要停留在理论知识的传授上,缺乏对光电效应在军事领域应用的深入探讨,无法激发学员的爱国情怀和使命感^[12]。教学过程中,未能充分利用科学家故事(如爱因斯坦26岁提出光量子论)来培养学员的

创新勇气,也未能通过中国技术突破(如“星光”全彩夜视仪)来强化学员的使命担当。这种状况导致学员对光电效应的学习缺乏内在动力,难以形成将所学知识应用于国防建设的自觉意识。因此,亟须在光电效应教学中加强课程思政建设,将思政元素有机融入教学内容和教学过程,引导学员树立正确的世界观、人生观和价值观,培养学员的爱国情怀和使命感,实现思政教育与军事素养培养的有机融合。

2 契合军校学员岗位需求的光电效应教学创新设计

2.1 授课提要

2.1.1 教学目的、内容及重难点

光电效应教学目的旨在引导学员了解经典理论解释光电效应时遇到的困难,掌握其实验规律;深入理解爱因斯坦光量子假说及其核心方程,并运用光量子理论成功解释光电效应现象,提升物理思维与理论思辨能力;最终,使学员能够将光电效应基本原理、光量子理论及方程应用于部队装备认知与实践(如理解微光夜视仪工作原理、光电能源材料基础等),有效服务于日常训练与遂行任务,培养面向部队、面向未来的新型专业化复合型军事人才。

本节课的教学内容主要包括光电效应的实验规律及经典理论遇到的困难,爱因斯坦光量子假说,爱因斯坦光电效应方程及对光电效应的解释光电效应的应用。其中重点内容为学员对爱因斯坦的光量子假说的理解,并掌握光电效应方程解释光电效应的方法;难点为学员对于光本质的全新理论——光量子理论,并且能够利用光电效应方程解释实验现象,理解日常武器装备(如微光夜视仪)的基本原理。针对以上重难点分析,本节课采取以下教学策略:

(1) 在充分掌握学情的基础上,以问题为牵引,采用启发式、问题驱动式、研讨式的教学方法,引导学员逐步理解爱因斯坦的光量子理论,掌握利用光量子理论解释光电效应的方法,从而达到对重难点的清晰把握。

(2) 多种教学手段结合,加强师生交互式学习,以问题为导向,以学员为中心,通过实际问题让学员主动思考,破解谜题,带着问题寻找答案,从而使得学员对所学知识有着更加深刻的认识。

(3) 联系基层,贴近部队。结合光电效应现象在实际生活乃至基层中的应用,引导学员学会运用所学知识解释实际问题,从而激发学员兴趣,有利于军校学员的素质养成。

2.1.2 教学手段与模式

教学手段:通过雨课堂将信息技术手段融入移动设备,引导学员深度参与课堂,让课堂中的互动与交流持续在线,有效激发学员的学习热情,培养学员自主学习的能力。

教学模式:本节课以学员的认知发展水平为进阶变量,构建了基于促进认知进阶(PCA)的混合式教学模式^[13,14],按照由低阶到高阶的顺序将学员认知发展水平分为识记、理解、应用、分析、评价和创造(图1)。

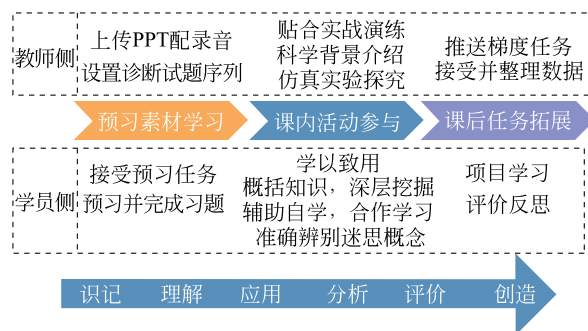


图1 教学模式图

为针对性地促进学员认知的进阶,本研究将教学过程划分为预习素材学习、课内活动参与、课后任务拓展三个阶段。其中,预习素材学习阶段主要起到知识预热和问题诊断的作用,帮助学员实现记忆和理解基本物理概念的低阶认知目标;课内活动参与阶段主要起到知识建构的作用,促进学员对较高阶认知目标的达成,如深入理解与分析等;而课后任务拓展阶段主要起到知识拓展的作用,使学员能够达到评价、创造等高阶认知目标。

2.2 设计思路

2.2.1 创设情境,问题导向下的故事主线

考虑到本节课程理论抽象,若直接深入理论内容,势必引起学员的厌学情绪,因此通过某集团军旅开展侦察兵跨昼夜综合演练,夜间利用微光夜视设备顺利捕俘两名蓝方岗哨的案例作为引入,结合前期预习内容提出问题“微光夜视仪是如何让我们看到夜间的物体的?”为理论的讲授埋下伏笔的同时极大地将本节内容与战场贴合,达到部队院校“教为战、练为战、学为战”的教学目标(图2)。

校“教为战、练为战、学为战”的教学目标(图2)。



图2 创设情境,问题导向下的课程引入(微光夜视仪案例)

2.2.2 回顾实验内容,探寻实验规律

紧抓学员对微光夜视装备的高度兴趣,顺势切入科学探索的壮阔征程。本环节将带领学员重走光电效应的百年认知之路,通过回顾赫兹、勒纳德等先驱的关键实验,直至爱因斯坦的革命性突破,深刻揭示,划时代科技成果(如夜视技术)的诞生绝非偶然,其背后凝聚着数代科学家矢志不渝的求索、无数次实验的挫折与突破。以此淬炼学员不畏艰难、敢于攻坚的科学品格,深刻体悟科学研究的长期性、艰巨性与集体协作性,锻造其献身国防科技事业所需的坚韧意志与正确价值观——理解今日手中先进装备,承载着昨日无数智慧与心血的结晶。

2.2.3 介绍爱因斯坦的伟大成就——光量子理论

本环节旨在彻底打破学员对光本性“仅具波动性”的传统认知框架,引导其深刻理解爱因斯坦如何以革命性的“光量子”(光子)假说,为光电效应等实验现象提供完美解释,从而揭示光兼具波动性和粒子性的本质。通过重现这一物理学史上的重大范式转变,着力培养学员科学的批判性思维与辩证唯物主义世界观(物质及其运动形式的多样性与统一性)。同时,着重强调年仅26岁的爱因斯坦在经典物理大厦看似稳固、其观点备受质疑的历史背景下,所展现出的非凡科学勇气与颠覆性创新精神,激励学员感悟突破思维定式、敢于挑战权威对于科学进步与军事科技创新的核心价值。

2.2.4 引导学员利用光电效应方程解释光电效应实验规律

在学员系统掌握光电效应实验规律与爱因斯坦光量子理论的基础上,组织学员进行结构化小组合作探究。聚焦核心问题(如“为何经典波动论

无法解释红限与瞬时性?”“光子假说如何完美破解实验困惑?”),引导学员通过对比分析、批判性讨论,自主推导出现象背后的真正物理机制(图3)。在此过程中,重点强化学员对“能量量子化”“光粒子性”等革命性概念的切身感悟,深刻体会近代物理对经典连续性与因果性框架的根本性突破与超越,最终在协作中完成从经典思维向量子思维的认知跃迁,亲历科学范式革命的思维震撼,为理解后续量子理论在尖端军事光电技术(如单光子探测)中的应用奠定坚实的认知基础。

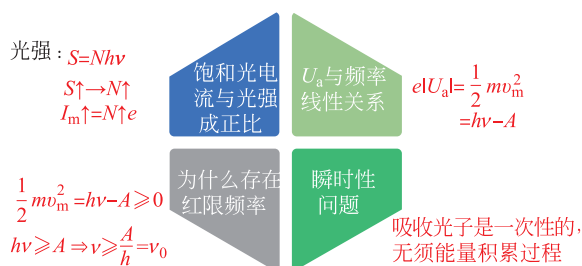


图3 引导学员解释光电效应实验规律

2.2.5 发散思维,拓展知识,探寻光电效应的军事应用

深入调研光电效应原理在现代科技尤其是军事领域的应用潜力与实战价值。要求学员基于教师提供的导引或自主检索,深入调研光电效应原理在现代科技特别是军事领域的巨大应用潜力与实战价值。在课堂中,组织学员进行专题汇报,要

求学员能够清晰说明相关应用(如微光/红外夜视、激光制导、光电对抗、导弹预警、量子通信基础)中光电效应扮演的关键角色;结合具体装备(如某型夜视仪、激光测距机、光电侦察卫星),分析其如何依托光电效应显著提升战场感知、精确打击、生存防御等核心作战能力;探讨新型光电材料与器件(如高性能光电阴极、单光子探测器)对未来智能化、无人化战争的潜在变革性影响。通过聚焦学员关心的尖端军事装备与未来战争形态,将抽象理论转化为看得见、摸得着的战斗力要素,极大激发学员内在学习兴趣与探索未知的强烈欲望。引导学员深刻理解光电效应从实验室走向战场的巨大价值链条,明确量子理论是支撑现代军事科技的基石。使人才培养直接对标部队装备发展现状与未来作战需求,让学员清晰认识到所学知识的即时与长远军事应用场景,切实体会“科技强军”中自身肩负的使命。通过学员自主探究与分享,将部队关切、战场需求自然融入课堂起点,为后续深入理论学习(光量子论、方程)提供强大现实驱动力和具体应用锚点,显著提升教学服务部队的精准性与贡献度。

2.3 整体教学设计思路

如图4所示为教学设计思路。该思路可作为课件展示内容的提炼和总结,给学员展示清晰的知识层次和脉络结构,从而与课件相得益彰,相互配合,最终达到良好的教学效果。

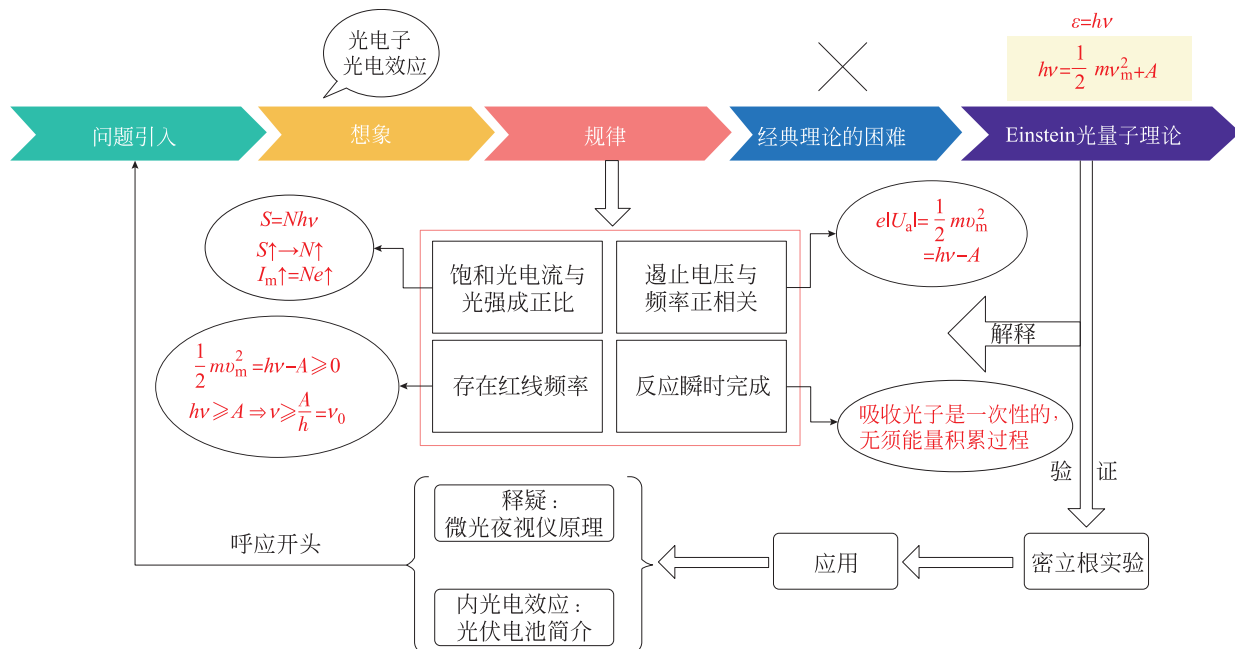


图4 教学设计思路

2.4 实施框架

根据教学计划及课程设计,按图4框架进行教学过程的实施,以学员为中心进行讨论、探究、讲解,即翻转课堂、智慧课堂、课堂思政三者强强联手,以能力为目标,培养学员应用信息自动化知识的综合能力和解决复杂化问题的高级思维。

3 教学创新实践效果

通过“微光夜视仪”等案例深度剖析,学员可自主解析现役光电装备工作原理(如解释红限对夜视仪最低照度的限制),并前瞻性研判量子传感、光电对抗等前沿技术的战场影响;精准掌握光电效应实验规律与爱因斯坦光量子理论核心,突破经典物理认知桎梏,系统建立“波粒二象性”量子思维框架;学员在重走科学史历程中,淬炼出不畏攻坚的科研韧性与颠覆性创新意识,深刻体悟“科技强军”使命。通过对学员的深度调查,92%的学员明确认同“理论突破是装备创新的源头”这一核心观点。学员反馈表明,光电效应这节课成功改变了他们对军事装备发展的认知,深刻理解了基础理论对技术创新的决定性作用。这种认知转变将为学员未来在军事科技领域的创新工作奠定坚实基础。

基于学员在授课过程中发送的弹幕生成的“词云图”(图5)可以看出,通过本节课的学习,学员深刻认识到“理论突破”是军事装备创新的根本源头。爱因斯坦的光量子理论作为近代物理基石,催生了夜视技术、量子通信等军事科技革命,这种认知转变标志着学员已突破经典物理思维框架,建立起量子理论基础。词云中“装备创新源头”“军事科技基石”等关键词高频出现,表明学员清晰建立了“理论→技术→装备”的军事科技发展

逻辑链。90%的学员在课后反馈中表示,理解了微光夜视仪等装备的核心原理源于爱因斯坦的光电方程。“科技强军”“战斗力生成”等词汇体现学员已将理论知识内化为军事应用意识。85%的学员在报告中指出,掌握基础理论是发展“单光子探测”等尖端军事技术的前提,理论突破深度决定了未来战场优势。

4 结语

光电效应理论作为量子科技前沿军事应用的物理基础,具有重要的教学价值。本文基于“量子世纪年”这一特殊历史背景,探讨了军校物理课程中光量子理论的军事应用教学实践。通过梳理量子力学百年发展与军事应用的演进历程,分析光量子理论军事应用的教学实践,剖析量子科技前沿军事应用的教学案例,展望量子科学教育的未来发展。通过教学案例的形式,可以将复杂的量子理论与实际的军事应用相结合,增强教学的直观性和实用性。通过分析其工作原理和应用前景,使学员了解其在夜间侦察、隐蔽成像等领域的潜在应用。

“量子世纪年”为军校物理课程的改革与发展提供了重要的历史契机。通过把握这一契机,推进光量子理论军事应用的教学实践,可以培养更多具备创新思维和实战能力的高素质军事人才,为国防事业提供有力的人才支撑。在未来的教学实践中,军事院校应继续深化教学改革,创新教学方法,紧跟科技发展前沿,培养更多适应未来战场需求的高素质军事人才,为实现中国梦强军梦做出更大贡献。

参 考 文 献

- [1] CETTO A N A M. Proclamation of the international year of quantum science and technology 2025, an example of science diplomacy[J]. *Foro Internacional*, 2025, 65(1): 159-172.
- [2] 刘辉, 武江, 张肖. 聚焦战斗力转化的新型军事人才培养体系建设研究[J]. *运筹与管理*, 2023, 32(12): 1-7.
LIU H, WU J, ZHANG X. Research on the construction of a new military talent training system focused on combat power transformation[J]. *Operations Research and Management Science*, 2023, 32(12): 1-7. (in Chinese)
- [3] 杨韬, 王芙蓉. 科技视域下军事人才能力素质提升的几点思考[J]. *中国军转民*, 2025(1): 48-50.
YANG T, WANG F R. Thoughts on enhancing the capabilities and qualities of military personnel from a technological

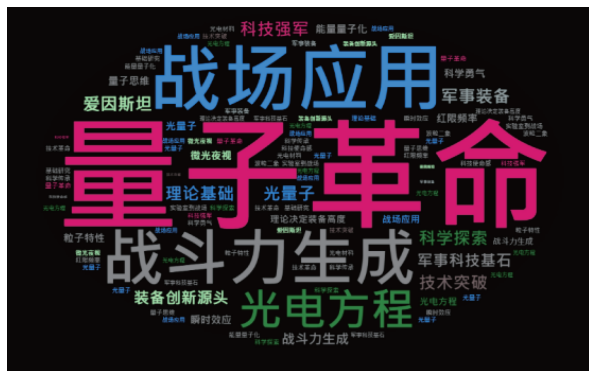


图5 基于学员发送的弹幕生成“词云图”

- perspective[J]. China Defense Industry Conversion, 2025(1): 48-50. (in Chinese)
- [4] 宋静. 光电效应实验装置的改进及其应用[J]. 教育与装备研究, 2025, 41(1): 89-91.
SONG J. Improvement and application of photoelectric effect experimental device[J]. Education and Equipment Research, 2025, 41(1): 89-91. (in Chinese)
- [5] 张芸, 张君, 刘玉丽. 浅析 OBE 理念下大学物理实验军政特色教学研究[J]. 中国现代教育装备, 2025(3): 81-83.
ZHANG Y, ZHANG J, LIU Y L. Analysis of the teaching research on military-political characteristics in college physics experiments under the OBE Concept[J]. China Modern Educational Equipment, 2025(3): 81-83. (in Chinese)
- [6] 杨丽, 刘涵颖, 段满益, 等. 光电效应规律演示仪的制作[J]. 物理教学探讨, 2025, 43(2): 61-64.
YANG L, LIU Y H, DUAN M Y, et al. Production of a demonstration instrument for photoelectric effect laws[J]. Physics Teaching and Learning, 2025, 43(2): 61-64. (in Chinese)
- [7] 刘嘉浩, 严文韬, 秦超, 等. 信息化考评系统在本科学员军事医学综合演练中的应用[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2025, 20(2): 260-262.
LIU J H, YAN W T, QIN C, et al. Application of an informatized evaluation system in comprehensive military medical exercises for undergraduate students[J]. China Journal of Emergency Resuscitation and Disaster Medicine, 2025, 20(2): 260-262. (in Chinese)
- [8] BATES E M, KARLOVICH J Z, FILKOSKI W L. Year-long atmospheric characterization effort for laser weapon testing on the Potomac River Test Range at the Naval Surface Warfare Center Dahlgren Division[J]. Optical Engineering, 2022(7).
- [9] 唐梁. 打赢未来信息化智能化战争人才须有“备份”[J]. 政工学刊, 2024(4): 34-35.
TANG L. Talent must have “Backup” to win future informatized and intelligent wars[J]. Journal of Political Work, 2024(4): 34-35. (in Chinese)
- [10] 杨少华, 侯霞. 激光告警技术研究进展[J]. 激光与光电子学进展, 2024, 61(5): 30-35.
YANG S H, HOU X. Research progress of laser warning technology[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2024, 61(5): 30-35. (in Chinese)
- [11] 曾涛, 赵非玉, 张静元, 等. 动力型红外诱饵的能量特性及内弹道研究(特邀)[J]. 光电技术应用, 2024, 39(1): 27-32.
ZENG T, ZHAO F Y, ZHANG J Y, et al. Energy characteristics and interior ballistics of kinetic infrared decoy (invited) [J]. Electro-Optic Technology Application, 2024, 39(1): 27-32. (in Chinese)
- [12] 章勤. 课程思政视域下“四史”教育融入军事理论课教学创新研究[J]. 佳木斯大学社会科学学报, 2025, 43(1): 194-196.
ZHANG Q. Research on the integration of “Four Histories” education into military theory teaching innovation from the perspective of curriculum ideology and politics [J]. Journal of Social Science of Jiamusi University, 2025, 43(1): 194-196. (in Chinese)
- [13] ZHANG Y P, DONG C Z. Blended teaching of university mathematics courses based on online merge offline model [J]. Systems and Soft Computing, 2025, 7: 200222.
- [14] 万秋滨, 席红梅. 基于雨课堂的大学英语线上线下混合式教学模式构建研究[J]. 大学, 2025(5): 193-196.
WAN Q B, XI H M. Research on the construction of online-merge-offline blended teaching model for college english based on rain classroom [J]. University, 2025(5): 193-196. (in Chinese)