

# 融合AI与产学研的QMAD高阶教学框架研究

## ——以《最优化方法》课程为例

郑晓颖, 李圆媛\*

武汉工程大学数理学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年1月28日; 录用日期: 2026年2月27日; 发布日期: 2026年3月6日

### 摘要

为应对人工智能时代对新工科研究生创新能力培养的迫切需求, 本文针对《最优化方法》研究生课程长期存在的理论与前沿脱节、产学研协同薄弱、高阶科研与工程能力培养不足等核心问题, 依托教育部“基于人工智能的最优化方法教学改革研究”产学研项目, 系统构建并实践了深度AI驱动与产学研融合的QMAD (Question-Model-Algorithm-Decision)高阶教学框架。本研究对经典QMAD方法进行了面向研究生教育与新工科内涵的升级适配, 将其拓展为“AI前沿与产业双源问题驱动(Q) - 高维动态与约束精准建模(M) - 智能优化算法创新与白盒实现(A) - 科研价值与产业效能双轨决策验证(D)”的闭环教学范式。通过校企联合开发前沿案例库、实施学术与产业双导师协同指导、深度嵌入AI开发与调优工具链、以及推行以研究生为主体的探究式专题授课等多元化路径, 该框架有力促进了学生“理论深度、AI技术融合度、产学研协同紧密度、自主科研创新力”的四维综合提升。教学实践表明, 改革有效强化了研究生面向复杂AI场景的高阶优化建模能力、算法再造能力及跨学科协同解决能力, 为其未来从事前沿科研或高端产业研发奠定了坚实的思维与实践基础, 为新工科背景下研究生核心课程的教学改革提供了可借鉴的融合创新模式。

### 关键词

最优化方法, 研究生教学, 产学研深度融合, AI驱动

# Research on a High-Level QMAD Teaching Framework Integrating AI and Industry-Academia Collaboration

## —A Case Study of the “Optimization Methods” Course

Xiaoying Zheng, Yuanyuan Li\*

School of Mathematics and Physics, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

\*通讯作者。

## Abstract

To address the urgent need for cultivating innovative capabilities of graduate students in emerging engineering disciplines in the era of artificial intelligence (AI), this paper focuses on the long-standing core issues in the graduate course—Optimization Methods, including the disconnection between theory and cutting-edge advancements, weak industry-academia collaboration, and insufficient training in high-level scientific research and engineering competencies. Supported by the Ministry of Education's industry-academia collaborative project—Research on Teaching Reform of Optimization Methods Based on Artificial Intelligence, this study systematically constructs and implements a high-level QMAD (Question-Model-Algorithm-Decision) teaching framework deeply driven by AI and integrated with industry-academia collaboration. The classic QMAD approach is upgraded and adapted to align with the demands of graduate education and the essence of emerging engineering disciplines, extending it into a closed-loop teaching paradigm: Dual-source problem-driven by AI frontiers and industry (Q), High-dimensional dynamic and constraint-accurate modeling (M), Innovative intelligent optimization algorithms and white-box implementation (A), Dual-track decision verification for scientific research value and industrial effectiveness (D). Through multiple pathways, such as jointly developing cutting-edge case libraries with enterprises, implementing dual mentorship by academic and industry advisors, deeply embedding AI development and tuning toolchains, and promoting inquiry-based thematic teaching led by graduate students, this framework significantly enhances students' comprehensive development in four dimensions: theoretical depth, integration of AI technologies, closeness of industry-academia collaboration, and independent research innovation capability. Teaching practice demonstrates that the reform effectively strengthens graduate students' advanced optimization modeling capabilities for complex AI scenarios, algorithm re-engineering abilities, and interdisciplinary collaborative problem-solving skills. It lays a solid foundation for their future engagement in cutting-edge research or high-end industrial research and development, offering a referential integrated innovation model for teaching reform in core graduate courses under the context of emerging engineering education.

## Keywords

Optimization Methods, Graduate Teaching, Deep Integration of Industry-Academia Collaboration, AI-Driven

Copyright © 2026 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

最优化方法是人工智能等前沿技术的数学根基, 其理论深度与应用能力直接影响新工科人才创新素养与解决复杂工程问题的水平[1]。研究生《最优化方法》课程需在夯实凸优化、最优性条件等理论基础, 着重培养学生面向高维动态场景的建模能力、AI融合的算法设计能力及跨学科工程实践能力, 以支撑其未来在科研与产业中的创新引领作用。当前课程教学在适应人工智能时代与新工科育人要求方面尚存在系统性不足, 主要体现在前沿融合不深、产学研协同薄弱以及高阶科研与工程能力培养欠缺等方面, 制约了研究生解决复杂工程问题与创新实践能力的全面发展[2]。为此, 本文以新工科“价值塑造、能力培养、知识传授”育人理念为指引, 以QMAD方法为框架[3], 深度融合广东泰迪智能科技股份有限

公司的产业资源与技术平台, 构建“问题双源驱动、模型高阶建构、算法智能实现、决策双轨验证”的教学体系, 推动课程从知识导向向创新能力与工程素养并重转型, 为 AI 时代高端人才培养提供可实践的教学范式。

## 2. 面向 AI 时代的研究生课程教学困境剖析

### (一) 理论深度与前沿性失衡: AI 驱动下的知识体系滞后

当前教学内容仍集中于梯度下降、牛顿法等经典算法的数学推导, 对高维非凸优化、元学习中的双层优化、联邦学习中的分布式约束优化等 AI 前沿议题覆盖不足。研究表明, 当前主流优化教材中涉及 AI 交叉内容的占比不足 20% [4] [5], 课程内容更新速度明显滞后于技术发展节奏。例如, 在大模型训练、自动机器学习等前沿领域广泛使用的自适应优化算法(如 AdamW、LAMB)及其理论分析, 在多数课程中仅作简要介绍, 学生难以深入理解其设计机理与收敛行为, 导致理论知识与科研实践之间存在明显断层。

### (二) 产学研协同虚化: 工程实践与产业需求的断层

现有校企合作多停留于表层案例引入, 缺乏深度融合机制。调研显示, 超过 70% 的校企合作课程中, 企业资源未能系统性地转化为适应研究生培养的教學模块[6]。具体表现为: 企业导师参与度低, 未实质性介入课程设计、实践指导与考核评价; 教学案例缺乏真实产业环境中的高噪声、动态约束与多目标冲突特征; 实践平台与产业实际使用的工具链、开发环境脱节。这种“脱实向虚”的协作模式, 使得研究生难以获得解决复杂工程问题所需的系统训练。

### (三) 科研素养培养缺失: 自主探究与创新能力的薄弱环节

当前教学仍以知识传授为主导, 学生自主探究与科研训练环节明显不足。据相关调查, 研究生课程中学生主导的研讨、文献评析、算法创新等环节平均占比低于 30% [7]。课程体系普遍缺乏对科学问题提炼、研究方案设计、学术成果表达等能力的系统性训练, 导致学生虽掌握理论知识, 却难以独立完成从问题发现到模型构建、算法实现乃至成果转化的完整科研链条。这种培养模式不符合研究生教育以创新能力为核心的目标定位, 也与新工科强调的“解决复杂工程问题”能力要求存在差距。

## 3. 面向“科研 + 工程”双目标的 AI 驱动 QMAD 高阶教学框架构建

为应对研究生培养中理论与实践脱节、前沿融合不足的核心挑战, 本研究以新工科“价值塑造、能力培养、知识创新”理念为引领[8] [9], 深度融合广东泰迪智能科技股份有限公司的产业资源, 对 QMAD 方法进行面向高阶研究生教育的系统重构。如图 1 所示, 我们构建了“Q (双源问题) - M (动态模型) - A (智能算法) - D (双轨决策)”的协同教学框架。该框架旨在通过贯穿始终的产学研协同与 AI 技术驱动, 将研究生文献研读、自主探究与学术表达等核心素养训练有机融入教学全过程, 系统性地提升其在复杂 AI 场景下的优化建模、算法创新与价值转化能力。

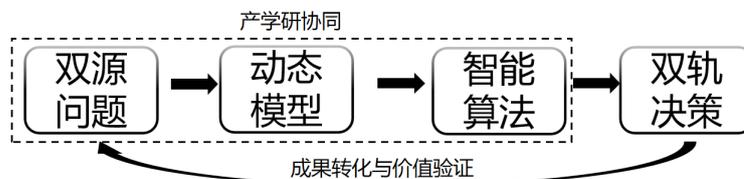


Figure 1. An AI-driven advanced teaching framework of QMAD oriented towards dual goals of “Research + Engineering”

图 1. 面向“科研 + 工程”双目标的 AI 驱动 QMAD 高阶教学框架

### (一) Q 环节: 双源驱动的问题锚定, 锤炼高阶科研问题定义能力

本环节旨在引导研究生从被动接受问题转向主动发现并定义兼具前沿学术价值与明确应用导向的优化问题。我们设计了“产业真题渗透”与“学科前沿牵引”的双路径驱动机制,使问题根源直接对接产业瓶颈与学术热点。一方面,产业真题驱动,感知真实约束;课程深度引入企业亟待解决的真实工程难题作为教学起点。例如,针对合作方在“智能道路检测”中面临的沥青混合料孔隙精准识别挑战,企业导师提供带复杂噪声的CT影像数据集与严格的工程验收指标(如检测精度 >90%,单图处理时间 <100 ms)。师生共同将该工程需求提炼为明确的优化问题:“如何在强噪声、多尺度背景下,构建兼顾高精度与实时性的目标检测模型?”这一源自产业一线的真问题,为后续教学提供了清晰的性能靶向与约束边界。另一方面,前沿牵引转化,凝练科学问题;指导学生将产业痛点或自身科研兴趣转化为可深入探索的科学问题。以计算系统生物学方向为例,引导学生从单细胞测序数据中“细胞发育轨迹推断”这一经典难题出发,通过研读《Nature Methods》等顶刊文献,批判性分析现有方法在轨迹连续性与鲁棒性上的不足。最终,师生共同凝练出核心科研问题:“如何设计一个融合细胞间拓扑关系与序列决策机制的优化模型,以提升高维稀疏单细胞数据中伪轨迹推断的稳定性?”这一问题直接导向了具有创新性的研究课题与专利设计。

#### (二) M 环节: 动态高维的模型建构, 贯通理论严谨与工程可行

在明确问题定义后,教学核心转向构建兼具数学深度与工程适配性的优化模型,重点培养研究生“为复杂系统建模”的高阶能力。理论深化与模型创新:超越经典凸优化框架,系统讲授高维统计、图神经网络与序列决策等应对AI数据特性的建模理论。以单细胞伪轨迹推断为例,指导学生利用图论对细胞间的相似性进行建模,并将轨迹推断重新形式化为一个基于马尔可夫决策过程的优化问题。在此过程中,学生不仅应用了强化学习的策略梯度理论,还创新性地引入了图结构距离作为奖励函数的设计依据,实现了跨领域理论工具的融合创新。

校企协同的模型迭代与验证:建立“模型-数据-反馈”的快速实证循环。模型的初步设计需在学术层面保证理论自洽,随后立即在企业提供的真实或仿真数据环境中进行验证。例如,在道路检测模型开发中,学生初始设计的YOLO变体在标准数据集上表现优异,但在企业提供的含复杂阴影、污渍的实际路况图像中,误检率显著上升。企业工程师与校内导师联合指导学生,通过引入针对性的数据增强策略与注意力机制模块对模型进行迭代,最终使模型在真实场景下的平均精度均值提升超过15个百分点。这一过程让学生深刻体会到,优秀的模型必须是理论推导与工程约束反复博弈、动态平衡的产物。

#### (三) A 环节: 智能算法的实现与创新, 深化核心技术攻关能力

本环节致力于将模型转化为可执行、可验证的算法,重点培养研究生“改造与创造算法”的实践能力,并熟练运用现代AI工具链[10][11]。经典算法的AI场景再工程:深入剖析梯度类算法在训练神经网络时遇到的收敛慢、超参数敏感等实际问题。组织“算法改进工作坊”,鼓励学生针对特定任务对基础算法进行适应性改进。例如,在单细胞轨迹推断项目中,为优化策略梯度算法的采样效率与稳定性,学生小组在深入理解REINFORCE算法的基础上,提出了结合基线函数与熵正则化的改进版本,并通过对比实验验证了其在小样本场景下的优越性。产学研一体化的开发验证平台:所有算法研发均在集成PyTorch、企业AI中台及高性能计算集群的统一实验平台中进行。该平台不仅提供算法开发环境,更内置了由企业定义的标准化评估流水线。例如,道路检测算法除了计算mAP等学术指标,平台会自动生成包含FPS(帧率)、GPU内存占用等工程指标的综合性评估报告。这种“学术-产业”双标尺的评价体系,迫使学生在算法设计之初就必须综合考虑性能与效率,使其科研工作与产业需求无缝对接。

#### (四) D 环节: 双轨驱动的决策与反馈, 实现成果价值协同

教学的最终目标是创造可验证的价值。我们建立“产业落地”与“学术发表”双轨制成果出口,并形成驱动教学持续优化的反馈协同,注重双轨成果转化与价值验证,研究成果必须接受双重检验。在产业

轨, 优化算法需在企业仿真系统或真实场景中验证其决策有效性。例如, 道路检测模型被集成至合作企业的自动化巡检系统原型中, 量化评估其在提升检测自动化率、降低漏检率方面的实际效益。在学术轨, 鼓励学生将核心创新点凝练为高质量论文。目前, 基于“融合图结构与强化学习的单细胞伪轨迹推断方法”的研究成果已投稿至计算生物学领域期刊, 正在评审中, 体现了研究的学术前沿价值。同时我们也明确教学反馈与持续改进要求, 特别是来自产业端的性能反馈(如对模型实时性的新要求)与学术端的同行评议意见, 被系统性地收集并分析。这些反馈成为优化下一轮教学的重要输入: 产业端的新需求可能催生新的 Q 环节问题; 学术界的批评则可能促使在 M 环节补充新的理论工具或在 A 环节引入更先进的算法范式。由此, “教学 - 科研 - 产业”环节促进了知识创新与实践成果的有效转化, 确保了研究生培养内容与能力的与时俱进。

#### 4. QMAD 教学框架的具体实施

为保障 QMAD 教学框架落地实施, 本课程设置总学时 32 学时, 严格按照 16 学时理论课 + 16 学时实践课的比例设计教学内容, 理论课聚焦最优化方法核心知识体系讲解, 实践课深度融合 QMAD 四个环节, 将产业真题、前沿科学问题与理论知识紧密结合, 实现“学用结合”。同时设计算法改进工作坊作为实践课核心形式, 推动学生将理论知识转化为实际科研与工程能力。

##### (一) 课程课时分配表

实践课采用“导师引导 + 小组协作”模式, 每组 3~4 名研究生, 配备 1 名校内学术导师 + 1 名企业技术导师, 全程指导实践环节的问题分析、模型构建、算法实现与成果验证, 具体课时分配如下表 1 所示。

**Table 1.** Class hour allocation of the optimization methods course under the QMAD framework

**表 1.** QMAD 框架下的最优化课程学时分配

章节	核心内容	理论学时	实践学时	实践课融合 QMAD 环节	实践课对接方向
第一章	最优化问题概述	2	2	Q 环节: 问题识别与提炼	产业真题/前沿问题初筛
第二章	线性规划	3	3	M 环节: 线性模型构建与验证	智能交通/健康医疗线性优化场景
第三章	无约束最优化方法	5	5	A 环节: 经典算法的 AI 场景改进	单细胞伪轨迹推断/道路目标检测
第四章	约束最优化方法	6	6	D 环节: 双轨决策与成果验证	全场景算法落地与学术成果凝练

##### (二) 算法改进工作坊的具体运作设计

结合课程第三章无约束最优化方法(梯度下降、牛顿法、REINFORCE 等算法)与 QMAD-A 环节, 设计“无约束优化算法的 AI 场景改进工作坊”, 工作坊总时长 5 学时(与第三章实践学时匹配), 对接《基于 YOLOv11 的复杂道路沥青混合料空隙目标检测方法》与《融合图结构距离与强化学习奖励机制的单细胞伪轨迹推断方法》两大核心方向, 同时辐射健康医疗、circRNA-疾病预测等领域, 具体运作流程分为四个阶段:

##### (1) 前期准备(课前 1 周, 导师引导)

校内导师讲解无约束最优化方法的核心算法原理、收敛性分析及经典改进思路, 企业导师提供智能交通、计算生物学、健康医疗等领域的真实数据集与性能指标要求; 学生以小组为单位选择研究方向, 完成相关顶刊文献(如《Nature Methods》《IEEE Transactions on Image Processing》)与产业技术报告的研读, 形成文献综述与初步算法改进思路。

##### (2) 问题拆解阶段(1 学时, 小组汇报 + 双导师点评)

各小组汇报研究方向的核心痛点, 例如道路检测中 YOLOv11 的梯度下降算法收敛慢、单细胞伪轨

迹推断中 REINFORCE 算法采样效率低等问题; 校内导师与企业导师共同点评, 指导小组将工程问题拆解为无约束优化算法的技术问题, 明确算法改进的核心目标(如提升收敛速度、降低采样误差、适配小样本数据集等)。

#### (3) 算法设计与实现阶段(2 学时, 小组实操 + 导师现场答疑)

各小组基于无约束最优化方法, 结合 AI 技术进行算法改进设计, 例如针对道路检测的梯度下降算法引入自适应学习率调整策略, 针对单细胞伪轨迹推断的 REINFORCE 算法结合基线函数与熵正则化; 学生在产学研一体化开发验证平台完成改进算法的代码实现, 导师现场答疑, 解决算法实现中的技术难题。

#### (4) 实验验证与汇报点评阶段(2 学时, 实验分析 + 汇报互评)

各小组将改进后的算法应用于真实数据集, 完成对比实验, 与经典算法对比 mAP、FPS、收敛速度、采样效率等学术与产业指标, 生成实验报告并分析改进算法的优势与不足; 各小组进行 8 分钟成果汇报, 展示算法改进思路、代码实现、实验结果, 回答导师与其他小组的提问, 校内导师从学术角度点评算法的创新性与理论严谨性, 企业导师从产业角度评价算法的落地性与性能达标情况, 形成双导师评价意见, 作为实践课考核的核心依据。

工作坊结束后, 要求各小组根据评价意见完善算法, 形成算法改进报告, 优秀成果将进一步向专利、学术论文方向凝练, 实现“工作坊成果向科研成果转化”。

### (三) QMAD 教学框架的实施效果分析

本教学框架在武汉工程大学数理学院 2022 级、2023 级人工智能、数学与应用数学等专业研究生《最优化方法》课程中实践, 其中 2022 级为教改前(采用传统教学模式), 2023 级为教改后(采用融合 AI 技术与产学研的 QMAD 教学框架), 两届研究生均为 68 人, 生源质量、基础课程成绩无显著差异, 保证教学效果对比的客观性。在核心知识点掌握程度测试成绩分析方面, 试卷涵盖最优化问题概述、线性规划、无约束/约束最优化方法等课程核心内容, 满分 100 分, 按 60 分及格、80 分优秀划分评价等级。测试结果显示, 核心知识点掌握程度平均得分分别为 85.6 分与 82.4 分, 较往届(分别为 72.3 分与 68.5 分)提升显著。在学生科研与创新成果统计方面, 截至 2026 年 2 月, 选修本课程的研究生成累计完成产业导向的课程项目 5 项, 其中 3 项已形成专利申请, 1 项专利授权, 具体包括: 《基于 YOLOv11 的复杂道路沥青混凝土空隙目标检测方法》(发明专利, 已进入实审), 《融合图结构距离与强化学习奖励机制的单细胞伪轨迹推断方法》(论文已投稿至 BMC GENOMICS), 《基于知识图谱的药物重定位预测系统》(发明专利, 已进入实审), 《一种基于注意力融合图-超图卷积网络的 circRNA-疾病关联预测方法》(发明专利, 已进入实审)《一种基于基因共表达网络的单细胞伪轨迹识别方法》(已授权, CN 119724357 B)。与往届同期相比, 学生人均论文/专利产出提升约 60%, 且多数成果具有明确的产学研结合特征。

## 5. 结论与展望

本研究构建的 AI 驱动产学研深度融合的 QMAD 高阶教学框架, 针对研究生《最优化方法》课程存在的核心痛点[11] [12], 系统实现了从“经典理论讲授”向“AI 融合创新与科研-产业双轨驱动能力培养”的转型。通过“双源驱动问题-高阶动态建模-智能算法实现-双轨决策验证”的闭环设计与教学实践, 有效提升了研究生在复杂 AI 场景下的优化建模、算法创新与学术成果转化能力, 初步形成了可示范推广的课程改革范式。未来, 研究将持续优化 AI 前沿知识的动态融入机制, 深化分层教学模式与个性化指导体系, 并拓展产学研协同的深度与广度, 以期构建更具适应性与引领性的研究生培养模式, 为人工智能时代输送理论基础扎实、创新能力突出的高层次复合型人才。

本研究构建的融合 AI 技术、产学研深度融合的 QMAD 高阶教学框架, 针对研究生《最优化方法》课程存在的理论与前沿脱节、产学研协同薄弱、高阶能力培养不足等核心痛点[11] [12], 系统实现了课程

从“经典理论讲授”向“AI 技术融合创新与科研 - 产业双轨驱动能力培养”的转型。通过“双源驱动问题 - 高阶动态建模 - 智能算法实现 - 双轨决策验证”的教学设计与实践, 结合 16:16 的理论与实践课时设置、算法改进工作坊等具体教学形式, 有效提升了研究生在复杂 AI 场景下的优化建模、算法创新与学术成果转化能力, 初步形成了可示范推广的课程改革范式。教学量化数据表明, 教改后学生的核心知识点掌握程度和科研产业成果产出均实现显著提升, 充分验证了该框架的科学性、实用性与可操作性。未来, 本研究将持续优化 AI 前沿知识的动态融入机制, 及时将大模型优化、分布式优化等前沿内容纳入课程体系; 深化分层教学模式与个性化指导体系, 拓展产学研协同的深度与广度, 与更多领域的企业建立合作关系, 丰富产业真题库与实践平台资源, 以期构建更具适应性与引领性的研究生培养模式, 为人工智能时代输送理论基础扎实、创新能力突出、工程素养过硬的高层次复合型人才。

## 基金项目

本研究的完成得到了教育部产学合作协同育人项目(No. 250506627151453)资助。

## 参考文献

- [1] 程立海. 人工智能大模型驱动的科技期刊智慧出版认知、模式和场景研究[J]. 传播与版权, 2026(3): 25-29.
- [2] 范晓娜, 闫庆伦, 戴建新. 新工科背景下研究生课程教学改革研究——以最优方法课程为例[J]. 高教学刊, 2025, 11(31): 145-148.
- [3] 刘满凤, 徐野, 温倩. 基于能力提升的运筹学课程教学模式与教学方法探讨[J]. 大学教育, 2021(11): 103-105.
- [4] 关秀翠, 虞文武, 王小六, 等. AI 教研西行的“教研协同 + 数字赋能”模式构建——基于“最优方法”教学改革的跨区域协作探索[J]. 高等理科教育, 2026(1): 83-94.
- [5] 陈西亮, 阮雅琴, 吕成志, 等. 基于 OBE 理念的《深度学习》课程逆向教学设计与实践研究[J]. 时代汽车, 2026(4): 88-90.
- [6] 张泽宇, 王迎超, 潘芳芳, 等. 新工科视域下“互联网+”多元协同育人平台建设路径研究[J]. 高教学刊, 2025, 11(S1): 157-162, 168.
- [7] 何玲玲, 王超越. 人工智能赋能公共管理类研究生创新与实践能力的探析[J]. 高教论坛, 2025(10): 109-113.
- [8] Shah, J.A., Huei, C.J. and Das, S. (2025) Bridging Academia and Industry a Blended and Project-Based Learning Model for Mechanical Engineering Education. 2025 *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Macao, 4-7 December 2025, 1-6. <https://doi.org/10.1109/tale66047.2025.11346654>
- [9] 王婷. 基于深度学习的人工智能导论课程教学系统实践优化策略[J]. 信息与电脑, 2025, 37(22): 254-256.
- [10] 张永梅, 杜治蓉, 郭奥, 等. 人工智能赋能研究生创新能力评价[J]. 软件导刊, 2025, 24(4): 184-190.
- [11] 刘江涛. 基于新工科建设的创新型人才培养机制研究[J]. 中国轻工教育, 2022, 25(2): 67-72, 79.
- [12] 张捷, 聂晓音, 王健安, 等. 面向新工科的优化方法课程教学改革路径探索[J]. 大学教育, 2025(20): 52-55.