

知识图谱赋能工程力学课程体系重构机理探究

邢小宁, 雷 刚, 时晓章

宜宾学院质量管理与检验检测学部, 四川 宜宾

收稿日期: 2026年7月13日; 录用日期: 2026年8月15日; 发布日期: 2026年8月24日

摘 要

工程力学是土木工程、安全工程、水利工程等众多工科专业的先导性基础课程, 兼具理论严谨性、逻辑系统性与工程实用性。传统章节化教学模式存在教学逻辑碎片化、理实衔接不紧密、教学资源零散、考核评价单一等问题, 难以培养学生系统的力学思维与综合工程分析能力。为打破课程教学的痛点、推进课程数字化提质升级, 本文以工程力学课程为研究对象, 系统分析传统教学体系的现存问题, 界定教学型知识图谱的课程适配内涵, 从教学逻辑、教学内容、教学资源、教学模式四个维度, 深入阐述知识图谱赋能课程体系重构的内在适配机理。为新工科背景下工科基础课程的数字化、体系化教学改革提供理论参考。

关键词

工程力学, 知识图谱, 课程体系, 重构机理

Research on the Mechanism of Knowledge Graph Empowering the Reconstruction of Engineering Mechanics Curriculum System

Xiaoning Xing, Gang Lei, Xiaozhang Shi

Division of Quality Management and Inspection, Yibin University, Yibin Sichuan

Received: July 13, 2026; accepted: August 15, 2026; published: August 24, 2026

Abstract

As a foundational prerequisite course for numerous engineering majors including civil engineering, safety engineering and hydraulic engineering, Engineering Mechanics features rigorous theories, systematic logic and strong engineering practicability. The traditional chapter-based teaching model suffers from fragmented teaching logic, insufficient integration of theoretical knowledge and engineer-

ing practice, scattered teaching resources and simplistic assessment systems, which fail to cultivate students' systematic mechanical thinking and comprehensive engineering analysis capabilities. To address prominent bottlenecks in curriculum teaching and advance the digital upgrading of teaching quality, this paper takes the Engineering Mechanics course as the research subject. It systematically analyzes existing drawbacks of the conventional teaching system and defines the curriculum-adaptive connotation of teaching-oriented knowledge graphs. Furthermore, the internal adaptive mechanism through which knowledge graphs facilitate curriculum system reconstruction is elaborated in depth from four dimensions: teaching logic, teaching content, teaching resources and teaching modes. This research provides theoretical references for the digital and systematic teaching reform of fundamental engineering courses under the emerging engineering education framework.

Keywords

Engineering Mechanics, Knowledge Graph, Curriculum System, Reconstruction Mechanism

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

教育数字化转型与新工科建设的持续推进,对工科基础课程的体系化教学、精准化育人、数字化升级提出了更高要求[1]。工程力学作为安全工程、土木工程、水利工程、工程管理、地质工程等工科专业的先导性专业基础课,其主要以刚体静力学与变形体力学两大核心模块为主体,兼具理论性、逻辑性与工程应用性,其知识点层级递进、关联紧密,为后续的专业课程与工程实践奠定力学基础[2]。

当前,工程力学课程多沿用传统章节化教学体系,以教材固有章节为单元开展碎片化授课,人为割裂了知识点间的内在关联,导致课程知识体系化不足、教学逻辑性欠缺脱节[3]。学生难以形成系统化力学认知,普遍存在知识点孤立记忆、知识迁移能力薄弱、综合力学问题分析能力不足等问题,传统固化的课程教学体系已难以适应现代化工科人才的培养需求[4]。因此,依托数字化技术开展工程力学课程体系重构,是当前课程教学改革的重要研究方向。

知识图谱作为数字化教学改革的新型技术工具,具备突出的语义关联、可视化呈现与智能推理优势,能够有效串联碎片化知识、梳理知识内在逻辑、搭建系统化知识框架,可从根本上弥补传统课堂知识割裂、体系松散、逻辑性薄弱的教学短板,为高校课程体系重构、教学模式优化提供了全新的思路与技术支撑[5]。近年来,人工智能、教育大数据技术与高校课程教学的深度融合成为教育数字化领域的研究热点,众多学者围绕知识图谱赋能教学改革开展了系列研究。在通用教育技术领域,何金栋等(2026)何金栋等提出三层知识图谱构建与大模型微调融合的技术框架,验证了知识图谱结构化梳理、大模型智能推理的协同赋能价值,证实层级化图谱架构可有效解决离散实体、碎片化信息的识别与整合难题[6]。在力学课程专项数字化改革领域,马驰骋等(2026)融合结构图谱与知识图谱双模型开展工程力学教学改革,结合车辆工程专业特色梳理课程知识体系、优化课堂教学模式,进一步证实了图谱技术在破解力学课程知识碎片化、提升教学系统性方面的显著成效[7];蔡宇轩等(2026)开展基于知识图谱的工程力学课程教学改革实践,验证了知识图谱在整合课程知识、提升学生自主学习能力方面的实践价值[4]。

结合上述文献研究可知,现有成果在知识图谱赋能课程教学方面已积累一定实践经验,但整体仍停留在方法描述与应用验证层面,尚未深入揭示赋能机理,亦未构建适应工科课程特征的层级化、体系化

重构方案。针对当前工程力学课程传统章节化教学固化、知识点碎片化严重、知识关联被人为割裂、课程体系化与教学适应性不足等突出问题,本文以知识图谱赋能工程力学课程为切入点,重点剖析其理论机理,构建四级层级化递进联动重构体系,推动课程由单点教学优化向全维度闭环体系升级。在系统梳理传统教学模式短板的基础上,阐明知识图谱赋能课程重构与教学优化的内在逻辑,构建适应本科阶段教学需求的四级层级化工程力学知识图谱,以此解决传统课程教学固化、知识割裂、育人适应性较弱等问题,为工科基础课程的数字化转型与教学体系重构提供参考与借鉴。

2. 工程力学课程教学体系现存问题

工程力学课程知识逻辑严密、层级关联性强、理论与工程应用联系紧密,对体系化、连贯化的教学依赖度较高。然而,传统课程长期沿用固化的章节式教学架构,未遵循知识的内在逻辑与学生的认知规律开展教学设计,主要存在以下问题。

2.1. 知识体系架构固化,教学逻辑碎片化

传统课程普遍遵循教材章节顺序开展教学,服从教材编撰逻辑而非知识认知逻辑与工程应用逻辑。教学过程以各个章节的独立知识点、公式推导、基础题型训练为主,忽视了静力学、变形体力学核心模块间的递进关系与语义关联,导致受力分析、力系简化、构件变形、强度校核等核心知识相互割裂。固化的碎片化授课模式使学生仅能掌握零散知识点,无法建立完整的力学知识网络,面对跨模块综合工程问题时,知识融合与迁移应用能力存在明显不足。

2.2. 教学内容适应性不足,学用衔接脱节

传统教学内容侧重理论推导与习题训练,教学重心偏向应试解题,工程实践案例与行业前沿应用内容占比偏低[2]。课程多采用理想化力学模型开展授课,与工程机械、建筑结构等实际工程场景结合度较低;教学内容更新滞后、梯度设计不合理,基础知识点重复赘述,核心重难点讲解不够深入,不能满足分层教学与能力递进培养需求[8]。学生易出现“会解题、不懂原理、不会应用”的现象,造成理论知识与工程实践衔接脱节。

2.3. 教学资源零散无序,缺乏体系化支撑

现有课程教学资源呈现碎片化、无序化特征,课件、微课、练习题、仿真模型、工程案例等各类教学资源大多单独存放、独立使用,并没有依据课程知识的内在逻辑构建系统化的资源体系。各类教学资源与知识点、教学模块、能力培养目标之间对应关系不够明确,也未按照知识难易程度和学习递进规律进行分层整理,导致教师在授课过程中对教学资源调取不成体系;学生在自主学习时,也不能快速匹配针对性的学习内容,难以实现循序渐进的系统化学习,最终无法满足体系化课堂教学与个性化自主学习的需求。

2.4. 教学与评价模式单一,育人针对性不足

传统课堂多采用教师单向灌输式授课,教学流程僵化,缺乏课前、课中、课后联动的闭环教学模式,学生处于被动接收知识的学习状态,自主构件知识框架的空间不足[2]。课程考核以期末笔试为主,评价重点偏向知识记忆与基础解题,忽视学生知识建构、逻辑推理、工程问题分析等能力的综合考评,既不能完整反映真实教学成效,也难以满足新工科背景下精准育人的需求。

3. 知识图谱构建流程与关键技术

为破解传统工程力学教学存在的知识碎片化、体系关联性弱、逻辑架构松散等突出问题,实现知识

图谱技术与本科工程力学课程教学的深度适配,本文依托课程教学大纲、学科知识层级特征与新工科工程素养培育要求,构建“知识梳理-本体定义-节点构建-关系映射-图谱校验与可视化”的标准化技术流程,完成四级层级化工程力学教学知识图谱的搭建。与通用领域知识图谱侧重海量数据抓取与智能检索的构建目标不同,本文构建的教学型知识图谱以课堂育人适配性为核心导向,聚焦课程知识点的内在逻辑、学生认知规律与工程应用场景的深度耦合,是适配系统化课堂教学、个性化自主学习与工程能力梯度训练的轻量化、专业化知识图谱载体。

3.1. 图谱整体构建流程

本文遵循科学化、体系化、教学化的构建原则,分步完成工程力学课程知识图谱的搭建工作,具体流程如下。

步骤 1: 课程知识体系拆解与规整。以本科工程力学主流教材、课程教学标准及新工科人才培养规范为依据,将课程整体体系划分为静力学基础、构件受力分析、力系简化、构件弹性变形、构件强度刚度稳定性校核与工程综合应用六大一级知识模块。在此基础上逐层拆解,形成涵盖核心概念、定理公式、力学分析方法、工程应用案例、典型题型的二级、三级知识单元。通过对全课程知识点的系统性梳理,剔除冗余、交叉性内容,厘清知识递进关系与层级脉络,形成结构完整、逻辑清晰的课程知识体系框架。

步骤 2: 教学知识本体定义。结合工程力学课堂教学场景与知识育人属性,将课程知识本体划分为概念本体、公式本体、方法本体、案例本体与习题本体五大类型。同时对各类本体统一标注教学功能属性、知识难度属性与工程能力培养属性,实现课程知识要素的标准化、规范化定义,为后续节点关联与资源匹配奠定本体基础。

步骤 3: 知识节点与语义关系搭建。以拆解后的独立知识点为基础语义节点,依据课程“原理支撑、因果推导、层级衍生、工程落地”的内在教学逻辑,定义节点间包含、推导、制约、关联、应用五类标准化语义关系,打破教材章节边界,构建多点联动、双向互通的网状知识拓扑结构。

步骤 4: 教学资源挂载与梯度分层。将课件、微课资源、力学仿真模型、工程实景案例、分层习题库等多元化教学资源精准匹配并挂载至对应知识节点,建立“知识点-教学资源-能力目标”的精准映射关系。同时依据知识难易度与育人梯度,将资源划分为基础巩固、能力提升、创新拓展三个层级,形成分层分类、可检索、可迭代的结构化教学资源体系。

步骤 5: 图谱逻辑校验与可视化优化。结合一线授课教师教学经验与本科生认知规律,对初步构建的知识图谱进行逻辑校验,修正不合理关联关系,补充教材中隐性存在但未显性表述的知识链路。通过可视化工具完成图谱整体渲染,最终形成层级清晰、逻辑闭环、适配本科教学的工程力学结构化知识图谱。

3.2. 核心节点属性定义与语义关系设计

为具象化展现图谱构建逻辑与技术特征,本文选取工程力学课程核心重难点“弯矩”作为典型节点案例,系统阐释知识节点的多维属性架构与节点间的四类核心语义关系,包括微分推导关系、方法支撑关系、原理制约关系与工程应用关系,直观体现知识图谱对离散力学知识的结构化整合优势。

(1) “弯矩”节点多维属性配置

“弯矩”作为变形体力学模块中的核心概念本体节点,其属性体系由基础属性与教学培育属性两部分构成。

基础属性方面:该节点隶属于变形体力学中梁的弯曲变形知识模块,属于课程中级重难点知识;其前置支撑知识包含剪力特性、平面应力状态及力系平衡理论;后置应用知识覆盖梁构件强度校核、结构变形计算及工程构件优化设计等工程实践内容。

教学属性方面：该节点对应的核心理论包含弯矩正负判定准则与弯矩方程推导机制，标准分析方法为截面法；对应的核心育人目标是使学生熟练掌握弯曲变形受力分析逻辑，具备工程梁构件变形验算与结构安全校核的基本能力。

(2) 节点间多维语义关联闭环

围绕“弯矩”核心节点，各关联知识点形成多维、闭环的语义网络，具体语义关系界定如下：

第一，与“剪力”节点形成微分推导关系。剪力与弯矩满足微分积分数理关联，通过剪力积分运算可求解弯矩大小，剪力变化规律是弯矩方程建立与弯矩图绘制的核心前置理论基础。

第二，与“截面法”节点形成方法支撑关系。截面法是求解截面内力、计算弯矩数值、绘制弯矩变化曲线的核心分析手段，为弯矩相关知识的求解与应用提供方法支撑。

第三，与“弯曲正应力”节点形成原理制约关系。构件截面弯矩的大小直接决定弯曲正应力的分布与数值变化，是控制构件弯曲强度、开展结构安全校核的核心力学参数，二者存在明确的力学原理制约机制。

第四，与“建筑梁结构设计”节点形成工程应用关系。弯矩分析是建筑横梁、桥梁承重构件、工程受弯结构开展变形验算与安全设计的重要理论依据，实现理论知识向工程实践场景的有效落地。

综上，通过精细化节点构建、属性定义与标准化语义关联设计，原本分散于教材不同章节的剪力、弯矩、弯曲应力、强度校核、工程结构设计等离散知识点被系统串联为完整的知识链路，有效解决了传统章节化教学知识割裂、逻辑隐性、理实脱节的弊端，为后文四维递进式课程教学体系重构提供了扎实的技术支撑与理论依据。

4. 知识图谱赋能课程体系重构的适配基础

基于上述工程力学课程教学问题，本文以数字化教学改革为切入点，从理论层面探究知识图谱应用于课程教学优化的内在逻辑与价值优势。首先界定教学型知识图谱的基本内涵与教学特征，分析知识图谱与工程力学课程教学改革的适配性，在此前提下，分别从教学逻辑、教学内容、教学资源与教学模式四个维度系统分析其知识图谱赋能的课程教学体系重构机理。

4.1. 课程教学知识图谱的核心内涵与教学特征

本文所构建的工程力学知识图谱整体设计严格依据课程教学大纲、重难点分布与工程能力培养要求，结合本科生认知规律与实际授课节奏搭建框架结构。以课程核心概念、基础定理、力学分析方法为基础节点，依据知识点递进衍生、因果推导、原理支撑、工程落地的真实教学逻辑搭建关联链路，对教材中分散零散的知识内容进行系统性重组与逻辑梳理。同时融合课堂教学、资源匹配、能力训练、素养培育等多元教学要素，搭建层级清晰、逻辑闭环的可视化知识网络。相较于传统教材线性固化的知识呈现方式，教学型知识图谱可实现知识关联可视化、教学逻辑结构化、资源匹配精准化、能力培养系统化，可有效弥补传统教学章节知识割裂、内容静态固化的问题，为课程教学体系的优化重构提供数字化支撑。

4.2. 知识图谱与课程教学重构的适配性分析

工程力学课程逻辑严密、知识点逐级递进，静力学平衡、约束受力分析、力系简化、构件变形与强度校核等核心内容环环相扣，前序基础理论是后续工程应用学习的重要前提，学科本身具备良好的结构化教学改造基础。但传统章节化教学固化遵从教材编排顺序，人为割裂知识点之间的隐性逻辑关联，将连贯完整的知识体系拆解为碎片化内容。长期碎片化教学，使得学生多机械记忆公式、套用解题模板，难以建立系统的力学思维，面对跨模块综合工程问题时，普遍存在知识迁移能力不足、综合分析思维薄

弱等问题，这也是制约工程力学教学提质的核心症结。知识图谱的核心优势在于突破线性教材框架、挖掘知识点隐性关联、搭建网状知识体系，与工程力学课程特征、教学改革需求高度契合。从知识构建层面，可将离散知识点整合为关联化知识网络，适配课程强逻辑、强递进的学科特点；从教学实施层面，可打破教材固化授课顺序，贴合学生由浅入深、由理及用的认知规律；从人才培养层面，可打通理论学习、方法训练与工程应用的育人链路，契合新工科复合型工程人才的培养目标。因此，知识图谱并非简单的教学辅助工具，而是破解碎片化教学痛点、推动课程体系提质升级的核心赋能载体。

5. 知识图谱赋能课程体系的重构机理

现有多数研究的赋能框架为平行式维度划分，各模块相互独立、无层级关联，难以体现技术赋能的内在逻辑。本文基于知识图谱的技术特性，重构形成“教学逻辑重构－教学内容优化－教学资源整合－教学模式创新”的四级递进赋能框架，四者并非简单并列关系，而是层层支撑、逐级落地的闭环体系：教学逻辑重构是核心内核，解决课程底层知识碎片化问题，为后续优化提供逻辑根基；教学内容优化是基础载体，依托全新逻辑体系完成教学内容的迭代升级；教学资源整合是支撑保障，为优化后的内容与逻辑匹配体系化资源；教学模式创新是最终落脚点，实现逻辑、内容、资源的课堂落地与育人闭环。四维递进联动，共同完成工程力学课程教学体系的全方位重构，框架联动关系如下图 1 所示。

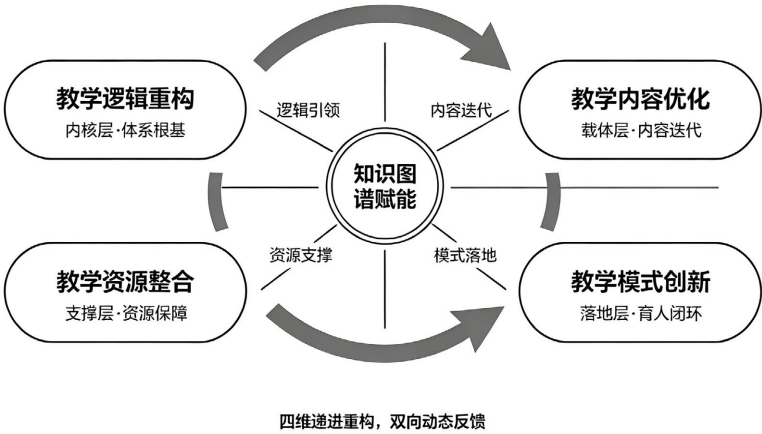


Figure 1. Four-dimensional progressive reconstruction framework of curriculum system empowered by knowledge graph
图 1. 知识图谱赋能课程体系四维递进重构框架

本四维递进框架突出技术赋能的层级性、逻辑性与系统性，从课程底层逻辑到表层教学模式形成完整变革链路，解决了传统模型“赋能分散、缺乏闭环、适配性弱”的问题，具体重构机理如下。

5.1. 教学逻辑重构机理

传统教学依托教材章节逐节开展授课，各章节教学相对独立，教师侧重单节知识点讲解与题型训练，忽视知识点的递进衍生关系，造成整体教学逻辑零散、知识衔接断裂。学生学习过程中无法有效串联前后内容，知识记忆碎片化，缺乏理论知识与实际应用的内在关联。知识图谱依托独有的语义挖掘、节点关联与逻辑可视化技术，区别于传统教学的线性知识传递模式，穿透教材固化的章节边界，通过梳理课程全局知识脉络，将静力学基础、受力分析、力系简化、构件变形、强度校核、工程应用等内容的层级关系、因果关系、衍生关系显性化呈现。

依托图谱逻辑，重构形成“基础理论铺垫－分析方法掌握－综合逻辑推演－工程场景应用”的教学主线，将零散的单点知识点串联为知识链条、搭建为网状知识体系。该重构模式将课堂教学从单一知识

点讲授,转向逻辑梳理、体系构建与思维培养,帮助学生建立完整的力学知识框架,实现课程教学逻辑的系统性优化。

5.2. 教学内容优化机理

知识图谱具备全局俯瞰课程知识的优势,可完整呈现课程知识结构与内容短板,为教学内容优化提供清晰依据。在图谱技术支撑下,教师可对课程内容开展结构性调整,删减重复琐碎、难度偏低的基础性内容,节约课堂有效教学时间,针对核心定理、力学分析方法等重点内容进行深度讲解与拓展训练,夯实学生理论根基,同时结合建筑、机械等真实工程场景,补充构件受力、结构校核等应用型案例与综合性习题,弥补传统教学理论与实践脱节的问题。经过知识图谱赋能优化,课程内容不再被动依附教材编排顺序,而是围绕学生认知规律与工程能力培养需求的重构体系,实现教学内容从应试导向向工程应用导向的转变。

5.3. 教学资源整合机理

通过知识图谱层级化的节点结构,可将课件、微课、仿真模型、工程案例、习题素材等独立存放、零散使用的资源,逐一对应关联到相应的知识单元,建立“知识点-教学资源-能力训练”的精准对应关系。实现各类教学资源的精准挂载与系统归类,建立以知识点为核心的精准资源匹配体系,明确各类资源对应的知识模块、学习难度与能力训练目标。按照基础巩固、能力提升、创新拓展的梯度整合各类教学素材,构建可检索、可更新、可分层分类的结构化资源库,既能满足教师系统化教学设计的需求,又能为学生个性化自主学习提供资源保障。

5.4. 教学模式创新机理

基于知识图谱可视化的完整知识网络,重构前预习、课中授课、课后巩固的全流程教学模式,改变传统课堂单一知识灌输的模式,构建连贯闭环的教学育人体系。课前,学生通过知识图谱整体框架明确知识点的关联与重难点,开展针对性预习,解决预习盲目化、无重点的问题;课中,教师围绕知识点内在关联开展串联式教学,引导学生理解知识生成逻辑与工程应用场景,推动学生从被动听课向主动建构知识转变;课后,结合图谱知识梯度布置分层学习任务,通过知识梳理、案例分析、综合训练巩固学习成果,拓展工程思维。该重构机理打通了传统教学的环节壁垒,实现知识传授、思维培养、能力训练的深度融合,有效提升课堂教学实效,契合新工科精准育人、体系育人的培养目标。

6. 结语

本文立足新工科建设与教育数字化转型的背景下,聚焦工程力学传统教学的现实问题,系统梳理了教学知识碎片化、学用衔接脱节、教学资源无序、评价模式单一的问题,阐释了教学型知识图谱的核心内涵与课程适配逻辑,从四个维度揭示了知识图谱赋能工程力学课程教学体系优化的内在机理。引入知识图谱技术能够有效打破传统章节教学的固化壁垒,串联碎片化知识、规整课程教学逻辑、整合优质教学资源、创新闭环育人模式。本文从理论层面探究了知识图谱赋能课程改革的适配机理,后续可依托知识图谱开展课堂教学实践与教学效果量化验证,进一步完善工科基础课程数字化改革体系,为新时代高校工科基础课程精准化、体系化育人提质提供理论参考与实践支撑。

基金项目

宜宾学院教学改革课题“基于 AI 技术的工程力学知识图谱构建与教学应用研究”(课题编号: XJGY2025006)。

参考文献

- [1] 胡素香, 周文健, 陈浪城. 新工科背景下高校实验教学数字化转型研究[J]. 西部素质教育, 2025, 11(9): 128-132.
- [2] 高阳, 刘煜. 探究式教学引领下“工程力学”课程的系统性改革与实践[J]. 科技风, 2026(11): 37-39.
- [3] 姚征, 孙先念, 夏冬生, 等. 工程力学课程向专业课程体系融合的教学创新与实践[J]. 力学与实践, 2026, 48(1): 152-160.
- [4] 蔡宇轩, 陈亮, 王思哲, 等. 基于知识图谱的《工程力学》课程教学改革实践与探索[J]. 时代汽车, 2026(2): 40-42.
- [5] 唐笋, 刘小军, 何一驰, 等. 面向个性化学习的课程要点知识图谱构建研究[J]. 自动化应用, 2025, 66(18): 103-108.
- [6] 何金栋, 及宇轩, 陈天赐, 等. 基于知识图谱和大模型的非智能传感器的实体发现方法[J]. 计算机应用, 2026, 46(2): 354-360.
- [7] 马驰骋, 敖日汗, 田红艳, 等. 基于结构图谱与知识图谱的车辆工程专业工程力学教学研究[J]. 高教学刊, 2026, 12(5): 117-120.
- [8] 于丽艳, 闫龙海, 才源, 等. 新工科背景下工程力学一流课程建设的研究与实践[J]. 中国现代教育装备, 2026(9): 111-113.