College and Job 职业教育发展, 2026, 15(11), 1-10
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ve
https://doi.org/10.12677/ve.2026.1511455

Hans汉斯

面向机械类专业的材料力学课程知识图谱建设研究

王　聪，姜锐红，杨　杰，卢双丽

上海电机学院，智能制造与机器人学院，上海

收稿日期：2026年9月28日；录用日期：2026年10月22日；发布日期：2026年11月2日

摘　要

伴随新工科推进与智能制造产业升级，材料力学作为机械、机器人工程、机电工程专业的基础核心课程，存在知识点碎片化、理论内容脱离工程场景、跨课程知识存在割裂等教学困境。知识图谱通过节点和关系边组织零散知识点，形成层次化关联知识体系，为化解这类教学困境提供新思路。面向智能制造相关专业人才培养要求，本文剖析材料力学课程特点与教学难点，建立四层知识图谱框架及半自动化构建方法，配套工程案例嵌入、能力导向映射、跨课程知识关联、问题图谱协同等适配策略；构建融合混合式教学、案例教学与产教融合的应用模式，设计定性定量相结合、过程与结果并重的多维评价体系。教学实践显示，该方案有助于学生形成系统化知识结构，提升复杂机电工程问题求解能力。

关键词

材料力学，知识图谱，新工科，教学改革，智能制造，混合式教学

Research on Knowledge Graph Construction for Mechanics of Materials Course for Mechanical Engineering Majors

Cong Wang, Ruihong Jiang, Jie Yang, Shuangli Lu

College of Intelligent Manufacturing and Robotics, Shanghai Dianji University, Shanghai

Received: September 28, 2026; accepted: October 22, 2026; published: November 2, 2026

Abstract

With the advancement of New Engineering Education and the upgrading of the intelligent manu-

文章引用: 王聪, 姜锐红, 杨杰, 卢双丽. 面向机械类专业的材料力学课程知识图谱建设研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(11): 1-10. DOI: 10.12677/ve.2026.1511455

facturing industry, Mechanics of Materials, as a fundamental core course for majors in Mechanical Engineering, Robotics Engineering, and Mechatronics Engineering, faces teaching challenges such as fragmented knowledge points, theoretical content detached from engineering scenarios, and disconnection across related courses. Knowledge graphs organize scattered knowledge points through nodes and relational edges, forming a hierarchical and interconnected knowledge system, which offers a new approach to addressing these teaching difficulties. In response to the talent cultivation requirements of intelligent manufacturing-related majors, this paper analyzes the characteristics and teaching difficulties of the Mechanics of Materials course, establishes a four-layer knowledge graph framework and a semi-automated construction method, and proposes adaptive strategies including engineering case embedding, competency-oriented mapping, cross-course knowledge association, and problem-graph collaboration. It further develops an application model integrating blended teaching, case-based teaching, and industry-education integration, and designs a multi-dimensional evaluation system that combines qualitative and quantitative methods while balancing process and outcome assessment. Teaching practice demonstrates that this approach helps students form a systematic knowledge structure and enhances their ability to solve complex mechatronic engineering problems.

Keywords

Mechanics of Materials, Knowledge Graph, New Engineering Education, Teaching Reform, Intelligent Manufacturing, Blended Teaching

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

材料力学课程知识图谱建设是回应新工科人才培养需求的系统性教学改革探索。本章从研究背景、研究意义与研究现状三个方面阐述选题依据。

2. 研究背景

现阶段，我国持续推进创新驱动发展战略，落地“中国制造 2025 规划”与“互联网+”等多项国家级发展规划，对高素质工程科技人才的培养提出更高要求，加快“新工科”人才培养的教育改革与创新日益紧迫。2017 年以来，教育部启动新工科建设，在实践过程中凝练形成系列建设理念“新工科”强调学科的实践性、连续性、交叉性和综合性。对于机械类工科专业而言，《材料力学》是其专业中数学、物理等基础课程的进一步延伸，又是学习后续专业课程和从事科学研究及专业技术工作的基础[1]。然而，当前材料力学教学中存在“知识要点繁多、工程案例陈旧、实际应用困难”三大痛点问题，亟待通过教学改革加以解决[2]。

3. 研究意义

(1) 破解知识碎片化难题，构建系统化知识体系。依托互联网 + 教育的发展环境，各类学习资源呈现碎片化分布特征，知识点之间相互割裂，难以形成有机联结，易导致学习者无法把握知识的内在逻辑，阻碍完整知识体系的构建。知识图谱以节点表征知识实体、边描述实体间关联关系，可对零散的知识单元进行结构化组织，搭建具备层级性与关联性的知识网络，为解决碎片化学习带来的知识体系割裂问题提供可行路径[3]。

(2) 打破课程间知识壁垒，实现跨课程有机衔接。本校机械类学科的专业基础课程一般包括《理论力学》《材料力学》《机械设计》《机械原理》等，在单科专业课程学习场景下，学生普遍难以建立与先修课程知识点之间的关联。知识图谱技术能够消解课程间的知识壁垒，推动知识单元的衔接与融合，形成多维度关联的网络化知识架构[4]。

(3) 推动教育数字化转型，赋能智慧教学。推进教育数字化发展，建设服务全民终身学习的学习型社会、学习型大国。知识图谱实现了人工智能与教学场景的深度结合，可清晰地刻画课程单元以及知识要素之间的关联关系[4]。

(4) 服务智能制造与机器人工程人才培养。《材料力学》作为“制造的基础科学”，其理论体系为智能制造提供了可量化、可预测、可优化的底层支撑，知识图谱建设对于培养高素质复合型工程人才具有重要的现实意义[1]。

4. 研究现状

国内众多高校近年来持续探索知识图谱在力学课程领域的教学应用。张彤团队依托半自动化构建方案，构建包含课程层、知识层、知识点层、知识元层的四层体系，用于材料力学课程知识图谱的搭建[3]；王宏伟等人开展了固体力学学科核心课程的一体化建设实践，设计了涵盖《材料力学》《弹性力学》和《塑性力学》等专业课程的知识图谱建设方案[4]。张锴等人在研究中表明，材料力学教学研究呈现“部分集中、整体分散”的态势，结合人工智能技术的辅助教学方法是未来的发展趋势[5]。此外，已有研究将知识图谱引入材料力学课程体系构建[1]、混合式教学[6]，并围绕复杂工程问题能力培养开展了材料力学课程教学研究[2]。

5. 课程性质与教学面临的主要难点

本章从课程定位与教学难点两个方面，分析《材料力学》课程开展知识图谱建设的现实基础与问题起点。

5.1. 课程在专业培养体系中的地位

《材料力学》是研究构件承载能力基本理论和计算方法的一门学科，是高等院校工科类专业本科生必须掌握的专业基础课程，在专业培养体系中处于承上启下的枢纽位置(见图 1)。

在本校机械类专业，例如智能制造与机器人工程专业中，机械臂连杆的强度校核、减速器传动轴的刚度设计、机架结构的稳定性分析等问题均直接依赖材料力学的基本理论与方法。材料力学作为“制造的基础科学”，其理论体系为智能装备提供了可量化、可预测、可优化的底层支撑。

5.2. 课程教学面临的主要难点

(1) 知识碎片化突出，知识体系构建不完善。在教育数字化的发展背景下，线上学习资源呈现零散化、碎片化的传播特征，各类知识单元相互割裂，缺乏系统性的关联与整合。同时，网络学习资源为适配轻量化、快餐式的学习模式，往往对知识内容进行简化处理，致使学习内容深度不足，导致学生无法搭建完整、连贯的系统化知识框架。

(2) 知识点复杂且多维。《材料力学》课程内容本身具有高度的抽象性和复杂的层次性。例如，应力是材料力学中的基础性核心概念，可细化为正应力、切应力与主应力等基础类型。随着教学内容的逐步深入，课程还会延伸出拉应力、压应力、极限应力、许用应力、应力集中以及应力状态等衍生概念，形成庞大且层层递进的应力知识体系。



Figure 1. Positioning of the mechanics of materials course within the professional talent-training system
图 1. 材料力学课程在专业培养体系中的定位

(3) 理论抽象程度高。材料力学涵盖组合变形强度理论、屈服判定准则、结构稳定性理论等诸多抽象理论内容，这类知识缺乏直观具象特征，学生理解与吸收难度较大。如何在知识图谱中实现此类抽象理论的可视化呈现，并搭建各理论知识点的内在关联，是当前教学与图谱构建的一大难点。

(4) 理论与工程实践脱节。《材料力学》课程与先修、后修课程割裂，与工程实际脱节，是长期存在的教学痛点。传统教学内容往往停留在理想化的简化模型层面，缺乏与真实工程构件、智能装备结构的紧密结合。

(5) 知识点层级递进性与依存性极强。材料力学的知识体系具备严格的层级逻辑(见图 2)。课程界定的

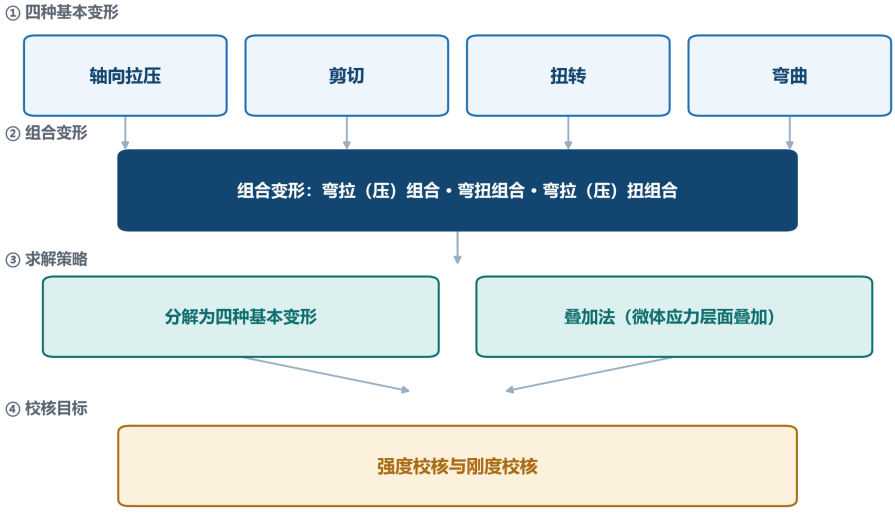


Figure 2. Hierarchy and dependency of knowledge points in mechanics of materials
图 2. 材料力学知识点的层次性与依赖性

拉伸压缩、扭转、弯曲、剪切四类基本变形，是构成各类复杂构件变形形式的基础，可衍生出弯拉(压)、弯扭、弯拉(压)扭等多元组合变形工况。在强度校核的实操分析中，组合变形问题需拆解为四类基础变形单元，再通过微体应力叠加原理，运用叠加法完成力学性能核算。

6. 课程知识图谱建设方案

针对上述教学难点，采用课程知识图谱的四层框架设计与半自动化构建技术路线，并给出面向专业特色的适配性设计策略。

6.1. 知识图谱框架设计

采用四层框架体系构建材料力学课程知识图谱，包括课程层、知识层、知识点层和知识元层[3] (见图 3)。

(1) 课程层。该层级为知识图谱的顶层架构，主要界定课程整体核心概念与教学培养目标。本层级以力学参数与几何参数两大基础参数体系为核心依托：其中力学参数包含载荷、内力、应力等力学相关物理指标，是开展结构强度设计与强度校核工作的核心依据；几何参数主要表征外荷载作用下构件产生的变形、应变、位移等变化规律，直接服务于结构刚度的设计与校核分析。

(2) 知识层。该层级承担课程知识系统化梳理的作用，以构件四种基本变形形式为切入点，遵循“外力作用－内力产生－应力分布－构件变形”的完整逻辑脉络，逐层梳理整合课程核心知识内容，搭建课程整体知识框架。

(3) 知识点层。该层级聚焦各教学模块的核心知识要点，结合课程内容的层级结构与知识点间的内在逻辑关联，对知识单元进行细化拆分，明确各类知识的上下位从属关系，形成粒度更精细、贴合工程教学应用的细分知识体系。

(4) 知识元层。为图谱最底层，承载最小粒度的微观知识单元。

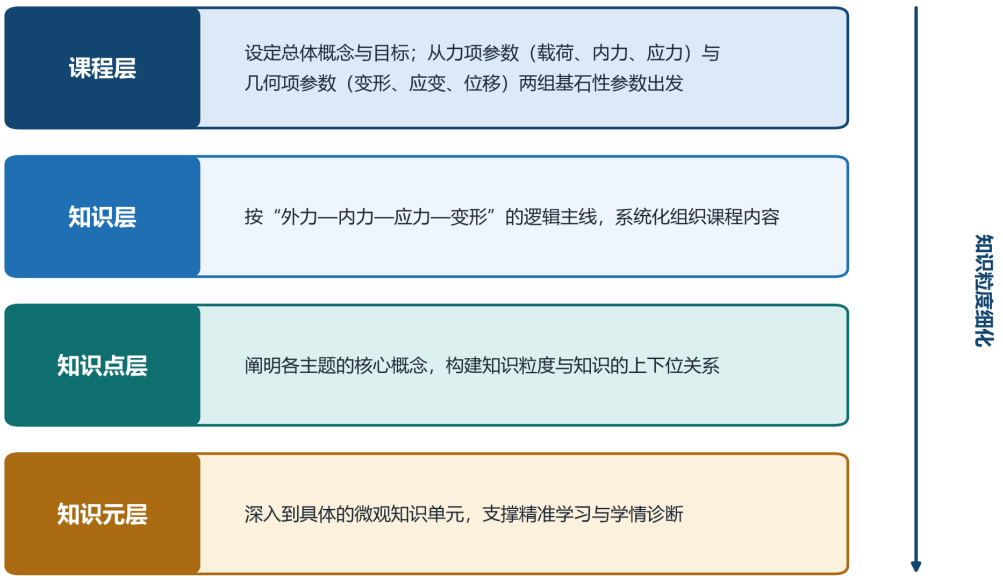


Figure 3. Four-layer framework of the knowledge graph for the mechanics of materials course
图 3. 材料力学课程知识图谱四层框架体系

6.2. 构建方法与技术路线

在材料力学课程知识图谱的构建过程中，纯自动化构建方式存在明显局限性，难以精准捕捉课程内

部复杂的知识逻辑与隐性关联，无法满足专业课程图谱的高精度构建要求。为此，本文采用半自动化构建思路，在自动化工具完成数据采集与基础关系梳理的基础上，引入人工审核与优化机制，由专业教师对图谱结构进行校验、修正与完善。该模式兼顾自动化构建的高效性与人工优化的精准性，可有效保障知识图谱的逻辑性、规范性与专业性。整体构建流程主要分为五个实施步骤(见图 4)。

第一步，数据采集与处理。系统收集教学大纲、教材、课件、教案、习题库、工程案例库等多源教学资源，进行文本清洗与结构化处理。

第二步，知识抽取。基于自然语言处理技术实现课程文本知识要素的结构化提取，通过命名实体识别技术挖掘材料力学课程中的核心概念与属性实体，并结合关系抽取算法解析不同知识实体间的内在关联，完成课程基础知识单元的自动化筛选与提炼。

第三步，图谱框架搭建。依据课程知识的内在逻辑，构建“课程层－知识层－知识点层－知识元层”的骨架结构，设定概念间的层次关系与关联关系。

第四步，人工审核与优化。由教学团队对自动化生成的图谱进行逻辑验证，修正概念间的错误关联，补充工程应用实例节点。

第五步，平台集成与动态更新。将知识图谱部署到智慧教学平台，实现可视化呈现与交互功能，并建立图谱的动态更新机制。

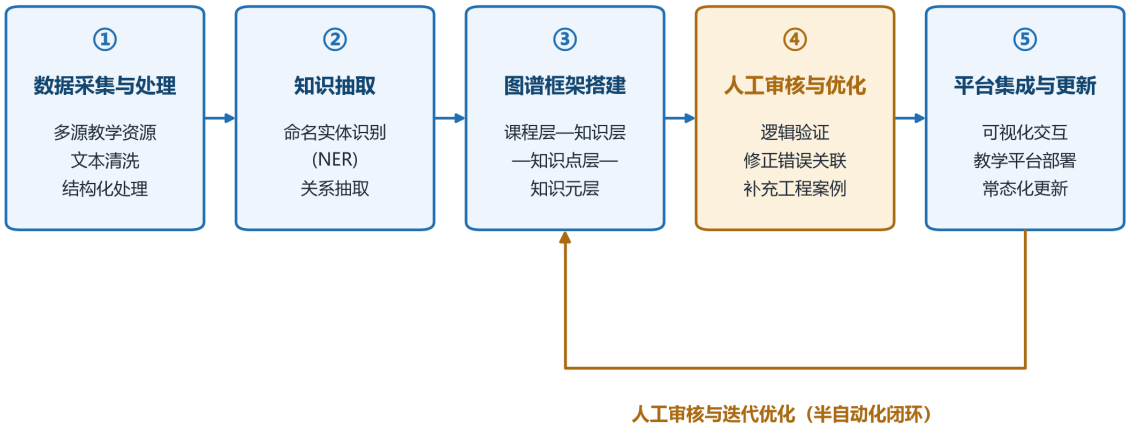


Figure 4. Technical roadmap for semi-automated construction of the course knowledge graph
图 4. 课程知识图谱半自动化构建技术路线

6.3. 面向专业特色的图谱设计策略

针对本校机械类专业，例如智能制造、机器人及机电工程专业的培养特点，知识图谱建设应体现以下专业适配性策略：

(1) 工程案例嵌入。在每个核心知识点关联相应的机电工程应用案例。

(2) 能力导向映射。将课程知识点映射到专业毕业要求指标点。

(3) 跨课程知识衔接。标注与先修课程和后修课程的知识衔接点。

(4) 问题图谱协同。将知识图谱与习题问题体系相结合，把复杂问题拆解为细分问题并对应关联相关知识点，以此锻炼学生的复杂问题求解能力。

7. 知识图谱在课程教学中的应用

知识图谱的价值最终体现在教学实践中。本章从模式创新与个性化学习两个维度阐述其应用路径。

7.1. 驱动混合式教学模式创新

知识图谱的引入推动了教学方式的根本性变革。将混合式教学模式与课程知识图谱结合，不仅能提升教师教学效率，还能培养学生的自主学习和解决复杂工程问题的能力；知识结构更加清晰明确，有助于引导学习者自主学习，支持教师完成混合式教学设计。本校计划试运行融合线上线下、实验、工程实践与人工智能教学的四维教学体系(见图 5)。

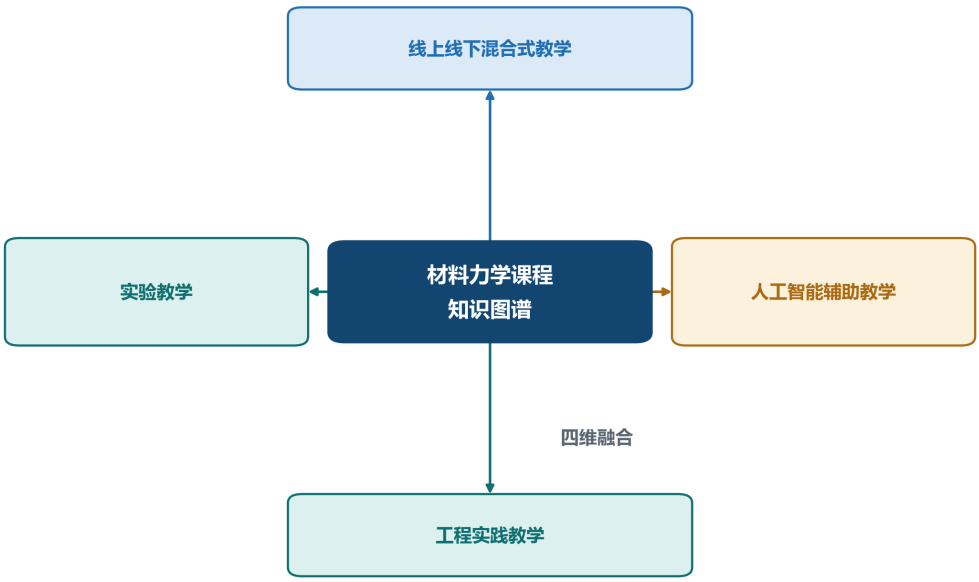


Figure 5. Four-dimensional integrated blended teaching model
图 5. 四维融合的混合式教学模式

7.2. 支撑个性化学习与智能评价

知识图谱与问题图谱协同，对复杂问题进行拆解并关联对应知识点，提升学生解决复杂问题的能力；利用图谱的分析特性，教师可快速定位学生的知识薄弱环节，实现精准的教学干预和个性化的学习指导。

8. 知识图谱的优化策略

知识图谱建设并非一劳永逸，需要在技术手段、内容体系层面持续优化。

8.1. 基于大语言模型的技术优化

结合自动化工具和专家的专业判断，采用半自动化构建方法，能够更有效地生成符合实际教学和研究需求的知识图谱[3]。大语言模型等前沿技术将持续提升知识抽取、关系识别与图谱补全的效率和质量。

8.2. 跨课程知识图谱的融合拓展

为打破课程间的知识壁垒，可推动机械类专业核心课程的一体化建设。依据力学知识体系的层级逻辑，可自上而下划分为课程层、知识层、知识点层与知识元层。以智能制造专业教学建设为例，专业核心课程一体化建设能够统筹整合多门课程内容，科学划分知识层级结构，优化知识点框架，深化基础知识单元内涵，最终构建出多层联动、互联互通的网络化知识体系(见图 6)。

同时，知识图谱须建立常态化更新机制，确保图谱敏捷响应学科前沿发展与教学反馈。知识图谱须推动跨校际的共建共享机制，打破单一高校的数据孤岛，实现优质知识图谱资源的广泛辐射。

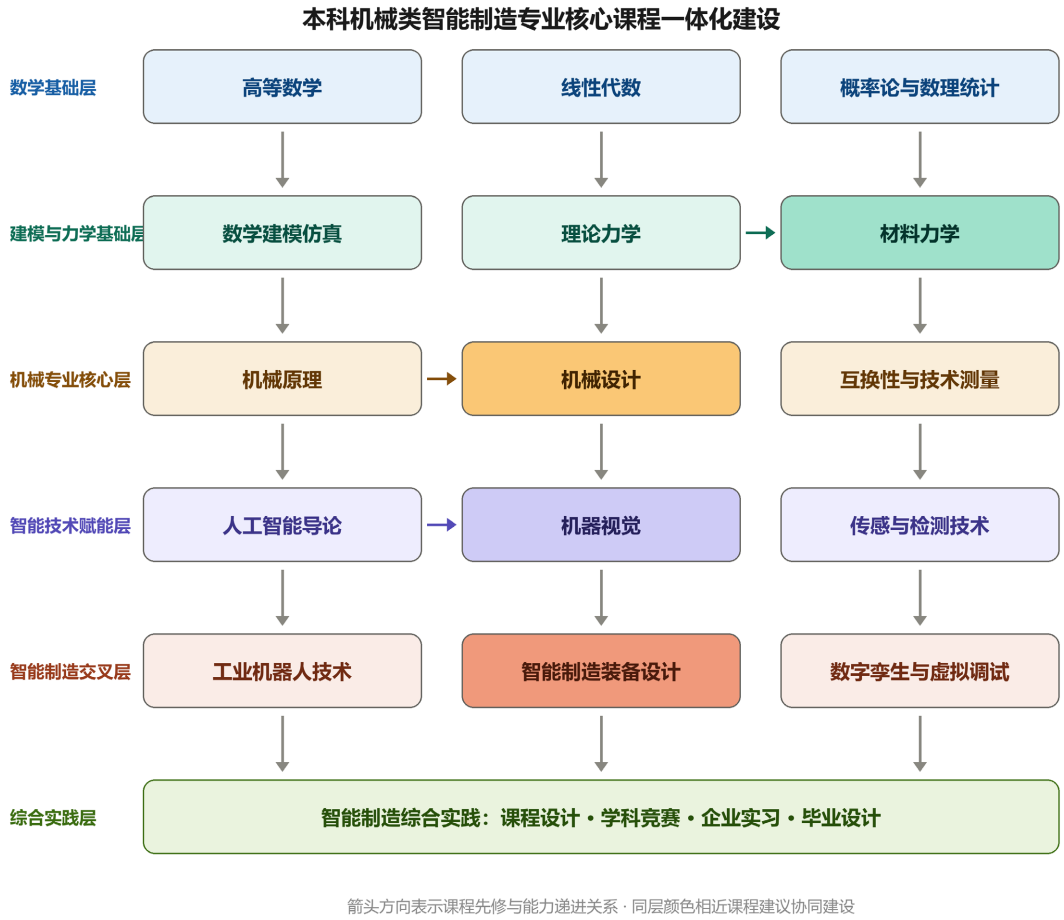


Figure 6. Integrated construction of intelligent manufacturing courses
图 6. 智能制造专业课程一体化建设简图

9. 知识图谱教学效果的多维评价

教学效果评价是检验知识图谱建设成效的关键环节。本章构建多维度、全过程的综合评价体系，并说明各维度的评估方法。

9.1. 评价体系框架

评估知识图谱在材料力学教学中的实际效果，需要构建一套多维度、全过程的综合评价体系，涵盖学业成绩、学习行为、认知能力、工程素养、主观体验和教学效率六个维度(见图 7)。

9.2. 学业成绩与知识掌握度评估

采用实验组与对照组对比设计，通过前测(基线水平)、后测(课程结束)和章节测试量化知识习得效果。课程改革不仅有效激发学生的自主学习动力与专业探索志趣，显著提升课程教学质量，更在强化学生工程素养、增强人才培养针对性与实效性方面取得良好成效。

9.3. 学习行为与过程数据评估

通过记录学生在知识图谱平台上的访问频次、学习时长、资源点击、图谱节点浏览路径等行为数据，可量化学习投入度与知识探索深度。

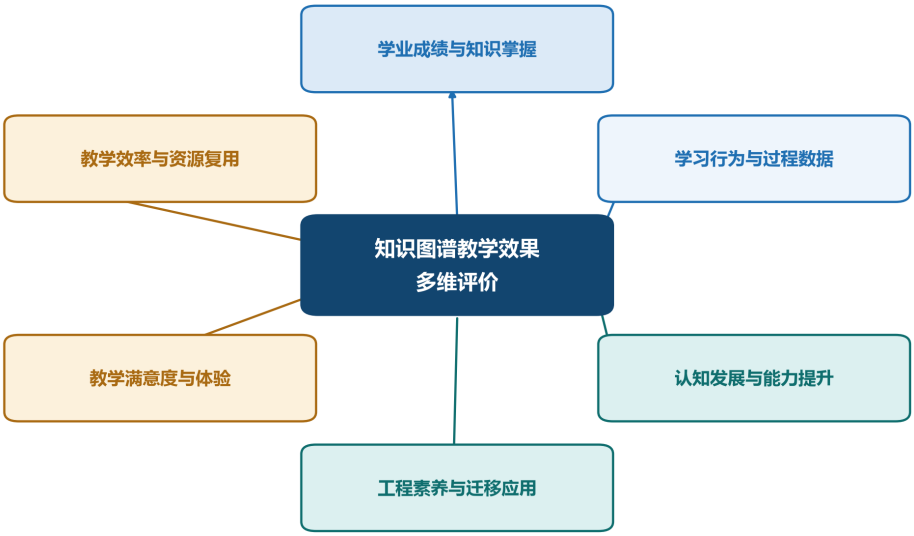


Figure 7. Multi-dimensional evaluation system for the teaching effectiveness of the knowledge graph
图 7. 知识图谱教学效果多维评价体系

9.4. 认知发展与能力提升评估

知识图谱通过揭示知识点之间的内在联系，激发学生的学习兴趣，促进学生进行深度学习。学生在解决实际工程问题时，能够更好地调用和组织所学知识，提升综合分析能力和工程素养。

9.5. 教学满意度与学生体验评估

通过标准化问卷收集学生主观感受。知识图谱可结合学生学习行为数据，智能推送适配的学习资源与学习路径，精准适配不同学生的学习差异，有效提升整体学习质量与效率。

9.6. 综合评价方法

评估知识图谱教学效果需采用定量与定性相结合、过程与结果并重的多角验证方法，避免单一考试成绩的局限性。具体评价维度与方法如表 1 所示。

Table 1. Evaluation dimensions, methods and key indicators
表 1. 评价维度、方法与关键指标

评估维度	主要方法	关键指标
学业成绩	前－后测对比、章节测试	成绩提升幅度、不及格率变化
学习行为	平台日志分析	访问频次、学习时长、图谱浏览深度
认知能力	概念图测验、案例分析	知识结构清晰度、推理得分
工程素养	项目评价、竞赛成绩	设计方案合理性、获奖情况
主观体验	问卷、访谈	满意度评分、学习动机
教学效率	时间成本统计	备课效率、资源复用率

10. 结语

知识图谱作为人工智能时代知识组织与管理的创新工具，为智能制造、机器人及机电工程专业的材料力学课程教学改革提供了全新路径。研究表明，通过构建“课程层－知识层－知识点层－知识元层”

四层图谱框架，结合半自动化构建方法实现图谱的优化与动态更新，并将知识图谱嵌入混合式教学、产教融合与个性化学习全流程，能够有效帮助学生构建系统化的知识框架，提升解决复杂机电工程问题的能力。随着新工科建设持续深入和工程教育专业认证不断推进，知识图谱在材料力学乃至整个工程基础课程体系中的应用前景将更加广阔。

基金项目

项目 1. 2025 年上海电机学院校级教研教改项目：AI 赋能智慧教育背景下《材料力学》课程混合式改革与实践；项目 2. 2025 年上海电机学院内涵建设项目——产教融合课程“理论力学”(A1-0224-25-002-03-002-2025)；项目 3. 2025 年上海电机学院数智课程建设项目——工程力学；项目 4. 2025 年上海电机学院校级教研教改项目：新工科视域下 AI 赋能《材料力学》课程思政的探索。

参考文献

[1] Lu, S.C., Wang, M.R. and Xie, H.H. (2025) Construction and Preliminary Exploration of Materials Mechanics Curriculum System Based on Knowledge Graph. *Global Journal of Engineering Sciences*, **12**, 1-6.

[2] 乔玲, 糜长稳, 白鹏翔, 王莹, 姚一鸣. 聚焦解决复杂工程问题能力培养的材料力学课程教学研究[J]. 高教学刊, 2026, 12(8): 21-26.

[3] 张彤, 刘华, 赵子龙, 等. 材料力学课程知识图谱的构建及应用研究[J]. 力学与实践, 2025, 47(4): 833-841.

[4] 王宏伟, 陈绘锦. 固体力学核心课程一体化建设的知识图谱构筑[J]. 力学与实践, 2025, 47(3): 619-629.

[5] 张锴, 付昆昆, 汤可可, 等. 基于 CiteSpace 知识图谱的材料力学课程研究可视化分析[J]. 力学与实践, 2024, 46(2): 447-456.

[6] 杨少红, 吴蒙蒙, 朱子旭. 知识图谱在材料力学混合式教学中的应用研究[J]. 高教学刊, 2026, 12(16): 90-93.