

Exploration of the Application of Knowledge Graph in Materials Mechanics Teaching

Chuanlei Li Yanjie Li

Beijing Forestry University School of Engineering, Beijing, 100083, China

Abstract

With the rapid development of information technology and the continuous deepening of educational reform, educational informatization has become an important way to improve teaching quality. As a core foundational course in engineering majors, the teaching effectiveness of materials mechanics directly affects the subsequent study of professional courses. However, the traditional teaching model has obvious shortcomings in knowledge presentation, system construction, and practical application. This study aims to explore the potential application of knowledge graphs in the teaching of materials mechanics. By constructing a knowledge graph and designing its application plans in classroom teaching, experimental teaching, and after-school learning, theoretical basis and practical ideas are provided for subsequent teaching reforms.

Keywords

knowledge graph; Materials mechanics; teaching reform

知识图谱在材料力学教学中的应用探索

李传燾 李艳洁

北京林业大学工学院, 中国·北京 100083

摘要

随着信息技术的快速发展和教育改革的不断深入,教育信息化已成为提升教学质量的重要途径。材料力学作为工程类专业的核心基础课程,其教学效果直接影响后续专业课程的学习。然而,传统教学模式在知识呈现、体系构建和实际应用等方面存在明显不足。本研究旨在探索知识图谱在材料力学教学中的应用潜力。通过构建知识图谱并设计其在课堂教学、实验教学 and 课后学习中的应用方案,为后续教学改革提供理论依据和实践思路。

关键词

知识图谱; 材料力学; 教学改革

1 引言

材料力学作为一门重要的理工科基础课程,主要研究材料在受力后的变形和破坏规律,是工程力学、机械设计、土木工程等专业学生的核心课程之一。然而,材料力学课程内容繁杂,知识点之间逻辑关系复杂,学生在学习过程中往往面临以下挑战:知识点分散、难以形成系统化的知识体系;理论性强,学生在理解复杂概念和公式时容易感到困难;实验与理论的联系不够紧密,学生难以将理论知识应用于实践。

【基金项目】北京林业大学北京林业大学本科教育教学改革与研究项目知识图谱和数字教材建设专项(项目编号:BJFU2025TPJC10)。

【作者简介】李传燾(1992-),男,中国山东淄博人,博士,讲师,从事轻质多功能结构的设计制造与评价、超薄柔性芯片等方向研究。

这些问题导致学生的学习效果不佳,教学效率有待提高^[1]。

知识图谱(Knowledge Graph)作为一种新兴的教育技术工具,近年来在教育领域得到了广泛关注。知识图谱通过将知识点以图形化的方式呈现,帮助学生直观理解知识点之间的关系,从而构建系统化的知识体系。知识图谱可视化、结构化、关联性强的特点,使其在材料力学教学中具有广阔的应用前景^[2],特别是知识图谱作为一种结构化的知识表示方法,通过可视化方式呈现知识点及其相互关系,能够有效促进知识框架的建构和迁移学习。将知识图谱应用于材料力学教学^[3],有望解决传统教学中的痛点与难点问题:第一,通过图形化展示知识网络,帮助学生建立系统化的认知框架;第二,通过揭示概念间的内在联系,促进深度理解;第三,通过强化理论与实践的结合,提升工程应用能力。

本文旨在探索知识图谱在材料力学教学中的应用潜力,通过构建知识图谱并设计其在课堂教学、实验教学和课后学习中的应用方案,为后续教学改革提供理论依据和实践思路。

2 知识图谱的理论基础

2.1 知识图谱的定义与特点

知识图谱是一种基于图结构的知识表示方法,由谷歌公司在2012年正式提出,最初用于改进搜索引擎的语义理解能力。知识图谱是通过节点和边来表示知识点及其相互关系的一种知识组织方式。节点代表具体的概念、理论或技能,边则表示这些元素之间的各种关系,如包含关系、因果关系、类比关系等。

而教育知识图谱具有以下典型特征:第一,可视化呈现,将抽象知识转化为直观的图形表达;第二,结构化组织,通过层级关系构建系统化的知识体系;第三,强关联性,揭示知识点之间的内在联系;第四,动态演化,支持知识的更新和扩展。这些特征使其特别适用于材料力学这类逻辑性强、体系复杂的课程教学。

2.2 知识图谱的教育应用理论依据

知识图谱的教学应用具有坚实的理论基础。认知负荷理论(Cognitive Load Theory)指出,人的工作记忆容量有限,知识图谱通过优化信息呈现方式,可以有效降低外在认知负荷。在工程教育领域,CDIO(构思-设计-实现-运行)教育模式强调知识的综合应用能力,知识图谱正好提供了从基础理论到工程实践的完整路径。OBE(成果导向教育)理念要求明确学习目标和达成路径,知识图谱的可视化特性使其成为实施OBE的有效工具。

近年来,知识图谱在教育领域的应用逐渐增多,尤其在理工科课程中表现突出。例如,在高等数学课程中^[4],知识图谱被用于优化教学设计,帮助学生理解复杂概念;在理论力学课程中^[5],知识图谱辅助教学,显著提升了学生的学习效果。这些研究表明,知识图谱在促进学生知识构建和提升学习效率方面具有显著优势。

2.3 知识图谱与材料力学教学的契合点

材料力学知识体系具有鲜明的学科特征:首先,概念系统严谨,各知识点之间存在严密的逻辑关系。例如,应力分析需要建立在平衡方程、几何方程和物理方程的基础之上。其次,理论层次分明,从基本假设到具体应用形成完整的推导链条。再者,工程应用性强,每个理论都有对应的实践场景。材料力学课程内容繁杂,知识点之间逻辑关系复杂,且理论与实践结合紧密,这些特点使得材料力学课程非常适合采用知识图谱的方式进行教学。知识图谱的可视化、结构化和关联性特点,能够很好地契合材料力学课程的特点,帮助学生构建系统化的知识体系,突破学习难点。

3 材料力学知识图谱的构建方法

3.1 构建思路

知识图谱的构建需结合材料力学课程大纲和教学内容,梳理核心知识点,明确知识点之间的逻辑关系,并以图形化的方式呈现。具体步骤包括知识点提取、关系梳理和可视化

呈现。

3.2 构建步骤

在知识要素提取阶段,针对教学实际使用教材进行分析,如本文对刘鸿文主编的《材料力学》(第六版)教材^[6]进行系统分析,采用德尔菲法确定核心知识点。同时结合课程讲义和教学大纲协同提取核心知识点,如应力、应变、强度、刚度等,内容涵盖拉压、扭转、弯曲应力、组合变形等所有章节。

在关系梳理阶段,分析知识点之间的逻辑关系,确定知识点之间的关联类型包括:(1)前提关系,如理解"截面惯性矩"是学习"弯曲正应力"的前提;(2)推导关系,如"胡克定律"与"应变能密度"之间的数学推导;(3)类比关系,如"扭转"与"拉压"在分析方法上的相似性;(4)应用关系,如"强度理论"在"压力容器设计"中的应用;(5)实验验证关系,如"材料的拉伸实验"与"胡克定律"之间的实验验证关系等。

在可视化呈现阶段,选择Coggle作为主要平台,配合XMind进行辅助设计。Coggle的在线协作功能和交互式界面特别适合教学应用,其主要优势包括:(1)支持多人实时协作编辑;(2)提供丰富的模板和样式;(3)允许添加图片、链接等多媒体资源;(4)具备版本控制功能;(5)支持从中心主题无限延伸分支。

具体实现时,我们可以采用分层设计策略:第一层为中心主题"材料力学";第二层为11个主要章节;第三层为各章节核心概念;第四层为相关公式和案例。为增强可视化效果,我们可以使用不同颜色区分知识类型,用线型区分关系类型等。

3.3 质量控制与优化

基于现有的知识图谱在高等教育教学中的应用现在,总结归纳其他系统在试用过程中发现的主要问题包括:(1)部分节点关系不够明确;(2)某些复杂概念的层级过深;(3)移动端显示效果不佳。针对这些问题,我们将采取以下相关预防性改进措施来避免上述常见问题的发生:(1)增加关系说明标签;(2)对复杂概念进行适度整合;(3)开发响应式布局。

除此之外,为确保知识图谱的质量,可以采取多重验证机制来发现系统中的问题,并进行针对性的修改:首先由材料力学专业的专家独立评审图谱结构的科学性;其次是由使用该系统的学生进行可用性测试;最后在教学实践使用过程中持续优化。

4 知识图谱在材料力学教学中的应用场景

4.1 课堂教学中的应用

在课堂教学中,知识图谱主要发挥三方面作用:课程导入、难点突破和知识整合。在课程导入环节,教师通过展示与当堂内容相关的图谱局部,帮助学生建立预期学习框架。例如,在讲解"梁的弯曲"时,首先呈现从"载荷类型

"到"内力分析"再到"应力计算"的知识路径,明确学习目标。

在难点突破方面,知识图谱能够分解复杂概念,呈现推导过程。以"莫尔圆"为例,传统教学中学生往往难以理解其几何意义。通过知识图谱,可以清晰地展示从"应力状态"到"应力变换"再到"图形表示"的思维过程,配合动态演示,显著提高了学生的理解程度。

知识整合是课堂教学的重要环节。每章结束后,教师引导学生利用知识图谱进行总结复习,通过"概念地图"活动,让学生以小组形式补充完善图谱中的某些分支。这种主动参与的过程深化了学生对知识体系的理解。

4.2 实验教学中的应用

实验教学是材料力学课程的重要组成部分。传统实验课往往局限于操作指导,缺乏理论深度。本研究将知识图谱融入实验教学全过程,包括:实验预习、过程指导和报告撰写三个阶段。

在实验预习阶段,学生通过知识图谱了解实验的理论基础和概念。例如,在进行"弯曲正应力实验"前,系统会推送"纯弯曲理论""中性层概念"和"应力计算公式"等节点内容,帮助学生明确实验目的。

实验过程中,知识图谱以移动端应用的形式提供实时指导。通过扫描实验设备上的二维码,学生可以获取相关理论要点、操作注意事项和数据分析方法。这种即时支持显著提高了实验效率和质量。

实验报告撰写阶段,知识图谱帮助学生建立"现象观察-数据分析-理论验证"的逻辑框架。系统提供结构化分析引导模板,引导学生进行深入分析而非简单记录。

4.3 课后学习中的应用

基于知识图谱开发的自主学习支持系统可以具有以下功能特点:(1)个性化学习路径推荐;(2)智能错题分析;(3)学习进度可视化;(4)协作学习支持。

系统通过记录学生的在线测试、作业完成和图谱浏览行为,构建个人知识掌握模型。当检测到知识薄弱点时,会自动推荐相关学习资源。例如,某学生在"能量法"相关题目上多次出错,系统会推送该节点的详细解释、典型例题和视频讲解。

智能错题分析功能将错误类型与图谱节点关联,帮助学生找到知识漏洞的根源。学习进度以热力图形式呈现,直观展示各知识点的掌握程度。协作学习功能允许学生组建学习小组,共同标注和讨论图谱中的疑难问题。

5 知识图谱应用的预期效果

5.1 对学生学习的影响

通过知识图谱的应用,预期对学生的学习产生帮助构建知识体系、提升学习兴趣、增强知识迁移能力等方面的影响。首先,知识图谱能够帮助学生更系统地掌握材料力学

的知识体系,提高学习效率;其次,通过图形化的方式呈现知识点,能够激发学生的学习兴趣;最后,通过明确知识点之间的逻辑关系,能够促进学生将理论知识应用于实践。

5.2 对教师教学的影响

通过知识图谱的应用,预期对教师的教学产生优化教学设计、整合教学资源等帮助。首先,知识图谱能够帮助教师更清晰地设计教学内容和教学流程,更加方便地梳理规划教学进度,更加系统地开展教学工作;其次,知识图谱能够促进教学资源的整合和优化,全面系统地提供现有的教学资源,提高教学效率。

5.3 使用效果的评价方法

为全面评估知识图谱的应用效果,拟设计采用多维度的评估方案,包括学习成绩对比、问卷调查、深度访谈和课堂观察进行综合研判。选取由同一位教师授课的两个班级,使用相同教材和考核标准。对一学期学生学习的如下数据进行收集:(1)前测和后测试卷成绩;(2)实验报告评分;(3)学习行为日志;(4)问卷调查结果;(5)访谈记录。数据收集持续一个学期,采用 SPSS 25.0 进行统计分析。获得两个班级的学习成绩、不同题型的理解掌握情况、实验报告质量、学生自主学习主动性等多个维度的结果,从而得出知识图谱的应用对学生学习该门课程的实际帮助。采用问卷调查与教师访谈相结合的形式,对教师使用知识图谱进行辅助教学的效果进行调查。

6 总结

本文探讨了知识图谱在材料力学教学中的应用潜力,提出了知识图谱的构建方法及其在课堂教学、实验教学和课后学习中的应用设想。期望知识图谱能够帮助学生构建系统化的知识体系,提升学习效率,同时优化教师的教学设计和资源整合。本文为工程类课程的教学改革提供了新思路,其成果不仅适用于材料力学课程,也可推广到其他理论性强、体系复杂的工程基础课程。随着教育信息化的深入发展,知识图谱技术将在工程人才培养中发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 马丽珠,崔旭,刘钰.新工科背景下"材料力学"课程线上线下课程思政教学改革与实践.世纪桥,2024,(21):109-111.
- [2] 张镡,付昆昆,汤可等.基于CiteSpace知识图谱的材料力学课程研究可视化分析.力学与实践,2024,46(2):447-456
- [3] 王宏伟,陈绘锦.固体力学学科核心课程一体化建设的知识图谱构筑.力学与实践,2024,1-10
- [4] 王法强,杨晓枫,曹斌照.利用知识图谱实施精准和个性化教学——以高等数学为例.延边大学学报(自然科学版),2024,50(02):133-138.
- [5] 袁斌霞,李敏,朱瑞,等.知识图谱赋能《理论力学》教学探索.中国电力教育,2025,(01):80-81.
- [6] 刘鸿文.材料力学(第6版).北京:高等教育出版社,2017.