

知识图谱在土木工程专业教学中的探索与应用 ——以路基路面工程为例

郭庆林, 李黎丽*, 张晓雄, 吕小博, 高 颖, 王可意

河北工程大学土木工程学院, 河北 邯郸

收稿日期: 2025年2月10日; 录用日期: 2025年3月10日; 发布日期: 2025年3月17日

摘 要

知识图谱构建有利于学生规划个性化学习路径, 提高教学质量。本文以路基路面工程课程教学为例, 详细阐述了路基路面工程课程知识图谱的构建方法, 明确了知识图谱构造流程, 设计了教学资源层、知识体系层、问题体系层、能力体系层4个维度, 构建了路基路面工程课程知识图谱。基于知识图谱方法明确了路基路面工程教学实践路径, 本文研究成果可以为土木工程其他专业课程知识图谱构建提供良好的参考依据。

关键词

路基路面工程, 知识图谱, 构建流程, 实施路径, 土木工程

Exploration and Application of Knowledge Graphs in Civil Engineering Education

—A Case Study of Subgrade and Pavement Engineering

Qinglin Guo, Lili Li*, Xiaoxiong Zhang, Xiaobo Lyu, Ying Gao, Keyi Wang

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

Received: Feb. 10th, 2025; accepted: Mar. 10th, 2025; published: Mar. 17th, 2025

Abstract

The construction of knowledge graphs is conducive to students' planning of personalized learning paths and improving the quality of teaching. Taking the teaching of the course on Subgrade and Pavement Engineering as an example, this paper elaborates on the construction method of the knowledge

*通讯作者。

文章引用: 郭庆林, 李黎丽, 张晓雄, 吕小博, 高颖, 王可意. 知识图谱在土木工程专业教学中的探索与应用[J]. 教育进展, 2025, 15(3): 562-567. DOI: 10.12677/ae.2025.153439

graph for this course, clarifies the construction process of the knowledge graph, and designs four dimensions: the teaching resource layer, the knowledge system layer, the problem system layer, and the competency system layer. Based on the knowledge graph approach, the teaching practice path for Subgrade and Pavement Engineering has been clearly defined. The research findings of this paper can provide a valuable reference for the construction of knowledge graphs for other civil engineering courses.

Keywords

Subgrade and Pavement Engineering, Knowledge Graph, Construction Process, Implementation Path, Civil Engineering

Copyright © 2025 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

随着 5G 传输技术进步,知识互联已成为当下乃至未来的一个发展大势。在高校土木工程专业教学中,路基路面工程课程不仅包含专业知识点,还包含如微课、慕课等相关信息化资源,帮助学生在众多的知识点中规划出适合自己的学习路径,提高教学资源利用率,解决路基路面工程课程教学自适应问题具有重要的研究意义[1]。

知识图谱概念最早可追溯至 1977 年美国费根鲍姆提出的知识工程概念,它的主要作用是对现实世界中的实体对象和抽象概念进行结构化表示并揭示其内在联系。知识图谱本质上是一种由语义节点和关联纽带构成的网络结构,其中节点表示知识实体或抽象概念,边则用于表征实体属性或概念间的逻辑关系。课程知识图谱是对课程内容进行系统性梳理,从中抽取关键的课程知识点,然后搭建起知识点之间相互关联的网络结构,并将这些知识点与各类课程资源进行有效关联,最终形成的一种结构化且能直观可视化呈现的成果。从而对课程内容去粗取精,实现高度的精炼与归纳。借助图谱,能够依据学生对知识点的掌握程度,为每个学生量身定制个性化的教育规划和学习路径,展示学生的学习情况,真正做到因材施教,实现“有教无类”的教学目标。

近 5 年,国内许多学者开展了知识图谱方法在高校教学中的应用研究。肖祯怀在《汇编语言程序设计》课程中尝试采用知识图谱方法进行教学改革,指出这种方法可以满足学生的多元化学习需求。知识图谱方法可以实现教学内容个性化推荐,整合学习路径,有利于提高学生学习和满意度[2]。郑育声研究了生物学科知识图谱构建方法,指出借助学科知识图谱可以促进人工智能技术与教育教学的快速融合,有利于推动个性化学习的创新发展[3]。刘超探索了知识图谱方法在新型教材建设中的应用路径,阐明了基于知识图谱的新型教材的概念内涵和体系特征,为未来教材建设提供了有力的参考依据[4]。万聪指出课程静态知识图谱不符合工程教育持续改进理念,而动态知识图谱则能够助力工程教育紧跟时代步伐从而满足工程教育认证以及学科发展的持续改进需求,从而保证工程教育与时俱进[5]。李春艳以学科知识图谱为基础,构建了高校智慧教育模式,实现知识图谱方法与教学空间的深度交融[6]。张乐乐则利用知识图谱方法分析了高校近 10 年的课堂教学研究热点,指出课堂教学忽略了学生学习方法、习惯差异性,课堂教学较为单一,教学系统多样化有待加强[7]。房宏君指出知识图谱对改善和提升本科教学效果及教学水平来说至关重要[8]。李宁利指出目前路基路面工程课程教学存在学生的专业基础薄弱,专业知

识脉络不清, 课堂教学与实践教学的设置顺序不合理, 教材建设不完善的突出问题[9]。

从以上分析可以看出, 知识图谱方法在高校课程教学过程中具有广阔的应用前景, 对今后新型教材建设、提升学生学习兴趣和规划个性化学习路径具有显著效果。目前“路基路面工程”课程教学过程仍主要以传统教学方法为主, 教学效果欠佳, 因此, 尝试在路基路面工程教学中应用知识图谱方法是一种有益探索。

2. 路基路面工程知识图谱构建方法

路基路面工程是一门实践性与理论性兼顾的道路桥梁与渡河工程专业核心课程(48 学时), 同时也面向土木工程专业、交通工程专业开设 40 学时课程。路基路面工程主要讲述道路路基和路面的结构设计原理、筑路材料施工质量检测方法、道路施工管理技术及道路养护技术等内容[10][11]。目前, 本科阶段路基路面工程课程的授课环节有两项, 即课堂理论教学和课程设计, 同时结合培养方案总体安排, 一般在第六学期结束后, 安排学生参加生产实习, 进一步巩固课堂知识, 强化对所学专业理论的运用, 从而提升处理道路工程中各类实际问题的能力。为培育道路工程应用型人才奠定基础。路基路面课程教学大纲见表 1 所示。

Table 1. Teaching syllabus of subgrade and pavement engineering
表 1. 路基路面工程教学大纲

章节	教学内容
第 1 章	① 道路工程发展概况; ② 路基工程特点; ③ 路基稳定; ④ 路基土; ⑤ 公路自然区划; ⑥ 路基湿度; ⑦ 路面结构组合; ⑧ 道路等级
第 2 章	① 行车荷载; ② 环境因素; ③ 土基力学性能; ④ 路基的变形、破坏及防治; ⑤ 路面力学特性; ⑥ 路面材料力学特性
第 3 章	① 一般要求; ② 路基构造; ③ 路基设计
第 4 章	① 边坡失稳现象; ② 边坡稳定性分析
第 5 章	① 挡土墙分类; ② 重力式挡土墙构造设计; ③ 重力式挡土墙稳定性设计; ④ 加筋土挡土墙; ⑤ 挡土墙施工
第 6 章	① 防护工程; ② 支挡工程
第 7 章	① 路基排水设计一般原则; ② 路基排水设计; ③ 路面排水设计
第 8 章	① 碎/砾石力学特性; ② 碎/砾石路面; ③ 级配碎/砾石路面; ④ 优质级配碎石基层; ⑤ 碎/砾石路面养护
第 9 章	① 块料路面概述; ② 块料路面设计及施工
第 10 章	① 无机结合料稳定材料力学特性; ② 石灰土基/垫层; ③ 水泥土基/垫层; ④ 工业废渣基层
第 11 章	① 沥青路面特性; ② 沥青材料力学特性; ③ 沥青混合料组成设计; ④ SMA/OGFC 组成设计
第 12 章	① 弹性层状理论体系; ② 沥青路面损坏模式及设计标准; ③ 沥青路面设计标准; ④ 沥青路面设计
第 13 章	① 水泥混凝土路面概述; ② 水泥混凝土路面构造; ③ 水泥混凝土路面设计

路基路面工程知识图谱可根据学科知识特点, 通过人工或自动梳理的方式对课程内容展开细致梳理, 精准提炼出课程知识点, 并进行归纳, 构建起知识点之间相互关联的网状体系, 将知识点与课程资源紧

密相连，最终实现课程内容的结构化与可视化。根据表 1 所示的教学大纲，按照知识内容属性将知识点分为概念、实践方法和理论方法。结合学科专家咨询意见，进行知识图谱设计。课程知识点图谱构造流程如图 1 所示。

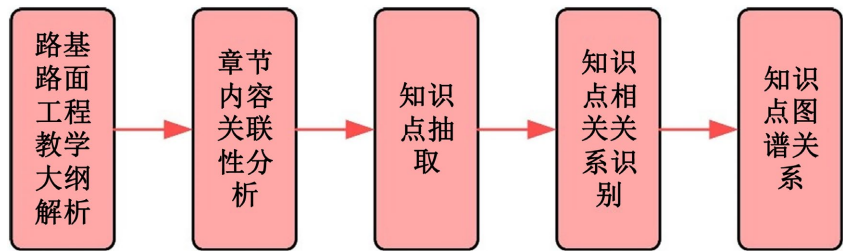


Figure 1. Construction process of knowledge point graph
图 1. 知识点图谱构造流程图

考虑不同学生兴趣和学习习惯差异性，设计不同的图谱关联原则，从而对每个学生进行个性化教育，规划学习路径，展示学情，从而做到千人千教。例如按照建筑材料分类、按照道路工程建造顺序定义图谱或按照计算理论方法分类，分类绘制的知识图谱示意图如图 2 所示。按照图 1 和图 2 所示的流程和方法对路基路面工程课程中涉及到的知识点进行关联性分析，建立课程内容知识点的图谱关系，并入库。需要注意的是，由于不同学科专家的认知水平限制，在后期授课过程中还需要根据实际执行情况对部分图谱关系进行调整更新。

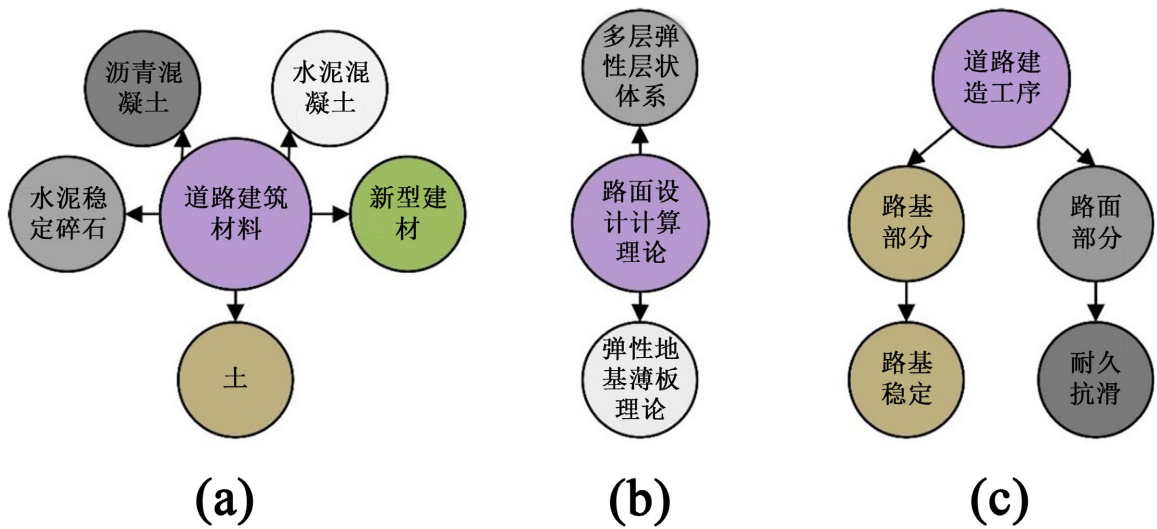


Figure 2. Roadbed pavement knowledge graph: (a) Building materials principles; (b) Design theory principles; (c) Construction design principles
图 2. 路基路面知识图谱示意图: (a) 建筑材料原则; (b) 设计理论原则; (c) 建造设计原则

基于知识图谱方法，针对路基路面课程中的繁杂知识点，为了清晰展示课程章节和知识点关系，利用颜色区分各部分的内容，设计教学资源层、知识体系层、问题体系层、能力体系层 4 个维度，系统梳理知识点 47 个、知识关系 169 个、教学资源 35 个、思政点 8 个。

3. 基于知识图谱方法的路基路面工程教学实践路径

传统课程教学主要根据教学大纲，通过课堂教学和实践教学，按相应教学步骤完成知识传授，这种

方式可以称为串行学习模式,这种教学模式方法单一,学生学习路径单调,不利于学生团队合作,尤其是个性化发展。因此,在路基路面课程教学中需要充分重视不同学生的个体差异,而知识图谱方法为这种理念提供了一种可行性。

在开展《路基路面工程》课程教学时,教师要强化与学生的互动交流,充分考量学生的学科基础、专业领域及动手实操能力,为他们量身制定多样化、差异化的学习路径,挖掘学生自身的优势,着力培养其发散性思维和创新性思维。在实践操作层面,学生以个人结点为认知主体遍历知识图谱网络,教师可以通过知识图谱网络实时掌握学生学习路径和进展情况,捕捉学生认知轨迹,构建动态评估机制,在实践环节中应摒弃统一的应用标准或目标,而应采用科学合理的应用过程性考核,充分体现多样化考核思想。具体操作可以分为以下三步。

(1) 课前自学

任课教师在开课前 2 天,采用数字化教学平台向学生发送涵盖路基路面相关章节的具体内容、配套学习资料以及学科前沿动态的学习任务列表,同步整合发布知识图谱和基础问题检测练习。学生按照知识路径预先学习相应章节内容,并解答相关的基础性问题,从而了解课程所要讲述的具体内容及其与其他知识点的联系,引发学生深入的思考或讨论。

(2) 课中赋能

根据学生线上问卷问答数据,教师针对课程知识环节重难点进行重点解析,利用知识图谱网络展示重点问题,完成知识点分解,并明确课程内容所包含的知识要点、应掌握的知识网络、应解决的问题;介绍学科领域的最新科技进展,例如在讲路基压实质量控制时,介绍最新的智能碾压技术,引导学生感受传统工程建造方法面临的挑战,增强学生从事本专业的专业自信心,着力培育学生“既知其然,亦知其所以然”的探索精神。采用分组研讨的方式,关注学生的知识掌握状况,针对他们的疑惑点进行精准解答;学生在学习时,根据自身特点,自主挑选适宜的学习途径,将关联知识点联系起来形成闭环网络。借助这种多路径的分组讨论式教学,全方位锻炼学生跨学科综合运用知识的能力以及实践操作水平。

(3) 课后提高与持续改进

学生分组完成若干专题讨论,例如“沥青路面横向开裂成因及解决策略”等,倡导学有余力的学生参与“路基路面施工新材料与新技术”这类前沿性专题研讨。借助后台的信息处理功能收集学生的学习信息,涵盖学生对专题资料的梳理进展情况、在线学习时段的分配情况、各个知识点的完成用时、最终成果精准度等。教师依据学生的完成状况,审视知识图谱的设置是否恰当、判断知识点考核是否紧扣教学目标,进而展开持续的优化改进工作。

(4) 成绩评定

学生依据路基路面知识图谱所呈现的网络架构,探寻契合自身的实践路线,完成相关任务,熟练运用对应知识点。统计每个知识点的得分,完成过程考核。考虑到复杂问题涵盖内容繁杂,需耗费多个单位时间才能解决,在此以基础问题为例展开阐述。“路基路面施工新材料与新技术”为例,在授课过程中选取课程组科研成果,以知识图谱为线索,同时结合科研最新进展、思政教育要素,采用分组讨论教学法。补充贴合知识内容的视频资料,组织学生开展讨论、问卷和测验。最终成绩采取过程性评价和结果性评价相融合的方式,综合考量学生的平时课堂问答表现、讨论环节参与度、知识点考核程度考核情况以及期末考试成绩。

4. 结论

本文以路基路面工程课程教学为例,详细阐述了知识图谱在土木工程专业课程教学中的应用前景,应用方法和应用路径,通过本文的研究,可以得到以下结论。

(1) 在路基路面工程课程教学中引入知识图谱方法可以充分尊重学生学习的多样化特点, 对提高教学质量具有显著效果。

(2) 在传统教学中引入知识图谱方法, 可以有效弥补线下课堂教学的不足, 进一步拓展学生的知识外延, 提高学生解决实际问题的能力。

同时, 我们也应当认识到目前课程知识图谱构建和应用还存在一些问题, 如知识图谱使用频率不够导致缺乏反馈和更新, 资源版本管理困难, 资源之间的质量差异、内容衔接问题等, 仍需要在未来教学过程中探索。

基金项目

本文受河北工程大学教学改革研究项目(JG2021029); 国家级大学生创新创业训练计划项目(X202310076105); 教育部供需对接就业育人项目(20230105010)资助。

参考文献

- [1] 田玲, 张谨川, 张晋豪, 周望涛, 等. 知识图谱综述——表示、构建、推理与知识超图理论[J]. 计算机应用, 2021, 41(8): 2161-2186.
- [2] 肖祯怀. 基于知识图谱推荐系统的高校“汇编语言程序设计”课程教学改革[J]. 镇江高专学报, 2024, 37(1): 101-105.
- [3] 郑育声, 廖承红, 韦双双, 裴业春, 卢伟娜. 知识图谱的发展及其在高校科研教学中的应用[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2023(12): 69-72.
- [4] 刘超, 黄荣怀, 王宏宇. 基于知识图谱的新型教材建设与应用路径探索[J]. 中国大学教学, 2023(8): 10-16.
- [5] 万聪, 王聪, 徐长明. 工程教育认证背景下以动态知识图谱为核心的高校教学模式探究[J]. 软件导刊, 2023, 22(7): 158-163.
- [6] 李春艳, 王傲君. 基于学科知识图谱的高校教学模式研究[J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2023, 20(1): 137-140.
- [7] 张乐乐. 我国高校课堂教学研究热点综述——基于 2010-2020 年期刊论文知识图谱分析[J]. 教育观察, 2022(31): 6-9.
- [8] 房宏君, 宿迎雪. 知识图谱在高校本科教学中的应用研究——以人力资源管理专业教学为例[J]. 人力资源管理, 2014(5): 245-246.
- [9] 李宁利, 张彩利, 孙吉书, 孙建诚. 《路基路面工程》课程教学改革浅论[J]. 西安文理学院学报(社会科学版), 2015, 18(1): 107-109.
- [10] 孙家瑛. 基于卓越工程师教育培养计划的“路基路面工程”课程教学模式改革[J]. 土木建筑与环境工程, 2014, 36(s1): 70-72.
- [11] 王雪莲. 基于“工作过程”《路基路面工程》课程设计教学方法改革与实践[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2012, 13(4): 130-132.