

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2026.02.012

欢迎按以下格式引用: 杨阳, 李镜培, 梁发云. 基础工程设计原理学科知识图谱构建与创新模式探索[J]. 高等建筑教育, 2026, 35(2): 96-102.

基础工程设计原理学科知识图谱 构建与创新模式探索

杨 阳, 李镜培, 梁发云

(同济大学 土木工程学院, 上海 200092)

摘要:在“人工智能+”背景下, 高校教育数字化发展已成为必然趋势。紧扣这一时代要求, 以基础工程设计原理课程为例, 借助人工智能技术, 依托同济大学网络教学平台的课程知识图谱搭建系统, 构建了课程知识图谱, 并探索了与之相适应的新型教学模式。这一研究有助于教师更高效地组织教学内容, 显著提升教学效果, 更好地适应数字化教育的发展趋势。同时, 知识图谱的可视化特性也有助于学生迅速把握知识的整体框架, 深入挖掘知识的深层含义, 从而充分满足新时代学生的学习需求。

关键词:知识图谱; 土木工程; 基础工程设计原理; 人工智能; 创新教学模式

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2026)02-0096-07

基础工程设计原理是土木工程本科生最为重要的专业基础课程之一, 在锤炼学生的专业技能与实践能力和激发创新意识、提升就业竞争力等方面发挥着重要作用。土木工程涵盖的建筑、公路、铁路、桥梁、隧道等多样化结构, 均需进行基础工程设计, 课程教学中应关注各类结构的特点及相关设计方法的适用性, 增强学生适应土木工程不同行业的能力^[1]。然而, 基础工程设计原理课程的知识点多且繁杂, 与力学和数学等基础课程关联紧密, 对于缺乏专业实践的本科生而言, 具有较大的学习难度。在“人工智能+”的时代浪潮下, 知识图谱与人工智能在高校教学中的应用日益深入, 这无疑对大学教师的适应能力, 以及教学模式的革新提出了更为严格的标准^[2-3]。基于知识图谱的基础工程设计原理课程的构建, 以及相应的创新教学模式的探索, 对于推动人工智能背景下大学教育水平的提升, 具有深远意义。

互联网时代下, 大学教育的方式和手段已得到显著改进^[4-5]。近十年来, 慕课线上教育在我国蓬勃发展, 众多高校为推进其进步付出了巨大努力。其中, 同济大学基础工程设计原理(国家一流本科课程)配套慕课自上线以来受到高度关注, 累计选课人数已超3万人。线上慕课使学生能够随时随地参与学习, 有效提升了学生的自主学习能力。同时, 该课程也为相关行业的从业人员提供了宝贵的学习平台, 有助于其查漏补缺, 丰富知识储备。然而, 虽然线上教学课程在形式上有所创新,

修回日期: 2025-04-06

基金项目: 国家级一流本科课程建设项目“基础工程设计原理”

作者简介: 杨阳, 博士, 主要从事桩基础研究, (E-mail) YangYang2022@tongji.edu.cn; (通信作者) 梁发云, 教授, 博士, 主要从事土力学与基础工程研究, (E-mail) fylang@tongji.edu.cn。

但其编排方式仍与传统教学模式相似,即按照知识点进行独立设置^[6]。这样的编排方式无法有效地展示各个知识点之间的前后逻辑关系,也无法反映本课程知识点与土力学、混凝土结构设计原理等土木工程专业课程相关知识点之间的关联,这导致学生在学习过程中难以直观地串联这些知识点,从而影响了他们的学习效率和融会贯通能力。谷歌2012年提出了知识图谱的概念,并用于智能化的搜索引擎。知识图谱能够发现、管理和利用知识^[7],也是解决课程知识点关联问题的有力工具^[8-9]。目前,知识图谱在大学教育中的应用尚处于探索阶段,但其强大的功能已经显现^[10-12],能够巧妙地实现课程不同知识点之间关系的搭接,并以可视化的方式展示这些关系,从而帮助学生更好地理解 and 掌握知识。

本文从“人工智能+”时代高校教育数字化发展的视角出发,依托基础工程设计原理课程,借助人工智能技术的力量,致力于开展基于知识图谱的基础工程设计原理课程构建与创新教学模式的探索研究。

一、基于知识图谱的课程构建

(一) 知识图谱的概念与特点

知识图谱是一个涵盖了实体、关系和属性的综合集合^[13],如图1所示。在这个框架下,实体可被视作课程的知识点,它们根据重要性或层次性被划分为不同的等级,如一级、二级知识点等。关系则是指这些知识点之间存在的逻辑或内容上的前后关联,它们如同纽带,将各个知识点紧密地联系在一起。属性则是为知识点添加的描述性标签,用以揭示其特定的性质或特征,如是否涉及思政内容、所属的认知维度等。以基础工程设计原理课程为例,浅基础地基设计作为第二章的核心内容,其下又细分出地基变形验算二级知识点。进一步地,地基变形验算中包含沉降量计算三级知识点,而沉降量计算的具体方法则采用分层总和法。在知识图谱中,这些知识点如浅基础地基设计、地基变形验算、沉降量计算、分层总和法等,均作为实体存在,它们之间通过箭头连接,清晰地展示了知识点的层级和从属关系。这些知识点在认知维度上均被标记为需要掌握的重要内容。此外,知识图谱的灵活性使学生能够将本课程的知识点与土木工程其他课程中的知识点进行关联。比如,土力学课程中的浮重度、黏聚力标准值知识点是采用理论公式法计算地基容许承载力的前置知识点,采用知识图谱对不同课程的知识点进行关联,方便教师授课及学生理解知识点。无论是作为前置知识点为后续课程奠定基础,还是作为后置知识点对先前内容进行深化和拓展,这种跨课程的关联都能在知识图谱中得到体现,从而为学生构建一个更加完整、连贯的知识体系。

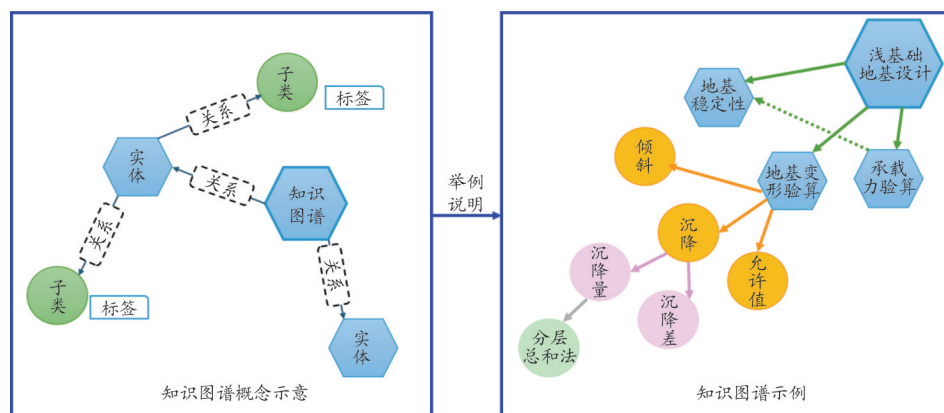


图1 知识图谱概念示意图及示例

可见,通过知识图谱对课程知识点进行可视化展示,能够有效地将同一章节内不同的知识点、不同章节间存在关联关系的知识点,以及不同课程间具有前后置关系的知识点相互串联。这种高度可视化的呈现方式极大地提升了课程知识点的清晰度,有助于学生更深入地理解课程内容。此外,课程知识图谱的多层级结构还为学生提供了便捷的检索工具,使他们能够迅速定位到某一特定知识点,并快速发现与其相关的其他知识点,从而进行有针对性的学习。

(二) 知识图谱的构建方法与步骤

利用同济大学网络教学平台的课程知识图谱搭建系统,构建基础工程设计原理课程的知识图谱。这一平台提供了多种搭建方法,包括教材识别、大纲识别、模板导入、Xmind导入、同步其他教师的课程、同步教务课程、课程章节导入,以及页面手动编辑等,为用户带来了丰富的选择。该平台还具备智能解析功能,能够自动生成知识点结构,极大地提高了知识图谱的构建效率。值得注意的是,知识图谱的智能构建过程对输入数据的质量有着较高的要求,智能算法本身可能存在误差,有时会遗漏知识点或出现偏差,导致生成的实体节点之间的逻辑关系不够严谨。为了克服这一问题,可选用模板导入的方法。这种方法需要在平台上下载模板,随后细致地输入不同层级的知识点、前置知识点、后置知识点、关联知识点、标签、认知维度和知识点分类信息。在完成模板文件的编辑后,将其上传至系统,系统便能据此生成精准对应课程的知识图谱。

基础工程设计原理知识图谱搭建流程如图2所示,主要包括以下步骤:(1)明确知识图谱搭建的目标和内容,基础工程设计原理知识图谱的搭建旨在辅助教学和为学生提供更好的学习资源;(2)收集课程档案,包括知识单元、知识点、习题、教学PPT、课程教材等,梳理课程不同层级的知识点、前置知识点、后置知识点、关联知识点、标签、认知维度等信息;(3)依托同济大学网络教学平台的课程知识图谱搭建系统,下载该系统的导入模板,合理填写步骤(2)整理的信息,形成基础工程设计原理课程的导入材料;(4)将材料导入知识图谱搭建系统,系统自动生成知识图谱,并对知识图谱进行检查、优化和完善;(5)根据学生在网络教学平台使用知识图谱的反馈、教师在授课过程中的评估意见对知识图谱进行调整,以满足教学要求。

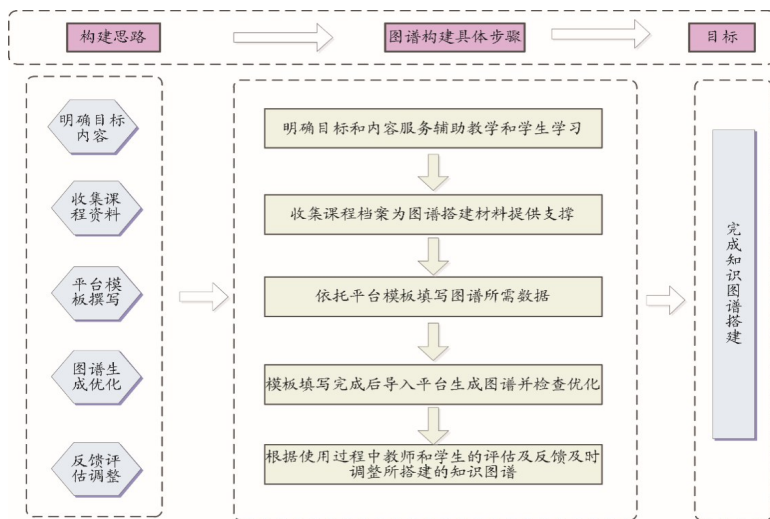


图2 知识图谱构建流程图

(三) 基础工程设计原理知识图谱

以该课程的推荐教材《基础工程设计原理》(袁聚云,人民交通出版社,2011年)为依据,课程第二章的知识体系与知识点如表1所示。该表不仅清晰地列出了,浅基础地基设计知识单元的11个核心知识点,还明确了每个知识点的学习要求、对应的教材章节。需要注意的是,教材对整体教学

二、知识图谱赋能课程创新探索

(一) 课程内容与教学方法

基础工程设计原理课程作为土木工程专业不可或缺的基础课程,其内容广泛且深入,涵盖了地基模型及其参数确定、浅基础地基设计、浅基础结构设计、桩基础、沉井基础、支挡结构,以及地基处理等多个知识单元。目前,该课程以传统的课堂讲授为主,同时,同济大学积极构建网络教学平台,为学生提供丰富的电子资源,如慕课视频课程、相关电子书籍等,以满足学生多样化的学习需求。然而,现有的教学方式仍有待完善。例如,慕课平台目前尚无法实现知识点的快速检索^[16],学生在学习中难以迅速定位所需内容。此外,课程章节之间虽各有侧重,但知识点的关联性和跨课程的知识融合性尚显不足,如与土力学、混凝土结构设计原理等课程之间的内在联系未能充分展现。

针对这些问题,本文创新性地提出将课程知识图谱引入教学,融合线下与线上资源^[17],使教师和学生都能从中受益。知识图谱赋能课程创新如图4所示。基础工程设计原理课程的线下资源,涵盖全方位的学习体验,包括但不限于师生面对面的课堂教学、沉浸式的现场观摩、深入的工程案例学习,以及实践导向的课程作业,构成了学生学习的基石。传统课堂教学模式,凭借其独特的面对面互动优势,极大促进了师生间的思想碰撞,提升了沟通效率。现场观摩教学则是一种宝贵的实践体验,不仅强化了学生对工程领域专业价值的认知与归属感,还巧妙搭建起理论与实践之间的桥梁,让抽象概念在具体情境中变得鲜活。工程案例学习作为理论应用于实践的范例,极大地提升了学生运用专业知识剖析问题、寻求解决问题的能力,对深化基础工程设计原理的理解起到了至关重要的作用,能够激发学生的创新思维,提高课堂教学效果^[18]。课程作业作为巩固知识、检验学习成效的关键一环,有助于学生在实践中夯实理论基础、实现知识内化。此外,知识图谱融入线下与线上教育资源之中,能够帮助师生在资源使用过程中快速、有条理地解决问题,从而全面提升教学体验与质量。这一创新路径的探索,将有助于形成更便捷、高效的教学模式,推动基础工程设计原理课程适应“人工智能+”时代的发展要求。

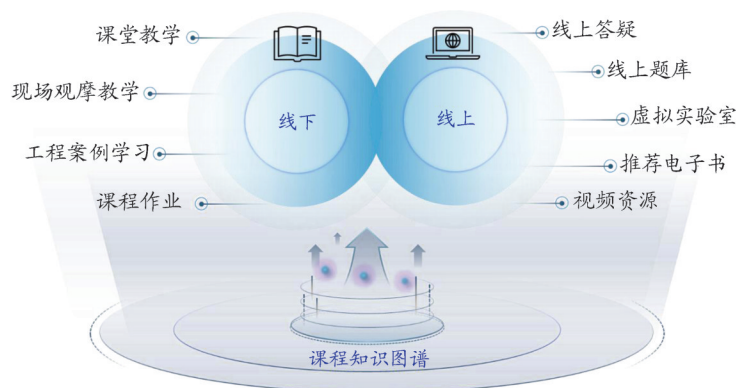


图4 知识图谱赋能课程创新图

(二) 基于知识图谱的课程创新方向

完成基础工程设计原理课程知识图谱的搭建后,如何将其融入课程创新教学以充分发挥效用,显得至关重要。通过充分结合“人工智能+”时代的前沿技术,促进学生更迅速、更深入地掌握课程内容,并能够将所学知识灵活运用于实践之中。这也是课程创新教学的核心目标。基于知识图谱的课程创新方向如图5所示,下面将从图中所示四个方面简要阐述基于知识图谱的课程创新方向,以期为教育教学工作带来新的启示与突破。



图5 基于知识图谱的课程创新方向

1. 打破不同课程知识壁垒

知识图谱的引入,为不同课程教师之间的沟通与合作架起了坚实的桥梁。以土力学这一基础工程设计原理课程的先修课程为例,两门课程的教师可就相关知识点,在授课内容、重点和习题等方面深入交流。这样的合作有助于学生融会贯通不同课程的知识,全面提升其综合专业素质。

2. 可视化知识点呈现

知识图谱的可视化呈现,为知识点的梳理注入了新活力。教师与学生均可通过这一方式迅速把握课程知识脉络。同时,清晰的层级化知识点结构,也为教师备课、学生深度学习提供有力支撑,使教学更具针对性、更加高效。

3. 教学内容组织方式创新

传统教学方式往往比较依赖教材与课件,修改教学资料需要耗费大量时间与精力。知识图谱的引入为高校教学带来了新的变革,推动教学方式顺应人工智能发展趋势,极大地激发了学生的学习兴趣。

4. 个性化指导教学

通过知识图谱的后台数据,教师可以获取学生的详细使用反馈,包括其感兴趣的知识点、薄弱点等信息。深入分析这些数据,有助于教师为学生定制个性化的教学资源和学习路径,实现真正意义上的因材施教,从而提升教学效果。

三、结语

顺应“人工智能+”时代高校教育数字化发展的迫切需求,构建了基础工程设计原理课程知识图谱,并积极探索了基于该知识图谱的课程创新路径,为高校教师创建知识图谱并将其应用于专业课程教学提供参考。该课程知识图谱以直观的方式展现了各知识点之间的层级与关联关系,其多层次结构为学生提供了便捷的检索工具,使学生能够迅速定位某一特定知识点并发现与之相关的内容,开展针对性学习,极大地提升了学生的学习效率与查漏补缺能力。此外,本研究成果还为教师提供了课程创新的思路,包括打破不同专业课知识壁垒、可视化呈现知识点、创新教学内容组织方式和个性化指导教学等,可为高校教育创新与发展注入新的活力。

参考文献:

- [1] 李镜培,梁发云,赵程,等.基础工程设计原理[M].2版.北京:人民交通出版社,2025.
- [2] 李花,卢曦.教师课程领导力的研究进展、热点与展望——基于CiteSpace知识图谱的可视化分析[J].长沙理工大学学报(社会科学版),2024,39(2):133-140.
- [3] 管雨,唐杰.近30年来我国大学科技园研究热点及趋势追踪——基于CiteSpace的知识图谱分析[J].科技创业月刊,2024,37(3):194-199.
- [4] 曹斯,罗祖兵.人工智能应用于教学的困境、限度与理路[J].电化教育研究,2024,45(4):88-95.

- [5] 彭飞霞, 张家军. 寻求共鸣: 数字化转型中教学设计的底层逻辑[J]. 电化教育研究, 2024, 45(4): 46-51, 58.
- [6] 陆莹, 袁竞峰. 线上线下混合式学习的学习效果评价——以工程经济学A课程为例[J]. 高等建筑教育, 2023, 32(6): 28-35.
- [7] 崔良中, 任浩源, 吕晓. 基于时序知识推理的时序知识图谱补全方法[J]. 海军工程大学学报, 2024, 36(2): 87-92, 106.
- [8] 周东岱, 董晓晓, 顾恒年. 教育领域知识图谱研究新趋向: 学科教学图谱[J]. 电化教育研究, 2024, 45(2): 91-97, 120.
- [9] Nitchot A, Gilbert L, Wettayaprasit W. Pedagogically-informed knowledge mapping: representing contextualised competences[J]. *Electronic Journal of e-Learning*, 2021, 19(5): 308-320.
- [10] 李艳燕, 张香玲, 李新, 等. 面向智慧教育的学科知识图谱构建与创新应用[J]. 电化教育研究, 2019, 40(8): 60-69.
- [11] Fu Q J, Kuang S Z. Mind map construction for English grammar teaching based on knowledge map[J]. *Scientific Programming*, 2021, 1-10.
- [12] Berri J. Knowledge graph-based framework for domain expertise elicitation and reuse in e-learning[J]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2021, 12(12): 291-296.
- [13] 侯征军, 张兆波, 覃家皓, 等. 知识图谱在智慧水利工程中的构建与应用[C]//2022中国水利学术大会(中国水利学会2022学术年会)论文集. 北京, 2022: 30-36.
- [14] 郜新军, 张景伟. 新工科背景下基础工程课程教学改革与实践[J]. 教育现代化, 2020, 7(52): 59-61.
- [15] 曹志刚, 马力, 洪义, 等. 土木工程专业核心课程基础工程建设探索[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(6): 64-69.
- [16] 刘晋泽, 王伊, 马靖仑, 等. 基于知识图谱的MOOC平台资源搜索引擎[J]. 现代职业教育, 2021(24): 60-63.
- [17] 楚岩枫, 张惠杰, 朱天聪. 线上线下混合式教学模式的教学效果评价研究[J]. 教育观察, 2023, 12(5): 43-47.
- [18] 梁发云, 李镜培, 黄茂松. 案例教学法在岩土工程专业核心课程教学中的应用[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 78-81.

Construction of knowledge graph and exploration of innovative models for design principles of foundation engineering

YANG Yang, LI Jingpei, LIANG Fayun

(College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

Abstract: In the era of AI+, the digitization of higher education has become an inevitable trend. Aligning with this trend, this paper takes the course of design principles of foundation engineering as an example, leverages artificial intelligence technology and relies on the curriculum knowledge graph construction system of online teaching platform of Tongji University, constructs a knowledge graph for the design principles of foundation engineering course and explores new teaching models compatible with it. This research helps teachers organize teaching content more efficiently, significantly improves teaching effectiveness, and better adapts to the development trend of digital education; simultaneously, the visualization feature of the knowledge graph enables students to quickly grasp the overall framework of knowledge and deeply explore the deeper meaning of knowledge, thus fully meeting the learning needs of students in the new era.

Key words: knowledge graph; civil engineering; design principles of foundation engineering; artificial intelligence; innovative teaching model

(责任编辑 代小进)