

基于知识图谱的《材料制备实验》课程教学研究

何苗^{1,2}, 郭金明^{1,2}

¹功能材料绿色制备与应用教育部重点实验室, 湖北 武汉

²湖北大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年4月17日; 录用日期: 2025年6月9日; 发布日期: 2025年6月17日

摘要

本文探讨了基于知识图谱的《材料制备实验》课程设计与实施。研究旨在解决传统实验教学中存在的知识碎片化、学习效率低下等问题。通过构建材料制备实验知识图谱, 实现了课程知识的系统化组织和可视化呈现。研究表明, 基于知识图谱的课程设计能够有效提升学生的自主学习和实验操作能力, 为材料科学领域的实验教学改革提供了新的思路和方法。

关键词

知识图谱, 材料制备实验, 课程设计, 教学改革, 知识可视化

Teaching Research of “Material Preparation Experiment” Based on Knowledge Graph

Miao He^{1,2}, Jinming Guo^{1,2}

¹Key Laboratory of Green Preparation and Application for Functional Materials, Ministry of Education, Wuhan Hubei

²School of Materials Science and Engineering, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Apr. 17th, 2025; accepted: Jun. 9th, 2025; published: Jun. 17th, 2025

Abstract

This paper explores the design and implementation of the “Material Preparation Experiment” course based on a knowledge graph. The research aims to address issues such as fragmented knowledge and low learning efficiency in traditional experimental teaching. By constructing a knowledge graph for material preparation experiments, the course content has been systematically organized and visually

presented. The study demonstrates that course design based on knowledge graphs can effectively enhance students' self-directed learning and experimental operation skills, providing new ideas and methods for reforming experimental teaching in the field of materials science.

Keywords

Knowledge Graph, Material Preparation Experiment, Course Design, Teaching Reform, Knowledge Visualization

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

随着材料科学的快速发展,《材料制备实验》课程在材料科学与工程专业教育中扮演着越来越重要的角色。然而,传统的实验教学模式面临着知识体系分散、学习效率不高等挑战[1][2]。知识图谱作为一种新兴的知识组织和表示方法,为实验教学改革提供了新的可能性[3][4]。本研究旨在探索基于知识图谱的《材料制备实验》课程设计与实施,以期提高教学质量和学生学习效果。

本研究的意义在于:首先,通过知识图谱的应用,可以系统化地组织和呈现材料制备实验知识,帮助学生构建完整的知识体系;其次,知识图谱的可视化特性有助于学生更好地理解 and 掌握复杂的实验原理和操作流程;最后,基于知识图谱的课程设计可以为材料科学领域的实验教学改革提供参考和借鉴。

2. 知识图谱在实验教学中的应用及作用机制

知识图谱是一种以图结构表示知识的技术,它通过节点和边来描述实体及其之间的关系[5]。其核心特征包括:结构化知识表示:将零散知识点(如实验原理、操作步骤)关联成体系,形成“认知地图”。动态演化能力:支持基于学习数据的实时更新,如新增实验案例或调整知识关联权重。多模态融合:整合文本、视频、3D模型等资源,满足实验教学的多样化需求。在教育领域,知识图谱的应用主要体现在知识组织、个性化学习和智能问答等方面[6][7]。在实验教学中,知识图谱可以帮助学生更好地理解实验原理、掌握操作步骤,并建立不同实验之间的关联[8][9]。与传统实验教学的对比具有的优势包括但不限于:从“被动接受”到“主动探索”、精准匹配认知负荷、减少试错成本,具体对比见表1。

在最新的研究成果中,文献[10]以制造信息学原理与应用课程为例,展示了基于知识图谱和大语言模型技术构建新工科课程教学资源建设的方法,通过设计调查问卷来评价课程改革效果,实证研究表明,基于知识图谱的教学模式显著提升了学生的学习体验和认知效果,学生对基于知识图谱的教学形式感到新颖,并愿意使用该方式探索学习内容,证实了知识图谱在课程知识结构化呈现和核心内容突出表达方面的教学优势。这些发现为知识图谱在高等教育中的应用提供了实证支持,表明其能够有效促进学生的深度学习认知过程。文献[11]以《纺织材料学》课程为研究对象,创新性地构建了基于知识图谱的数字化教学体系。该研究从三个维度系统整合教学内容:首先,以基础理论知识体系为框架,建立章节知识节点的结构化网络;其次,融入纺织行业所需的专业素养要求,强化实践能力培养;最后,通过知识点间的多维关联,培养学生的综合应用能力。研究采用章节目录作为核心节点属性,运用语义分析和智能推荐技术,实现了三大教学突破:一是完成了传统教学内容向数字化知识网络的转型,构建了可视化、

可交互的学习资源库;二是设计了基于学习行为分析的兴趣激发机制,显著提升了学生的参与度和主动性;三是建立了学业表现优化模型,通过精准的知识点关联分析提供个性化学习支持。这一知识图谱系统不仅重构了教学内容的呈现方式,更重要的是推动了学生学习模式的根本转变——从被动接受转向主动探索,为专业课程的数字化转型提供了可借鉴的实施路径。但目前基于知识图谱的《材料制备实验》课程建设尚未见报道。

Table 1. A comparison between the knowledge graph model and the traditional model of experimental teaching
表 1. 知识图谱模式与传统模式实验教学的对比

维度	传统模式	知识图谱模式	创新性体现
知识呈现	线性教材、口头讲解	可视化网络结构,支持多维跳转学习	从“被动接受”到“主动探索”
学习路径	统一进度	动态调整,适应个体差异	精准匹配认知负荷
错误纠正	滞后(依赖教师批改)	实时反馈(如线上测验、作业批改、问题答疑、虚拟实验等的即时数据验证)	减少试错成本

3. 基于知识图谱的《材料制备实验》课程设计理念

在阐述课程设计理念前,先展示两个核心概念,它们是“知识图谱”与“混合式教学”。知识图谱本质是一种大规模语义网络,既包含了丰富的语义信息,又天然具有图的各种特征,其中,事物或实体属性值表示为“节点”,事物之间的关系或属性表示为“边”,知识图谱比较普遍被接受的一种定义为“知识图谱本质上是一种语义网络,网络中的结点代表实体或者概念,边代表实体/概念之间的各种语义关系”。

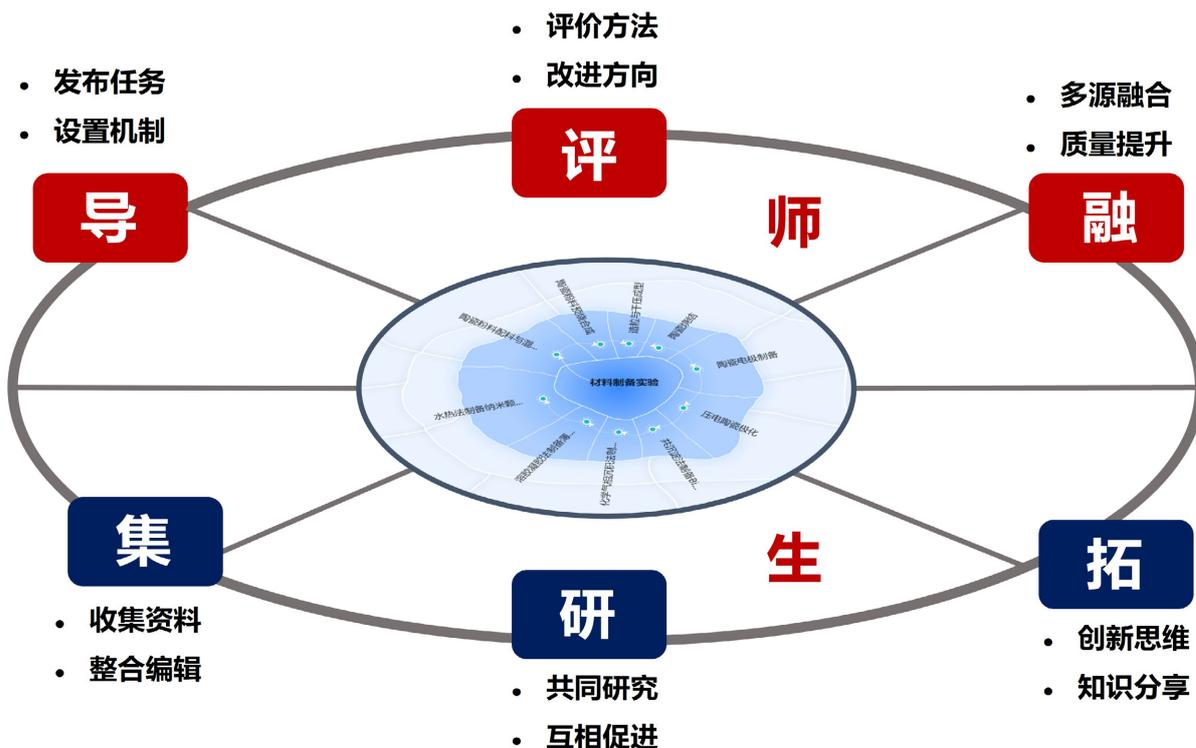


Figure 1. Design concept of knowledge graph enabling experiment teaching
图 1. 知识图谱赋能实验教学的设计理念

一种更为宽泛的定义为“使用图作为媒介来组织与利用不同类型的大规模数据, 并表达明确的通用或领域知识”[12]。混合式教学是一种通过系统化整合面对面教学与在线学习要素(技术整合为必要组成部分), 在质上实现两种模式的有机融合、在量上保持在线教学占比 30%~79%(通常 50%), 以重构教学流程、提升学习效能的新型教学模式。混合维度涵盖学习理论、教学媒体、教学模式、教学环境的多层次混合; 技术赋能需依赖数字技术实现教学要素的整合与优化[13]。

基于知识图谱的《材料制备实验》课程设计主要包括课程目标设定、内容组织和教学方法创新三个方面[14]-[16]。课程目标应注重培养学生的实验操作能力、问题解决能力和创新思维。在内容组织上, 利用知识图谱将实验原理、操作步骤、注意事项等知识点有机连接, 形成系统的知识网络。教学方法上, 采用线上线下混合式教学, 通过线上线下资源整合, 显著提升实验课的预习效率、操作安全性和学生实践能力。教学方法创新方面, 采用基于知识图谱的探究式学习、案例教学和虚拟仿真实验等方法。例如, 学生可以通过探索知识图谱来发现不同实验之间的联系, 从而加深对材料制备原理的理解。同时, 教师可以利用知识图谱设计个性化的学习路径, 满足不同学生的学习需求[17]-[19]。

知识图谱赋能实验教学的主要作用在于: 实施混合式实践教学新模式, 教师线上根据实验教学大纲关于本门课程对学生培养的要求在学习通系统中设置课程的知识点, 习题考察, 知识点之间的关联与追溯, 协助学生完成自主学习, 提升学生的理论学习效果, 同时, 基于学生对知识点的进一步探讨提问以及对课程的评价, 持续改进知识点和课程建设, 实现共同研究, 相互促进的作用。基于知识图谱提升对知识点的理解, 能促进线下实验操作能力的提升, 如图 1 所示, 展示了知识图谱赋能实验教学的设计理念。

4. 课程实施与建设

在课程实施与建设过程中, 首先需要搭建基于知识图谱的在线学习平台, 将知识图谱与实验教学资源有机结合。然后, 通过课前预习、课堂实践和课后复习三个环节, 引导学生充分利用知识图谱进行学习。为评估课程效果, 可以采用多种评估方法, 包括知识掌握测试、实验操作考核、学生满意度调查等, 根据学生的反馈意见, 不断优化知识图谱和教学方法。

基于知识图谱的建设, 已通过超星学习通平台完成了 2022 级材料学科与工程专业 1 班的《材料制备实验》课程线上线下混合式教学模式的探索与实践, 并对同学们感兴趣的实验相关知识点, 包括外延扩展知识点的持续收集并添加知识点和它们之间的相互关联, 以学生为中心, 成果导向, 持续改进知识体系, 并根据教学大纲关于本门课程对学生培养的要求在学习通系统中设置课程的知识点, 习题考察, 知识点之间的关联与追溯, 协助学生完成自主学习。

4.1. 课程平台搭建

在学校课程中心完成了课程平台的搭建, 建立了“材料制备实验”课的信息门户、上传了实验项目指导、实验报告要求、实验项目的讲授课件等资料, 如图 2 所示。构建材料制备实验知识图谱的过程包括: 首先, 收集和整理《材料制备实验》课程的核心知识点和实验项目; 其次, 分析知识点之间的关系, 确定图谱的结构; 然后, 进行图谱的构建和可视化; 最后, 不断更新和优化知识图谱, 以适应课程发展和学生需求。借助超星学习通 APP 的知识图谱模块, 将实验知识点重构、整合、形成清晰的专业知识点脉络, 并与平台教学资源(图书、期刊等)、本校上传的资源 and 教师课件、微课、慕课视频等富媒体资料相关联; 形成一个网络状知识图谱, 让知识“看得见”“看得清”, 如图 3 所示。

4.2. 教学大纲与课程平台关联

建立了《材料制备实验》课程目标与关联知识点的建设, 课程目标作为顶层设计, 决定知识点的选

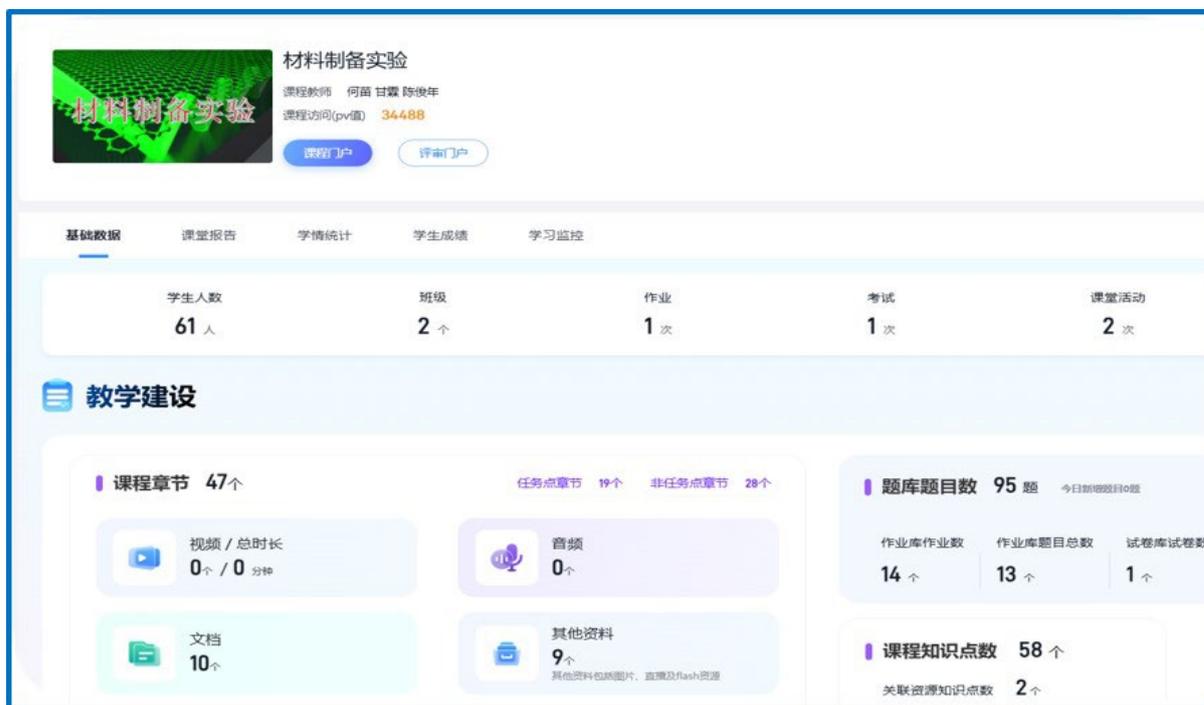


Figure 2. Information portal for the experimental course of “Material Preparation Experiment”
图 2. 《材料制备实验》实验课的信息门户

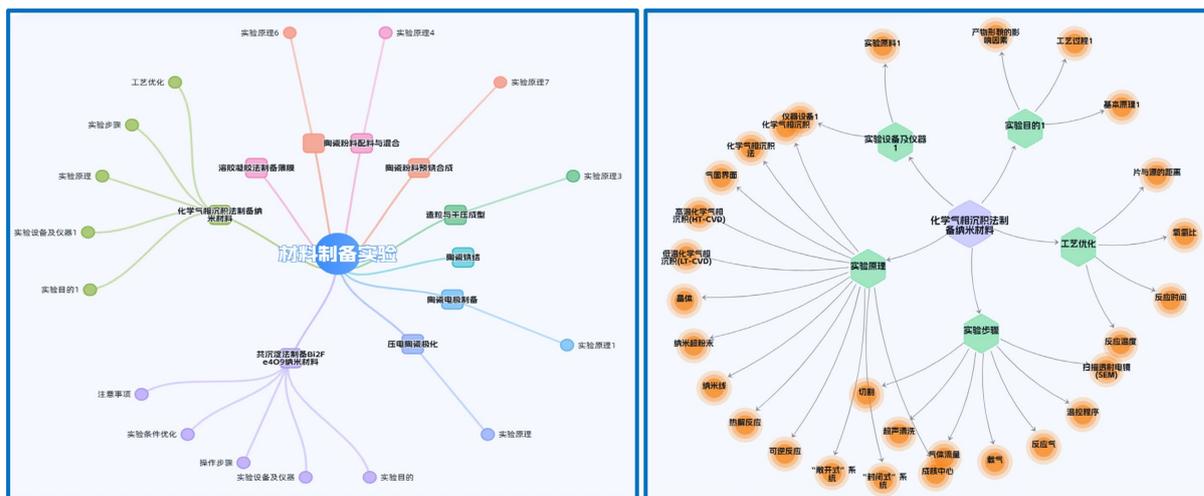


Figure 3. Knowledge point path map and part of knowledge map
图 3. 知识点路径导图和部分知识图谱

择范围与深度，教学过程中需建立“目标 - 知识点”的双向反馈。这种结构化关系本质上构建了“教育目标 - 知识要素 - 能力产出”的可测量转化链条，是 OBE(成果导向教育)理念落地的关键载体。对标工程认证的要求，本课程设计了三类课程目标，课程目标 1：了解用于电子陶瓷、纳米粉体和薄膜材料制备常用专业仪器的工作原理及应用范围，能够结合上述三种材料的结构及性能设计科学的实验方案；课程目标 2：掌握用于电子陶瓷、纳米粉体和薄膜材料制备常用专业仪器的规范操作及相关安全知识，能够根据预设实验方案进行规范的实验操作并记录有效数据；课程目标 3：能够运用所掌握的材料科学理论知识对实验结果进行科学的归纳和总结，获得有效的结论。本课程共 10 个实验项目，根据上述三类目标的

内容, 将每个实验项目拆解为能力维度→知识单元→微知识点三级结构, 为每个知识点添加不同认知层级(记忆、理解、应用能力、分析、评价和创造能力)[20], 难度系数(0.1~1.0)、学时权重等元数据, 可形成知识点掌握度和能力目标达成度数据, 实现对课程目标达成度的统计分析, 如图 4 所示, 由图可知, 课程分目标及总达成度良好, 参与课程教学的学生中, 对于课程目标 1, 占比 93.5%的学生达成度超过 80%, 对于课程目标 2, 占比 93.5%的学生达成度超过 60% (其中, 占比 54.8%的学生达成度超过 80%), 对于课程目标 3, 占比 96.8%的学生达成度超过 60% (其中, 占比 71%的学生达成度超过 80%), 其中 2 名学生未参与课程教学, 达成度均为 0。

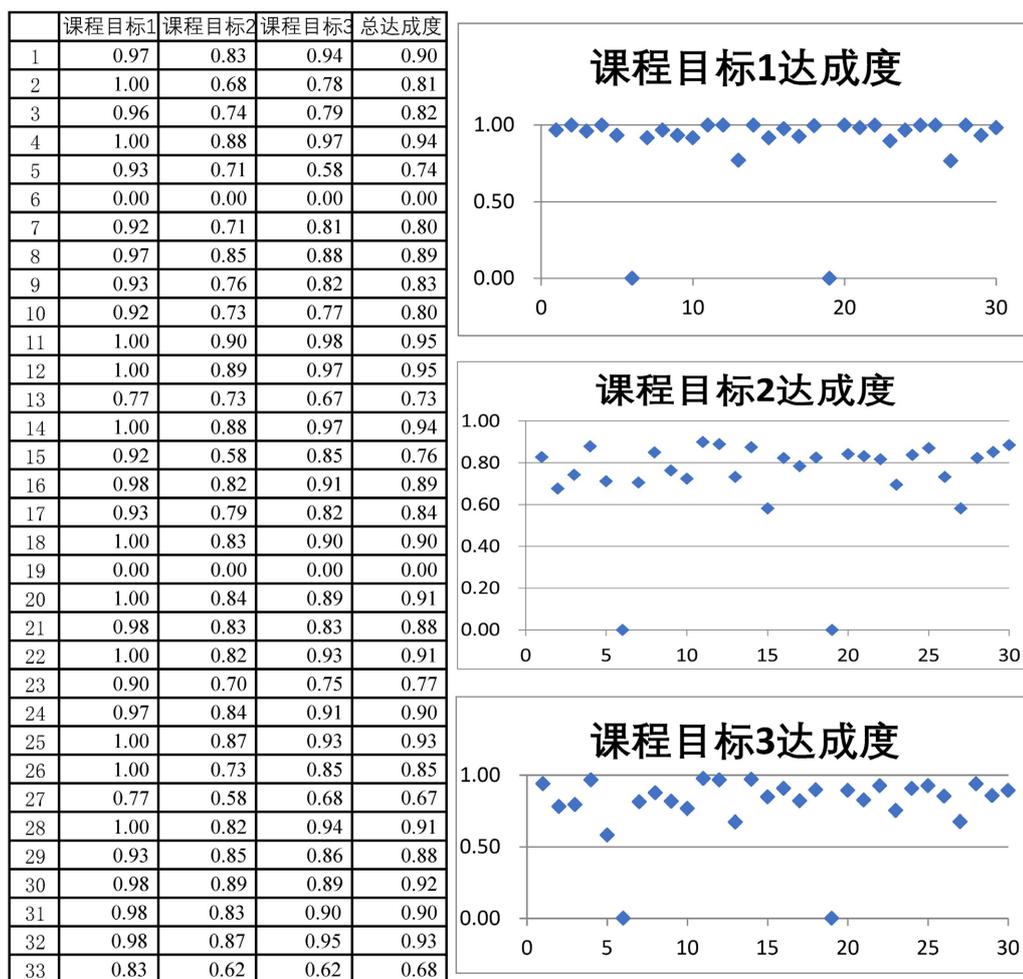


Figure 4. Degree of achievement of curriculum goals
图 4. 课程分目标达成度

5. 课程评价体系

为了实现从知识课堂向能力课堂的转变, 在教学目标、教学方式、学习方式和评价方式等方面进行改革。因此, 将传统照着做实验的教学模式改为“实操训练 + 线上知识点学习 + 实验报告”的多元化考核评价, 其中, 过程性评价包括签到、知识点的完成率、掌握率、关联课件、视频等的统计情况, 来评判平时成绩(占 30%), 线下实操能力和实验报告占权重的 70%, 如图 5 所示, 展示了超星后台设置中展示的多元化考核评价方式, 其中线上占比 30%, 由上课签到、知识点完成、知识掌握和提问组成; 线下

占比 70%，由问题交流、实际操作、实验报告、学习态度、交流讨论组成。这样，不仅培养学生的低阶

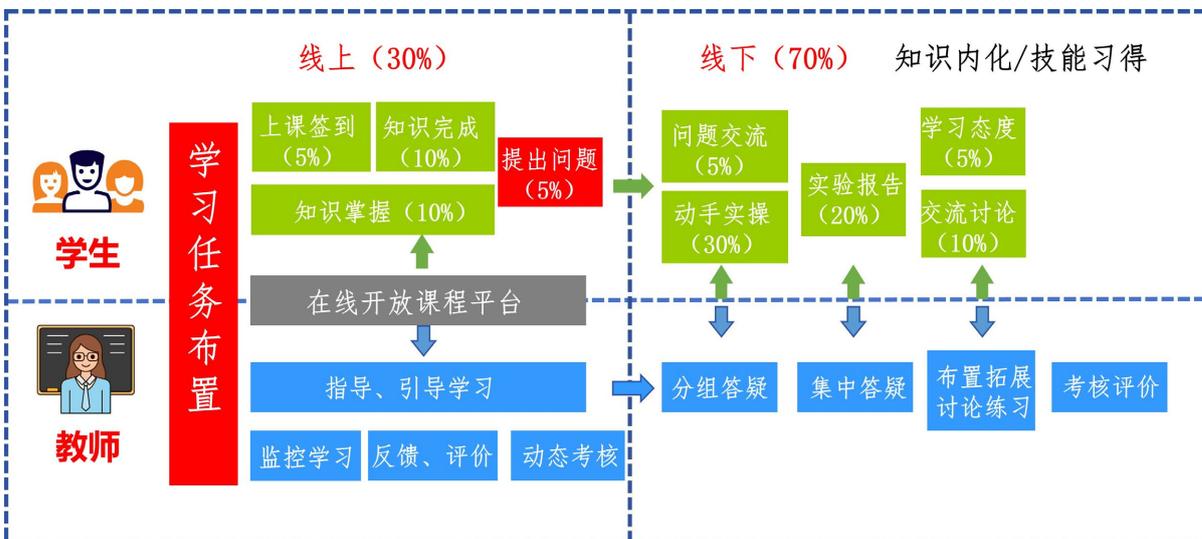


Figure 5. Diversified assessment methods

图 5. 多元化考核评价方式



Figure 6. Statistical analysis of knowledge completion rate and mastery rate

图 6. 知识点完成率和掌握率统计分析

能力(记忆、理解、应用能力),更重要的是培养学生的高阶能力(分析、评价和创造能力)。教师随时可以看到泛雅平台课程大数据对学生学情的统计结果,及时评价实验效果,精准教学,如图6所示,展示了教师端通过课程平台查看学生学情的截图,由图可知,知识点平均完成率高达98%和平均掌握率为60%,学生基本掌握了知识点,但仍有很大提升空间,通过可视化统计分析,根据系统记录的学习情况可以有针对性的向低于平均学习水平的学生发出学业预警,有针对性的帮助大学生完成自主线上学习。

6. 结论

本研究探索了基于知识图谱的《材料制备实验》课程设计与实施,研究表明,知识图谱的应用能够有效提高实验教学的质量和效率。通过知识图谱的系统化知识组织和可视化呈现,学生能够更好地理解和掌握材料制备实验的核心知识和操作技能,实施个性化教学。未来研究可以进一步探索知识图谱与其他先进教育技术,如人工智能(AI)、大数据分析的深度融合,重构实验教学的模式与生态。这种融合不仅能够深入实现实验教学的精准化、智能化和个性化,更能推动教学范式从“经验驱动”向“数据驱动”的转变。随着GPT-4等大语言模型的发展,下一代实验教学系统将实现自动化图谱构建,通过文献智能解析自动生成和更新实验知识网络,认知增强实验,基于脑机接口实时监测学生认知负荷,动态调整实验难度。这种深度融合将最终实现实验教学的“三个转变”:从固定流程向动态适应转变、从统一教学向精准育人转变、从技能训练向创新能力培养转变,为新时代卓越人才培养提供强大支撑。

基金项目

本论文得到了2023年湖北大学教学研究立项项目——“基于知识图谱的‘材料制备实验’新教学模式的探索与实践”的经费支持。

参考文献

- [1] 苑磊, 陈林. 传统实验教学改革路径探究[J]. 教育教学论坛, 2019(15): 277-278.
- [2] 邓霏, 刘艳梅, 石国玺. 传统实验教学现状分析及今后改革方向[J]. 现代职业教育, 2021(50): 57-59.
- [3] 林子舰, 冯超超, 王廷振, 等. 知识图谱技术在物理实验教学中的应用探讨[J]. 物理与工程, 2020, 30(4): 88-95.
- [4] 江永亨, 任艳频, 唐潇风. 高校实验能力图谱基础架构及关键问题探讨[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(12): 187-191.
- [5] 王萌, 王昊奋, 李博涵, 等. 新一代知识图谱关键技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2022, 59(9): 1947-1965.
- [6] 董晓晓, 顾恒年, 周东岱. 知识图谱新近研究进展及其在教育领域的应用挑战[J]. 数字教育, 2022, 8(5): 10-17.
- [7] 东苗. 基于学科知识图谱的个性化学习路径推荐策略[J]. 现代信息技术, 2024, 8(20): 117-122.
- [8] 陈杨杨, 赵慧, 李翠丹. 知识图谱探析网络课程实验教学发展[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(27): 121-123.
- [9] 秦振凯, 郑壁旋, 林子倩, 等. 基于知识图谱的高校计算机实验教学特征研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(19): 251-253.
- [10] 王佐旭. 知识图谱和大语言模型辅助新工科课程教学资源建设方法[J]. 高等工程教育研究, 2025(1): 40-46+110.
- [11] 柯贵珍, 陈凤翔, 蔡光明, 等. 基于知识图谱的“纺织材料学”课程教学模式探讨[J]. 西部皮革, 2025, 47(2): 71-73.
- [12] 马昂, 于艳华, 杨胜利, 等. 基于强化学习的知识图谱综述[J]. 计算机研究与发展, 2022, 59(8): 1694-1722.
- [13] 张倩苇, 张敏, 杨春霞. 高校教师混合式教学准备度现状、挑战与建议[J]. 电化教育研究, 2022, 43(1): 46-53.
- [14] 王亮. 深度学习视角下基于多模态知识图谱的MOOC课程重构[J]. 现代教育技术, 2018, 28(10): 100-106.
- [15] 邹文. 知识图谱赋能高校课程混合教学设计研究[J]. 现代商贸工业, 2025(5): 253-255.
- [16] 贾君枝, 崔西燕, 张贵香. 人工智能技术对知识组织的影响——以知识图谱为视角[J]. 图书馆论坛, 2024, 44(2):

1-8.

- [17] 郭胜娟, 董峰铭. 基于知识图谱的“科学”教学方法研究[J]. 科教导刊, 2022(27): 132-135.
- [18] 许新华, 李萍, 尚冠宇. 基于知识图谱的混合式教学改革方法[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(13): 64-66.
- [19] 穆肃, 谭梓淇, 骆珏秀, 等. 面向精准教研的立体知识图谱构建方法研究[J]. 电化教育研究, 2023, 44(5): 74-81.
- [20] 王晖, 钱海. 一种基于布鲁姆教学认知模型的知识图谱构建方法[P]. 中国专利, 202211432306. 2023-04-04.