

基于知识图谱的《物理化学》课程 数字化改革与实践研究

阙慧颖

昌吉学院物理与材料科学学院

摘要: 在新一代人工智能驱动教育数字化战略实施、支撑教育强国建设的进程中,课程知识图谱作为实现智慧教学的重要途径,对改善教学效果、提高学生培养质量具有重要作用。本文以“物理化学”课程为例,分析当前课程教学中存在的痛点问题,以学生为中心,将OBE理念与思政元素融入教学,探索基于知识图谱重构的线上线下个性化教学实践,突出课程教学的创新性和价值引领。该课程教学探索实践,可为其他材料类专业课程开展教学设计提供参考和借鉴。

关键词: 知识图谱;物理化学;个性化学习;智慧教育;教育实践

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.05.014

引言

随着高等教育进入普及化新阶段,对人才的培养模式和社会需求也发生了新变化,迫切需要更新教育理念、改进教育手段、变革教育模式。党的二十大报告中指出:推动教育数字化转型是开辟教育发展新赛道和塑造教育发展新优势的重要突破口^[1]。教学资源作为教育数字化转型战略落地的核心载体,其系统性构建已成为践行国家教育数字化战略行动的关键抓手。在线上线下融合式教学新常态下,智能技术赋能教学范式的深度变革已形成教育新图景。面对新时代教育现代化发展目标,如何通过优质数字课程资源的创新研发与智能应用,实现教学效能的迭代升级,已成为深化教育教学改革、构建高质量教育体系的紧迫战略任务^[2]。知识图谱最早由谷歌在2012年提出,主要利用图形模型展示事物之间的关系和属性,是一种结构化的知识表示方法,能够更加直观地展示课程知识结构和分布情况。国务院在《新一代人工智能发展规划》中指出:要重点突破知识图谱构建与学习、知识演化与推理等技术,要实现智能教育,建立以学习者为中心的教育环境^[3]。现实需求加上政策主导,整合、开发、利用适合专业特色的优质数字化教学资源尤为重要^[4]。将知识图谱用到教育中,可通过学习资源推荐、学习路径规划和知识点关联分析等方面,提升教学效果和实现个性化学习。在教育数字化转型背景下,将知识图谱应用到课程教学实践中赋能课程建设与教学创新,助力高校数字化建设工作,对学生和教师都具有重大意义。

从学生角度出发。基于“知识图谱”的数字化教学改革研究,能够为学生提供更加丰富的教学资源、学习路径、灵活的教学活动与即时的评价反馈,拓展课堂教学时间和空间,促进学生综合能力发展。一是知识体系结构化。知识图谱可以整合学科知识点资源,构建更完整、系统和清晰的知识体系结构,便于学生理解和记忆。二是学习过程个性化。知识图谱可通过后台学情评估和学生学习轨迹,系统化生成个性化学习画像,智能推送适配资源与最优学习路径,帮助学生更加高效地学习和掌握知识,提高学习兴趣和效率。三是学科思维融合化。知识图谱可建立学科间知识联结网络,有效打破专业壁垒,能引导学习者构建多维认知模型,一方面能提升学生解决复杂问题的能力,另一方面更为应对未来职业变革奠定基础。

从教师教学角度出发。知识图谱技术在课程建设中的深度应用,能够为教师提供更加丰富的教学资源,有效地促进教师的“对话性”教学和“深刻性”教学^[5],提升教师的数字化育人能力,为教育数字化转型注入新动能。一是优化教辅工具,提升课堂参与效果。在教学设计层面,知识图谱可为教师搭建智能化的教学支撑平台,借助动态可视化的知识网络,系统梳理学科知识脉络,将碎片化知识点有机整合为逻辑清晰的概念体系。这种结构化处理使得课程设计突破线性限制,教师可灵活调用图谱中的关联资源,设计互动探究式教学活动,从而提升课堂参与度。二是助力靶向教学,实现因材施教。在教学过程环节,知识图谱可

基金项目:2025新疆维吾尔自治区高校本科教育教学研究与改革项目“基于知识图谱的《物理化学》课程数字化改革与实践研究”(XJGXJGPTA-2025122)。

构建个性化的知识推荐和学习路径规划, 据此教师可实施分层教学策略真正实现“一人一策”的靶向教学, 有效破解传统课堂的标准化教学困境。三是优化知识结构, 促进教学资源共享。在资源共享维度, 知识图谱可构建开放式的教育生态体系。通过建立跨区域、跨学科的知识关联网络, 形成一个全面、系统的知识结构, 同时整合、共享各种教学资源, 有效提高教学资源利用率。本论文以我校一流课程“物理化学”课程为例, 从教学内容、教学方法和设计、教学评价等方面进行课程数字化建设, 促进教学资源转型、创新教学模式, 推动教学组织变革, 探讨其课程改革实践, 为其他理工科类课程教学设计提供参考。

一、“物理化学”课程教学的现实困境

传统的课程资源建设模式具有一定的局限性, 在教育数字化转型的背景下, 亟须构建新型教学资源建设范式以适应学生自主学习和个性化发展的需求^[6]。课程知识图谱并非教学内容的简单数字化迁移, 其本质是通过知识要素的系统解构与多维关联, 推动教学认知的迭代升级^[2]。当前国内高校在课程知识图谱建设实践中主要面临以下三重核心挑战。

(一) 课程教学内容碎片化, 学习者难以构建完整的知识体系

线上资源的过度颗粒化切割破坏了知识的内在逻辑关联, 导致学习者难以形成系统认知。在传统的线上资源的建设和组织模式中, 知识点多采用树形或线性结构机械地划归特定章节, 仅能呈现平面化的知识点隶属关系, 无法有效揭示跨章节的知识网络拓扑结构。例如, 在“物理化学”课程中, “熵变计算”概念既与热力学基本定律存在纵向递进关系, 又与相平衡章节的克拉佩龙方程形成横向关联。传统资源组织模式难以呈现这种立体化知识网络, 导致学习者认知停留在表层记忆层面, 制约深度学习能力的培养。

(二) 课程教学资源零散化, 学习者难以精准搜索所需资源

传统线上课程资源的粒度较粗且缺乏有效关联机制, 多数在线课程平台仍以“章一节”为最小组织单元, 缺乏细粒度知识元级资源建设。资源检索机制智能化程度不足, 课程资源较为零散, 学习者需在离散存储的PPT、视频、文档等异构资源中反复筛选。这种“资源丰富却难以获取”的矛盾现象, 十分影响学生学习效率。

(三) 课程教学资源扁平化, 难以满足学习者个性化学习需求

知识点的扁平化, 导致学习路径设计缺乏弹性, 使得课程教学资源无法建立彼此间的联系, 从而不利

于学生构建完整的课程知识体系。学生某个知识点没掌握好, 可能是因为其前置知识点没掌握好而导致的, 例如在电化学章节学习中, 若学生对“电极电势”概念存在认知偏差, 将直接影响后续“能斯特方程”的学习效果。传统资源系统既不能自动诊断认知缺陷, 也无法推荐针对性的补救资源, 使得个性化学习难以真正实施。

基于以上的问题, 本团队秉持“教研协同、图谱赋能”的理念, 以学生能力发展为中心, 以学生个性化学习为应用场景, 构建课程的学科知识图谱平台, 进行知识图谱赋能智慧教育的教学改革与实践, 以期能较好地解决上述课程中的教学痛点。

二、“物理化学”课程教学改革思路与实践

(一) 课程教学改革目标与思路

以“物理化学”课程为例, 基于知识图谱进行课程数字化改革, 开展线上线下混合式教学, 为教学数字化注入了生机, 提高课程资源的利用效率和教学效果, 实现教学资源属性的升级跨越和教学实践育人的价值回归。本团队基于知识图谱的课程数字化改革与实践研究路线图如图1所示。

(1) 加强课程内容间的联系, 构建完整的知识体系

基于“教育数字化”融合的课程改革理念, 对接材料专业岗位技能需求, 重构“物理化学”课程内容, 构建以任务驱动为导向的知识图谱, 使得原来碎片化的知识系统化呈现, 进一步加强课程间的联系, 提高课程广度和深度, 促进学生跨学科学习思维。

(2) 搭建知识图谱资源平台, 满足个性化学习需求

课程知识图谱是学生进行个性化自适应学习的重要载体, 将知识图谱与教学资源相结合、知识图谱与教学活动相结合, 通过分析学生在知识图谱上的学习路径和知识点掌握情况, 针对性地布置“靶向作业”, 实施“靶向教学”, 更好地满足学生学习需求, 提高学习效果。

(1) 实施线上线下混合教学, 实现智能化学习辅导

实施基于知识图谱的“物理化学”课程线上线下混合式教学, 极大增强了教学的互动性和参与度, 学生可以自主探索知识图谱, 进行知识点的关联学习和自我测试, 提升学习的主动性和积极性。

(二) 重塑课程内容, 提取课程知识点

“物理化学”课程全面落实学科交叉, 以应用能力培养为核心, 明确课程知识点结构, 基于教学目标重组教学内容。课程按照内容相关性, 可重构为“化学热力学、材料热力学、统计热力学、化学动力学”四大模块。基于模块内容, 细化知识点, 并梳理专业

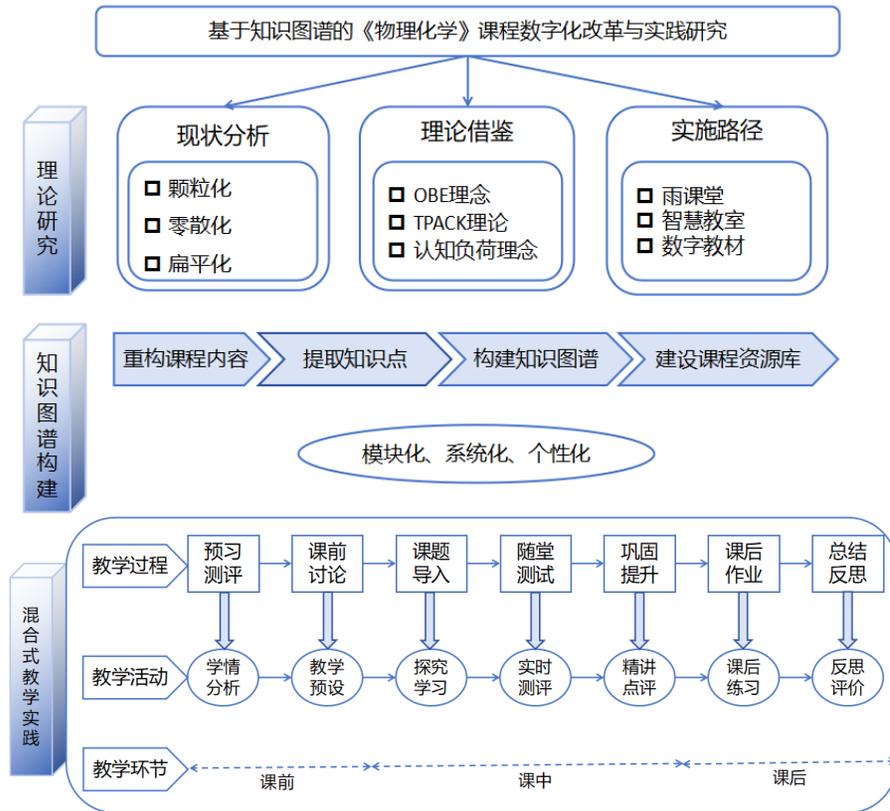


图1 基于知识图谱的课程数字化改革与实践研究路线图

课程间关联的知识点，建立系统化的“物理化学”知识体系，如图2所示。

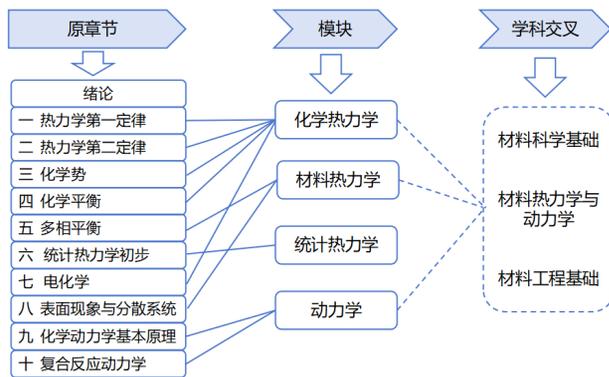


图2 系统化的“物理化学”知识体系

(三) 构建知识图谱，建设课程资源库

构建以任务驱动为导向的“物理化学”课程知识图谱，进行知识系统梳理，构建知识点间相互关系，加强课程间的联系，提高课程的广度和深度，帮助学生更好地理解知识，促进跨学科的学习思维。

(1) 重塑课程内容，提取课程知识点

对标专业人才培养方案，梳理完善课程教学大纲，基于课程教学目标，将教学内容重组，模块化课程内容，明确课程知识点结构，细化知识点，建立完整清晰的课程知识体系。

(2) 梳理知识点关系，生成知识图谱

根据教学内容、课程目标科学设置知识点的关系与属性。在雨课堂知识图谱的 Excel 模板中输入重构课程内容的各级知识点，前后关系与关联关系、知识点的属性标签、认知分类等内容，通过雨课堂知识图谱技术将梳理后的知识脉络导入课程平台，生成基本的课程知识图谱。“物理化学”课程的部分章节知识图谱如图3所示。

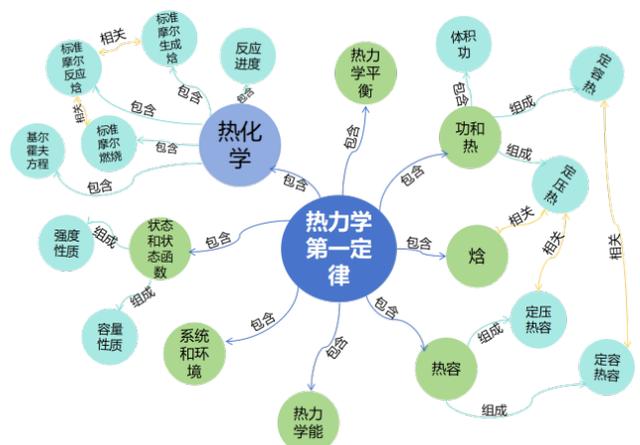


图3 “物理化学”课程部分章节知识点知识图谱

(3) 整合教学资源，建设教学资源库

首先丰富教学资源的类型，包括微课视频、教学课件、教案、图片、动画、仿真、课程标准、练习与测试、试题库等。其次提升教学资源的质量，将材料

行业的新工艺、新技术、新理念融入“物理化学”课程，提升学生职业技能水平。最重要的是更加深入挖掘课程思政元素，提升课程的思政育人水平，各章节“课程思政融入点”例析如图4所示。

四、基于知识图谱进行混合式教学实践

实施基于知识图谱的“物理化学”课程线上线下混合式教学，通过知识图谱资源平台，为学生提供丰富的学习资源、个性化的学习推荐和互动协作的学习环境，帮助学生更好地进行个性化学习，解决因新高考改革学生知识结构差异大、课堂教学进度慢、学习效果差的问题。具体教学实施过程如图5所示。

1. 课前构建个性化知识基础

在课前课程准备阶段，教师可依据学生的需求差异与水平层次，为学生制定与课程知识图谱相关的学习任务。系统则可根据知识图谱所呈现的教学目标与内容难度，为学生设计并分配学习任务。在该模式下，教师的主导作用弱化、教学目标偏离等问题被有效规避，同时能更好地贯彻“以学生为中心”的教学理念。学生在课前阶段接收到学习任务以后，可借助知识图谱进行相关的知识检索与学习，并且再进行初步测评

之后，系统将根据学生学习风格个性化推送包括在线教材、教学视频及习题库等多种形式的学习资源。这些资源不仅能更好地契合学生的认知兴趣与学习能力，也能与既定教学目标保持高度一致，从而帮助学生在课前准备阶段实现针对性的学习，储备一定的基础知识。

2. 课中实施动态化智慧教学

在线下教学场景中，知识图谱的使用能够让学生更直观地理解课程知识的整体结构及其内在联系，能够帮助学生对课程内容形成系统性的认知。同时，通过个性化推荐系统提供的学生学习数据和反馈，教师能及时掌握每位学生对某一概念的理解程度、学习难点与任务完成情况，从而进一步辅助教学。在此基础上，教师可实施针对性的辅导与差异化提问，有效提升学生的课堂参与度与学习成效。此外，结合知识图谱的结构化信息与学生的学习特征，教师可以动态调整教学内容的难度与深度，灵活优化教学方法与课堂组织策略，以满足学生的个性化学习需求。总之，在课堂教学过程中使用知识图谱，不仅能够强化教师在教学过程中的主导作用，同时更能激发学生学习的主动性，进而实现教学效果的提升。

章节	教学内容	思政元素与融入点	育人目标
第一章	状态函数	<ul style="list-style-type: none"> 状态函数只与始末态有关，而与途径无关，即“异途同归，值变相等”。 教育学生条条大道通罗马，遇事不钻牛角尖。 	矢志不渝 发散思维
第二章	热力学第一定律	<ul style="list-style-type: none"> 1840年前后，迈耶尔，焦耳和亥姆霍兹3位科学家自学成才，最终提出了热力学第一定律。现代以来，诺贝尔奖几乎都是多人共同获奖。 鼓励同学们只有团结协作，才能成功。 人的时间和精力都是恒定的，只有专注才能成功。 	爱国情怀 科学精神 团队协作 勤奋努力
第三章	热力学第二定律	<ul style="list-style-type: none"> 能量虽然守恒，但质量（品位）有高低。教育学生要节约能源。 激发同学们努力学习，研发太阳能、化学电池等清洁能源。 介绍功热转换时，讲解蒸汽机时引入我国引以为豪的高铁技术。 	节约能源 志存高远 民族自豪

图4 各章节“课程思政融入点”例析

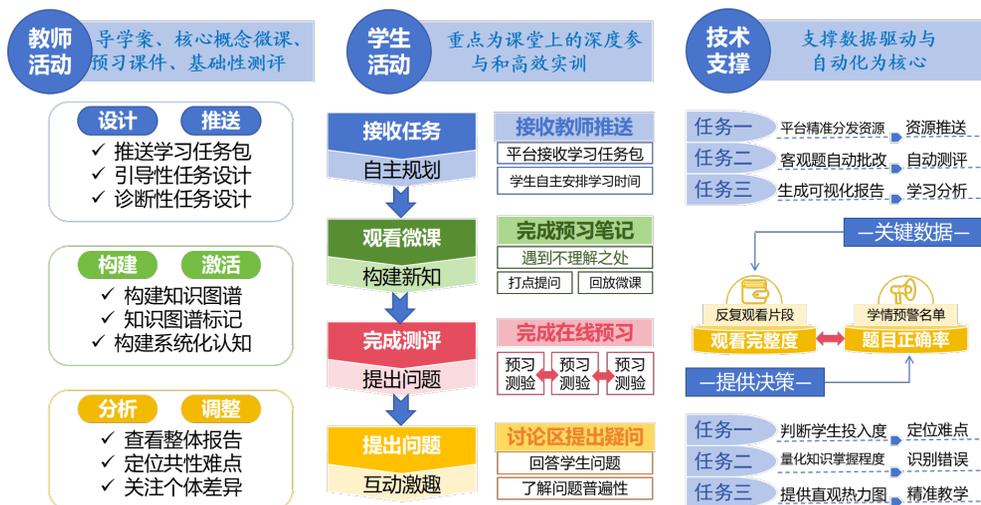


图5 教学实施过程

3. 课后加强持续性知识巩固

在课后知识巩固的阶段, 利用个性化推荐系统, 教师能够实现可视化分析学生的学习行为并且精准掌握每个学生的学习情况, 对学生进行督学、助学和促学。课后阶段的个性化推荐系统, 不仅能够帮助教师进一步优化知识图谱结构和内容, 动态调整教学策略, 而且能够为学生持续性提供巩固性与拓展性的学习资源,

例如练习题、课后作业和扩展阅读材料等, 加强个性化学习与知识巩固效果, 从而帮助学生深化理解知识内容。个性化推荐系统的使用有机地融合了学生学情、学习资源与知识图谱, 并且贯穿课前、课中与课后全过程, 为学生提供连贯的个性化支持, 个性化学习与探究路径如图 6 所示。教师可基于知识图谱不断丰富和完善知识体系, 实现人机协同的教学形态。

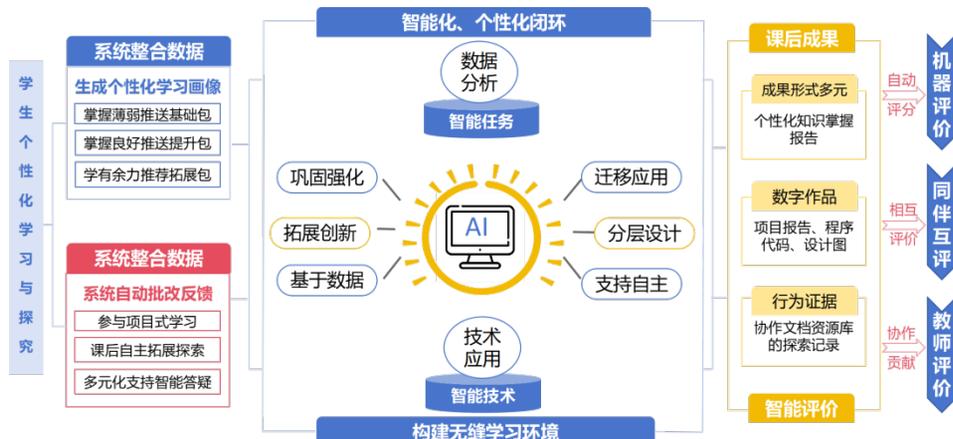


图 6 学生个性化学习与探究

五、结语

课程教学实践表明, 课程知识图谱的应用能够为学生提供更加精准和全面的个性化学习支持, 有效促进学生对知识点的深层理解与系统把握。对于教师而言, 可借助知识图谱进行教学反思、教学内容改进与教学方法创新, 从而驱动知识图谱的持续扩展与动态更新, 更好地服务于教与学的双向需求。关于知识图谱的后续研究可侧重于开发自动化知识抽取技术, 进一步扩充和丰富图谱的数据资源, 并将其应用于智能课程答疑、自适应学习路径推荐等具体教学场景, 从而提升教学系统的智能化水平与个性化支持能力。

参考文献:

[1] 央视网. 习近平在中共中央政治局第五次集体学习时强调加快建设教育强国为中华民族伟大复兴提供有力支撑 [EB/OL]. (2023-05-29)[2025-12-10]. [https://](https://news.cctv.com/2023/05/29/AR-TI4ThulbbpInYEn76XWc8230529.shtml)

news.cctv.com/2023/05/29/AR-TI4ThulbbpInYEn76XWc8230529.shtml.

[2] 刘玉玲, 连凯琪, 张元臣, 等. 知识图谱构建赋能课程教学数字化—以微生物学课程为例 [J]. 中国现代教育装备, 2024(23):157-159.

[3] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL]. (2017-07-08)[2025-12-10]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.

[4] 谢艳华, 李云龙. “互联网+高等教育”课程数字化教学资源建设与实践研究 [J]. 大学教育, 2022(8):14-16.

[5] 张治, 刘德建, 徐冰冰. 智能型数字教材系统的核心理念和技术实现 [J]. 开放教育研究, 2021(7):21.

[6] 颜慧. 混合式教学中课程知识图谱的构建与应用研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(2):175-177.