基于知识图谱的材料科学基础课程混合式教学改革与实践——从知识传授到知识共建

王怡静，王杰，戴翠英，周哲
长沙理工大学，材料科学与工程学院，湖南 长沙 410114
DOI: 10.61369/ETR.2026300019

摘　　要： 材料科学基础知识点庞杂、关联性强，传统教学易导致学生只见树木不见森林。本文提出知识图谱驱动的“双主体共建”教学模式，将知识图谱从教师的单向展示工具转变为师生共同参与建构的动态知识网络。教师负责搭建课程主干知识框架，学生以小组为单位围绕核心知识点自主拓展图谱分支，师生协同完成知识网络的持续优化与迭代。实践表明，该模式能有效激发学生的主动学习意识，促进系统性思维与知识整合能力的形成，为材料类专业基础课程的智慧化转型提供了一条可操作的改革路径。

关 键 词： 知识图谱；材料科学基础；双主体共建；混合式教学；知识网络

Blended Learning Reform and Implementation for the Fundamental Materials Science Course Based on Knowledge Graphs——From Knowledge Transmission to Knowledge Co-creation

Wang Yijing, Wang Jie, Dai Cuiying, Zhou Zhe
School of Materials Science and Engineering, Changsha University of Science and Technology，Changsha, Hunan 410114

Abstract: The foundational concepts in materials science are vast in scope and highly interconnected; traditional teaching approaches often lead students to focus narrowly on individual components while overlooking the broader context. This paper proposes a "Dual-Subject Co-Construction" teaching model driven by knowledge graphs, transforming the knowledge graph from a unidirectional tool used solely by teachers into a dynamic knowledge network co-constructed by both teachers and students. Teachers are responsible for establishing the core knowledge framework of the course, while students, working in small groups, independently expand the branches of the knowledge graph around key knowledge points; together, teachers and students collaboratively continuously optimize and iterate the knowledge network. Practice has shown that this model effectively stimulates students' proactive learning mindset, fosters the development of systematic thinking and knowledge integration skills, and provides an actionable reform pathway for the intelligent transformation of foundational courses in materials science disciplines.

Keywords: knowledge graph; fundamentals of materials science; dual-party co-construction; blended learning; knowledge network

引言

材料科学基础是材料科学与工程、机械工程等工科专业的核心基础课程，其内容涵盖晶体结构、晶体缺陷、相图与相变、扩散与传输、材料强化机制等知识模块，是衔接数学、物理、化学等公共基础课与材料力学性能、材料工程基础等专业课之间的关键桥梁。通过该课程的学习，学生不仅需要掌握材料科学的基本概念与分析原理，更需要建立起微观结构、宏观性能与工程应用的系统性知识关联能力，而这正是材料研发、工艺设计与失效分析等领域人才的核心素养[1]。

然而，传统教学模式以教师讲授为主，注重知识的线性传递，其局限性在材料科学基础课程中尤为突出[2]。其一，知识点繁多且逻辑关联复杂，传统章节式教学难以呈现知识网络，学生往往学完相图忘了扩散，无法理解相图与扩散理论在热处理工艺中的交汇；其

项目信息：
湖南省普通本科高校教学改革研究项目一般项目“基于知识图谱建设的《材料科学基础》混合式教学研究与实践”（202502000442）；
长沙理工大学学位与研究生教学改革研究项目“面向科研实践的材料学科导学思政建设与实践——以高端装备先进涂层为例”（CLYJSJG2026068）。
作者简介：王怡静（1995—），女，长沙理工大学材料科学与工程学院，博士研究生，专任教师，讲师，主讲《材料科学基础》、《材料物理性能》，科研方向：磨损与表面工程。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

教育理论与研究26年30期-版权页：半月刊 第4卷第30期 2026年8月刊.indd 53 2026/10/13 16:03:33

二，学生长期处于被动接受状态，缺乏主动构建知识体系的训练，面对复杂工程问题时表现出“知识调用困难症”，无法将抽象的位错理论与实际的金属强化工艺联系起来；其三，抽象概念（如位错运动、吉布斯自由能）缺乏可视化支撑，学生对理论的理解停留于公式记忆层面，难以映射到真实应用场景。

知识图谱（Knowledge Graph）作为人工智能领域的结构化语义网络技术，近年来逐步被引入教育领域。其核心价值在于以节点与关系的可视化网络呈现知识体系，帮助学生厘清概念间的逻辑递进、因果关联与应用映射。国内多所高校已开展相关探索[3-5]，但现有实践存在两个共性局限：一是主体错位，知识图谱多由教师或技术团队单向构建，学生仅作为浏览者而非共建者，其主动性与创造力未被激活；二是功能浅层化，图谱多停留于静态的知识章节可视化，未能体现 OBE（成果导向教育）理念中对学生能力建构过程的关注。

为此，本文提出知识图谱驱动的双主体共建教学模式，通过教师搭建课程主框架、学生扩展知识子图谱、师生协同迭代优化的实施路径，将知识图谱建设从教辅工具升级为学习建构载体，旨在帮助学生从被动接收知识转向主动建构知识网络，切实提升系统性思维与知识迁移能力。

一、教学模式设计与实施

在实施教学改革前，需要建设以 OBE 理念引领的双主体教学模式。与传统模式不同，在本次教改中提出的双主体共建机制，其核心在于重新定位师生在知识图谱建设中的角色分工：教师不再是知识的单向传授者，而是作为课程知识架构的搭建者与引导者；学生不再是知识的被动接受者，而是知识网络的主动建构者与拓展者。通过这一设计，回应当前知识图谱教学实践中主体参与失衡的突出问题。目前，国内外实践多由教师或技术团队主导，学生仅作为被动使用者，导致知识图谱的静态化与创新性不足[6-8]。通过将学生纳入知识图谱的共建过程，既能激发学生的学习主动性，又能实现知识网络的动态生长。

实施过程在于基于上述理念，构建“三阶段、双主线”的教学框架：第一阶段，构建教师主导的知识框架。首先，系统梳理《材料科学基础》教学大纲，依托学校信息化教学平台，如学习通 - 超星平台，运用专业知识图谱工具绘制课程知识体系架构图，清晰界定晶体结构、相图分析、扩散机制等核心知识模块的逻辑关系。随后，在教学过程中，每章结束后融入知识架构讲解，向学生系统传授课程重点、难点以及知识衔接的关键要点。第二阶段，扩展学生主体的知识分支。将学生分为 6-10 人 / 组，以一个月为周期，依托文献挖掘工具和 X-mind 等知识梳理软件，围绕晶体缺陷、材料强化机制等课程核心知识点，自主构建知识图谱分支。在这一阶段，学生需要深入阐述发现的新知识分支，实现知识网络的动态更新与拓展。第三阶段，师生协同的知识网络优化。教师在收到学生提交的知识图谱拓展报告后一周内完成点评反馈，指出优缺点并提出改进建议，将优秀的学生成果纳入课程知识图谱数据库，实现知识的迭代更新。最后，在实施路径上，采用“线上 + 线下”混合式教学：线上依托平台完成知识图谱的展示、工具培训与报告提交；线下通过课堂讲授、小组研讨与互动答疑完成知识框架的建构与深化。

在构建课程知识图谱时，采用自上而下的策略，具体包括以下三个方面步骤：

（1）知识点梳理与分类。依据材料科学基础课程教学大纲，对课程内容进行系统梳理，将知识点划分为晶体结构、晶体缺陷、相图与相变、扩散与传输、材料强化机制等核心模块，再将每个模块进一步细分为若干知识点层级，明确各知识点的先修关系与逻辑关联。

（2）知识关系相互关联。针对材料科学基础课程中对于微观结构、宏观性能与工程应用的学科特性，建立知识点之间的关联，主要是知识点之间的逻辑递进关系，如晶体缺陷中，点缺陷对位错运动的影响，进而导致的材料强化过程；通过阐明理论与应用的映射关系，如 Hall-Petch 公式在晶粒尺寸与强度关系中的应用，考虑材料的设计与应用等。

（3）图谱可视化呈现。借助超星平台的知识图谱工具，将每个知识节点所关联的相应教学资源，课件、视频、试题、文献等，以节点 - 关系网络的形式进行可视化呈现，形成知识与资源一体化的学习导航系统。

通过上述知识图谱构建设计，在实际实行过程中，主要按照教学活动的组织，按照课前、课中、课后将知识图谱建设贯穿于教学全流程。首先，在课前借助知识图谱进行导学：在每章教学开始前，通过平台发布该章节的知识图谱预览，帮助学生建立知识地图，明确学习目标与知识定位，此时学生可依据图谱进行预习。其次，在上课过程中，通过教学过程，将知识内容融入到知识图谱中，实现图谱与知识点共建：以核心知识点为锚点，围绕图谱中的关键节点展开深度讲解与讨论，一方面引导学生理解知识点在整体图谱中的位置与关联，另一方面鼓励学生对图谱中尚未覆盖的知识分支提出疑问与见解。最后，教学活动结束后，学生提交知识图谱报告作为成绩考核的内容：以小组为单位，围绕指定主题开展文献调研与知识图谱拓展，具体要求包括运用文献挖掘工具检索相关文献、借助 X-mind 等软件绘制知识图谱分支、撰写知识图谱拓展报告，阐述新知识分支的内容、依据及其与课程核心知识的关联。随后，教师在一周内完成报告批阅与反馈，选取优秀案例在课堂上进行展示与点评，并将高质量的学生成果整合入课程知识图谱数据库，实现知识网络的持续生长。

传统以期末考试为主的材料科学基础课程评价，难以衡量学生的系统思维与创新能力。目前，发展建立能力本位的过程性评价体系是以 OBE 为主流导向的重点发展评价方式[9]，其主要包括三个维度：知识掌握维度、图谱贡献维度和能力应用维度。其

 | Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

教育理论与研究26年30期-版权页：半月刊 第4卷第30期 2026年8月刊.indd 54 2026/10/13 16:03:33

中，知识掌握维度是通过课堂测验、章节作业与期末考试，考查学生对核心知识点的理解与掌握程度，在试题设计中需要注重知识应用而非机械记忆，要求学生在工程案例中运用知识进行分析。图谱贡献维度主要评价学生在知识图谱拓展中的表现，包括文献调研的深度与广度、知识分支的合理性与创新性、图谱绘制的规范性与完整性，旨在量化评估学生对知识图谱建设的参与度与贡献度，突破传统评价仅关注考试分数的局限。能力应用维度通过案例分析报告与综合项目，评估学生运用课程知识解决复杂工程问题的能力。

二、实践成效与反思

通过在长沙理工大学材料科学与工程学院材料科学基础课程中开展初步实践，课程团队已完成教学大纲的系统梳理与知识体系架构图的初步绘制。从初步反馈来看，学生学习主动性显著提升。知识图谱的可视化呈现帮助学生建立了课程知识的整体认知，学生在课后主动查阅文献、拓展知识分支的积极性明显增强。其次，学生的知识整合能力得到锻炼，通过定期提交知识图谱拓展报告，学生主动探索知识点之间的关联，这一过程本身就是对系统性思维的有效训练。部分学生在报告中展现出的知识整合深度与创新视角，超出了传统教学中对学生的预期。不仅如此，评价方式也更加多元。将图谱贡献度纳入评价体系后，学生的学习行为从为考试而学转向为建构知识而学，过程性评价的导向作用初步显现。图1给出了知识图谱方法实施前后，全班同学的成绩分布图，可以看到90分以上的高分学生数量明显增多。

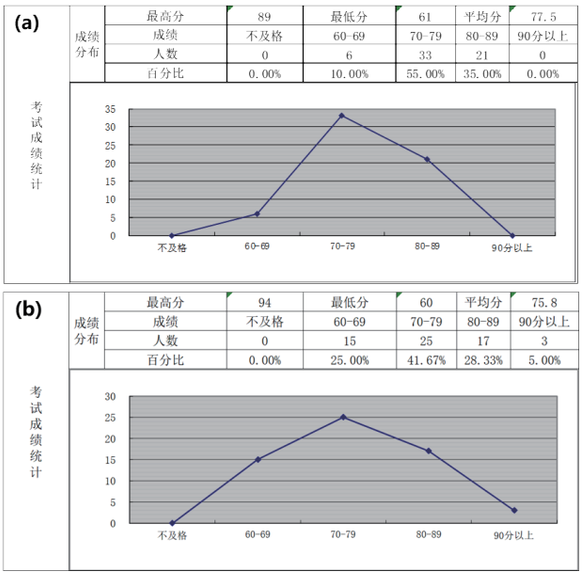


图 (a) 教学改革前 (b) 教学改革后 材料科学基础课程的成绩统计对比图

但是，实施过程中出现了部分需要进一步解决的问题。例如，少数学生对知识图谱软件的操作不够熟练，导致知识点串联过程中效率较低；此外，知识图谱报告的质量评估缺乏统一、可操作的量化标准，不同教师对同一报告的评分可能存在差异，后续需要进一步完善评价量表；另外，知识图谱的动态更新使得教师投入较多时间进行审核与整合，如何建立长效的更新机制、减轻教师负担，是该教学改革模式推广需要重点解决的问题。为此，在后续的改革过程中，探索知识图谱 +AI 辅助的深度融合，利用智能推荐算法实现教学资源的精准推送与个性化学习路径规划将是更有效的手段 [10]，此外进一步考虑将改革经验辐射至材料力学性能、材料现代分析测试方法等材料类专业课程，建立跨课程的知识图谱联动体系，通过进一步完善过程性评价的量化工具体系，将为同类课程的教学改革提供可复制评价方案。

三、结语

本文基于知识图谱建设的“双主体共建”混合式教学模式，通过将知识图谱从“教师单向构建的可视化工具”转变为“师生共同参与的动态知识网络”，实现了三个方面的教学转变：从知识灌输转向知识建构、从被动学习转向主动探索、从单一评价转向多元评估。这一模式为材料类专业基础课程的智慧化教学改革提供了一条可借鉴的实践路径，也为新工科背景下工科课程如何实现从“知识传授”到“能力培养”的转型提供了有益探索。

参考文献

[1] 邓坤坤，曹芳芳，聂凯波，等 . 基于 " 科 "" 教 " 融汇的 " 材料科学基础 " 课程教学改革探索 [J]. 教育教学论坛，2026，(6)：89-92.

[2] 卢艳丽，王永欣，陈铮 . MOOC 与传统课堂教学模式的融合创新——以材料科学基础教学为例 [J]. 教育教学论坛，2018，(20)：185-186.

[3] 何鑫，张弛，宋伟东 . 知识图谱驱动混合教学模式构建与应用——以五邑大学 " 材料科学基础 " 课程为例 [J]. 教育教学论坛，2025，(49)：57-60.

[4] 张弛，禹庭，宋伟东 . 基于知识图谱的创新创业教育在 " 材料科学基础 " 中的教学实践 [J]. 科教导刊 ,2024,(27):102-104.

[5] 王炜，沈一洲 . AI 赋能材料科学基础课程教学新模式的探索与实践 [J]. 大学教育，2026，(7)：45-49.

[6] 施娟，张程宾，杨柳，等 . 新工科背景下知识图谱技术在教学中的创新探索 [J]. 高教学刊，2025，11(24)：59-63+70.

[7] 刘长友，王永欣，卢艳丽，等 . " 材料科学基础 " 知识可视化教学与量化评价 [J]. 科教文汇，2025，(16)：116-121.

[8] 吴玉洁，奚雪峰，崔志明 . 嵌入式静态知识图谱补全研究进展 [J]. 计算机工程与应用，2024，60(12)：34-47.

[9] 王翔宇 . 知识图谱中多源知识质量评价研究 [D]. 中国科学技术大学，2023.

[10] 魏薪，江漫，薛燕，等 . AI 赋能 " 材料科学基础 " 课程教学设计研究 [J]. 学周刊，2026，(16):107-110.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

教育理论与研究26年30期-版权页：半月刊 第4卷第30期 2026年8月刊.indd 55 2026/10/13 16:03:33