

# 纳米材料类课程“知识图谱 + 混合式教学”融合机理研究

刘苹, 蔡君豪, 刘嘉豪, 朱志宏\*

国防科技大学前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073

DOI: 10.61369/RTED.2026100043

**摘 要 :** 纳米材料类课程因学科交叉性强、知识层级递进紧密、理论与实践结合要求高, 长期面临知识碎片化、认知负荷过重、军事应用关联弱等共性困境。文章以建构主义、认知负荷、情境认知和联通主义四大理论为基础, 系统构建了“知识图谱 + 混合式教学”融合机理框架。在理论层面, 提出“认知减负—关联建构—情境锚定”三维机理分析框架(CORSA), 改进提出“替代性情境锚定”(ASA)理论与“图谱认知负荷权衡”(GCLT)命题, 深化了知识图谱赋能教学的理论解释力。在实践层面, 构建“四级四域”知识图谱架构模型与“图谱驱动·四阶递进”教学路径, 设计双平台协同的教学支撑体系。研究表明, 融合模式通过认知卸载降低外在负荷、通过语义关系促进关联建构、通过军事应用层实现情境锚定, 三者协同形成递进式赋能路径, 为纳米材料类课程教学改革提供系统方案。

**关 键 词 :** 知识图谱; 混合式教学; 纳米材料; 融合机理; 教学改革

## Research on the Integration Mechanism of "Knowledge Graph + Blended Teaching" in Nanomaterial Courses

Liu Ping, Cai Junhao, Liu Jiahao, Zhu Zhihong\*

College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073

**Abstract :** Characterized by strong interdisciplinary attributes, progressive knowledge hierarchy, and high requirements for the integration of theory and practice, nanomaterial courses have long been plagued by common teaching dilemmas including fragmented knowledge, excessive cognitive load, and weak connection with military applications. Based on four foundational theories—constructivism, cognitive load theory, situated cognition, and connectivism—this paper systematically constructs an integrated mechanism framework of "knowledge graph + blended teaching". Theoretically, it proposes a three-dimensional mechanism analysis framework of "cognitive reduction, relational construction, and situational anchoring (CORSA)", innovatively puts forward the theories of "alternative situational anchoring (ASA)" and the proposition of "graph cognitive load trade-off (GCLT)", and further improves the theoretical explanatory power of knowledge graph-enabled teaching. Practically, this study constructs a "four-level and four-domain" knowledge graph architecture model and a "graph-driven four-stage progressive" teaching path, and designs a dual-platform collaborative teaching support system. The research results show that the integrated teaching model realizes cognitive offloading to reduce external learning load, promotes relational knowledge construction through semantic correlation, and achieves situational anchoring via military application scenarios. The collaborative progress of the three dimensions forms a progressive empowerment path, which provides a systematic solution for the teaching reform of nanomaterial courses.

**Keywords :** knowledge graph; blended teaching; nanomaterials; integration mechanism; teaching reform

## 引言

纳米技术在国防军事领域展现出巨大的应用潜力, 从雷达吸波隐身涂层到纳米陶瓷装甲, 从战场纳米传感器到含能纳米材料, 深刻改变着现代战争面貌与装备形态, 对院校纳米材料类课程人才培养提出了急迫的能力需求。然而, 该类课程具有高度学科交叉性——横向量子物理、固体物理、材料化学、电磁场理论、微纳制造工程等多个领域, 纵向呈现“基础理论—材料制备—器件性能—军事应用”四级递进结构, 对学生的知识整合能力和认知水平要求极高<sup>[1]</sup>。

项目信息: 本项目由全国教育科学国防军事教育学科规划课题—知识图谱赋能军队院校纳米材料类课程混合式教学创新研究(JYKY-D2025018)资助。

混合式教学（Blended Learning）已成为高校教学主导形态，但目前多停留在“线上+线下”的初级结合阶段，面临线上线下衔接不紧密、学习行为浅层化等突出问题<sup>[2-3]</sup>。如何将知识图谱技术与混合式教学深度融合，构建系统化的教学改革方案以破解纳米材料类课程的教学困境，仍是亟待解决的教育研究课题。文章聚焦纳米材料类课程“知识图谱+混合式教学”的融合机理，从理论建构与实践路径两个维度展开系统研究。

## 一、“知识图谱+混合式教学”融合的理论建构

### （一）融合的理论基础

四大经典教育理论为融合模式提供了互补的理论支撑，分别从知识建构过程、认知资源管理、学习情境设计和知识网络演化四个维度揭示了融合的内在逻辑。

建构主义学习理论认为知识不是被动接受的，而是学习者在已有经验基础上通过“同化”和“顺应”主动建构的。Vygotsky的“最近发展区”理论进一步强调了社会互动和认知支架在学习过程中的核心作用。在纳米材料类课程中，知识图谱将离散的知识节点组织成有机网络，扮演着认知支架的关键角色。特别是知识图谱的协作编辑功能，支持学生在判断新知识节点位置和关系类型的过程中调动高阶思维，实现了从个体建构到社会建构的拓展。

### （二）CORSА三维机理分析框架

基于四大理论的有机整合，本研究提出“认知减负—关联建构—情境锚定”（Cognitive Offloading-Relationship Construction-Situational Anchoring, CORSА）三维机理分析框架。三个维度之间呈现“基础→过程→目标”的递进逻辑。

第一维为认知减负（基础层）。包含四个子维度：可视化呈现使隐性知识逻辑显性化；分块策略通过层级化分解降低元素交互性；个性化路径基于诊断性前测聚焦薄弱环节；知识结构化释放工作记忆用于深层加工。该维度的核心贡献在于释放有限的认知资源——只有将工作记忆从外在认知负荷中解放出来，认知加工资源才能被用于更高层次的关联建构活动。

第二维为关联建构（过程层）。包含四个子维度：通过“前置”“包含”“因果”“类比”“映射”“应用”六类语义关系连接跨学科知识点；非线性探索支持从任意节点出发的多角度理解；协作建构通过小组图谱编辑促进社会性知识建构；从碎片化到体系化的意义建构帮助学生最终形成全景图式认知。

第三维为情境锚定（目标层）。包含四个子维度：军事应用层实现结构化映射；情境—知识双向映射同时支持“由理论到应用”的演绎路径和“由应用到理论”的溯因路径；渐进式情境复杂度从单一技术到系统整合递进呈现；结构化知识集群在虚拟空间中实现替代性情境锚定功能。

CORSА框架与教育理论之间存在明确的对应关系：认知减负对应认知负荷理论，关联建构对应建构主义和联通主义，情境锚定对应情境认知理论。四大理论通过CORSА框架实现了从“认知资源优化→知识建构过程→能力迁移目标”的结构化整合。

### （三）替代性情境锚定理论

“替代性情境锚定”（Alternative Situational Anchoring,

ASA）是本研究的核心理论创新之一。其核心观点是：当学习者无法进入真实专业实践场域时，知识图谱可通过结构化、多维度的军事应用案例知识集群，在虚拟认知空间中实现“情境锚定”功能，替代真实物理情境对知识学习的支撑作用<sup>[6]</sup>。ASA包含三个核心命题：“锚点替代命题”——军事应用节点集群替代真实情境成为知识理解的锚点，情境不再是抽象概念的“副产品”而是认知结构的核心组成部分；“双向映射命题”——情境锚点与基础理论节点之间建立可交互切换的双向语义映射；“渐进复杂命题”——情境锚点从单一技术到系统整合按认知复杂度分层设计。ASA理论为军事特色课程的情境化教学提供了新的理论工具，使“理论—应用”的衔接从线性附加转变为结构性嵌入。

### （四）图谱认知负荷权衡命题

“图谱认知负荷权衡”（Graph-based Cognitive Load Trade-off, GCLT）是本研究的第二个原创性命题。该命题指出：知识图谱在降低知识理解认知负荷的同时，其视觉复杂度会引入新的认知成本，当复杂度超出学习者处理能力时正面效应可能被抵消甚至产生负面效果。GCLT包含三个关键机制：“U型曲线假设”——图谱效果与视觉复杂度呈倒U型关系，存在最优复杂度区间，节点数和连线密度过低则信息承载不足，过高则视觉搜索成本显著上升；“个体差异调节”——先验知识水平和视觉空间能力调节最优阈值；“教学融合缓冲”——充分的课堂引导和专项培训可显著降低使用负担。

### （五）“四级四域”知识图谱架构模型

基于CORSА框架和ASA、GCLT两个理论命题，本研究构建“四级四域”知识图谱架构模型。“四级”即纵向四个知识层级——基础理论层、制备与表征层、器件与性能层、军事应用层，体现从基础到应用的完整知识链。“四域”即横向四个知识领域——二维/低维材料域、拓扑超材料/超表面域、光电功能材料域、集成光子与系统域<sup>[6]</sup>。该模型实现了“知识纵深”与“领域广度”的有机统一：四级结构确保知识学习的递进性和逻辑完整性，四域结构反映多学科交叉的前沿特征。

## 二、融合模式的实践路径设计

### （一）双平台协同的教学支撑架构

融合模式的实施需稳定贯通的技术支撑。本研究设计“学堂在线+雨课堂”双平台协同架构，以知识图谱为认知纽带打通课前线上、课中线下、课后线上全流程，实现线上线下的无边界融合<sup>[7]</sup>。基础设施层提供统一身份认证和数据交换中间件；数据汇聚层采集图谱浏览、课堂互动、测试成绩等行为数据；智能服务层运行知识图谱引擎、学习分析引擎和个性化推荐引擎。双平台协

同实现三个“贯通”：学习全流程数据贯通——从课前预习到课堂互动到课后复习形成完整数据链；图谱驱动的个性化支持——基于学习分析引擎实时追踪图谱状态动态调整学习路径；教学决策的数据化——教师通过全景仪表盘实时了解班级整体知识掌握情况<sup>[8]</sup>。

### （二）“图谱驱动·四阶递进”教学路径

基于 CORSA 三维机理，设计“图谱驱动·四阶递进”教学路径，将知识图谱贯穿课前、课中、课后和全过程四个阶段。

阶段一为课前线上——图谱全景建构。核心任务是帮助学生建立“全景图”式认知。学生浏览当前章节知识图谱全景，了解节点关联结构及其在整体网络中的位置；完成诊断性前测，系统基于测试结果和前置关系标签自动生成个性化预习路径，推荐薄弱节点对应的学习资源。包含“全景浏览—关联激活—诊断测试—路径生成”四个步骤，其中“全景浏览”和“路径生成”是图谱赋能预习的核心创新。

阶段二为课中混合——图谱驱动探究。以军事问题拆解导入，教师提出实际军事问题（如“如何设计 X 波段高吸收隐身涂层”），引导学生从军事应用层出发，经“应用关系”追溯至器件性能层概念，再追溯至基础理论层知识。雨课堂实现实时答题互动和即时反馈，形成“问题驱动—路径追溯—及时调整”的精准教学闭环<sup>[9]</sup>。

阶段三为课后混合——图谱协作深化。学生以小组为单位对专题图谱进行协作编辑——基于最新文献在图谱中新增知识节点和关系，这一过程涉及“创造”层级的高阶思维。军事应用深度研讨以“需求—技术—挑战”为框架进行系统分析，每组选择一个军事应用场景利用图谱形成研究报告。

阶段四为全过程——数据驱动精准反馈。学习分析引擎持续采集图谱浏览路径、点击频率、停留时间、协作编辑次数等行为数据，结合测验得分构建“知识掌握状态画像”，精准定位薄弱环节并推荐针对性资源。教师通过全景视角查看班级知识掌握热

力图，据此动态调整教学策略。

### （三）映射矩阵设计

为系统阐明知识图谱、教学要素与赋能机制之间的结构化对应关系，构建三者之间的映射矩阵。矩阵遵循“需求导向—功能对应—机理驱动”的设计逻辑：课前预习诊断环节通过全景浏览和路径生成实现认知减负机理；课中问题探究环节通过军事问题拆解和路径追溯实现情境锚定机理；课后协作建构环节通过专题图谱协作实现关联建构机理；全过程数据驱动环节通过行为追踪和状态诊断实现精准化决策。五个教学阶段的划分体现了从教学流程到技术支撑的完整覆盖，确保知识图谱不是教学“附加品”而是一以贯之的核心认知工具<sup>[10]</sup>。

## 三、结论与展望

文章以纳米材料类课程为研究对象，系统探讨了“知识图谱+混合式教学”的融合机理。在理论层面，CORSA 框架从“认知减负—关联建构—情境锚定”三个层面揭示了知识图谱赋能教学的内在逻辑——认知减负释放有限的工作记忆资源，关联建构将释放的资源用于知识节点之间的意义建构，情境锚定将建构的知识网络锚定于现实或替代性情境实现实践迁移。ASA 理论以“锚点替代”“双向映射”“渐进复杂”三个命题为军事特色课程的情境化教学提供了新工具。GCLT 命题揭示了图谱设计中信息丰富性与视觉简洁性之间的张力关系和最优平衡问题。

后续研究可从以下方向深入拓展：一是开展大规模、多课程推广验证 CORSA 框架的跨课程适用性；二是引入大语言模型技术实现知识节点和语义关系的半自动抽取，降低图谱人工构建成本；三是通过实验设计定量验证 GCLT “U 型曲线”假设的最优复杂度区间阈值位置；四是探索知识图谱与虚拟现实技术的融合，构建沉浸式知识图谱以提升替代性情境锚定的认知效果。

## 参考文献

- [1] 兰海涛, 王良. 数字工匠培养的工学融通: 理论基础、内在逻辑与实践进路 [J]. 深圳职业技术大学学报, 2025, 24(3): 36-41.
- [2] 彭绍东. 从混合式教学到融合式教学: 发展脉络与内涵辨析 [J]. 中国电化教育, 2021(9): 13-21.
- [3] 安欣, 徐硕, 李欣遥, 等. 国内外混合式教学研究的热点及发展趋势 [J]. 中国林业教育, 2024, 42(5): 7-16.
- [4] 祝智庭, 胡姣. 教育数字化转型的本质探析与研究展望 [J]. 中国电化教育, 2022(4): 1-8.
- [5] 黄荣怀, 周伟, 杜静, 等. 面向智能教育的三个基本计算问题 [J]. 开放教育研究, 2020, 26(5): 11-22.
- [6] 李翼红, 庄榕霞, 刘德建, 等. 教育知识图谱: 概念、模型与构建方法 [J]. 电化教育研究, 2022, 43(3): 67-74.
- [7] 余胜泉. 人工智能赋能教育变革: 路径与策略 [J]. 开放教育研究, 2022, 28(1): 4-14.
- [8] 刘三女牙, 杨宗凯, 李卿. 教育大数据视角下的学习分析技术研究 [J]. 电化教育研究, 2022, 43(1): 22-29.
- [9] 李逢庆. 混合式教学的理论基础与教学设计 [J]. 现代教育技术, 2016, 26(9): 18-24.
- [10] 赵国庆, 黄月, 张丹慧. 知识可视化的理论与实践: 认知支架的视角 [J]. 开放教育研究, 2021, 27(3): 34-44.