

新工科背景下 AI 技术在金属学与热处理课程教学中的应用探索

安琦 黄陆军 张芮 耿林 钱明芳

哈尔滨工业大学 材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150000

[摘要]在新工科建设背景下,金属学与热处理课程作为材料类专业核心课程,其教学内容抽象、微观概念复杂,传统以文字和二维图片为主的教学模式难以使学生直观理解固态相变过程。文中针对该课程教学中存在的难点,探索人工智能技术在三个方面的具体应用:一是通过 AI 生成三维动态可视化素材,生动展示相变过程中原子扩散、晶体结构演变等微观现象;二是利用 AI 智能生成课堂互动主题,融合重点难点知识与实际案例,增强课堂参与度;三是借助 AI 设计章节作业与教学评价反馈机制,实现个性化学习与精准教学。通过上述 AI 技术的应用探索措施,预期达到有效提升教学效果,激发学生学习兴趣的目的,为新工科课程改革提供新路径。

[关键词]AI 技术;金属学与热处理课程;应用探索;设计目的;实施措施

DOI: 10.33142/fme.v6i9.17839

中图分类号: G642

文献标识码: A

Exploration on the Application of AI Technology in the Teaching of Metallurgy and Heat Treatment Courses under the Background of New Engineering

AN Qi, HUANG Lujun, ZHANG Rui, GENG Lin, QIAN Mingfang

School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

Abstract: In the context of the construction of new engineering disciplines, the course of Metallurgy and Heat Treatment, as a core course for materials majors, has abstract teaching content and complex microscopic concepts. The traditional teaching mode mainly based on text and two-dimensional images is difficult for students to intuitively understand the solid-state phase transition process. In response to the difficulties in teaching this course, the article explores the specific applications of artificial intelligence technology in three aspects: Firstly, using AI to generate three-dimensional dynamic visualization materials, vividly demonstrating microscopic phenomena such as atomic diffusion and crystal structure evolution during phase transition; The second is to use AI intelligence to generate classroom interactive themes, integrate key and difficult knowledge with practical cases, and enhance classroom participation; The third is to use AI to design chapter assignments and teaching evaluation feedback mechanisms to achieve personalized learning and precise teaching. By exploring the application measures of AI technology mentioned above, it is expected to effectively improve teaching effectiveness, stimulate students' interest in learning, and provide a new path for the reform of the new engineering curriculum.

Keywords: AI technology; metallurgy and heat treatment course; application exploration; design purpose; implementation measures

1 背景

随着新工科建设的深入推进,高等工程教育正面临从知识传授向能力培养的重大转型^[1-2]。金属学与热处理作为材料科学与工程专业的核心基础课程,在培养学生材料设计、工艺优化和工程创新能力方面具有不可替代的作用^[3]。该课程以固态相变理论为核心,涉及奥氏体化、珠光体、贝氏体、马氏体转变等关键内容,这些知识不仅是理解金属材料组织性能关系的基础,更是指导热处理工艺制定、解决实际工程问题的重要依据。然而,该课程的教学长期以来面临着巨大挑战:课程内容抽象微观,涉及原子扩散、晶格重构、界面迁移等难以直观展示的物理过程;传统教学模式主要依靠二维示意图和文字描述,难以让学生建立准确直观的微观组织演变模式;加之相变过程具有动态、连续的特点,静态的教学材料无法展现其演变全过程,导致学生普遍感到概念晦涩、难以理解,影响教学效果。

与此同时,人工智能技术的迅猛发展为解决这一教学困境提供了新的可能。近年来,AI 技术在图像生成、动

态模拟、自然语言处理等领域取得突破性进展,使其具备强大的多媒体内容创作和智能交互能力^[4-5]。在教育领域,AI 技术已初步应用于个性化学习路径规划、智能答疑系统、虚拟实验平台等方面,展现出显著优势^[6-7]。特别是在工程教育中,AI 驱动的三维可视化、动态模拟等技术正逐步应用于机械设计、化学工程等课程,有效帮助学生理解复杂抽象的概念^[8]。然而,在金属学与热处理这类需要高度抽象思维的专业课程中,AI 技术的应用仍处于起步阶段,尚未形成系统化的教学解决方案。因此,探索 AI 技术在该课程中的创新应用,不仅符合新工科建设对教学模式改革的要求,更能为解决长期存在的教学难点提供有效途径。

2 AI 技术在金属学与热处理课程教学中的应用探索

2.1 AI 生成三维动态可视化素材,破解抽象概念理解难题

2.1.1 设计目的与意义

理解固态相变的过程,要求学生能够把抽象的文字描

述转化为清晰的微观结构图像。然而,现有的教材往往在这方面有所欠缺。借助人工智能技术,可以生成三维动态的可视化素材,把书本中单调的文字和静态示意图变为直观、生动的影像。学生通过这些动态展示,能够更清楚地看到原子在相变过程中的迁移、晶格的重新排列以及界面的形成等关键变化。这种教学方式更符合人类的认知特点——复杂的概念往往通过视觉形式更容易被理解和记忆。同时,它还能增强学习的趣味性,让学生在观察和思考的过程中,自然地构建起对相变机制的系统认识。

2.2.2 具体实施措施

针对金属学与热处理课程的核心内容, AI 三维动态可视化素材的设计应覆盖以下关键知识点:

在固态相变特征部分,利用 AI 生成原子扩散过程的三维动画,展示原子在晶格中的迁移路径和能量变化。通过不同颜色标识溶质原子和溶剂原子,动态演示上坡扩散、下坡扩散等现象,配合晶体结构模型的旋转、缩放功能,让学生从多个角度观察扩散过程。

在奥氏体转变章节,制作奥氏体形核与长大过程的动态模拟效果图。AI 模型基于相变热力学和动力学参数,生成等温转变过程中的奥氏体晶粒演变。重点展示形核位置的选择、晶核长大、渗碳体溶解、碳原子的再分布等细节,通过对比不同温度下或者不同碳含量条件下的转变速率,帮助学生理解温度以及碳含量对奥氏体化的影响。

对于冷却过程珠光体转变,创建珠光体团簇形成与生长的三维动画。AI 模拟渗碳体与铁素体片层的交替析出过程,展示领先相的形成机制、片层间距与过冷度的关系,直观感受理解珠光体转变的热力学与动力学特征。通过截面分析功能,让学生观察珠光体组织的空间分布特征,理解形貌与性能的关联。

针对冷却过程马氏体转变,制作马氏体晶格切变过程的精细模拟。AI 基于晶体学模型,展示面心立方方向体心四方晶格的无扩散切变重构,通过晶格参数的变化演示正方度的产生,同时对比贝茵模型与 K-S 切边模型的区别。利用三维模型展示马氏体片的爆发式形成、惯习面取向关系等特征,帮助学生理解马氏体转变的非扩散本质,掌握温度、淬火速度等因素对马氏体切边的影响规律。

在冷却过程贝氏体转变部分,重点展示贝氏体的铁素体切变五扩散但碳原子扩散的混合机制。AI 生成贝氏体铁素体片条通过切变方式形成的动态过程,演示碳原子的扩散与碳化物的析出。通过对比上贝氏体和下贝氏体的形成温度区间和组织特征,帮助学生区分两种贝氏体的本质差异。

在淬火钢回火转变章节,模拟不同回火温度下的组织演变过程。AI 动态展示碳原子偏聚、马氏体分解、残余奥氏体转变、碳化物转变与长大以及铁素体回复与再结晶等过程,通过时间-温度参数的调节,让学生观察组织随回火工艺的变化规律。

对于合金的脱溶与时效内容,创建 GP 区、 θ'' 与 θ' 过渡相、 Al_2Cu 平衡相析出序列的动态演示。AI 模拟溶质原子偏

聚、共格应变区的形成、相界面的演变等过程,掌握溶质元素含量与转变温度对脱溶过程的影响,了解连续脱溶和非连续脱溶的区别,通过应力场可视化展示时效硬化机制。

2.2 AI 智能生成课堂互动主题,提升知识内化效果

2.2.1 设计目的与意义

在传统课堂中,教师多以单向讲授为主,学生往往处于被动接受的状态,难以深度参与思考。应用人工智能生成的互动主题,可以把课程的重点与难点转换为引发思考的讨论议题,借助师生互动推动理解的深化和知识的灵活运用。此类教学既有助于提高学生的学习积极性,培养批判性思维与解决问题的能力,也通过引入具体案例,把理论学习更紧密地联系到工程实践,契合新工科“以用促学”的教育目标。

2.2.2 具体实施措施

AI 互动主题生成系统基于课程知识图谱和大量专业文献资源,针对不同教学内容设计针对性的互动方案:

在固态相变特征教学环节, AI 系统生成关于扩散机制比较的讨论主题,如“比较空位、位错、晶界等缺陷对非均匀形核的影响区别”,引导学生结合晶体结构和缺陷分析形核功。同时提供实际案例,如“分析冷轧钢板的加热相变行为”,增强理论与实际的联系。

针对加热奥氏体转变内容, AI 设计“奥氏体均匀化程度对后续相变的影响”等主题,组织小组讨论不同奥氏体化工艺对最终组织性能的作用。通过引入“齿轮渗碳处理中奥氏体晶粒度控制”等工程案例,培养学生工艺设计思维。

在冷却珠光体转变部分, AI 生成“片层间距与力学性能关系探究”的互动主题,要求学生根据珠光体形成机制解释强度、塑性的变化规律。同时提供“高碳钢轨珠光体组织优化”的实际问题,训练学生运用理论知识解决工程难题的能力。

在冷却马氏体转变教学时, AI 设计“马氏体转变可逆性与形状记忆效应”的互动主题,组织学生分析马氏体逆向转变机制以及 Fe-C 合金能否发生马氏体逆转变。通过“卫星天线展开机构用形状记忆合金的组织设计与工作原理”等案例,拓展学生的应用视野。

对于冷却贝氏体转变, AI 创设“贝氏体与珠光体转变竞争机制分析”的讨论主题,引导学生从热力学和动力学角度比较两种转变的差异。结合“贝氏体钢在汽车结构件中的应用”案例,讨论组织控制对性能优化的意义。

针对淬火钢回火转变, AI 生成“回火脆性机理及预防措施”讨论主题,引导学生结合回火参数分析脆化现象。提供“工具钢回火工艺优化”实例,培养学生工艺设计能力。

在合金的脱溶与时效部分, AI 设计“时效序列与性能变化关系”探究主题,要求学生解释时效硬化峰值的产生机制。通过“航空铝合金人工时效工艺设计”案例,强化理论应用能力。

2.3 AI 辅助章节作业与教学评价,实现精准教学反馈

2.3.1 设计目的与意义

传统作业布置和评价方式往往存在题型单一、反馈滞

后等问题,难以真实反映每位学生的掌握情况。引入人工智能后,可以构建一套智能作业与评价系统:它能根据学生的学习进度和答题表现自动生成或推荐个性化题目,并对完成情况进行即时分析,为教师提供具体可操作的教学反馈。这样一来,学生能更快发现并弥补知识盲点、开展有针对性的复习,教师也能据此调整教学策略、强化重点,逐步形成教学-评价-反馈-改进的闭环。

2.3.2 具体实施措施

AI 作业与评价系统基于知识图谱和学生数据,构建多层次、个性化的评价体系:

在固态相变特征章节结束后, AI 系统根据课程内容自动生成不同难度的作业题目。基础题目重点考察共格界面、相变驱动力、均匀形核等核心概念的理解;提高题目则要求学生应用相变动力学理论分析实际问题。系统实时批改作业,对错误率高的知识点进行标记,生成个性化复习建议。

针对加热奥氏体转变内容, AI 作业系统设计包含计算、分析、综合等多种题型的作业组合。计算题考察奥氏体化过程中铁素体消耗速度与渗碳体消耗速度比值的确定;分析题要求评价奥氏体形成速度的影响因素;综合题则涉及控制奥氏体晶粒度的热处理方案设计。系统通过自然语言处理技术分析学生的作答思路,识别概念混淆点。

在冷却转变各章节, AI 采用渐进式作业设计。以珠光体转变为例,初级题目考察片层间距与性能关系;中级题目涉及转变动力学计算;高级题目则要求综合冷却曲线和 CCT 图进行工艺分析。系统根据学生答题情况动态调整题目难度,实现因材施教。

对于综合应用能力培养, AI 设计项目式作业,如“给定零件技术要求,设计完整热处理工艺”。系统通过算法评估工艺方案的合理性,提供改进建议。同时收集学生作业中的共性问题,生成教学薄弱点报告。

反馈机制方面, AI 系统构建多维度评价指标体系:包括知识点掌握度、能力层次达成度、学习进度匹配度等。每次作业后生成个性化学习报告,指出强项和弱项,推荐学习资源。教师端则接收班级整体学习情况报告,识别教学盲点,及时调整教学重点。

借助这种精准的作业与反馈机制,学生能更直观地掌握自己的学习进展,教师也能够更准确地评估教学效果,从而实现教学双方的协同改进。针对相变动力学计算、CCT 图分析等难点,系统还可提供分步解题思路与操作提示,帮助学生有针对性地攻克薄弱环节,避免盲目重复练习。

3 结束语

在新工科建设背景下,金属学与热处理课程的教学改革势在必行。本文探讨的 AI 技术三个应用方向——三维动态可视化转变模型、智能互动主题生成、个性化作业评价——构建了一个完整的教学创新体系。这一体系不仅解决了传统教学中抽象概念难以理解、课堂参与度低、学习反馈滞后等核心问题,更重要的是,它代表了工程教育从

“知识传授”向“能力培养”转型的重要尝试。

通过 AI 生成的三维动态素材,学生能够直观感知相变微观过程,在视觉震撼中加深理解;通过智能互动主题,学生在思辨中构建知识网络,在案例中体会理论价值;通过个性化作业评价,学生在及时反馈中明确方向,在精准辅导中突破难点。这种多维度的教学创新,充分体现了“以学生为中心”的教育理念,契合新工科强调的创新能力和工程素养培养要求。

当然, AI 技术在专业课程教学中的应用仍处于探索阶段,需要教育工作者与技术专家的紧密合作。未来,随着大模型技术、虚拟现实、增强现实等新技术的发展, AI 在教育中的应用将更加深入。特别是在金属学与热处理这类专业课程中, AI 有望构建更加智能化的虚拟实验室,实现相变过程的实时模拟与交互操作;开发更加精准的学习路径规划系统,为每个学生提供完全个性化的学习体验;建立更加完善的评价预测模型,提前识别学习困难并实施干预。

教育的本质是启迪心智、激发潜能,技术只是实现这一目标的手段。在推进 AI 技术应用的同时,我们更应关注教育理念的更新和教学设计的优化,使技术真正服务于人才培养的根本目标。相信通过教育工作者的不懈努力和技术的持续创新,金属学与热处理课程教学将迎来全新的发展阶段,为新工科人才培养提供有力支撑。

基金项目:中国科协青年人才托举工程项目, YESS20230089, 钛基复合材料基础理论与航天应用, 2023-09 至 2026-08, 在研。

【参考文献】

- [1]李振江,李华英,赵金华,等.新工科背景下材料科学基础课程建设与改革[J].中国现代教育装备,2025(7):58-60.
- [2]姬帅,刘忠军,刘艳明,等.新工科背景下材料类工程创新型人才培养创新实践体系建设[J].中国教育技术装备,2024(10):143-148.
- [3]刘伟东,屈华,于景媛.金属学与热处理课程教学改革[J].中国冶金教育,2023(1):44-47.
- [4]苏圆婷.基于数字图像处理技术的视频制作研究[J].数字通信世界,2025(8):19-21.
- [5]陈妙燕.基于多元信息融合的数字图像处理技术研究[J].信息记录材料,2024,25(11):42-44.
- [6]李梦阁,王刚,白文昊,等.多模态技术在教育领域的应用优势、案例与实践挑战[J].计算机科学,2025,53(10):1-11.
- [7]张峰.计算机技术与人工智能结合在教育领域的应用[J].信息与电脑,2025,37(16):215-217.
- [8]李杰奇,孔福,彭健.基于数据驱动的航天器三维可视化系统设计[J].计算机测量与控制,2017,25(6):267-271.

作者简介:安琦(1993—),男,汉族,四川平武人,博士,副教授,博士生导师,研究方向为钛基复合材料基础理论与教学。