

AI赋能背景下《集成电路封装技术》课程教学改革研究

牛高强*, 林俊辉, 唐穗谷*

东莞理工学院国际微电子学院, 广东 东莞

收稿日期: 2025年7月1日; 录用日期: 2025年7月30日; 发布日期: 2025年8月7日

摘要

随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术在教育领域的快速渗透, 传统工科课程的教学模式面临深刻转型。《集成电路封装技术》作为电子信息类专业的重要课程, 其知识体系高度依赖产业演进与技术创新, 传统教学手段难以满足新时代高素质应用型人才培养需求。本文以人工智能技术为切入点, 结合教学实践, 从课程内容重构、教学资源建设、课堂互动优化与智能化评价等方面出发, 提出AI赋能的教学改革框架。通过引入知识图谱、图像识别辅助实验、虚拟仿真平台与智能分析系统, 有效提升了学生的学习兴趣、工程意识与综合能力。教学实践表明, 该改革方案在教学效果、学生满意度与教学效率等方面具有显著成效, 对推动工科课程智能化教学具有良好示范意义。

关键词

人工智能, 集成电路封装技术, 教学改革, 智慧教育, 工程教育

Research on the Teaching Reform of the “Integrated Circuit Packaging Technology” Course under the Background of AI Empowerment

Gaoqiang Niu*, Junhui Lin, Suigu Tang*

International School of Microelectronics, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong

Received: Jul. 1st, 2025; accepted: Jul. 30th, 2025; published: Aug. 7th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 牛高强, 林俊辉, 唐穗谷. AI 赋能背景下《集成电路封装技术》课程教学改革研究[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 358-366. DOI: 10.12677/ae.2025.1581446

Abstract

With the rapid penetration of Artificial Intelligence (AI) technology in the field of education, the teaching mode of traditional engineering courses is facing a profound transformation. As an important course in electronic information specialties, the knowledge system of Integrated Circuit Packaging Technology is highly dependent on industrial evolution and technological innovation, and the traditional teaching methods are difficult to meet the needs of the new era of high-quality application-oriented talent training. This paper takes artificial intelligence technology as the entry point, combines teaching practice, and proposes an AI-enabled teaching reform framework from the aspects of course content reconstruction, teaching resources construction, classroom interaction optimization and intelligent evaluation. Through the introduction of knowledge mapping, image recognition-assisted experiments, virtual simulation platform and intelligent analysis system, students' learning interest, engineering awareness and comprehensive ability have been effectively enhanced. Teaching practice shows that the reform program has significant results in teaching effect, student satisfaction and teaching efficiency, and is a good model for promoting intelligent teaching of engineering courses.

Keywords

Artificial Intelligence, Integrated Circuit Packaging Technology, Teaching Reform, Smart Education, Engineering Education

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“人工智能 + 教育”成为新时代教育数字化转型的重要路径之一，高等教育教学模式正经历深刻变革。特别是在“新工科”背景与工程教育专业认证的双重推动下，传统工程类课程亟需在教学内容、教学方法与教学评价体系上完成系统性重塑。集成电路产业作为国家战略性新兴产业，其封装技术从传统的 DIP、QFP、BGA 发展到当前的 2.5D/3D 封装、Fan-Out、Chiplet 等新形态，持续推动产业高速发展，对高校人才培养提出更高要求。

传统《集成电路封装技术》课程内容多聚焦于材料性能、工艺流程与典型封装形式等知识层面，缺乏对 Chiplet 互联结构、先进封装平台(如 CoWoS、Foveros 等)原理的系统讲解，存在“知识更新滞后、技术深度不足、应用场景缺失”等问题。此外，受限于实验室设备与仿真平台，课程实践环节往往停留在理论层面，学生工程应用能力难以有效培养。随着生成式人工智能(AIGC)、虚拟仿真、图像识别等技术逐渐成熟，教育信息化已具备从“辅助工具”向“核心驱动”的角色转变条件，为高校课程教学改革提供了重要契机。

基于此，本文旨在系统构建一套“AI 技术 + 课程教学”的融合改革方案，围绕“教、学、评”三大维度，探讨教学内容优化、智能资源建设、课堂互动机制与多元评价体系的设计路径，分析 AI 技术对教学效率与学生学习成效的提升作用，并以实际教学实践为支撑验证其可行性与推广价值。

2. 研究背景与相关工作

2.1. 人工智能赋能教育的理论基础

人工智能与教育的融合正逐步改变传统的教学方式、学习路径与评价体系。国际上，欧美国家在 AI

教育技术研究方面起步较早,提出了“教育信息化 3.0”与“个性化学习 2.0”等理念,强调以学习分析(Learning Analytics)、自适应学习(Adaptive Learning)与智能导师(Intelligent Tutoring Systems)为核心技术形态。Luckin 等人(2016)提出“AI in Education”范式,强调通过人工智能系统实现对学习者知识状态建模与学习路径动态调整,推动教育从标准化走向个性化与精准化[1]。

我国近年来也积极推动 AI 与教育的深度融合,教育部出台《人工智能助推教师队伍建设行动计划》《高等学校人工智能创新行动计划》等政策,引导高校在课程教学、教师培训与人才培养模式方面开展技术融合探索。李芙蓉(2022)指出,AI 不仅是教育改革的重要工具,更是催生教育范式变革的关键力量,尤其在支持复杂知识传授、支持生成式学习资源方面展现强大潜力[2]。

2.2. 工科课程智能化改革趋势

新工科建设背景下,工科课程改革聚焦于“工程性、集成性与实践性”的融合。当前主流改革方向包括虚拟仿真实验教学、多源数据驱动的个性化教学系统、AI 驱动下的学业预警与能力评估机制[3][4]。清华大学、浙江大学等高校已构建了 AI 助教系统和虚拟实验云平台,用于支撑工程课程的教学与实训融合。

部分研究指出,传统工程课程存在教学内容更新慢、实验条件受限、评价方式单一等问题[5]。为此,研究者开始探索如多模态感知交互、基于深度学习的行为识别系统、AIGC 自动生成习题与反馈分析系统等新技术的嵌入模式,以增强教学反馈的实时性和反馈质量[6][7]。

2.3. 集成电路相关课程改革研究分析

目前关于《集成电路设计》《半导体物理》《微电子器件》课程的改革研究相对较多,但针对《集成电路封装技术》这一课程的系统研究相对较少。部分高校尝试引入封装失效分析、封装热管理仿真等教学模块,但由于教学资源分散、标准化程度低,教学效果差异较大。

国外高校如 MIT、Stanford 等通过 MOOC 平台推出系统级封装技术课程,重视仿真工具(如 ANSYS、COMSOL)、EDA 工具(如 Cadence、Altium)与实际项目驱动教学的融合。国内高校如华中科技大学、上海交通大学也开始尝试引入数字孪生与 AI 图像识别技术用于先进封装课程实验教学。

然而,从整体来看,国内针对该课程的 AI 融合教学实践仍缺乏统一框架与完整路径,更多依赖个体教师经验与院校资源分布。因此,亟需构建系统化、智能化、可推广的课程改革模型,以实现内容创新、手段革新与体系协同。

3. 教学改革总体框架与实施逻辑

为了应对集成电路封装技术日新月异的发展态势,推动课程教学与工程实践深度融合,本文提出以“能力导向 + 工程导向”为核心的教学改革目标,旨在全面提升学生的系统性知识建构、工程问题解决与跨学科融合创新能力。教学改革坚持“以学生为中心、以问题为牵引、以智能化为支撑”三大原则,依托人工智能技术赋能教学全流程,构建以智能导学、情境任务驱动与数据反馈优化为特征的教学体系。在实施路径上,改革从课程内容出发,基于先进封装技术构建多层次知识图谱,并同步开发虚拟仿真实验平台与 AI 图像识别系统,解决传统教学中实验局限与反馈滞后等问题。同时,课堂教学引入翻转课堂、PBL 项目任务及多模态互动机制,借助 AI 行为分析与个性化学习画像,动态调整教学策略。在评价体系方面,设计涵盖知识掌握、能力表现与学习行为的三维智能评价模型,通过数据驱动实现精准教学与持续优化。整体而言,如图 1 所示,本改革框架以构建“内容智能重构 - 教学智能实施 - 评估智能反馈”为主线,致力于打造一个智能化、模块化、可迁移的教学生态,切实提升课程教学质量与学生综合能力,为智能时代下工科课程教学改革提供范式借鉴。

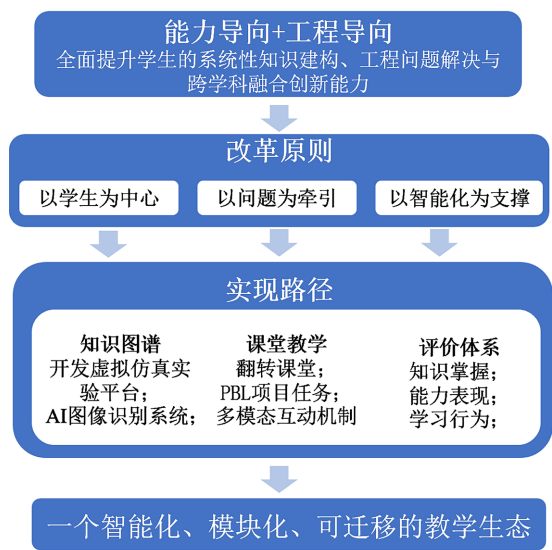


Figure 1. Overall framework and implementation logic diagram of teaching reform
图 1. 教学改革总体框架与实施逻辑示意图

4. 教学内容重构与智能化教学资源体系建设

4.1. 教学内容模块化重构与知识图谱构建

课程内容重构的核心目标是实现“系统性、层级化、工程化”的知识组织方式(如图 2 所示)。传统教材以线性结构呈现内容，难以适配新一代封装技术的快速迭代需求。为此，本课程将原有知识点重组为以下四个模块：

封装工艺原理模块：涵盖从传统 DIP、QFN 到先进的 Chiplet、Fan-Out 封装形式，讲解各工艺流程、互联结构与封装成型机理。

封装材料与热管理模块：重点介绍材料选型、热传导机制与封装结构中的热设计方法。

封装可靠性与失效分析模块：引入典型失效案例，结合 SEM、X-ray 等手段，分析常见故障类型与影响因素。

前沿技术与工程应用模块：探索 TSMC 3DFabric、Intel Foveros 等平台技术，拓展学生工程视野。



Figure 2. Knowledge graph diagram of “Integrated Circuit Packaging Technology” on the web page
图 2. Web 端《集成电路封装技术》的知识图谱示意图

围绕上述模块,构建课程知识图谱,将“工艺步骤-材料性能-封装形式-失效机制-对策策略”等实体关系结构化呈现。图谱由 Neo4j 实现图结构建模,并通过 Web 前端可视化,使学生的学习过程中能够进行路径化、自适应探索。

4.2. 智能教学资源系统设计与实现

为了适应混合式、个性化教学需求,课程构建了一套多元融合的 AI 教学资源系统:

虚拟仿真实验平台:如图 3 所示,为所采购的武汉易思达科技有限公司集成电路封装工艺仿真软件。结合真实的 8 英寸晶圆工艺制造产线以及集成电路封装产线,利用 3D 虚拟仿真现实技术,按照实际生产要求将集成电路的抽象原理和复杂、昂贵生产设备进行仿真,采用可视化、可交互的方式进行实验。



Figure 3. Virtual simulation experiment platform

图 3. 虚拟仿真实验平台

基于 Unity3D 构建交互式封装工艺仿真模块,实现线焊、回流焊、打线等流程操作。如图 4 所示,配套 COMSOL 有限元仿真软件实现热仿真、力学分析功能,学生可模拟封装结构在工作状态下的应力分布与热传导过程。

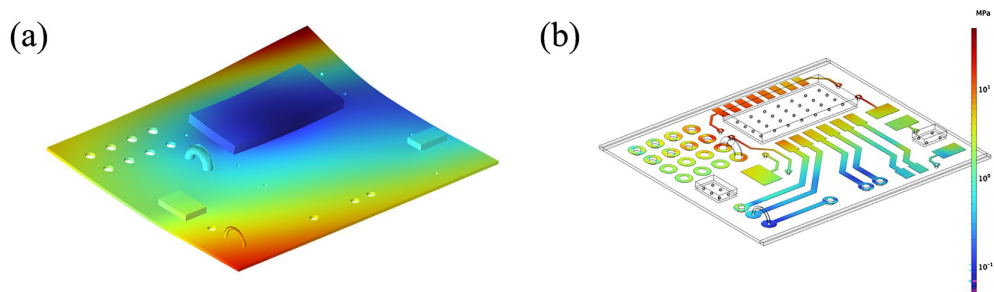


Figure 4. In reflow soldering: (a) Simulation of Z-direction displacement distribution (b) Simulation of internal stress

图 4. 回流焊中(a) Z 向位移分布仿真(b) 内应力仿真

图像识别训练系统:构建典型缺陷图像库(如桥连、桥连、空洞、焊接不足等,如图 5 所示),基于

CNN 算法实现图像智能分类。学生可上传检测图像进行验证与改进，提升问题诊断能力。

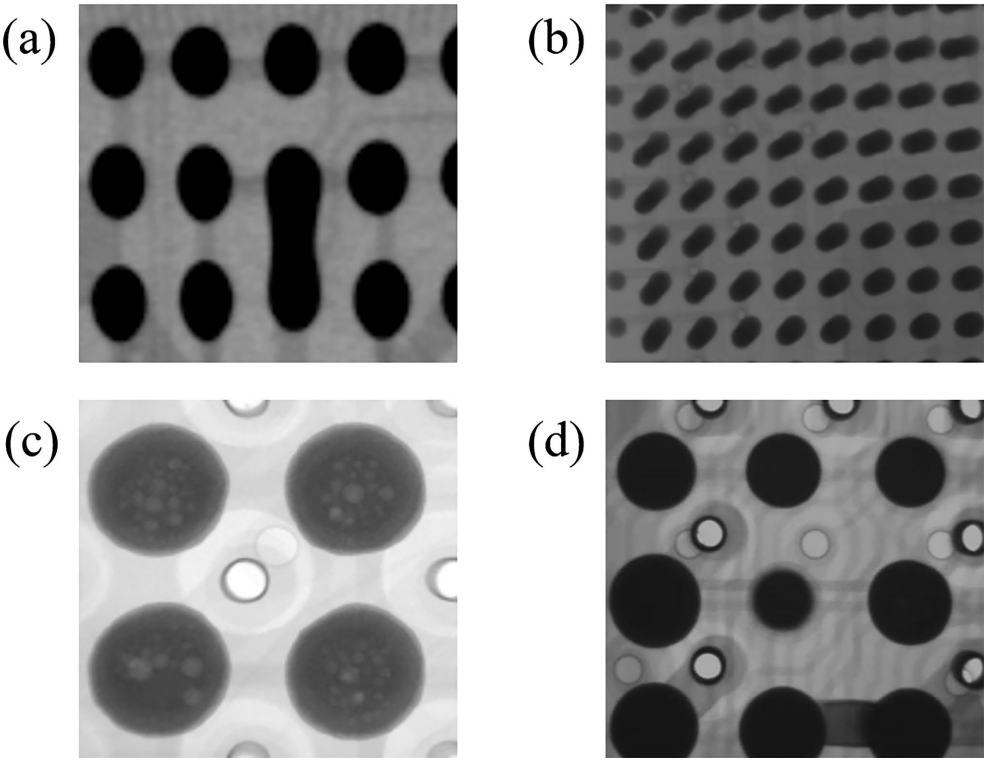


Figure 5. Defect database in BGA welding (a) bridging (b) misalignment (c) void (d) insufficient welding
图 5. BGA 焊接中的缺陷数据库(a) 桥连(b) 错位(c) 空洞(d) 焊接不足

AIGC 内容生成工具：通过接入 DeepSeek 等大模型，教师可自动生成知识结构图、章节要点摘要、习题解析与案例对比，快速构建多样化的教学材料。

这些资源支持学生在“课前自主学习－课中操作验证－课后巩固复习”的完整路径中开展沉浸式、可拓展的知识建构。

4.3. AI 驱动的教学模式与课堂交互机制优化

结合上述资源建设，课程采用以下三种 AI 融合教学方法：

(1) 翻转课堂教学模式

学生在课前通过 AI 生成的微课视频、图谱摘要等材料完成基础学习，平台记录其学习进度、错误频次等行为数据。教师根据学生画像在课堂内组织分组讨论与案例演练，并通过 AI 推题系统实时推荐个性化问题。

(2) 多模态智能互动机制

引入实时弹幕、语音识别与表情识别系统，捕捉学生课堂状态与兴趣点。智能问答助手基于大语言模型，支持学生用语音、图像等方式提出问题，系统可返回结构化回答、相关文献与图示解释，如图 6 所示。

(3) 教学行为数据监测与智能反馈

平台实时采集学生课堂行为(举手频率、讨论参与)、平台行为(页面停留、习题完成度)与成绩变化，基于 AI 算法生成教学反馈报告。系统可对学习进度偏差、错误聚集点提出预警，并为教师提供差异化教学建议，如图 7 所示。



Figure 6. Multimodal intelligent interactive management interface
图 6. 多模态智能互动管理界面



Figure 7. AI intelligent management feedback interface
图 7. AI 智能管理反馈界面

通过教学内容的系统化重构与 AI 资源的深度融合，本课程实现了从“内容静态传授”到“过程动态生成”，从“教师主导教学”到“学生中心构建”的转型，为后续个性化评价与持续优化提供了基础支撑。

5. 教学实践与改革成效分析

为检验 AI 技术在《集成电路封装技术》课程中的应用效果，本研究于 2024 年秋季学期在东莞理工

学院电子信息类专业正式实施教学改革。通过构建 AI 导学平台、虚拟仿真实验系统与智能反馈机制，改革覆盖 4 个班级、共计 210 名学生，历时 16 周。

5.1. 教学实践环境与支撑平台

本次改革依托“电子封装虚拟仿真中心”，并整合校内智慧教学平台、第三方 AI 接口(如 DeepSeek、知识图谱 Neo4j 系统、图像识别模块等)，构建了覆盖课前、课中、课后的全流程智能教学体系。教师可通过系统统一管理内容推送、数据采集与学生评估，学生则在平台上实现个性化学习、自主实验与进度追踪。

5.2. 改革效果评估与数据对比

通过对比改革前后两个学期的数据，采用“课程成绩、实验表现、互动频次与主观满意度”四项指标进行量化评估。

Table 1. Evaluation form for the effect of teaching reform
表 1. 教学改革效果评估表

指标类型	改革前 2023 年	改革后 2024 年	指标类型
平均课程成绩	73.2	82.5	↑ 12.7%
实验报告优秀率	41.8%	69.4%	↑ 65.9%
互动频次(人次)	61	226	↑ 270.5%
平均评分工作时长	43 小时	9 小时	↓ 79.1%
学生满意度(问卷)	84.6%	96.1%	↑ 13.6%

如表 1 所示，教学改革显著提升了课程成效与师生满意度，同时在教学效率上也实现大幅优化。

5.3. 教学典型场景案例分析

- (1) **AI 导学助理**：学生课前可通过自然语言向平台提问封装原理与技术应用，如“TSMC CoWoS 与 Intel EMIB 有何区别？”，AI 可返回结构化答案与图示链接，显著提高课前准备效率。
- (2) **缺陷图像识别实验**：学生在平台上传封装缺陷图像，系统自动识别焊球短路、空洞等问题，并分析可能原因，提升学生图像识别与判断能力。
- (3) **个性化复习路径规划**：系统依据学生错题与轨迹生成复习路径图，聚焦“材料特性 - 结构设计 - 热管理”主链，帮助学生高效查漏补缺。

5.4 教师反馈与教学行为变化

教师反馈显示，AI 工具极大缓解了重复批改、答疑与任务分发的负担，使其有更多时间聚焦教学策略设计与课堂引导。同时，教学行为日志显示教师平均每课次调动资源次数增加 41.2%，互动频次增加 63.7%，教学行为更具主动性与精细度。

5.5. 学生认知与能力提升情况

通过期末访谈与匿名问卷显示：

- 89%的学生认为 AI 导学与图谱学习方式“提高了学习主动性与理解深度”。
- 78%的学生认为虚拟实验“提升了对封装结构与故障机制的认知”。

- 84%的学生表示“希望在其他课程中也能引入类似 AI 支持系统”。

综上，本章实证分析表明，AI 赋能下的教学改革在学生认知能力、工程实践能力与学习积极性等方面均取得明显进展，为今后在更多专业课程中推广提供了数据支持与实践经验。

6. 持续优化与发展展望

尽管 AI 赋能下的《集成电路封装技术》课程改革已在教学实效、学生能力提升与课堂互动等方面取得初步成效，但随着智能教育技术的持续演进，课程建设仍需不断迭代优化。在内容层面，未来应进一步加强与微电子、人工智能、材料科学等学科的交叉融合，推动形成覆盖“芯片设计 - 封装 - 测试”的知识链与能力链。同时，教学平台也应从规则驱动转向模型驱动，借助深度学习与因果推断等算法实现精准推荐与动态干预。评价机制方面，可构建跨课程、跨学期的纵向学生画像体系，支持全过程、多维度、可解释的学习成效评估。此外，应积极推动校企合作共建资源库与仿真实训模块，引入真实工程案例增强教学的应用导向。在更宏观层面，课程改革可嵌入“智慧课堂 - 数字工坊 - 线上协同”一体化教育生态，打造以“个性学习 - 数据反馈 - 智能优化”为闭环的工程教育新范式。通过持续优化与系统整合，AI 将不仅是教学的工具，更将成为推动高等工程教育范式转型的核心驱动力。

基金项目

东莞理工学院人才启动经费项目 221110210；2024 年校级质量工程课程建设(智慧课程)项目“信号与系统”(2024020258)；2024 年校级产教融合课程建设项目“人工智能赋能集成电路制造技术”(221102036004)。

参考文献

- [1] Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. and Forcier, L. (2016) *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson Education.
- [2] 李芙蓉. 人工智能赋能教育的机遇与挑战[J]. 中国电化教育, 2022(2): 1-7.
- [3] 杨现领, 等. 新工科背景下工程教育模式转型与机制创新研究[J]. 高等工程教育研究, 2021(4): 15-21.
- [4] 张洁. 工科类课程教学评价改革路径探析[J]. 教育探索, 2023(1): 89-91.
- [5] 胡大白. 虚拟仿真实验教学在高等工程教育中的应用研究[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(6): 147-150.
- [6] 刘晓晔. 知识图谱在高等教育智能教学中的应用研究[J]. 中国教育信息化, 2023(4): 67-71.
- [7] 陈晓霞. 工程教育中的 AI 仿真实验平台构建实践[J]. 实验技术与管理, 2022(10): 73-76.