

## 深度学习驱动下的绿色制造课程教学改革探索

田广东 盛浩文 陈新华 王启飞 于淼

北京建筑大学机电与车辆工程学院，北京 100032

**[摘要]**在“碳中和”和“碳达峰”战略驱动的制造业绿色智能化转型的大背景下，传统的机械工程专业的绿色制造课程的高校教育面临知识融合与课程体系建设不能跟紧国家人才培养要求的双重困境。文中聚焦现行绿色制造教学体系与制造业需求脱节的核心矛盾，明确绿色制造课程内容滞后、实践平台薄弱、师资跨领域整合能力不足三大问题。针对上述问题，文章提出系统性改革路径：通过增设交叉课程重构知识体系；融合案例教学、项目式学习与虚实结合实训的创新教学模式；构建“高校+企业定向培训”机制的双导师队伍；此外还提出建立面向新时代的绿色制造教学动态评价体系等，为培养支撑国家战略的复合型工程人才提供一种可推广范式。

**[关键词]**教学改革；机械工程教育；课程体系；绿色制造；深度学习

DOI: 10.33142/fme.v6i8.17541 中图分类号: G64 文献标识码: A

## Exploration on Teaching Reform in Green Manufacturing Course Driven by Deep Learning

TIAN Guangdong, SHENG Haowen, CHEN Xinhua, WANG Qifei, YU Miao

School of Mechanical-Electronic and Vehicle Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing, 100032, China

**Abstract:** Against the backdrop of the green and intelligent transformation of the manufacturing industry driven by the strategies of "carbon neutrality" and "carbon peak", the traditional green manufacturing courses in mechanical engineering majors are facing a dual dilemma of knowledge integration and curriculum system construction that cannot keep up with national talent cultivation requirements in higher education. The article focuses on the core contradiction of the current green manufacturing teaching system being disconnected from the needs of the manufacturing industry, and clarifies three major problems: Lagging content of green manufacturing courses, weak practical platforms, and insufficient cross disciplinary integration ability of teachers. In response to the above issues, the article proposes a systematic reform path: reconstructing the knowledge system by adding cross disciplinary courses; Innovative teaching mode that integrates case-based teaching, project-based learning, and practical training that combines reality and virtuality; Establish a dual mentor team for the "university+enterprise targeted training" mechanism; In addition, it is proposed to establish a dynamic evaluation system for green manufacturing teaching in the new era, providing a scalable paradigm for cultivating composite engineering talents that support national strategies.

**Keywords:** teaching reform; mechanical engineering education; curriculum system; green manufacturing; deep learning

### 引言

在我国可持续发展战略与“双碳”目标（碳达峰、碳中和）的推动下，传统制造业正加速向绿色化、智能化方向转型，这一进程不仅是构建现代化工业体系的必然要求，也对现有人才培养模式提出了新的课题——亟须将前沿科技资源系统整合，加快培育支撑新质生产力发展的复合型人才<sup>[1]</sup>。人工智能技术，尤其是作为其关键组成部分的深度学习，正在制造业多个环节引发深刻变革。该技术通过优化工艺流程、降低能耗与排放、提升资源利用效率等方面，展现出显著潜力，逐步成为推进绿色制造实现的核心驱动力。

在此背景下，如何将深度学习的先进能力系统融入高校绿色制造人才培养的理论教学与实践训练中，已成为当前制造业教育面临的重要课题与战略机遇<sup>[2]</sup>。面对科技革命与产业转型的双重压力，传统制造类专业教学体系必须进行深入重构，以更好地培养既掌握深度学习技术，又能

够引领绿色制造创新方向的新时代制造业人才。本研究聚焦于深度学习驱动绿色制造这一趋势，重点探讨机械工程、智能制造工程等相关专业推进课程教学改革的必要性及具体实施路径。通过系统分析深度学习对绿色制造知识结构、实践能力与综合素养带来的影响，提出跨领域融合的教学改革策略，为面向绿色与智能化转型的高素质人才培养提供理论参考与实践框架。

### 1 面向新质生产力的人才培养构建

在深度学习等人工智能技术迅猛发展的推动下，制造业正经历以绿色化与智能化为核心的转型升级，这一变革对专业人才的能力构成提出了根本性的新要求<sup>[3]</sup>。如何将深度学习等人工智能技术有效融入机械装备与制造流程，推动其实现节能降耗、减排管控和资源循环等绿色目标，已成为增强产业效益与可持续性的重要途径，也是当前机械工程领域面临的关键挑战与发展契机。依托深度学习构建的智能系统，能够实现对海量制造数据的实时收集、深

入挖掘与自主决策，从而在设计、生产与运维等环节显著提升精准性、自适应能力和预测水平，具体体现在工艺参数优化、故障预测维护及碳排放动态监测等方面。同时，智能制造、工业互联网等新技术也在不断嵌入绿色制造的实际应用。这一转型对机械工程及绿色制造相关人才的培养提出了更高、更综合的要求，以往偏重单一学科理论与固定技能的传统教育模式，已难以适应产业发展新需求。

绿色制造领域对人才需求的变化主要反映在以下方面：

一方面，跨技术整合能力日益关键。行业迫切需要既熟悉深度学习等人工智能技术，又能将其应用于绿色制造实践场景的复合型工程师。未来从事绿色制造的专业人才，除应掌握机械设计、制造工艺与材料学等传统知识外，还需深入理解深度学习算法机制，能够运用人工智能技术开展能耗评估、排放预测、工艺优化、质量提升及资源再利用等任务。与此同时，数据建模、算法部署与智能决策能力正逐渐成为必备素养。

另一方面，实践创新与绿色解决方案的设计实施能力已成为人才的核心竞争力。企业更青睐那些能将深度学习等绿色技术迅速落地、切实解决生产难题的应用型与创新型人才。例如，借助人工智能实施智能能耗监控、预测性维护以减少非计划停机、优化供应链以降低整体碳足迹、开发低碳新工艺等，不仅可带来显著的环保效益，也体现出明确的经济价值<sup>[2]</sup>。因此，培养在真实、复杂场景中运用人工智能工具设计并推行绿色解决方案的能力，已成为人才教育的重点<sup>[4]</sup>。

在此背景下，将深度学习应用能力与绿色制造问题解决能力纳入培养体系，已成为机械工程与绿色制造相关专业的迫切任务。面对知识体量庞大、技术迭代迅速的现状，如何帮助学生从掌握理论（“知”）向实现实践（“行”）顺利过渡，不仅要求教师不断扩展在人工智能与可持续技术方面的知识储备，积极采用项目式学习、虚实融合实训等新型教学方式，更亟须对课程体系、教学内容、实践平台及评价机制进行系统而深入的改革，以培养出能引领未来绿色制造发展的卓越工程人才。

## 2 绿色制造教学的改革路径

### 2.1 优化课程体系

以深度学习为代表的人工智能技术，为绿色制造领域的教学创新提供了重要支持与新的方法路径。借助深度神经网络对多源、高维制造数据进行智能解析、模式挖掘与可视化展示，学生能够更加直观地理解绿色制造系统的内在运行机制、能耗与排放之间的关联关系，以及潜在的优化空间<sup>[5]</sup>。然而，当前绿色制造行业在人工智能浪潮下对人才的能力要求日益提高，相关专业（如机械工程、智能制造）的课程体系在结合“深度学习+绿色制造”方面仍存在明显不足，亟须进行系统性的优化与更新。

具体而言，现有课程体系多数仍沿袭传统制造学科的知识框架，未能将深度学习等人工智能技术在绿色制造中

的典型应用系统性地纳入教学内容。课程设置与业界迅速发展的“AI 赋能绿色制造”（AI for Green Manufacturing）趋势之间存在显著脱节。教材内容更新缓慢，缺少如《深度学习基础》《制造大数据与智能优化》等关键交叉课程，导致毕业生难以达到行业急需的“AI 精通、制造熟练、绿色协同”的复合型能力标准<sup>[6]</sup>。

另一方面，实践教学环节仍主要集中于传统加工设备操作和基础设计软件使用，严重缺乏将深度学习与绿色制造实际问题相融合的沉浸式实验与实践平台。学生接触前沿技术应用场景的机会有限，难以在真实或高度仿真的环境中锻炼技术整合与创新能力。同时，教学方法偏重理论传授，对学生应对复杂绿色制造挑战的实际技术应用与创新思维培养不足。

此外，师资队伍的能力结构亦存在显著断层。多数机械与制造类专业教师对深度学习技术原理及其在绿色场景中的实践应用了解有限，而来自人工智能方向的教师又大多不熟悉绿色制造的工程实际与专业约束。这一“懂 AI 的不通制造、懂制造的不熟 AI”的跨学科师资瓶颈，严重限制了课程内容的更新、综合实践项目的设计以及学生前沿技术应用能力的系统培养，已成为推进教学改革的关键制约。

针对上述问题，课程体系优化可从以下几方面着手：首先，应在维持机械工程专业中原有绿色制造核心课程的基础上，增设诸如“深度学习与机器视觉”“机器学习基础”及“绿色车间调度”等新兴技术课程，帮助学生建立必要的人工智能知识基础。其次，应推动深度学习与绿色制造知识的跨学科融合，例如将大数据分析类内容有机嵌入机械设计、制造工艺与控制工程等课程，强化学生以数据驱动方法解决工程问题的意识与能力。最后，应重点加强实践教学环节，通过项目式学习等方式，开设与工业互联网平台应用、制造数据分析等相关的实践课程，切实提升学生依托数据驱动技术应对工程实践问题的能力。

### 2.2 多元化教学模式

为有效贯通人工智能与绿色可持续制造的知识体系，全面提升学生在智能制造时代应对复杂工程问题的能力，可构建一套“以学生为中心、以问题为牵引、以实践为主线”的一体化教学模式。该模式强调通过案例驱动教学（CBL），融入工业真实场景，例如基于 Transformer 的生产线排程优化、强化学习在多目标节能控制系统中的应用等，使学生深入理解 AI 技术在实现提质、增效、减排等方面的作用机制与适用条件，从而培养其系统思维和批判性评估能力<sup>[7]</sup>。

在实践环节，依托项目式学习（PBL）系统设计多项综合任务，如产线参数智能预测、质量异常诊断与能耗动态监测等。学生需完成从业务抽象、数据采集与清洗、特征构建、算法选择与调优，直至模型部署与工业价值评估的全流程训练，以此加强工程实现能力与跨学科整合素养。

教学安排上，采用翻转课堂形式，将基础理论知识通过微课视频、在线文献和开源代码库等资源前置安排，鼓励学生自主学习；线下教学则侧重于难点突破、技术方案研讨和项目迭代指导。

为打造低门槛、高灵活度的实践环境，可引入云端开发平台（如 OpenXLab、ModelArts），提供即插即用的 GPU 算力与 AI 工具链，支持分布式协作与模型调试；同时借助数字孪生技术搭建虚拟产线仿真系统，使算法验证和效果评估能够在高度仿真的工业环境中进行。此外，通过邀请企业工程师和行业专家参与课程设计与教学实施，以专题演讲、项目评审及工作坊等多种形式，帮助学生直面当前产业智能化转型过程中的真实瓶颈、技术选型考量与系统落地经验<sup>[8]</sup>。

最终，借助上述系统化的教学设计，形成“场景感知—项目实战—平台协作—行业连接”四阶段递进的能力培养路径，推动学生完成从基础理论认知到工业现场创新的价值跃迁，为培育“人工智能+绿色制造”跨学科复合型人才提供可复制、可推广的教育实践新范式。

### 2.3 构建双师型队伍

针对当前教师在“人工智能+绿色制造”跨学科教学中普遍存在的知识结构偏窄、工程实践经验欠缺等问题，亟须构建系统化、多层次的师资发展体系。本项目提出以“内培外引、产教协同”为核心，打造双师型教学团队，并通过“三位一体”的综合性培育计划，全面提升教师在跨学科教学与工程实践方面的能力<sup>[9]</sup>。

首先，构建系统化、多层次的教师培训体系。组织开展以“人工智能+绿色制造”为主题的系列研修活动，核心课程涵盖深度学习框架实战、工业大数据处理与分析、机器视觉与智能检测、碳足迹核算与生命周期评价、绿色工艺设计与优化等内容。培训将采用“理论+实机操作”相结合的方式，依托校企联合实验室开展工业数据建模、能效优化仿真等实训环节，并建立相应的考核与认证机制，确保培训实效与教学质量提升。

其次，完善教师企业实践与教学反哺机制。制定专任教师企业实践管理细则，分批次选派教师进入绿色制造领先企业或智能工厂开展为期 3~6 个月的实践研修，深度参与企业真实项目，例如智能能耗监控系统开发、产线数字孪生平台搭建、产品质量智能诊断方案落地等。实践期间，教师需撰写实践日志、开发教学案例并提交总结报告，将工程经验有效转化为教学资源。每位教师每年需开发不少于 2 项基于真实项目的教学案例，并纳入学院教学资源库。

最后，实施柔性引智与校企协同育人机制。设立“产业教授”特聘岗位，积极引进来自智能制造龙头企业、绿色技术解决方案企业的高级工程师与专家，组建跨学科教学团队。产业教授将全面参与人才培养，包括联合开发课程、共同指导学生毕业设计、合作开展产学研项目等。建立常态化教研制度，定期组织校内教师与产业专家开展联合教研、

项目研讨与技术交流，构建“校企互聘、共育共赢”的可持续机制。通过上述举措，打造一支既掌握机械工程专业核心知识，又熟悉人工智能应用，同时具备绿色产业发展视野的跨学科双师型队伍。力争培养具备高质量跨学科教学能力的骨干教师，建成涵盖真实工业案例的教学资源库，新开发“人工智能+绿色制造”交叉课程，从而为绿色智能制造领域高水平复合型人才培养提供坚实的师资支撑。

### 2.4 共建产教融合资源

为切实解决高校教学与产业实践之间存在脱节的问题，本项目致力于构建深度协同的“产学研用”一体化资源生态，通过多维度、系统化的机制设计推动资源共享与能力共生。具体举措包括：联合绿色制造领域的龙头企业及专精特新企业，共同建设服务于教学与创新的工业级资源平台，系统整合产线真实能耗数据、高质量工业视觉检测图像集、碳足迹追踪与仿真工具等，为案例教学与项目实践提供真实、前沿的数据与软件支持<sup>[10]</sup>。

在此基础上，构建“企业导师进课堂一定向课题实践—顶岗实习”三段联动育人机制。聘请企业技术骨干定期进入课堂教学，参与课程设计并承担部分授课任务，将工程实际中的问题转化为教学案例；围绕企业真实需求，如能效诊断、低碳工艺优化、智能排产等，设立定向实践课题，由学生团队在双导师指导下开展研究与开发；依托企业生产基地组织顶岗实习，使学生深入工程现场，参与系统部署、调试与运维等全流程实践，全面提升工程应用能力。

同时，依托与行业重点企业共建的“智能绿色制造联合实验室”，推动平台资源开放与流程协同。向师生开放企业级制造执行系统（MES）、数据采集与监控系统（SCADA）等工业软件，支持开展数据提取、特征工程、算法开发与模型验证，完成从深度学习模型构建、测试优化到产线实际部署与反馈的全链条工业验证，切实打通从实验环境到工程应用的“最后一公里”<sup>[11]</sup>。

通过推动资源互通（数据、工具、平台）、人才共育（双导师制、真实课题、岗位实操）与设施共享（联合实验室、工业系统）三方面的深度融合，本生态可持续促进课程内容与产业技术同步发展，有效增强学生在绿色制造与人工智能交叉领域的工程实践能力、系统思维和产业适应性，为培养支撑制造业绿色化与智能化转型的高素质人才提供系统化支持<sup>[12]</sup>。

### 2.5 优化课程评价体系

为有效评估学生在深度学习技术应用与绿色制造融合创新方面的综合素养，亟需构建一套以能力为导向、多维度、过程性动态跟踪的综合评价体系。该体系突破传统单一试卷考核和固定实验报告的局限，确立涵盖知识理解、技术实现、工程部署与绿色价值创造能力的综合评估框架，并为各维度配置差异化权重，突出工程应用与可持续性导向<sup>[13-14]</sup>。

在具体评估内容设计上，不仅关注模型的技术性能指

标（如能耗预测准确率、缺陷检测召回率、模型推理效率等），还系统引入环境效益评估维度，包括碳减排潜力估算、材料节约率、废品降低比例等绿色制造核心指标，引导学生兼顾技术创新与生态效益。

在实施过程中，依托工业级数据分析平台（如 MLflow、Weights & Biases）自动采集和记录学生在项目开发中的代码提交、超参数调整、模型迭代与性能优化全过程，实现对学习轨迹的客观可溯。同时，结合跨阶段项目评审（开题方案评估、中期检查、终期答辩）、实验报告中对算法鲁棒性与可解释性的分析，以及在翻转课堂、研讨会上的创新思维与提问质量，动态生成可视化的学生能力演进图谱。

企业导师团队则从工业可行性与实用价值角度，对项目进行多维度评价，包括但不限于节能实际效果、产线适配性、部署成本与维护复杂度等。通过跨小组互评机制增强对模型严谨性、代码规范性与重现性的同行评议，并借助碳排放仿真平台（如 SimaPro、OpenLCA）对设计方案进行全生命周期环境效益验证，强化可持续工程意识。

最终，形成“数据驱动的能力评估—真实工业问题求解—绿色效益精准量化”的闭环反馈机制，推动教学策略持续优化与学生系统设计、工程实现与绿色创新能力的阶梯式成长。

### 3 结论

本研究围绕“深度学习驱动下的机械工程专业绿色制造课程教学改革”这一主题，系统分析了当前绿色制造教学中存在的课程内容滞后、实践平台薄弱、师资跨领域整合能力不足等核心问题，并提出了一套系统化、多层次的改革路径。通过优化课程体系、创新教学模式、构建双师型队伍、共建产教融合资源以及完善动态评价机制，旨在推动绿色制造教育从传统知识传授向能力培养与价值塑造转型。

实践表明，将深度学习等人工智能技术有机融入绿色制造教学，不仅能够增强学生对绿色制造系统运行机制的理解，还能显著提升其在数据驱动决策、智能优化与可持续发展方面的综合能力。通过案例教学、项目式学习与虚实结合实训等多种教学方式的融合，学生得以在高度仿真的工业环境中锻炼技术整合与工程创新能力，从而实现从“知”到“行”的有效过渡。

同时，“高校+企业”双导师机制的建立与产教融合资源的共建，为教学提供了真实的数据、平台与项目支持，有效打通了从实验环境到工程应用的“最后一公里”。而基于多维度、过程性与数据驱动的综合评价体系，则有助于全面衡量学生在技术应用、工程实践与绿色创新等方面的综合素养，推动教学质量的持续优化。

综上所述，本研究提出的教学改革框架不仅响应了“双碳”目标下制造业绿色化、智能化转型对高素质工程师人才的迫切需求，也为机械工程及相关专业推进跨学科融合教育提供了可复制、可推广的实践范式。未来，将进一步深化与企业、行业的合作，持续优化课程内容与教学资源，推动绿色制造教育体系与产业技术同步发展，为培养支撑国家战略与产业变革的复合型工程人才提供坚实保障。

基金项目：北京建筑大学校级教改项目，项目编号：06080825003。

### [参考文献]

- [1] 李骅锦,陈小平,唐然,等.高等工程教育接轨新质生产力的思考[J].决策咨询,2024(4):81-84.
  - [2] 冯凯,刘征宇.新工科视域下智能制造工程专业教学改革探索[J].中国现代教育装备,2025(15):47-50.
  - [3] 陈柳钦.人工智能驱动产业链现代化研究[J/OL].新疆社会科学,2024(4):1-23[2025-09-04].
  - [4] 杨南.双高背景下的装备制造类专业智能化实践教学改革研究[J].家电维修,2025(8):52-54.
  - [5] 王翠娟.新工科视角下机械工程卓越工程师培养模式探析[N].云南日报,2025-07-25(07).
  - [6] 倪艳凤,华显,陈晓宇,等.虚拟仿真技术在工业自动化实验教学中的应用研究[J].电脑知识与技术,2025,21(19):109-111.
  - [7] 林秉敬.基于机械设计制造及其自动化专业实习类课程虚拟教研平台的建设与研究[J].南方农机,2025,56(16):172-175.
  - [8] 刘湘楠,郑益谦,郭新华.“双碳”背景下新工科课程思政“六维一体三提升”教学改革探索[J].中国包装,2025,45(7):118-123.
  - [9] 李巍霞,黄晔.标准化专业院校产学研深度融合的育人机制创新探索[J].品牌与标准化,2025(5):81-83.
  - [10] 张翔宇.“产教协同、项目引领、五位一体”人才培养模式的构建[J].吉林省教育学院学报,2025,41(7):122-126.
  - [11] 王建国.“科教产教”融合驱动下高素质技术技能人才培养路径[J].太原城市职业技术学院学报,2025(8):59-61.
  - [12] 刘虎,高倩,李超,等.“产教融合”背景下智能制造专业群建设研究[J].模具制造,2025,25(7):72-74.
  - [13] 杨梅.浅谈汽车电工电子技术课程教学改革[J].汽车维护与修理,2025(16):65-66.
  - [14] 薛朝改,宋新新.数智转型下工业工程新质人才协同培育生态分析及构建[J].河南科技,2025,52(16):145-148.
- 作者简介：田广东（1980.2—），男，博士，教授，北京建筑大学机电与车辆工程学院，研究领域：绿色制造。