

人工智能赋能“光伏器件与工艺”课程的创新思维启发式教学探索

李美葶 张驰 杨玉芳 赵荣达 刘亮

辽宁工业大学, 中国·辽宁 锦州 121001

摘要:“光伏器件及工艺”是新能源材料与器件专业的核心课程,具有理论、工程和实践创新意义,对新能源材料理论同光伏产业实际的结合起桥梁作用。目前传统教学多以知识单向灌输为主,未能满足新工科条件下有关创新、应用及复合能力的人才培养需要。人工智能的发展正促使高校把教学思路从常规模式转向以 OBE (Outcome-Based Education) 为中心的理念。本文将人工智能引入教学实践,聚焦学生创新思维培育开展教学改革研究,突破传统教学模式在知识迁移运用、创新设计与工程创新能力培养的局限性。研究旨在契合新工科建设要求,培育适配光伏产业发展需求的卓越工程人才,同时为新能源材料与器件专业同类课程建设和人才培养提供理论参考与实践依据。

关键词: 光伏器件与工艺; 人工智能; 创新思维培育; 新工科建设; OBE 理念

Exploration of Heuristic Teaching for Innovative Thinking Cultivation in "Photovoltaic Devices and Processes" Course Empowered by Artificial Intelligence

Li Meiting, Zhang Chi, Yang Yufang, Zhao Rongda, Liu Liang

Liaoning University of Technology, China Liaoning Jinzhou 121001

Abstract: "Photovoltaic Devices and Processes" is a core compulsory course for the major of New Energy Materials and Devices. It integrates theories, engineering practice and practical innovation training, and serves as a key carrier bridging the theoretical knowledge of new energy materials and engineering applications in the photovoltaic industry. Traditional teaching mainly relies on one-way knowledge delivery, and fails to satisfy the training demands of innovative, practical and interdisciplinary talents in the context of emerging engineering education. The in-depth integration of artificial intelligence has transformed higher education teaching models toward the Outcome-Based Education (OBE) philosophy. This paper reforms classroom teaching and focuses on cultivating students' innovative thinking supported by artificial intelligence. The optimized heuristic teaching system overcomes the drawbacks of traditional teaching in cultivating students' knowledge transfer, innovative design and engineering capabilities. The research aims to meet the requirements of emerging engineering education, cultivate outstanding engineering talents for the development needs of the photovoltaic industry, and provide theoretical references and practical bases for the construction of similar courses and talent cultivation in the New Energy Materials and Devices major.

Keywords: Photovoltaic devices and processes; Artificial intelligence; Cultivation of innovative thinking; Emerging engineering education; OBE philosophy

0 引言

“双碳”战略及数智化产业升级促使新能源产业对复合型光伏工程人才的需求日益迫切^[1]。所涉专业应届毕业生需同时掌握光伏器件的基本原理和全套制作流程,并能熟练运用 AI 方法进行数据分析、工艺改进和技术开发^[2]。《光伏器件与工艺》作为新能源科学与工程类专业的核心主干课,整合半导体物理、材料、产线、检测等多领域知识,是联系一般理论与产业现实的必要桥梁。同时该课程对学生成长为能设计、会调试、善创新的工程师有直接帮助,

故具有高度的理论价值、实践意义与产业关联性。

目前传统课程所采用的教学模式尚有明显缺陷:(1)理论与实践脱节。课堂侧重传授晶硅电池的基本理论,实验环节多为验证性操作且形式固化,学生难以将工艺参数、器件性能与真实产线工况关联^[3];(2)教学载体滞后行业发展。课堂难以融入 AI 模拟、机器视觉中缺陷分析等新技术,教学方式呆板、缺乏探究,极大制约学生创新思维的发展^[4];(3)考核手段单一。仅靠期末笔试判断学习成效,没有对工艺运用、设计思路及整体项目做量化跟踪,OBE

成果导向育人目标因而较难达成^[5]。

辽宁工业大学作为地方应用型本科院校,始终秉承“立德树人、学以致用、产教融合”的办学定位,着力培养新能源产业高素质工程人才。就工程教育认证中“以学生为中心、成果导向、持续改进”的 OBE 基本理念而言,针对《光伏器件与工艺》传统教学现存痛点,本研究以 AI 技术融合教学为突破口,依托 16 周课程教学周期构建“三阶递进、理实深度融合”教学实施体系。通过提升实践课时比例、重构多元化过程考核、搭建虚实结合实训平台、引入产业真实案例,探索出一条可落地、可评价的光伏专业课程创新教学改革路径,以期与应用型本科院校相关课程建设提供借鉴。

1 光伏器件与工艺课程传统教学现状分析

1.1 单向知识灌输,主观能动性不足

传统课堂教学长期沿用“教师讲授—学生接受”的单向灌输式授课方式。教学内容基本以光伏器件原理、电池构造及制造工艺为中心,对各项知识多作平铺式的板书和 PPT 表述。然而有关数字教学资源(如学习通、慕课)只是用来完成课后作业的工具,整体上缺少互动探究、问题引导、实操关联、自主思考等多元化教学环节。这导致了教学环节僵化、所授理论与实际光伏产业需要存在较大落差,授课形式不能很好地满足新能源人才成长的现实要求。就课堂实际情形而言,学生没有主动学习、自主思考的机会,仅凭对教材的表面记忆就可以应付学业,所学知识不必经由自身探索获得。以填鸭式方法进行教学明显降低课堂的吸引力和学习自主性,既不能激发学生求知的欲望,也无益于其自发研究新工艺、新技术的心理驱动。最终导致专业学习主动性不足、无法实现专业知识的主动内化与深度建构。

1.2 创新意识薄弱,工程训练欠缺

传统教学体系侧重理论知识的系统讲解,不重视学生创新思维的阶梯式培育与工程实操能力训练,属于“重理论、轻实践、弱创新”的培养模式。目前课程一般只讨论标准光伏器件和常规的制备方法,极少将行业新器件和新工艺纳入探究类学习的范围。这就很难激发学生脱离既有知识的思考,结果是学生思维定型、创新意识和创新能力较弱。同时,现行课程的实践教学比例偏低,有关实训的内容基本是验证性、重复性的基础实验,所训练的操作只限于工艺细节的简单再现,缺乏对接产业真实场景的综合性、设计性、创新性工程实训项目。学生鲜有机会自主开展光伏器件的优化设计、工艺参数调试和性能改良,缺少系统性的工程实践训练,最终形成工程能力与产业现实脱

节、创新能力欠缺的局面,难以满足光伏产业创新工程岗位的实际需求。

1.3 教学视野滞后,脱离工程应用

光伏产业是技术高速迭代的新能源类新兴行业,器件技术、制备工艺、智能化生产设备及行业标准的更新速度极快,这对所授课程的前沿性、工程性、时效性提出了较高要求。但是现阶段传统课程内容更新滞后,教学素材多沿用经典教材,所授内容以基本理论和传统工艺为主,未能及时融入光伏新工艺、新技术及真实工程案例。教学过程长期未突破课本逻辑,不能结合当前生产线上各环节的操作要点、实际工程难点及技术趋势做系统分析。因此教学视野狭窄,并滞后于行业发展。学生无法接触行业前沿及实际工程应用场景,所学知识不易转化为解决问题的实际能力。最终导致理论与工程应用脱节、人才供给与光伏产业需求不契合的状态。

1.4 评价体系固化,过程性考核缺失

传统教学所采用的评价模式过于固定,长期沿用“期末笔试为主、平时成绩为辅”的终结性考核框架,对课本上各类理论点作较集中的记忆性考察,多以理论掌握来衡量学生水平^[6]。这种评价方式忽略了学生课堂表现、学习态度、思考深度、动手能力及创新意识,缺少覆盖学习全周期的完整过程性考核方法。考核维度和评价标准单一化,评价标准片面性导致评价结果无法全面、客观、动态地反映学生的完整学习过程与综合能力水平。同时以单一终结性考核为引导易使学生养成“只顾期末冲刺、不重日常准备,专攻理论考试、少做实际尝试”的学习习惯,极大制约了学生自主学习能力、光伏工程实践能力与产业适配性创新能力的培育。这与新工科所倡导的 OBE 模式、能力导向教育有根本冲突。

2 人工智能赋能课程启发式教学改革设计

针对上述教学现状,本研究以 OBE 理念为导向,以人工智能技术为支撑,以启发式教学为核心,聚焦学生创新思维与工程创新能力培育,构建“人工智能赋能—启发驱动—专创融合”进阶式教学体系。

2.1 人工智能赋能的启发式教学体系构建

围绕光伏器件及工艺所涉理论抽象、多环节工艺参数耦合复杂、实操难度大的教学难点,以人工智能技术为载体建立分层递进式的启发教学方案,从根本上改变传统课堂“被动理论灌注+机械重复实验”的单向授课范式,实现“理论铺垫—实践验证—反思深化”的以教促学培养逻辑^[7]。按能力阶梯式成长思路确定教学目标,将课程划分

为课前 AI 预习启发、课中交互探究启发、课后工程拓展启发三大闭环模块。课前利用光伏工艺大模型、AI 器件仿真资源给出分层预习提示,借助问答、参数模拟等手段提出矛盾性问题(如不同退火温度对钙钛矿型光伏器件效率的影响),引导学生自己归纳知识疑点,完成第一层级的浅层思维启发;课堂上结合 AI 光伏器件仿真方法展开案例启发式教学,由教师利用 AI 工具即时画出多种工艺曲线和器件能带图像,针对学生仿真结果中的异常数据开展追问式引导。鼓励学生反向推导工艺缺陷的形成机制,实现从浅层知识识记到深度逻辑推理的中层思维提升;课后根据 AI 光伏工艺优化模型、虚拟产线数字孪生思路设计创新课题。学生用 AI 工具做正交实验分析、尝试新式光伏结构设计,同时以智能互评形式比较各小组成果优劣。教师借助 AI 学情分析查漏补缺、有针对性地启发,推动从逻辑推理到实际创新的能力跃升。整套教学体系完整链接理论理解、仿真实验与工程应用。人工智能不再是依附传统课堂的附属工具,而是贯穿课前、课中及课后全过程的启发载体。以学生为主体,通过利用可视化、智能推演、参数演算不断推出契合不同阶段的探究性问题,逐层促使学生思考光伏工艺中隐藏的规律。最后形成“问题出发—AI 推演—思辨论证—创新设计”的闭环启发模式,实现知识传授和光伏思维同步发展。

2.2 基于创新思维培育的教学内容优化

创新思维培育应成为新时代工科课程改革所要把握的核心方向,“光伏器件与工艺”这类将材料学、半导体知识及实际工艺、产业案例结合的综合课程对理解光电器件、启发工程思路具有积极意义。然而当前课程教学偏重传统光伏器件原理和标准化制备工艺,内容体系固化、前沿技术覆盖不足,难以满足产业飞速发展对复合型、创新型人才的现实需要。为此,课程从创新思维培育角度出发,在保留晶硅电池的基本原理与核心工艺的前提下,纳入钙钛矿光伏、叠层电池、高效光电转换等前沿技术。在实践教学层面,突破单一标准化工序训练,增设工艺参数优化、器件缺陷分析与改良设计、新型结构仿真验证等探究性模块,把产业实际问题带入课堂讨论。依托 AI 赋能的教学内容重构机制,鼓励学生思考低成本工艺和高效新型器件的改进方案,在理论钻研与实操探究中培育工程创新思维与技术研发能力。

2.3 OBE 驱动多元化教学评价改革

OBE 理念以学生产出与能力达成为核心,对以往课程以期末笔试为唯一标准的做法作了根本性修正,是光伏器

件与工艺课程教学评价改革的基本指引^[8-9]。所涉课程兼具理论深度与工程实践属性,聚焦光伏器件研发、工艺制备、工程能力的训练。传统评价体系采用“期末笔试占 70%、平时成绩仅占 30%”的权重分配方式,所用评价方法难以全面考核学生的工艺实操能力、创新设计思维和复杂工程问题解决成效,存在评价维度片面、导向性不足等问题。

围绕 OBE 核心育人目标,针对性开展多元化教学评价改革,将“70% 全周期过程性考核+30% 终结性考核”作为融合性评价的基本架构,彻底改变传统权重倒挂现状。就评价内容本身而言,不在局限于理论知识考核,而是将 70% 的过程性权重划入四大特色考核模块:AI 辅助器件仿真分析(15%)、光伏工艺全过程实验操作(20%)、多变量协同优化设计(25%)、对接产业实际的课程创新项目(10%),涵盖知识水平、实操能力、思维创新及综合素质培养。在评价方式上,融合教师针对性评价、小组互评、自我自评与企业案例考评四维主体,将课堂表现、实验报告、工艺改良方案、前沿技术综述成果纳入过程性考核。针对保留的 30% 终结性考核部分,课程亦作了适当调整:原闭卷理论考试拆分为 20% 的核心基础理论闭卷测试和 10% 光伏类综合工程开卷分析。不再设置硬性记忆类题目,而是考查学生运用整学期知识处理复杂问题的能力。整套体系所有评价项均按照光伏产业核心岗位能力要求与课程对应的毕业要求指标点完成量化赋分,各项得分均有来源可查,精准对接工程实践与创新能力的预设培养目标。这套多元化评价改革成功地避免了“重分数、轻能力”的弊端,充分调动学生主动探究、工艺创新的积极性,切实提升学生的光伏工程实践能力与创新素养,同时契合行业对高素质应用型工程技术人才的核心培养需求。

3 教学改革实践应用与效果评价机制

3.1 课程实践实施方案

本方案紧扣“AI 赋能光伏器件与工艺、启发学生创新思维”核心育人目标,面向新能源专业大三学生,依托《光伏器件与工艺》课程 16 周教学周期,构建“三阶递进、理实深度融合”的实践方式,总实践学时占比提升至课程总学时的 45%。全环节精准匹配“70% 过程性+30% 终结性”的全新考核规则,实现学习任务与考核维度的精准对应(图 1)。

第一阶段为基础锚定层,前 4 周完成认知铺垫:不再将传统知识点当作孤立项来处理,而是整合 AI 技术与光伏所涉的制绒、扩散及镀膜等核心制备工序。利用光伏工艺开源数据库组织教学,鼓励以简单的机器学习方法对“工

艺参数—器件质量”做统计式关联分析,以智能型分析试算代替常规重复的验证试验。教学过程中同步设立过程性数据采集点,将学生仿真分析报告、讨论结果、工艺反思作为过程性评价内容。着重启发学生思考传统经验式工艺调试的局限性与优化空间,促使由“验证依赖”向“分析主导”的思维转换。

第二阶段为技能融合层,从第5周至第10周按计划开展专项训练:采用“双师协同”育人模式。校内教师聚焦光伏工艺基本原理,使所学知识具有扎实的理论支撑;企业AI技术人员利用产线实例说明工艺优化要点,教学上尽量贴近现实。所设课程有“AI指导最佳制绒方案设计”和“用视觉手段判别硅片隐裂”一类子任务,以苏格拉底方法启发学生思考模型错误成因,把试验中遇到的困难当作创新思维的培养机会。

第三阶段为场景创新,把第11~16周作为综合项目实施期:采用5人小组形式处理校园屋顶光伏站实际问题。所涉课题围绕“组件寿命的AI判断”和“有局部阴影时器件的自动调节”一类产业现实问题展开设计,最终在实体平台完成实测验证。配套搭建“虚拟仿真+实体实验”双平台,既降低硅片、镀膜材料等贵重实验材料的损耗与实训风险,又保障创新方案可落地验证。教学过程采用过程性数据采集机制,可为教学效果评价、学生创新能力量化考核提供数据支撑。

三阶段递进式教学路径



图1 “三阶段递进、理实深度融合”的实践模式

3.2 教学效果对比分析

与传统《光伏器件与工艺》课程教学模式相比,AI赋能的三阶教学改革成效显著。传统教学侧重理论讲解、重复性实验和期末考试形式,实践占比偏低、评价方式单一。学生多被动获取知识,工艺思路、工程解题技巧和产业联系方面常有欠缺。改革后,课程实践学时已占总课时的45%,借助AI数据资源、双师协同授课、真实场景项目训练以突破教学内容的既定格局。学生摆脱了机械实验验证

的学习局限,自主思考、跨学科结合的能力获得较大发展。70%过程性考核对学习全程作出较客观判断,不再将“一考定终局”当作最终定论。就校企衔接、企业实习观察而论,改革后学生进入光伏岗位后调试智能工艺、运用AI检测、处理工况数据一类的任务上手较快,创新改良意识更强,基本能按要求完成工艺方案设计及问题排查。总体而言,学生光伏工艺实操水平、AI技术应用能力、创新思路均得到系统性训练,人才培养质量正好符合新能源行业对复合型、创新型人才的现实需求。

3.3 学生反馈与教学反思

从课程教学反馈来看,多数学生肯定AI赋能光伏工艺发展的新式教学。三阶段递进式教学循序渐进、难度梯度合理,相关AI模拟、工艺参数设计及实际工程案例的内容利于开阔思路、更新观念,从根本上打破光伏工艺学习仅依赖经验实操的固有认知。同时,有效激发了学生自主创新与团队协作意识,切实提升了自身工艺实操与智能技术融合应用能力。结合教学实施全过程反思,本次课程改革整体效果良好,但仍存在改进空间。部分学生AI算法基础薄弱,模型调试与数据优化环节进展缓慢,分层教学针对性有待加强;目前的高阶项目在产业相关性上也未达到最理想状态。后续教学将针对短板进行适当优化,用微课形式补充AI基础,开展分层任务训练。同时进一步深化产教融合,适配不同层次学生的创新能力培养需求,持续完善课程育人体系。

4 结语

本研究以AI启发式教学与工程实践融合为核心,按照OBE理念设计出一套“基础锚定—技能融合—场景创新”三阶段递进式《光伏器件与工艺》课程改革模式。通过重构前沿教学内容、融合多元启发教学方法、搭建虚实实训平台、改进全过程评价体系,有效解决了传统知识灌输单一、实践创新薄弱、教学与产业脱节、考核方式固化等痛点问题。本次改革将课程综合实践学时提升至45%,利用AI仿真分析、智能工艺优化、实景项目实训替代传统验证性实验,实现理论与工程实践密切联系;同时促使学生主动思考,提升学生光伏工艺优化与智能技术融合创新能力,培养成果高度贴合新能源行业岗位要求。该模式适配技术迭代快、实践要求高的核心课程问题,可为应用型本科新能源类课程提供可推广的实践范式。后续将持续深化产教融合,完善分层教学体系,拓展创新实训项目,完善优化AI赋能教学模式,为区域光伏产业培育高素质应用型工程技术人才筑牢教学根基。

参考文献:

- [1] 刘园, 李发闯, 张倩. 人工智能背景下材料物理化学课程教学改革研究及应用[J]. 河南化工, 2025, 42(11): 67-70.
- [2] 任苗苗, 舒晓斌. 人工智能在中国新能源领域中的应用与前景分析[J]. 储能科学与技术, 2024, 13(10): 3619-3621.
- [3] 张少波. 新工科背景下太阳能电池课程教学实践和思考[J]. 科教导刊, 2025(13): 42-44.
- [4] 赵倩, 高昕, 魏鹏等. 数字赋能下高校新能源材料类专业创新人才培养方式研究[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(09): 209-211.
- [5] 许恒辉, 李真, 黄云辉. 面向新材料强国战略的新能源材料与器件课程教学改革与实践[J]. 中国现代教育装备, 2024(13): 107-109+128.
- [6] 张云芳, 葛兆云, 王芳等. “光伏器件与工艺”课程改革之浅谈——以江苏科技大学为例[J]. 当代教育实践与教学研究, 2020(13): 103-104.
- [7] 胡笑添, 邱彬桓, 乐晶琳等. 基于绿色能源理念的数字化有机太阳能电池设计、计算、制备与表征[J]. 大学化学, 2026, 41(01): 298-309.
- [8] 刘卫东, 黄蕾, 冯若雯. 基于 OBE 人才培养模式的本科教学质量管理体系重构[J]. 国家教育行政学院学报, 2021(10): 19-30.
- [9] 王光东, 陈淑英, 于景媛等. OBE 理念下实验驱动式材料力学性能课程教学改革研究与实践[J]. 教育研究, 2026, 08(05): 98-102.