

双碳背景下“光伏发电原理与应用”课程的产教融合探索与实践

杨皓奇, 崔莹雪, 李迺璐, 杨华

扬州大学 电气与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225127

DOI: 10.61369/ETR.2026070025

摘要: 在“碳达峰、碳中和”国家战略背景下, 新能源产业的快速发展对复合型、应用型人才培养提出更高要求。产教融合是提升学生工程实践能力、促进教育与产业协同发展的重要路径。本文以扬州大学新能源科学与工程专业核心课程《光伏发电原理与应用》为例, 针对传统教学过程中理论与实践脱节、产业需求与教学内容不匹配等问题, 系统开展产教融合教学改革与实践。以课程大纲为基础, 结合光伏产业发展趋势与人才需求, 构建了“产业导向、多维协同”的产教融合教学模式, 通过校企协同育人、项目驱动教学、实践平台共建等方式, 实现教学内容与产业技术同步、教学过程与工程实践融合、教学目标与职业能力对接。该模式为新能源类专业课程的产教融合改革提供了可借鉴的实施路径。

关键词: 产教融合; 光伏发电; 教学改革; 校企合作; 工程实践

Exploration and Practice of Industry-Education Integration in the Course of "Principles and Applications of Photovoltaic Power Generation" under the Background of Carbon Peaking and Carbon Neutrality

Yang Haoqi, Cui Yingxue, Li Nailu, Yang Hua

School of Electrical, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127

Abstract: Amidst the national strategic goals of "carbon peaking and carbon neutrality," the rapid advancement of the clean energy has brought forth an urgent need for cultivating interdisciplinary and application-oriented talents. Industry-education integration has emerged as a critical approach to enhancing students' engineering practice competencies and fostering synergistic development between higher education and industrial sectors. This study takes the core course Photovoltaic Power Generation Principles and Applications at Yangzhou University as a case study to explore systematic reforms in teaching practices under the framework of industry-education integration. In response to challenges such as the disjunction between theoretical instruction and practical application, and the misalignment between curricular content and evolving industry demands, a teaching model characterized by "industry orientation, and multidimensional collaboration" has been established. Grounded in the course syllabus and aligned with trends in the photovoltaic sector and talent needs, the model integrates school-enterprise co-education, project-based learning, and jointly developed practical training platforms. This approach effectively bridges the gap between teaching content and industrial technologies, aligns instructional processes with real-world engineering practices, and ensures coherence between educational objectives and professional competencies. The proposed model offers a viable pathway for implementing industry-education integrated reforms in new energy-related curricula.

Keywords: integration of industry and education; photovoltaic power generation; teaching reform; school-enterprise cooperation; engineering practice

引言

我国作为世界上最大的能源消费国和二氧化碳排放国, 主动提出“力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的战略目标, 这不仅是我国对全球生态文明建设的重要承诺, 更是一场涉及能源结构、产业模式、生活方式乃至国家竞争力的系统性变革。在这

感谢扬州大学“青蓝工程”资助, 扬州大学电气与能源动力工程学院对本教学改革研究的大力支持, 感谢课程组全体老师的共同努力与智慧贡献。作者简介: 杨皓奇(1993—), 男, 汉族, 甘肃天水人, 工学博士, 扬州大学电气与能源动力工程学院讲师, 硕士生导师, 主要从事新能源器件与系统研究。

一变革进程中，光伏发电凭借其资源丰富、技术成熟、成本持续下降等优势，正逐步从补充能源转向主力能源，成为推动能源绿色转型的核心力量之一。中国光伏产业不仅在装机规模上连续多年位居全球首位，更在技术创新、产业链整合、国际标准制定等方面发挥着引领作用，成为“双碳”目标下我国实现能源自主可控和高质量发展的重要支撑。然而，产业蓬勃发展的背后，也对人才培养提出了全新且迫切的要求，急需一大批既掌握扎实理论知识，又具备工程实践能力、技术创新意识和跨领域协作素养的高层次复合型、应用型人才。

光伏产业作为一个技术密集、更新迭代迅速的领域，其发展呈现出多学科交叉、产业链条长、应用场景多元等鲜明特征。不仅涉及材料科学、半导体物理、电力电子、自动控制等专业知识，更需要具备项目规划、成本分析、安全评估、环境适应等工程实践能力。传统高校教育模式往往侧重于理论体系的系统传授，但在教学内容与产业技术发展的同步性、实践教学与真实工程场景的对接度、学生创新思维与职业素养的培养等方面仍存在显著落差。

在此背景下，深化产教融合已成为推动工程教育改革、提升人才培养质量的关键路径^[1]。本研究以《光伏发电原理与应用》课程为实施载体，聚焦“双碳”目标下光伏产业的人才需求与能力导向，系统探索课程层面产教融合的实践模式与实施路径^[2]。研究旨在突破传统教学中理论与实践脱节、教学内容滞后于技术发展、学生工程素养培养不足等瓶颈，通过构建产业导向的教学内容体系、校企协同的教学资源平台、多维贯穿的实践教学环节，以及融合过程的评价反馈机制，推动课程教学从“知识传授”向“能力生成”转变，从“课堂中心”向“场景融合”延伸，从而切实提高人才培养与产业需求的契合度。这一探索不仅对新能源类专业课程建设具有直接的改革意义，也可为其他工程应用型专业的产教融合实践提供参考与借鉴。

一、课程产教融合体系的构建

产教融合体系的构建绝非简单的校企合作或实习基地挂牌，而是一项需要从教育理念、课程结构、内容设计到实施机制进行系统性重构的深层改革^[3]。其核心目标在于打破传统教育中学校壁垒森严、理论脱离实践、教学滞后于产业的固有局面，建立一个能够响应产业动态变化、融合真实工程情境、贯穿人才培养全过程的协同育人系统。对于《光伏发电原理与应用》这样一门与产业技术发展紧密相连的课程，其产教融合体系的构建首先需确立“产业引领、能力为本、全程融合”的指导原则，这意味着课程的一切教学要素都应以光伏行业当前及未来一段时期的技术需求、岗位能力标准和工程伦理规范为根本依据。

为确保这一复杂体系能够持续、稳定、高效地运行，必须建立一套与之配套的长效保障与动态优化机制^[4]。这首先涉及管理协同机制的建立，通过签订校企战略合作协议、成立联合教学管理小组、制定详细的合作章程与实施细则，明确双方在资源投入、学生管理、质量监控等方面的权责利，为合作奠定坚实的制度基础。其次是沟通与反馈机制的常态化，定期开展师生-企业导师座谈、毕业生跟踪调查以及产业技术发展简报制度，确保产业需求的变化、教学过程的反馈、学生发展的状况能够及时、准确地传递到课程建设与实施的各个环节，从而实现体系的敏捷响应与迭代优化。最后是动力与评价机制的创新，通过将企业导师的工作计入其绩效考核、将教师参与产教融合的成果纳入职称评定与评优评价体系、设立学生创新创业基金与企业奖学金等方式，激发各方主体参与的内生动力。

二、“产业导向、多维协同”教学模式实施路径

为确保产教融合理念在《光伏发电原理与应用》课程中得以系统性、可操作地落地，我们构建并实施了以“产业导向、多维

协同”为核心的一体化教学模式^[5]。该模式旨在彻底打通教育供给与产业需求之间的壁垒，通过教学内容的重构、育人资源的整合以及实践过程的科学设计，形成一个目标清晰、路径连贯、动态优化的教学实施闭环，最终实现学生工程实践能力与综合素养的实质性提升。

（一）产业导向：重构教学内容与案例体系

在教学内容改革方面，我们彻底改变了以往以教材章节为中心、相对静态的知识传授模式，确立了“紧跟产业、源于实践、用于实战”的内容建设原则。具体地，与合作企业技术专家组成的课程改革委员会保持季度例会机制，动态跟踪光伏产业的技术演进、市场趋势与岗位能力新要求。依据这些前沿输入，对课程知识图谱进行了系统性重构。例如，在“光伏电池”模块，不仅讲授PN结、伏特效应等基础物理原理，更将产业界热议的TOPCon、HJT、钙钛矿等高效电池技术路线作为核心拓展内容。

为实现教学内容与产业场景的无缝对接，我们着力打造了一个“立体化、全流程、正反兼具”的动态教学案例库。案例来源主要包括三个方面：一是来自合作企业的资料包，涵盖设计图纸、施工记录、运维报告及后评估数据，使学生能够理解一个完整项目的生命周期；二是精选的国内外典型工程案例，旨在拓宽学生的国际视野与系统思维；三是特意收集整理的“工程教训案例”，将“反面教材”与成功案例相结合，由学生分组进行根源剖析与改进方案设计，将产业真实的风险与挑战意识提前植入教学环节。

（二）多维协同：校企共建教学资源与平台

产教融合的深度依赖于资源与平台共建的广度与实效。我们构建的“多维协同”机制，旨在整合学校、企业、行业乃至区域资源，形成一个优势互补、开放共享的育人生态圈。其中，师资协同是核心动能。我们建立了结构化的“双导师”与“特邀专家”制度。校内教师侧重理论体系构建与基础技能培养；来自企业的“产业导师”则深度嵌入教学全过程。他们不仅定期开设

“前沿技术讲堂”与“职业能力工作坊”，更直接参与实践课程的任务设计、过程指导与成果评价。

在校内，与企业联合共建“智能光伏系统实训平台”，该平台集成多种型号的光伏组件、主流的并网与离网逆变设备、储能系统及能源管理系统，可模拟各类应用场景的搭建、调试与性能测试。同时，依托信息技术，开发“光伏电站虚拟仿真与运维平台”，学生可在线上完成大型电站的选址、设计、施工模拟以及故障诊断演练。在校外，与多家企业合作建立了稳定的“现场教学基地”与“实习实践基地”。学生可定期到组件生产车间、电站建设现场、运营监控中心进行观摩与实操，感受真实的生产节奏、工程环境与企业文化。

三、教学成效与反思

经过两个教学周期的实践，“产业导向、多维协同、四阶递进”的产教融合教学模式在《光伏发电原理与应用》课程中得到了全面实施。为了系统评估改革成效、发现问题并为未来优化提供依据，我们采用了定量与定性相结合的多维度评估方法，对课程改革进行总结与整理。

（一）教学成效

教学改革的成效首先直观地体现在学生学习成果的量化提升上。依据课程教学大纲设定的毕业要求指标点，我们对近两届学生的课程考核数据进行了对比分析。支撑“能够针对特定需求，完成光伏发电系统的集成设计与优化”这一能力指标的课程设计项目平均分，从改革前的78.5分提升至85.2分，且项目报告的技术规范性、经济性分析深度和创新性建议方面进步尤为明显。在支撑“理解并自觉遵守工程伦理，具备环境与社会可持续发展意识”的思政与素养评价环节，通过案例分析报告、课堂辩论表现及实践环节的职业行为观察进行综合评分，其平均达成度从0.71提升至0.83。更值得关注的是，学生参与企业真实课题或竞赛的比例从不足15%跃升至43%，其中多个学生团队在国家级、省部级可再生能源创新创业大赛中获奖，其方案获得了企业评审专家

的高度认可。

（二）反思与持续改进

在肯定成效的同时，我们以批判性视角对实践过程进行了深度复盘，识别出以下几个亟待改进的关键问题，并规划了未来的优化路径。首先，产业案例与教学内容的动态融合机制仍需深化。目前案例库的更新虽已制度化，但在“即时性”与“教学转化效率”上仍有不足。产业技术迭代迅速，一个前沿案例从发生、收集到被深度剖析并融入课堂教学，存在一定的时间滞后。其次，实践教学资源的均衡性与高阶性有待加强。当前，“四阶递进”体系中的前三个阶段（认知、模拟、实训）已搭建起较完善的平台，但第四阶段“真实情境实战”的覆盖面和资源支撑尚不均衡。仅有部分优秀学生能获得深度参与企业核心研发或重大工程项目的机会。最后，师资队伍产教融合教学能力需进行系统性提升与激励保障。深度参与产教融合对教师的时间投入、知识更新速度和协调能力要求极高，目前仍存在部分教师因科研压力或缺乏企业经验而参与度不深的问题。

四、结论

本研究紧密围绕“双碳”国家战略对光伏产业人才的迫切需求，以《光伏发电原理与应用》课程为载体，系统性地开展了产教融合教学改革的探索与实践。通过构建以产业真实需求为牵引的“产业导向、多维协同、四阶递进”一体化教学模式，成功将课程教学从封闭的理论体系延伸至开放的工程实践场域，实现了教学内容与产业技术同步、教学过程与工程能力生成同轨、学习成果与职业发展需求同向。实践证明，该模式有效破解了传统工科教学中理论与实践脱节的困境，显著提升了学生的工程实践能力、创新思维与职业认同感，为高校与产业协同育人提供了可操作的范式。本研究的理念与实践路径，对于新能源类及其他应用型工科专业的课程建设与改革具有积极的借鉴意义和推广价值。未来，课程团队将持续深化产教融合机制，优化教学资源配置，为培养支撑能源转型与产业升级的卓越工程人才贡献力量。

参考文献

- [1] 张洋. 基于主题分析的应用型高校产教融合能力的系统解构[J]. 黑龙江高教研究, 2026, 44(01): 24-33.
- [2] 何道清. 太阳能光伏发电系统原理与应用技术(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2023.
- [3] 魏世龙. 产教融合视域下本科层次职业教育能力重构路径研究[J]. 汽车维修与保养, 2026, (01): 105-106.
- [4] 高海波, 王春光. 产教融合背景下职业学校数字化教材建设研究[J]. 河北能源职业技术学院学报, 2025, 25(04): 5-8.
- [5] 程聪, 马艳芳. 专创融合下创新型人才培养模式的探索与实践[J/OL]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 1-3.