

太阳能电池光伏技术课程的企业探究式教学

郭飞¹ 单至柔² 周云鹏¹

1 内蒙古工业大学 理学院 2 呼和浩特市第三十四中学

DOI:10.32629/jief.v7i9.18285

[摘要] 在“碳达峰、碳中和”战略目标的驱动下,我国光伏产业迎来了爆发式增长。面对产业转型升级的新形势,传统的人才培养模式已难以满足企业对复合型、创新型工程技术人才的迫切需求。本文旨在探索基于产教融合的《太阳能电池光伏技术》课程教学改革,构建校企协同育人新机制,以期培养出符合行业标准的高素质技术技能人才。

[关键词] 教学改革; 专业限选课; 实践性培养

中图分类号: G42 **文献标识码:** A

Enterprise inquiry-based teaching for the solar cell photovoltaic technology course

Fei Guo¹ Zhirou Shan² Yunpeng Zhou¹

1 College of Science, Inner Mongolia University of Technology

2 Hohhot No. 34 Middle School

[Abstract] Driven by the strategic goals of "carbon peak and carbon neutrality", China's photovoltaic industry has witnessed explosive growth. In the face of the new situation of industrial transformation and upgrading, the traditional talent cultivation model has been unable to meet the urgent demand of enterprises for compound and innovative engineering and technical talents. This article aims to explore the teaching reform of the "Solar Cell Photovoltaic Technology" course based on the integration of industry and education, and to establish a new mechanism for collaborative education between schools and enterprises, with the goal of cultivating high-quality technical and skilled talents that meet industry standards.

[Key words] Teaching reform; professional limited elective courses; practical training

引言

太阳能光伏技术是实现能源结构转型、构建清洁低碳安全高效能源体系的核心技术之一。^[1,2]随着国内外光伏市场的蓬勃发展,产业规模不断扩大,技术迭代加速,对从业人员的工程实践能力和创新素养提出了更高要求。然而,当前高校《太阳能电池光伏技术》课程教学普遍存在“重理论、轻实践”、“教学内容滞后于产业发展”等共性问题。^[3,4]传统教学多采用“灌输式”教学法,学生缺乏主动思考和解决复杂工程问题的能力,导致人才培养供给侧与产业需求侧出现结构性错位。^[5]本研究致力于对课程进行全方位改革,通过引入企业真实项目案例,重构教学内容与课程体系,旨在提升学生的工程实践能力和就业竞争力。^[6]

大学针对专业性课程开放选修课的意义在于满足学生个性化发展需要,拓宽知识领域,拓展自己知识体系和实践能力的潜力。^[7]《太阳能电池光伏技术》开设于第七学期,总课时32课时,课容量80人,属于专业限选课,它是为特定专业开放的方向性选修内容。本课程为光电能源方向的学生开放,是材料物理、材料

化学、电子能源、半导体物理等多个科目应用到实际中的具象化表现。^[8]选择本课程的学生大多已经有半导体物理、材料科学等相关主修课程基础。因而如何在少课时的前提下保证学生既能熟悉基础原理又能理解前沿技术手段并对太阳能电池技术发展有一定创新性见解,是该课程的一大难题。^[9]

针对上述学情,我们对本门课程进行了创新性改良。首先明确本门课程的教学目的是响应国家政策号召,聚焦校企同育的目标,依托企业项目开展课程教学,打造一门实践创新性强应用价值高的实践型选修课。其次为破解传统教学与企业需求脱节难题,添加应用性强的前沿科学理论,使该课程趣味性应用性强,构成由实践联系理论的知识体系。最后本课程以小组为单位,施行项目组课题制度,以企业项目为真实教学命题,让学生有“学在校、应用在企”的体验。

1 基于企业真实研发项目的太阳能电池光伏技术探究式教学模式构建

现行的教学体系主要涵盖太阳能电池的基本原理、材料制备、电池组件封装及性能测试等模块。其中,核心理论基础主要

包括半导体物理基础、PN结的形成及其载流子输运机制等。传统的教学往往局限于对晶硅电池结构的理论推导,而对材料内部缺陷、界面态密度以及光生载流子复合机制对电池光电转换效率的影响缺乏深入的定量分析与实验探究。结合校企合作育人的需求,我们对本门选修课的课程设计结构进行了调整。将从理论到实践的教学模式,调整为从实践到理论探究的模式。分析实践性成果的制备测试流程;分析材料特性,探究原理。我们以企业在研项目为主方向,以当前太阳能电池技术领域热门课题为主线,以校企合作为支持,构建“1-4”教学模式框架,即1个核心(企业真实研发项目)、4大核心模块(理论探究、实验实操、企业实践、创新引导)。

1.1 一个核心,即实践至教学中的科研项目

首先,针对从企业获取的研发项目,我们有进行特定目标的四轮筛选。筛选原则是:①尽可能全面地涵盖本门课程的核心知识点;②与学生所学专业、当前能力水平相匹配;③高校当前实验室水平可以支持该项目实践;④贴合光伏产业发展动态。以此筛选出契合本门自选课的优质项目作为课程设计的主体。

然后,我们对通过筛选的科研项目进行纵向分解,将大课题分解为培养学生基础能力、探究能力、创新能力的三级课题。以“钙钛矿太阳能电池转换效率提升”总项目为例,我们可以形成基础任务,如钙钛矿材料溶胶凝胶法制备、电池基础结构组装、核心性能参数(短路电流、开路电压)测试。此部分内容可交由学生自选角度自主深入探究学习。紧接着,进阶任务如分析影响钙钛矿电池效率的关键因素,可在教师指导下,结合所学领域知识深入分析。最后,完成创新任务,如探索新型界面修饰材料或工艺改进方案,最终由企业工程师对其方案可行性进行分析。

1.2 四大核心教学模块设计

模块一: 理论教学

教学内容优化:以企业研发项目为导向,重构课程理论内容,剔除陈旧知识,新增企业前沿技术(如高效晶体生长技术、电池界面优化理论);将理论知识与项目任务绑定,例如讲解“晶体缺陷理论”时,结合“单晶硅电池缺陷优化”项目,让学生理解理论在研发中的实际应用。

学时分配:占总学时30%,结合项目任务推进节奏,穿插在科研实操与企业实践环节中,实现“理论指导实践,实践反哺理论”。

模块二: 实验教学

材料制备实操:单晶硅/钙钛矿等电池材料制备(直拉法、溶胶凝胶法等)、材料纯度与性能检测。

教学实施方式:采用“双导师指导+小组探究”模式,每组4-6人,明确分工(实验操作、数据记录、分析总结);高校教师指导实验原理与基础操作,企业工程师指导研发规范与设备高级操作;定期组织小组汇报,分享探究进展与问题,跨组交流研讨,碰撞创新思路。

学时分配:占总学时40%,分阶段推进(基础实操-进阶探究-问题优化),确保学生充分参与探究过程,掌握核心技能。

模块三: 企业实践

实践内容设计:企业研发现场观摩:走进合作企业(如中环光伏),观摩企业核心研发环节(单晶硅生长、电池规模化生产、性能精准测试),了解企业研发流程、质量管控标准与行业技术趋势。

企业研发任务参与:学生分组参与企业研发辅助任务(如实验数据整理、样品初步测试、工艺优化辅助),在企业工程师指导下,体验真实研发工作节奏与协作模式。

学时分配:占总学时20%,分2-3次集中开展,结合项目推进节点,确保实践内容与科研实操模块紧密衔接。

模块四: 创新引导

创新内容展示:以小组为单位形成项目研发报告,参与校内教改成果展或光伏领域创新创业竞赛。

教学实施方式:采用“成果导向+精准指导”模式,双导师针对每组项目成果,提供创新优化建议与转化指导,对接企业资源,为优秀成果转化提供支撑。

学时分配:占总学时10%,贯穿课程后期,重点聚焦成果转化与落地。

2 教改实践案例成效分析

2.1 教改实践案例设计

实践对象:选取应用物理或电子科学与技术专业学生,共2个班级,其中实验班(40人)采用本研究构建的探究式教学模式,对照班(40人)采用传统教学模式。

研发项目:“单晶硅太阳能电池晶体缺陷优化与转换效率提升”,经拆解分为三层子任务:

基础任务:单晶硅材料直拉法制备、晶体缺陷基础检测、电池核心性能参数测试。

进阶任务:分析晶体缺陷类型(点缺陷、线缺陷)对电池效率的影响,设计缺陷优化实验方案,调整制备工艺参数,降低缺陷率。

创新任务:结合企业需求,探索新型掺杂工艺优化方案,进一步提升电池转换效率,形成可落地的研发建议。

实践周期:1个学期,严格按照设计的教学流程推进,实验班配备“2名高校教师+2名企业工程师”双导师团队,对照班采用传统“1名高校教师”授课模式,仅开展基础理论教学与验证性实验。

2.2 教改成效数据收集与分析

本研究采用定性评价与定量评价相结合、过程性评价与终结性评价相结合的多元化评价方式。具体如下:

2.3 定量成效分析

2.3.1 学业成绩对比

理论成绩:实验班理论基础维度平均得分86.5分,对照班传统理论考试平均得分78.2分,实验班高出8.3分,表明实验班学生理论知识掌握更扎实,且能更好地结合项目应用理论。

实践成绩: 实验班实践能力维度平均得分88.1分, 对照班实践操作平均得分72.5分, 实验班高出15.6分, 表明实验班学生实操技能、设备操作能力与企业适配度显著优于对照班。

综合成绩: 实验班总平均得分87.3分, 对照班总平均得分76.8分, 实验班高出10.5分, 整体学业成绩优势明显, 验证教学模式对学生综合能力提升的作用。

2.3.2能力指标对比

探究能力: 通过分析学生项目探究报告与阶段汇报, 实验班90%学生能精准分析项目问题、设计合理实验方案, 对照班仅55%学生达标, 实验班探究能力达标率高出35个百分点。

创新能力: 实验班30%学生项目成果获得校内教改成果奖, 10%学生成果对接企业纳入研发参考, 实验班创新能力与成果转化能力显著提升。

行业适配能力: 通过企业岗位模拟测试, 实验班85%学生能适应光伏企业研发助理岗位要求, 对照班仅45%学生达标, 实验班行业适配度高出40个百分点。

2.4定性成效反馈

2.4.1学生反馈

通过问卷调查与访谈, 实验班95%学生认为“企业研发项目能激发学习主动性”, 90%学生表示“掌握了光伏研发核心技能, 对就业帮助大”, 85%学生认可“双导师指导模式, 能同时获得理论与行业指导”; 对照班仅60%学生认为课程对就业有帮助, 50%学生反馈“理论与实践脱节, 难以掌握实操技能”, 学生满意度差距显著。

2.4.2校企导师反馈

高校导师反馈: “实验班学生自主探究能力强, 能主动分析解决项目问题, 理论与实践结合紧密, 教学互动性与成效显著优于传统班级”; 企业工程师反馈: “实验班学生熟悉光伏研发流程, 实操技能与行业适配度高, 能快速参与企业研发辅助工作, 培养质量符合企业需求”。

3 结论与展望

实践证明, 深化产教融合、校企合作是提高应用型人才培养质量的必由之路。本研究构建的教学模式实现了教育链、人才链与产业链、创新链的有机衔接, 为同类院校相关课程的教学改革提供了可借鉴的经验和范式。教改实践验证表明, 该模式能

有效解决传统教学“理论与实践脱节、能力培养与行业需求错位”的问题, 显著提升学生理论基础、实践技能、探究能力与创新能力, 提高学生行业适配度与就业质量, 同时为企业精准输送优质研发人才, 实现校企共赢, 为光伏领域高校课程教改提供了可复制、可推广的实践方案。

[项目基金]

2025年专创融合课程建设项目“太阳能电池光伏发电技术”(编号: ZC2025014)。

[参考文献]

- [1]王军,李红.新工科背景下新能源专业产教融合人才培养模式创新研究[J].高等工程教育研究,2023(4):56-60.
 - [2]张伟,刘洋.基于“项目驱动”的太阳能电池技术课程教学改革与实践[J].大学教育,2022,11(8):123-126.
 - [3]陈明,赵强.光伏技术应用课程“理实一体化”教学改革探索[J].职业技术教育,2024,45(2):34-37.
 - [4]杨丽,黄晓峰.企业真实项目融入高校实践教学的路径与机制研究[J].实验室研究与探索,2023,42(5):210-214.
 - [5]GreenMA,DunlopED,LeviDH,etal.SolarcellEfficiencyTables(version62)[J].ProgressinPhotovoltaics:ResearchandApplications,2023,31(1):3-12.
 - [6]李华,周云.钙钛矿太阳能电池实验教学设计与实践[J].物理实验,2024,44(3):28-33.
 - [7]教育部高等教育司.关于开展新工科研究与实践的通知[Z].北京:教育部,2017.
 - [8]孙立,郭飞.基于企业研发项目的光电专业选修课教学模式改革[J].国际教育论坛,2024,6(12):112-115.
 - [9]吴丹.成果导向教育(OBE)理念下工程实践课程体系构建[J].教育与职业,2023(18):72-75.
- 作者简介:**
郭飞(1991--),男,汉族,内蒙古呼和浩特人,博士,副教授,研究方向:凝聚态物理。
单至柔(1994--),女,汉族,内蒙古赤峰人,本科,中教二级,研究方向:应用物理。
周云鹏(1995--),男,汉族,内蒙古赤峰人,博士,讲师,研究方向:凝聚态物理。