

《晶体硅太阳能电池生产技术》课程项目化教学改革实践

权慧英 江楠

乐山职业技术学院, 四川 乐山 614000

摘要:“双碳”战略推动我国光伏产业快速发展,乐山作为四川核心晶硅光伏产业聚集地,产业配套完善,行业对光伏量产技术技能人才需求持续攀升。《晶体硅太阳能电池生产技术》是高职新能源专业核心课程,岗位实践性极强。针对课程传统教学存在内容碎片化、理实脱节、学生系统化工艺思维薄弱、考核方式单一等问题,本文开展项目化教学改革。通过对接企业真实生产工序重构模块化教学内容,优化课堂实施流程,构建全过程多元考核体系,打破传统教学弊端。经一学期平行班教学实践表明,该改革可有效夯实学生工艺基础,提升实操技能与缺陷分析能力,强化岗位适配能力。本次教改落地性与可推广性强,可为高职光伏工艺类课程教学优化提供参考。

关键词: 高职教育; 晶体硅太阳能电池; 项目化教学; 课程改革

DOI: 10.64649/yh.shfzykjcx.issn3078-8994.202607002

0 引言

清洁能源替代传统化石能源是当前能源行业发展的主流趋势,光伏发电凭借清洁、高效、可再生等优势,已经成为我国新能源产业的核心组成部分。四川省乐山市依托得天独厚的产业基础,多年深耕晶硅光伏领域,逐步建成了涵盖多晶硅原料制备、硅片加工、电池片生产、组件封装的完整产业链,聚集了永祥股份、晶科能源等行业龙头企业,是西南地区规模最大的晶硅光伏产业生产基地。随着本地光伏企业生产线不断升级、生产工艺持续迭代,企业对一线技术人才的需求不再局限于基础操作,更要求从业人员熟悉完整生产工序、掌握工艺参数调控逻辑、能够独立排查量产过程中的常见问题^[1]。

《晶体硅太阳能电池生产技术》是高职新能源专业的核心专业课,也是衔接专业理论知识与光伏企业岗位实操的关键课程。课程囊括硅片制绒、高温扩散、边缘刻蚀、薄膜沉积、丝网印刷、烧结测试等全部核心工序,是学生掌握光伏电池生产核心技能、对接本地光伏企业岗位的核心载体。该课程的教学质量,直接影响学生顶岗实习效果与就业岗位适配度。

从长期教学实践来看,传统的章节式授课模式难以适配高职技能型人才的培养要求。课堂教学多以理论知识点讲授为主,实训内容依附于理论章节,导致完整的流水线生产工艺被拆分割裂。多数学生能够掌握零散的知识点,但无法建立连贯的工艺思维,对各工序之间的关联影响、工艺参数对电池效率的作用、不良品产生的核心原因理解较为浅显,进入企业后需要长时间二次培训才能适应岗位工作。为有效解决这一教学痛点,贴合乐山本地光伏产业岗位需求,切实提升学生的岗位实操能力,立足课程教学实际,开展项目化教学改革,以企

业真实生产任务为核心重构教学体系,真正实现课堂教学与岗位需求的精准对接。

1 课程传统教学存在的问题

1.1 知识点讲授碎片化,学生工艺体系思维缺失

晶体硅太阳能电池生产是一套连贯性、逻辑性极强的工业化生产流程,前后工序紧密关联,任一环节的工艺误差都会直接影响最终电池片的转换效率与成品合格率。传统教学严格按照教材章节顺序开展授课,将完整的生产流程拆分为多个独立的知识点模块,教学过程侧重单一知识点的讲解,忽视各工序之间的逻辑关联。这种教学方式导致学生习得的知识零散杂乱,难以构建系统化的生产工艺框架,无法从整体上理解电池生产的完整流程。在面对企业实际生产中的工艺问题、质量缺陷时,学生难以结合前后工序进行综合分析,岗位应变能力严重不足。

1.2 教学内容滞后产业发展,岗课衔接贴合度不足

现阶段所用教材多为通用型光伏专业教材,内容更新周期长,侧重点偏向基础理论知识,与乐山本地企业现代化、量产化的生产工艺存在明显脱节。近年来,本地光伏企业持续推进生产线智能化、标准化升级,生产工艺参数、质量检测标准、缺陷处理方案均已完成迭代优化,但课堂教学内容仍以传统基础工艺为主,缺乏企业最新生产案例与实操标准的融入。同时,校内实训项目多为简化后的模拟操作,与企业标准化的量产工况差距较大,导致学生在校所学技能与企业岗位实际需求不匹配,大幅增加了企业的岗前培训成本,也制约了学生就业的竞争力提升。

1.3 课堂教学模式固化, 学生学习主动性偏弱

传统课堂普遍采用“教师主讲、学生旁听、机械模仿”的固化教学模式, 课堂主体为教师, 学生始终处于被动接收知识的状态。高职学生普遍对系统理论学习意愿较弱, 更擅长具象化、实操性的技能学习, 单一的理论灌输结合机械式模仿实训的教学方式, 极易导致课堂氛围枯燥, 学生学习积极性低迷。在这种教学模式下, 学生仅能掌握基础的操作步骤, 无法主动思考工艺原理、参数调控逻辑与缺陷产生原因, 自主探究能力、问题分析能力得不到有效锻炼, 难以满足光伏企业对复合型技能人才的培养要求。

1.4 考核评价方式单一, 无法全面衡量岗位能力

传统课程考核体系以终结性评价为主, 最终成绩由期末笔试和单次实操考核构成, 考核方式简单片面。这种评价模式只关注学生最终的考试结果, 忽视了学生整个学期的课堂参与、实训操作规范性、项目探究过程、团队协作表现等关键过程性内容。单一的考核方式容易导致学生出现“重结果、轻过程, 重分数、轻技能”的学习误区, 无法真实反映学生的工艺掌握程度与职业综合能力, 也不符合职业教育以技能培养为核心的评价导向。

2 项目化教学改革具体实施策略

本次教学改革立足高职教育“以岗定学、学以致用、能力为本”的核心育人理念, 紧扣乐山区域晶硅光伏产业岗位标准, 彻底打破传统教材的章节教学体系。以企业真实生产工序为核心载体, 以岗位必备技能为培养目标, 以任务驱动为主要教学形式, 重新梳理、整合课程教学内容^[2]。通过设置递进式的工艺生产项目, 构建“项目导入、任务拆解、实操落地、问题探究、复盘优化”的闭环教学模式, 让学生在完成具体生产项目的过程中吃透工艺原理、熟练操作技能、掌握缺陷排查方法, 逐步构建完整的工艺生产思维, 实现课堂学习与企业岗位工作的无缝衔接, 切实提升课程教学的岗位针对性与实用性。

2.1 对标企业岗位工序, 重构模块化教学项目

结合乐山本地晶科能源、永祥股份等光伏企业的电池量产工艺流程与岗位工作内容, 笔者对原有课程知识点进行筛选、整合与重构, 摒弃陈旧、脱离产业实际的理论内容, 保留核心基础知识, 融入企业最新工艺标准, 梳理出六个覆盖电池生产全流程的递进式教学项目, 每个项目均对应企业真实岗位工作任务, 兼具理论学习与实操训练双重功能^[3]。

项目一为硅片预处理与制绒工艺。主要围

绕电池生产前端基底处理工序展开, 涵盖硅片分选、表面清洗、酸碱制绒实操、工艺参数调控、制绒不良缺陷识别与分析等内容, 重点让学生掌握制绒工艺的核心原理, 理解制绒效果对电池光吸收性能的影响。

项目二为PN结高温扩散工艺。作为电池生产的核心工序, 该项目重点讲解磷扩散制结的工艺流程、温度与时间参数的调控技巧、方块电阻检测方法, 结合企业量产案例分析扩散不均、方阻异常等常见问题的成因与优化方案, 帮助学生掌握电池光电转换核心结构的制备技术。

项目三为边缘刻蚀与表面清洗工艺。针对电池生产过程中的边缘漏电、表面杂质残留等问题, 讲解等离子刻蚀、湿法清洗的操作规范, 明确边缘绝缘处理的工艺标准, 培养学生的生产质量管控意识。

项目四为PECVD减反膜镀膜工艺。聚焦氮化硅薄膜沉积核心工序, 讲解镀膜设备操作流程、工艺参数对膜厚与镀膜质量的影响, 分析色差、膜厚不均等量产常见缺陷的整改方法, 掌握电池增效、表面钝化的核心工艺。

项目五为丝网印刷电极制备工艺。围绕电池电极印刷工序, 开展印刷压力、走网速度、浆料用量等参数的调试训练, 重点识别断栅、虚印、漏印、电极偏移等常见印刷缺陷, 掌握电极制备的标准化操作流程。

项目六为电池烧结与效率测试分选。整合前端所有工序内容, 讲解高温烧结固化原理、电性能测试方法、电池效率分级标准, 组织学生开展全流程工艺复盘, 归纳各工序对电池产品质量的影响, 形成完整的工艺生产思维。

2.2 优化课堂流程, 构建闭环项目教学模式

为彻底改变传统被动式教学的弊端, 本次改革优化了课堂教学流程, 建立了标准化的五步闭环教学模式。课前依托学习通平台发布对应项目的任务书、企业生产视频、工艺标准文档, 引导学生自主预习工序流程, 提前梳理知识疑点。课堂教学阶段, 教师结合企业真实生产案例导入项目任务, 明确本次课程的操作目标与质量标准, 将学生分为若干小组, 以团队为单位查阅工艺资料、设计操作方案、开展实训操作。实操完成后, 各小组自主开展成果自查, 排查工艺缺陷、分析问题成因、制定优化方案。最后由教师结合企业量产标准进行集中点评, 梳理工序重难点, 总结岗位实操注意事项, 实现“预习—实操—探究—复盘—提升”的完整教学闭环^[4]。

2.3 整合线上资源, 搭建融合教学平台

针对校内实训设备数量有限、无法完全复刻企业量产场景的教学短板, 依托学习通搭建专属课程资源库, 持续更新乐山本地光伏企业的真实生产视频、工序操作流程图、量产工艺参数标准、不良品案例图库等本土化教学资源。

学生可利用课余时间自主查阅学习,对比校内实训与企业量产的差异,弥补课堂教学的局限性。线上资源与线下实操课堂相互补充,有效打破了教学的时空限制,进一步缩小了校园教学与企业生产的差距。

2.4 革新评价机制,建立全过程多元考核体系

为解决传统考核片面化的问题,本次改革取消了“一考定成绩”的终结性评价模式,构建了以过程性考核为核心、终结性考核为辅助的多元化评价体系,全方位考核学生的知识掌握、实操技能、团队协作与问题探究能力^[5]。具体考核权重分配如下:各项目实训报告、工艺方案设计、缺陷分析总结等项目任务完成质量占比40%;课堂实操规范性、小组研讨参与度、团队协作表现占比30%;线上资源学习进度、课后拓展任务完成情况占比10%;期末全流程工艺综合考核占比20%。全新的考核体系贯穿整个教学周期,能够客观、全面地反映学生的真实学习效果与岗位能力水平。

3 教学改革实施效果分析

经过一学期完整的教学实践,从学业状态、岗位适配两个维度开展效果对比分析,教改成效较为显著。

3.1 学生状态整体提升

学期期末数据与问卷调查表明,实验班平均分、优良率优于对照班,不及格率明显降低。依托完整生产工序开展项目化教学,学生能够系统梳理晶硅电池工艺流程,深化对工艺参数调控、缺陷研判等重难点知识的理解。任务驱动模式改变了以往被动式学习模式,有效提高

学生课堂参与度与自主探究意识,在实操实践中锻炼团队协作与独立分析问题的职业能力。

3.2 学生岗位适配能力明显增强

结合后期企业顶岗实习的校企反馈信息来看,实验班学生入职适配速度更快,能够快速熟悉晶硅电池生产线各岗位的工作内容,熟练完成基础工序操作,可独立识别生产过程中的常见工艺缺陷,对企业标准化生产流程的适配度更高。相较于传统教学模式培养的学生,教改后的学生岗位实操能力、问题处置能力更贴合本地光伏企业的用人需求,职业竞争力得到显著提升。

4 结语

针对《晶体硅太阳能电池生产技术》课程传统教学碎片化、岗课脱节、评价片面、学生能力培养不足等突出问题,本次教改立足乐山本地晶硅光伏产业特色,以企业岗位需求为导向,实施项目化教学改革。通过重构岗位化教学项目、优化闭环课堂流程、搭建线上线下融合资源、完善全过程多元考核体系,有效补齐了传统教学的短板,帮助学生构建了完整的电池生产工艺思维,全面提升了学生的实操技能与岗位适配能力。

本次改革属于单课程微观教学改革,操作简单、落地性强、可复制推广,完全契合高职技能型人才的培养定位。在后续教学工作中,将持续对接乐山本地光伏龙头企业,紧跟行业工艺迭代趋势,动态更新教学项目与生产案例,持续优化项目化教学模式^[6],不断深化岗课融合育人效果,为区域晶硅光伏产业高质量发展持续输送高素质、高技能的专业技术人才。

参考文献:

- [1] 俞健,张芷郡,彭巧丽.三链融合视域下光伏产业“双创”人才培养的“岗课研赛”一体化模式构建与实践[J].高教学刊,2026,12(16):77-80.
- [2] 张其亮.基于渐进式项目化学习的实验教学模式构建与实践[J/OL].实验室研究与探索,2026-07-01/2026-07-01.
- [3] 钟慧多,喻菲菲,杜灿谊.基于工作过程和项目设计的新能源汽车技术核心课程构建[J].现代职业教育,2022,(3):109-111.
- [4] 刘敏.面向技工院校的“辩-辨-断”三维驱动教学模式构建研究——以新能源汽车故障诊断教学为例[J].汽车维修与修理,2026,(12):9-11.
- [5] 李玲,江民华,朱婷婷,等.基于产学研知识共享移动学习平台的设计与应用——以“太阳能光伏发电技术”课程为例[J].现代盐化工,2025,52(6):144-146.
- [6] 田园园,高芳,金巍,等.“双碳”目标下新能源材料与器件专业项目式教学模式的创新与实践[J].科教导刊,2023,(35):62-65.

作者简介: 权慧英(1994—),女,朝鲜族,吉林舒兰人,助教,硕士研究生,研究方向:高效光伏电池制备。

江楠(1982—),男,汉族,广西北海人,硕士研究生,高级工程师,研究方向:新能源材料及元器件。