

工程教育认证产出导向的课程重构与实践——以新能源材料与器件专业《工程实验设计与数据处理》为例

李佳

辽宁工业大学 材料科学与工程学院, 中国·辽宁 锦州 121001

摘要: 工程教育专业认证的核心落脚点在于学生复杂工程问题解决能力的可量化、可落地、可评价, 对工科专业工具类课程的实用性、支撑性、工程性提出了硬性要求。《工程实验设计与数据处理》是新能源材料与器件专业承托所有实验类课程、科创研究与毕业设计的方法论核心课程, 区别于专业理论课, 其核心价值在于赋能学生的科研实操与工程试验优化。针对当前多数高校该课程存在的方法论悬浮、专业适配错位、能力产出模糊、评价闭环缺失等非典型教改难题, 本文跳出传统“问题-对策”的同质化教改思维, 以产出导向反向设计为核心逻辑, 结合新能源材料电化学测试、薄膜器件制备、储能性能表征等专业独有实验场景, 重新界定课程育人定位、重构课程层级体系、搭建能力落地载体、建立认证适配的量化评价机制, 探索适配新能源交叉专业的工具类课程新型教改模式。实践证明, 全新结构的课程体系有效解决了通用工科课程与新能源专业工程实践脱节的痛点, 显著提升了学生实验科研规范化水平与工程数据研判能力, 可为新工科工具类课程的认证化改革提供全新思路。

关键词: 工程教育认证; 产出导向; 新能源材料与器件; 实验设计; 数据处理; 课程重构

Curriculum Reconstruction and Practice Oriented to Outcomes of Engineering Education Accreditation — A Case Study of Engineering Experiment Design and Data Processing for the Major of New Energy Materials and Devices

Li Jia

School of Materials Science and Engineering, Liaoning University of Technology, China Liaoning Jinzhou 121001

Abstract: The core objective of engineering education accreditation lies in the quantifiable, implementable and evaluable competency of students to solve complex engineering problems, which imposes mandatory requirements on the practicality, supporting function and engineering nature of tool-based courses for engineering majors. Engineering Experimental Design and Data Processing serves as a core methodological course for the major of New Energy Materials and Devices, underpinning all experimental courses, scientific and innovative research, as well as graduation projects. Different from specialized theoretical courses, its core value is to empower students in practical scientific research and engineering test optimization. Atypical teaching reform challenges widely exist in this course at most universities, including detached methodology, mismatched professional adaptation, vague competency outcomes, and incomplete evaluation loops. Breaking away from the homogeneous "problem-countermeasure" thinking of traditional teaching reform, this paper adopts outcome-based reverse design as the core logic. Combined with discipline-specific experimental scenarios of new energy materials, such as electrochemical testing, thin-film device fabrication and energy storage performance characterization, this study redefines the educational orientation of the course, reconstructs its hierarchical system, builds practical carriers for competency cultivation, and establishes an accreditation-adapted quantitative evaluation mechanism. A novel teaching reform model of tool-based courses tailored for the interdisciplinary major of new energy is explored. Practice shows that the restructured curriculum effectively addresses the disconnection between general engineering courses and the engineering practice of new energy majors, markedly improves students' standardization of experimental research and their capability to analyze engineering data. It provides innovative insights for accreditation-oriented reform of tool-based courses under the emerging engineering education framework.

Keywords: Engineering education accreditation; Outcome-based education; New energy materials and devices; Experimental design; Data processing; Curriculum reconstruction

1 课程育人定位与认证支撑逻辑

不同于材料物理、电化学原理等理论核心课程,《工程实验设计与数据处理》属于新能源材料与器件专业的方法论支撑型课程,不直接讲授专业材料机理,而是为全学段专业实验、工程试验、科研创新提供标准化方法体系。在工程教育认证毕业要求指标体系中,该课程主要精准支撑问题分析、工程实践、综合研判三大核心指标点,是学生从理论认知走向工程实操的关键过渡课程^[1]。

新能源材料与器件专业具备极强的实验依赖性,电池循环测试、光电转换效率测试、材料改性工艺优化、微观结构表征等核心实践环节,均需要科学的实验设计思路与严谨的数据处理方法。工程教育认证强调以学生为中心,重视学生解决复杂工程问题能力的培养,这也是所有工科专业课程改革必须遵循的基本准则。从工程教育认证视角来看,传统教学最大的短板并非知识点缺失,而是方法论与专业工程场景不匹配,学生掌握的通用统计方法无法解决新能源材料实验中的非线性数据拟合、多因素工艺耦合、系统误差溯源、实验结果不确定性分析等专属工程问题。基于此,本文不再沿用传统课程改革的表层优化思路,而是从课程定位、体系结构、育人载体、评价机制四个维度进行结构性重构,实现课程从“通识工具教学”向“专业工程赋能”的根本性转变。

2 基于专业认证视角的课程结构性短板剖析

结合新能源材料与器件专业人才培养实际,对照工程教育认证毕业要求达成标准,当前课程教学存在的问题不再局限于教学模式单一等表层问题,更多是课程体系结构性错位,具体体现在三个核心维度。

2.1 知识体系结构错位,通用方法与专业工程场景割裂

现有教材与授课体系以传统工科通用实验模型为主体,侧重机械、化工领域的单因素、线性、稳态实验数据处理,而新能源材料实验多为多因素耦合、非线性变化、动态波动的复杂实验体系。例如锂电池倍率性能衰减、钙钛矿薄膜缺陷对光电性能的影响、热处理工艺对储能材料稳定性的作用,均属于多变量交叉影响的复杂工程问题。传统课程讲授的正交试验、基础方差分析、线性拟合方法,无法适配新能源专业复杂实验的数据规律,导致学生所学方法与专业实操完全脱节,课程知识无法转化为解决专业工程问题的有效能力。

2.2 能力培养结构缺失,重理论方法轻工程研判

现有课程教学结构以理论方法讲授和公式计算练习为

主,整个教学体系缺少工程教育认证核心要求的问题研判与优化迭代环节。课程仅教会学生如何处理数据,但未培养学生如何通过数据反推实验问题、优化实验方案、修正工艺参数的工程思维。在新能源材料实验中,数据波动、实验误差、拟合偏差并非简单计算问题,而是材料制备工艺、测试环境、器件结构缺陷的综合体现。传统教学结构忽略了数据背后的工程逻辑,导致学生只会机械处理数据,不具备工程问题溯源与优化能力,无法达成认证能力指标要求。

2.3 评价体系结构失衡,无闭环、无量化、无对标

传统课程评价结构为考试为主、过程为辅,完全脱离工程教育认证持续改进和量化达成的评价逻辑。其一,评价维度仅考核知识掌握度,不考核工程能力达成度,无法对标毕业要求指标点;其二,评价过程无动态跟踪,无法记录学生实验设计、数据研判、问题修正的能力成长过程;其三,评价结果无反馈闭环,考试结束即教学终止,无法实现教学内容、教学方法的动态优化,违背认证持续改进的核心机制。

3 产出导向的课程结构性重构方案

依托工程教育认证反向设计理念,以新能源材料与器件专业毕业能力产出为唯一导向,对课程进行结构性重构,搭建知识体系、教学载体、能力目标的全新课程架构,彻底打破传统通识化教学框架。

3.1 重构层级化专业知识体系

摒弃通用型知识结构,结合新能源专业实验层级,构建“基础方法层—专业适配层—工程创新层”的递进式知识体系^[2]。基础方法层保留误差理论、统计分析、试验设计、数据拟合等必备通用方法论,保障学生基础能力达标;专业适配层针对性新增新能源专属教学内容,包括电化学测试数据降噪处理、电池循环寿命非线性拟合、薄膜制备多因素正交优化、光电测试系统误差溯源等专业模块,实现方法与专业场景精准匹配;工程创新层融入产业前沿分析方法,响应面工艺优化、正交试验极差与方差耦合分析、实验数据可靠性验证等进阶内容,适配学生科创竞赛、毕业设计与工程研发需求。

3.2 搭建双线教学载体

改变传统单一课堂授课结构,建立理论筑基、项目落地的双线教学模式。理论课堂聚焦方法原理的精准讲解,弱化复杂公式推导,强化方法适用场景辨析,让学生明确不同数据处理模型对应的新能源实验类型。实践课堂全面取消传统验证性练习,全部采用新能源真实工程项目驱动

教学, 设置“电极材料烧结工艺优化”“光伏器件测试误差控制”等真实项目, 要求学生独立完成实验方案设计、变量筛选、数据采集、模型拟合、误差分析、工艺优化全流程训练, 实现方法论知识向工程能力的完整转化。

3.3 确立三维能力培养目标

对标工程教育认证毕业要求, 明确课程三大能力产出目标: 一是实验设计能力, 能够针对新能源材料复杂实验完成多因素试验方案设计与参数优化; 二是数据研判能力, 能够精准处理非线性、波动性专业实验数据, 并通过数据规律分析实验缺陷与工艺问题; 三是工程创新能力, 能够依托数据分析结果完成实验工艺改进与方案迭代, 形成完整的工程问题解决思维。

4 认证适配的全过程量化评价体系搭建

为解决传统评价无闭环、无量化的问题, 构建适配工程教育认证的全过程、可量化、可追溯、可改进四维评价体系, 彻底颠覆传统考核模式。评价体系分为过程能力评价、项目成果评价、终结能力测评三个模块, 总成绩由60%过程综合成绩+40%终结应用成绩构成。

过程能力评价不再以考勤、作业为依据, 重点记录学生每一次专业实验项目的方案合理性、数据处理规范性、问题分析深度, 形成个人能力成长档案; 项目成果评价针对课程专项工程项目, 从方案设计、数据精度、问题溯源、优化创新、报告规范五个维度量化打分; 终结测评摒弃记忆性考题, 采用新能源真实工程案例实操考核, 要求学生现场完成实验设计与数据建模分析, 重点考核工程应用能力。同时, 建立年度能力达成度数据分析机制, 根据学生能力短板反向修正教学内容, 形成教学-评价-反馈-优化的认证闭环^[3]。

5 改革成效分析与长效优化机制

5.1 改革实施成效

本次结构性改革实施后, 课程彻底摆脱了通识化教学弊端, 与新能源材料与器件专业工程实践高度适配。从能力达成数据来看, 学生专业实验设计合理性、数据分析准确率、实验问题研判能力较改革前提升显著, 毕业设计中实验不规范、数据处理混乱、结论空洞等问题大幅减少。从认证支撑角度, 课程能够精准对应专业毕业要求能力指

标点, 能力产出可量化、可追溯、可评价, 有效支撑专业工程教育认证常态化建设。同时, 学生参与大创项目、学科竞赛的实验科研能力显著提升, 课程育人的实效性与专业性全面升级。

5.2 长效持续改进机制

持续改进是工程教育认证的重要环节, 需要建立常态化的教学质量反馈渠道。基于工程教育认证持续改进要求, 建立课程动态迭代优化机制。结合每年新能源产业技术更新、专业实验体系调整、学生能力达成数据, 逐年更新课程工程项目案例、优化知识层级结构、调整评价指标权重。同时, 联动专业实验室、校企合作平台, 持续引入企业一线新能源实验工程案例, 让课程教学始终贴合行业工程标准, 保障课程育人质量长效稳步提升。

6 结语

《工程实验设计与数据处理》课程改革的核心不在于教学形式的简单调整, 而在于打破通识化课程结构, 建立适配新能源专业的工程化育人体系。本文跳出传统同质化教改框架, 从课程定位、结构短板、体系重构、量化评价、长效优化五个全新维度完成课程改革设计, 实现了课程从教知识到育能力的结构性转变。改革后的课程体系精准对接工程教育认证产出导向要求, 深度贴合新能源材料与器件专业的实验特色与产业需求, 有效夯实了学生的工程实验与科研创新能力, 可为新工科同类工具类基础课程的认证化改革提供全新的实践范式。

参考文献:

- [1] 王雪姣, 宋佳秋, 刘利刚等. 审核评估视角下金工实习质量保障体系[J]. 中国冶金教育, 2026(04):80-85.
- [2] 丁格, 范兵, 吴先球等. 基于产出导向的近代物理设计性实验学生学习成果评估[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(08):173-177.
- [3] 陈彰旭, 傅明连, 朱丹琛等. 应用化学专业“实验设计与数据处理”课程“轻混合”教学探究[J]. 化工时刊, 2022, 36(12):58-62.

作者简介: 李佳(1993.05-), 男, 汉族, 辽宁锦州人, 博士, 辽宁工业大学讲师, 研究方向: 金属功能材料。