“唤起好奇、激发潜能”导向下的新生项目课设计与实践——以电气工程及其自动化专业智能光伏-储能-动力微缩系统为例

蔡琴 张磊 乐程放
成都工业学院，中国·四川 成都 611730

摘要：针对电气工程及其自动化专业大一新生对专业了解不清、实践基础较弱和学习动力不足等问题，课程将理论导学与项目实践结合，设计了以智能光伏－储能－动力微缩系统为主要任务的新生项目课；项目按认知、能力和挑战逐步提高的顺序分为三个阶段，将 CDIO 全过程安排在 16 学时的项目实践中，同时开展课程思政、团队分工和多种形式的考核。教学实践表明，课程有助于激发学生的专业兴趣，增强学习主动性，改善工程实践和团队协作表现，并加深专业认同，可为电气工程类专业的入门教学提供参考。

关键词：新工科；新生项目课；电气工程及其自动化；项目式学习；课程思政；CDIO

Design and Practice of a Freshman Project Course Oriented Toward "Arousing Curiosity and Stimulating Potential": A Case Study of a Miniature Intelligent Photovoltaic–Energy Storage–Power System for Electrical Engineering and Automation

Cai Qin, Zhang Lei, Le Chengfang
Chengdu Technological University, China Sichuan Chengdu 611730

Abstract: A freshman project course combines theoretical orientation with practice for electrical engineering and automation students. It uses a miniature intelligent photovoltaic–energy storage–power system. The project is divided into three stages with increasing demands on understanding, skills, and problem solving. The full CDIO process is included in 16 class hours of practice, along with values education, team responsibilities, and several forms of assessment. Teaching practice suggests that these arrangements help students become more curious about the major and more active in learning, develop practical and teamwork skills, and strengthen their professional identity. The course offers a reference for introductory education in electrical engineering.

Keywords: New engineering; Freshman project course; Electrical engineering and automation; Project-based learning; Values education; CDIO

0 引言

新一轮工业革命要求工程教育加强实践训练，重视不同领域知识的结合与综合运用。美国工程教育协会指出，工程教育在内容、教学方式和教育文化上的调整相对缓慢，以教师讲授、学生被动接受为主的课堂仍较常见[1]；MIT《全球一流工程教育现状》报告也指出，工程教育正在经历快速而深刻的变化[2]。我国相继提出“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”，持续推进新工科建设，为高校开展工程教育改革提供了指导[3-5]。

在具体课程中落实新工科要求，仍存在一些困难；电气工程及其自动化专业大一新生通常对专业缺少清楚的认识，工程实践经验不多，学习动力也有待增强，传统讲授式导论课较难使学生全面认识专业、获得工程体验。为此，本文将理论导学与项目实践结合，以智能光伏－储能－动力微缩系统为主要项目，安排三个逐步提高要求的阶段，同时加入课程思政、团队合作和多种评价方式，探索适合新生的专业入门教学；课程保留必要的理论学习，让学生在任务中运用理论，带着问题进入后续专业课程。

1 课程设计依据

课程设计结合新生已有的知识基础和专业培养要求，分别明确培养目标、任务难度的变化顺序以及教学实施原则。

1.1 核心素养要求与课程培养目标

新生项目课在介绍专业知识的同时，还需帮助学生了解专业，形成初步的工程意识；课程以“好奇心与学习力”“全球视野与领导力”为主要培养方向，将知识整理、创新思考、团队合作和工程表达列入目标。考虑到新生的基础，课程既设置能够达到的基本要求，也保留进一步探索的空间，学生首先需要理解系统组成、按规范操作并如实记录数据，再尝试解释现象、比较方案和提出改进。

课程据此对培养目标作了进一步安排：学生除了认识专业，还要逐步形成专业认同和学习兴趣；知识学习既关注内容之间的联系，也重视创新思考，技术训练则与合作、表达等能力培养结合。教师把这些要求分别落实到理论导学、项目任务和成果评价中，通过认知图谱查看学生能否理解知识联系，通过阶段任务了解能力变化，再结合结课反思考察专业认同，使各项教学活动与培养目标相对应。

1.2 逐步提高任务要求并结合不同领域知识

新生项目课是逐级提高挑战程度的项目课程体系的起点，学生通过实际工程任务，初步经历构思、设计、实现和运作四个阶段；课程在入门阶段安排适当的挑战，为后续专业项目课、跨学科项目课和高峰项目课作准备。项目从基础任务开始，教师提供必要帮助，再逐步增加难度，使任务与学生基础相匹配。

课程还安排了不同领域内容的结合：在知识学习上，专业导论适当介绍产品外观、用户体验和商业价值；在能力训练上，学生以 4 人小组模拟工程团队，练习协作和任务组织；在视野拓展上，教师结合全球能源转型介绍国际发展情况，帮助学生认识电气工程所承担的社会责任。

1.3 项目学习 CDIO 与课程思政的实施安排

课程以项目学习作为主要方式，按 CDIO 全过程组织任务，并在教学中融入课程思政；三者围绕同一个项目展开，分别说明学生怎样学习、按什么步骤完成任务，以及专业学习具有怎样的意义。

第一，以项目学习组织教学。课程安排 16 学时项目实践，由学生完成方案设计、硬件搭建、调试和功能验证，让学生在操作中学习文献查找、系统设计和实践方法，并练习团队合作。

第二，按照 CDIO 全过程安排任务。学生在构思阶段分析需求、提出方案，在设计阶段绘制连接框图、明确接口，随后完成电路搭建和程序调试，进入运作阶段后再开展系统联调、性能测试与展示，从中了解工程项目从构思到运行的过程；教师除讲解知识外，还负责设计任务、指导学习，在关键步骤提示原理、说明操作要求并帮助分析问题，具体方案仍由学生完成。

第三，将课程思政融入各项教学活动。理论课结合我国特高压、新能源和光伏产业的发展，培养学生服务国家科技发展的意识；实践中让学生认识光照间歇性、储能效率和功率匹配等限制条件，学会依据实际情况调整方案；成果展示则要求成员共同参与、规范表达，并理解工程人员应承担的责任。

2 课程总体设计

课程以专业启蒙和实践入门为主要任务，将双轨教学、三阶项目任务、课程思政和多种评价方式结合。

2.1 课程定位与目标

本课程属于专业必修课，主要帮助新生认识专业并开始接触实践；理论部分介绍学科的基本内容、知识体系、应用领域及产业发展情况，项目部分安排 16 学时实践，让学生初步尝试运用所学知识。

2.2 理论导学与项目实践的结合

理论导学帮助学生认识专业并理解项目涉及的原理，项目实践则让学生有机会使用这些知识，两部分通过具体问题联系起来；例如，学习光伏发电时分析系统的输入特性，学习储能和电力电子时讨论充放电及电压变换，学习电机驱动时说明负载与调速的关系。理论内容根据项目需要安排，以帮助新生理解关键现象为主，不要求完整深入。

2.2.1 理论导学内容与专业认知图谱

理论教学共 16 学时，其中专业概述 4 学时，电机与电器 2 学时，电力系统及其自动化 4 学时，电力电子与电力传动 2 学时，高电压与绝缘技术 2 学时，电工理论新技术与新能源发电 2 学时；各方向先介绍基本概念，再讲解典型系统和工程应用，最后提出相关前沿问题，并结合微缩系统设置引导问题。学生逐步补充专业认知图谱，将导论知识联系起来，了解专业知识的组成及相互关系。

2.2.2 项目实践内容与学时安排

项目实践共 16 学时，学生制作面向乡村和户外低功耗应用的智能光伏 – 储能 – 动力微缩系统；系统使用太阳能电池板、TP4056 充电管理模块、18650 锂电池、Arduino Nano 控制核心、MOSFET 驱动模块、直流电机和 OLED 显示屏。项目围绕光伏发电、充电与储能、电机驱动等环节展开，由控制核心参与运行控制，让学生认识各部分的配合关系，并完成方案设计、硬件搭建、调试和验证，具体安排如下：

实验实训 1 ：系统方案设计与电路搭建（ 4 学时 ）。

学生先分析应用需求，绘制模块连接框图，明确能量流和信号流的接口，再按“先单元、后整体，先弱电、后强电”的顺序搭建面包板电路；充电、显示、驱动和采样单元分别上电测试，确认各部分的工作情况。

实验实训 2：程序设计与模块调试（4 学时）。学生在 Arduino IDE 中分模块编写程序，实现电池电压分压采样、滑动平均滤波、电量百分比估算、PWM 电机调速和 OLED 状态显示，同时保存程序并记录调试数据。

实验实训 3：系统集成与软硬件联调（4 学时）。学生对光伏发电、储能管理和动力驱动各部分进行联合调试，完成光照充足时光伏充电与驱动同时进行、光照不足时改由电池供电的控制任务；系统还需按电量分级调节 PWM，并在欠压时停机保护，学生据此检查线路、程序及功率匹配方面的问题。

实验实训 4：总装、测试与展示（4 学时）。学生完成系统总装，在强光、弱光和无光条件下测试功能与性能，按要求记录电压、电流和电量等数据，再进行产品演示与成果汇报。

2.3 三阶项目任务与能力要求

上述 4 个实验实训环节按认知、能力和挑战逐步提高的要求分为三个阶段，实验实训 1 为第一阶，实验实训 2 为第二阶，实验实训 3、4 共同组成第三阶；学生在前两阶完成各模块的学习与调试，第三阶再将模块组合起来，检验其能否在实际限制条件下合作完成整体任务。

第一阶是系统方案设计与电路搭建，主要训练基础认识和操作能力；学生根据“自发供电、无人值守”的应用需求提出方案，学习查找文献、设计系统结构和搭建电路，重点处理模块接口匹配、充电保护功能验证及面包板布局等问题。

第二阶是程序设计与功能模块调试，主要练习工具使用和自主学习；学生用 Arduino 完成电压采集、电量估算、调速及显示，学习检查和修改程序，其中较难的部分包括分压参数计算、采样精度控制、PWM 占空比与电量阈值的匹配，以及 I2C 显示通信的稳定性。

第三阶是系统集成与产品总装，主要训练整体调试、成员协作和成果表达；学生联调光伏发电、储能管理与动力驱动各部分，测试性能并展示成果，重点分析功率是否匹配、能量管理策略是否适用，以及光照受限时的测试数据。

三个阶段的任务从认识模块逐步转向系统集成，从分别调试转向合作联调，也从验证基本功能转向处理综合问题；每个阶段都规定提交成果和检查时间，教师查看成果后及时反馈，尽量让学生在模块调试时就发现问题并作出修改。

2.4 课程思政融入

课程围绕科技报国的教育要求，在理论学习、实践操作和成果展示中融入相关内容；理论课结合学校老一辈教师的奋斗经历、我国特高压与新能源发展成就以及“双碳”目标，介绍电气工程在清洁能源、智能电网和新能源汽车等领域的作用。教师从工程事实和学生的任务选择中展开讨论，如通过如实记录数据说明科学态度的重要性，通过能量效率和系统安全问题讨论工程责任，再借助国产光伏产业案例，帮助学生理解专业学习与国家发展的联系，使价值教育与具体学习内容相结合。

实践环节结合光伏产业自主创新的过程，让学生认识光照、储能和功率匹配等实际限制，依据基本原理反复修改方案；小组共同调试的过程，也用于培养合作意识以及认真、求实的工作态度。

2.5 团队协作机制

项目以 4 人小组开展，分别设置系统架构、硬件、软件和测试岗位，负责方案与接口、电路调试、程序编写及数据测试，并安排组内互评和组间答辩；为使成员接触不同工作，课程适时轮换岗位，关键任务需由成员共同验收。学生既要提交本人负责的过程材料，也要参加系统联调和答辩，教师结合任务清单、实验记录与现场表现判断实际贡献，不只看最终产品；组间答辩要求学生展示实物、说明数据并回答提问，以此练习工程表达和现场应对。

3 教学实施与考核评价

3.1 教学方法与手段

课程根据教学内容选用启发提问、案例分析、项目任务和小组讨论等方法；理论课以特高压、新能源等案例引出问题，再分析原理、讨论方案，实验课则依次完成方案设计、模块搭建、程序调试、系统集成和产品展示。教师利用实物演示、Arduino 开发平台及万用表等测量工具，帮助学生开展实践和进一步探索；教学按课前导学、课中实践、课后反思安排，进度较快的小组可尝试拓展任务，基础较弱的小组先完成基本功能。

3.2 考核评价体系

课程总成绩包括平时、实验和期末三部分，计算方式为：总成绩 = 平时 30%+ 实验 40%+ 期末 30%。平时考核主要查看课堂表现、作业和文献调研情况；实验考核结合阶段成果、最终产品和团队表现，评价方案设计、硬件搭

建、调试、数据记录与协作情况，产品能否运行只是其中一项依据；期末考核采用结课报告，学生需联系项目经历，说明相关专业知识、遇到的工程限制和个人收获，教师据此考察其专业认识、国际视野及反思能力。各项课程目标均设置优秀、良好、合格和不合格四档评分标准。

4 实践成效与反思

4.1 实践成效

4.1.1 专业认知更加清晰

课程通过实施前后的问卷和小组访谈，了解学生对五大领域、课程体系和未来发展方向的认识。课程开始前，多数新生对专业了解不清，学习后能够较清楚地说明电力系统、电力电子、电机与电器等领域的主要内容及联系，也更了解后续应学习什么、可以向哪些方向发展；访谈中，学生表示微缩系统有助于理解不同专业方向在实际工程中如何配合。现阶段的判断主要来自问卷、访谈、实验报告和产品展示等材料，所反映的是学生在专业入门阶段出现的初步变化。

4.1.2 工程实践与团队协作能力得到提升

经过分阶段的项目训练，学生初步学会了文献调研、系统设计、硬件搭建、程序调试和系统集成；从实验报告和产品展示看，多数小组能按基本流程完成方案到总装的任务，利用 Arduino 实现电压采样与滤波、电量估算、PWM 调速和 OLED 状态显示，并根据电量分级策略调节功率、实现欠压保护，能够检查接线、采样误差、程序逻辑和功率匹配方面的问题。各小组表现存在差别，基础较好的小组能够说明参数选择的理由，并分析测试偏差，部分小组则主要参照示例连接电路、修改程序；因此，后续教学既要看产品是否完成，也要了解学生是否理解原理，教师可结合个别提问、调试记录和方案说明判断实际学习情况。

角色分工使每位成员有了较明确的任务，组内互评显示，多数学生能够完成分内工作，并主动与其他成员沟通；组间答辩则让学生练习说明工程问题和应对现场提问。部分团队继续改进课程作品，参加首届全国电子信息类专业“新生创客大赛”，把课程中的项目进一步完善为参赛作品。

4.1.3 课程思政育人效果逐步显现

从结课报告看，多数学生能够结合特高压、新能源和光伏产业案例，说明电气工程对社会发展的作用，对专业的认同和服务行业的责任感有所体现；遇到光照受限、储能效率不理想等情况时，多数小组愿意反复调试、查找原因，表现出求实和坚持解决问题的态度。

4.2 问题与改进方向

4.2.1 项目难度与新生基础的匹配

新生还没有系统学习电路和电子技术，理解模块参数、接口及电平兼容性有一定困难，设计方案时往往花费较多时间；后续可在实验实训 1 之前，先安排元器件认识和简单测量，再提供简化的选型指南、接口示例及不同难度的任务，使学生较容易开始实践，同时保留必要的挑战。分层安排仍需保证基本学习目标一致，让学生自主尝试拓展任务，不能因此降低对部分学生的基本要求。

4.2.2 实验学时与拓展创新的平衡

在 16 学时内完成设计、搭建、调试、集成和展示，时间安排较紧，部分小组缺少拓展机会；后续可把蓝牙 / WiFi 远程监控、最大功率点跟踪（MPPT）和多传感融合等内容安排为课外开放项目，配合实验室开放、线上指导及创新加分，让学生先达到基本要求，再根据兴趣继续探索。

4.2.3 团队协作中的“搭便车”现象

部分小组的成员参与程度不一，组内互评也可能受到人际关系影响；后续需要进一步明确各岗位的任务和应提交的成果，在实验实训 2、3 结束后增加阶段互评，并结合教师日常观察、岗位轮换及个别指导，较客观地评价每位成员的实际贡献。

4.2.4 成效评价证据仍需完善

目前，成效判断主要依据短期描述性材料，样本覆盖范围、量化指标和长期跟踪还不够充分；后续可采用统一的量表和任务测评，结合课程目标完成情况与学生后续专业学习表现进行纵向比较，同时说明由谁评分、怎样分析数据，为教学结论提供可核查的依据。

5 结语

本课程围绕智能光伏 – 储能 – 动力微缩系统，将理论导学与实践结合，分三个阶段安排项目任务，并融入课程思政和多种评价方式，具体落实“唤起好奇、激发潜能”的教学要求；学生通过课程初步了解专业、接触工程实践，并逐步从接受知识转向主动分析问题。后续将根据学生基础适当增加挑战，加强与企业和科研团队的合作，改进过程评价及教学支持条件，逐步建设贯通四年学习的项目课程体系。

参考文献：

[1] American Society for Engineering Education. Transforming Undergraduate Education in Engineering Phase

I: Synthesizing and Integrating Industry Perspectives[R]. Washington, DC: ASEE, 2013.

[2] GRAHAM R. The Global State of the Art in Engineering Education[R]. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2018.

[3] 教育部高等教育司.“新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究，2017(1): 10-11.

[4] 教育部高等教育司.“新工科”建设行动路线（“天大行动”）[J]. 高等工程教育研究，2017(2): 24-25.

[5] 教育部高等教育司. 新工科建设指南（“北京指南”）[J]. 高等工程教育研究，2017(4): 20-21.