

以数字转型与科教融汇驱动的电气工程专业一流课程建设

于德亮, 于 乐, 高俊国, 王兆天, 孙东阳

哈尔滨理工大学电气与电子工程学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2026年1月6日; 录用日期: 2026年2月6日; 发布日期: 2026年2月14日

摘 要

为应对数字时代发展浪潮并服务国家“双碳”战略, 新能源与电能变换领域亟须兼具科研素养与工程创新能力的高层次人才。作为电气工程专业核心课程, “电力电子技术”在新型工科人才培养中起着关键支撑作用。本文以“数字转型与科教融汇”为双重驱动, 系统探索电气工程专业一流课程建设的改革路径。具体措施包括: 剖析电力电子领域复杂工程问题的数字化特征与科研内涵, 构建跨课程、融技术的知识能力贯通体系; 依托项目式实践与数字化教学平台, 推动科研方法、工程实践与数字技能深度融合。通过课程结构重组、教学内容更新及评价机制创新, 显著增强学生面向复杂工程场景的综合解决能力, 为数字赋能、科教融合的一流课程建设提供了可推广的实践范例。

关键词

科教融汇, 多要素驱动, 电力电子技术, 课程知识通道, 复杂工程问题

Construction of First-Class Electrical Engineering Courses Driven by Digital Transformation and Integration of Scientific Research and Education

Deliang Yu, Le Yu, Junguo Gao, Zhaotian Wang, Dongyang Sun

School of Electrical and Electronic Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang

Received: January 6, 2026; accepted: February 6, 2026; published: February 14, 2026

文章引用: 于德亮, 于乐, 高俊国, 王兆天, 孙东阳. 以数字转型与科教融汇驱动的电气工程专业一流课程建设[J]. 教育进展, 2026, 16(2): 1089-1095. DOI: 10.12677/ae.2026.162405

Abstract

In response to the development wave of the digital era and to support the national dual-carbon strategic goals, the fields of new energy and electric power conversion urgently require high-level talent equipped with both scientific research literacy and engineering innovation capabilities. As a core course in electrical engineering, “Power Electronics Technology” plays a key supporting role in cultivating new engineering talent. Guided by the dual drivers of “digital transformation and integration of scientific research and education,” this paper systematically explores reform pathways for constructing first-class courses in electrical engineering. Specific measures include: analyzing the digital characteristics and research dimensions of complex engineering problems in power electronics, establishing an interdisciplinary knowledge and competency framework, and leveraging project-based practical teaching and digital platforms to deeply integrate research methodologies, engineering practice, and digital skills. Through restructuring course design, updating teaching content, and innovating evaluation mechanisms, students’ comprehensive ability to address complex engineering challenges has been significantly enhanced. This provides a replicable practical model for developing first-class courses empowered by digital tools and grounded in the integration of scientific research and education.

Keywords

Integration of Scientific Research and Education, Multi-Element Driven, Power Electronics Technology, Curriculum Knowledge Pathway, Complex Engineering Problems

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在数字化转型浪潮与科教深度融汇的驱动下，电气工程专业教育正经历系统性重塑。为支撑国家“双碳”战略及新能源产业对高素质人才的需求，电气工程及其自动化专业的核心课程改革与实践成为教育教学改革的关键。以核心课程之一的“电力电子技术”为例，他不仅衔接自动控制原理、单片机原理等前导课程，更是运动控制、电力系统分析及新能源发电技术等多门专业课程的重要基础，在人才培养体系中发挥着承上启下的桥梁作用[1]。工程教育专业认证所倡导的“学生中心、产出导向、持续改进”理念，为课程建设指明了方向[2]。电力电子技术兼具多学科交叉性与强工程实践性，其知识体系复杂、与工程实际联系紧密，这与基于产出导向(Outcome-Based Education, OBE)的教育模式高度契合[3] [4]。面对当前数字化发展趋势，课程改革亟须融合智能仿真、数字平台与科研项目，将前沿技术与工程案例融入教学，推动“两性一度”(高阶性、创新性、挑战度)的真正落地，从而系统构建学生应对复杂工程问题的综合能力[5]。

基于此，本文立足于数字化赋能与科教融汇的双重背景，围绕如何通过课程改革有效提升人才培养质量展开论述。核心路径包括：首先，界定电力电子技术领域复杂工程问题的内涵与典型场景；其次，依托数字化教学平台与科研项目载体，构建跨课程、多维度知识能力贯通通道；最终，以复杂工程问题为主线，设计贯穿课程学习、实验实践、实习实训至毕业设计的全链条、数字化、科教协同的培养体系，为工程教育认证背景下电气工程专业的一流课程建设提供实施框架与实践参考[6]。

2. 课程中的复杂工程问题

在数字化转型与科教融汇的背景下,电力电子技术课程所涉及的复杂工程问题具备了新的内涵与教学价值。根据工程教育认证标准,复杂工程问题通常具备七个特征(《华盛顿协议》),其中“必须运用深入的工程原理,经过分析才可能得到解决”是本科教育阶段的核心要求。这一特征与“两性一度”中的高阶性高度契合,强调对工程原理从理解到分析应用的能力跃迁。电力电子技术作为一门通过器件与控制实现电能变换的课程,其核心内容——如相控调压、PWM 调制策略等——均要求学生基于扎实的理论进行系统分析与设计,天然符合该特征。

其余特征包括多因素冲突、需建立创造性模型、超越常规方法、涉及非标与规范外因素、利益相关方协调以及问题综合性等,共同刻画了真实工程场景的复杂性与不确定性。在电力电子技术教学中,这些特征亦得到充分体现:

- ① 多因素冲突与决策:如器件选型中开关频率与功率容量的矛盾,需在数字化仿真平台(如 PLECS、Matlab/Simulink)辅助下进行多目标权衡;
- ② 创造性建模与近似处理:针对非线性电路与控制问题,引导学生构建简化模型并借助仿真工具验证,体现工程化思维;
- ③ 多方案设计与系统协调:在主电路拓扑设计中,需统筹功率密度、效率、电磁兼容等指标,并借助虚拟实验平台进行方案比较与优化;
- ④ 非标因素与综合性:如高频磁件设计、散热与电磁干扰等实际问题,往往超越课本标准,可融入相关科研项目案例,开展探究式学习。

在科教融汇的框架下,上述问题可通过引入新能源并网、电动汽车驱动等前沿科研课题,转化为课程项目或案例;数字化转型则为学生提供了虚拟仿真、数字孪生等工具支持,使其能在接近真实的工程环境中开展分析、设计与评估。通过这种方式,课程不仅传授知识,更构建起面向复杂工程系统的数字化解决能力与科研素养,从而支撑起工程教育认证所要求的毕业能力达成[7][8]。

3. 建立解决复杂工程问题能力的知识通道

如上所述,电力电子技术中的复杂工程问题,既需要扎实的知识基础与深入的系统分析能力,也强调在多重约束下协调矛盾、突破常规方法,并在相互关联的子问题中构建创新性解决方案。为系统提升学生应对此类问题的能力,应在数字化转型与科教融汇的框架下,推动课程教学体系改革:一方面,借助虚拟仿真、数字孪生等工具夯实学生的多学科基础与系统建模能力;另一方面,通过科研项目与工程案例重构课程内容,打通电力电子技术及相关课程之间的知识通道,推动理论教学、实验探究与工程实践在数字化平台中有机融合。

3.1. 基础能力培养

在电力电子技术课程的学习过程中,奠定扎实的基础知识与分析能力是通往复杂工程问题解决的必经之路。该课程的基础能力主要包括掌握电能变换的基本原理,以及运用相关知识对典型电路拓扑进行稳态分析与波形推导的能力。传统教学往往偏重拓扑结构的逐一讲授与波形细节的记忆,但由于课程本身理论性强、波形分析复杂,若缺乏工程情境与互动支撑,容易导致学生参与度低、理解表面化,从而影响基础能力的有效构建。

为此,课程教学需在数字化转型与科教融汇的框架下进行系统性重构。应突破以拓扑罗列为主的教学模式,转向以工程项目为引导、以数字化工具为支撑的教学设计。例如,哈尔滨理工大学电气工程专业电力电子技术课程建立了融合科研项目与工程实际的案例库,引导学生基于基础电路对实际系统——

如步进电机控制、PWM 调光电路、直流电机调速系统等一一进行建模与分析。在此过程中,学生不仅可借助仿真软件(如 PLECS、MATLAB/Simulink)对电路行为进行可视化验证与参数优化,还能通过案例中蕴含的工程矛盾(如效率与损耗、精度与成本)理解多约束下的设计权衡。

这一模式不仅提升了学生的课堂投入度与自主学习能力,更在基础学习阶段融入了系统思维与工程规范的初步训练。通过数字平台记录分析过程、反馈迭代结果,教师可实时跟踪学习成效,实现精准指导;而案例与科研课题的结合,则使基础知识传授与前沿工程实践得以贯通,为后续解决复杂工程问题奠定了可延伸、可深化的能力基础。

3.2. 课程知识通道的构建

课程知识通道的构建,旨在突破单门课程的边界,通过系统化梳理电力电子技术与相关课程之间的内在联系,建立跨课程的知识与能力联通路径。这一通道以电力电子课程为核心,向前衔接基础理论,向后延伸至工程应用,使学生能够融会贯通多学科知识,形成解决复杂工程问题的整体性能力。

为构建这一通道,我们首先从电气工程及其自动化专业(电力电子与电力传动方向)的整体培养方案出发,将相关课程划分为以下层次:

① 直接相关课程:如电子技术、电机学、自动控制系统等,其内容与电力电子技术高度交融;

② 强相关课程:进一步分为基础类(电路、电磁场)、工具类(单片机与 C 语言、电力电子电路仿真、电气 CAD、工业通信网络)、应用类(电源变换技术、运动控制系统)以及前沿拓展类(电动汽车技术、电能质量控制、新能源发电与控制);

③ 普遍支撑课程:培养计划中其他可提供理论或工具支持的课程。

在厘清课程体系结构的基础上,我们进一步以电力电子技术课程为中心,从课程相关性、支撑关系、开设时序三个维度,梳理出课程知识体系拓扑图。该图谱不仅呈现了课程间的逻辑关联,更在数字化转型背景下,借助知识图谱、协同学习平台等工具,推动静态课程结构向动态知识网络的演进。

为实现知识通道的真正贯通,我们强调以复杂工程问题为牵引,以科教融汇为路径,在教学设计中系统融入跨课程项目、虚拟仿真实验和科研案例。例如,在讲解 PWM 控制时,可关联自动控制原理中的系统建模、电力电子仿真工具的应用,并结合新能源并网等实际科研课题,使学生在多课程知识交汇中形成解决系统性工程问题的能力。通过构建这一结构化、数字化、开放式的课程知识通道,学生得以在连贯的知识体系中逐步提升综合工程素养,为实现从理论掌握到复杂工程问题解决的能力跃迁奠定系统性基础。

4. 实践教学体系改革

在数字化转型与科教融汇的背景下,课程的实践教学体系亟待进行系统性重构。仍然以电力电子技术课程为例,当前课程共 56 学时,其中理论教学 48 学时、实验教学仅 8 学时,实践环节不仅占比偏低,且内容多局限于原理验证,缺乏综合性、设计性与创新性,难以支撑“两性一度”的教学目标,更无法适应复杂工程问题解决能力培养的需求。究其原因,主要在于实践内容与实际工程情境脱节、教学手段传统、学时与实验条件制约突出,导致学生难以在实践过程中形成系统化的工程思维与创新能力。

据此,课程改革提出以“数智融合、科教育人”为主线,构建多层次、开放式、可持续迭代的实践教学体系:

构建“基础-综合-创新”三级实践层次。基础层保留必要验证实验,依托虚拟仿真平台(如 PLECS、MATLAB/Simulink)实现电路拓扑与波形的可视化认知;综合层引入模块化设计课题,如直流调速系统、光伏逆变器控制等,强调多学科知识整合;创新层则围绕新能源并网、电动汽车驱动等前沿方向,设置

开放式的科研小课题，鼓励学生在教师科研项目牵引下开展探究式实践。

打造数字化实验平台与线上线下混合实践模式。通过建设电力电子虚拟仿真实验平台与远程实境实验系统，突破传统实验的时空与设备限制。学生可在线完成电路设计、仿真调试与性能优化，再通过实物实验或半实物仿真平台进行验证，形成“设计-仿真-实现-评价”的完整数字化实践闭环。

推动科研项目与工程案例向实践教学内容转化。将教师科研课题、企业工程难题转化为课程实践项目，例如基于 SiC 器件的高效变换器设计、微电网电能质量控制等。通过项目驱动，引导学生从系统需求分析、方案比较、仿真建模到实验验证的全流程参与，强化其工程规范意识与解决非标问题的能力。

建立持续改进的实践教学评价与反馈机制。依托数字化平台记录实践过程数据，构建涵盖仿真完成度、设计创新性、系统稳定性、报告与协作等多维度的评价体系。通过数据分析实时跟踪学生能力成长轨迹，为教学改进提供依据，形成“教学-实践-评价-优化”的可持续循环。

通过上述改革，实践教学不再依附于理论课程，而是成为贯通知识学习、能力训练与科研素养培育的关键纽带，真正支撑起电力电子技术课程在工程教育认证背景下的人才培养目标。以下以我单位电力电子项目教学设计和评价为例，进行简要介绍。

4.1. 项目教学设计

在进行课程教学与实践项目设计时，应当充分融入上述多维度课程通道的思路，选取既符合学生学习阶段、又具备真实工程背景与适度复杂度的项目课题，并注重实践内容与理论教学的有机衔接。例如，可围绕理论课程所涉及的步进电机控制、PWM 调光系统、直流电机 PWM 调速等典型问题，进一步拓展为具有明确工程需求的实践项目。在实施过程中，以分组协作的形式，引导学生从系统整体构思出发，结合电力电子主电路与控制系统的参数要求开展具体设计，并借助相关工具类课程的知识与技能，对设计方案进行仿真验证与实现，最终通过团队协作完成系统调试与综合评估。本文以电力电子实习环节中的“风扇智能温度控制系统设计”为例，阐述此类实践项目的教学设计。该项目要求学生运用电力电子技术驱动风扇电机，并结合控制系统实现温度的智能调节，其教学流程遵循“四步法”展开：

第一步，整体构思：教师在线上平台发布项目任务书，学生自由组建小组并推选组长。各小组围绕选题开展资料调研，在规定时间内提交整体设计方案。

第二步，分组设计：指导教师对各组方案提出反馈与建议，学生据此调整并明确组内分工与个人执行计划。在此阶段，教师提供全程答疑支持。

第三步，方案实现：学生依据既定设计进行软硬件开发，可灵活运用虚拟仿真、半实物实验平台以及实验室实物设备开展调试与验证。

第四步，验收评价：各小组撰写项目总结报告并提交至线上平台，进行组间匿名互评。之后，由教师组织线下答辩与实物演示，并结合报告互评结果，综合评定实践成绩。

整个实践教学过程中体现了“以项目为载体、以通道为支撑、以能力为导向”的改革思路，强化了课程知识在复杂工程场景中的整合与应用。

4.2. 实践环节的考核

课程基于以上的项目驱动“四步法”教学模式，设计了相应的考核评价体系。推行“小组与个人成绩多元逆推法”，在评价过程中兼顾团队协作与个人贡献，形成以过程与结果并重的综合评价机制。具体评价流程如下：

小组成绩评定。小组成绩由三部分构成，总分以百分制计算：组间报告互评成绩(占 30%)：各小组通过线上平台匿名评阅其他组的项目报告，依据内容的完整性、创新性 & 逻辑性进行评分；实物演示答辩

成绩(占 30%): 由指导教师组成答辩小组, 根据系统功能实现程度、技术路线合理性及答辩表现进行评价; 设计过程表现及互评认真度(占 40%): 涵盖项目开展过程中的协作情况、阶段性成果、组内研讨记录, 以及对其他组报告评阅的细致程度与反馈质量。小组成绩确定后, 进行组间排名, 作为后续个人成绩调整的参考依据。

个人成绩评定。个人成绩以小组成绩为基础, 结合组内贡献度进行逆推计算: 各组依据任务分工、完成质量、协作积极性等因素, 通过组内评议与教师审核, 确定每位成员的“贡献度系数”; 根据该组小组成绩排名, 对贡献度系数进行加权调整; 最终将个人贡献度折算为五级制考核等次(优秀、良好、中等、及格、不及格), 形成个人最终成绩。

采用这种评价机制的目的, 既鼓励团队协作与集体成果产出, 也强调个体在项目中的实际作用, 有助于推动学生在项目学习过程中主动参与、积极贡献, 从而更真实地反映其综合能力与成长轨迹。同时, 评价过程中形成的数据与反馈, 为教学持续改进提供了依据。

5. 结论

在当前国家能源安全战略深化实施与“双碳”目标持续推进的背景下, 电能的高效生产、转换与利用已成为关键支撑技术, 也对电气工程领域高水平人才的培养提出了更高要求。作为该专业人才培养的核心环节, 电气工程及其自动化专业的核心课程的教学改革具有重要的现实意义。

本文以我单位进行的“电力电子技术”课程改革为例, 围绕“数字转型与科教融汇驱动的一流课程建设”, 探索了在工程教育认证框架下课程的改革路径与实践方法。通过构建“基础-综合-创新”三级实践体系、建立跨课程知识通道、实施以项目为载体的“四步法”教学模式, 并配套设计小组与个人相结合的多元评价机制, 着力培养学生解决复杂工程问题的综合能力, 贯彻“以学生为中心、产出为导向、持续改进”的教育理念。始终以“两性一度”为指引, 推动课程内容与科研前沿、工程实际深度融合, 借助数字化平台与虚拟仿真技术, 实现理论教学、实验探究与工程实践的有效贯通。这些举措不仅提升了学生的工程素养与创新意识, 也为新工科背景下电气工程专业的一流课程建设提供了可借鉴、可推广的实施范式。课程将持续推进教学内容的动态更新与教学方法的迭代优化, 进一步探索数字赋能与科教协同, 为培养适应能源转型与国家战略需求的高素质工程技术人才奠定坚实基础。

基金项目

1. 黑龙江省高等教育学会教育科研课题: 数字化转型背景下多要素驱动一流课程教学方法改革探索与实践——以电气工程专业为例(23GJYBC016);
2. 黑龙江省高等教育教学改革研究重点项目: 发展新质生产力背景下以科教融汇培养创新型科研人才的研究生教育模式探索与实践(SJGZY2024081);
3. 黑龙江省高等教育教学改革项目: 探电力变换新技术、促双碳战略谋创新、育科技报国栋梁才——《电力电子技术》课程思政改革创新(SJGY20220311);
4. 黑龙江省教育科学规划重点课题: 新工科背景下“四融合”现代产业学院电气工程人才培养探索与实践(SJGZ20220085)。

参考文献

- [1] 刁统山, 严志国, 张迎春, 郝玲艳, 仲慧科. 教融合背景下电气控制类课程教学改革[J]. 中国现代教育装备, 2021(17): 145-147.
- [2] 孙丽玲, 李建文, 董淑惠, 田艳军. 新工科背景下电力电子技术课程综合改革与实践[J]. 高教学刊, 2022, 8(16): 129-132.

-
- [3] 蒋云昊, 丁稳房, 张杰, 胡睿, 伍科. 工程教育专业认证背景下的“电力电子技术”课程教学改革与实践[J]. 科教导刊, 2021(12): 125-127.
 - [4] 马双宝, 游长莉, 游青华, 贾树林, 程海玉. 基于 OBE 理念的电力电子技术课程教学改革[J]. 实验技术与管理, 2020, 38(7): 22-25.
 - [5] 史敬灼, 张亚楠. “电力电子技术”课程实验教学改革[J]. 电气电子教学学报, 2021, 43(2): 169-173.
 - [6] 邓开连, 李楠, 刘肖燕, 陈根龙, 华一村. 基于工程教育专业认证的电类实验课程改革与实践[J]. 中国现代教育装备, 2022(1): 72-74.
 - [7] 邓娇娇, 邹艳艳. 复杂工程问题解决能力达成教学实践: 基于复杂性降解的研究[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 62-67.
 - [8] 尹进田, 唐杰, 刘丽, 王晓芳, 彭志华. 工程教育专业认证背景下电气工程专业应用型人才培养课程体系探究[J]. 中国现代教育装备, 2021(23): 74-76.