

工程教育专业认证下电气专业“离散数学”课程改革实践

陈中 郑禹 赵静 许冬芹

(安徽建筑大学 机械与电气工程学院, 合肥 230601)

摘要: 工程教育专业认证是我国高等工程教育实现国际化接轨、保障工科人才培养质量的核心抓手, 其核心理念为“以学生为中心、产出为导向、持续改进”。“离散数学”是我校电气工程及其自动化专业响应认证要求, 于2019级人才培养方案中新增的专业基础核心课程, 承担着衔接基础数学与专业核心课程的关键作用, 对夯实学生数学基础、培育工程素养具有重要价值。结合专业认证标准, 系统剖析该课程开设初期存在的核心问题, 从课程目标、教学内容、教学模式、评价体系四个维度, 探索针对性强、可落地的改革路径与实施措施, 通过多届学生教学实践验证改革成效, 形成可推广的课程建设经验, 为其他同类院校工科专业“离散数学”课程改革提供参考。

关键词: 工程教育专业认证; 电气工程及其自动化; 离散数学; 课程改革; 教学实践

Reform and Practice of “Discrete Mathematics” Course in Electrical Engineering Major under the Background of Professional Certification of Engineering Education

Chen Zhong Zheng Yu Zhao Jing Xu Dongqing

(School of Mechanical And Electrical Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Engineering education accreditation serves as the cornerstone for China's higher engineering education to achieve international alignment and ensure the quality of engineering talent cultivation. Its core philosophy emphasizes "student-centeredness, outcome-oriented approach, and continuous improvement." "Discrete Mathematics" is a foundational core course newly added to the 2019 talent development plan for the Electrical Engineering and Automation program in our university, designed to meet accreditation requirements. It plays a pivotal role in bridging basic mathematics with specialized core courses, significantly contributing to students' mathematical foundation and engineering literacy development. By systematically analyzing core issues during the initial implementation of this course in accordance with accreditation standards, this paper explores targeted and actionable reform strategies across four dimensions: curriculum objectives, teaching content, instructional models, and evaluation systems. Through practical implementation validated by multiple cohorts of students, the study develops replicable course development experiences that provide valuable references for similar engineering programs in other institutions.

Keywords: Engineering Education Accreditation; Electrical Engineering and Automation; Discrete Mathematics; Curriculum Reform; Teaching Practice.

1 引言

2016年我国正式加入《华盛顿协议》, 标志着我国工程教育专业认证体系获得国际实质等效认可, 也为工科专业人才培养提出了标准化、工程化要求。电气工程及其自动化专业认证以OBE(产出导向)理念为核心, 将学生复杂工程问题解决能力培育作为核心目标。而逻辑推理、抽象建模、数学工具应用能力是支撑这一目标的基础^[1]。为此, 安徽建筑大学电气专业于2019级新增“离散数学”课程, 填补基础数学与专业课程的衔接空白。然而课程开设初期, 因缺乏电气专业适配经验, 导致课程与专业需求不够匹配, 无法满足认证对学生能力的培育要求。故而难以发挥其对专业认证的支撑作用。结合我校电气专业2025年通

过工程教育专业认证的实践背景, 本文重点剖析课程教学现存问题、探索针对性改革路径, 通过2019-2023级学生实践验证成效, 实现课程与认证目标、人才培养需求的深度契合, 为其他同类院校提供参考。

2 国内高校离散数学教学改革综合评述与共性问题

2016年我国加入《华盛顿协议》后, 国内工科院校依托OBE理念开展离散数学课程改革, 成熟成果多集中于计算机类专业, 电气专业针对性教改成果偏少。本文选取三所院校案例展开分析。

西安理工大学面向电气类专业重构课程模块, 剔除计算机专业算法导向内容, 将离散数学知识点与电机控制、电力系统故障分析、智能电网分类等电气工

*基金资助: 安徽省省级“AI+教育”课程建设项目 (2024aijy183)

程场景结合, 精简纯理论推导, 配套电气建模习题, 有效解决数理教学与专业脱节问题^[2]。西南大学搭建混合式教学模式, 依托线上教学平台构建“预习自测+线下研讨+建模项目”教学体系, 全程化学情监管, 学生学习完成率大幅提升^[3]。沈阳航空航天大学立足应用型本科定位, 优化 OBE 多元评价体系, 提高过程性考核占比, 搭建教学目标映射图谱, 形成从评价到诊断再到优化的教学闭环, 可迁移性较强^[4]。

各校实践表明, 系统化教改可显著提升学生工程建模能力, 有效保障专业毕业要求达成度, 形成了可借鉴的专业化、混合式、闭环式教改框架。当前电气类专业教学仍存在四大共性问题: 一是课程内容适配性不足, 多照搬计算机教学体系, 电气专业案例稀缺; 二是分层实践教学落地难, 师生交叉学科基础薄弱, 实训资源匮乏; 三是教学持续改进机制形式化, 缺乏电气建模专项评价指标; 四是专业适配型数字化教学资源不足, 线上线下融合教学效果欠佳。

3 工程教育专业认证对电气工程专业“离散数学”课程的核心要求

作为认证导向下新增的基础课程, “离散数学”的核心定位是“夯实数学基础、培育工程素养、衔接专业课程”, 其教学要求需严格贴合专业认证标准, 具体可概括为三方面: 知识层面, 需构建基础数学到离散数学到专业课程的连贯知识体系, 为后续电力系统分析等专业课程学习提供支撑; 能力层面, 重点培育学生逻辑推理、抽象建模及现代工具应用等核心工程能力; 素养层面, 通过课程教学渗透工程伦理教育, 培育学生严谨细致的职业态度, 全面契合专业认证的育人要求, 也为后续课程目标设定与达成度评价奠定基础^[5]。

(1) 知识层面: 构建从基础数学到离散数学再到电气专业课程的连贯知识体系, 筛选与电力系统分析、电气控制等专业课程高度关联的知识点, 剔除冗余内容, 为学生专业学习提供坚实数学工具支撑, 实现数学知识与专业知识的有机融合。

(2) 能力层面: 以工程应用为导向, 培育学生逻辑推理、抽象建模、数学模型求解及现代计算工具应用能力, 引导学生掌握“工程问题-数学建模-求解应用”的完整思路, 实现理论知识向工程能力的转化。

(3) 素养层面: 将工程伦理与科学素养培育融入教学全过程, 通过案例分析、实践攻坚等环节, 培育学生严谨的职业态度、缜密的分析思维及团队协作素养, 契合认证“立德树人”要求。

上述三个层面要求作为课程目标设定、内容设计、模式创新及成效评价奠定基础, 确保课程建设始终围绕专业认证与人才培养目标展开。

4 课程教学现存问题

结合安徽建筑大学“离散数学”课程教学实践, 对照前文所述的专业认证核心要求, 当前课程教学存在四大突出问题。一是课程定位模糊, 沿用纯数学专业教学模式, 未结合电气专业特色设计教学内容, 与专业需求脱节; 二是教学内容陈旧且模块割裂, 缺乏电气领域专业应用案例, 部分内容难度设置不合理, 偏离工程应用导向; 三是教学模式单一, 以教师讲授为主, 课堂互动性不足, 且实践教学环节薄弱, 难以培育学生工程实践能力; 四是评价体系不完善, 侧重结果导向, 忽视对学生核心能力的评价, 且缺乏有效的评价反馈与持续改进机制, 偏离专业认证理念。严重影响其认证支撑作用的发挥:

(1) 课程定位模糊, 与专业需求脱节: 沿用纯数学专业教学定位, 以理论知识传授为核心, 未结合电气专业工程场景设计课程, 学生难以理解课程专业价值, 普遍存在“学用脱节”困惑, 学习积极性不足, 学习效果不佳。

(2) 教学内容陈旧, 模块割裂且缺乏应用: 教学内容以传统理论为主, 未融入电气领域典型工程案例, 无法体现专业特色; 各知识点模块(数理逻辑、集合论、图论等)碎片化呈现, 学生难以形成完整知识体系; 部分内容难度与学生专业基础不符, 偏离 OBE 工程应用导向。

(3) 教学模式单一, 实践教学环节薄弱: 采用“教师讲授+课堂练习”传统模式, 学生被动接受知识, 课堂互动不足; 实践教学仅以课后习题、课堂练习为主, 缺乏系统性工程实践与工具应用训练, 无法实现知识向能力的转化, 与认证实践要求差距较大。

(4) 评价体系不完善, 缺乏持续改进机制: 以期末笔试为核心评价手段, 侧重理论知识记忆, 忽视学生核心能力的过程性评价; 权重设置不合理, 过程性评价占比偏低, 无法全面反映学生学习效果; 未建立评价结果与教学改进的联动机制, 偏离认证“持续改进”理念。

5 课程改革路径及具体措施

针对上述课程教学问题, 结合专业认证要求与“离散数学”的核心定位, 本文从四方面推进课程改革, 切实提升课程教学质量与认证支撑能力: 一是重构知识加能力加素养的三位一体的课程目标, 精准对接专业认证毕业要求, 明确各项目标与认证指标的对应关系; 二是优化教学内容, 构建“基础模块+专业应用模块+拓展模块”的立体化体系, 强化与后续专业课程的衔接, 补充智能电网等新技术相关的应用内容; 三是创新教学模式, 采用线上线下混合式教学, 结合案例教学、项目驱动教学等方法, 完善“基础-综合-创新”三级实践体系, 提升学生实践能力; 四是建立多元化

评价体系，优化评价权重，融合过程性评价、终结性评价与能力导向评价，健全评价结果反馈与教学改进机制，践行专业认证持续改进理念^[6]。

5.1 重构三位一体课程目标,精准对接专业认证要求

打破单一知识导向的目标模式，重构知识+能力+素养的三位一体课程目标体系，紧密对接专业认证毕

业要求指标点，解决课程定位模糊问题，具体措施如下：

(1) 组建由电气专业骨干教师、离散数学专任教师及企业导师组成的改革小组，对照认证标准，梳理课程与“工程知识应用”、“问题分析”等核心指标点的对应关系，形成“课程目标-认证指标点对应表”（见表1），确保目标设定贴合认证导向。

表1 课程目标-认证指标点对应表

毕业要求	观测点	课程目标	对应课程	权重
毕业要求1 工程知识——能够将数学、自然科学、工程基础和电气工程领域的工程知识用于解决复杂工程问题。	1.1: 掌握数学与自然科学的基本知识，能将其用于电气工程复杂问题的模型的求解	C01: 能够熟练运用离散问题建模、数学理论、计算机求解方法和技术知识，培养学生抽象理解与严密逻辑推理能力及表述电气工程领域中的工程问题。	离散数学	0.2
毕业要求2 问题分析——能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究等方式分析建筑电气与其他电气工程相关领域的复杂工程问题，提出解决方案，获得有效结论。	2.1: 能够运用数学、物理等学科的科学原理，对复杂工程问题的关键环节进行表达。	C02: 能够利用离散数学中命题的多元关系优化建模方法，用于推演、分析电气工程领域中智能电网、电力系统分析等相关工程问题。通过对各学科知识点的串联，激发学生自主学习和终身学习的意识，使其具有不断学习和适应发展的能力。	离散数学	0.2

(2) 细化三维度目标内容与考核标准：知识目标明确学生需掌握的核心公式、定理及专业应用场景；能力目标聚焦逻辑推理、抽象建模、Python 工具应用，明确具体能力任务（如电力系统拓扑图建模）；素养目标明确工程伦理渗透方式与评价标准，确保素养培育落地。

(3) 将课程目标融入大纲、教案及课件，每节课明确对应目标并进行小结；每学期末开展目标达成度预评价，结合反馈调整下一届目标细节，建立动态优化机制。

5.2 优化立体化教学内容,强化与专业课程的衔接

在基础模块上结合专业应用模块及拓展模块的立体化教学内容体系，实现理论与工程、基础与专业的深度融合，破解内容陈旧、专业脱节问题，具体措施如下：

(1) 基础模块优化：精简与电气专业关联度低的冗余内容，强化数理逻辑、集合论、图论等核心模块，课时占比 50%；配套编写针对性讲义，补充贴合电气场景的基础例题，引导学生建立“数学+专业”思维。

(2) 专业应用模块建设（核心）：新增 3-4 个电气领域典型案例，课时占比 30%，实现数学知识与工程实际融合，具体案例：

①图论在电力系统中的应用：讲解图论知识点时，融入电力系统拓扑建模与故障排查案例，将发电厂、变电站抽象为节点，输电线路抽象为边，运用图论分

析线路连通性与故障路径，配套课后练习衔接后续专业课程。

②数理逻辑在电气控制中的应用：结合命题逻辑，融入电气控制逻辑电路设计案例，将继电器通断状态抽象为命题变量，运用逻辑运算设计电机启停控制逻辑，配套 Multisim 仿真练习。

③集合论在智能电网中的应用：讲解集合运算时，融入智能电网节点分类案例，按电压等级、功能划分节点集合，分析节点关联关系，为后续专业学习奠定基础。

(3) 拓展模块补充：结合省级“AI+教育”项目，新增 Python 工具应用内容（课时占比 20%），讲解 networkx 等库的使用，设计编程任务；补充智能算法

相关离散数学知识点，邀请企业导师开展前沿应用讲座。

(4) 强化专业衔接：梳理课程与后续专业课程的衔接点，制定衔接对照表，讲解知识点时提前铺垫专业内容，实现无缝衔接；建立教学内容动态更新机制，结合行业发展与专业改革更新案例。

5.3 创新混合式教学模式,完善三级实践教学体系

采用线上线下混合式教学为主，案例、项目驱动教学为辅的模式，完善以基础加综合加创新的三级实践体系，强化实践环节，解决互动不足、实践薄弱问题，具体措施如下：

(1) 线上线下混合式教学落地：以超星学习通为平台（如图 1），课前上传预习资料与微课，要求预习思考题正确率 $\geq 80\%$ ；线下采用了先案例导入后进行讲解、讨论及实践，最后小结的流程，预留 15-20 分钟互动时间，借助动画、实物提升教学直观性；建立线上督促与线下检验机制，确保学习效果^[7]。



图 1 “离散数学”超星学习通课程平台

(2) 案例与项目驱动教学实施：每个应用模块配套 1 个核心案例，学生分组完成分析报告并计入平时成绩；设置 2 个贯穿学期的综合项目，学生分组完成建模、编程、仿真与答辩，答辩成绩占实践成绩 40%。

(3) 三级实践体系完善：①基础实践：如图 2 所示，以课后习题、线上作业、月度小测验为主，要求习题正确率 $\geq 70\%$ ，成绩占实践成绩 30%，强化基础应用能力。

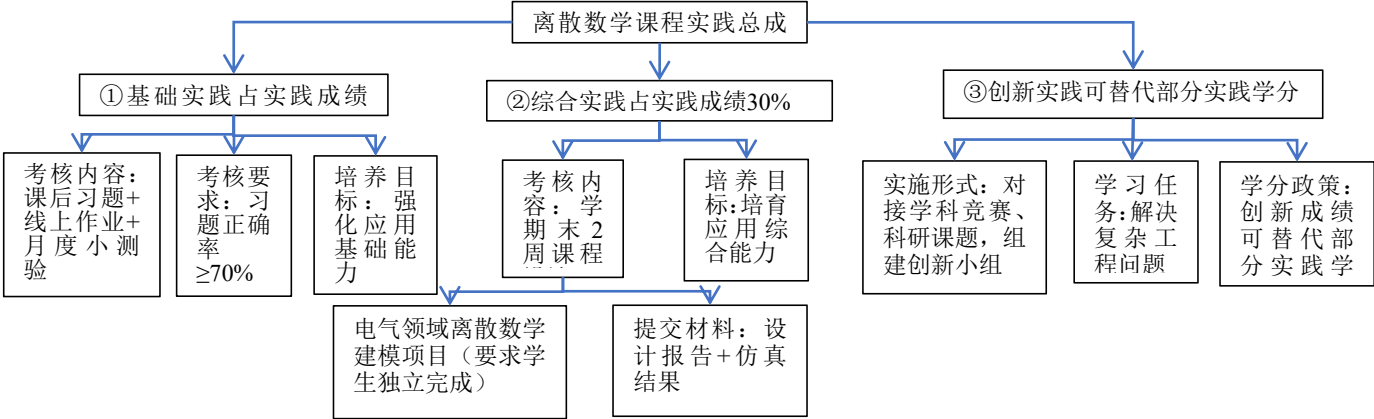


图 2 三级实践体系结构图

②综合实践：学期末安排2周课程设计，学生独立完成电气领域离散数学建模项目，提交设计报告与仿真结果，成绩占实践成绩30%，培育综合应用能力。

③创新实践：对接学科竞赛与科研课题，组建创新小组，鼓励学生解决复杂工程问题，优秀成果推荐参赛，创新成绩可替代部分实践学分。

(4) 教学资源建设：编写融入专业案例的教材、课件与习题集；建设线上试题库、案例库；与企业合作收集实际案例，制作教学视频；编制实践指导手册，保障实践教学有序开展。

5.4 建立多元化评价体系，践行持续改进理念

构建“过程性评价”结合“终结性评价”与“能力导向评价”的多元化体系，健全持续改进机制，解决评价单一、缺乏闭环问题，具体措施如下：

(1) 优化评价权重：总评成绩=过程性评价(40%)+终结性评价(50%)+能力导向评价(10%)。其中，过程性评价含线上学习(10%)、课堂表现(10%)、案例报告(10%)、基础实践(10%)；终结性评价以期末笔试为主，工程应用类题型占60%；能力导向评价含项目答辩(6%)、工具应用(4%)。

(2) 明确评价实施方法：线上学习通过平台自动统计打分；课堂表现结合随机提问、小组展示打分；案例报告与项目答辩按规范评分并集中点评；工具应用通过编程、仿真作业考核。

(3) 健全持续改进机制：每学期末开展课程目标达成度评价，形成评价报告；针对问题制定改进措施并落实到下一届教学；建立双向反馈机制，反馈学生成绩与学习建议，收集学生对课程的意见；每两年开展一次改革成效评估，优化评价体系与改革措施，形成闭环管理。

6 课程改革实践成效

本次改革以安徽建筑大学电气工程及其自动化专业2019级（未改革）—2023级（深化改革）连续5届学生为实践对象，通过课程目标达成度定量统计、毕业要求指标点达成度纵向对比、毕业生问卷调查、专业课程衔接反馈四类数据，系统验证教学改革与实践的实际效果，所有数据均来自教学管理系统、课程评价报告与专业认证自评材料，真实可追溯^[8]。

6.1 课程目标达成度：从“不达标”到“稳定超认证线”

(1) 未改革对照（2019级）

2019级为课程首次开设，未实施改革，整体达成度仅0.73，未达到专业认证0.80的合格要求。具体各项达成度数据及问题分析如下：

①知识目标达成度：0.73；专业衔接知识应用：0.68

②能力目标达成度：0.70；现代工具应用：0.62

③核心问题：课程与专业脱节、实践缺失、评价单一，学生“学不会、用不上”。

(2) 改革递进成效（2020—2023级）

随着改革措施逐年落地，课程目标整体达成度呈线性稳步提升，2023级达到0.86，远超认证合格线。如表2所示。

表2 2019—2023级课程目标达成度情况汇总表

年级	改革阶段	整体达成度	较上一届提升	认证达标情况
2019级	未改革	0.73	—	不达标
2020级	内容优化	0.75	+0.02	不达标
2021级	方法+实践	0.79	+0.04	接近达标
2022级	全面改革	0.83	+0.04	达标
2023级	深化优化	0.86	+0.03	稳定超标

(3) 分项能力提升（核心数据）

①离散数学核心知识点掌握度：从0.77→0.86

②抽象建模、逻辑推理能力：从0.73→0.85

③工程工具（Python / 仿真）应用能力：从0.62→0.84

④专业衔接知识应用能力：从0.68→0.85

⑤数据表明：教学改革直接推动学生知识掌握、工程能力、专业适配性全面提升。

6.2 专业认证毕业要求达成度：关键指标显著改善

《离散数学》重点支撑毕业要求1（工程知识）、毕业要求2（问题分析），改革后两项指标连续三年稳定超过认证合格线。如表3所示。

表 3 2023-2025 年整体及各毕业要求达成度情况汇总表

年份	整体达成度	工程知识	问题分析
2023 年	0.78	0.76	0.75
2024 年	0.83	0.82	0.81
2025 年	0.86	0.85	0.84

从表中数据可知，在教学改革后，学生们的工程知识达成度提升 11.8%，问题分析达成度提升 12.0%而专业整体毕业要求达成度提升达到 10.3%。

结论：课程改革对专业认证核心指标形成强支撑，是专业顺利通过认证的重要基础。

6.3 毕业生问卷调查：认可度超 80%

面向 2019—2023 届毕业生开展匿名问卷调查（有效回收 326 份），结果显示：

（1）82%毕业生认为课程有效支撑后续专业学习与工程实践

（2）80%认为逻辑推理、建模能力对解决电气工程问题有明显帮助

（3）78%认为图论、数理逻辑能直接用于电力系统、智能电网分析

（4）77%认为课程帮助理解电气专业核心逻辑与工程思维

学生反馈集中体现：改革后课程 “有用、能用、好用”，彻底改变 “数学与电气无关” 的认知。

6.4 教学过程数据：学习参与度与实践能力双提升

由统计可知，学生们的线上学习完成率：从 65% 提升至 94%，课堂互动参与率：从 40% 提升至 85%，实践项目完成质量：优秀率从 18% 提升至 42%，期末试卷工程应用题得分率：从 58% 提升至 79%，课程目标达成度离散度：明显收窄，学生发展更均衡。

上述过程数据证明：混合教学、案例驱动、三级实践体系显著提升学习主动性与工程实践能力。

6.5 改革成效总体结论

解决核心痛点：彻底扭转 “纯数学、与专业脱节” 问题，实现数学与电气工程深度融合。

达成认证目标：课程目标达成度从 0.73 提升至 0.86，支撑关键毕业要求稳定达标。

提升育人质量：学生知识、能力、素养同步提升，毕业生认可度超 80%。

形成可复制模式：构建了集目标、内容、模式、评价和改进于一体的闭环体系，可推广至同类工科专业。

7 结 语

本文围绕工程教育专业认证要求，对电气工程专业《离散数学》开展系统性改革。多届教学实践与量化数据充分证明：重构三位一体课程目标、优化专业导向教学内容、创新混合式与项目化教学、建立多元化持续改进评价体系，可显著提升课程教学质量与学生工程能力。课程目标达成度、毕业要求指标点、学生学习行为、毕业生认可度均实现跨越式提升，改革路径科学有效、成果可验证、可推广。

参 考 文 献

[1] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育专业认证标准 (2022 版) [S]. 北京: 高等教育出版社, 2022.

[2] 李姚, 王曦, 张超, 胡继超. 电子信息类专业 “离散数学” 课程教学设计[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45 (4): 24-27.

[3] 邓辉文, 詹成, 王艺, 何映思, 曾霞. 基于问题讨论的离散数学课程线上线下混合式教学方法与实践[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46 (9): 167-172.

[4] 刘香芹, 范纯龙, 郑志勇. 基于精细化达成的课程教学改革与研究—以离散数学课程为例[J]. 软件导刊, 2022, 21 (9): 146-150.

[5] 傅彦, 顾小丰, 王庆先, 刘启和. 离散数学及其应用. 高等教育出版社, 2020.

[6] 安徽建筑大学. 电气工程及其自动化专业认证自评报告 (2022 版). 2022-12-16.

[7] 王丽杰, 戴波. 成果导向的离散数学线上线下混合式课程建设[J]. 计算机技术与教育学报, 2022, 10 (05): 67-70

[8] 李娟, 王浩. 面向工程教育认证的离散数学实验教学改革探索[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12 (4): 56-62.