

# 面向工程能力培养的《高电压技术》课程教学改革研究

莫 洋\*, 侯帅丞, 杨思程, 石 岩, 魏 钢

重庆科技大学电子与电气工程学院, 重庆

收稿日期: 2025年12月25日; 录用日期: 2026年1月26日; 发布日期: 2026年2月5日

## 摘要

传统《高电压技术》课程教学存在“理论抽象、实验受限、学用脱节”的问题, 本研究基于成果导向教育(OBE)理念, 提出了一套“以工程问题为驱动、以数字技术为支撑、以综合论证为终点”的一体化教学改革方案。通过重构教学内容以强化工程链条、引入虚拟仿真实验与项目式教学以创新教学模式, 并将考核方式升级为全过程、多元化的论证书式评价。设计了为期一学期的对照实验, 并对课程目标达成度、学生能力表现及学习体验进行定量分析, 结果表明: 教学改革显著提升了学生在工程问题分析、实验方案设计及综合社会影响评价等高阶能力的达成度, 有效促进了知识向实践能力的转化。本研究为新工科背景下工程实践类课程的改革提供了有益参考。

## 关键词

高电压技术, OBE, 项目式学习, 工程能力, 混合式教学

# Research on Teaching Reform of “High Voltage Technology” Course for Engineering Ability Cultivation

Yang Mo\*, Shuaicheng Hou, Sicheng Yang, Yan Shi, Gang Wei

School of Electronic and Electrical Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: December 25, 2025; accepted: January 26, 2026; published: February 5, 2026

## Abstract

The traditional teaching of the course “High Voltage Technology” has problems of “theoretical

\*通讯作者。

abstraction, limited experimentation, and disconnection between learning and application". Based on the concept of Outcome Based Education (OBE), this study proposes an integrated teaching reform plan that is driven by engineering problems, supported by digital technology, and terminated by comprehensive argumentation. By restructuring the teaching content to strengthen the engineering chain, introducing virtual simulation experiments and project-based teaching to innovate the teaching mode, and upgrading the assessment method to a full process, diversified argumentative evaluation. A one semester controlled experiment was designed, and quantitative analysis was conducted on the achievement of course objectives, student performance, and learning experience. The results showed that teaching reform significantly improved students' achievement of higher-order abilities such as engineering problem analysis, experimental plan design, and comprehensive social impact evaluation, effectively promoting the transformation of knowledge into practical abilities. This study provides useful reference for the reform of engineering practice courses under the background of new engineering disciplines.

## Keywords

High Voltage Technology, OBE, Project-Based Learning, Engineering Skills, Blended Learning

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

《高电压技术》是电气工程及其自动化专业的核心必修课，其课程目标要求学生掌握高电压与绝缘的基本理论，具备开展高压试验、分析工程故障及评估社会影响的能力[1]。然而，在长期的实际教学过程中发现，传统的教学普遍面临以下三方面的问题与挑战。

第一，实验条件限制，高电压实验具有高压、高危的特点，多数高校难以开展足量的实体试验，导致学生对“高压试验技术”的理解停留在抽象层面[2]；第二，知识体系庞杂，课程包含大量微观物理过程和经验参数(如防雷保护参数、绝缘配合参数) [3]，学生容易陷入“知识内化程度不高”的困境，难以将知识点与工程实际有效对应；第三，学用转化不足，传统的“案例分析”环节多以教师讲授为主，学生被动接受，缺少主动探究、系统设计和综合评价的真实演练，难以将理论真正转化为解决复杂工程问题的能力[4]。

为进一步改善上述问题，本研究以课程大纲为基准，以培养解决复杂工程问题的卓越工程师为目标，设计并实施了一项系统性的教学改革与实证研究。

## 2. 研究及课程现状分析

### 2.1. 研究现状

《高电压技术》课程教学问题在大多数高校均有存在，因此国内许多教学团队对其开展了不同程度的改革研究。李兵等人以 OBE 理念为导向，通过建立三层实践教学架构及反馈改进上升机制，对该课程进行了教学的改革[5]；王从俊等人，基于威尔逊规则，从教学内容、教学手段、考核方法和教学效果等方面对此课程的教学进行了改革研究[6]；桂银刚等人为弥补实验条件不足，对高电压与绝缘技术课程实验教学改革与实践[7]。以上的研究在对《高电压技术》教学改革中取得了一定的成效，然而该课程教学中存在的三大问题仍未得到显著改善，将面向工程能力培养的混合式教学改革应用到《高电压技术》教

改中的研究仍有深化空间。

## 2.2. 课程现状分析

本次改革严格遵循课程大纲中明确的成果导向(OBE)理念和四大课程目标。如表1所示，大纲详细规定了从基础知识(目标1、2、3)到综合应用(目标4)的递进路径，并在考核环节中特别设置了“工程案例分析”单元及相应的“案例分析小论文”考核方式，旨在培养学生“应用放电理论及高压试验方法对工程问题中的故障进行分析评估，能客观地评价高电压绝缘故障失效对系统安全及社会的影响”(目标4)。这为将“案例辅助”升级为“项目驱动”的改革提供了直接的理论基础和操作空间。

**Table 1.** Course objectives and corresponding content

**表 1. 课程目标及其对应内容**

| 目标 | 内容  |
|----|---|
| 1  | 掌握汤逊理论和流注理论，理解不均匀电场中的放电过程，空气间隙在各种电压下的击穿特性，液体和固体介质的击穿机理及过程，介质放电的影响因素及预防措施，并具有应用相关原理和方法对复杂高电压工程中出现的放电现象进行综合分析的能力。                         |
| 2  | 掌握波的折射与反射原理，掌握彼得逊原理及应用、掌握电力系统及输电线路的防雷保护、理解发电厂和变电所的防雷保护、理解旋转电机的防雷保护，并具有根据实验结果或工程参数分析高压系统的功能、性能和控制参数的能力。                                  |
| 3  | 掌握常见的高压预防性试验的试验技术，工频高电压、直流高电压和冲击高电压产生原理及耐压试验方法，绝缘油的电气特性试验和油色谱分析方法，输变电设备以及输电线路的绝缘配合方法。具有能够使用相关仪器设备开展高压试验研究，并能记录实验过程，分析实验数据，获得科学的实验结论的能力。 |
| 4  | 具有应用放电理论及高压试验方法对工程问题中的故障进行分析评估，能客观地评价高电压绝缘故障失效对系统安全及社会的影响。  |

然而，当前大纲的教学方式以“讲授、讨论”为主，考核中60%为期末笔试，这样的传统教学考核已经无法满足面向工程能力培养的教学目标。需进一步对课程的考核方式进行优化改革，改革旨在保持核心理论知识传授的同时，通过结构化、系统化的项目实践，将原本独立的“知识单元”(如气体放电、防雷保护、绝缘试验)进行有机整合，并利用现代信息技术弥补实体实验的不足，从而全面提高课程目标的达成质量。

## 3. 综合性教学改革方案

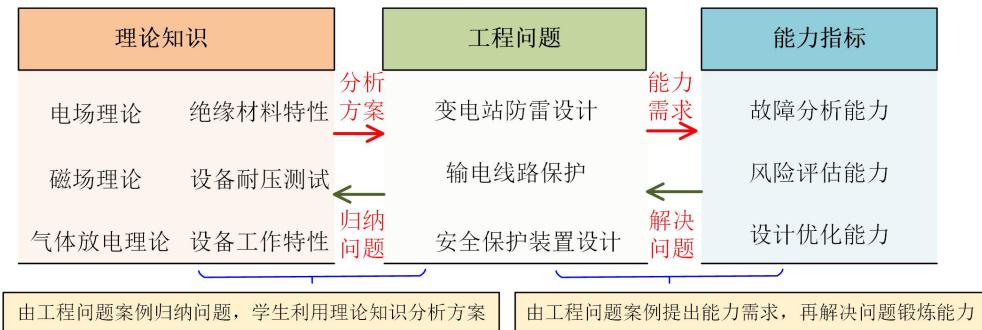
### 3.1. 教学内容重构

面向工程能力培养的教学内容重构，需要以工程链条为主线。在教学第一课堂方面，强化工程逻辑，紧紧围绕大纲中七大教学单元，将每个知识模块(如“气体的绝缘强度”、“线路中的波过程”)都与具体的工程问题(如“气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)中局部放电故障分析”、“输电线路雷电过电压保护”)相锚定。

为了加强内容重构的阐述，我们建立了“知识点-工程问题-能力指标”的映射图谱(图1)，具体展示了“防雷保护”教学单元的结构。该图谱将知识点(如气体放电理论)、对应的工程问题(如变电站防雷设计)及能力指标(如故障分析能力)有机结合，描绘出知识如何转化为实际工程能力的路径。教师在教学中可基于该图谱进行有针对性的知识传授和实践导向。

在教学第二课堂，课后考查方面，建立问题库，开发与课程目标紧密对应的“高电压工程问题库”，例如：“基于数字化建模的变压器绝缘在线监测与故障诊断方案设计”、“海上风电场送出线路的雷电

防护与绝缘配合优化”等。



**Figure 1.** Instructional content reconstruction illustration—taking “lightning protection design” as an example  
**图 1.** 教学内容重构说明图——以“防雷设计”为例

### 3.2. 教学模式创新

以解决工程问题能力培养为目标，需加强实践操作能力，对于本科教学而言，就是要解决知识点与现实装置条件缺乏的矛盾，因此将数字化建模虚拟仿真平台引入课堂教学中以弥补该方面的不足。针对大纲目标 3 (高压试验能力)中“能根据高压试验的原理及方法，设计常见的基本高压试验并能对结果进行分析”的要求，开发或引入虚拟仿真软件。学生在平台上可自主设计并实施“变压器绕组变形测试”、“局部放电定位”等高压试验，安全地获得实验数据与反馈。

为模拟工程项目的开展，在课中推行全过程项目式协作学习。将学生以 4~5 人划分为小组单位，从“工程问题库”中选定一个项目，贯穿整个学期。随着教学进度，小组需持续应用所学知识推进项目。例如，学习“气体放电理论”后，需分析项目中可能出现的空气或 SF<sub>6</sub> 气体放电问题；学习“绝缘试验技术”后，需在虚拟平台上设计并完成相关绝缘性能测试。

### 3.3. 考核评价体系优化

学生学习效果评价体系需要结合教学改革进一步优化。为提升学生将课堂知识对解决实际工程问题的转换率，将大纲中占总评 10% 的“案例分析小论文”考核，升级为“项目综合论证设计报告”，权重提升至 30%。考核内容也做出相应的修改，要求报告明确项目关键问题、根据课程知识设计研究内容与技术路线、论证方案的工程可行性与技术经济性，并评估项目实施可能产生的社会和环境影响。**表 2** 给出了改革前后课程考核评价体系构成。

**Table 2.** Composition of curriculum assessment and evaluation system before and after reform  
**表 2.** 改革前后课程考核评价体系构成

| 改革前       |     |          |            | 改革后 |          |                          |  |
|-----------|-----|----------|------------|-----|----------|--------------------------|--|
| 形式        | 占比  | 目标       | 形式         | 占比  | 目标       | 备注                       |  |
| 平时作业与课堂测试 | 30% | 目标 1、2、3 | 平时作业与课堂测试  | 30% | 目标 1、2、3 | 随堂测试，基础知识点。              |  |
|           | 10% | 目标 4     | 项目阶段汇报与贡献度 | 15% | 目标 3     | 新增，用于评估过程中的学习态度、协作能力与进展。 |  |
| 小论文       |     |          | 项目综合论证报告   | 25% | 目标 4     | 升级后的核心考核。                |  |
|           |     |          |            |     |          |                          |  |
| 期末笔试      | 60% | 目标 1、2、3 | 期末笔试       | 30% | 目标 1、2、3 | 侧重于综合应用题，考查知识整合与应用能力。    |  |

为了增强评估过程的客观性与公正性，我们设计了如表 3 所示的评分量表(Rubrics)，用于全面评估学生在项目综合论证设计报告中的表现。该量表包括三个评估维度：工程可行性、技术经济性和社会影响。每个维度设定了五个等级，从“优秀”到“不合格”，以量化学生在每一方面的表现。工程可行性评估学生方案的实用性和安全性，考察其如何分析和论证方案的现实可行性，从而确保所提倡的技术路径可以在实际工程中有效实施；技术经济性关注方案在技术实现的同时，如何考虑经济效益，包括成本效益分析及其在实际应用中的经济合理性，鼓励学生提出创新的经济解决方案；社会影响则要求学生评估其方案对社会与环境的潜在影响，强调工程教育中不可忽视的社会责任感与可持续发展意识。

**Table 3. Assessment and evaluation scale****表 3. 考核评价体量表**

| 评分项目  | 优秀(5 分)           | 良好(4 分)          | 中等(3 分)       | 较差(2 分)    | 不合格        |
|-------|-------------------|------------------|---------------|------------|------------|
| 工程可行性 | 方案具有明确、实用的可行性分析   | 方案具有良好的可行性分析     | 方案的可行性分析存在局限性 | 方案可行性分析不充分 | 无法论证方案的可行性 |
| 技术经济性 | 充分考虑技术与经济因素，具备创新性 | 基本考虑技术与经济因素，缺乏创新 | 技术与经济因素考虑不够   | 技术经济性分析不充分 | 无法论证技术经济性  |
| 社会影响  | 明确讨论社会、环境影响，且深入分析 | 提及社会影响，分析不够深入    | 社会影响分析欠缺      | 混淆社会影响的相关性 | 无法讨论社会影响   |

为减小评分过程中的主观偏差，在评分过程中实行双盲评分机制，增强评分的客观性。

## 4. 改革实证研究方案

### 4.1. 研究设计

为验证课程改革的效果，选取本校电气工程专业 2023 级学生进行教改研究。研究设计两个组，其中改革组，又称实验组，由 2023 级电气工程及其自动化专业某班级，共计 50 名学生构成，实施上述改革方案。对照组由同年级同专业另一平行班级，共计 50 名学生构成，对该班级仍沿用原大纲的“讲授 + 案例分析 + 小论文 + 笔试”传统教学模式。

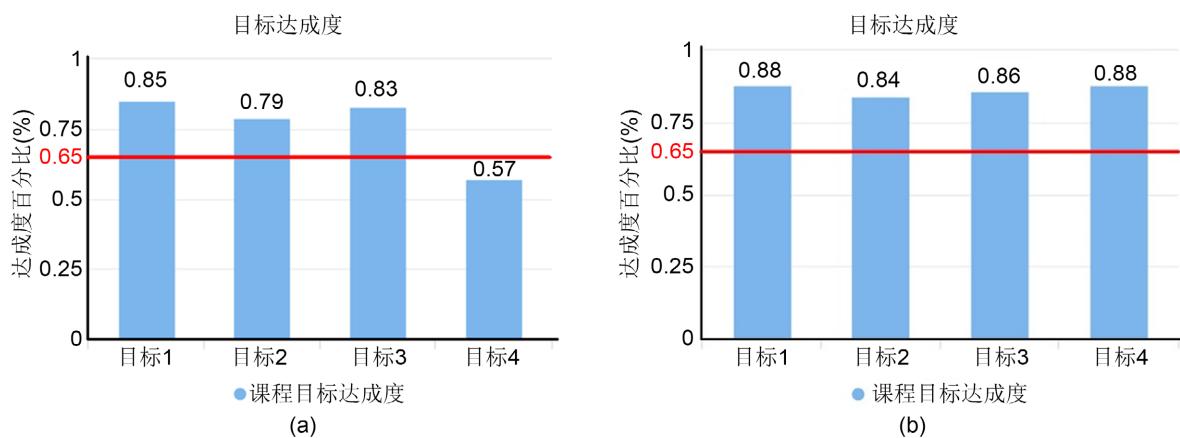
实验时间为 2024 年春季学期，持续时间 11 周，共计 32 学时。两班由同一教学团队授课，使用相同教材，确保前期基础无显著差异。

### 4.2. 数据采集与分析

本次针对《高电压技术》教学改革研究的结果主要对实验组、对照组学生的成绩组成的达成度、平均分进行定量分析。其中课程目标达成度分析，依据大纲中的评分标准，分别计算两班学生对四大课程目标的平均达成率(目标得分/目标满分 × 100%)。期末成绩分布分析主要对比两班期末总成绩的平均分、中位数、标准差。显著性检验将采用 t 检验，比较实验组与对照组的成绩差异，p 值小于 0.05 被视为显著。

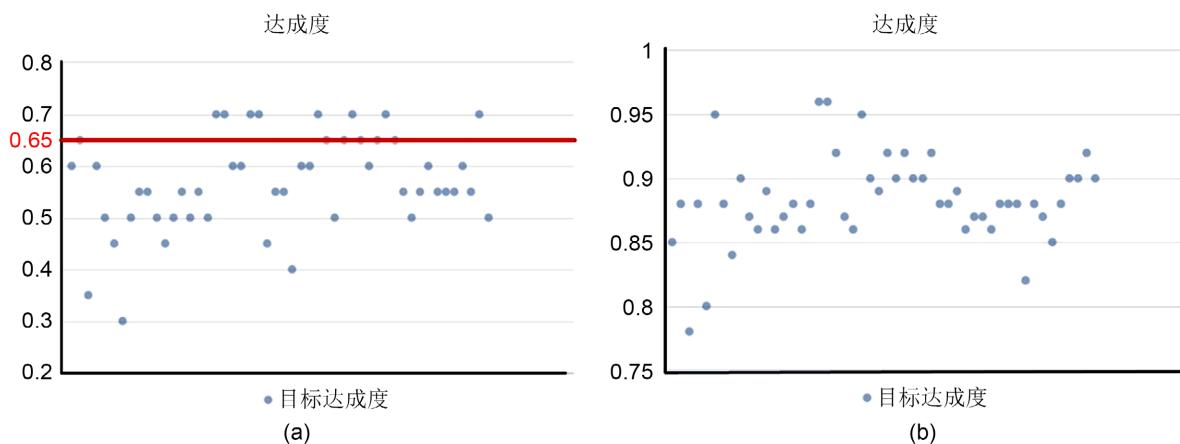
## 5. 研究结果与讨论

对实验组与对照组的成绩进行达成度分析，总体达成度分析结果如图 2 所示，其中图 2(a)为对照组的总体达成度，图 2(b)为实验组的总体达成度。达成度结果表明，传统的教学模式在目标 1~3 的达成度上均完成了 0.65 的最低指标，但是目标 4 的达成度仅为 0.57 远低于 0.65。经过改革之后的实验组，四个目标都已经远超 0.65 的达成度；特别地，目标 4 的达成度达到了 0.88，相较对照组提升了 54.4%。



**Figure 2.** (a) Control group, (b) experimental group overall achievement of assessment scores  
**图 2.** (a) 对照组, (b) 实验组考核成绩总体达成度

教学改革的效果主要体现在提升学生面向工程能力, 对应于目标 4。因此, 对目标 4 的达成度进行单独分析, 其结果如图 3 所示。结果表明, 传统的教学模式中, 学生目标 4 的达成度较低, 仅有少部分学生超过 0.65; 经过教改之后, 学生在目标 4 上全部达成指标, 其中最低的达成度也在 0.75 以上。



**Figure 3.** (a) Control group, (b) experimental group Goal 4 achievement distribution  
**图 3.** (a) 对照组, (b) 实验组目标 4 达成度分布

实验组与对照组的期末成绩统计如表 4 所示。结果表明, 两组在平均分、中位数及标准差上存在显著差异。实验组平均分为 87.03 分, 中位数为 87.05 分, 标准差为 4.72, 表明成绩分布相对分散, 部分学生表现波动较大; 而对照组平均分为 81.37 分, 中位数为 81.45 分, 标准差为 5.76。改革后的实验组成绩更集中且稳定性更强。这一结果反映出教学改革在短期内能更有效地提升学生的整体应试表现。

**Table 4.** Statistical data of overall scores between the experimental group and the control group  
**表 4.** 实验组与对照组总体成绩统计数据

| 统计量 | 实验组   | 对照组   | 差异分析                              |
|-----|-------|-------|-----------------------------------|
| 平均分 | 87.03 | 81.37 | 实验组平均分高出 5.66, 差异显著( $p < 0.01$ ) |
| 中位数 | 87.05 | 81.45 | 实验组整体水平上移                         |
| 标准差 | 4.72  | 5.76  | 实验组成绩更集中、更稳定                      |

目标达成度与成绩分布的统计分析结果表明，经过教学改革之后的实验组的学生的4个课程目标达成度均有不同程度地提高。相对于对照组，实验组的学生不仅表现出更强的解决工程需求的能力，而且在基础知识的掌握程度上也有一定的提升。

分析实验组学生的项目报告，发现实现组学生表现出更强的跨单元知识整合能力。例如，其中一个报告的题目是“结合发电机理和试验技术来分析一个防雷问题”。该报告将《高电压技术》里面的放电原理的基础知识，与实际的变电站防雷的工程需求结合起来，学生在写报告的时候，需要从工程实际面临的需求入手，对书本的第一章到第六章的知识，由机理到实践进行跨单元的整合。这不仅考查了学生的基础知识掌握程度，更加提升了学生解决工程实际问题的能力。此外，通过教学改革，学生对工程与社会、安全、环境关系的理解和评估能力得到显著加强，这直接对应并深化了大纲中毕业要求指标点6.3(识别和评价新技术应用对社会、健康、安全等的影响)。

在本次对比试验中，实验组与对照组的考核方式略微有所不同，考核方式的变更确实会对改革成效产生影响，并可能在一定程度上干扰对改革效果的评估。新的考核措施可能会激励学生更积极参与学习，促进他们的实际能力提升，从而反映出改革的正面效果。然而，这一过程并非线性，学生在适应新考核方式的初期可能会遇到困难，导致成绩短期内波动，进而令评估结果出现偏差。因此，虽然考核方式的变化在某种程度上可能影响改革效果的实时评估，但从长远来看，该变更更重要的是促进了学生的深层次学习与能力发展，最终推动了整体改革的达成度提升。

## 6. 结论与展望

本文对《高电压技术》课程教学进行了面向工程能力培养的混合式教学改革与实践研究，以教学大纲为依托，设计并实践了一套“虚实共振、项目驱动”的综合性教学改革方案。通过设计教学改革实验及对照，对改革成效进行实证，研究结果表明，该改革方案可以在一定程度上填补实体实验的短板，并且通过结构化的项目实践，将理论知识系统性地转化为学生的工程实践能力、综合评估能力和社会责任感。这一模式为工程技术类课程的改革提供了一条可借鉴的路径：即以OBE目标为牵引，以现代技术为手段，以工程问题为载体，以过程评价为保障，从而切实提升人才培养质量。未来，我们将进一步完善虚拟仿真教学资源，探索行业前沿案例库的共建共享，以及如何更精准地将创新创业教育融入课程教学，持续推动《高电压技术》课程改革向更深层次发展。

## 参考文献

- [1] 陶玲玲. “高电压技术”课程创新教学研究[J]. 科技风, 2025(23): 125-127.
- [2] 邱志斌, 余沿臻, 乐小熙. 新工科背景下“高电压技术”教学改革探讨[J]. 中国电力教育, 2024(6): 58-59.
- [3] 朱婷. 数字化背景下《高电压技术》课程教学改革路径探索[J]. 中国电力教育, 2024(5): 63-64.
- [4] 袁学兵, 樊泽明. 数字化仿真促进“高电压技术”教学[J]. 教育教学论坛, 2023(20): 131-134.
- [5] 李兵, 崔春艳, 苗敬利. 基于OBE理念的“高电压技术”课程改革[J]. 教育进展, 2024, 14(7): 1145-1150.
- [6] 王丛俊, 迟长春, 张威, 李梦达, 周晓倩. 基于威尔逊规则的电气工程专业教学策略研究——以《高电压技术》为例[J]. 创新教育研究, 2021, 9(2): 460-466.
- [7] 桂银刚, 段书凯. 高电压与绝缘技术课程实验教学改革与实践[J]. 西南师范大学学报, 2018, 43(12): 152-157.