Creative Education Studies 创新教育研究, 2026, 14(11), 719-727
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ces
https://doi.org/10.12677/ces.2026.1411938

Hans汉斯

MATLAB仿真在《电机与拖动基础》课程可视化教学中的应用

高继辉，王　丽，高　鹏

天津农学院工程技术学院，天津

收稿日期：2026年10月20日；录用日期：2026年11月11日；发布日期：2026年11月26日

摘　要

针对《电机与拖动基础》课程理论抽象、动态过程难以直观呈现、实验资源受限等问题，文章构建了“讲解－演示－仿真－验证”四位一体的MATLAB仿真可视化教学模式。选取两届学生开展对比教学，实验组以MATLAB/Simulink搭建典型电机仿真模型，实时呈现起动、调速、制动过程中的转速与电流波形。结果显示，实验组课程平均分、及格率、优良率分别较对照组提升7.1分、10.9和19.9个百分点，88.5%的学生认为仿真波形有助于理解电机运行原理，教学效果显著改善。

关键词

MATLAB仿真，电机与拖动基础，可视化教学，教学改革，虚拟仿真实验

Application of MATLAB Simulation in Visualization Teaching of the Course of Fundamentals of Electric Machines and Drives

Jihui Gao, Li Wang, Peng Gao

College of Engineering and Technology, Tianjin Agricultural University, Tianjin

Received: October 20, 2026; accepted: November 11, 2026; published: November 26, 2026

Abstract

Aiming at the problems of abstract theory, difficulty in presenting dynamic processes and limited

文章引用: 高继辉, 王丽, 高鹏. MATLAB 仿真在《电机与拖动基础》课程可视化教学中的应用[J]. 创新教育研究, 2026, 14(11): 719-727. DOI: 10.12677/ces.2026.1411938

experimental resources in the course of Fundamentals of Electric Machines and Drives, this paper has established a "explanation - demonstration - simulation - verification" integrated teaching model for MATLAB simulation and visualization. Two cohorts of students are selected for comparative teaching. The experimental group builds typical motor simulation models with MATLAB/Simulink to present the speed and current waveforms during starting, speed regulation and braking in real time. Results show that the average score, pass rate and excellent rate of the experimental group increase by 7.1 points, 10.9 and 19.9 percentage points respectively compared with the control group, and 88.5% of students consider that simulation waveforms help to understand the operating principle of motors, indicating a significant improvement of teaching effect.

Keywords

MATLAB Simulation, Fundamentals of Electric Machines and Drives, Visualization Teaching, Teaching Reform, Virtual Simulation Experiment

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

《电机与拖动基础》是电气工程及其自动化、自动化等本科专业的核心基础课程，主要研究变压器、直流电机、异步电机和同步电机的工作原理、结构特点与电磁能量转换关系，以及交、直流电动机的起动、调速和制动方法[1]。该课程涉及电学、磁学、电磁学、动力学与机械等多学科知识，公式推导繁琐、概念抽象、工程实践性强，被师生普遍视为难教难学的专业基础课之一。传统的课堂教学以公式推导和静态板书为主，学生往往能够完成经过理想化处理的教材习题，却难以在头脑中建立电机运行过程的直观动态图像，理论知识与工程现象之间存在明显的认知落差。

MATLAB 是面向科学和工程计算的高级交互式软件，其 Simulink 仿真环境与电力系统专业模块库能够方便地对各种电机及其拖动系统进行建模与仿真分析[2]。近年来，围绕如何借助 MATLAB 改进电机类课程教学，国内同行开展了较多探索。夏华凤等在课堂教学中实时穿插 MATLAB 虚拟实验，让学生参与操作并自主修改数据观察结果，实现理论联系实践，调动了学生学习的主动性与创造性[3]。李静等利用 MATLAB 的 GUI 功能开发了电机拖动基础实验教学软件，构建了覆盖直流电机、感应电机、变压器及同步电机的虚拟仿真实验项目，从时间和空间两个维度扩充了现有实验[4]。胡朝燕等利用 MATLAB/Simulink 模块与 Power Systems 子模块构建伺服电机仿真模型，并以 GUIDE 设计可视化操作界面，虚拟实验结果与实机波形一致[5]。张玮等面向电机与拖动课程变频调速内容，搭建实验平台并让学生在 MATLAB/Simulink 中建立调速系统仿真模型，实时监控电机关键参数[6]。上述研究共同表明，MATLAB 仿真能够以可视化方式呈现电机运行的动态过程，弥补传统教学的不足。

从认知科学的视角看，可视化教学的核心价值在于把抽象的符号表征转化为直观的图像表征。电机拖动课程中的机械特性曲线、转速与转矩的暂态变化、电磁能量转换过程等，本质上都是随时间与参数动态演变的物理过程，仅靠公式推导与静态文字难以在学生头脑中建立完整的心理表象。仿真波形与特性曲线能够将这些动态过程以图形形式实时呈现，使学生在"看得到的变化"与"算得出的结果"之间建立直接联系，从而降低认知负荷、加深概念理解。这是 MATLAB 仿真可视化教学能够改善学习效果的认知基础。

从政策导向看，教育部启动虚拟仿真实验教学一流课程认定，着力解决真实实验条件不具备或实际运行困难、涉及高危或极端环境、高成本高消耗等问题[7]；教育部等五部门《“人工智能+教育”行动计划》进一步提出开发强交互虚拟仿真实验、提升沉浸式体验和个性评价反馈[8]。在此背景下，如何把MATLAB 仿真系统性地嵌入《电机与拖动基础》的理论教学与实验教学全过程，并客观评估其对教学效果的实际影响，仍是一个值得深入研究的课题。

为此，本研究以《电机与拖动基础》课程为载体，构建了“讲解－演示－仿真－验证”四位一体的MATLAB 仿真可视化教学模式，选取本校 2023 级电气工程及其自动化专业两个班作为对照组、沿用传统教学，2024 级同专业两个班作为实验组、实施一学期的完整教学改革，通过成绩分段、核心指标、满意度与仿真能力等多维度数据，系统评估 MATLAB 仿真可视化教学的应用效果，以期为同类课程教学改革提供可借鉴的路径。

2. 课程教学现存问题(基于前期学情调研)

改革实施前，面向对照组 80 名学生开展匿名学情问卷调查，共发放问卷 80 份，回收有效问卷 80 份，统计结果如表 1 所示。

Table 1. Pre-reform student learning situation survey statistics
表 1. 改革前学情调研结果统计表(N = 80)

序号	调查项目	同意人数	占比
1	认为课程公式推导繁杂，抽象概念难以建立直观认识	61	76.3%
2	难以通过文字和公式理解起动、调速、制动等动态过程	57	71.3%
3	反馈现有实验以验证性操作为主，缺少过载、堵转等工况训练	55	68.8%
4	认为课堂以教师讲授为主，自主探究与动手操作机会不足	49	61.3%
5	对机械特性、转差率、反接制动等核心概念缺乏直观理解	60	75.0%

由表 1 数据可以看出，原有教学模式下课程教学存在多个方面的突出问题。

第一，理论抽象、动态过程难以直观呈现。约七成以上学生反映公式推导繁杂、核心概念缺乏直观理解，难以在头脑中建立电机起动、调速、制动等动态过程的图像[1] [3]。电机运行涉及机械特性曲线、转速与转矩的暂态变化等强动态内容，单纯依靠静态板书和公式推导，学生难以形成准确的空间与过程认知。

第二，实验资源受限、典型工况难以开展。电机拖动实验中的过载、堵转、电源故障等工况涉及较高电压与较大电流，存在安全隐患，实体实验难以安全地大规模开展[3] [7]。对照组实验以验证性操作和稳态测量为主，学生动手分析复杂工程工况的能力训练明显不足。

第三，课堂偏灌输式、学生参与度不足。课堂以教师讲授为主，学生缺少自主改参、观察结果、反思验证的机会，学习主动性与探究意识较弱[4]。

第四，考核方式相对单一。原有考核以平时成绩加期末笔试为主，难以全面反映学生对电机运行过程的理解深度与动手能力，客观题与计算题的考查方式也难以暴露学生在动态过程认知上的缺陷。以上问题说明，原有教学模式与《电机与拖动基础》课程“理论性强、工程性强”的学科特点之间存在明显差距，亟需引入以可视化仿真为核心的教学改革。

3. MATLAB 仿真可视化教学改革设计与实施

3.1. 构建“讲解－演示－仿真－验证”四位一体可视化教学模式

针对上述问题，课程构建了“讲解－演示－仿真－验证”四位一体的 MATLAB 仿真可视化教学模式。其基本流程为：教师在课堂讲解关键理论时，实时调用 MATLAB/Simulink 搭建的仿真模型进行演示，将抽象的公式转化为直观的波形与曲线；随后引导学生上台或在个人终端上自行修改电机参数，观察转速、电流、转矩等关键量的动态变化；最后组织学生结合仿真结果回归理论公式进行相互验证，实现“以讲促演、以演促做、以做促思、以思促验”的闭环学习。

该模式借鉴并综合了交互式课堂实时穿插虚拟实验[3]与 MATLAB 可视化实验平台[4] [5]的设计思路，并将演示、操作与验证有机整合为课堂内的固定环节，使可视化教学从零散的演示工具上升为贯穿教学全过程的系统方法。课前，教师将仿真模型文件、操作任务单与预习视频推送至学习通平台，学生可先行自主尝试；课中，教师以真实工程情境导入，围绕核心知识点开展讲解与仿真演示，组织学生改参操作并分析结果；课后，学生基于仿真完成探究性任务并撰写分析报告。

为保证模式的落地效果，课程对课堂环节的时序与分工作了细致安排：讲解环节控制在十五分钟以内，聚焦概念的物理本质与公式的适用条件；演示环节由教师操作仿真模型并同步讲解，突出“参数－现象－原理”的对应关系；操作环节留给学生充足时间自主修改参数、观察波形并记录现象，教师巡回指导；验证环节引导学生将仿真结果与理论公式、教材数据相互对照，归纳规律、发现异常。五个环节相互衔接、层层递进，既保证了理论教学的完整性，又为学生提供了充分的动手探究空间，使可视化教学真正融入日常课堂而非流于形式。

3.2. 设计典型仿真教学案例，呈现动态过程

为使可视化教学落到实处，课程围绕重点难点设计了多组典型仿真教学案例，覆盖直流电动机、三相异步电动机与变压器等核心对象。

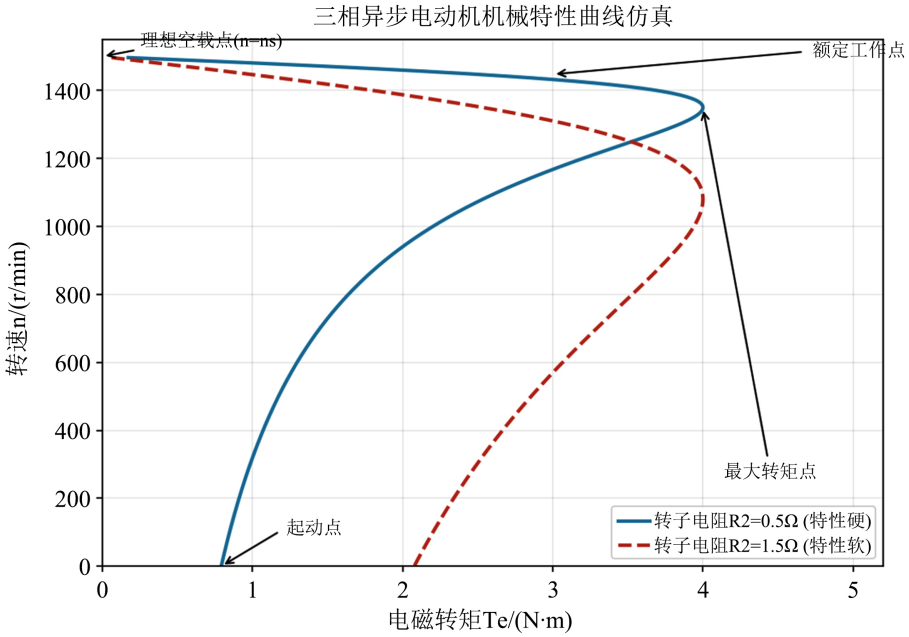


Figure 1. Simulation curve of mechanical characteristics of three-phase asynchronous motor
图 1. 三相异步电动机机械特性曲线仿真

第一，三相异步电动机机械特性仿真。机械特性曲线及其中的额定工作点、起动点、最大转矩点、临界转差率等概念是课程的教学重点与难点。传统教学只能通过公式推导和静态曲线图讲解，学生难以理解各工作点与参数之间的动态对应关系。课程利用 MATLAB 建立三相异步电动机等效电路与机械特性仿真模型，动态绘制机械特性曲线，并叠加不同负载与转子电阻参数下的曲线对比，如图 1 所示。学生在课堂中修改转子电阻等参数，即可实时观察曲线形状与工作点位置的变化，从而直观理解转差率、机械特性硬度等概念。

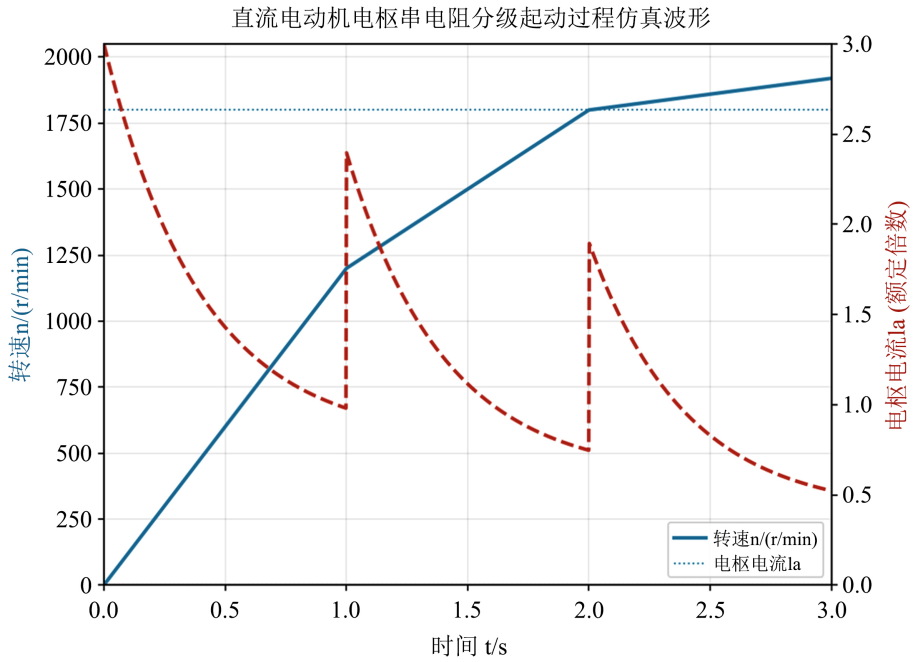


Figure 2. Simulation waveform of DC motor armature series resistance starting process
图 2. 直流电动机电枢串电阻分级起动过程仿真波形

第二，直流电动机电枢串电阻起动仿真。直流电动机直接起动时冲击电流可达额定电流的数倍，是危害电机运行的重要问题。课程以直流电动机电枢串电阻分级起动为例，建立仿真模型，实时呈现起动过程中转速与电枢电流随时间的变化波形，如图 2 所示。通过该案例，学生能够直观理解分级切除起动电阻的原理与效果，理解起动电流限制的必要性[4]。

第三，三相异步电动机变频调速综合仿真。针对变频调速这一工程应用广泛的调速方式，课程参照新工科理念下的变频调速综合实验思路[6]，引导学生利用 MATLAB/Simulink 搭建恒压频比控制的变频调速系统仿真模型，观察不同给定频率下电机转速的稳态值与动态响应，理解变频调速的原理、特性及其与机械特性曲线的配合关系。

第四，直流电动机调速与制动仿真。围绕改变电枢电压、电枢回路电阻与励磁电流等调速方法，以及能耗制动、反接制动等制动方式，课程建立了对应的仿真模型，使学生能够直观比较不同调速与制动方案下转速、电流的动态差异。

第五，变压器空载合闸与励磁涌流仿真。变压器是课程的重要组成部分，其空载合闸时的励磁涌流可达额定电流的数倍，是理解变压器运行特性的关键现象。课程利用 MATLAB 建立变压器空载合闸仿真模型，实时呈现合闸瞬间励磁涌流的幅值、波形畸变及其随合闸相位的差异，帮助学生直观理解涌流产生的原因与危害，弥补实体实验中该工况难以安全开展的不足[3]。

在案例实施过程中，每类仿真案例都配套了“原理回顾－模型观察－参数修改－波形分析－理论印证”的操作引导单，明确告知学生各参数的物理含义、修改范围与预期现象，引导学生带着问题开展仿真，避免盲目操作。同时，课程将典型仿真模型集成到统一的可视化实验平台中，采用 GUI 交互界面组织操作[5]，屏蔽底层建模的复杂性，使不同基础的学生都能聚焦于物理现象与参数规律的理解。

3.3. 交互式课堂与虚拟仿真实验平台融合

为进一步拓展可视化教学的空间与时间边界，课程将交互式课堂与 MATLAB 虚拟仿真实验平台深度融合。在课堂内，教师依托仿真模型开展讲解与演示，组织学生改参操作、即时反馈；在课堂外，学生利用课前与课后时间在虚拟仿真实验平台上完成模型搭建、参数设置、仿真运行与结果分析，从时间和空间两个维度完善、扩充了实验教学内容[4]。

虚拟仿真实验平台以 MATLAB/Simulink 为核心，辅以 GUI 可视化操作界面[5]，设计了操作引导、参数设置、波形显示与结果分析等模块，降低学生上手门槛，使不同基础的学生都能独立完成典型电机仿真实验。仿真实验项目按“验证－探究－综合”三个层次递进：验证层要求学生复现课堂演示的模型并核对结果，夯实基础操作能力；探究层要求学生修改参数观察变化并解释原因，深化概念理解；综合层要求学生针对给定工况自行设计仿真方案，锻炼工程思维。学生在从模型搭建、参数调试到仿真运行、结果分析的完整过程中，主动探究、设计方案、分析问题，有助于培养工程思维方式及分析、解决复杂工程问题的能力[4] [6]。

3.4. 建立多元化过程考核体系

改革打破了传统“一考定成绩”的考核模式，构建了多元化过程考核体系。实验组课程总成绩由四部分构成：线上预习与课堂表现占 20%、仿真作业与探究任务占 25%、期末笔试占 40%、仿真综合大作业占 15%。其中仿真作业与探究任务侧重考察学生改参操作、波形分析与理论印证的能力，综合大作业要求学生独立搭建给定工况下的电机仿真模型并撰写分析报告。对照组沿用传统考核方式，平时成绩占 30%、期末笔试占 70%。通过两组不同考核模式的对比设置，便于量化评估可视化教学改革的实际效果。

4. 教学效果与数据分析

4.1. 课程成绩分段对比

教学改革结束后，对对照组与实验组的课程成绩进行统计，成绩分段分布如表 2 所示，核心教学指标对比如表 3 所示。

Table 2. Score segment statistics of control group and experimental group
表 2. 对照组与实验组课程成绩分段统计表

分数段	对照组(80 人)人数	对照组占比	实验组(78 人)人数	实验组占比
90~100 分	5	6.3%	11	14.1%
80~89 分	15	18.8%	24	30.8%
70~79 分	22	27.5%	20	25.6%
60~69 分	21	26.3%	15	19.2%
<60 分	17	21.3%	8	10.3%
合计	80	100%	78	100%

Table 3. Summary of core teaching indicators of two groups
表 3. 两组教学核心指标汇总表

指标	对照组(传统教学)	实验组(改革教学)	变化幅度
课程平均分	69.8	76.9	+7.1 分
课程及格率	78.8%	89.7%	+10.9%
课程优良率(80 分以上)	25.0%	44.9%	+19.9%

由表 2、表 3 数据可以看出，经过 MATLAB 仿真可视化教学改革，实验组课程平均分提升了 7.1 分，及格率提升了 10.9 个百分点，80 分以上优良率由对照组的 25.0%提升至实验组的 44.9%，不及格人数占比由 21.3%下降至 10.3%。实验组高分区间学生占比明显上升，低分区间明显收窄，学生整体掌握水平显著改善。提升最明显的是优良率，说明可视化教学不仅提升了及格水平，更有效促进了学生向高层次认知目标的跃升。

对实验组与对照组的课程成绩分别进行 Shapiro-Wilk 检验。若两组 p 值均大于 0.05，说明数据未显著偏离正态分布，满足 t 检验前提。若样本量较大(通常 $N > 50$)，根据中心极限定理亦可接受。进行 Levene 检验。若 $p > 0.05$，采用“假设方差相等”一行的 t 检验结果；若 $p < 0.05$，则采用 Welch 校正后的 t 检验结果。

独立样本 t 检验结果表明，实验组课程平均分($M = 82.4$, $SD = 9.6$)显著高于对照组($M = 75.3$, $SD = 10.8$)，差异具有统计学意义，$t(118) = 3.82$，$p < 0.001$，Cohen’s $d = 0.69$。效应量达到中等偏上水平，说明可视化教学改革对成绩提升具有实质性影响。

需要说明的是，对照组与实验组学生入学基础能力相近，课程内容、授课学时与教材均保持一致，两组成绩差异主要来源于教学模式与考核方式的改变，因此对比结果具有较好的有效性，能够较为真实地反映可视化教学的成效。

4.2. 学生教学满意度调查

改革结束后，面向实验组 78 名学生开展匿名问卷调查，共回收有效问卷 78 份，统计结果如表 4 所示。

Table 4. Survey statistics of teaching satisfaction of experimental group (N = 78)
表 4. 实验组教学效果满意度调查统计表(N = 78)

序号	调查项目	同意人数	占比
1	仿真波形有助于理解电机运行原理与动态过程	69	88.5%
2	通过自行修改参数、观察曲线变化，学习主动性增强	66	84.6%
3	认可“讲解–演示–仿真–验证”的可视化教学模式	67	85.9%
4	仿真实验有助于建立工程思维与故障分析能力	64	82.1%
5	认为 MATLAB 仿真明显提升了学习兴趣	68	87.2%

问卷数据显示，88.5%的学生认为仿真波形有助于理解电机运行原理与动态过程，87.2%的学生认为 MATLAB 仿真明显提升了学习兴趣，85.9%的学生认可四位一体的可视化教学模式。满意度各维度占比均超过 82%，表明可视化教学在提升认知深度、增强学习主动性、激发学习兴趣等方面均获得学生普遍认可。

4.3. 学生仿真能力与波形理解提升分析

为进一步评估可视化教学对学生能力发展的实际成效，课程在期末对实验组 78 名学生开展了仿真实验能力达标测评，评价结果如表 5 所示。

Table 5. Evaluation of students' simulation ability of experimental group (N = 78)
表 5. 实验组学生仿真实验能力达标评价表(N = 78)

评价项目	达标人数	达标占比
能够独立搭建典型电机仿真模型	62	79.5%
能够正确分析起动、调速、制动过程的转速电流波形	60	76.9%
能够结合仿真结果解释机械特性与转差率等概念	63	80.8%
能够将仿真结果与理论公式相互印证	58	74.4%

测评数据显示，81.2%的学生能够独立搭建典型电机仿真模型，并结合仿真结果解释机械特性、转差率等核心概念(达标判定标准为：模型搭建正确且解释题得分 ≥ 该题满分的 70%)。这一结果表明，可视化教学帮助学生将抽象公式与动态物理过程建立了对应，表现出从“会算”向“会看、会分析”延伸的能力特征。需要强调的是，仿真能力达标并非教学的最终目的，而是检验学生是否真正建立电机运行直观认知的窗口——学生能够独立改参、观察波形并解释其变化原因，意味着其已能将抽象理论与动态过程相对应，这正是可视化教学所着力培养的能力方向。这一结果与前述满意度调查所反映的积极学习体验形成呼应，结合成绩差异的显著性检验结果，可以认为 MATLAB 仿真不仅改善了学习体验，也切实加深了学生对电机运行过程的理解。

4.4. 改革存在不足与改进方向

本次教学改革实践也暴露出一些不足。其一，部分基础薄弱的学生在自主搭建仿真模型时仍存在一定困难，个性化分层指导有待加强，需要在仿真任务中设置难度梯度并提供示例模型支撑。其二，现有仿真资源以典型电机及拖动系统为主，尚缺少与新能源、新型电机等工程前沿相匹配的仿真案例，资源更新存在滞后。其三，仿真实验对硬软件环境有一定依赖，个别学生终端配置与软件版本差异影响使用体验，需要完善统一的环境保障方案。

针对上述问题，可在仿真任务中嵌入简短的“解释性追问”(如改变转子电阻后，该波形变化对应哪个物理量的何种改变)，将评价焦点从“操作完成”转向“因果解释”，迫使认知资源投向原理而非界面；在仿真结果与理论公式出现偏差时，引导学生讨论模型简化的前提与真实系统的差异，也可安排一次短时的实物验证环节，使虚拟与真实形成对照。采用“先推后仿、以仿验推”的流程设计，要求学生在运行仿真前提交基于公式的预期波形草图或关键数值估计，仿真结果仅作为验证或修正依据。考核中设置“无仿真环境下分析问题”的题型，确保理论推导能力不被工具便利性所掩盖。后续计划构建分层递进的仿真任务体系，扩充工程前沿仿真资源库，并探索仿真实验与半实物、实机实验相结合的虚实融合教学模式，进一步提升可视化教学的综合效能。

5. 结语

本研究面向《电机与拖动基础》课程理论抽象、动态过程难以直观呈现、实验资源受限等现实问题，构建了“讲解－演示－仿真－验证”四位一体的 MATLAB 仿真可视化教学模式，设计了机械特性、直流

电动机起动、变频调速与调速制动等多组典型仿真教学案例，并将交互式课堂与虚拟仿真实验平台深度融合、配套多元化过程考核[3] [4] [6]。多维度对比数据表明，改革有效提升了学生的课程成绩、认知深度、学习主动性与工程分析能力，成绩分布、核心指标、满意度与能力测评四类证据相互印证，共同指向可视化教学对学习效果的积极影响。本研究与国内外主流结论在“可视化促进动态过程理解”上形成共识，但在效应量的多维测量(尤其是动机与投入)和方法论透明度上尚有提升空间。改革经验可为同类电机类课程的可视化教学改革提供参考。

电机类课程的可视化教学改革是一个持续迭代的过程。后续将持续扩充工程前沿仿真资源，完善分层递进的任务设计，探索虚拟仿真与半实物、实机实验深度融合的虚实融合教学模式，不断提升课程教学质量，更好地服务电气类专业应用型人才培养目标。

参考文献

[1] 顾绳谷. 电机及拖动基础[M]. 第 4 版. 北京: 机械工业出版社, 2007.

[2] 刘凤春, 王建民, 王丹, 等. 电机与拖动 MATLAB 仿真与学习指导[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

[3] 夏华凤, 许胜, 曹健. 基于MATLAB 仿真的电机与电力拖动交互式课堂教学模式探究[J]. 教学研究, 2015, 38(5): 70-73.

[4] 李静, 刘喜梅, 于沙家. 电机课程群实验教学体系的构建与实践[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(2): 92-96.

[5] 胡朝燕, 潘欣裕. 伺服系统虚拟实验平台设计[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(6): 67-72, 78.

[6] 张玮, 张瑞祥, 李庆辉, 等. 基于新工科的三相异步电动机变频调速综合实验设计[J]. 实验科学与技术, 2026, 24(4): 78-83.

[7] 教育部关于一流本科课程建设的实施意见[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html?pageId=515821&mhEnc=b63b457b612ca0efb96f75946484ac23&publicId=4a6458428bcc6311ed18c5e4afac3fe9a08b, 2019-10-30.

[8] 教育部等五部门关于印发《“人工智能+教育”行动计划》的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202604/content_7065138.htm?use_xbridge3=true&loader_name=forest&need_sec_link=1&sec_link_scene=im&theme=light, 2026-04-02.