

## 电机学混合式教学改革探索

吴复霞, 杨艳, 巩飞

南京邮电大学自动化学院 江苏南京

**【摘要】**在分析电机学当前教学现状基础上,以“磁场相互作用”为主线重构课程内容,通过诊断历年学情数据,构建电机学“知识误区图谱”和“实验失误库”,可精准定位教学,情景化预习思考题让学生课前与错误相遇,用问题驱动深度预习。设计的实验预习单和深度反思模板,能引导学生精准实验预习和深度失误反思,将实验教学从侧重操作技能的训练,向深化科学思维与探究能力培养的范式转变,“五步闭环实验模式”让实验课成为学生思维和能力成长的练兵场。作业采取双轨登记和自批订正反思机制,引导学生进行自我诊断与反思性学习。实施多元化考核,综合评价学生能力。这些措施相辅相成,引导学生从被动学习到主动思考,学生学习积极性与自主性显著增强,课程目标达成度逐年提升,实现从知识传授到能力培养的深刻转变,为学生的终身学习奠定坚实基础。

**【关键词】**电机学;知识误区图谱;实验失误库;五步闭环实验模式;多元化考核

**【基金项目】**南京邮电大学教学改革研究项目(JG00521JX40)

**【收稿日期】**2026年2月15日

**【出刊日期】**2026年3月17日

**【DOI】**10.12208/j.jjea.20260005

### Exploration of mixed teaching reform of electrical machinery

*Fuxia Wu, Yan Yang, Fei Gong*

*College of Automation, Nanjing University of Posts and Telecommunication, Nanjing, Jiangsu*

**【Abstract】**Based on the analysis of the current teaching situation of Electrical Machinery, the course content is reconstructed with “magnetic field interaction” as the main line. By diagnosing historical academic data, the dynamic “Knowledge Misconception Map” and “Experimental Error Database” of Electrical Machinery are constructed, which can accurately locate teaching. Situational preview thinking questions allow students to encounter mistakes before class and drive deep preview with problems. The designed experimental preview sheet and deep reflection template can guide students to accurately preview experiments and deeply reflect on mistakes, and transform the experimental teaching from focusing on the training of operational skills to deepening the paradigm of scientific thinking and inquiry ability training. The “Five Step Closed-loop Experimental Mode” makes the experimental class a training ground for students' thinking and ability growth. The homework adopts a dual-track registration and self-correcting reflection mechanism to guide students to conduct self-diagnosis and reflective learning. The implementation of diversified assessment comprehensively evaluates students' abilities. These reform measures complement each other, guide students from passive learning to active thinking, significantly enhance students' learning enthusiasm and autonomy, and the achievement of curriculum objectives is increasing year by year, so as to realize the profound transformation from knowledge imparting to ability training, and lay a solid foundation for students' lifelong learning.

**【Keywords】**Electrical machinery; Knowledge misconception map; Experimental error database; Five step closed-loop experimental mode; Diversified assessment mechanism

电机学是高等学校电气类专业的核心课程,具有承上启下的支柱作用。课程系统讲解变压器、直流电机、感应电机和同步电机四大类电磁装置的内部结构、工作原理、运行特性和分析方法。电机学概念繁多、公式

推导复杂,理论性实践性强<sup>[1-3]</sup>,素有电气类专业“拦路虎”之称<sup>[1]</sup>。在当前本科教学改革的大背景下,电机学教改重心正逐渐从“以教为中心”转向“以学为中心”<sup>[2-6]</sup>。真正的教学改革,应建立在对

能力短板等历史数据的深度挖掘之上,这也是“以学为中心”教学理念的体现。

### 1 电机学课程教学现状

电机学课程教学目前主要存在以下几点不足:

#### 1.1 课程内容繁多易混淆

传统的《电机学》教材和课程安排,往往是按照电机类型分章节进行,“四大电机,各自为政”这种以电机类型为纲的割裂式教学结构,弱化了电磁统一的物理本质,缺乏横向联系的对比性教学,学生学到的是四种完全不同的“机器”,且容易混淆。

#### 1.2 实验教学重验证轻探究

电机学实验教学是连接抽象理论与工程实践的桥梁<sup>[7-8]</sup>,当前电机学实验教学普遍存在“重验证、轻探究”的问题。实验内容多以验证性实验为主,难以激发学生兴趣,学生按部就班操作,缺乏主动思考。教学模式单一,学生往往只是操作并记录数据,对实验现象背后的深层原理理解不深,导致理论与实践脱节,难以有效培养学生的工程实践与创新能力。

#### 1.3 传统作业模式有显著弊端

作业作为衔接“教”与“学”的关键环节,其设计与评价方式仍相对滞后。传统作业往往“一刀切”,基础薄弱的学生难以有效完成,能力较强的学生缺乏提升空间,对科研有兴趣的学生,难从中获得实践锻炼的机会。作业反馈往往局限于对错判定,学生处于被动接受状态,缺乏对错误根源的深入反思与主动修正,不利于培养学生的自主学习能力和批判性思维。作业本应具备的形成性评价功能被弱化,影响了知识的有效内化与掌握。

#### 1.4 课程考核评价方式单一

当前课程多采用“平时成绩 30%+期末考试 70%”

考核方式,在评价结构上较为单一,存在“重结果、轻过程”的倾向。这种考核方式侧重对理论和公式的理解记忆,容易导致学生倾向于“平时松懈、考前突击”,考核结果无法全面真实地反映学生的综合能力水平。

### 2 电机学教学内容革新

#### 2.1 重构知识体系,突出主线与对比

以“电磁能量转换”为核心,以“磁场相互作用”为主线,重新组织教学内容,强调所有电机电磁转矩的产生均源于“定子磁场与转子磁场的相互作用”,以此为主线串联感应电机、同步电机和直流电机,帮助学生建立统一的物理认知框架。

每学完一类电机,设置横向对比专题课和习题,引导学生系统对比直流电机、感应电机、同步电机在结构、原理、特性、应用上的异同点,主动构建知识网络,形成对比表格或思维导图,强化知识网络。

#### 2.2 构建“电机学知识误区图谱”,精准定位教学

电机学教学团队以“学”为中心,深度剖析电机学的历年学情,挖掘错误背后的知识漏洞、思维定式与逻辑谬误,绘制电机学“知识误区图谱”<sup>[3]</sup>,该图谱系统梳理了学生在核心概念中普遍存在的认知偏差。基于此图谱,优化电机学课堂教学设计,调整授课内容的详略、顺序和侧重点,设计能够激发深度思考的课堂练习和自主分层作业。同时,新产生的学习情况实时回流,持续迭代与优化教学策略,实现教学相长的良性循环。电机学知识误区图谱循环更新情况如图 1 所示,这一良性循环过程形成了一个自我进化的教学新生态,每一届学生的学习数据都将成为滋养下一届教学的宝贵养分,确保我们的教学始终与学生的真实需求同频共振,实现教学的可持续发展。

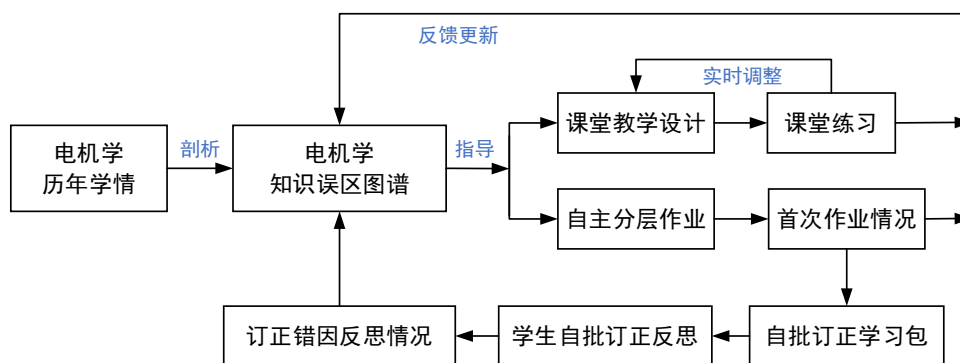


图 1 电机学知识误区图谱循环更新情况

#### 2.3 构建“电机学实验失误库”

深度挖掘历年实验情况、实验报告、实验考试错题

等,将历年的实验失误点如误操作、数据误读、分析谬误等进行编码制档,创建“电机学实验失误库”,包含

实验名称、失误环节、错误类型、原因分析、后果影响等,将高危操作与常见错误转化为培养工程规范、严谨思维与故障诊断能力的关键学习案例。

将“电机学实验失误库”作为学生预习警示素材,让学生“站在前人肩膀上”学习,能强化规范意识,预防常见错误。将高频失误改写为情境化预习思考题,比如“某组同学变压器空载实验时,减小变压器端电压记录数据的过程中,发现错过额定电压点,又将电压升高到额定电压进行记录,这样操作对不对?为什么?应该如何操作?”。每次实验后收集学生使用后的反馈建议,进而调整情景化预习思考题的难度和形式。每轮实验后,根据学生实验预习情况、实验操作情况和实验反思建议等动态更新“电机学实验失误库”。

面对电机学课程中概念抽象、系统性强、安全要求高的教学挑战,创新性地构建了“知识误区图谱”与“实验失误库”,将个人经验沉淀为可分析、可传承的

表1 《实验预习单》

1、往届实验失误案例	失误环节、原因分析、后果影响等
2、情景化预习思考题	根据历年实验高频失误编写的实验预习思考题,让学生课前与错误相遇,用问题驱动深度预习。 1) 安全关键点清单: 列出本次实验最关键的5条安全操作规程
3、实验安全与操作核心要点	2) 核心操作步骤流程图: 以流程图形式提炼出实验成功的核心步骤,并在关键步骤旁标注易错点 3) 数据记录规范: 实验需要记录哪些关键数据?记录时应注意什么?

实验前一周发布预习包:实验指导书和《实验预习单》。学生完成《实验预习单》,并在实验前一天完上交,教师检查实验预习情况,更新“实验失误库”,重点标记共性疏漏。基于实验预习单得到的一手珍贵学情,教师在实验课前几分钟的讲解可以更加有的放矢,实现真正的“以学定教”。精准深度预习让学生做好充分的知识、技能和思维准备,他们对实验目的、操作流程和预期结果了然于胸,进入实验室后能更自信、更主动地进行操作和探索,更专注于关键现象的观察和深层问题的思考。

### 3.2 角色职责轮换,协作结构化

每个实验小组5位同学,分别为接线员、操作员、记录员、画图员和安全员。为了督促每位学生都深度参与实验,采取角色职责轮换制度,每次实验角色轮换,确保每位学生全面参与,培养团队协作精神和换位思考能力。

### 3.3 实验过程留痕,失误存档化

为了便于实验操作过程留痕,每组一张《实验情况记录表》,要求学生真实记录实验接线、操作、数据记录等情况,方便教师收集实验情况,更新实验失误库,

集体智慧,为本课程实现“理论-实践-创新”深度融合的教学改革,提供了基于认知规律与工程情境的精准化教学干预依据,让电机学教学从“经验驱动”走向“数据驱动”。

## 3 五步闭环实验操作模式

### 3.1 精准实验预习,任务清晰化

为了明确实验预习任务,让学生实验预习更深入,设计了如表1所示的《实验预习单》。往届操作失误案例让学生深刻认识到实验规范操作的重要性,学生通过扮演“安全审查官”的角色,挖掘往届实验中的风险点,将安全规范和操作要点内化为个人认知,实现“前事不忘,后事之师”。要求学生回答情景化预习思考题,并系统梳理实验过程,提前找到实验安全关键点,画好核心操作步骤流程图,确定需要记录的数据,避免漏步骤或误操作,从而提升实验的安全性与成功率,锻炼学生的批判性思维、风险识别与防范能力。

以及评估学生实验失误反思质量。

### 3.4 操作规范探究,评价规范化

为了促进学生实验操作的规范性以及探究和思考,强调“规范与思考比速度更重要”。教师根据“操作规范、团队协作、数据质量”等维度,对每组实验过程进行打分。实验操作打分采取“基础分+奖励分”评价机制。1)基础分(60%):安全、无事故、按流程完成全部实验操作即可获得;2)效率奖励分(20%):在规定时间内完成实验;3)质量/创新奖励分(20%):数据精确、主动探究额外现象、团队协作高效。“基础分+奖励分”评价机制在保障基本教学目标达成的同时,鼓励了协作和深度探究。

### 3.5 失误深度复盘,反思结构化

实验报告除了做常规的数据分析之外,要求学生正视实验过程中的所有失误,并针对实验失误进行深度反思,将“失败”彻底转化为最重要的学习资源。若实验过程中没有失误,可对最具有启发性的一到两个点进行反思,并提出实验建议。为了避免学生反思流于表面,设计了如表2所示的“实验深度反思模板”。

表 2 实验深度反思模板

1.事实	描述: 客观描述现象、数据、操作等
2.分析	原理分析: 这背后涉及的电机学原理是什么? 归因分析: 是理论不清、操作失误还是其他原因?
3.升华	规律总结: 这件事让我对某个规律或技巧有了新认识 概念关联: 这个发现如何与课堂理论知识联系起来?
4.行动	改进方案: 未来如何避免同类错误? 应用设想: 这个经验可以用在什么其他场合?

#### 4 “分层-自批-反思”作业新生态

##### 4.1 三层递进的自主作业体系

为实现个性化学习目标, 电机学教学团队设计了基础巩固层、能力提升层、拓展创新层三层递进式的自主作业体系, 将作业从被动的负担转变为主动的、富有挑战性的成长阶梯, 确保所有学生都能在“最近发展区”内获得最佳的学习体验。基础巩固层旨在巩固课堂所学, 要求所有学生完成。能力提升层旨在为学有余力的学生提供挑战, 通常涉及多个知识点的交叉应用或对复杂情境的分析, 如同步发电机调励磁时功角变化的过程分析等, 学生根据自身情况自主选择完成。拓展创新层以项目式、团队式的开放性课题为主, 如“电机模型仿真演示”、“新型电机结构设计探索”等, 对相关领域有浓厚兴趣的学生自愿组队参与, 教师在此角色转变为“项目导师”, 提供方向性指导与资源支持。

##### 4.2 双轨登记与自批订正反思机制

在作业分层设计的基础上, 对占主体的普通巩固层作业的评价与反馈机制进行了深度革新, 其核心是引入“双轨登记”与“自批订正反思”机制, 构建一个促进学生深度反思的闭环。

第一轨记录作业完成情况, 整理班级错误点集锦, 进而更新知识误区图谱。教师第一轨登记后, 向学生发送“自批订正学习包”, 内含标准答案与详解、班级错

误点集锦和知识误区图谱。学生依据自批订正学习包, 对自己的作业进行自主批改和订正, 要求写出正确答案, 并进行错误归因分析与个人反思总结。这一过程将学生从被动改错转变为主动反思。

第二轨记录订正反思质量情况, 教师评估订正的正确性、错误归因的深刻性、反思总结的逻辑性, 并进一步更新“知识误区图谱”。第一轨记录只作为诊断参考, 占作业成绩的 20%, 第二轨分数直接反映了学生从错误中学习和成长的能力, 占作业成绩的 80%。这一机制向学生传递一个明确信号: 学习的过程与结果同等重要, 犯错并不可怕, 重要的是从错误中学习和成长的能力。

#### 5 课程评价多元化

电机学课程引入多元化考核机制, 采用过程性评价与结果性评价相结合的考核模式, 弱化期末试卷考核比重, 将课堂出勤、课堂练习、小组讨论、课后作业、课程实验、阶段测试等引入考核范围, 共同组成本课程的精准考核体系, 如表 3 所示, 以实现对学习全过程的有效覆盖。提升过程性评价的比重, 能够引导学生关注学习过程, 有效规避考前突击现象。电机学课程的精准考核方式, 能加强对学生学习过程的监控与指导, 有效引导学生由被动应试向主动探究转变, 减少死记硬背, 增强知识综合运用与解决实际问题的能力。

表 3 电机学课程精准考核体系

考核类别	考核项目	考核内容	评价方式	权重
过程性考核 (40%)	出勤表现	课堂考勤、课堂练习、小组讨论情况等	智慧课堂提供数据	5%
	基础作业	首次作业情况 (20%) 订正反思情况 (80%)	教师双轨登记	8%
	自主作业	逻辑思维与综合应用能力、创新协作能力	教师评+小组评	3%
	课程实验	4 次实验, 实验预习、实验操作和实验反思	教师评分	12%
	阶段测试	3 次阶段测试	教师评分	12%
结果性考核 (60%)	期末考试	期末闭卷考试	教师评分	60%

## 6 改革效果

基于“知识误区图谱”的教学, 让学生清晰了解常见认知盲区, 学习目标更为明确。学生反馈表明, 这种靶向性强的课堂让他们感到“学习更有方向”, 有效减少了盲目和畏难情绪。“双轨登记”机制促使学生主动审视自己的知识盲区, 学习方向感更加明确, 主体意识显著增强。“自批订正反思”机制不仅要求订正, 更要进行错误归因和反思, 这一深度认知加工过程极大地促进了知识的内化, 学生对核心知识点的掌握更加扎实。通过“实验失误库”的案例教学与反思训练, 学生在实验中表现出的系统意识、规范操作与数据处理严谨性得到显著改善, 实验报告反思分析中的逻辑性与规范性亦明显增强。2020级电气工程与自动化专业电机学课程目标达成度为0.710, 实施混合式教学改革后, 电机学课程目标达成度逐年提升, 2021级电机学课程目标达成度提升到0.760, 2022级电机学课程目标达成度上升为0.786。

## 7 总结

通过系统性的教学改革, 电机学课程实现从知识传授到能力培养的深刻转变。电机学教学团队重构知识体系, 创建电机学“知识误区图谱”和“实验失误库”, 使教学脉络更清晰, 能精准突破学习难点, 提升学习效率。将“电机学实验失误库”作为学生预习警示素材, 设计的《实验预习单》和《实验深度反思表》能让学生精准预习实验、深度反思失误, “五步闭环实验操作模式”推动了实验教学的范式转型, 其核心在于构建了一条从操作练习到思维深化的系统化路径, 显著增强了教学效能。“分层-自批-反思”作业体系, 尊重学生个体差异, 满足不同层次学生的学习需求, 有效培养了学生自主学习与深度思考的习惯。而多元化的课程考核, 从单一的知识检验转变为对学习过程、实践能

力和创新素养的综合评价。这四项改革措施环环相扣, 共同构建了一个高效、个性化、重能力培养的教学新生态, 不仅显著提升教学质量和学习效果, 更能全面锻造学生解决复杂工程问题的综合能力与创新精神。

## 参考文献

- [1] 朱志莹, 万琦, 柏杨. “电机学”课程混合式教学改革实践[J]. 电气电子教学报, 2018, 40(6): 50-53.
- [2] 李建文, 李永刚, 武玉才, 等. “电机学”主动学习方法探讨[J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(6): 54-57.
- [3] 吴复霞, 杨艳, 巩飞. 以学为中心的电机学范式案例[J]. 电气工程与自动化, 2025, 4(6): 1-3.
- [4] 晁雪薇, 李阳, 聂晶, 等. 基于 OBE 理念的电机学课程线上线下混合式教学探索与实践[J]. 科教文汇, 2024, 618(18): 90-94.
- [5] 李光明, 张叶贵, 吉畅. 以能力培养为导向的“电机学”课程教学改革研究与实践[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2025, 79(2): 65-68.
- [6] 张叶贵, 李光明, 吉畅. 新工科背景下以能力培养为导向的课程教学改革研究: 以电机学课程为例[J]. 现代农机, 2023(5): 96-98.
- [7] 齐文娟, 徐青菁, 孙佳, 等. 电机学实验教学探索[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(12): 229-232.
- [8] 李建文, 梁海峰, 纪璇, 等. “电机学”实践教学体系改革思路与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(8): 194-197, 230.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



**OPEN ACCESS**