

新工科背景下大学物理“电磁学”教学重构

——以电子信息工程专业为例

王 彤 佟跃辉 董婷婷 王海楠 王彦语

哈尔滨信息工程学院 黑龙江 哈尔滨 150000

【摘要】：在新工科建设与工程教育认证背景下，大学物理电磁学教学与电子信息工程专业能力需求相脱离，已经成为制约人才培养质量的主要问题。针对传统电磁学教学存在的经典推导冗余、场思维培养薄弱、专业定向案例缺失、脱离工程场景等痛点，本文提出面向电子信息工程专业的电磁学教学重构方案。研究依托专业课程需求映射关系，重构电磁学四大核心知识模块，创建“原理—器件—电路—产业”的递进式四级工程案例体系，创新设计虚实融合的可视化教学模式及四阶闭环教学实施流程，并且完善了多元化的过程性考核评价体系。以电子信息工程专业为实践对象进行对照实验，结果表明学生电磁场思维与工程分析能力显著提升，与后续专业课衔接效果显著。本研究为新工科背景下的物理基础课程教学专业化、工程化教学改革提供可行的实践参考。

【关键词】：新工科；大学物理；电磁学；教学重构；电子信息工程

DOI:10.12417/2982-3811.26.02.033

1 引言

新一轮科技革命与产业变革驱动下，新工科建设已成为我国高等工程教育改革的核心抓手，其核心目标是培养面向产业需求、具备工程实践能力和创新思维的复合型工科人才。工程教育认证的“产出导向、以学生为中心、持续改进”三大核心理念，进一步要求基础课程必须对接专业毕业要求，支撑学生解决复杂工程问题能力的养成。

大学物理属于电子信息工程专业的必修公共基础课，其中电磁学模块是衔接基础物理和《高频电子线路》《传感器原理原理》《信号与系统》等核心专业课程的重要纽带。从静电场到电磁波的完整知识体系，是学生理解射频通信、集成电路、电磁干扰抑制等工程技术的物理根基。

近年来，学界就大学物理电磁学教学革新展开诸多尝试。陈艳等^[1]从新工科整体视角出发，提出了大学物理内容体系重构的思路，弱化冗余理论，强化工程案例融入；穆姝慧等^[2]创建了混合式翻转课堂模式，改善了课堂参与度，通过资源创建和题库改进来提高课堂参与度；高倩倩等^[3]按照工程教育认证的理念，给出大学物理模块化教学改良策略。

本文以电子信息工程专业为对象，对电磁学教学进行针对性优化重构。研究在分析传统教学问题与专业培养需求的基础上，重构教学内容、创建工程案例体系、设计闭环教学模式，并通过教学实验检验改革效果。

2 电子信息工程专业电磁学教学现状与需求分析

2.1 传统电磁学教学的核心痛点

目前电子信息工程专业电磁学教学仍存在明显的专业适配性短板，不能适应新工科工程能力的培养要求^[4]。从知识供给的角度来说，传统的电磁学教学采用经典的物理授课方式，教学内容主要集中在静电场、静磁场复杂的积分计算以及习题

练习上，过分强调基础物理计算能力的培养，而支撑电子信息专业后续课程所需的核心工程知识（如交变电磁场、电磁耦合、边界条件等）却占比较少，大多作为选修课来安排，从而造成教学内容同专业人才需求存在结构性错位。在考核评价方面，课程考核以期末笔试计算题型为主，评价方式单一，侧重知识记忆和公式套用，无法有效考核学生的物理图像构建、工程分析与知识迁移能力，不符合工程教育产出导向的培养理念。

2.2 电子信息工程专业的电磁知识刚需图谱

结合工程教育认证毕业要求，可构建电子信息工程专业课程与电磁学知识的三层刚需对应体系。基础层：依托恒定电场、介质极化、电感电容场特性等内容，支撑电路分析、模拟电子技术等基础课程，是理解无源器件特性的物理前提；核心层：以电磁感应、位移电流、麦克斯韦方程组、电磁波传播等核心知识点为载体，服务于高频电子线路等主干课程，为射频电路、天线传输等专内容提供理论支撑；拓展层依靠电磁场边界条件、电磁耦合、电磁屏蔽、远近场特性等知识，对接电磁兼容、射频天线设计等进阶课程，符合电子信息岗位的工程能力要求。从培养目标上看，本专业对电磁学的学习诉求已经从原来的计算解题，转向了工程问题分析能力的培养，要求学生具有场思维，可以从电磁场的角度解析电子器件与系统的工作机理，分辨信号传输、电磁干扰等工程问题的本质，为解决复杂的电子工程问题奠定思维基础。

3 面向电子信息工程的电磁学教学重构体系

3.1 四大模块化内容重构

根据专业需求图谱，将电磁学内容整合为四个模块，各模块均采用“精简经典推导+强化物理图像+嵌入工程案例”的重构方式，具体设计如下。

模块1：静电场与恒定电场（10学时）——电路和无源器

件的物理基础

内容精简：删减复杂带电体电场积分计算、多重高斯定理组合习题等冗余内容，削弱纯数学技巧的训练。核心强化：聚焦于电场强度与电势的物理意义、导体静电平衡与边界效应、介质极化微观机制、电容场本质、恒定电场与欧姆定律微观解释、焦耳热场论根源。工程案例嵌入：用平板电容器为载体来讲解介质极化与电容调制，对接陶瓷电容、电解电容的器件特性；以导体边界效应讲解静电屏蔽，对接电子设备屏蔽壳设计原理；以恒定电场来讲解 PCB 走线电阻分布与电流密度，建立电路参数的场论认知。

模块 2：稳恒磁场与电磁耦合（10 学时）——磁性器件与干扰抑制的理论支撑

内容精简：把复杂的电流分布的磁场叠加计算简化为简单的毕奥-萨伐尔定律积分运算。核心强化是安培环路定理的物理意义、磁介质磁化机制、磁滞效应、自感和互感的场本质、电磁耦合基本规律。工程案例嵌入，用电感线圈磁场分布来讲解电感储能和滤波原理，用互感效应来讲解变压器的工作机制和共模电感抑制干扰原理，用空间磁场耦合来讲解 PCB 平行走线串扰的物理成因，直接对接高速电路设计中电磁兼容的问题。

模块 3：电磁感应与暂态过程（6 学时）——开关电路与瞬态干扰的物理分析

内容精简：删除动生电动势复杂的力学综合题，弱化法拉第定律纯计算题型。核心强化：对感生电场的涡旋场特性、涡流效应、磁场能量传输规律做详细的讲解。工程案例嵌入：用涡流效应讲解开关电源磁芯损耗和感应加热原理，用电磁感应讲解无线充电的工作机制，使学生理解电力电子和电源设计中常见的电磁现象。

模块 4：麦克斯韦方程与电磁波（6 学时）——射频通信与天线技术的核心根基

内容增补：该模块为专业刚需强化模块，是在传统的教学基础上增加位移电流的物理意义、电磁波产生的原因、近场和远场的特点、电磁波的极化、电磁波的反射和屏蔽等知识。核心强化：弱化麦克斯韦方程组的数学推导，加强它的物理图像和工程意义，建立“变化的电场产生磁场、变化的磁场产生电场”的波动认识。工程案例嵌入：用电磁波辐射讲解偶极子天线的工作原理和 5G 通信基础，用电磁波反射和衰减讲解电磁屏蔽材料的设计原理，用极化特性讲解卫星通信和射频天线设计的要求。

3.2 四级递进工程案例链构建

为避免案例碎片化，本文构建“原理层—器件层—电路层—产业层”的四级递进案例链，每个知识点均沿该逻辑完成工程延伸，从而形成完整的知识迁移路径。

原理层：聚焦于场的基本规律与物理图像，解决“是什么”的问题；

器件层：对应电容、电感、天线、传输线等典型电子器件，解决“器件怎样工作”的问题；

电路层：对接滤波电路、开关电源、射频匹配电路等典型电路，解决“系统怎么实现”的问题；

产业层：联系 5G 通信、高速 PCB 设计、电磁兼容测试、芯片封装等产业场景，解决“产业怎么用”的问题。

以电磁屏蔽知识为例，四级案例从原理层讲导体边界条件、电磁波反射规律开始，再讲器件层讲屏蔽罩、磁环的结构与作用，最后讲电路层讲开关电源屏蔽设计和干扰抑制方案，产业层讲消费电子 EMC 认证标准和工业设备电磁兼容设计要求。经过层次递进之后，学生就能清楚地认识到基础物理知识的工程价值，并且能建立起完整认知链条。

3.3 虚实融合可视化教学方法

为了克服电磁现象抽象、场分布难于直观感知的教学难点，本文提出“静态类比、动态仿真、交互探究”三者相结合的虚实融合教学方法。首先，用水流、水压、水波等生活现象类比电流、电压和电磁波的传播，用介质形变类比极化特性，用生活化类比简化抽象的概念，降低学生的入门难度。其次利用 MATLAB 做电磁场动态仿真，可视化地显示电场分布、电磁耦合、电磁波传播等过程，直观地表现参数改变对场特性的影响，可以动态演示天线近场感应和远场辐射机理，使学生形成空间物理图像。最后设置介质特性、PCB 串扰、电磁屏蔽等贴合专业场景的仿真探究任务，使学生自己调试参数、分析数据、总结规律，在实践中加深对理论的认识，有效地培养学生的电磁工程分析能力。

4 教学实施流程与评价体系设计

4.1 四阶闭环教学实施范式

为了保证重构方案的实施，设计出工程情境导入、物理原理重构、仿真验证探究、工程迁移应用四个环节组成的闭环教学过程，每一节课都按照这个模式展开教学。第一阶：工程情境导入。第二阶：物理原理重构。第三阶：仿真验证探究。第四阶：工程迁移应用。回归开篇的工程问题，用所学原理解释工程现象的物理机制，完成从原理到应用的闭环，加强知识迁移能力。

该范式打破传统教学的先理论后应用的教学模式，以问题为导向，把工程中的实践和学习联系起来的教学模式符合工科学生的学习认知规律。

4.2 PBL 工程问题驱动教学设计

围绕核心模块设计一系列 PBL 驱动问题，贯穿整个教学过程，例如：

为什么高频电路中普通电容会失效？

电磁屏蔽罩为什么要接地？不接地会有什么影响？

5G毫米波通信相比Sub-6G，在传播特性上存在哪些物理差异？

开关电源产生的电磁干扰有几种？如何从物理上进行抑制呢？

此类问题没有标准答案，需要学生根据所学的电磁学知识查阅资料进行分析，以小组的形式完成报告并进行课堂展示。以问题为驱动，促使学生主动把物理原理同工程场景联系起来，培养学生的自主学习和工程分析能力。

4.3 多元过程性评价体系

本文以专业能力培养目标为基础，建立理论基础、仿真实践、工程分析、期末综合四位一体的多元评价体系，减少传统笔试的比重，突出过程性和能力导向的考核。理论基础考核用课后作业和单元测验来考察学生对于核心概念的掌握情况，减少繁杂计算题，仿真实践考核依靠仿真实验成果来评判学生的软件应用和电磁场认知水平，工程分析考核联系PBL任务和小组展示来评价学生的知识迁移和工程分析能力，期末综合考核简化纯计算题型，主要考察学生对概念辨析、场图像认识以及工程原理应用的能力。

5 教学实践与效果验证

5.1 实践对象与方案

以电子信息工程专业2024级两个平行班为实践对象，实验班30人采用本文重构后的教学方案，对照班30人采用传统的教学模式，实践周期为32课时。

5.2 量化成效分析

实践结束后，对两个班的考核成绩进行统计对比，结果如

表1所示。

表1 实验班与对照班成绩对比

考核维度	实验班平均分	对照班平均分	提升幅度
理论基础考核	82.4	75.1	9.72%
仿真实践考核	86.7	67.3	28.83%
工程分析考核	84.2	65.6	28.35%
期末综合考核	79.5	69.2	14.88%
总成绩	83.1	71.1	16.88%

由上表可知，实验班各项考核成绩均显著高于对照班，其中仿真实践与工程分析两个维度提升幅度最大，均接近30%，说明重构方案在提升学生实践能力与工程思维方面效果突出。

5.3 反馈与能力提升分析

实践末期对学生进行调查，结果表明大多数学生认为电磁学不再是抽象的公式堆砌，可以理解它在电子工程中的应用价值，并且认为该教学模式提高了学生的分析工程问题的能力。访谈之后专业课程授课教师发现，实验班学生对于电容、电感的场特性有更深刻的认识，对暂态过程、信号耦合等现象的物理本质把握得更准确，课堂接受度和知识迁移能力比往届学生要高，课程衔接效率也得到提高。

6 结论

本文就新工科背景下的电子信息工程专业大学物理电磁学教学的脱节问题展开体系化的教学重构研究。通过构建四大模块化知识体系、四级工程案例链、虚实融合教学方法与多元评价体系，形成了完整的改革方案。教学实践证明，该方案可以有效地提高学生学习的兴趣和知识的应用能力，加强场思维和工程思维的培养，实现基础课与专业课的顺畅衔接。

参考文献：

- [1] 陈艳,陈善俊,赵杰.新工科背景下大学物理课程教学改革研究[J].现代教育论坛,2025,8(16):166-170.
- [2] 穆姝慧,李坤,汪秀梅,曹春斌,周爱毓.基础物理电磁学混合式翻转课堂的教学实践与反思[J].山西能源学院学报,2026,39(1):81-84.
- [3] 高倩倩,戴玉强,赵荣霞,刘慧,贾天俊.工程教育专业认证背景下大学物理课程的优化与实践[J].物理通报,2025,44(10):2-9.
- [4] 王颖.工科特色高校大学物理教学改革建设研究[J].物理通报,2025,44(12):2-4.