

面向新工科的《普通物理学》课程教学改革与实践

——基于“四环节”协同的系统探索

赵明卓 许英 陈芳

湖南科技大学 湖南湘潭 411201

【摘要】：在新工科建设深入推进的时代背景下，传统《普通物理学》课程在支撑工程创新人才培养方面面临系统性挑战。本文以湖南科技大学所承担的省级教改项目为依托，聚焦“课程体系重构、教学方法革新、实践环节强化、评价机制优化”四个核心环节，提出并实践了一套面向新工科的课程教学改革路径。通过深度融合前沿科技内容、系统实施线上线下混合式教学、全面开展项目式实践训练、构建过程性与能力导向并重的多元评价体系，课程在提升工程相关性、激发学生主动性、强化综合实践能力等方面取得了显著成效。本文系统阐述了改革理念、实施路径与具体举措，并对实践效果进行了多维度分析，旨在为基础物理课程适应新工科发展需求提供可复制、可推广的改革范式。

【关键词】：新工科；普通物理学；教学改革；四环节协同；工程实践能力；课程重构

DOI:10.12417/2705-1358.26.03.086

1 引言

当前，全球科技革命与产业变革正在深刻重塑工程教育的内涵与外延。以人工智能、大数据、新能源、先进制造等为代表的新兴技术快速发展，催生了以跨界融合、创新驱动、终身学习为核心特征的新工科建设浪潮。在这一背景下，传统工科基础课程体系面临着前所未有的挑战与机遇。《普通物理学》作为绝大多数工科专业必修的公共基础课，长期以来承担着奠定学生科学思维、夯实数理基础的重要使命。然而，随着新工科人才培养目标从“知识传授”向“能力建构”转变，传统物理教学在内容、方法、实践与评价等方面均显露出系统性不足。

湖南科技大学作为一所以工为主、多学科协调发展的地方高校，始终致力于工程教育改革。在长期教学实践中我们发现，传统《普通物理学》课程存在内容相对固化、与现代工程技术前沿脱节明显；教学方法以教师为中心，学生主动建构与工程应用能力培养薄弱；实践环节形式单一，缺乏解决复杂工程问题的情境体验；评价机制侧重知识记忆，难以有效衡量高阶思维与实践创新能力等突出问题。这些结构性问题严重制约了课程在支撑新工科人才培养目标中的效能发挥。为此，我们以省级教改项目为平台，开展了以“四环节”协同为核心的系统性教学改革，力求探索一条既能保持物理学科内核，又能紧密对接新工科需求的教学新路径。

2 新工科内涵演进与物理教学改革的时代必然

新工科建设并非简单增设若干新兴专业，而是工程教育范式的根本性变革。其核心内涵体现为：从学科导向转向产业需求导向，从专业分割转向跨界交叉融合，从适应服务转向支撑引领。具体而言，新工科人才需具备坚实的数理基础、系统的工程思维、突出的创新能力和深厚的人文素养。在这一目标框架下，《普通物理学》的角色亟待重新定位——它不应仅是知识储备的“工具箱”，更应成为工程思维的“训练场”和技术创新的“孵化器”。

物理学作为自然科学的基础，其思想方法与基本原理是众多现代工程技术的源头活水。从力学原理支撑的结构设计，到电磁理论奠基的信息通信，从热力学定律引导的能源转换，到量子力学启发的微纳科技，物理学的工程价值无处不在。然而，传统教学往往割裂了物理理论与工程实践的内在联系，导致学生陷入“学不知用”的困境。湖南科技大学作为服务区域产业发展的重要人才培养基地，深刻认识到必须推动物理教学从“理论演绎”向“工程耦合”转型，使课程真正成为连接基础科学与现代工程的桥梁。

3 传统教学模式存在的系统性问题分析

在湖南科技大学前期的教学调研中，我们通过问卷、访谈、课堂观察等多种形式，系统梳理了传统《普通物理学》教学存在的多层次问题。

课程内容体系方面,教材更新周期长,经典理论占比过高,与新材料、新能源、信息技术等前沿领域关联薄弱。教学内容往往按学科逻辑线性展开,缺乏与机械、电子、材料、能源动力等学校优势专业的有机对接,导致学生难以感知物理知识在其未来专业领域的具体应用场景,“学物理有何用”的困惑普遍存在。

教学方法与组织上,课堂仍以教师讲授、公式推导、例题讲解为主流模式,学生处于被动接收状态。探究式、讨论式、项目式学习应用不足,信息技术与教学深度融合不够。这种“灌输式”教学虽有利于知识传递的效率,却严重抑制了学生批判性思维、自主探究与合作学习能力的发展。

实践教学环节则呈现出明显的“浅层化”特征。实验项目多以验证性、孤立性操作为主,设计性、综合性、研究性实验匮乏。实验内容与真实工程问题脱节,设备更新滞后,难以模拟现代工程情境。虚拟仿真等数字化教学手段应用不系统,未能有效拓展实践教学的广度与深度。

评价机制的问题尤为突出。评价过度依赖期末闭卷考试,题型侧重于计算技巧与知识记忆。对学生物理概念的理解深度、科学思维的运用能力、实验设计与动手能力、创新意识及解决实际问题的过程表现,缺乏科学有效的评价工具。形成性评价薄弱,评价的诊断、激励与导向功能未能充分发挥。

这些问题相互关联、彼此强化,形成了一个制约教学效果的系统性困境,导致学生学习兴趣不高、主动性欠缺、知识迁移能力不足,难以满足新工科对人才基础素养的要求。

4 “四环节”协同改革的核心理念与系统架构

针对上述问题,提出了“四环节”协同改革的核心理念,具体以新工科需求为引领,以学生能力发展为中心,以工程应用与创新思维培养为主线,系统推动课程内容体系、教学方法模式、实践教学内涵、学习评价机制四个维度的协同变革与整体优化。

这一理念强调改革的系统性与整体性。四个环节并非彼此孤立,而是构成一个有机循环的教学生态系统。课程内容重构是基石,为教学提供与时俱进的素材;教学方法革新是手段,推动学习方式向主动探究转型;实践环节强化是关键,搭建理论通向应用的桥梁;评价机制优化是导向,牵引教与学朝着能力培养的目标持续改进。四者相互依存、相互促进,共同服务于新工科人才培养的总目标。

在湖南科技大学的改革实践中,我们特别注重“校本化”实施。充分依托学校在冶金、机械、电工、化工等领域的学科积淀,以及地处湘潭、毗邻长沙的区位优势,将区域经济发展需求与产业技术前沿融入教学全过程,形成了具有鲜明校

本特色的改革路径。

5 “四环节”协同改革的核心举措与实施路径

推动内容前沿化与工程化的课程体系重构。我们打破传统按力、热、电、光、近代物理的刚性划分,构建“模块化、可定制、强关联”的弹性课程新体系。该体系由三大模块构成。基础核心模块确保经典物理基本原理的扎实掌握,但精讲内容、压缩课时,为高阶学习腾出空间。专业方向链接模块是改革的重点。我们与机械工程、电子信息、材料科学、能源与动力工程等学院的专业教师组成跨学科团队,共同开发了系列主题链接模块。例如,面向机械专业开设“力学与新材料结构设计”,将材料力学性能、振动与波的知识与机械结构设计、故障诊断相结合;面向电子专业开设“电磁学与信息传输技术”,深入讲解麦克斯韦方程在通信电路、天线设计中的核心作用;面向材料专业开设“固体物理基础与材料性能”,衔接能带理论、半导体物理与新材料研发。每个模块均设计有来自合作企业或教师科研项目的真实工程案例。前沿交叉拓展模块则以专题讲座、线上资源、阅读报告等形式,引入量子信息、拓扑材料、超快光学、新能源存储、物理生物学等交叉前沿内容,旨在拓宽学生视野,激发科研兴趣。

同时,强化数学建模与计算思维的训练。在课程中系统引入 Matlab、Python 等工具,指导学生将物理问题(如振动方程、热传导、电场分布)转化为数值模型并进行仿真分析,培养其“建模-计算-可视化”的现代工程分析能力。

在教学方法方面进行革新,构建以学生为中心的混合式教学新生态。构建了“线上自主学习、线下深度研讨、项目贯穿全程”的混合式教学新生态。全面推行基于 SPOC 的翻转课堂。建设了包含精讲微课(每节 15-20 分钟)、动画仿真、工程案例库、自测题库、拓展文献的线上课程平台。学生课前在线完成基础知识的自主学习,平台数据为教师提供学情预警。线下课堂则彻底转型,时间主要用于重难点突破、核心概念辨析、工程案例研讨和小组项目协作。教师角色从“讲授者”转变为“引导者”和“协作者”。

其次,深度融入项目式学习(PBL)。我们设计了贯穿学期始终的开放性 PBL 项目库。项目主题均来源于工程实际或生活科技,如“基于霍尔效应的智能电流传感器设计”、“小型风力发电机叶片结构的力学分析与优化”、“家用太阳能热水系统热效率的影响因素研究”等。学生以 3-5 人小组形式,经历“选题调研-方案设计-理论分析/仿真-实验验证/原型制作-报告撰写-答辩展示”的全流程,在解决复杂问题的过程中综合运用多章物理知识,深度锻炼工程思维、团队协作与项目管理能力。

同时,广泛应用探究式讨论与同伴教学。围绕“汽车碰撞

中的力学原理”、“无线充电效率的制约因素”等争议性话题组织课堂辩论；利用课堂应答系统开展同伴教学，通过概念测试题激发学生讨论，促进深度学习。

在实践环节方面，打造“虚实结合、阶梯递进”的创新实践平台。重构了实践教学体系，打造了“基础训练-综合应用-创新研究”三阶梯递进、虚实有机结合的实践平台。全面升级基础实验。保留必要经典实验但优化流程，强化规范操作和误差分析训练。大幅增加综合性、设计性实验比重，开发了如“多普勒效应综合实验及其在流速测量中的应用”、“光栅光谱仪的设计与物质成分分析”等一批新实验。学生在教师指导下自主设计实验方案、选用仪器、完成测试并分析结果。

另外，着力建设创新实践层。开放实验室，设立创新基金，支持学生开展自主探究实验。推动物理实验教学与大学生创新创业训练计划、学科竞赛（如物理实验竞赛、智能车竞赛、节能减排竞赛）深度融合。鼓励学生早期参与教师的科研项目，承担材料测试、数据模拟等基础工作。与湘电集团、中冶长天等本地龙头企业共建实践基地，组织学生参观、见习，邀请工程师开设讲座，将课堂延伸到生产一线。

最后，建立过程性与发展性并重的多元评价体系。改革了“一考定音”的评价模式，构建了覆盖学习全过程、聚焦能力发展、主体多元的评价新体系。强化过程性评价，拟将其权重提高至总评成绩的40%。评价要素包括：线上学习轨迹与测试成绩、课堂互动与汇报表现、PBL项目各阶段成果及团队贡献、实验操作过程与报告、阶段性测验等。利用学习平台的数据分析功能，为学生提供个性化学习反馈。

改革终结性评价。期末考试减少记忆性和技巧性计算题，增加工程案例题、开放性问题、小型设计题和论述题。例如，给出一个实际工程场景（如无人机悬停稳定性问题），要求学生运用所学物理原理进行分析并提出改进思路。探索实施“大作业”、“项目答辩”等替代部分考试内容的考核方式。

推行多元评价主体。除教师评价外，系统引入学生自评与同伴互评，尤其在PBL和团队实验中，使用设计好的评价量规进行互评，促进学生反思与合作。在实习、企业项目环节，引入企业导师评价。另外，建立能力成果的认定与激励机制。将

参考文献：

- [1] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].高等工程教育研究,2017(2):1-9.
- [2] 王志军,陈丽.混合式教学在高校物理课程中的应用研究[J].中国电化教育,2020(5):112-118.

学生在创新实验、科研项目、高水平学科竞赛中取得的成果，以及能够体现物理思维解决实际问题的报告、专利、软件著作权等，经认定后作为课程评价的重要加分项或替代性考核依据，真正实现“以成果为导向”。

6 改革实践成效与深度分析

经过在湖南科技大学机械、电子、材料、能源动力等专业连续四个学期的教学实践与迭代优化，“四环节”协同改革取得了显著且多方面的成效。

学生学习行为与态度发生积极转变。线上平台数据显示，学生课前任务完成率从改革前的65%稳定提升至92%以上，视频反复观看率和拓展资料点击量大幅增加。课堂观察表明，学生提问、讨论的频次与深度明显改善，从“被动听讲”转向“主动参与”。在PBL项目答辩中，学生展现出的问题分析能力、方案设计能力和跨学科知识整合能力，远超往届同期水平。

学生工程实践与创新能力得到切实提升。近两年来，选修改革课程的学生在“省大学生物理知识竞赛”等奖项中的获奖数量同比增长了150%。后续专业课程教师的普遍反馈是，学生的物理基础更为扎实，且更善于运用物理原理分析和解决专业中的工程问题。

课程教学团队建设与教学资源建设成果丰硕。改革催生了一支稳定的跨学科教学共同体，物理教师与工科专业教师的合作常态化。开发了校本特色真实案例等，出版了自编教材1部，发表教改论文多篇。

7 总结、反思与展望

湖南科技大学开展面向新工科的《普通物理学》“四环节”协同教学改革，以新工科需求为牵引、能力培养为核心，一体化设计、协同化推进课程，破解传统教学积弊，提升课程高阶性等，为培养未来工程师奠基。改革实现了物理与工程前沿、知识学习与能力建构、课程教学与产业需求三个“贯通”。同时，改革也面临挑战，如跨学科教学共同体激励机制待完善、实验项目需持续建设等。未来，改革将向“智慧化”升级，利用新技术实现精准学情诊断与个性化支持；向“深度融合”拓展，加强多方合作；向“成果辐射”迈进，总结经验，为地方高校新工科改革提供方案，助力中国工程教育发展。