

“师—生—机”三元协同下工科大学物理项目化教学（PBL）重构与实践 ——从《中国智慧教育白皮书》政策导向到真实课堂落地

魏小平*, 田苗, 常文利

兰州交通大学数理学院, 甘肃兰州

DOI: 10.62836/jer.v4n10.1500

摘要: 教育部发布《中国智慧教育白皮书》，提出以“联结为先、内容为本、合作为要”的“3C”理念和“集成化、智能化、国际化”的“3I”战略，并勾画了“未来教师、未来课堂、未来学校、未来学习中心”的发展蓝图。与此同时，我国高等工程教育正经历以新工科建设为牵引的第四次范式转移。在这一双重变革背景下，大学物理作为工科人才培养的基石课程，面临着从知识传授向思维塑造、从统一教学向个性化学习、从封闭课堂向开放生态的深刻转型。本文针对当前教学中存在的理论与工程脱节、教学方式单一、技术融合浅层等问题，提出构建“知识—能力—思维—价值”融合的教学框架，设计“引导—学习—探究—展示—创新”五阶贯通的PBL教学体系，探索“教师—学生—AI”三方协同的教学新模式，并讨论线上线下融合的未来学习中心建设路径。研究旨在为智能时代工科物理教学改革提供参考框架与实践思路。

关键词: 智慧教育；大学物理；工程教育；人机协同；项目式学习

Reconstruction and Practice of Project-Based Learning (PBL) in Engineering University Physics under the Tripartite Synergy of Teacher-Student-Machine: From the policy orientation of the “White Paper on Chinese Smart Education” to the practical implementation in real classrooms

Xiaoping Wei*, Miao Tian, Wenli Chang

School of Mathematics and Physics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu

Abstract: The Ministry of Education issued the “White Paper on Smart Education of China”, proposing the “3C” concept of “Connection First, Content as Foundation, Cooperation as Priority” and the “3I” strategy of “Integration, Intelligence, Internationalization”, and outlining a development blueprint for “Future Teachers, Future Classrooms,

*基金项目：兰州交通大学“AI 赋能课程改革与挑战性课程建设”项目(AIY202634)。

作者简介：魏小平(1983-)，男，教授，博士生导师，研究方向为计算物理；电子邮箱：weixp2008@lztu.edu.cn。

Future Schools, and Future Learning Centers”. Meanwhile, China’s higher engineering education is undergoing its fourth paradigm shift, driven by the construction of new engineering disciplines. In this double shift, University Physics is more than just a cornerstone course for training engineers. It’s going through a real transition: from passing on knowledge to shaping how students think, from uniform teaching to something more personal, and from closed classrooms to open ecosystems. This paper takes on some of the actual problems we keep running into. Theory often doesn’t connect well with engineering practice. Teaching methods can feel monotonous. Technology gets integrated, but only at a superficial level. To tackle these, we propose building an integrated teaching framework of “Knowledge-Capability-Thinking-Value”. We also design a five-stage PBL teaching system of “Guidance-Learning-Inquiry-Presentation-Innovation”. Then we explore a new teaching model where teachers, students, and AI collaborate as three parties. We also discuss how future learning centers might develop by integrating online and offline resources. The study aims to provide a reference framework and practical insights for reforming engineering physics education in the intelligent era.

Keywords: smart education; university physics; engineering education; human-machine collaboration; project-based learning

1 引言：智能时代与工程教育四维范式变革

1.1 智慧教育战略部署与《中国智慧教育白皮书》核心精神

人工智能、大语言模型和物联网技术的快速演进，正在深刻改变知识生产与传播的方式。教育领域正从信息化建设迈向智慧化转型的新阶段。2025年5月，教育部在2025世界数字教育大会上正式发布《中国智慧教育白皮书》，这是我国首部以“智慧教育”为主题的官方文件[1]。白皮书系统梳理了国家教育数字化战略行动的进展与成效，指出2025年是“智慧教育元年”，提出立足新阶段、新标准、新路径的“3N”框架，推动教育的系统性变革。白皮书厘清了“3C”发展理念，即以联结为先(Connection)搭建高效集约的智慧教育平台，以内容为本(Content)丰富优质数字资源与高质语料供给，以合作为要(Cooperation)深化多方协同与全球交流。明确了集成化(Integrated)、智能化(Intelligent)、国际化(International)的“3I”演进路径。白皮书强调要

素重构，提出了培育智力助力的“未来教师”、打造人机协同的“未来课堂”、建设数据驱动的“未来学校”及创设沉浸体验的“未来学习中心”这一“四个未来”宏伟愿景，为理工科基础课程的智能化革新提供了行动纲领。

1.2 高等教育普及化与工程教育第四次范式转移

随着我国高等教育进入普及化阶段，学生群体的多样性、学习需求的差异化以及产业界对工程人才能力结构的新要求，共同推动着工程教育的深层变革。有学者将工程教育的演进概括为几个阶段（图1）：早期的工程实践主导、战后工程科学兴起、世纪末的系统工程方法，以及当前智能时代正在形成的新的教育形态。这一轮变革的核心特征，在于超越传统学科知识传授的逻辑，强调人与智能技术的协同，着力培养学生的复杂工程问题解决能力和终身学习能力[2]。智能化被视为第四次工业革命背景下工程教育转型的重要方向[3]。

1.3 大学物理在工科人才培养中的底层支撑角色与现实困境

大学物理是绝大多数工科专业的必修基础课，在连接基础科学与工程应用方面发挥着不可替代的作用。无论是机械工程的动力学分析、电子信息的电磁场理论，还是材料科学的微观机制、航空航天热流计算，其理论根基都可追溯至物理学的基本原理。然而，对照新形势的要求，当前的大学物理教学存在几个突出问题：

①理论与应用脱节。不少课堂还是围着公式推导和习题训练转，跟后面专业课上要用的东西关联很少。结果就是，学生学完物理，常常搞不清处这些知识在自己专业里到底能派上什么用场。

②教学方式单一。大班上课老师主讲，这些还是主流。课堂互动不多，所以想针对不同专业方向做差异化的教学，比如机械、电子、能源这些，基本很难得到兼顾。

③技术应用浮于表面。数字技术这块，大多还停留在PPT演示或者在线答题上。而要真正在知识建模、个性化辅导、学情分析这些方面落实起来，还差得很远。

这些问题的存在，其实也说明一件事：大学物理教学已经到了该认真反思、做一次整体性重构的时候了。

2 工科大学物理教改的“三大转型”与目标重塑

工程教育的范式在变，大学物理课程也得跟上。再抱着“知识本位”那套不放肯定不行，育人目标这块得全面重塑，该转型就得转型。

2.1 从“知识传授”转向“能力与思维培养”

大模型现在随手就能检索、解释物理概念，光靠死记硬背和机械计算，价值已经大打折扣。教学的重心得挪一挪，转到科学思维（Scientific Thinking）和工程思维（Engineering Thinking）怎么融到一块儿、共同生长这件事上（表1）。

2.2 从“标准化教学”转向“自主化与个性化学习”

“千人一面”的大班教学，确实照顾不到学生之间的差异。但现在有了知识图谱和AI智能体，就可以按不同工程专业来定制物理知识路径，让学习更有弹性、能自适应：

- 电子信息类：把电磁学和量子物理这块往深做；
- 机械工程类：重点放在刚体动力学和振动波动上；
- 新能源类：热力学和统计物理得突出出来。



图1. 工程教育演进的四个阶段

表1. 不同思维维度所具有的内涵特征以及大学物理培养路径

思维维度	内涵特征	大学物理培养路径
创新思维	摒弃经验偏见，依托第一性原理洞察事物本质的能力。	结合物理学史上的重大思想实验（如伽利略理想实验、光电效应），指导学生掌握建模与定性推演。
系统思维	将复杂工程对象视作多要素耦合系统的全局解构能力。	在热力学熵增原理与电磁场边界条件教学中引入跨学科分析，解析多物理场耦合机制。
人机协同思维	善用硅基智能与跨领域团队联合攻克复杂工程难题的能力。	训练学生精准设计提示词，借助AI助手完成数值仿真与代码生成。

这样一来，不同专业的学生走的路径就不一样了。

2.3 从“课堂主导”转向“产教融合与无边界学习”

物理教学的地方，不该就局限在教室和教材里。虚拟仿真实验、工程案例库、数字孪生这些东西用起来，完全可以把课堂延伸到工程现场，甚至产业前沿去。线上线下结合、校内校外联动，这么搞下来，学生才更有可能真正做到“在做中学、在研究中创造”。

3 “师—生—机”三元协同机制与AI深度融合路径

智能时代的课堂已由“教师—学生”二元体演变为“碳基教师—碳基学生—硅基智能(AI)”三元协同的全新生态。

3.1 构建四位一体的“物理教学智能体”

为实现AI对教学的全方位赋能，需打破课程壁垒，打造集知识图谱(Knowledge Graph)、能力图谱(Capability Graph)、思维图谱(Thinking Graph)与课程思政图谱(Ideological-Political Graph)于一体的大学物理教学智能体(AI Physical Pedagogy Agent)。该智能体以物理学核心概念(守恒定律、场论、波粒二象性等)为关键节点，向下沉至工程能力(建模、仿真、数据处理)，向外拓展至科学思维(归纳、演绎、理想化)，同时无缝融入工程伦理与科学精神。

3.2 贯穿教学全流程的人工智能介入机制

把AI智能体嵌入“课前一课中—课后”这个全闭环里[4]，大致可以这么走：

- 课前：让AI智能体去对接不同工种的培养方案，自动把工程案例抽出来。比如讲法拉第电磁感应，就结合电动汽车电机来进行切入。然后生成个性化的预习方案，配上多模态的导学视频。

- 课中：可以引入“AI物理助教”和“数学求解助手”。碰到角动量守恒、波动干涉这种复杂过程，AI实时把三维可视化图像生成出来。学生通过

终端提问，AI再把疑难热力图做出来，帮老师精准精讲。

- 课后：交给智能辅导系统(ITS)。它根据测试反馈，精准诊断薄弱环节，比如位移电流概念混淆这种，自动推送微课，动态生成“知识复修地图”，把补弱这件事做准。

3.3 “未来教师”的角色重构与数字化素养提升

这种新模式下老师的角色其实也在变。不再只是站上讲台把知识讲一遍，更多时候是去设计学习活动、指导工程实践，还有带着学生把AI用对路子[5]。那些机械性的作业批改、基础答疑，完全可以交给AI去处理，老师腾出精力来，专注做高阶思维的启发、工程项目的督导，还有科学精神的培育。

4 进阶式与挑战式项目式课程(PBL)重构

4.1 项目式物理课程与传统物理实验课的范式差异

传统物理实验，大多是验证性的，像单摆测重力加速度、分光计调节这些，步骤固定，结论也早就摆在那儿，学生照着做一遍就行，想激发出什么创新潜能挺难的。工科物理PBL课程就不太一样了，它靠的是开放性的复杂工程问题，逼着学生把物理原理整合起来，去做设计、仿真，再到实物研制，整个链条都得自己走一遍。

4.2 “导·学·研·展·创”五步贯通教学法

工科物理PBL课程可以走“导-学-研-展-创”这五步，每一步具体干什么、AI辅助工具怎么配，如表2所示：

4.3 典型工科物理PBL项目设计案例

案例一：无人机姿态控制里的物理原理（电子信息类）

这个项目的物理底子就是刚体转动和角动量守恒。学生得先搞明白陀螺仪是怎么工作的，然后动手写姿态解算的滤波算法，再去分析四旋翼转向的

表2. “导-学-研-展-创”五步教学法中每步任务和角色以及AI辅助工具

环节	核心任务	教师角色	学生任务	AI辅助工具
导 (Guide)	创设工程情境，抛出核心问题	明确挑战性项目指标（如：设计微型电磁弹射装置） 提供知识图谱与优质微课资源	解析工程指标，拆解物理知识需求	AI检索产业前沿应用与物理知识映射
学 (Learn)	自主构建物理理论基础	指导物理建模方法与工程合理性评估	深入研读安培力、电磁感应、能量守恒等原理。 构建微分方程，运用Python/COMSOL完成电磁场数值仿真	AI知识问答、解题助手与疑难解答
研 (Research)	物理建模与仿真计算	组织同行评审与专家点评	制作PPT/视频，展示制作的实物模型与测试数据	AI自动生成多维能力评价报告
展 (Demonstrate)	作品展示与答辩汇报	引导申报学科竞赛或专利成果	针对测试偏差剖析物理机制，优化结构设计	AI查重与专利先例检索
创 (Innovate)	迭代优化与创新拓展			

时候，角动量补偿到底是怎么回事。从头到尾，物理模型、代码实现、硬件测试，一路走下来，算是个完整的学习闭环。

案例二：无线充电系统的效率优化（新能源/自动化类）

这个项目碰到的物理概念主要是法拉第电磁感应、互感，还有谐振电路。学生要设计线圈的几何参数，分析空间位置偏差会把传输效率影响成什么样，再借仿真软件去找最优的配置。做完这个项目，学生不光能理解电磁感应在工程里怎么用，也能顺带接触到有限元仿真这类现代工程工具。

5 无边界课堂与未来学习中心（FLC）生态构建

5.1 物理未来学习中心（FLC）的空间形态

《白皮书》里提到要“创设未来学习中心”，物理教学空间其实可以跳出传统教室那套格局。一个理想的物理未来学习中心，配上VR/AR设备、高性能计算工作站、智能交互白板这些东西，就能撑起小组研讨、虚拟实验、创客实践好几种活动形式，不用再挤在一间教室里。

5.2 游戏化学习与任务闯关机制

想让学生更有动力，可以把物理课弄成类似“闯关”的样子。安培环路定理、热力学第二定律这些内容，分别设成不同难度等级的任务，学生把理论学习、仿真验证、工程应用这几关一关关过掉，就能拿积分、得徽章。这么一来，被动学习就慢慢变

成主动探索了。

5.3 跨校共享与“慕课西部行”等公共资源深度链接

国家智慧教育平台其实可以当个底座，把那些优质的物理慕课、虚拟仿真实验资源，还有AI工具，都整合到学习中心里去。像“慕课西部行”这类项目，能帮着把东西部高校的课程打通、共享起来。再加上实时翻译这些手段，学生要接触国际前沿的教学资源，门槛也能降不少。

6 实施策略、伦理安全与评价保障体系

6.1 智能向善与AI伦理安全防线

AI辅助教学往里引的时候，有几个问题得注意。一是别让学生养成思维依赖。AI生成的答案，不能直接拿来当自己的成果交上去，得把话说清楚：AI是帮着思考的，不是替人思考的。想检验学生是不是真懂了，可以让他们在答辩时把AI给出的推导过程讲一遍，讲得出来才算数。二是内容得把准。教学用的大模型要过审核，别让AI“幻觉”弄出知识性错误。三是数据隐私得护住。学生的学习行为数据管理制度要立起来，该严的地方严起来，防止泄露，也防止被滥用。

6.2 过程性、多维度与全要素的评价体系革新

“期末一考定音”这套老办法，该改改了。依托教育大数据，把评价机制搭成“纵向全过程+横向全要素”的样子，具体体现在表3中：

表3. 综合评价机制中每部分所占成绩比例以及考核内容

过程性评价 (50%)	能力与思维评价 (30%)	终结性测试 (20%)
• PBL项目平时表现 • 仿真代码质量 • AI对话Prompt深度 • 团队协作贡献度	• 物理建模能力 • 实验误差分析 • 开放工程解题 • 创新解决思路	• 核心概念掌握 • 定理公式应用 • 基础逻辑推理

7 结语

在高等教育普及化、人工智能技术深入发展和工程教育范式转换的多重背景下，大学物理教学改革不是零星的修补，而是涉及目标、内容、方法和空间的系统性工程。改革的成效，最终要看学生是否具备了应对未知工程挑战的能力。以《中国智慧教育白皮书》的精神为指引，以学生发展为中心，以实践创新为抓手，将智能技术与教学深度融合，有望打造出更有活力、更有效能的大学物理课程，为培养高素质工程人才奠定坚实的科学基础。

参考文献

[1]中华人民共和国教育部.中国智慧教育白皮书[R].北京:中华人民共和国教育部,2025.

[2]施大宁.适应工程教育变革建设未来物理课程[J].物理与工程,2026,36(3):45-48.

[3]教育部等九部门.关于加快推进教育数字化的意见[Z].2024.

[4]中华人民共和国教育部.教师数字素养(JY/T 0625-2022)[S].北京:教育科学出版社,2022.

[5]吴爱华,潘武玲.智慧教育背景下高等工程教育范式重构与创新路径[J].中国高教研究,2025(2):12-19.

