

基于数字化技术的大学物理实验过程考核体系构建探究

王菊 赖祥军 罗乐 胡晓明

成都工业学院 四川 成都 611730

【摘要】：大学物理实验是理工科本科教育体系中承担科学素养培育、实验技能训练与创新思维塑造的核心基础课程，其考核体系的科学性直接决定实验能力评价的精准度、公正性、可追溯性与持续改进效能。在高等教育数字化深度转型与工程教育质量标准不断提升的背景下，传统大学物理实验考核体系难以对学生实验能力的形成过程进行连续刻画与精准度量。本文以实验能力形成规律为理论依据，以数字化技术为实现路径，建立全过程覆盖、多维度观测、可量化评分、可闭环优化的过程考核体系。结果表明，该体系能够实现实验全流程数据自动采集、客观评分与永久留存，显著提升能力评价的精准性与公正性，为大学物理实验课程的科学化评价、实验教育质量提升提供方案。

【关键词】：大学物理实验；数字化；评价体系；实验教育

DOI:10.12417/3041-0630.26.09.057

引言

随着教育数字化战略在高等教育领域深入推进，学科测评正从传统经验式、终结性、模糊化的评价模式，加速向数据驱动、过程导向、精准可溯的现代测评模式转型。大学物理实验作为理工科专业的核心基础实践课程，是学生掌握科学研究方法、形成工程实践思维、树立严谨学术态度的关键环节，其考核体系不仅是衡量学习成果的工具，更是监测能力发展、诊断教学过程、判定人才质量、支撑培养体系持续优化的重要载体^[1,2]。当前，高等教育质量标准不断提升，工程教育认证全面落地，人才培养质量的可证明、可衡量、可追溯、可改进已成为核心评价准则，对实验考核的系统性、客观性与精准性提出更高要求^[3]。

实验能力具有显著的过程性、累积性与实践性特征，依赖预习准备、仪器操作、数据观测、故障排查、分析论证、创新探究等连续行为支撑。传统大学物理实验考核以实验报告与期末操作为主，评价方式主观、内容单一，对预习质量、操作规范、问题处置、逻辑分析等过程性能力缺乏有效监测，难以精准刻画学生能力发展轨迹，无法满足现代实验教育对精准评价与闭环改进的需求^[4]。

数字化技术为破解上述困境提供了可行路径。虚拟仿真、物联网数据采集、过程留痕、大数据分析等技术的融入，可实现实验全流程数据自动采集、客观评分与永久留存，有效弥补人工考核的标准不统一、记录不完整、反馈不及时等缺陷^[5,6]。基于此，本文以实验能力形成规律为理论依据，以数字化技术为实现手段，构建全过程、多维度、可量化、可闭环优化的大

学物理实验过程考核体系，为提升实验教学质量、完善人才培养质量保障体系提供理论参考与可复用技术方案。

1 数字化技术与大学物理实验过程考核融合的必要性

数字化技术是大学物理实验过程考核体系落地运行的核心载体，而实验能力是一种包含知识应用、操作执行、数据分析、逻辑论证与创新探究的复合能力，这就决定了实验评价必须具备全过程覆盖、多维度观测、可量化记录、可追溯分析的特征，仅依靠最终数据与书面报告无法完整表征能力水平。过程评价的核心价值在于对能力形成的关键节点进行连续记录，通过对预习、操作、分析、拓展等环节的系统化观测与量化评分，构建完整的能力发展轨迹，实现对实验能力的精准刻画与客观判断。过程评价与实验能力形成规律具有高度内在契合性，是构建科学实验考核体系的理论基础。例如在单摆测重力加速度实验中，通过光电传感技术可实时捕获周期和时间数据，精准量化学生实操行为指标，极大减小人为误差，为实操能力测评提供原始数据支撑。

2 数字化技术在实验全过程考核体系中的构建

大学物理实验是理工科类学校的基础必修课程，为实现实验教学个性化、特色化发展，立足人才培养目标，夯实学生专业核心技能，大多数高校采用线上+线下结合的方式教学。为保障大学物理实验过程评价的完整性与专业适配度，实验全过程规避经验化、随意化的评价，实现实验过程学习行为溯源，评价指标依托数字化采集的客观数据量化生成，消除人工主观评分偏差，保障评价标准统一规范。

作者简介：王菊，助教，主要研究方向为大学物理实验教学研究。
基金项目：四川省国资装备中心科研课题（GZZB2025003）。

2.1 平台设计与全过程数据采集

根据整个实验流程,分为实验预习、实验操作(包含线上虚拟仿真、线下实地操作),实验报告。教师通过目前已开发的MOOC平台、学习通、雨课堂、智慧树、实验教学云平台等途径发布预习内容、仿真实验、预习试卷,实验报告。针对每一个实验,教师设计多份试卷上传平台,平台随机分发给学生,或针对每一个实验提供一套题库,由平台随机整合一套试卷,并随机分发给学生,此举能有效避免抄袭现象。对于仿真实验,平台根据学生的实验完成度进行评分。针对实验报告,不再由学生手写提交,教师在系统发布实验报告,系统自动评分,主观题由教师登录系统评阅,评分后由平台生成完整实验报告,学生成绩由系统记录,实现全过程环节可追溯。

2.2 数字化平台支撑下的过程考核优势

2.2.1 数字化报告替代纸质报告

教研室传统实验大部分采用手动撰写预习报告、实验报告,教师批改费时费力,学生抄袭、代写现象蔓延。实验教学云平台由教师发布预习实验内容,学生在线完成虚拟仿真实验操作,结合实操认知自主梳理实验知识、总结实验要点,在线提交数字化预习报告;线下实验完成后,同样在平台完成实验数据分析等,平台整合形成实验报告。根据数字化技术,重构实验预习模式和实验报告批改模式。该模式能有效促使学生主动开展实操预习,精简学生手写实验报告,同时简化教师批阅流程,实现预习效果、数据分析、实验报告可追溯、可监管、可评价,显著提升教学管理效率。

2.2.2 多元实验供给与个性化教学

传统物理实验受制于教材框架,覆盖面窄,难以适配多专业人才培养需求。为此,教师根据科研资源,依托在力学、热学、光学、电磁学、新能源物理等不同领域的研究优势,打破教材教学壁垒,设计差异化、专业化的特色实验项目。结合专业人才培养目标与学科核心素养要求,构建基础、进阶、创新三级实验资源体系,基础型实验覆盖力学、热学、光学、电磁学核心知识点,为全体学生夯实实操基础;进阶型实验融合机械、电气、材料等不同专业的工程应用场景,贴合专业人才培养需求,设计贴合专业发展的实验项目;创新型实验对接学科前沿与科创竞赛,为拔尖学生提供科研探究载体,形成多层次的实验资源。

在实验落地环节,教师对所有实验项目编制标准化、精细化教学指引,清晰标注各实验的难度层级、核心原理、器材配置、操作规范、重难点解析,明确不同实验的适配专业与能力培养目标,为学生自主选题提供清晰依据。结合数字化平台发布设计完成的实验,学生结合自身所学专业、知识储备、实操能力与科研兴趣自主选择实验项目,通过平台仿真实验场景+

线下实操实验开展个性化实验探究。工科学生优先选择工程应用类实验,强化物理知识与专业实践的衔接;理科学生侧重原理探究与前沿创新类实验,深耕科研思维,真正实现因材施教、精准育人。

数字化实验云平台通过自动记录每位学生的选题类型、仿真操作时长、实验完成度与报告质量,实现个性化实验全过程的可量化考核与数据可追溯,为过程评价提供差异化、精准化的评分依据。

2.2.3 开放性实验的竞赛孵化与多元评价

为进一步打通基础物理实验与学科竞赛、专业创新能力培养的衔接通道,教研室教师根据各专业背景及专业人才培养目标搭建开放性竞赛孵化类物理实验教学模块,实验项目内容的能力培养应契合本专业的人才培养目标。以专业化、多元化、创新化为核心导向,重构传统公共物理实验教学内容体系,实现基础实验育人向创新竞赛育人的延伸拓展。相较于常规验证性物理实验,开放性孵化竞赛实验更侧重学生创新思维、工程应用能力与综合科研素养的培育,贴合新工科背景下各专业复合型创新人才的培养需求。

在兼顾专业适配度的同时保障教学考核的公平性与严谨性,教研室统一拟定开放性实验的考核维度,涵盖实验方案设计、仿真操作能力、数据分析处理、创新拓展设计、实验报告撰写五大核心评价指标,建立统一量化的评分标准,规避因项目差异导致的考核偏差,实现分层培养与公平考核的有机统一。同时,教学平台批量上线多元化仿真实验项目与创新探究类实验课题,突破传统实体实验设备、场地与时间的限制,构建线上自主探究的实验教学场景。学生可结合自身专业特点、学习进度与竞赛需求,自主选择适配的孵化实验项目开展训练,依托仿真平台完成实验建模、参数调试、模拟验证与创新优化等全流程操作,激发学生科创热情,为学生参与学科竞赛、开展科研创新训练提供扎实的实践支撑。

2.3 数字化数据处理工具应用与过程评价

在个性化、开放性的大学物理实验教学体系中,实验数据处理是串联实验操作、结果分析与结论推导的核心环节,也是培养学生科学思维与数据素养的关键教学模块。传统物理实验多采用人工计算、手绘图表的处理方式,存在计算精度低、误差分析片面、数据可视化效果差等诸多问题,难以满足现代理工科专业对数据挖掘、数值分析与科学建模的能力培养要求。为此引入多元化计算机数据处理工具,依托Origin、MATLAB等主流工具搭建多层次数据处理体系,根据物理实验的数据类型、分析难度与探究需求实现工具差异化应用,全面提升学生数据处理综合能力。学生完成实验实操获取原始数据后,对实验数据进行预处理、筛选纠错、误差分析、拟合,完成数据处

理后,学生将拟合图谱及误差分析等提交至实验教学平台,由平台及教师评分后生成完整实验报告,供教师及学生下载归档等。运用数字手段不仅规范了物理实验的数据处理,有效提升实验结果的准确性与科学性,更能让学生在实操中熟练掌握各类工程与科研常用的数据处理工具,实现物理实验技能与专业数据素养的双向提升,为后续专业课程学习、学科竞赛等奠定坚实的数据处理基础。

3 数字化实验过程考核体系的质量保障与持续改进机制

3.1 质量保障与过程监控

数字化大学物理实验过程考核体系通过数据校验识别异常操作与数据篡改,保障数据真实完整;同时为预习准入、实验预约、设备使用、报告提交、成绩发布、申诉复核等全流程设置权限管理与日志记录,有效防范违规改分等问题;此外,体系搭建统一评分细则库并落实教师评阅校准机制,最大限度减少人工评分误差,全面保障考核评价公平、规范、精准。

依托数字化平台搭建全周期、可视化、实时化的过程监控体系,可实现教学与考核风险的前置干预。平台一方面实时追踪学生预习完成情况、仿真操作、实验时长、设备操作及数据录入等学习行为,精准识别拖延操作、抄袭数据、仓促提交等异常问题;另一方面自动统计教师指导频次、评阅效率与评分差异等指标,便于教研室实时把控课堂状态与教学成效。同时系统会对未预习、操作不规范、数据异常、报告迟交等问题自动预警并向学生推送提醒,针对班级共性问题为教师生成诊断报告,助力教师及时开展集中讲解与个性化辅导,真正实现从事后纠错向过程纠偏的转变。

参考文献:

- [1] 杨煜璠,吕思沅.基于数字孪生技术的物理实验资源平台开发与教学模式创新[J].科技视界,2026,16(2):126-128.
- [2] 张晓娟,郑维民.教育数字化背景下大学物理实验教学创新与探索[J].科技风,2024,(27):28-30.
- [3] 王佳乐,王旗.数字化大学物理实验课程赋能个性化人才培养[J].物理实验,2024,44(7):35-40.
- [4] 郭树青,赵改清.数字化转型背景下大学物理实验教学的实践路径探索—基于典型案例的质性研究[J].大学物理,2026,45(01):58-62+79.
- [5] 刘虎,张闪,冀建利,等.利用数字化测量技术开发物理实验测量平台[J].广西物理,2025,46(4):104-107.
- [6] 雷丹,史顺平,赵晓凤,等.数字化教育背景下的大学物理混合式教学模式探索与实践[J].大学物理,2025,44(1):70-75.

3.2 评价结果的多维度应用与持续改进

在教学诊断层面,系统可自动输出班级整体实验能力达成度分析报告,精准识别学生高频错误、核心难点知识,为教师优化教学设计、调整实验讲解重点、改进现场指导策略提供数据支撑。例如,平台若连续多轮统计出“光电效应实验中截止电压测量误差普遍偏大”,则可自动生成专项诊断报告,建议教师在下次授课前增设“电压测量规范微课”或推送针对性仿真训练模块,实现数据驱动的教学精准干预。

在课程持续改进层面,依托长期积累的考核数据,可开展实验项目难度分析、教学资源适配性评估、平台功能迭代与考核体系优化,为课程质量认证、人才培养方案修订提供完整客观的数据。

在专业与学院质量支撑层面,数字化过程考核结果能够直接对接工程教育认证、课程评估及教学质量报告编制工作,提供可量化、可追溯、可证明的实验能力达成证据。教研室每学期开展过程考核反馈,根据教学需求持续优化平台,不断提升教学质量,推动实验教学从技能训练向创新能力培养升级。

4 结语

在高等教育数字化转型与新工科建设的双重背景下,数字化实验过程考核体系能够实现实验学习行为全程留痕、评价数据自动采集、成绩结果客观可溯、反馈闭环高效运行,显著提升实验教学的精准性、公平性与规范性。基于此,本文利用数字化技术通过分层实验供给、个性化选题、开放竞赛孵化,实现因材施教与创新育人,推动大学物理实验从基础技能训练向综合能力培养转型。