

物理实验智慧化教学改革与创新

张纪磊, 刘存海, 梁小蕊, 王玉良

海军航空大学航空基础学院, 山东 烟台

收稿日期: 2025年12月14日; 录用日期: 2026年1月13日; 发布日期: 2026年1月22日

摘要

本文通过分析实验教学和管理中存在的问题, 结合我校大学物理实验课程教学的实际情况, 研究了如何利用物联网、虚拟现实、慕课和短视频等先进信息化手段, 构建集物联网智慧实验室、三维虚拟实验平台、大数据分析、在线课程于一体的实验教学信息化综合管理系统。实现实验教学互动和教学管理的网络化、信息化。提高学校实验教学质量, 提高学生自主学习的效率, 在减轻实验室开放管理人员的工作量、提高工作效率的基础上, 深化实验室开放的影响, 实现“人尽其才, 物尽其用”, 进一步促进学校、学生和教师多方位的发展。

关键词

智慧实验室, 物联网, 信息化, 实验教学

Reform and Innovation of Smart Teaching in Physics Experiments

Jilei Zhang, Cunhai Liu, Xiaorui Liang, Yuliang Wang

Aviation Foundation College of Naval Aviation University, Yantai Shandong

Received: December 14, 2025; accepted: January 13, 2026; published: January 22, 2026

Abstract

This paper analyzes the issues present in experimental teaching and management, and based on the actual context of university physics experiment courses at our institution, investigates how to utilize advanced information technologies such as the Internet of Things, virtual reality, MOOCs, and short-form videos to build an integrated experimental teaching informatization management system. This system incorporates IoT-based smart laboratories, 3D virtual experiment platforms, big data analytics, and online courses, achieving networked and informatized experimental teaching interaction and management. It aims to enhance the quality of experimental teaching and the efficiency

of students' self-directed learning. By reducing the workload of laboratory open-access management staff and improving operational efficiency, it deepens the impact of laboratory openness and realizes the goal of "making the best use of human and material resources", thereby further promoting multifaceted development for the institution, students, and faculty.

Keywords

Smart Laboratory, Internet of Things, Informatization, Experimental Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 研究背景

目前,美国、加拿大、澳大利亚及日本等国家在实验教育资源的建设与管理方面成效显著。例如,麻省理工学院将部分基础物理实验装置置于公共走廊区域,便于学生随时自主操作[1];日本高校规定的实验课程学时通常为4~6课时,但学生大多能在2~3课时内完成基本内容,剩余时间则鼓励他们优化实验方案或开展创新探索。这些国家在实验教学方面取得的显著成效,主要得益于实施了现代化、科学化的管理模式,构建了完善的实验教学管理系统。这类系统不仅有助于提升实验教学质量、激发学生的主观能动性,还能显著提高实验室资源的利用效率[2]-[5]。

在国内,越来越多的高校已逐步建立起符合自身需求的实验教学管理系统及相关课程网站。这些平台除支持实验教学的自动化管理与辅助教学外,部分还整合了音视频监控系统,实现了对实验教学场景的实时监督与管理[6]。然而,现有的许多实验教学系统仍存在交互功能较弱、实验室开放信息更新不便等问题[7]。

近年来,随着物联网技术在国内的持续发展和逐步成熟,各类智能化生活、管理与教学理念不断涌现[8]。智能技术已渗透至居家、教学、办公、生态建设及城市生活等多个领域,推动其向智能化方向演进。在新一代信息技术的推动下,众多科技企业乃至高校纷纷加大在该领域的研发投入,相应产品不断推出。在此背景下,智慧实验教学系统逐渐兴起[9][10]。该系统通过集成各类智能教学子系统,为实验室的教学与管理活动提供高效、便捷的协同支持手段。

2. 主要针对的问题

2.1. 实验教学组织保障方面

传统的实验室管理智能化程度低,人工成本、时间成本高[7];实验设备、场地与学生、教师的时间安排冲突多,统筹难,利用率低;实验室环境安全、实验仪器故障发现和维修不及时等问题。

2.2. 学生开放自主实验方面

传统实验室开放模式由于其对实验设备和场地的高度依赖,必须安排教师到现场进行设备状态检查、配件耗材准备、实验室通断电、实验房间开门等保障工作,工作量大、效率低、预约反馈周期长[11];由于学生预约实验项目和房间随机性大,往往零星分布于多个实验室,指导教师需来回奔波,发现问题处理问题不及时,师生互动效率低;预约开放高峰、低峰差异大,统筹规划难,维护成本高,开放程度低,有效利用率不高。

2.3. 教学方法手段方面

传统实验教学的统一要求、统一过程的教学模式不符合以人为本、教育个性化发展的要求。传统实验教学受时间、空间、设备数量、场地面积等诸多因素制约,很难进行线上授课,教学组织形式单一、落后[12];师生互动易受设备大小和学生视角影响;学生个体差异难以全面兼顾,个体针对性差;实操、报告、考试反馈慢,周期长,效率低,信息不全面,人工成本高,缺乏系统科学的统计分析。

3. 研究内容

通过物联网可以将实验仪器、场地等硬件条件数字化、网络化,从而使实验室管理智能化和教学组织现代化成为可能。通过在线虚拟实验、远程实验、慕课、微课等网络资源在丰富传统教材资源的基础上,为学生自主学习提供了更为自由、便捷、高效的手段;通过预习、复习的智能评阅、智能分析为高效准确的学习方案个性化制定提供科学有效的数据依据。

3.1. 实验教学组织的系统性、智能化

通过物联网技术,实现实验仪器、实验场地门窗、环境安全监测设备、多媒体等教学设施开启关闭的刷卡控制、远程遥控或人脸识别[7]。同时,自动记录下每次开启关闭的时间、使用人、使用时长和设备状态等信息,自动生成电子版仪器履历登记、实验室使用登记,实现实验仪器、实验场地的全生命周期、全方位信息自动统计与智能管理。通过大数据分析,生成仪器使用率、故障率、选课热度、实验室各时段开放频率等分析结果,各项实验室管理数据图表化、清晰直观、针对性强,且快速高效,人工成本低。最终实现计划(规划)管理、质量管理、实验室队伍管理、物资管理、设备管理、安全技术管理、实验场地管理等实验室管理的系统性、智能化。

3.2. 学生自学的多维度、智能化

通过物联网和虚拟现实技术,实现自学方式的多维度和智能化[11],提高学生开放自学的效率和效果。

利用智能管理系统,结合物联网生成的数据,实现实验室开放预约、场地分配、设备分配、房门开锁、设备通断电的自动化和智能化。

利用网络摄像头、物联网远程遥控、移动终端相结合,一名教师一个网络终端即可同时监控所有房间和每一台仪器,远程监控实验室安全、遥控操作实验设备、视频连线答疑解惑,实现教师远程辅导,解决实验室开放学生分散、房间多,一名教师难以同时兼顾的问题;学生利用远程终端登录,也可遥控实验室内的仪器进行实操,实现学生远程实验,为学生节省下往返实验室的时间,提高时间利用率。保证了全空间开放的可能性。

利用全方位摄像头、实时录播设备、实验仪器数据自动记录和报警,记录每一名学生的每一步操作,智能分析解决学生实操问题,弥补教师人手不足时,指导不及时、不到位的问题。保证了全天候开放的可能性。

利用三维虚拟实验,随时随地都能开启沉浸式的虚拟实验,一个移动终端就能保证每名学生都有属于自己的口袋实验室。通过虚拟实验的智能导学和自动评阅系统,提高学生对实操内容自学、预习、复习的效率,并给出针对性自学结果分析,提高开放学习的效果。提供了虚拟空间开放的新维度。

3.3. 教学方式多样性、智能化

通过物联网和虚拟现实,丰富教学组织的形式,增加其趣味性、交互性,提高学生学习效率和效果。通过智能评阅和数据智能统计分析,智能优化学生学习方法、教师教学内容和组织形式。

利用网络摄像头、物联网远程遥控、移动终端相结合,随时可以将学生实操情况分享给其他学生,问题点评和优点分析更加生动直接;教师实操演示也可以通过视频连线形式分享到每个学生的桌面终端,

不受仪器大小和学生视角的影响；小组讨论和经验分享形式多样，学生参与感强，更能激发学生的荣誉感和积极性；解决传统实验教学受时间、空间、场地等制约的问题，为线上授课提供了可能，实现实验教学互动的多样化、趣味性和网络化。

利用全方位摄像头、实时录播设备、实验仪器数据自动记录和报警，记录并分析每一名学生的每一步操作，充分关注学生个体差异，切实保证教学质量。同时可以利用该功能实现无人监考或远程监考。

利用试卷智能批阅系统，实现理论知识预习自测、理论考试自动评阅、实验报告智能批阅和各类智能评阅结果的分析统计。通过大数据分析，实现学生学习效果、教师教学效果在教学过程中全过程、全方面的数据统计与分析，为学生学习方法指导、教师教学方法改进提供及时可靠的数据支撑。

通过二维码技术，将慕课、短视频和虚拟实验融入纸质教材中，从内容和形式上对传统教材进行重塑，打造囊括文字、图片、动画、视频、音频、三维交互等多种输入形式的立体化教材，迎合当代大学生的认知习惯，提高教材的使用效果。

4. 成效

通过一系列的改革，学员学习兴趣有效激发，学业成绩显著提升；实验室管理和开放的智能化，有效提升了学员自主开放实验的积极性，夜间实验占比、实验开放时长、开放使用设备数量等明显增加，见图 1。

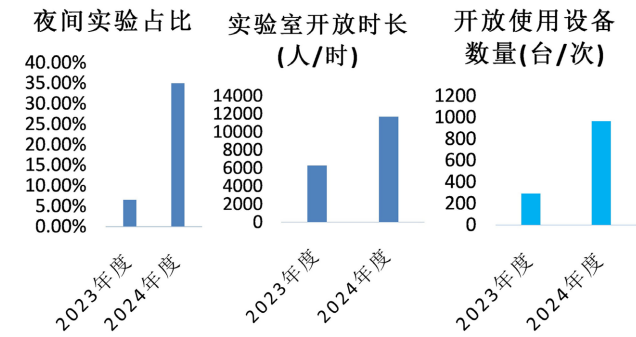


Figure 1. Comparison chart of laboratory openness in 2023 and 2024
图 1. 2023、2024 年度实验室开放对比图

丰富的智慧化实验手段，增强了实验教学的针对性，保护了学员个性化发展的需要，提高了学员自主创新能力，学业成绩显著提升，如图 2 所示。实验一次性通过率、课外资源预约量、设计实验选做量、跨学科协作项目数、竞赛获奖等都显著增加，见图 3。

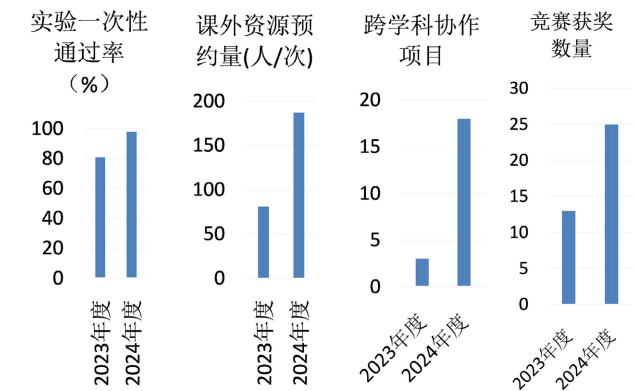


Figure 2. Comparison chart of learning efficiency in 2023 and 2024
图 2. 2023、2024 年度学习效率对比图

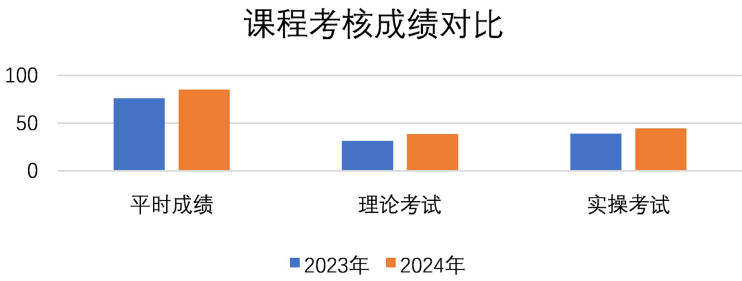


Figure 3. Comparison of course assessment scores for 2023 and 2024
图 3. 2023、2024 年课程考核成绩对比

5. 结论

利用物联网技术对物理实验室升级改造，同时打造物理实验综合管理平台，全面实现物理实验教学管理的信息化、智能化。建设完成物理虚拟实验平台，实现学生口袋里的实验室，保证学生随时随地都能进行虚拟实验操作。利用物联网和虚拟现实技术，丰富实验教学模式，提高学生的学习的积极性和参与感，提升学生主动思考的意识和创新实践的能力。利用物联网数据和大数据分析，提供可视化信息统计，指导实验室建设、设备更新淘汰和教学方式方法改进。

参考文献

[1] Yassein, M.B., Hmeidi, I., Shatnawi, F., Mardini, W. and Khamayseh, Y. (2019) Smart Home Is Not Smart Enough to Protect You—Protocols, Challenges and Open Issues. *Procedia Computer Science*, **160**, 134-141.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.453>

[2] 林鲁春. 智慧实验室及其关键技术研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2019.

[3] 林燕奎, 熊贝贝, 王丙涛, 等. 现代智慧实验室的设计和应用[J]. *实验室研究与探索*, 2014, 33(6): 231-234.

[4] 周瑞, 李景宇, 桑楠. 基于物联网的智慧实验室系统的构建[J]. *实验科学与技术*, 2017, 15(5): 146-149+163.

[5] Toyman, M.Y. and Cetin, E. (2019) Design and Application of a KNX-Based Home Automation Simulator for Smart Home System Education. *Computer Applications in Engineering Education*, **27**, 1465-1484.
<https://doi.org/10.1002/cae.22162>

[6] 赖程鹏. 基于物联网技术的智慧实验室的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2015.

[7] 廖军, 张毅, 王成良, 等. 基于数据智能一体化的实验室云平台的建设与研究[J]. *实验技术与管理*, 2020, 37(4): 249-252.

[8] 钱百静. 以物联网为核心的智能家居控制系统研制[J]. *中国新技术新产品*, 2019(22): 22-23.

[9] 张烨, 张连中. “互联网+”时代下的食品检测智慧实验室[J]. *食品安全导刊*, 2017(27): 51.

[10] 许丹. 智能化实验室教学管理模式[J]. *武夷学院学报*, 2011, 30(6): 81-84.

[11] 张锦龙. 基于信息技术的智慧虚拟通信实验室建设思考[J]. *科教导刊*, 2019(7): 184-185.

[12] 徐浩. 高校实验室建设与管理共性问题的研究与实践[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2014.