



## 教育数字化背景下智慧实验室的建设

秦艳姣, 王海军, 胡延林

(湖北第二师范学院 计算机学院, 武汉 430205)

**摘要:** 针对高校实验室建设、管理、使用中存在信息孤岛、管理难度大、利用率不高等问题, 在教育数字化战略背景下, 提出了智慧实验室建设目标和思路。通过构建智慧物联网、整合智慧实验室综合管理平台, 建设虚实融合的智慧教学空间, 构建基于大数据的教育评价体系等智慧实验室建设实践, 推进了教育数字化转型, 提高了实验室管理效率和利用率, 提高了人才培养质量, 实现了实时全面的数据支撑服务。

**关键词:** 教育数字化; 智慧实验室; 物联网; 大数据; 教育评价

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230547

## Construction of Intelligent Laboratory under the Background of Education Digitization

QIN Yanjiao, WANG Haijun, HU Yanlin

(College of Computer, Hubei University of Education, Wuhan 430205, China)

**Abstract:** In view of the problems of information island, difficult management and low utilization in the construction, management and use of university laboratories, this paper puts forward the objectives and ideas of building smart laboratories under the background of the education digitization strategy. Through the construction of smart Internet of Things, the integration of smart laboratory comprehensive management platform, the construction of smart teaching space with virtual and real integration, and the construction of education evaluation system based on big data and other smart laboratory construction practices, the digital transformation of teaching has been promoted, the efficiency and utilization of laboratory management has been enhanced, the quality of talent training has been improved, and real-time and comprehensive data support services have been realized.

**Key words:** education digitization; smart laboratory; internet of things; big data; educational evaluation

2021 年, 教育部等六部门发布《关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见》, 指出教育新型基础设施是以信息化为主导, 聚焦信息网络、平台体系、数字资源、智慧校园、创新应用、可信安全等方面, 深入应用 5G、人工智能、大数据、云计算、区块链等新一代信息技术, 推动教育数字化转型, 支撑教育高质量发展<sup>[1]</sup>。2022 年 10 月, 党的二十大报告首次将“推进教育数字化”写入报告, 赋予了教育在全面建设社会主义现代化国家中新的使命任务, 明确了教育数字化未来发展的行动纲领<sup>[2]</sup>。2023 年 8 月, 湖北省政府发布《湖北省教

育数字化战略行动计划(2023—2025 年)》, 指出加快教育新型基础设施建设, 推进教育数字化转型和智能升级, 优化教育资源配置, 创新教育服务供给, 加快数字时代的教育变革, 推进高等学校建设人机融合、虚实结合的综合立体教学空间<sup>[3]</sup>。

高校实验室是承担实践教学、科学研究、社会服务等多重任务的重要场所<sup>[4]</sup>, 在培养学生实践能力、创新能力、科研精神方面发挥着不可替代的作用。教育数字化战略背景下, 高等学校实验室建设重点是推动新一代信息技术与教学管理深度融合, 实现技术赋能教育。智慧实验室建设是

收稿日期: 2023-11-21; 修回日期: 2024-01-04

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(220902611261723); 湖北第二师范学院 2022 年校级教学研究项目(X2022031)。

作者简介: 秦艳姣(1982-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事计算机专业的教学和科研工作。E-mail: 93542864@qq.com

高校实验室信息化建设发展的新方向<sup>[5]</sup>,是落实高校教育数字化战略、推进教育数字化转型的重要举措,是当前高校提高教育教学水平、提升人才培养质量的有效途径。

## 1 高校实验室建设、管理、使用现状

近年来,随着教育信息化的持续推进,各高校实验室已建立了各类信息化管理系统,涉及综合管理、实验教学、实验室开放、仪器设备、大型仪器设备开放共享和实验室安全管理等方面,在一定程度上提升了管理效率,实现了闲置资源的共享,为师生提供了便利<sup>[6-8]</sup>。随着学科专业的快速发展,各专业对人才培养、实验教学、实验环境以及实验室开放要求不断提高,当前的实验室建设、管理和使用方面仍存在不少短板,信息化系统的分散建立同时也导致了重复建设、信息孤岛等问题的产生,主要表现在以下3个方面。

### 1) 建设方面

缺乏顶层设计规划,各种系统随着当前的业务需求驱动而建设,大量进行设备采购,对未来长期发展的需求考虑不足。系统整合不够,各个业务系统独立建设,互联互通不畅,标准化程度较低,数字资源共享程度不高。重复建设,导致部分资源浪费,部分实验室设备闲置<sup>[7-9]</sup>。

### 2) 管理方面

管理人员少,责任大、工作强度高。在实践教学课程的增加、实验室教学资源有限的前提下,实验室使用、实验课程排课难度加大。潜在安全隐患与风险复杂,安全隐患呈现出多样性、阶段性、小群体性和难预测性的变化趋势。数据难统计,数据分散在各个系统,数据分析结果查看费时费力<sup>[10-12]</sup>。

### 3) 使用方面

信息不对称,实验室教学资源利用不充分,设备利用率不高,开放共享程度低。师生使用体验感差,交互操作复杂,预约流程繁琐<sup>[13]</sup>。

## 2 教育数字化背景下智慧实验室的建设目标及思路

### 2.1 教育数字化战略对高校实验室的要求

教育数字化战略要求将新信息技术与教学管理深度融合,对实验室从建设、管理、使用方面提出了新要求。

### 1) 建设方面

传统实验室要向多功能、综合性、智慧化方向发展,各个系统模块必须进行统一规划,按照统一的信息标准和技术标准,规范实施,方便扩容和对接。

### 2) 管理方面

利用新技术实现智能化全自动管理<sup>[14-15]</sup>。由分散多种设备、多套系统管理转变为集中统一管理。建立规范化管理机制,使管理制度化、规范化、科学化。具备完善的安全管理机制和技术手段,将实验室安全隐患问题不断降低<sup>[16-17]</sup>。发挥数据效能,辅助管理决策。

### 3) 使用方面

提高实验室和设备利用率,实验室除固定时段服务于传统教学外,还要服务于课外实验实践、科研活动、创新创业活动等。基于不同应用层级的用户,提供具有交互性的操作,流程更加容易理解、掌握和操作。

## 2.2 智慧实验室建设目标及思路

智慧实验室建设旨在综合运用物联网、云计算、大数据、人工智能等新信息技术,面向教育高质量发展,推进实验室智能化升级和数字化转型,创新实验教学和管理模式,赋能创新人才培养。促进数字资源共建共享,提升师生数字化教学能力,提升教育治理数字化水平。

智慧实验室的建设思路以智慧物联为基础,结合实验室综合管理平台,通过智能化手段有效解决实验室的日常教学、开放预约、设备管理、安全管理等问题,提供更便利的资源使用方式与智能管理方式。构建虚实结合的智慧教学空间,创新数字时代教育模式,提升学生创新实践能力。采集设备、教学、管理基础数据,实时跟踪与评估教学过程,促进数字教育资源共建共享。利用人工智能、大数据等技术对采集到的实验室使用、管理、教学等相关数据进行建模分析,为管理决策、教育评价、师生发展提供数据支撑依据。

## 3 教育数字化战略背景下的智慧实验室建设内容

### 3.1 构建实验室智能物联网,创设智慧管理方式

对现有的实验室基础设施的智能改造或升级建设,实现实验室基础设施的智能物联、智慧管

控。实验室智能基础设施包括实验室智能中控箱、智能电源控制系统、智能门禁系统、智能多

媒体中控系统、智能传感系统、电子班牌系统以及其他设备，如图 1 所示。



图 1 实验室智能基础设施

通过物联网技术互联互通智能基础设施，实现对实验室的智能分配，智能识别人员身份，实时监控实验室状态，远程可控实验室操作，简化管理工作的同时提升管理效率。智慧管理包括智慧门禁管理、智能电源管理、智慧多媒体控制、智慧空调管理、智慧窗帘管理、环境监测管理、视频监控管理等。

实验室智能物联网智慧管控的功能场景之一，如学生来到实验室，通过电子班牌系统查看实验室的课程安排和实验室状态，通过人脸识别或二维码等认证方式签到；智能门禁系统自动识别打开实验室大门，智能电源系统自动打开灯光和各类设备电源，空调、窗帘自动关闭；智能多媒体中控系统智能控制投影仪、多媒体设备、电子白板、幕布、音响话筒，自动开启终端桌面；

教师准备上课，根据智能互动需求，可通过面板进行智能控制操作全方位调节多媒体设备和教学设备开关。以下为两种系统的构建模式。

### 1) 智慧门禁系统

其具体功能为对实验室门禁进行开/关控制管理，教师和学生可通过预约信息、课表信息、策略控制、远程控制等方式对门禁系统进行自动控制，以告别传统实验室繁琐的开/关门工作；智慧教育网具备对门禁控制器进行实时监控，采集实验室运行数据，同时将采集的实验室运行数据实时上传至实验室管理平台。管理平台通过对老师和学生的刷卡信息、预约信息、课表信息等进行综合统计、分析实验室的运行状况，以供实验室管理员实时查询。智慧门禁系统的技术方案拓扑图如图 2 所示。

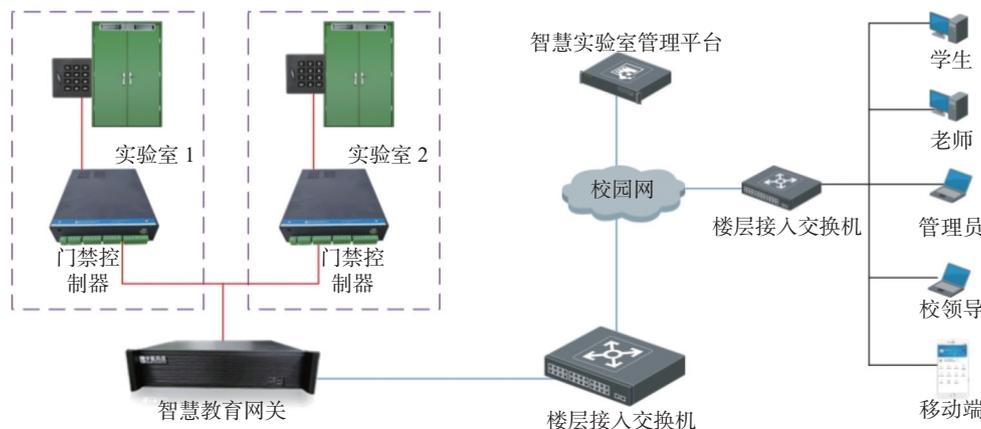


图 2 智慧门禁系统拓扑图

## 2) 环境监测系统

其具体功能主要是针对实验室温湿度和光照度、烟雾、PM<sub>2.5</sub>、噪音、有毒有害气体、易燃易爆气体等进行监测和管理。将采集的数据实时上

传至实验室管理平台, 管理平台根据设定阈值对环境数据进行综合分析, 同时将结果实时反馈到实验室管理员, 以提高实验室安全管理能力。环境监测系统的技术方案拓扑图如图3所示。

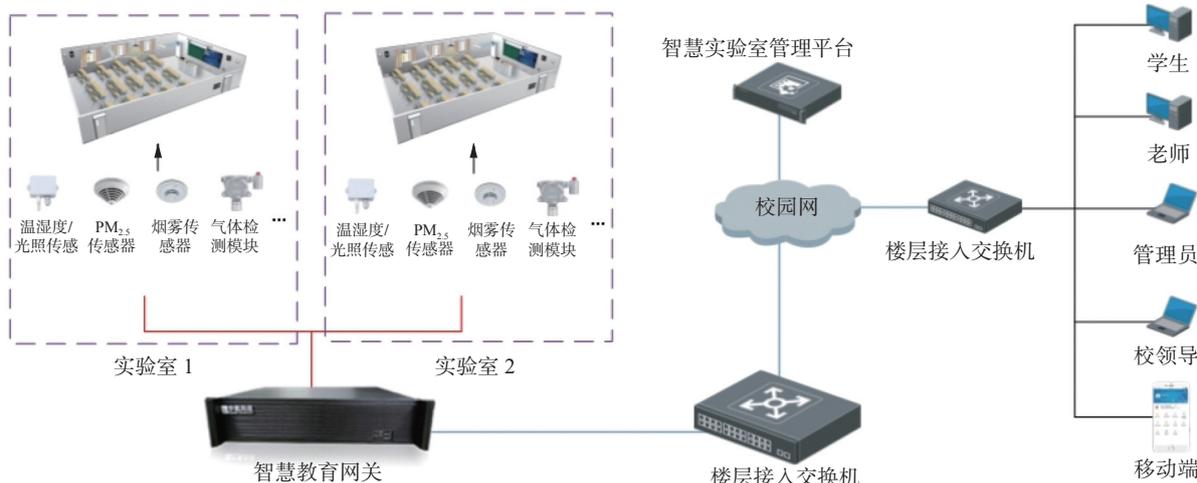


图3 环境监测系统拓扑图

## 3.2 整合智慧实验室综合管理平台, 实现一张网、一个平台集中统一管理

综合管理平台以“融合”为基石, 将各类实验室的基础设施、终端设备、后端服务器资源融合连通, 使整个实验室从物理层面到资源层面融合为一个整体。平台连接了基础设施层、数据层、服务层和用户层几个部分, 如图4所示。基础设施层主要包括了计算、存储、网络等信息化设施, 以及实验室门禁、照明、多媒体、强电设备、视频监控等基础设施。通过物联网、互联网和校园网将实验室所有设备、平台进行智能互联, 将这些设备平台的资源数据、运行使用数据、资产数据等进行汇集, 存储在智慧实验室大数据中心。平台之上各类应用借助人工智能、云计算、大数据技术, 将这些数据分类进行管理, 分别为师生、科研团队、管理人员、决策部门提供相关服务, 所有用户可以利用各类终端设备在实验室或任意地点、时间获取相关的资源、管理信息、数据统计分析信息。

## 3.3 构建虚实融合的智慧教学空间, 创设以学生为中心的实践资源自助服务模式

建设云融合资源中心依托云计算、虚拟化、

人工智能技术, 提供线上课堂实验教学空间及个性化伴随式实验环境, 提供多样化的实验教学模式(线下、线上、线上线下混合)。推进实验空间虚实融合, 突破学生在机房学习的界限, 实验教学空间打破传统物理空间的束缚, 可以发布至任何网络可达的地方, 如图5所示。从实验教学任务导向出发, 灵活匹配人员组织和课堂实验教学环境, 构建实验教学的项目式学习模式。同时, 提供多样化的个人教学空间, 除固定时段实验教学外, 还服务于课外实验实践、科研活动、创新创业活动、学科竞赛、自主学习等个性化场景, 满足个性化学习及主动学习的需要。

智慧教学空间将“被动式”服务转变为“主动式”服务, 由“学生能做什么”变为“能为学生服务什么”, 突出学习者的中心地位。同时, 提供多种终端实时快速查询、自主预约资源的服务, 师生根据需要依据课表计划对实验室场地、资源等信息进行查询与预约, 为师生提供更多的实践资源, 有效提高实验室的使用率, 支持学生的自主学习以及个性化学习, 为学生实践创新能力培养提供更多的途径和更便利的条件。



图 4 智慧实验室综合管理平台

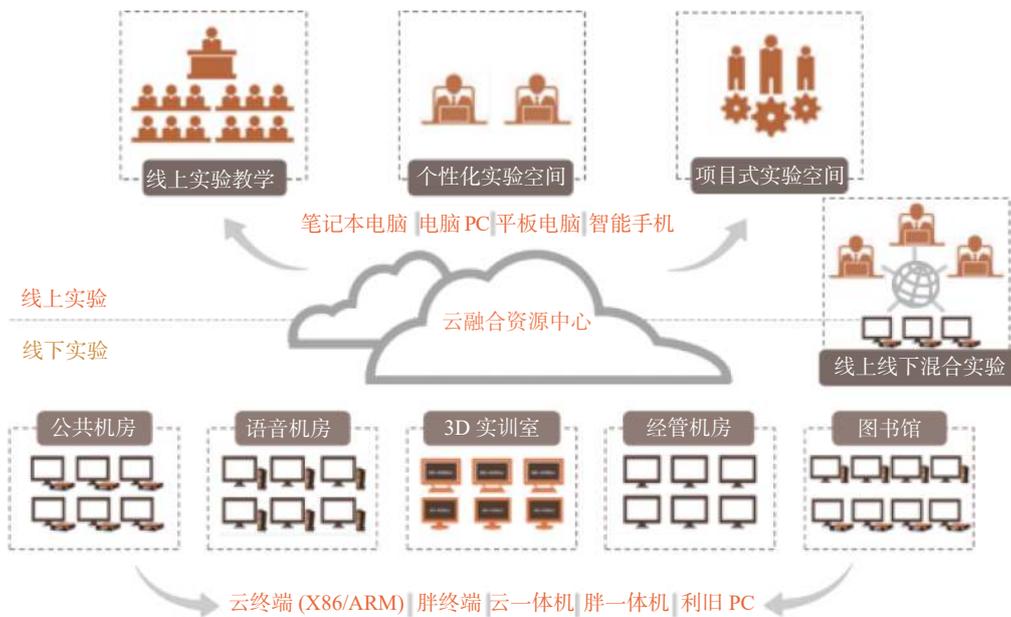


图 5 虚实融合的智慧教学空间

### 3.4 采集实验教学管理基础大数据，构建基于大数据的教育评价体系

大数据赋能教育评价已成为教育质量评价数

字化转型的热点议题，围绕教-学-评一致性关系模式，实现教育评价从“基于经验”到“数据驱动”转变，为教学质量持续改进提供依据<sup>[18-20]</sup>。

创新对教师、学生的多元化评价体系, 对教学管理全过程数据的伴随式采集, 建立分析模型和可视化展示平台, 努力实现“人机共教、人机共育”的大数据赋能教育评价方式, 不断提高教育教学质量。基于大数据的教育评价体系如图6所示。



图6 基于大数据的教育评价体系

采集学生学习行为、学习过程和学习表现等基础大数据, 形成学生到课率、广播教学分析、前排就座率、学生上机异常行为分析、实验教学完成情况等多维数据分析结果, 对学生进行画像, 引入层次分析、建立层次结构的实验教学评价评价指标体系, 对学生进行评价。并通过评价结果对课程安排、实验室资源分配进行优化配置, 持续改进实践教学资源供给。

采集课堂教学基础大数据, 对教师的课堂教学行为进行智能化分析, 对教师个体进行画像, 生成AI教学能力评价报告。为教师数字化教学能力、教师发展提供支撑服务, 有针对性地促进教师专业能力发展。智慧实验室辅助学校对全校教师整体水平进行监测, 建立群体画像模型, 对教师群体分析、评价、反馈, 促进教师队伍发展。

采集实验室各项管理过程数据, 涵盖实验室使用、设备利用、教学资源访问、课程课时、实训考试、课堂录像等多维数据, 对实验室利用率、设备及软件使用率建立分析模型, 评估实验室、设备使用效能。为后续采购、服务授权、软件升级、实验室管理等提供更科学的数据依据。

## 4 建设成效

### 4.1 推进教育数字化转型, 提高了办学水平

将物联网、云计算、大数据、移动互联网等新信息技术应用到实验室、机房的基础设施建设、管理和服务各个方面, 通过多维数据分析与

展示, 评估实验室的整体使用情况, 了解计算机终端资产设备管理情况, 改变了师生上课、学习的方式, 构建自动化、无人化、全面感知互联的实验教学空间。智慧实验室建设推动了全校智慧校园新型基础设施建设上台阶, 推进了教育数字化转型, 提高了学校办学水平。

### 4.2 解锁实验室智慧管理方式, 提高了实验室利用率

计算机学院实验室承担了全校17000人计算机通用实验教学任务和本院2000人专业教学任务, 实验管理人员6名, 实验课程安排紧凑, 实验管理任务繁重。智慧实验室项目建设后, 管理人员从繁重的实验室日常管理工作中解放出来, 告别繁琐的日常开关门/电、桌面环境管理部署等工作, 如图7所示。同时解决实验室日常管理中人员不足、资源共享不足、实验室监管力度不够、实验室管理流程繁琐不规范等问题, 提高了实验室的管理水平和服务水平。实验室在没有课程安排情况下对全校师生开放, 师生通过多种终端实时快速查询、自主预约, 有效提高了实验室的使用率。



图7 智慧实验室智慧控制

### 4.3 创新实验教学模式, 提高了人才培养质量

开放、虚实结合的教学空间, 增加了学生的实践途径。创新的实验教学模式, 以学生为中心, 支持个性化和主动式学习, 提升了学生实践创新能力, 提高了人才培养质量。2021—2023年, 学生获A类学科竞赛国家级奖项13项, 省级奖项50余项, 学生学科竞赛的参与率达到90%, 获奖率为34%。获批国家级大创项目10项, 省级大创项目24项。学生申请发明专利、申请软件著作权

近 200 项。2021—2023 年学生就业率均超过 96%。

#### 4.4 实时的过程跟踪与评估, 更全面的数据支撑服务

实验设备资源使用大数据借助可视化技术实时在大屏上展示, 为实验管理人员及决策者提供直观的数据服务, 设备异常情况及时预警, 如图 8 所示。依托 AI 教师测评实验室建成的基于课堂教学大数据的教师能力测评, 学院已承接两所小学、一所中学教师专业能力发展合作项目。

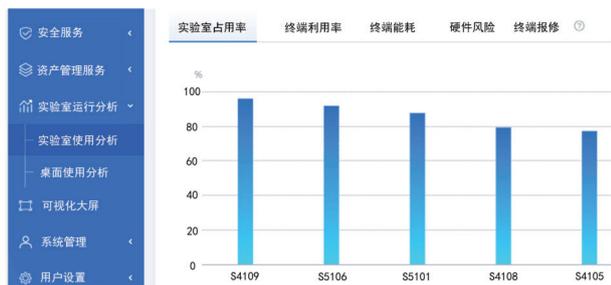


图 8 智慧实验室大数据看板

## 5 结束语

计算机学院从 2021 年起启动智慧实验室项目建设, 规划分三期完成, 目前已完成两期建设任务。已实现 51 间实验室智慧物联, 实验室综合管理平台搭建完成, 陆续与其他系统对接整合中, 孪生实验教学空间已建成, 基于大数据的教育评价已实现了智慧实验室使用大数据监测和预警、AI 教学能力测评。已取得的成果受到省内外其他高校、行业企业、主流媒体高度关注, 在本区域产生示范效应。后期任务重点是运用新技术推进教学的精细化、集约化、智慧化发展。完善基于技术规范的教育评价标准, 立足数据治理, 加强多模态数据采集, 实现大数据赋能教学评价的“知-行-研”合一。随着新技术与教育的深度融合, 智慧实验室将迎来更广阔的发展空间, 为推动教育高质量发展发挥更重要的作用。

### 参考文献

[1] 教育部. 教育部等六部门关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见[EB/OL]. (2021-07-08)[2023-11-07]. [http://www.moe.gov.cn/src-site/A16/s3342/202107/t20210720\\_545783.html](http://www.moe.gov.cn/src-site/A16/s3342/202107/t20210720_545783.html).

[2] 中国政府网. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗: 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-

16)[2023-11-07]. [https://www.gov.cn/xinwen/2022/10/25/content\\_5721685.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2022/10/25/content_5721685.htm).

- [3] 湖北省政府. 省人民政府办公厅关于印发湖北省教育数字化战略行动计划(2023—2025 年)的通知[EB/OL]. (2023-08-18)[2023-11-07]. [https://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezbf/202308/t20230818\\_4802772.shtml](https://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezbf/202308/t20230818_4802772.shtml).
- [4] 石磊, 庄志洪, 李博. 基于“智慧实验室”的高校实验室信息化探究与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(7): 269-273.
- [5] 李萍, 薛颖. 数字化转型赋能高校智慧教育生态圈的建设路径研究[J]. 高教学刊, 2023, 9(30): 16-18.
- [6] 赵文静, 刘葵. 基于 AI/物联网的高校智慧实验室建设[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(12): 163-167.
- [7] 吴祝武, 白向玉, 袁玲, 等. 教育新基建背景下实验室信息平台建设与应用[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 287-290.
- [8] 林明远. 实验室信息化存在的问题和对策: 以厦门理工学院环境科学与工程学院为例[J]. 公关世界, 2022(15): 110-111.
- [9] 朱丁, 陈晖. 产教融合视角下高校实验室建设与管理探究[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(4): 235-240.
- [10] 施镇江, 朱蕾, 章宦耀, 等. 基于 PEMM 建设高校实验室开放管理系统[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(5): 279-284.
- [11] 吴葛, 尹仕. 基于物联网的实验室综合管理系统建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(5): 168-172.
- [12] 任佳, 朱国典, 刘永刚, 等. 高校实验室安全综合管理信息系统的开发与应用[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(11): 303-307.
- [13] 贾蓉, 段景山, 何翔, 等. 高校智能实验室管理平台建设[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(11): 170-174.
- [14] 熊伟, 黄玉钗. 高校实验室“自助共享”式智慧管理[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(10): 259-262.
- [15] 廉静静, 庞玺斌, 徐进, 等. 高校实验室智能化管理的应用与实践[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(7): 255-257.
- [16] 黄弢, 万晨晖, 王峻峰, 等. 基于物联网的全天候实验室探索与建设[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(1): 232-236.
- [17] 王士国. 世界一流大学高地建设视角下高校实验室管理综合改革研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(12): 249-254.
- [18] 魏亚丽, 张亮. 从“基于经验”到“数据驱动”: 大数据时代的教学新样态[J]. 当代教育科学, 2022(2): 50-56.
- [19] 钱明霞, 赵磊磊. 大数据赋能本科教学质量评价: 价值意蕴、现实困境与路径选择[J]. 重庆高教研究, 2023, 11(5): 40-48.
- [20] 罗生全, 陈卓. 大数据时代教育评价的价值重构与逻辑理路[J]. 贵州师范大学学报(社会科学版), 2023(4): 116-128.