



基于 EHS 理念的高校实验室信息化 建设研究与实践

林煌旭, 张学昌, 张 炜, 李贤义, 张 健, 何 平

(浙大宁波理工学院 机电与能源工程学院, 宁波 315100)

摘要: 传统实验室在教育教学、安全整治层面面临数字资源稀缺、管理效率低下等问题, 推进高校实验室信息化建设是提升其综合服务实力和学生创新实践能力的有效途径。针对所属浙江省实验教学示范中心数字教学资源不足、空间环境智能化程度低、安全管控手段不够先进等现状, 探讨了以 EHS 理念为依据、以信息技术为支撑的建设方案的指导意义, 从强化虚实教学资源、构建智能环境系统以及引入实验室安全管理数字平台等方面阐述实验室信息化建设的探索经验。实践表明, 依托多类信息化系统的协同运行, 实验室能够安全稳定运转, 教学服务质量实现提升, 满足工程创新人才培养需求。

关键词: EHS 理念; 高校实验室建设; 信息化技术; 安全管理

中图分类号: G647

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240403

Research and Practice on Informatization Construction of University Laboratories Based on EHS Concept

LIN Huangxu, ZHANG Xuechang, ZHANG Wei, LI Xianyi, ZHANG Jian, HE Ping

(School of Mechanical and Energy Engineering, NingboTech University, Ningbo 315100, China)

Abstract: Conventional laboratories are burdened with the scarcity of digital resources and inefficiency of management in terms of education, teaching and safety management. Promoting informatization construction for university laboratories is an efficient way to enhance their comprehensive service capabilities and the students' innovative and practical abilities. In response to the current situation of the Zhejiang Provincial Experimental Teaching Demonstration Center, which suffers from insufficient digital teaching resources, low degree of intelligence in its spatial environment, and outdated safety control measures, this paper explores the guiding significance of a construction plan based on the EHS concept and supported by information technology. It also elaborates on the exploratory practice of laboratory informatization construction in terms of strengthening virtual and physical teaching resources, building an intelligent environmental system, and introducing a digital platform for laboratory safety management. The research and practice have shown that through the coordinated operation of various information systems, laboratories can be operated safely and stably. As a result, the quality of teaching and services can be improved and the need to cultivate innovative engineering talents can be effectively addressed.

Key words: EHS concept; university laboratory construction; information technology; safety management

随着国家现代化教育 2035 战略事业的稳步推进, 高等学校数字化校园建设目标明确提出充分利用信息技术推进核心业务的数字化转型^[1]。高校实验室是大学教学、科研业务的实践场所, 是开展实验教学与科学研究的重要载体^[2], 在落实立德树人根本任务、培养高素质人才方面具有突出作

用。作为培养专业实践类人才的重要基地, 工科实验室在新质生产力时代背景下对培养学生工程意识、创新实践能力和综合素质具有不可替代的重要作用^[3]。但由于高校实验室建设革新步伐明显滞后于信息技术的发展潮流, 普遍面临数字教学资源缺乏、仪器设备陈旧、安全措施不到位、信

收稿日期: 2024-08-01

基金项目: 浙江省 2021—2022 年度产学研合作协同育人项目(279); 浙大宁波理工学院 2023 年度校级教学改革研究项目(NBTJG-202344)。

作者简介: 林煌旭, 硕士, 实验师, 主要从事实验室建设与管理方面的研究。E-mail: linhuangxu@nbt.edu.cn

息化水平不高等问题,进一步加剧了内部人员管理难度,不利于实验室可持续健康发展^[4]。因此,有必要引入先进管理理念,借助信息技术提升高校实验室建设水平。

环境-健康-安全(environment-health-safety, EHS)理念作为一套衡量环保、健康和安全的管理方法论,已被证实可用于指导实验室管理工作^[5]。本文借鉴EHS管理理念,结合现代化信息技术手段,以机电与能源工程学院工程训练中心为研究对象,从描述现状出发,展示了信息化实验室建设过程的指导理念、实践路径和达成效果,为实验室信息化建设者提供参考,整体建设思路如图1所示。

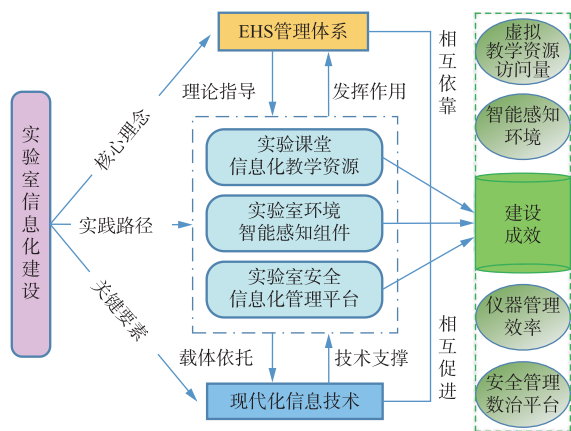


图1 实验室信息化建设思路图

1 实验室建设现状

高校实验室建设水准往往能体现一所大学的整体实力。以教育现代化方针为导向准则,高校实验室建设步伐明显滞后于新时代高校发展要求^[6]。本文以学院实验中心为例,从实验室教学、环境及安全管理3个维度阐明当前实验室的发展现状。

1.1 信息化教学资源不足

实验教学是提升学生实践应用能力和工程综合素养的重要途径,而教学数字平台赋能实践人才的培养广度与深度^[7]。随着我国经济结构转型及产教融合,国内本科院校仍存在“重理论、轻实践”的教学观念,实践教学资源不足的情况较为凸显^[8]。目前实验教学资源建设主要存在以下两个问题。

1) 线下教学工具单一。当前大多数实验教师还是以粉笔板书结合教材来展开实验教学过程,由于实验学时紧张、传统板书费时费力,学生自

主实践时间得不到保证。对于复杂知识难点,传统工具难以直观演示实验原理,无法激发学生深入探索实验的兴趣。

2) 缺乏线上虚拟仿真教学平台。工科实验室教学依赖实验室硬件资源,而现有设备使用年限长且功能单一,学生大多只能完成实验仪器验证性功能操作,没有渠道熟悉行业先进设备及应用场景,缺乏实际生产一线设备的设计与调试训练,无法适应新工科背景下人才培养需求。

1.2 实验室智能环境待改善

物联网是以实物对象为终端实现智能连接的延伸式互联通信技术,正加速推进各行业数字化转型浪潮,然而高校实验室信息化发展进程没有预期高^[9]。当前实验中心工作环境软硬件设施普遍陈旧,主要存在以下两个问题。

1) 整体空间环境智能化元素不足。作为设备、人员和物资集聚地,国内少有实验室会投入经费建立一套智能化管控系统对室内环境质量、用电安全、人员流动等关键要素实行统一监控,相关火源、水电气、人员安全等预警机制不完善。

2) 实验设备陈旧,信息化功能不强。硬件层面上,当前大多设备本身不具备定位跟踪及采集使用状态信息等智能感知功能;软件层面更缺少应用于设备全生命周期管理的系统平台,对设备管理、维护保养、资产排查做不到及时响应,难以有效调度实验室资源。

1.3 数字安全管理待加强

实验室安全是开展教学科研任务的前提保障,更是一切工作的重中之重。尽管各高校都十分重视实验室安全工作,但每年仍有安全事故发生。基于250起实验室安全事故统计数据^[10-11],经分析可知火灾和爆炸是最常见事故类型,危化品违规使用及仪器设备故障是主要原因。根据已有调研数据,所属实验室安全隐患可归类成人、物、环境、管理4大不安全因素^[12],具体表现为:学生安全意识薄弱,存在操作不规范风险;仪器设备强弱电布线混乱,缺乏日常安全维护检查;环境的不安全因素,多种隐患存在交叉影响行为,整体实验室环境监测力度不够;管理有缺陷,往往实验教师需要教学与安全管理任务双肩挑,职责划分不清楚,管理手段不够先进,很少采取现代信息技术来优化管理模式。以上各类安全隐患加大了实验室安全管理难度,需要建立依

托信息技术、满足自身发展特色的安全管理体系,保障实验室安全高效运转。

2 EHS 理念及指导意义

2.1 EHS 理念体系

EHS 理念最早源自欧美企业为改善业绩而制定的系列管理方法,主要应用于石油化工高危行业。伴随着全球经济一体化进程,国际标准化组织推动行业协会修订标准预防规范,各国企业在对以往生产经验研究基础上建立符合自身经营战略的 EHS 管理体系^[13]。职业环境、人员健康以及生产安全是 EHS 管理体系核心要素,它贯彻以人为本理念、安全责任意识,强调预防隐患为主、上下级共同参与、持续改进效果,以计划、执行、检查、处理(plan,do,check,action,PDCA)流程工具循环演进,不断完善组织发展机制,具有系统性、先进性及长效性等特点^[14]。环境管理体系(environment management system,EMS)和职业健康安全管理体系(occupational health and safety management system,OHSMS)是 EHS 管理体系主体内容^[15],前者强调在索取自然资源同时更要注重人与环境协调发展,而后者关注生产过程中人员的安全与身心健康,两者共同指明了生产活动中各环节可能出现的危害因素,从而减少环境污染,保障员工职业健康。

EHS 管理体系主要应用于跨国企业及境外地区知名高校实验室,内地高校实验室建设相对滞后^[16]。伴随中国新工科背景下建设高水平实验室需求,以及针对我国高校实验室种类多、教学科研任务重、潜在安全隐患复杂的运行现状^[17],引入 EHS 理念对提升高校实验室安全管理实效具有重大推进作用。

2.2 指导意义

基于以上实验室建设现状分析,引入 EHS 管理理念显得至关重要。EHS 理念以环境、健康和安全的 3 要素融合管理体系持续关注实验室环境状态、师生身心健康与安全事故管控,为信息化建设路径提供全方位的指导依据。

1) 加强实验教学数字资源有利于为学生构建丰富灵活的现代式学习场景,提供多维度交叉学科背景的实验教学内容,有利于培养综合创新能力。而 EHS 理念中健康(health)指标直接受益对象是实验室学生成员,关注学生健康体现了高校实验室以人为本的教育方针。

2) 引入物联网技术改善实验室物理环境能够为师生创造健康舒适的智能化工作空间,通过采集温湿度、气体浓度等环境参数确保实验设备与实验条件的稳定性,以监控预警机制保障实验室安全,为实验室智能化环境、安全管控和高效运行提供强有力的技术支持,这与 EHS 理念中环境(environment)和安全(safety)因素相关联。

3) 建立实验室安全信息化平台可以加强危险源等级辨别和风险预控,减少安全事故发生的可能性,进一步增强高校实验室安全管理工作的科学性与可行性,该项工作开展得益于 EHS 理念安全(safety)要素的驱动作用。

3 信息化实验室探索与实践

3.1 电子教学资源

3.1.1 多媒体电子屏

文字、图片、动画等多模态元素构成的实验教学课件通过多媒体电子屏展现实验教学过程的方式能够吸引学生注意力,关键在于提升实验教学效果。相比传统板书教学模式,本文借助多媒体信息技术对实验课堂做出以下改进措施,如图 2 所示。

1) 多媒体演示的教学内容更加具体形象,知识点关联更紧密;针对晦涩难懂的实验原理、口头难以描述的操作要领均可通过仿真软件等计算机工具来模拟解释。

2) 传统板书只能单向输出知识点,无法与学生互动交流,借助微信等移动端工具可了解学生学习反馈情况,帮助教师及时评估课堂实际效果并调整课件输出内容,最大限度满足学生的学习需求。

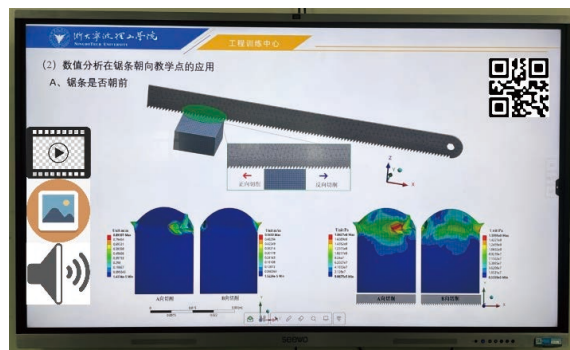


图 2 多媒体实验教学电子屏界面

3.1.2 虚实结合的机器人教学资源

实验平台采用 Epson C4 系列机器人,依托实

物设备可开展机器人目标点位示教、常用运动控制指令编程、物块搬运等实验教学工作。鉴于机器人建设成本大、设备台套数少、存在碰撞风险等现状, 本文引入 Epson 机器人仿真软件 Robot Simulator 为学生提供高度逼真的虚拟环境, 以达到熟悉工业机器人操作编程、运动控制等教学目的, 如图 3 所示。教师在线上发布机器人搬运物块实验任务, 学生通过虚拟仿真软件搭建项目场景进行模拟练习, 并借助线下真实机器人在线编程方式修改调试程序, 直至每组学生能够实现预期的运动轨迹即可通过实验考核。实践表明, 依托虚实结合、线上线下混合式教学模式, 学生能够自主完成机器人操作任务, 加深对工业机器人相关知识点的理解程度。

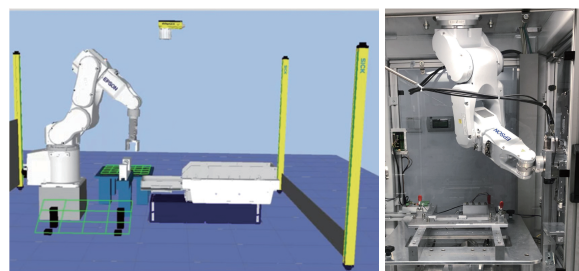
3.2 智慧实验室组件

本节聚焦物联网技术在实验室视频监控、传感器感知和设备管理方面的应用情况。

3.2.1 视频监控系统

当前实验室常见视频用途更多是监视现场与画面记录, 不具备远程监控与非法入侵报警功

能, 不能及时应对紧急安全事件, 而智能监控组件在安防领域更具优势。如图 4(a)所示, 该系统由摄像头模组、录像机、无线通信模块及用户端设备构成。其中, 超广角全景鱼眼摄像头能够覆盖实验室百平空间, 半球型摄像头支持大角度调整, 明显扩大监控范围, 当捕捉到火灾或非授权人形画面会发出警报信息给到手机端, 便于管理人员及时调控; 反之, 管理者可随时随地通过终端远程查看实验室安全状况, 显著提高了实验室安全监控强度。



(a) Robot Simulator 虚拟仿真软件 (b) Epson机器人实验平台

图 3 虚实结合的机器人教学资源展示图



图 4 智慧实验室组件图

3.2.2 智能感知类传感器

环境类传感器是感知温湿度或气体浓度并反馈信息的装置, 是智慧实验室重要组成部分^[18]。本文提出一套可采集温湿度与气体浓度数据并传至液晶屏显示的空气质量变送器系统, 可根据实

验条件设置环境参数上下限值。当实际值超出设定阈值, 环境传感器具备短信报警功能, 便于管理人员随时监控环境状况, 同时本地电脑安装的环境监控平台可查看任一设备节点的实时数据、历史数据和报警记录等信息。采取吸顶式烟雾传

感卫士防范实验室火灾类隐患，具备探测灵敏度高、远程响应快等优势，当检测到险情会向用户终端发送警报提醒。智能传感组件不仅为师生创造和谐健康的工作环境，还为实验室安全提供有力保障，如图 4(b)所示。

3.2.3 设备管理

教学科研设备是高校实验室的宝贵资产，设备管理更是实验室工作的重要内容。传统实验室设备管理(资产盘点与仪器借用等)大多只依托人力要素来开展工作，存在费时费力、统计数据不透明等痛点，引入无线射频识别(radio frequency identification, RFID)技术能有效提升设备信息化管理水平和查找效率。如图 4(c)所示，RFID 设备管理系统由电子标签、手持式阅读器和计算机处理单元组成，电子标签用于粘贴在流动性强、资产价值大的设备表面，阅读器基于特定频率信号与标签建立通信联系，获取设备状态信息再上传至计算机服务器处理。对于资产盘点，实验室人员手持阅读器即可准确查找设备名称、资产编号、入库时间等资产信息；同时具备个性化查询跟踪功能，可应用于设备维护保养等查找需求，方便管理人员实时掌握设备运行状态。这在一定程度上破解了设备低效被动管理的难题，有效缓解了实验人员沉重的工作量带来的压力，省去重复繁琐的人工操作，促进其职业生涯正向健康发展。

3.3 安全管理信息化平台

学校安全工作坚持“以人为本、安全第一、预防为主、综合治理”的执行方针，在已有实验室安全管理细则的基础上，借助互联网平台实行实验室安全教育考试系统和实验室安全数治平台，在加强师生安全教育和预防安全事故层面起到了积极促进作用。

1) 实验室安全教育考试系统

该系统覆盖政策法规文件、事故通报案例、安全知识库、题库练习及在线考试等板块，提供实验室规章制度发布、安全知识学习、考试评价等功能，如图 5(a)所示。依托丰富题库资源，各学院管理员可设定符合本院学科专业特色的题型，做到差异化考核、个性化发展。该系统主要面向本科新生、研究生及新任教师，要求参与者通过安全教育考试才能进入实验室开展实验项目，同时后台可查看并统计考试结果，有助于完善实验室安全准入制度，强化师生风险防控意识。

2) 实验室安全数治系统

作为浙江省统一的高校实验室安全管理数字系统，该平台具备实验室基本信息维护、危险源分级分类管理、实验室安全年度报告生成等功能，治理层面由本校资产处通过平台开展实验室安全自查自纠、问题整改和年度总结等工作，如图 5(b)所示。为明确安全等级和危险源种类，实验室都配有描述自身风险等级的安全信息牌，有利于资产处高效准确实行安全审查工作。每当实验室设备、实验材料等因素变动，资产处基于设备管理系统能及时更新实验室安全风险等级，并通知该实验室安全负责人修改危险源及防护措施等安全牌信息。实践表明，通过以信息化技术为抓手，“学校—二级学院—实验室”多方联动协作的方式，能显著加强实验室安全危险源辨识和风险管控，有效降低安全事故发生概率。



(a) 实验室安全教育考试系统



(b) 实验室安全数治系统

图 5 数字教育与安全治理系统界面

4 建设成效

所在学院实验室在 2020 年依次引入多媒体电子教学资源、实验室智能组件与安全管理系统。当前各系统稳定运行，能有效保障实验教学和实验室安全运转，建设成效如下。

4.1 电子教学资源提升课堂趣味性与学生探究实验积极性

借助多媒体电子屏载体开展教学，发现“低

头族”学生数量减少、主动提问学生群体增多,达到激发学生兴趣的效果;引入虚拟仿真资源用于知识拓展,累计实验次数6695次,表明该项实验资源深受学生青睐,可作为实验教学的补充环节,学生通过探究综合型实验培养了创新意识。

4.2 智能组件改善实验室工作环境并提高实验室管理效率

智能监测传感系统不仅可以提供人与设备舒适的环境空间,还能自动记录数据便于实验人员追溯管理;视频、烟雾监控系统具备远程查看报警功能,保障实验室安全要素全过程管控,提升预警防护机制;RFID设备管理系统可快速识别资产仪器信息,明显提高设备盘点的信息化水平,降低人工劳动强度,排查效率由单次3h锐减为20min,体现出RFID技术应用于设备管理的有效性。

4.3 安全管理信息化平台增强实验室安全管控工作的针对性与科学性

安全教育考试系统进一步强化了师生安全风险防范意识,目前所在学院共有382名师生参加安全考试,通过率达99.7%。安全数治系统能够落实所属实验室危险源分级分类工作职责,确保实验室安全稳定运行。当前各实验室配有明确自身风险等级的安全信息牌,资产处定期开展安全分级分类评估考核工作,通过总结推广典型经验做法,已成为学校实验室安全检查工作的重要环节。

5 结束语

随着新工科教育理念的持续深入,推进实验室信息化建设是浙大宁波理工学院迈向高水平创新性应用型大学发展目标的关键推动力。本文以机电与能源工程学院实验室建设现状为切入点,阐明EHS管理理念对实验室教学资源、空间环境和安全管理的指导意义,提出“理念指导、技术支撑”的建设路径,建立了面向教学资源、环境和安全3要素的信息化系统,实现教学内容多样化、空间环境智能化、安全管理平台化的预期目标。实践证明基于EHS理念的实验室建设中,各系统运行稳定,建设成效显著,有效提高实验室环境监控和安全防御水平,提升实验人员工作效率,为学生培养创新能力与综合素养提供平台支撑。

参考文献

- [1] 教育部. 教育部印发《高等学校数字校园建设规范(试行)》[J]. 现代教育技术, 2021, 31(4): 126.
- [2] 聂百胜, 吴若宇, 柳先锋, 等. 高校实验室安全管理模式分析与本质安全化信息系统建设[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(12): 309-313.
- [3] 乔威, 谢萌萌, 孙洁, 等. 实验室6S管理在新工科人才培养中的实践探索[J]. 实验室科学, 2024, 27(4): 176-179.
- [4] 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.
- [5] 段辉, 曹同成, 高欣, 等. 应用EHS理念建设化学智慧实验室的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(1): 281-284.
- [6] 朱臻, 窦小刚. 基于信息化平台建设的高校实验室安全管理体系研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(4): 1-3.
- [7] 杜学领, 张开智. 基于OBE理念的数字化实验教学改革[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(1): 181-186.
- [8] 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.
- [9] 韩君格, 王超, 张社荣, 等. 基于BIM+物联网的高校专业实验室信息化管理模式探讨[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(11): 268-271.
- [10] 王岩, 张志勇, 张迎颖, 等. 100起实验室安全事故分析与建议[J]. 实验室科学, 2021, 24(6): 221-226.
- [11] 叶元兴, 马静, 赵玉泽, 等. 基于150起实验室事故的统计分析安全管理对策研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12): 317-322.
- [12] 林鹏, 向云飞, 安瑞楠. 水电智能化安全管理对加强高校实验室安全建设的启示[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(6): 7-12.
- [13] 袁肖虹. 危化品生产企业EHS管理体系设计及运行有效性的评估体系研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2017.
- [14] 陆紫生. 世界一流实验室管理经验对“双一流”大学启示[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(6): 267-273.
- [15] 彭华松, 沈冰洁, 丁珍菊, 等. 多部门联动构建高校实验室EHS管理体系[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(9): 299-303.
- [16] 肖红艳, 任二辉, 宋庆双, 等. 高校实验室EHS文化建设[J]. 实验室科学, 2020, 23(1): 154-156.
- [17] 曾洁, 张云怀, 吴正松, 等. 新工科背景下高校实验室安全管理现状与对策[J]. 高教学刊, 2023, 9(15): 149-152.
- [18] 林鲁春, 邵根富, 姜周曙, 等. 智慧实验室系统的研究与构建[J]. 实验科学与技术, 2020, 18(1): 151-154.