

编者按: 化学是理论与实验并重的学科, 化学实验教学在化学人才培养中发挥着举足轻重的作用。近年来, 分子模拟、虚拟仿真、人工智能和大数据等各种新技术、新方法深刻影响着实验教学, 同时也促进了实验教学模式以及实验试剂、耗材、设备、安全管理的提档升级, 显著提高了实验室管理水平。新时代人才培养的新目标、新要求, 也对化学实验教学管理、实验教师队伍建设、实验教学的理念和方法提出了更高要求, 学生需要在掌握实验基本技能的同时, 全面提升学科思维能力、团队协作能力、实验设计能力、创新意识和安全环保意识。第四届全国高校化学实验技术人员交流会组委会以承办会议为契机, 与《大学化学》编辑部合作, 推出“化学实验教学和管理2023”专刊, 共收录稿件32篇, 集中展示了近年来各高校在实验教学内容、教学方法、实验技术、实验室建设、实验室管理等方面的创新做法和经验, 现集结出版, 希望能够为进一步推进实验教学改革与建设提供借鉴。

高校大型仪器开放实验室网络培训体系的探索

封振宇¹, 曹照真¹, 占金华^{1,2,*}

¹ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

² 山东大学资产与实验室管理部, 济南 250100

摘要: 大型仪器在高校人才培养和科研测试服务中发挥着重要作用, 系统的培训体系是高校大型仪器共享平台高效运行的基本保障, 也是高校推进一流教育和拔尖人才培养的客观要求。系统性规范化的网络培训模式有利于提升培训的效果。通过构建包含安全培训及考核、仪器使用培训及考核、仪器原理及应用技巧、仪器测试结果与前沿展示互动交流于一体的网络资源平台, 探索基于此平台的培训管理体系和长效完备的学习支撑体系, 为高校大型仪器开放共享与人才培养体系建设提供了新思路。

关键词: 高校实验室; 大型仪器; 网络培训; 开放共享

中图分类号: G64; O6; G482

Exploration of Online Training System for Large-Scale Instrument in Open Laboratory of Universities

Zhenyu Feng¹, Zhaozhen Cao¹, Jinhua Zhan^{1,2,*}

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

² Department of Assets and Laboratory Management, Shandong University, Jinan 250100, China.

Abstract: Large-scale instruments play a crucial role in talent cultivation and research testing services in universities. A systematic training system is the fundamental guarantee for the efficient operation of the university's large-scale instrument sharing platform, as well as an objective requirement for promoting first-class education and cultivating top talents. A systematic and standardized online training model is beneficial in enhancing the effectiveness of the training. This paper explores the construction of a network resource platform that integrates safety training and assessment, instrument usage training and assessment, instrument principles and application techniques, and interactive

收稿: 2023-11-02; 录用: 2023-12-18; 网络发表: 2024-01-02

*通讯作者, Email: jhzhzhan@sdu.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金项目(21876099); 山东省自然科学基金项目(ZR2022MB080); 山东大学实验室建设与管理研究项目(sy20202202)

communication of instrument test results and cutting-edge displays. It also explores the development of a training management system and a comprehensive learning support system based on this platform, providing new insights for the construction of a large-scale instrument sharing and talent cultivation system in universities.

Key Words: University laboratory; Large-scale instrument; Online training; Open sharing

自国家实施创新驱动发展战略以来,高校对大型仪器的采购进入快速发展时代。根据国务院《关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》(国发〔2014〕70号),全面落实教育部《关于加强高等学校科研基础设施和科研仪器开放共享的指导意见》的各项部署,高校纷纷推进重大科研基础设施和大型科研仪器共享平台的建设,并在多个层面开展了管理及运行模式的探讨^[1-3]。高校在“双一流”建设过程中,完成建设“大平台”、打造“大团队”、承担“大项目”、产出“大成果”的任务目标都离不开高校测试中心的关键战略支撑作用。开放共享,培训先行,要发挥好大型仪器的支撑作用离不开科学系统的培训管理体系。

习近平总书记在党的十九大报告中指出:建设教育强国是中华民族伟大复兴的基础工程,必须把教育事业放在优先位置,要全面贯彻党的教育方针,落实立德树人根本任务,加快一流大学和一流学科建设,实现高等教育内涵式发展。大学的主要任务之一是为国家与社会培养高层次、高水平、高素质的专业人才,一方面要培养学生的创新能力与逻辑思维能力,另一方面要培养学生的专业技能^[4-6]。大型仪器设备本身就是一个综合、创新的体系,现代仪器无论是从原理、设计,还是从操作、数据分析等诸多方面都体现出创新元素^[7,8],通过培训学习能促进学生对理论知识的深入理解和对分析测试技术方法的掌握,将高深的理论知识与最直接的操作技能相结合,培养研究型人才。

建立大型仪器共享平台,利用信息化互联网技术对大型仪器设备进行网络化管理,使大型仪器高效地服务于一流人才培养,是高校大型仪器实验室建设和管理面临的新任务和挑战^[9-11]。依托山东大学公共技术平台的统一化管理与支持,首先在结构成分与物性测量平台的光谱仪器开放实验室开展探索,初步构建了基于网络培训平台的系统性培训管理模式,取得了良好的成效和经验。

1 大型仪器开放实验室培训存在的问题

大型仪器设备价值昂贵、工作原理复杂、操作流程严格,需进行系统培训后方可使用。一方面,测试人的科学素养和使用能力直接关系到设备使用安全和长期稳定运行,以及样品测试的科学性、准确性,需要严格把控培训效果和开放权限^[12];另一方面,保障实验室安全是实验室工作的重中之重,对于学生自主使用仪器的24小时开放实验室,强化安全教育既要避免人身及财产事故^[13],也要对数据信息安全引起重视。因此,建设系统的大型仪器学生培训体系,是实现人才培养目标、提升仪器使用效益的关键环节。

大型仪器共享平台的高效率运行离不开高质量的仪器使用及安全培训,如何以培训促进平台发展建设、以培训促进学校人才培养,是大型仪器开放实验室培训体系建设与改革的重点^[14,15]。根据多年在仪器设备管理和培训方面的工作经验及学生的反馈情况,总结了培训过程中容易出现的主要问题如下:

(1) 安全培训欠缺。以往的培训主要针对仪器的使用,而作为实验前提的安全培训往往不足,缺乏程序化的安全教育和考核,容易导致对安全隐患的熟视无睹和疏忽大意^[16,17]。不规范不正确的实验行为习惯一旦养成往往难以纠正,因此,正确的安全规范和实验室注意事项必须纳入培训体系。

(2) 培训缺乏针对性。大型仪器培训的受众往往来自不同研究方向,而以往的培训忽略了用户实际需求,采取一刀切的、普及式的培训策略,培训内容千篇一律,缺乏深度性、特异性^[18]。不同学科方向的用户使用仪器的需求不同,其关注点也不同,然而对每个有培训需求的学生进行一对一培训显然又不现实。

(3) 培训缺乏系统性。以往的培训往往缺乏系统的合理规划,导致学生对于仪器设备原理了解不透彻、对于仪器设备构造不清楚^[19],只会机械地操作仪器,在测试样品发生改变时不会变通,不

会有效地选择仪器模式、配件和功能参数，甚至只会看表象结果而不会对数据做进一步处理分析。

(4) 实操条件欠缺。大型仪器设备精密昂贵，数量较少，不会像基础实验课那样为每位学生提供触手可及的仪器，传统培训往往以一对多的面授讲解方式开展，为保证培训学习效果需要限制受众人数，因此无法满足日益增长的培训需求。不少学生在接受培训后，由于接触仪器少，仍会忘记操作流程以及理论知识，无法独立实验而不得不重新参加培训。

(5) 内容更新与交流欠缺。在传统培训中，学生往往被动地接受灌输，受教学的时空限制，其灵活性不如基于网络的自主学习，对于实操测试中遇到的问题也不便于有针对性地及时求助和请教。传统培训内容主要依据于教科书，经典但更新不及时，缺乏新技术的应用和前沿成果的展示，无法满足一流教育和创新型拔尖人才培养的需求。

2 构建系统化网络培训管理体系

针对上述问题，依托学校大型仪器公共技术平台管理服务中心的信息化管理系统，探索构建用于大型仪器开放实验室培训考核、教学、成果展示与交流的软件集成的网络平台系统。

2.1 依据管理制度规范网络培训及预约使用流程

结构成分与物性测量平台的大型仪器开放实验室，是在校院共同倡导下建立，以网络预约和学生自主测试为主要管理模式的开放共享实验室。为了保证大型仪器实验室培训管理工作规范有序地进行，制定了一系列的管理制度，包括《开放实验室管理规定》《仪器设备管理办法》《门禁系统管理办法》《实验室安全工作责任书》《助管岗前培训及上岗安全考试办法》等，从仪器类型和开放方式、安全操作、预约流程、培训方案等方面进行了详细的规定，并根据仪器实验室运行情况定期修订更新。

运用信息技术，实现了大型仪器设备管理的信息化、智能化和自动化，流程模式为：(1) 在网络平台选中仪器申请培训授权；(2) 提示学生进入安全及仪器知识网络培训与考核环节；(3) 凭考核合格证明预约仪器上机培训；(4) 上机培训合格后管理老师授予学生仪器使用权；(5) 授权学生可通过网络预约仪器机时并通过24小时门禁系统自主上机；(6) 通过网络平台开展交流学习结合上机测试有针对性地进一步巩固提升。

2.2 四步阶梯式培训及针对性优化指导

大型仪器开放实验室网络培训平台通过集成的软件运行，利用PPT等文字资料、动漫、音频视频、小程序等数字化手段实现了培训考核及提升学习的程序化、规范化，既提高培训效率保障了开放实验室更加安全高效地运行，又为学生提供了能够比较全面学习大型仪器的窗口。图1展示了网络培训体系的结构功能以及部分网页界面。

主要有以下四步阶梯式内容：

(1) 安全培训与考核。实验室安全风险包括两个方面：一方面是实验人员的人身安全，防火、防爆、防中毒、防电及仪器设备操作过程中的人身危险；另一方面是大型仪器设备容易因不当操作被损坏，设备昂贵修复麻烦，需要操作人员精心保护。培训需要明确并强化四个方面：危化品处置及应急救援设施使用、操作规范及安全防护、特殊设备的潜在危险性、其他妨害大型仪器实验室安全的禁止行为。针对不同实验室和仪器设备制定相应的安全培训内容，根据开放实验室具体情况全面详细介绍实验室存在的潜在危险、防范措施、紧急求助及紧急处理方法等。网络平台可以连续记录学习过程，完成规定学时者可以申请考核，通过小程序答题，计算机自动给出成绩。答错的题目可进入学生个人的错题库，供复习使用，成绩合格后进入仪器使用培训版块学习。管理老师根据实际工作中发现的安全问题和学生的反馈，及时更新发布安全教育的内容、要求、学习动态，学生可以及时了解最新信息、复习巩固安全学习、全面掌握安全知识和技能。

(2) 仪器使用培训与考核。以使学生快速掌握大型仪器的使用知识和技能为目的，由专业仪器管理老师和厂家工程师整理仪器构造、工作原理、常用模式和功能、规范操作方法等内容，全面完

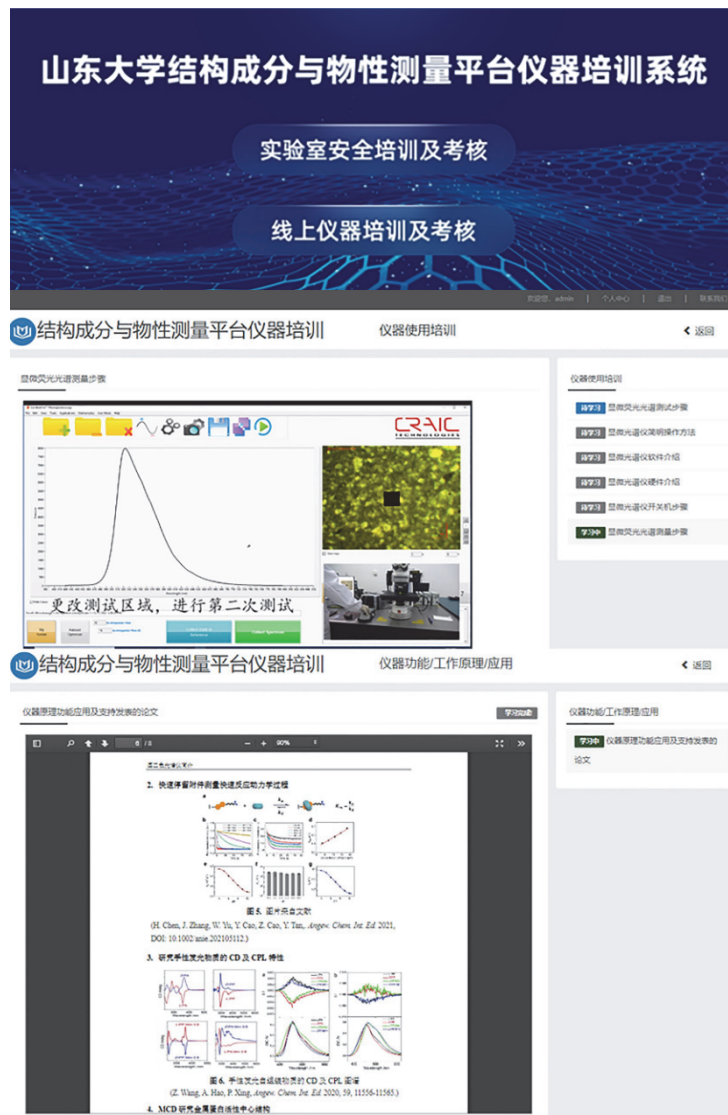
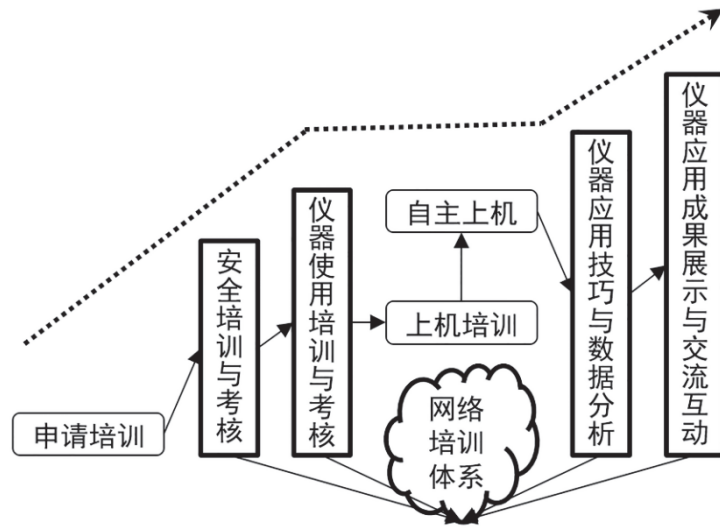


图1 阶梯式网络培训体系以及网页界面截图

善仪器学习资料, 注重建设实践操作影音资料, 通过网络学习与考核开展上机培训前的仪器使用预培训。从仪器发展简史与实际应用需求入手激发学生兴趣, 将仪器基本原理与专业基础知识相结合引导学生理论联系实际地掌握知识, 通过动画、视频等媒介形象化地让学生学习并熟记仪器操作规程。除仪器使用操作流程的学习外, 还包括对样品的要求及测试前如何准备样品、对仪器的常规维护调整和常见的简单故障排除, 让学生对仪器使用有比较全面的了解, 保障后续上机培训和独立实操的顺畅和安全。通过对网络学习过程的记录, 完成规定学时者可申请小程序考核, 利用学生个人的错题库可以及时复习。通过该版块考核成绩合格的学生可生成电子合格证, 打印并凭借此证预约参加仪器上机培训。管理老师根据使用培训中的问题反馈, 及时补充发布学习内容和要求, 便于学生培训考核后随时复习, 对提高仪器培训效率、巩固培训效果、杜绝错误操作、保障仪器安全具有重要意义。

(3) 仪器应用技巧与数据分析。结合对仪器结构原理的深入讲解, 加强学生对仪器的深度学习。通过使用培训和上机培训, 学生能够独立操作使用仪器, 但要提高解决实际问题的能力, 还需要实践摸索与经验积累。实际的样品测试往往会遇到各种新情况需要应对, 特别是不同的研究领域和方向往往需要不同的有针对性的仪器模式、参数条件、功能配件等等, 并且对实验结果有着不同的关注点。邀请有经验的仪器专家和应用工程师为指导, 系统化地整理制作网络学习资源, 让学生在更好地理解仪器操作程序的基础上, 能够更合理地设置测试参数和设计测试方案, 从而获得更满意的测试结果。通过仪器使用技巧与测试结果数据处理的培训, 启发学生的理性思考和科研灵感, 可以共同探讨开发针对不同样品要求的测试新方法, 管理老师搜集整理反馈信息, 通过网络平台及时更新分享好的经验。大型设备共享不仅仅限于仪器共用, 还应包含与仪器相关的技术支持的共享, 这样才能够让学生尽快获得培训后独立开展工作的体验感和成就感, 进一步提升培训的效果, 这对培养学生的科学素养具有积极意义。

(4) 成果展示与交流互动。通过设立仪器应用成果展示版块, 一方面强化大型仪器的宣传和介绍, 让有需求的师生及时获得更完整更有效的信息, 提高大型仪器共享平台知名度从而更好地为教学和科研服务; 另一方面, 通过搜集和展示本平台大型仪器对某些难测样品的测试分析成果以及支持发表的高水平科研论文, 在便于师生学习借鉴的同时也鼓励上传展示成果案例, 有利于激发学生的科研兴趣, 提高学生使用大型仪器解决科研问题的能力。例如, 在图1网页界面截图中通过仪器应用界面展示了圆二色光谱仪和显微光谱仪支撑发表的论文数据, 该光谱仪器的开放测试为化学学科手性科学研究团队与超分子聚合物动力学研究团队提供了重要数据发表在学科顶级期刊 *Angew. Chem. Int. Ed.* 上。通过作者的反馈, 制作成案例供培训和交流使用。从大型仪器的发展历程可知, 随着知识更新和技术进步, 大型仪器本身也经历着日新月异的更新换代, 仪器的前沿应用也在向着高精尖技术和交叉学科联用技术日益拓展和强化。依靠长期合作关系良好的厂家工程师和经验丰富的校内外仪器专家, 在展示科研成果的同时增加对新仪器新技术的展示与讲座, 利用公众号、小程序、网络软件及数据库等收集交流反馈并及时更新资源, 作为培训的提升与延伸对培养创新型研究人才具有重要意义。

2.3 网络培训初显良好成效

在大型仪器普遍实现网络化管理的形势下, 以光谱仪器实验室为试点, 对开放管理大型仪器的网络培训模式进行了实践应用, 已培训数百名用户。从表1可以看出, 安全培训考核的满分通过率相对较低, 反映出安全培训的重要性, 通过反复的学与考扫除学生实验中的知识盲点和认识误区, 成绩满分方能通过, 使学生对仪器应用和实验室安全的学习更加扎实有效。通过软件形式的网络培训有利于大型仪器安全培训程序化, 进一步保障大型仪器实验室的安全运行; 使大型仪器使用培训形象化, 提高了培训效率, 大大减轻了仪器管理老师的工作压力; 提升了仪器培训的深度、广度, 有利于学生在较短时间内对仪器产生较为深入的认知, 能够更快提高学生使用仪器解决科研问题的能力; 加强了对仪器的宣传, 在开放共享和人才培养方面提高了仪器利用率。

表1 2023年9–10月光谱仪器实验室培训考核情况

培训项目	考核通过(须满分)人数	人均考试次数(考至通过为止)
安全培训	95	4–5
圆二色光谱仪	60	1–2
紫外-可见-近红外分光光度计	64	1–2
稳态瞬态荧光光谱仪	33	1–2
显微光谱仪	16	3–4

3 结语

开放共享是大型仪器公共平台的基本属性,对自主操作用户的充分培训是仪器开放使用的必要前提,构建包含安全培训与考核、仪器使用培训与考核、仪器应用技巧与数据分析、成果展示与交流互动等板块的系统化阶梯式网络培训体系,并通过实践不断完善,一方面保障了设备的高效安全开放,另一方面增强了学生的实践能力和创新能力。大型仪器培训体系的建设是一项长期的系统工程,后续将进一步开发其面向一流拔尖人才培养的育人能力。按照“双一流”高校建设的部署和要求,群策群力探索完善网络培训管理体系,其示范效应能够为高校大型仪器公共平台建设提供可借鉴、可复制、可推广的经验模式和新思路。

参 考 文 献

- [1] 耿忠兴,李炳昆,任铁强. 实验室科学, 2019, 22 (2), 183.
- [2] 楚华琴,时娜,于宝证. 实验室研究与探索, 2022, 41 (11), 308.
- [3] 贾秀娟,弓冶,黄国辉. 实验室科学, 2022, 25 (1), 218.
- [4] 刘春梅,朱艳艳,张斌. 大学化学, 2022, 37 (2), 2109103.
- [5] 张瑞鹏,敬海峰,刘红艳,方东红. 实验室研究与探索, 2023, 42 (2), 302.
- [6] 周剑锋,杨明,唐俊峰,徐洪耀. 实验室研究与探索, 2019, 38 (9), 252.
- [7] 柴占丽,白风华,张兵兵. 大学化学, 2021, 36 (9), 2104005.
- [8] 李晓颖,曹翠玲,王海静,徐宁伟. 实验室科学, 2019, 22 (2), 175.
- [9] 邵伟,张万群,胡万群,李维维,盛翔,柯玉萍,杨凯平,孙晴,朱平平. 大学化学, 2021, 36 (7), 2012012.
- [10] 许瑾. 实验室研究与探索, 2022, 41 (10), 303.
- [11] 刘晶,孙韬. 实验技术与管理, 2021, 38 (10), 274.
- [12] 施燕琴,杨晋涛,陈思,马猛,王旭. 实验技术与管理, 2019, 36 (8), 280.
- [13] 何畔,王益民. 实验室科学, 2021, 24 (3), 166.
- [14] 杨勇明,周晓玲. 实验室科学, 2022, 25 (5), 232.
- [15] 肖楠楠,张妍. 实验技术与管理, 2021, 38 (6), 258.
- [16] 朱平平,冯红艳,金谷,查正根,郑媛,兰泉,高明丽,盛翔. 大学化学, 2017, 32 (12), 48.
- [17] 亓树艳,李华,孙书洪,孔宇,龙建纲. 实验室研究与探索, 2019, 38 (1), 264.
- [18] 黄莹莹,杨晨,丁巧灵,马骋,黄琼,肖桂凤. 实验室研究与探索, 2020, 39 (8), 283.
- [19] 陈晨,翁雨燕,范大明,彭伟,孙红. 实验室研究与探索, 2020, 39 (3), 258.