

多效并举建设化学实验中心，服务高质量实验教学

张宗培，李艳阳，司雅楠，李恺，臧双全*

郑州大学化学学院，郑州 450001

摘要：在多年的实践过程中，针对本科化学实验教学面临的种种挑战，郑州大学化学实验教学中心多效并举，形成了一系列特色鲜明的教学管理方法，有效服务了高质量化学实验教学工作的开展。本文介绍了郑州大学化学实验教学中心建设中的一些举措和取得的成效，希望能为高校化学实验教学工作和管理服务提供有益的参考借鉴。

关键词：化学实验中心建设；实验教学改革；实验教学管理

中图分类号：G64；O6

Developing a Chemistry Experiment Center Employing a Multifaceted Approach to Serve High-Quality Laboratory Education

Zongpei Zhang, Yanyang Li, Yanan Si, Kai Li, Shuangquan Zang *

College of Chemistry, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China.

Abstract: Over the years, the Chemistry Experiment Teaching Center at Zhengzhou University has taken various effective steps to address numerous challenges faced in undergraduate chemical laboratory education. These measures have led to the formation of a series of distinctive and efficient teaching management methods, which have significantly enhanced the quality of chemical laboratory instruction. This paper presents some of the initiatives and achievements of the development of the Chemistry Experiment Teaching Center at Zhengzhou University, aiming to provide useful references for the enhancement of laboratory teaching and management in higher education institutions.

Key Words: Development of chemistry experiment center; Laboratory teaching reform; Laboratory teaching management

随着“211工程”的启动^[1]，为了建设高水平一流综合性大学，全国出现了高校合并的风潮。同时为了解决经济和就业问题，提高国民整体受教育水平，全国实施了连续13年的扩大普通高校本专科院校招生人数的教育改革政策^[2]。在这些因素的共同作用下，高校体量陆续扩大，出现了一大批本科人数过万的高校。以郑州大学为例，2000年原郑州大学、河南医科大学、郑州工业大学三校合并，经过20余年的发展，现有全日制普通本科生5.1万余人、各类在校研究生1.9万余人，以及来自98个国家的留学生2500余人。而郑州大学的情况绝非个例，超大的体量，对于本科教学质量尤其是本科实验教学质量的保证提出更高的要求^[3]。另一方面，2017年，教育部公布了世界一流大学和一流学科(简称“双一流”)建设高校及建设学科名单，其中科研评价指标要求的提高，使得许多高校将有

收稿：2024-04-07；录用：2024-05-10；网络发表：2024-05-22

*通讯作者，Email: zangsqzq@zzu.edu.cn

基金资助：郑州大学校级教育教学改革研究与实践项目(2022ZZUJG004, 2022ZZUJG037, 2022ZZUJG165)；河南省高等教育教学改革研究与实践项目(2021SJGLX001, 2021SJGLX050)

限的资源进一步向科研倾斜^[4,5]。同样以郑州大学为例,在建设综合性研究型大学的建设背景下,科研实验空间的增加带来了本科生教学实验空间的缩减,科研人员引进比例的提升带来了实验技术人员补充的滞后,以上这些因素对实验教学质量的保障和实验管理水平的提升提出了严峻的挑战。

作为国家级化学实验教学中心和国家级虚拟仿真实验教学中心,郑州大学化学实验教学中心承担了承担全校理、工、医28个专业的实验课程教学任务,开设各类实验项目138个,同时还负责化学学院仪器共享平台的运行和维护。近几年,还先后承担了第33届中国奥林匹克化学竞赛(决赛)暨冬令营、第52届国际化学奥林匹克竞赛(中国国家队竞赛培训和线上考试)、第十二届大学生化学实验邀请赛等多项重要高水平赛事。针对本科化学实验教学面临的种种挑战,郑州大学化学实验教学中心多效并举,形成了一系列特色鲜明的教学管理模式,有效服务高质量化学实验教学工作的开展。本文介绍了郑州大学化学实验教学中心建设中的一些举措和取得的成效,希望能为高校化学实验教学工作和管理服务提供有益的参考借鉴。

1 面临的困难和挑战

郑州大学化学实验教学中心课程门类繁多,教学任务量大,有限的实验空间对教学活动的顺利开展提出了严峻的挑战。郑州大学每年招生12大科学门类,116个本科专业,其中有近1/4的专业开设化学相关实验课程,包括化学、化工、冶金、材料、环境、生物、药学、给排水科学与工程、医学、公共卫生、医技、护理等专业。开设课程包括普通化学实验、无机化学实验(I)、无机化学实验(II)、有机化学实验、有机化学实验(I)、有机化学实验(II)、物理化学实验(A)、物理化学实验(B)、分析化学实验(A)、分析化学实验(B)、仪器分析实验、综合化学实验(I)、综合化学实验(II)等共计13门课程,实验项目138个。此外,郑州大学本科生在校人数4万余人,每年约9000名学生在化学实验中心接受不同层次的实验教育,近五年平均上课人时数超过40万人时/年,即使在受疫情影响严重的2020年,仅秋季学期上课人时数就达到了27万。与超大的课程体量相对的是有限的实验教学空间,这对于实验教学安排统筹提出了很高的要求,如何科学管理、高效协调利用教学资源,是许多大型化学实验中心所要面对的共同挑战之一。

郑州大学化学实验中心除了承担了大量的教学任务,还承担着化学学院公共仪器测试平台近亿元的大型科研测试仪器的管理运行和维护工作。有限的人员数量和教学科研双肩挑的任务需要,对实验技术人员的要求也在不断提高。虽然仪器管理平台的多数仪器允许学生自主上机操作,但是仪器使用的培训任务也同时加重了,而且一些精密设备还是需要实验技术人员现场坐镇指导,及时处置一些突发状况,确保仪器的安全平稳运转。据了解,国内许多高校的化学实验教学平台和仪器测试平台间都存在一定程度的人员重叠,这一方面是由于教学和科研的仪器共享(比如仪器分析实验、综合化学实验等)造成的,另一方面也是人员有限情况下的无奈之举。以郑州大学化学实验中心为例,目前服务教学和科研的专职实验技术人员一共仅有20人。有限的人员,对于化学实验中心教学服务和科研服务工作的平衡提出了新的要求,也是许多大型化学实验中心所要面对的另一共同挑战。

2 多效并举,应对挑战

面对实验教学管理的多方面挑战,郑州大学化学实验教学中心在长期的实践中总结出了一系列有针对性的管理办法。通过科学分工、提高信息化水平、科研平台与实验教学相结合、创新虚拟仿真实验等手段,有效保证教学质量和科研平台服务的同时,完成了对化学实验中心软件和硬件的持续升级,提升了实验技术人员的整体水平,形成了独特的管理模式。

2.1 科学分工,提高工作效率

首先,统筹课程安排,提高化学实验教学中心的实验室利用效率。化学实验教学受到实验效果和安全性等因素的影响,每个实验室的人数上限有着严格的要求,如何对实验课程进行编排,直接影响了实验室的利用效率。以郑州大学化学实验教学中心开设的普通化学实验为例,年上课人数超

过2000人，而可利用实验室只有5个32人的标准无机化学实验室。为了更加合理有效使用实验室，采取了两轮制安排，将学期分为两段，分别为不同班级开设相关实验；打破原有行政班编制，编排混合班，使每个实验室尽量做到一人一工位，不浪费实验空间；结合虚拟仿真实验手段，对由于法定节假日、突发因素(如新冠疫情)等发生的课程变动进行补充(详见2.4部分)。通过这样的安排，实验课程满学期上课，无缝衔接，提高了实验教学服务效率。表1展示了郑州大学化学实验教学中心2021秋季学期的普通化学实验课程安排表。

表1 化学学院2021年秋季实验安排

时间	起始周	第一实验室	第二实验室	第三实验室	第四实验室	第五实验室	
星期一	上午	更换实验	更换实验	更换实验	更换实验	更换实验	
	下午	1-9	21临床一体化1	21临床13	21临床14	21临床15	21临床混合
星期二	上午	1-9	21临床一体化2	21临床一体化3	21口腔1	21口腔2	21临床口腔混和
		10-18	21医学技术1	21环工1	21环工2	21环工3	21环工4
	下午	1-9	21临床一体化4	21临床一体化5	21临床10	21临床11	21临床混合
		10-18	21医学技术2	21医学技术3	21医学技术4	21医学技术5	21医学技术6
星期三	上午	3-17	21化学4	21化学5	21化学6		
		下午	3-17	21化学1	21化学2	21化学3	
	下午	1-9				21化工1	21药学1
		10-18				21化工2	21药学2
星期四	上午	1-9	21化工3	21化工4	21化工5	21化工6	21化工7
		下午	1-9	21生物4	21生物5	21生物6	21药学4
	下午	10-18	21临床1	21临床2	21临床3	21临床4	21临床混合
星期五	上午	1-9	21临床5	21临床6	21临床7	21临床8	21临床混合
		10-18	21临床12	21临床16	21药学3	21药学6	21临床药学混合
	下午	1-9	21生物1	21生物2	21生物3	21基础医学1	21临床9
		10-18	21预防1	21预防2	21预防3	21预防混合	21预防混合
星期六	上午	10-18				21预防4	21预防4
	下午						

其次，合理分工，打造教学管理和科研管理的多面手。化学实验中心开设的实验项目中，基础实验占比数量较大，综合实验占比数量较小，且并非全学期上课，这就使得为综合实验课程服务的老师有更多的时间可以投入科研仪器的管理中。因此，由仪器共享平台的老师兼管综合实验准备工作，一人多责。同时，对仪器平台的管理，中心实行AB岗双人管理制度，每台大型仪器有A岗老师主要负责，B岗老师进行兼管，增强了每位老师的应变响应能力。在长期的实践过程中，郑州大学化学实验中心的实验技术人员有三分之二以上都具有仪器平台管理经验，可以在教学服务和科研服务的两个角色间灵活切换，提升了中心的教学科研整体服务能力。

第三，合理利用研究生助教资源，协助教学管理。实验中心基础课实验较多，工作任务量较大，人员有限，而实验准备通常又非常繁琐。因此实验中心面向相关专业招聘研究生助教，协助实验技术人员进行教学管理和实验准备工作。由于助教具有较大的流动性，对相关工作的熟悉程度远不及专职实验技术人员，因此对于有助教参与的准备工作，格外强调制度规范，确保实验教学服务质量，保障实验安全^[6,7]。例如，实验中心建立健全了各种规章管理制度和安全责任体系，每个实验室根据各自实验室的特点制定了实验室清洁记录和安全记录，图1为普通化学实验室清洁记录表，在实验结

束后，值日生将公用实验器材收纳规整，并整理清洁实验室，最后由任课教师和实验辅助老师签字认可后，值日学生方可离开实验室。通过这样事无巨细的规范要求，即使对实验整理流程不甚熟悉的助教研究生，也可以迅速掌握相关工作规程，保障实验教学的顺利开展，提高教学实验室运行效率。

第_____实验室

实验项目：_____ 专业班级：_____ 日期：____月____日 星期_____

实验室清洁记录			
区域	具体清洁内容及要求	值日生 自查 (√)	值日生签名
试剂架	试剂空瓶到408室加满；清点试剂瓶数量；所有试剂、药品摆放整齐，标签朝外；台面清洁无杂物。		
实验台	滴定台 ：放在靠窗的位置，摆放整齐，滴定台面无污渍		
	隔膜泵 ：铁架台和隔膜泵 整齐 放置在靠近水槽柜位置		
	抽滤装置 ： 公用！切勿放入学生实验柜！清洗干净放于边台柜指定位置		
	实验柜门 ：化学院学生检查本班所用实验柜门是否均已锁好		
水槽柜	实验台面 ：多余玻璃仪器收入本排本班学生所用实验柜中，台面清洁无污渍，通风隔板收起		
	水槽 ：清除水槽过滤网废弃物，清洁水槽内壁、水龙头		
边台	台面 ：毛刷清洁挂好，抹布洗净拧干折叠挂于两头水龙头，去污粉、洗手液等定点摆放整齐，清洁台面		
	台秤等仪器 ：清除药品，清洁表面，定点放置		
天平台	试剂药品 ：所有试剂药品（包括酒精桶）加盖拧紧，药匙洗净放于指定位置		
	台面 ：清洁无杂物		
	电子天平 ：检查天平罩内是否撒有药品（ 若有请老师清除 ），天平门是否关闭		
	干燥器 ：清除干燥器中撒的药品，称量瓶放入对应干燥器中，并盖上盖子		
其它设施	台面 ：药品加盖拧紧，滤纸条放回盒中，清洁台面		
	凳子 ：确认所有凳子整齐放在天平台旁边		
	纯水 ：台面无水渍、无杂物		
	多媒体 ：关闭多媒体，盖上防尘布		
地面	烘箱 ：关闭电源，内外清洁，箱内无滞留仪器或药品		
	消防器材 ：内外清洁，定点放置，消防沙桶无杂物		
	废液桶 ：倒完废液及时盖上桶盖，勿敞口放置		
地面	地板 ：清扫、拖洗至清洁无杂物、无积水		
	卫生工具 ：拖把清洗干净、拖把桶无积水，所有工具定点摆放		
	垃圾桶 ：清空垃圾桶和筐		
实验室安全记录（由助教确认并签字）		值日生 自查 (√)	助教签名
水	关闭所有水龙头和水阀		
电	关灯，关通风按钮，关闭配电箱右侧分闸（ 左侧总闸勿动，小心触电 ）		
门窗	关闭所有窗户，实验室前后门插销插好		

注：老师检查签名后值日生方可离开

实验指导老师检查签名：_____

准备室（408）教辅老师验收签名：_____

图1 普通化学实验室清洁记录表

2.2 实验条件改善与升级，优化实验环境

化学实验中心与时俱进，在多年的实践中根据实验教学需要，对实验室硬件进行不断改造与升级，优化实验室条件。

化学实验中心尤其注重对实验室安全设备的升级改造，为学生和老师提供了更加安全的实验教学环境。2021年起，郑州大学逐步推行小学期制度，在暑假进行两到三周的教学工作。为了避免酷

暑对实验教学安全产生的隐患,化学实验中心对实验室进行了全面改造,实现了空调全覆盖,延长了实验室的可使用时间,使之适合在小学期开展实验教学和学生学习创新实验活动。实验中心安装了高纯水净化系统,实验用高纯水直接到达每个实验室,消除了采用桶装高纯水搬运过程的安全隐患。实验中心安全设施完备,洗眼器、紧急淋浴器、烟感报警器等安全设施定期检查,每个实验室皆备有医疗箱、消防箱等应急设备,每一个进入实验室的学习学生都需要经过相关安全培训。由于来化学实验中心上课的学生众多,我们在各楼层安装了自动存包柜,方便学生在上课期间存放手机等贵重物品,避免财物丢失。同时,化学实验中心安装了全覆盖式的监控设备,对实验室、仪器室、走廊、室外重点公共区域实施全方位全天候安全监控,以消除安全隐患。这些监控设备不但保障了实验教学的安全开展,也在实验中心承办的多项大型赛事中发挥了重要作用。在第33届中国奥林匹克化学竞赛(决赛)暨冬令营的实验考试和第12届全国大学生化学实验邀请赛等重要赛事中,全程的监控录像增加了比赛的透明性,确保了比赛的公平公正。以上这些措施,有效保证了实验教学的安全顺利开展,从实验中心建成以来,未出现过任何实验安全事故。

其次,化学实验中心还特别注重信息化、智能化设备的采用,以提升教学和管理效率。所有教学实验室均安装了触摸式电脑,并实现了无线网络全覆盖,便于老师采用多媒体课件和网络资源进行教学工作。实验室还安装了网络同步时钟,计时准确。在大门处安装了电子横幅、在一楼大厅安装了智能大屏,及时播放安全提示和实验室通知信息。安装了实验室指纹门禁系统,各课程实验技术人员分工负责,每学期根据授课需要为不同教师设置开门权限,既方便又安全。安装梯控系统,在春节假期期间,根据实际需要封闭相关楼层,确保设备财产的安全。化学实验中心重视网络平台建设,在中心的平台上,可以进行物资购置申报、仪器测试预约、设备远程监控等多种功能,方便师生的教学科研工作^[8]。

此外,注重软环境的建设,完善各种规章制度,保障实验室安全与实验教学的正常运行。

2.3 实验条件改善与升级,优化实验环境

郑州大学化学实验中心在做好实验教学管理工作的同时,还承担了化学学院公共仪器测试平台的管理运行和维护工作。将科研平台与实验教学相结,使其服务科学研究的同时,丰富实验教学内涵。

公共仪器共享平台是化学实验教学中心的重要组成部分,拥有价值近亿元的大型仪器设备,功能涵盖光、电、热、色谱、质谱、结构、物相、形貌等方面的测试与表征,可支撑化学、材料、环境等领域的教学、科研以及社会服务工作。为了更好的服务本科教学,平台实现了大型仪器设备信息资源的完全共享,建立了完善的仪器设备共享网络管理体系,不论研究生还是本科生,在取得操作资格后皆可以进行预约测试。此外,仪器共享平台的仪器设备使用有严格的优先原则,本科实验教学优先级最高,其次为学院科学研究测试和社会服务,有效保障了对本科实验教学的服务。

利用公共仪器共享平台,化学实验中心为大三学生开设了“综合实验(I)”课程,2个学分,48学时。主要目的是将平台的大型仪器介绍给即将进入毕业论文的本科生,使之了解平台各种仪器的主要功能和应用,方便在毕业论文期间进一步培训取得仪器操作资格,来进行科研训练、完成毕业论文。

2.4 合理利用虚拟仿真平台,解决实际教学困难

郑州大学化学实验教学中心也是国家级虚拟仿真实验教学中心,拥有完善的虚拟仿真实验教学资源,建设了包含基础知识与操作、基础实验、仪器分析、综合实验、计算化学、实习实训、实验视频等7大类、逾240个实验项目在內的虚拟仿真实验教学体系^[9]。化学实验中心遵循“虚实结合、相互补充、能实不虚”的指导原则,合理利用虚拟仿真平台,辅助实习实训、对实验教学内容进行补充、解决实际教学工作中的困难和挑战。

化学实验中心开发了一系列特色虚拟仿真项目,辅助实习实训教学。“硫磺制酸虚拟仿真实训系统”就是其中较有代表性的一个,获批了国家级化学虚拟仿真实验教学项目。该项目源于化学学

院本科实习内容,通过对实习项目的全面虚拟仿真,帮助同学们在参与项目实习时进行全方位的预习,并在实习后完成相关练习和深入思考。

除了辅助实习实训,化学实验中心虚拟仿真平台还用来对实验教学进行补充。例如,在“化学实验安全技术”课程以及各个实验课程的安全教育环节中,都加入了虚拟仿真实验项目,学生还可以通过虚拟仿真实验平台,进行包括“化学实验室安全隐患查找”、“三维互动消防虚拟实训”、“网络化三维情景化逃生与实训”等在内的多种安全练习,提高安全防护意识,加强安全防护能力。目前,化学实验中心的虚拟仿真实验项目已经基本覆盖了全部开设的实验课程内容,一方面学生可以通过虚拟仿真平台进行实验的预习和复习,另一方面,对于一些危险性较高或者涉及较多管制化学药品的实验可以通过虚拟仿真平台进行学习。例如,在《无机化学实验》的元素性质实验中,“氮族元素”一节包含易燃的白磷以及易爆的多种硝酸盐、亚硝酸盐等的性质实验,由于采购、储存和使用环节存在的大量安全隐患,大多数高校中除了化学学院学生外,非化学专业的学生在课程安排上一般不涉及本节内容。通过虚拟仿真平台,所有专业的学生皆可以进行相关虚拟仿真实验,对实验教学内容进行了有效的补充。

2020年春季学期,由于新冠疫情,化学实验课程教学受到了严重的影响^[10,11]。理论课程可以在线开展,但是与之配套的实验课程却不能按时推进,为此,化学实验中心利用虚拟仿真平台,在疫情期间对实验课教学的缺失进行补充。学生可以通过虚拟仿真实验项目,配套理论课程的学习,加深对课本知识的了解。在2020年秋季学期学生返校后,化学实验中心第一时间对由于疫情所缺的实验课程进行了重新安排,切实做到了“虚实结合、相互补充、能实不虚”。

2.5 制定完善的规章制度,确保各类教学活动的开展

俗话说“没有规矩,不成方圆”,规矩也就是规章制度,是我们用来遵守的、规范我们行为的条文,实验室制度建设是教学活动顺利进行的基础。完善的实验室制度能够为教师和学生提供一个稳定、有序的实验环境,使得教学活动能够在规范化的环境下进行。实验中心制定有各种安全管理制度,有《实验中心安全责任体系》和《化学实验室安全管理制度》,并且实验中心与每位实验技术人员签订了《技术人员安全责任书》,确保实验中心的安全平稳的运行。实验中心还制定有《实验中心培训制度》,对进入实验室的各类工作人员进行不同程度的培训,包括岗前培训、安全培训、进修交流、岗位培训等等,不断提升各类人员的业务水平。制定的《化学实验教学课程任课教师职责与要求》和《实验室工作人员职责》,对任课教师和实验技术人员的教学行为进行了规范要求,确保教学活动顺利开展。《化学实验中心仪器共享平台管理制度》和《仪器平台管理办法补充说明》对大型仪器的使用和管理进行了规范要求,保障了大型仪器的实验课时。通过实验室制度的建设,可以对学生进行系统、全面的实验技能培养,提高学生的实践能力和创新能力。同时,实验室制度建设还能够促进教师的教学水平提高,使教师在实验教学过程中不断更新知识、提高教学方法,从而提高教学质量和效果。同时,实验室制度建设还能够为研究人员提供一个良好的研究环境,促进科研成果的产出和交流。

3 结语

郑州大学化学实验教学中心在多年的建设过程中,针对本科化学实验教学面临的种种挑战,与时俱进,改革发展,为服务高质量的化学实验教学进行了深入的探索,形成了一系列特色鲜明的教学管理方法。通过对这些方法和举措的介绍,希望能为高校化学实验教学工作和管理服务提供有益的参考借鉴。

参 考 文 献

[1] 211工程部际协调小组办公室.“211工程”发展报告:1995-2005.北京:高等教育出版社,2007.

- [2] 教育部. 面向21世纪教育振兴行动计划. [2024-05-17]. <https://news.sina.com.cn/richtalk/news/china/9902/022523.html>
- [3] 季平. 中国高等教育, **2000**, No. 2, 16.
- [4] 秉林, 方芳. 中国大学教学, **2016**, No. 4, 4.
- [5] 陈德良. 高等理科教育, **2017**, No. 6, 20.
- [6] 李目, 欧青立, 吴新开, 吴亮红, 吴笑峰. 实验技术与管理, **2017**, No. 4, 207.
- [7] 殷静燕. 大众科技, **2014**, No. 12, 154.
- [8] 葛日波, 朱志刚, 王颖, 李梦梦, 林敏. 实验技术与管理, **2014**, *31* (1), 15.
- [9] 杜静, 赵温涛, 冯霞, 马晓飞. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2005078.
- [10] 教育部应对新型冠状病毒感染肺炎疫情工作领导小组办公室. 关于在疫情防控期间做好普通高等学校在线教学组织与管理工作的指导意见. [2024-05-17]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202002/t20200205_418138.html
- [11] 马莹, 张恒, 宋其圣, 胡清萍. 大学化学, **2020**, *35* (5), 223.