“五位一体安全防范”机制在本科化学实验教学中的探索

徐庆红^{1*}, 陈咏梅¹, 张丽丹¹, 靳兰¹, 崔猛¹, 曹鼎¹, 李刚², 李春闯¹, 张春婷¹

¹ 北京化工大学化学学院化学实验教学中心, 北京 100029

² 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029

摘要: 实验安全是化学实验教学过程中的重要组成部分, 也是每一个设置化学实验课程的各层次学校重点工作之一。北京化工大学化学实验教学中心经过多年教学探索, 逐渐形成了“实验技术讲座”“实验安全与环保大课堂”“实验项目实施过程中的安全讲解及演示”“实验室突发事件紧急疏散演练”“实验室消防演练”五位一体的化学实验安全防范教学机制, 极大地提升了学生实验过程中的安全防范意识, 确保了实验安全平稳进行, 有效地保证了良好的校园教学秩序。本论文将对上述“五位一体”化学实验安全教育教学模式进行剖析, 希望与同行共同探究如何保证化学实验课程教学的安全开展。

关键词: 化学实验; 安全防范机制; 五位一体; 安全教育

中图分类号: G64; O6

Application Exploration of “Five-in-One Security Protections” Mode in Chemical Laboratory Teaching

Qinghong Xu^{1*}, Yongmei Chen¹, Lidan Zhang¹, Lan Jin¹, Meng Cui¹, Ding Cao¹, Gang Li², Chunchuang Li¹, Chunting Zhang¹

¹ Chemical Experiment Teaching Center, College of Chemistry, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China.

² College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Engineering, Beijing 100029, China.

Abstract: Laboratory safety is an important part in the process of chemistry laboratory teaching, and it is also one of the key tasks of every school at all levels. A five-in-one laboratory safety mechanism, including laboratory technology lecture, laboratory safety and environmental protection class, safety explanation and demonstration in the process of experimental project implementation, emergency evacuation drill in laboratory accidents and laboratory fire drill, has been gradually formed after many years of teaching and exploration at the Experimental Teaching Center of Chemistry, Beijing University of Chemical Engineering. These measures greatly improve the safety awareness of students in the lab class, ensure the experiment proceeded in safely and stably, and ensure a good order of campus teaching effectively. This paper analyzes the above “five-in-one” chemistry laboratory safety education teaching mode, hoping to explore how to ensure the safety of chemistry laboratory teaching with all colleagues.

Key Words: Chemistry laboratory; Security protection mechanism; Five-in-one mode; Safety education

实验过程的安全性和实验室的安全性一直是各级各类学校乃至国家对学生实验的基本要求。近年来, 教育部出台了一系列关于加强实验室安全工作的重要文件^[1,2], 均对学生实验过程中的安全性

收稿: 2021-09-03; 录用: 2021-10-08; 网络发表: 2021-11-25

*通讯作者, Email: xuqh@mail.buct.edu.cn

基金资助: 北京化工大学德智体美劳教育教学改革研究专项基金(2021BHDJGYB22)

及实验室的安全管理作出了明确规定和要求。2019年5月24日,教育部在《关于加强高校实验室安全工作的意见》中指出,目前“高校实验室安全事故仍然时有发生,暴露出实验室安全管理仍存在薄弱环节,突出体现在实验室安全责任落实不到位、管理制度执行不严格、宣传教育不充分、工作保障体系不健全等方面”^[1]。习近平总书记在党的十九大工作报告中强调,“树立安全发展理念,弘扬生命至上、安全第一的思想,健全公共安全体系,完善安全生产责任制,坚决遏制重特大安全事故,提升防灾减灾救灾能力”。近年来发生的一系列实验室安全事故,例如,2016年9月21日,东华大学化学化工与生物工程学院某实验室发生爆炸^[3];2018年12月26日,北京交通大学市政与环境工程实验室发生爆炸燃烧事故^[4];2019年2月27日,南京工业大学某实验室发生火灾^[5]等等。上述实验室安全事故的发生均造成了不同程度的人员伤亡,给国家财产和社会稳定以及部分家庭幸福带来了一定程度的负面影响。因此,遏制实验安全事故的发生,对于优化和稳定学校教学环境、为国家培养高素质人才具有重要意义。

有效防范学生实验过程中以及非实验状态下实验室安全事故的发生,除了制定严格的规章制度并认真执行之外,加强对学生的实验安全教育、提高其实验安全防范意识至关重要。北京化工大学(以下简称“北化”)化学实验教学中心经过多年的实验教学探索,逐渐形成了“实验技术讲座”“实验安全与环保大课堂”“实验项目实施过程中的安全讲解及演示”“实验室突发事故紧急疏散演练”“消防灭火演练”五位一体的化学实验安全防范机制(如图1所示),极大地提升了学生化学实验过程中的安全防范意识,效果显著,具有借鉴性和推广性。本文将对上述“五位一体”化学实验安全教学机制进行详述,并分析其实施的必要性,为化学实验安全教育提出建议。

图1 “五位一体”化学实验安全防范教学体系框架图

1 “五位一体”化学实验安全教育教学体系简述及实施的必要性

“五位一体”化学实验安全教学机制包括“实验技术讲座”“实验安全与环保课堂学习”“实验项目实施过程中的安全讲解及演示”“实验室突发事故紧急疏散演练”“消防灭火演练”五个组成部分,五个部分相辅相存,构成一个有机整体。

五要素中的第一部分是在每学期开学初对学生开展实验前3学时的“实验技术讲座”。讲座内容包括介绍本学期内要完成的实验项目、实验项目中所涉及的关键实验技术、仪器设备的使用方法及注意事项、实验室规章制度等,使学生对学期内所要进行的实验有一个基本了解。多年的教学证明,在学生进入实验室前进行“实验技术讲座”是完全必要的,此教学环节不但能够加深学生对于实验项目的认识,而且能够让学生对所掌握的基本实验技能做到一定程度的了解,为后续的安全实验打下一定基础。

由于在中学阶段大部分学生并没有受过系统的化学实验技能训练,所以绝大部分大学一年级学生缺乏实验安全方面的知识,因此,在本科生中开设化学实验安全课程显得至关重要。通过教师课

堂讲解, 学生能够系统地学习到国家有关安全实验的法规、化学实验安全理论知识、紧急处置事故的有效做法以及如何防范实验过程中危险因素的发生等。通过课堂理论学习, 达到理论指导实践的目标。

“实验项目实施过程中的安全讲解及演示”是针对每一个具体实验项目而设定的教学环节, 由任课教师通过针对实验项目实施过程中学生可能遇到的安全事项进行详细讲解以及纠正学生实验过程中出现的错误实验操作来实现, 是最直接的安全实践教育环节, 也是最重要的教育环节。在这一环节中, 教师是实施教学的主体, 并起主要作用。教师素质的高低和对实验技能以及安全知识的掌握程度直接影响教学效果。通过上述教学过程, 学生快速地将理论和实践结合起来, 不但能够加深学生对理论知识理解的深度和广度, 而且使其快速地掌握实验操作安全技能, 达到由表及里的学习目的。

在上述三方面对学生进行安全教育的同时, 周期性地进行实验室突发事件安全逃生演练和灭火演练是保障学生人身安全和国家财产安全的预防性措施和重要方式, 对于营造实验室安全氛围、推进实验室安全教育常态化制度化、巩固“平安校园”的创建成果、确保校园安全稳定形势具有重要意义。近几年发生的一系列重大实验室安全事故而造成的人员伤亡除了与实验室安全防范意识薄弱有关外, 还与学生应对突发性事故不知所措、不能很好地安全逃离事故现场而保全自己有很大关系。刚进入大学不久的本科学生对实验室安全逃生知识非常缺乏, 不能在危急时刻有效地保护自己, 大部分同学甚至不知道灭火器如何使用。因此, 进行实验室突发事件安全逃生演练及教会学生如何正确地使用灭火器是学生实验室安全教育的重要环节。

2 “五位一体”化学实验安全教学机制内容详析

在讲授实验技能基础上, 教师在“实验技术讲座”过程中向学生详述实验操作中的安全注意事项是该项教学的重要任务。例如, 实验中禁止饮食、进入实验室后应立即佩带防护眼镜、实验过程中要将长发扎束起来、禁止裸露腿部和脚面、实验室中如何安全使用电器等等, 这些都是“实验技术讲座”的重要内容。教师要向学生详解《学生化学实验守则》, 最终使学生深深地打上安全实验的烙印。在实验技术讲座过程中, 可以设置一些实验安全知识问答题, 增强学生听课的积极主动性和师生互动性。在课后通过网络进行实验安全知识问卷调查, 了解学生对实验中的安全关注点, 往往能够起到事半功倍的效果。

笔者认为针对一年级本科生进行的“实验技术讲座”应该涉及以下几个方面内容:

- (1) 重点讲授《学生实验守则》和《化学实验室安全守则》。
- (2) 简要介绍化学实验室用水、化学试剂使用和保存以及气体钢瓶使用等常识知识。
- (3) 重中之重讲授实验中意外事故的处理方式及注意事项。其中包括: 割伤、烫伤、酸烧伤、碱烧伤、溴腐伤、触电的处理; 金属汞保存; 电器着火、易燃物着火的处理方式; 灭火器的基本使用方法等。
- (4) 简要介绍化学实验室常用的玻璃仪器及其使用注意事项。

上述内容的讲解使学生在独立进行化学实验前能够基本了解化学实验安全常识性内容。

“实验安全与环保课堂学习”是对学生进行实验安全教育、增加学生实验安全知识的主体部分, 可以通过在低年级本科生中开设“化学实验安全”课程来实现(本课程在北化系专业必修课, 24学时, 1.5学分)。课程教学应该包括实验操作的安全与规范化、化学品安全、实验室废弃物处理、防护用具与消防器材的使用、常见的实验事故应急处理等章节内容。通过教学内容系统讲解, 学生要基本上掌握化学实验安全操作技能知识点、化学试剂和气体钢瓶的安全使用及保存规则、实验室的安全管理、实验过程中的偶发安全事故处理、实验过程中人身安全防护等方面的知识, 并逐步形成系统的实验安全理论知识体系。

教师在实验室针对具体实验项目中所涉及安全细节讲解、对学生实验过程中涉及安全的操作错误纠正是上述理论学习在实践中的具体应用。实验教师要将实验安全细节安排到实验讲解环节中,

向学生强调注重这些细节和环节的重要性, 向学生强调实验操作的安全性是事关家庭、学校乃至国家的大事; 实验课教师同时要准确无误地教会学生实验操作技能。在学生实验过程中, 教师要加强巡视力度, 对学生操作中出现的错误及时加以纠正, 使学生短时间内改正错误并快速掌握实验基本技能。只有这样, 才能真正达到实验教学之目的。

化学实验实施过程中危险性时刻存在, 但只要我们认真科学地按照规范要求进行实验, 以高度认真的态度对待操作中的每一个细节和环节, 就一定能够避免一切危险事故的发生。但如果发生了一些突发性和不可预知性事故, 例如火灾, 能够及时扑灭是最好的结果; 如果不能及时扑灭, 第一时间快速且安全撤离事故现场则是最佳抉择, 因此, 化学实验室定期进行“实验室突发事故紧急疏散演练”是防患于未然的必要做法, 当然, 进行“演练”活动需要学校保卫、后勤等部门的密切配合。现代化的实验大楼一般都配备有火情报警和防火闸门系统。演练时, 学校安保部门通过释放烟幕弹模拟火灾发生现场, 同时开启实验楼内火情报警系统, 参与演练的学生在教师的正确指导下有秩序、快速且安全地撤离现场。实现上述目标, 对参与演练的教师和学生进行演练前的培训是必要的。经过培训和现场演练, 学生们基本上能够掌握火灾事故现场安全逃生的方法。

对于小范围的着火现场, 针对不同的着火类型利用对应功能灭火器能够进行有效灭火。不同种类灭火器具有不同的灭火功能, 学生在“化学实验安全”课程学习中能够学到这方面知识。但灭火器的使用方法除了课堂上学习之外, 进行实物性操作练习是非常必要的。在消防专家的指导下, 根据风向及风速大小, 以及所要扑灭火焰的属性, 正确打开灭火器消防栓对火焰进行扑灭。“消防灭火演练”是达到上述学习目的的重要手段。

3 “五位一体”化学实验安全教学体系的实施效果分析

“五位一体”化学实验安全教学机制在北化化学实验教学中心已经实施十余年。多年的教学实践证明, 此教学方法能够有效且快速提高低年级本科学生的实验安全操作技能和综合化学素养。中心针对一、二年级四个学期不同阶段实验教学内容对学生进行实验技术讲座, 同时实施网上实验安全答题测试合格后实验室准入制度, 强化学生实验安全防范意识。针对一年级本科生开设的“化学实验安全与环保”课程教学效果表明, 学生能够在课堂上短时间内获得大量的实验安全操作技能知识, 同时将这些理论知识与具体的实验操作过程相结合, 达到了快速且全面熟练掌握实验技能的目的。此外, 化学实验教学中心主导的一年一度“实验室安全逃生演练”(如图2所示)及“消防演练”(如图3所示)对于提高学生安全防范意识发挥了积极作用, 受到了学生的普遍欢迎和各方面的高度评价。例如, 2020级化学专业学生A在其学习心得中写道: 在课程的学习中, 老师们不仅“授人以鱼”, 更是“授人以渔”, 他们不仅把关于化学实验安全的各种知识教授给我们, 更是教会了我们学会利用手头上可支配的资源去自己进行实验安全方面的建设, 在MSDS (Material Safety Data Sheet, 化学品安全数据说明书)上查询各种化学品的详细信息有助于培养我们实验安全的意识; 通过各种实验安全事故的真实案例, 使我们认识到化学实验中安全的重要性, 实验安全事故轻则造成国家财产损失, 重则危及生命安全, 千万要养成良好的规范操作习惯; 实验室安全疏散演练点和灭火器使用演练, 更有助于培养我们的实验安全意识, 掌握安全实验的要义, 掌握紧急情况下逃生的正确方法以及不同灭火器的使用方法。2020级化学专业学生B认为, 学校所进行的一系列实验安全课程教育意义重大, 尤其对大一新生是最明智的决定。实验的安全性永远是最重要的, 如果实验过程中发生安全事故并造成人员伤亡, 实验教学的意义荡然无存。最后他写到, “毋临渴而掘井, 宜未雨而绸缪”, 实验安全课程的学习从根本源头上减少实验事故的风险, 不但使我们学生增加了实验安全的知识、学会了实验安全的操作, 而且必将有效地降低实验事故发生概率, 一举多得。化学实验教学中心“五位一体”化学实验安全教学机制的成功实施也得到了学校及学院层面的高度重视。化学学院官方网站对该教学体系进行了详细报道^[6], “五位一体”化学实验安全教学机制获得了北京化工大学2021年教学改革成果二等奖, 并成功入选北京化工大学2021“德智体美劳教育教学改革研究”资助项目。

图2 北京化工大学化学实验教学中心组织的“实验室安全逃生演练”照片

图3 北京化工大学化学实验教学中心组织的“消防演练”照片

“五位一体”化学实验安全教学机制在防止教学安全事故的发生以及提高学生实验技能方面效果明显。北化本科生化学实验教学数年来未发生过任何安全事故，甚至割伤及烫伤等小事故也基本上没有发生过。另外，该体系的教学效果也可以从近年来北化学生参加的各级化学实验竞赛成绩上反映出来。2017–2020年，北化学生在北京市大学生化学实验竞赛中成绩非常突出(从表1中数据可以看出^[7])，一直稳居前五的位置(每年有25到30个左右学校参加比赛)，学生的实验技能和对实验过程中的细节处理能力已经走在同级别高校前列。在2021年“第二届全国大学生化学实验创新设计竞赛总决赛”中，北化参赛队获得了“一等奖”佳绩。

表1 2017–2020年北京化工大学学生在北京市大学生化学实验竞赛中的获奖情况

年份	参加竞赛人数或组数	特等奖获奖比例	一等奖获奖比例	二等奖获奖比例
2017	15组(创新实验设计赛)	20%	73%	7%
2018	10人(笔试+实操)	30%	50%	10%
2019	15组(创新实验设计赛)	13%	47%	20%
2020	15人(笔试+实操)	20%	40%	7%

北京化工大学化学实验教学中心“五位一体”安全教学机制也受到了兄弟院校的普遍关注，产生了一定的辐射效果。中心自2018年以来先后接待了吉林大学、华中师范大学、中国地质大学(北京)等高校化学实验教学中心来访，就实验安全教育进行深入探讨。“五位一体”安全教学机制得到了来访院校教师们的高度认可。

4 “五位一体”化学实验安全教学体系的创新性

“五位一体”化学实验安全教学机制将化学实验过程中学生的操作规范性与实验安全、废弃物处理与环境保护紧密结合起来，将实验技能提升、人身安全和国家财产安全紧密结合，全面提高学生实验过程中的规范性、细致度和社会责任感。这些课程思政元素与化学实验教学相结合是“五位

一体安全防范”教学机制的显著创新之处。

注重理论知识讲解和实践相结合,并使二者产生“火花”和“共振”,是“五位一体安全防范”教学机制的独特之处。“五位一体安全防范”机制注重“五位”一体化及它们之间的协同效应。“实验技术讲座”是该机制的起始环节;“实验安全与环保课堂学习”是在第一环节基础上紧接着实施的第二环节;教师在实验项目讲解过程中针对具体实验技术进行安全知识讲授,是加强学生对实验安全理论知识的理解、运用和巩固;“实验室突发事件紧急疏散演练”以及“消防灭火演练”是对上述三个教学环节的重要补充。相互协调一致又循序渐进,最终达到最佳的教学效果。“五位一体安全防范”教学机制的独特教育模式,其良好的教学效果被多年的实践所证明。

5 结语

“五位一体”化学实验安全教学机制是北京化工大学化学实验教学中心数年形成的一种防范实验事故发生、迅速提高学生整体实验技能的教学方法,它将“实验技术讲座”“实验安全与环保课堂学习”“实验项目实施过程中的安全讲解及演示”“实验室突发事件紧急疏散演练”“消防灭火演练”融为一个密不可分的统一整体。该教学模式在强调实验安全知识理论学习基础上,重点放在学生的实验技能提升之上,同时强化实验过程中的安全防范意识和自我保护意识,达到实验技能训练和保障良好教学秩序之目的。

参 考 文 献

- [1] 教育部. 关于加强高校实验室安全工作的意见. [2019-06-04].
http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/201906/t20190604_384346.html
- [2] 教育部办公厅. 关于加强高校教学实验室安全工作的通知. [2017-03-03]. <https://www.tech.net.cn/news/show-69953.html>
- [3] 凤凰网. 上海一大学实验室发生爆炸2名学生重伤. [2016-09-21].
<https://ishare.ifeng.com/c/s/v002KJ0ReSkrqoWtRoAS8tPPIp1RxBNXkqizd05j1ynB—ls>
- [4] 新华网客户端. 北京交通大学实验室致3死爆炸事故调查报告公布. [2019-02-13].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1625356410705058507&wfr=spider&for=pc>
- [5] 央视网. 南京工业大学一实验室凌晨起火. [2019-02-27]. <https://search.cctv.com/search.php?qtex=南京工业大学一实验室凌晨起火>
- [6] 北京化工大学化学学院网站. 安全教育进课堂进校园, 全员全方位筑牢校园安全防护墙. [2020-11-25].
<https://chemistry.buct.edu.cn/2020/1125/c1655a140090/page.htm>
- [7] 北京市教委网站官网. [2021-07-30]. <http://jw.beijing.gov.cn/so/s?tab=all&siteCode=1100000152&qt=北京市大学生化学实验竞赛>