

编者按: 化学是一门以实验为基础的学科, 实验是发现、认识和改造化学世界的必经之路。以提高人才培养质量为目标, 坚持实验教学水平高标准, 与信息化技术结合, 构建满足多层次需要的实验教学体系, 把课程思政、创新思维和实践能力的培养贯穿于实验教学的全过程, 实现全方位育人。为提升实验教学水平和实践育人能力, 发挥优秀成果的示范作用, 《大学化学》编辑部推出“化学实验教学和管理(2024)”专刊。共收录稿件32篇, 各高校从事化学实验工作的老师们分享了经验, 希望以点带面推动大学化学实验教学整体水平提升。

“实验室安全管理规范与培训”案例教学改革与实践

戴昉纳¹, 王荣明¹, 张志成^{2,*}

¹ 中国石油大学(华东)材料科学与工程学院, 山东 青岛 266580

² 天津大学理学院化学系, 天津 300350

摘要: 为加强实验室安全与学生素养之间的联系, 提升研究生实验室安全管理规范与培训课程的教学效果, 本文提出了以实验室安全知识教育为核心的案例教学法。在深入研究了实验室安全管理课程的教学现状后, 提出了课程教学改革实践方法, 譬如提高专业针对性、丰富教学案例内容、理论联系实际、复现与深化教学知识、改革考核方法、重视教学效果评价, 通过抓住典型案例与课程知识有机融合, 让课程案例教学更贴近教学实际与学生实践; 通过翻转课堂的授课方法, 教师有效引导学生去感知、体会和思考, 用科学隐性的教学方法来进行案例教学工作, 有效促进学生正确安全价值观的形成与发展; 伴随授课方式和考核方式的改革, 开展实践育人, 构筑丰富立体的“实验室安全管理规范与培训”案例构建与案例教学育人矩阵, 形成切实有效、便于操作和推广的教学模式。

关键词: 实验室安全; 案例教学法; 实践育人

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of Case Teaching on “Laboratory Safety Management Standards and Training”

Fangna Dai¹, Rongming Wang¹, Zhicheng Zhang^{2,*}

¹ School of Materials Science and Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, Shandong Province, China.

² Department of Chemistry, School of Science, Tianjin University, Tianjin 300350, China.

Abstract: This study aims to enhance the connection between laboratory safety and student competency while improving the effectiveness of graduate courses on laboratory safety management standards and training. We propose a case-based teaching method centered on laboratory safety knowledge education. Through a comprehensive analysis of the current state of laboratory safety management course instruction, we introduce several practical reform

收稿: 2024-03-11; 录用: 2024-05-06; 网络发表: 2024-08-06

*通讯作者, Email: zczhang19@tju.edu.cn

基金资助: 山东省研究生教育质量提升计划-山东省专业学位研究生教学案例库立项建设项目(SDYAL21039); 山东省本科教学改革研究重点项目(Z2022177, Z2023273); 中国石油大学(华东)研究生教育教学改革面上项目(YJG2022038)、研究生课程思政示范课(UPCYKS-2024-05); 中国石油大学(华东)本科教学改革重点项目(CZ2022016); 中国石油大学(华东)本科教学改革一般项目(CM2022045)

strategies, including enhancing professional relevance, enriching case content, integrating theory with practice, replicating and deepening knowledge, reforming assessment methods, and emphasizing the evaluation of teaching effectiveness. By organically integrating representative cases with course content, case teaching can become more aligned with practical teaching and student experiences. Utilizing a flipped classroom approach, educators can effectively guide students in perceiving, experiencing, and reflecting on safety concepts through implicit teaching methods, thereby fostering the development of sound safety values among students. Accompanying the reforms in teaching and assessment methods, we aim to implement practical education, creating a comprehensive and multidimensional framework for "Laboratory Safety Management Standards and Training" that facilitates case development and instructional practices, ultimately resulting in a practical, effective, and easily replicable teaching model.

Key Words: Laboratory safety; Case teaching method; Practical education

高校实验室是每所理工科学校都重点建设的实验场所,可以用于人才培养和科学探索,也是“双一流”建设的重要基地。随着目前我国高等教育飞速发展,无论从校园面积、办学规模、还是教学科研任务都对实验室建设提出了高要求,在这个背景下,高校实验室的建设面积、数量以及仪器设备种类等都在高速增长。中国石油大学(华东)特成立实验室管理处,监督检查实验室重大危险源的安全使用和管理,负责学校特种设备、射线装置、危险化学品的监督管理,组织实验室废弃物处置工作,并且负责实验室安全防护用品的配置维护工作。每个学院有主管安全的副院长与安全负责人,定期定点巡视实验室安全,落实实验室安全;每个课题组的导师都高度重视实验室安全工作,不但日常监督实验室安全,也督促研究生时刻牢记实验室安全红线,时刻遵守实验室安全纪律。然而,随着研究生扩招,参与实验室科研的研究生数量剧增,教育研究背景不一,人员出入及互访的流动性增大,导致实验室的安全压力随之增大。如果缺乏对研究生进行系统化的实验安全教育和培训,就会导致研究生安全知识储备不足,安全意识淡薄,安全习惯缺失,应急处理安全问题的能力不足,为实验室安全和科研人员的人身安全埋下隐患^[1-3]。

1 实验室安全课程教学现状分析

为使安全意识深入人心,目前各高校逐步建立了实验室安全教育管理系统,开设了专门的课程并对传统教学资源加以延伸,如清华大学于2004年开始设置实验室安全学必修课^[4],中国科学技术大学开设国家级精品课程化学实验室安全知识^[5],南昌大学开发了实验室安全与防护课程等^[6]。以“安全第一、预防为主”为主要目标的实验室安全教育,可给实验室科研和管理人员系统化的安全知识,以期有效降低实验室的安全风险、减少安全事故的发生概率^[7]。目前,在各个高校纷纷重视实验室安全教育课程的背景下^[8,9],实验室安全课程教学还存在以下问题。

1.1 针对材料类研究生的专业安全教育不足

目前,高校实验室安全课程教学大多面向普通本科生,以理论讲授实验室安全的概念为主;对研究生的实验室安全教育往往以临时培训为主,缺乏对研究生的专业性培训。以材料类研究生为例,其本科专业教育背景较为复杂,接受的实验室安全教育参差不齐,很多材料类研究生在本科阶段没有接触到化学品相关的危险性知识;另一方面,实验室安全教学缺少按专业区分教学,缺乏针对性。实验室安全教育作为研究生课程,应该具备一定的专业针对性。

1.2 实验室安全教学系统性不足,学习效果欠佳

麻痹大意、忽视安全细节是多数实验室安全事故发生的主要原因。因此,杜绝思想麻痹,树立强烈的安全意识,进行系统化的实验室安全教育可预防实验事故发生,这也是保障实验室安全的重要环节。材料科学与工程专业毕业生可在材料相关行业从事生产技术、材料开发、质量管理、技术管理及产品营销等工作;也可在科研机构、高等院校、质量检验等部门从事材料科学方面的科研和

管理工作。因此，需要对研究生进行实验室安全的系统性教育，结合典型案例帮助学生理解和分析具体实验室操作中涉及的安全问题。

1.3 实验室安全教学课程多采取理论讲授，案例反思不深入

与其他专业课程不同，实验室安全课程教学更加要求学生进行深入反思，仅仅通过教师课堂讲授辅助一定的课后习题训练是不够的。作为一门理论与实践交叉的课程，实验室安全课程教学不能简单沿用传统教学方法进行讲授，应该更加深入地引导学生主动去共鸣，再深入反思。因此，需要更新教学方法，调动学生参与课程教学活动的积极性，引导师生共鸣并且深入反思，培养学生的发散性思维能力和总结归纳能力。此外，针对安全事故，常规教学中大多数介绍引用反面案例，这只能起到警醒作用而不能提供解决方法，因此，教师可引导学生提出针对这些反面案例的解决方案并更新介绍正面典型案例。

2 “实验室安全管理规范与培训”课程教学改革实践

在研究生教学中，设置关于实验室安全规范与培训的课程，既可以与我国高校实验室的安全要求相接轨，又可以为高校实验室安全管理提供新的研究思路与理论支撑。我院培养的研究生在新型油气田缓蚀剂技术、石油石化机械装备及管道的腐蚀与防护材料、高分子材料改性及加工技术及高分子驱油材料、油田化学与材料、新能源材料中的太阳能电池材料、二次电池材料等方面从事科学研究，因此，需要针对性系统性地讲述相关实验室安全知识。

2.1 提高专业针对性

根据如上信息，我院开设了“实验室安全管理规范与培训”课程，32学时，2学分。课程结合翻转课堂式案例教学法进行系统授课，针对材料类研究生新生进行系统化的实验室安全教育，使研究生具备完整的安全知识储备、实际操作技能以及事故防范能力，并养成良好的安全习惯，树立可持续发展的安全意识。首先梳理学生学科特点，按照相关专业背景和专业涉及到的知识要求分为材料学和材料加工工程类、材料物理与化学类、石油机械焊接类、新能源新器件新材料类、化学化工环境类五个类型(图1)，在了解实验室安全相关的系统知识后，根据学生学科分类，各学科还需要梳理重点关注相关安全知识。



图1 材料学科根据学生学科分类梳理需要重点关注的安全知识

2.2 丰富教学案例内容

案例构建与实践讲授内容包括：材料的重要性和材料产品的危害性、危险化学品的分类和存储、全球化学品统一分类和标签制度(GHS)、腐蚀性化学品安全、个人防护装备和压力容器的安全和使用等，筛选每个章节中适合案例教学的知识点，做成教材案例与素材案例入库(表1)。

表1 案例收集内容

章节	标题	案例库构建关键知识点	重点收集案例内容
第一章	绪论	安全法规、政策, 典型高校实验室安全事故	政策法规案例素材: 高校实验室安全现状、安全管理政策与国内外对比; 实验室安全现状分析及对策研究
第二章	全球化学品统一分类和标签制度 (GHS)	GHS制度产生的背景, GHS制度的主要内容、范围和适用原则。如何制作化学品标签	GHS典型案例学习: GHS制度对化学品的分类和统一管理。国内外GHS的实施情况。以实验室常见化学品为案例, 化学品安全标签的设计与制作案例
第三章	化学品安全	危险化学品的危害特性、预防措施及常见危险试剂	以实验室观察+资料调研的形式收集案例教材: 总结行业现状、分类标准, 案例教学危险化学品的储存方法
第四章	应急处理	实验室的分类和特点, 事故种类: 火灾、爆炸、电击、中毒、粉尘、噪声、机械损伤; 环境污染、生物安全、电气安全的应急处理方法	案例素材入库: 归纳案例燃烧特性、爆炸特性、毒性及毒理、致癌性、腐蚀性、放射性, 对应的事例和预防措施, 及常见的危险试剂种类; 应急处理原则, 火灾爆炸现场的应急处理, 中毒事故的应急处理, 触电事故的应急处理, 烧伤处理, 割伤处理
第五章	压力容器操作	常用压力容器的安全附件, 压力容器设备使用注意事项	案例素材+案例教材: 以问题为中心, 展示压力容器的结构和主要技术参数, 常用容器的主要性质与危害, 压力容器爆炸典型事故; 压力容器的定义和分类, 压力容器的安全附件, 压力容器事故和危害
第六章	特殊材料实验操作	油品合成、储运、机械设备、腐蚀与防护; 低温、高温、焊接、激光等	以文献汇报的形式收集案例教材入库: 以问题为中心, 展示特殊仪器设备的使用安全, 如高速运转类设备使用安全, 低温类实验安全, 焊接、激光、腐蚀设备使用安全
第七章	实验室个人防护、应急处理与实验室四废处理	实验室着装防护规范, 个人防护和个人卫生。实验室环境问题及应对: 固废、废水、废液、危废的辨识与处理、噪声防护意识	案例素材+案例教材: 眼部防护器材、面部防护器材、手部防护器材、呼吸系统防护器材, 防护服、通风柜、急救方法、应急处理路径、安全救生器材。以案例素材的形式给出: (1) 废气环境问题及应对, 实验室废气可能引发的环境问题, 问题的预防及处理方法; (2) 废液环境问题及应对, 实验室废液可能引发的环境问题, 问题预防及处理方法; (3) 固体废物环境问题及应对, 问题预防及处理处置方法; (4) 危险化学品来源及危害及有效防治

以第三章化学品安全为例, 采取案例形式在教学内容中指出: 氟侵入人体, 将会损伤牙齿、骨骼、造血和神经系统; 烃、醇、醚等有机物对人体有不同程度的麻醉作用; 三氧化二砷、氰化物等是剧毒品, 吸入少量会致死。引导学生得出结论“实验前应了解所用药品的毒性、性能和防护措施; 使用有毒气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、 HCl 、 HF)应在通风橱中进行操作; 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸气经常久吸会使人嗅觉减弱, 必须高度警惕; 有机溶剂能穿过皮肤进入人体, 应避免直接与皮肤接触; 剧毒药品如汞盐、镉盐、铅盐等应妥善保管。”在实施的过程中, 改革教学方式方法, 通过理论讲述+实验实践、检索网络知识与多媒体课件教学相融合, 实现案例教学方式方法的现代化; 把教材内容转化为动态教学语言, 实现案例教学体系立体化; 推广“实验室安全管理规范与培训”课程案例, 实现课程案例教学常态化。课程目标是使研究生对实验室安全管理规范有深入全面的认识, 了解实验室安全管理规范在未来科研工作中的地位, 理解确保实验室安全的重要性, 通过学习能够系统化地了解实验室安全相关基础知识, 对实验室安全隐患有预防预判心理, 熟练掌握正确规范的实验室安全操作, 并对安全事故做出有效预防措施。

2.3 理论联系实践、复现与深化教学知识

设置实践环节, 预置寻找实验室安全隐患的教学环节, 提高预防和控制实验室事故的技术水平; 在实践中掌握和分析实验室安全的本质, 让研究生学习危险源辨识与风险预控方法, 从安全管理的角度为化学和材料项目的安全性和可行性提出基础建议。教师给学生布置题目和范围, 由学生课下通过走向实验室检验去完成学习任务, 并可通过网络在线提交小论文。增加学生投入学习的积极性, 提高自主学习能力, 引导学生深思考、善思索、勤实践、会总结。体现学生是学习的主体, 在教学中充分重视学生的主体意识, 挖掘学生自主学习的潜能, 给学生自主学习的权利, 使学生在实践中形成独立自主解决问题的能力, 譬如下图是学生实践后返回课堂反馈等一些教学活动照片(图2)。



图2 教学活动照片

2.4 改革考核方法

以“实验室安全管理规范与培训”第二章“全球化学品统一分类和标签制度”为例, 要求学生能够运用全球化学品统一分类和管理办法和制度(GHS), 根据化学品的性质和危害性, 学习并且制作危险化学品的统一分类和标签。

第一步, 课堂理论知识学习: 在课堂上, 首先有教师讲解GHS制度产生的背景, GHS制度的主要内容, GHS制度的目的、范围和适用原则, 国外GHS的实施情况, 如何应对GHS制度, 中国GHS的实施情况等, 然后重点讲述了解危险化学品的危害性及危害原理, 掌握危险化学品的分类和存储, 了解化学品管理的法律法规。掌握危险化学品的管理, 了解化学品安全技术说明书, 了解危险化学品标识符, 掌握化工化学安全色和标识图, 掌握危险化学品的应对策略和预防措施。

第二步, 实验室实践: 布置课下作业, 要求学生去找寻化学品安全技术说明书、危险化学品标识图、并能够自行设计并绘制危险化学品安全标签。

第三步, 回归课堂案例反馈: 实践反馈课堂, 学生带着找到的某个化学品安全技术说明书和自己设计的危险化学品安全标签(图3), 回到课堂, 和教师同学一起分享, 教师最后进行补充并讲解其中的重点知识点, 或纠正可能的错误观点。对准备充分、讲解知识全面及回答问题较为正确的学生

提出表扬，反之提出明确的批评。



图3 学生设计的化学品标签

在这个实践中，学生分别经过调研得到关于化学品安全技术说明书、危险化学品标识图、危险化学品安全标签的三个模块的知识。在这个教学过程中，通过这一系列的教学活动，能够使得学生认识到不足或发现问题，从而激发学生的学习动机。在教学过程中注重启发引导学生，激励学生积极思考问题，营造理论结合实践的教学氛围，加强对学生独立主动获取知识能力、信息归纳整理能力和科学思辨精神的培养。

采用随堂小测验、小组考核、案例制作、调研报告、课程大论文等多种考核形式。考核内容包括：平时课前任务完成情况、随机抽检情况、课程讨论及参与度等占50%；增加对实验室安全实践教学环节的考核，如寻找安全隐患、处理突发安全事件等，将实验室抽检结果纳入案例制作、调研报告或课程大论文等占50%，更新案例教学的考核模式。

3 结语

(1) 系统性地开展安全知识教育、弥补实验室安全知识盲区。通过“实验室安全管理规范与培训”案例构建与实践，系统讲述安全知识内容，构建研究生对实验室安全知识的完整知识体系。增强了学生安全和防护意识、使得学生不仅了解安全细节、对安全隐患具有预判能力，还将掌握实验室事故中的救援与自救技能。

(2) 融合可持续发展理念、杜绝松懈与麻痹意识。伴随实验室出入人员的动态调整，实验室材料与仪器的入库出库动态变化，以及国家和社会对实验室安全要求的日益提高，需要将实验室安全教育作为一项日常性、持久性和警惕性的工作来做。通过系统化教学的理念、常规化的实验室安全监管、牢固的实验室安全监管设施和完善的防护安全文化氛围，对学生产生“润物细无声”的影响，进一步巩固学生的安全防护意识，养成可持续发展的良好安全习惯。

(3) 推动理论学习与实践应用的有机融合。构建以学生为中心、以案例为媒介、以问题为起点、以讨论为手段的专业学位案例教学机制，提升学生系统掌握理论和实践创新的能力。“从课堂理论知识学习，到实验室实践，再回归课堂案例反馈”，“实验室安全管理规范与培训”案例构建在授课过程中聚焦立德树人根本任务，通过知识传授与价值引领双轨并行，显性教育与隐性教育相统一，坚持课程知识与实验室的实际有机结合，进行有针对性“渗透式”教学。在传统的实验室课堂教学基础上，完善实验室安全管理与培训的标准操作流程，建设覆盖面更广的模块化案例课程，引入针对危险实验操作的典型案例，形成特色案例课程。

参 考 文 献

- [1] 教育部关于加强高校实验室安全工作的意见[教技函(2019)36]. [2024-07-25].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3336/201905/t20190531_383962.html
- [2] 教育部办公厅关于组织开展2022年高等学校实验室安全检查工作的通知[教发厅函(2022)11号]. [2024-07-25].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A03/s7050/202204/t20220406_614080.html
- [3] 杨琦. 实验技术与管理, **2019**, 36 (9), 226.
- [4] 王运, 杨兵, 陈冬梅, 王运, 杨兵, 陈冬梅, 付裕贵. 实验技术与管理, **2015**, 32 (12), 231.
- [5] 许余玲, 王继刚, 王少康, 崔梦晶, 曾嘉莹, 金辉. 实验室研究与探索, **2021**, No. 6, 291.
- [6] 潘蕾. 实验技术与管理, **2017**, No. 3, 253.
- [7] 谢虎, 库天梅. 中国教育技术装备, **2020**, No. 18, 142.
- [8] 贾莉, 马艳子, 马错果, 王海茹, 杨展澜. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (14), 59.
- [9] 王晓艳, 任笑红. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (10), 90.