

# 基于结构-过程-结果的高校实验室安全教育培训 模式构建

张华, 柏扬, 蒋琰\*

(四川大学华西口腔医院, 成都 610061)

**摘要:** 高校实验室功能复杂、安全风险高、管理难度大, 建立健全安全教育培训模式是促进实验室安全管理的重要手段。本文探讨当前高校实验室安全教育培训的问题, 包括结构上的安全教育培训未纳入实验室管理制度中、过程中的安全教育培训形式单一和内容针对性不强以及结果上的安全教育培训评价机制缺乏。针对以上问题, 围绕实验前、实验中、实验后, 构建了基于结构-过程-结果的高校实验室安全教育培训模式, 为提高实验人员安全素养, 保障实验室安全运行提供参考。

**关键词:** 高校实验室; 安全教育培训; 结构-过程-结果模型

## Construction of a university laboratory safety education and training model based on structure-process-outcome

ZHANG Hua, BAI Yang, JIANG Yan\*

(West China Stomatology Hospital, Sichuan University, Chengdu 610061, China)

**ABSTRACT:** University laboratories are characterized by their complex functions, high safety risks, and significant management challenges. Establishing a sound safety education and training model is an important means to promote the safety management of laboratories. This study discusses the current issues in safety education and training for university laboratories, including the structural issue that safety education and training are not incorporated into the laboratory management system, the process issue of having a singular form of safety education and training and a lack of targeted content, and the result issue of the absence of an evaluation mechanism for safety education and training. In response to these issues, a university laboratory safety education and training model based on structure-process-result is constructed around pre-experiment, during-experiment, and post-experiment stages, providing references for improving the safety literacy of laboratory personnel and ensuring the safe operation of laboratories.

**KEY WORDS:** university laboratories; safety education; structure-process-outcome model

## 0 引言

高校实验室是集人才培养、临床研究和实践教学于一体的

重要载体和平台, 兼具教学、科研和创新等多种功能, 也因此具备安全风险高、管理难度大的特点。实验室人员基数大、流动性高, 实验过程伴随着常见危险化学品和高温高压设备的使

\*通信作者: 蒋琰, 副主任技师, 研究方向: 科研管理、口腔设备学。E-mail: 5979482@qq.com

\*Corresponding author: JIANG Yan, Deputy Chief Technician, West China Stomatology Hospital, Sichuan University, Chengdu 610061, China. E-mail: 5979482@qq.com

用,易产生多种危险废弃物,危险源种类繁多、人员相对集中,安全风险极高<sup>[1-2]</sup>。近些年,由于实验人员安全意识缺乏、实验操作不当及仪器设备使用不规范等危险行为,实验室安全事故频发<sup>[3-4]</sup>。建立完善的、针对的教育培训模式,消除人的不安全行为,是促进实验平台科研工作顺利进行,保障实验室和实验人员安全的重要手段。本文将基于结构-过程-结果模型,围绕实验前、实验中、实验后等实验室工作场景,探索构建高校实验室安全教育培训模式,为降低实验人员不安全行为造成的安全风险,增强实验人员的整体安全意识和安全素质,保障实验的质量和效率提供参考。

## 1 我国高校实验室安全教育培训模式浅析

防微杜渐,安全先行,安全是实验室工作的基础。随着实验室安全问题频发,各地高校实验室逐渐重视实验室安全教育。部分实验室开设安全教育通识课程,开展安全常识和防护教育,并引入安全考试系统,对进入实验室的人员统一开展培训和考试<sup>[5]</sup>。关于安全教育培训体系的建设和实践研究不断增加<sup>[6-8]</sup>,总体安全培训形势向好,但短板仍然突出。如何促进安全培训落地、增强培训人员的安全意识,是安全教育培训体系建设的重点和难点。实验室现有安全教育培训模式,普遍存在以下三个方面的问题。

### 1.1 结构上缺乏制度化的安全教育培训体系

与我国相比,欧美等发达国家较早开始重视安全教育工作,建立了完善的实验室安全教育培训体系,甚至设立了相关机构专门满足安全教育培训需求<sup>[9]</sup>。加拿大国家研究所的安全教育制度全员覆盖,从基础安全知识到学科特色安全均提出相关培训要求;培训形式多样,包括文化教育、线上课堂、海报宣传及实战演练等<sup>[10]</sup>。澳大利亚高校具备严格的实验室准入安全培训制度,开设了不同级别的安全课程,通过一级安全课程可以进入实验室但不允许独立实验,二级课程通过后可独立进行实验<sup>[11]</sup>。日本高校实验室开设专门的安全教育必修课程并编制实验室安全手册,内容全面翔实,讲解了危化品安全、生物安全、电气安全及紧急情况处置预案等各方面安全知识<sup>[12]</sup>。与国外高校相比,我国虽然逐步重视安全教育,也设立了独立的“安全学”学科,但没有在制度上形成一套完整的安全教育培训体系,易导致相关环节难以落实到位,安全培训缺乏科学性和系统性<sup>[13]</sup>。

### 1.2 过程中教育培训形式单一、针对性不强

(1) 教育培训形式单一,难以激发培训者的主动性。大部分高校发布了实验室安全准入培训文件,但仅通过讲座、论坛等传统讲授形式开展培训,模式单一且形式大于内容。有研究表明,实验人员对实验室安全有主观的需求,参训人员更倾向于通过实地演练、现场参观及观看事故录像等生动等方式完成安全教育培训<sup>[14]</sup>,希望能通过多种培训方式获得更多安全知识和突发状况应急处理能力<sup>[15]</sup>。

(2) 教育培训针对性不强,理论与实际脱离。高校实验室环境安全状况复杂程度且管理难度大,但许多安全教育培训课程实用性和针对性不强,实验人员通过安全教育培训后进入实验室,部分人员仍对实验室内危险源辨识不清、基本安全设施不熟悉、实验关键操作不清楚,更缺乏发生事故后的应急处理能力。

### 1.3 结果上缺乏安全教育培训评价机制

目前多数实验室安全工作仅仅停留在培训学习层面,缺乏对培训效果的评价环节<sup>[16]</sup>。考核是评估培训效果的手段,也是督促培训人员自觉学习的方式。在整个安全教育培训体系中,培训考核机制是评估实验人员是否具备足够的安全知识和应急能力进入实验室开展科研的重要依据。因此需要建立培训反馈机制对实验人员进行实验室安全知识和实验技能进行规范考核。传统的教育评价方式侧重于借助考试成绩对培训人员的学习知识进行考察,培训者在培训过程中往往只是灌输知识,不符合成年人学习特性,也不适用于应用性能力需求高的实验室场所。

## 2 安全教育培训体系构建的具体措施

实验室教育培训作为安全管理的重要环节,根本目的是有效调动人员主动安全意识,提高实验人员的安全素养和能力,使其识别日常实验操作风险点并应对紧急情况。构建实验室安全教育体系就是根据需求制定人员培训的政策和程序,开展培训和考核,评价培训的有效性。围绕实验前、实验中、实验后,构建基于结构-过程-结果模型的安全培训体系(图1)。

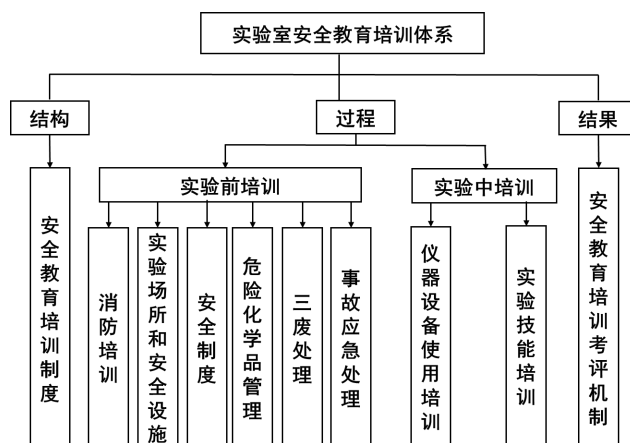


图1 基于结构-过程-结果模型的实验室安全教育培训体系架构图

Fig.1 The architectural diagram of the laboratory safety education training system based on the structure-process-outcome model

### 2.1 结构上建立实验室安全教育培训制度

教育培训制度是安全教育能够有效、长久落实的支撑,是实验室安全工作开展的重要前提。国外高校的安全教育培训制度严格全面,有较强的实施性。国内高校实验室安全教育培训制度的制订既要结合国家、地方、学校政策,又要兼顾学科特性。结合国外高校培训制度经验及国内实验室相关政策,从结构上建立实验室安全教育制度(图2)。

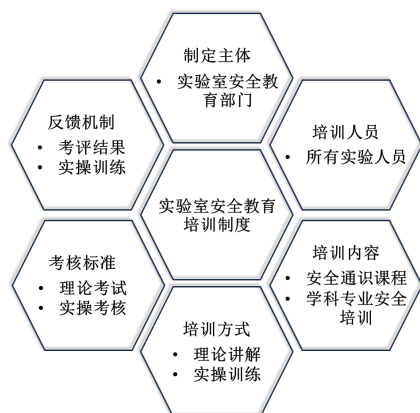


图2 实验室安全教育培训制度

Fig.2 Laboratory safety education and training system

培训制度由实验室安全教育部门负责制定, 主要包括培训内容、适用范围、方式、考核标准及培训档案建立等, 确保制度的可操作性及规范化。培训内容以“安全第一, 预防为主”为理念, 开设专门的高校实验室安全教育培训课程, 所有实验人员在进入实验室之前必须进行培训, 首先完成安全通识培训, 再通过具有学科特色的专业培训。培训方式主要是借助线上媒体和线下课堂进行理论讲解和实操训练。考核标准在于能否通过严格的理论及实操考试。培训制度的规范化通过建立考评机制和安全培训档案及时反馈更新, 培训考评机制是量化培训执行力、检验培训效果的有效手段, 安全培训档案是实验室人员在接受安全培训时形成的关于培训内容、过程和结果等一系列客观记录。实验室安全培训团队对考评结果和培训档案定期量化分析, 根据分析结果调整培训方式和内容, 提高培训的针对性和有效性。

## 2.2 过程中, 围绕实验前、实验中展开培训

### 2.2.1 实验前培训

所有进入实验室的人员必须参加实验前培训, 确保培训人员了解实验室、实验以及个人的最低安全标准和基础应急措施。实验室培训内容主要包括但不限于: 消防培训、实验场所和安全设施、实验室安全制度、危险化学品管理、“三废”处理、事故应急处理等。

(1) 实验室消防理论和实战培训。理论讲解结合国内高校实验室发生火情的真实案例, 剖析因实验操作不当引发的安全事故及错误的应急处置, 围绕实验室和实验的消防风险点、应急处置方式及专业消防器材的种类和使用办法等方面展开。根据实验室实际布局创造应急演练条件模拟火灾发生进行实战演练, 现场展示如何正确使用不同的消防器材。

(2) 实验室功能区分隔并设置相应标识。培训人员培训实验场所危险点、必要防护措施、污染物集中处理场所及紧急方式, 掌握实验室用水用电安全操作。安全设施的培训主要是紧急喷淋装置、消防设施、氧气浓度报警器、应急药箱、通风排风设施等装置的位置及使用方法。

(3) 安全制度条例的学习与掌握。培训人员都需熟知各类

安全制度条例, 包括化学试剂管理制度、三废处理制度、仪器安全操作细则、实验安全守则、生物安全管理制度、细胞房使用准则、特种设备使用规范等。所有的制度张贴在实验室醒目位置, 培训后实验人员也能根据相关的规章制度规范自身行为, 保持安全的工作状态。

(4) 化学品安全知识与操作规范培训。高校实验室开展各类实验离不开化学品, 包含强酸、强碱、易爆、易燃等试剂。危险化学品的管理始终是实验室管理的难点、痛点。培训时, 讲解实验室常见危险化学品理化特性、安全操作规程及使用不当可能造成的严重后果。从思想上意识到危化品使用安全性, 从行为上重视危化品操作规范。

(5) 实验室“三废”处理。实验室排放的废液、废气、废弃物称为实验室“三废”, 为保证人员健康和防止环境污染, 严格规范“三废”的处理。实验室危险废弃物贮存场所均张贴显著标签, 标签内容包括名称、类别、主要成分、危险情况和注意事项等信息。实验人员通过培训和实地参观掌握废弃物的危害性、贮存场所和处理方法。

(6) 安全知识的内化与外化。实验室安全知识要内化于心, 更要外化于行。为了应对可能发生的突发情况, 实验人员应掌握实验室急救及安全事故应急处理知识和措施, 如火灾、化学灼伤、气体泄漏、烫伤或触电等, 做到在实验前能提前预测可能出现的危险并避开危险操作, 不可避免时也能迅速作出反应, 做好应急处理并及时上报, 将危险最小化, 减少人员和财产损失。

实验人员只有完成实验前培训并通过考核才能获得进入实验室的资格。完成实验前培训人员需要签订相关安全承诺书, 了解实验室安全风险隐患并承担违反安全规范规定造成的事故责任, 约束自身行为避免出现安全事故。

### 2.2.2 实验中培训

实验室安全事故常发生在实验过程中, 事故原因多见于实验设备使用不当或实验操作缺乏规范性。针对实验中的安全风险点设置设备使用培训和实验技能培训。

(1) 实验仪器设备使用培训。高校实验室科研仪器设备精密先进, 相关仪器设备虽然设置了专人管理, 但学生安全意识较低或缺乏使用经验, 仍会出现因操作不当导致设备故障和实验过程中发生意外。仪器设备培训可以帮助实验人员掌握仪器使用规范, 避免使用不当造成仪器损坏甚至报废。

仪器设备理论知识教学通过视频、图片和文字等方式展现平台相关仪器管理制度文件、仪器的构造、应用领域、基本检测原理、样品制备要求、标准操作流程、数据分析及常见问题排查和解决方法等8个模块, 从思想上提高师生对仪器使用安全的重视, 从操作上帮助实验人员掌握仪器基本知识和常规检测功能。仪器理论培训后, 实验人员预约上机操作培训。培训人员现场演示仪器标准操作规程、注意事项、操作过程中的常见问题及解决方法, 帮助师生快速掌握仪器操作, 然后依次指导培训人员实操1~2次。

(2) 实验技能培训。实验过程最重要的是按照操作规程进行正确的操作,既能提高效率又可以避免事故发生。高校实验室设置常规专业特色实验技能培训课程,培训人员通过课程熟知实验室常规实验的原理和步骤,识别其中的风险点,掌握基础实验技能。

理论培训以线上为主,线下答疑为辅。线上培训包括教师讲解和实验操作视频观看。实验操作视频由实验室管理人员针对实验室条件和仪器录制,提高学生对实验过程的直观参与感和培训效率,减少管理人员工作量。理论培训后,线下组织分组实操培训,面对面指导,学生及时反馈操作难点并进行多次实践,加深实验操作记忆,养成良好的安全操作习惯。

### 2.3 结果上建立安全教育培训考评机制

严格的考评机制是构建安全教育培训模式的关键环节。考评机制包括“考核”和“评价”两个部分,“考核”是检测培训人员学习效果的手段,“评价”对提高培训有效性有重要作用。

安全教育培训全过程实行考核机制,评估培训效果,避免只学不考的情况。实验前的培训主要以理论考试和实地考察为主,理论考试内容包括常见安全知识、实验室规章制度、安全防护、实验室常见安全事故及事故应急处理措施等;实地考察则是将安全知识融入实际问题中,主要考察安全隐患辨析能力及安全设备设施存放地等。实验和设备培训侧重于实操考核,考察实验人员操作规范及风险点识别。考核合格则授予相关权限,不合格则重新报名培训。培训半年内未入室实验或未使用相关仪器者需重新参加培训,避免因遗忘培训内容导致安全事故。

有效的评价指标是正确评价安全教育培训效果的前提和基础,根据培训体系构建,从培训内容和形式、培训设施与培训教师、培训效果等角度,进一步细分评价指标。通过问卷调查、教师自评等评价手段,结合定性或定量分析方法,综合得出培训评价结果。根据评价结果进行分析总结,及时更新培训计划,进一步推进以评促学。

## 3 结束语

高校实验室安全教育培训体系对增强师生的安全防范意识,保障实验室安全稳定运行有着重要意义。结合国外成熟实验室安全教育体系及国内现有安全教育培训模式,分析我国高校实验室安全培训存在结构上缺乏培训制度、过程中针对性不强且形式单一、结果上缺乏评价机制三方面不足。基于“结构-过程-结果”模型,提出高校实验室安全教育培训体系构建的具体措施,从建立实验室安全教育培训制度着手,围绕实验前、实验中的风险点开展培训,并对培训效果进行全过程、多角度考评。高校实验室安全教育培训体系建设是个持续性系统工程,需在实践中不断探索,分析总结经验,进一步提高培训有效性,实现实验人员主动要安全,能够在事前预防、事发时积极应对、事后科学处理,营造安全实验室环境。

## 参考文献

- [1] 瞿绍军,向坚持,向星烨,等.院级实验室安全管理体系的构建与实践[J].实验室研究与探索,2023,42(01):311-315.
- [2] 孙书洪,李华,亓树艳,等.“双一流”建设背景下高校生物实验室安全管理现状与对策[J].实验室研究与探索,2018,37(11):298-302.
- [3] 董继业,马参国,傅贵,等.高校实验室安全事故行为原因分析及解决对策[J].实验技术与管理,2016,33(10):258-261.
- [4] 惠斌.教学型医学院实验室生物安全防护体系的建设思考[J].实验室研究与探索,2018,37(10):305-309.
- [5] 霍朝霞,赵鲁杭,于晓虹,等.线上线相结合的分子医学教学实验室安全准入培训制度的建立[J].医学教育管理,2022,8(01):117-121.
- [6] 秦文沛,薛黎,余梦思,等.实验室生物安全培训模式在临床医学本科教学中的探索[J].新疆医学,2024,54(03):369-370.
- [7] 宋国英,许燕,朱美霖,等.医学院校实验动物及实验室安全培训的实践探索[J].实验动物与比较医学,2021,41(05):450-454.
- [8] 许燕,张景华,宋国英,等.高校医学实验室安全教育培训工作的调查研究[J].基础医学教育,2021,23(02):112-114.
- [9] 胡鸿.安全教育学及其方法学研究[D].长沙:中南大学,2010.
- [10] 廖秀萍,刘屿.加拿大国家研究所实验室安全与环保管理及启示[J].实验室研究与探索,2011,30(09):170-173.
- [11] 俞丹亚,樊冰,姜周曙,等.澳大利亚高校实验室安全管理工作考察与思考[J].实验技术与管理,2013(11):212-215.
- [12] 张志强.日本高校实验室安全与环境保护考察及启示[J].实验技术与管理,2010,27(07):164-167.
- [13] 高敏.高校实验室安全教育的问题思考与体系优化[J].实验室研究与探索,2023,42(03):304-308.
- [14] 毛磊,童仕唐,龚佩,等.高校实验室安全教育培训体系研究[J].实验技术与管理,2014,31(10):223-225.
- [15] 林凤屏,蔡钊,林清强,等.生物类研究生对实验室生物安全认知情况的调查分析[J].实验室科学,2019,22(03):209-213,217.
- [16] 夏菡,黄弋,马海霞,等.美国高等级生物安全实验室人员培训体系及其启示[J].实验室研究与探索,2019,38(12):252-255.

## 作者简介



张华, 硕士, 助理实验师, 研究方向: 实验室管理。

蒋琰, 副主任技师, 研究方向: 科研管理、口腔设备学。