

新工科背景下 PDCA 循环在院级实验室安全管理中的应用

杜婷*, 张盼盼, 郑晓华

(太原科技大学材料科学与工程学院, 太原 030024)

摘要: 材料类实验室具有危险源多、专业性强、操作环境复杂的特点。新工科背景下学科交叉融合逐渐常态化, 对实验室安全管理提出了更高的要求。应用 PDCA 循环理论, 通过危险源识别及风险评价、全方位安全教育、全口径准入机制、四级联动安全检查、成功经验标准化等途径, 构建了持续改进的院级实验室安全管理体系, 提高了学院实验室管理水平及师生的安全素养, 为实验室安全运行和复合型人才培养提供了有力的支撑。

关键词: PDCA 循环; 院级实验室; 安全管理; 安全素养; 新工科

0 引言

近年来, 教育部积极推进高校“新工科”建设, 要求培养一批工程实践能力强、创新能力强的高素质复合型人才^[1]。实验室是实验教学和科学研究的重要实践场所, 为新工科人才培养和科研创新活动提供基础保障。

材料学院是我校实验室体量最大、设备数量最多、大型共享仪器最多的二级学院。随着学院新工科建设的不断推进, 学科交叉、产教融合逐步常态化^[2], 实验室规模、设备数量、开放程度及使用程度不断提升, 危险源不断增加, 安全隐患层出不穷, 给学院实验室安全管理带来了前所未有的压力和挑战。

PDCA 循环是全面质量管理的一种基本方法, 可实现管理质量的持续提升^[3-4]。本文引入 PDCA 循环以建立可持续改进的实验室安全管理运行机制, 不断提高学院实验室安全管理水平。

1 材料学院实验室的特点

1.1 实验室总量大, 服务对象多元化

材料学院共有实验室 98 间, 其中教学为主的 36 间, 科研为主的 62 间。教学实验室由材料基础实验中心、材料加工中心组成, 主要承担学院对本科生开设所有专业实验教学, 实验项目一百多项, 还面向全校开设开放实验项目 16 项, 供学生进行课程设计、毕业设计、学科竞赛等实践活动。科研实验室由 8 个学科团队的实验平台组成。学科研究方向涉及金属铸造、轧制、腐

蚀防护、复合材料等众多领域。科研实验室的主要服务对象是在读博士、硕士, 还有部分本科生, 以及合作单位的技术人员。

1.2 拥有多台大型精密仪器, 安全管理需求高

大型精密仪器是高校展开培养高质量人才, 高水平科学研究的重要资源, 为进一步提高其使用效率, 高效配置优质资源, 国家出台了一系列促进大型仪器开放共享的政策。我校构建了校-院两级大型仪器平台管理体系。材料学院拥有的六十余台大型精密仪器已加入省大型共享仪器平台。

大型精密仪器的结构精密, 价格昂贵, 维护成本高, 操作程序严格, 使用环境要求高, 人员流动性大。还有些仪器涉及 X 射线、强磁场、焊接气体等特殊有害因素, 对实验室墙壁、人员防护、电路、通风条件等有特殊要求。

1.3 实验室存在危险源多且风险等级高

根据《太原科技大学实验室分级分类管理办法》, 学院实验室覆盖机械类、化学类、辐射类、其他类, 风险等级覆盖重大风险、高风险、中风险、低风险。实验室涉及的主要危险源有高温设备、危险化学品、高压、强磁、X 射线设备等。

2 PDCA 循环在院级实验室安全管理中的应用

PDCA 循环理论^[5]认为, 任何工作都可分为计划(Plan)、实施(Do)、检查(Check)、处理(Act)四个阶段。P 阶段主要是调查分析存在的问题, 制订相应的计划及目标; D 阶段主要是有效地实施计划; C 阶段主要是对实施情况进行检查、评估; A 阶段主要将成功经验标准化, 遗留问题进入下一个循环, 从

基金项目: 山西省教学改革创新项目(20230837); 太原科技大学教学改革创新项目(JG202210)

*通信作者: 杜婷, 硕士, 实验师, 研究方向为实验教学与实验室管理。E-mail: duting@tyust.edu.com

而实现工作质量的持续改进。

借鉴 PDCA 循环理论, 学院构建了以风险防控为基础的实验室安全管理体系, 形成一个可持续改进的安全管理运行机制(见图 1), 为实验活动的高效进行提供坚实的安全保障。

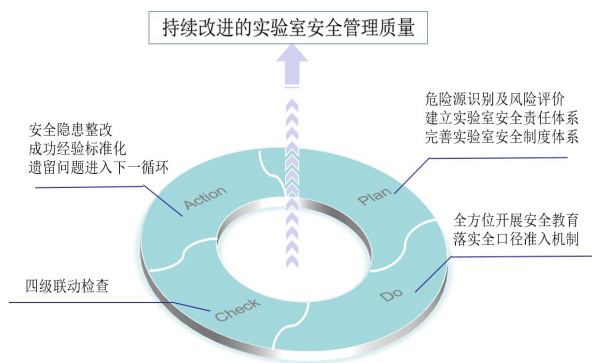


图 1 学院实验室安全管理运行机制

2.1 计划阶段

学院实验室安全管理的主要目标是建立一个风险可控的实验室安全环境, 防止和减少实验室安全事故发生^[6]。为达到这一目标, 这一阶段的主要任务是对学院实验室进行安全风险点识别和风险评估, 并制订相应的计划。

2.1.1 危险源识别及风险评价

为提高安全风险防范的针对性和有效性, 学院根据学校发布的《太原科技大学分级分类管理办法》要求, 组织专家深入

学院实验室, 以主要危险源的种类判定安全类别, 以危险源及其存量为依据, 结合 LEC 评价法^[7-8]判定安全等级。学院实验室涉及的危险源有高温设备(48 间)、气体钢瓶(39 间)、危险化学品(10 间)、危险机加设备(14 间)、激光设备(3 间)等; 机械类(67 间)、化学类(12 间)、辐射类(1 间)、其他类(18 间); 重大风险实验室(I 级)3 间, 高风险实验室(II 级)4 间, 中风险实验室(III 级)25 间, 其余为低风险实验室。

危险源识别和风险评价是一个动态的过程。实验室的人员、设备、材料、项目、环境等都处于不断的变化中。学院每学期组织实验室负责人对管辖实验室的危险源和风险等级进行复核, 学期内实验室发生重大变更, 出现严重安全隐患甚至安全事故的实验室需要及时重新评估。

2.1.2 建立实验室安全责任体系

建立科学的实验室安全责任体系是保障学院顺利进行安全管理工作的前提^[9]。学院构建了“学校—学院—实验中心—实验室”四级联动的实验室安全责任体系(见图 2)。

学校成立实验室安全领导小组, 组长为党政主要负责人, 副组长为相关副校长, 组员为相关职能部门负责人。领导小组下设实验室安全管理办公室, 负责落实安全目标, 统筹全校实验室安全管理工作。资产处、安全保卫处、教务处、科技处分别负责危化品、消防、教学实验室、科研实验室的安全指导、检查、监督工作, 另有实验室安全督导组对全校实验室进行安全工作的指导、检查、监督。

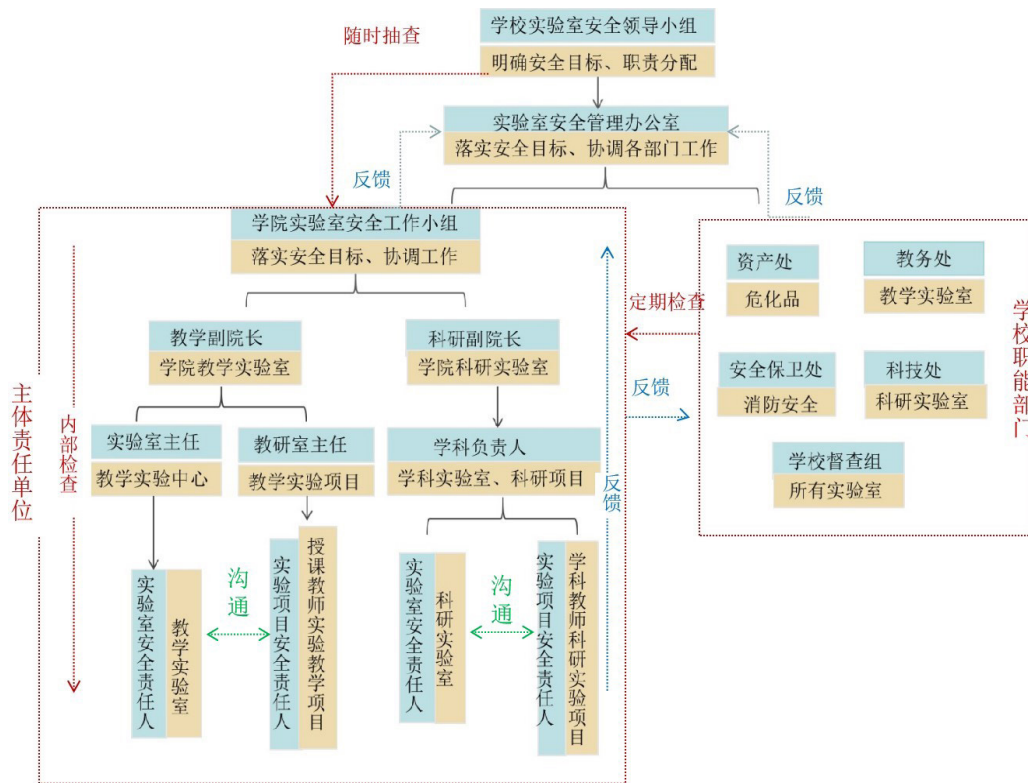


图 2 学院实验室安全责任体系

学院设有学院实验室安全工作小组, 党政负责人担任组长, 副组长由分管教学、科研的副院长担任, 组员由实验中心主任、教研室主任、学科负责人组成。该小组人员主要职责是完善安全管理制度、进行安全检查、督促隐患整改。实验中心主任、学科负责人分别是教学实验室中心、学科实验室的负责人, 是实验室安全的直接责任人。实验室负责人指定实验室安全责任人进行日常安全管理工作。授课教师、科研项目负责人是教学、科研实验项目的第一责任人, 须对项目进行危险源辨识和风险评估, 并制定防范措施及现场处置方案。开展实验活动前, 实验项目负责人与实验室安全负责人需根据实验安全状况进行充分沟通。

2.1.3 完善学院实验室安全制度体系

科学的制度体系是保障实验室安全运行的制度保障。在贯彻上级部门要求的同时, 学院结合实验室的学科和功能特点, 进一步梳理了各类实验室管理和运行的细节, 修订了实验室准入制度、实验预约制度、应急预案制度、仪器操作规程等, 规范了工作流程, 明确操作细节, 使实验室安全管理工作有据可依, 促进工作全面高效展开。

2.2 执行阶段

安全教育可以提高师生安全知识、技能, 一方面可有效降低事故发生概率^[10], 另一方面可以促进材料学科与安全工程学科的交叉融合, 提高学生的安全素养及综合能力^[11-13]。因此, 执行阶段的重点工作是紧抓人员安全教育, 兼顾机、料、法、环全口径准入^[14]。

2.2.1 全方位开展实验室安全教育

学院构建并实施“校一院一实验室”三级安全培训体系。校级安全培训是面向全校新生入学安全教育, 培训内容包括实验安全、信息安全等方面的基础安全知识、技能。院级安全培训是面向学院大二本科生和研究生开设的实验室安全培训, 培训内容包括实验室相关规定、危险源、案例分析、个人防护、应急处置等学院实验室涉及的安全知识、技能。实验室级安全培训, 则是充分考虑实验场景的差异性, 通过线上线下相结合的方式针对性的安全培训。实验项目负责教师对学生进行实验材料、实验操作技能、安全防护方面的安全培训, 实验室安全负责人对设备使用、实验环境方面对学生进行安全培训。各级安全培训负责人要根据实验室、实验项目的运行情况及安全培训效果不断更新培训内容及培训方式。

安全教育必须结合实战的形式进行, 才能够使师生在遇到真正的安全事故时能够临危不乱, 理性处理紧急情况, 提升学生的实验安全应对能力。除了学校组织的消防安全演练, 学院还聘请专家指导师生根据实验室主要危险源展开针对性的演练。例如, 涉及高温设备的实验室展开高温烫伤后的应急处理, 涉及危化品的实验室展开强酸容器破碎后的应急处理等。

安全文化是一种潜移默化的安全教育, 对实验室安全起着巨大的

推动作用。学院通过展板、安全标识、安全海报比赛等向师生宣传安全文化, 通过多种多样的形式营造出“人人讲安全”的良好氛围。

2.2.2 落实全口径准入机制

学院实验室危险源繁多, 实验流程复杂多变, 危险性高, 对安全风险防控的要求极高。因此, 实验室安全准入除了常规的对人的安全准入, 还应考虑设备、材料、环境等元素的准入管理, 构建全口径的实验室准入制度。

环境准入是指实验室硬件环境需满足实验室的功能需求, 包括配电、承重、排水、通风、消防等要素。新建实验室或实验室项目、设备等有重大变更时, 实验室负责人要在落实相关安全要求和防护措施后, 向实验室管理中心提出申请, 由管理中心组织相关部门进行验收, 验收通过, 实验室方可使用。

人员准入是指实验人员的准入资格审核, 包括教师和学生两个方面。教师准入需按照分级分类管理规定中相应风险等级实验室的要求, 完成安全培训课时量并通过考试, 实验室管理教师与学院签订安全责任书后获得实验室管理资格, 其余教师需要完成实验室准入登记后获得准入资格。学生的准入执行“校一院一实验室”三级准入制度, 即学生通过三级安全培训并考核合格, 完成实验室准入登记后获得准入资格。

材料准入是指实验材料的准入, 包括一般实验材料和危险化学品的准入。学院坚持“按需采购”的原则, 要求各实验室按承担的实验任务建立相应的材料库台账, 没有列入台账的材料和库存量大的材料不能采购。对于危险化学品必须严格按照学校要求委托危化品管理中心统一采购, 坚持“按需申请, 适量领用”原则, 要做到少储存, 去路明。

设备准入是指对设备尤其是高风险设备、大型设备在所处实验室环境中的安全性进行评估。设备准入可通过设备的购置论证来实现, 将安全性论证纳入到购置论证中, 主要包括设备的安装、管理、维护、运行过程中可能出现的安全问题, 均需制定出可落实的措施。

实验项目准入是评估实验项目是否能在该实验室展开。学院积极推进实验项目审议制度。教学实验项目均需经过实验课程负责人和实验室负责人的充分调研和讨论, 督促教师兼顾教学效果和实验安全风险的前提下不断优化实验项目。对于科研实验项目, 需要识别危险源、评估风险、做好实验标准操作流程、安全防护措施、应急处置预案, 并填写《科研实验项目安全风险评估表》, 经学院实验室安全工作小组审核通过, 签订安全责任书后方可进入实验室。

实验室负责人需定期整理危险源清单, 针对性防护措施和应急处置要点, 评估有效后纳入实验室级培训材料。

2.3 检查阶段

实验室安全检查能够排查安全隐患, 督促安全整改, 有效减少或避免实验室安全事故的发生, 是落实安全管理工作的有效措施。

学院实验室众多且呈散点分布, 展开安全检查有极大的难度。学院参照分级分类管理的要求, 对不同风险级别的实验室提出不同的检查要求。此外, 学校建立了“四级联动”检查机制, 由学校、学院、实验中心、实验室共同展开多层次的实验室安全隐患排查工作。检查形式有日常巡查、专项检查、定期检查、随机抽查。各级需建立实验室安全隐患排查工作台账, 并根据存在隐患情况分层解决或逐级上报。通过安全隐患问题排查、登记、报告、整改、复查, 实现安全隐患的闭环管理。

参照《高校实验室安全检查表》结合学院实验室实际情况进行安全检查, 具体内容可归纳为“人、机、料、法、环”五个维度^[15]。

“人”包括实验室师生的安全教育及考核情况、个人防护等, 安全培训考试成绩作为实验室安全检查的重要指标。“机”包括设备运行状态是否正常、安全防护装置、监控报警装置、消防器材是否有效等。“料”包括试剂标签、购买、使用、储存是否合规等。特别注意检查危险化学品的全生命周期管理情况, 是否实现购买、储存、使用、处置全过程闭环管理。“法”主要是检查实验室管理制度落实情况, 如实验室是否具备准入登记表、应急预案、操作规程、实验指导书等。“环”包括实验室布局、仪器摆放是否合理、有无杂物堆积、有无安全标识等。将安全检查结果作为实验室负责人、实验项目负责人的一项重要考核指标。

2.4 处理阶段

处理阶段的主要任务是科学有效地处理检查阶段发现的安全隐患。首先需要根据隐患危险程度采取临时性措施, 如发现严重安全隐患, 必须立刻停止实验, 及时上报, 学院组织专家进行处理; 对于危险程度较低的, 在密切监控危险源的情况下要求限期整改。再就要考虑整改可实施性, 对于整改方案容易实现的, 要求立行整改; 整改方案涉及硬件条件、实验设备、经费等需要进行多方协调的, 整改要定措施、定时间、定责任人, 整改完成后要及时进行复查。复查合格的项目还需要监控整改效果, 然后把成功的经验纳入相关文件制度中, 再通过安全培训进行推广; 仍不合格的项目进行备案, 纳入下一轮循环中解决。

3 总结

新工科建设是国家战略发展对高等教育提出的新要求。本文在新工科背景下, 借鉴 PDCA 循环理论, 通过安全危险源识别和风险评价、院级实验室安全责任体系的建立、完善制度体系、全方位开展实验室安全教育、落实全口径准入机制、多维

度“四级联动”安全检查、安全隐患整改、成功经验标准化等途径构建了可持续改进的院级实验室安全运行机制, 实现了实验室安全的系统化、动态化管理, 也为学科交叉融合及复合型人才培养提供了新思路。

参考文献

- [1] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017, (01): 1-9.
- [2] 曾洁, 张云怀, 吴正松, 等. 新工科背景下高校实验室安全管理现状与对策[J]. 高教学刊, 2023, (15): 149-152.
- [3] 李霞, 董易, 郝丽, 等. 基于PDCA循环的高校公共仪器平台建设与管理实验室研究与探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(08): 231-257.
- [4] 孟国忠, 农春仕. 基于PDCA循环的大型仪器实验室安全管理体系建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12): 299-316.
- [5] 韩景芸, 宋崑, 王江雪, 等. 交叉学科实验室开放与安全的管理体系建设[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12): 303-307.
- [6] 瞿绍军, 向坚持, 向星焯, 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.
- [7] 马庆, 赵雨霄. 优化的LEC法在高校实验室安全风险评估中的应用[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(11): 221-222.
- [8] 林鹏. 双重预防机制在高校实验室安全管理中的应用研究[J]. 实验室检测, 2024, 2(06): 77-82.
- [9] 左建华, 吕唯唯, 何旭, 等. 院级安全生产长效化管理体系的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(05): 296-299.
- [10] 叶元兴, 马静, 赵玉泽, 等. 基于150起实验室事故的统计分析安全管理对策研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12): 317-322.
- [11] 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.
- [12] 梁哈妮, 晏锦, 胡鑫杰, 等. 高校实验室安全教育体系的建设与实践[J]. 实验室检测, 2024, 2(09): 63-66.
- [13] 方东红, 王羽, 李兆阳. 育人视野下的高校实验室安全工作思考与探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(01): 10-12.
- [14] 席海涛, 聂文博, 李兆阳, 等. 高校实验室安全管理全口径准入机制建设探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(04): 210-214.
- [15] 孟兆磊, 马巧焕. 基于双重预防机制的高校实验室安全管理探究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(11): 294-296.