



# 生物学实验中心安全闭环管理的路径构建

刘细霞<sup>1</sup>, 车 婧<sup>2</sup>, 冯 斌<sup>1</sup>, 洪 文<sup>1</sup>, 陈 亮<sup>1</sup>, 侯建军<sup>1</sup>

(1. 湖北师范大学 生物学国家级实验教学示范中心, 黄石 435002;

2. 武汉大学 生物学国家级实验教学示范中心, 武汉 430072)

**摘要:** 生物学实验教学中心实验室承载着大量实验教学活动, 具有参与人数多、流动性大、人员安全意识薄弱、开放共享、课程种类多等特点, 是极易引发实验室安全事故的教学场所。为保证生物学实验教学中心实验室全生命周期安全、高效运行, 提出从危险源管理、实验室安全检查、实验室人员管理、实验室安全教育、实验室生物安全、实验室危化品安全、实验室废弃物安全、实验室安全事故处理办法 8 个方面, 构建一套符合生物学实验教学中心实验室安全“流程化+闭环”管理的实施路径, 为生物学实验中心安全管理提供方法指导。

**关键词:** 生物学实验教学中心; 实验室安全; 生命周期; 闭环管理

中图分类号: X921

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230432

## Construction of the Closed-loop Management Path for Laboratory Safety in the Biology Experimental Teaching Center

LIU Xixia<sup>1</sup>, CHE Jing<sup>2</sup>, FENG Bin<sup>1</sup>, HONG Wen<sup>1</sup>, CHEN Liang<sup>1</sup>, HOU Jianjun<sup>1</sup>

(1. National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China;

2. National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** The experimental center laboratory of biology carries a large number of experimental teaching activities. It has some characteristics, including large number of participants, large mobility, weak safety awareness, open sharing, and various types of courses, which is also easy to cause laboratory safety accidents. In order to ensure the safe and efficient operation of the experimental center laboratory of biology in the the whole year, an implementation path for the closed-loop management of the experimental center laboratory safety of biology is proposed, including hazard management, laboratory safety check, laboratory staffs, laboratory safety education, laboratory bio-safety, hazardous chemicals safety, laboratory waste safety and measures for handling laboratory safety accidents. The path provides guidance for the safe management of the experimental center of biology.

**Key words:** experimental center of biology; laboratory safety; life cycle; closed-loop management

高校实验室安全是全国高校校园安全管理中高度重视的建设内容<sup>[1]</sup>。近年来, 我国实验室安全重大事故的频发, 如北京交通大学“12.26”实验室爆炸事故, 造成 2 名博士生和 1 名硕士生死亡<sup>[2]</sup>; 新型冠状病毒肺炎疫情的爆发, 对实验室生物安全管理的要求更加严苛<sup>[3]</sup>。2021 年 4 月 15 日, 《中华人民共和国生物安全法》正式实施<sup>[4]</sup>, 为防范和应对生物安全风险提供了法律保障。

2023 年 2 月 8 日, 教育部办公厅印发了关于《高等学校实验室安全规范》的通知, 提出了实验室安全管理的具体内容。2023 年 3 月 30 日, 教育部办公厅印发了《关于组织开展 2023 年度高等学校实验室安全检查工作的通知》, 附件中包含了《高等学校实验室安全检查项目表(2023 年)》。生物安全法的实施和最新实验室安全检查项目表的发布, 给实验室安全管理提供了全面的方法指

收稿日期: 2023-09-19; 修回日期: 2024-03-26

基金项目: 2022 年湖北省高等学校省级教学研究项目(2022358); 湖北省高等学校实验室研究项目(HBSY2022-012); 湖北师范大学教学改革项目(2023053)。

作者简介: 刘细霞(1983-), 女, 博士, 副教授, 主要从事实验室建设与管理方面的研究。E-mail: liuxixia1@163.com

导。就生物学实验教学中心而言,它承载着特殊的实验教学功能,具体体现在开展的实验内容具有交叉性,包括成分分析实验、生物检测实验、微生物培养实验等。因此,要根据生物学实验教学中心本身的特点来设计切实可行的管理方法。

闭环管理理论主要来源于现代管理学<sup>[5]</sup>,由“决策—实施—控制—反馈—决策—优化”构成闭环管理链。在实际应用中需根据实际情况进行有效信息反馈,及时纠正改进,实现持续改进的良性循环过程。它具备整体性、循环性、职责性、评价性4个特征。

因此,依据教育部文件《关于加强高校实验室安全工作的意见》(教技函〔2019〕36号)中明确提出的高校应实施实验室安全闭环管理,本文提出从危险源管理、安全检查、人员管理、安全教育、生物安全、危化品安全、废弃物安全、实验室安全事故应急处理办法8个方面,构建一套“流程化+闭环”管理的实施路径,与其他的生物学实验室管理模式相比,这种流程化的全生命周期闭环管理做法使管理过程的任务更加明确、人员分工更加清晰,实现高校实验室安全管理工作效益的最大化<sup>[5]</sup>。

## 1 生物学实验教学中心实验室安全问题分析

国家级生物学实验教学示范中心<sup>[6-7]</sup>是教育部依托相关高等学校建设的国家级实验教学示范平台。示范中心的建设对深化实验教学改革、探索创新性实验教学模式、凝练优质实验教学资源、开展培训、交流和合作,增强示范辐射能力等,在全国的实验教学工作中起到了示范引领作用,促进了全国实验教学水平的整体提升。同时,也给省级、校级生物学实验教学中心建设提供了借鉴。

清华大学、吉林大学等在实验室安全管理方面已经归纳出多项优秀成果案例<sup>[8-11]</sup>。借鉴这些优秀经验,本文提出“流程化+闭环”管理方法,即对每个管理模块发布流程化管理规范,并在管理过程中融入闭环管理理念,构建生物学实验教学中心实验室安全全生命周期管理的实施路径,如图1所示。

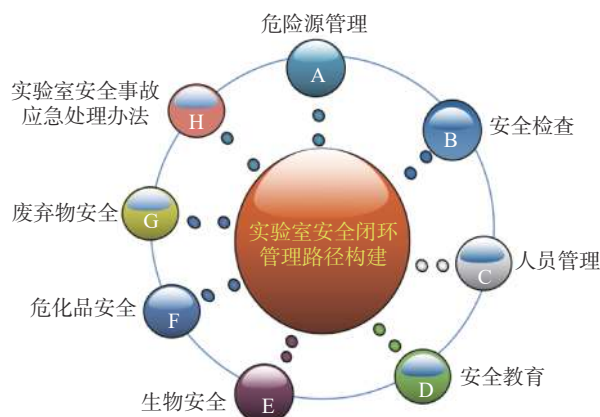


图1 生物学实验教学中心实验室安全闭环管理路径

## 2 生物学实验教学中心实验室安全闭环管理的实施路径构建

本文重点阐述危险源管理、安全检查、人员管理和安全教育管理方面的具体做法,这4个方面是“流程化+闭环”管理的核心,涵盖从源头管理到人员安全意识的提升和量化评价,并简要阐述生物安全、危化品安全、废弃物安全和实验室安全事故应急处理办法方面的管理要点。

### 2.1 危险源管理

危险源是引发各类实验室安全事故的关键起因。根据危险源的特征将实验室安全危险源分为固有安全风险、触发型安全风险和管理安全风险3类。

1) 固有安全风险,主要指实验室的危险物质或能量载体(如实验室的易燃、易爆液体和固体)、毒性物质以及氧化物等危险化学品、高压气瓶、高温高压或高速设备、高危实验等,是实验室事故发生发展的固有前提条件。

2) 触发型和管理安全风险主要与人员、措施、安全检查、安全教育等有关,这两类安全风险的管理可以通过人员管理、安全检查和安全教育来确定详细的管理措施。

因此,本部分只介绍固有安全风险危险源的管理,具体做法如图2所示。首先,每年填写实验教学项目风险评估表,全局统筹实验教学中心可能存在的危险源。然后,根据实验教学项目风险评估表和实际调研,针对实验教学内容,对实验教学项目进行危险分级分类管理。针对重大和较大危险项目开展虚拟仿真教学(如含剧毒、高毒化合物或者以剧毒动物、植物为原料等);一般危

险项目和安全项目，在具备实验室安全教学能力的实验教师全程现场指导下开展实验。在实验教学用品采购环节，通过向上级部门申报批准后，选择有资质的供货商采购危险源化学品，采购后采用“五双”管理(双人收发、双人记账、双人双锁、双人运输、双人使用)，并由实验教学示范中心制定危险化学品领用办法(包括领用对象、归还日期和使用记录台账等)。制定特种设备(如高压气瓶、高温高压设备)管理规范，包括管理员和授课教师持证上岗、特种设备定期年检等。每学期针对危险源管理的优秀经验和不足开展调查研究，定期反馈，提出改进措施，不断优化危险源管理方法。

### 2.2 安全检查

实验室安全检查是监督实验室正常运行、提前查出安全隐患的有效手段之一<sup>[12]</sup>。对于生物学实验教学中心的安全检查，具体的做法如图 3 所示，实验室安全检查分为定期检查和不定期抽查两种形式。通过定期检查，使实验室检查工作常态化，并让实验室教学安全相关方更加重视实验室安全。通过随机抽查，发现实验室管理中暴露的安全问题。在检查频次上，将检查次数量化，

如实验室管理员检查不少于 1 次/日、院系管理员检查不少于 1 次/周、院系大检查不少于 1 次/月以及校级部门不定期抽查。在检查项目上，主要包括：水、电、气、危化品、高压高温设备以及与之对应的各类台账。检查结果以检查报告的形式递送给实验室管理员进行限期整改。同时，推送给校级安全检查部门，用于复查。复查中对未整改问题直接记入实验室安全相关人员(如上课教师、实验员)评优评先考评清单。由此形成“流程化+量化+闭环”的安全检查管理方法。

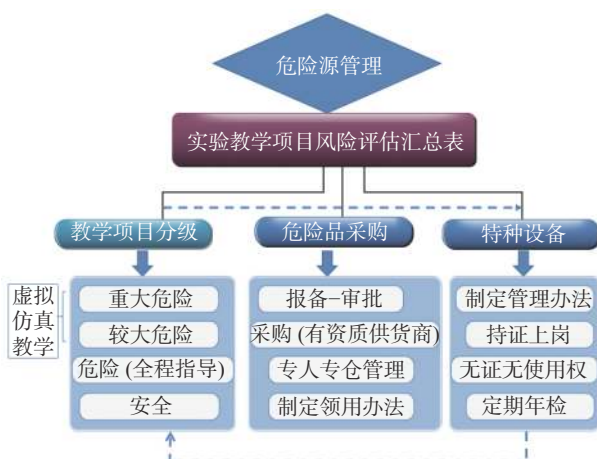


图 2 危险源管理方法



图 3 实验室安全检查管理方法

### 2.3 人员管理

人员是实验室安全的第一执行者，只有相关人员明确职责、挑起重担，实验室安全的其他模块才能正常运转。从广义上讲，实验室人员主体分为 6 大类：上课学生、实验课教师、实验室管理员、实验中心管理人员、实验室安全督导(随机抽查实验室安全和实验课教师上课规范)、第三方

监督评价人员。其中，前 5 类人员属于闭环系统内部人员，第六类人员作为闭环系统评价的第三方评估机构，可以加大安全检查的深度，有助于实验室安全管理效率提升，是实验室安全检查力量的有效补充。实验室人员“流程化+闭环+多方评价”管理具体做法如图 4 所示，实验室主要人员构成内部闭环管理系统，每类人员的职责分工

明确, 并有相应的流程化监督、反馈、改进、考核评价机制。让每类人员在实验室安全管理工作中清晰职责、承担责任、及时改进, 才能保障实验室人员的工作积极性、主动性, 从而减少实验室安全事故的发生。同时, 借助专业的第三方评价

人员深度检查和安全督导的抽查, 从多层次多维度为实验室工作提供保障。在实验室人员抽查工作中发现的问题, 及时反馈与整改, 且与绩效、评优评先直接挂钩, 从而从制度上提高实验室人员对实验室安全的关注度和参与度。

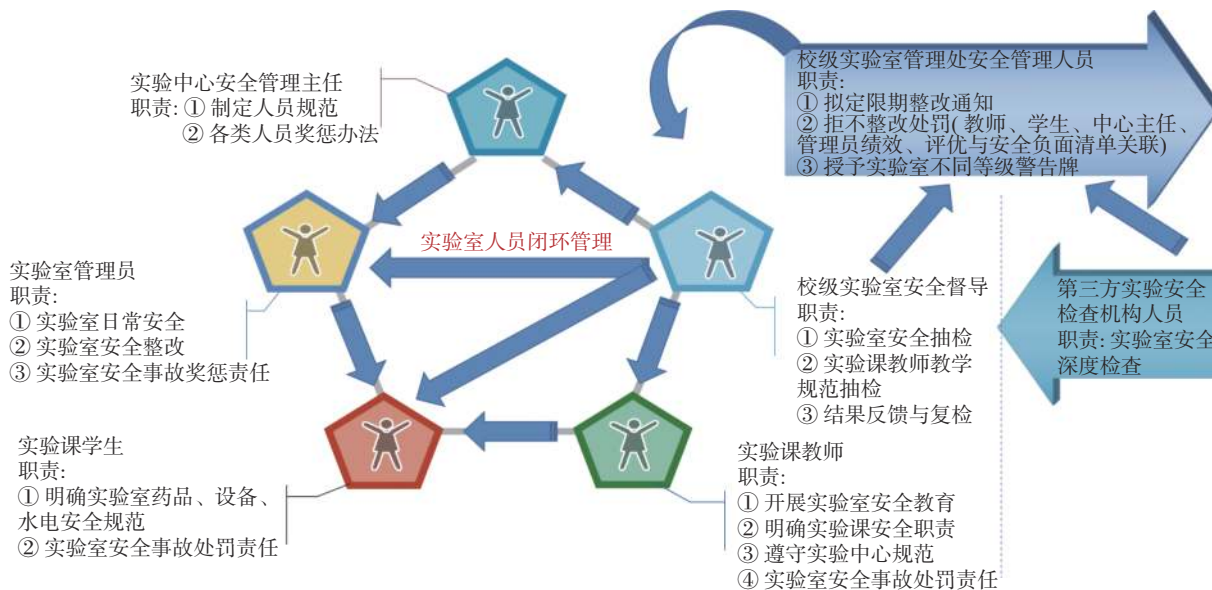


图4 实验室人员管理方法

### 2.4 安全教育管理

实验室安全教育是实验室安全工作的重要分支之一<sup>[13-14]</sup>, 生物实验教学示范中心每年开设的课程项目种类繁多、开放人次量大、开放

对象流动性大。因此, 需要建立实验室安全教育的“流程化+闭环+多元化”管理方法, 保证让实验室安全教育能入脑入心, 具体做法如图5所示。

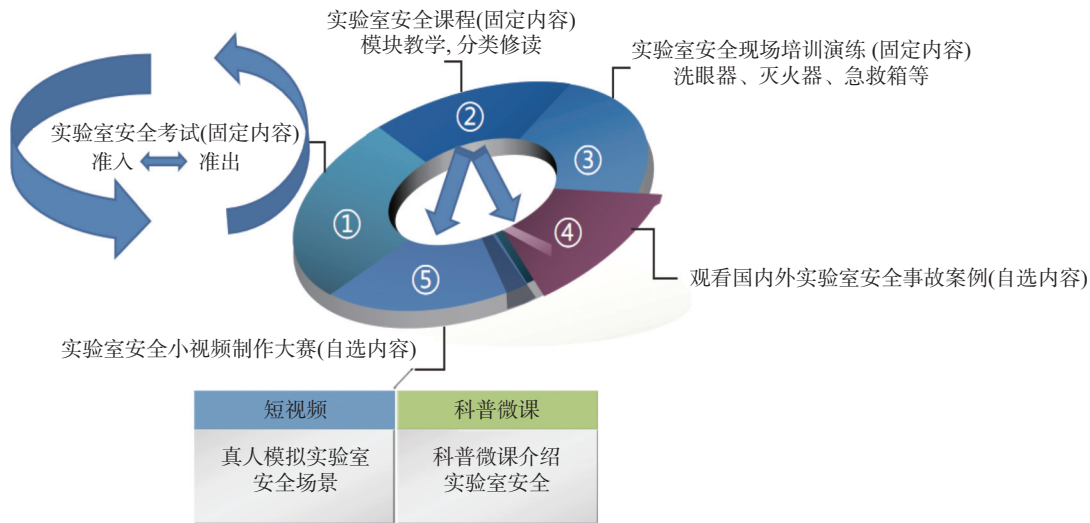


图5 实验室安全教育具体管理方法

#### 1) 实验室安全考试(固定内容)

正向准入: 对于申请进入生物学实验教学中心的所有人员开展实验室安全准入考试, 对考试

分数大于 90 分的人员发放实验室安全考试合格证书, 即为准入机制。

负向退出: 凡造成仪器损坏、人员伤害、水

电安全等事故者,经实验中心管理部门讨论后,相关人员主动被劝离实验室,暂停进入实验室资格。对于情节较轻者,3个月后可再次考试获得准入资格;对于情节严重者,取消进入实验室资格。

#### 2) 实验室安全课程(固定内容)

在生物学实验中心开设实验室安全课程 16 学时(根据学院专业的设置情况和数量划分教学模块数量),学生结合专业选读其中一个模块。该模块作为其他实验课程的必修先读课程,只有当该模块考核合格后,其他实验课程考核合格才能获得学分。如该模块课程考核不合格,需要在两项自选内容中任意选择一个内容修读,合格后才能获得实验课程学分。

#### 3) 实验室安全现场培训演练(固定内容)

每学期对实验人员开展突发实验室安全事故应急演练。现场模拟事故发生场景,指导实验室安全事故应急器具的使用,包括洗眼器、急救箱、消防栓、灭火器等。如现场介绍灭火器的正确使用方法以及注意事项,按照“拔插销、手提慢跑、喷射火焰”三步法,有序地进行灭火器实操演习,提高全体师生的实验室安全应急实操能力。

#### 4) 观看国内外实验室安全事故案例(自选内容)

收集国内外重大实验室安全事故文字材料和视频材料,归纳整理成实验室安全案例库,该案例库保持动态更新。学生可以作为自选内容学习,学习后需要深入分析案例发生的原因和提出预防措施。

#### 5) 实验室安全小视频制作大赛(自选内容)

对比赛设置一定的奖金,吸引愿意为实验室安全宣传做贡献的学生参与。小视频主题内容将实验室安全场景融入情景表演中,如实验服不能穿出实验室、开展实验要穿实验服、拖鞋不能穿进实验室等。

### 2.5 生物安全管理

以微生物实验室生物安全管理为例,管理要点包括:菌种来源、菌种保藏、过程管理(灭菌设备、菌种领用和转运记录)、废弃物无害化处理、上级部门检查(校级生物安全管理部门、市级卫生健康委员会)。为保障生物安全管理达到上级卫生健康委员会的生物安全检查要求,要求零生物安全事故发生率。具体做法包括:实时更新和制定中心微生物安全管理制度,制定管理员与实验教师协调生物安全工作方案。管理员职责:负责菌

种来源和资质材料审核、菌种出入库过程记录、高压灭菌设备使用人员培训和年检。实验课教师职责:使用明确来源的菌种开展微生物实验、实验结束废弃物无害化处理、定时记录菌种使用情况。生物安全检查频次与实验室安全检查一致,发现问题提出改进措施,不断优化生物安全管理方法。

### 2.6 危化品安全管理

国内外重大实验室安全事件的发生,大部分是由危化品产生的直接或者次生的安全事故<sup>[15]</sup>。有些易制毒、易制爆危化品给社会安全和人民生命健康带来巨大安全隐患。具体到生物学实验教学中心,由于实验课程门数多、参与人次多、危化品种类多等特征,需要建立“流程化+闭环”管理方法,使危化品来源、过程、去向可查。具体做法包括:建立危化品仓库、五双管理、采购申报、出入库记录、用量记录、去向记录共 6 个过程管理,在管理中,保证两名危化品管理员专职专用,相互监督审查,做到账物相符。同时,每年接受校级、省级主管部门和市级公安部门的抽查。对在抽查中发现的不规范管理行为严肃通报,及时整改。若因管理疏忽造成重大安全事故,追究管理人员责任。

### 2.7 废弃物安全管理

废弃物处理也是实验室安全管理的重要环节之一,因此提出从清晰废弃物分类、明确废弃物处理人员职责和理清废弃物处理程序 3 个方面构建废弃物“流程化+闭环”管理方法。首先,对实验室废弃物分类,即废气、废液、废固物质,包括剧毒实验药品残留物、接触耗材、器皿等<sup>[16]</sup>。然后,明确废弃物处理人员职责,在处理废弃物过程中,要明确任课教师、实验室管理员和废弃物专职保管人员职责。最后,发布废弃物处理规范程序,由各实验室按规定设置废弃物收集区域,包括放置收集桶和四周张贴危险警戒线,随时分级、分类收集有害、有毒废液、废固。定期由实验室管理员交由废弃物收集专职人员在指定仓库存放保管,必须上锁,张贴危险警告牌、告示。对违反规定,随意倾倒废液、丢弃废固的当事人给予批评教育,追究当事人和责任人的相关责任。

### 2.8 实验室安全事故处理办法

实验室紧急安全事故主要包括火灾事故、爆

炸事故、灼伤或中毒事故、泄漏事故、丢失或被盜事故。针对每种类型的安全事故,根据严重程度制定专门的处理办法。如切断事故源头、采取紧急处理措施、送医治疗、疏散人群、报告安全责任人、拨打紧急救援电话等,尽量减少人员伤亡。

### 3 结束语

生物学实验教学中心实验室具有参与人数多、开放性强、实验课程类型兼具化学与生物交叉性等特点,构建其实验室安全“流程化+闭环”管理方法意义重大。本文通过提出总体闭环和独立模块闭环管理思路,对独立模块中涉及的关键要素给出细化的实施路径,为保障生物学实验教学中心实验室安全运行提供可行方案。通过反馈-改进机制,逐渐走向量化可行的评价路径。符合现在国家战略下,对生物实验中心实验室安全管理提出的高规格要求。

### 参考文献

- [1] 朱燕红,沈国际,邓海涛.基于BBS的实验室全周期消防安全教育模式探索[J].实验室研究与探索,2022,41(2):313-316.
- [2] 方瑾,谈国风,权力涛,等.“一式、两化、四推进”实验室安全教育体系的建设实践[J].实验室研究与探索,2021,40(1):293-299.
- [3] 陈黎艳.新冠肺炎疫情常态化背景下化学实验室的安全管理实践[J].实验室研究与探索,2022,41(8):318-320.
- [4] 赵宇骐,刘滢芳,林一凡,等.《中华人民共和国生物安全法》实施背景下我国生物技术和人类遗传资源的伦理问题[J].中国公共卫生,2024,40(3):389-392.
- [5] 宋志军,房升,蔡美强,等.高校实验室安全闭环管理的实现路径探索[J].实验技术与管理,2021,38(3):288-293.
- [6] 吕汝金,魏德强,刘建伟,等.依托国家级实验教学示范中心的创新创业教育新范式研究与实践[J].实验技术与管理,2021,38(8):20-24.
- [7] 龙燕,郭明雄,谢志雄.国家级生物学实验教学中心的信息化平台建设[J].高校生物学教学研究(电子版),2020,10(6):40-44.
- [8] 李冰洋,黄开胜,艾德生.世界一流大学实验室安全管理理念及清华大学实践[J].实验室研究与探索,2022,41(1):299-305.
- [9] 李款,孔翦.高校实验室安全管理体系中PI的责任[J].实验室研究与探索,2022,41(4):303-307.
- [10] 孟庆繁,孟令军,刘艳,等.生命科学实验室安全教学和管理的探索[J].实验室研究与探索,2020,39(3):283-285.
- [11] 王羽,张贺.GHS在高校危险化学品安全管理中的应用[J].实验室研究与探索,2020,39(4):289-292.
- [12] 孙也,刘宏菊,王海宁,等.第三方检查机制助力高校实验室安全管理[J].实验室技术与管理,2023,40(9):245-249.
- [13] 邴杰,宋宏涛,李森.基于深度学习的高校实验室安全教育课程体系的建构[J].实验室研究与探索,2021,40(11):286-290.
- [14] 陈亮,戴灵豪,关旻,等.高校实验室安全教育体系构建与实践[J].实验室研究与探索,2022,41(2):286-290.
- [15] 展宗红,李国栋,张志强,等.危化品实验室安全关键影响因素研究及布局优化[J].实验技术与管理,2021,38(5):261-266.
- [16] 冯之冲,张悦,庄英萍,等.融入绿色工程教育助力实验室“三废”无害化处理[J].实验室研究与探索,2021,40(3):301-304.

编辑 钟晓