

高校化学类实验室危险废弃物信息化管理探究

余孟玲¹, 蔡涵鹏²

(1. 成都理工大学 材料与化学化工学院, 成都 610059;

2. 电子科技大学 资源与环境学院, 成都 611731)

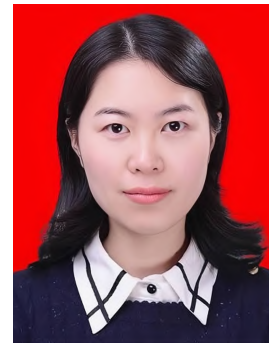
摘要:针对高校化学类实验室危险废弃物种类繁多、分类管理复杂及末端废液难以收集处理等问题,制定以处置方式为导向的分类收集方案与流程,以适应不同废弃物的处置需求。通过引入物联网、视频监控、二维码和智能终端等技术,对实验室废弃物从产生到收集、暂存、转运、处置的全过程进行信息化、可视化管理。结合大数据技术,对废弃物管理全过程的数据进行收集、存储、监控与分析,为预警、决策、发展和评估提供精准的数据支持。此管理方式增强了危险废弃物管理的决策力、洞察力和流程优化能力,同时提高了师生的环保意识,助力生态环境保护与可持续发展。

关键词:高校实验室;危险废弃物;信息化管理;分类处置

中图分类号:X92;O6;G642.0

文献标志码:A

文章编号:1006-7167(2025)04-0247-06



Exploration on Information-based Management of Hazardous Waste in Chemical Laboratories of Universities

YU Mengling¹, CAI Hanpeng²

(1. College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. School of Resources and Environment, University of Electronic Science and Technology of

China, Chengdu 611731, China)

Abstract: Faced with the challenges of diverse types of hazardous waste, complex classification management, and difficulties in collecting and processing terminal waste liquids in chemical laboratories at universities, a separate collection scheme and process method is designed based on disposal methods to meet different disposal requirements. By integrating technologies such as the Internet of Things (IoT), video surveillance, QR codes, and smart terminals, the entire lifecycle of hazardous waste, from generation, collection, temporary storage, transport, to final disposal, is managed with informatization and visualization. By using big data technology, the system collects, stores, monitors, and analyzes data throughout the entire hazardous waste management process. This provides precise support for early warnings, decision-making, development, and evaluation. This approach enhances the decision-making, insight, and process optimization capabilities of hazardous waste management, raises environmental awareness among teachers and students, and contributes to the protection of ecological health and sustainable development.

Key words: university laboratories; hazardous waste; information management; category handling

收稿日期:2024-08-31

基金项目:中国高等教育学会教育科学研究项目重点项目(23SYS0211);成都理工大学中青年骨干教师资助计划项目(10912-SJGG2023-06258)

作者简介:余孟玲(1990-),女,四川石棉人,博士生,实验师,现主要从事实验室安全管理和环境地球化学研究。

Tel.:15908184230; E-mail:yumengling15@cdut.edu.cn

0 引言

随着高校化学类实验室教学和科研活动的快速发展,危险废弃物的种类和数量逐年增加,尤其在新工科建设的背景下,实验室的开放时间和使用频率显著上升,进一步加剧了废弃物管理的复杂性。化学类实验室废弃物不仅种类繁多、污染源成分复杂,而且其产生时间和排放量不固定,增加了环境污染和安全管理难度^[1-2]。

虽然一些高校的科研实验室已探索出较为成熟的废弃物管理方法^[3-5],但国内大多数高校的危险废弃物管理仍面临信息化不足、流程不规范和环保意识淡薄等问题。现有的管理模式往往依赖人工处理和纸质记录,缺乏实时监控、数据追踪和全程可视化的支持,导致废弃物的分类、储存、处置等环节存在漏洞^[6]。我国部分高校和科研院所已开始尝试建设废液处理设备和处置系统,如扬州大学和浙江工业大学的废液处置系统^[7-9],但整体而言,信息化和科学化管理仍显不足,且尚未形成完善的废弃物全流程管理体系。

本文针对高校化学类实验室危险废弃物管理问题,探讨基于处置方式的分类收集与流程优化方案,将物联网、二维码技术与大数据分析相结合,以实现废弃物从产生到处置全过程的信息化、可视化和智能化管理,为推动高校实验室废弃物管理的现代化和可持续发展提供新的思路和实践路径。

1 高校实验室危险废弃物管理难点

我国高校在危险废弃物管理上遵循《危险废弃物贮存污染控制标准》(GB 18597—2023)及相关法规,从多个维度对废物的种类、产生量、流向、贮存和处置等进行管理。但高校实验室的危险废弃物种类繁多,处理费用高昂。目前,大多高校实验室危险废弃物管理面临的主要难点是缺乏信息化和科学化的管理手段,以及环保意识薄弱、管理举措不力,导致废弃物处理效率低、风险高。

(1) 信息化管理手段缺乏。在高校化学类实验室,危险废弃物的管理仍存在信息化和科学化不足的问题。尽管我国有相关法规要求,如《危险废弃物转移管理办法》要求使用危险废弃物电子转移联单;《危险废弃物规范化环境管理评估指标》要求强化信息化管理手段,覆盖实验室危险废弃物产生、收集、转运、贮存到处置的全过程。但许多实验室仍依赖传统的手工记录和人工监管方式,导致管理效率低下且存在安全隐患。传统管理模式缺乏实时数据追溯,废弃物的入库、分类、储存和处置难以被及时监控和更新^[10]。此外,实验室的废弃物管理信息分散,缺乏统一的信息平台,导致管理部门之间的协作效率低下^[11-12]。因此,高校化

学实验室亟须通过信息化手段提升管理效率,并推动危险废弃物的全过程管理和精细化管理,以降低风险、提高管理透明度和实验室安全性。

(2) 环保意识和举措不足。近年来,管理部门对危险废弃物的管理愈加重视,陆续出台了相关法律法规。高校也在积极加强实验室废弃物的管理,大多数院校已建立了集中回收处理的措施,并定期开展安全教育。然而,部分管理者在思想上有所行动,但在实践中落实不力,常以被动方式完成任务。随着新工科建设的推进,实验项目增多,实验室对外开放程度加深,废弃物的产生量、种类及危害性也随之上升。跨专业和跨校的自主创新实验增多,由于学生环保教育的差异,安全管理措施往往流于形式,缺乏明确规定,实施难度加大,随意倾倒和用流水冲洗仪器等现象时有发生^[13]。

作为危险废弃物的产生单位,高校在培养未来社会各行业的从业者时,应深入推广安全意识,把生态环保纳入教育目标。通过将实验室废弃物管理融入日常教学和科研,鼓励学生在实验中对无机废液进行有效处理和回收^[14-15],设计微型和小量实验,降低废液的危害,从源头减少废物产生,倡导绿色化学理念。通过切实措施,引导学生做好废弃物的分类和处理,节约药品,减少废液产生,从而将环保和安全意识深植于学生心中,影响其未来的工作和生活。

2 危险废弃物分类收集与处置方案

实验室对固态和液态废弃物的分类与收集是危险废弃物管理的重要环节。依据《国家危险废弃物名录》(2025版)和废物毒性等级,国内大部分高校化学实验室通常将实验室废物分为2大类:液态废物和固态废物。液态废物分为有机废液、无机废液,其中有机废液分为含卤素有机废液、其他有机废液,无机废液分为含氰废液、含汞废液、重金属废液、废酸、废碱、其他无机废液。固态废物分为废弃化学试剂、废弃包装物、废弃容器、其他固体废物。目前,高校在实验室废物管理工作中,考虑到管理理念、处理能力、设备投资和实验室布局等因素,通常委托有资质的第三方单位处理或建立校内处理系统。然而,按照上述标准收集和处置危险废弃物常常导致复杂性增加、分类困难,甚至出现误收或漏收废物等情况。因此,化学实验室的危险废弃物管理系统应以处理方式为导向,简化废物收集,以优化整个处理过程。

(1) 全部委托第三方处置。第三方危险废弃物处置单位依据《国家危险废弃物名录》对危险废弃物的分类,按废物的类别和特性采用焚烧或物理化学处理、稳定化、固化等方法处理后安全填埋。高校实验室产生的危险废弃物归类为HW49(其他废物),若由第三方单位统一

处置,则无须进一步细分。高校只需在遵守化学品存储禁忌和避免二次反应的前提下,根据危险废物的形态进行废液、废固分类收集,标明其危险性和主要危害成分。第三方处置的实验室危废的分类收集与处置方案见图1。此方式有效简化了危险废物收集流程,显著降低管理难度,同时提高了宣传、推广和执行效率。

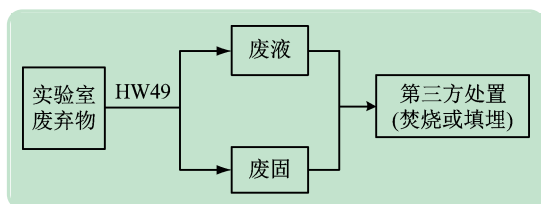


图1 委托第三方处置的分类收集与处置方案

(2) 自建校内废液中心。学校通过建立校内废液处理中心,依据处理中心的程序和能力设定废液收集方案,统一进行废液的转运和暂存,集中处理后达到《污水排放综合标准》后排放。对于无法处理的废液和处理后产生的泥饼,由第三方处理公司负责处置。废固则全部交由第三方公司处理。实验室危险废物的分类收集与处置方案如图2所示。以校内处理为主、校外处理为辅的废液处理模式,依托校内废液处理系统,已成为高校实验室废液管理的未来发展方向之一。该模式能有效解决废液处理难题,降低处理成本,提升实验室安全水平,同时为环境工程专业人才提供实践平台,具有显著的经济、社会和环境效益。

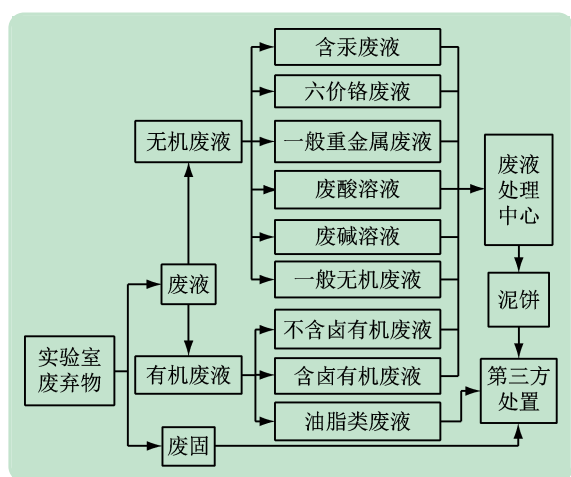


图2 自建废液中心的分类收集与处置方案

(3) 建立实验楼废液处理系统。根据《国家危险废物名录(2025版)》,经清洗的废弃实验用品和试剂包装不属于危险废物,未经清洗则需按危险废物处置。直接处置虽然便捷,但会提高学校处理成本,增加社会处理负担,违背无废城市和资源利用理念。实验室清洗液及低浓度废液常被忽视且难以收集,如全面收集会显著增加废液量和处理成本。建议将化学类实验室集中布局,在实验楼底楼安装废液处理系统,低浓

度废液自行处理,高浓度废液则委托有资质的第三方单位处置,以确保废水达标排放,无环境危害。日常管理中要求实验室清洗实验用品后进行无害化处理或回收,推动资源再利用。该方案减少废液收集、降低处理成本,为废水处理系统提供资金支持。同时鼓励实验室积极开展废液自处理技术与减量化实验方案研究,发挥高校教师科研特长,解决实验室内部废弃物管理问题中的关键问题。实验楼危险废弃物分类收集与处置方案如图3所示。

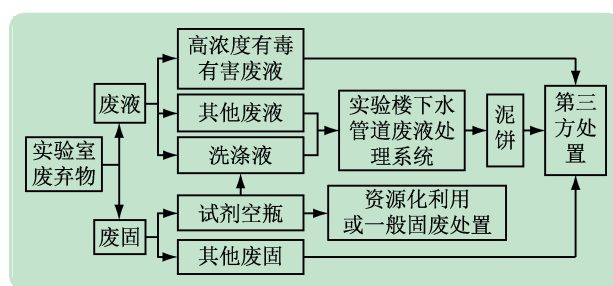


图3 实验楼危险废弃物的分类收集与处置方案

尽管实验室危险废弃物成分复杂且产生时间不固定,以处置方式为导向的分类管理能够显著降低废液收集的难度。采用该方案,可有效解决末端废液和低浓度废液的收集问题,在高校实际管理和工作中具有更明显的优势。建议学校在实验室规划与建设阶段提前部署,将化学实验室集中布局,独立设置实验室废液与生活用水的下水管道,并在实验楼集中处理废液。通过统一规划和集中处理,不仅可以简化废液收集流程、减少回收量,而且能更高效地落实废液回收管理措施。

3 高校化学类实验室危险废弃物管理系统构建

建立高校化学类实验室危险废弃物管理系统,是推动实验室管理规范化、安全化和环保化的关键措施。传统管理方式已无法满足日益严格的环境保护要求和现代实验室管理的需求。通过构建全面的信息化管理系统,可实现对废弃物产生、收集、暂存、转运到最终处置的全生命周期追踪与精细化管理,有效提升管理的透明度和安全性,确保废弃物全程可追溯,为实验室的可持续发展提供有力保障。

(1) 系统管理框架。学校化学类实验室危险废弃物管理系统由门户层、应用层、数据层和采集层4个层次组成,构建学校-学院-实验室的3级管理体系。通过视频监控、二维码、移动终端和在线监测多渠道采集数据,根据功能划分为7个管理系统:危废收集系统、电子联单管理系统、废液排放在线监测系统、危废管理实践系统、危废视频监控系统、危废管理预警系统

以及危废分析评估系统。各模块功能独立且优势互补,共同组成统一的危险废弃物管理框架(见图4),全

面提升管理的规范性与效率。

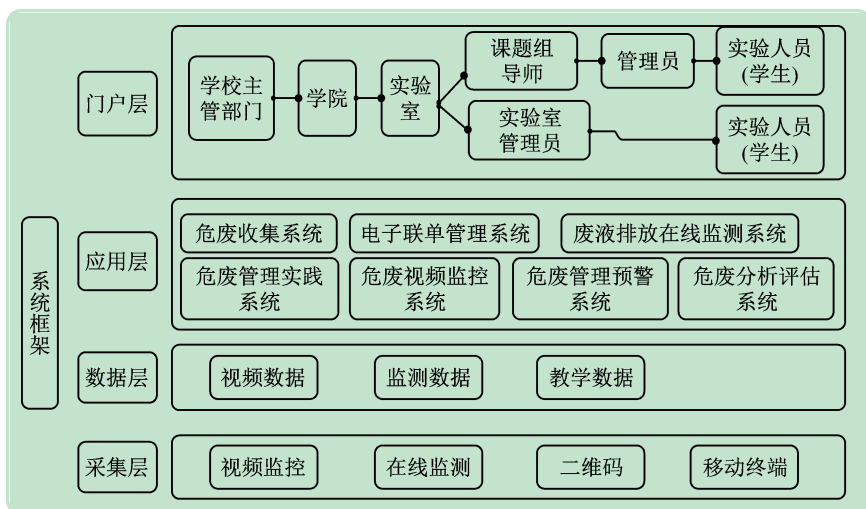


图4 学校化学类实验室危险废弃物管理系统框架

(2) 系统管理特色。学校化学实验室危废收集系统采用3级体系,包括实验方案理论估算、学生二维码记录和实际称重,构建理论与实际结合的废弃物管理模型。通过二维码实现“一废一档”可全过程追溯的信息化管理,提升废弃物量与种类的评估和管理水平。电子联单管理系统与国家危废管理系统对接,实现一键生成与倒推内部管理,可提升管理效率与信息化水平。废液排放在线监测系统实时监控排放指标,推动绿色环保发展,实现管理精确化与流程化。危废管理实践系统涵盖危废减量化设计与预处理,鼓励师生共同参与,通过实践发现问题并优化管理制度,将环保意识

融入教学与管理,真正做到外化于行、内化于心。危废视频监控、管理预警和分析评估系统加强危废的监督与优化,确保管理措施在各类实验室中切实执行,并通过持续升级完善,实现高效、科学的危废管理体系。

(3) 系统管理流程。学校化学类实验室危险废弃物管理系统通过对废弃物产生、收集、转运、暂存及处置全过程的系统化追踪与管理,解决化学品与危险废弃物管理的“最后一公里”问题。如图5所示,该系统覆盖从危险废弃物产生到最终处置的各个环节,确保操作全程可追溯,有效规避环境违法风险,助力实验室废弃物管理的规范化与精细化。

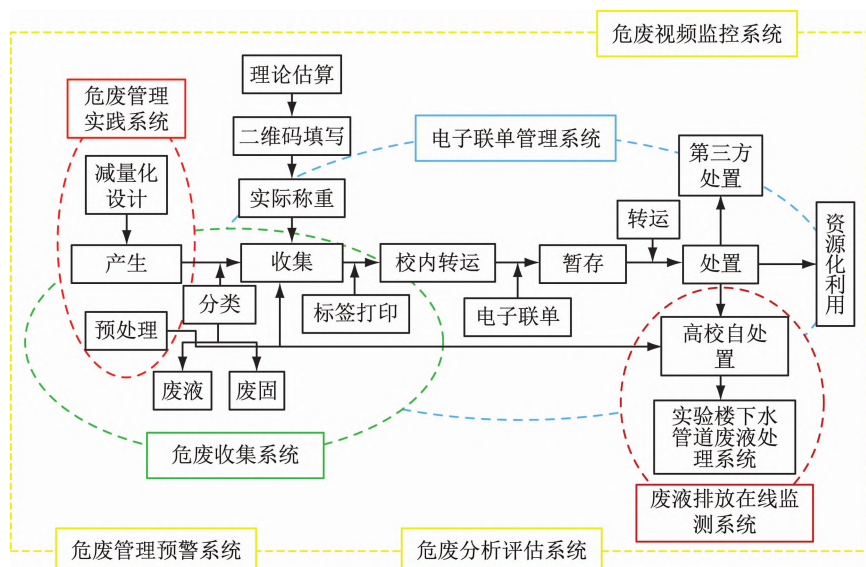


图5 学校化学类实验室危险废弃物管理系统流程

4 危险废弃物管理实施成效

学校危险废弃物管理通过构建系统化、信息化管

理体系取得显著成效,提升了规范性、智能化和教育引领作用,强化了实验室环保管理能力,并支持了可持续发展。

4.1 以处置方式为导向,建立精细化、规范化管理体系

如前所述,通过处置方式优化废弃物分类收集,学校化学实验室废弃物管理方案可归纳为3类,简洁易操作,特别是第3类处置方式有效解决末端废液的收集与处置问题。低浓度废液、洗涤液与生活废水分开,通过独立管道统一收集,并在实验楼集中处理。在排水口安装在线监测系统,对排放指标进行监控,不达标则及时预警,便于排查与处置,达标后排放,确保环境健康(见图6)。在日常收集中,高浓度废液与废固分类收集,并与生活垃圾分开,方便准确。通过二维码实时登记,提高管理评估效率;视频监控系统实现实时监督,对错收、乱收行为进行预警,加强监管效果(见图7)。

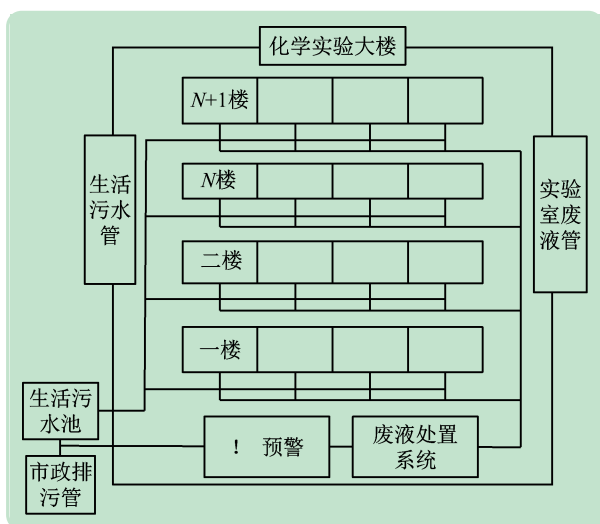


图6 实验室下水管道分布与废液处置示意图



图7 实验室危险废弃物分类收集示意图

4.2 以信息技术为依托,建成数字化、智能化管理系统

通过制定实验室危险废弃物分类收集方案和实施信息化管理系统,废弃物分类收集变得更加简便和彻底,数据实现可追溯,并用于分析评估。以学校教学实验室近4年分析化学实验废液收集为例(见图8),在

分析化学教学实验方案基本不变、教学班级数量一致的条件下,系统实施前的2020~2021年,废液收集量远低于理论估算值。2022年系统启用,采用了第三方处置的废液分类收集方案,由于实验室加强了废液收集管理并进行全面收集与登记,而且学生将低浓度洗涤液和轻度污染试剂废液全部纳入收集范围,废液收集量显著增加,实际收集量达到理论估算量的2倍,学校废液处置成本也显著增加。

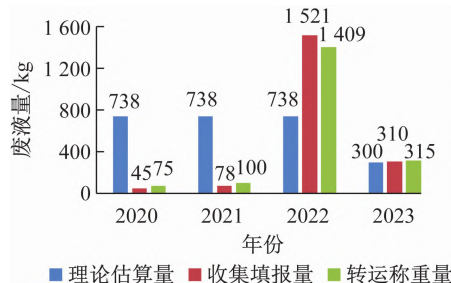


图8 2020~2023年分析化学实验室废液收集统计

2023年,分析化学实验室搬迁至新实验大楼,采用安装实验楼下水管道废液处理系统的实验室废液分类收集方案,专业教师和实验室管理老师根据实验方案对实验废液进行评估和重新计算,收集范围确定为污染较为严重、废液浓度较高的部分,因此理论估算量减半,结果发现废液收集量与理论估算量基本持平,但仍显著高于系统实施前的水平。

实施效果表明,采用第三方处置的废液分类收集方案可以有效地收集处置危险废弃物,防止环境污染,但是收集量较大,处置成本较高。采用在实验楼栋安装下水管道废液处理系统的收集方案,可以更精准地对学校实验室废弃物进行收集处置,既保护了环境,又节约了废弃物处置成本。

4.3 以教学科研为抓手,提高师生安全、环保意识

实验室废弃物的管理从师生的安全与环保意识入手,确保其既作为废弃物的生产者,也成为管理与践行的主体。结合学校特点,制定了符合实验室废弃物分类的标准与管理制度,明确不同化学实验项目的污染情况和处理方式,为师生提供规范指引;将环保理念融入教学与科研,通过调整实验项目、采用微量或半微量技术、引入虚拟仿真实验等方式,从源头减少废物产生;设立开放性课题,鼓励师生研究废弃物的减量、预处理与处置,深入理解国家标准和学校制度,并在实验中实践环保措施。这些举措可使师生从制度执行者转变为制度制定的参与者与实践者,切实提升实验室安全与环保意识,推动管理的有效开展。

5 结语

高校化学类危险废弃物管理面临信息化不足、环保意识薄弱和管理措施不当的挑战。本文提出了以处

置方式为导向的分类收集管理方案,简化了废弃物收集流程,提高了收集成效;应用物联网与大数据技术实现了全过程追踪与智能化管理,确保数据可追溯性与管理透明度;环保教育融入教学与科研,增强了师生的环保意识与责任感。结果表明,该管理模式显著提升了高校实验室废弃物管理的规范性、智能化水平,提高了实验室环保管理能力,为可持续发展提供支持。

参考文献(References):

- [1] 徐烜峰,王岩,吕明泉,等.高级氧化技术处理实验室废水的风险防控初探[J].实验室研究与探索,2021,40(9):300-303.
- [2] 余孟玲.高校实验室危险化学品信息化管理系统构建[J].实验室研究与探索,2022,41(5):164-169.
- [3] 苗豪梅,黄开胜,艾德生,等.高校实验室危险废物管理研究与实践[J].实验技术与管理,2022,39(10):208-212.
- [4] Housni H, Bendahhou K, Tahiri M. Compliance assessment of scientific research laboratories with legal requirements regarding the integrated management of chemicals and hazardous waste [J]. Chemistry Africa,2022,5(4):1167-1189.
- [5] 包容,饶艳,代明.北美大学实验室废弃物的分类与管理[J].实验技术与管理,2022,39(11):248-252.
- [6] 何艺,霍慧敏,蒋文博,等.中国危险废物管理的历史沿革——从“探索起步”到“全面提升”[J].环境工程学报,2021,15(12):3801-3810.
- [7] 苗时雨,毛振钢,刘锐平,等.实验室废液降危减量化处理工艺与工程案例[J].环境工程学报,2020,14(7):1944-1949.
- [8] 徐文,张键,李江,等.高校实验室废液处理工作规范的构建[J].实验技术与管理,2021,38(1):282-286.
- [9] 周骥平,张键,徐钟林,等.高校实验室环境污染治理的理论技术研究与思考[J].实验技术与管理,2021,38(7):267-272.
- [10] 傅志刚,潘蕾,王峥,等.浙江省高校实验室危险废弃物处置现状与对策研究[J].实验技术与管理,2022,39(9):241-245.
- [11] 张兆昆.基于物联网技术的危险废物安全管理系统初探[J].资源节约与环保,2017(11):108-110.
- [12] 王羽,宋阳,李兆阳,等.高校实验室危险废弃物暂存库建设与管理[J].实验技术与管理,2021,38(1):259-263.
- [13] 何森,赵明,杨金福,等.基于水质监测的高校危险化学品废液监控策略[J].实验室研究与探索,2021,40(12):297-300.
- [14] 陈坤,宫明慧,李锐,等.Fe-C微电解处理染料废水综合实验设计[J].实验室研究与探索,2023,42(4):183-187.
- [15] 马锋锋,牛雪妍.磁性膨润土对甲基橙的吸附特性研究[J].水处理技术,2023,49(8):71-76.
- [4] 孙华,舒燕.非遗保护政策对纺织手工艺的传承发展研究——评《中国纺织类非物质文化遗产概论》[J].毛纺科技,2023,51(4):133-134.
- [5] 郭平,张洁.中国非物质文化遗产研究2022年度报告[J].民间文化论坛,2023(3):92-101.
- [6] 黄永林.非遗传承主体和保护主体的责任与协同[J].民俗研究,2024(6):12-19.
- [7] 李文文.高校“非物质文化遗产传承人进课堂”的逻辑机理[J].北京联合大学学报(人文社会科学版),2024,22(4):116-124.
- [8] 陶晶雯.非遗传统技艺保护视角下高校图书馆文创产品开发构想[J].图书馆工作与研究,2021(4):87-91.
- [9] 赖文蕾,刘畅,陈晓宇,等.中国国家级纺织类非物质文化遗产名录整理[J].服饰导刊,2022,11(3):45-71.
- [10] 陆兴忍,高慧.纺织非遗汉绣的传承现状和创新性发展路径研究[J].丝绸,2024,61(2):19-30.
- [11] 梁莹莹,黎泓波,卢章辉,等.传统文化融入中学化学教学——“非遗印染技艺”的教学资源开发[J].化学教育(中英文),2023,44(3):92-99.
- [12] 朱绎霏,安建强.虚拟实验对学习效果的元分析[J].开放学习研究,2023,28(2):32-42.
- [13] 张慧琴,李中凯.近十年我国高校虚拟仿真实验教学研究发展述评[J].实验室研究与探索,2024,43(8):77-82.
- [14] 李平.推进虚拟现实技术应用提高高校教育教学质量[J].实验室研究与探索,2018,37(1):1-4.
- [15] 刘柳,杨兵,刘容,等.虚拟仿真实训系统的深度学习影响因素研究[J].现代教育技术,2024,34(7):113-122.
- [16] 常亮,刘慧君,孙学军,等.高校组织建设虚拟仿真实验教学项目的思考——以河北大学为例[J].实验技术与管理,2020,37(12):29-32.
- [17] 农春仕,孟国忠,周德群,等.“双一流”行业高校建设虚拟仿真实验教学项目的探究[J].实验技术与管理,2021,38(5):15-19.
- [18] 柳长峰,王睿,李琦.基于文献计量的虚拟仿真实教学研究现状和趋势分析[J].实验室研究与探索,2024,43(3):99-104.

(上接第235页)

· 名人名言 ·

科学的真理不应在古代圣人的蒙着灰尘的书上去找,而应该在实验中和以实验为基础的理论中去找。真正的哲学是写在那本经常在我们眼前打开着的最伟大的书里面的。这本书就是宇宙,就是自然本身,人们必须去读它。

——伽利略