

# 高校实验室危险废物全环节精细化管理

梁勇, 任佳, 朱国典, 刘永刚

(中国地质大学(北京) 实验室与设备管理处, 北京 100083)

**摘要:** 该文从政策法规与技术规范、实验室安全环保和高校生态文明教育三方面阐述实验室危险废物精细化管理的必要性。通过分析高校实验室危废物管理办法衔接度不强、专业化水平不高、危废物产出与治理投入均呈高增量趋势、处置效果不佳且复杂多样化等问题, 详细介绍某高校从危险废物源头精细化管理、实验室内部危险废物精细化管理、第三方专业化服务、学校危险废物贮存站管理、资质单位转运处置、危险废物处置绩效评估六个环节, 开展危险废物管理全环节专业化、流程化和标准化建设, 实现精细化管理责任体系、提升危险废物管理意识的目的。

**关键词:** 实验室危险废物; 专业化服务; 精细化管理; 源头减量化

中图分类号: X923; G647 文献标识码: A 文章编号: 1002-4956(2023)08-0227-06

## Entire process of fine management of hazardous waste in university laboratories

LIANG Yong, REN Jia, ZHU Guodian, LIU Yonggang

(Office of Laboratory and Equipment Management, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This paper expounds the necessity of fine management of hazardous waste in laboratories from three aspects: policies and regulations and technical specifications, laboratory safety and environmental protection, and ecological civilization education in colleges and universities. By analyzing the problems of poor connection of hazardous waste management methods in university laboratories, low level of specialization, high incremental trend of hazardous waste output and treatment input, poor disposal effect and complex diversification, this paper introduces in detail the six links of a university from the fine management of hazardous waste source, the fine management of hazardous waste inside the laboratory, the third-party professional service, the management of hazardous waste storage station in the school, the transfer and disposal of qualified units, and the performance evaluation of hazardous waste disposal, and carries out the professionalization, process and standardization construction of the whole link of hazardous waste management, so as to realize the purpose of refining the management responsibility system and improving the awareness of hazardous waste management.

**Key words:** laboratory hazardous waste; professional services; refined management; source reduction

危险废物污染防治是“十四五”期间环境保护工作的重点, 是环境保护和污染减排政策措施落实情况监督检查的重点内容。实验室产生的危险废物属于《国家危险废物名录(2021年版)》中的HW49类别<sup>[1]</sup>。高校实验室危废物管理涉及法规条文多, 分类收集专业性强、监管难度大, 是高校实验室安全环保工作主要风险点<sup>[2-3]</sup>。近年来, 国家及各级政府对高校实验室

废弃物的管理高度重视, 环保部门监管日趋细致严格, 对精细化管理提出了较高要求, 高校实验室危险废物规范化管理水平有待进一步提升<sup>[4-5]</sup>。

本文以中国地质大学(北京)相关实践为例, 在现有规范化管理的基础上, 探索将第三方收集转运贮存专业化服务有效融入学校实验室危险废物管理机制, 打通实验室危险废物全环节“最后一公里”, 实现

收稿日期: 2023-04-13 修改日期: 2023-04-26

基金项目: 中国地质大学(北京)2022实验技术教改项目(2022SYS001); 中国地质大学(北京)后勤开放研究项目(HQJT2022024)

作者简介: 梁勇(1978—), 男, 江苏盐城, 硕士, 处长, 主要研究方向为实验室与设备管理, Liangyong@cugb.edu.cn。

引文格式: 梁勇, 任佳, 朱国典, 等. 高校实验室危险废物全环节精细化管理[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(8): 227-232.

**Cite this article:** LIANG Y, REN J, ZHU G D, et al. Entire process of fine management of hazardous waste in university laboratories[J]. Experimental Technology and Management, 2023, 40(8): 227-232. (in Chinese)

全环节流程化、专业化和标准化,建立安全高效且操作性强的实验室危险废物精细化管理模式。

## 1 危废管理的必要性

### 1.1 政策法规及技术规范要求

我国对危险废物的管控措施日趋精细化和规范化。2020年修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》明确了固体废物污染防治坚持减量化、资源化和无害化的原则,规定了危险废物分级分类管理等内容<sup>[6]</sup>。《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》(HJ 1259—2022)要求产废单位要提出减少危险废物产生量和降低危险废物危害性措施的计划,明确改进管理措施等<sup>[7]</sup>。《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ 2025—2012)规定了危险废物收集、贮存、运输过程的技术要求,如配备专用工具、包装物和应急设备,并根据实际情况确定转运路线,尽量避开办公区和生活区等<sup>[8]</sup>。《实验室废弃化学品收集规范》(GB/T 31190—2014)给出了实验室废弃化学品分类表和实验过程中产生的废弃化学品分类表,并建议在合适位置明示<sup>[9]</sup>。新修订的《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597—2023)将于2023年7月实施,新标准规定了危险废物贮存设施的废水、废气等污染物排放控制要求和固体废物管理要求,并从应急预案管理、人员、装备、物资和预警响应等方面提出了危险废物贮存设施环境应急要求,例如设置应急照明系统等<sup>[10]</sup>。《危险废物转移管理办法》细化了从移出到接受各个环节的转移管理要求,强化危险废物转移环节的信息化管理,明确危险废物转移遵循就近原则,尽可能减少大规模、长距离运输<sup>[11]</sup>。《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276—2022)将危险废物贮存、处置场的警告图形符号由“骷髅”改为“枯树和鱼”,更为直观地传达“全面防范生态环境风险”的信息,使危险废物贮存和处置设施标志传递的信息更加科学<sup>[12]</sup>。《实验室废弃物存储装置技术规范》(GB/T 41962—2022)规范了室内与室外实验室废弃物存储装置的柜(箱)体、防泄漏系统、通风净化系统技术要求<sup>[13]</sup>。2021年5月国务院办公厅印发的《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知》(国办函〔2021〕47号)指出,推动收集、转运、贮存工作专业化,对小微企业、科研机构、学校等产生的危险废物开展有偿收集转运服务,鼓励在有条件的高校开展实验室危险废物分类收集和预处理示范项目建设<sup>[14]</sup>。2022年2月生态环境部印发的《关于开展小微企业危险废物收集试点的通知》,再次明确将科研机构和学校实验室等社会源纳入小微企业监管和试点范围。2018年国务院印发了《“无废城市”建设试点工作方案》(国办发〔2018〕128号),要求大力推进源头减量、资源

化利用和无害化处置,筑牢危险废物源头防线,夯实危险废物全生命周期管理的基础,预防二次污染,全过程防控环境风险<sup>[15]</sup>。这对实验室危险废物的规范化管理提出了更高要求。

### 1.2 高校安全管理的重要内容

实验室化学废弃物处置管理是高校实验室安全和环保工作的重要内容,直接关系到校园及其周边环境安全<sup>[16-17]</sup>。教育部办公厅发布的《关于开展加强高校实验室安全专项行动的通知》(教科信厅函〔2021〕38号),要求进一步做好高校实验室安全工作,切实盯紧安全薄弱环节,补齐安全管理短板,坚决防范遏制安全事故发生。教育部办公厅印发的《高等学校实验室安全规范》(教科信厅函〔2023〕5号),规定学校应建有化学实验废物贮存站与化学实验危废管理制度,对化学实验废物集中定点存放,按要求制定实验危废管理计划并报生态环境部门备案,委托有相应危险废物经营许可证的单位,对实验危险废物进行清运、处置。

### 1.3 高校立德树人的重要举措

根据生态环境部调查报告,公民在生态环境行为领域中是“高认知、低践行”的状态<sup>[18]</sup>,大学生生态文明素质水平的提升是当前生态文明教育的重点<sup>[19-20]</sup>。高校把生态文明教育融入日常学生教育管理是当前的主要任务之一,通过加强高校实验室危险废物管理工作,建立大学生科学的生态价值观念,营造环保氛围,对建设美丽中国、实现“双碳”目标具有重要意义,是高校全面落实立德树人根本任务的重要举措<sup>[21-22]</sup>。

## 2 危废管理存在的问题

### 2.1 危废物产出种类复杂多样化

高校实验室以教学、科研为主。教学类实验室负责人一般为实验师,开展的实验基本固定,其产生的危险废物种类相对单一、总量基本不变。科研类实验管理相对较为复杂。首先,科研类实验室人数众多且课题组实验内容不断变化,所需实验原材料及生成的废弃物不尽相同,因此科研类实验室危险废物产生量大、种类多<sup>[23]</sup>。其次,一般的化学试剂成本较低,科研实验室对节约化学试剂的动力不大,并有重复购买现象。但危险废物处理费用是购买费用的2~3倍<sup>[24]</sup>,废液处置费用甚至能达到数十倍。

### 2.2 危废物产出与治理投入均呈高增量趋势

“十四五”规划提出,社会研发经费投入年均增长要大于7%,基础研究经费投入占研发经费投入比重提高到8%,高校实验室危险废物产生量随着社会研发经费的增加和危废管理的严格化呈明显上升趋势<sup>[25]</sup>。

根据政采服务信息平台招标信息,“双一流”建设

高校危险废物无害化处置技术服务费用多在百万元级别, 部分高校达数千万元, 其他高校危险废物无害化处置技术服务费用一般在百万元以内。我国普通高等学校超过 3 000 所<sup>[23]</sup>, 粗略估算全国高校实验室危险废物无害化处置技术服务费高达数亿甚至数十亿元。

### 2.3 衔接度不强

多数高校制定了实验室危险废物管理办法等指导性文件, 但只是在宏观层面对分类、收集、贮存、运输、处置等环节提出要求, 缺乏具体的实施细则。实验室危险废物管理文件的内容有限、覆盖面单一且存在相关规定不明确、可操作性不强等问题, 与危险废物精细化管理要求衔接度不强, 与现行危险废物标准和管理要求还存在一定的差距。科研项目负责人及实验人员普遍只关注于自身科研进程, 对实验室危险废物处置不重视, 缺乏生态环境保护与责任意识, 将危废随意倒入下水道、随意堆放、不分类收集、与生活垃圾混放等情况时有发生。最后, 科研实验室负责内部管理的学生每年均会随着毕业等情况更换, 所以科研类实验室管理起来更加复杂困难。

### 2.4 专业化水平不高

实验室危险废物的分类、收集和运输在安全性、专业性方面有较高要求。例如: 美国斯坦福大学学校环境健康安全(EHS)部门负责危废的点对点专业化收集<sup>[26]</sup>; 日本高校授权专业机构评估实验室危废管理的流程和方法<sup>[27]</sup>; 我国台湾和香港地区高校遴选第三方机构管理实验室危废。然而, 国内高校实验室危险废物管理的规范化和专业化仍待提高, 如实验室内危废暂存区位置距离烘箱等热源较近、危险废物标签粘

贴不及时、暂存及贮存环节缺少污染控制措施、危险废物与非危险废物界定不清晰等。此外, 部分高校实验室危险废物收集、转运由实验室师生或者校内管理部门完成, 由于未经过专业培训、无专业运输工具、没有配备防护用品, 收集和转运环节存在较大安全隐患和环境污染风险。

实验室危险废物在转运处置运输时, 必须使用危险品车辆运输, 但部分高校地处中心城区, 危险品车辆进入城区较为困难。同时, 由于产废单位贮存空间有限、运输单位能力不足、处置单位地域分配不均衡, 导致部分实验室危险废物积压严重, 产生了一定的安全及环境风险。

### 2.5 处理效果不佳

目前, 高校将实验室产生的危险废物收集后交给资质单位处理, 实验室危险废物的最终处置办法一般为焚烧, 减量化和资源化措施存在局限性。部分高校尝试建立校内处理装置, 但是该类装置无标准可循, 无环评等行政许可手续或权威部门鉴定证书, 大多只能按教学实训装置进行管理, 前期投入与后期运行维护成本较高。

## 3 危废管理实践

### 3.1 细化责任管理体系

我校构建学校、学院、实验室三级联动责任体系, 在学校实验室安全工作领导小组指导下开展工作, 明确了实验室与设备管理处作为领导小组办公室负责统筹协调与监督管理, 其他小组成员单位在职责范围内支持配合, 教学科研等二级单位及实验室负责落实(图 1)。

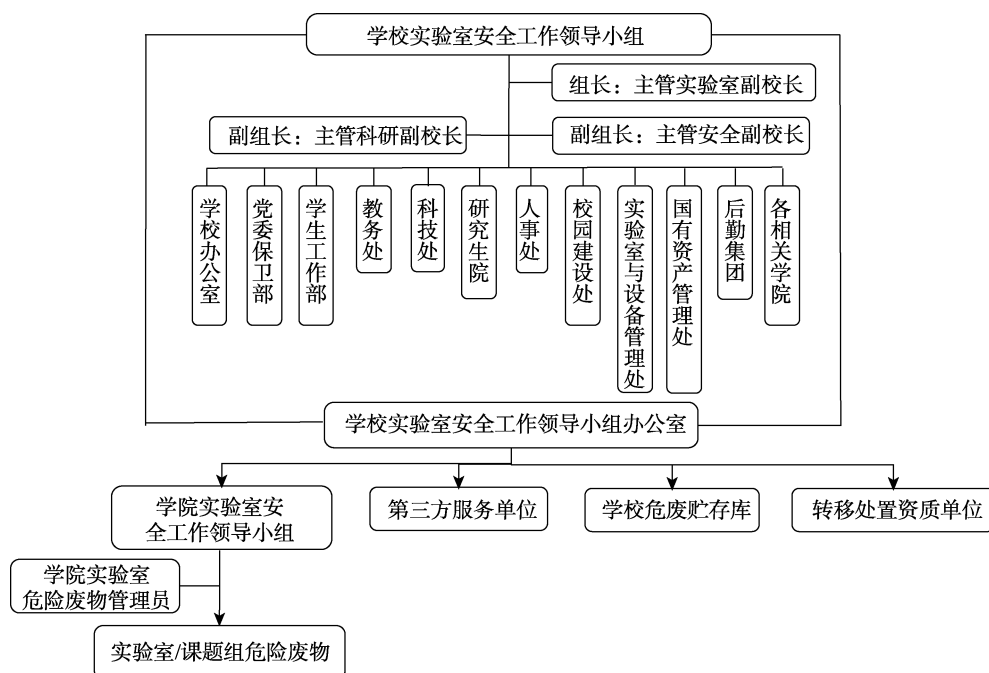


图 1 实验室安全管理体系结构

学校制定了危险化学品、危险废弃物环境突发事件应急预案与危险废物年度管理计划，并上传至固体废物综合管理系统管理备案，定期开展危险废物安全管理培训和环境应急演练，完善实验室安全管理细则与危险废物处置制度，规定和细化实验室危险废物的产生、收集、分类、运输、检查等细节，多层次全环节明确三级责任划分和落实内容。

### 3.2 提升危废管理意识

我校采取多种教育形式培养师生环保意识和规范危废管理行为。一是每年组织实验室技术人员参加危废规范化管理专项培训，重点培训法规、地标及学校制度，提升实验室技术人员的专业化管理能力。二是从“源头”提升实验人员危废规范化管理的意识和素养，将实验室危险废物处置规范要求融入实验室安全准入培

训与考核，在实验人员掌握实验室危废暂存区设置、危废分类和收集等要求后，方可进入实验室。三是寓教于乐，在实验室安全文化月活动中以游戏打卡的方式，组织危废分类和应急处置实践活动，提升实验人员的实操能力。四是在实验室课程中引入生态文明教育，通过国内外环境污染案例分享使实验室人员认识到危废规范化管理的意义。五是利用学校网站、微信公众号，开设危废规范化管理小课堂，宣传营造环保氛围，增强广大师生的环保意识，传播生态文明理念。

### 3.3 推动精细流程管理

实验室危险废物管理包括分类、投放、暂存、转运、贮存、利用处置等工作，具体分为6个环节(图2)。学校每年年初制定危险废物管理计划以及专项经费预算，实现危险废物的精细化管理。

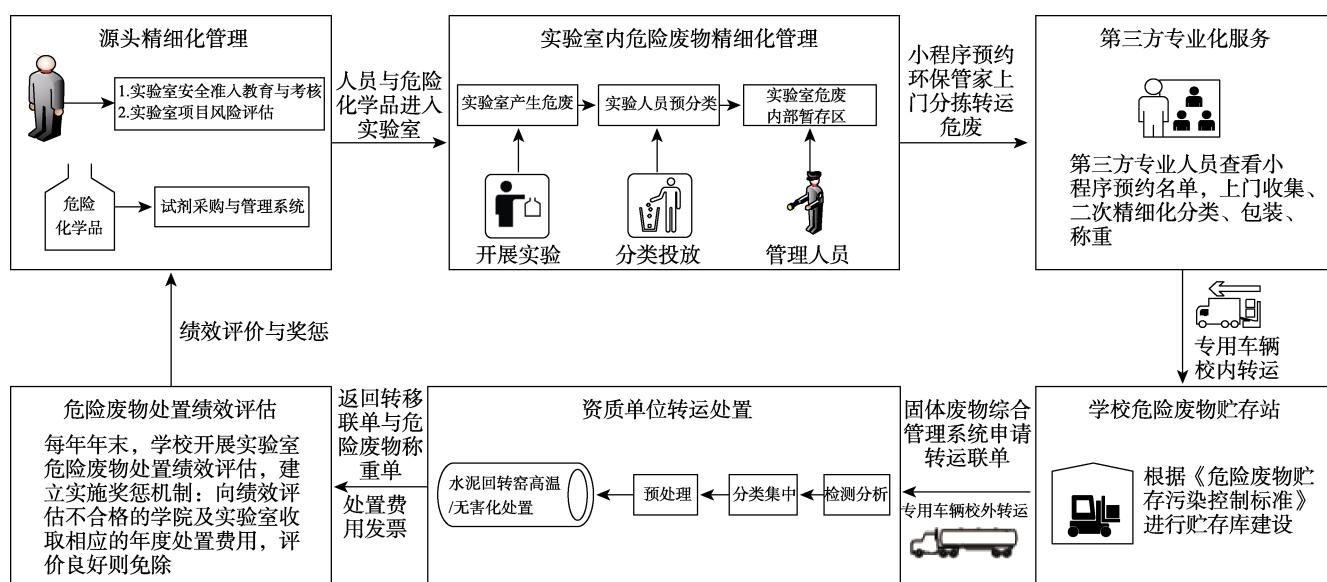


图2 全环节精细化管理流程

#### 3.3.1 源头管理精细化

实验室人员在开展实验前必须完成准入教育与实验室项目安全风险评估；准入教育将实验室危险废物规范管理要求作为重要培训和考核内容；实验室项目安全风险评估要求列出使用危险化学品的名称和用量，实验处可提前对实验室内所有实验项目涉及的危险化学品进行统筹，按需采购。

在实验室安全检查及危废处置过程中发现，实验室内化学试剂重复采购，导致实验室存放大量废旧化学试剂。学校通过建立实验室试剂采购与管理系统，一方面学校及学院可对危险化学品进行审核，查看化学品当前存量，把控采购量；另一方面实验室依托该系统，可设置专人采购管理化学品，同时可实时查看实验室内化学品的存储和使用情况，杜绝了药品重复购买情况<sup>[28]</sup>。依托该系统已形成了全校实验室化学试

剂全周期动态台账。

#### 3.3.2 内部管理精细化

我校按照北京市地标《实验室危险废物污染防治技术范》(DB11/T 1368—2016)要求在实验室设置了危废暂存区，但存在将纸箱、塑料盒等未沾染危险化学品的普通垃圾投放危废暂存区现象，一定程度上增加了危废产量与处置费用。在法规及地标的指导下，我校借鉴国内外实验室废弃物分类办法<sup>[29]</sup>，结合我校实验室危险废物性质和种类进一步细化实验室废弃物分类要求，制订《实验室危险废物收集分类表》。该表张贴在实验室危废暂存区，实验人员根据该表对危险废物进行预分类和投放，使用效果良好。

学院危废管理人员及实验室安全员对暂存区收集容器和防溢容器密封、破损、泄漏情况，标签粘贴及投放登记表填写情况，以及贮存期限等进行定期检查。

### 3.3.3 购买第三方专业化服务

学校将“环保管家”融入实验室危废管理, 实现危险废物转移前的减危化、减量化。第一, 根据各实验室产废情况, 制定了第三方公司每周 2 次进校开展分拣及内部转运服务, 并根据运输道路人流情况设定分拣最优路线; 同时为实现服务的精准化和流程化, 通过微信小程序预约机制实现点对点上门服务, 提高第三方服务的安全性、高效行、便捷性。第二, 学校结合“环保管家”分拣收集要求, 制定张贴《实验室危险废物收集分类表》至每间实验室危险废物暂存区, 实验人员在投放时按照该表进行预分类, 提高“环保管家”分拣收集效率。第三, 要求“环保管家”对实验室危险废物进行二次精细化分类收集、包装、张贴危废信息标签, 对包装后的危废进行称重和记录, 使用专业运输工具运送至危险废物贮存站, 并严格按照贮存库分区分类摆放; 同时在日常服务过程中, 按照学校要求监督和指导实验室内部危险废物的管理工作。每年年末, 学校组织相关学院及实验室与“环保管家”开展座谈, 会上对环保管家提出建议并对其服务进行评价打分, 督促其持续优化服务。

目前, 学校已实现实验室内部危险废物暂存区规范化设置和周产周清, 并建立了全校实验室危险废物精细化管理台账, 该台账有学院、实验室、危废成分、质量、处置费用、科研项目负责人等重要信息, 为实验室管理及制定实施奖惩机制提供了重要支撑。

### 3.3.4 建设危险废物贮存站

学校在调研全校实验室危险废物产量与特性后建设了危险废物贮存站, 用于中转实验危险废物, 贮存站面积 37.8 m<sup>2</sup>、贮存上限约 2 t, 由学校直管。学校危险废物贮存站遵照《危险废物贮存污染控制标准 (GB 18597—2023)》建设。

设置废试剂、废液、空瓶及沾染物三个区域并设置隔离措施, 依托实验室危险废物精细化管理台账, 合理划分面积。按照贮存过程污染控制要求, 在贮存库内张贴环境管理、管理人员岗位职责、设施运行操作、人员岗位培训等制度; 同时张贴危险废物贮存场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志等。改造优化温湿度和 VOC 监测系统、通风过滤系统、气体探测报警系统、视频监控系统。安装防渗漏托盘、应急自动灭火装置、人体静电消除装置、防爆电箱、应急照明灯、泄漏应急车等硬件设施, 定期对通风过滤系统的尾气进行检测和更换活性炭滤芯, 同时记录更换时间和使用量。

学校建立危险废物管理台账, 定期排查危险废物的贮存状况, 开展隐患排查和整改等, 每年度对危险废物贮存站进行环境及安全评价, 保证贮存库规范、

安全、稳定运行。

### 3.3.5 启用资质单位转运处置

根据北京市公布的《危险废物经营许可证》单位一览表<sup>[30]</sup>, 学校通过公开招标的方式与资质单位签订服务合同。学校依托实验室危险废物精细化管理台账, 分析危险废物产量规律, 前置联系资质单位转移贮存库内危险废物, 并在固体废物综合管理系统管理上申请危险废物转移联单交于资质单位, 资质单位在转移处置后将联单及称重单返回学校存档。

### 3.3.6 评估危险废物处置绩效

依托全校实验室危险废物精细化管理台账, 开展实验室危险废物处置绩效评估, 建立奖惩机制。我校危险废物处置绩效评估从实验室危险废物处置责任体系、实验室危废暂存区设置、预约申报与预处理、投放登记与源头分类、危废成分信息标签与防遗撒措施、应急处置 6 个方面开展。这些评估内容既强调了责任体系和制度的落实, 又注重源头管理和节约增效, 要求精细化管理。同时设置安全事故一票否决项, 加强处置绩效评估。

每年年末, 学校统一组织开展实验室危险废物处置绩效评价与奖惩, 并学校将危险废弃物质量和处置费用清单下发给学院。学校根据绩效评估情况, 约谈处置费用较高、实验室安全管理差的学院及实验室; 通报违反学校危废管理或其他安全管理制度且拒不整改的实验室, 并在年末收取该实验室全年危险废弃物处置费用; 对于违反规定并造成安全事故的实验室, 按《实验室安全责任追究与奖惩暂行规定》处理。例如, 我校化学类实验室曾发生废液桶发热, 桶盖进出事件。对该事件处置为: 一是在全校通报, 实验室封停整改 1 个月, 启用前须通过学院、学校评估; 二是学校实验室安全领导小组约谈该学院主要领导责任人; 三是该学院全体师生参加实验室危险废物专项培训; 四是对该实验室再次开展准入教育培训与实验项目风险评估; 五是扣除实验室责任教师部分激励津贴, 暂停其一年评奖评优、专业技术职务晋升等资格。对于绩效评价良好的学院及实验室, 免除当年度危险废物处置费用, 并发放实验服、急救包等。

## 4 结语

本文从 5 方面探索了高校实验室危险废物全环节精细化管理: ①规范化, 梳理细化各级管理责任, 明确其职责和目标; ②流程化, 利用信息化手段改进和优化危险废物处置流程, 提高全环节效率; ③标准化, 全面掌握学校实验室危险废物的成分、类别、特性, 以及重点产废学院、楼宇、实验室分布情况, 并根据第三方收集转运贮存专业化服务及处置单位要求, 制

订适合的危险废物分类标准；④专业化，通过第三方收集转运贮存专业化服务，完善学校实验室危险废物管理机制，打通实验室危险废物全环节“最后一公里”，实现全环节专业化；⑤精细化，开展危险废物处置绩效评估，将危废危险废物处置绩效评估结果反馈至源头，合理应用到实验室安全管理和评优奖励中，实现全环节精细化管理。

### 参考文献 (References)

- [1] 生态环境部, 国家发展和改革委员会, 公安部, 等. 国家危险废物名录(2021年版)(部令第15号)[Z]. 2020-11-25.
- [2] 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.
- [3] 张爱良, 张兆和, 王晓强, 等. 利用清单加强高校实验室废物管理的实践探索[J]. 广东化工, 2022, 49(10): 221-222, 215.
- [4] 夏会玲. 高校实验室危险废弃物科学收集与管理的探索与思考[J]. 广州化工, 2022, 50(11): 237-239.
- [5] 汤营茂, 曾令兴, 钱庆荣, 等. 高校实验室危险废物精细化管理[J]. 实验室科学, 2020, 23(6): 199-201, 205.
- [6] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法[J]. 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会公报, 2020(2): 414-430.
- [7] 生态环境部固体废物与化学品司, 生态环境部法规与标准司. 危险废物管理计划和管理台账制定技术导则: HJ 1259—2022[S]. 北京: 中国环境出版社, 2022.
- [8] 环境保护部科技标准司. 危险废物收集、贮存、运输技术规范: HJ 2025—2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [9] 全国废气化学品处置标准化技术委员会. 实验室废弃化学品收集技术规范: GB/T 31190—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [10] 生态环境部固体废物与化学品司负责人就《危险废物贮存污染控制标准》答记者问[J]. 资源再生, 2023(1): 48-49.
- [11] 生态环境部, 公安部, 交通运输部. 危险废物转移管理办法[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(7): 45-49.
- [12] 生态环境部固体废物与化学品司, 法规与标准司. 危险废物识别标志设置技术规范: HJ 1276—2022[S]. 北京: 中国环境出版社, 2022.
- [13] 全国废气化学品处置标准化技术委员会. 实验室废弃物存储装置技术规范: GB/T 41962—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [14] 国务院办公厅. 关于印发强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知(国办函〔2021〕47号)[Z]. 2021-05-11.
- [15] 国务院办公厅. 关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019(4): 5-11.
- [16] 沈通. 高校“绿色校园”管理与运行研究初探: 评《绿色校园管理模式与运行机制研究》[J]. 环境工程, 2021, 39(6): 208.
- [17] 刘雪蕾, 吕明泉, 潘锋. 北京大学实验室危险化学废弃物暂存研究[J]. 大学化学, 2020, 35(2): 75-81.
- [18] 晏丽华. 新时代大学生生态伦理教育实践路径研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2022.
- [19] 王逢博. 基于“美丽中国”理念的高校生态文明教育[J]. 学校党建与思想教育, 2020(4): 79-80.
- [20] 侯利军, 付书朋. 高校生态文明教育研究[J]. 学校党建与思想教育, 2019(14): 62-64.
- [21] 张世英. 新时代下大学生生态意识培养路径探析[J]. 教育教学论坛, 2020(45): 84-87.
- [22] 王威. 高校化学实验教学实践中的环保策略[J]. 环境工程, 2023, 41(1): 293.
- [23] 张静, 胡晓娇, 张生萍, 等. 高等学校实验室危险废弃物处置研究进展[J]. 广东化工, 2022, 49(22): 140-141, 124.
- [24] 吕陈燕, NOEL N, 陈全. 美国高校实验室废弃物安全管理浅析[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(2): 192-196.
- [25] 李丹阳, 董庆银, 谭全银. 北京市实验室危险废物产生量预测及管理机制建设建议[J]. 环境工程学报, 2022, 16(11): 3835-3844.
- [26] 彭实, 邢晓星, 吴良莉. 美国一些高校实验室废弃物管理概况[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(5): 151-152, 162.
- [27] 蓝蔚青, 谢晶, 陈江华, 等. 日本高校实验室建设与管理工作的启示[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(8): 255-258.
- [28] 任佳, 朱国典, 刘永刚, 等. 高校实验室安全综合管理信息系统的开发与应用[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(11): 303-307.
- [29] 汪芳, 叶恭银. 西悉尼大学生化类实验室安全管理调研与思考[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(10): 149-151, 158.
- [30] 北京市生态环境局. 北京市持有《危险废物经营许可证》单位一览表[Z/OL]. (2023-03-21)[2023-04-11]. <http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzwg/wrygl/21235096/index.html>.

(编辑: 孙浩)