

# 实验室危险废物环境管理存在的问题和对策

荆涛<sup>1</sup>, 陆娅静<sup>1</sup>, 李瑞娜<sup>1</sup>, 刘全谔<sup>2</sup>, 李博文<sup>3\*</sup>

(1. 甘肃省固体废物与化学品中心, 甘肃 兰州 730000;

(2. 甘肃省生态环境科学设计研究院 甘肃 兰州 730000;

(3. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 实验室危险废物是指具有危险特性的实验室废弃物, 包括无机废液、有机废液、废弃化学试剂, 以及含有或直接沾染危险废物的实验室检测样品、废弃包装物、废弃容器、清洗杂物和过滤介质等。实验室危险废物具有毒性、易燃性、腐蚀性、传染性等特性, 能够通过不同途径污染环境, 进而影响人体健康。实验室危险废物管理是确保实验室安全运行的关键环节。文章总结了现阶段国内实验室危险废物管理存在的问题, 并对其原因进行了深入分析, 提出了实验室危险废物管理对策及利用处置建议, 旨在提高实验室危险废物的管理效率和安全性, 降低对环境和人体健康的潜在威胁, 同时提升我国实验室危险废物管理的整体水平。

**关键词:** 实验室; 危险废物; 环境管理; 环境保护

中图分类号: X3

文献标志码: A

文章编号: 1008-4800(2025)14-0066-04

DOI: 10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2025.14.018

## Problems and countermeasures in environmental management of laboratory hazardous waste

JING Tao<sup>1</sup>, LU Yajing<sup>1</sup>, LI Ruina<sup>1</sup>, LIU Quanyang<sup>2</sup>, LI Bowen<sup>3\*</sup>

(1. Gansu Solid Waste and Chemicals Center, Lanzhou 730000, China;

2. Gansu Institute of Ecological and Environmental Science Design, Lanzhou 730000, China;

3. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Laboratory hazardous waste refers to laboratory waste with hazardous characteristics, including inorganic waste liquid, organic waste liquid, waste chemical reagents, laboratory testing samples containing or directly contaminated with hazardous waste, waste packaging, waste containers, cleaning debris and filtration media. Laboratory hazardous waste has the characteristics of toxicity, flammability, corrosiveness, infectivity and so on, which can pollute the environment through different ways, and then affect human health. Laboratory hazardous waste management is the key link to ensure the safe operation of laboratory. This paper summarized the existing problems of laboratory hazardous waste management in China at the present stage, analyzed the causes in depth, and put forward countermeasures for laboratory hazardous waste management and suggestions on utilization and disposal, aiming at improving the management efficiency and safety of laboratory hazardous waste, reducing the potential threat to the environment and human health, and improving the overall level of laboratory hazardous waste management in China.

**Keywords:** laboratory; hazardous waste; environmental management; environmental protection

## 0 引言

实验室危废是由各类化学试剂、溶剂、固体废弃物以及实验过程中产生的有毒有害气体等构成的高危险性废物, 主要包括固废、废液、废气三种类型。若未经严格处理, 会对人体健康和生态环境造成严重影响<sup>[1]</sup>。例如, 实验室危废中含有的有毒有害、腐蚀性物质, 会刺激人体并造成危害, 严重时可能致癌或损伤器官。同时, 这些有害物质还会通过多种途径污染环境, 对生态系统产生破坏<sup>[2]</sup>。目前, 学术界对于研究型实验室危险废物管理的研究尚不够深入。该类实验室所涉及的部分危险化学品及其产生的危险废物存在一定风险, 如含卤素、含氰的有机废液, 以及含酸、碱等具有腐蚀性的无机废液等, 对实验人员安全和环境

均构成一定威胁<sup>[3]</sup>。

针对上述情况, 本文将剖析现阶段我国实验室危险废物管理存在的问题, 探究其成因, 并提出实验室危险废物管理对策以及危险废物利用处置建议。此项工作能够为完善我国实验室危险废物管理体系提供策略支持。

## 1 现阶段实验室废物管理存在的问题及原因分析

### 1.1 相关法律法规标准不健全

在国家相关法律法规及规范中, 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》首次提出, 各级各类实验室及其设立单位应当加强实验室固体废物管理; 若

属于危险废物,则应当按照危险废物管理的要求进行处理<sup>[4]</sup>。《国家危险废物名录》明确指出,研究、开发和教学活动中,化学和生物实验室产生的废物属于900-047-49类危险废物<sup>[5]</sup>。这些规定对实验室危险废物管理提出了总体要求。然而,目前尚无专门针对实验室废物具体管理方面的法规、条例或规范性文件,缺乏针对性的管理措施要求,这使得相关规定在落实过程中存在一定困难。与此同时,全国仅有北京、四川等少数省市出台了有关实验室危险废物污染防治的技术规范<sup>[6]</sup>。法律法规的不健全,导致实验室危险废物管理缺乏标准化、规范化的管理要求,进而影响了实验室危险废物从源头分类、暂存、转移到利用处置全流程工作的有序开展。

## 1.2 责任主体落实不到位

近年来,随着危险废物规范化环境管理评估工作的持续推进,全国实验室危险废物环境管理水平有了显著提升。但在管理职责方面,仍存在不明晰的情况,出现了“多头管理,又无人管理”的现象<sup>[7]</sup>。目前,部分实验室未设立专职或兼职岗位负责危险废物管理工作。即便有兼职人员,他们往往缺乏危险废物管理的相关知识,且人员流动性较大<sup>[8]</sup>。此外,管理部门不明确、不独立也给管理工作的实施带来了困扰。例如,有些单位涉及办公室、实验室管理处、资产管理处、保卫处、后勤处等多个部门,存在责权空白区,流程繁琐,导致管理工作难以切实落实到位<sup>[9]</sup>。

再者,管理制度制定不完善、执行不力,也是现阶段实验室危险废物全过程管理的突出问题。部分实验室缺少实验室危险废物分类收集细则,且各实验室分类原则不一致,缺乏统一标准。多数实验室对危险废物的分类较为笼统,大致按照固态、液态两大类进行分类,却未考虑废物成分,存在安全风险。另外,部分实验室仍未制定突发环境事件应急预案或危险废物事故现场处置方案;有危险废物事故风险的区域缺少警示标识、必要的事事故防范措施以及应急抢险物资等。这些问题都会加剧事故发生时的安全风险。不规范的管理细节也屡见不鲜,如危险废物储存场所不规范、储存危险废物的容器混杂、用铁质容器储存酸碱等腐蚀性废液、危险废物标签填写内容错误等。这些问题不仅存在安全隐患,还增加了危险废物管理与处置的时间和资金成本。

## 1.3 污染防治设施先天不足

实验室建设应当依法进行环境影响评价,并遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定。但目前实验室建设环境影响评价手续的执行率较低(部分实验室建设在《环境影响评价法》颁布之前)<sup>[10]</sup>。因此,部分实

验室危险废物收集、暂存等污染防治设施并未与实验室同步建设。通常情况下,高校及科研院所在建设实验室时,仅针对实验室的仪器设备、操作台、水电、通风等条件提出要求,对于实验室可能造成的污染,一般未采取相应的处置措施<sup>[11]</sup>。大多数实验室没有规划设置符合要求的危废暂存库,后期增设的危险废物暂存设施多由其他用途的建筑物改建而成,无法完全满足要求。污染防治设施先天不足的状况,致使实验室危险废物管理面临困难。

## 1.4 全过程管理难度大

与批量、流水性的工业企业不同,实验室产废具有产量小、种类多、成分复杂等特点。同时,所开展的实验具有探索性、低重复性及不可预见性,对产废的种类、产量难以准确认知,无法采用流水性工业的估算方法,处理难度大、成本高。尽管借鉴了其他相关行业的管理章程,但仍存在较大的不适用性,且落实不到位。目前,对实验室的监管主要针对重点排污单位,包括排污许可管理、日常申报和监督管理。而其他未纳入排污许可管理的单位,存在日常管理不到位的情况。部分实验室在药品采购和领用方面缺乏计划且无记录,一方面导致采购量大于需求量,造成药品过期,增加了危险废物产生量;另一方面,由于缺少药品领用记录,无法对实验室危险废物的产生过程及产生量进行追溯。这就导致了实验室废物管理底数不清、监管无依据、操作无章程等问题,亟待改进。

## 2 实验室废物管理对策及利用处置建议

### 2.1 加强顶层设计,完善法律法规

近年来,部分省市已陆续出台地方性实验室危险废物污染防治指南与技术规范,在实验室危险废物污染防治及管理方面取得了一定成效<sup>[12-15]</sup>。生态环境部门应协同教育、科技、卫生、应急等部门,研究制定具有可操作性的实验室废物分类、包装、标识、收集等管理规范或规范性文件。明确各环节操作流程与管理要求,指导并督促各实验室建立实验室废物分类收集管理制度,制定内部收集流程、分类判定方法、包装标签要求,规范暂存安全管控措施以及相应的台账记录体系,使实验室危险废物全流程管理规范化、标准化,确保实验室危险废物专项管理有章可循。

### 2.2 落实主体责任,强化源头分类

实验室所属单位应高度重视危险废物管理工作,深入学习各项法律法规和管理标准,建立实验室废物污染防治责任制度。明确管理领导小组、成员岗位及工作职责,落实主体责任。实验室危险废物产生单位应结合相关管理要求与实际情况,建立产生、收

集、贮存、转移、处置等全过程环境污染防治责任制,落实各环节管理措施,以制度保障依法管理。强化源头分类,对于多种成分混合的废液,应按优先级判定,严禁混装混放。尤其要确保强酸与强碱、氧化剂与还原剂等不相容物质不会混装,避免发生剧烈反应导致安全环保事故。实验室废物可采用20~25 L的容器承装,承装空间不超过容器总容积的70%。废液包装容器宜在颜色上加以区分,可依据危险性或存储难度作出规定。其他沾染性废物应按实际情况及时投放,避免混放。实验室产生的针头、碎玻璃等尖锐废弃物,应收集于锐器盒中。感染性材料须经高压灭菌后,存放在防渗漏的密闭容器内。设置多级管理废物的机制,例如采用红、黄、蓝三色标识的废物收集器,红色容器收集有毒(害)物质,黄色容器收集与有毒(害)物质接触过的物质,蓝色容器收集与人体接触过的物质,随后交由有资质的第三方进行处置。

### 2.3 强化内部管理,落实污染防治责任

对于成立较早且未履行环评手续的实验室,建议开展环境现状评估或环境影响后评价,及时梳理存在的问题并进行规范化整改。加强实验室废水、废气处理设施的日常维护,确保达标排放。固体废物,尤其是危险废物的管理要规范化,危险废物暂存间及暂存设施建设应符合规范要求。将危险废物收集、暂存、处置的规范化管理纳入责任考核体系,把依托单位法人、管理部门负责人、实验室负责人、课题组负责人、主要使用者等纳入管理体系,明确各自职责;将危险废物应急预案纳入单位应急预案系统,并按预案要求定期开展应急演练。其一,督促部分具备预处理措施的实验室进行系统检查与整治,确保废水、废液预处理系统正常运行,污水管道无渗漏,使实验室废水经预处理达标后排入下游接纳管网。其二,指导暂存设施不规范的实验室依照GB 18596《危险废物贮存污染控制标准》设置规范的暂存设施,对存在隐患的暂存设施进行改造,并加强实验室危险废物收集的日常管理,设置符合要求的收集容器,建立健全产生场所、暂存场所的警示标识和管理制度。其三,规范实验室药剂存放,有计划地进行药品采购,做好各单元的药剂领用记录;对于有机试剂使用量大的相关实验室,对有机废气污染防治设施进行改造,确保实验废气达标排放。其四,定期开展专项检查和隐患排查,通过随机抽查和专项检查,及时发现并整改存在的问题,严格监管实验室危险废物产生、临时暂存、内部收集、集中暂存、转移处置等环节。将抽查及检查结果在网络上进行公示,对危险废物贮存、处置不当而受到行政处罚的单位予以公示,建议将处罚情况纳入各单位项目申报、科研奖项申请的扣分项甚至作为否决项,倒逼

各单位做好危险废物的管理工作。

### 2.4 探索实验室废物综合利用最优途径,提高资源化水平

目前,实验室废物处置途径主要为焚烧处理后填埋处置,无法对实验室废物进行综合利用。现阶段较为理想的综合利用方法是水泥窑协同处置<sup>[16]</sup>,该方法可将实验室废物完全转化为水泥产品,且不产生飞灰等二次污染物,具有较高的综合利用价值。通过调查分析研究发现,不同日产量的水泥线,实验室废物的投入量存在差异。水泥成品对Cl<sup>-</sup>有总量控制要求,经多次实验表明,当投入的实验室废物总量在水泥窑日产量的0.5%以内(安全阈值)时,即可保证水泥成品质量。以目前已开展实验室废物处置的服务公司为例<sup>[16]</sup>,对于日产2 500 t的水泥线,投入12~13 t实验室废物时,水泥窑内的温度环境无明显变化,水泥熟料达到出厂标准,对水泥成品质量无影响<sup>[17]</sup>。对实验室危废进行化验分析,各实验室产生的危废热值约在1 000~3 000 J/g之间,平均热值为2 000 J/g。若每日平均投入10 t实验室危废(即每年约3 000 t),每年可为水泥窑节约标煤1 500 t,实现一定量的能源替代功效,减少标煤消耗。

### 2.5 引入信息化技术,创建危废管理新方法

开展实验室废物管理信息化建设工作,开发用于实验室危险废物全过程管理的APP。对实验室原料的购买、领取以及危险废物的分类收集、交存过程进行实时填报和记录,对实验人员的危险废物管理知识进行日常考核。通过APP运行记录的大数据分析危险废物产污系数,对危险废物收集量异常的实验场所或实验室进行提醒、重点监管和检查;该系统可接入危险废物处置单位,实现危险废物处置收费在线报价和签订电子协议,降低产生单位的处置费用,便于处置单位统筹危险废物的收集转运工作。

### 2.6 强化宣传教育,建立常态化培训体系

其一,开展内部教育培训,对进入本实验室工作的人员进行岗前技术培训、安全学习和法制教育。每季度开展一次实验室危废管理培训,每半年开展一次应急演练,逐月开展相关宣传、教育工作。例如,针对实验室每年都有新学生、新员工加入的情况,可在每年的新生教育、入职培训等环节加入危险废物识别、分类、管理、暂存等相关基础知识培训,并纳入考试考核环节,确保“应培尽培”。其二,强化社会宣传。通过宣传、座谈、督导、联席会议等方式,推动实验室建立和完善环保工作责任体系;政府引导组织参观学习管理较好的企业、实验室以及处置单位,开展实验室间

管理交流活动;鼓励购买第三方环保服务,充分发挥第三方专业优势,制定针对性服务方案,提升实验室危险废物管理水平。

### 3 结语

本文针对实验室危险废物管理现状,深入剖析了法规不完善、责任落实不到位、防治设施匮乏以及管理流程繁琐等问题,揭示了这些因素对实验室安全与环境构成的潜在威胁。基于上述分析,本文提出一系列具有针对性的改进策略,旨在通过系统性管理与全流程监督,强化实验室危险废物的规范处置,保障环境与人员安全,提升我国实验室废物管理的整体水平。具体对策如下:

(1) 强化顶层设计,健全法律法规。建议生态环境部门协同相关部门制定实验室废物管理的规范性文件,明确操作流程与管理要求,促使实验室危险废物管理实现规范化、标准化。

(2) 落实主体责任,加强源头分类。实验室所属单位应建立污染防治责任制度,明确管理职责,强化源头分类工作,确保实验室危险废物得以合理分类与安全存储。

(3) 优化污染防治设施,提高资源化利用程度。对于尚未履行环评手续的实验室,建议开展环境现状评估或后评价,并实施规范化整改。同时,积极探索实验室废物综合利用的最佳途径,提升资源化水平。

(4) 推进信息化管理,创新危废管理方式。开发实验室危险废物全过程管理 APP,实现对实验室原料采购、领取以及危险废物分类收集、交存过程的实时填报与记录。借助大数据分析危险废物产污系数,提高管理效率。

(5) 加强宣传教育,构建常态化培训体系。通过开展内部教育培训与社会宣传活动,增强实验室工作人员对危险废物管理的认知。构建常态化的培训体系,确保实验室危险废物管理知识得以普及与更新。

通过实施这些对策,能够有效提升实验室危险废物的管理水平,降低环境污染与健康风险,为实验室的可持续发展提供有力支撑。未来,需持续关注实验室危险废物管理的进展情况,不断优化管理措施,以适应不断变化的环境与安全要求。此外,还应加强国际合作,学习借鉴国外先进的实验室废物管理经验,推动我国实验室废物管理水平进一步提高。

### 参考文献:

- [1] 夏会玲. 高校实验室危险废弃物科学收集与管理探索的思考[J]. 广州化工, 2022, 50(11): 237-239.
- [2] 尚杰. 高校基础化学实验室废液管理办法研究[J].

化工设计通讯, 2021, 47(10): 118-119.

[3] 徐文, 张键, 李江. 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.

[4] 郝素华. 化学实验室危险废物规范化管理初探[J]. 云南化工, 2021, 48(8): 171-173.

[5] 生态环境部, 国家发展和改革委员会, 公安部, 交通运输部, 国家卫生健康委员会. 国家危险废物名录: 生态环境部等部令第 15 号[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2021.

[6] 周荃, 薛宁宁, 孙京楠. 地方危险废物综合管理信息平台建设研究[J]. 环境与可持续发展, 2019, 44(2): 101-106.

[7] 宁明杰, 翁超. 实验室废液管理和处理意识的培养[J]. 山东化工, 2018, 47(17): 205-206.

[8] 钱城江, 郭燕秋, 沈张铭. 科研型实验室危化品全生命周期安全风险管控研究[J]. 劳动保护, 2024 (6): 103-105.

[9] 李倩. 科研单位实验室危险化学品安全管理举措[J]. 化工管理, 2022 (23): 103-106.

[10] 李香兰. 化学实验室废液处理的思考[J]. 中国现代教育装备, 2009 (7): 126-128.

[11] 贺艳娟, 来珊珊, 马霄. 高校实验室危险废物管理现状及污染防治对策分析[J]. 广东化工, 2018, 45(20): 121-122.

[12] 高军军. 甘肃省兽医实验室危险废物处置现状调研与建议[J]. 中兽医学杂志, 2021 (11): 88-90.

[13] 刘涛. 成都市危险废物处置规划初步研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2005.

[14] 鲍建镇, 孔德峰, 徐小云. 重庆市危险废物市场分析 & 预测[J]. 再生资源与循环经济, 2021, 14(1): 25-28.

[15] 赵海生. 河北省危险废物污染防治对策研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2003.

[16] 吴银彪, 郭建辉, 迟文涛. 新型干法水泥回转窑处置危险废物技术的优势和关键控制环节[J]. 中国环保产业, 2021 (11): 21-25.

[17] 方斌斌, 黄文平, 李兴福. 水泥窑协同处置危险废物中典型污染物迁移转化规律研究[J]. 四川环境, 2018, 37(1): 1-6.

### 作者简介:

①荆涛(1985-), 男, 甘肃兰州人, 高级工程师, 在读博士研究生, 研究方向为固体废物污染防治。

②李博文, 通信作者, email: libowen@nieer.ac.cn.

基金项目: 甘肃省固体废物与化学品中心“实验室废物产生收集贮存运输利用处置现状调查评价”(甘固化[2021]14号)。