

实验室废弃物处理环境保护策略研究

王贵军*

(山西警察学院, 太原 030000)

摘要: 实验室废弃物的管理和处理对环境保护具有重要意义。本文对实验室废弃物进行了分类分析, 指出其主要分为化学废弃物、生物废弃物和放射性废弃物, 并探讨了不同类别废弃物的潜在危害。文章提出了一系列环境保护策略, 重点包括废弃物分类管理、收集与暂存、处理技术、废弃物运输与最终处置、减量化策略、环境监测与评估及人员培训管理。通过实施有效的分类与管理、采用先进的处理技术、减少废弃物产生量, 能够最大限度地减少实验室废弃物对环境的危害, 推动实验室废弃物的可持续处理和环境保护。

关键词: 实验室废弃物; 环境保护; 废弃物处理

Research on environmental protection strategies for laboratory waste treatment

WANG Gui-Jun*

(Shanxi Police College, Taiyuan 030000, China)

ABSTRACT: The management and disposal of laboratory waste is of great significance to environmental protection. This article classifies and analyzes laboratory waste, pointing out that it is mainly divided into chemical waste, biological waste and radioactive waste, and explores the potential hazards of different types of waste. This paper proposes a series of environmental protection strategies, including waste classification management, collection and temporary storage, treatment technology, waste transportation and final disposal, reduction strategies, environmental monitoring and assessment, and personnel training management. Through the implementation of effective classification and management, the use of advanced treatment technology, and the reduction of waste generation, the harm of laboratory waste to the environment can be minimized, and the sustainable treatment and environmental protection of laboratory waste can be promoted.

KEY WORDS: laboratory waste; environmental protection; waste disposal

0 引言

随着科学技术的快速发展, 实验室废弃物的种类和数量日益增多, 尤其在化学、生命科学等领域。这些废弃物常含有有毒、有害物质, 如果处理不当, 将对环境和人类健康造成严重影响。尽管已有相关法规和标准对实验室废弃物的管理提出要求, 但实际操作中仍面临诸多挑战。废弃物的分类管理不明确, 处理设施不完善, 部分实验室未严格执行安全运输和储存规定, 导致管理漏洞和资源浪费。实验室废弃物的处理需要遵循科学分类、无害化处置和资源化利用的原则, 以减少其对环境的负面影响。当前, 部分实验室未能严格遵循废弃物分类、储存和处置流程, 管理上存在不规范之处, 废弃物处理技术和资源回收利用水平尚待提升。因此, 本研究旨在分析实验室废弃物管理中的主要问题, 探索更加高效、安全和环保的管理与处理方法,

为实验室废弃物的可持续处理和环境保护提供参考。

1 实验室废弃物的分类与危害

1.1 化学废弃物

化学废弃物在实验室内最为普遍, 一般包括废溶剂、废酸碱、重金属化合物、氧化剂及有机合成过程中剩余副产物等, 也有多种实验用试剂废料。此类废弃物组成复杂, 危害表现为毒性、腐蚀性、易燃性和持久污染环境能力等^[1]。很多化学废弃物中都含有有害于人体健康的有毒成分, 如苯类物质会诱发慢性中毒或者致癌, 同时含有重金属的化合物如汞、铅和铬也会引起慢性中毒, 进而通过生物富集作用于生态系统并最终危害人类的健康^[2]。另外, 某些废弃物具有高腐蚀性会直接损害实验室设备、储存容器和周围环境。而且易燃易爆化学物质如醚类溶剂、一些金属氢化物等在储存、处置不当的情况下容易导致火灾或者爆炸事故, 危

* 通信作者: 王贵军, 助理实验师, 研究方向为实验室安全、实验室建设。E-mail: 49937203@qq.com

*Corresponding author: WANG Gui-Jun, Assistant Experimentalist, Shanxi Police College, Taiyuan 030000, China. E-mail: 49937203@qq.com

害实验室人员安全及公共环境。这些废弃物漏出或任意倾倒后,极易对土壤、水体造成污染,严重破坏生态系统。例如,有机溶剂进入水体后会对水体产生污染,减少水中氧含量,对水生生物有害等;排放含有酸碱成分的废物有可能导致水体或土壤的pH值发生变化,从而给微生物社群带来灾难性的影响^[3]。

1.2 生物废弃物

生物废弃物主要是指在实验室内生产的各类生物样本,培养基、病原体、遗传物质及动植物等实验残余物。此类废弃物危害主要是可能带有病原体及污染因子等,给公共卫生和生态环境带来潜在威胁。特别是微生物学、病毒学及生物医学实验等领域,所用病原体都可能具有高度感染性。若对生物废弃物处理不好,容易造成病原体的传播,在实验室内和实验室外诱发生物安全事件^[4]。另外,生物废弃物具有腐蚀性是其主要特征。时间一长,未经适当处理的废弃物腐烂后会放出恶臭气体,孳生蚊蝇和其他害虫,使污染进一步蔓延。一些生物废弃物中也会存在尚未降解的基因材料或者抗药性因子等,这些物质排放到环境中会造成基因污染或者抗药性的传播。这些问题不仅会危害生态系统的平衡,而且会给人类社会造成严重的不良影响^[5]。

1.3 放射性废弃物

放射性废弃物在实验室内具有长期危害性,在核医学、核物理、放射化学等实验领域普遍存在。此类废弃物主要包括低水平放射性溶液、固体废弃物(如放射性污染用具、衣服、滤纸等)以及中高水平放射性材料^[6]。放射性废弃物危害表现在许多方面,它不仅威胁人体健康,而且可以通过环境扩散导致生态系统受到长期污染。放射性废弃物最有害之处是它在放射性核素衰变时发出电离辐射。这些辐射会在人体细胞中诱发基因突变并导致细胞损伤和癌症等健康问题。短时间的暴露可能会引发急性放射性疾病,长时间的低剂量暴露可能会造成长期的累积效应,这对实验室工作人员和大众的健康构成了潜在的风险。特别是高水平和中高水平放射性废弃物半衰期更长、辐射强度更大,如果不加以适当管理,甚至可能给后代带来影响^[7]。

2 实验室废弃物处理环境保护策略

2.1 实验室废弃物分类管理

对实验室废弃物进行分类管理,是高效处置废弃物,减少环境危害的第一步。该策略需要对废弃物按其来源、组成、物理与化学性质、潜在危害等详细分类。化学废弃物一般按照酸性、碱性、有机溶剂、含重金属物质的分类分别储存。生物废弃物需要将普通生物废弃物与感染性废弃物区别开来^[8]。另外,放射性废弃物还需根据放射性的强度及半衰期进行划分,例如低放射性、中放射性及高放射性废弃物等。通过精准分类可为后续治理提供科学依据并提升废弃物处置效率和安全。实行分类管理,需要制定完善废弃物分类指南。实验室管理人员要定期对分类标准进行修订,并根据最新法规要求及技术发展情况,保证废弃物分类工作科学规范。同时分类标识清晰、一致是关键。利用颜色编码,统一标签及详细说明有助于实验室人员迅速确定废弃物类型及其性质,减少误操作造成的安全隐患^[9]。

2.2 废弃物收集与暂存

为了避免混合存储造成化学反应或者二次污染,收集容器应具有防渗漏、防腐蚀及密封等性能。对生物及放射性废弃物而言,容器应具有防扩散、抗破损的特点,保证病原体及放射

性物质不逸散^[10]。设计和保养暂存设施也要有严格的标准。化学废弃物暂存区一般应远离火源、高温等危险区域,有防火、防爆及良好通风系统;生物废弃物暂存区则需配置低温存储设备,防止废弃物腐败和病原体扩散;在放射性废弃物暂存场所需设置屏蔽层及辐射监测设备来控制辐射外泄危险。实际工作中定期对收集与暂存区域进行检查与清理是保障其安全性的一个重要途径。管理人员需要对废弃物的收集与暂存进行清晰的记录,并对每一次收集时间、类型与次数进行详细的记录,避免废弃物长时间停留^[11]。

2.3 废弃物处理技术

废弃物处理技术作为实验室环境保护策略的核心内容,旨在利用物理、化学或者生物等手段来消除废弃物危害,达到无害化、资源化、减量化^[12]。对于化学废弃物,可通过中和等进行氧化还原反应、蒸馏回收及焚烧的工艺处理。中和处理对酸、碱废液都有很好的应用效果,通过反应条件的控制,使废液pH值达到中性,从而减少腐蚀性及毒性;蒸馏与焚烧这两种技术可以有效地分解有机废物,并在此过程中回收热量,从而减少对环境污染。处理生物废弃物一般都要经过高温灭菌,化学消毒或者生物降解技术。高温灭菌利用高压蒸汽迅速杀灭病原体,是目前感染性废弃物治理的主要方法。对非感染性的生物废弃物可考虑采用堆肥或者厌氧发酵技术转化成有机肥料资源化利用^[13]。另外,化学消毒方法特别适合处理某些特定的病原体废物,如含有病毒样本的废液,可以使用高效的消毒剂进行彻底的灭活处理。放射性废弃物的处理较为复杂,需综合考虑物理屏蔽、封闭存储及放射性核素衰变特性等多方面因素。放射性废弃物的具体处理措施包括将废物进行物理屏蔽,以减少辐射外泄;封闭存储,以确保其安全隔离。同时对低放射性废物,可采用衰变储存法。经过一段时间衰变后,废物的放射性逐渐降低,可以通过适当处置减少长期环境风险。

2.4 废弃物运输与最终处置

化学废弃物需采用耐腐蚀、防渗漏密闭容器储存,同时保证运输车辆具有防火、防爆的特殊效果。为了防止病原体的增长和传播,生物废弃物应当通过冷链运输工具保持较低的温度。放射性废弃物运输须采用带辐射屏蔽的专用容器并配套辐射检测设备,以便在运输过程中对其辐射水平进行实时监控。对运输路线进行规划是至关重要的一环。应当尽可能地规避高人口密度地区、供饮用的水源保护区及对环境敏感的地方,如湿地和自然保护区^[4]。另外,在运输时间上应选在交通流量小的时间段,以减少意外事故给市民及环境带来的影响。在每一次运输前都要对风险进行充分评估,并且对可能发生的漏油或者意外要有一个周密的应急预案。在运输过程中一定要严格遵守国家及地方有关规定,保证运输的合规性与安全性。化学废弃物的处理方法一般是焚烧、高温分解、化学处理或者物理固化来减少它们的毒性与污染性;生物废弃物可以通过高温灭菌或高效焚烧来实现无害化处理,部分生物废弃物还可以转化为有机肥料,用于资源化利用;放射性废弃物可依据其辐射强度、半衰期等因素选用不同的处置方法,如低水平废弃物可以通过填埋技术处置,高水平废弃物需要深地质贮存,对其安全性需要长期监测。

2.5 废弃物减量化策略

实验室在实验设计及操作流程上应重点优化,并通过引进微量实验技术、绿色化学试剂及高效仪器设备等手段,从

根本上减少废弃物产生量。如利用无溶剂化学反应、微波辅助反应等技术可有效减少化学试剂用量,以减少化学废弃物排放量。生物实验时,可以选用低毒培养基,实验耗材可以反复使用,使生物废弃物产生量明显减少。资源回收是实现减量化最重要的手段。很多实验室废弃物经简单加工就可重复利用,如利用蒸馏技术循环使用有机溶剂,利用萃取技术将重金属离子分离出来等。对生物废弃物可以通过堆肥技术转化成有机肥料用于农业或园艺领域;还可以将一些高纯度化学试剂残液再纯化后进行试验。对于放射性废弃物的减量化,应采取更为谨慎的措施。减少放射性废弃物的生成可以通过优化实验设计,减少放射性同位素的使用量,以及采用微量样本等方法。此外,实验室应加强对放射性废弃物的管理,避免浪费。放射性废弃物在减少产生量的同时,可以通过精细化的废物分类和隔离措施,确保其处理时不会对环境造成不必要的污染。

2.6 环境监测与评估

实验室应定期对废弃物处理设施及其周围环境进行监测,主要监测空气、土壤、水质等污染指标。比如在化学废弃物的处理地区,需要对重金属的浓度,挥发性有机物和 pH 值进行检测。生物废弃物的处置地点需要密切监测病原体 and 微生物指标。在处理放射性废弃物的场所,必须对其辐射水平进行持续的实时监测。监测技术选择非常关键,高精度、自动化监测设备能显著提升数据准确性与时效性。例如,利用在线传感器和无人机的监测技术,能够进行广泛且频繁的环境数据收集,并与地理信息系统及大数据分析工具相结合,能构建有助于预测可能环境风险的动态监测模型。监测结果要及时存档和分析,还可利用趋势分析对废弃物管理有效性及存在的不足进行评价,必要时应有针对性地提出改进措施^[15]。评估阶段需要考虑废弃物管理带来的近期与远期环境影响。其中,包括可能造成生态系统损害,间接危害人体健康及废弃物减量化措施实际效果等。通过构建一个标准化的评价体系,如引进环境影响评价和生命周期评估,能够为废物管理策略的进一步优化提供量化的参考依据。

2.7 人员培训与管理

人员培训及管理作为实验室废弃物管理体系建立的基础,其直接决定着管理策略的执行力及实施效果。实验室里的每一位员工,无论是科研、管理还是后勤,都必须经过有针对性地培训,以确保他们能够熟练掌握废弃物的分类、收集、运输、临时存储和处理的标准操作程序。尤其是对于高风险的废物,如有毒的化学物质、传染性的生物垃圾和放射性废物,需要加强对其潜在风险和紧急处理方法的专门培训。培训内容要求从理论知识向实践技能的全面覆盖,可以结合专家讲座、案例分享、现场演练等形式帮助工作人员深刻认识废弃物管理重要性,规范操作流程。比如对于化学废弃物管理,可以模拟泄漏场景引导工作人员迅速采取分离、清理、上报等措施;以生物废弃物为研究对象,可以演练病原体漏出控制与灭活过程;对于放射性废弃物,需要对其辐射防护及个人防护装备进行细致的训练,使其掌握正确的使用方法。

3 结束语

本文围绕实验室废弃物的科学管理与处理展开研究,探讨了废弃物分类管理、处理技术及减量化策略等方面的内容。重点分析了化学废弃物、生物废弃物及放射性废弃物的处理方法,提出了通过优化实验设计、引进高效仪器设备及资源回收等方式减少废弃物产生量。同时,结合绿色化学和先进技术的应用,提出了多项废弃物管理与处理的具体策略。研究表明,科学的废弃物管理不仅能减少实验室环境污染,还能实现资源的最大化利用,对推动实验室绿色可持续发展具有重要意义。通过完善废弃物管理体系和加强技术创新,可有效减少废弃物对环境的危害,促进实验室环保工作的规范化与绿色化。

参考文献

- [1] 范宝安,方红明,张春桃.国外高校实验室废弃物处置经验在国内的实践应用[J].化工管理,2024,(09):114-117.
- [2] 金烈.高校实验室化学废弃物处理经验浅谈[J].山东化工,2021,50(24):204-205.
- [3] 饶丽丽,卢雅英.药学实验室废弃物处理意识调研与管理探讨[J].广东化工,2021,48(19):126-127.
- [4] 王飞.化学实验室废弃物循环利用策略分析[J].中国资源综合利用,2021,39(09):81-83.
- [5] 王欣.环境检测实验室危险废物的产生及处理分析[J].皮革制作与环保科技,2021,2(05):100,108.
- [6] 王欣.环境检测实验室危险废物的产生及处理分析[J].皮革制作与环保科技,2021,2(04):41-42.
- [7] 宋良刚,王秋艳.环境检测实验室危险废物的产生及处理分析[J].绿色环保建材,2021,(02):15-16.
- [8] 董其格其,姚全福.高校生物实验室废弃物分类处理研究与实践[J].现代职业教育,2020,(40):126-127.
- [9] 张先波,高飞鹏,袁显龙.环境检测实验室危险废物的产生及处理分析[J].资源节约与环保,2020,(08):50.
- [10] 尚翠,彭亮,周细红,等.高校实验室危险废弃物管理机制探索[J].教育教学论坛,2020,(32):37-38.
- [11] 吕国敏,李栩勤.科研单位实验室废弃物处理管理社会化探索[J].中国农业会计,2020,(07):25-27.
- [12] 吴秋风,洪扬.高校实验室废弃物协同治理探析[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2020,17(04):65-67.
- [13] 张一帜,张媛,李宁,等.BSL-4实验室废弃物处理与风险评估[J].畜牧与兽医,2019,51(06):128-133.
- [14] 胡沈荣,温馨,党瑞华,等.实验室废弃物处理现状及管理对策探讨[J].黑龙江畜牧兽医,2018,(23):212-214.
- [15] 徐金星,常其沛,郑碧云.浅析高校实验室废弃物处置与管控的难点及其对策[J].广东化工,2018,45(08):256-257.

作者简介

王贵军,助理实验师,研究方向为实验室安全、实验室建设。