

高校实验室危险废物管理的探讨

——以北京林业大学为例

李若愚 曲丹 齐飞 孙德智

(北京林业大学环境科学与工程学院, 北京 100083)

摘要: 高校实验室在教学和科研活动中会不断产生实验室危险废物。实验室产生的危险废物具有种类繁多、成分复杂、性质多变的特点,如若处理不当,易对生态环境及人类健康造成威胁。以北京林业大学实验室为例,指出实验室危险废物收集和处理存在着处理难度大、缺少分类依据、分类无效和处理成本较高等问题,制约着实验室危险废物收集处理的科学性、经济性和安全性。通过分析实验室危险废物分类收集和处理现状及存在的问题,提出实验室危险废物分类收集、减量化和无害化的解决对策。对策实施后提高了危险废物收集处理效率,降低了危险废物的处理费用,并保障了实验室安全,为其他高校实验室危险废物的管理提供经验借鉴。

关键词: 高校实验室;危险废物;实验室管理;实验室安全

高校作为大学生学习、生活和科研的场所,不仅会产生生活垃圾,在教学和科研活动中还会产生实验室危险废物^[1-2]。高校产生的实验室危险废物具有腐蚀性、反应性、爆炸性、致毒性或可燃性等特点,需要严格进行分类和处理工作,并制定相关的制度来管理、减量化和应急处置。但高校的实验室危险废物缺少明确的工作要求和方向,仅依靠管理难以缓解与改善现状,是高校实验室管理方面的一项薄弱环节^[3]。实验室危险废物种类繁多,组分复杂,包括化学和生物成分,如若处理不当,很容易对当地土壤、水质、空气造成一定程度的污染^[4],对生态环境和人类健康构成危害。高校产生的实验室危险废物受《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年修订)管理,该法于2020年9月1日起施行。该法对危险废物的管理做出了明确规定。例如,第79条规定:“产生危险废物的单位,应当按照国家有关规定和环境保护标准要求贮存、利用、处置危险废物,不得擅自倾倒、堆放。”第78条规定:“产生危险废物的单位,应当按照国家有关规定制定危险废物管理计划等。”高校作为重要的产废单位,更要对危险废物的收集、贮存、处理处置等环节进行规范,提高危险废物的管理水平。因此,高校实验室作为危险废物的产生单位,需要重视并采取相关措施来分类收集和处置实验室产生的危险废物,防止或者减少危险废物对环境的污染,对所造成的环境污染依法承担责任。

本文以北京林业大学实验室为例,分析实验室危险废物的收集和处理的现状以及存在的问题,探索并推行危险废物的收集和处置措施,总结措施推

行的效果,为其他高校推广实验室危险废物分类收集和处置提供经验借鉴。

一、北京林业大学实验室危险废物类别及管理现状

(一)实验室危险废物的成分和类型及分类

高校产生的实验室危险废物成分复杂,形态多样,包括固体废物、液体废物和气体废物等^[5],危险废物的类型包括玻璃制品、化学试剂、酸碱性废液、有机废液等。笔者统计了北京林业大学实验室产生的危险废物的成分与类型(见表1)。依据《国家危险废物名录》,在处理实验室危险废物之前,需要根据危险废物的成分和处理工艺对危险废物进行分类收集、分区存储处理。北京林业大学制定了危险废物的校级管理规定,各实验室危险废物的主要分类方法是按固体和液体进行分类收集的。

(二)实验室危险废物处置情况

近年来,教育部、生态环境部和高校内的实验室管理部门对高校实验室危险废物的关注度不断提高,各高校对实验室危险废物收集处理状况好转。北京林业大学实验室管理部门也对实验室危险废物的管理提出了具体要求:①实验室危险废物在产生后需存放在安全的存储容器内;②危险废物存储容器需放置在室内划定的危险废物暂存区域;③危险废物暂存区需有明确的警示和成分标识;④危险废物的最终处置由管理部门联系具有运输和处理资质的公司上门进行危险废物的收集、运输和处理工作。

表1 北京林业大学实验室危险废物的成分及类型

危险废物的形态	类型	成分/示例
固体	玻璃制品类	玻璃药品瓶、试剂瓶
	化学试剂类	氢氧化钠、硫酸钠、氯化铵
	塑料制品类	一次性手套、移液枪头、水系滤头、离心管、自封袋
	纸制品类	滤纸、擦镜纸、报纸、标签纸
	金属制品类	针头、刀片
液体	酸性废液	硫酸废液、盐酸废液
	碱性废液	氢氧化钠废液、尿液废液、离子色谱淋洗液
	有机废液	乙醇废液、甲醇废液、乙腈废液、液相色谱淋洗液
	重金属废液	原子吸收分光光度计的废液、电感耦合等离子体质谱联用仪废液
	生化制品	伊红美蓝培养基、牛肉蛋白胨培养基、菌液
气体	酸性气体	氯化氢、硫酸
	碱性气体	氨气
	有机气体	乙醇、甲醇、挥发性有机物

二、北京林业大学实验室危险废物管理面临的问题

(一) 实验室危险废物成分复杂易变化, 处理难度大

北京林业大学实验室涉及生物、食品、材料和环境等多个研究领域, 这就使得实验室危险废物不仅产生源点多、面广, 且成分复杂多样。此外, 实验室承担着教学和科研的双重任务, 实验内容不断发生变化, 实验室产生的危险废物的成分和种类也随之改变。虽然教学或科研的实验项目会在某时间段内持续进行, 产生成分相同的危险废物, 但随着教学和科研内容的不断更新, 实验室产生的危险废物成分也将会发生改变。因此, 相比于产危废成分不变的其他产废企业, 高校实验室产生的危险废物成分不断变化, 使得危险废物的处理难度大。

(二) 实验室危险废物缺少分类依据, 分类无效

对于未分类的实验室危险废物, 危废收集处理企业有权拒绝接受^[6]。因此在进行实验室危险废物的最终处理之前, 产生危险废物的实验室必须将危险废物进行分类收集的操作。由于北京林业大学实验室危险废物成分复杂, 加之缺少明确的危险废物分类依据, 危险废物的分类难度高, 实验室危险废物不分类或分类过多的现象不时出现, 往往导致危险废物分类无效。有些实验室将产生的危险废物全部收集在一个容器中, 固液和其他废物混合储存收集, 很可能会引发危险废物混合发生剧烈化学反应, 进而引发严重的火灾事故和爆炸事故, 存在巨大安全风险^[7]。有些实验室将产生的危险废物根据成分逐一分类, 导致危险废物分类过细, 不仅增加了大量的分类分装成本, 而且危废处理单位在收运废物后又需重新进行混装工作, 从而产生不必要的人员劳动

成本。

对于不同类型的实验室或实验过程并没有较为完善且具有针对性的相关规定。危险废物分类收集的专项培训开展较少, 教师和学生对于实验室废物的类别、性质和状态不同而进行合理化分类收集、分区存储意识不足, 针对实验室危险废物的性质和特点分类收集工作仍处于初期实施阶段。

(三) 实验室危险废物处理费用高

虽然北京林业大学实验室运行中产生的危险废物总量远远少于大部分生产企业, 但北京林业大学实验室产生的危险废物是全年无间断的, 成分复杂且不断变化。社会上从事实验室危险废物运输和处理的公司较少, 此类公司是以市场化的方式运营, 但无论在产能还是效益上都未能达到理想的预期^[8]。且相比于企业单一成分的大规模危险废物, 高校实验室危险废物的处理难度较大, 处理费用较高。此外, 有些实验室将未沾染化学品的包装物和清洁的耗材等非危险废物也作为实验室危险废物进行收集分类处理, 产生了不必要的危险废物处理支出, 进一步增加了实验室处理危险废物的费用。

三、北京林业大学实验室危险废物管理的优化措施

(一) 着眼于从实验室危险废物产生的源头, 制定危险废物全程收集处理措施

北京林业大学各专业实验室危险废物的成分复杂易变化, 仅从实验室危险废物的末端收集角度考虑, 难以制定有效的、有针对性的实验室危险废物收集处理办法。因此, 北京林业大学从产生实验室危险废物的源头考虑, 师生在教学和科研实验方案的制定阶段同步制定实验室危险废物的收集处理措施。这就使得在实验的准备阶段就已经明确了实验

过程中将会产生的危险废物的成分、种类和数量,加之在实验过程中对危险废物及时准确地采取收集和处理措施,因此在实验结束之前危险废物就已得到妥善的收集和处理,方便危险废物处理部门对实验室危险废物完成最终的处理。

(二)根据危险废物收集处理的流程和工艺进行科学分类和管理

在实验室危险废物分类过程中,要遵守安全性、经济性和科学性原则对危险废物进行分类,与危险废物处理企业的收集流程和处理处置工艺相匹配,不仅可避免危险废物成分混合储存收集造成危废成分不明的问题,还可最大程度地降低过多分类造成的人力及成本浪费。因此,北京林业大学定期邀请实验室危险废物收集和处理的企业入校开展危险废物相关法律法规、分类收集和处理处置的宣讲培训。在普查实验室危险废物的种类和年产量后,根据企业危险废物收集处理的流程和工艺,制定有针对性的校级和院级实验室危险废物分类收集实施方案,明确实验室危险废物的分类依据和方法,为实验室提供了科学经济且安全的危险废物分类抓手,大大方便了实验室危险废物的管理。

(三)加强实验室危险废物减量化和无害化处理的管理

1. 制定实验室危险废物减量化措施

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年修订)第4条规定:“任何单位和个人都应当采取措施,减少固体废物的产生量,促进固体废物的综合利用,降低固体废物的危害性。”作为高等学校,北京林业大学更应该采用科学的方法减少实验室危险废物的产生。北京林业大学在教学实验室中采取以下措施减少实验室危险废物的产生量:①在满足培养目标的前提下,实验课教学需使用无毒无害或低毒低害的实验材料和试剂完成^[9-10];②实验课上使用化学试剂的配置量需略超出计划使用总量以保障实验课顺利完成;③在实验课上产生的可重复使用或剩余的化学试剂,在实验结束后可通过回收后再利用;④禁止在实验操作的范围内摆放杂物,避免在实验中沾(污)染无害的物品,产生额外的实验室危险废物;⑤在课前向学生讲授实验课中所使用化学试剂的特性,让学生掌握试剂的规范操作,以消除或者减少由于操作不当而产生的实验室危险废物。

北京林业大学在科研实验室采取以下措施减少实验室危险废物的产生量:①在进行科学实验前,精确购置化学品的数量,降低化学品闲置率,避免化学

品过期、失效等现象的发生;②使用能达到相同目的普通化学品作为替代危险化学品进行科学实验;③严格区分实验室危险废物和生活垃圾,在实验室外设置未沾染化学品的生活垃圾暂存处,避免生活垃圾被带入实验室变为实验室危险废物。

北京林业大学总结实验室危险废物的减量化措施,制定《实验室危险废物减量化实施细则》并推广实施,不仅降低了实验室的运行成本,提高实验室化学品的利用率,削减实验室化学品的存储量,更重要的是减少了实验室危险废物的产生量,保障了实验室的安全稳定运行。

2. 制定实验室危险废物无害化处理措施

北京林业大学实验室产生的危险废物很少可以直接作为生活垃圾中的其他垃圾和可回收垃圾进行处理,但有一些危险废物却可以通过无害化地处理转化为生活垃圾^[11]。针对化学类的实验,在进行不含有毒有害化学品的实验中,教师和学生可选择清洁的实验台进行实验操作,实验过程中使用的耗材,产生的滤纸、一次性塑料滴管、称量纸、塑封带、塑料离心管和塑胶手套等废物,可在使用后放入实验室外其他(生活)垃圾的容器中收集处理。针对微生物类的实验,在进行不含有毒有害化学品的微生物实验时,产生的一次性培养皿、封口膜和脱脂棉等垃圾,在使用完成后可经灭菌锅灭菌操作后,放入其他(生活)垃圾的容器中收集处理;使用完的培养基,可经灭菌锅灭菌操作后,放入厨余(生活)垃圾的容器中收集处理。值得注意的是,灭菌锅在使用前需在监督管理部门完成相关的检验工作,以保证灭菌的效果。

另一方面,加强实验室危险废物的相关基础设施建设,进行排水管网等基础设施改造^[12],收集的化学废液可采取综合水处理系统处置后达标回用或排放也是实验室危险废物无害化处理的可行性办法^[13]。北京林业大学在实验室所在楼宇开展排水管网的改造,建设预处理设施和排口在线监测系统,将实验室废水收集处理后达标排放市政污水管网;在产生废气的实验室建设废气综合处理设备,将收集的实验室废气经活性炭吸附、紫外光催化氧化等一系列的净化处理后排放到大气环境中,确保了实验室危险废物(气)的无害化排放。

四、北京林业大学实验室危险废物优化管理的效果

(一)保障实验室安全,有利于实验室稳定运行
北京林业大学实验室在实验的开始阶段就明确

了实验室危险废物的成分、种类和数量,制定了危险废物的收集处理方法,使得危险废物在产生后及时有效地被收集处理,避免了危险废物产生后由于缺少有效收集处理方法而导致泄露、遗撒等安全问题,大大提高了实验过程中的安全性,保证了实验室稳定运行。与此同时,实验室危险废物减量化和无害化处理措施的推广实施,促进了实验室人员养成节约试剂和耗材的习惯,减少了实验室存放大量危化品的情况,避免实验室化学品过期失效的现象发生,有利于实验室的长久稳定运行。

(二)提高危险废物收集处理的效率

依照学科特点,制定更加明确的实验室危险废物分类收集的相关管理办法,确保实验室人员掌握危险废物分类收集、暂存的正确操作程序和方法,为危废处理公司上门收取实验室危险废物带来了方便。在未推广实验室危险废物分类方法前,危废公司需要花费大量的时间用于回收现场的分拣工作。分类方法实施后,原本需要一天时间完成一栋3层实验楼宇的实验室危险废物的上门回收工作,现在3个小时内便可完成,大大缩短了公司上门回收的时间,提高了回收工作效率,也减少了危险废物在实验室的暂存总量和暂存时间,降低了实验室危险废物暂存带来的安全风险,提升了实验室危险废物管理能力。

(三)降低危险废物处理费用,减少环境污染,保护生态环境

北京林业大学实施危险废物减量化和无害化的减排措施以后,仅教学实验室的危险废物2022年处理总费用较2021年就减少了40%左右,大大降低了实验室危险废物的处理费用。实验室危险废物成分复杂,若排放到环境中可能会对校园及周边环境造成严重的环境污染,危害人类健康。实施实验室危险废物科学分类收集、减量化产生和无害化处理的措施,可以减少危险废物在暂存、使用和处理处置过程中对生态环境的污染破坏,保障了实验室相关工作人员的生命健康,保护了整个生态环境与人居环境的安全。

北京林业大学实验室产生的危险废物不仅成分复杂,而且性质变化大,是实验室安全管理的重点内容之一,受到学校的高度重视,因此采取了一系列措施加强实验室危险废物的管理,减少或避免高校实验室危险废物造成的安全风险与环境影响。作为实验室危险废物处理的责任主体,北京林业大学不仅做好

危废的收集、暂存等工作,还积极开发和运用新技术减少危废的产生,探索危废的无害化处理手段,为“绿色中国”和“绿水青山”贡献力量。北京林业大学对教师与学生开展实验室危化品规范使用和危险废物分类等的安全教育,按时对实验室产生的危险废物处理落实情况的安全检查,不仅可以保障师生的实验安全,具有一定的环境效益,同时有利于培养大学生的环保意识与社会责任。但是,实验室危险废物的管理涉及高校、政府部门和危险废物处理公司等多个单位,不仅需要高校做好实验室危险废物的管理工作,还需要社会单位和政府的密切配合,从而全面提高高校实验室危险废物的处置程度和管理水平。

资助项目:北京林业大学2021年教育教学研究一般项目“教学实验室危险废弃物处理与安全管理”,项目编号BJFU2021JY089。

参考文献

- [1] 尹梦云. 高校化学实验室安全管理隐患及对策[J]. 广州化工, 2020, 48(14): 194-196.
- [2] 张惠芹, 周骥平, 张键, 等. 高校实验室环境安全与污染防治体系构建[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(2): 256-259.
- [3] 赵雨霁, 白亮, 马庆, 等. 实验室危险废物“治管服”工作探究[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 305-308.
- [4] 樊安. 高校化学实验室污染问题的现状及防治[J]. 环境科学导刊, 2017, 36(1): 56-59.
- [5] 曲美玲, 赵雅致, 鲍中秋. 高校垃圾分类的现状与对策探讨: 以上海某大学为例[J]. 资源节约与环保, 2020(9): 11-13.
- [6] 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.
- [7] 吕大勇. 实验室危险废物管理与处理处置分析[J]. 绿色环保建材, 2021(8): 36-37.
- [8] 梅雪芹, 毛达, 池田武. 北京城市生活垃圾中有害垃圾状况调研报告[J]. 鄱阳湖学刊, 2019(3): 31-52, 126.
- [9] 仇念文, 孙建迎, 钟杰, 等. 加强危险废物管理 创建“绿色”环保实验室[J]. 实验室科学, 2009(4): 161-163.
- [10] 禚金彩, 龙寒. 普通高校实验室危险废物处置的现状与对策思考[J]. 实验室科学, 2014, 17(1): 177-180, 183.
- [11] 李博, 黄中雨, 石磊, 等. 高校实验室危险废物规范化管理模式构建的探索及分析[J]. 当代化工研究, 2021(14): 187-188.
- [12] 陈森, 李靖, 刘璇, 等. 我国实验室危险废物处置存在问题及对策建议[J]. 科学技术创新, 2018(28): 42-43.
- [13] 张键, 周骥平, 周俊, 等. 高校实验室废液处置体系的初步建构[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(8): 232-235.

(责任编辑 孔 艳)