

实验室环境健康与安全

高校实验室固废暂存的安全环境健康管理实践

刘雪蕾, 李恩敬, 刘克新

(北京大学 实验室与设备管理部, 北京 100871)

摘 要: 伴随高校科研工作的高速发展, 实验室固体废弃物的产生量大幅增长。如何将实验室固废在转运处理之前在校园内安全、环保、健康、科学地暂存, 已成为高校实验室安全管理和环保工作的重点。从高校几类实验室固废的安全风险入手, 该文提出实验室固废暂存的设施安全设计要点、安全使用规范、环境和健康管理方案, 并将高校实验室固废规范化暂存纳入城市固废处理的全流程管理中, 进一步促进城市环境保护和安全管理水平提高。

关键词: 固体废弃物; 安全健康环境; 安全管理

中图分类号: X923; G482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2020)04-0269-05

Practice on safety, environment and health management of temporary storage of solid waste in university laboratories

LIU Xuelei, LI Enjing, LIU Kexin

(Office of Laboratory and Equipment Management, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: With the rapid development of scientific research in colleges and universities, the production of laboratory solid waste has increased dramatically. How to store the laboratory solid waste in a safe, environment-friendly, healthy and scientific way on the campus before transporting and disposing has become the focus of laboratory safety management and environmental protection work in colleges and universities. Starting from the safety risks of different kinds of university laboratory solid waste, this paper puts forward the key points of safety design, safety usage criteria, environment and health management scheme for the temporary storage of laboratory solid waste. The standardization and temporary storage of laboratory solid waste in colleges and universities should be included in the whole process management of urban solid waste treatment so as to further improve the urban environmental protection and safety management.

Key words: solid waste; safe and healthy environment; safety management

党的十八大以来, 环境保护被列为治国之本, 各级政府相继出台和修订了一系列法律法规, 如《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《国家危险废物名录》《实验室危险废物污染防治技术规范》等^[1]。政府有关部门提高了对高校实验室固体废弃物(以下简称“实验室固废”)在校暂存期间的安全与环境健康的管理要求, 因此安全、规范、环保、有效地进行实验室固废管理已成为高校实验室管理部门的工作重点。本文结合实践, 针对实验室固废的不同类型讨

论暂存设施设计的技术要点及其安全运行和规范管理方法, 旨在提高实验室固废在校暂存期间的安全与环境健康管理水平。

1 高校实验室固废情况

在《国家危险废物名录》中, 实验室固废属于HW49 其他废弃物类(代码 900-047-49)内容包括在研究、开发和教学活动中, 化学和生物实验室产生的废弃物(不包括 HW03、900-999-49), 还有部分病理性废弃物, 主要指医学实验室动物的组织、尸体。实验室固废主要包括无机废液、有机废液、废弃的化学试剂、含有或直接沾染危险废弃物的实验室检测样品、废弃物包装物、废弃容器、清洗杂物和过滤介

收稿日期: 2019-08-14

作者简介: 刘雪蕾(1981—), 女, 黑龙江哈尔滨, 工学硕士, 助理研究员, 主要研究方向为实验室安全、环境、健康管理, 实验室安全教育、实验室安全政策法规。

E-mail: xlliu@pku.edu.cn

质等^[2]。

实验室固废可分为有机成分为主和无机成分为主两类,包括液态(废酸、废碱、废油、重金属废液、含汞废液、含氰废液等)、泥状(污泥)、固态(废纸、废弃包装、废弃容器、化学试剂)等^[2]。按燃烧性分类可包括可燃性、不燃性、难燃性。实验室固废主要来自生化实验废液、实验动物尸体、放射性固体废弃物、瓶装废试剂、废试剂瓶、利器、沾染物等。实验室固废能通过不同途径污染环境和人体健康,导致有害物质渗入到土壤中^[3],排入水体,造成水质污染,固态粉状污染物随风飘入空气,造成严重的大气污染,引发酸雨^[4],影响公共环境卫生,因此需要通过专业的方法进行处理。实验室固废暂存就是指在其进行最终转运和处理之前,将具有易燃性、爆炸性、感染性、腐蚀性等的实验室固废,正确地分类,科学、安全地暂存,最大程度地减少环境污染。

近年来,实验室固废产量逐年增加,科研机构的实验室固废产量随之大幅度增长。与欧美发达国家高校不同,我国高校、中央和地方政府几乎未对此项工作予以补助,均是由使用单位出资^[5],图1为某大学2008—2018年固废增长率与设备投入增长率比较图。伴随着政府监管部门管理力度的加大,多数城市出现固废处理能力不足的情况,导致高校实验室固废在校暂存时间越来越长,实验室安全压力增大,实验室管理难度增加。实验室固废暂存成为高校实验室管理的难点、重点工作。

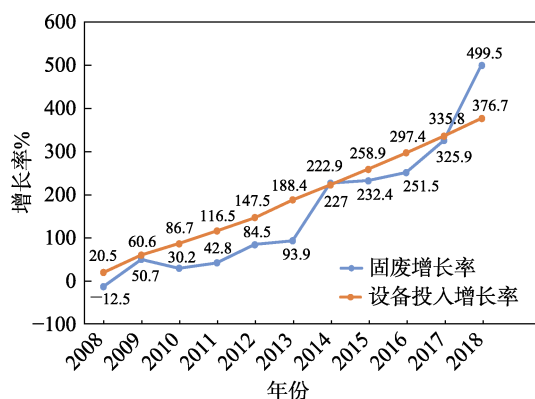


图1 某大学2008—2018年固废增长率与设备投入增长率比较图

2 高校实验室固废暂存管理方案

2.1 高校固废暂存管理策略

高校根据国家和地方政府法规和标准对实验室固废暂存进行管理,主要包括《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国环境保护法》《废弃危险化学品污染环境防治办法》《危险化学品安

全管理条例》《常用化学危险品贮存通则 GB15603-1995》《危险废弃物贮存污染控制标准 GB18597-2001》《安全防范视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求 GB/T 28181》《易制爆危险化学品储存场所治安防范要求 GA1511-2018》《实验室危险废弃物污染防治技术规范 DB11 T 1368—2016》等^[1]。各高校相继出台了实验室固废暂存规范文件,并依据国家法规和标准对校园实验室固废暂存、中转储存设施和实验室内的固废区域进行了规范化管理。

2.1.1 实验室固废暂存管理种类

(1) 实验室危险化学废弃物的暂存管理。高校化学实验室的废弃物包括大量的化学反应物,成分比较复杂,大部分化学废弃物具有较强的易燃、易爆和有毒的危险性,要求工作人员将废弃物进行安全分类、妥善转运、暂存区域与实验区域隔离,远离人员密集场所,并进行危险信息提示。固定的暂存设施应避免建设于地下;密闭的实验室废弃物暂存设施或建筑需要将有机废弃物与无机弃物分开存放;保持设施内电路的密封性并确保没有明火产生;设施内应设有通风系统;有废气净化装置、防盗报警装置、废液遗洒处置设施、高温报警和降温处理设施等。

(2) 生物实验室废弃物的暂存管理。高校生物实验室废弃物包括废弃化学试剂、废弃放射性物质、实验动物废弃物、生物活性材料废弃物、实验器械与耗材废弃物^[6]。生物实验室废弃物除了具有化学废弃物的危害之外,还具有传染性、放射性、毒性等。在室内暂存时,应注意将不同类的废弃物进行分类,利器用专用利器盒存放;传染性废弃物应扎紧废弃物袋口,交送实验室高温灭菌平台进行处理;实验动物尸体应将利爪包裹于内部,用专用的黄色专用动物尸体包装袋包装,存放于指定的实验动物尸体暂存冰箱,并做好登记。沾染物应统一存放于沾染物垃圾桶内,经灭菌后统一暂存。可利用纸箱、吨袋、塑料周转箱等进行二次集中包装,贴上装箱明细后,放入暂存柜^[7]。废弃物暂存区域应划线标明并张贴安全提示。生物废弃物暂存设施应具备化学废弃物暂存设置的所有技术要求。

(3) 放射性废弃物的暂存管理。对使用非密封放射性物质过程中产生的短半衰期的放射性废液、废弃物经过10个半衰期的衰变后,向审管部门申请解控,经相关检测机构给出污染水平检测值,经过审管部门批复后,按照非放射性物质进行排放或处理^[8]。放射性废弃物在校内暂存时要按照国家相关法规要求建设放射性废弃物暂存库,实验涉及的放射性废弃物包括放射性实验动物尸体、放射性实验废液等。放射性废

弃物需要在实体建筑中暂存,建筑按照相关标准建设,放射性物品库需要有专人值守并执行严格的进出入登记。

2.1.2 实验室固废暂存按地点分类的存放要点

(1) 实验室内固废暂存。实验室固废产生后应暂存在室内指定的区域,并在地面画出标线。实验室废液要按照不同类分别存放,并粘贴废液种类标签,应注明危险废弃物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、产生日期等。不同类废液不能混放入同一容器,不相容的危险废弃物不能堆放在一起,以免引起燃烧、爆炸等实验室安全事故。工作人员应将每次倒入废液桶的废液种类进行逐一登记。废液桶承装量不可超过桶容积的 2/3,盖好桶盖;利器、针头等实验室固废应存放在塑料或厚纸板制作的容器中,粘贴提示标签,利器头部向下存放,承装量不可超过容器的 2/3,以防刺伤。

(2) 校园内固废暂存。校园内固废暂存设施分实体建筑和临时暂存设施。设施建设应远离易燃、易爆等危险仓库,设施内要有泄漏液体收集装置、气体到出口及气体净化装置,设施内要有安全照明设施和观察窗口。不相容的危险废弃物必须分开存放。工作人员应做好危险废弃物的情况记录,记录上须注明危险废弃物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废弃物出库日期及接收单位名称。

由于校园的固废存储地点对环境要求较高,大多数高校采用集装箱式实验室固废暂存柜(以下简称“暂存柜”),作为校园内的固废存放设施。

2.2 固废集中暂存设施——固废暂存柜

参照一些发达国家和地区的固废暂存设施建设经验,近年来,我国的科研机构开始使用集装箱式实验室固废暂存柜。在暂存柜的需求分析、设计、使用和管理等过程中,我们总结了一系列科学、安全、环保、健康的管理方法,内容包括:

(1) 暂存柜的组成以及安全要点。暂存柜由柜体、货架、电气系统、智能控制系统、净化装置、个人安全防护装备、监控系统、温度控制系统、排风系统、预警和报警系统、安装基础设施等部分组成。与其他物品的暂存设施不同,实验室固废暂存柜有更多的安全要求,在设计过程中应从设施结构、材料、电气、消防、应急设施等多角度进行安全规划。暂存柜体内存放的实验室固废可能散发出有机废气,遇柜内电器设备启动电子打火时可能引发爆燃^[9],因此暂存柜内的电气设备应该具有防爆功能。另外,暂存柜应设计防雷接地装置,应配备安全物联网检测和监控系统,包括:电、气、温度、湿度、气体排放等环境参数传

感器^[10]。暂存柜内地面应设计漏液回收槽,以便废液桶出现遗撒时导出漏液,还应设计便捷有效的废气净化装置。此外,暂存柜消防安全系统的设计,应考虑使用干粉灭火器或七氟丙烷灭火器,采用不锈钢闭式吊环固定,柜体门口应设置人体静电释放柱,主电源介入处应安装独立的防雷击浪涌保护器,以此防范静电危害。柜体外还应配备紧急洗眼和喷淋器,应考虑北方寒冷天气的设施可用性。柜体内应设置防遗撒应急处理包,包括废液遗撒吸附剂、吸附棉、吸附围栏等。暂存柜还应配有必要的安全警示标识,主要包括暂存柜类别、固废暂存库标识、暂存柜内存放货架标线、个人安全防护佩戴提醒、应急喷淋标识和检修记录表等。在暂存柜防爆处理方面,应确保外购第三方防爆设备的防爆性能,由于暂存柜内部电路和控制系统复杂,电气设备较多,在防爆功能控制上需要统一标准、协同工作、整体封装,以此实现暂存柜整体防爆。

(2) 暂存柜安全健康使用提示。设计完备的暂存柜能否安全运行很大程度上取决于工作人员日常使用行为。应经常性地组织应急演练和实验室安全培训,增强工作人员的安全意识和紧急情况发生时的反应能力。暂存柜的安全设施包括应急洗眼器、应急喷淋、静电消除棒、灭火器、温湿度自动报警系统、实验室个人安全防护装备、废液遗撒应急处理包等。实验室个人安全防护装备不应存放在暂存柜内,主要包括呼吸防护器、防护头盔、防护服、防护眼罩、防护面罩、护听器、皮肤防护用品 7 类^[11]。在进入暂存柜工作之前须戴好口罩并穿好防护服和防护靴,应采用较厚的含活性炭过滤层的口罩,必要时戴护目镜进入暂存柜,以防化学试剂蒸汽对眼睛造成伤害。进入暂存柜应穿着防静电鞋,鞋面须护住脚面。

暂存柜内的废液遗撒处理包应在出现液体遗撒时使用,根据遗撒量的不同选用适当的应急措施,一般的处理程序是:在遗撒区覆盖专用的遗撒吸附剂,将遗撒吸附围栏沿着遗撒区域的边缘进行分区,如果遗撒量较大,吸附剂无法覆盖所有区域,则用遗撒吸附棉覆盖未处理的废液遗撒区,然后用清理工具将所有沾染了废液的吸附棉、吸附剂用专用垃圾袋收集,并扎紧袋口,贴上固废标识,将其按照实验室危险化学品废弃物进行暂存和处理。在处理过程中,工作人员应穿着专用的防化服、防化靴,并戴防毒面具、防化手套等。

目前较成熟的暂存柜废气净化方案包括活性炭吸附、等离子净化、光化学催化方式。在治理效果和最终净化模块废弃物环境影响方面,活性炭吸附净化是

普遍应用的净化方式;等离子净化完全氧化分解耗时较长,放电效率较低、降解率较低,影响废气净化效果;光催化净化方式可破坏有机物中 C-C 键、C-H 键、C-O 键、O-H 键、N-H 键,通过催化剂表面降解有害气体,其弊端在于对于废气净化入口端的气体质量要求较高,如混入有机气体之外的颗粒物、灰尘等将污染表面催化剂,使催化剂失去活性,降低净化率。因此,使用以上三种技术相结合的方式对暂存柜排放气体的净化是比较理想的。

2.3 实验室固废暂存管理实例

我校依照相关法规执行实验室固废的日常管理,并建立相应的管理制度,包括《实验室安全管理办法》《实验室危险化学品废弃物处理实施细则》《动物废弃物处理实施细则(试行)》《废旧放射源和放射性废弃物管理和处置规定》。在各实验室内的固废临时存放区用黑黄相间的划线标明固废存放区域,承装废液桶根据

内含物的不同区分颜色,有机废液(含卤素)容器颜色为黄色,其他有机废液的容器为蓝色,无机废液(重金属)的容器为绿色,无机废液(含氰)的容器颜色为粉色,无机废液(含汞)的容器为灰色,其他废液容器为白色^[2]。设置危险废弃物警示标识,符合《环境保护图形标识 GB15562.2》的要求,我校实验室内固废暂存区文字标识包括废液暂存区、危险废弃物区域(三角标)、含卤有机物、一般无机物、一般有机物、碎玻璃、利器、沾染物垃圾、废试剂、利器、空试剂瓶。与实验室固废管理相关的通用实验室安全文字标识内容包括注意安全、当心腐蚀、当心爆炸、当心锐器、必须戴防护眼镜、必须戴防护手套、必须戴防护口罩、必须穿防护服、必须带防护面罩、保持通风、易燃、生物危害。图 2 为我校实验室废弃物安全提示标识及应急处理装备图例;图 3 为我校实验室危废暂存区标识。



图 2 实验室废弃物安全提示标识及应急处理装备图例



①—危废暂存区;②—危废区域三角标;③—含卤有机物危废标签;
④—利器危废标签;⑤—危废暂存区划线

图 3 实验室危废暂存区图

在实验室固废分类暂存过程存在安全风险,尤其需要注意几种不相容的危险废弃物,主要包括氰化物与酸类、非氧化废液混放,产生氰化氢,吸入少量可能会致命;次氯酸盐与酸类、非氧化废液混放,产生氯气,吸入可能会致命;铜、铬及多种重金属与酸类、氧化废液(如硝酸)混放,产生二氧化氮、亚硝酸烟,引起刺激眼目及烧伤皮肤;强酸与强碱废液混放,产生氨气,吸入刺激眼目及呼吸道;氧化剂与还原剂混放,可能引起强烈及爆炸性的反应及产生热能等。

我校建立了试剂管理平台信息化系统^[12],试剂管理平台集试剂采购、审批、库房管理、废弃物处置、结算、资料查询、安全教育宣传于一体,实现试剂全程可追溯、全过程闭环管理^[13]。通过试剂采购和使用量,科学估算实验室废弃物产生量,监督实验室固废

回收情况,进一步减小安全隐患和环境污染^[14]。我校建立了试剂平台废弃物线上信息提交与线下运储的全流程服务。实验室工作人员须按学校统一要求将废弃物分类、标记,通过试剂平台系统向学校申请废弃物回收服务,学校收到信息后,根据废弃物种类、产量

等信息派出校试剂库回收工作人员,按规范操作、上门回收。学校为回收工作人员提供专业的培训、服装、回收工具和防爆运输车辆等,回收后的废弃物将按规定统一存放于校级废弃物暂存柜中。图4为我校实验室固废在校期间流转图。

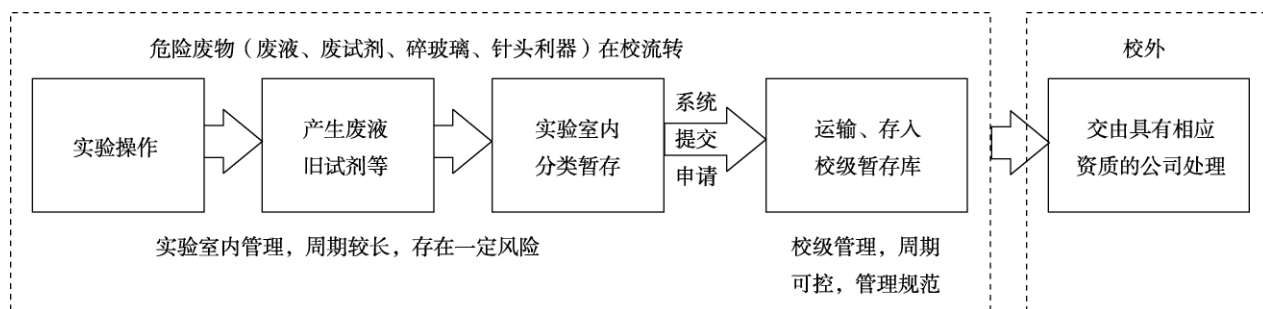


图4 实验室固废在校期间流转图

3 结语

实验室固废暂存的安全、健康、环保的管理取决于合理的设施设计、良好的选址规划、人员的规范使用和设施后期的维护维修,缺少任何一个环节都无法达到预期的目的。随着科技的进步、技术手段的更新和发展,实验室固废暂存管理成为一项长期、必要的工作。实验室固废是由实验产生的,需要用科学的方法进行环保减排管理,从源头控制产量,从根本减少浪费,通过加强剩余一般化学试剂的内部交换、剩余试剂回收再利用、使用低毒化学品进行替代、微量的废液通过稀释排放等方式进行减排。加强固体废弃物和垃圾处置,提高危险废弃物处置水平,夯实化学品风险防控基础,防止污染土壤和地下水^[15],进一步增强城市固废的运输和处理能力是解决固废在校暂存量、周期长的根本办法,需要政府管理部门、执行部门和高校实验室协同合作,具体落实环境保护和实验室安全工作。

参考文献 (References)

[1] 刘雪蕾,胡今鸿.高校教学实验室安全法规汇编[M].北京:高等教育出版社,2019.
[2] 北京市固体废弃物和化学品管理中心,北京金隅红树林环保技术有限责任公司.实验室危险废弃物污染防治技术规范[S].北京:2016.

[3] 赵友文.我国固体废弃物处理处置产业发展现状及趋势[J].城市建设理论研究,2017(5): 273.
[4] 凌雅文.固体废弃物污染的现状与治理[J].环境治理与发展,2019(10): 74-75.
[5] 黄凯.构建高校实验室安全管理体系的思考与实践[J].实验技术与管理,2016,33(12): 1-4, 16.
[6] 赵珏,刘雪蕾,李恩敬.普通高校实验室生物废弃物管理实践与探索[J].实验技术与管理,2019,36(5): 246-250.
[7] 李江,王国田,刘永兵.医科院校集装箱式实验室废弃物暂存柜的安全使用及管理[J].医药前沿,2017(7): 369-371.
[8] 李恩敬,何平,张志强.北京高校放射性同位素与射线装置全过程管理[J].辐射防护通讯,2013(6): 27-30.
[9] 吕明泉,刘雪蕾,张志强,等.实验室冰箱安全使用与防爆改造[J].安全,2018(4): 31-34.
[10] 刘雪蕾,李恩敬,张志强,等.大学实验室环境安全健康管理信息系统设计与实践[J].实验室研究与探索,2018,37(6): 297-301.
[11] 余彬.个人防护用品概述[J].现代预防医学,2009(1): 34-37.
[12] 张志强,刘雪蕾,李恩敬,等.北京大学实验室安全管理的探索与实践[J].实验技术与管理,2017,34(10): 244-248.
[13] 李恩敬,黄士堂,何平,等.实验室危险化学品事故影响与管理研究[J].实验室安全与环保,2018(5): 260-262.
[14] 张志强.高等学校化学试剂管理探讨[J].实验室研究与探索,2011,30(11): 185-187.
[15] 陈吉宁.着力解决突出环境问题[EB/OL].(2018-01-11) [2019-03-12]. <http://opinion.people.com.cn/GB/n1/2018/0111/c1003-29757475.html>.