

高校化学类实验室废弃物处置现状及实践探索

严拓

浙大宁波理工学院

摘要：高校化学类实验室所产生的废弃物数量逐年增多，对周边环境的潜在危害不容忽视。通过对地方高校化学类实验室在三废污染物处置方面进行了梳理，可以发现困境集中在缺乏相应经费支持、管理制度不健全、环保意识不足、专职人员缺失、信息化程度滞后几个方面。针对上述问题，结合地方高校实际现状从培训和教育、废弃物产生、暂存、收运几个环节提出针对性的措施，能够显著提升废弃物的管理水平，有效降低三废污染物对环境的影响。

关键词：制度；环保意识；人员缺失；信息化

化学是一门建立在实验基础上的学科，各类教学和科研活动都离不开各种各样的化学反应。然而，目前绝大多数的反应并未达到“绿色化学”当中的“原子经济性”理念，即每个原子均参与反应，并全部转变为产物，无副反应发生，无有害物质生成的要求^[1]。因此，实验过程中势必会产生一系列的实验室废弃物，再加之近年来高校招生人数逐年增多，导致实验室废弃物总量呈逐年上升趋势。根据相关统计，一所综合类高校每年所产生的废液有 50~400 t 之多^[2]，倘若如此多的废液未能得到妥善的处理，将对周边的地表水、地下水、土壤造成严重且持久的危害。此外，实验室所产生的固体废物、废气若处置不当，同样也会对生态环境和人体健康构成威胁。

为应对这一挑战，规范和加强高校实验室的排污管理，2005 年 7 月教育部联合国家环保总局共同发布了《国家环境保护总局关于加强高等学校实验室排污管理的通知》^[3]，其中明确要求各地方高校规范实验室废弃物管理工作，防止实验室废弃物污染危害环境，维护环境和公共安全，保障人民身体健康，促进建立和谐型社会。因此，高校需严格按照通知的相关要求，以污染物防治所要求的“预防为主、防治结合、综合治理”为基本原则，妥善做好实验室废弃物的处置工作。

一、实验室废弃物的含义及类型

实验室废弃物主要是指在实验室日常教学和科研等活动过程当中，产生的已失去使用价值或未失去使用价值但被丢弃的气态、固态、半固态及盛装在容器内的液态物质，其特点是具有易燃易爆、易腐蚀、有些甚至还具有反应性、毒性等。若处置不当，将对人体健康和生态环境产生不利的影响^[4]，按照其物理状态的不同，实验室废弃物可以分为废液、废渣、废气，统称为三废。

(1) 废液：这是实验室废弃物中最重要的组成部分。主要包括：①围绕整个实验过程所产生的各类残余、失效、变质或污染的化学液体；②过期或淘汰的液体试剂；③实验器械、器皿的洗涤液，尤其是初次高浓度冲洗液；④物理性实验废液(过冷、过热等)。

(2) 废渣：主要指实验过程中产生的各类固体或半固体废弃物。主要包括：①盛装化学品的废弃玻璃瓶、塑料瓶等包装物；②在实验过程当中沾染试剂的其他固体废物如口罩、手套、枪头、称量纸、离心管等。③失效的催化剂、破碎的体温计、沉淀物等。

(3) 废气：主要是指实验过程当中所产生的各种有毒有害气体以及各种有机试剂的挥发产物。主要包括：①无机废气：如氯化氢(HCl)、氟化氢(HF)、硫化氢(H₂S)等；②有机废气：如苯、甲苯、二甲苯等苯系物，甲醛、丙酮等醛酮类，以及各类酯类、烃类等挥发性有机物等^[5]。

二、实验室废弃物处置现状

与生产企业成熟、稳定工艺所产生的三废污染物成分固定、总量可控等特性不同，实验室所产生的三废污染物其成分极其复杂、危害性更高、产生量及产生时间点波动性强、源头分散不易管理等特点^[6]，这种特性使得其管理难度倍增，一旦若未得到妥善处置，极易导致污染区域由实验室的点源扩散至学校及周边的面源污染，对周边环境造成更为严重的后果。因此，为确保实验室所产生的三废污染物得到妥善处置，首先就需要清晰认识并深入剖析当前地方高校在三废污染物处置方面所面临的现实困境。

(一) 缺乏相应的专项经费支持

充足且稳定的经费保障是建设布局合理、环境适宜实验室的基础保障，也是实现废弃物规范处置的前提条件。不同于地处京津冀、珠三角等地方的高校，

其经费来源多元且充足,能够在实验室建设和相应的废弃物处理中建立起完善的规章制度;普通地方高校所面临的情况恰好相反,经费来源不足,为保证整个基础教学活动的顺利进行,仅有的经费预算主要集中在实验室设备更新以及实验室基础条件改造上,而对于实验室所产生的三废污染物处置方面缺乏长期、稳定、足额的专项经费预算支持。这种情况也就导致目前实验室三废处理实际上处于一种被动应付、粗放管理的状态^[7],完全依赖实验人员个人环保意识与责任心对三废污染物进行处置,缺乏刚性的制度约束和物质保障。其直接结果是三废污染物分类、收集形同虚设,不同性质的污染物被随意混合堆放,极大的增加了安全风险;实验当中所产生的废液直接倒入下水道,进入城市管网;长此以往,势必造成区域性的环境污染问题。

(二)管理制度不健全

完善、可操作的规章制度是实验室安全、环境管理的生命线,尤其是针对化学类实验室,其本身所具有的特殊性和复杂性,系统的规章制度更是不可或缺。然而目前关于实验室的制度建设更多地集中在实验室开放使用、人员准入与培训、水电安全、仪器设备操作规程等传统方面。对于实验室所产生“三废”污染物的处置,并未有一个专门针对其从源头减量、分类收集、内部暂存、台账记录、到最终委托有资质单位外运处置的全流程、闭环化管理办法,即使部分高校制定了相关的制度,但其更多的体现在理论层面,缺乏具体的操作细则和有效的监督考核机制,这也就导致目前实验室废弃物管理实际上是一个无法可行的状态,所提出的管理要求更加难以有效落地。所以亟需依据相关通知要求对相关的废弃物管理制度进行细化,结合本校实际,制定一套细化、量化、可执行的废弃物处置管理办法,确保相关废弃物管理制度能够落到实处,这样才能使废弃物处置的每一个环节都有章可循、有据可依,从制度层面上真正的做到“有法可依、违法必究”。

(三)实验人员环保意识不足

当前,对于实验室所产生的三废污染物经常会发生如下情况,废液原液乃至高浓度洗涤液未经任何处理直接倒入下水道;沾有相关化学试剂的危险废物如枪头、手套、滤纸等未进行合理的分类,直接作为普通生活垃圾进行处理;实验当中所产生的废气未经任何处理直接排放到环境当中,这些行为表面上看是个人操作不规范,深层次根源所反映的都是相关人员绿色化学理念的缺失和环境保护意识的淡薄。因此,必

须在整个教学和实验室安全教育体系中,大力加强对实验人员尤其新入职教师和新生的绿色实验理念的培养^[8]。通过将绿色化学理念融入到课程设计当中,开展微型实验、虚拟仿真实验,以及定期举办污染物泄漏事故处置演练等,切实提升全体实验人员的环保认知水平与风险防范技能,将绿色理念真正贯穿于日常教学科研的每一个环节。

(四)专职人员缺失

化工类实验室不同于其他物理、计算机类型的实验室,所进行的实验项目或多或少都会产生废弃物,而且其所产生的废弃物种类复杂、危害性高、总量大,倘若未能妥善处置将对周围环境造成严重影响,因此亟需专职人员来负责整个学院实验室废弃物的管理工作,真正做到对废弃物处置的管理;但目前普通高校所面临的现状是人员流动大、专职人员岗位缺失、人员相关知识缺乏;实际管理当中大多由不具备专业知识的人员兼任废弃物的管理工作,这些兼任人员本身承担着繁重的本职工作,且大多未经过系统、专业的环保与安全培训,相关知识缺乏。这种情况势必造成对废弃物的处置认识不足,分类、收集、运输过程当中方法不准确、不规范,最终不可避免地造成废弃物的混、泄漏、逸散。因此,亟需为相关涉化类学院安排专职人员进行废弃物的管理工作,并做好相关处置培训。

(五)信息化程度不够

大量的废弃物堆积会给整个实验室安全带来严重的不确定性,需要建立一套高效、便捷的收运机制,及时清除这些实验室潜在风险源。然而,目前废弃物的收集,运输模式还停留在手工记录的初级阶段,信息化程度严重缺失。以我院废弃物转运模式来说,其流程主要是由安全管理员或兼职人员定期发布实验室废弃物收集通知,之后由物业人员前往各实验室,将废弃物简单收集后,用手推车运送到校暂存处,最后,学校再定期联系有处理资质的环保公司前来清运。这种模式存在明显弊端:首先由于收运人员不足,集中收运每月仅能进行一次,且由非专业人士进行;其次收运人员非专业化,无法在收集时对废弃物的分类、包装规范性进行有效监督和指导,无法准确知悉所收运污染物的成分、体积潜在风险,给整个收运过程带来巨大的不确定性。因此,加强废弃物处置的信息化建设刻不容缓。

三、实验室废弃物防治的措施

针对目前实验室“三废”防治所面临的现状,倘若未能采取有效的措施及时进行防治,一旦造成大面

积的环境污染事件，其后续的生态修复与治理成本将是极其高昂的。因此，我们就需要针对地方高校当下所存在的现状处境，按照“预防为主，防治结合，综合治理”的原则，积极探索符合自身特点的废弃物防治路径，最终使废弃物处置达到“减量化、资源化、无害化”的治理目标^[9]。除过上述制度措施外，行之有效的措施主要集中在两个方面：第一点，加强相关人员环保意识的培训和教育工作；另一方面是明晰与实验室污染物处置相关的环节有哪些，如图1所示，从产生、暂存、运输几个环节规范三废污染物的处置。

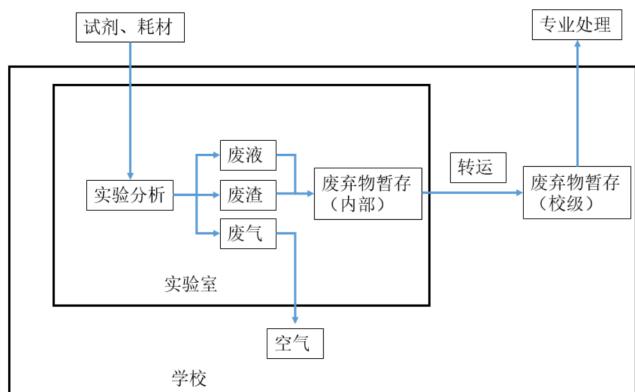


图1 实验室污染物收集、转运概图

(一) 做好培训和教育

实验室人员具有流动性大，人员环保意识参差不齐的特点，为避免废液直接倒入下水道等不规范情况发生，就需要及时做好相关实验人员的培训和教育工作，做到全员覆盖、重点突出。对于首次进入实验室的本科新生除掌握基本的实验操作技能之外，还应对其做好绿色化学理念的培训与教育工作。培训的重点应集中在认识实验室废弃物、如何对实验室废弃物进行分类、实验室常见废弃物的危害性、如何正确张贴标签等实操性强的行为，并定期举办污染物泄漏处置演练，提升自身应对污染物泄漏的处置能力；教育的重点应集中在绿色化学理念的培养上，对新生进行安全和绿色化学理念教育，树立绿色化学、环境保护意识，通过安全文化月、绿色化学实验设计竞赛等多种形式营造绿色化学的理念和氛围。

(二) 废弃物产生环节

三废污染物产生的源头均来自于教学科研等相关活动，因此从源头上削减三废产生量，进而降低对环境的污染是成本最低、效果最持久的防治策略。如在相关教研活动当中，实验教学人员应增强“绿色化学”的理念，充分认识和考虑到本实验项目所产生废弃物对环境的危害，不断改进相关实验项目，优先选择污染较轻或无污染的试剂替代污染严重的试剂^[10]；实验

过程中所产生的末端酸性废气，可以通过碱性吸收液进行吸收，避免直接排放到空气当中。对于实验室内部实在无法处理的废气，可在排放末端安装活性炭吸附装置或其他净化装置，降低对环境的影响。除此之外，还可以通过开展微型实验、虚拟仿真实验，在确保教学效果的前提下，降低甚至不产生相关废弃物。

(三) 废弃物暂存环节

对于所产生的废弃物，为便于管理和防止污染区域的扩大，需在实验室内部单独分割一个固定区域作为废弃物暂存区，暂存区应设置在通风良好、远离火源或热源的位置，张贴相关警示标识，地面放置防渗漏托盘避免渗漏，暂存区附近悬挂废液倾倒与收集记录表，每次倾倒都做到及时、详细的记录。按照废酸、废碱、有机溶剂等不同物化性质对废弃物进行暂存，废液桶上张贴危险废弃物标签，标签包含废弃物的成分、类型、危险状况等，同时废液桶承装体积不超过总容积的75%，定期对废液桶开盖泄压处理；这样才能避免不同物性的污染物相互混合反应，进而造成其他安全事故的发生。除此之外，针对学校废弃物暂存点，更需制定严格的废弃物存储管理办法，库房按照不同物化性质对废弃物进行分区、分类存放，避免多层堆叠；暂存点外张贴相关警示标志，暂存点地面进行防渗、防腐处理，并设置泄漏液体收集沟（槽）。安装相关VOCs气体报警器对环境当中的有害气体进行监测，以及通风设施和消防设备，并定期对整个应急预案进行演练，不断优化应急处置流程。

(四) 废弃物收运环节

为解决传统收运模式效率低下，及时消除实验室潜在的风险源，就需要及时对所产生的废弃物进行收集，避免实验室内废弃物的长时间堆积。为确保收运过程及时、高效、规范，加强整个收运过程的信息化建设，可开发一款废弃物收运小程序，分别面向实验人员、收运人员、管理人员三类人员，实验人员注册相关账号在线提交废弃物收运申请，通过下拉菜单栏选择废弃物相关种类、预估数量等信息；后由专业人员接收派单信息，穿戴防护服，定期进行上门收集，并核对数量和种类，对分类、包装不规范的可拒收并反馈；确认无误后，利用专用的废弃物运输车来进行运输，避免运输过程当中的遗撒和散落。管理人员可以通过后台数据定期对整个收运情况进行统计分析，为管理决策（如优化收运路线、调整收运频率）提供数据支持。

四、结语

实验室所产生的三废污染物其成分复杂、危害性

高、总量逐年递增,对环境的危害不容小觑。而在实际污染物防治方面,地方高校所面临的困境涉及资金投入、制度建设、意识提升、人员配备等多个方面。因此,争取相关经费支持、细化防治举措并配备专职管理人员,结合自身现状探索符合自身实际的措施,才是地方高校防治实验室污染物的最终出路,达到实验室安全与环境保护的协调发展。

参考文献:

- [1] 肖华.高校实验室危险废弃物管理思考与建议[J].化工管理,2024(9):123-127.
- [2] 白向玉,袁玲,王涵铎,等.高校实验室废液处置现状分析与对策研究[J].实验室检测,2024,2(11):139-142.
- [3] 中华人民共和国教育部,国家环境保护总局.国家环境保护总局关于加强高等学校实验室排污管理的通 知 [EB/OL].(2005-07-26)[2020-05-28].
http://www.moe.gov.cn/s78/A16/s7062/201410/t20141021_178178.html.
- [4] 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.
- [5] 黄紫微,聂小鹏,赵开元.“双一流”背景下高校实验室废弃物管理体系的探索[J].化纤与纺织技术,2024,53(10):212-214.
- [6] 彭华松,刘闯,张青青,等.实验室危化品废液“减量化”管理的思考与建议[J].化学世界,2018,59(10):692-696.
- [7] 方洁,翟慕源,龚飞,等.高校实验室三废治理方式探索与实践研究[J].环境科学与管理,2025,50(5):11-14+30.
- [8] 林程涛,陈梦.浅析高校实验室废弃物流程化管理思路[J].山东化工,2021,50(13):228+231.
- [9] 王贵军.实验室废弃物处理环境保护策略研究[J].实验室检测,2024,2(12):94-96.
- [10] 郝田宇,李扬,单斌,等.高校化学类实验室废液的处理与处置工作探究[J].广东化工,2023,50(23):170-171+174.