

## 关于高校实验室化学废物的处置现状及其改进的思考

王崇晓<sup>1,\*</sup>, 汪夕芳<sup>1</sup>, 陈旻<sup>2</sup>, 邓鸿<sup>1</sup>, 陈六平<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中山大学药学院, 广州 510006

<sup>2</sup>浙江省天正化工设计工程有限公司, 杭州 310030

<sup>3</sup>中山大学化学院, 广州 510006

**摘要:** 随着国家对高等教育和科研投入的增加, 高校和科研院所的教学和科研水平方面得到极大的提升, 但同时实验室化学废物量呈现爆炸式增长, 由此带来的安全隐患和污染代价也同比例增加, 已成为目前困扰高校发展的巨大难题。实验室化学废物社会处置能力的缺失或不足以及相关法律法规的不健全是制约这一问题解决的根本。本文结合国内实验室化学废物现状、境外实验室化学废物处置可资借鉴的经验, 从科研实验室化学废物处置相关法律法规入手, 提出一系列有关制度建设方案及危废处理方案的思考, 为实验室化学废物处理建言献策。

**关键词:** 实验室化学废弃物; 法律法规; 处置技术; 管理制度

**中图分类号:** G64; O6; TQ 028.8

## Status Quo of Laboratory Chemical Waste Disposal and Improvement Strategy

Chongxiao Wang<sup>1,\*</sup>, Xifang Wang<sup>1</sup>, Min Chen<sup>2</sup>, Hong Deng<sup>1</sup>, Liuping Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China.

<sup>2</sup> Zhejiang Titian Design & Engineering Co., LTD., Hangzhou 310030, China.

<sup>3</sup> School of Chemistry, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China.

**Abstract:** In recent years, the production of laboratory chemical waste has increased rapidly. The resulting safety risks and pollution costs are also increasing simultaneously, which has become a huge problem that plagues the development of colleges and universities. The lack of social disposal ability of laboratory chemical waste and the imperfection of relevant laws and regulations are the fundamental constraints to solve this problem. Based on the analysis of the current situation of laboratory chemical wastes and their treatment in domestic laboratories as well as the corresponding experience from the foreign laboratories, some consideration and suggestions for the treatment of the laboratory chemical wastes have been put forward.

**Key Words:** Laboratory chemical waste; Laws and regulations; Disposal technology; Management system

危险废物(危废)是指具有各种毒性、腐蚀性、化学反应性、传染性、爆炸性等危险特性的废弃物<sup>[1]</sup>。高校和科研院所的教学和科研活动中会产生一些废弃物, 尤其是化学、药学、生物、医学等领域产生的废弃物往往具有危废特性, 通常称之为“实验室化学废物”。近年来, 随着科研投入的增加, 我国各类科研活动愈加频繁, 实验室化学废物也呈现爆炸式增长, 由此带来的安全隐患和污染

收稿: 2023-04-03; 录用: 2023-06-06; 网络发表: 2023-06-12

\*通讯作者, Email: wchongx@mail.sysu.edu.cn

基金资助: 中山大学教改项目基金

代价也相应增加。目前,实验室化学废物已成为困扰高校发展的巨大安全难题,亟待解决。

## 1 国内实验化学废物处置现状分析

与广义的危险废物相比,实验室化学废物不仅具备有毒、腐蚀、反应、易燃、爆炸等危险性<sup>[2]</sup>,同时,实验室化学废物又有其自身特点。

### 1.1 复杂性强

2022年5月31日,教育部公布我国普通高等院校已达3013所<sup>[3]</sup>,高校实验室数量与相应的实验室所用试剂的数量与种类仍呈上涨态势。教育部安全检查专家组近几年对全国高校实验巡查时发现,理工类高校通常每年购买的化学试剂和保有的种类在6000–8000种,个别高校甚至达到10000余种。

这些化学试剂一般有三种去向。一是用作原料参与化学反应,形成新的物质(目标产物、中间体、副产物);二是参与反应但未形成新的物质,如用作化学反应的溶剂、提纯分离的萃取剂等;三是作为余量成为过期试剂。每次实验购买量一般大于实际用量,日积月累,几乎所有实验室都存有各类长期不用的试剂。而且,所保有的废弃物的种类一般多于所购买的种类。

### 1.2 危险性高

与工业企业单位来源较为单一的危废不同的是,高校实验危废在产生、存放、转运、处置的各个环节都存在巨大的危险。在产生环节,除了有放射性和感染性的废弃物外,还可能包括几乎覆盖危废名录上所有的有毒、剧毒、易挥发、易燃、易爆、强腐蚀性物质,如氰化物、硫化物、盐酸、氢氟酸等物质。

在存储环节,一是因后续处理不及时,客观上造成大量危废累积,容易发生火灾等事故。事实上,近年因实验室废弃物所导致的环境污染和人员伤亡时有发生<sup>[4,5]</sup>。2016年8月31日,江苏徐州某高校化学化工学院化学实验废液暂存处发生火灾,并有爆炸声音,幸无人员伤亡。二是由于管理不到位,导致多种容易发生反应的废弃物混放,从而引发事故。2014年,笔者单位某学生误将氧化性物质和还原性物质倒进同一个废液桶,一段时间后,废液桶冒烟,全楼响起警报,所幸处理及时,未造成人员伤亡。三是在运输和处置环节,因废弃物种类复杂,许多废弃物的成分含量并不清晰,导致在处理过程中参数难以设置,极易发生危险事故。

### 1.3 处理难度大

因废弃物成分复杂,处理单位难以知晓接收的废弃物尤其是废液中的具体成分以及含量,因此难以确定处置方案。目前,危废处理厂大多采用回转焚烧炉,一般对卤素和氮磷硫等元素会有严格的限制,比如对氯含量有严格的要求,一般不能超过0.02%。而实验室在废液管理方面较为薄弱,很多单位并未将废液中是否含卤素标注清楚,即便标注清楚的往往也很难确认具体含有哪些卤素成分,更谈不上每种成分的具体含量。这给危废处理环节带来很大的困难,造成很多处理生活垃圾和工业垃圾的社会危废处理厂不愿也不敢接收高校实验室化学废物。社会上普通危废处理厂往往针对某一领域或某几个领域的危废进行处理,而实验室化学废物因其种类繁多,理论上包含所有种类的危废。因此,目前没有一家危废处理厂能够系统地处理所有实验室化学废物。

### 1.4 紧迫性强

如前所述,实验室化学废物的现状是处置能力和管理体系缺失。因为处置不及时或无法处置导致许多高校的理工科学院存放有大量危废物,实验室、走廊、甚至大厅都堆满了有毒、剧毒、易燃易爆、腐蚀危险品。对于存放单位而言,这些几吨、几十吨的危废相当于一颗颗不定时炸弹;之于全社会,实验室化学废物以极大的危险性和污染性威胁着社会的安全和安定。可以说,当前我们国家的实验室化学废物已经到了必须采用强力、有效手段的地步,刻不容缓。

## 2 科研废弃物相关法律法规

实验室化学废物的管理处置是一个系统工程,解决这一问题需要三个条件:法律法规,处置技

术, 管理制度。其中, 重中之重是法律法规的建立健全。

实验室化学废物是一类特殊的危废, 我们国家危废相关的法律法规大致可分为四个层级。

### 2.1 国家法律

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》是危废领域的根本大法。其中, 第八十八条第四款规定: 危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物。危险特性指的是腐蚀性(Corrosivity, C)、毒性(Toxicity, T)、易燃性(Ignitability, I)、反应性(Reactivity, R)和感染性(Infectivity, In)。第八十九条: 液态废物的污染防治, 适用本法。这意味着危废包括但不限于列入国家危废名录的固体废物, 也包括未列入危废名录但是经过国家相关标准鉴别鉴定的, 亦属于危险废物。根据危险特性的定义, 许多科研废弃物具备一种或几种危险特性, 因此属于危险废弃物。

### 2.2 国家目录

《国家危险废物名录》是中华人民共和国国家发展和改革委员会根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》制定的, 自2008年8月1日起施行。自2016年8月1日起施行的新版《国家危险废物名录》(2016版)将危险废物调整为46大类别479种。

其中与科研相关的条目见表1。

表1 与实验室化学废物相关的危废名录

废物类别	行业来源	代码	危险废物	危险特性
HW14 新化学物质废物	非特定行业	900-017-14	研究、开发和教学活动中产生的对人类或环境影响不明的化学物质废物	T/C/L/R
HW49 其他废物	非特定行业	900-047-49	研究、开发和教学活动中, 化学和生物实验室产生的废物(不包括HW03、900-999-49)	T/C/L/R

理论上, 科研院所的研究领域包括了社会所有的行业, 同时意味着国家危废名录上的危废种类, 实验室化学废物都可能覆盖; 而危废名录没有的, 实验室化学废物同样可能会有。

### 2.3 行政法规条例

在危废领域, 国家出台了一系列行政法规条文。与科研废弃物相关的主要有《废弃危险化学品污染环境防治办法》《危险废物转移联单管理办法》《危险化学品安全管理条例》《危险废物鉴别标准》(GB5085.1-7-2007)、《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-2012)等。其中, 《废弃危险化学品污染环境防治办法》发布于2005年8月30日, 于2016年被环境保护部通过的《关于废止部分环保部门规章和规范性文件的决定》废除。

### 2.4 单位管理制度

目前检索到的专门针对高校科研废弃物的文件是2004年国家环境保护总局发的一个通知《国家环境保护总局办公厅关于加强实验室类污染环境监管的通知》(环办[2004] 15号)。根据该通知以及2005年颁布的《废弃危险化学品污染环境防治办法》、2002年颁布的《危险化学品安全管理条例》及其修订版, 国内高校因管理需要纷纷出台相关规章制度。

如《北京理工大学废弃化学试剂处理管理规定》(校办字[2005] 75号)、《北京大学实验室危险化学品废物处理实施细则》(校发[2006] 202号)、《北京科技大学实验室危险化学品废物处理实施办法》(校发[2007] 69号)、《厦门大学实验室危险废物处置管理暂行办法》(厦大资产[2014] 19号)、《中山大学危险化学品废物管理办法》(中大设备(2015) 1号)、《复旦大学实验室废弃物安全管理暂行办法》(校通字[2017] 5号)等。这些规章制度有的是资产处出台, 有的是设备处出台, 有的则是校办出台, 可见目前国内并没有一个规范的管理体系和专设部门来管理实验室废弃物<sup>[6]</sup>。

这些校级管理办法的主要内容一般为两项,一是管理职责,一般分为学校、学院、实验室、个人四级联动,层层落实。二是规定分类和收集原则,分类收集以化学类为例。《中山大学危险化学品废物管理办法》规定以下几类不能混放:1、氧化剂、还原剂与有机物;2、氰化物、硫化物、次氯酸盐与酸;3、盐酸、氢氟酸等挥发性酸与不挥发性酸;4、浓硫酸、磺酸、羧基酸、聚磷酸等酸类与其他的酸;5、铵盐、挥发性胺与碱;6、含卤素的有机物与其他液体。

这些管理办法是实验室化学废物规范化处理不可缺少的依据,同时也推进了实验室化学废物规范化处理的进程。

## 2.5 实验室化学废物法律法规的缺失

目前实验室化学废物的处置没有专门的法律法规作为依据,这是限制国内实验室化学废物处置的最大障碍。

以医疗危废为例,早在2003年国务院即颁布了《医疗废物管理条例》(国务院第380号令)。该条例共7章,详细规定了医疗废物的管理办法包括一般性管理、医疗单位管理和处置单位管理,对监督责任和法律责任也做了明确,甚至包括处置费用的来源均做了规定。为了使得该条例尽快落地实施,国家相关部门出台了一系列指导性法规和规范。

首先针对医疗废物做了分类,根据性质分为五类:感染性、病理性、药物性、损伤性和化学性废物,形成了一套完整的医疗废物分类目录<sup>[7]</sup>。

根据分类,如病理性、部分化学类采用焚烧方式处理并形成医疗废物集中焚烧处置工程建设技术规范(HJ/T177-2005);医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范(HJ/T228-2021)则是指导某些病理性、损伤性、感染性废物的处理;另外还有医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范(HJ/T229-2021)和医疗废物高温蒸汽集中处理工程技术规范(HJ/T276-2021)等。在一系列法规和技术规范指导下,医疗废弃物从产生到分类到收集到运输到处置,全流程得到管理和监控,做到了有法可依有规可循,较好地解决了医疗行业的危废问题。

反观实验室化学废物,如前所述,目前能查到的专门针对高校危废的文件是2004年的《关于加强实验室类污染环境监管的通知》。2014年出台了实验室废弃化学品收集技术规范(GB/T31190-2014)。除此之外,再无任何专门针对实验室化学废物的法律法规。

以危废名录为例,医疗废物有国家卫生和计划生育委员会颁布的《医疗废物分类目录》,而实验室化学废物则仅仅在国家危废名录HW49大类下的非特定行业900-047-49一款中规定“研究、开发和教学活动中,化学和生物实验室产生的废物”。这一规定太过笼统,理论上科研与社会的行业密切相关,工厂企业所产生的危废在教学和科研活动中都有可能涉及,甚至更多。

根据危废资质的管理规定,任何危废处置单位在申请危废处理资质时,须明确该单位可以处置危废名录中的若干项。而实验室化学废物在理论上包含了所有的名录条目,但目前没有任何单位能够申请到危废名录中所有类别危废的处置资质。这就导致危废处置单位在接收实验室化学废物时,只能处置自身资质范围内的若干项,但危废产生单位却不能合理分类给接收单位。这种矛盾致使危废处置单位不敢、不能、不愿接收实验室化学废物。这是造成众多高校和科研院所实验室化学废物堆积如山的重要原因之一。

另外,危废处置单位如何依法建立实验室化学废物处置系统又成为新的问题。因目前没有任何技术规范文件,规定哪一类实验室化学废物该如何处置。因此,处置单位不知道该如何建设危废处置装置;即便建好了,因为没有技术设计规范作为依据,审批单位也无法审批该装置是否可行。

因此,制定实验室化学废物领域的法律法规和技术标准已经是当务之急。

## 3 境外实验室化学废物的处置

与国内高校相比,境外和国外高校的实验室化学废物处置在管理理念、制度、处置技术上都相对较为成熟,值得我们认真学习参考。

### 3.1 实验室化学废物处置理念

国外一般推崇3R原则,即:“Recycle”“Reduce”和“Reuse”(即循环、减量、再利用),该原则符合绿色化学的理念<sup>[8]</sup>。

在降低实验室化学废物产生方面,Schoeddert等通过设计一种可循环使用的冷却水装置减少有机合成反应中冷却回流用途的废水排放<sup>[9]</sup>。美国洛斯阿拉莫斯实验室则是采用超临界流体做反应介质,减少有机溶剂的使用,从而达到减少实验室有机废液产生的目的。新加坡国立大学(NUS)通过计算机模拟替代部分实验、实验药品的科学管理(优先使用有效期较早的试剂、试剂的内部交换、控制库存等)、精心设计教学科研实验方案(如旋蒸实验所使用的试剂可重复使用等)、尽量使用毒害性较小非卤素试剂代替含卤素试剂等措施,实现最大限度地减少废物产生。同样的试剂管控措施在亚利桑那州立大学被采用,起到降低化学废物产生的作用<sup>[10]</sup>。对于酸碱中和反应可以在实验室产生的酸性或碱性废物上进行,使它们成为中性以便它们可以通过下水道来排放。

减少实验室化学废物的另一个途径是循环利用。对于某些常用有机溶剂,则尽可能通过蒸馏、精馏等方式回收利用,Böhmdorfer等通过构建并投入两个6L的精馏装置,能够回收用于制备色谱的乙酸乙酯和甲苯等有机溶剂<sup>[11]</sup>。对于某些无机试剂,如硝酸银经常用于氯化物的定性分析,本身银价格较高,而且硝酸银具有一定的危险性,因此实验中的银以硝酸银的形式回收不仅在经济上节省,还避免了硝酸银在处理过程中带来的危险。Nash等则设计了本科教学实验直接处理实验室废物中的铜和锌<sup>[12]</sup>。德国弗莱堡大学将回收的常用有机溶剂提纯后循环利用,最大限度地减少化学废物排放。

另外,对实验全流程的管理也在推进,国内某些高校也做了有益探索。各实验室上报实验项目中详细列出每个实验项目使用的试剂与材料、实验过程中每一步产生的废弃物及主要成分<sup>[13]</sup>。

### 3.2 实验室化学废物的管理

有些学校还成立专门机构来管理实验室废物,旨在减少浪费,降低有毒有害化学品使用量等<sup>[14]</sup>。以美国高校为例,如哈佛大学、普林斯顿大学、MIT等设有环境、健康和安全(Environmental Health and Safety, EHS)机构<sup>[15]</sup>,统一管理学校的安全环保事项,实验室化学废物属于该机构的重要管理内容。学校规定各科研组组长(Principal Investigator, PI)对本实验室安全工作直接负责,废液处置各环节出现的问题都由校级安全管理机构向PI直接问责。EHS负责培训、回收与处置单位对接,每个新入学的学生都可以在相关网页上得到对于科研废弃物如何分类、收集等方面的培训。一旦实验室产生的废弃物需要处置,则通过在线方式预约EHS上门回收,其流程如图1所示。

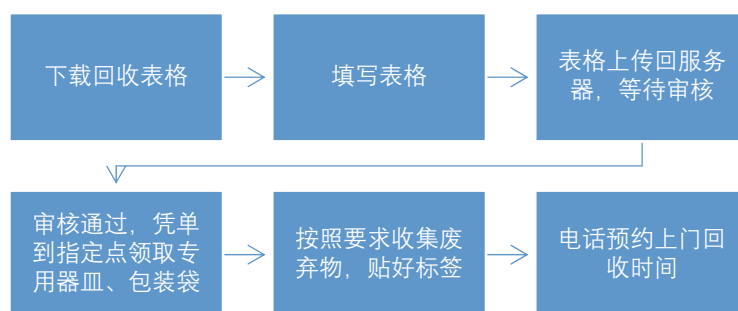


图1 废弃物回收流程

另外,国(境)外高校在分类方面也较为细致。以废液为例,如荷兰格罗宁根大学,用不同颜色的容器回收不同类型的废弃物<sup>[16]</sup>。细致的分类不仅为后续处理的技术选择提供了科学依据,在存储和运输环节也能做到更有针对性、更加安全。

### 3.3 实验室化学废物的处置

境外实验室化学废物处置从规模上区分有两类,一是以学校为主,某些具备条件的高校自己会

建一套实验室化学废物处理装置,如东京大学建立了校内处置机构<sup>[17]</sup>;另一类是以地区为主,一个地区内建立一套处理装置,如中国台湾省在成功大学建立一套实验室废弃物处置系统<sup>[18]</sup>。

从技术方面看,这些处理装置大都分为无机处理和有机处理部分。无机部分经过一系列处理工序,最终将无机科研废物变成无害盐沉淀出来,而水则达标排放。有机部分则主要以高温焚烧为主,将碳氢氧元素变成二氧化碳和水排放,里面的卤素和氮磷硫等元素则变成盐,做无害化处理。

## 4 国内实验室化学废物的处置

### 4.1 政策依据

目前国内实验室化学废物的处理陷入这样的困境:某地如要建设一个实验室化学废物处理项目,首先需要当地省环保厅批准危废资质,而目前签署危废资质的省厅没有相关技术规范作为依据,因此不能确定该项目是否具备处理实验室化学废物的能力,而技术规范的确立又需要项目来作为论证支撑,这就陷入一个无限循环的死结。

在现行的法律法规下,要突破这个死结首先需要有法律法规方面的依据。2017年环境保护部公布的“关于征求《危险废物经营许可证管理办法(修订草案)(征求意见稿)》意见的函(环办土壤函[2017]2001号)”。其中,第三十九条:以下危险废物利用或者处置活动免于领取危险废物经营许可证:(一)产生危险废物的单位在其厂区(场所)内,自行或者委托第三方专业机构对本单位产生的危险废物进行利用或者处置。

也就是说,以高校为依托,在校内(或指定区域)建立一套专门针对某一单位的实验室化学废物处理装置是合法的,同时不需要报批危废资质。

基于这一法规精神,结合国内高校实验室化学废物量大、种类杂的实际特点,参考国外高校的处理经验和处理技术,选择某些试点高校建立一套年处理量几百吨规模的实验室化学废物处理系统是可行的。在此基础上,确立国内实验室化学废物处理技术规范,由点及面加以推广。再进一步,推动建立健全整个行业的相关法律法规,如实验室化学废物管理条例、实验室化学废物分类目录、实验室化学废物工程技术规范等,从而全面解决这一困扰国内理工科高校发展的难题。

在管理制度方面,广东省响应国家关于生态环境走在全国前列的要求,做了有益的探索,由笔者作为第一起草人完成的《广东省实验废物环境管理技术指南(试行)》于2021年1月18日由广东省生态环境厅颁布,对省内化学类实验废物的综合管理做了制度管理方面的规定<sup>[19]</sup>。

### 4.2 处置方式

在完善法律法规基础上,国内高校及科研院所可以参照国外的经验,建立地区集中处理和单位处理两种模式。

我国幅员辽阔,在科研上地域分布极不平衡。高校和科研机构大部分集中在大中城市,因此在高校较为集中的北京、南京、上海、武汉、广州等城市可以每个城市集中设立一个处理点,覆盖本区域内所有的科研机构。

在某些地区,实验室化学废物的量不大,但是运输到集中处理点如果距离较长,不仅效率难以保证,而且危废的运输过程本身就存在安全隐患,因此这类地区可以学校为单位设置一个处理点,建立一个中小型的校内危废处理系统。如扬州大学建立了一套废液处理装置<sup>[20]</sup>,南开大学为了将废液在实验室内处置掉,同样建立了实验室废液处理装置。中山大学化学工程与技术学院建立了一套废液(无机及极性有机物)废水处理装置(图2)。这些处理系统虽然还存在一定的局限性,但无疑为实验室化学废弃物的处置做了有益的探索。

在这两种模式以外,对于一些量小、种类特殊,无法通过普通的有机无机类处置系统来处理的实验室化学废物,可以设立专门的危废处置实验室处理。



图2 中山大学实验室废液处理装置

## 5 结语

综上,我国实验室化学废物的处理和管理都存在严重的缺失,已经造成重大安全和环保隐患,在很大程度上制约了相关高校和科研机构的安全发展,解决这一问题已势在必行。

参照国外经验,从制度入手,建立完善的法律法规尤为重要。在管理和处置层面,前期做好分类,并在分类基础上建立健全实验室化学废物处置体系,技术可行且必须为之。这也是保障我国科技发展不可或缺的一环。

## 参 考 文 献

- [1] 钱光人,钟声浩,张晓岚. 危险废物管理. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 毛振钢,李超杰,周苑松,苗时雨. 环境工程学报, **2020**, *14* (11), 2924.
- [3] 教育部公布最新全国高等学校名单. [2022-06-17]. [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xxgk/s5743/s5744/202207/t20220709\\_470937.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/s5743/s5744/202207/t20220709_470937.html)
- [4] 何积秀,张建英,倪吾钟,汤曙明. 实验技术与管理, **2008**, *25* (9), 160.
- [5] 黄凌云. 高校实验室工作研究, **2012**, No. 3, 88.
- [6] 阮俊,汤凝,张银珠,金海萍,章薇,冯建跃. 实验室研究与探索, **2020**, *39* (5), 306.
- [7] 医疗废物分类目录. [2013-06-05]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/ywfw/201306/65605243db4e4635a9a4f819d8e6de5f.shtml>
- [8] 徐烜峰,李维红,边磊,关玲,李恩敬,张奇涵. 大学化学, **2018**, *33* (4), 41.
- [9] Schoedder, A.; Babooram, K. Pelletier S. *J. Chem. Educ.* **2018**, *96* (1), 180.
- [10] Bennett, G. F. *J. Chem. Educ.* **2000**, *77* (1-3), 253.
- [11] Zweckmair, T.; Hell, S.; Klinger, K. M.; Rosenau, T.; Potthast, A.; Böhmendorfer, S. *Org. Process Res. Dev.* **2017**, *21* (4), 578.
- [12] Nash, J. J.; Meyer, J.; Nurrenbern, S. C. *J. Chem. Educ.* **1996**, *73* (12), 1183.
- [13] 张爱良,林范学,杨永涛. 实验技术与管理, **2020**, *37* (1), 281.
- [14] Souza, N.; Alfredo, T. F. *Braz. J. Pharm. Sci.* **2010**, *46* (2), 187.
- [15] 彭实,邢晓星,吴红莉. 实验室研究与探索, **2009**, *28* (5), 151.
- [16] 蒋晗,方结红,李红亮,潘家荣,黄光荣. 实验室研究与探索, **2018**, *37* (2), 246.
- [17] Odake, T.; Takiguchi, H. *J. Environ. Safety* **2016**, *7* (2), 99.
- [18] 张志强,冯建跃,阮俊. 实验技术与管理, **2015**, *32* (4), 226.
- [19] 关于加强实验室类污染环境监管的通知. [2021-01-18]. [http://gdee.gd.gov.cn/jc5871/content/post\\_3180801.html](http://gdee.gd.gov.cn/jc5871/content/post_3180801.html)
- [20] 张键,周曠平,周俊,何成达,王小治,王国田,于林堂. 实验技术与管理, **2014**, *31* (8), 232.