

高校实验室气态污染物排放全面调研及应对策略研究

赵雨悦*, 郭舒扬, 田文欣, 王雅馨

(西安建筑科技大学建筑设备科学与工程学院, 西安 710055)

摘要: 高校实验室是科学实践的重要场所, 面向众多师生, 涉及校园环境安全与稳定。针对国内外高校教学实验室气态污染物排放及管理现状, 通过网页浏览、文献阅读、实地考察和问卷调查等方式进行了全面调研, 调研内容包括: 实验室气态污染物的种类和处置方法、国内高校实验室气态污染物排放的现状与问题、国外高校实验室气态污染物管理的优点, 并依据调研结果分析研究并给出了相应对策, 以期对我国高校教学实验室的气态污染物的排放与控制提供参考。

关键词: 高校; 实验室; 气态污染物; 调研; 应对策略

A comprehensive study of gaseous pollutant emissions in laboratories of universities and their response strategies

ZHAO Yu-Yue*, GUO Shu-Yang, TIAN Wen-Xin, WANG Ya-Xin

(School of Building Service Science and Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

ABSTRACT: Laboratories in colleges and universities are important places for scientific practice, facing a large number of teachers and students, and involving the safety and stability of the campus environment. Aiming at the current situation of gaseous pollutant emission and management in teaching laboratories of colleges and universities at home and abroad, a comprehensive research has been carried out by means of web browsing, literature reading, field examination and questionnaire survey, etc. The research includes: types of gaseous pollutants in laboratories and methods of their disposal, the current situation and problems of gaseous pollutant emission in laboratories of domestic colleges and universities, the advantages of gaseous pollutant management in laboratories of foreign colleges and universities and the results of the analysis based on research. Based on the results of the research, the study and the corresponding countermeasures are given, in order to provide reference for the emission and control of gaseous pollutants in teaching laboratories of universities in China.

KEY WORDS: universities; laboratories; gaseous pollutants; research; coping strategies

0 引言

随着社会对大气污染关注度的不断增加, 国内各大学开始关注校园实验室内污染物的排放和控制问题。高校教学实验室气态污染物排放主要涉及设备燃烧产生的气态污染物以及实验操作过程中可能产生的可挥发性物质和有害气体的排放^[1]。这些污染物的排放不仅影响室内空气质量, 也可能对周围环境造成一定影响。教学实验室气态污染物排放对实验室环境和人员健康都会产生一定影响, 导致室内空气质量下降, 有害气体还可能会刺激人体神经系统、呼吸系统、消化道、肾脏、口腔等^[2],

带来潜在的健康风险。不及时处理这些气体, 还有可能导致实验室爆炸事故的发生。基于此, 本文通过网页浏览、文献检索、实地考察和问卷调查等方式展开调查研究, 通过了解和分析国内外高校实验室气态污染物管理的现行措施, 为我国高校实验室气态污染物的排放管理方案提供借鉴和参考。

1 实验室气态污染物排放现状调研与问题探究

1.1 问卷调研及结果

问卷以专家咨询和文献研究为基础, 共设计了八个核心问题, 旨在深入探究高校实验室气态污染物排放的现状与问题。

基金项目: 陕西省大学生创新创业项目; 西安建筑科技大学本科生科研训练(SSRT)项目(S202310703137)

Fund: Innovation and Entrepreneurship Program for College Students in Shaanxi Province; Undergraduate Scientific Research Training (SSRT) Program of Xi'an University of Architecture and Technology (S202310703137)

*通信作者: 赵雨悦, 研究方向: 建筑环境与能源应用工程。E-mail: hyperreal304@163.com

*Corresponding author: ZHAO Yu-Yue, School of Building Service Science and Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China. E-mail: hyperreal304@163.com

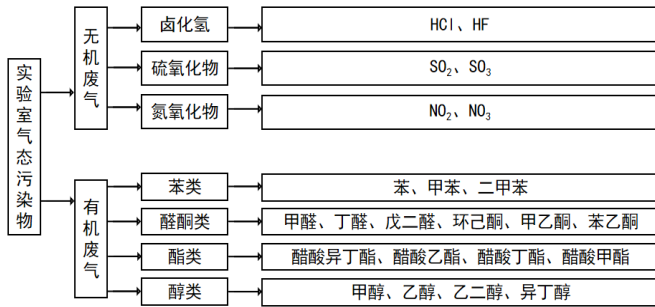


图 6 实验室气态污染物分类

Fig.6 Classification of gaseous pollutants in the laboratory

实验室气态污染物具有种类繁多、成分复杂、分布广泛、排放量小且排放过程不连续等显著的特性,使得实验室气态污染物的处理和管理面临一定的挑战。

1.3 实地调研及结果

为了进一步印证问卷结果,并探究问卷所反映的实验室气态污染物排放导致局部异味过重问题的原因及气态污染物种类,对生物类、化学类、综合类三类典型本科教学实验室进行了实地调研,结果如下。

(1) 生物类实验室:实验室设有存放着需要特殊环境的培养基的生化培养箱,如图 7 (a) 所示,长期存放后可能被实验室中的细菌、真菌等微生物污染,导致培养基变绿发霉,产生伴有一定异味的气态污染物。即生物实验室的气态污染物主要是生物活性实验材料,包括生物组织、细胞、微生物等。

(2) 化学类实验室:实验室为方便本科生上课使用,通常将试剂直接摆放在操作台上,如图 7 (b) 所示,在实验期间,试剂挥发、相互反应容易产生气态污染物。具体的,化学实验室的气态污染物主要是源于实验中化学反应生成的可挥发性物质 TVOC 和有害气体汞蒸汽。

(3) 综合类实验室:实验室内大型仪器设备较多,如图 7 (c) 所示,容易产生气态污染物。综合实验室的主要气态污染物种类应当针对具体的实验内容分析。

国内高校实验室在实验人员直接接触的操作台上没有安装局部排风装置,有时不能做到及时、定向地排除污染物,导致实验过程中和实验结束后操作台周围异味弥久不散。根据实验需求,实验室部分操作台上方会设置排风管道,如图 7 (d) 所示。图 7 (d) 所示操作台上摆放着试剂架,为试剂存放区域,排风管道能及时地排除试剂挥发产生的气态污染物,还可以调节实验室内的气流,确保室内空气质量的稳定和均匀。除此之外,国内本科教学实验室基本上都是采用简单的自然通风,实验室窗口均装有换气扇,如图 7 (c) 所示。

从调研结果来看,虽然国内本科教学实验室都设有排风装置,但国内高校实验室在排风系统方面存在一些问题,主要是在操作台上缺乏局部排风装置,导致污染物无法及时排除。部分实验室通过设置排风管道来改善这一问题,但根据学生在实验过程中对空气质量情况的反映,说明现行的排风装置和气流组织仍存在进步的空间。并且,操作台、试剂堆放处和实验仪器周围等位置是气态污染物排放管理的重点。



图 7 高校实验室实地调研图片

Fig.7 On-site survey images of university laboratories

2 实验室气态污染物的管理

2.1 收集方法

实验室气态污染物的收集是确保实验室环境安全、保护工作人员健康以及遵守环保法规的重要步骤。经调研整理出了国内教学实验室现行的气态污染物收集措施,如图 8 所示。

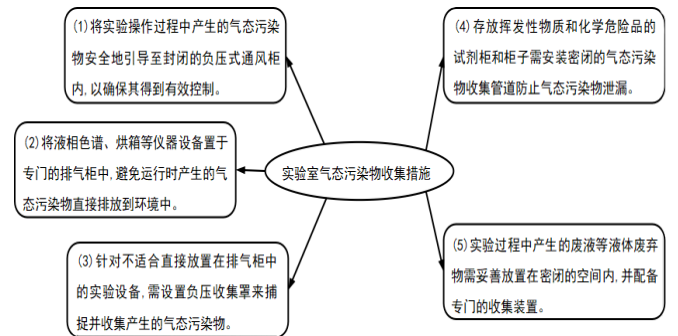


图 8 实验室气态污染物收集措施^[5]

Fig.8 Measures for collecting gaseous pollutants in the laboratory

通过有效的收集和处置,能够显著降低气态污染物对环境 and 人体的潜在危害,确保实验室的可持续发展。

2.2 处理方式

实验室中产生的少量有毒气体应通过专门的顶排风设备排至室外,被空气稀释,并确保排放口高于周边屋顶 3 m 以上。当毒气量较大时,必须预先进行处理后再进行排放。例如,针对一氧化氮、二氧化氮混合物和二氧化硫等酸性气体,通常采用碱液进行吸收处理^[6]。

气态污染物处理量多时,吸收法和吸附法是实验室气态污染物处理最为常用的方法。

(1) 吸收法:一种利用液体吸收剂去除有害气体的技术,分为物理吸收和化学吸收两种。常用的吸收剂有水、碱性溶液、

酸性溶液、氧化剂溶液和有机溶液等,能够有效净化含有 SO_2 、 NO_x 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 、 HCl 、 NH_3 、 Hg 蒸气和各种有机物蒸气等污染气体。

(2)吸附法:这种方法通过使气态污染物与固体吸附剂接触,将污染物吸附在固体表面,从而实现污染物的分离和进一步萃取。常用的吸附介质包括活性炭、活性炭纤维、分子筛等,适用于净化气体中低浓度的污染物。例如,将适量的活性炭粉末置于有气态污染物残留的容器中,可以有效吸附大部分常见的无机和有机气体^[7-9]。

处理实验室气态污染物时,应根据废气的特点和排放要求选择合适的处理方法,确保处理效果符合环保要求。

2.3 排放标准

国内高校实验室气态污染物排放的标准普遍参照所在地的大气污染物综合排放标准。具体而言,依据《环境保护法实施条例》第二十二條的规定,“排放污染物的单位和个人应当按照国家和地方规定的标准和限值排放。”

针对北京市,为了规范实验室挥发性有机物的污染防治,该市于2020年出台了《实验室挥发性有机物污染防治技术规范》(DB11/T 1736—2020)。该规范强调,实验室的污染物气态污染物必须根据具体情况进行收集,并经过净化处理后才能排放,同时必须满足北京市地方标准《大气污染物综合排放标准》(DB 11/501—2017)的相关要求。

至于重庆大学实验室,其气态污染物的排放标准则严格遵循由重庆市生态环境局和重庆市质量技术监督局联合发布的《大气污染物综合排放标准》(DB 50/418—2016),这是专为重庆市制定的地方标准。

实验室气态污染物排放标准的重要性不容忽视。严格遵守标准排放气态污染物,有助于保护环境和人体健康。

2.4 对国外高校实验室在气态污染物管理方面的优点的探索

为了探究大学教学实验室更好的管理措施,本文对国外一些知名高校的实验室气态污染物管理办法进行了调研,总结了以下几点较为出色的内容,见表1。

表1 国外不同高校实验室气态污染物管理优点

Table 1 Advantages of gaseous pollutant management in laboratories at different foreign universities

学校名称	管理优点	具体对策
欧洲某高校 ^[10]	对有毒、有害药品的操作环境有极高的严谨性	甲醇、乙醇等常规药品都必须在通风橱中操作,并佩戴手套
美国约翰霍普金斯大学 ^[11]	重视实验室安全教育	培训课程涵盖了废弃物的分类收集与处置、通风橱和气瓶的使用规范以及个人防护装置的使用等方面
英国牛津大学 ^[12]	实验室安全规章制度全面而细致	化学品安全制度中特别强调了通风橱的管理、气体安全和危险废弃物的处理等内容
英国布里斯托大学 ^[13]	注重实验人员的个人安全	实验人员进入实验室必须佩戴防护眼镜、手套和工作服

3 实验室气态污染物控制的综合分析和参考对策

通过以上对高校教学实验室气态污染物排放与应对策略的全面调研,本文针对国内高校生物类、化学类、综合类三类典型本科教学实验室气态污染物控制进行了综合分析,给出了具有创新性的参考对策,如图9~11所示。

3.1 化学实验室

化学实验室的主要气态污染物是TVOC和汞蒸气。TVOC会导致人员出现头晕恶心、呼吸急促、眩晕呕吐等健康问题^[14];汞蒸气则会损伤人体呼吸道、口腔等^[2],属于有害气体。化学实验室主要是依靠通风系统,将气态污染物收集到管道中再利用风机排向室外^[15]。因此,在源头减少气态污染物的排放以及合理的气流组织优化在化学实验室内尤为重要。针对化学实验室给出的具体对策是操作台、试剂堆放处应设置局部排风及净化装置。

3.2 生物实验室

生物实验室内,除了实验中调配试剂会产生有害气体外,生物活性实验材料如果处理不当也会产生有毒代谢物。实验人员如若长期吸入这些含有病毒细菌等微生物的空气,则会危害实验人员的安全与健康。因此在生物实验室内,应当按时按规范消毒操作器具,处理好生物性材料废弃物。但针对生物实验室产生气态污染物的过程较为缓慢且特征不明显的特点,应定期监测实验室的空气环境,给出的具体对策是可以建立一套实验室空气环境监测系统,有效控制和管理实验室的空气质量。

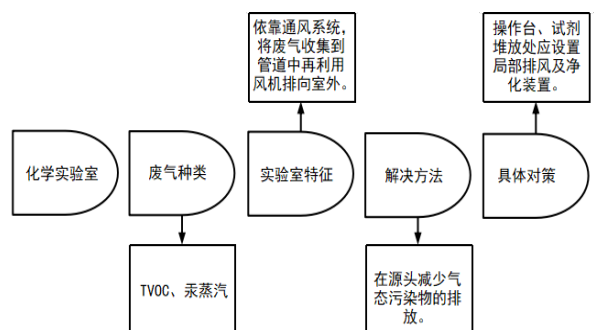


图9 化学实验室分析及对策

Fig.9 Analysis and countermeasures for chemical laboratories

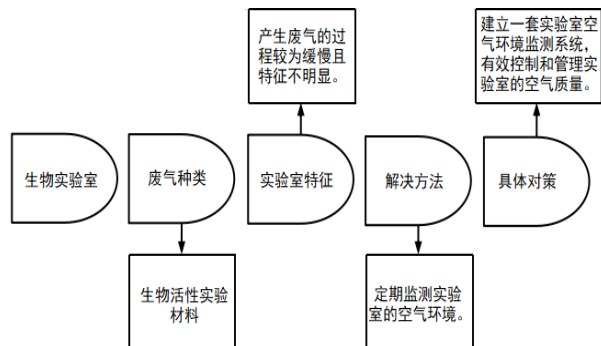


图10 生物实验室分析及对策

Fig.10 Analysis and countermeasures for biological laboratories

3.3 综合实验室

综合类实验室内气态污染物种类, 应当针对具体的实验内容分析, 但大多情况下是由于大型仪器的使用而产生。因此, 在不影响实验流程的前提下, 应尽量及时就地捕获气态污染物并在实验室内通新风, 以此来保证实验室内操作人员的健康与安全。给出的具体对策是, 除现在传统的实验室排气扇和排风系统之外, 可以引入洁净新风系统, 优化气流组织形式, 净化实验室异味。

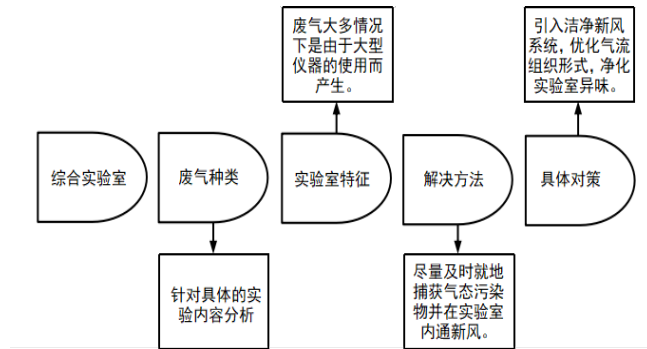


图 11 综合实验室分析及对策

Fig.11 Analysis and countermeasures for comprehensive laboratories

4 结束语

高校实验室作为师生们重要的科研和教学场所, 保证其空气质量显得尤为重要。本文通过线上问卷、线下实地走访等方式全面调研分析了国内外高校教学实验室气态污染物排放及应对策略的现状, 并经过分析给出了针对性的创新性对策, 以为国内高校教学实验室的气态污染物改善提供参考, 促进实验室优化出更全面、更科学的室内空气保障方案, 营造出安全健康的实验室环境。

展望未来, 随着环保科技的不断进步, 高校实验室的气态污染物管理将迈向更加智能化和高效化的阶段。期望未来高校能够充分运用物联网、智能传感技术、大数据分析等前沿技术, 实现对实验室空气质量的实时监测与动态管理。与此同时, 高校还应加强环保设施的引进与更新, 推广先进的空气净化技术, 并开展定期培训, 提升实验室人员的环保意识和管理能力。通过多方协同努力, 高校实验室的气态污染物排放问题将得到更加科学、全面的解决, 最终为师生提供一个更加安全、健康、环保的实验教学环境, 助力高校的可持续发展与创新能力的提升。

参考文献

- [1] 武庆臣, 巩飞, 张志坚, 等. 化学分析实验室污染排放与控制管理模式研究[J]. 清洗世界, 2024, 40(01): 84-86.
- [2] 万田英, 张丽梅, 涂书新. 环境科学与工程实验室环境污染控制探讨[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(01): 177-180.
- [3] 陈华仕. 实验室有机污染物的种类及治理对策[J]. 实验室科学, 2013, 16(04): 189-190, 193.
- [4] 林燕奎, 王光辉, 王丙涛, 等. 全自动闭环负压自适应式实验室通风及气态污染物处理系统的集成设计[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12): 206-210.
- [5] 张纪文, 徐遵主, 金小贤, 等. 江苏省实验室气态污染物排放水平及控制对策[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(02): 306-309.
- [6] 中国医科大学资产管理处. 中国医科大学实验室气态污染物、废液、固体废物处理办法[EB/OL]. <https://www.cmu.edu.cn/zc/info/1881/1037.htm>[2018-05-26].
- [7] 徐荣, 苏刚, 孙娟. 实验室环境污染物的低碳管理[J]. 绿色科技, 2014, (07): 242-243.
- [8] 沈永玲, 吴泓毅, 李善茂, 等. 实验室环境污染与废弃物处理[J]. 分析仪器, 2009, (03): 78-83.
- [9] 郑憬文. 某高校实验室气态污染物处理工程实例[J]. 广州化工, 2018, 46(08): 93-95.
- [10] 刘玲, 张旋. 欧洲高校研究型实验室管理方法对我国实验室管理的启示[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(11): 186-189.
- [11] 王芳, 田宏伟, 段天林, 等. 美国一流大学实验室及大型科学仪器设备管理的特色及启示[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(10): 258-261.
- [12] 刘浴辉, 向东, 陈少才. 英国牛津大学实验室安全管理体系[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(02): 168-171.
- [13] 罗民, 王力峰, 梁斌, 等. 英国大学的科研组织管理模式和运行机制探究——以Bristol大学化学系为例[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(11): 203-206.
- [14] 王莹, 谭建勋, 李美君, 等. 室内空气中TVOC检测方法与控制研究[J]. 科技资讯, 2023, 21(23): 177-179.
- [15] 易斌, 徐遵主, 张纪文. 高校实验室气态污染物处理技术探讨及展望[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(09): 246-249, 255.

作者简介

赵雨悦, 研究方向: 建筑环境与能源应用工程。