

浅析化学类实验室功能分区设计与安全寿命

李智辉, 齐冠男, 刘阳, 李俊

(西安交通大学 电气工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 近几年高校化学类科研实验室发生事故的原因很多是由原有实验室设计功能不能满足不断新增的使用功能而产生的安全问题, 即原有的实验室设计已经接近其安全寿命, 产生了隐患。在实验室新建以及改造过程中以安全性作为评估标准, 加入细致的功能分区设计, 并配合合理的管理, 能够增加实验室的安全寿命, 为实验室设计及安全管理提供了参考。

关键词: 实验室管理; 化学实验; 安全寿命; 功能分区

中图分类号: G482; X923 文献标识码: A 文章编号: 1002-4956(2019)11-0274-03

Brief analysis of functional zoning design and safety life of chemical laboratories

LI Zhihui, QI Guannan, LIU Yang, LI Jun

(School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, China)

Abstract: In recent years, many accidents in university chemical research laboratories are caused by the safety problem of the inadequacy of the original design functions of laboratories to meet the increasing utilization functions. That is to say, the original design of laboratories has approached its safety life, resulting in hidden dangers. In the process of the construction and renovation of laboratories, safety should be taken as evaluation criterion, the meticulous functional partition design should be adopted and reasonable management can increase the safety life of laboratory, which provides some reference for the laboratory design and safety management.

Key words: laboratory management; chemical experiment; safety life; functional partition

设备寿命周期一般是指应用设备从投入使用开始, 到在技术上或经济上不宜继续使用而退出使用过程为止所经历的时间, 通过合理的管理及维护可以延长设备寿命^[1]。房屋建筑有使用寿命, 化学实验室其本质上虽然属于建筑, 但又有特殊属性, 因为它需要满足进行化学实验的功能。在满足功能的条件下具有安全的特性是对化学实验室的基本要求, 以安全为标准来评价化学实验室的寿命, 本文称之为实验室安全寿命。当实验室的实验功能达不到要求, 安全隐患达到无法根治、且管理难度较大的程度, 则实验室接近其安全寿命, 这时候就需要进行较大的整改或重新设计装修。

收稿日期: 2019-04-10

基金项目: 国家千人运行经费 (DQ1A001); 国家千人平台建设基金 (DQ1B001)

作者简介: 李智辉 (1984—), 男, 陕西渭南, 硕士, 工程师, 主要研究方向为新能源材料及实验室安全。

E-mail: lizhihui@xjtu.edu.cn

1 高校化学实验室安全技术范畴的重要性探讨

以实验室安全为评价标准可以将实验室管理分为管理层面和技术层面, 管理层面就是通过制定规范、深入检查以及加强操作及安全意识培训等与人相关的事宜; 而技术层面则是依托先进技术以及管理经验对实验室进行合理的设计, 如新型机器的发展, 新型传感器^[2], 新材料、新设备的应用, 都会对实验室安全起到良好的作用。

从管理层面来讲, 人的因素是最为重要的, 以往高校发生的安全事故多数是人为引起的。深入检查、加强安全意识能够大大降低事故的发生。然而另一方面, 人的因素也是最难控制的, 尤其是在安全环境本身存在问题的情况下。在目前高校的管理模式下, 常规的实验室检查不能从根本上解决实验室的主要隐患。实验室科研人员与学校安全管理人员的工作目标

并不一样, 这是一个矛盾。实验室科研人员对实验室的内容相对了解, 但是安全方面的意识不一定完善; 而安全管理人员虽然关注着实验室的安全, 但是对实验内容及主要隐患并不清楚, 导致安全检查在一定程度上存在着形式化。而这个矛盾也降低了管理人员风险感知的能力^[3]。所以实验室建立初期有针对性地设计功能设计以及安全评估是非常必要的。如果没有针对性的技术设计, 实验室用不到几年就会开始出现隐患, 而这些隐患如果因实验室原有设计功能的限制可能会成为新的遗留问题, 这些长期存在的遗留问题势必会增加事故率^[4]。

化学实验室在试剂的种类和数量上远远大于其他实验室, 在实验过程中也经常使用高温、高压的各类仪器设备以及各类压缩气体钢瓶等, 如果管理不善或使用不当, 就会引起火灾、爆炸、灼伤等事故^[5]。人们一般会认为这些物品所包含的危险因素是客观存在、无法回避的, 而多数问题都归结为人的因素。从技术层面来说, 通过深化改造或应用新的技术手段可以降低某些事故发生的可能性。但如果实验室接近或达到安全寿命, 那么它的管理难度及成本就会非常大。

目前的化学实验室设计大多只是简单根据经验以及借鉴其他实验室的方案, 而在不同使用功能的基础上没有参照的标准。近年来由于科研人员及课题量不断增加, 很多实验室都存在使用功能不断增加的情形。而使用功能的增加若没有相应增加安全方面的考虑, 就会产生新的安全隐患, 使实验室的安全寿命提前到达。同时, 为满足增加的实验要求, 新建实验室的数量也持续增长, 无论实验室科研人员或学校安全管理方均希望能够尽早进入新的环境, 从而彻底摆脱目前实验室存在的各种遗留隐患问题。然而, 如果没有合理的设计和预测性的功能划分, 再加上安全管理不善, 在很短的时间内就可能产生许多新的隐患问题, 且难以根治^[6]。

科学的实验室设计能够大幅降低事故率^[7], 所以针对化学类科研实验室的方向, 综合性地进行功能分区以及安全方面设计迫在眉睫。本文以电池类化学实验室为例, 参照实验室化学安全等标准, 结合当前科研实验室存在的多种使用功能, 列举了部分对化学实验室的技术设计, 为新建化学类科研实验室提供参考。

2 以安全评价为主的功能化分区设计示范

2.1 实验室总体分布设计

化学实验分区不明确是目前科研实验室存在的重要问题。很多实验室是在没有重新设计及改造的情况下, 不断引进新的实验以及仪器。这些新的实验将会增加实验室的负载, 同时会产生一些安全隐患, 而产

生的这些隐患很可能由于人员变动或调查不足而未被发现, 这样就会增加危险性。本文从实验室新建的角度来进行布局设计, 强调不同实验功能的区分。电池类化学实验室布局设计如图 1 所示。根据需求, 将实验室分为化学合成室、气相合成及处理室、烧结实验室、电池涂布室、切割间、电池及电化学测试室、分析测试室等不同区域, 同时根据实际情况增加新到仪器拆箱区以及废旧仪器存放区。每个区域的功能比较单一, 可以针对每个功能进行安全方面的考虑及设施配套, 这样每个区域安全问题单一、隐患问题可预见, 这样就会大大增加安全管理的效率, 降低事故率。当然, 每个实验室的大小及要求不尽相同, 可根据实际情况进行分区, 但目的是将不同区的实验类别单一化, 防止不同人、不同实验之间产生矛盾而造成隐患。

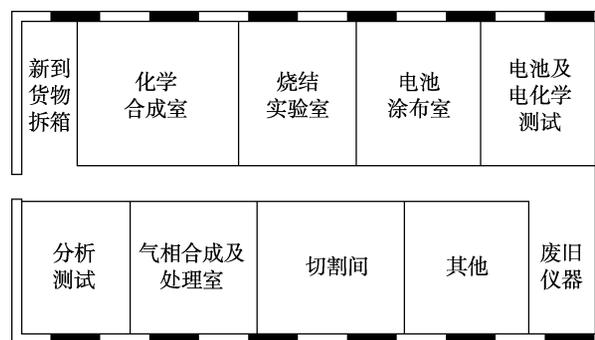


图 1 电池类化学实验室布局设计示意图

2.2 化学合成实验室的布局设计

在所有实验分区中, 化学合成室与气相合成及处理室的危险系数相对比较高。针对化学合成室进行布局设计以及引入相关的设施极为重要。近年来, 高校实验室事故时有发生, 其中比较严重事故多为中毒、火灾以及爆炸事故^[8]。而这些事故的发生均与易燃易爆以及有毒物质的泄漏有很大关系, 这些物质的存储以及实验室通风是问题的关键, 这恰好也是目前许多高校实验室所欠缺的。通风设施不足, 存储不当便产生了隐患。化学合成实验室对通风的要求尤为严格, 因为大多数试剂都具有有害性, 而许多有机试剂具有挥发性及可燃性, 良好的通风可以避免有害气体的扩散。

化学合成实验室通常包括化学试剂的存储、试剂的称量、混合、溶液配制、搅拌、超声、抽滤、烘干等操作。在以往的实验运行中发现, 有通风设施的操作空间总是难以满足要求, 如试剂混合、回流反应、抽滤、水热反应、烘箱等都会存在有害物质的挥发问题, 这些实验过程都需要在通风橱中进行。所以根据这个需求, 将化学合成实验室分为普通操作台、普通烘干处、通风橱及试剂柜等几个部分, 化学合成实验室的布局设计如图 2 所示, 其中试剂柜也自带通风管

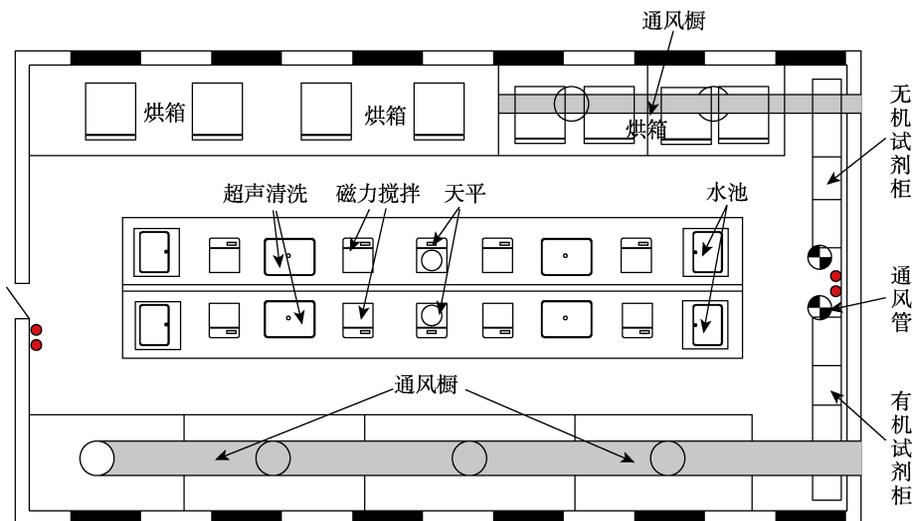


图2 化学合成实验室的布局设计示意图

道,这样就可以缩短实验过程中的移动距离,避免了实验仪器以及器皿的随意搬动,减少了安全隐患。

2.3 化学合成实验室实验台的设计

化学合成实验操作平台的设计同样需要考虑通风。实验台设计如图3所示,在实验台的上方设置万向臂吸风罩,而称量、搅拌、超声等小型仪器均按照需求放置在一定距离内并固定;实验台的一端设有水池备用;吸风罩的设置避免了称量、搅拌、超声过程中有害物质的扩散,消除了该过程中的隐患;同时模块化的设计使得实验过程较为便捷,能够优化设计实验方法及步骤,避免了许多移动过程,减少实验过程中有害物及污染物的产生,消除了移动试剂过程中的隐患,进一步提高了安全性,实现实验绿色化^[9]。

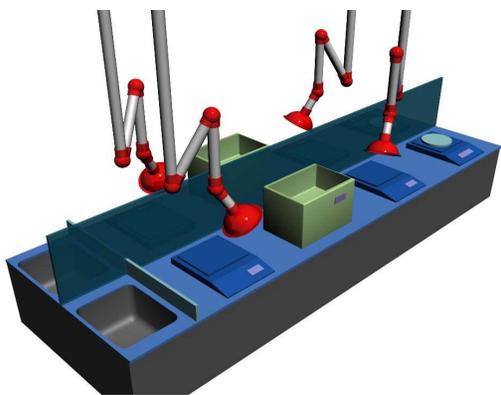


图3 实验台设计示意图

2.4 化学合成实验室试剂存储柜的设计

试剂存储为化学合成实验室的重中之重,试剂存放不合理也是许多事故发生的根本原因^[10]。化学实验室的试剂存储空间的需求比较大且持续增加。试剂需要分类存放并具有良好通风^[11]。试剂存储柜设计如图4所示,本文设计了一种兼容的试剂柜,其首先具有通风的功能,整个柜体空气贯通,其次具有足够大的

空间来满足不同规格的试剂存放,同时在其一边设置有管制品存储区并进行双人双锁管理,在右下方区域专门存放同类试剂的废液。通风柜采用防火防爆的金属材料制作,内涂防腐涂料,通风管道要求能耐酸碱气体腐蚀。在实验室分别放置一个有机试剂柜及一个无机试剂柜,采用这样的设计,相互可能发生反应的试剂之间没有交叉,且通风良好,可以大幅度减少由于试剂存储不当而产生的隐患,同时配合良好的管理方案可以基本解决存储安全问题。



图4 试剂存储柜设计示意图

2.5 气相合成及处理实验室布局设计

气相合成及处理实验室主要使用仪器为管式炉,危险源为气体及高温。针对这种情况,气相合成及处理实验室(见图5)进行单一分区,将管式炉按照使用氧化或还原性气体的类型排列在两边,两侧各有气体的供气及排气管道。氧化气体及还原性气体的排气管道分开,这样能够避免管式炉尾气产生的隐患问题。将气体钢瓶分开放置在防爆柜里,与管式炉保持一定的距离,若空间限制可将钢瓶放置于室外。通过单一的功能设定并配合规律性地检漏,可以显著提高气相实验室的安全性,同时可以满足不断提高的容量需求,增加了实验室的安全寿命。

(下转第298页)

- [4] 汤海峰, 王德利, 孟威, 等. 大型仪器面向本科生开放过程中存在的问题与解决对策[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(6): 205-207, 213.
- [5] 吕恒林, 吴元周. 加强实验室开放管理 培养创新实践型本科生[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(3): 5-7, 19.
- [6] 秦伟超, 马逊风. 面向本科生实行开放实验教学的实践和思考[J]. 实验室科学, 2012, 15(2): 151-154.
- [7] 晏铭, 曾光明, 黄丹莲, 等. 设立本科生开放基金实验项目的探索[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(6): 168-171.
- [8] 赵兴红, 谷铁军, 孙博, 等. 科研实验室对本科学的开放与管理[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(4): 221-223.
- [9] 于皓, 张思慧, 张长源, 等. 高校重点实验室向本科生开放的探索与实践[J]. 福建医科大学学报(社会科学版), 2017, 18(2): 47-50.
- [10] 张曰理, 吕平, 欧阳红群, 等. 加强开放实验与本科生科研训练, 促进学生创新能力培养[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(6): 246-248.
- [11] 李颖, 尹文萱. 构建实验教学质量保障体系 培养矿业特色创新人才[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(11): 226-229, 232.
- [12] 方珠芳. 重点实验室面向本科生开放的共享机制和体系研究[J]. 教育教学论坛, 2015(41): 257-259.
- [13] 刘丽琴, 陈永清. 大型仪器共享管理的研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(2): 208-210.
- [14] 张帆, 张瑾, 郑李彬, 等. 国内高校实验室对本科生开放现状的研究[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(7): 188-192, 197.
- [15] 史克英, 潘凯, 田春贵. 开放科研实验室, 培养本科生的创新思维与能力[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2010(1): 91-92.

(上接第 276 页)

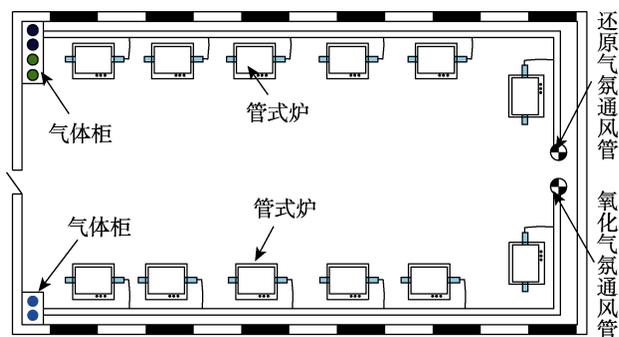


图 5 气相合成及处理实验室设计示意图

良好的设计需要合理的应用, 就像一台先进的仪器如果操作使用不当也会出现问题, 先进的仪器需要长期维护和管理。另外, 实验室的管理需要制定相关的实验室规章制度及使用章程, 通过设置培训课程^[12]详细讲解实验室使用过程中的注意事项以及可能发生的安全事故的类别, 提高风险预测能力, 避免事故的发生。

3 结语

实验室安全体系的建设是一项系统工程, 是实验室安全的有力保障。随着国家对科技发展的重视及高校建设发展的需求, 高校实验室迎来了新一轮建设高潮。在实验室的建设过程中, 需要将安全性能作为一个重要的评价标准, 采用合理的实验功能分区设计、汲取先进的技术经验可以大幅度降低未知风险, 并增加实验室的容纳能力及安全寿命。在优化设计的基础上配合先进的管理方法, 能够有力保障实验室的安全及可持续运行。

参考文献 (References)

- [1] ENDRENYI J, ANDERS GJ. Aging, maintenance, and reliability-approaches to preserving equipment health and extending equipment life[J]. Power and Energy Magazine, IEEE, 2006, 4(3): 59-67.
- [2] KIM H, LEE E, KWON D, et al. Chemical laboratory safety management service using IoT sensors and open APIs[C]. ICIC, 2017, 262-263.
- [3] Taylor W D, Snyder L A. The influence of risk perception on safety: A laboratory study[J]. Safety Science, 2017(95): 116-124.
- [4] 秦锋, 黄强, 袁久洪. 高校实验室安全事件的原因浅析与管理对策[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(3): 302-306.
- [5] Huston E M, Milligan J A. Development of an undergraduate course in chemical laboratory safety through an academic/industrial collaboration[J]. Journal of Chemical Education, 2018(95): 577-583.
- [6] 张泽. 高校化学实验室建设与管理的探索[J]. 广东化工, 2017, 44(10): 234, 229.
- [7] 王义成, 刘玉玉, 马延文. 做好高校化学实验室设计 保障实验室安全[J]. 实验室科学, 2017, 20(3): 219-221.
- [8] 温光浩, 周勤, 陈敬德, 等. 高校实验室安全管理之思考[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(12): 5-8.
- [9] 梁敏, 屠小菊, 喻鹏, 等. 高校化学实验绿色化初探[J]. 化工时刊, 2018, 32(12): 44-45.
- [10] 刘艳, 陶懿伟, 方心葵, 等. 高校实验室安全问题引起的思考与管理探讨[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(1): 287-289, 292.
- [11] 张秀全. 浅谈实验室药品试剂的存放和管理[J]. 大众标准化, 2016(8): 98-99.
- [12] 孙建之, 董岩. 地方高校化学实验室安全管理中存在的问题及对策[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(5): 286-289.