

# 大型科学仪器实验室安全管理探索与实践

张树众<sup>1</sup>, 翟春红<sup>1,2</sup>

(1. 南开大学 元素有机化学研究所, 天津 300071;  
2. 南开大学 实验室设备处, 天津 300071)



**摘要:** 大型科学仪器实验室的安全保障是一切科研创新和资源共享工作的基础。该文以南开大学元素有机化学国家重点实验室的核磁谱仪实验室为例,介绍了其在安全组织体系构建、教授负责制、督导员、物业协同巡查机制及实验室安全奖惩管理办法等方面的一系列实践经验。

**关键词:** 实验室安全管理; 化学实验室; 仪器实验室; 大型仪器

**中图分类号:** G482; X921 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2016)11-0006-04

## Exploration and practice of safety management for large-scale scientific instrument laboratory

Zhang Shuzhong<sup>1</sup>, Zhai Chunhong<sup>1,2</sup>

(1. The Research Institute of Elemento-organic Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China;  
2. Laboratory Equipment Department, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** The safety management of large-scale instrument laboratories is the bedrock of all scientific research work and resource sharing. Taking Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer Laboratory as an example, this article illustrates the construction and execution of safety-organization system, professor-responsibility-undertaking system, estate management-and-supervision system, reward and punishment management about laboratory safety.

**Key words:** laboratory safety management; chemical laboratory; instrument laboratory; large-scale instrument

南开大学元素有机化学国家重点实验室(以下简称重点室)主要研究方向是有机化学和农药学,在其大型科学仪器实验室中配有核磁共振波谱仪、大型质谱仪、电镜、X-RAY 晶体衍射仪等大中型仪器,科研实验室中也会经常性使用有毒、易燃、易爆和强腐蚀性化学品,实验室安全管理成为实验室建设与运行过程中的首要控制目标<sup>[1]</sup>。本文结合重点实验室在安全组织体系构建,教授负责制,督导员、物业协同巡查机制,实验室安全奖惩管理办法的制定及学生意外伤害保险的强化、实验室安全监测预警系统等方面的一系列实践经验和建设规划,就大型科学仪器设备和科研实验室安全问题与同行交流。

收稿日期:2016-07-20

作者简介:张树众(1968—),男,天津,硕士,助理研究员,主要负责南开大学元素有机化学国家重点实验室核磁平台管理工作

E-mail:zhangsz@nankai.edu.cn

通信作者:翟春红(1977—),女,河北高阳,硕士,副研究馆员,主要研究方向为实验室建设与技术安全。

E-mail:zhaichh@nankai.edu.cn

## 1 健全机制,完善制度

### 1.1 健全管理机制

健全组织机构、层层传导安全责任、落实责任分工是做好实验室安全工作的重点<sup>[2]</sup>。重点室在校级实验室安全委员会、院级安全管理委员会的基础上,又结合大型仪器平台实行开放化管理的特点,组建了重点室安全委员会。

重点室安全委员会主任由重点室主任担任,委员会成员由两名院士及多名教授组成,日常工作由重点室所有教授和课题组负责人、实验室安全员(由课题组负责人为每间实验室指派)、经过培训的物业安全检查巡视员、学校安全督导员等分工协作,共同承担。

在委员会的统筹安排下,以专业为单位,安排本专业内的所有教授轮流值班,即每天都有一位教授对本专业内的实验室进行安全检查。检查项目包括:进入大型仪器实验室是否穿着专用实验服、化学实验室内钢瓶是否固定、药品是否过于堆积、环境是否脏乱、实验室安全日志是否齐备等;实验室安全员负责自己实验室的安全

工作,如记录安全日志、申报夜间实验等工作。

物业安全巡视员的主要工作是日常巡逻,包括大型仪器实验室巡查、楼内安全门是否正常关闭、化学实验室是否有违规的夜间实验,烘箱、搅拌器、回流装置等是否正常关闭等。

安全督导员不定期对实验室安全操作规程、试剂规范存储等进行抽查。

在此基础上,重点室的大型仪器均实行教授负责制,即由大型仪器管理委员会委派一名具有丰富专业知识的教授作为仪器平台的负责人,对仪器的使用和安全负责,因此也负有指导培训该仪器设备正确使用和责任和义务。全天开放的大型仪器平时由管理人员进行日常巡视、夜间由物业安全巡视员定时巡查。

## 1.2 完善管理制度

随着重点室规模的不断扩大,研究人员不断增加且流动频繁,对实验室安全管理制度的要求也在不断提升,需要细化事项、落实责任。

重点室依据教育部、天津市及南开大学制定的规章制度,如“南开大学实验室守则”“南开大学危险化学品安全管理办法”等,结合设备安全和危化品安全,配合化学学院制定了一系列管理办法,主要涉及:

(1) 大型仪器管理制度。如“大型仪器设备管理办法”“专门性(专业性)公共仪器管理办法”等,围绕实验者和仪器安全,制定了十分详尽的仪器使用条例,将操作过程中易引发的非仪器自身故障划分为大事故和小事故 2 类,规定了不同的惩处措施。

(2) 危化品安全管理办法。针对剧毒品、危险化学品、易制毒化学品等的采购、保管、使用,制定了管理办法,且责任落实到人。对于实验废液、空试剂瓶每天都会指派专人入室收回,避免实验产生的废液给环境带来污染。

(3) 实验室自查管理办法。“化学学院关于实施实验室安全教师巡查制度的通知”和“化学学院实验室安全处罚条例”规定了专业教授巡查制度,是对巡查过程中发现的违规事件的处罚依据。

(4) 实验室安全责任书。“化学学院消防安全责任书”“化学学院剧毒品、易制毒品等化学品使用安全责任书”。

(5) 实验室应急预案。“化学学院学生突发事件应急处理预案”等规章制度和安全条例。

上述所有规章制度汇编成工作手册,发放给重点室的每个教工。

## 2 强化教育,规范设施

### 2.1 注重实验室安全教育

学校实验室实行安全准入制度,重点室充分意识

到学生安全意识的培养在于其多样性、连续性和长期性<sup>[3-4]</sup>,重点通过 4 种形式开展宣传教育。

#### 2.1.1 实验室安全必修课

开设了“通识教育”必修课。这门课程历时一个学期共 32 学时,主要针对有机化学学科的研究生、本科生授课。

课程由多名教授负责讲授,授课中涉及安全教育方面的内容,主要讲解:

(1) 进入大型仪器实验室进行实验的注意事项,化学实验室中的常规操作,细化到如叠氮化钠应当使用牛角勺来盛取;

(2) 金属钠的保存、取用、切割方法,实验后剩余钠的处理等;

(3) 常见危险品的种类及理化性质,如常见化学品的熔点、沸点、闪点、自燃点等;

(4) 常见危险化学品侵入人体的途径,如与皮肤接触、眼睛接触、吸入等;

(5) 突发事件预防措施,发生危险后的急救措施,如尽快脱去被污染的衣着、皮肤和眼睛接触毒物后使用大量流动的清水冲洗、空气污染后迅速离开现场、人工呼吸、催吐等;

(6) 危化品储运的注意事项,泄漏的应急处理;

(7) 不同化学物质着火后不同处理的方法等。

课程内容详实、具体,可操作性强,涉及到化学实验过程的方方面面。

#### 2.1.2 新生入学教育中的安全讲座

主要针对新入学的研究生和即将进入实验室的部分本科生,邀请主管安全的教授结合历年国内、外发生的安全事故典型案例进行深入的分析,讲述实验室安全注意事项以及实验室可能突发的安全问题和应对措施,以提高学生的安全意识。

配合安全讲座,学生可以利用学校的实验室安全教育与培训考试系统和《南开大学实验室安全手册》,进行线上、线下的自主学习。培训后进行考核,考核通过才能获得实验室准入资格。

#### 2.1.3 大型仪器操作的专业指导

重点室开放使用的大型仪器,由专业教授讲授仪器的主要用途和基本操作方法。培训合格的学生可自行操作仪器获取实验数据。

以大型仪器平台核磁共振波谱仪为例,核磁共振波谱仪是有机学科的必备仪器,核磁谱仪能否正常运转会直接影响到教学、科研工作。核磁实验室核磁平台现拥有核磁共振波谱仪 10 台,其中 9 台仪器 7×24 h 对学生开放,每年申请核磁谱仪操作培训的学生都超过 200 人次。由于学生动手能力参差不齐,经常发生因操作问题导致仪器故障,影响仪器正常使用。为

了保证核磁谱仪操作培训的效果,每次培训限定参加人数,并在核磁实验室内现场讲解、示范操作仪器的步骤和注意事项,之后对每个学生进行独立操作考核。

除了讲解如何操作使用仪器,还会对进入大型仪器实验室后应遵守的安全守则再次进行讲解,例如遇到火警、听到仪器实验室内异响、发现烟雾或室温过高等情况时如何处置。通过培训尽可能让每位参加培训的学生都能牢记安全规则、熟练操作仪器。

针对某一段时间内学生在使用仪器过程中的共性、典型问题,仪器管理教师通过大型仪器平台的消息发送机制向所有预约使用该仪器设备的学生不定期进行推送。

#### 2.1.4 实训演习

定期举办消防安全演习周活动,由保卫处为师生讲解防毒面具、灭火器、灭火毯等消防器材的使用方法。学生进行灭火实践操作,现场演练消防器材的用法。通过演习演练,尽可能将各种隐患消灭在萌芽状态<sup>[5-6]</sup>。核磁实验室中使用的气体灭火装置,一旦发生火警,气体灭火装置将在几分钟内启动,但阻燃气体的同时还有可能导致室内人员窒息,所以在气体灭火装置启动前,所有实验室内的学生须尽快离开。如此定期举行逃生演练,遇到险情能够做到不慌乱、有序撤离。

### 2.2 完善安全基础设施建设

完善安全设施可以减少危害发生的风险,在危害发生时能够使用相应的设施进行自救,尽可能减少损失。重点室通过对实验室进行安全改造来提升安全保障。

(1) 门禁系统。实验大楼和核磁实验室都设置了门禁系统,需刷卡进门。学生刷卡进门的信息(进门时间、姓名等)都会保存在数据库中,存档备查。门禁卡丢失或学生毕业,系统管理员将在第一时间为学生补办或注销卡片,确保所有开放数据真实有效。

(2) 补、排风系统。以往的实验室排风系统打开后会造成本楼内负压,楼外空气被抽到楼内,导致冬冷夏热,增加能源消耗,冬季还容易诱发水管冻裂,不利于仪器实验室安全和保持恒温。重点室对全楼的排风系统进行了全面更换,利用暖气等资源增加了补风功能,充分利用既有能源,起到了良好的通排风效果,实验环境得到改善,对师生健康也大有裨益。

(3) 冰箱防爆改造。存放试剂的冰箱内部是一个相对密闭的环境,冰箱启动时产生的电火花有可能引燃冰箱内存放的挥发性药品,重点室对新购进和正在使用的冰箱全部进行了防爆改装,确保安全。

(4) 电力扩容改造。随着实验室规模的扩大,大型仪器也不断增加,例如核磁平台实验室,在近十几年

的时间内,核磁谱仪从1台增加到了10台。原有楼内供电系统不能满足要求,电路老化极易造成短路引发火灾,重点室对楼内电路进行了扩容改造,老化电路全部更新,确保用电安全。

(5) 消防安全改造。配备充足的消防器材<sup>[7]</sup>,楼道中明显位置设置安全警示牌、逃生疏散路线图、配备有灭火器、灭火毯、防火沙箱,在大楼不同部位建立多个逃生通道,应急出口设有安全门。对灭火器进行定期检查,对即将过期的灭火器进行更换。按照要求由专业人员定期对火灾报警器进行测试,确保其时刻处于正常工作状态。

(6) 安防系统。视频监控设备的使用在安全管理工作中起到了重要的作用,尤其是在开放的大型仪器实验室内安装的高清摄像头。实时监控系统的意义主要有两方面的意义:一是为确定事故时间、查找事故原因、分析事故责任提供重要依据<sup>[8]</sup>;二是可以将典型的事故录像进行编辑、截图制成案例,通过邮件发送给使用仪器的各课题组,学生可以直观地看到发生事故的原因,避免类似事故再次发生。重点室安全管理人员可以通过手机、网络浏览器等实时浏览监控画面。监控视频资料可以保存一个月左右。

## 3 专业检查,奖惩有度

### 3.1 专业内教授巡查

“化学学院关于实施安全教师巡查制度的通知”规定教授必须亲自参与本专业内实验室的安全检查,即按专业的不同,对本专业内的全体副高级职称以上的教师进行排班。以天为单位进行巡查,记录巡查日志,每周定期发送安全通报邮件,并在学院及重点室公告栏进行通报,被通报人员须提交书面检查,并在公告栏张贴。

### 3.2 督导员不定时进行抽查

学校聘有实验室安全督导员,其中有2位督导员专门负责化学学院,督导员本身具有化学专业背景,会不定期对重点室的实验室进行抽查。

### 3.3 物业安排巡查员每天多次进行巡查

物业巡查员的日常巡查覆盖上班时、午休时、夜间、节假日等各个时段,主要巡查内容涉及水、电、门窗等。

### 3.4 大型仪器实验室巡查

核磁谱仪对学生高度开放,日常工作中最突出的问题是经常有未经培训的学生借用他人的账号和密码操作仪器,这种情况下因操作不当发生事故的概率非常高,严重影响仪器的安全,导致仪器需停机维修。

为了杜绝此类现象,在重点室“核磁共振波谱仪使用规则”中增加了对上机的学生进行实名制认证的要

求。前来上机实验的学生都需要持印有本人照片的校园卡登录仪器计算机后才能进行下一步操作;管理教师随时都有可能对学生的身份进行查验、抽查,没有带校园卡或没有通过培训的学生上机操作,将按照一次小事故处理,通报批评,暂停其预定机时和上机实验。3次不带校园卡或借用他人的账号上机操作仪器的学生,记一次大事故。大事故会影响该学生奖学金评选等。通过严格的实名制核查,基本消除了借用账号或未经培训操作仪器现象。

核磁谱仪等大型仪器在开放过程中,一些动手能力较差的学生在操作仪器时容易发生误操作,这些学生通过一次培训往往不能完全掌握操作规程。因此,在培训过后不仅需要严格考核,还需要管理教师平时加强巡视,发现违规操作仪器的现象及时给予制止和指导,对严重违规行为按照处罚条例给予处罚并通报,督促学生能够细致、认真并严格按照操作规程操作仪器,对于操作仪器时经常发生问题的学生取消操作资格并需重新参加培训。

### 3.5 夜间实验的管理

对于夜间需要进行的化学实验,由于无人看守,存在一定的安全隐患。依照“化学学院关于过夜实验的规定”,重点室规定了“过夜实验管理程序”,过夜实验需提前申请。

大型仪器平台核磁谱仪全天候开放,夜间机时费率低、有利于长时间的数据采集,因而夜间机时十分抢手,几乎每天晚上都会有学生预定夜间机时后到核磁实验室进行样品测试。重点室从以下几点来保证夜间实验的学生和仪器的安全:

(1) 请物业安全巡视员加强对核磁实验室的夜间巡视;

(2) 核磁实验室安装了独立的门禁系统,并要求学生出入必须关好实验室大门;

(3) 大型仪器实验室监控的实时图像直通门卫室,管理教师也经常通过监控系统的远程查看功能查看实验室内的情况;

(4) 在大型仪器平台上公布管理教师的手机号码,24 h 开机,学生有任何问题都能随时与管理教师取得联系。

### 3.6 强化责任,建立安全事故责任追究制

为了增强师生的安全意识,安全工作坚持“谁主管谁负责”的原则,教育事故责任人和警示其他人,在《重点实验室及元素所安全事故处罚条例》中将安全事故分成一般事故、人员轻微受伤或中等财产损失、有人身伤亡或重大财产损失等几个类别,处罚措施从通报批评、行政处罚直至按照法律程序将主要事故责任人移交司法机关处理<sup>[9]</sup>。

通报批评主要针对两方面的问题:一是细节问题,如高压气瓶没有固定或没有远离热源、实验室内的电线杂乱、药品过多堆积、药品储存量过大而超过日常所需、实验室环境脏乱、水龙头关不严、实验室没有记录安全日志等;二是实验操作上的问题,如操作大型仪器时故意简化必要的操作步骤、做化学实验时用普通棉花缠绕冷凝管且置于加热模块上方、加热瓶溶剂太满、加热实验无人看管等。对于发现的问题,一律记入安全日报,通过电子邮件发送到重点室全体教师,同时还会在学院公告橱窗中张贴,附带涉事人员的检查及整改方案,限时整改。

行政处罚主要是对在安全检查中发现的违反操作规程或存在安全隐患的安全问题,同一课题组被通报达到3次,将对事故责任人、导师、课题组长予以行政处罚,停止实验室实验2天进行整顿。

大型仪器平台“核磁平台使用规定”中规定对于操作过程中出现问题的学生,采取黑名单制度。一般性错误,将操作者放入黑名单2星期并通报批评,如果某个学生连续3次进入黑名单,那么此学生所在课题组的所有学生都将被放入黑名单中一星期,对课题组罚款。若在使用仪器过程中发生严重错误,课题组将被放入黑名单一星期并罚款。课题组3次被放入黑名单,课题组的所有学生需要重新参加操作培训,考核合格后才能继续使用仪器。进入黑名单的学生无法通过大型仪器平台预定机时和登录核磁谱仪操作仪器。

## 4 保险保障,监测预警

### 4.1 投保学生意外伤害险

化学实验室是教学与科研的重要活动场所,也是化学危险品放置最为集中、最容易存在安全隐患的场所,意外事故发生概率较大<sup>[10]</sup>。通常这种事故伤害是外来的、非本意或突发的,伤害符合人身意外伤害保险的条款。为了给学生充足的保障,重点室为进入实验室的学生投保意外伤害险,这样既可以在医疗费用上得到调节,避免一些不必要的法律纠纷,还可以给发生意外的实验人员带来更加全面的保障和安慰。

### 4.2 设立安全检测预警系统

学校计划在各个实验室内设立安全检测预警系统,安装有害、可燃气体监测报警器,系统探测器实时进行监测,对易燃气体依照监测到的危害性气体浓度进行预警,自动按照低、中、高不同的风险值给出相应的提示和警告,相关提示信息可通过短信、微信、邮件等方式发送给实验室安全负责人<sup>[11]</sup>。如果实验室内有害、易燃气体严重超标,红色报警指示灯闪烁,并发出警报声,提示实验室内人员疏散。

(下转第13页)

故进行通报,也包括对二级单位所发生的小型事故进行通报。重大事故后果严重,影响极大,虽很少发生,但能起到震慑警醒作用,而小型事故则是发生在周围,更容易发生在日常实验工作中,为今后同类事故的处理提供参考,防微杜渐,避免因小事故处理不当导致重大事故的发生。

#### 4 结语

实验室安全管理和建设并不能一劳永逸,它是一项需要长期坚持和重视的工作。随着高校科研教学事业的发展,实验室安全管理也在不断探索、调整、改进,不断完善。二级单位作为制度的执行者,需制定并实施相应的“落地”管理办法,以人为本,竭尽所能与广大师生一起营造安全的实验环境。

#### 参考文献(References)

- [1] 李五一. 高等学校实验室安全概论[M]. 杭州:浙江摄影出版社, 2006.
- [2] 唐岚,李晓林,谢庆春,等. 高校化学实验室安全规范管理探究[J].

(上接第9页)

大型仪器运行过程中如遇突然停电,对仪器的损害较大,虽然安装有UPS不间断电源,但电力一般只能维持几个小时,且仪器的辅助设备如空压机、中央空调等由于耗电量大不能使用UPS供电,这些设备遇停电会自动关闭,电力恢复后也无法自动运转。安装停电警示系统十分必要。如遇停电,可以通过各种方式及时通知管理员前往仪器实验室进行处理。

监测预警系统作为一个安全管理平台,还可以将大型仪器管理平台、大型仪器的安全使用说明、故障维修情况、试剂采购及使用情况、安全监察档案等全部整合,为实验室安全提供实时监测、应急响应和大数据分析。

#### 5 结语

化学实验室安全、仪器实验室管理是一项复杂的系统工程,包括防火、防盗、防爆、防毒、防污染、防辐射等<sup>[12-13]</sup>。保证大型仪器正常使用也是实验室安全重要的一环,从完善制度、加强教育、基础设施、强化巡查、安全预警、责任追究等多个方面入手,保证大型仪器的正常运转,核磁谱仪的实际使用机时都能达到5 000~6 000 h/a。实践证明:为了减少直至杜绝发生安全事故,需要健全制度并严格执行,安全工作要做到认真、细致、坚持。

#### 参考文献(References)

- [1] 董平军,刘勃,王涛. 科研院所实验室安全管理浅析[J]. 安全、健康

实验技术与管理,2010,27(3):249-252.

- [3] 温光浩,周勤,程蕾. 强化实验室安全管理,提升实验室管理水平[J]. 实验技术与管理,2009,26(4):153-157.
- [4] 黎林,钦明皖,舒坚,等. 高校实验室文化创新建设的探索与实践[J]. 实验室科学,2013,16(2):144-147.
- [5] 黄如绒. 高校实验室文化建设途径[J]. 中国现代教育装备,2013(13):26-27.
- [6] 陈浪城,严文锋,刘贻新. “以人为本”建设高校实验室安全文化[J]. 实验室研究与探索,2015,34(7):285-288.
- [7] 朱琳,管晓丹,张福胜. 高校化学实验室安全管理的思考[J]. 广东化工,2014,42(2):174-176.
- [8] 徐建斌,赵涛涛. 高校实验室安全管理工作现状与对策研究[J]. 实验室科学,2009,12(4):164-165.
- [9] 谢章丽,徐薇薇. 高校实验室不安全因素分析与对策[J]. 江苏工业学院学报,2003,4(4):78-80.
- [10] 黄文霞,罗一帆. 高校化学教学实验室安全教育与管理[J]. 实验技术与管理,2010,27(9):193-195.
- [11] 黄小斌,朱志明,周玉玲. 高校工科实验室安全防范机制研究与实践[J]. 实验室研究与探索,2010,29(8):162-164.
- [12] 乔晋忠,张丽萍. 高等院校实验室管理的研究[J]. 中北大学学报,2006,22(1):92-94.

和环境,2013,13(3):51-52.

- [2] 李五一,谷大丰,胡放. 香港高校实验室安全和环保工作考察及启示[J]. 实验技术与管理,2008,25(9):10-12.
- [3] 焦雪. 浅谈高校化学实验室安全意识培养[J]. 安徽农学通报,2015,21(19):140-141.
- [4] 常粉玲. 高校实验室安全管理的问题与对策[J]. 黑龙江科技信息,2012(2):178.
- [5] 彭姝,王芄. 元素有机化学国家重点实验室研究生新生适应性教育结束[EB/OL]. (2012-12-01). <http://news.nankai.edu.cn/qqxy/system/2012/11/30/000103715.shtml>.
- [6] 南开大学化学学院. 化学学院举办“消防安全演习周”活动[EB/OL]. (2014-06-18). <http://chem.nankai.edu.cn/ejymzhylm.aspx?t=4&m=0&n=569>.
- [7] 陈焯,曾优美. 化学实验室的安全现状与管理对策[J]. 学周刊,2016(1):17.
- [8] 周健,吴炎,朱育红,等. 信息化背景下高校实验室安全管理新趋势[J]. 实验技术与管理,2016,33(1):226-228.
- [9] 张兴容,马永慧. 我国安全法制建设的现状与发展[J]. 工业安全与环保,2002,28(2):4-5.
- [10] 王永红,钟国伦. 有机化学实验室安全隐患分析和安全管理对策思考[J]. 科技信息,2014(12):64-65.
- [11] 于霄鹏,孙志敏. 易燃易爆、有毒有害气体报警误报、防漏报管理系统的应用[J]. 科技创新导报,2009(11):234.
- [12] 孙继萍. 把仪器设备管理作为一个系统工程对待[J]. 实验室研究与探索,2001,20(5):119-121.
- [13] 曾懋华,洪显兰,彭翠红,等. 对比中美实验安全规则反思我国高校化学实验室安全管理[J]. 实验室研究与探索,2009,28(6):310-313.