



普通高等院校实验室安全与
操作规范系列精品教材



附数字资源增值服务

环境科学与工程实验室 安全与操作规范

张延荣◎主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等院校实验室安全与操作规范系列精品教材

环境科学与工程实验室 安全与操作规范

主 编 张延荣

副 主 编 纪 丽

参 编 汪晓光 潘鸿辉 孙明辉 熊志伟

孙 鹏 张 玉 杨 威 朱泽东

王 钊

编委单位 华中科技大学环境科学与工程学院

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书为普通高等院校实验室安全与操作规范系列精品教材。

本书共分为5章,第1章为环境科学与工程实验室基本安全知识,第2章为化学试剂安全使用规范,第3章为环境科学与工程实验操作规范及注意事项,第4章为环境科学与工程实验室常用仪器安全操作规范,第5章为实验室安全及事故处理。

本书可作为环境科学与工程相关专业学生安全培训教材,也可作为环境科学与工程实验研究人员、管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学与工程实验室安全与操作规范/张延荣主编. —武汉:华中科技大学出版社,2021.1
ISBN 978-7-5680-1443-4

I. ①环… II. ①张… III. ①环境科学-实验室管理-安全管理-高等学校-教材 ②环境科学-实验室管理-技术操作规程-高等学校-教材 IV. ①X-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 250186 号

环境科学与工程实验室安全与操作规范

张延荣 主编

Huanjing Kexue yu Gongcheng Shiyanshi Anquan yu Caozuo Guifan

策划编辑:罗 伟

责任编辑:丁 平

封面设计:原色设计

责任校对:张会军

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园 邮编:430223

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:7.25

字 数:163千字

版 次:2021年1月第1版第1次印刷

定 价:36.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

普通高等院校实验室安全与操作规范系列
精品教材丛书编委会



总主编 李震彪

编委 (按姓氏笔画排序)

马彦琳 王峻峰 毛勇杰 尹仕 卢群伟 朱宏平

苏莉 杨光 杨明 吴雄文 余上斌 张延荣

陈刚 周莉萍 项光亚 姚平 秦选斌 龚跃法

秘书 罗伟 余伯仲

网络增值服务使用说明

欢迎使用华中科技大学出版社医学资源网yixue.hustp.com

1. 教师使用流程

(1) 登录网址：<http://yixue.hustp.com>（注册时请选择教师用户）



(2) 审核通过后，您可以在网站使用以下功能：



2. 学员使用流程

建议学员在PC端完成注册、登录、完善个人信息的操作。

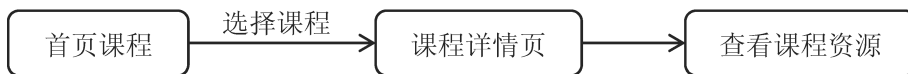
(1) PC端学员操作步骤

① 登录网址：<http://yixue.hustp.com>（注册时请选择普通用户）

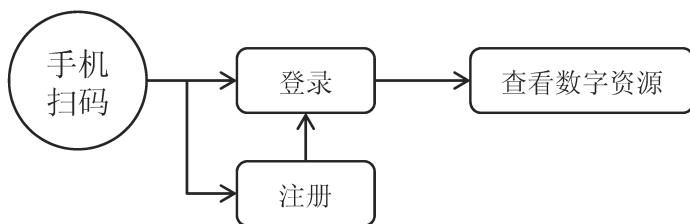


② 查看课程资源

如有学习码，请在个人中心-学习码验证中先验证，再进行操作。



(2) 手机端扫码操作步骤



总序

Zongxu

高等院校实验室安全,与教学、科研、大学排名相比,孰轻孰重?毫无疑问,安全永远居第一位。对于大学而言,安全是1,教学、科研、大学排名、专业排名、出人才、出成果等均是1后面的0。对于大学师生来说,也是一样,安全与健康是人生的1,家庭、事业、地位、成就等,是1后面的0。若1不存在了,后面的0就是空,只有有了前面的1,后面的0才有意义。1乃生命之树,0乃树上之花,树若不在,花何以存?!

然而,知易行难。

2018年12月,北京某大学环境工程实验室进行垃圾渗滤液污水处理实验时发生爆炸,事故造成3人死亡。2016年9月,位于松江大学园区的某大学化学化工与生物工程学院一实验室发生爆炸,两名学生受重伤。2015年12月,北京某大学一名博士后在实验室内使用氢气做化学实验时发生爆炸,不幸遇难。2015年4月,位于徐州的某大学化工学院一实验室发生爆炸事故,多人受伤,1人死亡。2012年1月佛罗里达大学一实验室发生爆炸,一名博士生面部、手部和身体严重烧伤。2010年1月,美国得克萨斯理工大学化学与生物化学实验室发生爆炸,一名学生失去三根手指,手和脸部被烧伤,一只眼睛被化学物质灼伤。2010年,东北某大学师生在实验中使用了未经检疫的山羊,导致27名学生和1名教师陆续确诊布鲁菌病。2009年,浙江某大学化学系教师误将本应接入307室的CO气体通入211室的输气管,导致一名学生中毒死亡。

惨痛的事故教训表明,98%的实验室安全事故是“人的不安全行为”引发的,包括相关的领导和实验人员的不重视、安全管理松松垮垮、安全知识学习不认真、安全培训不扎实、安全防范不到位等。所以,对于高校的各级领导和教职工来说,不顾及、不重视实验室安全工作,就等于“谋财害命、违法犯罪”,其所谓的教学科研不仅无益于人才培养,反而悖逆教育宗旨、祸害学生、贻害社会。对于高校的学生来说,不顾及、不重视安全及风险防范的实验工作,就等于“自害自杀”,害己害家,这不是勇敢,而是鲁莽、草率和不负责任。每一名因事故受伤害的师生,都牵连着一个或多个家庭的幸福与未来;每一桩安全事故,都会造成社会大众对高校内部治理能力的质疑与高校社会形象的巨大贬损。

实验室安全,责任如山;安全无小事,责任大如天。最大限度消除“人的不安全行为”,最大限度保障实验室安全,涉及许多方面的工作,也是见仁见智。最基础的共性工作肯定离不开安全知识的学习、安全操作规范的培训,以及制度保障和软硬件支撑条件



保障等。华中科技大学在实验室安全管理方面,近几年来不断提高认识,加强安全管理能力建设,构建了“1-3-3”安全管理模式,即一项认识、三项保障(组织保障、队伍保障、制度保障)、三个抓手(风险一口清、软硬件支撑条件建设、预防工作),积累了一些安全管理经验,也取得了一些成绩,学校实验室安全管理总体处于较好状态。这其中,有邵新宇书记、李元元校长、湛毅青副校长的大力支持、关心和指导,有实验室与设备管理处同志们的积极钻研、主动作为、默默奉献,更有各学院的书记、院长、安全员、实验室主任和其他教职工的明确责任、转变观念、履职尽责。

安全管理,没有最好,只有更好,永远在路上。为了进一步提高大学实验室安全管理水平,在校领导的支持下,华中科技大学实验室与设备管理处与华中科技大学出版社合作,组织部分院系专家分学科编写实验室安全与操作规范,并力争形成系列丛书,为各个学科的实验室安全知识学习及操作规范培训提供教材。本丛书的特点包括突出学科性,紧密结合学科实验实际,重视安全操作基本规范的教育,图文并茂。

感谢华中科技大学化学与化工学院、基础医学院、药学院、环境科学与工程学院、电气与电子工程学院、机械科学与工程学院、材料科学与工程学院、物理学院、公共卫生学院等学院领导和专家的辛勤付出。他们在工作之余,加班加点、尽心竭力,才使得这套丛书顺利出版。在这套丛书策划与组织编写的过程中,出版社傅蓉书记、王连弟副社长给予了大力支持和指导,在此一并表示感谢。

期待这套实验室安全丛书的出版能够助力包括华中科技大学在内的全国高等院校实验室安全管理再上新台阶!祝愿全国实验室天天平安、年年平安、人人平安!

华中科技大学实验室与设备管理处处长

前言

Qianyan

实验室是高等院校开展教学、科研和社会服务的重要场所,是培养创新人才、建设一流学科的重要条件。环境科学与工程是一门实践性和综合性很强的学科,实验教学对学生理解理论知识、培养动手操作能力至关重要。但环境科学与工程实验室涉及的实验众多,包括环境监测、大气和水污染控制实验等,通常占地面积大、人员复杂、仪器装置多样,且试剂种类繁多,使得环境科学与工程实验室安全问题日益突出。为此,编者编写了《环境科学与工程实验室安全与操作规范》一书,旨在为环境科学与工程实验室的安全管理及规范操作提供借鉴。

全书内容共分为5章。第1章为环境科学与工程实验室基本安全知识,详细阐述用水、用电、用气和用光的基本安全操作规程,并提供实验室危险源识别及控制措施。第2章为化学试剂安全使用规范,这一章以理化性质不稳定及有毒有害试剂等危险化学品为对象,阐明其危险特性、安全使用规范、储运要求及废弃物处理方法。第3章为环境科学与工程实验操作规范及注意事项,分析在液、气和固类实验操作中容易引发安全事故的操作节点,提出注意事项及有效防范措施。第4章为环境科学与工程实验室常用仪器安全操作规范,归纳总结环境科学与工程实验室常用仪器设备的操作规范,并提供切实有效的安全防范措施。第5章为实验室安全及事故处理,分析事故的原因并提出事故应急处理措施,以期让读者汲取相关经验教训,加强实验室安全管理,降低个人伤害风险及减少公共财产损失。

全书由华中科技大学环境科学与工程学院张延荣课题组组织编写。由于实验室安全与操作规范涉及面广,相关知识零散繁杂,内容组织起来难度较大,加上编者水平和编写时间有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请广大师生批评指正。

编者

目录

Mulu

第 1 章 环境科学与工程实验室基本安全知识	/1
1.1 环境科学与工程实验室基本安全知识	/1
1.2 环境科学与工程实验室用水安全	/2
1.3 环境科学与工程实验室用电安全	/3
1.4 环境科学与工程实验室用气安全	/5
1.5 环境科学与工程实验室用光安全	/6
1.6 环境科学与工程实验室危险源识别及控制措施	/7
第 2 章 化学试剂安全使用规范	/10
2.1 危险化学品安全管理措施	/11
2.2 化学性质不稳定类试剂	/13
2.3 有毒害试剂	/24
2.4 国际化学品安全卡网络数据库查询系统	/31
第 3 章 环境科学与工程实验操作规范及注意事项	/32
3.1 液、固、气类实验注意事项	/32
3.2 实验室三废处理注意事项	/37
第 4 章 环境科学与工程实验室常用仪器安全操作规范	/44
4.1 离心机的操作规范及使用注意事项	/44
4.2 烘箱的操作规范及使用注意事项	/47
4.3 马弗炉的操作规范及使用注意事项	/49
4.4 分析天平的操作规范及使用注意事项	/51
4.5 超净工作台的操作规范及使用注意事项	/53
4.6 通风橱的操作规范及使用注意事项	/55
4.7 超声清洗仪操作规范及使用注意事项	/56
4.8 pH 计操作规范及使用注意事项	/58
4.9 实验室用粉碎机操作规范及使用注意事项	/62



4.10	消解仪操作规范及使用注意事项	/64
4.11	气相色谱仪的操作规范及使用注意事项	/68
4.12	大气采样器的操作规范及使用注意事项	/72
4.13	电化学工作站的操作规范及使用注意事项	/73
4.14	Zeta 电位仪的操作规范及使用注意事项	/75
4.15	离子色谱仪的操作规范及使用注意事项	/77
4.16	电子顺磁共振仪的操作规范及使用注意事项	/78
4.17	ICP-MS 的操作规范及使用注意事项	/81
4.18	总有机碳分析仪的操作规范及使用注意事项	/82
4.19	氙灯的操作规范及使用注意事项	/84
4.20	紫外分光光度计的操作规范及使用注意事项	/85
4.21	高效液相色谱仪的操作规范及使用注意事项	/87
4.22	原子吸收光谱仪的操作规范及使用注意事项	/90
4.23	特种设备的安全管理措施及使用注意事项	/92
第 5 章 实验室安全及事故处理		/95
5.1	实验室安全管理规定	/95
5.2	火灾事故	/96
5.3	爆炸事故	/98
5.4	中毒与灼伤事故	/99
5.5	烫伤、割伤等外伤	/102
参考文献		/104

第 1 章 环境科学与工程实验室 基本安全知识



近年来,高校实验室危险事故频发。2006 年至今,已至少有 12 所高校发生了 14 起事故,安全状况不容忽视。教育部重申,高校要加强实验室安全管理。我们知道,实验室中的任何一个隐患、任何一个小小的疏忽,都有可能酿成大的事故,并造成难以估量的损失。为落实实验室相关安全规定和切实保障实验室相关人员的安全,现对环境科学与工程实验室所涉及的基本安全知识进行阐述,主要包含用水安全、用电安全及用气安全等。

1.1 环境科学与工程实验室基本安全知识

在环境科学与工程实验室从事教学和科学研究活动均需学习和掌握相关基本安全知识,以保障相关人员的安全。

(1) 实验室应成为精神文明的良好工作场所,室内应保持安静、整洁,非实验室有关人员未经允许不得进入本实验室,如外室人员需使用本室仪器等需经有关负责人批准。

(2) 实验时必须穿工作服,在实验室范围内不允许抽烟;不得在实验室过夜。保持各实验室及休息室的整洁。

(3) 按操作规程使用实验仪器设备,爱惜试剂。使用有关仪器和试剂前仔细阅读有关说明书,不懂即问。

(4) 冰箱内不得存放易爆物品,对存放有机溶剂的冰箱,要经常打开冰箱门使气体挥发,防止易燃气体在冰箱内凝聚而引起爆炸。

(5) 实验室内不得乱拉电线,所有仪器设备的电线、插头、插座和接线板必须符合用电要求,若有损坏,及时维修。

(6) 使用明火时必须有人看守。严禁在实验室内用煤气、电炉烹调食物、热饭菜及取暖等,严禁在实验室内使用违章大功率电器或者劣质电器。

(7) 禁止往水槽内倒入容易堵塞下水道的杂物和强酸、强碱及有毒、有害有机溶剂。含有机溶剂、腐蚀性液体及放射性液体的废液必须存放于专用废液容器内,贴上标签,放置在指定地点,统一回收处理。水槽内禁止堆放物品,尤其是容易飘浮的物品,保证下水道畅通。

(8) 实验室贵重物品如手提电脑、照相机和投影仪等使用完毕必须放入橱柜并上锁。办公桌内勿存放现金及有价证券等。

(9) 实验室和办公室钥匙必须妥善保管,不得转借,不准私配钥匙,若有遗失必须及



时汇报,课题结束后及时上交。

(10) 假日加班和夜间工作需特别注意安全,主动关心安全工作。离开实验室之前,应先切断或关闭水、煤气及不使用的设备电源,并关好门窗,及时消除安全隐患。

(11) 各实验室的仪器设备、物品不得挪动、转移到其他房间,所有的实验仪器、书籍不得私自带离实验室,如有必要须向实验室管理人员申请。

(12) 实验室停水后需及时关水龙头,否则重新来水时极易导致实验室地面溢水(图 1.1)。



图 1.1 停水后忘关水源导致次日的水漫金山

1.2 环境科学与工程实验室用水安全

1.2.1 环境科学与工程实验室用水分类

在环境科学与工程实验室中,水常用来配制溶液、维持需水仪器的正常运行及清洗实验器皿等。按照纯度级别由低到高的顺序,实验室用水可分为纯水、去离子水、实验室Ⅱ级纯水和超纯水。实验过程中应根据具体实验内容和需求选取纯度合适的实验室用水。实验室用水标准可参照中国国家标准化管理委员会发布的国家标准(GB/T 6682—2008),以保障实验结果的准确和仪器设备的安全。

(1) 纯水纯化水平最低,电导率通常在 $1.0\sim 50\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 之间。它由单一弱碱性阴离子交换树脂、反渗透或单次蒸馏制得。典型的应用包括玻璃器皿的清洗及高压灭菌器、恒温恒湿实验箱和清洗机用水。

(2) 去离子水电导率通常在 $0.1\sim 1.0\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 之间。通过采用含强阴离子交换树脂的混合床进行离子交换制得,但它有相对高的有机物和细菌污染水平,能满足多种需求,

如清洗、制备分析标准样、制备试剂和稀释样品等。

(3) 实验室Ⅱ级纯水电导率 $<1.0\ \mu\text{S}/\text{cm}$,总有机碳(TOC)含量小于 $50\ \mu\text{g}/\text{L}$ 以及细菌含量低于 $1\ \text{CFU}/\text{mL}$ 。其可满足多种需求,从试剂制备和溶液稀释,到为细胞培养配制营养液和微生物研究。这种纯水可通过双蒸制得,或整合反渗透(RO)和离子交换/电去离子(EDI)多种技术制得,也可以再结合吸附介质和UV灯制备。

(4) 超纯水在电阻率、有机物含量、颗粒和细菌含量方面接近理论纯度极限,通过离子交换、RO膜或蒸馏手段预纯化,再经过核子级离子交换纯化得到。通常超纯水的电阻率可达 $18.2\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$,TOC含量小于 $10\ \mu\text{g}/\text{L}$,滤除 $0.1\ \mu\text{m}$ 甚至更小的颗粒,细菌含量低于 $1\ \text{CFU}/\text{mL}$ 。超纯水可满足多种精密分析实验的需求,如高效液相色谱(HPLC)、离子色谱(IC)和电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)等。目前,多数实验室装备有超纯水仪。

1.2.2 环境科学与工程实验室超纯水仪的使用常识

- (1) 取超纯水时一定要将初期的超纯水放掉,以获得稳定的水质。
- (2) 取水时让超纯水顺着容器侧壁流入,尽量不要产生气泡,可减少空气污染。
- (3) 不要在终端滤器后连接软管,使用直接取水的方式才能获得纯度高的超纯水。
- (4) 长时间不用超纯水仪时,应将压力储水桶中的RO水全部放掉以防止污染。
- (5) 超纯水仪若长时间不使用,再次使用时应把初期超纯水充分放掉以确保水质。
- (6) 原则上,超纯水仪应每7~10天通水一次,以防止微生物污染。
- (7) 在配制高纯度化学试剂时,尽量不要使用储水桶中长时间存放的超纯水。因为储水桶经长时间使用后,会因杂质、微生物污染而造成水质下降。
- (8) 超纯水被取出后很容易遭到环境污染,所以应注意即取即用。只有把超纯水与环境接触的时间缩到最短,才能够获得纯度极高的超纯水。

1.3 环境科学与工程实验室用电安全

1.3.1 环境科学与工程实验室常用电的分类

环境科学与工程实验室的常用电有直流电和交流电两种。直流电电源常见的有干电池、蓄电池等,也可通过转换器、整流器(阻止电流反方向流动)以及过滤器(消除整流器流出的电流中的跳动)将交流电转变为直流电。实验室内常用的计算机硬件、万用表、便携式紫外分析仪等都需要直流电来提供电源。交流电包括三相电、两相电和单相电。三相电由三根相线组成,三根相线之间电压都是 $380\ \text{V}$,常用于三相电源供电设备和特殊要求设备,如三相电动机、 $-80\ ^\circ\text{C}$ 冰箱等。两相电由两根相线组成,电压也是 $380\ \text{V}$,常用于交流焊机等设备。单相电由一根火线与一根零线组成,火线就是电路中输送电的电源线,零线主要应用于工作回路,从变压器中性点接地后引出主干线,电压为 $220\ \text{V}$ 。常用于照明、家用电器等。实验室的照明设备以及常用仪器设备均用单相电。



1.3.2 环境科学与工程实验室常用电的基本安全知识

(1) 中国居民用电电压为 220 V。当电压高于 36 V、电流高于 10 mA 时,会发生人体触电危险。

(2) 实验室常用电源插座包括单相两孔、单相三孔及三相四孔等,其中三孔和四孔插座有专用的保护接零或接地线插孔,该插孔一定要和实验室的零线、地线相连。三孔插座的上孔接地线,左孔接零线,右孔接火线。两孔插座的左孔接零线,右孔接火线。国内标准插座中红色表示火线(live, L),蓝色表示零线(neutral, N),黄绿相间色表示地线(earth, E),俗称花线。明装插座在安装时离地高度不得低于 1.3 m,暗装插座离地高度通常为 0.2~0.5 m。插座必须严格按国家标准安装,杜绝安全隐患。

(3) 连接电路前应考虑电器和插座的功率是否相符合,确认所用电器的功率之和不超过插座的额定功率。如超过额定功率,插座会因电流过大而发热烧毁,严重时甚至会造成火灾。

(4) 安装电闸和电器时必须使用标准且型号相符的保险丝,严禁使用其他金属丝线代替,否则容易使电器损坏,甚至造成火灾。

(5) 实验室发生瞬间断电或电压波动较大时,须断开某些大功率仪器或设备的电源,供电稳定后再启用。例如-80℃冰箱,断电后又可在 3~5 min 内恢复供电,其压缩机所承受的启动电流要比正常启动电流大好几倍,压缩机可能会烧毁。

(6) 使用实验室电器时,先插插头,再接电源;停用时则先关闭电源,再拔出插头。

(7) 在实验室配制液体样品时应注意远离电源,防止引起线路短路。

(8) 禁止私拉、乱接电线。电器的电源线破损时,须切断电源并更换电源线。

(9) 禁止随意移动带电的仪器设备,如需移动,必须先切断电源,防止触电。

(10) 禁止用湿手接触带电开关和设备,以及拔、插电源插头,更换电气元件或灯泡。禁止用湿布擦抹带电设备。

(11) 检查和修理电器时,必须先断开电源。如电器损坏,需请专业人员或送维修店修理,严禁非专业人员在带电情况下打开电器自行修理。

1.3.3 用电事故处理

(1) 发生触电事故时,救护者不能直接同触电者发生身体接触。应立刻关掉电源总开关,然后用干燥的木棒将人和电线分开,并拨打 120 求助。同时对触电者进行以下救护措施:①解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服;②检查触电者的口腔,清理口腔黏液,如有假牙,应取下;③若呼吸停止,采用口对口人工呼吸法抢救,若心脏停止跳动或不规则颤动,可用人工胸外心脏按压法抢救,决不可无故放弃救助。

(2) 万一发生火灾,首先应想办法迅速切断火灾范围内电源。如果火灾是电气方面引起的,切断了电源,也就切断了起火的火源;如果火灾不是电气方面引起的,也会烧坏电线的绝缘外皮。若不切断电源,烧坏的电线会造成短路,引起更大范围的电线着火。

(3) 发生电气火灾后,应盖土、盖沙或使用灭火器,但决不能使用泡沫灭火器,因泡沫灭火剂是导电的。

1.4 环境科学与工程实验室用气安全

1.4.1 实验室常用气体

实验室常用气体主要有二氧化碳、氧气、氮气、一氧化氮、氢气、天然气和压缩空气等,这些气体有些属于助燃、易燃、有毒气体。因此须了解环境科学与工程实验室常用气体的种类、性质、用途及标志(表 1.1),以免发生事故。充装气体的钢瓶外表面涂色和字样见中华人民共和国国家标准《气瓶颜色标志》(GB/T 7144—2016)。

表 1.1 实验室常用气体种类、性质、用途及标志

名 称	性 质	用 途	钢瓶安全标志	
			标签字色	钢瓶颜色
氢气(H ₂)	易燃	燃烧反应等	大红	淡绿
氧气(O ₂)	助燃	燃烧反应等	黑	淡(酞)蓝
天然气	易燃	燃烧反应	白	棕
一氧化氮(NO)	有毒	氧化反应	黑	白
二氧化碳(CO ₂)	—	能源转换催化实验	黑	铝白
氮气(N ₂)	惰性气体	仪器载气等	白	黑
空气(液体)	—	催化实验等	白	黑
氩气(Ar)	惰性气体	仪器载气等	深绿	银灰
氦气(He)	惰性气体	仪器载气等	深绿	银灰
硫化氢(H ₂ S)	有毒	催化实验	大红	白

1.4.2 气体钢瓶的安全使用

(1) 气体钢瓶应存放在阴凉、干燥且远离热源的地方,存可燃性气体的钢瓶应与氧气瓶隔开放置。

(2) 气体钢瓶应直立存储,并用专用支架固定,以免发生气体钢瓶滑倒伤人等安全事故(图 1.2)。

(3) 存可燃性气体的钢瓶气门螺丝为反丝,其他为正丝。

(4) 不应让油和易燃有机物沾到气体钢瓶上,气体钢瓶使用时应装有减压阀和压力表,且压力表不可混用。

(5) 在使用压力气体钢瓶时,操作人员应站在与气体钢瓶接口处垂直的位置上,头和身体不能正对阀门,以防压力表或阀门冲出伤人。

(6) 瓶内气体不得用尽,以防空气进入,导致充气时发生危险。一般气体钢瓶的剩余压力应不小于 0.5 MPa。



图 1.2 气体钢瓶未用专门支架固定导致安全事故

(7) 搬运时应小心轻放, 并旋紧气体钢瓶帽。

(8) 定期将气体钢瓶送检, 使用中的气体钢瓶应严格按照规定年限检查, 不合格的气体钢瓶严禁继续使用。

1.5 环境科学与工程实验室用光安全

1.5.1 光的分类

光是由光子组成的粒子流, 也是高频的电磁波。人眼可见的电磁波称为可见光, 人眼看不到的电磁波有红外光、紫外光和射线。

(1) 可见光(visible light): 波长范围是 $0.39 \sim 0.76 \mu\text{m}$, 主要天然光源是太阳, 人工光源是白炽物体(特别是白炽灯)。太阳光中的可见光呈白色, 但通过棱镜时, 可见光根据波长不同可分为红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色。红光波长为 $0.62 \sim 0.76 \mu\text{m}$, 橙光波长为 $0.59 \sim 0.62 \mu\text{m}$, 黄光波长为 $0.57 \sim 0.59 \mu\text{m}$, 绿光波长为 $0.49 \sim 0.57 \mu\text{m}$, 蓝光和靛光波长为 $0.45 \sim 0.49 \mu\text{m}$, 紫光波长为 $0.40 \sim 0.45 \mu\text{m}$ 。

(2) 红外光(infrared light): 亦称红外线, 波长范围为 $0.76 \sim 1000 \mu\text{m}$, 在光谱中它排在可见光红光的外侧, 所以叫红外光。

(3) 紫外光(ultraviolet light): 亦称紫外线, 波长范围为 $0.01 \sim 0.40 \mu\text{m}$ 。在光谱中, 它排在可见光紫光的外侧, 故称紫外光。

(4) 射线(ray): 波长较紫外光更短的电磁波, 包括 X 射线、 γ 射线、 α 射线、 β 射线等。射线具有能量高、穿透力强的特点。

(5) 激光(light amplification by stimulated emission of radiation, laser): Laser(激光)是受激辐射光放大(light amplification by stimulated emission of radiation)的英文首

字母缩写,又译作镭射、雷射。它是指通过受激辐射放大和必要的反馈,产生准直、单色、相干光束的过程。激光具有普通光所不具有的特点,即三好(单色性好、相干性好、方向性好)一高(亮度高)。

1.5.2 光的安全使用规范及注意事项

环境科学与工程实验室常用到紫外线和射线,紫外线主要用于实验室紫外消毒、光(电)催化实验,射线则主要用作大型仪器的光源,如 X 射线荧光分析仪(XRF)、X 射线衍射仪(XRD)等。下面分别以紫外线和 X 射线为例介绍实验室用光安全及使用规范。

1.5.2.1 紫外线安全使用规范及注意事项

(1) 人不能暴露在紫外线下。紫外线对人体的危害大,如果直接照射皮肤、眼睛等器官,会因形成 DNA 胸腺嘧啶二聚体,导致 DNA 链变异,从而对操作人员健康造成损害。因此开启紫外灯时要保证现场没有人,操作时眼睛不能直视紫外灯,如有必要需佩戴防护眼镜。

(2) 室内空气消毒要求每立方米不少于 1.5 W,照射时间不少于 30 min,灯管距离地面 2.0 m 左右,不可过高或过低。

(3) 空气消毒时,房间内应保持清洁干燥,减少尘埃和水雾。当温度低于 20 °C 或高于 40 °C 或者相对湿度大于 60% 时,应适当延长照射时间。

(4) 消毒物体表面时,灯管距离物体表面不得超过 1 m,并直接照射物体表面,且应达到足够的照射剂量,如杀细菌芽孢时应达到 $100000 \mu\text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ 。

(5) 紫外灯使用 3~6 个月后,应用紫外线辐射照度仪进行强度检测。新灯照射强度 $\geq 100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 为合格,使用中紫外灯照射强度 $\geq 7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 为合格。

(6) 使用中应保持灯管表面洁净和透明,每周用酒精棉球擦拭一次,以免影响紫外线的穿透及辐射强度。

(7) 每支灯管须有使用记录,包括使用时间、使用人、测定辐射强度及更换时间等。

1.5.2.2 X 射线安全使用规范及注意事项

(1) 使用前必须经过院系相关负责人批准。

(2) 使用 X 射线的工作人员必须经过岗前培训,并经过辐射安全防护培训。

(3) 要正确使用 X 射线装置,严格遵守操作规程和规章制度,杜绝非法操作。

(4) 仪器使用时,要佩戴个人剂量笔和个人剂量报警仪。

(5) 发生放射事故时,要立即上报相关部门,并采取有效措施,不得拖延或者隐瞒不报。

1.6 环境科学与工程实验室危险源识别及控制措施

根据实验室开展的检验项目、使用药品及设备危险程度,识别实验室的危险源,并制订相应控制措施(表 1.2)。