

GAO DENG XU EXIAO SHI YAN SHI JI SHU AN QUAN YU HUAN BAO JIAO YU SHOU CE

高等学校实验室 技术安全与环保教育手册

主 编 黄晓玫

副主编 李鸿飞

 华中科技大学出版社

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

高等学校实验室技术安全与环保教育手册/黄晓玫主编. —武汉: 华中师范大学出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5622-3927-7

I. ①高… II. ①黄… III. ①高等学校—实验室—安全技术—手册 ②高等学校—实验室—环境保护—手册 IV. ①G642.423-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 147191 号

高等学校实验室技术安全与环保教育手册

主编: 黄晓玫 ©

责任编辑: 王文琴

责任校对: 刘满元

封面设计: 胡 灿

编辑室: 第二编辑室

电话: 027-67867362

出版发行: 华中师范大学出版社

社址: 湖北省武汉市珞喻路 152 号

电话: 027-67863426(发行部) 027-67861321(邮购)

传真: 027-67863291

网址: <http://www.ccnapress.com>

电子信箱: hscbs@public.wh.hb.cn

印刷: 海军工程学院印刷厂

督印: 章光琼

字数: 167 千字

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 7.25

版次: 2011 年 9 月第 1 版

印次: 2011 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-6 000

定价: 14.00 元

《高等学校实验室技术安全与环保教育手册》

编委会

编委会主任:王恩科 杨光富 邱保胜

副主任:李志明 刘建清 詹一虹 王伏玲

编委:(按姓氏笔画排列)

丁晓夏	万仁德	马红宇	王伏玲	王伟军	王宏里
王学东	王恩科	邓 猛	付 强	田德美	刘三妍
刘守印	刘建清	刘爱民	刘清堂	刘盛华	朱长江
何婷婷	何 穗	张岩泉	李 兵	李志明	李鸿飞
杨九民	杨亚东	杨光富	杨继红	邱宝国	邱保胜
邹荣淮	陈 建	周 勇	罗 静	郑世珏	姚锐敏
贺占魁	胡伟雄	钟选友	骆 军	郭 敏	唐一文
曹青林	梅德平	黄新堂	寇富安	覃发高	詹一虹

华中师范大学出版社

第二节	实验动物安全	(56)
第三节	转基因生物安全	(59)
第四节	生物实验仪器安全	(60)
第五节	生物实验中常用化学试剂与放射性同位素安全	(66)
第六节	野外实践活动与安全	(71)
第七节	生物实验室环境保护	(77)
第五章	计算机网络实验室安全与环保	(84)
第一节	信息安全概述	(84)
第二节	典型的信息安全案例	(89)
第三节	信息安全防范技术	(94)
第四节	网络健康与网络文明	(97)
第五节	网络实验室环境保护	(101)
附 录		(104)
参考文献		(105)

第一章

实验室技术安全与环保概述

人与自然、人与环境维持相互依存、和谐统一的关系，是人类社会可持续发展的重要基础。因而，保护环境、珍爱生命等环境安全与环境教育课题日益受到广泛的关注。

环境保护是由于工业发展导致了严重的环境污染，引起工业化国家的重视而产生的。美国生物学家、科普作家雷切尔·卡森 1962 年出版了《寂静的春天》一书，阐释了农药杀虫剂滴滴涕（DDT）对环境的污染和破坏作用。由于该书的警示，美国政府开始对剧毒杀虫剂问题进行调查，并于 1970 年成立了环境保护局，各州也相继通过了禁止生产和使用剧毒杀虫剂的法律。该书被认为是 20 世纪环境生态学的标志性起点。1972 年 6 月 5 日—16 日由联合国发起，在瑞典斯德哥尔摩召开的“第一届联合国人类环境会议”，提出了著名的《人类环境宣言》，该宣言是环境保护事业正式引起世界各国政府重视的开端。中国的环境保护事业从 1972 年开始起步，1973 年成立国家建委下设的环境保护办公室，后改为国务院直属的国家环境保护总局。

环境安全包括生产技术性的环境安全、社会政治性的环境安全。广义的环境安全是指人类赖以生存发展的环境处于一种不受污染和破坏的安全状态，它寓示自然生态环境和人类生态意义上的生存和发展的风险大小。而环境教育则是以人类与环境的关系为核心，以解决环境问题和实现可持续发展为目的，以提高人们的环境意识和有效参与能力、普及环境保护知识、训练环境保护技能、培养环境保护人才为任务，以教育为手段而展开的一种社会实践活动过程。简言之，环境教育就是以人类与环境的关系为核心而进行的一种教育活动。

实验室是科学的摇篮，是科学研究的基地。同时，实验室也是人才培养的重要场所，学生创新意识的培养，严谨求实的科学精神的塑造，思维能力的提升，环保意识的树立，都离不开实验室的训练。高校实验室在教学、科研和技术开发等方面均发挥着重要的作用，担负着为实现国家人才发展战略培养创新人才的重任。高等学校各类型和层次实验室管理的主要内容包括：组织管理、技术管理、质量管理、安全管理、信息管理等。高等学校实验室环境安全、实验室技术安全教育工作是高校稳定和发展的基础性工作。为师生提供安全环境、健康环境，制订安全标准和安全制度，宣传安全知识，培训安全技能，提供安全技术保障是高校实验室技术安全管理的职责和使命。

案例：2004年5月25日，据美国《纽约时报》报道，在位于西伯利亚的一座武器实验室工作的一位俄罗斯女科学家，因为意外被一根沾染埃博拉致命病毒的针扎破手而身亡。实验室的这种研究活动具有很大的潜在危险。

2. 爆炸性事故：包括化学性爆炸和物理性爆炸。化学爆炸是指可燃性气体、粉尘等与空气混合形成爆炸混合物，接触引爆物体时发生的爆炸事故（包括气体分解、喷雾、爆炸等）。物理性爆炸包括锅炉爆炸、容器超压爆炸等。

案例：2001年5月，我国某重点大学的某研究生将置于手套箱中很久的金属锂（约5克）放在水池中冲洗，引起燃烧，导致爆炸，致使水池被炸成碎片，家具损坏，门窗玻璃被震碎。操作的学生发现险情，转身冲向门外，脸上造成轻伤。

3. 火灾事故：由于随意乱拉电线，以及电线老化等情况留下的安全隐患。

案例：2008年3月，我国江苏某重点高校实验室因线路短路引发火灾，10个实验室被烧毁，多年积累的学术资料被烧毁，两名消防队员在救火中受伤。

4. 中毒性事故：包括化学药品中毒、缺氧窒息、中毒性窒息等。

案例：2009年7月3日，浙江某高校化学系博士研究生袁某发现博士研究生于某昏厥倒在催化研究所211室，袁某本人随后也晕倒在地，于某抢救无效死亡。事故原因是，该系教师于事发当日误将本应接入307实验室的一氧化碳气体接至211室，一时的疏忽导致了一位博士的无辜死亡。

二、实验室技术安全事故原因分析

实验室技术安全事故原因主要有：硬件环境存在问题、人们的思想观念和行为习惯不正确、违反操作规程等。

（一）硬件环境方面的原因

1. 设备设施布局不合理，有些精密的仪器设备对环境要求高，包括温度、湿度、防震等，如果达不到要求则会影响设备的性能。据了解，有的高校由于实验场地缺乏，在简陋的实验室房内存放大量设备，导致设备的安全操作距离不够，达不到仪器使用维护要求，甚至对人身安全构成威胁。

我国现行的环境安全生产管理制度规定的设备设施布局规范见表1-1。

表1-1 我国现行的环境安全生产管理制度规定的设备设施布局规范

类型 \ 设备	小型设备	中型设备	大型设备
加工设备间距（以活动机件达到最大范围计算）/米	≥ 0.7	≥ 0.8	≥ 2
操作空间（不含设备间距）/米	≥ 0.6	≥ 0.8	≥ 1.1

2. 实验室内部设计老化，尤其一些利用教学用房或办公用房进行简单改造后的实验用房，水管、下水道、电线与插座等存在质量问题或老化问题。电器功率负荷达不到实验室使用要求，很可能造成实验室电路超负荷运转，引发火灾。

（二）实验室安全意识淡薄，安全知识缺乏，操作规程不规范。

目前很多教学、科研单位的一线工作人员主要由硕士、博士和技术员组成，他们是各种实验的主要完成者，但他们的安全防护知识却往往局限于来自实验室管理者的简单传授

和自身操作实践。他们往往对技术环节比较精通,但对实验室的规范管理和应该承担的安全责任大多意识淡薄。据统计,目前大部分实验室失火、爆炸、中毒等安全事故的发生多是由于实验室工作人员的疏忽造成的。实验室安全意识是科研人员必须具备的科学素质。曾发生在新加坡、中国台湾地区的 SARS 实验室感染事故,就是因为实验室管理不严,工作人员未能严格执行生物安全管理与病原微生物标准操作。P3 实验室规定,不允许在同一实验室进行两种以上危险微生物的操作,新加坡国立大学实验室在做西尼罗河病毒研究的同时,也做具有活性的 SARS 冠状病毒研究,结果造成病毒的交叉感染,导致一名研究生感染 SARS 病毒。P3 实验室规定,处理危险微生物前,研究人员应该进行必要的个人防护。2003 年 12 月 6 日,中国台湾地区某病毒实验室的研究人员在操作过程中,发现衔接运输舱里装有实验废弃物的塑料袋破裂后,未戴手套就开始清理运输箱里的废弃物,因而感染了 SARS 病毒。

(三) 管理上的疏漏

管理队伍专业化水平不高。我国很多实验室都是靠高年级的研究生兼做实验室管理,缺少专门的实验室管理人员,暴露出我国专业化的实验室管理技术人才的缺乏。实验室必须建立专业管理队伍,专人负责实验室安全工作。

实验室的试剂管理也存在漏洞。购买、领用过程管理不规范,很多学生初次做实验,各种试剂一次买很多,之后却发现没有用,就堆在旁边,甚至有的有毒化学药品还被带出了实验室,造成人身伤害和环境污染。

三、实验室技术安全事故可以防范

尽管实验室技术安全问题时有发生,但也不必心存恐慌。研究是对科学的探索,因此很多未知的东西需要在实验室研究和证明,潜在的安全风险都可以通过安全规范操作降到最低甚至避免。如果实验室技术安全得到了高度重视;硬件环境达到要求;安全教育、安全防范防护措施到位;建立一支专业的管理队伍;严格遵守操作规程;建立应急预案,那么实验室安全就可以得到保障。

第三节 实验室技术安全工作内涵及对策

实验室技术安全工作重点是加强生物安全,化学品安全管理,实验室环境监测,环境卫生,预防传染病、职业病,还包括电力、激光、辐射、防火等安全管理内容。本书按学科分类,分别介绍了物理、化学、生物、信息技术实验安全相关知识和技能,希望起到教育和警示作用。

一、实验室技术安全管理内容

1. 实验物资条件安全管理。主要目标是防偷盗、防丢失、防破坏和防人为损害,这是实验室安全基本内容。

2. 实验过程安全管理。主要目标是确保安全操作,预防和杜绝人身伤害,这是实验室安全管理的核心内容。

3. 实验环境安全管理。主要目标是避免环境污染及危害,构建良好实验工作环境及



社会环境。这是实验室技术安全管理的终极目标。

二、实验室技术安全管理工作原则

以人为本，把人作为安全工作最重要的目标和依靠力量。以人为本是安全工作的核心内容，包括学生、教师（固定编制、流动人员）等，人的安全健康是安全工作的最主要的目标。学生进入实验室及实训场所进行实验、实训，指导老师必须负责学生的安全教育，做好实验、实训过程中的安全指导，以确保实验过程安全。对新进实验室的工作人员（含外来实习、协作以及外来施工人员），应在其掌握安全技能与防范措施，具有自我保护能力后，方可进行实验。从事放射性等特殊工作的人员须经劳动局安全技术培训，持劳动局颁发的合格证书才能上岗。

三、高校实验室技术安全管理组织体制

学校主管校领导、主管部门（实验室工作主管部门、保卫部门）、院系单位（二级责任人、各实验室责任人），应实行层层负责制，负责实验室技术安全工作。有些学校成立了辐射防护办公室、环保科、安全与环境事务处等机构。明确安全管理业务部门主要职责，责任到人。

四、高校实验室技术安全管理职能及流程

高校实验室技术安全管理部门的主要职能：制订全校实验室安全管理规章制度、环境安全措施、安全防范工作意见和措施，实验室环境安全防护条件建设，提供个人防护装备等保障工作，并配合校保卫部门对全校实验室的安全管理工作进行检查与督促；发现事故隐患必须及时整改；对整改措施或监控措施的实施过程和实施效果进行跟踪、验证，确保整改达到预期效果；组织制订实施安全事故应急救援预案；及时报告安全事故，对事故原因进行分析，严肃事故管理。

安全检查包括：定期检查、经常性检查、季节性及节假日前检查、专业（项）检查、综合性检查、不定期检查。检查内容包括：责任人落实情况、化学药品管理情况、易燃和有毒气瓶管理情况、室内走线和插座使用的情况、超容量用电现象、特种设备管理情况、大型仪器安全操作规程及规章制度上墙情况、卫生环境（尤其是不允许乱堆易燃杂物现象）、单位内部安全检查记录等。

实验室技术安全应急预案主要内容：实验室在实验中引起的爆炸火灾安全事故；突发危险品污染事件，包括实验、储存、运输过程中，由于管理不当或操作失误，导致放射性物质污染或有毒化学品、腐蚀品泄漏所引起的危害事件；剧毒化学品和易致毒化学品及放射性物质源丢失安全事故；特种设备包括锅炉、压力容器、压力管道、起重机械等重大安全事故；危险化学品造成人身伤害的安全事故；针对高校实验室安全事故类型，制定安全防护措施和应急预案，若有事故发生，应紧急处理与救援，尽理减少人员伤亡和财产损失等。

五、实验室技术安全教育对象及内涵

1. 实验室安全及环保知识教育是安全、健康的前提和保障

高校实验室技术安全教育主体是学生、教师，科研人员（访问人员）等。师生皆为安

全教育培训对象。学生是实验室技术安全教育主体对象之一，是安全与环保文化的传承者。教师及实验室安全管理人员承担安全管理主体责任。技术安全工作是业务工作的伴生物，安全与业务工作必须紧密结合，才能有效开展，而业务专家应该是最可依赖的安全专家。

2. 学生和教师、研究人员实验室技术安全职责

严格执行安全规章制度和操作规程；穿戴好安全防护用品，并做好安全保护装置的维护工作；熟知本岗位的危险因素，熟练掌握安全技能和事故排除方法；有权制止或纠正他人的危及安全的行为；参加实验室安全教育和培训、竞赛、演练活动等。

3. 实验技能操作培训是实验室技术安全教育的重要内容

高校实验室仪器设备专业性强，特别是大型精密仪器设备操作技术要求高，需进行仪器设备操作培训，经过培训合格，发给上机操作证。以防误操作带来设备损坏和人身伤害，还需经常进行防事故演练等。

4. 实验室技术安全培训形式

实验室技术安全教育培训形式主要包括新生入学安全教育、集中式培训、安全知识培训及考试、安全课程、安全知识和技能竞赛、与专业教育相结合的安全教育和专业技能培训，安全教育资源网络化、信息化方便学生自主学习等，比如清华大学开发了“实验室安全课网上学习与考试系统”，该信息系统适应学生的学习习惯，学生可以方便地进行自学、自测。

六、实验室技术安全守则

国内外很多高校实验室都制订了一些基本守则，或者说必须遵循的原则，也是每一个进入实验室工作的人应该了解的基本知识，主要包括以下方面：

1. 检查设备的性能，充分考虑到使用设备的局限性。严格按操作规程使用设备。
2. 熟悉你所使用的化学物质的特性和潜在危害。
3. 必须戴防护镜，穿工作服，包括不露脚趾的满口鞋，长发必须束起。
4. 实验必须在合适的通风柜内进行，密闭和有压力的实验必须在特种实验室进行。
5. 保持实验室门和走道畅通，最小化存放实验室的试剂数量，未经允许严禁储存剧毒药品。
6. 做实验期间严禁脱岗。过夜实验需有人值守，并填写报告单。
7. 遇到试剂溢出的情况，应当立即清除。如溢出物为剧毒气体，当事人无法处理必须及时疏散人员并封闭现场，立即报告实验室主任和安全保卫部门。
8. 若有疑问，应及时请教导师或其他专家，不得盲目操作。
9. 熟悉在紧急情况下的逃离路线和紧急疏散方法；清楚灭火器材、安全淋浴间、眼睛冲洗器的位置、急救电话等。
10. 保持实验室干净整洁，无堆积，每天至少清理一次实验台面，通常在下班前或完成某个特定实验后进行。
11. 工作时间之外，任何人都不允许在实验室单独操作大型仪器和危险化学品，或单独处于具潜在危险的场所。
12. 按规定处理废弃化学品，包括化学废弃物、过期化合物、生物废弃物。在指定时

三、高校实验室技术安全与环保文化建设

1. 建立以人为本的安全实验环境，才能保证教学及科学研究事业的顺利开展。

2. 建立科学规范的安全监管机制，建立从学校领导、职能部门、各学院、实验室负责人和分室负责人一系列的、自上而下的实验室安全管理责任体系。

3. 培养师生良好的安全素质，实施实验室准入制。对所有将要进入实验室学习的学生，通过培训和统一考试后，才具有进入实验室资格，同时学生要与导师和学院签署三方实验室安全责任书，以此提高学生的安全意识，规范其安全行为。

4. 坚持不懈的安全管理创新，与时俱进，不断探索改革和发展中遇到的新问题，采取切实可行的措施，推进高校实验室技术安全工作，并促进高等教育的发展。

推动高校实验室技术安全与环保工作是我们共同的目标。我们想引用杜邦公司的安全哲学表达这一愿景：

所有的意外及伤害都是可避免的！

安全是每一位员工的职责！

我们的目标是“零事故”。

第二章

物理实验室安全与环保

物理实验是大多数理工科学生的必修课程之一，物理实验室不仅是学生进行系统、科学的物理实验技能训练，培养研究能力的重要基地，也是学生及教师进行科研的重要平台。虽然很少使用有毒、易爆、易燃等危险性较高的化学或生物药品，但是物理实验室的安全防护有其自身的特点，也存在着容易忽视的安全隐患。如果在学生进行实验课程之前没有进行系统的实验安全教育，有可能造成不可挽回的重大损失。本章的主要目的是指出物理实验室中存在的安全隐患、危害及可能出现的环境问题，使学生掌握各种安全防护注意事项，了解事故处理及环境保护的基本常识；同时，增强学生的安全与环保意识，养成规范的安全行为习惯。

物理实验室存在的安全隐患主要有以下几个方面：电气、机械与噪声、激光、工程纳米材料、放射性及放射源等。

教师和学生都是实验室安全维护的责任人。在教学过程中，教师应事先告知学生实验中可能存在的危险，让学生对实验安全知识有较全面的了解。必要时，教师应示范正确的操作方式。学生在实验操作中，如遇到无法识别或无法避免的可能的安全隐患时，应立即向实验指导教师寻求帮助，以下是每一位进入实验室的人员必须遵守的安全准则。

1. 在实验开始之前，必须了解潜在的危险和采取适当的安全防范措施，要知道并能回答下列问题：
 - ①有什么潜在危害？
 - ②可能发生的最坏的事情有哪些？
 - ③我所能做的准备工作有哪些？
 - ④为了将危险降低到最低，应做一些什么样的练习或个人保护措施？
2. 熟记应急设备的位置，并要求会熟练使用。
3. 不要妨碍安全设备或安全门的正常使用，保持安全通道的通畅。
4. 熟悉响应紧急程序、警报设施以及建筑物的疏散路线。
5. 了解可用到的个人防护设备，并掌握使用的程序。

6. 警惕不安全的条件和行为，发现问题应立即报告教师或者实验室管理员，以便尽可能快地更正和排除。

第一节 电气安全

任何实验室都离不开各种电气设备，诸如示波器、搅拌器、真空泵、电泳仪、激光器、暖气罩、信号发生器、电源和微波炉等，这是许多实验室的基本实验设备。若操作人员处理或维护不当，这些仪器可能会造成重大危害，尤其是高电压或高功率的电器设备，其存在的潜在危险更大。另外，多数大型设备含有电容量极高的电容器（例如激光闪光灯）或本身可存储巨大的电能，即使在电源断开的情况下也存在极大的潜在危险。

一、电气危害

与电气相关的危险主要有触电、火灾及意外事故等几种。

1. 触电

触电事故的发生有以下两种情况：一是人体直接接触及或过度靠近电气设备的带电部分；二是人体碰触平时不带电，但因绝缘外壳损坏而带电的金属外壳或金属构架。

触电时电流对人体的危害与通过人体的电流强度、持续时间、电压、频率、人体电阻、通过人体的途径以及人体的健康状况等因素相关，而且各种因素之间有着十分密切的联系。通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉越强烈，致命的危险性越大。

不同电流强度对人体的影响见表 2-1。

表 2-1 不同电流强度对人体的影响

电流强度/mA	人体的生理反应
1	感知水平
5	感到轻微的震动，不痛苦，但令人不安
6~30	痛苦的冲击，“松手”的范围
50~150	极度疼痛，呼吸停止，严重的肌肉收缩
1000~4300	心室颤动
10000 以上	心跳骤停，严重烧伤和可能死亡

2. 火灾

如果实验设备使用时的总功率超过电路设计的安全功率，电路中电流过大会造成过载，电路本身发热产生高温，极易引燃易燃物体而发生火灾。当电路接触不良时，可能产生高热或电火花而产生火灾隐患。有些实验设备在正常工作情况下就能产生火花、电弧和危险高温，如果操作不当也会引起火灾和爆炸事故，称为电气火灾爆炸。

3. 意外

需要特别注意的是，突然停电也可能产生危险。例如冰箱或冰柜断电，存储在冰箱或冰柜的易燃或有毒的气体就可能释放出来；大型电磁铁将产生巨大的反向电动势造成设备击穿或危及人身安全。断电后突然来电，设备如果没有及时关闭电源开关也将产生巨大的安全隐患，如电机突然运转带来的机械危害；高压发生器突然加电带来的强电场及击穿的可能等都是巨大的安全隐患。

二、防止电气危险的原则和措施

保证电气安全的措施很多，诸如绝缘、接地、安装电气保护装置等。

1. 绝缘

保证所有的电线绝缘性好,防止导线直接接触。在实验室内,尤其在潮湿、靠近水槽的地方,每次使用设备前都要检查实验中将用到的所有电线,由于腐蚀性化学品或溶剂可能侵蚀电线的绝缘层,所以,存在安全隐患的电线要立即停止使用。

2. 接地

实验室应使用三插头设备(如图 2-1 所示)。凡由于绝缘破坏或其他原因可能出现危险电压的金属部分,除另有规定外,均应接地。保护接零用于中性点直接接地、电压为 380/220 伏的三相四线制配电系统。



图 2-1 三插头设备

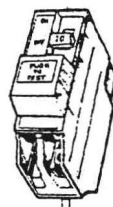


图 2-2 断路器

3. 电路保护器件

电路保护装置可在系统发生故障、过载、短路、触电或者温度高时自动切断电路,保证线路及电气设备的安全,避免在线路上因出现过大大电流而引发火灾。主要有断路器(如图 2-2 所示)、热继电器和保险丝三种。

4. 严格和规范的设备操作规程

实验室所使用的设备必须达到国家规定的电气安全标准和使用范围。每种设备都有自己独特的安全操作规程,这些规程一般都标注在设备使用说明书中。使用设备前一定要对照说明书,了解设备的电气规格、使用范围,熟悉各个旋钮、按键、开关等的功能和作用及其操作程序和规范,特别是一些可能产生安全危害的设备和部件必须严格操作,不得随意更改。并且,应在使用前制订一套危害发生时的应急措施作为备案。

一般来说可采取以下具体预防措施:

- (1) 每次使用设备前都做线路检查,立即更换损坏或磨损的电线。
- (2) 必须保证使用设备的总功率不超过电路的安全功率。
- (3) 了解设备和线路的电源开关位置和操作步骤,当发生危险时,应立即切断电源。电气设备起火时,应用干砂覆盖灭火,或者用二氧化碳灭火器灭火,不能用水灭火,否则有触电危险。在使用二氧化碳灭火器时,要注意防止冻伤和窒息。
- (4) 不得私自拉接电线,私自增加大负荷用电设备。
- (5) 慎重使用多插头适配器,并且必须有断路器或保险丝。
- (6) 不得随意加大熔断件规格或改用其他材料来取代原有熔断件。
- (7) 使用移动电器时应注意插头、导线及电器机体是否漏电等。

三、安全工作实践

使用电气设备时,采用下面的做法可降低伤害和发生火灾的危险:

- (1) 避免接触带电线路。

- (2) 设备维修前应断开设备电源。
- (3) 当需要将手伸入设备时,要确保双手干燥,并尽可能地戴绝缘手套,穿带绝缘鞋底的鞋。
- (4) 一只手操作时,记住将另一只手放入口袋,远离导电材料,这样会大大降低电流通过胸部的危险。
- (5) 不在低温的房间和有冷凝发生的地方使用电气设备,如果必须使用,则最好将设备安装在墙上或垂直面板上。
- (6) 如果有水或化学品溢漏在设备上,应立即关掉电源的主电路,拔掉电源插头。
- (7) 如果有人触电,不要触摸设备、电线和人体,应迅速帮助受害者脱离电源,立即关掉电源开关,或用绝缘体切断电源。

四、高电压或大电流

高电压或大电流设备的维修只能由受过专门训练的电工进行。

第二节 激光安全

激光的最初中文名称为“镭射”,是它的英文名称 LASER 的音译,由英文 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 中各单词的首字母组成的缩写词,意为“受激辐射的光放大”。“受激辐射”基于爱因斯坦在 1916 年提出的理论,认为在组成物质的原子中,有不同数量的粒子(电子)分布在不同的能级上,高能级上的粒子受到某种光子的激发,会从高能级跃迁至低能级上,与此同时会辐射出与激发光相同性质的光,在某种状态下,能出现一个弱光激发出一个强光的现象,即称作“受激辐射的光放大”,简称激光。

一、激光与激光器的特点

所有的激光器中有两个必不可少的组成部分,分别是激励(或抽运)源和具有亚稳态能级的工作介质。激光的波长涵盖从紫外到红外(180 nm~1 μm)范围,激光的颜色取决于使用的激光材料的种类。

激光主要有四大特性:高亮度、高方向性、高单色性和高相干性。

二、激光器的分类

激光器的分类方法很多,可分别从激光工作介质、激励方式、运转方式、输出波长范围等几方面进行。根据工作介质物态的不同可把所有的激光器分为以下几大类:固体(晶体和玻璃)激光器、气体激光器、液体激光器、半导体激光器和自电子激光器等。

三、激光的危害

激光具有单色性且发散角小,在小范围内容易聚集大量的能量,因此不正确地使用激光设备会产生潜在的危险。激光的危害通常被分为两大类:光危害和非光危害。

1. 光危害

光危害是通过热效应、声效应、光化学效应产生的。生物组织吸收了激光能量后会引

起温度的突然上升,这就是热效应。热效应损伤的程度取决于曝光时间、激光波长、能量密度、曝光面积以及组织的类型等。声效应是由激光诱导的冲击波产生的,冲击波在组织中传播时会使局部组织汽化,最终导致组织产生一些不可逆转的伤害。激光还具有光化学效应,诱发细胞内的化学物质发生改变,从而对组织产生伤害。

激光对视觉的危害,包括对角膜、晶状体、视网膜可能造成损伤导致暂时或永久失明。

2. 非光危害

除了直接与生物组织产生作用造成伤害外,激光器还会通过空化气泡、毒性物质、电离辐射和电击等对人体产生伤害。

(1) 触电危害。安装激光仪器时,操作者可能接触暴露的电源、电线等可能造成触电。激光器中的高压供电电源以及大的电容器也有可能造成电击危害。

(2) 化学危害。某些激光器(如染料激光器、化学激光器)使用的材料可能含有毒性物质,还有一些塑料光纤在切削时会产生苯和氰化物等污染物,石英光纤切削时产生熔融石英,这些化学物质都会对人体产生危害。

(3) 间接辐射危害。高压电源、放电灯和等离子体管都能产生间接辐射,包括X射线、紫外线、可见光、红外线、微波和射频等。当在靶物质聚焦很高的激光能量时,就会产生等离子体,这也是间接辐射的一个重要来源。

(4) 其他一些危害。低温冷却剂危害、重金属危害、应用激光器中压缩气体的危害、失火等。由于使用激光器时潜在的危害较多,家用的激光设备应当给予更多的关注并且进行专门的检查。

四、激光安全级别

根据激光辐射对使用者的危害,激光产品的安全等级划分为以下四级:

1. 1级激光

1级激光多指红外激光或激光二极管产生不可见激光辐射(辐射波长大于1400 nm),辐射功率通常限制在1 mW以内。这类激光在合理可预见的工作条件下是安全的,它们不会产生有害的辐射也不会引起火灾。

2. 2级激光

2级激光产生连续或脉冲可见光辐射(辐射波长400 nm~700 nm),辐射功率一般较低,连续光的辐射功率通常限制在1 mW以内。这类激光产品通常可由包括眨眼反射在内的回避反应提供眼睛保护。

3. 3级激光

3级激光分为3a级和3b级。3a级激光产生可见或不可见激光,通常用肉眼短时间观察不会产生危害,但是当用显微镜或望远镜等光学仪器观察激光时,激光束会对眼睛造成伤害。3a级激光通常可由包括眨眼反射在内的回避反应提供眼睛保护,该级激光的漫反射光通常是不会有危害的。3a级可见激光输出功率限制在5 mW以内;不可见激光输出功率限制在1级激光的5倍。3b级激光规定连续激光的输出功率大于500 mW,对可重复脉冲激光的单脉冲能量规定在30 mJ~150 mJ(依波长而变);3b级激光对肉眼和皮肤会造成伤害,该级激光的漫反射光也会对眼睛造成伤害。

4. 4 级激光

平均功率超过 500 mW 的连续或可重复脉冲激光归为 4 级，单脉冲输出的激光能量在 30 mJ~150 mJ（依波长而变），激光波长是可见的或不可见的。4 级激光的功率足可以使人的眼睛或皮肤瞬间内受到伤害。4 级激光有使可燃物燃烧的可能，一般激光功率密度达到 2 W/cm² 时就会有引发火灾的可能。

五、激光的安全防护

1. 激光防护的管理措施

管理措施包括制定并及时更新标准操作规程、应急措施和激光安全标志，并提供激光安全措施手册指南。另外还包括定期视力检查、眼睛皮肤正确保护及操作人员安全培训等。

2. 工艺技术设备控制

各种领域使用的激光种类各不相同，但技术设备控制的措施却基本相同，主要包括：

- (1) 激光器与实验台固定要牢靠；
- (2) 激光光学元件应该能阻挡杂散光；
- (3) 激光束与眼睛不应在同一水平线上（光束的高度不能与坐着或站立的操作人员的眼睛在同一水平线上）；
- (4) 光束应该被封闭；
- (5) 在实验场所安置光束隔离器；
- (6) 用滤光片降低光束能量密度；
- (7) 高能激光束采用光纤传输；
- (8) 实验室内门窗应该关闭；
- (9) 避免激光光路中存在反射材料；
- (10) 对 4 级激光应该控制漫反射的危害。

注意：在激光使用区域应设置“危险”标识，且标签和警示标识应显示在显眼的地方，图 2-3 所示是国内外激光安全标识的示例。

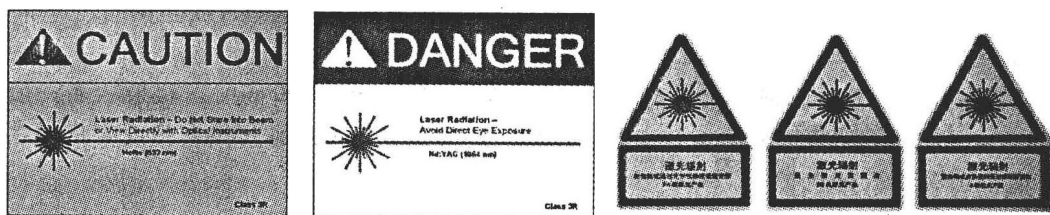


图 2-3 国内外激光的安全标识示例

六、个人防护

1. 防护眼罩

激光对视觉的伤害是激光产品最大的潜在危害。安全等级为 1 级的激光及其产品目前还没有明确的对视力有害的报道。2 级激光是低功率的激光，在通常小于 0.25 s 作用时间内不会对人眼造成伤害。如果迎着光路观察，3 级特别是 3b 级激光就有可能很严重地损

伤眼睛。因此,对这类激光安全控制的办法为避免用肉眼直接观察激光,具体措施包括:尽可能地封闭光路;在不需要激光满功率输出的情况下,采用降低激光功率的装置,光路隔断器和输出激光滤色片以降低激光功率;只在能够控制的区域内操作激光等。高功率的4级激光会对眼睛产生严重损伤。除以上所有防护措施外,还需要增加的防护措施包括:当实验室门开启时,激光不能输出的自锁闭机构;所有人员必须佩带防护眼罩;给激光光路安装防护罩;远程开启激光、远程摄像监控等。

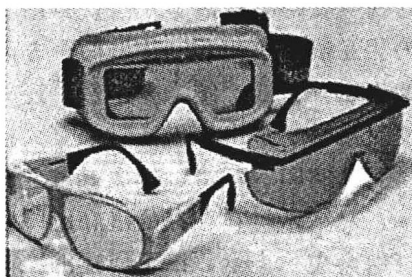


图 2-4 防护眼罩

防护眼罩包括护目镜、面罩、眼镜、用特殊滤光物质或反射镀膜技术制成的专用眼罩。这些眼罩可以保护眼睛不受到激光的物理伤害和化学伤害,在特定的波长和辐射能量下,还应选用特定的防护眼罩。选择眼罩要参考以下几个因素:激光输出波长、多波段操作的可能性、需要防护的最低辐射等级、曝光时间、最大允许的辐射量(MPE)、眼罩滤光器的光密度要求、防护角度、佩戴眼罩时对可见光的透过率、侧面保护和侧视觉、曝光的时间、舒适度、介质吸收光后的退化、材料的张力、前表面产生平面反射的能力、防雾和镀膜设计等。

2. 皮肤防护

激光对皮肤的伤害一般是可以治愈的。不过随着紫外激光器和高功率激光器的广泛应用,激光对皮肤的伤害也随之严重起来。1级、2级和3a级激光不会对皮肤产生伤害。3b级和4级激光产品对皮肤会产生不同程度的伤害。暴露于250 nm~380 nm波长的激光中的皮肤会发生灼伤、皮肤癌和皮肤加速老化等现象,尤其是280 nm~315 nm紫外到蓝光波段的激光对皮肤的伤害最严重。暴露于280 nm~400 nm波段的激光中的皮肤会加速色素沉积,310 nm~600 nm波段的激光会使皮肤产生光敏反应,700 nm~1000 nm波段的激光会使皮肤灼伤或角化。

较好的保护皮肤的措施包括:穿由阻燃材料制成的长袖工作服;激光受控区域安装由阻燃材料制成并且表面涂覆黑色或蓝色硅材料的幕帘和隔光板,以吸收紫外辐射并阻挡红外线。

3. 受激光辐射伤害后的治疗

通常情况下,人体在受到激光辐射伤害后无需特别的治疗即可短期内恢复健康,除非眼睛和皮肤受到直接强烈的激光辐射。对于激光类辐射损伤的治疗主要以抗辐射损伤药物治疗为主。如我国近年来以中药为原料研制的安多霖胶囊,即可作为电离辐射和电磁辐射损伤的防治和保健用药。对于接触激光辐射较多的工作人员,平时还可以多吃油菜、芥菜、卷心菜、萝卜等,这些蔬菜都具有抗辐射损伤的作用。

第三节 工程纳米材料安全

纳米材料和纳米技术正成为众多大学涉及的研究新领域,纳米颗粒、纳米结构具有奇特的功能,其新功能来源于新的物理、化学和生物学性质。伴随着物质尺寸的减小,材料