



高校实验室安全管理与技术系列教材  
浙江省“十一五”重点教材建设项目

浙江省高等学校实验室建设指导委员会  
浙江省高校实验室工作研究会

组编

# 高校实验室 安全与环境管理导论

GAOXIAO SHIYANSHI  
ANQUAN YU HUANJING GUANLI DAOLUN

主 编 孙玲玲



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社



高校实验室安全管理与技术系列教材  
浙江省“十一五”重点教材建设项目

浙江省高等学校实验室建设指导委员会  
浙江省高校实验室工作研究会 组编

# 高校实验室 安全与环境管理导论

主 编 孙玲玲  
副主编 吴立群 林海旦



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

高校实验室安全与环境管理导论/孙玲玲主编.

—杭州:浙江大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-308-11865-1

I. ①高… II. ①孙… III. ①高等学校—实验室管理—安全管理 IV. ①G642.423

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第170910号

## 高校实验室安全与环境管理导论

主编 孙玲玲

---

责任编辑 邹小宁

文字编辑 李媛媛

封面设计 朱琳

出版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州教联文化发展有限公司

印刷 浙江云广印业有限公司

开本 787mm×960mm 1/16

印张 13.75

字数 285千

版印次 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

书号 ISBN 978-7-308-11865-1

定价 26.00元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

# 高校实验室安全管理与技术系列教材 编委会

主 任 孙玲玲

副主任 高法根 华尔天 林贤福

编 委 (按姓氏笔画排列)

尤小军	王国银	冯建跃	刘 越
华尔天	朱永法	吴立群	李 彬
李五一	杜友爱	杨永德	陈晓竹
周奇年	林贤福	郑春龙	姜周曙
段贻民	胡惠君	高法根	鲍铁虎

## 本书编委名单

主 编 孙玲玲

副主编 吴立群 林海旦

编 者 (按姓氏笔画排列)

亓文涛	王金林	叶秉良	应南娇
杨 勇	胡仲邦	胡惠君	赵泽茂
聂秋林	樊 冰		

# Foreword

高校实验室是开展教学实践和科学研究的重要基地,是全面实施综合素质教育、培养学生实验技能、知识创新和科技创新能力的必要场所。随着我国高等教育事业的快速发展,高校实验室建设投入持续增加,实验室贵重仪器设备、危险物质种类与数量、隐含危险的实验操作等越来越多,实验室对外开放程度也不断提高,存在许多安全隐患,实验室安全管理工作面临新的压力和挑战。

近年来,高校实验室火灾、中毒、伤人和环境污染等安全事故时有发生,严重影响了正常的教学、科研秩序,对广大师生员工的生命财产安全造成损失和威胁,产生了不良的社会影响。如何通过科学、高效的管理手段,促进实验室资源的开放共享、保障教学科研的正常运行、维护校园安全与稳定、真正做到“以人为本、防患于未然”、创建平安和谐校园,一直是实验室管理者不懈努力的目标。

为进一步推进我国高校实验室安全环保管理工作、营造浓厚的实验室安全环保文化氛围、树立“安全第一、预防为主”的思想、丰富人们的安全环保知识,浙江省教育厅于2011年发文将“高校实验室安全管理与技术”立项为重点系列教材建设项目。为此,浙江省高等学校实验室建设指导委员会和浙江省高校实验室工作研究会成立了教材编写委员会,并组织一批具有丰富实验室安全与环保工作经验的专家进行编写。本系列教材第一批共有四本,分别为《高校实验室安全与环境管理导论》、《高校实验室化学安全与防护》、《高校实验室生物安全技术与管理》和《现代分析仪器的实验技术与安全操作》。

本系列教材以国际及国内相关法规、标准和规范为基础,从实际工作出发,较为全面、系统地介绍了实验室安全相关的专业知识、防护技术和应急救援知识等,可作为高校学生、教师、实验技术人员、实验室管理和服务人员的安全环保教育与培训教

材,也可作为其他相关人员的参考书籍。

本系列教材得到了浙江省教育厅高教处、校园安全处和其他相关专家的指导和大力支持,在此深表感谢!在编写过程中,虽然进行了反复讨论与修改,几易其稿,但限于作者水平和其他客观条件限制,难免仍存在不足和值得商榷之处,敬请批评指正。

编委会

2013年7月

# Preface

## 前言

在我们的生活、工作和学习中,每时每刻都离不开安全,它是人民生命健康,财产安全和国家安全的基本保证。作为人类生产和社会实践活动中永恒的主题之一,安全是我们每个人的共同愿望,它不仅承载着人生航行的旅程,也凝聚着千家万户的幸福与快乐。

高校实验室,特别是高校理工科实验室涉及物理、化学、生物、医学、核辐射、电子等许多领域,实验室安全事故如火灾、爆炸、中毒、辐射、电击、基因诱变等灾难性事故时有发生,屡见不鲜。科学发展观要求高校办学以人为本,加强实验室安全建设与管理,实现人、机、环境和谐相处。高等学校科学奥秘探索不能以生命牺牲和国家财产损失为代价。高等学校各级领导、各类管理人员,所有老师、所有学生必须提高实验室安全与环境保护重要性认识,必须加强实验室安全与环境保护教育,采取科学有效手段加强安全技术建设,必须建立实验室现代安全管理制度和安全文化,要求大学生、研究生树立先进实验室安全与环境保护理念,科学掌握先进仪器设备操作规程和熟练掌握安全避险技能,尤其是提高安全突发事件应急处置防范能力。

本教材以高校实验室安全与环境管理中涉及到的相关内容为对象,从实验室安全与环境管理概念及基本准则、实验室安全事故成因及危害、实验室安全管理与环境保护对策、实验室安全系统工程、燃烧与爆炸、电离辐射原理与防护技术、生物及化学实验室安全管理、机械装备安全、实验室信息安全、实验室环保与绿色设计、实验室安全管理体系与应急处理等方面,进行了阐述和分析。编者在总结实践经验的基础上,博采众家之长,力求系统全面、深入浅出、通俗易懂。本教材可以用于高校开设实验室安全课程,也可作为其他相关人员的培训资料和工作参考。

在编写教材过程中,我们几易其稿,多次召集浙江省高等学校实验室建设指导委员会委员和浙江省高校实验工作室研究会的同仁们研究、讨论和审阅,以确保书稿质量。但由于实验室技术安全和环境保护工作错综复杂,各高校实验室建制和安全管理情况不尽相同,又由于编者水平有限、时间仓促,书中遗漏和不妥之处难免,敬请读者批评指正。

本教材由浙江省高等学校实验室建设指导委员会主任、杭州电子科技大学孙玲玲教授任主编,其他编写者为来自浙江省各高校工作在教学、科研和管理第一线的教授和专家。各章节编写人员如下:第1章由吴立群、林海旦编写;第2章由林海旦、亓文涛编写;第3章由聂秋林编写;第4章由应南娇编写;第5章由聂秋林、应南娇编写;第6章由叶秉良、王金林编写;第7章由胡惠君、胡仲邦编写,第8章由赵泽茂、樊冰编写;第9章由吴立群、杨勇编写;第10章由林海旦、亓文涛编写。全书由孙玲玲、杨永德、吴立群、林海旦、亓文涛统稿,经第二届浙江省高等学校实验室建设指导委员会实验室安全管理与技术系列教材编委会审定。

编者

2013年5月



# 目 录

## Contents

### 第1章 绪 论

- 1.1 实验室安全与环境管理概述 .....2
- 1.2 实验室安全事故的成因、表现形式及危害 .....6
- 1.3 实验室安全与环境管理基本准则 .....15
- 1.4 实验室安全管理与环境保护对策 .....17

### 第2章 实验室安全系统工程

- 2.1 安全系统工程定义 .....20
- 2.2 实验室安全系统工程研究对象 .....22
- 2.3 实验室安全系统工程的研究内容与工作方法 .....23
- 2.4 实验室危险性评价 .....30
- 2.5 实验室危险源辨识、分级、监控 .....32

### 第3章 燃烧与爆炸

- 3.1 燃烧理论 .....36
- 3.2 爆炸理论 .....44
- 3.3 灭火技术 .....49

### 第4章 电离辐射原理与防护技术

- 4.1 电离辐射 .....57
- 4.2 电离辐射的剂量 .....62
- 4.3 电离辐射生物学效应 .....63

4.4 电离辐射的探测 .....	66
4.5 电离辐射的防护 .....	68

## 第5章

### 生物、化学实验室安全管理

5.1 生物安全基本概念 .....	76
5.2 病原微生物实验室安全 .....	78
5.3 基因工程实验室安全 .....	84
5.4 化学类实验室安全 .....	88

## 第6章

### 典型仪器设备加工操作安全技术

6.1 仪器设备的安全管理和使用常识 .....	101
6.2 数控机加工设备使用安全 .....	102
6.3 热加工机械安全 .....	105
6.4 特种设备使用安全 .....	110
6.5 现代分析仪器使用安全 .....	115

## 第7章

### 电、水、粉、气、油的管理与防护

7.1 电气安全 .....	119
7.2 用水安全注意事项 .....	131
7.3 粉尘危害与防护 .....	132
7.4 危险气体的危害与防护 .....	139
7.5 油墨的危害与防护 .....	142

## 第8章

### 实验室信息安全

8.1 实验室信息安全概述 .....	145
8.2 实验室信息设施的物理安全 .....	149
8.3 实验室重要设备的软件安全 .....	151
8.4 实验室数据库安全 .....	153
8.5 网络攻击技术 .....	154

8.6 网络防御技术 .....	156
8.7 实验室信息安全管理 .....	164

## 第9章

### 实验室环保与绿色设计

9.1 实验室环境保护的意义及基本内涵 .....	168
9.2 实验室环境污染源 .....	169
9.3 面向环境保护的实验设计注意事项 .....	170
9.4 化学性废弃物的处理 .....	171
9.5 生物废弃物及病原微生物的处理 .....	174
9.6 物理性污染防护措施 .....	176
9.7 绿色实验室设计的概念及基本内涵 .....	178

## 第10章

### 实验室安全管理体系与应急处置

10.1 实验室安全与环境管理体系 .....	181
10.2 实验室安全应急管理 .....	188
10.3 实验室安全的应急预案 .....	189
10.4 实验室安全事故的现场急救方法 .....	194
10.5 实验室突发环境污染事件应急处置 .....	202

参考文献 .....	205
------------	-----

# 第1章 绪论

---

## 本章简介

本章介绍了实验室安全与环境管理工作的意义、基本特点,实验室安全事故发生的原因、表现形式以及所产生的重大危害,阐述了实验室安全与环境管理基本原则及对策。

## 1.1 实验室安全与环境管理概述

### 1.1.1 实验室安全与环境管理意义

实验室是高等学校科学试验和实验教学的基本场所,既是学校科学研究、知识创新、技术发明的主要载体,也是学校培养学生动手能力、创新意识,提高学生综合素质的重要基地,同时还是学校知识创新和技术服务社会的窗口。

高校科学试验研究经常在特定实验条件下进行,实验教学经常跨学科、跨专业进行,物理环境因素、化学环境因素、生物环境因素交织,不安全因素种类繁多,危害性大,稍有不慎,极易酿成实验安全事故。一旦发生事故,将会造成无法估量的后果,甚至中断学校正常教学和科学研究工作,使师生员工的生命、家庭、事业遭受威胁,使实验室财产蒙受重大损失,还可能连带发生其他刑事或民事官司或巨额赔偿。多年来,实验室安全事故频发,人员伤亡和财产损失惨重。警钟长鸣,人们对实验室安全应予以高度的关注和重视。

试验室中会产生废渣、废液、废气等“三废”,其中以废液的排放量最大。不少实验室对实验过程中产生的废弃物未经任何处理,将废液和废渣直接排入下水道或垃圾堆中,废气直接排放到大气中。这些排放物中有不少含有很多剧毒的、致突变、致畸形、致癌的物质,其浓度是多变的,成分是复杂的,有的甚至具有隐蔽性,一时不易被人觉察。这些排放物不仅会直接损害师生身体健康,还会造成附近城区和居民区的环境污染,对社会造成不可估量的危害。

实验室安全与环境管理导论揭示实验室内人、机、环境之间的作用机制,研究教学科研中实验风险所导致的事故和灾害的发生、发展规律,为师生员工提供安全实验方法与保障,以及避免实验室恶性突发事件发生的预防知识与基本技能。实验室安全管理的重要意义在于贯彻“以人为本、安全第一、预防为主”的理念,加强安全知识学习,提高安全意识,加强管理制度和技防体系建设,营造一个安全的教学科研实验环境,减少实验过程中发生灾难的风险,培养有道德、懂安全、讲环保的高素质创新人才,确保高等学校实验室安全、无公害运行,支持高等教育事业又好又快、可持续发展,保证国家和人民生命财产安全。

### 1.1.2 实验室安全与环境管理特点

实验室中常配置大量高、精、尖的学术前沿研究设备和仪器,有的实验室可能配有危险实验物品,有的实验室探索未知奥秘,具有潜在安全风险。师生动手实践过程中,各个阶段的工作差异性非常大:实践之初,缺乏经验,对实验室和设备不一定全面了解和掌握,造成误操作引发安全事故;实践中,边学边用边研究,时间紧、压力高、专业跨度大、工作强度大,容易简化操作程序等从而酿成安全事故;实验后期,由于长时间的试验,容易过度疲劳从而引发各种实验安全事故或造成环境污染。总而言之,高校实验室安全与环境管理不同时期、不同对象呈现不同特点,一般来说具有如下特点:

#### 1. 多样性

由于学科和专业的多样性,高校一般按学科设置实验室,如生物、化学、电子、机械、物理、材料等实验室。通常实验室种类繁多,规模、层次、性质不同,服务对象也不同,危险性也不同,因此,实验室安全防护的要求和管理手段也不尽相同。根据不同实验室的特点制定有针对性的、切实可行的安全技术与安全管理办法是维护实验室安全的前提条件。

#### 2. 突发性

仪器、环境、安全技术、人等方面潜藏着众多的安全隐患。试验结果的不确定性、仪器设备的工作不稳定性、线路老化、有毒气体泄漏、病毒微生物、危险化学品受潮混合反应、剧毒物品遭窃、放射性物质当垃圾废弃、学生心理情绪波动和突变等因素都是不可预测的。以上这些因素的不定时发生,对管理工作带来巨大挑战。因此,高校实验室安全与环境管理必须加强突发性安全事故的管理。

#### 3. 综合性

实验室的安全与环境管理是一项系统工程。实验室的安全与环境管理不仅是对仪器设备、安全技术和环境的管理,也是对人的管理。师生员工的安全意识、行为、实验操作流程的规范与否、安全设施的技术条件等都会对实验室安全带来影响。实验室的安全管理涉及面广、管理难度大、综合性强,因此,需要各级领导重视,部门学院参与、层层负责、相互协调、共同化解风险。

### 1.1.3 实验室安全与环境管理现状

随着我国高等教育事业的快速发展,国家对实验室建设的投入大幅度增加,实验室建设无论是从数量上还是从规模上都呈爆发式增长,与此同时,对实验室资源开放性、共享性要求也越来越高。随着进入实验室的人员增多、设备流动性加大,实

实验室安全工作面临的压力越来越大。实验室安全与环境管理工作在高校中尽管不断加强,与实验室建设投入相比,实验室安全性建设投入偏少,在实验室安全建设和环境管理方面还存在诸多问题。实验室安全事故主要由“硬”、“软”两个方面的问题造成。总体来说,具有以下几类问题:

### 1. 规划设计缺位,造成安全隐患

由于高校实验室规划设计缺少专业人士参与,而普通人员对各类实验室的功能要求缺乏深入了解,尤其是对危险实验室的特殊要求知之甚少。因此,在实验室建设的建筑规划设计中对设施和装备的安全要求考虑不周,工程设计上存在漏洞,包括人与机械、作业环境之间配合不当等,造成安全先天性隐患;实验室建设后期,对安全功能审核的程序和制度还不尽完善,以致某些工程完成之后安全隐患仍然没有发现。

### 2. 安全意识不强,安全观念滞后

在高校中,无论是领导层还是学院执行层都不同程度地存在着重教学科研、轻安全环保的思想,认为安全工作有投入、无产出,只要现场工作人员小心操作就出不了大事的麻痹意识。其本质就是安全观念落后,尚未真正认识到实验室安全管理工作的重要性、特殊性和危机的突发性,尚未真正认识实验室安全体系建设的重要性,有时嫌安全管理工作程序繁琐,甚至违背安全常识工作,人为放大危险。

### 3. 安全管理体制不顺,安全责任不明

部分高校缺乏全校性实验室安全工作的专门组织体系,没有落实法定代表人是单位安全第一责任人的要求,没有建立对整个学校实验室安全工作实行全面管理的领导体制。部分院(系)没有专人负责实验室的安全工作,没有配备专职实验室安全员,无法层层落实管理职责,安全责任不明确。职能部门缺少专门的科室和专业的技术人员,很难实现对实验室安全进行专业管理,与院(系)的实验室安全管理缺乏有效的衔接。

### 4. 安全建设资金投入不足,安全设施体系落后

高校对实验室安全的资金投入严重不足,主要表现为:

#### (1) 消防设施配备不足

按规定,实验室应配备固定式灭火系统或移动式消防器具,因资金缺乏不少,现有消防设施因陈旧或维护不到位而无法使用。一些高校甚至因供水压力不足而造成高层实验室缺乏消防用水,一些高校内还有部分实验室用房属于砖木结构,其供电线路老化而用电负荷又大量增加,私拉乱接线路的问题也相当严重,造成火灾隐患。

## (2) 实验室用房紧张

一些需要分开存放的物品没有分开存放,特别是易燃、易爆、剧毒等危险化学品存放不够规范,而且一些设备的安全操作距离也不规范。此外,近年来,高校实验室内贵重实验仪器设备大量增加,为防止这些设备被盗或失窃,不少实验室采用加装钢筋护窗,增设全封闭的金属门,有的甚至将双向通道走廊的一头封闭,改为单向通道走廊,堵塞安全通道。一旦发生意外,因通道严重受阻,逃生不畅,后果不堪设想。

## (3) 技术设施不到位,紧急救援开展困难

实验楼应配备必要的烟感报警、监控装置、灭火器、喷淋洗眼装置、通风设施、防护眼镜、药箱等。例如,当发生意外伤害事故时,可通过喷淋洗眼装置的快速喷淋、冲洗,把伤害程度减轻到最低限度。洗眼器的安装有一定要求:应该安装在危险源头的附近,最好在10秒钟内能够快步到达洗眼器的区域范围。

## (4) 环保设施不能满足要求

国家环保总局和教育部联合发布《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》以后,一些高校开始重视相关工作,但多数高校还是没有建立健全完备的废液管理机制,同时也因缺少专项经费支持,整个社会处理危险废物的设施不完备,使得废液回收渠道不畅通。一些可能产生有毒气体的实验室未配备通风系统,一些应经过处理方能排放的废水,因设施不完善而放任自流;一些固体废物没有按照国家标准处置,作为一般垃圾外运,对社会安全造成隐患。

## 5. 安全教育和培训工作没有常态化

在实际工作中,实验室安全事故的发生往往是由于实验室人员和学生对安全防护的认知不足,凭经验或平时的不良习惯(贪图方便、轻视、不按规定、懒惰等)或疲劳疏忽,或遇紧急危机时处理能力不足等造成。因此,加强对实验室人员和学生的安全教育和培训显得十分重要。是否需要实验室人员进行专门的安全教育和培训,主要取决于实验室负责人对安全的认识和态度。因没有相关的培训制度予以保障,目前不少高校还没有专门的实验室安全教育和培训中心。如何全面加强对实验室安全工作的认识,加大实验室人员的安全培训力度,以及对学生开展这方面的教育,已成为实验室安全工作的当务之急,应该列入学校的日常工作中。

## 6. 安全法规、制度不完善,检查不力,赏罚不明

目前,不少学校的实验室安全管理存在制度不严、执行落实不细、检查督促不力、奖罚不明的问题。实验室的安全管理不仅要建章立制,更重要的是要落实检查。对实验室安全事故的处理流于形式,同时也没有鼓励或奖励实验室安全工作做得好的单位。



### 7. 安全信息化工作落后

不少学校因为资金问题而没有建立实验室信息化监控系统,无法有效地做好“四防”(防火、防盗、防破坏、防自然灾害)工作,安全宣传教育手段落后,信息保密手段落后。

## 1.2 实验室安全事故的成因、表现形式及危害

### 1.2.1 实验室安全事故的成因

事故是违背人的意志而发生的意外事件,而且事故具有明显的因果性和规律性。因而,要想找出事故的根本原因,进而预防和控制事故,就必须在千变万化、各种各样的事故中发现共性的东西,将其抽象出来,即把感性的认识与积累的经验升华到理论水平,反过来指导实践,并制定事故控制的最有效的方案。事故致因理论是从大量典型事故的本质原因的分析中所提炼出的事故机理和事故模型。这些机理和模型反映事故发生的规律性,能够为事故的定性定量分析提供依据。为事故的预测预防,为改进安全管理工作,从理论上提供科学的、完整的依据。

#### 1. 事故致因理论的发展

在20世纪50年代以前,资本主义工业化大生产飞速发展,美国福特公司的大规模流水线生产方式得到广泛应用。这种生产方式利用机械的自动化迫使工人适应机器(包括操作要求和工作节奏),一切以机器为中心,人成为机器的附属和奴隶。与此相对应,人们往往将生产事故原因推到操作者的头上。

1919年,由格林伍德(M.Greenwood)和伍兹(H.Woods)提出“事故倾向性格”论,后来又由纽伯尔德(Newboid)在1926年以及法默(Farmer)在1939年分别对“事故倾向性格”论进行了补充。该理论认为,在从事同样的工作和在同样的工作环境下,某些人比其他人更易发生事故,这些人是事故倾向者,他们的存在会使生产中的事故增多;如果通过人的性格特点区分出这部分人而不予雇佣,则可以减少工业生产事故。这种理论把事故致因归咎于人的天性,至今仍有某些人赞成这一理论,但是后来的许多研究结果并没有证实此理论的正确性。

1936年,美国人海因里希(W.H.Heinrich)提出事故因果连锁理论。海因里希认为,伤害事故的发生是一连串的事件,是按一定因果关系依次发生的结果。他用五