

“十一五”国家重点图书

实验室 生物安全

主 编 徐 涛

副主编 车凤翔 董先智 都培双

实验室
生物安全

王 德 强 编
王德强 王德强 王德强 王德强

“十一五”国家重点图书

Shiyanshi Shengwu Anquan
实验室生物安全

主 编 徐 涛

副主编 车凤翔 董先智 都培双



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

实验室生物安全/徐涛主编. —北京:高等教育出版社,2010.3

ISBN 978-7-04-028498-0

I. ①实… II. ①徐… III. ①生物学—实验室—安全技术 IV. ①Q-338

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006326 号

策划编辑	李冰祥	责任编辑	张晓晶	特约编辑	卢琛
封面设计	张志奇	责任绘图	尹莉	版式设计	余杨
责任校对	俞声佳	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 22.5
字 数 410 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 3 月第 1 版
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷
定 价 52.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28498-00

内 容 提 要

实验室生物安全是科研人员和社会大众普遍关注的问题,而针对一线科研人员的系统管理始终是我国生物安全管理的一个薄弱环节。

本书是由中国科学院生物物理研究所、军事医学科学院和中国疾病预防控制中心等多家单位的专家通力合作完成的。该书针对我国生物安全管理的现状,系统介绍了实验室生物安全的发展和演变、实验室设备及其管理的基本特点和要求。本书的内容主要包括:导论、致病微生物实验室的个人防护、实验室生物安全设备、实验室生物安全防护设施、动物实验室生物安全设备和设施要求、实验室应用电离辐射技术的放射安全、大型生物仪器的安全操作、实验室生物安全应急体系与预案以及实验室生物安全管理。

本书是编者针对我国生命科学领域一线操作人员的具体需求“量身定做”的一本参考书,内容特色鲜明,非常适合各科研院所和高等院校等一线科研人员的岗前培训。

《实验室生物安全》编委名单

主 编：徐 涛

副主编：车凤翔 董先智 都培双

编 委：曹远林 车凤翔 邓红雨 董先智

都培双 韩 俊 王盛典 徐 涛

杨福全 郑钧正

目 录

第一章 导论	1
1.1 实验室生物安全的产生与发展	2
1.1.1 萌芽期(1826 年—1949 年)	2
1.1.2 形成期(1949 年—1983 年)	3
1.1.3 成熟期(1984 年—2004 年)	4
1.1.4 繁荣期(2004 年—)	5
1.2 实验室感染的主要原因及其控制	5
1.2.1 实验室微生物气溶胶的种类	6
1.2.2 实验室生物气溶胶的产生	6
1.2.3 实验室空气传播与感染的控制	8
1.3 生物安全事件发生及管理的基本特点	11
1.3.1 生物安全事件的发生具有概率性	12
1.3.2 生物安全事件的危害具有公共性	12
1.3.3 生物安全事件的后果具有严重性	13
1.3.4 生物安全的管理具有强制性	13
1.4 实验室生物安全管理的基本原则	14
1.4.1 遵守操作规程和奖惩制度	14
1.4.2 实行分级管理与准入制度	15
1.4.3 全面落实一线科研人员的培训	15
1.5 实验室生物安全管理的基本理念	16
1.5.1 坚持预防为主和科学管理的基本理念	16
1.5.2 坚持与时俱进和以人为本的基本理念	17
参考文献	17
第二章 致病微生物实验室的个人防护	19
2.1 个人防护的总体要求	20
2.2 实验室个人防护的部位及其装备	21
2.2.1 手臂防护	22
2.2.2 头面部防护	22
2.2.3 呼吸道防护	23

2.2.4 躯体和下肢的防护·····	24
2.3 各种安全等级实验室的个人防护·····	25
2.3.1 一级生物安全实验室·····	25
2.3.2 二级生物安全实验室·····	26
2.3.3 三级生物安全实验室·····	27
2.3.4 四级生物安全实验室·····	29
参考文献·····	30
第三章 实验室生物安全设备·····	32
3.1 生物安全柜(BSC)·····	33
3.1.1 I级生物安全柜(BSC - I)·····	35
3.1.2 II级 A1 型生物安全柜(II A1)·····	37
3.1.3 II级 A2 型生物安全柜(II A2)·····	38
3.1.4 II级 B1 型生物安全柜(II B1)·····	39
3.1.5 II级 B2 型生物安全柜(II B2)·····	40
3.1.6 III级生物安全柜(BSC - III)·····	41
3.1.7 生物安全柜的安装和管道连接·····	43
3.1.8 生物安全柜的操作规范·····	44
3.1.9 生物安全柜的保养维护·····	46
3.2 其他物理防护设备·····	49
3.2.1 负压安全罩·····	49
3.2.2 动物隔离器·····	49
3.2.3 传递隔离器·····	49
3.2.4 安全解剖台·····	50
3.2.5 压力蒸汽灭菌器·····	50
3.3 各级实验室物理防护设备的配置和选型·····	51
3.3.1 一级生物安全实验室·····	51
3.3.2 二级生物安全实验室·····	51
3.3.3 三级生物安全实验室·····	52
3.3.4 四级生物安全实验室·····	53
参考文献·····	53
第四章 实验室生物安全防护设施·····	55
4.1 一级生物安全实验室(BSL - 1)·····	58
4.2 二级生物安全实验室(BSL - 2)·····	61
4.3 三级生物安全实验室(BSL - 3)·····	62

4.4 四级生物安全实验室(BSL-4)	65
4.5 生物危险标志及其使用	69
参考文献	71
第五章 动物实验室生物安全设备和设施要求	73
5.1 动物实验的风险	73
5.1.1 气溶胶	74
5.1.2 动物造成的损伤	74
5.1.3 动物的破坏和逃逸	75
5.2 动物实验室生物安全相关法规	75
5.2.1 《中华人民共和国进出境动物检疫法》	76
5.2.2 《中华人民共和国进出境动植物检疫法实施条例》	76
5.2.3 《中华人民共和国动物防疫法》	77
5.2.4 《兽医实验室生物安全管理规范》	77
5.2.5 《北京市实验动物管理条例》	77
5.3 人畜共患病	77
5.3.1 人畜共患病的定义和范畴	77
5.3.2 人畜共患病对新发传染病的影响	78
5.3.3 环境变迁对人畜共患病的影响	79
5.3.4 常见的人畜共患病	79
5.3.5 人和动物实验室感染途径	81
5.4 动物实验室生物安全防护设施和设备	84
5.4.1 一级动物生物安全实验室(ABSL-1)	85
5.4.2 二级动物生物安全实验室(ABSL-2)	85
5.4.3 三级动物生物安全实验室(ABSL-3)	85
5.4.4 四级动物生物安全实验室(ABSL-4)	86
5.4.5 动物实验室的特殊要求	86
参考文献	88
第六章 实验室应用电离辐射技术的放射安全	90
6.1 电离辐射技术在生命科学领域的应用概述	90
6.1.1 核素示踪技术	90
6.1.2 超微量分析技术	92
6.1.3 放射性核素在分子生物学中的应用	94
6.1.4 分子核医学	94
6.1.5 电离辐射技术的医学应用概要	95

6.2 有关放射性的基本概念和基础知识	97
6.2.1 原子结构	97
6.2.2 放射性衰变	100
6.2.3 天然电离辐射源	104
6.2.4 人工电离辐射源	104
6.2.5 射线与物质的相互作用	106
6.3 电离辐射量与单位梗概	109
6.3.1 计量电离辐射的重要性	109
6.3.2 国际辐射单位与测量委员会	109
6.3.3 电离辐射的基本量及其单位	110
6.3.4 电离辐射防护剂量学中的量及其单位	114
6.4 放射防护与安全的法规和标准	118
6.4.1 放射防护与安全的宗旨和基本原则	118
6.4.2 我国的放射防护法规与标准体系框架	122
6.4.3 《中华人民共和国职业病防治法》和 《中华人民共和国放射性污染防治法》	124
6.4.4 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》	127
6.4.5 我国政府各有关部委局颁发的部门规章	129
6.4.6 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871—2002)	129
6.4.7 放射防护与安全的次级专项标准	133
6.5 非密封源放射工作场所的分级及要求	137
6.5.1 放射源与射线装置的放射危险分类	137
6.5.2 放射性核素的毒性分组	141
6.5.3 非密封源放射性实验室的分级	142
6.5.4 非密封源放射性实验室的基本要求	143
6.6 开放型放射性物质的安全操作	147
6.6.1 开放型放射性物质的放射危险	147
6.6.2 内照射的放射防护要点	149
6.6.3 放射性物质的安全操作	150
6.6.4 工作人员的放射防护用品	155
6.6.5 放射工作人员的职业健康管理	163
6.7 放射性污染的清除和监测	165
6.7.1 放射性表面污染的控制水平	166

6.7.2 各类放射性表面污染的清除	167
6.7.3 体内放射性物质的阻断吸收与加速排出	172
6.7.4 与内照射相关的放射防护监测	173
6.8 放射性废物的管理	179
6.8.1 放射性废物的分类	179
6.8.2 一般放射性废物的处理	180
6.8.3 废旧放射源的管理	182
6.9 放射性事故的防范与应急预案	183
6.9.1 防范放射性事故的重要性	183
6.9.2 放射性事故的分级	183
6.9.3 放射性事故的处理原则	185
6.9.4 防范放射性事故的应急准备	188
6.10 结语	190
附录一 通用放射性核素衰变计算表	192
附录二 常用放射性核素主要参数表	195
参考文献	211
第七章 大型生物仪器的安全操作	213
7.1 生物安全操作的一般原则	213
7.2 流式细胞仪	214
7.2.1 流式细胞仪的工作原理和基本类型	214
7.2.2 流式细胞仪在生物学研究中的应用	216
7.2.3 流式细胞仪的生物安全使用规范	218
7.2.4 生物样品的处理	221
7.3 电子显微镜	223
7.3.1 电子显微镜的基本类型	223
7.3.2 电子显微镜在生物学研究中的应用	225
7.3.3 电子显微镜的安全使用规范	226
7.3.4 电子显微镜样品制备过程中的安全规范	227
7.4 激光共聚焦显微镜	229
7.4.1 激光共聚焦显微镜的基本原理、结构及类型	229
7.4.2 激光共聚焦显微镜在生物学研究中的应用	230
7.4.3 激光共聚焦显微镜的安全使用规范	231
7.4.4 生物样品的处理	233
7.5 蛋白质单晶 X 线衍射数据收集系统	235
7.5.1 蛋白质单晶 X 线衍射数据收集系统的基本组成	235

7.5.2	蛋白质单晶 X 线衍射数据收集系统在生物学研究中的应用	239
7.5.3	蛋白质单晶 X 线衍射数据收集系统的安全使用规范	239
7.6	生物质谱	240
7.6.1	生物质谱仪的基本组成和类型	240
7.6.2	生物质谱仪的基本类型	244
7.6.3	生物质谱仪在生物学研究中的应用	244
7.6.4	生物质谱仪的安全使用规范	245
7.6.5	生物样品处理的安全规范	246
7.7	核磁共振波谱仪	247
7.7.1	核磁共振波谱仪的基本类型	247
7.7.2	核磁共振方法及其在生物学研究中的应用	248
7.7.3	核磁共振波谱仪的安全运行和使用	250
7.8	电子自旋共振波谱仪	251
7.8.1	电子自旋共振波谱仪的基本类型	251
7.8.2	电子自旋共振波谱仪在生物学研究中的应用	252
7.8.3	电子自旋共振波谱仪的安全使用规范	253
7.8.4	生物样品的处理	254
7.9	原子力显微镜	255
7.9.1	原子力显微镜的基本类型	255
7.9.2	原子力显微镜在生物学研究中的应用	257
7.9.3	原子力显微镜的安全使用规范	261
7.9.4	生物样品处理	263
7.10	离心机	263
7.10.1	离心机的基本类型	263
7.10.2	离心机的安全使用规范和常见事故分析	264
7.11	生物分子相互作用检测仪	266
7.11.1	生物分子相互作用仪简介	267
7.11.2	生物分子相互作用仪在生物学研究中的应用	268
7.11.3	蛋白质相互作用仪的安全使用规范	269
7.11.4	样品处理	269
7.12	离子通道研究仪器系统——膜片钳	270
7.12.1	膜片钳技术简介	270
7.12.2	膜片钳技术的各种模式及其在生物学研究中的应用	270

7.12.3	膜片钳记录系统的电学噪声和机械震动噪声的消除	271
7.12.4	使用膜片钳仪器系统的注意事项	272
7.13	停留谱仪	272
7.13.1	停留谱仪的基本类型	272
7.13.2	停留谱仪在生物学研究中的应用	273
7.13.3	停留谱仪的安全使用规范	273
7.13.4	生物样品处理	274
附录一	××××所实验风险评估表	275
附录二	××××所样品检测申请表	278
附录三	××××所样品检测审批表	279
附录四	××××所样品检测管理责任书	280
参考文献		281
第八章	实验室生物安全应急体系与预案	282
8.1	实验室生物安全应急体系与预案的必要性和重要性	282
8.1.1	概述	282
8.1.2	世界卫生组织(WHO)的要求	282
8.1.3	有关概念和定义	283
8.1.4	应急预案的作用	283
8.2	微生物实验室硬件意外故障应急预案	284
8.2.1	应急准备	284
8.2.2	应急物资储备	285
8.2.3	实验室可能遇到的紧急情况	285
8.3	意外事故的处理	287
8.3.1	菌(毒)外溢处理的一般原则	287
8.3.2	皮肤刺伤(破损)	288
8.3.3	感染性物质的食入	288
8.3.4	潜在危害性气溶胶的释放(在生物安全柜以外)	289
8.3.5	容器破碎及感染性物质的溢出	289
8.3.6	离心管发生破裂	289
8.3.7	发现相关症状	290
8.4	事故报告制度	290
8.4.1	事故等级划分建议	290
8.4.2	事故差错报告原则	291
8.4.3	实验室相关感染的记录	291

8.5 实验室相关感染的监测和预判	292
8.5.1 实验室相关感染	292
8.5.2 实验室感染的负面影响	292
8.5.3 实验室感染原因回顾和分析	292
参考文献	297
第九章 实验室生物安全管理	298
9.1 中国实验室生物安全管理体系	298
9.1.1 概述	298
9.1.2 实验室管理组织体系	298
9.1.3 法制管理	299
9.1.4 政府管理	300
9.1.5 实验室单位管理	302
9.1.6 实验室人员责任	302
9.1.7 致病微生物的管理	303
9.2 管理制度	304
9.2.1 人员培训制度	304
9.2.2 实验室准入制度	305
9.2.3 安全计划审核、检查制度	305
9.2.4 标准操作规程(SOP)制度	305
9.2.5 高等级实验室批准制度	305
9.2.6 监督管理制度	306
9.2.7 实验室感染事故报告控制制度	307
9.3 人员管理	309
9.3.1 病原微生物工作人员的选录	309
9.3.2 工作人员培训和上岗	310
9.3.3 工作人员医疗监护	311
9.4 感染性材料的管理	311
9.4.1 病原微生物菌(毒)种库	312
9.4.2 感染性样本的采集(接收)和保管	312
9.4.3 感染性物质运输	314
9.4.4 感染性废物的处理	316
9.5 实验动物的管理	318
9.5.1 小型动物的管理	318
9.5.2 大型动物的管理	319
9.5.3 特大型动物的管理	320

9.6 实验室硬件管理	321
9.6.1 实验室设备管理	321
9.6.2 实验室设施管理	323
9.7 实验室软件管理	326
9.7.1 生物安全责任管理	326
9.7.2 生物安全防护管理	327
9.7.3 工作人员制度管理	327
9.7.4 标准操作程序管理	327
9.7.5 生物安全档案管理	328
9.7.6 风险防范和应急管理	328
9.7.7 生物安全评价管理	328
9.8 实验室标准操作规程(SOP)	329
9.8.1 微生物标准操作	329
9.8.2 化学品标准操作	330
9.8.3 实验室仪器标准操作	331
9.8.4 标准操作规程(SOP)的写作	334
参考文献	335
词汇索引	336

第一章 导 论

生物安全是国家安全的组成部分,它是指防范和控制与生物有关的各种因素对国家社会、经济、人民健康及生态环境所产生的危害或潜在风险。与生物有关的因素主要有天然生物因子、转基因生物和生物技术。有害生物,特别是致病性微生物所导致的安全问题,是人类社会所面临的最重要和最现实的生物安全问题。人们在利用生物技术造福人类的同时,也可能带来意想不到危害,而非和平应用生物技术则对国际社会构成了极为严重的潜在威胁。当前的生物危害主要体现在以下几方面:

1. 传染病的巨大危害

传染病仍是危害人类健康的重大问题。原有病原体不断变异,新传染病不断出现。近 20 多年来,全球新发现的传染病有 40 余种,其中,半数为病毒病,我国已发现 20 多种。在我国广大农村和中西部欠发达地区,传染病仍是首要危害。近年来,我国先后发生了上海甲肝流行、河南艾滋病(AIDS)事件、SARS 和禽流感(H1N1)等重大传染病疫情。

2. 生物武器和生物恐怖的潜在威胁

近年来,国际社会普遍认为生物武器的潜在威胁已大大增加,一是一些国家和地区可能仍在继续研发生物武器;二是生物技术的迅速发展大大增强了生物武器的潜在威胁;三是以美国“炭疽事件”为标志,生物恐怖对国际安全已经构成了现实威胁。目前,全世界有 15 个左右的国家和地区可能拥有生物武器研究发展计划,这些国家和地区大多处于不稳定的热点地区及我国周边地区。2006 年,美国“生物武器计划”也浮出了“冰山一角”。生物武器被称为“穷人的原子弹”,是较理想的恐怖主义手段,正日益威胁着国际和平和安全。

3. 生物技术的非和平应用

生物技术的非和平应用使基因武器成为现实,使种族基因武器成为可能。英国医学协会认为“基因武器的问世将不会晚于 2010 年”。生物技术可以大大提高生物战剂的生产能力,可使一间普通实验室便可具有一家大型生物工厂的生产能力。

4. 生物学实验室的安全隐患

生物实验室管理上的疏漏和意外事故不仅可以导致实验室工作人员的感

染,也可造成环境污染和大面积人群感染。管理愈不规范,防护条件愈差,发生意外事故的可能性就愈大。

因此,正视和重视生物安全问题、建立和完善突发公共卫生事件的应急机制、科学防范生物危害是生物安全管理的必然选择。工作在生物科学研究第一线的科学实验人员,难免经常接触到致病微生物或相关的生物技术,具有被感染的潜在危险和随之而来的重大责任,尤其需要提高生物安全意识,熟悉生物安全的操作规范和管理体系。现在,国外出现的新名词“biological safety”、“biosafety”或是“laboratory safety”,均体现了国外对生物科学研究安全的重视。因此,加强实验室生物安全的操作水平和管理能力势在必行。

1.1 实验室生物安全的产生与发展

人们对生物安全问题的认识是随着生物学的发展而不断深化的。实验室生物安全的发展经历萌芽期、形成期、成熟期到现今的繁荣期,生物安全管理也随着人们的重视而不断发展。

1.1.1 萌芽期(1826年—1949年)

从1826年法国医生Laennec结核病接触感染首例实验室感染的记载,1867年巴斯德对生命自然发生学说的否定,到1947年美国国立卫生研究院(NIH)认识到Q热感染均与实验室内形成立克次氏体气溶胶有关,标志着实验室生物安全管理的萌芽期的结束。

自19世纪中叶人类认识到细菌的致病性以来,从事与病原微生物有关的实验人员日益增多,其感染病原微生物的危险性明显高于普通人群。同时,实验的病原微生物也可能感染非实验人员。有记载的首例实验室感染可能是1826年由听诊器的发明者、法国医生Laennec描述的,他本人在接触结核患者的脊椎骨后,其左手食指感染皮肤结核病菌。有记载的首例实验室感染死亡病例可能是1849年维也纳的1名医生,他由于在解剖1例因患产褥败血症的死亡病例时划破手指而感染发病死亡。

1867年,巴斯德为了证明有机物发酵是由空气中的微生物引起的,发明了曲颈瓶。为了证明空气中存在细菌,他在阿尔卑斯山2 000 m高处,用他发明的世界上第1个空气微生物采样器,采到了细菌,从而否定了生命自然发生学说。1898年,Riesman报道1例实验室白喉杆菌感染。同年,维也纳1名动物饲养员因处理患皮肤鼠疫的豚鼠而感染肺鼠疫死亡,并导致1名医生和1名护士感染而死亡。1899年,Birt和Lamb报道3例因实验室感染布氏杆菌的病例。1903年,Evans报道首例实验室真菌感染。此后,世界各地先后报道多起实验室感