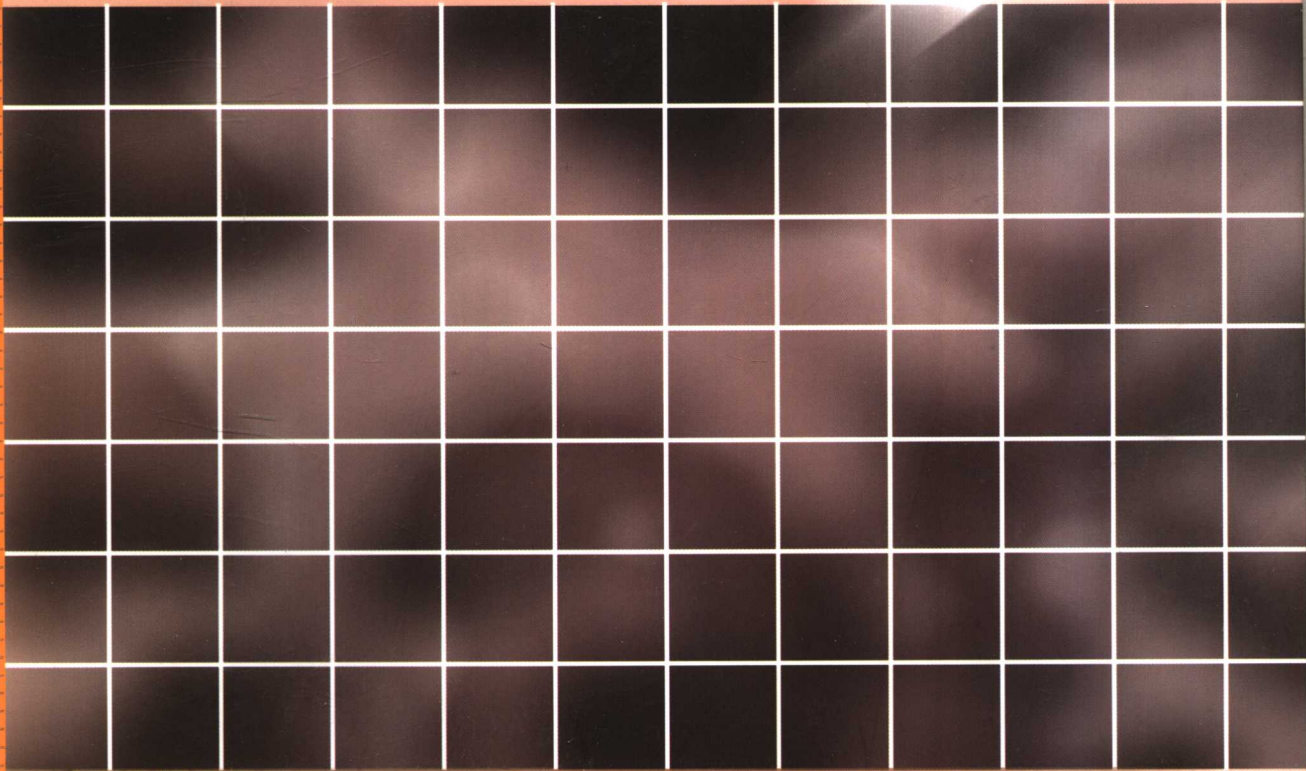


The top left of the cover features three silhouettes: a monkey sitting on the left, a rabbit in the center, and a mouse on the right. The background is a warm orange gradient with a large, faint circular shape behind the rabbit.

动物实验的 生物安全与防护

● 曲连东 张永江 主编

A large, dark grey grid pattern with white lines, consisting of approximately 10 columns and 10 rows, occupies the middle section of the cover.

中国农业科学技术出版社



动物实验的 生物安全与防护

● 曲连东 张永江 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物实验的生物安全与防护/曲连东, 张永江主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2007.8

ISBN 978-7-80233-376-5

I. 动… II. ①曲… ②张… III. 实验动物—安全管理
IV. Q95-331

中国版本图书馆 CIP数据核字 (2007) 第 125554 号

责任编辑 刘 建
责任校对 贾晓红 康苗苗
封面设计 孙宝林

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 68919704 (发行部) (010) 62121118 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68919709

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京华正印刷有限公司

开 本 889 mm × 1 194 mm 1/16

印 张 19

字 数 550 千字

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价 80.00 元

编 委 会

主 编：曲连东 张永江

编 委：（以姓氏笔画为序）

白丽鸽 司昌德 曲连东 刘怀然 刘家森

关云涛 李昌文 李兆利 张 坦 张永江

孟庆文 姜 骞 韩凌霞

内容简介

动物实验造成的生物危害，已引起微生物学、生物医学工作者的极大关注。动物性气溶胶、人兽共患病和实验室相关疾病感染是形成动物实验生物危害的三大重要因素。因此，在制定防护生物危害的生物安全措施上包括实验室规程的制定、实验设备的设置（一次隔离）、实验设施的规划（二次隔离）、个人防护用品的准备、感染动物的饲养和管理以及生物危害的评估等；动物实验生物安全实验室（ABSL）与一般微生物学生物安全实验室（BSL）相比，既有其相同之处，又有其不同特点。本书重点地介绍了动物实验生物安全实验室的诸多特点。

全书共分8章，内容翔实，具有系统性、科学性、先进性和实用性等特色，既适应有关科研、教学单位技术人员的实际应用，又可供学习生物医学专业师生的参考。除此之外，本书还收录了术语、定义及要求、不同国家和地区有关生物安全实验室设计运行标准要点介绍、生物安全实验设施建设参考资料、病原微生物的生物学危险级别划分标准、生物安全实验室设计方案实例、卫生部关于印发《人间传染的病原微生物名录》的通知及国家相关条例等作为附件，以方便读者查阅。

前 言

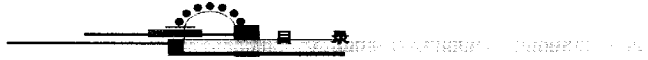
动物生物安全实验室是一种特殊的通过人工或自然感染进行动物实验的实验室，与进行生物医学、传染性微生物实验研究的生物安全实验室有所不同，感染动物观察饲养期间在呼吸、排泄、抓咬、挣扎、逃逸、跳跃时，在更换垫料、饲料时，在尸体剖检、排泄物处理过程中，在进行感染接种时，均可产生大量生物危害性极大的动物性气溶胶；在实验中使用的实验动物，特别是实验用动物本身可能患有人兽共患病，可造成严重的人身感染；由动物实验引发的实验室相关性疾病，严重威胁操作人员的人身安全。由此可见，动物生物安全实验室无论在实验设施的规划设计、个人安全防护设备的设置以及操作规范的制定上，应特别注意它们的特点和特殊要求。本书的主要内容就是围绕这些特点和要求进行了系统的介绍。

本书共分8章，附有7个附件。第一章，简单介绍了当前国内外有关生物安全的防护措施、发展现状以及各国（地区）制定的生物安全指导方针。第二章，简述生物安全防护原则、防护措施，以及动物性气溶胶、人兽共患病和实验室相关疾病感染造成的严重危害。第三章，动物生物安全实验室的生物安全水平分级。第四章，动物生物实验室的安全设备。第五章，脊椎动物生物安全防护设施设计，重点介绍设施的建筑工程特点，简要评价控制生物危害方面的能力和局限性以及国内现有生物安全设施存在的一些问题。第六章，生物安全危险评估。第七章，不同传染性病原体 and 感染动物推荐使用的生物安全等级。第八章，感染动物的选择、使用和饲养管理。附件，收录了近年来动物生物安全实验室的标准、管理等相关信息。

本书在编写过程中得到了诸多实验动物学专家和生物安全技术学者的不吝赐教，在此谨表示衷心的感谢。

本书的编写是一个大胆尝试，限于我们的水平和篇幅，缺点和错误在所难免，诚恳地期待读者的批评和指正。

编 者
2007. 5. 7



目 录

第一章 绪 论	(1)
第二章 生物安全的原则	(5)
第一节 生物安全及生物安全防护	(5)
第二节 生物安全防护措施	(9)
第三节 生物安全水平	(11)
第四节 动物生物安全实验室的特点和技术要求	(12)
第三章 动物生物安全实验室	(20)
第一节 一级动物实验生物安全水平实验室	(21)
第二节 二级动物实验生物安全水平实验室	(24)
第三节 三级动物实验生物安全水平实验室	(27)
第四节 四级动物实验生物安全水平实验室	(33)
第五节 推荐动物感染实验使用的生物安全水平标准总结	(41)
第四章 动物生物安全实验室的安全设备	(42)
第一节 生物安全柜	(42)
第二节 系列生物安全柜	(54)
第三节 罩式防护衣、防护口罩和正压工作服	(60)
第四节 动物感染实验的饲养观察设施与设备	(64)
第五章 脊椎动物生物安全实验设施设计	(75)
第一节 与本章内容有关的名词解释	(75)
第二节 动物实验设施的环境控制	(78)
第三节 实验动物实验设施的设计	(81)
第四节 动物实验设施的建筑材料和方法	(88)
第五节 空调系统设计	(90)
第六节 基础隔离实验动物设施配套的公用设施	(99)
第七节 生物安全实验室设施的建筑工程特点	(100)
第八节 国内现有生物安全实验室存在的一些问题	(105)
第六章 生物安全的危险评估	(108)

第一节 生物安全的危害因素	(108)
第二节 病原微生物的感染过程	(109)
第三节 危险性评估的影响因素	(111)
第四节 危险性评估的依据	(115)
第五节 确定生物安全措施及其实施程序	(118)
第七章 传染性病原体及其动物实验	(122)
第一节 病毒性病原体	(123)
第二节 细菌性病原体	(138)
第三节 真菌性病原体	(154)
第四节 螺旋体、衣原体性病原微生物	(159)
第五节 朊蛋白的标准预防措施	(161)
第八章 感染动物的选择、使用和饲养管理	(165)
第一节 感染动物的使用和管理原则	(165)
第二节 感染动物实验设施设备使用管理规则	(173)
第三节 感染动物废弃物处理及尸体剖检规则	(179)
参考文献	(182)
附件一 术语、定义及要求	(187)
附件二 不同国家和地区有关生物安全实验室设计运行标准要点介绍	(210)
附件三 生物安全实验设施建设参考资料	(219)
附件四 病原微生物的生物学危险级别划分标准	(229)
附件五 生物安全实验室设计方案实例	(235)
附件六 卫生部制定的《人间传染的病原微生物名录》	(243)
附件七 国家相关文件	(267)

第一章 绪 论

生命科学的许多研究领域都依赖于实验动物，借助于实验动物，可以开展有关生命现象及其本质的研究。实验动物，可以对化学药物和生物制品进行安全和效果评价；可以用作人类和动物疾病的模型，研究许多疾病的发生、发展及其结构和机能上的变化，探索和评估诊疗方法；实验动物还可作为人类的替身，在军事医学和航天科学中发挥作用，提供实验数据；实验动物也是器官移植研究领域不可代替的模型，甚至可能是异种器官移植的组织或器官提供者。因此，若没有优质的实验动物，虽有优秀的科研人员，精密的仪器，也无法准确、全面、多方位、多层次地了解 and 回答生命科学，特别是生物医学的许多基本问题。

动物实验是生命科学研究的基础和重要支撑条件。目前，几乎所有的生命科学领域的科研、教学、生产、检定、安全评价和成果评定都离不开动物实验。资料显示，美国生物科学课题投资的 40% 涉及动物实验，60% 的生物学课题需要动物实验。美国肿瘤研究中心，每年的研究经费为 2.2 亿美元，而需要利用动物实验进行研究的课题占 1.4 亿美元。有人统计，我国生物医学科研课题的 60% 以上需要动物实验。由此可见动物实验在科学研究中所占居的重要位置。21 世纪人类将步入生命科学的新时代，动物实验已影响到生命科学的各个研究领域。

动物实验也存在生物安全的危险，这种生物安全的危险来自于实验动物本身所携带的人兽共患病感染和动物实验实验室获得性疾病感染以及动物性气溶胶。

动物实验实验室是一个独特的工作环境，可能造成室内或周围人员感染传染病的危险。在微生物学发展史中有大量实验室内感染传染病的报道。最近苏格兰爱丁堡大学的研究人员马克·伍尔豪斯报道说，目前有 1 407 种病原体，能使人受到感染，其中包括病毒、细菌、寄生虫、原生动植物以及真菌。在这些病原体中，有 58% 来自动物。科学家认为有 177 种病原体是“新出现的”或“再次出现的”。其中，大多数病原体不会导致传染病的暴发。

专家担心禽流感可能是一个例外。H5N1 高致病性禽流感病毒近来在世界范围内进一步扩散，已重新激起人们对禽流感暴发的恐惧。这种病毒已从亚洲传播至欧洲和非洲。据 WHO 统计显示，3 年来，全球共有 174 人感染了 H5N1 病毒，其中 94 人死亡，但尚未发现病毒在人与人之间传播。



文献资料报道，每年都会有一种或两种新型病原体和已有的多种病原体的变体感染人类。从长远看这样的发展速度似乎是无法忍受的，因为这意味着人们面临着被疾病大肆侵害的危险。

1941年，在美国有74人被实验室相关性布氏杆菌感染（Meyer Eddie 报告）。1949年美国发表了一篇实验室相关性感染调查报告（Sulkin Pike）总结了222例病毒性感染，其中至少有1/3的病例感染与患病动物和病理组织处理方式有关。

1951年，根据5 000名实验人员的问卷调查结果，Sulkin和Pike发现1 342个病例中只有1/3曾被报道过。其中布氏杆菌病是最常见的实验室相关性感染，它与结核、土拉菌病、伤寒和链球菌感染一起，占细菌性感染的72%，占病原性传染病的31%，总病死率达3%；其中只有16%的病例是由有记录的事故引起的，大部分则与用口吸取毒液以及注射器和针头的使用有关。

上述调查到1965年时，新增加了641例病例；到1976年，增加到了3 821个病例。布氏杆菌病、伤寒、土拉菌病、结核、肝炎以及委内瑞拉马脑炎是最常见的感染性疾病。这些病例中只有不到20%的病例与已知事故有关。80%以上病例的发病与接触传染性气溶胶（Infectious Aerosol）有关。

1967年，Hanson等报道了428例实验室相关性虫媒病毒感染。在某些情况下，某一特定虫媒病毒在人体中引起疾病的能力，是通过在实验人员中引起意外感染而首先被鉴定出来的。接触传染性气溶胶被认为是最常见的感染原因。

1974年，Skinhol发表的一篇调查报告表明，Danish临床化学实验室工作人员的肝炎发生率[2.3例/（1 000人/年）]比一般人群高出7倍。1976年Harrington和Shannon的调查结果表明，英国医学实验室人员比一般人群感染结核的危险高5倍。乙型肝炎和志贺氏菌痢疾也是常见的职业传染病。乙型肝炎、志贺氏菌痢疾和结核是英国最常见的职业相关性感染。

国内尽管未找到详细资料，但据笔者所知，在20世纪50~60年代，也存在实验室相关性感染。例如，从事布氏杆菌病的科研人员，感染动物（牛、羊）饲养管理人员，甚至个别的科研辅助人员（打字员）有多人感染了实验室相关性布氏杆菌病。

上述报道提示，实验室人员受其处理的病原体感染的危险高于一般人群，但与所记录的实验室相关性感染的发生情况相比，感染传染病实验室人员并未对社区构成真正意义上的威胁。例如，在1947~1973年间，美国疾病控制中心（Center for Disease Control and Prevention, CDC）记载了109例实验室相关性感染，但没有其家庭成员或社区接触者发生二次感染的报道。美国国立动物疾病中心也有类似报道，在1960~1975年间，发生了18例实验室相关性病例，均未引起实验室和非实验室接触人员的二次感染。为什么会出现这样的结果？这跟世界各国大力发展生物医学、防护生物危害、阻止微生物实验室感染，从而推出各种先进防护设备，制定严格规章制度等有关。

世界各国（地区）制定的生物安全指导方针如下。

美国疾病控制中心和国家健康研究所 (National Institute of Health, NIH) 早在 20 世纪中期就制定了生物安全指导方针, 并在其出版物——Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL) 4th Edition “微生物和生物医学实验室的生物安全性” (BMBL) (1999 年修订版) 上作了详细介绍, 根据“生物安全实验室的等级”分别对建筑设施、空调设备以及各级别的必须防护设施和具体的操作规程分别给予明确的定义和指导。

世界卫生组织 (WHO) 制定的实验室生物安全手册 (Laboratory Biosafety Manual) (2004 年第三版), 规定的生物安全指导方针更加详细和明确, 分别从建筑、通风、进出方式、灭菌设施和生物安全柜的使用等方面作出规定, 以适应不同生物安全级别的要求。

宾夕法尼亚州立大学 (1979 年) 制定了 Biohazards Control and Procedures Manual (生物危害控制和操作处理手册), 该手册提供多种信息, 包括对学生、教职工的保护, 受到潜在生物危害因子威胁的环境和设施等。手册内所罗列的控制措施对突发事件和防火等作了详细的说明, 目的是要提供充足的安全防护。

Laboratory Safety Monograph A Supplement to The NIH Guidelines For Recombinant DNA Research U. S. Department of Health, Education, and Welfare. 1979。该专论针对重组 DNA 研究中应采取的防护措施提出了建设性意见, 对实验室操作技术、防护设施、特殊设计、职责和责任等进行阐述, 帮助科研机构、主要负责人、健康安全专家选择并使用合理的物理防护措施。同时对实验室安全、专家意见和在诊断研究实验室中安全处理传染性病原体的经验都加以说明。该专论不仅适用于重组 DNA 的研究并且同时适用于对具有危害性有机物体的研究。

Proposed Biosafety Guidelines for Microbiological and Biomedical Laboratories U. S. Department of Health and Health and Human Services public Health Service Center disease control office of biosafety Atlanta, Georgia 30333 (1984 年)。该指导方针描述了在实际操作中可能会遇到的四种生物安全级别, 并在不同安全级别下对个人和群体的防护及包括感染源存在的环境活动加以说明。每个安全级别的说明, 都包括了实验室操作、安全设施、为教学作的设计、对人有感染性的各种本土及外来的微生物的诊断和研究活动。

动物感染实验使用规范 (中国台湾)。该规范以美国疾病控制中心和国家健康研究所出版的“微生物及生物医学实验室生物安全规范” (Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratory) 为依据, 再加以部分修改而成。

《病原微生物实验室生物安全管理条例》(中华人民共和国国务院令第 242 号) 是我国制定的第一个具有指导性和法律效力的病原微生物安全方面的法规。它的重要意义在于: 指导实验室生物安全, 要求相关实验室必须按国家相关标准进行实验活动; 有利于生物安全的规范管理, 真正实现对实验室感染的控制和减少实验室事故的发生; 标志着我国病原微生物实验室的管理工作, 步入了法制管理轨道; 对我



国预防生物威胁和提高处理应急公共卫生突发事件的能力建设具有现实和深远的意义。

中华人民共和国国家标准《实验室生物安全通用要求》(Laboratories - General Requirement for Biosafety, GB19489—2004)规定了实验室生物安全管理和实验室的建设原则,同时还规定了生物安全级别、实验室设施设备的配置、个人防护和实验室安全行为的要求。

卫生部行业标准《微生物和生物医学实验室生物安全通用准则》(General Biosafety Standard for Microbiological and Biomedical Laboratories, WS233-2002)。该标准规定了微生物和生物医学实验室生物安全防护的基本原则、实验室的分级、各级实验室的基本要求、适用于疾病预防控制机构、医疗保健、科研机构。

《兽医实验室生物安全管理规范》(Veterinary Laboratory Biosafety Guidelines, 2003年)。该规范规定了兽医实验室生物安全防护的基本原则、实验室的分级、各级实验室的基本要求和管理,适用于对各级兽医实验室的建设、使用和管理。

《实验动物环境及设施》(Laboratory Animal-Requirements of Housing Facilities, GB14925—2001),该标准规定了实验动物繁育、生产及实验环境条件和设施的技术要求及检测方法,同时规定垫料、饮水和笼具的要求。该标准同样适用于实验场所的环境条件及设施设计、施工、工程验收及经常性监督管理。

农业部制定了《高致病性动物病原微生物实验室生物安全管理审批办法》(2005年)。该办法根据《病原微生物实验室生物安全管理条例》(中华人民共和国国务院令 第242号)制定,适用于高致病性动物病原微生物实验室资格、试验活动和运输的管理。

农业部颁布了《动物病原微生物分类名录》(2005年)。该名录根据《病原微生物实验室生物安全管理条例》的规定,将动物病原微生物分为四类。

农业部颁布了《致病性动物病原微生物菌(毒)种或者标本运输包装规范》(2005年)。根据《病原微生物实验室生物安全管理条例》和《高致病性病原微生物实验室生物安全管理审批办法》制定,在内包装、外包装、包装要求、民用航空运输特殊要求等四个方面都作了严格要求。

《生物安全实验室建筑技术规范》(Architectural and Technical Code for Biosafety Laboratories, GB50346—2004)。该规范规定了生物安全实验室建筑平面、装修和结构的技术要求;实验室的基本技术指标要求;对作为规范核心内容的空气调节和空气净化部分,则详尽的规定了气流组织、系统构成及系统构建和材料的选择方案、构造和设计要求。还规定了生物安全实验室的给水排水、气体供应、配电、自动控制 and 消防设施配置的原则;对施工、检测和验收的原则、方法作了必要的规定。

第二章 生物安全的原则

生物安全是国际社会所面临的最紧迫的问题之一。生物安全从根本上来讲就是“控制与粮食和农业，包括林业和畜牧业有关的所有生物和环境风险”，它涉及粮食安全以及动植物生命与卫生多个领域。该风险包括从转基因动物、外来品种和传入的动植物害虫，到生物多样性侵蚀、跨国界动物疾病的扩散、生物武器以及疫病等的所有范围。生物安全在维护国家主权、领土完整、资源保护及正常的经济贸易等方面具有重大意义。

第一节 生物安全及生物安全防护

生物安全（Biosafety）是随着生物技术的发展而出现的概念。生物安全有狭义和广义之分。狭义生物安全是指防范由现代生物技术的开发和应用（主要指转基因技术）所产生的负面影响，即对生物多样性、生态环境及人体健康可能构成的危险或潜在风险。广义生物安全不但针对现代生物技术的开发和应用，生物医学的研究与实验，并且包括了更广泛的内容：一是人类的健康安全；二是人类赖以生存的农业生物安全；三是与人类生存有关的环境生物安全。因此广义生物安全涉及到多个学科和领域，包括生物医学、物理学、化学、生物学、环境学、气溶胶学、微生物学和消毒学等及环境保护、植物保护、野生动物保护、生态、农药、林业等。在实际应用中，与工、农、牧、林、医、军、学、商、运输以及科研、旅游等多个行业密切相关。

目前，用细胞和组织开发新产品，基因的分离和识别，把基因应用于微生物、植物、动物和人体细胞等都属于生物技术的范畴之内。从事生物医学实验（含动物实验）时工作人员和有关人员在处理病毒、病毒媒介物、rDNA、含 rDNA 的生物体、细菌和霉菌等时，这些试验程序就可能使他们的健康处于受感染的危险之中，这就使从事生物医学、生物工程技术的研究人员对当前存在的两大问题：生物危害（Bio-hazard），生物安全保护（Biocontainment）不能不引起高度的关注。



生物安全防护是针对生物危害提出的，生物危害主要是指病原微生物或具有潜在危险的重组 DNA 直接或间接的给人或动物带来的影响或损伤。生物安全防护主要是用来描绘在实验室环境下，工作人员对感染材料进行处理、保存的一种方法。防护的目的是排除或减少潜在危害病原因子对实验室工作人员、室外环境的影响。实验感染的发生是多种因素综合作用的结果，除了人为因素、社会因素外，致病微生物的特性、人对致病微生物的易感性、实验环境条件、实验操作方法是构成实验感染的四大主要因素。

病原微生物入侵生物机体，并在一定的部位定居、生长繁殖，从而引起机体一系列病理反应，这个过程称为感染。动物感染病原微生物后会有不同的临床表现，从完全没有临床症状到明显的临床症状，甚至死亡，这种现象是病原的致病性、毒力与宿主特性综合作用的结果。病原微生物的侵犯与机体的抵抗是一种错综复杂的过程，受到多方面的影响，因此在感染过程中表现出多种形式或类型。

根据感染过程中，病原微生物的来源、病原微生物的种类、感染后的临床症状、机体发生感染的部位、感染的表现程度、机体的死亡率、感染病程的长短等可以将感染分为以下 8 种类型：

- ①外源性感染和内源性感染；
- ②单纯感染、混合感染和继发感染；
- ③显性感染和隐性感染；
- ④局部感染和全身感染；
- ⑤典型感染和非典型感染；
- ⑥良性感染和恶性感染；
- ⑦最急性感染、急性感染、亚急性感染和慢性感染；
- ⑧病毒的持续性感染和慢病毒感染。

感染类型都是从某个侧面或某种角度进行分类，各种类型都是相对的，它们之间相互联系或重叠交叉。

自从微生物学诞生以来，国内外在实验操作中出现病原微生物感染事故屡见不鲜。实验室感染是一个过程，该过程包括病原体逸散、传播和侵入三个途径进入人体，进入人体的病原体能否形成感染，决定于下列因素：

- ①病原体的毒力和侵蚀力；
- ②进入病原体的数量；
- ③机体的免疫状态及易感性。

实验室感染链中，感染途径是重要的一环，了解可能的感染途径，就能够找到阻断感染的有效方法。常见的实验室感染途径主要有以下几个方面：

①吸入含病原体的气溶胶引起感染。各种实验操作步骤，如混合、搅拌、研磨、捣碎和接种均可产生气溶胶。气溶胶进入空气后，一部分降落于物体表面，另一部分蒸发，剩下直径 $\leq 5\mu\text{m}$ 的液滴核仍悬浮于空气中。这些含有致病菌的液滴核经呼

吸道进入人的肺泡而感染。除结核分枝杆菌这类典型的气载性传播病原菌外，在自然条件下有些非气载性病原菌，也可以在实验室条件下发生空气传播的感染。例如，操作严重污染或大容量的液体，可以导致吸入过量的细菌，增加发生感染的可能性。

②摄入病原体。能造成经口摄入病原体的操作或事故包括：以口吸吸管，液体溅洒入口、在实验室吃东西、饮水和吸烟，将污染的物品（如铅笔）或手指放入口腔中（如咬指甲）等。据有关材料报道，其中13%的实验室相关性感染都与用口吸吸管有关。

③意外接种。见于被污染的针尖刺伤，被刀片或碎玻璃片割伤，动物或昆虫咬伤或抓伤。据有关材料报道，其中由于针刺和切割造成的实验室感染占有所有实验室相关性感染的25%和15.9%。

④由皮下或黏膜透入。完整的皮肤是抵制病原菌的有效屏障。一旦皮肤损伤，就为病原菌提供了侵入点。这种暴露途径是不容忽视的，特别是血液和皮肤的接触。Levy等发现，血液和皮肤的接触，在实验室工作人员中每天可发生2~10次。由皮下或黏膜透入的实验室相关性感染包括：含病原体的液体溢出或溅洒在皮肤或眼睛、鼻腔和口腔黏膜上，皮肤或黏膜接触污染的表面或污染物，以及通过由手到脸的动作造成传播（如戴眼镜等）。

表 2-1 与实验室获得性感染有关的暴露途径

感染途径	实验室活动和/或事故
吸入	产生气溶胶的步骤 离心 溢出和溅出
混合、搅拌、研磨和捣碎 超声处理 分离封闭液体的两个表面（打开） 摄入	用嘴吸吸管 溅入口中 吃、喝、吸烟，把手指放入口中
渗漏污染物（标签、钢笔） 接种	针刺 切割（如刀片或碎玻璃） 溢出和溅出
经皮肤和黏膜	与污染的表面和物品接触 手与口间活动传播

值得注意的是实验室内发生寄生虫感染的病例已经引起生物医学研究人员的重视。从事科研、临床检验以及为患者提供护理服务的护理人员都有可能因无意的微小创伤引发寄生虫感染，即便那些意识到微小创伤的工作人员也未必能确定该创伤是否会引起寄生虫感染以及感染的虫种是什么。据有关材料报道，1924年至今实验室意外微小创伤引起的相关性寄生虫感染199例，其中利什曼原虫感染12例，疟原虫

感染 34 例，刚地弓形虫感染 47 例，克氏锥虫感染 65 例，罗德西亚锥虫感染 6 例，冈比亚锥虫感染 2 例，贾第鞭毛虫感染 2 例，等孢子球虫感染 3 例，隐孢子虫感染 16 例，另外还有 8~9 例肝片形吸虫和日本住血吸虫感染病例。而巴贝西虫、肉孢子虫等引起的实验室感染未见公开报道。

Herwaldt 把微创伤引起的实验室相关性寄生虫感染的途径分为两类：非肠道感染和肠道感染。据有关材料报道，在 105 例原虫感染中，能清晰地回忆起意外微创伤或能够肯定感染途径的病例中有 47 例是非肠道感染。其他感染途径有：黏膜接触传播如阿米巴，血源性传播如福氏耐格里原虫，经食入卵囊传播的如弓形虫、肉孢子虫属；感染动物的腹腔渗出液飞溅到眼里引起感染；鼻腔吸入雾化的感染物引起感染；也可以是通过媒介蚊虫的叮咬而进行传播如巴贝西虫属、利什曼原虫等。实验室相关性的寄生虫感染与自然界中寄生虫感染的途径有所不同，主要表现在：

①感染途径多样性。据有关材料报道，弓形虫感染的 47 个病例中有 18 例经过食入卵囊而引起感染，胃肠外创伤、黏膜的创伤和无意识的创伤而引起的感染也很常见。在利什曼原虫感染的病例中除了白蛉叮咬而引起传播外，也可以通过意外的针刺伤或以往存在的皮肤微损伤以及血液传播而引起感染。

②感染途径的不可预见性。已经明确的感染途径有限，而更多的感染途径是未知的。据有关材料报道，在 164 例原虫感染的病例中，105 例是血原虫或组织原虫感染的，患者能够回忆起自己是偶然创伤引起的感染或自己可能被感染的途径，还有小部分患者无法断定其感染途径。

生物安全防护（Biocontainment）：综合分析各国制定的生物安全防护指导方针和准则，从内容上看，采用的防护方法，主要有两种：

①主要“安全防护”（Main Containment）也称一级隔离（Primary Containment）或一级屏障（Primary Barrier）。一级屏障是保护工作人员和实验室环境不受感染因子感染，主要通过应用规范性微生物学操作技术（Good Microbiological Technique, GMT）和应用合适的安全设备（Safety Equipment）来保证。另外使用有效的疫苗接种，将更会提高工作人员安全防护水平。

②辅助“安全防护”（Supplementary Containment）也称二级隔离（Secondary Containment）或二级屏障（Secondary Barrier）。二级屏障是保护实验室外部环境不受感染因子感染，主要通过实验设施的设计和建设来达到。

生物安全防护要求每个单位都必须根据本单位的需要、实验室工作的类型以及本地的情况等来制定和实施特定的实验室生物安全保障规划。因此，实验室生物安全保障功能应能满足所在单位的不同需求，必要时应由科技主管、研究负责人、生物安全官员、实验室的科研人员、后勤保障人员、管理人员、信息技术人员以及执法机构和安全机构等人员共同参与策划来完成。

第二节 生物安全防护措施

生物安全防护主要通过实验室建筑设计和运行管理规程来保证。为此，在生物安全防护中应包含三项主要措施：实验室规程和操作技术；实验安全设备；实验室建筑设计和运行管理规程。对某种特殊病原因子作出正确危险评估（Risk Assessment）之后，综合应用这三种措施进行生物安全防护。

一、规范性微生物学操作技术

进行生物安全防护的最重要措施是严格执行标准的微生物学操作技术。工作人员在处理传染性病原因子或有害感染物时，要意识到它们的潜在危害性。要熟练掌握安全处理病原因子的操作规程和操作技术。实验室负责人应根据需要对工作人员进行适当的培训。

每个实验室都应制定生物安全或操作手册。手册中记载多种可能遇到的危害物，应详细指明消除或减少接触这些危害因素的特殊规程和处理方法。工作人员另外还要考虑某些特殊的危害物，以及处理它们的特殊操作规程和处理方法。一个熟悉各种传染因子和危害物的科学工作者必需懂得并指导对各种传染因子和危害物进行的实验工作。他们应和生物安全或其他健康安全专家合作，参与危害评估工作。

当遇到用标准实验操作规程（GMT）无法控制的特殊致病因子造成的危害时，实验室负责人要考虑增加特殊附加的防护措施和操作技术规程。选定的附加规程，一定要和被处理的特殊病原体要求相一致。

实验室安全规程和操作技术一定要和设施建设、工程建筑、安全设备及管理规范彼此配套，相辅相成。

标准的微生物生物安全操作技术如下：

- ①经常持续谨慎地处理血液和体液；
- ②将锐利器具放置于特殊的防穿透性容器中；
- ③用杀菌肥皂和酒精消毒手；
- ④在实验室不准吃、喝和吸烟，食物不能储存于放置临床标本的冰箱中；
- ⑤用一次性塑料吸管，不能用嘴吸吸管；
- ⑥每天清拭或消毒试验台面；
- ⑦在实验室要穿适当的工作服，并在离开之前脱下；