

# 动物实验的安全防护

陈 丽

安徽省动物中心

安徽医科大学实验动物中心



**一、引言**

**二、动物实验室及相关设施**

**三、针对生物性伤害的防护措施**

# 一、引言

1999年北京某实验室曾发生实验人员感染流行性出血热事件。事件起因就是操作人员被携带病毒的实验动物抓咬伤而受感染引起的。



# 一、引言

- 2006年长春市某高校中药系实验室发生学生感染流行性出血热事件，76名学生中有10名学生受感染。整个事件起因也是由于实验操作过程中被动物抓咬伤而造成的。



# 一、引言

- 2009年3月 法国食品卫生安全署 (Afssa) 的科学家，在实验室中对动物病体进行实验研究时。意外感染致命性炭疽病菌，受感染的5名人员被紧急隔离至医院监控以及治疗。



# 实验室相关的获得性感染原因小结

美国致力于从事实验室研究调查的一些专家Sulkin和Pike调查了5000多个实验室，发现累计实验室相关感染3921例；在3921例实验室相关感染中，对导致感染的原因分析发现：

18%的实验室获得性感染与已知事故有关，  
82%的报告事例是不明原因的感染；  
80%是由工作人员操作失误引起的，  
20%是由设备故障引起的。

大多数可能是病原微生物形成的感染性气溶胶在空气扩散，实验室内工作人员吸入了污染的空气感染发病的。

- 实验动物生物安全问题已引起国、内外高度重视。
- 2001年我国实施新版《实验动物国家标准》，其中规定：实验用大小鼠的等级提高到SPF级。
- 2004年《北京市实验动物管理条例》，修改和增加了实验动物生物安全方面内容，
- 2006年第二届北京实验动物科学国际论坛上，日本国立大学生物安全委员会委员长佐藤浩教授提出，生物安全已成为实验动物研究中不容忽视的重要因素。

# 一、引言

- **实验动物生物安全**是对实验动物可能产生的潜在风险或现实危害的防范和控制。
- 由实验动物造成的各种风险和危害包括：  
**生产和使用实验动物中的各个环节**，如实验动物的**引种、保种、繁育、运输、进出口**，**使用实验动物（包括感染和非感染实验动物）进行动物实验、从事科研活动等过程中实验动物造成的各种危害。**

# 常见安全问题的分类

- **感染因素：**病原体随尿粪、唾液排出，产生感染性气溶胶向环境扩散；解剖动物接触体液、脏器中繁殖的病原体危险。
- **物理损伤：**动物抓伤、玻璃器皿、注射器、手术刀等引起的创伤。
- **生物危害：**生物废弃物和生物细菌毒素污染。
- **放射性污染：**放射性标记物、放射性标记物。
- **废弃物：**实验动物产生的粪便、尿液、毛发、尸体处理不当对环境的污染。
- **环境设施：**

# 工作人员可能会遇到的工作伤害

∅ **过敏**：尿液、唾液、皮毛、毛屑、垫料。

∅ **物理性危害**：

**叮咬和擦伤、高压水和蒸汽、电源**

**注射器针头等尖锐品、匀浆机、组织研磨器**

**超声处理器、超声波清理仪**

1. 正确掌握抓取方法，
2. 正确固定和麻醉，
3. 正确的规范操作。

佩戴防尘口罩或外科口罩

保持室内通风，换气次数>10次/h

工作时穿着实验衣和防护服

戴手套、传长袖衣，减少与动物接触的机会

离开工作区前清洗手、脸和颈部

工作时避免接触裸露皮肤

保持动物笼舍及工作区的清洁。

悬浮于气体介质中的粒径一般为0.01—10 $\mu$ m的固态或液态微小粒子形成的相对稳定的分散体系。

Ø生物性危害：

血源性病原体、人畜共患病、气溶胶

Ø化学性危害：

清洁剂、麻醉剂

SARS-CoV（接触、空气传染），禽流感（接触、空气传染），出血热（吸入感染、啮齿类动物咬伤、伤口污染），狂犬病（咬伤、皮肤伤口或黏膜感染含狂犬病毒唾液）

加强卫生管理和个人防护，严格实验动物选择，搞好实验环境，及时治疗疾病。

## 生物安全实验室的安全防护：

- 1、对实验者
- 2、对他人
- 3、对周围环境
- 4、对样品

## 发生事故后可以造成严重危害

- 1、安全事故⇒受伤者感染⇒发病⇒死亡
- 2、受伤人员的生活及工作环境压力
- 3、工作队伍的稳定性降低

# 实验动物和动物实验研究中的生物危害

## 一、对实验动物工作者个人的危害

实验动物和动物实验研究中对个人的生物危害主要表现为各种人兽共患病及实验性病原体的感染和传播。由于饲喂、换笼及各类实验操作需要与动物密切接触，从事动物实验和动物饲育的人员成为这类危害的首要受害者，其中，动物实验人员因为有更多机会接触实验状态下的非健康动物，受到感染的概率高于动物饲育人员，感染的严重程度则受到病原体的量、对人体的致病性和感染途径三个方面因素的影响。

(一) 人兽共患病

(二) 实验性病原体

(三) 引起感染的途径

- 1、经呼吸道感染
- 2、经口感染
- 3、创伤及黏膜接触感染
- 4、昆虫媒介

## 二、对实验动物的危害

实验动物感染人兽共患病或动物传染病后，可引起非特异性死亡，或干扰实验结果，动物烈性传染病还会导致大批动物死亡，造成严重后果。实验动物繁育及动物实验设施设备的不适当和管理不善、防范不力，常导致实验动物受到外界环境中病原体的污染，如开放系统中饲养的动物常常因诸如野猫、野鼠及昆虫等的进入而遭外来病原感染或发生交叉感染，引起疾病和死亡。这样的情况在管理不善的屏障系统中同样会发生。对不同实验的动物管理混乱，隔离不当，或感染动物逃逸等也会导致动物间的交叉感染。

在诸多因素中，人是实验室污染的最大来源，人的皮肤、黏膜等处经常存在很多微生物。此外，患皮肤病或呼吸道疾病的工作人员在操作时，也会将病原体传染给实验动物。其他因素如饲养密度过高、环境控制不达标、实验操作等也会直接或间接引发生物危害。

### 三、对实验动物设施周边环境的危害

实验动物设施内的危害因素向外扩散，就会引起设施周边环境的污染，甚至导致这些区域的生物灾害，引发社会安全问题。

对环境的危害多来自动物饲养和实验中的“三废”，即污染的空气、动物尸体、污染垫料、注射器、手套、污水等。除了对“三废”的处理不当外，有些扩散是人为的，如将混有动物排泄物的垫料作为肥料用于生产农作物，或用动物尸体饲喂宠物。

此外，管理疏漏导致实验动物的逃逸，或实验动物未经完全处死即弃置，待其苏醒后逃逸，亦可将实验室内的病原或有害物质散布到外界。

## 四、克隆及转基因动物的潜在生物危害

克隆动物和转基因动物在生物医学研究方面具有广阔的应用前景，但同时也存在许多安全性问题。

例如转基因动物的器官移植可能增加人兽共患病的传播机会，具有某些优势性状的转基因动物释放到自然界，会对生态平衡及物种多样性造成压力等。

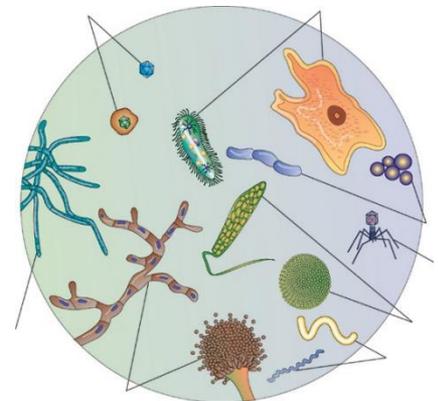
转基因动物在生理、行为、代谢以及对理化和生物因子的耐受力等方面的新特性，以及转基因动物所应用的基因重组技术，都可能产生一些超过人类防范能力的危害因素，对这些因素的增殖一旦失控，就可能带来严重后果。

## 二、动物实验室及相关设施

**动物实验设施**是指以研究、试验、教学、生物制品和药品生产等为目的，进行实验动物饲养、试验的建筑物、设备以及运营管理在内的总和。

**动物实验设施一般包括：**

- 一般动物实验环境设施
- 特殊动物实验设施
- 实验仪器设备



# 1. 用于一般动物实验的环境根据对饲养动物的微生物控制程度和空气净化程度，分为：

## ➤ 普通环境设施 (Conventional condition)

符合动物居住的基本要求，不能完全控制传染因子，但能控制野生动物的进入，适用于饲育普通级动物。

## ➤ 屏障环境设施 (barrier system)

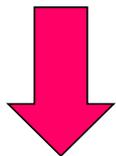
符合动物居住要求，严格控制人员、物品和空气的进出，适用于饲养清洁级和SPF级动物。

## ➤ 隔离环境设施 (isolation system)

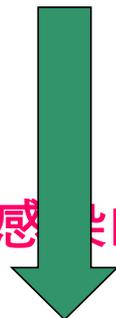
采用无菌隔离装置保持无菌状态或无外来污染物。隔离装置内的空气、饲料、水、垫料等应为无菌。适用于饲养SPF级动物、悉生动物和无菌实验动物。

## 2. 特殊实验动物设施包括三类：

生物危害设施、化学污染动物实验设施、放射污染设施



指用病原体对动物进行实验感染的一种特殊屏障设施。



用化学物质作安全性试验等对实验者及有关人员的健康有一定影响，如致癌性物质等，其设施与设备必须防止对人的危害和对实验场所及周围环境的污染。



防止放（辐）射性物质在动物实验过程中对人类和动物产生危害的建筑防护。

# 微生物危害分级

根据生物因子对个体和群体的危害程度，分为4级：

危险等级	危害
I (低个体危害, 低群体危害)	不会导致健康工作者和动物致病的细菌、真菌、病毒和寄生虫等生物因子。
II (中个体危害, 有限群体危害)	能引起人或动物发病，但一般情况下对健康工作者、群体、家畜或环境不会引起严重危害的病原体。实验室感染不导致严重疾病，具备有效治疗和预防措施，并且传播风险有限。
III (高个体危害, 低群体危害)	能引起人或动物严重疾病，或造成严重经济损失，但通常不能因偶然接触而在个体间传播，或能用抗生素抗寄生虫药治疗病原体。
IV (高个体危害, 高群体危害)	能引起人或动物非常严重的疾病，一般不能治愈，容易直接、间接或因偶然接触在人与人、或动物与人、或人与动物、动物与动物之间传播的病原体。

# 生物安全动物实验室分级

(Ανιμαλ βιοσαφετυ λεπελ, ΑΒΣΛ)

分 级	适用范围
1级 (ABSL-1)	对健康成年人已知无致病作用的微生物, 如用于教学用的普通微生物实验室。
2级 (ABSL-2)	适用于对人或环境中具有中等潜在危害的微生物。
3级 (ABSL-3)	适用于主要通过呼吸途径使人传染上严重的甚至是致死疾病的致病微生物及其毒素, 通常已有预防传染的疫苗和治疗的药物。
4级 (ABSL-4)	适用于对人体具有高度的危险性, 通过气溶胶途径传播或传播途径不明, 目前尚无有效的疫苗或治疗方法的治病微生物及其毒素。

**表4 动物设施的防护水平: 实验操作和安全设备汇总**

危险度等级	防护水平	实验室操作和安全设施
1级	ABSL-1	限制出入, 穿戴防护服和手套
2级	ABSL-2	ABSL-1 的操作加: 危险警告标志。可产生气溶胶的操作应使用 I 级或 II 级 BSC。废弃物和饲养笼具在清洗前先清除污染。
3级	ABSL-3	ABSL-2 的操作加: 进入控制。所有操作均在 BSC 内进行, 并穿着特殊防护服。
4级	ABSL-4	ABSL-3 的操作加: 严格限制出入。进入前更衣。配备 III 级 BSC 或正压防护服。离开时淋浴。所有废弃物在清除出设施前需先清除污染。

ABSL: 动物设施生物安全水平; BSC: 生物安全柜

# ABSL-1 实验室

- 防护水平最低, 普通建筑物即可。



# ABSL-1级实验室设施和设备

- 1) **选址**：无需特殊，防止节肢动物和啮齿动物进入。
- 2) **洗手池**：靠近出口处。
- 3) **挂衣装置**：个人便装与工作服分开。
- 4) **墙壁、天花板和地面**：平整、易清洁、不渗水、耐腐蚀、防滑
- 5) **实验台面**：防水，耐腐蚀、耐热。
- 6) **厨柜、实验台**：牢固。彼此间保持一定距离，便于清洁。
- 7) **窗**：可开启，纱窗。
- 8) **照明**：有保证，避免不必要的反光和强光。
- 9) **消毒设备**：适当。

## 一级生物安全实验室管理制度

- 1、禁止非工作人员进入，参观实验室等特殊情况须经实验室负责人批准。
- 2、接触微生物或含有微生物的物品后，脱掉手套后和离开实验室前洗手。
- 3、禁止在实验室饮食、化妆，吸烟、禁止口吸液体。
- 4、每天消毒台面，有活性物质溅出应随时消毒。
- 5、所有物品运出实验室之前要灭活。
- 6、制定有效防鼠防虫措施。

在处理危害度2级或更高危险度级别的微生物时，  
在实验室门上应标有国际通用的生物危害标志：



实验室名称		预防措施负责人	
接触病原体名称		紧急事故联络电话	
危险度		II级	

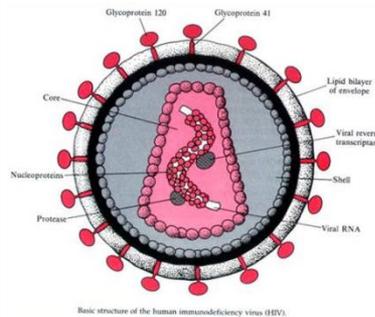
# ABSL-2级实验室设施和设备

- 1) 满足ABSL-1的要求。
- 2) 门：有锁，可自动关闭，有可视窗。
- 3) 存储空间：实验室内，实验室外有供长期使用的存储空间。
- 4) 工作服：实验室专用；戴乳胶手套。
- 5) 个人衣物存放条件：实验室外。
- 6) 压力蒸汽灭菌器：实验室内配备，按期检查和验证，保证符合要求。
- 7) 生物安全柜。
- 8) 洗眼设施，应急喷淋装置。
- 9) 窗户：自然通风，防虫纱窗。
- 10) 电力供应：应急照明可靠，设备用电源。
- 11) 黑暗中可明确辨认的标识：实验室出口。

表 10-6 安全度 2 的动物实验设施标准操作规范及设施设备要求

项 目	具体要求
管理规程	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 在本设施的入口处或其他适当地方应张贴国际通用的生物危害示警标记(见图 10-1)。</li><li>2. 只有经批准的人员方可入内。</li><li>3. 除供实验用的动物外,禁止其他动物进入。</li><li>4. 在实验室内发生任何创伤(包括微小伤口在内)都应及时报告和记录。</li><li>5. 如发生感染性物品的明显溅泼或外溢事故时,应立即向实验室主任报告,以便及时采取适当措施并记录在案。</li><li>6. 工作人员必须戴工作帽、口罩和手套。</li><li>7. 其他同安全度 1。</li></ol>
安全设备	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 动物的饲养笼可加用空气过滤罩(filtercap)。</li><li>2. 对在接种或解剖等工作中可能产生气溶胶者应采用 I 级或 II 级生物安全柜(BSC)或在负压隔离器内进行。</li><li>3. 必须在本设施内或邻近设施设有高压蒸气灭菌装置。</li></ol>
动物饲养 室结构	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 如采用机械通风系统,则必须保持室内负压,并采用全新风。</li><li>2. 其他同安全度 1。</li></ol>

- ABSL—3实验室：自成隔离区（有出入控制）或为独立建筑物
- ABSL—4 防护水平最高。实验室应建造在独立的建筑物内或建筑物中独立的完全隔离区域内，该建筑物应远离城区。



# ABΣΛ-3实验室设施和设备

应在建筑物中自成隔离区（有出入控制）或为独立建筑物。

## u 平面布局：

1) II缓：污染区与半污染区之间。

I缓：半污染区与清洁区之间（必要时）。

2) 紧急撤离的安全门：半污染区。

3) 传递窗：双门不能同时处于开启状态，其内设物理消毒装置。

## u 围护结构：

1) 围护结构：内表面光滑、耐腐蚀、防水，易于消毒清洁；所有缝隙应可靠密封，防震、防火。

2) 圆弧形交角：天花板、地板、墙间，可靠密封。

4) 地面：防渗漏、无接缝、光洁、防滑。

5) 防止节肢动物和啮齿动物进入：所有出入口处。

**表 10-7 安全度 3 的动物实验设施标准操作规范及设施设备要求**

项 目	具体要求
管理规程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 进入的人员必须严格控制。</li> <li>2. 设施内应穿一次性防护工作服,离开时脱下,在废弃前应进行高压蒸气灭菌。</li> <li>3. 动物饲养工作原则上由实验人员承担。</li> <li>4. 尽量选用无尘垫料。</li> <li>5. 应考虑到对工作人员采取有关的免疫预防措施。</li> <li>6. 其他同安全度 2。</li> </ol>
安全设备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感染的动物应饲养在负压隔离器内的笼中,或于室内在其笼架后方设有通风系统的抽气口。</li> <li>2. 动物实验可在 I 级或 II 级生物安全柜(BSC)或隔离器内进行。</li> <li>3. 其他同安全度 2。</li> </ol>
动物饲养室结构	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感染实验区的入口应设有两扇门的缓冲间,使之成为一个气阀(air lock),缓冲间内应配备洗手和淋浴的设备。</li> <li>2. 应有机械通风系统,以保持室内负压、全新风并有一定的空气流向(自危险性较低的区域向潜在有高风险性区域流动),排出的气体必须经高效空气过滤(HEPA),在设计通风系统时应考虑如何防止室内发生正压的意外事故,并准备好发生突然停电时的对策。</li> <li>3. 其他同安全度 2。</li> </ol>

# ABSL-4实验室设施和设备

**ABSL-4 实验室：**最（高度）安全实验室。

**选址：**远离人口密集区，独立建筑，周围有密封的安全隔离带

**着装：**正压防护服

**安全柜：** III型（全密封型）





除下列修改以外，应采用三级生物安全水平的操作规范：

- 1、实行双人工作制，任何情况下严禁任何人单独在实验室内工作。这一点在防护服型四级生物安全水平实验室中工作时尤其重要。
- 2、在进入实验室之前以及离开实验室时，要求更换全部衣服和鞋子。
- 3、工作人员要接受人员受伤或疾病状态下紧急撤离程序的培训。
- 4、在四级生物安全水平的最高防护实验室中的工作人员与实验室外面的支持人员之间，必须建立常规情况和紧急情况下的联系方式。

表 10-8 安全度 4 的动物实验设施标准操作规范及设施设备要求

项 目	具体要求
管理规程	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 进入的人员必须严格控制,只有经本部门负责人指定的人员方准予进入。</li> <li>2. 在本设施内不可单独一人进行工作,必须执行两人一起工作的规定。</li> <li>3. 工作人员应受过微生物学家最高水平的训练,并熟知所从事工作的危险性及其预防措施。</li> <li>4. 工作人员进入本设施时应脱下自己所穿的衣服,穿上特制的一次性防护工作服。工作完毕后,应将防护工作服脱下,放入一专门容器以便进行高压蒸气灭菌,然后废弃。人员必须经淋浴后方可离开。</li> <li>5. 其他同安全度 3。</li> </ol>
安全设备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 必须配备双扉高压蒸气灭菌器,其清洁端应在控制区之外。</li> <li>2. 凡不能用高压蒸汽灭菌的物品,须经灭菌液浸泡槽或蒸熏灭菌传递柜进行灭菌。</li> <li>3. 所有动物必须饲养在负压隔离器内。</li> <li>4. 对动物的所有操作必须在Ⅲ级生物安全柜(BSC)内进行。</li> <li>5. 必须经常了解工作人员的健康状况,并采取适当免疫措施。</li> <li>6. 其他同安全度 3。</li> </ol>
动物饲养 室结构	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 如果本设施不是属于最高级防播散-生物安全水平 4 级(maximum containment-biosafety level 4)的实验室的一部分,则必须是隔离的独立建筑。</li> <li>2. 其他同安全度 3。</li> </ol>

# 生物安全柜

- 生物安全柜 (Biological safety cabinets, BSCs) 是为操作具有感染性的实验材料时，用来保护操作者本人、实验室环境以及实验材料，使其避免暴露于上述操作过程中可能产生的感染性气溶胶和溅出物而设计的。使用生物安全柜可以减少由于气溶胶暴露所造成的实验室感染以及培养物交叉污染。同时也能保护环境。



# 生物安全柜 (BSCs) 种类

级别	类型	排风	循环排风比例 (%)	柜内气流	吸入口风速 (m/s)	防护对象
I 级		可向室内排风	—	乱流	$\geq 0.40$	使用者
II 级	A1型	可向室内排风	70	单向流	$\geq 0.38$	使用者和产品
	A2型	可向室内排风	70	单向流	$\geq 0.50$	
	B1型	不可向室内排风	30	单向流	$\geq 0.50$	
	B2型	不可向室内排风	0	单向流	$\geq 0.50$	
III 级		不可向室内排风	0	乱流	无吸入口, 当一只手套筒取下时, 手套筒风速 $\geq 0.70$	首先是使用者, 有时兼顾产品

# 三、针对生物性伤害的防护措施

- Ø 所有进行动物实验人员需经正规培训、考试、持证上岗；
- Ø 严格选择标准的实验动物，尽量选择无特定病原体动物（无菌级、SPF级、清洁级）进行实验，杜绝因实验动物自身携带病原体而使实验人员感染；
- Ø 在相应的标准实验室进行动物实验，搞好实验环境：保持整洁、消毒、清洗、再消毒；动物尸体必须焚烧、废料先灭菌，再处理；防止野鼠、昆虫进入，防止外来病原的侵入；



Ø 严格按照SOP操作，加强卫生管理和个人防护：彻底洗手；工作中禁止用手触摸面、鼻、眼、口，禁止吸烟、进食、饮水；防护服定时清洗消毒。

Ø 及时治疗疾病：患烈性人畜共患病（如流行性出血热）的动物群，应及时采取严格措施，全群捕杀，严格消毒，防止疫情进一步扩散。

Ø 加强实验动物健康管理：

- 1) 隔离检疫的管理－在动物中发生疫情或疑有传染应立即隔离检疫。
- 2) 动物发生疫情坚决隔离，不能控制则坚决处死彻底灭菌，消灭传染源。对相关动物进行及时检疫。有时需要把一同饲养的动物全部处死。
- 3) 创造动物良好的、合格的生活环境，保证所需食物营养，进行科学卫生管理。
- 4) 动物尸体和组织的处置和焚化应符合国家相关要求。



# 动物实验生物安全管理制度

第一条 为了加强动物实验的生物安全工作，预防和控制潜在的危害或风险，特制定以下管理制度。

第二条 实验动物的采购、验收和检疫

一、实验动物的采购只能通过实验动物中心从有实验动物生产许可证的供应商中购买，每一批动物都必须有质量合格证。实验犬必须有个体档案和疫苗接种记录。实验人员未经动物中心许可不得私自采购实验动物。

二、禁止从无证个体农民中购买草狗等动物进行实验和教学，对一些非常规实验动物，如猫、羊等，需要由实验动物伦理委员会进行风险评估，批准后方可进行。

三、购入的实验动物应分别由饲养管理人员和实验人员进行验收，实验人员在验收后应在验收单上签名。

四、购入的实验动物如有异常，应请兽医会诊。如确认是传染病，应尽快按传染病的预防和控制措施处理，必要时通知供应商和向上级实验动物管理部门和当地动物检疫、卫生防疫单位报告。

### 第三条 传染病的预防和控制

- 一、饲养管理人员和实验人员应严格执行本中心制定的各项规章制度，防止外源性病原微生物带入动物饲养室/实验室。
- 二、动物实验中发现实验动物患病死亡的，应及时查明原因，必要时进行尸体解剖，并记录在案。
- 三、对于确认患有重要人兽共患病和烈性传染病的动物，必须在兽医的指导下予以销毁或者隔离治疗。对可能被污染的区域采取严格消毒措施，防止疫病蔓延。
- 四、对于非传染病死亡或实验后处死的动物尸体，应用黑色尸体袋包装，放到动物尸体冰柜内，定期由具有资质的专业单位进行无害化处理。五、对于确认患有重要人兽共患病和烈性传染病的动物尸体和垫料，应用适当浓度的消毒液浸泡或喷洒后，焚烧处理；笼盒和饮水瓶高压灭菌处理。

## 第四条 感染性动物实验的管理

- 一、“感染性动物实验”是指用国家规定的第四类病原微生物进行的动物实验。本中心不接受第三类以上病原微生物的动物实验。
- 二、感染性动物实验必须在专用的感染性动物实验室进行，并有专人负责管理。
- 三、感染性动物实验必须预约申请，经伦理委员会风险评估，批准后方可进行。
- 四、实验人员在感染性动物实验前，须经动物中心管理人员培训后方可进行。

## 第五条 有毒有害试剂及药品的管理

- 一、有毒有害试剂及药品由专人采购、保管、分发和监督使用，并有记录。
- 二、挥发性的有毒有害试剂应在通风柜内进行操作，在实验台上使用非挥发性的有毒有害试剂应做好自身防护和环境保护，并有明显的警示标记，防止试剂的泄漏和扩散。

## 第六条 医疗废弃物的处理

- 一、严格进行废弃物的分类管理，动物实验用过的注射器、输液管、手套、口罩等一次性医疗用品应放入专用垃圾箱内，严禁混入动物尸体体内处理。
- 二、废弃的有毒有害液体应放入专用的废液桶内，由专人负责运送到校内指定地方处理。
- 三、废弃的有毒有害试剂瓶应放入专用的收集箱内，分类处理。

## 第七条 生物安全的个人防护

- 一、 初次进入实验动物中心进行实验的人员应接受生物安全的教育与培训，掌握生物危害的来源及个人防护措施。
- 二、 进入动物饲养室/实验室的工作人员和实验人员必须穿着特定的工作服，戴口罩、帽子和手套。
- 三、 被动物意外咬伤或抓伤后，应视伤情轻重，进行清创、外敷消炎药或局部包扎，重者应送医院诊疗。

# 常用仪器使用一般规则

- 第一次使用须仔细阅读说明书、咨询或经培训后使用；
- 注意电源、插座的使用；
- 使用前注意仪器的使用记录、参数；
- 使用后恢复设定并填写使用记录。

# 仪器相关危险

皮下注射针头

意外接种  
产生气溶胶或感染性物质溢出

离心机

产生气溶胶、溅出和管子破裂

超速离心机

管子破裂

水浴

微生物生长，叠氮化钠和一些金属形成爆炸复合物

干燥器

爆裂、瓶子碎片和感染性物质飞出

高速搅拌器，组织匀浆器

飞沫、渗漏和容器破裂

超声波破碎机、超声波清洁器

产生气溶胶、听力受损、皮炎

培养物搅拌器，混合器，搅拌器

产生气溶胶、喷溅和溢出

冻干机（冷冻干燥机）

产生气溶胶、直接接触污染

## 离心机：

放置于平稳、牢固的地方；远离酸碱等腐蚀性试剂；

离心前进行平衡；样品对称放置于离心机中。



## 蒸汽高压灭菌锅：

- 了解结构性能和参数；
- 使用前检查是否有水（蒸馏水要经常更换，以防长菌，水中污染物会堵塞通气管）；
- 旋紧盖子，注意放气阀；
- 待锅体凉后方可打开盖子，注意烫伤；
- 隔离操作。

## 烘箱：

- 不可烘烤可燃物质，如滤纸、棉花；
- 一次烘干的器皿不能过多，保证烘箱内空气对流，使温控器正常工作；
- 不可过夜使用
- 烘箱内有异味或冒烟时：

不急于打开门，防止突然涌入空气助燃或引爆；  
迅速切断电源，并准备好灭火器。



# 动物实验中化学试剂的安全防护

动物实验中，实验者常会接触化学制剂，应让他们充分了解这些试剂的毒性作用、暴露途径及储存方法等，这对于试剂的危害防护是至关重要的。

**危险化学品：**爆炸品如硝酸甘油、苦味酸遇高温、摩擦、冲击可发生急剧化学反应，产生大量气体和热量而爆炸；自燃易燃品如黄磷、乙醚、乙醇；腐蚀品如强酸、强碱、溴、酚等。

**危险品的保管：**熟悉特性、**不可倒入下水道，以免积聚引起火灾；远离火源、热源；防止其挥发，保持室内良好通风；实验室内不宜储存大量易燃物。**、严  
禁明火、防爆装置、耐久建筑、消防设施、女生操作

表 11 一些实验室化学试剂的不良反应

化学试剂	报告的影响	
	急性	慢性
乙醛	眼睛和呼吸道刺激；麻醉	支气管炎；肝脏损害
醋酐（氧化乙酸；乙酸酐）	对眼睛和上呼吸道有强烈刺激；腐蚀作用	
丙酮（二甲基酮；2-丙酮）	对眼睛、鼻子和咽喉有轻度刺激；麻醉	
乙腈（氰化甲酯）	呼吸系统刺激；氰化物中毒	
甲醇（甲基醇）	麻醉；黏膜刺激	视网膜和视神经损伤
$\alpha$ -萘胺	——	怀疑为致癌物质
$\beta$ -萘胺	——	致癌作用
硝基苯	由于正铁血红蛋白血症造成的紫绀；轻度麻醉	贫血；血压下降；表现为紫绀的正铁血红蛋白血症；膀胱刺激；肝脏损害
酚	腹痛；呕吐；腹泻；皮肤刺激；眼痛；腐蚀作用	中枢神经系统紊乱；昏迷

化学试剂	报告的影响	
	急性	慢性
丙烯醛	流泪；呼吸系统刺激	
氨	刺激眼睛	肺水肿
苯胺（氨基苯）	由于正铁血红蛋白血症造成的紫绀；轻度麻醉；呼吸系统麻痹	
苯	麻醉	白血病；肝脏损害；再生障碍性贫血
联苯胺	腹痛；恶心；皮肤刺激	致癌作用
四氯化碳（四氯甲烷）	头痛；恶心；轻度黄疸；食欲下降；麻醉	肝脏和肾脏损害；胃肠道紊乱
氯仿（三氯甲烷）	头痛；恶心；轻度黄	
溴化氰	视力模糊	
松胞菌素	——	致突变作用
乙醚	呕吐；眼睛刺激	致癌性
二噁烷	麻醉	肝脏和肾脏损害；致癌作用
甲醛（福尔马林）	呼吸系统、皮肤和黏膜刺激	肺水肿
戊二醛	呼吸系统和黏膜刺激	
汞	呕吐；腹泻；头痛；恶心；眼痛	中枢神经系统紊乱；牙龈肿胀；牙齿松动

带手套取液、不重复使用枪头、取液后立即盖紧、皮肤接触后大量水冲洗

易被氧化

苯酚

酚-氯仿

丙烯酰胺储存液

低温、避光

腐蚀性  
氧化性  
刺激性

浓硫酸

盐酸

酸性洗液

氯磺酸、次氯酸盐类

密封后

▶ 低位、阴凉处  
(水池边等)

▶ 切勿储存在药品橱中

易挥发性试剂

氯仿

甲醇

乙醇

异丙醇

丙酮

$\beta$ -巯基乙醇

旋紧瓶盖

▶ 通风橱或阴凉处

▶ 不可在冰箱大量、长期保存

# 基本防护措施

- Ø 在实验室中，对化学品的存放、处理、使用及处置的规定和程序应符合标准；
- Ø 应按照相关标准在每个容器上标明每个产品的危害性质和危险性，还应在使用中材料的容器上清楚标明；
- Ø 对化学、物理及火灾危害应有足够可行的控制措施；
- Ø 应要求所有人员按安全操作规程工作；
- Ø 对实验室内所用的每种化学制品的废弃和安全处置应有明确的书面程序。

# 药品等的安全防护

- 剧毒品如氰化物、三氯化二砷、有机汞、有机磷等（一般实验室不宜中长期保存剧毒药物），应严格按操作规程进行保存、使用，实验者有防护时使用。
- 未经验证安全性的疫苗需在相应级别实验室研究，研究者不能有任何途径的直接接触。
- 任何实验药品按SOP表明名称，特性，浓度，使用剂量，危险性等，在制定位置存放。

# 物理性伤害的安全防护

- Ø 设施表面含门、窗、墙角尽可能做成圆弧状，不可有锐利的棱角；动物笼架和一切用具如狗链做得光滑、无刺。
- Ø 正确掌握抓取方法—抓取小动物应手戴防护手套或用镊子等抓取工具；对大动物，应手持一定的工具去捕捉。
- Ø 正确固定和麻醉—实验时间较长，应对动物进行麻醉，将其固定在手术台或工作台上，并保证安全有效。
- Ø 正确操作规范—仔细操作、密切注意动物的动态，严格操作规范，包括安全防护帽、眼镜、手套、服装等。所用的注射器、针头、手术器械要放在离动物较远的地方，不用的器具及时清理。不要用手按卸针头和不用手直接处理用过的针头和锐利器具。受伤后，应用75%酒精或3%碘酒消毒处理，并根据情况及时诊治。

# 实验室火灾

- Ø 严禁带入与实验无关的易燃品；限制明火等进入实验室；
- Ø 切实有效的消防安全措施；
- Ø 如发生火灾，一切以人身安全为行动准则。



易燃性：酒精



腐蚀性：  
浓硫酸、NaOH



氧化性：  
浓硫酸、浓硝酸



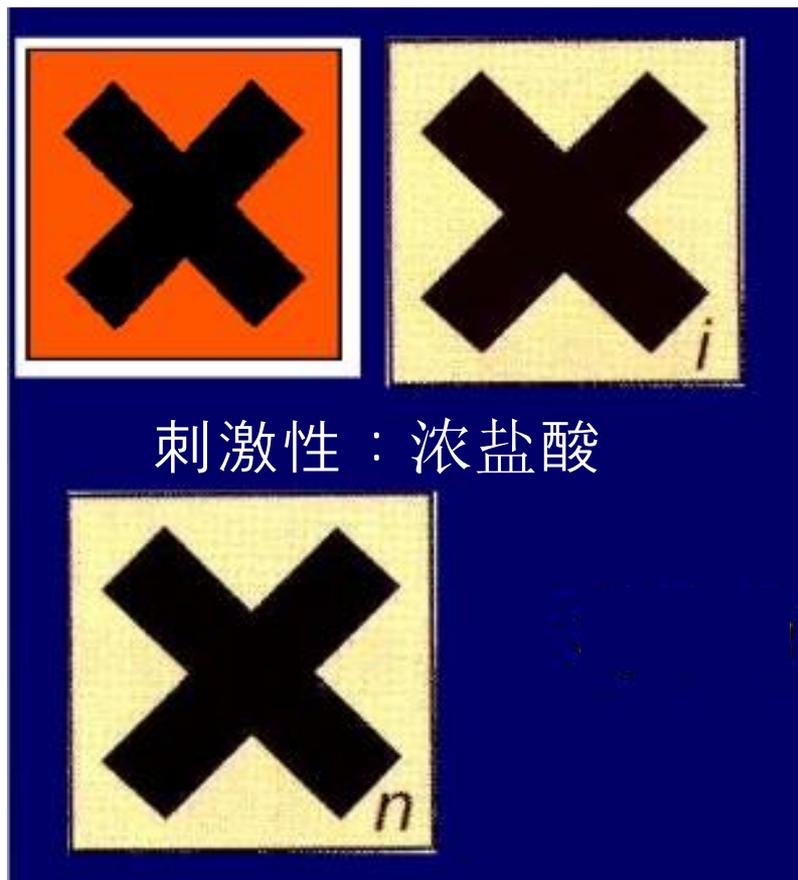
爆炸性：  
高氯酸和乙醇  
混合物



有毒：CO、氰化物



致癌：四氯化碳



刺激性：浓盐酸

有害性



环境污染

## 一般发生火灾的直接原因：

- 忘关电源，
- 违规使用电器，
- 仪器超负荷运转，
- 有机溶剂使用不当，
- 乱扔烟头。



**乙醇、甲醇：**小范围着火，用湿抹布、消火砂，隔绝空气灭火。

**大多数有机、易燃品：**用消火砂、灭火器，不能用水（因其比重小且不溶于水）

## 常用灭火器

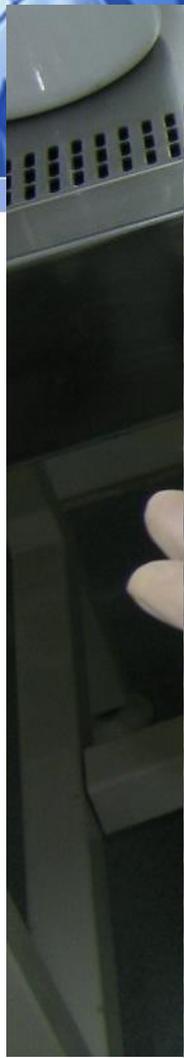
类别	药液成分	适用范围
泡沫式	硫酸铝 碳酸氢钠	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 扑灭油、苯等易燃液体着火</li><li>▶ 不适用于丙酮、甲醇、乙醇等易溶于水的液体失火</li></ul>
二氧化碳	液体CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 适用于电器失火</li></ul>
干粉灭火	碳酸氢钠, 硬脂酸铝 滑石粉等	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 扑救油类、可燃气体、电器、纸、遇水燃烧等物品的初起火灾</li></ul>
1211	CF <sub>2</sub> ClBr	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ 灭火效果好, 成本高</li><li>▶ 油类有机溶剂、高压电器设备、精密仪器等失火</li></ul>

# 辐射和紫外线的防护

- ∅ 放射性药品如 $^{60}\text{Co}$ 能不断自动放出肉眼看不见的放射线，因此工作人员必须了解放射防护的基本知识，做好个人防护、放射性废物处理及放射性污染的清除。
- ∅ 紫外线灯是生物医学经常使用的空气和表面消毒手段。但照射过多对人体有害。一般操作不必开启，必要开时必须是无臭氧、不要裸露身体表面、佩戴防紫外线眼镜。

# 其他相关防护措施

- Ø **气溶胶：**悬浮于气体介质中的粒径一般为0.01微米~10微米的固态或液态微小粒子形成的相对稳定的分散体系。
- Ø **防护：**实验室工作行为的设计和应能减少人员接触化学或生物源性有害气溶胶；样本只应在有盖安全罩内离心；所有进行涡流搅拌的样本应置于有盖容器内；在能产生气溶胶的大型分析设备上应使用局部通风防护，在操作小型仪器时使用定制的排气罩；在可能出现有害气体和生物源性气溶胶的地方应采取局部排风措施；饲养、操作动物应在适当的动物源性气溶胶防护设备中进行，工作人员应同时使用适当的个人防护设备；有害气溶胶不得直接排放。



洗眼液: 0.5%  
05.5.20

❌禁止非工作人员进入实验室，参观实验室等，特殊情况须经实验室负责人批准后方可进入。



Ø 禁止在实验室饮食、吸烟和处理隐形眼镜、化妆及储存食物。



# 科学的及时消毒

- ∅ 实验室内常需消毒的对象有：污染物品、建筑物内表面、污染空气、排出的污水。
- ∅ 消毒方法：高压蒸汽灭菌、喷洒或熏蒸消毒剂、紫外线照射和臭氧消毒、过滤等。
- ∅ 摇菌后的器皿、培养瓶等浸泡含漂白剂（次氯酸钠）的水中，再清洗、高压。
- ∅ 筛选克隆的平皿先灭菌后清洗。



- Ø 在处理经或未经清除污染的动物尸体以及解剖组织或其他实验室废弃物时，**焚烧**是一种有效的方法。
- Ø 只有在实验室可以控制焚烧炉的条件下，才能用焚烧代替高压灭菌来处理感染性物质。

**一级焚烧室的温度至少应达到800℃**

**二级焚烧室的温度至少应达到1000℃**

# 结束语

总之，生命科学等研究领域离不开动物实验，实验过程中也确实存在危害人体的各种因素，但只要按照标准实验操作程序、科学细致，认真有效防护，就可以把危险降到最低。