
生物安全手册

(节选自WHO生物安全手册)

第一部分 基本规范

WHO根据感染性微生物的相对危害程度制定了危险度等级的划分标准(WHO的危险度1级、2级、3级和4级)。该危险度划分仅适用于实验室工作。

表1 感染性微生物的危险度等级分类

危险度1级 (无或者极低的个体和群体危险)

不太可能引起人或者动物致病的微生物。

危险度2级 (个体危险中等，群体危险低)

病原体能够对人或者动物致病，但对实验室工作人员、社区、牲畜或环境不易导致严重危害。实验室暴露也许会引起严重感染，但对感染有有效的预防和治疗措施，并且疾病传播的危险有限。

危险度3级 (个体危险高，群体危险低)

病原体通常能引起人或者动物的严重疾病，但一般不会发生感染个体向其他个体的传播，并且对感染有有效的预防和治疗措施。

危险度4级 (个体和群体的危险均高)

病原体通常能引起人或者动物的严重疾病，并且很容易发生个体之间的直接或者间接传播，对感染一般没有有效的预防和治疗措施。

实验室可以分为基础实验室---一级生物安全水平、基础实验室---二级生物安全水平、防护实验室---三级生物安全水平和最高防护实验室-四级生物安全水平。根据操作不同危险度等

级微生物所需的实验室设计特点、建筑构造、防护设施、仪器、操作以及操作程序来决定实验室的生物安全水平。

表2 与微生物危险度等级相对应的生物安全水平、操作和设备

| 危险度等级 | 生物安全水平 | 实验室类型 | 实验室操作 | 安全设施 |
|-------|------------------|---------------|---------------------------------|--|
| 1 级 | 基础实验室-一级生物安全水平 | 基础的教学、研究 | GMT | 不需要;开放实验台 |
| 2 级 | 基础实验室-二级生物安全水平 | 初级卫生服务; 诊断、研究 | GMT 加防护服、生物危害标志 | 开放实验台, 此外需 BSC 用于防护可能生成的气溶胶 |
| 3 级 | 防护实验室-三级生物安全水平 | 专门特殊的诊断、研究 | 在二级生物安全防护水平上增加特殊防护服、准入进入制度、定向气流 | BSC 和/或其他所有实验室工作所需要的基本设备 |
| 4 级 | 最高防护实验室-四级生物安全水平 | 危险病原体研究 | 在三级生物安全防护水平上增加气锁入口、污染物品的特殊处理 | III 级 BSC 或者 II 级 BSC 并穿着正压服、双开门高压灭菌器(穿过墙壁墙体)、经过滤的空气 |

BSC: 生物安全柜; GMT: 微生物学操作技术规范。

人员防护

- 1、在实验室工作时，任何时候都必须穿着工作服。
- 2、在进行可能直接或意外接触到血液、体液以及其他具有潜在感染性的材料或感染性动物

的操作时，应戴上合适的手套。手套用完后，应先消毒再摘除，随后必须洗手。

3、在处理完感染性实验材料和动物后，以及在离开实验室工作区域前，都必须洗手。

4、为了防止眼睛或面部受到泼溅物、碰撞物或人工紫外线辐射的伤害，必须戴安全眼镜、面罩（面具）或其他防护设备。

5、严禁穿着实验室工作服离开实验室，如去餐厅、咖啡厅、办公室、图书馆、员工休息室和卫生间等。

6、不得在实验室内穿露脚趾的鞋子。

7、禁止在实验室工作区域进食、饮水、吸烟、化妆和处理隐形眼镜。

8、禁止在实验室工作区域储存食品和饮料。

9、在实验室内用过的工作服不得和日常服装放在同一柜子内。

实验室工作区

1、实验室应保持清洁整齐，严禁摆放和实验无关的物品。

2、发生具有潜在危害性的材料溢出以及在每天工作结束之后，都必须清除工作台面的污染。

3、所有受到污染的材料、标本和培养物在废弃或清洁再利用之前，必须清除污染。

4、在进行包装和运输时必须遵循国家和 / 或国际的相关规定。

第二部分 实验室技术

实验室伤害以及与工作有关的感染主要是由于人为失误、不良实验技术以及仪器使用不当造成的。本部分概要介绍了避免或尽量减少这类常见问题的技术和方法。

移液管和移液辅助器的使用

- 1、应用移液辅助器，严禁用口吸取。
- 2、所有移液管应带有棉塞以减少移液器具的污染。
- 3、不能向含有感染性物质的溶液中吹入气体。
- 4、感染性物质不能使用移液管反复吹吸混合。
- 5、不能将液体从移液管内用力吹出。
- 6、污染的移液管应完全浸入适当的消毒液中，并在消毒液中浸泡适当时间后再进行处理。
- 7、盛放废弃移液管的容器应当放在生物安全柜内。
- 8、为了避免感染性物质从移液管中滴出而扩散，在工作台面应当放置一块吸有消毒液的纸，使用后将其按感染性废弃物处理。

生物安全柜的使用

- 1、生物安全柜运行正常时才能使用。
- 2、生物安全柜在使用中不能打开玻璃观察挡板。
- 3、安全柜内应尽量少放置器材或标本，不能影响后部压力排风系统的气流循环。
- 4、所有工作必须在工作台面的中后部进行，并能够通过玻璃观察挡板看到。
- 5、尽量减少操作者身后的人员活动。
- 6、操作者不应反复移出和伸进手臂以免干扰气流。
- 7、不要使实验记录本、移液管以及其他物品阻挡空气格栅，因为这将干扰气体流动，引起物品的潜在污染和操作者的暴露。
- 8、工作完成后以及每天下班前，应使用70%的酒精对生物安全柜的台面进行擦拭，但切忌用酒精擦拭玻璃挡板。
- 9、在安全柜内的工作开始前和结束后，安全柜的风机应至少运行5min。
- 10、在生物安全柜内操作时，不能进行文字工作。

血清的分离

- 1、只有经过严格培训的人员才能进行这项工作。
- 2、操作时应戴手套以及眼睛和黏膜的保护装置。
- 3、血液和血清应当小心吸取，而不能倾倒。严禁用口吸液。
- 4、移液管使用后应完全浸入适当的消毒液中，并在消毒液中浸泡适当的时间，然后再丢弃或灭菌清洗后重复使用。
- 5、带有血凝块等的废弃标本管，在加盖后应当放在适当的防漏容器内高压灭菌。

离心机的使用

- 1、应按照操作手册来操作离心机。
- 2、离心管在使用前应检查是否破损。
- 3、用于离心的离心管应当始终牢固盖紧。
- 4、离心桶的装载、平衡、密封和打开必须在生物安全柜内进行。
- 5、离心桶和十字轴应按重量配对，并在装载离心管后正确平衡。
- 6、操作指南中应给出液面距离心管管口需要留出的空间大小。
- 7、空离心桶应当用蒸馏水来平衡。
- 8、每次使用后，要清除离心桶、转子和离心机腔的污染。
- 9、使用后应当将离心桶倒置存放使平衡液流干。
- 10、应当每天检查离心机内转子部位的腔壁是否被污染或弄脏，如污染明显，应重新评估离心操作规范。

冰箱与冰柜的维护和使用

- 1、冰箱、低温冰箱和干冰柜应当定期除霜和清洁，应清理出所有在储存过程中破碎的安瓿和试管等物品。清理时应戴厚橡胶手套并进行面部防护，清理后要对内表面进行消毒。
- 2、储存在冰箱内的所有容器应当清楚地标明内装物品的科学名称、储存日期和储存者的姓名。未标明的或废旧物品应当高压灭菌并丢弃。
- 3、应当保存一份冻存物品的清单。

4、除非有防爆措施，否则冰箱内不能放置易燃溶液。冰箱门上应注明这一点。

第三部分 消毒和灭菌

一、定义

关于消毒和灭菌有许多不同的术语，下面是生物安全中较常用的：

抗菌剂（antimicrobial）能够杀死微生物或抑制它们生长和繁殖的制剂。

防腐剂（antiseptic）能够抑制微生物生长和繁殖但不足将其杀灭的物质。防腐剂经常应用于体表。

生物杀灭剂（biocide）所有能够杀死生物体的制剂的统称。

化学杀菌剂（chemicalgermcide）用于杀死微生物的化学品或化学混合物。

清除污染（decontamination）去除和 / 或杀死微生物的任何过程。该词也用于去除或中和有危害的化学品和放射性物质。

消毒剂（disinfectant）用于杀死微生物的化学品或化学混合物，但不一定杀死其孢子。

消毒剂常用于非生命物体或其表面。

消毒（disinfection）杀死微生物的物理或化学手段，但不一定杀死其孢子。

灭菌剂（microbicide）能够杀死微生物的化学品或化学混合物。该词常常可以代替“生物杀灭剂”、“化学杀菌剂”或“抗菌剂”。

杀孢子剂（sporocide）用于杀死微生物和孢子的化学品或化学混合物。

灭菌（sterilization）杀死和 / 或去除所有微生物及其孢子的过程。

二、化学杀菌剂

许多杀菌剂对人或环境有害，应当按生产商的说明小心地进行选择、贮存、操作、使用和废弃。为了个人的安全，建议在稀释化学杀菌剂时应戴手套、围裙和保护眼睛的器具。

下面介绍一些常规使用的化学杀菌剂，并列出它们的一般用途和安全特征。除非另外标注，杀菌剂的浓度用重量 / 体积（w/v）来表示。表3-1汇总了含氯消毒剂的推荐使用浓度。

表1 含氯消毒剂的推荐使用浓度

| | “清洁”情况下 ^a | “污染”情况下 ^b |
|------------------|----------------------|----------------------|
| 所需的有效氯浓度 | 0.1% (1 g/L) | 0.5% (5 g/L) |
| 次氯酸钠溶液（含有5%的有效氯） | 20 mL/L | 100 mL/L |

| | “清洁”情况下 ^a | “污染”情况下 ^b |
|----------------------------|----------------------|----------------------|
| 次氯酸钙（含有70%的有效氯） | 1.4 g/L | 7.0 g/L |
| 二氯异氰尿酸钠粉剂（含60%的有效氯） | 1.7 g/L | 8.5 g/L |
| 二氯异氰尿酸钠片剂（每片含1.5 g 有效氯） | 每升1 片 | 每升4 片 |
| 氯胺（含有25%的有效氯） ^c | 20 g/L | 20 g/L |

a 去除大部分污染材料后

b 溢流情况（如血液）或大量污染材料没有除去时

c 参见正文

氯（次氯酸钠）

1、氯属于快速作用的氧化剂，是一种可广泛应用的广谱化学杀菌剂。它一般以次氯酸钠（NaOCl）溶液来作为漂白剂销售。但氯的许多副产物可能对人体及环境有害，应该避免滥用含氯消毒剂，特别是漂白剂。

2、常规实验室消毒剂的有效氯浓度为1 g/L。处理生物危害性物质的溢出以及含有大量有机物的情况时用含有5 g/L 有效氯的更强作用的溶液。家用漂白剂的次氯酸钠溶液含有50 g/L 的有效氯，工业用漂白剂的次氯酸钠溶液含有近120 g/L 的有效氯，因此必须进行相应的稀释来达到工作浓度。

3、次氯酸钙 [Ca (ClO)₂] 的颗粒或片剂一般含有70%的有效氯。用颗粒或片剂配制浓度1.4 g/L 或7.0 g/L 的溶液，其有效氯浓度分别为1 g/L 和5 g/L。

4、不建议将漂白剂当作防腐剂使用，但可以用作普通目的的消毒剂以及用于浸泡非金属类的污染材料。在紧急情况下也可以用终浓度含1~2 mg/L 有效氯的漂白剂来消毒饮用水。

5、氯气具有强毒性。因此漂白剂只能在通风良好的地方储存和使用。

6、漂白剂不能与酸混合以避免氯气快速释放。

二氯异氰尿酸钠

1、血液或其他生物危害性液体溢出时，可以使用固体NaDCC，并使其作用至少10min后再除去，然后对污染区进行进一步的清理。

2、二氯异氰尿酸钠(NaDCC)的粉剂含有60%的有效氯。用NaDCC 粉剂配制的浓度为1.7 g/L 和8.5 g/L 的溶液将分别含有1 g/L 和5 g/L 的有效氯。

3、NaDCC 片剂一般每片含有1.5g 的有效氯，将1 片或4 片溶于1 升水将分别获得浓度约为1 g/L 和5 g/L 的溶液。

4、粉剂或片剂的NaDCC 储存既方便又安全。

氯胺

1、因氯胺释放氯的速度比次氯酸慢，且有机物对氯胺溶液的影响没有次氯酸溶液那么大，在“清洁”和“污染”情况下都推荐使用20 g/L 的浓度。

2、氯胺溶液实际上无臭味，但是，浸泡在氯胺中的物品必须要彻底清洗，以除去加入到氯胺-T粉剂中的填充剂的残留物。

甲醛

1、市场上出售的产品为多聚甲醛——一种固体多聚体，呈薄片状或小块状，或为福尔马林——一种浓度约为370 g/L (37%) 的气体水溶液，其中含甲醇 (100 mL/L) 作为稳定剂。两种形式加热都可以产生气体，用于封闭空间（如生物安全柜和房间）的清除污染和消毒。

2、甲醛 (5% 福尔马林水溶液) 可以作为液体消毒剂。

3、在温度高于20°C 时，甲醛 (HCHO) 是一种能够杀死所有微生物及其孢子的气体。但甲醛对朊蛋白没有杀灭活性。

4、甲醛起效相对较慢，并需要相对湿度达70% 左右。

5、甲醛被怀疑是一种致癌剂。它具有刺鼻的气味，其气体能够刺激眼睛和黏膜，因此必须在通风橱或通风良好的地方储存和使用。必须遵守国家化学品安全规定。

戊二醛

1、戊二醛 [OHC (CH₂)₃CHO] 对繁殖的细菌、孢子、真菌和含脂或不含脂的病毒具有活性。它不具有腐蚀性，比甲醛作用迅速，但也需要几个小时才能杀死细菌孢子。

2、通常供应的戊二醛是浓度约20 g/L (2%) 的溶液，绝大部分产品使用前需要加入与产品一同提供的碳酸氢盐混合物进行“活化”（变成碱性）。活化的溶液根据其配方设计、应用类型和使用频率等情况可以重复使用1~4 周。如果戊二醛溶液变混浊，就应当将其废弃。

3、戊二醛具有毒性，并对皮肤和黏膜具有刺激性，应当避免与其接触。必须在通风橱或通风良好的地方使用。不建议采用其喷雾剂或溶液来清除环境表面的污染。必须遵守化学品安

全的国家规定。

酚类化合物

- 1、许多酚类产品可用于清除环境表面的污染，有些（如三氯生和氯二甲酚）是最常用的抗菌剂。
- 2、酚类化合物是一大类最早使用的杀菌剂。但是，最近出于安全考虑而限制了它的使用。
- 3、它们对繁殖细菌和含脂病毒具有活性，适当配制后，对分枝杆菌也有活性。它们对孢子没有活性，而对于非含脂病毒的活性则不确定。
- 4、三氯生常作为洗手用品。它主要对繁殖的细菌有活性，并且对皮肤和黏膜是安全的。
- 5、有些酚类化合物对水的硬度敏感，并可能导致失活，因此必须使用蒸馏水或去离子水来进行稀释。
- 6、不建议在食物接触的表面和幼儿活动场所使用酚类化合物。它们可能被橡胶吸收，也可能渗透皮肤。必须遵守国家化学品安全规定。

季铵盐类化合物

- 1、季铵盐类化合物对繁殖的细菌和含脂类病毒具有良好活性，但有些具有潜在危害性的细菌仍能够在季铵盐化合物溶液中生长。某些类型（如苯扎氯铵）也用作防腐剂。
- 2、这些化合物由于其生物降解能力较低，可能在环境中蓄积。
- 3、季铵盐类化合物大多混合使用，也经常与醇类等其他杀菌剂联合使用。
- 4、有些季铵盐类化合物的杀菌作用会受有机质、水的硬度以及阴离子去污剂的显著影响，因此当使用季铵盐化合物进行消毒时，要认真选择预清洁所用的品种。

乙醇

- 1、乙醇（C₂H₅OH）对于繁殖的细菌、真菌和含脂病毒具有活性，但不能灭活孢子，而对非含脂病毒的作用则不确定。
- 2、其水溶液最有效的使用浓度约为70%（v/v）；更高或更低的浓度均不适宜杀菌。
- 3、醇类溶液的主要优点是处理后物品不会留下任何残留物。
- 4、将乙醇与其他试剂混合使用比单独使用更有效，如70%（v/v）乙醇和100 g/L 的甲醛混合使用，以及使用含有2 g/L 有效氯的乙醇。

-
- 5、70% (v/v) 乙醇溶液可以用于消毒皮肤、实验台和生物安全柜的工作台面，以及浸泡小的外科手术器械。
 - 6、由于乙醇可以使皮肤干燥，所以经常与润滑剂混合使用。
 - 7、在不便于或不可能进行彻底洗手的情况下，推荐使用含乙醇的擦手液对轻度污染的手进行消毒。但是必须记住，乙醇对孢子无效，而且不能杀死所有类型的非含脂类病毒。
 - 8、乙醇是易挥发和易燃的，不能在明火附近使用。
 - 9、其工作液应储存在适当的容器内以避免醇类挥发。
 - 10、乙醇可以硬化橡胶并溶解某些胶质。
 - 11、为了避免乙醇用于其他非灭菌目的，在实验室里对乙醇进行专门的清点和储存是非常重要的。
 - 12、含有乙醇溶液的瓶子必须清楚标记以避免被意外高压灭菌。

碘和碘伏

- 1、这类消毒剂的作用与氯类似，只是有机质对它们的抑制作用略弱。
- 2、碘可以使纤维和环境表面着色，一般不适合作为消毒剂。但是，碘伏和碘酊是很好的抗菌剂。
- 3、多聚碘（polyvidone iodine）是一种安全可靠的外科手术擦手剂和手术前皮肤抗菌剂。
- 4、碘类抗菌剂一般不适于医疗 / 牙医器械的消毒。
- 5、碘不能在铝或铜上使用。
- 6、碘有毒性。含有有机碘的产品必须于4~10°C 储存，以避免有潜在危害性的细菌在里面生长。

过氧化氢和过氧乙酸

- 1、过氧化氢 (H_2O_2) 和过氧乙酸 (CH_3COOOH) 是强氧化剂，是一种广谱杀菌剂。对人和环境它们较氯安全。
- 2、过氧化氢能够用于清除实验台和生物安全柜工作台面的污染。
- 3、通常供应的过氧化氢是可以立即使用的3%的溶液，或是用无菌水稀释5~10 倍体积后使用的30%的水溶液。但是，那种单独含有3~6%过氧化氢的溶液杀菌作用缓慢而有限。现有产品中含有其他成分来稳定过氧化氢，加速其杀菌作用并降低其腐蚀性。

4、过氧化氢和过氧乙酸能腐蚀铝、铜、黄铜和锌等金属，也能使纤维、头发、皮肤及黏膜褪色。

5、经它们处理的物品必须经过彻底的漂洗后才能接触眼睛和黏膜。

6、它们应当储存在避热和避光的地方。

三、洗手 / 清除手部污染

1、实验室人员需要经常地、彻底地洗手。

2、处理完生物危害性材料和动物后以及离开实验室前均必须洗手。

3、大多数情况下，用普通的肥皂和水彻底冲洗对于清除手部污染就足够了。但在高度危险的情况下，建议使用杀菌肥皂。手要完全抹上肥皂，搓洗至少10 秒钟，用干净水冲洗后再用干净的纸巾或毛巾擦干。

4、应使用纸巾或毛巾来关上水龙头，以防止再度污染洗净的手。

5、如果没有条件彻底洗手或洗手不方便，应该用酒精擦手来清除双手的轻度污染。

四、高压灭菌

高压灭菌的湿热法是最常用、最为有效的清除病原体污染的物理手段。

灭菌后的物品必须小心操作并保存，以保证在使用之前不再被污染。

高压灭菌参数

对于大多数目的，下列组合可以确保正确装载的高压灭菌器的灭菌效果：

1、134°C、3min

2、126°C、10min

3、121°C、15min

4、115°C、25min

高压灭菌器的装载

为了利于蒸汽的渗透和空气排出，高压灭菌物品应松散包装放置在灭菌器内。要使蒸汽能够作用到其内容物。

高压灭菌器使用注意事项

- 1、应由受过良好培训的人员负责高压灭菌器的操作和日常维护。
- 2、由有资质人员定期检查灭菌器腔、门的密封性以及所有的仪表和控制器。
- 3、应使用饱和蒸汽，并且其中不含腐蚀性抑制剂或其他化学品，这些物质可能污染正在灭菌的物品。
- 4、所有要高压灭菌的物品都应放在空气能够排出并具有良好热渗透性的容器中；灭菌器柜腔装载要松散，以便蒸汽可以均匀作用于装载物。
- 5、当灭菌器内部加压时，互锁安全装置可以防止门被打开，而没有互锁装置的高压灭菌器，应当关闭主蒸汽阀并待温度下降到80℃以下时再打开门。
- 6、当高压灭菌液体时，由于取出液体时可能因过热而沸腾，故应采用慢排式设置。
- 7、即使温度下降到80℃以下，操作者打开门时也应当戴适当的手套和面罩来进行防护。
- 8、在进行高压灭菌效果的常规监测中，生物指示剂或热电偶计应置于每件高压灭菌物品的中心。最好在“最大”装载时用热偶计和记录仪进行定时监测，以确定灭菌程序是否恰当。
- 9、应当注意保证高压灭菌器的安全阀没有被高压灭菌物品中的纸等堵塞。

附录

设备的安全性

仪器设备在使用时，有些操作可能造成微生物学危害，而另外一些操作或处理则是专门设计用来避免或减少生物学危害的。

表A1-1 可能产生危害的仪器设备及其操作

| 仪器 | 危害 | 如何消除或减少危害 |
|--------|-------------------|---|
| 皮下注射针头 | 意外接种、产生气溶胶或有害物质溢出 | <ul style="list-style-type: none">不要重新给针头戴护套或截断针头。使用针头锁定型注射器以避免针头和注射器的分离，或使用针头和注射器为一体的一次性注射器。采用规范的实验室技术，例如：<ul style="list-style-type: none">——注射器抽液时要小心，尽可能减少形成气泡和接种物泡沫。——避免用注射器来混合感染性液体；否则，要确保针头的尖端伸入到容器中液面之下，并避免用力过大。——从有橡皮塞的瓶子中取下针头之前，应用经适当消毒剂浸湿的脱脂棉来包裹针头和塞子。——竖直向上将注射器中过量的液体和气泡排到经适当消毒剂浸湿的脱脂棉或装有棉花的小瓶中。操作感染性物质时均应在生物安全柜中进行。在对动物进行接种时要进行固定。在进行鼻腔或口腔接种时要使用钝的针头或插管。操作应在生物安全柜中进行。使用后要进行高压灭菌并确保进行了妥善处理。 |

| 仪器 | 危害 | 如何消除或减少危害 |
|---------------|--------------------|---|
| | | 后才能拆卸。 |
| 离心机 | 产生气溶胶、喷溅及 离心管破裂 | <ul style="list-style-type: none"> 使用可封闭性的容器（安全杯）或密封转子。在气溶胶沉降后（30min）再打开容器或转子，或在生物安全柜中操作。 |
| 超速离心机 | 产生气溶胶、喷溅及 离心管破裂 | <ul style="list-style-type: none"> 在离心机和真空泵之间安装HEPA 过滤器。 每个转子均有运转时间的记录，并应制订预防性维修保养措施以减少发生机械故障的风险。 在生物安全柜中装、卸容器或转子。 |
| 厌氧罐 | 爆炸、感染性物质扩散 | <ul style="list-style-type: none"> 确保催化剂周围电线盒的完整性。 |
| 干燥器 | 内爆、玻璃碎片和感染性物质扩散 | <ul style="list-style-type: none"> 置于坚固的金属丝笼中。 |
| 匀浆器、组织研磨机 | 产生气溶胶、泄漏和 容器破裂 | <ul style="list-style-type: none"> 在生物安全柜中操作并打开仪器。 使用专门设计可以避免在转子轴承和O形垫圈处泄漏的仪器型号，或使用消化器。 在打开匀浆器以前先等候30min 以使气溶胶沉积。冷却以使气溶胶凝聚。 如果使用手动组织研磨器，管外用可吸收材料包裹。 |
| 超声处理器、超声波清洗仪 | 产生气溶胶、听力损伤、皮肤炎 | <ul style="list-style-type: none"> 在生物安全柜或密封单元中操作并打开仪器。 确保隔离以免受分频谐波的伤害。 戴上手套以保护清洁剂对皮肤造成的化学危害。 |
| 培养搅拌器、振荡器、搅拌器 | 产生气溶胶、喷溅和 泄漏 | <ul style="list-style-type: none"> 在生物安全柜或专门设计的一级屏障内操作。 使用结实的带螺口盖的培养瓶，必要时安装有过滤器保护的出口，并严格固定。 |
| 冷冻干燥机（冻干机） | 产生气溶胶和直接接触污染材料 | <ul style="list-style-type: none"> 使用O 形连接器来密封整个机器。 使用空气过滤器来保护真空管。 使用有效的清除污染的方法，例如化学法。 |

| 仪器 | 危害 | 如何消除或减少危害 |
|-----|--------------------------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> 配备全金属脱水器和蒸汽冷凝器。 仔细检查所有玻璃真空管表面是否有擦痕。仅限使用专门设计用于真空作业的玻璃器具。 |
| 水浴器 | 微生物生长。叠氮化钠与有些金属形成爆炸性混合物。 | <ul style="list-style-type: none"> 确保定期清洁和消毒。 不用叠氮化钠作抑菌剂。 |

表A1-2 仪器设备相关事故的原因

| 事故 | 事故原因 | 减少或消除危害 |
|------------|--------------------------------------|---|
| 设计或建造有缺陷 | | |
| 培养箱有电火花电击 | 没有温度过高断路装置 没有提供可靠的接地 | <ul style="list-style-type: none"> 符合国家标准 |
| 不适当使用 | | |
| 离心事故 | 转轴上的离心桶吊篮没有平衡 | <ul style="list-style-type: none"> 培训和监督工作人员 |
| 厌氧培养箱爆炸 | 不正确使用气体 | <ul style="list-style-type: none"> 培训和监督工作人员 |
| 不正确配用 | | |
| 家用保温瓶爆炸 | 液氮运输不当 | <ul style="list-style-type: none"> 使用专门设计的仪器设备 |
| 家用型冰箱爆炸 | 危险性化学品没有储存在防火 / 防爆容器中，如用渗漏的螺旋瓶盖储存乙醚。 | <ul style="list-style-type: none"> 低闪点溶剂和提取物仅贮存在具有火花 / 爆炸保护装置的冰箱或安全柜中。 |
| 缺乏正确的维护 | | |
| 火焰光度计产生的火焰 | 维护过程中各组件的重新组装不正确。 | <ul style="list-style-type: none"> 培训和监督工作人员 |

表A1-3 生物安全设备

| 设备 | 避免的危害 | 安全性特征 |
|----|-------|-------|
|----|-------|-------|

| 设备 | 避免的危害 | 安全性特征 |
|--------------------------|---|--|
| 生物安全柜 | | |
| —— I 级 | 气溶胶和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 尽量减小工作入口处向内的气流（正面气流速度）；排风经充分过滤 • 不能保护操作对象 |
| —— II 级 | 气溶胶和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 尽量减小工作窗口处向内的气流（正面气流速度）；排风经充分过滤 • 可以保护操作对象 |
| —— III 级 | 气溶胶和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 最高防护 • 如果内部为层流气流，则可以保护操作对象 |
| 负压柔性薄膜隔离装置 | 气溶胶和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 最高水平防护 |
| 喷溅罩 | 化学品喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 在操作人员和工作区之间形成屏障 |
| 移液辅助器 | 由于口吸产生的危害，例如病原体的食入、吸入用口吸取吸管时所生成的气溶胶、从吸管中吹出或滴出液体、吸管吸入端的污染等 | <ul style="list-style-type: none"> • 便于使用 • 控制吸管吸入端的污染，保护移液辅助器、操作者和真空管道 • 可以灭菌 • 控制吸管尖端的泄漏 |
| 微型接种环加热器、一次性接种环 | 移动接种环时造成的喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> • 遮护玻璃管或陶瓷管的开口端，采用气体或电加热 • 一次性的，不需加热 |
| 设施内用于收集并运送感染性物质进行灭菌的防漏容器 | 产生气溶胶、溢出和泄漏 | <ul style="list-style-type: none"> • 有罩或盖子的防漏结构 • 耐用 • 耐高压灭菌 |
| 盛放锐器的一次性容器 | 意外刺伤 | <ul style="list-style-type: none"> • 耐高压灭菌 • 坚固，不易刺破 |
| 实验室和单位 | 微生物泄漏 | <ul style="list-style-type: none"> • 坚固 |

| 设备 | 避免的危害 | 安全性特征 |
|-------------|-----------------------|--|
| 间运送物品的容器 | | <ul style="list-style-type: none"> 能盛放溢出物的防水性一级和二级容器 用于吸收溢出物的材料 |
| 手动或自动的高压灭菌器 | 感染性物质（以保证丢弃或重复使用时的安全） | <ul style="list-style-type: none"> 经批准的设计 有效的加热灭菌 |
| 螺口盖的瓶子 | 产生气溶胶和泄漏 | <ul style="list-style-type: none"> 有效的防护 |
| 真空管道保护装置 | 气溶胶和溢出液体对实验室真空系统的污染 | <ul style="list-style-type: none"> 可以阻止气溶胶通过的滤筒式过滤器（颗粒大小0.45 μ m） 装有适当消毒剂的防溢烧瓶。在贮存瓶盛满时橡皮球阀可自动关闭真空系统 整个系统耐高压灭菌 |

表A1-4 个体防护装备

| 装备 | 避免的危害 | 安全性特征 |
|-------------|-------|---|
| 实验服、隔离衣、连体衣 | 污染衣服 | <ul style="list-style-type: none"> 背面开口 罩在日常服装外 |
| 塑料围裙 | 污染衣服 | <ul style="list-style-type: none"> 防水 |
| 鞋袜 | 碰撞和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> 不露脚趾 |
| 护目镜 | 碰撞和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> 防碰撞镜片（必须有视力校正或外戴视力校正眼镜） 侧面有护罩 |
| 安全眼镜 | 碰撞 | <ul style="list-style-type: none"> 防碰撞镜片（必须有视力校正） 侧面有护罩 |
| 面罩 | 碰撞和喷溅 | <ul style="list-style-type: none"> 罩住整个面部 发生意外时易于取下 |
| 防毒面具 | 吸入气溶胶 | <ul style="list-style-type: none"> 在设计上包括一次性使用的、整个面部或一半面部空气净化的、整个面部或加罩的动力空气净化（powered air purifying, PAPR）的以及供气的防毒面具 |

| 装备 | 避免的危害 | 安全性特征 |
|----|---------------|--|
| 手套 | 直接接触微生物 划破 | <ul style="list-style-type: none">• 得到微生物学认可的一次性乳胶、乙烯树脂或聚腈类材料• 保护手• 网孔结构 |

(节选自WHO生物安全手册)