

P1、P2、P3、P4 实验室四兄弟|如何区分？

新型冠状病毒的快速传播将病毒又一次带入人们的视线，不光医务和救援工作者在前线全力救治，科研人员也在紧锣密鼓地进行病毒研究以及药物实验。

那你可能想知道，进行病毒实验的实验室是什么样子？与学校里的生物实验室、医院里的检测实验室有什么不同呢？接下来，让我们一起认识一下生物安全实验室。

什么是生物安全实验室？

实验室是进行科研工作的必需场所，根据危险度等级，包括传染病原的传染性和危害性，国际上将生物实验室按照生物安全水平（Biosafety level，BSL）分为 **P1（Protection level 1）**，**P2**，**P3** 和 **P4** 四个等级。

P1-P4 实验室可以承担的工作也根据安全等级进行划分，其严格等级从低到高。

P1 实验室：基础实验室，适合对人体、动植物或环境**危害较低**，不具有对健康成人，动植物致病的因子。

P2 实验室：基础实验室，适用于对人体、动植物或环境具有**中等危害或具有潜在危险的致病因子**，对健康成人、动物和环境不会造成严重危害，有有效的预防和治疗措施。

P3 实验室：防护实验室，适用于处理对人体、动植物或环境**具有高度危害性**，通过直接接触或气溶胶使人传染上严重甚至是致命的疾病，或对动植物和环境具有高度危害的致病因子，**通常有预防和治疗措施**。

P4 实验室：最高级别防护实验室，适用于对人体、动植物或环境**具有高度危害性**，通过气溶胶途径传播或传播途径不明，或未知的、高度危险的致病因子。**没有预防和治疗措施**。比如埃博拉病毒。

生物安全实验室的建设需要遵照已发布的《生物安全实验室建筑技术规范》。根据规范，P2实验室宜实施一级屏障和二级屏障，而P3和P4实验室需要设置一级屏障和二级屏障。一级屏障保障了实验操作者与被操作对象之间的隔离，包括生物安全柜和正压防护服等；二级屏障则是保障了生物安全实验室与外部环境的隔离，其中就包括换气系统，因此，一级屏障和二级屏障分别是实验人员和外界环境的保护伞。建筑技术规范中也详细制定了P3和P4等级实验室的主要房间，包括主实验室，主实验室缓冲间，隔离走廊，防护服更换间，准备间，淋浴区等的技术指标。超高的清洁级别，恒定范围的温度、湿度以及压差都是实验安全的保证。

生物安全主实验室二级屏障的主要技术指标

级别	相对于大气的最小负压	与室外方向上相邻相通房间的最小负压差 (Pa)	洁净度级别	最小换气次数 (次/h)	温度 (°C)	相对湿度 (%)	噪声 [dB(A)]	平均照度 (lx)	围护结构严密性 (包括主实验室及相邻缓冲间)
BSL-1/ABSL-1	—	—	—	可开窗	18~28	≤70	≤60	200	—
BSL-2/ABSL-2中的a类和b1类	—	—	—	可开窗	18~27	30~70	≤60	300	—
ABSL-2中的b2类	-30	-10	8	12	18~27	30~70	≤60	300	—
BSL-3中的a类	-30	-10	7或8	15或12	18~25	30~70	≤60	300	所有缝隙应无可见泄漏 房间相对负压值维持在-250Pa时，房间内每小时泄漏的空气量不应超过受测房间净容积的10% 房间相对负压值达到-500Pa，经20min自然衰减后，其相对负压值不应高于-250Pa
BSL-3中的b1类	-40	-15							
ABSL-3中的a类和b1类	-60	-15							
ABSL-3中的b2类	-80	-25							
BSL-4	-60	-25							
ABSL-4	-100	-25							

注：1 三级和四级动物生物安全实验室的解剖间应比主实验室低10Pa。

2 本表中的噪声不包括生物安全柜、动物隔离设备等的噪声，当包括生物安全柜、动物隔离设备的噪声时，最大不应超过68dB(A)。

3 动物生物安全实验室内的参数尚应符合现行国家标准《实验动物设施建筑技术规范》GB 50447的有关规定。

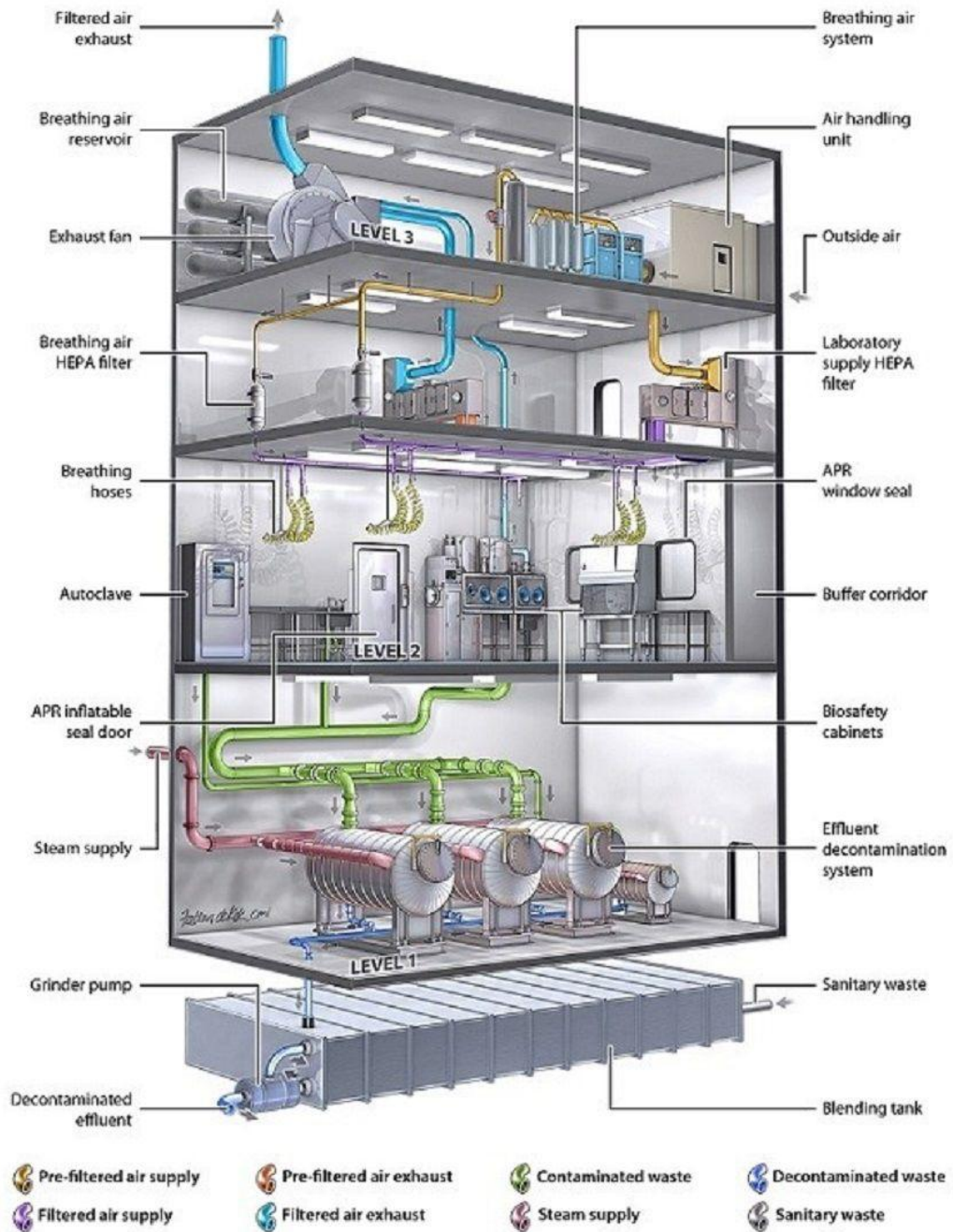
生物安全实验室二级屏障的主要技术指标

来源: 生物安全实验室建筑技术规范 GB 50346-2011

你可能会好奇，最高级别的P4实验室具体是怎样的呢？

P4实验室作为最高级别的生物安全实验室，是应对高危险性、且无法预防 and 治疗的烈性病毒的利器。P4实验室**一般为**一栋独立的建筑物，如与其他级别生物实验室共用建筑物，也需要在建筑物中占据独立的隔离区域，并与附近的其他建筑物完全隔离。在常见的四

层结构中，一层为污水处理与保障设备，二层为核心实验区，三层为排风管道过滤层，
 四层为空调设备与送排风管道。



P4 实验室的基本特征

来源：National Institutes of Health, part of the United States Department of Health and Human Services

生物安全实验室中的人员保护

进入普通实验室时，实验人员仅需实验服，手套和面部防护等装备。而高等级实验中有潜在的危险致病因子，研究人员要怎样保护自身呢？

我们前面提到了，一级屏障保障了实验人员与潜在毒菌的隔离。**在进入高等级实验室前，人员需要经过多道程序，包括外更衣间，淋浴间，内更衣间，缓冲间等，从外面进到实验室内部可能需要 20-30 分钟。**因此，实验室工作人员在上岗前都需要接受严格的培训，上岗后必须确保遵守使用流程。为了使科研人员与潜在的病原隔离，进入实验室需要穿着**独立供氧的正压防护服**。在防护服中，实验人员所呼吸的空气来源于独立的空气系统，并且在实验室中活动需要更换呼吸管，这也是为什么实验室中会吊着很多螺旋状管子。

对于 P2 级别及以上的实验室，按照规定须配备有生物安全柜 (Biosafety cabinet ,BSC)，操作有危险的病原都需要在柜内完成。生物安全柜是一种负压式装备，根据循环风和排风比例也分为不同的级别，其通过将柜内空气不断抽出，以保证柜内的负压，来防止实验操作中产生的气溶胶向外扩散。实验完成后，人员在离开实验室时，要进行化学淋浴消毒，消灭一切可能沾染到的病毒，最终才能层层脱掉防护装置。

关病原的盒子

科学家们可能会在实验室中研究危险的致病因子，而实验室是如何确保了实验室内部的病原不向外扩散的呢？

首先，所有生物实验都要按照国家规定的微生物安全等级在相应安全等级的实验室中进行（详细参考《人间传染的病原微生物名录》<http://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/201304/64601962954745c1929e814462d0746c.shtml>）。普通实验室接触不到也不具有致病性病毒的实验权限，但需要在操作中遵循微生物学操作技术规范（GMT），并且与非致病性病毒接触的器械和耗材需要经过酒精或高压消毒，废弃物放入专用的医疗废物垃圾袋，以保证生物安全。

各级生物安全实验室的**二级屏障保障了致病因子无法出逃**。实验人员在从缓冲间进出实验室内部需要经过层层关卡。对于 P3 和 P4 实验室来说，进入方向的每一道门气压都会逐渐降低，即**定向负压系统**，同时设有**多道安装连锁装置的门**，保证无法同时打开两道门，以防止空气流通。实验室内部的**空气必须经由高效过滤器过滤后才可向外排放**；实验产生的固体废弃物，必须经过彻底的灭菌消毒，才可以进行无害化焚烧处理；实验室产生的污水也经由污水处理系统进行了完善的处理；至于实验人员穿着的防护服则更加不会被放过，严格的化学淋浴消毒可以消灭一切沾染到的病原。**总之，没有经过处理的气体，固体和液体是不会离开实验室的。**

那你可能想问，如果断电了怎么办？排风系统出故障了怎么办？不用担心！高等级的生物安全实验室都遵照了其建设标准，设置了**备用电源和备用排风机**，不间断地保障实验

室内的负压环境，维护实验室安全。也就是说，生物安全实验室就像一个盒子，用各种手段把病原“关”在里面。