

附录 A：实验室设计指南

附录 A: 实验室设计指南

1.0 实验室通用设计

1.01 建筑工程

- (a) 常规实验室地板完成面至吊顶天花完成面高度至少保持2800mm以上;
- (b) 除非另有规定, 否则应使用成品吊顶天花, 天花板要求光滑、不易碎、不透水且可清洗。
- (c) 建议使用质量优秀的吊顶天花品牌 (以最终确定的样板为准) ;
- (d) 建议在生命科学、化学等潮湿实验室环境中, 使用可清洁且低颗粒污染的成品天花板, 以确保更好的清洁度。
- (e) 岩棉材质吊顶天花, 具有吸音效果好, 抗下垂变形、防腐防霉等良好性能, 可在物理、机械和航空航天工程等干燥实验室环境中使用;
- (f) 墙面应涂刷乳胶漆或聚氨酯涂料。油漆应易于清洁、表面光滑、不渗水, 且能抵抗实验室中使用的化学品;
- (g) 地板应采用乙烯基地板。乙烯基地板应易于清洁、表面光滑、不渗水、能抵抗实验室中使用的化学品, 满足实验室操作性质及操作人员舒适性与防滑性要求;
- (h) 实验室门应设置有自动关闭功能, 并配有玻璃观察板, 用于观察实验室情况;
- (i) 在允许情况下, 实验室门应朝向出口通道开启, 并应凹位设置以确保通道净宽满足要求。

1.02 实验室空间和尺寸

- (a) 走道和走廊宽度及逃生距离应符合当地建筑的消防安全和疏散规定;
- (b) 火灾逃生距离应符合当地建筑的消防安全和疏散规定;
- (c) 如工作台或设备处一侧有操作人员, 且不需预留其他人通过的空间时, 则过道最小距离1000mm;
- (d) 如工作台或设备处一侧有操作人员, 且需预留其他人通过的空间时, 则过道最小距离1000mm;
- (e) 工作台、家具或设备之间, 若无设置操作空间, 则通道最小距离为900mm(允许一人通过);
- (f) 如两侧操作人员背靠背操作时, 不需预留第三人通过的空间, 则通道要求最小距离为 1400mm;
- (g) 如两侧操作人员背靠背操作时, 需预留第三人通过的空间, 则通道要求最小距离为 1500mm。

1.03 室内压力和温度

- (a) 对于湿式实验室 (LVDL2, BSL2) 或带有通风柜的实验室, 应保持与公共走廊和非实验室区域的房间形成负压, 以防止污染物向外流动, 建议区域负压最小为 -5 Pa ;
- (b) 干燥实验室, 如电子与化学工程 (ECE) 和机械与航空航天工程 (Mae) 实验室, 不需要室内外形成压差状态。
- (c) 相邻区域的正压状态可确保区域内清洁度。对于正压实验室, 建议使用前室或气阀作为气流缓冲器, 以保证密封性和清洁度;
- (d) 在室内操作时, 室温应保持在21-24℃, 无人操作时不应超过26℃, 除非另有规定;;

- (e) 如无特别规定, 建议室内湿度保持在70%以下。

1.04 振动标准

- (a) 可安装光学工作台, 减少振动对振动敏感设备的影响;
- (b) 建议将振动敏感设备设置在较低的位置, 以减少建筑物产生的振动对其造成的影响。

1.05 通风换气

- (a) 新风换气次数的最低要求应符合ASHRAE标准62.1-2013或同等国内规范标准(可接受室内空气质量的通风), 除非另有说明;
- (b) 空气交换率(即室外空气取代室内空气的速率), 无人占用时, 换气次数最低要求为2次/小时, 有人占用时, 换气次数最低要求为4次/小时。
- (c) 应考虑家具和设备的占用情况, 建议占用率以40%计算(0.6 X 净容积)。
- (d) 实验室通风设计等级(LVDL)宜作为参考(但不是必须), 需要注意的是, 空气交换率并非机罩性能和个人防护的关键因素, 而是减少气味的关键因素。

LVDL-0:有人和无人使用的情况下, 最小换气次数均应遵循ASHRAE标准62.1-2013或同等国内规范标准。

LVDL-1:有人和无人使用的情况下, 最小换气次数均应遵循ASHRAE标准62.1-2013或同等国内规范标准。

LVDL-2: 根据充分的危险评估信息, 有人使用时, 最小换气次数应为 4-6 次换气; 无人使用时, 最小换气次数应遵循 ASHRAE 标准 62.1-2013同等国内规范标准。

LVDL-3: 根据充分的危险评估信息, 有人使用时, 最小换气次数应为 6-8 或更多换气次数; 如果通风的有效性验证表明有满足稀释和污染物的去除要求, 则无人使用时, 最小换气次数应为 4 次换气或可更低。

LVDL-4: 根据充分的危险评估信息, 有人使用时, 最小换气次数应为 8-10 或更多换气次数; 无人使用时, 最小换气次数应与 LVDL-3 相同

- (e) 经要求和审查, 如需可提供全天候通风和空调;
- (f) 当在某一区域(实验台与实验台之间区域)未检测到有人员使用时, 将调整该区域的变风量箱, 以使风门位置将气流速率降至最小值约 60L/s。一旦检测到有人员使用, 风门将恢复到100%开启。

1.06 照明

- (a) 应安装色温为 3500-4000K的 LED灯, 在距地面完成面以上 900mm 处, 工作台照明未开启时, 能达到 500LX的照明要求。在工作台照明开启情况下, 房间照明满足300LX的照明标准;

- (b) 建议使用色温为 4000K 的 T8 LED 发光管;
- (c) 应采用“之”字分布, 以提高采光效果, 并且便于家具安装;
- (d) 应提供开/断开关、调光开关和占用传感器, 照明控制应通过控制亮灯时间或控制功率消耗或两者综合, 以达到节约能源。
- (e) 宜优先考虑分区控制 (实验台与实验台之间区域);
- (f) 除房间照明外, 可安装工作照明和占用传感器, 关灯延时设为 20 分钟 (默认);
- (g) 如果某个区域无人占用, 区域照明将可以分 3 个阶段调暗, 从 80%到 30%再到 0% (关闭)。一旦检测到有人占用, 照明应恢复 80%的照明标准;
- (h) 照明占用传感器, 可由旁路开关进行覆盖, 即实验室用户可通过控制覆盖传感器, 以便在维护工作期间调光系统出现故障的情况下手动打开/关闭灯光。

1.07 工作照明

- (a) 工作照明 (工作台) 应通过占用传感器 (直流连接) 或由用户手动控制, 色温在 4000K 左右;
- (b) 当工作照明以 100%开启时, 与室内照明结合, 在离地面高度900mm 处, 实际照度应超过 500lx;
- (c) 关闭工作照明的时间延迟应为 18 至 360 秒 (可调);

1.08 电源

- (a) 电源插座和数据插座不应靠近水源和可燃气体阀门;
- (b) 所有插座应安装过流保护装置;
- (c) 如果设施或设备需要不间断供电, 则应考虑应急电源和 UPS 电源供电;
- (d) 根据要求和评估, 可提供单独或隔离接地;
- (e) 关于海岸海洋实验室等潮湿实验室环境, 应设置防水插座;
- (f) 应详细规划高压或电流电缆路线, 以减少其对透射电子显微镜 (TEM) 等敏感设备造成影响。

1.09 安全

- (a) 应安装门禁系统, 以拒绝未经授权的访问;
- (b) 应安装BMS 以对实验室的环境和服务进行监控。

2.0 实验室安全

2.01 紧急安全淋浴和洗眼器

- (a) 紧急安全淋浴和洗眼器应符合 ANSI Z358.1-2014 或 BSEN15154或国内同等规范标准的要求;

- (b) 除计算机实验室的房间区域外, 应安装紧急安全淋浴和洗眼器;
- (c) 紧急安全洗眼液可用于使用轻度化学品的实验室, 如生命科学 (LIFS) 和海洋科学 (OCES) 实验室;
- (d) 紧急安全淋浴器和洗眼器应位于显眼的位置, 清晰可见, 光线充足, 无任何障碍物;
- (e) 紧急淋浴器应位于同一区域平面 10 秒内可到达的区域范围 (约 16 米);
- (f) 紧急淋浴应采用要求的喷射模式, 每分钟至少提供 76 升饮用水, 最长可达 15 分钟;
- (g) 洗眼器应每分钟输送 11.4 升饮用水, 持续 15 分钟;
- (h) 实验室出口附近应配备灭火器、消防沙桶和灭火毯;
- (i) 对于干燥的实验室, 如电子与化学工程 (ECE) 和机械与航空航天工程 (Mae) 实验室, 可单独配备灭火器;
- (j) 当存在有窒息风险时, 应安装氧气传感器和警报器;

2.02 紧急通风 (EV)

LVDL-2 级及以上实验室或有通风柜的实验室必须设置紧急通风 (EV) 模式:

- (1) 在紧急通风模式期间, 每台机组应提供大约 10 次换气/小时;
- (2) 在 EV 模式下, 空气处理机组 (AHU) 应以 100%新风运行, 无二次回风;
- (3) 风扇将全速运转 (即阀门100%开启);
- (4) 顶部风扇保持运转以确保抽风静压箱的风压不变;
- (5) 实验室根据AHU划分为不同的区域, EV 模式会影响同一 AHU 下的实验室;
- (6) 如果一个以上的AHU服务于同个实验室, 则所有相关区域都将受到影响;
- (7) EV 模式启动后应发出蜂鸣声, 提醒室内人员疏散, 它安装在 EV 按钮的正上方;
- (8) 同一区域内的蜂鸣器也会被触发;
- (9) 带有 EV 按钮的房间门上方安装有琥珀色灯, 提醒人员疏散或防止人员进入房间;
- (10) 当在房间中激活 EV 模式时, 只有受影响房间的琥珀色指示灯将闪烁。同一区域内的其他琥珀灯不会被触发;
- (11) 在公共走廊启动 EV 模式时, 同一区域的所有琥珀灯都会被触发;
- (12) 警报器通常安装在公共走廊上, 以提醒人们。
- (13) 当激活 EV 模式时, 同一区域内的所有警报器都会被触发;
- (14) 通风柜的窗扇和控制阀将完全打开以帮助通风 (新装通风柜)。

3.0 常规设备

3.01 中心实验室设施

经要求和评估, 应提供以下中心实验室设施:

- 设备的冷却水
- BBQ 局部排气系统
- 去离子水 (DI)、压缩空气 (CA) 和氮气 (N₂)

3.02 生物安全柜 (BSC)

- (a) 湿式实验室可根据要求与评估提供生物安全柜;
- (b) 生物安全柜应符合 NSF/ANSI49 或国内同等规范标准 (如可参考 GB50346-2011), 具体以最终确认的样板为准;
- (c) 根据世界卫生组织 (WHO) 发布的《实验室生物安全手册》(第三版), 生物安全柜按其防护特性可分为 I 类、II 类和 III 类:
 - (i) I 类 (操作人员受保护, 样品不受保护):
室内空气通过前窗吸入, 经过工作表面, 然后通过 HEPA 过滤器排入实验室。对于 I 类 BSC, 不允许使用挥发性化学品。
 - (ii) II 类 (操作人员和样品皆受保护):
通过平衡流入和向下流动的空气 (层流), 仅允许来自 HEPA 过滤供应的空气在工作表面上流动。根据空气二次回风和排风 (排气返回实验室或建筑物外) 的百分比, II 类 BSC 可进一步分为 A1、A2、B1 和 B2。在一些 II 类 BSC 中, 可允许有限地使用少挥发性化学品。
 - (iii) III 级 (气密性):
所有贯穿件均采用气密封, 进入工作表面时, 应设置重型橡胶套。送风经过 HEPA 过滤, 排风通过两个 HEPA 过滤器。机柜内部通过机柜外部的专用排气系统处于负压状态。

3.03 通风柜

- (a) 湿式实验室应根据要求和评估设置通风柜;
- (b) 通风柜应符合 DIN EN-14175 或 ASHRAE-110 或国内同等规范标准, 具体以最终确认的样板为准;
- (c) 通风橱不应安装在通风口附近;
- (d) 通风柜可根据表面流速分为正常流量、低流量和超低流量:
 - (i) 正常流量: 0.45 m/s 迎面流速;
 - (ii) 低流量: 0.3 m/s 迎面流速;
 - (iii) 超低流速: 0.2 m/s 迎面流速。
- (e) 使用低流量或超低流量变风量通风柜, 通风柜应独立或配备流量控制系统以控制流量。定风量通风柜应安装文丘里阀或风阀以控制流量。安装在吊顶上方的文丘里阀或风阀, 应能利用通用梯子平台进行检修和维护;
- (f) 所有通风柜均应配备自动窗扇功能, 以实现节能;;
- (g) 所有新安装通风柜均应配备可垂直开启和水平开启的组合窗扇。垂直和水平窗框位置都应能够与 VAV 系统连接, 以控制流量。

4.0 生物安全 1 级 (BSL-1) 和 2 级 (BSL-2) 实验室设计

4.01 BSL-1 的一般要求

(根据《实验室生物安全手册》第三版)

- (a) 国际生物危害警告符号和标志应设置在处理风险组 2 或更高风险组微生物的房门上;
- (b) 应为实验室工作的安全使用及清洁和维护提供充足的操作空间;
- (c) 台面应防水, 耐消毒剂、酸、碱、有机溶剂和耐高温;
- (d) 实验室家具应坚固。工作台、机柜和设备之间和下方的开放空间应便于清洁;
- (e) 存储空间应足以容纳使用的用品, 以防止工作台和过道上出现混乱, 还应在实验室工作区外, 提供额外的长期储存空间;
- (f) 应为安全处理和储存溶剂、放射性材料及压缩和液化气体提供空间和设施;
- (g) 应在实验室工作区外, 提供存放外衣和个人物品的设施;
- (h) 每个实验室应提供洗手盆, 宜靠近出口;
- (i) 备用发电机或不间断电源 (UPS) 用于支持必要的设备, 如恒温箱、生物安全柜、冷冻箱等, 以及用于动物笼子的通风。

4.02 BSL-1 的通风建议

(根据 ASHRAE, 2011 年手册-HVAC 应用, 实验室) 或同等国内规范标准 (如可参考GB50346-2011)

BSL-1 不需要特定的 HVAC 需求。

4.03 BSL-2 的一般要求

(根据《实验室生物安全手册》第三版)

- (a) 在 BSL 1 的基础上, 应在实验室附近适当位置提供高压灭菌器或其他去污装置;
- (b) 在 BSL 1 的基础上, 应为可能产生气溶胶的工作程序安装生物安全柜;
- (c) 在 BSL 1 的基础上, 应为潜在的废弃污染物提供分离的废物流。

4.04 BSL-2 的通风建议

据 ASHRAE, 2011 年手册-HVAC 应用, 实验室) 或同等国内规范标准 (如可参考GB50346-2011)

BSL 2 不需要特定的 HVAC 要求。但是, 建议采用以下标准:

- (a) 100%采用新风系统;
- (b) 应提供每小时 6 至 15 次换气;
- (c) 应提供进入实验室的定向气流;
- (d) 需要对房间内的研究设备产生的热负荷进行评估。