# SPF 屏障环境 3D 教学模型使用说明书

Facility3D v1.4 —— 依据山东第一医科大学动物实验平台 2 层布局图重建的三维交互模型：含 3 个正压屏障饲养单元、7 条走廊，完整四流分离，支持逐间进入房间内景、按人流链走完更衣洗消与退出屏障全流程，可切到"全楼模式"分层查看 1F/3F/4F，并可在"综合设计台"自己设计一个屏障单元、走进去验证、再与真实图纸单元逐间对照 · 山东第一医科大学动物实验平台

适用对象：实验动物学 / 实验动物环境与设施 / 生物安全教学　　规模：3485 m² · 99 个房间 · 7 条洁污走廊　　版本：v1.4

编制：于杨课题组

## 1. 这个页面能做什么

本页把一张二维的建筑平面图变成可以旋转、剖切、分层观察的三维模型，用来讲清实验动物设施里最难用平面图讲明白的两件事：**空间秩序**与**流线秩序**。具体可以：

- 三维查看 2 层全部 **99 个房间**与 **7 条走廊**的位置关系，点击任意房间即读出名称、面积、所属单元、压力制度与门开向；
- 一键切换**正压 SPF 屏障**与**负压生物安全**两种运行模式，观察气流方向反向、HEPA 位置改变、压力梯度整体翻转；
- 分别开关**气流**、**人流**、**洁物流**、**动物流**、**污物流**五组流线动画，逐条追踪其路径与起讫点；
- 按需隐藏墙体、门、风管、笼架等建筑构件，只保留想讲的部分；
- 使用**剖切北半**移除近侧墙体看清内部走廊，或用**设备层抬升**把三个饲养单元上下分离拆解观察；
- 双击任意房间**进入房间内景**，画面只留这一间：饲养室可见 **IVC 独立通气笼架**、双门互锁传递窗与压差计，洁存室可见层板货架，右上并给出该房型的环境与笼具指标；
- 切到**第一视角**，以人的眼高沿人流链从入口走到洁净走廊：换鞋 → 一更 → 二更 → 缓冲间 → 洁净走廊，十个步骤、三十四个动作须在正确房间里按序完成，走错房间、跳做动作、越级去后面步骤都会当场提示错误原因与补救办法。
- 打开**综合设计台**自己出一份方案：按任务书排房间、连门、定流线，实时跑八条判据打分并列出冲突清单；改完把自己设计的平面落成三维，沿人员进入链第一人称走一遍，走错当场记违规；最后与真实图纸里切出的一个屏障单元逐间对照，看清缺了什么、多了什么。
- 投影展示时按 `H` 收起右侧面板、按 `F` 一键清屏，画面只剩模型本身。

## 2. 界面布局

### 顶栏（自左至右）

**标题区**：页面名称与规模说明

**模式切换**：正压 SPF 屏障 / 负压 生物安全

**视角预设**：等轴全景、正俯视、兔豚鼠区、大小鼠区 II、大小鼠区 I、更衣流线

**功能按钮**：设计台、第一视角、使用说明、暗色、截图、清屏

### 左侧「显示图层」面板

**流线**：气流、人流、洁物流、动物流、污物流（各自独立开关）

**建筑构件**：墙体、房间底色、门 / 传递窗、风管 / 风口、笼架 / 动物

**视图**：文字标签、压力梯度、剖切北半、设备层抬升

**参数**：速度、粒子、透明三个滑块

### 右侧信息面板（三个页签）

**选中信息**：显示点选房间的详情

**图例**：流线色标、区域色标、走廊类型、压力制度（四组均可折叠）

**教学要点**：正压 / 负压对比、ABSL 分级、四流分离实现方式、HVAC 参数、法规依据

页签栏右端 `›` 可整块收起面板

画面下方另有三处常驻信息：左下角为当前制度说明与操作提示，右下角为**本页二维码**胶囊（可扫码在手机上打开同一页面），最底一条为页脚声明与备案信息。

## 3. 快速上手（建议按此顺序）

1. 页面打开后先出现引导弹窗，点**开始探索**逐条浏览要点，或点**直接进入**跳过。任何时候可点顶栏 `使用说明` 重新唤出。
2. 默认停在**等轴全景**。先用鼠标左键拖动旋转、滚轮缩放，对整体体量建立印象。
3. 点顶栏 `正俯视`（或按 `2`）切到垂直视角，此时画面接近原始平面图，便于与图纸逐间对照。
4. 点左侧任一房间，右侧「选中信息」页签会给出该房间的名称、面积、单元归属、压力值与门开向。
5. 想看笼具细节时，**双击**该房间进入内景——小鼠实验室里能看到 IVC 独立通气笼架与双门互锁传递窗，洁存室能看到层板货架；按 `Esc` 或点右上角「返回设施总览」退出。
6. 想走一遍真实的人流路线，点顶栏 `第一视角`（或按 `G`）：镜头降到人的眼高，在左栏选实验区与性别后，点房间即自动沿走廊走过去，按顺序点动作完成换鞋 → 一更 → 二更 → 缓冲间 → 洁净走廊；按 `Esc` 退出。
7. 依次点顶栏「兔豚鼠区 → 大小鼠区 II → 大小鼠区 I」，分别进入三个饲养单元，理解"每个单元被一条洁净走廊与一条污物走廊夹持、单元之间不共用走廊"这一核心布局。
8. 回到全景，在左侧流线区只留**洁物流**一条，跟随绿色动画看物品从外墙入口一路走到洁净走廊；再只留**污物流**，对照两者永不交叉。
9. 点顶栏 `负压 生物安全`（或按 `M`），观察气流箭头反向、压力色标整体由暖色翻转为冷色。

10. 投影讲解时按 `H` 收起右侧面板，必要时按 `F` 清屏。

## 4. 控件速查

### 4.1 顶栏按钮

| 控件 | 作用 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 正压 SPF 屏障 / 负压 生物安全 | 切换运行模式 | 同时改变气流方向、HEPA 示意位置、房间压力值与压力色标 |
| 等轴全景 | 45° 轴测总览 | 默认视角，看整体布局 |
| 正俯视 | 垂直俯视 | 最接近原始平面图的视角，适合逐间对照 |
| 兔豚鼠区 | 推近至带 1 | 兔、豚鼠实验区（含其独立洁廊②与污廊①） |
| 大小鼠区 II | 推近至带 2 | SPF 级大小鼠实验区 II（547 m²，独立单元） |
| 大小鼠区 I | 推近至带 3 | SPF 级大小鼠实验区 I（1023 m²，含 5/6/7/8 系列） |
| 更衣流线 | 推近至西端更衣核心 | 一更 → 二更 → 缓冲间 → 洁净走廊的人流通道 |
| 设计台 | 进入综合设计型实验 | 左侧打开编辑面板：任务书 / 房间 / 门 / 流线 / 评估 / 对比六个页签，可编辑方案、实时评分、走查自己设计的设施（快捷键 `D`，详见第 9 节） |
| 第一视角 | 进入 / 退出人流链第一视角 | 眼高 1.62 m；可换实验区与性别；点房间自动行进，点场景设备或左栏列表完成动作；与入室模式互斥（快捷键 `G`） |
| 使用说明 | 唤出引导弹窗 | 内含九条要点，可随时重看 |
| 暗色 / 亮色 | 切换昼夜模式 | 三维场景与界面同步切换，选择会记忆，与课题组其他网页共用同一偏好 |
| 截图 | 导出当前画面 | 保存为 PNG，可直接贴入课件 |
| 清屏 | 隐藏全部界面元素 | 只留三维模型；再按一次或按 `Esc` 退出 |

### 4.2 左侧图层开关

| 分组 | 条目 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 流线 | 气流 | 蓝色，4 段路径，随正 / 负压模式反向 |
| | 人流 | 红色，人员经更衣核心进出 |
| | 洁物流 | 绿色，洁净物资自外墙物品入口进入 |
| | 动物流 | 紫色，动物经传递窗进入检疫区 |
| | 污物流 | 黄色，废弃物经污物走廊外运 |
| 建筑构件 | 墙体 | 全部隔墙与外墙 |
| | 房间底色 | 按区域着色的地面色块 |
| | 门 / 传递窗 | 房间门的开口位置，以及整层尺度的动物传递窗；进入房间内景后换成该间的双门互锁传递窗 |
| | 风管 / 风口 | 送风口与排风口示意 |
| | 笼架 / 动物 | 整层尺度的笼架体量示意；进入房间内景后换成该间的 IVC 笼架或货架 |
| 视图 | 文字标签 | 房间名悬浮标注，可整层关闭以减少画面干扰 |
| | 压力梯度 | 展开右下角压力色标，显示各压区数值 |
| | 剖切北半 | 移除近侧（北侧）墙体，露出内部走廊与房间门位置 |
| | 设备层抬升 | 把三个饲养单元上下分离，观察单元之间的独立性 |
| 参数 | 速度 | 流线动画推进速度 |
| | 粒子 | 流线粒子尺寸 |
| | 透明 | 墙体透明程度，调低更易看清内部 |

### 4.3 键盘快捷键

| 按键 | 作用 |
| --- | --- |
| 1 | 等轴全景 |
| 2 | 正俯视 |
| 3 | 兔豚鼠区 |
| 4 | 大小鼠区 II |
| 5 | 大小鼠区 I |
| 6 | 更衣流线 |
| 空格 | 暂停 / 继续流线动画 |
| L | 文字标签开 / 关 |
| P | 压力梯度色标开 / 关 |
| M | 正压 / 负压模式互切 |
| H | 收起 / 展开右侧面板 |
| F | 清屏（只留模型） |
| G | 进入 / 退出第一视角（更衣洗消流程） |
| D | 打开 / 关闭综合设计台 |
| W A S D · ↑ ↓ ← → · Shift | 仅在设计台操作态生效：前后左右移动 / 快走 |
| Esc | 在第一视角时先退出第一视角，在房间内景时退回设施总览；否则退出清屏，或展开已收起的面板 |

> 鼠标操作：左键拖动 = 旋转；滚轮 = 缩放；右键拖动或 Shift + 左键拖动 = 平移；单击房间 = 查看详情；双击房间 = 进入房间内景（双击走廊则为聚焦）。第一视角下另有一套操控：**W A S D / ↑ ↓ = 前后左右移动，← → = 原地转身，拖动 = 转头（俯仰 ± 60°），滚轮 = 调视场角，Shift = 慢走，E = 开关面前的门，单击门 = 开关，单击设备 = 完成该步动作**。

## 5. 第一视角 · 更衣洗消流程

前面的视角看的是“房子”，这一节看的是“人怎么走进去”。第一视角把镜头降到人的眼高（1.62 m），让你以工作人员的身份从非屏障区一路走到洁净走廊——换鞋、一更、二更、缓冲间吹淋、压差确认，每一步都要亲手做完才能往下走。它同时承担两件事：把更衣洗消的顺序变成可点选的动作，以及让“走错一步会通到哪条不该通的通道”当场可见。

### 5.1 怎么进、怎么出

| 动作 | 操作 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 进入 | 点顶栏 **「第一视角」** | 默认从 **兔豚鼠实验区 · 男** 开始，并先弹出**开场引导卡**（见 5.9） |
| | 按 `G` | 键盘快捷方式；在第一视角里再按一次即退出 |
| 换人 | 左栏顶部 **实验区** 下拉 | 兔豚鼠实验区 / SPF 级大小鼠实验区 II / SPF 级大小鼠实验区 I |
| | 左栏顶部 **性别** 下拉 | 男 / 女——男女更衣间是分开的两条独立链 |
| 退出 | 点左栏 **「← 退出」** 或按 `Esc` | 退出后回到等轴全景，模型与图层开关与进入前一致 |

> 第一视角与「入室模式」互斥：进第一视角会自动退出房间内景，反向亦然；点任一视角预设按钮同样会退出第一视角。全程不需要打断动画或重载页面。

### 5.2 三条链，行进方向并不一样

三个饲养单元各有一套独立的更衣核心，而且**行进方向不同**——这是本层平面最容易被忽略的细节：

| 饲养单元 | 更衣链方向 | 出更衣后进入 |
| --- | --- | --- |
| 兔、豚鼠实验区 | 自北向南（由污物走廊 ① 一侧进） | 洁净走廊 ② |
| SPF 级大小鼠实验区 II | 自南向北（由污物走廊 ③ 一侧进） | 洁净走廊 ③ |
| SPF 级大小鼠实验区 I | 自北向南（由污物走廊 ④ 一侧进） | 洁净走廊 ⑤ |

三个单元的串联顺序都固定为：**人员入口（换鞋）→ 一更 → 二更 → 缓冲间 → 洁净走廊**。区别只在于这一串房间在平面上是从北往南排还是从南往北排——所以“往北走一步”在不同单元里意味着完全不同的事，这正是本模式下最容易走错的地方。

### 5.3 十个步骤、三十四个动作（进入 5 步 + 退出 5 步）

每一步都绑定在固定房间里，动作必须按顺序逐个完成（全量模式）。漏做、跳做、在别的房间做，都会立刻报错。

**二更为什么先口罩网帽、再连体服？**头面部（口鼻、头发）是暴露面积最大、最容易被气溶胶污染的部位。先把它封住，再穿连体服，最后用手套压住袖口，整个过程没有任何一步需要再用手碰头面部；反过来先穿连体服，穿的过程中已清洁的头面部会再次暴露。一更末尾的“手部消毒”也是一个道理：进二更前把手先消一遍，才不会把一更的污染带进二更。（顺序依据：中科院分子细胞卓越创新中心 CEMCS-ACF-SOP-1-04-2023 §3.1.3 / §3.1.4。）

| 步骤 | 所在房间 | 动作（须按序完成） |
| --- | --- | --- |
| ① 人员入口 · 换鞋 | 人员入口 | 坐换鞋凳、脱室外鞋 → 换专用拖鞋 → 外套挂入更衣柜 |
| ② 一更 · 脱衣洗手 | 一更 | 脱去外衣放入更衣柜 → 洗手（七步洗手法，≥ 30 s） → 换洁净内衣 / 袜 → 摘除首饰与手表 → **进二更前：手部消毒（75% 乙醇喷雾，对搓至干）** |
| ③ 二更 · 穿无菌防护 | 二更 | **先戴口罩（压紧鼻夹）→ 戴一次性网帽（头发完全包住）→ 再穿无菌连体服（由下至上）→ 戴无菌手套并压住袖口**——顺序不可颠倒 |
| ④ 缓冲间 · 手消与吹淋 | 缓冲间 | 手消毒（揉搓至干） → 启动气流吹淋（≥ 15 s） → 检查穿戴气密、确认无外露皮肤 |
| ⑤ 进入洁净走廊 | 洁净走廊 | 确认压差读数正常（相邻区域 ≥ 10 Pa） → 确认缓冲间门已关闭 → 进入洁净走廊并记录时间 |
| **— 以下为退出屏障（逆向链，走完第⑤步继续）—** | | |
| ⑥ 退出 · 洁净走廊收尾 | 洁净走廊 | 结束观察、核对实验记录 → 废弃物分类封口（鹅颈结） → 手消毒 → 确认各室门已关闭 |
| ⑦ 退出 · 经缓冲间 | 缓冲间 | 经缓冲间退出，确认两侧门不同时开启 → 出缓冲间前再对手部消毒一次 |
| ⑧ 退出 · 二更 · 脱防护 | 二更 | 脱手套（内面向外） → 脱连体服（由上至下、内面朝里卷脱） → 脱网帽 → **最后脱口罩** → 分类投放 |
| ⑨ 退出 · 一更 · 穿回外衣 | 一更 | 穿回个人衣物 → 取回存放的首饰与手表 |
| ⑩ 退出 · 人员出口 / 污物走廊 | 人员出口 → 污物走廊 | 换回室外鞋 → 登记离场时间与去向 → 沿污物走廊向西离场 |

**退出链为什么是“反向”的？**退出走的是进入链的逆序：洁净走廊 → 缓冲间 → 二更（脱防护） → 一更（穿回外衣） → 人员出口 → 污物走廊。平台把这套逆序注册成**第二套合法流向**：进入阶段只能正向走、反向判“逆行”；退出阶段反过来，只能反向走、再往屏障内走才判“逆行”。**脱 PPE 不是穿戴的简单逆序**——手套最先脱（最脏），连体服内面朝里卷下来（外表面不碰身体），口罩最后脱（呼吸道防护留到最后）。（依据：WHO LBM4 2020 脱 PPE 顺序；GB 19489—2008 废弃物先分类消毒封口；GB 14925—2023 出口与入口分设。）

每步面板下方给出四类信息：**常见错误**（这一步最容易做错什么）、**怎么做**（动作要领）、**为什么**（机制解释），以及底部一条**依据**行（GB 14925—2023、GB 19489—2008、GB 50346—2011、WHO LBM4 2020）。目的是让每个动作都能追溯到条款，而不是“操作规程这么写的”。

#### 5.4 怎么走：自己走，走错门会被拦

第一视角是**自由行走**：像玩第一人称游戏一样自己操控，不再靠“带我走”自动跳转。这样“走错通道”才是一次真实的犯错，而不是点错按钮。

| 操作 | 按键 / 动作 |
| --- | --- |
| 前后左右移动 | W A S D（或 ↑ ↓） |
| 原地转身 | ← →；也可按住左键拖动转头 |
| 慢走（凑近看细节） | 按住 Shift |
| 抬头 / 低头 | 按住左键上下拖动（俯仰约 ± 60°） |
| 调视场角 | 滚轮（FOV 45°– 95°） |
| 开关面前的门 | E，或单击视线里的那扇门 |
| 刷卡 | 走到门禁刷卡柱前单击它 |

- **墙与关着的门都挡人**：只能从开着的门进出，不能穿墙、不能穿门——这就是“通过门进出”的意义；
- **门有方向**：人流单向链上逆向穿门会被判“逆行”，并把你退回原位（见 5.6）；
- **点房间仍是快捷方式**：单击任意房间（或左栏「带我去」）会沿走廊中心线自动行进到该房间；但路线上若有未刷卡的门禁门、或风淋未完成，**不会替你走**，而是先提示你该先做什么；
- **右下角有小地图**：房间色块 + 编号圆点（走过的绿、当前橙、未到的灰蓝）+ 橙色朝向三角 + 指北针，并高亮本步目标房间；不知道往哪走时看它。单击小地图 = 直接走到本步目标房间。

#### 5.5 动作怎么点：必须点场景里的设备

判断操作正误**只看你在画面里做了什么**，不看文字列表。因此：

- **点左栏动作文字＝在画面里高亮那个设备**（脉动光环 + 提示条告诉你“在画面里点它”），**不会**替你完成动作——这是为了让“只看文字就能刷完流程”失效；
- **真正的动作必须点三维场景里的设备**：换鞋凳、拖鞋架、更衣柜、洗手池、内衣柜、首饰托盘、手消液、洁净服柜、口罩 / 帽子 / 手套抽取盒、风淋环、整装镜、压差计、门框关闭标记、入口界线——点一下即完成**该设备对应的那个动作**——不是“点哪儿都算下一个待办”：动作没轮到时点它会立刻报“动作顺序不对”，因此“随便点也能过”是走不通的。设备上方有悬浮名称标签，点设备比在列表里找更快。

### 5.6 做错了会怎样

三类错误会立刻弹出橙色提示卡，卡片分三段：**错在哪**、**为什么错**、**怎么补救**。做对了（点对该做的动作）卡片自动撤掉，9 秒无操作也会自动收起。

| 错误类型 | 触发情形 | 提示重点 |
| --- | --- | --- |
| 走错房间 | 在 A 房间点了属于 B 房间的动作 | 每个动作都绑定固定房间——这就是人流单向路线的意义 |
| 动作顺序不对 | 跳过前一动作，直接点后面的动作 | 指出应先做哪一个，并给出该动作的要领 |
| 步骤错位（越级） | 直接走去后面步骤的房间，或点了后面步骤的设备 | 更衣洗消是单向流程，跳步等于把前面已建立的洁净状态作废 |
| 未刷卡 | 推人员入口 / 入口→一更的门禁门 | 先点门禁刷卡柱刷卡，再开门 |
| 风淋未完成 | 缓冲间的内门在风淋未吹完时就推 | 回缓冲间先手消、再启动气流吹淋，吹完内门才解锁 |
| 互锁冲突 | 缓冲间两扇门想同时开 | 气闸互锁：一扇开着，另一扇打不开——防止两个区域直接连通 |
| 逆行 | 沿人流链往回穿门 | 屏障区人流单向；逆行等于把已建立的洁净状态作废，退回原位重走 |

> **退出屏障时的到位判定放宽了。**退出链最后一步（换回室外鞋 → 离场登记 → 沿污物走廊离场）只要站在「人员出口」**或**「污物走廊 ①」上都算到位，小地图会把这两个房间同时标绿——不必再在门口来回蹭。

> 错误不再“锁死”：出错后按提示退回重做即可，不需要重新开始。违规次数会累计显示在左栏计时条（“错误 N”），并在完成卡里给出评价：全程零违规，说明人流单向路线与压力隔断都守住了。

### 5.7 门牌：每扇门都标了通往哪里

屏障里的房间常常有好几扇门，“知道下一步要去哪”不等于“知道该开哪扇门”。所以每扇门正上方都挂了一块门牌，写着**对面那间房的名称**。站在哪间房里，就只显示这间房的门牌——一眼看得出这扇门通向哪里。

- **橙色高亮「走这扇 →」**：本步该走的那扇门会被高亮。它由寻路算法算出（从你当前所在房间去本步房间要穿过的第一扇门），不是写死的。
- **已经在正确的房间**时不会高亮任何门——不乱指路。
- 站在长走廊里时，只显示 10 m 以内的门牌，否则沿墙一整排会互相挤掉。
- 门牌属于“环境标识”（现实中的房间也有门牌），因此它**不是提示**，在考试模式下依然保留；高亮才是提示，考试模式会关掉。

### 5.8 场景解释卡：进屋先讲清“这是什么地方”

走进**人员入口 / 一更 / 二更 / 缓冲间（风淋）/ 洁净走廊 / 污物走廊 / 人员出口**时，左下角会弹出一张解释卡，回答“这个房间干什么、为什么非过不可”，并给出 3～5 条要点与标准依据。它与左栏“教学要点”分工不同：**教学要点讲“这一步动作为什么要这么做”，解释卡讲“这个房间在屏障体系里干什么”**。

- 点「知道了 ×」只是收起卡片，**不阻断操作**；
- 同一条流程里，同一个房间只讲一次，不会反复弹；
- 练习模式下才出现；考试模式不解释（学生要自己说得出来）。

### 5.9 开场引导：进门先讲清三件事

点进第一视角，屏幕上会先落下一张**开场引导卡**，逐屏回答“你在哪里 / 你要干什么 / 为什么非得是这个顺序”，然后才真正开始。它是给第一次上手的学生的“入门前 30 秒”，避免一进去就在陌生的更衣连锁里乱转。

| 屏 | 内容 |
| --- | --- |
| **1 · 你在哪里** | 这里是 2 层 SPF 屏障环境；屏障不是“一间干净的屋子”，而是靠**正压把污染顶在门外**的系统。你从人员入口进，沿人流链一路向内。 |
| **2 · 你要干什么** | 五个步骤依次要做什么（换鞋、一更脱外衣、二更戴口罩网帽再穿连体服、缓冲间风淋、进洁净走廊），并明确**动作必须点场景里的那个构件**才算完成。 |
| **3 · 为什么这么做** | 四条流线在空间上分开、方向上不可逆；为什么先口罩网帽后连体服、为什么风淋不能省、为什么出屏障必须走污物走廊。 |
| **4 · 怎么练** | 选择**练习模式**或**考试模式**（见 5.10）。 |

> **引导期间流程是冻结的**：计时不走、点场景里的构件也不会触发动作，不会把读卡的时间算进成绩。右上角「跳过引导 →」相当于直接按练习模式开始。

### 5.10 练习模式与考试模式

两种模式跑的是**同一套流程、同一套评分**，区别只在“给不给你提示”。模式在引导卡最后一屏选定；想换模式，退出第一视角再进即可（每次进入都会重新选）。

| 元素 | 练习模式 | 考试模式 |
| --- | --- | --- |
| 步骤标题、动作名单 | ✓ | ✓（不给就没法操作） |
| 「下一步：走到××」 | ✓ | × |
| 「带我走」按钮 | ✓ | ×（路线自己认） |
| 动作小字提示 / 教学讲解 / 常见错误 / 本步依据 | ✓ | × |
| 场景解释卡 | ✓ | × |
| 门牌（环境标识，“这扇门通向哪里”） | ✓ | ✓（门牌不是提示） |
| 门牌橙色高亮「走这扇 →」 | ✓ | × |
| 计时与违规计数、进度点 | ✓ | ✓ |
| 违规次数上限 | 不限制 | **3 次**，满额当场结束 |

- **考试模式下出错仍会告诉你“错在哪”**（否则学生只知道被扣分、不知道扣在哪），但不再给“怎么补救”那一行——补救办法要自己想。
- 违规满 3 次时流程立即终止，总结卡标题变为**「考试结束 · 未通过」**，下方仍附完整违规清单，可直接用于讲评。
- 限次阀值目前写定为 3 次（页面里由一个变量控制），如需调成 2 次或 5 次，改一个数字即可。

**5.11 卡住了怎么办：点「提示一下」**

练习模式下，动作区下方有一个**「提示一下 · 该点哪儿？」**按钮。它不会替你把动作做掉，只回答“现在该干什么”：

- **人还没走到该去的房间** → 只说该去哪里（例如「请先前往 男一更」），不给构件高亮；
- **人已经在本步房间** → 给当前该点的那个构件套上**橙色线框盒 + 锥形指示 + 地面光环**，呼吸闪烁约 6 秒后自动收起，不挡后续操作。

> 考试模式下这个按钮不出现（提示本身就是考试要考的东西）。如需在讲评时演示，切回练习模式即可。

**5.12 整装镜：看见“穿戴好的自己”**

走到缓冲间做镜前检查时，**整装镜里会真的映出一个穿戴好的人形**，而不是只有一面空镜子。人形立在与镜面同向的位置，学生从中庭望过去看到的就是“镜中的自己”，便于对照自查。

| 动作进度 | 镜中人形 |
| --- | --- |
| 未穿戴 | 露出发丝的便装人形 |
| 完成口罩 | 戴上面罩 |
| 完成网帽 | 网帽把头发整个包住（不再是「头发 + 网帽」同时出现） |
| 完成连体服 | 便装躯干换成无菌连体服，出现兜帽与前襟缝线 |
| 完成手套 | 手套出现 |

可以边做边回头看镜中人形"裹住了没有"，尤其适合讲「为什么先口罩网帽、后穿连体服」——顺序颠倒时镜中会先出现一件已经穿好的连体服，视觉上就是错的。

> 人形站在镜前，会挡住鼠标准心，所以它不参与点选；镜面本身照常可点。这一条是为了"能看见自己"，不是故意挡操作。

**5.13 操作回放：把整趟路重新走一遍**

完成全部十个步骤后，完成卡上会多一个**「看操作回放」**按钮。点开是一张放大的平面图，把刚才那一趟完整重绘出来：

- **橙色轨迹**：你实际走过的路线（含来回折返、走错门后绕回来的那一段）；
- **蓝点**：每个动作完成的位置；**红点**：每次违规发生的位置；
- 底部进度条可拖到任意时刻，配播放键自动回放；面板头部实时给出**采样点 / 已走里程 / 动作数 / 违规数**。

讲评时特别好用：把进度条拖到红点附近，就能指出"就是在这里从污物走廊拐进了洁净走廊"，比让学生自己回忆准得多。

**5.14 计时、记录与完成卡**

左栏计时条同时显示**本步用时**、**累计用时**与**违规次数**；「操作记录」区滚动显示最近四条已完成的动作及其时间点，便于课后复盘"哪一步犹豫最久"。走完第⑩步后弹出**完成卡**：累计用时、动作总数（34）、违规次数，并据此给出一句评价。

**违规清单。**只要出现违规，完成卡上就会附一张表，逐条列出**错在第几步 / 哪个房间 / 错误类型 / 错在哪 / 怎么补救**——不必再靠操作者自己记忆去回想错在哪里，可直接用于课后讲评与回看具体操作。

**判分卡（考试模式）。**走完流程后，完成卡顶部给出三个数字：**总分**、**第几次尝试**（同一浏览器每开一次考核记一次，用来算一次通过率）、**违规次数**。评分规则固定写在页面里，交代口径时不用回忆：满分 100 分，每违规一次 −8（最多扣 40）；违规达到上限而未能走完全程的，总分封顶 59 分。**练习模式不显示分数**——它是学习模式而非测评，只给用时与违规统计。

**各步用时表。**完成卡中部逐条列出每一步的用时与该步违规数。规律很直接：**用时最长、又出现违规的那一步，就是下一轮要专门练的地方。**若因违规满额中途结束，当前那一步会标注「未完成」，表不会莫名其妙少一行。

**导出记录（CSV）。**完成卡上的「⬇ 导出本次记录」会下载一个 CSV：**step 行**逐步记录用时与违规，**error 行**逐条记录错误类型、所在房间、错在哪、怎么补救，两种行放在同一张表里、用 `record_type` 字段区分，一次导出就能直接做统计。首次导出会询问一个**匿名编号**（例如 2027-01），只存在本机浏览器里，**不记姓名与学号**，便于把考核数据与问卷、访谈按匿名编码合并。文件带 UTF-8 BOM，Excel 双击打开中文不乱码。

#### 5.15 课堂用法建议

- **先讲后做**：先用「入室模式」看清每间更衣房里的设备摆位，再切到第一视角按流程完整走一遍；
- **故意犯错**：让学生先在二更房间点“洗手”（属一更的动作），看提示卡如何解释“为什么不能跳步”，比口头强调更有效；
- **三链对比**：同一套动作在三个单元各走一遍，重点体会“自南向北”与“自北向南”两种排布下，“往北走一步”含义的不同；
- **验收**：要求学生在零违规、累计用时合理的前提下走完全流程，作为对人流单向路线掌握度的检验。

#### 5.16 退出二更：五件回收设施各自有桶

退出二更（脱卸）这一步，四件一次性防护用品与连体服各配了**专属回收容器**，桶盖上方浮着名称标签，点之前先知道那是什么：

| 动作 | 容器 | 桶身色环 | 位置 |
|---|---|---|---|
| 脱一次性网帽 | 网帽回收桶 | 黄（医废） | 北墙西侧 |
| 脱口罩 | 口罩回收桶 | 黄（医废） | 北墙东侧 |
| 脱手套 | 手套回收桶 | 红（感染性） | 南墙西侧 |
| 分类投放 | 医废 / 生活垃圾分类桶 | 黄（医废） | 南墙东侧 |
| 脱连体服 | 连体服回收架 | 不锈钢推车 + 灰蓝布袋 | 东墙门口旁 |

**为什么分四面墙摆？**二更只有 3.0 × 2.2 m，东西两墙正中各有一扇门、南墙是主通道。最初五件全挂东墙，排成一条竖线后斜着看过去，视线必然先穿过邻近的桶——想点“医废桶”会先命中 0.4 m 外的另一只桶。改成**南北分摆、每面墙只放两只、相邻间距 2.1 m**，物理上不可能互相遮挡；连体服回收架则改为窄版、独占东墙门口旁那段空墙。

#### 5.17 考试模式：连动作清单也不给

练习模式与考试模式的差别不止“有没有讲解”：

| 界面元素 | 练习模式 | 考试模式 |
| --- | --- | --- |
| 步骤标题 / 所在房间 / 进度点 / 下一扇门 | 显示 | 显示（学生知道在第几步、在哪间房） |
| 计时 / 违规计数 | 显示 | 显示 |
| 动作清单（本步该做哪几件） | 显示 | **整列隐藏** |
| 下一步去向 / 教学讲解 / 常见错误 / 本步依据 | 显示 | 隐藏 |
| 「提示一下」按钮 | 显示 | 隐藏 |
| 门牌高亮（走这扇门） | 显示 | 隐藏 |
| 违规到 3 次 | 继续，可补救 | **当场结束**，出「考试结束 · 未通过」 |

考试模式保留“步骤标题 + 进度点”，是为了让学生知道还剩几步；但**不告诉他这一步要做哪几件、按什么顺序**——顺序本身才是考试内容。违规后只提示“错在哪”，不再给补救办法，避免把答案递到手上。

**5.18 整装镜里的人形：写实版**

缓冲间整装镜前站着一个 1.82 m 的写实人形，会随着二更的穿戴进度**一件一件穿上**，对着镜子就能自查“帽子有没有把头发全包住、口罩有没有盖到鼻梁、拉链拉到头没有”：

- 未穿戴：便装（上衣 + 长裤 + 便鞋），可见头发（刘海 / 鬓角 / 后颈发）；
- 戴上网帽后：**头发整体不可见**（这才是网帽该有的效果，也是最容易出错的地方）；
- 穿上连体服后：立领、前襟拉链与拉链头、颈后兜帽、束腰、袖口罗纹、鞋套；
- 戴上手套后：手套出现在袖口罗纹之外。

人形本身**不参与点选**：它就挡在镜心，若参与点选会导致点不到整装镜、完不成这一步，因此单独做了拾取过滤。

**5.19 手机 / 平板怎么用**

顶栏检测到触屏设备（`pointer: coarse`）会自动切换为触屏操作方案：

- **左下角虚拟摇杆**：按住圆盘往任意方向推即前后左右移动，松手即停（与键盘 WASD 等价）；
- **全屏拖动 = 转头**：单指在画面上任一位置拖动即改变视线方向（与鼠标拖拽等价）；
- **轻触 = 点击**：手指轻点（位移 < 9 px）门或设备，即完成“开门 / 完成该步动作”（与鼠标单击同一条判定路径）；
- **小屏布局**：第一视角面板自动移到屏幕顶部、高度不超过 38vh，把左下角让给摇杆；底部提示条改为整宽。

电脑端操作不受影响，两套提示文案在界面上自动互斥显示，不会同时出现。

**低画质档与验收。**页面会按设备自动选择画质：检测到手机、平板，或处理器核心数 ≤ 4 时，自动把渲染像素比从 2 倍降到 1 倍并关闭抗锯齿，事故模拟的气溶胶粒子也从 700 粒减到 300 粒；**电脑端行为完全不变**。此外，四张楼层平面图改为**按需解码**——切到哪一层才解那一层的图，不再一进全楼模式就把 1F/3F/4F 三张用不到的图也解码上传。

**想在电脑上调出手机表现做验收？**在网址末尾加 `?lowq=1` 即可强制低画质档（像素比 1、关抗锯齿、粒子减半），无需真机即可复现手机端的渲染负载。

#### 5.20 事故模拟：看一次“错了会怎样”

顶栏「**事故模拟**」按钮（或按 **X**）会播放一段 24 秒的五幕分镜，演示一个常见违规：**为了少走十几米，从污物走廊直接穿过饲养室进入了洁净走廊**。全程镜头自动运镜，底部逐幕出字幕：

| 幕 | 画面 | 要点 |
|---|---|---|
| ① 正常状态 | 俯视整条饲养带，污物走廊①（黄）与洁净走廊②（蓝）分别高亮 | 两条走廊之间没有直通的门，中间隔着饲养室与缓冲间 |
| ② 违规动作 | 镜头推近污物走廊① | 推开饲养室的门，微生物与垫料粉尘跟着人进了房间 |
| ③ 穿越 | 一条橙色环形路径从污物走廊穿过两排房间，逐段点亮直到洁净走廊② | 这一穿，把两道屏障连成了一条通路 |
| ④ 后果一 | 洁净走廊② 被染红，落点处红色破口闪动，走廊内出现红色箭头 | 压差梯度被抹平，单向流失效（洁净侧本该 ≥ 10 Pa） |
| ⑤ 后果二 | 红色气溶胶粒子沿走廊蔓延至每一间饲养室门口 | 整条带停用、熏蒸消毒，在养动物的实验全部作废 |

播放结束后弹出**结论卡**：错在哪 / 后果一 / 后果二 / 正确做法 / 标准依据，并给「重播」与「退出模拟」。退出后机位自动恢复到你播放前的位置；播放中按 **Esc** 可随时中止。

这个功能适合放在讲评环节：学生先自己走一遍第一视角，再放一遍事故模拟，把“为什么非要多绕那两步”从规则变成画面记忆。

## 6. 考核中心：12 个知识点、12 个考核任务

顶栏「**考核**」按钮（或按 **Z**）打开。这一版新增的部分，把页面从「可以看」变成了「可以考」。

#### 6.1 为什么要有考核中心

第一视角只能训练一条流程（入室更衣）。考核中心把它扩成 **12 个知识点 / 12 个考核任务**，按四类教学目标组织，权重均分。

| 类别 | 教学目标 | 编号 |
| --- | --- | --- |
| A 空间认知 | 能在模型里定位并说清功能 | KP01 屏障区的三条保护线<br>KP02 四流分区与洁污分流<br>KP03 洁净走廊与污物走廊的拓扑 |
| B 原理判读 | 能读懂压差与流线 | KP04 正压与负压的方向性<br>KP05 压差梯度的逐级建立<br>KP06 传递窗的双向互锁 |
| C 操作规程 | 能按 SOP 顺序做对 | KP07 入室更衣穿脱全序列<br>KP08 PPE 脱除的逆序与防污染<br>KP09 IVC 笼架与换笼操作要点<br>KP10 人员出口与逆流禁令 |
| D 安全处置 | 出问题时能按规范处置 | KP11 违规隐患排查<br>KP12 误入与应急处置 |

每个知识点都挂了一条**标准条文出处**（GB 14925—2023 / GB 19489—2008 / GB 50346—2011 / WHO LBM4 2020 / CEMCS-ACF-SOP-1-04-2023）。这是本项目的核心卖点：不是把三维画面做得好看，而是把标准条款变成「做得到错、错有补救」的操作。

### 6.2 三种交互形态

| 形态 | 任务 | 怎么答 |
| --- | --- | --- |
| 选择判断 | 8 个 | 逐题点选项，提交后给出**「为什么」**而不只是对错 |
| 模型点选 | 2 个 | 在 3D 模型里点选对应的房间或构件 |
| 第一人称 | 2 个 | 转到第一视角走完更衣流程，成绩自动回填到对应知识点 |

### 6.3 判分口径

与第一视角**完全一致**，不是另立一套标准：

| 项 | 规则 |
| --- | --- |
| 基准分 | 100 分 |
| 每次违规 | −8 分，扣分最多 40（即最低 60 分） |
| 未通过线 | 违规累计 **5 次**判未通过，总分**封顶 59** |
| 练习模式 | 不计分，只给用时与违规统计（练习是学习模式，不是测评） |

### 6.4 错误类型分布：比总分更值得看的一张表

本项目的指标不是只有总分。每个错误都归入六类之一，报告页会给出各类占比：

| 代号 | 类型 | 说明 | 指向的教学问题 |
|---|---|---|---|
| `seq` | 顺序错误 | 把有先后要求的动作颠倒 | SOP 步骤的**讲解顺序**有问题 |
| `omit` | 遗漏步骤 | 应做未做 | 动作提示做得**不够显眼** |
| `dir` | 方向判断错误 | 流线、压差、门向判断错 | **压差与流线的可视化没讲透** |
| `prin` | 原理理解错误 | 不理解压差/互锁/屏障机制本身 | 概念需要**重讲** |
| `viol` | 违规操作 | 违反标准明文规定 | 需强调**规范的强制性** |
| `miss` | 隐患漏判 | 排查任务中没识别出的隐患 | 观察力训练不足 |

**这张表怎么用：**顺序错误集中，说明课堂上 SOP 步骤的讲解顺序要调；方向判断错误集中，说明压差与流线那部分可视化没讲透；遗漏步骤集中，说明动作提示做得不够显眼。
PPT 只能告诉你**多少人**错了，仿真能告诉你**错在哪一类**——这是虚拟仿真相对于传统教学方式的独有价值。

### 6.5 报告页与数据导出

考完（或做了一部分）点「**查看报告**」，得到：总分 · 四类得分 · 12 个知识点明细（含主要错因）· **错误类型分布** · 违规清单（每条给出「错在哪 / 为什么 / 怎么补救」）。

数据可导出两份 CSV，用**匿名编号**关联：

| CSV | 内容 | 用途 |
|---|---|---|
| 步骤级 | 17 列长表，含每步用时与错误明细 | 分析**各步耗时**与错误发生位置 |
| 知识点级 | 12 列，含 kp_id、kp_class、score、error_kinds | 分析**四类得分**与错误类型分布 |

首次导出时会提示填写**匿名编号**（如 2027-01），用于把考核数据与问卷数据合并。**系统不采集姓名与学号。**

### 6.6 课堂用法建议

- **课前**：把「原理判读」（B 类）三个知识点当预习自测，学生带着错题上课。
- **课中**：走完第一视角后立刻打开考核中心做 B 类与 A 类，现场看错误类型分布，针对最多的那一类当场重讲。
- **课后**：开放考试模式，学生自行完成全部 12 个知识点并导出 CSV，作为平时成绩依据。
- **讲评**：把报告页的「违规清单」投屏——每条都有「怎么补救」，比直接给答案更有用。

## 7. 全楼模式：四层堆叠 · 逐层展开

顶栏「**全楼**」按钮（或按 **B**）把视角从单层平面切到**整栋楼**。四层楼板取自各层建筑平面图，垂直堆叠；层高 1F 5.0 m、2F/3F/4F 4.2 m（占位值，实测后修正）。

| 楼层 | 功能定位 | 建筑面积 |
| --- | --- | --- |
| 1F | 大动物实验区 · 集中清洗区 · 办公区 | 3500 ㎡（普通环境 706 + 集中清洗 604 + 办公 325） |
| 2F | SPF 屏障环境 · 兔 / 豚鼠 / 大小鼠 | 本层已精细建模，可进第一视角漫游 |
| 3F | SPF 级大小鼠保种 / 实验区 Ⅰ · Ⅱ | 3485 ㎡（隔离环境 1116 + 1008） |
| 4F | SPF 级大小鼠饲育 / 实验区 Ⅰ · Ⅱ | 3375 ㎡（屏障环境 1122 + 995） |

### 7.1 两种看法

- **单层查看（默认）**：一次只显示选中的那一层，其余层完全不出现——这就是"分层导入"，避免四层糊在一起看不清。点底部楼层条 **1F / 2F / 3F / 4F** 切换，也可以直接单击楼板。
- **逐层展开**：点底部「逐层展开」，四层沿垂直方向分离成爆炸图，一眼看出"这是一栋四层楼、每层是什么"。选中层高亮，其余层半透明仍可辨认；再点「合拢成单层」收拢。

### 7.2 怎么操作

- 顶栏「全楼」进出；**B** 切换；**Esc** 退出全楼；**E** = 展开 / 合拢
- 左键拖动 = 旋转整栋楼，滚轮 = 缩放（与单层模式一致）
- 底部楼层条同时显示该层的功能定位、建筑面积与分区类型（普通环境 / 屏障环境 / 隔离环境）
- 选中 **2F** 后点「进入 2F 漫游」→ 切回 2F 精细模型并直接进入第一视角

> **为什么 1F/3F/4F 现在是"图片楼板"？** 这三层目前把各层平面图贴在楼板上呈现，与原图 100% 一致、可立刻使用；2F 已有逐间重建的精细三维（可走门、可点设备、可跑更衣与退出流程）。3F/4F 的单元原型与 2F 同源，后续可按同一套构件与流程升级为"可走入"的精细层。

## 8. 进入房间内景（入室模式）

在整层尺度上，饲养室内部只能看到一团“笼架体量”，笼具与传递窗的细节都被体量掩盖。入室模式解决的就是这件事：进入某一间房后，画面只保留这一间房的内景，视线之外的整层被裁掉。

### 8.1 怎么进、怎么出

| 动作 | 操作 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 进入 | **双击**任意房间 | 最快的方式；双击走廊仍只是“聚焦”，不会进内景 |
| | 单击房间 → 右侧「选中信息」页签底部点**「进入房间 · 看内景」** | 适合投影讲解时逐步引导；按钮只在房间对象上出现 |
| 退出 | 按 `Esc` | 若同时处于清屏状态，Esc 先退房、再退清屏 |
| | 点右上参数牌上的**「返回设施总览」** | 鼠标操作路径，效果相同 |

进房后画面有四处自动变化，都不需要手动设置：

- 用**四个裁剪面**把这一间房从整层切出来，房外的墙体、走廊与相邻房间不再绘制；
- 相机自动切到**3/4 俯角**机位，并按房间的长、宽自动定距——房间大则后退、小则拉近，站位始终正对传递窗；
- 风管、场地网格、整层标记等**整层尺度图元暂时隐藏**，避免从楼板外部穿透进房间；
- 顶部工具栏与左下操作提示收起，画面留给房间本身。

退出后以上各项**全部自动复原**：裁剪面撤除、总览的笼架与风管按原开关状态回位、文字标签数量与地面配色一并恢复。

> 入室与「剖切北半」互不打架：进房时剖切自动让位，退出后恢复原来的开关状态。

### 8.2 每间房都有的三件东西

| 构件 | 形态 | 教学含义 |
| --- | --- | --- |
| **双门互锁传递窗** | 贯穿隔墙的矩形箱体，两侧各一扇门叶 | 物资进出屏障的**唯一合法通道**，门不能成为压差漏洞（见 5.4） |
| **压差计** | 贴在传递窗同一面墙上的仪表 | 读出该房与相邻区域的压差，标准要求 ≥ 10 Pa；用它解释“空气墙”如何被验证 |
| 紫外灯 | 吸顶安装 | 无人时的表面消毒，属房间常规配置 |

### 8.3 房间参数牌（右上角）

进房后右上角出现的白色卡片，是这一间房的“合规速查表”，包含三部分：

- **房型标签**：如「SPF 级正压动物房」「洁净辅助用房（洁净侧）」「SPF 屏障环境」；
- **环境指标**与**笼具 / 储存指标**两张清单，均逐项列出；
- 底部**来源说明**，标明数值取自 GB 14925—2023 屏障环境，以及笼具指标的通行范围。

课堂上的用法很简单：讲“屏障环境到底管哪些数”，不必翻课件，直接把参数牌投影出来即可。

### 8.4 IVC 独立通气笼架与互锁传递窗

小鼠实验室进入后可见 **IVC 独立通气笼架**：不锈钢立架分层，每层排布笼盒，笼盒带笼盖、生命窗与笼位卡，侧旁有送 / 排风立管与接盒软管；笼盒内按隔位放了小鼠，只放中层，以免遮挡笼盒结构。笼架的**组数、层数与每层笼位数按房间真实尺寸自动排布**，会随房间不同而变化。

比笼架更值得讲的是**传递窗的双门互锁**：箱体两侧的两扇门，任何时刻只能开一扇。模型上两颗指示灯绿、红交替发亮，就是在演示这个逻辑——绿灯那侧可开，红灯那侧锁死。

| 指标（小鼠实验室参数牌） | 取值 |
| --- | --- |
| 笼架 | SUS304 不锈钢笼架，底部万向轮 |
| 接口 | 硅胶气嘴非侵入式对接 + 自关闭阀门（拆盒即密封） |
| 笼盒材质 | PSU / PPSU / PEI，耐受 134–136 °C 高压灭菌 |
| 生命窗 | 0.2 μm 微生物滤膜，断电时维持动物基本生命体征 |
| 笼内换气 | 50–80 次/h（可调，上限 80 次/h） |
| 笼内外压差 | 0–20 Pa |

> **传递窗的命名**：饲养室的传递窗按平面朝向自动归口——紧邻洁净走廊的记为「物品传递窗」，紧邻污物走廊的记为「污物传递窗」；洁存室在本层平面中邻污物走廊 ①，为避免误导，其传入口只做中性命名「传递窗（双门互锁）」。

### 8.5 本版已内装的房型

| 房型 | 进房后可见 |
| --- | --- |
| 小鼠实验室 | IVC 独立通气笼架 + 小鼠 + 操作台 + 洗手池 + 传递窗 + 压差计 + 房间参数牌 |
| 洁存室 / 洗消前室 | 不锈钢层板货架 + 笼具堆垛 + 传递窗 + 压差计 + 房间参数牌 |
| 其余房间 | 仅共用的传递窗与压差计；参数牌会提示“笼架 / 货架待补充” |

### 8.6 课堂脚本

1. **为什么笼架在总览里“看不清”**：先在等轴全景里指着一团笼架体量，再双击小鼠实验室进去——同一件东西，进去才看得见笼盒、生命窗与饮水瓶。让学生自己得出“细节要靠尺度切换”。
2. **盯十秒互锁灯**：进房后停在传递窗前，让学生数绿红轮替的次数，然后提问“如果两扇门能同时打开会怎样”——答案是压差立即失效，四流分离的物理基础被破坏。

3. **把参数牌当合规清单**：讲换气次数、噪声、照度时直接投影参数牌，比翻 PPT 快，也顺带把“标准管到的项目”过一遍。

## 9. 综合设计型实验：设计台 · 操作态 · 对比页

前面八节看的都是“别人设计好的房子”。这一节换一件事做：让学生自己出方案。点顶栏 `设计台` 打开左侧编辑面板，按任务书排房间、连门、定流线，系统实时按八条判据打分并列出冲突；改到自己满意，再把这份平面落成三维、沿人员进入链第一人称走一遍；最后与楼里真实存在的一个屏障单元逐间对照。

三块内容共用同一份方案：**设计态的输入，就是操作态的世界**。这也正是申报口径里“综合设计型”要回答的那句话——学生设计出来的东西，他自己走不走得通。

### 9.1 怎么进、怎么出

| 动作 | 操作 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 进入 | 点顶栏 **「设计台」** | 按钮紧邻第一视角按钮；打开后左侧出现面板，三维里同步摆出方案体块 |
| | 按 `D` | 全局快捷键；与第一视角、考核中心各自独立，不互相打断 |
| 退出 | 按 `Esc` | 在操作态时先退操作态，再按一次才关闭设计台 |
| | 点面板右上角 ✕ | 鼠标操作路径，效果相同 |

打开设计台会立即中止首屏的巡游动画——否则自动播放的机位会在中途把镜头拽走，刚摆好的方案直接甩出画面。

### 9.2 面板结构：六个页签各做什么

左侧面板自上而下四层：顶部是 **设计态 / 操作态** 模式切换与关闭按钮；中间是六个页签；再往下是页签内容；底部四个常驻按钮——**重新评估**、**走一遍我的设计**、**导出方案**、**载入参考**（对比页再多一个「并排看真实单元」）。

| 页签 | 这一页做什么 |
| --- | --- |
| 任务书 | 三套任务二选一：**A 基础**（90 min，屏障单元分区与流线设计）、**B 进阶**（120 min，生产设施分区与流线设计，多出扩繁 / 检疫 / 出货三线分离）、**C 挑战**（60 min，错误方案诊断与改正，从错误方案 X4 开始）。每套都列明给定条件（建筑 78 × 49 m、笼位需求表、设备清单、人员日流量、C1–C4 四条设计约束）与应提交清单。底部两个按钮：**载入起点**、**清空房间表** |
| 房间 | 房间表：名称 / 分区 / 面积 / 压力 / 笼位，逐间增删改；点一行即在三维里定位 |
| 门 | 门的清单，每道门记录它连接哪两间房。门是这张“图”的边——八条判据全部落在门上，所以这一页比看起来重要得多 |
| 流线 | 四条流线（洁净 / 污物 / 人员进入 / 人员退出）逐站排序。人员进入链的排序会直接变成操作态的行走路线 |
| 评估 | 八条判据逐条得分 + 冲突清单。改一处、点「重新评估」，分数与清单立刻刷新 |
| 对比 | 切出真实图纸中规模相当的一个屏障单元，与自己的方案逐间对照（见 9.7） |

### 9.3 八条判据（合计 100 分）

| 判据 | 名称 | 权重 | 管什么 |
| --- | --- | --- | --- |
| D1 | 分区完整性 | 10 | 清洁区 / 半污染区 / 污染区三区是否齐备、边界是否闭合 |
| D2 | 压差连续性 | 18 | 相邻区域静压差是否 ≥ 10 Pa，梯度有没有断链 |
| D3 | 洁污不交叉 | 18 | 洁净流线与污物流线有没有共用通道 |
| D4 | 人流单向 | 10 | 人员进出是否分设、有没有走回头路 |
| D5 | 屏障完整性 | 18 | 屏障边界上有没有非受控开口 |
| D6 | 面积合规 | 10 | 房间面积与笼具需求是否匹配、洁净区占比是否超限 |
| D7 | 气闸有效性 | 8 | 缓冲间 / 气闸是否真的起到隔断作用，有没有旁路 |
| D8 | 走廊分设 | 8 | 洁污走廊是否分设、有没有被借用 |

> **三条底线判据**：D2 压差连续性、D3 洁污不交叉、D5 屏障完整性（合计 54 分）。任一条丢分过半，整个方案**直接否决**，不看总分——这三条破了就不是“扣分”，是方案不成立。
> 另外两条设计原则值得跟学生讲明：**无随机数**，同一份方案永远得同一个分，可复现、可复核；**判据与数据分离**，饲养密度等草案值参与评分时结果里会带标记，不假装数据是准的。

### 9.4 冲突清单：每条违规给四段

评估页列出的每一条冲突都不是“扣 8 分”就完了，而是四段式说清：**位置**（哪几间房、哪几道门）、**违反条文**（挂在具体标准条目上）、**后果**（会造成什么）、**改法**（怎么改）。只报分数没有教学价值，学生不知

道错在哪、为什么错。

**9.5 冲突在三维里怎么找**

- 三维体块按判据**配色**：涉及的房间圈出色块、涉及的门框出轮廓；三条底线判据用高饱和红橙系，和一般扣分一眼能分开；
- 点评估页某一条判据行，三维里**只亮这一条**；再点一次恢复全部；
- 点冲突条目，相机直接**三维定位**到出事的那间房 / 那道门；
- 四条流线同时画线，走错的那一段画成**虚线**——“这里不该通”不需要用嘴说。

**9.6 操作态：走进自己设计的设施**

点底部 **「走一遍我的设计」**，方案落成几何，镜头降到眼高，站在路径第一间房里，朝下一站看。起点不是房间中心而是“背向下一站退到后侧”——人员入口只有 3.4 m 进深，站中心时那扇门正糊在脸上，完全看不出自己在一间屋里。

| 界面 | 给出什么 |
| --- | --- |
| 左上小地图 | 全平面示意，当前房间与目标房间高亮，一眼看出“还要往哪边走” |
| 你现在在 / 下一站 | 当前房间名；下一站房间名 + 第 n / m 站 + 这一站该做什么动作 |
| 进度条与计时 | 已到站数；从零开始计时，走完为止 |
| 行进日志 | 最近十几条动作与判定，做错了当场记一条 |

操控同第一视角：**W A S D / 方向键**走动，拖动鼠标转头，**Shift** 快走，`Esc` 退出漫游。门是要走过去的——门洞在哪，路就在哪。

| 违规类型 | 什么时候记 |
| --- | --- |
| 顺序错误 | 还没做完上一站的事就闯进下一站 |
| 跨区 / 原理错误 | 从污染区直接跨进洁净区，跳过了过渡气闸 |
| 遗漏 | 走完了全程，但某一站的动作没做 |
| 方向错误 | 在单向链上反向穿门 |
| 违规 | 其他越界行为 |

走完出报告：到达站点 n / m、用时、违规次数、违规类型分布，以及逐条的“怎么补救”。报告开头还会把这份设计的**自动评估得分**一并摆出来，并提示一句最值得复盘的话——**得分高却走不通，说明判据没覆盖到那处缺陷**。这一句通常是整节课最有讨论价值的地方。

**9.7 对比页：和楼里真实的一个屏障单元逐间比**

任务书里的方案是**一个屏障单元**，而真实图纸是**整层 99 间**。直接问“你缺哪些房间”，答案只会是“规模差三倍”，说明不了设计水平。所以先按**工艺边界**把 99 间切成三个各自独立的屏障单元，再挑一个规模相当的来比：

| 切出的单元 | 房间数 | 外廓 |
| --- | --- | --- |
| **SPF 级大小鼠实验区 II**（默认对照） | 18 间 = 16 房 + 2 廊 | 46.0 × 10.8 m / 496.8 m² |
| 兔、豚鼠实验区 | 23 间 = 21 房 + 2 廊 | 46.0 × 15.6 m |
| SPF 级大小鼠实验区 I | 37 间 = 34 房 + 3 廊 | 46.0 × 22.6 m |

默认挑大小鼠区 II，理由不是“规模最接近”这种模糊话——它是三个里唯一“**单单元 / 一排房 / 两条走廊**”、与任务书同构的形态。另两个单元在页面上三点即换。

配对规则：先把房间名**剥掉序号后缀**归并（“小鼠实验室 2-1”按“小鼠实验室”认，“污物走廊 ①”按“污物走廊”认），再在同类里按面积降序一一配对，多出来的一侧如实留空。比出来的差异分四类：

| 标记 | 含义 |
| --- | --- |
| **缺** | 真实单元有、你的方案里没有 |
| **数量** | 两边都有这一类，但间数不一致 |
| **面积** | 配对上了，但面积偏差 ≥ 25% |
| **多** | 真实单元没有、你自己加的 |

三维里两块并排：**南侧是你的方案，北侧是真实单元**，中间留 7 m 净距；真实单元用更矮、更冷、更透的材质，你的方案里缺掉的那几间铺红底、勾四边红框，名牌转红并标出“你的方案缺这一项”。看哪边是哪边，图例上就写着。

> **一句话的课堂价值**：参考方案对上大小鼠区 II——真实 16 间房、1 排；方案 15 间房、3 排；走廊占比 42% 对 30%；外框 496.8 m² 对 1050.73 m²。换成大小鼠区 I 更狠：真实单元外框 1039.6 m²，方案 1050.73 m²，**几乎一样大的外框，人家塞了 34 间，方案里 15 间**。这一组反差最能说明“面积去哪了”。
> 也要提醒学生别把差异都当缺点：图纸里传递窗、双扉灭菌柜是**嵌墙设备、不占独立房间**，学生把它们做成独立房间不算错，页面里对这几条逐项给了口径说明。

**9.8 课堂脚本**

1. **先估后改**：任务书选 C，载入错误方案 X4。先让学生自己找缺陷、写下来，再点「评估」对答案——四段式的说明比“错在哪”多给了“为什么错”和“怎么改”，差别就在这两段。

2. **分数高 ≠ 走得通**：让学生交一份自认为没问题的方案，直接点「走一遍我的设计」。撞上违规的那一刻，比讲十遍流线分离都有效。
3. **一张图讲清规模**：打开对比页切到大小鼠区 I，让学生自己念出“外框一样大，人家 34 间”。
4. **一个完整的设计闭环**：任务书 → 房间 → 门 → 流线 → 评估 → 走一遍 → 对比，六个页签走完一遍就是一次完整的设计作业，最后落在对比页复盘。

## 10. 五条流线：走向与教学要点

页面左侧把流线拆成五条独立图层，其中"洁物流"与"污物流"共同构成规范所说的"物流"，加上人流、动物流、气流，即常说的**四流分离**。逐条讲解时建议只开一条，避免颜色互相干扰。

| 流线 | 颜色 | 路径 | 教学要点 |
| --- | --- | --- | --- |
| 气流 | 蓝 | 正压：洁净走廊 → 房间 → 污物走廊；负压：方向整体反转 | 气流是"看不见的流线"，却是四流分离的物理基础。压力梯度形成"空气墙"，即使门短暂开启也不会发生交叉污染 |
| 人流 | 红 | 非屏障区走道 → 一更 → 二更 → 缓冲间 → 洁净走廊 → 各房间；退出时经各单元西端缓冲间走污物走廊侧 | 一更、二更、缓冲间三级气闸是"把人和外界隔开"的关键；缓冲间两侧压差最大，是气闸作用的直观体现 |
| 洁物流 | 绿 | 物品入口（各单元东侧外墙）→ 洗消前室 → 洁存室 → 洁净走廊 | 三个饲养单元各有**一个独立的洁物入口**，互不借用；物品必须先洗消、再暂存，最后才进屏障 |
| 动物流 | 紫 | 动物入口 → 传递窗 → 检疫室 → 检疫观察室 → 洁净走廊 | 动物不走人员通道，一律经**传递窗**进出；检疫室与检疫观察室串联，构成动物进入屏障的第一道关口 |
| 污物流 | 黄 | 房间 → 污物走廊 → 污物出口 → 污物梯 | 污物走廊与洁净走廊**成对设置、永不连通**；本层共 4 个污物出口、1 部污物梯 |

> 课堂上最有效的一句对照：**洁物流与污物流在平面上是同一条走廊的两侧，在空间上却由一整排房间和两道墙彻底隔开**。让学生自己在模型里把这两条流线分别打开、旋转一圈，比讲十分钟文字都管用。

## 11. 三个饲养单元与七条走廊

本层建筑面积 3485 m²，功能定位为三个**彼此独立的屏障环境饲养单元**：

| 实验区 | 环境 | 面积 | 对应视角 |
| --- | --- | --- | --- |
| 兔、豚鼠实验区（带 1） | 屏障环境 | 620 m² | 兔豚鼠区 |
| SPF 级大小鼠实验区 II（带 2） | 屏障环境 | 547 m² | 大小鼠区 II |
| SPF 级大小鼠实验区 I（带 3） | 屏障环境 | 1023 m² | 大小鼠区 I |

另有**更衣 / 缓冲核心**（三个单元各一套，位于主体块西端）、**洁净辅助用房**（洁存室、洗消前室）与**服务 / 设备区**（电梯厅、楼梯间、强电井、空调机房等，属非屏障区）。

**七条走廊**

| 走廊 | 类型 | 服务对象 |
|---|---|---|
| 污物走廊 ① | 污物 | 兔、豚鼠实验区北侧 |
| 洁净走廊 ② | 洁净 | 兔、豚鼠实验区（该单元独立洁廊） |
| 洁净走廊 ③ | 洁净 | SPF 级大小鼠实验区 II |
| 污物走廊 ③ | 污物 | SPF 级大小鼠实验区 II 南侧 |
| 污物走廊 ④ | 污物 | SPF 级大小鼠实验区 I 北侧 |
| 洁净走廊 ⑤ | 洁净 | SPF 级大小鼠实验区 I（向南服务 5、6、7、8 系列及大鼠实验室） |
| 污物走廊 ⑥ | 污物 | 本层最南侧，承接带 3 南排污物后东行至污物出口 |

> **本图最关键的工艺信息**：并排的**洁净走廊 ② 与 洁净走廊 ③ 仅一墙之隔，却互不连通**——它们分属两个不同的屏障单元。每个单元都被"一条洁净走廊 + 一条污物走廊"夹持，单元之间不共用走廊。用「设备层抬升」把这个关系拆开看，一眼就能明白为什么两个饲养单元不能借道。

## 12. 正压 SPF 与负压生物安全

顶栏一键切换两种制度。切换后变化的是**气流方向、HEPA 示意位置、房间压力值与压力色标**四件事，其余空间布局不变。

| 特征 | 正压（SPF 屏障） | 负压（生物安全） |
|---|---|---|
| 核心目的 | 防病原**入侵**，保护动物 | 防病原**外泄**，保护人与环境 |
| 安全优先级 | 动物 > 人 > 环境 | 人 > 环境 > 动物 |
| 气流方向 | 向外（洁净走廊 → 房间 → 污物走廊） | 向内（走廊 → 房间，排风侧抽走） |
| HEPA 位置 | **送风侧** | **排风侧**（在线式） |
| 压力梯度 | 房间 > 走廊 > 外部 | 房间 < 走廊 < 外部 |
| 典型压差 | 相邻区域 5–15 Pa | 相邻区域 ≥ 12.5 Pa |

模型内的压力色标在正压模式下由暖色（高正压）向冷色（低正压）过渡；切到负压模式后，色标整体反转，洁净走廊压力反而高于动物房，把"气流只进不出"的用意画出来。

## 13. 压力制度与色标读数

点开左侧「压力梯度」，或按 `P`，右下角会出现压力色标；点选任一房间，右侧「选中信息」也会读到该房间在两个制度下的压力值（单位 Pa）。

| 区域 | 正压 SPF（Pa） | 负压 生物安全（Pa） |
|---|---|---|
| 洁存室 / 洗消前室 | +25 | 0 |
| 洁净走廊 | +20 | −5 |
| 饲养室 / 实验室 | +15 | −25 |
| 检疫观察室 | +15 | −30 |
| 缓冲间 | +10 | −12.5 |
| 污物走廊 | +5 | −37.5 |
| 一更 / 二更 / 换鞋 | 0 | 0 |
| 服务 / 设备区（非屏障） | 0 | 0 |

**关于负压模式下的"洁存室 / 洗消前室 = 0 Pa"**：洁净物品传入通道在负压设施中作为过渡节点处理，不参与负压梯度链，故取常压。这与"洁物传入不得成为污染空气通道"的设计意图一致。
**关于污物走廊 −37.5 Pa**：图纸未逐间标注压力，该值按 GB 19489 的"清洁区 > 半污染区 > 污染区"压差阶梯推算，用于保证气流方向一路向下走到排风口。用于设计或合规核算时请以设计说明与标准原文为准。

## 14. 观察技巧

| 目的 | 做法 |
|---|---|
| 看清内部走廊 | 点「剖切北半」，或把「透明」滑块向左拉到 20–30%，墙体变成半透明 |
| 拆开三单元 | 点「设备层抬升」，三个饲养单元上下分离，可分别旋转观察 |
| 减少画面干扰 | 关掉「文字标签」只看体量；或关掉「房间底色」只看墙体骨架 |
| 专讲某一条流线 | 左侧只保留该流线开关，其余四条关闭；必要时暂停动画（空格）后逐段指认 |
| 投影不被遮挡 | 按 `H` 收起右侧面板；按 `F` 清屏，全屏只剩模型与流线 |
| 插入课件 | 点「截图」导出当前画面为 PNG |
| 手机端展示 | 扫右下角二维码，同一页面在手机上打开 |

## 15. 房间命名与洁物流走向

三个饲养单元在**东端外墙**各设一处物品入口，入口内侧紧邻的两个房间依次为：

| 顺序 | 房间 | 职能 | 位置 |
|---|---|---|---|
| 先 | 洗消前室 | 笼具与器械清洗消毒的**前处理区**，也是洁净物品进入屏障的第一道关口 | 单元东端**最靠外墙**的一间 |
| 后 | 洁存室 | 洁净物资（饲料、垫料、笼具、耗材）**暂存**，属洁净侧 | 紧邻洗消前室**西侧** |

因此模型里洁物流的走向是：**物品入口（外墙）→ 洗消前室 → 洁存室 → 北上进入洁净走廊东端 → 向西输送至各饲养室**。三个单元的物品入口在平面上**竖向对齐**（同一列），便于在俯视图上一眼看出"三个独立入口、三条独立洁物通道"。

> 若课堂上有人问"为什么洁存室比洗消前室靠里"，答案就是这条顺序：**先处理、后暂存，暂存间必须比处理间更靠洁净侧**。污物同理反向——先出房间、再进污物走廊，最后到污物出口，一路不回头。

## 16. 七个可直接用于课堂的演示脚本

1. **先看骨架**：正俯视 → 关掉文字标签与房间底色 → 只留墙体。让学生先在空白平面上指出三个饲养单元的范围，再打开标签验证。
2. **两个洁廊不连通**：切到「大小鼠区 II」视角 → 设备层抬升 → 指出洁净走廊 ② 与 ③ 仅一墙之隔却分属两个单元。这是本图最容易讲错、也最值得讲的一点。
3. **一条流线的完整旅程**：只开洁物流 → 跟随绿色动画从外墙入口走到饲养室。再只开污物流，指出两条流线在平面上"贴着走"却始终隔着房间与两道墙。
4. **正压与负压的差别**：先讲正压（保护动物），记住气流方向；按 `M` 切负压，同一视角下箭头全部反向。用一句话收口：**同一栋房子，压力方向决定它保护谁**。
5. **为什么要有缓冲间**：切「更衣流线」视角，指着一更 → 二更 → 缓冲间三级气闸，讲压力逐级递增（或递减）如何形成"空气墙"。
6. **动物为什么不走门**：只开动物流，跟随紫色动画从动物入口 → 传递窗 → 检疫室 → 检疫观察室；强调动物经传递窗而非开门进入，是为了不让门成为压差漏洞。
7. **设施规模与配置**：回到等轴全景，点几个代表性房间读面积与门开向，落到"1023 + 547 + 620 m²、三个独立屏障单元、七条走廊"的整体印象。

## 17. 模型依据与局限

> 本模型为**教学演示模型**，不是施工图。房间划分与命名依据《山东第一医科大学 实验动物学院（山东省实验动物中心）2 层布局图》（本文简称"动物实验平台 2 层布局图"）重建；为便于三维观察，建筑体量、房间进深与隔墙厚度经过**规则化处理**，房间宽度按原图功能定位标注的相对比例等分，因此**某间房的标注面积只应作量级参考，不可用于面积核算或合规判定**。

- 全层共 99 个房间 / 走廊对象、7 条洁污走廊；房间面积标注取自原图功能定位说明，非逐间量算值。
- 通风、压力、换气次数等参数取自公开标准与指南（见第 18 节），用于讲清"制度差异"这一教学目的；模型不模拟真实风量平衡与 CFD。
- 压力值中，除污物走廊按标准压差阶梯推算外，其余按 GB 14925 与 GB 19489 的常规取值设定，图纸未逐间标注。
- 管线、风口、笼架、电梯等为示意体量，位置与数量经简化，不代表实际机电设计。
- 涉及设施设计、验收或合规判定的场合，请以设计说明、竣工图与标准原文为准，勿以本模型为依据。

## 18. 参考文献与依据


[1] GB 14925—2023《实验动物 环境及设施》

[2] GB 19489—2008《实验室 生物安全通用要求》

[3] GB 50346—2011《生物安全实验室建筑技术规范》

[4] GB/T 43051—2023《实验动物 动物实验生物安全通用要求》

[5] WHO. *Laboratory Biosafety Manual*, 4th ed. Geneva: World Health Organization, 2020.

[6] CDC/NIH. *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL)*, 6th ed. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 2020. Section V.

[7] National Research Council. *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*, 8th ed. Washington DC: The National Academies Press, 2011.

[8] 山东第一医科大学 实验动物学院（山东省实验动物中心）2 层布局图（内部资料，本模型的平面依据）


## 19. 生产端：小鼠繁育生产车间（另一个页面）

本说明书前 18 节讲的都是**实验端**（动物实验平台屏障区，二层）。系列里还有**生产端**：小鼠繁育生产车间（202 车间），是独立页面 `animal_facility_3d_prod.html`，入口在首页与实验端顶栏。两端共用同一套原理（四流分离、压差梯度、洁净分界）与同一个 AI 知识库，但防范对象相反——**生产端防外源病原进入生产群**，实验端防操作者暴露与实验间交叉污染。

### 19.1 两端差在哪

| 项 | 实验端（动物实验平台） | 生产端（202 繁育车间） |
|---|---|---|
| 流程规模 | 10 步 / 34 动作 | **23 步 / 54 动作** |
| 人员净化 | 换鞋 → 一更 → 二更 → 缓冲 | 换鞋 → 一更 → **淋浴** → 二更 → 缓冲 |
| 核心风险 | 操作者暴露、实验间交叉 | 外源病原进入生产群、批次污染 |
| 典型设施 | 传递窗、缓冲间、污物走廊 | 双扉高压灭菌柜、传递窗、制水间、IVC 笼架 |
| 事故模拟 | 五幕（压差、抓咬、泄漏等） | **12 幕**（含灭菌柜误操作、传递窗双开、笼架污染） |

### 19.2 怎么用

- **入口**：首页「生产端」卡片，或实验端顶栏的切换按钮；生产端当前带密码门，课堂使用由教师统一发放口令。
- **同样两种模式**：练习模式有步骤提示与依据，考试模式隐藏动作清单，违规满额终止。
- **同样判分口径**：基准 100、每次违规 −8、封顶 59；CSV 导出字段与实验端一致，`scene` 列区分两端，学情看板会把两端数据分开统计。
- **迁移教学**：建议先做实验端、再做生产端，最后让学生回答"同一件洁物在这两端分别怎么走"——照搬步骤者会答错，因为两端洁净分界位置不同。

### 19.3 生产端的 AI 助手

与实验端是同一个服务、同一份知识库（366 条语料），差别只在站点参数 `site=production`：问"高压灭菌柜装在哪"会答洗消前室并给出 3 条出处；问域外问题会明确回"本课程知识库未收录"，不编条款。

## 20. 平台侧：实验空间入口、成绩回传与运行状态

页面除了"做实验"，还会对外说四件事。这四件事都在后台完成，学生只在左下角看到一个很小的状态条。

### 20.1 从实验空间进入（带 ticket）

学生从国家虚拟仿真实验教学课程共享平台点「我要做实验」时，平台会带 `?ticket=` 跳转到本页。页面把 ticket 交给自己的服务端换取会话，服务端再去实验空间换 `access_token`——**密钥只在服务端，页面里看不到**。左下角状态条会显示"实验空间 · 用户名"，未配密钥时显示"演示模式"。

### 20.2 成绩回传

走完全部 10 步（或学生手动点提交）后，页面把 **10 步明细 + 得分 + 用时 + AI 使用数据**送服务端，服务端补齐接口要求的三个必填字段（AI 调用次数、模型清单、使用场景）后回传实验空间。结果**先本地落盘再外发**：外发失败不影响学生，成绩不会因为网络丢掉。

### 20.3 左下角状态条

| 显示 | 含义 | 怎么来的 |
| --- | --- | --- |
| 网络 x.x Mbps | 你到本站的实测下行带宽 | 拉取 256 KB 定长响应计时换算；每 5 分钟自动复测，**点击可立即重测** |
| 在线 n 人 | 近 5 分钟内活跃的会话数 | 服务端按心跳窗口统计，一分钟刷新一次 |
| 顶部橙色横幅 | "当前在线较多，建议错开高峰" | 仅在人数达阈值时出现，点「知道了」安静 10 分钟 |

### 20.4 匿名统计与隐私

页面会记录匿名行为事件（看了哪页、走到第几步、犯了哪类错、测速结果、是否回传成功），用于教学分析与申报的"已服务人数"。**不记姓名、不记学号**，只有一个本机生成的匿名会话号；数据存校内服务器，不用于模型训练。教师需要班级数据时，仍以学生自己导出的判分卡 CSV 为准。

---

本页面为于杨课题组制作，仅供学习交流使用；如有建议或疑问，请在公众号「于杨课题组」留言。

本页面为于杨课题组制作 · 鲁ICP备2026049310号 | 鲁公网安备37010402441672号

说明书版本 v1.5 · 对应网页版本 Facility3D v1.5 · 更新日期 2026-10-19