

# RflySim3D 虚拟实验室用户操作手册

## 1 概述

### 1.1 文档目的

本文用于指导用户在 RflySim3D 虚拟实验室中完成无人机认知学习、虚拟组装和飞控接线调试操作。通过本手册，用户可以了解虚拟实验室的入口位置、界面导航方式、模型选择流程、通用交互方法，以及各功能模块的标准操作步骤和异常处理方法。

### 1.2 虚拟实验室入口

启动 RflySimUE5 后，点击窗口右上角「虚拟实验室」按钮，进入虚拟实验室主页



### 1.3 功能范围

RflySim3D 虚拟实验室是一款基于 Unreal Engine 的无人机虚拟仿真教学平台，通过三维可视化和交互式操作，为用户提供无人机结构认知、动手组装和飞控接线学习体验。



虚拟实验室当前包含以下功能模块：

| 模块名称   | 当前状态 | 功能说明                    |
|--------|------|-------------------------|
| 无人系统装配 | 已开发  | 包含无人机介绍、无人机组装、飞控接线三大子模块 |
| 飞行训练   | 开发中  | 计划提供无人机飞行模拟训练功能         |
| 无人机设计  | 开发中  | 计划提供无人机自定义设计功能          |

### 1.4 支持机型

当前支持的无人机型号如下：

| 无人机型号       | 示意图                                                                               | 旋翼数量 | 学习特点                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------|
| 四旋翼无人机 F450 |  | 4    | 结构清晰，适合入门学习无人机基本构型和电机方向规律          |
| 六旋翼无人机      |  | 6    | 旋翼数量更多，适合进一步理解多旋翼布局和顺序装配           |
| 大疆 S1000    |  | 8    | 专业级八旋翼机型，电机编号和旋转方向固定，适合学习复杂机型的标识规则 |

## 2 界面导航

### 2.1 进入虚拟实验室

在 RflySim3D 平台主界面，点击「虚拟实验室」入口按钮，即可进入虚拟实验室主页。



虚拟实验室主页包含三个入口：



- 「无人系统装配」：进入当前可用的无人机结构认知、组装和接线训练。
- 「飞行训练」：开发中，点击后显示提示。
- 「无人机设计」：开发中，点击后显示提示。

## 2.2 进入无人系统装配

在虚拟实验室主页点击「无人系统装配」模块，进入装配选择页面。



装配选择页面包含以下内容：

- 无人机选择列表：用于选择 F450、六旋翼无人机或其它自定义无人载具（目前包含一架大疆 S1000八旋翼）。



- 场景入口：用于进入「无人机介绍」「无人机组装」「飞控接线」。



- 考试入口：当前为开发中状态，暂不可用。



## 2.3 返回与退出

系统支持逐级返回导航，每个页面均提供「返回」按钮：

| 当前页面             | 点击「返回」后的目标页面       | 示意图                                                                                   |
|------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 无人机介绍、无人机组装、飞控接线 | 返回装配选择页面           |  |
| 装配选择页面           | 返回虚拟实验室主页          |  |
| 虚拟实验室主页          | 返回 RflySim3D 平台主界面 |  |

提示：若正在进行组装或接线操作，切换模块或返回前应根据系统提示选择是否保存当前进度。



## 3 无人机与场景选择

### 3.1 选择无人机和场景模块

在装配选择页面，从无人机列表中选择要学习的机型。不同机型的装配零件数量、电机编号和旋转方向规则存在差异。

这里选择四旋翼无人机为例，选定无人机后，可任选以下三个场景模块（进入后可以切换到不同的模块）：

| 场景模块  | 功能说明                          | 建议使用时机 |
|-------|-------------------------------|--------|
| 无人机介绍 | 查看无人机简介、拆分/合并结构、查看零件详情、观看教学视频 | 组装前    |
| 无人机组装 | 按系统提示将零件逐步安装到无人机上             | 结构认知后  |
| 飞控接线  | 完成电机、电调与飞控之间的接线，并验证接线方向       | 组装完成后  |



## 4 通用交互操作

### 4.1 相机操作

以下相机操作在所有场景模块中通用：

| 操作     | 鼠标/键盘            | 效果              |
|--------|------------------|-----------------|
| 旋转视角   | 按住鼠标左键并拖动        | 视角围绕模型旋转，可全方位观察 |
| 缩放视角   | 滚动鼠标中键滚轮         | 向前滚动放大，向后滚动缩小   |
| 平移视角   | 按住鼠标右键并拖动        | 平移观察位置          |
| 恢复默认视角 | 点击界面上的「恢复默认视角」按钮 | 视角恢复到进入场景时的初始位置 |

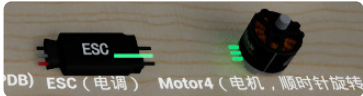
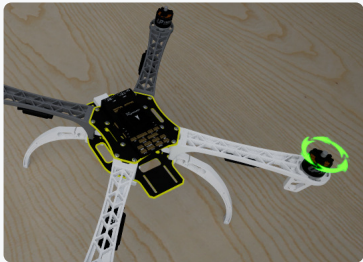
提示：如果观察过程中迷失方向，可随时点击「默认视角」按钮。



### 4.2 对象选择与取消

| 场景    | 选择方式        | 取消方式                 |
|-------|-------------|----------------------|
| 无人机介绍 | 点击拆分状态下的零件  | 再次点击该零件，或点击空白区域      |
| 无人机组装 | 点击当前步骤高亮的零件 | 松开鼠标后未安装成功时，零件自动返回原位 |
| 飞控接线  | 点击起始端子      | 再次点击已选端子，或双击空白区域     |

## 4.3 颜色提示规则

| 提示颜色/效果 | 含义                 | 示意图                                                                                   |
|---------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 绿色高亮    | 当前步骤可操作对象或正确安装位置   |    |
| 红色高亮    | 当前对象不可安装、不可连接或操作错误 |    |
| 闪烁高亮    | 当前已选对象可连接的目标端子     |  |
| 旋转特效    | 电机或螺旋桨方向已被系统识别并展示  |  |

## 5 无人机介绍模块

无人机介绍模块用于帮助用户建立整机结构、零件功能和安装位置的初步认知。

### 5.1 查看无人机简介

进入「无人机介绍」场景后，点击「简介」按钮，系统会弹出当前无人机的文字说明。简介通常包含机型特点、旋翼数量、结构组成和适用教学场景。

建议在首次学习某一机型时先阅读简介，再进行拆分观察和组装操作。



## 5.2 拆分与合并

拆分/合并功能用于直观展示无人机整机与零件之间的空间关系。

拆分操作：

1. 点击「拆分」按钮。



2. 无人机各零件以炸开视图分散展示。
3. 观点击任意零件（机架、电机、螺旋桨、飞控、电调等）查看其介绍。



合并操作：

4. 点击「合并」按钮。
5. 所有零件回到原始装配位置。
6. 无人机恢复完整状态。

## 5.3 查看零件详情

在拆分状态下，可以单独查看某个零件：



1. 用鼠标左键点击某个零件。
2. 该零件移动到视角中心并放大显示。
3. 系统弹出该零件的文字简介。
4. 按住鼠标中键并拖动，可 360 度旋转查看该零件。

如需退出零件详情查看，可再次点击已选零件，或点击桌面空白区域。零件会回到拆分视图中的原始位置，简介窗口关闭。

## 5.4 观看操作视频

点击「视频」按钮后，系统会弹出视频播放窗口，用于观看无人机组装和飞控接线操作演示。



视频播放器支持以下操作：

| 操作    | 方法          |
|-------|-------------|
| 播放/暂停 | 点击播放或暂停按钮   |
| 进度跳转  | 拖动进度条到指定时间点 |
| 窗口缩放  | 拖动视频窗口边缘    |
| 窗口移动  | 拖动视频窗口标题栏   |

## 6 无人机拼装模块

无人机组装模块提供引导式虚拟装配训练。用户需要按照系统预设步骤，将零件逐步拖动到正确安装位置。



## 6.1 界面组成



进入「无人机组装」场景后，界面通常包含以下元素：

- 安装步骤提示：显示当前需要安装的零件名称和操作提示。

- 待安装零件区域：桌面上展示当前或后续步骤需要使用的零件。
- 机体安装区域：显示无人机主体及当前可安装位置。
- 安装进度指示：显示当前装配完成进度。
- 底部模块切换按钮：用于在介绍、组装、接线模块之间切换。

当前步骤可安装的零件会显示绿色高亮，未到安装时机的零件不可提前安装。

## 6.2 标准组装步骤

按照以下步骤完成零件安装：

1. 观察桌面上的待安装零件，找到绿色高亮零件。



2. 用鼠标左键点击绿色高亮零件，将其选中。
3. 观察无人机主体上同步高亮的安装位置。



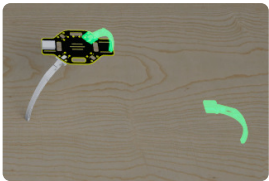
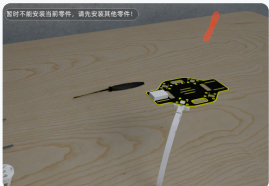
4. 按住鼠标左键不放，将零件拖动到对应安装位置。
5. 零件接近正确位置后松开鼠标左键。
6. 系统自动吸附零件，零件恢复正常外观，安装进度更新。



如果拖动零件未到达正确安装位置就松开鼠标，零件会自动回到桌面上的原始位置，用户需重新拖动安装。

## 6.3 安装顺序规则

系统按照预设顺序执行装配流程，无法跳步安装。

| 操作情况      | 系统反馈                               | 处理方法         | 示意图                                                                                 |
|-----------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 点击当前步骤零件  | 零件和安装位置显示绿色高亮                      | 按提示拖动安装      |  |
| 点击非当前步骤零件 | 弹出「暂时不能安装当前零件」提示，错误位置显示红色高亮或零件返回原位 | 返回当前高亮零件继续操作 |  |
| 零件安装成功    | 零件吸附到位，进度更新                        | 继续下一步        |                                                                                     |

## 6.4 电机旋转方向设置

安装电机时，系统会根据机型要求处理电机旋转方向。不同机型的设置方式如下。

F450 / 六旋翼无人机：

- 安装第一个电机后，系统弹出旋转方向设置窗口。
- 用户需要选择「顺时针（CW）」或「逆时针（CCW）」。
- 确认后，电机上方显示对应方向的旋转特效。
- 后续电机方向由系统按照相邻电机方向相反的规则自动确定。
- 如果选择了错误方向，系统会弹出错误提示，用户需要修正后才能继续。



螺旋桨方向：

- 安装螺旋桨时，其旋转方向必须与对应电机一致。
- 螺旋桨方向不一致时，系统会弹出错误提示。
- 用户应根据电机上方旋转特效和系统提示重新选择正确螺旋桨。

大疆 S1000：

- S1000 的电机旋转方向为固定模式，安装时不弹出方向选择窗口。



- M1/M3/M5/M7 为逆时针（CCW）。
- M2/M4/M6/M8 为顺时针（CW）。
- 力臂上带有 CW/CCW 标识，安装位置带有 M1 至 M8 编号标识。
- 安装时应优先确认编号，再确认旋转方向。

## 6.5 组装完成

所有零件安装完成后，系统弹出「恭喜完成无人机组装」提示。



| 选择 | 系统行为                   |
|----|------------------------|
| 是  | 直接跳转到「飞控接线」模块，继续完成接线训练 |
| 否  | 留在当前页面，可通过底部模块按钮自行切换   |

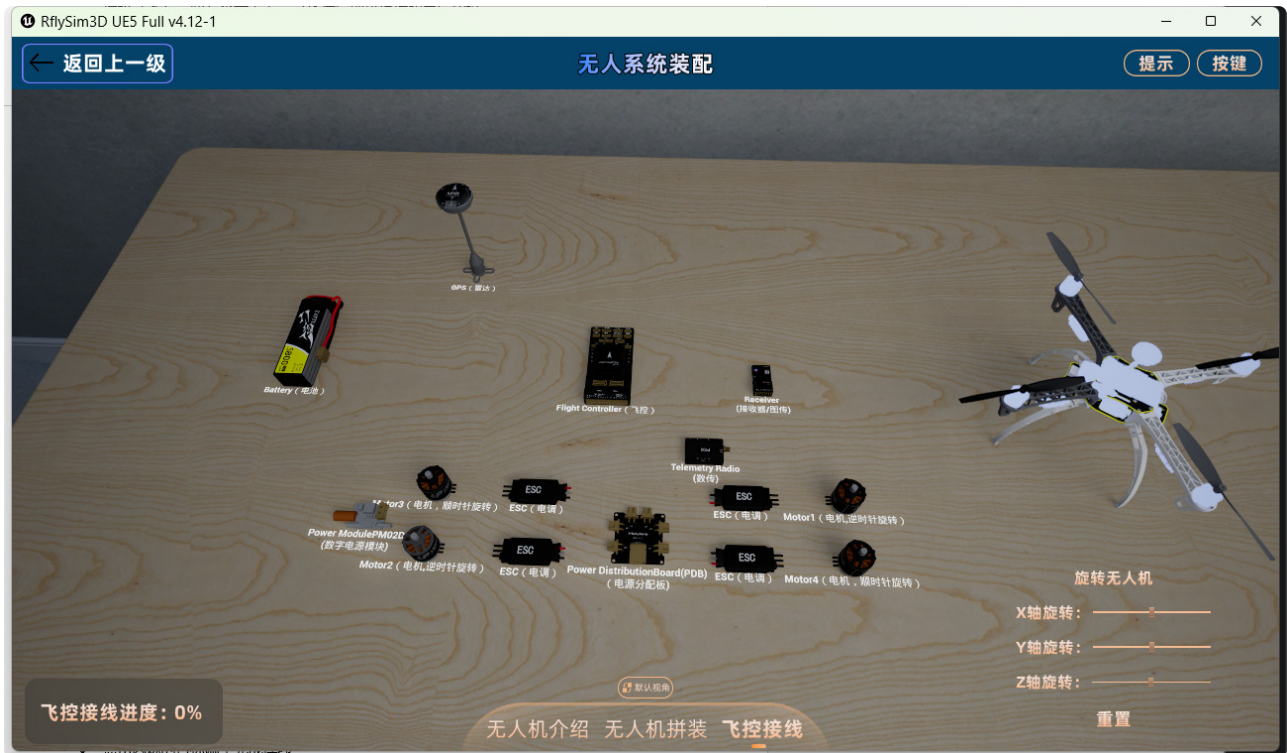
建议完成组装后立即进入飞控接线模块，以保持结构和电机编号记忆的连续性。

## 7 飞控接线模块

飞控接线模块用于学习电机、电调与飞控之间的连接关系，并通过系统反馈验证接线方向是否正确。

## 7.1 场景初始状态

进入「飞控接线」场景后，界面通常展示以下内容：



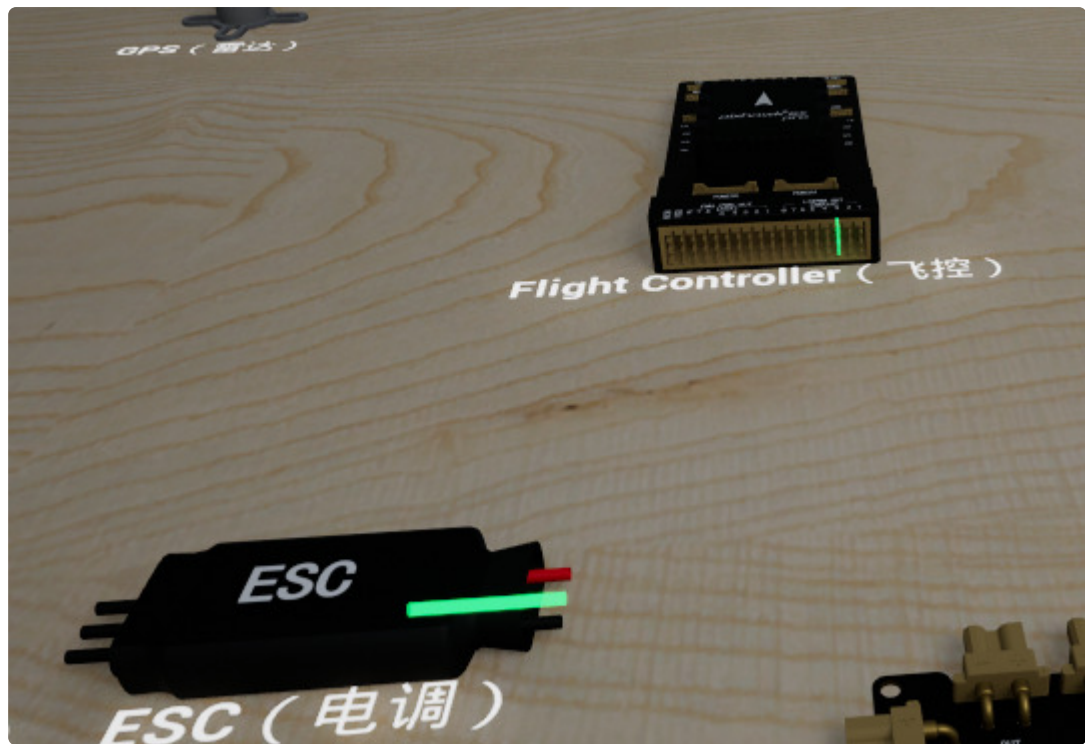
- 接线进度指示。
- 一架自转展示的已组装无人机。
- 桌面上的接线零件，例如飞控、电调和连接端子。
- 可交互端子及其高亮提示。

## 7.2 标准接线步骤

飞控接线采用「先选起点，再选终点」的方式完成。

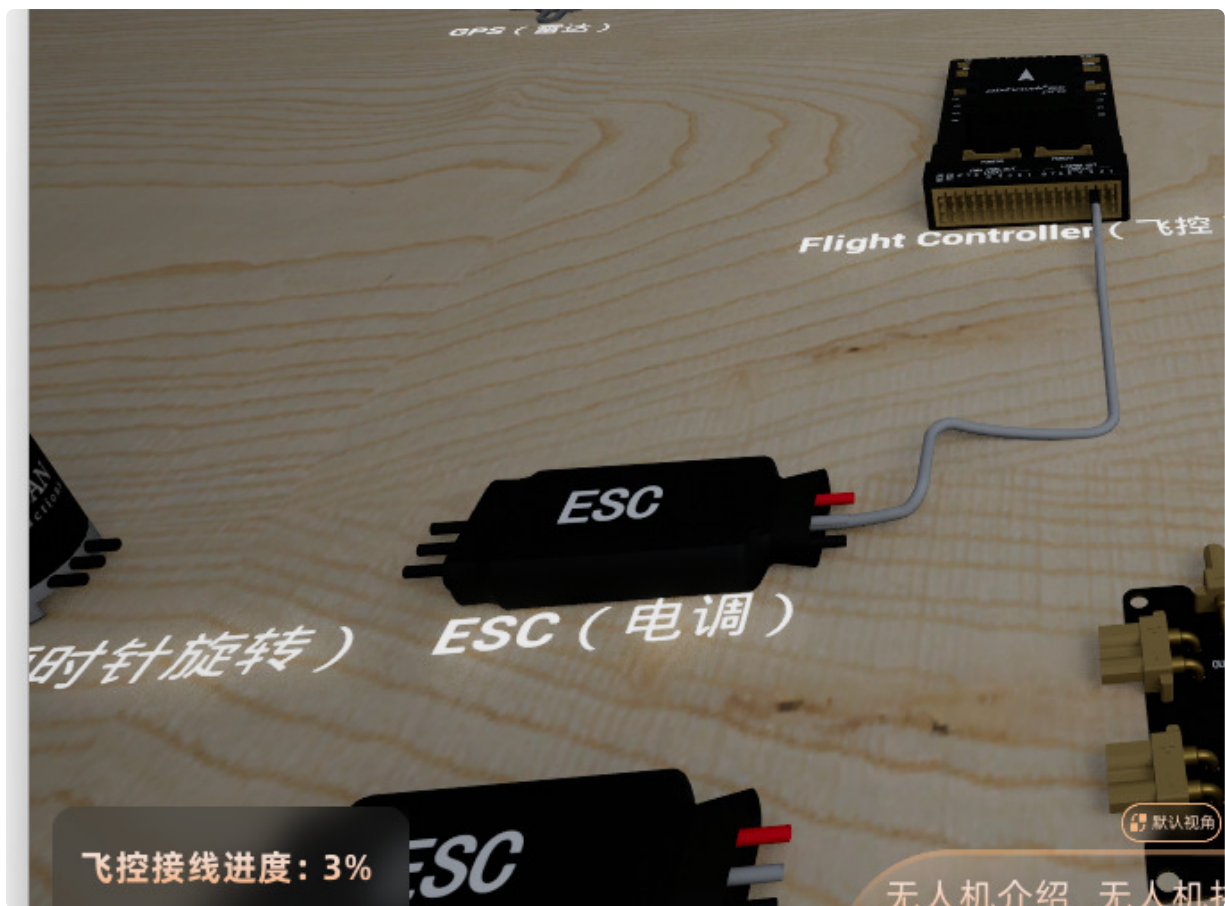
步骤一：选择起始端子

1. 点击零件上的某个端子。
2. 该端子显示高亮。
3. 可连接的目标端子开始高亮或闪烁。
4. 无人机上对应零件同步高亮提示。



步骤二：连接目标端子

5. 点击闪烁的目标端子。
6. 系统在两个端子之间生成连线。
7. 无人机上对应零件恢复正常外观。
8. 接线进度更新。

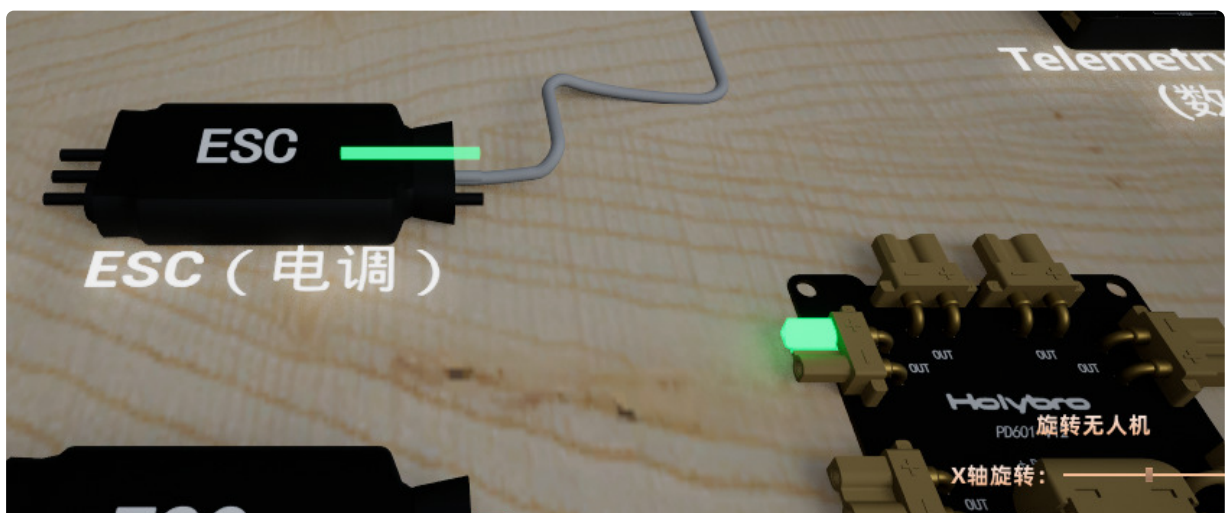


取消选择：

- 再次点击已选择的起始端子，可取消当前选择。
- 双击桌面空白区域，也可取消当前选择。
- 取消后，所有高亮和闪烁效果消失，系统恢复待选状态。

放大查看：

- 双击某个端子，视角会以该端子为中心放大，便于查看细节。
- 放大后可继续使用相机旋转、缩放和平移操作调整观察角度。



## 7.3 接线正确性判定

系统会自动验证每组接线是否合理。

正确接线时：

- 顺时针电机按照无交叉方式连接电机、电调和飞控。
- 逆时针电机按照交叉方式连接电机、电调和飞控。
- 接线完成后，电机上方显示对应方向的旋转特效。
- 接线进度更新。

错误接线时：

- 系统弹出「连接不合理，请重新连接」提示。
- 显示错误方向的旋转特效或错误提示效果。
- 当前错误连线被自动撤销。
- 提示中包含飞控接线示意图，用户可根据示意图重新连接。

说明：实际操作时应以系统当前高亮目标端子、机型编号和接线示意图为准。

## 7.4 撤销连线

如需撤销已完成的连线，可按 Ctrl+Z。

| 操作         | 效果             |
|------------|----------------|
| 按一次 Ctrl+Z | 撤销最近完成的一组连线    |
| 连续按 Ctrl+Z | 按从新到旧的顺序逐组撤销连线 |

撤销后，如需重新连接，按照标准接线步骤重新选择端子即可。

## 8 进度保存与模块切换

在组装或接线过程中，用户可以通过底部模块按钮切换到其他模块。切换时系统会弹出保存提示。

| 当前操作    | 选择「是」保存         | 选择「否」不保存         |
|---------|-----------------|------------------|
| 组装中切换模块 | 切回后保留已安装零件和安装进度 | 切回后进度清零，回到初始装配状态 |

| 当前操作    | 选择「是」保存         | 选择「否」不保存       |
|---------|-----------------|----------------|
| 接线中切换模块 | 切回后保留已完成连线和接线进度 | 切回后所有连线恢复为未接状态 |

建议在以下情况下选择保存：

- 已完成多个零件安装步骤。
- 已完成一部分接线，并需要临时查看介绍模块。
- 教学演示过程中需要暂时离开当前模块。

建议在以下情况下选择不保存：

- 当前步骤操作错误较多，希望重新开始。
- 教师需要恢复初始状态进行演示。
- 用户希望重新练习完整流程。

## 9 快捷键与操作一览

|                                  |
|----------------------------------|
| 快捷键/操作   功能   适用场景               |
| ---   ---   ---                  |
| 鼠标左键 + 拖动   旋转视角   所有场景          |
| 鼠标中键滚轮   缩放视角   所有场景             |
| 鼠标右键 + 拖动   平移视角   所有场景          |
| 鼠标左键点击   选中零件或端子   介绍、组装、接线场景    |
| 鼠标左键拖动   拖动零件到安装位置   组装场景        |
| 鼠标中键 + 拖动   旋转查看选中零件   介绍模块的拆分状态 |
| 双击端子   放大查看端子细节   接线场景           |
| 双击空白处   取消端子选择   接线场景            |
| Ctrl+Z   撤销最近一组连线   接线场景         |

## 10 常见问题与处理

| 问题现象                 | 可能原因       | 处理方法               |
|----------------------|------------|--------------------|
| 点击「飞行训练」或「无人机设计」无法进入 | 模块仍处于开发中状态 | 使用当前已开放的「无人系统装配」模块 |

| 问题现象          | 可能原因                         | 处理方法                   |
|---------------|------------------------------|------------------------|
| 视角偏离模型，找不到无人机 | 相机旋转、缩放或平移幅度过大               | 点击「恢复默认视角」按钮           |
| 零件拖动后自动回到桌面   | 未拖动到正确安装位置，或当前不是该零件安装步骤      | 观察绿色高亮提示，重新拖动当前步骤零件    |
| 点击某个零件后提示不能安装 | 该零件不属于当前安装步骤                 | 按安装步骤提示选择绿色高亮零件        |
| 电机方向选择后提示错误   | 选择的 CW/CCW 方向不符合当前机型规则       | 根据系统提示重新选择正确方向         |
| 螺旋桨安装时提示方向不一致 | 螺旋桨方向与对应电机方向不匹配              | 查看电机旋转特效，选择匹配方向的螺旋桨    |
| 接线后提示「连接不合理」  | 起始端子或目标端子选择错误，或接线交叉方式不符合电机方向 | 查看高亮端子和接线示意图，重新连接      |
| 想撤销刚完成的接线     | 接线目标选择错误或需要重新演示              | 按 Ctrl+Z 撤销最近一组连线      |
| 切换模块后进度丢失     | 切换时选择了「否」不保存                 | 下次切换前选择「是」保存，或重新完成当前流程 |
| 视频窗口遮挡模型      | 视频窗口位置或大小不合适                 | 拖动标题栏移动窗口，或拖动边缘调整窗口大小  |