

智能技术与系统综合实验实验手册

实验 3-1：无人机基本结构与操作介绍

一. 实验目的

熟悉无人机和遥控器的基本结构，并使用遥控器熟练操作无人机；实现无人机中不同的模式并观察其中区别。

二. 实验内容

使用无人机实现以下操作：

- 1、熟悉无人机和遥控器的基本结构；
- 2、熟悉遥控器OLED界面中的基本设置及对应功能；
- 3、熟悉无人机的基本飞行操作；
- 4、实现无人机的对频操作、急停操作、翻滚操作、水平校准操作等；
- 5、实现无人机的一键起飞、一键降落、视觉跟随模式、巡线模式等；
- 6、熟悉图形化编队软件的基本界面及参数；
- 7、使用图形化编队软件实现单机飞行及编队飞行。

三. 实验原理

3.1 无人机基本结构简介

3.1.1 无人机结构简介

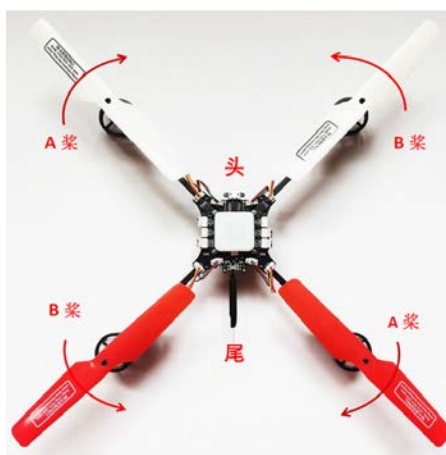


图 1. 无人机

配套桨的颜色可能跟图片不一样，但都标有A或B，请按照本图所示正确安装，否则不能正常起飞。此外，为保证操作正确，需要将无人机的头和尾放置在正确的位置，保证头朝前，尾朝后。

3.1.2 遥控器简介



图 2. 配套遥控器

- 1、**左摇杆**：上下控制上升和下降，左右控制在水平面上的自旋；用力往下按可以触发**左按键**。
- 2、**右摇杆**：上下控制前飞后飞，左右控制左飞右飞；用力往下按可以触发**右按键**。
- 3、**电源开关**。
- 4、**指示灯**：
 - ①状态指示灯（↙左下角），开机后常亮，表示程序正常运行。
 - ②通信指示灯（↘右下角），与飞控连接成功后会亮。
 - ③充电指示灯（↖左上角），充电过程中会亮。
 - ④充满指示灯（↗右上角），充满电后会亮。
- 5、**三颗微调旋钮**：
 - ①左边旋钮可以调节**自转控制**灵敏度（逆时针转降低，顺时针转增加，**新手建议调到最低**）。
 - ②中间旋钮可以调节**升降控制**灵敏度（逆时针转降低，顺时针转增加，**新手建议调到最低**）。
 - ③右边旋钮可以调节**前后左右控制**灵敏度（逆时针转降低，顺时针转增加，**新手建议调到最低**）。
- 6、**串口接口**（预留）。
- 7、**SWD接口**，给遥控器下载程序使用。
- 8、**Micro-USB接口**：
 - ①连接到电脑，可以发送数据到上位机进行显示。
 - ②连接到充电器，可以给电池充电。

3.1.3 OLED屏幕显示简介



图 3. OLED屏幕主页面

- 1、左上角显示无线通道，范围是0-125；如果无线模块异常，显示“X”。
- 2、右上角显示信号强度；如果无信号，显示“X”。
- 3、中间显示遥控和飞机的电池电压：
 - ①与飞机未连接的时候显示的是遥控器的电压。
 - ②与飞机成功连接后显示的是飞机的电池电压。

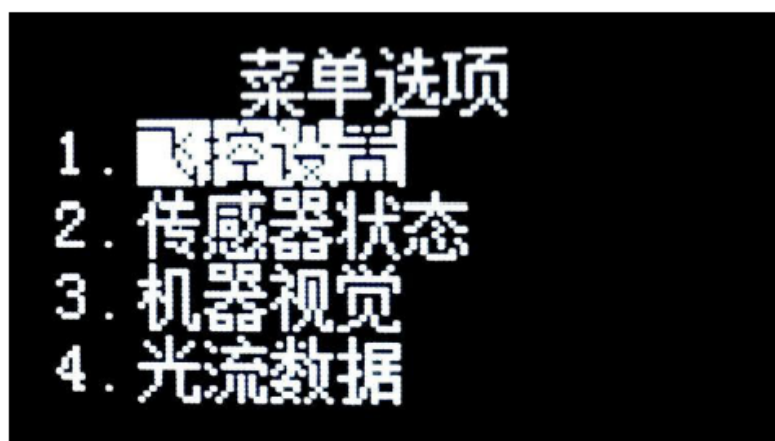


图 4. 菜单选项窗口

- 1、单击右键，切换到菜单选项窗口。
- 2、上下摇动右摇杆，选择需要查看的选项。
- 3、单击右键，进入需要查看的选项。

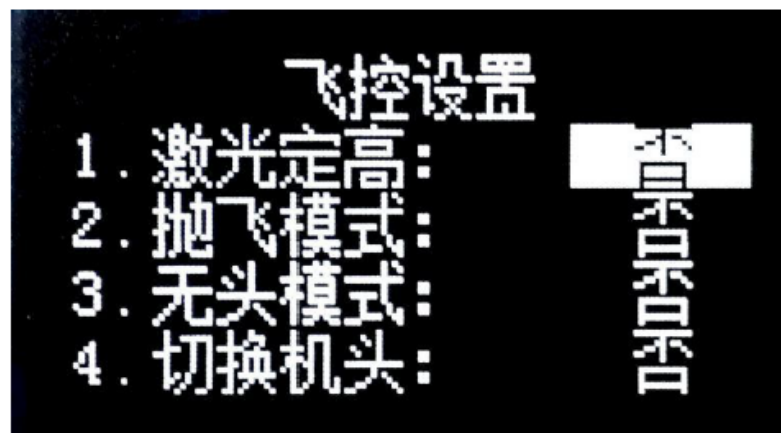


图 5. 飞控设置窗口

- 1、上下拨动右摇杆，选择需要设置的模式，长拨可以翻页。
- 2、左右拨动右摇杆，修改为“是”或者“否”。
- 3、设置完毕后，单击右键确认。

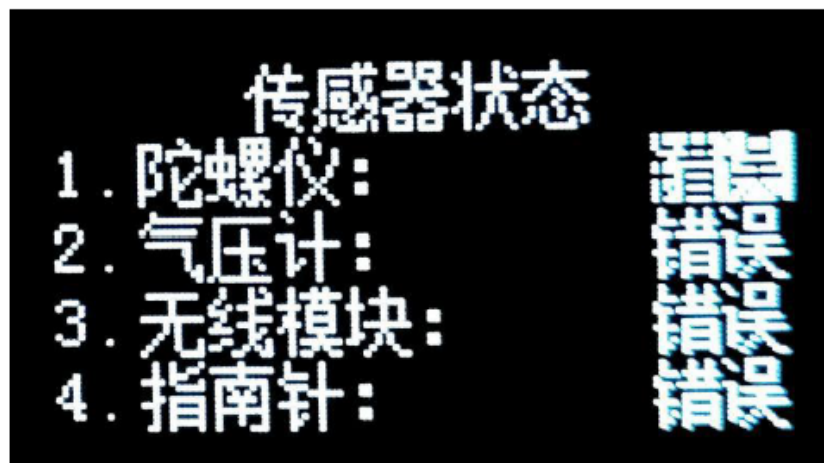


图 6. 传感器状态窗口

- 1、上下拨动右摇杆，选择需要查看的传感器，长拨可以翻页。
- 2、单击右键即可退出。

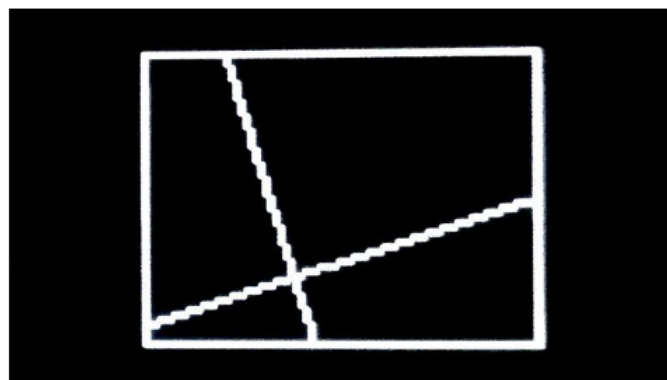


图 7. 机器视觉窗口

- 1、实时化图像显示视觉模块点检测和线检测效果，单击右键即可退出。



图 8. 光流窗口

- 1、图像化实时显示光流数据，单击右键即可退出。
- 2、右上角显示环境质量指数，右下角显示y轴数据，左下角显示x轴数据。



图 9. 陀螺仪窗口

- 1、左上角显示高度数据（单位：分米），右上角显示偏航角度。
- 2、左下角显示x轴倾角，右下角显示y轴倾角。
- 3、如果飞机放在水平地面上，**X、Y轴角度值应该接近零**，否则需要执行水平校准操作。
- 4、**水平校准方法：双摇杆同时下拉2秒即可。**

1.4 无人机硬件面板简介

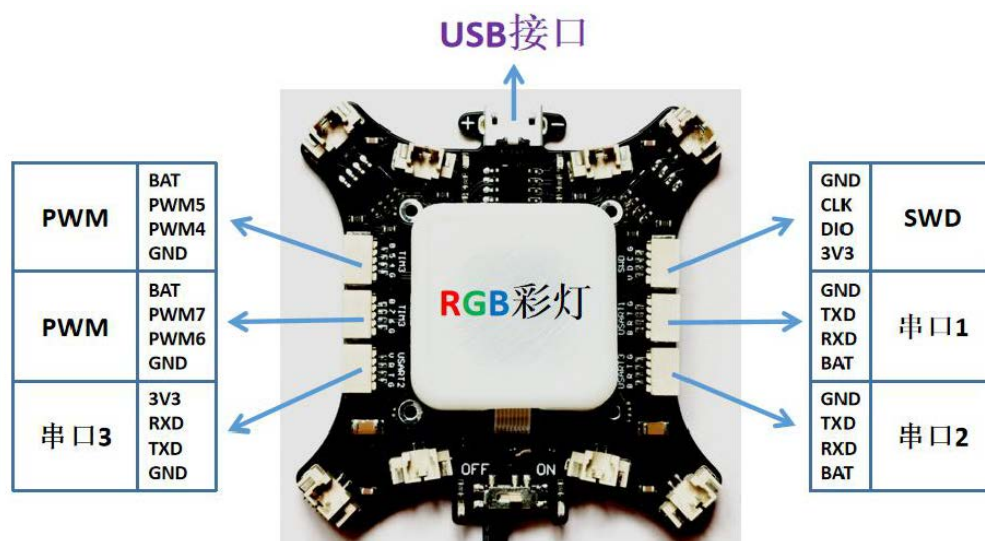


图 10. 无人机硬件面板

- 1、Micro-USB接口：
 - a. 连接到电脑，可以与上位机进行数据交换。
 - b. 连接到充电器可以给电池充电。
- 2、Micro-USB接口左右各有一个指示灯，它们是充电指示灯：
 - a. →右边指示灯亮表示正在充电。
 - b. ←左边指示灯亮表示充电完成。
 - c. 大概一到两小时可以充满电。
 - d. **如果螺旋桨下面的四个指示灯快速闪烁，表示飞控电池电压低，应及时充电。**

3、电源开关左右各有一个指示灯，它们是状态指示灯：

- a. 开机后双闪一次，表示系统初始化完成。
- b. 开机后持续单闪，表示SPI通信有问题。
- c. 开机后持续双闪，表示无线模块异常。
- d. 开机后持续三闪，表示陀螺仪异常。
- e. 开机后持续四闪，表示气压计异常。

4、各个接口上面的引脚标号简介：

- a. G 表示GND；V 表示系统电压，也就是3.3V；B 表示电池电压(BAT)，范围一般是3.7~4.1V。
- b. R 表示串口的RXD，T 表示串口的TXD；D 表示DIO，C 表示CLK。
- c. 4-9表示PWM4-PWM9。

3.2 无人机的基本操作

3.2.1 开机自检

1. 把飞机放在**水平地面上**，然后打开开关，正常的开机现象应该是这样的：
 - 1) 四个电机底部的LED 灯闪烁两次，然后熄灭；
 - 2) 飞机顶部的彩灯按照红、绿、蓝顺序闪烁一次，然后熄灭；
 - 3) 四个电机滴滴响若干声，然后停止（**如果持续滴滴响，请执行水平校准操作**）；
 - 4) 至此飞机开自检已完成，可以解锁起飞了。

注意：拿在手上开机会导致自检时间增长，建议把飞机放到地面上再开机。

3.2.2 急停操作

飞行过程中，如果出现意外，**请把油门拉到最低**，同时按下右键0.5秒飞机立即上锁，停转。

3.2.3 自动对频

1. 将飞机和遥控器同时开机，如果遥控器屏幕右上角显示“X”，表示无信号，需要进行对频。
 2. **长按遥控器右键**直到遥控器的指示灯闪烁即可松开，进入自动对频。
 3. 等待几秒，自动对频成功后遥控器屏幕会显示飞机各个参数。
- 特别提醒：**开启编队模式的飞机无法对频，请切换到非编队模式。

3.2.4 打开灯光

1. 飞机开机后，默认关闭灯光，可以使用遥控器开启灯光。
2. 对频成功后，按一下遥控器左键打开飞机灯光，再按一下左键即可关闭。

3.2.5 水平校准操作

1. 飞机放置在水平地面上，如果遥控器屏幕显示的**姿态角度不接近0**，则需要校准。

2. 上锁状态下，左右两个摇杆同时往下拉到最低，保持大概2s，飞机指示灯闪烁一下，校准成功。

3.2.6 解锁和起飞操作

1. 把飞机放到水平地面上，操控者站在飞机后面一到两米处（**开关所在的位置就是飞机的后面，切记一定要站在飞机的后面，否则肯定会出问题。飞行过程中也要保持飞机的后面正对着自己**）。
2. 打开遥控器，左摇杆持续下拉，保持大概2s，飞机指示灯闪烁一下，表示解锁成功。
3. 解锁成功后松开摇杆，指示灯呈不断**双闪状态**，四个螺旋桨会低速转动，把油门往上推即可起飞。
4. 往上推油门，增加飞行高度；往下拉油门，降低飞行高度。

3.2.7 3D翻滚操作

1. 正常飞行过程中，**按一下左键**，然后2秒内**拨动右摇杆选择翻滚方向**即可实现翻滚操作。
2. 按一下左键后，如果2秒没有拨动右摇杆，会自动取消翻滚。

3.2.8 激光定高

1. 检查激光测距是否显示正常，如果正常即可打开**激光定高**，使用激光定高功能。
2. 飞行过程中如果频繁提示激光测距异常，一般是因为环境光线太强了，或者飞的太高了，这时候建议关闭激光定高（**如果关闭激光定高功能，飞控默认使用气压计定高**）。

3.2.9 一键起飞和一键降落

1. 把飞机放到水平地面上，操控者站在飞机后面一到两米处（**开关所在的位置就是飞机的后面，切记一定要站在飞机的后面，否则肯定会出问题。飞行过程中也要保持飞机的后面正对着自己**）。
2. 执行解锁操作后，按一下左键，飞机将会自动起飞，起飞高度1米左右。
3. 往上推油门，增加飞行高度；往下拉油门，降低飞行高度。
4. 飞行过程中**长按左键**，飞机将会自动降落，降落完成后自动上锁（**注意：短按左键是触发翻滚**）。

3.2.10 光流定点模式

1. 检查光流模块是否显示正常，如果正常即可打开激光定高和光流定点，开启光流定点。
2. 在该模式下，飞行过程中，如果遥控器摇杆不动，飞机会自动稳定在一个点不漂移。
3. 使用光流定点模式需要满足以下三个条件：**环境光线良好，地面有纹理、高度三米以下**。

3.2.11 视觉跟随模式

1. 检查光流模块和视觉模块是否正常，如果正常即可打开**激光定高、光流定点和跟随模式**，其他选项都要关闭。
2. 把飞机放在需要跟随的物体旁边，启动一键起飞后，飞机将会自动跟随白色地面上的**黑色物体**。
3. 使用视觉跟随模式需要满足以下几个条件：
 - ①环境光线良好，**地面是纯色**的（最好是纯白色，白色瓷砖地板上也可以）。
 - ②需要跟随的物体颜色要跟地面不一样，**差别越大越好**（最好是黑色）。
 - ③需要跟随的物体周围半径1 米内不能有其他物体。
 - ④跟随高度1 米左右最佳。

3.2.12 循线模式

1. 检查光流模块和视觉模块是否正常，如果正常即可打开**激光定高、光流定点和循线模式**，其他选项都要关闭。
2. 把飞机放在线上，**启动一键起飞后**，飞机将会根据线的形状自动判断循线飞行方向，然后自主循线飞行，如果检测不到线则自动降落。
3. 自主循线过程中，遇到以下情况之一，**飞机会自动停止循线并且自动降落**：
 - ①收到来自遥控器的自动降落命令；
 - ②走到线的尽头；
 - ③遇到T 字路口。
4. 线路的形状可以布置成**直线、曲线和直角**三者的任意组合，起点建议设置成**T 字或十字**，曲线弯曲半径建议大于1 米，线宽2~5 厘米最佳。
5. 使用视觉循线模式需要满足以下几个条件：
 - ①环境光线良好，地面是白色的，并且有轻微的浅色花纹（建议在浅色的瓷砖地板上使用）。
 - ②需要跟随的线的颜色要跟地面不一样，**差别越大越好**（最好是纯黑色）。
 - ③需要跟随的线周围1 米内不能有其他物体。
 - ④循线高度**1 米左右最佳**。

3.2.13 电池的充电方式

1. 跟给手机充电类似，用常见的智能手机充电器，连接到遥控器或者飞机前面的 Micro-USB 接口即可。
2. 一般充电一到两小时左右可以充满，充电时指示灯如何显示请看前面的相关介绍。
3. 飞机电池也可以拆下来，使用配套的充电器进行充电。

3.3 图形化编队软件介绍

3.3.1 基本界面介绍



图 11. 图形化编队软件飞控设置面板

图形化编队软件主要可以用于查看无人机的基本参数设置如PID设置、遥控设置、单击设置等，为了使电脑和无人机能够顺利连接，在使用软件前需要预安装**虚拟串口驱动**：

1. win7 32 位操作系统，安装Virtual comports driver\Win7\dpinst_x86.exe;
2. win7 64 位操作系统，安装Virtual comports driver\Win7\dpinst_amd64.exe;
3. Win8/Win10 32 位操作系统，安装Virtual comports driver\Win8\dpinst_x86.exe;
4. Win8/Win10 64 位操作系统，安装Virtual comports driver\Win8\dpinst_amd64.exe。

安装成功后，用USB 线将遥控器与电脑连接，我的电脑>>属性>>设备管理器里，在“端口（COM和LPT）”一栏，可以看到COMx。至此，ST 虚拟串口驱动安装完毕。



图 12. 虚拟串口驱动安装成功示意图

温馨提示：USB 虚拟串口可以自适应波特率、数据位、停止位和校验位。所以在使用的時候，这些参数都可以忽略、不用设置。

安装好虚拟串口驱动后，即可将电脑与无人机通过数据线相连，并读取无人机内的参数设置。

此时“基本收发”界面内的串口显示打开：

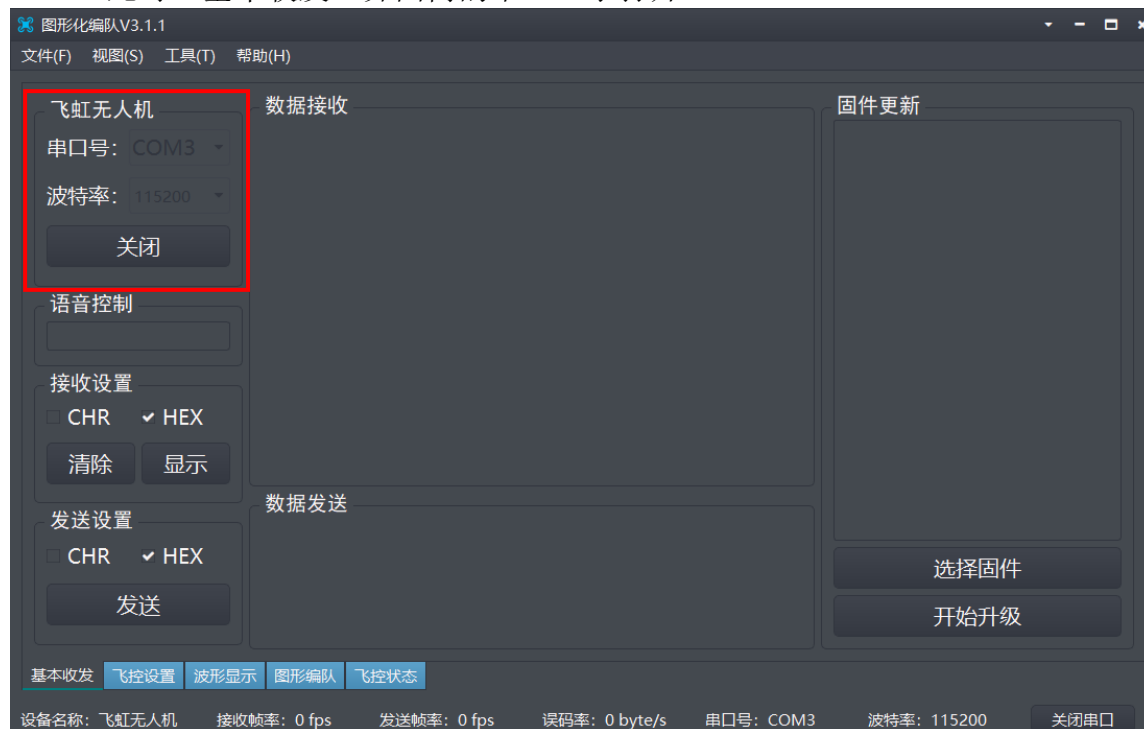


图 13. 虚拟串口驱动安装成功示意图

3.3.2 PID设置

PID设置											
ROL速率:	2000	1200	120	HIG速率:	4000	2000	200	自定义2:	0	0	0
PIT速率:	2000	1200	120	HIG自稳:	1500	0	0	自定义3:	0	0	0
YAW速率:	5000	0	0	LOC速率:	200	100	10	自定义4:	0	0	0
ROL自稳:	8500	0	0	LOC自稳:	1000	0	0	自定义5:	0	0	0
PIT自稳:	8500	0	0	自定义0:	8000	0	200	自定义6:	0	0	0
YAW自稳:	5000	0	0	自定义1:	0	0	0	自定义7:	0	0	0
<input type="button" value="读取PID"/>				<input type="button" value="写入PID"/>				<input type="button" value="恢复默认"/>			

图 14. 无人机初始PID设置

点击界面处的“读取PID”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到无人机内的PID设置参数。

温馨提示：无人机的PID参数设置均已初始化，请各位同学在使用的时候不要设置PID参数。

3.3.3 单机设置

单机设置	
飞行模式	中速
通信信道	91
连接密码	12345678
<input type="button" value="读取"/>	
<input type="button" value="发送"/>	

图 15. 无人机初始单机设置

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到无人机内的单机设置参数，其中包括无人机的飞行模式、通信信道和连接密码。若需要修改参数，在修改设置之后，点击界面处的“发送”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即设置成功。设置成功后需要重启飞机，然后对频。

温馨提示：为避免信道干扰，每台无人机的信道设置均已初始化且各不相同，请各位同学在使用的时候不要随意更改通信信道。另外，建议同学们将飞行模式均设置为“低速”模式，以避免实验过程中出现危险。

3.3.4 编队设置

编队设置	
飞机编号	3
通信信道	110
连接密码	12345678
<input checked="" type="checkbox"/> 打开	
<input type="button" value="读取"/>	
<input type="button" value="发送"/>	

图 16. 无人机编队设置

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到无人机内的编队设置参数，若无人机已经设置编队中的飞机编号，则红框内显示“打开”。

温馨提示：由于无人机数量有限，本节课不考虑无人机的编队设置，若红框内显示“打开”，同学们将前方框内的“√”去掉，并将此时的参数发送给无人机，即完成取消编队设置。

3.3.5 激活设备



图 17. 无人机激活设备设置

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到无人机内的激活设备参数，**本实验中全部无人机均已激活，同学们不需要自行激活。**

3.3.6 硬件信息



图 18. 无人机硬件信息

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到无人机内的硬件信息。

3.3.7 遥控设置（遥控器）



图 19. 遥控设置信息

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到遥控器内的遥控设置。**默认设置为美国手（左手油门）。**

3.3.8 单机设置（遥控器）



图 20. 遥控单机信息

点击界面处的“读取”按钮，在听到无人机发出一声“滴”之后，即可读取到遥控器内的单机设置。

注意：无人机的通信信道与连接密码需要与对应的遥控器一致才能正常运行，因此同学们在实验过程中不要改动无人机和遥控器的连接密码。

3.3.9 频谱仪-信道选择（遥控器）



图 21. 频谱仪显示界面

在实验过程中，尽量选择在90-125范围内的通信信道，以避免通信过程中的通信干扰。

3.4 无人机编队飞行

3.4.1 编队设置

在编队飞行之前第一步要完成编队设置，编队设置的具体参数与地图有关，

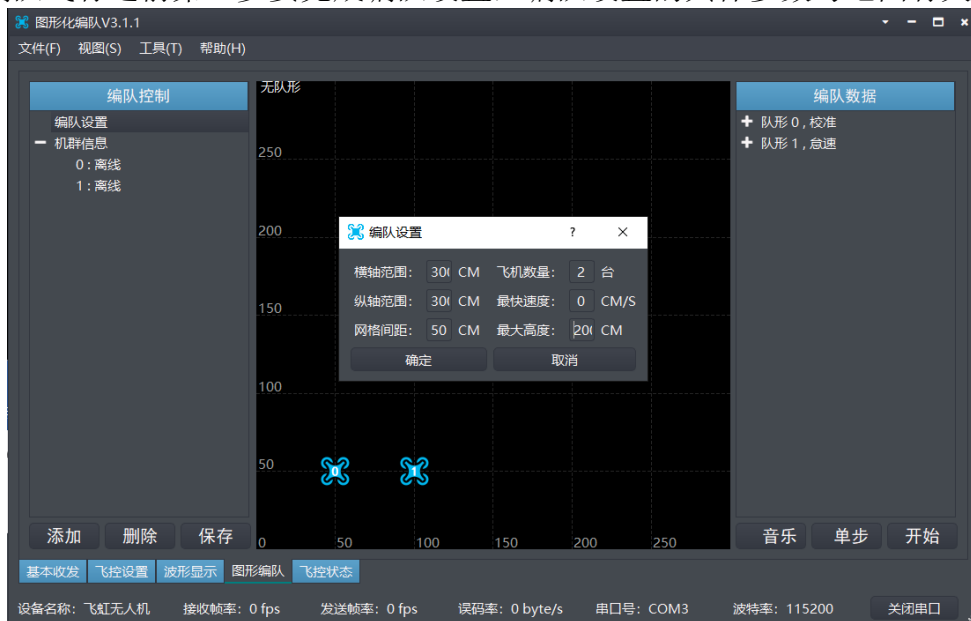


图 22. 编队设置界面

其中，范围值的设置遵循以下公式： $\text{范围值} = (\text{标签数量} + 1) * \text{网格间距}$ 。网格间距是两个标签之间的距离，地图上默认为50cm。

注意：编队设置中要注意飞行速度的设置，建议同学们在实验过程中设置在50cm/s以下，以避免出现危险。

3.4.2 打开编队模式并设置无人机编号

由于无人机有限，建议每两个小组共同完成编队模式实验。

编队步骤：

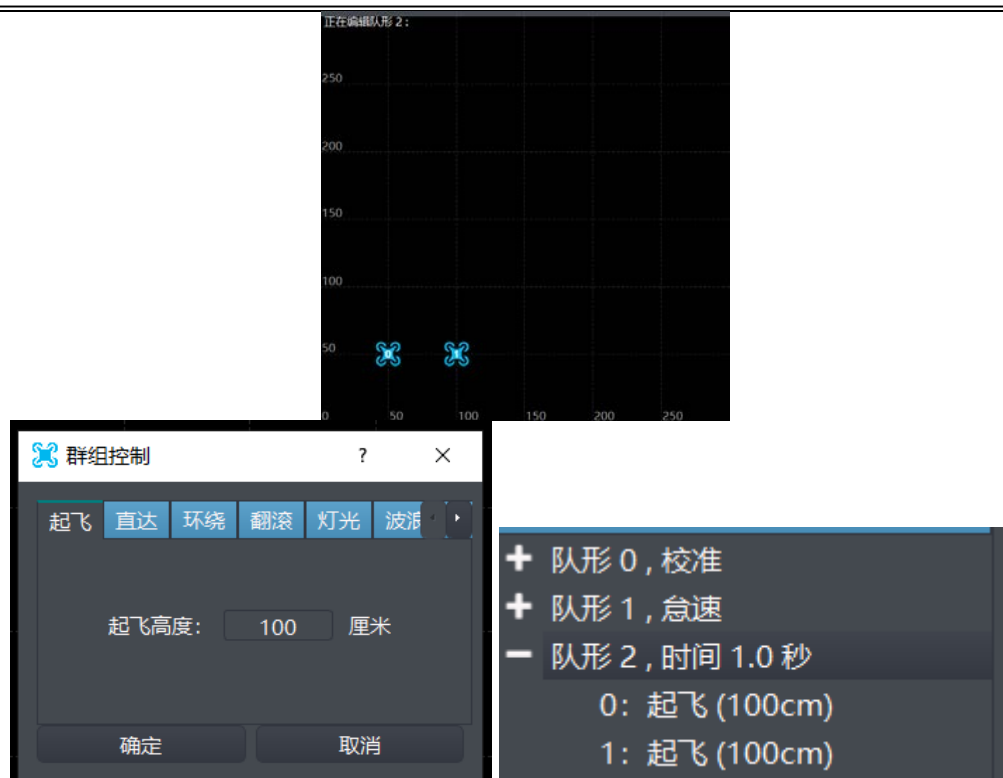
- ① 首先，将需要进行编队的无人机用数据线与电脑相连，在无人机未进行改动前，“飞控设置-编队设置”中点击“读取”后，应为“关闭”状态。
- ② 为打开编队模式，将待选框打√，并对无人机进行编号（两台无人机可以设置为编号0和编号1）和对通信信道进行设置（**注意不同小组的通信信道需要设置各不相同**），设置完成后点击“发送”。将编队中所有无人机设置完成后，即完成了无人机的编号设置。

注意：在无人机编号设置成功后，需要进行重启。

3.4.3 常用编队操作设置

在图形化界面中，**框选所有无人机后->点击鼠标右键**，即可设置起飞、直达、环绕、翻滚等指令，接着再点击左下角的“添加”按钮，即可添加对应指令。

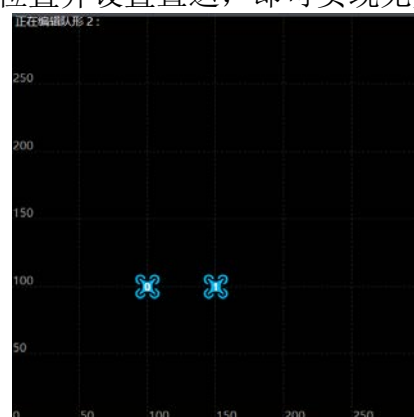
在进行编队飞行之前，第一步需要设置好无人机的起飞位置和起飞指令：

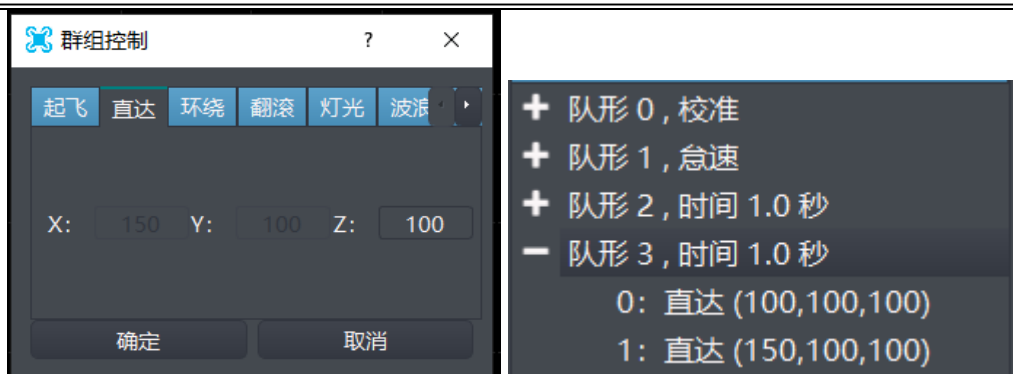


此外，双击队形2可以设置对应指令持续的时间：



接着将无人机拖动到指定位置并设置直达，即可实现无人机到达指定位置：





此外还可以设置翻滚和灯光效果：



最后，一定要设置降落操作，保证运行最后无人机能够顺利停止：



所有编队设置完成之后，可以点击“开始”按钮进行软件仿真，在软件界面上查看仿真的效果示意图。

3.3.4 开始编队飞行

待所有无人机按照所预设队形摆放好后，将遥控器连接到电脑软件（**注意！不要进行对频操作**），检查所有飞机是否连接上并电池电压正常，随后点击“开始”按钮。

编队飞行注意事项：

- (1) 飞机摆放的方向**一定不能错**；
- (2) 飞机摆放的位置**一定要跟预设队形一样**；
- (3) 安全距离建议大于1米，太近了容易相撞；
- (4) 飞行速度建议小于50cm/s，太快了容易相撞；
- (5) 飞行高度建议设置在50-200cm之间；
- (6) 电池电压鉴于大于3.6V，电压太低容易出现意外情况；
- (7) 选择干扰最小的无线通道。

四. 常见问题及解决办法

1. 打开遥控器开关后，为什么遥控器没有任何反应？
 - a. 可能是没有电了，充会电试试。
2. 打开遥控器后，为什么屏幕左上角显示一个‘X’？
 - a. 无线模块可能没有插好。
3. 飞机和遥控器的电源都打开了，为什么遥控器屏幕右上角显示一个‘X’？
 - a. 首先要确保飞机正常开机，并且处于非编队模式。
 - b. 长按遥控器右键2 秒进行自动对频。
 - c. 如果对不上频，请检查遥控器和飞机的通信密码是否一致。
4. 打开遥控器后，摇杆自动回中状态下，为什么屏幕显示不在中位？
 - a. 使用图形化编队软件进行摇杆校准即可。
5. 飞机起飞后，总是往同一个方向漂移，并且速度还是比较快的，怎么办？
 - a. 把飞机放在水平地面上，观察遥控器陀螺仪窗口左下角和右下角的数字是否接近0。
 - b. 如果不接近0，请执行水平校准操作（双摇杆下拉2 秒）。
 - c. 打开激光定高和光流定点，在地面纹理比较明显的地方飞行。
6. 用数据线连接飞机到电脑后，提示无法识别，有可能是什么原因？
 - a. 飞机没有插电池。
 - b. 没有安装虚拟串口驱动。