

四旋翼无人机组装与调试实验

1. 实验目的

了解和掌握四旋翼无人机的组装与调试过程，包括机架结构、动力系统、飞行控制、通信遥控等核心子系统的组成和功能，学习无人机各组件的选型、安装和配置方法，并掌握基本的飞行操作和安全规范。

2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]。

3. 实验地址

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\1.RflySimIntro\1.BasicExps\10.DroneAssTutorial\1.QuadUAVAss](#)

4. 实验内容或步骤

4.1 步骤1：机架结构认识与组装

4.1.1 认识机架组件

四旋翼无人机的机架是整个飞行平台的基础，承载并连接所有其他组件。机架主要包括以下几个部分：

- 机臂：支撑电机、电调和螺旋桨的主要结构
- 电池舱：固定电池的位置，确保电池在飞行过程中稳固

- 主机架：连接机臂和中心板，作为所有组件的主要支撑结构
- 起落架：提供无人机的起落支撑，保护机身和传感器
- 中心板：连接和支撑臂，提供集成电子元件和附件的安装平台
- 连接件和紧固件：连接和固定机架的各个组件

4.1.2 机架类型选择

根据应用需求选择合适的机架类型。四轴无人机是最常见的多旋翼类型，具有结构简单、易于控制和维护、悬停能力强等特点，适合航拍和初学者使用。



4.2 步骤2：动力系统安装

4.2.1 电机选择与安装

电机是无人机动力系统的核心部件，负责驱动螺旋桨旋转从而产生推力。选择合适KV值和尺寸的电机对飞行性能至关重要。

无刷直流电机（BLDC）是目前多旋翼无人机中主要采用的电机类型，具有高效率、长寿命和高功率密度等特点。电机型号如"2212"表示电机定子直径是22mm、定子高度为12mm。

4.2.2 电子调速器（ESC）连接

电子调速器（ESC）控制电机转速，接收来自飞控系统的控制信号，调节输入电机的电流和电压。连接时需注意电源线（红黑线）、信号线（白色或黄色线）和地线的正确连接。

4.2.3 螺旋桨安装

螺旋桨将电机的旋转动能转换为空气动力，推动无人机飞行。螺旋桨型号如"1045"表示直径是10英寸，螺距是4.5英寸。安装时需注意螺旋桨的旋转方向（顺时针和逆时针），确保相邻螺旋桨旋转方向相反。



4.3 步骤3：电池与电源系统连接

4.3.1 电池选型

电源模块为飞行控制器提供稳压电源，并提供电池电压和电流的信息。选择合适容量、电压和放电倍率的电池对飞行时间和性能至关重要。

电池参数包括：

- 电压：通常以S数表示，如3S表示3块电池串联，电压为11.1V
- 容量：以mAh或Ah表示，决定飞行时间
- 放电倍率：以C表示，决定电池能输出的最大电流

4.3.2 电源连接

连接电池与电源模块，确保正负极连接正确，电源线接触良好。配电板（PDB）用于简化电池输出到无人机各个部分的电力分配。

4.4 步骤4：飞控系统安装与配置

4.4.1 飞控选型与安装

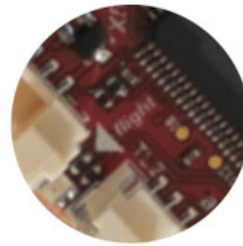
飞控是无人机的大脑，负责处理传感器数据并控制各电机转速。选择合适型号的飞控（如FMUV2/v3/v4/v5等），并将其安装在机架中心位置，靠近重心，并注意减震。

飞控安装时需注意：

- 方向：飞控上的箭头指向无人机前方
- 位置：尽量靠近重心
- 减震：使用减震泡沫隔离振动



Pixhawk
heading mark



Pixracer
heading mark

4.4.2 传感器连接与配置

连接加速度计、陀螺仪、磁力计等传感器，确保数据传输正常。对传感器进行校准，包括加速度计、磁力计等。

4.5 步骤5：遥控与通信系统配置

4.5.1 遥控器与接收机连接

遥控器用于发送飞控手的遥控指令到相应的接收机，接收机解码后再传给自驾仪。2.4GHz频率的遥控系统具有抗干扰能力强、功耗低等优点。

4.5.2 地面站软件配置

使用QGroundControl地面站软件进行参数配置，包括机型选择、传感器校准、安全设置等。

4.6 步骤6：地面站软件调试

4.6.1 QGroundControl启动与连接

启动QGroundControl地面站软件，通过USB、遥测无线电或WiFi将无人机连接到地面站设备。QGroundControl应该检测到您的车辆并自动连接到它。

在QGroundControl的主页面下，点击左上角的开始图标，然后在弹出的框内选择带有齿轮图标的"Vehicle Setup"按钮，即可进入该页面进行无人机调试。

4.6.2 固件更新

在开始安装固件之前，必须断开与车辆的所有USB连接（直接或通过遥测无线电）。车辆不得由电池供电。

进入载具设置页面，然后在侧边栏中选择"固件"。通过USB将设备（Pixhawk、SiK Radio、PX4 Flow）直接连接到计算机。QGroundControl根据连接的硬件自动加载最新版的固件，如果需要使用其他版本的固件，则需要通过GitHub下载相应版本的固件。

4.6.3 机架设置

在QGC中，通常需要在"载具设置"中选择无人机的机架类型。对于多旋翼无人机，如四轴、六轴等，应选择与你的无人机实际机架相匹配的选项。

4.7 步骤7：传感器校准

4.7.1 磁罗盘校准

1. 启动QGroundControl并连接飞控。
2. 选择左上角"Q"图标>选择"Vehicle Setup"，进入到车辆设置当中>选择"传感器"（侧边栏），进入到传感器校准中。
3. 单击"Compass"或"罗盘"按钮，单击"Ok"开始校准。
4. 把你的飞机放置在不同方向，并保持静止，根据提示指定方向旋转飞行器。该位置标定完成后，屏幕上的相应图示将变成绿色。
5. 在机体的所有方向上重复校准步骤，之后根据提示重启飞控。

4.7.2 陀螺仪校准

1. 启动QGroundControl并连接车辆，进入传感器校准界面。

2. 单击"陀螺仪"按钮，点击"Ok"开始进行陀螺仪校准。
3. 将车辆放在水平面上并保持静止，等待校准完成。

4.7.3 加速度计校准

1. 启动QGroundControl并连接车辆，进入传感器校准界面。
2. 单击加速度计按钮，单击"确定"开始校准。
3. 按照屏幕上的图像指示放置车辆，保持车辆静止不动直到当前方向校准完成。
4. 对无人机的所有方向重复校准过程。

4.8 步骤8：遥控器校准与配置

4.8.1 遥控器对码

进入界面中的"WFLY"，后点击"通信设置"，随后选择对码。

接收机：进入对码状态后（接收机上电，长按SET键3秒，橙色灯慢闪）；

发射机（遥控器）：点击"开始"按钮，进入对码状态；

接收机绿灯常亮（默认W.BUS模式），或者是蓝灯常亮（PPM模式）。

4.8.2 辅助通道设置

通常设置方法为：

- 通道5为飞行器飞行模式切换通道，一般选择三档开关（自稳模式、定高模式、定点模式）
- 通道6可以设置为急停通道，切换该通道后，飞行器将直接停桨

4.8.3 遥控器校准

1. 正确连接飞控与接收机，用USB数据线连接Pixhawk与电脑，打开遥控器，打开QGroundControl地面站软件，点击"Radio"（遥控器）标签页。
2. 依次从左到右（或从上到下）拨动遥控器的CH1到CH5通道，观测地面站右侧区域中各个通道的白点。
3. 点击"校准"按钮，按提示可以校准遥控器。
4. 点击QGC地面站上的"Calibrate"-"Next"按钮，然后依次将摇杆置于不同位置（根据QGC页面的实时提示）即可完成遥控器校准。

4.9 步骤9：飞行模式设置

飞行模式部分允许您配置由RC发射器上的特定开关或开关位置触发的飞行模式和其他操作。

点击左侧栏的"Flight Modes"进入该页面。

对飞机的三个模式的转换以及紧急锁定进行设置：

1. 遥控器SA拨杆开关为飞行器紧急锁定开关，对应飞行器的第6通道；SA拨杆开关为两段式拨杆。
2. 将SA拨杆拨到下方位置，飞行器正常使用；
3. 将SA拨杆拨到上方位置，飞行器紧急锁定，遥控器其余通道失去作用。
4. 遥控器SB拨杆开关为飞行模式切换开关，对应飞行器的第5通道；SB拨杆开关为三段式拨杆，三个拨动位置分别对应飞行器的自稳模式、定高模式、定点模式。

4.10 步骤10：电源与电调校准

4.10.1 电源调试

电池电压/电流校准：

从数据表中输入电池/电源模块的数据：电池数量、每节电池的全电压、每节电池的空电压。如果提供，还需输入分压器和每伏安培信息。

QGroundControl可用于从测量中计算适当的分压器和每伏安培值：

1. 使用万用表测量来自电池的电压。
2. 单击"分压器"字段旁边的"计算"，输入测得的电压，单击"计算"以生成新的分压器值。
3. 测量来自电池的电流，单击"每伏安培数"字段旁边的"计算"，输入测得的电流，单击"计算"以生成新的安培/伏特值。

4.10.2 电调校准

要校准ESC最大/最小PWM值：

1. 拆下螺旋桨。
2. 通过USB（仅限）将车辆连接到QGC。
3. 单击"校准"按钮。

注：切勿在启用螺旋桨的情况下尝试ESC校准。在ESC校准期间，电机不应旋转。

4.11 步骤11：飞行安全设置

4.11.1 故障保护设置

故障保护是无人机系统中不可或缺的一部分，旨在确保无人机在出现意外情况或故障时能够安全地进行紧急处理，以避免人员伤亡和财产损失。

主要安全功能包括：

- 低电压保护：当电池电压低于设定阈值时，无人机会自动返回起飞点
- 失控保护：当飞行控制器检测到与遥控器的信号连接丢失时，自动执行预设的故障处理措施
- 地理围栏：设定无人机的飞行区域，当无人机飞出预设区域时，自动返航或降落

4.11.2 地理围栏设置

1. 打开QGroundControl>计划视图。
2. 在"规划类型"选择按钮："围栏"。这将显示地理围栏编辑器。
3. 选择多边形围栏或圆形围栏按钮，可将添加所需基本类型的围栏到地图中。
4. 在地图上调整围栏的形状和位置，完成后点击上传按钮向车辆发送围栏。

5. 关键知识点

关键知识点1：四旋翼无人机结构组成

四旋翼无人机集成了机架结构、动力系统、飞行控制、通信遥控等多个核心子系统。机架结构提供基础支撑，动力系统提供飞行动力，飞行控制系统实现姿态控制，通信遥控系统保障稳定通信链路。

关键知识点2：动力系统匹配

动力系统的整体性能取决于电机和螺旋桨的匹配程度。总力效是评估电机和螺旋桨组合效率的重要指标，定义为螺旋桨拉力与输入电功率的比值。合理匹配电机KV值与螺旋桨规格对飞行性能至关重要。

关键知识点3：飞控系统工作原理

飞控系统通过传感器数据感知无人机姿态，利用PID控制算法调整各电机转速，实现稳定飞行。飞控具有姿态控制、位置控制、速度控制、自动飞行等多种功能，同时具备故障检测与安全保护机制。

关键知识点4：传感器校准的重要性

传感器校准是确保无人机飞行稳定的关键步骤。加速度计校准以感知重力方向，磁力计校准以确定航向，陀螺仪校准以消除零偏。未经校准的传感器会导致飞行不稳定甚至失控。

关键知识点5：飞行模式的特点与应用

不同飞行模式适用于不同场景：稳定模式适合新手，定高模式提供高度保持，定点模式实现位置悬停，手动模式提供完全操控。理解各模式特点有助于安全飞行。

6.参考资料

此处编写参考资料，编写样式如下：

1. [RflySim官方文档](#)
2. 《多旋翼无人机技术原理》
3. PX4飞控系统官方文档

7.常见问题

Q1：如何选择合适的电机和螺旋桨组合？

A1：选择电机时需考虑尺寸（如2212表示定子直径22mm、高度12mm）、KV值（每伏特电压下的转速）等参数。螺旋桨选择要考虑直径和螺距（如1045表示直径10英寸、螺距4.5英寸）。高KV值电机适合小桨，低KV值电机适合大桨，需根据飞行器载重和性能需求匹配。

Q2: 为什么需要进行传感器校准?

A2: 传感器校准是为了消除传感器自身的偏差和环境干扰, 确保数据准确性。加速度计校准以感知重力方向, 磁力计校准以确定航向, 陀螺仪校准以消除零偏。未经校准的传感器会导致飞行不稳定甚至失控。

Q3: 如何正确安装飞控以确保飞行稳定?

A3: 飞控应安装在机架重心附近, 使用减震泡沫隔离振动, 安装方向应使飞控上的箭头指向无人机前方。振动会干扰加速度计和陀螺仪的测量, 重心偏离会导致控制滞后, 影响飞行稳定性。

Q4: 如何进行遥控器对码?

A4: 接收机进入对码状态 (上电后长按SET键3秒, 橙色灯慢闪); 发射机 (遥控器) 点击"开始"按钮进入对码状态; 接收机绿灯常亮表示对码成功。验证方法是接上舵机, 操作遥控器, 对应舵机有同步动作输出即对码成功。

Q5: 电调校准的目的是什么?

A5: 电调校准是确定电调能够识别的最小和最大PWM信号范围, 确保飞控发出的控制信号能被电调正确解析。校准过程中, 电调会记录最小油门和最大油门信号, 从而精确控制电机转速。

1. <https://rflysim.com/> ↩

2. 推荐配置请见: <https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf> ↩