

多旋翼飞行器：从原理到实践

第七讲 组装和位置控制调试

杨炯，李大伟



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY



可靠飞行控制研究组
RELIABLE FLIGHT CONTROL GROUP

大纲



1. 多旋翼飞行器组装
2. 多旋翼飞行器调试
3. 本讲实践

1. 多旋翼飞行器组装

组装前的注意事项

- 防止受伤
- 防止烧坏电路
- 防止丢失零件



安全佩戴护目镜



无人机零件收纳



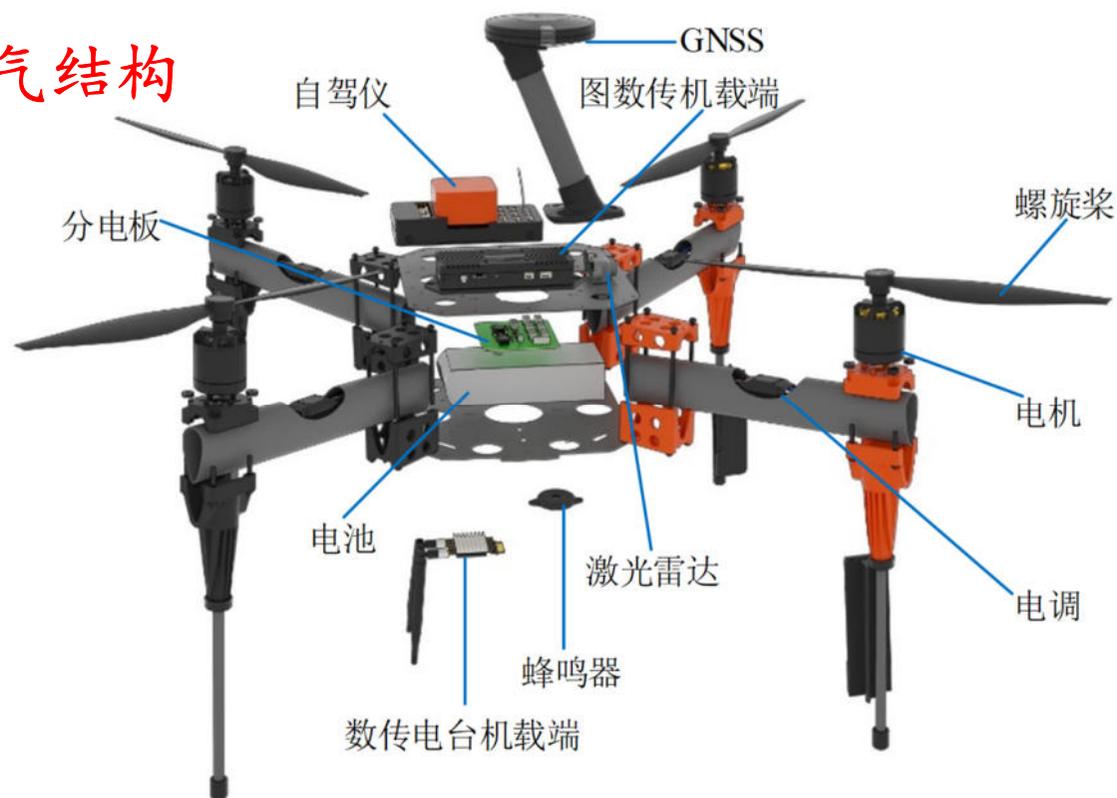
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



组装过程以方便**机械结构安装**和**电气结构**

安装为基本原则



整机零件爆炸图

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(1) 电机与电机座的组装

在组装电机与电机座前，首先需要先焊接电机香蕉头，具体步骤如下：

- ①将电烙铁进行预热。
- ②为了更好的焊接并避免接触不良，给电机线、香蕉头的尾部分别上锡。
- ③将香蕉头焊接好。



给电机线焊锡



给香蕉头焊锡



焊接电机与香蕉头

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(1) 电机与电机座的组装

④为香蕉头套上热缩管，用热风枪将热缩管套紧（**注意热风枪温度较高，使用时需远离身体**）。

⑤依次将四个电机全部焊接完毕。为了保证焊接良好，请在焊接冷却后尝试轻轻拉扯，以确定焊接良好。



为焊好的电机线套入热缩管



热缩后的样子

使用热缩管套紧焊接处

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

所需零件及工具：四套电机座以及配套的螺丝螺母，焊好的电机四个，四根水滴管机臂和内六角扳手等工具



(1) 电机与电机座的组装

⑦根据X型四旋翼电机旋转方向的定义确定电机的安装位置。



电机安装位置的确认



该款机型电机旋转方向的确认

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(1) 电机与电机座的组装

⑧取一个顺时针正转电机与黑色电机上座，将电机线一侧与电机上座有凸起的一侧对齐，用螺丝将电机旋紧固定在电机座上。

⑨取机臂一根将其夹在电机上座与下座的中间，其余三套同理。



电机与电机上座的安装固定



电机座与机臂的安装固定

1. 多旋翼飞行器组装

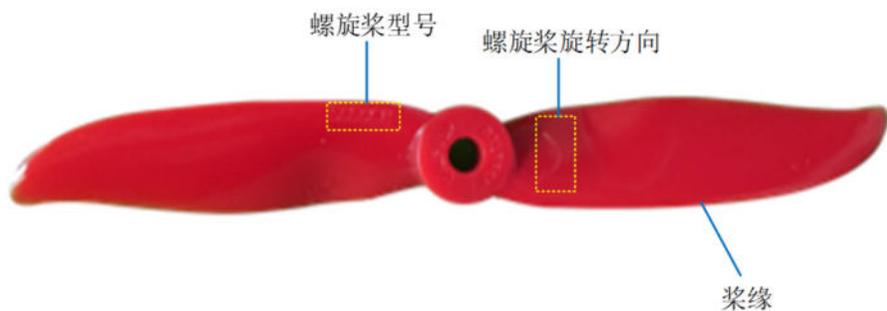
多旋翼飞行器组装流程

电机安装通用注意事项：

- ①电机旋转方向的确认；
- ②螺旋桨旋转方向的确认；
- ③螺丝规格的确。确认。



电机旋转方向的确认



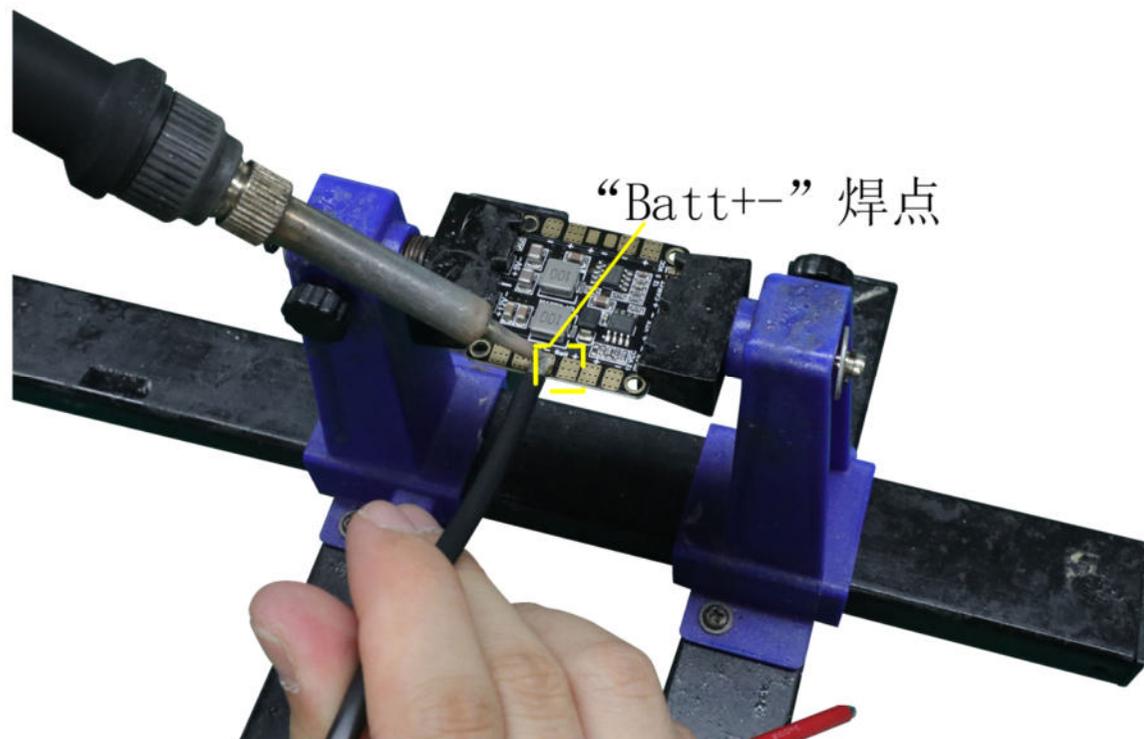
螺旋桨旋转方向的确认

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(2) 分电板的焊接

①将电烙铁预热，给电源线和分电板中间的“Batt+-”上锡，然后把电源线焊接至分电板中间的“Batt+-”焊点。



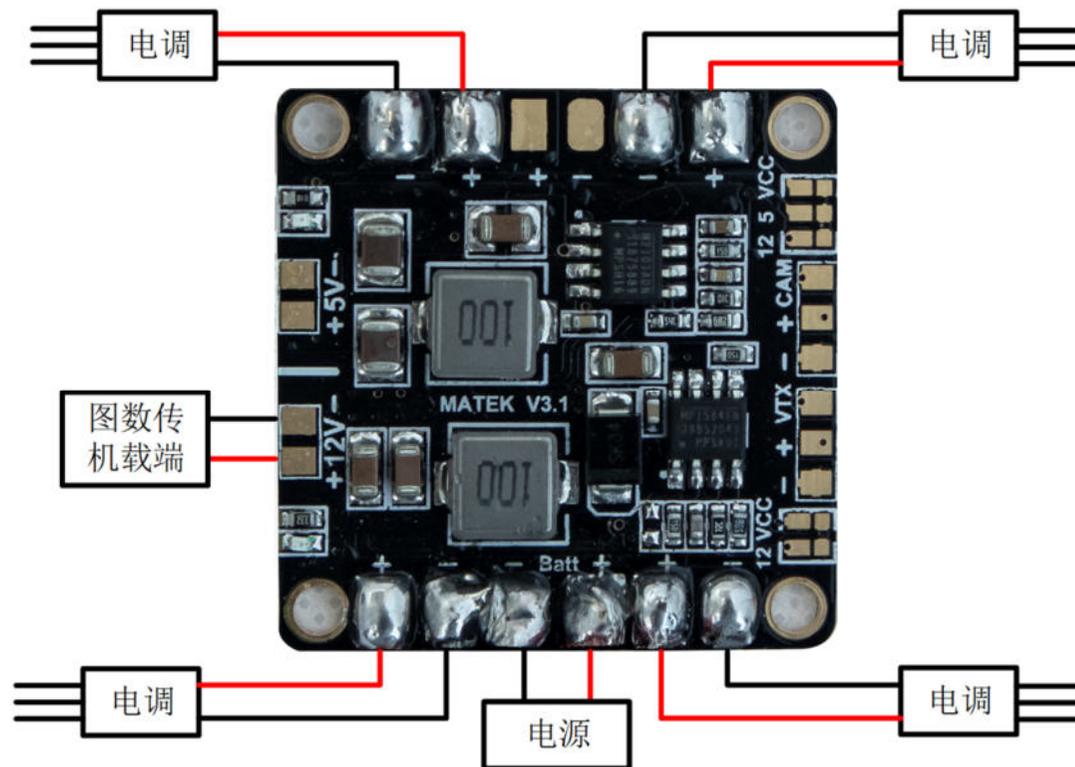
电源线焊接示意图

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(2) 分电板的焊接

② 类比电源线的焊接，先为分电板相应焊点、电调线及图数传机载端电源线上锡，再依照右图所示将四条电调线和一条图数传机载端电源线焊接至分电板。



分电板焊接原理图

1. 多旋翼飞行器组装

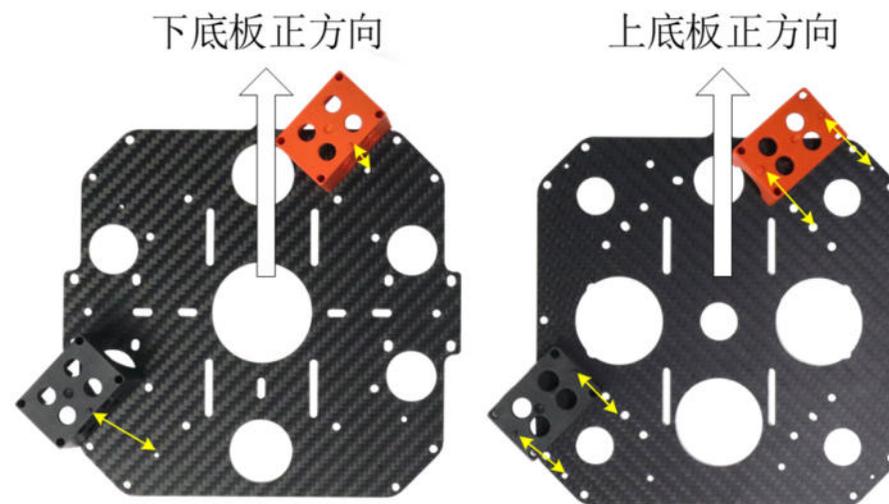
多旋翼飞行器组装流程

(3) 机架的组装

所需零件及工具包括：机身上下底板，焊接好的四合一电调，组装好的四个机臂和电机，两条电池绑带，四套机臂机身连接件（两套橘色和两套黑色），GNSS 支架，若干螺丝螺母，内六角扳手及钳子等工具



①取机身上底板、机身下底板、一套橘色连接件和一套黑色连接件，按照右图所示放置。确定上下底板的正反放置正确，比对定位孔的位置区分上下底板，根据板上的尖角确定多旋翼的机头方向。

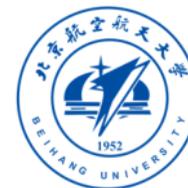


比对定位孔时注意上下底板的正反

上下板的区分

1. 多旋翼飞行器组装

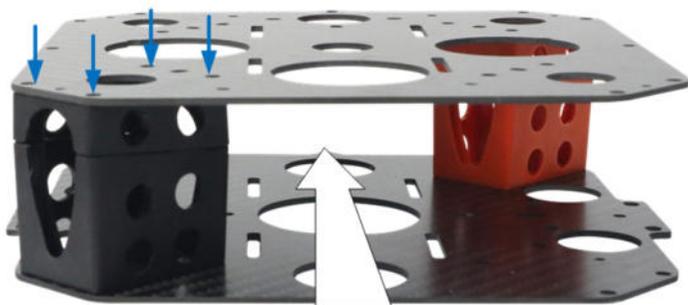
多旋翼飞行器组装流程



(3) 机架的组装

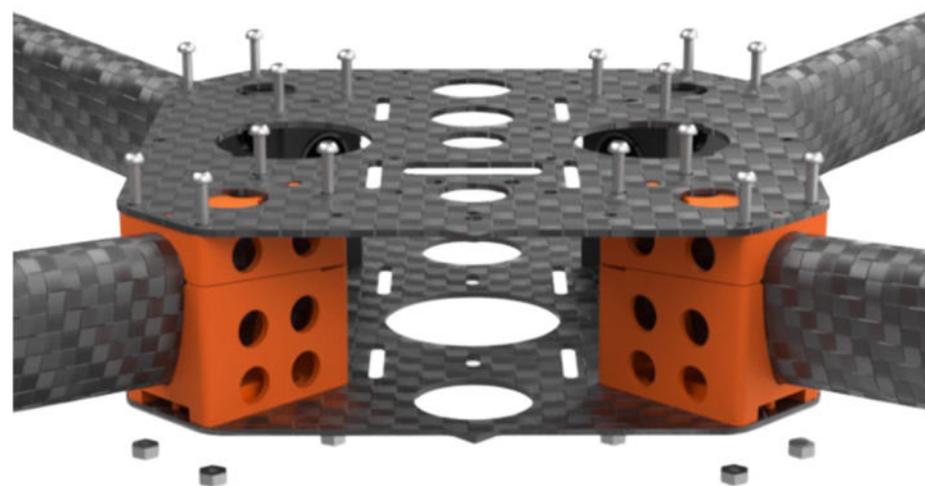
②将一套黑色连接件与上下底板孔对齐，将长钉从上而下贯通，下方用螺母锁住。但注意不要锁紧，为了方便待会装入机臂。依次将四套连接件安装好，同时检查连接件应呈内倾状。如果有误，请检查上述步骤是否正确，以及连接件的正反。

将长钉从上而下贯通，
下方用螺母锁住



下底板正方向

连接件的安装



连接件的安装仿真图示

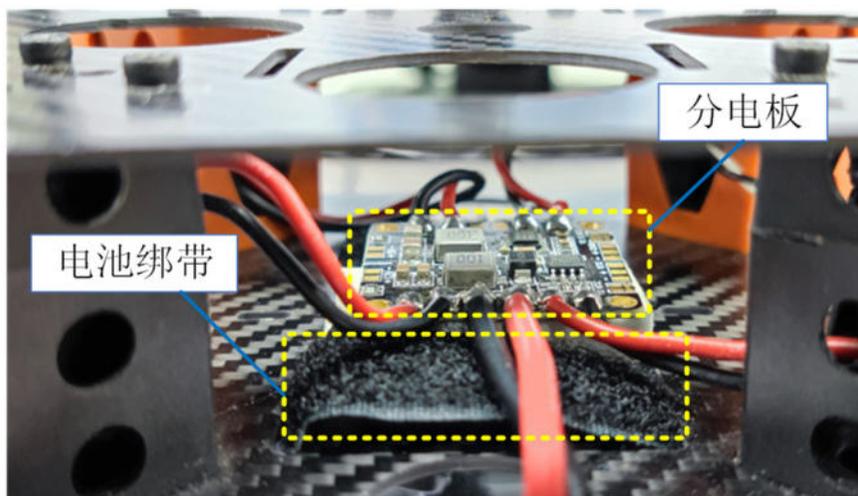
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

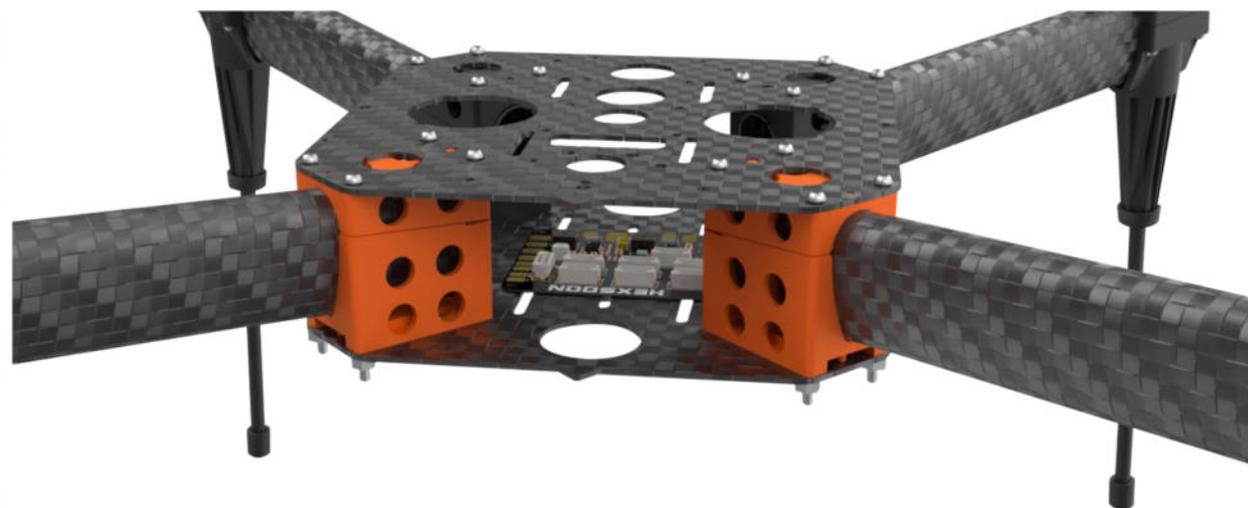


(3) 机架的组装

③将两条电池绑带安装好，并调整位置以便挂载电池。再将分电板整齐的摆放在下底板的中间，并将XT60电源接头放置在多旋翼的机尾方向。



电池绑带及分电板的固定



分电板的固定仿真图示

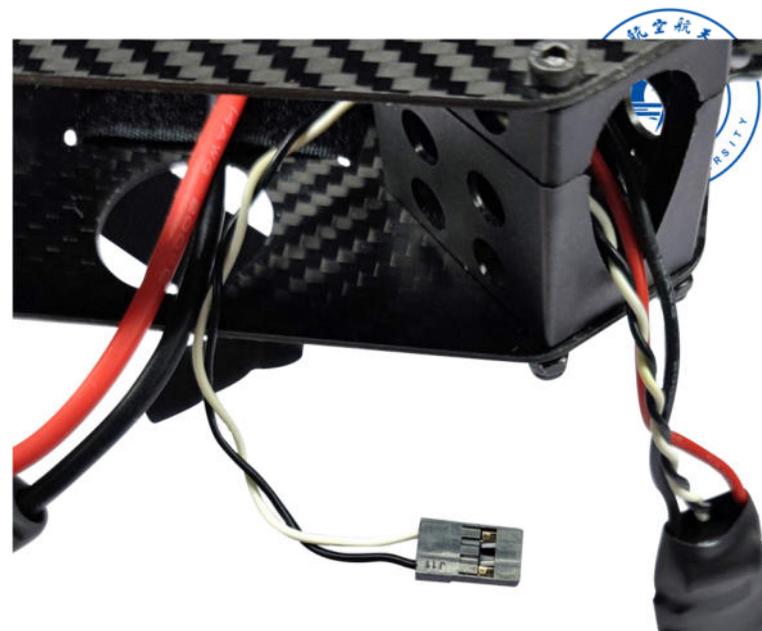
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(3) 机架的组装

④为了表面走线整洁，需将电调放置在机臂的内部。因此先将四个电调穿过上下底板的连接件，把电调的信号线留在内部以连接自驾仪。

⑤依次将四个电调线穿过机臂内部，并将机臂锁入上下底板的连接件内。同时要**注意电机的旋转方向**。由于该桨叶是自动桨叶，电机装错只能拆掉重装，故此步需要反复检查核对。



电调的走线



安装机臂前，先将电调穿过机臂内部，方便后续电机与电调的连线

机臂的安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(3) 机架的组装

⑥将四组电机线与电调线锁紧，如果在后步的电机测试中如发现转向有误，那么将任意两根电调线对调即可。

⑦将GNSS支架安装好。



电调与电机的连线



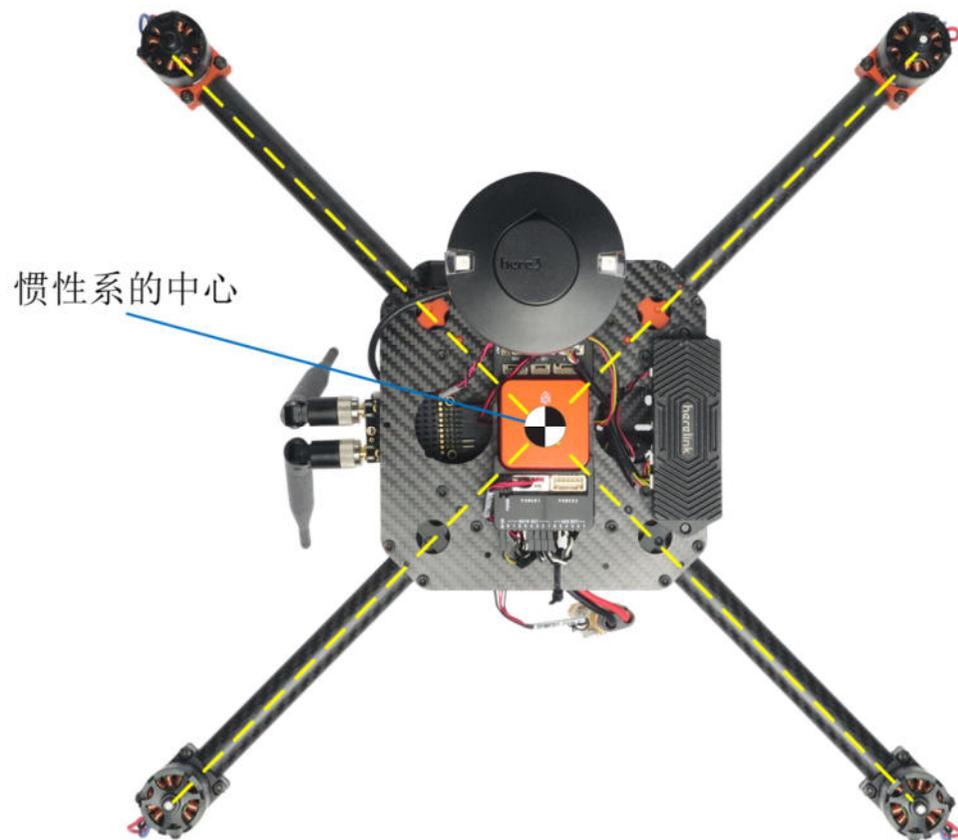
GNSS支架的安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(4) 自驾仪的安装

将自驾仪载板上有天线的一侧与机头对齐，使用两块 3M 胶，将自驾仪和载板粘到上底板的中心位置。这里推荐将自驾仪安装在四个电机连线的交点，即机体系的原点。



自驾仪安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

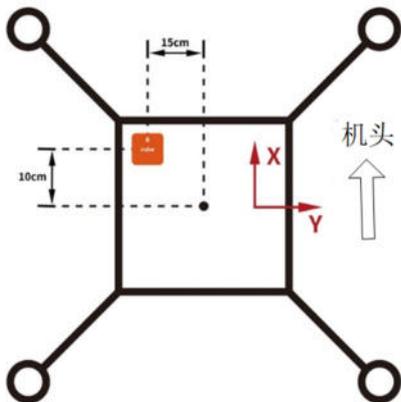
(4) 自驾仪的安装



自驾仪没有安装在多旋翼框架的中

心位置时，需要对自驾仪参数进行

修改。



自驾仪安装在左前方示例

②在配置/调试选择全部参数表

①选择正确的端口和波特率并连接

Command	Value	Units	Options	Desc.
INS_LOG_BAT_MASK	0		0 None, 1 First IMU 255 All	Bitmap of which IMUs to log
INS_LOG_BAT_OPT	0			Options for the Batch Sampler
INS_NOTCH_ENABLE	0	0 Disabled 1 Enabled		Enable notch filter
INS_POS1_X	0.1	m	-5.5	X position of the first IMU accelerometer in body frame. Positive X is forward of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS1_Y	0.15	m	-5.5	Y position of the first IMU accelerometer in body frame. Positive Y is to the right of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS1_Z	0	m	-5.5	Z position of the first IMU accelerometer in body frame. Positive Z is down from the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS2_X	0.1	m	-5.5	X position of the second IMU accelerometer in body frame. Positive X is forward of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS2_Y	0.15	m	-5.5	Y position of the second IMU accelerometer in body frame. Positive Y is to the right of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS2_Z	0	m	-5.5	Z position of the second IMU accelerometer in body frame. Positive Z is down from the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS3_X	0.1	m	-10 10	X position of the third IMU accelerometer in body frame. Positive X is forward of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS3_Y	0.15	m	-5.5	Y position of the third IMU accelerometer in body frame. Positive Y is to the right of the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_POS3_Z	0	m	-5.5	Z position of the third IMU accelerometer in body frame. Positive Z is down from the origin. Attention: The IMU should be located as close to the vehicle c.g. as practical so that the value of this parameter is minimized. Failure to do so can result in noisy navigation velocity measurements due to vibration and IMU gyro noise. If the IMU cannot be moved and velocity noise is a problem, a location closer to the IMU can be used as the body frame origin.
INS_STILL_THRESH	2.5		0 05 50	Threshold to tolerate vibration to determine if vehicle is motionless. This depends on the frame type and if there is a constant vibration due to motors before launch or after landing. Total motorless is about 0.05. Suggested values: Planes/rover use 0.1, multicopters use 1, fixed-wing users 5
INS_TRIM_OPTION	1		0 Don't adjust the trim 1 Assume first orientation was level 2 Assume ACC_BODFIX is perfectly aligned to the vehicle	Specifies how the accel cal routine determines the trim
INS_USE	1		0 Disabled 1 Enabled	Use first IMU for attitude, velocity and position estimates
INS_USE2	1		0 Disabled 1 Enabled	Use second IMU for attitude, velocity and position estimates

⑤写入参数并重启飞控

④如图进行修改

③搜索INS

参数修改步骤

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(5) GNSS的安装

用 3M 胶将 GNSS 固定在 GNSS 支架上，并将 GNSS 的正方向与多旋翼的机头方向对齐，然后将 GNSS 的线接入自驾仪载板的“CAN 1”端口。



GNSS的朝向与机头正方向一致

接入“CAN1”端口

GNSS的安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(6) 数传电台的安装

①使用扎带将数传电台机载端固定在机架的任意位置，但不能影响螺旋桨旋转，并将数传电台机载端接入自动驾驶仪载板的“TELEM1”端口。

接入飞控载板
“TELEM1”端口



数传电台
机载端



数传电台机载端的连接

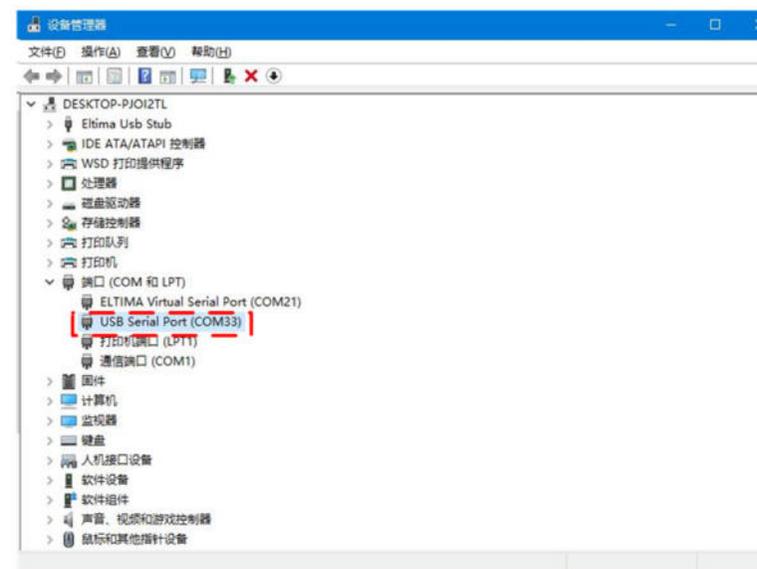
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(6) 数传电台的安装

②将数传电台地面端接入电脑的任意USB口后，可通过“我的电脑-右键-设备管理器-端口（COM和LPT）”查找到该设备。



数传电台地面端的连接

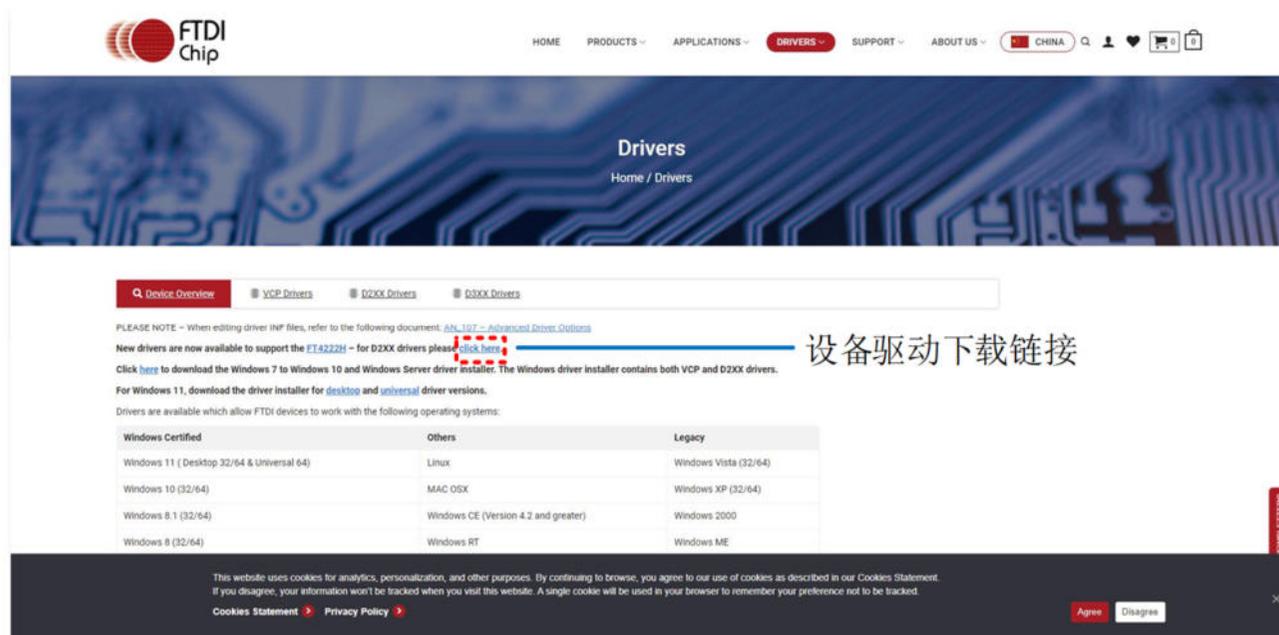
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(6) 数传电台的安装

③如果该设备为问号或Windows不能自动识别，则需要安装设备驱动，可在<https://ftdichip.com/drivers/>下载。



1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(7) 电调与自驾仪的连线

从放置在机臂的电调中找到对应电机电调的信号线，按照电机旋转方向的定义将电调与自驾仪进行连接。



电机旋转方向的定义

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(8) 电源模块的安装

把多旋翼分电板上引出的电源线与电源模块相连接，而电源模块的另一侧先不要与锂电池相连接。电源模块上的“power cable”信号线接入自驾仪载板上的“Power 1”接口，然后把BB响与电池相连接，并将安全电压设置在3.6V。



电源模块的安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

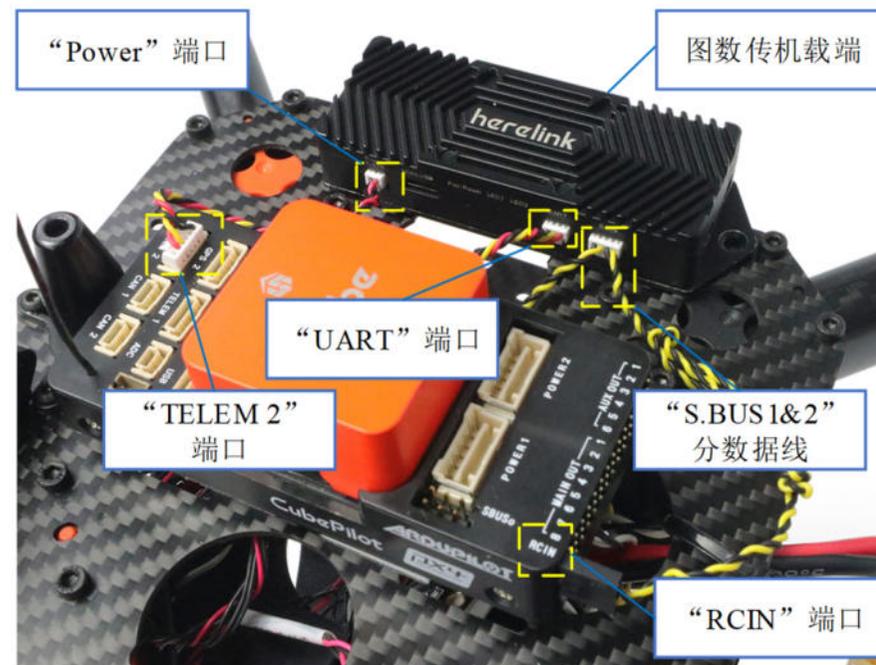


(9) 图数传机载端的安装

①将图数传机载端的底部用3M胶固定至机身上底板，然后，将与分电板焊接好的图数传机端

电源线接至图数传机载端的“Power”端口。

②将图数传机载端的“UART”端口，通过连接线接至自驾仪载板的“TELEM 2”端口，用于图数传机载端和自驾仪之间的数据通信。



图数传机载端的安装

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(9) 图数传机载端的安装

③根据“S.bus”线序定义，将“S.bus1”分数据线接至自驾仪载板的“RCIN”端口。

④将图数传机载端天线用3M胶粘接至多旋翼，另一端穿过机臂连接至图数传机载端的“ANT 1”和“ANT 2”端口。

S.bus :

Pin #	Name	Description
1	S.bus out 1	遥控器信号输出
2	GND	Ground pin
3	S.bus out 2	云台控制
4	GND	Ground pin

S.Bus(“S. Bus”)线序定义 (从右至左)



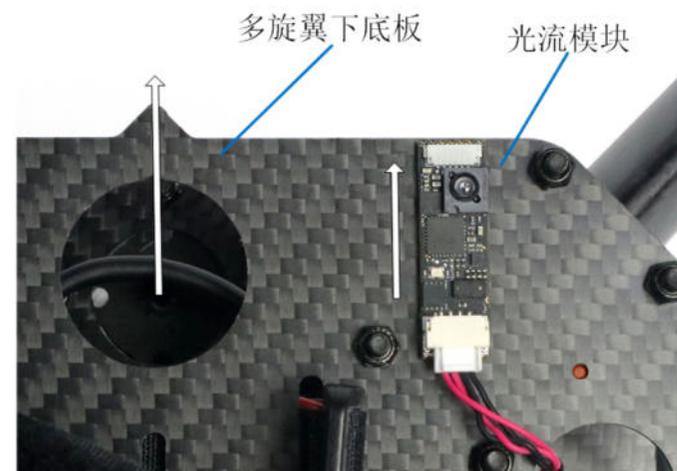
图数传机载端固定

1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程

(10) 光流模块的安装

将光流模块用3M胶粘贴至多旋翼下底板，并检查光流模块的方向与多旋翼的机头方向是否对齐，再将光流模块接至自驾仪载板的“CAN 2”端口。



光流模块的安装



光流模块的安装仿真图示



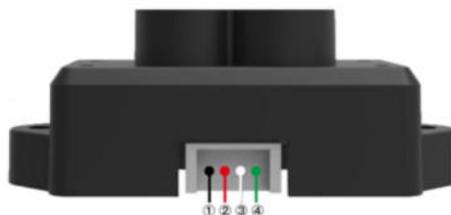
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(11) 激光雷达的安装

① 核对使用的激光雷达

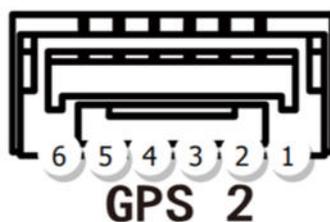


编号	颜色	功能	说明
①	黑	GND	电源地
②	红	+5V	电源正极
③	白	RXD/SDA	接收/数据
④	绿	TXD/SCL	发送/时钟

与自驾仪载板”GPS 2”端

激光雷达引脚定义及功能说明

口连接的线序。



Pin	Name	方向	电压	导线颜色	说明
①	VCC_5V	OUT	5V	RED/GRAY	VCC Power Supply To GPS From AP
②	SERIAL_4_TX	OUT	3.3V-5.0V TTL	YELLOW/BLACK	UART 4 TX(Transmit Data)
③	SERIAL_4_RX	IN	3.3V-5.0V TTL	GREEN/BLACK	UART 4 RX(Receive Data)
④	I2C_2_SCL	OUT	3.3V-5.0V	GRAY/BLACK	I2C 2 Clock Signal
⑤	I2C_2_SDA	IN	3.3V-5.0V	GRAY/BLACK	I2C 2 Serial Data
⑥	GND		GND	BLACK	GND

自驾仪载板“GPS2”端口引脚定义及功能说明

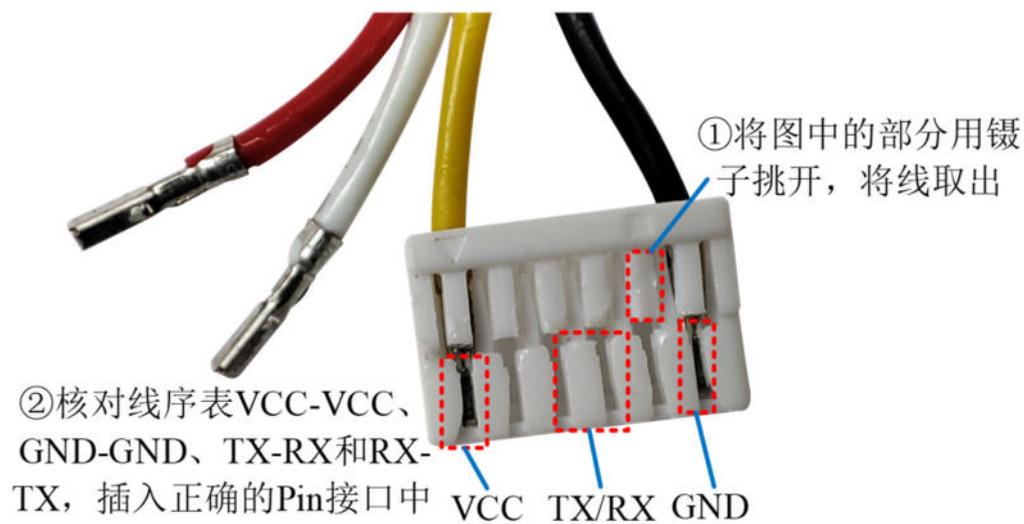
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(11) 激光雷达的安装

②修改连接线的线序。



线序修改步骤



修改好的线

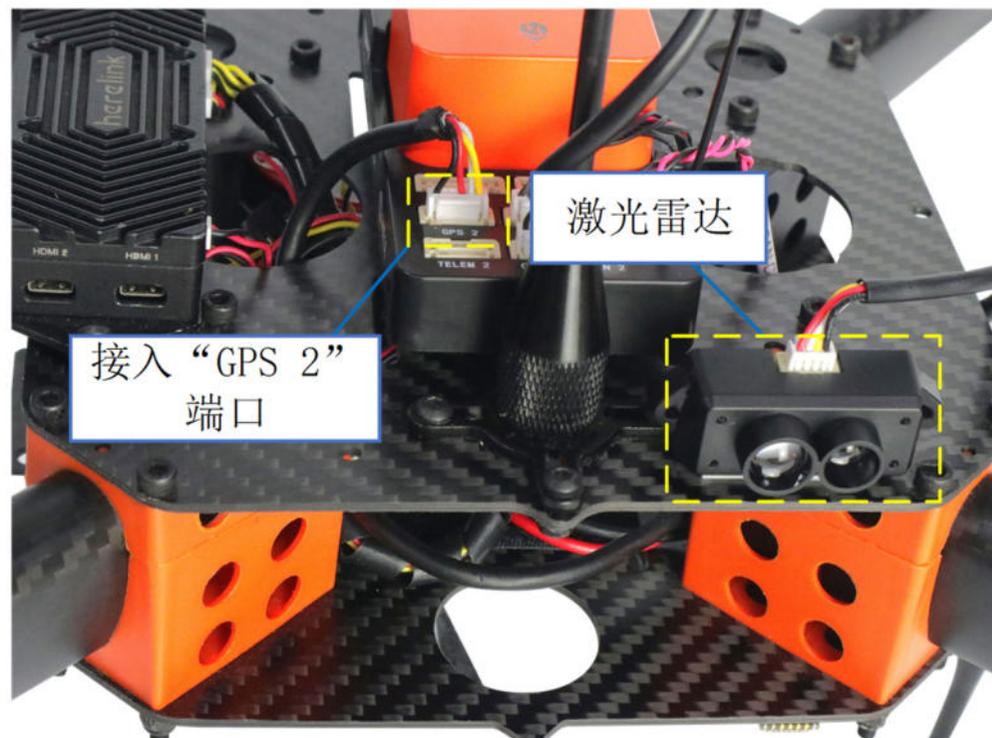
1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



(11) 激光雷达的安装

③将激光雷达无接口一侧使用3M胶粘接至机身上底板并将激光雷达向前放置，与多旋翼机头方向相同。该激光雷达使用“UART”端口，所以将激光雷达的线接入自驾仪载板的“GPS 2”端口。



1. 多旋翼飞行器组装

多旋翼飞行器组装流程



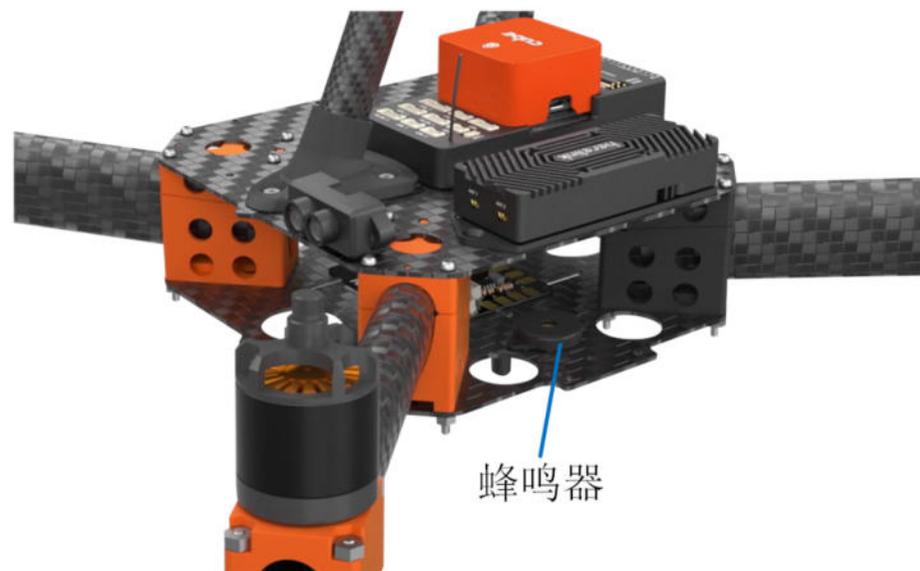
(12) 蜂鸣器的安装

将蜂鸣器的连接线接入自驾仪载板的“USB”端口，蜂鸣器粘接至机身下底板。

接入自驾仪载板“USB”端口



蜂鸣器的安装



蜂鸣器的安装仿真图示

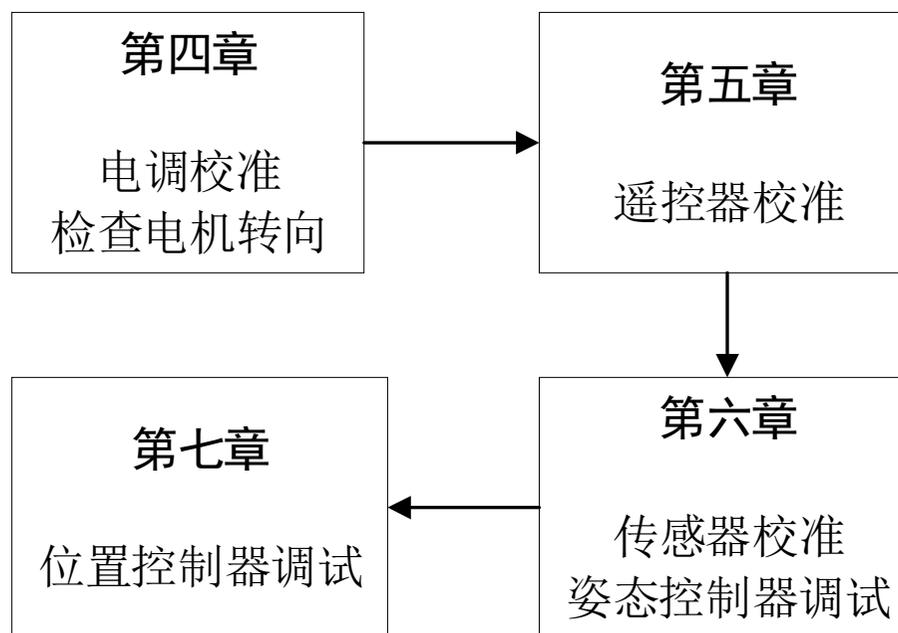
2. 多旋翼飞行器调试

多旋翼飞行器调试总体步骤



调试前安全检查：

- 电源电路检查
- 电机转向检查
- 自驾仪检查
- 飞行动作检查
- 自稳检查

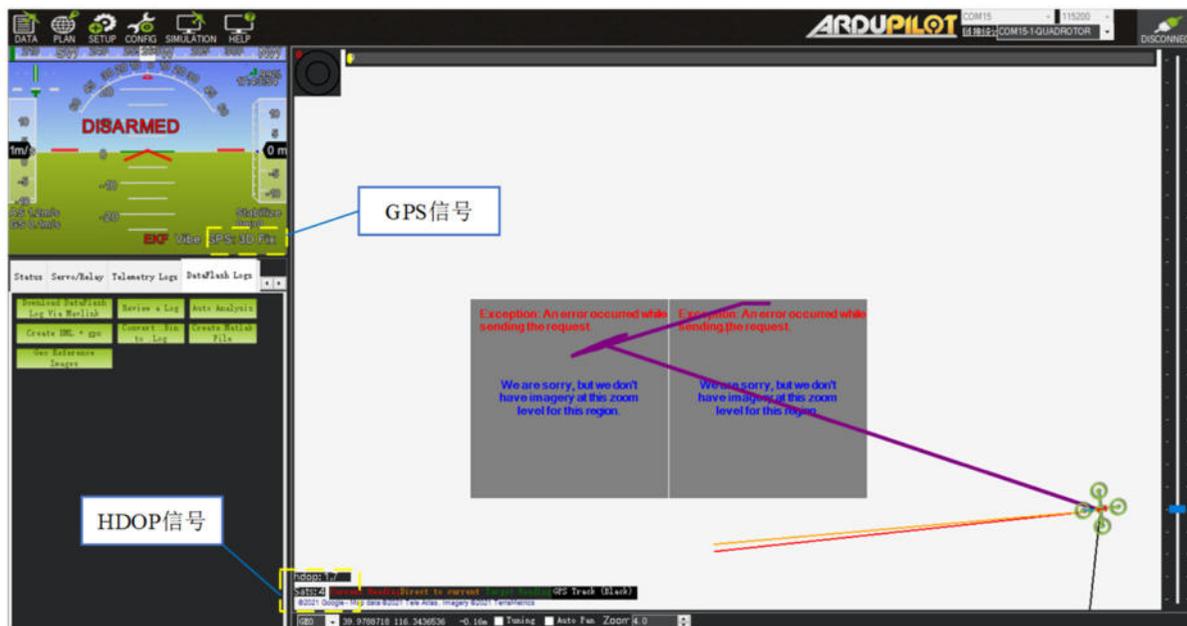


多旋翼飞行器调试总体流程图

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

(1) 调试环境



GPS检查

- 选择一块空旷无人的室外场地进行调试
- 确认GPS是否定位
- 确认GPS的HDOP（水平精度因子）是否小于2.0

2. 多旋翼飞行器调试



位置控制器调试

(2) 调试步骤

- ① 打开遥控器。
- ② 将电池插入飞行器并将飞行器保持水平放置，自驾仪自动执行自检过程。
- ③ 通过网络将飞控连接到PC端的Mission Planner。
- ④ 确认自检无错误后，将飞行器的模式设置为“自稳 (Stabilize)”模式，然后解锁遥控器。
- ⑤ 推高油门起飞，根据飞行器的姿态控制方向(注意：推杆时应当缓慢地推杆，杆量太大飞行器飞的太快可能会导致惊慌来不及反应)。
- ⑥ 控制飞行器悬停在一定高度（大约离地面5米），然后切换飞行模式至“定高 (AltHold)”模式，观察飞行器是否能够保持在一个恒定的高度。如果不能，则需要进行相应的PID参数调节，具体调节步骤见下面的“[定高模式下的PID参数调节](#)”。
- ⑦ 当飞行器能够保持在一定高度后，切换飞行模式至定点 (Loiter) 模式，观察飞行器能够保持在一个确定的点。如果存在水平偏移或者垂直偏移，则需要进行相应的PID参数调节，具体调节步骤见下面的“[定点模式下的PID参数调节](#)”。

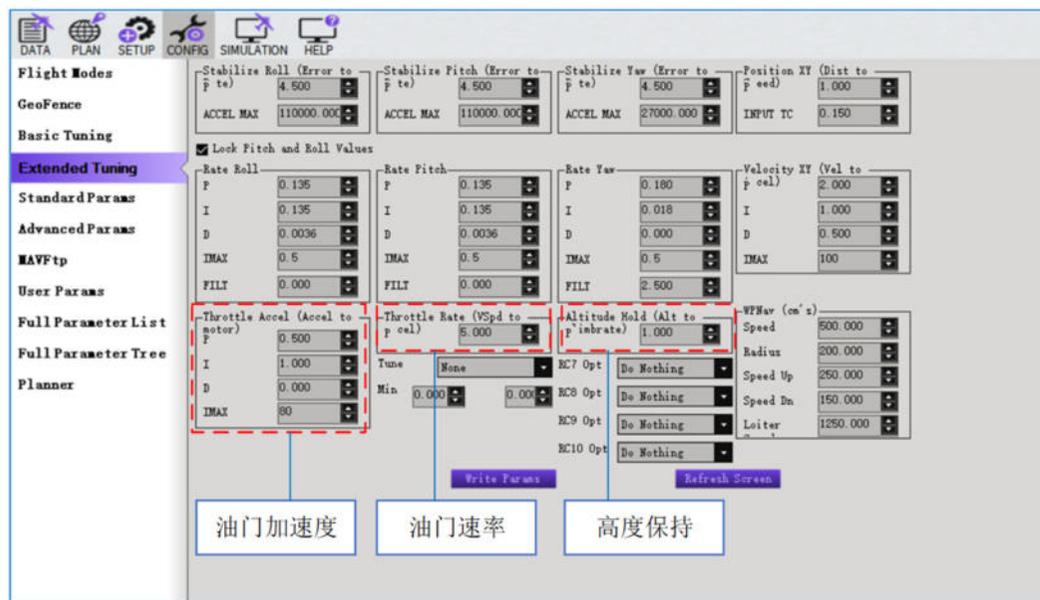
2. 多旋翼飞行器调试



位置控制器调试

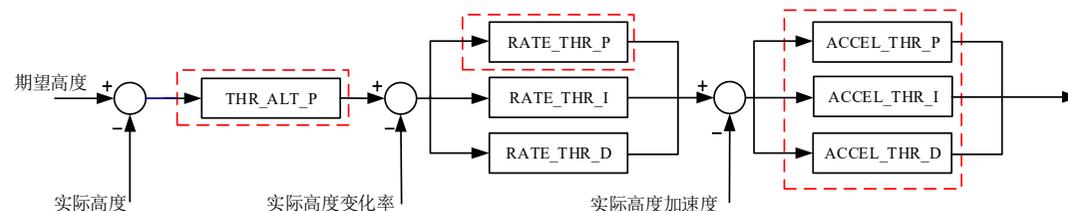
(2) 调试步骤

1) 定高模式下的PID参数调节



与高度保持相关的PID参数

- “Altitude Hold (高度保持)”的P增益用于将高度误差转换为所需的爬升率或下降率
- “Throttle Rate (油门速率)”的P增益用于将所需的爬升率或下降率转换成所需的加速度
- “Throttle Accel (油门加速度)”的PID增益用于将加速度误差（即期望加速度与实际加速度之间的偏差）转换为电机输出



高度保持PID自驾仪实现

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试



(2) 调试步骤

2) 定点模式下的PID参数调节

- “Position XY(悬停PID)”的P增益用于将水平位置误差转换为所需的水平速度
- “Velocity XY(悬停速率)”的PID增益用于将所需的水平速度转换为加速度
- “Loiter(留待速度)”是指飞行器最大的水平飞行速度

悬停PID

悬停速率

留待速度

与位置保持相关的参数

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

(3) 飞行日志分析

①通过micro USB线将飞行器连接到地面站。

②打开 Mission Planner 的“飞行数据 (DATA)”界面，在屏幕的左下角选择“数据闪存日志 (DataFlash Logs)”选项然后按下“通过 Mavlink 下载闪存日志 (Download DataFlash Log Via Mavlink)”按钮。



2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

(3) 飞行日志分析

③在弹出的日志界面中选择你想要下载的日志，这将把那个日志保存在你的MissionPlanner/logs仓库，在一个以机架类型命名的文件夹中，如QUADCOPTER。

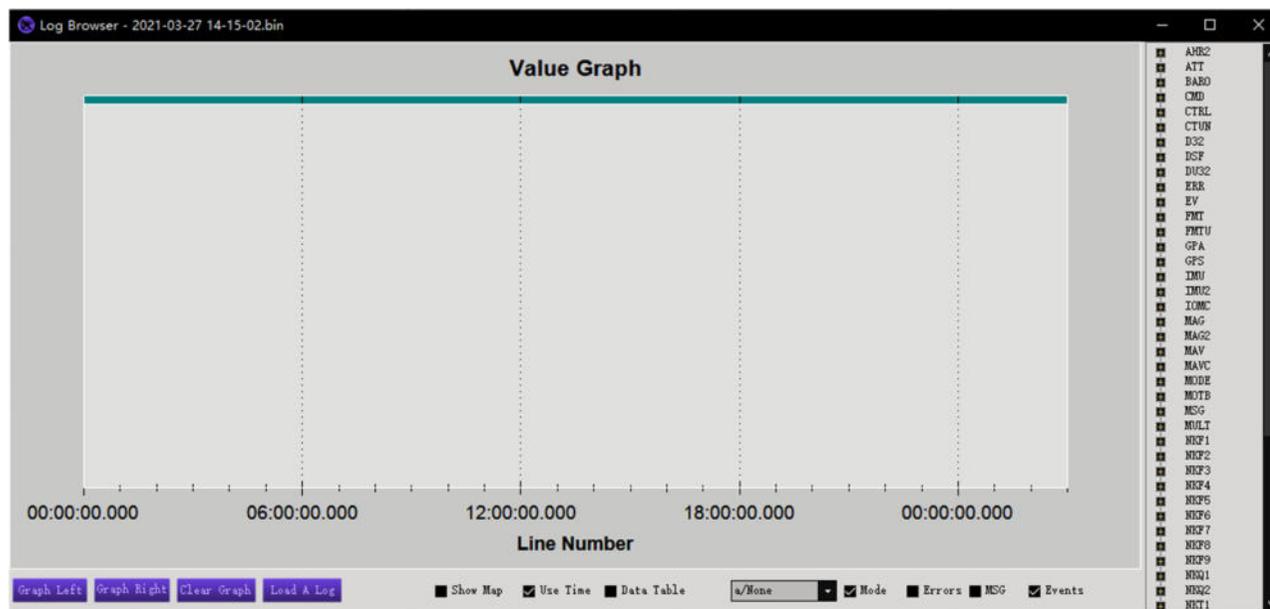


2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

(3) 飞行日志分析

④通过“数据闪存日志(DataFlash Logs)”选项下的“回顾日志(Review a Log)”按钮选择你需要分析的日志文件夹中的.bin后缀文件，会弹出了日志浏览器窗口，从窗口右侧可以选择你需要的数据值进行分析。



日志浏览器窗口

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

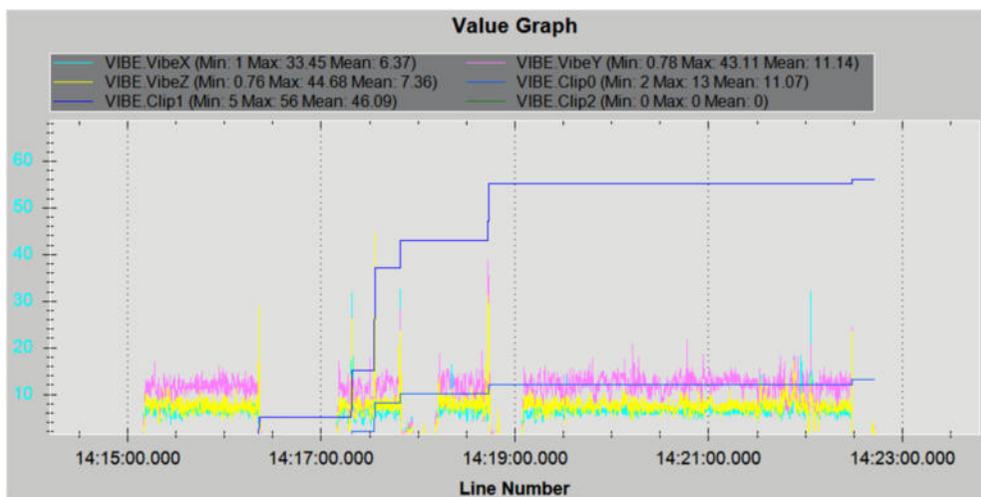
(3) 飞行日志分析

1) 振动数据分析

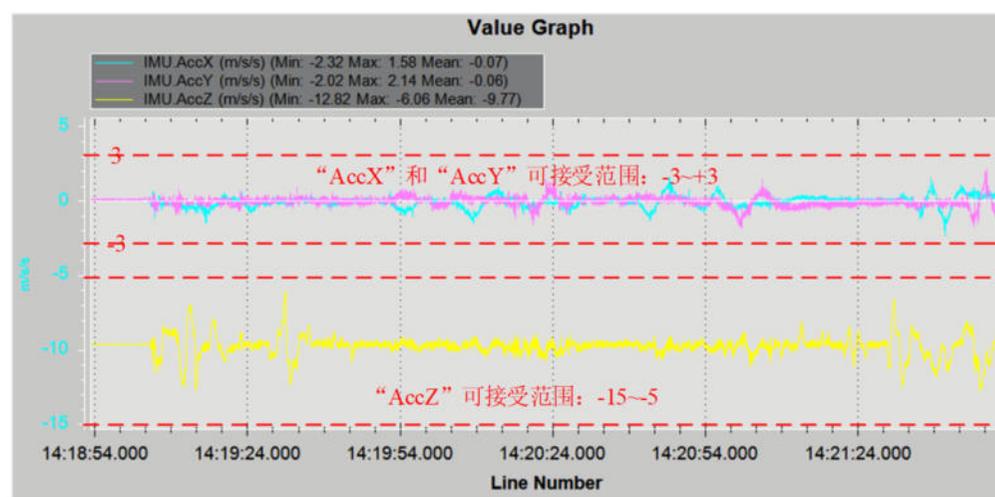
振动数据分析是指分析多旋翼的振动情况，振动加权平均值一般在60以下，振动超量纲次数在整个飞行范围内越接近0越好。

表 7.1: 与振动数据相关的日志参数

序号	一级类	子类	备注 (参数变量说明)
1		VibeX	X 方向振动加权平均值
2		VibeY	Y 方向振动加权平均值
3	VIBE	VibeZ	Z 方向振动加权平均值
4		Clip0	X 方向振动超量程次数
5		Clip1	Y 方向振动超量程次数
6		Clip2	Z 方向振动超量程次数
7		AccX	前向加速度
8	IMU	AccY	侧向加速度
9		AccZ	垂向加速度



振动数据分析



振动加速度数据分析

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

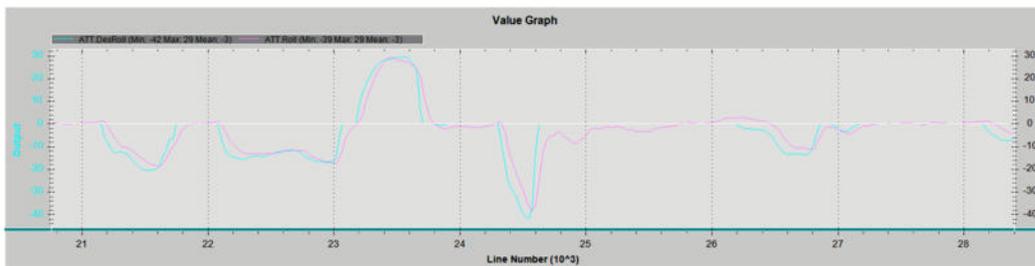
(3) 飞行日志分析

2) 控制输入分析

控制输入分析是指分析多旋翼的控制输入情况。

表 7.2: 与控制输入相关的日志参数

序号	一级类	子类	备注 (参数变量说明)
1	RCIN	C1	一通道输入 (遥控器输出, 一般为滚转)
2		C2	二通道输入 (遥控器输出, 一般为俯仰)
3		C3	三通道输入 (遥控器输出, 一般为油门)
4		C4	四通道输入 (遥控器输出, 一般为偏航)
5		C5	五通道输入 (遥控器输出, 一般为飞行模式)



滚转角跟踪数据分析



3) 跟踪数据分析

跟踪数据分析是指分析多旋翼的实际状态跟踪期望状态的情况。

表 7.3: 与跟踪数据相关的日志参数

序号	一级类	子类	备注 (参数变量说明)
1	ATT	DPosX	期望位置 X
2		DPosY	期望位置 Y
3		PosX	实际位置 X
4		PosY	实际位置 Y
5		DVelX	期望速度 X
6		DVelY	期望速度 Y
7		VelX	实际速度 X
8		VelY	实际速度 Y
9		DesRoll	期望滚转角
10		Roll	实际滚转角
12		DesPitch	期望俯仰角
13		Pitch	实际俯仰角
15		DesYaw	期望偏航角
16		Yaw	实际偏航角

2. 多旋翼飞行器调试

位置控制器调试

(3) 飞行日志分析

4) 滤波参数分析

滤波参数分析主要用于确定解算的姿态信息是否无误。高度解算出的问题会反映在滤波参数上，磁场异常情况也会在滤波参数上体现出来。当滤波参数出现突变时，表明解算的姿态信息出现了异常。



表 7.4: 与滤波参数分析相关的日志参数

序号	一级类	子类	备注 (参数变量说明)
1		MagX	前向磁场
2	MAG	MagY	侧向磁场
3		MagZ	后向磁场
4		IVN	北向速度滤波协方差
5		IVE	东向速度滤波协方差
6		IVD	地向速度滤波协方差
7		IPN	北向位置滤波协方差
8	NKF3	IPE	东向位置滤波协方差
9		IPD	地向位置滤波协方差
10		IMX	前向磁场滤波协方差
11		IMY	侧向磁场滤波协方差
12		IMZ	后向磁场滤波协方差
13		IYAW	航向角滤波协方差

2. 多旋翼飞行器调试

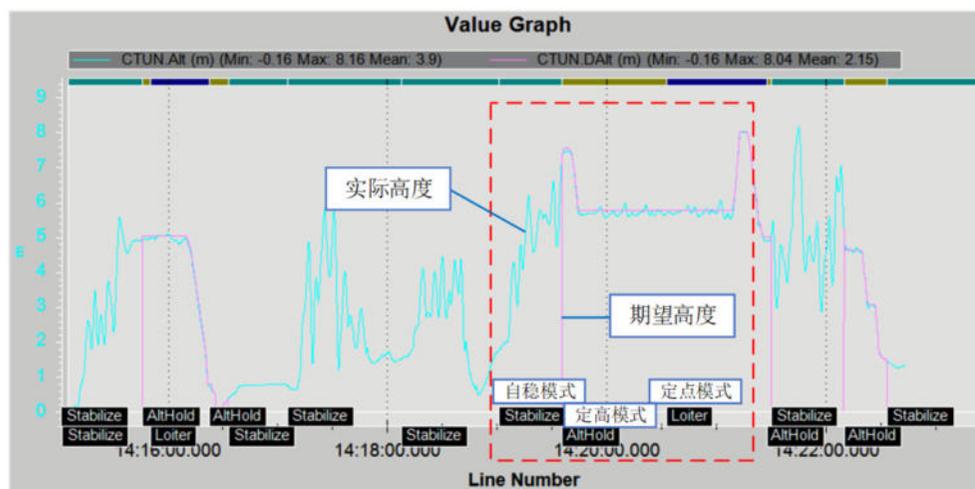
位置控制器调试



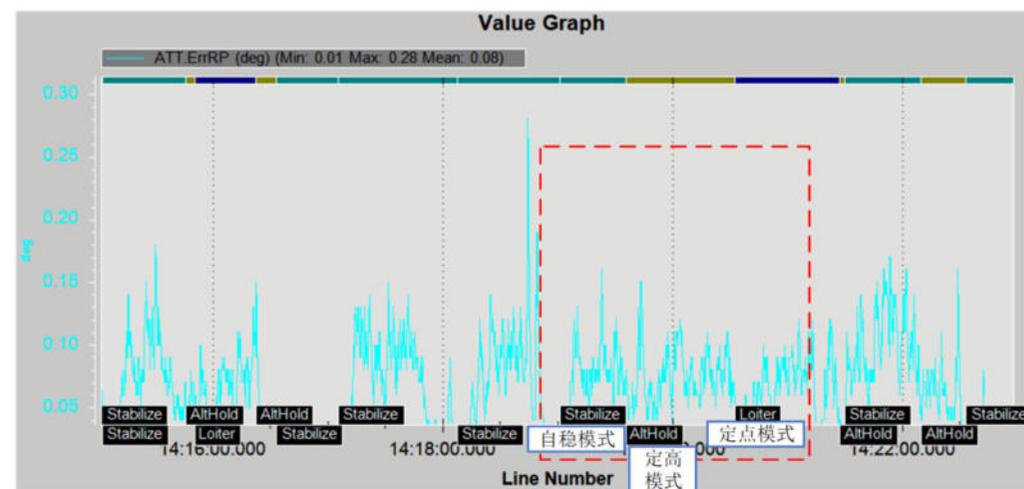
(3) 飞行日志分析

5) 自稳模式、定高模式和定点模式的数据对比分析

在自稳模式下的平均误差最大，在定高模式下的平均误差次之，而在定点模式下的平均误差最小。



期望高度与实际高度的对比



俯仰/滚转误差估计的平均大小

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装



1. 准备

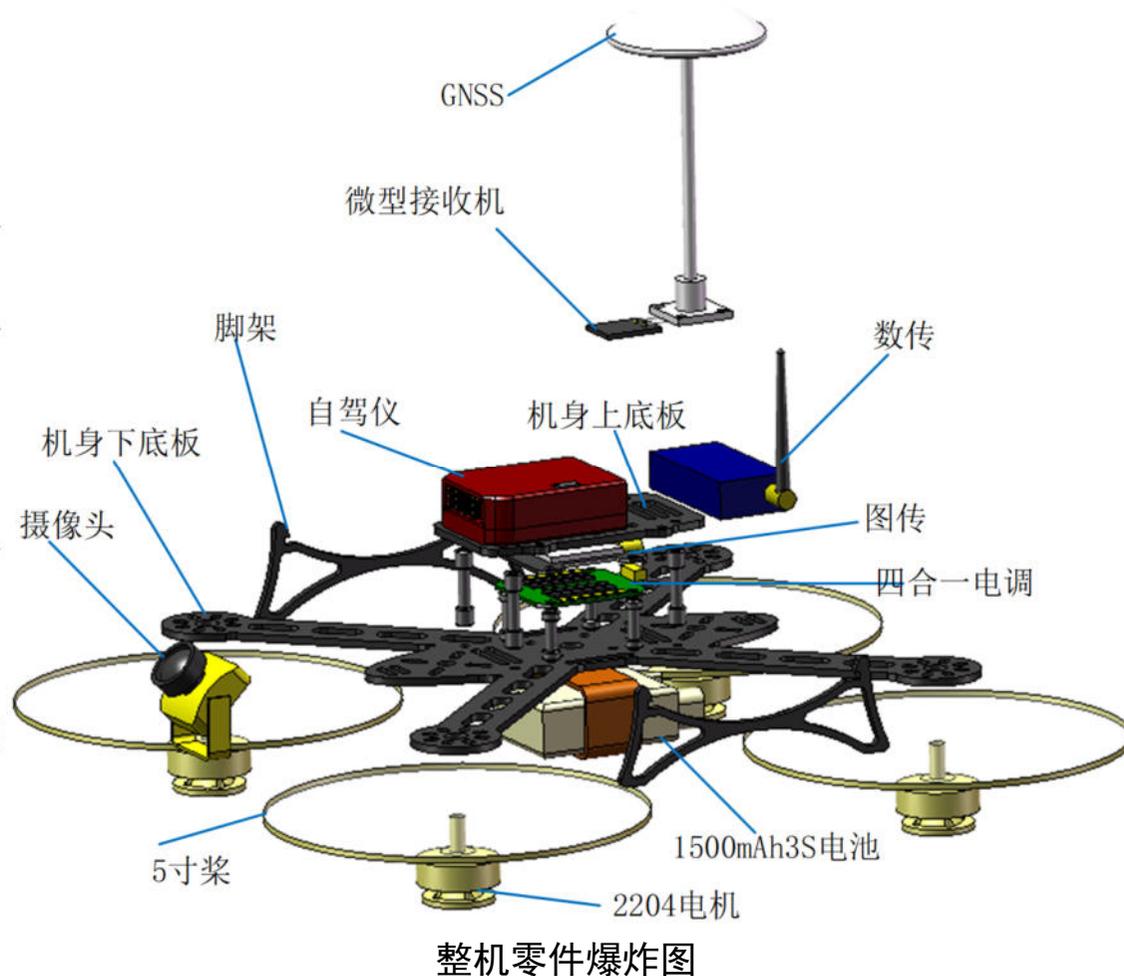
- 硬件：右图中的四旋翼飞行器零件一套，遥控器和配套接收机各一个

2. 目标

- 通过组装四旋翼，熟悉多旋翼组装

3. 实验步骤

- 参照如下多旋翼组装实验视频及相应PPT进行操作。



3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装



飞行平台的组装

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装



(1) 脚架的组装

脚架是支撑机身的主要结构，能够使机体远离地面，同时在起飞时减少灰尘进入机体。安装只需要将两对脚架分别嵌入机身下底板两侧的凹槽中，然后使用一个塑料卡扣穿过机身下底板两侧长条孔。



脚架和机身下底板示意图



脚架和机身底板安装完成示意图



塑料卡扣安装完成示意图

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

(2) 机身和电调的组装

注意：

- 四合一电调的输出端指向机头
- 较短的金属支柱固定在内侧，用于安装四合一电调和图传；较长的金属支柱固定在外侧，用于安装上底板



将八个金属支柱固定在机身下底板上方，然后将四合一电调放在内侧的四个金属支柱上方，用同样长短的金属支柱将四合一电调固定。



金属支柱安装完成示意图



四合一电调安装完成示意图

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

(3) 电机的组装

注意：

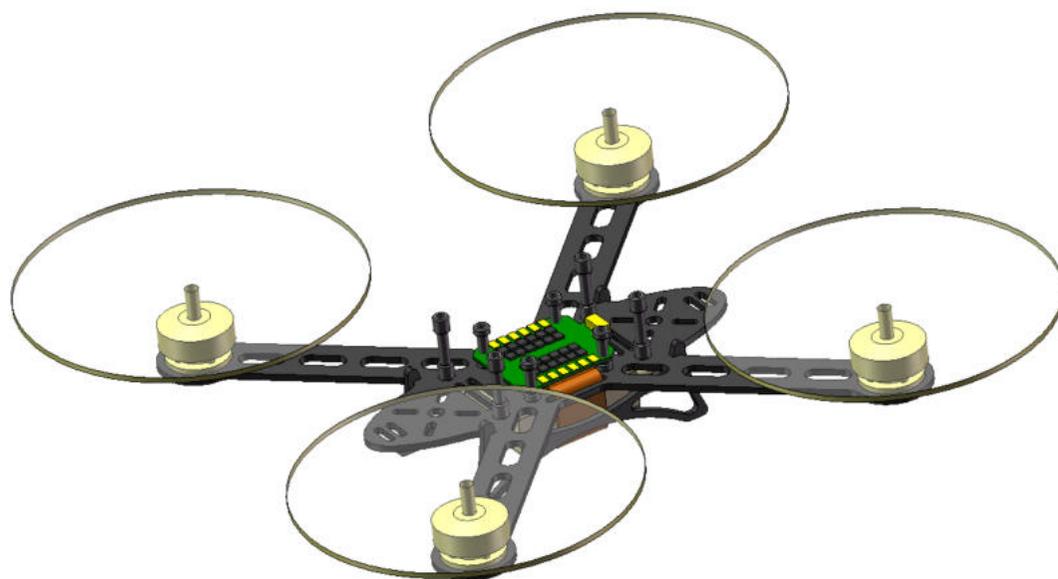
- 组装时需注意电机和螺旋桨的旋转方向
- 在完成装配与调试之前禁止安装螺旋桨



分别使用四个螺丝，将电机固定在下底板的四周。



电机和机身下底板示意图



螺旋桨和电机安装完成示意图

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

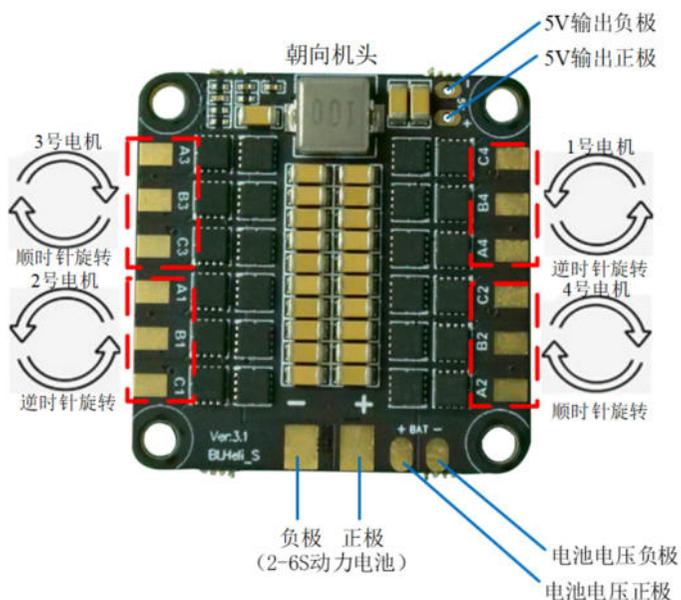
注意：

- 焊接时的操作应当规范



(4) 电机与四合一电调的焊接

从电机上引出的三根线，分别焊接到四合一电调上离电机最近的 Ax、Bx、Cx 三个焊点位置上 (x=1,2,3,4)，并且在焊接位置涂上绝缘胶。



四合一电调接线图示



四合一电调接线实物展示

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

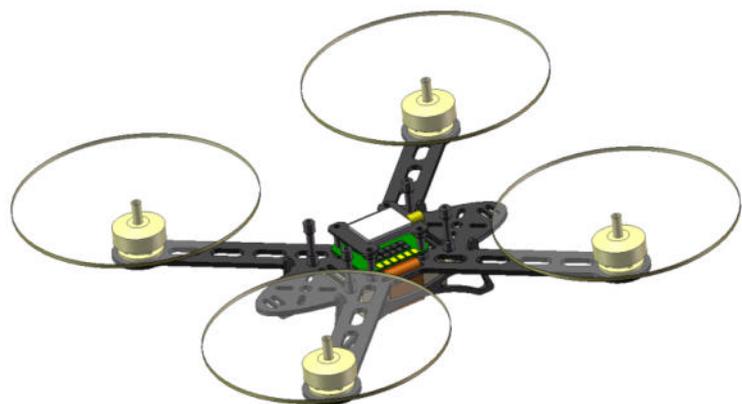


(5) 图传的安装

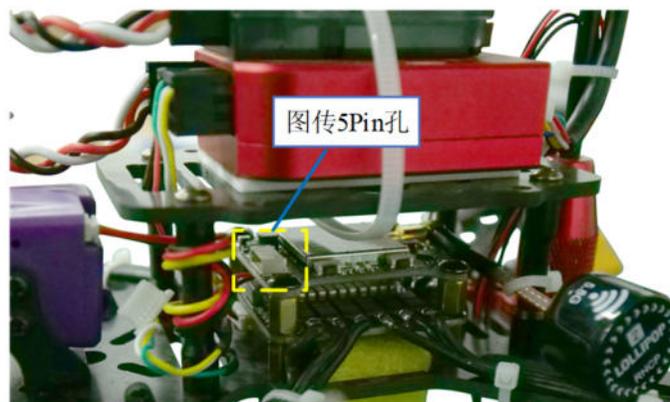
注意：

- 图传的5pin孔指向机头

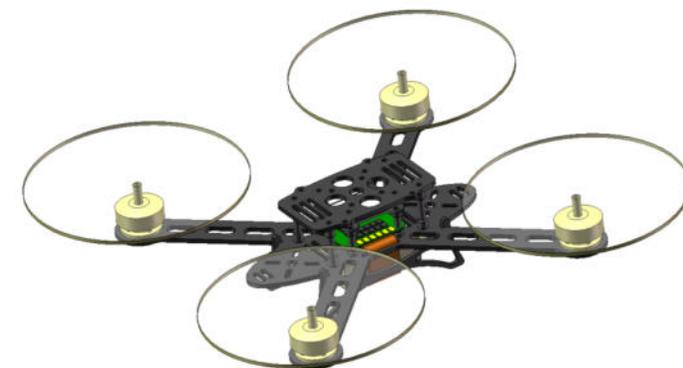
先用螺丝将图传固定在内侧的四个金属支柱上方，再用螺丝将机身上底板固定在外侧的四个金属支柱上方。



图传安装完成示意图



图传5pin孔示意图



上底板安装完成示意图

3. 本讲实践

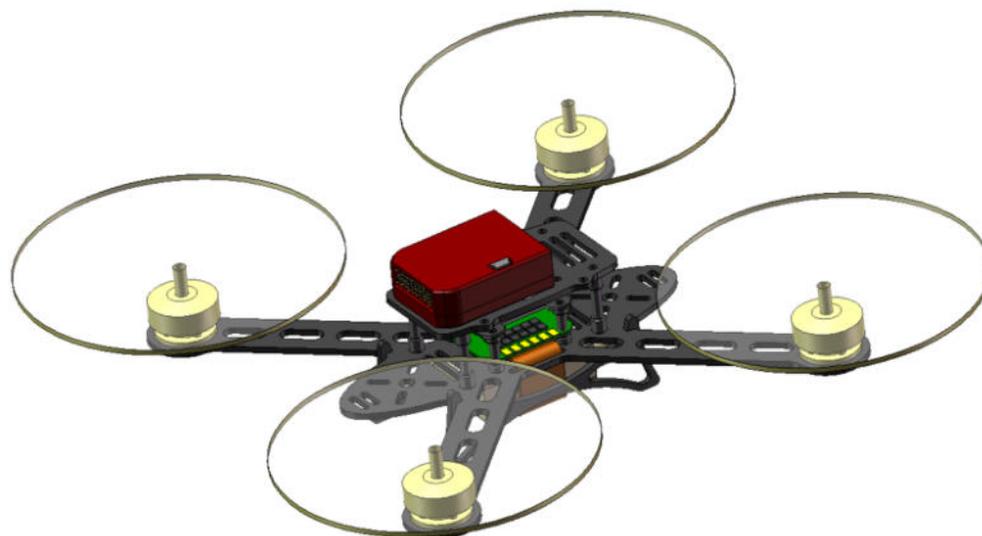
课堂实践：多旋翼组装

(6) 自驾仪的安装

注意：

- 自驾仪朝向：自驾仪上面的箭头标识应当指向机头

将自驾仪通过 3M 胶牢牢粘在上底板上。



自驾仪安装完成示意图



3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装



(7) 电调与自驾仪的连线

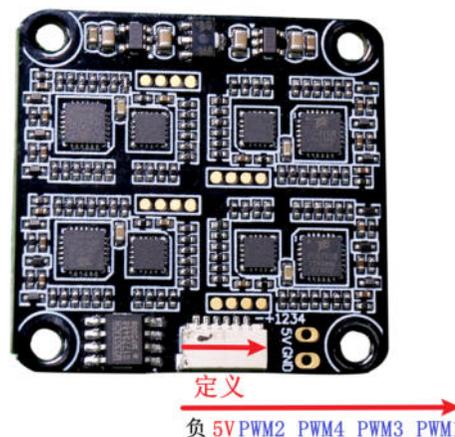
将相应序号电机所对应的 PWM 信号线，连接到自驾仪三排针主通道对应序号的最上方的信号线脚上，然后把 5V 电源线连接到其余任意一个主通道相应的电源针脚上来给自驾仪供电。



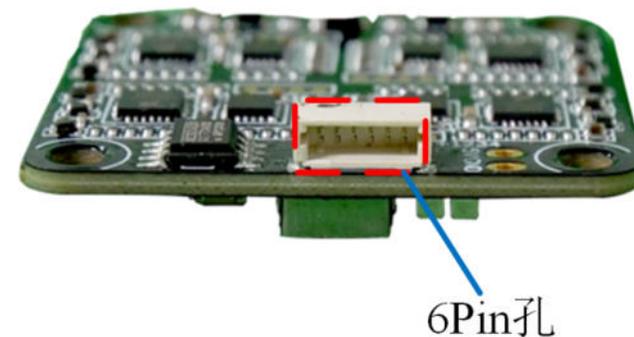
输入		MAIN (主通道)							
Rc	Rly	8	7	6	5	4	3	2	1
5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V
G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

注：
1、Rly 为内部 CH5，有 PWM 和 IO 两种模式，用于驱动继电器或者快门。
2、Rc 可连接 PPM 信号或 S.BUS 信号。
3、任何一个 5V 脚都可以用来给飞控供电，供电电压为 5-9V，建议 5.3V。

飞控接口定义



四合一电调输出定义



四合一电调6pin孔示意图

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

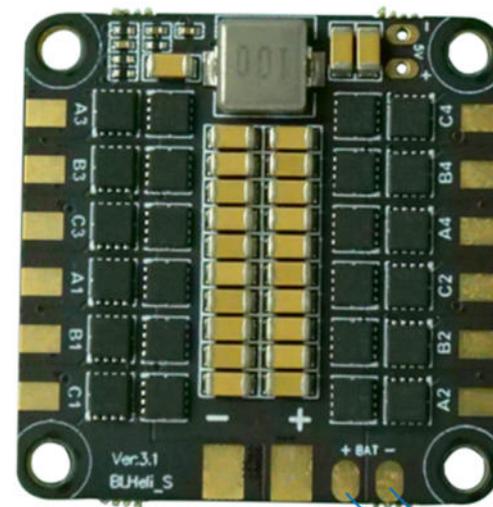


(8) 摄像头的安装

通过螺丝将摄像头固定在机身前方的设备固定板上，并且将摄像头的 3Pin 插针插入图传 5Pin 孔的左侧三针上。然后通过四合一电调的两个焊点为图传供电。最后将图传引出的电源线和信号线连接到摄像头，并在图传的后端插入天线。



摄像头的安装



四合一电调正负极示意图
+ BAT -
电池电压正极
电池电压负极

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

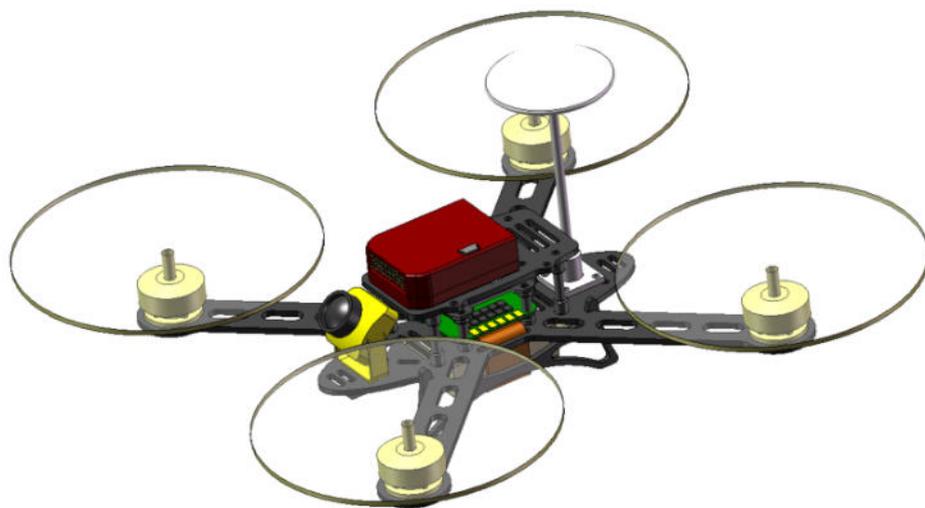


注意：

- GNSS上的箭头应当指向多旋翼的机头方向

(9) GNSS的安装

将 GNSS 安装座通过螺丝固定在机身后方的设备固定板上，并且将 GNSS 的 6Pin 插针插入自驾仪“GPS/MAG”端口的 6Pin 孔中。



GNSS安装完成示意图



GNSS与自驾仪连接示意图

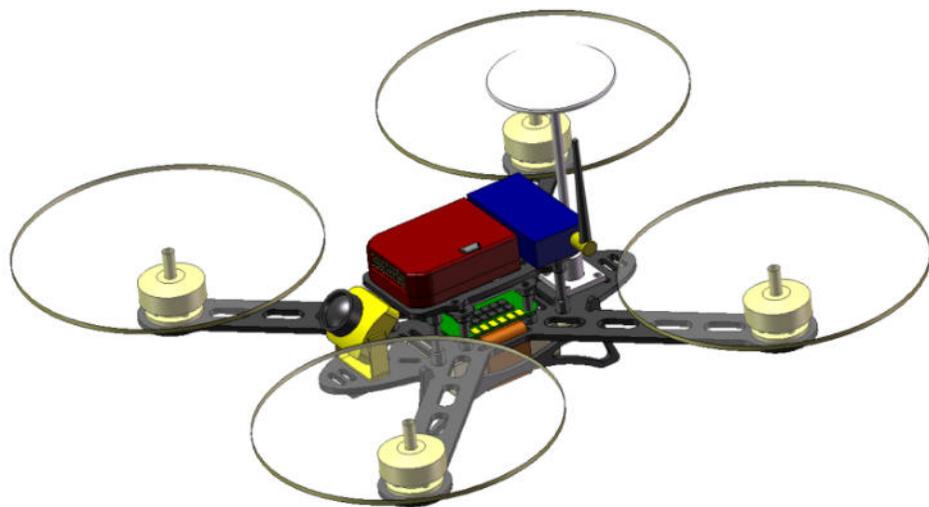
3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装



(10) 数传的安装

将数传通过 3M 胶固定在机身尾部，然后将数传的 4Pin 插针分别插入自驾仪“SER2/I2C”端口 6Pin 孔的左侧一针和右侧三针上。



数传安装完成示意图



数传与自驾仪连接示意图

3. 本讲实践

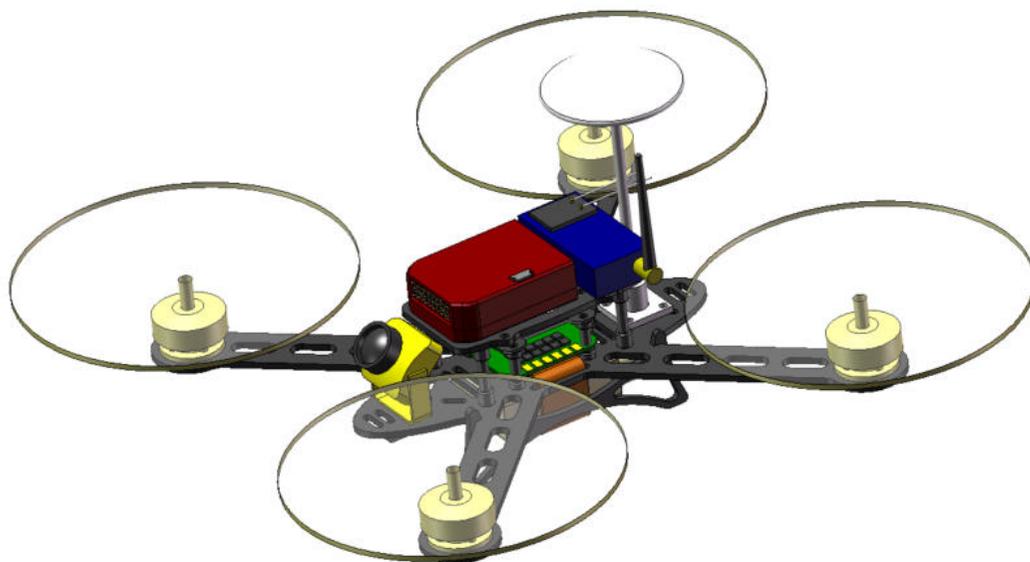
课堂实践：多旋翼组装

(11) 接收机的安装

将接收机通过 3M 胶固定在自驾仪上方，然后将接收机的“PPM”端口或者“S.Bus”端口与自驾仪的“Rc”端口连接。

注意：

- 自驾仪的“Rc”端口从上到下三根针的定义为信号、供电和地



接收机安装完成示意图



接收机与自驾仪连接示意图

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼组装

(12) 安装完成实物展示

组装完成后需要将所有的线尽可能地用尼龙扎带固定住。



实物安装完成正视图



实物安装完成上视图



3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼悬停调试



- 准备
 - 硬件：组装好的四旋翼飞行器一套，遥控器和配套接收机各一个。
 - 软件：地面站软件Mission Planner一套。
- 目标
 - 通过四旋翼悬停调试，熟悉多旋翼参数调试。
- 实验步骤
 - 参照如下多旋翼飞行器调试实验视频进行操作。

3. 本讲实践

课堂实践：多旋翼悬停调试



暂停

多旋翼飞行器调试

3. 本讲实践

课外实践



1. 按照第二章的内容，将给定多旋翼的组成及各部分的功能逐条列出。
2. 完成多旋翼的装配及调试并用flyeval.com进行飞行性能评估，进行真实悬停飞行，对比悬停时间结果。
3. 调试给定的多旋翼位置控制PID参数，并用地面站记录自稳模式、定高模式和定点模式下的飞行测试情况，包括用地面站记录传感器数据、油门指令、电池等数据，以及多旋翼的位置和姿态，并对这些数据进行分析。



可靠飞行控制研究组
RELIABLE FLIGHT CONTROL GROUP

□ 感谢张晨珑为本讲课程准备做出的贡献



R f l y 官 网



研 究 组 公 众 号



视 频 号



B 站 官 方 账 号



优 酷 账 号

相 关 书 籍

RELATED BOOKS



多旋翼飞行器 从原理到实践

ISBN9787121454158

组装试飞



多旋翼无人机 远程控制实践

ISBN9787121447129

开发实践



多旋翼飞行器 设计与控制实践

ISBN9787121377648

开发实践



多旋翼飞行器 设计与控制

ISBN9787121312687

理论研究



可靠飞行控制研究组
RELIABLE FLIGHT CONTROL GROUP

