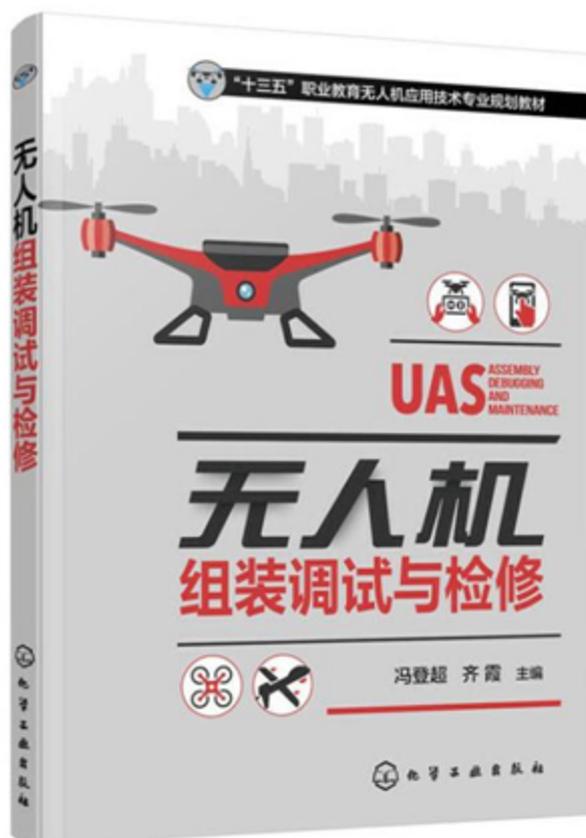


教材选用：无人机组装调试与检修 冯登超 主编 化学工业出版社



第 5 章 无人机系统调试

5.1-5.3

第5章

无人机系统调试

在完成无人机的机身结构、动力系统、通信系统和控制系统的装配后，为了实现无人机的可靠运行和人机安全，必须要对无人机进行调试。

电动多旋翼无人机调试内容主要是软件部分的调试，包括飞行控制器调试、遥控器和接收机调试、动力系统调试等。其中，飞行控制器调试包括飞控固件的烧写、各种传感器校准、飞控相关参数的设置等；遥控器和接收机调试包括对码操作、遥控模式设置、通道配置、接收机模式选择、模型选择和机型选择、舵机行程量设置、中立微调 and 微调步阶量设置、舵机相位设置、舵量显示操作、教练功能设置和可编程混控设置等；动力系统的调试主要是电调参数的调试等。

固定翼无人机调试是指组装完成后，按照设计要求对结构或部件进行调整，以满足基本的飞行要求。对于中小型固定翼无人机，调试内容主要包括重心、安装角度、舵量和拉力线调试，动力系统调试，飞控参数调试等。

5.1 无人机调试步骤

根据调试过程中是否需要安装螺旋桨，可分为无桨调试和有桨调试。为了降低在调试时产生的风险系数，当对无人机进行调试时，先进行无桨调试，再进行有桨调试。

(1) 无桨调试

无桨调试的主要内容包括以下几方面。

- ① 连接所有线路，接通电源，进行首次通电测试，检查飞行控制器、电调、电动机和接收机是否正常通电，检查有没有出现短路或断路现象。
- ② 检查遥控器，进行对频及相关设置，确认遥控器发出的各个通道信号都能够准确地被接收并传递给飞控。
- ③ 将飞控连接到计算机，用调试软件（地面站）对飞控进行调试，如固件烧写、电调校准、加速计校准等。
- ④ 接通电源用遥控器解锁飞控，推动油门检查电机的转向是否正确。

(2) 有桨调试

无人机的首次飞行往往会出现各种意外情况。在进行有桨调试时，因为无人机上已经安装好螺旋桨，当无人机运行时会产生高速旋转，为了确保人员和设备的安全，在飞行前一定要完成一系列的检查工作。

① 多旋翼

- a. 安装螺旋桨，根据电机转向正确的安装螺旋桨。
- b. 限制飞行器，将飞行器放在安全防护网内试飞，或通过捆绑的方式限制飞行器。飞行器第一次试飞可能会出现各种意外情况，通过防护网或捆绑可以有效地保护人员和设备安全。

c. 飞行测试，通过飞行状态检验飞行器是否正常。

② 固定翼 固定翼的飞行速度相对较快，测试时不能像旋翼机一样被限制在特定的安全区域内。为了确保安全，当固定翼无人机进行有桨调试时，一定要检查飞机机械结构、电路与控制系统、任务载荷与弹射系统等。

5.2 无人机调试操作原则

无人机飞行前调试流程必须做到位，不得忽略调试流程的任何一个细节，在操作无人机飞行前应对无人机的各个部件做相应检查，无人机的任何一个小问题都有可能潜在飞行过程中出现事故或损坏。在飞行前应该做充足的检查，防止意外发生。

(1) 外观机械部分检查

在无人机调试操作中，外观机械部分检查是无人机调试的首要环节，上电前应先检查机械部分相关零部件的外观。主要包括以下几个方面。

- ① 检查螺旋桨是否完好，表面是否有污渍和裂纹等（如有损坏应更换新螺旋桨，以防止在飞行中飞机震动太大导致意外）。
- ② 检查螺旋桨旋向和位置是否正确，安装是否紧固，用手转动螺旋桨查看旋转是否有干涉等。
- ③ 检查电机安装是否紧固，有无松动等现象（如发现电机安装不紧固应停止飞行，使用相应工具将电机安装固定好）。
- ④ 用手转动电机查看电机旋转是否有卡涩现象，电机线圈内部是否干净，电机轴有无明显的弯曲。
- ⑤ 检查机架是否牢固，螺钉、螺栓等有无松动现象。
- ⑥ 检查飞行器电池安装是否正确，电池电量是否充足。
- ⑦ 检查飞行器的重心位置是否正确。
- ⑧ 螺旋桨、电机、中间连接件必须同心、垂直。
- ⑨ 螺旋桨要与机架以及机架的重量匹配，正旋和反旋螺旋桨需要刚度一致。

(2) 电子部分检查

无人机调试的电子部分是调试操作的重要内容，电子部分检查的主要内容如下所述。

- ① 检查各个接头是否紧密，插头焊接部分（杜邦线、XT60、T 插头、香蕉头等）是否有松动、虚焊、接触不良等现象。
- ② 检查各电线外皮是否完好，有无刮擦脱皮等现象；检查电子设备是否安装牢固，应保证电子设备清洁、完整，并做好相关防护（如防水、防尘等）。
- ③ 检查电子罗盘指向是否和飞行器机头指向一致；检查电池有无破损、鼓包胀气、漏液等现象。
- ④ 检查地面站、地面站屏幕触屏、各界面操作是否正常。

⑤ GPS 模块安装要远离电源、电调、电机、其他电子部件和含铁的金属物。

⑥ 飞控器安装时白色箭头指向无人机正前方，飞控器需要安装减震海绵，飞控器需要安装在靠近无人机重心的地方，无论是水平方向还是垂直方向上。

⑦ 检查安全按钮位置是否正确。

(3) 上电后检查与调试

无人机上电后检查与调试操作包括如下内容。

① 插入电源模块前，请务必确保电源模块的电压在 5~6V 之间，以免意外烧坏飞控。

② 电池接插时，要区分是串联电路还是并联电路，以免插错导致电池烧坏或者是飞控烧坏。

③ 连接飞控电源线的时候，注意红线黑线的电源方向不要插反，否则可能会烧坏飞控。

④ 上电后，地面站与无人机进行配对，点击地面站设置里的配对，先插电源负极，点击配对插上正极，地面站显示配对即可。

⑤ 检查遥控器操控模式（美国手、日本手等）、信号连接情况、电量是否充足、各键位是否复位、天线位置等；打开地面站，检查手柄设置是否与遥控器相对应，检查超声波是否禁用，飞机的参数设置是否符合要求。

⑥ 遥控器配对成功以后，先不装桨叶，解锁轻微推动油门，观察各个电机是否旋转正常。

⑦ 如果需要插接电调的红色 5V BEC 电源线，则插上前务必测量电调 BEC 电压，市场上电调的 5V 电压经常有问题。

⑧ 检查电调指示音是否正确，LED 指示灯闪烁是否正常；进行油门行程校准的时候，最好不装桨以免误伤自己。

⑨ 检测时切勿贴近或接触旋转中的电机或螺旋桨，避免被螺旋桨割伤；确保电机运转正常后，点击地面站上的磁罗盘校准。

⑩ 起飞前必须确定 GPS 模块中的卫星数量达到 17 或 17 颗以上，方可起飞作业。

⑪ 试飞过程中，务必提前观察飞机运行灯的状态，以及地面站所显示的 GPS 星数，及时做出预判。

⑫ 测试飞行，以及航线的试飞，观察飞机在走航线的过程中是否需要规划好的航线进行修改。

⑬ 飞行的遥控距离为飞机左右两侧 6~7m，避免站在飞机机尾的正后方；新手快要撞人的时候，记得把油门拉到最低。

⑭ 检查各电子设备有无异常情况（如异常震动、异常声音、异常发热等）；确保遥控器、电池以及所有部件供电充足。

⑮ 使用完以后，请立即将电池与飞机插头拔开，如果不拔，锂电池一直在给飞机供电，处于放电状态，一旦锂电电量放完，锂电池就报废。

⑯ 检查周围环境是否适合作业（恶劣天气下请勿飞行，如风速五级及以上、下雪、下雨、有雾天气等）及起降场地是否合理（应选择开阔、周围无高大建筑物的场所作为飞行场，大量使用钢筋的建筑物会影响指南针工作，而且会遮挡 GPS 模块的搜星信号，调试飞行器定位效果变差甚至无法定位），调试空域有无申报。

(4) 无人机的开关机顺序

开机顺序为先开启遥控器，后开启飞机；关机顺序为先关闭飞机，后关闭遥控器。

第5章

无人机系统调试

在完成无人机的机身结构、动力系统、通信系统和控制系统的装配后，为了实现无人机的可靠运行和人机安全，必须对无人机进行调试。

电动多旋翼无人机调试内容主要是软件部分的调试，包括飞行控制器调试、遥控器和接收机调试、动力系统调试等。其中，飞行控制器调试包括飞控固件的烧写、各种传感器校准、飞控相关参数的设置等；遥控器和接收机调试包括对码操作、遥控模式设置、通道配置、接收机模式选择、模型选择和机型选择、舵机行程量设置、中立微调 and 微调步阶量设置、舵机相位设置、舵量显示操作、教练功能设置和可编程混控设置等；动力系统的调试主要是电调参数的调试等。

固定翼无人机调试是指组装完成后，按照设计要求对结构或部件进行调整，以便满足基本的飞行要求。对于中小型固定翼无人机，调试内容主要包括重心、安装角度、舵量和拉力线调试，动力系统调试，飞控参数调试等。

5.1 无人机调试步骤

根据调试过程中是否需要安装螺旋桨，可分为无桨调试和有桨调试。为了降低在调试时产生的风险系数，当对无人机进行调试时，先进行无桨调试，再进行有桨调试。

(1) 无桨调试

无桨调试的主要内容包括以下几方面。

- ① 连接所有线路，接通电源，进行首次通电测试，检查飞行控制器、电调、电动机和接收机是否正常通电，检查有没有出现短路或断路现象。
- ② 检查遥控器，进行对频及相关设置，确认遥控器发出的各个通道信号都能够准确地被接收并传送给飞控。
- ③ 将飞控连接到计算机，用调试软件（地面站）对飞控进行调试，如固件烧写、电调校准、加速计校准等。
- ④ 接通电源用遥控器解锁飞控，推动油门检查电机的转向是否正确。

注：固定翼无人机还可通过人为改变飞机姿态的方式检查舵面变化情况。

(2) 有桨调试

无人机的首次飞行往往会各种意外情况。在进行有桨调试时，因为无人机上已经安装好螺旋桨，当无人机运行时会产生高速旋转，为了确保人员和设备的安全，在飞行前一定要完成一系列的检查工作。

① 多旋翼

- a. 安装螺旋桨，根据电机转向正确的安装螺旋桨。
- b. 限制飞行器，将飞行器放在安全防护网内试飞，或通过捆绑的方式限制飞行器。飞行器第一次试飞可能会出现各种意外情况，通过防护网或捆绑可以有效地保护人员和设备安全。
- c. 飞行测试，通过飞行状态检验飞行器是否正常。

② 固定翼 固定翼的飞行速度相对较快，测试时不能像旋翼机一样被限制在特定的安全区域内。为了确保安全，当固定翼无人机进行有桨调试时，一定要检查飞机机械结构、电路与控制系统、任务载荷与弹射系统等。

5.2 无人机调试操作原则

无人机飞行前调试流程必须做到位，不得忽略调试流程的任何一个细节，在操作无人机飞行前应对无人机的各个部件做相应检查，无人机的任何一个小问题都有可能导致在飞行过程中出现事故或损坏。在飞行前应该做充足的检查，防止意外发生。

(1) 外观机械部分检查

在无人机调试操作中，外观机械部分检查是无人机调试的首要环节，上电前应先检查机械部分相关零部件的外观。主要包括以下几个方面。

- ① 检查螺旋桨是否完好，表面是否有污渍和裂纹等（如有损坏应更换新螺旋桨，以防止在飞行中飞机震动太大导致意外）。
- ② 检查螺旋桨旋向和位置是否正确，安装是否紧固，用手转动螺旋桨查看旋转是否有干涉等。
- ③ 检查电机安装是否紧固，有无松动等现象（如发现电机安装不紧固应停止飞行，使用相应工具将电机安装固定好）。
- ④ 用手转动电机查看电机旋转是否有卡涩现象，电机线圈内部是否干净，电机轴有无明显的弯曲。
- ⑤ 检查机架是否牢固，螺钉、螺栓等有无松动现象。
- ⑥ 检查飞行器电池安装是否正确，电池电量是否充足。
- ⑦ 检查飞行器的重心位置是否正确。
- ⑧ 螺旋桨、电机、中间连接件必须同心、垂直。
- ⑨ 螺旋桨要与机架以及机架的重量匹配，正旋和反旋螺旋桨需要刚度一致。

(2) 电子部分检查

无人机调试的电子部分是调试操作的重要内容，电子部分检查的主要内容如下所述。

- ① 检查各个接头是否紧密，插头焊接部分（杜邦线、XT60、T 插头、香蕉头等）是否有松动、虚焊、接触不良等现象。
- ② 检查各电线外皮是否完好，有无刮擦脱皮等现象；检查电子设备是否安装牢固，应保证电子设备清洁、完整，并做好相关防护（如防水、防尘等）。
- ③ 检查电子罗盘指向是否和飞行器机头指向一致；检查电池有无破损、鼓包胀气、漏液等现象。
- ④ 检查地面站、地面站屏幕触屏、各界面操作是否正常。

⑤ GPS 模块安装要远离电源、电调、电机、其他电子部件和含铁的金属物。

⑥ 飞控器安装时白色箭头指向无人机正前方，飞控器需要安装减震海绵，飞控器需要安装在靠近无人机重心的地方，无论是水平方向还是垂直方向上。

⑦ 检查安全按钮位置是否正确。

(3) 上电后检查与调试

无人机上电后检查与调试操作包括如下内容。

① 插入电源模块前，请务必确保电源模块的电压在 5~6V 之间，以免意外烧坏飞控。

② 电池接插时，要区分是串联电路还是并联电路，以免插错导致电池烧坏或者是飞控烧坏。

③ 连接飞控电源线的时候，注意红线黑线的电源方向不要插反，否则可能会烧坏飞控。

④ 上电后，地面站与无人机进行配对，点击地面站设置里的配对，先插电源负极，点击配对插上正极，地面站显示配对即可。

⑤ 检查遥控器操作模式（美国手、日本手等）、信号连接情况、电量是否充足、各键位是否复位、天线位置等；打开地面站，检查手柄设置是否与遥控器相对应，检查超声波是否禁用，飞机的参数设置是否符合要求。

⑥ 遥控器配对成功以后，先不装桨叶，解锁轻微推动油门，观察各个电机是否旋转正常。

⑦ 如果需要插接电调的红色 5V BEC 电源线，则插上前务必测量电调 BEC 电压，市场上电调的 5V 电压经常有问题。

⑧ 检查电调指示音是否正确，LED 指示灯闪烁是否正常；进行油门行程校准的时候，最好不装桨以免误伤自己。

⑨ 检测时切勿贴近或接触旋转中的电机或螺旋桨，避免被螺旋桨割伤；确保电机运转正常后，点击地面站上的磁罗盘校准。

⑩ 起飞前必须确定 GPS 模块中的卫星数量达到 17 或 17 颗以上，方可起飞作业。

⑪ 试飞过程中，务必提前观察飞机运行灯的状态，以及地面站所显示的 GPS 星数，及时做出预判。

⑫ 测试飞行，以及航线的试飞，观察飞机在走航线的过程中是否需要规划好的航线进行修改。

⑬ 飞行的遥控距离为飞机左右两侧 6~7m，避免站在飞机机尾的正后方；新手快要撞到人的时候，记得把油门拉到最低。

⑭ 检查各电子设备有无异常情况（如异常震动、异常声音、异常发热等）；确保遥控器、电池以及所有部件供电量充足。

⑮ 使用完以后，请立即将电池与飞机插头拔开，如果不拔，锂电池一直在给飞机供电，处于放电状态，一旦锂电电量放完，锂电池就报废。

⑯ 检查周围环境是否适合作业（恶劣天气下请勿飞行，如风速五级及以上、下雪、下雨、有雾天气等）及起降场地是否合理（应选择开阔、周围无高大建筑物的场所作为飞行场，大量使用钢筋的建筑物会影响指南针工作，而且会遮挡 GPS 模块的搜星信号，调试飞行器定位效果变差甚至无法定位），调试空域有无申报。

(4) 无人机的开关机顺序

开机顺序为先开启遥控器，后开启飞机；关机顺序为先关闭飞机，后关闭遥控器。

5.3 多旋翼无人机的调试

近几年,多旋翼航拍飞行器成了消费级无人机的主流产品形态。与遥控直升机相比,多旋翼飞行器结构简单,造价更低;与固定翼相比,多轴飞行器操控简单,可以随时悬停,对场地的要求低。所以现在从玩具飞行器到大型的工业级无人机,绝大多数都是采用多旋翼飞行器平台。

5.3.1 无人机飞控系统调试

(1) PID 调参

在无人机起飞前或飞行过程中,任何微小故障都有可能引发飞行事故。如果飞控系统能实时不断地进行故障监控与故障诊断,就能大幅降低事故发生的概率。飞控系统可以监控如振动、电压、电流、温度、转速等各项飞行状态参数,并通过这些监控特征信号进行故障诊断。这些信号往往是复杂且没有明显规律的,只有通过大量故障数据进行数据挖掘,用深度学习技术建立飞控故障诊断系统,采用模式识别判定故障发生的概率,对故障进行早期预报,或进行应急处理,才能使飞行变得更加安全。

在闭环自动控制技术领域里都是基于反馈的概念以减少不确定性,其反馈的要素包括三个部分:测量、比较和执行。测量关键的是被控变量的实际值与期望值相比较,用偏差来纠正系统的响应,执行调节控制。在工程实际中,应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制,简称PID控制,又称PID调节。

飞控调试最重要的是PID调节。在进行调试之前,要判定在调试的时候,每一步的最好结果是什么样的,进行这个调节后,最后的结果是什么样的。进行PID调节时一定要认清期望值,分清P、I、D过大或过小会出现的问题。

① P调节 只要被控对象存在误差,比例调节就会运行,过小控制的效果不理想,过大会不稳定,存在静差,会出现振荡,在实际调节的时候,就是要在刚刚振荡的时候最好,就是振荡后最快稳定下来。

② I调节 只要被控对象存在静差,积分调节就会发挥作用,积分调节的作用就是减小甚至消除静差;积分调节过小系统不稳定,过大会产生超调,产生振荡。在实际调节的时候我们需要控制系统很稳定(一般是先调P再调D最后再调I,这样前期使效果已经非常好,最后积分一下会使系统更加稳定)。

③ D调节 主要作用是加快调节,减少调节时间,使系统快速响应。过大会使调节时间很长,调节效果不佳;过大会使系统不稳定,产生振荡。

飞控的调试步骤如下所述。

首先,在飞控的调试过程中,先把D、I置0,加大P值,使飞行器适当的过冲开始振荡,然后增加D的数值,拉低P调节后期的作用,使过冲现象放缓,最后调到不过冲为止。最后加上I调节。

其次,根据实际试飞的情况,确定飞行的姿态、误差,然后进行微调(如果在调试架上调试良好,一般在实际飞行时不会出现问题)。

最后,当调节好翻滚(roll)、俯仰(pitch)方向上的PID后,要进行试飞看平不稳,不然会出现危险发生翻机。

(2) 飞行控制器调试

飞行控制器固件就是在飞控硬件上面运行的飞行控制程序，一般情况下不同的硬件对应有不同的固件，但是有些流行的固件也可以同时兼容好多硬件。在选择的时候主要考虑固件的成熟度、扩展能力及上位机配套软件的便利性。

① 安装飞控驱动与地面站软件 安装 Pixhawk 驱动程序，右击“计算机”图标，在弹出的对话框中选择“设备管理器”选项，单机“端口”列表，出现 PX4FMU (COM3) 端口，如图 5-1 所示。

安装地面站软件 (Mission Planner) 到电脑上，Mission Planner 是免费的开源的软件，可用于 Windows 系统。

② 连接飞控与地面站软件

a. 通过 USB 连接线将飞行控制器和电脑连接，如图 5-2 所示。

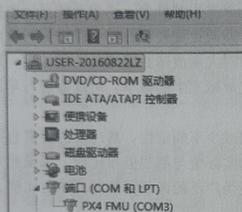


图 5-1 驱动程序安装端口



图 5-2 飞控与电脑连接

b. 进入飞行数据页面，在右上角串口号选择下拉列表中的 PX4 FMU 串口号，本机是 COM34，波特率为 115200。注意不要点击右侧的“自动连接”按钮，如图 5-3 所示。

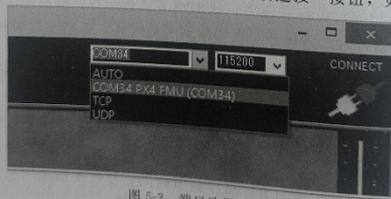


图 5-3 端口选择界面

③ 飞控固件加载和升级 一般当飞控器购买回来时，程序已经在里面了，如果想要更新里面的程序，可以通过在线直接安装方式更新固件或通过安装本地下载的固件方式更新固件。

选择：初始设置>>安装固件，如图 5-4 所示。

a. 直接安装。选择对应的无人机机架类型，下载最新固件，弹出是否继续对话框，选择“是”，等待安装完成，会出现短暂的音乐声，如图 5-5 所示。声音停止后点击“确定”按钮。此时如果是第一次刷 AC3.2 固件，则会提示需要进行罗盘重新校准。

进入“飞行数据”页面，点击右上角“连接”按钮即可连上飞控，进而获取飞控数据。

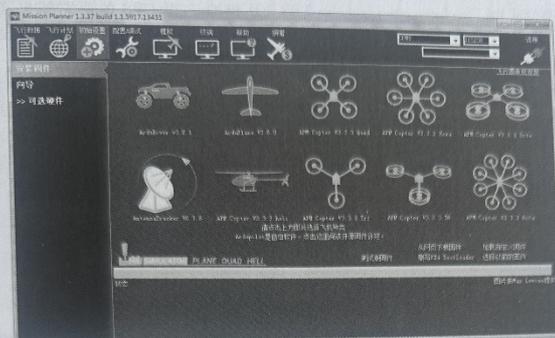


图 5-4 安装固件界面

b. 安装下载的固件。通过单击地面站安装固件页面中的“下载固件”按钮，打开官方下载服务器，如图 5-6 所示。官方软件下载地址：<http://firmware.ardupilot.org/>。选择固件 Firmware 中的 APM Copter（多旋翼和传统直升机固件），如图 5-7 所示。打开固件下载页面：建议使用稳定版，点击 stable，进入稳定版下载（网址）：<http://firmware.ardupilot.org/Copter/stable/>，如图 5-8 所示。其中，固件版本含义如下：PX4 对应飞控；heli 表示直升机；hexa 表示 6 轴；octa 表示 8 轴；octa-quad 表示 4 个机臂，上下两层供 8 台马达的 8 轴；quad 表示 4 轴；tri 表示 3 轴。点击 PX4-quad/进入下载页面，如图 5-9 所示；选择 v2.px4 版本，点击右键将链接另存为，下载到本机。

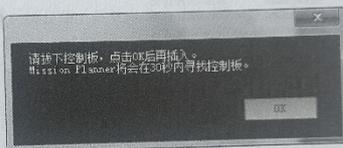


图 5-5 下载最新固件

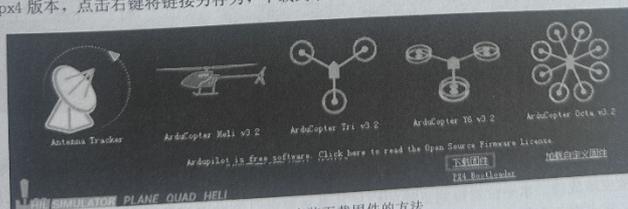


图 5-6 安装下载固件的方法

如果要加载自定义固件，在地面站进入“初始设置”页面，选择“加载自定义固件”，在弹出的对话框中选择刚下载的固件文件即可。地面站切换到“飞行数据”页面，设置好端口与波特率后，单击右上角“连接”按钮即可看到飞控数据（高度、角度等）传回地面站并显示出来。此时，主 LED 灯黄灯闪烁。

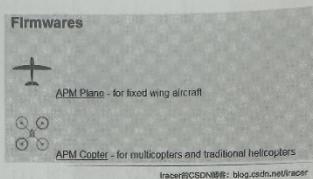


图 5-7 固件模式选择

④ 校准 将 GPS 的两路输出 (6pin 和 4pin) 接上飞控的对应的 GPS 口 (6pin) 和 I2C 口 (4pin 罗盘), 准备校准。

打开地面站, USB 连接飞控, 设置 COM 端口号和波特率, 选择“连接”, 连接成功后进入“初始设置”页面, 展开左侧“必要硬件”, 可以看到下列选项: “机架类型”“加速度计校准”“罗盘”“遥控器校准”“飞行模式”“故障保护”, 下面将逐一校准上述选项。

Index of /Copter/stable

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory			
PX4-heli-hil/	2015-02-11 13:49	-	
PX4-heli/	2015-02-25 22:37	-	
PX4-hexa/	2016-02-25 10:13	-	
PX4-octa-quad/	2016-02-25 10:22	-	
PX4-octa/	2016-02-25 10:20	-	
PX4-quad-hil/	2015-02-11 13:49	-	
PX4-quad/	2016-02-24 14:27	-	
PX4-hil/	2016-02-25 10:26	-	
PX4-y6/	2016-02-25 10:28	-	

图 5-8 固件版本界面

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory			
ArduCopter-v1.px4	2016-02-24 14:27	573K	
ArduCopter-v2.px4	2016-02-24 14:27	643K	
ArduCopter-v4.px4	2016-02-25 09:41	611K	
git-version.txt	2016-02-24 14:27	190	

图 5-9 下载固件

a. 机架类型配置。在左侧“必要硬件”里的“机架类型”选择对应的机架, 如图 5-10 所示。

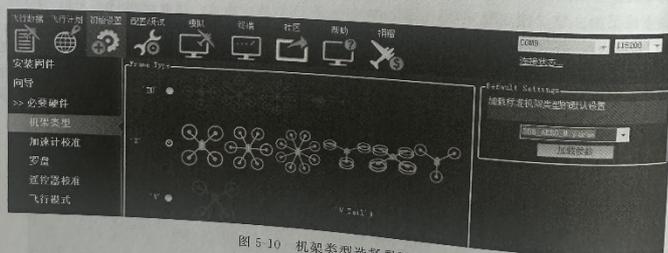


图 5-10 机架类型选择界面

b. 加速度计校准。点击左侧列表“加速度计校准”进入校准界面, 按提示放置飞控 (上下左右前后), 每一步完成后点击绿色“Click When Done”按钮, 所有姿态都完成之后, 姿态校准得到正确的结果是最重要的, 这将会成为控制器飞行时的水平的具体校准步骤如下所述。

① 界面提示“Place vehicle level and press any key”, 将飞控水平放置在平面上, 飞控指针向前, 如图 5-11 所示, 然后点击“Click When Done”。

① 下一步界面提示“Place vehicle on its LEFT side and press any key”，将飞控箭头指向向左靠在盒子边沿，保持与水平面垂直，如图 5-12 所示，放稳后再点击“Click When Done”。



图 5-11 水平放置图



图 5-12 机头向左放置图

② 下一步界面提示“Place vehicle on its RIGHT side and press any key”，将飞控箭头指向向右靠在盒子边沿，保持与水平面垂直，如图 5-13 所示，然后点击“Click When Done”。

③ 下一步界面提示“Place vehicle nose Down and press any key”，将飞控箭头指向朝下靠在盒子边沿，如图 5-14 所示，然后点击“Click When Done”。



图 5-13 机头向右放置图



图 5-14 机头向下放置图

④ 下一步界面提示“Place vehicle nose UP and press any key”，将飞控箭头指向朝上靠在盒子边沿，如图 5-15 所示，然后点击“Click When Done”。

⑤ 下一步界面提示“Place vehicle on its BACK and press any key”，将飞控的背面向上水平放在桌面上，保持飞控箭头指向向前，如图 5-16 所示，然后点击“Click When Done”。

⑥ 加速度计校准完成，其界面如图 5-17 所示。
c. 罗盘（指南针）校准。用捆扎带或皮筋将 GPS 天线与飞控固定好，确保二者正表面上箭头方向的指向一致，注意一定要固定好，保证在后续的旋转过程中二者不能发生偏移。罗盘校准一般装机前后各进行一次。安装时 GPS 和飞控无特殊位置关系，美观方便即可。

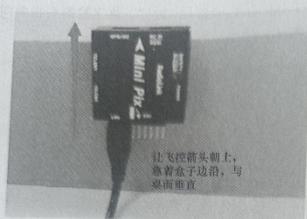


图 5-15 机头向上放置图

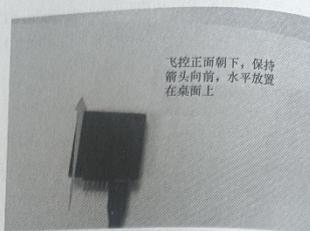


图 5-16 背面向上放置图

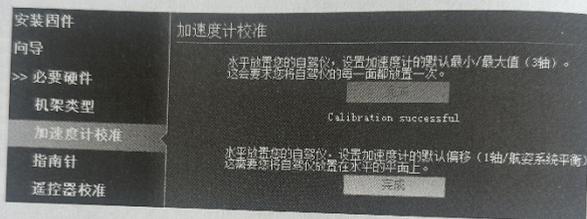


图 5-17 加速度计校准完成界面

点击“必要硬件”列表中的“指南针”，进行“手动校准”，指南针 1 和 2 设置使用默认设置，如图 5-18 所示。

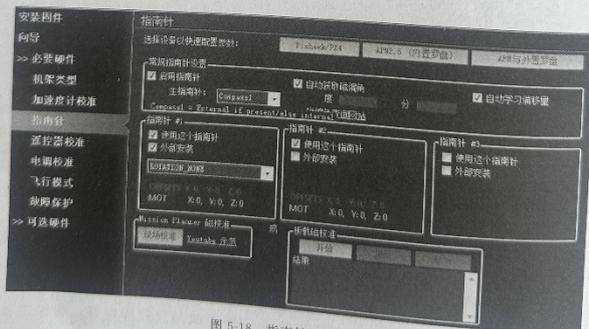


图 5-18 指南针校准界面

点击“现场校准”按钮，弹出对话框提示：“将飞控绕所有轴做圆周运动”，点击“OK”。用手拿着飞控和 GPS 做各个方向的圆周旋转，让飞控采集修正数据，此时地面站显示如图

5-19 所示。不断旋转飞控指向，数据采集自动结束后弹出偏移量提示，因为 GPS 中有指南针，飞控中也有指南针，因此弹出两个偏移量提示，如图 5-20 所示，单击“OK”完成罗盘校准。如果觉得误差太大，可尝试重复校准一次。

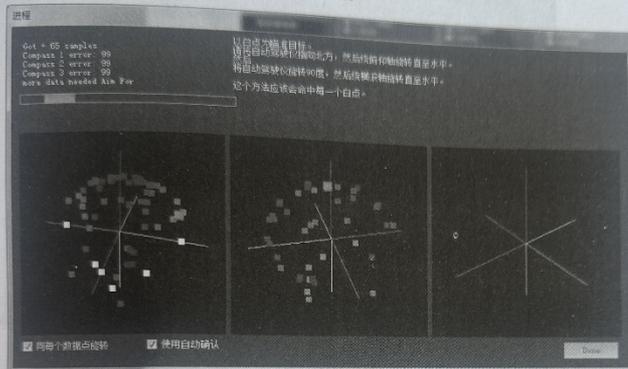


图 5-19 现场校准界面

d. 遥控器校准。遥控器校准需要飞控 RCIN 通道连接接收机，将飞控断电后按照规范（飞控正面放置时引脚从上至下依次为：—，+，信号）要求的连接方法把接收机连接到飞控 RC 端口（本文使用 Futaba T14SG 标配接收机），进行遥控器校准。需要注意的是，接收机若接错，飞控会有烧毁的可能性。

③ 方向校准。打开遥控器开关，打开地面站软件，与飞控进行连接，在初始设置中选择遥控器校准界面，如图 5-21 所示。

需要注意的是，遥控器左右摇杆控制四个柱面，只有升降舵为反向。

正向：表示上下左右和摇杆操作一致，例如，向左打杆，输出变小，向上打杆，输出变大；反向：表示上下左右和摇杆操作相反，例如，向左打杆，输出变大，向上打杆，输出变小。

- 油门：左摇杆推到顶/左摇杆降到底——正向为正确。
- 方向：左摇杆打到最左/左摇杆打到最右——正向为正确。
- 横滚：右摇杆打到最左/右摇杆打到最右——正向为正确。

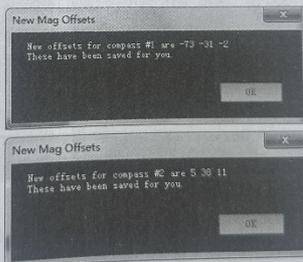


图 5-20 偏移量提示

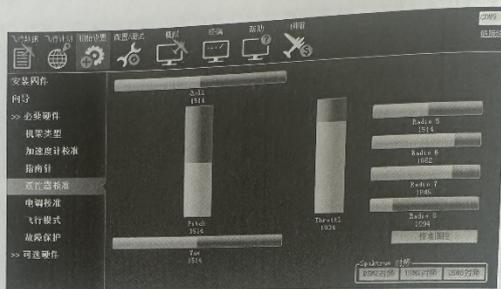


图 5-21 遥控器校准界面

• 升降：右摇杆推到顶/右摇杆降到底——反向为正确。

如果方向不正确，则需要遥控器设置中将该通道设置为反向。

⑤ 行程校准。点击“校准”按钮，将遥控器左右摇杆重复打到最大值，即左右摇杆在最大值上不停转圈，得到校准数据，如图 5-22 所示。操作完成后，弹出完成提示对话框，点击“OK”按钮后将弹出校准数据，如图 5-23 所示。

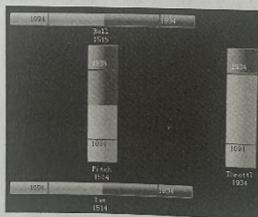


图 5-22 遥控器行程校准界面

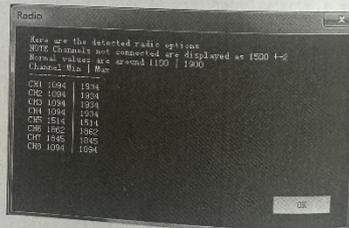


图 5-23 遥控器校准数据界面

e. 飞行模式设置。飞行模式设置非常重要，因为使用的飞控不一样会有不同的设置步骤，请参阅对应产品说明书。

PixHawk 有 6 个飞行模式可选，因此在飞控上选择一个 2 挡开关和一个 3 挡开关，进行关联设置，可组合得到 6 个不同挡位。当 2 挡开关处于第 1 挡位时；3 挡开关的 1/2/3 挡，分别对应模式 1/3/5；当 2 挡开关处于第 2 挡位时；3 挡开关的 1/2/3 挡，分别对应模式 2/4/6。

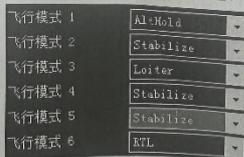


图 5-24 飞行模式设置

图 5-24 所示为初步设置的 6 个不同的模式，其中模式 6 建议为 RTL，也就是“返航”模式。
f. 失控保护设置 失控保护，是当飞行器失控时自动采取的保护措施。触发飞控失控保护的条