

# APM\_V2.8.0 自驾仪入门手册

## 一、介绍

ArduPilotMega 自动驾驶仪（简称 APM 自驾仪）是一款非常优秀而且完全开源的自动驾驶控制器，可应用于固定翼、直升机、多旋翼、地面车辆等，同时还可以搭配多款功能强大的地面控制站使用。地面站中可以在线升级固件、调参，使用一套全双工的无线数据传输系统在地面站与自驾仪之间建立起一条数据链，即可组成一套无人机自动控制系统，非常适合个人组建自己的无人机驾驶系统。

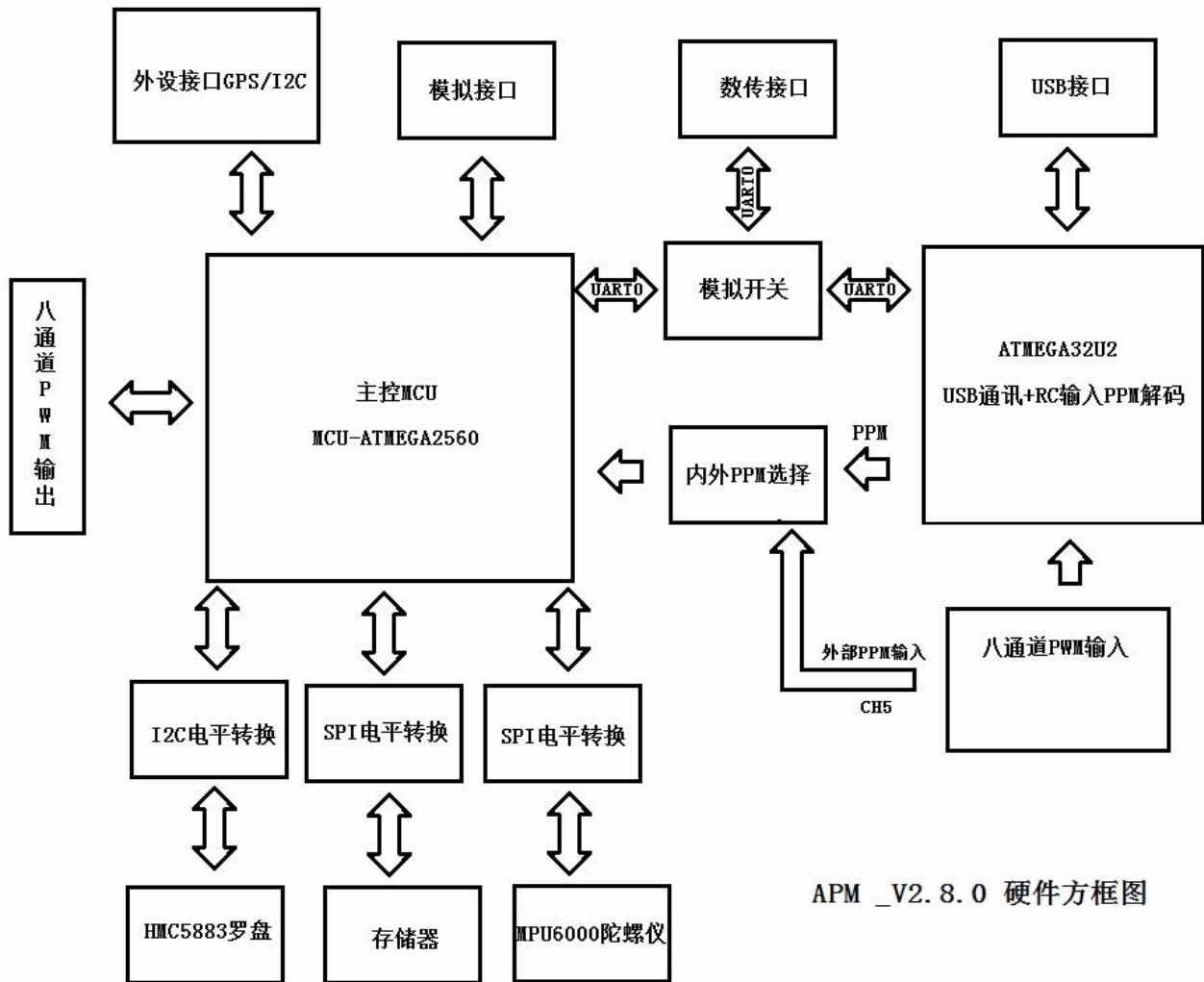
## 二、性能特点

- 免费的开源程序，支持多种载机。ArduPlane 模式支持固定翼飞机，Arducopter 模式支持直升机与多旋翼（包括三轴、四轴、六轴、八轴等），ArduRover 模式支持地面车辆；
- 人性化的图形地面站控制软件，通过一根 Micro\_USB 线或者一套无线数传连接，鼠标点击操作就可以进行设置和下载程序到控制板的 MCU 中，无需编程知识和下载线等其它硬件设备。但如果你想更深入的了解 APM 的代码的话，你仍旧可以使用 Arduino 来手动编程下载；
- 地面站的任务规划器支持上百个三维航点的自主飞行设置，并且只需要通过鼠标在地图上点击操作就行；
- 基于强大的 MAVLink 协议，支持双向遥测和实时传输命令；
- 多种免费地面站可选，包括 Mission Planner，HK GCS 等，还可以使用手机上的地面站软件，地面站中可实现任务规划，空中参数调整，视频显示，语音合成和查看飞行记录等；
- 可实现自动起飞，自动降落，航点航线飞行，自动返航等多种自驾仪性能；
- 完整支持 Xplane 和 Flight Gear 半硬件仿真

## 三、硬件构成

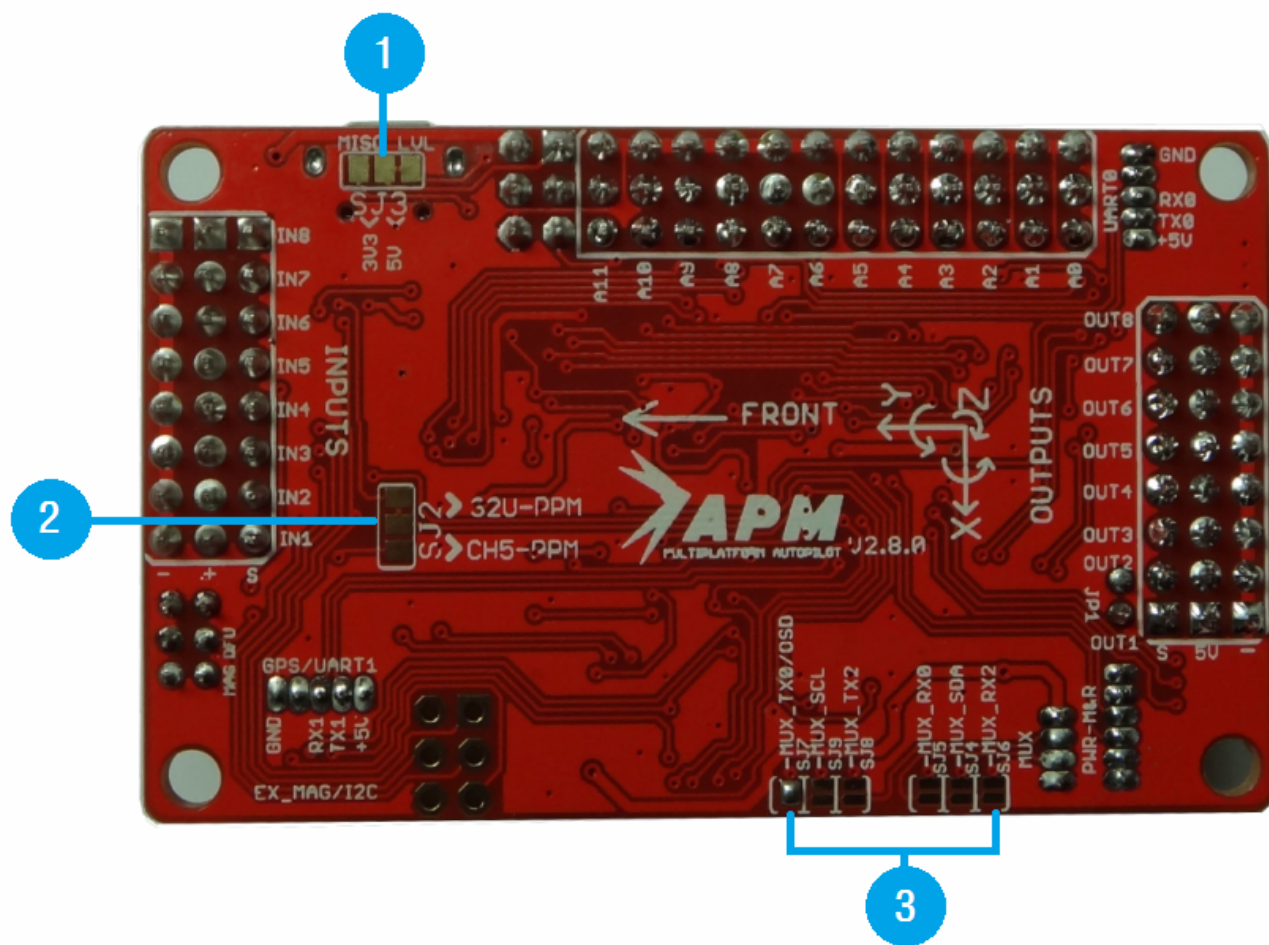
- o 核心MCU采用ATMEL的8bit ATMEGA2560
- o 整合三轴陀螺仪与三轴加速度的六轴MEMS传感器MPU6000
- o 高度测量采用高精度数字空气压力传感器MS-5611
- o 板载16MB的AT45DB161D存储器
- o 三轴磁力计HMC5883
- o 8路PWM控制输入
- o 11路模拟传感器输入
- o 11路PWM输出（8路电调电机+3路云台增稳）
- o GPS 模块可选MTK 3329及支持ublox输出的NEO-6M、7M、LEA-6H等
- o 可屏蔽板载PPM解码功能，外接PPM解码板或者外接PPM接收机
- o 可屏蔽板载罗盘通过I2C接口使用外置扩展罗盘
- o （可选）OSD模块，将无人机姿态、模式、速度、位置等重要数据叠加到图像上实时回传
- o （可选）空速传感器
- o （可选）电流电压传感器
- o （可选）超声波测距传感器
- o （可选）光流定点传感器
- o （可扩展）其它 UART、I2C、SPI 设备

#### 四、硬件方框图



- 1、数传接口
- 2、模拟传感器接口
- 3、增稳云台输出接口
- 4、ATMEGA2560 SPI 在线编程接口（可用于光流传感器）
- 5、USB 接口
- 6、遥控输入
- 7、功能选择跳线
- 8、GPS 接口
- 9、I2C 外接罗盘接口
- 10、ATMEGA32U2 SPI 在线编程接口
- 11、多功能可配置 MUX 接口（默认为 OSD 输出）
- 12、电流电压接口
- 13、电调供电选择跳线
- 14、电调输出接口

## 背面图



- 1、SPI 的 MISO 电压选择
- 2、PPM 输入选择
- 3、MUX 接口功能选择

## 六、硬件安装

在 APM 主板拿到手后，首先应明确自己的用途，并且熟悉了上述功能和接口再进行后续的硬件安装和连接。具体安装接线参照本手册附件中的接线图，安装中需要注意以下几点：

1、APM 飞控为 5V 供电，最高不要超过 5.5V。APM 板上有两片 0.5A 自恢复保险，这两片保险只对 USB 接口、电调接口和 PM 电流电源传感器接口输入的 5V 电源有效，为有效保护 APM 主板，请尽量使用这三个接口供电，使用电调接口和 PM 接口供电还具有反接保护功能，所以推荐你使用带 UBEC 的电调或者带 UBEC 输出的电流电压传感器进行供电，使用这两处接口供电，你需要将板上标记 JP1 的排针用一个 2.0 跳线帽插上，否则将不能供电；关于电调并联供电的问题：因 APM 的电调输出正极端都是并连的，所以多个带 UBEC 输出电调都插上的话存在输出并联的情况，如果电调使用的是开关型稳压模块，那么建议只用一个电调的 UBEC 输出对 APM 供电，其它电调的正极线用挑针从 3P 杜邦头中挑出，而使用线性稳压模式的电调可以并联，不需要挑线。辨别是否是开关型还是线性 UBEC 有个比较简单的法则：一般标注支持 2-3S 的电调都是线性 UBEC，可以直接并联；而 4S 及 4S 以上的电调，如果带 UBEC 输出，一般是开关型 UBEC，因为 4S 电池 14.8V 以上电压要降压到 5V 输出，如果使用线性稳压模块，那么稳压模块自身的发热将会非常大，无法提供大电流输出；

2、通过 USB 接口供电时，如果 USB 数据处于连接状态，APM 会切断数传接口的通讯功能，所以请不要同时使用数传和 USB 线连接调试 APM，USB 接口的优先级高于数传接口，仅有供电功能的 USB 线不在此限；

3、APM 板载的加速度传感器受震动影响，会产生不必要的动差，直接影响飞控姿态的计算，条件允许请尽量使用一个减震平台来安装 APM 主板；

4、APM 板载的高精气压计对温度的变化非常敏感，所以请尽量在气压计上覆盖一块黑色海绵用来遮光，以避免阳光直射的室外飞行环境下，光照热辐射对气压计的影响。另外覆盖海绵，也可以避免飞行器自身气流对气压计的干扰。

## 七、使用建议

对于初次使用 APM 自驾仪的用户来说，建议你分步骤完成 APM 的入门使用：

- 1、首先安装地面站控制软件及驱动，熟悉地面站界面的各个菜单功能；
- 2、仅连接 USB 线学会固件的下载；
- 3、连接接收机和 USB 线完成 APM 的遥控校准、加速度校准和罗盘校准；
- 4、完成各类参数的设定；
- 5、组装飞机，完成各类安全检查后试飞；
- 6、PID 参数调整；
- 7、APM 各类高阶应用。

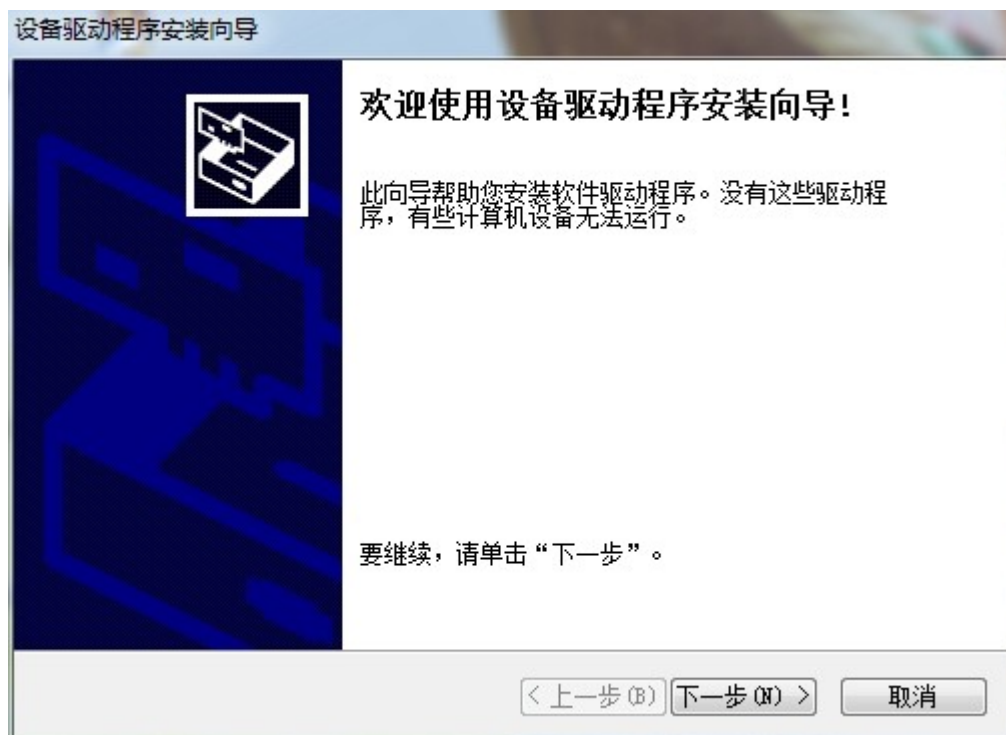


## 八、地面站调试软件 Mission Planner 安装

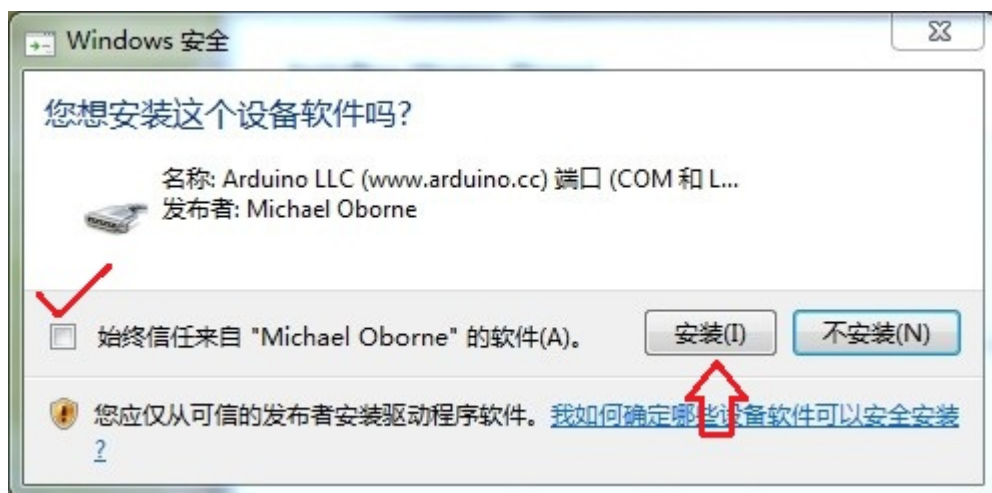
首先, Mission Planner的安装运行需要微软的Net Framework 4.0 组件, 所以在安装Mission Planner之前请先下载 Net Framework 4.0 并安装, 官方下载地址为 <http://www.microsoft.com/zh-cn/download/confirmation.aspx?id=17718>

安装完Net Framework后开始下载Mission Planner安装程序包, 最新版本的Mission Planner可以点击此处下载: <http://firmware.diydrones.com/Tools/MissionPlanner/>, 下载页面中每个版本都提供了MSI版和ZIP版可供选择。MSI为应用程序安装包版, 安装过程中会同时安装APM的USB驱动, 安装后插上APM的USB线即可使用。ZIP版为绿色免安装版, 解压缩即可使用, 但是连接APM后需要你手动安装APM的USB驱动程序, 驱动程序在解压后的Driver文件夹中。具体使用哪个版本请自行决定, 如果是第一次安装使用, 建议你下载MSI版。

以安装 MSI 版为例(注意: 安装前请不要连接 APM 的 USB 线), 双击下载后的 MSI 文件, 然后一步一步 Next 即可, 只是安装过程中弹出设备驱动程序安装向导时, 请点击下一步继续, 否则会跳过驱动程序的安装



接着勾选始终信任……然后点击安装, 安装程序会自动安装相关的驱动程序



安装完 Mission Planner 后，安装程序一般不在桌面创建一个快捷方式，所以请自行打开安装目录，选择 ArdupilotMegaPlanner10 文件右键，选择发送一个快捷方式到桌面上，以方便日后使用。



特别提醒：有些精简版 GHOST 系统和 64 位 WIN7 系统因缺少相关文件会提示驱动不成功，本手册包提供了相关的补丁文件，请查看本手册包中关于无法安装驱动的解决办法，打上补丁后再重新检索安装驱动程序，驱动是否成功安装的标志就是在设备管理器中正确识别了标识为 Arduino Mega 2560 的端口号。



## 九、认识 Mission Planner 的界面

安装完 Mission Planner 和驱动后，现在可以开始启动 Mission Planner 主程序了，启动后首先呈现的是一个多功能飞行数据仪表界面。



新版 Mission Planner 已将大部分菜单汉化，非常贴中国情。主界面左上方为八个主菜单按钮，飞行数据实时显示飞行姿态与数据；飞行计划是任务规划菜单；初始设置用于固件的安装与升级以及一些基本设置；配置调试包含了详尽的 PID 调节，参数调整等菜单；模拟是给 APM 刷入特定的模拟器固件后，将 APM 作为一个模拟器在电脑上模拟飞行使用；终端是一个类似 DOS 环境的命令行调试窗口，功能非常强大。主界面右上方是端口选择、波特率以及连接/断开按钮（connect/disconnect），具体使用后续有相关说明。

## 十、固件安装

APM 拿到手后首先要做的就是给它刷入你自己需要的固件，虽然卖家在销售前可能会帮你刷入固件，但是未必是符合你要求的固件，所以学会刷新 APM 的固件是你的必修课之一。

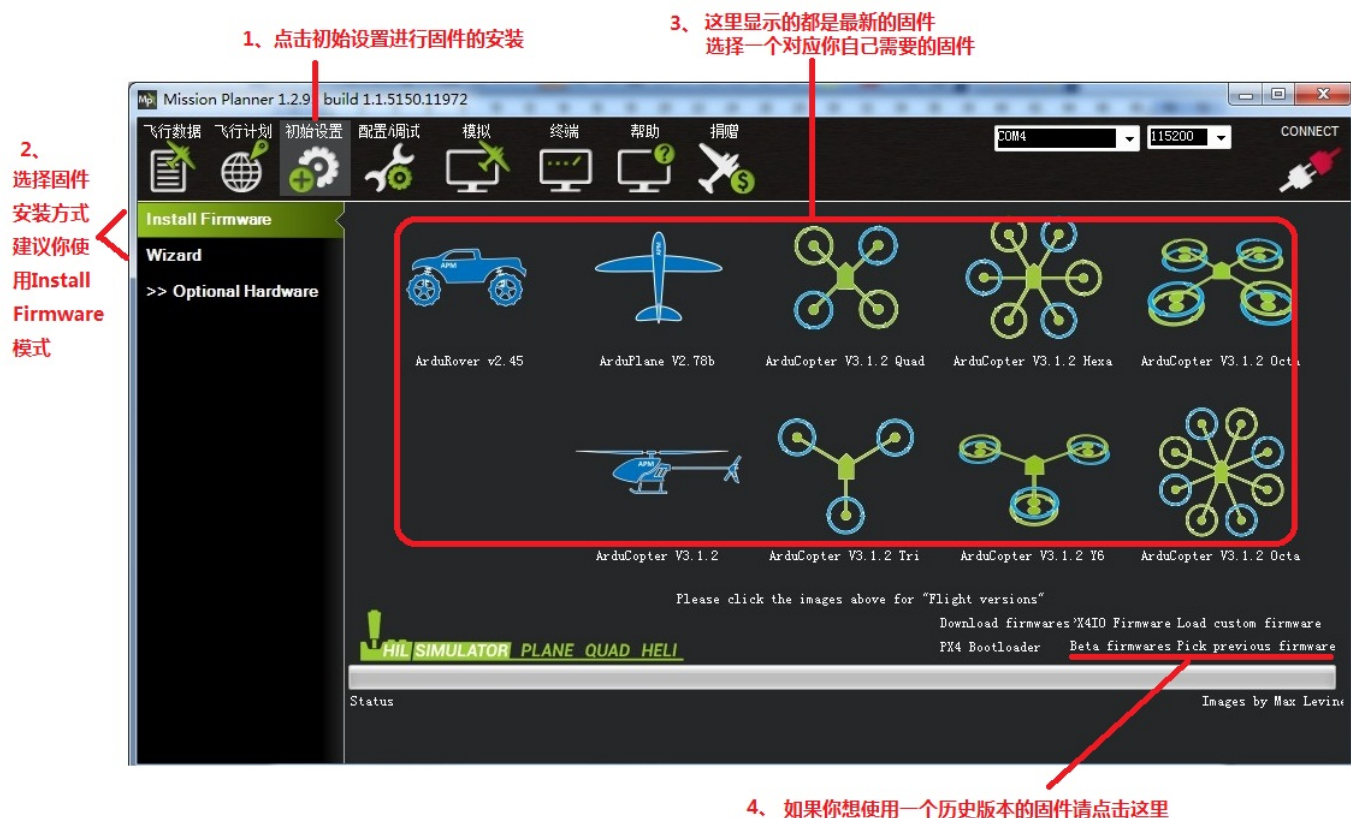
固件安装前请先连接 APM 的 USB 线到电脑(其它的可不用连接)，确保电脑已经识别到 APM 的 COM 口号后，打开 Mission Planner (以下简称 MP)，在 MP 主界面的右上方端口选择下拉框那里选择对应的 COM 口，一般正确识别的 COM 口都有 Arduino Mega 2560 标识，直接选择带这个标识的 COM 口，然后波特率选择 115200，注意：请不要点击 connect 连接按钮，固件安装过程中程序会自行连接。如果你之前已经连接了 APM，那么请点击 Disconnect 断开连接，否则固件安装过程中弹出错误提示

另外请注意：请不要用无线数传安装固件，虽然无线数传跟 USB 有着同样的通信功能，但它缺少 reset 信号，无法在刷固件的过程中给 2560 复位，会导致安装失败。



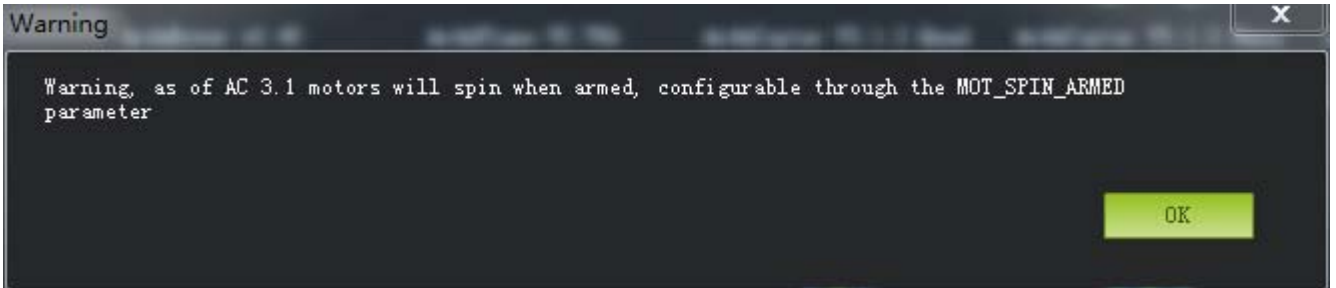


接下去点击 Install setup (初始设置), MP 提供了两种方式升级安装固件, 一种是 Install Firmware 手动模式, 另外一种 Wizard 向导模式, Wizard 向导模式会一步一步的以对话方式提示你选择你对应的飞控板、飞行模式等参数, 虽然比较人性化, 但是有个弊端, 向导模式会在安装过程中检索你的端口, 如果检索后端口后, 因电脑性能的差异, 端口没有有效释放的话, 后续的固件烧入会提示不成功, 所以使用向导模式升级安装固件的话出错概率比较大, 建议你使用 Install Firmware 手动模式安装。



点击 Install Firmware，窗口右侧会自动从网络下载最新的固件并以图形化显示固件名称以及固件对应的飞机模式，你只需要在对应你飞机模式的图片上点击，MP 就会自动从网络上下载该固件，然后自动完成连接 APM——写入程序——校验程序——断开连接等一系列动作，完全无需人工干预。如果你想使用一个历史版本的固件，那么请点击右下角 Beta firmware pick previous Firmware 处，点击后会出现一个下拉框，你只需要在下拉框里选择你自己需要的固件就行了。

3.1 版本以后的固件在安装完后都会先弹出一个警告提示框



这是在提醒你：这个版本的固件在解锁后，电机就会以怠速运行，如果关闭或者配置这个功能，请使用 MOT\_SPIN\_ARMED 参数进行配置，具体使用请看后文的参数配置。

固件安装提示 Done 成功后，你就可以点击右上角的 connect 连接按钮连接 APM，查看 APM 实时运行姿态与数据了

当一个全新的固件下载进 APM 板以后，你首先需要做的是三件事：一是遥控输入校准，二是加速度校准，三是罗盘校准，如果这三件事不做，后续的解锁是不能进行的，MP 的姿态界面上也会不断弹出红色提示：

PreArm: RC not calibrated (解锁准备：遥控器没有校准)，



PreArm: INS not calibrated (加速度没有校准)



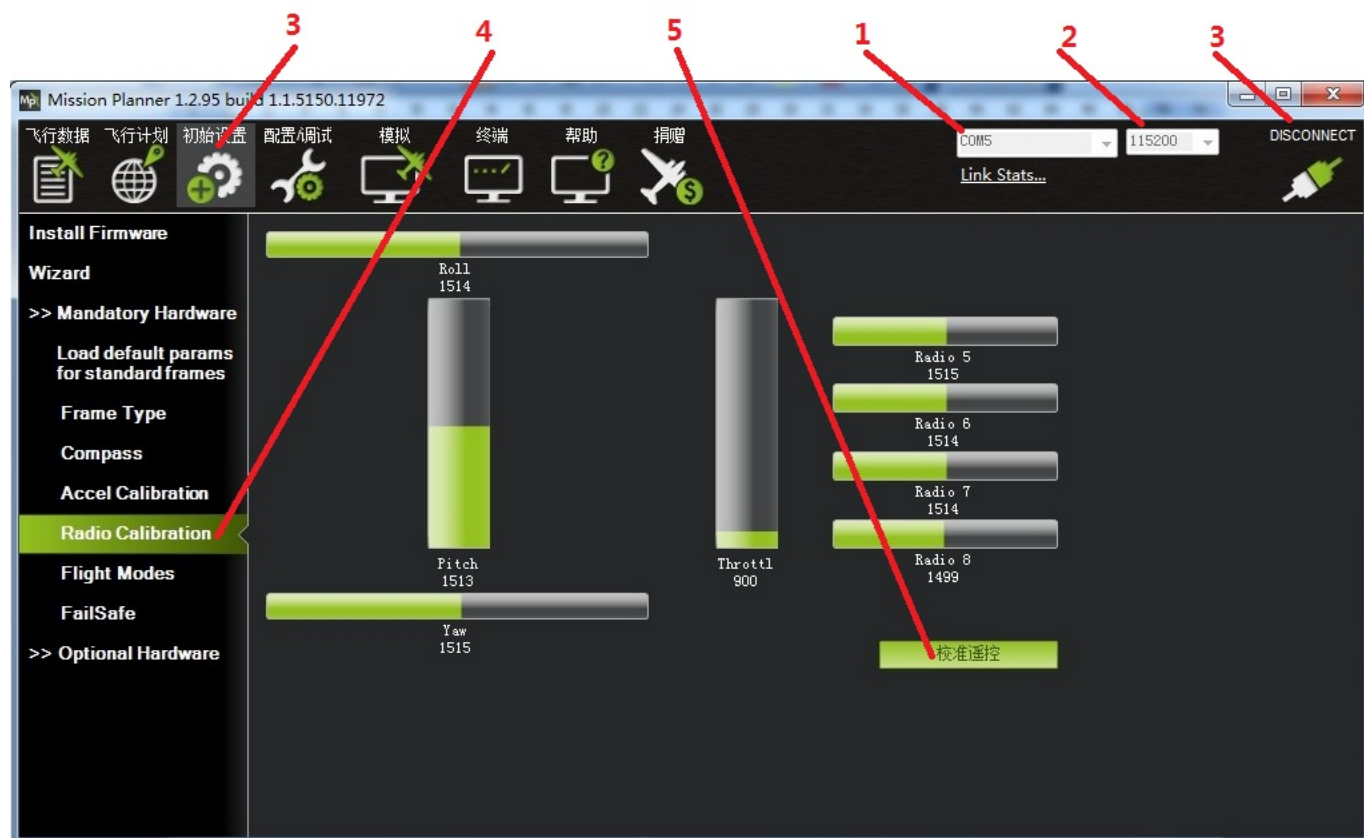
PreArm: Compass not calibrated (罗盘没有校准)



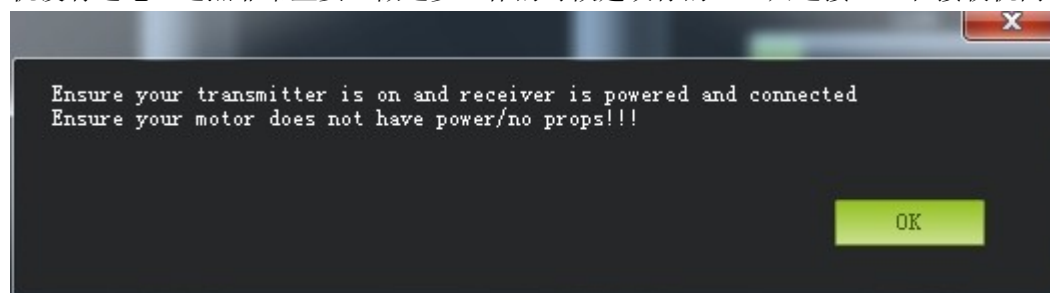


## 十一、遥控校准

首先进行遥控校准，遥控校准需要连接你的接收机，具体连接请查看 APM 连接安装图，连接好后连接 APM 的 USB 数据线（也可以通过数传进行连接），然后打开遥控器发射端电源，运行 MP，按下图步骤选择好波特率与端口后点击 connect 连接 APM，接着点击 Install setup（初始设置）——Mandatory Hardware——Radio Calibrated（遥控校准）——点击窗口右边的校准遥控按钮

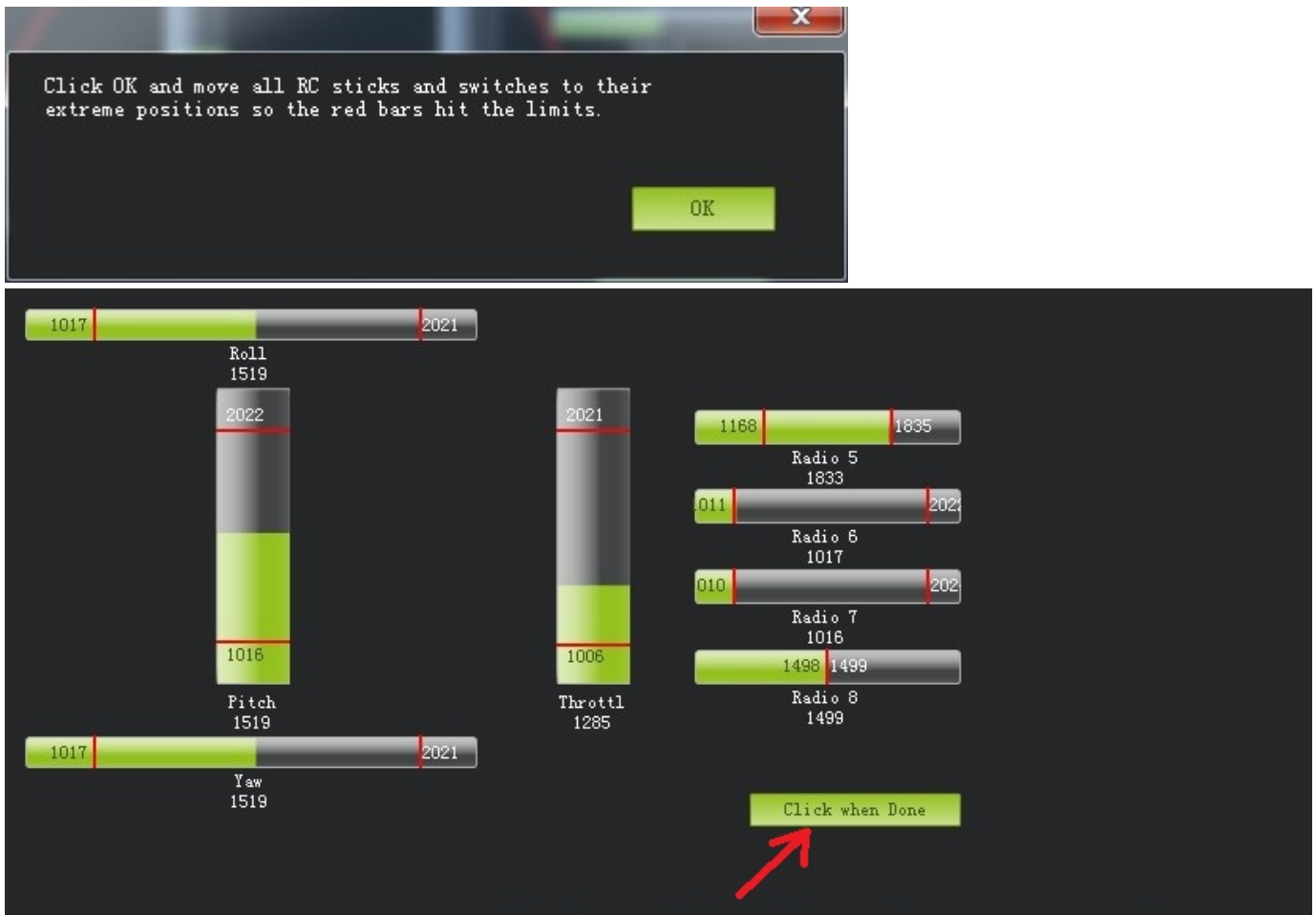


点击校准遥控后会依次弹出两个提醒：分别是确认你遥控发射端已经打开 and 接收机已经通电连接，确认你的电机没有通电（这点非常重要，做这步工作的时候建议你的 APM 只连接 USB 和接收机两个设备）





然后点击 OK 开始拨动遥控开关，使每个通道的红色提示条移动到上下限的位置



当每个通道的红色指示条移动到上下限位置的时候点击Click when Done保存

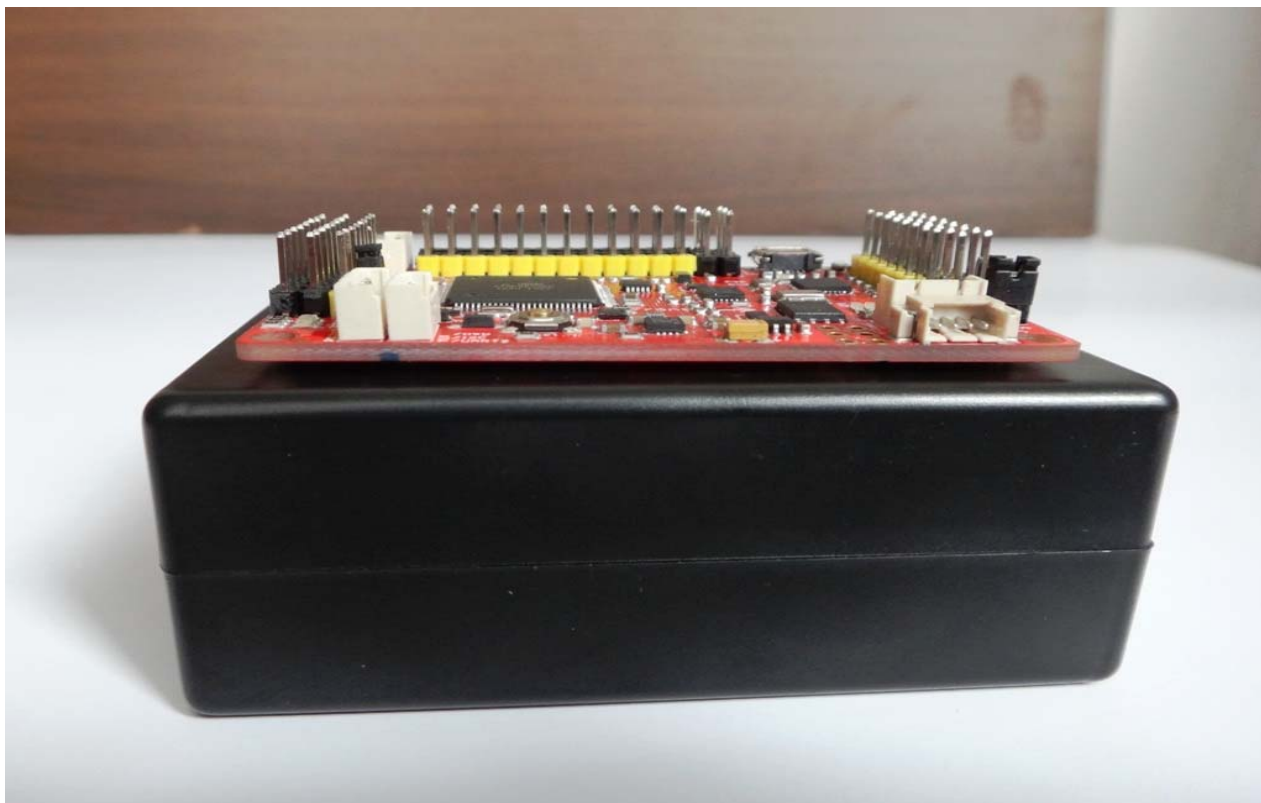
当每个通道的红色指示条移动到上下限位置的时候，点击 Click when Done 保存校准时候，弹出两个 OK 窗口后完成遥控器的校准。如果你拨动摇杆时上面的指示条没有变化，请检查接收机连接是否正确，另外同时检查下每个通道是否对应

## 十二、加速度校准

加速度的校准建议准备一个六面平整，边角整齐的方形硬纸盒或者塑料盒，如下图所示，我们将以它作为 APM 校准时的水平垂直姿态参考，另外当然还需要一块水平的桌面或者地面



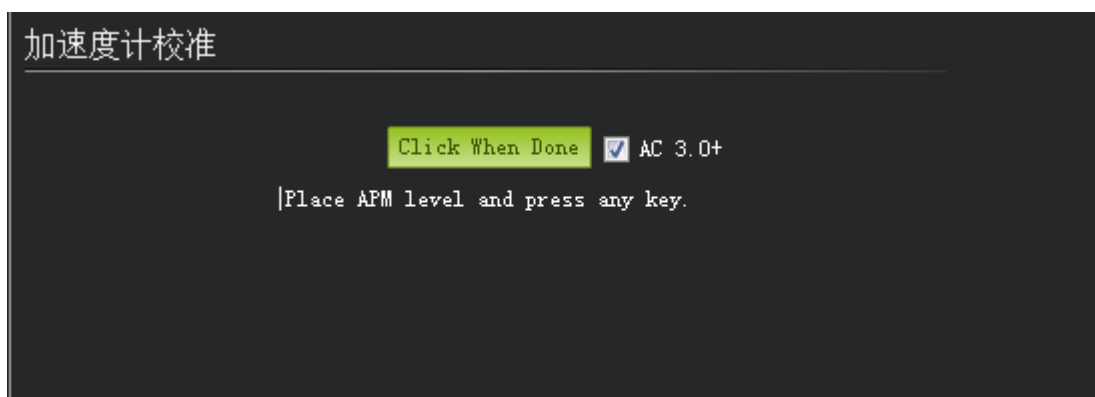
首先用双面泡沫胶或者螺丝将 APM 主板正面向上固定于方形盒子上，如图中所示：



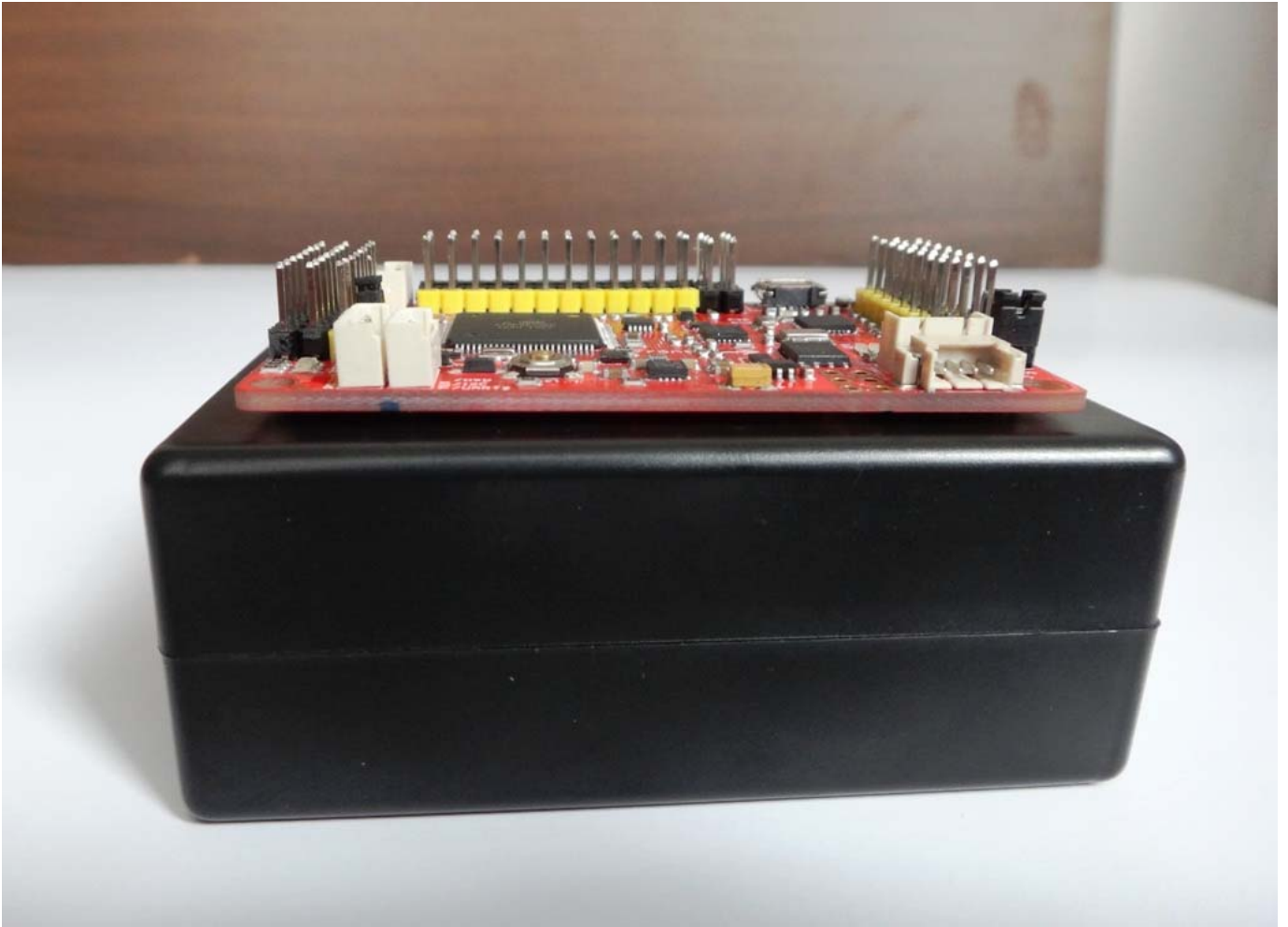
然后连接 APM 与电脑，打开 MP 并 connect，点击 Install setup 下的 Mandatory Hardware 菜单，选择 Accel Calibrad（加速度校准），点击右边的校准加速度计开始加速度计的校准



点击以后会弹出 Place APM level and press any key（请把 APM 水平放置然后按任意键继续）提示框，

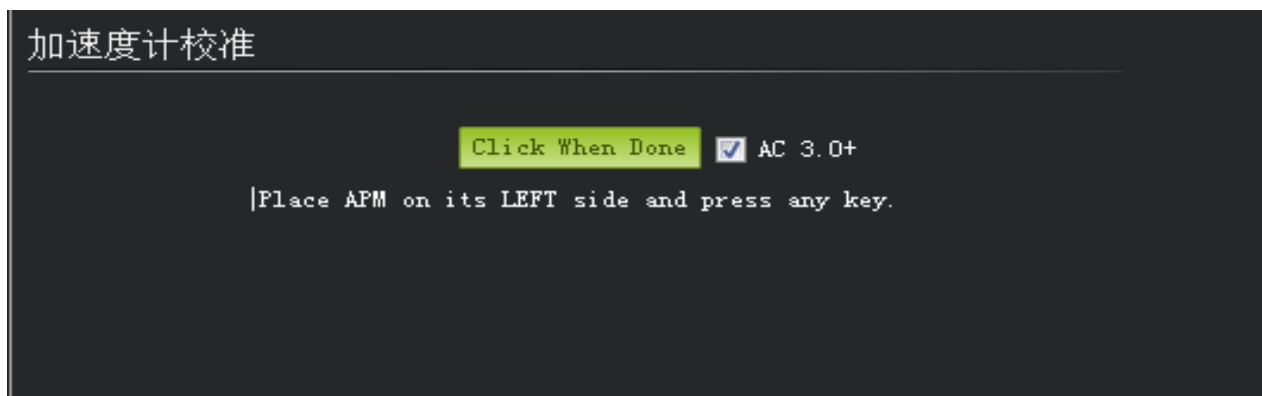


此时请把 APM 按下图这样水平放置，然后点击电脑键盘上的任意键继续，这是加速度校准的第一个动作，后面的动作都按此方法进行





完成第一个水平校准动作按任意键继续后，就会出现第二个动作的提示：Place APM on its LEFT side and press any key（请把 APM 左边立在桌面上然后按任意键继续）



此时请按下图放置 APM，注意 APM 板上的箭头（机头）指向，后面的校准动作都将以此来辨别 APM 前后左右，放好后，电脑键盘上按任意键继续





第四个动作是：Place APM nose DOWN and press any key（请把 APM 机头向下垂直立起然后按任意键继续）

## 加速度计校准

Click When Done ☒ AC 3.0+

[Place APM nose DOWN and press any key.]



第五个动作是：Place APM nose UP and press any key（请把 APM 机头向上垂直立起然后按任意键继续）

## 加速度计校准

Click When Done ☒ AC 3.0+

|Place APM nose UP and press any key.



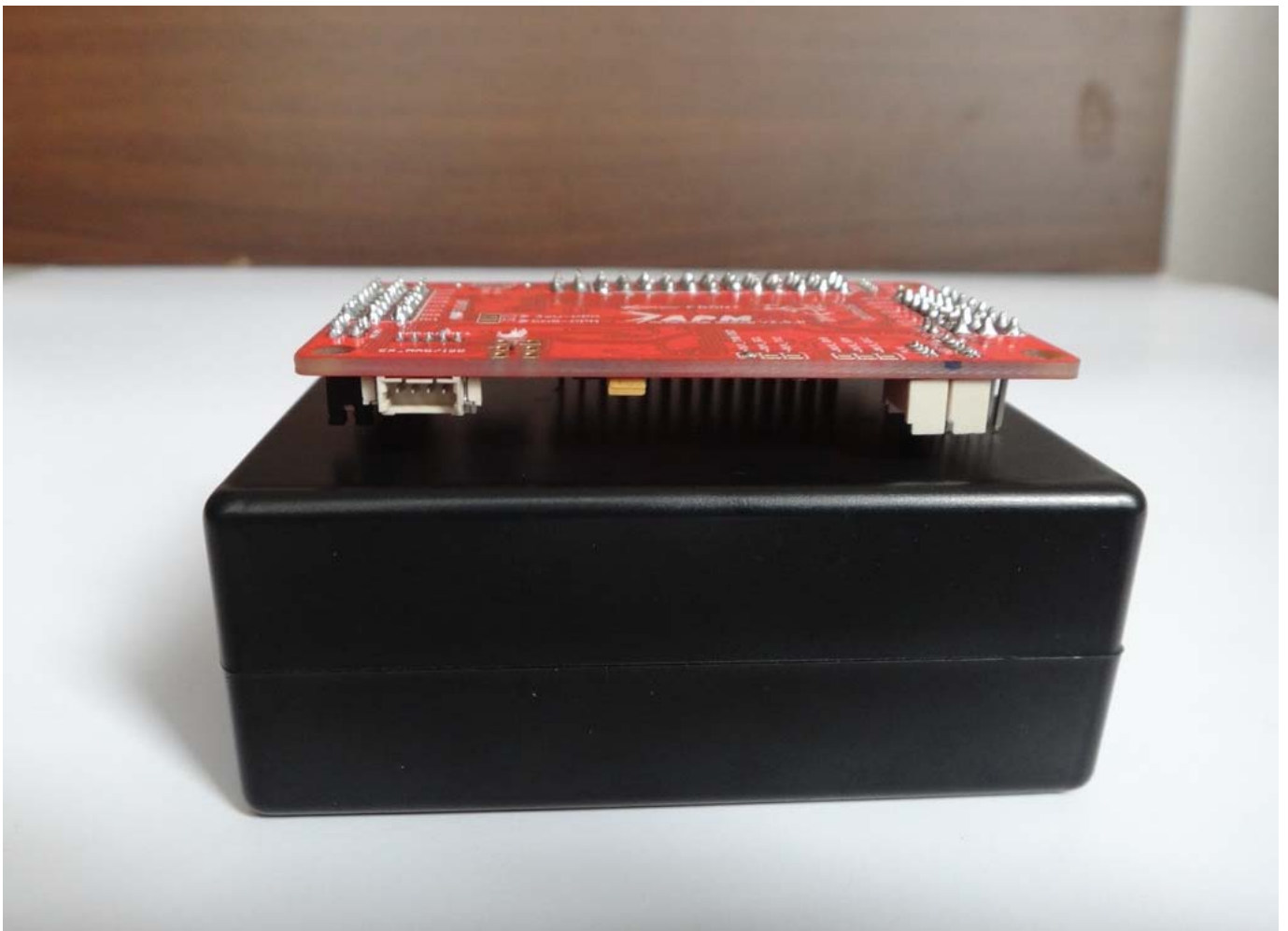


最后一个动作是：Place APM on its BACK and press any key（请把 APM 背部向上水平放置然后按任意键继续）

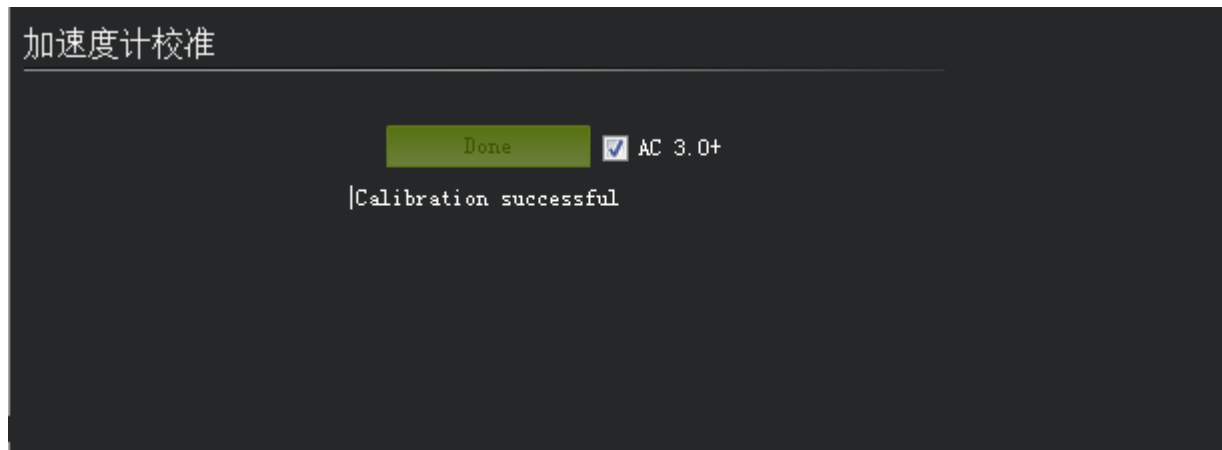
## 加速度计校准

Click When Done ☒ AC 3.0+

|Place APM on its BACK and press any key.



当跳出 Calibration successful（校准成功）后，恭喜你，你可以进行下一步的罗盘校准了

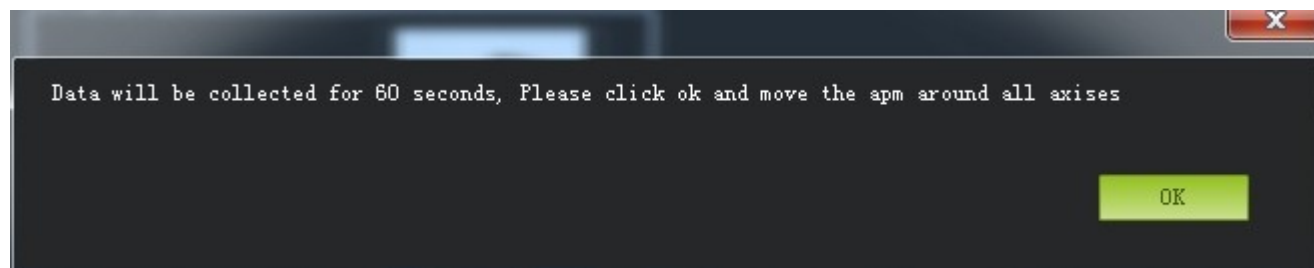


### 十三、罗盘校准

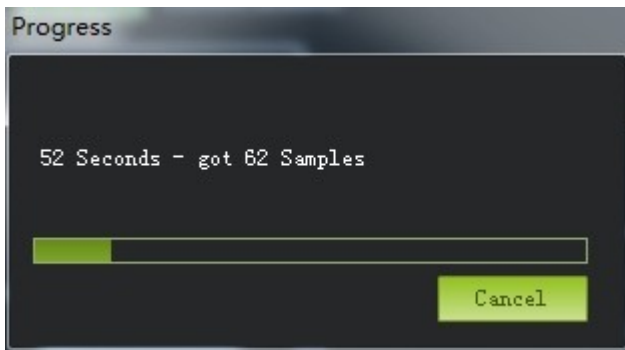
罗盘校准的页面也跟上面的加速度校准一样在同一个菜单下, 点击 Install setup(初始设置)下的 Mandatory Hardware 菜单, 选择 Compass 菜单, 按下图勾选对应的设置以后点击 Live Calibratd (现场校准)



点击以后会弹出一个提醒菜单: 请在 60 秒内转动 APM, 每个轴至少转一次, 即俯仰 360 度一次, 横滚 360 度一次, 水平原地自转 360 度一次, 如果上面加速度校准的那个方盒子还没拆除, 那么就是每个面对着地面放一次, 每个面自转 360 度一次; 如果是外置罗盘, 请转动外置罗盘。



在转的过程中，系统会不断记录罗盘传感器采集的数据，Samples 数据量不断累加，如果 Samples 数据没有变化，请检查你的罗盘是否已经正确连接，60 秒以后会弹出一个数据确认菜单，点击 OK 保存完成罗盘的校准



**关于外置罗盘的选择：**如果你使用的是外置罗盘，你首先需要禁用内置罗盘，V2.5.2 版本 APM 禁用内置罗盘的方法是断开罗盘芯片边上的一个预设焊盘焊点，V2.8.0 版本的 APM 只需要拔掉板上标记为 MAG 的跳线帽即可；在校准过程中，如果你的外置罗盘是芯片字符向下安装的，则需要在 Rotation 下拉框中选择 Rotation\_Roll\_180，意思就是罗盘芯片横滚了 180 度安装，机头方向不变。如果你还想自定义外置罗盘的机头指向，例如你可以选择 Rotation\_Yaw\_45(机头偏转 45 度)，Rotation\_Pitch\_180(俯仰翻转 180 度安装，机头机尾调换)，其它选择请自行类推。

## 十四、解锁需知

当你完成遥控校准、加速度校准和罗盘校准后，你就可以开始尝试解锁了（做这一步你无需连接电机，你只要连接 MP 或者查看 LED 是否成功解锁就行）。APM 的解锁动作是以检测到第三通道最低值+第四通道最高值为标准的，即油门最低，方向最右。所以无论你是左手油门还是右手油门，只要你操作摇杆使油门最低，方向摇杆最右（pwm 值最大）即可执行 APM 的解锁动作。当 APM 收到解锁信号后，APM 会先自检，红灯开始闪烁，自检通过，解锁成功，红灯常亮（地面站中红色 DISARMED 会变成 ARMED），表示解锁成功。此过程会持续 5 秒，所以解锁时请保持油门最低，方向最大的动作 5 秒以上。需要注意的是：APM 解锁以后，15 秒内没有任何操作，它会自动上锁。手动上锁方法：油门最低，方向最左（PWM 最低）。

**关闭解锁怠速功能：**如果你已经连接了电机电池进行解锁，3.1 版之后的固件在你解锁后电机就会怠速运转起来，以此提醒你 APM 此时已处于工作状态，请注意安全。这个功能的安全意义非常大，但如果你不想使用这个功能，也可以关闭这个功能。关闭方法：连接 MP 与 APM，点击 Config/Tuning(配置调试)菜单，选择 Full Parameter List，在所有的参数表格中找到 MOT\_SPIN\_ARMED 参数，将它的值改为 0 即可关闭解锁怠速功能，默认是 70，改完以后不要忘了点击窗口右边写入参数按钮进行保存。

**跳过自检解锁：**APM 的解锁有一项安全机制，他会先检查陀螺、遥控、气压、罗盘数据，如果其中一个数据存在问题，比如陀螺倾斜过大（机身没有放平），气压数据异常，APM 就不能解锁，红色 LED 快闪发出警告。如果你不想使用这个自检功能，也可以设置跳过自检解锁：连接 MP 与 APM，点击 Config/Tuning(配置调试)菜单，选择 Full Parameter List，在所有的参数表格中找到 ARMING\_Check 参数，将它的值改为 0 即可关闭解锁检查功能，默认是 1。一般情况下请不要关闭这个功能。

需要注意的是：APM 只有处于 Stabilize, Acro, AltHold, Loiter 这几种模式时才能解锁，如果不能解锁，请检查飞行模式是否正确，一般情况下建议你从 Stabilize 模式解锁。



## 十五、飞行模式配置

在实际飞行当中，APM 的功能切换是通过切换飞行模式实现的，APM 有多种飞行模式可供选择，但一般一次只能设置六种，加上 CH7，CH8 的辅助，最多也就八种。为此，需要你的遥控器其中一个通道支持可切换六段 PWM 值输出，一般以第五通道作为模式切换控制通道（固定翼是第八通道），当第五通道输入的 PWM 值分别在 0-1230，1231-1360，1361-1490，1491-1620，1621-1749，1750+这六个区间时，每个区间的值就可以开起一个对应的飞行模式，推荐的六个 PWM 值是 1165，1295，1425，1555，1685，1815nS。如果你的遥控具备这个功能，那恭喜你，你可以按下文配置你的 APM 飞行模式了，如果不具备，建议你参考本手册附件中的关于遥控改六段输出一文，否则你也许只能配置 3 个甚至 2 个飞行模式。

配置飞行模式前同样需要你连接 MP 与 APM，点击 Config/Tuning(配置调试)菜单，选择 Flight Modes，就会弹出如下的飞行模式配置界面：

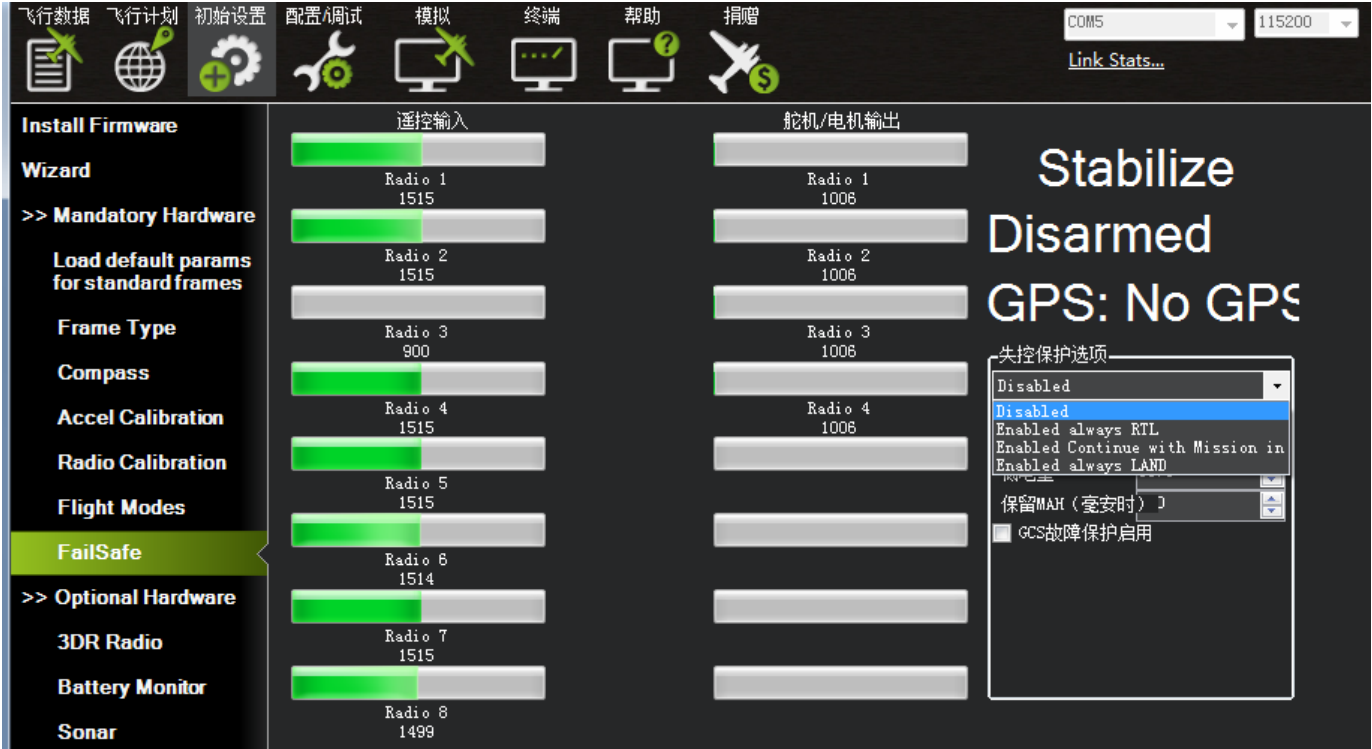


配置界面中，六个飞行模式对应的 PWM 值，是否开启简单模式，super simile 模式都一目了然，模式的选择只需要在下拉框中选择即可。出于安全考虑，一般建议你将 0-1230 设置为 RTL（返航模式），其它 5 个请根据自己遥控习惯自行配置，但有一个原则，要保证你的模式切换开关随时能切换到 Stabilize（自稳）模式上。选择好六个模式以后请点击保存模式进行保存。

关于各种飞行模式的说明参阅本手册附件中的飞行模式注解。

十六、失控保护

APM 的失控保护是通过 FailSafe 菜单配置的：



触发 APM 失控保护的有条件有油门 PWM，电池电压（需电流计）等可选，当达到触发条件，比如油门 PWM 值低于设定的值以后，就可以启动失控保护选项了，失控保护选项有 RTL（返航），继续任务，LAND（着陆）等可选。

一般情况下不建议使用这个 APM 自身的失控保护功能，APM 的失控保护是建立在自身 MCU 运行的基础上的，增加了一个失控保护等于在 MCU 的实时运行中增加了一个 IF 运行条件，当失控触发条件处于临界非稳状态时，IF 的反复触发有可能影响 MCU 的运行而使飞行器坠毁，所以如果要使用失控保护功能，建议你使用遥控器自带的失控保护功能，比如设置遥控接收机在失去遥控信号时，五通道输出 PWM 值使 APM 切换到返航模式或者着陆模式，而油门通道保持失控前的值。

十七、参数设置

在 MP 地面站中，APM 的参数配置可以通过三个菜单完成，分别是 Standard Params（基本参数），Advanced Params（高级参数），Full Parameter List（所有参数表），基本参数可以配置一些必要的参数，面向普通用户，高级参数提供给高阶应用的用户调整，所有参数表直接将所有参数以表格的方式提供给用户调整，每个参数的含义参阅本手册附件中的中文参数表。

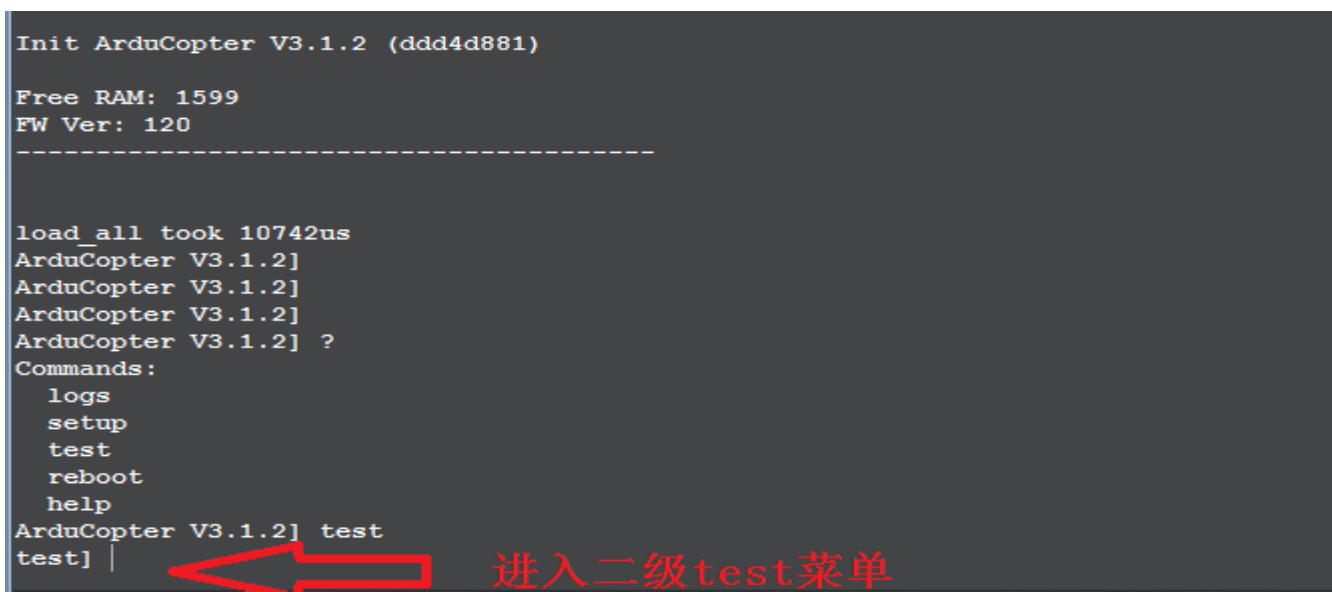
## 十七、命令行的使用

MP 地面站中的 TERMINAL(命令行终端)是一个类似 DOS 环境的串口调试工具，通过它可以测试传感器的原始输出数据流，可以配置 APM 的功能，可以清空配置信息，可以设置下载日志，浏览日志，可以说功能非常强大，下面以查看陀螺仪的输出数据为例讲解 TERMINAL 的使用，其它功能自行摸索，一通则全通。

首先连接 APM 与电脑，打开 MP 选择好端口和波特率后，点击 TERMINAL(终端)菜单，点击界面左上方的 Connect (连接)按钮，注意：不是右上方的那个总连接按钮



我们是为了查看陀螺仪输出数据，所以输入 test 后回车(也可以直接点上方的测试按钮)，命令行终端会进入 test 二级菜单



在二级 test 菜单下我们可以输入 help 或者 ? 号查看 test 菜单下包含的可用命令

```
ArduCopter V3.1.2]
ArduCopter V3.1.2]
ArduCopter V3.1.2]
ArduCopter V3.1.2] ?
```

```
Commands:
  logs
  setup
  test
  reboot
  help
```

```
ArduCopter V3.1.2] test
```

```
test] ?
```

```
Commands:
  baro
  compass
  gps
  ins
  logging
  motors
  optflow
  pwm
  radio
  relay
  sonar
```

```
test] |
```

输入 ? 号回车，查看 test 下面的可用命令

可以看到 test 菜单下有 baro 气压计、compass 罗盘、gps、ins 陀螺仪、logging 日志存储器、motors 电机等各种测试命令，我们要看的是陀螺仪，那么输入 ins 回车，我们将看到以下信息

```
pwm
radio
relay
sonar
```

```
test] ins
```

```
Hit Enter to exit.
```

输入 INS 回车

提示你可以按回车键终止测试

```
INS
```

```
Init Gyro**...done
```

陀螺仪初始化

```
a 0.0321 -1.7311 -9.7851 g 0.0002 -0.0003 -0.0002 t 1.0133
a 0.0449 -1.7268 -9.7768 g 0.0003 0.0001 0.0001 t 1.0124
a 0.0348 -1.7258 -9.7758 g 0.0001 -0.0000 -0.0003 t 1.0123
a 0.0341 -1.7253 -9.7729 g 0.0000 0.0001 -0.0000 t 1.0120
```

陀螺仪  
X 轴  
Y 轴  
Z 轴

加速度  
X 轴  
Y 轴  
Z 轴

a 代表 (angle)  
角度

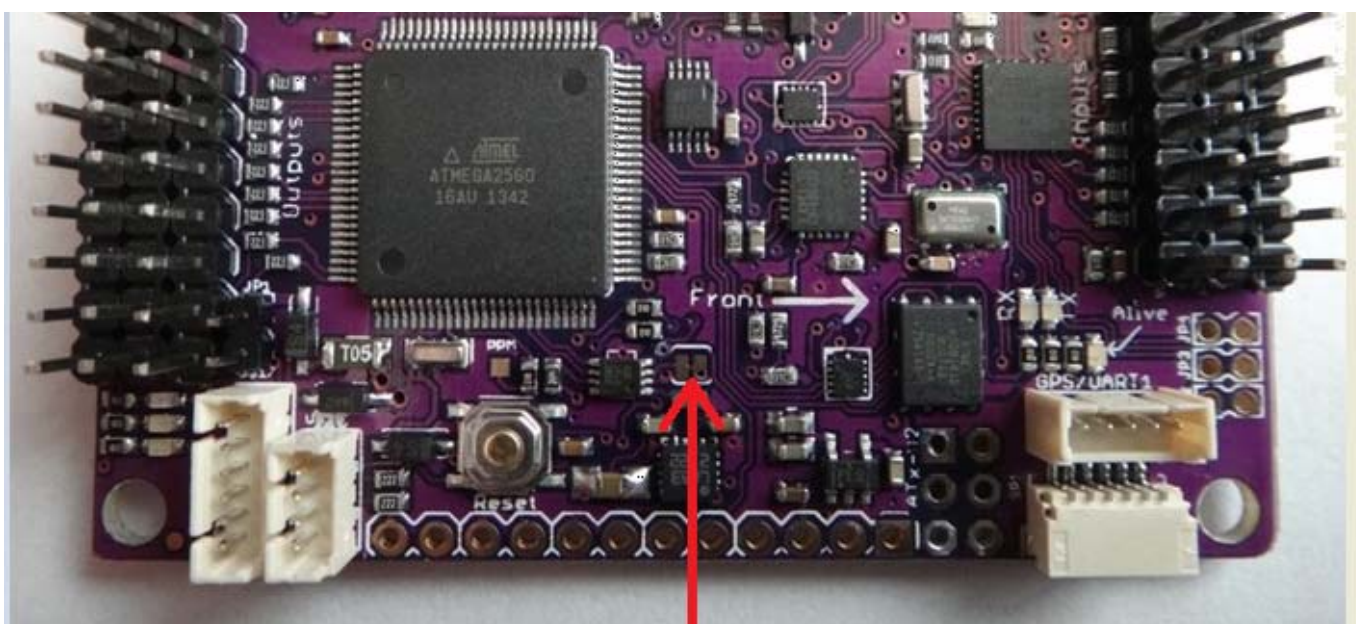
g 代表 (gravity) 重  
力加速度



通过以上数据我们可以清晰的看到陀螺仪的输出状态，要终止输出按回车键即可，返回上一级菜单用 exit 命令，其它命令请自行举一反三，特别提一点，在 setup 菜单下，用 erase 命令可以擦除 eeprom 的配置信息，这是一个常用的命令

#### 十八、外设的使用

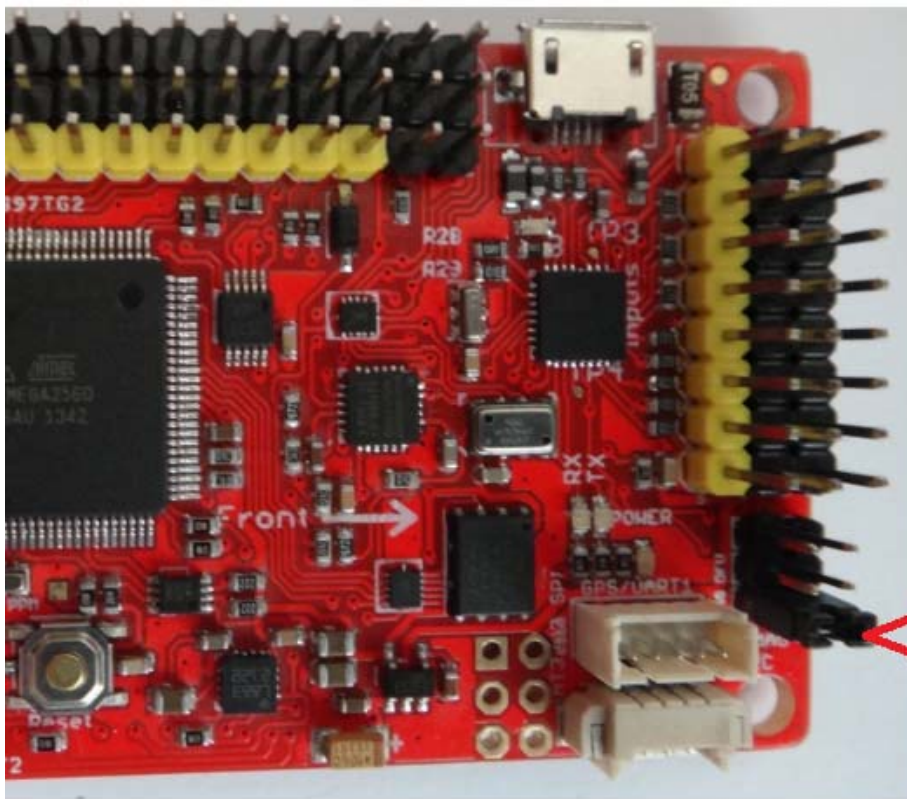
- 1、GPS 的使用：APM 默认支持 MTK 和 UBX 协议输出的 GPS，使用 ATMEGA2560 的 1 号串口进行连接，在 APM 主板上已经特别标注的这个接口，默认波特率 38400。一般购买的成品 APM 专用 GPS 直接插上就可以用，如果非 APM 专用的 GPS 则需要修改对应到 APM 的波特率和输出协议才行，数据线的连接遵循 TX 对 RX，RX 对 TX 的原则。GPS 与 APM 连接正确后，APM 板上的蓝色 LED 灯会亮起，没定位前是闪烁状态，定位以后常亮，APM 需搜到 5 颗星以上才显示定位成功，请多等待一会。
- 2、外置罗盘的使用：外置罗盘使用的是 I2C 接口，因其使用的 I2C 总线跟内置罗盘的 I2C 总线其实是同一条总线，所以使用外置罗盘时需将内置罗盘的总线断开，否则两个罗盘都接在 I2C 总线上会引起冲突。  
V2.5.2 断开内置罗盘的方法是断开内罗罗盘芯片上方的一个两点焊盘



断开此处连接点



新版的 V2.8.0 只要拔掉 mag 跳线帽即可



拔掉跳线帽屏蔽  
内置罗盘

3、电流计的使用：电流计一般是在 FPV 飞行中，在地面站上或者 OSD 屏幕上显示用电流电压用的，另外一个功能就是可以用于电压低的失控保护。电流计具体接线方法在附件中的接线图已经有说明，连接好电流计后还需要的 MP 中配置一下参数，见下图：



- 4、OSD 的使用：在新版 V2.8.0 中，OSD 的连接可以使用 MUX 接口，使用 MUX 接口时，需要把板子背面的 OSD 焊盘连上，具体方法参照接线图的指示，OSD 只需要连接三根线即可，即 APM 的 VCC，GND，TX（对应 OSD 上的 RX）。APM 使用的是需要支持 MAVLink 协议的 OSD，连接好 OSD 后还需要配置 OSD，具体参见 OSD 自己的配置说明
- 5、数传的使用：APM 使用数传进行通信时，需使用支持 MAVLink 协议的全双工数传，普通数传无法使用，推荐使用 3DR 数传，在使用 3DR 数传时，MP 的连接波特率为 57600。使用数传连接时，除了不能下载固件外，其它与使用 USB 线基本无异。特别强调一点，数传与 USB 线不能同时使用，USB 处于连接状态时，数传接口会被自动切断。