

**ANO TC** ANO Technology&Creation

# 匿名科创

## 拓空者 P2 飞控 用户手册

V1.02

2021.05.18

匿名团队出品

踏实做技术，用心做飞控

匿名 Q 群 | 190169595

匿名官网 | [www.anotc.com](http://www.anotc.com)

匿名网店 | [anotc.taobao.com](http://anotc.taobao.com)

## 目录

手册更新简略说明.....	2
注意事项 .....	3
1 拓空者 P2 特点及功能.....	4
2 新手使用入门流程 .....	5
3 硬件及接口 .....	6
3.1 硬件配置 .....	6
3.2 拓空者 P2 兼容版 .....	8
3.3 兼容版接口介绍 .....	9
3.4 兼容版硬件组装 .....	9
3.5 拓空者 P2 到手飞版 .....	10
4 模块功能说明 .....	11
4.1 如何使用遥控 .....	11
4.2 连接上位机方法 .....	11
4.3 匿名数传使用方法 .....	12
4.4 匿名光流使用方法 .....	12
4.5 GPS 模式使用方法 .....	13
5 软件功能说明 .....	14
5.1 飞控数据显示方法 .....	14
5.2 飞控参数设置方法 .....	15
5.3 校准传感器 .....	16
5.4 飞控解锁、加锁 .....	17
5.5 飞行模式切换 .....	17
5.6 传感器恒温 .....	18
5.7 失控保护 .....	18
5.8 低电压保护 .....	19
5.9 姿态角保护 .....	19
5.10 一键起飞 .....	19
5.11 一键降落 .....	19
5.12 指令控制 .....	19
5.13 指令控制 .....	19
5.14 遥控控制飞行 .....	19
5.15 拓空者 P2 灯光信息 .....	20
6 其他知识点 .....	21
6.1 匿名坐标系 .....	21

# 手册更新简略说明

V1.00: 初版。

V1.01: 更新参数介绍。

V1.02: 更新罗盘传感器，支持 AKM09915；增加拓空者 IMU 介绍。

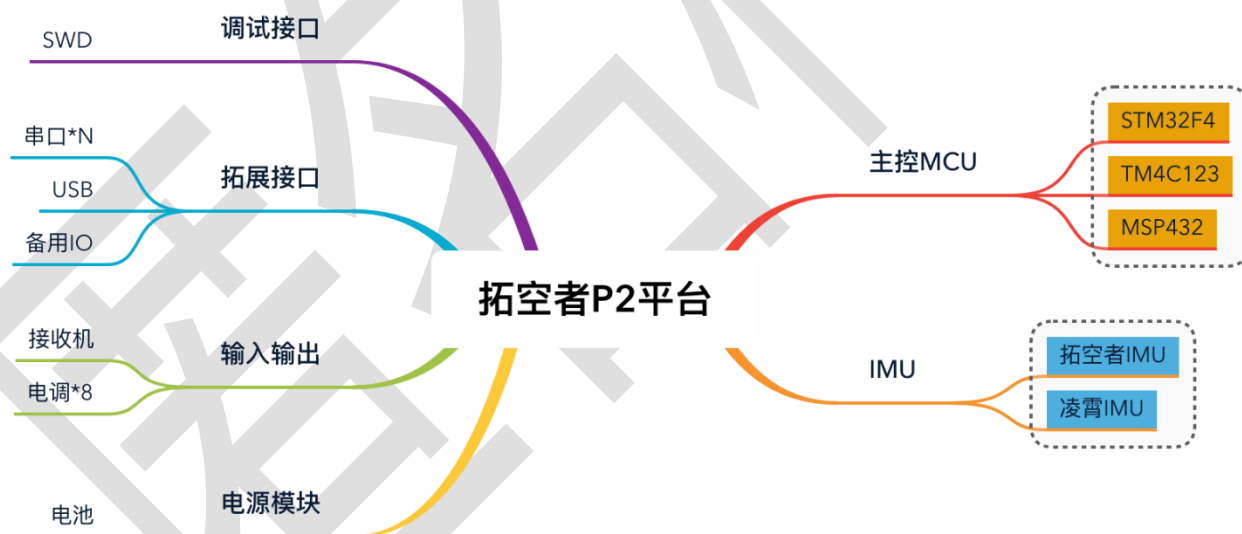
# 注意事项

- 1、 安装飞行器时，请确保飞行器重心在机架中心，有负载的在机架中心的垂直方向上。
- 2、 在源码烧写升级、调试过程中请断开电调与电池的连接或移除所有桨翼！
- 3、 飞行时切记先打开遥控器，然后启动多旋翼飞行器！着陆后先关闭飞行器，再关闭遥控器！
- 4、 切勿将油门的失控保护位置设置在 50%以上。
- 5、 在正常飞行过程中应避免摇杆打到“内八”或“外八”的位置，避免触发紧急上锁导致坠机！
- 6、 低压保护的目的是不是娱乐！在任何一种保护情况下，您都应该尽快降落飞行器，以避免坠机等严重后果！
- 7、 GPS 与指南针模块为磁性敏感设备，应远离所有其他电子设备。
- 8、 GPS 模块为选配模块(非标配)，请选用此模块的用户关注说明书中涉及 GPS 的内容，未选用此模块的用户请忽略 GPS 控制模式下的相关内容。
- 9、 强烈建议将接收机安装到机身板下面，天线朝下且无遮挡，以避免无线信号因遮挡丢失，而造成失控。(经验：数传天线与接收机天线呈 90 度摆放，尽量不要平行，防止无线信号互相干扰)
- 10、 飞行前请检查所有连线正确，并且确保连线接触良好。
- 11、 使用无线视频设备时，安装位置请尽量远离主控制系统 (>25cm)，以避免天线对主控制器造成干扰。
- 12、 飞控必须使用多旋翼专用电调（一般不带 bec 功能），使用旧版固定翼飞机使用的电调（比如天行者/skywalker）会出现偶然无规律的抖动、甚至炸鸡等异常现象。
- 13、 请尽量使用质量较好的电机、电调、螺旋桨，特别是螺旋桨，动平衡相当重要，推荐电调使用好赢乐天，电机和螺旋桨使用大疆、银燕、朗宇等产品。只有搭配良好的飞行器套件才会取得优秀的飞行效果。
- 14、 飞控更新源码的版本后，一定要清空所有参数，恢复默认 PID，恢复默认参数，然后重新校准所有传感器，避免出现参数异常。

## 1 拓空者 P2 特点及功能

- 模块化，像搭积木一样！
  - 想从底层学习飞控系统，你需要一块匿名拓空者全开源飞控
  - 想快速实现自主飞行，快速实现竞赛题目，你需要一块匿名凌霄飞控
  - 比赛不限制芯片方案，你想用熟悉的 STM 芯片，你需要一块 STM 飞控
  - 比赛用 TI 芯片有优势，或者你更熟悉 TI 芯片，你需要一块 TI 飞控
- 怎么办，全都想要！
  - 拓空者 P2，一套硬件系统，多种组合，任您搭配！
  - 拓空者 P2，一套源码架构，适用多套硬件，一次学习，移植无忧！

**飞控内置柔性 PCB，实现 IMU 传感器缓冲减震，同时具有传感器恒温功能，通过金属屏蔽罩将 IMU 与外界隔离，保证恶劣环境下 IMU 工作的稳定性，同时可减小飞行气流对气压计的影响。方寸之间，功能强大！**



## 2 新手使用入门流程

强烈建议新手使用本飞控时，认真、完整的阅读本手册，我们会将近 10 年在客户服务过程中遇到的新手常常遇到的问题都在本手册内详细的介绍。

■ 当您使用的是我们的拓空者 P2 兼容版，请按以下步骤进行入门准备：

- 1、掌握飞控通过 USB 连接上位机的方法；
- 2、查看飞控灯光信息章节，了解飞控不同提示灯光代表的意义；
- 3、通过上位机查看飞控各个传感器的数据，确认飞控工作正常；
- 4、根据手册安装飞控及电调、电机，完成飞行器的组装（此时先不安装螺旋桨）
- 5、连接接收机，根据手册确认各个通道数据正确；
- 6、如果您配有匿名数传、匿名光流等模块，根据手册对应章节，进行相关模块的初始化配置；
- 7、使用上位机进行必备参数设置（电池芯数、低压报警电压值）；
- 8、学习遥控解锁方法，学习遥控操作方法，见章节：遥控控制飞行；
- 9、解锁，查看飞机运行正常；
- 10、安装螺旋桨，进行试飞。

■ 如果您使用的是我们的拓空者 P2 到手飞版本，请按以下步骤进行入门准备：

- 1、您拿到的到手飞是我们组装、配置、调试完毕的飞机，请不要随意更改遥控及飞控的配置；
- 2、掌握飞控通过数传连接上位机的方法；
- 3、查看飞控灯光信息章节，了解飞控不同提示灯光代表的意义；
- 4、飞机直接上电，上位机检查各个传感器数据更新正常；
- 5、学习遥控解锁方法，学习遥控操作方法，见章节：遥控控制飞行；
- 6、不安装螺旋桨，尝试解锁，查看飞机运行正常；
- 7、安装螺旋桨，解锁试飞（在有光流模块时，建议直接光流模式试飞，降低操作难度）。

## 3 硬件及接口

### 3.1 硬件配置

#### ■ 支持的主控 MCU：

- ST 公司：STM32F407
- TI 公司：TM4C123
- TI 公司：MSP432

#### ■ 支持的 IMU 模块：

- 拓空者 IMU
- 凌霄 IMU (当使用凌霄 IMU 时，本系统切换为凌霄方案)

#### ■ 电调接口：

- 兼容版提供 8 路 PWM 输出接口
- 到手飞版提供 4 路 PWM 输出接口

#### ■ 接收机接口：

- 兼容版与到手飞版均提供 1 个接收机接口，本接口支持 SBUS 与 PPM 协议。

#### ■ 拓展接口：

- 串口：兼容版与到手飞版均提供 5 个拓展串口 (MSP432 硬件只有 4 个串口)
- 备用 IO：兼容版与到手飞版均提供 8 个拓展 IO 接口
- 调试接口：兼容版与到手飞版均提供 SWD 接口，作为主控的调试口
- USB 接口：兼容版与到手飞版均提供两个 USB 接口，1 个为主控 MCU 的 USB 接口，另一个为使用凌霄 IMU 时，作为凌霄 IMU 的 USB 接口
- 电源接口：兼容版提供一个电源接口，支持 2S 到 6S 航模锂电池电压直接输入，作为飞控系统的电源，并实现电池电压采集、报警功能。

## 3.2 拓空者 IMU 配置

拓空者 IMU 内部采用柔性 PCB，将惯性传感器放置于柔性 PCB 上，并做好配重，使用专用缓冲海绵将柔性 PCB 包裹于屏蔽罩内，在给传感器提供隔离保护的同时，内置减震，用户可直接使用而不必考虑减震措施。且柔性 PCB 上布置有加热电阻，可通过外部 PWM 控制传感器恒温加热。

### ■ 传感器配置：

惯性传感器：BMI088

气压高度传感器：SPL06

磁场罗盘传感器：AK8975/AK09915

### ■ 接口：

本 IMU 模块通过 2.54 间距的邮票孔将传感器 SPI 总线以及各个传感器的 CS 引脚引出，方便用户使用杜邦插针、杜邦线连接，或直接将本模块焊接至用户自己的 PCB 上。同时匿名团队提供 IMU 的邮票孔封装文件，方便大家使用。

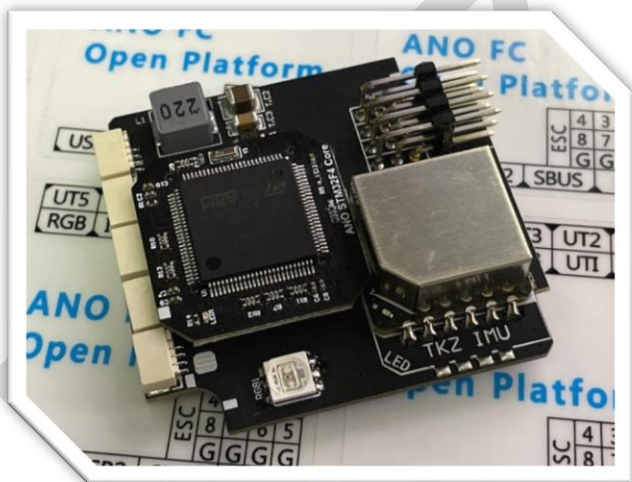
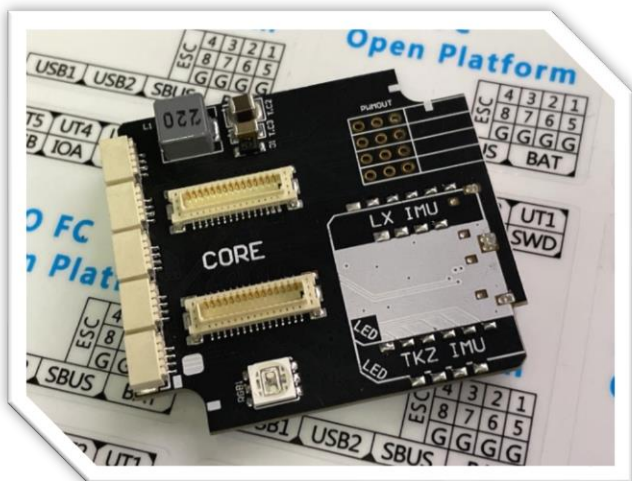


## 3.3 拓空者 P2 兼容版

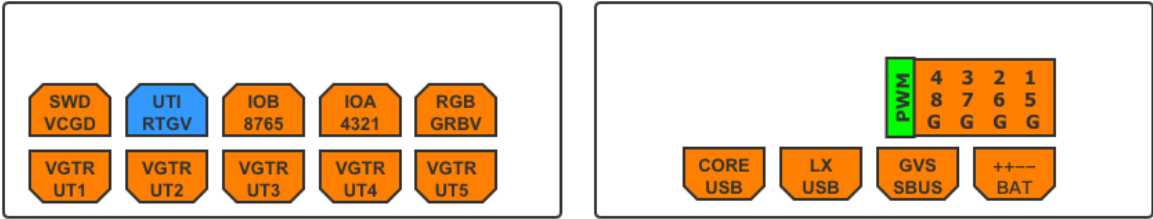
拓空者 P2 兼容版底板，将飞控公用部分以及所有输入输出接口集成与底板之上，作为飞控系统的载体。

通过 BTB 连接器，可以连接不同类型的主控 MCU，同时可以兼容拓空者 IMU 和凌霄 IMU 两种 IMU 方案。

通过精巧的设计，将共计 12 层 PCB 在有限空间组合，实现整个飞控系统的所有功能。同时设计有专用外壳，精确开孔，外形美观。



3.4 兼容版接口介绍



UT: 串口, RTGV 依次为: RX、TX、GND、5V  
SWD: VCGD 依次为: 3.3V、CLK、GND、DIO  
UT1: 凌霄 IMU 串口 2  
IOA、IOB: 拓展 IO, 具体见原理图  
RGB: GRBV 依次为: 绿、红、蓝、5V

USB CORE: 核心板 USB 接口  
USB LX: 凌霄 IMU 的 USB 接口  
SBUS: GVS 依次为: GND、5V、Signal  
BAT: 电池接口, +接电池正极, -接电池负极  
PWM: 电调接口, 数字代表第几通道

■ 端口功能介绍:

拓空者版本端口功能:

UT1: 无用  
UT1: GPS  
UT2: 用户拓展  
UT3: 用户拓展  
UT4: 匿名光流  
UT5: 数传

凌霄版本端口功能:

UT1: 数传  
UT1: GPS  
UT2: 用户拓展  
UT3: 用户拓展  
UT4: 匿名光流  
UT5: 凌霄 IMU 占用

3.5 兼容版硬件组装

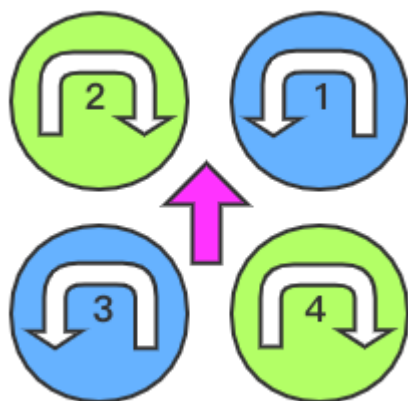
■ 飞控安装

飞控支持任意角度安装, 用户根据自己机架选择合适角度安装即可, 但需注意, 一定要飞控安装固定好以后再进行传感器校准, 校准完成后不能再改动飞控安装位置及角度。

同时, 飞控安装位置尽量远离磁场干扰以及电池、电调分电板、电调电源线等大电流元件, 降低磁场对罗盘的干扰。

■ 电机、电调连接

➢ 飞行器电机转向及电调连接顺序如下图:



➤ 务必注意以下几个要点：

✧ 飞控前进方向，右前方是 1 号电机

✧ 电机、电调连接顺序，从右前方 1 号开始，逆时针 1、2、3、4

✧ 电机旋转方向，1、3 号电机逆时针旋转，2、4 号电机顺时针旋转

✧ 螺旋桨风力方向，按图示方向转动时，所有螺旋桨务必保证为向下吹风

## ■ 电源连接

➤ 从飞控 BAT 口，插入飞控配套 4P 导线，另一头将端子剪断，根据引脚顺序，将两个正极连接至电池正极，两个负极连接至电池负极。

➤ 飞控支持 2S 到 6S 电池供电。

**注意：因为飞控有低电压保护逻辑，避免飞行中电压过低发生事故，故飞控必须使用电池供电，在供电的同时，可采集电池电压。**

## 3.6 拓空者 P2 到手飞版

待更新

## 4 模块功能说明

### 4.1 如何使用遥控

#### 1、接收机连接与配置

- 飞控支持 SBUS 输出模式的航模遥控接收机和 PPM 输出模式的航模遥控接收机，公用一个接口，飞控上电初始化阶段会自动判断信号类别。
- 飞控接收机接口为 3P，分别为 SVG 端子，见硬件示意图。按照定义连接至接收机即可。

注意：必须连接至接收机的 SBUS 或 PPM 接口，并且接收机配置为对应的输出模式。不同接收机有不同连接和配置方法，请根据自己的接收机说明书进行操作。

#### 2、遥控器配置

- 下面以默认的美国手方式介绍遥控器控制通道的方向定义。

##### 通道方向定义：

- ROL：右摇杆左右方向，摇杆向左，通道值减小，摇杆向右，通道值增加。
- PIT：右摇杆前后方向，摇杆向后，通道值减小，摇杆向前，通道值增加。
- YAW：左摇杆左右方向，摇杆向左，通道值减小，摇杆向右，通道值增加。
- THR：左摇杆前后方向，摇杆向后，通道值减小，摇杆向前，通道值增加。

- 同时飞控需要至少一个 3 段式开关，配置为 AUX1（辅助通道 1，第 5 通道），用于控制飞控飞行模式。

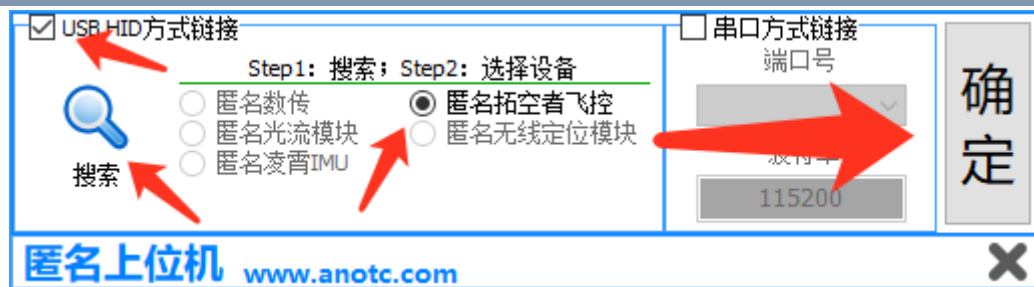
##### 通道值定义：

- 所有通道，中位值为 1500，低值 1000，高值 2000。
- 开关通道 1000、1500、2000 分别对应功能 1、2、3。
- AUX1 通道默认控制飞控模式，功能 1、2、3 分别对应自稳+定高、定点、程控模式。

### 4.2 连接上位机方法

本章节介绍通过飞控 USB 接口直接连接电脑上位机的方法，通过匿名数传连接上位机的方法请看下一章节。

- 本飞控使用 HID 模式与电脑进行通信，无需安装驱动。使用 Micro USB 线缆连接飞控的 USB1（或标注为 USB\_MCU）接口至电脑，打开配套的匿名上位机，在软件右下角进行如下操作：



- 上位机选择 HID 通信方式，搜索设备后，可以看到拓空者飞控，选中并确定。正常情况下，上位机会自动打开连接的匿名设备，若没有自动打开，请点击打开连接按钮。



- 打开连接后，可以发现接收计数开始增长，代表开始接收飞控数据。
- 具体飞控数据查看方法见飞控数据显示章节。

### 4.3 匿名数传使用方法

使用匿名无线数传时，请先仔细阅读匿名数传使用手册。（发货前数传已经进行了配对，用户拿到即可使用，但使用前仍需了解数传的灯光指示含义，用以区分数传收发模式、串口号选择等功能）

如果使用拓空者 P2 兼容版，需将数传切换为串口 1 模式（发货默认就是串口 1 模式，无需更改）。若使用拓空者 P2 到手飞版本，需将数传切换为串口 2 模式（若您购买的是到手飞套件，套件内自带数传，发货前我们会配置好，无需用户自己配置）。

将数传的主发送端通过串口线连接至拓空者 P2 兼容版的串口 5，或将数传焊接至到手飞版的数传专用焊盘。主接收端通过 USB 线连接至电脑。与飞控连接上位机方式相同，上位机选择 HID 方式，搜索设备打开即可。

### 4.4 匿名光流使用方法

使用匿名光流时，请先仔细阅读匿名光流使用手册。拓空者 P2 使用匿名光流 V3.2 及后续更高固件版本，该版本固件支持光流模块任意方向安装（摄像头必须垂直朝下，并与激光（超声波）方向相同，这里说的任意方向是指水平方向上可以任意旋转，推荐将 USB 插座朝外安装，方便连接上位机）。将光流模块安装好后，光

流模块通过串口线连接至飞控的串口 4。然后根据光流模块手册介绍，对光流模块进行校准即可。

飞控想要使用光流进行增稳飞行，前提需要光流模块校准完成，光流模块灯光指示正常，飞控需切换至模式 2，然后观察飞控灯光，是否成功进入光流模式，光流可在光线及地面纹理良好时使用。

## 4.5 GPS 模式使用方法

使用 GPS 模块时，将 GPS 模块连接至飞控的串口 1（如果是自己的 GPS 模块，连接前无比确定串口线序与匿名飞控串口线序定义相同），GPS 默认波特率需配置为 115200，拓空者 P2 飞控支持 M8N 型号的 GPS，连接好后，在室外空旷空地，飞控切换至模式 2，观察灯光是否成功进入 GPS 定点模式，或通过上位机进行观察。

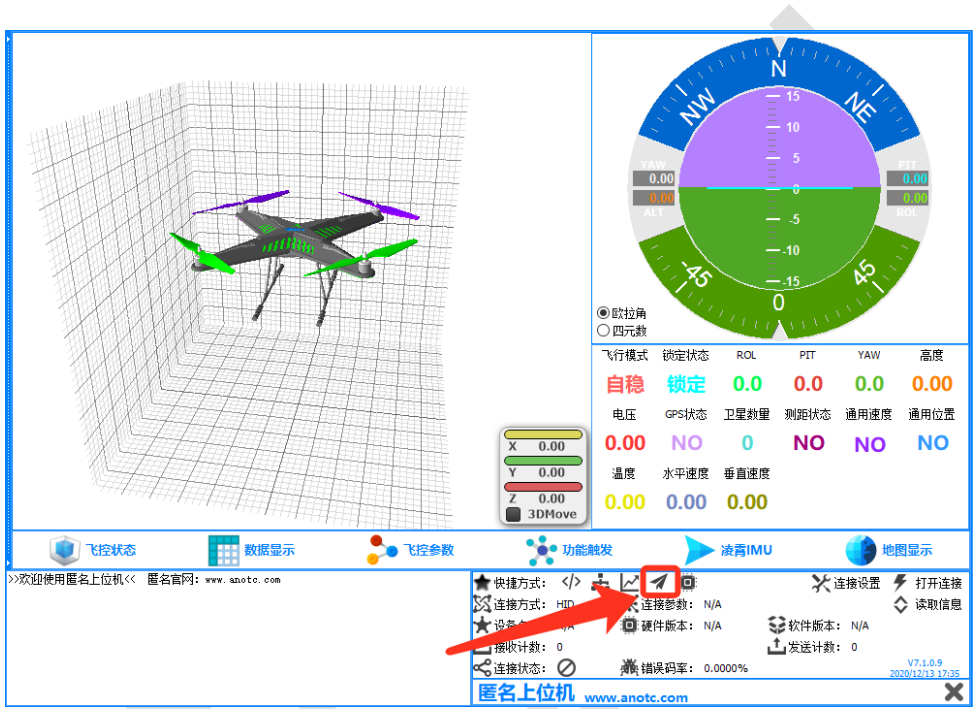


5 软件功能说明

5.1 飞控数据显示方法

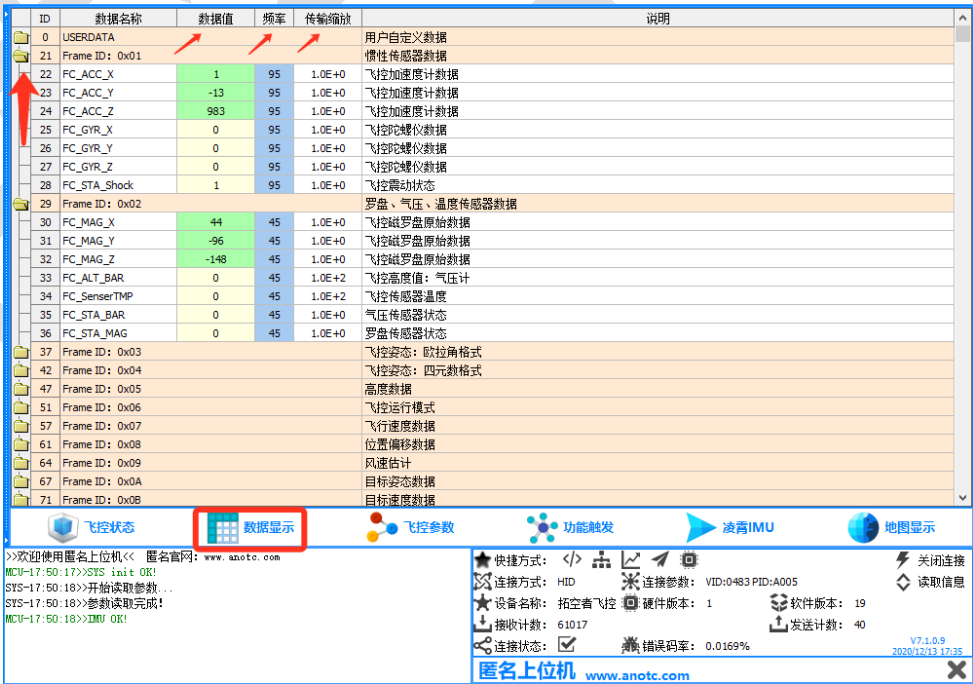
1、基本数据显示

飞控基本数据可以通过飞控数据界面进行直观的显示，直接打开上位机的“飞控数据”界面即可。如下图：



2、所有数据显示

飞控各种数据可通过“数据显示”界面的列表进行显示，如下图：

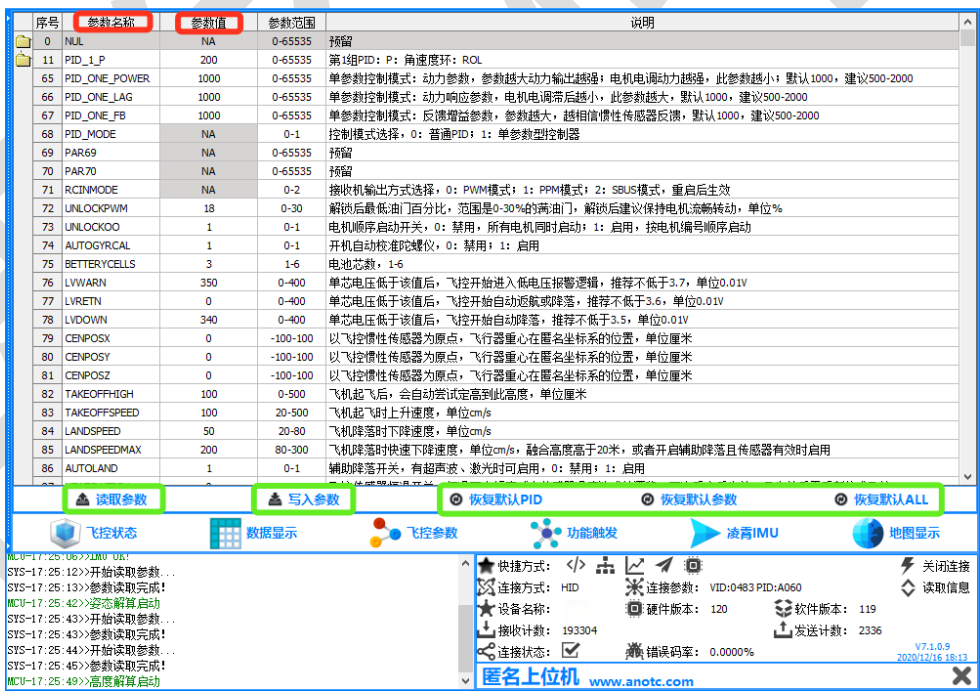


■ 点击列表左侧文件夹图标，可以展开对应栏目；

- 数据值列有不同颜色，定义如下：
  - 灰色：数据没有收到
  - 黄色：数据已接收到，但是数据值没有变化
  - 绿色：数据已接收到，且数据值发生了变化
- 频率列数值表示该帧数据的接收频率，颜色定义如下：
  - 灰色：本帧数据没有收到，频率为 0
  - 蓝色：本帧数据已接收到，频率值为 1 秒内接收到的次数，因 PC 定时器精度，会稍有波动
- 传输缩放表示本数据传输时的缩放倍数，当需要传输小数时，如果用 Float 格式，容易出现非法值，且数据长度较长。可根据数据表示的物理意义，进行扩大传输，显示时相应缩小对应倍数即可。比如想传输  $A=1.12$ ，那么传输时将 A 扩大 100 倍，传输整数 112，显示时缩小 100 倍即可。

5.2 飞控参数设置方法

打开匿名上位机的飞控参数界面，如下图：

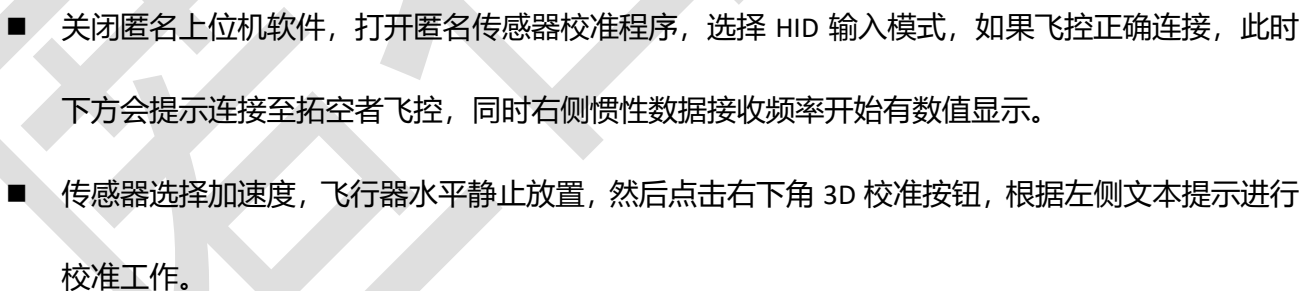


所有飞控参数均在该列表显示，在上位机正常连接飞控的情况下，点击读取参数按钮，即可从飞控读取参数显示，若参数值显示为 NA，表示该参数在该飞控并未使用到。

修改参数值后，点击写入参数即可将更改后的参数写入飞控。

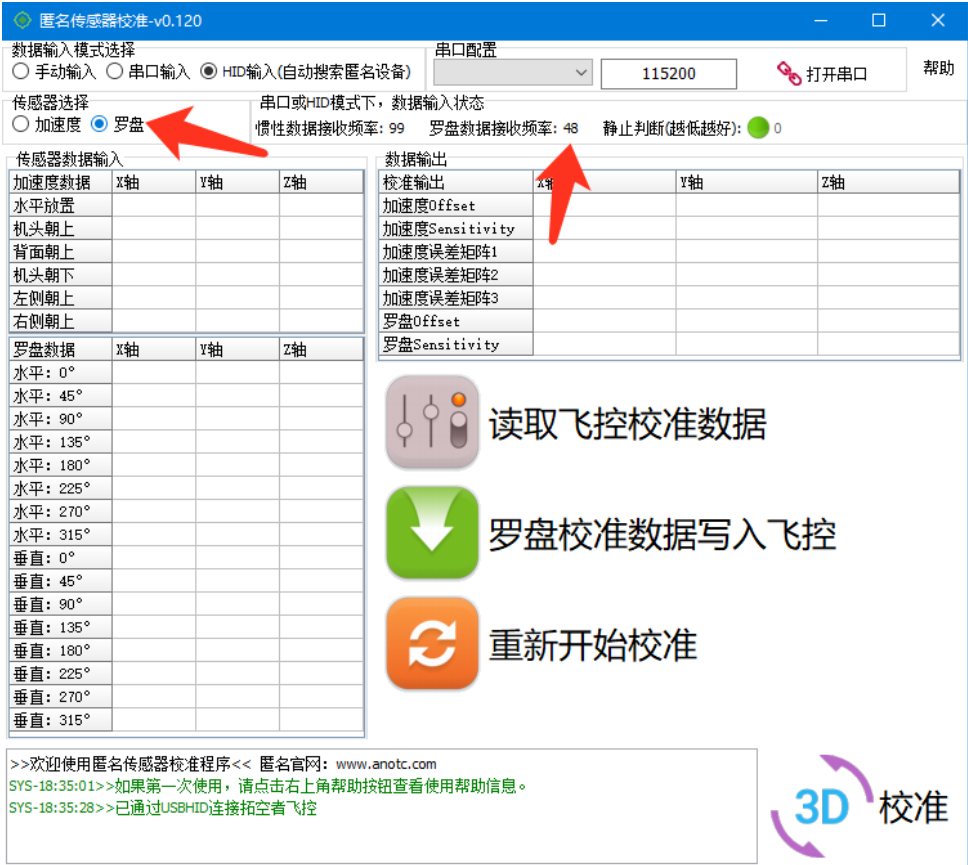


## 1、惯性六面校准



■ 完成 6 个面的校准后，点击加速度校准数据写入飞控按钮，即可将校准数据写入飞控。

## 2、罗盘校准



罗盘校准方法与加速度校准类似，传感器选择选择罗盘，然后点击 3D 校准按钮进行校准工作。

根据左侧文本提示校准完成后，点击罗盘校准数据写入飞控按钮，即可将校准数据写入飞控。

## 5.4 飞控解锁、加锁

### ■ 飞控解锁方法 1:

油门摇杆打到右下方（对应通道值 THR 在 1100 以下，YAW 在 1900 以上），同时方向摇杆打到左下（对应通道值 ROL 在 1100 以下，PIT 在 1100 以下）。(俗称内八字)

### ■ 飞控解锁方法 2:

油门摇杆打到左下方（对应通道值 THR 在 1100 以下，YAW 在 1100 以下），同时方向摇杆打到右下（对应通道值 ROL 在 1900 以上，PIT 在 1100 以下）。(俗称外八字)

### ■ 飞控锁定方法:

在解锁状态下，同样使用内八或者外八字，即可加锁。

## 5.5 飞行模式切换

默认使用遥控器 AUX1 通道（通道 5）进行切换，有以下注意点：

- 没有必要的传感器有效时，无法切换对应的模式，比如没有光流和 GPS，无法进入定点模式，会提示

速度传感器异常。

- 此时发送模式指令后，会有相应提示，并且无法解锁。
- 相应传感器有效后，会切换到发送指令后对应的模式。
- 推荐起飞前就将飞控切换至所需的模式，这样可在起飞前检查必备传感器是否工作正常，避免空中切换带来的风险。

AUX1 范围	定义
1000-1200	模式 1，自稳+定高控制模式，无位置控制
1200-1400	失控保护设置值识别范围
1400-1600	模式 2，定点模式，速度控制。 GPS 模块定位正常：本模式为 GPS 定点模式 光流模块正常工作：本模式为光流定点模式 GPS 和光流同时正常工作：本模式为 GPS+光流定点模式。 GPS 和光流都不正常工作：同模式 1，姿态控制模式，且在锁定状态无法解锁。
1600-1800	失控保护设置值识别范围
1800-2000	模式 3，程控模式 同模式 2，但是实时控制数据无效，只能通过指令方式控制。 返航也需要在此模式。

5.6 传感器恒温

在“飞控参数”页面，找到“HEATSWITCH”飞控传感器恒温开关参数，设置为 1（需先读取参数），写入飞控，飞控重启后即可实现传感器恒温功能。

恒温功能实际为一个温度闭环控制，采用 PID 控制 PWM 输出，通过加热电阻为传感器升温，为避免程序异常导致持续加热损坏传感器，调试期间建议关闭此功能，当源码调试结束，确定源码稳定性没有问题后，再打开恒温功能。

5.7 失控保护

当 AUX1 通道在 1200-1400、1600-1800 之间时(遥控器失控保护输出设置到该范围内),或者失去 PPM/SBUS 信号，表示进入遥控失控状态。

## 5.8 低电压保护

请根据自己使用的航模电池参数，设置报警电压、返航电压、降落电压。

- 推荐报警电压：单节 3.7V
- 推荐返航电压：单节 3.6V（低于此电压，若有 GPS，则进行返航，若没有，则无动作）

推荐降落电压：单节 3.5V（低于此电压，飞行器自动降落）

## 5.9 姿态角保护

待加入

## 5.10 一键起飞

待加入

## 5.11 一键降落

待加入

## 5.12 指令控制

待加入

## 5.13 指令控制

待加入

## 5.14 遥控控制飞行

- 拓空者 P2 板载高精度气压计，并且配合完善的定高源码，可以实现稳定的定高功能。所以飞控默认开启定高，同时配合匿名光流的激光测距模块，可以实现激光+气压计智能定高模式。（此模式不用手动开启，飞控会自动判断）
- 定高模式下，最好使用油门摇杆自动回中的遥控器。此模式下油门摇杆不直接控制占空比输出量，油门摇杆控制上升、下降的速度。当油门摇杆高于 50%也就是 1500 时，飞行器上升，当油门摇杆低于 50%也就是 1500 时，飞行器下降，当油门等于 50%时，飞行器保持当前高度。（1500 上下设置有大约  $\pm 5\%$  死区）
- 美国手遥控，左侧摇杆上下控制上升下降，左右控制飞行器水平旋转；右侧摇杆上下控制飞行器机头

俯仰，左右控制飞行器横滚运动。

- 遥控器分配一个三段式开关至 AUX1 通道，用以控制飞行器飞行模式。

5.15 拓空者 P2 灯光信息

飞控底板上设置有大功率 LED，用以指示重要报警信息、飞控状态信息等。

校准提示类显示优先级最高，其次为报警类提示信息，正常运行模式提示优先级最低。只有当无任何报警信号、不在校准时，会进行飞控状态灯光指示。

状态	灯光	注释
开机静止前	白色快闪	开机后默认状态，飞机正常初始化完毕，并静止后（尽量水平，但不必须），进入正常状态
正常运行提示	短闪+长间隔	飞控正常运行，灯光提示为 <b>模式提示+模块提示+长间隔</b> 未解锁状态：模式提示为白色短闪，闪烁次数 1-3，分别代表飞行模式 1、2、3 解锁状态：模式提示为绿色短闪，闪烁次数 1-3，分别代表飞行模式 1、2、3 GPS 模块定位正常：模块提示为蓝色单闪 光流模块工作正常：模块提示为紫色单闪 激光定高模块测距正常：模块提示为黄色单闪 示例：白-白-蓝-长间隔：表示模式 2，未解锁，GPS 定位正常 绿-绿-紫-长间隔：表示模式 2，光流正常
数据保存中	绿色	在数据存储过程中，绿色常量
传感器故障	红色短闪+长间隔	BMI088：快闪 2 次，AK8975：快闪 3 次，SPL06：快闪 4 次
低压报警	红色短闪+短间隔	高频红色闪烁，表示电压低于报警电压
失控	红色呼吸	遥控接收机异常，飞机进入失控状态

## 6 其他知识点

### 6.1 匿名坐标系

■ 载体：机头为  $x$  正，左侧为  $y$  正， $z$  方向满足笛卡尔直角坐标。

■ 地理：北为  $x$  正，西为  $y$  正，天为  $z$  正。

注意：约定地理坐标约等于世界坐标，该坐标系为匿名科创飞控参考坐标系，程序里所涉及的所有直角坐标系定义均为此坐标系，欧拉角的定义除外。

