

FDIGroundStation使用手册

For Epsilon/DETA series Navigation systems

版本 : V21.0423

安徽飞迪航空科技有限公司

目录

1.1	软件概述.....	- 4 -
1.2	FDIGroundStation 基本使用说明.....	- 5 -
1.2.1	如何打开 FDIGroundStation.....	- 5 -
1.2.2	FDIGroundStation 界面组成.....	- 6 -
1.2.2.1	Pilot 界面.....	- 6 -
1.2.2.2	config 界面.....	- 7 -
1.2.2.3	Data 界面.....	- 10 -
1.2.3	如何保存修改的参数和配置.....	- 16 -
1.2.4	系统重启，调平和参数导入导出.....	- 17 -
1.2.5	低通滤波器与陷波滤波器.....	- 19 -
1.3	FDIGroundStation SPKF 融合开关说明.....	- 20 -
1.4	FDIGroundStation 磁力计校准说明.....	- 24 -
1.4.1	Mag 6 side Calib.....	- 24 -
1.4.2	mag Calib 2D.....	- 26 -
1.4.3	mag Calib 3D.....	- 27 -
1.5	惯导双天线安装与校准说明.....	- 30 -
1.5.1	惯导双天线安装说明.....	- 30 -
1.5.2	惯导双天线校准功能说明.....	- 32 -
1.5.3	惯导双天线校准总结.....	- 35 -
1.6	FDIGroundStation Log 数据作图说明.....	- 36 -
1.7	FDIGroundStation 固件升级.....	- 38 -

1.8	常见问题汇总与解答.....	- 40 -
1.9	修订历史.....	- 48 -

1.1 软件概述

FDIsystem 的上位机 **FDIGroundStation** 能对模块进行各种功能配置，同时能进行数据展示，让用户秒懂各种数据及曲线。简单易用，方便评估模块性能，灵活的所见即所得的配置方式；完美支持 **FDIsystem** 推出的所有产品系列，方便用户迅速熟悉系列产品。

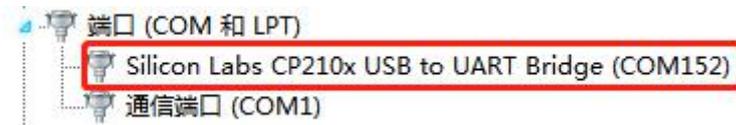
FDIGroundStation 的优点如下：

- **简单易用**：安装简单，轻松链接模组，快速上手进行演练。轻松连接 **FDIsystem** 模组，详细的运行 log，产品的实时状态尽在掌握。
- **配置丰富**：丰富的数据展现形式，包括数字/曲线/2D 视图。可进行传感器的数据输出配置，融合角度及多种附属数据输出配置；同时拥有磁力计 2D，3D 校准、千寻 **RTK** 账号配置、里程计刻度因子校准、双天线安装杆臂校准及安装误差角校准等功能，满足不同客户的多样化应用需求。
- **显示直观**：直观的数据展现形式，让用户秒懂各种数据及曲线。丰富的数据展现形式，形象的可视化界面，利用数值/曲线/2D 视图，对模组的姿态给予实时的展现。
- **记录与作图**：配置了数据实时记录与作图功能，随时抓取数据方便学习和分析。可以将记录的数据导入上位机作图，从而方便用户进行数据分析。

1.2 FDIGroundStation 基本使用说明

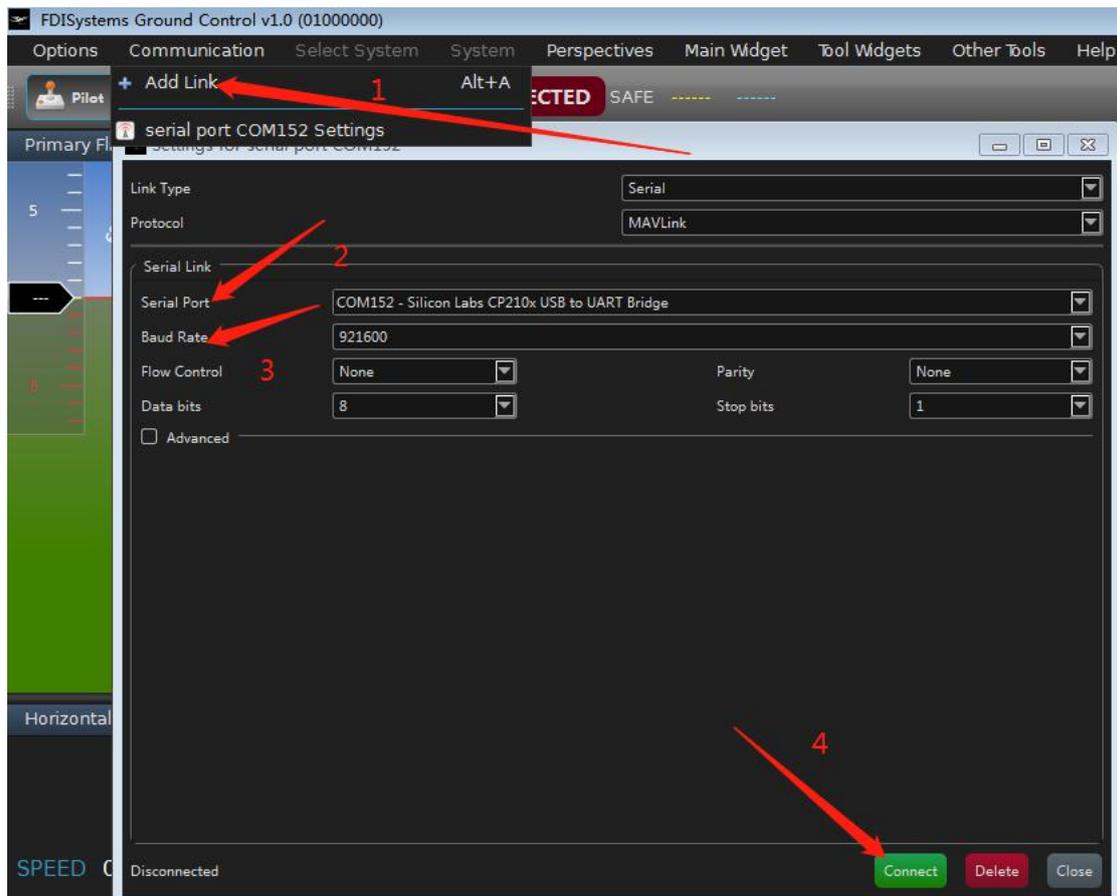
1.2.1 如何打开 FDIGroundStation

打开上位机应用程序 **FDIGroundStation.exe**，将模块与主机通过串口连接，通过设备管理器获得模块的端口号：



如果端口号获取失败可能是没有安装 USB 转 TTL 的设备驱动 **CP210x USB**。

然后点击上位机左上角的 **Communication->Add Link**，弹出如下界面：

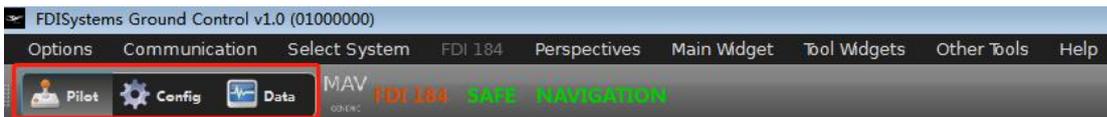


通过 **Serial Port** 选择模块的端口号，通过 **Baud Rate** 配置波特率为 921600bps（默

认），点击下方的绿色图标 **Connect** 即可连接上位机。

1.2.2 FDIGroundStation 界面组成

FDIGroundStation 界面由 **Pilot**、**config** 和 **Data** 三大部分组成：



1.2.2.1 Pilot 界面

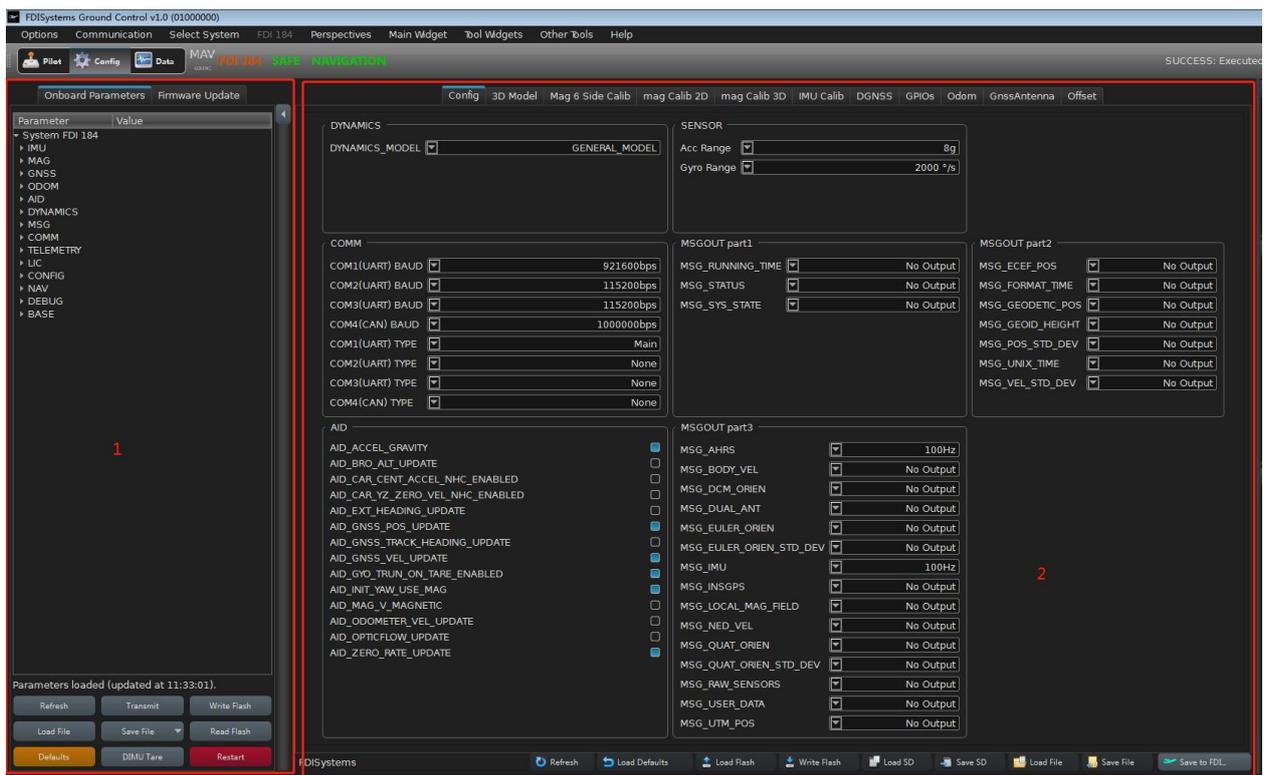


该界面可以分为 5 个部分：

- 第一部分：飞控地面站仪表盘显示界面。显示当前姿态和速度，位置，GPS 经纬度高度等信息，通过该界面可以快速观测模块动态和静态的姿态输出性能。
- 第二部分：地图显示界面。当接入 **GPS** 信号时，根据当前接收到的经纬度信息在地图上实时定位，同时显示定位轨迹，支持谷歌地图。

- 第三部分：**FDI**system 导航系统显示界面。
- 第四部分：状态显示界面。从上到下依次为：电池信息、**MAVLink** 接收丢包率、**MAVLink** 发送丢包率，**MCU** 运行占用率、电台信号质量和 **GPS** 信号质量。当没有接入 **GPS** 信号时，显示 **NO GPS**；**GPS** 定位精度由低到高依次显示为 **GPS 2D**，**GPS 3D**，**GPS Float** 和 **GPS Fixed**；当接入双天线时，该图标显示为移动基站的 **GPS** 状态，当移动基站和移动站均达到 **GPS Fixed** 状态时，该图标显示为 **RTK DUAL**。**HAcc-horizontal accuracy est** 表示水平准确估计，**VAcc-vertical accuracy est** 表示垂直准确估计，它们的值越小，**GPS** 定位的精度越高。
- 第五部分：通讯控制台界面。当对上位机进行了操作，该界面将反馈对应的信息。

1.2.2.2 config 界面



该界面主要进行参数配置，校准配置和输出数据包配置等操作：

- 第一部分：该部分由 **Onboard parameters** 和 **Firmware Update** 组成。前者显

示的是 **FDI**system 所使用的卡尔曼滤波器 **SPKF** 的配置参数以及传感器出厂时刻度因子、耦合误差、零偏等配置参数，一般不需要进行改动；后者与产品固件升级有关，具体见 [1.6 FDI](#)GroundStation [固件升级](#)。

- 第二部分：该部分由 **config**、**3D Model**、**Mag 6 side calib** 等功能配置界面组成：

1. **Config** 界面：该界面进行最主要的参数配置和输出数据包配置：

DYNAMIC 界面配置对象模型：默认使用 **GENERAL_MODEL**，车载应用可以使用 **AUTODRIVER_MODEL**，其他模型正在开发中；

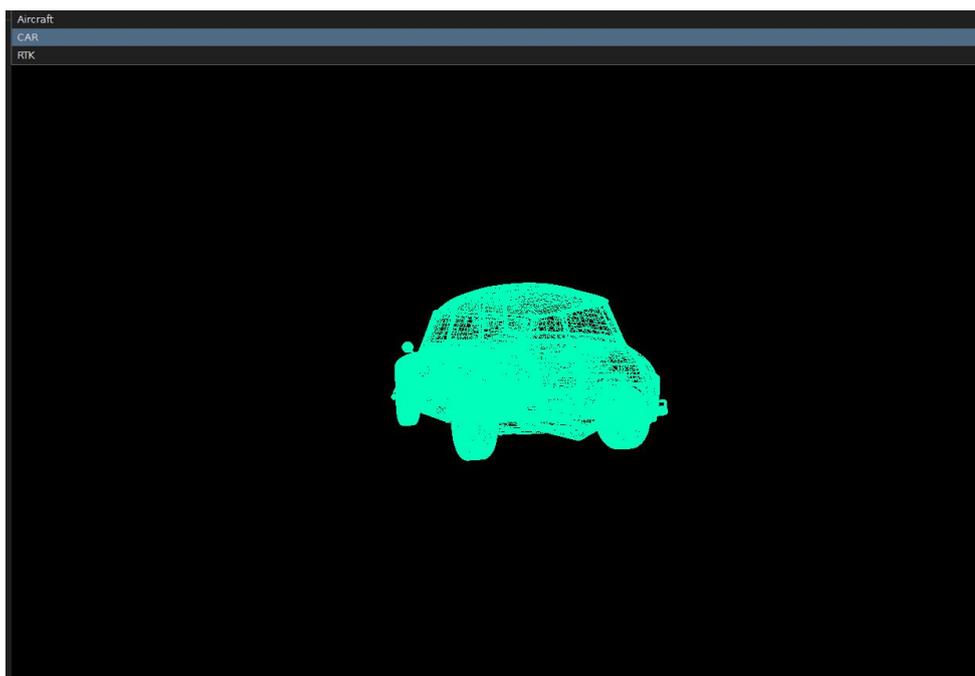
COMM 界面配置 **COMM1** 到 **COMM4** 的波特率和端口类型；

AID 界面配置 **SPKF** 所使用的融合算法类型，具体见 [1.3 FDI](#)GroundStation [SPKF 融合开关说明](#)；

SENSOR 界面配置加速度计和陀螺仪量程；

MSGOUT PART1-PART3 界面配置用户使用 **FDILINK** 协议获取的数据包类型及输出频率：**DETA10-V** 和 **DETA10-A** 默认配置 100Hz 的 **MSG_IMU** 和 **MSG_AHRS** 数据包，**DETA10-N** 默认增加 100Hz 的 **MSG_INSGPS** 数据包。用户可以根据本产品的《**FDILINK** 通讯协议》选择需要打开的数据包并设置对应的发送频率。

2. **3D Model** 界面：该界面将模块实时输出的姿态运用于飞机模型、汽车模型和 **FDI**system 产品模型，通过鼠标滚轮可以进行放大缩小操作：



3. **Mag 6 side calib** 界面: 磁力计六面校准功能, 具体使用说明见 [1.4.1 Mag 6 side Calib](#)。

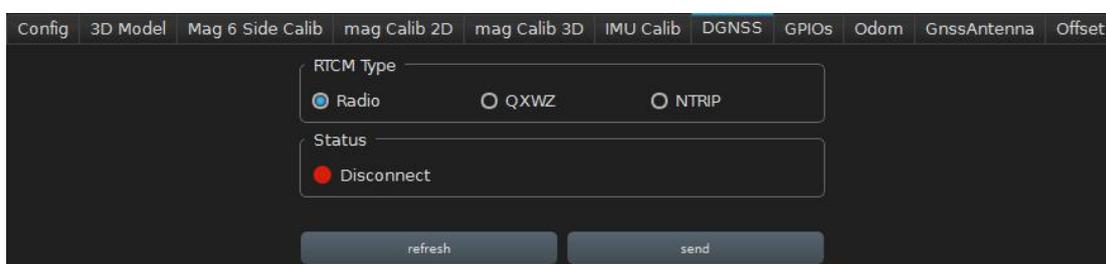
4. **mag calib 2D** 界面: 2D 磁力计校准功能, 具体使用说明见 [1.4.2 mag Calib 2D](#)。

5. **Mag calib 3D** 界面: 3D 磁力计校准功能, 具体使用说明见 [1.4.3 mag Calib 3D](#)。

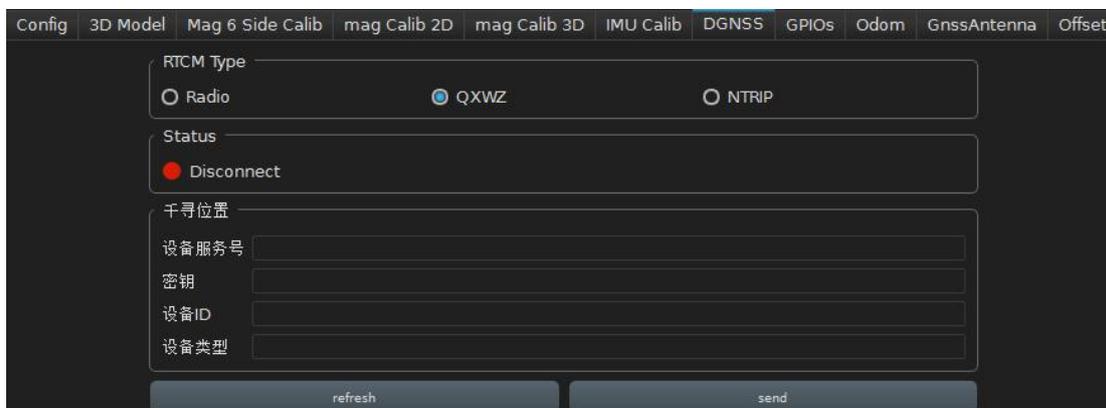
6. **IMU Calib** 界面: IMU 刻度因子, 耦合误差项, 零偏等校准功能。由于出厂时这些参数已经得到校准, 因此该功能默认不启用。

7. **DGNSS** 界面: 该界面进行 GNSS 相关配置:

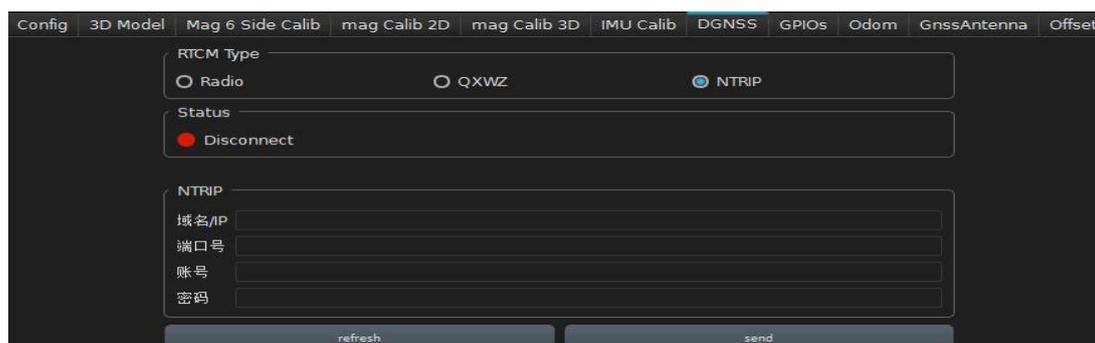
Radio: 电台模式。需要自行配置基站:



QXWZ: 网络 RTK 模式。该模式需要连接网络, 同时输入千寻账号:



NTRIP: 局域网模式。配置基站后, 该基站附件的所有用户通过连接对应的局域网即可使用该基站:

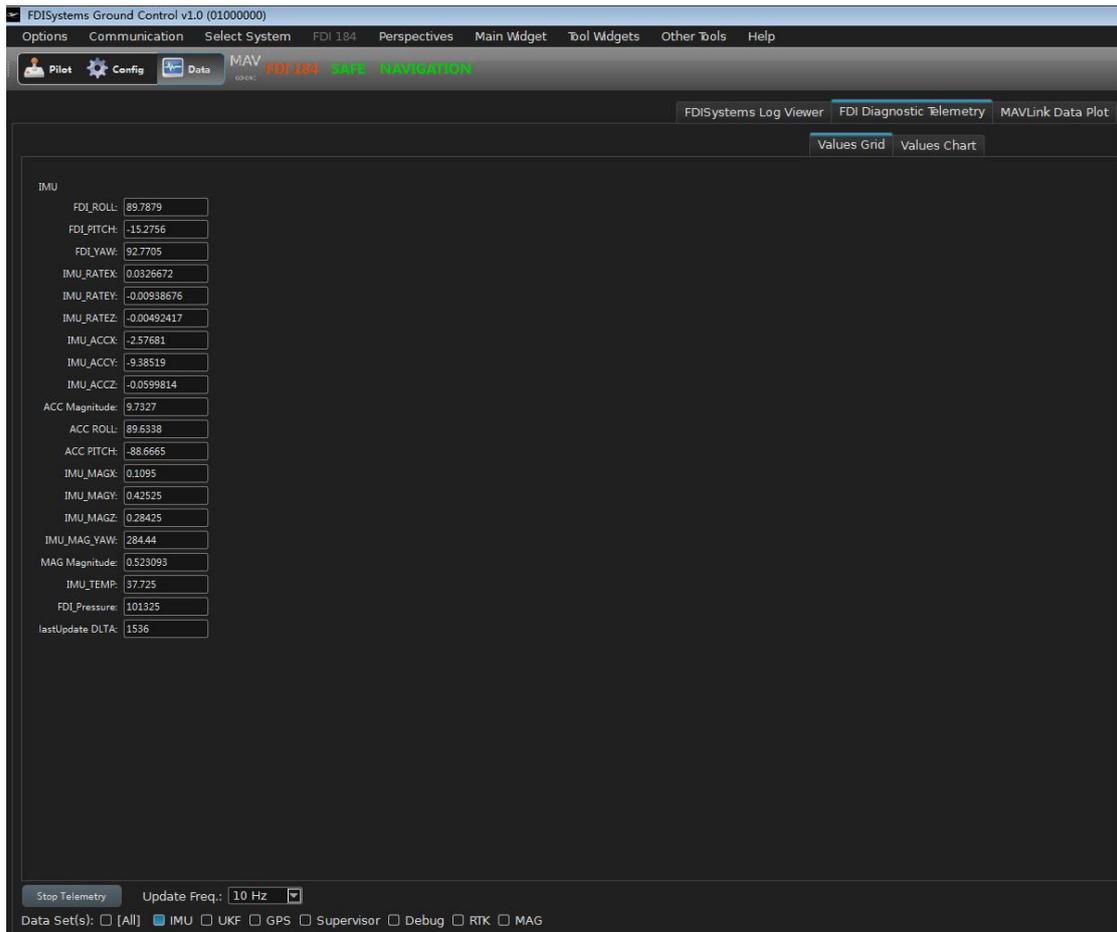


8. **GPIO** 界面：待补充。
9. **Odom** 界面：里程计校准，待补充。
10. **GnssAntenna** 界面：双天线校准，待补充。
11. **Offset** 界面：待补充。

1.2.2.3 Data 界面

该界面由 **FDIsystems Log Viewer**、**FDI Diagnostic Telemetry** 和 **MAVlink Data Plot** 三部分组成：

- **FDIsystems Log Viewer**: 上位机作图界面，具体见 [1.5 FDI Ground Station Log 数据作图说明](#)。
- **FDI Diagnostic Telemetry**: 数据显示与记录界面。**Value Grid** 显示数据格，如下图所示：



Value chart 显示数据图表:

① **Start Telemetry:** 将勾选完的数据输出到图表中。

② **Data set(s):**数据输出类型，通过点击数据类型前面的方框来选择需要输出到图表中的数据，可以勾选多个。数据输出类型如下：

IMU: 惯导数据。

变量名	数据含义	单位
IMU.FDI_ROLL	融合后的横滚角	度 (°)
IMU.FDI_PITCH	融合后的俯仰角	度 (°)
IMU.FDI_YAW	融合后的航向角	度 (°)
IMU.IMU_RATEX	陀螺仪原始 X 轴角速度	弧度/秒 (rad/s)
IMU.IMU_RATEY	陀螺仪原始 Y 轴角速度	弧度/秒 (rad/s)
IMU.IMU_RATEZ	陀螺仪原始 Z 轴角速度	弧度/秒 (rad/s)
IMU.IMU_ACCX	加速度计原始 X 轴加速度	米/秒平方 (m/s ²)

IMU.IMU_ACCY	加速度计原始 Y 轴加速度	米/秒平方 (m/s ²)
IMU.IMU_ACCZ	加速度计原始 Z 轴加速度	米/秒平方 (m/s ²)
IMU.ACC Magnitude	加速度计输出加速度模 值	米/秒平方 (m/s ²)
IMU.ACC ROLL	仅由加速度计数据计算的 横滚角	度 (°)
IMU.ACC PITCH	仅由加速度计数据计算的 俯仰角	度 (°)
IMU.IMU_MAGX	磁力计原始 X 轴磁场强度	高斯 (guass)
IMU.IMU_MAGY	磁力计原始 Y 轴磁场强度	高斯 (guass)
IMU.IMU_MAGZ	磁力计原始 Z 轴磁场强度	高斯 (guass)
IMU.IMU_MAG_YAW	仅由磁力计数据计算的 磁航向角	度 (°)
IMU.MAG Magnitude	磁力计输出磁场强度模 值	高斯 (guass)
IMU.IMU_TEMP	传感器温度	摄氏度 (°C)
IMU.FDI_Pressure	气压计原始气压值	帕斯卡 (Pa)
IMU.lastUpdate DLTA		

UKF: SPKF 融合数据。

变量名	数据含义	单位
UKF.UKF_POSN	融合后的北向位置	米 (m)
UKF.UKF_POSE	融合后的东向位置	米 (m)
UKF.UKF_POSD	融合后的地向位置	米 (m)
UKF.UKF_VELN	融合后的北向速度	米/秒 (m/s)
UKF.UKF_VELE	融合后的东向速度	米/秒 (m/s)
UKF.UKF_VELD	融合后的地向速度	米/秒 (m/s)
UKF.UKF_LON	融合后的经度	度 (°)
UKF.UKF_LAT	融合后的纬度	度 (°)
UKF.UKF_GYO_BIAS_X	陀螺仪 X 轴动态零偏	弧度/秒 (rad/s)
UKF.UKF_GYO_BIAS_Y	陀螺仪 Y 轴动态零偏	弧度/秒 (rad/s)
UKF.UKF_GYO_BIAS_Z	陀螺仪 Z 轴动态零偏	弧度/秒 (rad/s)
UKF.UKF_ACC_BIAS_X	加速度计 X 轴动态零偏	米/秒平方 (m/s ²)
UKF.UKF_ACC_BIAS_Y	加速度计 Y 轴动态零偏	米/秒平方 (m/s ²)
UKF.UKF_ACC_BIAS_Z	加速度计 Z 轴动态零偏	米/秒平方 (m/s ²)
UKF.UKF_QUAT_W	融合后的四元数	
UKF.UKF_QUAT_X		
UKF.UKF_QUAT_Y		
UKF.UKF_QUAT_Z		

GPS: GPS 数据。

变量名	数据含义	单位
GPS.Lat	GPS 原始纬度	度 (°)
GPS.Lon	GPS 原始经度	度 (°)
GPS.LocalN	根据原始经纬度推算的北向粗略位置	米 (m)
GPS.LocalE	根据原始经纬度推算的东向粗略位置	米 (m)
GPS.hAcc	水平准确估计	米 (m)
GPS.vAcc	垂直准确估计	米 (m)
GPS.course	GPS 原始航迹角	度 (°)
GPS.height	GPS 原始高度	米 (m)
GPS.pDOP	GPS 位置精度因子	
GPS.tDOP	GPS 时间精度因子	
GPS.velN	GPS 原始北向速度	米/秒 (m/s)
GPS.velE	GPS 原始东向速度	米/秒 (m/s)
GPS.velD	GPS 原始地向速度	米/秒 (m/s)
GPS.lastPosUpdt		
GPS.lastMessege		
GPS.timeOfWeek		
GPS.posN	根据原始经纬度推算的北向位置	米 (m)
GPS.posE	根据原始经纬度推算的东向位置	米 (m)

RTK: 移动站和移动基站数据，用于双天线模式。

变量名	数据含义	单位
RTK.Lat	移动基站原始纬度	度 (°)
RTK.Lon	移动基站原始经度	度 (°)
RTK.Height	移动基站原始高度	米 (m)
RTK.movingBaseVelN	移动基站原始北向速度	米/秒 (m/s)
RTK.movingBaseVelE	移动基站原始东向速度	米/秒 (m/s)
RTK.movingBaseVelD	移动基站原始地向速度	米/秒 (m/s)
RTK.movingBaseRelLength	移动基站与基站之间的距离	米 (m)
RTK.movingBaseRelHeading	移动基站与基站形成的航向角	度 (°)
RTK.movingBaseRelN	移动基站在以基站为原点的北向位置	米 (m)

RTK.movingBaseRelE	移动基站在以基站为原点的东向位置	米 (m)
RTK.movingBaseRelD	移动基站在以基站为原点的地向位置	米 (m)
RTK.RoverRelLength	移动站与移动基站之间的距离 (双天线基线长度)	米 (m)
RTK.RoverRelHeading	双天线航向	度 (°)
RTK.RoverRelN	双天线基线在北向的位置	米 (m)
RTK.RoverRelE	双天线基线在东向的位置	米 (m)
RTK.RoverRelD	双天线基线在地向的位置	米 (m)
RTK.lastUpdate DLTA		

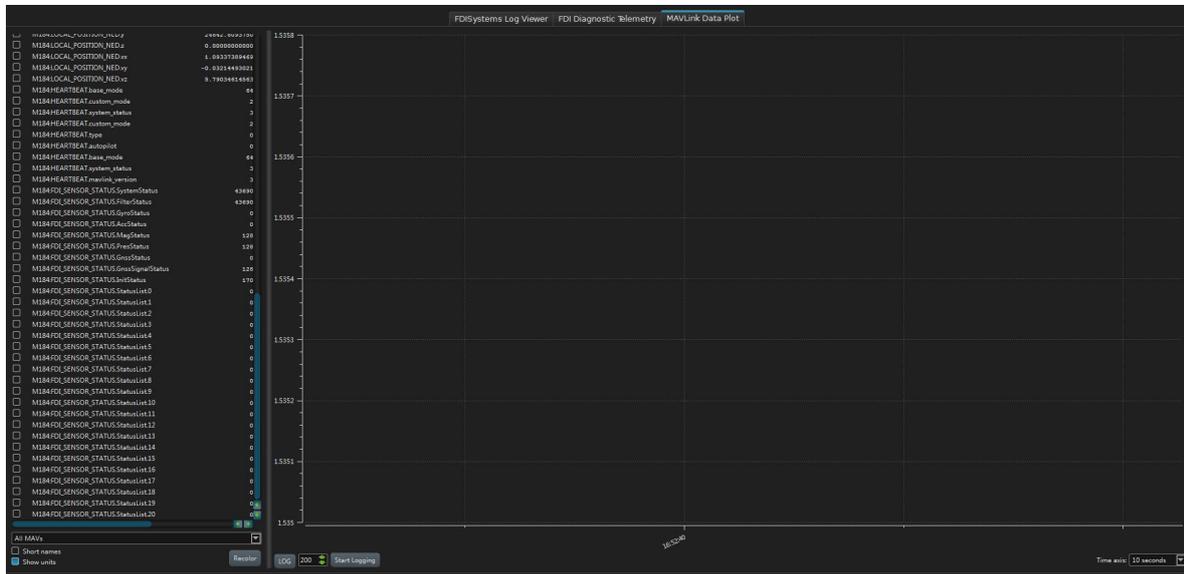
③ **Value Selection:**选中数据类型的数值显示界面，包含原始值 **Val**，平均值 **Mean** 和方差 **Variance**，勾选数据左侧的方框即可在右边显示对应的曲线。

④ **Avg.Window, Time Span:** 纵坐标与横坐标的范围，可以进行调整。

⑤ **Start Logging:** 数据记录功能，点击它将输出的数据以 **txt** 格式或者 **log** 格式保存到指定的位置中。注意需要将数据在左侧 **Value Selection** 界面中进行勾选，如下图所示，再次点击该图标数据记录结束,同时生成对应的格式文件，**txt** 文件可以直接查看数据，**log** 文件用于导入上位机作图。



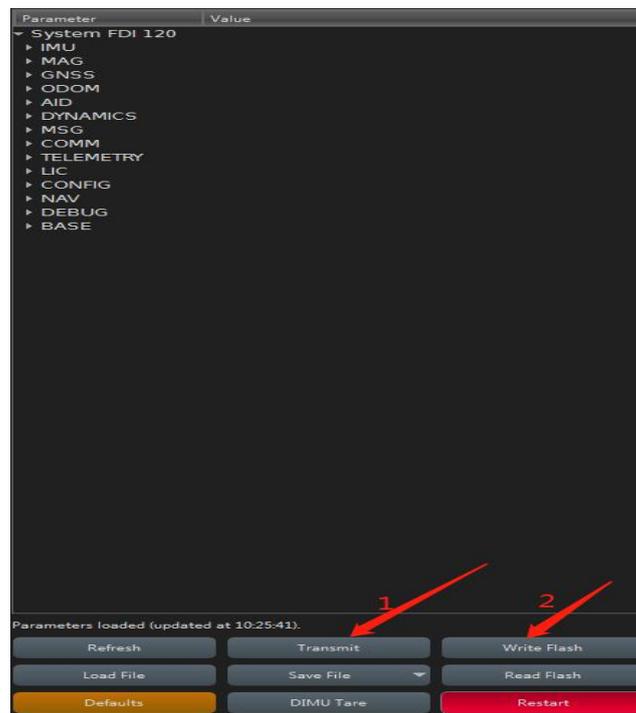
● MAVLink Data Plot: MAVLink 数据输出图表:



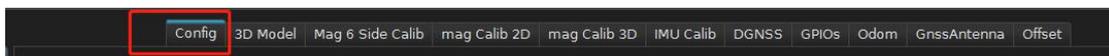
1.2.3 如何保存修改的参数和配置

当用户在 **FDIGroundStation** 中修改了参数或者配置的话，需要写入到模块内进行保存，否则修改不生效。具体操作步骤如下：

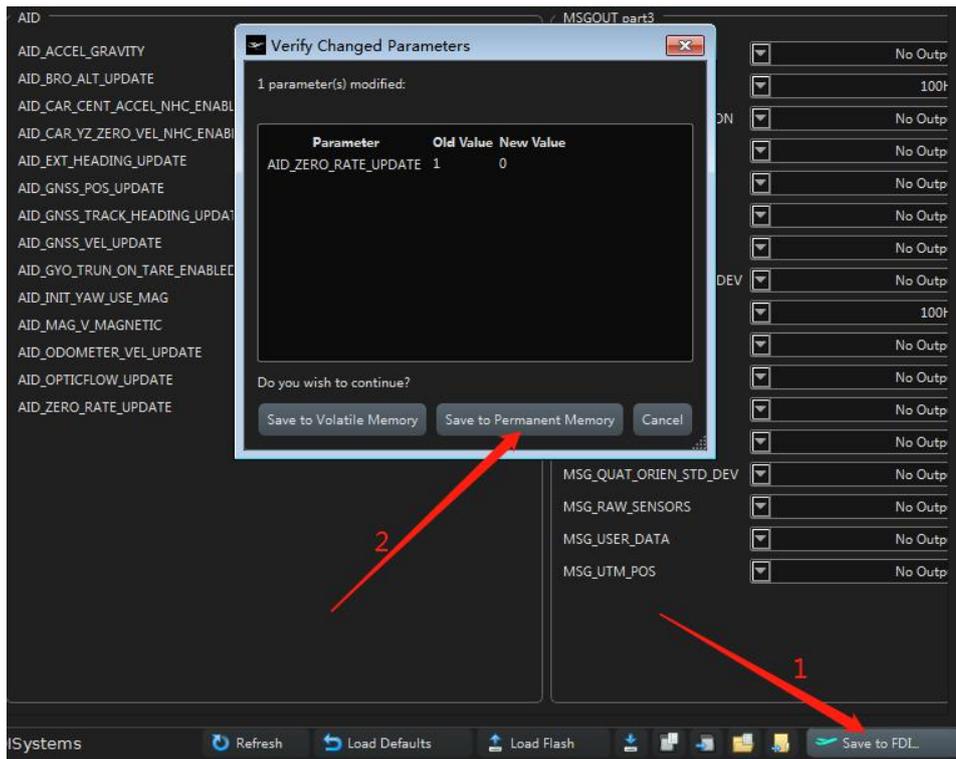
1. 对 **config** 界面 **Onboard parameters** 里的参数进行了修改，亦或是完成了磁力计校准，里程计校准以及双天线校准等操作之后，需要将新的参数传递到参数表中并写入 **Flash**：依次点击 **Transmit** 按钮和 **Write Flash** 按钮：



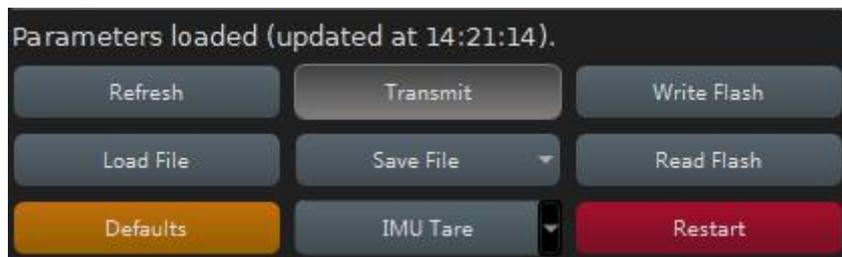
2. 对 **config** 界面里的 **config** 主界面进行了配置修改同样需要进行保存：



比如用户修改了 **AID** 配置后，依次点击右下角的 **Save to FDI** 按钮，然后在弹出的窗口中点击 **Save to Permanent Memory** 即可完成配置保存，如下图所示。



1.2.4 系统重启，调平和参数导入导出



上述功能均在 **config** 界面的功能按钮中实现，如上图所示：

- **Restart:** 系统重启按钮。当用户修改了参数或者配置时，通过该按钮对系统进行重启，比如打开磁力计开关，进行了磁力计校准等操作；模块输出姿态发散，或者出现系统问题时也可以点击该按钮重启。该功能的作用等价于模块重新上电。
- **IMU Tare:** 该功能右侧有一个箭头，点击该箭头将显示如下图所示界面：



Level: 坐标系转换功能按钮。将模块安装平面**水平放置**时(通过全站仪或者气泡居中方法), 此时输出的俯仰角和横滚角一般不为零, 说明模块与安装平面存在安装误差角。将模块静止放置, 点击该按钮后上位机将自动计算出该安装误差角的大小, 通过模块内置的旋转矩阵算法将模块坐标系转换到安装平面坐标系。该功能一般用于 **RTK** 倾斜测量领域, 点击完该按钮后需要点击 **Write Flash** 按钮进行参数保存。

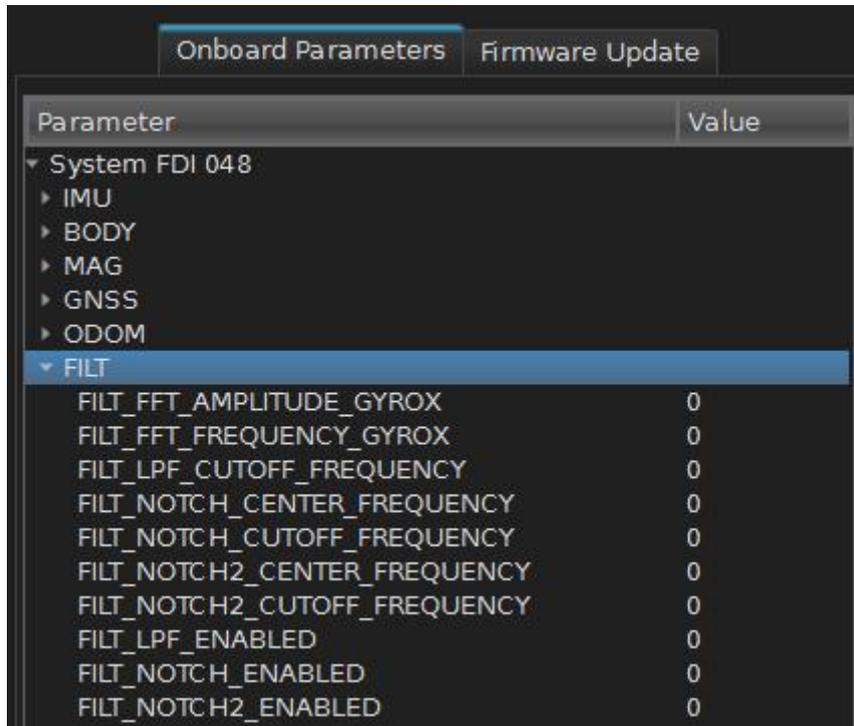
Acc Tare: 加表调平按钮。模块静止时加速度计输出的模长理论上为 **1g** (约 9.8m/s^2), 如果加速度计输出的真实模长与 **1g** 相差较大, 则可以通过该按钮对加速度计零偏进行重新修正, 使其回到 **1g** 附近。注意点击该按钮前模块必须处于**水平静止状态**, 点击完该按钮后需要点击 **Write Flash** 按钮进行参数保存。

Gyro Tare: 陀螺仪调平按钮。该按钮的功能是重新计算陀螺仪静态零偏, 从而使减去零偏之后的陀螺仪三轴角速度回到零附近。该按钮必须在模块**静止**时操作, 否则计算出来的零偏有误, 从而导致姿态漂移。如果用户在**静止**时发现姿态角在漂移, 一般是陀螺仪静态零偏计算有误, 建议点击该按钮进行重新校准, 点击完该按钮后需要点击 **Write Flash** 按钮进行参数保存。

Level + Gyro(Default): 该按钮的作用等同于点击一次 **Level** 按钮再点击一次 **Gyro** 按钮。

- **Save File:** 参数表保存按钮。点击该按钮后, 可以将 **Onboard parameters** 里的参数保存为 **txt** 文件格式。**FDIsystem** 的研发人员如果需要对用户的模块进行参数修改以提高使用性能时, 用户可以点击此按钮将 **txt** 文档发送给研发人员。
- **Load File:** 参数表写入按钮。**FDIsystem** 的研发人员对 **txt** 文档修改后发送给用户, 用户通过该按钮即能将新的参数写入模块中。点击过后需要对参数进行传递和保存否则下次上电时修改的参数会丢失。完整的操作步骤为:
Load File->Transmit->Write Flash。
- **Refresh:** 参数刷新按钮。点击该按钮对参数表和配置表进行刷新, 当用户在 **config** 界面修改了参数或者配置后, 通过该按钮可以验证改写的参数是否成功写入模块 **Flash** 中; 或者 **config** 界面有部分参数未显示完全时, 也需要点击该按钮使其恢复正常。

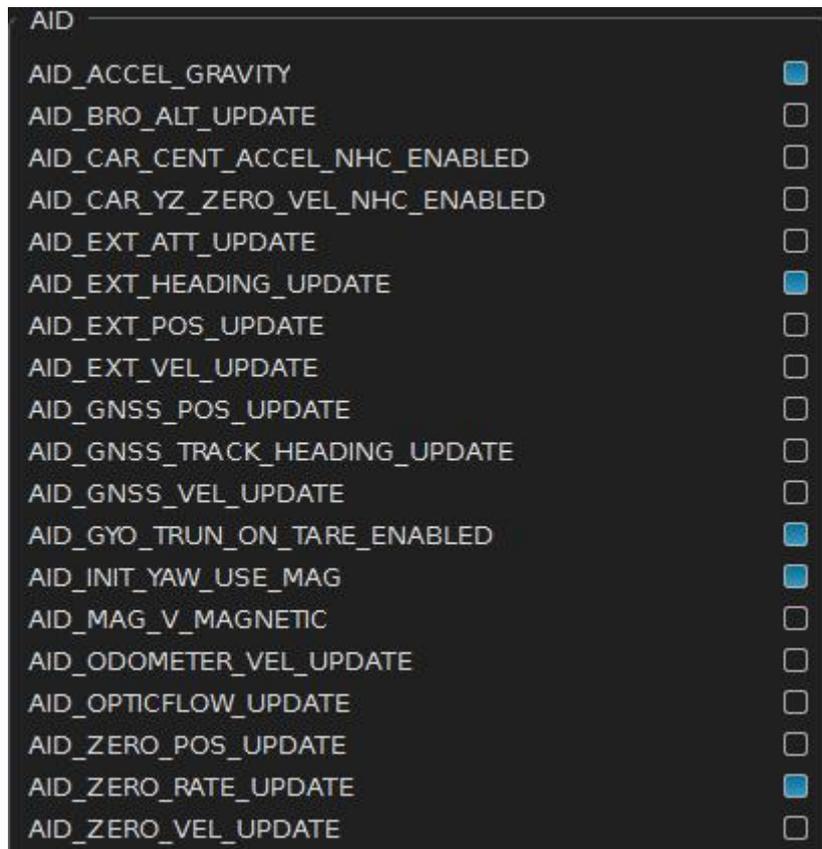
1.2.5 低通滤波器与陷波滤波器



The screenshot shows a software interface with two tabs: "Onboard Parameters" (selected) and "Firmware Update". Below the tabs is a table with two columns: "Parameter" and "Value". The table is organized into a tree structure. The "System FDI 048" category is expanded, showing sub-categories: IMU, BODY, MAG, GNSS, ODOM, and FILT. The "FILT" category is selected and expanded, showing a list of filter parameters, all of which have a value of 0.

Parameter	Value
System FDI 048	
IMU	
BODY	
MAG	
GNSS	
ODOM	
FILT	
FILT_FFT_AMPLITUDE_GYROX	0
FILT_FFT_FREQUENCY_GYROX	0
FILT_LPF_CUTOFF_FREQUENCY	0
FILT_NOTCH_CENTER_FREQUENCY	0
FILT_NOTCH_CUTOFF_FREQUENCY	0
FILT_NOTCH2_CENTER_FREQUENCY	0
FILT_NOTCH2_CUTOFF_FREQUENCY	0
FILT_LPF_ENABLED	0
FILT_NOTCH_ENABLED	0
FILT_NOTCH2_ENABLED	0

1.3 FDIGroundStation SPKF 融合开关说明

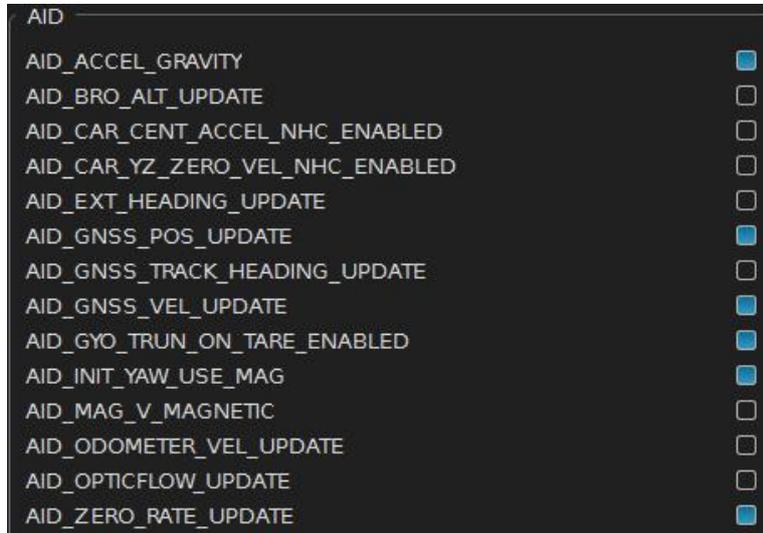


正如 1.2.2.2 节所描述的，Config 界面的 AID 界面配置 SPKF 所使用的融合算法类型：

开关类型	说明
AID_ACCEL_GRAVITY	加速度计融合开关
AID_BRO_ALT_UPDATE	气压计融合开关
AID_CAR_CENT_ACCEL_NHC_ENABLED	汽车向心加速度补偿开关
AID_CAR_YZ_ZERO_VEL_NHC_ENABLED	汽车零速更新开关
AID_EXT_HEADING_UPDATE	外部航向输入开关
AID_GNSS_POS_UPDATE	GNSS 位置融合开关
AID_GNSS_TRACK_HEADING_UPDATE	GNSS 航迹角融合开关
AID_GNSS_VEL_UPDATE	GNSS 速度融合开关
AID_GYO_TURN_ON_TARE_ENABLED	开机时静态陀螺零偏估计开关
AID_INIT_YAW_USE_MAG	磁力计初始化航向角开关
AID_MAG_V_MAGNETIC	磁力计融合开关
AID_ODOMETER_VEL_UPDATE	里程计融合开关
AID_OPTICFLOW_UPDATE	光流计融合开关
AID_ZERO_POS_UPDATE	零位置更新开关

AID_ZERO_RATE_UPDATE	零角速度更新开关
AID_ZERO_VEL_UPDATE	零速度更新开关

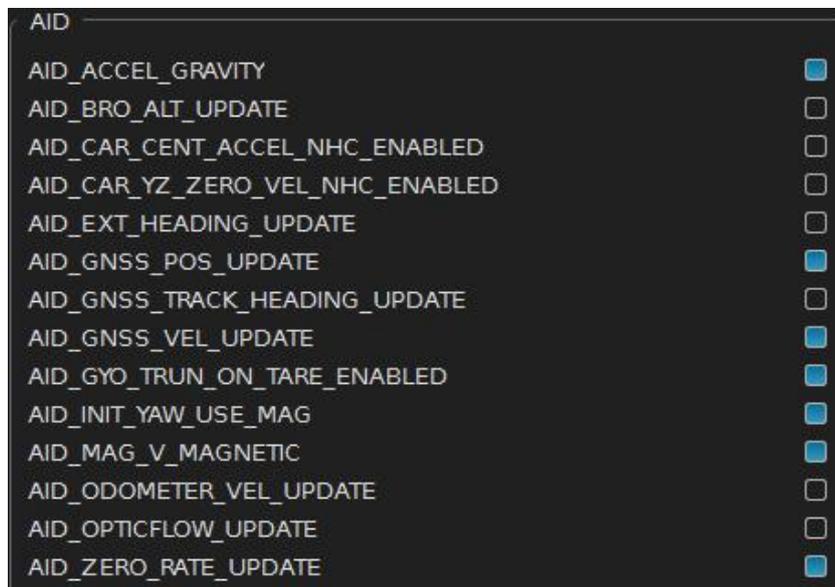
FDIssystem 默认给用户设置的配置如下：



这是 6 轴融合配置：

- **AID_ACCEL_GRAVITY:** 该配置使用加速度计融合从而稳定横滚角和俯仰角；
- **AID_GNSS_POS_UPDATE, AID_GNSS_VEL_UPDATE:** 允许外接 GNSS 数据进行速度和位置融合；
- **AID_GYO_TURN_ON_TARE_ENABLED:** 上电时会自动计算一次陀螺仪静态零偏，需要模块静止放置，如果用户使用环境无法做到静止启动，则关闭该开关；
- **AID_INIT_YAW_USE_MAG:** 上电时使用磁力计对航向进行初始化，如果用户需要启动时从零开始的航向角，则关闭该开关；
- **AID_ZERO_RATE_UPDATE:** 模块判断静止时计算陀螺仪动态零偏。需要注意以下情况可能导致错误地估计陀螺仪动态零偏：模块旋转角速度低于 $0.5^{\circ}/s$ 。

如果用户需要绝对的航向角数据，那么默认的配置如下：

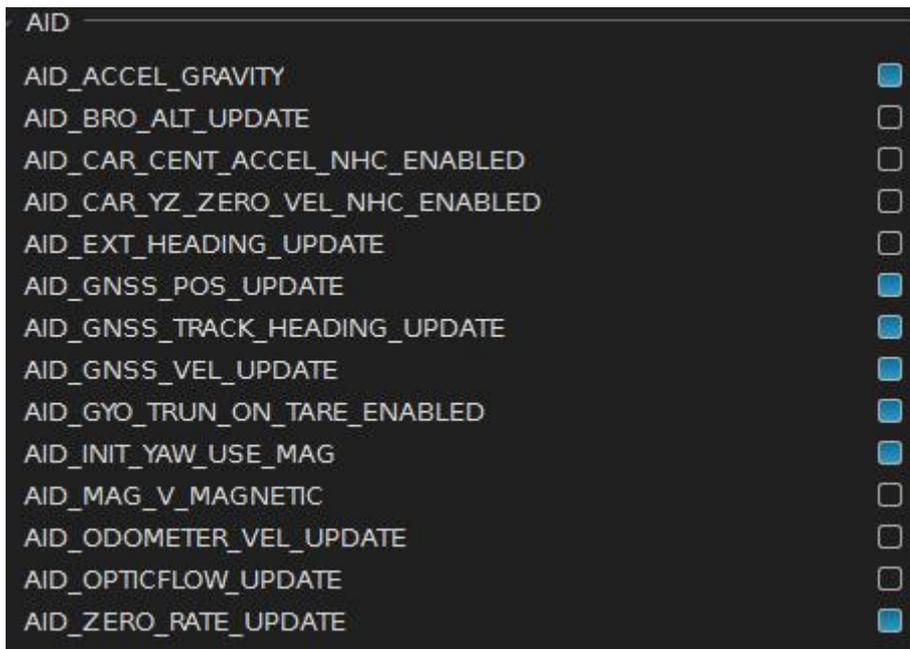


这是 9 轴融合配置，相比 6 轴融合配置，增加了 **AID_MAG_V_MAGNETIC** 磁力计融合开关。注意在打开此开关前，需要对磁力计进行软磁和硬磁校准，具体见 [1.4 FDIGroundStation 磁力计校准说明](#)。

如果用户使用环境存在较大的磁干扰，该场景下 **AID_MAG_V_MAGNETIC** 的开启可能会导致错误的航向角估计。通过 **Data** 界面 **IMU** 数据表的 **IMU.MAG Magnitude** 数据可以观察是否存在磁干扰：磁场稳定时该值基本稳定在当地磁场强度大小（约为 0.5 高斯）附近。

在外接 GNSS 数据的情况下，可以不使用磁力计获得绝对的航向数据：

- **GNSS 组合导航：**AID 界面配置同 6 轴融合配置，上电时使用磁力计对航向进行初始化，然后通过 GNSS 速度融合和位置融合对航向进行修正，当进行频繁且显著的加速（例如转弯）时，可以很好地观察到航向。
- **GNSS 航迹角融合：**AID 界面配置如下，打开使用 GNSS 航迹角进行融合。该模式意味着具有一定的速度便能获得航向估计。它还要求车辆前进，没有任何侧滑。例如，如果飞机由于侧风而漂移，则在飞机上使用 GNSS 航迹角会导致错误的航向。建议将该模式用于汽车应用。



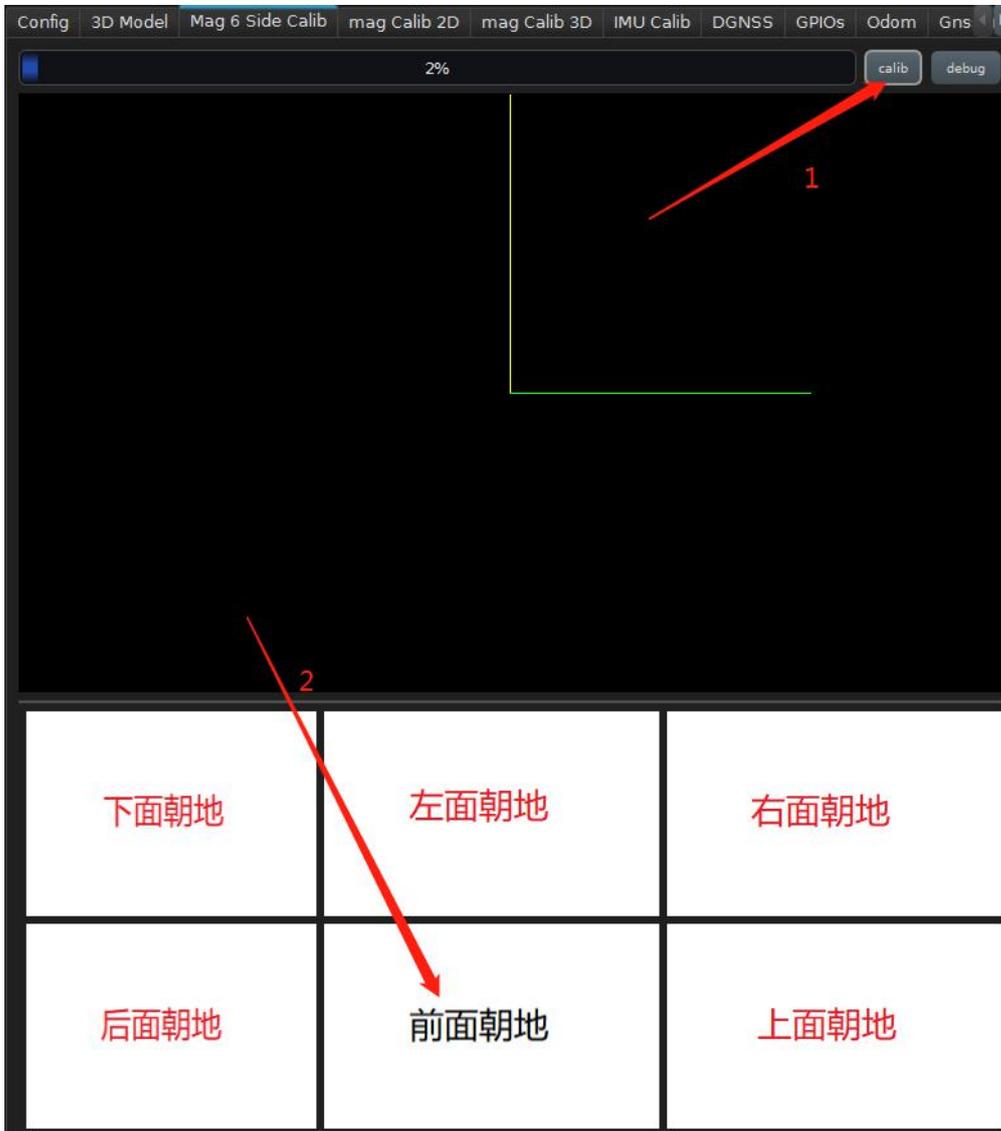
- **GNSS 双天线航向融合：**DETA-系列没有该配置选项。**GNSS 真航向**是通过在同一 **GNSS** 接收器上使用两个天线来实现的。该方法使用两个 **GNSS** 天线来提供有效的真实航向角，即使在静止时也是如此。双天线基线矢量越长，双天线航向角的精度越高，但是它比单天线系统对 **GNSS** 信号的接收条件更敏感，它应该在开阔的天空条件下运行。

1.4 FDIGroundStation 磁力计校准说明

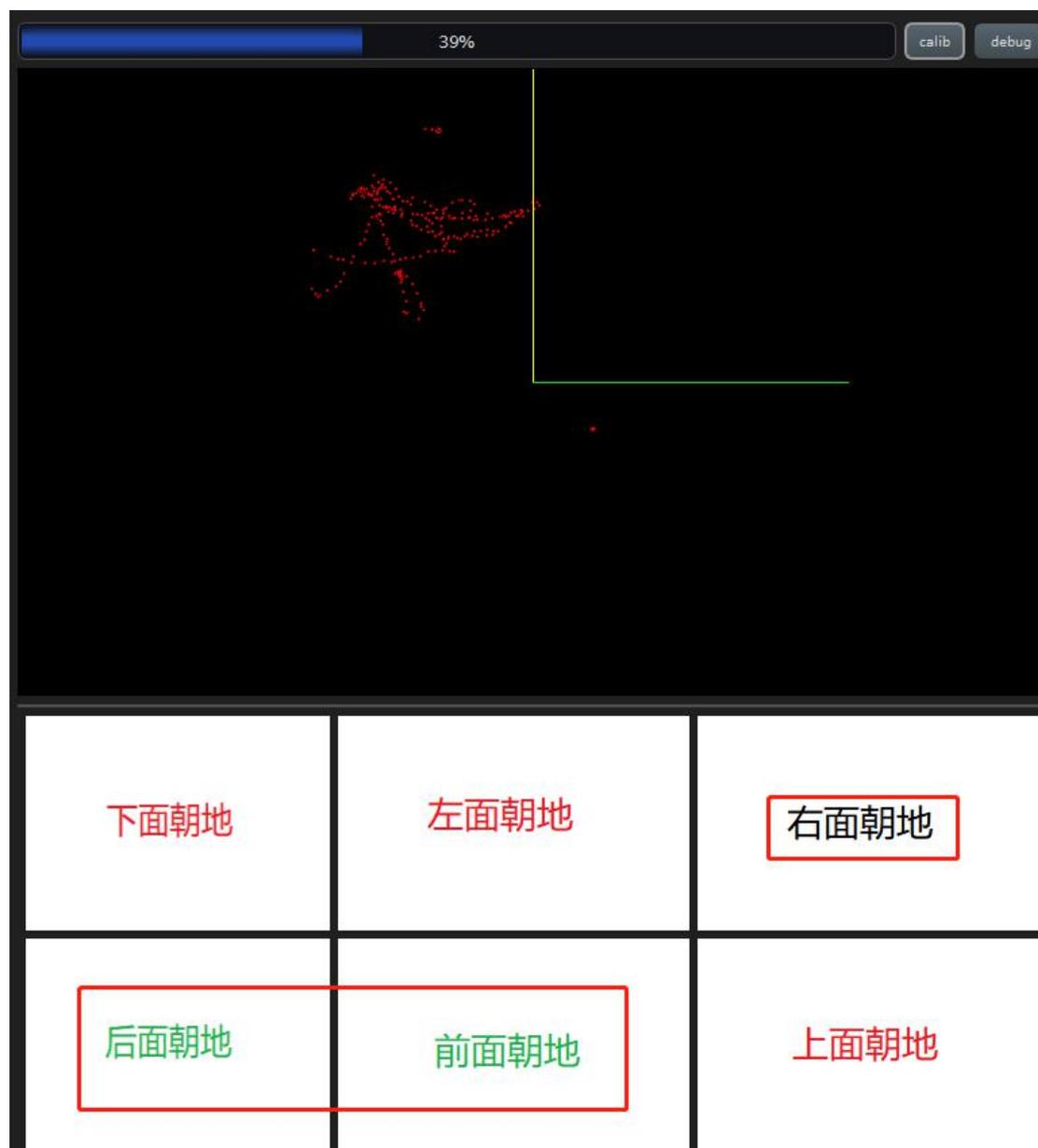
FDIsystem 上位机提供了 Mag 6 side Calib、mag Calib 2D 和 mag Calib 3D 三种磁力计校准功能，下面一一进行说明。

1.4.1 Mag 6 side Calib

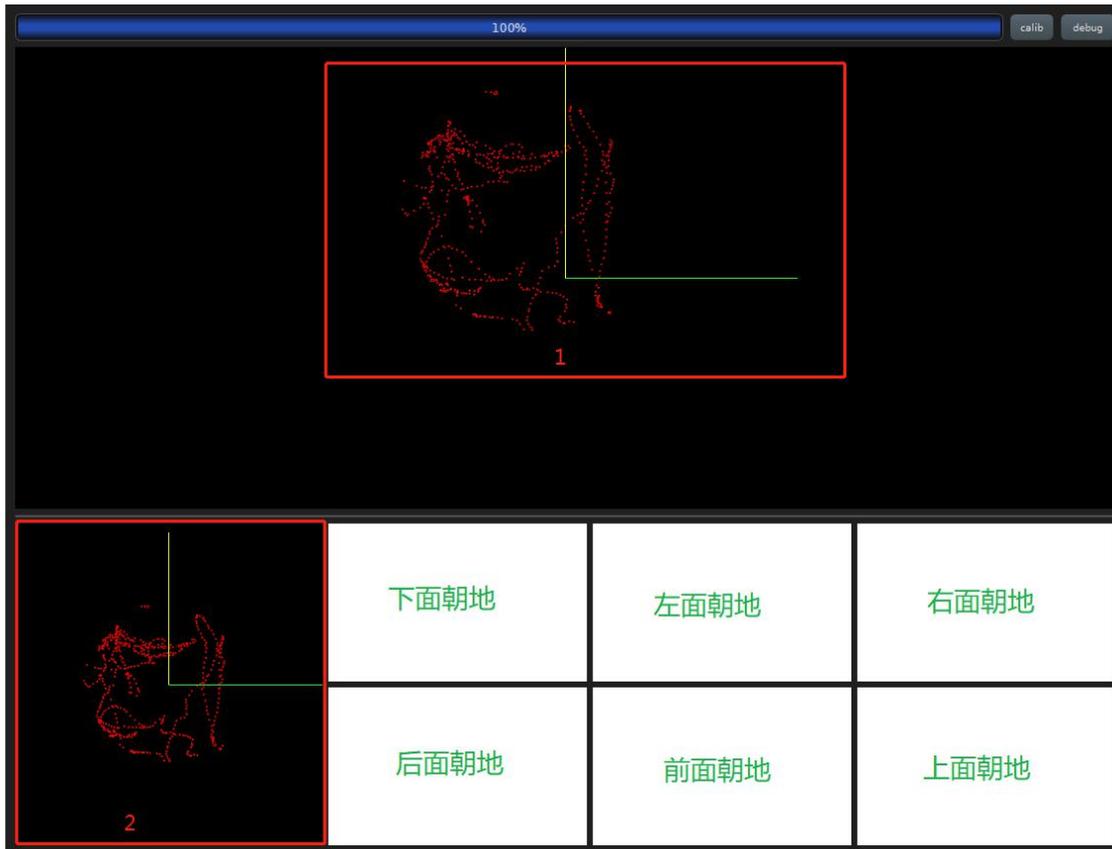
Mag 6 side Calib 又称为磁力计 6 面校准法，正如字面含义，需要对模块的 6 个平面进行软磁和硬磁校准，操作界面如下：



点击 **calib** 按钮开始校准，模块静止放置，模块自动判断当前处于哪一个平面，上图中模块检测为前面朝地状态，字体由红色变为黑色，此时绕该平面垂直方向旋转模块进行数据采集，系统判断采集数量足够时字体变为绿色，之后换一个位面进行相同操作，如下图所示，红色表示尚未采集平面，绿色表示采集完成平面，黑色表示当前正在采集平面：



当 6 个平面均完成数据采集后系统开始计算软磁和硬磁干扰，同时将校准完成后的采集点呈现在图中方便用户观察校准效果，如下所示，1 是校准前的图形，2 是校准后的图形：



此时参数表中获得磁力计软磁和硬磁相关的校准参数，需要写入到模块 **Flash** 中，否则再次上电后参数丢失。完整的操作为：

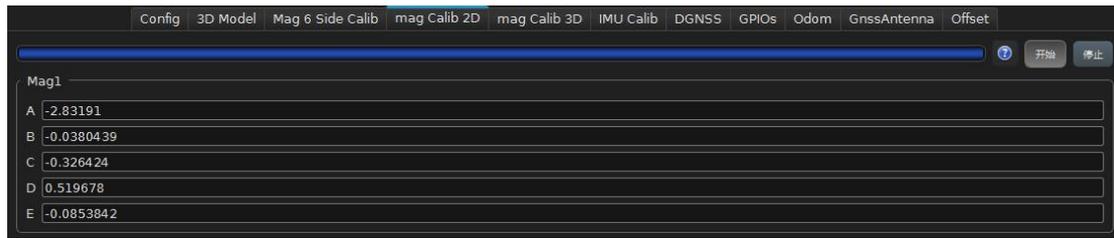
Mag 6 side Calib 校准结束->Transmit->Write Flash。

磁力计六面法的缺点是步骤繁琐，校准一次往往需要几分钟时间，一般不推荐使用该方法对磁力计校准。

1.4.2 mag Calib 2D

mag Calib 2D 又称为磁力计 2D 校准法，当模块安装在车载，船载和机载上时，磁力计无法在整个空间内运动，此时所有的 3D 磁力计校准方法不可用，可采用该方法进行磁力计校准。注意使用 **mag Calib 2D** 的过程中 **AID** 界面的**磁力计融合开关**必须关闭。

该方法的使用较为简单，将模块静止放置在平面上后点击开始按钮，然后缓慢旋转模块在该平面上进行旋转运动，当进度条达到 **100%**时数据采集完成，开始计算磁力计校准相关参数，如下图所示，**A, B, C, D, E** 显示相关校准参数：



此时参数表中获得磁力计相关的校准参数，需要写入到模块 **Flash** 中否则再次上电后参数丢失。完整的操作为：

mag Calib 2D 校准结束->Transmit->Write Flash。

需要注意的是，该校准方法由于只采集了一个平面上的数据点，因此对该平面的软磁硬磁有不错的校准效果。但是当模块不在该平面上运动时，磁力计校准效果会下降，建议重新进行校准。

1.4.3 mag Calib 3D

mag Calib 3D 称为磁力计 3D 校准法，是 **FDI system** 推荐的一种磁力计校准方法。相比于 **Mag 6 side Calib**，该方法校准步骤简单，快速且有效，往往 10s-20s 左右的时间便能完成校准工作。经过 **FDI system** 的研发人员多次对比测验，该方法的校准效果与 **Mag 6 side Calib** 基本一致。

首先对 **mag Calib 3D** 界面进行说明：

- **拟合误差阈值 (%)**：该阈值表示校准中的校准效果好坏，当前拟合误差越小，说明校准效果越好。用户可以对该值进行设置，默认设置为 3。
- **最好的拟合误差 (%)**：校准过程中出现的最小拟合误差被记录在该值里。
- **当前计算的拟合误差 (%)**：当前校准过程中计算的拟合误差大小。
- **地磁场强度 (μT)**：根据算法计算得出的当地磁场强度大小。
- **校准算法**：判断处于哪种校准模式中，校准模式由低到高依次为 **Low**、**Mid**、**High**。
- **硬磁补偿**：算法计算得出的硬磁补偿矢量。
- **软磁补偿**：算法计算得出的软磁补偿矩阵。

具体操作步骤如下：

Step1: 用户设置完拟合误差阈值后，点击开始校准按钮进行校准，系统运行模式从 **NAVIGATION** 模式变为 **Calibration** 模式。

Step2: 用户手持模块在空中画八字形，**mag Calib 3D** 界面会实时更新校准结果。

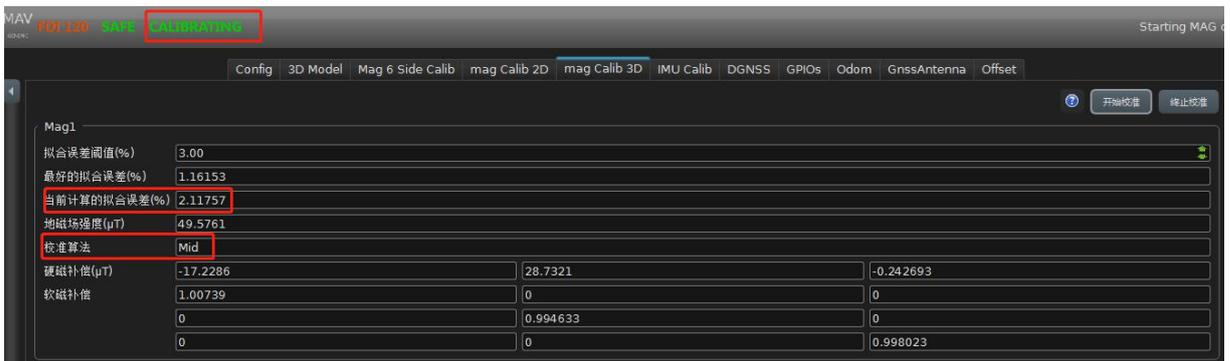
Step3: 当校准算法框里的显示由 **Low** 变到 **Mid** 再到 **High** 时，模块会自动判断当前计算的拟合误差是否小于设置的拟合误差阈值，如果小于则停止校准，同时系统运行模式从 **Calibration** 模式变回 **NAVIGATION** 模式。否则继续校准。

Step4: 如果当前的拟合误差始终无法小于拟合误差阈值，则点击终止校准按钮。然后再次点击开始校准按钮重新进行校准。产生上述现象的原因是校准环境不稳定，存在变化的磁场干扰，用户校准时需要远离这些干扰。

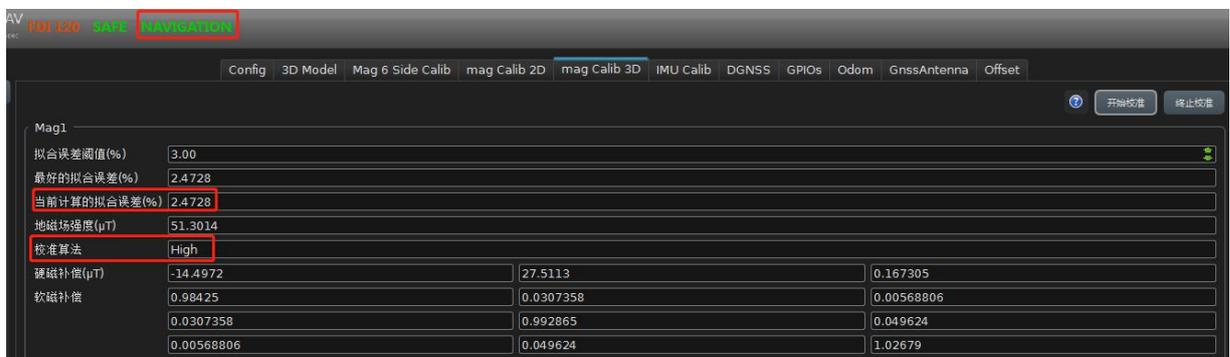
Step5: 校准完成后，点击 **Transmit** 按钮发送参数。

Step6: 点击 **Write Flash** 按钮将参数进行保存。

mag Calib 3D 校准过程中的界面如下所示：



mag Calib 3D 校准完成后的界面如下所示：



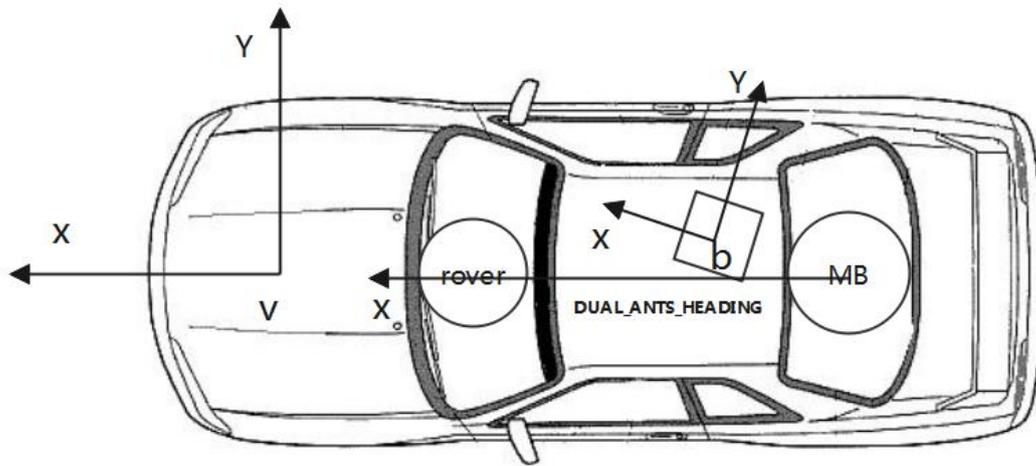
需要注意的是，无论使用上述哪一种磁力计校准功能，磁力计融合开关 **AID_MAG_V_MAGNETIC** 最好是关闭的，否则影响校准效果。

磁力计校准完成后，打开磁力计融合开关 **AID_MAG_V_MAGNETIC** 并进行配置保存，然后点击 **Restart** 按钮重新上电，即可使用 9 轴融合的姿态数据。

1.5 惯导双天线安装与校准说明

FDIsystem 的 DETA100 系列和 EPSILON 系列支持双天线定向功能，其优势是在静止或者低速的环境下能够获得精准的航向角度，因此能以最快的速度初始化 GNSS/INS 组合导航的航向角。由于双天线输出的航向角是由移动基站（MB）天线相位中心指向移动站（rover）天线相位中心的射线与地理北的夹角，即与双天线的相对安装位置息息相关，因此需要对惯导双天线的安装进行说明。

1.5.1 惯导双天线安装说明

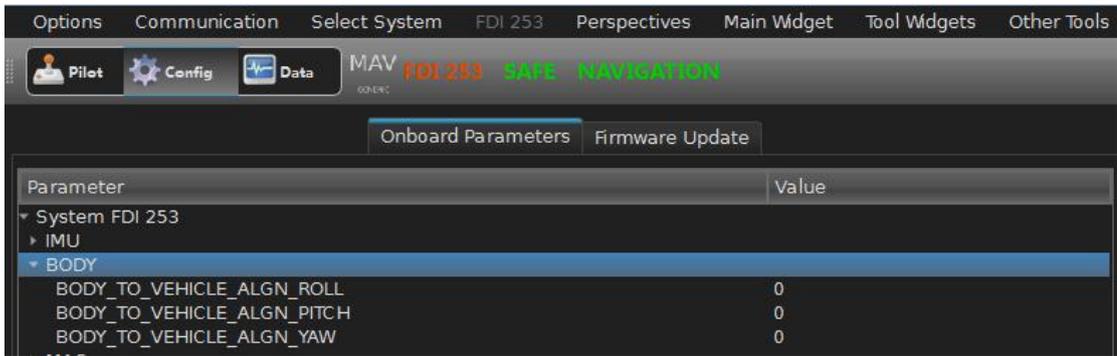


如上图所示，我们以车载为例，对几个坐标系以及符号进行简单说明：

- 符号 **v**：载体（vehicle）坐标系，X 轴指向载体前进方向，Y 轴朝右，Z 轴朝下，为右手坐标系。
- 符号 **b**：惯导（body）坐标系，X 轴，Y 轴与 Z 轴在标识在外壳上，组成方向与东北地坐标系一致。
- **rover**：代指移动站。
- **MB**：代指移动基站（MOVING_BASE）。
- **DUAL_ANTS_HEADING**：双天线航向角，定义为由移动基站（MB）天线相位中心指向移动站（rover）天线相位中心的射线与地理北的夹角，单位是度，范围 0° - -360° 。

如上图所示，惯导和天线安装在载体上时，最理想的状态是惯导坐标系 X 轴以及双天线 X 轴与载体坐标系 X 轴平行，这样惯导输出的航向角和双天线航向角就是载体前进方向。实际上，由于安装环境限制以及人为安装误差，惯导与双天线安装在载体上时与载体坐标系存在安装误差角，分别为惯导安装误差角和双天航向误差角。

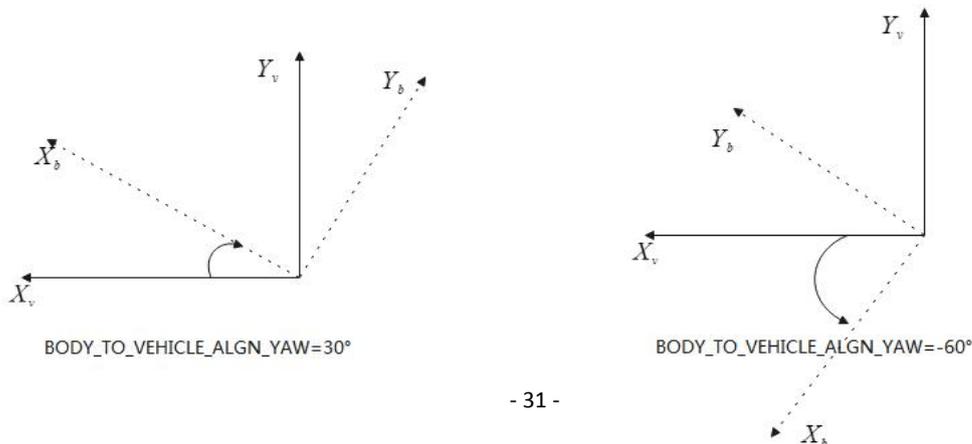
惯导坐标系与载体坐标系的安装误差角分为横滚安装误差角 **BODY_TO_VEHICLE_ALGN_ROLL**，俯仰安装误差角 **BODY_TO_VEHICLE_ALGN_PITCH** 和航向安装误差角 **BODY_TO_VEHICLE_ALGN_YAW**，在上位机参数表 (Parameter) 的 **BODY** 一栏中可以设置：



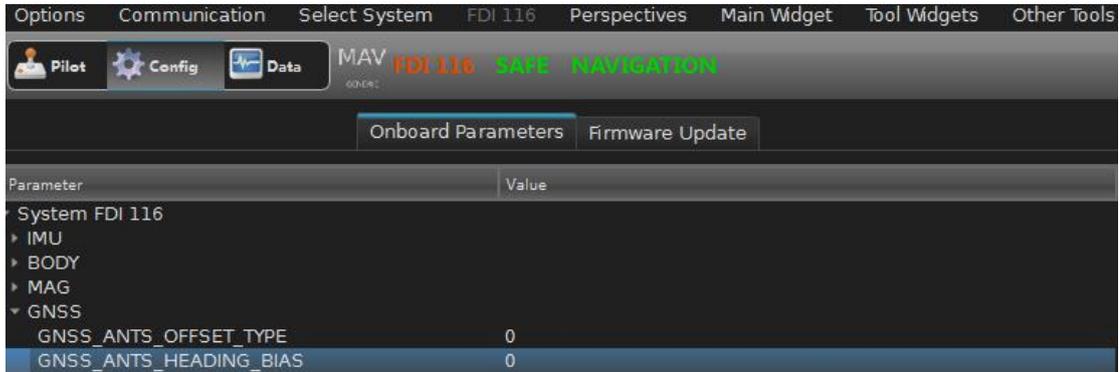
一般而言，惯导安装在载体上时，横滚和俯仰安装误差角很小，航向误差角较大，因此用户如果有全站仪等测量设备时，可以对航向误差角进行测量并填写到该参数表中，最后保存并写入到固件里。或者使用下一节提供的上位机校准工具进行自动计算。

惯导航向误差角定义如下：

$\Delta\psi$ 是一个 0° 到 180° 之间的角度，如果载体坐标系 v 系的 X 轴沿顺时针旋转 $\Delta\psi$ 能与惯导坐标系 b 系的 X 轴平行，则 **BODY_TO_VEHICLE_ALGN_YAW** 的值为 $\Delta\psi$ ；相对应的，如果载体坐标系 v 系的 X 轴沿逆时针旋转 $\Delta\psi$ 能与惯导坐标系 b 系的 X 轴平行，则 **BODY_TO_VEHICLE_ALGN_YAW** 的值为 $-\Delta\psi$ 。图示如下：



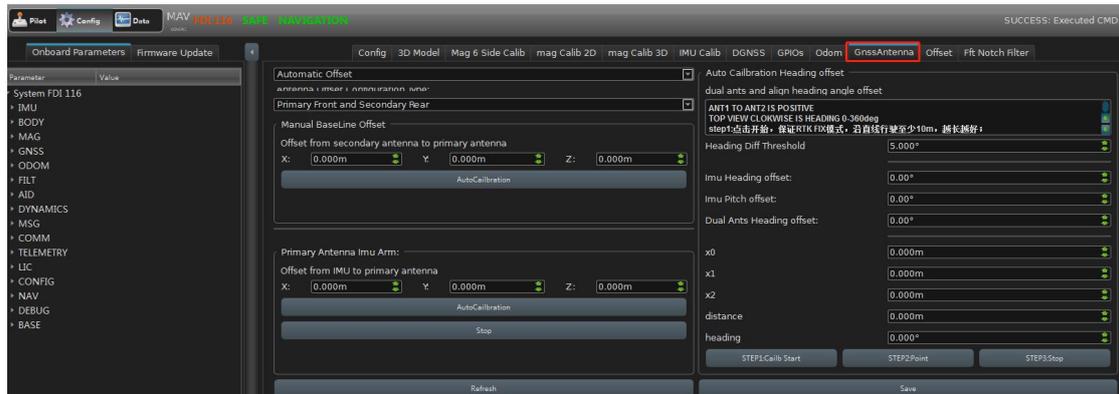
双天线航向误差角 **GNSS_ANTIS_HEADING_BIAS** 定义为双天线原始输出航向角与载体前进航向角之差，在上位机参数表（Parameter）的 **GNSS** 一栏中可以设置,单位是度：



双天线航向误差角定义与惯导航向误差角定义一致。

1.5.2 惯导双天线校准功能说明

当用户没有测量设备计算上述安装误差角时，可以使用 **FDIGroundStation** 自带的惯导双天线校准功能进行自动计算，该功能在 **Config** 界面的 **GNSSAntenna** 中：



该校准功能使用的前提是两个 GPS 模块均进入固定解，即必须设立基站给移动基发送 RTCM 数据，此时上位机右上方的状态必须变为绿色的 **RTK_DUAL** 字样：



具体校准步骤如下：

Step1: 点击 **STEP1:Calib Start** 按钮开始校准，此时下图中的 **x0** 被赋值。如果两个 GPS 模块没有进入固定解状态则会报错并退出。

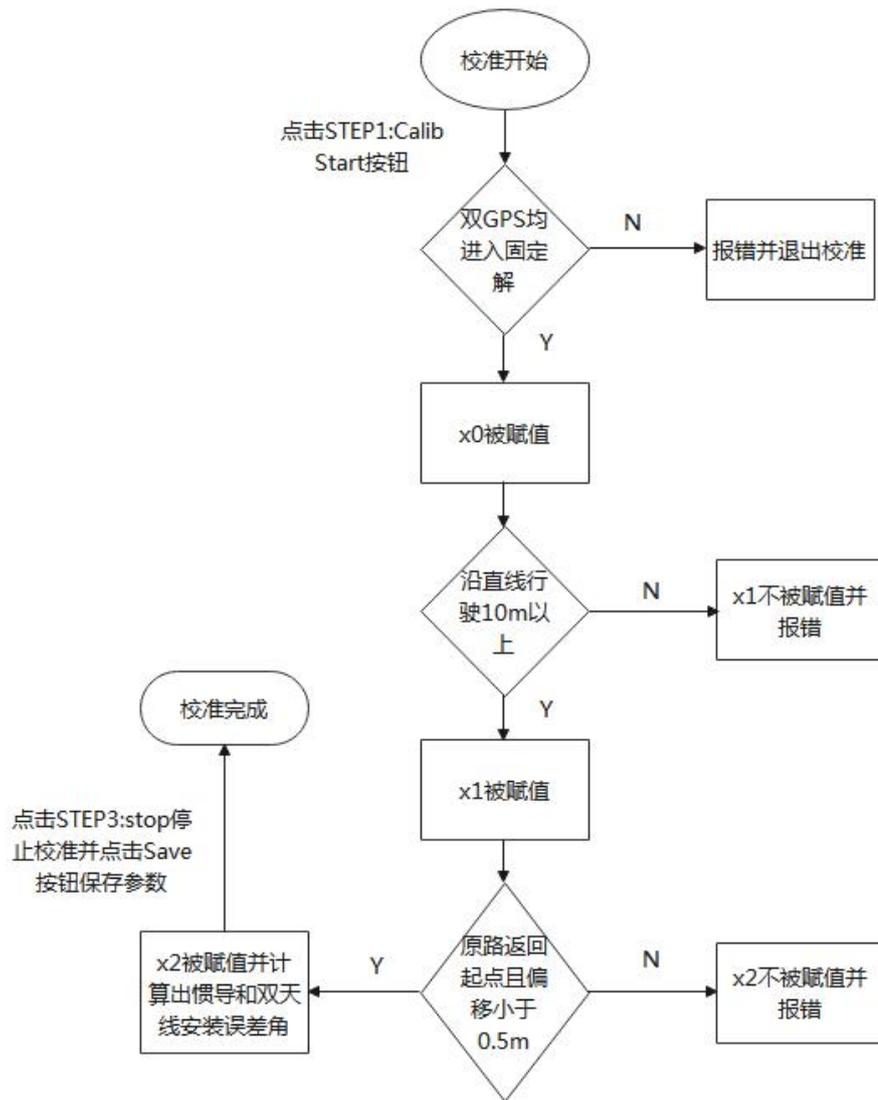
Step2: 沿**笔直路径**行驶至少 **10m** 的距离后停车，此时下图中的 **x1** 被赋值。注意必须沿直线行驶，否则校准效果很差。此时图中的 **x1** 被赋值。而图中的 **distance** 会实时显示行驶距离，可以通过该值判断行驶距离是否达到 **10m**。此外如果行驶到至少 **10m** 后停车，**x1** 没有被赋值则可能是没有沿直线行驶，航向出现偏移。此时点击 **STEP3:stop** 停止校准并返回 **Step1** 重新开始。

Step3: **x1** 被赋值后原路倒车回起点并停车，此时 **x2** 被赋值，同时下位机将自动计算出惯导和双天线安装误差角并在 **Imu Heading offset**、**Imu Pitch offset** 和 **Dual Ants Heading offset** 框中显示。如果 **x2** 没有被赋值说明回到起点的位置与原起点位置存在偏移，该值大于 **0.5m** 则 **x2** 不被赋值。此外如果不是沿直线路径回到起点则 **x2** 也不会被赋值，此时点击 **STEP3:stop** 停止校准并返回 **Step1** 重新开始。

Step4: 在 **x0**，**x1**、**x2** 均被赋值且惯导和双天线安装误差角均计算出结果后，点击 **STEP3:stop** 停止校准并点击 **Save** 按钮将参数保存到固件里，最后将模块重新上电，此时惯导坐标系 X 轴和双天线坐标系 X 轴均与载体坐标系 X 轴平行。



具体流程图如下：



1.5.3 惯导双天线校准总结

建议用户在安装惯导模块和双天线时,尽量将惯导 X 轴和双天线航向与载体前进方向平行。惯导和双天线安装误差角可以通过光学测量仪器或者 **FDIGroundStation** 自带的惯导双天线校准功能进行自动计算。

双天线校准功能计算出来的安装误差角也是存在一定误差的,其误差来源为:

1. 校准过程中载体运动轨迹不是直线,越偏离直线计算误差越大;
2. 惯导或双天线安装在载体上时没有完全固定,校准过程中若产生偏移则产生计算误差。
3. 陀螺仪和加速度计固有的误差,以及双天线输出航向角误差(基线越短误差越大,建议基线长度大于 1m)。

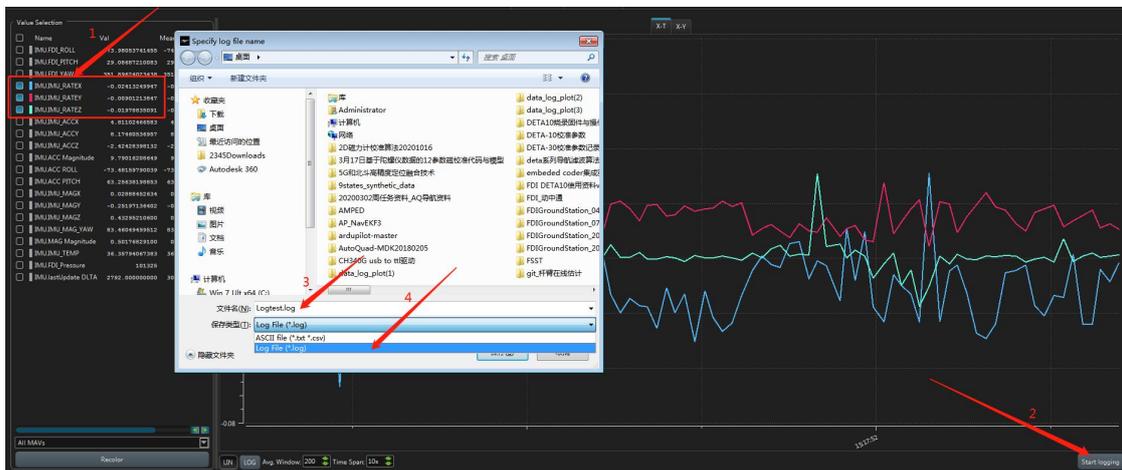
1.6 FDIGroundStation Log 数据作图说明

1.2.2.3 节对 **Data** 界面进行说明，同时也说明了如何对数据进行记录与保存。数据记录的格式分为 **txt** 格式和 **log** 格式，其中 **log** 格式的文件用于本节中的数据作图功能，操作步骤如下：

Step1: **Value Selection** 界面勾选需要记录的数据，如下图所示，本例勾选的是陀螺仪原始 3 轴输出角速度数据；

Step2: 点击右下角的 **Start logging** 按钮对数据进行记录与保存。

Step3: 输入保存的地址与文件名。



Step4: 选择保存类型为 **log** 文件。

Step5: 用户测试结束后，再次点击 **Stop logging** 按钮，数据记录结束。

Step6: 打开 **FDI systems Log Viewer** 界面，点击 **select Log file** 导入生成的 **log** 文件。

Step7: 勾选右上角需要显示的数据类型，点击 **Draw Graph** 按钮作图。

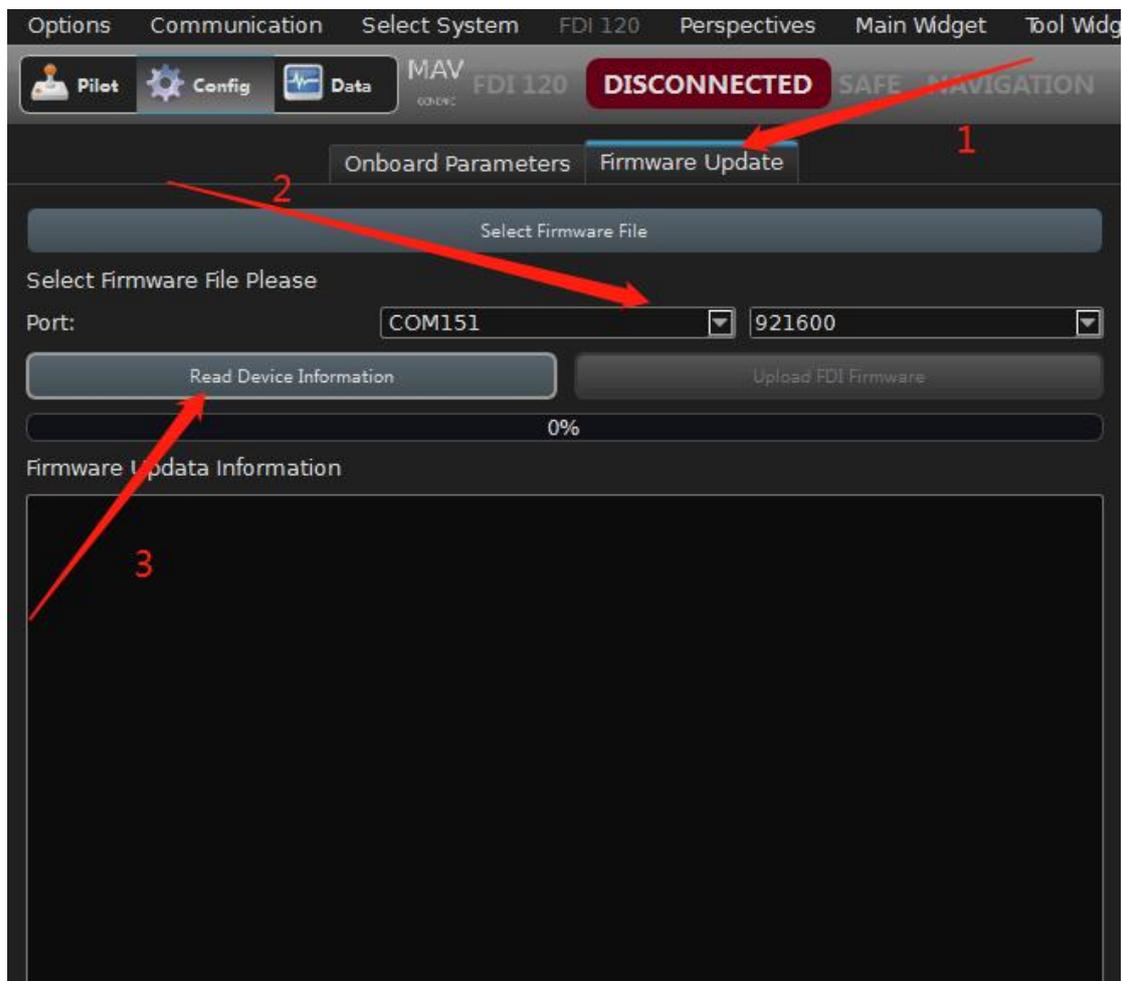
该界面作出的曲线支持放大缩小功能，同时将鼠标移动到曲线的某一点上可以显示该点的数值。



1.7 FDIGroundStation 固件升级

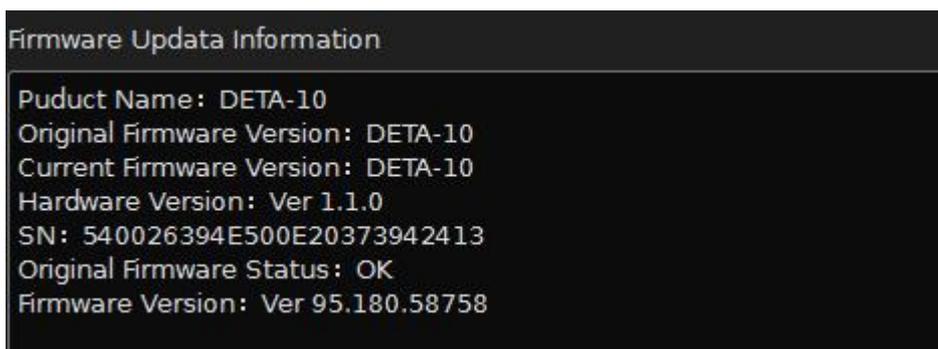
为了优化产品的性能，使用户得到更好的体验，FDIsystem 产品在不断地更新与升级中。基于此，用户可以通过 **FDIGroundStation** 对原先的固件进行升级，从而解决一些现有问题或者使用我们新开发的功能。

每一个模块在给用户之前均烧录了 **Bootloader** 引导程序。用户打开上位机，在离线状态下（不点击 **Connect** 按钮）点击 **Firmware update** 进入固件升级界面，如下图所示：



选择对应的 **COM** 端口号后，点击 **Read Device Information** 按钮读取固件信息，正常的固件信息如下图所示，本例中显示的为 **DETA-10** 固件信息，其中比较重要的信息为：

- **SN:** 模块芯片的 **ID** 序列，每一个芯片对应唯一一个 **SN** 序列。显示该序列说明芯片里烧录了 **Bootloader** 引导程序，因此可以进行固件升级。
- **Original Firmware Status:** 原始固件状态，当烧录了正常能够运行的固件后，该状态显示为 **OK**，否则显示为 **error**。

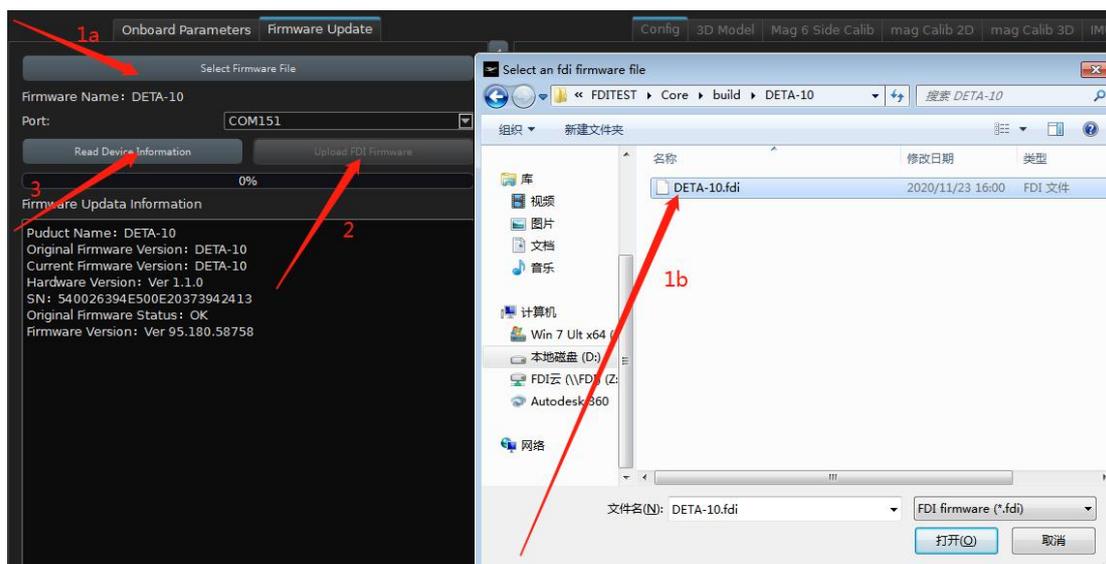


固件升级操作如下：

Step1: 点击 **Select Fireware File** 按钮，选择指定的 **fdi** 固件。

Step2: 点击 **Upload FDI Fireware** 按钮对当前固件进行升级，当进度条达到 100% 时升级完成。

Step3: 再次点击 **Read Device Information** 按钮读取固件信息，若显示内容与上图相同，则说明新的固件是可以运行的，烧录正常。

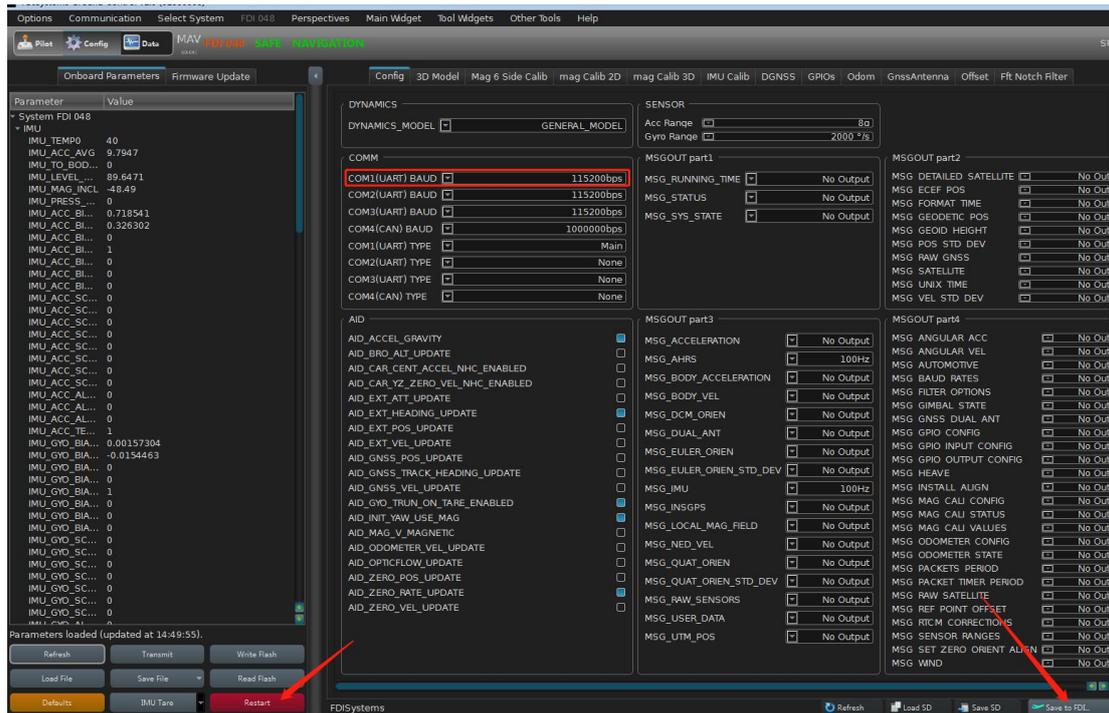


需要说明的是，目前 **FDIGroundStation** 仅支持波特率为 **921600bps** 的固件升级，如果用户修改了主端口的波特率，那么在升级前请修改为 **921600bps**，在固件升级完成后重新改回用户自己的波特率。

1.8 常见问题汇总与解答

问题一：我使用的的硬件平台不支持模块默认的 921600 波特率，需要将其降低为 115200 波特率应该怎么操作？

答：连接上位机后，在 Config 界面将 COMM1(UART)BAUD 从 921600 调整为 115200，然后点击 Save to FDI->Save to Permanent 进行保存写入，最后点击 Restart 按钮重启，选择 115200 波特率重新连接上位机即可，如下图所示：



也可以使用串口调试助手进行波特率配置，具体步骤为：

1、进入配置模式

```
#fconfig\r\n
```

2、查看 端口 1 的波特率

```
#fparam get COMM_BAUD1\r\n
```

3、设置端口 1 的波特率为 115200

```
#fparam set COMM_BAUD1 5\r\n
```

4、保存参数

```
#fsave\r\n
```

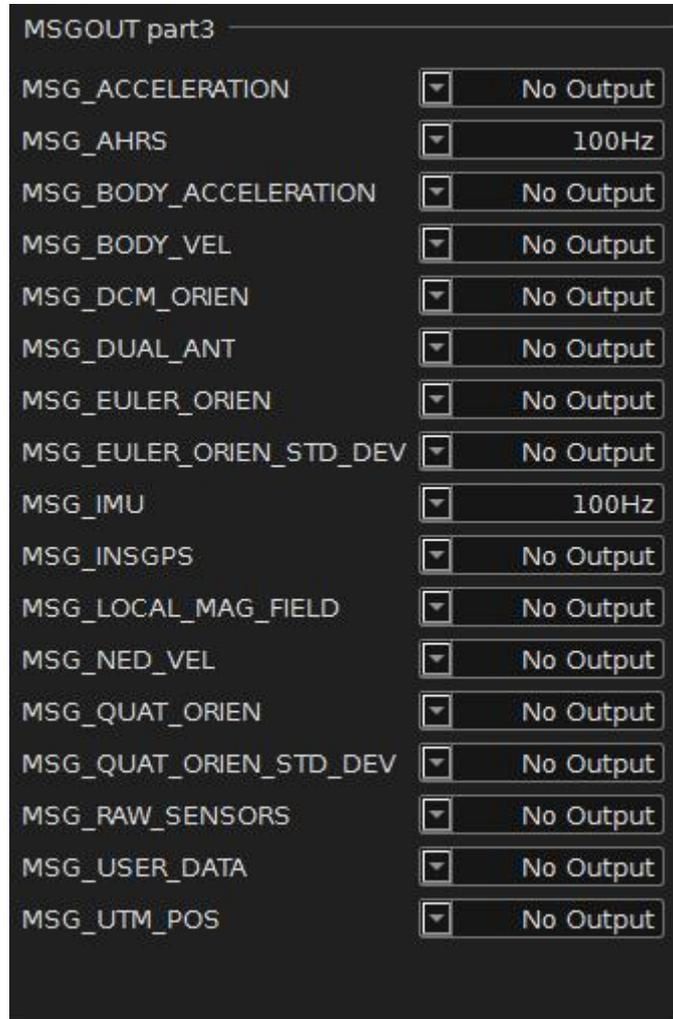
5.重启

```
#freboot\r\n
```

```
y\r\n
```

问题二：我想修改 AHRS 数据包的频率为 10Hz，而且为什么我接受到的数据包里没有 GPS 数据类型？

答：修改 AHRS 数据包的频率在 config 界面里，截取的一部分如下图所示：



只要将 MSG_AHRS 的频率修改为 10Hz 即可，同时记得点击 Save to FDI->Save to Permanent 进行保存写入；上图所示的 No Output 说明对应的数据包没有打开，如果需要获取 GPS 数据类型，则需要将其修改为用户需要的输出频率即可。每个数据包里具体是什么数据类型可以从《FDILINK 通讯协议》文档中获得。

问题三：串口调试助手输出打印的 16 进制数据不再以 FC 开头并以 FD 结尾是怎么回事，为什么会出现 FC F0？

答：从《**FDILINK** 通讯协议》文档中可知，输出的 16 进制的数据格式均以 FC 开头并以 FD 结尾。如果打印的数据里没有该形式的数据，原因可能为：

1. 波特率设置错误。
2. 连接过上位机后未断电重启则使用串口调试助手读取数据，解决该问题只需要将模块重新上电即可。

需要说明的是，即使没有连接上位机，串口调试助手仍然会输出 1Hz 的心跳包数据 FC F0 用于上位机通信，但这不会影响其他数据的发送。

问题四：模块每次上电后姿态一直在漂移是怎么回事，明明模块是静止放置的？

答：该问题的根本原因大概率是模块启动时计算的陀螺仪静态零偏有误，解决方法如下：

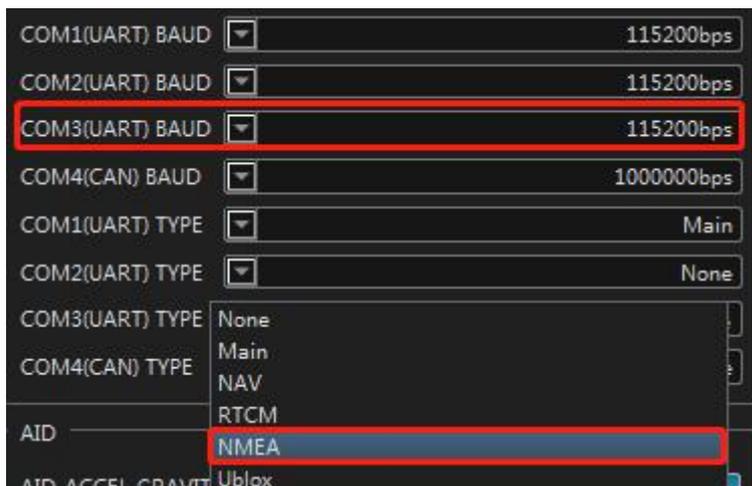
1. 确保模块静止的前提下对模块重新上电，观测此时姿态是否仍然在漂移。
2. 如果姿态仍然在漂移，在静止条件下点击 **Gyro Tare** 按钮进行陀螺仪静态零偏的重新计算，接着点击 **write flash** 按钮写入。该按钮功能说明见 [1.2.4 系统重启，调平和参数导入导出](#)。
3. 进行完 2 步骤后姿态仍然在偏移，用户需检查模块附近是否存在变化的磁场（磁力计开关打开时），或者周围温度是否存在剧烈的变化。前者会导致航向角的漂移，后者会导致陀螺仪零偏发生改变，因为温度是导致陀螺仪零偏变化的主要原因。
4. 如果上述步骤操作完后仍然没有解决问题，则联系我们技术人员进行沟通交流。

需要说明的是，**FDIGroundStation** **SPKF** 融合开关中的 **AID_GYO_TURN_ON_TARE_ENABLED** 开关是默认打开的，其功能是上电时自动计算一次陀螺仪静态零偏，需要模块上电时静止放置，如果用户使用环境无法做到静止启动，则关闭该开关，否则上电后姿态可能漂移。

问题五：如何外接 GPS 数据到模块里，如何获得融合后的经纬度和 NED 坐标系下的位置速度？

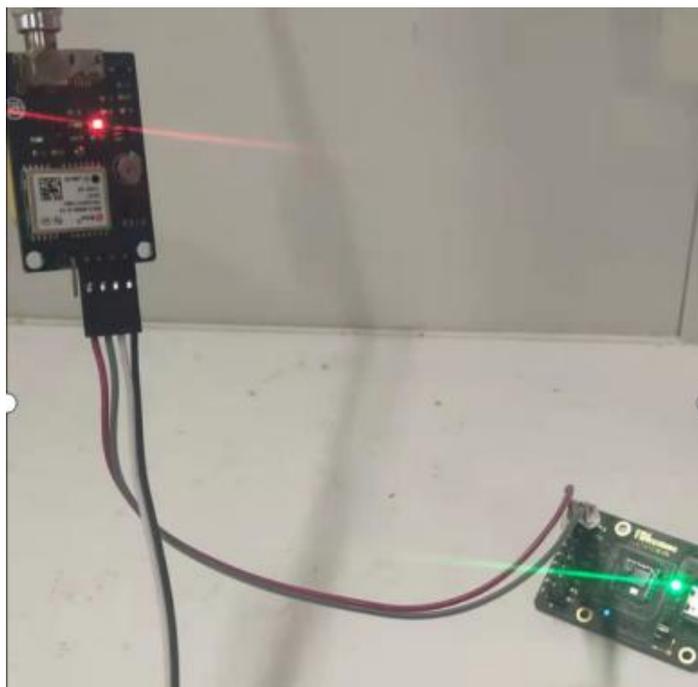
答：**DETA10-N** 系列支持接入 GPS 数据并进行融合，具体操作为在上位机选择需要输入的 **COMM** 口，波特率以及数据格式，如下图所示：选择将 GPS 数据从 **COM3**

输入到模块中，波特率为 115200，格式为 NMEA 0183，当然如果支持 UBLOX 格式的话也可以选择 Ublox:

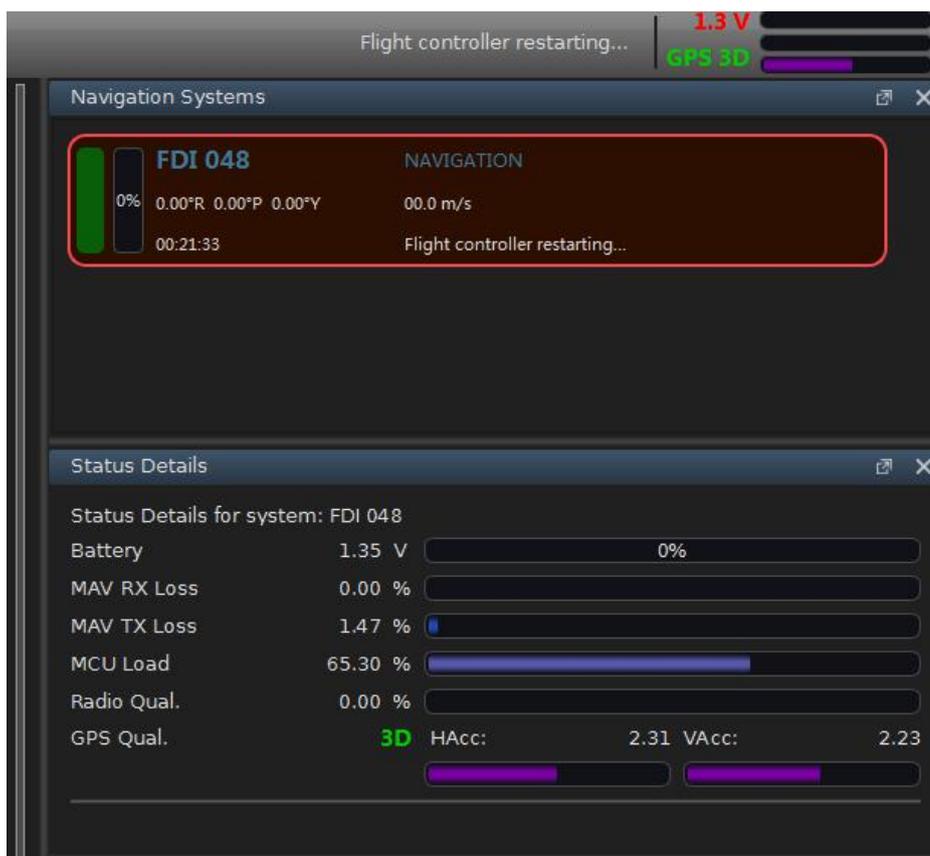


然后点击 Save to FDI->Save to Permanent 进行保存写入，最后点击 Restart 按钮重新上电即可。

以 UBLOX 模块为例，硬件接线如下图所示:

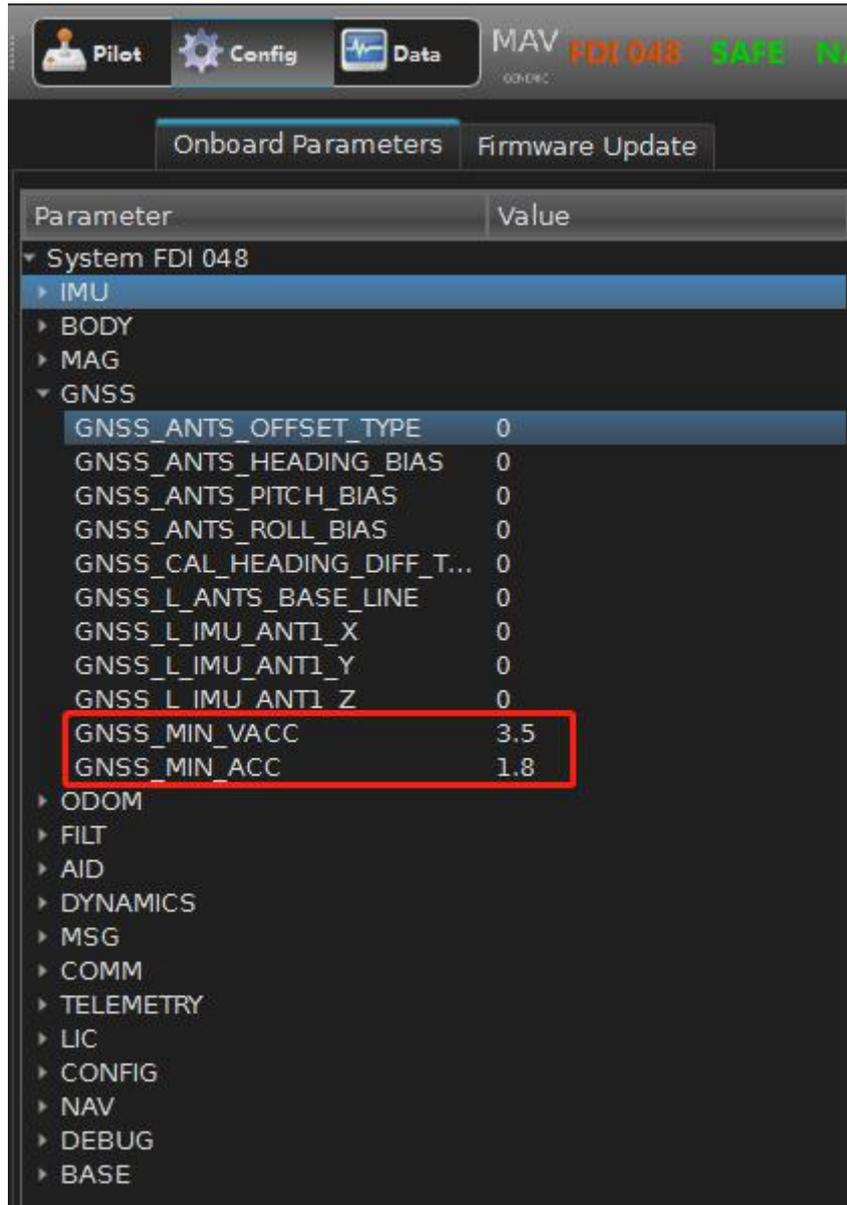


将接收机的 TX 和 RX 与 DETA10 模块的 RX3 以及 TX3 连接。如果用户购买的 DETA10 自带 GPS 模块，则无需进行硬件接线步骤。
此时可以通过上位机的显示来判断 GPS 数据是否成功导入模块中，如下图所示:



上图显示为 GPS 3D 模式，此时水平定位精度 2.31 米，垂直定位精度 2.23 米。

需要说明的是，惯导融合 GPS 数据的前提是水平和垂直定位精度均达到米级，具体阈值为水平定位精度 1.8 米，垂直定位精度 3.5 米，只有实际获得的精度小于上述两个阈值时 INS/GPS 融合才会生效。该阈值可以在参数表里找到并进行修改，如下图所示。采用阈值的原因是 GPS 信号太差的话，融合就没有太大的意义，甚至会降低姿态原本的精度。



从《FDILINK 通讯协议》文档中可知，INS/GPS 数据包（0x42）里有融合后 NED 坐标系的位置和速度信息，只需到在上位机将其打开即可：



同理大地纬度坐标系下的经纬、高度数据包的 ID 为 0x5C，只需到在上位机将其打开即可：



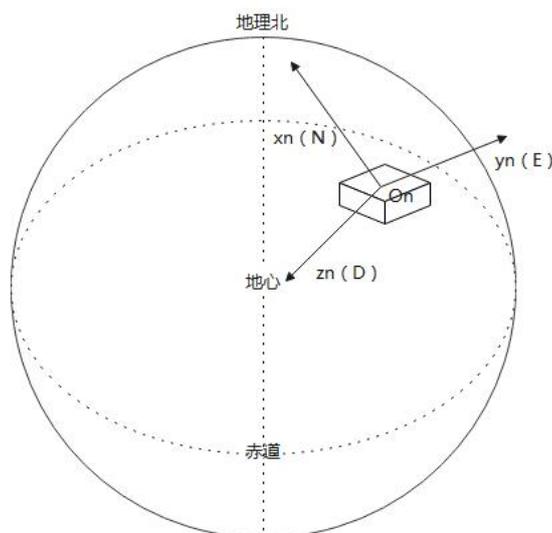
问题六：曲线坐标系（经度纬度高度）和当地导航坐标系(NED)以及地心地固坐标系（ECEF）的关系是什么？

答：NED 坐标系也称为北（North）东（East）地（Down）坐标系，一般用符号 n 表示，NED 坐标系各轴的定义：

N——北轴指向地球北；

E——东轴指向地球东；

D——地轴垂直于地球表面并指向下；



设基准点（第一个定位有效的点）为 $P_0(L_0, \lambda_0)$ ，所谓定位有效即 GNSS 水平定位精度和垂直定位精度均小于设定阈值，具体见问题五，一旦满足条件，模块会自动将此基准点保存。基准点对应 NED 坐标系的原点位置 $(N, E, D) = (0, 0, 0)$ ；当前时刻输出的位置为 $P(L, \lambda)$ ，则该点对应 NED 坐标系位置为：

$$\begin{cases} N = (L - L_0) * (R_N(L_0) + h) \\ E = (\lambda - \lambda_0) * (R_E(L_0) + h) * \cos L_0 \\ D = -h \end{cases}$$

其中，

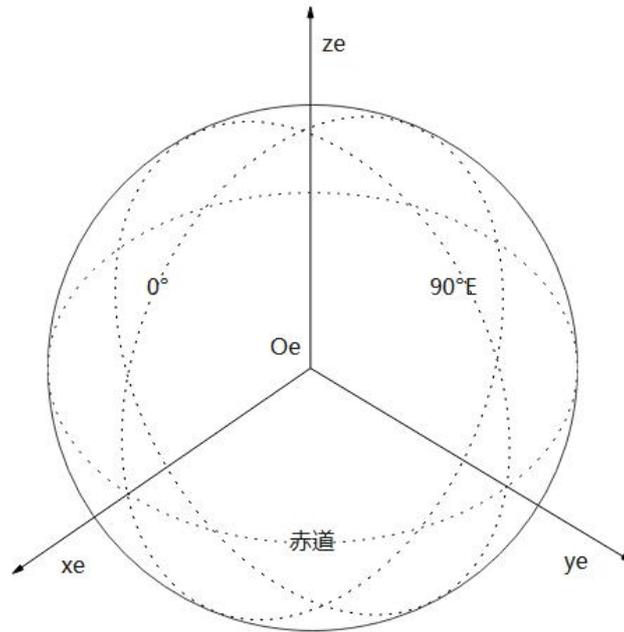
$$R_N(L_0) = a * (1 - e^2) / (1 - e^2 \sin^2 L_0)^{3/2};$$

$$R_E(L_0) = a / (1 - e^2 \sin^2 L_0)^{1/2};$$

h 表示大地高度， R_N 表示子午圈曲率半径， R_E 表示卯酉圈曲率半径， L 表示大地纬度， λ 表示经度， a 表示地球椭球长半径， e 表示地球椭球第一偏心率。

$$a = 6378137.07m; \quad e^2 = 0.00669434915m$$

ECEF 采用 WGS 84 标准构建的椭球体模型的中心为原点，如下图所示。z 轴沿着地球自转轴从地心指向北极点；x 轴从地心指向赤道与 IERS 参考子午线的交点；y 轴从地心指向赤道与 90° 东经子午线的交点。ECEF 用符号 e 表示。



曲线位置到 ECEF 系笛卡儿位置的转换公式如下：

$$\begin{cases} x^e = (R_E(L) + h) \cos L \cos \lambda \\ y^e = (R_E(L) + h) \cos L \sin \lambda \\ z^e = [(1 - e^2)R_E(L) + h] \sin L \end{cases}$$

1.9 修订历史

版本 : V21.0324

1. 增加 **IMU Tare** 按钮功能的具体使用说明。
2. FDIGroundStation SPKF 融合开关新增零位置更新 **AID_ZERO_POS_UPDATE** 和零速度更新 **AID_ZERO_VEL_UPDATE**。
3. 新增低通滤波器和陷波滤波器使用说明。
4. 新增常见问题汇总与解答章节。

版本 : V21.0423

5. 增加惯导双天线安装与校准说明章节。