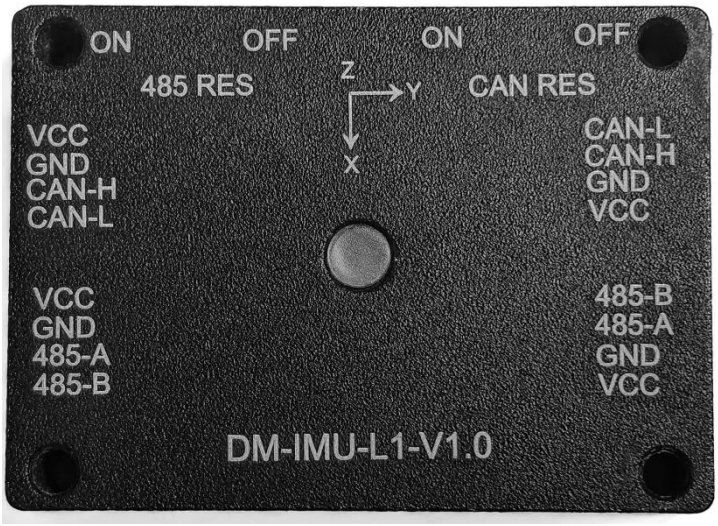
DAMIAO | 达妙科技

DM-IMU-L1 六轴 IMU 模块

使用说明书 V1.2 2025.12.05



日期	版本	变更内容
2025.03.16	V1.0	初版创建
2025.04.03	V1.1	勘误欧拉角数据说明
2025.12.5	V1.2	“通信及指令”板块表格及内容更新

目　　录

免责声明 2
注意事项 2
产品简介 2
主要特性 2
参数指标 3
✧ 姿态角度指标 3
✧ 加速度计指标 3
✧ 陀螺仪指标 3
✧ 物理与电气指标 3
尺寸说明 4
坐标系定义及安装说明 4
✧ 坐标系定义 4
✧ 安装注意事项 5
通信及指令 5
✧ USB 通信 5
1. USB 数据帧格式 5
2. USB 模块配置快捷指令 5
✧ 485 通信 7
✧ CAN 通信 8
1. 请求帧格式 8
2. 应答帧格式 9
✧ 寄存器列表 9
固件升级 10
IMU 校准 11
✧ 陀螺仪校准 11
✧ 加速度计校准 12
附录一 IMU 灯语 14
附录二 线性映射表及转换函数 15
附录三 CAN 解析例程 17
附录四 CRC16 校验程序 20

免责声明

感谢您购买达妙科技 DAMIAO DM-IMU-L1 六轴 IMU（以下简称“IMU”）。在使用本产品之前，请仔细阅读并遵循本文及达妙科技提供的所有安全指引，否则可能会给您和周围的人带来伤害，损坏本产品或其他周围物品。一旦使用本产品，即视为您已经仔细阅读本文档，理解、认可和接受本文档及本产品所有相关文档的全部条款和内容。您承诺仅出于正当目的使用本产品。您承诺对使用本产品以及可能带来的后果负全部责任。达妙科技对于直接或间接使用本产品而造成的损坏、伤害以及任何法律责任不予负责。

DAMIAO 是深圳市达妙科技有限公司的商标。本文出现的产品名称、品牌等，均为其所属公司的商标。本产品及手册为深圳市达妙科技有限公司版权所有。未经许可，不得以任何形式复制翻印。本文档及本产品所有相关的文档最终解释权归深圳市达妙科技有限公司所有。如有更新，恕不另行通知。

注意事项

1.请按照说明书将连接线正确连接后再使用，避免造成接口以及电路板损坏。

2.请按照说明书建议的电压、电流、温度等工作环境使用，以免损坏，影响产品的使用寿命。

3.使用前请检查各零部件是否完好。如有部件缺失、老化、损坏等，请停止使用。

4.使用时做好防护，不要擅自拆开外壳暴露 PCBA，防止静电、物理损坏等；保持电路板干净清洁，避免异物等导致的短路或性能降低。

5.电路板上电或使用过程中，出现打火、冒烟、烧焦味等异常情况时，请立即关掉电源。

产品简介

DM-IMU-L1 是一款内置 BMI088 三轴加速度计+三轴陀螺仪自带 EKF 四元数姿态解算 IMU 产品。主控频率高达 200MHz，支持 USB、RS485、CAN 协议输出，支持输出加速度、角速度、欧拉角、四元数等数据，数据输出频率高达 1kHz。传感器芯片底部采用孤岛结构设计，提升 IMU 抗震性能。传感器芯片周围带有加热电路，可实现恒温控制，有效减少陀螺仪温漂，无全温标定。

主要特性

1.支持 CAN、USB、RS485 协议输出。

2.支持 100-1000 输出频率可调。

3.自带加热电路可实现恒温控制。

4.内部 EKF 算法姿态解算。

参数指标

✧ 姿态角度指标

参数	量程	(校准后)一小时零漂
横滚角	±180°	0.02°
航向角	±180°	12.686°
俯仰角	±90°	0.064°

备注：测试条件均为室温 25°C。

✧ 加速度计指标

参数	典型值
量程	±6G
自由度	3
非线性度	±0.5%FS
零点偏移	20mg
带宽	230Hz

✧ 陀螺仪指标

参数	典型值
量程	±2000 °/s
自由度	3
非线性度	±0.05%FS
零点偏移	±1°/s
带宽	116Hz

✧ 物理与电气指标

参数	典型值
输入电压	5-28V
功耗	@24V 温升时 2.5W 稳定时 0.47W
通信接口	USB、RS485、CAN
输出频率	100-1000Hz 可调
尺寸	36x26x9mm
重量	约 11.5g

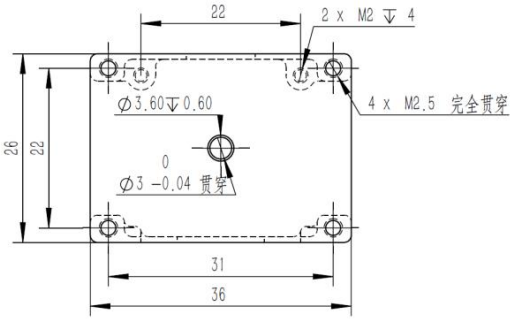
*Tips:

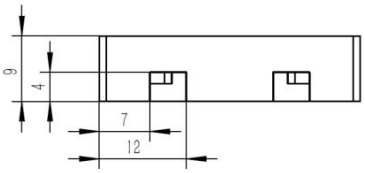
1. 加速度角速度指标来自 BMI088 数据手册,本 IMU 只做数据校准不做滤波处理，直接输出

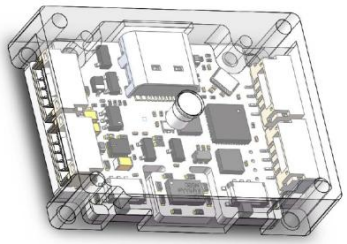
校准后的值，更具体的参数请移至 MEMS 芯片手册。

2. 输入电压为 5V 时，功耗约为 0.34W。

尺寸说明



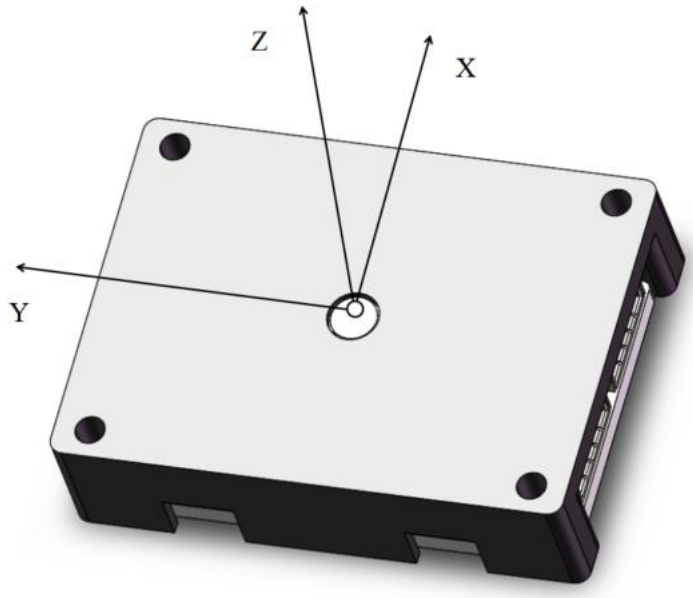




坐标系定义及安装说明

✧ 坐标系定义

DM-IMU-L1 的坐标系定义如下图。绕 X 轴旋转为横滚角，绕 Y 轴旋转为俯仰角，绕 Z 轴旋转为航向角。



✧ 安装注意事项

1. 注意螺纹孔尺寸以及螺纹深度。
2. 尽量远离震动源。
3. 避免导光柱上方有挤压物，防止压坏 PCB 板。

通信及指令

✧ USB 通信

1. USB 数据帧格式

IMU 可以通过 USB 接口以用户设定的发送频率主动将数据发送出来。默认会发三轴加速、三轴角速度、三轴姿态角以及四元数数据，每种数据均可通过快捷指令或者上位机控制是否输出。

以下是 USB 接口的数据协议定义：

加速度数据帧格式[Hex]：

55	AA	ID	01	加速度 X 轴 [4Bytes]	加速度 Y 轴 [4Bytes]	加速度 Z 轴 [4Bytes]	CRC16[2Bytes]	0A

角速度数据帧格式[Hex]：

55	AA	ID	02	角速度 X 轴 [4Bytes]	角速度 Y 轴 [4Bytes]	角速度 Z 轴 [4Bytes]	CRC16[2Bytes]	0A

姿态角数据帧格式[Hex]：

55	AA	ID	03	横滚角 Roll[4Bytes]	俯仰角 Pitch[4Bytes]	航向角 Yaw[4Bytes]	CRC16[2Bytes]	0A

四元数数据帧格式[Hex]：

55	AA	ID	04	W[4Bytes]	X[4Bytes]	Y[4Bytes]	Z[4Bytes]	CRC16[2Bytes]	0A

【注】：

(1) 数据帧中的 ID 为从机 ID 和 CAN 协议中的 can_id 以及 485 协议中从机 ID 的一致。

(2) USB 接口最后输出的数据帧为变长数据帧，即在关闭某些数据输出时，最后得到的帧总长也会变化。例如，原始四种数据一起输出，一包协议字节长度为 80Bytes，在关闭加速度数据输出时，得到的数据帧长度为原字节数减去 19。

(3) IMU 数据均为 float 类型小端序，在程序中只需要使用内存拷贝的方式即可获得原始的 float 数据。

(4) IMU 数据会主动输出，目前还无法进行应答式输出。

2. USB 模块配置快捷指令

为方便用户使用 USB 的虚拟串口进行模块配置，以下是 USB 通道的快捷指令定义：

序号	指令内容[Hex]	说明
1	AA 00 00 0D	重启 IMU
2	AA 01 03 0D	关闭 485 主动模式
3	AA 01 04 0D	关闭加速度输出
4	AA 01 05 0D	关闭角速度输出
5	AA 01 06 0D	关闭欧拉角输出
6	AA 01 07 0D	关闭四元数输出
7	AA 01 08 0D	关闭 CAN 主动模式
8	AA 01 13 0D	开启 485 主动模式
9	AA 01 14 0D	开启加速度输出
10	AA 01 15 0D	开启角速度输出
11	AA 01 16 0D	开启欧拉角输出
12	AA 01 17 0D	开启四元数输出
13	AA 01 18 0D	开启 CAN 主动模式
14	AA 03 01 0D	保存参数
15	AA 03 02 0D	启动陀螺静态校准
16	AA 03 03 0D	启动加计六面校准
17	AA 04 00 0D	关闭温度控制
18	AA 04 01 0D	开启温度控制
19	AA 05 X 0D	设置控制温度[X 为温度值]
20	AA 06 00 0D	进入正常模式
21	AA 06 01 0D	进入设置模式
22	AA 08 X 0D	设置 CANID[X 为目标 CANID]
23	AA 09 X 0D	设置 MSTID[X 为目标 MSTID]
24	AA 0A X 0D	设置输出接口[X 为目标通信接口序号]
25	AA 0B 01 0D	恢复出厂设置
26	AA 0C 01 0D	角度置零

【注】：

(1) 以上指令内容均为十六进制数据，使用时注意数据进制。

(2) 以上指令除第一条指令外均需要在设置模式中进行操作。

(3) 第 24 条指令中的通信接口序号为 00:USB 01:485 02:CAN 03:VOFA[Justfloat 协议]。

(4) 对模块参数进行修改后务必执行第 14 条指令将参数保存，防止掉电参数丢失。

(5) 参数修改后即刻生效。

修改反馈频率[Hex]：

AA	02	反馈间隔[2Bytes]	0D

修改 CAN/485 波特率[Hex]:

AA	0D	RID	波特率序号	0D

注：RID：CAN=0 ； 485=1。

CAN 波特率序号	波特率
0	1Mbps
1	500Kbps
2	400Kbps
3	250Kbps
4	200Kbps
5	100Kbps
6	50Kbps
7	25Kbps

485 波特率序号	波特率
0	9600
1	115200
2	230400
3	460800
4	500000
5	921600
6	1000000
7	1500000
8	2000000
9	2500000
10	3000000
11	3500000
12	4000000

✧ 485 通信

模块自带 485 收发器，最高支持 4Mbps 波特率。模块 485 接口通信分为主动模式和应答模式，主动模式的数据帧协议格式和 USB 接口一致。此接口不支持 Modbus 等标准协议，为自拟协议。

下面为 485 接口的应答式帧格式[Hex]：

A5	类型	ID	寄存器	读/写	数据 0[4Bytes]	数据 1[4Bytes]	数据 2[4Bytes]	数据 3[4Bytes]	应答	保留字节	5A

支持两种类型的协议帧[Hex]：

类型 ID	类型
0C	指令
0D	数据

操作类型[Hex]：

操作 ID	操作类型
00	读
01	写

指令域寄存器：

RID[Hex]	寄存器说明	可操作类型
0	重启 IMU	W
1	保存参数	W
2	角度置零	W
3	启动陀螺静态校准	W
4	启动加计六面校准	W
5	恢复出厂设置	W
6	主被动模式切换	RW
7	485 波特率配置	RW
8	主动模式发送间隔	RW
9	通信类型	RW

数据域寄存器：

RID[Hex]	寄存器说明	可操作类型
0	加速度数据	R
1	角速度数据	R
2	欧拉角数据	R
3	四元数数据	R

【注】：

(1) 当 485 通道工作在应答模式时，请求到的姿态数据符合上述帧格式。当工作在主动发送模式时，数据帧格式会以 USB 通道的格式输出，详情参考 USB 通信内容。

(2) W 为只写；R 为只读；RW 为可读写。

(3) 当进行部分 W 类型的寄存器操作时，可能会没有反馈帧，例如重启 IMU 指令。

✧ CAN 通信

与 485 通信类似，CAN 通道也存在主动发送模式和请求模式，默认情况下通信波特率为 1Mbps。下面是帧格式的定义 。

1. 请求帧格式

帧格式：数据帧　　DLC：8

帧类型：标准帧　　ID：上位机设置的 CAN_ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	CC	RID	读/写	DD	数据			

2. 应答帧格式

帧格式：数据帧　　DLC：8

帧类型：标准帧　　ID：上位机设置的 MST_ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	CC	RID	DD	应答码	应答数据			

✧ 寄存器列表

RID[Hex]	寄存器说明	可操作性
00	重启 IMU	W
01	加速度数据	R
02	角速度数据	R
03	欧拉角数据	R
04	四元数数据	R
05	角度置零	W
06	加计六面校准	W
07	陀螺静态校准	W
08	磁计椭球校准	W
09	切换通信模式	RW
0A	设置主动发送间隔	RW
0B	切换主被动模式	RW
0C	修改波特率	RW
0D	CAN_ID	RW
0E	MST_ID	RW
0F	输出数据选择	RW
FE	保存参数	W
FF	恢复出厂设置	W

注：RID:0F 输出数据选择 寄存器当前固件不支持修改。

应答码：

Ack ID[Hex]	说明
00	应答成功
01	寄存器不存在
02	数据无效
03	操作失败

不论模块的 CAN 通道处于主动模式还是应答模式，传感器数据均符合下述帧格式：

加速度数据：

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	01	温度	Acc_X 轴映射值		Acc_Y 轴映射值		Acc_Z 轴映射值	

角速度数据：

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	02	00	Gyro_X 轴映射值		Gyro_Y 轴映射值		Gyro_Z 轴映射值	

欧拉角数据：

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	03	00	Pitch 映射值		Yaw 映射值		Roll 映射值	

四元数数据：

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	04	W[13:6]	W[5:0]&X[13:12]	X[11:4]	X[3:0]&Y[13:10]	Y[9:2]	Y[1:0]&Z[13:8]	Z[7:0]

【注】：

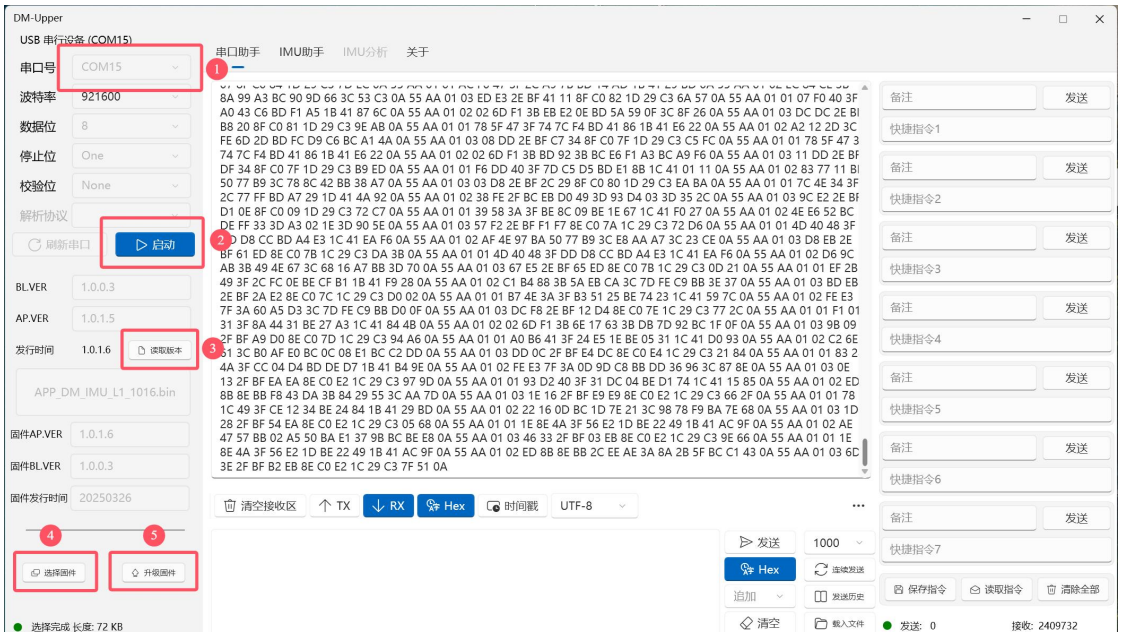
(1) 四元数数据为 14 位映射值，其他数据类型为 16 位映射值。

(2) 映射值均以小端序发送。

(3) 映射程序和范围在附录已提供。

固件升级

IMU 固件升级通过使用 DM-IMU-Upper 上位机软件进行升级，下面所示流程为上位机升级固件步骤。



第一步：选中合适的串口。

第二步：点击启动按钮即可打开串口。

第三步：点击读取版本按钮可以读取到当前的固件版本信息。

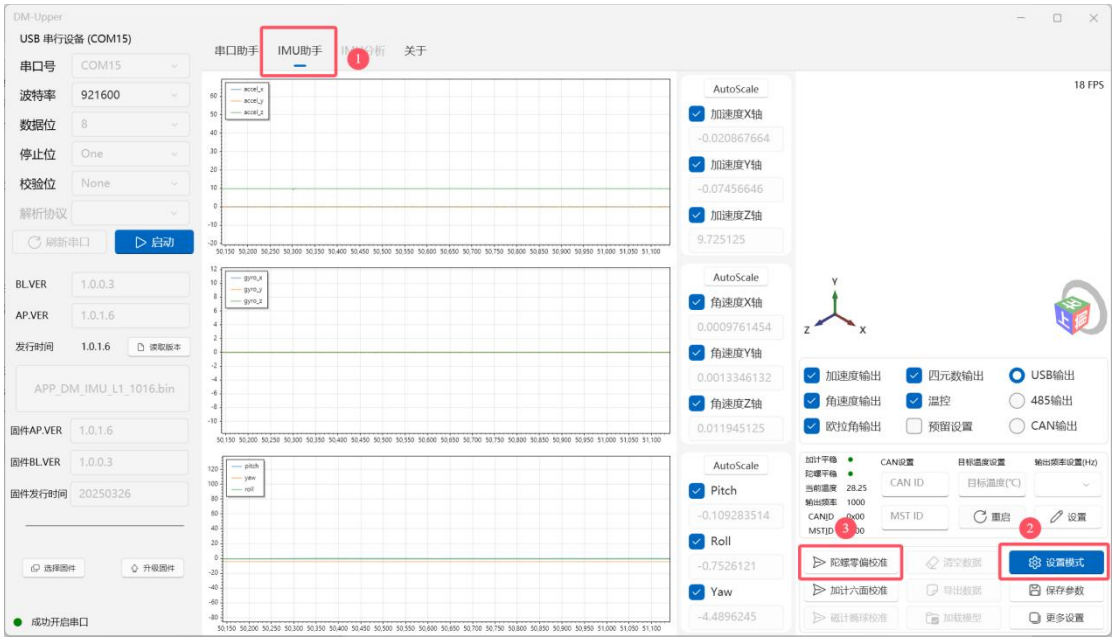
第四步：选择固件.bin 后缀的文件。

第五步：点击升级固件，等待进度条读取完毕。

当左下角出现“固件升级完成 请重启 IMU”字样后，重新拔插 TypeC 数据线进行 IMU 重启。重启后现象：IMU 绿灯闪烁三下后进入绿灯呼吸状态即完成升级。可点击读取版本确认版本是否升级完成。

IMU 校准

✧ 陀螺仪校准



第一步：点击标签页进入“IMU 助手”。

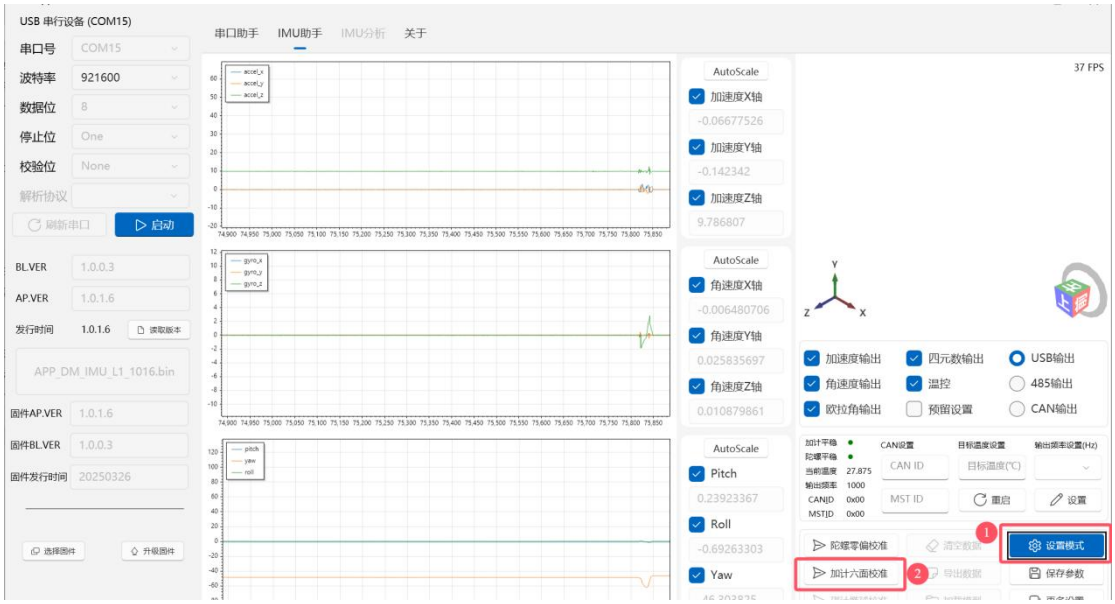
第二步：点击右下角进入设置模式，此时 IMU 指示灯变成呼吸黄灯。

第三步：点击陀螺零偏校准。

此时观察 IMU 指示灯会进行按间隔闪烁大概六次，校准完成后 IMU 会自动重启，然后指示灯变成呼吸绿灯，此时需要重新打开上位机串口。

✧ 加速度计校准

如果您刚刚校准过陀螺仪，请重新打开一下串口，以便进行加速度计的校准。



第一步：点击设置模式按钮，IMU 会进入设置模式。

第二步：点击加计六面校准按钮。

第三步：观测 IMU 指示灯，如果在一段时间内闪烁一次则为第一面数据采样。

此时需要将 IMU 翻到第一面，第一面示例图如下：

可以观测到此时 C 口朝上，这里为了方便演示没有插数据线，实际校准时需要插线。

第四步：观测指示灯一定时间内闪烁两下，则为第二面数据采集，此时需要将 IMU 翻到第二面，第二面示例图如下：

等待指示灯进行三下闪烁，则第二面数据采集完成。

第五步：观测指示灯一定时间内闪烁三下，则为第三面数据采集，此时需要将 IMU 翻到第三面，第三面示例图如下：

等待指示灯进行四下闪烁，则第三面数据采集完成。

第六步：观测指示灯一定时间内闪烁四下，则为第四面数据采集，此时需要将 IMU 翻面到第四面，第四面示例图如下：

等待指示灯进行五下闪烁，则第四面数据采集完成

第七步：观测指示灯一定时间内闪烁五下，则为第五面数据采集，此时需要将 IMU 翻面到第五面，第五面示例图如下：

等待指示灯进行六下闪烁，则第五面数据采集完成

第八步：观测指示灯一定时间内闪烁六下，则为第六面数据采集，此时需要将 IMU 翻面到第六面，第六面示例图如下：

等待第六面数据采集完成后，IMU 会进行重启，如需继续使用上位机请重新打开串口。

附录一 IMU 灯语

指示灯状态	状态描述
绿灯呼吸	正常模式
黄灯呼吸	设置模式
红灯常亮	错误状态
黄灯 1s 亮灭一次	陀螺仪校准中
黄灯间隔亮灭 1 次	加计六面校准一面数据采集中
黄灯间隔亮灭 2 次	加计六面校准二面数据采集中
黄灯间隔亮灭 3 次	加计六面校准三面数据采集中
黄灯间隔亮灭 4 次	加计六面校准四面数据采集中
黄灯间隔亮灭 5 次	加计六面校准五面数据采集中
黄灯间隔亮灭 6 次	加计六面校准六面数据采集中

附录二 线性映射表及转换函数

```
#define ACCEL_CAN_MAX
(235.2f)
#define ACCEL_CAN_MIN
(-235.2f)

#define GYRO_CAN_MAX
(34.88f)
#define GYRO_CAN_MIN
(-34.88f)

#define PITCH_CAN_MAX(90.0f)
#define PITCH_CAN_MIN
(-90.0f)

#define ROLL_CAN_MAX
(180.0f)
#define ROLL_CAN_MIN
(-180.0f)

#define YAW_CAN_MAX(180.0f)
#define YAW_CAN_MIN
(-180.0f)

#define Quaternion_CAN_MIN
(-1.0f)
#define Quaternion_CAN_MAX
(1.0f)
/**
*****************************************************************************
* @brief:       float_to_uint: 浮点数转换为无符号整数函数
* @param[in]:   x_float:     待转换的浮点数
* @param[in]:   x_min:       范围最小值
* @param[in]:   x_max:       范围最大值
* @param[in]:   bits:        目标无符号整数的位数
* @retval:      无符号整数结果
* @details:     将给定的浮点数 x 在指定范围 [x_min, x_max] 内进行线性映射，映射结果为一个
指定位数的无符号整数
*****************************************************************************
**/
int float_to_uint(float x_float, float x_min, float x_max, int bits)
{
```

```
    /* Converts a float to an unsigned int, given range and number of bits */
    float span = x_max - x_min;
    float offset = x_min;
    return (int) ((x_float-offset)*((float)((1<<bits)-1))/span);
}
/**
************************************************************************
* @brief:       uint_to_float: 无符号整数转换为浮点数函数
* @param[in]:   x_int: 待转换的无符号整数
* @param[in]:   x_min: 范围最小值
* @param[in]:   x_max: 范围最大值
* @param[in]:   bits:  无符号整数的位数
* @retval:      浮点数结果
* @details:     将给定的无符号整数 x_int 在指定范围 [x_min, x_max] 内进行线性映射，映射结果为一个浮点数
************************************************************************
**/
float uint_to_float(int x_int, float x_min, float x_max, int bits)
{
    /* converts unsigned int to float, given range and number of bits */
    float span = x_max - x_min;
    float offset = x_min;
    return ((float)x_int)*span/((float)((1<<bits)-1)) + offset;
}
```

附录三 CAN 解析例程

```
void IMU_RequestData(uint16_t can_id,uint8_t reg)
{
    CAN_TxHeaderTypeDef tx_header;
    uint8_t cmd[4]={(uint8_t)can_id,(uint8_t)(can_id>>8),reg,0xCC};
    uint32_t returnBox;
    tx_header.DLC=4;
    tx_header.IDE=CAN_ID_STD;
    tx_header.RTR=CAN_RTR_DATA;
    tx_header.StdId=0x6FF;

    if(HAL_CAN_GetTxMailboxesFreeLevel(&hcan2)>1)
    {
        HAL_CAN_AddTxMessage(&hcan2,&tx_header,cmd,&returnBox);
    }
}


void IMU_UpdateAccel(uint8_t* pData)
{
   uint16_t accel[3];

   accel[0]=pData[3]<<8|pData[2];
   accel[1]=pData[5]<<8|pData[4];
   accel[2]=pData[7]<<8|pData[6];

   imu.accel[0]=uint_to_float(accel[0],ACCEL_CAN_MIN,ACCEL_CAN_MAX,16);
   imu.accel[1]=uint_to_float(accel[1],ACCEL_CAN_MIN,ACCEL_CAN_MAX,16);
   imu.accel[2]=uint_to_float(accel[2],ACCEL_CAN_MIN,ACCEL_CAN_MAX,16);

}

void IMU_UpdateGyro(uint8_t* pData)
{
    uint16_t gyro[3];

    gyro[0]=pData[3]<<8|pData[2];
    gyro[1]=pData[5]<<8|pData[4];
    gyro[2]=pData[7]<<8|pData[6];

    imu.gyro[0]=uint_to_float(gyro[0],GYRO_CAN_MIN,GYRO_CAN_MAX,16);
    imu.gyro[1]=uint_to_float(gyro[1],GYRO_CAN_MIN,GYRO_CAN_MAX,16);
```

```
    imu.gyro[2]=uint_to_float(gyro[2],GYRO_CAN_MIN,GYRO_CAN_MAX,16);
}


void IMU_UpdateEuler(uint8_t* pData)
{
    int euler[3];

    euler[0]=pData[3]<<8|pData[2];
    euler[1]=pData[5]<<8|pData[4];
    euler[2]=pData[7]<<8|pData[6];

    imu.pitch=uint_to_float(euler[0],PITCH_CAN_MIN,PITCH_CAN_MAX,16);
    imu.yaw=uint_to_float(euler[1],YAW_CAN_MIN,YAW_CAN_MAX,16);
    imu.roll=uint_to_float(euler[2],ROLL_CAN_MIN,ROLL_CAN_MAX,16);
}


void IMU_UpdateQuaternion(uint8_t* pData)
{
    int w = pData[1]<<6| ((pData[2]&0xF8)>>2);
    int x = (pData[2]&0x03)<<12|(pData[3]<<4)|((pData[4]&0xF0)>>4);
    int y = (pData[4]&0x0F)<<10|(pData[5]<<2)|(pData[6]&0xC0)>>6;
    int z = (pData[6]&0x3F)<<8|pData[7];

    imu.q[0] = uint_to_float(w,Quaternion_MIN,Quaternion_MAX,14);
    imu.q[1] = uint_to_float(x,Quaternion_MIN,Quaternion_MAX,14);
    imu.q[2] = uint_to_float(y,Quaternion_MIN,Quaternion_MAX,14);
    imu.q[3] = uint_to_float(z,Quaternion_MIN,Quaternion_MAX,14);
}

void IMU_UpdateData(uint8_t* pData)
{

    switch(pData[0])
    {
        case 1:
            IMU_UpdateAccel(pData);
            break;
        case 2:
            IMU_UpdateGyro(pData);
            break;
        case 3:
            IMU_UpdateEuler(pData);
```

```
            break;
        case 4:
            IMU_UpdateQuaternion(pData);
            break;
    }
}
```

附录四 CRC16 校验程序

```
const uint16_t CRC16_table[256] =
{
    0x0000, 0x1021, 0x2042, 0x3063, 0x4084, 0x50A5, 0x60C6, 0x70E7, 0x8108, 0x9129,
0xA14A, 0xB16B, 0xC18C, 0xD1AD, 0xE1CE, 0xF1EF,
    0x1231, 0x0210, 0x3273, 0x2252, 0x52B5, 0x4294, 0x72F7, 0x62D6, 0x9339, 0x8318,
0xB37B, 0xA35A, 0xD3BD, 0xC39C, 0xF3FF, 0xE3DE,
    0x2462, 0x3443, 0x0420, 0x1401, 0x64E6, 0x74C7, 0x44A4, 0x5485, 0xA56A, 0xB54B,
0x8528, 0x9509, 0xE5EE, 0xF5CF, 0xC5AC, 0xD58D,
    0x3653, 0x2672, 0x1611, 0x0630, 0x76D7, 0x66F6, 0x5695, 0x46B4, 0xB75B, 0xA77A,
0x9719, 0x8738, 0xF7DF, 0xE7FE, 0xD79D, 0xC7BC,
    0x48C4, 0x58E5, 0x6886, 0x78A7, 0x0840, 0x1861, 0x2802, 0x3823, 0xC9CC, 0xD9ED,
0xE98E, 0xF9AF, 0x8948, 0x9969, 0xA90A, 0xB92B,
    0x5AF5, 0x4AD4, 0x7AB7, 0x6A96, 0x1A71, 0x0A50, 0x3A33, 0x2A12, 0xDBFD, 0xCBDC,
0xFBBF, 0xEB9E, 0x9B79, 0x8B58, 0xBB3B, 0xAB1A,
    0x6CA6, 0x7C87, 0x4CE4, 0x5CC5, 0x2C22, 0x3C03, 0x0C60, 0x1C41, 0xEDAE, 0xFD8F,
0xCDEC, 0xDDCD, 0xAD2A, 0xBD0B, 0x8D68, 0x9D49,
    0x7E97, 0x6EB6, 0x5ED5, 0x4EF4, 0x3E13, 0x2E32, 0x1E51, 0x0E70, 0xFF9F, 0xEFBE,
0xDFDD, 0xCFFC, 0xBF1B, 0xAF3A, 0x9F59, 0x8F78,
    0x9188, 0x81A9, 0xB1CA, 0xA1EB, 0xD10C, 0xC12D, 0xF14E, 0xE16F, 0x1080, 0x00A1,
0x30C2, 0x20E3, 0x5004, 0x4025, 0x7046, 0x6067,
    0x83B9, 0x9398, 0xA3FB, 0xB3DA, 0xC33D, 0xD31C, 0xE37F, 0xF35E, 0x02B1, 0x1290,
0x22F3, 0x32D2, 0x4235, 0x5214, 0x6277, 0x7256,
    0xB5EA, 0xA5CB, 0x95A8, 0x8589, 0xF56E, 0xE54F, 0xD52C, 0xC50D, 0x34E2, 0x24C3,
0x14A0, 0x0481, 0x7466, 0x6447, 0x5424, 0x4405,
    0xA7DB, 0xB7FA, 0x8799, 0x97B8, 0xE75F, 0xF77E, 0xC71D, 0xD73C, 0x26D3, 0x36F2,
0x0691, 0x16B0, 0x6657, 0x7676, 0x4615, 0x5634,
    0xD94C, 0xC96D, 0xF90E, 0xE92F, 0x99C8, 0x89E9, 0xB98A, 0xA9AB, 0x5844, 0x4865,
0x7806, 0x6827, 0x18C0, 0x08E1, 0x3882, 0x28A3,
    0xCB7D, 0xDB5C, 0xEB3F, 0xFB1E, 0x8BF9, 0x9BD8, 0xABBB, 0xBB9A, 0x4A75, 0x5A54,
0x6A37, 0x7A16, 0x0AF1, 0x1AD0, 0x2AB3, 0x3A92,
    0xFD2E, 0xED0F, 0xDD6C, 0xCD4D, 0xBDAA, 0xAD8B, 0x9DE8, 0x8DC9, 0x7C26, 0x6C07,
0x5C64, 0x4C45, 0x3CA2, 0x2C83, 0x1CE0, 0x0CC1,
    0xEF1F, 0xFF3E, 0xCF5D, 0xDF7C, 0xAF9B, 0xBFBA, 0x8FD9, 0x9FF8, 0x6E17, 0x7E36,
0x4E55, 0x5E74, 0x2E93, 0x3EB2, 0x0ED1, 0x1EF0
};
```

```
uint16_t Get_CRC16(uint8_t *ptr, uint16_t len)
{
    uint16_t crc = 0xFFFF;
    for (size_t i = 0; i < len; ++i)
    {
            uint8_t index = (crc >> 8 ^ ptr[i]);
            crc = ((crc << 1) ^ CRC16_table[index]);
    }
    return crc;
}
```