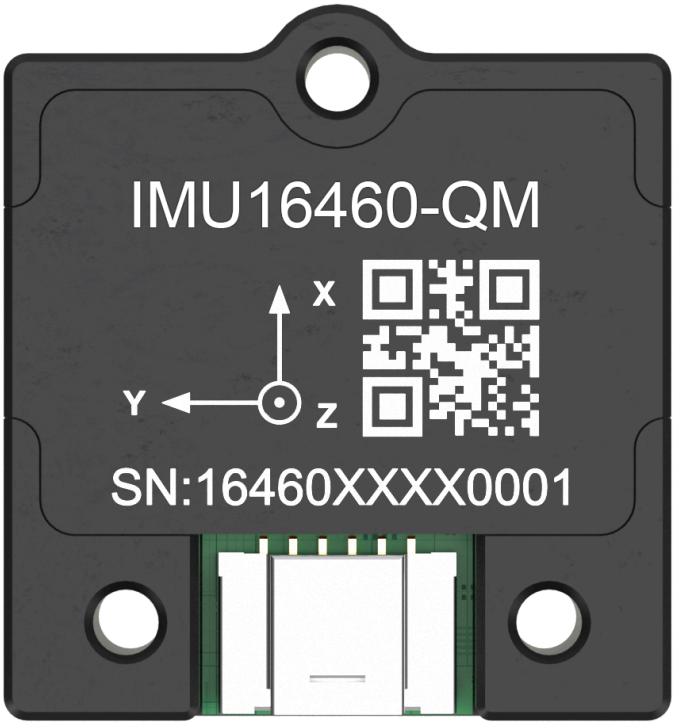
FORSENSE
原极科技

# 战术级MEMS 6自由度惯性传感器

# FSS-IMU16460-QM

# 产品手册




原极（上海）科技有限公司

在使用本产品之前，请务必先仔细阅读本使用手册

FORSENSE
原极科技

# 战术级MEMS
# 6自由度惯性传感器

## FSS-IMU16460-QM-产品手册

### 特性

**战术级MEMS 陀螺仪**

- 5°/hr 零偏不稳定性
- y:0.85°/√hr、 xz:0.6°/√hr 角度随机游走
- 0.05°/s温漂(-40~85℃，<=1℃/min @1σ)

**战术级 MEMS 加速度计**

- 40ug 零偏不稳定性
- 0.09m/s/√hr速度随机游走
- 1.5mg温漂(-40~85℃，<=1℃/min @1σ)

**大范围精细化温度补偿**

- -40℃至85℃温度补偿
- 精细化温度标定

**独立转台标定**

- 独立标定每个模块：灵敏度、零偏、非正交误差

**高强度工况耐受**

- 超强冲击耐受：2000g（0.5ms，半正弦，3 轴）
- 超强振动耐受：10g（10~2KHz，3 轴）
- 全温环境稳定工作：-40℃ ~ 85℃
- 100%磁屏蔽

**实时而灵活的数字接口、体积小巧**

- 高达1kHz的可配置输出采样率
- 支持串口RS-485
- 22.4*22.4*9.91mm，重量：CNC外壳9g，压铸外壳18g

### 产品概述

IMU16460-QM是原极科技倾力打造的6自由度MEMS惯性传感器模块。标配输出三轴陀螺仪与加速度信息。

高精度、高分辨率，可捕捉细微的震动与倾斜。大量程的输出，让大动态下的动作感知成为可能。所有模块出厂前都配置超宽温域的精细化温补与独立标定，让每个模块都能在各种极限工况下稳定发挥，同时保证所有产品性能高度一致。

### 应用领域

- 具身智能：人形机器人、四足机器狗、机械臂
- 自动驾驶：车载、机器人、工程车、水下
- 精密测量：井下、隧道、震动、倾斜
- 稳定平台：云台、动中通
- 导航控制：自控系统、固定翼无人机

在标准性能及输出参数的基础上，原极也为您的特殊需求提供**定制化软件及 LOGO 定制服务**，在产品上助您一臂之力！

原极（上海）科技有限公司

# 目录

**1. 性能参数** 3
1.1 陀螺仪关键指标 3
1.2 加速度计关键指标 4
**2. 外形结构** 6
2.1 外壳材质工艺 6
2.1.1 CNC外壳 6
2.1.2 压铸外壳 6
2.2 结构尺寸 6
**3. 电气特性** 8
3.1 最大耐受值 8
3.2 工作条件 8
3.3 IO阈值特性 9
**4. 引脚定义** 10
**5. 通信协议** 11
5.1 串口通信协议 11
5.1.1 串口接口参数 11
5.1.2 数据包格式 11
5.1.3 数据流帧——AHRS数据 12
5.1.4 命令模式GET输出——系统状态 14
5.1.5 命令模式GET输出——读取参数 15
5.1.6 命令模式SET指令 17
5.1.7 命令模式输出——用户命令响应 20
5.1.8 坐标系设置功能 21
5.1.9 串口连接常见问题 24
**6. 坐标系定义** 26
**7. CRC查表法计算** 28
**8. 更新记录** 30

# 1. 性能参数

## 1.1 陀螺仪关键指标

**表 1 陀螺仪关键指标**

| 参数 | 测试条件/备注 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 测量范围 | | | ±2000 | | °/s |
| 零偏不稳定性[1] | @25℃,ALLAN方差，1σ | | 5 | | °/hr |
| 零偏稳定性 | 国军标，10s平滑 | | y：15<br>xz：12 | | °/hr |
| 零偏重复性 | 国军标 | | y：25<br>xz：12 | | °/hr |
| 分辨率 | | | 0.0610 | | °/s |
| 轴间非正交 | | | 0.02 | | deg |
| 内部低通截止频率 | 软件可调整 | | 116 | | Hz |
| ODR | | | 1000 | | Hz |
| 测量延时 | | | 3 | | ms |
| 全温范围零偏变化[2] | -40 ~ 85℃，<=1℃/min @1σ | | 0.05 | | °/s |
| 随机游走[1] | @25℃,ALLAN方差，1σ | | y:0.85 xz:0.6 | | °/√hr |
| 刻度系数误差 | @25℃，1σ | | 3 | | ‰ |
| 刻度系数非线性 | @25℃，1σ | | 200 | | ppm |

注1：IEEE标准，在静态25℃环境下Allan方差曲线给出

注2：1℃/分钟升温情况下全温零偏变化1σ值

## 1.2 加速度计关键指标

**表 2 加速度计关键指标**

| 参数 | 测试条件/备注 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 测量范围 | | | ±24 | | g |
| 零偏不稳定性[1] | @25℃,ALLAN方差，1σ | | 40 | | μg |
| 零偏稳定性 | 国军标，10s平滑 | | 90 | | μg |
| 零偏重复性 | 国军标 | | 0.2 | | mg |
| 分辨率 | | | 0.183 | | mg |
| 轴间非正交 | | | 0.02 | | deg |
| 内部低通截止频率 | 软件可调整 | | 116 | | Hz |
| ODR | | | 1000 | | Hz |
| 测量延时 | | | 3 | | ms |
| 全温范围零偏变化[2] | -40～85℃，<=1℃/min @1σ | | 1.5 | | mg |
| 随机游走[1] | @25℃,ALLAN方差，1σ | | 0.09 | | m/s/√hr |
| 刻度系数误差 | @25℃，1σ | | 0.5 | | ‰ |
| 刻度系数非线性 | @25℃，1σ | | 200 | | ppm |

注1：IEEE标准，在静态25℃环境下Allan方差曲线给出

注2：1℃/分钟升温情况下全温零偏变化1σ值

图 1 陀螺仪ALLAN方差典型曲线

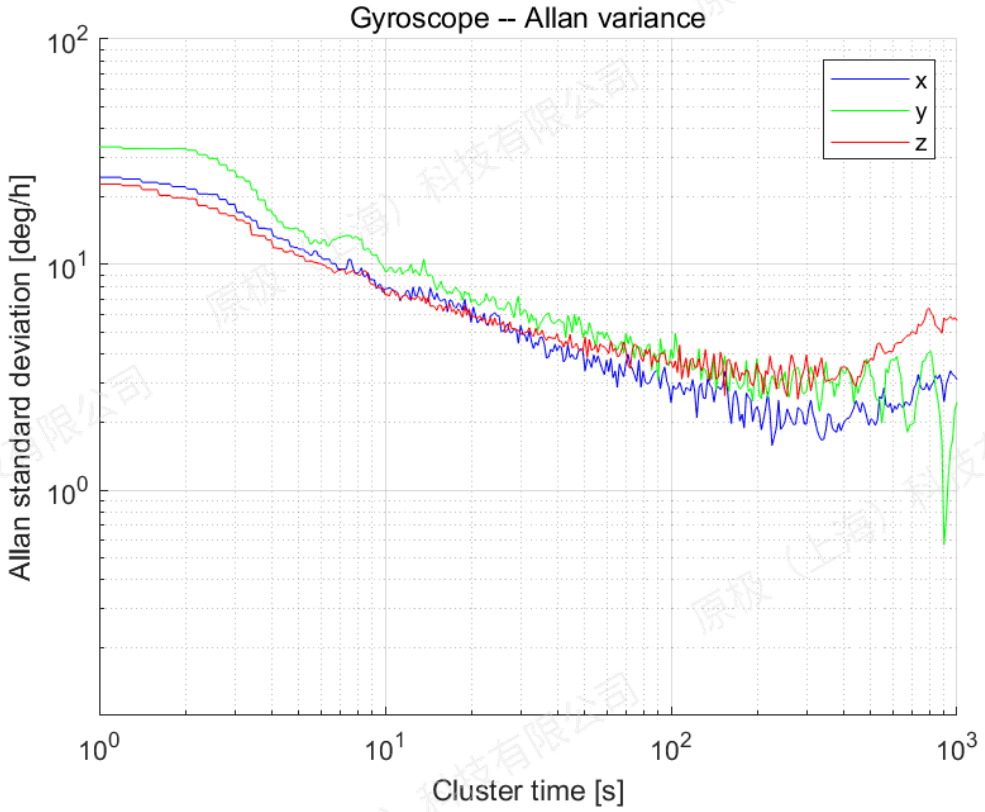
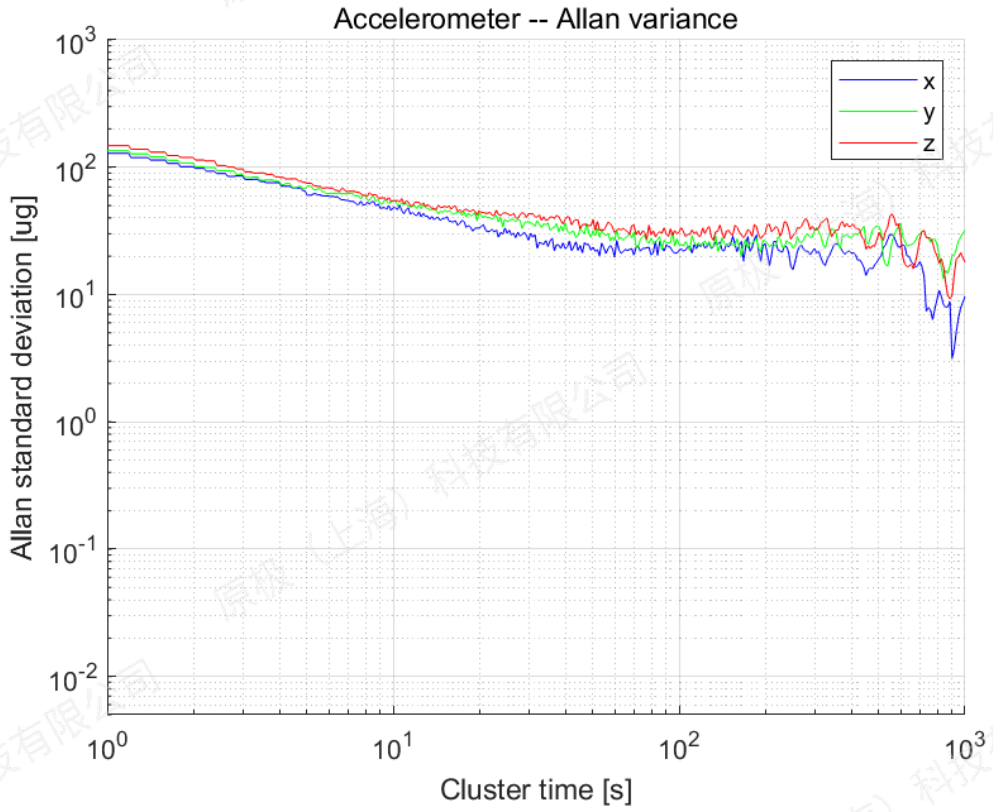



图 2 加速度计ALLAN方差典型曲线



# 2. 外形结构

## 2.1 外壳材质工艺

### 2.1.1 CNC外壳

- 对应型号：IMU16460-QM
- 颜色：黑色
- 工艺：CNC
- 表面处理工艺：黑色阳极氧化
- 材质：铝合金

### 2.1.2 压铸外壳

- 对应型号：IMU16460-QM（压铸）
- 颜色：银色
- 工艺：压铸
- 表面处理工艺：表面镀镍
- 材质：锌合金

## 2.2 结构尺寸

**图 3 外形结构及尺寸（单位：mm）**

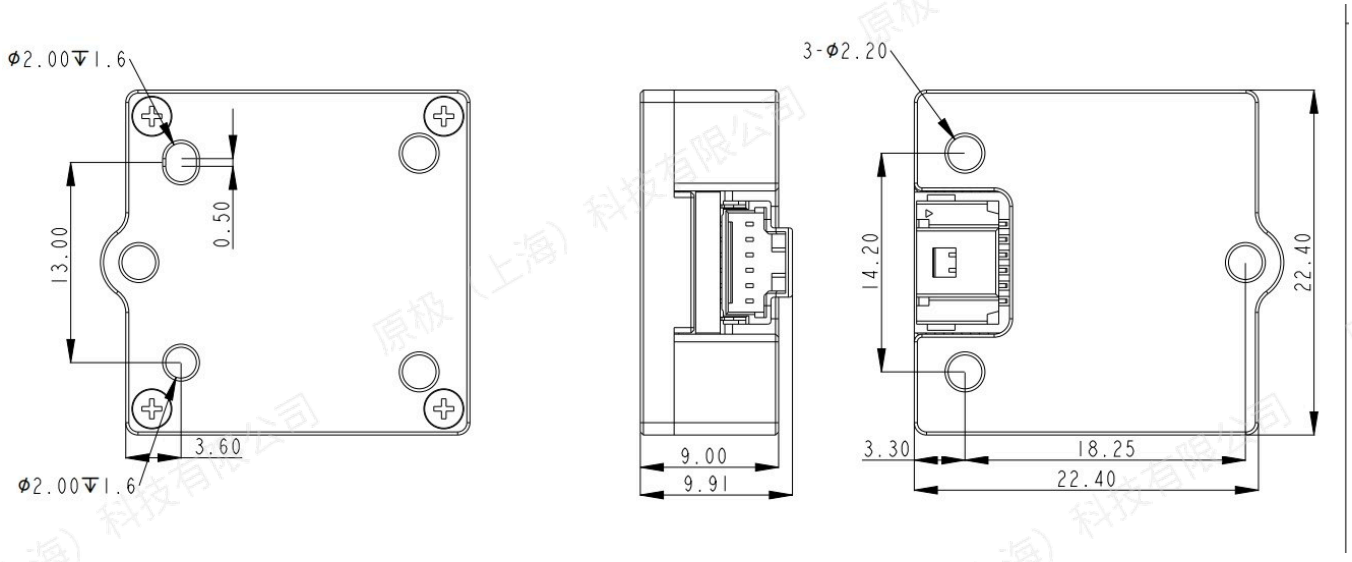
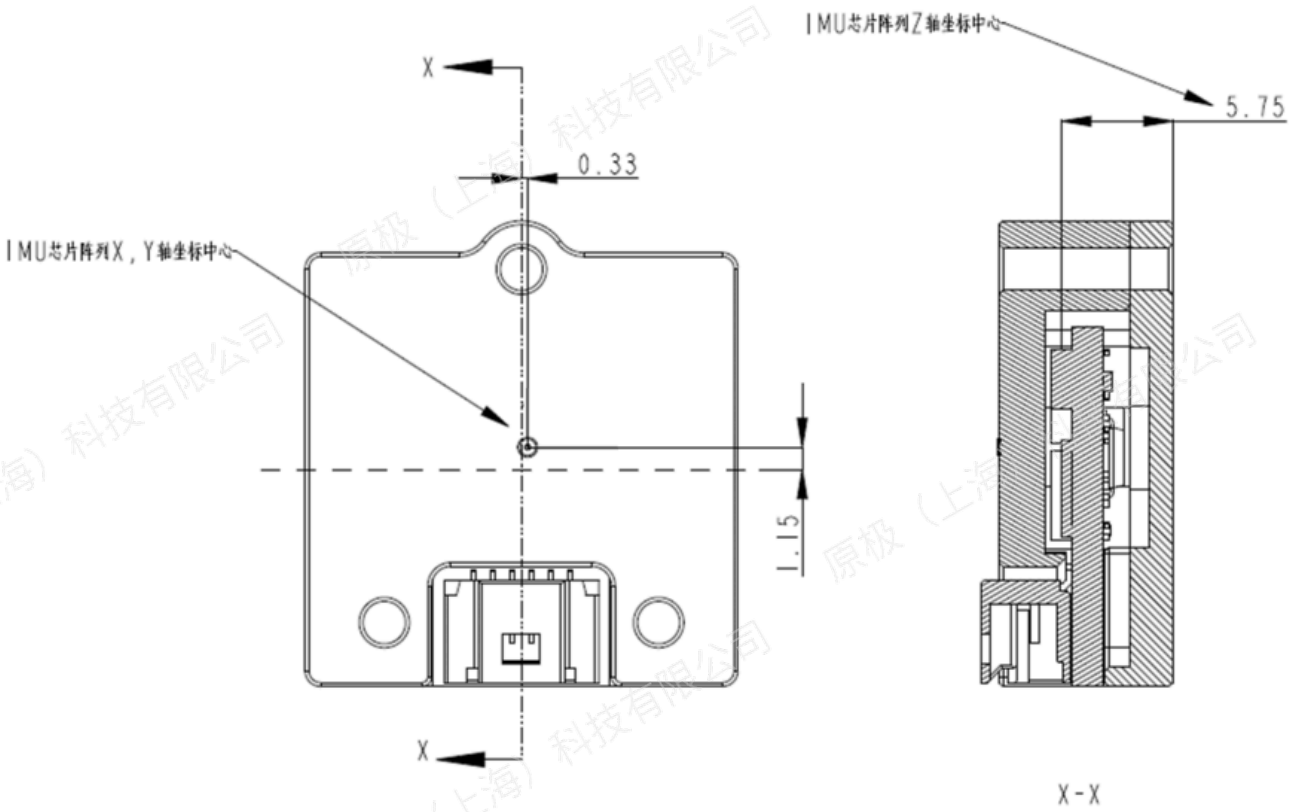


图 4 IMU中心位置（单位：mm）



# 3. 电气特性

## 3.1 最大耐受值

**表 3 最大额定绝对值**

| 参数 | 符号 | 范围 | 单位 |
|---|---|---|---|
| 供电电压 | VCC | -0.3 to 6.5 | V |
| 电源地 | GND | - | - |
| 输入管脚电压 | Vin | -0.3 to 5.8 | V |
| 使用温度 | Tot | -40 to 85 | ℃ |
| 存储温度 | Tstg | -40 to 85 | ℃ |

## 3.2 工作条件

**表 4 工作条件**

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 供电电压 | VIN | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| VIN最大纹波 | Vrpp | | ±40 | | mV |
| 功耗 | P | | 0.2 | | W |
| 使用温度 | Tot | -40 | | 85 | ℃ |
| 存储温度 | Tstg | -40 | | 85 | ℃ |

注：当电源电压高于6V时，内部电压保护电路将切断电源和设备进入复位状态，直到电压回到工作条件，恢复工作。

## 3.3 IO阈值特性

**表 5 IO阈值特性**

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 输入管脚低电平 | Vin_low | 0 | | VCC*0.2 | V |
| 输入管脚高电平 | Vin_high | VCC*0.7 | | VCC+0.2 | V |
| 输出管脚低电平 | Vout_low | 0 | | 0.45 | V |
| 输出管脚高电平 | Vout_high | VCC-0.45 | | VCC | V |

注：VCC=3.3V

# 4. 引脚定义

图 5 引脚示意图

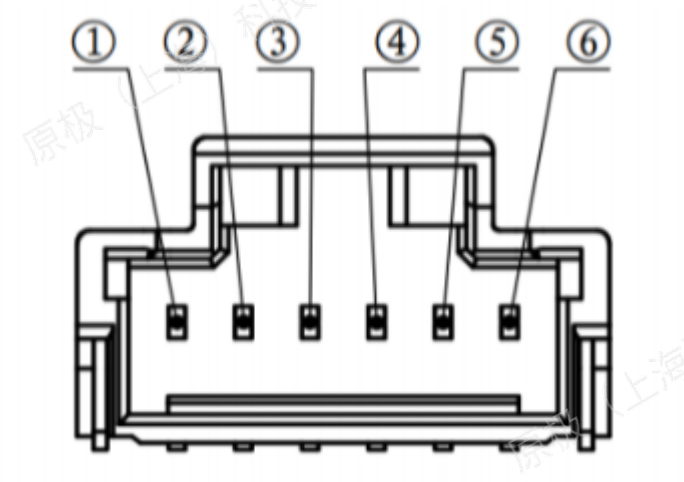



表 6 引脚定义

| 引脚序号 | 引脚名称 | 引脚描述 |
|---|---|---|
| 1 | RS485_A | RS485 |
| 2 | RS485_B | |
| 3 | RX | 接收数据输入 / RMC |
| 4 | TX | 接收数据输出 / PPS / DATA READY |
| 5 | GND | 电源地 |
| 6 | VIN | +5V 电源输入 |

引脚4功能切换串口指令为： AT+SET_TIME_SYNC=0 TX（注：默认为0） AT+SET_TIME_SYNC=1 PPS AT+SET_TIME_SYNC=2 DATA READY

# 5. 通信协议

## 5.1 串口通信协议

基于QT、ROS和STM32的串口协议示例：

https://data.forsense-imu.com/page/download.html

串口通信具有两种模式：数据流模式(Stream Mode)和命令模式(Command Mode)，IMU在上电初始化完成后，根据参数配置的模式值进入对应模式。

数据流模式：以固定频率周期性输出AHRS 数据；

命令模式：在此模式下，停止周期性输出，用户通过发送命令与IMU进行通信，可通过GET指令获取传感器数据、状态、参数等，也可配置IMU 的参数。

### 5.1.1 串口接口参数

**表 7 串口接口参数**

| **传输速率范围** | **115200bps ~ 1.5Mbps** |
|---|---|
| 默认传输速率 | 115200bps |
| 开始位 | 1 bit |
| 数据位 | 8 bits |
| 停止位 | 1 bit |
| 奇偶校验 | 无 |

### 5.1.2 数据包格式

IMU 输出和用户输入的数据包结构组成如下：

**表 8 IMU输出和用户输入数据结构**

| 偏移量 | 数据类型 | 名称 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 0 | uint8 | 帧头 1 | IMU输出帧头：0xAA，0x55<br>用户输入帧头：0x55，0xAA |
| 1 | uint8 | 帧头 2 | |
| 2 | uint16 | ID 低位 | 串口通信帧 ID 的低位字节 |
| 3 | | ID 高位 | 串口通信帧 ID 的高位字节 |
| 4 | uint16 | 数据长度低位 | 串口通信帧长度的低位字节，length 为 payload 所占字节数，即为 n |
| 5 | | 数据长度高位 | 串口通信帧长度的高位字节，length 为 payload 所占字节数， 即为 n |
| 6 | uint8 | Payload （n 个字节） | 数据负载 |
| 6+n | Uint32 | CRC_CEHCK （32位数据低字节） | CRC校验 |
| 7+n | | CRC_CEHCK （32位数据中低字节） | |
| 8+n | | CRC_CEHCK （32位数据中高字节） | |
| 9+n | | CRC_CEHCK （32位数据高字节） | |

注 1： 数据以小端格式传输，低字节在前，高字节在后

注 2： crc32 的初值为 1，CRC 计算不包括本身的本帧所有数据，查表计算法见文档末尾

### 5.1.3 数据流帧——AHRS数据

**表 9 串口AHRS数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | payload | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | A1 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x0002 | 0x002C | | crc32 |

注 1： 最大输出更新率不大于 200Hz@115200bps

**表 10 串口A1负载数据格式**

| offset | 名称 | 数据类型 | 单位 | 描述 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | timer | uint32 | μs | 时间标 |
| 4 | pitch | float | ° | 俯仰角 |
| 8 | roll | float | ° | 横滚角 |
| 12 | yaw | float | ° | 航向角 |
| 16 | ax | float | g | X 轴加速度 |
| 20 | ay | float | g | Y 轴加速度 |
| 24 | az | float | g | Z 轴加速度 |
| 28 | gx | float | °/s | X 轴角速度 |
| 32 | gy | float | °/s | Y 轴角速度 |
| 36 | gz | float | °/s | Z 轴角速度 |
| 40 | temp | float | ℃ | IMU 芯片温度 |

例：获取到AHRS数据流：

AA 55 02 00 2C 00 6D 89 16 05 8F C2 65 40 14 AE 07 BF 5C 0F B2 43 25 06 81 3D BC 74 13 3C 60 E5 80 BF EC 51 38 BD 0A D7 A3 BB CD CC CC BC D7 A3 EE 41 0C BF 84 80

解析如下：

表 11 串口A1获取到AHRS数据流

| 描述 | 原始值 | 解析值 | 描述 | 原始值 | 解析值 |
|---|---|---|---|---|---|
| ID | 0200 | 02 | Y 轴加速度 | BC74133C | 0.009g |
| 长度 | 2C00 | 44 | Z 轴加速度 | 60E580BF | -1.007g |
| 时间标 | 6D891605 | 85363053 | X 轴角速度 | EC5138BD | -0.045°/s |
| 俯仰角 | 8FC26540 | 3.59° | Y 轴角速度 | 0AD7A3BB | -0.005°/s |
| 横滚角 | 14AE07BF | -0.53° | Z 轴角速度 | CDCCCCBC | -0.025°/s |
| 航向角 | 5C0FB243 | 356.12° | imu芯片温度 | D7A3EE41 | 29.83℃ |
| X 轴加速度 | 2506813D | 0.063g | crc32校验 | 0CBF8480 | 2156183308 |

### 5.1.4 命令模式GET输出——系统状态

表 12 串口系统状态数据格式

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | payload | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | S1 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x00FF | N | | crc32 |

注1： 不同IMU型号，此帧的长度会有差别，都代表S1的长度，需要根据imu型号确认。

**表 13 串口S1负载数据格式**

| offset | 名称 | 数据类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 0 | Software_ver | uint32 | 软件版本号 |
| 4 | Hardware_ver | uint32 | 硬件版本号 |
| 8 | rev | uint16 | 保留字节 |
| 10 | sn0 | uint32 | 第一 SN 号 |
| 14 | sn1 | uint32 | 第二 SN 号 |
| 18 | sn2 | uint32 | 第三 SN 号 |
| 22 | Board_version | uint32 | 底板版本号 |
| 26 | Rev[16] | Uint8 | 后续都是保留字节 |

注1：不同IMU型号，后续保留字节也不同，需要根据imu型号进行确认，IMU614E为16字节。

例：获取系统状态

输入数据：55 AA 01 00 18 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 BD DB 31 34

响应数据：AA 55 FF 00 2A 00 1F 39 03 00 65 6F 01 00 50 83 30 33 35 55 34 50 15 FF 8F 5F FF FF 50 83 FF 1F 29 00 00 00 00 E0 00 07 10 17 08 50 D0 37 10 3B 7A C3 00 02

根据响应数据，解析得到软件版本号211231(1F 39 03 00),硬件版本号94053(65 6F 01 00)。

### 5.1.5 命令模式GET输出——读取参数

**表 14 串口参数输入数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | payload | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | P1 | uint32 |
| 编码 | 0x55 | 0xAA | 0x0006 | 0x0018 | | crc32 |

**表 15 串口参数输出数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | payload | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | P1 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x7530 | 0x0018 | | crc32 |

注1： 读取参数时，IMU会将数据流关闭，设置完毕后需要重新开启数据流。

**表 16 串口P1负载数据格式**

| offset | 名称 | 数据类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 0 | Param1 | float | 获取的参数（输入数据可无视） |
| 4 | Param2 | float | 保留，默认为 0 |
| 8 | Param3 | uint32 | 设置的参数索引 |
| 12 | Param4 | uint32 | 保留，默认为 0 |
| 16 | Param5 | Int32 | 保留，默认为 0 |
| 20 | Param6 | Int32 | 保留，默认为 0 |

**表 17 串口P1负载参数索引表**

| Param3 | Param1 | 单位 |
|---|---|---|
| 3 | 串口输出波特率，支持以下波特率<br>115200、230400、460800、921600、1500000 | bps |
| 4 | 坐标系朝向（见表24坐标系朝向对应表） | |
| 8 | X 轴陀螺零偏标定结果，GYRO_X_OFF | °/s |
| 9 | Y 轴陀螺零偏标定结果，GYRO_Y_OFF | °/s |
| 10 | Z 轴陀螺零偏标定结果，GYRO_Z_OFF | °/s |
| 21 | AHRS 输出频率，默认 100Hz | Hz |
| 31 | 内部滤波器配置，定义同SPI 的FILTER_CTRL 对照表 | |

例：获取AHRS输出频率

输入数据：55 AA 06 00 18 00 00 00 00 00 00 00 00 00 15 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 66 CB 46 AC

响应数据：AA 55 30 75 18 00 00 00 48 42 00 00 00 00 15 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 31 2F A2 0A

根据响应数据，解析得到输出频率为50hz (00 00 48 42)。

### 5.1.6 命令模式SET指令

**表 18 串口输入命令格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | payload | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | R1 | uint32 |
| 编码 | 0x55 | 0xAA | CMD | 0x0018 | | crc32 |

注 1：CMD 与 R1 关系，详见 R1 负载参数索引表

**表 19 串口R1负载数据格式**

| offset | 名称 | 数据类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 0 | Param1 | float | 设置的参数 |
| 4 | Param2 | float | 保留，默认为 0 |
| 8 | Param3 | uint32 | 设置的参数索引 |
| 12 | Param4 | uint32 | 保留，默认为 0 |
| 16 | Param5 | Int32 | 保留，默认为 0 |
| 20 | Param6 | Int32 | 保留，默认为 0 |

**表 20 串口R1负载参数索引表**

| CMD | Param1 | Param3 | 描述 |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 触发获取一次系统状态数据 |
| 2 | 0 | 0 | 触发获取一次 AHRS 数据 |
| 3 | <mode> | 0 | 设置输出模式：Mode=1， 数据流输出 AHRS<br>Mode=100，禁止数据流模式，进入 COMMAD 模式 |
| 5 | 0 | 0 | 保存当前参数到 FLASH |
| 6 | 0 | <value> | 读取参数，value 为要读取的参数索引，即P1.index，详见串口应答性输出-参数读取<br>例如需读取AHRS 输出频率（ODR），则设置value=21<br>例如需读取串口波特率，则设置value=3<br>例如需读取内部滤波器，则设置value=31<br>例如需读取坐标系方向，则设置value=4 |
| 9 | 0 | 0 | 执行软件重启 |
| 14 | <value> | 3 | 设置串口输出波特率，单位bps value 的有效值为：<br>115200，230400，460800，921600，1500000<br>value 为其他值时，默认采用 115200bps<br>设置波特率参数后，需要重启才能生效。<br>不断电的设置流程：设置波特率，保存参数到flash，执行软件复位 |
| 14 | <value> | 21 | 设置周期性AHRS 数据输出频率，单位Hz value 的常用值为： 1，10，50，100，200，500，1000<br>输出频率与串口波特率的推荐对应关系<br>1000Hz：921600bps<br>500Hz：460800bps<br>250Hz：460800bps<br>200Hz：460800bps<br>100Hz：115200bps |
| 14 | <value> | 31 | 内部滤波器配置，定义同SPI加速度计和陀螺仪滤波器配置，默认 0xBB，即 47Hz |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | <value> | 4 | 设置IMU坐标系朝向，value的取值范围为101~124，具体坐标系朝向对应关系见表24 |

注 1： 请注意本表中数值均为十进制

注 2： 可使用上位机命令生成器功能生成对应命令发送，使用方法见本手册上位机使用部分

如执行开启AHRS输出：

CMD ID填入3，参数1填入1，生成的十六进制数组可以填入串口助手或程序数组中发送给IMU。

**图 6 命令生成器生成AHRS输出指令**



### 5.1.7 命令模式输出——用户命令响应

**表 21 设置参数串口响应数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | ACK | Param3 | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | uint16 | uint16 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x753D | 0x0004 | 0x7534 | 参数索引 | crc32 |

**表 22 保留参数串口响应数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | ACK | result | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | uint16 | uint16 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x753D | 0x0004 | 0x0005 | 0x01 | crc32 |

**表 23 串口用户命令响应数据格式**

| | 帧头 | 帧头 | ID | length | command | result | 帧尾 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 数据类型 | uint8 | uint8 | uint16 | uint16 | uint16 | uint16 | uint32 |
| 编码 | 0xAA | 0x55 | 0x0064 | 0x0004 | 命令ID | 0x01 | crc32 |

例：设置串口输出波特率115200

输入数据：
55,AA,0E,00,18,00,00,00,E1,47,00,00,00,00,03,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,56,2B,4D,93

响应数据：AA 55 3D 75 04 00 34 75 03 00 A7 98 2A 54

设置周期性AHRS 数据输出频率100hz

输入数据：55 AA 0E 00 18 00 00 00 C8 42 00 00 00 00 15 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0A 2B 2C 8D

响应数据：AA 55 3D 75 04 00 34 75 15 00 70 2D B2 48

保存当前参数到 FLASH

输入数据：55 AA 05 00 18 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 C9 2F E6 32

响应数据：AA 55 3D 75 04 00 05 00 01 00 5A CF B1 7C

设置输出模式为AHRS数据流

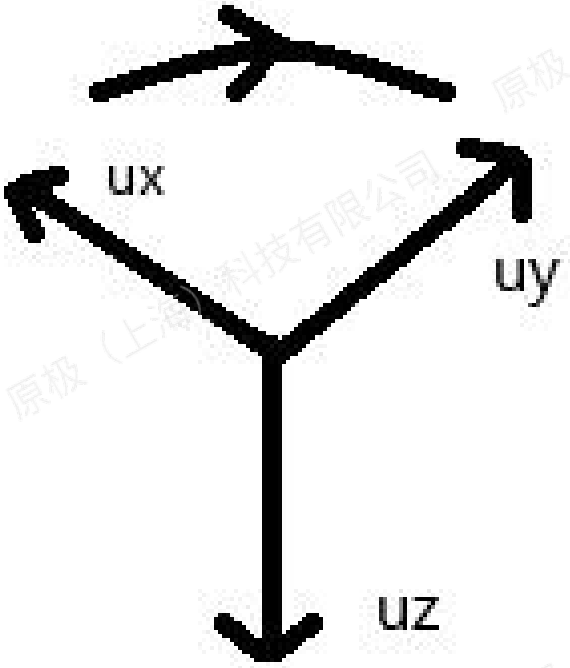
输入数据：55 AA 03 00 18 00 00 00 80 3F 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 52 D8 8E E8

响应数据：AA 55 64 00 04 00 03 00 01 00 E7 87 E3 AD

### 5.1.8 坐标系设置功能

设置固件坐标系，在上位机当中显示对应固件设计坐标系

**图 7 固件原始坐标系**




按照上图规则，当x和y轴确定之后，z轴确定。Z轴垂直于 X轴到Y轴的面。

X/Y/Z 三轴的朝向总共有二十四种，如下表所示：

**表 24 坐标系朝向对应表**

| 朝向（value） | XAxis | YAXis | ZAxis | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 101 | +Ux | +Uy | +Uz | 默认朝向 |
| 102 | -Ux | -Uy | +Uz | |
| 103 | -Uy | +Ux | +Uz | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 104 | +Uy | -Ux | +Uz | |
| 105 | -Ux | +Uy | -Uz | |
| 106 | +Ux | -Uy | -Uz | |
| 107 | +Uy | +Ux | -Uz | |
| 108 | -Uy | -Ux | -Uz | |
| 109 | -Uz | +Uy | +Ux | |
| 110 | +Uz | -Uy | +Ux | |
| 111 | +Uy | +Uz | +Ux | |
| 112 | -Uy | -Uz | +Ux | |
| 113 | +Uz | +Uy | -Ux | |
| 114 | -Uz | -Uy | -Ux | |
| 115 | -Uy | +Uz | -Ux | |
| 116 | +Uy | -Uz | -Ux | |
| 117 | -Ux | +Uz | +Uy | |
| 118 | +Ux | -Uz | +Uy | |
| 119 | +Uz | +Ux | +Uy | |
| 120 | -Uz | -Ux | +Uy | |
| 121 | +Ux | +Uz | -Uy | |
| 122 | -Ux | -Uz | -Uy | |
| 123 | -Uz | +Ux | -Uy | |
| 124 | +Uz | -Ux | -Uy | |

如何更改坐标系为102朝向：

CMD ID填入14，参数1填入102，参数3填入4，生成的十六进制数组可以填入串口助手或程序数组中发送给IMU。

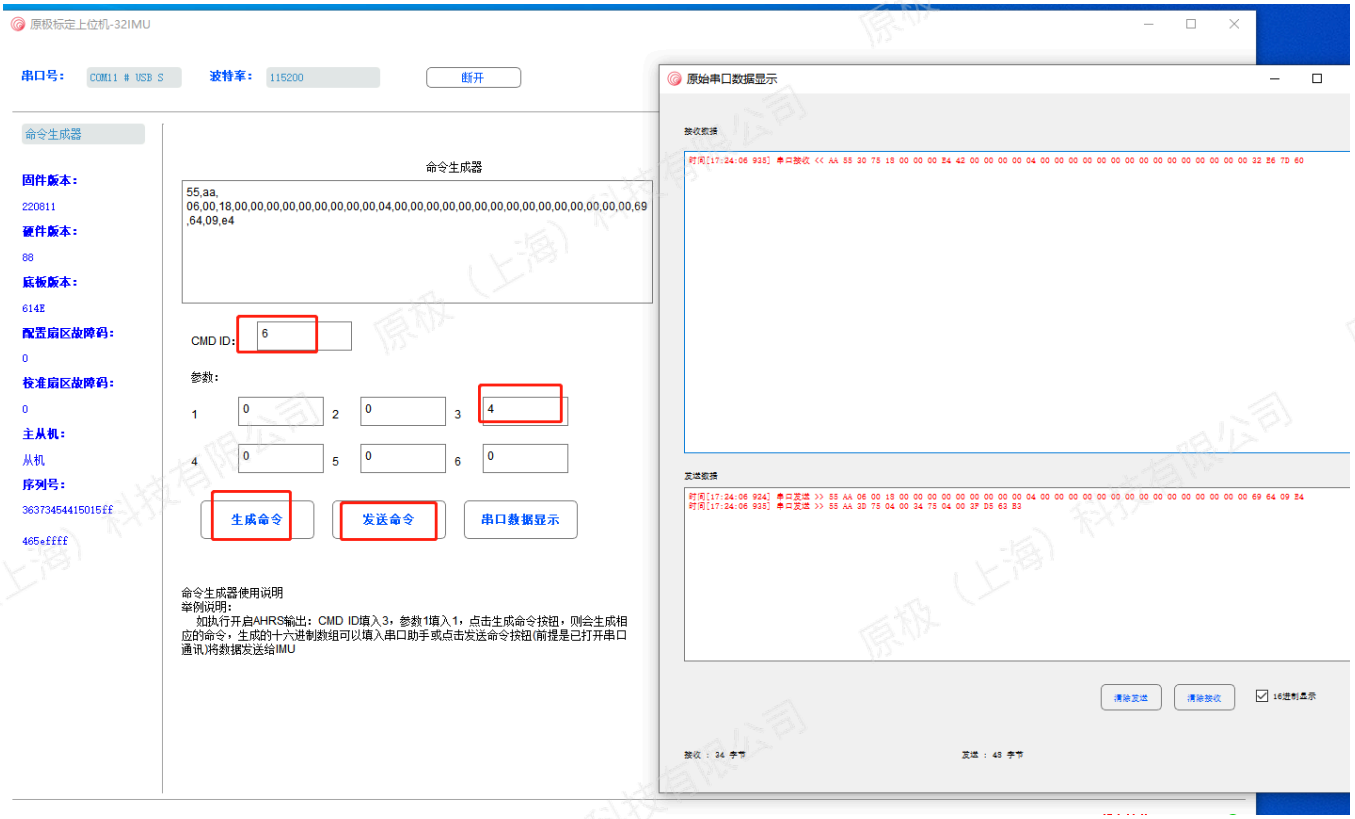
**图 8 命令生成器生成修改坐标系指令**




如何读取坐标系朝向：

CMD ID填入06，参数3填入4，生成的十六进制数组可以填入串口助手或程序数组中发送给IMU。

图 9 命令生成器生成读取坐标系指令




例： 设置坐标系为115朝向

输入数据：55,aa,0e,00,18,00,00,00,e6,42,00,00,00,00,04,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,46,6a,4e,86

响应数据：AA 55 3D 75 04 00 34 75 04 00 60 0E 6B 1B

参考表21解析得到参数索引为04，设置成功。

读取坐标系：

输入数据：55 AA 06 00 18 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 69 64 09 E4

响应数据：AA 55 30 75 18 00 00 00 E6 42 00 00 00 00 04 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 B2 2F 2D 4E

根据表15与表16 ，解析得到参数1为115（float），参数3为04。即坐标系为115朝向。

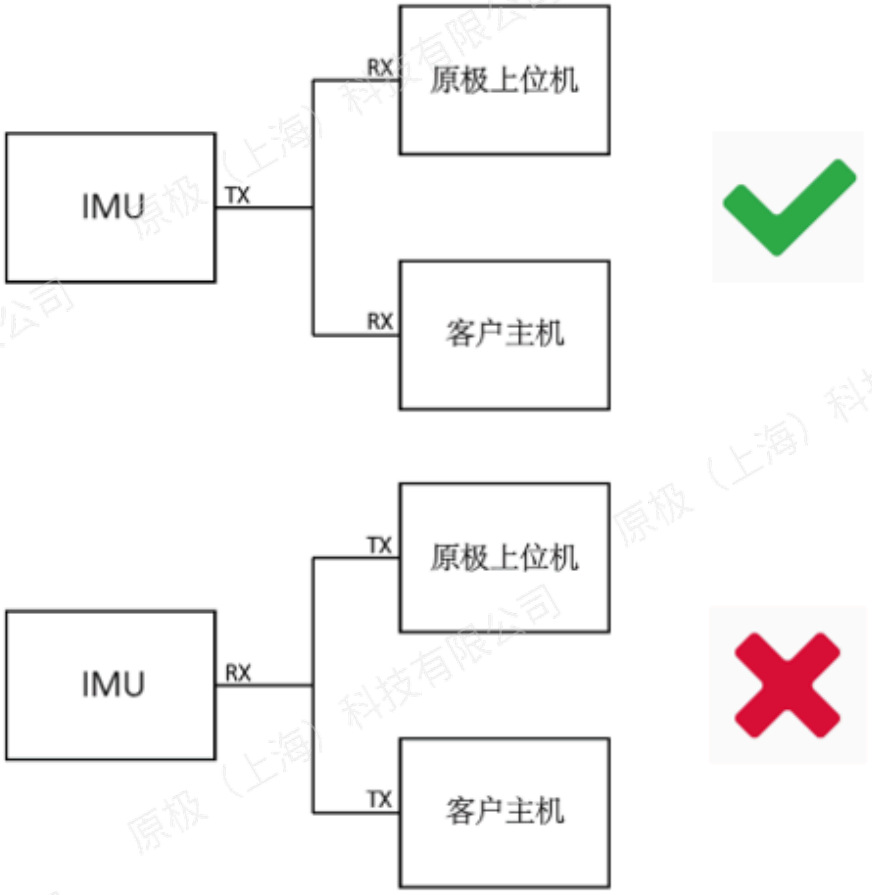
### 5.1.9 串口连接常见问题

1）IMU的RX不能接2个主机TX

串口的RX不能同时接2个TX，所以如果需要连接原极上位机时，需要断开其与用户主机的串口通信，否则上位机只能接收到数据，不能发送命令给IMU。

如下图所示：

**图 10 串口连接方式示意图**




注：IMU TX 可接多路 RX，RX 不可接多路 TX；
IMU串口不可同时连接客户主机和原极上位机；
IMU可以预留另外一路串口专门连接原极上位机。

2）获取不到版本号

检查串口线是否丢包，推荐使用FT232芯片的串口线，CH340、PL2303数据线在高波特率时（>115200bps）会丢包

建议串口线直连，不建议串联，如RS422的接口接电脑，直接使用RS422转USB线，不要用RS422转RS232+RS232Z转USB线串联。

3）上位机曲线显示卡顿

如果是FT232数据线，用系统管理员打开上位机，自动配置串口延时

手动在设备管理器中配置串口延时。

# 6. 坐标系定义

默认坐标系为通用坐标系

**图 11 通用坐标系示意图**




本产品坐标系使用 前-右-下坐标系，欧拉角范围如下：

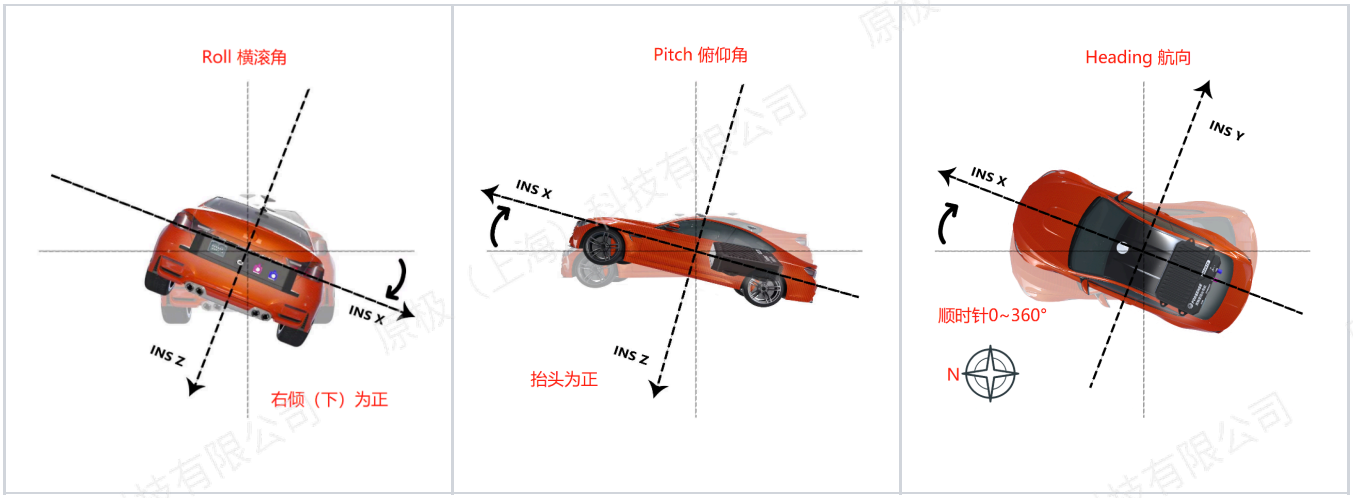
绕 Z 轴方向旋转: 航向角Yaw范围: 0° ~360°；

绕 X 轴方向旋转: 横滚角Roll范围: -180°~180°；

绕 Y 轴方向旋转: 俯仰角Pitch范围: -90°~90°。

横滚、俯仰、航向角度示意图如下：

图 12 横滚、俯仰、航向角示意图



# 7. CRC查表法计算

建议直接参考示例代码。

注 1：数据以小端格式传输，低字节在前，高字节在后

注 2：crc32 的初值为 1，CRC 计算不包括本身的本帧所有数据

```
static  const  uint32_t  crc32_tab [ ]  =  {
0x00000000, 0x77073096, 0xee0e612c, 0x990951ba, 0x076dc419, 0x706af48f,
0xe963a535, 0x9e6495a3, 0x0edb8832, 0x79dcb8a4, 0xe0d5e91e, 0x97d2d988,
0x09b64c2b,  0x7eb17cbd,  0xe7b82d07,  0x90bf1d91,  0x1db71064,  0x6ab020f2,
0xf3b97148,  0x84be41de,  0x1adad47d,  0x6ddde4eb,  0xf4d4b551,  0x83d385c7,
0x136c9856,  0x646ba8c0,  0xfd62f97a,  0x8a65c9ec,  0x14015c4f,  0x63066cd9,
0xfa0f3d63,  0x8d080df5,  0x3b6e20c8,  0x4c69105e,  0xd56041e4,  0xa2677172,
0x3c03e4d1,  0x4b04d447,  0xd20d85fd,  0xa50ab56b,  0x35b5a8fa,  0x42b2986c,
0xdbbbc9d6,  0xacbcf940,  0x32d86ce3,  0x45df5c75,  0xdcd60dcf,  0xabd13d59,
0x26d930ac,  0x51de003a,  0xc8d75180,  0xbfd06116,  0x21b4f4b5,  0x56b3c423,
0xcfba9599,  0xb8bda50f,  0x2802b89e,  0x5f058808,  0xc60cd9b2,  0xb10be924,
0x2f6f7c87,  0x58684c11,  0xc1611dab,  0xb6662d3d,  0x76dc4190,  0x01db7106,
0x98d220bc,  0xefd5102a,  0x71b18589,  0x06b6b51f,  0x9fbfe4a5,  0xe8b8d433,
0x7807c9a2,  0x0f00f934,  0x9609a88e,  0xe10e9818,  0x7f6a0dbb,  0x086d3d2d,
0x91646c97,  0xe6635c01,  0x6b6b51f4,  0x1c6c6162,  0x856530d8,  0xf262004e,
0x6c0695ed,  0x1b01a57b,  0x8208f4c1,  0xf50fc457,  0x65b0d9c6,  0x12b7e950,
0x8bbeb8ea,  0xfcb9887c,  0x62dd1ddf,  0x15da2d49,  0x8cd37cf3,  0xfbd44c65,
0x4db26158,  0x3ab551ce,  0xa3bc0074,  0xd4bb30e2,  0x4adfa541,  0x3dd895d7,
0xa4d1c46d,  0xd3d6f4fb,  0x4369e96a,  0x346ed9fc,  0xad678846,  0xda60b8d0,
0x44042d73,  0x33031de5,  0xaa0a4c5f,  0xdd0d7cc9,  0x5005713c,  0x270241aa,
0xbe0b1010,  0xc90c2086,  0x5768b525,  0x206f85b3,  0xb966d409,  0xce61e49f,
0x5edef90e,  0x29d9c998,  0xb0d09822,  0xc7d7a8b4,  0x59b33d17,  0x2eb40d81,
0xb7bd5c3b,  0xc0ba6cad,  0xedb88320,  0x9abfb3b6,  0x03b6e20c,  0x74b1d29a,
0xead54739,  0x9dd277af,  0x04db2615,  0x73dc1683,  0xe3630b12,  0x94643b84,
0x0d6d6a3e,  0x7a6a5aa8,  0xe40ecf0b,  0x9309ff9d,  0x0a00ae27,  0x7d079eb1,
0xf00f9344,  0x8708a3d2,  0x1e01f268,  0x6906c2fe,  0xf762575d,  0x806567cb,
0x196c3671,  0x6e6b06e7,  0xfed41b76,  0x89d32be0,  0x10da7a5a,  0x67dd4acc,
0xf9b9df6f,  0x8ebeeff9,  0x17b7be43,  0x60b08ed5,  0xd6d6a3e8,  0xa1d1937e,
0x38d8c2c4,  0x4fdff252,  0xd1bb67f1,  0xa6bc5767,  0x3fb506dd,  0x48b2364b,
```

```
0xd80d2bda,  0xaf0a1b4c,  0x36034af6,  0x41047a60,  0xdf60efc3,  0xa867df55,
0x316e8eef,  0x4669be79,  0xcb61b38c,  0xbc66831a,  0x256fd2a0,  0x5268e236,
0xcc0c7795,  0xbb0b4703,  0x220216b9,  0x5505262f,  0xc5ba3bbe,  0xb2bd0b28,
0x2bb45a92,  0x5cb36a04,  0xc2d7ffa7,  0xb5d0cf31,  0x2cd99e8b,  0x5bdeae1d,
0x9b64c2b0,  0xec63f226,  0x756aa39c,  0x026d930a,  0x9c0906a9,  0xeb0e363f,
0x72076785,  0x05005713,  0x95bf4a82,  0xe2b87a14,  0x7bb12bae,  0x0cb61b38,
0x92d28e9b,  0xe5d5be0d,  0x7cdcefb7,  0x0bdbdf21,  0x86d3d2d4,  0xf1d4e242,
0x68ddb3f8,  0x1fda836e,  0x81be16cd,  0xf6b9265b,  0x6fb077e1,  0x18b74777,
0x88085ae6,  0xff0f6a70,  0x66063bca,  0x11010b5c,  0x8f659eff,  0xf862ae69,
0x616bffd3,  0x166ccf45,  0xa00ae278,  0xd70dd2ee,  0x4e048354,  0x3903b3c2,
0xa7672661,  0xd06016f7,  0x4969474d,  0x3e6e77db,  0xaed16a4a,  0xd9d65adc,
0x40df0b66,  0x37d83bf0,  0xa9bcae53,  0xdebb9ec5,  0x47b2cf7f,  0x30b5ffe9,
0xbdbdf21c,  0xcabac28a,  0x53b39330,  0x24b4a3a6,  0xbad03605,  0xcdd70693,
0x54de5729,  0x23d967bf,  0xb3667a2e,  0xc4614ab8,  0x5d681b02,  0x2a6f2b94,
0xb40bbe37,   0xc30c8ea1,  0x5a05df1b,   0x2d02ef8d,
}
uint32_t  crc_crc32 (uint32_t  crc,  const  uint8_t  *buf,  uint32_t size ) {
for   (uint32_t  i=0;  i<size ;  i++)  {
crc  =  crc32_tab [ (crc  ^  buf [i ] )  &  0xff]  ^   (crc  >>  8 ) ;
}
return  crc;
}
```

# 8. 更新记录

手册最新版本：IMU16460-QM_Datasheet_产品手册

| 版本 | 日期 | 状态/注释 |
| --- | --- | --- |
| 版本1.0 | 2025.03.05 | 初版 |
| 版本1.1 | 2026.01.21 | 加速度计量量程变更 |
| 版本1.2 | 2026.03.18 | 结构&尺寸图更新 |
| 版本1.3 | 2026.04.07 | 更新坐标系 |
| 版本1.4 | 2026.09.30 | 增加外壳工艺材质说明 |