

## FSS-AHRS40X-X 产品手册

### 特性

#### 战术级 MEMS IMU

- 2.5° /h 陀螺仪零偏不稳定性
- 25  $\mu$ g 加速度计零偏不稳定性

#### 抗干扰动态倾角算法

- 分辨率 0.01 度
- 低动态精度 < 0.4° @rms

#### 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°C ~ 85°C
- 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 CAN 接口
- 支持 RS-485 接口
- 支持 TTL 接口
- 支持 RS-232 接口

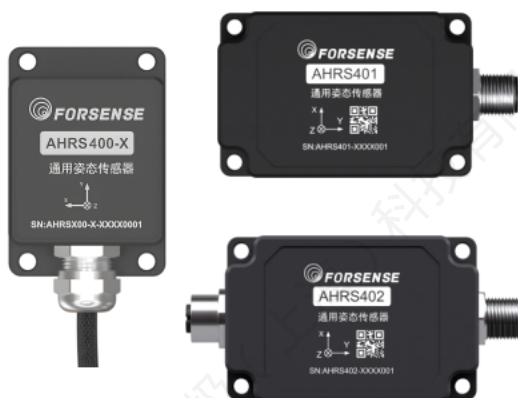
### 产品概述

AHRS40X是原极科技基于工业级IMU 平台, 针对工程机械, 智能机器人等领域 推出的一款动态倾角测量传感器。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, 确保模块的一致性和稳定性。内置基于扩展卡尔曼滤波的姿态融合算法, 有效抑制动态干扰对姿态精度的影响, 保证姿态精度的稳定性。

### 应用领域

- 农机自动驾驶
- 工程车
- 水下机器人
- 静态和动态倾角监测、振动监测

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!



## 目录

1. 性能参数	1
2. 型号说明	2
3. 外形结构	3
4. 电气特性	5
4.1 最大耐受值	5
4.2 工作条件	5
4.3 接口定义	5
5. 升级功能	7
5.1 CAN 版本固件升级	7
5.2 RS-485/RS-232/TTL 版本固件升级	7
6. 用户参数功能	8
7. 通信协议	9
7.1 CAN 通信协议	9
7.1.1 通讯参数	9
7.1.2 标准帧格式	9
7.1.3 CAN 参数配置	10
7.2 串口通信协议	14
7.2.1 串口接口参数	14
7.2.2 数据包格式	15
7.2.3 常用 AT 指令	15
7.2.4 数据流帧——AHRS 数据	19
7.2.5 命令模式 GET 输出——系统状态	20
7.2.6 命令模式 GET 输出——读取参数	21
7.2.7 命令模式 SET 指令	23
7.2.8 命令模式输出——用户命令响应	25
7.2.9 坐标系设置功能	26
7.2.10 串口连接常见问题	33
8. 坐标系定义	34
9. CRC 查表法计算	35
10. 选配附件	37
11. 更新记录	38

## 1. 性能参数

AHRS400 产品性能指标如下表 1 所示：

表 1 性能指标

传感器性能	
角度测量范围	俯仰角：±80° 横滚角：±180°
角度重复性	<0.03°
角速度测量范围	±450° /s ±2000° /s <sup>2</sup>
分辨率	0.01°
动态精度 <sup>1</sup>	0.4°
加速度测量范围	±6g
更新率	详情见表 2 型号说明
电气特性	
电压输入	5V / 9V-32V <sup>3</sup>
功耗	0.2W-0.36W
接口	CAN/RS-485/RS-232/TTL
物理特性（AHRS400-X）	
接头型号	GX12 - 4 芯（公头）
产品尺寸	37.6*55*24mm
防水等级	IP68
线缆长度	40cm(自带) + 50cm(外接)
物理特性（AHRS40X-A）	
接头型号	M12 航空连接器 5 pin （公头/母头）
产品尺寸	AHRS401: 47*85*24mm AHRS402: 47*96.5*24mm
防水等级	IP68
线缆长度	40cm(自带) + 50cm(外接)
环境温度	
工作温度	-40℃~85℃
存储温度	-40℃~85℃

注 1 车载低动态场景，扣除安装偏差角后的 RMS 误差值

注 2 需特殊固件支持

注 3 5V 为单独电压版本

## 2. 型号说明

图 1 型号定义

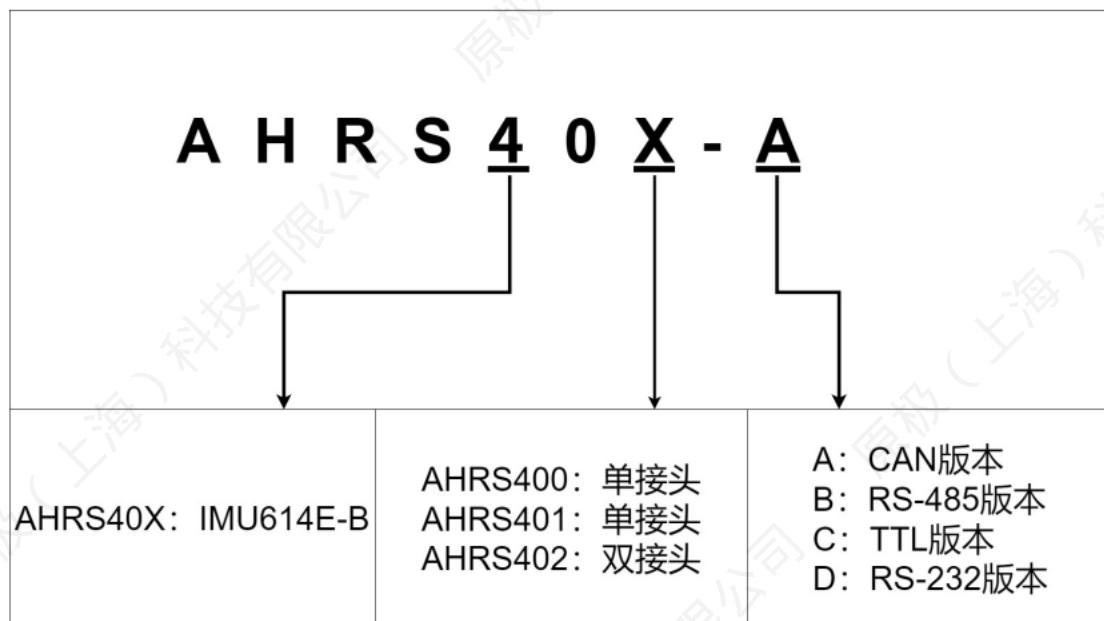


表 2 型号说明

名称	版本类型	协议	支持最大更新率
AHRS400	A	CAN 版本	200 Hz
	B	RS-485 版本	400 Hz
	C	TTL 版本	1000 Hz
	D	RS-232 版本	400 Hz
AHRS401	A	单接头 CAN 版本	200 Hz
AHRS402	A	双接头 CAN 版本	200 Hz

### 3. 外形结构

图 2 AHRS400-X 外形结构

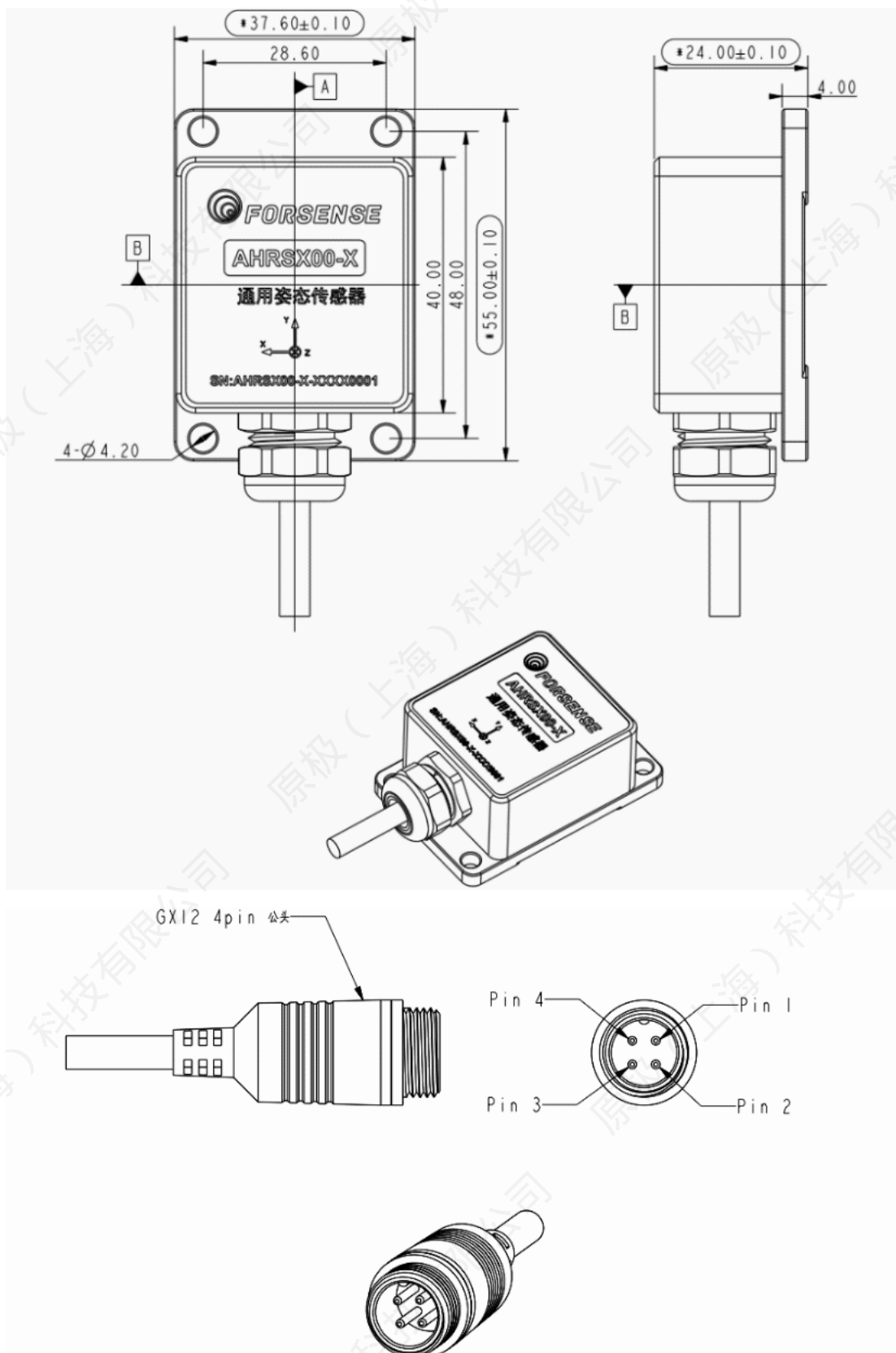
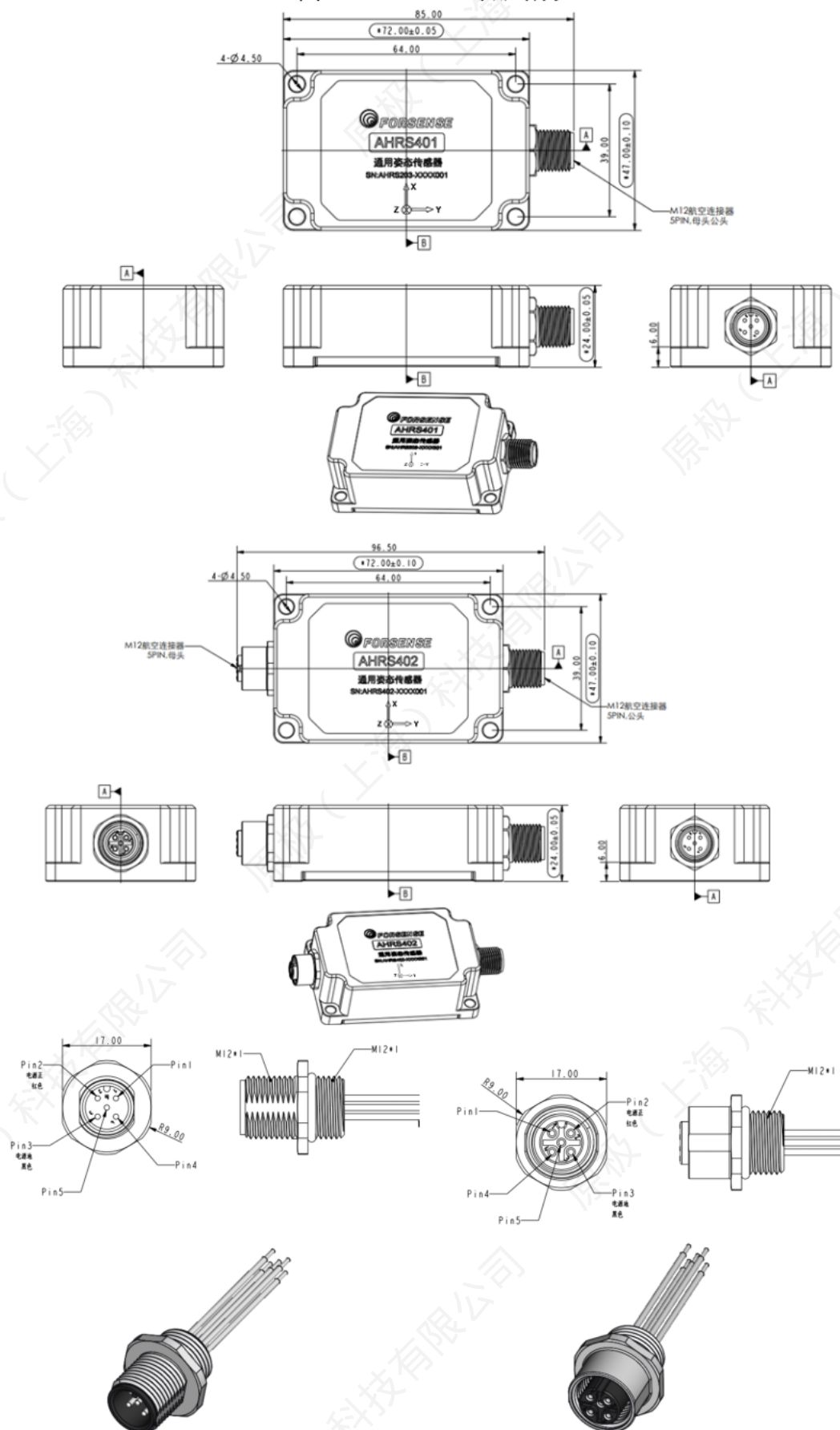


图 3 AHRS40X-A 外形结构



## 4. 电气特性

### 4.1 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 32	V
电源地	GND	-	-
使用温度	Tot	-40 to 85	°C
存储温度	Tstg	-40 to 85	°C

### 4.2 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	VCC	9	12	32	V
VCC 最大纹波	Vrpp	0		40	mV
AHRS400-A 功耗	P		0.36		W
AHRS400-B 功耗	P		0.3		W
AHRS400-C 功耗	P		0.2		W
AHRS400-D 功耗	P		0.24		W
AHRS401-A 功耗	P		0.36		W
AHRS402-A 功耗	P		0.36		W
使用温度	Tot	-40		85	°C
存储温度	Tstg	-40		85	°C

### 4.3 接口定义

表 5 AHRS400-A 接口定义

PIN	定义	描述
1	VIN	5V / 9-32V 直流输入
2	GND	电源地
3	CAN_H	CAN_BUS
4	CAN_L	

注：CAN 通信波特率为 500KHz，内置匹配电阻 120 欧；

表 6 AHRS400-B 接口定义

PIN	定义	描述
1	VIN	5V / 9-32V 直流输入
2	GND	电源地
3	DATA A	RS-485
4	DATA B	

注：内置匹配电阻 120 欧；

表 7 AHRS400-C 接口定义

PIN	定义	描述
1	VIN	5V / 9-32V 直流输入
2	GND	电源地
3	RXD	LVTTTL
4	TXD	

表 8 AHRS400-D 接口定义

PIN	定义	描述
1	VIN	5V / 9-32V 直流输入
2	GND	电源地
3	RXD	RS232
4	TXD	

表 9 AHRS40X-A 接口定义

PIN	颜色	定义	描述
1	屏蔽	PE	保护地
2	红	VIN	5V / 9-32V 直流输入
3	黑	GND	电源地
4	绿	CAN_H	CAN_BUS
5	白	CAN_L	

注：CAN 通信波特率为 500KHz (默认值，可修改)，内置匹配电阻 120 欧

## 5. 升级功能

### 5.1 CAN 版本固件升级

使用附件 USB 转 CAN 模块连接电脑。打开原极 IMU 测试上位机——选择对应串口号——选择固件升级——打开固件——选择 CAN 接口升级——设置升级后的固件波特率——点击自动升级。

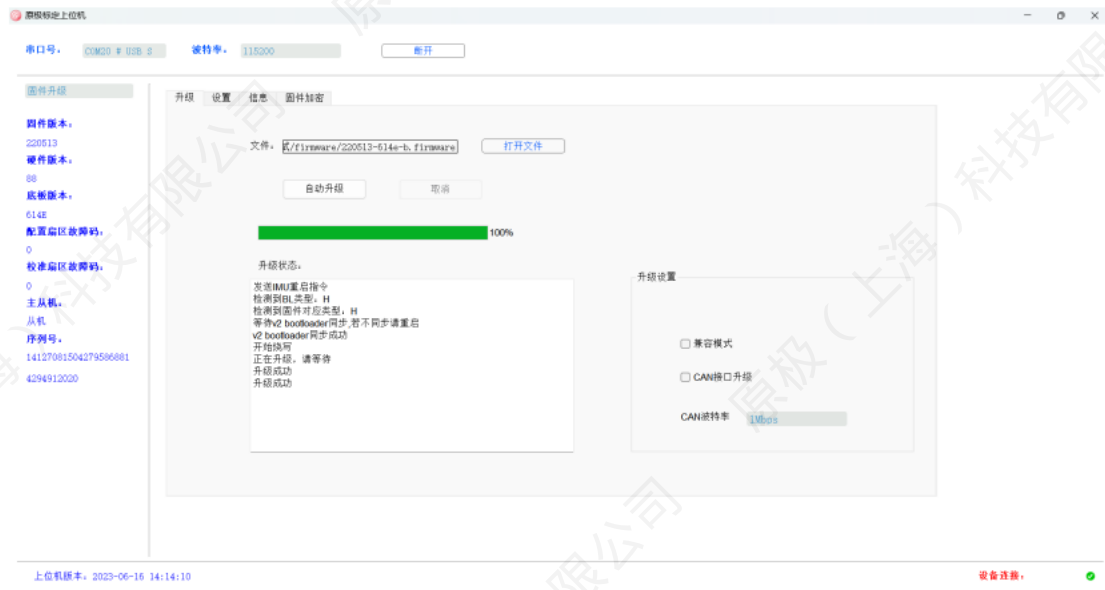
图 4 CAN 版本上位机升级界面



### 5.2 RS-485/RS-232/TTL 版本固件升级

使用原极 IMU 测试上位机——选择固件升级——打开固件——点击自动升级。

图 5 RS-485/RS-232/TTL 版本上位机升级界面



## 6. 用户参数功能

使用原极 IMU 测试上位机，用户可配置更新率和滤波器等值；

图 6 用户参数配置界面

串口号: COM31 # USB-S      波特率: 115200      断开

参数设置

固件版本: 230502  
 硬件版本: 42652  
 底板版本: AH20  
 配置扇区故障码: 0  
 校准扇区故障码: 0  
 主从机: 从机  
 序列号: 14125773334279062606  
 4294908421

IMU参数
 

初始数据流状态: AHRS数据流

波特率 (bps): 115200

更新率 (Hz): 100

陀螺滤波器 (Hz): LPF\_11R\_30Hz

加表滤波器 (Hz): LPF\_11R\_30Hz

自动扣陀螺零偏: 开启

陀螺零偏X轴: 0

陀螺零偏Y轴: 0

陀螺零偏Z轴: 0

存储参数到Flash成功

读取参数      设置参数

## 7. 通信协议

### 7.1 CAN 通信协议

基于 STM32 的 CAN 主机读取驱动示例：

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

#### 7.1.1 通讯参数

接口形式：CAN，标准帧

CAN 速率：250Kbps~1Mbps（可配置）

#### 7.1.2 标准帧格式

表 10 CAN 标准帧格式 0x065h

标准帧 ID	1	2	3	4	5	6	7	8
0x65+ node	ROLL				PITCH			
类型	Float				Float			
示例	87 C5 A0 BE	-0.314007014036178				4A 2A 67 BF	-0.902989029884338	

表 11 CAN 标准帧格式 0x066h

标准帧 ID	1	2	3	4	5	6	7	8
0x66+ node	YAW				Gx			
类型	Float				Float			
示例	9F 0B 86 3F	1.047229647636413				0A A6 EB 3D	0.115062788128852	

表 12 CAN 标准帧格式 0x067h

标准帧 ID	1	2	3	4	5	6	7	8
0x67+ Node	Gy				Gz			
类型	Float				Float			
示例	52 DF 8D BD	-0.069273605942726				5C 14 C6 BD	-0.096718519926071	

表 13 CAN 标准帧格式 0x068h

标准帧 ID	1	2	3	4	5	6	7	8
0x68+ node	Ax				Ay			
类型	Float				Float			
示例	7E D2 63 3B	0.003476291429251				1C C5 12 3C	0.008958127349615	

表 14 CAN 标准帧格式 0x069h

标准帧 ID	1	2	3	4	5	6	7	8
0x69+ node	Az				TEMP		INDEX	
类型	Float				Int16		Int16	
示例	4D 64 80 BF		-1.003060936927795		FC 0B	3039	CA 08	2250

注 1: 采用小端排序

注 2: 姿态角、陀螺、加速度计数据表示为 float, 温度、计数值数据表示为 int16

注 3: TEMP 单位为 100\*°C, 陀螺仪输出单位为 °/s, 加速度计输出单位为 g, 姿态输出单位为度

### 7.1.3 CAN 参数配置

#### 7.1.3.1 配置 CAN 波特率

**配置 CAN 波特率, 发送指令:**

ID=0x619, DATA=0x20 0x21 0x22 0x23 0xXX 0x00 0x00 0x00

IMU 应答如下:

ID=0x519, DATA=0xXX 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

**查询 CAN 波特率, 发送指令:**

ID=0x619, DATA=0x20 0x21 0x22 0x23 0x0A 0x00 0x00 0x00

IMU 应答如下:

ID=0x519, DATA= 0xXX 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

其中:

XX=01 波特率为 250Kbps

XX=02 波特率为 500Kbps

XX=03 波特率为 1000Kbps

#### 7.1.3.2 配置节点 ID

**默认节点为 65, 设置节点 ID 为 0X0102, 配置指令:**

ID=0x61A, DATA=0x30 0x31 0x32 0x33 0x01 0x02 0x00 0x00

IMU 应答如下:

ID=0x51A, DATA=0x01 0x02 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

### 7.1.3.3 查询版本号

发送指令:

ID=0x618, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0x00 0x00 0x00 0x00

IMU 应答如下:

ID=0x518, DATA=0x00 0x03 0x12 0x0E 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

版本号为:0X0003120E, 即固件版别号: 201230

### 7.1.3.4 设置终端电阻

去掉终端电阻, 发送配置指令:

ID=0x61B, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0x01 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下:

ID=0x51B, DATA=0x01 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

添加终端电阻, 发送配置指令:

ID=0x61B, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0x02 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下:

ID=0x51B, DATA=0x02 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

### 7.1.3.5 设置输出频率

设置输出频率, 发送指令:

ID=0x61C, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下:

ID=0x51C, DATA=0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

查询输出频率, 发送指令:

ID=0x61C, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下:

ID=0x51C, DATA=0xFF 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

其中:

XX=01 输出频率为 1HZ

XX=02 输出频率为 10HZ

XX=03 输出频率为 50HZ

XX=04 输出频率为 100HZ

XX=05 输出频率为 200HZ

### 7.1.3.6 查/设置横滚俯仰取反

设置横滚俯仰取反：

ID=0X61D, DATA=0X10 0X11 0X12 0X13 XXXX 0XFF 0XFF 0XFF

IMU 应答指令：

ID=0X51D, DATA=XXXX 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF

查询横滚俯仰取反状态：

ID=0X61D, DATA=0X10 0X11 0X12 0X13 0X0A 0XFF 0XFF 0XFF

IMU 应答指令：

ID=0X51D, DATA=XXXX 0X0A 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF

其中：

XXXX=0X00 横滚俯仰不取反

XXXX=0X01 横滚取反，俯仰不取反

XXXX=0X10 横滚不取反，俯仰取反

XXXX=0X11 横滚俯仰均取反

### 7.1.3.7 查/设置滤波器截止频率

设置滤波器截止频率：

ID=0X61E, DATA=0X20 0X21 0X22 0X23 XXXX 0XFF 0XFF 0XFF

IMU 应答指令：

ID=0X51E, DATA=XXXX 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF

查询滤波器截止频率：

ID=0X61E, DATA=0X20 0X21 0X22 0X0A 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF

IMU 应答指令：

ID=0X51E, DATA=XXXX 0X0A 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF 0XFF

其中：

XXXX=0X44 截止频率 10HZ

XXXX=0X66 截止频率 20HZ

XXXX=0XAA 截止频率 40HZ

XXXX=0XBB 截止频率 47HZ

### 7.1.3.8 查/设置坐标系

设置坐标系：

ID=61F, DATA=0X30 0X31 0X32 0X33 XXXX 0XFF 0XFF 0XFF

IMU 应答如下：

ID=0x51F, DATA= XXXX 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

查询坐标系：

ID=0x61F, DATA=0x30 0x31 0x32 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下：

ID=0x51F, DATA=XXXX 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

其中：

XXXX=0X65 默认朝向

CAN 配置的是十六进制，7.2.9 章节显示的是十进制，具体朝向设置参考 7.2.9 章节

### 7.1.3.9 关闭/扣除姿态角安装偏差

设置关闭扣除姿态角安装偏差或扣除姿态角安装偏差：

ID=0x620, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 XXXX 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下：

ID=0x520, DATA=XXXX 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

查询是否扣除姿态角安装偏差设置：

ID=0x620, DATA=0x10 0x11 0x12 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 应答如下：

ID=0x520, DATA=XXXX 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

其中：

XXXX=0X01 扣除姿态角

XXXX=0X00 没有扣除姿态角

### 7.1.3.10 保存指令

发送指令：

ID=0x6FF, DATA=0x10 0x11 0x12 0x13 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

IMU 响应如下：

ID=0x5FF, DATA=0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

保存需要时间，保存成功后才返回报文，保存成功之后，重启生效

## 7.2 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。

### 7.2.1 串口接口参数

表 15 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

## 7.2.2 数据包格式

IMU 输出和用户输入的数据包结构组成如下：

表 16 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 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	
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		RC_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，查表算法见文档末尾

## 7.2.3 常用 AT 指令

### 7.2.3.1 停止当前数据流输出

指令：AT+SETNO\r\n

应答：OK\r\n

可以停掉当前数据流（不改数据流参数），输出 OK 后表示可以进行下一步操作。

如果未响应，可以继续发送 AT\r\nAT+SETNO\r\n 命令直到输出 OK。

恢复数据流输出：

指令：AT+SETYES\r\n

应答：OK\r\n

### 7.2.3.2 查询版本号

指令：AT+VERSION\r\n

应答：SW\_VERSION           固件版本  
          HW\_VERSION        硬件版本  
          BOARD\_VERSION     底板版本  
          OK

### 7.2.3.3 查询用户参数

指令：AT+CONFIG\r\n

应答：BAUD\_RATE           当前串口波特率  
          ORIENT            当前坐标系  
          IMU\_ODR           当前 IMU 的输出频率  
          STREAM\_MODE1     当前串口 1 的数据流模式  
          STREAM\_MODE2     当前串口 2 的数据流模式  
          STREAM\_MODE3     当前串口 3 的数据流模式  
          LP\_CONFIG\_REG     当前 IMU 的滤波  
          OK

### 7.2.3.4 设置和查询 ODR

例：设置输出频率 ODR 为 50hz

指令：AT+SET\_ODR=50

应答：IMU\_ODR:50

OK

查询当前 IMU 的 ODR

指令：AT+GET\_ODR

应答：IMU\_ODR:50

OK

### 7.2.3.5 设置和查询坐标系

例：设置 IMU 坐标系为右前上

指令：AT+SET\_ORIENT=101\r\n

应答：orientation:101

OK

查询 IMU 当前坐标系

指令：AT+GET\_ORIENT\r\n

应答：orientation:101

OK

### 7.2.3.6 查/设置横滚俯仰取反

AT+SET\_ATT\_ORIENTATION=00\r\n 横滚俯仰不取反

AT+SET\_ATT\_ORIENTATION=01\r\n 横滚取反，俯仰不取反

AT+SET\_ATT\_ORIENTATION=10\r\n 横滚不取反，俯仰取反

AT+SET\_ATT\_ORIENTATION=11\r\n 横滚俯仰均取反

### 7.2.3.7 设置和查询波特率

例：设置 IMU 的波特率为 115200

指令：AT+SET\_BAUD=115200\r\n

应答：OK

查询 IMU 当前波特率

指令：AT+GET\_BAUD\r\n

应答：BAUD\_RATE:115200

OK

### 7.2.3.8 设置和查询滤波器

例：设置 IMU 的滤波为 20hz

指令：AT+SET\_LPF=102\r\n

应答：LP\_CONFIG\_REG:102

OK

查询 IMU 当前滤波

指令：AT+GET\_LPF\r\n

应答：LP\_CONFIG\_REG: 102

OK

表 17 低通滤波值和 AT 指令对应数值

序号	IMU 低通滤波值	AT 指令对应的值
1	1	17
2	2	34
3	5	51
4	10	68
4	15	85
5	20	102
6	25	119
7	30	136
8	35	153
9	40	170
10	47(无滤波)	187

### 7.2.3.9 设置初始航向角

例：设置初始航向角为 180 度（只支持整数）

指令：AT+SET\_HEADING=180\r\n

应答：AT+SET\_HEADING=180

### 7.2.3.10 保存参数

指令：AT+SAVE\r\n

应答：OK

## 7.2.4 数据流帧——AHRS 数据

表 18 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 19 串口 A1 负载数据格式

offset	名称	数据类型	单位	描述
0	timer	uint32	$\mu s$	时间标（未）
4	pitch	float	$^{\circ}$	俯仰角
8	roll	float	$^{\circ}$	横滚角
12	yaw	float	$^{\circ}$	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	$^{\circ}/s$	X 轴角速度
32	gy	float	$^{\circ}/s$	Y 轴角速度
36	gz	float	$^{\circ}/s$	Z 轴角速度
40	temp	float	$^{\circ}C$	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 20 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 $^{\circ}/s$
俯仰角	8FC26540	3.59 $^{\circ}$	Y 轴角速度	0AD7A3BB	-0.005 $^{\circ}/s$
横滚角	14AE07BF	-0.53 $^{\circ}$	Z 轴角速度	CDCCCCBC	-0.025 $^{\circ}/s$
航向角	5C0FB243	356.12 $^{\circ}$	imu 芯片温度	D7A3EE41	29.83 $^{\circ}C$
X 轴加速度	2506813D	0.063g	crc32 校验	0CBF8480	2156183308

## 7.2.5 命令模式 GET 输出——系统状态

表 21 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 22 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 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)。

## 7.2.6 命令模式 GET 输出——读取参数

表 23 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 24 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。

表 25 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 26 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 115200 230400 460800 921600 1500000	bps
4	坐标系朝向（见表 33 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 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 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)。

## 7.2.7 命令模式 SET 指令

表 27 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 28 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 29 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 Mode=100, 禁止数据流模式, 进入 COMMAID 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 例如需读取 AHRS 输出频率 (ODR), 则设置 value=21 例如需读取串口波特率, 则设置 value=3 例如需读取内部滤波器, 则设置 value=31 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: 115200, 230400, 460800, 921600, 1500000



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。

命令生成器

[illegible]24 / 38



## 表 30 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 31 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 32 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

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. 0  
0. 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 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

[illegible]

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

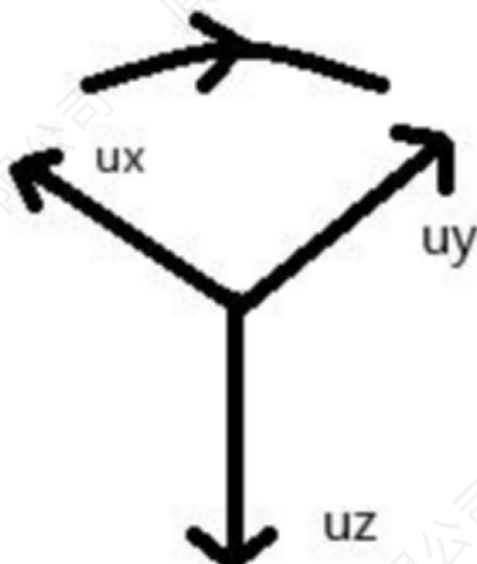
[illegible]

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

## 7.2.9 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 8 固件原始坐标系

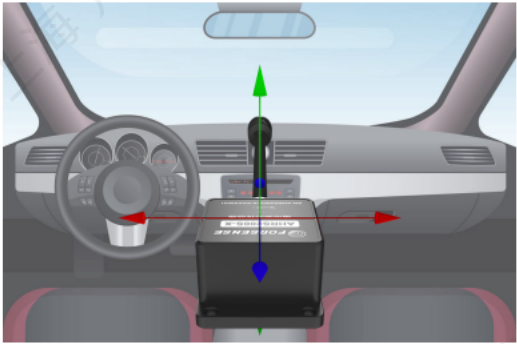
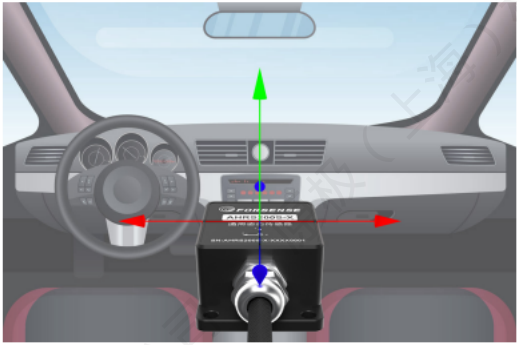
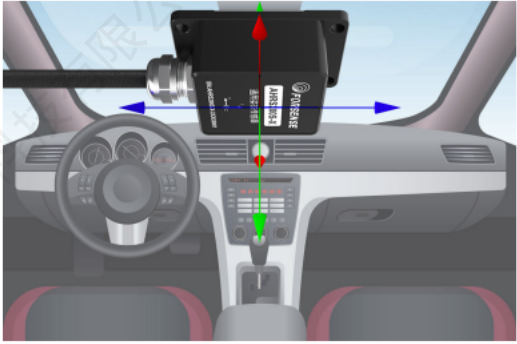
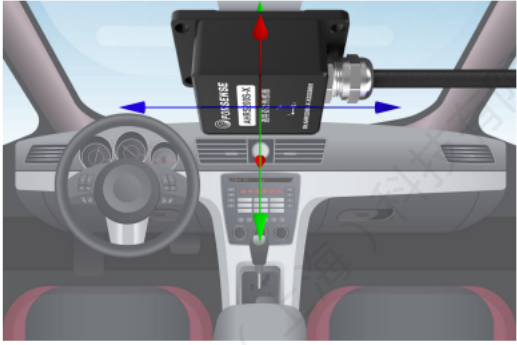
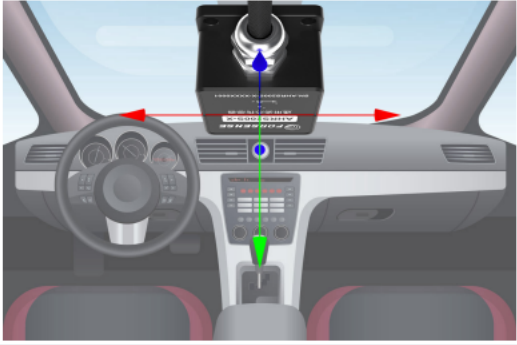


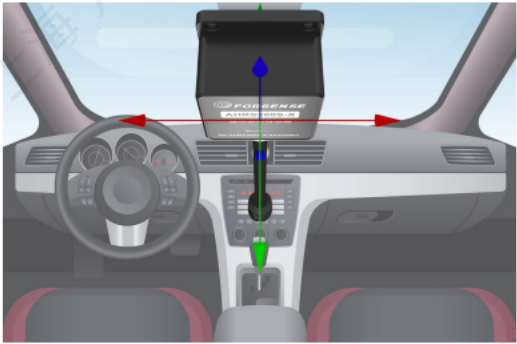
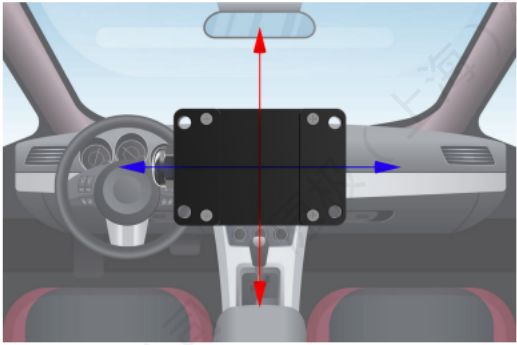
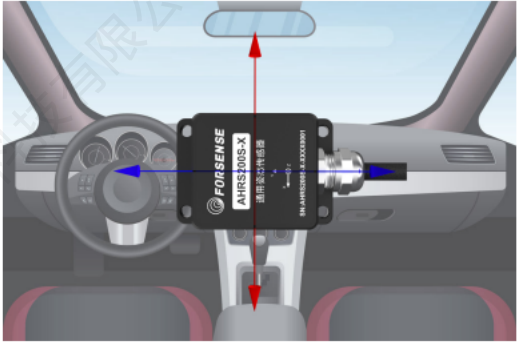
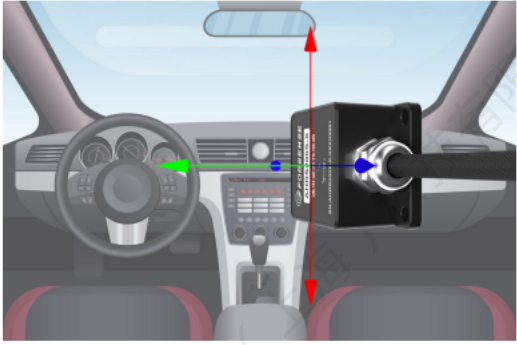
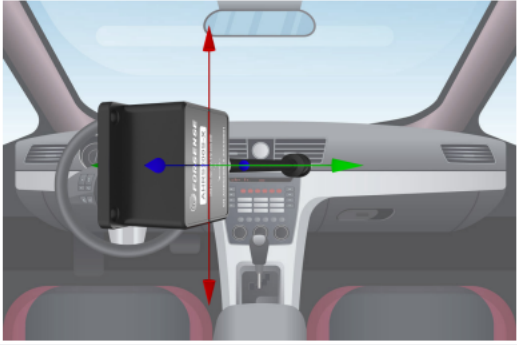
按照上图规则，当 x 和 y 轴确定之后，z 轴确定。Z 轴垂直于 X 轴到 Y 轴的面。

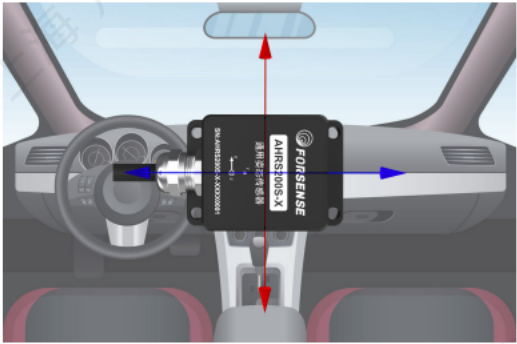
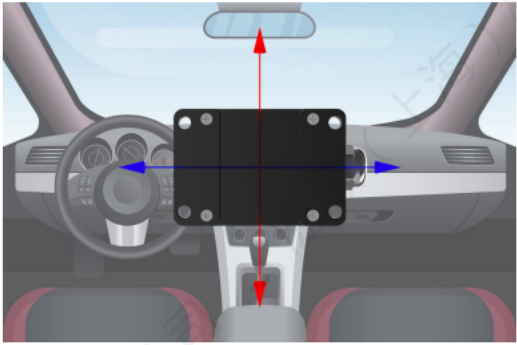
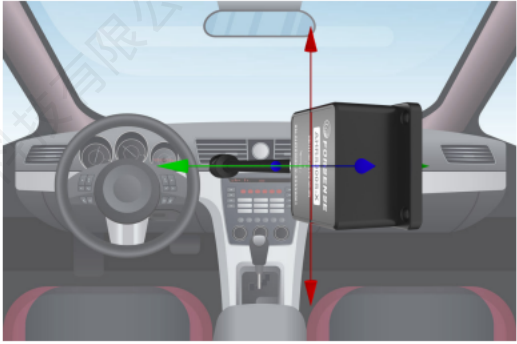
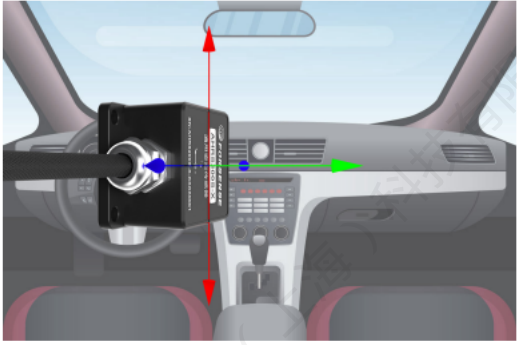
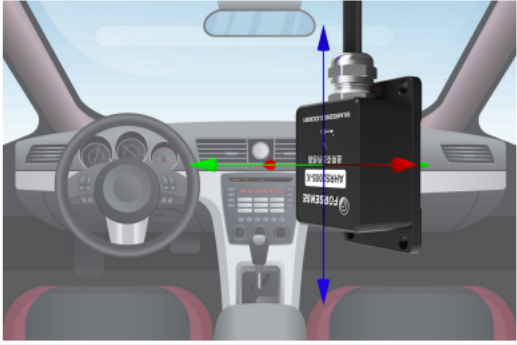
X/Y/Z 三轴的朝向总共有二十四种，如下表所示：

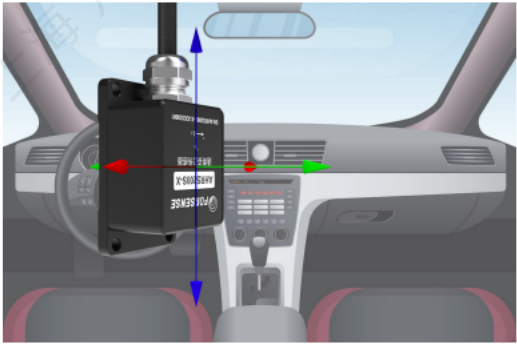
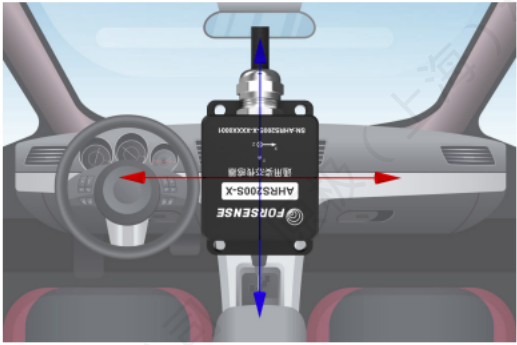
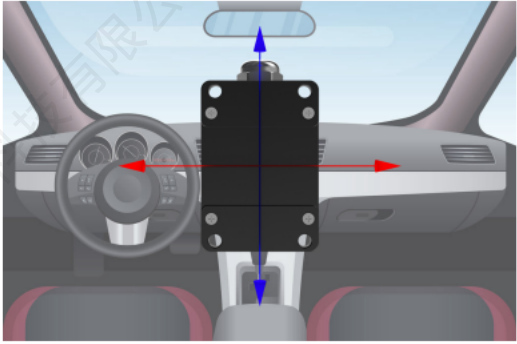
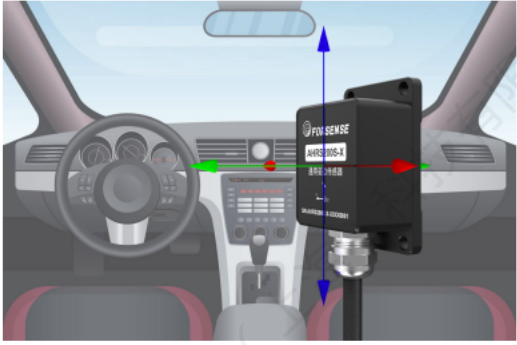
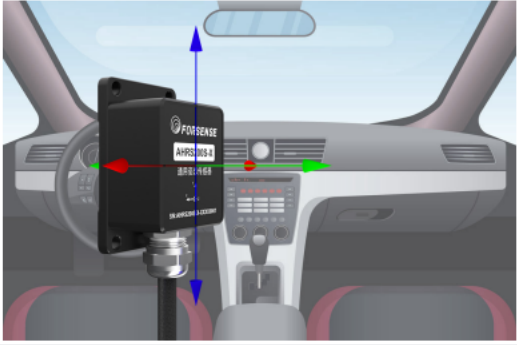
表 33 坐标系朝向对应表

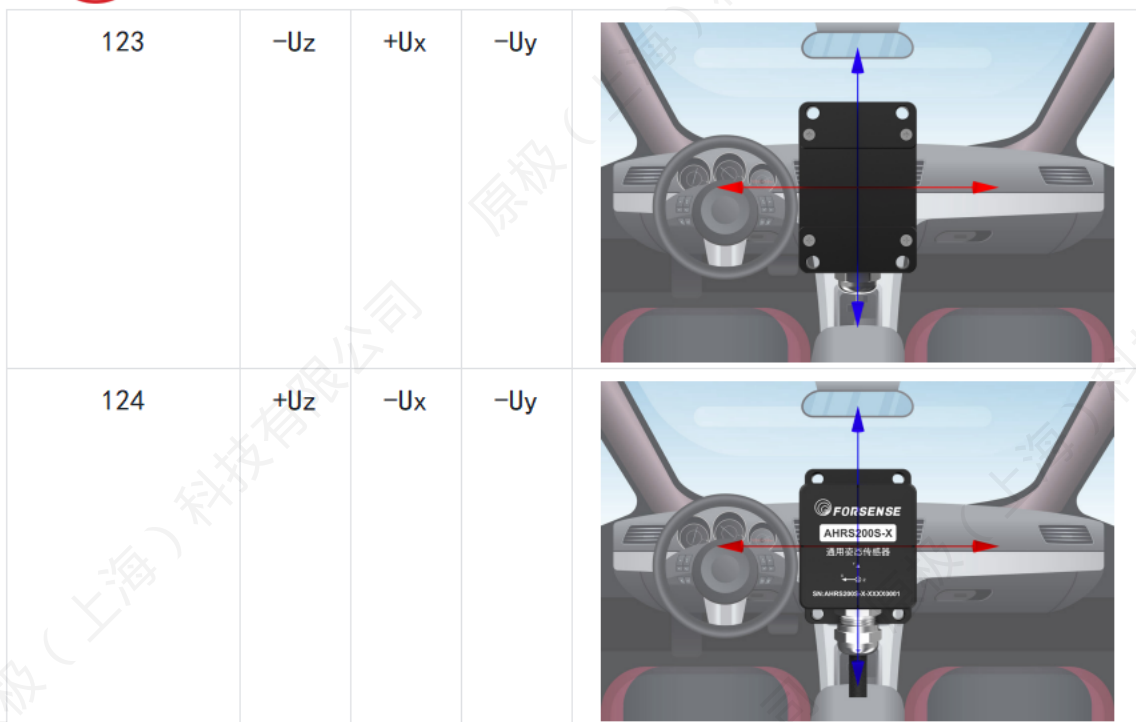
朝向 (value)	XAxis	YAxis	ZAxis	说明
101	+Ux	+Uy	+Uz	
102	-Ux	-Uy	+Uz	

103	$-U_y$	$+U_x$	$+U_z$	
104	$+U_y$	$-U_x$	$+U_z$	
105	$-U_x$	$+U_y$	$-U_z$	
106	$+U_x$	$-U_y$	$-U_z$	
107	$+U_y$	$+U_x$	$-U_z$	

108	$-U_y$	$-U_x$	$-U_z$	
109	$-U_z$	$+U_y$	$+U_x$	
110	$+U_z$	$-U_y$	$+U_x$	
111	$+U_y$	$+U_z$	$+U_x$	
112	$-U_y$	$-U_z$	$+U_x$	

113	$+U_z$	$+U_y$	$-U_x$	
114	$-U_z$	$-U_y$	$-U_x$	
115	$-U_y$	$+U_z$	$-U_x$	
116	$+U_y$	$-U_z$	$-U_x$	
117	$-U_x$	$+U_z$	$+U_y$	

118	$+U_x$	$-U_z$	$+U_y$	
119	$+U_z$	$+U_x$	$+U_y$	
120	$-U_z$	$-U_x$	$+U_y$	
121	$+U_x$	$+U_z$	$-U_y$	
122	$-U_x$	$-U_z$	$-U_y$	



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 9 更改坐标系

串口号: COM11 \* USB S 波特率: 115200 断开

**命令生成器**  
固件版本: 220811  
硬件版本: 08  
底板版本: 6142  
配置扇区地址码: 0  
校准扇区地址码: 0  
主从机: 从机  
序列号: 38373454415016EE  
405a44EE

**命令生成器**  
55 aa 0e 00 18 00 00 00 cc  
42 00 00 00 00 04 00 00 00 00 00 00 00 00 00 05 17 c2 99  
CMD ID: 14  
参数: 1 102 2 0 3 4 4 0 5 0 6 0  
生成命令 发送命令 串口数据显示  
命令生成器使用说明  
举例说明:  
如执行开启AHRS输出: CMD ID填入3, 参数1填入1, 点击生成命令按钮, 则会生成相应的命令, 生成的十六进制数组可以填入串口助手或点云发送命令按钮(前提是已打开串口通讯)将数据发送给IMU

**命令索引表**  

命令ID	参数1	参数3	功能描述
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 Mode=100, 禁止数据流模式, 进入COMMAND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 例如: 读取串口输出波特率, 则设置value=3; 读取AHRS输出频率(ODR), 则设置value=21; 读取内部波特率配置, 则设置value=31
9	0	0	执行软件重启

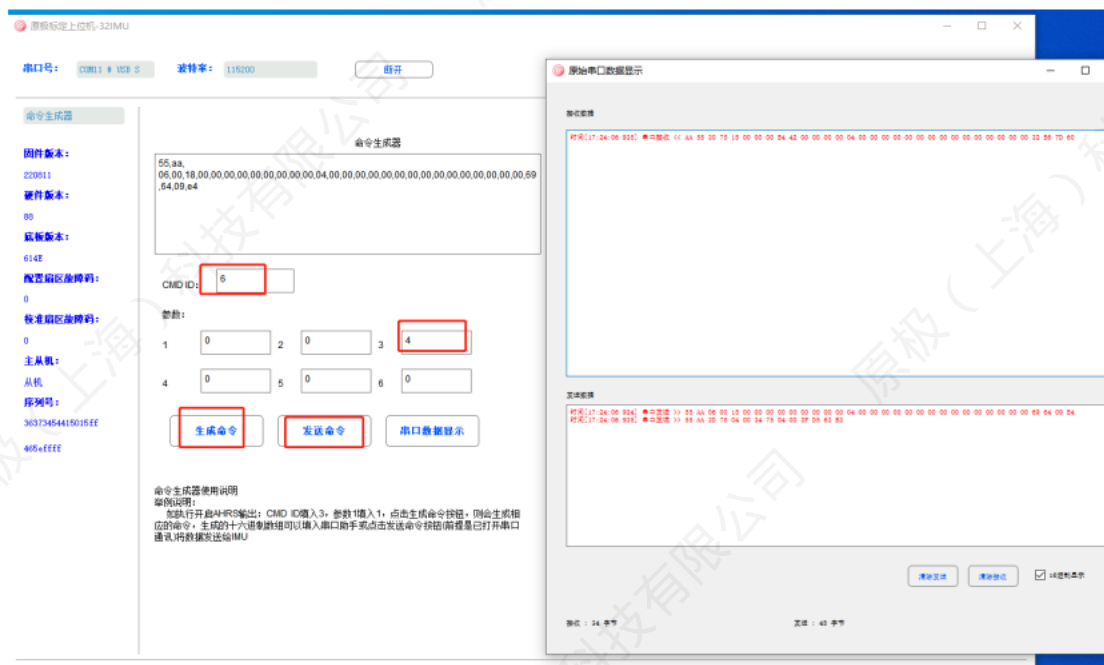
设置串口输出波特率, 单位bps, value的有效值为:

上位机版本: 2023-07-08 09:50:37 设备连接:

### 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 10 读取坐标系



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, 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 30 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 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 00 B2 2F 2D 4E

根据表 24 与表 25，解析得到参数 1 为 115 (float)，参数 3 为 04。即坐标系为 115 朝向

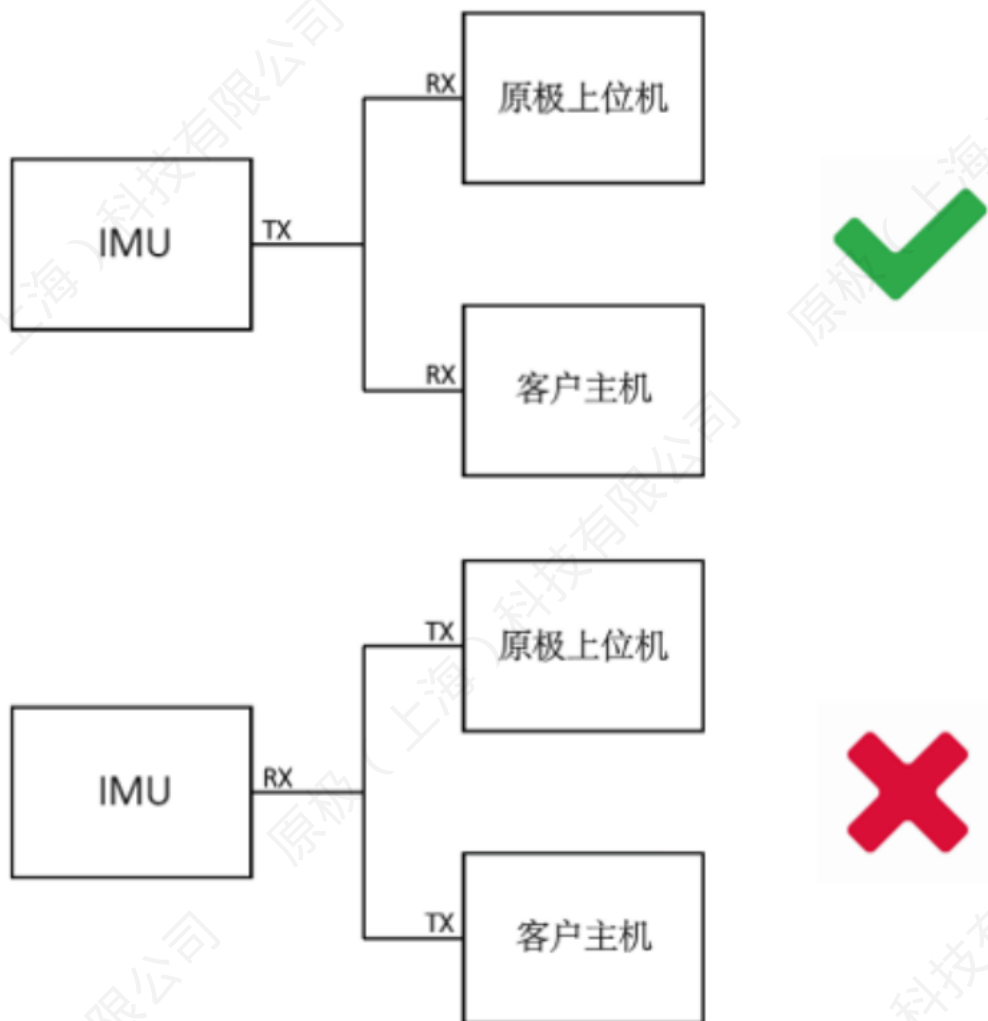
## 7.2.10 串口连接常见问题

### 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 11 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

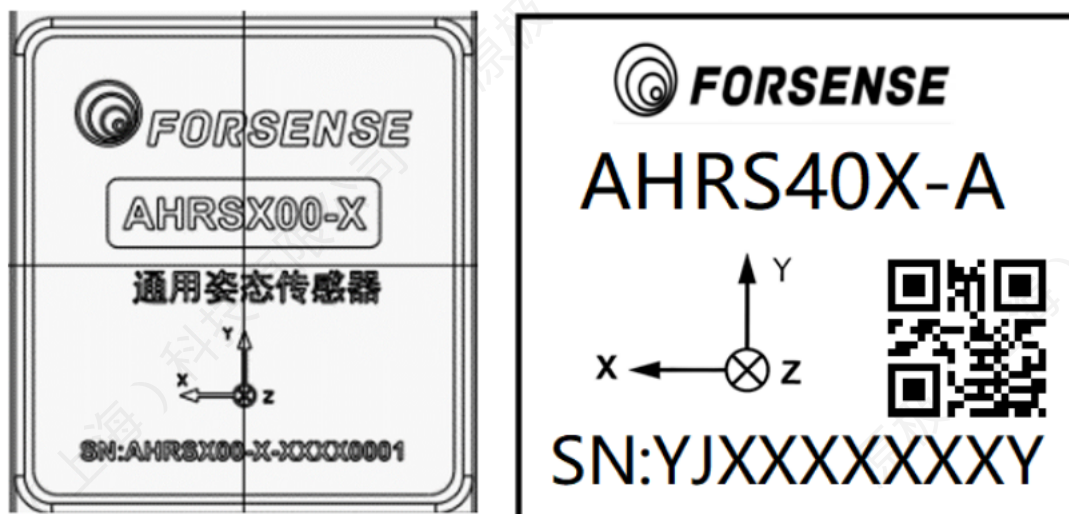
建议串口线直连，不建议串联，如 RS422 的接口接电脑，直接使用 RS422 转 USB 线，不要用 RS422 转 RS232+RS232Z 转 USB 线串联。

### 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。

## 8. 坐标系定义

图 12 坐标系示意图



本产品坐标系使用 前-右-下 (FRD) 坐标系，欧拉角范围如下：

绕 Z 轴方向旋转：航向角 Yaw 范围： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ；

绕 X 轴方向旋转：横滚角 Roll 范围： $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ；

绕 Y 轴方向旋转：俯仰角 Pitch 范围： $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

图 13 AHRS401 坐标系示意图

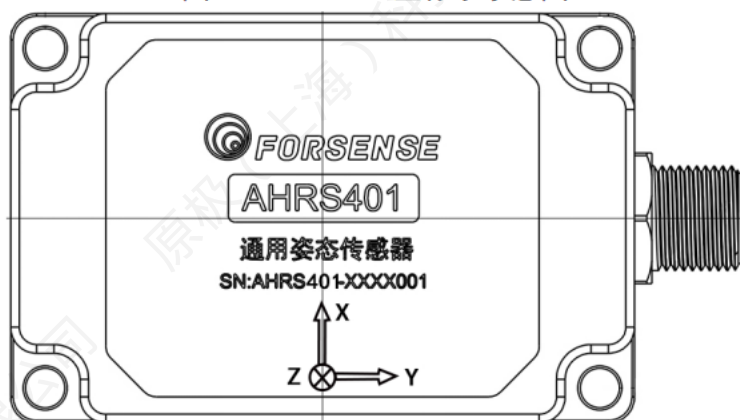
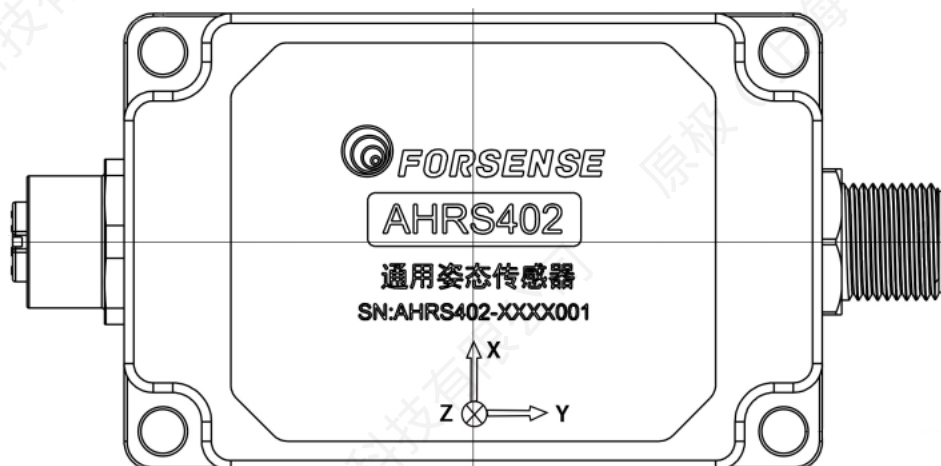


图 14 AHRS402 坐标系示意图



## 9. 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

```
C++
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, 0xbfdb06116, 0x21b4f4b5, 0x56b3c423,
0xcfb95999, 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, 0xb6b51f4, 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, 0x95bfa82, 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, 0x47b2c7f7, 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;  
}
```

## 10. 选配附件



USB 转 CAN 模块



485 串口线



232 串口线



TTL 串口线



电源信号对接线

## 11. 更新记录

版本	日期	状态/注释
版本 1.0	2023. 07. 18	首次发行
版本 1.1	2023. 10. 07	更新坐标系定义
版本 1.2	2023. 12. 14	增加附件
版本 1.3	2024. 03. 18	增加 401A&402A 系列
版本 1.4	2024. 06. 17	增加 CAN 参数指令
版本 1.5	2024. 08. 15	增加部分 AT 指令
版本 1.6	2025. 01. 02	增加坐标系示意图
版本 1.7	2025. 01. 23	调整表序图序