

## 目录

1. 概述	2
2. 外形结构	2
3. 电气特性	2
3.1 最大耐受值	2
3.2 工作条件	3
3.3 IO 阈值特性	3
4. 引脚定义	3
5. 最小推荐电路	5
6. 推荐焊接炉温曲线	6
7. ESD 防护	7
8. RTK 配置要求	8
9. 输出协议	8
10. 输入协议	10
10.1 配置 RTK 板卡协议	10
10.2 配置 IMU 安装正反	10
10.3 配置杆长	10
10.4 配置输出协议	10
10.5 保存参数	11
10.6 配置臂杆向量	11
10.7 倾斜测量初始化	11
10.8 使能安装偏差角标定	12
10.9 请求版本号	13
10.10 查询配置	13
11. 使用范例	14
11.1 首次使用	14
11.2 常规使用	14
11.3 设备安装	14
11.4 连接上位机示例	16
12. 坐标系定义	18
13. 包装	19
13.1 卷带包装	19
13.2 载带	19
14. 选配附件	20
15. 更新记录	21

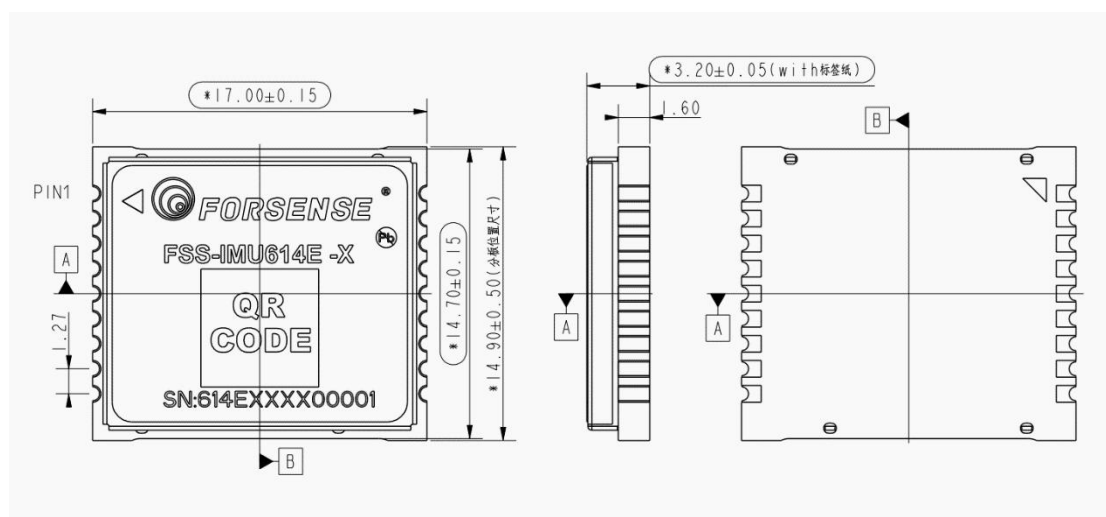
## 1. 概述

IMU614E-P 惯性模块通过 IMU 和 GNSS 的数据融合算法，可实现低成本，高精度，抗磁干扰的姿态测量和定向。尤其面对 RTK 倾斜测绘领域，可实现准确一致的倾斜位置改正。

针对测绘杆，0-30° 倾角范围内提供±2.5cm 的测量精度，具备安装偏差角校正功能，可适配各类对中杆。

## 2. 外形结构

图 1 外形结构及尺寸（单位：mm）



## 3. 电气特性

### 3.1 最大耐受值

表 1 最大额定绝对值

参数	符号	范围	单位
供电电压	VCC	-0.3 to 4	V
电源地	GND	-	-
输入管脚电压	Vin	-0.3 to VCC+0.2	V
使用温度	Tot	-40 to 85	°C

存储温度	Tstg	-40 to 85	°C
------	------	-----------	----

## 3.2 工作条件

表 2 工作条件

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	VCC	3.0	3.3	3.6	V
VCC 最大纹波	Vrpp		±40		mV
功耗	P		0.07		W
使用温度	T	-40		85	°C
存储温度	T	-40		85	°C

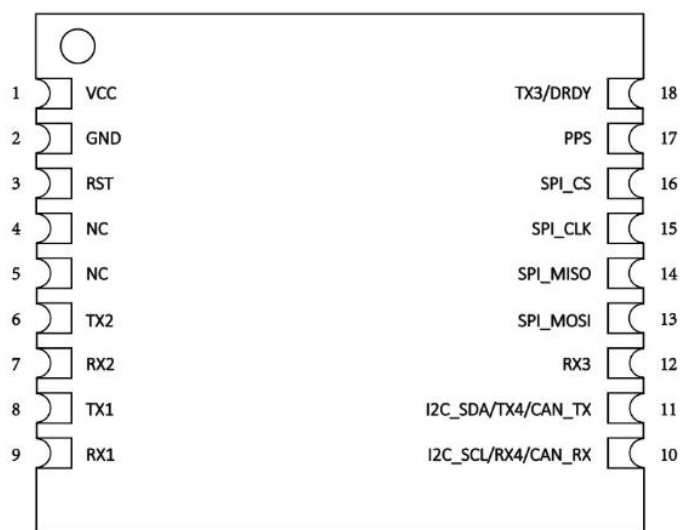
## 3.3 IO 阈值特性

表 3 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

## 4. 引脚定义

图 2 引脚示意图



IMU614E-X Pin Layout (Top View)

表 4 引脚定义

引脚序号	引脚名称	引脚描述		
1	VCC	电源输入，+3.3V 输入，40mA，纹波不大于±40mV		
2	GND	电源地		
3	RST <sup>1</sup>	外部硬件复位输入，内部上拉(用于 SPI 模式)		
4	NC	无连接		
5	NC	无连接		
6	TX2	接收异步数据输出		
7	RX2	接收异步数据输入		
8	TX1	接收异步数据输出（数据通信接口 (LVTTTL)）		
9	RX1	接收异步数据输入(数据通信接口 (LVTTTL))		
10	CAN RX / RX4 / I2C_SCL	模式	功能	描述
		1	CAN_RX	CAN 接收引脚; 从总线读取数据到 CAN 控制器
		2	RX4	接收异步数据输入
		3	I2C_SCL	I2C 串行时钟
11	CAN TX / TX4 / I2C_SDA	模式	功能	描述
		1	CAN_TX	CAN 发送引脚; 从 CAN 控制器读取数据到总线驱动器
		2	TX4	接收异步数据输出

		3	I2C_SDA	I2C 串行数据
12	RX3	接收异步数据输入		
13	SPI_MOSI	SPI 串行数据输入		
14	SPI_MISO	SPI 串行数据输出		
15	SPI_CLK	SPI 串行时钟		
16	SPI_CS	SPI 片选		
17	PPS	外部同步采样触发信号；（接入 RTK 秒脉冲管脚）		
18	TX3/DRDY	接收异步数据输出/可用于 Data Ready		

注 1：主机初始化时需使用/RST 将 IMU 硬件复位一次

## 5. 最小推荐电路

图 3 连接示意图

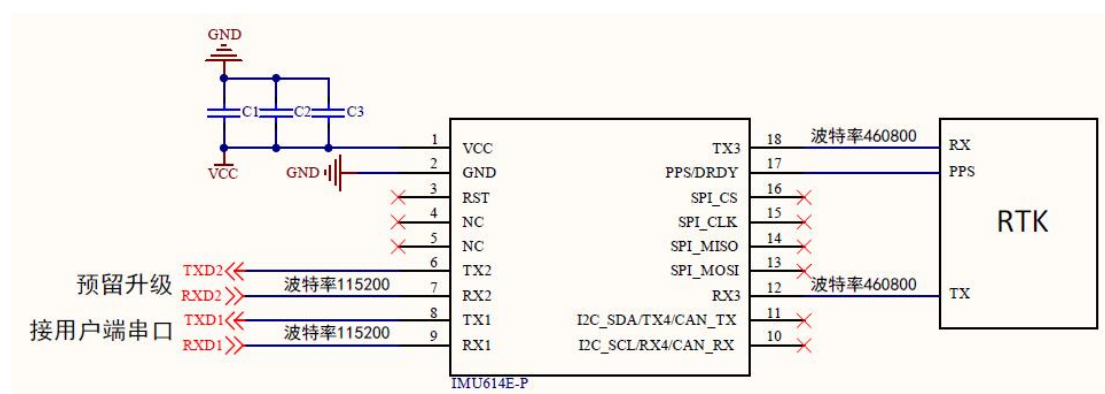


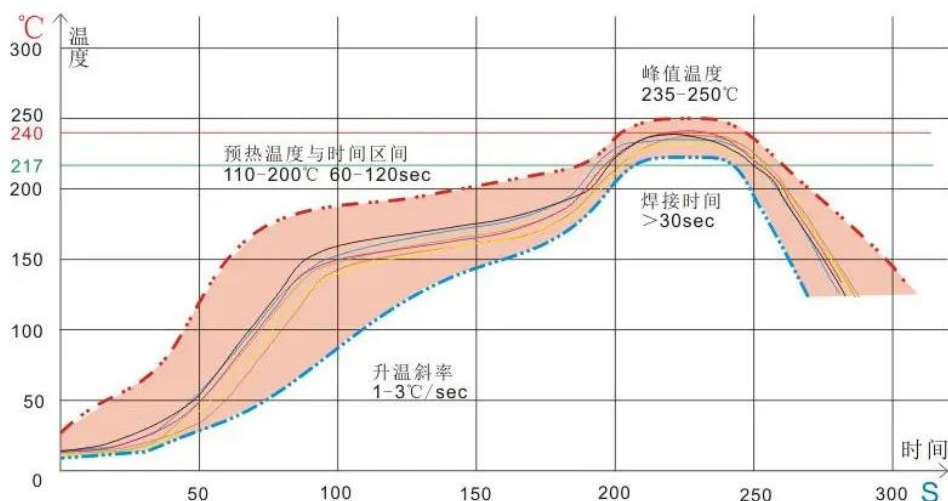
表 5 推荐 BOM

No.	MPN	Description	Manufacture	Designator	Qty
1	CL10A106KP8NNNC	MLCC 10uF ±10% 10V X5R 0603	SAMSUNG	C1	1
2	CC0402KRX7R9BB104	MLCC 100nF ±10% 50V X7R 0402	YAGEO	C2	1
3	CL05C101JB5NNNC	MLCC 100pF ±5% 50V C0G 0402	SAMSUNG	C3	1

有关模块相关硬件设计信息，请参见文档 [《FSS-IMU614E-XX 硬件设计手册》](#)。

## 6. 推荐焊接炉温曲线

图 4 焊接炉温曲线



项目	最低界限	最高界限	单位
最高温度上升斜率（目标=0.8） （计算斜率的时间距离=60 秒）	1	3	度/秒
最高温度下降斜率 （计算斜率的时间距离=60 秒）	-3	-1	度/秒
预热温度与时间区间	60	120	秒
回流时间（超过 217°C的期间）	40	70	秒
最高温度	235	250	摄氏度
最大回流次数		1	次

有关模块更多 SMT 相关信息，请参见文档[《原极-LCC 模块 SMT 应用指导》](#)。

### 注意事项：

1. 模块焊接回流，建议使用八温区及以上的回流焊接设备；
2. 由于模块为高精度传感器类产品，对任何形变都比较敏感：
  - 若 PCB 板厚度小于 1.0 mm，则建议制作回流工装载具，以防止 PCB 板在高温下变形，影响焊接的共面性。
  - 建议客户 PCB 主板选用高 TG 值板材，避免主板因在高温回流时产生形变，从而产生翘曲、挤压、空焊和连锡不良。

3. 因模块内有敏感器件，客户使用回流焊机器最高温度不可超过  $260^{\circ}\text{C}$ （指在封装体表面测量的封装顶部温度）。
4. 建议使用无铅免洗焊锡膏，推荐锡膏品牌型号：Alpha OM-338 SAC305  
Sn96.5Ag3.0Cu0.5
5. 因模块内有敏感器件，应避免二次回流造成模块性能降低；
6. 冷却：
  - 受控的冷却斜率能防止负面的焊接影响（焊点变得更加易脆）和产品内部的机械应力，控制冷却能帮助达到光亮的焊接表面效果，细结晶颗粒和低接触角，避免快速降温变化造成屏蔽盖翘曲。
7. 外观检查：
  - 模块焊接后，使用 X-ray 和光学放大镜检验方法，检验焊接质量，具体请参照 IPC-A-610F 相关标准执行。
8. 使用电烙铁进行焊接时，温度应控制在  $260^{\circ}\text{C}\sim 290^{\circ}\text{C}$ ，单次焊接时间不可超过 3s，并做好防静电处理；

## 7. ESD 防护



静电会导致间歇或永久的电路损伤，对电子产品危害很大，经分析多数为 ESD 损坏；

因此，模块的静电防护尤为重要，生产和运输过程需要严格按照静电防护进行作业，须遵循以下条件：

- 严禁裸手接触模块，尤其是引脚位置。
- SMT 贴片机、作业工作台、电烙铁等设备需接地。
- 作业人员佩戴具有良好接地线的人体防静电手环（不可使用无绳静电手环，建议戴防静电手套）。
- 包装和 PCB 必须是合格的防静电材料。

## 8. RTK 配置要求

波特率 460800

PPS 秒脉冲：1s 一次，上升沿触发，脉宽 5ms, 对齐至 UTC 时间，高电平不得高于 5v。

- 若 RTK 板卡支持诺瓦泰二进制协议，则需要配置板卡输出如下两条指令：

BESTPOSB 10hz

PSRVELB 10hz

关闭其他语句

- 若 RTK 板卡为 NMEA 协议，则需要配置板卡输出如下三条指令：

GPGGA 10hz

GPRMC 10hz

GPGST 10hz

关闭其他语句

## 9. 输出协议

注意：

- 必须接入第 8 节所示的 RTK 数据且成功发送 10.1、10.4 节输入协议才会输出此帧消息，输出频率 10hz。
- 累加和校验为该帧除去校验位的所有字节的累加和。
- 小端模式，先发送低字节。

表 6 输出协议

内容	类型	相对位置
帧头 1: 0xAA	uint8	0
帧头 2: 0x55	uint8	1
帧 ID: 0x0166	uint16	2
帧长: 0x0069	uint16	4
杆底纬度-度(正表示北纬, 负表示南纬)	double	6
杆底经度-度(正表示东经, 负表示西经)	double	14
杆底高程-米	double	22
杆底相对控制点的东向距离-米 (此项仅研发测试使用)	float	30
杆底相对控制点的北向距离-米 (此项仅研发测试使用)	float	34
杆底相对控制点的天向距离-米 (此项仅研发测试使用)	float	38
倾角-度	float	42
精度因子	float	46
陀螺 x, y, z 轴 deg/s	float*6	50



加速度计 x, y, z 轴 g		
UTC 日内毫秒(板卡输出 NMEA) / GPS 周内毫秒(板卡输出诺瓦泰二进制)	uint32	74
系统状态	uint32	78
当前杆长-毫米	uint16	82
标定进度	float	84
RTK 固定解状态(同 GGA 中定位状态) 0:未定位 1:单点定位 2:伪距差分定位 4:固定解 5:浮点解	uint8	88
RTK 星数	uint8	89
RTK 差分延时	uint8	90
预留	int16*2	91
方位角	float	95
横滚角	float	99
俯仰角	float	103
航向角	float	107
累加和校验	uint32	111

注 1: 精度因子小于 1.0 表示倾斜测量精度良好, 若为 99.99 表示未初始化或存在异常状态(如 IMU 超量程, RTK 长时间失锁等情况), 需要进行初始化操作。

注 2: 未开始安装偏差校准情况下, 标定进度若为-99, 表示该模块未进行过对中杆安装偏差校准。

注 3: 若 RTK 已定位且 PPS 输出正常, 则固定解状态应大于 0。

## 10. 输入协议

注意：每条指令间需间隔至少 10ms 发送

### 10.1 配置 RTK 板卡协议

- 若 RTK 板卡输出协议为诺瓦泰二进制协议：  
指令：AT+GNSS\_CARD=UNICORE\r\n  
应答：OK\r\n  
若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 21。
- 若 RTK 板卡输出协议为 NMEA 协议：  
指令：AT+GNSS\_CARD=OEM\r\n  
应答：OK\r\n  
若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 22。

### 10.2 配置 IMU 安装正反

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 20。

- 若 IMU 正面贴片安装，则配置指令为：  
指令：AT+INSTALL\_ANGLE=0,0,0\r\n  
应答：OK\r\n
- 若 IMU 反面贴片安装，则配置指令为：  
指令：AT+INSTALL\_ANGLE=180,0,0\r\n  
应答：OK\r\n

### 10.3 配置杆长

注意：杆长为天线相位中心至杆底的距离

例如配置杆长为 2.03 米

指令：AT+CLUB\_VECTOR=0.0,0.0,2.03\r\n

应答：LEN=2.03\r\n

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 3。

### 10.4 配置输出协议

指令：AT+SETSURVEY\r\n

## 10.5 保存参数

指令：AT+SAVE\r\n

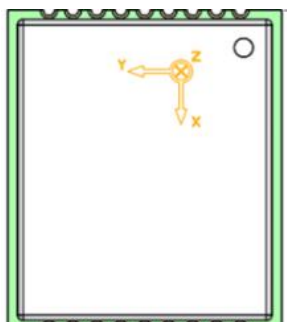
应答：OK\r\n

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 9。

## 10.6 配置臂杆向量

臂杆向量为 RTK 天线相位中心相对 IMU 安装位置的三维矢量  $(X, Y, Z)$ ，单位为米。其中，

- 若 RTK 天线在 IMU 的 X 轴正向，则为正数，否则为负数；
- 若 RTK 天线在 IMU 的 Y 轴正向，则为正数，否则为负数；
- 若 RTK 天线在 IMU 的下方为正数，否则为负数。



例如配置臂杆向量为  $(0.035, -0.05, -0.1)$

指令：AT+LEVER\_ARM=0.035,-0.05,-0.1\r\n

应答：X=0.035,Y=-0.05,Z=-0.1\r\n

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 5。

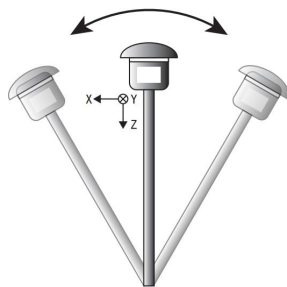
## 10.7 倾斜测量初始化

注意：无需严格按照坐标系进行摇动，图示坐标只是转动示意图

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 1

1. 待 RTK 固定解后，发送字符串“AT+START\_INIT\r\n”，前后摇摆测绘杆如图 4，持续 5 秒左右，直到精度因子小于 0.6。

图 4 摇动示意图



2. 完成初始化，开始进行倾斜测量。
3. 使用过程中若发生剧烈旋转、跌落、撞击，则需要重新执行初始化操作。

## 10.8 使能安装偏差角标定

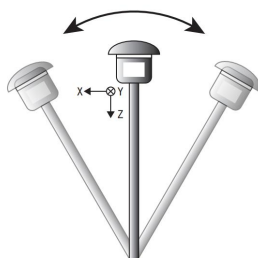
注意:

- 模块安装后必须执行一次安装偏差标定流程。
- 安装偏差角的标定需在空旷场景下进行。
- 将杆底尖插在坚硬的地表面，整个过程中保证杆底位置不发生变化。
- 由于 RTK 主机一般较重，因此标定过程摇晃要尽量平缓，防止杆子变形影响标定精度。
- 除非测绘杆发生严重的撞击，形变，或者重新安装，否则不需要每次标定安装偏差角。

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 6。

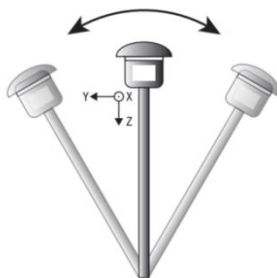
1. 无需严格按照坐标系进行摇动，图示坐标只是转动顺序示意图。在空旷无遮挡场景下，待 RTK 固定解后发送字符串“AT+INST\_CALIB=3\r\n”,如图 5 前后摇摆测绘杆持续 10s 左右,直到标定进度达到 25%

图 5 摇动示意图



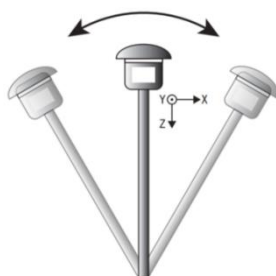
2. 将杆子旋转 90 度，如图 6 前后摇摆测绘杆持续 10s 左右，直到标定进度达到 50%

图 6 摇动示意图



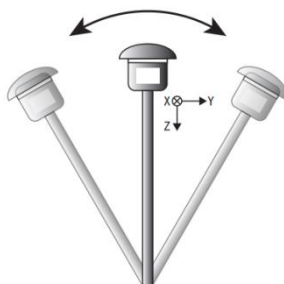
3. 继续将杆子旋转 90 度，如图 7 前后摇摆测绘杆持续 10s 左右，直到标定进度达到 75%

图 7 摇动示意图



4. 继续将杆子旋转 90 度，如图 8 前后摇摆测绘杆持续 10s 左右，直到标定进度达到 100%

图 8 摇动示意图



5. 发送字符串“AT+SAVE\r\n”,保存参数,完成标定。

## 10.9 请求版本号

指令：AT+VERSION\r\n

应答：VERSION=211209\r\n

若正确收到该输入指令，输出协议中的系统状态位变为 3。

## 10.10 查询配置

查询所有配置过的信息

指令：AT+CONFIG\r\n

## 11. 使用范例

### 11.1 首次使用

1. 配置 RTK 板卡类型：

若板卡输出支持诺瓦泰二进制协议，则配置 RTK 板卡输出 BESTPOSB,PSRVELB 两帧 10hz 输出,并给 IMU 模块发送字符串“AT+GNSS\_CARD=UNICORE\r\n”。

若板卡输出为 NMEA 协议，则配置 RTK 板卡输出 GPGGA,GPRMC,GPGST 三帧 10hz 输出,并给 IMU 模块发送字符串“AT+GNSS\_CARD=OEM\r\n”。

2. 配置 IMU 安装正反朝向。若 IMU 反面贴片安装，则发送字符串

“AT+INSTALL\_ANGLE=180,0,0\r\n”

3. 配置杆长，若杆长为 2.03 米，则发送字符串“AT+CLUB\_VECTOR=0.0,0.0,2.03\r\n”。

4. 配置臂杆向量，若臂杆向量为 (0.035, -0.05, -0.1) 米，则发送字符串

“AT+LEVER\_ARM=0.035,-0.05,-0.1\r\n”

5. 保存参数，发送字符串“AT+SAVE\r\n”

按照 8.8 节所示标定安装偏差角。

### 11.2 常规使用

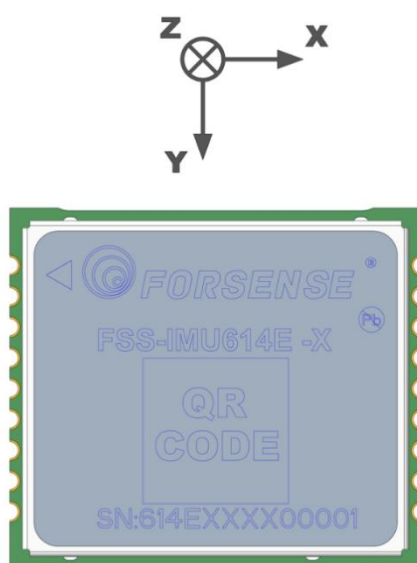
若测绘杆未发生更换或明显的形变、撞击等情况，通常无需重新标定安装偏差角。每次上电仅需要按照 8.7 节所示进行初始化就可正常使用。

### 11.3 设备安装

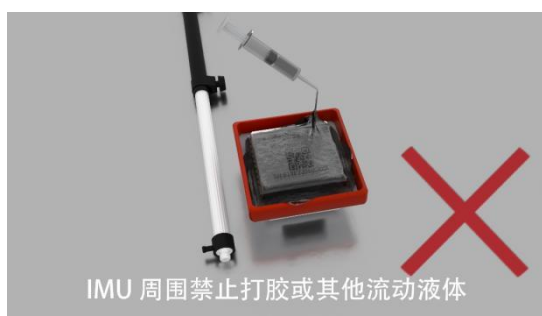
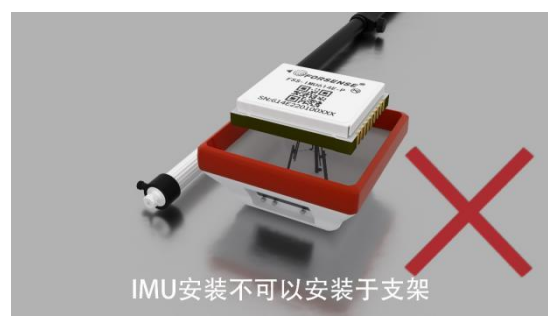
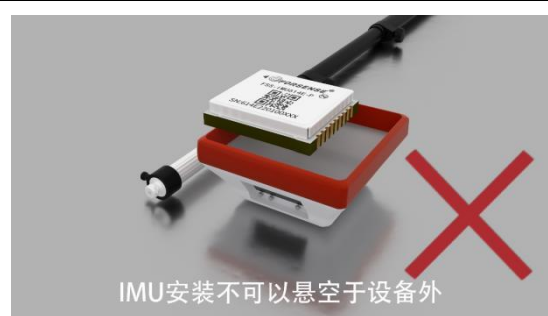
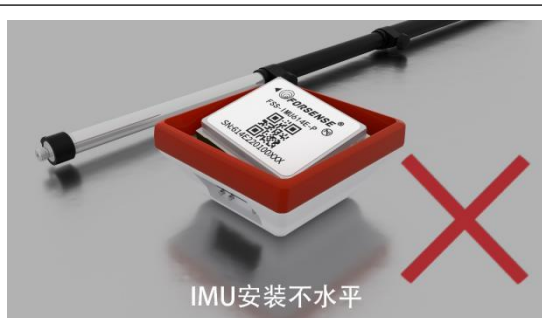
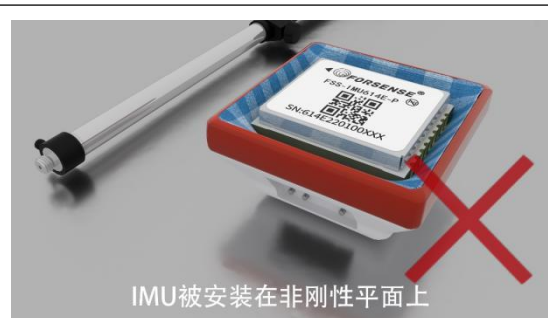
模块应牢靠固定在刚性平面上，避免安装在震动大的位置。

由于模块上没有坐标系标识，可根据模块上三角形状标志确认安装方向，如下图所示

图 9 模块安装示意图



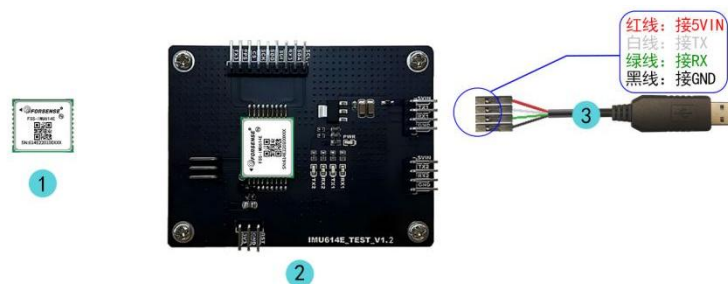
以下安装方式均是**错误安装**



## 11.4 连接上位机示例

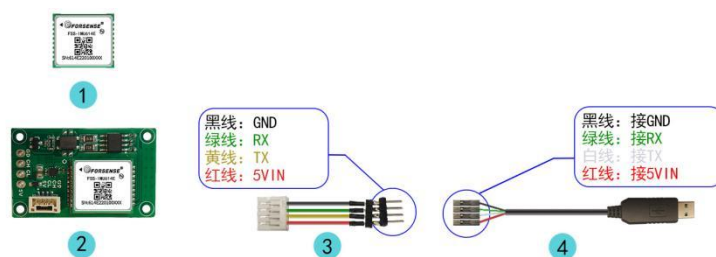
图 13 模块连接上位机示意图

新测试底板连接示意图



	名称	数量
1	IMU614E系列模组	1个
	附件名称	数量
2	IMU614E新版测试底板	1个
3	TTL串口线	1个

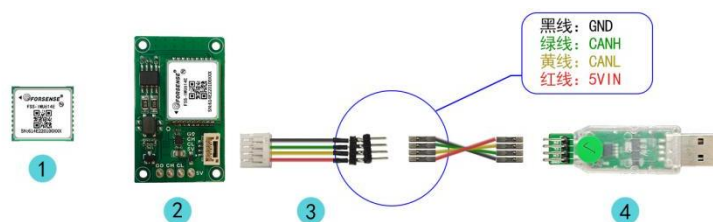
485 版本测试底板连接示意图



	名称	数量
1	IMU614E系列模组	1个
	附件名称	数量
2	TTL版本测试底板	1个
3	4-PIN接头	1个
4	TTL串口线	1个

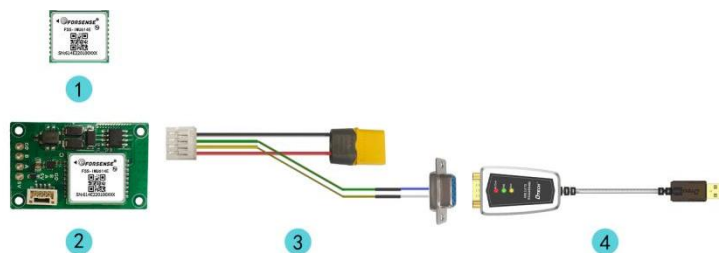


CAN 版本测试底板连接示意图



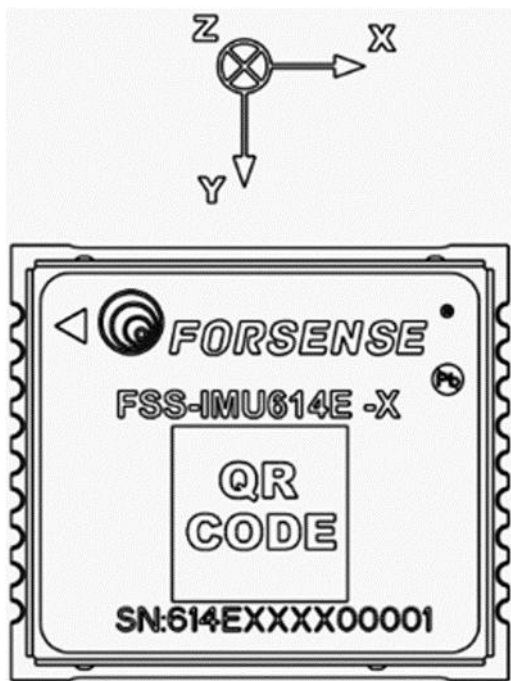
	名称	数量
1	IMU614E系列模组	1个
	附件名称	数量
2	CAN版本测试底板	1个
3	4-PIN接头	1个
4	TTL串口线	1个

485 版本测试底板连接示意图



	名称	数量
1	IMU614E系列模组	1个
	附件名称	数量
2	RS485版本测试底板	1个
3	RS485测试底板测试线束	1个
4	485USB转接线	1个

## 12.坐标系定义



本产品坐标系使用 前-右-下(FRD)坐标系，欧拉角范围如下：

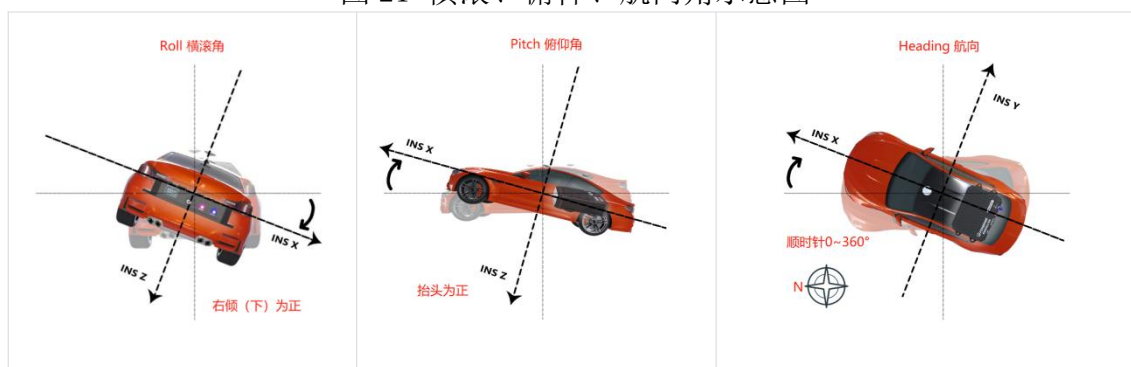
绕 Z 轴方向旋转：航向角 Yaw 范围： $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ；

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： $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

横滚、俯仰、航向角度示意图如下：

图 21 横滚、俯仰、航向角示意图

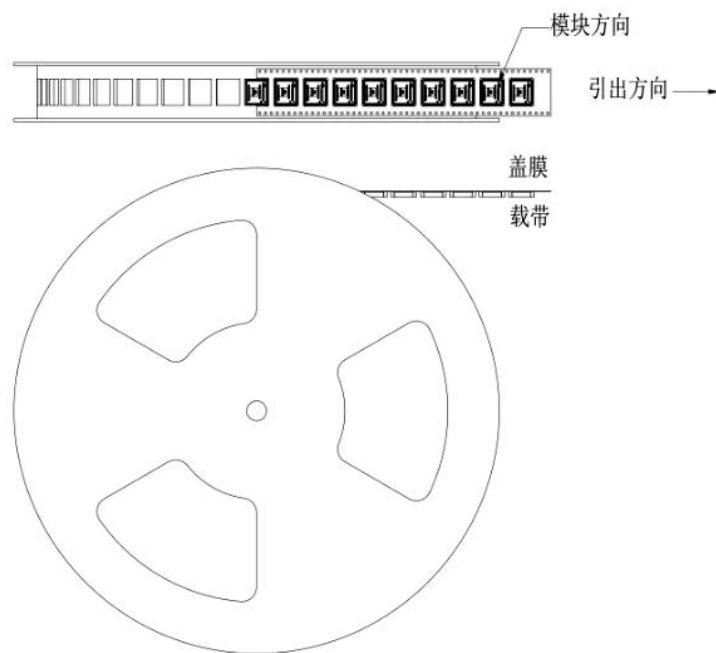


## 13. 包装

IMU614E-P 模块采用卷带密封包装。满足高效生产。

### 13.1 卷带包装

图 16 卷带包装示意图

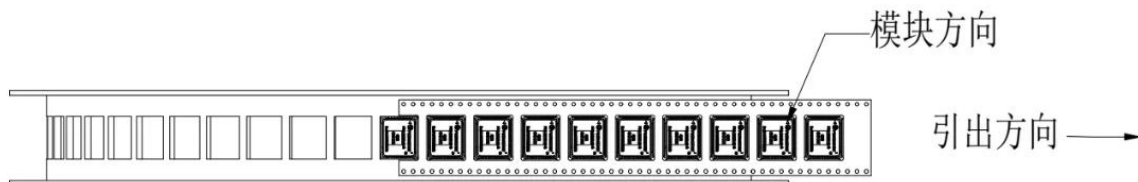


卷盘规格13inch (外径330x内圈100x厚度37mm)

### 13.2 载带

IMU614E-P 模块出厂时放置于载带上的位置和方向如下图所示：

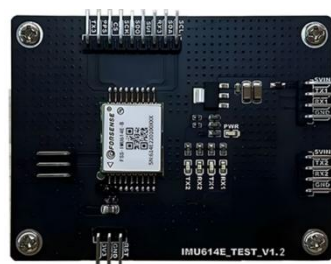
图 17 模块在载带位置和方向



## 14. 选配附件



IMU614E-X 测试底板（老底板）



IMU614E-X 测试底板（新底板）



贴片 CAN 版本 IMU614E 系列



贴片 485 版本 IMU614E 系列



贴片 TTL 版本 IMU614E 系列



TTL 串口线



USB 转 CAN 模块



Type-c 线

## 15. 更新记录

版本	日期	状态/注释
版本 1.0	2023.08.23	首次发行
版本 1.1	2023.10.07	更新坐标系定义
版本 1.2	2023.10.17	增加输出协议配置指令
版本 1.3	2023.11.22	增加姿态角和查询配置
版本 1.4	2024.01.16	增加附件
版本 1.5	2024.02.04	更新电气特性
版本 1.6	2024.02.27	更新回流焊曲线及 ESD 防护事项
版本 1.7	2024.06.07	更新输出协议