

HI14系列用户手册

IMU/VRU/AHRS模块, Rev 1.4

适用于HI14系列



文件: hi14_um_cn

技术支持: support@hipnuc.com

属性：公开

网站: www.hipnuc.com

HiPNUC

文档变更历史

版本	日期	作者	备注
V1.4	2024年1月2日	HiPNUC	更改线束说明，型号说明
V1.3	2023年7月14日	HiPNUC	增加直接出线型号
V1.2	2023年7月14日	HiPNUC	更改坐标图
V1.1	2023年7月11日	HiPNUC	增加接线说明
V1.0	2023年7月9日	HiPNUC	初始版本

HI14系列用户手册

1 产品简介

1.1 主要应用场景:

1.2 主要优势

1.2.1 完善的制造体系

1.2.2 先进的软件算法

1.2.3 工业级MEMS传感器

1.2.4 IP68级防水、CE认证

1.2.5 便捷的通信接口

1.2.6 上位机软件CHCenter

1.3 订购信息

1.3.1 RS-232接口

1.3.2 UART(TTL)接口

1.3.3 RS-485接口

1.3.4 CAN接口

2 机械与电气特性

2.1 HI14系列尺寸

2.1.1 M12航插

2.1.2 直接出线接口

2.2 安装方式

2.3 M12端子引脚定义

2.3.1 RS-232/UART(TTL)端子定义

2.3.2 RS-232/UART(TTL)引脚说明

2.3.3 RS-485/CAN端子定义

2.3.4 RS-485/CAN引脚说明

2.4 直接出线引脚定义

2.5 线缆信息

2.5.1 线缆简介

2.5.2 线缆图示

2.6 接线示意图

2.6.1 M12A 5芯母头转DB9母头(电源线外置, 不带同步)

2.6.2 M12A 8芯母头转DB9母头(电源线外置, 带同步)

2.6.3 M12A 5芯母头转DB9母头(电源线内置)

2.6.4 M12A 5芯母头转USB

2.6.5 M12A 5芯母头转OPEN

2.6.5.1 RS-485

2.6.5.2 CAN

2.6.5.3 UART(RS-232/TTL)

2.6.6 M12A 8芯母头转OPEN

2.7 HI14系列外壳参数

3 坐标系定义

- 4 技术规格
 - 4.1 融合参数
 - 4.1.1 姿态角量程
 - 4.1.2 姿态角精度
 - 4.2 传感器参数
 - 4.2.1 陀螺仪
 - 4.2.2 加速度计
 - 4.2.3 磁传感器参数
 - 4.3 电气参数
 - 4.3.1 电气整体参数
 - 4.3.2 接口参数
 - 4.4 机械与环境参数
- 5 软件架构
 - 5.1 传感器子系统
 - 5.1.1 陀螺仪数据处理过程
 - 5.1.2 加速度计数据处理过程
 - 5.1.3 磁场数据处理过程
 - 5.1.4 原始数据
 - 5.1.5 低通滤波
 - 5.1.6 工厂标定
 - 5.1.7 坐标变换
 - 5.1.8 地磁场的在线校准
 - 5.2 数据融合
 - 5.2.1 卡尔曼融合算法
 - 5.2.2 运动状态动态分析
 - 5.3 数据输出
- 6 初始配置
 - 6.1 接口
 - 6.1.1 UART(RS-232/TTL)接口初始配置
 - 6.1.2 RS-485接口初始配置
 - 6.1.3 CAN接口初始配置
 - 6.2 惯性传感器
- 7 地磁校准
 - 7.1 地磁校准步骤
 - 7.2 磁干扰的知识
 - 7.2.1 空间磁场干扰
 - 7.2.2 传感器坐标系下的干扰
 - 7.3 地磁使用注意事项
- 8 技术支持

1. 产品简介

HI14系列是利用高性能、小体积、工业级MEMS惯性器件感知物体姿态信息的姿态感知系统，它集成了惯性测量单元(IMU)、磁力计以及一款搭载扩展卡尔曼融合算法（EKF）的微控制器。可输出经过传感器融合算法计算得到的基于当地地理坐标的三维方位数据，包含有绝对参考的航向角，俯仰角和横滚角。同时也可以输出校准过的原始传感器数据。HI14系列的封装可以方便可靠地集成到用户的系统，HI14系列主要包含HI14R1、HI14R2、HI14R3、HI14R5。型号信息如下：

HI14ab-c-def						
HI 公司标识	a 冗余传感器	b 温补	c 数据接口	d 同步功能	e 出线方式	f 定制信息
14 产品系列	R1 2XIMU	N 无温补	232 RS-232	0 无同步	0 M12航插	00 默认
	R2 4XIMU	T 有温补	485 RS-485	1 有同步	1 直接出线	其他 有定制
	R3 4XIMU+地磁		CAN CAN 2.0			
	R5 8XIMU+地磁		URT UART(TTL)			

- ①型号举例 HI14R2N-232-000

②HI14R1系列无温补型号

③RS-485/CAN接口无硬件同步引脚

1.1 主要应用场景：

HI14系列可以精确地感知移动设备的俯仰（Pitch）、横滚（Roll）、航向（Yaw）等姿态信息，自动导引小车（AGV），巡检机器人、智慧农机等应用领域。它可与激光雷达（Lidar）、视觉（Camera）等导航方案形成优势互补，增强设备的导航精度，并减小对外界参考物体的依赖。典型的应用市场如下：

- 自动导引小车（AGV/AMR）
- 服务机器人
- 巡检机器人
- 智慧农机

1.2 主要优势

1.2.1 完善的制造体系

- 自主研发自动化批量标定与测试产线，保证量产产品一致性。
- 小体积，嵌入式设计，产品兼容性好性价比高
- 零偏、比例因子、跨轴、温度等误差因素出厂标定

1.2.2 先进的软件算法

丰富的行业经验，融合先进的算法，可以在实时估算零偏、地磁自动校准、抗磁场干扰等方面具有优势表现。

1.2.3 工业级MEMS传感器

- 陀螺仪零偏不稳定性 $1.76^{\circ}/h$
- 加速度计零偏不稳定性 $21\mu g$
- 高达 0.1° 姿态角精度

1.2.4 IP68级防水、CE认证

P68级防水设计、CE认证，非常适合户外自动化应用

1.2.5 便捷的通信接口

为了更好地嵌入用户产品中，HI14系列采用坚固可靠的直头或者弯头M12 5芯航空插头



1.2.6 上位机软件CHCenter

CHCenter是我们为了用户快速评估产品而开发的一款PC端软件，可以自由的运行在WIN/Linux之上。

CHCenter具有如下特点：

- 数据显示
- 数据记录
- 数据分析
- 产品参数配置
- 固件升级



1.3 订购信息

1.3.1 RS-232接口

P/N	名称	规格描述
HI14R1N-232-000	IMU/VRU模块	6DoF 3.6°/h
HI14R2N-232-000	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R2N-232-010	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R3N-232-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R3N-232-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R3T-232-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h 温补
HI14R5N-232-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h
HI14R5N-232-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h
HI14R5T-232-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h 温补
HI14R2N-232-100	IMU/VRU模块	6DoF+地磁 2.5°/h 同步
HI14R5N-232-100	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h 同步

1.3.2 UART(TTL)接口

P/N	名称	规格描述
HI14R1N-URT-000	IMU/VRU模块	6DoF 3.6°/h
HI14R2N-URT-000	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R2N-URT-010	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R3N-URT-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R3N-URT-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R3T-URT-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h 温补
HI14R5N-URT-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h
HI14R5N-URT-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h
HI14R5T-URT-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h 温补
HI14R2N-URT-100	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h 同步
HI14R5N-URT-100	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h 同步

可以选配USB转RS-232或者USB转串口(TTL)线缆将通信接口变为USB接口

1.3.3 RS-485接口

P/N	名称	规格描述
HI14R2N-485-000	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R2N-485-010	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R3N-485-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R3N-485-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 2.5°/h
HI14R5N-485-000	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h
HI14R5N-485-010	IMU/VRU/AHRS模块	6DoF+地磁 1.76°/h

1.3.4 CAN接口

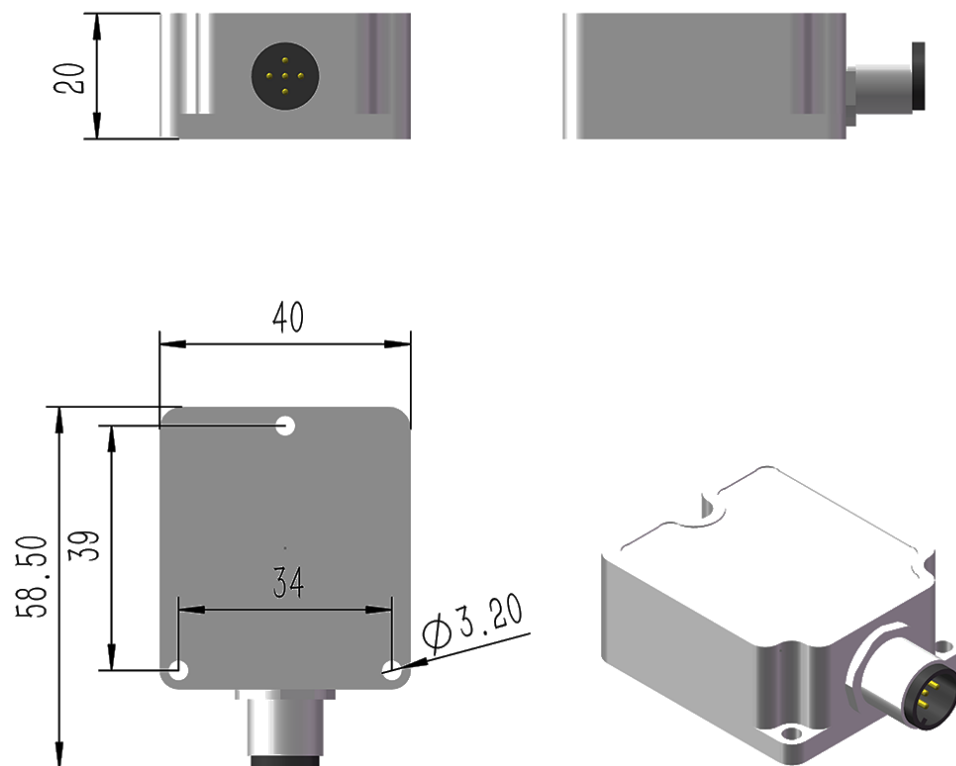
P/N	名称	规格描述
HI14R2N-CAN-000	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R2N-CAN-010	IMU/VRU模块	6DoF 2.5°/h
HI14R5N-CAN-000	IMU/VRU模块	6DoF 1.76°/h
HI14R5N-CAN-010	IMU/VRU模块	6DoF 1.76°/h

2. 机械与电气特性

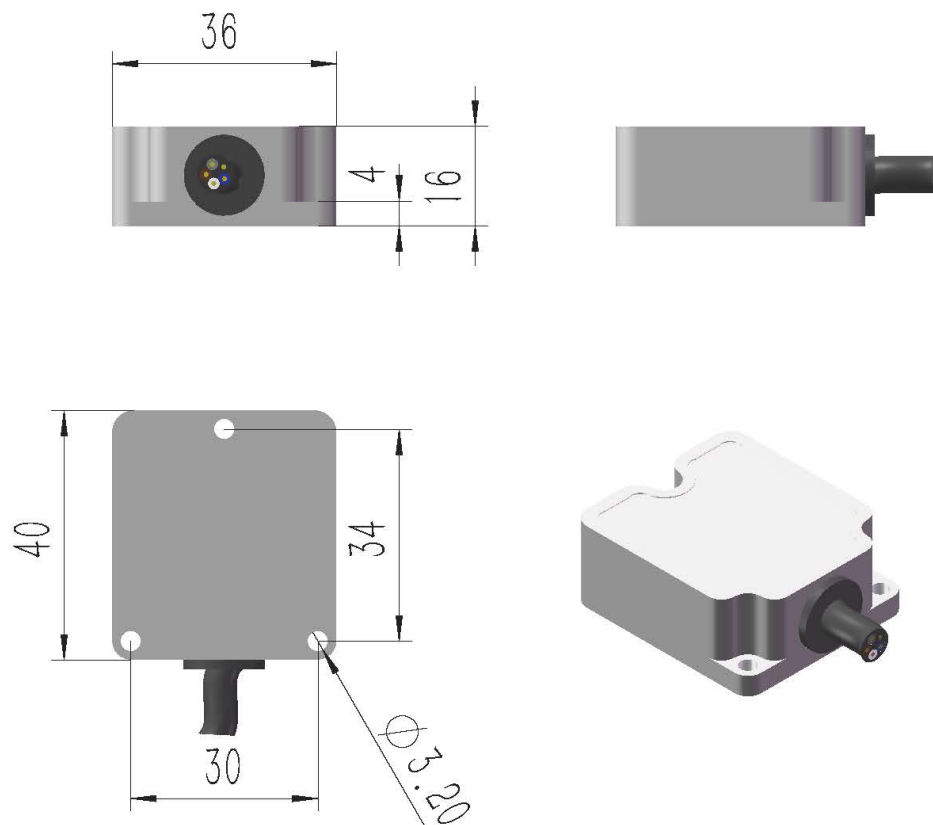
2.1 HI14系列尺寸

所有单位均为mm

2.1.1 M12航插

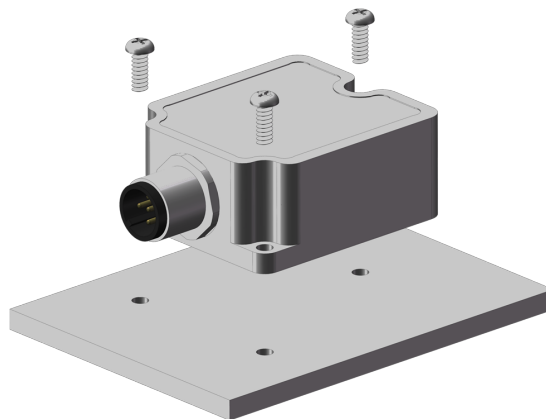


2.1.2 直接出线接口



2.2 安装方式

我们推荐用户对模块进行水平安装，如下图所示：



如需其他安装方式，请参考指令与编程手册

2.3 M12端子引脚定义

2.3.1 RS-232/UART(TTL)端子定义

M12 5 PIN Male						M12 8 PIN Male								
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	6	7	8
	棕(BN)	白(WH)	蓝(BU)	黑(BK)	灰(GY)		白(WH)	棕(BN)	绿(GN)	黄(YL)	灰(GY)	粉(PK)	蓝(BU)	红(RD)
UART	SGND	VS	GND	RXD	TXD		SGND	VS	GND	RXD	TXD	SGND	SIN1	SOUT1

2.3.2 RS-232/UART(TTL)引脚说明

序号	名称	RS-232接口	UART(TTL)接口
1	SGND	信号地 RS-232地	信号地
2	VS	电源输入	电源输入
3	GND	电源地	电源地
4	RXD	串口接收(RS-232)	串口接收(TTL)
5	TXD	串口发送(RS-232)	串口发送(TTL)
6	SGND	信号地 RS-232地	信号地
7	SIN1	同步输入	同步输入
8	SOUT1	同步输出	同步输出

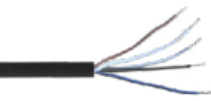
2.3.3 RS-485/CAN端子定义

M12 5 PIN Male						M12 5 PIN Male					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	棕(BN)	白(WH)	蓝(BU)	黑(BK)	灰(GY)		棕(BN)	白(WH)	蓝(BU)	黑(BK)	灰(GY)
CAN	CANGND	VS	GND	CAN H	CAN L	RS-485	485GND	VS	GND	485 A	485 B

2.3.4 RS-485/CAN引脚说明

序号	RS-485引脚名称	RS-485接口	CAN引脚名称	CAN接口
1	485 GND	RS-485地	CAN GND	CAN 地
2	VS	电源输入	VS	电源输入
3	GND	电源地	GND	电源地
4	485 A	RS-485 A	CAN H	CAN High
5	485 B	RS-485 B	CAN L	CAN Low

2.4 直接出线引脚定义

5 芯 直接出线					
	1	2	3	4	5
	棕	白	蓝	黑	灰
UART(RS-232)	SGND	Vs	GND	RXD	TXD
UART(TTL)	SGND	Vs	GND	RXD	TXD
RS-485	485 GND	Vs	GND	485 A	485 B
CAN	CAN GND	Vs	GND	CAN H	CAN L

2.3与2.4所阐述的引脚定义均为传感器端

2.5 线缆信息

2.5.1 线缆简介

默认线缆	描述
M12A 5芯直母头转DB9母头	电源线外置 不带同步线束
M12A 8芯直母头转DB9母头	电源线外置 带同步线束
M12A 5芯直母头转DB9母头	电源线内置
M12A 5芯直母头转OPEN	出线采用散线形式加线标
M12 A 5芯直母头转USB公头	USB接口内置232转USB芯片
M12 A 5芯直母头转USB公头	USB接口内置串口转USB芯片
M12 A 8芯直母头转OPEN	出线采用散线形式加线标

- ①线材PUR，默认线长3m，线缆长度还可提供0.5m、1m、5m选择，UART(TTL)接口不建议线长超过3m

②所有线缆均提供M12A 弯头数据线，方便使用

2.5.2 线缆图示

M12 5芯直母头-DB9母头电源线外置
 注：只适用于RS-232接口，不带同步信号
 HI14RXX-232-00X



M12 8芯直母头-DB9母头电源线外置
 注：只适用于RS-232接口，带同步信号
 HI14RXX-232-10X



M12 5芯直母头-DB9母头电源线内置
 注：只适用于RS-232接口，不带同步信号
 HI14RXX-232-00X



M12 5芯直母头-OPEN
 HI14RXX-232-00X
 HI14RXX-485-00X
 HI14RXX-CAN-00X
 HI14RXX-URT-00X



M12 8芯直母头-OPEN
 HI14RXX-232-10X
 HI14RXX-URT-10X

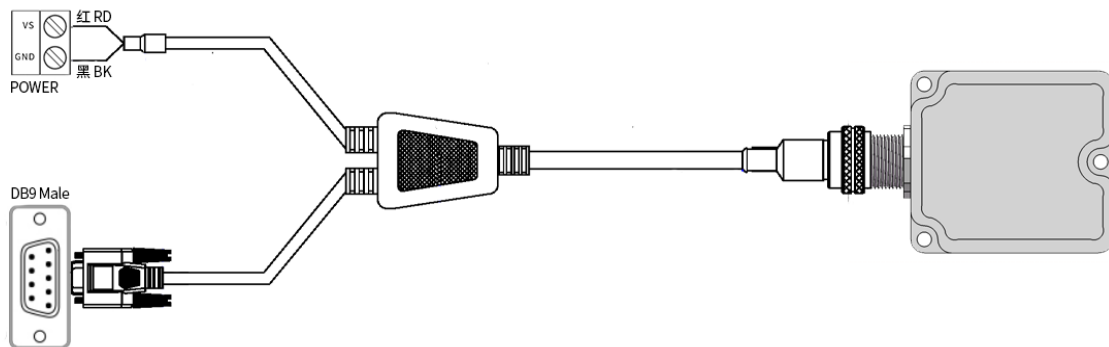


M12 5芯直母头-USB A 公头
 注：只适用于UART接口，不带同步信号
 HI14RXX-232-00X
 HI14RXX-URT-00X

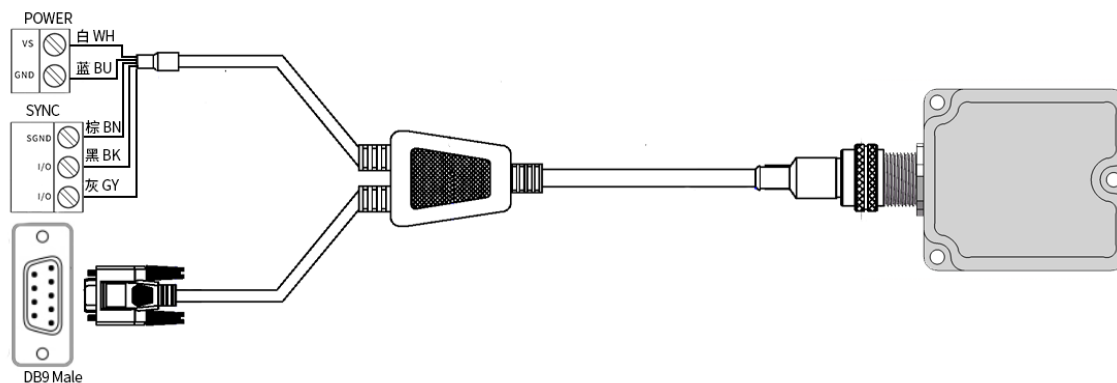


2.6 接线示意图

2.6.1 M12A 5芯母头转DB9母头(电源线外置，不带同步)

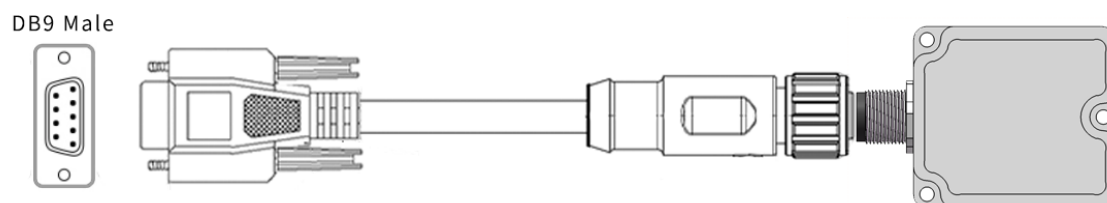


2.6.2 M12A 8芯母头转DB9母头(电源线外置, 带同步)



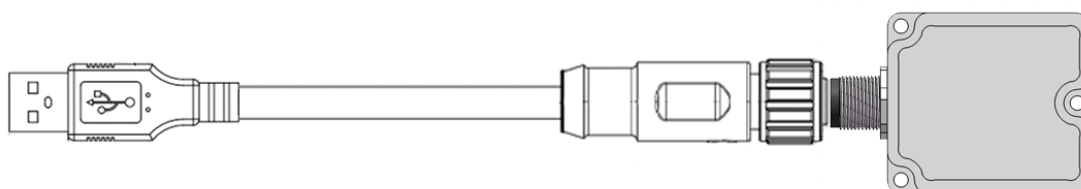
如果电源系统与同步系统参考地为同一个地, 那么SGND(棕线)可以不接

2.6.3 M12A 5芯母头转DB9母头(电源线内置)



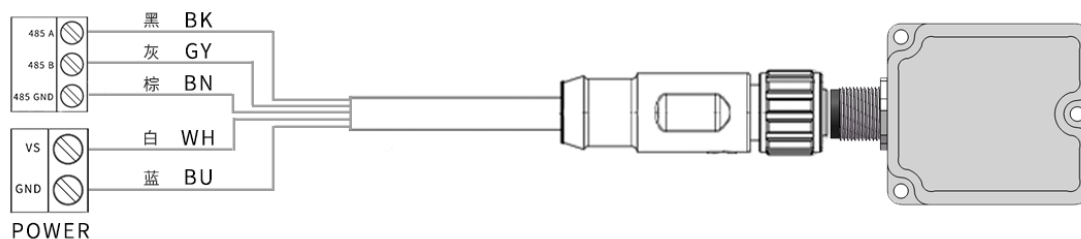
此种接线方式需要用户的DB9公头的PIN9为电源正(VS)引脚

2.6.4 M12A 5芯母头转USB



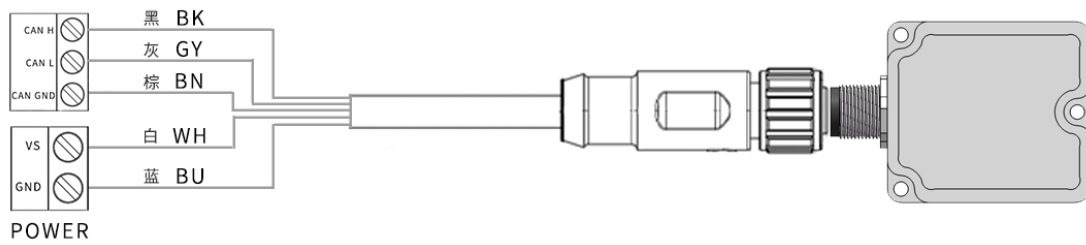
2.6.5 M12A 5芯母头转OPEN

2.6.5.1 RS-485



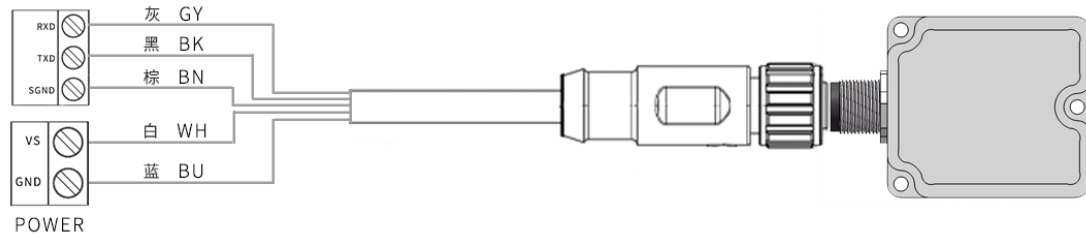
如果485设备没有 485 GND, 那么485 GND(棕线)可以不接

2.6.5.2 CAN



如果CAN设备没有 CAN GND，那么CAN GND(棕线)可以不接

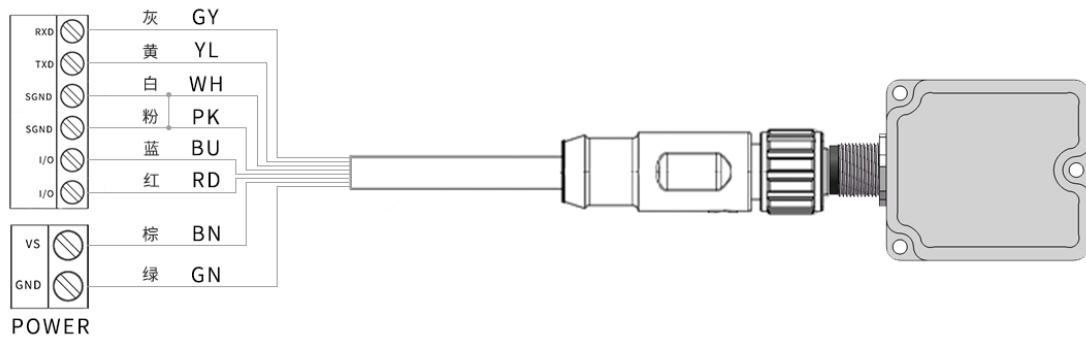
2.6.5.3 UART(RS-232/TTL)



如果电源系统与UART系统参考地为同一个地，那么SGND(棕线)可以不接

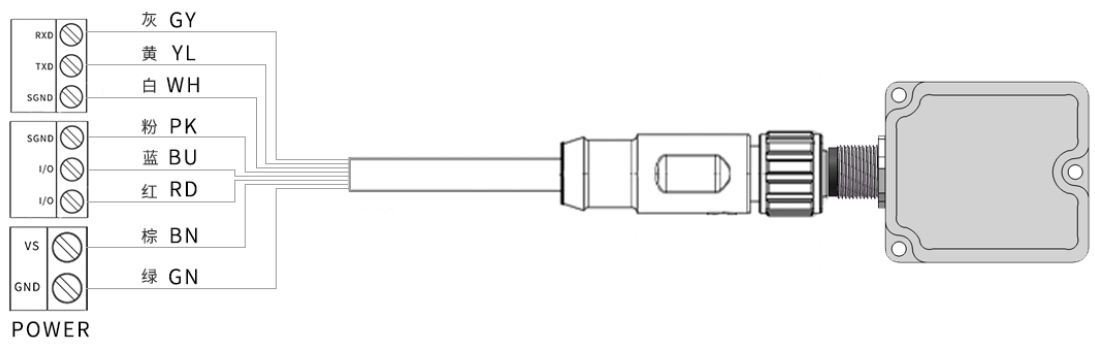
2.6.6 M12A 8芯母头转OPEN

- 同步输入输出与UART在同一系统或者有相同的参考地



如果电源系统与UART系统参考地为同一个地，那么SGND(白、粉线)可以不接

- 同步输入输出与UART不在同一系统或者有不同参考地



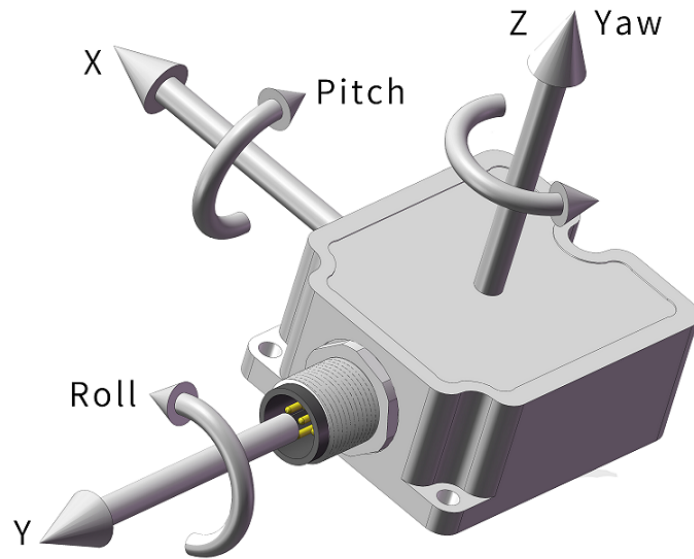
如果电源系统与UART系统参考地为同一个地，那么SGND(白线)可以不接
如果电源系统与同步系统参考地为同一个地，那么SGND(粉线)可以不接

2.7 HI14系列外壳参数

参数	数值	备注
外壳材质	6061铝合金	
表面处理	磨砂 阳极氧化	Type II Class 2
外壳尺寸	58.5X40X20mm	
固定螺丝	3XM3	螺丝长度需要根据用户使用场景而定

3. 坐标系定义

载体系使用 右-前-上(RFU)坐标系，地理坐标系使用 东-北-天(ENU)坐标系。加速度和陀螺仪轴向如下图所示。



欧拉角旋转顺序为东-北-天-312(先转Z轴，以绕Z轴旋转后的坐标系为基准再转X轴，然后再以绕X轴旋转后的坐标系为基准，最后转Y轴)旋转顺序。具体定义如下：

- 绕 Z 轴方向旋转: 航向角\Yaw(ψ) 范围: $-180^{\circ} - 180^{\circ}$
- 绕 X 轴方向旋转: 俯仰角\Pitch(θ) 范围: $-90^{\circ} - 90^{\circ}$
- 绕 Y 轴方向旋转: 横滚角\Roll(ϕ)范围: $-180^{\circ} - 180^{\circ}$

如果将模块视为飞行器的话。Y轴正方向应视为机头前进方向。当传感器系与惯性系重合时，欧拉角的理想输出为:Pitch = 0° , Roll = 0° , Yaw = 0°

在9轴模式(磁辅助/AHRS)下，Y轴正方向应指向地磁北极。

在6轴模式(无磁辅助/VRU)下，由于航向角没有绝对参考(上电时即为0deg),所以航向角并没有地理指向(东西南北)，但是俯仰角和横滚角由于有重力作为参考，始终输出唯一的有绝对参考的值。

4. 技术规格

4.1 融合参数

4.1.1 姿态角量程

姿态角量程	
俯仰(Pitch)	±90°
横滚(Roll)	±180°
航向(Yaw)	±180°

4.1.2 姿态角精度

型号	HI14R1	HI14R2	HI14R3	HI14R45
俯仰/横滚(静态)	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°
俯仰/横滚(动态)	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°
航向角静态漂移(6DOF) ^①	<0.12°/h	<0.12°/h	<0.12°/h	<0.12°/h
航向角动态漂移误差(6DOF) ^②	7	5	5	3
航向角(地磁辅助) ^③	-	-	2°	2°
航向角旋转误差(6DOF) ^④	<1°	<1°	<1°	<1°

①模块在25°C绝对静止1h测得

②模块在室内清洁机器人上运动1h测得，室温25°C，1 σ

③地磁校准之后，周边无磁场干扰情况下室温25°C测得，需要将产品配置为AHRS模式 (部分产品支持)

④转台连续旋转10圈，航向角累积误差，室温25°C

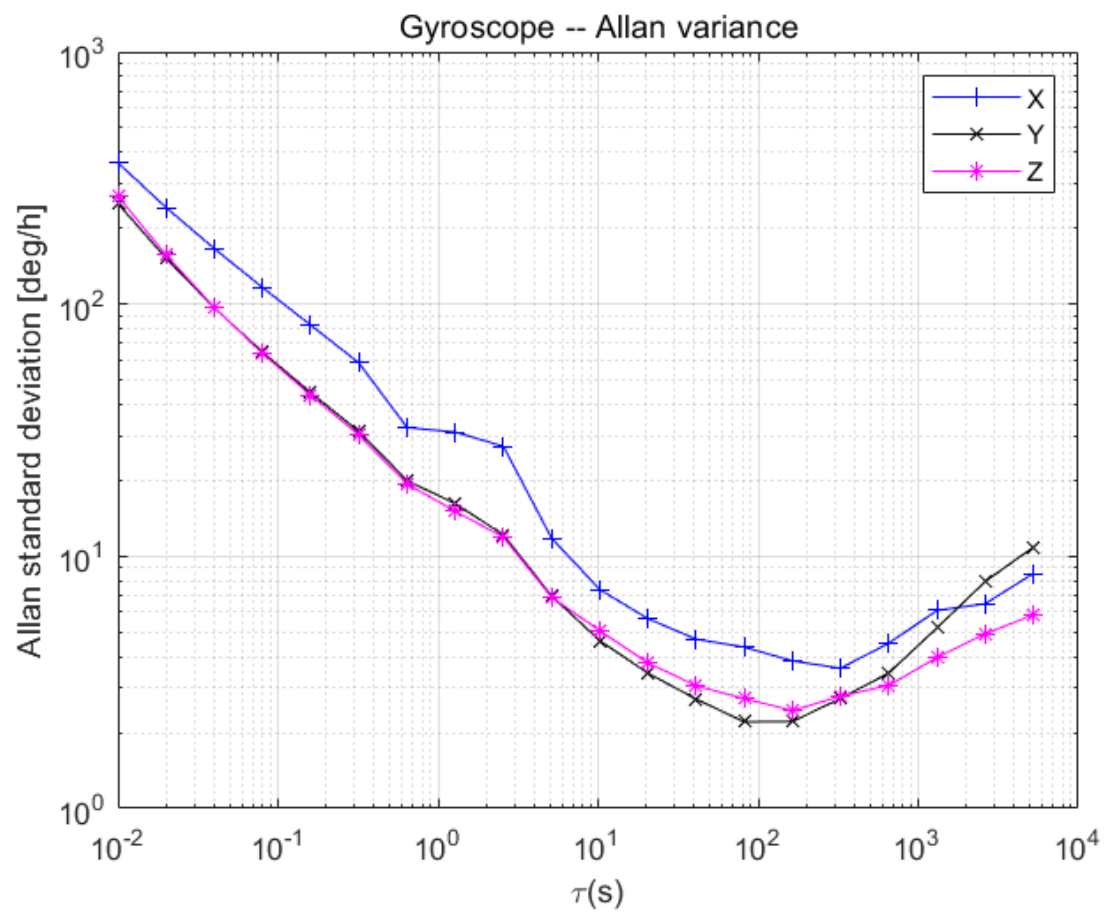
4.2 传感器参数

4.2.1 陀螺仪

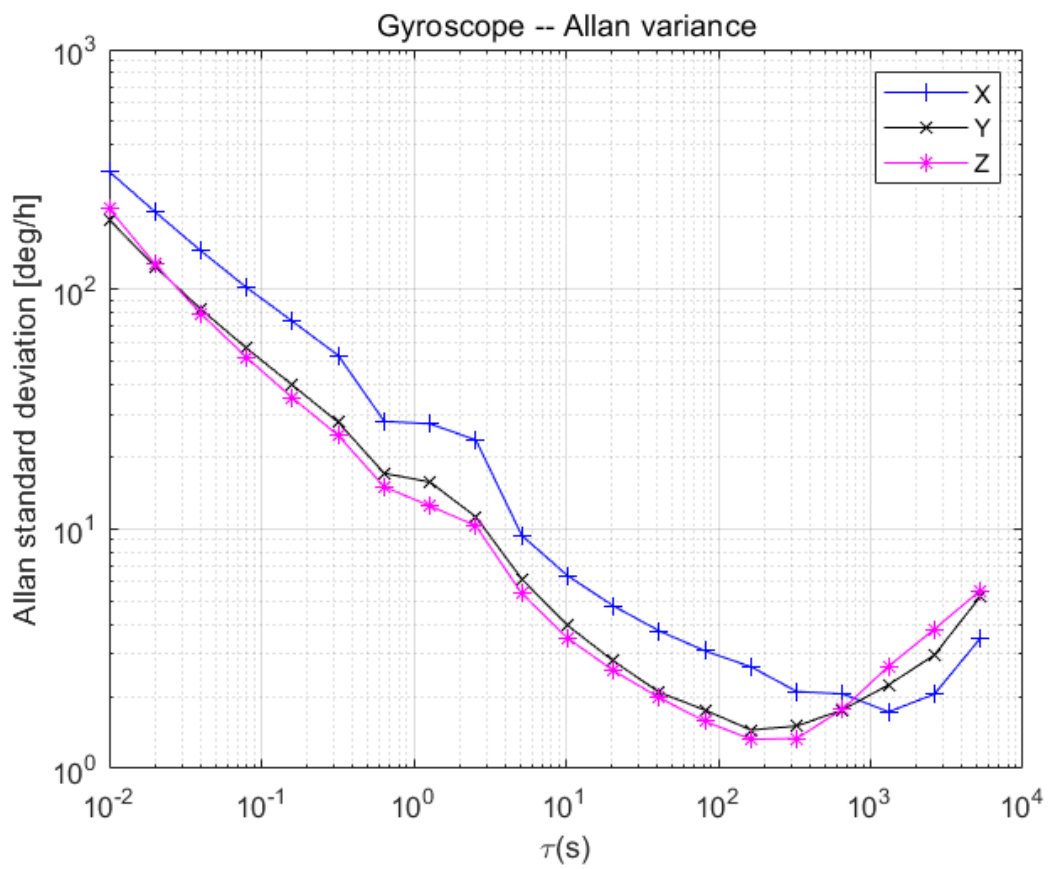
参数	HI14R1	HI14R2/HI14R3	HI14R5	备注
测量范围	±2000°/s	±2000°/s	±2000°/s	
分辨率	0.001°/s	0.001°/s	0.001°/s	
3dB带宽	120Hz	120Hz	120Hz	
零偏不稳定性	3.6/h	2.5/h	1.76/h	@25°C,1 σ
零偏重复性	0.09°/s	0.05°/s	0.05°/s	@25°C,1 σ
非正交误差	±0.1%	±0.1%	±0.1%	@25°C,1 σ
随机游走	0.6°/ $\sqrt{hr}$	0.3°/ $\sqrt{hr}$	0.3°/ $\sqrt{hr}$	@25°C,1 σ
刻度非线性度	±0.1%	±0.1%	±0.1%	满量程时(最大)
加速度敏感性	0.1°/s/g	0.1°/s/g	0.1°/s/g	
Z轴全温零偏变化(无温补) ^①	TBD	TBD	TBD	-40°C - 85°C
Z轴全温零偏变化(有温补) ^①	-	TBD	TBD	-40°C - 85°C

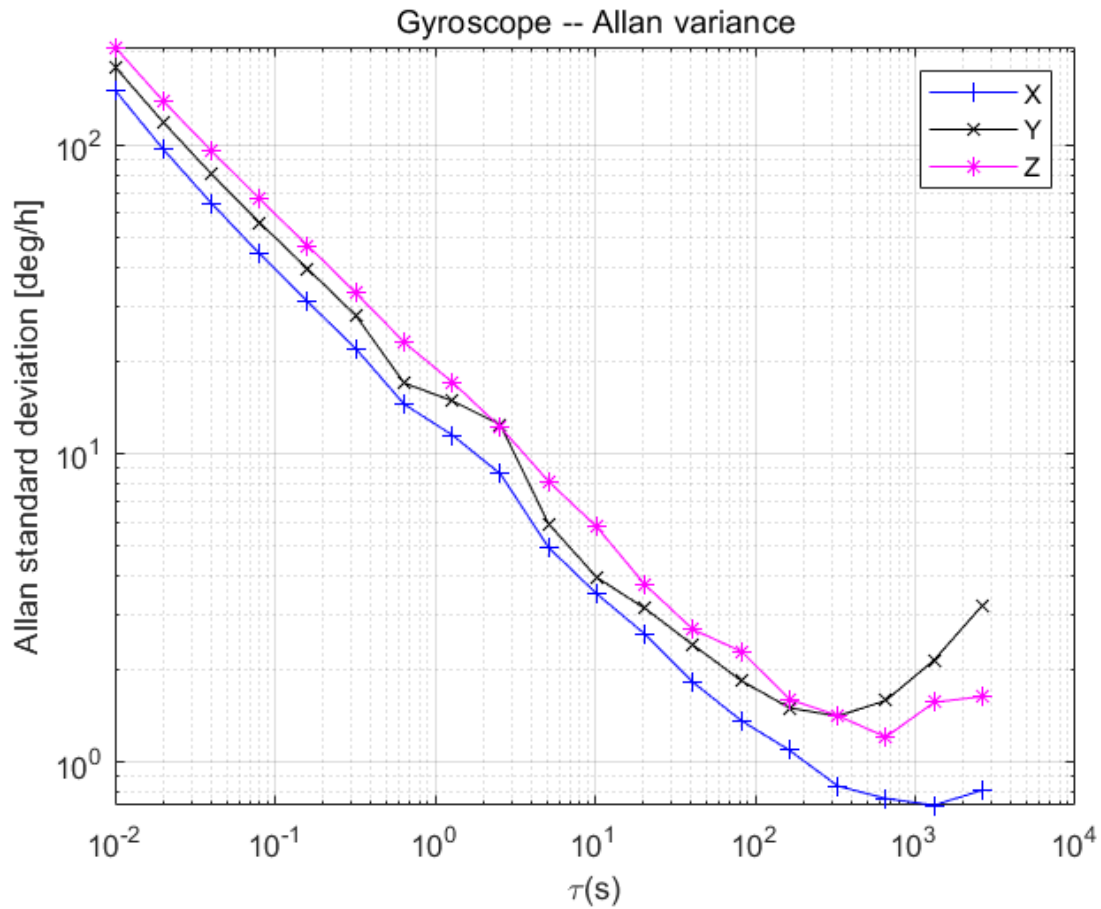
①测试样品平均值

HI14R1陀螺仪Allan方差



HI14R2/HI14R3陀螺仪Allan方差

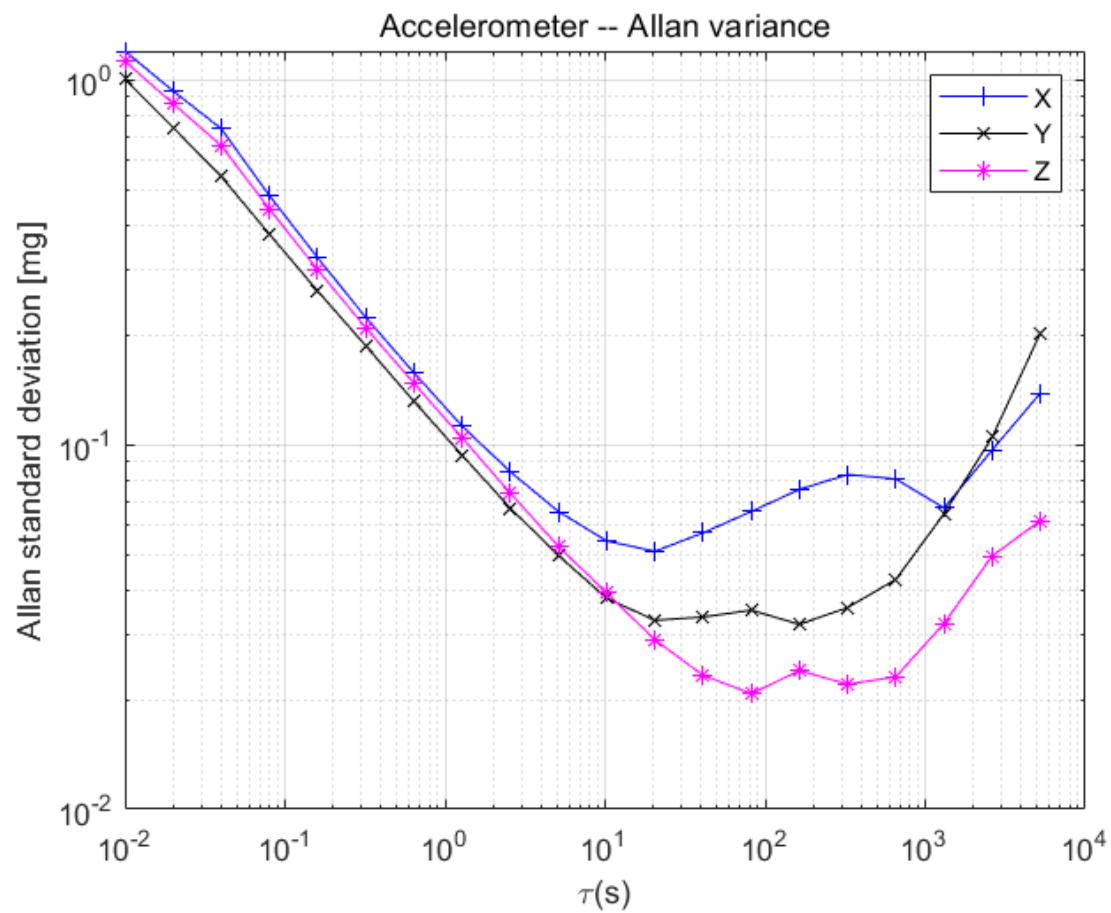




4.2.2 加速度计

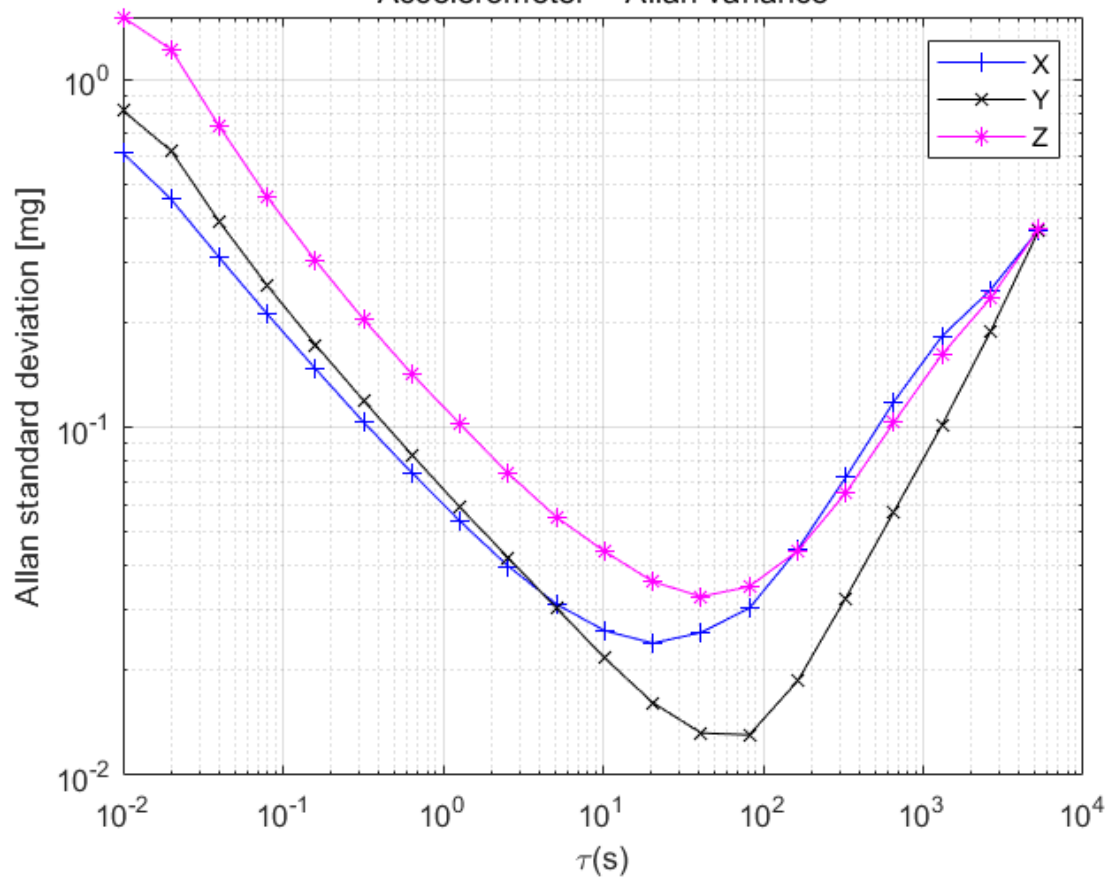
参数	HI14R1	HI14R2/HI14R3	HI14R5	备注
测量范围	±12g	±12g	±12g	1g=1x当地重力加速度
分辨率	1ug	1ug	1ug	
3dB带宽	150Hz	150Hz	150Hz	
零偏不稳定性	60ug	30ug	21ug	@25°C,1σ(1ug = 10 ⁻⁶ g,1g=1x当地重力加速度)
零偏重复性	2.52	1.8mg	0.6mg	@25°C,1σ
非正交误差	±0.1%	±0.1%	±0.1%	@25°C,1σ
随机游走	0.08m/s√h	0.04m/s√h	0.04m/s√h	@25°C,1σ
全温范围温度变化(无温补)	<0.3mg/°C	<0.005mg/°C	<0.005mg/°C	-40°C - 85°C
全温范围温度变化(有温补)	TBD	TBD	TBD	-40°C - 85°C

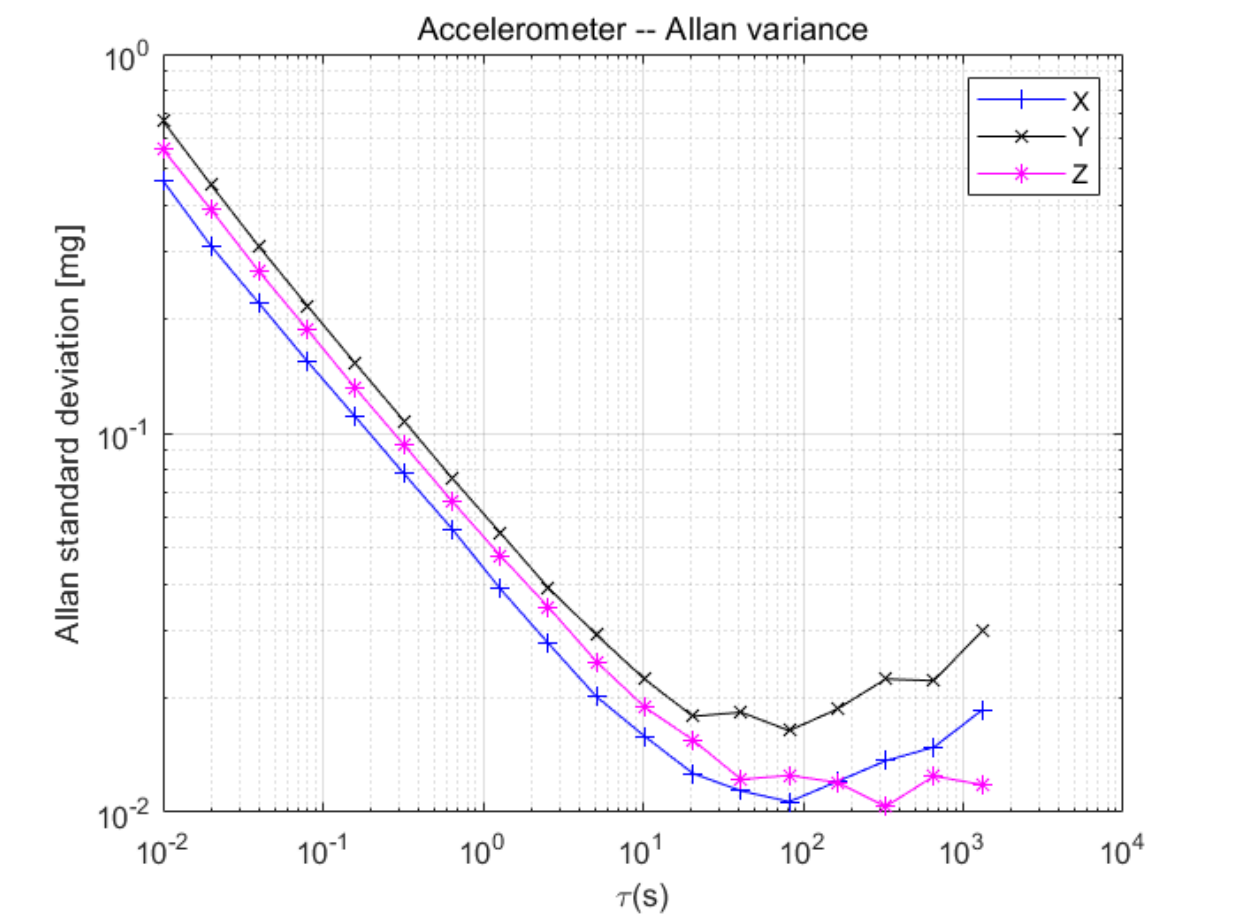
HI14R1 加速度计Allan方差



HI14R2/HI14R3加速度计Allan方差

Accelerometer -- Allan variance





4.2.3 磁传感器参数

参数	HI14R3/HI14R5
测量范围	±8G(Gauss)
非线性度	±0.1%
分辨率	0.25mG

4.3 电气参数

4.3.1 电气整体参数

指标	条件	HI14系列	备注
输入电压	RS-232/UART接口	5-50V	直流 DC
	CAN/RS-485接口	6-50V	直流 DC
功耗	测试电压24V	<350mW	
电源反极性保护		支持	
CE认证		EMC 指令 2014/30/EU	
		RoHS 指令 2011/65/EU	

4.3.2 接口参数

RS-232

RS-232		
波特率	9600/115200/230400/460800/921600bps(默认115200)	
协议	超核二进制协议	
帧率	1/5/10/50/100/200/500/1000Hz(默认100)	
输入电压	-15V-15V	
输出电压	典型值	±5.4V

UART(TTL)

UART(TTL)		
波特率	9600/115200/230400/460800/921600bps(默认115200)	
协议	超核二进制协议	
帧率	1/5/10/50/100/200/500/1000Hz(默认100)	
输入电压	-0.3V-3.6V	
输出电压	0-3.3V	

RS-485

RS-485		
波特率	9600/115200/230400/460800bps(默认115200)	
协议	Modbus/超核二进制协议	
差模输出	2V-5V	
共模输出	典型值	2.5V
差模输入阈值	-200mV-200mV	

CAN

CAN		
波特率	125K/250K/500K/1000K(默认500K)	
协议	CANopen/J1939	
帧率	5/10/50/100/200Hz(默认100)	
输出电压	CAN H	2.75-4.5V 典型值3.5V
	CAN L	0.5-2.25V 典型值1.5V
差分输出	1.5-3V	
输入电压	0.9-9V	
差分输入阈值	0.5-0.9V	

同步输入SIN1

SIN1	
输入电压	-0.5-3.6V
输入频率	0-1000Hz

同步输出SOUT1

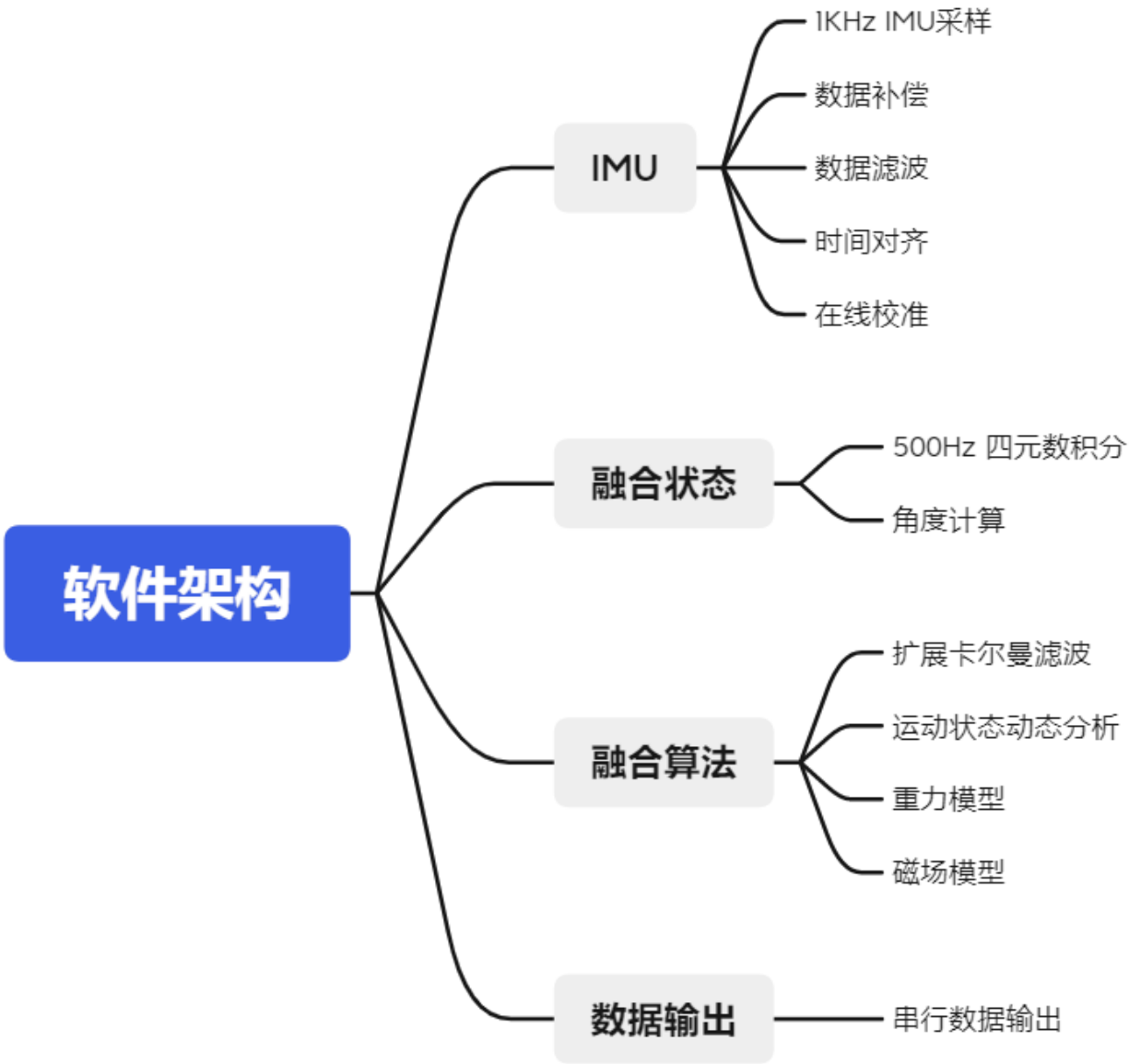
SOUT1	
输出电压	0-3.3V
输出频率	0-1000Hz

4.4 机械与环境参数

参数	HI14系列
尺寸	58.5X40X20mm
重量	<75g
外壳材质	铝合金 Type II Class 2
工作温度	-40-85℃
存储温度	-40-85℃
抗冲击	2000g
防水等级	IP68

5. 软件架构

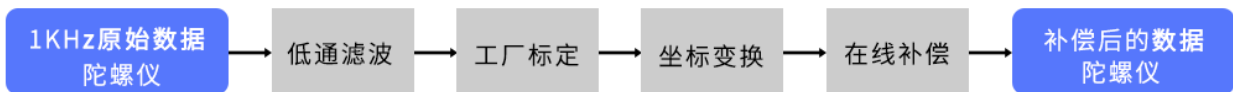
HI14系列采用了自主研发的扩展卡尔曼滤波和IMU噪声动态分析技术，可以满足高动态下姿态角的精度，减小航向角的漂移。算法架构主要包含IMU、融合状态、融合算法、数据输出4个部分



5.1 传感器子系统

传感器系统主要工作是对传感器原始数据进行标定补偿，使得传感器的数据可以更好地满足多种多样的用户场景。

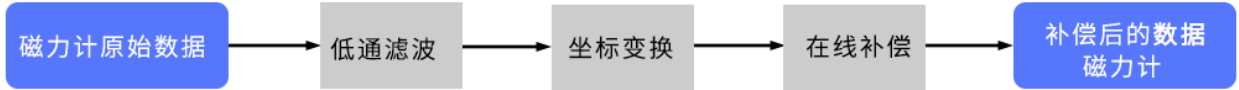
5.1.1 陀螺仪数据处理过程



5.1.2 加速度计数据处理过程



5.1.3 磁场数据处理过程



5.1.4 原始数据

MCU以最高的采样频率采集加速度计、陀螺仪、地磁场的原始数据

5.1.5 低通滤波

HI14系列为用户提供了多种低通滤波方案(可参考第6章用户配置-带宽配置章节)，这些滤波方案可以满足用户的多场景应用。

5.1.6 工厂标定

每个MEMS IMU在生产制造过程中，都有一些共性的零偏，比例因子、跨轴等误差，除此之外还会受到，温度变化的影响，因此我们在生产、制造、测试的过程中通过专有的设备将这些误差的影响降低到最小。

5.1.7 坐标变换

我们默认推荐用户对产品进行水平安装使用，但是受限于用户的使用场景，有时不得不将模块进行其他位置安装，因此我们可以支持对传感器的坐标系进行旋转以更好地满足用户安装需求。坐标变换指令可参考用户配置章节。

5.1.8 地磁场的在线校准

地磁场的在线校准支持自动校准，具体内容可参考 -指令与编程手册的地磁校准章节

5.2 数据融合

5.2.1 卡尔曼融合算法

处理器利用扩展卡尔曼算法将加速度计、陀螺仪、磁力计的原始数据进行固定频率(1000Hz)的四元数全姿解算，通过数据融合可以得到四元数、欧拉角等融合后的信息。同时可以估计陀螺仪、加速度计等传感器的零偏，这对于依赖低延时、低抖动姿态信息作为控制输入信息的系统非常重要。

融合数据输出
欧拉角(俯仰、横滚、航向)
四元数

5.2.2 运动状态动态分析

根据加速度计、陀螺仪等传感器提供的信息，可以间接分析当前载体的运动状态，从而调整卡尔曼融合状态，使模块性能处于最佳状态。

5.3 数据输出

不同的数据接口拥有不同的输出协议，详见下表：

数据接口	协议
RS-232/UART(TTL)	超核自定义二进制协议(91协议)
RS-485	Modbus
CAN	CANopen

6. 初始配置

HI14系列设计的初衷是用户进行最低限度的配置，以实现覆盖绝大部分应用场景的操作。因此默认配置已经可以满足很多工况的场景，但是我们也为用户提供了其他配置选项以应对特殊场景。

6.1 接口

6.1.1 UART(RS-232/TTL)接口初始配置

配置	参数
协议	自定义二进制协议(91)
波特率	115200
数据帧率	100Hz
坐标系	参考坐标系定义章节

6.1.2 RS-485接口初始配置

配置	参数
协议	Modbus
波特率	115200
数据帧率	100Hz
坐标系	参考坐标系定义章节

6.1.3 CAN接口初始配置

配置	参数
协议	CANopen
波特率	500K
120欧姆终端电阻	无
数据帧率	100Hz
坐标系	参考坐标系定义章节

6.2 惯性传感器

配置	参数
陀螺仪量程	$\pm 2000^{\circ}/s$
加速度计量程	$\pm 12g$
模式	6Dof
陀螺仪带宽(3dB)	120Hz
加速度计带宽(3dB)	150Hz

7. 地磁校准

7.1 地磁校准步骤

校准前提：

- 当前测试下航向角精度达不到要求。
- 模块安装环境有磁场干扰，这种干扰是固定的，并且这个干扰磁场与模块安装之后不会再发生距离变化(例:模块安装在一个铁材料之上，因为铁会有磁场干扰，这时就需要把铁与模块一起旋转校准，并且这个铁在使用当中是不会和模块再分开的，一旦分开是需要再重新校准。如果这个铁大小是不固定的，或与模块的距离变化也不是固定的，这种干扰是无法校准，只能避而远之安装，安全距离控制在 40CM 以上)

模块内部自带主动地磁校准系统，不需要用户发送任何指令，该系统在后台自动采集一段时间内地磁场数据，并做分析比较，剔除异常数据，一旦数据足够，就会尝试地磁校准。所以，当使用地磁辅助(9轴)模式时，不需要用户任何干预即可完成地磁校准。但是模块仍然提供接口来让用户检查当前校准状态。自动校准的前提是需要模块有充分的姿态变化，**并且维持一定时间**，内部校准系统才能搜集不同姿态下的地磁场信息，从而完成校准，静止状态下是无法进行地磁校准的。

当首次使用模块并且需要使用AHRS（9轴）模式时，应进行如下校准操作：

1. 检查周围是否存在磁场干扰：实验室铁质或者含有铁质的桌子、电脑、电机、手机等旁边都属于常见的干扰区域。建议将模块拿到室外空旷处，即使没有条件拿到室外，尽量将模块远离干扰源。
2. 在尽量小范围内(位置尽量不动，只是旋转)，缓慢的让模块旋转，让模块经历尽量多的姿态位置(每个轴至少都旋转360°，持续约1分钟)，即可完成校准，如果始终没能成功校准模块，说明周围地磁场干扰比较大。
3. 如果客户安装位置改变(比如上一次校准是拿着模块单独去校准的，使用的时候却是安装在目标设备上)。则需要带着目标设备进行重新校准。
4. 使用 `LOG MAGCONFIG` 查看地磁校准参数:

```
1  ...
2
3  MAG BIS:
4  0.029
5  -22.062
6  11.926
```

如果MAG BIS为一个不全为0的3个数字，说明地磁校准成功，如果MAG BIS全部为0，说明地磁校准不成功，请回到1重新开始校准步骤。

7.2 磁干扰的知识

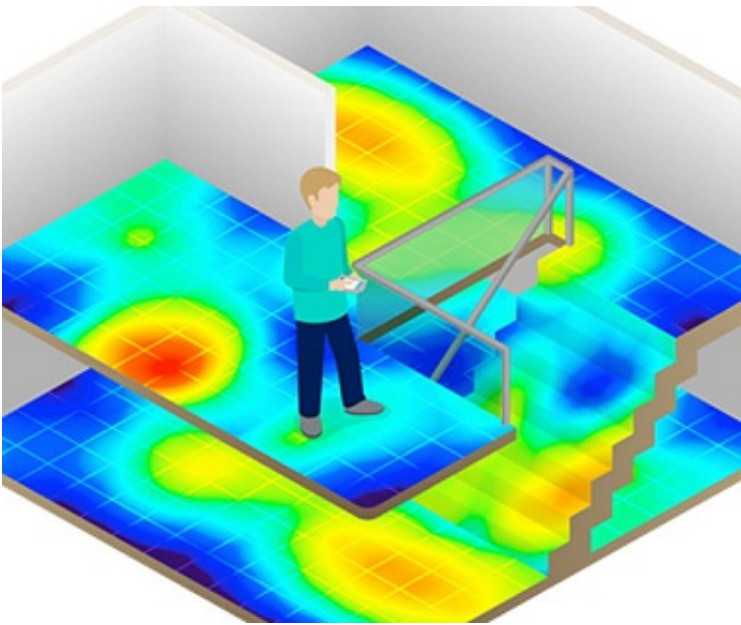
地磁干扰可分为空间磁场干扰与传感器坐标系下的磁场干扰，如下图所示

Distortions that move with the sensor	Distortions that do not move with the sensor
	
• Calibration errors • Hard iron effects • Soft iron effects • Etc.	• Spatial distortions • Temporal distortions • Etc.

7.2.1 空间磁场干扰

定义：磁场干扰不随传感器运动而运动，处于世界坐标系下

典型干扰源：各种固定的地磁干扰源，家具，家用电器，线缆，房屋内的钢筋结构等。一切不随磁传感器运动而运动的干扰源，下图是典型的室内磁场分布图。



对模块的影响：无论磁场传感器是否校准的好，这些空间磁场的干扰(或者说环境磁场不均匀)都会使得空间地磁场发生畸变。地磁补偿会错误，无法获得正确的航向角。他们是造成室内地磁融合难以使用的主要原因。这种干扰不能被校准, 会严重影响地磁性能。空间磁场干扰在室内尤其严重。

应对措施：只能尽量避免这种干扰源

7.2.2 传感器坐标系下的干扰

定义：地磁场干扰源随传感器运动而运动

典型干扰源：与模块固定在一起的PCB板子，仪器设备等。他们和磁传感器视为同一个刚体，随磁传感器运动而运动。

对模块的影响：对传感器造成硬磁/软磁干扰。这些干扰可以通过地磁校准算法加以很好的消除。

应对措施：对模块进行地磁校准。

7.3 地磁使用注意事项

在室内环境下，空间磁场干扰尤其严重，而且空间磁干扰并不能通过校准来消除。在室内环境下尽管模块内置均质磁场检测及屏蔽机制，但地磁辅助(9轴)模式航向角的准确度很大程度上取决于室内磁场畸变程度，如果室内磁场环境很差(如电脑机房旁，实验室，车间，地下车库等)，即使校准后航向角精度可能还不如6轴模式甚至会出现大角度误差。

模块的自动地磁校准系统只能处理和模块安装在一起的，固定的磁场干扰。安装环境如果有磁场干扰，这种干扰必须是固定的，并且这个干扰磁场与模块 安装之后不会再发生距离变化(例：模块安装在一个铁材料 (机器人)之上，因为机器人金属材料会有磁场干扰，这时就需要把机器人与模块一起旋转校准，并且模块在使用当中是不会和机器人再分开的(发生相对位移)，一旦分开是需要再重新校准。

8. 技术支持

新产品与资料信息可以通过网站以及公众号获得

