

1 特性

1.1 硬件

- 高性能、低噪声 MEMS IMU
- 集成低噪声、高可靠性 LDO
- 出厂完成 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 全温补偿与标定，包含零偏、比例因子和交叉轴校准
- Type-C 接口，内置 USB 转串口芯片
- 具备良好的抗振设计，适用于振动环境应用
- 集成温度传感器
- 小体积 $26 \times 24 \times 12\text{ mm}$ ，易于集成
- 产品设计符合 RoHS 相关要求，材料满足无卤规范，认证状态请参考最新官方资料
- 支持定制



1.2 软件

- 自适应 EKF 融合算法
- 数据输出帧率最高可达 1000 Hz，具体取决于输出数据类型与配置，且具有较低输出延时
- 面向动态运动场景优化姿态跟随与振动抑制性能
- 在典型工况下可降低线性加速度对姿态估计的影响
- 支持定制二进制协议
- 丰富的用户配置指令
- 多功能 GUI，方便操作
- 支持 ROS1、ROS2、C、MATLAB、Python、Arduino 等多种例程

2 应用

HI13 系列面向高性能姿态感知与复杂工况应用，适用于温度变化、振动及动态运动条件下的姿态测量与控制场景。典型应用包括：

- 服务机器人
- 人形机器人
- 低速无人驾驶机器人
- 智慧农机

3 描述

3.1 系统框图

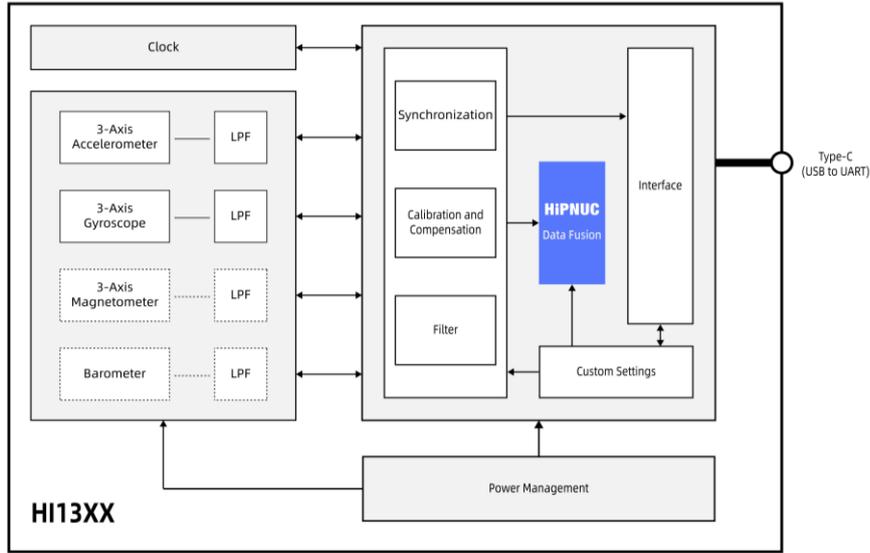


图 1 HI13 系列系统框图

注 1：虚线表示部分型号不支持，具体请参见表 1。

3.2 通用描述

HI13 系列是一款基于 MEMS IMU 的 IMU/VRU/AHRS 传感器模组，搭载自主研发的自适应扩展卡尔曼滤波、IMU 噪声动态分析及载体运动状态分析算法，可为用户提供原始惯性数据（加速度、角速度、磁场）以及解算姿态数据（欧拉角、四元数等）。HI13 系列根据型号不同支持 IMU、VRU 或 AHRS 功能，并非所有型号均集成磁力计或支持 AHRS 输出，具体配置请参见表 1 和表 2。

每个模组出厂前均完成温度、零偏、比例因子和交叉轴补偿标定。模组可以通过 Type-C 接口进行数据传输，内置 USB 转串口芯片。配套的 GUI 上位机用于配置、数据显示、固件升级和数据记录等评估操作。



图 2 GUI 上位机

目录

1 特性.....	1
1.1 硬件.....	1
1.2 软件.....	1
2 应用.....	1
3 描述.....	2
3.1 系统框图.....	2
3.2 通用描述.....	2
4 产品选型.....	5
5 产品订购.....	6
5.1 订购编码.....	6
5.2 联系方式.....	6
6 文档信息.....	7
6.1 历史版本.....	7
6.2 相关文档.....	7
7 HI13 系统架构.....	8
7.1 IMU.....	8
7.2 VRU.....	8
7.3 AHRS.....	8
8 接口.....	9
9 传感器性能参数.....	10
9.1 陀螺仪.....	10
9.2 加速度计.....	13
9.3 磁力计.....	15
9.4 气压计.....	15
9.5 温度传感器.....	15
9.6 融合精度.....	15
10 系统与电气参数.....	16
10.1 电气参数.....	16
10.2 接口参数.....	16
10.3 系统参数.....	16
10.4 绝对最大值.....	16
11 机械尺寸.....	17
12 安装.....	18
13 坐标系定义.....	19
13.1 东北天（默认）.....	19
13.2 北西天与北东地.....	19

HI13 系列规格书

通用型 IMU/VRU/AHRS 模组

REV: 1.5

14 配套线束	20
15 通信协议	21
16 免责声明	22

4 产品选型

表 1 选型信息

HI13a-b-c					
标识	系列	a-传感器		b-数据接口	c-其他信息
HI	13	M0	IMU/VRU	USB UART 转 USB	000 默认
		M3	IMU/VRU/AHRS		其他 定制
		R2	IMU/VRU		
		R3	IMU/VRU/AHRS		
		S2	IMU/VRU		
		S3	IMU/VRU/AHRS		
		S4	IMU/VRU/AHRS + 气压		

注 1：当前标准型号参考产品订购章节，其他型号支持定制。

注 2：后续 HI13MX 表示 M0/M3 系列，HI13RX 表示 R2/R3 系列，HI13SX 表示 S2/S3/S4 系列。

表 2 HI13 系列模组配置表

型号	3 轴加速度计	3 轴陀螺仪	3 轴磁力计	气压计
HI13M0-USB	√	√	×	×
HI13M3-USB	√	√	√	×
HI13R2-USB	√	√	×	×
HI13R3-USB	√	√	√	×
HI13S2-USB	√	√	×	×
HI13S3-USB	√	√	√	×
HI13S4-USB	√	√	√	√

5 产品订购

5.1 订购编码

表 3 订购编码

型号	名称	描述
HI13M0-USB-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU 模组
HI13M3-USB-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS 模组
HI13R2-USB-000	IMU/VRU Module	IMU/VRU 模组
HI13R3-USB-000	IMU/VRU/AHRS Module	IMU/VRU/AHRS 模组
HI13S2-USB-000	IMU/VRU Module	低噪声 IMU/VRU 模组
HI13S3-USB-000	IMU/VRU/AHRS Module	低噪声 IMU/VRU/AHRS 模组
HI13S4-USB-000	IMU/VRU/AHRS Module	低噪声 IMU/VRU/AHRS 模组, 集成气压计

5.2 联系方式

1. 邮箱: sales@hipnuc.com
2. 电话: 010-69726346 / 15801501203
3. 官网: www.hipnuc.com

6 文档信息

6.1 历史版本

表 4 历史版本

版本	日期	作者	变更内容
1.0	2023 年 5 月 23 日	Hipnuc	初始版本
1.1	2023 年 9 月 13 日	Hipnuc	增加底部板对板连接器说明
1.2	2024 年 11 月 1 日	Hipnuc	更新 P/N, 去除板对板连接器型号
1.3	2025 年 3 月 17 日	Hipnuc	更新 Allan 参数
1.4	2025 年 6 月 17 日	Hipnuc	增加 HI13SX 系列
1.5	2026 年 3 月 14 日	Hipnuc	修正参数, 重新排版

6.2 相关文档

1. 指令与编程手册
2. STEP 模型
3. RoHS/CE 等合规文件
4. GUI 软件与参考例程

7 HI13 系统架构

HI13 系列是一类支持 IMU、VRU 及 AHRS 功能配置的传感器模组。根据具体型号不同，产品可提供加速度、角速度、磁场、欧拉角及四元数等数据输出。

根据不同型号配置，HI13 模组可集成 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪、3 轴磁力计、气压计以及高性能处理器。该控制器主要用于传感器的同步、标定、算法融合以及用户配置等功能，同时，基于应用场景与传感器特性，模组支持 6-DoF、AHRS、人形机器人等多种模式，详情请参考指令与编程手册。

7.1 IMU

HI13 可以作为惯性测量单元 (IMU) 使用，为用户提供精准的三维加速度和三维角速度数据。这些数据是通过内部集成的高精度加速度计和陀螺仪采集的，能够实时反映物体在三维空间中的运动状态和动态变化。与未经模块级补偿与标定的原始惯性器件相比，HI13 的优势在于出厂前已完成系统级标定与补偿校正，可显著提升输出数据的一致性与稳定性，并改善测量精度。这些标定包括交叉轴、比例因子、零偏及温度补偿。

7.2 VRU

HI13 通过融合算法可输出基于重力参考的姿态信息，主要包括俯仰角 (Pitch) 和横滚角 (Roll)；在 6-DoF 模式下也可输出偏航角 (Yaw) 估计值，但该值会随时间累积漂移。

7.3 AHRS

HI13 在 IMU 和 VRU 的基础上，通过引入高精度、大量程的 TMR (隧道磁阻) 地磁传感器，进一步升级为功能更强大的航姿参考系统 (AHRS)。这一升级显著增强了 HI13 的姿态感知能力，使其能够为用户提供更加全面、精准的姿态数据，包括长期稳定的俯仰角 (Pitch)、横滚角，以及基于磁北参考的偏航角 (Yaw)。

8 接口

HI13 系列传感器采用 USB 转串口 (UART) 的通信方式, 默认情况下, 通信的帧格式为标准的 8N1 模式, 即:

- 波特率: 115200 bps (可根据需求调整)
- 数据位: 8 位
- 校验方式: 无奇偶校验 (No Parity)
- 停止位: 1 位

这种通信配置是工业应用中的标准配置, 兼容性强, 能够与绝大多数的嵌入式系统、工控设备、机器人控制器等进行无缝对接。

注 1: 波特率与数据传输帧率都可以通过指令更改, 详情参考指令与编程手册

9 传感器性能参数

9.1 陀螺仪

表 5 陀螺仪性能参数

参数	产品	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	HI13MX/HI13RX			±250		°/s	默认: ±2000
				±500			
				±1000			
				±2000			
量程	HI13SX			±250		°/s	默认: ±2000
				±500			
				±1000			
				±2000			
分辨率	HI13MX/HI13RX		16			bit	
	HI13SX		16	20			
比例因子误差	HI13MX/HI13RX	100 °/s 旋转		<600	850	ppm	典型值: RMS
	HI13SX			<600	1200		
非线性				±0.05		%FS	1
噪声密度	HI13MX	带宽 47 Hz		0.014		°/s/√Hz	
	HI13RX	带宽 47 Hz		0.008			
	HI13SX	带宽 10 Hz		0.0025			
3 dB 带宽	HI13MX/HI13RX		80	200		Hz	2
	HI13SX		80	400			
零速输出				<0.1	±0.45	°/s	3
采样率				1000		Hz	
零偏不稳定性 艾伦方差	HI13MX	X		2.5	4	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y		3.2	5.5		
		Z		3	5.5		
	HI13RX	X		1.5	2.5	°/h	
		Y		1.9	3.2		
		Z		1.7	3.2		
	HI13SX	X		4	6	°/h	
		Y		1.5	2.5		
		Z		1.7	4		
零偏稳定性 10 s 平滑	HI13MX	X		10	14	°/h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y		13	17		
		Z		10	13		
	HI13RX	X		5.5	7	°/h	
		Y		7.5	9		
		Z		5.5	7		
HI13SX	X		10	16	°/h		
	Y		4	7			
	Z		5	13			

零偏重复性	HI13MX	X	20	36	°/h	
		Y	36	61		
		Z	16	25		
	HI13RX	X	11.5	21	°/h	
		Y	15	30		
		Z	9.5	15		
	HI13SX	X	11	35	°/h	
		Y	10	30		
		Z	9	20		
角度随机游走 艾伦方差	HI13MX	X	0.55	1.1	°/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
		Y	0.82	1.2		
		Z	0.47	0.7		
	HI13RX	X	0.3	0.6	°/√h	
		Y	0.4	0.7		
		Z	0.2	0.4		
	HI13SX	X	0.12	0.16	°/√h	
		Y	0.1	0.12		
		Z	0.1	0.14		
零偏全温变化	-40 °C ~ 85 °C	0.07	0.15	°/s	4	
加计敏感性	XYZ	0.05		°/s/g		

注 1: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差

注 2: 不同的模式具有不同的带宽, 默认 6-DoF 模式为 80 Hz

注 3: 初始零偏标定之后, 零偏可以在算法引擎中实时估计

注 4: 超核实验室温箱转台测得, 温升斜率小于 3 °C/min

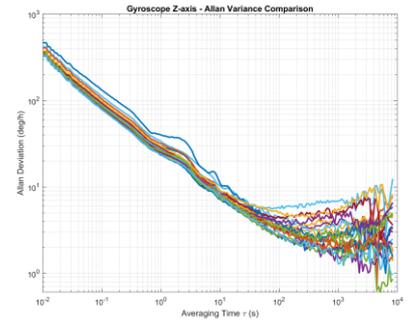
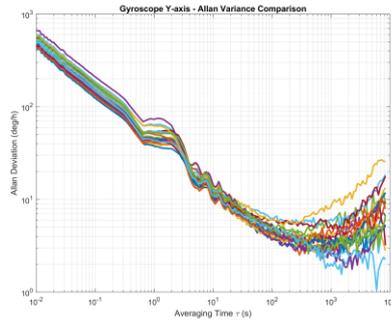
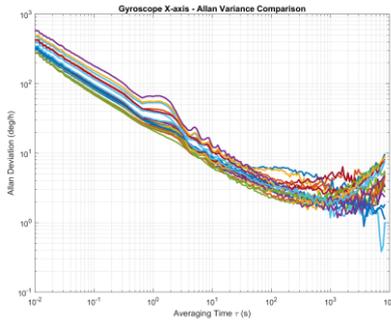


图 3 HI13MX 陀螺仪艾伦方差

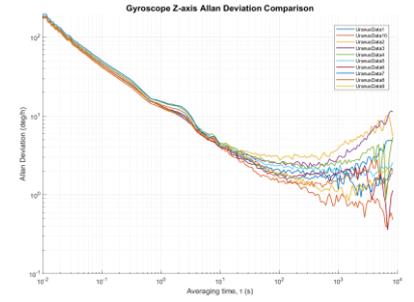
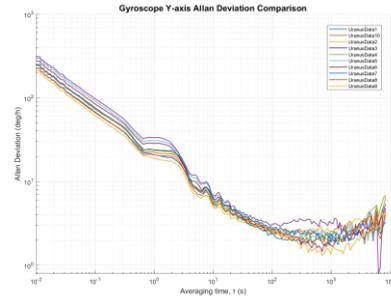
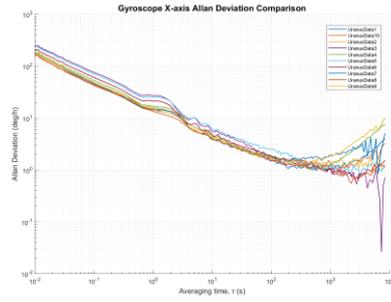


图 4 HI13RX 陀螺仪艾伦方差

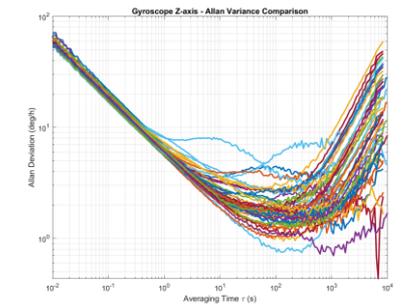
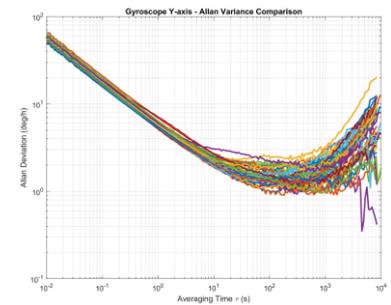
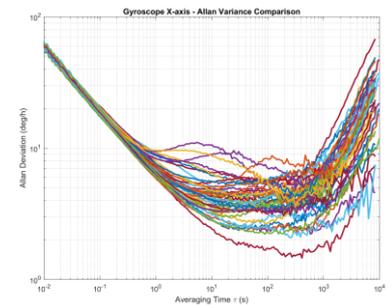


图 5 HI13SX 陀螺仪艾伦方差

9.2 加速度计

表 6 加速度计参数

参数	产品	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注	
量程	HI13MX/HI13RX			±3				
				±6			默认: ±12	
				±12				
	HI13SX			±24				
				±2				
				±8			默认: ±16	
分辨率	HI13MX/HI13RX			16		bit		
		HI13SX		16	20			
	HI13SX			±16				
初始零偏			1	2		mg	典型值: RMS	
非线性			±0.01			%FS	1	
噪声密度	HI13MX		0.16	0.2		mg/√Hz		
	HI13RX		0.1	0.12				
	HI13SX	带宽 10 Hz	0.05	0.07				
3 dB 带宽	HI13MX/HI13RX		90	200		Hz	2	
	HI13SX		90	400				
采样率			1000			Hz		
零偏不稳定性 艾伦方差	HI13MX	X	0.021	0.035		mg		
		Y	0.032	0.065				
		Z	0.023	0.03				
	HI13RX	X	0.015	0.02		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ	
		Y	0.02	0.045				
		Z	0.015	0.02				
	HI13SX	X	0.012	0.02		mg		
		Y	0.009	0.015				
		Z	0.016	0.022				
零偏稳定性 10 s 平滑	HI13MX	X	0.068	0.1		mg		
		Y	0.09	0.19				
		Z	0.07	0.1				
	HI13RX	X	0.06	0.1		mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ	
		Y	0.055	0.15				
		Z	0.05	0.06				
	HI13SX	X	0.032	0.055		mg		
		Y	0.022	0.032				
		Z	0.048	0.082				
零偏重复性	HI13MX	X	0.22	0.4		mg		
		Y	0.15	0.21				
		Z	0.12	0.2				

HI13 系列规格书

通用型 IMU/VRU/AHRS 模组

REV: 1.5

零偏重复性	HI13RX	X	0.127	0.25	mg	
		Y	0.09	0.15		
		Z	0.07	0.15		
	HI13SX	X	0.1	0.3	mg	
		Y	0.06	0.2		
		Z	0.1	0.2		
随机游走	HI13MX	XYZ	0.09	0.11	m/s/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
艾伦方差	HI13RX	XYZ	0.055	0.065		
	HI13SX	XYZ	0.019	0.03		
零偏全温变化	HI13MX/HI13RX	XYZ	2	5	mg	3
-40 °C ~ 85 °C	HI13SX	XY	2	5		
		Z	6	15		

注 1: 在指定范围内与最佳拟合直线的最大偏差

注 2: 不同的模式具有不同的带宽, 默认 6-DoF 模式为 90 Hz

注 3: 超核实验室温箱转台测得, 温升斜率小于 3 °C/min

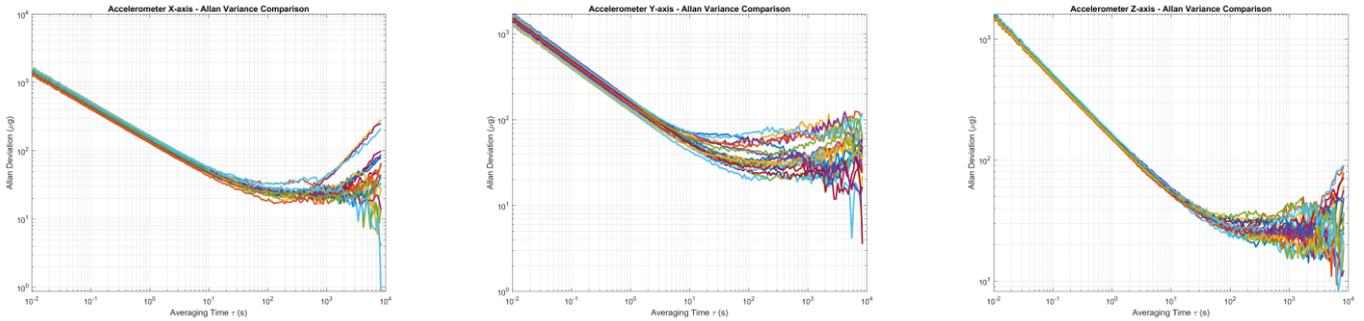


图 6 HI13MX 加速度计艾伦方差

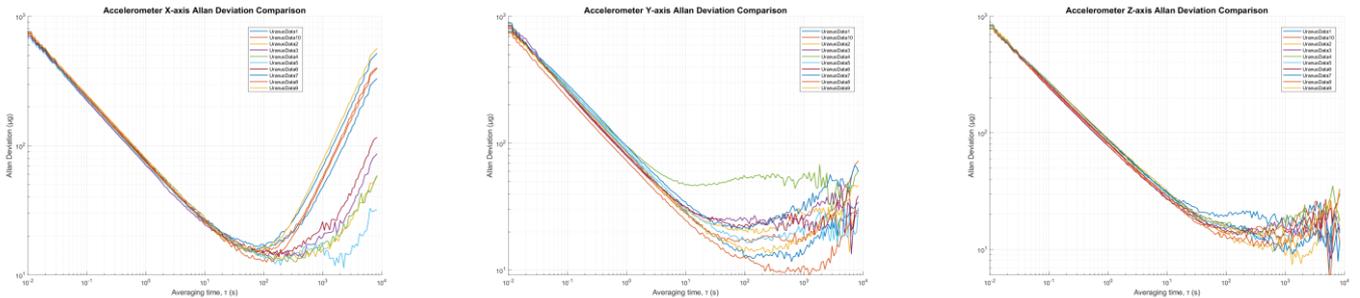


图 7 HI13RX 加速度计艾伦方差

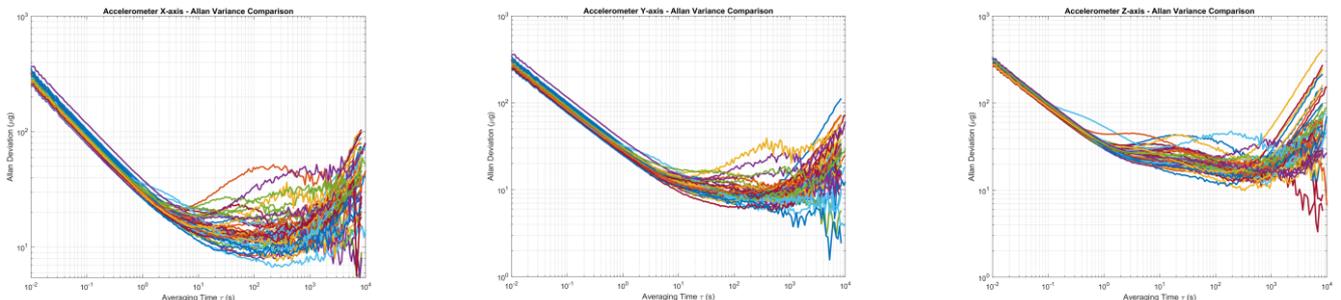


图 8 HI13SX 加速度计艾伦方差

9.3 磁力计

表 7 磁力计参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程			±2000		μT	
噪声		0.19	0.45		μT	
非线性度		±10	±20		μT	

9.4 气压计

表 8 气压计参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程		300	-	1200	hPa	
分辨率			0.006		hPa	
精度			±0.06		hPa	

9.5 温度传感器

表 9 温度传感器参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程		-40	-	85	°C	
偏置误差			±5		°C	

9.6 融合精度

除特别说明外，以下融合精度数据均在完成出厂标定后、典型安装条件下测得。姿态角精度与安装平整度、机械应力、振动环境、线性加速度、磁场环境及用户标定状态有关，实际应用结果可能存在差异。

表 10 姿态角精度

参数	产品	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
俯仰/横滚（静态）				0.1	0.15	°	1
俯仰/横滚（动态）				0.2	0.3	°	
航向角（AHRS）				2	3	°	2
航向角静态漂移（6-DoF）		静止 2 h		0.15	0.2	°	
航向角动态漂移（6-DoF）	HI13MX			±10	±18	°	3
	HI13RX/SX			±5	±10	°	
航向角旋转误差（6-DoF）	HI13MX/RX	100 °/s 旋转		<0.2	0.3	°	4
	HI13SX				0.4		

注 1：数据参考校准平面，数据来源于 20 pcs 测试样品。

注 2：地磁校准之后，周边无磁场干扰情况下测得，需要将产品配置为 AHRS 模式

注 3：模组在室内清洁机器人上运动 1 h 测得，结果为 1σ。6-DoF 模式下的航向角为无磁参考条件下的估计值，其长期稳定性受初始对准、运动工况、环境条件、以及时间影响

注 4：模组在转台上旋转 10 圈平均每圈误差

10 系统与电气参数

10.1 电气参数

表 11 电气参数

参数	产品	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作电压范围 VDD		4.5	5	5.5	V	
功耗	HI13MX			215	mW	
	HI13RX/HI13SX			300		
V _{OL}			-	0.4	V	
V _{OH}		2.6			V	
V _{IL}		-0.3		1	V	
V _{IH}		1.9		3.6	V	

10.2 接口参数

表 12 接口参数

接口	参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
USB	波特率	9600	115200	921600	bps	
	输出帧率	0	100	1000	Hz	

● 波特率与输出帧率都可以调，实际可用输出帧率取决于输出数据内容、报文长度及通信配置，详情参考指令与编程手册。

10.3 系统参数

表 13 系统参数

参数	数值	备注
尺寸	26 × 24 × 12 mm	
重量	<11 g	
系统启动时间	2 s	1
工作温度	-40 °C ~ 85 °C	
屏蔽罩材质	铝合金	
抗振动	1.0 mm (10 Hz ~ 58 Hz), ≤20 g (58 Hz ~ 600 Hz)	
环保	符合 RoHS 相关要求	
合规材料	相关认证及符合性文件请参考最新官方资料	
跌落测试	在高 75 cm 的实验台上，自由跌落 3 次	
温度冲击	温度在 1 h 内从 -40 °C 升至 85 °C，共 5 次	
湿敏等级	MSL2	

注 1：系统从上电到有效数据输出的时间

10.4 绝对最大值

表 14 绝对最大值

参数	限值	描述
机械冲击	10,000 g	持续时间 < 0.2 ms
存储温度	-40 °C ~ 125 °C	
ESD (HBM)	15 kV	JEDEC/ESDA JS-001
输入电压	5.5 V	

注 1：超过绝对最大额定值可能导致器件永久损坏；器件不保证在该条件下正常工作。

11 机械尺寸

所有尺寸单位：mm

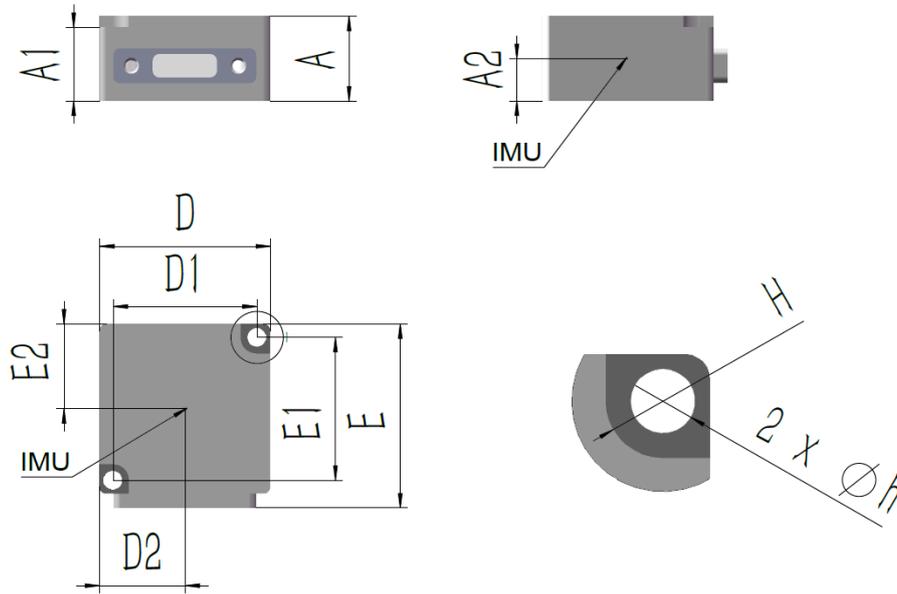


图 9 HI13 机械尺寸与 IMU 位置

表 15 HI13 产品尺寸数据表

符号	最小值 (mm)	典型值 (mm)	最大值 (mm)
A	11.8	12	12.2
A1	10.2	10.4	10.6
A2	5.8	6	6.2
D	23.8	24	24.2
D1	6	6.1	6.2
D2	11.8	12	12.2
E	25.8	26	26.2
E1	20	20.2	20.4
E2	11.8	12	12.2
H	$\Phi 2.55$	$\Phi 2.6$	$\Phi 2.65$

12 安装

- 安装面应尽量平整、刚性固定
- 避免安装在高热源附近
- 避免线束拉扯对模组产生持续应力
- AHRS 型号应远离电机、扬声器、磁钢、大电流线束
- 建议完成安装后重新进行磁校准
- 对振动工况建议做实际整机标定验证

13 坐标系定义

13.1 东北天（默认）

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：

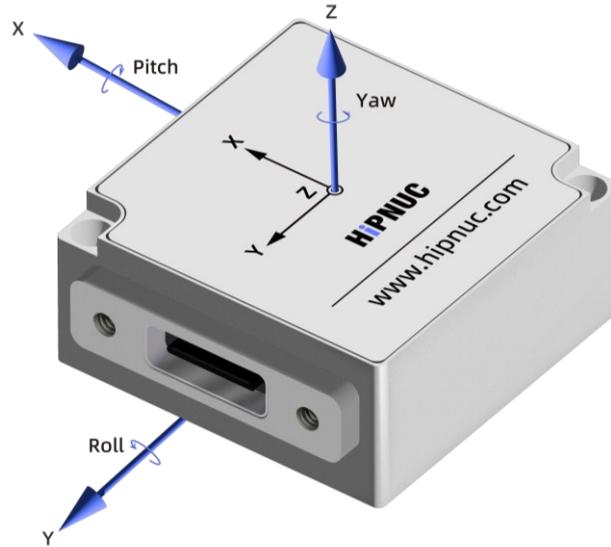


图 10 HI13 坐标系

角速度正方向遵循右手定则，四元数输出顺序以指令与编程手册定义为准。欧拉角采用 Z-X-Y（312）旋转顺序输出；涉及内旋/外旋及坐标变换约定时，请以指令与编程手册中的定义为准。具体定义如下：

- 绕 Z 轴旋转：航向角（Yaw, ψ ），范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$
- 绕 X 轴旋转：俯仰角（Pitch, θ ），范围： $-90^\circ \sim 90^\circ$
- 绕 Y 轴旋转：横滚角（Roll, ϕ ），范围： $-180^\circ \sim 180^\circ$

当模组坐标系与参考坐标系重合时，欧拉角的理想输出为 Pitch = 0° 、Roll = 0° 、Yaw = 0° 。

如需旋转坐标系，请参考指令与编程手册。

13.2 北西天与北东地

载体也可以配置为北西天/北东地坐标系，需要用户自行配置，详情参考指令与编程手册

14 配套线束



图 11 HI13 配套线束

注 1: USB 转 Type-C 线束长 1.2 m

15 通信协议

产品支持串行二进制通信协议，具体报文格式、输出配置及指令定义请参考指令与编程手册。

16 免责声明

本文档所列参数为产品在指定测试条件下的典型值、最大值或测试值，不构成最终交付承诺。Hipnuc 保留在不另行通知的情况下对产品、文档及相关信息进行修改的权利。