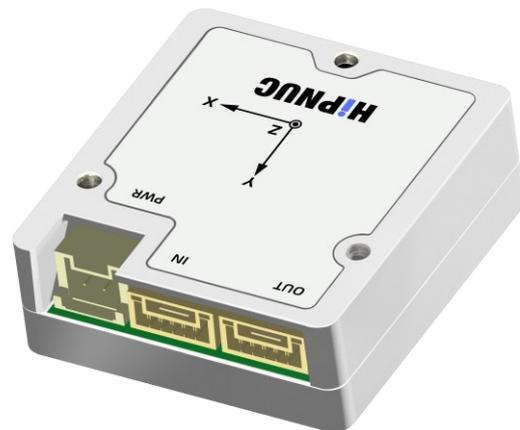


1 特性

1.1 硬件

- 高性能、低噪声 MEMS IMU
- 6 ~ 36 V 宽压输入
- 出厂完成 -40 °C ~ 85 °C 全温补偿与标定，包含零偏、比例因子和交叉轴校准
- EtherCAT 接口，高实时性
- 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 39.15 × 36 × 13 mm，易于集成
- 符合 RoHS 相关要求，并可提供 EMC、CE 等合规文件。
- 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
- 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 FoE 固件升级
- 多功能 GUI，方便操作

2 应用

HI15 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：

- 人形机器人
- 工业设备角度监测

3 描述

3.1 系统框图

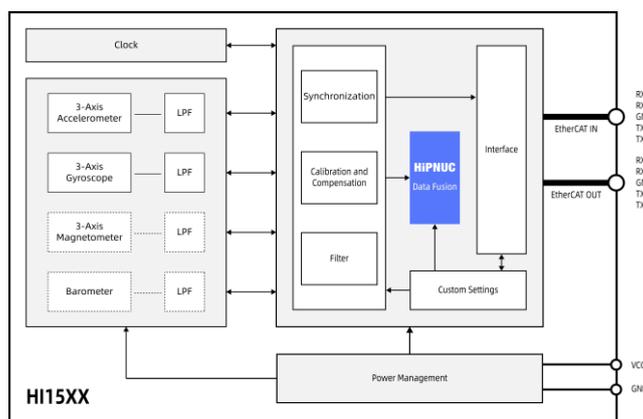


图 1: HI15 系列系统框图

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

HI15 系列是一款基于 MEMS IMU 的 IMU/VRU 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）以及解算姿态数据（欧拉角、四元数等）。

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。数据通过 EtherCAT 接口传输。

目录

1 特性.....	1
1.1 硬件.....	1
1.2 软件.....	1
2 应用.....	1
3 描述.....	1
3.1 系统框图.....	1
3.2 通用描述.....	1
4 产品选型.....	4
5 产品订购.....	5
5.1 订购编码.....	5
5.2 联系方式.....	5
6 文档信息.....	6
6.1 硬件版本变更.....	6
6.2 历史版本.....	6
6.3 相关文档.....	6
7 HI15 系统架构.....	7
7.1 IMU.....	7
7.2 VRU.....	7
8 接口与引脚定义.....	8
8.1 接口定义.....	8
8.2 配线.....	8
9 传感器性能参数.....	9
9.1 陀螺仪.....	9
9.2 加速度计.....	10
9.3 温度传感器.....	11
9.4 融合精度.....	11
10 系统与电气参数.....	12
10.1 电气参数.....	12
10.2 系统参数.....	12
10.3 绝对最大值.....	12
11 机械尺寸.....	13
12 坐标系定义.....	14
12.1 东北天（默认）.....	14
12.2 北西天与北东地.....	14
13 安装.....	15
14 通信协议.....	16
14.1 对象结构关系简述.....	16

14.2 0x6000 数据对象结构	16
14.3 FoE 固件升级	16
15 免责声明	17

4 产品选型

表 1: 选型信息

HI15a-b-c						
标识	系列	a-传感器		b-数据接口		c-其他信息
HI	15	R2	IMU/VRU	ECAT	EtherCAT	000 Z 轴朝上 (默认) 010 Z 轴朝下

注 1: 当前标准型号参考产品订购章节, 其他型号支持定制。

5 产品订购

5.1 订购编码

表 2: 订购编码

型号	名称	描述
HI15R2-ECAT-000	IMU/VRU 模组	IMU/VRU 模组 Z 轴朝上
HI15R2-ECAT-010	IMU/VRU 模组	IMU/VRU 模组 Z 轴朝下

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 硬件版本变更

表 3: 硬件版本变更

版本	变更内容
A1	初始版本
A2	外壳尺寸变更, 增加显示灯
A5	优化眼图, 提升 EMC, 信号连接器型号升级为 10155242-05111LF

6.2 历史版本

表 4: 历史版本

版本	日期	作者	变更内容
1.0	2025 年 2 月 17 日	Hipnuc	初始版本
1.1	2025 年 4 月 9 日	Hipnuc	更新产品图片及产品尺寸
1.2	2025 年 6 月 6 日	Hipnuc	更新产品尺寸参数及传感器相关参数
1.3	2025 年 9 月 22 日	Hipnuc	删除 HI15M0 型号
1.4	2025 年 11 月 16 日	Hipnuc	信号连接器型号升级为 10155242-05111LF, 增加坐标系描述
1.5	2026 年 1 月 6 日	Hipnuc	尺寸变更, 细化参数
1.6	2026 年 3 月 14 日	Hipnuc	增加 FoE 固件升级说明

6.3 相关文档

1. 指令与编程手册
2. EtherCAT ESI 文件
3. STEP 模型
4. RoHS、EMC、CE 等合规文件
5. GUI 软件

7 HI15 系统架构

HI15 系列是一系列支持 IMU 和 VRU 配置的传感器模组。产品可提供加速度、角速度、欧拉角及四元数等数据输出。

根据不同型号配置，HI15 模组集成 3 轴加速度计、3 轴陀螺仪以及高性能处理器。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、人形机器人等模式，详情请参考指令与编程手册。

7.1 IMU

HI15 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，HI15 在出厂前已完成系统级标定与补偿校正，有助于提升输出的一致性、精度与稳定性。这些标定与补偿包括交叉轴、比例因子、零偏和温度补偿。

7.2 VRU

HI15 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。

8 接口与引脚定义

8.1 接口定义

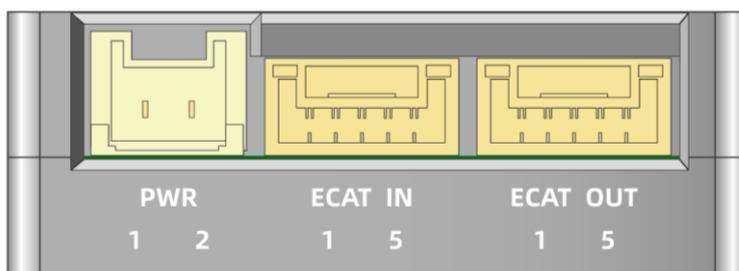


图 2: HI15 引脚序号

表 5: PWR 引脚定义

序号	名称	类型	描述	备注
1	VCC	Power	电源输入 6 ~ 36 V	
2	GND	Power	GND	

表 6: ECAT IN 和 ECAT OUT 引脚定义

序号	名称	类型	描述	备注
1	TX +	Differential	发送差分正	
2	TX -	Differential	发送差分负	
3	GND	Power	地	
4	RX +	Differential	接收差分正	
5	RX -	Differential	接收差分负	

表 7: 连接器

序号	HI15 连接器型号	配套连接器型号	描述	数量
1	SM02B-PASS-1	PARP-02V SPHD-001T-P0.5	电源连接器	1
2	10155242-051111LF	10155244-051111LF 10155245-21LF	信号连接器	2

8.2 配线

HI15 标配信号线和电源线。

表 8: 线束表

序号	名称	描述	数量
1	10155244-051111LF-0.5V-RJ45	EtherCAT 信号线 50 cm	2
2	10155244-051111LF-0.2V-Open	EtherCAT 信号线 20 cm	2
3	PARP-02V-0.2V-Open	HI15 电源线 20 cm	1

注 1: 标准附件默认包含 2 条 10155244-051111LF-0.5V-RJ45 线缆; 如需按每台 HI15 单独配套, 请联系我司销售人员。

9 传感器性能参数

9.1 陀螺仪

表 9：陀螺仪性能参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程			±250			
			±500			
			±1000		°/s	默认: ±2000
			±2000			
分辨率			16		bit	
比例因子误差	100 °/s 旋转		<600	850	ppm	典型值: RMS
非线性			±0.05		%FS	1
噪声密度	带宽 47 Hz		0.008		°/s/√Hz	
3 dB 带宽			80	200	Hz	2
初始零偏			0.1	±0.45	°/s	3
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性	X		1.5	2.5		典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		1.9	3.2	°/h	
	Z		1.7	3.2		
零偏稳定性	X		5.5	7		典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		7.5	9	°/h	
	Z		5.5	7		
零偏重复性	X		11.5	21		°/h
	Y		15	30		
	Z		9.5	15		
角度随机游走 (ARW)	X		0.3	0.6		典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		0.4	0.7	°/√h	
	Z		0.2	0.4		
零偏全温变化	-40 °C ~ 85 °C		0.09	0.2	°/s	4
加速度计敏感性	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

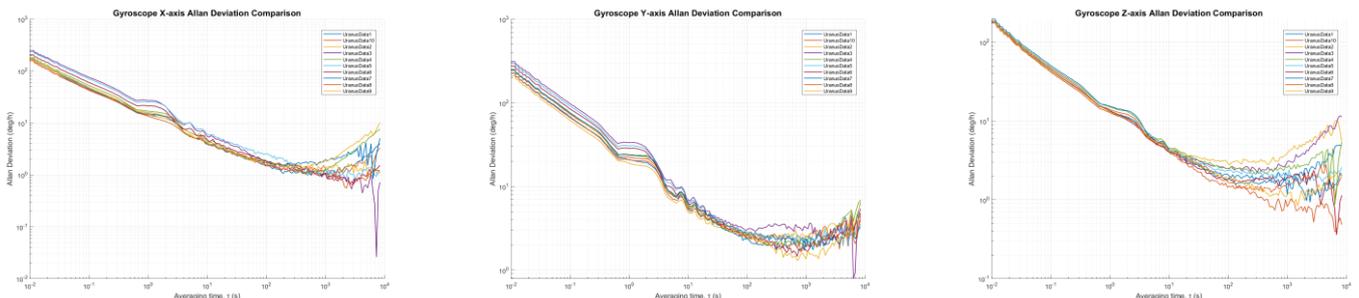


图 3：HI15R2 陀螺仪艾伦方差

9.2 加速度计

表 10: 加速度计参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程			±3		g	默认: ±12
			±6			
			±12			
			±24			
分辨率			16		bit	
初始零偏			1	2	mg	典型值: RMS
非线性			±0.01		%FS	1
噪声密度			0.09	0.12	mg/√Hz	
3 dB 带宽			90	200	Hz	2
采样率			1000		Hz	
零偏不稳定性 艾伦方差	X		0.015	0.02	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		0.02	0.045		
	Z		0.015	0.02		
零偏稳定性 10 s 平滑	X		0.06	0.1	mg	典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		0.055	0.15		
	Z		0.05	0.06		
零偏重复性	X		0.127	0.25	mg	
	Y		0.09	0.15		
	Z		0.07	0.15		
速度随机游走 (VRW) 艾伦方差	X		0.09	0.11	m/s/√h	典型值: 1σ 最大值: 3σ
	Y		0.055	0.065		
	Z		0.019	0.03		
零偏全温变化	-40 °C ~ 85 °C		2.5	5	mg	3

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

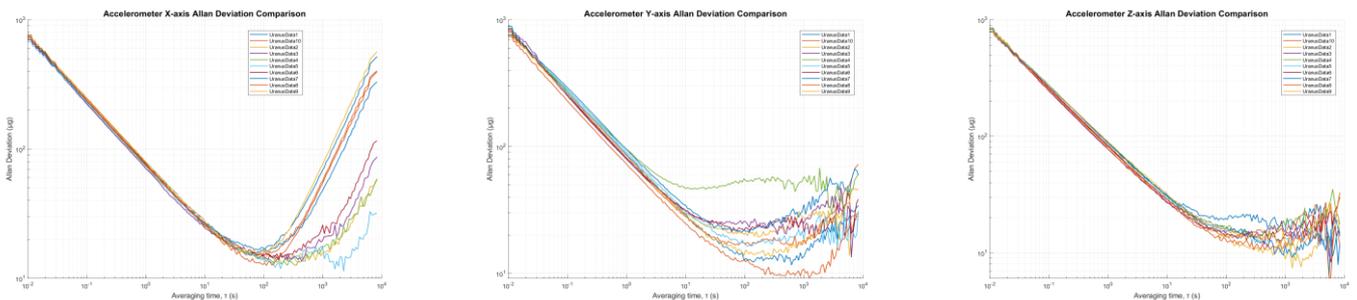


图 4: HI15R2 加速度计艾伦方差

9.3 温度传感器

表 11: 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	

9.4 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 12: 姿态角精度

参数	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	°	
航向角静态漂移 (6-DoF)	静止 2 h, 累计漂移		0.15	0.2	°	
航向角旋转误差 (6-DoF)	100 °/s 旋转		<0.2	0.3	°	2

注 1: 数据参考校准平面，数据来源于 20 pcs 测试样品。

注 2: 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 13: 电气参数

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作电压范围 VDD	6	-	36	V	
功耗	1.0	1.2	1.3	W	

10.2 系统参数

表 14: 系统参数

参数	描述	备注
尺寸	39.15 × 36 × 13 mm	
重量	<25 g	
工作温度	-40 °C ~ 85 °C	
启动时间	2 s	
外壳材质	铝合金	
抗振动	1.0 mm (10 Hz ~ 58 Hz), ≤20 g (58 Hz ~ 600 Hz)	
合规信息	符合 RoHS 相关要求, 并可提供 EMC、CE 等合规文件	
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: 系统启动时间是从上电到有效数据输出时间

10.3 绝对最大值

表 15: 绝对最大值

参数	限值	描述
机械冲击	2000 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	40 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

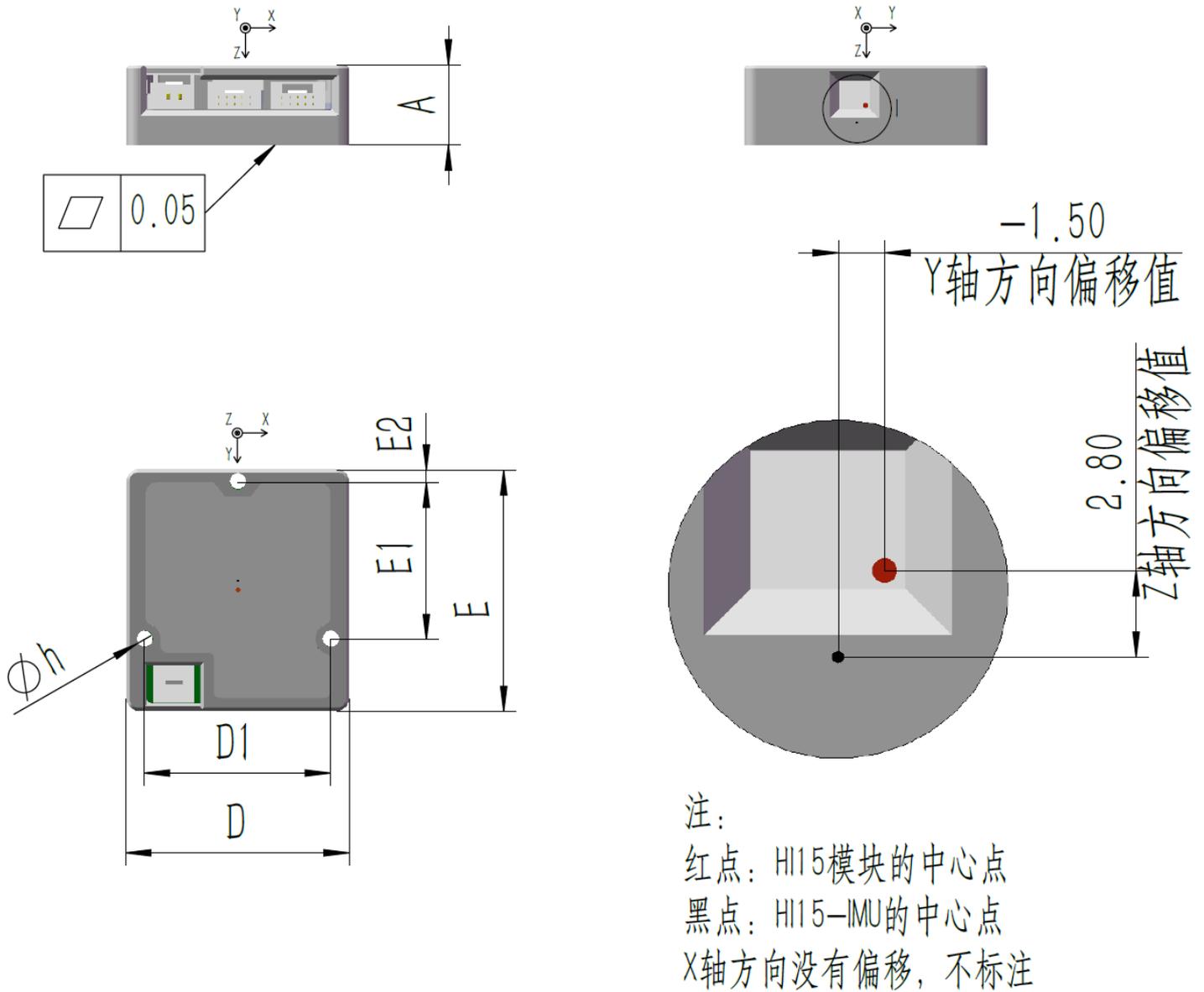


图 5: HI15 机械尺寸与 IMU 位置

表 16: HI15 产品尺寸数据表

符号	最小值 (mm)	典型值 (mm)	最大值 (mm)
A	12.8	13	13.2
D	35.9	36	36.1
D1	29.9	30	30.1
E	39.05	39.15	39.25
E1	25.4	25.5	25.6
E2	1.8	2	2.2
H	Φ2.55	Φ2.6	Φ2.65

12 坐标系定义

12.1 东北天 (ENU, 默认)

载体使用右-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：

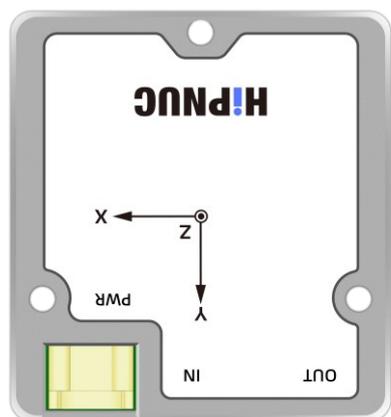


图 6：HI15R2-ECAT-000 坐标系

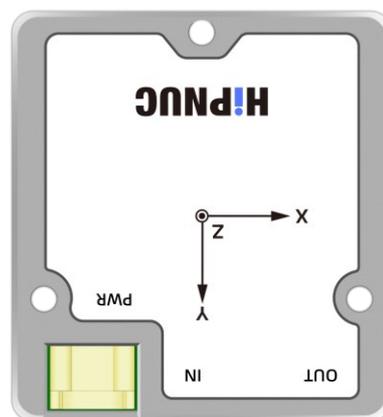


图 7：HI15R2-ECAT-010 坐标系

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

注 1： 本产品欧拉角默认采用 Z-X-Y (312) 旋转顺序，其与部分软件平台默认的 Roll-X / Pitch-Y / Yaw-Z 习惯可能不同，请严格按照本手册及指令与编程手册定义解析。

12.2 北西天 (NWU) 与北东地 (NED)

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

13 安装

HI15 安装方式与建议如下：

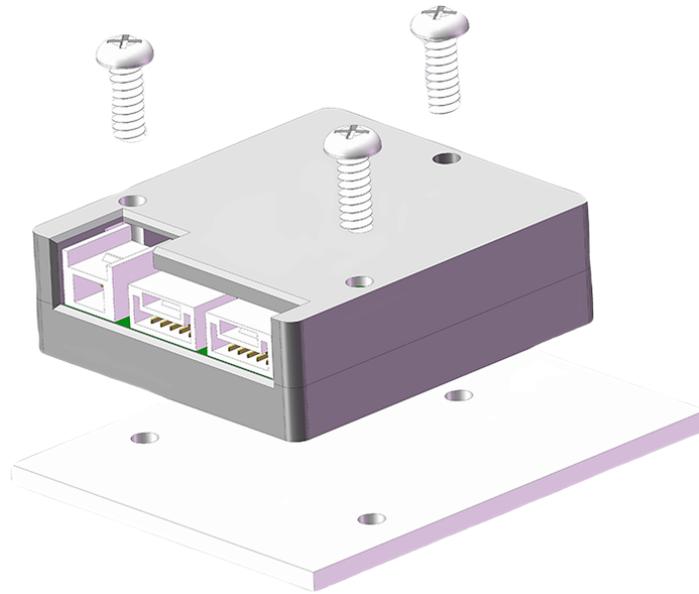


图 8：安装示意图

1. 将 HI15 的底部刚性固定在被测载体上
2. 安装面应尽量平整、刚性固定
3. 避免安装在高热源附近
4. 避免线束拉扯对模组产生持续应力
5. 对振动工况建议做实际整机验证测试

14 通信协议

EtherCAT 的 TxPDO 通道输出 IMU 数据

14.1 对象结构关系简述

0x6000: IMU 数据对象, 定义实际传输的数据内容, 包括加速度、角速度、四元数和状态信息

0x1A00: TxPDO 映射对象, 映射自 0x6000 的子项

0x1C13: SyncManager3 分配表, 指向 0x1A00

主站通过 SyncManager3 读取 0x1A00 中配置的映射项, 从而接收 0x6000 中的 IMU 实时数据

14.2 0x6000 数据对象结构

表 17: 0x6000 数据对象结构

子索引	名称	数据类型	说明
0x01	acc_x	REAL32(float)	X 轴加速度, 单位: m/s^2
0x02	acc_y	REAL32(float)	Y 轴加速度, 单位: m/s^2
0x03	acc_z	REAL32(float)	Z 轴加速度, 单位: m/s^2
0x04	gyr_x	REAL32(float)	X 轴角速度, 单位: rad/s
0x05	gyr_y	REAL32(float)	Y 轴角速度, 单位: rad/s
0x06	gyr_z	REAL32(float)	Z 轴角速度, 单位: rad/s
0x07	qw	REAL32(float)	四元数 W
0x08	qx	REAL32(float)	四元数 X
0x09	qy	REAL32(float)	四元数 Y
0x0A	qz	REAL32(float)	四元数 Z
0x0B	temperature	REAL32(float)	模块平均温度, 单位: $^{\circ}C$
0x0C	system_time	UINT32	本地时间戳, 即从系统开机开始累加, 每毫秒增加 1

14.3 FoE 固件升级

1. 将设备切换至 BOOT 模式
2. 输入密码 0x48493135
3. 导入固件升级文件 (.bin), 升级文件由我司技术支持按版本匹配提供。

注 1 升级后, 第一次上电时需要等待约 15 秒, 以便 IMU 校验固件完整性。此等待时间仅适用于第一次上电, 之后的上电不再需要等待。

注 2 若在等待过程中断电, 下次重新上电时, 仍需等待 15 秒进行固件完整性校验。

15 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。