



工业级倾角传感器用户手册

VRU 620PRC-CAN (2.0B)

User 's manual

Date: 2025.5

注意：

惯性微系统（大连）有限公司有权更改或修改本文所包含信息，恕不另行通知。客户可自行获得最新修订的文档。

惯性微系统（大连）有限公司

地址：大连市高新技术产业园区高新街2号3F

目录

1. 产品概述	1
2. 产品应用	1
2.1 无人驾驶工程机械动臂/货箱角度测量	1
2.2 道路、桥梁、轨道、建筑、工业设备倾角测量	1
2.3 波浪补偿与平台稳定	2
3. 机电性能	3
3.1 物理性能	3
3.2 电气连接	3
3.3 环境可靠性	3
3.4 电磁兼容性	3
4. 感测性能	4
4.1 系统性能参数	4
4.2 稳定性性能参数	4
4.3 线性性能参数	4
5. 数据通信协议	5
5.1 协议基础	5
5.1.1 通信方式	5
5.1.2 数据类型	5
5.1.3 报文类型	5
5.2 报文标识符	6
5.3 报文数据体	6
5.3.1 发送报文的数据体	6
5.3.2 接收报文的数据体	8
6. 产品组件	10
7. 机械尺寸	10
8. 电缆与航空连接器引脚定义	11
9. 通信接口	11
10. 安装使用指南	11

1. 产品概述

VRU620PRC-CAN 工业级倾角传感器设备，是一种集成 VRU620 倾角传感器微系统芯片的产品，它具有较宽的输入电压（5-60V），数据输出接口为 CAN2.0B 总线接口，符合 J1939 通信协议。它是一种智能融合传感器，用于描述物体倾斜姿态，可输出三个轴向的加速度、角速度及其俯仰角、横滚角等 8 种数据。它是针对工业领域倾角测量应用而设计的高性能低成本惯性传感器；是基于 MEMS 技术的垂直参考单元（VRU），通过特定的传感器数据算法，解算出三维姿态数据；采用高分子材料一体一次全固态成型技术封装成型，具有优异的抗振动、抗冲击、耐温湿、耐腐蚀和防水防尘性能。

2. 产品应用

工业级倾角传感器 VRU620PRC-CAN 设备能够实时描述物体的倾斜姿态，可以应用于道路、桥梁、轨道、建筑、工业设备倾角测量，无人驾驶工程机械动臂/货箱角度测量、波浪补偿与平台稳定等方面。

2.1 无人驾驶工程机械动臂/货箱角度测量

由于矿区环境恶劣，司机从业意愿低，招工难、管理难，人工费高，而且矿车型大、盲区多，操作复杂，因而司机作业易疲劳，常发生安全生产事故。近年来无人驾驶的工程机械逐渐成为主流。倾角传感器能够描述这类工程机械动臂/货箱的空间角度，为无人驾驶工程机械提供稳定的姿态信息。



图 1 无人工程机械

2.2 道路、桥梁、轨道、建筑、工业设备倾角测量

倾角测量的主要应用场景包括桥梁架设、铁路铺设、土木工程、建筑工程、石油钻井、航空航天、工业自动化、智能平台和机械加工等领域。倾角传感器在这些领域中用于测量系统的水平角度变化，确保设备的稳定性和安全性。

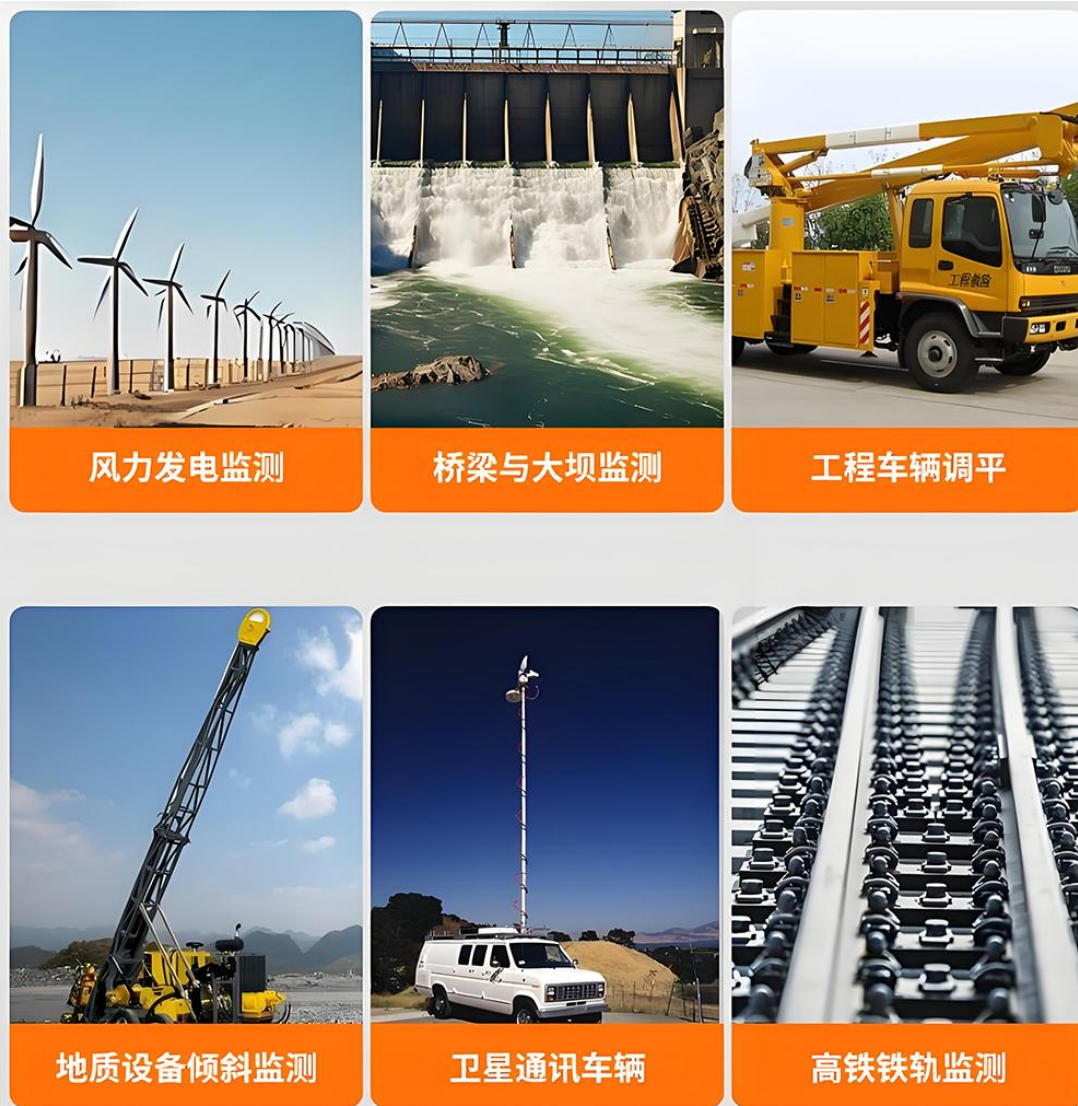


图 2 倾角测量

2.3 波浪补偿与平台稳定

波浪补偿旨在减少海上作业中波浪对起重设备的影响，确保作业的稳定性和安全性。它主要通过倾角传感器探测波浪运动，并通过补偿装置抵消这些运动，从而保持负载的稳定。主动式波浪补偿（AHC）通过动力执行器主动抵消倾角传感器检测到的运动，具有高精度和实时响应的特点，这种技术广泛应用于船舶和海上平台上的起重设备。

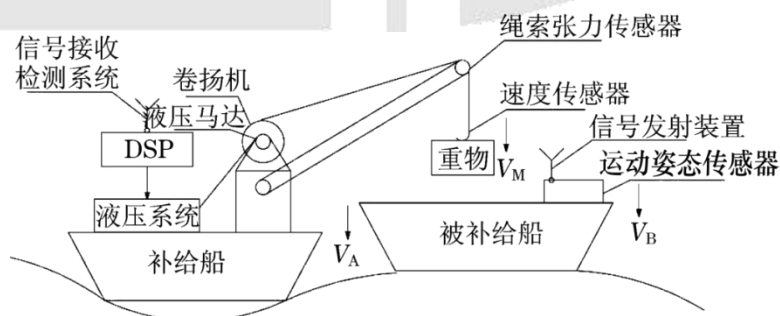


图 4 波浪补偿

3. 机电性能

3.1 物理性能

表 1 物理特性

产品	描述
尺寸	56×44×22.1mm ³
重量	90g
防护等级	IP68
封装材料	高分子材料
封装工艺	全固态一体一次成型
输出信号	数字型

3.2 电气连接

表 2 电气连接

产品	描述
工作电压	5~60VDC
工作电流	24 mA (12V)
额定功率	288mW
连接器	M12-8pin 航空连接器
电缆	8pin 双绞屏蔽防水航空电缆
功能接口	CAN

3.3 环境可靠性

表 3 环境可靠性

产品	严酷等级
振动强度	X 和 Y 轴, 10-1000Hz, 100m/s ² ; Z 轴, 10-1000Hz, 500m/s ²
冲击强度	峰值加速度 19600m/s ² , 标称脉冲持续时间 0.2ms, 速度变化量: 半正弦波 3.4m/s, 后峰锯齿波 2.7m/s, 梯形波 4.9m/s
温度环境	工作温度: -40-105℃ 存储温度: -40-125℃
湿度环境	-10℃-65℃, 相对湿度 45%-96%
快速温变	-40℃-85℃, 温度变化速率 (15±3) K/min

3.4 电磁兼容性

表 4 电磁兼容性

静电放电抗扰度 (ESD)	电磁辐射抗扰度 (RS)	沿电源线瞬态传导 (CS)
---------------	--------------	---------------

等级 4 级，性能判据 B	场强 50V/M，1 米法，性能判据 A	等级 III 级，性能判据 B
---------------	----------------------	-----------------

4. 感测性能

4.1 系统性能参数

表 5 系统性能参数

指标		参数
系统启动时间		0.3s
输出数据		俯仰角、横滚角、三轴加速度、三轴角速度
动态范围		Pitch: $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$; Roll: $-180^{\circ} \sim +180^{\circ}$
加速度量程		$\pm 2g/4g/8g/16g$ (默认 $\pm 2g$)
角速度量程		$\pm 250/500/1000/2000dps$ (默认 $\pm 1000dps$)
静态精度 (俯仰/横滚)		0.02deg
动态精度 (俯仰/横滚)		0.5deg
角度分辨率		0.0001deg
最大更新率		100Hz
陀螺仪	总噪声	$0.05^{\circ}/s$ @RMS
	角度随机游走(10Hz)	$0.005^{\circ}/s/\sqrt{Hz}$
	零偏不稳定性 (10s)	8°/h (Allan 方差)
	非线性	0.2%
	最大更新速率	1000Hz
加速度计	灵敏度随温度变化率	$\pm 0.02\%/^{\circ}C$
	加速度随机游走 (10Hz)	$400 \mu g/\sqrt{Hz}$
	零偏不稳定性	100 μg (Allan 方差)
	非线性	0.5%
	最大更新速率	1000Hz

4.2 稳定性性能参数

表 6 稳定性性能参数

指标	俯仰角	横滚角	加速度	角速度
时间漂移	$0.001^{\circ}/h$	$0.001^{\circ}/h$	0.001g/h	0.04dps/h
温度漂移	$0.001^{\circ}/^{\circ}C$	$0.001^{\circ}/^{\circ}C$	0.001g/ $^{\circ}C$	0.1dps/ $^{\circ}C$

4.3 线性性能参数

表 7 线性性能参数

指标	角速度	加速度
启动时间	100ms	100ms
维度	三轴	三轴
ADC 位数	16Bit	16Bit
最小量程	$\pm 250\text{dps}$	$\pm 2\text{g}$
满量程	$\pm 2000\text{dps}$	$\pm 16\text{g}$

表 8 各模块量程及对应分辨率

模块种类	量程	分辨率
三轴加速度	$\pm 2\text{g}$	1/16384 (g/LSB)
	$\pm 4\text{g}$	1/8192 (g/LSB)
	$\pm 8\text{g}$	1/4096 (g/LSB)
	$\pm 16\text{g}$	1/2048 (g/LSB)
三轴角速度	$\pm 250\text{dps}$	125/16384 (dps/LSB)
	$\pm 500\text{dps}$	125/8192 (dps/LSB)
	$\pm 1000\text{dps}$	125/4096 (dps/LSB)
	$\pm 2000\text{dps}$	125/2048 (dps/LSB)

5. 数据通信协议

5.1 协议基础

5.1.1 通信方式

工业级倾角传感器 VRU620PRC-CAN 支持 J1939 通信协议，用于传感器与主控机之间信息报文的传输和接收。

5.1.2 数据类型

通信协议使用的数据类型如表 9 所示：

表 9 数据类型

数据类型	描述及要求
Signed	有符号整型（24 位/16 位）
Unsigned	无符号整型（8 位）

5.1.3 报文类型

根据功能和类型，传感器支持的报文分为两大类共 5 种：

1. 传感器发送给主控机的报文

(1) 姿态角报文（Normal），包含传感器解算后得出的俯仰角、横滚角、解算速率；

(2) 三轴加速度报文（Normal），数据部分直接由加速度计给出，包含 X 轴加速度、Y 轴加速度、Z 轴加速度、超时校准提示和故障提示；

(3) 三轴角速度报文（Normal），数据部分直接由陀螺仪给出，包含 X 轴角速度、Y 轴角速度、Z 轴角速度、陀螺仪校准反馈和加速度计校准反馈。

2. 主控机发送给传感器的报文

(1) 传感器参数设置命令（Normal），主控机发送参数命令控制传感器的工作模式；

(2) 传感器校准设置命令（Normal），主控机发送校准命令控制传感器校准。

5.2 报文标识符

J1939 报文标识符中包含了主从机每条报文的优先级与接收目标等信息，报文标识符结构图如表 10 所示：

表 10 报文标识符结构

3 位	1 位	1 位	8 位	8 位	8 位
优先级（P）	保留位（R）	数据页位（DP）	PDU 格式（PF）	PDU 特定（PS）	源地址（SA）

报文所用标识符如表 11 所示

(1) 发送报文

表 11 发送报文所用标识符

报文名称	标识符
姿态角报文	0x18E1A101
三轴加速度报文	0x18E2A101
三轴角速度报文	0x18E3A101

(2) 接收报文

传感器接收报文所用标识符为：0x00000009

5.3 报文数据体

5.3.1 发送报文的数据体

发送报文的数据体封装了传感器的数据值，不同类型的报文其数据体格式也是各不相同，故有 4 种不同类型的数据体格式。此外，传感器发送的报文均使用 Intel 排列格式，数据高位占高字节，低位占低字节。

(1) 传感器解算后的姿态角报文的数据体格式如表 12 所示：

表 12 传感器解算后的姿态角报文的数据体格式

起始字节	起始位	精度	偏移量	字段	数据类型	描述及要求
0	0	0.0001	0	俯仰角	Signed	俯仰角是一个 24 位的三字节数，并且首字节的最高位代表正负（0 为正 1 为负），后面 23 位代表数据大小。假设输出俯仰角值为 0X089300，实际数值计算方法为： $0X089300 \Rightarrow (+1) * 0X089300 * (\text{对应分辨率}) \Rightarrow 56.1920^\circ$ ，解算后姿态角分辨率已在表 5 给出。
3	24	0.0001	0	横滚角	Signed	同上所述
6	48	1	0	姿态解算速率	Unsigned	姿态解算速率是指每秒进行的姿态解算频率，它是一个 16 位的双字节，并且只能是正数

(2) 三轴加速度报文如表 13 所示：

表 13 三轴加速度报文的数据体格式

起始字节	起始位	精度	偏移量	字段	数据类型	描述及要求
0	0	1/16384	0	加速度 X 轴值	Signed	加速度 X 轴是一个 16 位的双字节数，最高位为正负符号位（0 为正 1 为负），后面 15 位代表数据大小。假设 X 轴的输出值为 0X8523，实际数值计算方法为： $0X8523 \Rightarrow (-1) * 0X0523 * (\text{对应分辨率}) \Rightarrow -0.0319g$ ，原始 ADC 分辨率已在表 8 给出。
2	16	1/16384	0	加速度 Y 轴值	Signed	同上所述
4	32	1/16384	0	加速度 Z 轴值	Signed	同上所述

6	48	1	0	校准提示	Unsigned	8 位无符号数，长时间未校准时值为 0x01
7	56	1	0	故障提示	Unsigned	8 位无符号数，传感器故障时值为 0x01

(3) 三轴角速度报文如表 14 所示：

表 14 三轴角速度报文的数据体格式

起始字节	起始位	精度	偏移量	字段	数据类型	描述及要求
0	0	125/4096	0	角速度 X 轴值	Signed	角速度 X 轴值是一个 16 位的双字节数，最高位为正负符号位（0 为正 1 为负），后面 15 位代表数据大小。假设 X 轴的输出值为 0X8523，实际数值计算方法为：0X8523 => (-1)*0X0523*(对应分辨率) => -0.0319 °/s，原始 ADC 分辨率已在表 8 给出。
2	16	125/4096	0	角速度 Y 轴值	Signed	同上所述
4	32	125/4096	0	角速度 Z 轴值	Signed	同上所述
6	48	1	0	陀螺仪校准反馈	Unsigned	8 位无符号数，校准成功时值为 0x01
7	56	1	0	加速度计校准反馈	Unsigned	同上所述

5.3.2 接收报文的数据体

传感器接收报文的数据体以一定的结构固定排列，包括报文长度 1 字节、命令类型 1 字节与其他数据，总计数据长度为 8 字节。

(1) 传感器参数设置命令报文的数据体格式如表 15 所示：

表 15 传感器参数设置命令报文的数据体格式

起始字节	字段	数据类型	描述及要求
------	----	------	-------

0	数据长度	Unsigned	08	
1	命令类型	Unsigned	B2	
2	加速度量程设置	Unsigned	00: ±2g	
			01: ±4g	
			02: ±8g	
			03: ±16g	
3	角速度量程设置	Unsigned	00: ±250° /s	
			01: ±500° /s	
			02: ±1000° /s	
			03: ±2000° /s	
4	需要的传感器报 文类型	Unsigned	00: 传感器原始的 ADC 数据	
			01: 解算后的姿态角	
			02: 两种数据报文同时支持	
5	传感器上传帧率	Unsigned	00: 10（帧/秒）	
			01: 20（帧/秒）	
			02: 50（帧/秒）	
			03: 70（帧/秒）	
			04: 100（帧/秒）	
6	波特率设置	Unsigned	00:50k	01:83.3k
			02:100k	03:125k
			04:250k	05:500k
			06:800k	07:1000k

传感器参数设置命令，用户可以根据上表提供的报文格式使用用户的主控机下发给传感器。

(4) 传感器校准的数据体格式如表 16 所示：

表 16 传感器校准的数据体格式

起始字节	字段	数据类型	描述及要求	
0	数据长度	Unsigned	08	
1	命令类型	Unsigned	位 1:0	AB: 水平校准
				00: 陀螺校准

传感器校准命令，用户可以根据上表提供的报文格式使用用户的主控机下发给传感器。

6. 产品组件

- 传感器主体（1个）
- M12-8pin 航空连接器（1个，固定在传感器主体上）
- 双绞屏蔽防水航空电缆（8pin，1m）。
- 内六角安装螺栓、锁紧螺母、弹垫、垫片（4个）、扳手 1个



图 5 传感器主体与通信电缆

7. 机械尺寸

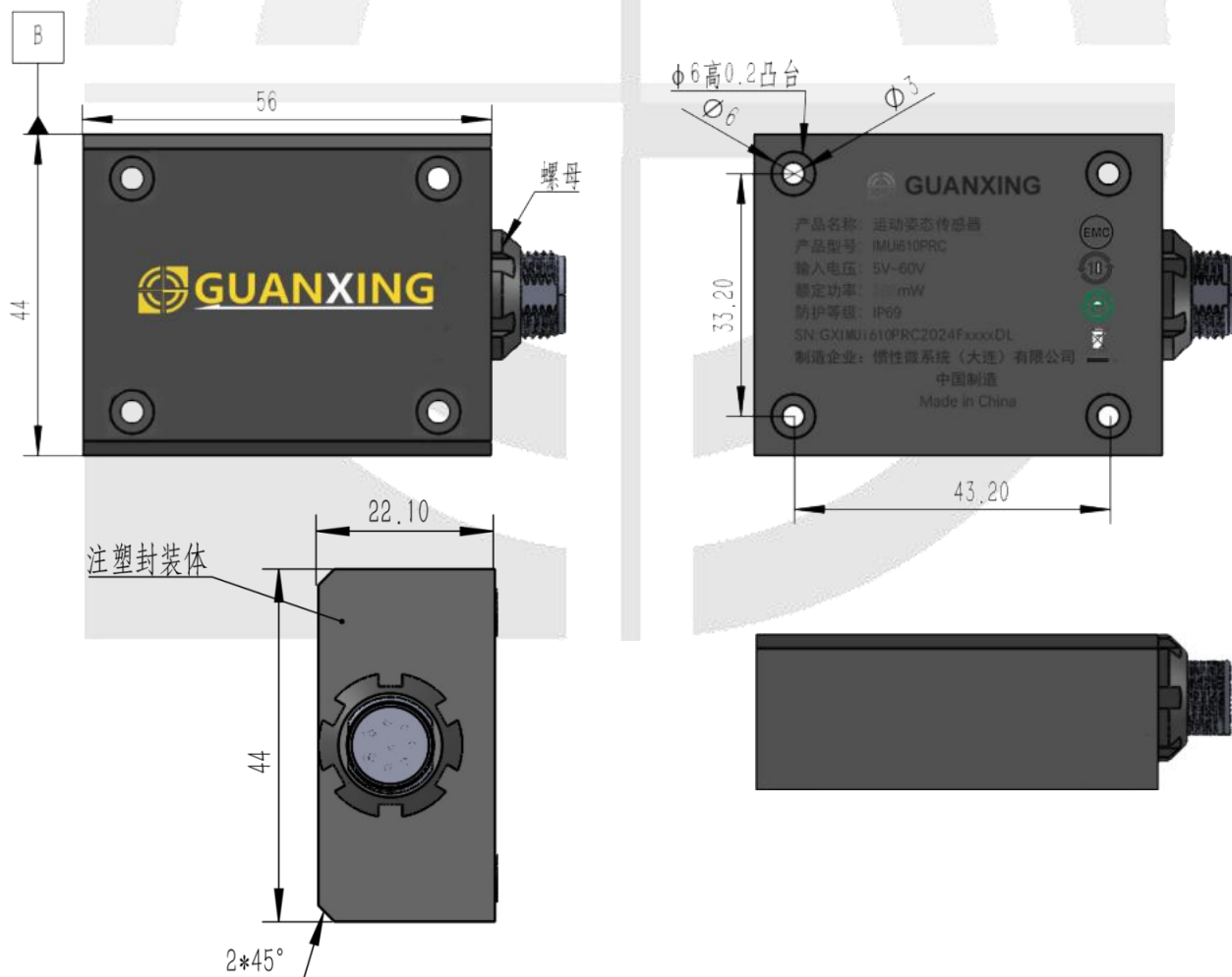


图 6 传感器主体各部位尺寸



图 7 安装螺栓各部件尺寸

8. 电缆与航空连接器引脚定义

表 16 电缆接线定义

电缆接线定义		
引脚号	颜色	定义
1	White	V+
2	Brown	GND
3	Green	NC
4	Yellow	NC
5	Gray	CAN 终端电阻
6	Pink	CAN 终端电阻
7	Blue	CAN-H
8	Red	CAN-L

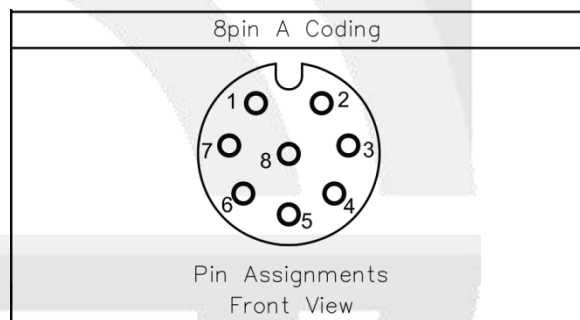


图 8 航空连接器引脚定义

- 备注：5、6 两脚短接：带 120 Ω 电阻；5、6 脚不接：无 120 Ω 电阻。

9. 通信接口

- (1) CAN 总线接口. 波特率默认为 250kbps;
- (2) 电缆长度与线束端接口可根据客户要求定制;

10. 安装使用指南

(1) 传感器应水平朝前安装(X 轴箭头方向)与被测载体的机头方向一致。强烈的震动会影响传感器解算精度，建议将传感器安装在减震架上。为了提高测量数据的准确性，传感器尽量安装在被测载体的重心位置。

(2) 传感器应水平安装，采用本公司提供的紧固件固定。为提高姿态测量精度，安装完成后可利用本公司仿真软件或客户终端 MCU 按校准规则编写校准指令进行水平和陀螺校准。

(3) 传感器出厂已完成姿态标定，客户无须再次校准，若长时间使用后出现航向姿态误差增大，可按前述规则进行校准。