



工业级倾角传感器用户手册

VRU 620PRC-CAN (2.0B)

Version1.01

Date: 2026.4

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,而且矿机车型大、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、航空航海、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。

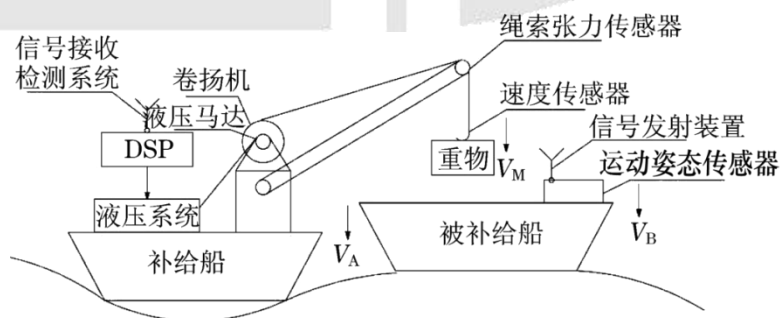


图 4 波浪补偿

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~+90° ; Roll: -180~+180° |
| 加速度量程 | | ±2g/4g/8g/16g (默认±2g) |
| 角速度量程 | | ±250/500/1000/2000dps (默认±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°/s @RMS |
| | 角度随机游走(10Hz) | 0.005°/s/√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 | ±0.02%/°C |
| | 加速度随机游走 (10Hz) | 400 μg/√Hz |
| | 零偏不稳定性 | 100μg (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° /h | 0.001° /h | 0.001g/h | 0.04dps/h |
| 温度漂移 | 0.001° /°C | 0.001° /°C | 0.001g/°C | 0.1dps/°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 | ±250dps | ±2g |
| 满量程 | ±2000dps | ±16g |

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 | ±2g | 1/16384 (g/LSB) |
| | ±4g | 1/8192 (g/LSB) |
| | ±8g | 1/4096 (g/LSB) |
| | ±16g | 1/2048 (g/LSB) |
| 三轴角速度 | ±250dps | 125/16384 (dps/LSB) |
| | ±500dps | 125/8192 (dps/LSB) |
| | ±1000dps | 125/4096 (dps/LSB) |
| | ±2000dps | 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： $0X089300 \Rightarrow (+1) * 0X089300 * (\text{对应分辨率}) \Rightarrow 56.1920^\circ$ ，姿态角分辨率见表 5。 |
| 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： $0X8523 \Rightarrow (-1) * 0X0523 * (\text{选定量程对应分辨率，默认量程} \pm 2g \text{ 为 } 1/16384) \Rightarrow -0.0803g$ ，原始 ADC 分辨率见表 8。 |
| 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*(选定量程对应分辨率，默认量程±1000dps 为 125/4096) => -40.1306 °/s，原始 ADC 分辨率见表 8。 |
| 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

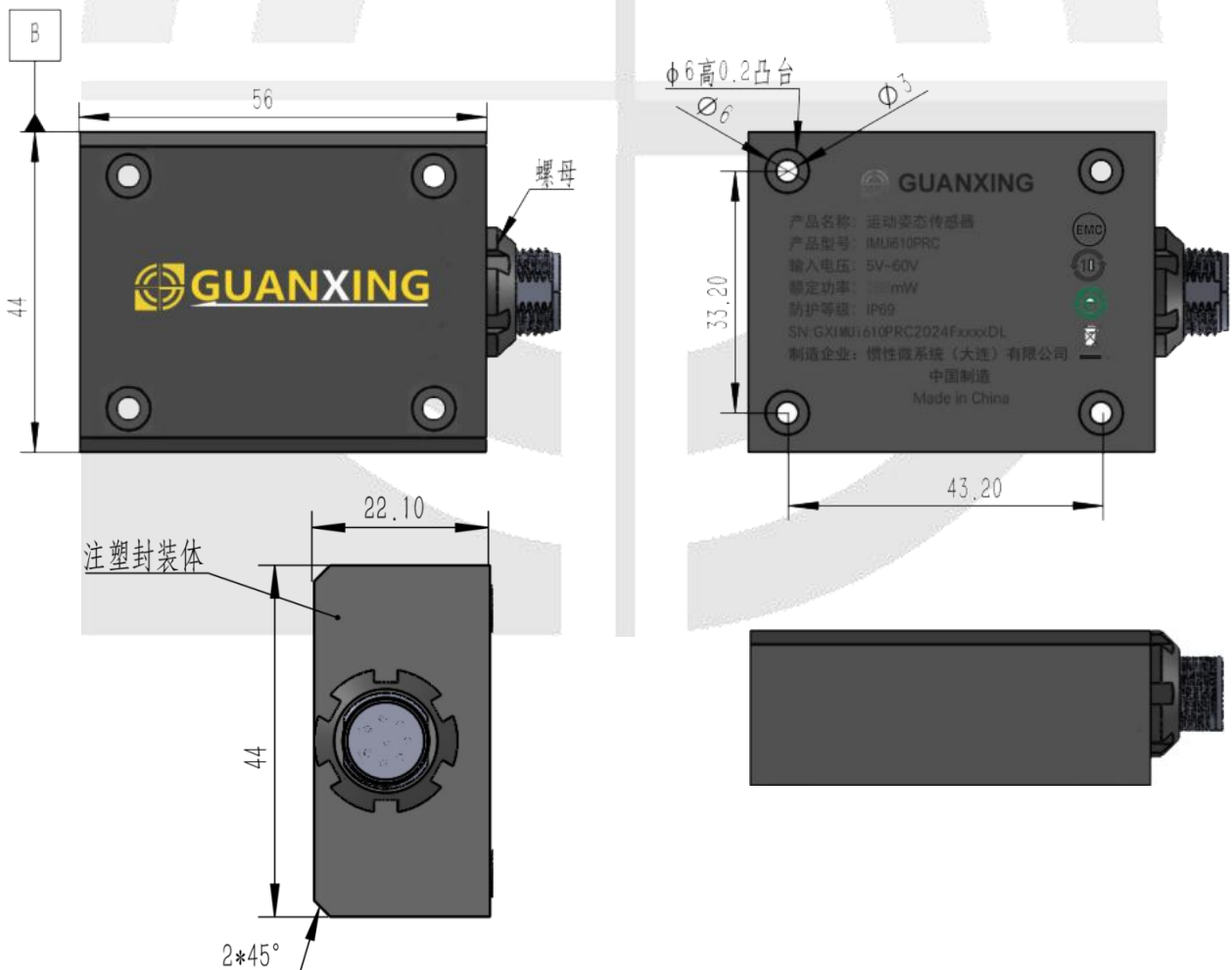


图 6 传感器主体各部位尺寸



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 |

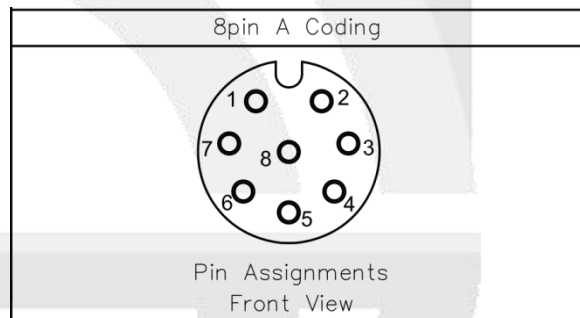


图 8 航空连接器引脚定义

- 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。