



工业级运动姿态传感器用户手册

ASI 600PRC-MODBUS

Version 1.12

Date: 2026.07

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

版本更新历史

版本号	更新内容	更新时间
Version1.01	用户手册发布	2026. 5. 1
Version1.11	产品坐标系	2026. 6. 16
Version1.12	传感器报文频率与波特率设置参考	2026. 7. 3

目录

1. 产品概述	1
2. 产品应用	1
2.1 无人机飞行控制	1
2.2 人形机器人运动控制	1
2.3 医疗/运动康复器械姿态控制	2
2.4 便携式无人潜航器/无人驾驶环卫车姿态控制	3
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	4
3.4 电磁兼容性	4
4. 感测性能	4
4.1 系统性能参数	4
4.2 稳定性性能参数	5
4.3 线性性能参数	5
4.4 产品坐标系	6
5. 数据通信协议	6
5.1 协议基础	6
5.1.1 通信方式	6
5.1.2 报文类型	6
5.1.3 寄存器地址表	6
5.2 报文结构	8
5.2.1 从机地址	8
5.2.2 功能字节	9
5.2.3 起始地址	9
5.2.4 数据体	9
5.2.5 报文校验字节	9
5.3 报文示例	10
6. 产品组件	10
7. 机械尺寸	11
8. 电缆接线定义	12
9. 通信接口	12
10. 安装使用指南	12

1. 产品概述

ASI600PRC 工业级运动姿态传感器设备，是一种集成 GX-IMU325 超高精度惯性测量单元微系统芯片的产品，输入电压 5V，数据输出包括 RS485、RS422 串行总线接口。它是一种智能融合传感器，用于描述物体空间运动姿态，包括三个轴向的加速度、角速度及其俯仰角、横滚角、倾斜角等 9 种数据。它是针对无人机飞行控制、人形机器人运动控制、医疗/运动康复设备姿态控制而开发的超高精度、超小体积惯性传感器；通过专利技术的全生命周期算法，解算出三维运动姿态数据；采用铝镁合金+聚醚醚酮复合成型技术封装成型，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

工业级运动姿态传感器 ASI600PRC 设备能够实时描述物体的运动姿态，可以应用于无人机飞行控制系统、人形机器人运动控制系统、便捷式无人潜航器姿态测量、医疗/运动康复设备姿态控制等方面。

2.1 无人机飞行控制

随着低空经济技术的不断发展，无人机开始向自主飞行的方向发展，自主飞行无人机可以大幅提升工作效率和安全性，例如物流运输、农业喷洒、测绘、消防、航拍等领域。运动姿态传感器是无人机飞行控制器的“小脑”，负责感知机体姿态，是实现稳定、安全、智能飞行不可或缺的核心组件。



图 1 无人机

2.2 人形机器人运动控制

在军事场景中，人形机器人因其卓越的战场感知、信息处理和通信能力，能够执行高风险任务，如排爆、侦查和攻击，显著减轻士兵负担并提高作战效率。在工业领域，人形机器人可以代替人类进行复杂和重复的劳动，如质检、搬运和分拣，减少工人疲劳并加速智慧工厂的建设。此外，它们还可以作为家庭助手，执行家务任务如做饭、打扫和照顾老人和病人。运动姿态传感器在人形机器人扮演着“感知系统”的核心角色，负责感知身体姿态，是实现稳定、安全、智能行动不可或缺的核心组件。

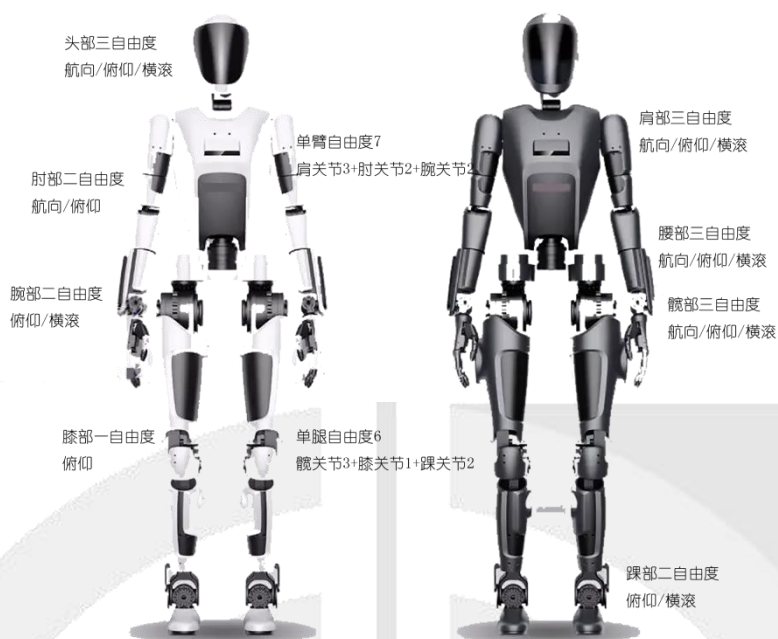


图2 人形机器人运动自由度

2.3 医疗/运动康复器械姿态控制

基于 MEMS 的运动姿态传感器技术正越来越多地应用于医疗/运动康复领域：可穿戴康复医疗器械应用，如：脑出血/脑梗/小儿麻痹后遗症患者的肢体康复训练，防摔倒检测，用于检测人们的跌倒行为，传感器的输出信号可用于激活报警或通过无线通信发出警报；用来构筑使用大数据的健康增强系统和运动训练辅助系统，通过运动姿态传感器来收集跑步距离、步数和姿态等信息。并在该传感器上组合使用蓝牙和 ZigBee 等无线模块（以实现 100m 的长距离无线连接），把收集的信息发送到 PC、智能手机和平板电脑上，然后再通过这些设备把数据发送到云端等。



图 3 医疗/运动康复器械姿态控制

2.4 便携式无人潜航器/无人驾驶环卫车姿态控制

无人潜航器是没有人驾驶、靠遥控或自动控制在水下航行的器具，主要指那些代替潜水员或载人小型潜艇进行水文勘测、深海探测、救生、排除水雷等高危险性水下作业的智能化系统。无人驾驶环卫车是城市半封闭区域或建筑物内按既定路线运行的自动清洁机器人系统，用于代替人工进行卫生清洁。运动姿态传感器在这类无人系统中负责感知机体姿态，是实现稳定、安全、智能运行不可或缺的核心组件。

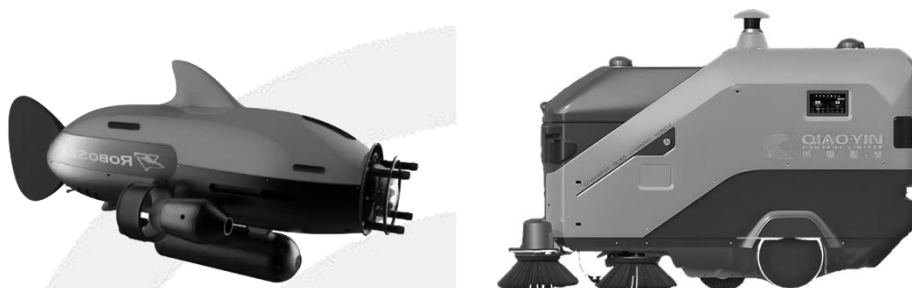


图4 便捷式无人潜航器/无人驾驶环卫车

3. 机电性能

3.1 物理性能

表 1 物理特性

产品	描述
尺寸	22.4×22.4×12.5mm ³
重量	20g
防护等级	IP68
封装材料	铝镁合金+聚醚醚酮
封装工艺	复合封装
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	5V
工作电流	40 mA
额定功率	200mW
连接器	导线引出
电缆	8pin 铁氟龙高温绝缘电缆
功能接口	RS422、RS485

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 0.3ms，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：-40-110℃ 存储温度：-50-150℃
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	电磁辐射抗扰度	沿电源线瞬态传导
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		0.1s
输出数据		俯仰角、横滚角、倾斜角、加速度、角速度
动态范围		Pitch: -90~+90° ; Roll: -180~+180° ; Tilt:-90~+90°
加速度量程		±1.5/3/6/8g（默认±8g）
角速度量程		±62.5/125/300dps（默认±300dps）
静态精度（俯仰/横滚）		0.01deg
静态精度（倾斜）		0.05deg
动态精度（俯仰/横滚）		0.1deg
动态精度（倾斜）		0.5deg
角度分辨率		0.0001deg
最大更新率		1000Hz
陀螺仪	噪声密度	0.0004°/s/√Hz
	角度随机游走	0.015°/h
	零偏不稳定性	0.4°/h（Allan 方差）

加速度计	非线性	$\pm 0.02^{\circ}/s$
	角速度精度	$0.003^{\circ}/s@RMS$
	噪声密度	$0.8(mm/s^2)/\sqrt{Hz}$
	速度随机游走	$30(mm/s)/\sqrt{h}$
	零偏不稳定性	$0.15mm/s^2$ (Allan 方差)
	非线性	$\pm 0.004m/s^2$
	加速度精度	$0.004m/s^2@RMS$

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	倾斜角	加速度	角速度
时间漂移	$0.0001^{\circ}/h$	$0.0001^{\circ}/h$	$0.0009^{\circ}/h$	$\pm 0.001 m/s^2/min$	$\pm 0.01^{\circ}/s/min$
温度漂移	$0.0001^{\circ}/^{\circ}C$	$0.0001^{\circ}/^{\circ}C$	$0.0007^{\circ}/^{\circ}C$	$\pm 0.02m/s^2$	$\pm 0.05^{\circ}/s$

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	20Bit	20Bit
最小量程	$\pm 62.5dps$	$\pm 1.5g$
满量程	$\pm 300dps$	$\pm 8g$

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	$\pm 1.5g$	$1/250908 (g/LSB)$
	$\pm 3g$	$1/125454 (g/LSB)$
	$\pm 6g$	$1/62727 (g/LSB)$
	$\pm 8g$	$1/31364 (g/LSB)$
三轴角速度	$\pm 62.5dps$	$1/6400 (dps/LSB)$
	$\pm 125dps$	$1/3200 (dps/LSB)$
	$\pm 300dps$	$1/1600 (dps/LSB)$

4.4 产品坐标系

本产品原始数据与解算后姿态角数据均统一使用右手系，具体轴向如图所示。当产品只受重力加速度且 Z 轴与重力方向相同时，Z 轴加速度原始值显示为 1G，反之为-1G。

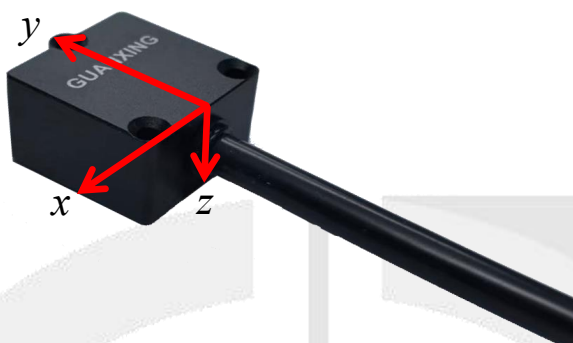


图 5 产品坐标系

5. 数据通信协议

5.1 协议基础

5.1.1 通信方式

工业级运动姿态传感器 ASI600PRC 支持 RS422、RS485 串行总线 MODBUS-RTU 通信方式，用于传感器与终端之间信息报文的传输和接收。

5.1.2 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 4 种：

1. 传感器发送给终端的报文

- (1) 03 功能码反馈报文，反馈请求的只读寄存器数据。
- (2) 06 功能码反馈报文，反馈报文格式与发送报文相同。

2. 终端发送给传感器的报文

- (1) 读取寄存器报文，读取只读寄存器中数据。
- (2) 写入寄存器报文，更改写入寄存器参数。

5.1.3 寄存器地址表

根据数据交互模式区分，寄存器分为以下两个：

1. 只读寄存器

表 10 只读寄存器地址表

起始字节	字段	数据长度(位)	描述及要求
0	保留位	8	00: 保留位
1	俯仰角	24	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。
4	横滚角	24	同上所述
7	保留位	24	000000: 保留位
10	倾斜角	24	同上所述
13	加速度 X 轴值	20	加速度 X 轴值是一个 20 位的数, 最高位为正负符号位 (0 为正 1 为负), 后面 19 位代表数据大小。假设 X 轴的输出值为 0X0798E, 实际数值计算方法为: $0X0798E \Rightarrow (+1) * 0X0798E * (\text{选定量程对应分辨率, 默认量程} \pm 8g \text{ 为 } 1/31364) \Rightarrow 0.992g$, 原始 ADC 数据分辨率见表 8。
15.5	加速度 Y 轴值	20	同上所述
18	加速度 Z 轴值	20	同上所述
20.5	角速度 X 轴值	20	同上所述
23	角速度 Y 轴值	20	同上所述
25.5	角速度 Z 轴值	20	同上所述
28	传感器地址	8	传感器地址是一个 8 位的单字节数, 可按照需求自行设置。
29	保留位		00: 保留位

2. 写入寄存器

表 11 写入寄存器地址表

起始字节	字段	数据长度(位)	描述及要求
0	保留位		00: 保留位

1	陀螺仪校准位	8	00: 不校准	
			01: 开始校准	
2	加速度计校准位	8	00: 不校准	
			01: 开始校准	
3	加速度量程设置	8	00: $\pm 1.5g$	
			01: $\pm 3g$	
			02: $\pm 6g$	
			03: $\pm 8g$ （默认）	
4	角速度量程设置	8	00: $\pm 62.5^{\circ} /s$	
			01: $\pm 125^{\circ} /s$	
			02: $\pm 300^{\circ} /s$ （默认）	
5	波特率设置	8	00:2400	01:4800
			02:9600	03:14400
			04:19200	05:38400
			06:56000	07:115200（默认）
			08:128000	09:230400
			0A:256000	0B:460800
			0C:500000	0D:512000
			0E:600000	0F:750000
			10:912600	11:1000000
6	传感器地址	8	传感器地址是一个 8 位的单字节数，可按照需求自行设置。	

3. 传感器报文频率与波特率设置参考见附表。

5.2 报文结构

每条报文由从机地址、功能字节、起始地址、数据体和校验字节组成，报文结构图如表 12 所示：

表 12 报文结构

从机地址	功能字节	起始地址	数据体	校验字节
------	------	------	-----	------

5.2.1 从机地址

报文从机地址，用于区分不同从机，共一个字节，默认值为 0x7A。

5.2.2 功能字节

报文功能字节，用于表示该报文所指定的报文类型，其具体的分类如表 13 所示：

表 13 功能字节

字节值	代表的报文类型
0X03	读取传感器只读寄存器数据
0X06	向传感器写入寄存器写入数据

5.2.3 起始地址

报文数据起始地址，用于指定开始读取的第一字节数据位置，共两个字节。

5.2.4 数据体

数据体封装了传感器的数据值与需传入传感器的参数，不同类型的报文其数据体格式也是各不相同，故有 2 种不同类型的数据体格式。

1. 03 功能码对应的的数据体格式如表 14 所示：

表 14 03 功能码对应的的数据体格式

起始字节	字段	数据长度（位）	描述及要求
0	数据长度	16	03 功能码对应数据位为数据长度，具体数据与地址的对应可参考表 10 只读寄存器地址表。

2. 06 功能码对应的的数据体格式如表 15 所示：

表 15 06 功能码对应的的数据体格式

起始字节	字段	数据长度（位）	描述及要求
0	设定的参数值	16	06 功能码对应数据位为传感器参数值，具体参数与地址的对应可参考表 11 写入寄存器地址表。

5.2.5 报文校验字节

校验字节计算方法遵循 Modbus CRC16 算法，多项式为 0xA001。以下为详细计算步骤：

1. 初始化 CRC 寄存器

计算开始前，首先将一个 16 位的 CRC 寄存器初始化为 0xFFFF。这是 Modbus CRC16 算法的标准初始值。

2. 按字节处理数据

将待校验的整个数据帧的每个字节，依次与 CRC 寄存器进行如下操作：将当前数据字节与 CRC 寄存器的低 8 位进行异或（XOR）运算，结果存回 CRC 寄存器。

3. 位处理与多项式异或：对上述异或后的结果，进行 8 次位处理：

（1）将 CRC 寄存器内容右移一位，最高位用 0 填补。然后检查移出的最低位。

（2）如果移出的位为 1，则将当前的 CRC 寄存器值与多项式 0xA001 进行异或操作。如果移出的位为 0，则不做任何操作，继续下一次右移。

（3）这个循环过程持续 8 次，完成对一个字节的位处理。

4. 重复步骤（2）和（3），直到数据帧中的所有字节都处理完毕。

5. 全部字节处理完成后，将得到的 16 位 CRC 寄存器的高 8 位和低 8 位进行交换。

报文校验字节示例：

向传感器发送报文：7A 03 00 12 00 02 6E 45

其中 7A 为从机地址，03 为功能码，00 01 为起始寄存器地址，00 02 为数据长度，后两位 6E 45 遵循 Modbus CRC16 算法校验位，校验生成参考区间为第一字节 7A 至第六字节 02。

返回报文为：7A 03 04 07 A6 48 00 E6 63

其中 7A 为从机地址，03 为功能码，04 为数据体长度，07 A6 48 00 为 04 个字长度的数据体，后两位 E6 63 为 Modbus CRC16 算法校验位。

5.3 报文示例

03 功能码报文示例：7A 03 00 12 00 02 6E 45

03 功能码返回报文示例：7A 03 04 07 A6 48 00 E6 63

06 功能码报文示例：7A 06 00 06 00 0B 22 47

06 功能码返回报文示例：7A 06 00 06 00 0B 22 47

6. 产品组件

- 传感器主体（1 个）
- 铁氟龙耐高温屏蔽电缆（8pin，0.5m，固定在传感器主体上）。
- 安装螺栓、螺母、弹垫、垫片（3 个）。



图 6 传感器主体与通信电缆

7. 机械尺寸

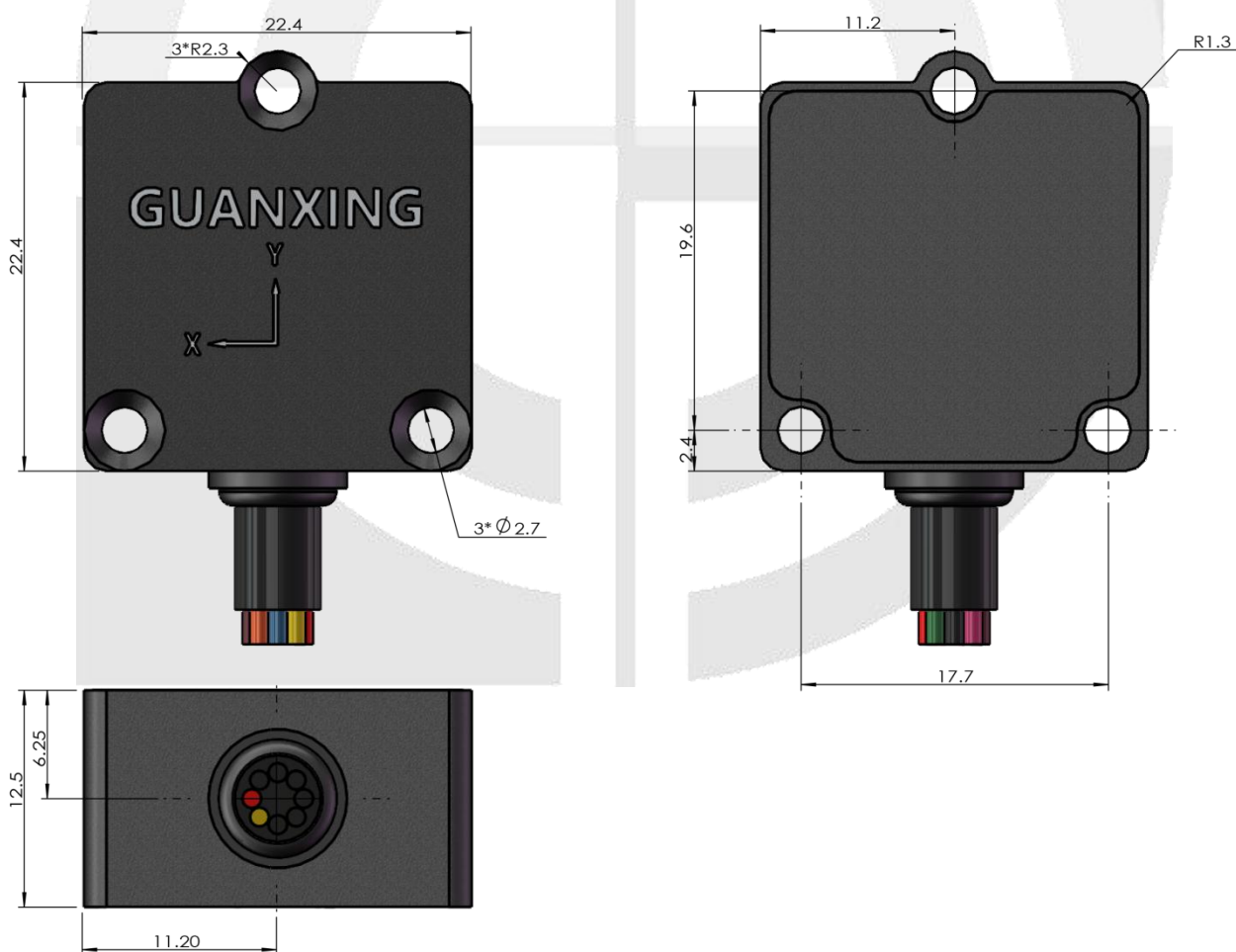


图 7 传感器主体各部位尺寸

8. 电缆接线定义

表 16 电缆接线定义

电缆接线定义			
颜色		RS422	RS485
白色	White	V+	V+
棕色	Brown	GND	GND
绿色	Green	SWDIO	SWDIO
黄色	Yellow	SWCLK	SWCLK
黑色	Black	T+	NC
紫色	Purple	T-	NC
蓝色	Blue	R+	A
红色	Red	R-	B

9. 通信接口

- (1) RS422/RS485 总线接口：波特率默认为 115200bps；
- (2) 电缆长度：标准样品长度固定，批量采购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) 传感器默认水平安装，垂直安装时需调整坐标系，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校准，客户无须再次校准，若长时间使用后出现姿态误差增大，可按前述规则进行校准。

附表：传感器报文频率与波特率设置参考

波特率 报文频率	2000000	1500000	1000000	921600
10Hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz
20Hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz
50Hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz
100Hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz
200Hz	200.0hz	200.0hz	200.0hz	200.0hz
500Hz	499.8hz	499.8hz	499.8hz	499.7hz
1000Hz	999.1hz 不稳定	不稳定	不可设置	不可设置

波特率 报文频率	750000	600000	512000	500000
10Hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz
20Hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz
50Hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz
100Hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz
200Hz	200.0hz	200.0hz	200.0hz	199.9hz
500Hz	不稳定	不稳定	不稳定	不稳定
1000Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
波特率 报文频率	460800	256000	230400	128000
10Hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz
20Hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz	20.0hz
50Hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz
100Hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz	100.0hz
200Hz	200.0hz	200.0hz	199.8hz	不稳定
500Hz	不稳定	不稳定	不稳定	不可设置
1000Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
波特率 报文频率	115200（默认）	56000	38400	19200
10Hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz
20Hz	20.0hz	20.1hz	20.0hz	20.0hz
50Hz	50.0hz	50.0hz	50.0hz	不稳定
100Hz	100.0hz	不稳定	不稳定	不可设置
200Hz	不稳定	不可设置	不可设置	不可设置
500Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
1000Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
波特率 报文频率	14400	9600	4800	2400
10Hz	10.0hz	10.0hz	10.0hz	不可设置
20Hz	20.0hz	不稳定	不稳定	不可设置
50Hz	不稳定	不可设置	不可设置	不可设置
100Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
200Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
500Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置
1000Hz	不可设置	不可设置	不可设置	不可设置