



即插型姿态航向传感器用户手册

ASI 945PRC

User 's manual

Date: 2025.1

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
3. 机电性能	3
3.1 物理特性	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	5
5. 数据通信协议	6
5.1 协议基础	6
5.1.1 通信方式	6
5.1.3 报文类型	6
5.2 报文结构	6
5.2.1 起始字节	7
5.2.2 字节数	7
5.2.3 功能字节	7
5.2.4 数据体	7
5.2.5 报文校验字节	10
5.2.6 报文结束字节	11
6. 产品组件	11
7. 机械尺寸	12
8. 电缆与航空插头引脚定义	13
9. 通信接口	13
10. 安装使用指南	13

1. 产品概述

ASI945PRC 即插型姿态航向传感器设备，是一种集成 ASI945 姿态航向传感器微系统芯片的产品，它具有较宽的输入电压（5-60V），数据输出接口丰富，含有 RS232 接口和 CAN 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、磁场强度及其航向角、俯仰角、横滚角、倾斜角等 13 种数据。它是针对汽车及工业控制行业的惯性导航、姿态控制和安全应用而设计的高性能低成本惯性传感器；是基于 MEMS 技术的姿态航向参考系统（AHRS），通过特定的传感器数据算法，解算出三维运动姿态数据；采用高分子材料一体一次成型技术封装成型，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

即插型姿态航向传感器 ASI945PRC 设备能够实时描述物体的运动姿态，可以应用于汽车自动驾驶与导航系统，大型无人机飞行控制，无人船舶导航与姿态控制，公路、轨道、石油钻井勘测等方面。

2.1 汽车自动驾驶与导航系统

姿态航向传感器能够描述汽车的空间运动姿态和惯性导航，为自动驾驶提供稳定的位置、速度和姿态信息，与 RTK 技术（实时动态定位技术）结合，可以将定位精度从米级提升到厘米级，显著提升了自动驾驶汽车的导航精准性；不依赖外部环境，能够在隧道、高楼林立的城市区域等卫星信号微弱或缺失的地方继续工作，保持行驶的连贯性；能够在卫星信号受阻的极端情况下，提供预警和缓慢失效的机制，保障车辆安全。



图 1 自动驾驶汽车与组合导航系统

2.2 大型无人机飞行控制

姿态航向传感器可实时监测无人航空器的飞行姿态和方向。随着低空经济技术的不断发展，大型无人机开始向自主飞行的方向发展。自主飞行的无人机配备了各种传感器和计算机

控制系统，可以自主地进行起飞、飞行、降落等操作，并且可以及时地感知周围环境和障碍物，做出应对措施。在一些需要长时间飞行或重复性工作的场景下，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、消防等领域。



图 2 大型无人机

2.3 无人船舶导航与姿态控制

无人船是一种可以无需遥控，借助精确卫星定位和自身传感即可按照预设任务在水面航行的全自动水面机器人，英文缩写为 USV。无人船广泛用于水文水质监测、河流海洋测绘、水面搜救、水体清洁等方面。姿态航向传感器可实时监测无人船舶的航行姿态和方向，作为其重要的传感器之一。



图 3 无人船舶

2.4 工业自动化控制

工业自动化控制包括自动导引车（AGV）、无人环卫车、雷达天线、道路、石油勘测等。AGV 是现代工厂和自动化仓库必不可少的自动搬运设备，需要室内定位与导航；无人环卫车需要在城市街道楼宇和室内地库封闭空间自主导航定位和各种运动姿态和角度的监测；道路勘测需要自动勘测道路的坡度、走向等。而这些功能正是姿态航向传感器所具备的。



图 4 工业自动化控制

3. 机电性能

3.1 物理特性

表 1 物理特性

产品	描述
尺寸	56×44×22.1mm ³
重量	90g（不含电缆）
防护等级	IP69
封装材料	高分子材料
制作工艺	一体一次成型
输出信号	数字型

表 2 电气连接

产品	描述
工作电压	5~60V
工作电流	24 mA（12V）
额定功率	288mW
功能接口	RS232、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，500m/s ² ；Z 轴，10-1000Hz，500m/s ²
冲击强度	峰值加速度 98000m/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：-40-105℃ 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	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		0.3s
输出数据		航向角、俯仰角、横滚角、倾斜角 加速度、角速度、磁场强度
动态范围		Yaw: 0~360° ; Pitch: -90~+90° ; Roll: -180~+180° Tilt: -90~+90°
加速度量程		±2g/4g/8g/16g
角速度量程		±250/500/1000/2000dps
磁场强度量程		±0.88/1.3/1.9/2.5/4.0/4.7/5.6/8.1gauss
静态精度（俯仰/横滚/倾斜）		0.05deg
静态精度（航向）		0.2deg
动态精度（俯仰/横滚/倾斜）		1.0deg
动态精度（航向）		2.0deg
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	航向角	俯仰角	横滚角	倾斜角
时间漂移	0.07° /h	0.001° /h	0.009° /h	0.009° /h
温度漂移	0.07° /°C	0.003° /°C	0.011° /°C	0.007° /°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	磁场强度
启动时间	100ms	100ms	50ms
维度	三轴	三轴	三轴
ADC 位数	16Bit	16Bit	12Bit
最小量程	±250dps	±2g	±1gauss
满量程	±2000dps	±16g	±8gauss
分辨率 _(最小量程时)	131LSB/(° /s)	16384LSB/g	0.73milli-gauss
分辨率 _(满量程时)	16.4 LSB/(° /s)	2048 LSB/g	4.35 milli-gauss

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	16384 LSB/g
	±4g	8192LSB/g
	±8g	4096LSB/g
	±16g	2048LSB/g
三轴角速度	±250dps	131 LSB/ (dps)
	±500dps	65.5 LSB/ (dps)
	±1000dps	32.8 LSB/ (dps)
	±2000dps	16.4 LSB/ (dps)
三轴磁场强度	±0.88gauss	0.73mgauss /LSB
	±1.3 gauss	0.92mgauss /LSB
	±1.9 gauss	1.22mgauss /LSB
	±2.5 gauss	1.52mgauss /LSB
	±4.0 gauss	2.27mgauss /LSB

	±4.7 gauss	2.56mgauss /LSB
	±5.6 gauss	3.03mgauss /LSB
	±8.1 gauss	4.35mgauss /LSB

5. 数据通信协议

5.1 协议基础

5.1.1 通信方式

即插型姿态航向传感器 ASI945PRC 支持 2 种通信方式，分别为 RS232 和 CAN 通信，用于传感器与终端之间信息报文的传输和接收。

5.1.2 数据类型

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
(n)BYTE	无符号单字节整型（字节，8 位,n 代表 n 个字节）
WORD	无符号双字节整型（字节，16 位）

5.1.3 报文类型

根据功能和类型，即插型姿态航向传感器 ASI945PRC 支持的报文分为两大类共五种：

1、传感器发送给终端的报文

（1）传感器的原始 ADC 数据，该 ADC 数据是指直接从传感器中读取出来的数值，ADC 转化的结果；

（2）传感器解算后的姿态角、倾斜角，将传感器的数值进行解算，得到目标载体的当前姿态，航向角、俯仰角与横滚角这三个姿态角数据及倾斜角数据；

（3） 磁场强度校准的三轴 ADC 数据。

2、终端发送给传感器的报文

（1）传感器参数设置命令，终端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，终端发送校准命令控制传感器校准。

5.2 报文结构

每条报文由起始字节、字节数、功能字节、数据体、校验字节和结束字节组成，报文结构图如表 10 所示：

表 10 报文结构

起始字节	字节数	功能字节	数据体	检验字节	结束字节
------	-----	------	-----	------	------

5.2.1 起始字节

报文起始字节，共两个字节，第一个字节为 0x7A，第二个字节为 0x7B。

5.2.2 字节数

报文包含的字节总数，包括报文校验字节和报文结束字节（报文起始字节除外）。

5.2.3 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 11 所示：

表 11 功能字节

字节值	代表的报文类型
0XB0	传感器原始的 ADC 数据
0XB1	传感器解算后的姿态角报文
0XB2	传感器参数设置命令
0XB3	传感器校准设置命令
0XB4	磁场强度校准的 3 轴 ADC 数据

5.2.4 数据体

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，故有五种不同类型的数据体格式。

（1）传感器的原始 ADC 数据报文的数据体格式如表 12 所示：

表 12 传感器的原始 ADC 数据报文的数据体格式

起始字节	字段	数据类型	描述及要求
0	加速度 X 轴值	WORD	加速度 X 轴是一个 16 位的双字节数，并且双字节的最高位代表正负（0 为正 1 为负），后面 15 代表数据大小。假设 X 轴的输出值

			为 0X8523，因为 0X8523 最高位为 1 则代表负，所以其数值实际大小为 0X0523
2	加速度 Y 轴值	WORD	同上所述
4	加速度 Z 轴值	WORD	同上所述
6	角速度 X 轴值	WORD	同上所述
8	角速度 Y 轴值	WORD	同上所述
10	角速度 Z 轴值	WORD	同上所述
12	磁场强度 X 轴值	WORD	同上所述
14	磁场强度 Y 轴值	WORD	同上所述
16	磁场强度 Z 轴值	WORD	同上所述

(2) 传感器解算后的姿态角报文的数据体格式如表 13 所示：

表 13 传感器解算后的姿态角报文的数据体格式

起始字节	字段	数据类型	描述及要求
0	航向角	(3)BYTE	航向角是一个 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。假设输出航向角值为 0X089300，因为 0X089300 最高位为 0 则代表正，所以其数值实际大小为 0X089300，则航向角为 56.1920° 。
3	俯仰角	(3)BYTE	同上所述
6	横滚角	(3)BYTE	同上所述
9	倾斜角	(3)BYTE	同上所述
12	ASV 解算速率	WORD	ASV 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

(3) 传感器参数设置命令报文的数据体格式如表 14 所示：

表 14 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	加速度量程设置	BYTE	00: $\pm 2g$	
			01: $\pm 4g$	
			02: $\pm 8g$	
			03: $\pm 16g$	
1	角速度量程设置	BYTE	00: $\pm 250^{\circ}/s$	
			01: $\pm 500^{\circ}/s$	
			02: $\pm 1000^{\circ}/s$	
			03: $\pm 2000^{\circ}/s$	
2	磁场强度量程设置	BYTE	00: $\pm 0.88\text{gauss}$	01: $\pm 1.3\text{ gauss}$
			02: $\pm 1.9\text{ gauss}$	03: $\pm 2.5\text{ gauss}$
			04: $\pm 4.0\text{ gauss}$	05: $\pm 4.7\text{ gauss}$
			06: $\pm 5.6\text{ gauss}$	07: $\pm 8.1\text{ gauss}$
3	需要的传感器报文类型	BYTE	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	
4	传感器上传帧率	BYTE	00: 10 (帧/秒)	
			01: 20 (帧/秒)	
			02: 50 (帧/秒)	
			03: 70 (帧/秒)	
			04: 100 (帧/秒)	
5	通信类型设置	BYTE	00: 串口通信	
			01: CAN(标准)	
			SPI 通信设置详见 5.2	
6	波特率设置	BYTE	00:2400	01:4800
			02:9600	03:14400
			04:19200	05:38400
			06:56000	07:115200

传感器参数设置命令可以使用仿真测试软件设定并下发给传感器；用户也可以根据上表提供的报文格式使用用户的 MCU、工具软件（串口助手等）通过串口下发给传感器。

（4）传感器校准的数据体格式如表 15 所示：

表 15 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	传感器校准	BYTE	位 1:0	AB：水平校准
				00：陀螺校准
				01：磁场校准准备
				02：磁场校准结束
				03：磁场校准开始

传感器校准建议使用本公司的仿真测试软件校准。用户也可按本手册规则通过终端 MCU 编辑指令执行校准，其中水平校准和陀螺校准需要水平静置 5 秒完成校准，磁场校准按准备校准→开始校准→载体做圆周和上下起伏运动 60 秒→结束校准的步骤执行校准。

（5）磁场强度校准的三轴 ADC 的数据体格式如表 16 所示：

表 16 磁场强度校准的三轴 ADC 的数据体格式

起始字节	字段	数据类型	描述及要求
0	磁场强度 X 轴值最大值	WORD	磁场强度 X 轴是一个 16 位的双字节数，并且双字节的最高位代表正负（0 为正 1 为负），后面 15 代表数据大小。假设其值输出为 0X8523，因为 0X8523 最高位为 1 则代表负，所以其数值实际大小为 0X0523
2	磁场强度 X 轴值最小值	WORD	同上所述
4	磁场强度 Y 轴值最大值	WORD	同上所述
6	磁场强度 Y 轴值最小值	WORD	同上所述
8	磁场强度 Z 轴值最大值	WORD	同上所述
10	磁场强度 Z 轴值最小值	WORD	同上所述

5.2.5 报文校验字节

报文校验字节，用于校验报文发送是否正确，校验方法：除了报文起始字节和报文结束字节外，所有数据进行异或处理。

报文校验字节示例：传感器解算后的姿态角、倾角报文内容为 0x7A 0x7B 0x12 0xB1 0x20 0x0A 0x5B 0x00 0x4D 0x84 0x80 0x09 0x52 0x00 0x01 0x78 0x00 0x78 0xC1 0xBB

其中 0xC1 为校验字节，计算方法为： $0xC1 = 0x12 \oplus 0xB1 \oplus 0x20 \oplus 0x0A \oplus 0x5B \oplus 0x00 \oplus 0x4D \oplus 0x84 \oplus 0x80 \oplus 0x09 \oplus 0x52 \oplus 0x00 \oplus 0x01 \oplus 0x78 \oplus 0x00 \oplus 0x78$

（注：0x12 为报文字节数，除却 0x7A 与 0x7B 外整条报文共有 18 个字节，故为 0x12）

5.2.6 报文结束字节

报文结束字节，表示报文结束，用 0xBB 表示报文结束字节。

传感器 ADC 数据报文示例：7A 7B 16 B0 00 1B 84 CC 3E 66 80 F2 00 9C 80 88 80 5E 81 CF 80 7E 25 BB

姿态角报文示例：7A 7B 12 B1 22 4C AC 00 21 1F 80 F8 8B 00 04 4F 00 78 9F BB

传感器参数设置命令报文示例：7A 7B 0B B2 00 02 01 02 01 00 07 BE BB

6. 产品组件

- 传感器主体（1 个）
- 航空插头（1 个，固定在传感器主体上）
- 电源、RS232、CAN 信号输出电缆（8pin，1m）。
- 内六角安装螺栓、螺母、弹垫、垫片（4 个）
- 内六角扳手（1 个）。



图 5 传感器主体与通信电缆

7. 机械尺寸

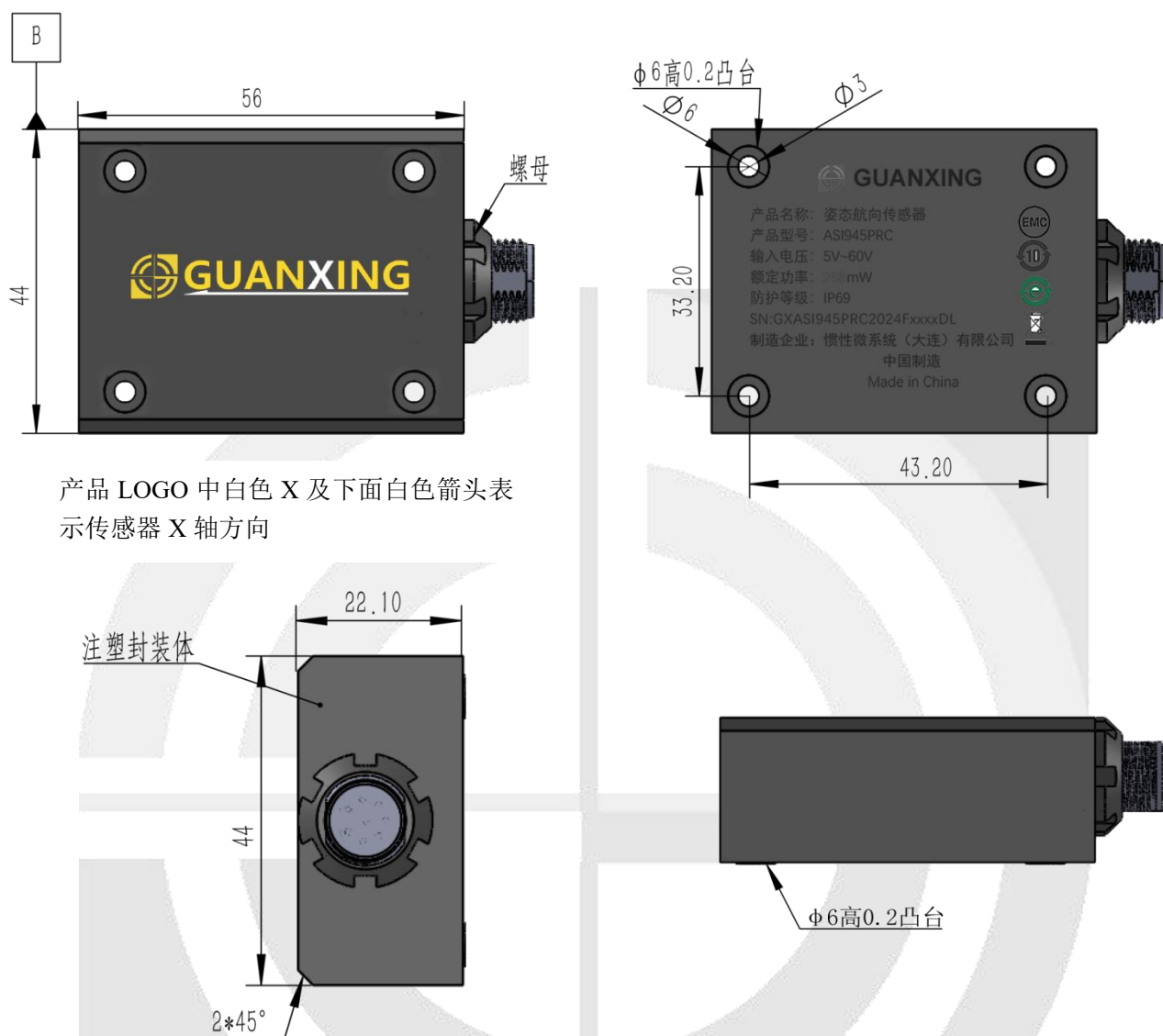


图 6 传感器主体各部位尺寸



图 7 安装螺栓各部件尺寸

8. 电缆与航空插头引脚定义

表 2 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	RX (RS232)
4	Yellow	TX (RS232)
5	Gray	NC (CAN 终端电阻)
6	Pink	NC (CAN 终端电阻)
7	Blue	CAN-H
8	Red	CAN-L

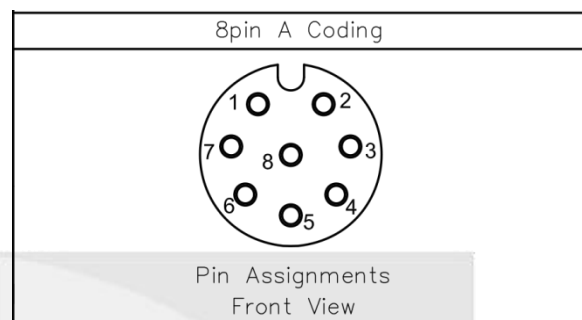


图 5 航空插头引脚定

- 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) RS232 总线接口：波特率默认为 115200bps；
- (2) CAN 总线接口. 波特率默认为 500kbps；
- (3) 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) 传感器由于具有检测地球磁场的功能，而地球磁场容易受到干扰，因此，传感器在安装时应远离金属，尤其远离电机这种产生可变磁场的地方。否则会影响姿态解算精度。

(3) 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测试软件进行水平和陀螺校准，或利用客户终端 MCU 按校准规则编写校准指令进行水平和陀螺校准。

(4) 传感器出厂已完成姿态与航向标定，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，可按前述校准规则进行校准。