

ShuoFeng Electronic Technology Co., Ltd.

SSA300、SSA500 数字型倾角传感器

数据手册 v3.2

20210115

合肥硕锋电子科技有限公司

Hefei Shuo Feng Electronic Technology Co.,LTD

前言

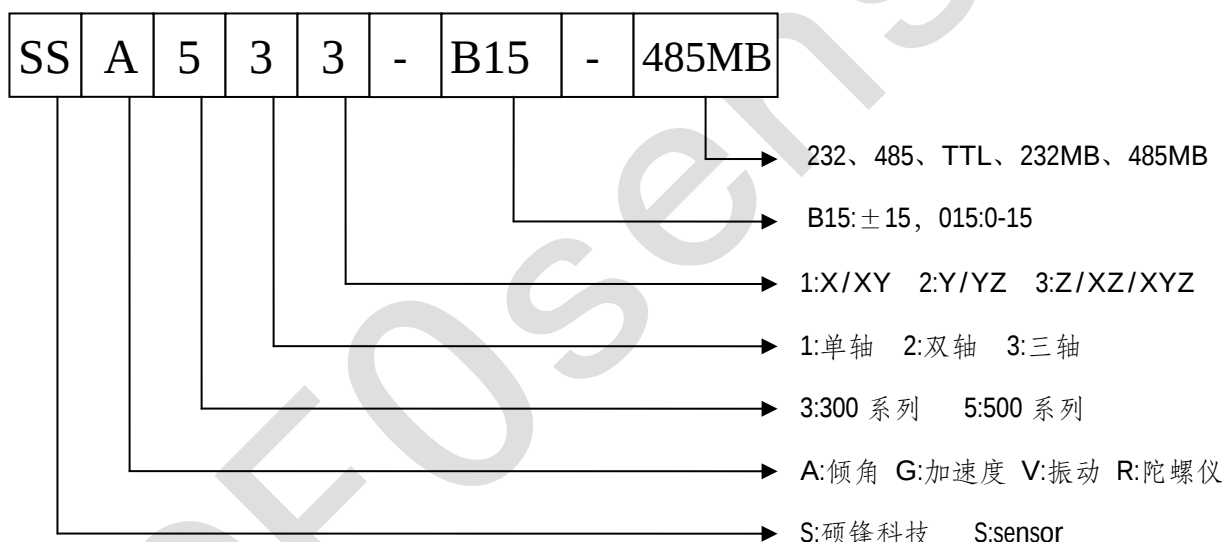
欢迎使用我公司倾角传感器系列产品，希望此说明书在您使用过程中给您带来方便，我们在编写本传感器手册时，已尽力确保手册中的内容没有缺点，如果您在手册中发现有任何不清楚、错误或过于冗长的地方，请及时与代理商或公司总部联系。

注 意

- ①在使用前，请认真阅读每项内容。
- ②禁止在任何未经许可的情况下，传播本手册中的内容。
- ③本手册仅为提供有关信息，手册中所有内容会在不经通知的情况下修改。
- ④除非手册中已经说明，否则，请不要将本产品加以改造或者修正，如果未经允许而私自加以改造或者修正，会导致本产品损坏，本公司将采取有偿服务。
- ⑤该产品适用于震动和加速度较小的环境中，可以是静态环境或准静态环境中。
- ⑥本产品仅适合使用于地球表面，不适合应用于太空、航天舱、火星、月球表面等。
- ⑦该传感器不可以用于甲烷、液化气等任何有爆炸危险的场合。
- ⑨产品执行标准：
 - 倾角传感器生产标准 GB/T 191 SJ20873-2003 测斜仪、水平仪通用规范
 - 倾角传感器校准标准 JJF1119-2004 电子水平仪校准规范
 - 计量科学研究院校准标准 JJF1084-2002 框式水平仪和条式水平仪校准规范



SSA300 和 SSA500 系列倾角传感器采用 3D-MEMS 技术为基础,配合高速数字信号处理器、高精度高速 AD 转换器、超低噪声 LD0 电压基准和隔离型数字接口等,为要求极为苛刻的应用领域,提供了一系列优异的产品性能。其中 SSA500 为我公司历时 14 个月研发而推出的一款具备 X、Y、Z 三轴检测能力和多种故障诊断功能的高性能、高可靠性倾角传感器,其采用我公司自主研发的失调校准、增益校准、灵敏度失配误差校准技术(简称 IGS 校准技术),使得该系列具有无与伦比的准确度和可靠性,处于行业领先地位在户外、潮湿环境和温度周期性变化条件下,表现出卓越的性能。



例如:

需要一款双轴测量,XY 轴,量程 ± 15 度,485 接口,标准 modbusRTU 协议的倾角传感器,则应该选择:

SSA321-B15-485MB 或 SSA521-B15-485MB

例如:

需要一款单轴测量,Y 轴,量程 ± 60 度,232 接口,标准 modbusRTU 协议的倾角传感器,则应该选择:

SSA312-B60-232MB 或 SSA512-B60-232MB

一、产品简介

SSA300 和 SSA500 倾角传感器是合肥硕锋电子科技有限公司推出的一款专业面向工程应用、工业自动化现场等环境恶劣场合的倾角传感器，其具备单轴、双轴、三轴测量，后缀-232/485MB 为常规款，后缀-ISO2/ISO4MB 为隔离型。支持标准 Modbus-RTU 协议，具有 DC1000V 隔离性能，符合 EIA/TIA-232-F 和 EIA/TIA-485-F 标准。测量范围宽，在量程范围内有较高的精度。该传感器可以测量微小角度的变化，温度特性好、高分辨率、低噪声，线性度好，精度高。在医疗器械、矿业机械、石油钻井设备、高空作业平台监控、汽车仪表板、安全控制、机械臂、大坝、建筑、桥梁、机器人行业等需要做角度测量、零位调整、水平调整、初始位置调整、倾角姿态记录的行业有广泛的应用。该传感器能承受超过 10000g 的冲击。输出方式为 RS232 和 RS485。具有站地址、波特率、相对角度、绝对角度可设置等功能。压铸铝外壳氧化处理，内部灌胶密封，防水防尘设计。

二、传感器特点

- (1) DC1000V 隔离性能
- (2) 全部采用工业器件性能稳定、可靠
- (3) 温度补偿、卡尔曼滤波技术
- (4) 支持标准 ModbusRTU 协议
- (5) 可以与 PLC、单片机、工控屏等通信
- (6) 传感器写保护，可靠性更好
- (7) 可选配显示仪表（订制注明）



三、典型应用

3.1 SSA300 系列典型应用

- ◆ 旋转钻机桅杆垂直度（可配合显示仪表使用）
- ◆ 吊车、吊架、收割机、起重机、称重系统的倾斜补偿等
- ◆ 平台调平、水平基台调平
- ◆ 起重机、电源车、高空作业车的液压支腿调平

3.2 SSA500 系列典型应用

- ◆ 山体滑坡、泥石流、雪崩等自然灾害监测
- ◆ 吊车、吊架、起重机、称重系统的倾斜补偿等
- ◆ 精确钻井倾斜控制
- ◆ 各种工程机械角度测量与控制
- ◆ 工业现场、桥梁、地基沉降监测
- ◆ 古建筑、古塔、边坡、地铁工程等倾斜测量与预警

四、技术参数

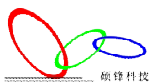
4.1 基本参数(以下参数测试均在室温 25℃，供电 DC24±50mv 条件下测试。)

规格	SSA330 系列	SSA550 系列	单位	备注
平均功耗	12	9	mA	@DC24V, 后缀 232/485MB
	110	102		@DC24V, 后缀 ISO2MB
	85	80		@DC24V, 后缀 ISO4MB
测量轴	X、Y、Z、XY、YZ、XZ、XYZ		°	
测量范围	0~±180、0-360		°	
分辨率	0.01	0.005	°	≤30°
		0.01		>30°
绝对精度	0.05	0.02	°	≤15°
	0.1	0.03		[15,30]
	0.2	0.05	°	[30,90]
	0.25	0.1		>90°
重复性	0.05	0.02	°	
温度漂移	±0.0045	0.0008	/degC	-40~85℃
零点校准误差	±0.03	±0.01	°	
线性度	±0.015	0.01	°	在量程范围内
带宽	1~15	1-16	Hz	
温度传感器量程	-45~105	-55~125	℃	
温度传感器精度	±1	±1	℃	
1 年长期稳定性	≤0.1	≤0.07	°	
10 年长期稳定性预期值	≤0.3	≤0.15	°	
上电启动时间	1	1	s	
设计寿命	>50000	>60000	H	

4.2 电气指标

电气指标					
参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	25℃	12	24	32	V
工作温度		-40		85	℃
存储温度		-55		125	℃

4.3 机械特性



机械特性	
外形尺寸	84*55*38mm
安装孔个数	3
安装孔直径	6mm
电缆线长度	2000mm
电缆线规格	RVVP5*0.25
防护等级	IP67
外壳材质	压铸铝（表面烤漆）
接口类型	航空插头（标配）

名称解释

分辨率：传感器在测量范围内能够检测和分辨出的被测量的最小变化值。

精 度：描述传感器测量的准确程度，分辨率不等同于精度。

五、通信协议

该倾角传感器支持标准 modbusRTU 协议，可以与 PLC、单片机、工控屏等通信，数据帧格式如下：

地址码 (1byte)	功能码 (1byte)	第一个寄存 器的高地址 (1byte)	第一个寄存 器的低地址 (1byte)	寄存器数 量的高位 (1byte)	寄存器数 量的低位 (1byte)	CRC 校验 (2byte)
默认 0x01	0x03:读保持寄存器 0x04:读输入寄存器 0x05:强制单个线圈 0x06:写保持寄存器					

出厂设置为：地址 1，8 位数据位，1 位停止位，无校验，波特率 9600，其中波特率和站地址可修改。

数据格式：16 进制

寄存器地址：需要操作的寄存器起始地址

寄存器数量：需要操作的寄存器数量

名称	输入寄存器	备注
X 轴角度绝对值	30001	SSA550 系列（量程 $\leq 30^\circ$ ），n=3,带 3 位小数
Y 轴角度绝对值	30002	
Z 轴角度绝对值	30003	SSA550 系列（其他量程），n=2,带 2 位

X 轴角度相对值	30004	小数 SSA330 系列, n=2,带 2 位小数。
Y 轴角度相对值	30005	
Z 轴角度相对值	30006	
故障代码输出	30007	
内部温度	30010	无小数位, 单位℃
名称	保持寄存器	备注
站地址	40100	1-31, 默认为 1
波特率	40101	4800; 9600; 19200, 默认为 9600
校验方式	40102	0-无校验,1-奇校验,2-偶校验, 默认为 2
X 轴相对角度参考值	40103	
Y 轴相对角度参考值	40104	
写保护位	40105	
名称	线圈	备注
设置 X 轴当前绝对角度为其相对角度参考值	00001	
设置 Y 轴当前绝对角度为其相对角度参考值	00002	
设置 Z 轴当前绝对角度为其相对角度参考值	00003	

六、命令格式

6.1 读取 X 轴绝对角度, 发送命令: (输入寄存器 30001)

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存 器的低地址	寄存器数量 的高位	寄存器数 量的低位	CRC 校验	
01	04	00	00	00	01	31	CA

应答命令:

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

例如当前返回 01 04 02 00 84 B9 53, 则 00 84 为角度数值, 0084 换算成 10 进制为 132。若 n=3, 则角度数值为 0.132 度。若 n=2, 则角度数值为 1.32 度。本说明书中所有出现 n 代表的数值均参照此取值。以下同理。

6.2 读取 Y 轴绝对角度, 发送命令: (输入寄存器 30002)

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存 器的低地址	寄存器数量的 高位	寄存器数量 的低位	CRC 校验
----------------	----------------	----------------	----------------	--------------	--------------	--------

01	04	00	01	00	01	60	0A
----	----	----	----	----	----	----	----

应答命令:

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

例如当前返回 01 04 02 FC 5F B8 08, 则 FC 5F 为角度数值, 换算成 10 进制为 64607, 64607-65535=-928。

6.3 读取 Z 轴绝对角度, 发送命令: (输入寄存器 30003)

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量的 高位	寄存器数量的 低位	CRC 校验	
01	04	00	02	00	01	90	0A

应答命令:

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

例如当前返回 01 04 02 00 64 B8 DB, 则 00 64 为角度数值, 换算成 10 进制为 100。

6.4 设置 X 轴相对角度参考值, 发送命令: (保持寄存器 40103)

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量的 高位	寄存器数量的 低位	CRC 校验	
01	06	00	66	**	**	**	**

应答命令:

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	66	× ×	× ×	× ×

◆数据域的范围是 $[-A \cdot 10^n, A \cdot 10^n]$, 其中 A 代表传感器的量程, 例如传感器量程为 $[-15, 15]$, 则 $A=15$, 若 $n=2$, 则数据域的范围是 $[-1500, 1500]$ 。

◆若 $n=2$, 我们设置了 X 相对角度参考值为 550 (即以 5.50 度为相对测量参照面)。如果当前绝对角度值为 1350 (即 13.50 度), 则相对角度值为 $1350-550=800$ (即 8.00 度)。

6.5 设置 Y 轴相对角度参考值, 发送命令: (保持寄存器 40104)

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	67	× ×		

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)
01	06	00	67	× ×	

说明：同上。

6.6 设置 Z 轴相对角度参考值，发送命令：（保持寄存器 40105）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)
01	06	00	68	× ×	

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)
01	06	00	68	× ×	

说明：同上。

6.7 读取 X 轴相对角度值，发送命令：（输入寄存器 30004）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量的 高位	寄存器数量的 低位	CRC 校验	
01	04	00	03	00	01	C1	CA

应答命令：

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

6.8 读取 Y 轴相对角度值，发送命令：（输入寄存器 30005）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量 的高位	寄存器数量 的低位	CRC 校验	
01	04	00	04	00	01	70	0B

应答命令：

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

6.9 读取 Z 轴相对角度值，发送命令：（输入寄存器 30006）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量 的高位	寄存器数量 的低位	CRC 校验	
01	04	00	05	00	01	21	CB

应答命令：

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	×	×	×	×

6.10 强制线圈置 X 轴当前绝对角度值为 X 轴相对角度参考值，发送命令：（线圈 00001）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	05	00	00	FF 00	8C	3A

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	05	00	00	FF 00	8C	3A

备注：请求 PDU 说明了强制的线圈地址。从 0 开始寻址线圈。因此，寻址线圈 00001 为 00000。线圈值域的常量说明请求的 ON/OFF 状态。十六进制值 0XFF00 请求线圈为 ON。十六进制值 0X0000 请求线圈为 OFF。其它所有值均为非法的，并且对线圈不起作用。

6.11 强制线圈置 Y 轴当前绝对角度值为 Y 轴相对角度参考值，发送命令：（线圈 00002）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	05	00	01	FF 00	DD	FA

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	05	00	01	FF 00	DD	FA

备注：同上

6.12 强制线圈置 Z 轴当前绝对角度值为 Z 轴相对角度参考值，发送命令：（线圈 00003）

地址码	功能码	寄存器	寄存器	数据域	CRC 校验
-----	-----	-----	-----	-----	--------

(1BYTE)	(1BYTE)	的高地址	的低地址	(2BYTE)	(2BYTE)	
01	05	00	02	FF 00	2D	FA

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	05	00	02	FF 00	2D	FA

备注：同上

6.13 站地址设置，发送命令：（保持寄存器 40100）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	63	1~127	× ×	× ×

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	63	× ×	× ×	× ×

备注：站地址范围是 1-31。例如发送命令 01 06 00 63 00 02 F8 15,则设置当前设备的地址为 02.设置后会自动返回应答信息，之后将以新地址生效。"在设定设备地址的过程中，保证不存在有相同地址的两个设备非常重要。如果发生重复，整个串行总线工作将不正常，而主节点将无法与总线上所有存在的节点通信。"

6.14 波特率设置，发送命令：（保持寄存器 40101）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	64	× ×	× ×	× ×

应答命令：

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	寄存器 的高地址	寄存器 的低地址	数据域 (2BYTE)	CRC 校验 (2BYTE)	
01	06	00	64	× ×	× ×	× ×

备注：数据域 4800,9600,19200（需要以 16 进制数发送），默认波特率为 9600。例如当前波特率为 9600，希望修改为 4800，则发送 01 06 00 64 12 C0 C4 E5，波特率将被设置为 4800.设置完成后，设备会以原波特率 9600 返回应答信息 01 06 00 64 12 C0 C4 E5，之后将以新波特率 4800 生效。建议对设备断电重启。

6.15 读取传感器内部温度值，发送命令：（输入寄存器 30010）

地址码 (1BYTE)	功能码 (1BYTE)	第一个寄存器 的高地址	第一个寄存器 的低地址	寄存器数量的 高位	寄存器数量 的低位	CRC 校验	
01	04	00	09	00	01	E1	C8

应答命令：

地址码	功能码	字节数	数据高位	数据低位	CRC 校验	
01	04	02	× ×	× ×	× ×	× ×

备注：温度数据不含小数，例如当前返回 01 04 02 00 18 B9 3A，则 00 18 为温度数值，换算成 10 进制为 24，则温度数值为 24℃。部分传感器不支持温度数据输出。读取的温度为传感器内核温度，可能与环境温度有差别，这属于正常现象。若长时间处于同一环境温度下，则读取的温度将更趋近于环境温度。

七、其他说明

7.1 关于传感器写保护

2018 年 11 月 1 日之后出厂的倾角传感器，增加了写保护，在所有参数修改之前，需要将保持寄存器的 40105 位改成十进制数 85，如果传感器断电后重新上电，该位将恢复为 0。

举例说明：例如将传感器的站地址改成 5。

第一步：将保持寄存器 40105 改成 85 以关闭写保护

第二步：修改站地址，将保持寄存器 40100 改成 5

第三步：断电后重新上电，以新地址重新建立通信

7.2 关于通信距离

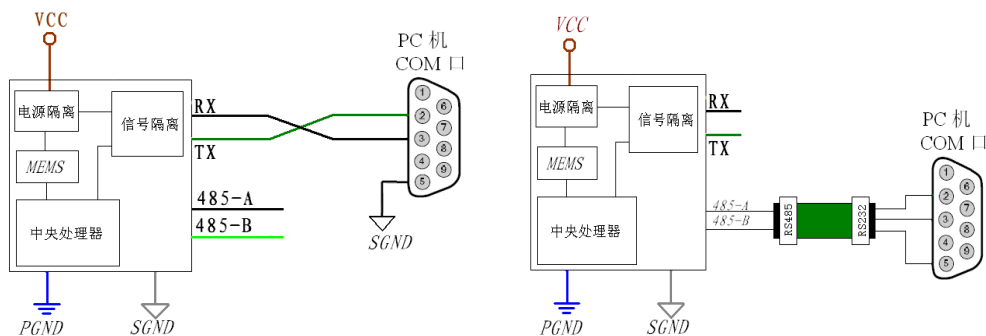
(1) 主干电缆端到端的长度必须有限制。其长度由波特率，电缆（规格，电容或特征阻抗），菊花链上的负载数，以及网络配置（2线或4线制）所决定。

(2) 对于最高波特率为9600，AWG26（或更粗）规格的电缆，其最大长度为1000m。在2线接入4线电缆的方式的特殊情况下（4 线制用作2线制的系统中） 最大长度必须除以2。

(3) 分支必须短，不能超过20m。如果使用x分支的多口接头，每个分支最大长度必须限制为40m除以x。

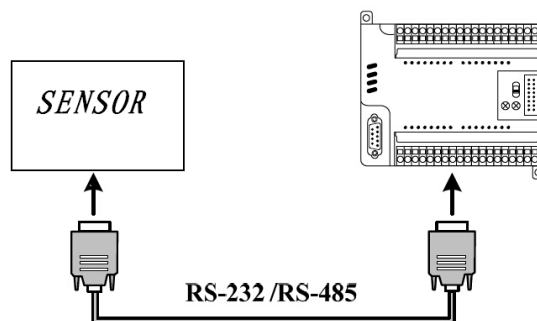
7.3 传感器与电脑通信

RS232 输出方式可以直接和电脑的串口连接，RS485 输出方式需要 RS232 转 485 转换器与 PC 机通信。如果计算机没有串口，可以直接使用 USB 转 485 转换器。推荐使用兼容性较好的 USB 转串口线，与 PC 机串口通信示意图如下：

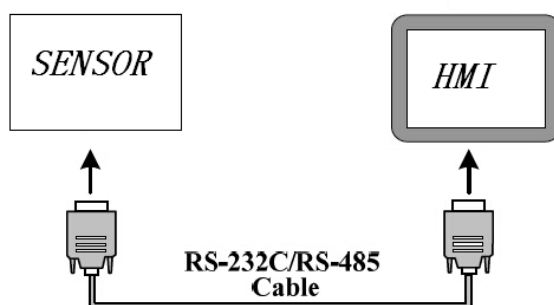


7.4 传感器与 PLC/控制器通信

该传感器可通过 RS232 或者 RS485 接口与 PLC 通信。示意图如下：

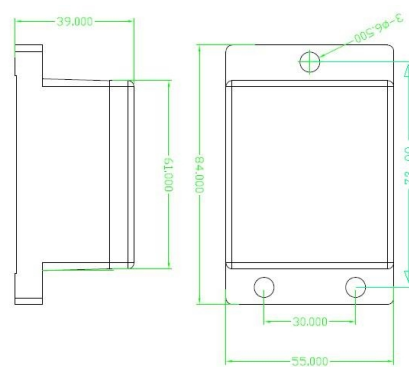


7.5 传感器与工控屏/触摸屏/串口屏通信

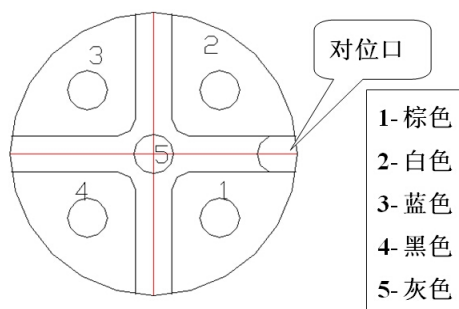


八、传感器外形、尺寸和引脚定义

- (1) 安装时，请用 M6 螺丝将传感器安装在待测平面上，注意安装角度和水平度。
- (2) 单轴倾角传感器可以水平安装，也可以垂直安装，双轴倾角传感器只可以水平安装。
- (3) 为获得最大的精度和稳定性，请减少动态和加速度对传感器的影响。



倾角传感器的输出线为 RVVP5*0.25，插座为公头，插头为母头，参照 GB2681-81 国家标准，定义如下：



上图：插座（针式），正对着插座针看。

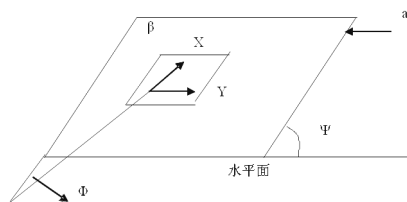
	电压型	电流型	RS232	UART-TTL	RS485
黑色	Vx	Ix	RX	RXD	485A
白色	Vy	Iy	TX	TXD	485B
棕色	电源正 VCC				
蓝色	电源地 PGND				
灰色	信号地 SGND				

备注：部分传感器无灰色线，则表示蓝色线既作为电源地 PGND，也作为信号地 SGND。

九、使用注意事项

1、测量轴问题

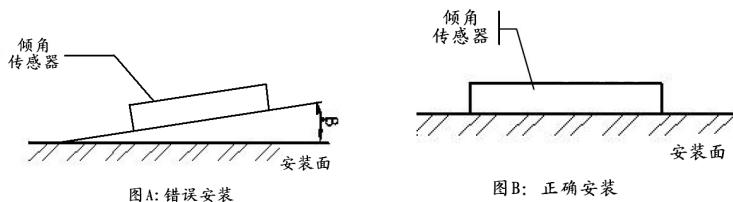
在测量时要注意被测平面的角度运动方向要和双轴、单轴倾角模块的测量轴平行，不能有夹角，如下图所示，用 X 轴测量一个平面沿 a（在现实中并不一定是被测平面的边沿）和水平面的夹角 Ψ ，由于存在 Φ 角，所以模块输出的角度会和实际角 Ψ 之间有差距。会略小于实际的角度。所以在安装和使用倾角模块时应注意这两者之间的关系。



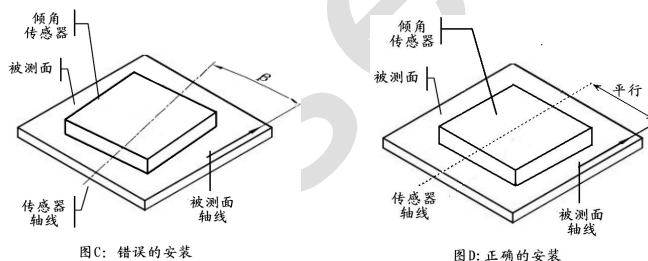
2、“两面”与“两线”

在传感器安装时，必须要把握“两面原则”与“两线原则”。

“两面”是指被测物体的安装面与传感器的接触面要紧靠，即被测物体的安装面要尽可能的水平，不能有夹角产生，如下图 A 为错误安装，图 B 为正确安装。



“两线”是指传感器轴线与被测面轴线平行，两轴不能产生夹角。如下图 C 为错误安装，图 D 为正确安装。



4、极限参数

VCC 对 GND	-100V ~ +35V
数字输出对 GND	-0.3V ~ +6V
工作温度范围	-55℃ ~ +100℃
储存温度范围	-60℃ ~ 120℃

强度超出所列的极限参数可能导致传感器的永久性损坏。这些仅仅是极限参数，并不意味着在极限条件下或在任何其它超出推荐工作条件所示参数的情况下传感器能有效地工作。延长在极限参数条件下的工作时间会影响传感器的可靠性。