



STS 标准输出倾角传感器

产品说明书

V1.0-20250226



✓ 技术亮点

- ❖ 单轴/双轴测量;
- ❖ 超宽测量范围: $\pm 180^\circ$;
- ❖ 卓越的测量精度, 0.01° (全量程) ;
- ❖ 工业级可靠性设计;
- ❖ 符合严苛工业环境应用要求;
- ❖ 多种标准输出接口, 便于系统集成与扩展。

✓ 应用范围

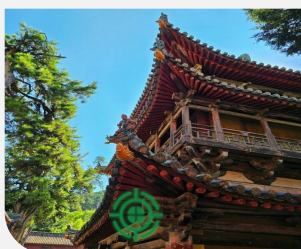
该系列产品特别适用于: 建筑结构健康监测 (古建筑、历史遗迹、危房等)、工业自动化控制系统以及高精度角度测量应用场景需要长期稳定监测的工业现场。

✓ 产品介绍

STS 标准输出型倾角传感器是瑞惯科技专注于工业自动化控制领域而研发的产品。该产品采用紧凑型工业设计, 配备 RS485/RS232 标准串行通信接口, 集成高性能 MEMS 倾角传感单元和 24 位高精度差分 A/D 转换器, 结合五阶数字滤波算法, 可实现水平面倾斜角与俯仰角的高精度测量。

凭借其优异的测量精度、可靠的工业级性能和灵活的配置方案, STS 标准输出型倾角传感器已成为工业测量领域的高性能解决方案。

古建筑监测



高楼安全监测



工程机械设备测控



高支模倾斜测控



 性能参数

STS	条件	参数				
测量范围	-	±10°	±30°	±60°	±90°	±180°
测量轴	-	X Y 轴	X Y 轴	X Y 轴	X Y 轴	X 轴
分辨率 ¹⁾	-	0.001°				
精度 最大绝对误差 ²⁾	室温	0.01°	0.01°	0.015°	0.02°	0.02°
度 均方根值误差 ³⁾	室温	0.008°	0.008°	0.008°	0.009°	0.009°
零点温度系数 ⁴⁾	-40 ~ 85℃	±0.0005°/℃				
灵敏度温度系数 ⁵⁾	-40 ~ 85℃	≤0.01%/℃				
上电启动时间		0.5S				
响应频率		20Hz				
输出信号		TTL / RS232 / RS485 可选				
通信协议		串口通讯协议 / MODBUS RTU 协议 可选				
电磁兼容性		依照 EN61000 和 GBT17626				
平均无故障工作时间		≥99000 小时/次				
绝缘电阻		≥100 兆欧				
抗冲击		100g@11ms、三轴向(半正弦波)				
抗振动		10grms、10 ~ 1000Hz				
防水等级		IP67				
电缆线		标配 2 米 M12 航空插头带 PVC 屏蔽电缆线，线重≤120g				
重量		≤150g(不含电缆线)				
1) 分辨率：在有效量程内可识别的最小角度变化量，反映其对微小倾角波动的监测能力。						
2) 最大绝对误差（MAE）：全量程范围内，对多个标准角度点进行测量，各测量值与实际角度值偏差绝对值的最大值。该参数表征产品在最不利情况下的测量偏差极限。						
3) 均方根误差（RMSE）：量程范围内，对固定角度点进行多次重复测量（采样次数≥16 次），计算各测量值与实际角度值偏差的均方根值。该参数反映测量结果的重复性与稳定性，是评估系统随机误差的重要指标。						
4) 零点温度系数：传感器在零输入状态下，其输出值随温度变化的比率，定义为额定工作温度范围内零点偏移量与常温基准值的比值。						
5) 灵敏度温度系数：传感器满量程输出值随温度变化的稳定性指标，表征额定温度范围内灵敏度相对于常温参考值的漂移率。						

 电气参数

参数	条件	最小值	典型值		最大值	单位
供电电压	标准	9	12	24	36	V
工作电流	无负载		21	12		mA
工作温度		-40			+85	°C
存储温度		-40			+85	°C

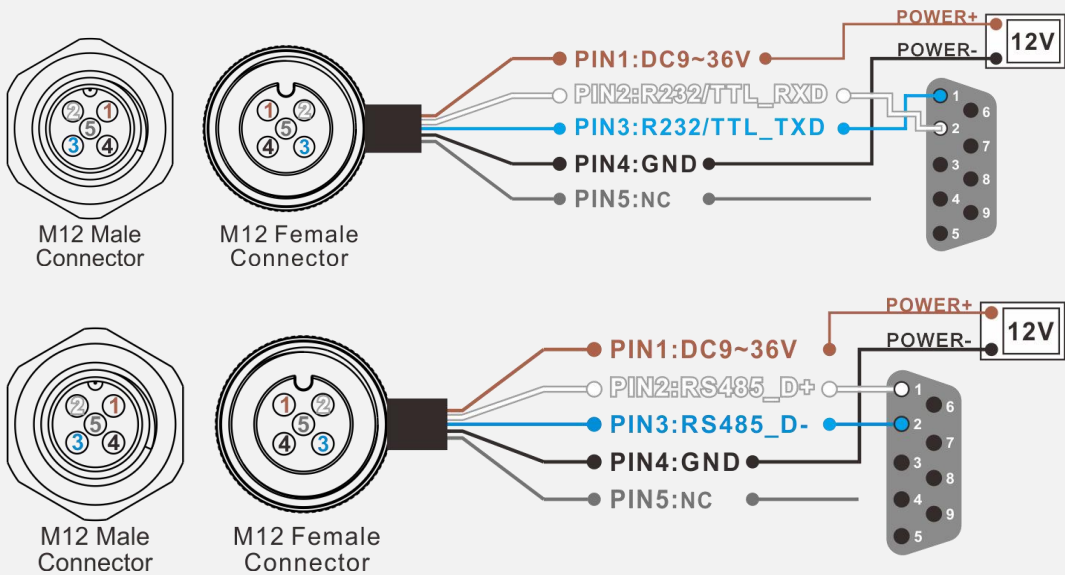
订购选型

型号	测量轴	测量范围	信号输出	通讯协议	安装方向
STS	X: 单轴 X 轴	10: $\pm 10^{\circ}$	TTL: TTL	SP: 串口通讯协议	H: 水平安装
	Y: 单轴 Y 轴	15: $\pm 15^{\circ}$	232: RS232	MB: MODBUS 协议	HD: 水平向下
	D: 双轴	30: $\pm 30^{\circ}$	485: RS485		V: 垂直安装
		45: $\pm 45^{\circ}$			VL: 垂直向左
		60: $\pm 60^{\circ}$			VR: 垂直向右
		90: $\pm 90^{\circ}$			
		180: $\pm 180^{\circ}$			

例：STSX-10-TTLSP-H：单轴 X 轴/测量范围 $\pm 10^{\circ}$ /TTL 信号输出/串口通讯协议/水平安装。

接口定义

针脚/线色	定义	描述
PIN1 / 棕色	DC9~36V	电源正极
PIN2 / 白色	TTL_RXD/RS232_RXD/RS485_D+	
PIN3 / 蓝色	TTL_TXD/RS232_TXD/RS485_D-	
PIN4 / 黑色	GND	电源负极
PIN5 / 灰色	NC	无连接



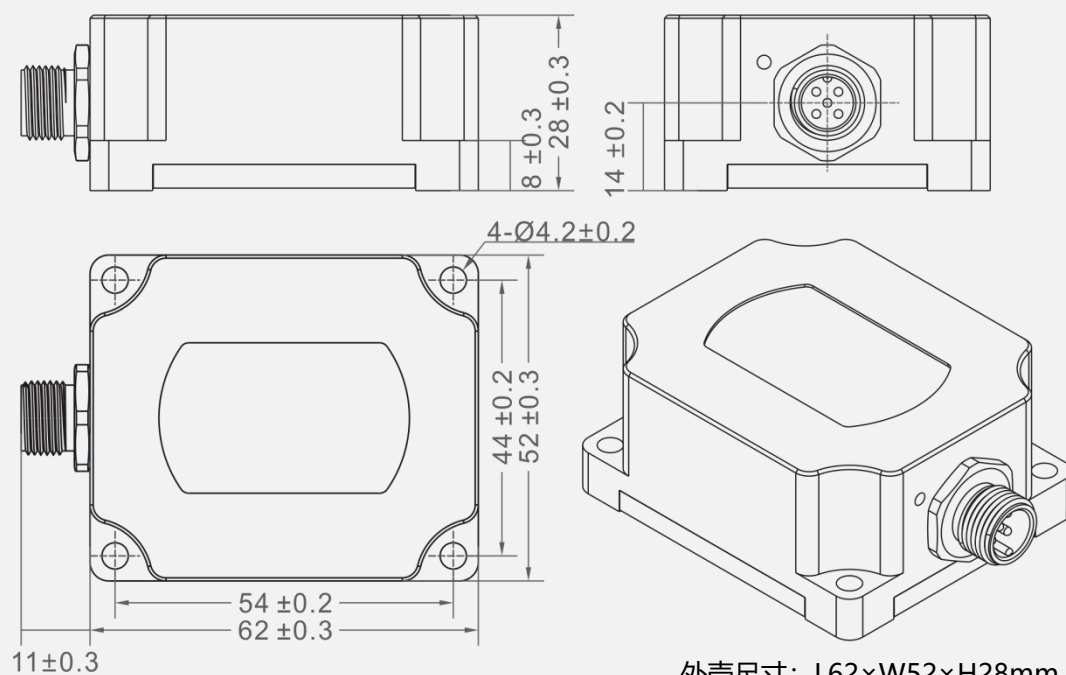
指示灯工作说明

产品上电后红色指示灯常亮，成功建立连接并传输数据时红灯转为闪烁状态。若操作连接过程中红灯持续常亮，表明连接失败，需执行重新连接操作。

连接安装

瑞惯 STS 系列高精度倾角传感器采用便捷可靠的连接技术，在同类产品中表现卓越。该产品配置标准航空插头 M12 接口，支持 9~36 V 宽电压供电；标配 M12-5 芯-2 米线缆，采用母头直型连接器及黑色 PVC 屏蔽线设计。

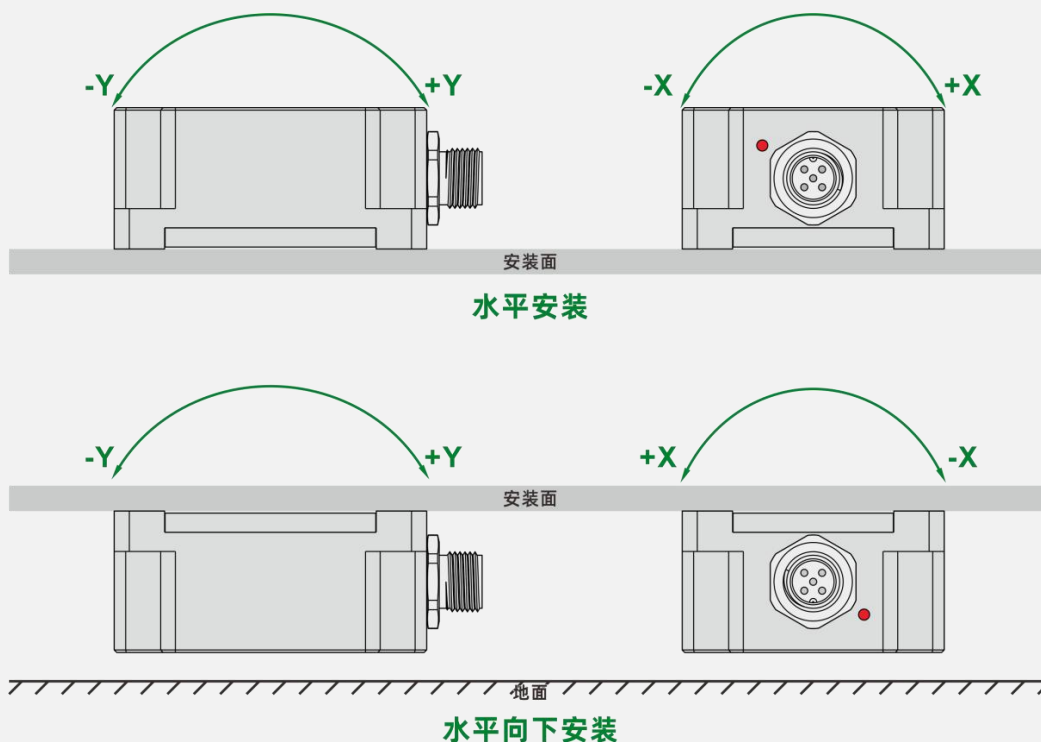
产品尺寸

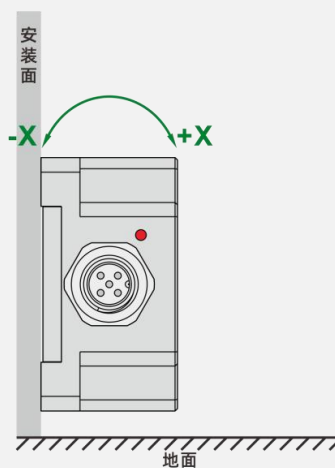
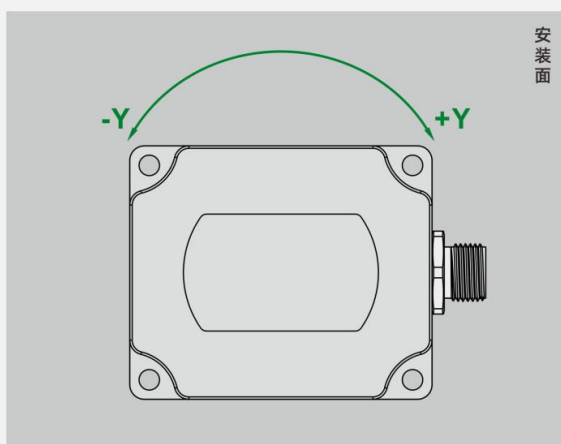


外壳尺寸: L62×W52×H28mm

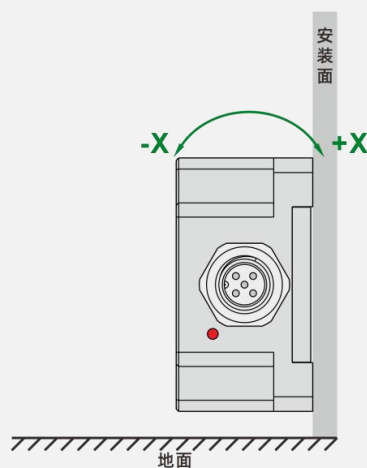
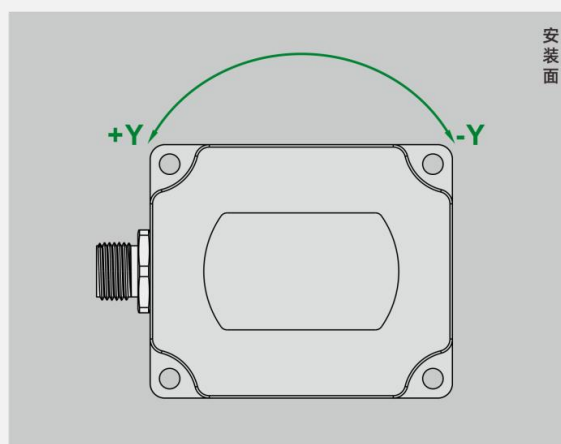
建议螺丝: 4 颗 M4 螺丝

测量方向

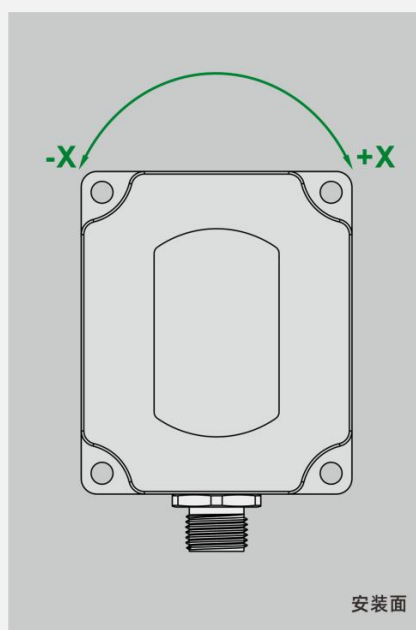




垂直向左安装



垂直向右安装



垂直安装

 串口通信协议

一、数据帧格式：（8 位数据位，1 位停止位，无校验，默认速率 9600）

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域	校验和 (1byte)
68					

数据格式: 16 进制;
标示符: 固定为 68;
数据长度: 从数据长度到校验和（包括校验和）的长度;
地址码: 采集模块的地址，默认为 00;
数据域根据命令字不同内容和长度相应变化;
校验和: 数据长度、地址码、命令字和数据域的和不考虑进位。

二、命令字解析

命令字	含义/ 范例	说明
0X04	同时读 X、Y 角度命令 例: 68 04 00 04 08	数 据 域 (0byte) 无数据域命令
0X84	传感器应答回复 例: 68 0F 00 84 00 20 10 00 10 05 25 00 00 50 50 9D	数 据 域 (11byte) SA AA BB CC SD DD EE FF SG GG HH 00 20 10 00 此 4 个字符为 X 轴返回角度值, 为压缩 BCD 码, 第一个字节的高位 0 为符号位 (0 正, 1 负) 020 为三位整数, 10 00 为四位小数。其他轴数据解析方法与此相同, 此角度解析为+20.100°; 10 05 25 00:4 个字符表示 Y 轴; 00 50 50: 3 个字符表示温度值, 解析方法同 X 轴角度一样; 角度格式与 X 轴或 Y 轴相同解析方法; 左例中角度为: X 轴 20.1000°, Y 轴-5.2500°, 温度: +50.50°C。
0X05	设置相对/绝对零点: 可设置当前角度为零度, 进行相对测量, 也可设回绝对出厂零度, 断电保存。例: 68 05 00 05 00 0A	数 据 域 (1byte) 00 表示绝对零点 01 表示相对零点
0X85	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 85 00 8A	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 设置成功 FF 设置失败
0X0B	设置通讯速率 例: 68 05 00 0B 03 13 注意:当设置后立马生效(但未保存到 FLASH)	数 据 域 (1byte) 00 表示 2400 01 表示 4800 02 表示 9600 (默认值) 03 表示 19200 04 表示 38400 05 表示 115200
0X8B	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 8B 00 90	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 成功 FF 失败

0X0C	设置传感器输出模式 应答制: 需要上位机发读角度命令, 传感器才回应相对的角度 自动输出制: 传感器上电后自动输出 X,Y 角度, 输出频率如右表所设定. (此功能可断电记忆) 例: 68 05 00 0C 00 11	数 据 域 (1byte) 00 表示 应答制式 (默认值) 01 表示 5Hz 自动输出模式 02 表示 15Hz 自动输出模式 03 表示 25Hz 自动输出模式 04 表示 35Hz 自动输出模式 05 表示 50Hz 自动输出模式 注: RS485 只有应答制式无自动输出模式
0X8C	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 8C 00 91	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 成功 FF 表示 失败
0X0F	设置模块地址命令 传感器默认的地址为 00, 1、如将多个传感器同时连接在一组总线上, 例 RS485 需将每个传感器设成不同的地址, 以达到分别控制与回应角度。 2、如成功更改新地址, 后续的命令与回应数据包中的地址码须更换新地址码, 否则传感器不会响应命令。此命令为断电保存功能。 例: 68 05 00 0F 01 15 设成地址为 01 号。 68 05 FF 0F 00 13 用通用地址重设地址为 00 号。	数 据 域 (1byte) XX 模块地址, 地址从 00 致 EF 范围。 注: 所有产品均有共通地址: FF , 如在操作过程中忘记所设过的地址, 可用 FF 地址操作该产品, 仍能正常回应。 注意: 当设置后立马生效 (但未保存到 FLASH) 。
0X8F	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 8F 00 94	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 成功 FF 表示 失败
0X0D	查询相对/绝对零点 用来查询传感器当前的零度模式是相对零点还是绝对零点 例: 68 04 00 0D 11	数 据 域 (0byte) 无数据域命令
0X8D	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 8D 00 92	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 绝对零点 01 表示 相对零点
0X51	设置输入指令 例: 68 04 00 51 55	数 据 域 (0byte) 无数据域命令
0X51	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 D1 00 D6	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 成功 FF 表示 失败

0X52	设置退出指令 例: 68 04 00 52 56	数 据 域 (0byte) 无数据域命令
0X52	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 D2 00 D7	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 成功 FF 表示 失败
0X53	设置保存指令 例: 68 04 00 53 57	数 据 域 (0byte) 无数据域命令
0X53	传感器应答回复命令 例: 68 05 00 D3 00 D8	数 据 域 (1byte) 数据域中的数表示传感器回应的结果 00 表示 成功 FF 表示 失败

设置指令及流程

须先进入设置模式，方可进入设置并保存

1. 进入设置模式 → 发送指令: 68 04 00 51 55
2. 设置相关参数
 - A 设置地址码
 - B 设置波特率
 - C 设置校准参数
 - D 自动或询问模式
 - E 相对零点
3. 保存参数写所有参数到 FLASH → 发送指令: 68 04 00 53 57
4. 退出设置模式 → 发送指令: 68 04 00 52 56

MODBUS 通信协议

注意：使用前请仔细阅读以下内容：

1 > 根据 MODBUS 协议标准，数据帧之间的间隔应大于 3.5 个字节时间（例如在 9600 波特率下，该间隔时间为 $3.5 \times (1/9600) \times 11 \approx 0.004$ 秒）。为确保通信可靠性，本传感器将此间隔时间延长至 10 毫秒，因此建议在发送每条数据帧之间保持至少 10 毫秒的时间间隔。

主机发送命令 - - 10ms 空闲 - - 从机回覆命令 - - 10ms 空闲 - - 主机发送命令.....

2 > MODBUS 协议中规定了广播地址----0 的相关内容，本传感器能接受广播地址内容，但不会进行回覆。所以广播地址 0 可作为以下用途，仅供参考。

1. 将总线上挂载的所有本型号的倾角传感器的地址全部设为某一个地址。
2. 将总线上挂载的所有本型号的倾角传感器全部设为相对/绝对零点。
3. 对整条总线上的该型号传感器进行测试，即主机向总线发送 0 地址询问角度命令，通信指示灯能闪烁的即通信正常。

3 > 为了提高系统的可靠性，设置地址命令和设置绝对/相对命令，设置波特率，这三种命令都必须**连续两次发送**（指两次都发送成功，从机每次都有回覆）才会有效。且两次问答必须前后连续，即主机不能在两次问答的中间插入其他数据帧，否则该种命令就会被锁定，直到断电，设置过程参考：发送设置地址命令 - - 等待从机发送的设置成功命令 - - （不能出现其它命令）再次发送设置地址命令 - - 等待从机发送的设置成功命令 - - 修改成功。

4 > 上电后，上述两种设置命令只能分别设置一次，如需再次设置，需重新上电。

5 > 当正常通信累计到一定次数后，通信指示灯才会闪烁一次。

一.数据帧格式 RTU 模式

通信参数：波特率 9600 bps；数据帧：1 个起始位，8 位数据，偶校验，1 个停止位。

二.读取角度数据 Modbus 功能码 03H

主机查询命令：		从机响应：		
传感器地址	01H	传感器地址	01H	
功能码	03H	功能码	03H	
访问寄存器首地址	00H	数据域长度	08H	
寄存器数目	02H	数据域	5AH	X 轴数据
	00H		60H	
	04H		01H	
CRC	E5C9H		00H	Y 轴数据
			47H	
			62H	
			01H	
			00H	
		CRC	C5B9H	

读取角度数据命令应用举例:

主机发送					01H	03H	00H	02H	00H	04H	E5H	C9H
从机回复												
01H	03H	08H	5AH	60H	01H	00H	47H	62H	01H	00H	C5H	B9H

注: 从机回复帧的数据域为 5AH, 60H, 01H, 00H, 47H, 62H, 01H, 00H

X 轴为数据域的第 1-4 字节, Y 轴为数据域的第 5-8 字节, 低字节在前。角度的表示方法为点数表示法, 一个点对应 0.001° , $0.001 \times (\text{点数} - \text{偏移})$ 即为角度。如测量范围为 $\pm 180^\circ$, 则总共点数为 360000 点。所以 0 对应 -180° , 360000 对应 $+180^\circ$, 180000 对应 0° 。

以上述数据帧为例: 角度的转换过程如下:

- 1) 得到当前角度点数, 注意, 低字节在前, X 轴为 0001605AH, Y 轴为 00016247H。
- 2) 转换为十进制, X 轴: 0001605AH $\rightarrow$ 90202, Y 轴: 00016247H $\rightarrow$ 90695。
- 3) 减去偏移量 180000 (注意: 该数值是与测量范围相关的一个量),
X 轴: $90202 - 180000 = -89798$, Y 轴: $90695 - 180000 = -89305$ 。
- 4) 得到最终角度, X 轴: $-89798 \times 0.001 = -89.798^\circ$, Y 轴: $-89305 \times 0.001 = -89.305^\circ$ 。

三.设置传感器相对/绝对零点 (Modbus 功能码 06H)

设置相对/绝对零点命令:		从机响应:	
传感器地址	01H	传感器地址	01H
功能码	06H	功能码	06H
访问寄存器首地址	00H	寄存器地址	00H
该字若为非零则为相对零点, 为零则为绝对零点	00H	该字若为非零则为相对零点, 为零则为绝对零点	00H
	FFH / 00H		FFH / 00H
	相对 / 绝对		相对 / 绝对
CRC	C84FH / 880FH	CRC	C84FH / 880FH

设置相对/绝对零点命令应用举例:

主机发送	01H	06H	00H	10H	00H	FFH	C8H	4FH
从机回复	01H	06H	00H	10H	00H	FFH	C8H	4FH

注：0010 为寄存器地址，该寄存器控制传感器输出为相对零点，还是绝对零点。若为非零（如上述例子中，被写入了 00FFH），则输出为相对零点。相反，若为零（将第 5，第 6 字节改为 00H），则为绝对零点。最后两字节为 CRC 校验和。

四. 设置传感器地址

设置传感器地址码命令：		从机响应：	
传感器地址	01H	传感器地址	01H
功能码	06H	功能码	06H
地址	00H	寄存器	00H
	11H	地址	11H
传感器的新地址	00H	传感器的新地址	00H
	04H		04H
CRC	D80C	CRC	D80C

命令都必须连续两次发送才会有效

设置传感器地址命令应用举例：								
主机发送	01H	06H	00H	11H	00H	04H	D8H	0CH
从机回复	01H	06H	00H	11H	00H	04H	D8H	0CH

注：0011H 为寄存器地址，该寄存器控制传感器地址。上述例子中，传感器的地址被改为了 0004H，最后两字节为 CRC 校验和。

五. 设置传感器波特率 (出厂默认是 9600bps)

设置传感器波特率：		从机响应：	
传感器地址	01H	传感器地址	01H
功能码	06H	功能码	06H
地址	00H	寄存器	00H
	12H	地址	12H
传感器的波特率	00H	传感器的波特率	00H
	XX		XX
CRC	CRC LH	CRC	CRC LH

XX： A0H:4800 A1H:9600 A2H:19200 A3H:38400 A4H:115200

命令都必须连续两次发送才会有效

设置传感器波特率命令应用举例：								
主机发送	01H	06H	00H	12H	00H	A2H	A8H	76H
从机回复	01H	06H	00H	12H	00H	A2H	A8H	76H

注：0012H 为寄存器地址，该寄存器控制传感器波特率。上述例子中，把传感器的波特率设置成 19200，最后两字节为 CRC 校验和。

六. 设置传感器通讯字符格式

设置传感器通讯字符格式:		从机响应:	
传感器地址	01H	传感器地址	01H
功能码	06H	功能码	06H
地址	00H	寄存器	00H
	09H	地址	09H
传感器更改通	00H	传感器的新格式	00H
讯字符格式	01H		01H
CRC	9808	CRC	9808
设置传感器通讯字符格式应用举例:			
主机发送	01H	06H	00H 09H 00H 01H 98H 08H
从机回复	01H	06H	00H 09H 00H 01H 98H 08H

以上举例为把字节格式设置成：一个起始位+8 个数据位无奇偶校验+1 个停止位

重新上电后有效。出厂默认是一个起始位+8 个数据位偶校验+1 个停止位

注：0009 为寄存器地址，该寄存器控制传感器通讯字符格式。

0000H:一个起始位+8 个数据位 偶校验+1 个停止位

0001H:一个起始位+8 个数据位 无校验+1 个停止位