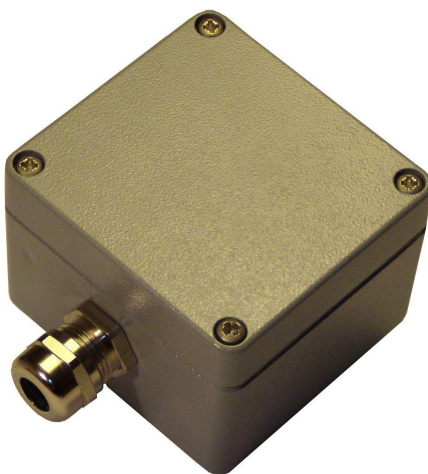


# SCK-11 倾角计

## 使用手册

- 固件: v.6.10 或更高
- 测量两个正交轴的倾斜和加速度



使用该设备或软件前请认真阅读使用手册。  
生产者保留更改的权利，恕不另行通知。

## 目录

1. 基本要求和使用者安全.....	<u>3</u>
2. 一般特性.....	<u>3</u>
3. 技术数据.....	<u>4</u>
4. 设备安装.....	<u>5</u>
4.1. 开箱.....	<u>6</u>
4.2. 组装.....	<u>6</u>
4.3. 连接方法.....	<u>7</u>
4.4. 维修.....	<u>11</u>
5. 工作原理.....	<u>12</u>
6. MODBUS 协议处理.....	<u>12</u>
6.1. 寄存器列表.....	<u>13</u>
6.2. 传输故障描述.....	<u>16</u>
6.3. 询问/应答帧示例.....	<u>17</u>
7. 强制地址 FFH.....	<u>19</u>

### 手册中使用的符号释义:



- 此符号标注有关设备安装和操作的特别重要的指示。不符合本符号所标出的指示可能会导致事故，损伤或设备损坏。

**如果不按该手册使用设备，可能产生的损害由用户自行负责。**



- 该符号标注该单元的特别重要的特性。请认真阅读带有该符号的信息。

## 1. 基本要求和使用者安全



- 制造商不为任何不当安装、不当的使用环境条件和与本机用途不符的使用所造成的损失负责。
- 安装应由有资质的人进行。在安装期间应考虑到所有适用的安全要求。安装人员负责按照本手册、当地安全规定和 EMC 规定执行安装。
- 该设备必须按照应用恰当设置。不正确的配置可能导致运行不良，从而可能引发设备受损或事故。
- 如果发生设备故障，可能会对人员或财产的安全造成严重威胁，必须采用独立的系统和解决方案来预防这种威胁。
- 该设备使用危险电压，可能导致致命的事故。（出现故障时）在故障排除开始安装之前，必须关闭设备并断开电源。
- 相邻和相连的设备必须符合相关的安全标准和规定，并配备充足的过压和干扰滤波器。
- 请勿试图自行拆卸，修理或修改设备。该设备没有用户可维修的部件。出现故障的设备必须断开连接并提交给经授权的服务中心进行维修。



- 请勿在有过度冲击、震动，灰尘，潮湿，腐蚀性气体和油的地方使用本机。
- 请勿在有爆炸风险的地方使用本机。
- 请确保环境温度（例：在控制盒中）不超过建议值。在这种情况下必须考虑使用强制冷却装置（如使用通风机）。



本机被设计在工业环境下使用，不得在家居或类似环境下使用。

## 2. 一般特性

双轴倾角仪模块 SCK-11 被设计用于固定测量两个正交轴相对于地面的倾角。建议测量角度范围保持在-70 到+70 度（相对于地面）。测量范围在-20 到+20 度之间的范围内时，两个轴的精度均优于 0.1 度。如果测量角度超出量程 $\pm 75$  度（相对于地面），测量误差会（在量程两侧都）提高 3 度。由于将新的标度值存储到内部寄存器，测量单位和分辨率可更改为任何其他线性。内置补偿寄存器，允许用户在安装后测量相对角度和自调零。

除了两个包含有关 **SCK-11** 安装平面相对于地面的角度（两个带补偿功能的角度的）信息的寄存器之外，另有两个包含同轴加速度的记录可用，这使对传感器移动的测量更加精确。这些记录的指示以地心引力的 1/1000 表示，对应于当传感器对地面的倾角等于 90 度时等于 1000 的读数。

附加的温度测量电路允许检查内部加速度计的温度并补偿测量结果。内部温度可作为第三个测量通道被用户读取。

铝合金外壳 IP 防护等级高，材质坚固，工作温度范围宽，且温度补偿电路使 **SCK-11** 能够在建筑物外部严酷的环境条件下使用（集装箱，平台，支架，吊臂等）。设备不应在强振动发生时使用，且不得用于安全系统。

**SCK-11** 配有 Modbus RTU 协议的 RS-485 通讯接口，可直接读取设备的测量值和完整配置。

### 3. 技术数据

电源	10... <u>24</u> ...36V DC (不分离)
电流消耗	运行中-典型值 12 mA @ 24V DC Modbus 传输时-最高可达 60 mA
角度检测器	MEMS
轴	2
建议最大测量角度范围	相对地面±70°
倾角测量单位	任意，工厂标定为“度”
倾角测量分辨率	从 0,001 到 1,用户配置
倾角测量误差	±30° 范围内: < 0,2%, max. ±0,05° @ 25°C ±70° 范围内: < 0,5%, max. ±0,2° @ 25°C
倾角测量非线性	±0,1%
建议最大重力测量范围	±1,5G (1G = 地球的重力加速度)
加速度单位	0,001 G
加速度分辨率	0,001 G
温度补偿	-40°C ~ +85°C
最大频率	10 Hz
通讯接口	RS 485, 8N1 / Modbus RTU, 不分离
波特率	1200 bit/s ÷ 115200 bit/s

防护等级	IP 67
外壳类型	壁装式
外壳材质	铝
外壳尺寸	
无密封盖	75 x 80 x 57 mm
有密封盖	100 x 80 x 57 mm
重量	350 g
运行温度	
允许	-40°C do +85°C
建议	-30°C do +60°C
贮藏温度	-40°C do +85°C
海拔	最高可达海平面上 2000 米
固定	上墙, 2 个 M3 螺栓
连接线	4 条导线 (2 条电源线 + 2 条数据传输线) 隔离 推荐: UNITRONIC - FD® CP (TP) plus
拧紧螺丝的最大扭矩	0,5 Nm
连接导线的最大直径	2,5 mm <sup>2</sup>
EMC	PN-EN 61326-1



在温度 25°C, 最大测量过滤 (内部数字滤波器) 启用的情况下, 在两个轴上进行静态测量时, 测量误差被判定。为了尽量减少电磁噪声的影响, 请参阅[连接方法](#)一章中的注意事项。由于装置所在元件的强大机械应力, 测量结果可能会略有波动。



这是一个 **A 级** 设备。在住房或类似的区域可能会造成无线电频率干扰。在这种情况下, 可以要求用户采取适当的预防措施。

## 4. 设备安装

该设备的设计和制造方式确保了用户安全的高标准和对典型工业环境中发生的干扰的抵抗。为了充分利用这些特性, 设备的安装必须按照当地法规正确进行。



- 必须由具备资质的人员进行安装。
- 开始安装前请阅读第 3 页的基本安全要求。
- 所有安装工作必须断开电源进行。

## 4.1. 开箱

从保护包装中取出设备后，检查运输损坏情况。有任何运输损坏必须立即报告给承运人。另外，请记住外壳上的设备序列号，并向制造商报告损坏情况。

随设备配有以下附件，请查看：

- 保修单，
- **SCK-11** 设备使用说明书

## 4.2. 组装



- 组装前请断开电源。
- 打开设备开关前请检查运行连接是否正确。

为安装设备，请按图 4.1 准备针孔。外壳背面（有安装孔）应使用螺栓安装。

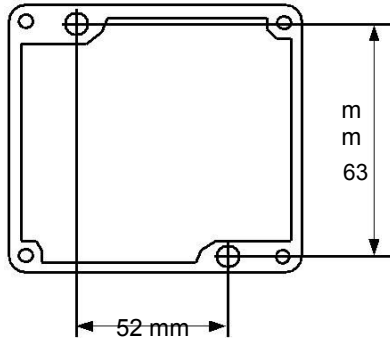


图 4.1. 针孔间的距离



设备不应在发生强振动时安装，且不得用于安全系统。

### 4.3. 连接方法

#### 警告



- 安装应由有资质的人进行。在安装期间应考虑到所有适用的安全要求。安装人员负责按照本手册、当地安全规定和 EMC 规定执行安装。

该设备没有被完全隔离。当设备安装在户外时，需特别注意安装方法。用户应该采取适当的措施在雷电情况下保证安全，安全装备包括分离器，隔离器等。金属外壳导致了发生电击的风险。为了避免事故，在设备和其他施工细部之间应做出额外的 PE 连接。

- 接线必须符合适当的标准和当地的法律法规。

- 拧紧固定螺丝。推荐的拧紧扭矩为 0.5 Nm。螺丝松动可能导致活板或运行不良。拧得过紧可能导致损坏设备内的连接且破坏螺纹。

- 设备配有外壳、盖板和密封包装，防止设备进水。请特别注意使它们正确地拧紧或夹紧。如有任何疑问，请考虑额外的防护措施（加盖、罩顶、密封等）。组装不仔细可能增加电击的风险。

由于工业安装可能会带来严重的干扰，必须采取适当的措施确保设备的正常运行。为避免设备不当指示，请遵照下列建议：

- 请避免信号电缆、传输电缆以及电源线和感性负载控制线（如：接触器）的共同（并联）引出。这些电缆应该以正确的角度交叉。
- 接触器线圈和感应负载应配有抗干扰防护系统，如 RC-type。
- 建议使用屏蔽信号电缆。信号电缆屏蔽只应在屏蔽电缆一端接地。
- 在磁感应干扰的情况下，推荐使用信号电缆双绞线（所谓的“螺旋”）。螺旋（最好是屏蔽）必须与 RS-485 串行传输连接一起使用。
- 在电源侧干扰的情况下，推荐使用适当的抗干扰滤波器。请记住，过滤器与设备之间的连接应尽可能短，并且过滤器的金属外壳表面必须尽可能大面积接地。连接到滤波器输出端的电缆不能与带干扰的电缆（如：控制继电器或接触器的电路）并联运行。

使用圆形横截面，周长约 0.5mm 的电缆 2x2x0.5（屏蔽双绞线），用于连接设备。推荐使用的电缆型号是：UNITRONIC-FD®CP（TP）plus，这种线对于恶劣的环境条件具有相当的适用性。

### 推荐的设备准备电线和连接方法

1. 准备电线：在电线的约 55mm 处除去外部隔离层。拧好屏蔽线并放入隔离管 (或胶带)，然后压接端子。在余下的外部隔离层上距边缘 15mm 的位置割一个切口。

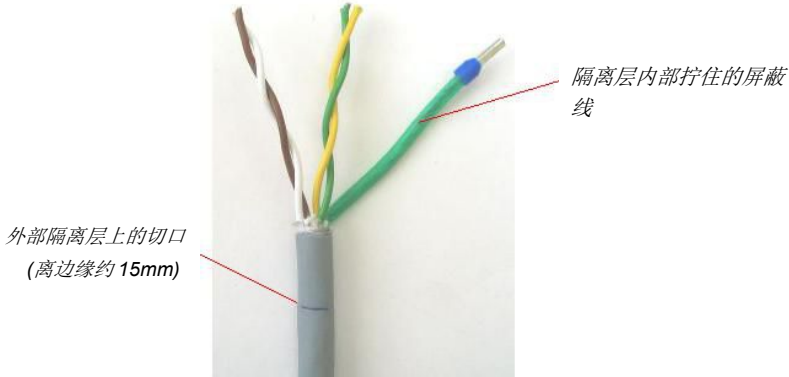
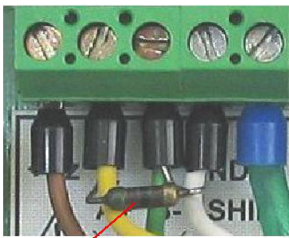


图 4.2. 准备电线

2. 导线的无绝缘端插入密封管 (图 4.3)。电线的末端应该是无绝缘且压接的。如果该设备是 RS-485 总线的最后一个模块，则结束终端 (电阻  $100\Omega$ ) 应与电线末端压接在一起 (图 4.3)。一对导线连接到 RS-485 总线端子，另一对连接到电源端子。之后，将外部隔离层滑动少许，以露出约 5 毫米的屏蔽线 (图 4.3)。



终端电阻 ( $100\Omega$ ) 与  
总线电线末端压接



屏蔽线暴  
露的部分

图 4.3. 连接



3. 将屏蔽线的裸露部分插入密封管（拉住电线的另一端），以确保其与外壳通过密封管内的弹簧得到良好的电气接触（图 4.4,4.5）。特别注意确保外部隔离层（而不是暴露的屏蔽线）在密封管内的 O 形密封圈之下。（图 4.5）。



图 4.4. 恰当地连接

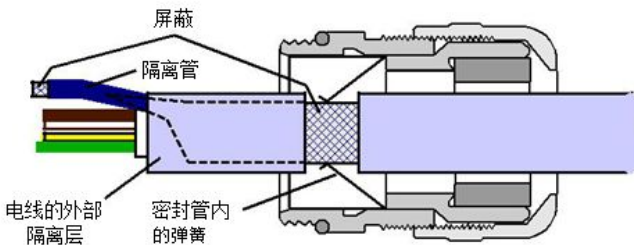


图 4.5. 正确连接屏蔽线和密封盖内的弹簧。

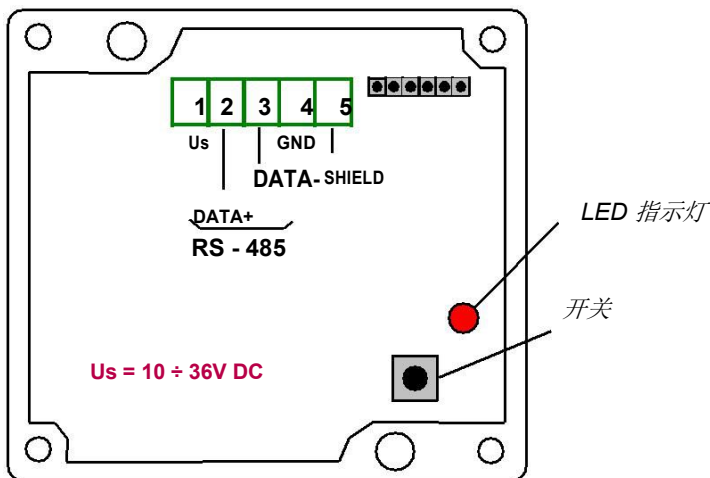
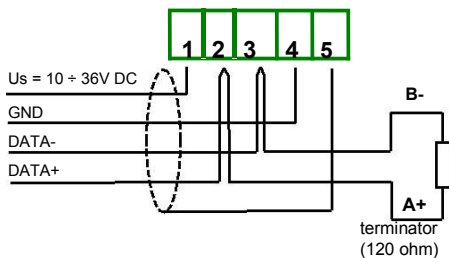


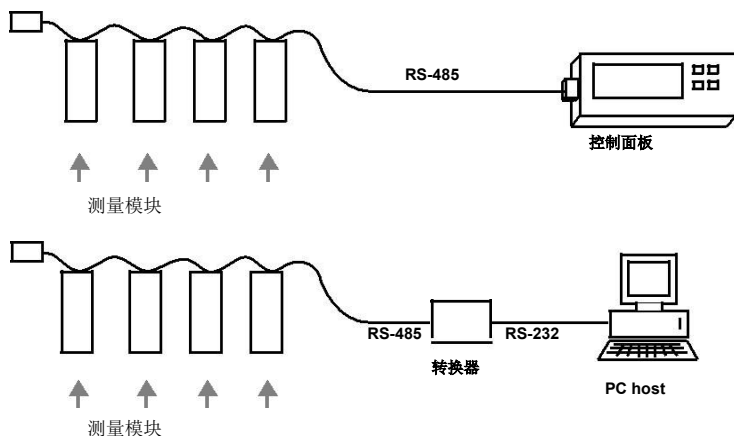
图 4.6. 模块盒内部的元件位置



网络中最后一个模块必须以 100÷150 Ohm 电阻终止。

图 4.7. 模块到网络的连接

传感器应用的一个例子是多点监测系统（图 4.5）。在 MODBUS 网络中使用控制面板（即 SIMEX 公司生产的 SPA-99）作为 MASTER，同时显示所有测量点的读取信息。



**i** RS-485 总线两端均应配有终端电阻(100-150 ohm)。总线不得有分支，长度不得超过 1 千米。

图 4.8. 传感器应用示例

#### 4.4. 维修

该设备内部没有任何用户可更换或调节的部件。请注意该设备工作所在空间的环境温度。温度过高会导致设备内部元件的加速老化，缩短设备的无故障工作时间。

如果设备变脏，请勿用溶剂清洁，而是用温水加少量清洁剂来清洗。在脏污更严重的情况下，使用乙醇或异丙醇。



使用其他任何药剂均可能导致外壳的永久性损坏。



标有该标志的产品不可放入城市垃圾中。请查看当地关于处理电子产品的规定。

## 5. 工作原理

该模块配有 MEMS 结构的集成角度探测器。它将自身相对于（在两个正交轴上的）引力矢量的位置处理成电信号，由微控制器进行数字化和重新计算。同时测量 MEMS 温度，其结果用于补偿角度测量（每个模块在生产时单独校准）。然后根据比例系数重新计算补偿后的角度。比例系数等于所需单位上的直角。测量的分辨率恒等于用户选择的小数点位置。出厂设置为：标度 90 度，两轴上的小数点位置设置为 2。这样的设置允许以 0.01 度的分辨率测量角度，并在 -9000 到 +9000 范围内给出结果。将值 100 写入“比例寄存器”，可以获得分级的测量结果，分辨率为 0.01（结果在 -10000 至 +10000 范围内）。将值 1570 存储到“比例寄存器”中，将值 0 存储到“小数点位置”中，可以获得以弧度（或精确来说，微弧度）表示的结果。理论上，直角的结果为 1570（1.57 rad），所以测量的分辨率为 0.001 rad。更改比例寄存器时，必须特别注意小数点位置设置。设置此寄存器以确保预期结果可以以两个字节存储（单个寄存器），并设置以简化结果的解释。

附加的补偿寄存器允许对选定的零点进行相对测量，并对安装移位进行纠正。请记住，测量一直是相对地面进行（并用补偿寄存器重新计算），提及的精度和测量误差与相对于地面的角度相关。测量时要特别注意这个事实。补偿寄存器不会根据比例和小数点重新计算值，因此在比例改变后必须重置它们。为了简化相对测量，固件会以特殊的程序在选定的零点设置补偿寄存器（两个轴各自独立）。

任何 MASTER 控制器（即控制面板或 PC）都可以读取 SCK-11 模块的数据。每个模块都有工厂设置的地址 FEh。它可以通过 RS-485 接口进行更改，也可以通过按下内部开关手动进行更改（请参阅：FORCING OF ADDRESS FFh）。存储在内部 EEPROM 中的所有设置和校准数据都可以通过 RS-485 接口在固定的寄存器编号下使用。在保修中担保损失的限制下，禁止更换设备的任何校准寄存器。

LED 指示灯安装在模块主板上，它指示了以下情况：

- 正常运行模式 - 每秒闪烁一次
- handmade forcing of address FFh 且 波特率 9600 bit/sec. - 长亮

## 6. MODBUS 协议处理

传输参数: 1 起始位, 8 数据位, 1 停止位, 无奇偶控制  
 波特率: 可从: 1200 ~ 115200 bits/sec 中选择  
 传输协议: MODBUS RTU 兼容

设备参数和测量结果通过 RS-485 接口提供，作为 Modbus RTU 协议的夹持式寄存器。寄存器（或寄存器组）可以通过 03h 功能读取，并按照 Modbus RTU 规范按 06h（单个寄存器）或 10h（寄存器组）写入。03h 和 10h 功能的最大组大小不能超过 5 个寄存器（单帧）。

设备解释广播消息，但不发送答案。

## 6.1. 寄存器列表

所有值均以十六进制表示。

寄存器	写入	范围	寄存器描述
01h <sub>1</sub>	No	见描述.	X 轴角度结果。该寄存器包含 X 轴的相对角度，取决于 X 标度寄存器 (reg. 34h) 和小数点位置 (reg.32h)，该寄存器的出厂设置范围为±9000，表示角度±90，分辨率为 0.01°
02h <sub>1</sub>	No	见描述..	Y 轴角度结果。该寄存器包含 Y 轴的相对角度，取决于 Y 标度寄存器 (reg. 35h) 和小数点位置(reg. 33h)。该寄存器的出厂设置范围为±9000，表示角度±90，分辨率为 0.01°。
03h	No	见描述.	<b>高字节:</b> X 轴测量状态 <b>低字节:</b> Y 轴测量状态  <b>00h</b> – 无故障 <b>40h</b> – 欠流故障，测量值低于最低允许值 <b>80h</b> – 过流故障，测量值高于允许值
04h	Yes	见描述	<b>高字节:</b> X 轴的小数点位置 <b>低字节:</b> Y 轴的小数点位置 每个字节可获取值 0 ÷ 3。该寄存器的内容是 32h 和 33h 寄存器的累积附件——关于这些寄存器的所有说明，都对寄存器 04h 很重要。 出厂设置: 0202h
05h	No	见描述	内部加速计温度温度以十分之一摄氏度表示。 例: 值 253 意为 25.3°C.
06h	No	见描述	温度传感器状态: <b>高字节</b> - 硬件状态: 0x00 – 无硬件故障 0xFE – 数据线 Vcc 或 GND 的快捷方式 0xFF – 未探测到传感器  <b>低字节</b> - 数据状态 0x00 – 无测量故障 0x01 – 未知故障 0x02 – 传感器初始化故障 0x03 – CRC 故障
08h ÷ 0Fh	No	见描述	校准故障 (只读)
11h	No	-1500 ÷ 1500	X 轴加速
12h	No	-1500 ÷ 1500	Y 轴加速
20h <sub>2</sub>	Yes	0 ÷ 199	Modbus 地址。出厂设置 = FEh

寄存器	写入	范围	寄存器描述
21h	No	2071h	设备 ID
22h <sub>3</sub>	Yes	0 ÷ 7	波特率 <b>0</b> - 1200 bit/sec.; <b>1</b> - 2400 bit/sec.; <b>2</b> - 4800 bit/sec.; <b>3</b> - 9600 bit/sec.; <b>4</b> - 19200 bit/sec.; <b>5</b> - 38400 bit/sec.; <b>6</b> - 57600 bit/sec.; <b>7</b> - 115200 bit/sec. 出厂设置 <b>3</b> (9600 bit/sec)
23h <sub>4</sub>	Yes	0 ÷ 1	通过 RS-485 接口写入寄存器的权限: <b>0</b> - 拒绝写入; <b>1</b> - 允许写入
30h	Yes	0 ÷ 5	X 轴测量滤波 滤波器的值决定了数据过滤的速率。过滤是通过指数数字滤波来实现的。数值 <b>0</b> 关闭过滤器, 数值 <b>5</b> 过滤最大化。 警告: 启用过滤最大化时, 测量结果更新会大幅减慢, 因此使用该设备时必须非常仔细地选择过滤速率。 出厂设置 <b>0</b> .
31h	Yes	0 ÷ 5	Y 轴测量滤波, 见以上说明。
32h	Yes	0 ÷ 3	X 轴角度测量的小数点位置。该寄存器对 X 轴的分辨率有影响。如果将值 <b>0</b> 存储到该寄存器, 会导致 X 轴直角理论值结果将等于 X 轴的比例寄存器 (reg.34h - 出厂设置为 <b>90</b> )。将 <b>1</b> 存储到寄存器 <b>32h</b> 中, 将得到的值乘以 <b>10</b> ; 存储 <b>2</b> , 将乘以 <b>100</b> ; 存储 <b>3</b> , 将乘以 <b>1000</b> 。请注意, 获得的角结果 (reg.01h) 由 2 字节值表示, 且必须正确选择其范围。当标度设置为 <b>90</b> , 小数点为 <b>3</b> 时, 理论上的最大结果是 <b>90000</b> , 而这个值不能用 2 个字节表示 (单个寄存器)。 出厂设置 <b>2</b> .
33h	Yes	0 ÷ 3	Y 轴角度测量的小数点位置, 见以上说明
34h	Yes	0 ÷ FFFFh	X 轴角度测量比例 该寄存器定义了当 X 轴上出现相对地面的直角时的理论结果 (由小数点寄存器扩展)。该寄存器的出厂设置为 <b>90</b> , 这使其以度为单位测量。小数点 ( <b>2</b> ) 的出厂设置允许 X 角寄存器 (reg.01h) 得到 <b>0.01</b> 度的分辨率。出厂设置 <b>90</b> 。
35h	Yes	0 ÷ FFFFh	Y 轴角度测量比例, 见以上说明。

寄存器	写入	范围	寄存器描述
36h	Yes	-1000 ÷ 1000	X 轴的角度测量补偿 从当前重新计算的 X 轴上的角度减去该寄存器的值，结果可用作寄存器 01h 中的 X 角。使用该寄存器可以轻易纠正装配移位和相关测量。请记住，测量精度取决于相对地面的角度（而不是补偿，和结果寄存器）。
37h	Yes	-1000 ÷ 1000	Y 轴的角度补偿测量，见上文说明。
38h	Yes	-100 ÷ 100	X 轴加速补偿
39h	Yes	-100 ÷ 100	Y 轴加速补偿
3Fh	Yes	0 ÷ 2	测量速率： <b>0</b> - 最多 4 次测量 / sec. 每个通道 (默认) <b>1</b> - 最多 7 次测量 / sec. 每个通道 <b>2</b> - 最多 15 次测量 / sec. 每个通道 警告：提高测量速率会导致测量噪音升高（与测量率成比例）
40h ÷ 47h	-	见描述	校准寄存器 切勿修改该寄存器！ 在质保中担保损失的限制下，禁止修改本设备的任一校准寄存器
0FFF0h 0FFF1h	No	见描述	设备序列号
0FFF2h	No	2071h	设备 ID
0FFF3h	No	见描述	软件版本
0FFF4h	No	见描述	编译版本

寄存器	写入	范围	寄存器描述
0FFFFh	Tak	0601h, 0602h, 0603h,  0611h,  0612h,  0613h	<p>特殊功能寄存器</p> <p>该寄存器允许用户对设备做一些自动内置操作。在写入寄存器前，要求写入以下三条内容以进行功能初始化：</p> <p>值 0x5465 输入 0xFFFFD 寄存器， 值 0xDDDD 输入 0xFFFFE 寄存器， 值 0x8000 输入 0xFFFFF 寄存器。</p> <p>用户有 1 个功能可用： <b>06h</b> – 自补偿。该设备将计算出的 X 轴和 Y 轴的角度存入补偿寄存器，并将实际位置设置为“零点”</p> <p>自补偿前清空补偿寄存器 功能号应以寄存器的高字节写入，通道号以低字节写入：</p> <p>01h - X 轴角通道， 02h - Y 轴角通道， 03h - 双轴角通道， 11h - X 轴加速度通道， 12h -Y 轴加速度通道 13h - 双轴加速度通道。</p> <p><b>警告：</b> 不要尝试其他功能代码，因为这可能毁坏出厂校准设置，并使质保失效。</p>

- 1 - 模块在量程内保持技术数据所示的精度不变。
- 2 - 在给寄存器写入 no 20h 之后，设备在消息中响应“旧”地址。
- 3 - 在给寄存器写入 no 22h 之后，设备在消息中响应新波特率。
- 4 - 寄存器 23h 的值也被连接以写入该寄存器，所以通过 RS-485 可能屏蔽写入，但不可能解除屏蔽写入。写入的屏蔽只可能通过“FFh 地址强制”程序解除。

## 6.2. 传输故障描述

如果在单寄存器写入或读取时发生故障，设备会按照 Modbus RTU 规范发送故障代码。

角度测量故障代码:

00h - 无故障 (仅用于状态寄存器).

80h - 测量值高于最高允许值

40h - 测量值低于最低允许值

寄存器内的测量故障是测量精度、校准不佳或修改校准寄存器造成的。



温度补偿故障代码:

00h - 无故障 (仅用于状态寄存器)

01h - 未知故障 (仅用于状态寄存器低字节)

02h - 传感器初始化故障(仅用于状态寄存器低字节)

03h - CRC 故障 (仅用于状态寄存器低字节)

FEh - 数据线 Vcc 或 GND 的快捷方式 (仅用于状态寄存器高字节)

FFh - 未检测到传感器 (仅用于状态寄存器高字节)



故障代码可以是两个或多个故障的逻辑和。传感器故障通常不会中断测量结果的实现，并且可以使用多寄存器模式读取当前结果（在单寄存器模式下模块发送异常代码）。

### 6.3. 询问/应答帧示例

示例适用于地址为 1 的设备。所有值均以十六进制表示。

字段描述:

<b>ADDR</b>	Modbus 网络上的设备地址
<b>FUNC</b>	功能代码
<b>REG H,L</b>	起始地址 (第一个读/写的寄存器的地址, )
<b>COUNT H,L</b>	读/写的寄存器数目 (高&低字节)
<b>BYTE C</b>	应答帧上的数据字节计数
<b>DATA H,L</b>	数据字节 (高&低字节)
<b>CRC L,H</b>	CRC 故障检查 (高&低字节)

**例 1.** 该帧包含了 X 角 (标度 90°+ 小数点后 2 位) 对使用地址 1 的 **SCK-11** 设备发出的询问 (单寄存器询问)。

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
01	03	00	01	00	01	D5	CA

a) 设备的应答 (无故障)

ADDR	FUNC	BYTE C	DATA H,L		CRC L,H	
01	03	02	00	FF	F8	04

DATA H,L - 结果以 0.01° 为单位表示 (该案例中为 2.55°)

b) 应答 (若发生故障):

ADDR	FUNC	ERROR	CRC L,H	
01	83	40	40	C0

ERROR - 故障代码 (意为角度小于 -90°)

例 2. ID 代码读取

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
01	03	00	21	00	01	D4	00

应答:

ADDR	FUNC	BYTE C	DATA H,L		CRC L,H	
01	03	02	20	71	61	A0

DATA L - 识别码 (2071h)

例 3. 设备地址从 1 变为 2 (写入 reg. 20h)

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
01	06	00	20	00	02	09	C1

DATA H - 0

DATA L - 新地址 (2)

应答 (与消息相同):

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
01	06	00	20	00	02	09	C1

例 4. 多个寄存器询问, 起始寄存器 01h, 寄存器数目读取 2

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
01	03	00	01	00	02	95	CB

应答:

如果两个轴 (X & Y) 都进行了正确的角度测量 (都标度为 90°+ 小数点后 2 位)

ADDR	FUNC	BYTE C	REG 01		REG 02		CRC L,H	
01	03	04	00	C1	0A	5A	2D	54

应答的解释:

- X angle 00C1h = 193, 意为 1.93°

- Y angle 0A5Ah = 2650, 意为 26.50°



该设备没有完全实施 Modbus 协议。只有以上展示的功能可用。

## 7. 强制地址 FFH

新设备已设置为 Modbus 地址 0xFE。为加强系统安装（或重新安装，但设备实际地址未知）的进程，开发了特殊的运行模式。它允许使用安装在模块主板上的内部瞬时开关对单模块强制特殊地址（对于该设备，地址为 0xFF）(图 4.2)。此外，该进程强制波特率默认值为 9600 bit/sec。

要将设备地址强制为此特殊值，请打开模块电源，并等到 LED 指示灯每 1 秒闪烁一次。接下来按下内部开关按钮并保持至少 4 秒钟。当按下按钮时，LED 指示灯熄灭，直到重新寻址。大约 4 秒后，LED 指示灯开始长亮 - 表示模块地址已被更改为特殊值（此处为 0xFF） - 然后松开开关。此时 MASTER 控制器应该找到新的设备并对它重新寻址（建议设置不同于 0xFF 和 0xFE）。远程重新寻址 LED 指示灯熄灭后，再次开始闪烁。

将设备地址从 FEh 改为 01h:

ADDR	FUNC	REG H,L		COUNT H,L		CRC L,H	
FE	06	00	20	00	01	5D	CF

应答与消息相同。