

GK-6150E MEMS 型数字可寻址固定测斜仪

(RS-485)

安装使用手册

(REV INIT 02/06/2018)

基康仪器股份有限公司编译

地 址：北京市海淀区彩和坊路 8 号天创科
技大厦 1111
邮 编：100080

网 址：www.geokon.cn
电 话：010-62698899
传 真：010-6269886

保证条款：

基康公司证明其产品在正常使用的情况下，从购买后的 13 个月内，在材料和工艺方面不会出现任何问题。如果设备失灵，应将其返回基康公司进行评估并预付运费。经基康检查，如果属于质量问题，基康公司将免费维修或更换。如果设备显示因过度腐蚀、高温、潮湿或震动、以及规格选用不合理、不适当的使用或其它超过基康控制的工作条件引起的损坏，则与本条款无关。由使用造成的非正常磨损或损坏不属于本条款范围。保险丝和电池不在保修范围内。

对于基康制造的科学仪器，错误的使用具有潜在危险。要求有资格的人员来安装这些仪器。除了本文提到的条款，未做其它保证。也未以明示或暗示的方式做其它的保证，包括但不限于关于适销性和某一特定用途的适用性的暗示保证。基康公司对由于其它设备引起的损坏或损失概不负责，无论是直接的、间接的、偶然的、专门的或随后产生的，这些对用户来说都可能是安装或使用产品中经验积累的结果。由于基康公司的任何违反协议或由于任何保证条款而对用户的全部补偿都不超过用户购买设备或装置支付给基康公司的购买价格。设备安装在恶劣环境下时，基康对因设备的搬迁移动或再安装引起的损失均不负任何责任。

为了保证正确性，每次在准备说明书和（或）软件时，都尽可能采取预防措施，但基康公司既不承担可能出现的任何疏漏的责任，也不承担任何由于使用产品而引起的损坏或损失，这与手册及软件中的信息相一致。

未经基康仪器股份有限公司书面同意，不能以任何手段翻印该安装使用手册。

该手册包含的信息准确可信。基康仪器股份有限公司不承担任何疏漏或误释的责任。信息如有变更，不另行通知。

目 录

1. 介绍.....	1
2. 安装.....	1
2.1 初步测试.....	1
2.2 组装和安装.....	2
2.2.1 底部滑轮组件.....	2
2.2.2 传感器定位.....	4
2.2.3 传感器安装.....	5
2.3 USB 到 RS-485 转换器.....	5
2.4 六针防水连接器.....	6
3. 协议.....	7
3.1 Modbus 介绍.....	7
3.2 ModbusRTU 概述.....	7
3.3 Modbus 表.....	7
4. 数据整理.....	10
4.1 倾角计算.....	10
4.2 挠度计算.....	10
4.3 温度校准.....	11
4.4 环境要素.....	12
5. 故障排除.....	12
附录 A. 规格.....	13
附录 B. 示例校准表.....	14
附录 C. MODBUS 可寻址系统.....	16
C.1 Modbus 通讯参数.....	16
C.2 错误代码.....	16
附录 D. 用 CRBASIC 编程 6150E RS-485 可寻址测斜仪.....	17
D.1 示例 CR1000 程序.....	17
D.2 示例 CR6 程序.....	19
附录 E. 跌落与长度之比.....	21

图

图 1- 电缆连接详图	1
图 2- 线端终端	2
图 3- 底部滑轮组件	3
图 4- A+方向	4
图 5- 传感器定位	4
图 6- 型号 6150E 安装	4
图 7- 电缆连接详图	5
图 8- RS-485 转换器的 USB	6
图 9 防水外插头	6
图 10 防水内插针	6
图 11- 挠度间隔	11
图 12- 型号 6150E 示例率定表, 传感器 A.	14
图 13- 型号 6150E 示例校准表, 传感器 B.	15
图 14- 允许跌落图示	21

表

表 1- USB 到 RS-485 接线图	6
表 2- 六针接线图	6
表 3- 寄存器地址和格式	8
表 4- 设备控制地址	8
表 5- 非易失性内存	9
表 6- 预编程设备信息	10
表 7- 6150 型微机电倾斜传感器规范	13
表 8- Modbus 通讯参数	16
表 9- 错误代码	16

方 程

方程 1- 校正倾角	10
方程 2- 倾角变化	10
方程 3- 侧向位移	10
方程 4- 偏移量计算	11
方程 5- 挠度计算	11

1. 介绍

GK-6150E MEMS 型数字可寻址固定测斜仪(RS-485)可长期监测大坝、路堤、基础墙等结构的变形情况，以及在类似领域进行应用。仪器的基本原理是利用在建筑物内部钻孔，装入测斜仪传感器，以准确测量建筑物或结构内部的倾斜状态。该仪器安装在标准槽型测斜仪套管中，该套管安装在钻孔内。通过该仪器的不断监测，可以非常精确地测量钻孔剖面的变化。每个倾斜传感器都是单独串行化和校准的，对每个传感器都提供显示传感器输出值与倾角之间关系的率定表。

每个倾斜传感器由两个可寻址的微机电系统(MEMS)器件组成，安装在密封的不锈钢外壳内。这些器件测量钻孔的“A”和“B”轴。每个传感器包含有一个温度传感器。

每个倾斜传感器通过四芯母线电缆相互连接。每个传感器都从外壳顶部和底部伸出有一定长度的电缆。从传感器顶部伸出的电缆连接有一个外插头，从传感器底部伸出的电缆连接有一个内插头。该线的最上面的传感器没有外插头；而是由客户所指定终端来连接所选择的读数仪(计算机、数据记录仪、SCADA 系统等)。

不锈钢管用于机械性地连接传感器，并将其固定在客户指定的间隔上。倾斜传感器外壳在其上端有轮组和万向节。这将传感器定位在套管中心位置，可以使间隔管的相对运动畅通无阻，并适应套管的任何螺旋运动。整个线通常由一个悬挂支架从套管顶部支撑着。

2. 安装

2.1 初步测试

在安装之前，应检查传感器是否正常工作。需要完成以下内容：

- 1) 根据传感器上的标签和提供的文件，将传感器按正确的顺序放置。
- 2) 将传感器连接在一起，方法是将从一个传感器底部引出的电缆插入到从下一个传感器顶部引出的电缆上。

注意！在连接传感器时，请确保将内插头外部的两个“凸点”与外插头外部的“凸点”对齐。这将确保插头内部的插针和插孔可以准确对齐。将外插头和内插头推到一起，直到它们完全匹配起来为止（图 1）。



图 1- 电缆连接详图

- 3) 一旦所有传感器连接完毕，将线端终端（图 2）插入底部传感器的内插头上。



图 2- 线端终端

- 4) 将接好的线连接到读数仪或数据采集系统上。
- 5) 将第一个传感器保持在垂直位置，并观察读数。在读取数据时，倾斜传感器必须保持在一个稳定的位置。观察到的读数应接近出厂垂直读数。向正方向倾斜（如传感器上标记的 A+或 B+）应能产生更高的读数。向负方向倾斜（A-或 B-）应产生递减读数。读数仪上显示的温度应接近环境温度。对其它的传感器也重复此过程。
- 6) 完成了初步测试后，将这根线与读数仪断开。然后，断开所有传感器电缆。（线端终端可以留在底部传感器上。）

如果这些初步测试中出现任何失败，请参见第 5 节中的故障排除。

2.2 组装和安装

请注意：

- 以下组装过程中使用的 1 英寸螺帽已经安装在工厂的轮组上了，在连管之前必须先拆卸掉。
- 该线发货时带有几颗备用的螺帽和螺母。更小的 3/8”螺帽是轮组件连接到传感器的备用螺丝。
- 组成 IPI 线的管长度显示在与校准表一起提供的表格中。如果传感器的间距太长，而一根管子的长度不够时，用一个专门的接头把两根管子连接在一起。使用一英寸的螺帽和螺母来连接。
- **在所有螺纹连接上使用 Loctite222 螺纹防松剂**

2.2.1 底部滑轮组件

底部滑轮组件没有万向节，只有一个转轮，标记为“6300-5 底部”。用一套 10-32 螺帽和螺母将此轮组连接到管的适当部位。注意，在所有螺纹连接上都需要使用 Loctite 222 螺纹防松剂。

强烈建议在安装底部滑轮组件时使用安全钢缆。不但可以在节点松动时拉回组件，也可以将组件平稳地放入套管。

从基康公司购买的安全钢缆在一端有一个有眼螺栓。将有眼螺栓滑动到

10-32 螺帽上，此有眼螺栓用于将套管的第一部分连接到底部滑轮组件上。将另一个螺母拧紧到螺帽上，将两个螺母之间的安全电缆卡紧。完整的底部滑轮组件如图 3 所示。

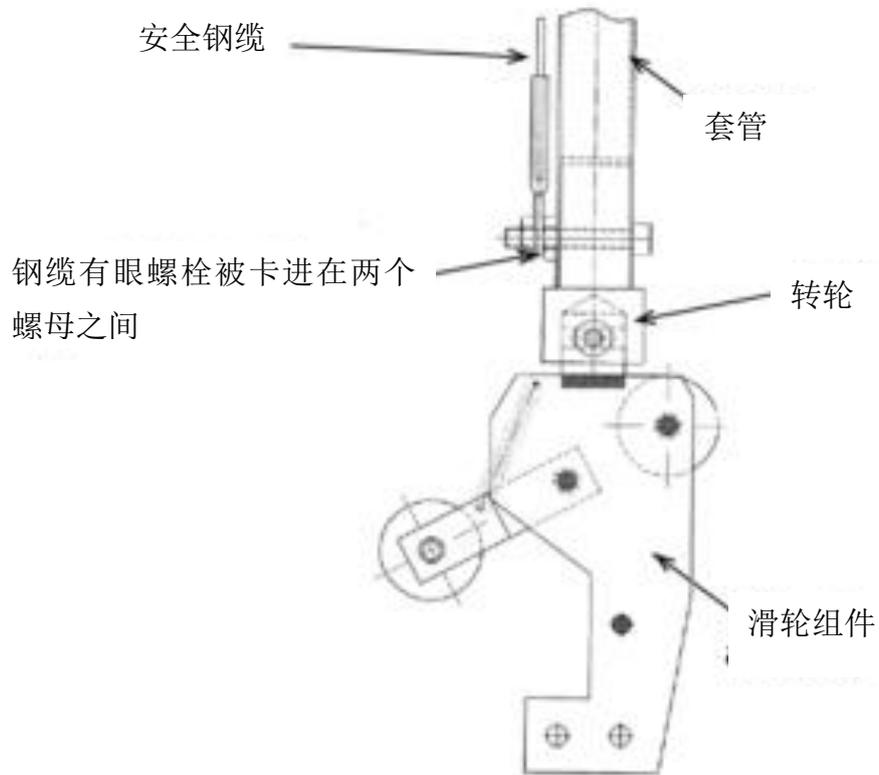


图 3- 底部滑轮组件

2.2.2 传感器定位

所有的滑轮组件安装在外壳里时都应该朝向同一个方向(如图 6 所示)。在工厂时滑轮组件的固定轮安装朝向传感器的 A+方向 (图 4)。

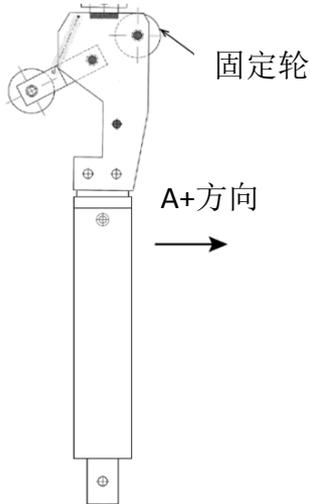


图 4- A+方向

按惯例建议将 A+ (固定轮) 方向指向与预期运动相同的方向, 即朝向正在监测的开挖方向, 或者在监测边坡的稳定性时偏向下坡的方向。

在传感器中还包括第二 MEMS 器件, 并且从第一个器件按顺时针 90° 方向安装。这是传感器的 B+方向 (图 5)。

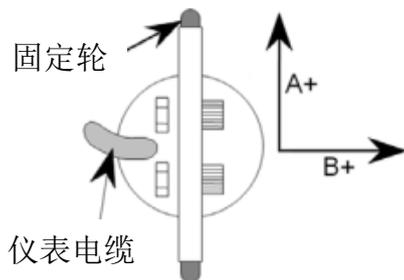


图 5- 传感器定位

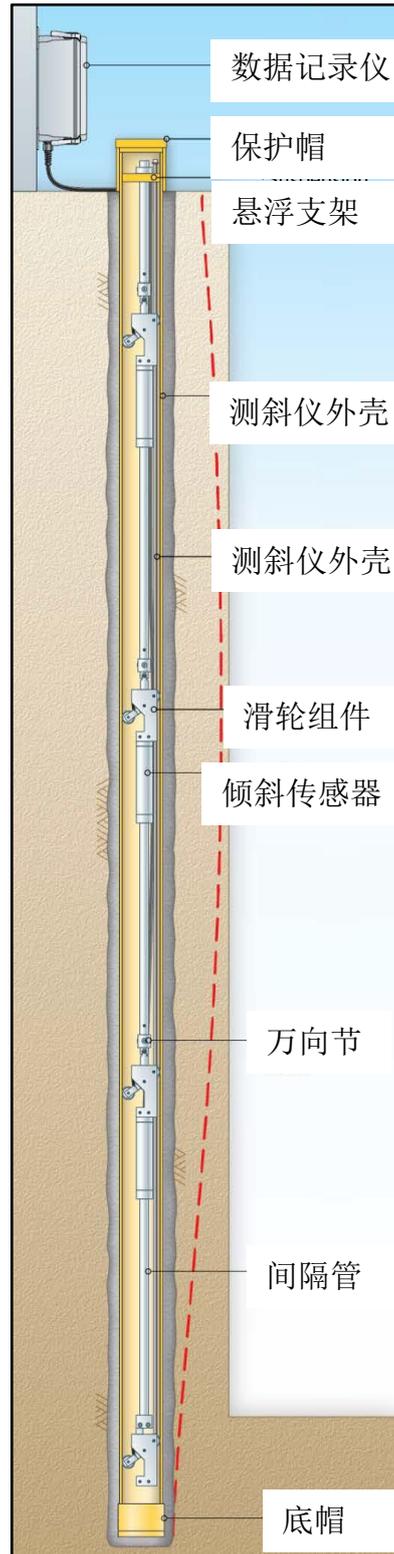


图 6- 型号 6150E 安装

2.2.3 传感器安装

将安装在底部滑轮组件上的管子连接到线上最下面的那个传感器的底部。然后，再安装一套 10-32 螺帽和螺母。（记住在所有螺纹连接上使用 Loctite 222 螺纹防松剂。）

将底部滑轮组件插入外壳中，确保固定轮定位正确。（见上文第 2.2.2 节）使用安全钢缆降低滑轮组件和套管进入孔中，直到底部传感器到达套管顶部。

应该使用某种夹具（如连接在管子上的副夹头或将一把螺丝刀放在传感器下面）将滑轮组件固定在套管内顶部。

使用与前面相同的硬件，将下一段管子连接到底部传感器的滑轮组件上，然后将其连接到线上的下一个传感器。将底部传感器的外插头插入其上方传感器的内插头上。**注意！在连接传感器时，请确保将内插头外部的两个“凸点”与外插头外部的“凸点”对齐。这将确保插头内部的插针和插孔可以准确对齐。将外插头和内插头推到一起，直到它们完全匹配起来为止（图 7）**



图 7- 电缆连接详图

如果需要，可将计量器电缆绑在管子上。为了增加安全性，可以将接头捆绑在一起。

使用安全钢缆降低底部传感器和套管进入孔中，直到下一个传感器到达套管顶部。当将传感器插入套管时，确保正确定位传感器的 A+ 方向。

继续在传感器上添加管子，将传感器电缆连接在一起，并将连线降低进入到套管中，直到最上面的传感器与套管顶部对齐。

根据需要，将悬挂支架连接到顶部传感器的滑轮组件或管子的最后一段。将最后的传感器放下到套管中，并将悬挂支架放置在套管顶部。重要的是，套管的顶部边缘应当是相对方形的，以防止与顶部传感器的滑轮组件有任何侧向干扰。

安全钢缆现在可以打结绑在外壳的顶部，信号电缆可以敷设到读数仪位置。安装后可以立即进行读数，但建议在系统记录零读数之前先稳定几个小时。

2.3 USB 到 RS-485 转换器

如果计算机接口要与 6150 E 接线相连接的话，则需要一个 USB 转 RS-485 的转换器。基康公司可以提供一个小巧的电子狗，配有连接 6150E 信号电缆的螺丝端子。



图 8- RS-485 转换器的 USB

热敏电阻线导线的颜色	RS-485 转换器的 USB 连接器标签	说明
红	+5V	5 伏特电源线
绿	485-	通讯 RS-485-
白	485+	通讯 RS-485+
黑	GND	接地

表 1- USB 到 RS-485 接线图

2.4 六针防水连接器

图 9 和图 10 显示了六针外插头和内插头的插孔，每根电线的功能详见表 2。

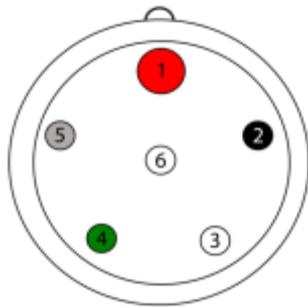


图 9 防水外插头

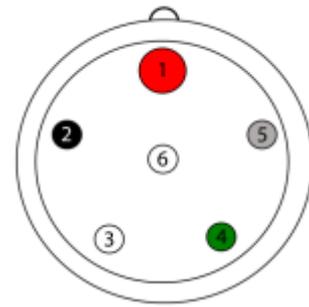


图 10 防水内插针

序号	线颜色	功能
1	红	电源
2	黑	接地
3	白	RS-485+ 高数据
4	绿	RS-485-低数据
5	裸线	屏蔽漏线
6	N/C	N/C

表 2- 六针接线图

3. 协议

3.1 Modbus 介绍

GK-6150E MEMS 型数字可寻址固定测斜仪 (RS-485) 使用工业标准 MODBUS 远程终端单元(RTU)协议来与所选择的读出方法进行通信。顾名思义, Modbus 的设计是为了能够在所谓的总线网络上工作, 这意味着每个设备都能接收到通过网络传递的每一条消息。Modbus 标准没有指定物理层(连接类型), 但它将与任何可以与多个设备(例如 RS-485、RS-422、光、无线电等)异步通信的接口一起工作。6150 E 型测斜仪采用 RS-485(半双工)的电气接口, 因为它的普遍性、简单性和成功性, 它是一个健壮的工业物理层。

3.2 Modbus RTU 概述

Modbus RTU 协议使用数据包(由多个部分组成的消息)在网络上的设备之间进行通信和数据传输。这些数据包的一般格式如下:

- 1) Modbus 地址 (一个字节) ——总线上特定设备的地址。(传感器上标记为#1、#2、#3 等)
- 2) 函数代码 (一个字节) ——由从设备执行的动作。
- 3) 数据 (多字节) ——正在发送的函数代码的有效载荷。
- 4) CRC (两个字节) ——循环冗余检查; 通过包中的其他 bytes 计算的 16 位数据完整性检查。

3.3 Modbus 表

最近的传感器读数存储在内存寄存器中, 使用 Modbus 命令读取。角度和温度读数可在处理或前体格式中使用。寄存器地址和格式在表 3 中有说明。

表 4 显示了设备控制地址。写入触发地址的任何非零值都会启动测量周期, 更新角度和温度测量寄存器。在最近的测量周期中检测到的任何异常都会产生一个非零错误代码。有关这些代码的解释, 请参阅附录 C.2。

闪存密码可以防止对表 5 中的非易失性内存和表 6 中的预编程设备信息进行意外写入。获取有关说明请联系基康公司。

寄存器地址	字节	词	参数	单位	类型	存取
0x100 0x101	0	LSW	A-轴	度	浮动	RO
	1					
	2	MSW				
	3					
0x102	4	LSW	B-轴	度	浮动	
	5					
0x103	6	MSW				
	7					
0x106	12	LSW	温度	° C	浮动	
	13					
0x107	14	MSW				
	15					
0x108	16	LSW	未校正的 A-轴	度	浮动	
	17					
0x109	18	MSW				
	19					
0x10A	20	LSW	未校正的 B-轴	度	浮动	
	21					
0x10B	22	MSW				
	23					
0x10E	28	LSW	热敏电阻 ADC	不适用	无符号 16	
	29					
0x117	46		错误代码	不适用	无符号 16	
	47					

表 3- 寄存器地址和格式

寄存器地址	字节	词	参数	单位	类型	存取
0x118	48		触发	不适用	无符号 16	W
	49					
0x119	50	LSW	密码	不适用	无符号 32	
	51					
0x11A	52	MSW				
	53					
0x11B	54		测量周期	不适用	无符号 16	
	55					

表 4- 设备控制地址

GK-6150D MEMES 型数字可寻址无滑轮固定测斜仪

寄存器地址	字节	词	参数	单位	类型	存取
0x200	0		Drop 地址	N/A	无符号 16	RO
	1					
0x201	2					
	3					
0x202	4					
	5					
0x203	6					
	7					
0x204	8					
	9					
0x205	10					
	11					
0x206	12					
	13					
0x207	14					
	15					
0x208	16					
	17					
0x209	18	LSW	序列号	N/A	无符号 32	RO
	19					
0x20A	20	MSW				
	21					
0x20B	22		软件版本	N/A	无符号 16	RO
	23					
0x20C	24		硬件版本	N/A	无符号 16	RO
	25					

表 5- 非易失性内存

寄存器地址	字节	词	参数	单位	类型	存取
0x20D	26	LSW	A 偏移	度	浮动	RO
	27					
0x20E	28	MSW				
	29					
0x20F	30	LSW	B 偏移	度	浮动	RO
	31					
0x210	32	MSW				
	33					
0x213	38	LSW	A 应变计因数	度/度	浮动	RO
	39					
0x214	40	MSW				
	41					
0x215	42	LSW	B 应变计因数	度/度	浮动	RO
	43					
0x216	44	MSW				
	45					

表 6- 预编程设备信息

4.数据整理

4.1 倾角计算

GK-6150E MEMS 型数字可寻址固定测斜仪 (RS-485) 的输出值为倾角。标准传感器的全量程约为 $\pm 15^\circ$ 。

每个传感器都设有一个单独的量规系数(G), 用于计算传感器的校正倾角(θ):

$$\theta = G(R)$$

方程 1- 校正倾角

其中;

θ =传感器的校正倾角

G =量规系数

R=传感器读数

为了计算传感器倾角的变化, 采用以下方程:

$$\Delta \theta = G(R1-R0)$$

方程 2- 倾角变化

其中;

$\Delta \theta$ =传感器倾角的变化

G =量规系数

R1=当前传感器读数

R0=传感器初始读数或零读数

正值是向箭头 A+和 B+方向倾斜

4.2 挠度计算

任何段的顶部相对于穿过该段底部的垂直线的侧向位移(D)等于:

$$D = L \sin \theta$$

方程 3- 侧向位移 L1

其中;

L=该段的长度

θ =传感器倾角

方程 3 也可以表示为: $D = L \sin G(R)$

其中; L

G =量规系数 2

R=传感器读数

钻孔的剖面是利用从顶部段 (L1) 开始的这些横向位移的累积和值来构造的。例如，

参照图 11, 上段顶部(通常在平面上)从通过下段底部画出的垂直线(位于钻孔底部)的

总侧向位移是:

$$D = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3 + L_4 \sin \theta_4 + L_5 \sin \theta_5$$

方程 4- 偏移量计算

所以;

$$D = L_1 \sin G(R)1 + L_2 \sin G(R)2 + L_3 \sin G(R)3 + L_4 \sin G(R)4 + L_5 \sin G(R)5$$

位移的变化量(ΔD)等于:

$$\Delta D_n = \sum_1^n L_n G_n \Delta R_n$$

方程 5- 挠度计算

其中;

ΔR1=Sensor' s 传感器(1)当前读数(R1(1))minus theSensor' s 减去传感器(1)初始读数,

或零读数(R0(1)), 或(R1(1)-R0(1)).

ΔR2=传感器(2)当前读数(R1(2))减去传感器(2)初始读数, 或零读数

(R0(2)), or (R1(2)-R0(2)). L

重复字符串中的所有其他传感器。

虽然该系统的设计是用于带有枢轴的连接段, 但传感器可以安装在标准的圆管或使用特殊的摩擦锚的管道中, 而不需要互连管。在这些系统中, 是假设测量的挠度发生在段的长度上, 其中点位于传感器位置, L 是相邻中点之间的距离。

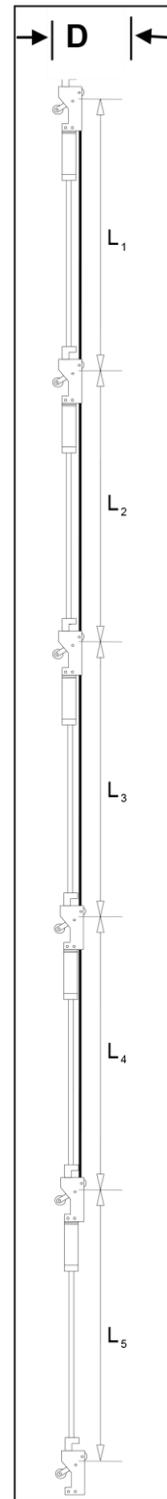


图 11- 挠度间隔

4.3 温度校准

虽然 MEMS 倾斜仪的温度依赖性接近于零, 而且通常不需要补偿, 但有时会发生温度效应引起倾斜的真实变化, 因此, 每个传感器都配备了一个读取传感器温度的装置。这使温度引起的倾角变化与其他来源的倾斜区别开来。该装置提供与温度成比例的数字输出。

通常不需要温度校正。需要注意的一点是，温度的突然变化将导致结构和传感器都经历短暂的物理变化，这将在读数中显示出来。应始终记录传感器温度，当仪器和结构处于热平衡状态时，应当尽量在这个时候获取读数。最好的时间是在傍晚或凌晨。

4.4 环境要素

由于测斜仪安装的目的是监测现场情况，所以应观察和记录那些可能影响这些条件的因素。表面上看起来很小的影响可能会对监测的结构的行为产生真正的影响，并且可能会给出潜在问题的早期指示。其中一些因素包括但不限于：爆破、降雨、潮汐或水库水位、开挖和填筑水位和顺序、交通、温度和气压变化、人员变动、附近建筑活动、季节变化等。

5.故障排除

GK-6150E MEMS 型数字可寻址固定测斜仪（RS-485）的维护和故障排除仅限于对电缆连接的定期检查。传感器是密封的，没有可供用户使用的部件。

如果出现困难，请参阅下面列出的可能解决方案清单。有关 Modbus 错误代码，请参阅附录 C.2。有关其他故障排除帮助，请咨询工厂。

症状：倾斜传感器读数不稳定或无法读取

- ✓ 这附近有电噪音源吗？电机、发电机和天线是产生电噪声的主要原因。
- ✓ 检查所有电缆连接，终端和插头。
- ✓ 水可能已经渗入到倾斜传感器的内部。没有补救措施。

附录 A. 规格

范围	$\pm 15^\circ$
分辨率 ¹	± 0.2 弧秒
精度 ²	± 6.5 弧秒
精度 ³	$\pm 0.023^\circ$
线性 ⁴	$\pm 0.032^\circ$
温度不确定度	$\pm 0.0054^\circ/\text{C}$
横轴灵敏度 ⁵	4%
频率响应	-3db @ 8-28 Hz
热敏电阻精度	$\pm 0.05^\circ \text{C}$
热敏电阻精度	$\pm 0.06^\circ \text{C}$
工作温度	-40 to +80 °C -40 to 176 °F
抗冲击性	2,000 g
供电电压	12 VDC $\pm 20\%$
工作电流 ⁶	26 mA ± 1 mA
待机电流	1.2 mA ± 0.1 mA
套管直径	32 mm, (1.250")
长度	318.1 mm, (12.525")
重量 ⁷	0.7 kg(1.5 磅.)
材料	316 不锈钢
电缆	四芯、铝箔屏蔽、聚氨酯护套、 标称外径 =6.3 mm

表 7- 6150 型微机电倾斜传感器规范

注：

¹分辨率，最小可分辨输出变化，由基准传感器噪声确定。

²置信区间的扩展不确定度包括角度随机游走和试验过程中的附带的地震噪声。

³校准，恒温。

⁴典型的，按 MEMS 器件数据表。

⁵按 MEMS 器件数据表。

⁶操作电流和待机电流是针对每一个放置在一个字符串中传感器。

⁷无电缆的传感器重量。

附录 B. 示例校准表

						
MEMS 倾斜传感器率定表						
型 号: 6150E-I			校准日期: 2018 年 1 月 17 日			
			此次校准已于 2018 年 2 月 5 日被验证。			
序 列 号: 1745224 传感器 A			温 度: 23.1			
校准指令: CI-倾斜式 MEMS 传感器			技 术 员:			
倾斜 1 (度)	读数 2 (度)	倾斜 2 (度)	读数 2 (度)	读数均值 (度)	计算的倾斜 (度)	误差 (%FS)
-15.0015	-17.0786	-15.0011	-17.0767	-17.0777	-15.0107	-0.03
-8.0005	-10.1660	-8.0005	-10.1658	-10.1659	-7.9985	0.01
-3.9997	-6.2206	-3.9997	-6.2183	-6.2194	-3.9948	0.02
-1.9999	-4.2512	-1.9999	-4.2512	-4.2512	-1.9980	0.01
-0.9994	-3.2615	-0.9994	-3.2611	-3.2613	-0.9938	0.02
0.0000	-2.2805	-0.0003	-2.2792	-2.2798	0.0019	0.01
1.0001	-1.2956	1.0004	-1.2957	-1.2957	1.0004	0.00
1.9995	-0.3074	1.9995	-0.3067	-0.3070	2.0034	0.01
4.0004	1.6596	4.0004	1.6594	1.6595	3.9984	-0.01
8.0015	5.6028	8.0018	5.6037	5.6032	7.9994	-0.01
15.0011	12.4962	15.0008	12.4967	12.4964	14.9926	-0.03
6150E 挠度系数 (G): <u>1.01451</u> (度/度)						
挠度 = $L \sin(G * (R_1 - R_0))$ (mm 或英寸)						
倾斜 = $G(R_1 - R_0)$ (度)						
导线代码: 详情请参阅手册						
上述仪器在所有操作范围内都具有公差。 上述命名的仪器已通过 NIST 可溯源的标准进行校准, 符合 ANSI Z540-1。 未经基康公司书面许可, 本报告不得转载。						

图 12- 型号 6150E 示例率定表, 传感器 A

						
MEMS 倾斜传感器校准						
型 号: 6150E-I			校准日期: 2018 年 1 月 17 日			
此次校准已于 2018 年 2 月 5 日被验证。						
序 列 号: 1745224 传感器 A			温 度: 23.7			
校准指令: CI-倾斜式 MEMS 传感器			技 术 员:			
倾斜 1 (度)	读数 2 (度)	倾斜 2 (度)	读数 2 (度)	读数均值 (度)	计算的倾斜 (度)	误差(%FS)
-15.0011	-14.4014	-15.0011	-14.4006	-14.401	-15.0098	-0.03
-8.0001	-7.4959	-8.0005	-7.4963	-7.4961	-7.9986	0.01
-4.0004	-3.5528	-3.9997	-3.5504	-3.5516	-3.9934	0.02
-2.0002	-1.5866	-2.0002	-1.5866	-1.5866	-1.9982	0.01
-0.9994	-0.5982	-1.0001	-0.5994	-0.5988	-0.9952	0.02
-0.0007	0.3814	-0.0003	0.3827	0.3821	0.0008	0
1.0001	1.3659	1.0001	1.3659	1.3659	0.9997	0
2.0005	2.353	2.0002	2.3543	2.3537	2.0027	0.01
4.0004	4.3184	4.0001	4.319	4.3187	3.998	-0.01
8.0005	8.2601	8.0008	8.2591	8.2596	7.9995	0
15.0005	15.1482	15.0008	15.1489	15.1485	14.9945	-0.02
6150E 挠度规系数 (G): 1.01451 (度/度)						
挠度 = $L \sin(G * (R_1 - R_0))$ (mm 或英寸)						
倾斜 = $G(R_1 - R_0)$ (度)						
导线代码: 详情请参阅手册						
上述仪器在所有操作范围内都具有公差。 上述命名的仪器已通过 NIST 可溯源的标准进行校准, 符合 ANSI Z540-1。 未经基康公司书面许可, 本报告不得转载。						

图 13- 型号 6150E 示例校准表, 传感器 B

附录 C. MODBUS 可寻址系统

C.1 Modbus 通讯参数

端口设置	要求值
位/秒	115,200
数据位	8
奇偶性	无
结束位	1
流控制	无

表 8- Modbus 通讯参数

C.2 错误代码

编号	名称	原因	补救措施
2	温度传感器范围	测量的温度超出了范围。热敏电阻可能太热或太冷，或者可能损坏。	使用相邻的传感器来验证或估计温度。
4	温度传感器验证	二次温度传感器与高精度初级温度传感器有很大的不同。	使用相邻的传感器来验证或估计温度。
8	系统复位	在以前的测量周期中出现意外中断。	确保电源电压足够。

表 9- 错误代码

注意：传感器存储和发送二进制代码中的错误，以压缩信息。虽然不太可能，但在一个测量周期内可能会出现两个错误。得到的代码将是错误代码之和，例如，错误代码 4 加上错误代码 8 将显示为数字 12。

附录 D.用 CRBASIC 编程 6150E RS-485 可寻址测斜仪

D.1 示例 CR1000 程序

下面的示例程序读取一个带有三个双轴传感器的 6160 E 传感器字符串。本例中的字符串通过 ControlPortsC1 与 C2 和 CR 1000 通信,这些端口设置为 Com1。需要 RS-485 到 TTL 转换器:

公共错误码	'从 Modbus 命令发回的错误代码
公共 A_轴_度数(3)	'A 轴度输出
公共 B_轴_度数(3)	'B 轴度输出
公共摄氏(3)	'温度摄氏度
公开计数	'通过传感器对抗增量

'定义数据表

数据表(Test, 1,-1)

示例 (3,A_轴_度数(),IEEE4)'A 轴的存储度数读取

示例(3,B_轴_度数(),IEEE4)'B 轴的存储度数读取

示例(3,摄氏(),IEEE4)'存储热敏电阻 C 读数

表格结束

'主程序

BeginProg

'以 115200 波特率与 TTL 通信打开 COMport

SerialOpen (Com1,115200,16,0,50)

'每 10 秒读取 MEMS 字符串中的 3 个传感器

扫描(10,秒,0,0)

'循环通过连接字符串的地址

计数 =1 到 3

'为度数和温度重置临时存储, 以避免保留

'先前的读数

A_轴_度数(计数)=0

B_轴_度数(计数)=0

摄氏(计数)=0

'读数之间的 **Flush Serial**

SerialFlush(Com1)

'写到寄存器开始读取 **MEMS** 字符串

'注意: **Modbus** 主不发送 **0x118** 除非"&H119"进入。

Modbus 主 (错误代码,Com1,115200,计数,6,1,&H119,1,1,50,0)

'写寄存器后延迟

延迟(1,1,秒)

'使用 **Modbus** 命令检索 **A** 轴和 **B** 轴度读数

Modbus 主 (错误代码,Com1,115200,计数,3,A_轴_度数(计数),&H101,1,1,50,0)

Modbus 主 (错误代码,Com1,115200,计数,3,B_轴_度数(计数),&H103,1,1,50,0)

'使用 **Modbus** 命令从字符串中检索热敏电阻摄氏

Modbus 主 (错误代码,Com1,115200,计数,3,摄氏(计数),&H107,1,1,550,0)

'继续下一读数前的延迟

延迟(1,1,秒)

下一个

'调用表来存储数据

调用表测试

下一次扫描

程序结束

D.2 示例 CR6 程序

下面的示例程序读取一个带有三个可寻址传感器的 6160 E 传感器字符串。
本例中的字符串通过控制端口 C1 与 C2 和 CR6 通信，这些端口设置为 ComC1:

公共错误码	'从 Modbus 命令发回的错误代码
公共 A_轴_度数 (3)	'A 轴度输出
公共 B_轴_度数 (3)	'B 轴度输出
公共摄氏 (3)	'温度摄氏度
公共计数	'通过传感器对抗增量

'定义数据表

数据表(测试, 1,-1)

示例(3,A_轴_度数(),IEEE4)'A 轴的存储度数读取

示例(3,B_轴_度数(),IEEE4)'B 轴的存储度数读取

示例(3,摄氏(),IEEE4)'存储热敏电阻 C 读数

表格结束

'主程序

BeginProg

'以 115200 波特率与 RS-485 通信打开 COMport

SerialOpen (ComC1,115200,16,0,50,3)

'每 10 秒读取 MEMS 字符串中的 3 个传感器

扫描(10,秒,0,0)

'循环通过连接字符串的地址

计数 =1 To 3

'为度数和温度重置临时存储，以避免保留

'先前的读数

A_轴_度数(计数)=0

B_轴_度数(计数)=0

摄氏(计数)=0

'读数之间的 Flush Serial

SerialFlush (ComC1)

'写到寄存器 0x118 以触发字符串

'注意: Modbus 主不发送 0x118 除非"&H119"进入

Modbus 主 (错误代码,ComC1,115200,计数,6,1,&H119,1,1,10,0)

'写寄存器后延迟

延迟(1,1,秒)

'使用 Modbus 命令检索 A 轴和 B 轴度读数

Modbus 主(错误代码,ComC1,115200,计数,3,A_轴_度数(计数),&H101,1,1,10,0)

Modbus 主(错误代码,ComC1,115200,计数,3,B_轴_度数(计数),&H103,1,1,10,0)

'使用 Modbus 命令从字符串中检索热敏电阻摄氏

Modbus 主 (错误代码,ComC1,115200,计数,3,摄氏(计数),&H107,1,1,10,0)

'继续下一读数前的延迟

延迟(1,1,秒)

下一个

'调用表来存储数据

调用表测试

下一次扫描

程序结束

附录 E. 跌落与长度之比

一根字符串上允许的跌落的数量与它们放置的电缆的长度成反比。较长的电缆意味着电源可以可靠地提供的跌落就越少，而较短的电缆则意味着可以支持更多的跌落。此外，一定长度的字符串所能承受的跌落数也取决于母线电压，母线电压必须始终保持在 9 到 15 伏特的直流电压之间。当电源小于 9 伏特时，串上的跌落可能不会像预期的那样运行，而且当供电量超过 15 伏特时，跌落可能会因电压过高而损坏。

如果字符串有 9 到 15 伏特的直流电压，下面的图表可用于估计在给定电缆长度和供电电压下可支持的跌落数。假设跌落是沿着字符串均匀分布的。值得注意的是，图表上的曲线始于 200 米的电缆长度。

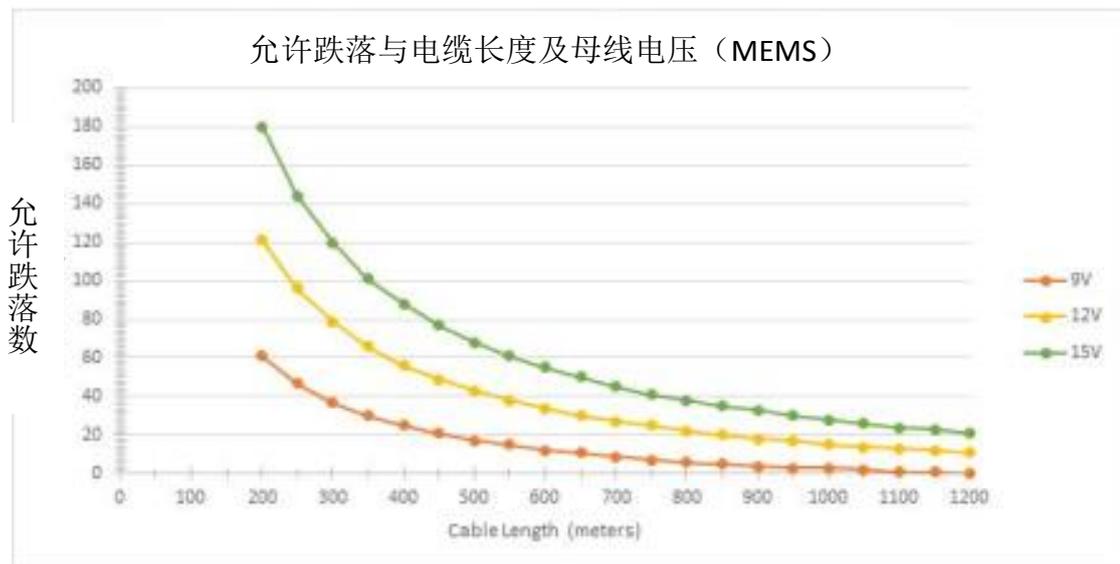


图 14- 允许跌落图示

注：在小于 200 米的字符串上所支持的跌落数必须根据具体情况来处理，并可能需要进行实际试验才能获得可靠的结果。