

GK-6150D MEMS 型数字可寻址无滑轮固定测斜仪
安装使用手册

(REV B 3/15)

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：010-62698866

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
1.1 测斜仪传感器原理.....	1
2. 安装.....	1
2.1 初步检验.....	1
2.2 6150D 型组装.....	2
3. 获取读数.....	4
3.1 8020-70/6150-5 FSK 型数字可寻址系统	4
3.2 温度测量.....	4
4. 数据压缩.....	5
4.1. 倾斜计算.....	5
4.2. 温度修正.....	5
4.3. 偏移量（扰度）计算.....	6
4.4. 环境因素.....	7
5. 故障排除.....	8
附录 A——技术指标.....	9
A.1 测斜仪传感器.....	9
A.2 测温装置.....	9
附录 B-8020-70 FSK 型数字可寻址系统.....	10
B-1 说明：	10
B-2 接口.....	11
B-3 通讯设置：	11
B-4 通讯参数.....	12
B-5 命令行接口.....	12
B-6 命令集.....	13
B-7 错误代码.....	15
B-8 广播地址：	16
B-9 命令示例：	16
附录 C——用 CRBASIC 编制数字可寻址微型机电系统程序.....	19

附录 D—用 CRBASIC 编制数字可寻址微型机电系统程序.....	23
附录 E—规格	27

1. 介绍

GK-6150D MEMES 型数字可寻址无滑轮固定测斜仪系统专为长期监测大坝、路堤、基础墙等类似建筑的变形而设计。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。仪器具有连续性，因此能够精确测量钻孔断面的变化。仪器安装在标准 2 英寸管号 40 或管号 80 的 PVC 管道。不需要测斜管。



图 1 6150D MEMES 型数字可寻址测斜仪传感器组件

1.1 测斜仪传感器原理

每个传感器由 1 组可寻址微型机电系统 (MEMS) 构成，传感器密封在不锈钢壳体内部。(双轴系统的第 2 个 MEMS 传感器可以成 90° 安装)，可以在壳体下端的叉口安装一个间隔管，在上端安装一个万向节，并与间隔管连接从而使其在间隔管之间自由移动。整个电缆应放在 PVC 管底部，靠在 2 英寸 PVC 管的侧边。也可以将电缆悬挂至管道顶部。每个外壳内部装有测量温度的装置。用 2 根接线总线电缆将测斜仪传感器互相连接起来，电缆从其中一个传感器顶部到达上面的传感器底部，最后从顶部传感器到达读数器所在位置。

标准系统使用的传感器间隔为 0.5 米、1 米和 3 米。符合要求的其它长度间隔同样适用。

2. 安装

2.1 初步检验

按照客户要求生产总线电缆，以便使传感器间隔固定，并与提供的连接杆匹

配。

传感器在安装之前应进行检验,以便操作得当。每个传感器都有一张率定表,表上给出了输出电压与倾角之间的关系。将每个传感器连接至总线电缆,同时将总线电缆连接至读出器系统,将每个传感器固定在相对垂直的位置并观察读数。使测斜仪传感器处于稳定的位置。读数应接近工厂的垂直读数。装置显示的建筑指示温度应接近环境温度。

2.2 6150D 型组装

2.2.1. 将第 1 段间隔管连接至底盖

因为标准系统使用的传感器间隔为 0.5 米、1 米和 3 米。【如果其它间隔期使用的管道所装配的电缆已被标记,且表格中显示的位置是分散的】用 10-32 螺丝螺母连接安装,并在螺纹连接处滴一滴 Loctite222 将接头锁紧。

2.2.2. 接下来应安装底部传感器。

单轴或双轴传感器都应安装滑轮组件。传感器的舌片与滑轮组件槽内契合,且传感器上标记的 A+方向与滑轮组件上固定滑轮一致。正方向的测斜仪读数会增加。

用单个较长的 10-32 有头螺钉将传感器和滑轮组件安装在第一个管道截面(在螺纹连接处滴一滴 Loctite222)。

第二个 MEMS 传感器的双轴系统包含在外壳内,其方向为从顶部传感器顺时针旋转 90°(计划向下看)。这是 B+方向。见图 3。

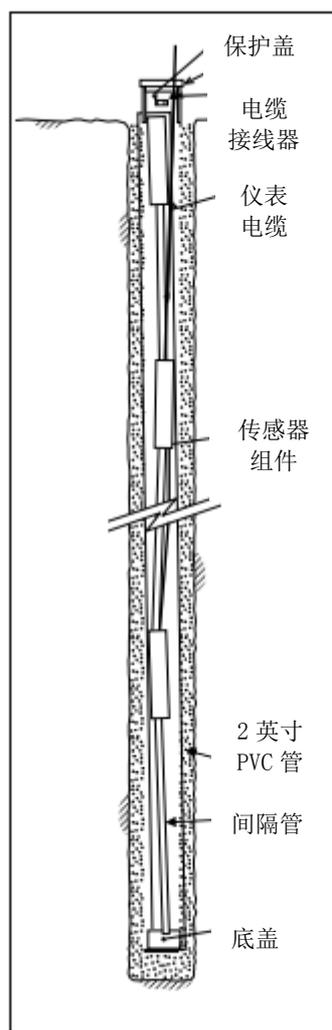


图 2 6150D 型

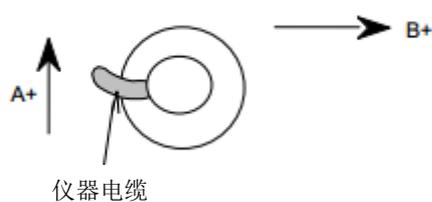


图 3 从传感器顶部俯视双轴传感器方向

2.2.3. 装配 IPI 钢缆

现在将传感器连接至下一个连接杆，并用安全电缆将其放入钻孔，在 PVC 管顶部连接管固定的同时，安装下一个传感器，确保其保持 A+ 方向。这样可以对整个钢缆的方向进行检查。

继续组装剩下的仪器连接管和传感器，直到安装完最后一个传感器。将整个电缆从钻孔底部吊起来调整方向，上下晃动电缆直至 A+ 记号在正确方向。

此时，将顶部悬吊系统安装至上部传感器（或仪器连接管）。或者将 IPI 电缆放在管道底部。信号电缆可以连接至读数器所在位置。安装完毕后可立即读数进行检验。建议系统稳定几小时后，再采集记录初始读数。

3. 获取读数

3.1 8020-70/6150-5 FSK 型数字可寻址系统

说明

8020-70 数字可寻址系统包含一个 8020-70 移频键控（FSK）调制解调器，它允许多种 6150-5 微型机电系统（MEMS）测斜仪传感器连接到一个单二线制总线（电缆）。

通过指令和产生的回应调制系统电源以实现与每个 6150-5 测斜仪传感器的通讯。适于(16)6150-5 的测斜仪传感器可能被包含在一个最大长度为 1000 英尺 (305m) 的单电缆上。每个 8020-70 调制解调器能够提供 6 个单独的电缆，并允许使用的 6150-5 测斜仪传感器共有 96 个。



图 4 8020-70FSK 调制解调器

8020-70 移频键控（FSK）调制解调器包括一个用于通讯的 9 芯 D-Sub 连接器并且能够通过内部跳线被配置为一个 RS-232 数据通信设备或者一个 TTL 数据通信设备（默认）。提供一个适用于 8020-70 配置的指挥台，并把指挥台连接到 6150-5 装置，可以产生不同读数和诊断方法。更多的细节见附录 B。

3.2 温度测量

尽管温度的变化对 MEMS 测斜仪的影响极小，几乎为零，且通常不要求补偿，温度影响有时能够造成真正的倾斜变化；因此每只 MEMS 测斜仪传感器都装有热敏电阻用于读取温度。这能够区分温度引起的倾斜变化和其它原因引起的

倾斜变化。该装置输出了与温度成正比的电压。

以上内容主要运用于曝露在阳光下的建筑物：此种情况下，一天内的温度变化会使建筑物相应地扩张与收缩。在滑坡应用中，MEMS 传感器埋在地下，温度变化极小或没有温度变化，且地层移动不受温度影响。此种情况下，不需要测量温度。

4. 数据压缩

4.1. 倾斜计算

MEMS 传感器的输出电压与垂直方向倾角的正弦成比例。在 +/-15 度，传感器的 FS 输出电压大约为 4V。

以下方程给出了读数“R”与倾角“θ”之间的关系：

$$\theta = \text{Sin}^{-1} (RG) \text{ 或 } \text{Sin}\theta = RG$$

方程 1 倾角与电压换算。

这里“R”是测量得到的电压值，“G”是率定表中给出的仪器系数（sin θ/伏特）。注意：由于只关注倾斜度，即倾角变化，零倾角时可忽略较小的电压读数。也应注意，对于角度较小的角，sin θ= θ 的弧度

因此，用下列方程计算倾斜度

$$\text{倾斜度} = \text{Sin}^{-1} (R_1 - R_0) G \text{ (度)}$$

方程 2 倾斜度与电压变化换算。

正值是指 A+和 B+箭头方向的倾斜。

4.2. 温度修正

GK-6150D MEMS 型测斜仪受温度影响较小，即：温度每升高 1℃，读数增加 1 角秒。温度的修正可用下述公式：

$$\text{倾斜度} = \text{Sin}^{-1} (R_{1 \text{ 温度修正}} - R_0) G \text{ (度)}$$

$$\text{其中, } R_{1 \text{ 温度修正}} = R_1 - 0.0003 (T_1 - T_0)$$

方程 3 倾斜度与温度修正后电压的换算

通常情况下，可不考虑温度修正。需注意：温度的突变会引起结构以及测斜仪产生短暂的物理性改变，这将在读数上显现出来。应记录仪器的温度，并尽量在仪器和结构处于温度平衡时读数，最佳监测时间是傍晚或清晨的几个小时内。

4.3. 偏移量（扰度）计算

$L\sin\theta$ 指与通过某段顶部的垂直线相关的段顶部的横向偏移 D ，其中 L 是轴心点间段的长度， θ 是这段垂直面方向的偏移角度。 L_1, L_2, L_3, \dots 的标准长度是 0.5 米或 1.0 米【如果其他管道长度的间隔可以通过将管道的单个长度加上 410mm 后进行计算（单、双轴系统都适用）。将得出正确的传感器间距。

通过使用始于底段 L_1 的累积横向偏移构造钻孔的剖面。例如，图 5 中，通过较低段（位于钻孔的底部）底部画的垂直线，上段（通常在表面）顶部的总横向偏移为

$$D_5 = L_1 \sin\theta_1 + L_2 \sin\theta_2 + L_3 \sin\theta_3 + L_4 \sin\theta_4 + L_5 \sin\theta_5$$

方程 4——偏移量计算

因此，如果忽略温度修正，则

$$D_5 = G_1 L_1 R_1 + G_2 L_2 R_2 + G_3 L_3 R_3 + G_4 L_4 R_4 + G_5 L_5 R_5$$

偏差变化 ΔD 为：

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

方程 5——偏移变化量计算

其中， $\Delta R_1 = (R_1 - R_0)$ 即测斜仪 1 上的目前读数减去测斜仪 1 上的初始读数； $\Delta R_2 = (R_2 - R_0)$ 即测斜仪 2 上的目前读数减去测斜仪 2 上的初始读数；同样适用于其它测斜仪。

尽管该系统设计用于带有枢轴的连接段，传感器没有使用特殊的摩擦锚将管道连接在标准的圆管就能进行安装。我们假设这些系统中整个段上出现了实测偏移，段长度的中点在传感器位置上，且 L 指邻近中点之间的距离。

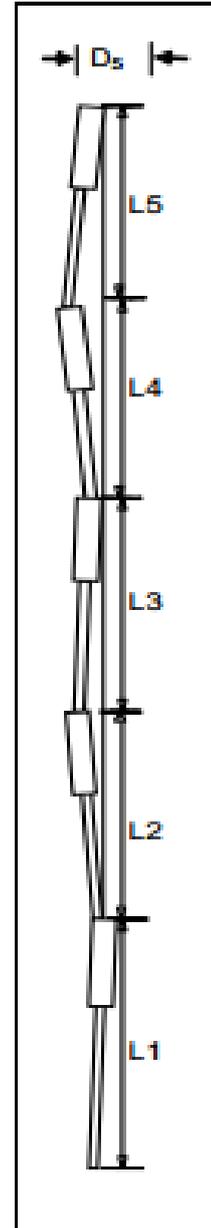


图 5 偏移间隔

MEMS 型测斜仪传感器校准						
型号: <u>MEMS 型测斜仪传感器</u>		校准日期: <u>2015.03.12</u>				
序列号: <u>传感器 A 1500141</u>		校准说明: <u>CI-测斜仪 MEMS</u>				
温度: <u>22.5°C</u>		技术员:				
倾角 (度)	倾角 (sinθ)	*读数 第 1 次 (伏特)	*读数 第 2 次 (伏特)	*平均 读数 (伏特)	计算中的误差值 θ (%FS) sinθ (%FS)	
15.00	0.2588	4.0510	4.0510	4.0507	-0.15	0.01
14.00	0.2419	3.7810	3.7810	3.7808	-0.09	-0.01
12.00	0.2079	3.2410	3.2410	3.2410	0.02	-0.01
10.00	0.1736	2.6960	2.6960	2.6963	0.08	-0.02
8.00	0.1392	2.1480	2.1490	2.1485	0.10	-0.03
6.00	0.1045	1.5990	1.6000	1.5995	0.11	-0.02
4.00	0.0698	1.0470	1.0470	1.0472	0.07	-0.03
2.00	0.0349	0.4940	0.4940	0.4939	0.02	-0.03
0.00	0.0000	-0.0580	-0.0580	-0.0577	0.00	0.00
-2.00	-0.0349	-0.6120	-0.6120	-0.6120	-0.06	-0.01
-4.00	-0.0698	-1.1650	-1.1650	-1.1646	-0.10	0.00
-6.00	-0.1045	-1.7160	-1.7160	-1.7160	-0.12	0.01
-8.00	-0.1392	-2.2660	-2.2660	-2.2661	-0.13	0.00
-10.00	-0.1736	-2.8130	-2.8130	-2.8132	-0.10	0.00
-12.00	-0.2079	-3.3580	-3.3570	-3.3575	-0.04	-0.01
-14.00	-0.2419	-3.8990	-3.8990	-3.8987	0.06	-0.02
-15.00	-0.2588	-4.1670	-4.1670	-4.1672	0.14	-0.03
6150,6155 及 6170 固定测斜仪仪器系数 (D): <u>0.0630</u> (sinθ/伏特)						
偏移量=DL (R ₁ -R ₀) 毫米 (英寸)						
6150 及 6165 测斜仪仪器系数 (G): <u>3.640</u> (度/伏特) 超过 +/-15°C 范围						
计算的倾斜度=G (R ₁ -R ₀) 度						
温度修正系数 -0.0003 (T ₁ -T ₀) 伏特/°C						
接线编码: 请看安装使用手册了解详情						
以上仪器适用于所有运行范围。						
以上提及的仪器均与 NIST 中的标准对比过, 符合 ANSI Z540-1。						
本报告未经基康有限公司的书面允许, 不得部分复制, 除非全部复制。						

图 6 样品 GK-6150 MEMS 型率定表

4.4. 环境因素

安装测斜仪是为了监测现场条件, 对于影响这些条件的因素都要进行观测、记录。有时一点小变化可能会对检测的结构特征产生重要影响, 也可能是潜在问题的早期征兆。这些因素包括但不限于: 暴风、降雨、潮汐或水库水位、开挖与填筑、交通、温度、大气压变化、周围建筑人员活动、季节变化等。

5. 故障排除

对 GK-6150D 测斜仪中使用的 MEMS 型测斜仪传感器的维护和故障排除仅限于电缆连接的定期检查。传感器本身是密封的，不能打开检查。

如果有问题，查看下列问题及解决方法。如果仍有问题，咨询厂家帮助解决。

症状：测斜仪读数不稳

√ 附近是否有电躁声？大多数电躁声可能来自发电机、电焊机以及大功率的无线天线。确保加蔽线与地面连接。确保用 8020-70 连接器将加蔽线与总线电缆的白色接口连接。

√ 测斜仪可能进水，有可能无法补救。

附录 A——技术指标

A.1 测斜仪传感器

型号	6150-5
量程:	$\pm 15^\circ$
灵敏度:	± 12 弧秒, (± 0.01 mm/m)
精度: ²	± 3 弧秒
线性: ³	$\pm 0.07\%$ FS
十字轴灵敏度:	4%
热零点漂移:	0.0003 伏特/上升 1°C
工作温度:	-20 至 $+80^\circ\text{C}$ -4 至 176°F
功率要求 ⁴ :	9 伏特
传感器输出量:	± 4 伏特@FS
响应频率:	-3db@8-28Hz
耐冲击:	2000g
传感器直径:	32mm, (1.250")
长度:	410mm, (16.14")
重量:	0.7kg. (1.5lbs.)
材料:	304 不锈钢
电缆:	2 根导线 箔护罩、聚氨酯护套、标称 OD=6.3mm

表 A-1 6150 型 MEMS 测斜仪传感器技术指标

注

² 使用二阶多项式

³ MEMS 的输出量与测斜仪 MEMS 的角度正弦值成正比。

⁴ 由 8020-70 调制解调器提供。

A.2 测温装置

范围: -40 至 $+85^\circ\text{C}$

精度: $\pm 1.0^\circ\text{C}$

附录 B-8020-70 FSK 型数字可寻址系统

B-1 说明:

8020-70/6150-5 数字可寻址系统包含一个 8020-70 移频键控 (FSK) 调制解调器, 它允许多种 6150D MEMS 测斜仪连接到一个单二线制总线 (电缆)。

通过指令和产生的回应调制系统电源以实现与每个 6150D 测斜仪的通讯。适于 (16) 6150D 的换能器可能被包含在一个最大长度为 1000 英尺 (305m) 的单电缆上。每个 8020-70 调制解调器能够提供 6 个单独的电缆, 并允许使用的 6150D 测斜仪共有 96 个。



图 B-1 8020-70 FSK 调制解调器

8020-70 移频键控 (FSK) 调制解调器包括一个用于通讯的 9 芯 D-Sub 连接器并且能够通过内部跳线被配置为一个 RS-232 数据通信设备或者一个 TTL 数据通信设备 (默认)。提供一个适用于 8020-70 配置的指挥台, 并把指挥台连接到 6150-5 装置, 可以产生不同读数和诊断方法。

B-2 接口

01-250PO 电缆颜色	连接器接口方向	连接器接口说明
蓝色	1+	电缆 1 电源/信号
白色电缆或电缆套管	1-	电缆 1 接地
蓝色	2+	电缆 2 电源/信号
白色电缆或电缆套管	2-	电缆 2 接地
蓝色	3+	电缆 3 电源/信号
白色电缆或电缆套管	3-	电缆 3 接地
蓝色	4+	电缆 4 电源/信号
白色电缆或电缆套管	4-	电缆 4 接地
蓝色	5+	电缆 5 电源/信号
白色电缆或电缆套管	5-	电缆 5 接地
蓝色	6+	电缆 6 电源/信号
白色电缆或电缆套管	6-	电缆 6 接地
* 电缆套管和白色电缆绞合在一起，共同连接到指定终端。		

表 B-1 8020-70 终端

8020-70 CS-95/M 适配器	CR1000/CR800 数据记录器
RX+	COM1 RX (C2)
TX+	COM1 TX (C1)
GND 接地	Ground 接地

表 B-2 8020-70 CS-95/M 适配器和数据记录器接线

注：其他串行通讯端口与 COM2 (C3 & C4)、COM3 (C5 & C6) 以及 COM4 (C7 & C8) 一样，COM3 和 COM4 仅仅在使用 CR1000 时有效。

8020-70 DB9 接口方向	CR1000/CR800 数据记录器
接口 2	COM1 RX (C2)
接口 3	COM1 TX (C1)
接口 5	接地

表 B-3 8020-70 DB9 数据记录器接线

注：其他串行通讯端口与 COM2 (C3 & C4)、COM3 (C5 & C6) 以及 COM4 (C7 & C8) 一样，COM3 和 COM4 仅仅在使用 CR1000 时有效。

B-3 通讯设置：

8020-70 调制解调器提供一个标准的 9 芯 RS-232 串行端口用于连接到台式机和便携式电脑（对于串联接口适配器来说，一个可选择型 USB 是可用的）。TTL 也通过相同 9 芯连接器进行操作。

连接器接口方向	连接器接口说明 RS-232	连接器接口说明 TTL
1	DCD	N/C
2	接收数据	接收数据 (怠速偏高)
3	传输数据	传输数据 (怠速偏高)
4	数据终端机就绪	N/C
5	信号接地	信号接地
6	数据装置就绪	N/C
7	请求发送	N/C
8	清除发送	N/C
9	环	N/C

表 B-4 8020-70 DB9 RS-232/TTL 连接器接线

注:

- 1.未使用 DCD 和 RING
2. DTR 和 RTS 从内部回送到 CTS
- 3.通过设置 8020-70 电路板上的内部跳线挑选出 RS-232/TTL。
为 RS-232 操作设定穿过 JP3、JP4 和 JP5 的 1 & 2 接口的跳线。
为 TTL 操作 (默认) 设定穿过 JP3、JP4 和 JP5 的 2 & 3 接口的跳线。

B-4 通讯参数

端口: 与 8020-70 连接的串行端口 (如 COM1、COM2)。

每秒位数: 9600

数据位数: 8

相等: 无

结束位: 1

流量控制: 无

B-5 命令行接口

通过用户传递到 8020-70 调制解调器的 ASCII 命令来完成与每个 6150-5 传感器的通讯。取得每个命令的同时, 进行处理加工并转化为分组格式传输给电缆。每个 6150-5 传感器接收分组化命令, 如果该命令与它自身的传感器地址相匹配, 处理该命令并给电缆传输回应。为了把 ASCII 传输给用户, 8020-70 调制解调器接收该回应, 并对其进行格式化。

通讯序列:

<CR> <电缆地址> ‘/’ <传感器地址> ‘/’ <命令> ‘/’ <命令参数 *> <CR>

如果:	<CR>	唤醒 8020-70 (ASCII 回车符)
	电缆地址	(1-6)
	/	分隔号
	传感器地址	(1-16)
	/	分隔号
	命令	(来自命令表)
	/	分隔号 (只有遵守命令参数)
	命令参数	(只用于 SET 命令)
	<CR>	以分组格式向 6150-5 传输命令

B-6 命令集

命令	类型	说明
1-9	读数	无命令参数
1	读数	<u>传感器完整读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(Dg)、CHB(Dg)、传感器温度 (C)、错误代码
2	读数	<u>CHA 读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(Dg)、错误代码
3	读数	<u>CHB 读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHB(Dg)、错误代码
4	读数	<u>温度读数:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、传感器温度 (C)、错误代码
5	读数	<u>VIN(9V@探测):</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(Dg)、CHB(Dg)、传感器温度 (C)、错误代码
6	读数	<u>VIN(9V@探测):</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、VIN(V)、错误代码
7	读数	<u>传感器完整读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(V)、CHB(V)、传感器温度 (C)、错误代码
8	读数	<u>CHA 读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(V)、传感器温度 (C)、错误代码
9	读数	<u>CHB 读数-电压:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、CHA(Dg)、CHB(V)、错误代码
10-37	设置	<u>命令 10-15, 20-25 命令参数:</u> 最多五个小数位, 接受负值
11	设置	<u>设置 A-轴灵敏度:</u> 回复: 电缆地址、传感器地址、新灵敏度、错误代码
13	设置	<u>设置 A-轴多项式系数 A:</u>

命令	类型	说明
		回复：电缆地址、传感器地址、新多项式系数 A、错误代码
14	设置	<u>设置 A-轴多项式系数 B:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新多项式系数 B、错误代码
16	设置	<u>设置 A-轴换算（命令参数 0=线性，1=多项式）:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新换算（命令参数 0=线性，1=多项式）、错误代码
17	设置	<u>设置 A-轴默认值（无命令参数）</u> 回复：电缆地址、传感器地址、命令、错误代码
21	设置	<u>设置 B-轴灵敏度:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新灵敏度、错误代码
23	设置	<u>设置 B-轴多项式系数 A:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新多项式系数 A、错误代码
24	设置	<u>设置 B-轴多项式系数 B:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新多项式系数 B、错误代码
26	设置	<u>设置 B-轴换算（命令参数 0=线性，1=多项式）:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新换算（命令参数 0=线性，1=多项式）、错误代码
27	设置	<u>设置 B-轴默认值（无命令参数）</u> 回复：电缆地址、传感器地址、命令、错误代码
30	设置	<u>设置传感器地址（命令参数 1-16）:</u> 回复：电缆地址、新传感器地址、错误代码（有效地址为（1-16））
31	设置	<u>设置序号（命令参数最多 16 字符）:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新序号、错误代码
33	设置	<u>设置两个轴默认值（无命令参数）</u> 回复：电缆地址、传感器地址、命令、错误代码
35	设置	<u>设置校正日期（命令参数 mm/dd/yy）:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、新校正日期、错误代码
36	设置	<u>重新设定通讯错误数（无命令参数）:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、命令、错误代码
37	设置	<u>传感器每条电缆的总数（命令参数 1-16）:</u> 回复：电缆地址、传感器全部、错误代码。需要广播地址（99）
40-67	获取	无命令参数
41	获取	<u>获取 A-轴 灵敏度:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、灵敏度、错误代码
46	获取	<u>获取 A-轴换算:</u> 回复：电缆地址、换算（命令参数 0=线性，1=多项式）、错误代码
51	获取	<u>获取 B-轴 灵敏度:</u> 回复：电缆地址、传感器地址、灵敏度、错误代码

命令	类型	说明
56	获取	获取 B-轴换算： 回复：电缆地址、换算（命令参数 0=线性，1=多项式）、错误代码
60	获取	获取传感器地址： 回复：电缆地址、传感器地址、错误代码
61	获取	获取序号： 回复：电缆地址、传感器地址、序号、错误代码
63	获取	获取 6150-5 固件版本： 回复：电缆地址、传感器地址、固件版本、错误代码
64	获取	获取 8020-70 固件版本： 回复：固件版本、错误代码
65	获取	获取校正日期： 回复：电缆地址、传感器地址、校正日期（命令参数 mm/dd/yy）、错误代码
66	获取	获取通讯错误数： 回复：电缆地址、传感器地址、Rx 校验和错误数、Tx 校验和错误数、重试超过数、错误代码
67	获取	传感器每条电缆的总数： 回复：电缆地址、传感器总数（由命令 37 设置）、错误代码

表 B-4 8020-70 命令表

B-7 错误代码

8020-70 调制调节器返回的数据串的最后域就是通讯错误代码。通常这个代码应该是“E0”，表示成功且无误的传输。其他代码用来表示在通讯或命令中可能出现的错误。

E0:命令成功-无错误

E1:缓冲器错误

E2:电缆地址错误

E3:传感器地址错误

E4:命令错误

E5:浮点参数错误

E6:日期参数错误

E7:传感器地址错误

E8: 传感器或（直接定址）无响应或校验错误

E9:主机超时

E10:传感器电可擦只读存储器（EEPROM）错误

E11:换算参数错误

E12:传感器（电缆扫描）无响应

读数=99999.9 (A 或 B 轴) 或 99.9 (温度): 超标或无响应

B-8 广播地址:

特殊传感器地址“99”被所有传感器认可。此地址允许使用来自所有传感器的单命令。注意命令#30 设置传感器地址不允许使用此地址。用户必须在使用此地址前设置每条电缆的传感器数量 (命令 37)。

B-9 命令示例:

B-9.1 取电缆#1 传感器#2 上的完整读数(A 和 B 轴)并把这个读数以数字形式返回。

命令字符串示例: <CR>1/2/1<CR> (完整的探测读数-数字)

如果: <CR> 唤醒 8020-70

- 1 电缆地址 1
- 2 传感器地址 2
- 1 完整的探测读数 (Dg)

<CR> 以分组格式向 6150-5 传输命令

那么,

6150-5 #2 处理上述的单个命令

6150-5 #2 以分组格式向 8020-70 传输单个回应

8020-70 处理并格式化来自 6150-5 的回应

那么,

8020-70 将返回给用户:

1,2,+1.1230,-0.4560,+25.3230,E0<CR><LF>

如果: 1 =电缆地址

2 =传感器地址

+1.1230 = CH A 读数 (Dg)

-0.4560 = CH B 读数 (Dg)

+25.3230 =传感器温度

E0 =无错误

<CR>*

<LF>*

注: 8020-70 在每条电缆的末端添加“回车/换行”(HEX 0D HEX 0A)

B-9-2 运用广播地址，从全部 16 个连接到电缆#3 的传感器取得 A 轴读数并把读数用伏特作单位返回。

命令字符串示例：<CR>3/99/8<CR>（所有传感器 A 轴）

如果： <CR> 唤醒 8020-70

3 电缆地址 3

99 传感器地址 99（广播）

8 A 轴-伏特

<CR> 以分组格式向所有 6150-5 传感器传输命令

那么，

所有 6150-5 传感器处理命令。

所有 6150-5 传感器分组传输单个的时间多路回应。

转化为 8020-70

8020-70 处理并格式化来自 6150-5 传感器的回应。

那么，

8020-70 将返回给用户：

3,1,+0.5543,E0

3,2,+0.5551,E0

3,3,+0.5211,E0

3,4,+0.4352,E0

3,5,+0.3336,E0

3,6,+0.3125,E0

3,7,+0.2876,E0

3,8,+0.2117,E0

3,9,+0.1995,E0

3,10,+0.1126,E0

3,11,+0.0048,E0

3,12,-0.1132,E0

3,13,-0.2656,E0

3,14,-0.3152,E0

3,15,-0.4441,E0

3,16,-0.5241,E0

B-9-3 把电缆#2 上的 6150C 传感器的总数调到 8

命令字符串示例: <CR>2/1/37/8<CR>

如果: <CR> 唤醒 8020-70

2 电缆地址 2

1 传感器地址 (8020-70 忽略)

37 设定传感器的总数

8 个传感器

<CR> 处理命令

那么,

8020-70 处理此命令

那么,

8020-70 将返回给用户:

2,8,E0

附录 C—用 CRBASIC 编制数字可寻址微型机电系统程序

(广播)

说明:

CRBASIC 是一种编程语言，它以坎贝尔科学的 CRBASIC 数据记录器方式得以运用。当在 CRBASIC 编制程序时，通常使用坎贝尔 Loggernet 软件。此微型机电系统传感器应根据串列输出和输入的说明来读取数据。

抽样程序:

下列抽样程序读取 16 个可寻址双轴微型机电系统量规和热敏电阻的数据。在该实例中电缆和 Com1 取得通讯；控制端口 1 和端口 2。广播寻址用于收集和储存数据。

序列模式

(36*96=3456)电缆尺寸 36*传感器数量多达 96 个(36*96=3456)

电缆* 3456 作为公用串行监听电缆是一种从所有传感器接收数据的电缆。

公用电缆长度=0 变量，与接收的长度相比，持有的长度是可变的。

公用读数分解 (6) 排列电缆以保留传感器回应的组块。

将被储存在数据表里的数值。

公用 A 轴(16) 用于**储存每个微型机电系统 (MEMs) 的 A 轴输出量。**

公用 B 轴(16) 用于**储存每个微型机电系统 (MEMs) 的 B 轴输出量。**

公用温度(16) 用于**储存每个微型机电系统 (MEMs) 的温度输出量。**

公用错误代码(16) 用于**储存每个微型机电系统的错误代码输出，0 表示未检测到错误。**

公用 I，一个可以循环访问分解过程的计数器。

电缆* 36 作为公用量规电缆 (16)，电缆的排列用于 SplitStr 命令，此外排列包含来自单个传感器的信息。一个电缆上有多达 16 个传感器。

数据表（表 1，准确，-1）

样品(16,A_轴(1),IEEE4)A 轴单位是伏特

样品 (16,B_轴(1),IEEE4) B 轴单位是伏特

样品(16,Temp(1),IEEE4)温度单位是摄氏度

样品(16,错误代码(1),IEEE4)用于找出错误代码以确保成功读数。

最终表格

开始程序

要使用的开放端口，每秒传送位数 9600、8 个数据位、一个停止位、无同位、无流量控制、3457 个缓冲区（最大输入数据+1）。TTL 为串行开放格式 16，当使用 RS232 通讯时，采用 0。

串行开放(Com1,9600,16,0,3457)

对着传感器说话并检查回应。

电缆长度=0

串列输出（Com1,CHR(13),“等待”，1，0）

串列输入（串行监听电缆，Com1,100，-1，10）

电缆长度= Len（串行监听电缆）

当未接收到回应时，通讯已同步。按照命令步骤保留模式。

如果电缆的长度=0 那么

串列输出(Com1,CHR(13),"等待",1,10)

结束条件

为广播命令设定传感器数量为 16

串列输出（Com1,CHR(13),“等待”，1，10）

串列输出（Com1,"1/1/37/16"+CHR(13),"",0,0)

扫描(180,Sec,0,0)

回车符启用传感器，**0.1 秒后，传感器启用成功。**

串列输出 (Com1,CHR(13), “等待”, 1, 10)

由于要获取多个读数，所以需清洗端口。。

串行清洗(Com1)

用广播命令来接受来自电缆上所有传感器的数据。

串列输出 (Com1, "1/99/7"+CHR(13),"",0,0)

监听 Com1 15 秒 (广播可以更快速地读取大量传感器数据)

串列输入 (串行监听电缆, Com1,1500, CHR(04),3456)

用回车和换行符通过传感器分解数据(CHR(13) and CHR(10))。

分解 Str (量规电缆(),串行监听电缆 CHR(13)+CHR(10),16,4)

依次通过每条电缆重新获取。

I=1 到 16

用分隔符界定响应，以便获取传感器读数和温度。

分解 Str (读数分解(),量规电缆(I),"",6,0)

此特定命令的分解回应如下所示

读数分解(1);保留电缆地址。

读数分解(2);保留传感器地址。

读数分解(3); A 轴单位为伏特。

A_轴(I) = 读数分解(3)

读数分解(4); B 轴单位为伏特。

B_轴(I) =读数分解(4)

读数分解(5);温度读数单位为摄氏度。

温度(I)=读数分解(5)

读数分解(6); 任何结果错误代码, 0 代表未检测到错误。

错误代码(I)=读数分解

下一步

将收集的数据记入数据表。

调用表 (表格)

然后扫描

终止程序

附录 D—用 CRBASIC 编制数字可寻址微型机电系统程序

(单独地)

说明

CRBASIC 是一种编程语言，它以坎贝尔科学的 CRBASIC 数据记录器方式得以运用。当在 CRBASIC 编制程序时，通常使用坎贝尔 Loggernet 软件。此微型机电系统传感器应根据串列输出和输入的说明来读取数据。

抽样程序：

下列抽样程序读取 16 个可寻址双轴微型机电系统量规和热敏电阻的数据。在该实例中电缆和 Com1 取得通讯；控制端口 1 和端口 2。每个传感器单独地收集和储存数据。

序列模式

公用电缆长度=0 与接收的长度相比，持有的长度是可变的。

公用读数分解 (6) 排列电缆以保留传感器回应的组块。

将数值记入数据表。

公用 A 轴(16) 用于储存每个微型机电系统 (MEMs) 的 A 轴输出量。

公用 B 轴(16) 用于储存每个微型机电系统 (MEMs) 的 B 轴输出量。

公用温度(16) 用于储存每个微型机电系统 (MEMs) 的温度输出量。

公用错误代码(16) 用于储存每个微型机电系统 (MEMs) 的错误代码。0 指未检测出错误。

公用 I 对电缆分解过程进行循环访问的计数器。

公用仪表电缆 (16) * 36 电缆的排列用于 SplitStr 命令，此外排列包含来自单个传感器的信息。一个电缆上有多达 16 个传感器。

数据表(表 1, 真, -1)

样品(16,A_轴(1),IEEE4) A 轴单位为伏特

样品(16,B_轴(1),IEEE4) **B 轴单位为伏特**

样品(16,温度(1),IEEE4) **温度单位为摄氏度**

样品 (16, 错误代码 (1), IEEE4) 用于找出**错误代码以确保读数顺利。**

最终表格

终止程序

要使用的开放端口，每秒传送位数 **9600**、**8** 个数据位、一个停止位、无同位、无流量控制、**37** 个缓冲区（最大输入数据+1）。TTL 为串行开放格式 **16**，当使用 **RS232** 通讯时，采用 **0**。

串行开放(Com1,9600,16,0,37)

对着传感器说话并检查回应。。

电缆长度=0

串列输出(Com1,CHR(13),"wait",1,0)

串列输入(GageStrings(1),Com1,100,-1,10)

电缆长度= Len (GageStrings(1))

当未接收到回应时，通讯已同步。按照命令步骤保留模式。

如果电缆长度=0 那么

串列输出(Com1,CHR(13),"wait",1,10)

终止条件

扫描(180,Sec,0,0)

依次穿过每个传感器

I =1 到 16

用回车符启用传感器，0.1 秒后，传感器启用成功。

串行输出(Com1,CHR(13),"wait",1,10)

由于要获取多个读数，因此需清洗端口。

串行清洗(Com1)

发出单个命令来提取电缆上每个传感器的数据。

串行输出 (Com1, "1/"+1+"/7"+CHR(13),"",0,0)

观察传输特点(CHR(04))单个传感器的响应时间是 3.25 秒，如果等待时间超过 4 秒，则移至下一个传感器。

串行输入(仪表电缆(I),Com1,400,CHR(04),100)

1 秒足以使电缆的传感器回复等待模式。

延迟(1,1,Sec)

接下来

依次穿过每个检索到的电缆

I =1 到 16

用分隔符界定响应，以便获取传感器读数和温度。

SplitStr (读数分解(),仪表电缆(I),"",6,0)

在特定命令下，分解响应如下

读数分解（1）；保留电缆地址。

读数分解（2）；保留传感器地址。

读数分解（3）；A 轴单位为伏特。

$A_{\text{轴}}(I) = \text{读数分解}(3)$

读数分解（4）；B 轴单位为伏特。

$B_{\text{轴}}(I) = \text{读数分解}(4)$

读数分解（5）；温度读数单位为摄氏度。

$\text{温度}(I) = \text{读数分解}(5)$

读数分解（6）；任何产生的错误代码，0 指未检测出错误。

$\text{错误代码}(I) = \text{读数分解}(6)$

接下来

将收集的数据记入数据表

调用表（表 1）

再次扫描

终止程序

附录 E—规格

8020-70:**电源**

电源电压	+12VDC (nom)	+9.5 到+15VDC
操作电流 (备用)	TTL:60 μ A (nom)	TTL:50 μ A to 70 μ A
	RS-232:110 μ A (nom)	RS-232:100 μ A to 120 μ A
操作电流 (用户通讯)	6mA (nom)	TTL/RS-232 5mA 到 7mA
操作电流 (传感器通讯)	20mA (nom)	TTL/RS-232 18mA 到 22mA
操作温度	-20C 到+70C	

通讯 (传感器)

BFSK 频率—二进制数 1	117KHz (标准值)	+/-5KHz
BFSK 频率—二进制数 0	133KHz (标准值)	+/-5KHz
调制等级	1V _{pp} +/- 0.5V _{pp}	
DC 等级	+9VDC (标准值)	+/-0.5VDC
译码	不归零制	
数据速率	2400bps	

6150D:**电源**

电源电压	+9VDC (标准值)	+6VDC to
操作电流 (用户通讯)	6.25mA +/- 1mA	
操作温度	-20C to	+70C

通讯 (传感器)

BFSK 频率—二进制数 1	117KHz (标准值)	+/-5KHz
BFSK 频率—二进制数 0	133KHz (标准值)	+/-5KHz
调制等级	1V _{pp} +/- 0.5V _{pp}	
DC 等级	+9VDC (标准值)	+/-0.5VDC
译码	不归零制	
数据速率	2400bps	

电缆

导体	双绞线 22AWG42215	
绝缘	泡沫状聚乙烯	
屏蔽	浸镀铝聚酯薄膜	
22AWG 镀锡铜排扰线		
护套	聚氨酯—黑色	
全部电缆直径	0.250" +/- 0.010"	
温度额定值	60° C	(最大)
电流容量 (共同)	12.3PF/FT	
电流容量 (接地)	22.8PF/FT	
承受电解质	500VRMS (最小)	
额定电压	30V (最大)	
直流电阻	16.7 Ω /1000'	
特性电阻	107 Ω	