

GK-4410 振弦式钢索计

安装使用手册

(REV E)

基康仪器（北京）有限公司编译

地 址：北京良乡凯旋大街滨河西路 3 号

邮 编：102488

网 址：www.geokon.com.cn

电 话：010-89360909/2929/3939/4949/5959

传 真：010-89366969

电子邮件：info@geokon.com.cn

保证条款：

基康公司证明其产品在正常使用的情况下，从购买后的十二个月内，在材料和加工技术方面不会有什么问题。如果设备失灵，应将其返回基康公司进行评价。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。如果设备显示的证据说明损坏是由于过分腐蚀、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。（在保修期内，由于长期存放且电池欠充电导致的电池失效将不予免费维修）。

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。除了这里提到的，没有其它的保证。也没有表明或暗示其它的保证，包括商业的或者为特殊目的的合理性的暗示保证。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、专门的或相应而生的，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唯一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。在设备的安装环境不好的情况下，基康对由于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。

目 录

1. 简介	1
1.1.工作原理	1
2. 安装	1
2.1.初始检查	1
2.2.钢索计的安装	2
2.3.电缆的布置	3
2.4.电气噪声干扰	3
2.5.初始读数	3
2.5.雷击保护	3
3、数据读取	4
3.1. GK-403（BGK-408）便携式读数仪的操作.....	4
3.2. 温度测量	5
4. 数据处理	5
4.1.变形的计算	5
4.2.温度的修正	6
4.3.环境因素影响	7
5. 故障排除	7
附录 A—技术特性	8
附录B-半导体温度计温度推导公式	9

1. 简介

1.1. 工作原理

基康振弦钢索计设计用来监测钢索的变形，如通常用于牵引索和地锚锚头的钢索应力变化。

仪器包括振弦检测元件，经热处理消除应力的系列弹簧，它的一端固定于钢索，另一端与连杆相连。该部件完全密封，可在一定的压力下工作。由于连杆可从传感器体内拉出，弹簧被拉长，并引起应力的增加，这种情况可被振弦元件检测出来。钢弦的应力与伸长成正比，因此，钢索变形量可由钢索计通过读数仪准确地测量出来。

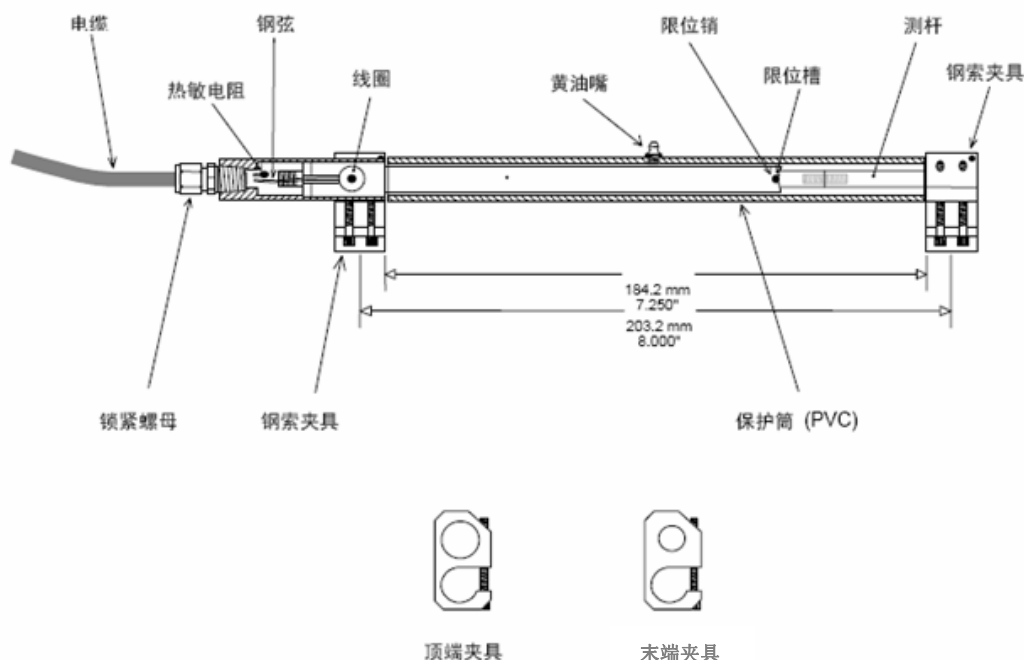


图 1-4410 型振弦钢索计组成

2. 安装

2.1. 初始检查

收到该仪器应立即用读数仪进行检测，检查是否能正常工作（包括热敏电阻）。参见第 3 节的读数指南。仪器在“B”挡的读数大约为 1500-2000。**注意：不要把传感器拉伸到超过仪器的量程。**

也可以使用一台欧姆表来检测传感器，传感器线圈间的电阻（黑线和红线）大约是 $150\ \Omega \pm 10\ \Omega$ 。在检测时，要记住加上电缆的电阻（22AWG 铜导索大约为 $48.5\ \Omega/\text{km}$ ，双向要乘以 2）。绿、白色导线之间在 25°C 的情况下（参见附表 B-1）电阻大约是 3000 欧姆，在任何导体和屏蔽间的电阻应超过 2 兆欧。

2.2. 钢索计的安装

参见图 2 和下列的说明

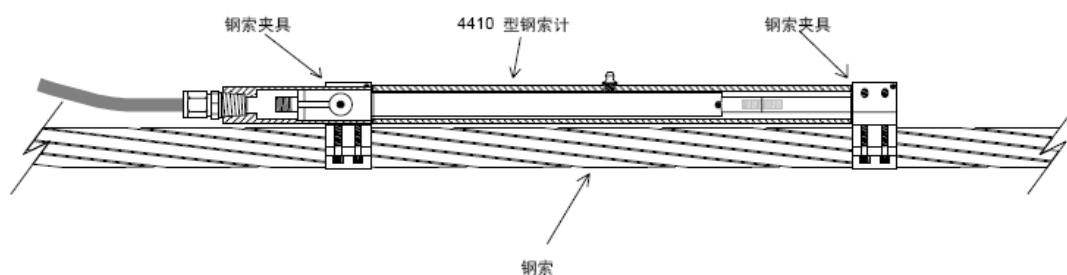


图 2 GK-4410 型钢索计安装示意图

钢索计安装说明：

- 1) 配套的夹具设计用于夹持钢索。安装夹具之前，应确保钢索的端部已去毛刺。安装传感器的部分是清洁的，没有油脂及伤痕等等。
- 2) 将传感器侧着穿入夹具的一端。
- 3) 定位夹具，使管件及测杆与钢缆处于同一条线上。
- 4) 使用内六角扳手来拧紧内六角螺钉。
- 5) 把配套的PVC保护管套在传感器上。
- 6) 滑动钢缆上的另一端夹具（要确认定位是正确的）并将其固定到传感器的连杆上。
- 7) 用配套的定位板调节夹具间的内部距离（184.2mm），用同样的方法拧紧第二个夹具上的内六角螺钉。
- 8) 建立传感器的初始读数。把所提供的螺钉插入连接杆的端部，该连接杆穿过第二个安装托架。把传感器的导线接到读数装置上（参见第3节）并设置在“B”挡。在观察读数装置上的读数时，轻轻拉动传感器测杆端，直至读数增加，请勿让读数达到8000（必要时可进行预拉，以测量已经拉紧的钢缆释放变形）。保持读数在2500-4000（3000为好）之间，并用内六角扳手拧紧夹具上测杆的固定螺丝。安装好的夹具内部距离应与定位板相同，或用游标卡尺来量取实际的间距。

- 9) 将PVC管中充填润滑油脂，该接口是一种标准的接头（可使用黄油枪加注）。
- 10) 下一步是提供带接头安全盒的测量仪托架。利用所提供的密封胶将两端的夹具进行包裹。

2.3. 电缆的布置

电缆的布置应尽量减少由于搬运设备、碎屑或其它原因造成损坏的可能性。

电缆可以拼接加长，而不影响仪器的读数。为了防水，建议采用专用电缆接头进行连接，如采用 82-A1 型 3M 树脂接头，这种接头可以从厂家购买到。

2.4. 电气噪声干扰

当安装仪器电缆时，应该特别注意，要尽可能使电缆远离电气干扰源，如动力线、发电机、变压器，焊机等等。电缆永远不要埋设在交流线下面或与其交叉，（仪器电缆能从动力电缆中吸收 50 或 60Hz 或其它频率）的噪声，这可能导致不稳定的读数。如果出现不稳定的读数，可尝试将屏蔽线接地。

2.5. 初始读数

初始读数的获取必须和温度同时在安装时详细记录。这些读数可以作为后期变形计算的基准参数。

2.5. 雷击保护

4410 型振弦钢索计不同于基康提供的许多其它类型的仪器，不具有任何完整的防雷电部件即等离子体浪涌电压放电器。然而通常这个问题很容易解决，如该仪器电缆是暴露在外，安装防雷电元件是适当的，因为瞬时的浪涌电压加载到电缆上有可能使其毁坏。

注意下列的建议：

- ◆ 如果传感器连到末端盒上或基康提供的多路转换器元件上，例如等离子浪涌放电器可被安装在末端盒/多路转换器也提供一种瞬间保护的监测。基康提供的末端盒和多路转换器为这些元件的安装已预留适当的安装位置。
- ◆ 可使用基康供应的雷电放电板和外壳安装在仪器旁边，该放电板外壳具有一个可拆卸的盖，这样在保护板被损坏时，用户可维护这些元件（或替换该保护板）。外壳与地面间有一个连接端子，以促进来自测量仪的瞬间雷电的通过，参见图3。可向厂方

咨询关于这方面或备用的雷电保护线路图信息。

- ◆ 等离子体脉动放电器可将环氧灌入靠近传感器的测量仪电缆中。用一根接地线把浪涌放电器接地，可以是任何一个标注或其它适合的地线，例如也可以是传感器连接的钢索。

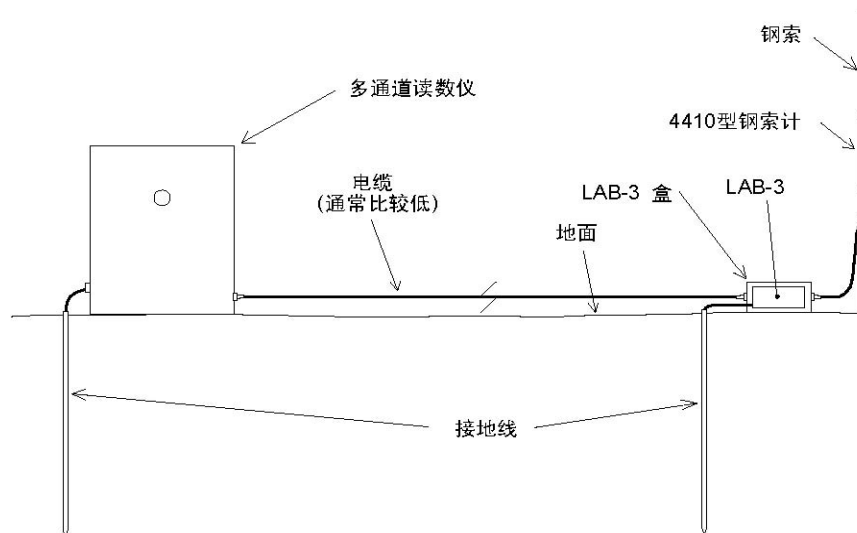


图 3-防雷电示意图

3、数据读取

3.1. GK-403（BGK-408）便携式读数仪的操作

GK-403（BGK-408）读数仪能够直接显示传感器的温度，并且能够储存传感器的读数。同时 GK-403 还可以利用“G”挡输入传感器的率定系数直接将读数转化为工程单位而显示出来，详细信息可参照 GK-403 的使用手册。

下面将阐明如何利用 GK-403（BGK-408）“B”挡读取传感器的数据。

- 1) 将显示选择开关设在“B”挡。（具体操作可参考GK-403或BGK-408手册）
 - 2) 将黑、红、绿、白线夹分别与传感器电缆对应颜色的芯线相连接，蓝色接屏蔽线。
 - 3) 接通电源后，显示窗将显示读数（频率模数与温度），读数值最后一位变化在1-2个数字以内。
 - 4) 当显示为零时，可能错接或可能仪器坏了，或电缆故障，也可能是由于强电干扰所致。若是后一种情况，连好地线或屏蔽线。如果仍然没有信号，就要检查故障产生的其它原因。
- 1) 大约4分钟后，读数仪会自动断电。

3.2. 温度测量

每台振弦钢索计装备有一支热敏电阻以读取温度。热敏电阻提供随温度变化的电阻输出。通常白、绿色接头与内部热敏电阻相连。

- 1) 将一台欧姆表（或数字万用表欧姆挡）与钢索计热敏电阻的两个接头相连。（由于电阻随温度的变化非常大，所以电缆电阻的影响一般很小。）
- 2) 从附录表B-1查阅监测电阻的温度。例如，3400欧姆的电阻相当于22℃。如果电缆很长，则电缆电阻必须纳入计算中。标准的22AWG导线束铜导线电缆大约是14.7 Ω /1000m或48.5 Ω / km，双向要乘2。

4. 数据处理

4.1. 变形的计算

基康对监测和转换来自振弦式钢索计的数据所采用的基本单位是“digits”（频率模数）。

“digits”的计算是以下列公式为基础的：

$$\text{Digits} = [1/\text{周期}]^2 \times 10^{-3} \text{ 或 } \text{Digits} = \text{Hz}^2 \times 10^{-3}$$

公式 1-Digits计算

采用下列公式把 digits 转换成变形量：

$$\text{变形} = (\text{当前读数} - \text{初始读数}) \times \text{测量系数} \times \text{转换系数}$$

$$\text{或 } D = (R_1 - R_0) \times G \times F$$

公式 2-变形计算

式中 R_1 是当前读数

R_0 是初始读数，通常在安装时获得（参见 2.4 节）

G 是仪器系数，通常是 mm/Digit，由率定表获得。

F 是一种工程单位的转换系数（可选择）参见表 1。

来自→ 转换至↓	英寸	英尺	毫米	厘米	米
英寸	1	12	0.03937	0.3937	39.37
英尺	0.0833	1	0.003281	0.03281	3.281
毫米	25.4	304.8	1	10	1000
厘米	2.54	30.48	0.10	1	100
米	0.0254	0.3048	0.001	0.01	1

表 1-工程单位转换系数

若要换算为微应变，则

$$\varepsilon = D/203.2 (\mu \varepsilon \times 10^{-6})$$

这里：D为位移变化量

203.2是安装时卡具的中心距离（如果是实际量取的距离则该数据=量取卡具内部距离的距离+19）。

例如，钢索计安装时的初始读数（ R_0 ）是 7228。当前读数为 6783。仪器系数为 0.0011906mm/digit。变形变化为：

$$D = (7228 - 6783) \times 0.0011906 = +0.5298\text{mm}$$

注意读数增加，表明拉伸。

4.2. 温度的修正

4410 型振弦钢索计具有很少的温度膨胀系数，因此在很多情况下，可以忽略温度修正。然而，如果要求最大的精度，或温度的变化很大（ $>50^\circ\text{C}$ ）时可能需要修正。要与钢索计连接的钢索的温度系数也考虑到计算中去。通过对传感器温度变化的修正，钢缆的温度系数是有可能识别的。

应用下面的公式：

$$\text{变量} = \{ (R_1 - R_0) \times G \} + \{ (T_1 - T_0) \times K \}$$

公式 3-温度修正变形计算

式中： R_1 -当前的读数。

R_0 -初始读数。

G-仪器系数。

T_1 -当前温度。

T_0 -初始温度。

K-温度系数（参见公式 4）。

试验通过传感器轴的位置确定温度系数 K 的变化。因此，在温度修正过程中第一步是在下式的基础上确定适当的温度系数：

$$\text{温度系数} = ((\text{当前读数} \times 0.000295) + 1.724) \times \text{仪器系数}$$

$$K = ((R_1 \times 0.000295) + 1.724) \times G$$

公式 4-温度系数计算

式中： R_1 -当前读数

G-仪器系数

采用 4410-5mm 型钢索计，见下面的例子：

$$R_0=6783 \text{ digits}$$

$$R_1=7228 \text{ digits}$$

$$T_0=15.8^\circ\text{C}$$

$$T_1=37.2^\circ\text{C}$$

$$G=0.0011906\text{mm/digit}$$

$$K=\{(7228 \times 0.000295) + 1.724 \times 0.0011906\}=0.00459$$

$$D_{\text{修正后}}=\{(R_1-R_0) \times C\}+\{(T_1-T_0) \times K\}$$

$$D_{\text{修正后}}=(7228-6783) \times 0.0011906+(37.2-15.8) \times 0.00459\}$$

$$D_{\text{修正后}}=(445 \times 0.0011906) + 0.00459$$

$$D_{\text{修正后}}=0.5298+0.00459$$

$$D_{\text{修正后}}=+0.5344\text{mm}$$

$$\varepsilon_{\text{修正后}}=0.5344/203.2=2630 (\times 10^{-6}) \mu\varepsilon$$

从以上的例子中可以看出，温度变化的修正很小，通常可以忽略不计。

4. 3. 环境因素影响

由于钢索计安装的目的是监测现场状况，而影响这些状况的因素总是被观测着，并记录着。外观上的微小影响对被观测的结构状态具有实质性的效应，并对潜在的问题提供早期的迹象。这些因素的一部分包括：气流、降雨、潮汐高低、挖填、交通、温度和气压的变化，人员的变化，附近建筑工程活动、季节的变化等等。

5. 故障排除

咨询下列问题清单，以解决产生故障的可能。或咨询厂家以取得故障排除方面的帮助。

现象：钢索计读数不稳定。

√是读数仪放置的位置不对？如果用数据自动记录采集读数，振动频率激励位置是标准的吗？尝试在不同的读数挡位读取钢索计的读数。如 GK-401 和 GK-403 的 A 通道可能读出读数。转换周期用公式 1 来计算模数。

√附近有电燥声源吗？大部分电燥声源是电动机、发电机，变压器，电弧焊机和无线电天线。要确定屏蔽线必须接地，不管是用便携式读数仪还是自动数据采集仪。如果用 GK-403，则用兰

色线夹接到屏蔽线上。

√该读数仪连接其他的钢索计能工作吗？如果不，则读数仪可能电池电压不足，或发生故障。

参数专用的读数仪手册，或充电或排除故障。

√钢索计出故障了吗？如果是，可采用第 2 节说明书重新安装。

迹象：钢索计无读数

√是电缆断了吗？这可用欧姆表来检验。两线端间的正常电阻（通常是红、黑线）为 $150\ \Omega \pm 10\ \Omega$ 。记住在检验时要加上电缆电阻（22AWG 铜线束接头大约是 $14.7\ \Omega/1000$ ，或 $48.5\ \Omega/\text{km}$ ，双向要乘 2。）如果电阻值读数不稳定，或很高（兆欧姆），一定是电缆线断了。如果电阻很低（ $<100\ \Omega$ ），很可能电缆短路。

√该读数仪或数据采集仪能和别的钢索计连接时能工作吗？如果不能，则读数仪或采集仪可能出现故障。参见读数仪或采集设备使用手册手册以得到进一步的指导。

附录 A—技术特性

A.1. 4410 型 振弦钢索计技术指标

量程: ¹	3 mm
分辨率: ²	0.025% F. S. R
线性:	0.25% F. S. R
温度零漂移:	$< 0.05\%$ FSR
稳定性:	$< 0.2\%$ /年（静态条件下）
超量程:	115%
温度范围:	-40 ~ +60
频率范围:	1200 ~ 2800 Hz
阻抗:	150 Ω , $\pm 10\ \Omega$
电缆类型: ³	双绞线（4 芯）22 AWG 屏蔽线, PVC 外层, 外径=6.3 mm (0.250")
重量:	0.5 kg.

表 A-1 4410 性能说明

注意:

- 1 其它量程，参见厂家说明。
- 2 分辨率大小取决于读数仪。
- 3 可选购其它类型的电缆。

A.2 半导体温度计（参见附录 B）

温度范围: -80 ~ +150° C

精 度: $\pm 0.5^\circ\ \text{C}$

附录 B-半导体温度计温度推导公式

半导体温度计类型：YSI 44005, Dale # 1C3001-B3, Alpha # 13A3001-B3

电阻转化为温度的公式：

$$T = \frac{1}{A + B(\ln R) + C(\ln R)^3} - 273.2$$

公式 B-1 半导体温度计阻值-温度换算关系

这里： T=摄氏温度

LnR =阻值的自然对数

A=1.4051×10⁻³ (在-50 至+150℃范围内计算有效)

B=2.369×10⁻⁴

C=1.019×10⁻⁷

电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃
201.1K	-50	16.60K	-10	2417	+30	525.4	+70	153.2	+110
187.3K	-49	15.72K	-9	2317	31	507.8	71	149.0	111
174.5K	-48	14.90K	-8	2221	32	490.9	72	145.0	112
162.7K	-47	14.12K	-7	2130	33	474.7	73	141.1	113
151.7K	-46	13.39K	-6	2042	34	459.0	74	137.2	114
141.6K	-45	12.70K	-5	1959	35	444.0	75	133.6	115
132.2K	-44	12.05K	-4	1880	36	429.5	76	130.0	116
123.5K	-43	11.44K	-3	1805	37	415.6	77	126.5	117
115.4K	-42	10.86K	-2	1733	38	402.2	78	123.2	118
107.9K	-41	10.31K	-1	1664	39	389.3	79	119.9	119
101.0K	-40	9796	0	1598	40	376.9	80	116.8	120
94.48K	-39	9310	+1	1535	41	364.9	81	113.8	121
88.46K	-38	8851	2	1475	42	353.4	82	110.8	122
82.87K	-37	8417	3	1418	43	342.2	83	107.9	123
77.66K	-36	8006	4	1363	44	331.5	84	105.2	124
72.81K	-35	7618	5	1310	45	321.2	85	102.5	125
68.30K	-34	7252	6	1260	46	311.3	86	99.9	126
64.09K	-33	6905	7	1212	47	301.7	87	97.3	127
60.17K	-32	6576	8	1167	48	292.4	88	94.9	128
56.51K	-31	6265	9	1123	49	283.5	89	92.5	129
53.10K	-30	5971	10	1081	50	274.9	90	90.2	130
49.91K	-29	5692	11	1040	51	266.6	91	87.9	131
46.94K	-28	5427	12	1002	52	258.6	92	85.7	132
44.16K	-27	5177	13	965.0	53	250.9	93	83.6	133
41.56K	-26	4939	14	929.6	54	243.4	94	81.6	134
39.13K	-25	4714	15	895.8	55	236.2	95	79.6	135
36.86K	-24	4500	16	863.3	56	229.3	96	77.6	136
34.73K	-23	4297	17	832.2	57	222.6	97	75.8	137
32.74K	-22	4105	18	802.3	58	216.1	98	73.9	138
30.87K	-21	3922	19	773.7	59	209.8	99	72.2	139
29.13K	-20	3748	20	746.3	60	203.8	100	70.4	140
27.49K	-19	3583	21	719.9	61	197.9	101	68.8	141
25.95K	-18	3426	22	694.7	62	192.2	102	67.1	142
24.51K	-17	3277	23	670.4	63	186.8	103	65.5	143
23.16K	-16	3135	24	647.1	64	181.5	104	64.0	144
21.89K	-15	3000	25	624.7	65	176.4	105	62.5	145
20.70K	-14	2872	26	603.3	66	171.4	106	61.1	146
19.58K	-13	2750	27	582.6	67	166.7	107	59.6	147
18.52K	-12	2633	28	562.8	68	162.0	108	58.3	148
17.53K	-11	2523	29	543.7	69	157.6	109	56.8	149
								55.6	150

表 B-1 半导体温度计阻值-温度对照表