

GK-4400 振弦式埋入测缝计

安装使用手册

(Rev C)

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. 概述.....	1
2. 安装.....	2
2.1 初步检验	2
2.2 埋入式测缝计安装	2
2.2.1 安装套筒底座.....	2
2.2.2 安装传感器.....	3
2.3 电缆安装	4
2.4 电噪声影响	4
2.5 初始读数	4
3. 读取数据.....	5
3.1 GK-403 (BGK-408) 便携式读数仪的操作	5
3.2 温度测量	5
4. 数据处理.....	5
4.1 变形计算	5
4.2 温度修正	6
4.2 环境因素	8
5. 查找及排除故障.....	8
附录A—技术指标.....	9
附录B—半导体温度计温度推导公式.....	10
附录C—率定表表样.....	11

1. 概述

基康 4400 型振弦式埋入型测缝计主要用于测量砼块之间的升降或断面的接缝开度或边界位移，以及在完全灌浆的钻孔中跨越破碎带测量。

该仪器由一个经过系列热处理的振弦感应元件构成，一端连接弦的应力释放弹簧，而另一端是连接杆。由于传递杆从传感器筒体拉出，弹簧拉伸导致应力增加，并由振弦元件感应。弹簧的应力与弦张力成正比，因而，裂缝的开度用弦式读数仪通过测量应变的变化很精确的测定。该单元是完全密封的并且可以根据客户要求压力定制。

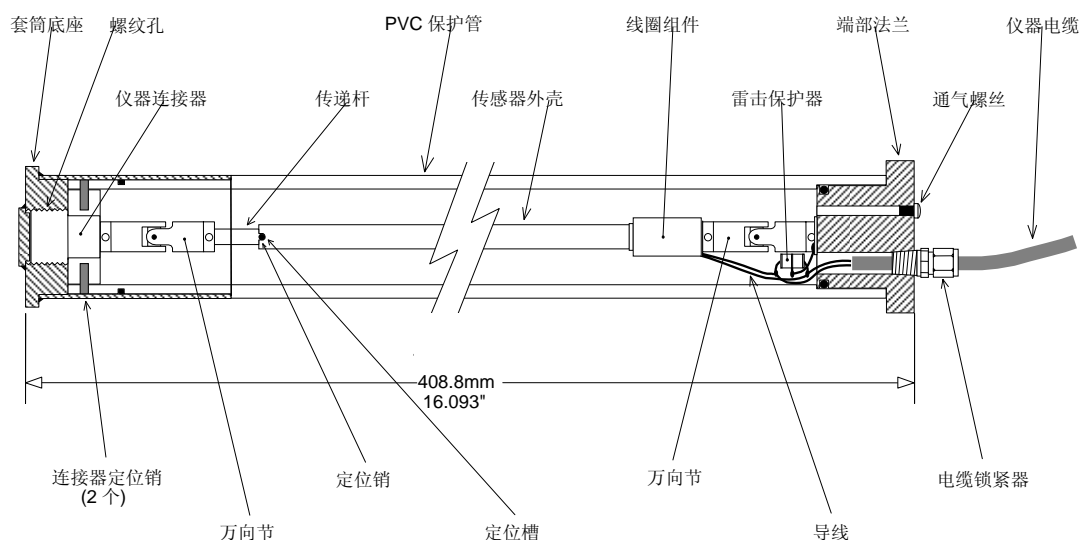


图 1 - 4400 型振弦埋入式测缝计

使用时，应将套筒底座固定在先浇筑起来的砼中，并且当模板拆除后，从套筒底座中将套筒底塞拉出。然后把传感器拧进套筒底座的丝扣（必须保证连接器定位销落入保护管的定位槽中，具体步骤见第 2 节），慢慢拉伸然后将其浇筑到下一块浇筑的砼中。接缝的任何开度均由牢固锚固在两个浇筑的混凝土块内传感器测得。由于仪器本身比保护管体小，在仪器上装有万向节，因而允许被测结构有一定的剪切变形。

通常传感器内均装有热敏电阻，可以测量仪器安装部位的温度。

2. 安装

2.1 初步检验

当收到仪器，应检查是否能正常工作（如有半导体温度计，也应包括在内）。把仪器连在 GK-403 (BGK-408) 读数仪上，当仪器的螺纹连接器拉出大约 3mm 时，仪器“B”挡读数将在 2000 左右，**切记连接头的拉伸不能超过仪器量程**。在传感器端上的螺纹连接头也不能任意转动。

电路的连续性检查也可以采用万用表，传感器线圈间的电阻大约为 $180\ \Omega \pm 10\ \Omega$ ，当检查时记住加上电缆电阻（22AWG 标准铜导线的线电阻大约 $48.5\ \Omega/\text{km}$ ，两向则乘 2）。温度计电阻（绿线和白线）在 25°C 时约为 $3000\ \Omega$ ，任何导线与屏蔽线之间的绝缘应超过 $2\text{M}\ \Omega$ 。

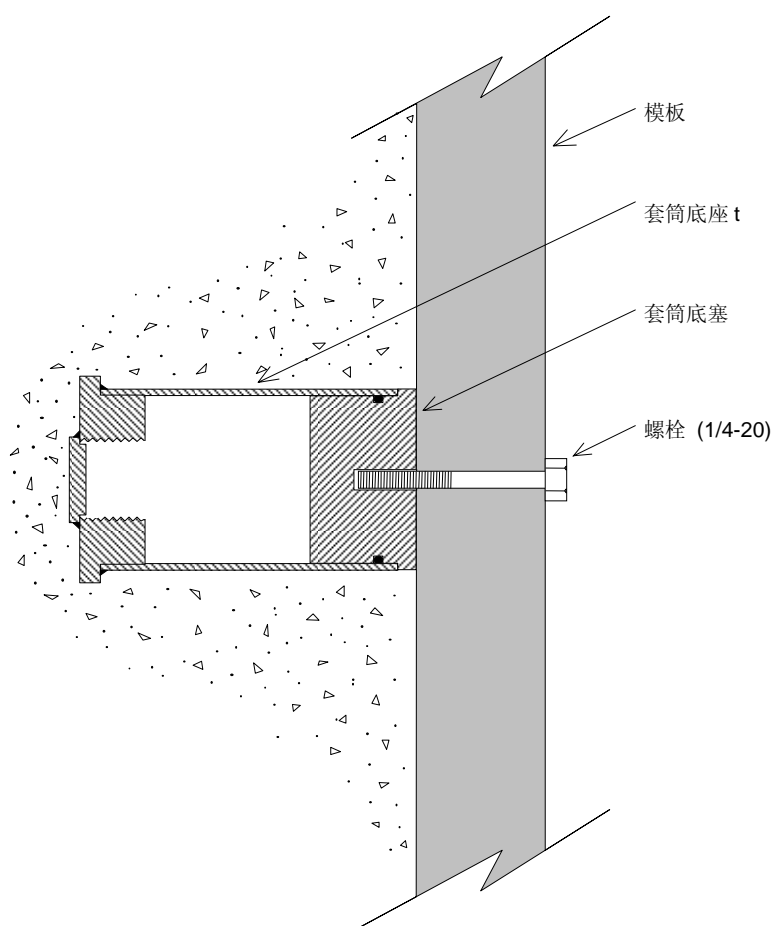
2.2 埋入式测缝计安装

振弦埋入式测缝计的安装包括两个步骤：第一步，安装套筒底座，第二步，安装传感器。

2.2.1 安装套筒底座

先将传感器的套筒底座安装在先浇筑起来的混凝土中，有多种安装套筒底座的方法，但不论在任何场合，都要切记套筒底座的面必须与可看到的拟完成的砼面一致。套筒底座的底塞有一个 1/4-20 螺母用来固定套筒底座到模板上（见图 2）如果仪器不这样安装，底塞上的螺丝孔

须堵上，以保护底塞不受混凝土影响。另



外，套筒底座也可焊接到钢筋上或用捆扎线绑扎就位。

图 2 套筒底座安装示意图

意图

2.2.2 安装传感器

1. 当拆除模板并露出套筒底座后，拉套筒底塞上的螺栓将底塞取出（见图 2）。此时，套筒底座内应彻底清理干净并薄薄抹上一层黄油。

2. 把测缝计放进套筒底座之前，应保证连接头的定位销销钉落入传感器塑料保护管的定位槽内，见图 1。

3. 从电缆端法兰盘上卸下密封通气螺丝，见图 1。

4. 在传感器连接器的丝扣上抹少许环氧或螺纹锁固剂，把传感器推进套筒底座直至不动。在施加向孔内压力的同时，顺时针方向旋转传感器直到接头稳妥地拧紧在套筒底座内的丝扣中，如图 3。**注意：如果用刚性直埋式电缆，电缆束或卷筒也应旋转进行，以免卷曲电缆。**

5. 下一步是把传感器和电缆固定就位以便浇筑混凝土，此时应从传感器（和温度计）上读取读数（见第 3 节）。可以轻轻挤压传感器，建议把传感器往外拉，直到在“B”挡获得的读数达 3000—3500 之间，这样把仪器设置在它额定量程的大约 25%左右，**应切记：把传感器从套筒底座中拉出后不能再扭转。**如果传感器需要从套筒底座中卸下来，应把它推进去使定位销卡住并逆时针旋转直到变松为止。

6. 将通气螺丝重新安装在传感器端部法兰盘上。

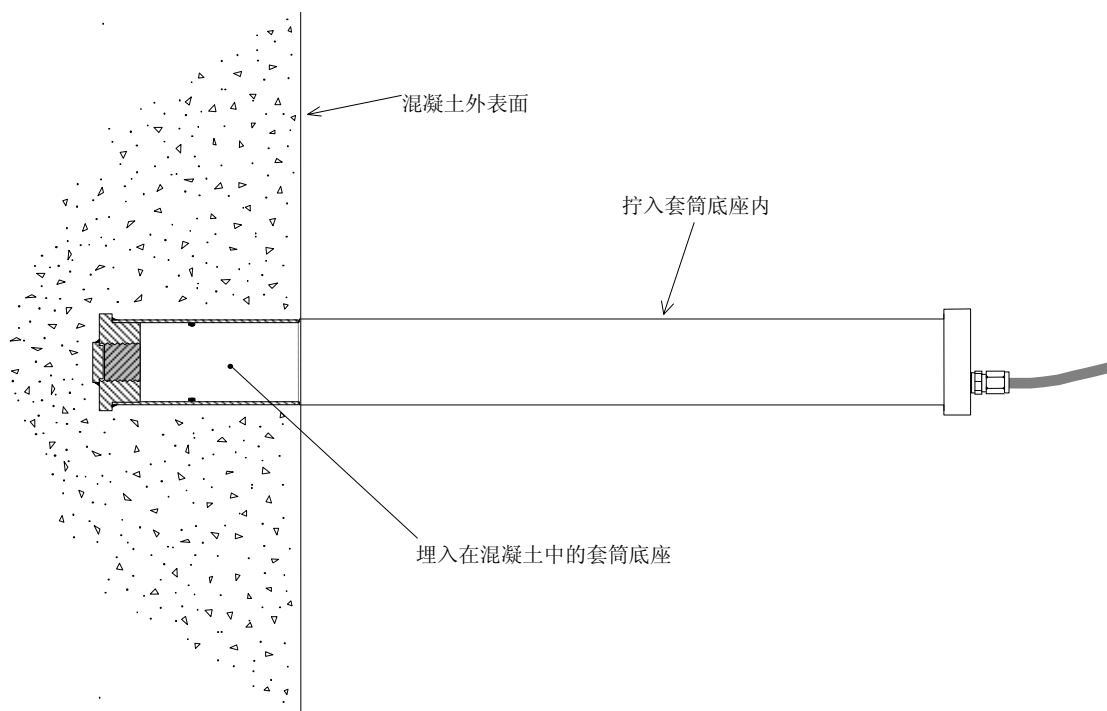


图3 - 埋入式测缝计安装示意图

2.3 电缆安装

电缆的走向应注意尽量减小因移动施工设备、碎石屑或其他原因而导致电缆损坏的可能性。

电缆也可以加长，而不会影响传感器的读数。接头应为防水接头，最好采用 3M Scotchcast™ 的 82-A1 型接头套件，用环氧灌封。该种套件可从厂家买到。

2.4 电噪声影响

在进行仪器电缆安装操作中，应当心使它们尽可能保持远离电干扰源，例如动力电源线、发电机、电动机、变压器、弧焊机等。**仪器电缆绝不允许与交流电缆一同埋设或铺设！**否则仪器电缆将从电力电缆中感应 50 或 60Hz（或其它频率）的噪声，这给获得稳定的读数造成一定影响。

2.5 初始读数

必须读取初始读数并应认真记录安装时的温度。当传感器就位后并在浇筑第二块砼之前，应读取初始读数。当第二块的砼养护期后再次读取读数，或者根据需要调整观测周期。

3. 读取数据

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。

大约4分钟后，读数仪会自动断电。

3.2 温度测量

每一支振弦式埋入型测缝计都内置有热敏电阻用于测温。该热敏电阻给出一个因温度变化引起的各种电阻输出。通常绿、白线连接到内置热敏电阻。

- 1) 把来自测缝计的两根热敏电阻导线联到万用表上(因电阻随温度变化值是很大的，电缆电阻的影响通常忽略不计)。
- 2) 查阅表B-1(附录B)测量电阻对应的温度。另一方面，温度可以用公式B-1(附录B)计算出来。例如，3000欧姆的电阻等于25℃。当采用了长电缆时，电缆电阻需要加进来计算。标准的22AWG标准铜线电缆大约是48.5Ω/km，双向则乘2。

4. 数据处理

4.1 变形计算

基康对弦式测缝计测量和换算所采用的基本单位是“Digit(字)”。由 GK-403 和 BGK-408 在“B”挡的显示单位为“数字值”。数字值的转换基于下列公式：

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

公式 1—数字的含义

把数字值换算为位移采用下列公式（详见仪器率定表，以率定表为准）：

$$\text{位移} = (\text{当前读数} - \text{初始读数}) \times \text{率定系数} \times \text{换算系数}$$

或

$$D = (R_1 - R_0) \times C \times F$$

公式 2—变形计算

此处：R1 是当前读数。

R0 通常是在安装时获得的初始读数（见 2.4 节）。

C 是率定系数，通常采用 mm/字。

F 是一种工程单位换算系数（可选择的），见表 1。

从→ 到↓	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—工程单位换算系数

例如，12mm 量程的测缝计在安装时的初始读数（R0）是 3150 字。当前读数（R1）是 6000 字，率定系数是 0.00356mm/字，则变形变化是：

$$D = (6000 - 3150) \times 0.00356 = +10.146\text{mm}$$

注意：增加的读数（数字值）表示拉伸或位移增加。

4.2 温度修正

4400 型弦式测缝计有很小的温度膨胀系数，在大多数场合不需进行修正。然而，如果期望最大的精度或者温度变化过大（>10℃）时才有必要修正。埋入式测缝计所测结构的温度系数也应考虑，所测结构体的温度变形也许是比较显著的。传感器的温度修正（缝开度计算）采用下列公式：

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

公式 3—温度修正变形计算

这里： R_1 是当前读数。
 R_0 是初始读数。
 T_1 是当前温度。
 T_0 是初始温度。
 K 是温度系数。
 L_c 是仪器长度的修正值。

温度系数 K 通过率定决定， K 值随传感器传动杆的位置变化。因而，温度修正过程中的第一步是基于下列公式决定相应的温度系数：

温度系数 = [(数字值读数 × 系数) + 常数] × 率定系数

或

$$K = [(R_1 \times M) + B] \times C$$

公式 4—温度系数计算

用于公式 4 系数和常数值见表 2。系数 (M) 和常数 (B) 值随传感器的量程而改变。

型号:	4400-12 mm	4400-25 mm	4400-50 mm
系数 (M):	0.000295	0.000301	0.000330
常数 (B):	1.724	0.911	0.415
传感器长度 (L):	338 mm	333 mm	274 mm

表 2—温度系数计算常数

这里的 L 以毫米或英寸单位，表 2 中可以查出，与率定参数单位相对应。

仪器长度的修正 (L_c) 采用下列公式 5 计算。

$$L_c = 17.3 \times 10^{-6} \times L \times (T_1 - T_0)$$

公式 5—仪器长度修正

下面为某一采用 25mm 量程测缝计的例子。

$R_0 = 3150$ 数字值

$R_1 = 6000$ 数字值

$T_0 = 15.3^\circ\text{C}$

$T_1 = 32.8^\circ\text{C}$

$C = 0.000356\text{mm/数字值}$

$K = [(6000 \times 0.000301) + 0.911] \times 0.00356 = 0.0096$

$$Lc=17.3 \times 10^{-6} \times 333 \times (32.8-15.3) = 0.100$$

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

$$D_{\text{修正}} = [(6000-3150) \times 0.00356] + [(32.8-15.3) \times 0.0096] + 0.100$$

$$D_{\text{修正}} = (2850 \times 0.00356) + (17.5 \times 0.0096) + 0.100$$

$$D_{\text{修正}} = 10.146 + 0.168 + 0.100$$

$$D_{\text{修正}} = +10.414 \text{ mm}$$

从上例中可以看出，温度变化修正是很小的，通常可忽略不计。

4.2 环境因素

安装测缝计的目的在于监测现场位置状况，就应当经常观测和记录可能影响这些状况条件的因素，看起来微小的影响可能对监测结构的性态产生明显影响，可以给出一种潜在问题的早期征兆。这些因素包括（不止这些）：气流、降雨、潮汐、填挖高程与层次、交通、温度和大气压变化、人员变动、附近施工行为、季节变化等。

5. 查找及排除故障

基康振弦式埋入型测缝计的维护与修理应该定期检查电缆接头和集线箱的维护。一旦安装后，测缝计通常是难于接近，并且要补救也受到限制。参阅下面所列的问题，尽可能解决一些遇到的困难。对更多的排除故障的帮助请向厂家咨询。

症状：测缝计读数不稳

- 读数仪的挡位是否正确？如果使用数据记录仪自动记录读数，扫描频率的激励设置是否正确？
- 测缝计的传递杆位置是否超出了仪器的量程？当传感器的传递杆连同定位销钉完全缩回定位槽时（图 1），读数很可能不稳，因为振弦低于最小量程，没有在额定工作范围内。
- 附近是否有电噪声源？噪声源的最大可能来自电动机、发电机、变压器、弧焊机和大功率无线电天线。无论采用便携读数仪还是数据记录仪，应确认屏蔽线是否已可靠接地。如果采用 GK-403 或 BGK-408 读数仪则将蓝色线夹与屏蔽线相连。

症状：测缝计错误读数

- 电缆断了或是压坏了？可以用一块万用表检查。传感器线圈之间的正常电阻（通常红和黑线）是 $180\ \Omega \pm 10\ \Omega$ 。检查时记住加上电缆电阻（22 AWG 标准铜线大约是 $48.5\ \Omega/\text{km}$ ）。如果电阻无穷大或很高（ $>1\text{M}\ \Omega$ ），应怀疑是电缆断了。如果阻值很低（ $<100\ \Omega$ ），可能是电缆短路。修复断电缆和短路电缆的接线工具套件可从厂家买到。欲获得详细资料，请咨询厂家。
- 将读数仪或数据记录仪连接其它仪器是否工作？如不工作，读数仪或数据记录仪可能出了故障。

附录 A—技术指标

A.1 4400 测缝计

测量范围： ¹	12 mm 0.50 inches	25 mm 1 inch	50 mm 2 inches
分辨率：	0.025% FSR		
线性：	0.25% FSR		
线性精度：	0.5% FSR		
多项式精度：	0.1% FSR		
温度漂移：	$< 0.05\% \text{ FSR}/^\circ\text{C}$		
稳定性：	$< 0.2\%/yr$ (under static conditions)		
超量程：	115%		
温度范围：	$-40 \sim +60^\circ\text{C}$		
频率范围：	1200 ~ 2800 Hz		
线圈电阻：	$180\ \Omega, \pm 10\ \Omega$		
电缆类型： ²	2 对 (4 芯) 22 AWG 铝箔屏蔽, PVC 护套, 标称外径 OD=6.3 mm (0.250")		
长度 (压缩状态)：	408.8 mm		
最大直径 (法兰盘)：	63.5 mm		
保护管直径：	50.8 mm		
重量：	1.5 kg		

表 A-1 GK-4400 埋入式测缝计技术规格

注意：

- ¹ 可接受其它量程的仪器。
- ² 可选用其它类型的电缆。

A.2 温度计 (可参照附录 B)

范围： $-80 \sim +150^\circ\text{C}$

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

附录 C—率定表表样

 48 Spencer St. Lebanon, N.H. 03766 USA							
Vibrating Wire Displacement Transducer Calibration Report							
Range: <u>12.5 mm</u>				Calibration Date: <u>March 01, 2006</u>			
Serial Number: <u>06-3003</u>				Temperature: <u>23.1 °C</u>			
Cal. Std. Control Numbers: <u>529, 406, 344, 057</u>				Calibration Instruction: <u>CI-4400 Rev: C</u>			
				Technician: <i>J. Quilley</i>			
GK-401 Reading Position B							
Actual Displacement (mm)	Gage Reading 1st Cycle	Gage Reading 2nd Cycle	Average Gage Reading	Calculated Displacement (Linear)	Error Linear (%FS)	Calculated Displacement (Polynomial)	Error Polynomial (%FS)
0.0	2387	2384	2386	-0.033	-0.27	-0.004	-0.03
2.5	3519	3518	3519	2.513	0.10	2.507	0.05
5.0	4637	4636	4637	5.025	0.20	5.002	0.02
7.5	5747	5745	5746	7.519	0.15	7.496	-0.03
10.0	6851	6850	6851	10.00	0.01	10.00	-0.03
12.5	7951	7951	7951	12.47	-0.21	12.50	0.03
(mm) Linear Gage Factor (G): <u>0.002247</u> (mm/ digit)				Regression Zero: <u>2400</u>			
Polynomial Gage Factors: A: <u>7.02257E-09</u>				B: <u>0.002175</u>		C: <u>-5.2322</u>	
(inches) Linear Gage Factor (G): <u>0.00008848</u> (inches/ digit)							
Polynomial Gage Factors: A: <u>2.76479E-10</u>				B: <u>0.00008562</u>		C: <u>-0.20599</u>	
Calculated Displacement:				Linear, $D = G(R_1 - R_0)$			
				Polynomial, $D = AR_1^2 + BR_1 + C$			
Refer to manual for temperature correction information.							
Function Test at Shipment:							
GK-401 Pos. B: <u>5021</u>				Temp(T ₀): <u>25.5 °C</u>		Date: <u>March 10, 2006</u>	
The above instrument was found to be in tolerance in all operating ranges. The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1. This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.							