

BGK/GK-6160MEMs 倾斜仪
安装使用手册
(REV A)

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

目 录

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. 介绍 | 1 |
| 1.1. 测斜仪传感器原理..... | 2 |
| 2. 安装 | 3 |
| 2.1 初步检验..... | 3 |
| 2.2 GK/BGK-6160 安装..... | 4 |
| 3. 读数 | 5 |
| 3.1 数据采集系统读数..... | 5 |
| 3.2 BGK/GK-RB500 读数仪..... | 5 |
| 3.3 温度测量..... | 5 |
| 4. 数据处理 | 6 |
| 4.1. 倾斜计算..... | 6 |
| 4.2. 多测点的偏移量（扰度）计算..... | 7 |
| 4.3. 环境因素影响..... | 8 |
| 5. 故障排除 | 8 |
| 附录 A- 技术指标 | 9 |
| A. 1. MEMS 传感器 | 9 |
| A. 2. 热敏电阻 (参见附录 B) | 9 |
| 附录 B- 半导体温度计温度推导公式 | 10 |

1. 介绍

基康仪器的 6350 振弦式倾斜仪用于长期测量结构的倾斜变化，包括大坝、基础、挡土墙、超过 50m 以上的桥墩等或类似结构，基本原理是利用安装在被监测结构上的倾斜传感器来精确测量倾斜度。见图 1。

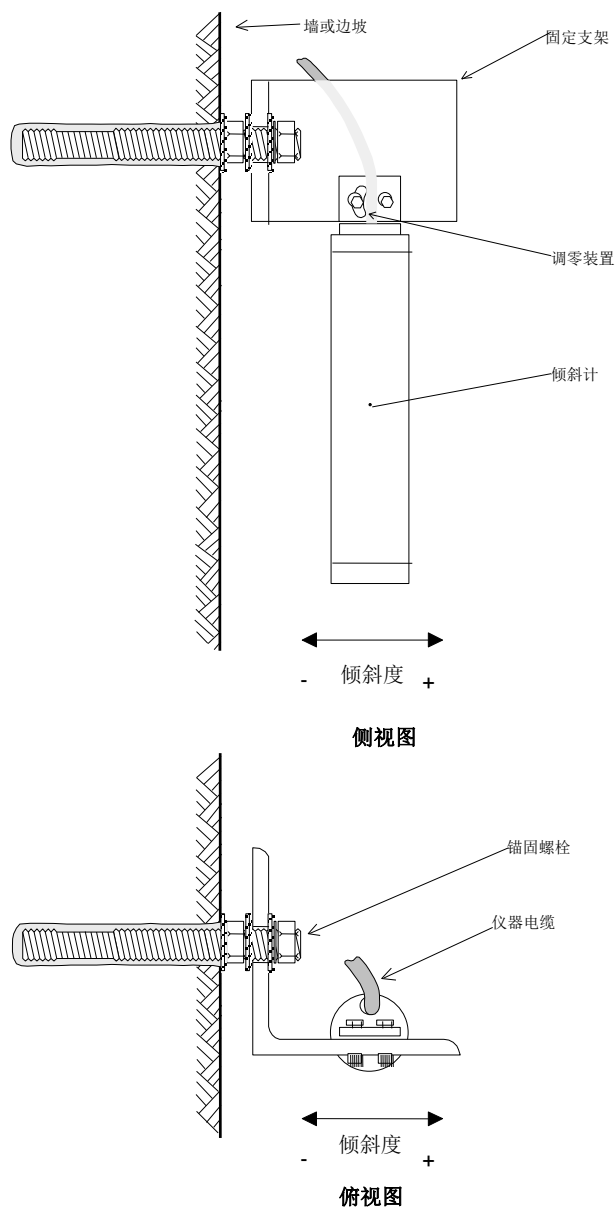


图 1 - BGK/GK-6160 单轴倾斜仪安装示意图

1.1. 测斜仪传感器原理

传感器内有 1 组或 2 组 MEMS（微型机电系统）传感器密封在壳体内部。传感器上部有一个安装支架，可与滑轮组件固定。一个滑轮为定滑轮（固定轮），另一个滑轮具有弹性，保证传感器在有槽的测斜管内位置居中，并可沿测斜管向下滑动，且不会整体旋转。传感器下端有一个突出的部件，可与连接杆固定。电缆由测斜管的管口引出。单轴仪器内部装有热敏电阻，用以测量温度。

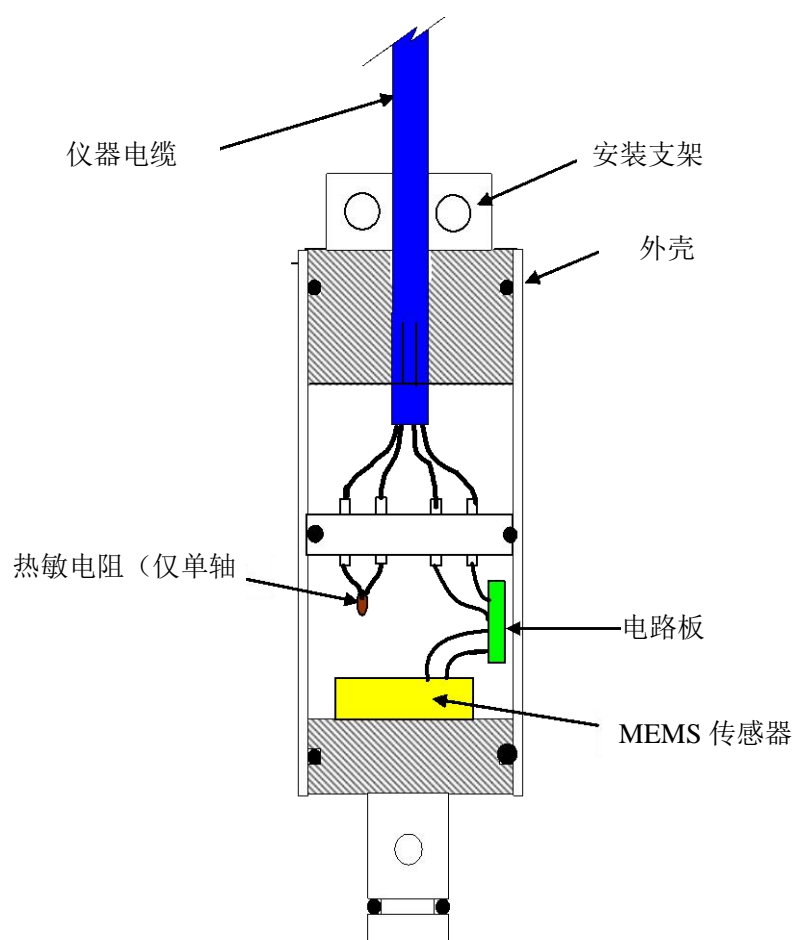


图 2 -单轴倾斜仪传感器

MEMS 倾斜仪有单轴及双轴两种，双轴（6160D）的型倾斜仪内装有两组 MEMS 传感器芯片互成 90° 安装。此外，也可使用两支单轴倾斜仪互成 90° 安装来做为双轴传感器来使用。注意，6160D 型双轴传感器无内置热敏电阻。

2. 安装

2.1 初步检验

仪器在安装之前应进行检验。每只仪器都有一张率定表，表上给出了输出电压与倾角之间的关系。将传感器电缆接入数据采集系统，或 RB-500 读数仪（见第 3 节）。红与黑组导线为电源输入，黑（B）与白（A）为电压输出。读数的范围在 $+1.9999 \sim -1.9999$ 之间，通过改变传感器倾斜量粗略观察传感器读数是否正常，传感器应该有稳定的读数。通常情况下，传感器上端标示有一个箭头及“+”号，表示改方向为正方向，即当倾斜仪向箭头所示并沿着上部安装支架所在的平面方向倾斜时，测斜仪的读数将会增大（ $0 \sim 1.9999$ ），反之读数会减小并使读数负向增加。当仪器处于铅直位置时，读数仪应该为 0 或接近于 0。

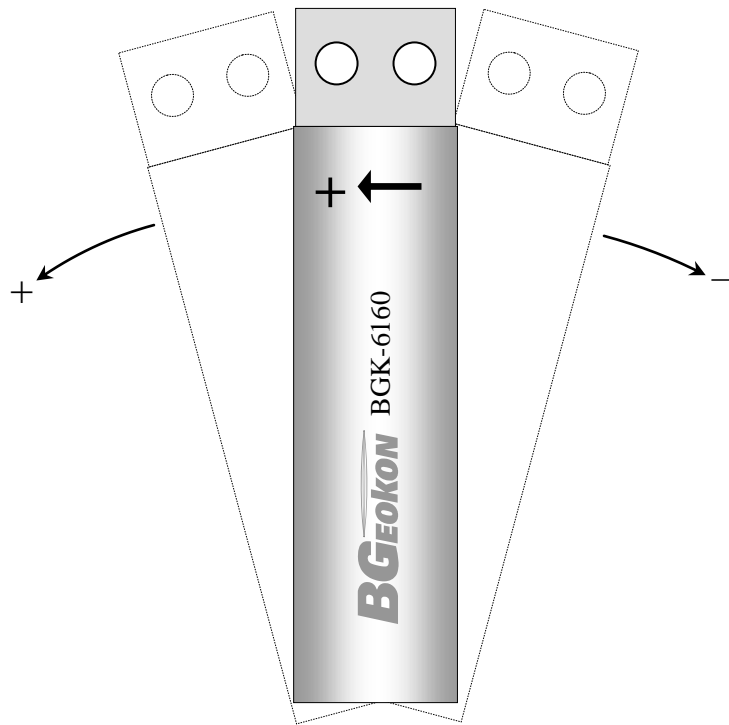


图 3-单轴倾斜仪的方向

6160D 型双轴倾斜仪的方向是以单轴所标示的方法及方向做为 A 轴，在俯视状态下顺时针旋转 90 度所指向即为 B 轴的正方向。

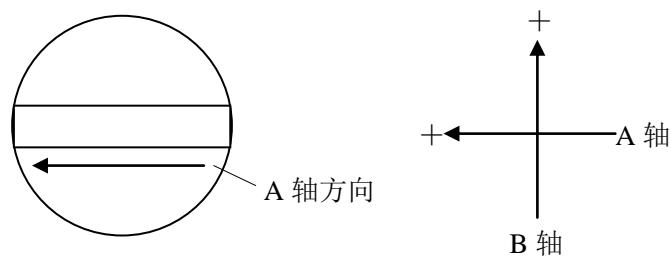


图 4-双轴传感器的方向俯视图

温度电缆为绿与黑一组导线，可以通过欧姆表来测量电阻，或用公式换算，也可对比表

B-1 查出温度值，以确定环境温度。或直接使用 BGK408/GK-403 读数仪测量温度。

绝缘性能也可通过欧姆表来测量，绿与黑导线之间的电阻在 25℃时应为 3000 Ω（见表 B-1）。任何导线与外壳之间的电阻应大于 2 兆欧。

不同于常规的仪器，本传感器内含高科技电子元器件，不得使用常规的方法如使用摇表（绝缘电阻表）来检查仪器的绝缘，否则将会造成仪器损坏！

现场的率定检验应在稳定的环境下进行，否则将造成读数不稳定导致率定时的线性变差。尽可能在地面或接近地面的环境下率定，不推荐在较高的楼层中率定。

2.2 GK/BGK-6160 安装

首先安装固定架（见图 3），此固定架用于垂直墙上的固定。

标记好固定的位置，并用锤钻钻一个直径 12mm 的孔，深度大约为 100mm，把孔清理干净，有条件可用压缩空气吹扫。把净浆或环氧混合好并填入孔中，将锚杆推入孔中，可使用手锤敲到孔底，等锚杆固定后再继续安装。如图 4 所示，用配备的部件把固定支架连接到螺栓上，用水平仪或其他水平装置调整固定架，保持其和墙面垂直。

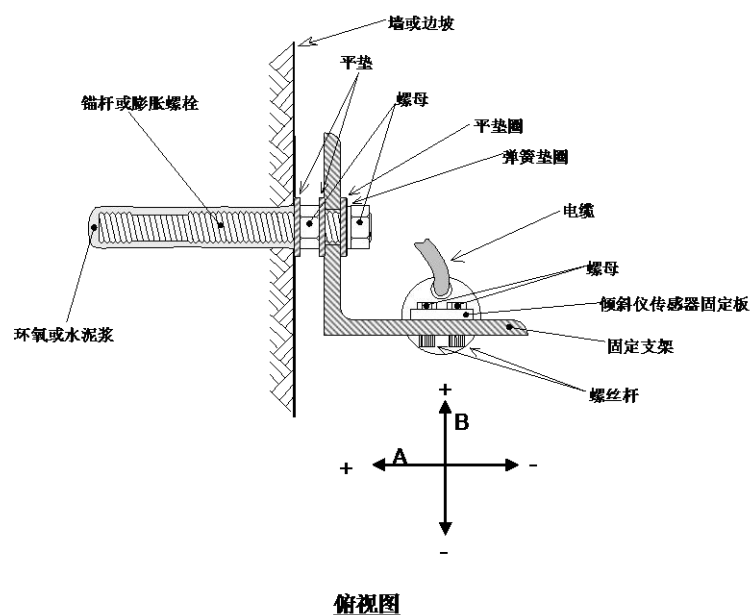


图 4 - 单轴倾斜传感器安装

用户也可使用其它的方式来固定传感器，这需要用户根据结构特点自制安装支架，也可将固定支架在保证仪器在铅直的前提下直接焊接在钢架上或固定在将结构上。

3. 读数

3.1 数据采集系统读数

通常情况下，采集系统可自动对测斜仪进行连续测量。数据采集系统可使用 BGK-Micro-40 或 GK-8021 Micro-1000。

接入 GK8021 Micro1000 系统时，应对应下列各项：

| | | |
|--------|---|---------------------|
| 红线 | = | 12 V 直流电源+ |
| 黑（绞红） | = | 接地（-） |
| 白 | = | A 轴信号（+） |
| 黑（绞白） | = | A 轴接地（-） |
| 绿 * | = | B 轴信号（+）（单轴传感器为温度+） |
| 黑（绞绿）* | = | B 轴接地（-）（单轴传感器为温度-） |
| 裸线 | = | 屏蔽 |

注意：双轴系统接入 CR10 系统时必须使用继电器转换 2H/2L 与 4H/4L。

- ★ 在单轴传感器中，绿色与黑色组导线一般用于测量热敏电阻。如有必要最好人工测量，或单独接入数据采集系统。

3.2 BGK/GK-RB500 读数仪

BGK-RB500 与 GK-RB500 读数仪设计用于野外人工读取测斜仪数据，此读数仪没有存储功能。适合用于不需连续监测的情况，也适用于施工期间或在自动采集系统没有组建时使用。相关的读数方法见读数仪使用手册。

3.3 温度测量

温度的变化对 MEMS 传感器的影响极小，通常可以忽略不计。如果发生温度对倾斜仪的测量产生影响时，可通过测量每只测斜仪的工作温度来消除。因此，每只测斜仪都装有热敏电阻用于测量温度，以消除温度的影响。

BGK-RB500 读数仪可以采集温度电阻的读数，而 GK-RB500 读数仪没有温度电阻测量功

能，因此使用 GK-RB500 读数仪时，温度电阻的测量可以使用数字万用表欧姆档测量。

- 1) 测量温度时，可用欧姆表连接热敏电阻的电缆（由于温度变化时，热敏电阻阻值变化非常大，因此电缆电阻通常可忽略）。
- 2) 温度值还可以通过电阻阻值对应表 B-1 查出，也可根据 B-1 提供的公式计算得出。也可使用 GK-403 或 BGK-408 读数仪来直接测量并显示温度值。

4. 数据处理

4.1. 倾斜计算

BGK-RB500 读数仪在对 BGK/GK-6160 系列传感器进行读数时，其倾斜量的读数为传感器输出电压值的 0.5 倍，因此在计算式应注意系数的转换。下面分别描述采用不同产地的传感器时，数据的处理方法有一定差别。

1) 倾角换算

BGK-RB500 读数仪显示的倾角读数为传感器输出电压的 0.5 倍，因此读取的电压值应取 2 倍，针对不同产地的传感器读数的处理方式也是有一定区别的。

- a) 对于北京基康组装的 **BGK-6160** 型传感器，其计算方法如下：
近似的倾角 θ 计算：

$$\theta (^{\circ}) = 2 \times 3.6 \times R_1$$

这里： R_1 为在 BGK-RB500读数仪上显示的读数。

更精确的倾角计算按如下公式计算：

$$\theta (^{\circ}) = G \times (R_1 - R_0)$$

这里： G —仪器系数，单位 ($\sin \theta / V$) 或 (度/V)，该参数由率定表给定。

R_1 、 R_0 为读数仪显示的当前读数与安装完毕后的初始读数。

- b) 对于美国基康原装的 **GK-6160** 型传感器，当使用 BGK-RB500 读数时，其计算方法如下：
近似的倾角 θ 计算：

$$\theta (^{\circ}) = 2 \times 3.6 \times R_1$$

此处 R_1 为BGK-RB500读数仪上显示的A或B轴输出的读数，通常用来估算读数。

精确的倾角按如下公式计算：

$$\theta = 2 \times G \times (R_1 - R_0) (^{\circ})$$

这里： G —仪器系数，单位 ($^{\circ} / V$) 或 (度/V)，该参数由率定表给定。

R_1 、 R_0 为读数仪显示的当前读数与安装完毕后的初始读数。

注意：使用 **GK-6160** 型传感器时，率定表给定的率定系数 G 在参与计算时与

BGK-6150/6155/6160传感器给定的率定表计算方法是不一样的。

2) 温度换算

对于内置有热敏电阻温度传感器的单轴传感器,使用 BGK-RB500 型读数仪所测到的电阻值可通过下式换算为摄氏温度。

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

这里: T=摄氏温度即℃
 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

除采用上式计算外,也可通过附录中的表格根据温度电阻直接速查温度值。

1) 温度的修正补偿计算

由于 MEMS 传感器本身受温度影响极小,温度每升高 1° C,传感器输出减少 0.0005V,通常可以忽略这种影响。若认为有必要,温度修正量按照如下方式计算:

$$\text{温度修正量} = +0.0005 (T_1 - T_0) \times G \times B$$

这里:

T₁、T₀分别为传感器的当前温度及初始温度

G-为仪器的率定系数,由率定表给定。

B-修正系数:当使用 BGK-6150/6155/6160 型(组装)传感器时,B=2。当使用 GK-6150/6155/6160 型(原装进口)传感器时,B=1。

4.2. 多测点的偏移量(扰度)计算

当将多支 MEMS 传感器固定在同一剖面不同高程时,即可获取该剖面的各测点高程的水平位移(扰度)变形。其中顶部偏移量等于各段偏移量的总和。每一段的偏移量可通过 Lsinθ 计算得出。这里 L 是两只传感器之间的高差,θ 是这段传感器测得的垂直面方向的偏移角度。将每段的偏移量累加,即得出顶部测点处偏移量。即:

$$D_n = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3 + L_4 \sin \theta_4 + L_5 \sin \theta_5 + \dots + L_n \sin \theta_n$$

偏差变化 ΔD 为:

$$\Delta D_n = \sum L_n \sin \theta_n$$

4.3. 环境因素影响

安装倾斜仪是为了监测现场工况，对于影响这些工况的因素都要进行观测、记录。有时一些小变化可能对于监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。以下是其中一些因素，但不仅限于此：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

GK/BGK-6150 型测斜仪的维护和故障排除仅限于电缆连接的定期检查和终端的维护，传感器本身是密封的，用户不能打开检查。

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

- ✓ 附近是否有电噪源？大多数电噪源可能来自发动机，电动机，电焊机以及大功率的无线电天线。将电缆挖沟埋设并做金属网屏蔽，可适量消除电噪影响。也可利用手动读数仪读数。
- ✓ 读数仪是否与另外一只仪器接在一起？如果不是，可能是读数仪电池电压低或者出现了故障。

症状：没有读数

- ✓ 电缆是否被剪切或被压断？这可以使用欧姆表来测量电缆阻值。热敏电阻 25℃时电阻应该为 3000 欧姆。记住要加上电缆的电阻(22AWG 绞合铜芯导线电阻大约为 $14.7 \Omega \times 2 / 1000$ 英尺或 $48.5 \Omega \times 2 / \text{km}$)。阻值很高（兆欧）或无穷大，电缆极可能有断路。阻值很低（ $\leq 20 \Omega$ 或接近零，电缆可能有短路）
- ✓ 读数仪是否与另外一只仪器接在一起？如果不是，可能是读数仪出现了故障。

症状：热敏电阻阻值过高.

- ✓ 是否断路？ 检查所有连接、终端和插头。

症状：热敏电阻阻值太低.

- ✓ 是否短路？ 检查所有连接、终端和插头。
- ✓ 测斜仪或电缆可能进水，有可能无法补救。

附录 A- 技术指标

A. 1. MEMS 传感器

| | |
|-------------------|--|
| 型号: | 6160 |
| 量程: | $\pm 15^\circ$ |
| 灵敏度: ¹ | ± 10 秒, (± 0.06 mm/m) |
| 精度 | 0.1% FS |
| 线性: | 0.2%F.S (在 ± 5 度时), 0.5% FS (在 ± 10 度时). |
| 十字轴灵敏度 | 4% |
| 温度漂移: | - 0.5 弧秒/ $^\circ\text{C}$ |
| 工作温度 | -40 to $+85^\circ\text{C}$ -40 to 200°F |
| 工作电压 | 12 VDC regulated to 5VDC ± 0.25 VDC |
| 传感器输出量: | ± 5 Volts @ FS |
| 耐冲击: | 20,000g |
| 热敏电阻: | 3000 Ω 时为 25°C |
| 传感器直径: | 32 mm, (1.250"). |
| 长度: | 187 mm, (7.375"). |
| 重量: | 0.7 kg. (1.5 lbs.). |
| 材料: | 304 不锈钢 |
| 电缆: | 3 组 (共 6 根芯线) 24 AWG 屏蔽线, 绝缘电缆, 标准直径=6.3 mm (0.250") |

表 A-1 6150/6155 EMES 传感器技术指标

注:

¹ 至少要使用 4½位的高精度 (0.02%) 数字电压表。

² 取平均值将得到约 2秒的分辨率。

A. 2. 热敏电阻 (参见附录 B)

量程: -80 到 $+150^\circ\text{C}$

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

| Ohms | Temp | Ohms | Temp | Ohms | Temp | Ohms | Temp | Ohms | Temp |
|--------|------|-------------|-----------|-------|------|-------|------|-------|------|
| 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