



BGK4000/4000X

振弦式表面应变计

安装使用手册

版 本 号：Rev.E

发行时间：2021

基康仪器股份有限公司

[www. geokon.com.cn](http://www.geokon.com.cn)

版权声明

本文件所含信息归基康仪器股份有限公司所有，文件中所有信息、数据、设计以及所含图样均属基康仪器股份有限公司所有，未经基康仪器股份有限公司书面许可，不得以任何形式（包括影印或其他任何方式）翻印或复制，间接或直接透露给外界个人或团体。

本仪器的安装、维护、操作需由专业技术人员进行，基康仪器股份有限公司对本产品拥有更改的权利，产品更改信息恕不另行通知。

© 2021 基康仪器股份有限公司版权所有

目 录

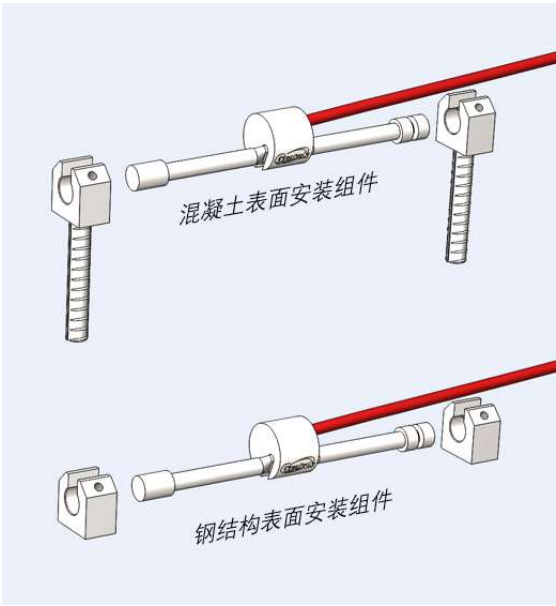
1. 产品用途及组成	1
2. 安装	1
2.1 安装前准备	1
2.2 传感器检查	1
2.3 电缆及连接	1
2.4 应变计安装	2
2.4.1 在混凝土结构表面安装	2
2.4.2 在钢结构表面安装	3
3. 数据获取与计算处理	4
3.1 数据获取	4
3.2 数据换算	4
4. 注意事项	5
5. 故障判断及排除	5
附录A-应变计率定表表样	6

1. 产品用途及组成

BGK-4000/4000X 型表面应变计为振弦式传感器，它通过测量钢弦的频率变化来获取待测结构的应变变化。产品适用于钢结构或混凝土结构的长期应变监测，包括桥梁、隧洞、基坑支撑、立柱、钢板桩等混凝土结构或钢结构的表面应变测量。

BGK-4000 型表面应变计由内置温度传感器的线圈、振弦应变杆组成的分体式结构或二者一体式结构两种。

标配组件附带有适用于混凝土表面带锚杆的安装块或用于钢结构表面的平面安装块和 4 颗 M5 的锥尖顶丝组成。BGK-4000 型表面应变计组成如下图所示。



2. 安装

2.1 安装前准备

在正式安装前，应搭建安全的作业环境和操作空间，备好相关的施工工具、材料、设备等，并完成传感器检查、电缆连接等工作。当具备这些条件后可向基康公司申请合同约定的技术支持服务。

2.2 传感器检查

用户收货后应及时对应变计等设备进行读数检查，以确定传感器是否正常，检查步骤如下：

- 1) 使用 BGK-408 或其它基康数据采集设备，接线夹连接与传感器电缆对应颜色的芯线，黑/红导线为振弦传感器，绿/白导线为温度传感器，屏蔽线可不接；
- 2) 如为分体式应变计，将线圈卡在应变计中间扁平部位；
- 3) 开启读数仪，按压“POS”键设置读数仪为“C”

档，且设置显示为“模数和温度”。正常状态下，应变计频率模数的显示范围在 600-900 之间，并且个位会有 3-5 个数字的变化，温度示值应为企业环境温度。

- 4) 尝试在应变计两端轴线方向轻压或轻微拉伸，读数会随挤压或拉伸而变化，注意频率模数的读数范围为 400-1200 字之间，测试时请勿超过该读数范围。
- 5) 应变计未被安装固定的自由状态下，读数可能会有有一定范围的跳动，**这并非故障**。该跳动通常在应变计被完全固定后即可稳定。

有关数据采集设备的操作使用详见相关的产品使用手册。

2.3 电缆及连接

标配的 BGK-4000 型应变计均自带 3m 电缆，实际使用时可按需求加长。适用 BGK-4000 型表面应变计的电缆为 BGK02-187V3 或 BGK02-250V6，使用非上述电缆可能导致读数不稳定或不能正确读数。

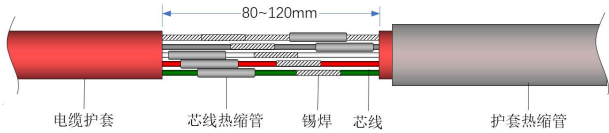
电缆为 4 芯双绞独立屏蔽电缆，裸线为屏蔽接地，导线定义如下：

芯线颜色	功能定义	备 注
红	振弦信号	黑、红可互换使用，无极性区分。
黑	振弦信号	
绿	温度信号	绿、白可互换使用，无极性区分
白	温度信号	
裸线	屏蔽接地线	电缆加长时也必须连接

- 电缆连接加长时需将颜色相同的芯线对接即可。
- 如条件允许电缆连接加长建议提前在室内完成。

1) 电缆连接加长

将待接电缆分别剥去电缆护套长度 80mm，电缆芯线对接时应相互错开，确保连接后各芯线保持等长。导线连接时必须使用锡焊连接，参照如下图进行操作。



2) 用到的工具和材料

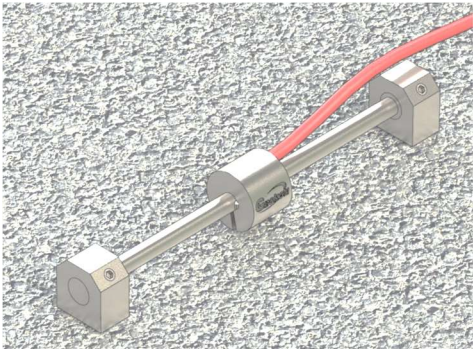
安装前需准备如下表中所示工具材料，包括但不限于此，仅供参考。

工作内容	混凝土表面安装	钢结构表面安装
专用工具	应变计安装杆（也称模拟传感器，需向基康公司订购）和 2.5mm 内六角扳手	
读数与记录	BGK-408 振弦读数仪、BGK-Micro40 数据采集仪、数字万用表及可能用到的其它专用设备；记录纸、笔、便携式计算机等。	
电缆连接	剥线工具：剪刀、剥线钳、斜口钳、老虎钳 焊接工具：25~30W 电烙铁或气体烙铁、焊锡丝、松香、热风枪或酒精喷灯； 绝缘材料：Φ3、Φ8~15mm（具体需以电缆外径确定）带胶热缩管、自粘绝缘胶带、防水橡胶带等。	
钻孔定位	记号笔、电锤等	记号笔或划线笔
安装块固定	膨胀水泥、水泥基锚固剂、环氧砂浆锚固剂等	小型弧焊机、焊条等

2.4 应变计安装

BGK-4000 型应变计可安装在混凝土表面或钢结构表面。除以下介绍的方法外，均不推荐使用任何粘接的方式固定安装块，粘接固定不能保证监测的可靠性和长期稳定性，务必按照本手册介绍的方法进行安装。

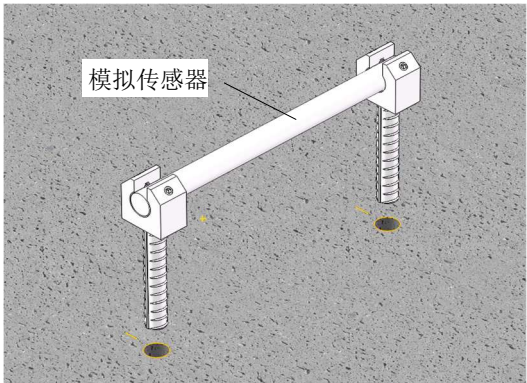
2.4.1 在混凝土结构表面安装



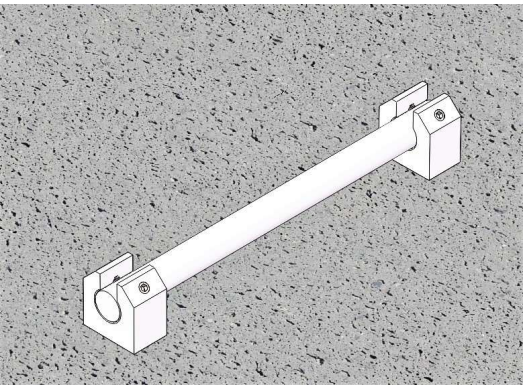
安装步骤：

- 1) 将待安装应变计的混凝土表面打磨清理、划线，确定安装孔位置；
- 2) 沿安装方向轴线钻 2 个直径 Φ12mm、深 50mm 的孔，孔距 148mm，孔内吹洗干净；
- 3) 在平板上将模拟传感器（亦称应变计安装杆）和安装块组装在一起，确保两个安装块底面在同一平面，且两端与安装块端面对齐。用配套的内六角扳手将安装块上的顶丝完全拧紧，形成预固定组件。注意，安装块有开口与不开口两种，一体式应变计在安装时确保至少一个是开口的。
- 4) 如果是分体锚杆，先将两根锚杆分别拧紧在安装块底部，必须保持足够紧，必要时可在端块与锚杆间点焊。
- 5) 钻孔中灌注约半孔深度的膨胀水泥浆（对于孔

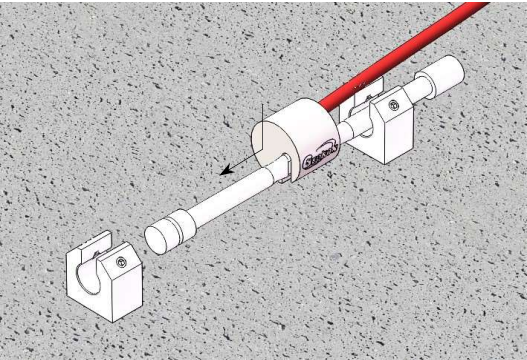
口朝下的部位推荐使用速凝水泥或快速锚固剂），然后将预固定组件插入钻孔中以挤出锚固剂，直至安装端块底部充分接触到安装平面。



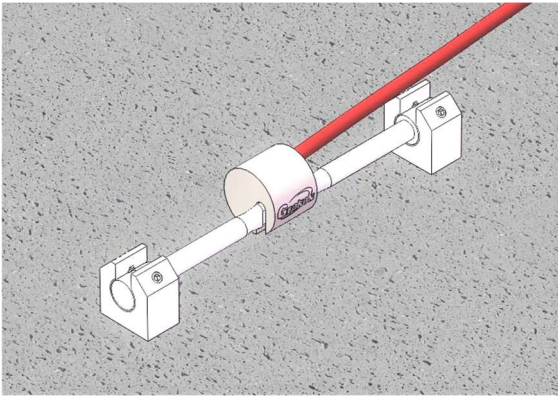
- 6) 等待灌注的材料充分凝固后，松开端块上的顶丝，拆除模拟传感器。



- 7) 如为分体式应变计，将应变杆（或应变计）按照图示方向从安装块的一端推入，注意此时须先穿入喉箍，待应变杆两端与安装块两侧对齐后，将应变计有 V 形槽一端的顶丝一次性拧紧，另一端的顶丝稍稍带力预紧，然后装上线圈并锁定喉箍。如为一体式，则先从开槽安装块一端卡入应变杆，再沿轴线推入并将两端对齐。



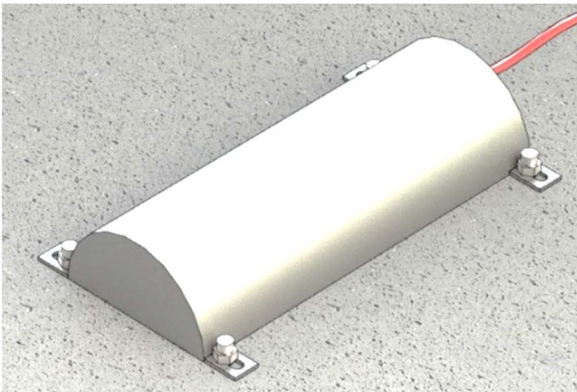
- 8) 用内六角扳手先拧紧有 V 形槽一端的固定螺丝，光面一端只需先预紧。



- 9) 设定初始读数。连接读数仪以确定初始读数是否符合要求，可以通过轴向顶压预紧端的位置来调整初始读数，建议初始读数范围如下并允许有一定区间的浮动，满足要求后，将预紧端完全拧紧。

测量用途	初始读数	应变测量范围
中间值	800	±1500
拉应变	560	拉 2500，压 500
压应变	1040	拉 500，压 2500

- 10) 推荐安装应变计保护罩，保护罩可以在厂家定制，或使用薄钢板、槽钢等自制。保护罩的长度不少于 300mm，以减少对测量的附加影响。此外建议靠保护罩内侧一面放置泡沫保温材料，保持应变计温度与被监测结构表面温度一致。



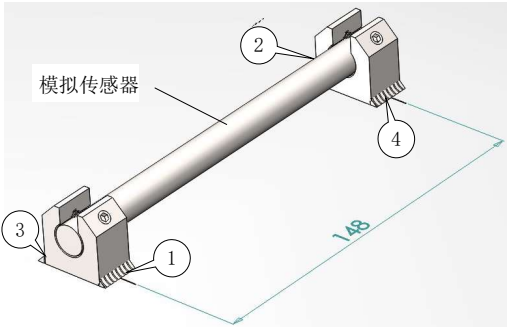
2.4.2 在钢结构表面安装

安装步骤：

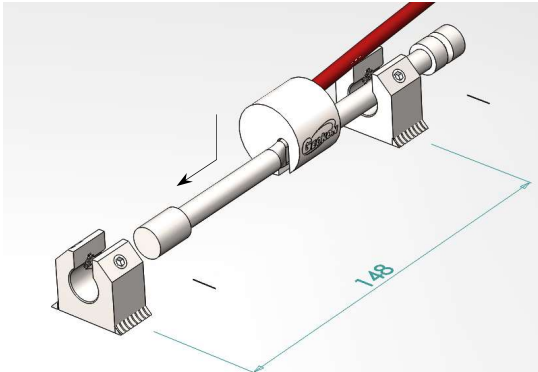
- 1) 如图所示，将待安装应变计的钢结构表面打磨清理、划线，确定安装位置；
- 2) 在光洁的平面（如玻璃板）上将模拟传感器、安装块组装在一起，确保两个安装块底面在同一平面，且安装杆两端与安装块端面对齐。用配套的内六角扳手将安装块上的顶丝完全拧紧，形成预固定组件。**注意，对于分体式应变计，**

两端的安装块至少保证其中一个是有开口的，以方便安装。

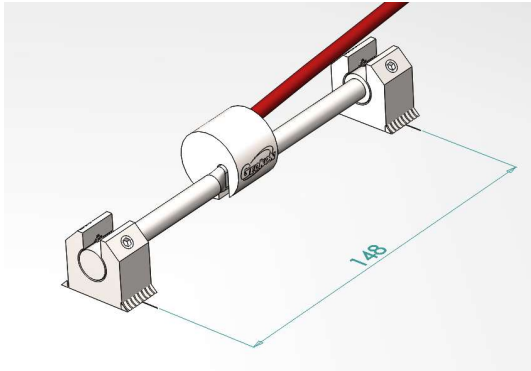
- 3) 将应变计预固定组件放置在待安装点，对正并压紧。
- 4) 按照如下图带圈数字指示顺序在安装块两侧进行焊接。除图示的四处焊缝外，不得在其余部位焊接，否则会影响测量效果。**严禁直接使用应变计作为模拟传感器并直接焊接，否则将造成应变计永久损坏！**



- 5) 冷却后，拆除安装杆。将应变计杆与线圈对正组装好，分体式的应变计还需用喉箍锁紧固定，然后将应变计按如下图所示装入端块内。



- 6) 待应变杆两端与安装块两侧对齐后，先将应变计有 V 槽一端的螺丝一次性拧紧作为固定端。另一端作为预紧端。



- 7) 设定初始读数。参见 2.4.1 节。
- 8) 如必要，安装应变计保护罩，应变计保护罩可

以在厂家定制，或使用半圆管材、槽/角钢等自制，保护罩可以焊接，也可螺栓固定。保护罩的长度不少于 500mm，以减少对测量的附加影响。



☞ 钢结构上的应变计保护罩需根据现场实际工况设计，例如钢板桩外侧的保护罩不仅需要较长的保护范围，还必须设计成便于贯入的锥面防止脱落。

3. 数据获取与计算处理

3.1 数据获取

BGK-4000 应变计可使用 BGK-408 型振弦式读数仪或 BGK-Micro40 系列自动数据采集仪均可获取应变计的频率模数及温度。

应变计的工作频率范围为 400~1200Hz，使用 BGK-408 读数仪时，应使用“C”档测量。若使用 BGK-8001/BGK-Micro40 等自动数据采集仪采集读数是，激励频率范围应选择“低频”。

相关频率模数及温度的转换说明如下：

1) 频率模数

频率模数是振弦式仪器最基本的计算单位，定义如下：

$$F = f^2 / 1000$$

式中：F-频率模数，单位：字（Digit）

f-频率，单位：赫兹（Hz）

2) 温度计算

内置温度传感器为负温度系数的热敏电阻，在 25℃ 时对应的电阻值为 3000Ω，其电阻-温度关系如下：

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

式中：

T-摄氏温度（℃）

R-热敏电阻的阻值（Ω）

LnR-阻值的自然对数

A=1.4051×10⁻³(在-50~+150℃范围内有效)

B=2.369×10⁻⁴

C=1.019×10⁻⁷

下表为温度传感器的典型测点电阻值和温度对应关系，仅供在故障判断排除时估值参考。

电阻(Ω)	温度(℃)	电阻(Ω)	温度(℃)
201.1K	-50	2417	30
141.6K	-45	1959	35
101.0K	-40	1598	40
72.81K	-35	1310	45
53.10K	-30	1081	50
39.13K	-25	895.8	55
29.13K	-20	746.3	60
16.60K	-10	624.7	65
12.70K	-5	525.4	70
9796	0	444.0	75
7618	5	376.9	80
5971	10	321.2	85
4714	15	274.9	90
3748	20	236.2	95
3000	25	203.8	100

3.2 数据换算

每批表面式应变计均提供一张率定表，表中提供该批次仪器系数及相关的计算表达式，率定表样见附录 A。

应变计应变计算公式如下：

$$\varepsilon = G \times C \times (R_1 - R_0)$$

式中：

ε -计算应变值，单位为 μ ε ；

G-仪器标准系数，3.7 μ ε /字；

C-平均修正系数，由率定表给定；

R₀-初始读数频率模数（单位：字）

R₁-当前读数频率模数（单位：字）

应变计本身因使用环境的不同还应考虑环境温度变化带来的影响，因此需要进行温度修正。

如应变计安装在钢结构上，传感器的钢弦与钢结构具有相同的温度膨胀系数 12.2 μ ε /℃，通常不必修正。

如安装在混凝土的表面，则按如下方式计算：

$$\varepsilon = G \times C \times (R_1 - R_0) + (Y_1 - Y_2) \times (T_1 - T_0)$$

式中：

ε -经温度修正的计算应变值，单位： μ ε ；

Y₁-钢弦的膨胀系数，12.2 μ ε /℃；

Y₂-被测混凝土的温度膨胀系数，一般取实测值或设计值，通常为 10.4 μ ε /℃；

T₀-初始温度，单位：℃

T₁-当前温度，单位：℃

与其它振弦式仪器不同，BGK-4000 表面应变计采用抽检方式，因此向用户提供的率定表为每批次一份，即每批仪器均使用同一率定系数即平均修正系数进行数据的计算转换。特殊定制时可向用户提供每支应变

计对应一张单独的率定表（检测证书）。

由于涉及专业性较强，有关应变计结果数据的分析应由专业工程师完成，基康仪器公司不提供结果数据分析业务。

4. 注意事项

- 1) 表面安装的应变计电缆推荐使用线槽或保护管保护；
- 2) 应变计电缆敷设应远离电噪声源，如动力电缆、发电机、电机、变压器、弧焊机等，避免因干扰而导致的读数不稳定。
- 3) 如果安装环境有遭受雷击的可能，应采取防雷避雷措施，如加装 BGK-LAB-3 防雷模块来进行保护。
- 4) 其它未尽事宜或有任何疑问，请向基康仪器公司咨询。

5. 故障判断及排除

如出现故障可参考下列问题及可能的解决办法，有关更多的故障排除方法可咨询厂家技术人员。

故障现象：读数不稳

- 检查测量设备档位设置是否正确。对于 BGK408 读数仪，测量时需使用“C”挡；对于 BGK8001 和 BGK-Micro40/BGK-G2 等自动数据采集设备，设置激励频率需选择“低频”。
- 检查附近是否有电噪干扰源。大多数可能的电噪声源为马达、发动机和天线。不管是使用便携式读数仪还是数据记录仪，应确保屏蔽线可靠接地。
- 检查读数仪与传感器芯线是否可靠连接。如果读数仪测量任何传感器都不正常，有可能是读数仪电力不足或读数仪故障，可更换读数仪进行测试、确认。
- 尝试将黑-红导线反向连接，观察读数是否稳定。

故障现象：不能读数

- 检查芯线电阻。检查时使用万用表欧姆档测量，通常红、黑芯线之间的电阻为 $180\Omega \pm 10\Omega$ ，需加上芯线电阻（配套电缆的芯线回路电阻约为 $100\Omega/\text{km}$ ）。如果电阻无穷大或非常大（如达到兆欧），应怀疑电缆断路。如果电阻非常低（ $<90\Omega$ ），电缆有可能出现短路。除非暴露在 0°C 以下环境，绿、白芯线间电阻通正常值为 $100\Omega \sim 10\text{k}\Omega$ 。

- 尝试将黑-红导线反向连接，观察是否可以读数；
- 如果读数仪测量任何传感器均无读数，可能是读数仪电力不足或读数仪故障，可更换读数仪进行测试、确认。

故障现象：温度读数不正常

- 温度读数过低：温度明显低于正常的环境温度甚至低于温度测量范围下限时，电缆可能存在断路。检查所有电缆连接、端子和插头，其表现是热敏电阻阻值过高，必要时应重新连接电缆。
- 温度读数过高：温度明显高于正常的环境温度甚至高于温度测量范围上限时，电缆可能存在短路，其表现是热敏电阻阻值过低。检查所有电缆连接、端子和插头，必要时应重新连接电缆。

附录 A-应变计率定表表样

GEOKEN

基康仪器股份有限公司

检 测 证 书

仪器名称: 应变计 仪器型号: BGK4000

仪器编号: 12012037400 检测日期: 2020年12月15日

环境条件: 温度: 21℃ 湿度: 30%RH

检 测 结 果

仪器标准系数: $G=3.70 \mu \varepsilon / \text{Digit}$ ($\text{Digit}=f^2 \times 10^{-3}$, f 为应变计频率)

抽检#1号应变计率定系数: 1.030398

抽检#2号应变计率定系数: 1.030741

抽检#3号应变计率定系数: 1.029648

平均修正系数C: 1.030262

率定使用BGK408型读数仪(C: 400-1200Hz)档

计算公式: ε (微应变) $= G \times C (R_1 - R_0)$

R_0 : 初始读数

R_1 : 当前读数

仪器的温度系数及温度因素修正:

1. BGK-4000应变计用来测量钢结构应变时,由于振弦材料和钢材的热膨胀系数基本相同,因此不需要温度修正。当用其测量混凝土结构的应变时,应做如下修正:

$$\varepsilon \text{ (微应变)} = G \times C (R_1 - R_0) + (T_1 - T_0) \times (Y_1 - Y_2)$$

式中: T_1 : 环境温度 $^{\circ}\text{C}$ Y_1 : 振弦材料的热膨胀系数(12.2微应变/ $^{\circ}\text{C}$)

T_0 : 初始温度 $^{\circ}\text{C}$ Y_2 : 混凝土结构的热膨胀系数(如此系数设计中没有给出,可取 $Y_2 \approx 10.4$ 微应变/ $^{\circ}\text{C}$)

2. BGK-4200埋入式应变计用来测量混凝土结构的应变时,应做如下修正:

$$\varepsilon \text{ (微应变)} = G \times C (R_1 - R_0) + K \times (T_1 - T_0)$$

式中: T_1 : 环境温度 $^{\circ}\text{C}$ T_0 : 初始温度 $^{\circ}\text{C}$ $K=1.8$ 微应变/ $^{\circ}\text{C}$

以上仪器按照 大坝监测仪器 应变计 第2部分:振弦式应变计CB/T 3408.2-2008 进行率定。

检测负责人: 安子彪

核 检: 陈建楠

测 试: 龚彩娇



为人类感知自然
提供高品质的产品与服务!

请告知我们您的需求

基康仪器股份有限公司

地址：北京市海淀区彩和坊路8号天创科技大厦1111室（100080）

电话：010-62698899

传真：010-62698866

客服专线：010-62698855

网址：www.geokon.com.cn