



BGK3475TS-C

静力水准系统

安装使用手册

版本号: Rev.B

发行时间: 2021

基康仪器股份有限公司

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. 概述	1
2. 系统安装	1
2.1 安装高程确定	1
2.2 基准点及储液箱的设置.....	1
2.3 传感器安装方式的确定.....	1
2.4 通讯及供电电缆连接.....	2
2.5 传感器与通液、通气管连接.....	2
2.6 末端传感器通液管/通气管封堵.....	2
2.7 管线的敷设保护	2
2.8 液体灌注及排气	2
2.9 其它应用安装	3
3. 数据采集处理	3
3.1 初始读数获取	3
3.2 数据处理	4
4. 日常维护及故障判断处理	4
4.1 日常维护	4
4.2 故障判断处理	5
附录A: 通讯协议	6
附录B: 率定表样表	7

1. 概述

BGK3475TS-C 型静力水准系统是使用高性能压力传感器来反映测点与基准点间的压差变化，最终获取多个测点垂直位移的沉降监测系统。

BGK3475TS-C 型静力水准传感器高度为 70mm，适合安装空间狭小、高差较大、多测点异高的沉降监测，包括桥梁、地铁、堤坝等环境。在有充分保护措施的前提下，整个系统可以埋入地下甚至水下（需定制）来测量土体或河床的沉降。

系统包含两个及以上的沉降传感器，并由一根 $\Phi 10\text{mm}$ 的通液管与 $\Phi 6\text{mm}$ 的通气管连接在一起，通液管的一端与储液箱相连，通气管通过干燥管与储液箱连接构成内压自平衡系统，以消除大气压力变化对系统产生的影响，如图 1、图 2 所示。

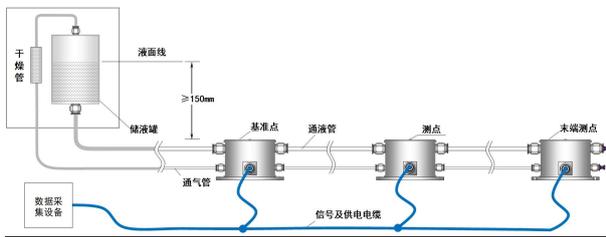


图 1 BGK3475TS-C 静力水准系统组成

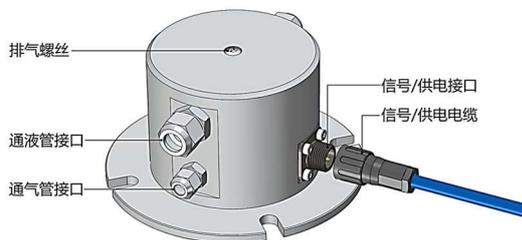


图 2 BGK3475TS-C 静力水准传感器外形

BGK3475TS-C 型静力水准传感器内置有高性能的压力传感器，温度变化对传感器影响极低（约 $0.0075\%FS/^\circ\text{C}$ ）甚至可以忽略，内置的温度传感器可以用来监测环境温度变化。传感器信号输出为 RS-485 数字接口，具有寻址功能，使用一条总线电缆即可完成对系统中所有传感器的数据采集及供电。

2. 系统安装

2.1 安装高程确定

如图 1 所示，任意点传感器的顶部高程均应低于储液罐液面线高程 150mm 以上，以形成有效的压差。而要获得较高的系统测量精度且安装环境条件允许时，基准点和所有测点宜布置在同一高程，有利于减小或消除环境温度变化对测量结果的影响。

在条件允许的前提下尽可能让所有传感器都工作在 200mm 以下的低液位状态。

2.2 基准点及储液箱的设置

每个独立的静力水准系统必须有一个基准测点和一台储液箱，基准测点和储液箱应就近安装并设置在相对稳固的位置。

除非必须，储液箱的安装高度与系统任一测点的传感器的高差原则上越小越好，以减少或消除液体膨胀导致液位变化影响。如果预期的沉降较大，储液箱液面与测点间的高差还必须满足预期的沉降变幅要求。

2.3 传感器安装方式的确定

标准的 BGK3475TS-C 型静力水准传感器外形尺寸是 $\Phi 130 \times 70\text{mm}$ ，4 个固定孔中心分布圆直径为 110mm。传感器必须固定在水平基面上，可使用 M8 $\times 50\text{mm}$ 的膨胀螺栓直接固定于混凝土地面，或用角型支架固定在竖直面。如果在墙面或斜面安装则需订购专用的安装支架，如自制支架，传感器安装孔位置可参考图 3，支架上固定需用到 2-4 只 M8 的螺栓。还可自制安装底板，将安装底板粘接在如钢结构桥梁上可达到无损安装效果。

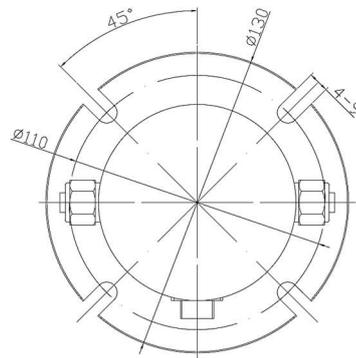


图 3 安装平面尺寸图

除在水平面安装外，还可选购如图 4 的墙面支架固定，左图适合铅直墙面固定，右侧为可调节支架，适合固定在 $90 \pm 30^\circ$ 的倾斜墙面，例如圆弧面的隧道墙面。

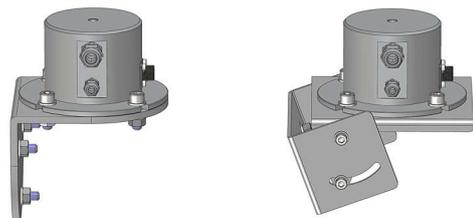


图 4 墙面安装支架

2.4 通讯及供电电缆连接

BGK3475TS-C 型传感器具有寻址功能，输出采用 RS-485 数字信号输出，接口为 IP67 防水等级的航插连接器，其附带电缆芯线定义如表 1 所示：

表 1 航插连接器及电缆芯线定义

引脚编号	芯线颜色	功能定义	备注
1	红	电源+	接电源正极
2	黑	电源-	接电源负极
3	绿	485+	通讯协议： ModBus_RTU 通讯速率： 9600bps,8,N,1
4	白	485-	
5	裸线	屏蔽	接地

注：航插连接器的插头针脚号与插座上的针孔号顺序与上表一致。

1) 传感器供电

传感器供电电压为 9-18VDC，静态电流 $\leq 5\text{mA}@12\text{V}$ 。配套的数据采集设备通常为 220V 交流供电，或选装太阳能供电装置，详情向厂家咨询。

2) 传感器地址

在系统安装调试前，必须对每支传感器赋予唯一的地址。为便于调试及维护，建议将同一系统中各传感器地址从 01 起递增顺序写入，并与安装位置一一对应，通讯协议参见附录。

3) 通讯电缆连接

采用一根 4 芯屏蔽电缆连接系统中各传感器以实现对各传感器供电及通讯，现场操作时需将传感器电缆按照芯线颜色并联在通讯总线电缆上，推荐锡焊固结以保证其连接的可靠性，连接方法见图 5 所示。

电缆连接时必须做好芯线间的绝缘与防潮处理，例如用自粘胶带做芯线间的绝缘包扎，使用带胶的热缩管或自粘绝缘橡胶带（五金商店有售）在外层包裹以密封防潮。本方法不适用于电缆埋设或在水中敷设，如需用于水下，需选用专用的水下电缆接头。

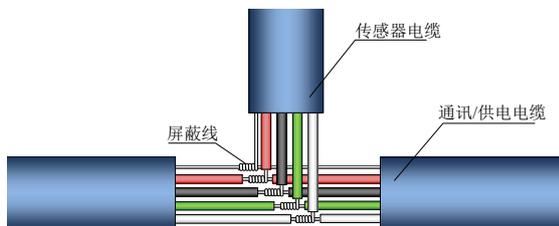


图 5 传感器电缆连接示意图（焊接法）

对于地铁等作业时间受限的环境，可订购图 6 所示带连接器的 T 型电缆连接装置和两端带有航插的电缆，方便现场安装时快速连接，订购时需说明测点间

距和传感器电缆长度（建议预留 0.5m 以上富余量）。

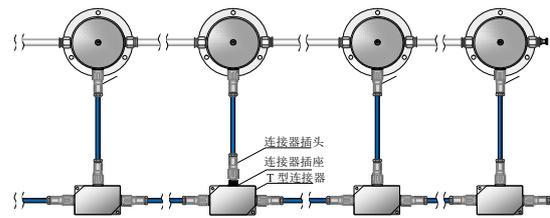


图 6 使用 T 型接线盒连接示意图

对于末端传感器，需要在绿、白芯线间并联一支 200~500 Ω 的电阻以防止终端反射导致的测量不稳定。

2.5 传感器与通液、通气管连接

传感器与通液、通气管之间使用锁母接头连接，安装时将传感器上的通液、通气管接头上的锁紧螺母拧下并分别套在待接入的管道上，然后将通液/通气管端部套进接头，再拧紧锁紧螺母。通液管、通气管长度不足时，则使用专用的直通接头来连接加长，如图 6 所示。

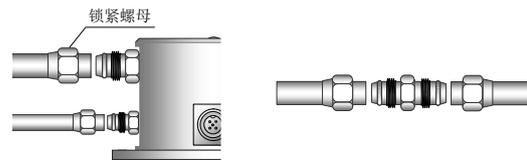


图 6 通液/通气管连接及加长

2.6 末端传感器通液管/通气管封堵

配套的传感器是通用的，但末端传感器的通液/通气管接头的一端需要进行封堵，只需用配套的 ZG1/8 和 ZG1/4 不锈钢外丝堵头缠上生料带替换末端传感器的锁母接头即可。

2.7 管线的敷设保护

通液、通气管与电缆可一并敷设，但通液管应尽量平直安装，并且在竖直向没有大的起伏。如在凹凸不平的地面或墙面上安装时，相邻两支传感器间的通液管的任意位置均不宜高于较高一端传感器的顶部高程。

通液管与通气管应使用电缆线槽保护。不推荐使用钢管或其它封闭管材保护的原因是：管路一旦被敷设，若通液管内有气泡，则无法查找且难以排出。

如整体埋入土体中，需保证管线接头牢固，并给管线预留一定的伸缩量和伸缩空间，确保能承受一定拉压变形。

2.8 液体灌注及排气

1) 液体制备及去气处理

无论安装环境是否有防冻要求，均建议使用乙二醇为基液的防冻液做为压力传递介质，重要的是乙二醇本身具有的防腐作用可以避免液体中滋生藻类。

市售车用防冻液主要成分也是乙二醇，但由于内含有其它添加剂，有的在光照条件下可能会产生沉淀或絮状物，因此不推荐使用。这里建议用户自行配制符合现场冰点要求的防冻液，即用商用乙二醇作为母液按照表 2 中的比例（体积比）与纯净水或蒸馏水混合。防冻液用量按通液管每米耗用约 0.1 升、储液罐容量大约为 2 升备量。

表 2 乙二醇防冻液配比

冰点温度(°C)	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
乙二醇含量(V%)	22	29	34	40	44	48	51	55	58

特别提示：在加注前均应对需要灌注的液体进行去气处理。简单的方法是将配制好的液体置于金属容器中煮沸 15 分钟以上放凉后使用，经去气的液体因灌满在密闭容器内备用且不得搅动，运输时注意避免摇晃。未经去气或去气不完全的液体在灌注后的数小时到数天后，其溶入的空气将逐渐分离，这对测量结果将产生严重影响。

2) 液体灌注

推荐从低处向高处进行灌注，有利于空气排除，灌注时可借助真空泵从较高一端抽气的方式进行，可确保通液管的气泡被完全抽出，仅依靠自流灌注的话，根部不能保证气体被完全排除。BGK3475TS-C 传感器虽有 10 倍超量程能力，但也应在灌注过程中使用读数装置来监测传感器的读数防止超量程损坏。

3) 管道气泡的排除

液体灌注完毕后，管道中往往仍会有气泡存在。因此，**通液管及传感器的排气非常重要，如果通液管中有任何大小气泡残留，整个系统就不能正常工作或影响系统测量精度。**通液管中残留有大气泡或气栓时，直接导致测值不稳定或不可靠，其典型表现是：同一管线中的测点压力或计算液位在随温度变化时，有的成正比，有的成反比。

排气操作较难做到一次性排净，因为即便使用去气的液体，在灌注过程中也会混入或溶入少量空气，这些溶入的空气随静置时间的增加逐渐离析形成小气泡附着在管壁并逐渐聚集成大气泡甚至是气栓，因此往往需要进行多次排气操作，并在排气完成后等待两至三天再次检查确认。排气时可通过逐段抬高通液管，借助小棒敲击管道让附着在管壁上的小气泡排出。此外，对易于忽视的管接头、管道起拱段、传感器顶部排气孔等死角都应检查，确保整个通液系统没有气泡

残留。

建议在液体灌注前，提前将通液管按照传感器间距分段下料（预留富余量）并封堵其一端，在驻地或利用地势高差（如将管道垂直悬挂在桥梁边）单独灌注、静置、多次排气后封堵另一端再到现场连接安装。

提示：排气良好的系统，同一管线中所有传感器压力值或计算液位值的变化趋势应与环境温度变化成反比，否则应直接进行排气检查。

4) 储液罐液面高度及液体防蒸发措施

储液罐内液面高度须考虑预留液体涨缩产生的液面增长或下降空间，冬天灌注时预留多点，夏天灌注时可预留少点，一般以储液罐体高度的 50%~70%为宜。过量灌注可能会导致通气管堵塞，造成传感器读数不稳定、甚至液体经通气管进入传感器而损坏。

液体一旦灌注且管道排气完毕，可在储液罐内添加粘度等级为 5~30 厘斯(cst)的二甲基硅油形成液体的密封油膜，以减少液体蒸发并延长干燥剂的使用寿命，加注厚度为 2~3mm（约 10~15ml）。

5) 管线保护

管线宜选用塑料或金属线槽保护，切不可使用任何形式的全封闭类管材，否则将给通液管排气、排查及维护带来极大的困难。

2.9 其它应用安装

多数情况下，如果做好管线系统的保护，系统可安装在包括桥梁、路基、隧洞甚至水下等环境。

1) 铁道路基沉降监测的安装

传感器本身的高度不超过 70mm，可直接安装在两轨间的枕木或埋设在两条枕木之间的道床中而不会影响机车通行，但传感器及管线敷设固定必须牢固可靠。

2) 水下安装

在满足系统运行条件的前提下，通过定制专用型号和部件，BGK3475TS-C 静力水准系统可安装于水深不大于 20m 的环境下，用于海床、河床等沉降监测。

水下安装是一项复杂的工作，须在岸上组装完成后再移至水下整体安装及保护，有关水下安装的更多信息请与厂家联系。

3. 数据采集处理

配套的数据采集仪为基康 BGK-Micro-40D 型，该设备在测量时同时为传感器供电，选配无线通讯模块可实现基于 4G/Internet 网络传输的远程数据采集。

3.1 初始读数获取

安装完毕让系统平衡数小时后以高频次获取各传

传感器的读数以观察其稳定性,如稳定则取初始值,包括初始压力 P_0 和温度 T_0 。获取初始读数时间建议在环境温度相对稳定的时段如夜间或清晨进行。传感器输出的两个读数分别是以 Pa 为单位的压力值和以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位的温度值。

3.2 数据处理

1) 液位计算

每支传感器都有一张对应的率定表,给出了传感器读数计算为压力值的计算公式及参数。液位计算时须先将获取的读数通过率定表给定的参数转换为当前压力,然后再将压力转换为液位,即:

$$h_0 = P_0 / (g \times \rho)$$

式中:

- P_n —测点 n 的当前计算压力值,单位为 Pa;
- g —重力加速度,一般取 9.8,或按使用地点的地理位置选取;
- ρ —液体密度,取 T_0 时对应的密度或用比重计测得,也可参考表 3 取值;
- h_n —测点 n 的当前液位,单位: mm。

表 3 不同比例乙二醇防冻液密度与温度的关系

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	液体密度 (g/ml)							
	纯水	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%
-40								1.103
-30							1.085	1.101
-20						1.067	1.083	1.097
-10					1.048	1.065	1.079	1.093
-5			1.031	1.040	1.047	1.064	1.077	1.091
0	1.000	1.014	1.030	1.039	1.046	1.062	1.075	1.088
10	1.000	1.013	1.028	1.036	1.042	1.057	1.071	1.083
20	0.998	1.012	1.025	1.033	1.038	1.052	1.066	1.077
25	0.997	1.010	1.024	1.031	1.036	1.050	1.063	1.074
30	0.996	1.009	1.022	1.029	1.034	1.047	1.060	1.071
35	0.994	1.007	1.020	1.027	1.031	1.045	1.057	1.068
40	0.992	1.005	1.018	1.024	1.029	1.042	1.054	1.064
50	0.988	1.001	1.013	1.019	1.023	1.036	1.048	1.058
60	0.983	0.996	1.007	1.013	1.018	1.029	1.042	1.051
70	0.978	0.990	1.001	1.006	1.011	1.023	1.034	1.044
80	0.972	0.984	0.994	0.999	1.004	1.016	1.027	1.037

2) 液位的温度影响及修正

传感器本身受温度影响极小,计算时可以忽略。而温度变化对系统的影响较大,且这种影响十分复杂,包括液体因温度变化导致的密度变化、通液管的热膨胀导致的液位高度变化、储液罐对流入或流出液体的液位“缓冲”作用等因素都会导致系统静态工况的改

变。此时,即使测点本身没有产生升降,传感器的压力都会随上述因素影响而改变。最直观的就是液体随温度上升而密度减小,传感器压力测值和计算液位随之降低,特别是对工作在高液位的传感器影响十分明显。因此必须对每个传感器计算的液位进行温度修正,特别是系统被安装于不同高程的应用环境。

测点 n (含基准点) 的液位修正方法如下:

$$L_n = h_{n1} - \Delta h_{n1}$$

$$L_n = h_{n1} - h_{n0} \times \alpha \times (T_1 - T_0)$$

式中:

- h_{n0} —测点 n 的初始液位, mm;
- T_0 —测点 n 的初始温度,单位: $^{\circ}\text{C}$,可取系统的平均温度;
- T_1 —测点 n 的当前温度,单位: $^{\circ}\text{C}$,可取系统的平均温度;
- h_{n1} —测点 n 的当前液位,单位: mm。
- Δh_{n1} —当前温度下基于该测点初始液位 h_{n0} 时的液位修正量。
- α —液体膨胀系数,防冻液在不同比例和温度条件下取值在 $-0.00033\text{mm}/^{\circ}\text{C} \sim -0.00045\text{mm}/^{\circ}\text{C}$ 之间(可参考表 3 根据防冻液含量、工作温度范围和密度计算出膨胀系数),加上通液管及系统的涨缩影响,一般取 $-0.0005\text{mm}/^{\circ}\text{C} \sim -0.0006\text{mm}/^{\circ}\text{C}$ 。
- L_n —测点 n 修正后液位,单位: mm。

如果所有传感器被安装在同一高程且工作在小于 200mm 的低液位状态时,液位的温度修正可不予考虑。

3) 沉降量计算

设某测点号为 n,则该测点的沉降量 S_n 为:

$$S_n = (L_{n1} - h_{n0}) - (L_{ref1} - h_{ref0})$$

式中:

- S_n —测点 n 的沉降量(mm), $S_n < 0$ 表示测点抬升,反之表示沉降;
- L_{n1} —测点 n 的当前液位修正后值,单位: mm;
- h_{n0} —测点 n 的初始液位,单位: mm;
- L_{ref1} —基准点当前液位修正后值,单位: mm;
- h_{ref0} —基准点初始液位,单位: mm。

4. 日常维护及故障判断处理

4.1 日常维护

应经常性地检查储液罐液位是否在合理的波动范围内,是否存在异常蒸发或漏液等现象,管线接头以及保护装置是否有松动等。此外还应检查储液箱中的干燥剂,如发现干燥剂颜色变红时,应立即更换。

4.2 故障判断处理

传感器不能现场打开检查维修，系统日常维护通常定期对通液通气管及电缆进行检查，其检查及故障排除方法如下：

1) 液位随环境温度变化有规律波动

如所有测点包括基准点波动趋势表现一致，且系统中所有传感器压力变化与温度升降是负相关，通常不是故障。

2) 液位随环境温度有规律波动但各测点变化趋势不一致

通常是通液管中某一处或多处存在气泡，气泡是导致系统产生较大测量误差、读数不稳定并且随温度变化的主要原因，除检查通液管内有无气泡外，还应检查传感器腔体内、管接头是否有气泡，如有气泡必须排除。

3) 换算的液位随环境温度升降表现为正相关（即成正比）

管道中存在大量气泡导致，应检查管道中是否有残存气泡。

4) 测值跳变或偶有尖峰

多数是受到外界如车辆通行、附近的施工活动等影响导致。建议将跳变数据作为无效值剔除，或选择车辆通行较少的夜晚进行测量。

5) 通讯不稳定

传感器时通时不通，或某支传感器单独测量时通讯正常，接入通讯总线后导致整个系统不能通讯，通常是未匹配终端电阻导致。除应检查电缆检查是否在末端传感器的 RS-485 通讯线间并联终端电阻，电阻的取值范围在 $120\ \Omega \sim 500\ \Omega$ 之间试验确定，或尝试在近端（采集设备处）RS-485 通讯线间并联 $300\ \Omega \sim 500\ \Omega$ 的电阻。

如果电缆接头连接不可靠，往往也会导致通讯不稳定，需检查电缆连接是否可靠，是否采用锡焊连接。另一种原因是传感器供电电压不足导致，需加粗电缆芯线截面。

6) 所有传感器均不能采集数据

除参考问题 5 外，应检查供电及通讯电缆是否存在开路、短路现象，或数据采集设备存在故障。

7) 传感器测值出现零压或负压值

若一段时期内，储液灌内液位下降较大，其表现是系统中的所有传感器测值等幅下降甚至出现负压，可能的原因是通液管或接头漏液，须重点检查通液管连接并补充液体。

8) 个别传感器不能读数

个别传感器读数不稳定、无规律大幅跳动或者无读数等情况，在排除其它故障的前提下，可尝试替换另一支正常的传感器，确认属传感器故障时建议返厂维修。

附录 A: 通讯协议

BGK3475TS-C 静力水准传感器采用 RS-485 通讯 (9600,8,N,1), 并遵循 BGK-MODBUS 协议, 具体如下:

1) 查询地址命令

读命令: 地址(1)+功能码(1)+寄存器起始地址(2)+寄存器个数(2)+校验(2)

$xx+03 + FF 00 + 00 01 + CRC1 CRC2$

xx 为地址码 (二进制), 后面 CRC1、CRC2 表示 CRC 校验 2 个字节

读响应: 地址(1)+功能码(1) + 字节数(1) + 数据 (1*n 字节) + 校验(2)

$xx + 03 + 02 + 00 xx + CRC1 CRC2$

注: xx 为 00 时为广播查询, 线上各传感器均响应, 每个滞后 50ms*xx

2) 写地址命令

写命令: 地址(1)+功能码(1)+寄存器地址(2)+寄存器个数(2)+字节数(1)+数据(2n)+校验(2)

$xx + 10 + FF 00 + 00 01 + 02 00 + yy + CRC1 CRC2$

写响应: 地址(1) +功能码(1)+寄存器起始地址(2)+寄存器个数(2)+校验(2)

$xx + 10 + FF 00 + 00 yy + CRC1 CRC2$

注: yy 为新地址

3) 读测量结果值命令

读命令: 地址(1)+功能码(1)+寄存器起始地址(2)+寄存器个数(2)+校验(2)

$xx + 03 + 00 00 + 00 04 + CRC1 CRC2$

读响应: 地址(1)+功能码(1) + 字节数(1) + 数据 (1*n 字节) + 校验(2)

$xx + 03 + 08 + dd dd dd dd tt tt tt tt + CRC1 CRC2$

注: dd dd dd dd 为液位测值 (单位: Pa), tt tt tt tt 为温度测值 (单位: °C), 数据为浮点数, 格式符合为 IEEE754 格式, 符号位、指数位在前, 即其二进制格式为:

S EEE EEEE E MMM MMMM MMMM MMMM
MMMM MMMM MMMM

附录 B：率定表样表



基康仪器股份有限公司

检测证书

仪器名称：静力水准仪 仪器型号：BGK3475TS-C-2000mm

仪器编号：15312000527 检测日期：2021年01月04日

环境条件： 温度：22℃ 湿度：32%RH

检 测 结 果

测量范围：(0-20000)Pa

标准压力 (Pa)	各测次示值(Pa)			均值	计算压力	精度	计算压力	精度
	1	2	3		直线	(%FS)	多项式	(%FS)
0	3	3	3	3	1	0.01	1	0.01
4000	4000	4000	4000	4000	3999	-0.01	3999	-0.01
8000	8000	8000	8000	8000	7999	-0.01	7999	0.00
12000	12002	12002	12002	12002	12000	0.00	12001	0.00
16000	16003	16003	16003	16003	16001	0.01	16002	0.01
20000	20000	20000	20000	20000	19999	0.00	19999	-0.01

计算公式

直线 $P = G (R_1 - R_0)$

多项式 $P = AR_1^2 + BR_1 + C$

(Pa) 直线系数: $G = 1.00003077$

(Pa) 多项式系数: $A = -0.0000000072418062$

$B = 1.0001756376902700$

$C = -2.09519648203680$

检测负责人: 安子庭

核 检: 常旭

测 试: 甘海亮



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