



BGK6151/6151D MEMS 倾角计

安装使用手册

版 本 号: Rev.D
发行时间: 2022

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。

© 2022 基康仪器股份有限公司版权所有

目 录

1. 概述	1
2. 组成及分类	1
2.1 倾角计分类	1
2.2 测量轴方向	1
2.3 配套电缆及连接	2
3. 倾角计安装	2
3.1 安装前准备	2
3.2 倾角计安装步骤	2
3.3 保护罩	3
3.4 倾角计的防雷	3
4. 读数及数据采集	3
4.1 电缆芯线定义	3
4.2 倾角计读数与采集	4
4.3 绝缘测试	4
5. 数据的处理转换	4
5.1 角度及温度转换	4
5.1.1 模拟信号值转换（BGK-6151）	4
5.1.2 数字信号值转换（BGK-6151D）	5
5.2 偏移量计算	5
5.3 多支倾角计挠度计算	5
5.4 温度补偿	5
5.5 环境因素影响	5
6. 故障检查和排除	6
附录A-BGK6151D倾角计通讯协议	7
附录B-倾角计率定表表样	11

1. 概述

BGK6151/6151D 系列倾角计均采用 MEMS（微电子机械）倾斜传感器作为核心器件，具有极高的灵敏度及长期稳定性，适用于高层建筑、大型钢构、桥塔/桥墩、输电塔、风电塔架、大型运动场馆等高耸建筑物的静态或动态倾斜监测和环境温度测量。倾角计采用不锈钢全密封壳体结构，可长期工作于水下环境。

BGK6151/6151D 的外形如图 1-1 所示。



图 1-1 BGK6151D 倾角计外形

本手册内容适用于 BGK6151 系列倾角计的安装及使用。

2. 组成及分类

每套 BGK6151/6151D 型倾角计由内置温度传感器的单轴或双轴倾角计和 L 型固定支架组成，标配倾角计附带 3m 电缆。

2.1 倾角计分类

倾角计按测量轴划分有单轴与双轴，按信号输出方式分为标准电压信号输出与数字信号输出，可满足大多数监测应用需求，表 2-1 列出了 BGK6151 系列倾角计型号与功能用途的对应关系。

表 2-1 BGK6151 系列倾斜型号与功能对照

型号	测量轴	输出信号	电缆	测量范围
BGK6151-1	单轴	标准电压 0~±5V	8 芯	±15° (±30° 可选)
BGK6151-2	双轴			
BGK6151D-1	单轴	数字 RS485	4 芯	
BGK6151D-2	双轴			

单轴倾角计内置 1 只倾斜传感器，双轴倾角计内置 2 只倾斜传感器，所有倾角计均内置有温度传感器。

输出电压信号的 BGK6151 倾角计输出的是与倾角呈线性关系的 0~±4.2V 电压信号，适合大多数数据

采集装置实施静态监测，并且该传感器还能用于 20Hz 以下的动态倾斜的在线监测。

BGK6151D 倾角计采用数字信号输出，通过 RS485 总线传输并直接输出以角度为单位的倾角值，BGK6151D 倾角计的通讯协议参见附录 A。

2.2 测量轴方向

倾角计顶端侧面有测量轴方向标识，即 A+和 A-（参照图 1-1），若为双轴倾角计还有 B+和 B-标识。在正确连接至读数设备（方法参见章节 4.1）时，倾角计在铅直状态的读数约为 0V（模拟信号）或 0°（数字信号）左右，当向 A+（或 B+）方向倾斜时，相应的读数将会增大，反之读数将会减小并小于 0，如图 2-1 所示。

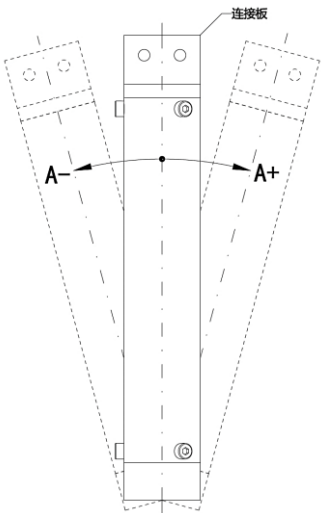


图 2-1 单轴倾斜方向示意图

双轴倾角计内置有两个互成 90° 的倾斜传感器，将倾角计连接板朝上呈竖直状态并俯视传感器时，以 A+为基准顺时针旋转 90° 所示的方向即为 B+方向，参考图 2-2 所示：

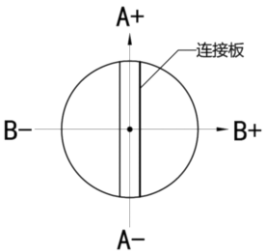


图 2-2 双轴倾斜方向俯视图

BGK6151 和 BGK6151D 倾角计均可使用 BGK-RB501 型便携式读数仪读数，或使用 BGK-Micro-40Pro 数据采集仪或基康其它数据采集仪实现数据的远程采集，有关数据采集的操作参见相关产品手册。

2.3 配套电缆及连接

电缆分为模拟信号和数字信号两种专用电缆，适配传感器如表 2-2 所示。

表 2-2 固定倾角计电缆型号规格

倾角计型号	BGK6151	BGK6151D
信号类型	模拟	数字
配套电缆型号	BGK04-375V9	BGK02-250V6
电缆芯线数	8 芯	4 芯
电缆外径	Φ7.5mm	Φ6.5mm

电缆可加长到所需长度。接长方法：将待接电缆分别剥去电缆护套 80mm 约长度，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，参照图 2-3 进行操作。

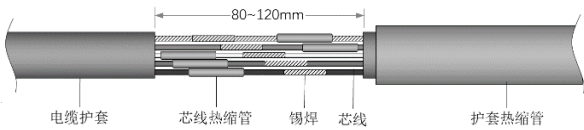


图 2-3 电缆连接示意图

注意：芯线焊接工作结束后，必须用读数仪进行读数测量检查，配合数字万用表测量各芯线间电阻等情况，避免因焊接工作造成接头部位芯线短路、断路情况。

3. 倾角计安装

仅以在混凝土结构表面安装为例，若安装在其它结构上，请使用类似方法进行固定或自行加工耦合/桥接部件，配套 L 型支架的材质为铝或不锈钢，采用螺栓固定，不推荐焊接安装。

3.1 安装前准备

固定件：推荐 M10 或 M12 膨胀螺栓，长度不少于 80mm，保护罩（需自制，推荐尺寸见章节 3.3）。

需用户自备安装工具：电锤，钻头（与膨胀螺栓匹配），钻头、扳手、接线工具及所必须的其它工具。

3.2 倾角计安装步骤

需预先确定倾斜测量的方向，尤其是单轴倾角计安装后的测量轴与固定面是垂直的。确认无误后，在待安装部位开孔，然后使用膨胀螺栓将 L 型支架固定。A+ 的朝向取决于工程需要或者习惯用法，但对于一个工程项目而言，理应保持所有倾角计测量轴方向的一致性。

使用随附的 M5 螺钉、螺母、平垫等零件，将倾角计初步固定在 L 支架上，并尽可能保持倾角计为铅直状态，如图 3-1 所示。

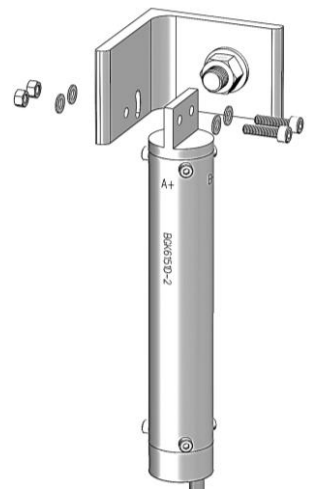


图 3-1 倾角计组装示意图

将倾角计电缆连接至读数装置，先将支架外侧孔的螺钉大致拧紧，再利用支架内侧腰孔微调倾角计的倾斜度。如为标准电压信号倾角计，使读数接近 0V，如为数字量倾角计使得读数接近 0°，参考图 3-2 所示。在 L 支架安装横平竖直的前提下，腰孔能够容许的调整角度不小于±5°。

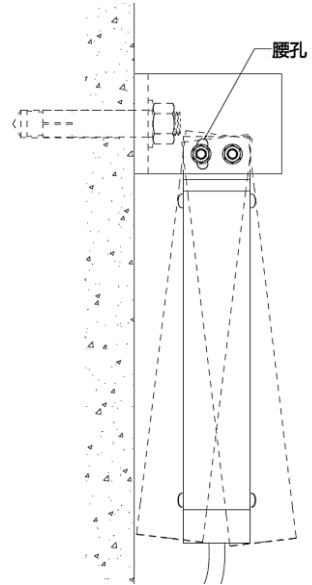


图 3-2 倾角计安装角度调整

双轴倾角计则利用固定 L 支架的膨胀螺栓调节 B 轴的读数，有时还需要将 A 轴与 B 轴读数反复联调才能同时接近 0 值或附近。实际应用中这并不重要，因为建筑物的倾角变化通常比传感器本身的测量范围小很多，一般将安装时的读数调整到±0.25V 或±1° 的范围内都足以满足日常监测需求。

倾角计的初始状态调整完毕后，应将全部螺栓拧紧，如图 3-3。

值得注意的是，倾角计固定完毕后，传感器电缆

应保持松弛状态再进行敷设，避免绷紧。



图 3-3 倾角计安装固定

3.3 保护罩

安装在户外环境的倾角计应设置保护罩，参考如图 3-4 所示尺寸（单位：mm）自制加工。

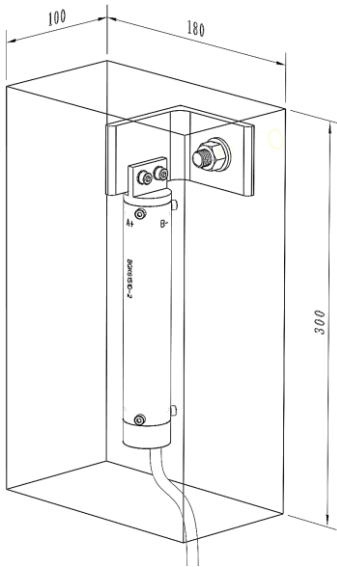


图 3-4 保护罩尺寸示意图

如果倾角计被安装在阳光直射的部位，建议仅在保护罩内侧面粘敷厚度不低于 3cm 的保温材料，以减少温度的影响。

注意：安装时务必做好安装考证记录，包括倾角计的位置、现场设计编号和关联的厂家序列号、测量轴对应的方向、倾角计地址码等信息。

3.4 倾角计的防雷

对安装于雷击高发区的倾角计，特别是高层建筑和桥梁，设置防雷接地十分必要。通常的做法是沿电

缆及倾角计路径敷设接地扁铁（或Φ8 钢筋护、镀锌钢丝绳等）形成均压带，并将均压带可靠接地。也可使用钢管保护，但钢管之间必须焊接确保连接电阻足够小，并最终连接到防雷接地系统。如使用数字信号输出的倾角计，还要求串接 485 防雷器，其接地端子与主接地棒必须可靠连接，这非常重要。

防雷接地必须可靠接入到大地且不得悬空，防雷接地方法请参考相关防雷接地规范执行。

4. 读数及数据采集

4.1 电缆芯线定义

1）BGK6151 倾角计

BGK6151 使用的是 8 芯电缆，该 8 芯电缆由 4 对双绞线组成，另有 1 芯屏蔽裸线，8 芯线定义如表 4-1 所示。

表 4-1 BGK6151 型倾角计电缆芯线功能定义

电缆芯线颜色	功能定义	
	BGK6151-1	BGK6151-2
	单轴	双轴
红	12V 电源(+)极	12V 电源(+)极
红黑双绞中的黑	12V 电源(-)极	12V 电源(-)极
白色	A 轴信号	A 轴信号
白黑双绞中的黑	A 轴信号地	A 轴信号地
绿色	空	B 轴信号
绿黑双绞中的黑	空	B 轴信号地
蓝色	热敏电阻	热敏电阻
蓝黑双绞中的黑	热敏电阻	热敏电阻
裸线	屏蔽	屏蔽

BGK6151 倾角计内置的热敏电阻温度传感器是完全独立的，可与大多数数据采集设备连接。

2）BGK6151D 倾角计

BGK6151D 为 RS485 数字信号输出，使用专用的 4 芯双绞电缆与倾斜仪进行通讯并为其供电，电缆芯线对应的功能如表 4-2 所示：

表 4-2 BGK6151D 倾角计电缆芯线功能定义

电缆芯线颜色	单/双轴
红	12V 电源(+)极
黑	12V 电源(-)极
绿	RS-485+（或 D+）
白	RS-485-（或 D-）
裸线	空

BGK6151D 倾角计传感器基于 Modbus_RTU 协议通讯，可使用 BGK-RB501 读数仪进行人工读数，或使用 BGK-Micro-40Pro 实现数据的自动采集或远程传输，相关通讯协议详见附录 A。

4. 2 倾角计读数与采集

BGK6151 和 BGK6151D 均可使用 BGK-RB501 便携式读数仪进行人工读数，或使用 BGK-Micro-40Pro 型数据记录仪进行自动采集并远程传输。相关读数仪或采集设备的使用，请阅读该产品使用说明。

在安装之前，需要检查传感器工作是否正常。基康公司为每支倾角计提供率定表（检测证书），表中列出了读数值与倾角 θ （或 $\sin\theta$ ）之间的关系，率定表表样参见附录 B。

表 4-3 给出了标准信号输出和数字信号输出倾斜仪的输出信号范围及主要参数。

表 4-3 倾角计主要参数

型号	BGK6151	BGK6151D
信号输出类型	标准电压信号（模拟）	数字信号(RS485)
输出范围	±3.3V@±12°(率定范围)	±12°(率定范围)
	±4.2V@±15°(测量范围)	±15°(测量范围)
	±4.2V@±30°(测量范围)	±30°(测量范围)
供电电源	12VDC@20mA(单轴)或 30mA(双轴)	

检查步骤：将倾角计传感器按照芯线功能定义连接到 BGK-RB501 读数仪或相应的数据采集设备，注意倾角计应使用 12V 直流电源供电。将倾角计置为铅直状态时，A 轴或 B 轴的读数大约为 0V 或 0° 左右，通过缓慢倾斜测量轴，读数应在约±4V 或±15°（或±30°）范围间变化。在某个角度保持静止不动时，倾斜仪应该有稳定的读数。如果超过量程范围时，读数表现为非线性增加或不再增加，此时的读数无意义。

模拟信号输出的倾角计内置温度传感器是独立的，例如使 BGK-RB501 读数仪或使用数字万用表的欧姆档测量温度传感器的电阻值，使用 BGK-Micro40-Pro 数据采集仪可以直接显示环境的摄氏温度值。

4. 3 绝缘测试

BGK6151 系列倾角计传感器仅限使用测试电压 50V 直流兆欧表（绝缘电阻表）来检查倾角计的绝缘电阻，且在测量时必须将电缆所有芯线的导体拧在一起，然后测量芯线与屏蔽之间、或芯线与倾角计外壳间的绝缘电阻，其绝缘电阻应大于 5 兆欧。

注意：

- 1) 测试时不得使用兆欧表测量芯线间的绝缘电阻；
- 2) 使用测试电压高于 50V 的绝缘电阻表进行测量，极可能导致传感器的性能改变或永久损坏，由此造成的人为损坏将失去保修。

5. 数据的处理转换

5. 1 角度及温度转换

5. 1. 1 模拟信号值转换（BGK-6151）

模拟信号倾角计输出的是与倾角成线性关系的电压，厂家提供的检测证书（率定表，参见附录 B）给出了倾角与电压关系的数据列表，其电压转换为倾角正弦值的表达式为：

$$\sin \theta = G \times (R_1 - R_0)$$

或多项式：

$$\sin \theta = AR_1^2 + BR_1 + C$$

倾斜角：

$$\theta = \arcsin(\sin \theta)$$

式中：

$\sin \theta$ -当前倾角的正弦值；

G -仪器系数，单位： $\sin \theta/V$ ，由率定表给出；

R_1 -当前读数，单位：V（伏特）；

R_0 -计算零点即零点读数，单位：V（伏特），由率定表给出；

$A / B / C$ -分别为多项式系数，均由率定表给定；

BGK6151 倾角计内置的热敏电阻温度计在 25℃时的阻值为 3000 Ω ，热敏电阻与温度换算如下：

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

式中：

T -摄氏温度（℃）

R -热敏电阻的阻值（ Ω ）

$\ln R$ -阻值的自然对数

$A = 1.4051 \times 10^{-3}$ (在 -50~+150℃ 范围内有效)

$B = 2.369 \times 10^{-4}$

$C = 1.019 \times 10^{-7}$

热敏电阻典型温度与电阻特性关系曲线见表 5-1。

表 5-1 热敏电阻主要温度电阻

电阻(Ω)	温度($^{\circ}\text{C}$)	电阻(Ω)	温度($^{\circ}\text{C}$)
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

5.1.2 数字信号值转换 (BGK-6151D)

数字信号输出的倾角计传感器直接输出角度($^{\circ}$)为单位的倾角值和摄氏温度值,其通讯协议参见附录-A,基于计算零点(R_0)的倾角按照如下表达式计算:

$$\theta = G \times (R_1 - R_0)$$

或多项式:

$$\theta = AR_1^2 + BR_1 + C$$

式中:

θ -当前倾角;

G -仪器系数,单位: $^{\circ}/^{\circ}$,由率定表给出;

R_1 -当前读数,单位: $^{\circ}$;

R_0 -计算零点即零点读数,单位: $^{\circ}$,由率定表给出;

$A / B / C$ -分别为多项式系数,均由率定表给定。

注:数字信号输出的传感器,其读取的角度值可直接使用,即 $\theta = R_1$ 。

5.2 偏移量计算

如果安装在结构上以获取水平偏移量,其产生的水平偏移量如图 5-1 所示:

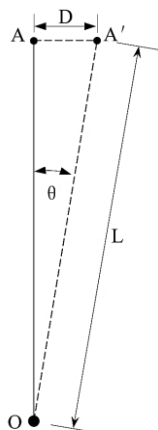


图 5-1 倾斜与位移换算示意图

设倾角计的测点间距(或安装长度)为 L ,当其相对于 O 点产生角度为 θ 的倾斜(转动)后,则 A 点位移到 A' 的位移即偏移量:

$$D = L \times \sin \theta \text{ (mm)}$$

5.3 多支倾角计挠度计算

多支倾角计按照一定间距纵向布置在结构上可测量建筑物的挠度,将这些倾角计在 A 轴或 B 轴产生的偏移量由底部向上部进行累加,便能获得该建筑物的挠度(空间实际分布)曲线,如图 5-2 所示。

因此则任意测点的位移表示为:

$$D_i = \sum (L_i \times \sin \theta)$$

计算当前挠度曲线与初始(基准)挠度曲线之差,即得到被监测结构的位移曲线。

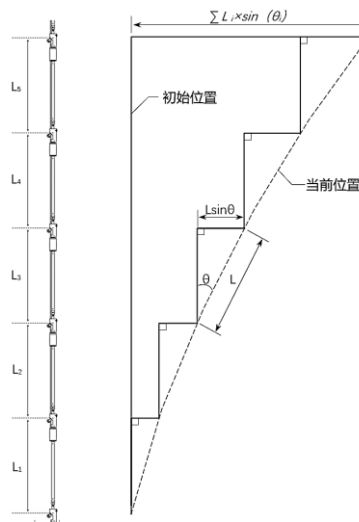


图 5-2 挠度计算

上述应用仅对被监测结构均匀变形有效。因倾角计本身的分辨率有限,特别在间距较大时会产生一定的累计误差,因此位移测值仅用于趋势性判断或分析,有时监测趋势变化与获得位移量本身同样重要。

5.4 温度补偿

温度对倾角计的影响较小,一般不需要补偿,但温度的突变也可能会引起结构以及倾角计的突变,并在读数上表现出来。BGK6151 的温度特性为温度每升高 1°C ,信号输出降低 0.0005V ,即经温度修正后的读数:

$$R_T = R_1 + 0.0005 \times (T_1 - T_0)$$

温度修正的计算偏移量:

$$D = L \times G \times (R_1 - R_0 + 0.0005 \times (T_1 - T_0)) \text{ (mm)}$$

式中:

L -测点间距,单位: mm;

G -仪器系数,单位: $\sin \theta/\text{V}$,来自率定表;

R_1 -当前读数,单位: V (伏特);

R_0 -计算零点即零点读数,单位: V (伏特),由率定表给出;

T_1 -当前温度,单位 $^{\circ}\text{C}$;

T_0 -率定时温度(与 R_0 对应),来自率定表。

上述温度修正仅对电压信号输出的 BGK6151 有效,对数字输出的 BGK6151D 不适用。并且,上述温度补偿非常有限,仅供参考。

5.5 环境因素影响

安装倾角计是为了监测测现场工况及变化,对于影响这些工况的因素都应进行观测及记录。有时很小

的外部变化可能对被监测的结构特征产生重要影响,也可能是结构潜在问题的早期征兆或预示。做为辅助手段,监测及记录环境因素的变化对分析监测数据的变化是非常必要的,这些因素包括但不限于此:暴风、降雨、潮汐、水位、开挖与填筑、交通流量、人员活动、温度和大气压变化、季节变化等都有可能影响到被监测结构或导致传感器的变化。

6. 故障检查和排除

BGK6151 型倾角计的维护和故障排除仅限于电缆及连接处的定期检查和采集终端的维护,传感器本身是密封的,用户不能打开检查维修。

如果出现问题,查看下列故障现象及解决方法,仍有问题时可咨询基康技术服务协助解决。

故障现象:倾角计读数不稳

✓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。

✓读数仪是否连接到另一支倾角计传感器?如果不是,可能是读数仪电池电压低或有故障,需重新充电或送厂家维修。

✓使用 BGK6151D 时通讯不稳定,读数时有时无,应检查供电/通讯电缆是否标准双绞线结构,芯线太细的电缆、电缆过长均会导致通讯不稳定的现象。

使用 BGK6151/6151D 时,须确保传感器处的供电电压不低于 11.5V,低于该电压时,倾角计将不能正常工作。

故障现象:没有读数

✓电缆是否被剪切或被压断?若为模拟信号的倾角计,可以使用欧姆表来测量电缆阻值。BGK6151 内置热敏电阻,25℃时电阻值约为 3000 欧姆。记住要加上电缆的电阻(电缆芯线电阻大约为 $50\Omega \times 2/\text{km}$)。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。若为数字信号的传感器,应在电缆两端分别检查电缆的通断以及是否存在短路或开路等现象。

故障现象:热敏电阻阻值过高(表现为异常低温)

✓是否断路? 检查所有连接、终端和插头。

故障现象:热敏电阻阻值太低(表现为异常高温)

✓是否短路? 检查所有连接、终端和插头。

✓倾角计或电缆可能进水,有可能无法补救,需更换。

附录 A-BGK6151D 倾角计通讯协议

1. 协议规定

1.1 一般性规定

格式：RTU 格式

波特率：9600，无校验，8bit 数据，1 位停止

CRC 校验码：种子数 0xFFFF，（CRC 校验码为 0xFFFF 时默认对校验不做检测，以方便调试。）

注：下位机波特率编程提示：考虑到上位机编程方便以及用于中继连接时某些中继器不支持 2 位停止位设置的原因，故特做以下规定：通讯方式设置为 1 位停止位，即“9600，N，8，1”方式，但在发送时，每一个字节发送完成后，延时 2bit（208us）的时间，以同时兼容“9600，N，8，2”及“9600，N，8，1”方式。

00 广播：为广播地址，收到者均响应，除以下指令外，不响应其它指令。

查址：设备收到广播查址后延时地址码×50ms 后应答；

启动测量：无应答。（仅对某些特殊传感器有效，对数据区写操作启动测量）

注：00 不能作为传感器地址，在编程时应注意，如果地址为 00，则置位为 0xFF

延时及超时：（单条指令传输中超时 50ms（预留 20%冗余），应答超时 10s）

主机发送命令：应在总线空闲 60ms（50*（1+20%））后开始发送。

从机接收命令：50ms 内没有接收到新字符，认为指令接收完成。

从机应答指令：应在接收到指令后应在 10 秒内应答。

从机超过 10s 不响应，则认为超时错误（无应答）。

数据传输（大端模式）：

整型（长整型）：高字节在前

浮点型：符号位和指数位在前

字符型：按自然顺序

1.2 读命令格式

功能码：03

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)

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

读命令		读响应	
字节序号	定义	字节序号	定义
1	传感器地址	1	传感器地址
2	功能码（03）	2	功能码（03）
3~4	寄存器起始地址	3	数据字节个数
5~6	寄存器个数	4~n+3	数据
7~8	CRC 码	n+4~n+5	CRC 码

1.3 写命令格式

功能码：（0x10）

写命令：地址(1)+功能码(1)+寄存器起始地址(2)+寄存器个数(2)+数据字节数(1)+数据(不定)+校验(2)

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)

写命令		写响应	
字节序号	定义	字节序号	定义
1	传感器地址	1	传感器地址
2	功能码（0x10）	2	功能码（0x10）
3~4	寄存器起始地址	3~4	寄存器起始地址
5~6	寄存器个数	5~6	寄存器个数
7	字节数	7~8	CRC 码
8~n+7	数据		
n+8~n+9	CRC 码		

2. 命令和响应描述

命令和响应描述参见表 2-1~表 2-8

2.1 读写 RS485 地址

(1) 修改 RS485 地址

表 2-1 修改 RS485 地址命令帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0	地址	目的地址	0xxx	原 RS485 地址；
1		功能码	0x10	
2~3		起始地址	0xFF00	
4~5		寄存器数量	0x0001	
6		字节数	0x02	
7~8		寄存器值	0xFFFF	新地址（拟修改）；
9~10		CRC 校验码	0XXxx	

表 2-2 修改 RS485 地址响应帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x10	
2~3		起始地址	0xFF00	
4~5		寄存器数量	0x0001	
6~7		CRC 校验码	0XXxx	

(2) 广播查询 RS485 地址

表 2-3 广播查询 RS485 地址命令帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0	地址	目的地址	0x00	广播 RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2~3		寄存器起始地址	0xFF00	
4~5		寄存器数量	0x0001	
6~7		CRC 校验码	0XXxx	

表 2-4 广播查询 RS485 地址响应帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2		字节数	0x02	
3~4		寄存器值	0xxxXX	本 RS485 地址；
5~6		CRC 校验码	0XXxx	

(3) 点-点查询 RS485 地址

表 2-5 点-点查询 RS485 地址命令帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0	地址	目的地址	0xXX	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2~3		寄存器起始地址	0xFF00	
4~5		寄存器数量	0x0001	
6~7		CRC 校验码	0xXXxx	

表 2-6 点-点查询 RS485 地址响应帧

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2		字节数	0x02	
3~4		寄存器值	0xxxxx	本 RS485 地址
5~6		CRC 校验码	0xXXxx	

2.2 读取传感器数据

表 2-7-1 读取数据命令帧（仅适用于单轴）

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		目的地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2~3		寄存器起始地址	0x0000	
4~5		寄存器数量	0x0004	0004 表示读取从 0x0000 开始的 4 个寄存器的值；
6~7		CRC 校验码	0xFFFF	校验

表 2-7-2 读取数据命令帧（仅适用于双轴）

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		目的地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2~3		寄存器起始地址	0x0000	
4~5		寄存器数量	0x0008	0008 表示读取从 0x0000 开始的 8 个寄存器的值；
6~7		CRC 校验码	0xFFFF	校验

表 2-8-1 读取数据响应帧（仅适用于单轴）

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2		字节数	0x08	8 字节
3~10		寄存器值	0XXXXXXXX XXXXXXXX	8 字节数据,共 2 个数据（均为 4 字节浮点）； 数据排列格式为： 1.浮点数 1（A 轴角度值）； 2.浮点数 2（温度值）；
11~12		CRC 校验码	0xFFFF	校验

表 2-8-2 读取数据响应帧（仅适用于双轴）

偏移量	域	字段名称	字段值	说明/备注
0		地址	0xxx	RS485 地址；
1		功能码	0x03	
2		字节数	0x10	16 字节
3~10		寄存器值	0XXXXXXXXX XXXXXXXXXX	16 字节数据,共 4 个数据（均为 4 字节浮点）； 数据排列格式为： 1.浮点数 1（A 轴角度值）； 2.浮点数 2（温度值）； 3.浮点数 3（B 轴角度值） 4.浮点数 4（温度值）； 注：两个温度值相同
11~12		CRC 校验码	0xFFFF	校验

3. CRC 校验样例（仅供参考）

```
//*****
//功能: CRC 计算程序
//版本:
//说明:
//*****
unsigned int crc_1byte(unsigned char ulIndex)
{
    unsigned char j,a;
    unsigned char crca1,crca2;
    crca1 = ulIndex;
    crca2 = 0;
    for (j=8;j-->0) {
        a = crca1&0x01;
        crca1 = crca1>>1;
        if (crca2&0x01) crca1 = crca1 + 128;
        crca2 = crca2>>1;
        if (a==1)
        {
            crca1 = crca1^1;
            crca2 = crca2^0xa0;
        }
    }
    return (crca1*256 + crca2);
}

unsigned short RTU_CRC(unsigned char *puchMsg, unsigned short usDataLen)
{
    unsigned int temp;
    unsigned char uchCRCHi = 0xFF;
    unsigned char uchCRCLo = 0xFF;
    unsigned char ulIndex;
    while (usDataLen-->0)
    {
        ulIndex = uchCRCHi ^ (*puchMsg++);
        temp = crc_1byte(ulIndex);
        uchCRCHi = uchCRCLo ^ ((unsigned char)(temp/256));
        uchCRCLo = (unsigned char)(temp % 256);
    }
    return (uchCRCHi << 8 | uchCRCLo);
}

校验码发送:
.....
crc = RTU_CRC(uart_bfr_p->bfr,res_len);
uart_bfr_p->bfr[res_len] = (unsigned char)(crc >> 8);
uart_bfr_p->bfr[res_len + 1] = (unsigned char)crc;
uart_send_nbyte(uart_bfr_p->bfr,res_len + 2);
.....
```

附录 B-倾角计率定表表样

B.1 BGK6151 率定表样



基康仪器股份有限公司

检 测 证 书

仪器名称: MEMS测斜仪

仪器编号: 15012105331A

仪器型号 BGK6151-2

检测日期: 2020年10月30日

环境条件:

温度: 21℃

湿度: 36%RH

检 测 结 果

测量范围: ±15°

倾角		各测次示值			均值	计算 直线	精度 (%FS)	计算 多项式	精度 (%FS)
θ	sin θ	1	2	3					
-12.0	-0.2079	-3.2637	-3.2633	-3.2643	-3.2638	-0.2076	0.0830	-0.2080	-0.0208
-9.0	-0.1564	-2.4543	-2.4545	-2.4550	-2.4546	-0.1562	0.0520	-0.1563	0.0255
-6.0	-0.1045	-1.6415	-1.6414	-1.6411	-1.6413	-0.1046	-0.0191	-0.1045	0.0101
-3.0	-0.0523	-0.8218	-0.8220	-0.8225	-0.8221	-0.0526	-0.0689	-0.0524	-0.0059
0.0	0.0000	0.0020	0.0019	0.0020	0.0020	-0.0003	-0.0786	0.0000	-0.0040
3.0	0.0523	0.8272	0.8270	0.8268	0.8270	0.0520	-0.0736	0.0523	-0.0100
6.0	0.1045	1.6526	1.6525	1.6530	1.6527	0.1044	-0.0245	0.1046	0.0054
9.0	0.1564	2.4736	2.4734	2.4732	2.4734	0.1565	0.0177	0.1564	-0.0083
12.0	0.2079	3.2908	3.2906	3.2910	3.2908	0.2084	0.1120	0.2079	0.0081

计算公式

直 线 $\sin\theta = G \times (R_1 - R_0)$

多项式 $\sin\theta = AR_1^2 + BR_1 + C$

$D = L \times \sin\theta$ (mm)

直线系数: $G = 0.06345897$ sinθ/V

计算零点: $R_0 = -0.0005$ (V)

多项式系数: $A = -0.0000690799586821$

$B = 0.0634607290227641$

$C = -0.00014163058774$

L 两测斜仪间距离 (mm)

R_1 当前读数值 (V)

检测负责人: 甘海亮

核 检: 安子彪

测 试: 常旭

B.2 BGK6151D 率定表样



基康仪器股份有限公司

检测证书

仪器名称: MEMS倾角计

仪器型号: BGK6151D-1

仪器编号: 15062100300

检测日期: 2021年08月09日

环境条件:

温度: 25℃

湿度: 42%RH

检测结果

测量范围: $\pm 15^\circ$

倾角	各测次示值			均值	计算 直线	精度 (%FS)	计算 多项式	精度 (%FS)
θ	1	2	3					
12.0	11.9926	11.9949	11.9932	11.9936	11.9966	0.014	12.0034	-0.014
9.0	8.9979	8.9930	8.9954	8.9954	8.9970	0.013	8.9987	0.005
6.0	6.0024	5.9953	5.9989	5.9988	5.9990	0.004	5.9970	0.012
3.0	3.0073	3.0023	3.0050	3.0049	3.0036	-0.015	2.9994	0.002
0.0	0.0015	0.0012	0.0020	0.0016	-0.0012	0.005	-0.0061	0.025
-3.0	-2.9877	-2.9874	-2.9875	-2.9875	-2.9917	-0.035	-2.9959	-0.017
-6.0	-5.9897	-5.9824	-5.9862	-5.9861	-5.9917	-0.035	-5.9937	-0.026
-9.0	-8.9965	-8.9892	-8.9926	-8.9928	-8.9998	-0.001	-8.9981	-0.008
-12.0	-12.0064	-12.0003	-12.0028	-12.0032	-12.0117	0.049	-12.0048	0.020

计算公式

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

多项式 $\theta = AR_1^2 + BR_1 + C$ (°)

直线系数: $G = 1.00047923$ ($^{\circ}/^{\circ}$)

计算零点: $R_0 = -0.0027$ (°)

多项式系数: $A = 0.0000815967375777$

$$B = 1.0004797111847900$$
$$C = -0.00763797075801$$

R_0 计算零点

R₁ 当前读数值

检测负责人: 安子彪

核 检: 蔡广祥

测 试：常旭



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