



BGK-6150/6155 系列 MEMS 固定测斜仪

安装使用手册

版 本 号: Rev.D

发行时间: 2022

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。

©2022 基康仪器股份有限公司版权所有

目 录

1. 简介	1
2. BGK-6150/6155固定式测斜仪组成	1
2.1 测斜仪传感器	1
2.2 楔式膨胀接头	3
2.3 滑轮组	3
2.4 连接管及接续加长	4
2.5 孔口悬挂组件	4
2.6 安全绳（选购件）	4
2.7 配套电缆及连接	4
2.8 测斜管（选购件）	5
3. 固定式测斜仪安装	5
3.1 安装前准备	5
3.2 连接部件的使用及安装要点	5
3.3 固定式测斜仪安装步骤	6
3.3.1 BGK6150/6150D垂直固定测斜仪安装	6
3.3.2 BGK6155/6155D水平固定式测斜仪安装步骤	8
3.3.3 BGK6155(β)/6155D(β)斜坡面固定式测斜仪安装	8
3.4 固定式测斜仪的防雷(非常重要！)	8
4. 读数及数据采集	8
4.1 电缆芯线功能定义	8
4.2 测斜仪的检查测试	9
4.3 绝缘测试	9
5. 数据的处理转换	9
5.1 角度及温度转换	9
5.1.1 模拟信号值转换（BGK-6150/6155）	9
5.1.2 数字信号值转换（BGK-6150D/6155D）	10
5.2 偏移量计算	10
5.3 垂直固定式测斜仪水平位移计算	10
5.4 水平及斜坡面测斜仪的位移计算	11
5.5 温度补偿	11
5.6 环境因素影响	11
6. 故障检查和排除	11
附录A- BGK-615X D系列测斜仪通讯协议	13
附录B- 率定表表样	17
附录C- 测斜管及固定式测斜仪安装方法（仅供参考）	19

1. 简介

BGK-615X 系列 MEMS 垂直/水平固定式测斜仪为高灵敏的 MEMS 的倾斜监测装置，其中 BGK6150 系列垂直固定式测斜仪适用于监测土石坝、基础（防渗）墙、边坡、挡墙或桩基等类似建筑结构的分层水平位移或剖面扰度变形监测，BGK6155 水平固定式测斜仪系列则适合土体沉降或堤坝坡面的剖面变形监测。

固定式测斜仪须安装在有导槽的测斜管中使用，包括垂直向测斜管（图 1-1）、水平向固定的测斜管（图 1-2）、或斜坡面或倾斜钻孔中固定的测斜管（如图 1-3，也称偏垂）中，以获取被监测剖面的变形曲线，并实现自动、不间断的数据采集。

BGK-615X 型号及对应的安装方式如表 1 所示：

型号系列	适合孔向
BGK-6150	垂直孔
BGK-6155	水平孔
BGK-6150（β）	倾斜孔

本手册内容适用于 BGK-615X 全系列固定式测斜仪的安装及使用。

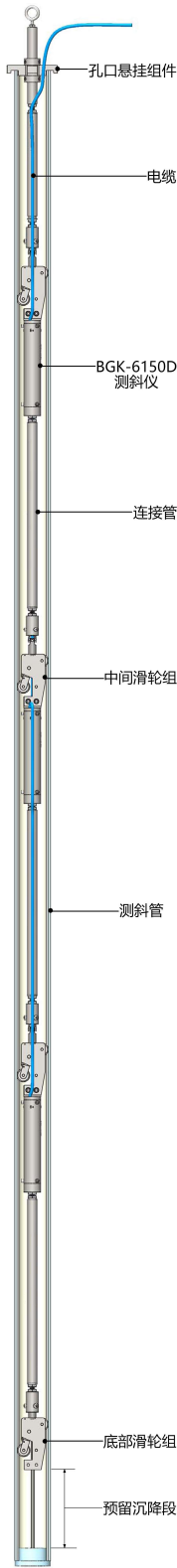


图 1-1 垂直固定式测斜仪

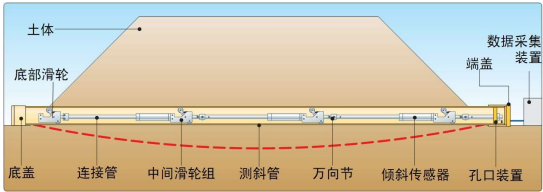


图 1-2 BGK-6155 水平固定式测斜仪

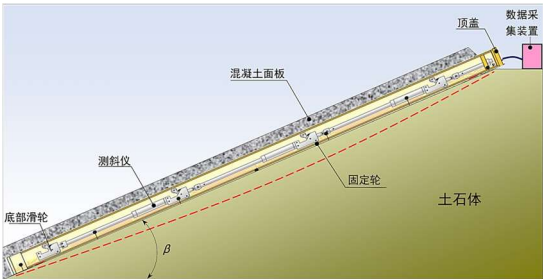


图 1-3 BGK-6155（β）斜坡面固定式测斜仪

2. BGK-6150/6155 固定式测斜仪组成

BGK-6150/6155 型固定式测斜仪由测斜仪（也称倾斜传感器）、滑轮组、连接管、连接部件和孔口悬挂部件及安全钢缆组成，并安装在带导槽的测斜管（须另行购买）中。

2.1 测斜仪传感器

测斜仪传感器按固定方向分为垂直、水平与倾斜（或称偏垂）3 种；按测量轴有单轴与双轴（仅限垂直向）2 种；按照信号输出方式分为模拟信号输出与数字信号输出 2 种；基康可提供上述所有类型的固定式测斜仪传感器，以满足不同的监测应用需求。

表 2 列出了 BGK-6150 系列测斜仪传感器的型号与功能用途的对应关系。

表 2 BGK-615X 系列测斜仪传感器的型号与功能对照

型号	固定方式	测量轴	输出信号	电缆
BGK-6150-1	垂直 （正垂）	单轴	模拟，电压	6 芯
BGK-6150-2		双轴	模拟，电压	
BGK-6150D-1		单轴	数字，485	
BGK-6150D-2		双轴	数字，485	
BGK-6155-1	水平	单轴	模拟，电压	6 芯
BGK-6155D-1			数字，485	4 芯
BGK-6155（β）	倾斜 （偏垂）	单轴	模拟，电压	6 芯
BGK-6155D（β）			数字，485	4 芯

所有测斜仪均内置温度传感器。

2.1.1 垂直固定测斜仪

BGK-6150 测斜仪为标准电压信号（即模拟信号）输出，采用 8 芯电缆传输，外形如图 2-1（左）所示。BGK-6150D 测斜仪为数字信号输出，每个传感器均可设置一个唯一的地址，并使用 2 条 4 芯电缆引出以方

便首尾连接（用于底部的测斜仪仅设 1 条电缆），外形如图 2-1（右）所示。测斜仪顶部的连接板用于连接滑轮组，其底部设有螺纹连接孔。



图 2-1 BGK-6150/6150D 测斜仪

垂直测斜仪上端侧面有测量轴方向标识，即 A+ 和 A-，若为双轴还有 B+ 和 B- 标识。在正确连接至读数设备后，测斜仪在铅直方向的读数约在 0V（模拟信号）或 0°（数字信号）左右，当向 A+（或 B+）方向倾斜时，读数将会增大，反之读数将会减小并小于 0，如图 2-2 所示。

垂直双轴测斜仪内置有两个互成 90° 的倾斜传感器，将传感器竖直放置（即连接板朝上），俯视传感器时，以 A 轴为基准顺时针旋转 90° 所示的方向即为 B+ 方向，如图 2-3 所示：

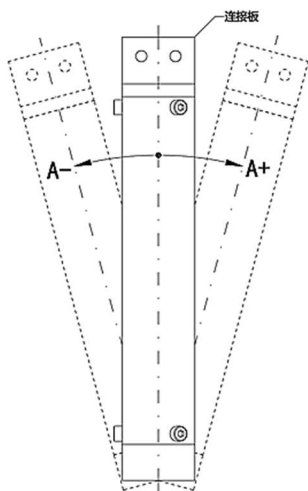


图 2-2 垂直倾斜方向示意图

相关读数方法和范围可参照章节 4。

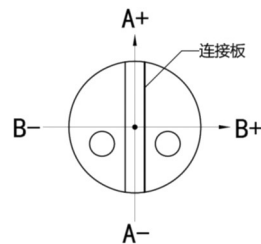


图 2-3 垂直双轴倾斜方向俯视图

2.1.2 水平固定测斜仪

BGK-6155/6155D 是用于水平安装的固定式测斜仪，除安装的方向必须水平外，其它与垂直测斜仪相同。如图 2-4 所示，在水平测斜仪的外壳上有 A+、A- 的轴向标识，靠近电缆引出端即连接板一端为 A+，靠近底部为 A-，使用时应保持有轴向标识的一侧向上（即连接板所在平面为铅直状态）。



图 2-4 BGK-6155 水平测斜仪

在正确连接读数设备时，水平固定测斜仪的倾斜方向与读数值变化参考如图 2-5 所示，测斜仪轴向在水平放置时的读数应趋近于 0V（模拟信号）或 0°（数字信号），当 A+ 端高于 A- 端时，测斜仪输出的读数将随 A+ 升高而增大，反之减小。

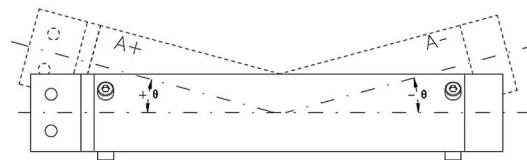


图 2-5 水平倾斜方向

水平测斜仪传感器仅有单轴。

2.1.3 斜坡测斜仪

BGK6155(β) 或 BGK6155D(β) 为用于斜坡面安装的测斜仪，即安装在以坡面角 β 为基准的坡面上。 β 是坡面角度并且按照用户提供的坡面角定制，适用于堤坝、护坡等坡面的法向（剖面）变形。斜坡面测斜仪倾斜方向与读数变化关系如图 2-6 所示，在正确连接读数设备且测斜仪轴线与坡角一致时的读数应接近于 0V（模拟信号）或 0°（数字信号），当 A+ 端绕 A- 端转动即传感器轴线所在的倾角 $>$ 坡角 β 时，读数将会增大，反之将减小或小于 0。注意，测斜仪轴向工作区间必须在 $\beta \pm \theta$ 的范围内。

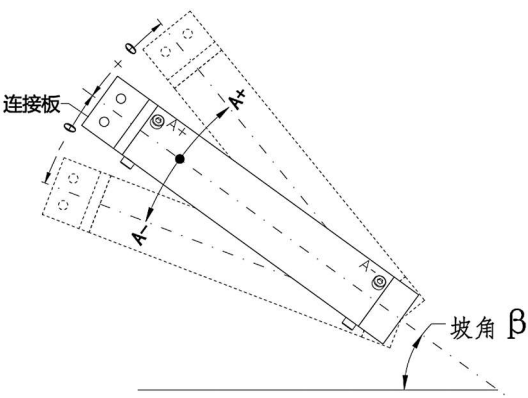


图 2-6 BGK6155（β）坡面测斜仪倾斜方向

2.1.4 关于测斜管中传感器数量控制

选用标准电压信号输出的测斜仪时，同一测斜管中安装的测斜仪传感器数量将会受电缆占用空间的限制，在 Φ70mm 的标准测斜管中最多可安装 13 支双轴或单轴测斜仪，超过 13 支传感器的安装时则推荐使用 Φ85mm 的测斜管，但数量最多不超过 21 支。而使用数字信号输出的测斜仪时，在 Φ70mm 测斜管中安装的测斜仪数量可达 64 支。

2.2 楔式膨胀接头

楔式膨胀接头是固定式测斜仪连接组装的重要部件之一，单向接头用于测斜仪或滑轮组与连接管转接。双向接头用于连接管的加长连接，如图 2-7、图 2-8 所示。

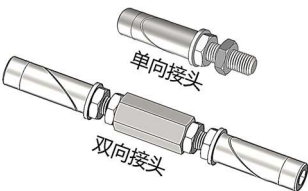


图 2-7 楔式膨胀接头

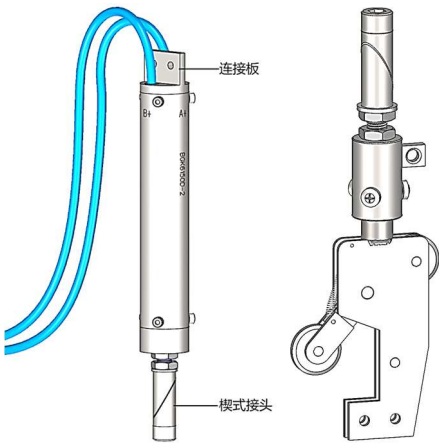


图 2-8 单向接头与测斜仪和滑轮的连接

2.3 滑轮组

滑轮组分为中间滑轮与底部滑轮两种，每一组（或串）固定式测斜仪由多个中间滑轮和 1 个底部滑轮组成，每个滑轮组由滑轮支架、固定轮、张紧轮、可轴向旋转的万向节及楔式膨胀接头等部组成，滑轮组有标准型（图 2-9）和小管径型（图 2-10）两种可选。

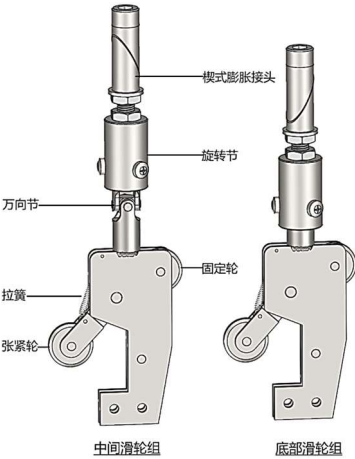


图 2-9 标准型滑轮组

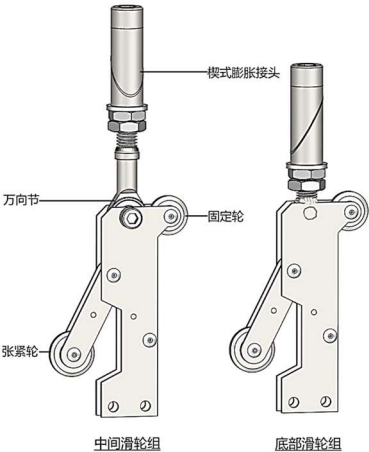


图 2-10 小管径型滑轮组

标准型与小管径型分别匹配不同直径的测斜管，两种滑轮组分别适应的测斜管如表 2 所示。滑轮组应根据所选用的测斜管配套使用。

表 2 滑轮组适用测斜管尺寸对照（仅供参考）

滑轮组 类型	适用最小对向导 槽距离 (mm)	适用测斜管标称直径 (mm)	
		玻纤或铝合金管 (壁厚≤3.0)	ABS 或 PVC (壁厚≤4.0)
标准型	60	Φ60-Φ85	Φ65-Φ85
小管径型	49	Φ50-Φ60	Φ50-Φ60

表中所述对向导槽距离即对向导槽槽底距离，其尺寸参考图 2-11 所示确定。滑轮组上设有固定轮和带弹性的张紧轮，张紧轮使得滑轮组在一定范围内适应不同内径的测斜管，以确保测斜仪与测斜管的倾斜变

形保持同步。

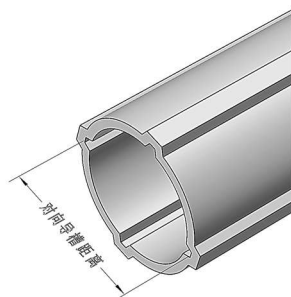


图 2-11 测斜管对向导槽槽底距离

与底部滑轮不同的是，中间滑轮组比底部滑轮组多一个万向节，万向节用于适应测斜管弯曲变形，旋转节则用于适应测斜管导槽的扭曲（小管径型滑轮组的万向节兼有小角度旋转作用）。中间滑轮组与测斜仪传感器配对使用，因此中间滑轮组的数量与测斜仪传感器的数量相同，底部滑轮组仅限安装在底部。

- 底部滑轮组不可与中间滑轮组互换使用。
- 底部滑轮组下端的两个孔不具有任何用途，也不得将其用于安全绳的固定。
- 与标准滑轮组可 360° 旋转不同的是，小管径中间滑轮组万向节的轴向旋转角度有限，安装时应注意滑轮与导槽对齐后再锁紧传感器底部膨胀接头的螺母。

2.4 连接管及接续加长

连接管为 $\Phi 20\text{mm}$ 的不锈钢管，标准长度为 2m，同时配有按定制间距匹配的较短尺寸的连接管。



图 2-11 连接管

连接管可按照预期的测斜仪间距进行连接加长，并使用配套的双向楔式膨胀接头（图 2-12）进行连接，因膨胀接头与连接管有严格的公差限制，因此不得选用其它非基康配套连接管，否则不能可靠连接甚至会存在脱落的隐患。

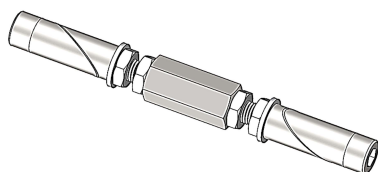


图 2-12 连接管加长接头

安装合格的接头可承受不低于 500kg 的轴向拉伸力而不会脱落，因此连接是谨慎操作，确保拧紧锁紧螺母。

2.5 孔口悬挂组件

孔口固定组件安装于测斜管口，并连接最顶部的滑轮组，对于垂直向或斜坡向安装的测斜仪，其作用是将固定式测斜仪整体悬挂在测斜管中，防止底部滑轮与管底接触。标准的孔口悬挂组件适用于导槽槽底距离最小 60mm 的测斜管。如果测斜管较细，可选用小管径型的悬挂组件。

孔口固定组件也包含有用于连接的楔形接头、孔口挂件及吊环等。每组水平固定式测斜仪均配置 1 套管口组件。

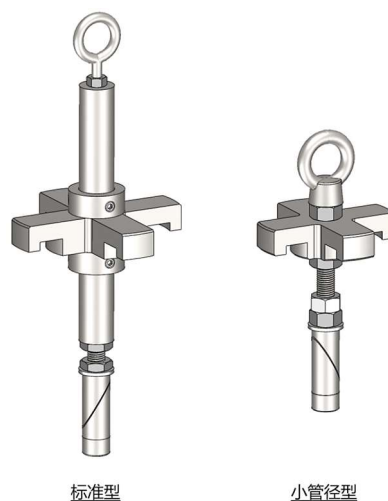


图 2-13 孔口悬挂组件

2.6 安全绳（选购件）

固定式测斜仪安装必须配备安全绳，通常使用不锈钢钢丝绳或更轻的芳纶绳。可按照拟安装的固定式测斜仪总重量确定钢丝绳的型号，测斜仪重量按 1.5kg/m 计，确保满足抗拉强度 ≥ 3 倍总重量即可，多选用标称直径 $\Phi 3 \sim 4.5\text{mm}$ 的不锈钢钢丝绳，过粗则不利于安装时的操作。



图 2-14 安全绳

2.7 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 3 所示。

表 3-固定测斜仪电缆型号规格

测斜仪型号	BGK-6150 /6155	BGK-6150D/6155D
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

电缆可加长到需求长度，接长方法：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，参照图 2-15 进行操作。

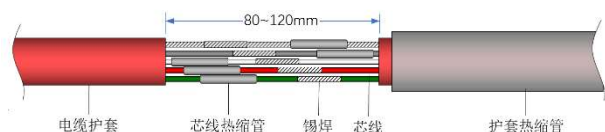


图 2-15 电缆连接示意图

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，避免接头部位出现芯线短路、断路等情况。

2.8 测斜管（选购件）

建议使用玻璃纤维、ABS、铝合金材质的测斜管，考虑到通用性和易维护性，测斜管宜选用标称直径Φ70mm 型号，不宜使用标称直径小于Φ60mm 的测斜管。不推荐易变形、导槽扭角大的 PVC 测斜管。

如用户已自购测斜管，订货时应特别说明测斜管标称直径及对向导槽距离，如图 2-11 所示。

3. 固定式测斜仪安装

3.1 安装前准备

需用户自备安装工具：小号管钳 2 把、口宽 16mm 的固定薄扳手 2 把、钢锯、锉刀以及测斜管连接所必须的其它工具，此外，还需在孔口搭建安装平台并设置吊装所需滑轮。

3.2 连接部件的使用及安装要点

6150 系列固定式测斜仪安装时均使用楔式膨胀接头连接。组装时，必须先将膨胀端插入连接管拧紧后，再将螺纹端与其它相关的部件连接。

如图 3-1 所示，首先将楔形膨胀接头调好并插入连接管，安装时注意不得缺少垫片且垫片的位置不得放错。插入后将靠近连接管一端的螺母先用手拧紧以大致固定，再使用管钳卡住连接管，然后用薄扳手将靠近连接管一端的螺母拧紧。

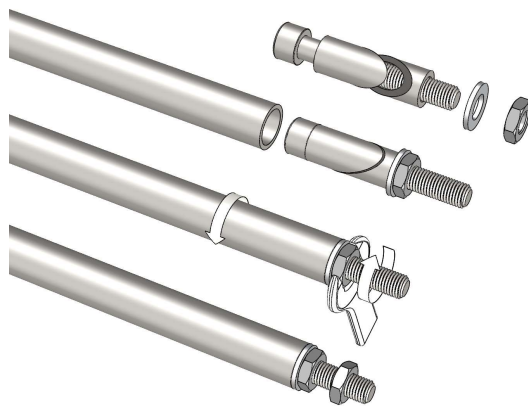


图 3-1 膨胀接头与连接管的连接

膨胀端连接完毕后，再将螺纹端的另一螺母旋向连接管一端，然后将螺杆部分旋入传感器或类似的部件（如中滑轮组、中接头、管口固定件等），再使用扳手将靠传感器一端的螺母以锁紧测斜仪。注意在拧该螺母过程中避免碰触到另一端的螺母，以防误操作导致其反向旋转而导致膨胀端松弛，参见图 3.2。



图 3-2 传感器与连接管的连接

对于连接管的连接，仍应按照先固定膨胀端，后连接螺纹端，见图 3-3。

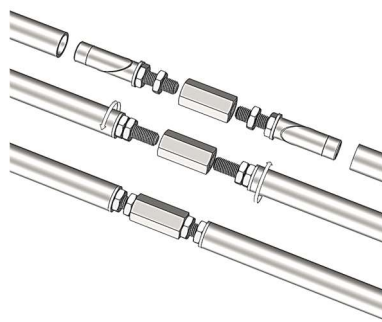


图 3-3 连接管的连接加长

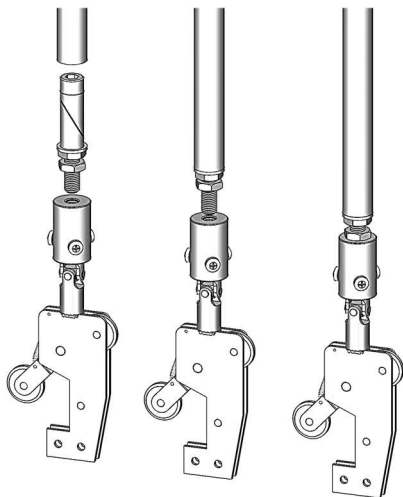


图 3-4 连接管与滑轮组的连接

测斜仪传感器及滑轮组安装时应注意连接的方向，对于垂直固定测斜仪，应保持所有滑轮组的固定轮所在的方向与传感器上标识的“A+”方向一致，如图 3-5 所示。

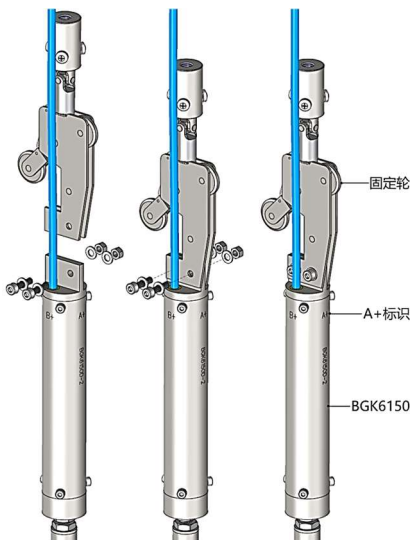


图 3-5 垂直固定测斜仪与中间滑轮组的连接

对于水平或斜坡面安装的测斜仪，则应将 A+方向与张紧轮所在的方向保持一致，在放入测斜管中时将固定轮朝下，如图 3-6 所示。

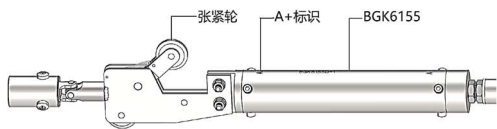


图 3-6 水平固定测斜仪与中间滑轮组的连接

3.3 固定式测斜仪安装步骤

固定式测斜仪的安装通常在现场具备安装条件后进行。垂直固定式须在测斜管安装灌浆结束并固化后进行，水平式安装必须与测斜管同步安装。斜坡面测

斜仪安装则取决于坡度大小，如坡度较小较缓时与测斜管同步安装，坡度较陡时既可同步也可在测斜管安装完毕后进行。

相关测斜管的安装参见附录 C。

3.3.1 BGK6150/6150D 垂直固定测斜仪安装

(1) 测斜管的预期倾斜方向的确定

预期倾斜方向即测斜管（孔）顶部随岩土变形偏离原始基线（初始位置）的一侧即为预期倾斜方向，如图 3-7 所示。

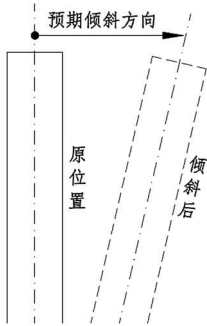


图 3-7 测斜管预期倾斜方向

值得注意的是预期倾斜方向并非一定是边坡或土体滑动的方向，有时可能与滑动方向相反，比如某些疏松的滑坡体，通常是靠近深层或滑移面的土体首先失稳而向临空面滑动，从而形成较浅层土体向山体一侧倾斜的现象，此时的倾斜方向就是山体一侧的方向。

需要特别注意的是，确保固定轮所在的方向与预期倾斜方向保持一致。

(2) 测点间距的确定

测点间距是计算位移的重要参数，应准确量取并记录。一般将相邻两个滑轮组的固定轮中心间距作为测点间距，可参照图 3-8 量取。



图 3-8 测点间距

(3) 安装

当具备安装条件时，建议在室内将所使用的零部件进行规划，并按设计间距对部分部件进行预装配、规划各连接管位置和用量等，例如可提前将膨胀接头分别与连接管、滑轮组等部件组装并编号，在现场安装时可显著提高工效。

安装前，应在测斜管口上方搭设支架及导向滑轮，以在安装时吊装承重及安全绳导向。

首先应确认安装的方向，通常将测斜管其中一对导槽作为主方向（即 A 轴）并与预期倾斜方向保持一致，也即滑轮组所安装的导槽。

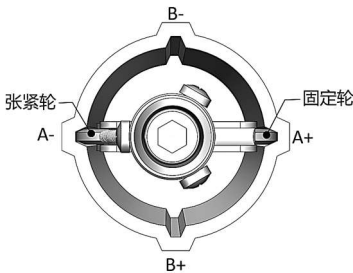


图 3-9 滑轮组在测斜管中的方向

始终保持所有滑轮组的固定轮所在的方向与预期的倾斜方向保持一致，参见图 3-9 所示。

安装时应从最底部的滑轮开始，在底部滑轮安全绳固定孔（如果有）上、或在连接管的第一或第二接头处固定安全绳，防止仪器在安装过程中落入孔中，因此安全绳必须固定牢靠并占用最少的管内空间。同

时，将底部滑轮组的固定轮与预期倾斜方向即 A+保持一致再放入测斜管中，参见图 3-10，一边安装一边释放安全绳，注意每隔 1~1.5m 左右用扎带或绑扎丝将安全绳绑扎在连接管上。

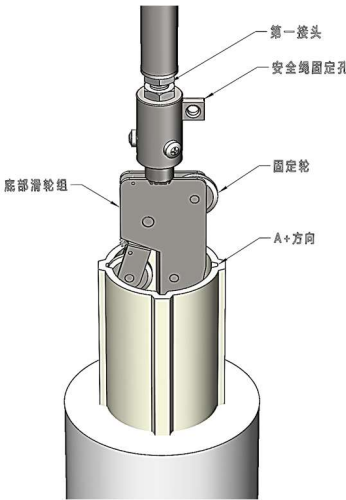


图 3-10 底部滑轮安装

按照预定长度依次连接/加长连接管直至第一个中间滑轮组和第一支测斜仪传感器，推荐将测斜仪与中间滑轮组连接好后再将传感器与连接管连接，注意保持方向的一致性。

安装过程中，注意记录量取测点间距并记录，还可以通过膨胀接头的螺杆固定长度来微调间距达到精准的预期长度。

(4) 管内部分的电缆敷设

电缆与测斜仪的连接可提前根据各测点的深度在室内完成，所有电缆应顺着连接管平行走线，有多根电缆时应将电缆均匀地“包裹”在连接管上，避免交叉叠层走线。按每隔约 1m 左右的间隔使用绑扎带绑扎，在经过万向节位置时应保持松弛以适应弯曲变形。在管内装有多支数字式信号输出的传感器时，建议如每 5~8 支测斜仪分组共用一根电缆串接引出到孔口，以减少出现故障后相互影响的风险。

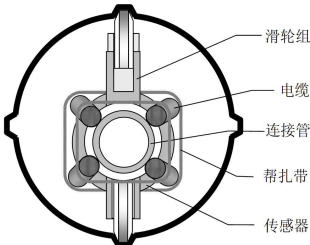


图 3-11 多根电缆走线横剖面图

电缆引至测斜管管口部分如电缆量较多，可能无法安放孔口挂件或电缆引出受阻，可将测斜管管口处切口以引出电缆。

所有仪器电缆均引至测站集中，并与相应的数据采集设备连接。

安装要点:

- 垂直固定式测斜仪必须保持悬挂在测斜管中，且在测斜管底部预留沉降空间（任何触及管底或以将测斜仪底部固定的方式都会导致其不能正常工作）。
- 所有测斜仪传感器测量轴的安装方向保持一致；
- 所有滑轮组的固定轮方向保持一致，且与测斜管的预期倾斜方向一致；
- 准确记录传感器的编号及地址码、安装间距、距孔口深度等信息；
- 安装完毕后，安全绳必须保持松弛状态；

3.3.2 BGK6155/6155D 水平固定式测斜仪安装步骤

水平固定式测斜仪安装与垂直固定式测斜仪安装基本相同，并注意按照如下方式安装：

- (1) 水平式固定测斜仪应与测斜管安装同步进行，即一边安装测斜管一边安装测斜仪系统，否则安装困难；
- (2) 所有滑轮组的固定轮方向必须朝下，并保持一致；
- (3) 所有测斜仪传感器有 A+、A-标识的一侧朝上（测斜仪 A+/A-所在方向与张紧轮方向一致）；
- (4) 水平式固定测斜仪安装无需使用安全绳；



图 3-12 水平测斜仪安装方向

3.3.3 BGK6155(β)/6155D(β)斜坡面固定式测斜仪安装

斜坡面安装测斜仪通常在测斜管铺设完毕后进行，也可与测斜管安装同步进行。例如如安装在混凝土面板坝上测量面板的扰度，测斜管允许设置在面板内侧，也可布置在面板表面并采取保护。

斜坡面固定测斜仪的安装可参考水平或垂直固定式测斜仪，但须注意将全部滑轮组的固定轮朝下，所有测斜仪传感器 A+和 A-标识侧朝向面板临空面，否则将导致传感器不能正常测量甚至不能工作，参见图 3-13。

同样，斜坡面固定式测斜仪的安装，仍需保证让整个测斜仪处于“悬挂”状态，即让孔口挂件一端承载轴向拉力。

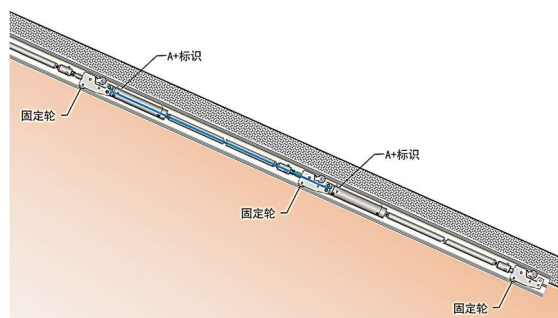


图 3-13 斜坡面安装固定式测斜仪

3.4 固定式测斜仪的防雷（非常重要！）

安装于雷击高发区的固定式测斜仪，设置防雷接地十分必要。防雷方法如图 3-14 所示，即以测斜管口处为圆心，在半径 2~5m 的圆周均布 4 根接地棒，测斜管旁设置 1 根主接地棒，接地棒长度不少于 2m。将圆周的接地棒、采集站的防雷接地使用扁铁或接地导线连接至主接地棒形成均压网。同时，还应将固定式测斜仪的悬挂装置、安全钢丝绳等与主接地棒连接。

即便如此，如采用数字信号输出的测斜仪，还须在靠近测斜孔口的信号电缆串接 485 防雷器，其接地端子与主接地棒可靠连接，这非常重要。

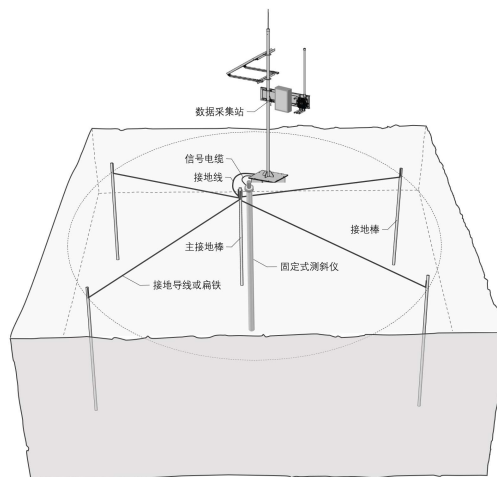


图 3-14 固定式测斜仪防雷接地保护示意图

此外，对于水平或坡面安装的测斜仪，应在安装测斜管时沿测斜管敷设扁铁形成接地均压带，并将接地网、孔口装置与采集系统防雷接地连接。

4. 读数及数据采集

4.1 电缆芯线功能定义

1) BGK6150/6155 测斜仪

BGK6150/6155 为模拟信号输出，使用的是 8 芯电缆。该 8 芯电缆由 4 对双绞线和 1 芯屏蔽线组成。8

芯电缆功能定义如表 4-1 所示：

表 4-1 BGK6150 型测斜仪电缆芯线功能定义

电缆芯线颜色		功能定义	
		BGK6150-1 BGK6155	BGK6150-2
		单轴	双轴
红黑双绞	红	12V 电源(+)极	12V 电源(+)极
	黑	12V 电源(-)极	12V 电源(-)极
白黑双绞	白	A 轴信号	A 轴信号
	黑	A 轴信号地	A 轴信号地
绿黑双绞	绿	空	B 轴信号
	黑	空	B 轴信号地
蓝黑双绞	蓝	热敏电阻	热敏电阻
	黑	热敏电阻	热敏电阻
裸线		屏蔽	屏蔽

BGK-6150 测斜仪传感器输出的是标准电压信号，内置的热敏电阻温度传感器是独立的，可与大多数数据采集设备连接。例如可使用 BGK-RB501 便携式读数仪进行人工读数，也可使用 BGK-Micro-40Pro 型数据记录仪和其它基康无线数据采集设备进行自动采集并远程传输数据。

2) BGK6150D/6155D 测斜仪

BGK6150D 或 BGK6155D 均为 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。除用于底部或远端的测斜仪传感器带一根电缆外，其它数字信号输出的传感器均引出有两根电缆。这两根电缆在测斜仪内部为并联关系，无输入/输出之分，只需按芯线颜色对接串连即可。表 4-2 给出了该电缆芯线对应的功能。

表 4-2 BGK6150D/6155D 系列测斜仪电缆芯线功能定义

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

BGK6150D/6155D 测斜仪传感器基于 Modbus_RTU 协议通讯，相关通讯协议详见附录 A。测斜仪可使用 BGK-RB501 读数仪进行人工读数，或使用 BGK-Micro-40D/40Pro 等数据采集设备实现数据的自动采集和远程传输。

4.2 测斜仪的检查测试

在安装之前，需要检查传感器工作是否正常。基康为每支测斜仪传感器提供有检测证书（率定表），并给出输出读数值与倾角 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参数说明。

表 4-3 固定式测斜仪信号参数

型 号	BGK6150/6155	BGK6150D/6155D
信号类型	标准电压信号（模拟）	数字信号(RS485)
输出范围	$\pm 3.3V @ \pm 12^\circ$ (校准范围) $\pm 4.2V @ \pm 15^\circ$ (可用范围) $\pm 5.0V @ \pm 18^\circ$ (极限范围)	$\pm 12^\circ$ (校准范围) $\pm 15^\circ$ (可用范围)
供电电源	12V _{DC} @20mA(单轴)或 30mA(双轴)	

检测步骤：将测斜仪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，注意测斜仪传感器应采用 12V 直流电源供电。参照章节 2.1 所述内容，将待测的测斜仪置于大致水平、或垂直、或已知的偏垂倾斜状态并保持相对稳定，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~+4V 或 $\pm 15^\circ$ 范围间变化。某个角度保持静止不动时，倾斜仪应该有稳定的读数。

模拟信号输出的测斜仪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，或使用 BGK-Micro40-PRO 数据采集仪测量直接显示当前环境的摄氏温度值。

4.3 绝缘测试

BGK-6150 系列测斜仪传感器仅限使用测试电压为 50V 的直流兆欧表（绝缘电阻表）来检查绝缘电阻，且在测量时必须将电缆所有芯线的导体部分拧在一起，测量芯线与屏蔽线之间、或芯线与测斜仪外壳间的绝缘电阻，其绝缘电阻应大于 5 兆欧。

注意：1）不得使用兆欧表测量芯线间的绝缘电阻；2）禁止使用测试电压高于 50V 的绝缘电阻表，否则将导致传感器的性能改变或永久损坏，并将失去厂家保修。

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-6150/6155）

模拟信号输出测斜仪是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：

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

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；

模拟量信号测斜仪内置的温度传感器是独立的热敏电阻，其在 25°C 时的阻值为 3000Ω ，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 ($^{\circ}\text{C}$)

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 $-50\sim +150^{\circ}\text{C}$ 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-6150D/6155D)

数字信号输出的测斜仪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：数字信号输出的测斜仪，其读取的角度值可不必转换修正而直接使用，即 $\theta = R_1$ 。

5.2 偏移量计算

以垂直固定测斜仪为例，其产生的水平偏移量如图 5-1 所示：

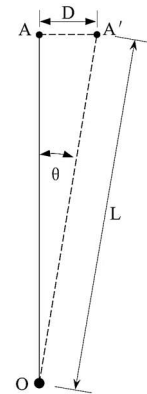


图 5-1 倾斜到位移换算示意图

设测斜仪的测点间距（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：

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

依测斜仪固定类型的不同，其偏移量表达的方向如表 5-2 所示：

表 5-2 偏移量方向定义

类 型	偏移量方向
垂直固定测斜仪	水平向
水平固定测斜仪	垂直向
倾斜固定测斜仪	坡面法向（偏垂）

5.3 垂直固定式测斜仪水平位移计算

固定式测斜仪是多支测斜仪首尾串联的阵列，将这些测斜仪在 A 轴或 B 轴产生的偏移量由底部向上部进行累加，即可获取该固定式测斜仪的扰度（空间分布）曲线。计算当前扰度曲线与初始（基准）扰度曲线之差，即得到位移曲线，如图 5-2 所示。

因此则任意测点的位移表示为：

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

将串联后多支测斜仪的位移变化量进行累加，即可获得整个剖面的位移变形曲线。

以 5 测点垂直式固定测斜仪为例（见图 5-2），以 L_1 端为基准，则 L_5 顶端在垂直方向产生的总偏移量：

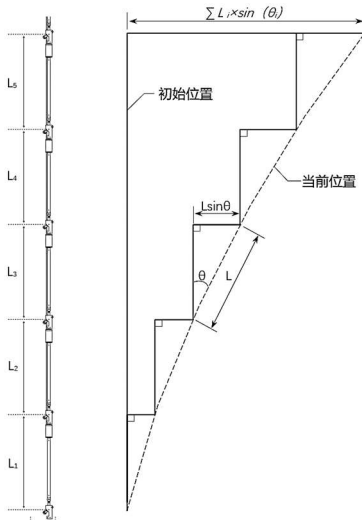


图 5-2 垂直固定式测斜仪位移计算

5.4 水平及斜坡面测斜仪的位移计算

水平固定式测斜仪通常用于剖面变形如沉降监测，除安装方式不同外，其计算方法与垂直固定式测斜仪基本相同：

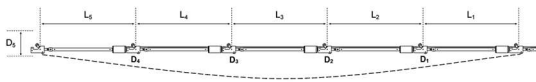


图 5-3 水平固定测斜仪（沉降）计算示意图

需要注意的是，水平固定式测斜仪的沉降计算通常以孔口端为基准进行计算，同时须注意测量轴的方向，并定时采用光学方法测量校准孔口高程。

对于斜坡面安装的固定式测斜仪，孔底端或孔口端均可作为基准进行计算，其余与水平固定式测斜仪一致。

5.5 温度补偿

温度对测斜仪的影响很小，一般不需要补偿，但温度的突变还可能会引起结构以及测斜仪的突变，将在读数上表现出来，因此每支传感器内部均设有热敏电阻温度计用于测温。

下述温度修正中仅供参考：

BGK-6150/6155 的温度特性为温度每升高 1℃，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： $\sin \theta / V$ ，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℃；

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 BGK-6150/6155 有效，对数字输出的 BGK-6150D/6155D 不适用。实际上，固定式测斜仪一旦埋设在钻孔中，其内部温度变化较小，因此温度修正不会有明显效果。

5.6 环境因素影响

安装测斜仪是为了监测现场工况及变化，对于影响这些工况的因素都要进行观测及记录。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是非常必要的，这些因素包括但不限于：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，上述因素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

BGK-6150 型测斜仪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：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。

✓ 读数仪是否连接到另一支测斜仪传感器？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 BGK6150D 或 BGK6155D 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 BGK6150D 或 BGK6155D 时，须确保传感器处的供电电压不低于 11.5V，低于该电压时，测斜仪将不能正常工作。

故障现象：没有读数

✓ 电缆是否被剪切或被压断？如为模拟信号的测斜仪，可以使用欧姆表来测量电缆阻值。热敏电阻 25℃ 时电阻约为 3000 欧姆，记住要加上电缆的电阻（电缆芯线电阻大约为 50Ω×2/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。如为数字信号的传感器，应在电缆两端分别检查电缆的通断及是否存在短路/断路等现象。

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。

✓测斜仪或电缆可能进水，有可能无法补救，需更换。

其它故障排除，请联系基康公司。

附录 A- BGK-615X D 系列测斜仪通讯协议

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。)(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)

(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	0XXXXX	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	0XXxx	

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	0XXXXXXXXX XXXXXXXXXX	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 uIndex)
{
    unsigned char j,a;
    unsigned char crca1,crca2;
    crca1 = uIndex;
    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 uIndex;
    while (usDataLen-->0)
    {
        uIndex = uchCRCHi ^ (*puchMsg++);
        temp = crc_1byte(uIndex);
        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- 率定表表样

B.1 BGK-6150-2 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: 15012105334A

仪器型号 BGK6150-2

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	$\sin \theta$	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: $G = 0.06345897$ $\sin \theta / V$

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 BGK-6150D-2 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

仪器型号: BGK6150D-2

仪器编号: 15052102056A

检测日期: 2021年03月26日

环境条件:

温度: 22℃

湿度: 38%RH

检 测 结 果

测量范围: $\pm 15^\circ$

倾角 θ	各测次示值			均值	计算 直线	精度 (%FS)	计算 多项式	精度 (%FS)
	1	2	3					
12.0	11.9968	11.9949	11.9958	11.9958	11.9986	0.006	12.0021	-0.009
9.0	8.9963	8.9940	8.9953	8.9952	8.9971	0.012	8.9980	0.008
6.0	5.9988	6.0009	5.9999	5.9999	6.0009	-0.004	5.9999	0.000
3.0	3.0005	3.0008	3.0006	3.0006	3.0008	-0.003	2.9987	0.005
0.0	0.0033	-0.0005	0.0014	0.0014	0.0008	-0.003	-0.0017	0.007
-3.0	-2.9950	-2.9949	-2.9956	-2.9952	-2.9967	-0.014	-2.9989	-0.005
-6.0	-5.9941	-5.9927	-5.9928	-5.9932	-5.9956	-0.018	-5.9966	-0.014
-9.0	-8.9970	-8.9975	-8.9965	-8.9970	-9.0003	0.001	-8.9994	-0.003
-12.0	-12.0013	-12.0017	-12.0016	-12.0015	-12.0057	0.024	-12.0022	0.009

计算公式

直 线 $\theta = G \times (R_1 - R_0)$ ($^\circ$)多项式 $\theta = AR_1^2 + BR_1 + C$ ($^\circ$)位 移 $D = L \times \sin\theta$ (mm)直线系数: $G = 1.00028942$ ($^\circ/^\circ$)计算零点: $R_0 = -0.0007$ ($^\circ$)多项式系数: $A = 0.0000416618321111$ $B = 1.0002896046859200$ $C = -0.00317712184488$ R_1 当前读数值 L 两测斜仪间距离 (mm)

检测负责人: 安子彪

核 检: 蔡广祥

测 试: 岑旭

附录 C- 测斜管及固定式测斜仪安装方法（仅供参考）

C.1 钻孔

测斜仪钻孔方法同坝体渗压计钻孔，推荐钻孔直径为 $\phi 112\text{mm}\sim\phi 146\text{mm}$ 。钻孔完成后应注意测量孔斜是否满足要求，一般应满足 $\pm 2^\circ$ 的要求。

C.2 测斜管安装

测斜管推荐选用 $\phi 60\text{mm}\sim\phi 80\text{mm}$ ABS、铝合金或玻璃纤维材质，不推荐使用 PVC 管。测斜管内侧有两对互呈 90° 的导槽，管外表面有带随导槽的凸起的棱，有的或为圆柱面，但功能完全相同。

安装前在测斜孔上方搭设支架，用以支撑及吊装测斜管，防止测斜管在安装过程中落入孔内。安装步骤如下：

- ① 首先将测斜管底盖与首段测斜管连接，ABS 材质的测斜管使用粘合剂在连接间隙做密封处理并用自动螺丝钉加固，玻璃纤维或铝合金测斜管用 $\Phi 3.2\text{mm}$ 拉铆钉铆固。然后用适当直径的铁丝将管底段绑扎固定，放下第一段管至孔口上方。并将铁丝固定防止测斜管滑入孔内。注意应保证测斜管任意一对导槽的方向与预期测量方向垂直或平行，如图 C-1。

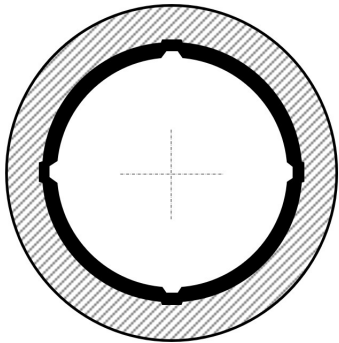


图 C-1 测斜管导槽方向示意图

- ② 测斜管接长：先在已安装的测斜管连接端部涂抹适量粘合剂，将管接头套入。然后用手枪钻在管接头上相邻导槽间均等钻四个 3mm 孔，插入螺钉上紧。需要注意的是，土体中安装测斜管最好在接头处预留沉降间隙，沉降间隙取土体预期沉降量的 $2\%\sim 3\%$ ，一般取 $3\text{cm}\sim 5\text{cm}$ 。
- ③ 将下一段测斜管连接部位涂抹粘合剂后，插入管接头，螺钉加固或铆接。
- ④ 在管接头两端用丁基密封胶条或丁基密封胶带进一步密封，尤其导槽在接头搭接的位置；或者，使用土工布或无纺布包裹接头部分，再用绑扎丝缠紧。
- ⑤ 靠近底部的适当位置固定灌浆管，并顺测斜管下放至钻孔内。除非一次性操作，灌浆管不宜绑扎太牢固，以方便灌浆时将灌浆管随灌随抽出。
- ⑥ 将连接好的测斜管连同铁丝放入孔中，重复步骤②③④步骤直到完成，详见图 C-2。

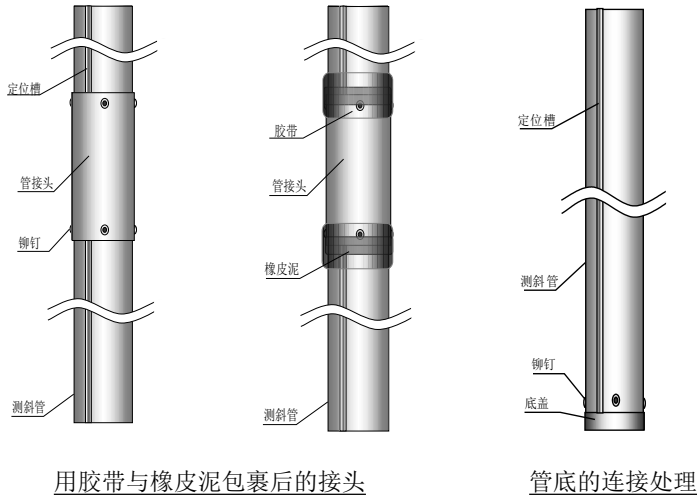


图 C-2 测斜管连接方法

C.3 回填灌浆

在测斜管安装完毕后，即可进行回填灌浆工作。为保证回填密实度，回填的浆料仍采用粘土或细沙及少量水泥的混合材料灌浆处理。必须使用灌浆泵压力灌浆，切忌直接在孔口注入浆液等无压灌注操作。

灌浆时应在测斜管中加清水平衡浮力，避免测斜管浮起；或先灌孔底段，凝固后再灌注剩余部分。

首次灌浆后，浆液会有所回落的现象，需进行补灌直到孔口为止。

待 24 小时后，即可安装测斜仪。

C.4 要点

- ① 管底及管接头应处于准密封状态，确保泥沙不进入管内；
- ② 在有较大沉降的环境中安装，应在管接头处预留足够的压缩量；
- ③ 安装及灌浆过程中应在测斜管内注入清水平衡浮力，必要时向下施加压力，或分次灌浆。



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