



BGK-4420M 双、三向测缝计

安装使用手册

版本号: Rev.D
发布时间: 2021

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 简介	1
1.1 概述	1
1.2 测缝计组成	1
2 安装	1
2.1 三向测缝计安装	1
3 安装	2
3.1 安装前准备	2
3.1.1 传感器检查	2
3.1.2 工具及仪表准备	2
3.2 安装步骤	2
3.2.1 三向测缝计	2
3.2.2 平面双向测缝计安装	2
3.2.3 垂直双向测缝计安装	2
3.2.4 平面型三向测缝计的安装	3
3.3 测缝计保护	3
3.4 电缆连接加长	3
3.5 数据获取	3
3.5.1 读数的单位及含义	3
3.5.2 初始读数的获取	4
3.5.3 数据读取与采集	4
4 数据计算处理	4
4.1 三向测缝计计算	4
4.2 双向测缝计计算	5
4.3 平面安装三向测缝计计算	5
5 故障判断及排除	5
5.1 关于环境因素的影响	5
5.2 故障判断与排除	5
附录 A-测缝计率定表表样	7

1 简介

1.1 概述

BGK-4420M/4420FM 系列双、三向测缝计用于砼面板堆石坝周边缝的开合度、错动及相对沉降的监测，也可用于结构已知缝两侧三向位移变形监测。

如图 1-1 所示，S1~S3 是三支位移传感器，被监测缝的一侧设 A、B、C 三个固定点并组成边长固定的三角形 $\triangle ABC$ ，动点 D 位于缝另一侧，4 点间的连线形成三棱锥。 $\triangle ABC$ 所在平面垂直于图示缝左侧所在的平面，DA、DB、DC 三条棱分别安装有 S1~S3 位移传感器，棱长的变化通过 S1~S3 测得。当 D 点相对于 $\triangle ABC$ 所在平面空间变化，通过计算 D 点当前坐标相对初始坐标的变化，即可获取裂缝两侧的坐标 Δx (开合度)、 Δy (错动)、 Δz (相对沉降) 的变化。

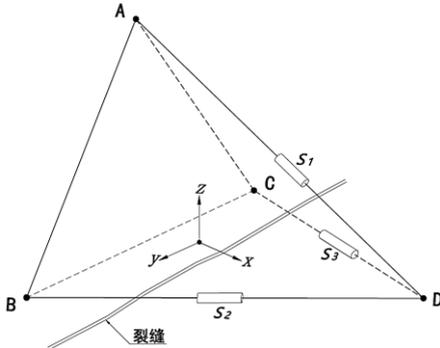


图 1-1 三向测缝原理

参考图 1-1 所示，BGK-4420M 允许有 3 种安装方式，不同的安装方式可以分别测量三向位移 (x、y 和 z 向)、平面双向位移 (x 和 y 向) 及垂直双向位移 (x 和 z 向)。

1.2 测缝计组成

如图 1-2 所示，每套 BGK-4420M 三向测缝计由 1 个可用于三向或双向测量的主支架、1 个固定支座、3 支带保护管和长度调节装置的 BGK-4420 型振弦式位移传感器组件组成。为便于运输，主支架是分离件，需在现场拼装。

传感器量程一般有 50、100、150mm 可选，标配为 2 支 100mm 量程，一支 50mm 量程。

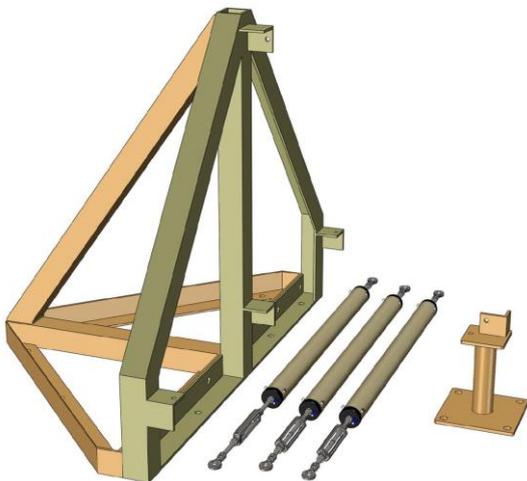


图 1-2 三向测缝计主要组成部件

2 安装

2.1 三向测缝计安装

1) 场地要求

用于三向或双向测缝计安装的平面占用面积如图 2-1 所示，因此在被监测缝两侧均需预留不低于 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 的安装区域。安装场地表面应平整，缝两侧的固定基面应在同一平面上。

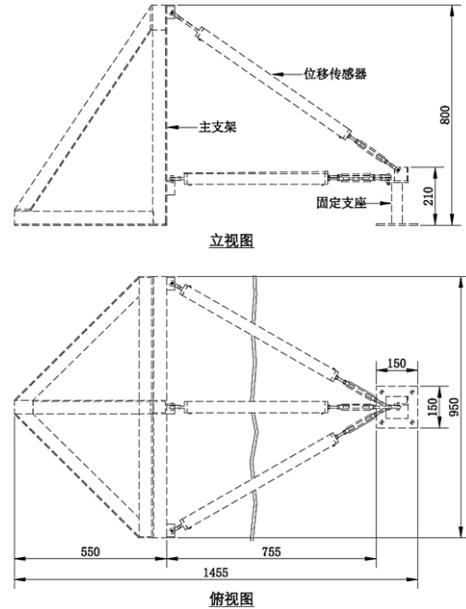


图 2-1 三向测缝计安装空间尺寸

如不平整或不在同一平面，应对安装基面进行清理或用砂浆找平，不平整度 $\leq 2\text{mm}$ 。如结构缝两侧的固定基面不在同一平面时 (如面板坝周边缝)、或被监测缝有止水凸出，则应预制钢筋混凝土支墩或使用角钢支架垫高等方式创建安装平面，参见图 2-2。

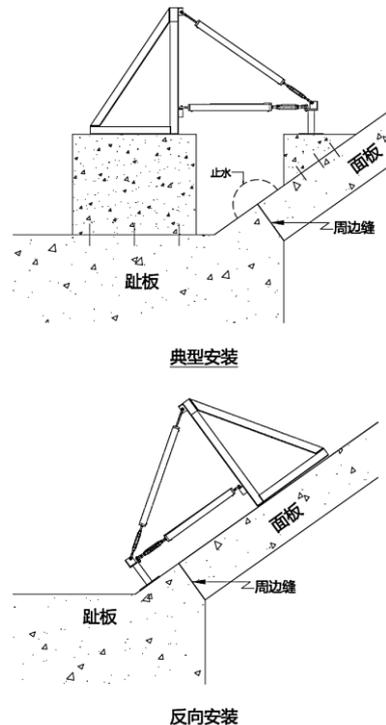


图 2-2 三向测缝计用于周边缝安装示意图

注意推荐安装基面应与面板平行，如果按照 2-2 所示的典型方式进行安装，则对其计算结果进行除 y 轴的空间坐标转换，以得到正确的缝开合度和相对沉降值。

主支架与固定支座的安装位置应该根据现场空间灵活布设，例如让缝的位置靠近主支架一侧，而非必须让被监测缝置于跨中。

3 安装

3.1 安装前准备

3.1.1 传感器检查

到货后应及时对仪器设备进行读数检查，只有传感器读数正常方可进行安装。检查步骤如下：

- 1) 传感器到货后，应使用读数设备连接传感器电缆进行检查，其中黑红导线为振弦传感器，绿白导线为温度传感器。
- 2) 将传感器滑动端一端轻轻拉出，读数应随拉伸增加。

有关数据采集设备的使用参考章节 3.5 或设备的使用手册。

3.1.2 工具及仪表准备

安装前需准备如下表中所示工具材料，包括但不限于此，仅供用户参考。

工作内容	混凝土表面安装
读数/记录	BGK-408 振弦读数仪或 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、串口转换线等。
电缆连接	剥线工具：剪刀、剥线钳、斜口钳、老虎钳。 焊接工具：25W~30W 电烙铁或气烙铁、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、防水胶带等。
钻孔及固定	5 寸活动扳手、电锤、膨胀水泥或锚固剂、小型电焊机、焊条等

3.2 安装步骤

3.2.1 三向测缝计

三向测缝计安装如图所示，安装时保持左侧主支架与固定支座的间距为 750mm，推荐 M10~12 的膨胀螺栓或预埋 M10 地脚螺栓。

安装传感器时，注意将三支传感器电缆引出一端应与固定支座连接，以避免裂缝拉伸导致电缆损坏。有伸缩杆的一端做为活动端与主支架连接，传感器两端均使用 M8 螺栓固定，花篮螺栓用来调节传感器的安装长度和确定初始读数，须预留足够的伸缩量以满足设计预期的测量范围。使用读数仪并参照率定表中的值，调节传感器初始测值直至符合要求，最后应将花篮螺栓两端的螺母锁紧。

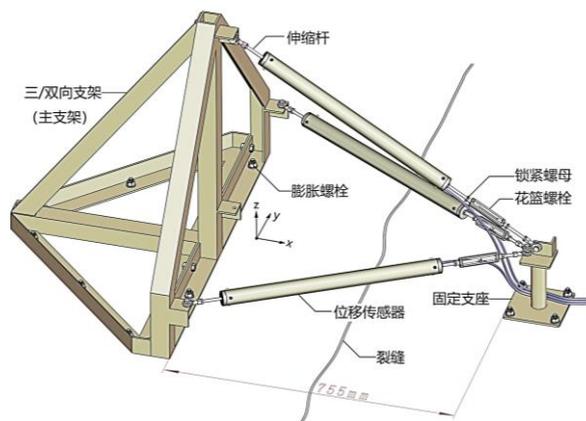


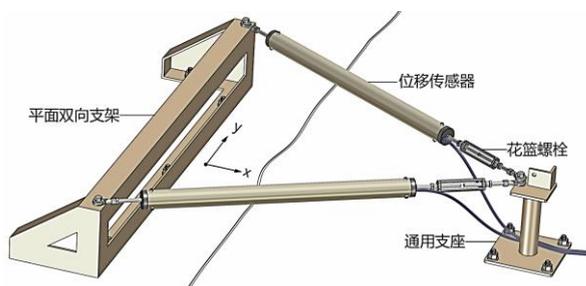
图 3-1 三向测缝计安装示意图

安装完毕，应精确量取各传感器两端万向节的中心间距（精确到 1mm），如果安装时以按照图示 755mm 尺寸控制，其平行于底座的传感器长度应为 900mm 左右或斜向传感器固定长度为 955mm，以实际量取为准。

两支平行于安装平面的传感器在测得距离上加 30mm（即 900+30mm），斜向传感器测得距离加 20mm（即 955+25mm），最终得到 3 支传感器的安装长度 L1、L2、L3，同时需记录 3 支传感器的编号、相互位置关系等，这些数值信息是计算位移变化的重要依据，应妥善记录并保存。

3.2.2 平面双向测缝计安装

如仅用于测量裂缝的开合度和缝两侧平面向错动，须选购平面双向支架，并参照图 3-2 所示进行安装，将



两支传感器与平面双向支架成等腰三角形固定。

图 3-2 平面双向测缝计安装

3.2.3 垂直双向测缝计安装

如仅用于测量裂缝的开合度和缝两侧平面相对沉降，参照图 3-3 和图 3-4 安装，前者更简单有效。

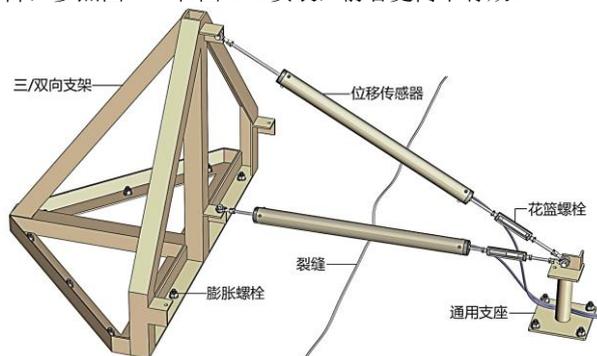


图 3-3 垂直双向测缝计典型安装

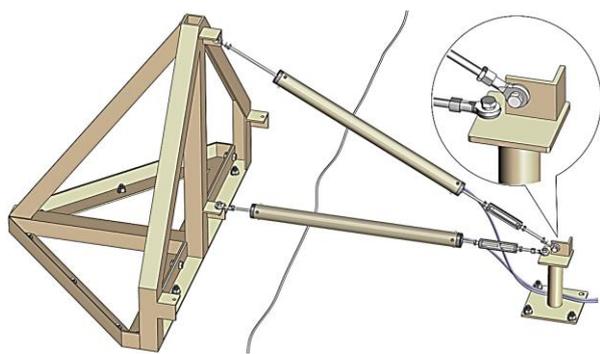


图 3-4 垂直双向测缝计安装

3.2.4 平面型三向测缝计的安装

一些空间受限的环境可选装图 3-5 所示的平面型三向测缝计支架进行安装。注意 Z 向传感器需钻孔安装，钻孔大小取决于变形量，其推荐钻孔直径不小于 $\Phi 100\text{mm}$ ，深度不小于 200mm。

平面型的三支传感器独立工作互不影响，但任意方向的变形均可能会影响其它两向的测值，推荐变形较小的环境使用。

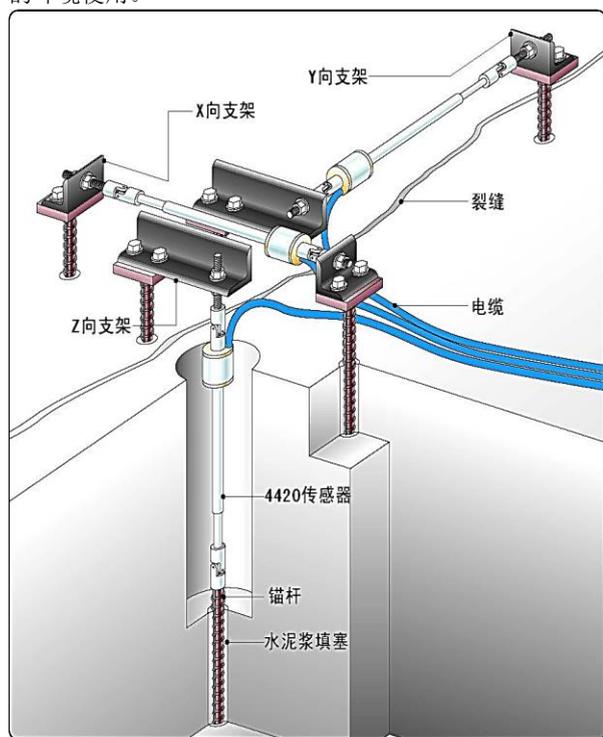


图 3-5 平面型三向测缝计安装示意图

3.3 测缝计保护

三/双向测缝计的保护取决于安装环境和用户需求，对需要埋设的，建议根据外形尺寸加装保护罩，或设置带上盖的砌砖、混凝土结构的保护体，并在保护罩内回填粉细砂，确保传感器工作不受滚石或异物滑落损坏。

3.4 电缆连接加长

标配的测缝计均自带 3m 电缆，实际使用时可按需求加长。适用于 BGK-4420 型测缝计的电缆型号是 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	振弦线圈	无极性区分，黑与红可互换
黑	振弦线圈	
绿	温度传感器	无极性区分，绿与白可互换
白	温度传感器	
裸线	屏蔽接地	电缆加长时也必须连接

☞ 电缆连接加长时，只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。

接线方法：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，导线连接时必须使用锡焊连接，确保连接后各芯线保持等长，参照如下图进行操作。

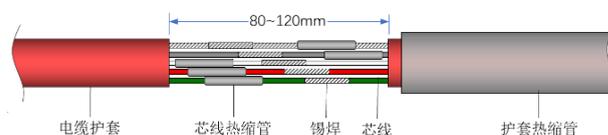


图 3-6 电缆连接示意图

注意：芯线焊接完毕后，必须用读数仪进行读数测量检查，使用数字万用表测量各芯线间电阻，避免因焊接工作造成接头部位芯线短路、断路情况。

3.5 数据获取

3.5.1 读数的单位及含义

BGK-4420 系列振弦测缝计输出的信号是频率，内置的热敏电阻温度传感器则输出随温度变化的电阻值，二者相互独立并存。使用便携式的 BGK-408 振弦读数仪或基康系列自动数据采集仪均可实现数据读取或自动记录，获取的数据包括频率模数和温度（或频率与电阻），读数的关系如下：

1) 频率模数

频率模数是振弦式传感器测量和数据转换的基本单位，其与频率的关系如下：

$$F = f^2 / 1000$$

式中：

F-频率模数，单位：字 (Digit)

f-振弦频率，单位：Hz

2) 温度

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 (°C)

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℃范围内计算有效)

B=2.369×10⁻⁴

C=1.019×10⁻⁷

下表为热敏电阻典型温度测点对应的电阻值，供在故障排除时判断估值。

电阻 (Ω)	温度 (°C)	电阻 (Ω)	温度 (°C)
--------	---------	--------	---------

101.0K	-40	3000	25
72.81K	-35	2417	30
53.10K	-30	1959	35
39.13K	-25	1598	40
29.13K	-20	1310	45
16.60K	-10	1081	50
12.70K	-5	895.8	55
9796	0	746.3	60
7618	5	624.7	65
5971	10	525.4	70
4714	15	444.0	75
3748	20	376.9	80

3.5.2 初始读数的获取

初始读数又称零读数或基准值，所有的计算结果均以初始读数为基准而变化，初始读数的获取非常重要。通常，以仪器安装全部完成后的读数作为初始读数，初始读数包括初始模数（或频率）和温度（或电阻）。

3.5.3 数据读取与采集

(1) 使用便携式读数仪获取读数

使用便携式的 BGK-408 系列振弦读数仪可直接显示振弦的频率模数与热敏电阻的温度，读数方法：

将所带的接线夹插头与读数仪相连，红-黑色线夹用于连接振弦传感器，绿/白色线夹用于连接温度传感器，蓝色（或黄色）线夹连接屏蔽线（裸线）。

1) 对应不同的应变计选择不同的显示模式，读数档位设置为 C 或 B（参考下表）。

2) 读数时，最后一位读数可能会变化 1~2 个数，如果没有读数显示或读数不稳定，请查看故障排除章节。

型号	BGK-4420 系列
读数档位	B
显示单位	模数 ($f \times 10^{-3}$)
频率范围	1400-3200Hz
中值读数	5000
最小读数	2000
最大读数	10000

有关 BGK-408 振弦读数仪使用的更多信息，请查看该产品使用手册。

(2) 使用自动数据采集仪获取读数

当使用 BGK-Micro-40PRO/BGK-G2 系列自动数据采集仪时，仪器类型选择“振弦式”，激励范围见下表，相关设置方法详见相关产品使用手册。

型号	BGK-4420 系列
仪器类型	振弦式
激励频段	中频
频率范围	1.4kHz~3.5kHz

4 数据计算处理

4.1 三向测缝计计算

根据安装图 3-1，三向测缝计计算几何模型如图 4-1 所示。

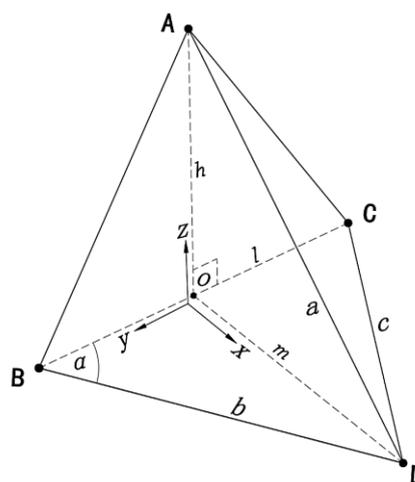


图 4-1 三向测缝计几何模型

设三支传感器安装后组成的弦（棱）长分别为 a_0 、 b_0 、 c_0 ，即安装时量取的初始长度。当测点 D 产生变化后，各传感器的位移增量如下：

$$D_n = G \times (R_1 - R_0) + K \times (T_1 - T_0)$$

上述表达式及其相关参数已经在厂家提供的传感器率定表中给出，式中的 n 为传感器的序号 a、b 和 c。

则变化后即当前弦长分别为：

$$a = a_0 + D_a$$

$$b = b_0 + D_b$$

$$c = c_0 + D_c$$

根据余弦定理，在三角形 BCD 中， $\angle CBD$ 用 α 表示，即：

$$\cos \alpha = \frac{l^2 + b^2 - c^2}{2lb}$$

$$\cos \alpha = \frac{\frac{l^2}{4} + b^2 - OD^2}{lb}$$

整理后得到中线 OD 即 m 的长度：

$$m = OD = \frac{1}{2} \sqrt{2b^2 + 2c^2 - l^2}$$

支架加工时， $l=BC=900\text{mm}$ ， $h=OA=535\text{mm}$ ，此为已知。设 x、y、z 为顶点 D 的坐标，则有：

$$z = (h^2 - a^2 + m^2)/2h$$

$$y = (\frac{l^2}{4} - b^2 + m^2)/l$$

$$x = \sqrt{m^2 - y^2 - z^2}$$

当传感器安装完毕后，如果 D 点是理想位置，即 $\triangle AOD$ 与 $\triangle BOD$ 均为直角三角形时，则 D 相对于 O 点的初始坐标为：

$$z = 0$$

$$y = 0$$

$$x = m$$

即：

$$D(x_0, y_0, z_0) = D(m, 0, 0)$$

注：实际安装时，D 点初始坐标可能不在理想位置，但并不影响测量与计算，重要的是准确量取传感器安装的初始长度。

最终，通过计算 D 点当前坐标 $D_i(x_i, y_i, z_i)$ 与初始坐标 $D_0(x_0, y_0, z_0)$ 的差值，即可获取 D 点三个方向的位移值。

方向确定：假定以 $\triangle ABC$ 即主支架固定不动，D 点即固定支座为活动端，D 点坐标变化与方向表示如下：

当 $\Delta x > 0$ 时, 表示裂缝产生拉伸, 反之压缩;
 当 $\Delta y > 0$ 时, 表示 D 点产生 B 方向的顺缝错动变形;
 当 $\Delta z > 0$ 时, 表示 D 点产生抬升, 反之沉降。

4.2 双向测缝计计算

(1) 平面双向位移

参照安装图 3-2, 平面双向测缝计计算几何模型如图 4-2 所示。

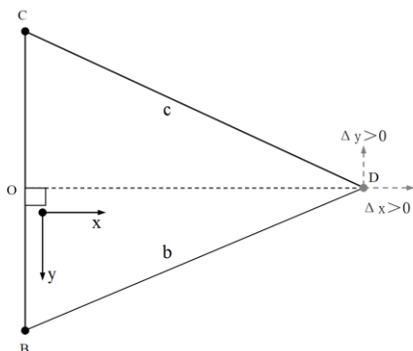


图 4-2 平面双向测量几何模型

- 1) 确定初始长度: 量取 BD 与 CD 间的准确长度, 获取 b 与 c 的长度做为初始长度 b_0 与 c_0 。
- 2) BC=900mm 为已知, 则 D 点相对于 O 点的坐标为:

$$y = 40500 + (b^2 - c^2)/2$$

$$x = \sqrt{b^2 - y^2}$$
- 3) 分别计算 D 点的初始坐标 (x_0, y_0) 和当前坐标 (x_1, y_1) , 得到 D 点坐标变化量 $(\Delta x, \Delta y)$ 。当 $\Delta x > 0$, 缝拉伸, 反之压缩; 当 $\Delta y > 0$ 时, D 顺缝向 C 向位移。

(2) 垂直双向位移

参照安装图 3-3 所示, 垂直安装双向测缝计几何计算模型如图 4-3 所示, 其中 $h=535\text{mm}$ 。

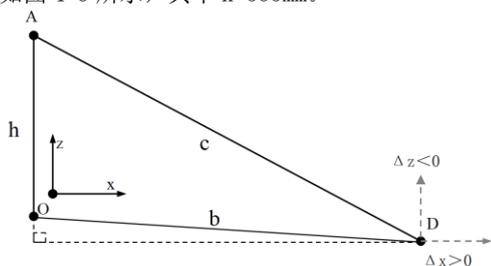


图 4-3 垂直安装双向测缝计

D 点相对于 O 点的坐标为:

$$z = \frac{(c^2 - b^2)/h - h}{2}$$

$$x = \sqrt{b^2 - z^2}$$

式中, b 为传感器 S_1 所在的弦, c 为传感器 S_2 所在的弦。

计算 D 点当前坐标与初始坐标的增量即可获取 D 点位移量。且当 $\Delta x > 0$ 时, 缝拉伸, 反之压缩。当 $\Delta z < 0$ 时, D 点相对于 O 点产生沉降, 反之抬升。

4.3 平面安装三向测缝计计算

根据图 3-5 所示, 平面安装三向测缝计是直接测量

三向位移, 各传感器测量的变化量就是各传感器的实测位移。由于在计算其中一个方向的位移时未考虑其它方向产生位移的影响, 因此结果是近似值。如果在安装中将传感器两端的固定间距加大到 1m 时, 其误差在量程范围内的影响将在 1% 以下, 可以忽略不及。若要考虑这种影响, 应根据实际安装的传感器固定间距及三个方向产生的相互影响进行平差处理。

5 故障判断及排除

5.1 关于环境因素的影响

安装测缝计的目的在于监测现场工况, 需持续观察和记录可能影响这些工况的因素, 有时看似轻微的变化可能会对监测结构的运行产生实际影响, 并可能预先发现潜在征兆, 记录这些因素有助于结果数据的分析。这些因素包括但不限于: 爆破、降雨、潮汐、交通、温度和气压变化、天气条件、人员变化、附近施工活动、开挖和填筑顺序、季节变化等。

5.2 故障判断与排除

埋入土体中的测缝计通常无法接触, 故障排除仅限于定期检查电缆连接和对采集终端的维护, 补救措施有限且不具有可维修性。如果非埋入的仪器, 出现故障后建议就近排查, 如果是传感器本身的问题则建议维修或更换。

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

- 检查测量设备挡位设置是否正确。对于 BGK-408 读数仪, 测量时需使用“B”挡; 对于基康系列自动采集设备, 激励频率需选择“中频”。
- 检查附近是否有电噪声源。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 $1\sim 10\text{k}\Omega$ 。
- 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或时, 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或时，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，必要时重新连接电缆。

附录 A-测缝计率定表表样



基康仪器股份有限公司

检测证书

仪器名称: 测缝计 仪器型号: BGK4420M-50
 仪器编号: 42102001863 检测日期: 2020年03月24日

环境条件: 温度: 20℃ 湿度: 35%RH

检 测 结 果

测量范围: (0-50)mm 指示器: BGK408振弦式读数仪(B)

标准位移 (mm)	各测次示值			均值	计算位移 直线	精度 (%FS)	计算位移 多项式	精度 (%FS)
	1	2	3					
0.0	2550.1	2549.8	2550.0	2550.0	-0.121	-0.24	-0.009	-0.02
10.0	3695.7	3695.3	3695.8	3695.6	10.04	0.07	10.01	0.03
20.0	4831.0	4830.2	4830.9	4830.7	20.10	0.20	20.01	0.02
30.0	5955.9	5955.4	5955.7	5955.6	30.07	0.15	29.99	-0.03
40.0	7077.0	7077.0	7076.7	7076.9	40.02	0.03	39.99	-0.01
50.0	8191.3	8191.4	8191.0	8191.2	49.90	-0.21	50.01	0.01

计算公式

直 线 $L = G (R_1 - R_0) + K (T_1 - T_0)$

多项式 $L = AR_1^2 + BR_1 + C + K (T_1 - T_0)$

(mm) 直线系数: $G = 0.008866\text{mm/Digit}$

(mm) 多项式系数: $A = 0.0000050263700722$

$B = 0.0085828364939622$

$C = -22.06638631018320$

温度系数: $K = 0.007757\text{mm/}^\circ\text{C}$

R_0 初始读数值

T_0 初始温度值

检测负责人: 安子彪

核 检: 蔡广祥

测 试: 龚彩桥



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