

武汉中地恒达科技有限公司企业标准

ZDHD-QS-JS041-1.0-2021

高精度振弦式表面测缝计
使用说明书

2021-4-30 实施

本说明书由武汉中地恒达科技有限公司 编制

ZDHD-CFJ 测缝计使用说明

本使用说明仅适用于本公司生产的 ZDHD-CFJ 型测缝计。

1 用途

振弦式表面测缝计适用于长期布设在混凝土结构物或其它材料结构物内及表面，测量结构物伸缩缝或周边缝的开合度(位移)，同步测量埋设点的温度值。

振弦式表面测缝计的传感器采用的是振弦式位移计，由其加装配套附件而组成，振弦式表面测缝计具有智能识别功能。

2 规格及主要技术参数

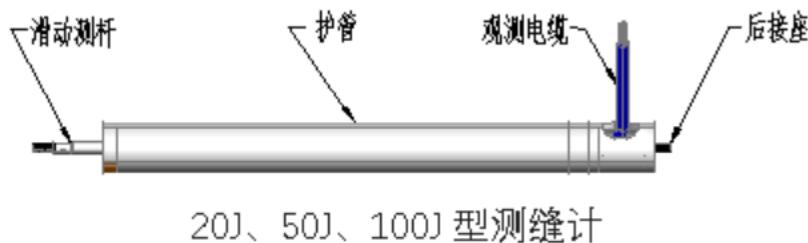
| 规格型号 | CFJ-20J | CFJ-50J | CFJ-100J |
|--------|------------------|---------|----------|
| 仪器外径mm | | 30.5 | |
| 仪器长度mm | 350 | 390 | 445 |
| 测量范围mm | 0~20 | 0~50 | 0~100 |
| 灵敏度mm | ≤0.01 | ≤0.02 | ≤0.04 |
| 拟合精度 | ≈0.1%F.S/0.5%F.S | | |
| 温量范围 | -40°C~+80°C | | |
| 灵敏度 | ±0.1°C | | |
| 测温精度 | ±0.5°C | | |
| 修正系数b | ≈0.969 F/°C | | |
| 耐水压 | ≥1MPa | | |
| 绝缘电阻 | ≥50MΩ | | |
| 储存温度 | -30°C~+70°C | | |

注：频率模数 $F=Hz^2 \times 10^{-3}$

3 结构及工作原理

3.1 结构

振弦式表面测缝计由测杆、护管、后端座，观测电缆、测温元件、振弦及激振电磁线圈等组成(图3.1)。



(图3.1) 表面测缝计结构示意图

3.2 工作原理

当被测结构物发生位移时将会带动表面测缝计的测杆伸缩，经万向节传递给振弦转变

成振弦应力的变化，从而改变振弦的振动频率。电磁线圈激振振弦并测量其振动频率，频率信号经电缆传输至读数装置，即可测出被测结构物的位移量，同时可同步测出埋设点的温度值。

3.3 计算方法

a) 当外界温度恒定表面测缝计受到轴向位移时，其位移量 L 与输出的频率模数 ΔF 具有如下线性关系：

$$L = k \times \Delta F$$
$$\Delta F = F - F_0$$

式中： L —表面测缝计的测量值，单位为mm；

k —表面测缝计的测量灵敏度，单位为mm/F；

ΔF —表面测缝计实时测量值相对于基准值的变化量，单位为 F；

F —表面测缝计的实时测量值，单位为F；

F_0 —表面测缝计的基准值，单位为F。

b) 当表面测缝计不受外力作用时(仪器两端标距不变)，而温度增加 ΔT 时，表面测缝计有输出量 $\Delta F'$ ，这个输出量是由温度变化而造成的，因此在计算时应给以扣除。

实验可知 $\Delta F'$ 与 ΔT 具有如下线性关系：

$$L' = k \times \Delta F' + b \times \Delta T$$
$$= 0 \quad K \times \Delta F' = -b \times \Delta T$$
$$\Delta T = T - T_0$$

式中： b —表面测缝计的温度修正系数，单位为mm/°C；

ΔT —温度实时测量值相对于基准值的变化量，单位为°C；

T —温度的实时测量值，单位

为°C； T_0 —温度的基准值，单

位为°C。

c) 安装在混凝土结构物内或表面上的表面测缝计，受到的是位移和温度的双重作用，因此表面测缝计的一般计算公式为：

$$L_m = k \times \Delta F + b \times \Delta T = k \times (F - F_0) + b \times (T - T_0)$$

式中： L_m —被测结构物的位移量，单位为mm。

注： 振弦式表面测缝计具有温度自动补偿功能，温度修正系数小于最小读数，实际使用中不需要温度修正，计算可用公式a。

4 埋设与安装

4.1 简述

表面测缝计的使用场合很广，仪器经加装附件后可以测量被测结构物任意方向相对位移的变化量，表面测缝计安装时应根据工程现场的不同，合理的选择埋设位置和安装方法，下面对表面测缝计和位错计(单向)的通用安装方法进行简述。

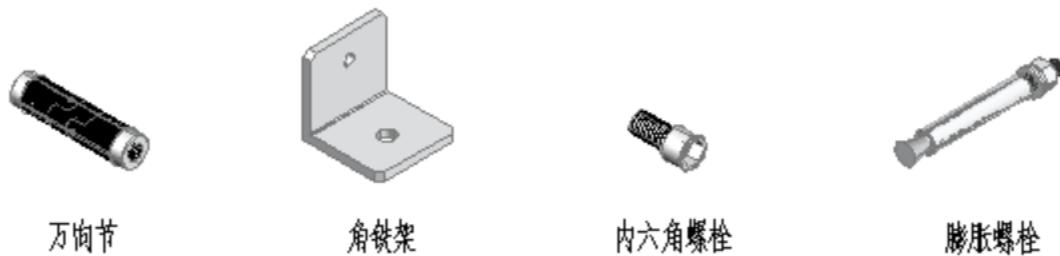
多向表面测缝计的使用参阅本公司相关的使用说明。

4.2 安装附件的种类

表面测缝计和位错计安装附件的种类分为基本配置附件和选配附件两大类。

4.2.1 基本配置附件(图4.2.1)

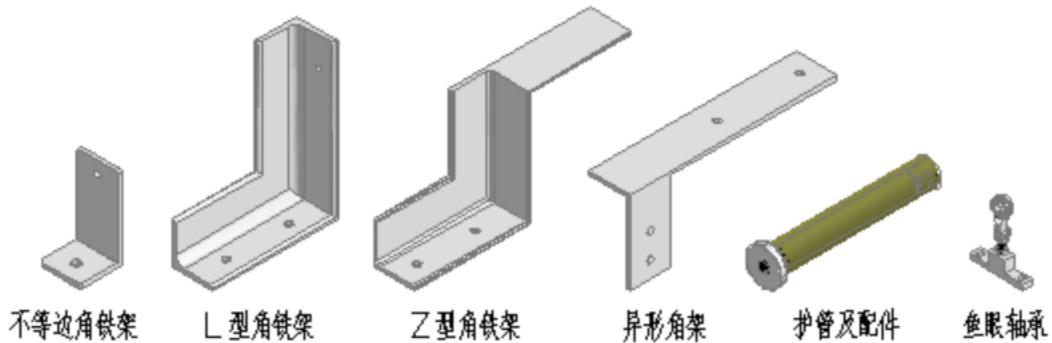
- a) 万向节：用于连接表面测缝计和角铁架，消除切向位移对轴向位移测量的影响；
- b) 角铁架：用于表面测缝计在被测结构物表面的安装；
- c) 内六角螺栓：用于万向节与角铁架的连接；
- d) 膨胀螺栓：用于将角铁架固定在被测结构物表面。



(图4.2.1) 振弦式表面测缝计基本配置附件图

4.2.2 选配附件(图4.2.2)

- a) 不等边角铁架：当被测结构物表面不平整，需抬高表面测缝计时选用；
- b) L型角铁架：当安装表面测缝计的位置需跨越凸起的障碍物时选用，或位错计的附件；
- c) Z型角铁架、异形角架、鱼眼轴承：位错计的附件；
- d) 护管及配件：当安装环境恶劣，表面测缝计需要保护时选用。

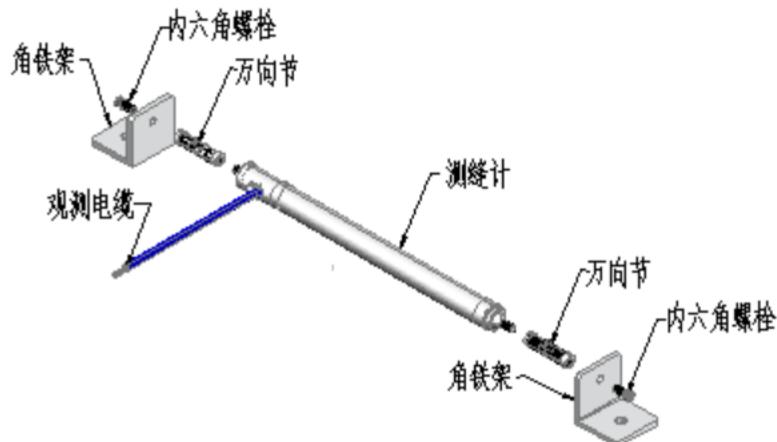


(图4.2.2) 振弦式测缝计选配附件图

4.3 安装方法

表面测缝计的安装位置和方向确定后在安装位置构筑安装基床，或者对被测结构物表面进行必要的清理和整平。

4.3.1 组装表面测缝计



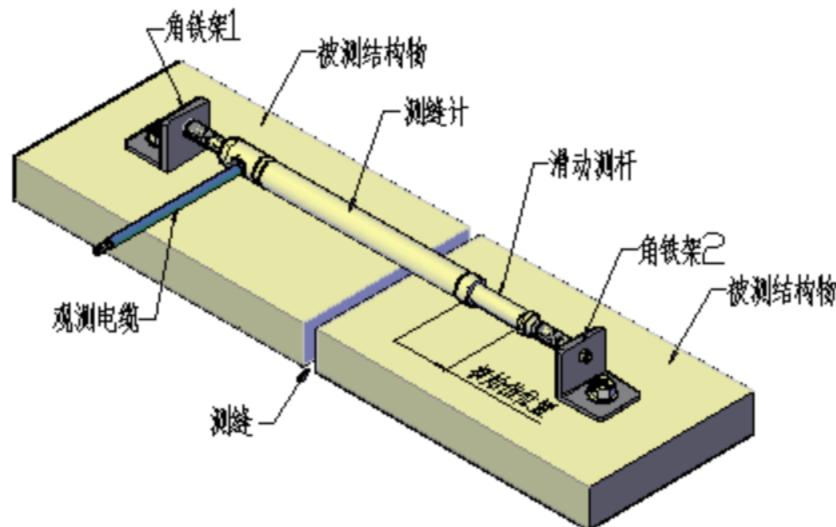
(图4.3.1) 振弦式表面测缝计组装示意图

表面测缝计安装前应检查仪器工作是否正常，确认正常后方能安装。同时检查其各种配件是否齐全、完好，确认后将测缝计、万向节、安装角铁架按正确位置和次序装配在一起。各部件连接处的螺纹要带胶拧紧，万向节要能活动自如(图4.3.1)。

4.3.2 安装表面测缝计

把组装好的表面测缝计跨测缝摆放在被测结构物两边，确定好测缝计的安装位置和方向。先在安装角铁架1处做打孔标记，然后在标记处钻孔，安装膨胀螺栓，固定角铁架1。沿垂直测缝方向拉动测缝计，使测杆拉出初始值位置(按设计要求)，在角铁架2处打孔标记，然后在标记处打孔，安装膨胀螺栓，固定角铁架2。

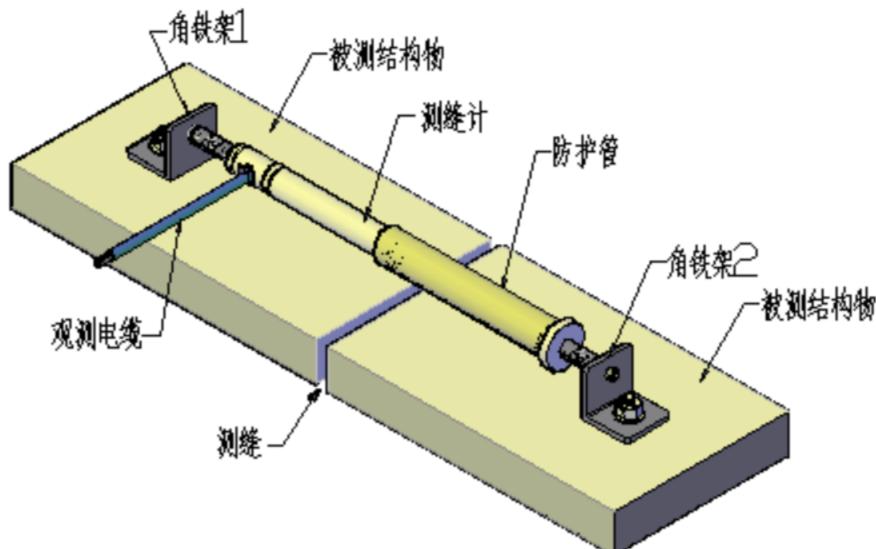
最后拧紧固定测缝计的2颗内六角螺栓和固定2个角铁的膨胀螺栓。按设计敷设和保护观测电缆，完成安装(图4.3.2)。



(图4.3.2) 振弦式测缝计安装示意图

4.3.4 测缝计的防护

当测缝计安装环境恶劣，为避免测缝计测杆损坏，需要将弦式测缝计加装防护管(图4.3.4)。



(图4.3.4) 振弦式测缝计防护管安装图

4.4 位错计安装方法

安装在岩体和混凝土结构物内部或表面，测量其裂缝错动的测缝计称为位错计。位错计的安装通常都设置在被测结构物的表层内部，以便于安装与保护。

位错计的安装需要在被测结构物上凿安装槽，造安装槽的方法有些不同，在已建结构物

采用凿坑法，在建结构物采用预埋模盒法。位错计安装槽的尺寸视所选测缝计的规格不同而构筑，测量范围大的仪器安装槽的尺寸要大。

下面就位错计的安装方法进行简单介绍。

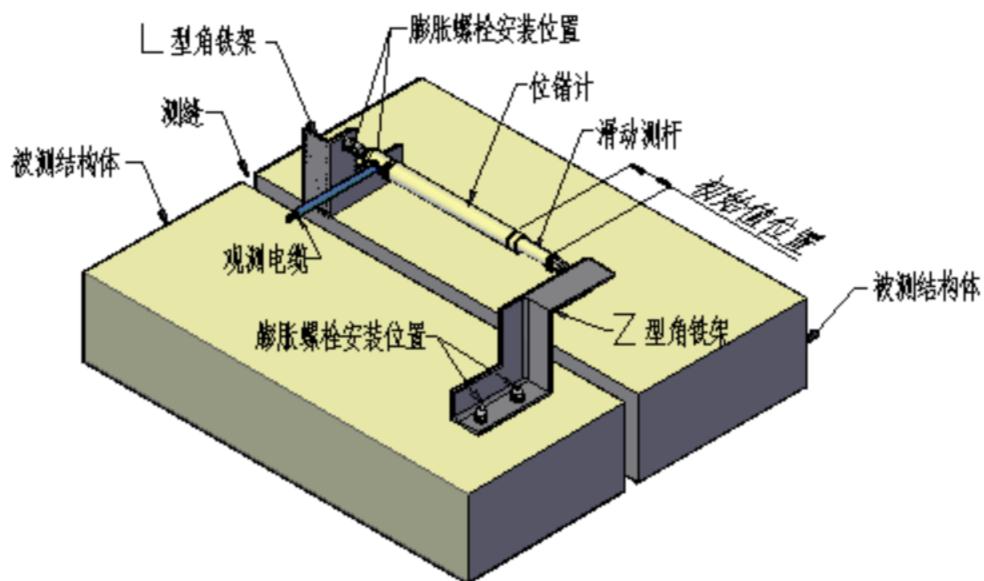
4.4.1 位错计表面安装

将组装好的位错计摆放在被测结构物表面的安装位置，将L型角铁架沿测缝边缘摆放（角铁架不要越过测缝），方向如(图4.4.1)所示。

利用L型角铁架2个底孔做好打孔记号，然后移开L型角铁架打孔，安装膨胀螺栓后再将L型角铁架固定。

将Z型角铁架放在测缝的另一边，位错计沿测缝平行摆放，如图(4.4.1)所示，拉动位错计的测杆移动到设定位置，利用Z型角铁架2个底孔做好打孔记号，移开Z型角铁架在记号处打孔，安装膨胀螺栓将Z型角铁架固定。

敷设观测电缆并保护，既完成位错计的安装。



(图 4.4.1) 位错计表面安装示意图

4.4.2 位错计凿安装槽(Z型角架)

在已建被测结构物位错计安装位置沿测缝平行方向跨缝凿安装槽，安装槽的形状如(图

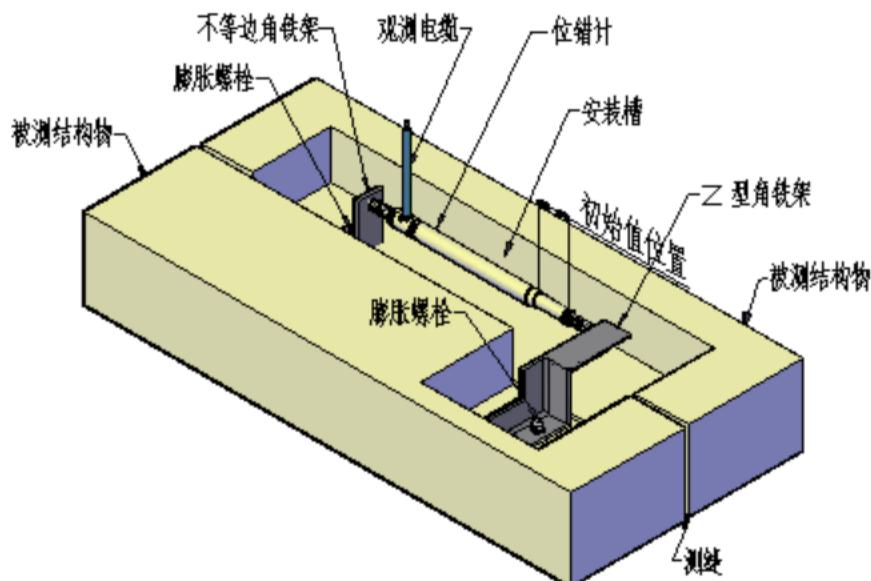
4.4.2)所示。

膨胀螺栓打孔间距：利用组装完成的位错计，将测缝计测杆拉出初始值位置(按设计要求)，测量两个角铁架安装孔的间距，按测量的间距在安装槽底面打孔，安装膨胀螺栓。

安装槽的尺寸与所选用的测缝计型号有关，量程越大安装槽的长度长，宽度和深度与测缝计型号无关。膨胀螺栓的间距确定后，加上留有足够的安装操作空间，即为安装槽的长度。安装槽宽度 $\geq 170\text{mm}$ ，深度以位错计不露出表面(便于保护)，又留有上下错动的空间为准。

安装槽准备好，将组装好的位错计摆放在安装槽内，两个角铁架分别固定在测缝计两边的安装槽的底面，注意位错计要留出拉、压测量范围(图4.4.2)所示。

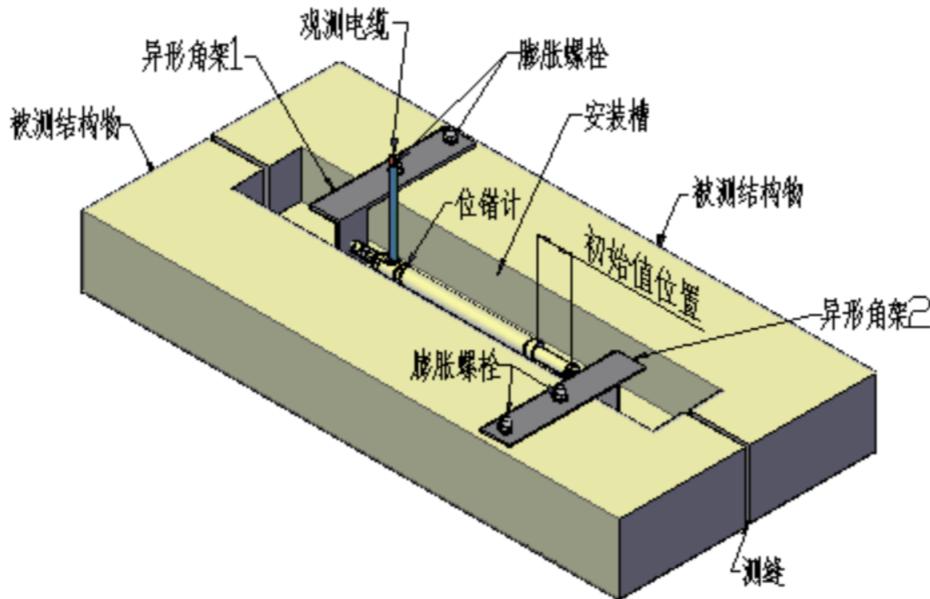
用盖板盖住安装槽保护位错计，即完成安装，电缆引长敷设严格保护。



(图 4.4.2) 位错计凿安装槽(不等边角铁架)
示意图

4.4.3 位错计凿安装槽(异形角架)

将组装好的位错计放入安装槽内，两个异形角架分别搭在安装槽的两边平台上，保持位错计平行测缝。确定好异形角架1的膨胀螺栓打孔位置，移开异形角架1，打孔安装膨胀螺栓，然后将异形角架1用膨胀螺栓固定住，如(图4.4.3)所示。



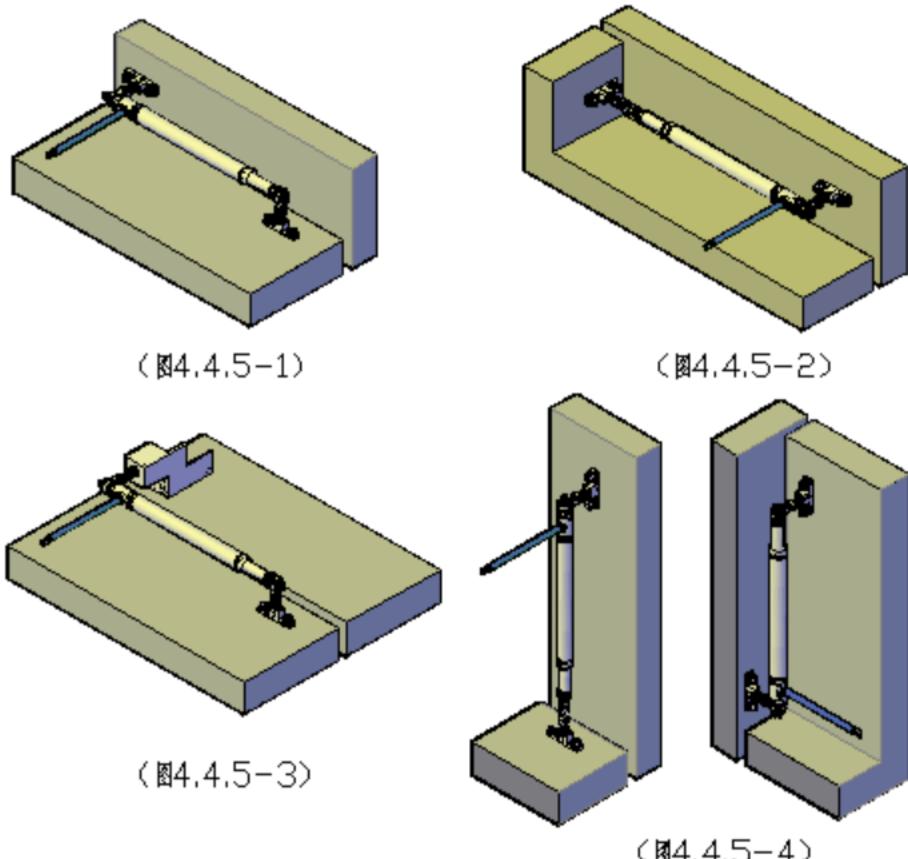
(图4.4.3) 位错计凿安装槽(异形角架)示意
图

拉动异形角架 2 延测缝平行移动，移动的距离为位错计要留出的压测量范围(按设计要求)，确定好异形角架 2 的膨胀螺栓打孔位置，移开异形角架 2，打孔安装膨胀螺栓，将异形角架 2 用膨胀螺栓固定，如(图4.4.3)所示。

用盖板盖住安装槽保护位错计，即完成安装，电缆引长敷设严格保护。

4.4.4 位错计鱼眼轴承安装

鱼眼轴承连接位错计适用于墙角的安装环境中使用，优点：安装灵活，简单方便。缺点：鱼眼轴承抗冲击能力不如角铁架，容易被破坏。为提高防护能力，需加装防护罩，安装较繁琐。



(图 4.4.4) 位错计连接鱼眼轴承安装示意图

4.5 设定初始读数值

方法1：将测缝计推进护管内直到推不动为止，在护管端口处测缝计测杆外圆上画记号，然后拉动测缝计测杆，使记号与护管端面的距离达到需要留出的压缩量程。

方法 2：将读数仪连接测缝计，将测缝计推进护筒内直到推不动为止，读取测缝计零位读数，根据计算公式确定压缩量程，然后拉动测缝计使其读数达到设定值。

4.6 选取基准值

测缝计的测量值为实时测量值相对于基准值的变化量，所以基准值选取的准确与否，将直接影响到测值的准确性。

在外荷载变动不大选取相同时间、稳定气温的3次相近的读数，经平均后做为基准值，测缝计安装在混凝土中应选取水化热过后的测值。基准值选定后应做好记录，作为计算的基准值。

为使基准值取的更准确，可将以上操作重复进行两次，如果两次测值基本相同（误差

$\leq 0.5\% F.S.$), 则证明基准值取值正确。

测缝计的测量值出现偏差时, 可用以上方法重新校准基准值。

5 测量

现场测量表面测缝计用读数仪, 将测量线一头连接读数仪, 将测量线另一头的各色夹子对应连接上测缝计的输出电缆, 黑、红测频率, 白、绿测温度。测缝计内附有智能识别芯片, 其内存贮有该测缝计的编号、标定系数K、温度修正系数b等信息。用读数仪测量时会自动将识别信息读出, 顺序存入读数仪内, 通讯给计算机, 方便快速统计计算及查询, 使测量工作实现人工智能无纸化操作。

工程现场多支表面测缝计电缆被意外挖断, 仅用读数仪测量一遍, 就可自动识别出每支测缝计所对应的编号及身份信息。

6 测缝计故障检查

当表面测缝计测量出现故障时, 可用万用表检查测缝计电缆芯线间的电阻值, 其正常状况红、黑芯线电阻值通常为 300Ω 左右; 绿、白芯线电阻值在温度 25°C 时应为 $3k\Omega$ 左右; 红、黑线对绿、白线或对屏蔽线(裸线)间绝缘电阻值应 $> 50M\Omega$ (测量绝缘电阻时可使用100V直流兆欧表, 万用表测量绝缘电阻应用 $M\Omega$ 档, 其值应为无穷大 ∞)。

7 电缆故障检查

表面测缝计电缆接长用型号为YSPT-4水工专用观测电缆, 其电缆电阻值约为 $45\Omega / \text{km}$ 左右。

7.1 用万用表测量(黑、红芯线)的电阻值: 正常情况为 300Ω 左右, 再加上电缆的电阻值。

- a) 如果电阻测值正常, 可能仪器损坏或进水;
- b) 如果电阻测值非常大或无穷大, 电缆或接头断路;
- c) 如果电阻测值非常小, 电缆或接头短路。其表现为读数仪测量不出频率值。

7.2 用万用表测量(白、绿芯线)的电阻值: 正常情况在温度 25°C 时应为 $3k\Omega$ 左右, 再加上电缆的电阻值。

- a) 如果电阻测值正常, 请检查读数仪及其测量连接线;
- b) 如果电阻测值非常大或无穷大, 电缆或接头断路;
- c) 如果电阻测值非常小, 电缆或接头短路。其表现为读数仪测量不出温度值。

7.3 用100V直流兆欧表或万用表测量测缝计电缆芯线红、黑线对地线, 白、绿线对地线, 红、黑线对白、绿线的电阻值, 其测值如果很小 $< 5M\Omega$, 可能电缆接头进水短路。

其表现为读数仪测量正常, MCU-32型分布式模块自动测量单元测量频率值可能会引起测值不稳, 测量温度值将比正常值偏低 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右。

7 读数仪测值不稳

- a) 将屏蔽线并接到读数仪测量线的黑线夹子上;
- b) 可能电缆接头处进水, 将其剪掉, 重新连接;
- c) 确定测缝计的频率范围, 正确选择读数仪的激励类型;
- d) 确定测缝计的温度电阻基值, 正确选择读数仪的电阻基值;
- e) 检查附近是否有干扰源, 如电动机、发电机、天线或交流动力电缆, 远离上述干扰源。

8 注意事项

表面测缝计安装就位前、后应及时测量频率和温度值，根据测缝计编号和设计编号作好记录并存档，特别注意保护测缝计信号引出电缆。

9 验收与保管

用户开箱验收仪器，应先检查仪器的数量(包括附件)及出厂检验合格证等是否与装箱清单相符。开箱后每支仪器应先用100V兆欧表量测电路与密封壳体之间的绝缘电阻，其测值应满足绝缘电阻规定要求。验收时每支仪器应用读数仪测量，检查仪器是否正常。

仪器应保管在干燥、通风的房间中。

本使用说明由武汉中地恒达科技有限公司编制

使用说明中的名称、图片、型号、参数、公式、文字如遇有修改，恕不另行通告，谨请以最新版本为准。