

GK-4430 振弦式土体位移计 安装使用手册

(REV A1)

基康仪器（北京）有限公司编译

地 址：北京良乡凯旋大街滨河西路 3 号
邮 编：102488
网 址：www.geokon.com.cn

电 话：010-89360909/2929/3939/4949/5959
传 真：010-89366969
电子邮件：info@geokon.com.cn

目 录

1. 传感器技术指标	2
2. 工作原理.....	3
3. 安装.....	4
3.1 初步检验.....	4
3.2 在钻孔内安装	4
3.3 在混凝土块内安装	5
3.4 在填土和筑坝内安装	6
3.5 多点安装.....	7
3.6 接线盒.....	7
4. 读取数据.....	8
4.1 GK-403 读数仪的操作	8
5. 数据转换.....	8
5.1 温度变化修正	9
5.2 环境因素.....	10
6. 故障排除.....	11
附录 B-半导体温度计温度推导公式	12
附录 C—GK4430 土体位移计安装图解说明	13

1. 传感器技术指标

量程范围 25, 50, 100, 200, 300mm

分辨率 0.02%F.S.

精确度 $\pm 0.5\%$ F.S.

仪器长度 1m (标准), 其他尺寸按要求提供

温度漂移 $< 0.04\%$ F.S. / $^{\circ}\text{C}$

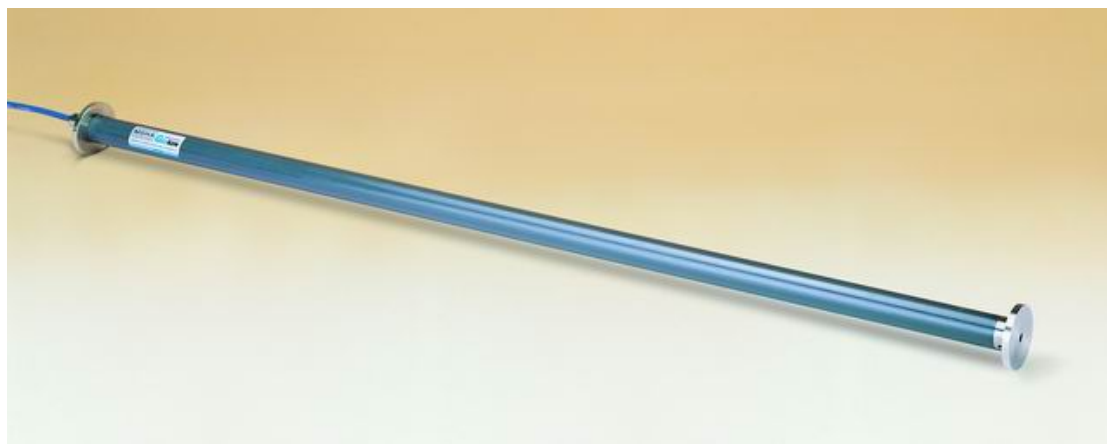
激励频率 1400-3000Hz

频率范围 1400-2800

直径 管 0.835' 法兰 1.250"

电缆 4 芯屏蔽导线

(注: 由于厂家技术更新, 外观及尺寸也不断改进)



4430 外观照片

2. 工作原理

基康 4430 型土体位移计用于测量岩石、混凝土、土体等的钻孔的轴向变形，也可埋入筑堤的土体如土坝和公路填土中。可成批安装从而在任何长度内测量多点的变形。一般仪器的长度最短 500mm，最长可达 30m 以上。

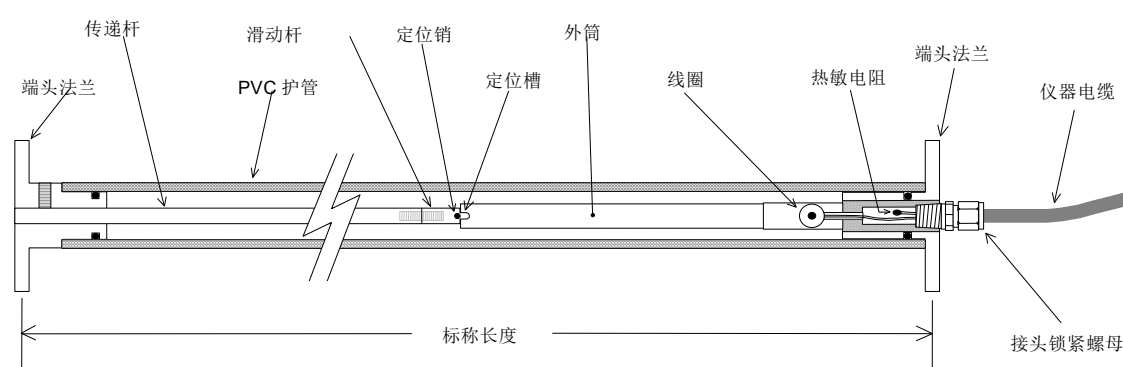


图 1 4430 土体位移计结构示意图

主要测量器件是一个振弦式应变计，连同一个配有滑动杆的精密的线性弹簧。随着滑动杆伸缩，传递器件、弹簧的张力、以及振弦的张力都会发生变化。张力的变化量与拉伸量成正比。率定后可得出仪器的系数，该系数是振动频率和拉伸量的函数。各部件的加工质量长期稳定性很好，保证不变形。

位移计的传感器固定在一个法兰端，通过一定长度的传递杆连至另一个法兰端。传感器和传递杆外套一根给定长度（仪器长度）的塑料保护管（当仪器较长时则在中间增加伸缩节）来固定两个法兰端，确保连杆固定不动。当两法兰相对移动时，位移信号被传递杆

传至传感器，由读数装置测得读数。通过选择不同的仪器长度和传感器的量程范围，可选到最佳灵敏度。对于达到分辨率最高的情况，仪器长度越长、量程越小的传感器最佳。而变形最大的情况，应选长度相对短、量程大的传感器。用户可根据预计的变化量灵活选择最佳的量程和灵敏度。

3. 安装

3.1 初步检验

收到仪器要先检查，以确认仪器正常。将 GK-401 或 GK-403 接到仪器的引线上，红线接红线，黑线接黑线。打开读数仪，将位置选择开关拨至“B”。读数显示应在 2000-8000，波动范围应稳定在±1 字。轻拉仪器末端，读数值应上升。将欧姆表接至绿色和白色引线检查热敏电阻。阻值在 20℃时应为 3.7kΩ，30℃时应为 2.4kΩ。

3.2 在钻孔内安装

4430 型土体位移计用于测量钻孔的轴向应力和变形，最常用的安装方法是灌浆。水平方向的孔要向下稍作倾斜以便于灌浆并避免产生气泡。垂直孔要用专门的灌浆器具，位移计要自带抓环或液压锚头，灌浆时用来固定。水平和垂直孔的仪器安装如下：

钻孔的深度应超出最深处法兰 500mm。钻孔直径至少 $\phi 60\text{mm}$ 。

孔内灌入水泥砂浆混合物，混合物中水灰比为 1：0.5~1.0。对于水平方向水灰比应小些。将传感器放入孔中，用杆将传感器推至电缆标示的正确位置。如果孔中放置的传感器不止一个，当放置浅层传感器时，要确保深层传感器的位置不变。

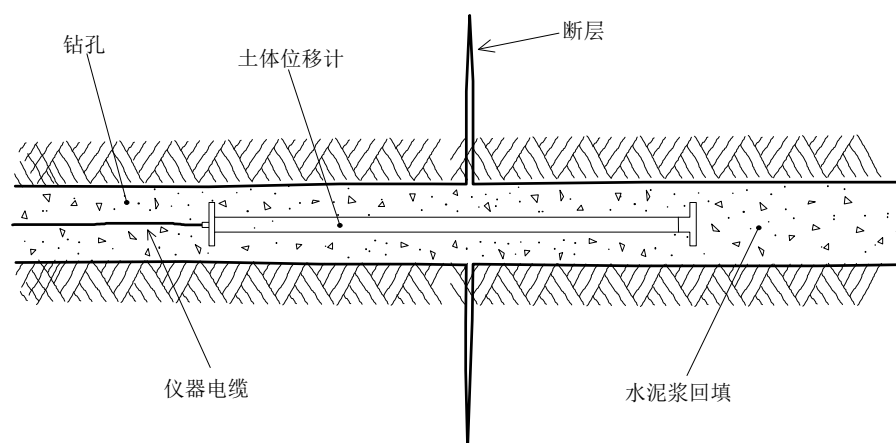


图 2 在钻孔中的安装示意图

如果是软基，或孔钻在一个套管中然后把套管抽出的情况下，建议使用带液压锚头的传感器，以保证永久固定，有关事项可提出具体要求与基康公司协商解决。

3.3 在混凝土块内安装

4430 型土体位移计可直接放入混凝土中，也可在浇筑混凝土前用金属丝绑扎在钢筋架或钢筋网中。绑扎线应绑到保护管上，而不是法兰上，应与保护管垂直，且不能绑得太紧，以便在加入混凝土时允许轻微的移动。传感器的压缩模量大约为 200,000psi，在固化初期应与混凝土保持一致。

3.4 在填土和筑坝内安装

将 4430 型土体位移计的传感器放入填土浅层的水平沟，可用于测量填土和筑坝的土体变形。传感器在这种情况下，要有一个专用联接器（伸缩节），使法兰连接处能自由滑动。可批量安装多个传感器，得到坝体或公路填筑区域沿指定轴向的总体变形剖面图。

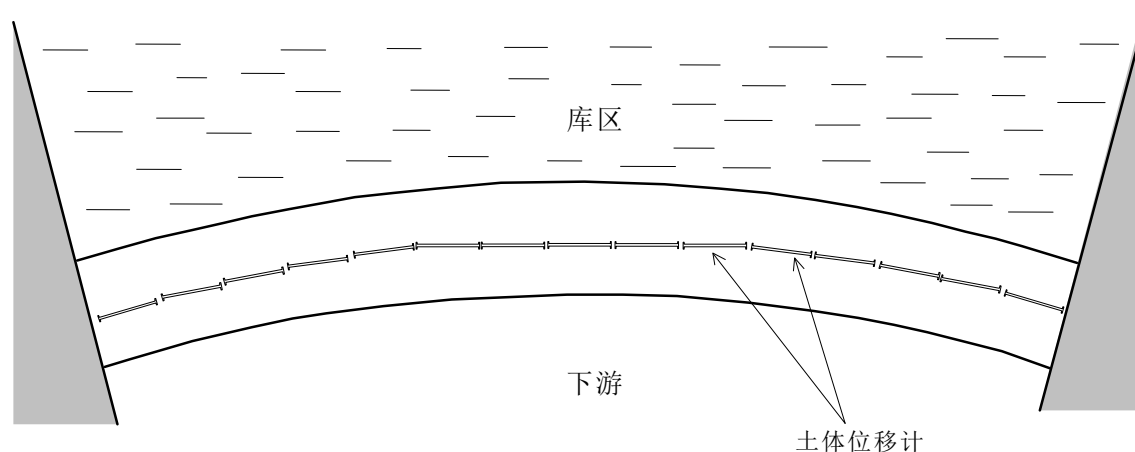


图 3 多支传感器安装在拱坝内

在已压实的填土中挖出一个窄而平的地沟，放入传感器，填入已去掉粒径 $>20\text{mm}$ 石块的填土。在底部为法兰留出一个凹槽，以保证传感器相对平直。填土时的传感器以上的最初用手压实，之后才用通常方法填压。在沟中敷设电缆及其填土方法同上。

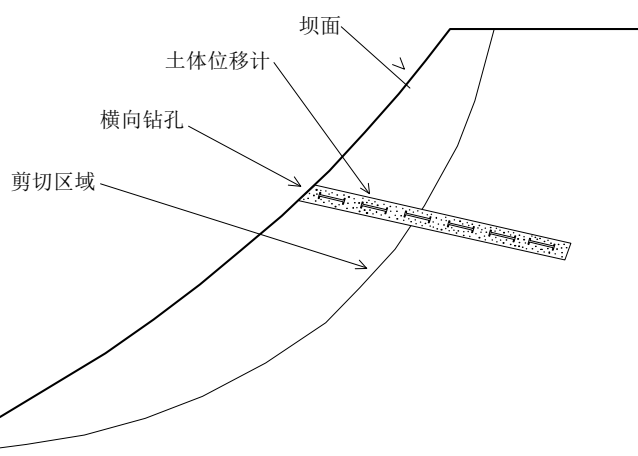


图 4 堤坝的钻孔安装

3.5 多点安装

4430 型土体位移计可多点安装测量各种增量变形。其中包括岩石和土体变形、桩基和沉箱负荷引起变形、筑坝系列装备引起变形等的向下钻孔测量。可运用很多其它锚固技术，还可做一些负荷回复系统试验，特性参数可根据实际需要提供。

3.6 接线盒

由于振弦的读数是频率而不是电流或电压，电缆阻值的轻微变化不会影响仪器的读数，所以，电缆的连接对设备没有影响，在许多时候还是有利的。如在钻孔内的安装，钻孔离读数处很远，这时传感器的安装中建议仪器要带有足够的电缆，以满足足够的安装深度，另外还要足够的电缆满足钻孔设备（通过杆或套管等）。然后在钻孔处的再连接一根电缆通往读数仪或集线箱，这一过程允许钻孔内的电缆是一种型号，接往接线盒（比如是直埋）的电缆是另一种型号，而通往读数地点（比如是多点传感器）的电缆又是一种型号。

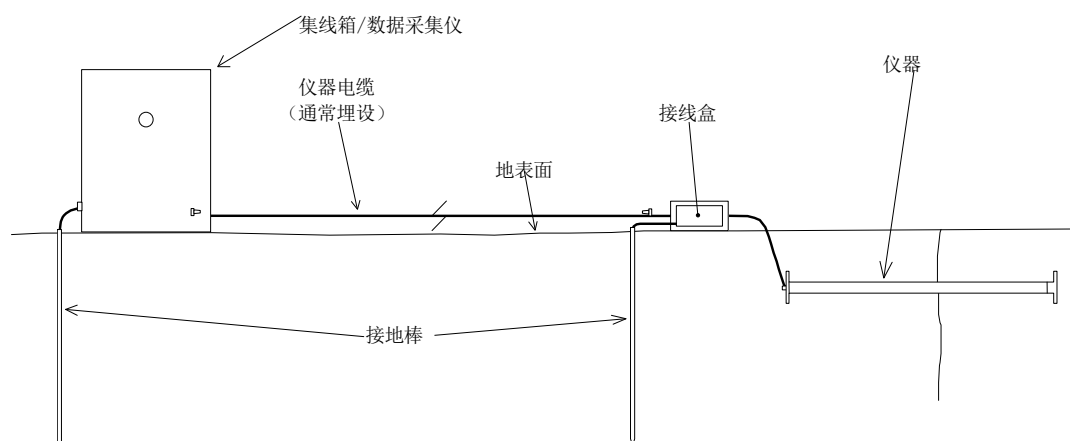


图 5 电缆的连接与防雷保护

如果正确操作，电缆连接处的强度和电气特性等于或优于电缆本身。

接线材料、接线盒及其工具，以及说明书等可向基康公司联系选购。

4. 读取数据

4.1 GK-403 读数仪的操作

GK-403 读数仪为 4430 型土体位移计提供激励和信号处理。为读取数据，读数仪与位移计用线夹连接，或当在终端箱时用接线柱连接。（有颜色分类编号）

- 1) 将显示选择开关设在“B”档。
- 2) 接通后，前面显示窗将显示读数（频率模数与温度），读数值最后一位变化在 1-2 个数字以内。
- 3) 显示为零时，可能错接，可能仪器坏了，或电缆故障，也可能由于强电干扰。若是最后一种情况，连好地线，如果没有信号，就要检查故障。
- 4) 大约 4 分钟后，作为节电措施，读数仪会自动断电。

5. 数据转换

GK-403 读数仪激励仪器并记录振弦振动 255 个周期所需时间周期并显示，分辨率在“A”档位时为 0.1 微秒。“B”档位用于位移传感器，此时处理器将时间读数转换成修正后的频率模数来反映传递杆的运动情况，其值与振弦弦应力和弹簧张力成正比。

一般零点的读数 2500 相当等于 $f^2 \times 10^{-3}$ 并对应于时间周期 632 微妙和振动频率 1581Hz。

变形测量值如下：

$$D = (R_1 - R_0) G$$

这里，D=变形值，英寸或毫米

R_0 = B 档初始读数

R_1 = B 档当前读数

G=仪器系数，英寸/字或毫米/字

举例： $R_0=4250$

$R_1=6785$

$G=0.000193$

$$\begin{aligned} D &= (6785 - 4250) \times 0.000193 \\ &= 0.4893 \end{aligned}$$

测得的变形值除以仪器长度就是土体、混凝土或岩石的应变变量。

5.1 温度变化修正

土体位移计的工作器件主要是由钢和不锈钢组成，受温度变化的影响可预见。

下列公式用于校正温度：

$$D_T = (R_1 - R_0) G + (T_1 - T_0) K + L_C$$

这里， D_T =校正温度后的变形量

R_1 ， R_0 ，G=读数值和仪器因数

T_0 ， T_1 =初始温度和目前温度， $^{\circ}\text{C}$

K=温度修正系数

$L_C = 17.3 \times 10^{-6} \times L (T_1 - T_0)$ ，仪器总长的修正系数，可不采用。

这里，L 是仪器总长，4.00 英寸

举例：一个 40 英寸仪器，传感器 1"，从 10℃ 的中量程变化至 20℃ 的满量程

$$R_0 = 4250 (\approx 1/2")$$

$$R_1 = 6785 (\approx 1")$$

$$T_0 = 10^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$G = 0.000193$$

$$K = 0.0002 + 0.0001" / \text{量程}/^\circ\text{C}$$

$$L = 40 - 4 = 36$$

$$D_T = (R_1 - R_0) G + (T_1 - T_0) K + L_C$$

$$\begin{aligned} D_T &= (6785 - 4250) \times 0.000193 + (20 - 10) \times 0.0002 + 0.0001 \\ &\quad \times 1 + 36 \times 17.3 \times 10^{-6} \times (20 - 10) \\ &= 0.4893 + 0.10 \times 0.0003 + 0.00062 \times 10 \\ &= 0.4893 + 0.0092 \\ &= 0.4985 \end{aligned}$$

从上面可看出，修正值很小，大多时候可忽略。

5.2 环境因素

安装土体位移计是为了监测现场状况，对于影响这些状况的因素

要始终进行观测、记录。有时一点小变化可能对于监测的结构特征有重要影响，也可能是对于潜在问题的早期征兆。以下是其中一些因素，但不仅限于此：暴风、降雨、潮汐、开挖填筑后、交通、温度、大气压变化、人员变动、周围建筑活动、季节变化等。

6. 故障排除

振弦式变形计的维护和故障排除限于电缆连接的定期检查和终端的维护。传感器本身是密封的，不能打开检查。

如果不能读数，采用如下措施：

- 1) 检查线圈电阻。正常阻值是 $180\ \Omega \pm 10\ \Omega$ ，另加上电缆电阻（ $22\ \text{AWG}=20\ \Omega/1000\ \text{英尺}$ 或 $48.5\ \Omega/\text{Km}$ ）。
 - a) 阻值高或无穷大，电缆极可能有断路。
 - b) 阻值低或接近零，极可能有短路。
 - c) 阻值正常但仍没有读数，可能传感器有问题，请与厂家联系。
 - d) 阻值正常但所有传感器都没有读数，可能读数仪有问题，请与厂家联系。
- 2) 短路或断裂处，电缆应按程序要求进行连接。

附录 B-半导体温度计温度推导公式

半导体温度计类型：YSI 44005,Dale # 1C3001-B3,Alpha # 13A3001-B3

电阻转化为温度的公式：

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

公式 B-1 半导体温度计阻值-温度换算关系

这里： T=摄氏温度

LnR =阻值的自然对数

A=1.4051×10⁻³(在-50 至+150℃范围内计算有效)

B=2.369×10⁻⁴

C=1.019×10⁻⁷

电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃	电阻(Ω)	温度℃
201.1K	-50	16.60K	-10	2417	+30	525.4	+70	153.2	+110
187.3K	-49	15.72K	-9	2317	31	507.8	71	149.0	111
174.5K	-48	14.90K	-8	2221	32	490.9	72	145.0	112
162.7K	-47	14.12K	-7	2130	33	474.7	73	141.1	113
151.7K	-46	13.39K	-6	2042	34	459.0	74	137.2	114
141.6K	-45	12.70K	-5	1959	35	444.0	75	133.6	115
132.2K	-44	12.05K	-4	1880	36	429.5	76	130.0	116
123.5K	-43	11.44K	-3	1805	37	415.6	77	126.5	117
115.4K	-42	10.86K	-2	1733	38	402.2	78	123.2	118
107.9K	-41	10.31K	-1	1664	39	389.3	79	119.9	119
101.0K	-40	9796	0	1598	40	376.9	80	116.8	120
94.48K	-39	9310	+1	1535	41	364.9	81	113.8	121
88.46K	-38	8851	2	1475	42	353.4	82	110.8	122
82.87K	-37	8417	3	1418	43	342.2	83	107.9	123
77.66K	-36	8006	4	1363	44	331.5	84	105.2	124
72.81K	-35	7618	5	1310	45	321.2	85	102.5	125
68.30K	-34	7252	6	1260	46	311.3	86	99.9	126
64.09K	-33	6905	7	1212	47	301.7	87	97.3	127
60.17K	-32	6576	8	1167	48	292.4	88	94.9	128
56.51K	-31	6265	9	1123	49	283.5	89	92.5	129
53.10K	-30	5971	10	1081	50	274.9	90	90.2	130
49.91K	-29	5692	11	1040	51	266.6	91	87.9	131
46.94K	-28	5427	12	1002	52	258.6	92	85.7	132
44.16K	-27	5177	13	965.0	53	250.9	93	83.6	133
41.56K	-26	4939	14	929.6	54	243.4	94	81.6	134
39.13K	-25	4714	15	895.8	55	236.2	95	79.6	135
36.86K	-24	4500	16	863.3	56	229.3	96	77.6	136
34.73K	-23	4297	17	832.2	57	222.6	97	75.8	137
32.74K	-22	4105	18	802.3	58	216.1	98	73.9	138
30.87K	-21	3922	19	773.7	59	209.8	99	72.2	139
29.13K	-20	3748	20	746.3	60	203.8	100	70.4	140
27.49K	-19	3583	21	719.9	61	197.9	101	68.8	141
25.95K	-18	3426	22	694.7	62	192.2	102	67.1	142
24.51K	-17	3277	23	670.4	63	186.8	103	65.5	143
23.16K	-16	3135	24	647.1	64	181.5	104	64.0	144
21.89K	-15	3000	25	624.7	65	176.4	105	62.5	145
20.70K	-14	2872	26	603.3	66	171.4	106	61.1	146
19.58K	-13	2750	27	582.6	67	166.7	107	59.6	147
18.52K	-12	2633	28	562.8	68	162.0	108	58.3	148
17.53K	-11	2523	29	543.7	69	157.6	109	56.8	149
								55.6	150

半导体温度计阻值-温度对照表

附录 C—GK4430 土体位移计安装图解说明

步骤:

1、检查包装:

首先应检查收到的货物是否与包装中的装箱单相符,其次还应与订货的数量相比是否相一致(分批发货除外)。

在收到的货物中,应检查下列部件:

- 1) GK-4430 传感器(每根传感器上已预装有一端伸缩节)。
- 2) 测杆与测杆保护管。注意测杆的总长度应加上传感器长度,保护管长度应加上传感器上的长度、伸缩节长度、末端管长度(每套约 2.5m)。
- 3) 测杆, 长度=订货长度-传感器本身长度(约 0.6m)。
- 4) 伸缩节(数量与传感器相等): 每套伸缩节的组成为两根 $\phi 27\text{mm}$ 的伸缩内管(其中一根已在出厂时安装在每支传感器上)与一根 $\phi 35\text{mm}$ 伸缩套管。
- 5) 末端管(数量=传感器数量, 单根约 50cm 长)
- 6) 末端法兰盘(数量与传感器相同)。
- 7) 伸缩套管锁紧用的尼龙螺钉(数量=伸缩节数量 $\times 4$)。
- 8) 支撑环, 数量与测杆长度有关, 通常每 3~4m 配 1 个。
- 9) 锥形引导杆, 数量与测杆的长度有关, 通常为 2~3 支。

2、安装前应自备的工具与材料:

- 1) 手虎钳(平口钳) 2 把
- 2) 钢锯
- 3) 钢锉刀
- 4) 剪刀
- 5) PVC 胶
- 6) 润滑脂(或黄油)



3、打开包装, 取出传感器, 检查外观有无损伤并用读数仪检查读数是否正常。



- 4、如读数正常，则可抽出图示传感器右端的保护管，该保护管仅为运输时作为保护，安装时不用。注意传感器上已安装的细管为伸缩节的一端。



- 5、在抽出运输用保护管后，则露出传感器的连接端，连接端的外露的金属部分为拉出的传感器滑动杆，在滑动杆上用胶带固定的半圆型 PVC 预拉管。



- 6、将绑扎预拉管的胶带拆去，取下半圆管，注意用手将滑动杆拉住，同时注意将定位销对准传感器护套端部的定位槽使之缓慢缩回传感器护套内的定位槽内。



- 7、本步骤连接测杆。将第一根不锈钢测杆待连接端部的红色保护套取下套入另一端以避免安装时另一端阴螺纹孔内进入砂子。然后将不锈钢测杆与传感器的滑动杆端部螺纹孔对准，旋入测杆，可能的话可在螺纹处滴少许“乐泰-271”螺纹锁固剂（自备），然后用手钳拧紧。在旋入及拧紧过程中应避免靠近传感器端的滑动杆定位销被拉出定位槽，同时应绝对避免传感器端的测杆旋转，否则有可能损坏传感器！即图示左端的钳子应夹紧不动，只旋动右端的钳子。



- 8、准备好伸缩管，将待连接的传感器一端伸缩节上涂抹适量润滑脂，再将伸缩套管套入，直至推至伸缩节黄色标记处。



- 9、连接伸缩节的另一端，操作程序同上。



- 10、将伸缩套管两端的 4 支尼龙螺钉旋入并用内六角扳手拧紧。目的是避免保护管在连接的过程中被推入伸缩套管或被拉出。



- 11、如果露出伸缩节外的测杆长度少于 3m，则再接入下一根测杆（注意避免测杆相对于传感器产生扭转），同时套入 PVC 支撑环，将支撑环两端各扎上一根尼龙扎带，在带扣的根部剪去多余的扎带，使 PVC 保护管能顺利套入。



- 12、绑扎的扎带应拉紧，以在套入保护管时支撑环不置于在测杆上滑动为准。支撑环的间距以每隔 3~4 米设一个为宜。



- 13、在固定好支撑环后，即可连接保护管，连接保护管时，将伸缩节端部涂抹足够的 PVC 胶，然后套入 PVC 管接头，再将下一段保护管进行连接。



- 14、重复以上 11~13 步，继续连接测杆及 PVC 保护管。

- 15、至所需长度或最后一根测杆时，将末端连接管（约 50cm 长，其一端可与末端的法兰盘套入）与一根待接的 PVC 保护管用管接头（暂不涂 PVC 胶）接上后比较所需长度，该长度通常以最后一根测杆的末端处的长度为基准，然后截取准确的长度，该长度还与土体位移计的测量要求有关，即有的工程可能需要将测杆预拉出一定的长度以便能测量压缩，有的则不需要测量压缩而仅用于测量伸长。前者在安装时需要考虑将测杆预拉出一定的长度，所以对于最后一根测杆在安装时有时需要预先多加一根测杆，以便末端保护管及法兰的安装。

在连接测杆时始终都要注意将靠近传感器一端的测杆夹紧并不拉出，切忌避免测杆相对传感器本身有旋转操作！

- 16、当达到预定长度时，即可安装末端法兰。安装前法兰前用读数仪读数，应充分考虑仪器读数是否满足预定的拉压量程。

- 17、将末端法兰准备好，并在中心孔中涂抹适量润滑脂。



- 18、由于在法兰盘中间的测杆安装孔中有密封圈，测杆不能直接穿入法兰中。

故在货物中配备有锥形引导杆，用以将测杆穿入法兰中。将引导杆与测杆末端相连接，把测杆穿入法兰中从法兰的端部引出。（安装过程中若引导杆丢失，可用锉刀将测杆前端沿圆周稍稍锉成坡口也可直接穿入法兰）



- 19、 将引导杆从测杆端部拆去备用，并将突出的测杆拉回法兰内使之与顶端平齐。用内六角扳手将法兰上的内六角螺丝拧紧，使测杆牢牢固定在法兰盘上。

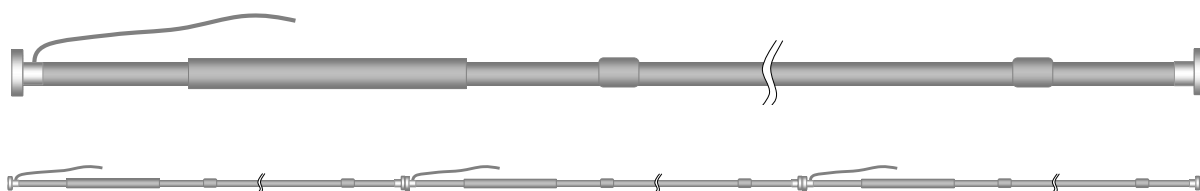


- 20、 上述步骤完成后，将仪器电缆与读数仪相连接，检查读数是否在预定范围内。若相差较大，可通过调整仪器端的伸缩节来达到预定范围。

- 21、 某些情况下，可能需要一些特殊测杆长度，而配备的测杆长度通常为 3m 的整数倍，故在连接最后一根测杆时可能需要将测杆进行切割，方法是读数仪与仪器电缆相连，把测杆穿入法兰盘同时将法兰推入末端保护管，通过拉动测杆来调节初始位置，观察读数，当达到预定读数后在外露的测杆根部做标记，并用内六角扳手将测杆锁定，最后将多余的测杆用钢锯锯断即可。

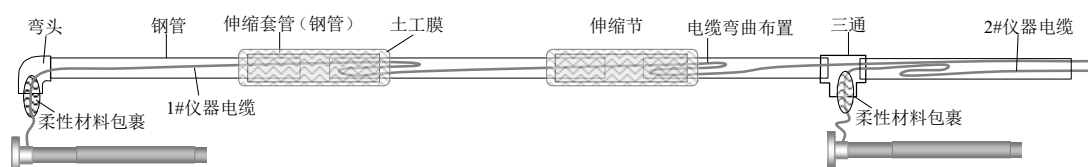


22、安装完成后的一支土体位移计示意图如下，多支这样的仪器组合连接即可组成（多点）水平位移计。



23、电缆牵引及保护。

- a. 若埋在土坝中，为避免在电缆在土体产生位移后将电缆拉断，电缆须埋入预先挖成的电缆沟中，其电缆沿仪器方向成蛇形布置引入测站，并用人工夯实。注意埋入在土坝中的电缆不可保护管以防形成渗流通道，且每隔 1.5 米用膨润土回填电缆沟。
- b. 若布置在堆石体或土石混合体中，电缆应采用刚性保护管保护，见下图（局部）：



仪器电缆保护管建议选用钢管，管径以电缆数量而定，单支电缆的最小不小于 50mm，单根长度 3~6m。一般情况下，第一支仪器（即远离测站的仪器）与保护管之间采用弯头连接，并将电缆入口处用柔性材料如土工膜包裹。伸缩套管选用比保护管大一号的钢管，长度不小于 0.5m，注意安装时保护管在伸缩节中应预留 10cm 左右的间隙，伸缩套管外主要是两端用土工膜包裹防止沙粒进入。在中间的传感器处，采用三通来连接保护管，同时电缆由此引入。注

意所有电缆引入口需要用柔性材料包裹。更重要的一点是，所有电缆应注意预留足够的拉伸量，推荐的方法是每隔一定的距离将电缆在伸缩节或入口处呈弯曲或回折状布置，但不得过紧，见上图。



24、回填。

通常采用设计或工程师指定的材料与方法进行回填，这里提出几点建议。

- a. 在仪器安装完毕后，采用人工方法用砂将仪器覆盖，在覆盖过程中将不平的部分用砂再次找平。
- b. 人工回填的厚度不小于 30cm，注意在没有完成人工回填前不可使用机械回填，避免大体积的回填料产生冲击导致仪器整体弯曲甚至损坏仪器。
- c. 人工回填后应使用人工夯实，使填料密实。
- d. 在人工回填层上填筑过渡料不少于 50cm。只有在回填到仪器层以上 80cm 后方可用机械碾压进行作业。