

VWS-10F 型振弦式表面应变计使用说明

本使用说明仅适用于本公司生产的 VWS-10F 型振弦式表面应变计，型号为 VWS-10F。

1、用途

VWS-10F 型振弦式表面应变计适用于长期布设在水工结构物或其它结构物的表面，测量结构物表面的应变，并可同步测量布设点的温度。

振弦式表面应变计弹性模量小，与被测结构物的随动性好，测量中不会干扰原应力场，包含式设计，全不锈钢结构，安装简单使用可靠，并可回收重复使用。振弦式表面应变计具有智能识别功能。

2、规格及主要技术参数

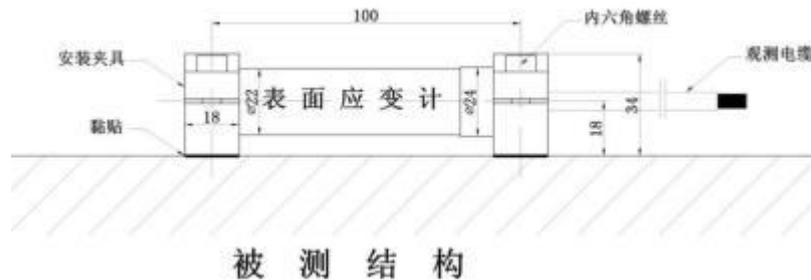
规格型号		VWS-10F
尺寸参数	测量标距L	100mm
	有效直径d	22mm
	端部直径D	24mm
性能参数	应变测量范围	1500 $\mu \epsilon$
	应变测量方向	拉伸、压缩
	灵敏度 k	$\leq 0.5 \mu \epsilon$
	拟合精度	$\approx 0.1\%F.S/0.5\%F.S$
	测温范围	$-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$
	灵敏度	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
	测温精度	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	修正系数b	$\approx 13 \mu \epsilon / ^{\circ}\text{C}$
	弹性模量Eg	300MPa~800MPa
	耐水压	$\geq 0.5\text{MPa}$
绝缘电阻	$\geq 50\text{M}\Omega$	

注：频率模数 $F=\text{Hz}^2 \times 10^{-3}$

3、结构及工作原理

3.1 结构

VWS-10F 型振弦式表面应变计由应变计、安装夹具、观测电缆等组成。



3.2 工作原理

当被测结构物发生变形，将带动表面应变计变形，变形通过前、后端座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，即可测出结构物的应变值。同步测量埋设点的温度值。

3.3 计算方法

a) 当外界温度恒定表面应变计仅受到轴向变形时，其应变值 ε 与输出的频率模数 ΔF 具有如下线性关系：

$$\varepsilon = k \times \Delta F$$

$$\Delta F = F - F_0$$

式中： ε —表面应变计的测量值，单位为 10^{-6} ；

k —表面应变计的测量灵敏度，单位为 $10^{-6}/F$ ；

ΔF —表面应变计实时测量值相对于基准值的变化量，单位为 F ；

F —表面应变计的实时测量值，单位为 F ；

F_0 —表面应变计的基准值，单位为 F 。

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

实验可知 $\Delta F'$ 与 ΔT 具有如下线性关系：

$$\varepsilon' = k \times \Delta F' + b \times \Delta T = 0$$

$$k \Delta F' = - b \times \Delta T$$

$$\Delta T = T - T_0$$

式中： b —表面应变计的温度修正系数，单位为 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；

ΔT —温度实时测量值相对于基准值的变化量，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

T —温度的实时测量值，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

T_0 —温度的基准值，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

c) 布设在混凝土结构物或其它结构物表面的表面应变计，受到的是变形和温度的双重作用，此时的温度修正系数为表面应变计的温度修正系数与结构物的线膨胀系数之差，因此表面应变计一般计算公式为：

$$\varepsilon_m = k \times \Delta F + b' \times \Delta T = k \times (F - F_0) + (b - \alpha) \times (T - T_0)$$

式中： ε_m —被测结构物的应变值，单位为 10^{-6} ；

α —被测结构物的线膨胀系数，单位为 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；

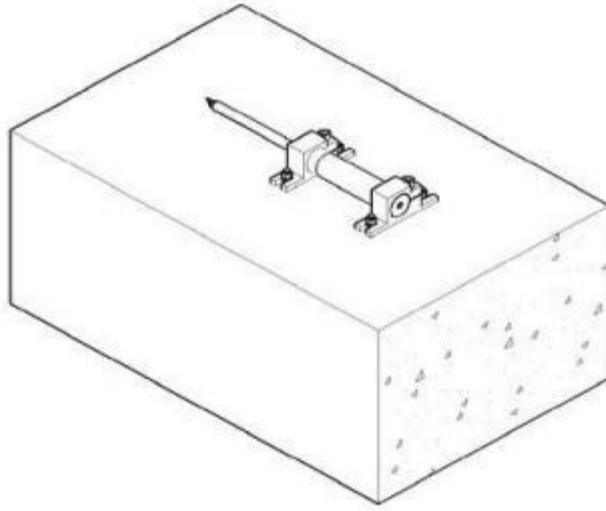
混凝土的线膨胀系数通常取值为： $\alpha \approx 8 \sim 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

d) 表面应变计的计算工程值乘以被测物的弹模可得被测物的应力。

$$\sigma = (k \times (F - F_0) + (b - \alpha) \times (T - T_0)) \times E$$

4、埋设与安装(图 2)

表面应变计的安装分为两步完成，第一步安装夹具，第二步安装表面应变计。



(图 2) 表面应变计安装示意图

4.1 安装夹具

4.1.1 膨胀螺栓固定表面应变计，先将配好对的夹具装上试棒，装好后两夹具的底面应在同一平面上，两夹具上的紧固螺钉孔距应为 100mm(仪器标距)。利用夹具安装板上的 4 个孔，在仪器需要安装的位置画点、打孔、安装膨胀螺栓，将装有试棒的夹具组用膨胀螺栓固定上，既完成仪器夹具的安装。

4.1.2 胶粘固定表面应变计，先将被测结构物安装仪器部位整平打毛，将装有试棒的夹具底部的中间(在同一平面上)涂上 AB 胶(快干环氧树脂胶)，再沿夹具四周涂上 502 快干胶，随即粘贴在整平打毛部位，压紧 2 分钟左右即可松手，10 分钟左右即可粘贴牢固。

4.2 安装表面应变计

夹具固定后，轻轻拆下安装试棒，将表面应变计从夹具的一端放入，直到表面应变计各端面与夹具外边沿平齐。

表面应变计安装时应根据要求调整测量范围(调整初始值)，方法是：在表面应变计的前法兰端有一个螺纹孔，用配套拉杆进行拉、压调整。调整时先将有电缆一端的紧固螺钉拧紧，读数仪连接上表面应变计，利用拉杆进行拉或压调整，调整范围合适后将夹具另一端的紧固螺钉拧紧，并卸下调整拉杆(图 2)。

如现场需要的可安装保护罩，同时将电缆按设计走向固定好，注意保护仪器的引出电缆。

4.3 选取基准值

表面应变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，表面应变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。

表面应变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

现场测量表面应变计用 VW-102A 型读数仪，将测量线一头连接读数仪，测量线另一头的各色夹子对应连接表面应变计的输出电缆，黑、红测频率，白、绿测温度。表面应变计内附有智能识别芯片，其内存贮有该表面应变计的编号、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。

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

6 、表面应变计故障检查

当表面应变计测量出现故障时，可用万用表检查表面应变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 $300\ \Omega$ 左右；绿、白芯线电阻值在温度 $25\ ^\circ\text{C}$ 时应为 $3\text{k}\ \Omega$ 左右；红、黑线对绿、白线或对屏蔽线(裸线)间绝缘电阻值应 $> 50\text{M}\ \Omega$ (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 $\text{M}\ \Omega$ 档，其值应为无穷大 ∞)。

7、电缆故障检查

表面应变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 $300\ \Omega$ 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℃时应为3kΩ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表面应变计电缆芯线(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10~20℃左右。

8、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) 确定表面应变计的频率范围， 正确选择读数仪的激励类型；

d) 确定表面应变计的温度电阻基值， 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。

9、注意事项

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

10、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。

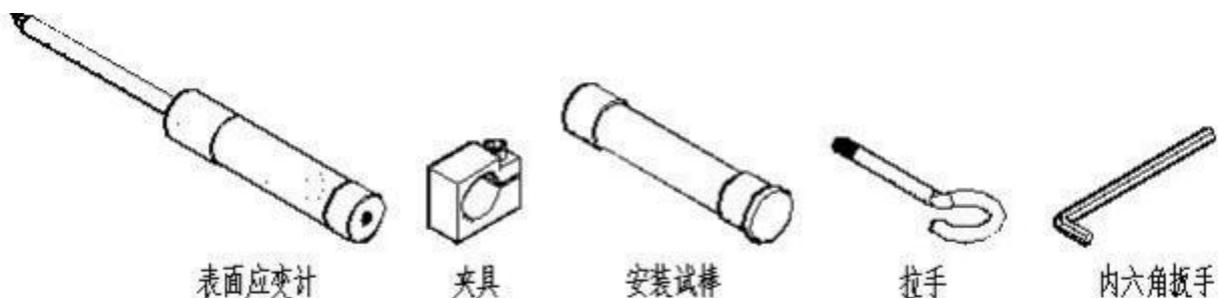
仪器应保管在干燥、通风的房间中。

11、附言

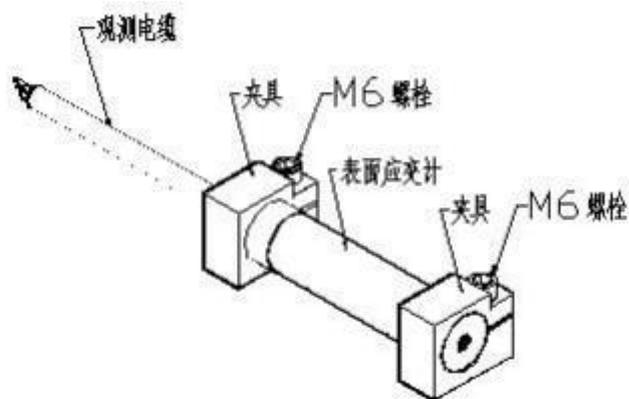
VWS-10F 型振弦式表面应变计自出厂之日起壹年内， 如性能低于技术条件要求且系属产品质量问题， 本公司负责免费维修或更换(若因现场防雷系统不完善遭遇强雷电等不可抗力所造成的损坏不在其例)。

附件： VWS-10F 型振弦式表面应变计安装指南

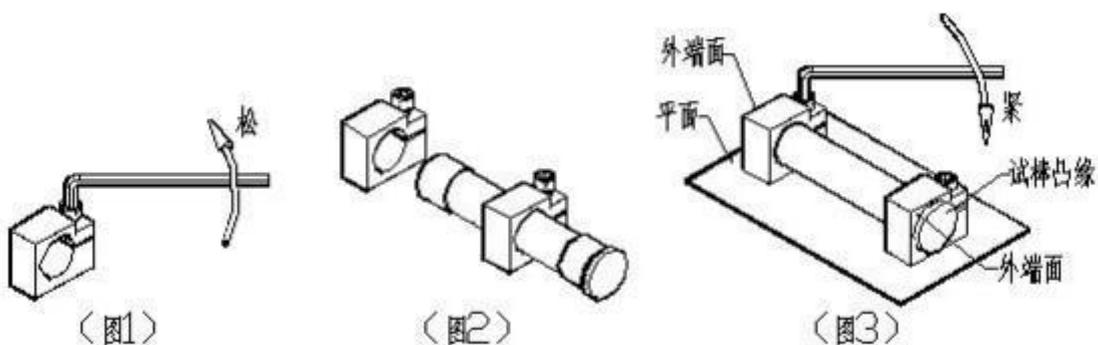
1、VWS-10F 型振弦式表面应变计零部件图



2、VWS-10F 型振弦式表面应变计总图



3、夹具、试棒的使用方法

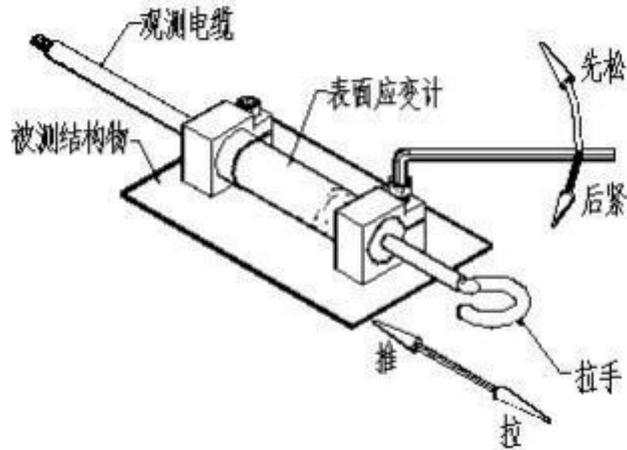


第一步：利用配备的内六角扳手松开夹具上的 M6 螺栓(见图 1)；

第二步：将夹具穿在试棒上，分别放在试棒的两端(见图 2)；

第三步：将一个夹具外端面紧靠试棒凸缘，另一夹具外端面与试棒圆端面平齐，放在同一平面上分别拧紧两个夹具的 M6 内六角螺栓，使两夹具和试棒成为一体(见图 3)。

4、拉手的使用方法

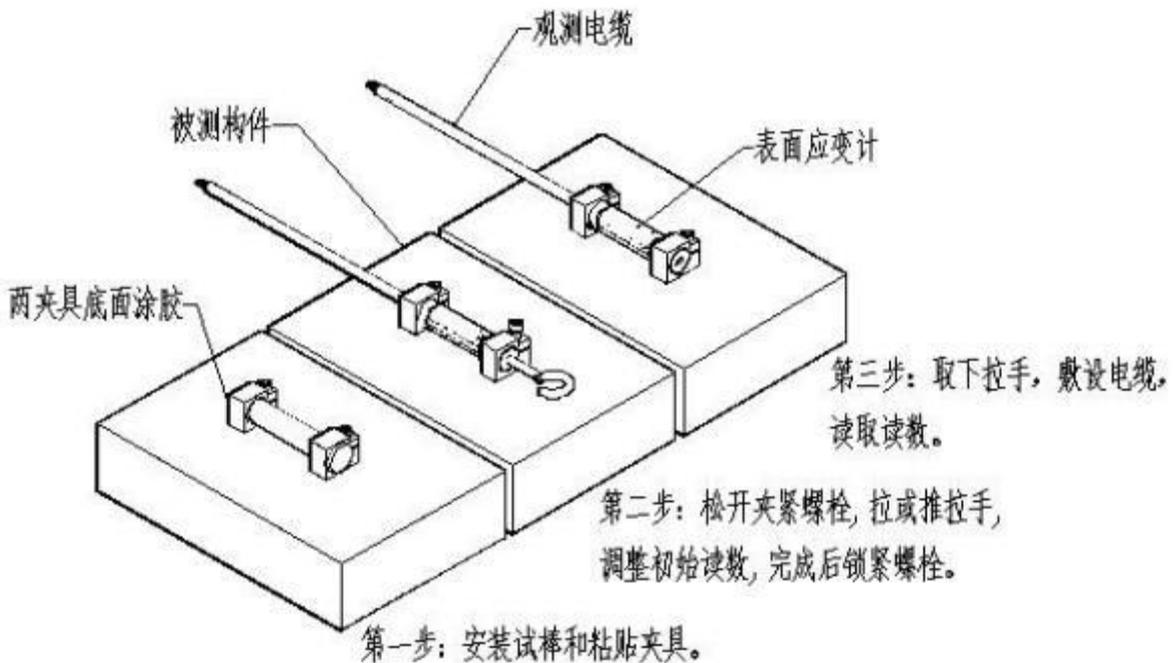


第一步：表面应变计安装完成后，如需调整初始读数，将拉手安装在表面应变计上(M6 螺纹连接，如上图所示)；

第二步：松开表面应变计安装拉手一端夹具的 M6 螺栓，拉或推应变计使其初始读数达到要求后，锁紧 M6 螺栓(见上图)；

第三步：取下拉手。

5、VWS-10F 型振弦式表面应变计安装步骤



第一步：在被测构件安装位置打毛表面，将装好试棒的夹具底面涂速干胶(如 AB 胶)粘贴在安装位置，用手按紧待胶干后松手；

第二步：松开两夹具 M6 螺栓，取下试棒；然后将表面应变计穿在固定好的夹具上，当表面应变计的圆端面与夹具外端面平齐后拧紧夹具 M6 螺栓；如需要调整表面应变计初始读数时，请安装拉手，调整初始读数，完成后锁紧螺栓；

第三步：取下拉手，合理敷设和保护观测电缆，读取读数记录在案。

6、VWS-10F 型振弦式表面应变计观测电缆芯线定义表

芯线颜色	红	黑	绿	白	屏蔽线
定义	频率+	频率-	温度	温度	地线

使用说明中的型号、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。