

# VWS-W 型振弦式无应力计使用说明

本使用说明仅适用于本公司生产的 VWS-W 型振弦式无应力计，其中包括有 VWS-10W、VWS-15W 两种型号。

## 1、用途

VWS-W 型振弦式无应力计适用于长期埋设在水工结构物或其它混凝土结构物内，测量结构物内部混凝土自身体积变化的应变变量，并可同步测量埋设点的温度。

振弦式无应力计由应变计和无应力桶组成，振弦式无应力计具有参数识别功能。

## 2、规格及主要技术参数

规格型号		VWS-10W	VWS-15W
尺寸 参数	标距 L	100mm	150mm
	有效直径 d	22mm	
	端部直径 D	33mm	
性能 参数	测 应变	拉伸	1500
	围 量范	压缩	1500
	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 $E_g$		300MPa~800MPa
	耐水压		$\geq 1\text{MPa}$
绝缘电阻		$\geq 50\text{M}\Omega$	

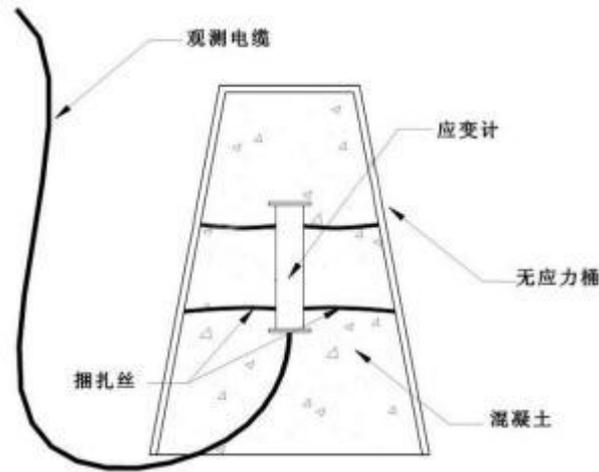
注：频率模数  $F=\text{Hz}^2 \times 10^{-3}$

## 3、结构及工作原理

### 3.1 结构

VWS-W 型振弦式无应力计由无应力计、无应力桶组成。无应力桶是用铁板制做的双层(夹层 8~10mm)有底无盖的圆形桶或截头锥形桶，该桶用来隔离桶内混凝土中的应变计不受外荷载的影响，但能测量由于桶内混凝土的自生体积变化而引起的应变变量。

外形尺寸：高度 32cm，大口 22cm，小口 11cm。



### 3.2 工作原理

当被测结构物内部的应力发生变化时，无应力计同步感受变形，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，即可测出被测结构物内部混凝土自身体积变化的应变量。同步测量埋设点的温度值。

### 3.3 计算方法

a) 当外界温度恒定无应力计仅受到轴向变形时，其应变量  $\varepsilon$  与输出的频率模数  $\Delta F$  具有如下线性关系：

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

$$\Delta F = F - F_0$$

式中：  $\varepsilon$ —无应力计的测量值，单位为  $10^{-6}$ ；

$k$ —无应力计的测量灵敏度，单位为  $10^{-6}/F$ ；

$\Delta F$ —无应力计实时测量值相对于基准值的变化量，单位为  $F$ ；

$F$ —无应力计的实时测量值，单位为  $F$ ；

$F_0$ —无应力计的基准值，单位为  $F$ 。

b) 当无应力计不受外力作用时（仪器两端标距不变），而温度增加  $\Delta T$  时，无应力计有输出量  $\Delta F'$ ，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  $\Delta T$  具有下列线性关系：

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

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

$$\Delta T = T - T_0$$

式中：  $b$ —无应力计的温度修正系数，单位为  $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；

$\Delta T$ —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) 埋设在水工结构物或其它混凝土结构物中的无应力计，受到的是变形和温度的双重作用，此时的温度修正系数为无应力计的温度修正系数与被测结构物的线膨胀系数之差，因此无应力计一般计算公式为：

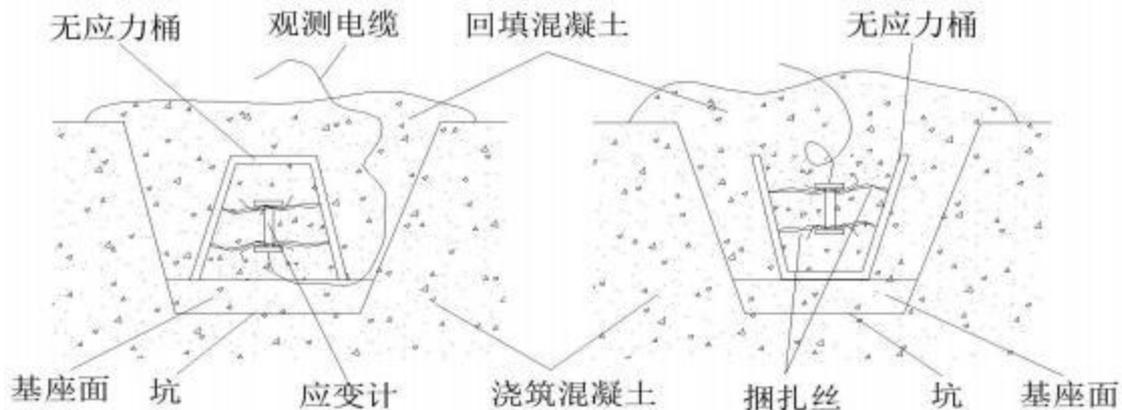
$$\varepsilon_m = k \times \Delta F + b' \times \Delta T = k \times (F - F_0) + (b - \alpha) \times (T - T_0)$$

式中： $\varepsilon_m$ —被测结构物的应变值，单位为  $10^{-6}$ ；

$\alpha$ —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： $\alpha \approx 8 \sim 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

#### 4、埋设与安装(图 1)



(图 1) 无应力计埋设示意图

##### 4.1 准备

先检查无应力计是否完好，将应变计连接读数仪，用手握住应变计两头的凸圆，轻轻在两端拉或压看读数仪测值是否正常。当确认应变计完好后，将应变计电缆一头向上装在无应力桶的中间，用无应力桶上附带的铁丝梆扎牢靠，应变计在无应力桶中上下、左右都应居中。

应变计就位后即向桶内灌满混凝土，人工振捣密实，混凝土应为无应力计将安装部位的同标号混凝土及配比。无应力计浇灌混凝土应在埋设前的 48 小时完成，以使无应力计在埋设时已经初凝，使无应力计就位后混凝土浇灌的冲击力对其影响甚小。

##### 4.2 安装埋设

埋设时，无应力计桶的开口向下或向上摆放(视被测要求而定)，四周浇筑混凝土。在埋设区安放保护标记，直到混凝土凝固后才能撤除，以防无应力计人为扰动。

无应力计埋设就位后应及时测读仪器，根据仪器编号和设计编号作好记录并存档，严格保护好仪器的引出电缆。

##### 4.3 选取基准值

无应力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，无应力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。

无应力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

现场测量无应力计用 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上传感器的输出电缆，黑、红测频率，白、绿测温度。无应力计内附有智能识别芯片，其内存贮有该传感器的编号、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，可顺序存入读数仪内，通讯给计算机，方便快速统计计算及查询，使测量实现人工智能无纸化操作。

工程现场多支无应力计电缆被意外挖断，仅用读数仪测量一遍，就可自动识别出每支传感器所对应的编号及身份信息。

## 6、传感器故障检查

当传感器测量出现故障时，可用万用表检查传感器芯线间的电阻值，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 $100\text{V}$  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 $\infty$ )。

## 7、电缆故障检查

振弦式传感器电缆接长通常用型号为YSPT-4P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， 电缆可能断路；
- c) 如果电阻测值非常小， 电缆可能是短路；

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 $25^{\circ}\text{C}$ 时应为 $3\text{k}\ \Omega$ 左右，再加上电缆的电阻。

- 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， 电缆可能是断路；
- c) 如果电阻测值非常小， 电缆可能短路。

其表现为读数仪测量不出温度值。

**7.3** 用 $100\text{V}$  直流兆欧表或万用表测量传感器芯线(红、黑线对地线，白、绿线对地线，红、黑线对白、绿线)的电阻，其测值如果很小( $< 5\text{M}\ \Omega$ )，可能电缆接头进水短路。

其表现为读数仪测量正常，MCU-32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。

## 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) 确定传感器的频率范围，正确选择读数仪的激励类型；
- d) 确定传感器的电阻基值，正确选择读数仪的电阻基值；
- e) 检查附近是否有干扰源，如电机、发电机、天线或交流动力电缆，应远离上述干扰源。

## 9、注意事项

无应力计安装就位前、后应及时测量频率和温度值，根据无应力计编号和设计编号作好记录并存档，特别注意保护无应力计信号引出电缆。

## 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

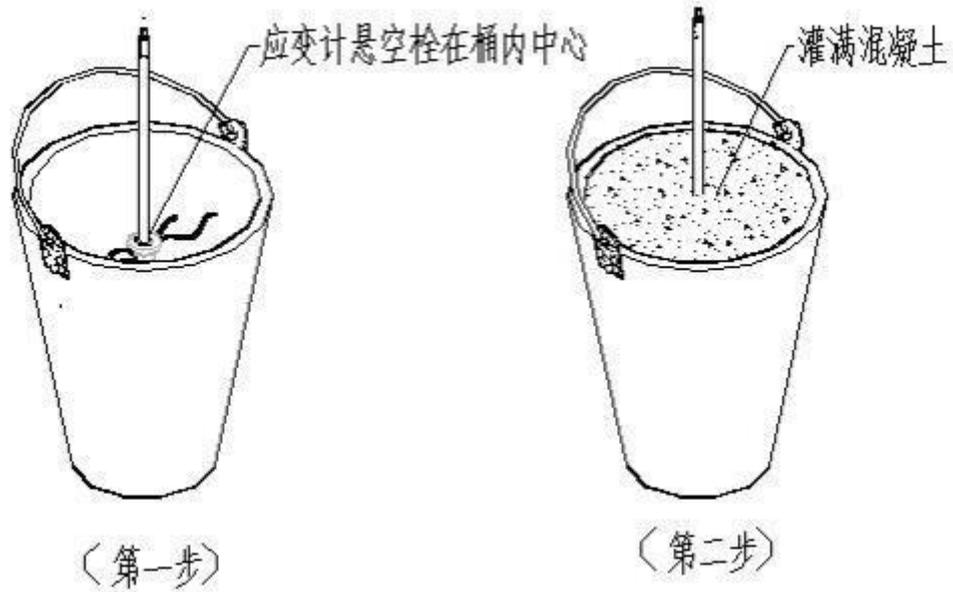
VWS-W 型振弦式无应力计自出厂之日起壹年内，如性能低于技术条件要求且系属产品质量问题，本公司负责免费维修或更换(若因现场防雷系统不完善遭遇强雷电等不可抗力所造成的损坏不在其例)。

### 附件： VWS-W 型振弦式无应力计安装指南

#### 1 VWS-W 型振弦式无应力计零部件图



## 2、VWS-W 型振弦式无应力计的预先浇筑

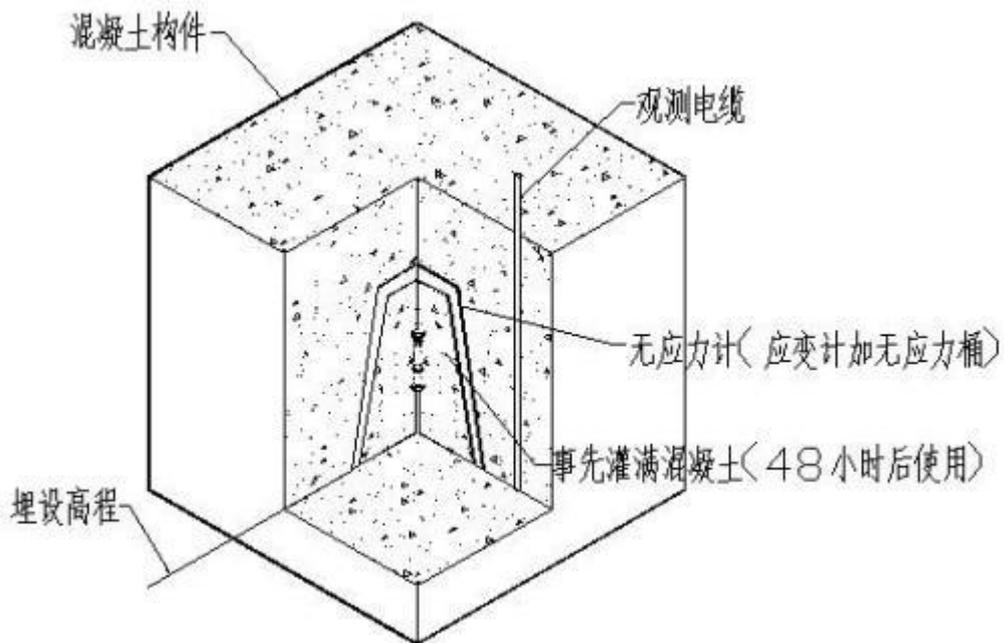


第一步：提前 48 小时以上预浇筑，利用无应力桶内的两组铁丝，将应变计悬空栓牢在桶内中心位置；观测电缆引出桶外(见图 1)。

第二步：将准备好的与浇筑大体积混凝土同标号(相同配比，剔除大骨料)的混凝土灌满无应力桶内腔，浇灌时逐级人工捣实(见图 2)。

第三步：浇灌好的无应力计，桶内混凝土凝固 48 小时后才能埋设在大体积混凝土中。

## 3、VWS-W 型振弦式无应力计的埋设步骤



**埋设步骤:**

- 1) 在埋设高程，埋设位置，将预先制备好的无应力计摆放稳固。
- 2) 将无应力计的观测电缆合理敷设和保护。
- 3) 读取无应力计的读数，确保无应力计完好，并记录存档。
- 4) 浇筑大体积混凝土，将无应力计埋设在大体积混凝土中，观测电缆引向观测房。

**4、VWS-W 型振弦式无应力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，敬请以最新版本为准。