

VWS 型振弦式应变计使用说明

本使用说明仅适用于本公司生产的 VWS 型振弦式应变计，其中包括有 VWS-10、VWS-15、VWS-10M、VWS-15M(大弹模)等系列型号。

1、用途

VWS 型振弦式应变计适用于长期埋设在水工结构物或其它混凝土结构物内，测量结构物内部的应变值，并可同步测量埋设点的温度。

应变计加装配套附件可组成多向应变计组、无应力计、岩石应变计等测量应变的仪器。大弹模应变计主要用于高仓位混凝土连续浇筑，如地下连续墙、防渗墙、灌注桩等工程场合。振弦式应变计具有参数识别功能。

2、规格及主要技术参数

规格型号			VWS-10	VWS-15	VWS-10M	VWS-15M
尺寸参数	标距 L		100mm	150mm	100mm	150mm
	有效直径 d		22mm			
	端部直径 D		33mm			
性能参数	应变测	拉伸	1500 μ ε			
	量范围	压缩	1500 μ ε			
	灵敏度 k		≤0.5 μ ε			
	拟合精度		≈0.1%F.S/0.5%F.S			
	测温范围		-40℃~+80℃			
	灵敏度		±0.1℃			
	测温精度		±0.5℃			
	修正系数 b		≈13 μ ε /℃			
	弹性模量 Eg		300MPa~800MPa		800MPa~1500MPa	
	耐水压		≥1MPa		≥2MPa	
	绝缘电阻		≥50MΩ			

注：频率模数 $F=Hz^2 \times 10^{-3}$

3 结构及工作原理

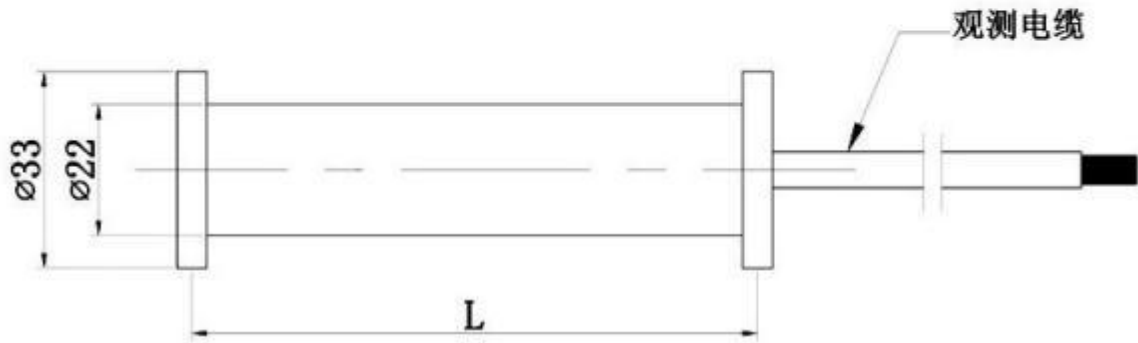
3.1 结构

VWS 型振弦式应变计由前后端座、不锈钢护管、观测电缆、振弦及激振电磁线圈等组成。

3.2 工作原理

当被测结构物内部的应力发生变化时，应变计同步感受变形，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的应变值。同步测量埋设点的温度值。

规格代号	VWS-10	VWS-15	VWS-10M	VWS-15M
标距 L: mm	100	150	100	150
有效直径d: mm	22	22	22	22
端部直径D: mm	33	33	33	33



3.3 计算方法

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

$$\epsilon = k \times \Delta F$$

$$\Delta F = F - F_0$$

式中： ϵ —应变计的测量值，单位为 10^{-6} ；

k —应变计的测量灵敏度，单位为 $10^{-6}/F$ ；

ΔF —应变计实时测量值相对于基准值的变化量，单位为 F ；

F —应变计的实时测量值，单位为 F ；

F_0 —应变计的基准值，单位为 F 。

b) 当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，应变计有输出量 $\Delta F'$ ，这个输出量是由温度变化而造成的，因此在计算时应给以扣除。

实验可知 $\Delta F'$ 与 ΔT 具有下列线性关系：

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

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

$$\Delta T = T - T_0$$

式中： b —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) 埋设在水工结构物或其它混凝土结构物中的应变计，受到的是变形和温度的双重作用，此时的温度修正系数为应变计的温度修正系数与被测结构物的线膨胀系数之差，因此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) 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

4.1 简述

应变计使用场合很广，仪器经加装一些附件可以组成多向应变计组、无应力计、岩石应变计等测量应变的仪器，这些仪器的工作情况及安装条件各不相同，所以埋设安装方法有所不同。下面主要对单向或双向应变计的埋设方法作一些简述，其它类型应变计的安装埋设方法可参照本说明。

4.2 仪器的准备

仪器到工地后即刻拆包，检查仪器在运输过程中是否有损坏或丢失，并用读数仪测读校验。仪器表面损坏影响使用的或测读校验困难的仪器，将其单独摆放，或退回厂家更换。

仔细记录每只应变计的出厂编号，并检查各电缆头上是否有编号标记（没有的补作编号标记），以便于在电缆引长后识别仪器。仪器电缆接长，应严格按电缆接头的规程操作。

4.3 埋设与安装

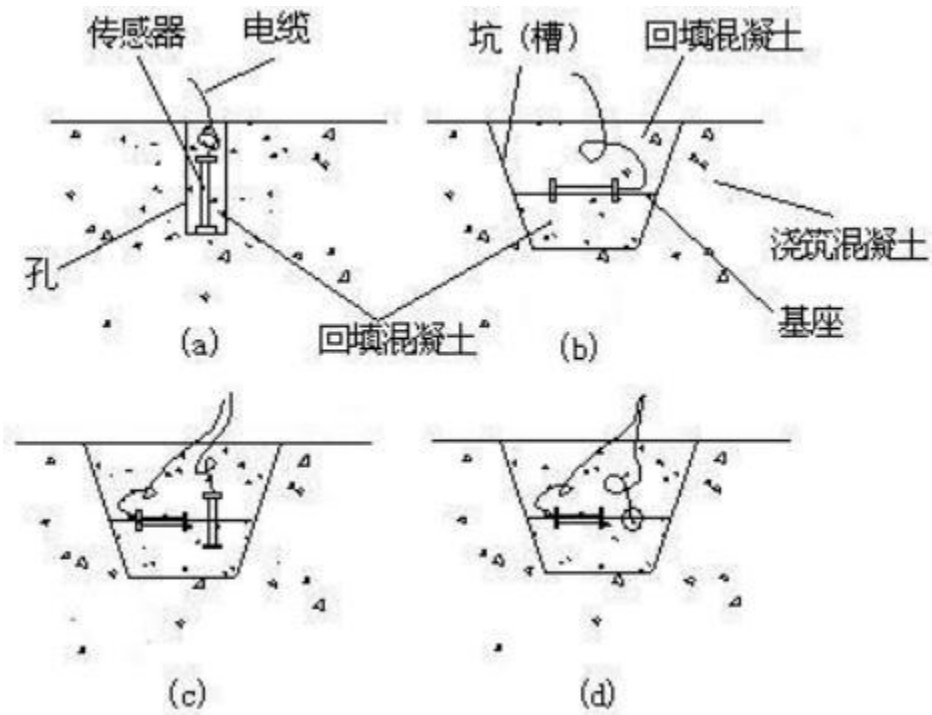
4.3.1 埋设

每支应变计都应按设计要求的位置和方向定位，并要求埋设应变计用的混凝土和被测结构物所用的混凝土标号相同。埋设前必须对应变计进行一次检测，发现问题可及时处理和更换，防止有故障的应变计被埋设。

回填混凝土时在应变计附件剔除大于 8cm 的骨料，人工分层振捣密实。混凝土下料时距仪器 1.5m 以上，振捣器距仪器大于半径 0.5m。

也可采用预置埋设槽的方法，该法是预先在仪器埋设部位设置槽模板，待混凝土凝固前拆除埋设槽模板，将仪器安装在槽内，然后人工回填混凝土。埋设完成后应做好标记，以防施工中人为损坏仪器。

4.3.2 单向和多向应变计(图 1)



(图 1) 单向和双向应变计埋设示意图

单向应变计埋设时应首先根据力的方向在坝体或其它结构物上定位，在混凝土浇筑到埋设高程时，在该部位挖尺寸在 $20 \times 15 \times 15\text{cm}$ 左右的坑(仪器测量标距不同)，清除混凝土中直径大于 8cm 的骨料，回填混凝土人工捣密实。

当埋设部位有钢筋时可以将应变计(包括电缆)绑扎在钢筋上，固定仪器可采用胶带、自锁扎带、细铁丝捆扎，捆扎要保证应变计位置不易移动，但捆扎不能过紧，阻碍应变计变形。观测电缆同样捆扎在钢筋上，但捆扎时也要松弛，靠近仪器的地方要打 8 回环。

埋设多向应变计时要用多向应变计安装支座，以固定每个受力方向的应变计。

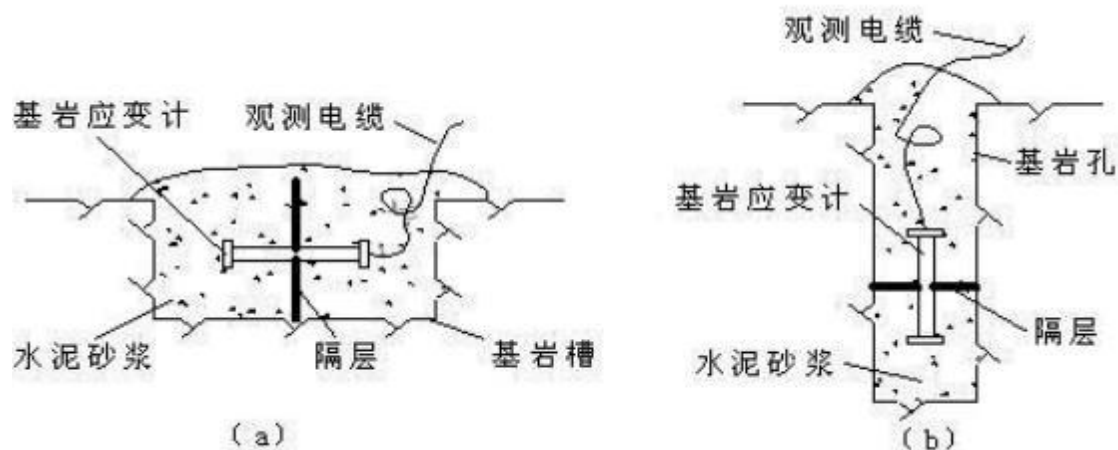
应变计埋设前要校对仪器的角度、方向、部位。规范要求：埋设仪器的角度误差应不超过 1° ，位置误差应不超过 2cm 。

应变计就位后用人工捣实应变计周围的混凝土，避免有过大的振动，以免扰动应变计放置的方位或损伤电缆。埋设完成后及时测量应变计，如有损坏及时更换。电缆按规定的走向埋设，并作好电缆的保护。

仪器的埋设位置、设计编号、仪器编号、电缆长度、埋设前读数、埋设后读数、埋设时的温度、湿度、气压等填表记录，并作好存档。

4.3.3 基岩应变计(图 2)

基岩应变计用以测量岩体内部的变形，应变计在岩体内不应跨越结构断面，安装在节理发育的岩体内，应变计标距可加长，使被测标距扩大。



(图 1) 基岩应变计埋设示意图

在埋设位置造孔(槽)，孔(槽)径应大于仪器的最大直径 4cm~5cm，以便留出回填固结料的空隙，仪器应位于埋设孔中心，孔(槽)内杂质要冲洗干净，排除积水。

埋设时用膨胀水泥填孔，为了防止膨胀水泥固结时对应变计的影响，可在应变计中间嵌一层 2mm 厚的隔离材料(如橡皮和油毛毡)，以消除膨胀水泥固结时的变形。

4.3.4 防渗墙中埋设应变计(图 3)

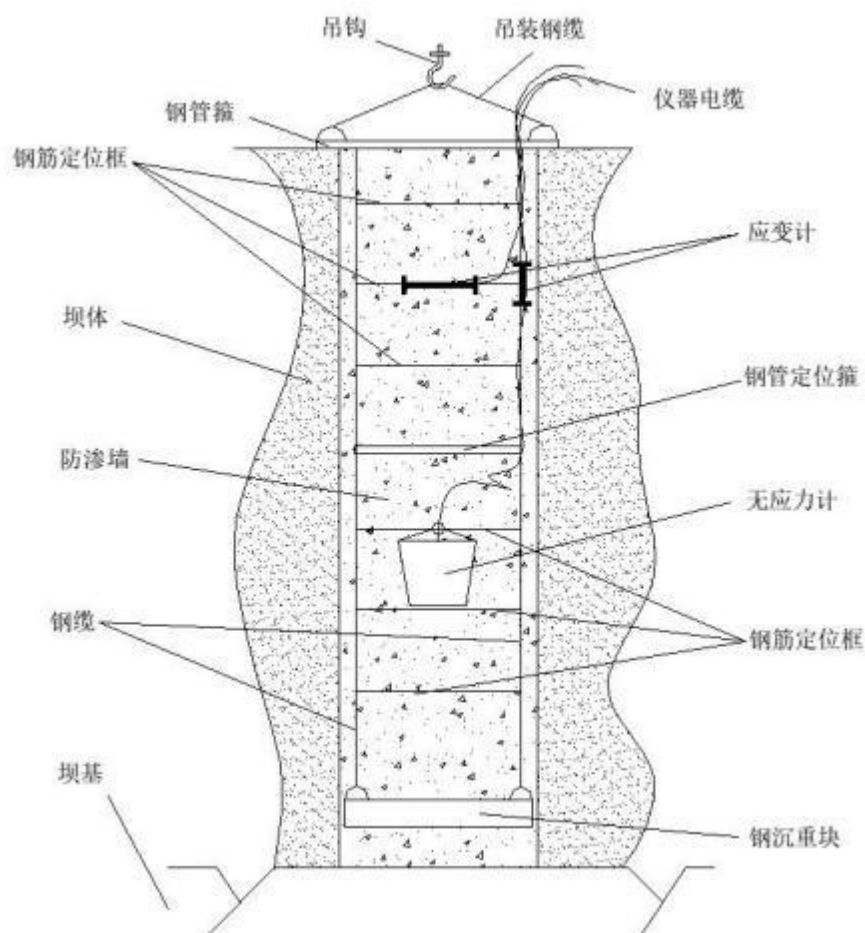
4.3.4.1 简述

防渗墙中埋设应变计一般采用两种形式，即钢性和柔性两种，钢性可用钢筋或角钢焊成笼骨架，柔性可用钢丝绳加固定框和承重块做成的吊笼。两种方法都是依靠笼子将应变计绑扎在设计高程，将笼子放入防渗墙的槽中，向防渗墙槽中灌注混凝土。

下面介绍采用柔性笼埋设应变计的方法，钢性笼的埋设方法基本相同。

4.3.4.2 柔性笼构成部件

- a) 铸铁沉重块(在四个角上预埋钢缆挂钩)；
- b) 四根一样长短的钢缆；
- c) 在固定应变计的部位设置细钢筋定位框；
- d) 用钢管做的吊装架；
- e) 吊装架的上部留有吊装钢缆。



(图 3) 防渗墙中埋设应变计的方法示意图

4.3.4.3 安装埋设

沉重块的比重应远大于同标号混凝土的比重，以免防渗墙混凝土浇筑时发生漂移。沉重块的宽度比防渗墙厚度小 5~10mm，以免在下放过程中卡在槽壁上。

安装埋设前应将铸铁沉重块和吊装架用四根一样长短的 $\phi 10\text{mm}$ 钢缆组装在一起，组装时钢缆扣要用双扣扣紧。悬挂沉重块的四根钢丝绳，每隔 5 米左右布置细钢筋定位框，以使钢丝绳不缠绕。

柔性笼采用吊装就位，若防渗墙槽比较深，应分段吊装，分段吊装时在分段处设置吊装挂耳。边往槽下放吊笼，边在设计高程位置固定应变计和无应力计。

应变计用细铁丝或扎绳固定在钢缆上(按设计要求确定方向)，无应力计悬挂在笼的中央，应变计的观测电缆汇集在一处松弛扎好引出。

防渗墙混凝土浇筑是连续的，在防渗墙槽中仪器的压力是非常大的，所以埋设在防渗墙 10 米以下的应变计必须采用大弹模应变计(VWS-10M 或 VWS-15M)。仪器的布置必须根据不同的埋设高程，设置不同弹模和初始模数的应变计(应变计的弹模和初始模数由厂家根据埋设高程或设计图设定)。

4.4 选取基准值

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，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。

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应变计的输出电缆，黑、红测频率，白、绿测温度。应变计内附有智能识别芯片，其内存贮有该应变计的编号、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应变计所对应的编号及身份信息。

6、应变计故障检查

当应变计测量出现故障时，可用万用表检查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°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

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°C 时应为 $3\text{k}\ \Omega$ 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 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 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) 确定应变计的频率范围，正确选择读数仪的激励类型；
- d) 确定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

应变计安装就位前、后应及时测量频率和温度值，根据应变计编号和设计编号作好记录并存档，特别注意保护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-S 型振弦式应变计组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)。

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。