



# 中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG(交通) 145—2020

---

## 基桩低应变仪

Pile Low Strain Instrument

2020-04-28 发布

2020-07-01 实施

---

中华人民共和国交通运输部 发布

## 目 录

引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 概述 .....	1
3 计量性能要求 .....	1
4 通用技术要求 .....	1
4.1 外观 .....	1
4.2 铭牌 .....	1
5 计量器具控制 .....	1
5.1 检定条件 .....	1
5.2 检定项目 .....	2
5.3 检定方法 .....	2
5.4 检定结果的处理 .....	4
5.5 检定周期 .....	4
附录 A 基桩低应变仪检定记录表格式 .....	5
附录 B 基桩低应变仪检定证书内页格式 .....	6
附录 C 基桩低应变仪检定结果通知书内页格式 .....	8

## 引 言

本规程依据 JJF 1002—2010 《国家计量检定规程编写规则》编写。

## 基桩低应变仪检定规程

### 1 范围

本规程适用于基桩低应变仪的首次检定、后续检定和使用中检查。

### 2 概述

基桩低应变仪是用于检测桩身缺陷程度及位置的测试分析仪器。基桩低应变仪由传感器、采集与显示装置、连接电缆、电源等组成。基桩低应变仪是利用反射波法在桩身传播时,当桩身的波阻抗发生变化会产生反射的原理,通过分析反射波的幅值、相位、到达时间,得出桩身缺陷的大小、性质、位置等信息,并最终判定桩基的完整性。

### 3 计量性能要求

基桩低应变仪计量性能要求见表1。

表1 基桩低应变仪计量性能要求

项 目	性 能 要 求	
加速度频率响应误差( $\delta_f$ )	$\delta_f \leq 10\%$	
加速度幅值线性度( $\gamma_f$ )	$\gamma_f \leq 10\%$	
时间(或频率)示值误差( $\delta_n$ )	$\delta_n \leq 3\%$	
输出噪声电压( $V_z$ )	连接传感器时	$V_z \leq 5\text{mV}$
	未接传感器时	$V_z \leq 2\text{mV}$
动态范围( $D_n$ )	$D_n > 60\text{dB}$	

### 4 通用技术要求

#### 4.1 外观

4.1.1 基桩低应变仪产品表面的涂镀层应牢固、均匀,不应有影响正常工作的脱落、起泡、锈蚀、磨损等缺陷。

4.1.2 基桩低应变仪的零部件应紧固无松动,键盘、开关、按钮和其他控制部件的控制应灵活可靠。

#### 4.2 铭牌

基桩低应变仪应有清晰的铭牌,标有产品名称、型号、生产厂家、出厂编号及出厂日期。

### 5 计量器具控制

#### 5.1 检定条件

##### 5.1.1 检定环境条件

环境条件要求如下:

- a) 室温:  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ;  
 b) 相对湿度: 应不大于 80%。

### 5.1.2 检定设备

基桩低应变仪检定设备及性能要求应符合表 2 的规定。

表 2 检定设备组成及性能要求

检定设备	性能要求
标准加速度计套组	加速度测量结果扩展不确定度 $U=3\%$ ( $k=2$ )
动态信号分析仪	最高采样频率不小于 100kHz, 频率最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ , 幅值最大允许误差为 $\pm 0.2\%$
标准振动台	频率范围 10Hz ~ 4kHz, 频率示值最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ , 加速度谐波失真度不大于 5%, 最大加速度峰值为 $100\text{m/s}^2$
信号发生器	频率范围 5Hz ~ 20kHz, 失真度不大于 0.2%

注: 标准加速度计套组包括标准加速度传感器和电荷放大器。

## 5.2 检定项目

检定项目见表 3, 检定记录表格式见附录 A。

表 3 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观	+	+	+
铭牌	+	+	+
加速度频率响应误差	+	+	+
加速度幅值线性度	+	+	-
时间(或频率)示值误差	+	+	-
输出噪声电压	+	+	-
动态范围	+	-	-

注: 凡需检定的项目用“+”表示, 不需要检定的项目用“-”表示。

## 5.3 检定方法

### 5.3.1 外观

采用目测和手检的方法检查外观。

### 5.3.2 铭牌

采用目测的方法检查铭牌。

### 5.3.3 加速度频率响应误差

加速度频率响应误差检定步骤如下:

- a) 将基桩低应变仪加速度传感器与标准加速度计以背靠背的方式安装于标准振动台中央位置, 连接动态信号分析仪与标准加速度计套组;

- b) 设置标准振动台的参数,推荐参考频率点为 160Hz,标准振动幅值为  $100\text{m/s}^2$ ,检定前以基桩低应变仪加速度传感器出厂灵敏度值为预设定值;
- c) 检定时根据测量显示值,修正基桩低应变仪的系统参考灵敏度设定值,使基桩低应变仪显示的振动幅值与动态信号分析仪显示的振动幅值一致,该设定值即为基桩低应变仪的系统参考灵敏度值;对于没有参考灵敏度设置功能的基桩低应变仪,可在标准振动台振幅为单位幅值时,以基桩低应变仪测得的电压幅值作为参考灵敏度值;
- d) 在全频段内选取不少于 7 个频率点,推荐频率为:10Hz、20Hz、40Hz、80Hz、160Hz、320Hz、650Hz、1 250Hz、2 000Hz,在标准振动台幅值不变的条件下,逐个改变频率点,在基桩低应变仪上测出每一频率点的幅值,以参考频率点的振动幅值作为参考值( $x_0$ ),按式(1)计算每个频率点的幅值相对误差  $\delta_i$ ,取  $\delta_i$  中绝对值最大值作为加速度频率响应误差检定结果。

$$\delta_i = \frac{x_i - x_0}{x_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\delta_i$ ——第  $i$  个频率点的幅值相对误差;

$x_i$ ——基桩低应变仪每个频率点输出加速度幅值( $\text{m/s}^2$ )。

### 5.3.4 加速度幅值线性度

加速度幅值线性度检定步骤如下:

- a) 在标准振动台振动幅值范围内选取 160Hz 为参考频率点,选取不少于 6 个不同的标准幅值  $a_i$ ,幅值可按照  $10\text{m/s}^2$ 、 $20\text{m/s}^2$ 、 $40\text{m/s}^2$ 、 $60\text{m/s}^2$ 、 $80\text{m/s}^2$ 、 $100\text{m/s}^2$  选取。
- b) 逐个改变标准振动台振动幅值( $a_i$ ),同时读出基桩低应变仪每个点的输出电压幅值( $y_i$ ),根据测量结果进行最小二乘法拟合,按式(2)计算基桩低应变仪输出电压幅值拟合值。

$$\tilde{y}_i = y_0 + ka_i \quad (2)$$

式中: $\tilde{y}_i$ ——基桩低应变仪输出电压幅值拟合值(mV);

$k$ ——斜率 [ $\text{mV}/(\text{m/s}^2)$ ];

$y_0$ ——截距(mV)。

- c) 按式(3)计算基桩低应变仪的幅值线性度  $\gamma_i$ ,取  $\gamma_i$  中的绝对值最大值作为加速度幅值线性度的检定结果。

$$\gamma_i = \frac{y_i - \tilde{y}_i}{y_M} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $y_M$ —— $y_i$  中输出电压幅值最大值(mV)。

### 5.3.5 时间(或频率)示值误差

时间(或频率)示值误差检定步骤如下:

- a) 将基桩低应变仪加速度传感器与标准加速度计以背靠背的方式安装于标准振动台中央位置,选择不少于 7 个频率点;
- b) 当振动频率为  $f_i$  时,使采样频率( $f_c$ )设定为 10 倍  $f_i$  值,读取基桩低应变仪显示时间域波形的 5 个振动周期( $T_5$ ),按式(4)计算基桩低应变仪的时间(或频率)示

值误差。

$$\delta_{ii} = \frac{T_5/5 - 1/f_i}{1/f_i} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $\delta_{ii}$ ——基桩低应变仪第  $i$  个频率点时间示值误差；

$f_i$ ——振动频率(Hz)；

$T_5$ ——基桩低应变仪显示时间域波形的 5 个振动周期(s)。

### 5.3.6 输出噪声电压和动态范围

输出噪声电压和动态范围检定步骤如下：

- 将基桩低应变仪信号输入端开路或对信号输入地短路,用动态信号分析仪测量基桩低应变仪输出端电压有效值,最大值( $V_{\text{rms1}}$ )即为未接传感器时的输出噪声电压；
- 将传感器连接到基桩低应变仪相应输入端,用动态信号分析仪测量基桩低应变仪输出端电压有效值,最大值( $V_{\text{rms2}}$ )即为连接传感器时的输出噪声电压；
- 将信号发生器输出端接入基桩低应变仪的输入端,测量基桩低应变仪满量程输出值  $V_0$ ；
- 按式(5)计算基桩低应变仪的动态范围。

$$D_R = 20 \times \lg\left(\frac{V_0}{\sqrt{2} V_{\text{rms1}}}\right) \quad (5)$$

式中： $D_R$ ——基桩低应变仪动态范围(dB)；

$V_0$ ——基桩低应变仪满量程输出值(mV)；

$V_{\text{rms1}}$ ——未接传感器时基桩低应变仪输出噪声电压有效值(mV)。

### 5.4 检定结果的处理

经检定合格的基桩低应变仪,发给检定证书,检定证书内页格式见附录 B;检定不合格的基桩低应变仪,发给检定结果通知书,并注明不合格项目,检定结果通知书内页格式见附录 C。

### 5.5 检定周期

基桩低应变仪的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

## 基桩低应变仪检定记录表格式

证书编号: \_\_\_\_\_

单位名称				生产单位					
计量器具名称				出厂编号					
型号/规格				检定结论					
技术依据									
外观									
铭牌									
系统灵敏度									
序号	时间(或频率)示值误差			加速度频率响应误差			加速度幅值线性度		
	标准 频率值 (Hz)	实测 频率值 (Hz)	频率 误差 (%)	频率 (Hz)	系统灵敏 度[mV/ (m/s <sup>2</sup> )]	频率 响应误差 (%)	加速度值 (m/s <sup>2</sup> )	系统灵敏 度[mV/ (m/s <sup>2</sup> )]	幅值 线性 (%)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
输出噪声电压		未接传感器		动态范围					
		连接传感器							
温度				相对湿度					

检定员 \_\_\_\_\_ 核验员 \_\_\_\_\_ 检定日期 \_\_\_\_\_



## 附录 B

## 基桩低应变仪检定证书内页格式

## 检定证书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点:				
温度		℃	地点	
相对湿度		%	其他	
定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	检定/校准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

## 检定证书第 3 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

## 检定结果

序号	被检项目		检定结果	结论
1	外观			
2	铭牌			
3	加速度频率响应误差			
4	加速度幅值线性度			
5	时间(或频率)示值误差			
6	输出噪声电压	未接传感器		
		连接传感器		
7	动态范围			

加速度系统参考灵敏度 \_\_\_\_\_

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“××××××”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权,不得部分复印本证书。

以下空白

## 附录 C

## 基桩低应变仪检定结果通知书内页格式

## 检定结果通知书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

检定机构授权说明				
检定环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	检定/校准 证书编号	有效期至

第 2 页 共 3 页

## 检定结果通知书第 3 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

## 检定结果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观		
2	铭牌		
3	加速度频率响应误差		
4	加速度幅值线性度		
5	时间(或频率)示值误差		
6	输出噪声电压	未接传感器	
		连接传感器	
7	动态范围		

加速度系统参考灵敏度 \_\_\_\_\_

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“××××××”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权,不得部分复印本证书。

附加说明

说明检定结果不合格项

以下空白

第 3 页 共 3 页