



中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG(交通) 144—2020

基桩高应变仪

Pile High 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

**基桩高应变仪
检定规程**

**Verification Regulation of Pile High
Strain Instrument**

JJG(交通) 144—2020

归口单位:全国水运专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位:交通运输部天津水运工程科学研究所
国家水运工程检测设备计量站

参加起草单位:中国计量科学研究院
华中科技大学
武汉中岩科技有限公司
上海岩联工程技术有限公司

本规程委托全国水运专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

周振杰(交通运输部天津水运工程科学研究所)

窦春晖(国家水运工程检测设备计量站)

李 妍(国家水运工程检测设备计量站)

韩鸿胜(交通运输部天津水运工程科学研究所)

曹玉芬(交通运输部天津水运工程科学研究所)

参加起草人：

崔建军(中国计量科学研究院)

王雪峰(华中科技大学)

张琦涛(武汉中岩科技有限公司)

代卫兵(上海岩联工程技术有限公司)

吴小勳(武汉中岩科技有限公司)

杨 涛(上海岩联工程技术有限公司)

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
5 计量器具控制	2
附录 A 基桩高应变仪检定记录表格式	6
附录 B 基桩高应变仪检定证书内页格式	7
附录 C 基桩高应变仪检定结果通知书内页格式	9

引 言

本规程依据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》编写。

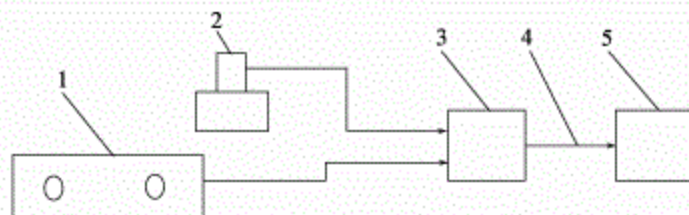
基桩高应变仪检定规程

1 范围

本规程适用于基桩高应变仪的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 概述

基桩高应变仪主要用于检测单桩轴向抗压承载力和桩身完整性。基桩高应变仪由加速度传感器、应变传感器、适配器、配套电缆及主机等组成,结构示意图见图1。基桩高应变仪工作原理是在桩顶施加高能量冲击荷载,传感器采集信号,自动绘制出速度曲线和力曲线,运用波动理论反演来推算被检桩的完整性、轴向抗压极限承载力。



说明:

1——加速度传感器;

2——应变传感器;

3——适配器;

4——配套电缆;

5——主机

图1 基桩高应变仪结构示意图

3 计量性能要求

基桩高应变仪计量性能要求见表1。

表1 基桩高应变仪计量性能要求

项 目	性 能 要 求
加速度幅值线性度(γ_i)	$ \gamma_i \leq 10\%$
加速度频率响应误差(δ_i)(10Hz ~ 2kHz)	$ \delta_i \leq 10\%$
应变幅值线性度(η)	$ \eta \leq 0.5\% F \cdot S$
应变重复性(ξ_k)	$ \xi_k \leq 0.5\%$

4 通用技术要求

4.1 外观

4.1.1 基桩高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 基桩高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

基桩高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等。

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) 温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度:应不大于 80%;
- c) 周围应无强电磁场干扰,无腐蚀性气体、液体,无其他冲击源。

5.1.2 检定设备

检定设备及要求见表 2。

表 2 检定设备及要求

检定设备		性能要求
加速度测量装置	标准冲击加速度套组	加速度测量范围为 $0 \sim 10\,000\text{m/s}^2$, 加速度测量不确定度为 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 $\pm 0.2\%$
	标准冲击台	最大加速度不小于 $20\,000\text{m/s}^2$
振动测量装置	标准振动加速度套组	加速度测量范围为 $0 \sim 200\text{m/s}^2$, 加速度测量不确定度为 3% ($k=2$), 频率测量范围为 1Hz ~ 5kHz
	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	频率范围为 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 100m/s^2
应变测量装置	标准应变发生装置	最大应变位移量不小于 2mm
	位移测量仪表	测量范围为 $0 \sim 5\text{mm}$, 线性度不大于 0.1%
注:标准冲击加速度套组包括标准冲击加速度传感器和电荷放大器,标准振动加速度套组包括标准振动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	+	+	+
加速度幅值线性度	+	+	-
加速度频率响应误差	+	+	+
应变幅值线性度	+	+	-
应变重复性	+	+	-

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 加速度幅值线性度

加速度幅值线性度检定步骤如下:

- 使基桩高应变仪加速度传感器与标准冲击加速度传感器以背靠背的方式刚性连接于标准冲击台落锤上;
- 连接标准冲击加速度套组与动态信号分析仪,设置基桩高应变仪加速度传感器灵敏度为出厂值;
- 根据基桩高应变仪加速度传感器的测量范围,均匀选取不少于7个检定点(应包含最小和最大幅值,一般情况下选取最小幅值为 500m/s^2 ,最大幅值为 $10\,000\text{m/s}^2$),将落锤从低到高依次提升至各检定点对应的高度并迅速释放,使其自由降落并与砧头碰撞后产生冲击信号,读取每个检定点的基桩高应变仪输出电压幅值(S_i)和动态信号分析仪采集的加速度幅值(a_i);
- 用最小二乘法线性拟合,获得截距(S_0)和斜率(K),按式(1)计算基桩高应变仪输出电压幅值的拟合值:

$$\tilde{S}_i = S_0 + Ka_i \quad (1)$$

式中: \tilde{S}_i ——基桩高应变仪输出电压幅值的拟合值(mV);

S_0 ——截距(mV);

K ——斜率,即被检基桩高应变仪加速度传感器灵敏度 $[\text{mV}/(\text{m/s}^2)]$ 。

- e) 按式(2)计算幅值线性度 γ_i , 取 γ_i 中的绝对值最大值作为加速度幅值线性度检定结果。

$$\gamma_i = \frac{S_i - \tilde{S}_i}{S_{iM}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: S_{iM} —— S_i 中最大值(mV)。

5.3.4 加速度频率响应误差

加速度频率响应误差检定步骤如下:

- 将基桩高应变仪加速度传感器与标准振动加速度传感器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振动加速度套组;
- 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 100m/s^2 ;
- 在全频段内选择不少于 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, 在基桩高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(3)计算每个频率点的幅值相对误差 δ_i , 取 δ_i 中的绝对值最大值作为加速度频率响应误差检定结果。

$$\delta_i = \frac{x_i - x_0}{x_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: δ_i ——第 i 个频率点的幅值相对误差;

x_i ——基桩高应变仪每个频率点测得的幅值(mV)。

5.3.5 应变幅值线性度

应变幅值线性度检定方法如下:

- 固定应变传感器于标准应变发生装置上, 连接应变传感器与基桩高应变仪主机, 用位移测量仪表测量初始标距;
- 在传感器满量程范围内均匀地划分 10 级位移增量, 读取基桩高应变仪的应变初始值作为零点输出;
- 由低到高逐级调整标准应变发生装置的位移, 达到每级位移增量值并稳定后, 记录基桩高应变仪应变数据采集器的输出电压和位移测量仪表数值;
- 用最小二乘法线性拟合, 获得应变传感器的系统灵敏度(Z);

注: 以基桩高应变仪应变数据采集器输出的电压值作为 X , 位移测量仪表读数除以应变传感器初始标距得到的应变值作为 Y 。

- e) 按式(4)计算应变幅值线性度 η :

$$\eta = \frac{\Delta Y_{\max}}{Y} \times 100\% \quad (4)$$

式中: ΔY_{\max} ——实测曲线与拟合直线间的最大偏差(mV);

Y ——基桩高应变仪应变数据采集器的满量程输出(mV)。

5.3.6 应变重复性

按 5.3.5 中 a) ~ d) 步骤并反复进行 5 次测量, 选取各级位移增量对应的测试点, 按

式(5)计算应变重复性 ξ_R , 取 ξ_R 中最大值作为应变重复性检定结果。

$$\xi_R = \frac{S_{Z_n}}{\bar{Z}_n} \times 100\% \quad (5)$$

式中: S_{Z_n} ——5次测量应变传感器灵敏度的标准偏差($\mu\epsilon/mV$);

\bar{Z}_n ——5次测量应变传感器灵敏度的平均值($\mu\epsilon/mV$)。

5.4 检定结果的处理

经检定合格的基桩高应变仪, 发给检定证书, 检定证书内页格式见附录 B; 检定不合格的基桩高应变仪, 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

基桩高应变仪的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

基桩高应变仪检定记录表格式

证书编号: _____

器具名称		规格型号		
出厂编号		制造单位		
送检单位				
标准器名称		测量范围		
不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		标准器证书编号		
标准器有效期至		检定地点		
外观检查		铭牌检查		
序号	加速度		应变	
	标准值 (m/s^2)	测量值 (mV)	标准值 ($\mu\varepsilon$)	测量值 (mV)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
加速度幅值线性度			加速度频率响应	
应变幅值线性度			应变幅值重复性	

室温:

相对湿度:

检定员:

核验员:

检定日期: 年 月 日

附录 B

基桩高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		
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	加速度幅值线性度		
4	加速度频率响应误差		
5	应变幅值线性度		
6	应变重复性		

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

基桩高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	合格判断
1	外观		
2	铭牌		
3	加速度幅值线性度		
4	加速度频率响应误差		
5	应变幅值线性度		
6	应变重复性		

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