

JJF

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) 37—2017

锚杆无损检测仪校准规范

Calibration Specification for the Instrument of Anchor Bolt

Non-destructive Testing

2017—03—30 发布

2017—06—01 实施

湖北省质量技术监督局 发布

锚杆无损检测仪校准规范

JJF (鄂) 37-2017

Calibration Specification for the Instrument of

Anchor Bolt Non-destructive Testing

归口单位：湖北省质量技术监督局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：武汉中岩科技有限公司

武汉长盛工程检测技术开发有限公司

长江大学

本规范由起草单位负责解释

本规范主要起草人:

许 颖 (湖北省计量测试技术研究院)

郭 海 (湖北省计量测试技术研究院)

徐爱华 (湖北省计量测试技术研究院)

杨 冰 (武汉中岩科技有限公司)

刘 鏊 (武汉长盛工程检测技术开发有限公司)

王军民 (长江大学)

参加起草人:

罗亚清 (湖北省计量测试技术研究院)

王 健 (湖北省计量测试技术研究院)

姚秋平 (湖北省计量测试技术研究院)

杨永波 (武汉中岩科技有限公司)

陶凤娟 (武汉长盛工程检测技术开发有限公司)

罗明璋 (长江大学)

目 录

1 范围.....	(1)
2 引用文献.....	(1)
3 术语.....	(1)
3.1 锚杆无损检测仪.....	(1)
4 概述.....	(1)
4.1 原理与结构.....	(1)
4.2 用途.....	(1)
5 计量特性.....	(1)
5.1 时间示值相对误差.....	(1)
5.2 动态范围.....	(2)
5.3 电压幅值示值相对误差.....	(2)
5.4 噪声电平.....	(2)
5.5 样本锚杆长度测量一致性.....	(2)
5.6 幅值线性误差.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 校准用仪器设备.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
7.2 校准方法.....	(3)
8 校准结果的表达.....	(7)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 锚杆无损检测仪校准结果参考格式.....	(8)
附录 B 锚杆无损检测仪校准记录参考格式.....	(9)
附录 C 测量不确定度评定实例.....	(10)

锚杆无损检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于锚杆无损检测仪（以下简称锚杆仪）的校准，其他类似的检测仪器也可参照本规范进行校准。

2 引用文件

GB/T 11464 电子测量仪器术语

GB/T 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求

GB 50086- 2015 锚杆喷射混凝土支护技术规范

CECS 22: 2005 岩土锚杆（索）技术规程

JGJ/T 182 - 2009 锚杆锚固质量无损检测技术规程

SL 326 -2005 水利水电工程物探规程

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 锚杆无损检测仪

通过无损测试技术，用于锚杆杆体长度及锚杆锚固密实度、锚杆锚固缺陷位置分析的仪器设备。

4 概述

4.1 原理与结构

锚杆仪是采用应力波反射法检测锚杆长度的仪器，将接收传感器安装在锚杆端部，在锚杆端部激发应力波，并沿锚杆传播至杆底再反射回端部。

4.2 用途

本规范指的锚杆仪适用于检测锚杆长度。

5 计量特性

5.1 时间示值相对误差

电信号优于 $\pm 0.5\%$ ；振动信号优于 $\pm 1.0\%$ 。

5.2 动态范围

电信号不小于 24dB；振动信号不小于 18dB。

5.3 电压幅值示值相对误差

锚杆仪电压幅值示值相对误差优于 $\pm 10\%$ 。

5.4 噪声电平

锚杆仪噪声电平小于 1mV。

5.5 样本锚杆长度测量一致性

样本锚杆长度测量一致性优于 $\pm 3\%$ 。

5.6 幅值线性误差

电信号衰减 24dB，误差优于 0.5dB；振动信号衰减 18dB，误差优于 1.0dB。

6 校准条件

6.1 环境条件

——温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

——相对湿度： $\leq 80\%$ ；

——电源电压：电压为 220 V ($\pm 10\%$)，频率为 50Hz ($\pm 5\%$)；

——其它：周围无影响锚杆仪正常工作的强烈电磁场和强烈机械振动；

如果校准用仪器设备规定了正常使用的环境条件，应符合其规定。

6.2 校准用仪器设备

锚杆仪校准用仪器设备主要有信号发生器、样本锚杆、标准振动台，其主要技术要求如下：

6.2.1 信号发生器

频率范围：10Hz~50kHz，输出电压峰值不小于 2V，频率准确度优于 5×10^{-4} ，失真度优于 0.5%，可输出猝发音信号。

6.2.2 样本锚杆

样本锚杆长度范围：(2~5) m，锚杆长度最大允许误差优于 $\pm 0.5\%$ 。

6.2.3 标准振动台

加速度波形失真度优于 5%，横向振动比优于 10%，加速度幅值准确度优于 3%。

6.2.4 功率放大器

输出波形失真不大于 2%。

6.2.5 标准衰减器

衰减范围 (0—30) dB, 频率范围 (0—50) kHz, 衰减误差: $(0.5\%A \pm 0.02)$ dB, 式中 A 为衰减量。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

锚杆仪校准项目见表 1。

表 1 锚杆仪校准项目一览表

序号	项目名称	技术要求条款号	校准方法的条款号
1	时间示值相对误差	5.1	7.2.1
2	动态范围	5.2	7.2.2
3	电压幅值示值相对误差	5.3	7.2.3
4	噪声电平	5.4	7.2.4
5	样本锚杆长度测量一致性	5.5	7.2.5
6	幅值线性误差	5.6	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 时间示值相对误差

1) 电信号测量

如图 1, 连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位, 锚杆仪长度测量置最大值, 调节信号发生器猝发音信号输出频率为 1kHz, 波数为 5 个, 延迟为 50 μ s, 读取锚杆仪上时域曲线首波的时间示值作为零位予以消除。调节猝发音信号延迟每 500 μ s, 在锚杆仪做一次时间测量, 直至锚杆仪的测量上限, 代入下式计算出时间示值相对误差。

$$\delta_A = \frac{t - t_0}{t_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

t_0 ——猝发音信号延迟时间, s;

t ——锚杆仪测出的时间, s;

δ_A ——时间示值相对误差, %。

按上述校准方法在锚杆仪信号带宽的频率范围内选择不少于 5 个频率点进行测量, 分别计算出时间示值相对误差, 则误差最大值为时间示值相对误差。



图1 电信号测试系统框图

2) 振动信号测量

如图 2, 连接锚杆仪与振动台, 锚杆仪滤波器置合适档位, 锚杆仪长度测量置最大值, 调节信号发生器猝发音信号输出频率为 1kHz, 波数为 5 个, 延迟为 $50 \mu\text{s}$, 读取锚杆仪上时域曲线首波的时间示值作为零位予以消除。调节猝发音信号延迟每 $500 \mu\text{s}$, 在锚杆仪做一次时间测量, 直至锚杆仪的测量上限, 代入式(1)计算, 则误差最大值为时间示值相对误差。

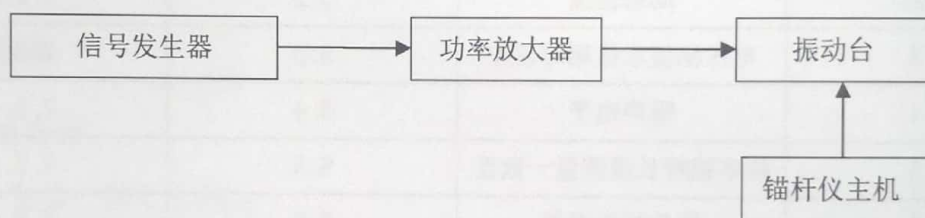


图2 振动信号测试系统框图

7.2.2 动态范围

1) 电信号测量

如图 1, 连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位, 调节信号发生器输出, 使在显示屏上适当位置处有稳定的垂直满刻度的信号, 调节标准衰减器, 读取信号幅度自垂直满刻度下降至刚能辨认之最小值时的衰减量, 即为被检锚杆仪的动态范围。

2) 振动信号测量

如图2, 连接锚杆仪与振动台, 锚杆仪滤波器置合适档位, 调节信号发生器输出, 使在显示屏上适当位置处有稳定的垂直满刻度的信号, 调节标准衰减器, 读取信号幅度自垂直满刻度下降至刚能辨认之最小值时的衰减量, 即为被检锚杆仪的动态范围。

7.2.3 电压幅值示值误差

如图 1, 连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位, 信号发生器输出频率为 1kHz 的信号, 调节被测锚杆仪, 使锚杆仪显示波幅达满幅的 $1/2$ 以上。调节

信号发生器输出电压峰值分别为 1V、0.2V、10mV，采样后读取锚杆仪电压指示值，按 (2) 式计算电压幅值示值误差。将信号发生器输出频率调整为 500Hz、10kHz 按上述方法再次试验，则误差最大值为电压幅值示值误差。

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\text{指示值}} - V_{\text{标准值}}}{V_{\text{标准值}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\frac{\Delta V}{V}$ —— 电压幅值示值误差，%；

$V_{\text{指示值}}$ —— 锚杆仪指示电压值，V；

$V_{\text{标准值}}$ —— 输入标准电压值，V。

7.2.4 噪声电平

锚杆仪滤波器置合适档位，增益置最大，输入端短路，测量噪声电压的峰峰值，并按式 (3) 计算仪器噪声电平的有效值。

$$N_p = V_{p-p} / 2\sqrt{2} \quad (3)$$

式中： N_p —— 噪声电平，mV；

V_{p-p} —— 噪声电压峰峰值，mV。

7.2.5 样本锚杆长度测量一致性

将加速度传感器安装在样本锚杆端部，并将加速度计与锚杆仪连接，设置锚杆仪波速，采样间隔等参数，采集信号，读取锚杆仪测量的样本锚杆长度，按上述方法测量 6 次，分别得到锚杆仪所测得的样本锚杆长度指示值 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 ，并按 (6) 计算锚杆长度测量一致性。

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (5)$$

$$\delta_s = \frac{s}{\bar{L}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

L_i ——锚杆长度单次测量值, m;

\bar{L} ——锚杆长度平均测量值, m;

s ——锚杆长度测量重复性, m;

n ——锚杆长度测量次数;

δ_s ——锚杆长度测量一致性, %。

7.2.6 幅值线性误差

1) 电信号测量

如图1, 连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位, 调节信号发生器输出, 使在显示屏上适当位置处有稳定的垂直满刻度的信号, 记下满刻度时信号的峰值 A_0 , 调节标准衰减器, 衰减24dB, 读取对应信号幅度峰值 A_1 , 并按(7)计算锚杆仪幅值线性误差。

$$\varepsilon_A = 20 \lg \frac{A_0}{A_1} - 24 \quad (7)$$

式中:

ε_A ——锚杆仪幅值线性误差, dB;

A_1 ——衰减24dB信号峰值;

A_0 ——锚杆仪满刻度信号峰值。

2) 振动信号测量

如图2, 连接锚杆仪与振动台, 锚杆仪滤波器置合适档位, 调节信号发生器输出, 使在显示屏上适当位置处有稳定的垂直满刻度的信号, 记下满刻度时信号的峰值 A , 调节标准衰减器, 衰减18dB, 读取对应信号幅度峰值 A_1 , 并按(8)计算锚杆仪幅值线性误差。

$$\varepsilon_A = 20 \lg \frac{A}{A_1} - 18 \quad (8)$$

式中:

ε_A ——锚杆仪幅值线性误差, dB;

A_1 ——衰减18dB信号峰值；

A_0 ——锚杆仪满刻度信号峰值。

8 校准结果的表达

校准证书按所校准项目给出相应的时间示值相对误差、动态范围、电压幅值示值相对误差、噪声电平、锚杆长度测量一致性、幅值线性误差和测量不确定度等。校准证书参考格式见附录 A。

9 复校时间间隔

锚杆仪复校时间间隔可根据实际使用情况由用户自主确定，推荐校准时间间隔为一年。

附录 A

锚杆无损检测仪校准结果参考格式

校准结果:

时间示值相对误差 (%)	
动态范围 (dB)	
电压幅值示值相对误差 (%)	
噪声电平 (mV)	
锚杆长度测量一致性 (%)	
幅值线性误差 (%)	
测量不确定度	

附录 B

锚杆无损检测仪校准记录参考格式

证书编号: _____

申请单位	标准器名称	
	规格型号	
仪器名称	编 号	
制 造 者	证 书 号	
型号规格	有效期至	
编 号	标准器状况	
技术依据	环境条件	温度: ℃ 湿度: %RH 地点:

1. 时间示值相对误差:

电信 号测 量	标准值 (s)						
	指示值 (s)						
	示值误差 (%)						
振动 信号 测量	标准值 (s)						
	指示值 (s)						
	示值误差 (%)						

2. 动态范围: 电信号测量 _____ dB, 振动信号测量 _____ dB

3. 电压幅值示值相对误差:

标准频率 (Hz)										
标 准 值										
指 示 值										
示值误差 (%)										

4. 噪声电平:

5. 锚杆长度测量一致性: _____ %

测量次数	L1	L2	L3	L4	L5	L6
指示值 (m)						

6. 幅值线性误差:

电信号测量	A ₀		振动信号 测量	A ₀	
	A ₁			A ₁	
	幅值线性误差 (dB)			幅值线性误差 (dB)	

7. 测量扩展不确定度:

校准员		核验员		校准日期	年 月 日
-----	--	-----	--	------	-------

附录 C

C.1 锚杆仪时间示值相对误差测量不确定度评定实例

C.1.1 校准方法

连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位。调节信号发生器频率为 1kHz, 波数为 5 个, 延迟为 50 μ s。调节信号发生器延迟 1ms, 锚杆仪测量此时时间值。

C.1.2 测量模型

$$\delta_A = \frac{t - t_0}{t_0} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

t_0 —— 信号发生器延迟时间, ms;

t —— 锚杆仪测出的周期时间, ms;

ε_i —— 时间示值相对误差。

C.1.3 合成方差和灵敏系数

$$u_c^2(\varepsilon_i) = c^2(t)u^2(t) \quad (\text{C.2})$$

式中灵敏度系数为:

$$c(t) = \frac{\partial(\varepsilon_i)}{\partial(t)} = \frac{1}{t_0} \quad (\text{C.3})$$

故:

$$u_c^2(\varepsilon_i) = \frac{u^2(t)}{t_0^2} \quad (\text{C.4})$$

C.1.4 计算锚杆仪时间示值相对误差的测量不确定度

信号发生器频率测量的扩展不确定度为 $U_{rel} = 1.2 \times 10^{-7}\%$, $k = 2$, 信号发生器引入的不确定很小, 可忽略不计, 因此不确定度来源主要有以下几个方面:

重复测量引入的不确定度 u_1 , 属于 A 类不确定度;

锚杆仪分辨力引入的不确定度 u_2 , 属于 B 类不确定。

C.1.4.1 重复测量引入的不确定度

测量锚杆的时间, 共计 9 次, 分别为 t_1, t_2, \dots, t_9 , 其平均值记为 \bar{t} 。测量值及计

算结果见表 C.1。

表 C.1 测量值及计算结果

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
测量值/ms	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.003	0.997
$\bar{t} = 1.000\text{ms}$									
$s(t_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.002\text{ms}$									

9 次测量平均值的标准不确定度:

$$u_1 = s(t_i)/3 = 0.0007\text{ms}$$

C.1.4.2 锚杆仪分辨力引入的不确定度:

假设服从均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, $a = \frac{\delta_x}{2}$, $\delta_x = 0.001\text{ms}$ 则:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{\delta_x}{2\sqrt{3}} = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.0003\text{ms}$$

C.1.4.3 合成不确定度:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.0008\text{ms}$$

C.1.4.4 锚杆时间示值误差测量相对扩展不确定度:

$$\text{取 } k=2, \text{ 则 } U_r = \frac{2u}{t_0} \times 100\% = 0.16\%$$

C.2 锚杆仪电压幅值示值相对误差测量不确定度评定实例

C.2.1 校准方法

连接锚杆仪主机与信号发生器, 锚杆仪滤波器置合适档位, 信号发生器输出频率为 1kHz 的信号, 调节被测锚杆仪, 使锚杆仪显示波幅达满幅的 1/2 以上。调节信号发生器输出电压峰值为 1V, 采样后读取锚杆仪电压指示值。

C.2.2 测量模型

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\text{指示值}} - V_{\text{标准值}}}{V_{\text{标准值}}} \times 100\% \quad (\text{C.5})$$

式中:

$\frac{\Delta V}{V}$ —— 电压幅值示值误差, %;

$V_{\text{指示值}}$ —— 锚杆仪指示电压值, V;

$V_{\text{标准值}}$ —— 输入标准电压值, V。

C.2.3 合成方差和灵敏系数

$$u_c^2\left(\frac{\Delta V}{V}\right) = c^2(V_{\text{指示值}})u^2(V_{\text{指示值}}) \quad (\text{C.6})$$

式中灵敏度系数为:

$$c(V_{\text{指示值}}) = \frac{\partial\left(\frac{\Delta V}{V}\right)}{\partial(V_{\text{指示值}})} = \frac{1}{V_{\text{标准值}}} \quad (\text{C.7})$$

故:

$$u_c^2\left(\frac{\Delta V}{V}\right) = \frac{u^2(V_{\text{指示值}})}{V_{\text{标准值}}^2} \quad (\text{C.8})$$

C.2.4 计算锚杆长度测量误差的不确定度

不确定度来源主要有以下几个方面:

重复测量引入的不确定度 u_1 , 属于 A 类不确定度;

信号发生器引入的不确定度 u_2 , 属于 B 类不确定度。

C.2.4.1 重复测量引入的不确定度

测量锚杆仪电压幅值, 共计 9 次, 分别为 V_1, V_2, \dots, V_9 , 其平均值记为 \bar{V} 。测量值及计算结果见表 C.2。

表 C.2 测量值及计算结果

组数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
测量值/V	1.00075	1.00325	1.00388	1.00764	1.00826	1.00137	1.00200	1.00324	1.00185
$\bar{V} = 1.003582\text{V}$									
$s(V_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} = 0.003379\text{V}$									

9 次测量平均值的标准不确定度:

$$u_1 = \frac{s(V_i)}{3 \times V_{\text{标准值}}} \times 100\% = 0.113\%$$

C. 2. 4. 2 信号发生器引入的不确定度:

信号发生器电压幅值测量不确定 $U_r=1.3\%$, $k=2$, 则:

$$u_2 = \frac{U_r}{k} = 0.65\%$$

C. 2. 4. 3 合成不确定度:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.66\%$$

C. 2. 4. 4 锚杆电压幅值示值误差测量相对扩展不确定度:

取 $k=2$, 则 $U_r = 2u = 1.4\%$