



安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 186—2024

非接触式混凝土收缩仪用位移传感器 校准规范

Calibration Specification for Displacement Sensors of
Non-contact Concrete Shrinkage Instruments

2024-01-10 发布

2024-03-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

非接触式混凝土收缩仪用位移 传感器校准规范

Calibration Specification for Displacement
Sensors of Non-contact Concrete Shrinkage
Instruments

JJF (皖) 186-2024

归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：铜陵市计量测试研究所

参加起草单位：铜陵市度量衡管理所

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

程 亮（铜陵市计量测试研究所）

陈 超（铜陵市计量测试研究所）

吴郁蕾（铜陵市计量测试研究所）

李长杰（铜陵市计量测试研究所）

鲍 超（铜陵市计量测试研究所）

参加起草人：

施 蓉（铜陵市度量衡管理所）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(2)
4.1 测量重复性	(2)
4.2 示值误差	(2)
4.3 示值稳定性	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 校准用标准器及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 测量重复性	(2)
6.2 示值误差	(3)
6.3 示值稳定性	(3)
7 校准结果表达	(3)
8 复校时间间隔	(3)
附录 A 校准原始记录格式	(4)
附录 B 校准证书内页格式	(5)
附录 C 位移传感器示值误差校准结果测量不确定度评定示例	(6)
附录 D 静态测量台架及金属圆盘相关技术要求	(9)

引 言

本规范以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行制定。

本规范为首次发布。

非接触式混凝土收缩仪用位移传感器校准规范

1 范围

本规范适用于非接触式混凝土收缩仪用位移传感器（以下简称为位移传感器）的校准。

2 引用文件

JJG 201—2018 指示类量具检定仪

JJG 818—2018 磁性、电涡流式覆层厚度测量仪

GB/T 50082—2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

CECS 13—2009 纤维混凝土试验方法标准

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范，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 概述

位移传感器通常用于测定混凝土自成型后任意时段的自由收缩变形，也可用于无约束状态下早龄期混凝土与外界隔湿交换的条件下自收缩变形的测量，见图 1、图 2 所示。

位移传感器的工作原理是利用交变磁场，并在其附近位置的金属导体表面产生电涡流场，从而测量被测体（必须是金属导体）与探头端面之间静态和动态的相对位移变化。

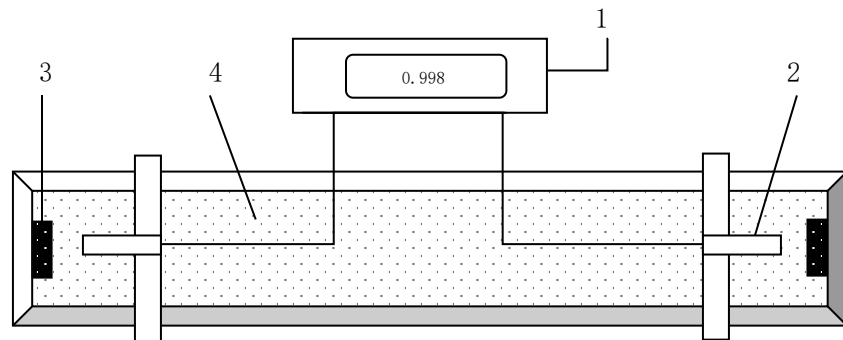


图 1 结构示意图

1—传感器显示仪表；2—位移传感器；3—金属标靶；4—试模

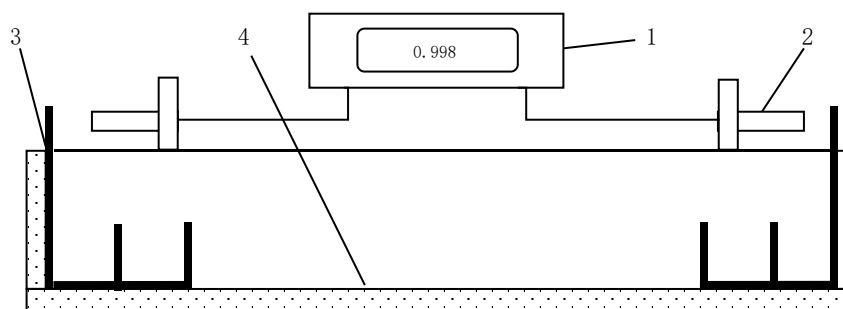


图2 结构示意图

1—传感器显示仪表；2—位移传感器；3—金属标靶；4—试模

4 计量性能要求

4.1 测量重复性

位移传感器的测量重复性不大于 $0.4 \mu\text{m} + 1\% L$ 。

4.2 示值误差

位移传感器示值误差不超过 $\pm (2 \mu\text{m} + 5\% L)$ 。

4.3 示值稳定性

位移传感器在 1 h 内的变化不超过 $2 \mu\text{m} + 5\% L$ 。

注：1、 L —实际位移变化值。

2、校准指标不用于合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度： $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ； 环境湿度： $(60 \pm 5) \% \text{RH}$ 。

校准前，被校仪器平衡温度的时间不少于 4 h。

校准地点不应有强磁场干扰，无强振动源。

5.2 校准用标准器及其他设备

标准器的最大允许误差绝对值应不大于被校位移传感器最大允许误差绝对值的 1/4。

推荐使用表 1 所列校准用标准器及其他设备，允许使用其他符合要求的标准器进行校准。

表 1 校准用标准器及其他设备

序号	校准用标准器	技术要求
1	光栅式测微仪	$0.5 \mu\text{m}$ 级
2	静态测量台架	见附录 D

6 校准项目和校准方法

首先检查外观, 确定没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。将位移传感器和光栅式测微仪分别稳固的安装在静态测量台架两端, 然后锁紧各部分紧固螺母。安装方式见图 3 所示。

6.1 测量重复性

通过位移调节螺母将金属圆盘调节至位移传感器量程的 2/3 处, 在同一位置连续测量 9 次, 取 9 次示值中的最大值与最小值之差的 1/3 作为测量重复性。

6.2 示值误差

按使用说明进行零点调整后, 在传感器量程内大致均匀分布五点作为校准点 (含最接近量程上、下限的点) 依次测量, 每个校准点连续测量 5 次, 取平均值作为该点的示值。其示值误差按公式 (1) 计算:

$$\delta_L = \bar{L} - L \quad (1)$$

式中:

- δ_L —— 位移传感器的示值误差, μm ;
 \bar{L} —— 位移传感器的平均示值, μm ;
 L —— 光栅式测微仪的示值, μm 。

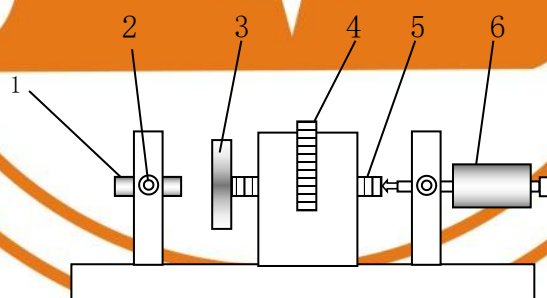


图3 校准示意图

1—位移传感器；2—紧固螺母；3—金属圆盘；4—位移调节螺母；5—螺纹测杆；6—光栅式测微仪

6.3 示值稳定性

通过位移调节螺母将金属圆盘调节至位移传感器量程的 1/2 处, 锁紧紧固螺母。记下第一次读数, 以后每间隔 15 min 记一次读数, 连续记录 1 h, 取 5 次读数中的最大值与最小值之差作为测量结果。

7 校准结果表达

校准后的非接触式混凝土收缩仪用位移传感器出具校准证书, 校准证书内容及内页格式件附录 B。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由器具的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此用户可根据实际使用情况自行决定复校时间间隔，建议复校时间间隔为1年。

附录 A

非接触式混凝土收缩仪用位移传感器校准记录（推荐性）

原始记录编号：

校准证书编号：

委托单位				设备编号							
测量范围				型号/规格							
制 造 厂				校准地点							
温 度				相对湿度							
校准依据											
校准用标准设备溯源信息											
名称		设备编号		规格型号		不确定度或准确度等级或最大允许误差		证书编号		有效期至	
1、测量重复性（ ）											
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	(Max-Min)/3	
示 值											
2、示值误差（ ）											
标准值		位移传感器示值（ ）					示值平均值		示值误差		
		1	2	3	4	5					
示值稳定性（ ）											
初始示值		15 min 示值		30min 示值		45min 示值		60min 示值		Max-Min	
测量不确定度： ， k=2											

校准员：

核验员：

校准日期：

备 注：

附录 B

校准证书内页格式（推荐性）

校准证书编号：

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点				
温 度		地 点		
相对湿度		其 他		
校准使用的计量标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量标准证书编号	有效期至
校准使用的主要标准器				
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
校准结果：				
测量重复性：				
示值误差：			测量不确定度： ， $k=2$	
示值稳定性：				

以 下 空 白

附录 C

位移传感器示值误差校准结果测量不确定度评定示例

C.1 测量方法

首先按使用说明对位移传感器进行零点调整, 然后用光栅式测微仪进行测量。本文以 500 μm 测量点为例, 进行示值误差校准结果测量不确定度评定。

C.2 测量模型

位移传感器示值误差 δ_L :

$$\begin{aligned}\delta_L &= \bar{L} - L \\ \delta_L &= (L_s + L_s \cdot \Delta a_s \cdot \Delta t_s) - (L_d + L_d \cdot \Delta a_d \cdot \Delta t_d)\end{aligned}\quad (\text{C. 1})$$

式中: \bar{L} ——位移传感器的示值;

L ——光栅式测微仪的示值;

L_s ——位移传感器的示值 (20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下);

L_d ——光栅式测微仪的示值 (20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下);

a_s 、 a_d ——分别为光栅式测微仪和静态测量台架测杆间的线膨胀系数;

Δt_s 、 Δt_d ——分别为光栅式测微仪和静态测量台架测杆间偏离温度 20 $^{\circ}\text{C}$ 时的数值。

令 $\delta_a = a_s - a_d$, $\delta_t = \Delta t_s - \Delta t_d$, 则 $a_s = \delta_a + a_d$, $\Delta t_d = \Delta t_s - \delta_t$

取 $L \approx L_d \approx L_s$; $\Delta t \approx \Delta t_d \approx \Delta t_s$

$$\text{得} \quad \delta_L = L_s - L_d + L \cdot \Delta t \cdot \delta_a + L \cdot a_d \cdot \delta_t \quad (\text{C. 2})$$

C.3 灵敏系数

$$c_s = \partial_e / \partial L_s = 1$$

$$c_d = \partial_e / \partial L_d = -1$$

$$c_{\delta a} = \partial_e / \partial \delta_a = L \cdot \Delta t$$

C.4 不确定度来源

C.4.1 测量重复性 u_1

见表 C.1。

C.4.2 光栅式测微仪的示值误差 u_2

见表 C.1。

C.4.3 光栅式测微仪测杆和静态测量台架测杆间的线膨胀系数差 u_3

见表 C.1。

C.5 不确定度分量汇总一览表

表 C.1 500 μm 时的标准不确定度分量汇总一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i)$
u_1	测量重复性	0.017 mm	1	0.30 μm
u_2	测微仪的示值误差	0.012 mm	-1	0.29 μm
u_3	测微仪测杆和静态测量台架测杆的线膨胀系数差	$0.41 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$L \cdot \Delta t$	0.08 μm
$u_c = 0.39 \mu\text{m}$				

C.6 标准不确定度评定

C.6.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

对仪器的 500 μm 分别重复测量 10 次, 502 μm 、502 μm 、502 μm 、502 μm 、502 μm 、502 μm 、502 μm 、501 μm 、502 μm 用贝塞尔公式计算得实验标准差为:

测量点 500 μm 时: $u_1 \approx 0.30 \mu\text{m}$

C.6.2 测量用光栅式测微仪的示值误差引入的不确定度 u_2

光栅式测微仪的最大允许误差为 $\pm 0.5 \mu\text{m}$, 按均匀分布, $k = \sqrt{3}$ 。

$$u_2 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \mu\text{m}$$

C.6.3 光栅式测微仪测杆和静态测量台架测杆的线膨胀系数差引入的不确定度 u_3

光栅式测微仪测杆和静态测量台架测杆的材质基本相同, 线膨胀系数均为 (11.5 ± 1)

$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，则两者的线膨胀系数差在 $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}^{-1}$ 范围内按三角分布： $k=\sqrt{6}$ ，以温度偏离标准温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 计算，则

$$u_3 = \frac{1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} = 0.41 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

光栅式测微仪测杆和静态测量台架测杆总长度约为在 100 mm 时： $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$

$$c_{\delta_a} \times u_3 = 100 \text{ mm} \times 2^{\circ}\text{C} \times 0.41 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}^{-1} \approx 0.08 \text{ } \mu\text{m}$$

C.7 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + (c_s \times u_2)^2 + (c_{\delta_a} \times u_3)^2}$$

$L = 500 \text{ } \mu\text{m}$ 时： $u_c = 0.39 \text{ } \mu\text{m}$

C.8 扩展不确定度 U

$$U = k \cdot u_c \quad \text{取 } k = 2$$

$L = 500 \text{ } \mu\text{m}$ 时： $U = 2 \times 0.39 \text{ } \mu\text{m} = 0.78 \text{ } \mu\text{m}$

其他测量点可按同理评定。

附录 D

静态测量台架及金属圆盘相关技术要求

D.1 测杆测量面的表面粗糙度

测杆测量面的表面粗糙度不大于 $Ra\ 0.1\ \mu\text{m}$ 。

D.2 测杆测量面的平面度

测杆测量面的平面度不大于 $1\ \mu\text{m}$ ，只允许中间凸，边缘 $0.2\ \text{mm}$ 内允许塌边。

D.3 测杆测量面与测杆旋转轴线的垂直度

测杆测量面与测杆旋转轴线的垂直度不大于 $1'3''$ 。

D.4 金属圆盘材料：45 #钢

D.5 金属圆盘对应传感器探头的尺寸：

金属圆盘直径： $\Phi\ 75\ \text{mm}$ 或 $\Phi\ 105\ \text{mm}$ 最大校准探头： $\Phi\ 25\ \text{mm}$ ；

金属圆盘直径： $\Phi\ 105\ \text{mm}$ 或 $\Phi\ 125\ \text{mm}$ 最大校准探头： $\Phi\ 35\ \text{mm}$ ；

金属圆盘直径： $\Phi\ 150\ \text{mm}$ 或 $\Phi\ 175\ \text{mm}$ 最大校准探头： $\Phi\ 50\ \text{mm}$ 。