



中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG(交通) 041—2020

差动电阻式应力计

Unbonded Elastic Wire Resistance Pressure Cell

2020-07-08 发布

2020-11-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

差动电阻式应力计 检定规程

**Verification Regulation of Unbonded
Elastic Wire Resistance Pressure Cell**

JJG(交通) 041—2020
代替 JJG(交通)041—2004

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
交通运输部公路科学研究所

本规程由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：

李 妍（交通运输部天津水运工程科学研究所）
韩鸿胜（国家水运工程检测设备计量站）
朱 静（交通运输部公路科学研究所）
曹玉芬（交通运输部天津水运工程科学研究所）

参加起草人：

窦春晖（交通运输部天津水运工程科学研究所）
周振杰（交通运输部天津水运工程科学研究所）
吴晓雪（交通运输部天津水运工程科学研究所）
赵 晖（国家水运工程检测设备计量站）
李绍辉（交通运输部天津水运工程科学研究所）

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	2
5 计量器具控制	2
附录 A 差动电阻式应力计检定记录表格式	6
附录 B 差动电阻式应力计检定证书内页格式	7
附录 C 差动电阻式应力计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。

本规程代替 JJG(交通)041—2004。与 JJG(交通)041—2004 相比,除编辑性修改外,主要技术内容变化如下:

——删除了计量性能要求中分辨力、0℃时自由状态电阻比、性能参数的规定(见 2004 年版 4.1、4.2、4.3 中表 1);

——删除了技术要求中产品合格证书的内容(见 2004 年版的 5.3);

——修改了检定设备(见 5.1.2,2004 年版的 6.1.3);

——修改了检定步骤和计算公式(见 5.3,2004 年版的 6.3、附录 C)。

本规程的历次版本发布情况为:

——JJG(交通)041—2004。

差动电阻式应力计检定规程

1 范围

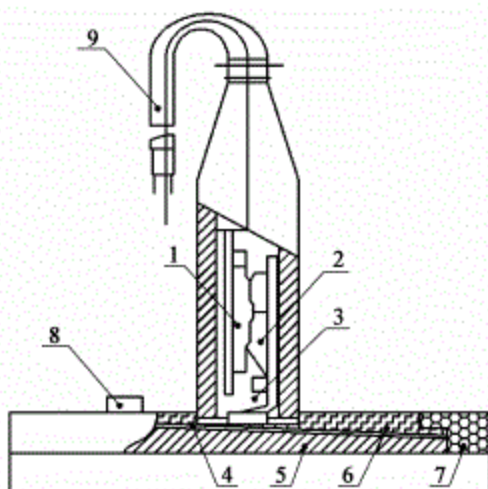
本规程适用于差动电阻式应力计的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 概述

差动电阻式应力计(以下简称“应力计”)是用于长期监测混凝土建筑物内部的压应力传感器。

应力计由传感组件、电阻钢丝、中性油、传压液体、传压板、感应背板、护套、封闭螺钉和电缆组成。应力计结构示意图如图1所示。

应力计的工作原理是传压液体将传压板上感受的混凝土压应力传递到感应背板上,感应背板产生变形推动传感器组件,传感器组件把感应背板的挠性位移转换成钢丝电阻值差动变化,根据数字电桥检测其电阻比值和电阻值,计算混凝土内部的压应力和温度。



说明:

- 1——传感组件; 4——传压液体; 7——护套;
2——电阻钢丝; 5——传压板; 8——封闭螺钉;
3——中性油; 6——感应背板; 9——电缆。

图1 应力计结构示意图

3 计量性能要求

应力计计量性能要求见表1。

表1 应力计计量性能要求

性能	要求
端基线性度误差(a)	$ a \leq 2\% F \cdot S$
滞后(a')	$ a' \leq 1\% F \cdot S$
重复性(a'')	$a'' \leq 0.5\% F \cdot S$
线性度(L)	$ L \leq 2\% F \cdot S$

表 1(续)

性 能	要 求
综合误差(ε_c)	$ \varepsilon_c \leq 2.5\% F \cdot S$
温度误差(Δt)	$ \Delta t \leq 0.5^\circ\text{C}$
注: $F \cdot S$ 为应力计满量程。	

4 通用技术要求

4.1 外观

应力计应连接牢固,其表面在防腐处理后应无锈斑及裂痕,引出的电缆、护套应无损伤。

4.2 铭牌

应力计应有清晰的铭牌,标有产品名称、型号、生产厂家或厂标、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 环境条件

环境条件要求如下:

- 温度: $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- 大气压力: $80\text{kPa} \sim 106\text{kPa}$ 。

5.1.2 检定设备

检定设备要求如下:

- 精密压力表:0.02 级;
- 差阻式读数仪:最大允许误差 $\pm 0.05\%$;
- 标准温度计:温度测量范围 $-20^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$,最大允许误差 $\pm 0.2^\circ\text{C}$;
- 恒温箱:温度测量范围 $-20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$,温度稳定度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$;
- 压力罐:耐压不小于应力计满量程的 1.2 倍。

5.2 检定项目

检定项目见表 2,检定记录表见附录 A。

表 2 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	+	+	+
端基线性度误差	+	+	+
滞后	+	+	-
重复性	+	+	-

表 2(续)

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
线性度	+	+	~
综合误差	+	+	+
温度误差	+	+	~

注：“+”表示需检定的项目，“~”表示不需检定的项目。

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 端基线性度误差

端基线性度误差检定步骤如下：

- 在检定环境条件下,应力计预先放置 24h 以上。
- 将应力计装入压力罐中,静置 30min。
- 测量零压力状态下应力计输出的电阻比,按 10% F·S 步进选取检定点,逐级加压至满量程,每级压力至少保持 1min,用差阻式读数仪读取各检定点的电阻比值,同时使用精密数字压力表读取罐内压力值。
- 加压到满量程后,按 10% F·S 步进逐级卸压至零压力,每级压力至少保持 1min,分别记录各检定点的电阻比值和压力值,退回零压力状态保持 3min 后,读取零压力输出的电阻比值。
- 按步骤 c)~d) 循环测量 3 次。
- 按式(1)计算各检定点电阻比值的偏差 δ_i 。

$$\delta_i = (Z_a)_i - (Z_t)_i \quad (1)$$

式中: $(Z_a)_i$ 上行第 i 个检定点电阻比值的算术平均值,按式(2)计算;

$(Z_t)_i$ 各检定点的理论电阻比值,按式(3)计算。

$$(Z_a)_i = \frac{(Z_u)_i + (Z_d)_i}{2} \quad (2)$$

式中: $(Z_u)_i$ 上行第 i 个检定点电阻比值的算术平均值;

$(Z_d)_i$ 与上行相对应的下行第 i 个检定点电阻比值的算术平均值。

$$(Z_t)_i = \frac{\Delta Z \times i}{n-1} + (Z_a)_0 \quad (3)$$

式中: ΔZ 检定范围上限检定点及零检定点各自 3 次电阻比值的算术平均值之差;

$(Z_a)_0$ 零检定点处 3 次测量结果的算术平均值;

n 检定点数。

- 按式(4)计算应力计的端基线性度误差 a 。

$$a = \frac{\Delta_1}{\Delta Z} \times 100\% F \cdot S \quad (4)$$

式中: Δ_1 各检定点电阻比值偏差值中的最大值。

5.3.4 滞后

计算出每一次循环中各个检定点上行及下行两个测量值之间的差值,选取其中最大差值,按式(5)计算应力计的滞后 a' 。

$$a' = \frac{\Delta_2}{\Delta Z} \times 100\% F \cdot S \quad (5)$$

式中: Δ_2 ——每次循环中各检定点上、下行两测量值之间的最大差值。

5.3.5 重复性

计算出端基线性度误差时的三次循环中上行及下行两两对应的检定点各电阻比值的最大误差,选取其中最大差值的绝对值,按式(6)计算应力计的重复性 a'' 。

$$a'' = \frac{\Delta_3}{\Delta Z} \times 100\% F \cdot S \quad (6)$$

式中: Δ_3 ——每次循环中各检定点上、下行两测量值之间的电阻比值最大误差的绝对值。

5.3.6 线性度

按式(7)计算应力计的线性度 L 。

$$L = \frac{\Delta Z_L}{\Delta Z} \times 100\% F \cdot S \quad (7)$$

式中: ΔZ_L ——校准曲线与工作曲线电阻比值偏差最大值。

5.3.7 综合误差

按式(8)计算应力计的综合误差 ε_c 。

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta Z_c}{\Delta Z} \times 100\% F \cdot S \quad (8)$$

式中: ΔZ_c ——加荷平均校准曲线、卸荷平均校准曲线二者与工作曲线电阻比值偏差最大值。

5.3.8 温度误差

温度误差的检定步骤如下:

- 将应力计放入恒温箱中。
- 从常温开始降温至 -20°C , 然后依次升温至 0°C , 20°C , 40°C 和 60°C , 每次温度稳定后至少保持 30min。
- 分别读取应力计在 -20°C ~ 60°C 五个检定点处差阻式读数仪的电阻值和标准温度计的标准温度值。
- 当温度在 -20°C ~ 0°C 范围内时按式(9)计算各检定点的温度值, 当温度在 0°C ~ 60°C 范围内时按式(10)计算各检定点的温度值。

$$t_i = k'(R_i - R'_0) \quad (9)$$

式中: t_i ——应力计第 i 个检定点的温度值($^\circ\text{C}$);

k' ——应力计零下温度系数(由生产厂家提供)($^\circ\text{C}/\Omega$);

R_i ——应力计第 i 个检定点处的电阻值(Ω);

R'_0 ——应力计 0°C 检定点处的电阻值(Ω);

$$t_i = k''(R_i - R'_0) \quad (10)$$

式中: k'' ——应力计零上温度系数(由生产厂家提供)($^\circ\text{C}/\Omega$)。

e) 按式(11)计算应力计的温度误差 Δt 。

$$\Delta t = t_i - t'_i \quad (11)$$

式中: t'_i ——标准温度计第 i 个检定点的温度值(°C)。

5.4 检定结果的处理

经检定合格的应力计,发给检定证书,检定证书内页格式见附录 B;检定不合格的应力计,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

应力计的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

差动电阻式应力计检定记录表格式

证书编号:

仪器名称		仪器型号/ 规格		仪器编号		外观、铭牌	
生产单位				技术依据			
检定单位							
计量性能 计算结果	端基线性度误差 a _____		滞后 a' _____		重复性 a'' _____		
	线性度 L _____		综合误差 ε_c _____		温度误差 Δt _____		
应力参数							
荷载	加荷示值			卸荷示值			
	第1次 加荷示值	第2次 加荷示值	第3次 加荷示值	第1次 卸荷示值	第2次 卸荷示值	第3次 卸荷示值	
0							
$1 \times 10\% F \cdot S$							
$2 \times 10\% F \cdot S$							
$3 \times 10\% F \cdot S$							
$4 \times 10\% F \cdot S$							
$5 \times 10\% F \cdot S$							
$6 \times 10\% F \cdot S$							
$7 \times 10\% F \cdot S$							
$8 \times 10\% F \cdot S$							
$9 \times 10\% F \cdot S$							
$10 \times 10\% F \cdot S$							
温度参数							
标准温度值 ($^{\circ}\text{C}$)	-20	0	20	40	60		
应力计电阻值 (Ω)							
温度	$^{\circ}\text{C}$		相对湿度		%		

检定员:

核验员:

检定日期: 年 月 日

附录 B

差动电阻式应力计检定证书内页格式

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	端基线性度误差		
4	滞后		
5	重复性		
6	线性度		
7	综合误差		
8	温度误差		

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

差动电阻式应力计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)标准器具				
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	不合格项	检定结果	合格判断
1	外观		
2	铭牌		
3	端基线性度误差		
4	滞后		
5	重复性		
6	线性度		
7	综合误差		
8	温度误差		

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