

陕西省地方计量技术规范

JJF (陕) XX-XXXX

混凝土电阻率测试仪校准规范

Calibration Specification for Concrete Resistivity Tester

(报批稿)

2019-XX-XX 发布 2019-XX-XX 实施

陕西省市场监督管理局 发布

混凝土电阻率测试仪 校准规范

Calibration Specification for
Concrete Resistivity Tester

JJF(陕)XX—XXXX

本规范经陕西省市场监督管理局于 2019 年 XX 月 XX 日批准，并自 2019 年 XX 月 XX 日起实施。

归口单位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：陕西省计量科学研究院

参 加起草单位：陕西省产品质量监督检验研究院

本规范条文由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

汤元会（陕西省计量科学研究院）

陈怡伶（陕西省计量科学研究院）

张璐（陕西省计量科学研究院）

参加起草人：

第五婷婷（陕西省产品质量监督检验研究院）

贾永国（陕西省计量科学研究院）

王丽（陕西省计量科学研究院）

宋冬（陕西省计量科学研究院）

目录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
4.1 电极间距.....	(1)
4.2 相对示值误差.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 校准用标准设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 校准项目.....	(2)
6.2 校准方法.....	(2)
7 校准结果表达.....	(3)
8 复校时间间隔.....	(4)
附录 A 校准原始记录(推荐)格式样式	(5)
附录 B 校准证书内页（推荐）格式样式.....	(6)
附录 C 混凝土电阻率测试仪的示值误差测量不确定度评定示例	(7)

引言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范的起草参考了JJG 837-2003《直流低电阻表》、GB/T 50344-2004《建筑结构检测技术标准》附录D.0.8：混凝土电阻率与钢筋锈蚀状况。

本规范为首次制定。

混凝土电阻率测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于采用四电极传感器的混凝土电阻率测试仪的校准。

2 引用文件

GB/T 50344-2015 建筑结构检测技术标准

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 概述

混凝土电阻率测试仪（以下简称测试仪）也叫混凝土电位检测仪(锈蚀分析仪)，是通过测量混凝土表面的电阻率来探测混凝土内部钢筋锈蚀情况的专用仪器。适用本规范的测试仪采用四电极 Wenner 传感器，即在混凝土表面等间距接触四支电极，两外侧电极流入电流后，通过测量两内侧电极间的电压即可求得两内侧电极间混凝土的表面电阻，并根据公式导出混凝土电阻率。

测试仪主要由测量主机、Wenner 传感器和连接电缆等组成，其结构示意图如图 1 所示。

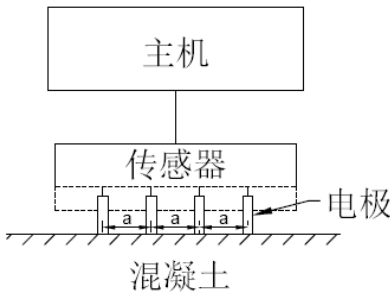


图 1 测试仪结构示意图

4 计量特性

4.1 相对示值误差

按 6.2.2 对相对示值误差进行校准。通过某校准点的相对示值误差判断该点是否符合要求时，根据说明书给出的最大允许误差或由使用者按实际需求进行判定。

注：校准不判断合格与否，上述计量特性仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：（20±3）℃。

5.1.2 湿度： ≤75%RH。

5.2 校准用标准设备

5.2.1 电阻箱

测量范围：10Ω~100 kΩ，准确度等级优于 0.1 级。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目

序号	校准项目	校准方法条款
1	电阻率示值误差	6.2.2

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

测试仪各部分连接牢固，传感器各电极无松动，表面无锈斑、裂痕和凹陷损伤；

主机各功能按键操作可靠，显示屏无影响读数的划痕或缺划。

6.2.2电阻率示值误差

校准点的选取应覆盖所有量程，在 200kΩ·cm 量程内选取不少于 5 个校准点，其它量程选取不少于 3 个点。也可根据送校单位要求选取校准点。

测试仪按说明书要求进行预热后，按照四端接线法，两外侧电极和两内侧电极分别与电阻箱的两输出端子连接。

对少部分不能用该方法校准的测试仪，完成上述连线后，应在其他两组相邻电极间分别接入电阻箱或直流电源，调整电阻箱的阻值或直流电源输出，使两组相邻电极间存在电位差。此电位差仅为辅助测量，对示值无影响，在后续各店的校准中也无需改变。

将电阻箱调至电阻值 R_N 时，电阻率标准值按公式（2）计算。

$$\rho_N = 2\pi a R_N \quad (2)$$

式中：

ρ_N ——电阻率标准值，kΩ·cm；

a ——电极间距，取 5cm；

R_N ——电阻箱示值, $k\Omega$ 。

读取测试仪上电阻率显示值 ρ_X , 示值误差和相对示值误差按公式(3)或(4)计算。

$$\Delta = \rho_X - \rho_N \quad (3)$$

式中:

Δ ——示值误差, $k\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_X ——被校测试仪的示值, $k\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_N ——对应的参考值(标准值), $k\Omega \cdot \text{cm}$ 。

$$\gamma = \frac{\Delta}{\rho_N} \quad (4)$$

式中:

γ ——相对示值误差

7 校准结果表达

经校准的仪器出具校准证书, 校准证书应包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
 - 1) 如果与校准结果的有效性和应用相关时, 应对校准过程中被校对象的设置和操作进行说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明
- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 A，校准证书（报告）内页格式见附录 B

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过1年。

附录 A

混凝土电阻率测试仪校准记录格式

委托单号：_____原始记录号：_____

委托单位			仪器名称	
仪器型号			出厂编号	
制造厂			证书编号	
环境温度、湿度	_____℃ _____%RH		校准地点	
校准日期	_____年 _____月 _____日		校准依据	
计量标准器名称	型号规格	编号	准确度等级	证书有效期

1. 外观检查： ☐符合要求 ☐不符合要求 不符合性说明：
2. 电阻率示值误差

测量范围 ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)	标称值 ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)	测量值 ($\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$)	相对示值误差	扩展不确定度 U_r ($k=2$)

校准员：_____ 核验员：_____

附录 B

混凝土电阻率测试仪校准证书（内页格式）

项目	标准值	技术要求	测量结果	扩展不确定度 $U(k=2)$
外观检查	☐ 符合要求 ☐ 不符合要求			
电阻率示值误差：				
测量范围 ($k\Omega\cdot cm$)	标称值 ($k\Omega\cdot cm$)	测量值 ($k\Omega\cdot cm$)	相对示值误差	扩展不确定度 U_r ($k=2$)

此页以下空白

附录 C

混凝土电阻率测试仪示值误差测量不确定度评定

C.1 测量模型

混凝土电阻率测试仪示值误差校准方法见 6.2.2，测量模型可用式 (C-1) 表示： .

$$\Delta = \rho_X - \rho_N \quad (\text{C-1})$$

式中

Δ ——示值误差, $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_X ——被校测试仪的示值, $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$;

ρ_N ——对应的参考值（标准值）, $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

$$\rho_N = 2\pi a R_N \quad (\text{C-2})$$

ρ_N ——电阻率标准值, $\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$;

a ——电极间距, cm ;

R_N ——电阻箱示值, $\text{k}\Omega$ 。

C.2 不确定度的来源分析

C.2.1 $u_r(\rho_N)$ 的来源

—— 电阻箱准确度引入的不确定度 $u_1(\rho_N)$

C.2.2 $u(\rho_X)$ 的来源

—— 被校测试仪分辨力引入的不确定度 $u_1(\rho_X)$

—— 被校测试仪重复性引入的不确定度 $u_2(\rho_X)$

注: $u(\rho_X)$ 的值取两者中数值大的。

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 标准器引入的标准不确定度 $u(\rho_N)$

C.3.1.1 电阻箱测量准确度引入的标准不确定度 $u_{r1}(\rho_N)$

采用 B 类方法评定。根据直流电阻箱 ZX54 技术指标, 其电阻值最大允许误差为 $\pm 0.05\%$, 在该区间内为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则标准电阻引入的相对标准不确定度为:

则 $u(\rho_N) = 0.02 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$

C.3.2 被校测试仪引入的标准不确定度 $u(\rho_X)$

C.3.2.1 被校测试仪分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\rho_X)$

被校测试仪在 $31.4 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ （对应标准电阻值 $1 \text{ k}\Omega$ ）时分辨力为 $0.1 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$, 按 B 类方法进

行评定，其区间半宽为 $a=0.05\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ ，为均匀分布，则包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_1(\rho_x) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029\text{k}\Omega\text{cm} \approx 0.03\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$$

C.3.2.2 被校混凝土电阻率测试仪重复性引入的标准不确定度 $u_2(\rho_x)$

测量结果的重复性引入的标准不确定度采用 A 类方法评定。10 次重复测量结果如表 C.1 所示，用贝塞尔公式计算实验标准差

$$s(\rho_x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\rho_{xi} - \overline{\rho_x})^2}{n-1}} \tag{C-3}$$

式中：

- $\overline{\rho_x}$ —— 被校混凝土电阻率测试仪 10 次测量值的平均值， $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ ；
- ρ_{xi} —— 被校混凝土电阻率测试仪第 i 次测量值， $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ ；
- n —— 重复测量的次数。

表 C.1 混凝土电阻率测试仪参考电压重复性测量数据

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电阻率示值/ $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$	31.4	31.3	31.3	31.4	31.4	31.3	31.4	31.3	31.4	31.4

根据公式 (C-3) 计算出重复性测量的单次实验标准差为：

$$s(\rho_x)=0.052\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$$

按照技术规范，测量结果的重复性和测试仪的分辨力引入的不确定度，取两者较大值作为被校测试仪引入的合成标准不确定度分量。因 $u_2(\rho_x) > u_1(\rho_x)$ ，故舍去被校测试仪分辨力引入的标准不确定度分量 $u_1(\rho_x)$ 。被校测试测量误差引入的标准不确定度为：

$$u_2(\rho_x) = 0.052\text{k}\Omega \cdot \text{cm} \approx 0.05 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$$

C.4 合成相对标准不确定度 u_r

合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u(\rho_N)^2 + u(\rho_x)^2} = \sqrt{0.02^2 + 0.05^2}\text{k}\Omega \cdot \text{cm} = 0.054\text{k}\Omega \cdot \text{cm}$$

C.5 扩展不确定度 $U(\Delta\rho)$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u = 0.1 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$$

C.6 相对扩展不确定度 U_r

$$U_r = 0.1/31.4 = 0.4\%$$