

中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

混凝土电阻率测定仪

（征求意见稿）

编制说明

《混凝土电阻率测定仪》编写组

2017年8月14日

## 目 录

一、工作简况.....	3
二、规程编制原则和确定规程主要内容.....	5
三、主要试验分析综述报告，技术经济论证，预期的经济效果.....	10
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况；.....	14
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系.....	14
六、重大分歧意见的处理经过和依据.....	14
七、贯彻规程的要求和措施建议.....	15
八、其他应予说明的事项。.....	15

## 一、工作简况

### 1.1 任务来源

根据交通部交科教发[2016]506号文《交通运输部关于下达2016年交通标准化计划的通知》附件中《2016年交通运输标准化计划制修订项目计划表》，计划编号为：JJG 2016-3，由交通运输部公路科学研究院主持，深圳市驷远科技有限公司、国家道路与桥梁工程检测设备计量站、来安中衡物联网设备科技有限公司、中国建材检验认证集团北京天誉有限公司、北京耐久伟业科技有限公司、中国合格评定国家认可中心、浙江省交通运输厅工程质量监督局八家单位共同承担该规程的编制工作。

### 1.2、协作单位

在本规程的制定过程中，得到了相关单位的支持、协助与配合，多次组织行业专家进行了研讨并开展了必要的试验验证工作，取得了大量具有建设性的意见和建议和试验数据，主要协作单位名单如下：

深圳市驷远科技有限公司  
国家道路与桥梁工程检测设备计量站  
来安中衡物联网设备科技有限公司  
中国建材检验认证集团北京天誉有限公司  
北京耐久伟业科技有限公司  
中国合格评定国家认可中心  
浙江省交通运输厅工程质量监督局

### 1.3、规程制定的必要性

本规程适用于混凝土电阻率测定仪的首次检定、后续检定和使用中检查。目前市场上从用途分有两种测定仪，一是测量新拌混凝土电阻率，二是测量在役混凝土电阻率，本规程均适用。

新拌混凝土电阻率测定仪利用电磁感应的原理，已知施加在标准混凝土样品上的电压值，通过电流计测量得到混凝土样品中的电流值，根据欧姆定律计算得

到特定导电模式下的混凝土样品的电阻值的仪器，其中电压的施加和电流的测量均通过电磁感应原理来实现，然后将计算得到的混凝土样品(温度 20° C，湿度 80%)的电阻值与混凝土样品横截面积的乘积与长度的比值定义为被测混凝土样品的电阻率，电阻率是用来表示混凝土材料电阻特性的物理量。

在役混凝土电阻率测定仪利用电位测量的原理，通过使用 Wenner 阵列传感器(一般为 50mm 的间距)检测得到传感器表面直接接触的在役混凝土的电阻率的仪器。

通过测试的电阻率来探测钢筋锈蚀情况的非常有用，钢筋的锈蚀与桥梁的耐久性寿命直接相关，因此两种仪器都是桥梁检测、监测过程中必不可缺的设备。目前该仪器无国家计量检定规程和行业计量检定规程。

#### 1.4、主要编制过程

(1) 2016 年 01 月-2016 年 03 月，成立规程起草组，明确各承担单位的任务；

(2) 2016 年 04 月，组织到测定仪生产厂家实地考察，完成国内外同类产品资料收集和行业调研工作；

(3) 2016 年 05 月-2016 年 08 月，编制规程征求意见稿；

(4) 2016 年 09 月，在规程编制过程中，发现现有编制组力量偏重于新拌混凝土电阻率测定仪的了解与研究，补充吸纳在役混凝土电阻率测定仪的研究单位，充实编写力量。

(5) 2016 年 10 月-2016 年 12 月，初步完成《混凝土电阻率测定仪》；

(6) 2017 年 01 月-2017 年 02 月，编写组内讨论完成《混凝土电阻率测定仪》。

(7) 2017 年 03 月召开《混凝土电阻率测定仪》标准及规程的征求意见稿审查会；

(8) 2017 年 04 月-2017 年 08 月根据专家意见修改完善规程征求意见稿。

#### 1.5、主要起草人及其所做的工作

本规程主要起草人：刘静、刘璐、耿雷、陆有源、覃道鼎、李宗津、楼云、刘新状、周智贞、李茜、王陶、刘红义、康凯。上述同志承担的主要工作如下：

——刘静作为项目负责人负责《混凝土电阻率测定仪》项目的总体策划、组织实施工作。

——刘璐负责规程的组织实施及编写工作，参加标准中与规程技术指标及相关方法的编制，保证规程与标准的协调。

——耿雷负责标准工作的组织实施及编写工作，参加规程中与标准技术指标及相关方法的编制，保证标准与规程的协调。

——陆有源、覃道鼎、李宗津以深圳市驷远科技有限公司和来安中衡物联网设备科技有限公司的实验室为依托对新拌混凝土电阻率测定仪进行测试提供相关数据。

——周智贞、刘新状以中国建材检验认证集团北京天誉有限公司和北京耐久伟业科技有限公司的实验室为依托对在役混凝土电阻率测定仪进行测试提供相关数据。

——李茜、康凯负责参考文献的收集、相关数据的比对工作。

——楼云负责标准编制说明的草拟，参加规程中的相关工作。

——王陶、刘红义负责规程编制说明的草拟，参加标准中的相关工作。

## 二、规程编制原则和确定规程主要内容

### 2.1、规程编制原则

根据混凝土电阻率测定仪使用的实际情况及未来的发展趋势，对行业内目前的使用范围及需求进行了广泛的调研，了解了该仪器主要的需要的计量参数进行规程制定，本规程确定了主要内容为计量性能要求、通用技术要求、计量器具检定控制等九个部分组成。

接受本规程制定任务后，交通运输部公路科学研究院制定小组首先搜集了部分国内标准资料，主要参照以下标准：

GB/T 1410-2006 材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 18268.1-2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求

GB/T 50476-2008 混凝土结构耐久性设计规范

GB 11606-2007\_分析仪环境试验方法

GB50344-2015 建筑结构检测技术标准

JTJ270-1998 《水运工程混凝土试验规程》

## 2.2 主要内容

按照《国家计量检定规程编写规则（JJF 1002-2010）》的要求制定混凝土电阻率测定仪规程。在内容与格式上保持一致，规程的具体内容有范围、引用文件、术语、概述、计量性能要求、通用技术要求、计量器具检定控制（包括检定条件、检定项目、检定方法、检定结果的处理及检定周期）。

### 1) 概述

本规程给出了根据用途给出了“新拌混凝土电阻率测定仪”、“在役混凝土电阻率测定仪”的产品类型，按照专家意见调整两种仪器的表述顺序：

（1）在役混凝土电阻率测定仪采用电位测量的原理，通过使用 Wenner 阵列传感器检测在役混凝土表面的电阻率，主要由主机、电极探头组成，

（2）新拌混凝土电阻率测定仪利用电磁感应的原理，在已知施加在标准混凝土样品上的电压值，通过电流计测量混凝土样品中的电流值，根据欧姆定律计算得到特定导电模式下的混凝土样品的电阻值。新拌混凝土电阻率测定仪主要由主机、数据采集系统、样品容器、变压器、电流传感器等部分组成。

并在规程按照专家意见细化了附图，便于理解和使用。

### 2) 计量性能要求

根据目前公路及水运工程使用的混凝土电阻率测定仪的技术现状以及使用要求，制定以下计量性能要求：

目前市场上的混凝土电阻率测定仪生产厂家较多，编制组到深圳市驷远科技有限公司、中衡港科（深圳）科技有限公司、中国建材检验认证集团北京天誉有限公司、北京耐久伟业科技有限公司等几个厂家实地考察，完成国内外同类产品资料收集和产品技术参数的调研。根据混凝土电阻率测试仪检测要求确定了计量性能参数：测量分辨率、测量误差范围。同时考虑到“新拌混凝土电阻率测定仪”、“在役混凝土电阻率测定仪”的用途不同，计量指标要求有所区别，根据多次试

验以及调研目前仪器设备的生产情况，确定指标如下：

表 1 在役混凝土电阻率测定仪性能要求

序号	计量参数	技术要求
1	电阻率相对示值误差	5%
2	测量重复性	5%

表 2 新拌混凝土电阻率测定仪的性能要求

序号	计量参数	技术要求
1	电阻率相对示值误差	3%
2	测量重复性	3%

### 3) 通用技术要求

对电阻率测试仪的外观提出了要求。按照专家意见进一步明确了外观要求。

#### ● 外观

混凝土电阻率测定仪的外观要求如下：

- a) 混凝土电阻率测定仪各部分应连接牢固，其表面不应有锈斑、裂纹、明显的划痕及凹陷损伤；
- b) 混凝土电阻率测定仪引出的电缆、护套应无损伤；
- c) 混凝土电阻率测定仪的探头、变压器、传感器应清洁、干燥、无明显损伤。

### 4) 计量器具检定控制

根据计量性能要求以及通用技术要求，综合考虑了并调研了目前的试验方法，兼顾现有技术一定程度创新的基础上确定了检定环境条件、检定器具，并制定了下述检定方法：

#### ● 检定条件

(1) 检定环境条件，根据专家意见，修改了原稿中环境温度的要求，取消了对压强的要求。

检定环境条件如下：

- a) 环境温度：  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；

b) 环境湿度：不大于 65%RH；

(2) 检定器具

这里按照专家意见做了大幅度修改，将原稿中对于检定装置的具体描述删除，规范表达为：

● 在役混凝土电阻率测定仪检定装置

在役混凝土电阻率测定仪检定装置由三块已知电阻率值的标准电阻率板组成，具体要求与结构参照 JT/T XXX-XXXX 混凝土电阻率测定仪。

● 新拌混凝土电阻率测定仪检定装置

新拌混凝土电阻率测定仪检定装置为标准电阻板，具体要求与结构参照 JT/T XXX-XXXX 混凝土电阻率测定仪。

(3) 检定项目

混凝土电阻率测定仪的检定项目见表 3，检定记录表格格式见附录 A。

表 3 混凝土电阻率测定仪检定项目一览表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
1	电阻率相对示值误差	+	+	+
2	测量重复性	+	+	+

注：凡须检定的项目用“+”表示，不须检定的项目用“-”表示。

(4) 检定方法

(1) 外观

按照专家意见增加手感的方法，修改为用目测及手感进行外观检验，应符合 5.1 的要求。

按照专家意见去掉大气背景电阻阻值的要求。

(3) 电阻率相对示值误差

根据设备的原理与构造不同，分为两种：

● 在役混凝土电阻率测定仪的电阻率相对示值误差

检定过程如下：

- a) 打开在役混凝土电阻率测定仪的主机，选择适当的测量范围；
- b) 对标准电阻率板进行测试，测试结果记为  $\rho_i$ ；
- c) 分别对 3 块标准电阻率板，重复测量 3 次，取 3 次测试结果的平均值作



为混凝土电阻率测定仪对该块标准电阻率板的电阻率测试值 $\rho$ ;

- d) 与标准电阻率板的标准电阻率值 $\rho_0$ 进行比较, 按照公式(1)计算相对示值误差;

$$\Delta = \frac{|\rho - \rho_0|}{\rho_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中:  $\Delta$ ——电阻率相对示值误差;

$\rho$  ——被检在役混凝土电阻率测定仪的电阻率测试值,  $k\Omega \cdot cm$ ;

$\rho_0$ ——标准电阻率板的标准电阻率值,  $k\Omega \cdot cm$ 。

- e) 在役混凝土电阻率测定仪对标准电阻率板测试值的相对示值误差最大值应符合表1的要求。

● 新拌混凝土电阻率测定仪的电阻相对示值误差

检定过程如下:

- a) 在变压传感器和电流传感器间接入标准电阻板, 从最小的电阻  $200\Omega$  插口开始接入;
- b) 接好电阻后, 观察数据采集系统中数据列表的数据;
- c) 重复 a)、b) 的步骤, 分别依次接入标准电阻板的所有电阻, 并根据式(2)计算新拌混凝土电阻率测定仪电阻的相对示值误差, 均应符合表2的要求。

$$\Delta R = \frac{|R - R_0|}{R_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中:  $\Delta R$ ——电阻率相对示值误差;

$R$ ——被检新拌混凝土电阻率测定仪的电阻测试值,  $\Omega$ ;

$R_0$ ——标准电阻板的标准电阻值,  $\Omega$ 。

(4)测量重复性

根据设备的原理与构造不同, 分为两种:

● 在役混凝土电阻率测定仪的电阻率

检定过程如下:

- a) 重复 6.3.2.1 的步骤 a)、b), 测试电阻率值为  $31.4k\Omega \cdot cm$  的电阻原件;
- b) 重复测量 10 次, 采集一组电阻率的测试值;
- c) 按公式(3)、(4)计算重复性变异系数, 应符合表1的要求。

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：C<sub>v</sub>——重复性变异系数；

S——重复性标准偏差，kΩ·cm；

x<sub>i</sub>——混凝土电阻率测定仪电阻率的第 i 次测量结果，kΩ·cm；

$\bar{x}$ ——混凝土电阻率测定仪电阻率测量结果的平均值，kΩ·cm；

n——重复测量次数，此处取 10。

● 新拌混凝土电阻率测定仪的电阻率

检定过程如下：

- a) 重复 6.3.2.2 的步骤 a)、b)，测试电阻值为 200Ω 的标准电阻板；
- b) 重复测量 10 次，采集一组电阻的测试值；
- c) 按公式 (3)、(4) 计算重复性变异系数，应符合表 2 的要求。

### 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；

#### 3.1、主要试验结论

(1) 新拌混凝土电阻率测定仪

● 试验过程

图 1 所示为新拌混凝土电阻率测定仪

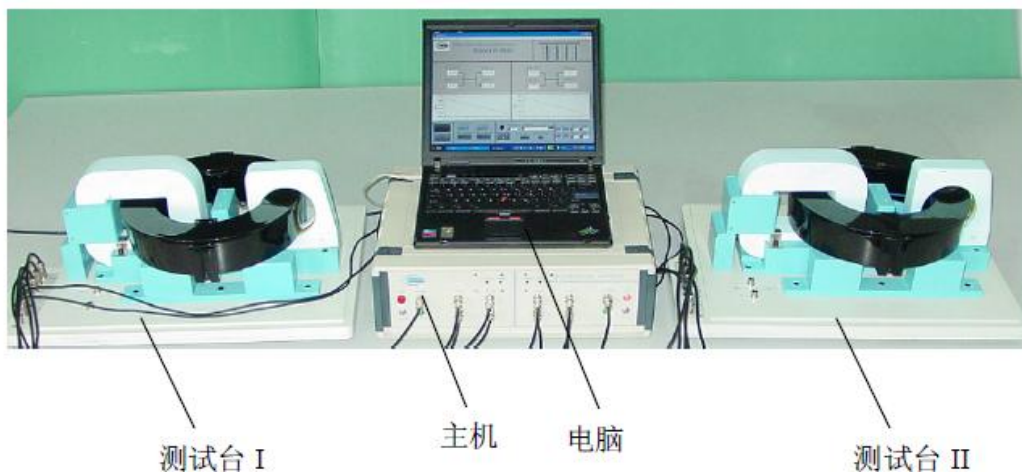


图 1 新拌混凝土电阻率测定仪



图 2 试验过程图

- 示值误差

针对示值误差参数进行了多组测量。数据如下：

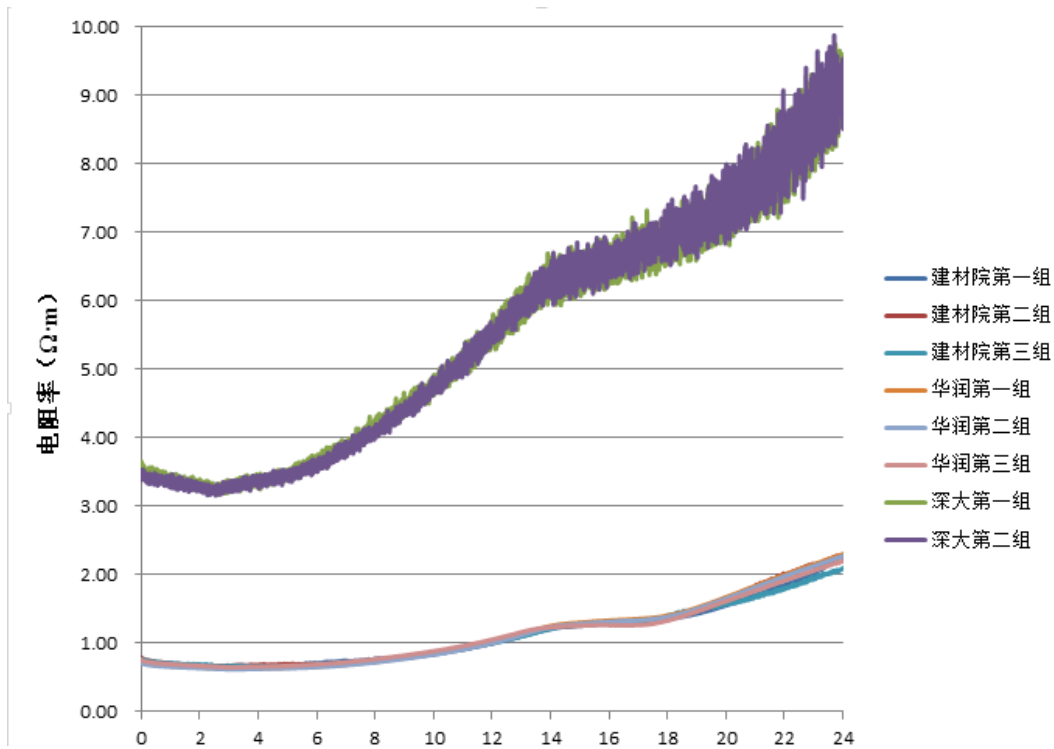


图 2 多组试验示值误差

(2) 在役混凝土电阻率测定仪

测试点的选择，参考 GB50344 如图 3 所示：

3 混凝土电阻率与钢筋锈蚀状况判别见表 D.0.8-3。

表 D.0.8-3 混凝土电阻率与钢筋锈蚀状态判别

序号	混凝土电阻率 ( $k\Omega \cdot cm$ )	钢筋锈蚀状态判别
1	> 100	钢筋不会锈蚀
2	50 ~ 100	低锈蚀速率
3	10 ~ 50	钢筋活化时，可出现中高锈蚀速率
4	< 10	电阻率不是锈蚀的控制因素

**D.0.9** 综合分析判定方法，检测的参数可包括裂缝宽度、混凝土保护层厚度、混凝土强度、混凝土碳化深度、混凝土中有害物质含量以及混凝土含水率等，根据综合情况判定钢筋的锈蚀状况。

图 3 混凝土电阻率与钢筋锈蚀状况判别

● 示值误差

标准试块	实验时间	实验值(KΩ.cm)	平均值(KΩ.cm)
31.4KΩ.cm	2016.10.12	31.4	31.3
	2016.10.12	31.3	
	2016.10.12	31.3	
	2016.11.16	31.2	31.3
	2016.11.16	31.3	
	2016.11.16	31.4	
	2016.12.22	31.4	31.4
	2016.12.22	31.4	
	2016.12.22	31.5	
	2017.01.06	31.4	31.4
	2017.01.06	31.4	
	2017.01.06	31.4	
	2017.02.20	31.3	31.4
	2017.02.20	31.5	
	2017.02.20	31.3	
	2017.02.21	31.4	31.3
	2017.02.21	31.2	
	2017.02.21	31.4	
	2017.02.28	31.4	31.4
	2017.02.28	31.4	
2017.02.28	31.3		

图5 测试点1

标准试块	实验时间	实验值(KΩ.cm)	平均值(KΩ.cm)
314.0KΩ.cm	2016.10.12	314.2	313.0
	2016.10.12	312.2	
	2016.10.12	312.5	
	2016.11.16	313.6	314.2
	2016.11.16	315.1	
	2016.11.16	314	
	2016.12.22	313.6	314.1
	2016.12.22	314.8	
	2016.12.22	313.9	
	2017.01.06	312.9	313.0
	2017.01.06	312.9	
	2017.01.06	313.2	
	2017.02.20	315.2	315.1
	2017.02.20	315.2	
	2017.02.20	314.9	
	2017.02.21	313.6	313.7
	2017.02.21	313.8	
	2017.02.21	313.8	
	2017.02.28	314.2	314.3
	2017.02.28	314.2	
2017.02.28	314.5		

图6 测试点2

### 3.2、预期的经济效果

在役钢筋混凝土桥梁的耐久性问题已经广泛的受到人们的关注，混凝土电阻率是耐久性检测的重要指标。新拌混凝土电阻率也能反映出混凝土在凝结过程中的性能，而混凝土电阻率测定仪是测定混凝土中电阻率的设备，用来控制及防止钢筋发生过早腐蚀，检测混凝土、砂石子、水泥等无机材料的电阻率，结合其他检测参数，可对混凝土结构寿命、钢筋锈蚀寿命进行预测。因此是桥梁检测、监测过程中必不可缺的检测设备。目前该仪器无国家和行业计量检定规程。为了规范混凝土电阻率测定仪的检定，特制定本规程。本规程中规定了混凝土电阻率测定仪的技术要求，从而确保了电阻率测试结果的准确性、可靠性，为结构安全评估提供更加精准的参数，以满足结构安全需要，避免事故的发生，为生命财产的安全提供保障，具有较高的社会效益与经济效益。

#### 四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况；

通过查找，未发现相应的国际建议、国际技术标准或国家标准和规程，仪器的计量性能指标主要是参考 GB/T 1410-2006 材料体积电阻率和表面电阻率试验方法、GB/T 18268.1-2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第 1 部分：通用要求、GB/T 50476-2008 混凝土结构耐久性设计规范、GB 11606-2007\_分析仪环境试验方法、JTJ270-1998 《水运工程混凝土试验规程》，以及仪器生产厂的技术标准和说明。

#### 五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

无。

#### 六、重大分歧意见的处理经过和依据

规程制订中，对一些重大意见分歧采取研讨和试验验证等方式加以解决，体现了科学化、民主化和行业化的工作特点。目前本规程征求意见稿无遗留的重大意见分歧。

## 七、贯彻规程的要求和措施建议

本规程是交通运输行业推荐标准，鉴于混凝土电阻率测定仪可检测桥梁、隧道混凝土结构中混凝土的电阻率，在桥梁隧道的耐久性质量检测及维修维护中起到重要的作用以及其具有的计量参数特性，混凝土电阻率测定仪生产企业、使用企业均将依据本规程进行检定。

## 八、其他应予说明的事项。

无。