

交通运输行业标准
《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》标准起草组

2017年6月

目 录

一、工作简况.....	3
二、标准编制原则和标准主要内容	5
三、预期的经济效果、社会效果及环境效果分析	13
四、采用国际标准和国外先进标准的程度以及对比情况	13
五、与有关的现行法律、法规和标准的关系	14
六、重大分歧意见的处理经过和依据	14
七、贯彻标准的要求和措施建议	14
八、其他应予说明的事项	14

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年交通标准化计划制修订项目计划表》，计划编号为：JT2016-99，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标准的编制工作。

1.2 协作单位

在本标准的制定过程中，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、建议和试验数据，主要协作单位名称如下：

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 标准制定的必要性

本标准规定了混凝土电阻率测定仪的结构组成和规格、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和储存的要求。本标准适用于测定仪的生产、检验和使用。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，本标准均适用。

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。目前该仪器无国家标准和行业标准。

由于测定仪使用影响因素较多, 必须通过严格的行业标准来指导仪器的生产和使用。

1.4 主要编制过程

(1) 2016 年 01 月-2016 年 03 月, 成立标准起草组, 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, 编制标准征求意见稿;

(4) 2016 年 09 月, 在标准编制过程中, 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标准征求意见稿。

1.5 主要起草人及其所做的工作

本标准主要起草人：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、标准编制原则和标准主要内容

2.1 标准编制原则

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性能参数及使用参数进行标准制定，本标准确定了主要内容为结构组成和规格、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和储存的要求等八个部分组成。

接受本标准制定任务后，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，主要参阅了以下标准：

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《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写（GB1.1-2009）》的要求制定混凝土电阻率测定仪行业标准。在内容与格式上保持一致，标准的具体内容有范围、引用文件、术语与定义、结构组成和规格、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和储存。

1) 产品分类和结构

本标准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”的产品构成，并根据专家意见合理的增加了分类一节，更加清晰。

在3.1分类的基础上，给出3.2节结构，调整了“在役混凝土电阻率测定仪”、“新拌混凝土电阻率测定仪”的顺序。

（1）在役混凝土电阻率测定仪主要由主机和wenner探头组成。

（2）新拌混凝土电阻率测定仪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。

按照专家的意见，补充了两种仪器的结构示意图。

2) 技术要求

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，制定以下技术要求：

（1）外观要求

混凝土电阻率测定仪各部分应各部分应连接牢固，其表面不应有锈斑、裂纹、明显的划痕及凹陷损伤。

（2）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，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	参数	技术指标
1	测量分辨率	0.1KΩ.cm
2	电阻率相对示值误差	5%

表 2 新拌混凝土电阻率测定仪的性能要求

序号	参数	技术指标
1	测量分辨率	0.001KΩ.cm
2	电阻率相对示值误差	3%

按照专家意见补充耐湿热型及机械环境适应性要求。

（3）耐湿热性

混凝土电阻率测定仪经耐湿热性试验后，其性能应符合 4.2 的要求。

（4）机械环境适应性

混凝土电阻率测定仪经机械环境适应性试验后，其性能应符合 4.2 的要求

4) 试验方法

根据两种仪器设备不同的原理及结构给出了不同的试验用器具：

● 在役混凝土电阻率试验设备

在役混凝土电阻率测定仪试验设备由三块已知电阻率值的标准电阻率板组成，其结构如图 3 所示。

a) 标准电阻率板的材料为玻璃纤维环氧树脂，留有四个与探头连接的接触孔，接触孔内表面由铜板覆盖；

b) 标准电阻率板的长度为 186mm，宽度为 22mm，厚度为 2mm。接触孔的孔径为 15mm，孔中心距为 50mm，加工误差为±1mm；

c) 3 块标准电阻率板的标准电阻率值分别为 31.4 kΩ·cm、62.8 kΩ·cm 和 314.0 kΩ·cm，示值相对误差≤1%。

● 新拌混凝土电阻率试验设备

新拌混凝土电阻率测定仪试验设备为标准电阻板，其结构如图 4 所示。

a) 标准电阻板的材料为 CEM-3 复合型基材，长度为 5.8cm，宽度为 2.4cm，厚度为 1.6mm；

b) 标准电阻板表面留有 10 个插口，电阻值分别为：200Ω、510Ω、1.0kΩ、2.0kΩ、3.6 kΩ、5.1 kΩ、6.8 kΩ、8.2 kΩ、10.0 kΩ、12.0 kΩ。

根据性能指标要求，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制定了下述试验方法：

● 外观

用目测进行外观检验，应符合 5.1 的要求。

● 测量分辨力

在标准的试验环境下，打开混凝土电阻率测定仪主机，观测电阻率值的最后一位有效读数所在的位数即为测量分辨率。在役混凝土电阻率测定仪和新拌混凝土电阻率测定仪的测量分辨率分别应符合表 1 和表 2 的要求。

● 电阻率相对示值误差

根据两种设备不同原理及结构规定了不同的检验步骤：

● 在役混凝土电阻率测定仪的电阻率相对示值误差

在役混凝土电阻率测定仪的电阻率相对示值误差的检验步骤如下：

- 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 ρ_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 ρ ；
- d) 与标准电阻率板的标准电阻率值 ρ_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：Δ——电阻率相对示值误差；

ρ ——被检在役混凝土电阻率测定仪的电阻率测试值，单位为千欧·厘米 (k Ω ·cm)；

ρ_0 ——标准电阻率板的标准电阻率值，单位为千欧·厘米 (k Ω ·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

新拌混凝土电阻率测定仪的电阻相对示值误差的检验步骤如下：

- 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 Ω 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： ΔR ——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，单位为欧 (Ω)；

R_0 ——标准电阻板的标准电阻值，单位为欧 (Ω)。

● 耐湿热性

耐湿热性试验按照 GB/T2423.3 的规定进行试验后，在役混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.1 的试验步骤后性能要求应符合表 1 的要求，新拌混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.2 的试验步骤后性能要求应符合表 2 的要求。

● 机械环境适应性

a) 振动试验按 GB/T 4857.5 的规定进行试验后，在役混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.1 的试验步骤后性能要求应符合表 1 的要求，新拌混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.2 的试验步骤后性能要求应符合表 2 的要求。；

b) 跌落试验按 GB/T 4857.10 的规定进行试验后，在役混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.1 的试验步骤后性能要求应符合表 1 的要求，新拌混凝土电阻率测定仪重复 5.4 和 5.5.2 的试验步骤后性能要求应符合表 2 的要求。

按照专家意见删除了防水密封性和抗电磁干扰性。

2.3 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

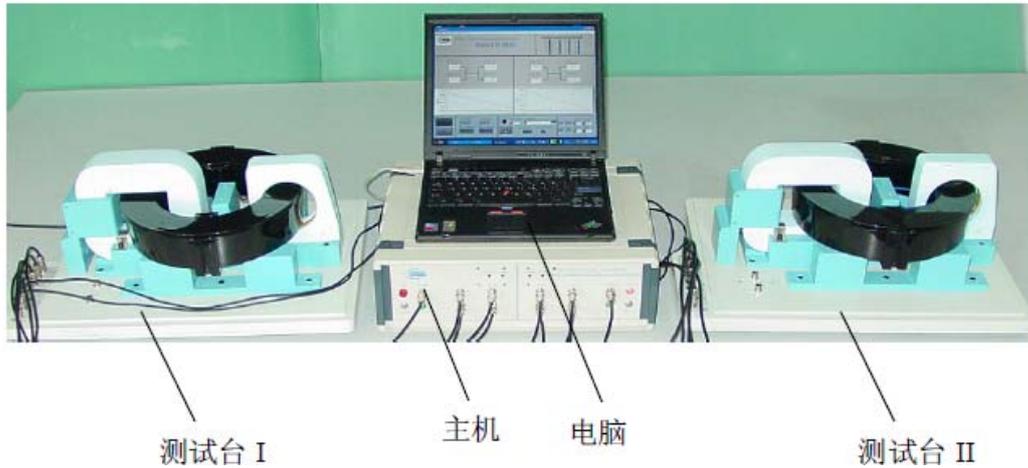


图 1 新拌混凝土电阻率测定仪



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：

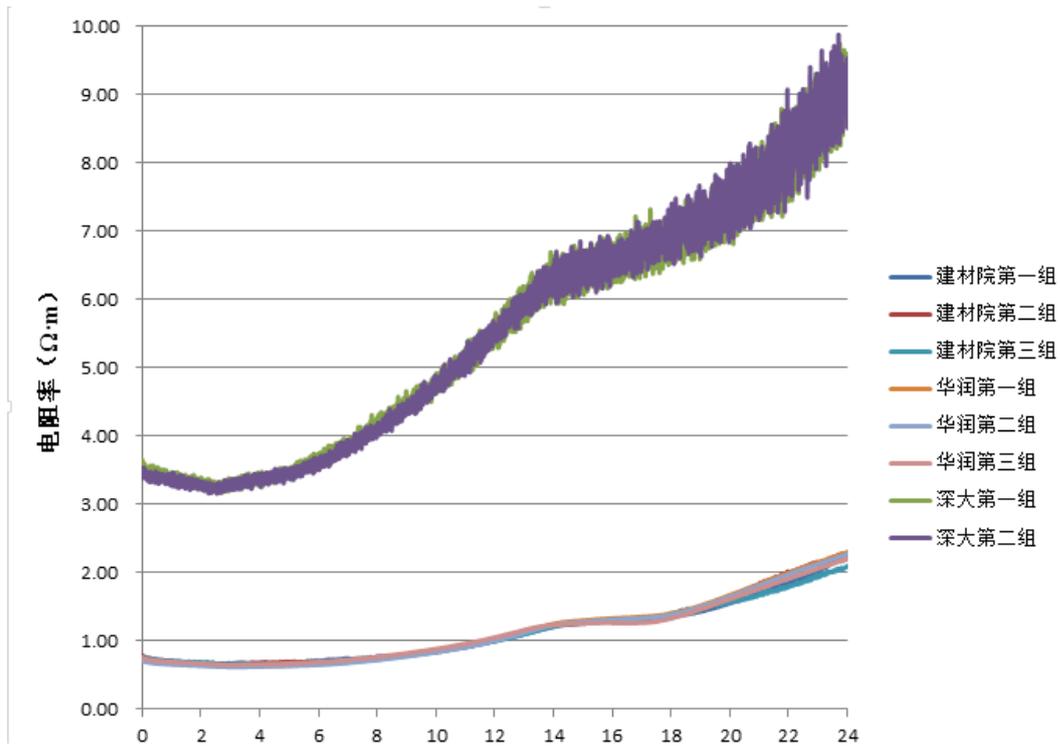


图 2 多组试验示值误差

(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

- 试验过程



图 4 测试过程

● 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

三、预期的经济效果、社会效果及环境效果分析

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。目前该仪器无国家标准和行业标准。为了规范混凝土电阻率测定仪的生产、检验和使用,特制定本标准。本标准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，仪器的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、法规和标准的关系

无。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

标准制订中，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。目前本标准征求意见稿无遗留的重大意见分歧。

七、贯彻标准的要求和措施建议

本标准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，计量检定规程也会依据本标准制定相关参数要求，故混凝土电阻率测定仪生产企业均将依据本标准组织产品的设计与生产，并在出厂时按标准要求进行标定，且在使用过程中依据计量检定规程进行检定。

八、其他应予说明的事项

无。