

**JJF**(建材) XXXX─XXXX

低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪校准规范

Specification of Sheet Resistance Measuring Meters for Low Emissivity Coated Glass

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部

发 布

低辐射镀膜玻璃面电

## **JJF（建材）××—××××**

阻测试仪校准规范

Calibration Specification of Sheet Resistance

Measuring Meters for Low Emissivity Coated Glass

归 口 单 位 ：中国建筑材料联合会

主要起草单位：北京奥博泰科技有限公司

参加起草单位：建筑材料工业技术监督研究中心

威海中玻新材料技术研发有限公司

中国计量科学研究院

国家玻璃质量监督检验中心

本规范委托全国建材工业计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

黄达泉（北京奥博泰科技有限公司）

武文杰（北京奥博泰科技有限公司）

王 桓（建筑材料工业技术监督研究中心）

参加起草人：

孙若端（中国计量科学研究院）

刘起英（威海中玻新材料技术研发有限公司）

嵇书伟（国家玻璃质量监督检验中心）

苑 静（北京奥博泰科技有限公司）

目 录

引 言 (II)

1 范围 (1)

2 术语和定义 (1)

3 概述 (1)

4计量特性 (1)

5校准条件 (1)

5.1 环境条件 (1)

5.2 标准样品 (2)

6 校准项目和校准方法 (2)

6.1 校准项目 (2)

6.2 仪器示值相对误差 (2)

6.3 重复性 (2)

7 校准结果表达 (3)

8 复校时间间隔 (3)

附录A 面电阻标准样品的赋值 (4)

附录B 低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪校准记录参考格式 (7)

附录C 校准证书（内页）参考格式 (8)

附录D 低辐射镀膜玻璃面电阻仪器示值相对误差不确定度评定实例 (9)

# 引 言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》，JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定而制定。

本规范的技术指标参考JJG508-2004《四探针电阻率测试仪》的相关内容。

本规范为首次发布。

低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于直线四探针法与涡流法的低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪的校准。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

2.1 低辐射镀膜玻璃 low emissivity coated glass

对中远红外（4.5μm～25μm）辐射有较高反射比的镀膜玻璃，其膜面辐射率较低，也称Low-E玻璃。

2.2 低辐射镀膜玻璃面电阻 sheet resistance of low emissivity coated glass

镀制在玻璃表面上的低辐射薄膜导电材料单位面积的电阻值，单位是欧姆（Ω），一般用Ω/sq表示。

3 概述

低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪分为直线四探针法测试仪与涡流法测试仪。

直线四探针法测试仪主要用于膜层表面导电的低辐射镀膜的接触式面电阻测量，一般由测量探针、恒定直流电流源、直流电压表、数据处理单元等部分组成。将位于同一直线上间隔相等的四个探针置于被测低辐射镀膜面，在外侧两个探针施加恒定直流电流，测量内侧两探针之间的电压，根据所施加的电流及测得的电压，并通过数据处理单元的内置算法计算被测低辐射镀膜的面电阻。

涡流法测试仪主要用于膜层表面导电和不导电的低辐射镀膜的感应式面电阻测量，一般由信号源、涡流探头、信号采集与处理单元等部分组成。涡流探头与被测低辐射镀膜面接触或保持一定的距离，当信号源激励涡流探头时，被测低辐射镀膜面上会产生涡流，并最终改变涡流探头的阻抗。信号采集与处理单元通过测量涡流探头的阻抗变化量即可计算出被测低辐射镀膜面的面电阻。

4计量特性

Low-E玻璃面电阻测试仪的主要计量特性包括不同测量范围的面电阻仪器示值相对误差与重复性，仪器示值相对误差及测试重复性要求参见表1。

表1 仪器示值相对误差及测试重复性要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 计量特性 | | 技术指标 | |
| 仪器示值相对误差 | 重复性 |
| 面电阻 | ≤20 Ω/sq | ±5% | ≤0.3 Ω/sq |
| ＞20 Ω/sq | ±10% | ≤0.5 Ω/sq |
| 注：以上指标不是用于合格判别，仅供参考。 | | | |

## 5校准条件

### 5.1 环境条件

环境温度：(23±5)℃；

相对湿度：不大于70%；

无明显机械振动，无电磁干扰。

### 5.2 标准样品

采用按照附录A中的方法赋值的标准样品，或采用国家有证标准样品。面电阻标准值范围如表2所示。

表2 校准用标准样品

|  |  |
| --- | --- |
| 标准样品名称 | 面电阻标准值范围（Ω/sq） |
| 标准样品A | 0.5～5 |
| 标准样品B | 5～10 |
| 标准样品C | 10～20 |
| 标准样品D | 20～40 |

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目为仪器示值相对误差与重复性

6.2仪器示值相对误差

被校仪器按照说明书要求进行预热和自校准，选择各测量范围对应的标准样品，以镀膜面为被测面，使用前清洁样品表面，待样品干燥后使用，每件标准样品在同一被测点重复测量*n*次，*n*一般取6，测量时间间隔为2分钟，记录该样品*n*次面电阻测量值。

每个标准样品*n*次重复测量的算术平均值按照公式（1）计算，示值相对误差按照公式（2）计算。

 （1）

 （2）

式中：

*n*——重复测量次数，*n*一般取6；

——第*i*次测量值；

——*n*次测量值的算术平均值；

——标准样品的标准值；

——测量值的算术平均值和标准值的差值与标准值之比，即示值相对误差；

*i*——标准样品测量序列，1,2，…*n*。

标准样品各自的示值相对误差绝对值的最大值对应的示值相对误差，作为仪器在该测量范围内的面电阻示值相对误差。仪器示值相对误差不确定度按照附录D中的方法评定。

6.3 重复性

极差按照公式（3）计算。

 （3）

式中：

——*n*次测量值中最大值和最小值之差，即极差；

，——*n*次测量值中的最大值和最小值。

标准样品各自的极差的最大值作为仪器测值在该测量范围内的面电阻重复性。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书应至少包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”或“校准报告”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
4. 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 送校单位的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
8. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
9. 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
10. 校准环境的描述；
11. 校准结果及测量不确定度的说明；
12. 对校准规范的偏离的说明；
13. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书或校准报告的声明。

## 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

建议复校时间间隔不超过1年。

# 附录A

面电阻标准样品的赋值

A.1 环境条件

环境温度应在23℃±5℃范围内。相对湿度不大于70%。

A.2 样品要求

选择尺寸为300mm×300mm的ITO导电玻璃作为校准用标准样品，膜层面电阻值均匀，目视无掉膜、污迹、雾斑、划痕等膜层缺陷。

A.3 样品处理

清洁样品表面，确保样品表面无油膜、灰尘及其他附着物，样品干燥后使用。

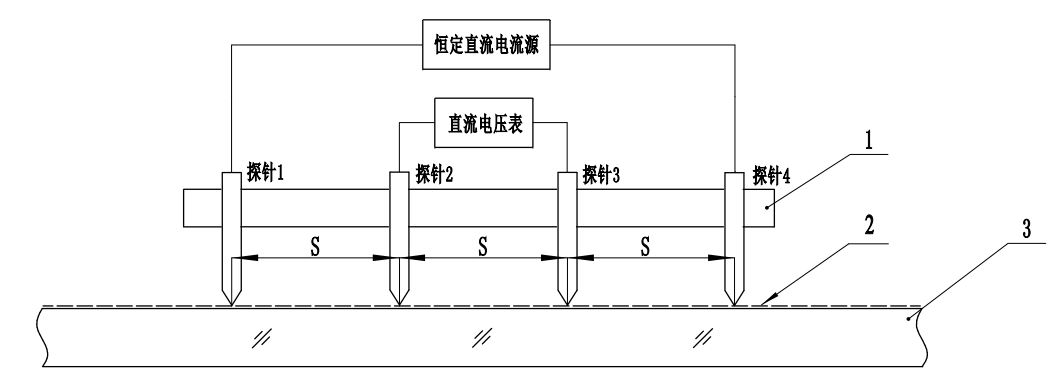
A.4计量器具

直流电流源：经检定或校准且在有效期内的可调输出电流的直流电流源，输出电流范围至少包括0.01mA～100mA，输出电流误差在±0.05%以内。

直流数字电压表：经检定或校准且在有效期内的直流数字电压表，量程至少包含0mV～1000mV，测量误差在±0.05%以内。

A.5 测试过程

被测区域在样品中部选取，重复测量时应保证每次测量都在同一被测区域。使用A.4规定的计量器具按照图A.1连接电路，触点间距相等。电流从探针1流入，从探针4流出，测量并记录探针2与探针3之间的电压值，重复测量10次；改变电流方向，即电流从探针4流入，从探针1流出，测量并记录探针2与探针3之间的电压值，重复测量10次。



图A.1 标准样品面电阻测试示意图

1—绝缘固定架；2—被测低辐射镀膜；3—被测Low-E玻璃；S—探针间距

A.6 赋值方法

按照式（A.1）计算每次测量的面电阻。计算20次面电阻的算术平均值，该数值即为校准用标准样品的面电阻标准值。

 （A.1）

式中：

*R*□——样品的面电阻值，单位是欧姆（Ω），用Ω/sq表示；

*V*——探针2与探针3之间的电压值，单位是伏特（V）；

*I*——探针1与探针4之间的输入电流值，单位为安培（A）。

A.7 标准样品标准值的测量不确定度

A.7.1 测量模型

样品的面电阻按照式（A.1）计算。

A.7.2 测量不确定度来源分析

由电压测量引入的标准不确定度分量，包括电压测量重复性引入的标准不确定度与电压表示值不准引入的标准不确定度，前者可以按照JJF1059.1规定的A类评定方法获得，后者可以按照JJF1059.1规定的B类评定方法获得；由直流电流源的校准或检定引入的标准不确定度，可以按照JJF1059.1规定的B类评定方法获得。

A.7.3 不确定度分量评定

A.7.3.1 由电压测量引入的标准不确定度

1）由电压测量重复性引入的标准不确定度

电压测试值的算术平均值按照公式（A.2）计算：

 （A.2）

式中：

*n*——重复测量次数；

*V*i——第*i*次电压测试值；

——电压测试值的*n*次算术平均值。

测量的重复性标准偏差按照公式（A.3）计算：

 （A.3）

式中：

*n*——重复测量次数；

*V*i——第*i*次电压测试值；

——电压测试值的*n*次算术平均值；

*s*(*V*)——电压重复性标准偏差。

电压测量重复性引入的标准不确定度分量按照公式（A.4）计算：

 （A.4）

式中：

*n*——重复测量次数；

*s*(*V*)——电压重复性标准偏差；

——由测量重复性引入的标准不确定度。

2) 由电压表示值不准引入的标准不确定度

假设标准电压表的可能值区间半宽度为*a*，包含因子为，标准不确定度按照式（A.5）计算：

 （A.5）

式中：

*u*B(*V*)——由电压表示值不准引入的标准不确定度。

由以上分析可以得到电压测量引入的标准不确定度，计算公式见式（A.6）：

 （A.6）

式中：

*u*(*V*)——由电压测量引入的标准不确定度。

A.7.3.2 直流电流源的校准或检定引入的标准不确定度

假设直流电流源的可能值区间半宽度为*b*，包含因子为，标准不确定度*u*(*I*)按照式（A.7）计算：

 （A.7）

式中：

*u*(*I*)——由直流电流源的校准或检定引入的标准不确定度。

A.7.4 计算合成标准不确定度

各输入量间不相关，合成标准不确定度按照式（A.8）计算：

 （A.8）

式中：

*uc*(*R*□)——面电阻的合成标准不确定度；

*c*1，*c*2——灵敏系数，，。

A.7.5 确定扩展不确定度

取*k*=2，面电阻的扩展不确定度按照公式（A.9）计算：

 （A.9）

式中：

*U*——面电阻的扩展标准不确定度。

# 附录B

# 低辐射镀膜玻璃面电阻测试仪校准记录参考格式

送校单位\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 器具名称\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

制造厂商\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 型号规格\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

器具编号\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准环境：温度：\_\_\_\_\_\_\_℃； 相对湿度：\_\_\_\_\_\_\_\_%

校准日期\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准员\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 核验员\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准依据\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准用主要计量标准样品：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 计量特性 | 标准样品名称 | 型号规格 | 证书号 | 标准值 | 不确定度 | 有效期 |
| 面电阻（≤20Ω/sq） | 标准样品A |  |  |  |  |  |
| 标准样品B |  |  |  |  |  |
| 标准样品C |  |  |  |  |  |
| 面电阻（＞20 Ω/sq） | 标准样品D |  |  |  |  |  |

校准项目：

仪器示值相对误差及重复性

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 计量特性 | 标准样品 | 标准值 | 仪器示值（Ω/sq） | | | | | | | | | 仪器示值相对误差 | 重复性（Ω/sq） |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 算术平均值 | 示值相对误差 | 极差 |
| 面电阻（≤20Ω/sq） | 标准样品A |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 标准样品B |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 标准样品C |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 面电阻（＞20 Ω/sq） | 标准样品D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

注：本校准记录允许根据校准单位技术管理要求，做适当修改。

--------------------------以下空白----------------------------------

## 附录C

## 校准证书（内页）参考格式

C.1 校准条件

温度：\_\_\_\_\_\_\_℃

相对湿度：\_\_\_\_\_\_\_\_%

C.2 校准结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 技术指标 | | 校准结果 |
| 1 | 面电阻（≤20Ω/sq） | 仪器示值相对误差 |  |
| 测量重复性 |  |
| 仪器示值相对误差不确定度 |  |
| 2 | 面电阻（＞20 Ω/sq） | 仪器示值相对误差 |  |
| 测量重复性 |  |
| 仪器示值相对误差不确定度 |  |

--------------------------以下空白----------------------------------

## 附录D

## 低辐射镀膜玻璃面电阻仪器示值相对误差不确定度评定实例

D.1 测量方法

被校装置按照说明书要求进行预热和校准。根据被校准仪器的测量范围选择相应的校准用标准样品，每件标准样品重复测量*n*次面电阻，每个标准样品重复测量*n*次的算术平均值按照公式（D.1）计算，示值相对误差按照公式（D.2）计算，样品各自的示值相对误差绝对值的最大值对应的相对误差，作为仪器测值的面电阻仪器示值相对误差。

本实例对测量范围≤20 Ω/sq的面电阻测量仪进行校准，按照表2中的面电阻标准值范围选择3块ITO导电玻璃面电阻标准样品，本实例标准样品标准值分别为3.82Ω/sq、7.65Ω/sq、15.10Ω/sq。

D.2 数学模型

示值相对误差按照公式（D.1）~公式（D.2）计算：

 （D.1）

 （D.2）

式中：

*n*——重复测量次数，取6；

——第*i*个面电阻标准样品的第*j*次测试值；

——第*i*个面电阻标准样品的*n*次算术平均值；

——第*i*个面电阻标准样品的标准值；

——第*i*个面电阻标准样品的算术平均值与标准值之差与标准值之比，即示值相对误差。

D.3 测量不确定度来源分析

面电阻测量重复性引入的标准不确定度分量，此项可以按照JJF1059.1规定的A类评定方法获得；标准样品引入的标准不确定度分量，此项可以按照JJF1059.1规定的B类评定方法获得。

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 由面电阻测量重复性引入的不确定度

经计算，仪器测量标准值为3.82Ω/sq的标准样品的示值相对误差绝对值最大，将该相对误差作为仪器示值相对误差，并使用该标准样品的重复性数据来评定不确定度。多次重复测试数据为：3.940 Ω/sq、3.941 Ω/sq、3.940 Ω/sq、3.941 Ω/sq、3.942 Ω/sq、3.942 Ω/sq。算术平均值按照公式（D.3）计算：

 （D.3）

式中：

——重复测量次数；

——面电阻标准样品的第j次测试值；

——面电阻标准样品的*n*次算术平均值。

测量的重复性标准偏差按照公式（D.4）计算：

 （D.4）

式中：

*n*——重复测量次数；

——面电阻标准样品的第*j*次测试值；

——面电阻标准样品的*n*次算术平均值；

——面电阻重复性标准偏差。

被测量估计值的A类标准不确定度按照公式（D.5）计算：

 （D.5）

式中：

*n*——重复测量次数；

——面电阻重复性标准偏差；

——面电阻估计值的标准不确定度。

D.4.2 由标准样品引入的不确定度

此项为B类不确定度分量，标准样品面电阻标准值的测量不确定度为0.02 Ω/sq，*k*=2。标准不确定度按照公式（D.6）计算：

 （D.6）

式中：

*uB*(*R*s)——标准样品引入的标准不确定度。

D.4.3 灵敏系数与合成不确定度

根据公式（D.2），灵敏系数，。

由于各标准不确定度分量相互无关，合成标准不确定度按照公式（D.7）计算：

 （D.7）

式中：

——面电阻仪器示值相对误差的合成标准不确定度。

D.5 扩展不确定度

取*k*=2，仪器示值相对误差测量结果的扩展不确定度按照公式（D.8）计算：

 （D.8）

式中：

*U*——面电阻(≤20 Ω/sq)仪器示值相对误差的扩展不确定度。

评定实例汇总数据见表D.1。

表D.1 测量不确定度评定实例数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 计量特性 | 面电阻（≤20 Ω/sq） | | | | | |
| 标准样品 | ITO导电玻璃标准样品 | | | | | |
| 仪器示值（Ω/sq） | 3.940 | 3.941 | 3.940 | 3.941 | 3.942 | 3.942 |
| 平均值（Ω/sq） | 3.9410 | | | | | |
| 标准值（Ω/sq） | 3.82 | | | | | |
| 标准偏差（Ω/sq） | 0.0009 | | | | | |
| 仪器示值相对误差 | 3.3% | | | | | |
| （Ω/sq） | 0.0004 | | | | | |
| *uB*(*R*s)（Ω/sq） | 0.01 | | | | | |
| *u*(Δ*r*) | 0.27% | | | | | |
| *k* | 2 | | | | | |
| *U* | 0.54% | | | | | |

D.6 校准结果

面电阻（≤20 Ω/sq）的仪器示值相对误差Δ*r*=3.3 %，扩展不确定度*U*=0.54 %（*k*=2）。