



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 31838.3—2019/IEC 62631-3-2:2015

## 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第3部分：电阻特性(DC方法) 表面电阻和表面电阻率

Solid insulating materials—Dielectric and resistive properties—  
Part 3: Resistive properties(DC methods)—  
Surface resistance and surface resistivity

[IEC 62631-3-2:2015, Dielectric and resistive properties of solid insulating materials—Part 3-2: Determination of resistive properties(DC methods)—  
Surface resistance and surface resistivity, IDT]

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 意义 .....	3
5 试验方法 .....	3
6 评价 .....	8
7 试验报告 .....	9
8 重复性和再现性 .....	9
附录 A (资料性附录) 试样尺寸和电极装置 .....	10
参考文献 .....	11

## 前　　言

GB/T 31838《固体绝缘材料 介电和电阻特性》目前发布以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率；
- 第3部分：电阻特性(DC方法) 表面电阻和表面电阻率；
- 第4部分：电阻特性(DC方法) 绝缘电阻。

本部分为 GB/T 31838 的第3部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 62631-3-2;2015《固体绝缘材料的介电和电阻特性 第3-2部分：确定电阻特性(DC方法) 表面电阻和表面电阻率的一般方法》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 10580—2015 固体绝缘材料在试验前和试验时采用的标准条件(IEC 60212:2010, IDT)；
- GB/T 31838.2—2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分：电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率(IEC 62631-3-1:2016, IDT)；
- GB/T 31838.4—2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第4部分：电阻特性(DC方法) 绝缘电阻(IEC 62631-3-3:2015, IDT)。

本部分做了下列编辑性修改：

- 将标准名称修改为《固体绝缘材料 介电和电阻特性 第3部分：电阻特性(DC方法) 表面电阻和表面电阻率》。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电气绝缘材料与绝缘系统评定标准化技术委员会(SAC/TC 301)归口。

本部分起草单位：苏州太湖电工新材料股份有限公司、东方电气集团东方电机有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、佛山市顺德区质量技术监督标准与编码所、浙江博菲电气股份有限公司、苏州电器科学研究院股份有限公司、四川东材科技股份有限公司、烟台民士达特种纸业股份有限公司、苏州巨峰电气绝缘系统股份有限公司、上海电缆研究所有限公司、无锡江南电缆有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、中车永济电机有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、中电科仪器仪表有限公司、国网江苏省电力有限公司、北京北重汽轮电机有限责任公司、山东齐鲁电机制造有限公司、上海核工程研究设计院有限公司、厦门弘诚复合材料有限公司。

本部分主要起草人：陈昊、吴斌、刘亚丽、张春琪、张跃、朱瑞华、吴化军、马庆柯、李杰霞、陈媛、王志新、夏宇、陈娟、马壮、付强、孔凯、王彬、陈晨、王亚海、赵锐、黄霆、刘凤娟、魏景生、孙岩磊、王琴、卢燕芸、关国华、黄顺达、刘晖、郭荣斌、许坤、张飞、陶加贵、林木松。

# 固体绝缘材料 介电和电阻特性

## 第3部分: 电阻特性(DC方法)

### 表面电阻和表面电阻率

#### 1 范围

GB/T 31838 的本部分规定了直流电压下确定固体绝缘材料表面电阻和表面电阻率的试验方法。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60212 固体电气绝缘材料试验前和试验时采用的标准条件(Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials)

IEC 62631-3-1 固体绝缘材料介电和电阻特性 第3-1部分:确定电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率 一般方法[Dielectric and resistive properties of solid insulating materials—Part 3-1: Determination of resistive properties(DC Methods)—Volume resistance and volume resistivity—General method]

IEC 62631-3-3 固体绝缘材料介电和电阻特性 第3-3部分:确定电阻特性(DC方法) 绝缘电阻 [Dielectric and resistive properties of solid insulating materials—Part 3-3: Determination of resistive properties(DC Methods)—Insulation resistance]

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

###### **电极装置 electrode arrangement**

与被测量样表面相接触的导体装置。

注: 电极的放置宜确保与材料表面充分接触(例如,可通过导电涂料粘贴),和/或施加一定机械作用力于电极和材料表面接触的位置。

##### 3.2

###### **弹簧电极 spring loaded electrodes**

线电极系统,通常用具有尖角的弹簧结构,具有一定间隙的两个平行金属刀刃电极。

##### 3.3

###### **线电极 line electrodes**

应用于被测材料表面,具有一定间隙的平行线型电极。

##### 3.4

###### **环电极 annular electrodes**

中心为圆形电极,间隔空隙环绕着环形电极的装置。

注: 与 IEC 62631-3-1 定义的保护电极的形状相似,在测量表面电阻时,环形电极不再作为保护电极,保护功能由下

电极来实现。

## 3.5

**测量电阻 measured resistance**

施加到与被测量样接触的电极上的直流电压同足够精确地被测量到的流过电极之间的电流的比值。

注 1：三电极系统常用于在测量电阻过程中避免产生体积电流。

注 2：Wheatstone 电桥常用于被测电阻与标准电阻进行比较，目前此类电桥已较少使用。

注 3：根据 IEC 60050-121 中的规定，“电导率”被定义为标量或张量，它与电场强度的乘积是电流密度；“电阻率”是“电导率”的倒数。以这种方法测得的表面电阻率是电阻率的平均值，这些电阻在测量的范围内可能很不均匀，并包含电极上可能产生的极化现象而对测量产生的影响。

## 3.6

**表面电阻 surface resistance**

$R_s$

本部分定义的任何电极装置之间所测得的电阻。

注 1：取决于电极装置，表面电阻可表示为  $R_{SA}$ 、 $R_{SB}$ 、 $R_{SC}$ 、 $R_{SD}$  或  $R_{SE}$ ，单位为欧姆( $\Omega$ )。

注 2：在进行电阻测量时，表面电阻还包含材料内部不确定的某部分电阻。

## 3.7

**弹簧电极之间的表面电阻 surface resistance between spring loaded electrodes**

$R_{SA}$

弹簧电极间所测得的电阻。

## 3.8

**小型线电极之间的表面电阻 surface resistance between small line electrodes**

$R_{SB}$

小型线电极之间所测得的电阻。

## 3.9

**环形电极之间的表面电阻 surface resistance between annular electrodes**

$R_{SC}$

环形电极系统的内圆区和外圆环电极之间所测得的电阻。

## 3.10

**线电极之间的表面电阻 surface resistance between line electrodes**

$R_{SD}$

线电极之间所测得的电阻。

## 3.11

**小板试样线电极之间的表面电阻 surface resistance between line electrodes for small plates**

$R_{SE}$

小板试样线电极之间所测得的电阻。

## 3.12

**表面电阻率 surface resistivity**

$\sigma$

表面电阻  $R_{SA}$ 、 $R_{SB}$ 、 $R_{SC}$ 、 $R_{SD}$  和  $R_{SE}$  单位面积上的电阻，分别表示为  $\sigma_A$ 、 $\sigma_B$ 、 $\sigma_C$ 、 $\sigma_D$  和  $\sigma_E$ 。

注 1：表面电阻率  $\sigma_C$ 、 $\sigma_D$  和  $\sigma_E$  的单位为欧姆( $\Omega$ )。

注 2：表面电阻率也由单位面积的非标准单位  $\Omega$  表示，通过计算特定值以表明该电极尺寸已被考虑在内。

注 3：仅在电极尺寸相同时，可进行材料比对，推荐的电极尺寸见 5.3。

## 4 意义

绝缘材料通常用于将电气系统的各部分组件相互绝缘和对地绝缘。固体绝缘材料还起到机械支撑的作用。对于这些用途,一般期望材料具有尽可能高的绝缘电阻,包括具有得到认可的机械性能、化学和耐热性能。

表面电阻同体积电阻一样是材料绝缘电阻的一部分。绝缘电阻的确定应依据 IEC 62631-3-3,体积电阻的确定则应依据 IEC 62631-3-1。

表面电阻不仅可提供材料或产品的表面上电阻的信息,还可提供由外部影响引起电阻变化的监控。但是,表面电阻不是一个材料的主要特性。表面电阻主要取决于工艺参数、环境条件、表面的老化现象和污染等。对于特定的应用要求,可优先选取不同的电极装置。

## 5 试验方法

### 5.1 概述

通用方法适用于各类材料的测量。对于一个特定类型的材料,应使用本部分规定的特定的试验方法。

根据特定的测量要求和产品的需求来选择不同类型的电极。对于表面形状弯曲的材料,建议选用小型线电极。弹簧电极可在产品上施加较小的应力而进行测量,且对于在测量前应进行条件处理的材料是最佳适用的电极。如果产品标准未规定,则应依据典型应用选择电极装置。

如果所选电极放置在被测试样上,使得试样形状发生明显变化,则应更换其他合适的电极进行测量。

如果没有可供参考的电极选用信息,则推荐采用小型线电极装置。

### 5.2 电压

试验电压应首选推荐为 10 V、100 V、500 V、1 000 V 和 10 000 V。

其他电压可能也适用,如无其他规定,应采用 100 V 电压。

注 1: 超过规定的起始电压会引起局部放电,可能导致测量产生误差。若在空气中进行试验时,试验电压低于 340 V,不会引起局部放电。

注 2: 电压源的纹波特性是十分具有参考价值的,电源电压为 100 V 时,纹波系数小于  $5 \times 10^{-5}$ 。

### 5.3 设备

#### 5.3.1 概述

注意表面电阻受平行于电极装置的寄生电阻产生的影响,如试验装置支撑或电线屏蔽层的电阻。

当被测电阻大于  $10^{10} \Omega$  时,为减小测量误差,应对测量线路施加屏蔽,把测量装置放于屏蔽箱内。

各种电极装置均可用于表面电阻和表面电阻率的测量,但测量结果与电极类型密切相关。

#### 5.3.2 精确度

可采用任何合适的设备。测量电阻的精度至少应为:

- 电阻低于  $10^{10} \Omega$ ,测量误差不大于  $\pm 10\%$ ;
- 电阻在  $10^{10} \Omega \sim 10^{14} \Omega$  之间,测量误差不大于  $\pm 20\%$ ;
- 电阻高于  $10^{14} \Omega$ ,测量误差不大于  $\pm 50\%$ 。

### 5.3.3 电压源

所施加电压源应为稳定的直流电压源,可由蓄电池或整流稳压电源提供,要保证由电压不稳所引起的电流变化足够小,而不影响测量的有效性。

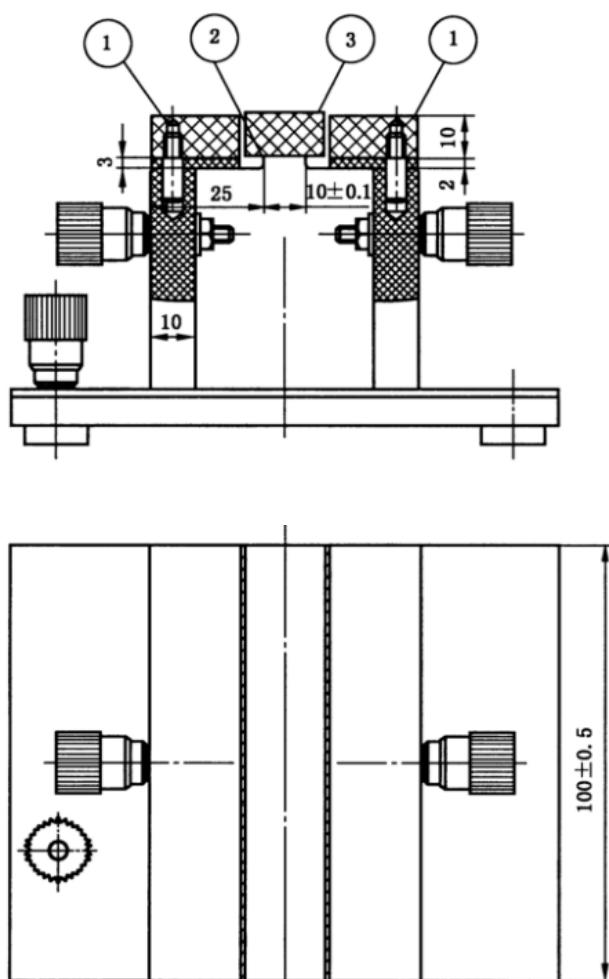
### 5.3.4 电极装置 A——弹簧电极

电极装置 A 由两个长度为 100 mm、间距为 10 mm 的柔性金属的边缘锋利的刀刃电极组成,如图 1 所示。

电极装置 A 无保护电极。金属刀刃电极应包括两个相邻间隔为 0.3 mm、厚度为 0.3 mm、长度不超过 5 mm 的弹簧装置。接触力应足够大以保证刀刃紧贴在试样表面,但不破坏试样表面。

所施加的金属刀刃电极的连接线宜具有足够的绝缘。

单位为毫米



说明:

1—导杆(可拆卸);

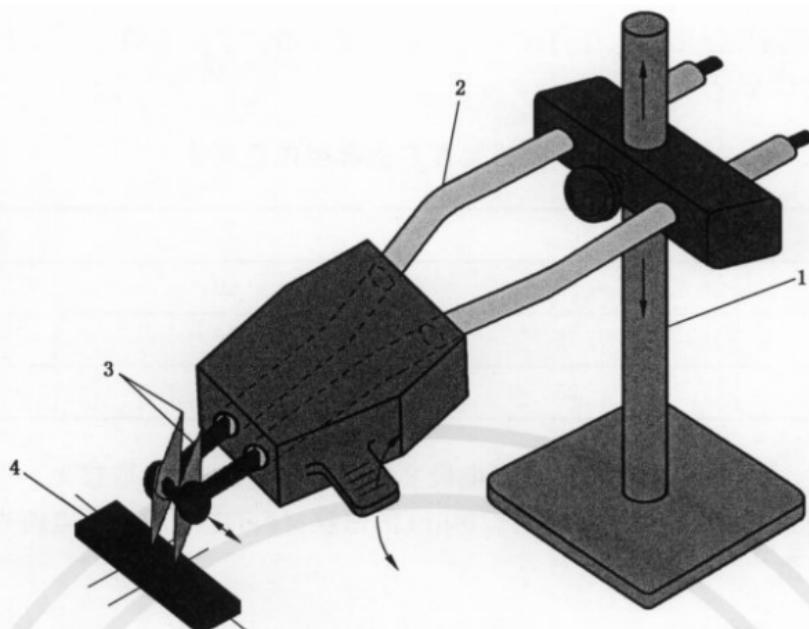
2—金属刀刃电极;

3—试样。

图 1 电极装置 A(示例)

### 5.3.5 电极装置 B——小型线电极

电极装置 B 应由两个线电极粘附而成,没有保护电极,因此,应使用两个平行的宽度为 1.5 mm、长度为 25 mm、电极间距为 2 mm 的线电极,例如导电银。应在试样条件处理前安装电极装置。应按照两电极系统连接测量电路(见图 2)。



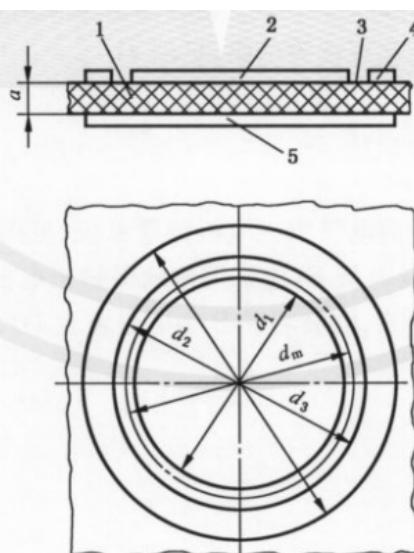
说明：

- 1—支撑杆；
- 2—导杆；
- 3—线电极；
- 4—试样。

图 2 电极装置 B 示意图

### 5.3.6 电极装置 C——环形电极

电极装置 C 为三电极系统,如图 3 所示。在试样的一面放置环形电极,在对面放置不小于相应的测量电极尺寸的保护电极。可在试样条件处理前,粘合电极(见 5.6.4)。



说明：

- 1—试样；
- 2—电极 1；
- 3—测量区域；
- 4—电极 2；
- 5—电极 3(保护电极)。

图 3 电极装置 C

除非另有规定,否则可使用其他任何尺寸的电极。表 1 给出了典型的电极尺寸。对于比较测量,推荐使用表 1 中的电极 C1。

表 1 电极装置 C 的典型电极尺寸

单位为毫米

电极类型	$d_1$	$d_2$	$d_3$
C1	50	60	80
C2	76	88	100
C3	25	38	50

对于电极装置 C,表面电阻应在电极 1 和电极 2 之间被测量,电极 3 应接地。

对于电导率很小且厚度可能小于或等于  $10 \mu\text{m}$  的薄膜材料,应注意保证电流表的输入电阻明显小于被测量样的体积电阻。

### 5.3.7 电极装置 D——线电极

电极装置 D 应包含两个粘合的线电极,没有保护电极。该类电极的长度和电极间距与电极装置 A 相同。

因此,电极装置 D 应由两个平行的宽度为 1.5 mm、长度为  $(100 \pm 1) \text{ mm}$ 、间距为  $(10 \pm 0.5) \text{ mm}$  的线电极组成,例如导电银。可在试样条件处理前,安装电极。应按照两电极系统连接测量电路(见图 2)。

### 5.3.8 电极装置 E——小板试样用线电极

电极装置 E 是三电极系统,应由两个平行的宽度为 1 mm~2 mm、长度为  $(50 \pm 1) \text{ mm}$ 、间距为  $(5 \pm 0.5) \text{ mm}$  的线电极组成,例如导电银。

试样的另外一面放置保护电极,其尺寸不小于相应测量电极所覆盖试样的面积。可在试样条件处理前,安装电极。应按照三电极系统连接试验电路,见图 4b)。

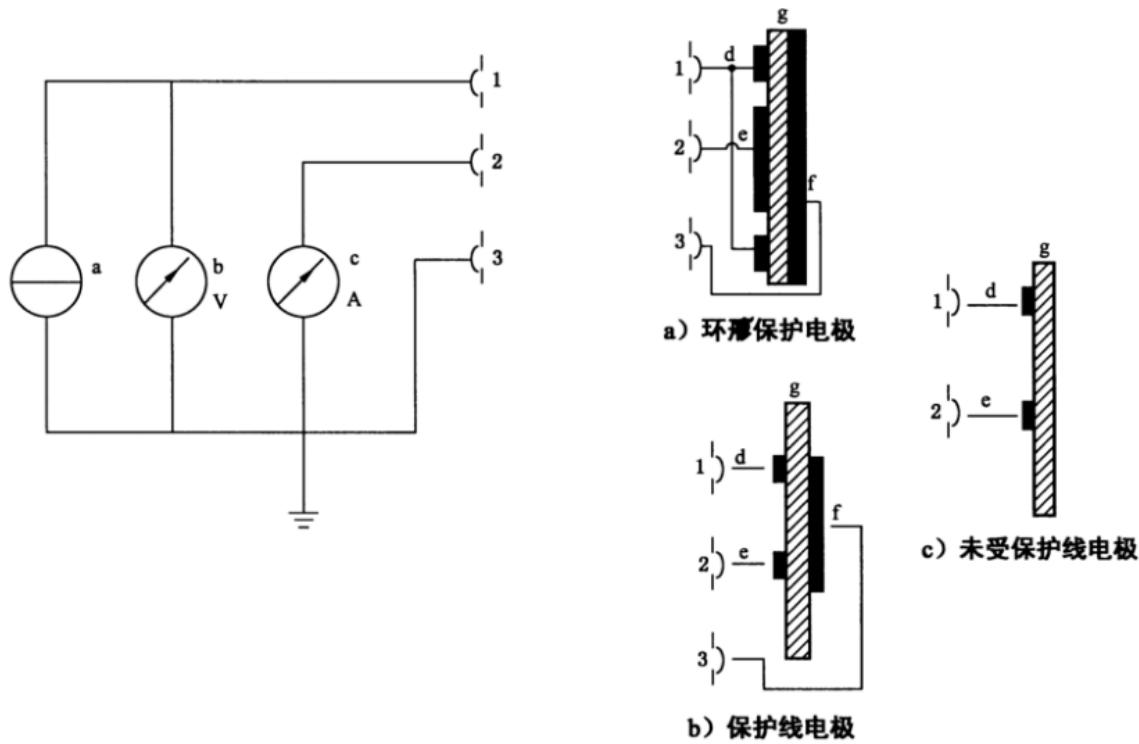
注:当试样为 ISO 10350 规定的宽度和长度均大于或等于 60 mm 的小板材时,推荐使用电极装置 E。

## 5.4 试验电路

根据所选择的电极装置,应执行两电极或三电极测量系统,见图 4。

对于环形电极(电极装置 C)和线电极 E,应采用接地保护三电极测量电路。

对于其他线电极装置(电极装置 A、电极装置 B 和电极装置 D),应采用两电极测量电路。



说明：

- a ——电压源；
- b ——电压表；
- c ——电流表；
- d ——电极 1；
- e ——电极 2(屏蔽极)；
- f ——电极 3(保护极)；
- g ——试样。

图 4 两电极和三电极系统测量电路连接图

## 5.5 校准

应根据被测量样表面电阻的幅值，校准测量设备。

注：商业用标准电阻已可达  $100 \text{ T}\Omega$ 。

## 5.6 试样

### 5.6.1 推荐的试样尺寸和电极装置

试样的尺寸要适用于所选用的电极装置，几种产品推荐的适用的电极类型参见附录 A。

### 5.6.2 试样制备

试样的制备和形状应满足相关材料标准，试样在制备和移动过程中，材料的状态不应发生变化，且在移动过程中不应发生损坏。

如试样表面接触测量电极的部分是机械加工而得，应在测量报告中记录机加工的类型。试样应具有简单的几何形状(如平行测量区域的圆盘、圆柱体等)。

如可能，试样厚度应与产品厚度相同。

### 5.6.3 试样数量

被测试样数量应符合相关的产品标准的要求，如没有相关要求，则最少应采用三个试样进行试验。

#### 5.6.4 电极应用

当使用贴附电极（电极装置 B、电极装置 C、电极装置 D 和电极装置 E）时，应选择一个合适的区域，保证电极完全覆盖在试样表面，所选电极材料应不影响表面电阻值的测量。

注：导电银漆和石墨电极已被证实适合做电极材料。

### 5.6.5 试样的条件处理和预处理

试样的条件处理或其他任何形式的预处理,应按照相关的产品标准进行。

如果没有相应的产品标准可参考,应按照 IEC 60212(标准大气 B)在 23 °C 的室温下和相对湿度 50% 下对试样进行至少 4 d 的条件处理。

如没有其他要求,则不应对试样进行清洁。还应避免试样被污染。

## 5.7 试验步骤

除非另有规定，否则应按照 IEC 60212(标准大气 B)在室温(23 °C)、相对湿度 50%下进行测量。

按照 5.6.5 条件处理和预处理试样后,应立即接电极与测量设备。

在完成条件处理和预处理后的 2 min 内,应进行表面电阻  $R_s$  读数。如没有其他规定,应在施加电压 1 min 后进行读数。

6 评价

## 6.1 对于电极装置 A、电极装置 B、电极装置 D 和电极装置 E

电极 1 和电极 2 之间的各表面电阻, 弹簧电极之间的表面电阻( $R_{SA}$ ), 小型线电极之间的表面电阻( $R_{SB}$ ), 线电极之间的表面电阻( $R_{SD}$ )及小板试样线电极之间的表面电阻( $R_{SE}$ )的单位为欧姆( $\Omega$ )。

对于电极装置 A、电极装置 B、电极装置 D 和电极装置 E，按照式(1)，由测量的电阻值和已知的电极尺寸，计算表面电阻率  $\sigma_s$ 。

即使电极尺寸偏离 5.3.4、5.3.5、5.3.7 和 5.3.8 中规定的尺寸，也可按式(1)式计算表面电阻率：

式中：

*l* ——线电极长度;

$g$  ——线之间的距离(间距);

$R_{sv}$ —A类、B类、D类或E类电极装置测量的读数。

各类电极测量的表面电阻不能进行比较,应给出不同测量值所对应的电极类型。

## 6.2 对于电极装置 C

电极 1 和电极 2 及地电极 3 之间的表面电阻，环形电极之间的表面电阻 ( $R_{\text{sd}}$ ) 的单位为欧姆 ( $\Omega$ )。

按照式(2),由测量的电阻值  $R_{sc}$  和已知的电极尺寸(见图 3),计算表面电阻率  $\sigma_s$ :

武中。

$d_1$ —内电极外直径:

$d_2$ —外电极内直径

## 7 试验报告

试验报告应包括：

- 电极装置及尺寸；
- 测量材料的完整描述和标识，包括来源和制造商代码；
- 试样形状和厚度；
- 试验电压；
- 如有需要，根据电阻的测量值，测量仪器的精度及检测方法；
- 材料的固化条件或预处理；
- 试验条件和大气条件；
- 试验用装置的描述及使用说明；
- 试样数量；
- 试验日期；
- 报告表面电阻、表面电阻率的个别值和中值和；
- 试验过程中的环境条件；
- 其他任何重要的，应记录现象。

## 8 重复性和再现性

表面电阻和表面电阻率的测量受多方面影响，经验表明，再现性为 50%以上(测量值)。  
重复性在 20%~50%之间。

**附录 A**  
**(资料性附录)**  
**试样尺寸和电极装置**

表 A.1 给出了试样尺寸和电极装置。

对于不能制成平板型而进行测量的材料,所选电极装置宜由供需双方协商确定。

**表 A.1 推荐试样尺寸及特定产品的电极装置**

产品种类	推荐电极装置	备注	推荐试样尺寸
热塑性成型部件	E、C	参见 ISO 10350-1	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$
热固性成型部件	A、E、C	参见 ISO 14526、ISO 14527、ISO 14528、 ISO 14529、ISO 14530、ISO 15252	$\geq 60 \text{ mm} \times \geq 60 \text{ mm}$ $\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
玻纤增强不饱和 聚酯模压件(SMC BMC)	A、C	参见 EN 14598、ISO 10350-2	$\geq 100 \text{ mm} \times \geq 100 \text{ mm}$
环氧片材、环氧板	A、C	参见 IEC 60893-2	—
管材、棒状、条状制品	B、D	参见 IEC 61212-2 参见 IEC 62011-2	—
弹性材料	B	—	—

## 参 考 文 献

- [1] EN 14598 (all parts) Reinforced thermosetting moulding compounds—Specification for Sheet Moulding Compound (SMC) and Bulk Moulding Compound (BMC)
  - [2] IEC 60050-121 International Electrotechnical Vocabulary—Part 121: Electromagnetism
  - [3] IEC 60893-2 Industrial rigid laminated sheets based on thermosetting resins for electrical purposes—Part 2: Methods of test
  - [4] IEC 61212-2 Insulating materials—Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes—Part 2: Methods of test
  - [5] IEC 62011-2 Insulating materials—Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purpose—Part 2: Methods of test
  - [6] ISO 10350 (all parts) Plastics—Acquisition and presentation of comparable single-point data
  - [7] ISO 10350-1 Plastics—Acquisition and presentation of comparable single-point data—Part 1: Moulding materials
  - [8] ISO 10350-2 Plastics—Acquisition and presentation of comparable single-point dat—Part 2: Long-fibre-reinforced plastics
  - [9] ISO 14526 (all parts) Plastics—Phenolic powder moulding compounds (PF-PMCs)
  - [10] ISO 14527 (all parts) Plastics—Urea-formaldehyde and urea/melamine-formaldehyde powder moulding compounds (UF- and UF/MF-PMCs)
  - [11] ISO 14528 (all parts) Plastics—Melamine-formaldehyde powder moulding compounds (MFPMCs)
  - [12] ISO 14529 (all parts) Plastics—Melamine/phenolic powder moulding compounds (MP-PMCs)
  - [13] ISO 14530 (all parts) Plastics—Unsaturated-polyester powder moulding compounds (UPPMCs)
  - [14] ISO 15252 (all parts) Plastics—Epoxy powder moulding compounds (EP-PMCs)
-