



中华人民共和国国家标准

GB/T 31838.2—2019/IEC 62631-3-1:2016
代替 GB/T 1410—2006

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

**Solid insulating materials—Dielectric and resistive properties—
Part 2: Resistive properties(DC methods)—
Volume resistance and volume resistivity**

[IEC 62631-3-1:2016, Dielectric and resistive properties of solid insulating materials—Part 3-1: Determination of resistive properties(DC methods)—Volume resistance and volume resistivity—General method, IDT]

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 意义	2
5 试验方法	2
6 试验程序	6
7 试验报告	6
8 重复性和再现性	7
参考文献.....	8

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2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 1410—2006《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻试验方法》，与GB/T 1410—2006相比主要技术变化如下：

- 修改了规范性引用文件(见第2章,2006年版的第2章)；
- 删除了“表面电阻”“表面电阻率”和“电极”等术语(见2006年版的3.3、3.4、3.5)；
- 增加了“杂散电流”术语(见3.3)；
- 将“电源、精确度、保护、试样、电极材料、试样处置、条件处理”等整合为“试验方法”(见第5章,2006年版的第5章、6.2、6.3、第7章~第10章)；
- 将“测量方法、试验程序、体积电阻率”整合为“试验程序”(见第6章,2006年版的6.1、第11章、12.1)；
- 删除了“表面电阻”和“表面电阻率的计算”(见2006年版的11.2和12.2)；
- 修改了“重现性”(见第8章,2006年版的12.3)；
- 删除了附录A、附录B、附录C(2006年版的附录A、附录B和附录C)。

本部分使用翻译法等同采用IEC 62631-3-1:2016《固体绝缘材料的介电和电阻特性 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》。

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 1981.2—2009 电气绝缘用漆 第2部分：试验方法(IEC 60464-2:2001及2006第1次修订,MOD)；
- GB/T 1981.3—2009 电气绝缘用漆 第3部分：热固化浸渍漆通用规范(IEC 60464-3-2:2001,IDT)；
- GB/T 2411—2008 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)(ISO 868:2003, IDT)；
- GB/T 5132.1—2009 电气用热固性树脂工业硬质圆形层压管和棒 第1部分：一般要求(IEC 61212-1:2006,IDT)；
- GB/T 5132.2—2009 电气用热固性树脂工业硬质圆形层压管和棒 第2部分：试验方法(IEC 61212-2:2006,IDT)；
- GB/T 5132.5—2009 电气用热固性树脂工业硬质圆形层压管和棒 第5部分：圆形层压模制棒(IEC 61212-3-3:2006,IDT)；
- GB/T 6554—2003 电气绝缘用树脂基反应复合物 第2部分：试验方法 电气用涂敷粉末方法(IEC 60455-2-2:1984,MOD)；
- 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 15022.1—2009 电气绝缘用树脂基活性复合物 第1部分:定义及一般要求(IEC 60455-1:1998,IDT);
- GB/T 15022.2—2017 电气绝缘用树脂基活性复合物 第2部分:试验方法(IEC 60455-2:2015,NEQ);
- GB/T 15022.3—2011 电气绝缘用树脂基活性复合物 第3部分:无填料环氧树脂复合物(IEC 60455-3-1:2003,IDT);
- GB/T 15022.4—2009 电气绝缘用树脂基活性复合物 第4部分:不饱和聚酯为基的浸渍树脂(IEC 60455-3-5:2006,MOD);
- GB/T 15022.5—2011 电气绝缘用树脂基活性复合物 第5部分:石英填料环氧树脂复合物(IEC 60455-3-2:2003,MOD)。

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2部分:电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率》。

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:苏州电器科学研究院股份有限公司、烟台民士达特种纸业股份有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、浙江博菲电气股份有限公司、四川东材科技集团股份有限公司、苏州巨峰电气绝缘系统股份有限公司、苏州太湖电工新材料股份有限公司、上海电缆研究所有限公司、无锡江南电缆有限公司、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、南京中超新材料股份有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、中安达电气科技股份有限公司、无锡统力电工股份有限公司、中车永济电机有限公司、上海缆慧检测技术有限公司、安徽威能电机有限公司、天津大学、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、中国质量认证中心。

本部分主要起草人:陈昊、胡德霖、刘亚丽、郭振岩、王志新、吴化军、李杰霞、夏宇、徐晓风、陈娟、刘军、孔凯、郭荣斌、杨培杰、吉永红、付强、林柏阳、许坤、孙岩磊、王俊俊、王亚海、朱永华、戴涛、白帆、孟宪媛、杨粉祥、赵锐、徐庆华、黄晓云、李强军、柴洪勇、李超、杜伯学、秦少瑞、彭庆军、张飞、吉宇、黄地、张丽。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 1410—2006。

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

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体积电阻和体积电阻率的试验方法。

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 固体绝缘材料在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 60455(所有部分) 电气绝缘用树脂基活性复合物(Resin based reactive compounds used for electrical insulation)

IEC 60464(所有部分) 电气绝缘用漆(Varnishes used for electrical insulation)

IEC 61212(所有部分) 电气用热固性树脂工业硬质圆形层压管和棒(Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes)

ISO 868 塑料和硬质橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度)[Plastics and ebonite—Determination of indentation hardness by means of a durometer(Shore hardness)]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

体积电阻 volume resistance

施加在与绝缘介质相对表面接触的两个电极间的直流电压与给定时间流过介质的电流之比。

注:体积电阻的单位用 Ω 表示。

3.2

体积电阻率 volume resistivity

在给定的时间及电压下,直流电场强度与绝缘介质内部电流密度之比。

注1:根据 IEC 60050-121,“电导率”被定义为标量或张量,它与电场强度的乘积是传导电流密度;“电阻率”是“电导率”的倒数。体积电阻率是在测量时单位体积内可能存在的各向异性的数量的平均值,还包括在电极间可能产生的极化现象。

注2:在实际中,体积电阻率通常被视为单位体积内的体积电阻。

注3:体积电阻率的单位用 $\Omega \cdot m$ 表示。

3.3

杂散电流 stray current

对地的或埋在地下的金属结构接地而引起的泄漏电流。

4 意义

绝缘材料通常用于将电气系统中各组件之间或组件对地之间进行电气隔离。固体绝缘材料还起到机械支撑的作用。因此,在应用绝缘材料时,期望其具有尽可能高的绝缘电阻及得到认可的机械性能、化学和耐热性能。体积电阻是材料绝缘电阻的一部分。

体积电阻率可作为选用合适的绝缘材料的一个辅助方法,其可能随测量温度和湿度的变化而显著变化,因此在选用材料时,应了解其使用条件和环境。

当直流电压施加到两电极之间的试样上时,通过试样的电流会逐渐减小到一个稳定值。电流随时间的减小可能是由于介质的极化和载流子迁移到电极所致。对于体积电阻率小于 $10^{10} \Omega \cdot \text{m}$ 的材料,电流通常在 1 min 内即可达到稳定状态。对于具有更高体积电阻率的材料,电流减小并趋于稳定的过程可能会持续几分钟、几小时、几天甚至几周。因此,对于这样的材料,可采用较长的施加电压时间。

注:当电场强度非常高时,会产生其他不同的现象。

5 试验方法

5.1 概述

一般方法给出了可被普遍用于各类材料的测量方法,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。

体积电阻和体积电阻率的测量应考虑测量电路的特性以及该材料的特有电性能。

试验时,所施加的试验电压很高,应注意防止触电。

试验施加电压所产生的极化效应会影响下一次的测量结果,因此连续两次测量期间应保证足够长的时间间隔,以消除极化效应。

注:对于体积电阻不大于 $10^{12} \Omega$ 的材料,1 h 的时间间隔是足够的。

5.2 电源与电压

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。对于电源的稳定度,由电压不稳所引起的电流变化应足够小,而不影响测量的有效性。

注 1: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 5×10^{-5} 。

试验电压通常规定为 10 V、100 V、500 V、1 000 V 和 10 000 V。如无特殊规定,推荐采用 100 V 电压。

注 2:超过规定的起始电压会引起局部放电,可能导致测量误差。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。

5.3 设备

5.3.1 精确度

可采用任何合适的设备,但测量装置的精确度至少满足下列要求:

- 电阻低于 $10^{10} \Omega$,测量误差不大于 $\pm 10\%$;
- 电阻介于 $10^{10} \Omega$ 到 $10^{14} \Omega$ 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 $\pm 50\%$ 。

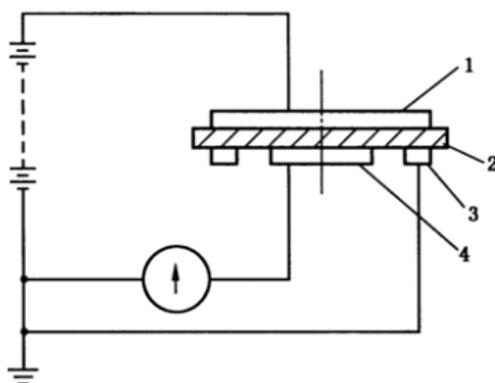
5.3.2 保护

组成测量线路的绝缘材料,宜具有与被测材料近似的特性。下列原因可能导致测量产生误差:

- 外来寄生电压引起的杂散电流,通常其大小未知,并具有漂移特性;
- 具有未知而易变的电阻值的绝缘与试样电阻、标准电阻器或电流测量装置的不正常的分路;
- 表面电阻可能比体积电阻低一个数量级。

通过尽可能地提高测量线路所有部分的绝缘电阻,来近似地更正上述误差。但这种做法可能导致测量设备复杂且笨重,而又不足以测量高于几百兆欧的绝缘电阻。可通过使用保护技术来实现更为合适的修正。

保护是指在所有关键的绝缘部位插入保护导体,可阻拦所有可能引起误差的杂散电流。这些保护导体联接在一起,组成保护系统,并与测量端形成三电极系统。当线路连接恰当时,所有外来寄生电压产生的杂散电流被保护系统分流到测量电路以外,任一测量端到保护系统的绝缘电阻宜与比电阻低得多的线路元件并联,试样电阻仅指两测量电极之间的绝缘电阻。采用这个技术可大大减小误差概率。图1为使用保护电极测量体积电阻的基本线路。



说明:

- 1——测量电极;
- 2——试样;
- 3——保护电极;
- 4——被保护电极。

图1 含有保护电极的基本线路连接图

注:试样尺寸在5.5中给出。

保护端和被保护端所存在的电压(如电解电动势和热电动势)较小时,可以通过补偿消除。应注意这些电压不会在测量过程中引起显著误差。

在电流测量法中,由于电流测量装置与被保护端和保护系统之间的电阻并联可能产生误差。为确保设备的正常运行,先断开电源和试样的连线进行一次测量,在这些条件下,设备在它的灵敏度范围内指示出无穷大的电阻。如果有一些已知电阻值的标准电阻可以用作参考,则可用来检查设备运行是否良好。

5.3.3 电极

5.3.3.1 概述

试验用的电极材料是一类易于施加到试样上、能与试样表面紧密接触、且不至于因自身电阻或对试样表面的污染而引入很大误差的导电材料。在试验条件下,电极材料宜耐腐蚀。电极应与给定的形状和尺寸合适的衬垫电极一同使用。简单的做法是用两种不同的电极材料或两种不同的使用方法来判断电极材料是否会引入很大误差。下面给出了可使用的典型的电极材料。

5.3.3.2 导电银漆

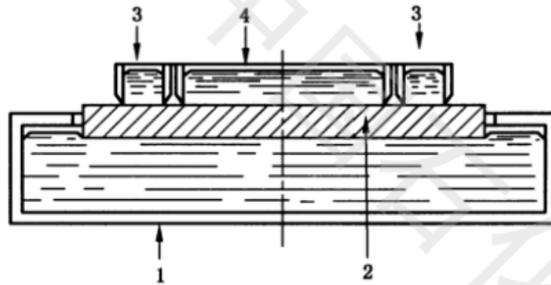
某些高导电率的工业用银漆,无论是气干的或室温烘干的,是足够疏松的、能透过湿气,从而可在加上电极后对试样进行条件处理。这种特点特别适合研究电阻-湿气效应,以及电阻随温度的变化。在导电漆被用作一种电极材料以前,宜证实漆中的溶剂不影响试样的电性能。用细毛刷涂刷电极可以使保护电极的边缘相当光滑。但对于圆电极,可先用圆规画出电极的轮廓,然后用刷子来涂满内部,以此获得精细的边缘。在使用喷枪喷涂电极漆时,可采用夹装的模板。

5.3.3.3 蒸发或喷镀金属

当确定材料不受离子轰击、温度应力或真空处理影响时,可采用蒸发或喷镀金属的方法。

5.3.3.4 液体电极

使用液体电极往往能够得到满意的结果。构成上电极的液体被框住,例如用不锈钢环来框住,每个环的下边缘在不接触液体的一面被削成锐边。图2给出了使用液体电极的装置,所选用液体材料可如镓、铟、锡,这几种材料在室温下为液态,故推荐使用。不推荐使用水银。



说明:

- 1——测量电极;
- 2——试样;
- 3——保护电极;
- 4——液态金属电极。

图2 液体电极装置

5.3.3.5 胶体石墨

分散在水中或其他合适媒质中的胶体石墨,可在与导电银漆相同的使用条件下使用。

5.3.3.6 导电橡胶

导电橡胶可被用作电极材料。它的优点是能方便快捷地置于试样上或者从试样上移除。由于只是在测量时才将电极放到试样上,因此它不妨碍试样的条件处理。导电橡胶的绝缘电阻应小于 $1\ 000\ \Omega$ 。

导电橡胶应足够柔软,以确保其在加上适当的压力,例如 $2\ \text{kPa}$ ($0.2\ \text{N/cm}^2$)时,能与试样紧密接触。ISO 868规定的邵氏硬度为65~85的材料适合作为导电橡胶。

注:测量电阻率时,导电橡胶作为电极材料的测量结果比金属电极的测量结果要高(百分之几十到百分之几百)。

5.3.3.7 金属箔

金属箔可粘贴在试样表面作为测量体积电阻的电极,但不适用于测量表面电阻。铝和锡箔被普遍作为金属箔电极。通常用少量的凡士林、硅脂、硅油或其他合适的材料作为粘贴剂,将它们粘贴到试

样上。

所有类型的粘贴剂都可能影响测量结果,宜尽可能少量的使用。

注1:含有以下成分的药用胶适合用作导电粘贴剂:

- 分子量为 600 的无水聚乙二醇 800 份(质量);
- 水 200 份(质量);
- 软肥皂(药用级) 1 份(质量);
- 氯化钾 10 份(质量)。

注2:软肥皂为非腐蚀性的、医用的中性肥皂。

要在一个平稳的压力下粘贴电极,使之足以消除一切褶皱和将多余的粘贴剂赶到金属箔的边缘,再用一块干净的薄纸擦去多余的粘贴剂。用软物(如手指)按压能很好地做到这点。这个技巧仅适用于表面非常平滑的试样。通过操作,粘贴剂薄层可减小到 0.002 5 mm 或更薄。

5.4 校准

测量设备应根据被测量体积电阻的幅值进行校准。

注:商业用标准电阻已可达 100 TΩ。

5.5 试样

5.5.1 概述

试样的厚度应尽量与实际应用中的产品厚度相同。

如无其他规定,推荐使用长和宽大于或等于 100 mm、厚度为(1.0±0.5) mm 的平板试样。

5.5.2 试样的推荐尺寸和电极的安放

除非另有相关产品标准的规定,否则推荐使用表 1 中给出的试样尺寸。

表 1 推荐试样尺寸

产品类型	推荐试样尺寸	备注
热塑性成型部件	—	—
热固性成型部件	—	—
玻纤增强不饱和聚酯模压件(SMC BMC)	100 mm×100 mm×(3~5) mm	—
环氧片材、环氧板	—	—
浸渍树脂和清漆	参见 IEC 62631-3-11	参见 IEC 60455 和 IEC 60464 定义的材料
浇注树脂	—	IEC 60455 定义的材料
管材、棒状、条状制品	—	参见 IEC 61212 定义的材料
弹性材料	100 mm×100 mm×3 mm	—

5.5.3 试样的制备

试样的制作和形状应满足相关材料标准。在移动试样和制备试样的过程中,不应使材料的性能发生变化,材料不应被损坏。

若试样的表面是在与电极接触的区域上机加工,则应在试验报告中记录采用的机加工方式。试样应具有简单的几何形状(例如平板型和圆筒型等)。

如有可能,试样的厚度应接近于实际产品厚度。

5.5.4 试样数量

测量试样的数量应由相关产品标准决定。若没有可参考的标准,试样数量应至少为 3 个。

5.5.5 试样的条件处理和预处理

应按照相关的产品标准,进行试样的条件处理或其他形式的预处理。若无相关的产品标准,应按照 IEC 60212(标准环境条件 B),在 23 ℃ 的室温下和相对湿度 50% 条件下至少处理 4 天。

5.6 特定材料的试验程序

特定材料的试验程序,可参照 IEC 60455-2、IEC 60464-2 和 IEC 61212-2。若有对特定材料规定的试验程序,则应优先采用。

6 试验程序

6.1 概述

应按照相关产品标准规定的数量准备试样,若无相关产品标准,则每个试验应至少需要 3 个试样。在加装电极前,至少在 5 个不同的点上测量材料的厚度。试样厚度和电极尺寸的精确度要求应为 ±1%。

6.2 体积电阻的测量

在测量之前,应使试样处于介电稳定状态。为此,通过测量装置将试样和电极联接,逐步增加电流测量装置的灵敏度,同时观察短路电流的变化,应直到短路电流达到恒定值。如没有其他规定,应在施加电压 1 min 后进行体积电阻读数。在测量之前,试样应在试验环境下放置至少 24 h。

除非试样再次进入稳定状态,否则不允许重复测量。

若对比直流加压时间对测量结果的影响,应在施加指定的直流电压的同时开始计时,除非另有规定,否则在施加电压后,在如下的测量时间点:1 min、2 min、5 min、10 min、50 min 和 100 min 进行读数,如果两次测量得出同样的结果,应结束试验。

6.3 体积电阻率的计算

体积电阻率按式(1)计算:

$$\rho = R_x \cdot \frac{A}{h} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- ρ —— 体积电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot m$);
- R_x —— 测得的体积电阻,单位为欧姆(Ω);
- A —— 电极的有效面积,单位为平方米(m^2);
- h —— 试样的平均厚度,单位为米(m)。

7 试验报告

试验报告应包括下列信息:

- 对被测材料的完整描述,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，给出测量仪器的精度及检测方法；
- 材料的固化条件或预处理；
- 试样的条件处理和环境；
- 试验用装置描述及使用说明；
- 试样数量；
- 试验日期；
- 报告体积电阻、体积电阻率的个别值和中值；
- 试验过程中的环境条件；
- 其他任何重要的信息。

8 重复性和再现性

体积电阻和体积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。

参 考 文 献

[1] IEC 60050-121 International electrotechnical vocabulary—Part 121: Electromagnetism (available at <http://www.electropedia.org>)

[2] IEC 62631-3-11 Dielectric and resistive properties of solid insulating materials—Part 3-11: Determination of resistive properties (DC methods)—Volume resistance and volume resistivity—Method for impregnation and coating materials
