



中华人民共和国国家标准

GB/T 1408.1—2016/IEC 60243-1:2013
代替 GB/T 1408.1—2006

绝缘材料 电气强度试验方法 第 1 部分：工频下试验

Insulating materials—Test methods for electric strength—
Part 1: Test at power frequencies

(IEC 60243-1:2013, Electric strength of insulating materials—Test
methods—Part 1: Tests at power frequencies, IDT)

2016-12-13 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 试验意义	2
5 电极和试样	3
6 试验前的条件处理	6
7 周围媒质	7
8 电气设备	7
9 试验程序	8
10 升压方式	8
11 击穿判定	10
12 试验次数	10
13 试验报告	10
附录 A (资料性附录) 试验数据和处理	18
参考文献	19

前 言

GB/T 1408《绝缘材料 电气强度试验方法》分为以下 3 个部分：

- 第 1 部分：工频下试验；
- 第 2 部分：对应用直流电压试验的附加要求；
- 第 3 部分：1.2/50 μ s 冲击试验补充要求。

本部分为 GB/T 1408 的第 1 部分。

本部分代替 GB/T 1408.1—2006《绝缘材料电气强度试验方法 第 1 部分：工频下试验》。与 GB/T 1408.1—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)；
- 增加了“球板电极”的试验要求(见 5.2.1.3)；
- 增加了“弹性体”的试验要求(见 5.2.6.2.4)；
- 增加了“固体材料中的试验”(见 7.4)；
- 增加了“球板电极”的示意图[见图 1c)]；
- 删除了附录 B(见 2006 年版的附录 B)。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60243-1:2013《绝缘材料电气强度 试验方法 第 1 部分：工频下试验》(第 3 版)。

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, MOD)
- GB 2536—2011 电工液体 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油(IEC 60296:2003, MOD)
- GB/T 5471—2008 塑料 热固性塑料试样的压塑(ISO 295:2004, IDT)
- GB/T 7113.2—2014 绝缘软管 第 2 部分：试验方法(IEC 60684-2:2003, MOD)
- GB/T 9352—2008 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑(ISO 293:2004, IDT)
- 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 15022.2—2007 电气绝缘用树脂基活性复合物 第 2 部分：试验方法(IEC 60455-2:1998, MOD)
- GB/T 17037.3—2003 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 3 部分：小方试片(ISO 294-3:2002, IDT)
- GB/T 21218—2007 电气用未使用过的硅绝缘液体(IEC 60836:2005, IDT)

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、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、上海电缆研究所、株洲时代电气绝缘有限责任公司、桂林电器科学研究院有限公司。

本部分主要起草人：陈昊、张春琪、郭振岩、王典新、徐晓风、夏俊峰、刘亚丽、曾智、张峻华、王一靓、吴斌、王先锋。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 1408—1978、GB/T 1408—1989、GB/T 1408.1—1999、GB/T 1408.1—2006。

绝缘材料 电气强度试验方法

第 1 部分：工频下试验

1 范围

GB/T 1408 的本部分提出了测定固体绝缘材料工频(即 48 Hz~62 Hz)短时电气强度的试验方法。

本部分规定了用液体和气体作为固体绝缘材料试验时的浸渍剂或周围媒质,但不适用于液体和气体的试验。

注：本部分包括测定固体绝缘材料表面击穿电压的方法。

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。

ISO 293 塑料 热塑性材料压塑试样(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials)

ISO 294-1 塑料 热塑性材料注塑试样 第 1 部分：一般原理及多用途模塑件和条形试样(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens)

ISO 294-3 塑料 热塑性材料注塑试样 第 3 部分：小型平板(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 3: Small plates)

ISO 295 塑料 热固性材料压塑试样(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermosetting materials)

ISO 10724(所有部分) 塑料 热固性粉末模塑复合材料注塑试样(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermosetting powder moulding compounds)

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

IEC 60296 电工用液体 变压器和开关设备用的未使用过的矿物绝缘油(Fluids for electrotechnical applications—Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear)

IEC 60455-2 电气绝缘用无溶剂可聚合树脂复合物规范 第 2 部分：试验方法(Specification for solvent-less polymerizable resinous compounds used for electrical insulation—Part 2: Methods of test)

IEC 60464-2 电气绝缘用漆 第 2 部分：试验方法(Varnishes used for electrical insulation—Part 2: Methods of test)

IEC 60684-2 绝缘软套管 第 2 部分：试验方法(Flexible insulating sleeving—Part 2: Methods of test)

IEC 60836 电工设备用未使用过的硅绝缘液体规范(Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes)

IEC 61099 绝缘液体 电工用未使用过的合成有机酯规范(Insulating liquids—Specifications for unused synthetic organic esters for electrical purposes)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电气击穿 electric breakdown

当试样承受电应力作用时,其绝缘性能严重损失,由此引起试验回路电流促使相应的回路断路器动作。

注:击穿通常是由试样和电极周围的气体或液体媒质中的局部放电引起,并使得小电极(或两电极,如果两电极直径相同的话)边缘的试样遭到破坏。

3.2

闪络 flashover

在电应力作用下,试样和电极周围的气体或液体媒质绝缘性能丧失,由此引起的试验回路电流促使响应的回路断路器动作。

注:出现碳化通道或试样内穿孔,则表明发生击穿,否则为闪络。

3.3

击穿电压 breakdown voltage

3.3.1

(在连续升压试验中)在规定的试验条件下,试样发生击穿时的电压。

3.3.2

(在逐级升压试验中)试样承受住的最高电压,在该电压水平下,整个时间内试样不发生击穿。

3.4

电气强度 electric strength

在规定的试验条件下,击穿电压与施加电压的两电极之间距离的商。

注:除另有规定外,建议按 5.5 规定测定两试验电极之间的距离。

4 试验意义

按本部分得到的电气强度试验结果,能用来检测由于工艺变更、老化条件或其他制造或环境情况而引起的性能相对于正常值的变化或偏离,一般不推荐用于直接确定在实际应用中的绝缘材料的性能状态。

材料的电气强度测量值可能受以下多种因素影响,包括:

a) 试样状态:

- 1) 试样厚度和均匀性,以及是否存在机械应力;
- 2) 试样的预处理,特别是干燥和浸渍过程;
- 3) 是否存在气隙、水分或其他杂质。

b) 试验条件:

- 1) 施加电压的频率、波形和升压速度或加压时间;
- 2) 环境温度、气压和湿度;
- 3) 电极形状、电极尺寸及其导热系数;
- 4) 周围媒质的电、热特性。

在研究还没有实际经验的新材料时,应该考虑到所有这些有影响的因素。本部分规定了一些特定的条件,以便迅速地判别材料,并可用以进行质量控制和类似的目的。

用不同方法得到的结果是不能直接相比的,但每一结果可提供关于材料电气强度的资料。大多数材料的电气强度随着电极间试样厚度的增加而减小,随电压施加时间的增加而减小。

大多数材料测得的电气强度受到击穿前的表面局部放电强度和时间的显著影响。为设计在升压直到试验电压过程中不发生局部放电的电气设备,应知道材料击穿前无放电的电气强度,但本部分的方法通常不适用提供这方面资料。

具有高电气强度的材料未必能耐长时期的劣化过程,例如热老化、腐蚀或由于局部放电而引起化学腐蚀或潮湿条件下的电化学腐蚀,而所有这些过程都可导致材料在运行中于低得多的电场强度下失效。

5 电极和试样

5.1 通则

金属电极应始终保持光滑、清洁和无缺陷。对板材和片材进行试验时,电极装置应垂直于试样表面见图 1。

注:当对薄试样进行试验时,电极的维护尤其重要。为了在击穿时尽量减小电极损伤,优先采用不锈钢电极。

接到电极上的导线既不应使得电极倾斜或其他移动或使得试样上压力变化,也不应使得试样周围的电场分布受到显著影响。

试验非常薄的薄膜(例如,厚度小于 $5.0\ \mu\text{m}$)时,这些材料的产品标准应规定所用的电极、操作的具体程序和试样的制备方法。

5.2 垂直于非层叠材料表面和垂直于层叠材料层向的试验

5.2.1 板材和片状材料(包括纸板、纸、织物和薄膜)

5.2.1.1 不等直径电极

电极由两个金属圆柱体组成,其边缘倒圆成半径为 $(3.0 \pm 0.2)\text{mm}$ 的圆弧。其中一个电极的直径为 $(25.0 \pm 1.0)\text{mm}$,高约 25.0mm ;另一个电极直径为 $(75.0 \pm 1.0)\text{mm}$,高约 15.0mm 。两个电极同轴,误差在 2.0mm 内,如图 1a)所示。

注:未与电极接触部分的试样半径对结果不是至关重要,但应避免其在周围媒质中的局部放电。

5.2.1.2 等直径电极

如果使用一种可使上下电极准确对中(误差在 1.0mm 内)放置的装置,则下电极直径可减小到 $(25.0 \pm 1.0)\text{mm}$,两电极直径差不大于 0.2mm ,如图 1b)所示。这样测得的结果未必同 5.2.1.1 不等直径电极测得的结果相同。

5.2.1.3 球板电极

电极由一个球体和一个金属板组成,其中上电极为直径 $(20.0 \pm 1.0)\text{mm}$ 的球体,下电极为直径 $(25.0 \pm 1.0)\text{mm}$ 的金属板,其边缘倒圆成半径为 2.5mm 的圆弧。上下电极同轴,误差在 1.0mm 内,如图 1c)所示。

5.2.1.4 厚样品的试验

当有规定时,厚度超过 3.0mm 的板材和片材应单面机械加工至 $(3.0 \pm 0.2)\text{mm}$ 的厚度。然后,试验时将高压电极置于未加工的面上。

为了避免闪络或受现有设备限制,必要时可根据需要,通过机械装置将试样厚度加工的更薄。

5.2.2 带、薄膜和窄条

两个电极为两根金属棒,每根直径为 (6.0 ± 0.1) mm,垂直安装在夹具内,使一个电极在另一个电极上面,试样夹在棒的两个端面之间。

上下电极应同轴,误差在 0.1 mm 内。两电极端面应与其轴向相垂直,端面的边缘半径为 (1.0 ± 0.2) mm。上电极质量为 (50.0 ± 2.0) g 且应能在夹具内的垂直方向自由移动。

图 2 示出了一种合适的装置。如果需要使试样在拉伸状态下进行试验,则应将试样夹在架子中,使试样放在如图 2 所示的规定的位罝上。为达到所需的拉伸,方便的方法是将试样一端缠在旋转的圆棒上。

为了防止窄条边缘发生闪络,可用薄膜或其他薄的绝缘材料条搭盖在窄条边缘并夹住试样。此外,电极周围还可以采用防弧密封圈,只要电极和密封圈之间留有 1.0 mm~2.0 mm 的环状间隙。下电极与试样之间的间隙(在上电极与试样接触之前)应小于 0.1 mm。

注:对薄膜的试验,见 IEC 60674-2。

5.2.3 软管和软套管

按 IEC 60684-2 进行试验。

5.2.4 硬管(内径 100 mm 及以下)

外电极是 (25.0 ± 1.0) mm 宽的金属箔带。内电极是与内壁紧配合的导体,例如圆棒、管、金属箔或充填直径 0.75 mm~2.0 mm 的金属球,使与管材的内表面有良好接触。内电极的每端应至少伸出外电极 25 mm。

当无不利影响时,可用凡士林将金属箔贴到试样的内外表面。

5.2.5 管类和空心圆筒(内径大于 100 mm)

外电极是 (75.0 ± 1.0) mm 宽的金属箔带,内电极是直径 (25.0 ± 1.0) mm 的圆形金属箔,金属箔应相当柔软使之足以适应圆筒的曲率,装置如图 3 所示。

5.2.6 浇注及模塑材料

5.2.6.1 浇注材料

按 IEC 60455-2 制样和试验。

5.2.6.2 模塑材料

5.2.6.2.1 通则

应用一对球电极,每个球的直径为 (20.0 ± 0.1) mm,在排列电极时,要使得它们共有的轴线与试样平面垂直(见图 4),如果试样是弹性体,应按 5.2.1.3 中的球板电极[见图 1c)]。

5.2.6.2.2 热固性材料

厚度为 (1.0 ± 0.1) mm 的试样,可按 ISO 295 压缩模塑成型或按 ISO 10724 注塑成型,其侧面尺寸应足以防止闪络(见 5.4)。

如果不能应用 (1.0 ± 0.1) mm 厚的试样,则可用 (2.0 ± 0.2) mm 厚的试样。

5.2.6.2.3 热塑性材料

应用按 ISO 294-1 和 ISO 294-3 中 D₁ 型注塑成型试样,尺寸为 60 mm×60 mm×1 mm。如果该

尺寸不足以防止闪络(见 5.4)或按有关材料标准规定要求用压缩模塑成型试样,此时应按 ISO 293 压塑成型的平板试样,其直径至少 100.0 mm,厚 (1.0 ± 0.1) mm。

注塑或压塑的条件见有关材料标准。如果没有可适用的材料标准,则这些条件应经供需双方协商。

5.2.6.2.4 弹性体

应用厚度为 (1.0 ± 0.1) mm 的试样,这些试样按标准条件成型,其侧面尺寸应足以防止闪络(见 5.4)。如果没有有效的标准,则这些条件应经供需双方协商。

对于电极装置,应使用 5.2.1.3 中的球板电极[见图 1c)]。至于硬度低的弹性体,例如硅橡胶,应分别使用适当的浇注材料,作为填充材料或周围媒质。

5.2.7 硬质成型件

对不能将其置于平面电极间的成型绝缘件,应采用对置的等直径球电极。通常用作这类试验的电极直径为 12.5 mm 或 20.0 mm(见图 5)。

5.2.8 清漆

按 IEC 60464-2 进行试验。

5.2.9 充填胶

电极是两个金属球,每个球的直径 12.5 mm~13.0 mm。水平同轴放置,除另有规定外,彼此相隔 (1.0 ± 0.1) mm 并都嵌入填充胶内。应注意避免出现空隙,特别避免两电极间的空隙。由于用不同的电极距离得到的结果不能直接相比,因此应在材料规范和试验报告中注明间隙长度。

5.3 平行于非叠层材料表面和平行于叠层材料层向的试验

5.3.1 通则

如不必区分击穿是贯穿试样的击穿还是沿试样表面的击穿,则可使用 5.3.2 或 5.3.3 的电极,而 5.3.2 的电极应被优先采用。

当要求防止表面破坏时,应采用 5.3.3 的电极。

5.3.2 平行板电极

5.3.2.1 板材和片材

试验板材和片材时,试样厚度为被试材料厚,试样为长方形,长 (100 ± 2) mm,宽 (25.0 ± 0.2) mm。试样间长向侧面应切成垂直于材料表面的两个平行平面。试样夹在金属平行板之间,两金属板相距 25 mm,厚度不小于 10 mm,作为两电极,电压施加在金属板上。对于薄材料可以用两个或 3 个试样恰当地放置,即使它们的长向侧面形成合适的角度,以支撑上电极。电极应有足够大的尺寸,以覆盖试样边缘至少超过试样各边 15 mm,要注意保证试样两侧面的整个面积均与电极良好的接触。电极的边缘应适当倒圆,半径为 3 mm~5 mm,以避免电极的边与边之间的闪络(见图 6)。

如果现有设备不能使试样击穿,则可以将试样宽度减少至 (15.0 ± 0.2) mm 或 (10.0 ± 0.2) mm。试样宽度的这种减少,须在报告中予以特别说明。

这种电极仅适用于厚度至少为 1.5 mm 的硬质材料的试验。

5.3.2.2 管材和圆筒

试验管材和圆筒时,试样应为一个完整的环或圆弧长度为 100 mm 的一段环,其轴向长度为 $(25 \pm$

0.2) mm。试样两端应加工成垂直于管或圆筒轴的两个平行面。将试样放在两平行板之间按 5.3.2.1 所述的板材和片材的试验法进行试验。必要时可用 2 个~3 个试样来支撑上电极。电极应有足够大的尺寸以使电极覆盖试样至少超过试样各边 15 mm, 应保证试样两侧面的整个面积均与电极良好接触。

5.3.3 锥销电极

在试样上垂直试样表面钻两个相互平行的孔, 两孔中心距离为 (25 ± 1) mm。两孔的直径这样来确定: 用锥度约 2% 的铰刀扩孔后每个孔的较大的一端的直径不小于 4.5 mm 而不大于 5.5 mm。

钻孔的两孔完全贯穿试样, 或如果试样是大管子, 则孔仅贯穿一个管壁, 并在孔的整个长度上用铰刀扩孔。

在钻孔和扩孔时, 孔周围的材料不应有任何形式的损坏, 如劈裂、破碎或碳化。

用作电极的锥形销的锥度为 $(2.0 \pm 0.02)\%$ 并将其压入, 但不要锤打两孔, 以使它们能紧密配合, 并突出试样每一面至少 2 mm (见图 7)。

这类电极仅适用于试验厚度至少为 1.5 mm 的硬质材料。

5.3.4 平行圆柱形电极

对厚度大于 15 mm 的具有高电气强度的试样进行试验时, 将试样切成 $100 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, 并如图 8 所示钻两个孔, 每个孔的直径比圆柱形电极的直径大 0.1 mm 或以下。圆柱形电极直径为 (6.0 ± 0.1) mm, 并有半球形端部。每个孔的底部是半球形以便与电极端配合, 使得电极端部和孔的底部之间间隙在任何点都不超过 0.05 mm。如果在材料规范中没有另外规定, 则两孔沿其长度的侧面相距应是 (10 ± 1) mm, 每孔应延伸到离相对的表面 (2.25 ± 0.25) mm 以内。两种任选形式的通风电极如图 8 所示。当使用带小槽的电极时, 这些小槽的位置应与电极间的间距正好相反。

5.4 试样

除了上述各条中已叙述过的有关试样的情况外, 通常还要注意下面几点:

- a) 制备固体材料试样时, 应注意与电极接触的试样两表面要平行, 而且应尽可能平整光滑;
- b) 对于垂直于材料表面的试验, 要求试样有足够大的面积以防止试验过程中发生闪络;
- c) 对于垂直于材料表面的试验, 不同厚度的试样其结果不能直接相比 (见第 4 章)。

5.5 电极间距离

用来计算电气强度的两电极间距离值应为下列之一 (按被试材料的规定):

- a) 标称厚度或两电极间距离 (除非另有规定, 一般均采用此值);
- b) 对于平行于表面的试验, 为试样的平均厚度或两电极间的距离;
- c) 在每个试样上击穿点附近直接测得的厚度或两电极间的距离。

6 试验前的条件处理

绝缘材料的电气强度随温度和水分含量而变化。若被试材料已有规定, 则应遵循该规定。除非另有商定条件, 试样应在温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 条件下, 即在 IEC 60212 规定的标准环境大气中处理不少于 24 h。

7 周围媒质

7.1 通则

材料应在为防止闪络而选取的周围媒质中试验。符合 IEC 60296 的变压器油、IEC 60836 的硅液体、IEC 61099 的酯液体或适当的浇注材料可以作为适用的媒质。且周围媒质在试验时与材料不应有显著的相互作用,如在试验过程引起膨胀。

对击穿电压值相对较低的试样,可在空气中试验,特别是如果要在高温下进行试验,应注意即使在中等的试验电压下,在电极边缘的放电也会对测试值造成很大影响。

如果试图在另一种媒质中对某种材料的性能进行试验评定,则可以应用这种媒质。

选取对试验材料危害影响最小的媒质。

周围媒质对试验结果可能有很大影响,特别是对易吸收的材料,如纸和纸板,因此应在试样制备程序中确定全部的必要步骤(例如,干燥和浸渍),以及试验过程中周围媒质的状态。

须有足够的时间让试样和电极达到所要求的温度,但有些材料会因长期处于高温而受到影响。

7.2 高温空气中试验

在高温空气中试验时,可在任何设计合理的烘箱中进行,烘箱要有足够大的体积来容纳试样和电极,使它们在试验时不发生闪络。烘箱应装有空气循环装置使试样周围的温度在规定温度的 $\pm 2^\circ\text{C}$ 内大体上保持均匀,把温度计、热电偶或其他测量温度的装置按实际可能,放在试验点附近测量温度。

7.3 液体中试验

当试验须在绝缘液体中进行时,应保证绝缘液体有足够的电气强度以免发生闪络。在具有比变压器油更高的相对介电常数的液体中试验的试样,会出现比变压器油中试验时测得到更高的电气强度。变压器油或其他液体的杂质含量,有可能会影响测得的电气强度。

高温下的试验可以在烘箱内的盛液容器中进行(见 7.1),也可在以绝缘油作为热传递介质的恒温控制的油浴中进行。在这种情况下,应采用合适的液体循环措施,以使试样周围的温度大致均匀,并保持在规定温度的 $\pm 2^\circ\text{C}$ 内。

7.4 固体材料中试验

对于板状的软质弹性体试样,应使用适当的浇注材料,该浇注材料最好在室温下固化,且介电常数与试验弹性体的相似。在浇注过程中,应避免产生空隙,尤其是在通过真空处理的圆筒状电极和试验板之间的容积内。该浇注材料对电极和试验板表面应具有足够的粘结力。

对于有机硅弹性体,可以是低黏度的硅橡胶,采用双组分室温硫化的方式进行固化。

8 电气设备

8.1 电压源

用一个可变低压正弦电源供给一个升压变压器来获得试验电压。变压器及其电源和它的调节装置应具有如下特性。

在回路中有试样的情况下,对等于或小于试样击穿电压的所有电压,试验电压的峰值与均方根(r.m.s)值之比为 $\sqrt{2}$ ($100\% \pm 5\%$)即(1.34~1.48)。

电源的容量应足够大使之在发生击穿之前满足上述要求。对于大多数材料,在使用推荐的电极的

情况下,通常 40 mA 的输出电流容量已足够。对于大多数试验来说,电源容量范围为:对于 10 kV 及以下的小电容试样的试验,其容量为 0.5 kVA;对于试验电压为 100 kV 以下者则为 5 kVA。

可变低压电源调节装置应能使试验电压平滑、均匀地变化,无过冲现象。当施加一个符合第 8 章规定的电压时,如用一个自耦调节器,所产生的递增的增量不应超过预期击穿电压的 2%。

对短时试验或快速升压试验,最好使用马达驱动调节装置。

为了保护电源不致损坏,应装有一个装置使在试样击穿的几个周期以内切断电源。这个装置可以由一个接在高压回路中的电流敏感元件组成。

为了限制在击穿时由电流或电压冲击引起的损伤,要求将一个具有合适值的电阻器与电极串联,电阻值的大小应取决于电极所允许的损伤程度。

应用阻值很高的电阻器可能会导致测得的击穿电压要比应用阻值低的电阻器测得的击穿电压值高。

8.2 电压测量

按等效均方根值记录电压值。较好的方法是用一块峰值电压表并将其读数除以 $\sqrt{2}$ 。电压测量回路的总误差应不超过测得值的 5%,该误差中包括了由于电压表的响应时间所引起的误差。在所用的任何升压速率下,该响应时间引起的误差应大于击穿电压的 1%。

采用符合上述要求的电压表来测量施加到电极上的电压。最好将它直接接到电极上,也可通过分压器或电压互感器接到电极上。如果使用升压变压器的电位线圈来测量电压,则施加到电极上的电压的指示正确度应不受升压变压器负载和串联电阻器的影响。

希望在击穿后能在电压表上保留最大试验电压的读数,从而正确地读出并记录击穿电压,但指示器应对在击穿时发生的瞬变现象不敏感。

9 试验程序

试验应记录如下内容:

- a) 被试样品;
- b) 试样厚度的测量方法(如果不是标称厚度的话);
- c) 试验前的处理;
- d) 试样数量(若不是 5 个,应注明);
- e) 试验温度;
- f) 周围媒质;
- g) 使用的电极;
- h) 升压方式;
- i) 以电气强度或是击穿电压作为报告的结果。

将符合第 5 章的电极装到试样上,装电极时要防止损伤试样。使用符合第 8 章的供电设备,将电压施加到两电极之间,按照 10.1~10.5 的方法增加电压,观察试样是击穿还是闪络(见第 11 章)。

10 升压方式

10.1 短时(快速升压)试验

将试验电压由零开始以均匀的速度上升直至击穿发生。

对被试材料选择升压速度时,使大多数击穿发生在 10 s~20 s 之间。对于击穿电压有显著差异的材料,有些试样可能会在这些时间范围以外发生破坏。如果大多数击穿发生在 10 s~20 s 之间,则认为

试验是成功的。

如果各方达成一致意见,也可以采用其他符合上述击穿时间标准的升压速率。

升压速度应从下述中选取:

100 V/s、200 V/s、500 V/s、1 000 V/s、2 000 V/s、5 000 V/s 等。

对于大多数材料,通常使用 500 V/s 的升压速率。对模塑材料,推荐使用 2 000 V/s 升压速率,以便获得与 IEC 60296 相适应的可比数据。

对于未暴露对暴露试样比例的形式给出的多点数据(如长期热老化试验),这两组的所有试样都应使用相同的升压速度。

10.2 20 s 逐级升压试验

应按 40% 预计的短时击穿电压施加于试样上。如果不知道这个短时击穿电压预计值,则应按 10.1 的方法来获得。

如果试样耐受这个电压 20 s 仍未击穿,则应按表 1 规定的增量逐级增加电压。每一次增加的电压应立即连续地增加 20 s 直至发生击穿。

表 1 电压增加的增量(kV,峰值/ $\sqrt{2}$)

起始电压/kV	增量/kV
≤ 1.0	起始电压的 10%
$> 1.0 \sim 2.0$	0.1
$> 2.0 \sim 5.0$	0.2
$> 5.0 \sim 10.0$	0.5
$> 10 \sim 20$	1.0
$> 20 \sim 50$	2.0
$> 50 \sim 100$	5.0
$> 100 \sim 200$	10.0
> 200	20.0

当有规定时,可采用更小的电压增量,在这种情况下,允许更高的起始电压,但击穿不应在 120 s 内发生。

升压要尽可能地快并无任何瞬态过电压,级间升压所用的时间应包括在较高一级电压的 20 s 期间内。

如果击穿发生在从起始试验算起少于六级的电压内,则用更低的起始电压再做 5 个试样的试验。

根据试样能耐受 20 s 而不击穿的最高标称电压来确定电气强度。

10.3 慢速升压试验(120 s~240 s)

从 40% 的预计短时击穿电压开始匀速升压,使击穿发生在 120 s~240 s 之间。对于击穿电压有显著差异的材料来说,有些试样可能在这些时间范围以外发生破坏。如果大多数击穿发生在 120 s~240 s 之间,则认为是满意的。选择升压速率时应从下列数据中开始选择:

2 V/s、5 V/s、10 V/s、20 V/s、50 V/s、100 V/s、200 V/s、500 V/s、1 000 V/s 等。

如果各方达成一致意见,也可以采用其他符合上述击穿时间标准的升压速率。

10.4 60 s 逐级升压试验

除非另有规定,应按 10.2 进行试验,但每一级中的耐压时间为 60 s。

10.5 非常慢速升压试验(300 s~600 s)

除非另有规定,应按 10.3 条进行试验,但击穿应发生在 300 s~600 s 之间,从下列数据中选取升压速率: 1 V/s、2 V/s、5 V/s、10 V/s、20 V/s、50 V/s、100 V/s、200 V/s 等。

注:在 10.3 中所述的 120 s~240 s 的慢速升压试验和在 10.5 中所述的 300 s~600 s 的很慢速升压试验所得结果与 20 s 逐级升压(见 10.2)或 60 s 逐级升压(见 10.4)所得结果大致相似。当使用现代自动设备时,前两者较逐级升压试验更为方便些且采用这两种慢速升压试验也使自动设备的使用成为可能。

如果各方达成一致意见,也可以采用其他符合上述击穿时间标准的升压速率。

10.6 检查试验

当做检查或耐压试验,要求施加一个预先确定的电压值。即该电压尽可能快而准确地升到所要求的值,并保证升压过程中不出现任何瞬态的过电压。然后将所要求的电压值维持到规定的时间。

11 击穿判定

击穿同时伴有回路电流上升和试验电压下降两种现象。电流的增加可使断路器跳开或熔丝烧断。但是有时也可由于闪络、试样充电电流、漏电或局部放电电流、设备磁化电流或误动作而引起断路器跳开。因此,断路器应与试验设备及被试材料的特性相匹配,否则,断路器可能会在试样未击穿时动作或当试样击穿时断路器不动作,这样便不能正确地判断出是否击穿。即使在最好的条件下,周围媒质先击穿的情况也会发生,因此,在试验过程中要注意观察和检测这些现象。若发现媒质击穿,应在报告中写上。对漏电检查回路敏感性特别重要的那些材料,在这种材料的标准中也应作同样的说明。

对材料测试来说,规定故障检验电路的灵敏度是特别重要的。

在垂直于材料表面方向试验时,通常容易判断,无论通道是否充有碳粒,当击穿发生后用肉眼容易看到真正击穿的通道。

如果在平行于材料表面方向上试验时,要求判断是由试样破坏引起的击穿现象还是由闪络引起的失效(见 5.3)。这可以通过检查试样或使用再施加一次电压的办法来进行鉴别,再次施加的电压值应小于第一次时间的击穿电压。试验证明,再次施加的电压值为第一次击穿电压值的 50% 比较合适,然后用与第一次试验相同的方法升压直至破坏。

12 试验次数

除非另有规定,通常应做 5 次试验,取试验结果的中值作为电气强度或击穿电压的值。如果任何一个试验结果偏离中值的 15% 以上,则另做 5 次试验。然后由 10 次试验的中值作为其电气强度或击穿电压的值。

当试验并非用于例行的质量控制时,应做较多的试样,具体的数量与材料的分散性和所用的统计分析方法有关。

可使用附录 A,有效地确定需要试验的次数和解释非常规质量控制试验的数据。

13 试验报告

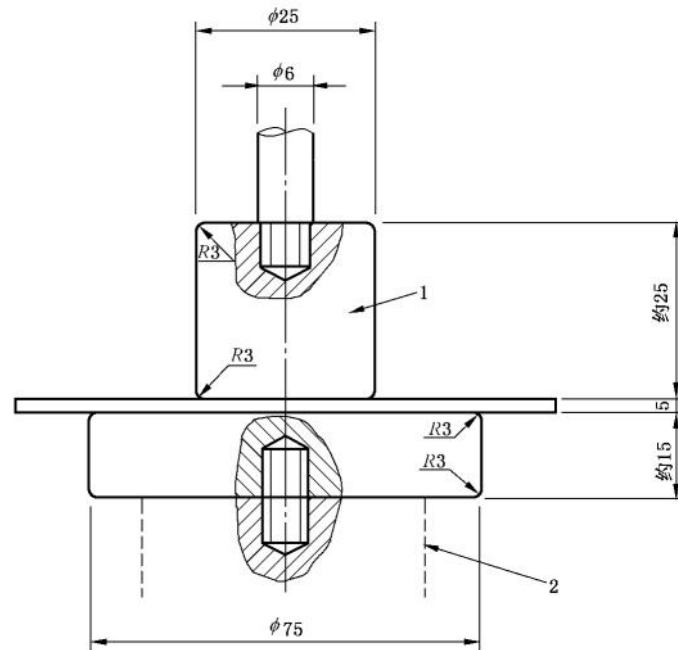
除非另有规定,报告应包括下述内容:

- a) 被试材料的全称,试样及其制备方法的说明;
- b) 电气强度的中值(以 kV/mm 表示)和/或击穿电压(以 kV 表示);

- c) 每个试样的厚度(见 5.4);
- d) 试验时所用的周围媒质及其性能;
- e) 电极系统;
- f) 施加电压的方式和频率;
- g) 电气强度的各个值(以 kV/mm 表示)和/或击穿电压的各个值(以 kV 表示);
- h) 在空气中或在其他气体中试验时的温度、压力和湿度,或若在液体中试验时周围媒质的温度;
- i) 试验前条件处理;
- j) 击穿类型和位置的说明。

如果只需要最简单的结果说明,则应该报告前 6 项内容及最低和最高值。

单位为毫米

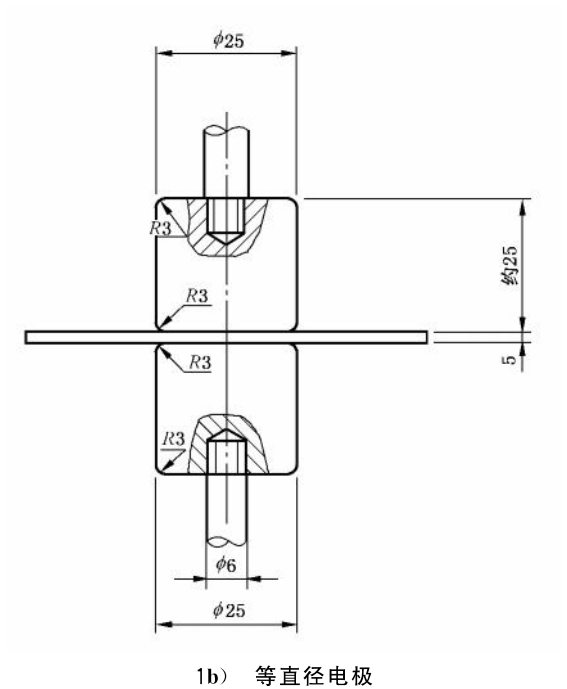


说明:

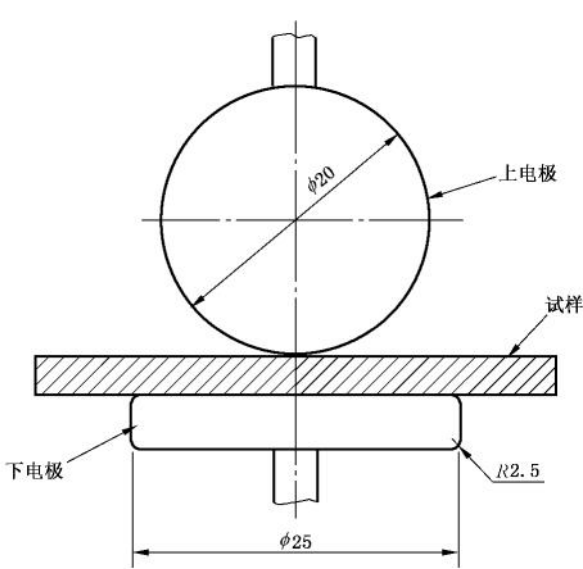
- 1——金属;
- 2——典型的电极支座。

1a) 不等直径电极

图 1 垂直板材和片材表面试验的电极装置



1b) 等直径电极

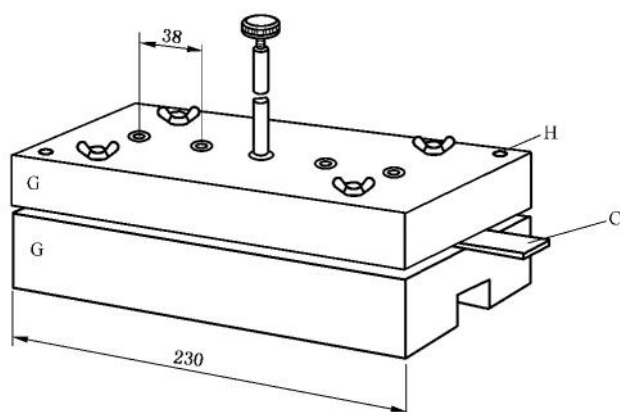


1c) 球板电极

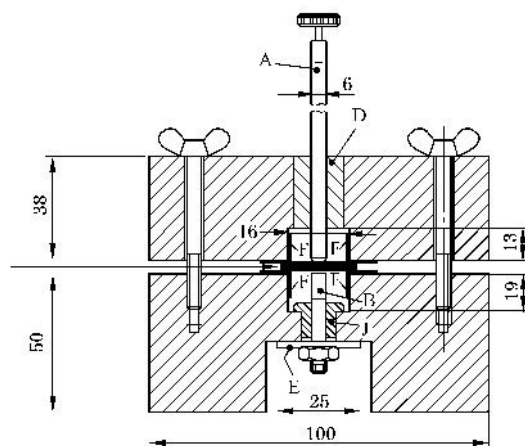
注：所有尺寸公差：线性为 ± 1 mm，半径为 ± 2 mm。

图 1（续）

单位为毫米



a) 装置的总装配图



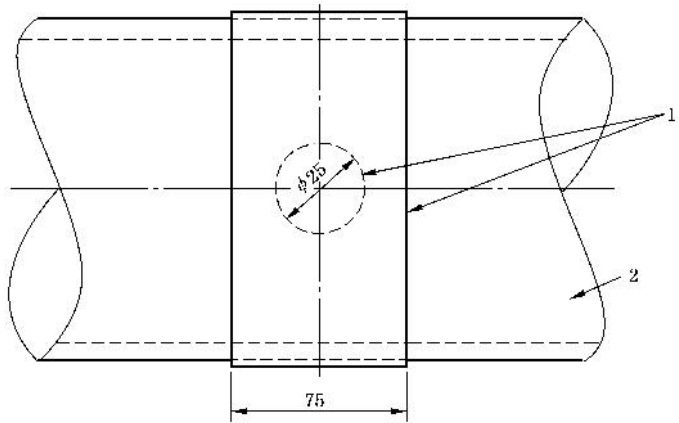
b) 上电极微微提起的装置剖面图

说明:

- A ——易于装入套管 D 的上电极；
- B ——下电极；
- C ——试样；
- D ——黄铜套管，内直径正好可插入 6 mm 的棒；
- E ——宽 25 mm 的黄铜带用于连接所有的下电极；
- F ——搭盖在试样边缘的薄膜片；
- G ——绝缘材料块，例如层压纸板；
- H ——定位孔；
- J ——有内螺纹的黄铜套管。

图 2 垂直于带材表面试验的电极装置(见 5.2.2)

单位为毫米



说明：
1——金属箔电极；
2——试样。

图 3 对内径大于 100 mm 的硬管作垂直于表面试验的电极装置

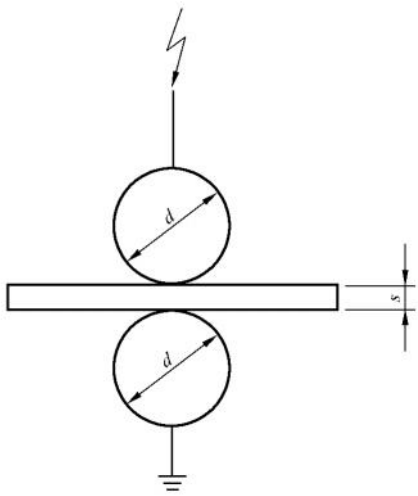
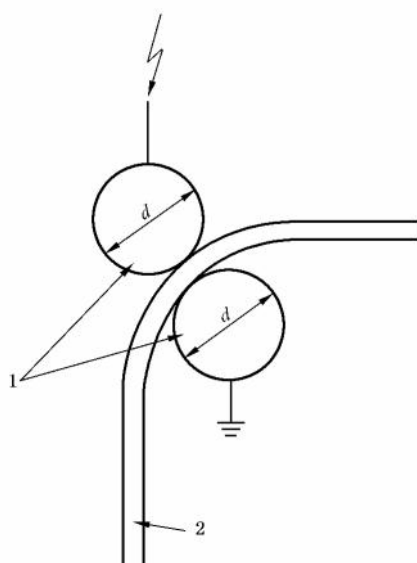


图 4 试验浇注及模塑材料的电极装置(球电极直径 $d = 20\text{ mm}$)



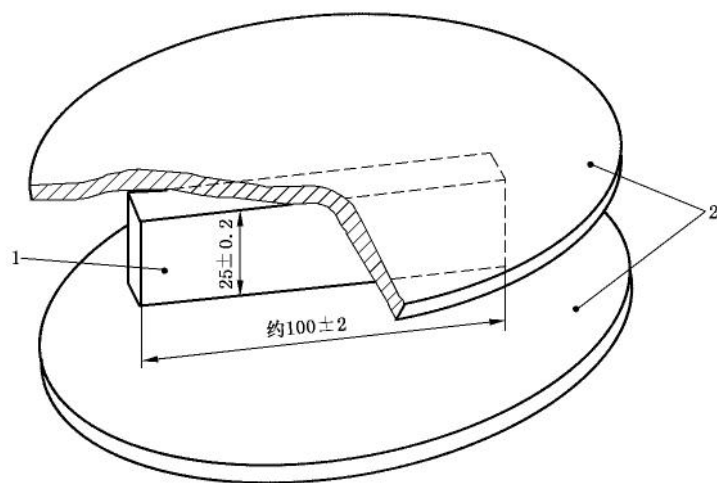
说明：

1——电极；

2——绝缘部分。

图 5 试验成型绝缘部分的电极装置(见 5.2.7)

单位为毫米



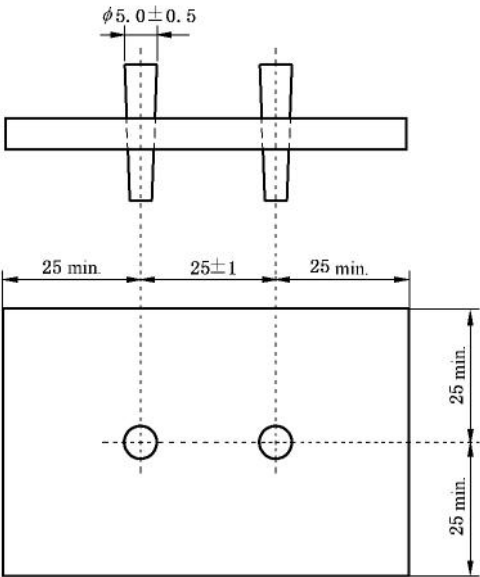
说明：

1——试样；

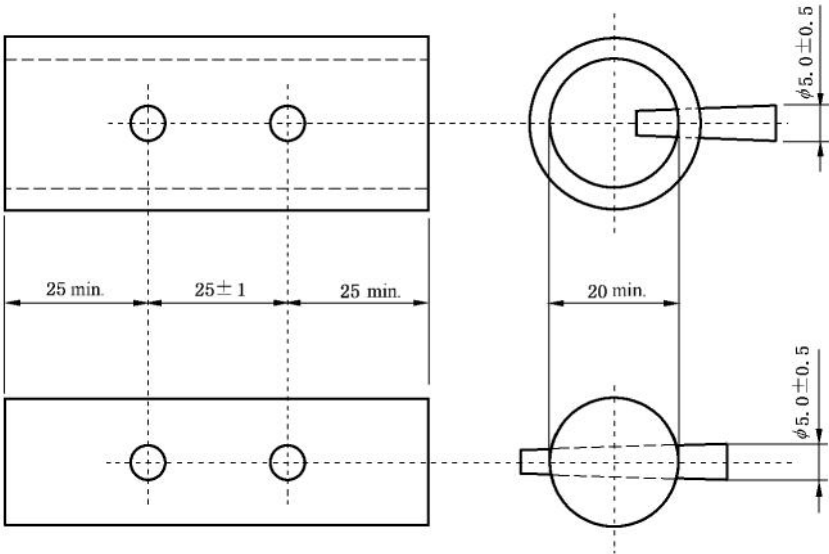
2——金属电极(直径见 4.2.1)。

图 6 平行表面试验的电极装置(根据需要也可用于沿层试验)

单位为毫米



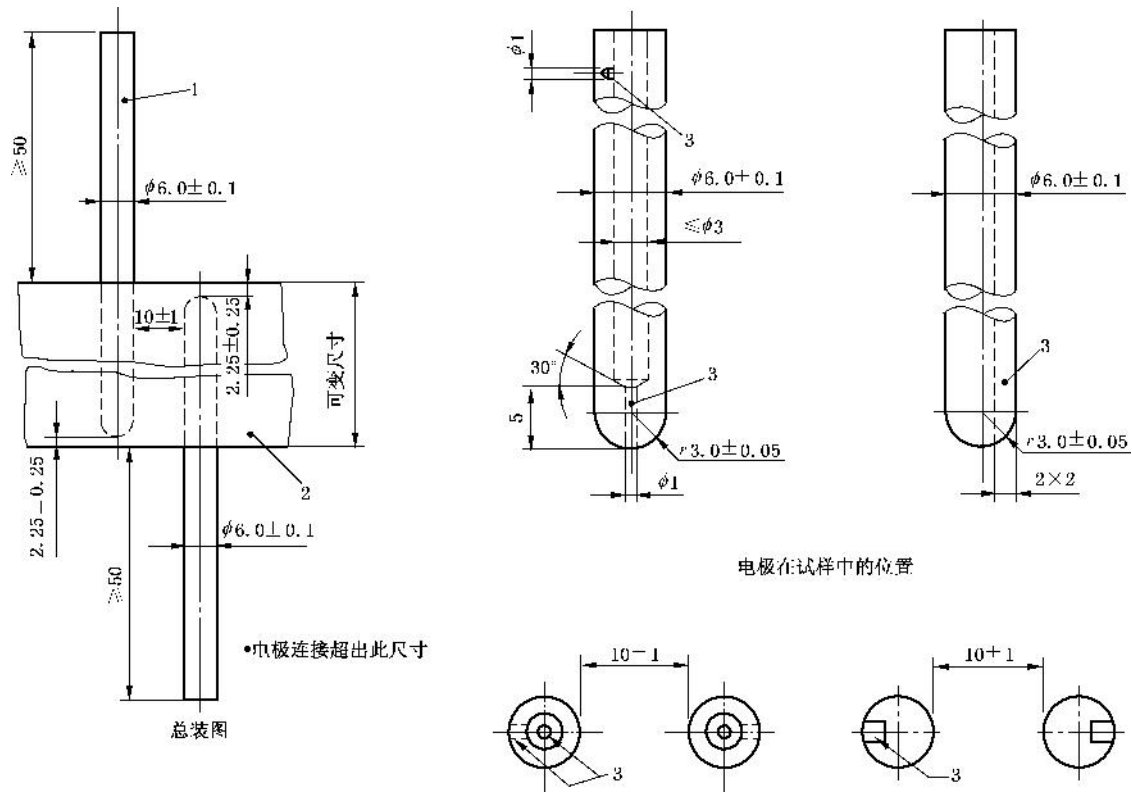
a) 带锥销电极的平板试样



b) 带锥销电极的管子或圆棒试样

图 7 平行表面(和沿层)试验的电极装置

单位为毫米



说明：

- 1——电极；
- 2——层压板；
- 3——通风孔。

图8 厚度大于15 mm的层压板作平行层向试验时的电极装置(平行圆柱电极)(见5.3.4)

附 录 A
(资料性附录)
试验数据和处理

第 12 章给出的常规试验程序,通常适用于数据分析和报告数据。然而,由于许多调查研究需要更多有关材料电应力特性的信息,因此,可能需要大量试样和对试验结果较复杂的评定。

按这样情况设计试验程序和分析试验结果数据的方法已出版,其中一些文件见参考文献。

参 考 文 献

- [1] IEC 60674-2, Specification for plastic films for electrical purposes—Part 2: Methods of test
 - [2] IEC/TR 60727-1:1982, Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems—Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions(withdrawn)
 - [3] IEC/TR 60727-2:1993, Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems—Part 2: Evaluation procedures based on extreme-value distributions(withdrawn)
 - [4] IEC 62539:2007, Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data
 - [5] IEEE 930-1987 (R1995), IEEE guide for statistical analysis of electrical insulation voltage endurance data (Available from IEEE Operations Center, 445 Hoe Lane, P.O.Box 1331, Piscataway, NJ 08855-1331, USA, or in some countries outside the USA, from local offices of the Global Info Center)
 - [6] Special Technical Publication 926, Engineering Dielectrics, Volume IIB: Electrical Properties of Solid Insulating Materials: Measurement Techniques—Chapter 7: Statistical Methods for the Evaluation of Electrical Insulating Systems, American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
绝缘材料 电气强度试验方法
第 1 部分:工频下试验

GB/T 1408.1—2016/IEC 60243-1:2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

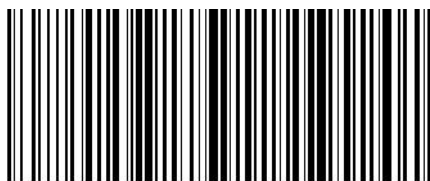
服务热线:400-168-0010

2016 年 12 月第一版

*

书号:155066·1-55186

版权专有 侵权必究



GB/T 1408.1-2016