



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 1408.1—2006/IEC 60243-1:1998  
代替 GB/T 1408.1—1999

## 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分:工频下试验

Electrical strength of insulating materials—Test methods—  
Part 1: Tests at power frequencies

(IEC 60243-1:1998, IDT)

2006-11-09 发布

2007-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 前 言

GB/T 1408《绝缘材料电气强度试验方法》目前包括 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:对脉冲试验的附加要求;

本部分为 GB/T 1408 的第 1 部分。

本部分等同采用 IEC 60243-1:1998《绝缘材料电气强度试验方法 第 1 部分:工频下试验》(英文版)。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

- a) 删除了国际标准的目次、前言和引言;
- b) 考虑到我国国情,将 5.1.4 注中“凡士林”改为“硅油、硅脂或凡士林”;
- c) 增加了本部分章条编号与 IEC 60243-1:1998 章条编号的对照,见附录 B。

本部分代替 GB/T 1408.1—1999《固体绝缘材料电气强度试验方法 工频下试验》。

本部分与 GB/T 1408.1—1999 相比主要变化如下:

- a) 第 10 章表 1 中增加大于 200kV 时电压增加的增量情况,表 1 表述方式也相应改变;
- b) 第 13 章“报告”中用“前 6 项内容”代替 GB/T 1408.1—1999 中的“前 4 项的内容”;
- c) 增加了模型材料试验采用球电极的方法(见 5.1.6.2);
- d) 增加了硬质成型件试验的内容(见 5.1.7)。

本部分的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国绝缘材料标准化技术委员会(SAC/TC 51)归口。

本部分起草单位:桂林电器科学研究所。

本部分主要起草人:王先锋、杨志伟。

本部分代替的历次版本发布情况为:

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

# 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 的本部分规定了测量固体绝缘材料工频(即 48Hz~62Hz)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

下列文件中的条款通过 GB/T 1408 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 1981.2—2003 电气绝缘用漆 第2部分:试验方法(IEC 60464-2:2001,IDT)

GB/T 7113.2—2005 绝缘软管 试验方法(IEC 60684-2:1997,MOD)

GB/T 10580—2003 固体绝缘材料在试验前和试验时采用的标准条件(IEC 60212:1971,IDT)

ISO 293:1986 塑料 热塑性材料压模塑试样

ISO 294-1:1996 塑料 热塑性材料试样的注模塑法 第1部分:一般原则、多用途模塑件及条形试样

ISO 294-3:1996 塑料 热塑性材料试样的注模塑法 第3部分:小板

ISO 295:1991 塑料 热固性材料压模塑试样

ISO 10724:1994 塑料 热固性模塑料 注塑成型多用途试样

IEC 60296:2003 变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油规范

IEC 60455-2:1998 电气绝缘用树脂基反应复合物 第2部分:试验方法

IEC 60674-2:1988 电气用塑料薄膜 第2部分:试验方法

### 3 定义

下列定义适用于本部分。

#### 3.1

**电气击穿 electric breakdown**

试样承受电应力作用时,其绝缘性能严重损失,由此引起的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,并使得较小电极(或等径两电极)边缘的试样遭到破坏。

#### 3.2

**闪络 flashover**

试样和电极周围的气体或液体媒质承受电应力作用时,其绝缘性能损失,由此引起的试验回路电流促使相应的回路断路器动作。

注:碳化通道的出现或穿透试样的击穿可用于区分试验是击穿还是闪络。

### 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,即在该电压水平下,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:除非另有规定,应按本部分 5.4 规定测定两试验电极之间的距离。

## 4 试验的意义

4.1 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,而很少能用于直接确定在实际应用中的绝缘材料的性能状态。

4.2 材料的电气强度测试值可受如下多种因素的影响:

#### 4.2.1 试样的状态

- a) 试样的厚度和均匀性,是否存在机械应力;
- b) 试样预处理,特别是干燥和浸渍过程;
- c) 是否存在孔隙、水分或其他杂质。

#### 4.2.2 试验条件

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

4.3 在研究还没有实际经验的新材料时,应考虑到所有这些有影响因素。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。应该指出的是,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,也随电压施加时间的增加而减小。

4.4 由于击穿前的表面放电的强度和延续时间对大多数材料测得的电气强度有显著影响,为了设计直到试验电压无局部放电的电气设备,必须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于提供这方面的资料。

4.5 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,而这些过程都会导致在运行中于较低的电场强度下发生破坏。

## 5 电极和试样

金属电极应始终保持光滑、清洁和无缺陷。

注1:当对薄试样进行试验时,电极的维护格外重要。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。

注2:试验非常薄的薄膜(例如: $<5\text{ }\mu\text{m}$ 厚)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。

### 5.1 垂直于非叠层材料表面和垂直于叠层材料层向的试验

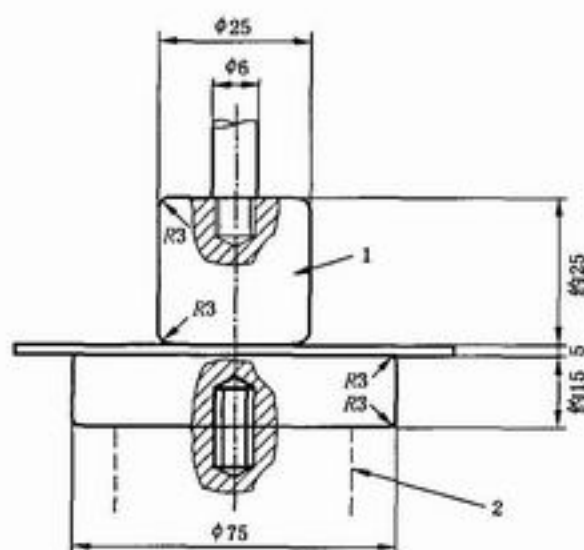
#### 5.1.1 板材和片状材料(包括纸板、纸、织物和薄膜)

##### 5.1.1.1 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

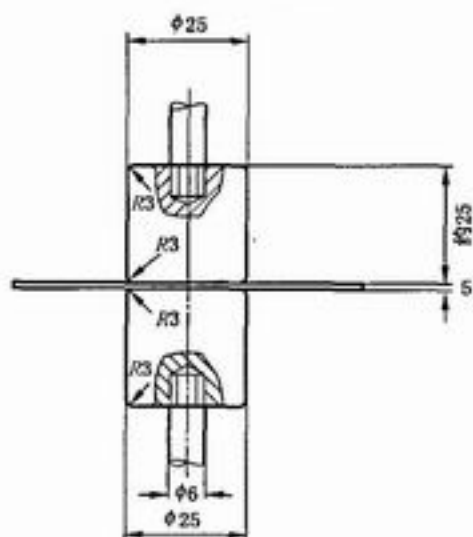
为 $(25 \pm 1)$  mm, 高约 25 mm, 另一个电极直径为 $(75 \pm 1)$  mm, 高约 15 mm。两个电极同轴放置, 误差在 2 mm 内, 如图 1a) 所示。

单位为毫米



- 1——金属;  
2——典型的电极支座。

a) 不等直径电极



b) 等直径电极

图 1 垂直板材和片材表面试验的电极装置

#### 5.1.1.2 等直径电极

如果使用一电极架使上下电极准确对中放置, 误差在 1.0 mm 内, 则下电极直径可减小到 $(25 \pm 1)$  mm, 两电极直径差不大于 0.2 mm。其所测结果与 5.1.1.1 不等直径电极测得的结果不一定相同。

#### 5.1.1.3 厚样品的试验

当有规定时, 厚度超过 3 mm 的板材和片材应单面机加工至 $(3.0 \pm 0.2)$  mm。然后, 试验时将高压电极置于未加工的面上。

注: 为了避免闪络或因受现有设备限制, 必要时可以根据需要, 通过机加工把试样制备成更小的厚度。

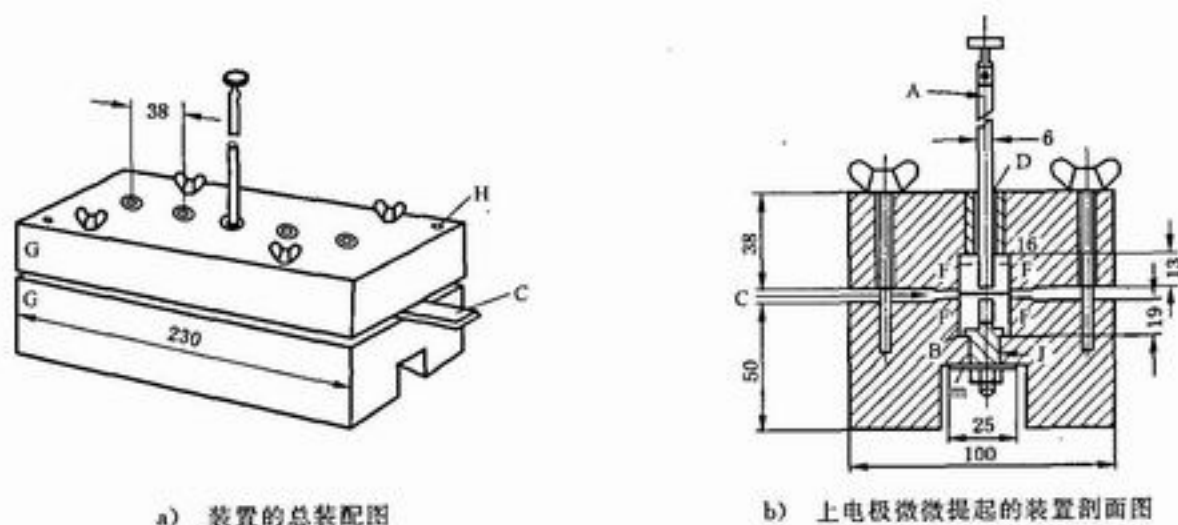
#### 5.1.2 带、薄膜和窄条

两个电极为两根金属棒, 其直径为 $(6.0 \pm 0.1)$  mm。垂直安装在电极架内, 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。

上下电极要同心轴,误差在 0.1 mm 内。两电极端面应与其轴向相垂直,端面的边缘倒成半径为  $(1.0 \pm 0.2)$  mm 的圆弧。上电极压力为  $(50 \pm 2)$  g 且应能在电极架内的沿垂直方向自由移动。

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 所示的规定的位上。为达到所需的拉伸,方便的办法是将试样的一端缠在可旋转的圆棒上。

单位为毫米



- a) 装置的总装配图
- A——易于装置入套管 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 5.1.2)

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,电极周围可以采用防弧密封圈,此时电极和密封圈之间留有  $(1 \sim 2)$  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 60674-2:1998。

### 5.1.3 软管和软套管

按 GB/T 7113.2—2005 进行试验。

### 5.1.4 硬管(内径 100 mm 及以下的)

外电极是  $(25 \pm 1)$  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  $(0.75 \sim 2.0)$  mm 的金属球,使与管材的内表面良好接触。不管怎样,内电极的每端应至少伸出外电极 25 mm。

注:当没有有害影响时,可用硅油、硅脂或凡士林将箔贴到试样的内外表面。

### 5.1.5 硬管(内径大于 100 mm)

外电极是  $(75 \pm 1)$  mm 宽的金属箔带,内电极是直径  $(25 \pm 1)$  mm 的圆形金属箔,金属箔应相当柔软以适应圆筒的曲率,该装置如图 3 所示。



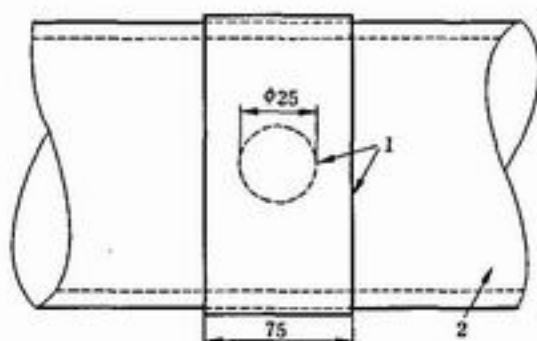


图3 对内径大于 100 mm 的硬管作垂直于表面试验的电极装置

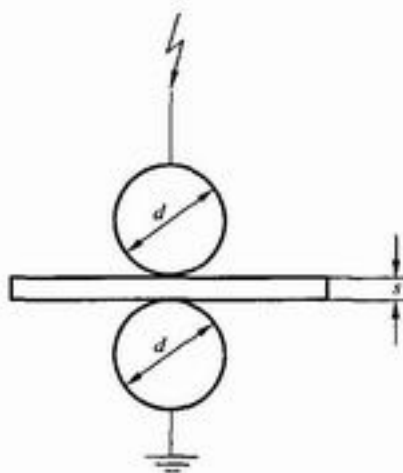
## 5.1.6 浇注及模塑材料

## 5.1.6.1 浇注材料

按 IEC 60455-2:1998 制样和试验。

## 5.1.6.2 模塑材料

应用一对球电极,每个球的直径为 $(20.0 \pm 0.1)$  mm,在排列电极时,使它们共有的轴线与试样平面垂直(见图4)。

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

## 5.1.6.2.1 热固性材料

应用 $(1.0 \pm 0.1)$  mm 厚的试样,这些试样可以按 ISO 295:1991 压塑成型或按 ISO 10724:1994 注塑成型,其表面尺寸应足以防止闪络(见 5.3.2)。

注:如果不能应用 $(1.0 \pm 0.1)$  mm 厚的试样,则可用 $(2.0 \pm 0.2)$  mm 厚的试样。

## 5.1.6.2.2 热塑性材料

应用按 ISO 294-1:1996 和 ISO 294-3:1996 中  $D_1$  型注塑成型试样,尺寸为  $60\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 。如果该尺寸不足以防止闪络(见 5.3.2)或按相关材料标准规定要求用压塑成型试样,此时用按 ISO 293:1986 压塑成型的平板试样,其直径至少为 100 mm,厚 $(1.0 \pm 0.1)$  mm。

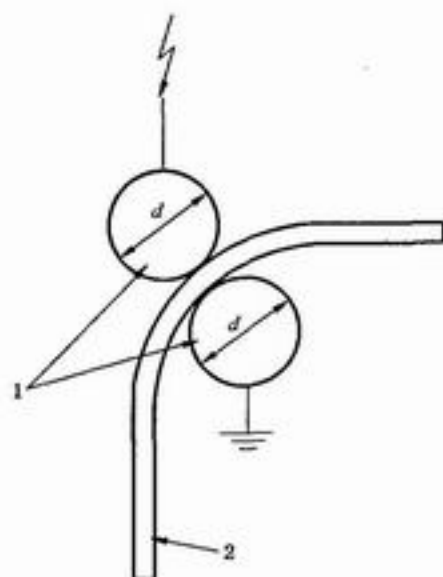
注塑或压塑的条件见相关材料标准。如果没有可适用的材料标准,则这些条件必须经供需双方协商。

## 5.1.7 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 mm(见图 5)。

## 5.1.8 清漆

按 GB/T 1981.2—2003 进行试验。



1——电极；  
2——绝缘件。

图5 试验成型绝缘件的电极装置(见5.1.7)

#### 5.1.9 充填胶

电极是两个金属球,每个球的直径为 $(12.5 \sim 13)$  mm。水平同轴放置,除另有规定外,彼此相隔 $(1.0 \pm 0.1)$  mm,并都嵌入充填胶内。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,因此必须在材料规范的试验报告中注明间隙距离。

#### 5.2 平行于非叠层材料表面和平行于叠层材料层向的试验

如果不必区分由试样击穿引起的破坏和贯穿表面引起的破坏,则可使用5.2.1或5.2.2的电极,但5.2.1的电极应被优先采用。

当要求防止表面破坏时,应采用5.2.3的电极。

##### 5.2.1 平行板电极

###### 5.2.1.1 板材和片材

试验板材和片材时,试样厚度为被试材料厚度,试样表面为长方形,长 $(100 \pm 2)$  mm,宽 $(25.0 \pm 0.2)$  mm,试样两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,电压施加在金属板上。对于薄材料可以用2个或3个试样恰当地放置(即使它们的表面形成合适的角度)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,要注意保证试样上下两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 $(3 \sim 5)$  mm),以避免电极的边与边之间的闪络(见图6)。

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

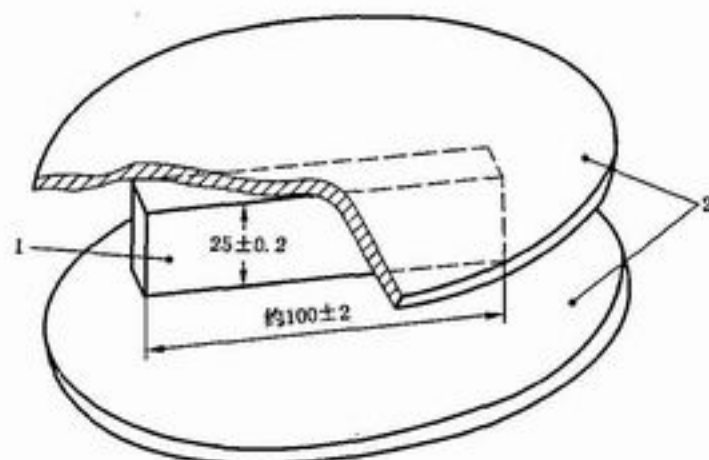
这种电极仅适用于厚度至少为1.5 mm的硬质材料的试验。

###### 5.2.1.2 硬管

试验硬管时,试样是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轴向的两个平行的平面。将试样放在两平行板电极之间按5.2.1.1所述的板材和片材的试验方法进行试验,必要时可用 $(2 \sim 3)$ 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并至少超过试样各边15 mm,要注意保证试样上下两面的整个面积均与电极良好接触。



单位为毫米



1—试样;

2—金属电极(直径见 5.2.1)。

图 6 平行表面试验用的电极装置(根据需要也可用于沿层试验)

## 5.2.2 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 $(25 \pm 1)$  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一端的直径不小于 4.5 mm 且不大于 5.5 mm。

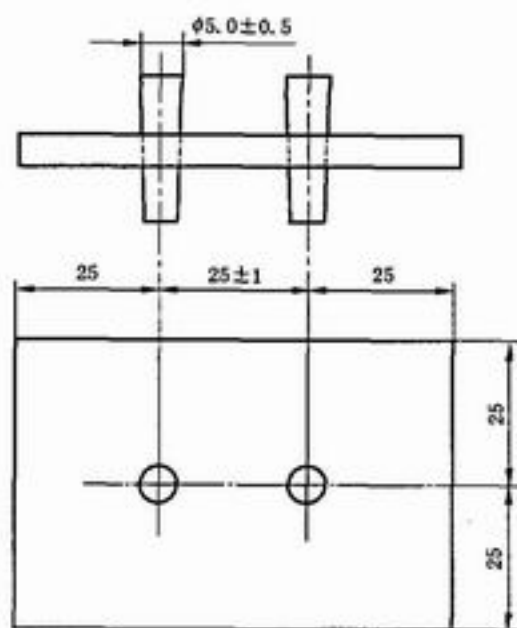
钻好的两孔完全贯穿试样,但如果试样是大管子,则孔仅贯穿一个管壁,并在孔的整个长度上用铰刀扩孔。

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 $(2.0 \pm 0.2)\%$ ,并将锥形销压入(但不要锤入)两孔,以使它们能与试样紧密配合,并突出试样每一面至少 2 mm(见图 7a)和 7b))。

这类电极仅适用于试验厚度至少为 1.5 mm 的硬质材料。

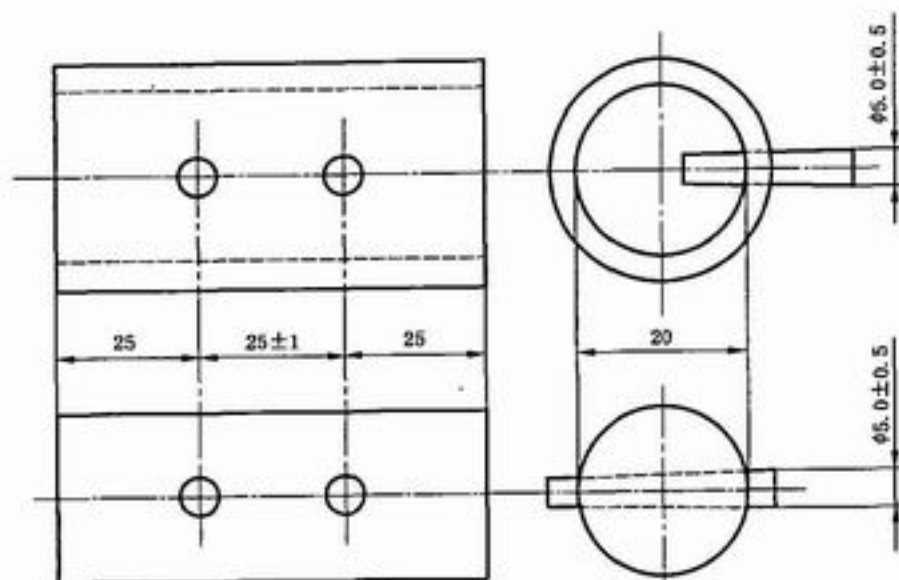
单位为毫米



a) 带锥销电极的平板试样

图 7 平行表面(和沿层)试验的电极装置

单位为毫米



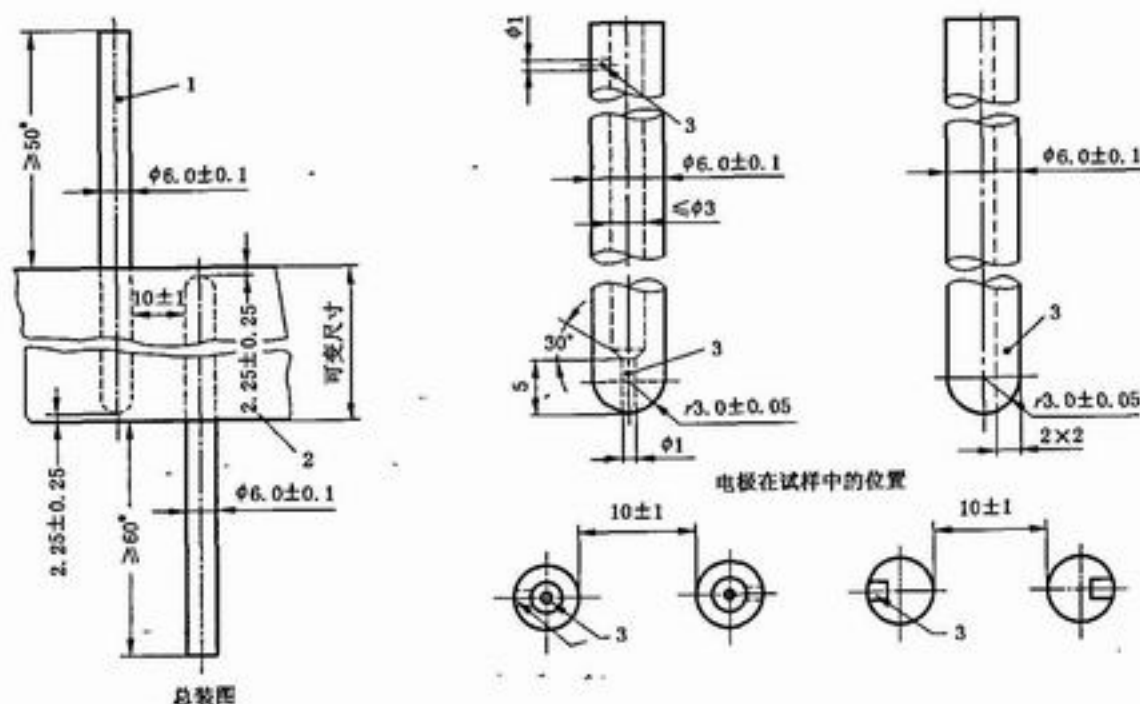
b) 带槽销电极的管子或圆棒试样

图 7 (续)

## 5.2.3 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 mm × 50 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,但差值不大于 0.1 mm。圆柱形电极直径为  $(6.0 \pm 0.1)$  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  $(10 \pm 1)$  mm,每孔应延伸到离相对的表面  $(2.25 \pm 0.25)$  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,这些小槽位置应与电极间的间距正好相反。

单位为毫米



\* 电极连接超出这个尺寸

- 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 5.2.3)

### 5.3 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。

- 5.3.1 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。
- 5.3.2 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。
- 5.3.3 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)。

### 5.4 两电极间距离

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,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份含量而变化。若被试材料已有规定,则应遵循此规定。否则,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 $(50 \pm 5)\%$ 条件下处理不少于24 h。

## 7 周围媒质

材料应在为防止闪络而选取的周围媒质中试验。在大多数情况下,符合 IEC 60296:2003 的变压器油是最适用的媒质。对在矿物油中会引起膨胀的材料,此时其他的流体(例如硅油),可能是更合适的。

对击穿电压值相对较低的试样,可在空气中试验,此时若要在高温下进行试验时,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。

所选取的媒质应对被试材料的危害影响是最小的。

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,因此必须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。

必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。

### 7.1 在高温空气中的试验

在高温空气中做试验,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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 内且应大体上保持均匀,把温度计、热电偶或其他测量温度的装置尽可能放在实验点附近测量温度。

### 7.2 在液体中的试验

当试验要在绝缘液体中进行时,除非其他液体更合适外,一般应使用符合 IEC 60296:2003 的变压器油。必须保证液体有足够的电气强度以避免闪络。在具有比变压器油更高的相对电容率的液体中试验的试样,会出现比在变压器油中试验时更高的电气强度。降低变压器油或其他液体电气强度的杂质,也可能会增加试样上测得的电气强度。

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。

## 8 电气设备

### 8.1 电源

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。

- 8.1.1 在回路中有试样的情况下,对等于和小于试样击穿电压的所有电压,试验电压的峰值与有效值

(r. m. s)之比为 $\sqrt{2}(1 \pm 5\%)$ 即(1.34~1.48)。

8.1.2 电源的容量应足够大,使之在发生击穿之前均能符合 8.1.1 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 10kV 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。

8.1.3 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。当用一个自耦调压器按第 10 章施加电压时,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。

8.1.4 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。

8.1.5 为了限制在击穿时由电流或电压冲击引起电极的损伤,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。

注:应用阻值很高的电阻器可能会导致测得的击穿电压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

8.2.1 按等效有效值记录电压值。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不大于击穿电压的 1%。

8.2.2 采用符合 8.2.1 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测量线圈来测量电压,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。

8.2.3 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 程序

9.1 试验应记录如下内容:

- a) 被试样品;
- b) 试样厚度的测量方法(若不是标称厚度);
- 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。

9.2 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 章的电气设备,将电压施加到两电极之间,按 10.1 到 10.5 之一的方法升高电压,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)试验

10.1.1 将试验电压由零开始以均匀的速度升高直至击穿发生。

10.1.2 对被试材料选择升压速度时,应使大多数击穿发生在(10~20) s 之间。对于击穿电压有显著差异的材料,也有可能在这个时间范围以外发生破坏。如果大多数击穿都发生在(10~20) s 之间,则认为试验是成功的。

10.1.3 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 等等。

注：对于大多数材料，通常使用 500 V/s 的升压速度，对模型材料，推荐使用 2 000 V/s 升压速度，以便获得与 IEC 60296:2003 相适应的可比数据。

## 10.2 20 s 逐级升压试验

10.2.1 将 40% 的预计短时击穿电压施加于试样上。假如不知道短时击穿电压预计值，则应按 10.1 的方法来得到。

10.2.2 假如试样耐受这个电压 20 s 还未击穿，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且连续施加 20 s 直至发生击穿。

表 1 电压值的增量(峰值/ $\sqrt{2}$ )

单位为千伏

起始电压值 $U$	增 量
$U \leq 1.0$	起始电压的 10%
$1.0 < U \leq 2.0$	0.1
$2.0 < U \leq 5.0$	0.2
$5.0 < U \leq 10.0$	0.5
$10 < U \leq 20$	1.0
$20 < U \leq 50$	2.0
$50 < U \leq 100$	5.0
$100 < U \leq 200$	10.0
$U > 200$	20.0

注：当有规定时，可以使用更小的电压增量。在这种情况下，允许更高的起始电压，但击穿不应在小于 120 s 内发生。

10.2.3 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。

10.2.4 如果击穿发生在从起始试验算起少于 6 级的电压内，则用更低的起始电压再做 5 个试样的试验。

10.2.5 根据试样能耐受 20 s 而不击穿的最高试验电压来确定电气强度。

## 10.3 慢速升压试验(120~240) s

从 40% 的预计短时击穿电压开始匀速升压，使击穿发生在 (120~240) s 之间。对于击穿电压有显著差异的材料来说，有些试样可能在此时间范围以外发生破坏。如果大多数击穿发生在 (120~240) s 之间，则认为是满意的。选择升压速度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, 等等。

## 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 极慢速升压试验(300~600) s

除非另有规定，应按 10.3 进行试验，但击穿应发生在 (300~600) s 之间。从下列数据中选择升压速度：

1 V/s, 2 V/s, 5 V/s, 10 V/s, 20 V/s, 50 V/s, 100 V/s, 200 V/s, 等等。

注：在 10.3 中所述的 (120~240) s 的慢速升压试验和在 10.5 中所述的 (300~600) s 的极慢速升压试验所得结果与 20 s 逐级升压(10.2)或 60 s 逐级升压(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。

## 10.6 检查试验

当做检查或耐压试验时，要求施加一个预先确定的电压值。即将该电压尽可能快而准确地升到所



要求的值, 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 击穿的判断

11.1 在电击穿的同时, 回路中电流增加和试样两端电压下降。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, 也存在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, 应在报告中注明。

注: 对漏电检测电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。

11.2 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。

11.3 当平行于材料表面方向试验时, 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 5.2)。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施加的击穿电压值。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到破坏。

## 12 试验次数

12.1 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。

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

12.3 对并非用于例行的质量控制试验, 参见附录 A 对决定需要试验次数和数据分析参考是有用的。

## 13 报告

除非另有规定, 报告应包括如下内容:

- 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)或击穿电压的中值(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) 施加电压的方式及频率;
- g) 电气强度的各个值(以 kV/mm 表示)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, 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报告, 则应该报告前 6 项内容及最低值和最高值。



附录 A  
(资料性附录)  
试验数据的处理

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,属于这些内容的文件有:

IEC 60727-1:1982 电气绝缘结构电老化的评定 第 1 部分:基于正态分布的一般考虑和评定程序

IEC 60727-2:1993 电气绝缘结构电老化的评定 第 2 部分:基于极值分布的评定程序

IEEE 930:1987(R1995) 电气绝缘电压老化数据的统计分析的 IEEE 导则(可从 IEEE 业务活动中心得到,地址为 445 Hoe Lane, P. O. BOX 1331, Piscataway, NJ08855-1331, USA, 或在美国以外的某些国家,从环球信息中心的当地办公室得到)。

特种技术出版物 926, 工程电介质, 11B 卷: 固体绝缘材料电气性能: 测量技术, 第 7 章: 评定电气绝缘结构的统计方法, ASTM, 100, Barr Harbor, West Conshohocken, PA19428-2959 USA。

附 录 B  
(资料性附录)

本部分章条编号与 IEC 60243-1:1998 章条编号对照

表 B.1 本部分章条编号与 IEC 60243-1:1998 章条编号对照

本部分章条编号	对应的国际标准章条编号
1	1.1
2	1.2
3	2
3.1~3.4	2.1~2.4
4	3
4.1~4.5	3.1~3.5
5	4
5.1~5.4	4.1~4.4
6	5
7	6
7.1~7.2	6.1~6.2
8	7
8.1~8.2	7.1~7.2
9	8
9.1~9.2	8.1~8.2
10	9
10.1~10.6	9.1~9.6
11	10
11.1~11.3	10.1~10.3
12	11
12.1~12.3	11.1~11.3
13	12