

中华人民共和国国家标准

固体绝缘材料工频 电气强度的试验方法

GB 1408—89

代替 GB 1408—78

Methods of test for electric strength of solid
insulating materials at power frequencies

本标准等效采用国际标准 IEC 243(1967)《固体绝缘材料工频电气强度试验方法的推荐标准》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了固体绝缘材料工频电气强度的试验方法。

本标准适用于在工频下(50 Hz 或 60 Hz)测定固体绝缘材料的短时电气强度。

本标准中电气强度的测得值不能代表材料的长期耐受电压的性能。本试验方法可用作例行试验和质量控制试验。

2 术语

电气强度:在规定的试验条件下发生击穿时的电压与承受外施电压的两电极间距离之商。试验电压为峰值电压的 $\sqrt{2}/2$ 倍。

3 影响电气强度的因素

电气强度受到许多因素的影响,这些因素有:

- a. 试验电压的频率、波形和电压施加的时间;
- b. 试样的厚度、均匀性和是否存在机械应力;
- c. 环境温度、气压和湿度;
- d. 试样中存在气体杂质;
- e. 试验电极的几何尺寸及导热系数;
- f. 周围媒质的电、热特性。

在研究新材料时,应考虑到所有这些因素的影响。但作为对比试验时,则要规定一些特定的条件,以便迅速地区别材料、进行质量控制及类比试验,本标准就具有这种目的。不同的方法给出的结果不能直接相比,并且许多材料的电气强度是随电极间试样厚度的增加而减小和随电压施加时间的增加而减小的。

4 试样处理及试验环境条件

4.1 试样处理

大多数绝缘材料的电气强度都随温度和湿度的变化而变化,因而必须规定试样处理和试验环境条件。

试样处理条件按产品标准规定,或从 GB 10580《固体绝缘材料在试验前和试验时的标准条件》中选

中华人民共和国机械电子工业部 1989-02-28 批准

1990-01-01 实施

取合适的处理条件。

4.2 试验环境条件

试验环境条件为 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 或按产品标准的规定。

一般在材料使用时所处的媒质中进行试验,若由于在该媒质中进行试验产生闪络或剧烈放电而无法进行试验时,则应在较高电气强度的媒质中进行试验,如在绝缘液体及压缩气体中。

4.2.1 液体中的试验

采用液体作媒质时,试验温度在常态至 90°C 之间采用清洁的变压器油, 90°C 至 300°C 之间采用清洁的过热气缸油或硅油。

4.2.2 空气中的试验

采用气体作媒质时,如有闪络,可在电极周围加柔软硅橡胶之类的防飞弧圈。防飞弧圈与电极之间距离约 1.5 mm。

4.2.3 高温或低温下的试验

在高温及低温试验时,应把温度计、热电偶或其他测温元件放在实际试验点附近的打有测试孔的模拟电极之中,并且,用适当的方法使试样周围的媒质循环,以保持温度的均匀性。

5 电气装置

5.1 变压器

获得试验电压最方便的方法是用一个可变低压电源作为升压变压器的电源,电源波形要尽可能是正弦波,在回路有试样时,施加在被测材料上的电压的波峰系数应在 $\sqrt{2}(1 \pm 7\%)$ 之间。试验变压器应至少能输出 40 mA 的电流。对于某些漏电电流较大的材料,则变压器应输出更大的电流。

5.2 保护电阻

为了防止试验设备由于击穿引起电流或电压波动而损坏,要求在回路中与试样串联一个电阻,这个电阻通常为几千欧姆。

5.3 断路器

回路装有一个断路器,它应在试样击穿后的 60 ms 内跳闸,使高压侧无输出;并且,在重新起动前保持该状态。断路器与试验设备和试样的特性应很好地匹配,以免因闪络、试样充电、漏电或电晕电流、设备的磁化电流等而产生误动作。

5.4 电压控制

电压可用下面几种方法之一来控制:

- a. 可调自耦变压器;
- b. 发电机磁场调节;
- c. 感应调节器;
- d. 电压分压器。

在所要求的工作范围内,电压随时间的增加应基本为线性关系。最好用控制电机来调节电压。

5.5 试验电压的测量

采用一个合适的方法测出两极间的峰值电压,如采用峰值电压表或高压示波器。或者,可把伏特计接到变压器的一次侧或装在升压变压器的测量绕组上来测量电压。但此时应用精度不低于 1.5 级的静电计球隙、或精度不低于 0.5 级的互感器在高压侧校正整个范围的电压。

6 电极和试样

采用黄铜、不锈钢或其他金属作为电极。

电极必须保持干净、光洁,电极上不允许有由于电弧作用而产生的凹坑。

在上下两个电极大小不等时,较大的电极应连接到变压器接地端上,假如变压器的两个接线端都是

对地绝缘的话,就连接到接近于地电位的端子上。

高压电极的接线不应使电极对试样的压力和平行度改变。高压电极和低压电极的接线不能显著影响试样周围的电场分布。

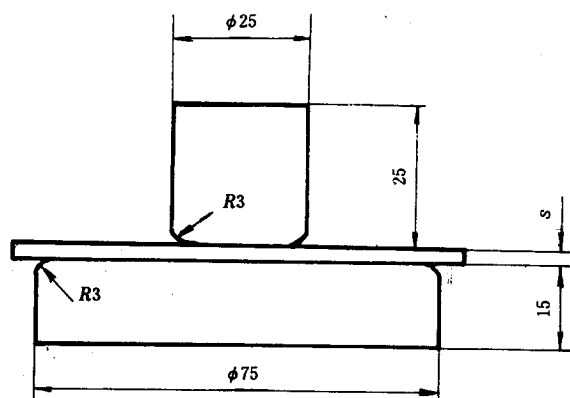
6.1 垂直层向试验的试样及电极

6.1.1 厚度不大于 3 mm 的板和片材、纸、织物和薄膜

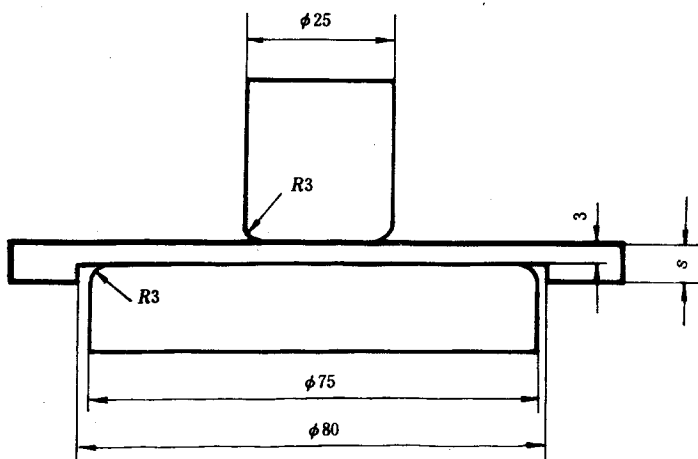
电极为两个金属圆柱体。电极边缘倒成半径为 3 mm 的圆角,其中一个电极的直径为 25 mm、高 25 mm;另一个电极的直径为 75 mm、高 15 mm。两个电极同心放置,如图 1a 所示。

6.1.2 厚度 3 mm 以上的板、片材

采用第 6.1.1 条所规定的电极,通常把直径为 75 mm 的电极放在厚度已被机械加工到 3 ± 0.2 mm 的试样凹面上。两电极应该同心放置,如图 1b 所示。如无闪络的危险,而表面加工又影响测试结果时,可以用板的全厚度进行试验。



a 未经削薄的材料 ($s < 3$ mm) 的电极装置



b 材料 ($s > 3$ mm) 削薄到有效厚度 3 mm 后的电极配置

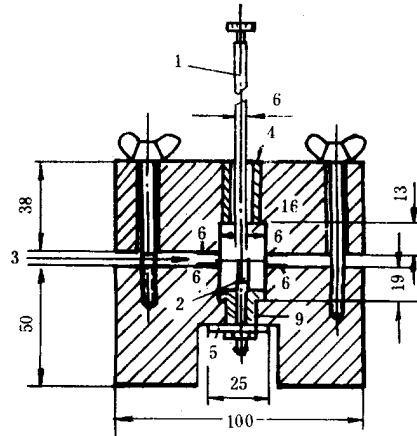
图 1 用于板材试验的电极装置

6.1.3 窄条和带

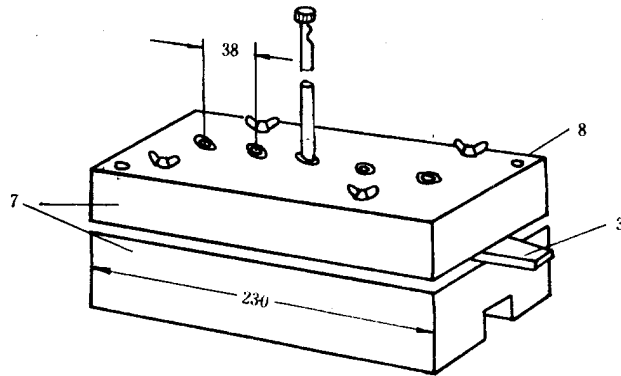
电极应是两根金属圆棒,直径为 6 mm 垂直安装在支架上。电极边缘倒成一个半径为 1 mm 的圆角,上电极重量为 50 ± 2 g。电极配置如图 2。

若试样需要拉伸,则应加上能进行拉伸的装置。

为了防止闪络,可用漆布搭接在试样边缘并夹住试样。此外,电极周围还可以采用防弧密封圈,电极和防弧圈之间应有 1.5 mm 的间隙。



a 装置的配置



b 上电极能够微微提起的装置剖面图

图 2 用于带材试验的电材装置

1—上电极,固定在衬套4上;2—下电极;3—试样;
4—黄铜衬套,内径正好插入6 mm的棒;5—黄铜条,
宽25 mm,连接所有的下电极;6—漆布条,搭盖在
试样边缘;7—绝缘材料,如层压板;8—榫孔;9—有
内螺纹的黄铜衬套

6.1.4 软管和软套管

对于内径 25 mm 以下的管,用金属线或棒作内电极。所用线棒的尺寸是最接近于与管内壁滑配合的尺寸,当管子套到线上时不应使管材撑大,用一条宽 25 mm、厚 0.02 mm 以下的金属箔贴在管材上作为外电极。内径大于 25 mm 的管,可在试样一边沿纵向切开,然后按 6.1.3 条进行试验。

金属粉末和水也能作电极,后者限于不受浸水影响的软套管。

6.1.5 硬管(内径 100 mm 及 100 mm 以下的)

外电极是 25 mm 宽的金属箔带,内电极是一根与内壁紧配合的导体,例如棒、管、金属箔带或粉末,管材的内表面与内电极必须有良好的接触。内电极的每端至少伸出外电极 25 mm。

电极可用硅酯、凡士林、硅油粘贴。

6.1.6 圆筒(内径大于 100 mm)

外电极是 75 mm 宽的金属箔带,内电极是直径为 38 mm 的圆形金属箔,金属箔应足够柔软,以便能紧密地贴在试样上。该装置示于图 3。

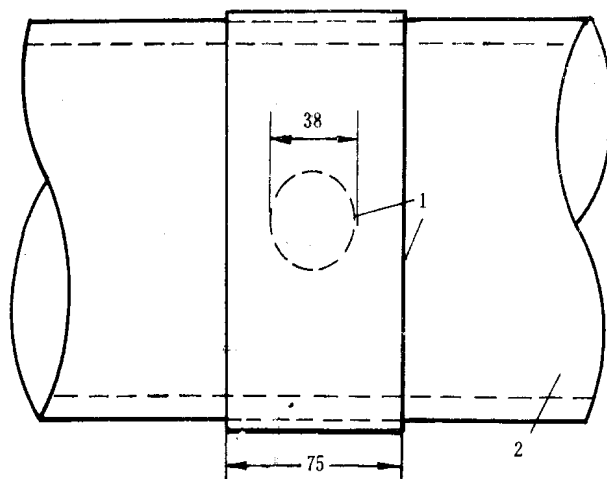


图3 管状和圆柱形试样用电极装置

1—电极；2—试样

6.1.7 模压及浇铸材料

按 6.1.1 条来准备试样与电极。试样是片状的，厚度最好是 3 mm 或 3 mm 以下。

6.1.8 清漆

清漆应涂在合适的底衬上，如薄纸、薄玻璃布或铜片上，制成漆膜后再进行试验，用这种方法组成的试样用第 6.1.1 条的电极试验，底片为薄铜片时，用铜片代替 $\phi 75$ mm 电极。

6.1.3 条规定的电极也可以用于这种试验。

6.1.9 含填料的胶

电极为两个金属球，每个球的直径为 12.5 mm，卧式水平安装，彼此相隔 1.25 mm、1.0 mm 或 0.75 mm。金属球要嵌入含填料胶内，胶中应避免出现气泡，特别是两个电极之间。

由于不同的电极距离测得的结果不能相比，在试验报告中应报告电极间距离。

6.2 沿层试验的电极和试样

沿层试验主要适用于检查试验，以便确定材料能否耐受规定的电压。该试验中，有可能在试样的表面产生闪络或者媒质先行击穿，若发生这种情况，则应在试验报告中说明。

6.2.1 板材和片材

试验板材和片材时，试样是长方形的，长 100 mm，宽 25 ± 0.2 mm，厚度为被试材料的原厚。试样的两条长边切成相互平行并与材料表面垂直。试样放在两块平行的金属板之间，电压施加在两个电极之间的 25 mm 宽的试样上。对于薄材料可用两个试样来恰当地放置以支撑上电极。电极应该有足够大的尺寸，使电极的每边至少超过试样 15 mm。要注意保证试样两侧的面积与电极的良好接触。必要时，电极的边缘及棱角应倒成圆角，以避免边与边之间的闪络，电极及试样见图 4，该电极只适合于厚度大于 1.5 mm 的硬质板。

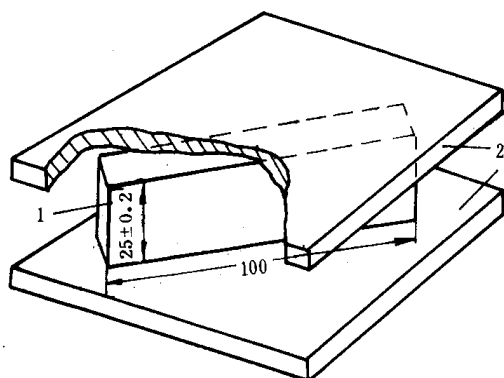


图4 平行于表面和沿层试验用电极装置

1—试样;2—黄铜电极

6.2.2 圆管和圆筒

试验圆管和圆筒时,试样是一个完整的圆环或轴向长度为 25 ± 0.2 mm,圆周长度为 100 mm 的一段环。试样的两个圆曲面要加工成垂直于管和筒轴的两个平行面。试样放在两个平行平板电极之间。试验按 6.2.1 条的规定进行。必要时,可用 2~3 个试样支撑上电极,电极的尺寸应足够大,以使电极超过试样各边至少 15 mm。

6.2.3 锥销电极

垂直于试样表面钻两个相互平行的孔。两孔的中心距为 25 ± 1 mm。两孔用锥度为 1:50 的铰刀铰成较大一端的直径在 4.5 mm 至 5.5 mm 之间的孔,孔需钻穿整个试样。若是管状试样,则孔仅钻穿一层管壁,并在整个孔的长度上用铰刀铰成锥度。板状试样的孔,一个从一面扩孔,另一个在另一面扩孔。

在钻和铰孔时,孔的周围不应有任何破坏,如开裂、破碎或碳化等。

将锥销电极用手压入两孔,使电极与试样紧密配合,并露出试样的两面至少 2 mm。

6.3 试样

除了上述的有关试样的要求外,接触电极的两个平面应尽量平整光滑。垂直于材料表面的试验中,要求有足够大的面积以防止闪络。试验中不同厚度的试验结果不能直接比较。

7 施加电压

7.1 快速升压试验

以均匀的速度使电压从零开始升压,以使试样在 10~20 s 之内发生击穿。本方法要求预先能知道材料的特性,否则,要求做一两次预备性试验,摸索升压速度。

进行数次试验以后,假如击穿的平均时间在 10~20 s 之内,即使有几次超出这个范围,试验也是可行的。

7.2 20 s 逐级升压试验

从表 1 中选出等于快速升压击穿电压值的 40% 的电压值加到试样上,若不知道试样的特性,可按 7.1 条的方法来求得。

表1 施加的顺序电压(峰值/ $\sqrt{2}$)

kV

0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95					
1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9					
2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5					
1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9					
20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
50	56	60	65	70	75	80	85	90	95	100				
110	120	130	140	150	160	170	180	190	200					

如试样耐受电压 20 s 未击穿,则施加更高一级的电压,直至击穿。

升压要尽可能地快,级间升压所消耗的时间包括在较高一级电压的 20 s 内,试样击穿电压为耐受 20 s 而不击穿的最高电压。

7.3 耐压试验

耐压试验要求电压准确而平稳地升到所要求的值,然后保持这个电压值,并维持规定时间。

8 击穿的判断

绝缘材料击穿伴随着回路中电流的增加和试样两端电压的下降而发生。电流的增加可使断路器跳闸或熔断丝烧断,但断路器的跳闸有时也可由于闪络、试样充电、漏电或电晕电流、设备磁化电流或误动作引起。因此,断路器在试验中要很好地与试验设备和材料特性匹配。否则,可能试样尚未击穿时断路器就动作了,或者试样已经击穿,断路器却不动作,这样就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时有发生,因此在试验过程中要注意观察和发觉情况,假如媒质先击穿,则应在报告中写明。

在垂直材料表面方向试验时,肉眼就可看到真正击穿的通道,无论通道是否充有碳粒。

在平行于材料表面方向试验时,最好采用再加第二次电压的办法来鉴别击穿是否已发生。若第二次能施加的电压比第一次的击穿电压要小,则可认为击穿已发生。

9 试验次数及计算

电气强度的计算如下:

$$E_b = \frac{U_b}{d}$$

式中: U_b ——击穿电压, MV;

d ——试样厚度, m;

E_b ——电气强度, MV/m。

除非另有规定,一般做五次试验,并由五次计算结果的平均值作为电气强度。假如任何一个计算结果超过平均值 15%,应另行再做五个,然后,由十个计算结果的平均值作为电气强度。

10 报告

除非另有规定,报告应包括下列各项:

a. 每一试样的标称厚度或平均厚度,对于加工成凹穴的试样要指出材料的标称厚度和凹穴面的平均厚度;

b. 试验期间的周围媒质及其性质;

- c. 试样处理条件和试验时的空气温度、湿度或者浸入煤质的温度(当不以空气作煤质时);
- d. 电极的材料、尺寸;
- e. 每点的击穿电压值;
- f. 平均电气强度,用MV/m表示并注明频率;
- g. 施加电压的方法;
- h. 逐级升压时的起始电压值;
- i. 试验日期和试验员。

附加说明:

本标准由全国绝缘材料标准化技术委员会提出并归口。

本标准由桂林电器科学研究所负责起草。