



JB/T 5890-1991

中华人民共和国机械行业标准

JB 5890-91

绝缘子用玻璃材料性能及测试方法

本标准参照采用了国际电工委员会 (IEC) 以下出版物:

IEC 672-1《陶瓷与玻璃绝缘材料规范 第一部分: 定义和分类》第一版 1980 年;

IEC 672-2《陶瓷与玻璃绝缘材料规范 第二部分: 试验方法》第一版 1980 年;

IEC 672-3《陶瓷与玻璃绝缘材料规范 第三部分: 单项材料性能》第一版 1984 年。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了绝缘子用玻璃材料性能指标、试样规格和测试方法。

本标准适用于交流高压输电线路绝缘子用的钠钙硅酸盐玻璃。

2 引用标准

- | | |
|------------|--|
| GB 2900.8 | 电工名词术语 绝缘子 |
| JB/T 5896 | 常用绝缘子术语 |
| GB 1408 | 固体电工绝缘材料工频击穿电压、击穿强度和耐电压试验方法 |
| GB 1409 | 固体电工绝缘材料在工频、音频、高频下相对介电系数和介质损耗角正切试验方法 |
| GB 1410 | 固体电工绝缘材料绝缘电阻、体积电阻系数和表面电阻系数试验方法 |
| SJ 694 | 电真空玻璃电阻率为 $100\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 时的温度 TK-100 测试方法 |
| GB 7962.23 | 无色光学玻璃杨氏模量、剪切模量及泊松比测试方法 |
| GB 5432 | 日用玻璃密度测定方法 |
| GB 8170 | 数值修约规则 |

3 术语

3.1 绝缘子用玻璃

用于绝缘子作绝缘件的无机玻璃。

3.2 钠钙硅酸盐玻璃

以二氧化硅、氧化钙与氧化钠为主要成份的玻璃。

3.3 退火玻璃

从退火温度缓慢冷却得到的玻璃, 玻璃中剩余应力和任何外施应力相比较可以忽略不计。

3.4 转变温度

是指以恒速加热玻璃时, 在膨胀——温度曲线上的一个转折点所对应的温度, 在这个温度下, 玻璃中的内应力可在几分钟内消除。

4 性能指标

绝缘子用玻璃材料的性能指标应符合表 1 的规定。

表1 绝缘子用玻璃材料的性能指标

序 号	性 能 名 称	性能符号	单 位	指 标
1	击穿强度(50Hz),不低于	E_d	kV/mm (有效值)	25
2	耐受电压(50Hz, 1min) 不低于	U	kV (有效值)	25
3	相对介电常数 (50Hz, 20±5℃)	ϵ_r	—	6.8~8.6
4	介质损耗角正切 (50Hz, 20±5℃),不大于	$\tan\delta$	—	30×10^{-3}
5	体积电阻率(20±5℃),不低于	ρ_v	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{12}
6	体积电阻率为 $100\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 时的温 度,不低于	t_{k100}	℃	170
7	弯曲强度,不低于	R_f	MPa	30
8	弹性模量,不低于	E	GPa	70
9	密度,不小于	ρ	g/cm^3	2.4
10	转变温度	T_g	℃	500~560
11	平均线膨胀系数 (20~300℃)	α	10^{-6}K^{-1}	8.0~9.5

5 试样

5.1 本标准规定使用退火玻璃试样。

5.2 试样制备

本标准规定的测试方法用于确定绝缘子用玻璃的性能。同一规格的试样应按相同的方法制备,可以用浇铸、拉棒、切割、研磨等方法制备。退火玻璃试样要采用适当的退火工艺消除应力。

5.3 试样的一般要求

5.3.1 试样的化学成份和均匀性应和制造绝缘子时要求的玻璃的化学成份和均匀性相一致。

试样应无裂纹、气泡、结石、条纹等影响玻璃性能的缺陷。

5.3.2 试样的规格和数量应符合表2的规定。

表2 试样的规格和数量

序 号	测 试 项 目	试 样 形 状 和 尺 寸 mm	数 量 (个)
1	击穿强度	圆片,按图1规定	5(最少)
2	耐受电压		
3	相对介电常数	圆片,直径 $\phi 100$,厚度 2~3	3(最少)
4	介质损耗角正切		
5	体积电阻率		

续表 2

序 号	测 试 项 目	试 样 形 状 和 尺 寸 mm	数 量 (个)
6	体积电阻率为 $100\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 时的温度	圆棒:直径 $\phi 8.5 \pm 0.5$ 长度: 10 ± 0.1	2
7	弯曲强度	研磨过的圆棒:直径 $\phi 10$, 长度 120	10(最少)
8	弹性模量	动态法 A:棒状、矩形截面, 长度 l , 高度 h , 宽度 b $3 < \frac{l}{h} < 24$ 动态法 B:棒外形尺寸 $l \times b \times h$: $22 \times 3 \times 3$, 各面间垂直度为 $90^\circ \pm 2'$ 静态法:同本表序号 7	3(最少)
9	密度	质量约 20g 的玻璃块	3
10	平均线膨胀系数	按所用仪器的规定	2
11	转变温度		

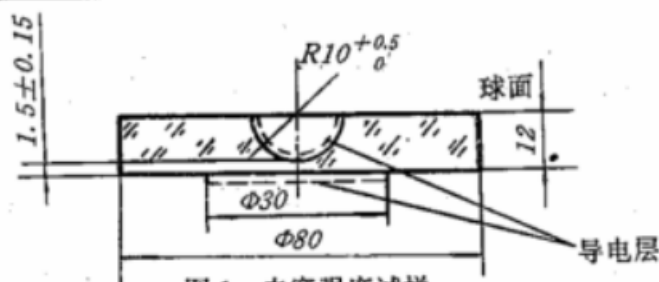


图 1 击穿强度试样

5.3.3 圆棒试样的圆度应不大于直径的 1%，轴线直线度应不大于长度的 0.5%。圆片试样两端面平行度应不大于厚度的 1%，并进行磨削加工。

5.4 按本标准规定的测试方法测得的所有数值仅适用于所规定的试样，不能扩展到其它形状和尺寸或其它方法制造的试样和产品。

6 测试方法

6.1 击穿强度和耐受电压

6.1.1 测试设备

应符合 GB 1408 的规定。

6.1.2 电极

采用 $\phi 20\text{mm}$ 黄铜球作为上电极， $\phi 50\text{mm}$ 黄铜平板作为下电极的这种电极配置。试样表面导电层材料为胶体石墨。

6.1.3 测试

测量试样半球凹面和另一面之间最小厚度（即承受试验的壁厚），精确到 0.01mm。

将电极和测试组件浸入绝缘油里，其电阻率要保证测试工作能完善地进行，通常在 $10^6 \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 范围内。测试在 $15 \sim 35^\circ\text{C}$ 温度范围内进行。

采用 GB 1408 规定的连续均匀升压法升高电压。测量击穿强度时，电压升至试样击穿为止；进行耐受电压试验时，电压升到规定的试验电压后保持 1min，试样不应出现击穿。

6.1.4 结果表示

6.1.4.1 击穿强度

击穿强度按公式(1)计算。

$$E_d = kU \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: E_d —— 击穿强度, kV/mm;

U —— 击穿电压, kV;

k —— 修正系数, mm^{-1} , 见表 3。

表 3 不同试样厚度的修正系数值

试样厚度 δ mm	修正系数 k mm^{-1}	试样厚度 δ mm	修正系数 k mm^{-1}
1.35	0.809	1.51	0.730
1.36	0.803	1.52	0.726
1.37	0.798	1.53	0.722
1.38	0.793	1.54	0.717
1.39	0.787	1.55	0.713
1.40	0.782	1.56	0.709
1.41	0.777	1.57	0.705
1.42	0.772	1.58	0.701
1.43	0.767	1.59	0.697
1.44	0.762	1.60	0.693
1.45	0.758	1.61	0.689
1.46	0.753	1.62	0.685
1.47	0.748	1.63	0.681
1.48	0.744	1.64	0.678
1.49	0.739	1.65	0.674
1.50	0.735	—	—

6.1.4.2 耐受电压

对每个试样都用千伏数表示 1min 耐受电压, 并记录下试样的厚度、绝缘油的电阻率和是否经受住规定的电压。

6.2 相对介电常数和介质损耗角正切

6.2.1 测试仪器

应按 GB 1409 的规定选择工频下测试的仪器。

6.2.2 电极

应符合 GB 1409 的规定, 在工频下测试采用测量电极为 $\varnothing 50\text{mm}$ 的三电极系统平板电极配置。试样表面导电层材料为胶体石墨。金属电极材料用黄铜。

6.2.3 测试

应按 GB 1409 的规定在常态试验环境条件下测量相对介电常数, 介质损耗角正切。在工频下测试电压为 2kV。

6.2.4 计算

根据选择的测试仪器按 GB 1409 规定的公式计算。

6.3 体积电阻率

6.3.1 测试仪器

应按 GB 1410 的规定选择适用的测试仪器。

6.3.2 电极

应符合 GB 1410 的规定,采用测量电极为 $\phi 50\text{mm}$ 的三电极系统板状试样的电极配置。试样表面导电层材料为胶体石墨。金属电极材料用黄铜。

6.3.3 测试

应按 GB 1410 的规定在常态试验环境条件下测量试样的体积电阻率。测量电压为 500V 直流电压。

6.3.4 计算及结果表示

按 GB 1410 的规定计算和表示结果。

6.4 体积电阻率为 $100\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 时的温度 t_{k100} , t_{k100} 的测试按 SJ 694 进行。

6.5 弯曲强度

6.5.1 试验机负荷指示值与标准负荷值误差不超过 $\pm 1\%$,试验机额定负荷的选择应使试样折断时负荷落在满载的 15%~85% 范围内。

试验机应有两个放试样的支架,支架之间的距离为 100mm。用在固定支架对称位置的两个压头垂直于试样轴线施加负荷,施加于试样上的弯曲负荷要均等地分配在两个移动压头上。加压头表面和支承面应有 5mm 圆弧。并保持抛光状态以使接触点的摩擦最小。弯曲强度测试装置有关的形状、尺寸和位置按图 2 中的规定。

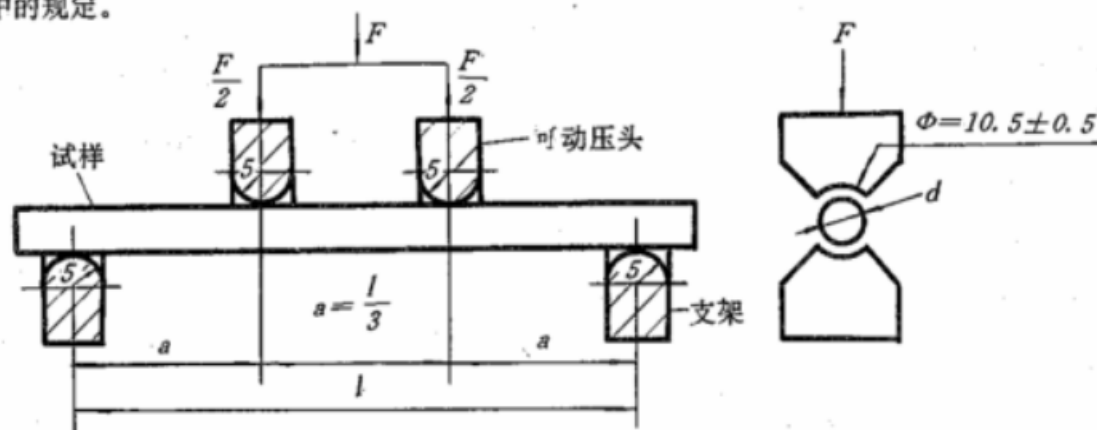


图 2 弯曲强度测试装置

6.5.2 测试

在中心位置测量圆棒试样直径的最大值及最小值,精确到 0.02mm,计算时取两个读数的算术平均值。

将试样对称地横放在固定支架上,两个可动压头放于试样上,作用力的方向与试样轴线垂直,然后以 20~50N/s 的速率稳定地增加负荷,直至试样破坏。

6.5.8 计算

弯曲强度按公式(2)计算。

$$R_f = \frac{16Fa}{\pi d^3} \dots\dots\dots (2)$$

式中: R_f —— 弯曲强度, N/mm^2 ;

F —— 破坏负荷, N;

a —— 固定支架和相近的可动压头之间的距离, mm;

d —— 试样直径, mm。

6.6 弹性模量

按本标准第 6.6.1~6.6.3 条所述方法中的任一种方法测试。

注: 根据目前测试条件,推荐用第 6.6.1 条所述的方法。

6.6.1 动态法 A: 敲击法

6.6.1.1 测试仪器

敲击式动弹模量测定仪,主要由传感器、放大器、信号判定单元、计数电路等部分组成,利用在 20~30kHz 范围内试样的弯曲振动来确定弹性模量。

6.6.1.2 测试

测量试样的长度、高度和宽度,精确到 0.02mm。试样称量准确到 0.1g。

将试样放于支座上(如图 3),试样支承点离端面距离为 0.224l。敲击点和测试点选择在试样中间,敲击点在试样的上方,测试点位于试样长度的中点处,测试面应与敲击面成 90°角。

传感器与试样之间的间距 2~3mm,传感器上的色标应朝向敲击方向。

放好试样后,打开仪器的电源开关,在数码管全部显示为零时进行测量。敲击时不得损坏试样。对每一个试样测量 10 个以上的 R 值(仪表读数),取其算术平均值,计算该试样的弹性模量。

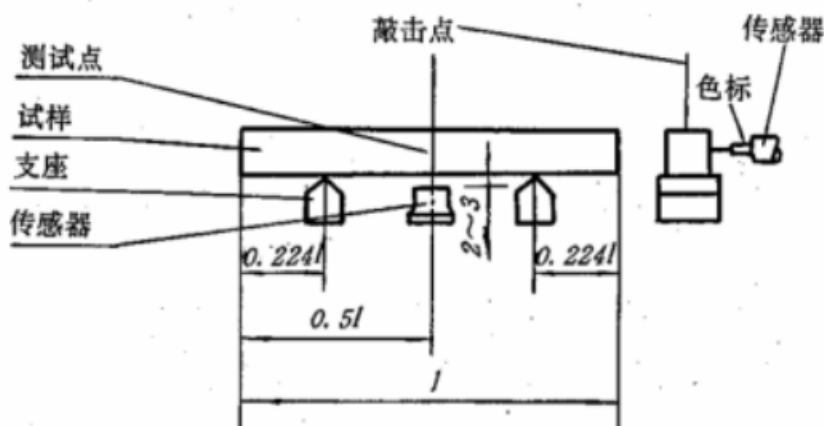


图 3 敲击法测试示意图

6.6.1.3 计算

按公式(3)计算弹性模量:

$$E = \frac{mM}{bR^2} \quad (3)$$

式中: E —— 弹性模量, GPa;

m —— 试样质量, g;

M —— 形状因数, 由所用仪器形状因数表查出;

b —— 试样宽度, mm;

R —— 仪表读数。

6.6.2 动态法 B: 复合共振法

6.6.2.1 测试仪器

符合 GB 7962.23 规定的复合共振法测量装置。

6.6.2.2 测试

按 GB 7962.23 的规定进行。

6.6.2.3 计算

试样的纵向振动固有频率 f_i 和弹性模量 E 分别按公式(4)和公式(5)计算。

$$f_i = f_c + \frac{M_Q}{M_i} (f_c - f_Q) \quad (4)$$

$$E = 4\rho_{ik}^2 \cdot f_i^2 \times 10^{-9} \quad (5)$$

式中: f_i —— 试样纵向振动的固有频率, Hz;

f_Q —— 纵向振子的固有频率, Hz;

f_c —— 试样与振子的纵向复合共振频率, Hz;

M_Q —— 纵向石英振子的质量, g;

M_i —— 试样的质量, g;

E_t ——弹性模量(杨氏模量), GPa;

ρ ——试样的密度, g/cm³;

l_E ——测量杨氏模量的试样长度, mm。

6.6.3 静态法

6.6.3.1 测试设备

如第 6.5.1 条规定的弯曲试验机。附有一灵敏装置, 能以适量精确度测量微小形变。

6.6.3.2 测试

按第 6.5.2 条所述将试样放在试验机内, 施加一定的力进行测量, 记录其对应的最大形变值。

6.6.3.3 计算

弹性模量可由承受弯曲负荷的试样的形变测量值按下列公式计算:

情况 1: 作为试样最大形变值 f 的函数

$$E = \frac{Fa}{48fI} (3l^2 - 4a^2) \times 10^{-3} \quad \text{..... (6)}$$

情况 2: 作为试样沿着两个可动压头垂线方向产生的平均形变 f' 的函数

$$E = \frac{Fa^2}{12f'I} (3l - 4a) \times 10^{-3} \quad \text{..... (7)}$$

式中: E ——弹性模量, GPa;

F ——试样承受的总的力, N;

a ——固定支架和相近的可动压头间的距离, mm;

l ——固定支架间的距离, mm;

f ——试样的最大形变, mm;

f' ——试样沿着两个可动压头垂线方向产生的平均形变, mm;

I ——惯性矩, mm⁴。

(对于圆形截面: $I = \frac{\pi d^4}{64}$, 其中 d ——试样直径 mm。)

6.7 密度

密度的测试按 GB 5432 进行。

6.8 线膨胀系数

6.8.1 测试仪器

以直接法或微分法测定的任何测试精度为 $\pm 0.2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 的仪器均可使用。

6.8.2 测试

在室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下测量试样长度 l 。准确到 $\pm 0.001 l$ 。试样装入仪器后, 在 $20 \sim 300^\circ\text{C}$ 温度范围内测量试样的长度变化 Δl 。温度及温度差测量准确到 1K。加热速率不大于 5K/min。

6.8.3 计算

平均线膨胀系数按公式(8)计算。

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t} + \alpha_0 \quad \text{..... (8)}$$

式中: α ——平均线膨胀系数, 10^{-6}K^{-1} ;

l_0 ——室温下试样的长度, mm;

Δl ——试样在指定温度范围内的长度变化, mm;

Δt ——测定试样长度变化时的温度差, K;

α_0 ——仪器的校正系数, 10^{-6}K^{-1} 。

6.9 转变温度

6.9.1 测试仪器

如第 6.8.1 条规定的膨胀系数测试仪器。

6.9.2 试样

测试前试样必须在比假定转变温度 T_g 约高 30K 的温度下加热退火, 然后以大约 1K/min 的速率冷却到比假定转变温度 T_g 低 100K 的温度, 再以后的冷却速率不作规定。

6.9.3 测试

从 300℃ 或低于 300℃ 的温度起, 以 $5 \pm 1\text{K/min}$ 的速率加热试样, 连续测量温度和长度变化, 直到试样缩短为止。画出整个温度范围内膨胀对温度的曲线, 在拐点上下画出两条和曲线相吻合的直线, 然后延长直线直到相交, 交点所对应的温度 T_g 即为转变温度 (见图 4)。

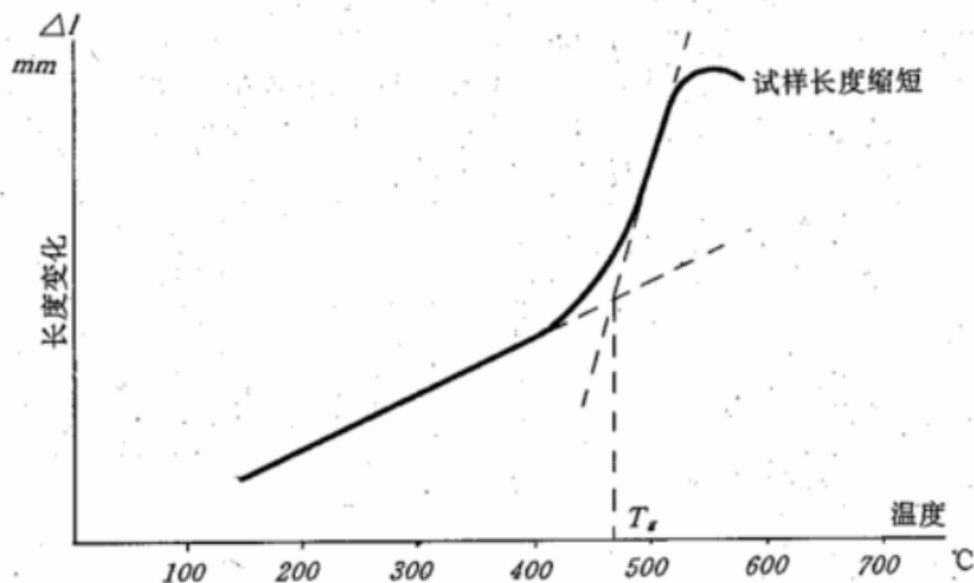


图 4 转变温度、加热曲线

7 测试数据和结果表示

7.1 对试样进行测试后应有:

- 试样的测试值 X_1, X_2, \dots, X_n ;
- 试样测试值的算术平均值 \bar{X} ;

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (9)$$

式中: X_i —— 每个试样的测试值;

n —— 试样数。

- 试样测试值的标准差 S (仅在测试个数 $n \geq 3$ 时)。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (10)$$

式中符号同式(9)。

7.2 异常值的判断和处理

7.2.1 平均线膨胀系数、转变温度、密度、 t_{100} 的测试值与该组试样测试值的算术平均值的绝对误差超过表 4 规定的误差范围时, 判断该测试值为异常值。

对于击穿强度, 弯曲强度, 弹性模量的测试值, 其最大相对误差超过表 4 规定的误差范围时, 也判断为异常值。最大相对误差(Re)按公式(11)计算。

$$Re(\%) = \frac{X_{\max}(\text{或 } X_{\min}) - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100 \quad (11)$$

式中: X_{\max} 和 X_{\min} ——分别表示每组测试值中的最大值与最小值。

表4 测量值的误差范围

测试项目	误差范围	测试项目	误差范围
平均线膨胀系数	$\pm 0.2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$	击穿强度	$\pm 15\%$
转变温度	$\pm 2^\circ\text{C}$	弯曲强度	$\pm 15\%$
密度	$\pm 0.01 \text{g/cm}^3$	弹性模量	$\pm 15\%$
ϵ_{300}	$\pm 1^\circ\text{C}$		

7.2.2 在一组测试值中应剔除异常值,剩下的测试值继续按7.2.1条检验异常值,若无异常值则检验终止。异常值的个数超过一组测试值个数的1/3时应重新取样测试。

7.2.3 介质损耗角正切、相对介电常数和体积电阻率的测试值分别按GB 1409和GB 1410的规定处理。

7.3 除另有规定外,以一组试样测试值经处理后的算术平均值表示该项测试的结果。

7.4 表示测试结果的算术平均值按表5所示位数和GB 8170进行修约。标准差取二位有效数字。

表5 数值修约规定

测试项目	数值修约位数
击穿强度, kV/mm	修约间隔为1
相对介电常数	修约成二位有效位数
介质损耗角正切, 10^{-3}	修约成二位有效位数
体积电阻率为 $100 \text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 时的温度, $^\circ\text{C}$	修约到“十”数位的0.5单位
弯曲强度, MPa	修约间隔为1
弹性模量, GPa	修约间隔为1
密度 g/cm^3	修约间隔为0.01
平均线膨胀系数, 10^{-6}K^{-1}	修约间隔为0.1
转变温度, $^\circ\text{C}$	修约到“十”数位的0.5单位

8 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- 试样名称、来源、规格和数量;
- 测试项目;
- 测试仪器设备名称、型号;
- 测试的环境条件;
- 试样的测试值、测试结果及标准差;
- 测试单位、人员、日期。

附加说明:

本标准由全国绝缘子标准化技术委员会提出,由机械电子工业部西安电瓷研究所归口。

本标准由南京电瓷总厂负责起草。

本标准主要起草人 胡水根、黄桂荣。

本标准委托西安电瓷研究所负责解释。

www.bzxz.net

免费标准下载网