



中华人民共和国国家标准

标准搜索网 www.bzsoso.com

GB/T 4074.7—2009/IEC 60172:1987

绕组线试验方法 第7部分：测定漆包绕组线温度 指数的试验方法

Winding wires—Test methods—Part 7: Test procedure for the determination
of the temperature index of enamelled winding wires

(IEC 60172:1987, Test procedure for the determination of the
temperature index of enamelled winding wires, IDT)

2009-03-19 发布

2009-12-01 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	Ⅲ
1 范围及规范性引用文件	1
2 目的	2
3 术语和定义	3
4 试验方法提要	3
5 试样	3
6 老化温度	4
7 试验电压及其施加方法	5
8 计算	6
9 试验报告	7
附录 A (规范性附录) 计算回归线的方法	14
附录 B (规范性附录) 相关系数	17

前 言

GB/T 4074《绕组线试验方法》分为八个部分:

- 第1部分:一般规定;
- 第2部分:尺寸测量;
- 第3部分:机械性能;
- 第4部分:化学性能;
- 第5部分:电性能;
- 第6部分:热性能;
- 第7部分:测定漆包绕组线温度指数的试验方法;
- 第8部分:测定漆包绕组线温度指数的试验方法 快速法。

本部分为 GB/T 4074 的第7部分。

本部分等同采用 IEC 60172:1987《测定漆包绕组线温度指数的试验方法》第3.0版(英文版)和第1号修改单(1997年)。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

- 删除了 IEC 60172:1987 的前言和引言;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 将 IEC 60172:1987 前言中的“规范性引用文件”调整为 1.2。

本部分的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电线电缆标准化技术委员会(SAC/TC 213)归口。

本部分起草单位:上海电缆研究所、铜陵精达特种电磁线股份有限公司、上海申茂电磁线厂、广东蓉胜超微线材股份有限公司、福州大通机电有限公司、露笑科技股份有限公司、佛山市威奇电工材料有限公司、无锡市锡洲电磁线厂、长沙鑫雄仪器科技有限公司、浙江长城电子科技集团有限公司、上海裕生特种线材有限公司、宁波金田电工材料有限公司、浙江洪波线缆股份有限公司、浙江宏磊铜业股份有限公司。

本部分主要起草人:李福、郑守国、刘明福、刘贵忠、刘冰、鲁小均、林志雅、陈惠民、张李晶、潘建忠、徐进法、任京湘、姚桂华、张家化、董千里、曹恒泰、魏浙强。

本部分为首次制定。

绕组线试验方法

第7部分:测定漆包绕组线温度 指数的试验方法

1 范围及规范性引用文件

1.1 范围

根据 IEC 60216-1:1987,本试验方法规定了评定漆包和薄膜绕包圆、扁线温度指数的试验方法。本试验方法不适用于纤维绝缘线或无机纤维薄膜绕包线。

1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 4074 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 6109.1—2008 | 漆包圆绕组线 | 第1部分:一般规定(IEC 60317-0-1:2005, IDT) |
| GB/T 6109.2—2008 | 漆包圆绕组线 | 第2部分:155级聚酯漆包铜圆线(IEC 60317-3:2004, IDT) |
| GB/T 6109.3—2008 | 漆包圆绕组线 | 第3部分:120级缩醛漆包铜圆线(IEC 60317-12:1990, IDT) |
| GB/T 6109.4—2008 | 漆包圆绕组线 | 第4部分:130级直焊聚氨酯漆包铜圆线(IEC 60317-4:2000, IDT) |
| GB/T 6109.5—2008 | 漆包圆绕组线 | 第5部分:180级聚酯亚胺漆包铜圆线(IEC 60317-8:1997, IDT) |
| GB/T 6109.6—2008 | 漆包圆绕组线 | 第6部分:220级聚酰胺漆包铜圆线(IEC 60317-7:1997, IDT) |
| GB/T 6109.7—2008 | 漆包圆绕组线 | 第7部分:130 L级聚酯漆包铜圆线(IEC 60317-34:1997, IDT) |
| GB/T 6109.9—2008 | 漆包圆绕组线 | 第9部分:130级聚酰胺复合直焊聚氨酯漆包铜圆线(IEC 60317-19:2000, IDT) |
| GB/T 6109.10—2008 | 漆包圆绕组线 | 第10部分:155级直焊聚氨酯漆包铜圆线(IEC 60317-20:2000, IDT) |
| GB/T 6109.11—2008 | 漆包圆绕组线 | 第11部分:155级聚酰胺复合直焊聚氨酯漆包铜圆线(IEC 60317-21:2000, IDT) |
| GB/T 6109.12—2008 | 漆包圆绕组线 | 第12部分:180级聚酰胺复合聚酯或聚酯亚胺漆包铜圆线(IEC 60317-22:2004, IDT) |
| GB/T 6109.13—2008 | 漆包圆绕组线 | 第13部分:180级直焊聚酯亚胺漆包铜圆线(IEC 60317-23:2000, IDT) |
| GB/T 6109.14—2008 | 漆包圆绕组线 | 第14部分:200级聚酰胺酰亚胺漆包铜圆线(IEC 60317-26:1990, IDT) |
| GB/T 6109.15—2008 | 漆包圆绕组线 | 第15部分:130级自粘性直焊聚氨酯漆包铜圆线(IEC 60317-2:2000, IDT) |

GB/T 6109.16—2008 漆包圆绕组线 第16部分:155级自粘性直焊聚氨酯漆包铜圆线 (IEC 60317-35:2000, IDT)

GB/T 6109.17—2008 漆包圆绕组线 第17部分:180级自粘性直焊聚酯亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-36:2000, IDT)

GB/T 6109.18—2008 漆包圆绕组线 第18部分:180级自粘性聚酯亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-37:2000, IDT)

GB/T 6109.19—2008 漆包圆绕组线 第19部分:200级自粘性聚酰胺酰亚胺复合聚酯或聚酯亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-38:2000, IDT)

GB/T 6109.20—2008 漆包圆绕组线 第20部分:200级聚酰胺酰亚胺复合聚酯或聚酯亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-13:1997, IDT)

GB/T 6109.21—2008 漆包圆绕组线 第21部分:200级聚酯-酰胺-亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-42:1997, IDT)

GB/T 6109.22—2008 漆包圆绕组线 第22部分:240级芳族聚酰亚胺漆包铜圆线 (IEC 60317-46:1997, IDT)

GB/T 6109.23—2008 漆包圆绕组线 第23部分:180级直焊聚氨酯漆包铜圆线 (IEC 60317-51:2001, IDT)

GB/T 7095.1—2008 漆包铜扁绕组线 第1部分:一般规定 (IEC 60317-0-2:2005, IDT)

GB/T 7095.2—2008 漆包铜扁绕组线 第2部分:120级缩醛漆包铜扁线 (IEC 60317-18:2004, IDT)

GB/T 7095.3—2008 漆包铜扁绕组线 第3部分:155级聚酯漆包铜扁线 (IEC 60317-16:1990, IDT)

GB/T 7095.4—2008 漆包铜扁绕组线 第4部分:180级聚酯亚胺漆包铜扁线 (IEC 60317-28:1990, IDT)

GB/T 7095.5—2008 漆包铜扁绕组线 第5部分:240级芳族聚酰亚胺漆包铜扁线 (IEC 60317-47:1997, IDT)

GB/T 7095.6—2008 漆包铜扁绕组线 第6部分:200级聚酯或聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺复合漆包铜扁线 (IEC 60317-29:1990, IDT)

GB/T 7095.7—2008 漆包铜扁绕组线 第7部分:130级聚酯漆包铜扁线

GB/T 23310—2009 240级芳族聚酰亚胺薄膜绕包铜扁线 (IEC 60317-44:1997, IDT)

GB/T 23311—2009 240级芳族聚酰亚胺薄膜绕包铜圆线 (IEC 60317-43:1997, IDT)

IEC 60216-1:1987 确定电气绝缘材料耐热性能的指南 第1部分:老化过程和试验结果评定

IEC 60216-3:1980 确定电气绝缘材料耐热性能的指南 第3部分:计算方法

IEC 60455-3-5:1989 电气绝缘用无溶剂树脂基反应性化合物规范 第3部分:单项材料规范 第5页:不饱和聚酯基浸渍树脂

IEC 60464-3-2:1989 有溶剂电气绝缘漆规范 第3部分:单项材料规范 第2页:热固性浸渍漆

2 目的

本试验方法旨在通过空气和大气压力下电气强度的变化来确定漆包和薄膜绕包(裸线或漆包线)圆线、扁线的温度指数。温度指数的确定与 IEC 60216-1:1987 相一致。试样可以是未浸渍或经浸渍剂浸渍的。对于浸渍试样,该试验可同时评定线绝缘和浸渍漆的相容性。因此,可以比较不同组合的温度指数。

注:按本试验方法得到的数据可为设计者和开发工程师提供进一步评定绝缘系统和设备试验并选择绕组线的资料。

3 术语和定义

3.1

温度指数 temperature index

温度指数是对相对热寿命的测量值,是与按附录 A 中公式(A.6)计算并从热寿命曲线上查到的 20 000 h 所对应的摄氏温度数(°C)所对应的数值。

3.2

试样失效时间 specimen failure time

在老化温度下引起试样耐电压试验失效的老化小时数(见 8.1)。

3.3

失效时间 time to failure

按 8.2 规定,从一个老化温度下的一组试样的各失效时间计算得到的失效小时数。

4 试验方法提要

使符合第 5 章规定的一组试样经受一个试验周期的试验。这个试验周期包括第 6 章规定的老化期和其后第 7 章规定的室温耐电压试验。

重复这样的试验周期直到足够数量的试样失效为止,然后按第 8 章的规定计算失效时间。试验在三个或更多的温度点进行,按 8.4 计算回归线。在热寿命图纸上按老化温度的函数关系绘出失效时间值。

回归线与纵坐标 20 000 h 寿命线的交点所对应的温度(以摄氏度表示)即代表被试绕组线的温度指数。

5 试样

5.1 试样的制备

5.1.1 导体标称直径 0.800 mm 到及包括 1.500 mm 漆包圆线

注:对于漆包圆线,为避免试样受伤,经验表明,选用 0.800 mm 到及包括 1.500 mm 试样便于操作和试验。

- a) 将一段长约 400 mm 的漆包圆线对折后在图 1 所示的设备上扭绞成 125 mm 的线对。扭绞时施加在线对上的力(质量)和扭绞数见表 1。

表 1 试样的扭绞数和受力

导体标称直径 mm		施加于线对的力 N	125 mm 距离内扭绞数
大于	小于或等于		
0.10	0.25	0.85	33
0.25	0.35	1.70	23
0.35	0.50	3.40	16
0.50	0.75	7.00	12
0.75	1.05	13.50	8
1.05	1.50	27.00	6
1.50	2.15	54.00	4
2.15	3.50	108.00	3

- b) 按图 2 所示制备隔片。可用陶瓷或有机硅玻璃纤维层压板这类热稳定的绝缘材料作隔片。隔片上标以适当的识别字母或数字。
- c) 在一成型架上将试样定形,成型架的结构见图 3。将一试样放入成型架,在扭绞对平行的两线端放上隔片,再将其推到图 4 所示的成型架的端面。将两线端弯成平行以使隔片固定在正确的位置。成型架使试样更均一化。如果使用试样架,则可不用隔片。

- d) 应在两处(不应在一处)切断试样扭绞端的端环,以使切开的两端具有最大的间距。如图 5 所示。为使两极足够分开而需弯动扭绞端或非扭绞端时,应避免剧烈弯曲或损伤绝缘。
- e) 为确保一批试样性能均匀,建议对所有试样按三倍于表 3 规定值的试验电压进行 1 s 耐电压试验。

5.1.2 薄膜绕包圆线、扁线和漆包扁线

注:适合于任何尺寸的圆线、扁线,但为了便于成型,建议选取尺寸时应尽量使样品成型时用小的弯曲力。高强度的线在制备试样时将导致线与线表面接触处的损伤。

- a) 从线盘上取两根长度为 250 mm 的较直线样。
- b) 在每根线样的一端除去 10 mm~15 mm 的绝缘层作为电极。
- c) 每根线样在如图 9 所示的模型中成形,直线部分约 150 mm,然后制成两端均张开的线样。
- d) 将两根成形的线样并排放置,然后用玻璃丝紧密地绕在线样中心直线部分,如图 10 所示。应使两线样的中心部分紧密接触。捆绑后,远端部的弯曲部分是分开的。在试验前或浸渍前对试样进行退火处理可去除应力和裂纹,对于某些材料可得到合适的试样。
- e) 试验前试样应进行交流 1 000 V 的耐电压试验。

5.2 浸渍漆

经验表明,符合 GB/T 6109.1~6109.23—2008、GB/T 7095.1~7095.7—2008、GB/T 23310—2009、GB/T 23311—2009 的绝缘线和符合 IEC 60455-3-5:1989 或 IEC 60464-3-2:1989 的绝缘浸渍漆在热老化过程中可能会互相影响。与未浸渍的漆包线、薄膜绕包线试验寿命相比,浸渍漆和漆包线、薄膜绕包线绝缘层之间的相互作用,可能增加或减少浸渍漆和漆包线、薄膜绕包线组合体的相对寿命。因此,对于浸渍试样,本试验方法可以提供绝缘浸渍漆和漆包线、薄膜绕包线组合体的热寿命指标。

如需浸渍处理,应遵循如下步骤:

将试样垂直浸泡在浸渍漆中(60 ± 10)s(见注),然后以大约 1 mm/s 的速度匀速从浸渍漆中取出,横放滴干 10 min~15 min,而后按制造厂的建议或协议水平放置固化。如果需浸渍多次,则浸渍、滴干和固化试样需垂直颠倒方向连续处理。

注:对于高粘度或触变性浸渍漆,需改变处理方法。

5.3 试样数量

试验结果的准确度很大程度上取决于每个老化温度下的试样数量,如果每个老化温度试样结果分散性大,为实现可接受的准确度就需要较多的试样数量。

经验表明,21 个非浸渍试样和 11 个浸渍试样通常能得到具有允许公差的平均寿命,至少应用 11 个试样。

5.4 试样架

5.4.1 5.1.1 规定的试样

已经发现,单独操作扭绞试样会产生早期失效,因此建议将试样放入图 6 所示的试样架内。宜将试样架设计成可保护扭绞试样免于遭受外部机械损伤和扭曲。其结构应能使扭绞的两端头伸出试样架,如图 7 所示,以便为耐电压试验进行电气连接。试样架宜至少容纳 11 个试样以减少操作时间。

5.4.2 5.1.2 规定的试样

将试样悬挂在烘箱中,无需托架。

6 老化温度

本章给出了试样的推荐老化温度。

表 2 给出了推荐的每周期老化温度和时间。一个试验周期包括一个老化期和室温耐电压试验($20^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$)。应将试样直接放入烘箱或从烘箱内取出,无需控制加热和冷却速度。

试验前将烘箱加热到规定的温度。

将试样放在一强迫通风烘箱内老化。烘箱应能使试样保持在选定的老化温度,温度波动小于 2℃。选定老化时间,使试样在每个温度达到失效时间之前经受约 10 个周期的老化。

从经受平均小于 8 个周期或大于 20 个周期的试样得到的热寿命值可能不可靠,不宜用来预估漆包线的温度等级。因此,为保证平均失效周期数在上述范围内,对某个老化温度,可选择比表中规定的长些或短些的老化时间。

试样按某个特定的周期老化后,可以适当增加或减少周期时间以控制达到失效时间所要求的周期数。

试样宜至少老化于三个温度,最好四个温度。最低的老化温度宜能产生大于 5 000 h 失效时间。产生小于 100 h 失效时间的老化温度一般认为太高。各老化温度之间相差不宜超过 20℃。由试验结果推断的温度指数的准确度随老化温度接近绝缘使用时温度而增加。最低老化温度不应比漆包线预估温度指数高 25℃。

表 2 推荐的老化时间(天/周期^a)

老化温度 ℃	预估温度指数						
	105~109	120~130	150~159	180~189	200~209	220~229	240~249
320							1
310							2
300						1	4
290						2	7
280					1	4	14
270					2	7	28
260				1	4	14	49
250				2	7	28	
240				4	14	49	
230			1	7	28		
220			2	14	49		
210		1	4	28			
200		2	7	49			
190	1	4	14				
180	2	7	28				
170	4	14	49				
160	7	28					
150	14	49					
140	28						
130	49						
120							

注:表 2 中的推荐值与 IEC 60216 中的不同,但已经发现更适合于漆包线。

^a 一个周期包括一个老化期和其后的一个耐电压试验。

7 试验电压及其施加方法

施加的电压应为交流电压,标称频率 50 Hz 或 60 Hz,近似正弦波形,峰值系数在 $\sqrt{2}(1\pm 5\%)$ (即 1.34~1.48)范围内。试验变压器至少应具有 500 VA 的额定功率,并提供在试验条件下波形基本不畸变的电流。

当 5 mA 或大于 5 mA 的电流流经高压回路时,过电流装置应动作,以检查试样是否失效。试验电源应具有当供出检测电流大于或等于 5 mA 时最大 10% 的电压降。

从烘箱中取出试样,冷却至室温。对于 5.1.1 规定的试样,按表 3 规定施加电压;对于 5.1.2 规定的试样,按表 4 规定施加电压。

表 3 漆包圆线试验电压

绝缘厚度 mm		电压(有效值) V	绝缘厚度 mm		电压(有效值) V
大于	小于或等于		大于	小于或等于	
—	0.015	300	0.050	0.070	700
0.015	0.024	300	0.070	0.090	1 000
0.024	0.035	400	0.090	0.130	1 200
0.035	0.050	500			

表 4 薄膜绕包圆线、扁线和漆包扁线试验电压

绝缘厚度 mm		电压(有效值) V	绝缘厚度 mm		电压(有效值) V
大于	小于或等于		大于	小于或等于	
0.035	0.050	300	0.100	0.115	700
0.050	0.065	375	0.115	0.130	750
0.065	0.080	450	0.130	0.140	800
0.080	0.090	550	0.140	0.150	850
0.090	0.100	650			

施加在试样上的试验电压应持续约 1 s。施加时间较短是为了降低电晕及介质疲劳的影响。

应注意避免试样机械损伤。剔除耐电压试验失效的试样,其余试样放回烘箱作另一次老化试验。

8 计算

8.1 试样失效时间

取试样到耐电压试验失效时的老化总小时数和失效前一周期老化总小时数的中间点作为一个老化温度下某个试样的失效时间。这是假设试样可能在最后一个老化周期进行到一半时失效,因此,试样失效时间即为失效时的总小时数减去最后一个老化周期小时数的二分之一。

8.2 失效时间

可通过中位数值或对数平均值来计算一个老化温度一组试样的失效时间。对很多材料,中位数值在统计上是有效的。多数情况下,使用中位数值会大大缩短试验时间,因为一旦得到了中位数值就可以停止试验了。

当使用中位数值时,按下述计算失效时间:

如果一组试样总数为 n ,则该组试样的失效时间为:

a) 如果 n 为奇数,等于第 $(n+1)/2$ 个试样的失效时间(见 8.1);

b) 如果 n 为偶数,等于 $n/2$ 个试样和 $(n+2)/2$ 个试样失效时间的平均值(见 8.1)。

例如,如果 $n=12$,则该组试样的失效时间等于第六个和第七个试样失效时间的平均值。如果采用中位数值计算失效时间,为方便起见,建议试样总数为奇数,这样可简化计算。

当使用对数平均值时,则该组试样的失效时间等于各试样失效时间(见 8.1)对数之和除以试样总数 n 所得平均值的反对数。

8.3 数据的线性

为避免不准确的外推(见 8.4),应按附录 B 计算相关系数,以衡量线性度。

如果相关系数 r 等于或大于 0.95,则有充分根据认为数据是线性的,试验结果的数据点接近于一条直线。若相关系数小于 0.95,认为是非线性的,宜在比之前的最低试验温度还低的温度下进行一个附加试验。

新的温度点可以比之前的最低试验温度低 10 °C,在重新计算温度指数和相关系数时,可从最高的

试验温度开始,删除一个温度点,使新的温度点参与计算。

如果漆包线、薄膜绕包线或浸渍后的漆包线、薄膜绕包线热老化过程为一种化学反应,则数据是线性的。非线性可能表明:

- a) 在试验期间不同温度上有两种或两种以上具有不同活化能(斜率)的化学反应起支配作用;
或者:
- b) 取样方式和(或)试验过程引入误差。

非线性数据不宜用来外推。

8.4 计算及绘制热寿命图和温度指数

在纵坐标标有时间的对数、横坐标标有绝对温度的倒数的图纸上绘制失效时间(见 8.2)-老化温度图,即为热寿命图。按附录 A 中的一级回归计算法估算 2 000 h 和 20 000 h 的老化温度,在坐标图上通过这两点绘出回归线。这条回归线则表示漆包线、薄膜绕包线的热寿命(见图 8)。

漆包线、薄膜绕包线温度指数是回归线与 20 000 h 线交点所对应的摄氏温度的数值。温度指数无需标明摄氏度。

如果需要对试验结果作进一步统计分析,可参见 IEC 60216-3:1980。

9 试验报告

试验报告应包括下述信息:

- 1) 漆包线漆或薄膜绕包线用薄膜的品种或型号,等级和导体种类(例如铜、铝等);
- 2) 浸渍漆的品种或型号及浸渍工艺;
- 3) 每个老化温度下每组试样的失效时间;
- 4) 通过各失效时间值的一级回归线的图;
- 5) 温度指数(T. I.)。

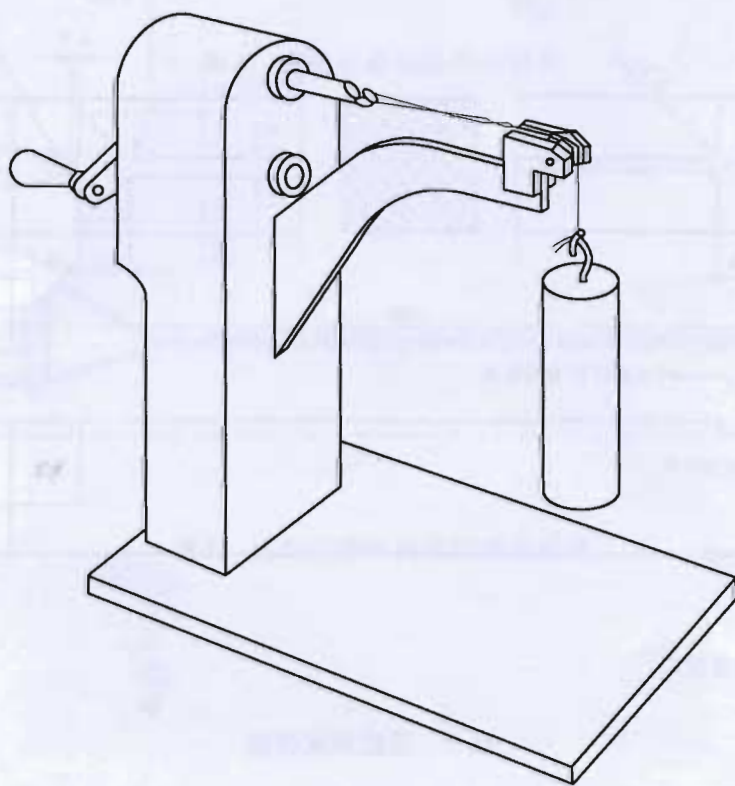


图 1 制作试样用装置

单位为毫米

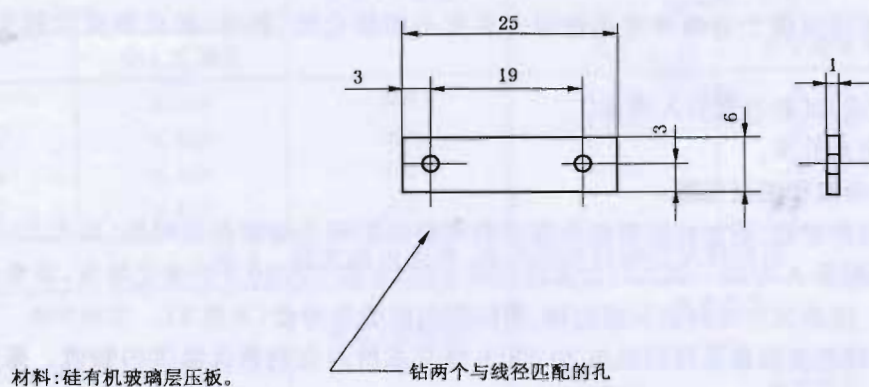


图2 隔片

单位为毫米

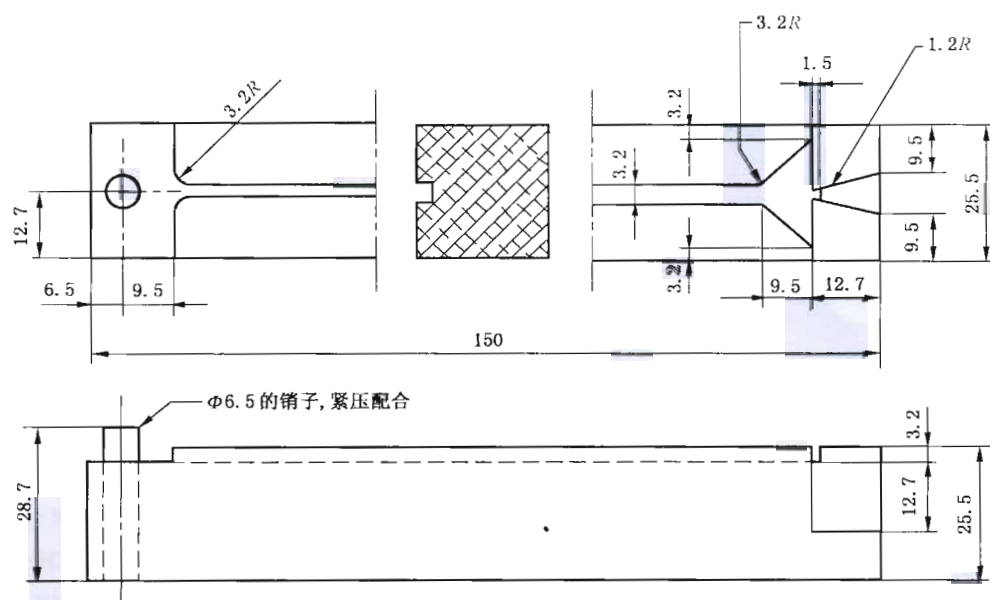


图3 扭绞对成型架

标准搜搜网 www.bzsoso.com

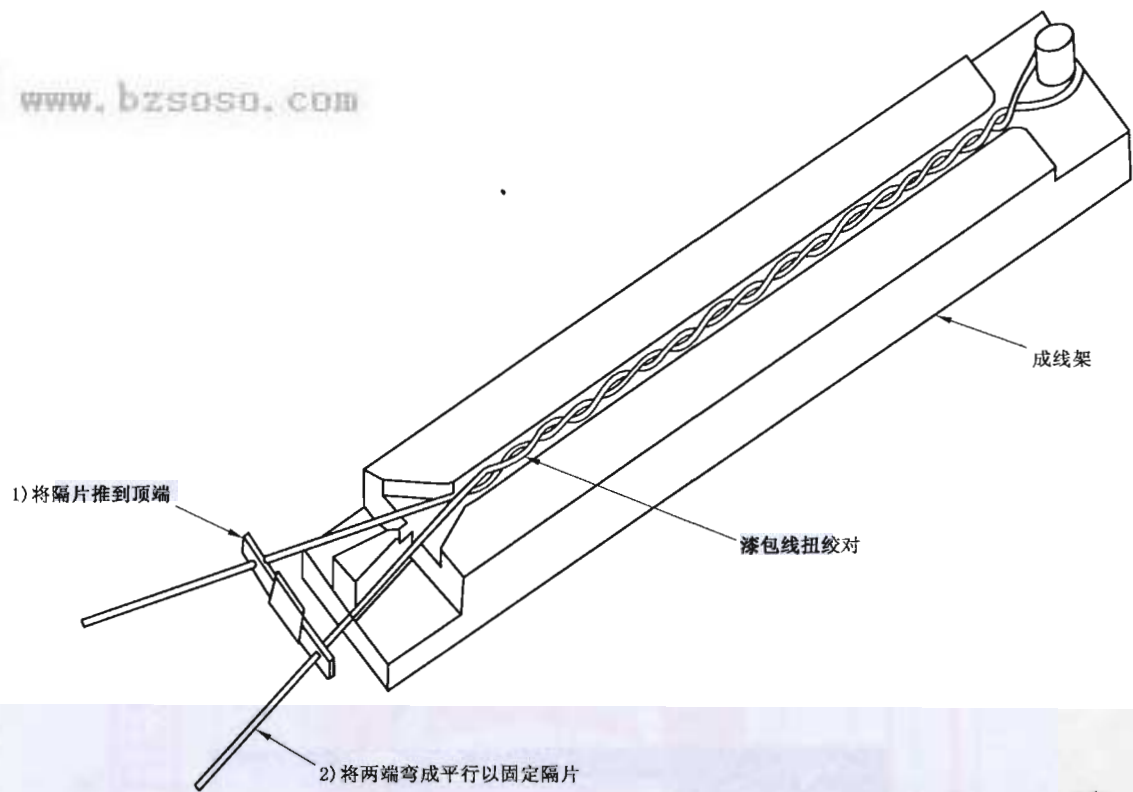


图 4 安装在成型架内的试样

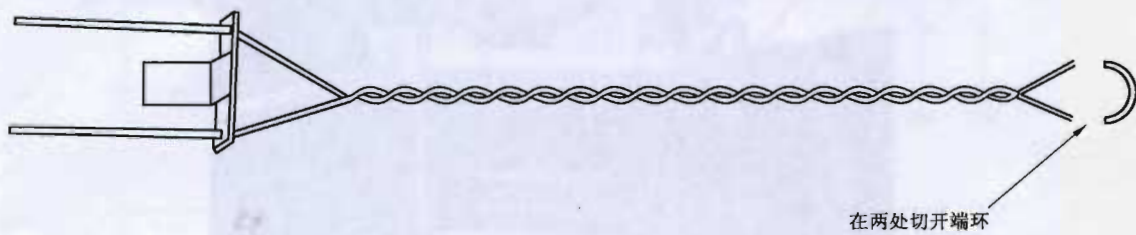


图 5 已切开端环并成型后的试样

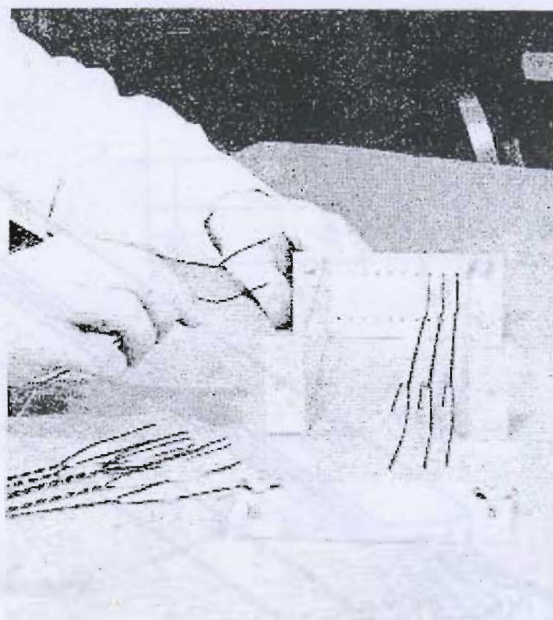


图 6 试样架

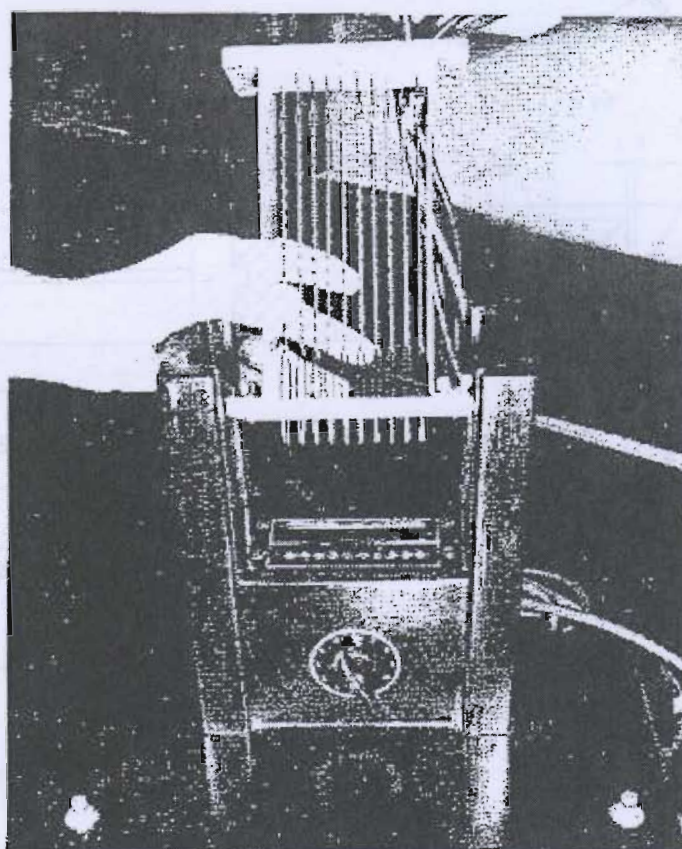


图 7 试样架

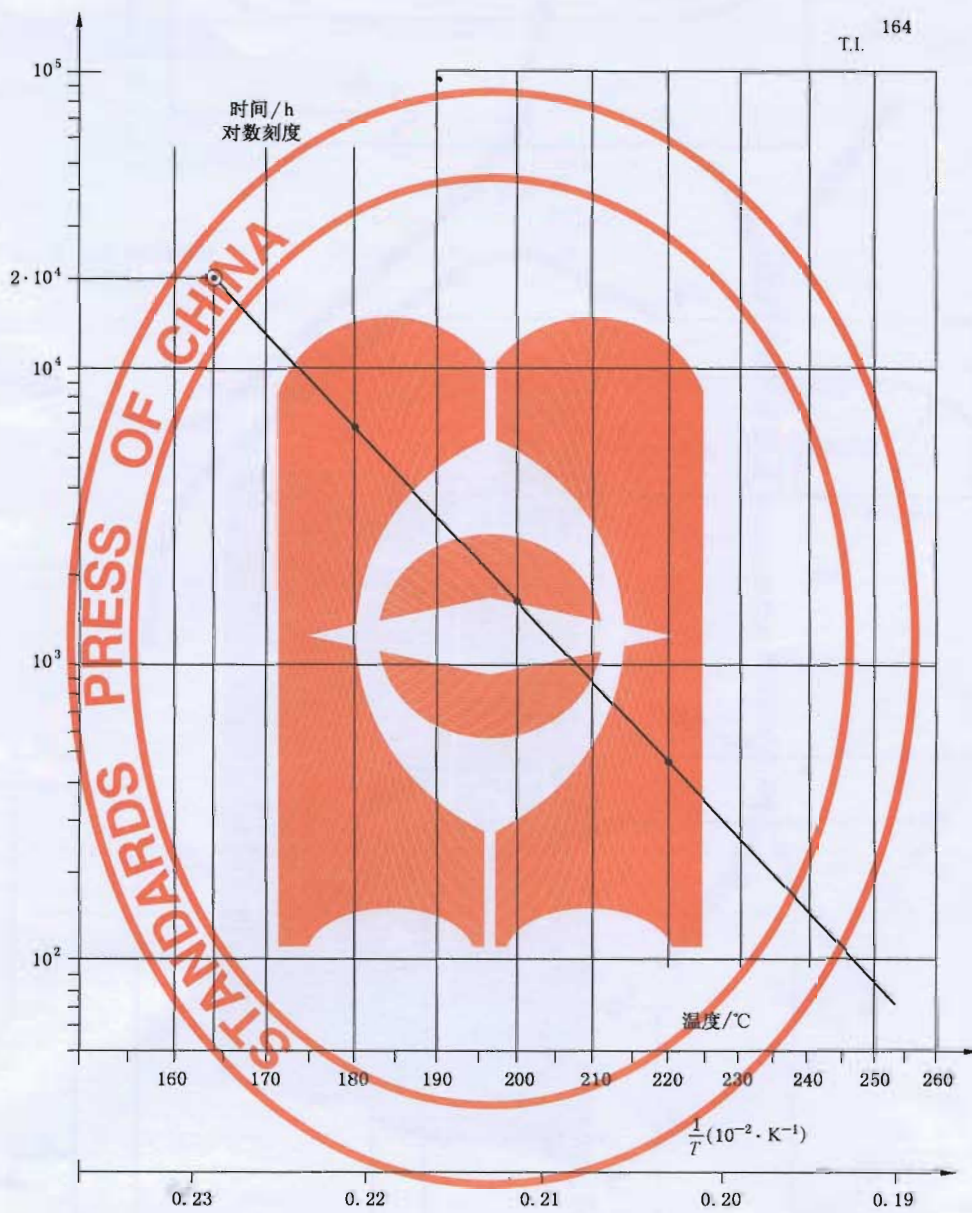
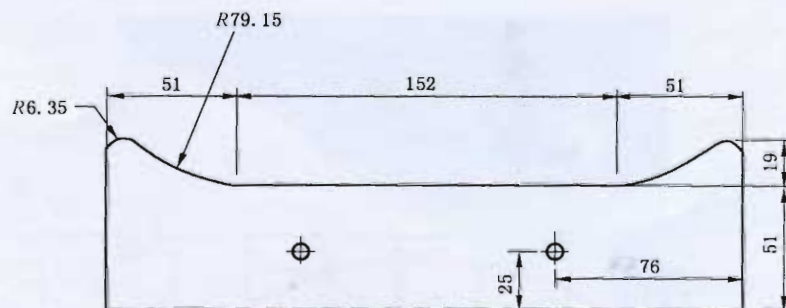
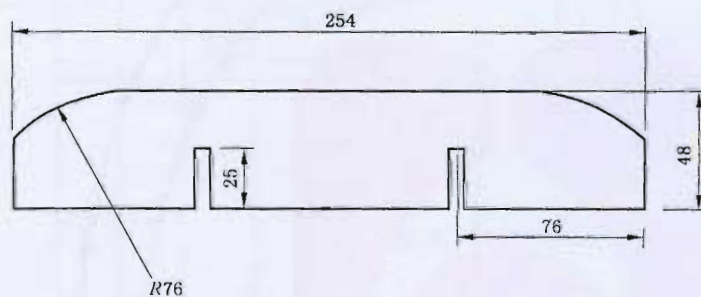


图 8 热寿命图 温度指数

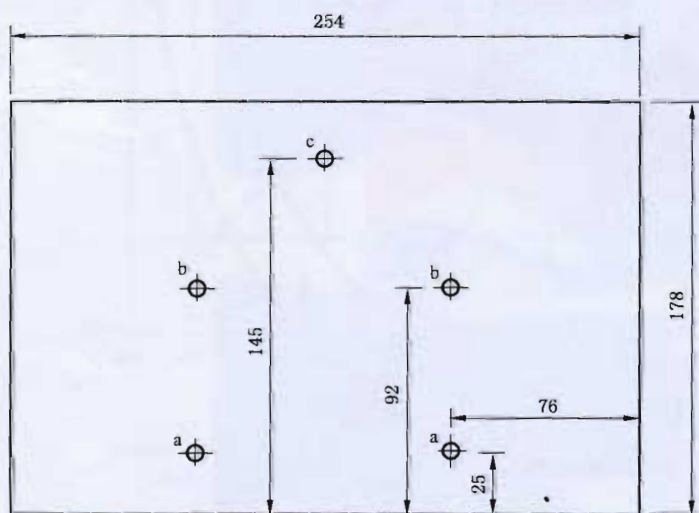
单位为毫米



a) 固定样板

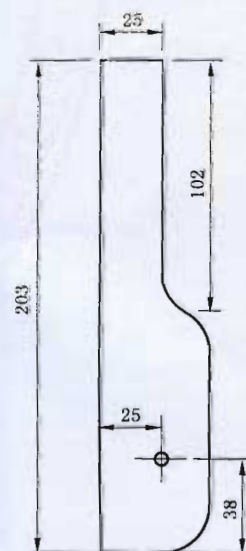
复合板胚料厚12.5 mm
酚醛浸渍纤维板

b) 活动样板(尺寸同 a))



- a——固定样板的固定螺丝；
b——活动样板的固定螺丝(样板应可自由滑动)；
c——夹具装置杠杆的固定螺丝(样板应可自由滑动)。

c) 底板



d) 夹具装置杠杆

图9 弯曲大规格电磁线用夹具(绝缘试验用试样)

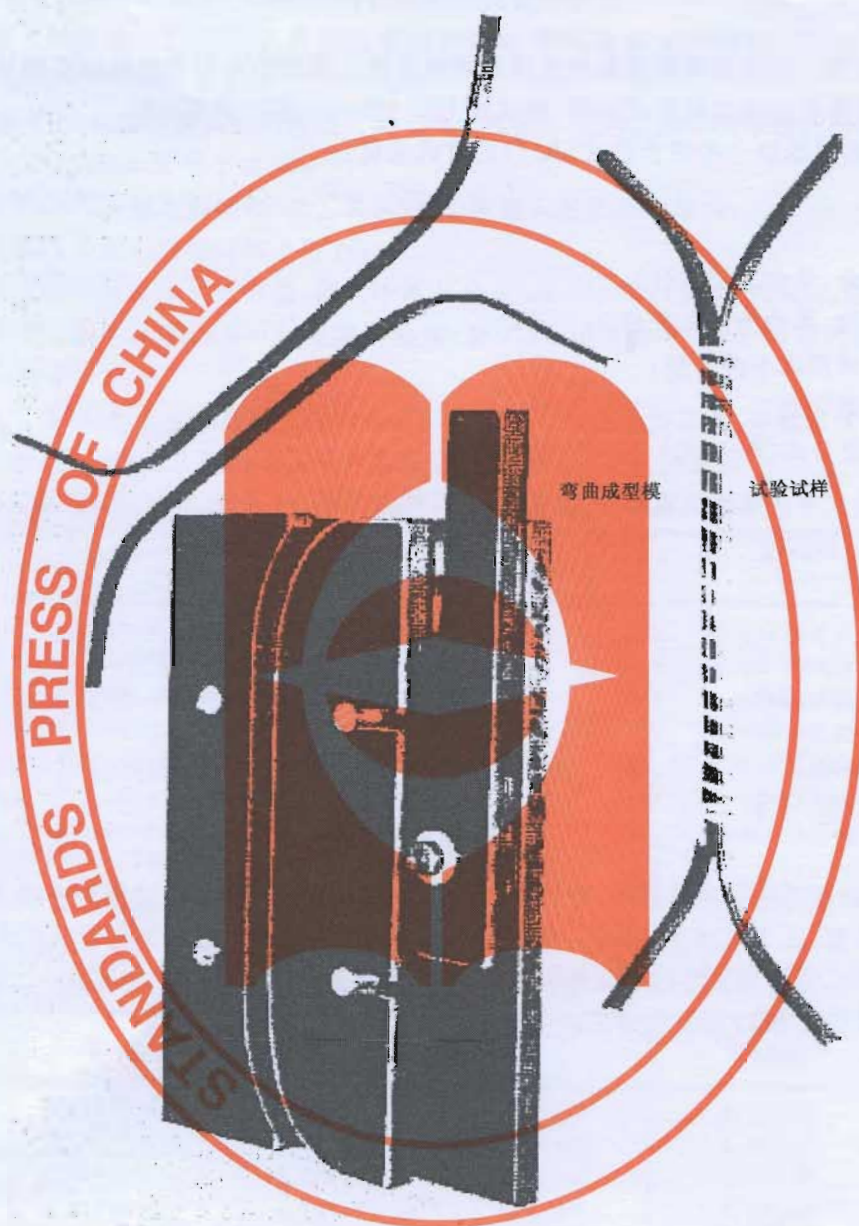


图 10 弯曲成型模和试验试样

附录 A
(规范性附录)
计算回归线的方法

本附录旨在提供一种快速绘制寿命数据回归线的方法。本方法可用于各种试验温度下的任何数目的试验结果。如果需要更确切的温度指数,建议按 IEC 60216-3 进行详细分析。

已经公认,许多绝缘以一种符合公式(A.1)的方式老化:

$$L = Ae^{B/T} \quad \text{.....(A.1)}$$

式中:

L ——绝缘寿命,单位为小时(h);

T ——绝对温度,单位为开尔文(K);

A, B ——每种绝缘所固有的常数;

e ——自然对数之底。

通过取对数,使公式(A.1)表示成一线性方程:

$$\lg L = \lg A + (\lg e) \cdot \frac{B}{T} \quad \text{.....(A.2)}$$

设:

$$Y = \lg L$$

$$a = \lg A$$

$$X = \frac{1}{T}$$

$$b = (\lg e) \cdot B$$

则:

$$Y = a + bX \quad \text{.....(A.3)}$$

因此,把通过高温试验得到的数据,绘制在 $\lg L$ 对 $1/T$ 的坐标图纸上,就得到一条直线,再外推这条直线到低温。然而,由于对数图的特性,通过试验结果得到的坐标点划一最佳表现直线的方法无法得到准确的外推,所以,为得到更好的准确性和一致性,应采用更严密的方法。使用最小二乘法,可从得到的试验数据求出常数 a 和 b ,其公式如下:

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{N} \quad \text{.....(A.4)}$$

$$b = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad \text{.....(A.5)}$$

式中:

$X = 1/T$ ——试验温度的倒数, $K^{-1} ((\theta^\circ C + 273)^{-1})$;

N ——失效时间个数;

Y —— $\lg L$ 是失效时间的对数;

$\sum$ —— N 个值的和。

若已知回归线的常数 a 和斜率 b ,任何要求的寿命值所对应的温度可按下式计算:

$$Y = a + bX \quad \text{.....(A.3)}$$

$$T = \frac{1}{X} = \frac{b}{Y - a} \quad \text{.....(A.3a)}$$

$$20\,000\text{ h 所对应的温度}(^\circ\text{C})(\text{温度指数}) = \frac{b}{4.3010 - a} - 273 \quad \text{.....(A.6)}$$

$$2000 \text{ h 所对应的温度}(^{\circ}\text{C}) = \frac{b}{3.3010 - a} - 273 \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

为简化公式(A.4)~公式(A.7)中所用试验数据的处理过程,建议采用下面举例中的计算步骤(见表A.1和表A.2):

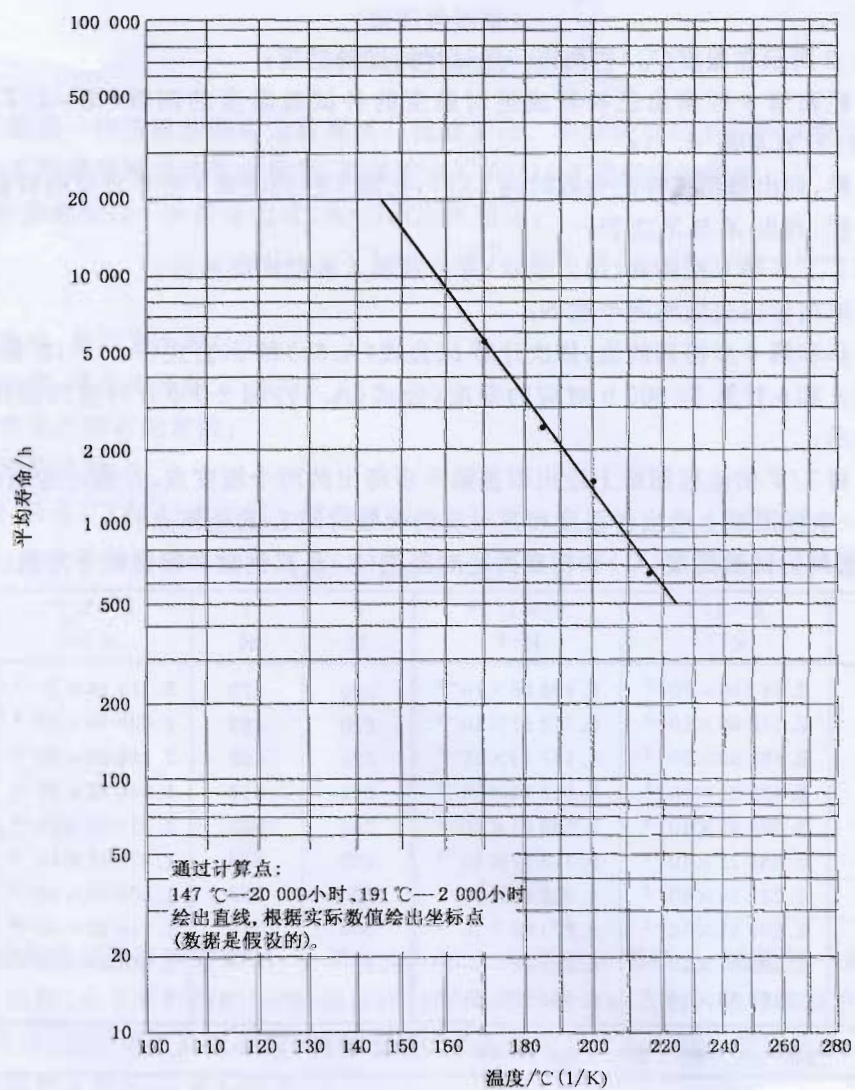
- 1) 如表A.2所示在温度($^{\circ}\text{C}$)栏列出一组试样的试验温度;
- 2) 在第2栏和第3栏列出已换算成绝对温度的各试验温度的倒数($X=1/T$)和倒数的平方($X^2=1/T^2$)(见表A.1);
- 3) 在第4栏,列出每组试样的失效时间 $L(\text{h})$,在第5栏列出第4栏中各值的对数值($Y=\lg L$);
- 4) 在第6栏,列出 X 与 Y 之积;
- 5) 计算第2、3、5和6栏的和(用 Σ 表示)并分别填入各栏的底格内;
- 6) 在计算单内标出失效时间个数 N ;
- 7) 用第5步和第6步得到的值,依次计算 b (公式(A.5))和 a (公式(A.4)),常数 a 永远是负数;
- 8) 用常数 a 和 b 计算 20 000 h 对应的温度(公式(A.6))和 2 000 h 对应的温度(公式(A.7)),用 $^{\circ}\text{C}$ 表示;
- 9) 在 $\lg L$ 对 $1/T$ 的坐标图纸上绘出根据第8步得出的两个温度点,并通过这两点绘制回归线;
- 10) 在同一坐标图纸上绘出各温度和其对应的失效时间 L 的坐标点。

表 A.1 常用的试验温度($^{\circ}\text{C}$)和相应的绝对温度(K)及其倒数和倒数的平方值(见表A.2)

θ $^{\circ}\text{C}$	T K	$X=1/T$ K^{-1}	$X^2=1/T^2$ K^{-2}	θ $^{\circ}\text{C}$	T K	$X=1/T$ K^{-1}	$X^2=1/T^2$ K^{-2}
105	378	2.64550×10^{-3}	6.99868×10^{-6}	200	473	2.11416×10^{-3}	4.46969×10^{-6}
125	398	2.51256×10^{-3}	6.31297×10^{-6}	220	493	2.02840×10^{-3}	4.11440×10^{-6}
130	403	2.48139×10^{-3}	6.15729×10^{-6}	225	498	2.00803×10^{-3}	4.03219×10^{-6}
140	413	2.42131×10^{-3}	5.86273×10^{-6}	240	513	1.94932×10^{-3}	3.79984×10^{-6}
150	423	2.36407×10^{-3}	5.58881×10^{-6}	250	523	1.91205×10^{-3}	3.65592×10^{-6}
165	438	2.28311×10^{-3}	5.21257×10^{-6}	260	533	1.87617×10^{-3}	3.52002×10^{-6}
175	448	2.23214×10^{-3}	4.98246×10^{-6}	280	553	1.80832×10^{-3}	3.27001×10^{-6}
180	453	2.20751×10^{-3}	4.87308×10^{-6}	300	573	1.74520×10^{-3}	3.04573×10^{-6}
185	458	2.18341×10^{-3}	4.76726×10^{-6}	320	593	1.68634×10^{-3}	2.84374×10^{-6}
190	463	2.15983×10^{-3}	4.66485×10^{-6}				

表 A.2 计算举例

温度 $^{\circ}\text{C}$	$X=1/T$	$X^2=1/T^2$	L h	$Y=\lg L$	$XY=(\lg L)/T$
170	2.25773×10^{-3}	5.09557×10^{-6}	5 600	3.748 19	8.46092×10^{-3}
185	2.18341×10^{-3}	4.76726×10^{-6}	2 600	3.414 97	7.45627×10^{-3}
200	2.11416×10^{-3}	4.46969×10^{-6}	1 500	3.176 09	6.71478×10^{-3}
215	2.04918×10^{-3}	4.19914×10^{-6}	640	2.806 18	5.75037×10^{-3}
Σ	8.60409×10^{-3}	18.53166×10^{-6}		13.145 43	28.38234×10^{-3}
$N=4$ $b = \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{4 \times 28.38234 \times 10^{-3} - 8.60409 \times 10^{-3} \times 13.14543}{4 \times 18.53166 \times 10^{-6} - 8.60409 \times 10^{-3} \times 8.60409 \times 10^{-3}} = 4.413$ $a = \frac{\Sigma Y - b \Sigma X}{N} = \frac{13.14543 - 4.413 \times 8.60409 \times 10^{-3}}{4} = -6.20610$ 20 000 h 所对应的温度 $= \frac{b}{Y-a} - 273 = \frac{4.413}{4.3010 + 6.20610} - 273 = 147^{\circ}\text{C}$ 2 000 h 所对应的温度 $= \frac{b}{Y-a} - 273 = \frac{4.413}{3.3010 + 6.20610} - 273 = 191^{\circ}\text{C}$					



本图宜包含与绝缘材料和绝缘结构相关的全部必要信息。

图 A.1 根据计算举例(表 A.2)绘制的回归线

附录 B
(规范性附录)
相 关 系 数

相关系数 r 是变量间线性相关程度的量度。当 $r=1.0$ 时,变量间完全线性相关;当 $r=0$ 时变量间线性不相关。相关系数应按下式计算:

$$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2] \times [N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

式中 X 、 Y 、 N 释义见附录 A。

附录 A 的表 A.2 中计算举例的相关系数 $r=0.996$ 。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

绕组线试验方法

第 7 部分:测定漆包绕组线温度
指数的试验方法

GB/T 4074.7—2009/IEC 60172:1987

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 36 千字
2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月第一次印刷

*

书号:155066·1-37404 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 4074.7-2009