

中华人民共和国国家标准

电缆绝缘和护套材料通用试验方法
第4部分:聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法
第2节:预处理后断裂伸长率试验——预处理后
卷绕试验——空气热老化后的卷绕试验
——测定质量的增加

附录A:长期热稳定性试验

附录B:铜催化氧化降解试验方法

GB/T 2951.9—1997
idt IEC 811-4-2:1990

Common test methods for insulating
and sheathing materials of electric cables

代替 GB/T 2951.42—94

Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds

Section two: Elongation at break after pre-conditioning—Wrapping
test after pre-conditioning—Wrapping test after thermal ageing in air
measurement of mass increase—Long-term stability test (Appendix A)
Test method for copper catalysed oxidative degradation (Appendix B)

1 范围

GB/T 2951 标准规定了配用电缆和通信电缆,包括船用电缆的聚合物绝缘和护套材料的试验方法。

GB/T 2951.9 规定了预处理后的断裂伸长率试验方法、预处理后的卷绕试验方法、空气中热老化后的卷绕试验方法、质量增加的测定方法、长期热稳定性试验方法及铜催化氧化降解试验方法。适用于电线、电缆的聚烯烃绝缘。

2 试验原则

本标准没有规定全部的试验条件(诸如温度、持续时间等)以及全部的试验要求,它们应在有关电缆产品标准中加以规定。

本标准规定的任何试验要求可以在有关电缆产品标准中加以修改,以适应特殊类型电缆的需要。

3 适用范围

本标准规定的试验条件和试验参数适用于电缆、电线和软线的最常用类型的绝缘和护套材料。

4 定义

为便于试验,应区分低密度、中密度和高密度聚乙烯(23℃):

低密度聚乙烯	$d \leq 0.925 \text{ g/cm}^3$
中密度聚乙烯	$0.925 < d \leq 0.940 \text{ g/cm}^3$
高密度聚乙烯	$d > 0.940 \text{ g/cm}^3$

注:这些密度是指未填充树脂,测定方法按 GB/T 2951.3—1997 第 8 章的规定。

5 型式试验和其他试验

本标准所规定的试验方法首先是作为型式试验用的。某些试验项目其型式试验和经常进行的试验(如例行试验)的条件有本质上的区别,本标准已指明了这些区别。

6 预处理

所有的试验应在绝缘和护套料挤出或硫化(或交联)后,存放至少 16 h 方可进行。

7 中间值

将获得的应有个数的试验数据以递增或递减次序排列,若有效数据的个数是奇数时,则中间值为正中间一个数值;若是偶数,则中间值为中间两个数值的平均值。

8 预处理后的断裂伸长率

8.1 一般规定

本试验适用于绝缘厚度小于 0.8 mm 的填充式电缆的聚烯烃绝缘。

8.2 预处理步骤

一段适当长度的成品电缆试样应在空气中(即悬挂在烘箱中)预处理。烘箱内空气温度应保持恒定。试验温度和试验时间规定如下:

60±1℃, 7×24 h——对标称滴点为 50~70℃(包括 70℃)的填充膏;

70±1℃, 7×24 h——对标称滴点为 70℃以上的填充膏。

预处理以后,电缆试样应存放在环境温度下至少 16 h,应避免阳光直接照射,然后用适当的方法去除护套并清洁绝缘线芯。

8.3 试验设备

拉力试验机。对于管状试件来说,夹具可以是自紧式的,也可以是非自紧式的。

8.4 取样和试样制备

从电线上截取至少两个管状试件,每个试件长度不小于 100 mm,小心不要损伤绝缘。

如果取出导体有困难,应借助于任何适当的方法拉出导体。

拉伸试验前,在每个试件的中间部位标上两条平行的标记线,标记线之间距离为 20 mm。

注:应该强调的是,在某些情况下,诸如具有较薄绝缘的绞合导体,可能无法在不破坏绝缘的情况下拉出。

8.5 预处理后的拉伸试验

按照第 8.2 条预处理和 8.4 条制备好的试件,应在环境温度下进行拉伸试验。有疑问时,试验应在 (23±2)℃ 下重做。

夹具之间的总长度大约为:

50 mm——用自紧式夹具试验时;

85 mm——用非自紧式夹具试验时。

夹具的分离速度为 (25±5)mm/min。

对于例行试验,夹具的分离速度允许用 (250±50)mm/min。

8.6 试验结果评定

试验结果取断裂伸长率的中间值。

9 预处理后卷绕试验

9.1 一般规定

本试验适用于绝缘厚度小于 0.8 mm 的聚烯烃绝缘的填充式电缆试样。

9.2 试验步骤

试验应按 GB/T 2951.8—1997 中 9.5 条规定的方法进行。但老化试验应按本标准 10.4 条规定进行。

对于绝缘厚度小于或等于 0.2 mm 的发泡绝缘,在露出的导体上施加的拉力相对于导体的横截面来说应降低到大约 7.5 N/mm^2 。

9.3 试验结果评定

冷却至环境温度后,用正常视力或矫正后视力而不用放大镜检查试件,试件应无开裂。如果一个试件开裂,试验可以再重复一次。

10 空气热老化后卷绕试验

本标准规定的方法应考虑作为聚烯烃绝缘的老化方法,因此将其包括在本标准内。

注:对照这条内容宜归属 GB/T 2951.8—1997 第 9 章的内容,因第 9 章将被删除,因而列入本标准中。

10.1 一般规定

本试验方法适用于绝缘厚度小于 0.8 mm 的非填充式电缆的聚烯烃绝缘和填充式电缆干的绝缘线芯的聚烯烃绝缘。

10.2 试验设备

10.2.1 光滑的金属试棒和加载元件。

10.2.2 卷绕装置,最好具有机械驱动试棒的功能。

10.2.3 自然通风的电热试验箱。

10.3 取样

每个被试电缆或绝缘线芯取 4 个试件进行试验。

取一根 2 m 长的试样,将其切成四个等长度的试件,仔细地去除试件的外护套、编织层(如有的话)和可能粘附在绝缘线芯上的填充物。

将导体保留在绝缘内,然后将试件矫直。

10.4 老化步骤

将按 10.3 条制备好的试件垂直悬挂在电热试验箱的中部。试验温度和时间为 $(100 \pm 2)^\circ\text{C}$, $14 \times 24 \text{ h}$ 。试件与试件之间至少相距 20 mm,试件所占容积应不超过试验箱容积的 2%。老化周期结束后,立即取出试件放置在环境温度下保持至少 16 h,应避免阳光直接照射。

注:如相关的电缆产品标准规定,老化时间和温度可以增加。

10.5 试验步骤

将按 10.4 条老化处理后的试件,在环境温度下进行卷绕。为此,在试件一端应剥露出导体。在露出的导体端施加负载,以产生一个相对导体截面来说达 $15 \text{ N/mm}^2 \pm 20\%$ 的拉力。然后,试件的另一端借助 10.2.2 条规定的装置在金属试棒上进行卷绕。卷绕速度约 1 r/5 s 。试棒直径取 1~1.5 倍的试件外径。接着将卷绕好的试件从试棒上移出来,保持其螺旋形状。然后将其在垂直状态下,基本置于电热试验箱的中部,在 $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ 温度下放置 24 h。

10.6 试验结果评定

试件冷却至环境温度后,用正常视力或矫正后视力而不用放大镜检查,应没有开裂。如有一个试件开裂,允许重复试验一次。

11 绝缘质量增加的测定

11.1 一般规定

本试验用于检验填充式电缆的绝缘材料和填充膏之间可能产生的相互影响,本试验的目的仅仅用于选择材料。

11.2 取样

从填充工艺之前的电缆的每种颜色的绝缘芯线取三个试样,每段约2 m长的试样切成三个分别为600 mm、800 mm、600 mm长的试件。

11.3 试验步骤

在一玻璃容器内装入约200 g的填充膏,将800 mm长的样件浸入预热到下述温度的填充膏内:

(60±1)℃——对滴点为50~70℃(包括70℃)的填充膏;

(70±1)℃——对滴点为70℃以上的填充膏。

此试件的中间部分至少应有长500 mm浸入填充膏中,并不得与玻璃容器壁和其他试件相接触。试件两端应露出填充膏。玻璃容器应置于烘箱内,经10×24 h并且在上述相对应的填充膏所规定的温度下保持恒定。

试验时间结束后,从填充膏中取出试件,用吸附纸仔细地清洁试件。然后切除试件两端部,保留中部至少500 mm长的浸渍过的部分。两个干的600 mm长的试件切成与浸渍试件相同长度。去除三个试件内的导体,然后在环境温度下称重,精确到0.5 mg。

11.4 计算

增加的质量由下式计算:

$$W = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%$$

式中: M_1 ——两个干试件的平均质量;

M_2 ——在填充膏中浸渍过的试件的质量。

附录 A
(标准的附录)
长期热稳定性试验

注:本试验方法仅适用于通信电缆。配电电缆的类似的试验方法正在考虑之中。

A1 概述

需要确定电缆组分的质量在电缆的期望寿命期间是否令人满意已成共识。特别是聚乙烯绝缘在运行中必须具有足够的耐老化性能。对于聚乙烯-填充式电缆,就应该评定绝缘和填充膏之间的相容性。

应该仔细地确定试验的时间、温度、环境及失效判别依据。在本附录中给出了适用于选择材料的一种方法。由于试验时间较长,本试验不适用于例行的质量控制检验。本方法仅仅作为选择材料的试验,以期保证所选定的材料对于电缆的预期寿命来说是满意的。

对于例行质量控制,需要制定一种短期试验方法。

A2 试验设备

A2.1 符合 ISO 188 规定的空气烘箱,特别需符合如下要求:

——试验温度:(105 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 。

注 1:这个试验温度应进一步研究。

——清洁而干燥的空气每小时至少更换 6 次。在有争议时,空气每小时最多更换 10 次。

注 2:作为替代装置,只要符合上述要求可以使用由一个或多个单元容器组成的试验设备,只要其尺寸符合如下规定:

单元容器高度:至少 250 mm;

单元容器直径:至少 75 mm;

高度和直径之比:3:1 到 4:1 之间。

A2.2 空气流量计,测量范围由 A2.1 条规定的空气烘箱的尺寸来决定。

A2.3 热电偶或温度计,读数分辨至 0.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

A2.4 天平,精确到 $\pm 0.0005\text{ g}$,感量 0.1 mg。

A3 取样

从非填充式电缆或填充式电缆的绝缘线芯上取样,每种颜色绝缘线芯取三根试样,试样长度为 2 m。每个试样构成一个试件。

A4 试验步骤

A4.1 非填充式电缆

A4.1.1 试件卷绕成一个直径约为 60 mm 的宽松的螺旋圈,试件应不发生扭转和打结。如有必要,可以用铝丝松松地扎两个结,固定住线圈。

A4.1.2 称重试件,精确至 0.1 mg。然后可以借助铝丝钩子悬挂在顶盖下将试件悬挂到空气烘箱内。用热电偶或合适的温度计检验线圈中部空气的温度,是否保持在(105 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 。

每种颜色取三个试件。如果使用由老化单元容器组成的试验装置,则最好将每个试件放在单独容器内作老化试验。如果有必要,在一个单元容器内最多可以放置三个试件一起老化,只要试件与试件之间相距 3~5 mm。试件与试件之间,试件与容器壁之间应互不接触。

A4.1.3 42 天试验时间结束后,应从空气烘箱内取出试件,使其冷却到环境温度后:

1) 目力检查绝缘是否有开裂或裂纹和聚合物是否有破坏的其他痕迹,颜色应容易识别。

2) 再称重试样,精确至 0.1 mg,质量增加应不超过 1 mg。

A4.1.4 经 A4.1.3 条检查过的试件,应再进行如下试验:

将试件等间距的切成五个 200 mm 长度的样段,首段应距离试件端部 0.2 m,每个 200 mm 长样段的一端用手工环绕另一端缠绕至少连续 10 圈,然后用目力检查是否有裂纹及开裂。这样制成的五个样段应悬挂在 $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的通风烘箱中,历时 7 天。老化结束后检查试件是否有裂纹及开裂。

A4.2 全填充式电缆

A4.2.1 试件应当在相应的填充膏内预处理 7 天,预处理温度按如下规定:

$(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ ——填充膏的滴点大于 50°C ,小于或等于 70°C 时;

$(70 \pm 1)^\circ\text{C}$ ——填充膏的滴点大于 70°C 时。

注:滴点的定义见 GB/T 2951.10—1997 的第 4 章。

预处理可以对单个试件,也可以对一段电缆进行。对单个试件时应将试件浸入到玻璃容器内约 200 g 的填充膏中(两端部除外)。如果对一段电缆,则在处理后应小心取出试件。

A4.2.2 预处理后,用一种不起毛的吸附纸清除试件上剩余的填充膏,然后切除未浸渍的两端部,再将试件切成 A3 条所规定的长度。

A4.2.3 然后,按 A4.1.1~A4.1.4 条规定步骤进行试验。

附录 B

(标准的附录)

聚烯烃绝缘导线的铜催化氧化降解试验方法

(OIT 试验)

B1 概述

制造商需要监控其电缆生产以保证它们具有足够的抗氧化特性,一旦选定了合适的材料,OIT 试验已证明适合于监控原材料和电缆以确定是否符合要求。OIT 试验不适用于原材料的选择。为了上述目的,最好采用长期热老化试验。

借助长期热稳定性试验,可以确定材料适用性与材料的相容性。然后采用 OIT 试验以测定材料的性能。为了确保材料符合长期稳定性能,必须确定 OIT 试验和长期稳定性试验之间的关系。

可以用这种相应关系来控制材料和生产,但在各试验室之间可能是不相同的。

制造商需要用这种方法去评价生产电缆所用的所有绝缘和绝缘与填充膏的组合。

本附录给出的 OIT 试验方法适用于铜催化氧化降解试验。

B2 试验设备

B2.1 差热分析仪或差分扫描量热仪。升温速率至少 $(20 \pm 1) \text{ K/min}$,并能自动记录试样与基准材料之间的温差(或传热差),灵敏度和精度符合要求。

B2.2 X-Y 记录仪。Y 轴显示热流或温差,X 轴显示时间。时间基线应精确到 $\pm 1\%$,可读到 1 min。

B2.3 高纯度的氮气和氧气的气体转换开关和调节器。

B2.4 分析天平,可称量 30 g,感量及重复性至 $\pm 0.1 \text{ mg}$ 。

B2.5 试样杯:铝杯,其直径和高度均约 6~7 mm 或仪器制造商提供的类似大小的杯子。

B3 取样

从绝缘导线上切取适当数量的带导体试样,试样长约 4 mm,这样可得到 3~5 mg 的绝缘材料。

B4 仪器校准

B4.1 仪器使用之前,应按仪器制造商的说明书进行校准。使用分析纯钢作为温度基准材料。

B4.2 将 (2 ± 0.5) mg的分析纯钢放入一只铝杯内,用铝质盖盖住。在仪器内放入准备好的试样,参照用铝杯及盖。

如果必须清洁试样、铝杯及盖,可用石油醚或其他合适的溶剂清除污染物。

B4.3 以 1 K/min 的速度调节程序升温从 145°C 升到 165°C ,同时记录升温过程。

B4.4 按仪器制造商的使用说明书校准仪器以得到钢的第一级转化温度 156.6°C 。为了校准,应将钢的熔点 156.6°C 确定为基线的外推线与波峰起始线的外推线的相交点(见图 B1)。

B5 仪器准备

B5.1 打开氮气和氧气钢瓶的阀门。气体选择器开关置于氮气位置。用流量计调节流量达 (50 ± 5) mL/min。

B5.2 将按 B3 规定取成的电线试样装入铝杯(见 B4.2)。

B5.3 将制备好的装有电线试样放入仪器的试样杯内,空铝杯置于参照位置上。

注:可以任意选用铝质或不锈钢丝网束缚住试样,使它们与试样杯更好地接触。

B5.4 用氮气吹洗 5 min ,按要求检查流量并重复调节至 (50 ± 5) mL/min。

B5.5 将仪器置零点,将信号放大及将记录仪的灵敏度调节到相应于放热反应的记录笔的最大偏移。

B5.6 调节加热速率至 20 K/min 。

B6 试验步骤

B6.1 开始程序加热,记录升温过程。

B6.2 继续加热到规定的试验温度,控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的范围,停止程序加热,使试样温度达到恒温。已确定在 $190\sim 200^\circ\text{C}$ 的温度范围对聚乙烯是恰当的。

一旦达到温度平衡(记录仪信号稳定)后,将吹洗气体切换成氧气,调节流量达 (50 ± 5) mL/min。在记录仪上标上这一点,并把这个氧气吹洗的转折点当作试验时间的起始时间(T_0)。

B6.3 继续此等温操作直到记录仪曲线上出现氧化放热后所达到的最大记录笔偏移(见图 B2)。

在每级放热情况下,则继续等温操作直到出现最大记录笔偏移。

B6.4 试验结束后,关闭记录仪,将气体选择器阀门切换成氮气。

B6.5 使仪器冷却到起始温度。

B6.6 在新试样上再重复进行4次全过程试验。这样获得总共5条温度曲线,每个试样都可任选采用新的参照铝杯进行试验。

B6.2和B6.3所述的步骤可以省略掉在氮气中预热这一步以简化操作。进行这种操作时,仪器的单元容器应在氧气中加热到所要求的温度。首先将参照杯置于单元容器内,然后一旦加热单元达到规定的试验温度时,再将放入试样的铝杯就位。相对应的这点作为起始时间(T_0)。

B7 计算

B7.1 沿时间的起点向外延伸基线至氧化放热处,再将放热所形成的曲线最陡的部分外推至与基线的延伸线相交(见图 B2)。

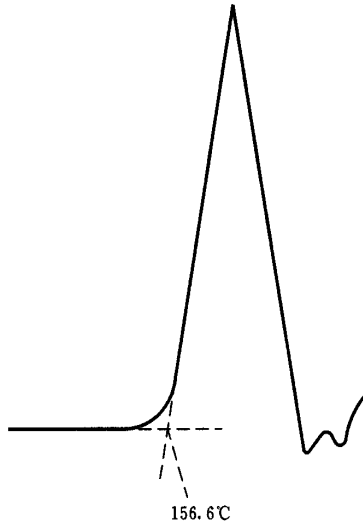
B7.2 测定氧化诱导期从时间的起点至实际最小时间间隔,不超过 1 min 。

B8 试验报告

B8.1 试样标志识别

B8.2 试验温度

B8.3 计算 5 次测定的 OIT 的平均值及标准偏差,单位为 min。



将波峰起始线的外推线与基线外推线的相交点定义为 156.6°C

图 B1 钢的熔融吸热图

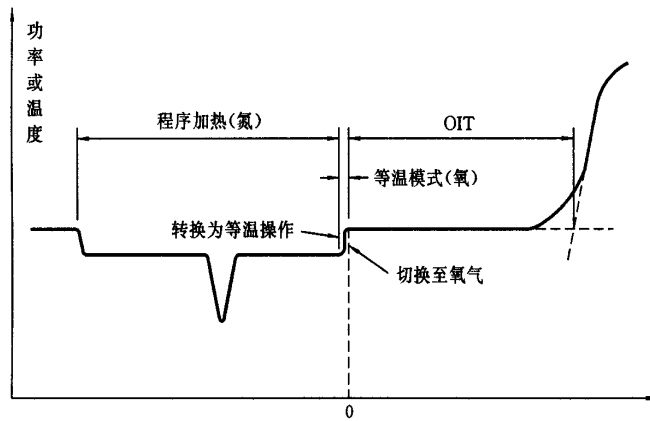


图 B2 从记录的时间-温度曲线上求取 OIT