

# 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1部分:通用试验方法

#### 第3节:密度测定方法——吸水试验

#### ——收缩试验

GB/T 2951.3—1997  
idt IEC 811-1-3:1993

Common test methods for insulating  
and sheathing materials of electric cables

Part 1: Methods for general application

Section three: Methods for determining the density

—Water absorption tests—Shrinkage test

代替 GB/T 2951.1—94  
GB/T 2951.5—94  
GB/T 2951.19~2951.20—94  
GB/T 2951.29~2951.30—94  
GB/T 2951.33—94

## 1 范围

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

GB/T 2951.3 规定了密度测定方法、吸水试验方法和收缩试验方法。适用于电线、电缆最常用的绝缘和护套材料(弹性体、聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等)

### 1.1 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版文均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

ISO 1183:1987,塑料-非泡沫塑料的密度及相对密度测定方法

## 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 型式试验和其他试验

本标准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。

## 5 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 方可进行试验。

国家技术监督局 1997-10-28 批准

1998-10-01 实施

如果试验是在环境温度下进行,试样应在 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 温度下存放至少3 h。

## 6 试验温度

除非另有规定,试验应在环境温度下进行。

## 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;若为偶数时,则中间值为中间两个数值的平均值。

## 8 密度测定方法

### 8.1 悬浮法(通用方法)

#### 8.1.1 试验器材

- 1) 密度小于 $1\text{ g/mL}$ 的分析级乙醇(酒精)或其他合适的试液;
- 2) 密度大于等于 $1\text{ g/mL}$ 的氯化锌溶液;
- 3) 蒸馏水;
- 4) 混合量筒;
- 5) 恒温器;
- 6) 在 $23^{\circ}\text{C}$ 校正过的比重计;
- 7)  $0.1^{\circ}\text{C}$ 刻度的温度计。

#### 8.1.2 试验步骤

8.1.2.1 沿着与导体轴线垂直的方向,在被试绝缘或护套上切取试样,并切成边长为 $1\sim 2\text{ mm}$ 的小块,将试样放入试液中使其呈悬浮状来测定其密度。试液与被试材料不应发生化学反应。

合适的试液如下:

- 密度小于 $1\text{ g/mL}$ 的乙醇和水的混合物;
- 密度大于或等于 $1\text{ g/mL}$ 的氯化锌和水的混合物。

8.1.2.2 在 $(23\pm 0.1)^{\circ}\text{C}$ 温度下,将3块试样放入试液中,避免形成气泡,然后将蒸馏水加到试液中,直到试样悬浮在试液中。试液混合物应均匀并在规定温度下保存。

混合试液的密度应用比重计测定,读数到小数点后三位,测得的密度即是被测试样的密度。

注:ISO 1183规定的比重法也可以采用。

### 8.2 比重瓶法(基准方法)

#### 8.2.1 试验设备

本方法使用的试验设备包括:

- 精度为 $0.1\text{ mg}$ 的天平;
- 容量为 $50\text{ mL}$ 的比重瓶;
- 带恒温控制的液浴。

#### 8.2.2 试样

从绝缘和护套上切取试样,试样重量应不小于 $1\text{ g}$ ,不大于 $5\text{ g}$ 。然后将绝缘和护套试样切成几小块;管状绝缘和护套试样应纵向切成两部分或几部分以免产生气泡。

#### 8.2.3 预处理

试样应保存在 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 温度下。

#### 8.2.4 试验步骤

首先将空的干燥的比重瓶称重,然后在比重瓶中将适量的试样称重。再往比重瓶中注入试液(96%的酒精)将试样浸没,并设法清除试样表面的气泡,例如将比重瓶放在真空干燥器内抽真空。破坏真空状

态后在比重瓶中注入试液,试液温度应在液浴中达到 $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ,将比重瓶注满试液至极限容积。擦干比重瓶,连同瓶内装入物一起称重。然后倒空比重瓶再注满试液,抽去空气,在 $(23 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 温度下称量比重瓶及其装入物的质量。

### 8.2.5 计算

绝缘和护套的密度按下式计算:

$$23^\circ\text{C 时的密度} = \frac{m}{m_1 - m_2} \times d$$

式中: $m$ ——试样质量,g;

$m_1$ ——注满比重瓶所需的试液质量,g;

$m_2$ ——装有试样时,注满比重瓶所需的试液质量,g;

$d$ —— $23^\circ\text{C}$ 时酒精含量为96%的试液的密度, $23^\circ\text{C}$ 时 $d=0.7988\text{ g/mL}$ 。

### 8.3 对含填充物的聚乙烯(PE)的修正

防老化剂和有机着色剂一般使用量很小,可以忽略不计。但是当其他添加剂如矿物质填料大量使用时,则应进行修正。用规范的化学方法测定添加剂的性能和数量并按下式进行修正:

$$\delta = \frac{m \times \delta_c \times \delta_f}{m_c \times \delta_f - m_f \times \delta_c}$$

式中: $\delta$ ——PE的密度(修正值), $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta_c$ ——PE料的测量密度, $\text{g/cm}^3$ ;

$\delta_f$ ——添加剂或填充料的密度(测量值), $\text{g/cm}^3$ ;

$m$ ——PE料的质量( $m_c$ 与 $m_f$ 之差),g;

$m_c$ ——PE料的质量(测量值),g;

$m_f$ ——填充料的质量(测量值),g。

含炭黑的材料应用下述简化公式进行修正:

$$\delta = \delta_c - 0.045 \times C_B$$

式中: $C_B$ ——炭黑的百分比值。

## 9 吸水试验

### 9.1 电气试验方法

#### 9.1.1 试验设备

- 1) 交流或直流电压源;
- 2) 电压表;
- 3) 带加热装置的水槽。

#### 9.1.2 试样制备

从电缆试样上切取约3 m长的被试绝缘线芯。取出绝缘线芯时应小心避免损伤绝缘。

#### 9.1.3 试验步骤

##### a) 预试验

将绝缘线芯浸入水槽中,水槽中的水加热到有关电缆产品标准规定的温度。

绝缘线芯两端应伸出水面足够长,以防止在导体和水之间施加规定电压时,因绝缘线芯表面的泄漏电流而损坏。

绝缘线芯浸在水中1 h后,在导体和水之间施加交流电压4 kV,保持5 min。如果任一绝缘线芯试样被击穿,从水槽中取出试样,并不得用于下面b)项规定的主试验。但应在同一绝缘线芯的另一试样上进行同样的预试验,重复试验次数不得超过两次。

预试验的目的是为了保证只有未损伤的绝缘线芯用于主试验。

## b) 主项试验

预试验合格的线芯仍留在水槽中,水温保持在有关电缆产品标准规定的温度。

在导体和水之间施加表1规定的直流电压,加压时间按有关电缆产品标准的规定。负极接到每一试样的导体上。

表1

规定的绝缘厚度平均值,mm	直流电压,V
0.8和0.9	800
1.0和1.2	1 000
$1.2 < t \leq 1.6$	1 400
$1.6 < t \leq 2.0$	2 000
$2.0 < t$	2 500

## 9.1.4 试验结果的评定

试样应不击穿。

## 9.2 重量吸水试验

## 9.2.1 试样制备

a) 额定电压0.6/1 kV及以下,导体标称截面积小于或等于25 mm<sup>2</sup>的电缆:

每个试样应为约300 mm长的一段绝缘线芯。

b) 所有其他电缆:

绝缘应磨成或削成0.6~0.9 mm厚的薄片,表面光滑并基本上平行。

从薄片上冲切80~100 mm长,4~5 mm宽的试样。

c) 从每个被试绝缘线芯上制备两个试样。

## 9.2.2 试验步骤

a) 9.2.1a)规定的试样。

用浸湿的滤纸将试样表面擦干净。

将试样在(70±2)℃温度下干燥至恒重,也可将试样放在温度为(70±2)℃,压力不超过6.6 mbar的低压力烘箱内保持24 h,在干燥器里冷却试样。

称重试样 $M_1$ ,以mg为单位,精确到0.1 mg。

将试样在直径为6~8倍试样直径的试棒上弯成U形,并将其两端穿过玻璃容器的盖子上的孔,玻璃容器里只应放同一绝缘线芯的两个试样。

往玻璃容器中注满水至盖子边缘处后,调整试样位置使其约250 mm长的一段浸在水中。

使用预先煮沸过的蒸馏水。

试样置于水中的温度和时间按有关产品标准的规定。如果未规定时间,则对于绝缘厚度为1.0 mm及以下的试样,持续时间为两周;绝缘厚度为1.1~1.5 mm的试样,持续时间为三周;绝缘厚度为1.5 mm以上的试样,持续时间为四周。如果未规定温度,则应为导体最大温度减去5℃,但不超过90℃。水平面应保持在玻璃容器盖子的内表面。

等水冷却到环境温度后取出试样,甩去附在试样上的水滴,用滤纸轻轻揩干并在试样从水中取出2~3 min内完成称重 $H_2$ ,以mg为单位。

最后干燥试样,条件同浸水之前的干燥条件,即如上所述的第1次称重前使用的两种方法中的任一种。称重最后质量 $M_3$ ,以mg为单位。

b) 9.2.1b)规定的试样

表面完全擦干净的试样在温度为(70±2)℃的真空(残压近1 mbar)状态下加热72 h,组分本质上不同的材料不能同时在一个容器或烘箱中加热。

经上述处理后,试样应放在干燥器中冷却1 h,然后称重(质量 $M_1$ ),精确到0.1 mg。

然后将试样浸在去离子水(或蒸馏水)中,时间和温度按有关电缆产品标准的规定。如果未规定温度,则温度为导体最大温度减去 5℃,但不大于 90℃。每一试样应浸在带冷凝器的分隔玻璃管中或带玻璃盖的烧杯中。

如使用冷凝器,其上半部分应用铝箔盖住以免污染。

按有关电缆产品标准规定的时间浸水以后,或如果产品标准未规定浸水时间,则浸水 14 天以后,试样应转移到室温下的去离子水(或蒸馏水)中并在此冷却。然后从水中取出每一试样,甩去任何附着的水滴,用专门滤纸吸干而不留纤维,称重试样(质量  $M_2$ ),精确到 0.1 mg。最后在与浸水之前相同的条件下处理试样,称重最后质量  $M_3$ ,以 mg 为单位。

### 9.2.3 试验结果表示方法

a) 吸水量按下列公式计算单位为  $\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

1) 如果最后重量  $M_3$  小于  $M_1$ :

$$(M_2 - M_3)/A$$

2) 如果最后重量  $M_3$  大于  $M_1$ :

$$(M_2 - M_1)/A$$

式中,对于 9.2.1a)规定的试样, $A$  是试样 250 mm 长浸水部分的表面积,以  $\text{cm}^2$  为单位;对于 9.2.1b)规定的试样, $A$  是浸水试样的总表面积。

b) 试验结果取 2 个试样的平均值作为绝缘线芯的吸水量。

## 10 绝缘收缩试验

### 10.1 取样

在每个被试绝缘线芯上距离电缆端头至少 0.5 m 处切取约 1.5  $L$  mm 长的试样一根。

$L$  应是有关电缆产品标准规定的长度。

### 10.2 试样制备

除粘附的挤包导电屏蔽层(如有的话)之外,应及时从绝缘线芯试样上除去所有护层。

截取试样后 5 min 之内,在每一绝缘线芯试样的中部标上  $L \pm 5$  mm 的试验长度。测量标记之间的距离,精确至 0.5 mm。然后在每个试样两端距离标记 2~5 mm 处去除绝缘。

### 10.3 试验步骤

应将试样导体的裸露端头水平支架在空气烘箱中,或平放在滑石粉槽的表面,使得绝缘能自由伸缩。按有关电缆产品标准规定的温度和时间加热试样。

然后在空气中冷却试样至室温,重新测量每个试样的标记之间的距离,精确至 0.5 mm。

### 10.4 试验结果表示方法

收缩率是加热前标记之间的距离和加热并冷却后标记之间的距离的差值与加热前标记之间的距离的百分比。

## 11 PE 护套的收缩试验

### 11.1 试验设备

自然通风的电加热烘箱。

测量分度为 1 mm 的测量带。

### 11.2 取样

试验前,被试电缆应在室温下存放至少 24 h。

在距离电缆端头至少 2 m 处切取  $(500 \pm 5)$  mm 长的试样一根。

### 11.3 试样制备

切取试样后立即测量护套的原始长度( $L_1$ )。原始长度取两次测量值的平均值。两次测量应沿电缆纵

向平行于电缆轴线方向,在电缆端部正对面的两标记处进行测量。如果试样是弯曲的,则测量应分别在弯曲试样的内侧和外侧进行。

#### 11.4 试验步骤

试样应水平支架在预热的烘箱里,预热温度及放置时间按有关电缆产品标准规定。

从烘箱中取出试样,在室温下冷却。重复5次这样的冷、热循环。最后冷却至室温,按11.3条规定测量最后的长度( $L_2$ )。

#### 11.5 试验结果表示方法

收缩率( $\Delta L$ )按下式计算:

$$\Delta L = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\%$$

---