



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 2951.13—2008/IEC 60811-1-3:2001  
代替 GB/T 2951.3—1997

## 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分:通用试验方法—— 密度测定方法——吸水试验——收缩试验

**Common test methods for insulating and  
sheathing materials of electric and optical cables—  
Part 13: Methods for general application—  
Measurement for determining the density—  
Water absorption tests—Shrinkage test**

(IEC 60811-1-3:2001, IDT)

2008-06-26 发布

2009-04-01 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

## 前 言

GB/T 2951《电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法》分为 10 个部分：

- 第 11 部分：通用试验方法——厚度和外形尺寸测量——机械性能试验；
- 第 12 部分：通用试验方法——热老化试验方法；
- 第 13 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验；
- 第 14 部分：通用试验方法——低温试验；
- 第 21 部分：弹性体混合料专用试验方法——耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验；
- 第 31 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法——高温压力试验——抗开裂试验；
- 第 32 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法——失重试验——热稳定性试验；
- 第 41 部分：聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法——耐环境应力开裂试验——熔体指数测量方法——直接燃烧法测量聚乙烯中碳黑和/或矿物质填料含量——热重分析法(TGA)测量碳黑含量——显微镜法评估聚乙烯中碳黑分散度；
- 第 42 部分：聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法——高温处理后抗张强度和断裂伸长率试验——高温处理后卷绕试验——空气热老化后的卷绕试验——测定质量的增加——长期热稳定性试验——铜催化氧化降解试验方法；
- 第 51 部分：填充膏专用试验方法——滴点——油分离——低温脆性——总酸值——腐蚀性——23℃时的介电常数——23℃和 100℃时的直流电阻率。

本部分为 GB/T 2951 的第 13 部分。

本部分等同采用 IEC 60811-1-3:2001《电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1-3 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验》(英文版)。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- 用“第 13 部分”代替“第 1-3 部分”；
- 用小数点“.”代替作为小数点的“,”；
- 删除国际标准的前言；
- 本部分在 IEC 60811-1-3 原文第 1 章和第 3 章未与 IEC 60811-1-3 的标准名称中增加的“和光缆”相协调处增加了“光缆”。

本部分代替 GB/T 2951.3—1997《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》。

本部分与 GB/T 2951.3—1997 相比主要变化如下：

- 标准名称改为：“电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验”；
- 与标准名称相对应，标准英文名称改为：“Common test methods for insulating and sheathing materials of electric and optical cables—Part 13: Methods for general application—Measurement for determining the density—Water absorption tests—Shrinkage test”；
- 第 1 章“配用电缆及通信电缆，包括船用电缆”，改为“配电及通信用电缆和光缆，包括船舶和近海用电缆和光缆”(1997 版的第 1 章；本版的第 1 章)；
- 第 3 章“适用范围”增加“光缆”(1997 版的第 3 章；本版的第 3 章)；
- 8.1.1 的条文标题中“器材”改为“材料和设备”，c)项增加了“或去离子水”，f)项“23℃”改为“(23.0±0.1)℃”(1997 版的 8.1.1；本版的 8.1.1)；

- 8.1.2.2 温度由“(23.0±0.1)℃”改为“(23.0±0.5)℃”，试液用水增加了“或去离子水”（1997版的8.1.2.2；本版的8.1.2.2）；
- 8.2.1 试验设备增加了“试液”一项（1997版的8.2.1；本版的8.2.1）；
- 8.3“表观质量方法（浸渍法）”为新增内容，前版的8.3修订后改为8.4（1997版的8.3；本版的8.3和8.4）；
- 9.2.2的a)项试液用水增加了“或去离子水”（1997版的9.2.2；本版的9.2.2）。

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归口。

本部分起草单位：上海电缆研究所。

本部分主要起草人：李明珠、王申、朱永华、王春红、黄萱。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 2951.3—1997；
- GB/T 2951.19—1994、GB/T 2951.20—1994、GB 2951.29—1983、GB/T 2951.29—1994、GB 2951.30—1983、GB 2951.30—1994、GB 2951.33—1983、GB/T 2951.33—1994。



# 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法

## 第 13 部分:通用试验方法—— 密度测定方法——吸水试验——收缩试验

### 1 范围

GB/T 2951 规定了配电及通信用电缆和光缆,包括船舶及近海用电缆和光缆的聚合物绝缘和护套材料的试验方法。

GB/T 2951 的本部分规定了密度测定方法、吸水试验方法和收缩试验方法。这些方法适用于最普通类型的绝缘和护套材料(弹性体、聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等)。

#### 1.1 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 2951 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。

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

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

本部分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

本部分规定的试验条件和试验参数适用于电缆、光缆、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

本部分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,本部分已指明了这些区别。

### 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。

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 试验材料和设备

- a) 密度小于 1 g/mL 的分析级乙醇(酒精)或其他合适的试液;
- b) 密度大于等于 1 g/mL 的氯化锌溶液;
- c) 蒸馏水或去离子水;
- d) 混合量筒;
- e) 恒温器;
- f) 在(23.0±0.1)℃校正过的比重计;
- g) 0.1℃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(1~2)mm 的小块,将试样放入试液中使其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 g/mL 的乙醇和水的混合物;
- 密度大于或等于 1 g/mL 的氯化锌和水的混合物。

8.1.2.2 在(23.0±0.5)℃温度下,将 3 块试样放入试液中,避免形成气泡,然后将蒸馏水或去离子水加到试液中,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:也可以采用 ISO 1183:1987 规定的比重法。

### 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 mg 的天平;
- 容量为 50 mL 的比重瓶;
- 带恒温控制的液浴;
- 试液(96%的酒精)。

#### 8.2.2 试样

从绝缘和护套上切取试样,试样质(重)量应不小于 1 g,不大于 5 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±2)℃温度下。

#### 8.2.4 测量步骤

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±0.5)℃,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±0.5)℃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:

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



式中:

$m$ ——试样质量,单位为克(g);

$m_1$ ——注满比重瓶所需的试液质量,单位为克(g);

$m_2$ ——装有试样时,注满比重瓶所需的试液质量,单位为克(g);

$d$ ——23℃时含量为96%的酒精试液的密度, $d=0.7988\text{ g/mL}$ 。

### 8.3 表观质量方法(浸渍法)

#### 8.3.1 试验设备

本方法使用的试验设备包括:

——精度为0.1 mg,适于测量悬挂试样的分析天平;

——液体浴;

——试液:去离子水(或蒸馏水)或96%的酒精。

#### 8.3.2 试样

从绝缘和护套上切取试样,试样重量应不小于1 g,不大于5 g。然后将绝缘和护套试样切成一块或几小块;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。

#### 8.3.3 预处理

试样应保存在(23±2)℃温度下。

#### 8.3.4 试验步骤

首先将试样在空气中称重。再将试样固定在合适的吊钩上,将带有试样的吊钩悬挂在天平上,随后将试样浸入(23±5)℃蒸馏水或去离子水中(如果密度小于1 g/mL,用96%的酒精试液)称得试样的表观质量。应注意称重前将试样全部浸入试液,避免在试样表面产生气泡。必要时可用少量的表面活性剂以消除试样表面的气泡。

应对记录的质量进行修正,减去空吊钩浸入试液中的质量。

#### 8.3.5 计算

绝缘和护套的密度(克/毫升)可按下式计算:

$$23\text{℃时的密度} = \frac{m}{m - m_a}$$

式中:

$m$ ——试样在空气中的质量,单位为克(g);

$m_a$ ——试样在水中的表观质量,单位为克(g)。

注:当试液用水时,水的密度设为1.0 g/mL。如果用96%的酒精试液,则 $m_a$ 的质量要用酒精的密度(23℃时为0.7988 g/mL)来修正。

### 8.4 对含填充物的聚乙烯(PE)的修正

防老化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),单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>);

$\delta_c$ ——PE料的测量密度,单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>);

$\delta_f$ ——添加剂或填充料的密度(测量值),单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>);

$m$ ——PE料的质量( $m_c$ 与 $m_f$ 之差),单位为克(g);

$m_c$ ——PE料的质量(测量值),单位为克(g);

$m_f$ ——填充料的质量(测量值),单位为克(g)。

含炭黑的材料应用下述简化公式进行修正：

$$\delta = \delta_c - 0.0045 \times C_B$$

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

- a) 交流或直流电压源；
- b) 电压表；
- c) 带加热装置的水浴。

#### 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) 9.2.1 中 a) 项规定的试样

用浸湿的滤纸将试样表面擦干净。

将试样在  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  温度下干燥至恒重,也可将试样放在温度为  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ , 压力不超过 660 Pa (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或去离子水。

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, 则应为导体最高温度减去  $5^\circ\text{C}$ , 但不超过  $90^\circ\text{C}$ 。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  $M_2$ , 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) 9.2.1 中 b) 项规定的试样

表面完全擦干净的试样在温度为  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  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, 则温度为导体最高温度减去  $5^\circ\text{C}$ , 但不大于  $90^\circ\text{C}$ 。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) 如果最终质量 $M_3$ 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 9.2.1 a) 项规定的试样,  $A$  是试样 250 mm 长浸水部分的表面积, 以平方厘米 ( $\text{cm}^2$ ) 为单位; 对于 9.2.1 b) 项规定的试样,  $A$  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(若有)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,精确到 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±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 的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:

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

中华人民共和国  
国家标准  
电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法  
第13部分:通用试验方法——  
密度测定方法——吸水试验——收缩试验  
GB/T 2951.13—2008/IEC 60811-1-3:2001

\*

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](http://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 0.75 字数 15 千字

2008年9月第一版 2008年9月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-33420

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 2951.13-2008