



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 28429—2012

## 轨道交通 1 500 V 及以下直流牵引 电力电缆及附件

DC Traction power cables and accessories up to 1 500 V  
for urban rail transit

2012-06-29 发布

2012-10-01 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 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 电压标示、代号和表示方法..... 3

5 电缆技术要求 ..... 4

6 电缆附件技术要求 ..... 8

7 试验..... 10

8 安装后电气试验..... 25

9 检验规则..... 25

10 产品验收规则、标志及包装、运输和保管 ..... 27

附录 A（规范性附录） 确定护层尺寸的假设计算方法 ..... 29

附录 B（规范性附录） 代号和产品表示方法 ..... 31

附录 C（规范性附录） 数值修约 ..... 33

附录 D（规范性附录） 浸水循环试验 ..... 34

附录 E（规范性附录） 机械冲击试验产品安装条件 ..... 36

附录 F（资料性附录） 电缆敷设时的环境温度 ..... 37

附录 G（规范性附录） 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管 ..... 38

参考文献 ..... 39



# 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国铁道部提出。

本标准由中铁电气化局集团有限公司归口。

本标准负责起草单位：中铁电气化勘测设计研究院有限公司、中铁电气化局集团有限公司。

本标准参加起草单位：宝胜集团有限公司、3M 中国有限公司、广东吉熙安电缆附件有限公司、天津金山电线电缆股份有限公司。

本标准起草人：李汉卿、肖明辉、王立天、唐朝荣、周建、杨韬、庄猛、吴春玲、郑国俊。



# 轨道交通

## 1 500 V 及以下直流牵引

### 电力电缆及附件

#### 1 范围

本标准规定了轨道交通用额定电压 1 500 V 及以下直流牵引电力电缆及附件的技术要求、试验、产品验收规则、标志及包装、运输和保管。

本标准适用于轨道交通额定电压 1 500 V 及 750 V 直流牵引电力电缆及附件。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2951.11—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 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(IEC 60811-1-1:2001,IDT)

GB/T 2951.12—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 12 部分:通用试验方法——热老化试验方法(IEC 60811-1-2:1985,IDT)

GB/T 2951.13—2008 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(IEC 60811-1-3:2001,IDT)

GB/T 2951.14—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 14 部分:通用试验方法——低温试验(IEC 60811-1-4:1985,IDT)

GB/T 2951.21—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 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(IEC 60811-2-1:2001,IDT)

GB/T 2951.31—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 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(IEC 60811-3-1:1985,IDT)

GB/T 2951.41—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 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炭黑和/或矿物质填料含量——热重分析法(TGA)测量炭黑含量——显微镜法评估聚乙烯中炭黑分散度(IEC 60811-4-1:2004,IDT)

GB/T 3048.4—2007 电线电缆电性能试验方法 第 4 部分:导体直流电阻试验

GB/T 3048.13—2007 电线电缆电性能试验方法 第 13 部分:冲击电压试验

GB/T 3048.14—2007 电线电缆电性能试验方法 第 14 部分:直流电压试验

GB/T 3956—2008 电缆的导体(IEC 60228:2004,IDT)

GB/T 6995.3—2008 电线电缆识别标志方法 第 3 部分:电线电缆识别标志

GB/T 12527—2008 额定电压 1 kV 及以下架空绝缘电缆

GB/T 12706.1—2008 额定电压 1 kV( $U_m=1.2$  kV)到 35 kV( $U_m=40.5$  kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 1 部分:额定电压 1 kV( $U_m=1.2$  kV)和 3 kV( $U_m=3.6$  kV)电缆(IEC 60502-1:2004,IDT)



GB/T 14315—2008 电力电缆导体用压接型铜、铝接线端子和连接管

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2006, MOD)

GB/T 17650.1—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第1部分：卤酸气体总量的测定(idt IEC 60754-1:1994)

GB/T 17650.2—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第2部分：用测量pH值和电导率来测定气体的酸度(idt IEC 60754-2:1997)

GB/T 17651.2—1998 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第2部分：试验步骤和要求(idt IEC 61034-2:1997)

GB/T 18380.12—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW 预混合型火焰试验方法(IEC 60332-1-2:2004, IDT)

GB/T 18380.33—2008 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第33部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 A类(IEC 60332-3-22:2000, IDT)

JB/T 8137—1999 电线电缆交货盘 第1部分：一般规定

IEC 60684-2, AMD2:2005 绝缘软套管 第2部分：试验方法(Flexible insulating sleeving—Part 2: Methods of test; Amendment 1)

IEC 60724:2000 额定电压不超过0.6/1 kV 电缆允许短路温度导则(Short-Circuit Temperature Limits of Electric Cables with Rated Voltages 1 kV( $U_m=1,2$  kV) and 3 kV( $U_m=3,6$  kV) Third Edition)

IEC 60986:2008 额定电压1.8/3.6 kV 到18/30(36) kV 电缆允许短路温度导则(Short-Circuit Temperature Limits of Electric Cables with Rated Voltages from 6 kV( $U_m=7,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV) Second Edition)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**标称值 nominal value**

指定的量值并经常用于表格之中，在本标准中通常标称值引伸出的最值考虑规定公差，通过测量进行检验。

#### 3.2

**近似值 approximate value**

一个既不保证也不检查的数值，例如用于其他尺寸值的计算。

#### 3.3

**中间值 median value**

将试验得到的若干数值以递增(或递减)的次序依次排列时，若数值的数目是奇数，中间的那个值为中间值；若数值的数目是偶数，中间两个数值的平均值为中间值。

#### 3.4

**假设值 fictitious value**

按附录A计算所得的值。

#### 3.5

**乙丙橡胶混合料 EPR/HEPR**

其特有组分为乙丙橡胶和(或)合成弹性体，经过适当选择、配比、加工而成的混合料。



3.6

交联聚乙烯混合料 XLPE

其特有组分为聚乙烯或它的共聚物,经过适当选择、配比、加工而成的混合料。

3.7

导体连接金具 connector

把电缆导体连接起来的金属部件。

3.8

热缩部件 heat shrink part

以聚合物为基本材料而制成所需要的型材,经过交联工艺,使聚合物的线性分子变成网状结构的体型分子,经加热扩张至规定尺寸,再加热能自行收缩到预定尺寸的部件。

3.9

冷缩部件 cold shrink part

将预扩张、内有支撑物的弹性体部件,套在经过处理后的电缆上,抽出支撑物,收缩压紧在电缆上而构成的部件。

3.10

扩张率 Expanded ratio

指预制橡胶管主体被撑开后其内径变化的程度,即扩张后内径与未扩张内径的比值。

4 电压标示、代号和表示方法

4.1 电压标示

电缆的额定电压是指电缆及附件设计和电气性能试验用的基准电压,电缆的额定电压应适合电缆及附件所在系统的运行条件。通常为电缆及附件设计用的导体对地(周围介质、金属外壳)之间的电压,其值等于系统标称电压。本标准中电缆及附件的额定电压用  $U_0$  表示,单位为 V。

本标准中电缆及附件的额定电压  $U_0$  为直流 750 V 和直流 1 500 V(下同),电缆及附件额定电压的选择与系统运行电压的匹配关系见表 1。

表 1 额定电压 单位为伏特

| 额定电压 $U_0$ | 系统标称电压 | 系统最低电压 | 系统最高电压 |
|------------|--------|--------|--------|
| 750        | 750    | 500    | 900    |
| 1 500      | 1 500  | 1 000  | 1 800  |

4.2 绝缘混合料代号及其导体温度

4.2.1 绝缘混合料及其代号见表 2。

表 2 绝缘混合料

| 绝缘混合料                    | 代 号  |
|--------------------------|------|
| 乙丙橡胶或类似绝缘混合料(EPR 或 EPDM) | EPR  |
| 高弹性模数或高硬度乙丙橡胶            | HEPR |
| 交联聚乙烯                    | XLPE |

4.2.2 绝缘混合料的导体最高温度见表 3。



表 3 各种绝缘混合料的导体最高温度单位为摄氏度

| 绝缘混合料                                            | 导体最高温度 |              |
|--------------------------------------------------|--------|--------------|
|                                                  | 正常运行   | 短路(最长持续 5 s) |
| 交联聚乙烯(XLPE)                                      | 90     | 250          |
| 乙丙橡胶(EPR 和 HEPR)                                 | 90     | 250          |
| 注：表中的温度由绝缘材料的固有特性决定,在使用这些数据计算额定电流时其他因素的考虑也是很重要的。 |        |              |

4.2.3 绝缘混合料的导体短路温度的导则应按照 IEC 60724:2000 和 IEC 60986:2008 的规定。

4.3 护套混合料代号及其导体温度

不同类型护套混合料电缆的导体最高温度见表 4。

表 4 不同类型护套混合料电缆的导体最高温度单位为摄氏度

| 护套混合料           | 代 号  | 正常运行时导体最高温度 |
|-----------------|------|-------------|
| a) 热塑性          |      |             |
| 无卤阻燃聚烯烃护套       | SHF1 | 90          |
| 聚乙烯             | ST7  | 90          |
| b) 热固性          |      |             |
| 无卤阻燃弹性体护套或类似聚合物 | SHF2 | 90          |

4.4 电缆型号和产品表示方法

电缆型号和产品表示方法见附录 B。

5 电缆技术要求

5.1 导体

导体应是符合 GB/T 3956—2008 的第 1 种或第 2 种裸退火铜导体或镀金属层退火铜导体,或者第 5 种或第 6 种裸铜导体或镀金属层退火铜导体。

5.2 绝缘

5.2.1 材料

绝缘应为表 2 所列的各类挤包固体介质的一种。

5.2.2 绝缘厚度

绝缘标称厚度规定见表 5～表 6。

任何隔离层的厚度不应包括在绝缘厚度之中。



表 5 交联聚乙烯(XLPE)绝缘标称厚度

| 导体标称截面<br>mm <sup>2</sup> | 额定电压下的绝缘标称厚度/mm |         |
|---------------------------|-----------------|---------|
|                           | 750 V           | 1 500 V |
| 120                       | 1.2             | 2.0     |
| 150                       | 1.4             | 2.0     |
| 185                       | 1.6             | 2.0     |
| 240                       | 1.7             | 2.0     |
| 300                       | 1.8             | 2.0     |
| 400                       | 2.0             | 2.0     |
| 500                       | 2.2             | 2.2     |
| 630                       | 2.4             | 2.4     |
| 800                       | 2.6             | 2.6     |
| 1 000                     | 2.8             | 2.8     |

表 6 乙丙橡胶(EPR)和硬乙丙橡胶(HEPR)绝缘标称厚度

| 导体标称截面<br>mm <sup>2</sup> | 额定电压下的绝缘标称厚度/mm |      |         |      |
|---------------------------|-----------------|------|---------|------|
|                           | 750 V           |      | 1 500 V |      |
|                           | EPR             | HEPR | EPR     | HEPR |
| 120                       | 1.6             | 1.2  | 2.4     | 2.0  |
| 150                       | 1.8             | 1.4  | 2.4     | 2.0  |
| 185                       | 2.0             | 1.6  | 2.4     | 2.0  |
| 240                       | 2.2             | 1.7  | 2.4     | 2.0  |
| 300                       | 2.4             | 1.8  | 2.4     | 2.0  |
| 400                       | 2.6             | 2.0  | 2.6     | 2.0  |
| 500                       | 2.8             | 2.2  | 2.8     | 2.2  |
| 630                       | 2.8             | 2.4  | 2.8     | 2.4  |
| 800                       | 2.8             | 2.6  | 2.8     | 2.6  |
| 1 000                     | 3.0             | 2.8  | 3.0     | 2.8  |

5.3 阻水层

5.3.1 当需要时,电缆可采用阻水层。

5.3.2 阻水层应由和电缆相适应的、非导电性阻水带绕包而成,绕包应平整。

5.4 防水层

5.4.1 当需要时,电缆可采用防水层。防水层可采用铝塑粘接结构或其他合适的防水结构。

5.4.2 铝塑粘接防水层按下列要求:

- a) 当电缆采用一层铝塑粘接防水层时,铝塑粘接防水层应由纵包的涂塑铝带与聚乙烯护套粘接组合而成;
- b) 双面铝塑带标称厚度为 0.20 mm,其中裸铝带的标称厚度不应小于 0.15 mm;
- c) 铝塑带应完整地纵包在缆芯上,铝塑带纵包重叠宽度不应小于 6 mm,纵包重叠宽度不应小于



线芯圆周的 20%；

- d) 在纵包的铝塑带外应紧密挤包一层粘结的聚乙烯护套,聚乙烯护套应采用线性中密度或高密度聚乙烯。护套应与铝塑带牢固粘接,形成一个完整的铝-塑粘接防水层；
- e) 聚乙烯护套标称厚度不应小于 1.6 mm,最薄点不应小于 1.4 mm；
- f) 聚乙烯护层外表面应光滑、平整、无空洞、裂纹、气孔和凹陷等缺陷。

5.4.3 电缆也可采用其他防水层形式。

5.5 隔火层<sup>1)</sup>

5.5.1 结构

电缆隔火层采用挤包或绕包形式。

5.5.2 材料

用于隔火层材料应适合电缆的运行温度并与电缆绝缘材料相兼容。

隔火层可采用适合的无卤低烟阻燃材料挤包而成,也可采用非吸湿性的无卤低烟隔火带包覆在线芯或防水层外(如有防水层)。

5.5.3 挤包隔火层厚度

挤包隔火层的近似厚度应从表 7 中选取。

表 7 挤包隔火层厚度 单位为毫米

| 缆芯假设直径 $d$       | 挤包隔火层厚度近似值 |
|------------------|------------|
| $d \leq 25$      | 1.0        |
| $25 < d \leq 35$ | 1.2        |
| $35 < d \leq 45$ | 1.4        |
| $45 < d \leq 60$ | 1.6        |
| $60 < d \leq 80$ | 1.8        |
| $80 < d$         | 2.0        |

5.5.4 绕包隔火层厚度

线芯假设直径小于或等于 40 mm 时,绕包隔火层的近似厚度取 0.4 mm;大于 40 mm 时,取 0.6 mm。

5.6 铠装<sup>2)</sup>

5.6.1 结构

铠装结构类型如下：

- a) 金属丝铠装：由多根金属丝编织或金属丝的同心绞合组成；
- b) 金属带铠装：由一根或多根金属带螺旋搭盖绕包组成。

1) 当需要时,电缆可采用隔火层,以满足电缆对燃烧性能的要求。  
2) 当需要时,电缆可采用铠装层。



5.6.2 材料

圆金属丝应是铜丝或镀锡铜丝。  
金属带为铜或铜合金带、铝或铝合金带。

5.6.3 铠装的使用

电缆的铠装应包覆在符合 5.4 或 5.5 规定的防水层或隔火层上。

5.6.4 电缆直径与铠装层尺寸的关系

铠装圆金属丝的标称直径和铠装金属带的标称厚度应分别不小于表 8 和表 9 的规定。

表 8 铠装圆金属丝标称直径 单位为毫米

| 铠装前假设直径 $d$      | 铠装金属丝标称直径 |
|------------------|-----------|
| $d \leq 25$      | 0.25      |
| $25 < d \leq 35$ | 0.30      |
| $35 < d \leq 60$ | 0.40      |
| $60 < d$         | 0.50      |

表 9 铠装金属带标称厚度 单位为毫米

| 铠装前假设直径 $d$      | 金属带标称厚度 |        |
|------------------|---------|--------|
|                  | 铜带      | 铝或铝合金带 |
| $d \leq 25$      | 0.2     | 0.5    |
| $25 < d \leq 60$ | 0.3     | 0.5    |
| $60 < d$         | 0.5     | 0.8    |

5.7 外护套

5.7.1 概述

所有电缆都应具有外护套。  
外护套通常为黑色,若制造方和购买方达成协议,允许采用其他颜色,以适应电缆使用的特定条件。

5.7.2 材料

外护套为热塑性护套混合料或热固性护套混合料。  
外护套材料应与表 4 中规定的电缆运行温度相适应。  
在特殊条件下(例如为了防白蚁、防鼠)使用的外护套,可在配方中加入化学添加剂,但这些添加剂应对人类及环境无害。  
电缆应具有低烟、无卤、A 类阻燃、防紫外线(可选)性能。

5.7.3 厚度

若无其他规定,挤包护套标称厚度值  $T_s$ (以 mm 计)应按公式(1)计算:

$$T_s = 0.035D + 1.0$$

.....( 1 )



式中：

*D*——挤包护套前电缆的假设直径，单位为毫米(mm)(见附录 A)。

按上式计算出的数值应修约到 0.1 mm(见附录 C)。

无铠装的电缆和护套不直接包覆在铠装、金属屏蔽的电缆，其单芯电缆护套的标称厚度不应小于 1.4 mm。

护套直接包覆在铠装上的电缆，护套的标称厚度不应小于 1.8 mm。

6 电缆附件技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 附件应用的电压等级应与电缆相一致。
- 6.1.2 导体连接金具应符合 GB/T 14315—2008 中的相应规定。
- 6.1.3 需要时，可采用镀锡编织铜线对电缆金属铠装层进行电气上接续，接续的截面不得小于对应层的等效截面，但最小值不应小于 10 mm<sup>2</sup>。
- 6.1.4 电缆具有防水结构时，附件产品应提供满足附录 D 要求的组件。
- 6.1.5 终端所用的外绝缘材料应具有耐大气老化及耐漏电痕迹和耐电蚀性能，其性能应满足表 10～表 12 的规定。
- 6.1.6 可采用冷缩、热缩或胶带绕包等方式来恢复绝缘或护套。
- 6.1.7 电缆附件采用的材料具有低烟、无卤、阻燃性能。

6.2 冷缩附件

- 6.2.1 所有冷缩部件内外表面应光滑，无肉眼可见的因材料和工艺不完善引起的斑痕、凹坑和裂纹，结构尺寸应符合图纸要求。
- 6.2.2 冷缩部件应由防电痕的硅橡胶材料构成，其性能应符合表 10 的规定，安装后的扩张率不应小于 120%。
- 6.2.3 冷缩部件的允许贮存期在环境温度不高于 35 ℃时不应少于 12 个月。

表 10 硅橡胶绝缘材料主要性能指标

| 序号                        | 项 目        |         | 单 位               | 性能指标             |
|---------------------------|------------|---------|-------------------|------------------|
| 1                         | 抗张强度       | 不小于     | N/mm <sup>2</sup> | 4.0              |
| 2                         | 断裂伸长率      | 不小于     | %                 | 450              |
| 3                         | 硬度(邵氏 A)   | 不大于     |                   | 50               |
| 4                         | 抗撕裂强度      | 不小于     | N/mm              | 10               |
| 5                         | 耐压强度       | 不小于     | MV/m              | 20               |
| 6                         | 体积电阻率      | 不小于     | Ω·cm              | 10 <sup>14</sup> |
| 7                         | 介电系数       | (50 Hz) |                   | 2.8~3.5          |
| 8                         | 介质损耗角正切    | 不大于     |                   | 0.02             |
| 9                         | 耐漏电痕迹耐电蚀   | 不小于     |                   | 1A3.5            |
| 10                        | 氧指数        | 不小于     | %                 | 30               |
| 11                        | 烟密度等级(SDR) | 不大于     |                   | 75               |
| 12                        | 卤酸含量       |         | mg/g              | 0                |
| 注：除非另有规定，表中数据为室温下试样的性能要求。 |            |         |                   |                  |



6.3 绕包式附件

采用自粘性绝缘带,应能在 90 ℃下连续工作,主要性能见表 11。

表 11 绕包带性能要求

| 序号 | 项 目     |     | 单 位               | 性能指标             |
|----|---------|-----|-------------------|------------------|
| 1  | 抗张强度    | 不小于 | N/mm <sup>2</sup> | 1.7              |
| 2  | 断裂伸长率   | 不小于 | %                 | 500              |
| 3  | 耐压强度    | 不小于 | MV/m              | 28               |
| 4  | 体积电阻率   | 不小于 | Ω·cm              | 10 <sup>14</sup> |
| 5  | 介质损耗角正切 | 不大于 |                   | 0.05             |
| 6  | 介电常数    | 不大于 |                   | 5                |
| 7  | 耐热性     | 不小于 | ℃                 | 130              |

注：除非另有规定,表中数据为室温下试样的性能要求。

6.4 热缩附件

- 6.4.1 所有热缩部件表面应无材质和工艺不善引起的斑痕和凹坑,热缩部件内壁应涂热熔胶,胶层均匀,且在规定的贮存条件和运输条件下,胶层不应流淌,不相互粘搭,在加热收缩后不会产生气隙。
- 6.4.2 热缩部件主要性能指标见表 12。
- 6.4.3 热缩部件在限制性收缩时不得有裂纹或开裂现象,在规定的耐受电压方式下不击穿。热缩部件的收缩温度应为 120 ℃~140 ℃。
- 6.4.4 热缩部件的允许贮存期在环境温度不高于 35 ℃时不应少于 24 个月。

表 12 热缩部件主要性能指标

| 序号 | 项 目                |     | 单 位               | 性能指标             |
|----|--------------------|-----|-------------------|------------------|
| 1  | 抗张强度               | 不小于 | N/mm <sup>2</sup> | 10               |
| 2  | 断裂伸长率              | 不小于 | %                 | 350              |
| 3  | 脆化温度               | 不大于 | ℃                 | —40              |
| 4  | 硬度(邵氏 A)           | 不大于 |                   | 80               |
| 5  | 空气箱热老化 130 ℃ 168 h |     | %                 |                  |
|    | 抗张强度变化率            | 不大于 | %                 | ±20              |
|    | 断裂伸长率变化率           | 不大于 |                   | ±20              |
| 6  | 体积电阻率              | 不小于 | Ω·cm              | 10 <sup>14</sup> |
| 7  | 介电常数               | 不大于 |                   | 4                |
| 8  | 击穿场强               | 不小于 | MV/m              | 20               |
| 9  | 氧指数                | 不小于 | %                 | 30               |
| 10 | 卤酸含量               |     | mg/g              | 0                |
| 11 | 烟密度等级(SDR)         | 不大于 |                   | 75               |
| 12 | 吸水率 (23±2)℃ 24 h   | 不大于 | %                 | 0.1              |



## 7 试验

### 7.1 试验条件

#### 7.1.1 环境温度

除非另有规定,试验应在环境温度  $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  下进行。

#### 7.1.2 工频试验电压的频率和波形

工频试验电压的频率应在  $49\text{ Hz}\sim 61\text{ Hz}$ ;波形基本上为正弦波,引用值为有效值。

#### 7.1.3 冲击试验电压的波形

按 GB/T 3048.13—2007 规定,冲击波的波前时间为  $1\text{ }\mu\text{s}\sim 5\text{ }\mu\text{s}$ ,半峰值时间在  $40\text{ }\mu\text{s}\sim 60\text{ }\mu\text{s}$  之间,其他方面与 GB/T 16927.1—2011 规定一致。

### 7.2 电缆试验

#### 7.2.1 例行试验

例行试验通常应在每一个电缆制造长度上进行。根据购买方和制造方达成的质量控制协议可以减少试验电缆的根数。

本标准要求的例行试验为:

- a) 导体电阻测量(见 7.2.1.1);
- b) 电压试验(见 7.2.1.2)。

##### 7.2.1.1 导体电阻测量

成品电缆或从成品电缆上取下的试样,应在保持适当温度的试验室内至少存放 12 h 后测量。若怀疑导体温度是否与室温一致,电缆应在试验室内存放 24 h 后测量。也可选取另一种方法,即将导体试样浸在温度可以控制的液体槽内,至少浸入 1 h 后测量电阻。

电阻测量值应按 GB/T 3956—2008 规定的公式和系数校正到  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  下 1 km 长度的数值。

每一根导体  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时的直流电阻不应超过规定的相应的最大值。

##### 7.2.1.2 电压试验

###### 7.2.1.2.1 概述

电压试验应在环境温度下进行。制造方可选择采用直流电压或工频交流电压。优先采用直流电压试验。

###### 7.2.1.2.2 试验步骤

屏蔽电缆的试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间,时间为 5 min。

无屏蔽电缆应将其浸入室温水 1 h,在导体和水之间施加试验电压 5 min。

###### 7.2.1.2.3 试验电压

试验电压如表 13。在任何情况下,电压都应逐渐升高到规定值。



表 13 试验电压

|               |     |       |
|---------------|-----|-------|
| 额定电压 $U_0$ /V | 750 | 1 500 |
| 直流试验电压/kV     | 4   | 6.5   |
| 工频交流试验电压/kV   | 1.7 | 2.7   |

7.2.1.2.4 结果

绝缘应无击穿。

7.2.2 抽样试验

7.2.2.1 概述

本标准要求的抽样试验包括：

- a) 导体检查(见 7.2.2.2)；
- b) 尺寸检查(见 7.2.2.3~7.2.2.5)；
- c) EPR、HEPR、XLPE 绝缘和热固性护套的热延伸试验(见 7.2.2.6)。

7.2.2.2 导体检查

7.2.2.2.1 导体外观的要求

导体应规整，表面光洁、无氧化、无油污、无损伤绝缘的毛刺、锐边以及凸起或断裂的单线等与良好工业品不相符的缺陷。

7.2.2.2.2 导体电阻的测量

导体 20℃时的直流电阻应符合 GB/T 3956—2008 的规定，试验方法应按 7.2.1.1 的规定进行。

7.2.2.2.3 导体的结构要求

第 2 种导体中的单线根数不应小于 GB/T 3956—2008 中表 2 规定的相应最少根数；第 5 种、第 6 种导体中的单线直径不应超过 GB/T 3956—2008 中表 3 或表 4 相应规定的最大值。

7.2.2.3 绝缘和非金属护套厚度的测量

7.2.2.3.1 概述

应按 GB/T 2951.11—2008 第 8 章的规定方法进行测量。

为试验而选取的每根电缆长度可用一段电缆来代表，如果必要，这段电缆应在已去除可能受到损伤的部分以后，从电缆的一端截取。

7.2.2.3.2 对绝缘厚度的要求

每一段绝缘线芯，绝缘厚度测量值的平均值在按附录 C 修约到 0.1 mm 后，不应小于规定的标称厚



度;其最小测量值不应低于规定标称值的 90%—0.1 mm,即按公式(2):

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.1t_n) \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$t_m$ ——最小厚度,单位为毫米(mm);

$t_n$ ——标称厚度;单位为毫米(mm)。

7.2.2.3.3 对非金属护套厚度的要求

护套应符合下列要求:

- a) 包覆在光滑圆柱体表面的外护套(例如挤包隔火层或绝缘上),其厚度测量值的平均值,按附录 C 修约到 0.1 mm,不应小于规定的标称厚度,其最小测量值不应低于规定标称值的 85%—0.1 mm。即按公式(3):

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.15t_n) \dots\dots\dots(3)$$

- b) 包覆在不规则圆柱体表面的护套(例如直接包覆在铠装上的护套)和隔火层的厚度,其最小测量值不应低于规定标称值的 80%—0.2 mm。即按公式(4):

$$t_m \geq t_n - (0.2 + 0.2t_n) \dots\dots\dots(4)$$

7.2.2.4 铠装金属丝和铠装金属带的测量

7.2.2.4.1 铠装金属丝的测量

使用具有两个平测头精度为±0.01 mm 的千分尺来测量圆铠装金属丝的直径,测量应在同一截面两个互成直角的位置上各测一次,取其平均值作为金属丝的直径。

7.2.2.4.2 铠装金属带的测量

测量时应使用具有两个直径为 5 mm 平测量头,精度为±0.01 mm 的千分尺,对于宽为 40 mm 及以下的金属带应在宽度中央测其厚度,对于更宽的带子应在距其每一边缘 20 mm 处各测一次,取其平均值作为金属带厚度。

7.2.2.4.3 结果

铠装金属丝和金属带的尺寸低于 5.6.4 中规定的标称尺寸的量值不应超过:

- a) 圆金属丝:5%;
- b) 金属带:10%。

7.2.2.5 外径测量

如果抽样试验中要求测量电缆外径,应按 GB/T 2951.11—2008 规定进行。

7.2.2.6 EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘和 SHF2 型护套的热延伸试验

7.2.2.6.1 步骤

抽样和试验步骤按 GB/T 2951.21—2008 第 9 章规定进行。  
试验条件见表 14 和表 15。



表 14 各种热固性绝缘混合料的特殊性能试验

| 序号                                                                           | 试验项目<br>(混合料代号见 4.2)               | 单位                 | EPR         | HEPR        | XLPE           |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------|-------------|----------------|
| 1                                                                            | 耐臭氧试验(GB/T 2951.21—2008 中第 8 章)    |                    |             |             |                |
| 1.1                                                                          | 臭氧浓度(按体积)                          | %                  | 0.025~0.030 | 0.025~0.030 | —              |
| 1.2                                                                          | 无开裂持续时间                            | h                  | 24          | 24          |                |
| 2                                                                            | 热延伸试验(GB/T 2951.21—2008 中第 9 章)    |                    |             |             |                |
| 2.1                                                                          | 处理条件                               |                    |             |             |                |
|                                                                              | ——空气温度(偏差±3℃)                      | ℃                  | 250         | 250         | 200            |
|                                                                              | ——负荷时间                             | min                | 15          | 15          | 15             |
|                                                                              | ——机械应力                             | N/cm <sup>2</sup>  | 20          | 20          | 20             |
| 2.2                                                                          | 载荷下最大伸长率                           | %                  | 175         | 175         | 175            |
| 2.3                                                                          | 冷却后最大永久伸长率                         | %                  | 15          | 15          | 15             |
| 3                                                                            | 吸水试验(GB/T 2951.13—2008 中 9.2)重量分析法 |                    |             |             |                |
| 3.1                                                                          | 温度(偏差±2℃)                          | ℃                  | 85          | 85          | 85             |
| 3.2                                                                          | 持续时间                               | d                  | 14          | 14          | 14             |
| 3.3                                                                          | 重量最大增量                             | mg/cm <sup>2</sup> | 5           | 5           | 1 <sup>a</sup> |
| 4                                                                            | 收缩试验(GB/T 2951.13—2008 中第 10 章)    |                    |             |             |                |
| 4.1                                                                          | 标志间长度 <i>L</i>                     | mm                 | —           | —           | 200            |
| 4.2                                                                          | 温度(偏差±3℃)                          | ℃                  | —           | —           | 130            |
| 4.3                                                                          | 持续时间                               | h                  | —           | —           | 1              |
| 4.4                                                                          | 最大允许收缩率                            | %                  | —           | —           | 4              |
| 5                                                                            | 硬度测定(见 GB/T 12706.1—2008 附录 C)     |                    |             |             |                |
| 5.1                                                                          | IRHD <sup>b</sup> ,最小              |                    | —           | 80          | —              |
| 6                                                                            | 弹性模量测定(见 7.2.6.17)                 |                    |             |             |                |
| 6.1                                                                          | 150%伸长率时模量,最小                      | N/mm <sup>2</sup>  | —           | 4.5         | —              |
| <sup>a</sup> XLPE 密度大于 1 g/cm <sup>3</sup> 时,吸水增量可能大于 1 mg/cm <sup>2</sup> 。 |                                    |                    |             |             |                |
| <sup>b</sup> IRHD:国际橡胶硬度级。                                                   |                                    |                    |             |             |                |

表 15 热固性护套混合料(SHF2)特殊性能试验要求

| 序号  | 试验项目<br>(混合料代号见 4.3)                                            | 单位 | SHF2 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|----|------|
| 1   | 低温性能试验(GB/T 2951.14—2008 中第 8 章)                                |    |      |
| 1.1 | 哑铃片的低温拉伸试验                                                      |    |      |
|     | 温度(偏差±2℃)                                                       | ℃  | —15  |
| 1.2 | 冷冲击试验                                                           |    |      |
|     | 温度(偏差±2℃)                                                       | ℃  | —15  |
| 2   | 浸油后机械性能试验 (GB/T 2951.21—2008 中第 10 章和 GB/T 2951.11—2008 中第 9 章) |    |      |



表 15 (续)

| 序号                                            | 试验项目<br>(混合料代号见 4.3)            | 单位                | SHF2        |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------|
| 2.1                                           | 处理条件                            |                   |             |
|                                               | ——温度(偏差±2℃)                     | ℃                 | 100         |
|                                               | ——持续时间                          | h                 | 24          |
|                                               | 最大允许变化率 <sup>a</sup>            |                   |             |
|                                               | a) 抗张强度:                        | %                 | ±40         |
|                                               | b) 断裂伸长率                        | %                 | ±40         |
| 3                                             | 热延伸试验(GB/T 2951.21—2008 中第 9 章) |                   |             |
| 3.1                                           | 处理条件                            |                   |             |
|                                               | ——温度(偏差±3℃)                     | ℃                 | 200         |
|                                               | ——载荷时间                          | min               | 15          |
|                                               | ——机械应力                          | N/cm <sup>2</sup> | 20          |
| 3.2                                           | 负载下允许最大伸长率                      | %                 | 175         |
| 3.3                                           | 冷却后最大永久伸长率                      | %                 | 15          |
| 4                                             | 耐臭氧试验(GB/T 2951.21—2008 中第 8 章) |                   |             |
| 4.1                                           | 臭氧浓度(按体积)                       | %                 | 0.025~0.030 |
| 4.2                                           | 无开裂持续时间                         | h                 | 24          |
| <sup>a</sup> 变化率:处理前后得出的中间值之差除以处理前中间值,以百分数表示。 |                                 |                   |             |

7.2.2.6.2 结果

EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘试验结果应符合表 14 规定,SHF2 型护套应符合表 15 规定。

7.2.3 电气型式试验

7.2.3.1 导体最高温度下绝缘电阻测量

7.2.3.1.1 步骤

取成品电缆试样长度 10 m~15 m。

电缆试样的绝缘线芯在试验前应浸在电缆正常运行时导体最高温度±2℃的水中至少 1 h。

直流测试电压应为 80 V~500 V,应施加足够长的时间,以达到合理稳定的测量,但不少于 1 min,也不超过 5 min。

测量应在导体与水之间进行。

7.2.3.1.2 计算

体积电阻率由所测得的绝缘电阻通过公式(5)求得:



$$\rho = \frac{2 \times \pi \times L \times R}{\ln \frac{D}{d}}$$

.....( 5 )

式中：

$\rho$  ——体积电阻率,单位为欧姆·厘米( $\Omega \cdot \text{cm}$ )；

$R$  ——测量得到的绝缘电阻,单位为欧姆( $\Omega$ )；

$L$  ——电缆长度,单位为厘米( $\text{cm}$ )；

$D$  ——绝缘外径,单位为毫米( $\text{mm}$ )；

$d$  ——绝缘内径,单位为毫米( $\text{mm}$ )。

“绝缘电阻常数  $K_i$ ”可按公式(6)计算求得,以  $\text{M}\Omega \cdot \text{km}$  表示：

$$K_i = \frac{L \times R \times 10^{-11}}{\lg \frac{D}{d}} = 10^{-11} \times 0.367\rho$$

.....( 6 )

7.2.3.1.3 结果

由测量值计算出的数据不应小于在表 16 中的规定值。

表 16 绝缘混合料的电气型式试验要求

| 序号 | 试验项目和试验条件<br>(混合料代号见 4.2)                | 单位                               | 性能要求      |           |
|----|------------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|
|    |                                          |                                  | EPR/HEPR  | XLPE      |
| 1  | 正常运行时导体最高温度(见 4.2)                       | ℃                                | 90        | 90        |
|    | 体积电阻率 $\rho$<br>——正常运行时导体最高温度(见 7.2.3.1) | $\Omega \cdot \text{cm}$         | $10^{12}$ | $10^{12}$ |
| 2  | 绝缘电阻常数 $K_i$<br>——正常运行时导体最高温度(见 7.2.3.1) | $\text{M}\Omega \cdot \text{km}$ | 3.67      | 3.67      |

7.2.3.2 4 h 电压试验

7.2.3.2.1 步骤

本项试验在 7.2.3.1 试验之后进行,可延用 7.2.3.1 试验所用电缆。

电缆试验用绝缘线芯应在试验前浸入环境温度的水中至少 1 h。

在水与导体之间施加  $4U_0$  的工频电压,电压应逐渐升高并持续 4 h。

7.2.3.2.2 结果

绝缘不应击穿。

7.2.3.3 冲击电压试验

7.2.3.3.1 步骤

额定电压 1 500 V 电缆应进行冲击电压试验；试验应在另外 10 m~15 m 长的成品电缆试样上



进行。

应在导体温度高于正常运行时导体最高温度 5℃~10℃下的电缆上进行。

应按 GB/T 3048.13—2007 规定步骤施加冲击电压,峰值为 40 kV。

7.2.3.3.2 结果

每根电缆绝缘线芯应承受正负各十次冲击电压后不击穿。

7.2.4 非电气型式试验

7.2.4.1 绝缘厚度测量

7.2.4.1.1 取样

每根绝缘线芯一个样品。

7.2.4.1.2 步骤

按 GB/T 2951.11—2008 中 8.1 规定进行。

7.2.4.1.3 结果

见 7.2.4.5.2 规定。

7.2.4.2 非金属护套厚度测量

7.2.4.2.1 取样

每根电缆一个样品。

7.2.4.2.2 步骤

应按 GB/T 2951.11—2008 中 8.2 规定进行测量。

7.2.4.2.3 结果

见 7.2.4.5.3 规定。

7.2.4.3 老化前后绝缘的机械性能试验

7.2.4.3.1 取样

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.1 规定进行取样和制备试片。

7.2.4.3.2 老化处理

应在表 17 规定的条件下按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1 的规定进行老化处理。



表 17 电缆绝缘混合料机械性能试验要求(老化前后)

| 序号                                             | 试验项目<br>(混合料代号见 4.2)             | 单位                | EPR | HEPR | XLPE |
|------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----|------|------|
| 1                                              | 正常运行时导体最高温度(见 4.2)               | ℃                 | 90  | 90   | 90   |
|                                                | 老化前(GB/T 2951.11—2008 中 9.1)     |                   |     |      |      |
| 1.1                                            | 抗张强度 最小                          | N/mm <sup>2</sup> | 4.2 | 8.5  | 12.5 |
| 1.2                                            | 断裂伸长率 最小                         | %                 | 200 | 200  | 200  |
| 2                                              | 空气烘箱老化后(GB/T 2951.12—2008 中 8.1) |                   |     |      |      |
|                                                | 无导体老化后                           |                   |     |      |      |
| 2.1                                            | 处理                               |                   |     |      |      |
| 2.1.1                                          | ——温度                             | ℃                 | 135 | 135  | 135  |
|                                                | ——偏差                             | ℃                 | ±3  | ±3   | ±3   |
|                                                | ——持续时间                           | d                 | 7   | 7    | 7    |
| 2.1.2                                          | 抗张强度                             | N/mm <sup>2</sup> |     |      |      |
|                                                | a) 老化后数值 最小                      | %                 | —   | —    | —    |
|                                                | b) 变化率 <sup>a</sup> 最大           |                   | ±30 | ±30  | ±25  |
| 2.1.3                                          | 断裂伸长率                            |                   |     |      |      |
|                                                | a) 老化后数值 最小                      | %                 | —   | —    | —    |
|                                                | b) 变化率 <sup>a</sup> 最大           | %                 | ±30 | ±30  | ±25  |
| 2.2                                            | 带铜导体老化后抗张试验 <sup>a</sup>         |                   |     |      |      |
| 2.2.1                                          | 处理                               |                   |     |      |      |
|                                                | ——温度                             | ℃                 | 150 | 150  | 150  |
|                                                | ——偏差                             | ℃                 | ±3  | ±3   | ±3   |
|                                                | ——持续时间                           | d                 | 7   | 7    | 7    |
| 2.2.2                                          | 抗张强度变化率 <sup>a</sup> 最大          | %                 | ±30 | ±30  | ±30  |
| 2.2.3                                          | 断裂伸长变化率 <sup>a</sup> 最大          | %                 | ±30 | ±30  | ±30  |
| 2.3                                            | 带铜导体老化弯曲试验                       | —                 | —   | —    | —    |
|                                                | (仅用于如不进行 2.2 试验的试样               | —                 | —   | —    | —    |
| 2.3.1                                          | 处理                               |                   |     |      |      |
|                                                | ——温度                             | ℃                 | 150 | 150  | 150  |
|                                                | ——偏差                             | ℃                 | ±3  | ±3   | ±3   |
|                                                | ——持续时间                           | d                 | 10  | 10   | 10   |
| 2.3.2                                          | 应得结果                             |                   | 无裂痕 | 无裂痕  | 无裂痕  |
| <sup>a</sup> 变化率:老化前后得出的中间值之差值除以老化前中间值,以百分数表示。 |                                  |                   |     |      |      |

7.2.4.3.3 预处理和机械试验

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.1 规定进行预处理和机械性能的试验。

7.2.4.3.4 结果

未经老化和老化后试片的试验结果均应达到表 17 的要求。



7.2.4.4 非金属护套老化前后的机械性能试验

7.2.4.4.1 取样

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.2 规定进行取样及制备试片。

7.2.4.4.2 老化处理

应在表 18 规定的条件下：按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1 进行老化处理。

表 18 护套混合料机械性能试验要求(老化前后)

| 序号                                             | 试验项目<br>(混合料代号见 4.3)             | 单位                 | ST <sub>7</sub> | SHF1  | SHF2  |
|------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|-------|-------|
| 1                                              | 正常运行导体最高温度(见 4.3)                | ℃                  | 90              | 90    | 90    |
| 1.1                                            | 老化前(GB/T 2951.11—2008 中 9.2)     |                    |                 |       |       |
| 1.1                                            | 抗张强度 最小                          | N/mm <sup>2</sup>  | 12.5            | 9.0   | 10.0  |
| 1.2                                            | 断裂伸长率 最小                         | %                  | 300             | 125   | 300   |
| 2                                              | 空气烘箱老化后(GB/T 2951.12—2008 中 8.1) |                    |                 |       |       |
| 2.1                                            | 处理                               |                    |                 |       |       |
|                                                | ——温度(偏差±2℃)                      | ℃                  | 110             | 100   | 100   |
|                                                | ——持续时间                           | d                  | 10              | 7     | 7     |
| 2.2                                            | 抗张强度：                            |                    |                 |       |       |
|                                                | a) 老化后数值 最小                      | N/mm <sup>2</sup>  | —               | 9.0   | —     |
|                                                | b) 变化率 <sup>a</sup> 最大           | %                  | —               | ±40   | ±30   |
| 2.3                                            | 断裂伸长率                            |                    |                 |       |       |
|                                                | a) 老化后数值 最小                      | %                  | 300             | 100   | 250   |
|                                                | b) 变化率 <sup>a</sup> 最大           | %                  | —               | ±40   | ±40   |
| 3                                              | 吸水性试验(GB/T 2951.13—2008)(重量法)    |                    |                 |       |       |
| 3.1                                            | 处理                               |                    |                 |       |       |
|                                                | ——温度(偏差±2℃)                      | ℃                  | —               | 70    | 70    |
|                                                | ——持续时间                           | h                  | —               | 24    | 24    |
| 3.2                                            | 最大增重                             | mg/cm <sup>2</sup> | —               | 10    | 10    |
| 4                                              | 人工气候老化试验                         |                    |                 |       |       |
|                                                | 老化时间                             | h                  | 1 008           | 1 008 | 1 008 |
|                                                | 试验结果：                            |                    |                 |       |       |
| 4.1                                            | a) 0 h~1 008 h                   |                    |                 |       |       |
|                                                | 抗张强度变化率 最大                       | %                  | ±30             | ±30   | ±30   |
|                                                | 断裂伸长率变化率 最大                      | %                  | ±30             | ±30   | ±30   |
| 4.2                                            | b) 504 h~1 008 h                 |                    |                 |       |       |
|                                                | 抗张强度变化率 最大                       | %                  | ±15             | ±15   | ±15   |
|                                                | 断裂伸长率变化率 最大                      | %                  | ±15             | ±15   | ±15   |
| <sup>a</sup> 变化率：老化前后得出的中间值之差值除以老化前中间值，以百分数表示。 |                                  |                    |                 |       |       |

7.2.4.4.3 预处理和机械性能试验

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.2 规定进行预处理和机械性能试验。



7.2.4.4.4 结果

对于未老化和经老化后的试片,试验结果应满足表 18 的要求。

7.2.4.5 成品电缆段的附加老化试验

7.2.4.5.1 概述

本试验旨在检验运行中电缆绝缘和非金属护套与电缆中其他电缆部件接触时是否有劣化倾向。  
本试验适用于任何类型的电缆。

7.2.4.5.2 取样

按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1.4 规定从成品电缆上截取样品。

7.2.4.5.3 老化处理

应按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1.4 规定在空气烘箱中进行电缆样品的老化处理。老化条件如下:

- a) 温度:高于电缆正常运行时最高温度(见表 18)10℃±2℃;
- b) 周期:7×24 h。

7.2.4.5.4 机械性能试验

将老化后的电缆取下的绝缘和护套试样按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1.4 规定进行机械性能试验。

7.2.4.5.5 结果

老化前后抗张强度与断裂伸长率的中间值,不应超过表 17 中对于绝缘和表 18 中对非金属护套空气烘箱老化后的规定值。

7.2.4.6 SHF1 型护套的高温压力试验

7.2.4.6.1 步骤

应按 GB/T 2951.31—2008 第 8 章规定进行高温压力试验,试验条件和试验方法见表 19。

表 19 热塑性聚烯烃护套混合料 SHF1 特殊性能试验要求

| 序号                                 | 试验项目<br>(混合料代号见 4.2 和 4.3)                     | 单位 | SHF1 |
|------------------------------------|------------------------------------------------|----|------|
|                                    |                                                |    | 护套   |
| 1                                  | 高温压力试验(GB/T 2951.31—2008 中第 8 章)               |    |      |
| 1.1                                | 温度(偏差±2℃)                                      | ℃  | 80   |
| 2                                  | 热冲击试验(GB/T 2951.31—2008 中第 9 章)                |    |      |
|                                    | 处理                                             |    |      |
| 2.1                                | ——温度(偏差±3℃)                                    | ℃  | 150  |
| 2.2                                | ——时间                                           | h  | 1    |
| 3                                  | 低温性能试验 <sup>a</sup> (GB/T 2951.14—2008 中第 8 章) |    |      |
| 3.1                                | 哑铃片的低温拉伸试验                                     |    |      |
|                                    | 温度(偏差±2℃)                                      | ℃  | —15  |
| 3.2                                | 冷冲击试验                                          |    |      |
|                                    | 温度(偏差±2℃)                                      | ℃  | —15  |
| <sup>a</sup> 因气候条件,购买方可以要求采用更低的温度。 |                                                |    |      |



#### 7.2.4.6.2 结果

试验结果应符合 GB/T 2951.31—2008 第 8 章的要求。

#### 7.2.4.7 低温下护套的性能试验

##### 7.2.4.7.1 步骤

应按 GB/T 2951.14—2008 第 8 章规定进行取样和进行试验,试验温度见表 19 和表 15。

##### 7.2.4.7.2 结果

试验结果应符合 GB/T 2951.14—2008 第 8 章的要求。

#### 7.2.4.8 护套抗开裂试验(热冲击)

##### 7.2.4.8.1 步骤

应按 GB/T 2951.31—2008 第 9 章规定进行取样和进行试验,试验温度和周期见表 19 和表 15。

##### 7.2.4.8.2 结果

试验结果应符合 GB/T 2951.31—2008 第 9 章的要求。

#### 7.2.4.9 EPR 和 HEPR 绝缘及 SHF2 型护套耐臭氧试验

##### 7.2.4.9.1 步骤

应按 GB/T 2951.21—2008 第 8 章规定进行取样和进行试验,臭氧浓度和试验时间应符合表 14 和表 15 要求。

##### 7.2.4.9.2 结果

试验结果应符合 GB/T 2951.21—2008 第 8 章的要求。

#### 7.2.4.10 EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘和 SHF2 型护套的热延伸试验

应按 7.2.4.8 规定取样和进行试验,并符合其要求。

#### 7.2.4.11 热固性护套的浸油试验(可选)

##### 7.2.4.11.1 步骤

应按 GB/T 2951.21—2008 第 10 章规定进行取样和进行试验,试验条件应符合表 15 规定。

##### 7.2.4.11.2 结果

试验结果应符合表 15 要求。

#### 7.2.4.12 绝缘吸水试验

##### 7.2.4.12.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 中 9.1 和 9.2 规定进行取样和进行试验,试验结果应符合表 14 规定。



7.2.4.12.2 结果

试验结果应符合表 14 要求。

7.2.4.13 铝塑粘结防水层的完整性试验

铝塑粘结防水层应具备完整性。

铝塑粘结防水层的完整性应采用充气试验来检验,充入压力为 50 kPa~100 kPa 的干燥空气或氮气,在电缆全长气压均衡 3 h(有外护层电缆 6 h)内,电缆内的气压不应降低。

7.2.4.14 燃烧性能试验

7.2.4.14.1 单根电缆垂直燃烧试验

若有特殊要求,该试验应在 ST<sub>7</sub>、SHF1 和 SHF2 型护套进行。

试验方法和要求应符合 GB/T 18380.12—2008 的规定。

7.2.4.14.2 垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验

该试验要用成品电缆的样品进行,试验方法和结果应符合 GB/T 18380.33—2008 中对 A 类阻燃的要求。

7.2.4.14.3 电缆烟密度试验

该试验要用成品电缆的样品进行,试验方法和结果应符合 GB/T 17651.2—1998 规定,透光率不应低于 60%。

7.2.4.14.4 护套材料的卤酸气体总量的测定

护套材料的卤酸气体总量的测定方法与结果如下:

a) 方法

取样与试验方法要符合 GB/T 17650.1—1998 中的规定。

b) 结果

试验结果要符合表 20 的要求。

表 20 无卤材料的试验方法和要求

| 序号 | 试验项目<br>(混合料代号见 4.3)          | 单位    | 要求  |
|----|-------------------------------|-------|-----|
| 1  | 酸性气体释放试验(GB/T 17650.1—1998)   |       |     |
|    | 卤素含量(以 HCL 表示),最大             | %     | 0.5 |
| 2  | 氟含量试验(IEC 60684-2:2005)       |       |     |
|    | 氟含量,最大                        | %     | 0.1 |
| 3  | pH 值和电导率试验(GB/T 17650.2—1998) |       |     |
|    | pH 值,最小                       |       | 4.3 |
|    | 导电率,最大                        | μs/mm | 10  |



#### 7.2.4.14.5 通过测量 pH 值和电导率对护套材料在燃烧期间的释放气体酸度的测定

通过测量 pH 值和电导率对护套材料在燃烧期间的释放气体酸度的测定方法与结果如下：

##### a) 方法

取样试验方法要符合 GB/T 17650.2—1998 中的规定。

##### b) 结果

试验结果应符合表 20 中的要求。

#### 7.2.4.14.6 氟含量性能试验

氟含量性能试验步骤与结果如下：

##### a) 步骤

取样和试验要求应符合 IEC 60684-2:2005 的规定。

##### b) 结果

试验结果应符合表 20 中的要求。

#### 7.2.4.15 XLPE 绝缘的收缩试验

##### 7.2.4.15.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 第 10 章规定取样和进行试验，试验条件应符合表 14 规定。

##### 7.2.4.15.2 结果

试验结果应符合表 14 要求。

#### 7.2.4.16 HEPR 绝缘的硬度试验

##### 7.2.4.16.1 步骤

应按 GB/T 12706.1—2008 附录 C 规定取样和进行试验。

##### 7.2.4.16.2 结果

试验结果应符合表 14 规定。

#### 7.2.4.17 HEPR 绝缘弹性模量测定

##### 7.2.4.17.1 步骤

应按 GB/T 2951.11—2008 第 9 章规定取样、制备试片和进行试验，应测量伸长率为 150% 时所需的负荷。相应的应力可用测得的负荷除以未伸长前的截面积得到。确定应力与应变的比值就可得到伸长率为 150% 时的弹性模量，弹性模量应取全部试验结果的中间值。

##### 7.2.4.17.2 结果

试验结果应符合表 14 规定。

#### 7.2.4.18 PE 护套收缩试验

##### 7.2.4.18.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 第 11 章规定取样和进行试验。试验条件见表 21。



表 21 PE(热塑性聚乙烯)护套混合料的特殊性能

| 序号                             | 试验项目<br>(混合料代号见 4.3)                       | 单位 | ST <sub>7</sub> |
|--------------------------------|--------------------------------------------|----|-----------------|
| 1                              | 密度 <sup>*</sup> (GB/T 2951.13—2008 中第 8 章) |    |                 |
| 2                              | 碳黑含量(仅适于黑色护套)(GB/T 2951.41—2008 中第 11 章)   |    |                 |
| 2.1                            | 标称值                                        | %  | 2.5             |
| 2.2                            | 偏差                                         | %  | ±0.5            |
| 3                              | 收缩试验(GB/T 2951.13—2008 中第 11 章)            |    |                 |
| 3.1                            | 温度(偏差±2 ℃)                                 | ℃  | 80              |
| 3.2                            | 加热持续时间                                     | h  | 5               |
| 3.3                            | 加热周期                                       |    | 5               |
| 3.4                            | 最大允许收缩                                     | %  | 3               |
| 4                              | 高温压力试验(GB/T 2951.31—2008 中 8.2)            |    |                 |
| 4.1                            | 温度(偏差±2 ℃)                                 | ℃  | 110             |
| <sup>*</sup> 密度的测定仅在其他试验需要时才做。 |                                            |    |                 |

7.2.4.18.2 结果

试验结果应符合表 21 规定。

7.2.4.19 护套的吸水性试验

7.2.4.19.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 中 9.2 规定取样和进行试验。  
试验条件见表 18。

7.2.4.19.2 结果

试验结果应符合表 18 规定。

7.2.4.20 电缆防紫外线性能试验(可选)

7.2.4.20.1 步骤

该试验要用成品电缆的样品进行,试验方法和要求应符合 GB/T 12527—2008 附录 A 中人工气候老化试验方法(氙灯法)。

7.2.4.20.2 结果

试验结果应符合表 18 规定。

7.3 电缆附件试验

7.3.1 试验回路

- 7.3.1.1 用于试验的电缆应满足本标准的要求,电缆长度不小于 6 m,推荐使用 400 mm<sup>2</sup> 电缆进行试验。
- 7.3.1.2 将试验电缆两端安装终端后从中间断开安装中间接头,试验回路制作按图 1。



单位为米

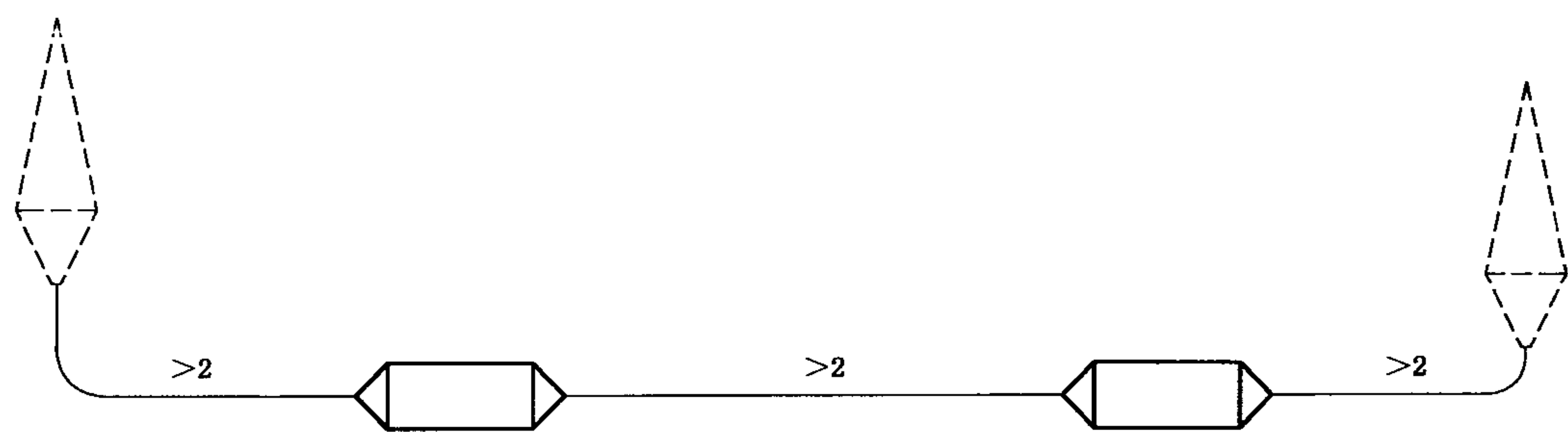


图 1

7.3.2 型式试验

7.3.2.1 型式试验项目见表 22。试验项目全部通过后,该回路附件被认可。

表 22 电缆附件型式试验项目

| 试验程序                                                                   | 条 件                                                                    |                                                                         | 试验方法                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | 750 V                                                                  | 1 500 V                                                                 |                                                                                                 |
| 导体电阻测量<br>直流耐压<br>冲击试验,正负极性各 10 次<br>浸水循环<br>机械冲击 <sup>a</sup><br>直流耐压 | 不大于 1.2 倍<br>4.5 kV,5 min<br>—<br>20 次,每次 4 h<br>无可见损伤<br>4.5 kV,5 min | 不大于 1.2 倍<br>9 kV,5 min<br>40 kV<br>20 次,每次 4 h<br>无可见损伤<br>9 kV, 5 min | GB/T 3048.4—2007<br>GB/T 3048.14—2007<br>GB/T 3048.13—2007<br>附录 D<br>附录 E<br>GB/T 3048.14—2007 |
| <sup>a</sup> 需要时,中间接头进行机械冲击试验。                                         |                                                                        |                                                                         |                                                                                                 |

7.3.2.2 按表 22 指定的型式试验中,如果任何一个试样未满足要求,则应拆除,按 7.3.2.3 或 7.3.2.4 提供的检查判定,并记录检查结果。

7.3.2.3 如果由于附件安装或试验程序错误而不符合要求,应宣布该试验无效,但不否定该附件。应在新安装的试样上重复整个程序。如果没有上述错误证据,则该附件不予认可。

7.3.2.4 如果电缆击穿,则该试验应被宣布无效,但不否定该附件,在电缆长度允许的情况下,可重新安装附件从中断的时刻开始继续试验或者另选电缆重新安装试样,按规定程序从头开始试验。

7.3.3 抽样试验

正常生产时每两年进行一次产品的抽样试验。试验项目及试验结果评定方法应按表 23 规定。当用户提出要求,经双方协商同意后也应进行抽样试验。



表 23 电缆附件抽样试验项目

| 试验项目           | 条 件                       |                         | 试验方法                                  |
|----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
|                | 750 V                     | 1 500 V                 |                                       |
| 导体电阻测量<br>直流耐压 | 不大于 1.2 倍<br>4.5 kV,5 min | 不大于 1.2 倍<br>9 kV,5 min | GB/T 3048.4—2007<br>GB/T 3048.14—2007 |

若有抽样试验项目没有通过,且能证明不存在安装错误或电缆故障时,则判定产品不符合要求。

8 安装后电气试验

应在电缆和与之相配的附件(安装条件参见附录 F)完成后进行下述试验。

在导体与金属铠装或接地系统间施加 4U。直流电压,持续 15 min。

注:电缆绝缘修复后的电气试验由安装要求决定,以上试验仅适用于新安装的电缆。

9 检验规则

9.1 例行试验

9.1.1 电缆出厂前应进行例行试验,试验项目见表 24。

9.1.2 经检验合格的产品应签发合格证,其内容至少应包括:

- a) 制造厂名称;
- b) 产品名称和型号;
- c) 检验日期;
- d) 检验人员签章。

表 24 成品电缆试验项目

| 序号    | 试 验 项 目                      | 试验要求    | 试验方法              |
|-------|------------------------------|---------|-------------------|
| 1     | 例行试验(R)                      |         |                   |
| 1.1   | 导体电阻测量                       | 7.2.1.1 | 7.2.1.1           |
| 1.2   | 电压试验                         | 7.2.1.2 | 7.2.1.2           |
| 2     | 抽样试验(S)                      |         |                   |
| 2.1   | 导体检查                         | 7.2.2.2 | GB/T 3956—2008    |
| 2.2   | 尺寸检查                         |         |                   |
| 2.2.1 | 绝缘和非金属护套厚度的测量                | 7.2.2.3 | GB/T 2951.11—2008 |
| 2.2.2 | 铠装金属丝和铠装金属带的测量               | 7.2.2.4 | 7.2.2.4           |
| 2.2.3 | 外径测量                         | 7.2.2.5 | GB/T 2951.11—2008 |
| 2.3   | EPR、HEPR、XLPE 绝缘和热固性护套的热延伸试验 | 7.2.2.6 | GB/T 2951.21—2008 |



表 24 (续)

| 序号       | 试 验 项 目                           | 试验要求       | 试验方法               |
|----------|-----------------------------------|------------|--------------------|
| 3        | 型式试验(T)                           |            |                    |
| 3.1      | 电气型式试验                            |            |                    |
| 3.1.1    | 导体最高温度下绝缘电阻测量                     | 7.2.3.1    | 7.2.3.1            |
| 3.1.2    | 4 h 电压试验                          | 7.2.3.2    | 7.2.3.2            |
| 3.1.3    | 冲击电压试验                            | 7.2.3.3    | GB/T 3048.13—2007  |
| 3.2      | 非电气型式试验                           |            |                    |
| 3.2.1    | 绝缘厚度测量                            | 7.2.4.1    | GB/T 2951.11—2008  |
| 3.2.2    | 非金属护套厚度测量                         | 7.2.4.2    | GB/T 2951.11—2008  |
| 3.2.3    | 老化前后绝缘的机械性能试验                     | 7.2.4.3    | GB/T 2951.11—2008  |
| 3.2.4    | 非金属护套老化前后的机械性能试验                  | 7.2.4.4    | GB/T 2951.11—2008  |
| 3.2.5    | 成品电缆段附加老化试验                       | 7.2.4.5    | GB/T 2951.12—2008  |
| 3.2.6    | SHF1 型护套的高温压力试验                   | 7.2.4.6    | GB/T 2951.31—2008  |
| 3.2.7    | SHF1、SHF2 低温下的性能试验                | 7.2.4.7    | GB/T 2951.14—2008  |
| 3.2.8    | SHF1 护套抗开裂试验(热冲击)                 | 7.2.4.8    | GB/T 2951.31—2008  |
| 3.2.9    | EPR 和 HEPR 绝缘及 SHF2 型护套耐臭氧试验      | 7.2.4.9    | GB/T 2951.21—2008  |
| 3.2.10   | EPR 和 HEPR、XLPE 绝缘和 SHF2 型护套热延伸试验 | 7.2.4.10   | GB/T 2951.21—2008  |
| 3.2.11   | 热固性护套的浸油试验(可选)                    | 7.2.4.11   | GB/T 2951.21—2008  |
| 3.2.12   | 绝缘吸水试验                            | 7.2.4.12   | GB/T 2951.13—2008  |
| 3.2.13   | 铝塑粘结防水层的完整性试验                     | 7.2.4.13   | 7.2.6.13           |
| 3.2.14   | 燃烧性能试验                            |            |                    |
| 3.2.14.1 | 单根电缆垂直燃烧试验                        | 7.2.4.14.1 | GB/T 18380.12—2008 |
| 3.2.14.2 | 垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验               | 7.2.4.14.2 | GB/T 18380.12—2008 |
| 3.2.14.3 | 电缆烟密度试验                           | 7.2.4.14.3 | GB/T 17651.2—1998  |
| 3.2.14.4 | 护套材料的卤酸气体总量的测量                    | 7.2.4.14.4 | GB/T 17650.1—1998  |
| 3.2.14.5 | 通过测量 pH 值和电导率对护套材料在燃烧期间的释放气体酸度的测定 | 7.2.4.14.5 | GB/T 17650.2—1998  |
| 3.2.14.6 | 氟含量性能试验                           | 7.2.4.14.6 | IEC 60684-2        |
| 3.2.15   | XLPE 绝缘的收缩试验                      | 7.2.4.15   | GB/T 2951.13—2008  |
| 3.2.16   | HEPR 绝缘的硬度试验                      | 7.2.4.16   | GB/T 12706.1—2008  |
| 3.2.17   | HEPR 绝缘弹性模量测定                     | 7.2.4.17   | GB/T 2951.11—2008  |
| 3.2.18   | PE 护套收缩试验                         | 7.2.4.18   | GB/T 2951.13—2008  |
| 3.2.19   | 护套的吸水性试验                          | 7.2.4.19   | GB/T 2951.13—2008  |
| 3.2.20   | 电缆防紫外线性能试验                        | 7.2.4.20   | GB/T 12527—2008    |

9.2 抽样试验

抽样试验由制造方进行,按规定的频度在成品电缆试样上,或在取自成品电缆的某些部件上进行的试验,以检验电缆是否符合规定要求。抽样试验相关规定见 7.2.2。抽样试验项目见表 24。

9.2.1 抽样试验频度

9.2.1.1 导体检查和尺寸检查

导体检查,绝缘和护套厚度测量以及电缆外径的测量应在每批同一型号和规格电缆中的一根制造



长度的电缆上进行,但应限制不超过合同长度数量的 10%。

9.2.1.2 物理试验

若无协议,对于总长度大于 4 km 的单芯电缆测试按表 25 进行。

表 25 抽样试验样品数量

| 电缆长度 $L$<br>km   | 样品数 |
|------------------|-----|
| $4 < L \leq 20$  | 1   |
| $20 < L \leq 40$ | 2   |
| $40 < L \leq 60$ | 3   |
| 余类推              | 余类推 |

9.2.2 复试

如果任一试样不符合 7.2.2 规定的任一试验要求,应从同一批中再取两个附加试样就不合格项目重新试验。两个附加试样都合格,则该批电缆才可被认为符合本标准要求。如果有一个试样不合格,则认为该批电缆不符合本标准要求。

9.3 型式试验

9.3.1 凡有下列情况之一者应进行型式试验:

- a) 新产品定型或老产品转厂生产时;
- b) 当设计、材料、电气元件、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 停产一年以上,再恢复生产时。

9.3.2 型式试验项目见表 24。

10 产品验收规则、标志及包装、运输和保管

10.1 电缆验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管

若合同无特殊规定,电缆产品验收、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管应符合附录 G 的规定。

10.2 电缆附件标志、包装、运输、贮存

10.2.1 附件用主要材料和部件均应标出牌号、名称、厂名、生产日期,并附有合格证,或验收标记,有贮存期限的材料应注明生产日期和有效日期。

10.2.2 主要部件、润滑剂、清洗剂等均应密封包装,部件包装内应附有电缆绝缘外径适用范围、生产日期和有效日期,每套电缆附件的部件和材料应以专用包装箱包装,包装箱内应附有材料清单、产品合格证及安装工艺说明书。

10.2.3 包装箱上应注明:

- a) 制造厂厂名;
- b) 产品型号、名称、产品标准号;
- c) 额定电压;
- d) 导体材料、截面和芯数;



- e) 生产日期；
- f) 包装箱尺寸；
- g) 毛重。

10.2.4 产品在运输中应防止重压和猛烈碰撞。

产品贮存时应避免接触热源,贮存处应有防火措施、干燥通风,贮存期不应超过相应配套材料和配套件的有效日期。



附录 A  
(规范性附录)  
确定护层尺寸的假设计算方法

A.1 概述

采用下述规定的电缆各种护层厚度的假设计算方法,是为了保证消除在单独计算中引起的任何差异,例如由于导体尺寸的假设以及标称直径和实际直径之间不可避免的差异。  
所有厚度值和直径都应按附录 C 中的规则修约到一位小数。  
扎带,例如反向螺旋绕包在铠装外的扎带,如果不厚于 0.3 mm,在此方法中忽略。

A.2 方法

A.2.1 导体

不考虑形状和紧压程度如何,每一标称截面导体的假设直径( $d_L$ )由表 A.1 给出。

表 A.1 导体的假设直径

| 导体标称截面<br>mm <sup>2</sup> | 导体的假设直径 $d_L$<br>mm |
|---------------------------|---------------------|
| 120                       | 12.4                |
| 150                       | 13.8                |
| 185                       | 15.3                |
| 240                       | 17.5                |
| 300                       | 19.5                |
| 400                       | 22.6                |
| 500                       | 25.2                |
| 630                       | 28.3                |
| 800                       | 31.9                |
| 1 000                     | 35.7                |

A.2.2 绝缘线芯

任何绝缘线芯的假设直径  $D_c$ 按公式(A.1):  
$$D_c = d_L + 2t_i \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:  
 $t_i$ ——绝缘的标称厚度,单位为毫米(mm)(见表 5 到表 6)。

A.2.3 防水层

防水层的直径( $D_f$ )应按公式(A.2)计算:  
$$D_f = D_c + 2t_f + 2t_1 \dots\dots\dots (A.2)$$



式中：

$t_f$ ——铝塑带的标称厚度；单位为毫米(mm)(见 5.4.2)；

$t_l$ ——聚乙烯的标称厚度，单位为毫米(mm)(见 5.4.2)。

A.2.4 隔火层

隔火层的直径( $D_B$ )应按公式(A.3)计算：

$$D_B = D_f + 2t_B \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$t_B$ ——隔火层的标称厚度；单位为毫米(mm)(见 5.5)

A.2.5 铠装

铠装外的假设直径( $D_x$ )应按公式(A.4)、(A.5)计算：

圆金属丝编织铠装

$$D_x = D_A + 4t_A \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$D_A$ ——铠装前直径，单位为毫米(mm)；

$t_A$ ——铠装金属丝的直径或厚度，单位为毫米(mm)；

金属带铠装

$$D_x = D_A + 2t_A \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

$D_A$ ——铠装前直径，单位为毫米(mm)；

$t_A$ ——铠装带厚度，单位为毫米(mm)。



附录 B  
(规范性附录)  
代号和产品表示方法

B.1 代号

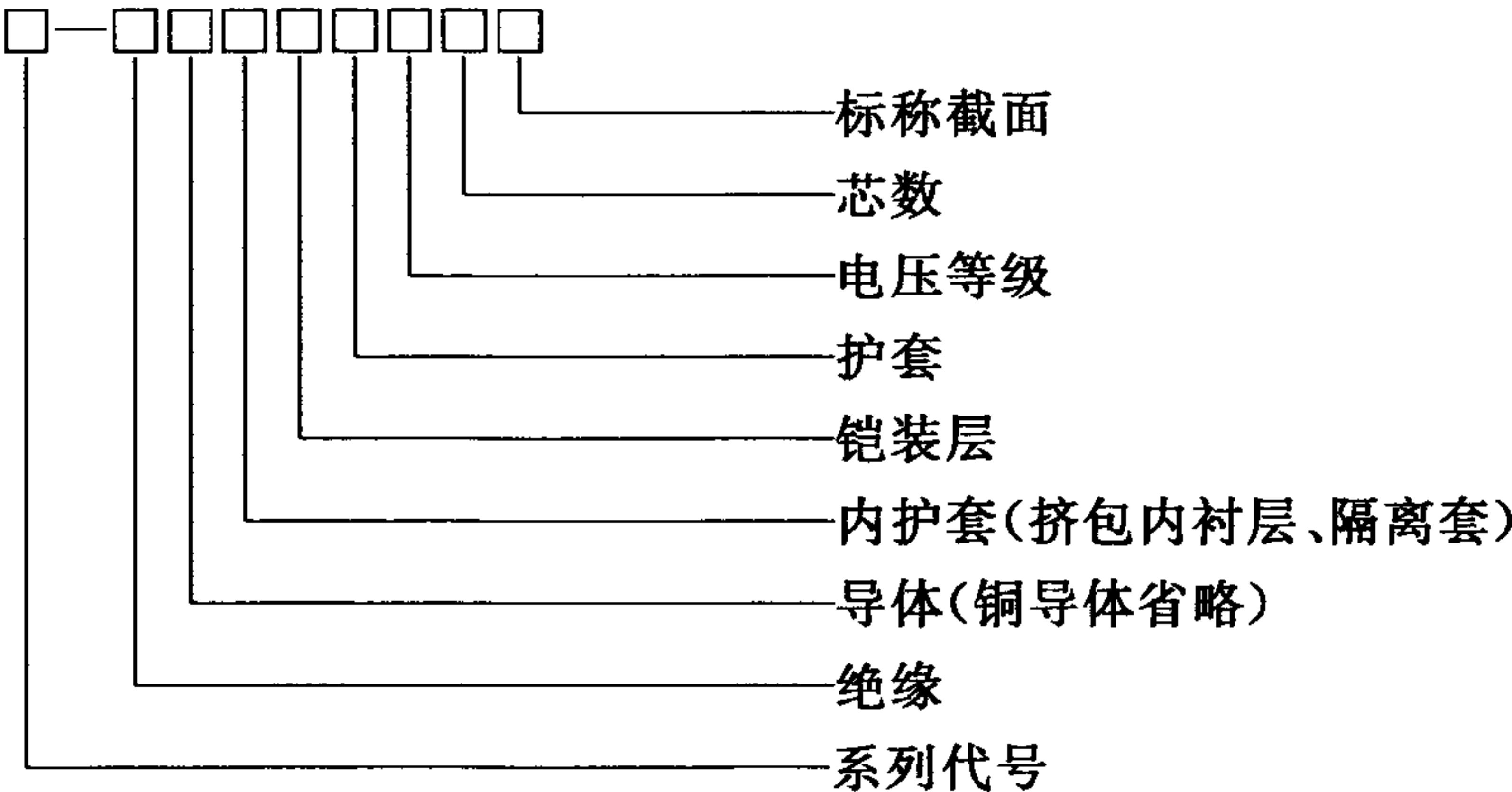
|                   |       |
|-------------------|-------|
| 系列代号:GD           |       |
| 导体代号              |       |
| 铜导体 .....         | (T)省略 |
| 绝缘代号              |       |
| 交联聚乙烯绝缘 .....     | YJ    |
| 乙丙橡胶绝缘 .....      | E     |
| 硬乙丙橡胶绝缘 .....     | HE    |
| 护套代号              |       |
| 热塑性护套 .....       | Y     |
| 热固性护套 .....       | G     |
| 铝塑综合护层聚乙烯护套 ..... | A     |
| 铠装代号              |       |
| 铜丝铠装.....         | 8     |
| 铜带铠装.....         | 3     |
| 铝带铠装.....         | 6     |
| 外护套代号             |       |
| 热塑性外护套.....       | 3     |
| 热固性外护套.....       | 4     |

B.2 产品表示方法

产品用型号(型号中有数字代号的电缆外护层,数字前的文字代号表示内护层)、规格(额定电压、芯数、标称截面)及标准编号表示。

B.3 产品型号组成

产品型号的组成和排列顺序如下:





B.4 产品表示示例

示例：城市轨道交通用铜芯交联聚乙烯绝缘铜带铠装聚烯烃护套直流牵引电力电缆，额定电压为 750 V，单芯，标称截面 400 mm<sup>2</sup> 表示为：

GD-YJY33 750V 1×400 GB/T 28429—2012；



附 录 C  
(规范性附录)  
数 值 修 约

C.1 假设计算法的数值修约

在按附录 A 计算假设直径和确定单元尺寸而对数值进行修约时,采用下述规则。

当任何阶段的计算值小数点后多于一位数时,数值应修约到一位小数,即精确到 0.1 mm 每一阶段的假设直径数值应修约到 0.1 mm,当用来确定包覆层厚度和直径时,在用到相应的公式表中去之前应先进行修约,按附录 A 要求从修约后的假设直径计算出的厚度应依次修约到 0.1 mm。

用下述实例来说明这些规则:

a) 修约前数据的第二位小数为 0、1、2、3、或 4 时则小数点后第一位保持不变(舍弃)。

例如:

$2.12 \approx 2.1$

$2.449 \approx 2.4$

$25.0478 \approx 25.0$

b) 修约前数据的第二位小数为 9、8、7、6 或 5 时则小数点后第一位小数应增加 1(进一)。

例如:

$2.17 \approx 2.2$

$2.453 \approx 2.5$

$30.050 \approx 30.1$

C.2 用作其他目的的数值修约

除 C.1 考虑的用途外,有可能有些数值要修约到多于一位小数,例如计算几次测量的平均值,或标称值加上一个百分率偏差以后的最小值。在这些情况下,应按有关条文修约到小数点后面的规定位数。这时,修约的方法为:

a) 如果修约前应保留的最后数值后一位数为 0、1、2、3 或 4 时,则最后数值应保持不变(舍弃)。

b) 如果修约前应保留的最后数值后一位数为 9、8、7、6 或 5 时,则最后数值加 1(进)。

例如:

$2.449 \approx 2.45$  修约到二位小数;

$2.449 \approx 2.4$  修约到一位小数;

$25.0478 \approx 25.048$  修约到三位小数;

$25.0478 \approx 25.05$  修约到二位小数;

$25.0478 \approx 25.0$  修约到一位小数。



附 录 D  
(规范性附录)  
浸水循环试验

D.1 试验布置

试验布置如图 D.1 和图 D.2。

单位为米

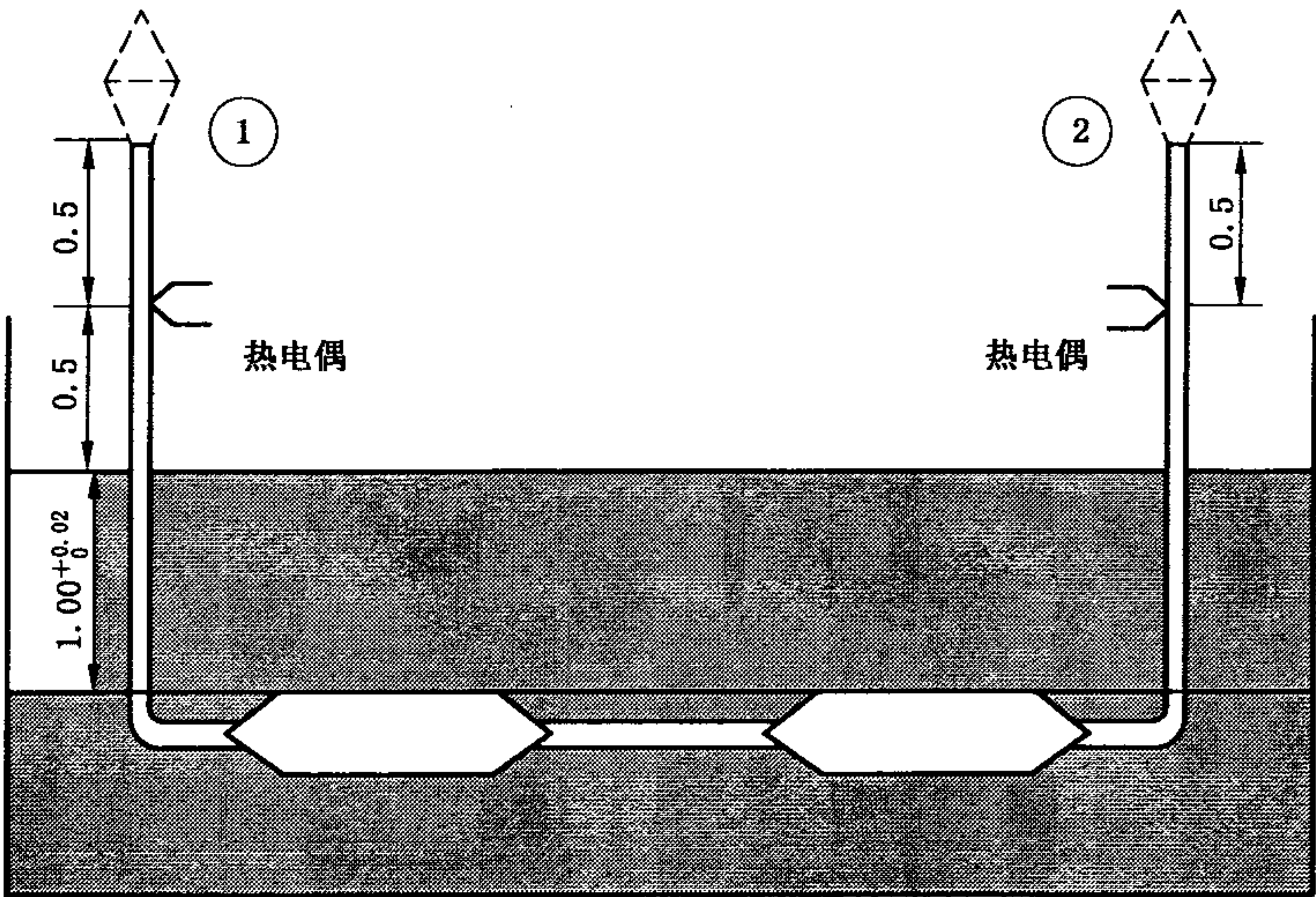


图 D.1

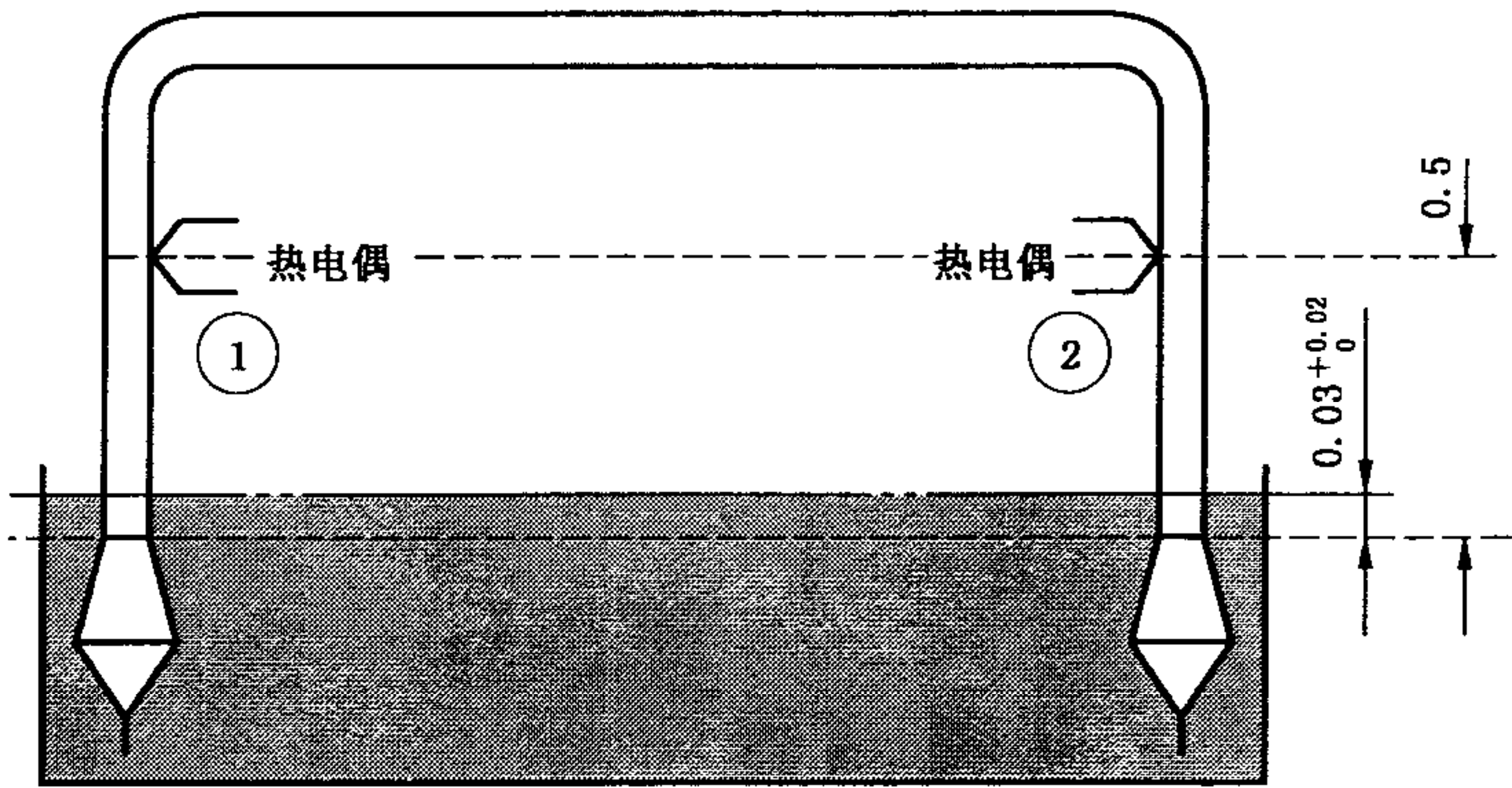


图 D.2



## D.2 试验方法

在导体上施加电流使用导体温度在 1 h 内达到正常运行温度以上 5 ℃~10 ℃,保持该温度 1 h 后,冷却 2 h 作为一次循环。重复以上步骤,进行 20 次循环。

循环结束后,试样应通过直流耐压试验,试验要求如下:

750 V 电缆附件:4.5 kV,5 min;

1 500 V 电缆附件:9 kV,5 min。



附录 E  
(规范性附录)  
机械冲击试验产品安装条件

E.1 试验装置

试验装置如图 E.1 所示,撞击块用钢制成,支撑架两侧有保证撞击块按规定方向自由降落的导轨,支撑架顶端装有起吊撞击块的滑轮。

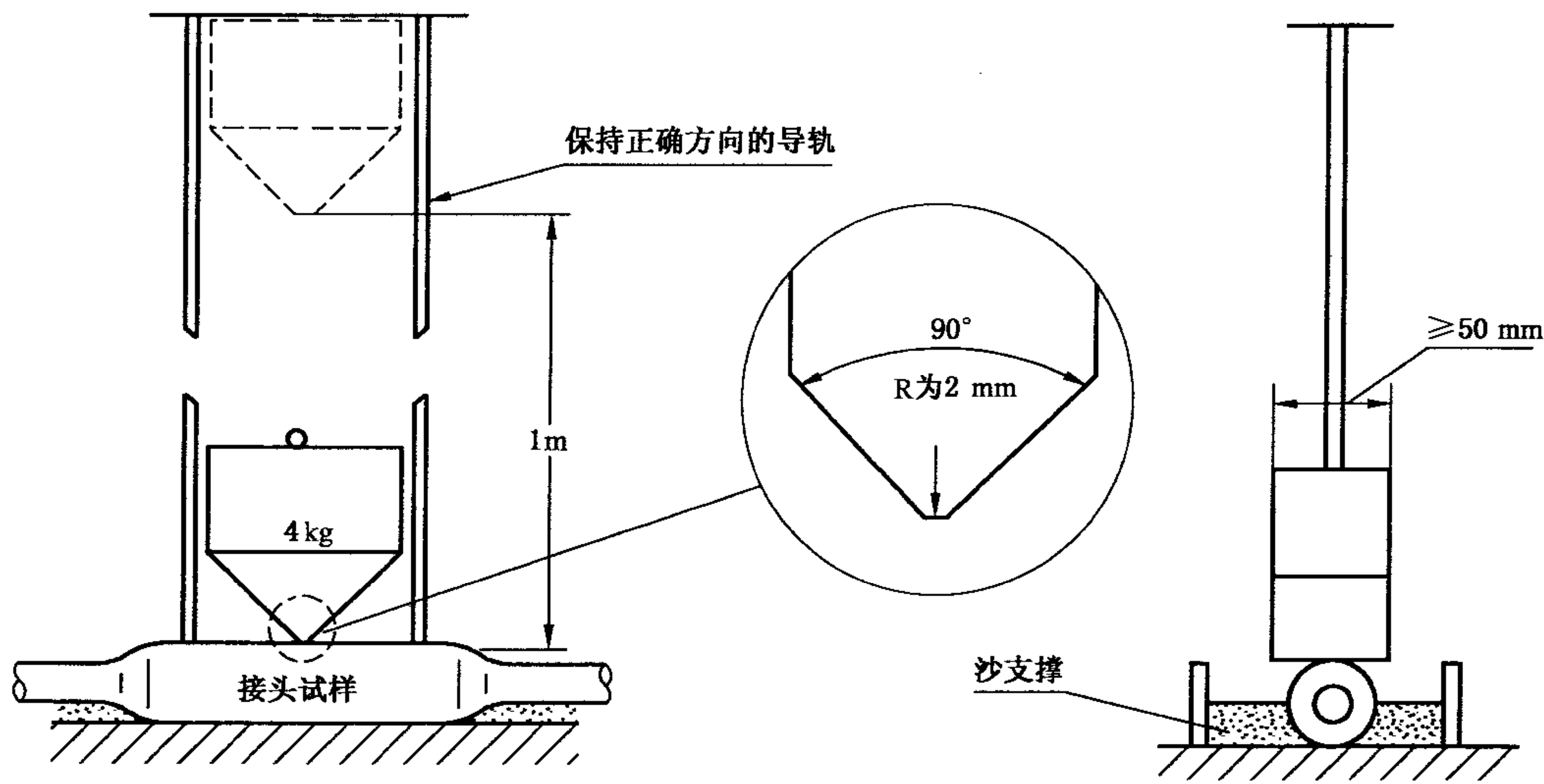


图 E.1 附件机械撞击试验装置

E.2 试验方法

E.2.1 撞击之前应测量导体与金属屏蔽之间的绝缘电阻,直流试验电压应为 100 V 到 1 000 V,施加足够长时间(不少于 1 min 和不多于 5 min),以达到适当稳定后测量。

E.2.2 按图 E.1 所示将被试附件安放在坚硬的基础(如水泥板)上,固定试样两端电缆,周围填沙,沙填到被试附件的水平中心线,确保试验过程中试样不致滚动。

E.2.3 提升撞击块到规定高度 1 m。

E.2.4 让撞击块自由降落到被试附件上,在降落过程中使撞击块下部刀口保持水平,并与被试附件轴线成直角。在附件的每个末端撞击一次,导体连接金具部位上面撞击一次。在附件末端撞击时,应在外护套切断处。

E.2.5 撞击试验以后,附件应浸在环境温度下的水中最少 3 h,附件的上表面离水面 1.00 m。按上述再次测量导体与金属屏蔽之间和金属屏蔽与水之间的绝缘电阻。

E.3 试验结果评定

经撞击试验后试样应无破裂和明显变形,密封保护层应无损坏或穿透,绝缘电阻无明显变化。



附录 F  
(资料性附录)  
电缆敷设时的环境温度

对于交联聚乙烯绝缘热塑性护套电缆,敷设时的环境温度不宜低于 0℃。对于 EPR 或 HEPR 绝缘热固性护套电缆,敷设时的环境温度不宜低于-15℃。

F.1 电缆敷设时的最小弯曲半径

电缆敷设时的最小允许弯曲半径见表 F.1。

表 F.1 电缆敷设时的最小弯曲半径

| 项 目                | 单芯 1、2 类导体电缆                 | 单芯 5、6 类导体电缆                      |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 敷设时的电缆最小弯曲半径       | 20 <i>D</i> (交联聚乙烯绝缘热塑性护套电缆) | 6 <i>D</i> (EPR 或 HEPR 绝缘热固性护套电缆) |
| 注: <i>D</i> 为电缆外径。 |                              |                                   |



附 录 G  
(规范性附录)

产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管

G.1 验收规则

G.1.1 产品应由制造方的质量检验部门检验合格方可出厂。每个出厂的包装件上应附有产品质量检验合格证。

G.1.2 产品应按本标准规定的试验项目进行试验验收。

G.2 成品电缆标志

成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号及额定电压的连续标志,标志应字迹清楚、容易辨认、耐擦。

成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3—2008 规定。

G.3 电缆包装、运输和保管

G.3.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137.1—1999 规定要求的电缆盘上交货。

电缆端头应可靠密封,伸出盘外的电缆端头应加保护罩,伸出的长度不应小于 300 mm。

质量不超过 80 kg 的短段电缆,可以成圈包装。

G.3.2 成盘电缆的电缆盘外侧的及成圈电缆的附加标签应标明:

- a) 制造厂名称或商标;
- b) 电缆型号和规格;
- c) 长度,m;
- d) 毛重,kg;
- e) 制造日期:年 月;
- f) 表示电缆盘正确滚动方向的符号;
- g) 本标准编号。

G.3.3 运输和保管应符合下列要求:

- a) 电缆应避免在露天存放,电缆盘不允许平放;
- b) 运输中严禁从高处扔下装有电缆的电缆盘,严禁机械损伤电缆;
- c) 吊装包装件时,严禁几盘同时吊装。在车辆、船舶等运输工具上,电缆盘必须放稳,并用合适方法固定,防止互撞或翻倒。



参 考 文 献

[1] IEC 60502-1:2004《额定电压 1 kV( $U_m=1.2$  kV)到 30 kV( $U_m=36$  kV)挤包绝缘电力电缆及其附件 第 1 部分:额定电压 1 kV( $U_m=1.2$  kV)和 3 kV( $U_m=3.6$  kV)电缆》第 2 版(英文版)(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV( $U<(\text{Index})_m\geq 1.2$  kV) up to 30 kV ( $U<(\text{Index})_m\geq 36$  kV)—Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV( $U<(\text{Index})_m\geq 1.2$  kV) and 3 kV( $U<(\text{Index})_m\geq 3.6$  kV))

---



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
轨道交通

1 500 V 及以下直流牵引

电力电缆及附件

GB/T 28429—2012

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

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 2.75 字数 73 千字  
2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-45510

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)68510107



GB/T 28429-2012