

# 中华人民共和国国家标准

## 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 2 部分:额定电压 6 kV ( $U_m=7.2$ kV) 到 30 kV ( $U_m=36$ kV) 电缆

GB/T 12706.2—2002  
eqv IEC 60502-2:1997

代替 GB 12706.1—1991  
GB 12706.2—1991  
GB 12706.3—1991

**Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m=1.2$  kV) up to 35 kV ( $U_m=40.5$  kV)—  
Patr 2: Cables for rated voltages from 6 kV ( $U_m=7.2$  kV) up to 30 kV ( $U_m=36$  kV)**

### 1 范围

本标准规定了用于配电网或工业装置中,额定电压 6 kV 到 30 kV 固定安装的挤包绝缘电力电缆的结构、尺寸和试验要求。

本标准不包括在特殊条件下安装和使用的电缆,如架空电缆、矿用电缆、核电站用电缆(用于污秽区)、海底电缆或船用电缆。

### 2 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为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。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。

GB 156—1993 标准电压(neq IEC 60038:1983)

GB/T 2951.1—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 1 节:厚度和外形尺寸测量——机械性能试验(idt IEC 60811-1-1:1993)

GB/T 2951.2—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 2 节:热老化试验方法(idt IEC 60811-1-2:1985)

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(idt IEC 60811-1-3:1993)

GB/T 2951.4—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 4 节:低温试验(idt IEC 60811-1-4:1985)

GB/T 2951.5—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 2 部分:弹性体混合料专用试验方法 第 1 节:耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验(idt IEC 60811-2-1:1986)

GB/T 2951.6—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分:聚氯乙烯混合料专用试验方法 第 1 节:高温压力试验——抗开裂试验(idt IEC 60811-3-1:1985)

GB/T 2951.7—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分:聚氯乙烯混合料专用试验

- 方法 第2节:失重试验 热稳定性试验(idt IEC 60811-3-2:1985)
- GB/T 2951.8—1997 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1节:耐环境应力开裂试验——空气热老化后的卷绕试验——熔体指数测量方法——聚乙烯中炭黑和/或矿物质填料含量的测量方法(idt IEC 60811-4-1:1985)
- GB/T 3048.12—1994 电线电缆电性能试验方法 局部放电试验(neq IEC 60885-3:1988)
- GB/T 3048.13—1992 电线电缆 冲击电压试验方法(neq IEC 60060-1~60060-4:1973)
- GB/T 3956—1997 电缆的导体(idt IEC 60228:1978)
- GB 6995.3—1986 电线电缆识别标志 第3部分:电线电缆识别标志(neq IEC 60227:1979)<sup>1)</sup>
- GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第1部分:一般试验要求(eqv IEC 60060-1:1989)
- GB/T 12706.1—2002 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(eqv IEC 60502-1:1997)
- GB/T 18380.1—2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第1部分:单根绝缘电线或电缆的垂直燃烧试验方法(idt IEC 60332-1:1993)
- JB/T 8137—1999 电线电缆交货盘<sup>1)</sup>
- JB/T 8996—1999 高压电缆选择导则(eqv IEC 60183:1984)
- IEC 60885-2:1987 电缆电性能试验方法 第2部分:局部放电试验
- IEC 60986:1989 额定电压1.8/3.6 kV到18/30(36) kV电缆允许短路温度导则
- ISO 48:1994 交联型或热塑型橡胶硬度确定(硬度在10 IRHD和100 IRHD之间)

### 3 定义

本标准采用下列定义:

#### 3.1 尺寸值(厚度,截面积等)定义

##### 3.1.1 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量值考虑规定公差,通过测量进行检验。

##### 3.1.2 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。

##### 3.1.3 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。

##### 3.1.4 假设值 fictitious value

按附录A(标准的附录)计算所得的值。

#### 3.2 有关试验的定义

##### 3.2.1 例行试验 routine tests

由制造方在成品电缆的所有制造长度上进行的试验,以检验所有电缆是否符合规定的要求。

##### 3.2.2 抽样试验 sample tests

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。

采用说明:

1) 这两项标准由本标准补充的“附录H(标准的附录)”中引用。

### 3.2.3 型式试验 type tests

按一般商业原则对本标准所包含的一种类型电缆在供货之前所进行的试验,以证明电缆具有能满足预期使用条件的良好性能。该试验的特点是:除非电缆材料或设计或制造工艺的改变可能改变电缆的特性,试验做过以后就不需要重做。

### 3.2.4 安装后电气试验 electrical tests after installation

用以证明安装后的电缆及其附件完好的试验。

## 4 电压表示方法和材料及电缆型号和产品表示方法<sup>1)</sup>

### 4.1 额定电压

本标准中电缆的额定电压  $U_0/U(U_m)$  表示方法如下:

$U_0/U(U_m) = 3.6/6(7.2) - 6/6(7.2) - 6/10(12) - 8.7/10(12) - 8.7/15(17.5) - 12/20(24) - 18/30(36) \text{ kV}$ 。<sup>2)</sup>

注1:上述电压的表示方法是合适的。尽管在一些国家采用其他的表示方法。例如:3.5/6—5.8/10—11.5/20—17.3/30 kV。

在电缆的电压表示方法  $U_0/U(U_m)$  中:

$U_0$ : 电缆设计用的导体对地或金属屏蔽之间的额定工频电压;

$U$ : 电缆设计用的导体间的额定工频电压;

$U_m$ : 设备可承受的“最高系统电压”的最大值(见 GB 156)。

电缆的额定电压应适合电缆所在系统的运行条件。为了便于选择电缆,将系统划分为下列三类。

——A类:任一相导体与地或接地导体接触时,能在1 min内与系统分离。

——B类:可在单相接地故障时作短时运行,根据 JB/T 8996 规定,接地故障时间不宜超过1 h,对于本标准包括的电缆允许更长的带故障运行时间,但在任何情况下不宜超过8 h,每年接地故障总持续时间不宜超过125 h。

——C类:包括不属于A类、B类的系统。

注2:应该认识到,在系统接地故障不能立即自动解除时,故障期间加在电缆绝缘上过高的电场强度,会在一定程度上缩短电缆寿命。如系统预期会经常地运行在持久的接地故障状态下,该系统应划为C类。

用于三相系统的电缆,  $U_0$  的推荐值列于表1。

表1 额定电压  $U_0$  推荐值

系统最高电压 $U_m$ / kV	额定电压 $U_0$ / kV		
	A类	B类	C类
7.2		3.6	6.0
12.0		6.0	8.7
17.5		8.7	12.0
24.0		12.0	18.0
36.0		18.0	—

### 4.2 绝缘混合料

本标准所涉及绝缘混合料及其代号列于表2。

采用说明:

1) “电缆型号和产品表示方法”为本标准所作补充。

2) 电缆的额定电压表示方法中“6/6(7.2) kV, 8.7/10(12) kV”为本标准所作补充,符合表1中“C”类规定。

表 2 绝缘混合料

绝缘混合料	代 号
a) 热塑性的 用于额定电压 $U_0/U=3.6/6$ kV 电缆的聚氯乙烯	PVC/B <sup>1)</sup>
b) 热固性的 乙丙橡胶或类似绝缘混合料(EPR 或 EPDM) 高弹性模数或高硬度乙丙橡胶 交联聚乙烯	EPR HEPR XLPE
1) 聚氯乙烯绝缘混合料用于额定电压 $U_0/U \leq 1.8/3$ kV 电缆时,在 GB/T 12706.1 中表示为 PVC/A。	

本标准所包括的各种绝缘混合料的导体最高温度列于表 3。

表 3 各种绝缘混合料的导体最高温度

绝缘混合料	导体最高温度/ ℃	
	正常运行	短路(最长持续 5 s)
聚氯乙烯(PVC/B)		
导体截面 $\leq 300$ mm <sup>2</sup>	70	160
导体截面 $> 300$ mm <sup>2</sup>	70	140
交联聚乙烯(XLPE)	90	250
乙丙橡胶(EPR 和 HEPR)	90	250

表 3 中的温度由绝缘材料混合料的固有特性决定,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。

例如在正常运行条件下,如果电缆直接埋入地下,按表中所规定的导体最高温度作连续负荷(100% 负荷因数)运行,电缆周围的土壤热阻系数经过一定时间后,会因干燥而超过原始值,因此导体温度可能大大地超过最高温度,如果能预料这类运行条件,应当采取适当的预防措施。

作为短路温度的指导应参照 IEC 60986 标准规定。

#### 4.3 护套混合料

本标准中不同类型护套混合料电缆的导体最高温度列于表 4 中。

表 4 不同类型护套混合料电缆的导体最高温度

护套混合料	代 号	正常运行时导体最高温度/ ℃
a) 热塑性		
聚氯乙烯(PVC)	ST <sub>1</sub>	80
	ST <sub>2</sub>	90
聚乙烯	ST <sub>3</sub>	80
	ST <sub>7</sub>	90
b) 弹性体		
氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯或类似聚合物	SE <sub>1</sub>	85

#### 4.4 电缆型号和产品表示方法<sup>1)</sup>

电缆型号和产品表示方法应符合附录 F(标准的附录)规定。

采用说明:

1) 此条文及附录 F(标准的附录)为本标准所作补充。

## 5 导体

导体应是符合 GB/T 3956 的第 1 种或第 2 种裸退火铜导体或镀金属层退火铜导体,或这两种之一的裸铝导体或铝合金导体。第 2 种导体也可以是纵向阻水结构。

## 6 绝缘

## 6.1 材料

绝缘为表 2 所列的各类挤包固体介质的一种。

## 6.2 绝缘厚度

绝缘标称厚度在表 5 到表 7 中规定。

注:表 6 和表 7 中额定电压 6/6 kV、8.7/10 kV 电缆分别与 6/10 kV、8.7/15 kV 电缆结构完全相同,详见表 1 规定。<sup>1)</sup>

导体或绝缘外面的任何隔离层或半导体屏蔽层的厚度应不包括在绝缘厚度之中。

表 5 PVC/B 绝缘标称厚度

导体标称截面/ mm <sup>2</sup>	在额定电压 $U_0/U(U_m)$ 下的绝缘标称厚度 / mm	
	3.6/6(7.2) kV	
10~1 000	3.4	

注:不推荐任何小于上面给出的导体截面。然而,如果需要更小的截面的话,或可用导体屏蔽来增加导体的直径(见 7.1),或增加绝缘厚度以限制在试验电压下加于绝缘的最大电场强度,此数值是按表中推荐的最小导体尺寸计算得出。

表 6 交联聚乙烯(XLPE)绝缘标称厚度

导体标称截面/ mm <sup>2</sup>	在额定电压 $U_0/U(U_m)$ 下的绝缘标称厚度/ mm				
	3.6/6(7.2) kV	6/6(7.2), 6/10(12) kV	8.7/10(12), 8.7/15(17.5) kV	12/20(24) kV	18/30(36) kV
10	2.5	—	—	—	—
16	2.5	3.4	—	—	—
25	2.5	3.4	4.5	—	—
35	2.5	3.4	4.5	5.5	—
50~185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0
400	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500~1 000	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0

注:不推荐任何小于上面给出的导体截面。然而,如果需要更小的截面的话,或可用导体屏蔽来增加导体的直径(见 7.1),或增加绝缘厚度以限制在试验电压下加于绝缘的最大电场强度,此数值是按表中推荐的最小导体尺寸计算得出。

采用说明:

1) 目前国内生产 6/6 kV 及 8.7/10 kV 两个额定电压产品,本标准作此补充。

表 7 乙丙橡胶(EPR)和硬乙丙橡胶(HEPR)绝缘标称厚度

导体标称截面/ mm <sup>2</sup>	额定电压 $U_0/U(U_m)$ 下的绝缘标称厚度/ mm					
	3.6/6(7.2) kV		6/6(7.2), 6/10(12) kV	8.7/10(12), 8.7/15(17.5) kV	12/20(24) kV	18/30(36) kV
	无屏蔽	有屏蔽				
10	3.0	2.5	—	—	—	—
16	3.0	2.5	3.4	—	—	—
25	3.0	2.5	3.4	4.5	—	—
35	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	—
50~185	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0
240	3.0	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0
300	3.0	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0
400	3.0	3.0	3.4	4.5	5.5	8.0
500~1 000	3.2	3.2	3.4	4.5	5.5	8.0

注：不推荐任何小于上面给出的导体截面。然而，如果需要更小的截面的话，或可用导体屏蔽来增加导体的直径（见 7.1），或增加绝缘厚度以限制在试验电压下加于绝缘的最大电场强度，此数值是按表中推荐的最小导体尺寸计算得出。

## 7 屏蔽

所有电缆的绝缘线芯上必须有金属屏蔽，可以在单根绝缘线芯上也可在几根绝缘线芯上包覆金属屏蔽。

当单芯和三芯电缆绝缘线芯需要屏蔽时，应由导体屏蔽和绝缘屏蔽组成，除下列两种电缆外，其他电缆均应有屏蔽。

a) 额定电压 3.6/6(7.2) kV EPR 和 HEPR 绝缘电缆，如用绝缘厚度较大的一种结构时，可用无屏蔽结构，详见表 7；

b) 额定电压 3.6/6(7.2) kV PVC 绝缘电缆采用无屏蔽结构。

电缆屏蔽除应符合本章规定外，还应符合附录 G(标准的附录)的规定。<sup>1)</sup>

### 7.1 导体屏蔽

导体屏蔽应是非金属的，由挤包的半导体料或在导体上先包半导体带再挤包半导体料组成，挤包的半导体料应和绝缘紧密结合。

### 7.2 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应由非金属半导体层与金属层组合而成。

每根绝缘线芯上应直接挤包与绝缘线芯紧密结合或可剥离的非金属半导体层。

然后对每根绝缘线芯或缆芯也可绕包一层半导体带或挤包半导体料。

金属屏蔽层应包覆在每根绝缘线芯或缆芯的外面，并应符合第 10 章的规定。

## 8 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充物

三芯电缆的缆芯与电缆的额定电压及每根绝缘线芯上有否金属屏蔽层有关。

下述 8.1 到 8.3 不适用于有护套的单芯电缆的缆芯。

### 8.1 内衬层与填充物

#### 8.1.1 结构

采用说明：

1) 此规定为本标准所作补充。

内衬层可以挤包或绕包。

圆形绝缘线芯电缆只有在绝缘线芯间的间隙被密实填充时,才可采用绕包内衬层。

挤包内衬层前允许用合适的带子扎紧。

#### 8.1.2 材料

用于内衬层和填充物的材料应适合电缆的运行温度并和电缆绝缘材料相兼容。

#### 8.1.3 挤包内衬层厚度

挤包内衬层的近似厚度应从表 8 中选取。

表 8 挤包内衬层厚度

缆芯假设直径 $d$ / mm	挤包内衬层厚度近似值/ mm
$d \leq 25$	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

#### 8.1.4 绕包内衬层厚度

缆芯假设直径为 40 mm 及以下时,绕包内衬层的近似厚度取 0.4 mm;如大于 40 mm 时,则取 0.6 mm。

#### 8.2 具有统包金属层的电缆(见第 9 章)

电缆的缆芯外应包覆内衬层。内衬层和填充物应符合 8.1 规定。除纵向阻水型电缆外,内衬层应采用非吸湿材料。

如果电缆的每个绝缘线芯均采用半导体屏蔽并统包金属层时,其内衬层应采用半导体材料,填充物也可采用半导体材料。

#### 8.3 具有分相金属层的电缆(见第 10 章)

各个绝缘线芯的金属层应相互接触。

若电缆分相金属屏蔽芯外具有同样金属材料的统包金属层(见第 9 章),电缆的缆芯外应包覆内衬层,内衬层和填充物应符合 8.1 规定。除纵向阻水型电缆外,内衬层和填充物应采用非吸湿性材料。内衬层和填充物也可采用半导体材料。

当分相与统包金属层采用的金属材料不同时,应采用符合 14.2 中规定的任一种材料挤包隔离套将其隔开。对于铅套电缆,铅套与分相包覆的金属层之间的隔离,应采用符合 8.1 规定的内衬层。

若电缆没有统包金属层(见第 9 章),只要电缆外形保持圆整,可以省略内衬层。

### 9 单芯或三芯电缆的金属层

本标准包括以下类型的金属层:

- a) 金属屏蔽(见第 10 章);
- b) 同心导体(见第 11 章);
- c) 金属套(见第 12 章);
- d) 金属铠装(见第 13 章)。

金属层应为上述的一种或几种型式,包覆在三芯电缆的每个绝缘线芯或单芯电缆上时应采用非磁性材料。

也可采取某些措施使金属层周围具有纵向阻水性能。

## 10 金属屏蔽

### 10.1 结构

金属屏蔽应由一根或多根金属带或金属编织或金属丝的同心绞合层或金属丝与金属带的组合结构组成。

金属屏蔽可以是金属套或是在统包屏蔽情况下符合 10.2 的铠装。

选择金属屏蔽材料时,应特别考虑存在腐蚀的可能性,这不仅为了机械安全,而且也为了电气安全。

金属屏蔽绕包的搭盖和间隙应符合本标准附录 G(标准的附录)中 G4.2 和 G4.3 规定。

### 10.2 要求

金属屏蔽的尺寸应符合本标准附录 G(标准的附录)中 G4.2 和 G4.3 规定;金属屏蔽中铜丝的电阻要求应符合 GB/T 3956 规定。

### 10.3 不带半导体层的金属屏蔽

额定电压为 3.6/6(7.2) kV PVC、EPR 和 HEPR 绝缘,采用金属屏蔽时不需要有半导体层。

## 11 同心导体

### 11.1 结构

选用同心导体结构和材料时,应特别考虑存在腐蚀的可能性,这不仅为了机械安全,而且也为了电气安全。

### 11.2 要求

同心导体的尺寸、物理性能及其电阻值等要求,应符合 GB/T 3956 规定。

### 11.3 使用

电缆如采用同心导体结构,可在三芯电缆的内衬层上,对单芯电缆也可以直接在绝缘上、半导体绝缘屏蔽层上或适当的内衬层上包覆同心导体层。

## 12 金属套

### 12.1 铅套

铅套可采用铅或铅合金,铅套应紧密地挤包在电缆上。

其标称厚度按下列公式计算:

a) 所有单芯电缆或缆芯:

$$t_{pb} = 0.03D_g + 0.8$$

b) 所有 8.7/15 kV 及以下扇形导体电缆:

$$t_{pb} = 0.03D_g + 0.6$$

c) 所有其他电缆:

$$t_{pb} = 0.03D_g + 0.7$$

式中:  $t_{pb}$ ——铅套标称厚度,mm;

$D_g$ ——铅套前假设直径,mm(按附录 B(标准的附录)修约到一位小数)。

在所有情况下,最小标称厚度应为 1.2 mm。将计算值按附录 B(标准的附录)修约到一位小数。

### 12.2 其他金属套

正在考虑中。

## 13 金属铠装

### 13.1 金属铠装类型

本标准包括铠装类型如下:



- a) 扁金属丝铠装;
- b) 圆金属丝铠装;
- c) 双金属带铠装。

### 13.2 材料

圆金属丝或扁金属丝应是镀锌钢丝,铜丝或镀锡铜丝,铝或铝合金丝。

金属带为钢带、镀锌钢带、铝或铝合金带,钢带应采用具有商品质量认可的热轧或冷轧钢带。

在要求铠装钢丝满足最小导电性的情况下,允许在铠装层中嵌入足够的铜丝或镀锡铜丝,并确保达到这项要求。

选择铠装材料时,尤其是铠装作为屏蔽层使用时,应特别考虑存在腐蚀的可能性,这不仅为了机械安全,而且也为了电气安全。

除特殊结构外,用于交流回路的单芯电缆铠装应采用非磁性材料。

注:用于交流回路的单芯电缆铠装如采用某种特殊结构,电缆载流量仍将大为降低,应慎重选用。<sup>1)</sup>

### 13.3 铠装的使用

#### 13.3.1 单芯电缆

单芯电缆如果没有屏蔽,其铠装层之下应有一层符合 8.1.3 或 8.1.4 规定厚度的挤包或绕包内衬层。

#### 13.3.2 三芯电缆

三芯电缆需要铠装时,铠装应包覆在符合 8.1 规定的内衬层上。

#### 13.3.3 隔离套

当铠装下的金属层与铠装材料不同时,必须用 14.2 中规定的一种材料,挤包一层隔离套将其隔开。

铅套电缆如有铠装层时,应采用隔离套或符合 13.3.4 规定的包带垫层。

如果在铠装层下采用隔离套,可以由其代替内衬层或附加在内衬层上。

在金属层外具有纵向阻水结构的电缆不需要采用隔离套。

挤包隔离套的标称厚度  $T_s$  (以 mm 计)应按下列公式计算:

$$T_s = 0.02D_0 + 0.6$$

式中:  $D_0$ ——挤包该隔离套前的假设直径(mm)。

计算按附录 A(标准的附录)所述进行,计算结果修约到 0.1 mm(见附录 B(标准的附录))。

非铅套电缆的隔离套标称厚度应不小于 1.2 mm,若隔离套直接挤包在铅套上,隔离套的标称厚度应不小于 1.0 mm。

#### 13.3.4 铅套铠装电缆的包带垫层

铅套涂层外的包带垫层可采用浸渍纸带或两层浸渍纸带与一层或多层复合浸渍纤维材料的组合结构。

垫层浸渍剂为沥青或其他防腐剂,对于金属丝铠装,浸渍剂不能直接加到金属丝上。

也可采用合成材料带代替浸渍纸带。

铅套和铠装之间的包带垫层,在铠装后总厚度的近似值应为 1.5 mm。

### 13.4 铠装金属丝和铠装金属带的尺寸

铠装金属丝和铠装金属带应优先采用下列标称尺寸:

圆金属丝:直径 0.8,1.25,1.6,2.0,2.5,3.15 mm;

扁金属丝:厚度 0.8 mm;

采用说明:

1) 前版标准实施中,采用某种特殊结构铠装的单芯电缆用于交流回路时均出现载流量大为降低的现象,为此,本标准补充此注释。

钢带:厚度 0.2,0.5,0.8 mm;

铝或铝合金带:厚度 0.5,0.8 mm。

### 13.5 电缆直径与铠装层尺寸的关系

圆铠装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 9 和表 10 规定的数值。

表 9 圆铠装金属丝标称直径

铠装前假设直径 $d$ / mm	铠装金属丝标称直径/ mm
$d \leq 10$	0.8
$10 < d \leq 15$	1.25
$15 < d \leq 25$	1.6
$25 < d \leq 35$	2.0
$35 < d \leq 60$	2.5
$60 < d$	3.15

表 10 铠装金属带标称厚度

铠装前假设直径 $d$ / mm	金属带标称厚度/ mm	
	钢带或镀锌钢带	铝或铝合金带
$d \leq 30$	0.2	0.5
$30 < d \leq 70$	0.5	0.5
$70 < d$	0.8	0.8

铠装前电缆假设直径大于 15 mm 的电缆,扁金属丝的标称厚度应取 0.8 mm。电缆假设直径为 15 mm 及以下时,不应采用扁金属丝铠装。

### 13.6 圆金属丝或扁金属丝铠装

金属丝铠装应紧密,即使相邻金属丝间的间隙为最小。必要时,可在扁金属丝铠装和圆金属丝铠装外疏绕一条最小标称厚度为 0.3 mm 的镀锌钢带,钢带厚度的偏差应符合 17.7.3 规定。

### 13.7 双金属带铠装

采用金属带铠装时,内衬层厚度除应按 8.1 规定选用外,还应同时采用包带垫层加强。如果铠装金属带厚度为 0.2 mm,内衬层和附加包带垫层的总厚度应按 8.1 的规定值再加 0.5 mm;如果铠装金属带厚度大于 0.2 mm,内衬层和附加包带垫层的总厚度应按 8.1 的规定值再加 0.8 mm。

内衬层和附加包带垫层的总厚度不得小于规定值的 80%—0.2 mm。

如果有隔离套或挤包的內衬层并且满足 13.3.3 规定时,则不必加包带垫层。

金属带铠装应螺旋绕包两层,外层金属带的中间大致在内层金属带间隙上方,包带间隙应不大于金属带宽度的 50%。

## 14 外护套

### 14.1 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,允许采用黑色以外的其他颜色,以适应电缆使用的特定条件。

### 14.2 材料

外护套为热塑性护套料(聚氯乙烯或聚乙烯)或弹性体护套料(聚氯丁烯,氯磺化聚乙烯或类似聚合物)。

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)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。

注:添加剂不希望采用<sup>1)</sup>,例如:

氯甲桥萘(艾氏剂):1,2,3,4,10,10-六氯代-1,4,4a,5,8,8a-六氢化-1,4,5,8-二甲桥萘;

氧桥氯甲桥萘(狄氏剂):1,2,3,4,10,10-六氯代-6,7-环氧-1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-1,4,5,8-二甲桥萘;

六氯化苯(高丙体六六六):1,2,3,4,5,6-六氯代-环乙烷 $\gamma$ 异构体。

### 14.3 厚度

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

$$T_s = 0.035D + 1.0$$

式中: $D$ ——挤包护套前电缆的假设直径,mm(见附录 A(标准的附录))。

按上式计算出的数值应修约到 0.1 mm(见附录 B(标准的附录))。

无铠装的电缆和护套不直接包覆在铠装、金属屏蔽或同心导体上的电缆,其单芯电缆护套的标称厚度应不小于 1.4 mm,多芯电缆护套的标称厚度应不小于 1.8 mm。

护套直接包覆在铠装、金属屏蔽或同心导体上的电缆,护套的标称厚度应不小于 1.8 mm。

## 15 试验条件

### 15.1 环境温度

除非另有规定,试验应在环境温度(20±15)℃下进行。

### 15.2 工频试验电压的频率和波形

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

### 15.3 冲击试验电压的波形

按 GB/T 3048.13 规定,冲击波的波前时间为 1 μs~5 μs,半峰值时间为 40 μs~60 μs。其他方面与 GB/T 16927.1 规定一致。

## 16 例行试验

### 16.1 概述

例行试验通常应在每一个电缆制造长度上进行(见 3.2.1)。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或采用其他的试验方法。

本标准规定的例行试验为:

- a) 导体电阻测量(见 16.2);
- b) 在按 7.1 和 7.2 规定的导体屏蔽和绝缘屏蔽间的电缆绝缘线芯上的局部放电试验(见 16.3);
- c) 电压试验(见 16.4)。

### 16.2 导体电阻

应对例行试验中的每一根电缆长度所有导体进行测量,如果有同心导体的话也包括在内。

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 规定的公式和系数校正到 20℃下 1 km 长度的数值。

每一根导体 20℃时的直流电阻应不超过 GB/T 3956 规定的相应的最大值。适用时,同心导体的电阻也应符合 GB/T 3956 规定。

### 16.3 局部放电试验

1) 来源:《工业材料中的危险品》N. I. Sax, 第五版, Van Nostrand Reinhold ISBN 0-442-27373-8。

应按 GB/T 3048.12 规定进行局部放电试验。

三芯电缆的所有绝缘线芯都要进行试验,电压施加于每一根导体和金属屏蔽之间。

在  $1.73U_0$  电压下局部放电量应不超过 10 pC。

#### 16.4 电压试验

##### 16.4.1 概述

电压试验应在环境温度下进行。采用工频交流电压。

##### 16.4.2 单芯电缆试验步骤

单芯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。

##### 16.4.3 三芯电缆试验步骤

对分相金属屏蔽的三芯电缆,应在每一根导体与金属屏蔽层之间施加电压,时间为 5 min。

对非分相金属屏蔽的三芯电缆,应依次在每一根绝缘导体对其他所有导体及统包金属屏蔽层(若有)之间施加试验电压 5 min。

三芯电缆也可采用三相变压器,一次完成试验。

##### 16.4.4 试验电压

工频试验电压为  $3.5U_0$ ,对应标准额定电压的单相试验电压值如表 11。

表 11 例行试验电压

额定电压 $U_0$ / kV	3.6	6	8.7	12	18
试验电压 / kV	12.5	21	30.5	42	63

若用三相变压器同时对三芯电缆进行电压试验,相间试验电压应取表 11 所列数据的 1.73 倍。

在任何情况下,电压都应逐渐升高到规定值。

##### 16.4.5 要求

绝缘应无击穿。

#### 17 抽样试验

##### 17.1 概述

本标准要求的抽样试验包括:

- 导体检查(见 17.4);
- 尺寸检查(见 17.5 至 17.8);
- 额定电压高于 3.6/6(7.2) kV 电缆的电压试验(见 17.9);
- EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘及弹性体护套的热延伸试验(见 17.10)。

##### 17.2 抽样试验的频度

###### 17.2.1 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%。

###### 17.2.2 电气和物理试验

按商定的质量控制协议,在制造长度电缆上取样进行试验。若无协议,在三芯电缆总长度大于 2 km 或单芯电缆总长度大于 4 km 时,可按表 12 进行试验。

表 12 抽样试验样品数量

电缆长度 $L$ / km		样品数
多芯电缆	单芯电缆	
$2 < L \leq 10$	$4 < L \leq 20$	1
$10 < L \leq 20$	$20 < L \leq 40$	2
$20 < L \leq 30$	$40 < L \leq 60$	3
余类推	余类推	余类推

### 17.3 复试

如果任一试样不符合第 17 章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。必须两个附加试样都合格,则该批电缆才符合本标准要求。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。

### 17.4 导体检查

按 GB/T 3956 规定的导体结构要求应采用目测,如有可能可采用测量方法进行检查。

### 17.5 绝缘和非金属护套厚度的测量(包括挤包隔离套但不包括挤包内衬层)

#### 17.5.1 概述

应按 GB/T 2951.1—1997 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。

#### 17.5.2 对绝缘的要求

每一段绝缘线芯,其绝缘厚度测量值的平均值按附录 B(标准的附录)修约到 0.1 mm 后,应不小于规定的标称厚度;最小测量值应不低于规定标称值的 90%—0.1 mm,即:

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

式中:  $t_m$ ——最小厚度,mm;

$t_n$ ——标称厚度,mm。

#### 17.5.3 对非金属护套要求

护套应符合下列要求:

a) 包覆在光滑圆柱体(例如挤包内衬层、金属套或绝缘)表面的外护套,其厚度测量值的平均值,按附录 B(标准的附录)修约到 0.1 mm,应不小于规定的标称厚度,其最小测量值应不低于规定标称值的 85%—0.1 mm。即:

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

b) 包覆在不规则圆柱体表面的护套(例如没有内衬层的无铠装三芯电缆护套;挤入缆芯空隙,或者直接包覆在铠装上,金属屏蔽上或同心导体上的护套)和隔离套的厚度。其最小测量值应不低于规定标称值的 80%—0.2 mm。即:

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

### 17.6 铅套厚度测量

应根据制造方的意见选用下列方法之一测量铅套厚度。铅套厚度应不低于规定标称值的 95%—0.1 mm。即:

$$t_m \geq t_n - (0.1 + 0.05t_n)$$

注:其他类型金属套厚度测量方法在考虑中。

#### 17.6.1 窄条法

应使用平头千分尺测量,测量头平面直径为 4 mm~8 mm,测量精度为 ±0.01 mm。

从电缆上取下 50 mm 长的护套试样,对其进行测量。试样应沿轴向剖开并仔细展平,将试样擦拭干

净后,应沿展平的试样的圆周方向距边缘至少 10 mm 进行测量。应测取足够多的数值,以保证测量到最小厚度。

#### 17.6.2 圆环法

测量时应使用具有一个平测头和一个球形测头的千分尺,或具有一个平测头和一个长为 2.4 mm、宽为 0.8 mm 的平矩形测头的千分尺,测量时球形测头或矩形测头放在护套环内侧。千分尺的精度应为  $\pm 0.01$  mm。

测量应在从样品上仔细取下的环形护套上进行,应在圆周上测量足够多的点,以保证测量到最小厚度。

### 17.7 铠装金属丝和金属带的测量

#### 17.7.1 铠装金属丝的测量

使用具有两个平测头精度为  $\pm 0.01$  mm 的千分尺来测量圆铠装金属丝的直径和扁铠装金属丝的厚度,圆金属丝测量应在同一截面上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。

#### 17.7.2 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  $\pm 0.01$  mm 的千分尺,宽为 40 mm 及以下的金属带应在宽度中央测其厚度;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。

#### 17.7.3 要求

铠装金属丝和金属带的尺寸低于 13.5 中规定的标称尺寸的量值应不超过:

- 圆金属丝:5%;
- 扁金属丝:8%;
- 金属带:10%。

### 17.8 外径测量

如果抽样试验中要求测量电缆外径,应按 GB/T 2951.1 规定进行。

### 17.9 4 h 电压试验

本试验仅适用于额定电压 3.6/6(7.3) kV 以上的电缆。

#### 17.9.1 取样

试验终端之间的一根成品电缆长度应至少为 5 m。

#### 17.9.2 步骤

在室温下,每一导体与金属屏蔽间应施加工频电压 4 h。

#### 17.9.3 试验电压

试验电压为  $4U_0$ 。对应于标准额定电压的试验电压值列于表 13。

表 13 抽样试验电压

额定电压 $U_0$ / kV	6	8.7	12	18
试验电压/ kV	24	35	48	72

试验电压应逐渐升高到规定值,并持续 4 h。

#### 17.9.4 要求

绝缘应不发生击穿。

### 17.10 EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘和弹性体护套热延伸试验

#### 17.10.1 步骤

抽样和试验步骤按 GB/T 2951.5—1997 第 9 章规定进行。

试验条件列于表 21 和表 22。

### 17.10.2 要求

EPR, HEPR 和 XLPE 绝缘的试验结果应符合表 21 规定, SE<sub>1</sub> 护套应符合表 22 规定。

## 18 电气型式试验

### 18.1 具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆

从成品电缆中取 10m 到 15m 长的电缆试样按 18.1.1 规定进行试验。

除 18.1.2 另有规定外, 所有 18.1.1 中规定的试验应依次在同一试样上进行。

三芯电缆的每项试验或测量应在所有绝缘线芯上进行。

按 18.1.9 规定, 应单独另取试样对半导电屏蔽进行电阻率测量。

#### 18.1.1 试验顺序

试验的正常顺序应是:

- a) 局部放电试验(见 18.1.3);
- b) 弯曲试验及随后的局部放电试验(见 18.1.4);
- c)  $\tan\delta$  测量(见 18.1.2 和见 18.1.5);
- d) 加热循环试验及随后的局部放电试验(见 18.1.6);
- e) 冲击电压试验及随后的工频电压试验(见 18.1.7);
- f) 4 h 电压试验(见 18.1.8)。

#### 18.1.2 特殊规定

$\tan\delta$  测量可以在没有按 18.1.1 规定的正常试验顺序作过试验的另一个试样进行。

额定电压低于 6/10(12) kV 的电缆, 不需要进行  $\tan\delta$  测量。

试验项目 f) 可取一个新的试样进行, 但该试样应预先进行过 18.1.1 中的 b) 项和 d) 项规定的试验。

#### 18.1.3 局部放电试验

局部放电试验应按 IEC 60885-2 规定的方法进行。

应在  $1.73U_0$  电压下测量局部放电量, 其数值应不高于表 15 规定。

#### 18.1.4 弯曲试验

在室温下试样应围绕试验圆柱体(例如线盘的筒体)至少绕一整圈, 然后松开展直, 再在相反方向上重复此过程。

此操作循环应进行三次。

圆柱体的直径为:

——铅套和纵包金属复合带电缆:

$25(d+D) \pm 5\%$	单芯电缆
$20(d+D) \pm 5\%$	三芯电缆

——其他类型电缆:

$20(d+D) \pm 5\%$	单芯电缆
$15(d+D) \pm 5\%$	三芯电缆

式中:  $D$ ——电缆试样实测外径, mm, 按 17.8 规定测量;

$d$ ——导体的实测直径, mm。

如果导体不是圆形:

$$d = 1.13 \sqrt{S}$$

式中:  $S$ ——标称截面,  $\text{mm}^2$ 。

试验完成后, 应在试样上进行局部放电试验, 测量结果应符合 18.1.3 规定。

#### 18.1.5 额定电压 6/10(12) kV 及以上电缆的 $\tan\delta$ 测量

成品电缆试样应采用下述方法之一加热:试样应放置在液体槽或烘箱中,或者在试样的金属屏蔽层或导体或两者都通电流加热。

试样应加热至导体温度超过电缆正常运行时导体最高温度 5℃到 10℃。

每一方法中,导体的温度或者通过测量导体电阻确定,或者用放在液体槽、烘箱内或放在屏蔽层表面上,或放在与被测电缆相同的另一根基准电缆上的测温装置进行测量。

在交流电压不低于 2 kV 和上述规定温度下进行  $\tan\delta$  测量。

测量数值应不高于表 15 规定。

#### 18.1.6 加热循环试验

将经过上述各项试验后的试样放在试验室的地板上,并在试样导体上通以电流,加热导体直至达到稳定温度,此温度应超过电缆正常运行时导体最高温度 5℃到 10℃。

三芯电缆的加热电流应通过所有导体。

加热循环应持续至少 8 h,在每一加热过程中,导体在达到规定温度后至少应维持 2 h,并随即在空气中自然冷却至少 3 h。

此循环应重复 20 次。

第 20 个循环后,试样应进行局部放电试验并应完全符合 18.1.3 规定。

#### 18.1.7 冲击电压试验及随后的电压试验

试验应在超过电缆正常运行时导体最高温度 5℃到 10℃的温度下进行。

按 GB/T 3048.13 规定的步骤施加冲击电压,其电压峰值列于表 14。

表 14 冲击电压

额定电压 $U_0$ /kV	6	10	15	20	30
试验电压(峰值)/kV	60	75	95	125	170

电缆的每一个绝缘线芯应在经受 10 次正极性和 10 次负极性冲击电压后不击穿。

在冲击电压试验后,电缆试样的每一个绝缘线芯在室温下应经受工频电压试验 15 min。试验电压见表 11 规定,绝缘应不发生击穿。

#### 18.1.8 4 h 电压试验

试验应在室温下进行,并应在试样的导体和屏蔽之间施加工频电压 4 h。

试验电压应为  $4U_0$ ,对应于标准额定电压的试验电压值见表 13。电压应逐渐升高至规定值,绝缘应不发生击穿。

#### 18.1.9 半导体屏蔽电阻率

挤包的导体和绝缘半导体屏蔽电阻率,应从电缆绝缘线芯上取下的试样上进行测量,绝缘线芯应分别取自刚制造好的电缆样品和按 19.5 规定的材料相容性试验方法进行过老化处理的电缆样品。

##### 18.1.9.1 步骤

试验应按附录 C(标准的附录)规定的步骤进行。

应在电缆正常运行时导体最高温度  $\pm 2^\circ\text{C}$  范围内进行测量。

##### 18.1.9.2 要求

在老化前和老化后,电阻率应不超过下列数值:

——导体屏蔽:1 000  $\Omega \cdot \text{m}$ ;

——绝缘屏蔽:500  $\Omega \cdot \text{m}$ 。

#### 18.2 额定电压为 3.6/6(7.2) kV 无绝缘屏蔽的电缆

在长度为 10 m~15 m 成品电缆试样的每一绝缘线芯上依次进行下列试验:



- a) 环境温度下的绝缘电阻(见 18.2.1);
- b) 电缆正常运行时导体最高温度下的绝缘电阻(见 18.2.2);
- c) 4 h 电压试验(见 18.2.3)。

还应从成品电缆上另取一段 10m 到 15m 试样进行冲击电压试验(见 18.2.4)。

### 18.2.1 环境温度下绝缘电阻测量

#### 18.2.1.1 步骤

试验应在未经过任何其他电气试验的一段试样上进行。

试验前应除去所有外护层,并将绝缘线芯浸在室温水中的至少 1 h。

直流试验电压应为 80 V~500 V,为了达到合理稳定的测量,应施加足够时间的电压,但不能少于 1 min,也不能超过 5 min。

测量应在每一根导体与水之间进行。

若有要求,测量可在(20±1)℃下进一步证实。

#### 18.2.1.2 计算

按下列公式用测量得到的绝缘电阻计算体积电阻率。

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

式中:  $\rho$ ——体积电阻率,  $\Omega \cdot \text{cm}$ ;

$R$ ——测量得到的绝缘电阻值,  $\Omega$ ;

$L$ ——电缆长度,  $\text{cm}$ ;

$D$ ——绝缘外径,  $\text{mm}$ ;

$d$ ——绝缘内径,  $\text{mm}$ 。

用下列公式也可以计算“绝缘电阻常数  $K_i$ ”,以  $\text{M}\Omega \cdot \text{km}$  表示。

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

注:对于成型导体的绝缘线芯,比值  $D/d$  是绝缘表面周长与导体表面周长之比。

#### 18.2.1.3 要求

从测量值得出的计算值应不小于表 15 的规定值。

### 18.2.2 导体最高温度下绝缘电阻的测量

#### 18.2.2.1 步骤

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。

直流试验电压应为 80 V~500 V,为了达到合理稳定的测量,应施加足够时间的电压,但不能少于 1 min,也不能超过 5 min。

测量应在每相导体与水之间进行。

#### 18.2.2.2 计算

体积电阻率和(或)绝缘电阻常数可由绝缘电阻用 18.2.1.2 的公式计算得到。

#### 18.2.2.3 要求

从测量值计算出的数据应不小于表 15 的规定值。

### 18.2.3 4 h 电压试验

#### 18.2.3.1 步骤

电缆试样的各个绝缘线芯应浸入室温水中的至少 1 h 后进行试验。

在导体与水之间施加  $4U_0$  的工频电压,对应于标准额定电压的试验电压值见表 13。电压应逐渐升高并持续 4 h。

### 18.2.3.2 要求

绝缘应不发生击穿。

### 18.2.4 冲击电压试验

#### 18.2.4.1 步骤

试验应在超过电缆正常运行时导体最高温度 5℃ 到 10℃ 下进行。

按 GB/T 3048.13 规定的步骤施加冲击电压,其电压峰值电压应为 60 kV。

冲击试验应依次在每相导体和其他各相导体与地连接之间施加电压。

#### 18.2.4.2 要求

电缆的每一个绝缘线芯应在经受 10 次正极性和 10 次负极性冲击电压后不击穿。

## 19 非电气型式试验

本标准要求的非电气型式试验项目见表 16。

### 19.1 绝缘厚度测量

#### 19.1.1 取样

应从每一根绝缘线芯上各取一个样品。

#### 19.1.2 步骤

应按 GB/T 2951.1—1997 中 8.1 规定进行测量。

#### 19.1.3 要求

见 17.5.2 规定。

### 19.2 非金属护套厚度测量(包括挤包隔离套,但不包括内衬层)

#### 19.2.1 取样

取一个电缆试样。

#### 19.2.2 步骤

应按 GB/T 2951.1—1997 中 8.2 规定进行测量。

#### 19.2.3 要求

见 17.5.3 规定。

### 19.3 老化前后绝缘的机械性能试验

#### 19.3.1 取样

应按 GB/T 2951.1—1997 中 9.1 规定取样和制备试片。

#### 19.3.2 老化处理

应在表 17 规定的条件下,按 GB/T 2951.2—1997 中 8.1 规定进行老化处理。

#### 19.3.3 预处理和机械性能试验

应按 GB/T 2951.1—1997 中 9.1 规定进行试片的预处理和机械性能试验。

#### 19.3.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 17 规定。

### 19.4 老化前后护套的机械性能试验

#### 19.4.1 取样

应按 GB/T 2951.1—1997 中 9.2 规定取样和制备试片。

#### 19.4.2 老化处理

应在表 18 规定的条件下,按 GB/T 2951.2—1997 中 8.1 规定进行老化处理。

#### 19.4.3 预处理和机械性能试验

应按 GB/T 2951.1—1997 中 9.2 规定进行试片的预处理和机械性能试验。

#### 19.4.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 18 规定。

## 19.5 成品电缆段的附加老化试验

### 19.5.1 概述

本试验旨在检验运行中电缆绝缘及非金属护套与电缆中其他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。

### 19.5.2 取样

应按 GB/T 2951.2—1997 中 8.1.4 规定从成品电缆上截取试样。

### 19.5.3 老化处理

应按 GB/T 2951.2—1997 的 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:

——温度:高于电缆正常运行时导体最高温度(见表 17) $10^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ;

——周期: $7\times 24\text{ h}$ 。

### 19.5.4 机械性能试验

用老化后的电缆段试样制备绝缘和护套试片,应按 GB/T 2951.2—1997 中 8.1.4 规定进行机械性能试验。

### 19.5.5 要求

老化前(见 19.3 和 19.4)和老化后抗张强度与断裂伸长率中间值的变化率应不超过空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表 17,非金属护套的规定值见表 18。

## 19.6 ST<sub>2</sub> 型聚氯乙烯护套失重试验

### 19.6.1 步骤

应按 GB/T 2951.7—1997 中 8.2 规定取样和进行试验。

### 19.6.2 要求

试验结果应符合表 19 规定。

## 19.7 绝缘和护套的高温压力试验。

### 19.7.1 步骤

应按 GB/T 2951.6—1997 第 8 章的规定进行高温压力试验。试验条件参见该试验方法及表 19 和表 20。

### 19.7.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.6—1997 第 8 章规定。

## 19.8 PVC 绝缘和护套的低温性能试验

### 19.8.1 步骤

应按 GB/T 2951.4—1997 第 8 章规定取样和进行试验,试验温度见表 19。

### 19.8.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.4—1997 第 8 章规定。

## 19.9 PVC 绝缘和护套抗开裂试验(热冲击试验)

### 19.9.1 步骤

应按 GB/T 2951.6—1997 第 9 章规定取样和进行试验,试验温度和加热持续时间见表 19。

### 19.9.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.6—1997 第 9 章规定。

## 19.10 EPR 和 HEPR 绝缘耐臭氧试验

### 19.10.1 步骤

应按 GB/T 2951.5—1997 第 8 章规定取样和进行试验。臭氧浓度和试验持续时间应符合表 21 规定。

### 19.10.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.5—1997 第 8 章规定。

#### 19.11 EPR, HEPR 和 XLPE 绝缘和弹性体护套的热延伸试验

应按 17.10 规定取样和进行试验;试验结果也应符合 17.10 规定。

#### 19.12 弹性体护套的浸油试验

##### 19.12.1 步骤

应按 GB/T 2951.5—1997 第 10 章规定取样和进行试验,试验条件应符合表 22 规定。

##### 19.12.2 要求

试验结果应符合表 22 规定。

#### 19.13 绝缘吸水试验

##### 19.13.1 步骤

应按 GB/T 2951.3—1997 中 9.1 或 9.2 规定取样和进行试验。试验条件应分别符合表 19 和表 21 规定。

##### 19.13.2 要求

试验结果应符合表 19 和表 21 规定。

#### 19.14 不延燃试验

本试验仅适用于 ST<sub>1</sub>、ST<sub>2</sub> 或 SE<sub>1</sub> 材料护套电缆,且仅有特别要求时才在这些电缆上进行。

试验要求和方法应符合 GB/T 18380.1 规定。

#### 19.15 黑色 PE 护套碳黑含量测定。

##### 19.15.1 步骤

应按 GB/T 2951.8—1997 第 11 章规定取样和进行试验。

##### 19.15.2 要求

试验结果应符合表 20 规定。

#### 19.16 XLPE 绝缘的收缩试验

##### 19.16.1 步骤

应按 GB/T 2951.3—1997 第 10 章规定取样和进行试验,试验条件应符合表 21 规定。

##### 19.16.2 要求

试验结果应符合表 21 规定。

#### 19.17 PVC 绝缘热稳定性试验

##### 19.17.1 步骤

应按 GB/T 2951.7—1997 第 9 章规定取样和进行试验,试验条件应符合表 19 规定。

##### 19.17.2 要求

试验结果应符合表 19 规定。

#### 19.18 HEPR 绝缘硬度测量

##### 19.18.1 步骤

应按附录 E(标准的附录)规定取样和进行测量。

##### 19.18.2 要求

试验结果应符合表 21 规定。

#### 19.19 HEPR 绝缘弹性模量测定

##### 19.19.1 步骤

应按 GB/T 2951.1—1997 第 9 章规定取样、制备试片和进行测量。

应测量伸长为 150% 时所需的负荷。相应的应力可用测得的负荷除以试片未伸长前的截面积后得到。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。

弹性模量应取全部测量结果的中间值。

### 19.19.2 要求

试验结果应符合表 21 规定。

### 19.20 PE 外护套收缩试验

#### 19.20.1 步骤

应按 GB/T 2951.3—1997 第 11 章规定取样和进行试验,试验条件应符合表 20 规定。

#### 19.20.2 要求

试验结果应符合表 20 规定。

### 19.21 绝缘屏蔽的可剥离试验

当制造方采用挤包的半导体屏蔽为可剥离绝缘屏蔽时,应进行本试验。

#### 19.21.1 步骤

试验应在老化前和老化后的样品上各进行三次,可在三个单独的电缆试样上进行试验,也可在同一个电缆试样上沿圆周方向彼此间隔约  $120^\circ$  的三个不同位置上进行试验。

应从老化前和按 19.5.3 老化后的被试电缆上取下长度至少 250 mm 的绝缘线芯以用作试验。

在每一个试样的挤包绝缘屏蔽表面上从试样的一端到另一端向绝缘纵向切割成两道彼此相隔宽  $(10 \pm 1)$  mm 相互平行的刀痕。

沿平行于绝缘线芯方向(也就是剥切角近似于  $180^\circ$ )拉开长 50 mm、宽 10 mm 的一条形带后,将绝缘线芯垂直地装在一拉力机上,用夹头夹在绝缘线芯的一端,另一端为 10 mm 条形带,夹在另一个夹头上。

拉力分别加在绝缘和 10 mm 条形带上,拉动至少约 100 mm 长的距离,在剥切角近似于  $180^\circ$  和速度为  $(250 \pm 50)$  mm/min 条件下进行试验。

试验应在  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  温度下进行。

对未老化和老化后的试样应连续地记录其剥离力的数值。

#### 19.21.2 要求

从老化前后的试样绝缘上剥下挤包半导体屏蔽的剥离力应不小于 4N 和不大于 45N,绝缘表面应无损伤,并无半导体屏蔽痕迹留在绝缘上。

### 19.22 透水试验

当制造方采用纵向阻水屏障设计电缆时,应进行透水试验。本试验的目的是满足地下埋设电缆的要求,而不适用于水底电缆。

本试验用于下列两种电缆设计:

- a) 在金属层附近具有纵向阻水屏障;
- b) 在导体上具有纵向阻水屏障。

试验装置、取样和试验步骤应符合附录 D(标准的附录)规定。

## 20 安装后电气试验

如有要求,应在电缆和与之相配的附件安装(安装条件见附录 I(提示的附录))完成后进行下述试验。

应施加  $4U_0$  直流电压,持续 15 min。

如承包方和购买方达成协议,按下列 a) 或 b) 项也可用工频交流电压试验代替直流电压试验:

- a) 在导体与金属屏蔽间施加系统的相间电压,持续 5 min;
- b) 施加正常系统电压,持续 24 h。

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。

21 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管<sup>1)</sup>

若合同无特别规定,可按附录 H(标准的附录)的规定进行产品验收、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管。

表 15 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 (混合料代号见 4.2)	单位	性能要求		
			PVC/B	EPR/HEPR	XLPE
0	正常运行时导体最高温度(见 4.2)	℃	70	90	90
1	体积电阻率 $\rho^*$				
1.1	——20℃(见 18.2.1)	$\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{14}$	—	—
1.2	——正常运行时导体最高温度(见 18.2.2)	$\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{11}$	$10^{12}$	—
2	绝缘电阻常数 $K_i^*$				
2.1	——20℃(见 18.2.1)	$M\Omega \cdot \text{km}$	367	—	—
2.2	——正常运行时导体最高温度(见 18.2.2)	$M\Omega \cdot \text{km}$	0.37	3.67	—
3	$\tan\delta$ (见 18.1.5) ——超过正常运行时导体最高温度(5~10)℃, $\tan\delta$ 最大值		—	$400 \times 10^{-4}$	$80 \times 10^{-4}$
4	局部放电试验(见 18.1.3、18.1.4 和 18.1.6) ——1.73 $U_0$ 时局部放电最大值	pC	—	5	5

\* 用于按第 7 章 a)项和 b)项的额定电压 3.6/6(7.2) kV PVC, EPR 和 HEPR 绝缘无屏蔽电缆。

表 16 绝缘混合料和护套混合料的非电气型式试验(见表 17 到表 22)

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2 和 4.3)	绝 缘				护 套				SE <sub>1</sub>
		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		
						ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	ST <sub>7</sub>	
1	尺寸									
1.1	厚度测量	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2	机械性能(抗张强度和断裂伸长率)									
2.1	老化前	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.2	空气烘箱老化后	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.3	成品电缆段老化	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.4	浸入热油后	—	—	—	—	—	—	—	—	×
3	热塑性能									
3.1	高温压力试验(凹痕)	×	—	—	—	×	×	—	×	—
3.2	低温性能	×	—	—	—	×	×	—	—	—
4	其他各类试验									
4.1	空气烘箱内的失重试验	—	—	—	—	—	×	—	—	—
4.2	热冲击试验(开裂)	×	—	—	—	×	×	—	—	—
4.3	耐臭氧试验	—	×	×	—	—	—	—	—	—
4.4	热延伸试验	—	×	×	×	—	—	—	—	×

采用说明:

1) 此章为本标准所作补充。

表 16(完)

序 号	试验项目 (混合料代号见 4.2 和 4.3)	绝 缘				护 套				
		PVC/B	EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		SE <sub>1</sub>
						ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	ST <sub>7</sub>	
4.5	不延燃试验(若需要)	—	—	—	—	×	×	—	—	×
4.6	吸水试验	×	×	×	×	—	—	—	—	—
4.7	热稳定试验	×	—	—	—	—	—	—	—	—
4.8	收缩试验	—	—	—	×	—	—	×	×	—
4.9	炭黑含量*	—	—	—	—	—	—	×	×	—
4.10	硬度试验	—	—	×	—	—	—	—	—	—
4.11	弹性模量试验	—	—	×	—	—	—	—	—	—
4.12	可剥离试验**	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.13	透水试验***	—	—	—	—	—	—	—	—	—

\* 仅对黑色外护套适用。  
 \*\* 用于制造方拟采用可剥离绝缘屏蔽电缆的设计中。  
 \*\*\* 用于制造方拟采用纵向阻水屏障电缆的设计中。  
 注：×表示应进行型式试验。

表 17 绝缘混合料机械性能试验要求(老化前后)

序 号	试验项目 (混合料代号见 4.2)	单 位	PVC/B	EPR	HEPR	XLPE
0	电缆正常运行时导体最高温度(见 4.2)	℃	70	90	90	90
1	老化前(GB/T 2951.1-1997 中 9.1)					
1.1	抗张强度 最小	N/mm <sup>2</sup>	12.5	4.2	8.5	12.5
1.2	断裂伸长率 最小	%	125	200	200	200
2	空气烘箱老化后(GB/T 2951.2-1997 中 8.1)					
2.1	无导体老化后					
2.1.1	处理条件					
	—— 温度	℃	100	135	135	135
	—— 温度偏差	℃	±2	±3	±3	±3
	—— 持续时间	d	7	7	7	7
2.1.2	抗张强度					
	a) 老化后数值 最小	N/mm <sup>2</sup>	12.5	—	—	—
	b) 变化率* 最大	%	±25	±30	±30	±25
2.1.3	断裂伸长率					
	a) 老化后数值 最小	%	125	—	—	—
	b) 变化率* 最大	%	±25	±30	±30	±25

\* 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。

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 (混合料代号见 4.3)	单位	ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>	ST <sub>3</sub>	ST <sub>7</sub>	SE <sub>1</sub>
0	电缆正常运行时导体最高温度(见 4.3)	℃	80	90	80	90	85
1	老化前(GB/T 2951.1—1997 中 9.2)						
1.1	抗张强度 最小	N/mm <sup>2</sup>	12.5	12.5	10.0	12.5	10.0
1.2	断裂伸长率 最小	%	150	150	300	300	300
2	空气烘箱老化后(GB/T 2951.2—1997 中 8.1)						
2.1	处理条件						
	——温度(偏差±2℃)	℃	100	100	100	110	100
	——持续时间	d	7	7	10	10	7
2.2	抗张强度:						
	a) 老化后数值 最小	N/mm <sup>2</sup>	12.5	12.5	—	—	—
	b) 变化率* 最大	%	±25	±25	—	—	±30
2.3	断裂伸长率:						
	a) 老化后数值 最小	%	150	150	300	300	250
	b) 变化率* 最大	%	±25	±25	—	—	±40

\* 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。

表 19 PVC 绝缘混合料和护套混合料特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2 和 4.3)	单位	绝 缘	护 套	
			PVC/B	ST <sub>1</sub>	ST <sub>2</sub>
1	空气烘箱中失重试验(GB/T 2951.7—1997 中 8.2)				
1.1	处理				
	——温度(偏差±2℃)	℃	—	—	100
	——持续时间	d	—	—	7
1.2	最大允许失重量	mg/cm <sup>2</sup>	—	—	1.5
2	高温压力试验(GB/T 2951.6—1997 中第 8 章)				
2.1	温度(偏差±2℃)	℃	80	80	90
3	低温性能试验*(GB/T 2951.4—1997 中第 8 章)				
3.1	未经老化前进行试验				
	——直径<12.5 mm 的冷弯曲试验				
	——温度(偏差±2℃)	℃	-5	-15	-15
3.2	哑铃片的低温拉伸试验				
	——温度(偏差±2℃)	℃	-5	-15	-15
3.3	冷冲击试验				
	——温度(偏差±2℃)	℃	—	-15	-15
4	抗开裂试验(GB/T 2951.6—1997 中第 9 章)				
4.1	——温度(偏差±3℃)	℃	150	150	150
4.2	——持续时间	h	1	1	1
5	热稳定试验(GB/T 2951.7—1997 中第 9 章)				
5.1	——温度(偏差±0.5℃)	℃	200	—	—
5.2	——最短时间	min	100	—	—
6	吸水试验(GB/T 2951.3—1997 中 9.1)电气法				
6.1	——温度(偏差±2℃)	℃	70	—	—
6.2	——持续时间	d	10	—	—

\* 因气候条件,购买方可以要求采用更低的温度。



表 20 PE(热塑性聚乙烯)护套混合料的特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.3)	单位	ST <sub>3</sub>	ST <sub>7</sub>
1	密度*(GB/T 2951.3—1997 中第 8 章)			
2	炭黑含量(仅对于黑色护套)(GB/T 2951.8—1997 中第 11 章)			
2.1	标称值	%	2.5	2.5
2.2	偏差	%	±0.5	±0.5
3	收缩试验(GB/T 2951.3—1997 中第 11 章)			
3.1	温度(偏差±2℃)	℃	80	80
3.2	加热持续时间	h	5	5
3.3	加热周期		5	5
3.4	最大允许收缩	%	3	3
4	高温压力试验(GB/T 2951.6—1997 中 8.2)			
4.1	温度(偏差±2℃)	℃	—	110

\* 密度的测定仅在其他试验需要时才做。

表 21 各种热固性绝缘混合料的特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2)	单位	EPR	HEPR	XLPE
1	耐臭氧试验(GB/T 2951.5—1997 中第 8 章)				
1.1	臭氧浓度(按体积)	%	0.025~0.030	0.025~0.030	—
1.2	无开裂试验持续时间	h	24	24	—
2	热延伸试验(GB/T 2951.5—1997 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 2951.3—1997 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*
4	收缩试验(GB/T 2951.3—1997 中第 10 章)				
4.1	标志间长度 L	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(见附录 E)				
5.1	IRHD** 最小		—	80	—
6	弹性模量测定(见 19.19)				
6.1	150%伸长率下的弹性模量,最小	N/mm <sup>2</sup>	—	4.5	—

\* 对于密度大于 1 g/cm<sup>3</sup> 的 XLPE 要考虑吸水量增加大于 1 mg/cm<sup>2</sup>;

\*\* IRHD:国际橡胶硬度级。

表 22 弹性体护套混合料特殊性能试验要求

序 号	试 验 项 目 (混合料代号见 4.3)	单 位	SE <sub>1</sub>
1	浸油后机械性能测试(GB/T 2951.5—1997 中第 10 章和 GB/T 2951.1—1997 中第 9 章)		
1.1	处理		
	——油温(偏差±2℃)	℃	100
	——持续时间	h	24
	最大允许变化率*		
	a) 抗张强度	%	±40
	b) 断裂伸长率	%	±40
2	热延伸(GB/T 2951.5--1997 中第 9 章)		
2.1	处理		
	——温度(偏差±3℃)	℃	200
	——载荷时间	min	15
	——机械应力	N/cm <sup>2</sup>	20
2.2	负载下允许最大伸长率	%	175
2.3	冷却后最大永久伸长率	%	15
* 变化率:处理前后得出的中间值之差值与处理前中间值之比,以百分数表示。			

## 附录 A

(标准的附录)

## 确定护层尺寸的假设计算方法

电缆护层,诸如护套和铠装,其厚度通常与电缆标称直径有一个“阶梯表”的关系。

有时候会产生一些问题,计算出的标称直径不一定与生产出的电缆实际尺寸相同。在边缘情况下,如果计算直径稍有偏差,护层厚度与实际直径不相符合,就会产生疑问。不同制造方的成型导体尺寸变化、计算方法不同会引起标称直径不同和由此导致使用在基本设计相同的电缆上的护层厚度不同。

为了避免这些麻烦,而采取假设计算方法。这种计算方法忽略形状和导体的紧压程度而根据导体标称截面,绝缘标称厚度和电缆芯数,利用公式来计算假设直径。这样护套厚度和其他护层厚度都可以通过公式或表格而与假设直径有了相应的关系。假设直径计算的方法明确规定,使用的护层厚度是唯一的,它与实际制造中的细微差别无关。这就使电缆设计标准化,对于每一个导体截面的护层厚度尺寸可以被预先计算和规定。

假设直径仅用来确定护套和电缆护层的尺寸,不是代替精确计算标称直径所需的实际过程,实际标称直径计算应分开计算。

## A1 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 B(标准的附录)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。

## A2 方法

## A2.1 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 A1 给出。

表 A1 导体的假设直径

导体标称截面 mm <sup>2</sup>	$d_L$ mm	导体标称截面 mm <sup>2</sup>	$d_L$ mm
10	3.6	185	15.3
16	4.5	240	17.5
25	5.6	300	19.5
35	6.7	400	22.6
50	8.0	500	25.2
70	9.4	630	28.3
95	11.0	800	31.9
120	12.4	1 000	35.7
150	13.8		

## A2.2 绝缘线芯

任何绝缘线芯的假设直径  $D_c$  如下式:

a) 无半导体屏蔽电缆的绝缘线芯:

$$D_c = d_L + 2t_i$$

b) 有半导体屏蔽电缆的绝缘线芯:

$$D_c = d_L + 2t_i + 3.0$$

式中： $t_i$ ——绝缘的标称厚度，mm(见表5~表7)。

如果采用金属屏蔽或同心导体，则应根据A2.5考虑增大绝缘线芯的标称直径。

### A2.3 缆芯直径

缆芯的假设直径( $D_f$ )如下式：

$$D_f = K \cdot D_c$$

式中： $K$ ——三芯电缆的成缆系数，数值为2.16。

### A2.4 内衬层

内衬层的直径( $D_B$ )应按下式计算：

$$D_B = D_f + 2t_B$$

式中：缆芯的假设直径 $D_f$ 为40 mm及以下， $t_B=0.4$  mm；

缆芯的假设直径 $D_f$ 大于40 mm， $t_B=0.6$  mm。

$t_B$ 假设值应用于：

#### a) 三芯电缆

——无论有无内衬层；

——无论内衬层为挤包还是绕包。

当有一个符合13.3.3规定的隔离套代替或附加在内衬层上时，应按A2.7中公式计算。

#### b) 单芯电缆

——无论有挤包还是绕包的内衬层。

### A2.5 同心导体和金属屏蔽

由于同心导体和金属屏蔽使直径增加的数值如表A2规定。

表 A2 同心导体和金属屏蔽使直径的增加值

同心导体或金属屏蔽的标称截面/ mm <sup>2</sup>	直径的增加值/ mm	同心导体或金属屏蔽的标称截面/ mm <sup>2</sup>	直径的增加值/ mm
1.5	0.5	50	1.7
2.5	0.5	70	2.0
4	0.5	95	2.4
6	0.6	120	2.7
10	0.8	150	3.0
16	1.1	185	4.0
25	1.2	240	5.0
35	1.4	300	6.0

如果同心导体或金属屏蔽的标称截面介于上表所列数据的两数之间，那么取这两个标称值中较大数值所对应的直径增加值。

如果有金属屏蔽层，上表中规定的屏蔽层截面积应按下列公式计算：

#### a) 金属带屏蔽

$$\text{截面积} = n_i \times t_i \times w_i (\text{mm}^2)$$

式中： $n_i$ ——金属带根数；

$t_i$ ——单根金属带的标称厚度，mm；

$w_i$ ——单根金属带的标称宽度，mm。

当屏蔽总厚度小于0.15 mm时，直径增加值为零；

——一层金属带重叠绕包屏蔽或两层金属带搭盖绕包屏蔽，屏蔽总厚度为金属带厚度的两倍；

——金属带纵包屏蔽；

如果搭盖率小于 30%，屏蔽总厚度为金属带的厚度；  
如果搭盖率达到或超过 30%，屏蔽总厚度为金属带厚度的两倍。

b) 金属丝屏蔽(包括一反向扎线,若存在)

$$\text{截面积} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times W_h (\text{mm}^2)$$

式中： $n_w$ ——金属丝根数；  
 $d_w$ ——单根金属丝直径，mm；  
 $n_h$ ——反向扎带根数；  
 $t_h$ ——厚度大于 0.3 mm 的反向扎带的厚度，mm；  
 $W_h$ ——反向扎带的宽度，mm。

#### A2.6 铅套

铅套的假设直径( $D_{pb}$ )应按下式计算：

$$D_{pb} = D_g + 2t_{pb}$$

式中： $D_g$ ——铅套下的假设直径，mm；  
 $t_{pb}$ ——按 12.1 的计算厚度，mm。

#### A2.7 隔离套

隔离套的假设直径( $D_s$ )应按下式计算：

$$D_s = D_u + 2t_s$$

式中： $D_u$ ——隔离套下的假设直径，mm；  
 $t_s$ ——按 13.3.3 的计算厚度，mm。

#### A2.8 包带垫层

包带垫层的假设直径  $D_{lb}$  应按下式计算：

$$D_{lb} = D_{ulb} + 2t_{lb}$$

式中： $D_{ulb}$ ——包带前假设直径，mm；  
 $t_{lb}$ ——包带垫层厚度，按 13.3.4 规定即为 1.5 mm。

#### A2.9 金属带铠装电缆的附加垫层(加在内衬层外)见表 A3。

表 A3 因附加垫层引起的直径增加量

附加垫层下的假设直径/ mm	因附加垫层引起的直径增加量/ mm
≤29	1.0
>29	1.6

#### A2.10 铠装

铠装外的假设直径( $D_X$ )应按下式计算：

a) 扁或圆金属丝铠装

$$D_X = D_A + 2t_A + 2t_w$$

式中： $D_A$ ——铠装前直径，mm；  
 $t_A$ ——铠装金属丝的直径或厚度，mm；  
 $t_w$ ——如果有反向螺旋扎带时厚度大于 0.3 mm 的反向螺旋扎带时厚度，mm。

b) 双金属带铠装

$$D_X = D_A + 4t_A$$

式中： $D_A$ ——铠装前直径，mm；  
 $t_A$ ——铠装带厚度，mm。

**附录 B**  
(标准的附录)  
**数值修约**

**B1 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,在用到相应的公式或表格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,则小数点后第一位小数保持不变(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

**B2 用作其他目的的数值修约**

除 B1 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(进一)。

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 C**  
(标准的附录)

**半导体屏蔽电阻率测量方法**

从 150 mm 长成品电缆样品上制备试样。

将电缆绝缘线芯样品沿纵向对半切开,除去导体以制备导体屏蔽试样,如有隔离层也应去掉(见图 C1a)。将绝缘线芯外所有保护层除去后制备绝缘屏蔽试片(见图 C1b)。

屏蔽层体积电阻系数的测定步骤如下：

将四只涂银电极 A、B、C 和 D(见图 C1a 和 C1b)置于半导体层表面。两个电位电极 B 和 C 间距 50 mm。两个电流电极 A 和 D 相应地在电位电极外侧间隔至少 25 mm。

采用合适的夹子连接电极。在连接导体屏蔽电极时,应确保夹子与试样外表面绝缘屏蔽层的绝缘。

将组装好的试样放入预热到规定温度的烘箱中。30 min 后用测试线路测量电极间电阻,测试线路的功率不超过 100 mW。

电阻测量后,在室温下测量导体屏蔽和绝缘的外径及导体屏蔽和绝缘屏蔽层的厚度。每个数据取六个测量值的平均值(见图 C1b)。

体积电阻率  $\rho$ (用  $\Omega \cdot m$  表示)按下式计算:

a) 导体屏蔽

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c}$$

式中:  $\rho_c$ ——体积电阻率,  $\Omega \cdot m$ ;

$R_c$ ——测量电阻,  $\Omega$ ;

$L_c$ ——电位电极间距离, m;

$D_c$ ——导体屏蔽外径, m;

$T_c$ ——导体屏蔽平均厚度, m。

b) 绝缘屏蔽

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

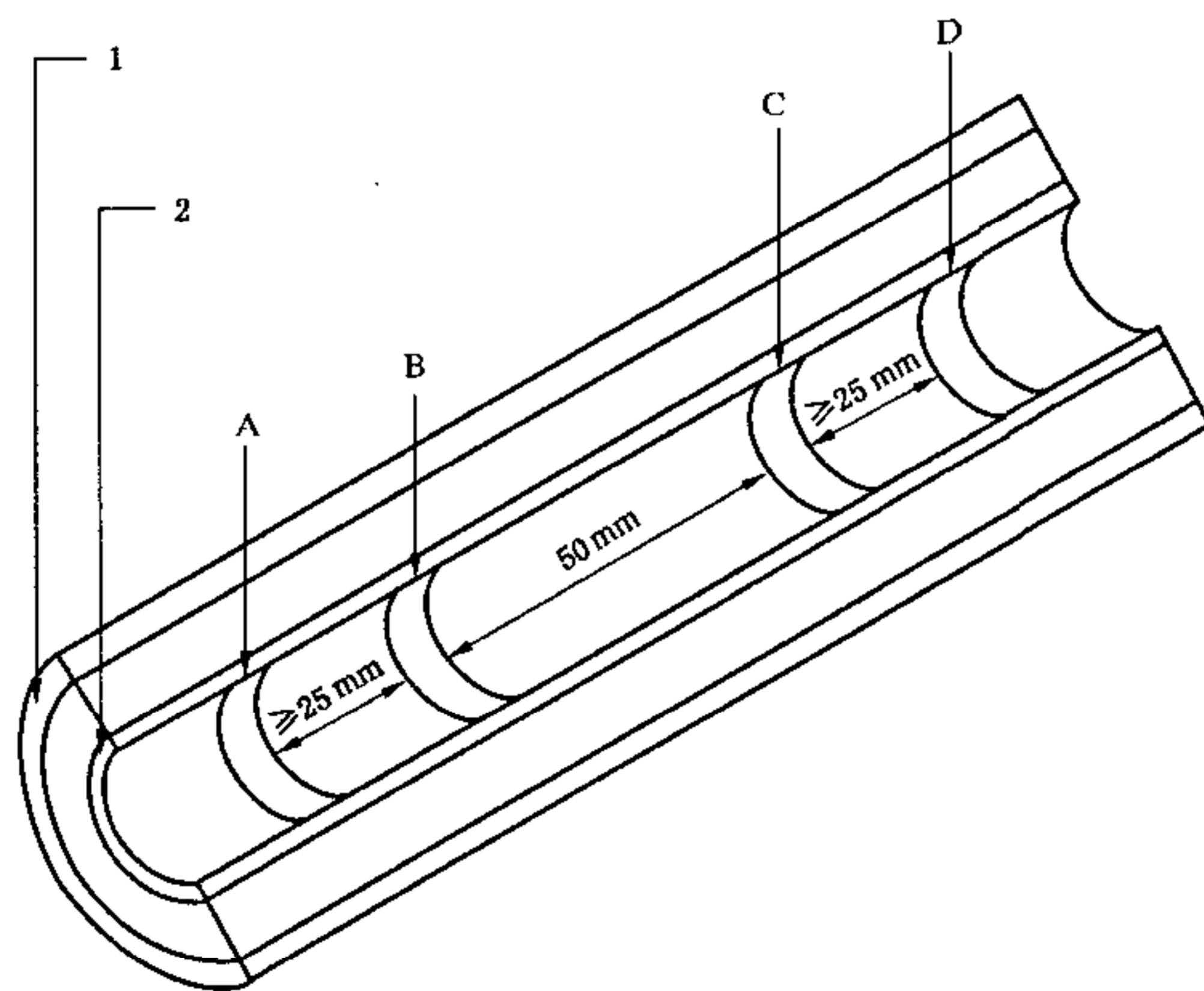
式中:  $\rho_i$ ——体积电阻率,  $\Omega \cdot m$ ;

$R_i$ ——测量电阻,  $\Omega$ ;

$L_i$ ——电位电极间距离, m;

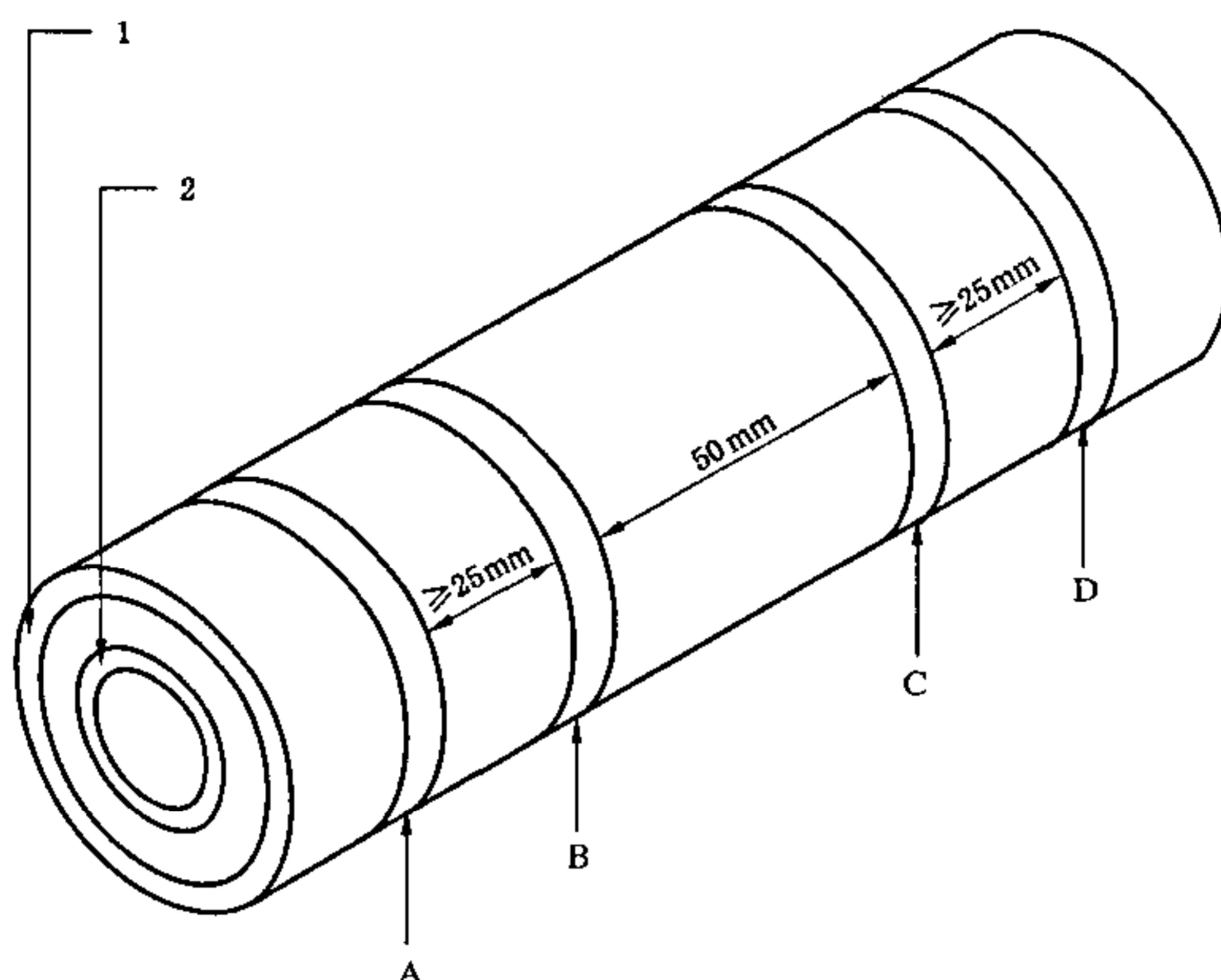
$D_i$ ——绝缘屏蔽外径, m;

$T_i$ ——绝缘屏蔽平均厚度, m。



1—绝缘屏蔽层;2—导体屏蔽层;B、C—电位电极;A、D—电流电极

图 C1a 导体屏蔽体积电阻率测量



1—绝缘屏蔽层；2—导体屏蔽层；B、C—电位电极；A、D—电流电极

图 C1b 绝缘屏蔽体积电阻率测量

## 附录 D

(标准的附录)

### 透水试验

#### D1 试样制备

将一段至少长 6 m 未按第 18 章做过任何电气性能试验的成品电缆样品,按 18.1.4 规定进行弯曲试验,但不进行附加的局部放电试验。

从经过弯曲试验后并在水平放置的电缆上割取一段 3m 长的电缆。在其中间的部位开一个约 50 mm 宽的圆环,剥去环内绝缘屏蔽外部所有护层。如果制造方声明导体也有阻水结构时,则应将圆环内导体外部的各层材料全部剥除。

如果电缆中含有间歇式纵向阻水屏障,试样中至少应含有两个这样的屏障,圆环应开在两个屏障之间。在此情况下,屏障间的平均距离在这种电缆中应加以说明,电缆试样的长度亦应相应地确定。

圆环应切割得使相关间隙很容易暴露在水中,如果电缆只有导体阻水结构,那么必须用合适的材料密封有关的切割表面,或者剥除外面的所有包覆层。

用一个合适的装置把一根直径至少为 10 mm 的管子垂直地安置在切开的圆环上面,并与电缆外护套的表面相密封(见图 D1)。在电缆密封出口处,该装置不应在电缆上产生机械应力。

注:某些阻水屏障对纵向透水的影响可能和水中的一些成分有关(如水的 pH 值和离子浓度),除非另有规定,一般应采用普通自来水做试验。

#### D2 试验

把  $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  环境温度的水,在 5 min 内,注入管内,使管子中水位高于电缆中心轴线 1m(见图 D1),试样应放置 24 h。

然后对试样进行 10 次加热循环,采用导体通电加热方法,使导体温度超过电缆正常运行时导体最高温度  $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ,但不能达到  $100^{\circ}\text{C}$ 。

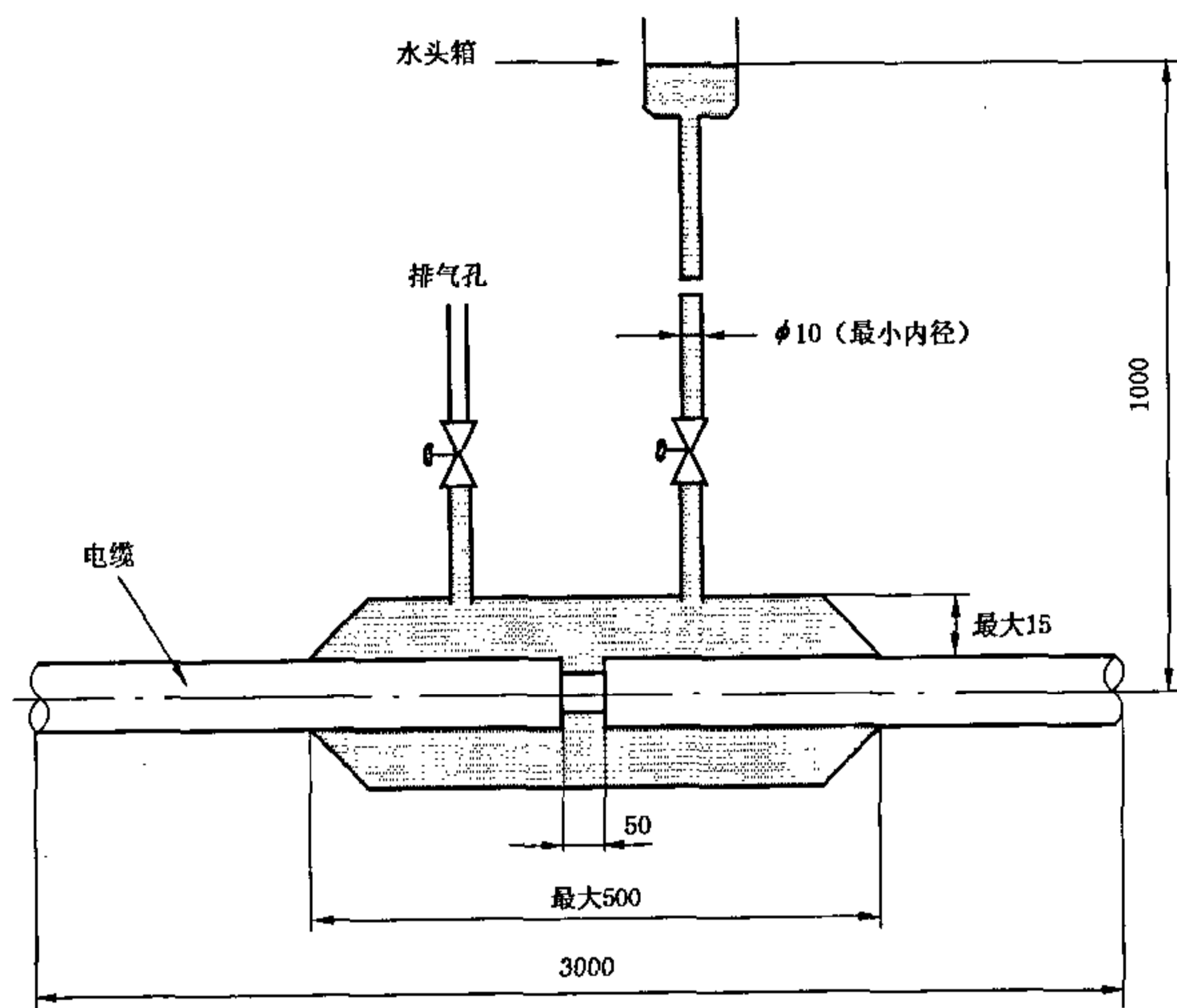


每一次热循环应持续 8 h,其间导体温度应在上述规定温度范围内至少维持 2 h,随后应至少自然冷却 3 h。水头应维持 1m 高。

注:由于在试验中不施加电压,故可在系统中接上另一根相同的模拟电缆一起试验,可直接在此根模拟电缆的导体上测量温度。

### D3 要求

在整个试验期间,试样的两端不得有水分渗出。



尺寸单位:mm

图 D1 纵向透水试验示意图

## 附录 E

(标准的附录)

### HEPR 绝缘硬度测定

#### E1 试样

试样应是具有全部护层的一段成品电缆,小心地剥开试样,直至 HEPR 绝缘的测量表面,也可采用一段绝缘线芯做试样。

#### E2 测量步骤

测量除按下述要求外,还应按 ISO 48 要求进行。

##### E2.1 大曲率面

测量装置应符合 ISO 48 要求,其结构应便于使仪器稳定地放置在 HEPR 的绝缘上,同时使压脚和压头与绝缘表面垂直接触,这可由下述途径之一来实现:

- a) 仪器上装有便于调节的万向接头可动脚,可与绝缘弯曲表面相适应;

b) 仪器由底板上两个平行杆 A 和 A' 固定,其间距离由表面弯曲程度来决定(见图 E1)。这些方法可用于曲率半径 20 mm 以上的表面。

用于测量 HEPR 绝缘厚度小于 4 mm 的仪器,应采用 ISO 48 中对于小试样规定的测量方法。

#### E2.2 小曲率面

对于曲率半径很小表面的测量步骤同 E2.1 规定,试样应与测量仪器用同一刚性底板固定,这样可以保证 HEPR 绝缘在压头压力增加时整体移动最小;同时可使压头与试样轴线垂直。

相应的步骤如下:

- a) 将测量样品放在金属夹具槽中(见图 E2a);
- b) 用 V 型枕台固定测量样品的两端导体(见图 E2b)。

由此方法来测量的表面曲率半径的最小值可达 4 mm。对于更小的曲率半径表面应采用 ISO 48 中所述的方法和仪器。

#### E2.3 预处理和测量温度

测量至少应在制造(即硫化)后 16 h 进行。

测量应在  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  温度下进行,试样在此温度下至少保持 3 h 后立即测量。

#### E2.4 测量次数

一次测量应在分布于试样的三个或五个点上,试样的硬度为测量结果的中间值,以最接近于国际橡胶硬度级(IRHD)的整数表示。

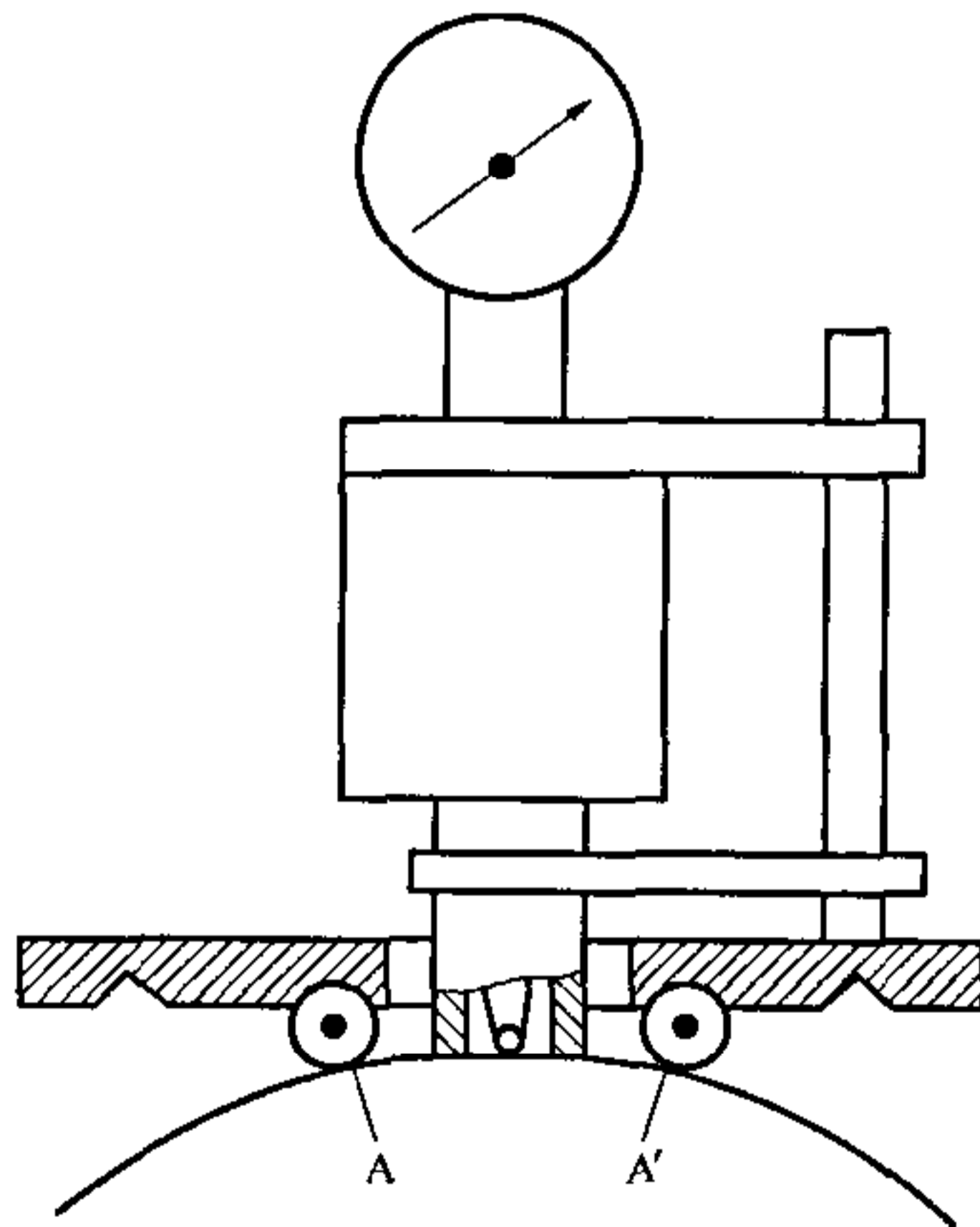


图 E1 大曲率面的测量

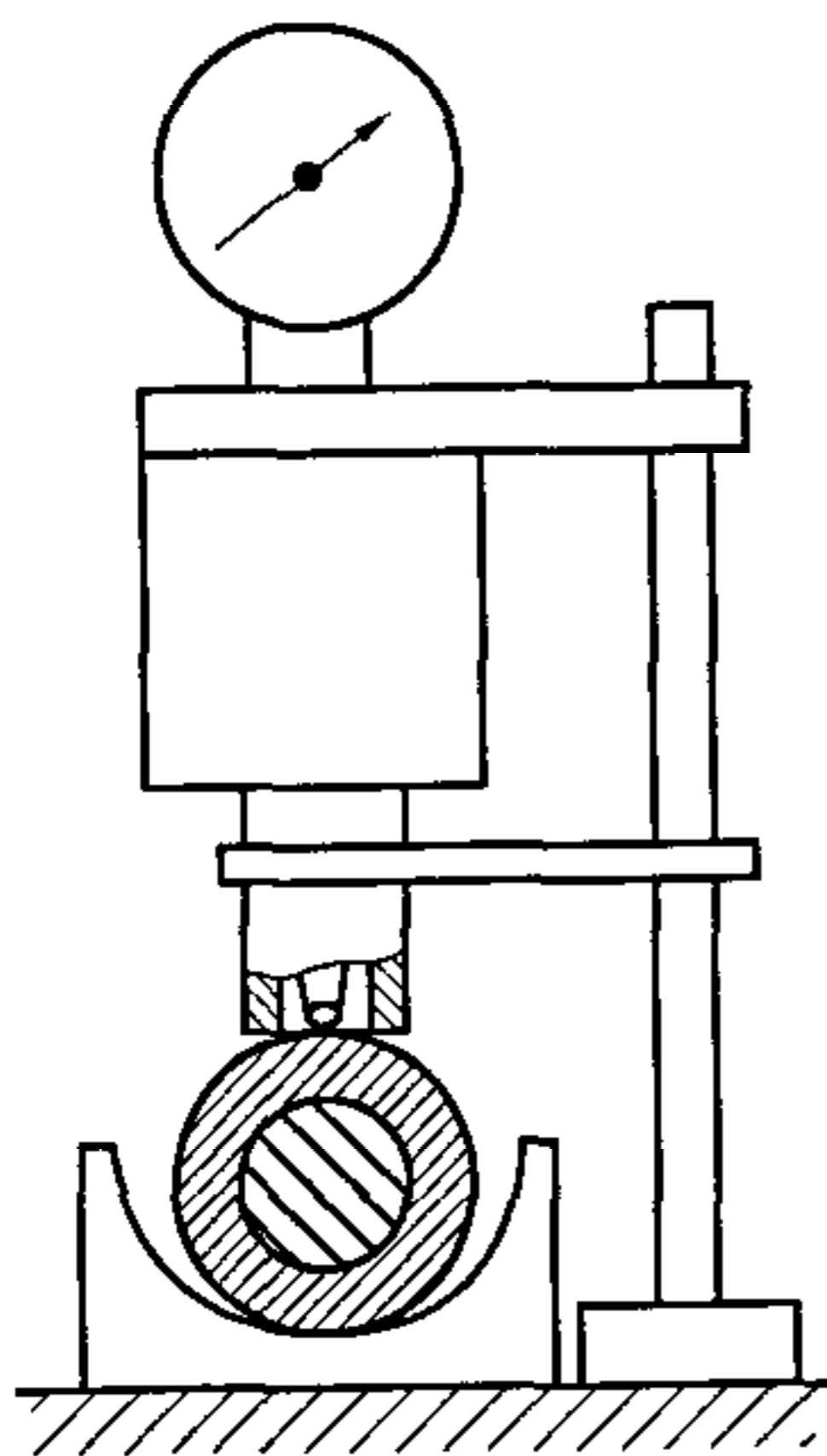


图 E2a

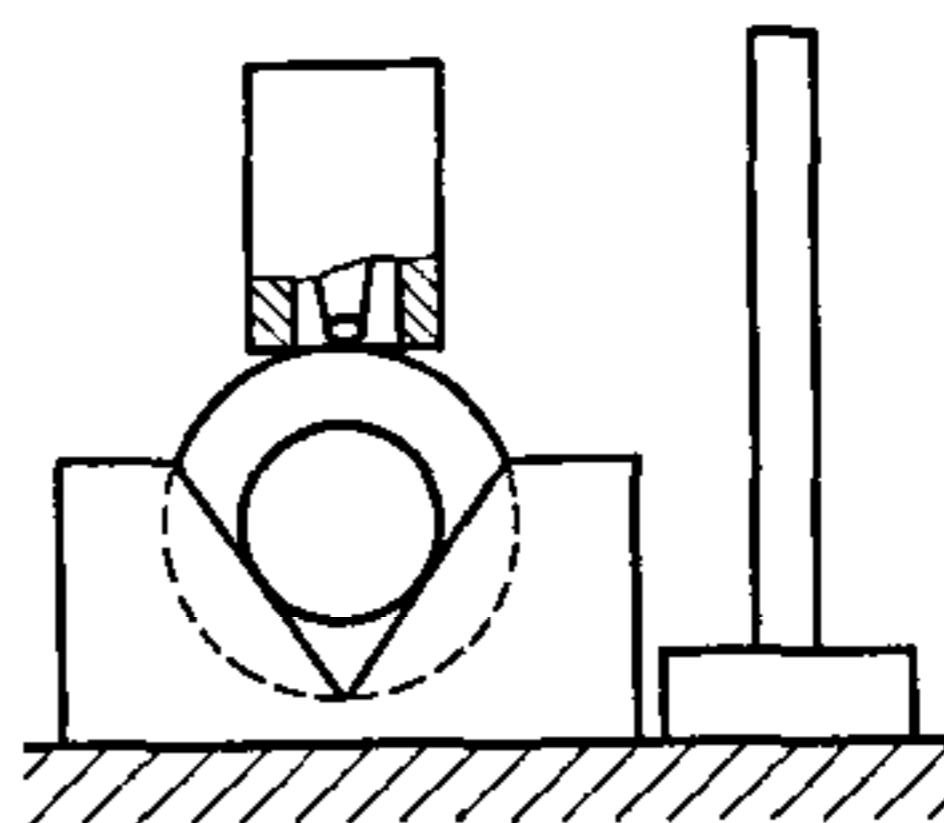


图 E2b

图 E2 小曲率面的测量

附录 F<sup>1)</sup>

(标准的附录)

电缆型号和产品表示方法

F1 型号

电缆常用型号如表 F1。

表 F1 电缆常用型号

型 号		名 称
铜 芯	铝 芯	
VV	VLV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆
VY	VLY	聚氯乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆
VV22	VLV22	聚氯乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆
VV23	VLV23	聚氯乙烯绝缘钢带铠装聚乙烯护套电力电缆
VV32	VLV32	聚氯乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
VV33	VLV33	聚氯乙烯绝缘细钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆
YJV	YJLV	交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆
YJY	YJLY	交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆
YJV22	YJLV22	交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJV23	YJLV23	交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚乙烯护套电力电缆
YJV32	YJLV32	交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJV33	YJLV33	交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆

注：本表中未列出的电缆型号可按本附录 F2 的规定组成。

采用说明：

1) 附录 F 为本标准所作补充。

F2 代号和产品表示方法

F2.1 代号

导体代号

铜导体 .....	(T)省略
铝导体 .....	L

绝缘代号

聚氯乙烯绝缘 .....	V
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<sup>1)</sup>

聚氯乙烯护套 .....	V
聚乙烯护套 .....	Y
弹性体 <sup>2)</sup> 护套 .....	F
防潮层聚乙烯护套 .....	A
铅套 .....	Q

铠装代号

双钢带铠装 .....	2
细圆钢丝铠装 .....	3
粗圆钢丝铠装 .....	4
双非磁性金属带 <sup>3)</sup> 铠装 .....	6
非磁性金属丝 <sup>4)</sup> 铠装 .....	7

外护套代号

聚氯乙烯外护套 .....	2
聚乙烯外护套 .....	3
弹性体 <sup>5)</sup> 外护套 .....	4

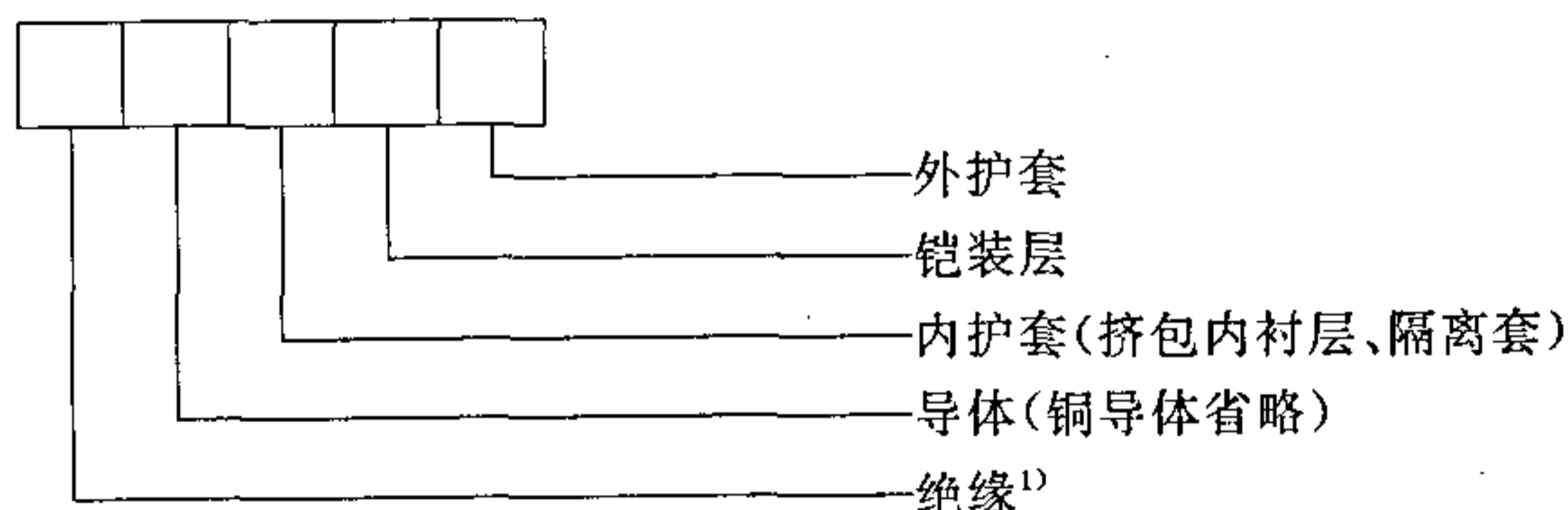
F2.2 产品表示方法

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。

F2.2.1 产品型号组成

产品型号的组成和排列顺序如下:

- 1) 包括挤包的内衬层和隔离套。
- 2) 弹性体包括氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯或类似聚合物为基的护套混合料。若订货合同中未注明,则采用何种弹性体由制造厂确定。
- 3) 非磁性金属带包括不锈钢带、铝或铝合金带等。若订货合同中未注明,则采用何种非磁性金属带由制造厂确定。
- 4) 非磁性金属丝包括不锈钢丝、铜丝或镀锡铜丝、铜合金丝或镀锡铜合金丝、铝或铝合金丝等。若订货合同中未注明,则采用何种非磁性金属丝由制造厂确定。
- 5) 弹性体包括氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯或类似聚合物为基的护套混合料。若订货合同中未注明,则采用何种弹性体由制造厂确定。



### F2.2.2 产品表示示例

例如：

铝芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆，额定电压为 8.7/10 kV，三芯，标称截面 120 mm<sup>2</sup>表示为：

YJLV22-8.7/10 3×120 GB 12706.2—2002

## 附录 G<sup>1)</sup>

(标准的附录)

### 电缆屏蔽结构的补充要求

#### G1 概述

各类电缆的屏蔽结构，除已分别在有关标准中规定外，还应符合 G2~G4 的规定。

#### G2 导体屏蔽

**G2.1** 如果导体上需挤包半导体屏蔽层时，半导体层应均匀地包覆在导体上，表面应光滑，无明显绞线凸纹，不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

**G2.2** 导体屏蔽应为挤包的半导体层。标称截面 500 mm<sup>2</sup> 及以上电缆导体屏蔽应有半导体带和挤包半导体层复合组成。

#### G3 绝缘屏蔽

**G3.1** 在绝缘上挤包半导体屏蔽层时，半导体层应均匀地包覆在绝缘上，表面应光滑，不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

**G3.2** 额定电压  $U_0$  为 12 kV 及以下电缆的半导体绝缘屏蔽层应采用可剥离的非金属半导体层。

#### G4 金属屏蔽

**G4.1** 额定电压 1.8/3 kV 及以上的电 缆应有金属屏蔽层，金属屏蔽有铜丝屏蔽、金属丝编织屏蔽和铜带屏蔽等结构型式。

**G4.2** 铜丝屏蔽由疏绕的软铜线组成，其表面应用反向绕包的铜丝或铜带扎紧，相邻铜丝的平均间隙应不大于 4 mm，任何两根相邻铜丝间隙应不大于 8 mm。铜丝屏蔽的标称截面可根据故障电流容量要求选用。

**G4.3** 铜带屏蔽由一层重叠绕包的软铜带组成，也可采用双层铜带间隙绕包。铜带间的平均搭盖率应

1) 通常用绝缘作为电力电缆型号中的系列代号。

采用说明：

1) 附录 G 为本标准所作补充。

不小于15%(标称值),其最小搭盖率应不小于5%。铜带标称厚度应按下列要求选用:

单芯电缆:  $\geq 0.12$  mm;

三芯电缆:  $\geq 0.10$  mm。

铜带的最小厚度应不小于标称值的90%。

## 附录 H<sup>1)</sup>

(标准的附录)

### 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管

#### H1 验收规则

H1.1 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。

H1.2 产品应按本标准规定的试验项目进行试验验收。

#### H2 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 6995.3 规定。

#### H3 电缆包装、运输和保管

H3.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137 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,伸出的长度应不小于 300 mm。

重量不超过 80 kg 的短段电缆,可以成圈包装。

H3.2 成盘电缆的电缆盘外侧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。

H3.3 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。

采用说明:

1) 附录 H 为本标准所作补充。

附 录 J<sup>1)</sup>  
(提示的附录)  
产品安装条件

**J1 电缆安装时的环境温度**

具有聚氯乙烯绝缘或聚氯乙烯护套的电缆,安装时的环境温度不宜低于 0℃。

**J2 电缆安装时的最小弯曲半径**

电缆安装时的最小允许弯曲半径见表 J1。

表 J1 电缆安装时的最小弯曲半径

项 目	单芯电缆		三芯电缆	
	无铠装	有铠装	无铠装	有铠装
安装时的电缆最小弯曲半径	20D	15D	15D	12D
靠近连接盒和终端的电缆的最小弯曲半径(但弯曲要小心控制,如采用成型导板)	15D	12D	12D	10D
注: D 为电缆外径。				

采用说明:

1) 附录 J 为本标准所作补充。

# 中华人民共和国国家标准

## 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 3 部分: 额定电压 35 kV ( $U_m=40.5$ kV) 电缆

GB/T 12706.3—2002  
neq IEC 60502-2:1997

代替 GB 12706.1—1991  
GB 12706.3—1991

Power cables with extruded insulation and their accessories for  
rated voltages from 1 kV ( $U_m=1.2$  kV) up to 35 kV ( $U_m=40.5$  kV)—  
Part 3: Cables for rated voltage of 35 kV ( $U_m=40.5$  kV)

### 1 范围

本标准规定了用于配电网或工业装置中, 额定电压 35 kV 固定安装的挤包绝缘电力电缆的结构、尺寸和试验要求。

本标准不包括在特殊条件下安装和使用的电缆, 如架空电缆、矿用电缆、核电站用电缆(用于污秽区)、海底电缆或船用电缆。

### 2 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为本标准的条文。本标准出版时, 所示版本均为有效。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。

GB 156—1993 标准电压(neq IEC 60038:1983)

GB/T 2951.1—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 1 节: 厚度和外形尺寸测量——机械性能试验(idt IEC 60811-1-1:1993)

GB/T 2951.2—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 2 节: 热老化试验方法(idt IEC 60811-1-2:1985)

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(idt IEC 60811-1-3:1993)

GB/T 2951.4—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 4 节: 低温试验(idt IEC 60811-1-4:1995)

GB/T 2951.5—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 2 部分: 弹性体混合料专用试验方法 第 1 节: 耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验(idt IEC 60811-2-1:1986)

GB/T 2951.6—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分: 聚氯乙烯混合料专用试验方法 第 1 节: 高温压力试验——抗开裂试验(idt IEC 60811-3-1:1985)

GB/T 2951.7—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分: 聚氯乙烯混合料专用试验方法 第 2 节: 失重试验 热稳定性试验(idt IEC 60811-3-2:1985)

GB/T 2951.8—1997 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 1 节: 耐环境应力开裂试验——空气热老化后的卷绕试验