

ICS 29.060.20

K 13

备案号:

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 42051—2015

额定电压 0.6/1 kV 铝合金导体交联聚乙烯 绝缘电缆

Cross-linked polyethylene insulated cables with aluminum alloy conductor for rated
voltage of 0.6/1 kV

2015 - 04 - 02 发布

2015 - 09 - 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 电压标示和材料	3
5 导体	4
6 绝缘	5
7 电缆的缆芯、内衬层和填充物	7
8 铠装	8
9 外护套	8
10 试验条件	11
11 例行试验	11
12 抽样试验	12
13 电气型式试验	16
14 非电气型式试验	17
15 安装后电气试验	26
16 电缆产品的补充条款	26
附录 A (规范性附录) 确定护层尺寸的假设直径计算方法	27
附录 B (规范性附录) 电缆产品的补充条款	30
附录 C (规范性附录) 铝合金带技术要求	34
附录 D (规范性附录) 数值修约	35
附录 E (规范性附录) 铠装层的松紧度试验	36
附录 F (规范性附录) 铠装的张力和伸长试验	37
附录 G (规范性附录) 室温下的挤压试验	39
附录 H (规范性附录) 室温下的冲击试验	40
附录 I (资料性附录) 压蠕变试验方法	41
参考文献	43
图 B.1 产品型号的组成和排列顺序	31
图 E.1 松紧度试验示意图	36
图 F.1 夹钳示意图	37

表 1	电缆导体用铝合金的化学成分	5
表 2	绝缘标称厚度	6
表 3	无卤混合料要求	6
表 4	电缆绝缘的机械性能和特殊性能要求	7
表 5	挤包内衬层厚度	8
表 6	铠装铝合金带标称厚度	8
表 7	电缆护套的机械性能和特殊性能试验要求	9
表 8	抽样试验样品数量	13
表 9	体积电阻率和绝缘电阻常数	17
表 10	非电气型式试验项目（一）	18
表 11	非电气型式试验项目（二）	19
表 A.1	导体的假设直径	27
表 A.2	线芯成缆系数 K	28
表 B.1	电缆型号	30
表 B.2	多芯电缆中性线和保护线导体标称截面积	32
表 B.3	电缆使用温度与安装环境温（示例）	33
表 C.1	铝合金带的标称厚度和公差	34
表 F.1	试样的长度和条件	38

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由国家能源局提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会（SAC/TC 213）归口。

本标准负责起草单位：上海电缆研究所、加铝(天津)铝合金产品有限公司。

本标准参加起草单位：福建永福工程顾问公司、四川蓝光和骏实业股份有限公司、阳光凯迪新能源集团有限公司、江苏长峰电缆有限公司、安徽太平洋电缆集团有限公司、江西南缆集团有限公司、安徽省惠尔电气有限公司、金杯电工股份有限公司、广东南方电缆实业有限公司。

本标准主要起草人：孙建生、贝礼杰、季证南、周代俊、江伟、张伟民、吕发忠、邹明、钱俊杰、杨志强、郑秋、谭炳文。

本标准为首次发布。

额定电压 0.6/1 kV 铝合金导体交联聚乙烯绝缘电缆

1 范围

本标准规定了用于建筑物、构筑物及其附属设施配电用固定敷设的额定电压0.6/1 kV铝合金导体交联聚乙烯绝缘电缆的结构、材料和试验要求。

本标准适用于建筑物、构筑物及其附属设施配电用额定电压为0.6/1 kV铝合金导体交联聚乙烯绝缘电缆。

注：建筑物包括民用建筑、工业建筑、公共建筑等。

本标准包括了阻燃、低烟和无卤型电缆。

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，仅所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 156—2007 标准电压

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.18—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变(氯化钠溶液)

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

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

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

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

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

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

GB/T 2951.32—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第32部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法-失重试验-热稳定性试验

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 3048.5—2007 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

GB/T 3048.8—2007 电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验

GB/T 3048.9—2007 电线电缆电性能试验方法 第9部分：绝缘线芯火花试验

GB/T 3048.10—2007 电线电缆电性能试验方法 第10部分：挤出护套火花试验

GB/T 3956—2008 电缆的导体

GB/T 4909.2—2009 裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量

- GB/T 4909.3—2009 裸电线试验方法 第3部分：拉力试验
- GB/T 4909.5—2009 裸电线试验方法 第5部分：弯曲试验 反复弯曲
- GB/T 6995.1—2008 电线电缆识别标志方法 第1部分：一般规定
- 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 6995.5—2008 电线电缆识别标志方法 第5部分：电力电缆绝缘线芯识别标志
- GB/T 9327—2008 额定电压35kV(U_m=40.5kV)及以下电力电缆导体用压接式和机械式连接金具 试验方法和要求
- GB/T 12527—2008 额定电压1kV及以下架空绝缘电缆
- GB/T 16825.2 静力单轴试验机的检验 第2部分：拉力蠕变试验机 施加力的检验
- 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
- 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
- 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
- GB/T 18380.11—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第11部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 试验装置
- 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 1kW预混合型火焰试验方法
- GB/T 18380.13—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第13部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 测定燃烧的滴落（物）/微粒的试验方法
- GB/T 18380.33—2008 电缆和光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
- GB/T 18380.34—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第34部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 B类
- GB/T 18380.35—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第35部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C类
- GB/T 19666—2005 阻燃和耐火电线电缆通则
- GB/T 20975 铝及铝合金化学分析方法（所有部分）
- JB/T 8137 电线电缆交货盘
- IEC 60684-2 绝缘软套管 第2部分：试验方法（Flexible insulating sleeving - Part 2: Methods of test）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 尺寸值（厚度，截面积等）的术语和定义

3.1.1

标称值 **nominal value**

指定的量值并经常用于表格之中。

在标准中，通常标称值引伸出的量值在考虑规定公差下通过测量进行检验。

3.1.2

近似值 **approximate value**

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计算所得的值。

3.2 有关试验的术语和定义

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。

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，以证明电缆具有满足预期使用条件的满意性能。

注：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**

在安装后进行的试验，用以证明安装后的电缆及其附件完好。

4 电压标示和材料

4.1 额定电压

本标准中电缆的额定电压 $U_0/U(U_m)$ 为0.6/1(1.2) kV。

在电缆的电压表示 $U_0/U(U_m)$ 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/T 156-2007）。

4.2 绝缘混合料

本标准所使用的绝缘混合料为交联聚乙烯，代号为：XLPE。

交联聚乙烯(XLPE)作为绝缘材料，正常运行时导体的最高温度为90℃，短路(最长持续5 s)导体的最高温度为250℃。

导体的最高温度是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。短路温度的导则宜参照IEC 60724。

4.3 护套混合料

本标准所使用的护套混合料为聚氯乙烯(PVC)和/或无卤低烟阻燃聚烯烃，正常运行时导体的最高温度为90℃。

5 导体

5.1 导体应是符合 GB/T 3956-2008 的第2种的铝合金导体。

5.2 导体采用非紧压绞合、紧压绞合或型线绞合结构。宜采用型线绞合结构。

5.3 绞合导体中任一单线，抗拉强度应为(98~159) MPa，断裂伸长率不应小于10%。绞合导体中铝合金单线的化学成分应符合表1中规定的任一序号的合金化学成分。

表1 电缆导体用铝合金的化学成分

序号	化学成分（质量分数）								Al
	%								
	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	B	其他		
							单个	合计	
1	≤0.10	0.55~0.8	0.10~0.20	0.01~0.05	≤0.05	≤0.04	≤0.03 ^a	≤0.10	余量
2	≤0.10	0.30~0.8	0.15~0.30	≤0.05	≤0.05	0.001~0.04	≤0.03	≤0.10	余量
3	≤0.10	0.6~0.9	≤0.04	0.08~0.22	≤0.05	≤0.04	≤0.03	≤0.10	余量
4	≤0.15 ^b	0.40~1.0 ^b	0.05~0.15	—	≤0.10	—	≤0.03	≤0.10	余量
5	0.03~0.15	0.40~1.0	—	—	≤0.10	—	≤0.05 ^c	≤0.15	余量
6	≤0.10	0.25~0.45	≤0.04	0.04~0.12	≤0.05	≤0.04	≤0.03	≤0.10	余量
对于脚注中特定元素，仅在有需要时测量。									
^a 锂（Li）的含量（质量分数）≤0.003%。									
^b 硅和铁（Si+Fe）的含量（质量分数）≤1.0%。									
^c 镓（Ga）的含量（质量分数）≤0.03%。									

5.4 购买方要求时，应提供成品电缆导体中单线的压蠕变特性曲线。

5.5 导体表面应光洁、无油污、无损伤绝缘的毛刺、锐边以及凸起或断裂的单线。

5.6 电缆中性线及保护线导体标称截面见附录 B。

6 绝缘

6.1 绝缘厚度的标称值应符合表 2 的规定。无卤电缆绝缘的性能要求应符合表 3 的规定。绝缘的机械性能和特殊性能试验要求应符合表 4 的规定。

6.2 绝缘层应紧密挤包在导体上，不与导体发生粘连。绝缘表面应平整、色泽均匀。

6.3 绝缘线芯应经受 GB/T 3048.9-2007 规定的工频火花试验，试验值符合 GB/T 3048.9-2007 表 1 的规定。作为生产过程中的中间检验，绝缘应不发生击穿。

6.4 绝缘线芯应按照 GB/T 6995.5-2008 的规定进行线芯标识。

表2 绝缘标称厚度

导体标称截面 积 mm ²	绝缘厚度标称值 mm	导体标称截面 面积 mm ²	绝缘厚度标称值 mm	导体标称截面 积 mm ²	绝缘厚度标称值 mm
10	0.7	95	1.1	400	2.0
16	0.7	120	1.2	500	2.2
25	0.9	150	1.4	630	2.4
35	0.9	185	1.6	800	2.6
50	1.0	240	1.7	1000	2.8
70	1.1	300	1.8		

表3 无卤混合料要求

序号	试验项目	单位	要求
1	酸气含量试验 (GB/T 17650.1 —1998)		
1.1	溴和氯含量 (以 HCL 表示), 最大值	%	0.5
2	氟含量试验 (IEC 60684-2)		
2.1	氟含量, 最大值	%	0.1
3	pH 值和电导率试验 (GB/T 17650.2-1998)		
3.1	pH 值, 最小值	--	4.3
3.2	电导率, 最大值	μS/mm	10

表4 电缆绝缘的机械性能和特殊性能要求

序号	项 目	单 位	XLPE
0	正常运行时导体最高温度	℃	90
1	老化前(GB/T 2951.11—2008 中 9.1)		
1.1	抗张强度, 最小	N/mm ²	12.5
1.2	断裂伸长率, 最小	%	200
2	空气烘箱老化后(GB/T 2951.11—2008 中 8.1)		
2.1	处理条件		
	温度	℃	135
	温度偏差	K	±3
	持续时间	h	168
2.2	抗张强度		
	抗张强度变化率, 最大	%	±25
2.3	断裂伸长率		
	断裂伸长率变化率, 最大	%	±25
3	热延伸试验		
3.1	处理条件		
	空气温度(偏差±3 K)	℃	200
	负荷时间	min	15
	机械应力	N/cm ²	20
3.2	载荷下最大伸长率	%	175
3.3	冷却后最大永久伸长率	%	15
4	吸水试验(GB/T 2951.13—2008 中 9.2)重量分析法		(重量吸水法)
4.1	温度(偏差±2 K)	℃	85
4.2	持续时间	h	336
4.3	重量最大增量	mg/cm ²	1
5	收缩试验(GB/T 2951.13—2008 中第 10 章)		
5.1	标志间长度	mm	200
5.2	处理温度(偏差±3 K)	℃	130
5.3	持续时间	h	1
5.4	最大允许收缩率	%	4

7 电缆的缆芯、内衬层和填充物

7.1 内衬层与填充

7.1.1 结构

内衬层（若有）可以挤包、绕包或纵包。
挤包内衬层前允许用合适的带子扎紧。

7.1.2 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容。
无卤电缆的内衬层和填充应符合表3的规定。

7.2 挤包内衬层厚度

挤包内衬层的近似厚度应从表5中选取。

表5 挤包内衬层厚度

缆芯假设直径 mm		挤包内衬层厚度近似值 mm
-	≤ 25	1.0
> 25	≤ 35	1.2
> 35	≤ 45	1.4
> 45	≤ 60	1.6
> 60	≤ 80	1.8
> 80	-	2.0

7.3 绕（纵）包内衬层厚度

缆芯外可以绕包或纵包一层合适的带子作为内衬层。缆芯假设直径为40mm及以下时，内衬层的近似厚度取0.4 mm；假设直径大于40 mm时，近似厚度取0.6 mm。

8 铠装

8.1 铠装的形式为连锁铠装，材料为铝合金带。铝合金带的标称厚度见表6。铝合金带应符合附录C的规定。

表6 铠装铝合金带标称厚度

铠装前假设直径 d mm	铝合金带标称厚度 mm
≤ 35	0.5
> 35	0.6

8.2 铠装应符合第12.11中规定的内表面质量要求。如果需要对铝合金带进行焊接，则不应明显地增加带的厚度，也不应减小其机械强度。

9 外护套

9.1 概述

外护套（若有）通常为黑色，但也可以按照制造方和购买方协议采用黑色以外的其它颜色，以适应电缆使用的特定环境。

当电缆缆芯外包覆金属层时，外护套应经受GB/T 3048.10-2007规定的火花试验，试验值符合GB/T 3048.10-2007表1的规定。

9.2 材料

外护套（若有）应采用聚氯乙烯或无卤聚烯烃材料。

如果要求在火灾时电缆能阻止火焰的燃烧、发烟少以及没有卤素气体释放，应采用无卤护套材料。外护套材料应与4.3中规定的电缆运行温度相适应，其物理机械性能和特殊性能应符合表7的规定。无卤电缆的外护套还应符合表3的规定。

在特殊条件下（例如为了防白蚁）使用的外护套，可能有必要使用化学添加剂，但这些添加剂不应包括对人类及环境有害的材料。

注：例如不希望采用的材料包括¹⁾：

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-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-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7异构体。

表7 电缆护套的机械性能和特殊性能试验要求

序号	项 目	单 位	外护套	
			聚氯乙烯	无卤聚烯烃
0	正常运行时导体最高温度	℃	90	90
1	老化前(GB/T 2951.11—2008 中 9.2)			
1.1	抗张强度，最小	N/mm ²	12.5	9.0
1.2	断裂伸长率，最小	%	150	125
2	空气烘箱老化后(GB/T 2951.11—2008 中 8.1)			
2.1	处理条件			
	温度(偏差±2 K)	℃	100	100
	时间	h	168	168
2.2	抗张强度			
	a) 老化后数值，最小	N/mm ²	12.5	9.0
	b) 变化率，最大	%	±25	±40
2.3	断裂伸长率			
	a) 老化后数值，最小	%	150	100
	b) 变化率，最大	%	±25	±40

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。

表7 (续)

序号	项 目	单 位	外护套	
			聚氯乙烯	无卤聚烯烃
3	空气烘箱中失重试验(GB/T 2951.32-2008 中 8.2)			
3.1	处理条件			
	温度(偏差±2 K)	℃	100	-
	持续时间	h	168	-
3.2	最大允许失重量	mg/cm ²	1.5	-
4	高温压力试验(GB/T 2951.31-2008 中第 8 章)			
4.1	温度(偏差±2 K)	℃	90	80
5	低温性能试验(GB/T 2951.14-2008 中第 8 章) ^a			
5.1	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 K)	℃	-15	-15
5.2	哑铃片的低温拉伸试验			
	温度(偏差±2 K)	℃	-15	-15
5.3	低温冲击试验			
	温度(偏差±2 K)	℃	-15	-15
6	热冲击试验(GB/T 2951.14-2008 中第 8 章)			
6.1	温度(偏差±3 K)	℃	150	-
6.2	持续时间	h	1	-
7	吸水试验(GB/T 2951.13-2008 中 9.1)重量法			
7.1	温度(偏差±2 K)	℃	-	70
7.2	持续时间	h	-	24
7.3	最大增加重量	mg/cm ²	-	10
8	人工气候老化试验(GB/T 12527-2008) ^b			
8.1	老化时间	h	1008	1008
8.2	实验结果:			
	a) 0 h~1008 h			
	抗张强度变化率, 最大	%	±30	±30
	断裂伸长率变化率, 最大	%	±30	±30
	b) 504 h~1008 h			
	抗张强度变化率, 最大	%	±15	±15
	断裂伸长率变化率, 最大	%	±15	±15

^a 因气候条件, 购买方可以要求采用更低的试验温度, 如-25℃、-40℃, 并采用合适的方式进行标识或区分。

^b 有耐候要求时进行。

9.3 厚度

挤包护套的标称厚度值 T_s (mm)应按公式 (1) 计算:

$$T_s = 0.035D + 1.0 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

T_s ——挤包护套的标称厚度, 单位为毫米 (mm);

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D)。

单芯电缆外护套的标称厚度不应小于1.4 mm; 多芯电缆外护套的标称厚度不应小于1.8 mm。

10 试验条件

10.1 环境温度

除非另有规定, 试验应在环境温度(20±15) °C下进行。

10.2 工频试验电压的频率和波形

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

11 例行试验

11.1 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。

本标准要求的例行试验为:

- a) 导体电阻测量(见11.2);
- b) 电压试验(见11.3)。

11.2 导体电阻

应对每一根电缆长度所有导体进行测量。

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。若怀疑导体温度与室温不一致, 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°C下1 km长度的数值。

每一根导体20°C时的直流电阻不应超过GB/T 3956-2008规定的相应的最大值。直流电阻试验应按照GB/T 3048.4-2007进行, 其中电流端应采用压接方式。

11.3 电压试验

11.3.1 概述

电压试验应在环境温度下进行。制造方可选择采用工频交流电压或直流电压。

11.3.2 单芯电缆试验步骤

单芯铠装电缆的试验电压应施加在导体与铠装层之间，时间为5 min。

单芯无铠装电缆应浸入室温水1 h，电压应施加在导体与水之间，时间为5 min。

11.3.3 多芯电缆试验步骤

对于多芯电缆，应依次在每一相绝缘导体对其余导体和铠装层之间施加试验电压5 min。

导体可适当地连接在一起依次施加试验电压进行电压试验以缩短总的试验时间，只要连接顺序可以保证电压施加在每一相导体与其他导体和铠装层之间至少5 min且不中断。

三芯电缆也可采用三相变压器，一次完成试验。

11.3.4 试验电压

工频试验电压为值3.5 kV。

若用三相变压器同时对三芯电缆进行电压试验，相间试验电压值应为6.1 kV。

当电压试验采用直流电压时，直流电压值应为8.4 kV。

在任何情况下，电压都应逐渐升高到规定值。

11.3.5 要求

绝缘应无击穿。

12 抽样试验

12.1 概述

本标准要求的抽样试验包括：

- a) 导体检查；
- b) 尺寸检查；
- c) 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率试验；
- d) 铝合金单线的弯曲性能试验；
- e) XLPE 绝缘的热延伸试验；
- f) 铠装层的内表面检查；
- g) 铠装层的松紧度试验；
- h) 铠装层的柔韧性试验；
- i) 铠装层的张力试验；
- j) 铠装层的伸长试验；
- k) 标志及耐擦性试验。

12.2 抽样试验的频度

12.2.1 导体检查和尺寸检查

导体检查、绝缘、铠装层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%。

12.2.2 物理试验

应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，对于总长度大于2 km的多芯电缆或大于4 km的单芯电缆的抽样按表8进行。

表8 抽样试验样品数量

电缆长度 km				样品数
多芯电缆		单芯电缆		
> 2	≤ 10	> 4	≤ 20	1
> 10	≤ 20	> 20	≤ 40	2
> 20	≤ 30	> 40	≤ 60	3
余类推		余类推		余类推

12.3 复试

如果任一试样没有通过第12章的任一项试验，应从同一批中再取两个附加试样就不合格项目重新试验。如果两个附加试样都合格，样品所取批次的电缆应认为符合本标准要求。如果加试样品中有一个试样不合格，则认为抽取该试样的这批电缆不符合本标准要求。

12.4 导体检查

应采用检查或可行的测量方法检验导体结构是否符合GB/T 3956-2008和第5章的要求。

12.5 绝缘和非金属护套厚度的测量

12.5.1 概述

试验方法应符合GB/T 2951.11-2008第8章规定。

为试验而选取的每根电缆长度应从电缆的一端截取一段电缆来代表，如果必要，应将可能损伤的部分电缆先从该端截除。

对于超过三芯的等截面电缆，测量的绝缘线芯数目应限制在任意三个绝缘线芯上。

12.5.2 对绝缘的要求

每一段绝缘线芯，绝缘厚度测量值的平均值在按附录D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的标称值的90%-0.1 mm，如式（2）：

$$t_m \geq 0.9t_n - 0.1 \dots\dots\dots (2)$$

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）。

12.5.3 对非金属护套的要求

电缆非金属护套，其厚度最小测量值不应低于规定的标称值的80%—0.2 mm，如式（3）：

$$t_m \geq 0.8t_n - 0.2 \dots\dots\dots (3)$$

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）。

12.6 联锁铠装金属层的测量

12.6.1 金属层厚度测量

应使用具有两个直径为5 mm平测头、精度为±0.01 mm的千分尺进行测量，应对铠装金属带在平整部位测其厚度。

12.6.2 要求

金属带的最小厚度不应小于表6中规定标称值的90%。

12.7 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的规定进行。

12.8 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率试验

12.8.1 取样

从成品电缆铝合金绞合导体中取出的单线。

12.8.2 机械试验

应按GB/T 4909.3-2009中所述的试验设备和方法进行试验。单线的横截面积通过称量长度为1 m的单线的重量，并按照GB/T 4909.2-2009中5.3.2条的规定求得，铝合金的密度取为2.71 g/cm³。

12.8.3 要求

试验的抗拉强度和断裂伸长率应符合5.3的要求。

12.9 铝合金单线的弯曲性能试验

12.9.1 取样

从成品电缆铝合金导体中取出的单线。

12.9.2 机械试验

应按GB/T 4909.5-2009中规定的试验设备和方法进行。试样从垂直于弯曲圆柱轴线平面的起始位置，沿一个芯轴弯曲90度，然后回到原来的位置，再在同一平面内以相反方向沿另一个芯轴弯曲90度，然后回到原来的位置，为一个循环。完成两个循环的测试时间不应少于5 s，且不大于30 s。

12.9.3 要求

试样经受在与试样相同直径的芯轴上弯曲至少10个循环，而不发生断裂。

12.10 XLPE 绝缘的热延伸试验

12.10.1 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4。

12.10.2 要求

试验结果符合表4的规定。

12.11 铠装层的内表面检查

12.11.1 步骤

截取短段带铠装的成品电缆，并将缆芯从铠装层内抽出，然后在有足够亮度的光源下分别从铠装样品的两端查看铠装的内表面。

12.11.2 要求

在铠装的内表面上应无肉眼可见的明显毛刺和锐利的边缘。

12.12 铠装层的松紧度试验

12.12.1 取样

从有铠装电缆上取下的一段电缆。

注：如果电缆挤包内衬层的厚度大于1.0 mm时，则不需要进行本项试验。

12.12.2 试验

按照附录E中所描述的设备和方法进行试验。

12.12.3 要求

对试样施加100 N的力，持续时间为1 min，从试样下端的铠装中抽出的缆芯部分的长度不应超过13 mm。

12.13 铠装层的柔韧性试验

12.13.1 试验

成品电缆试样在去除外护套（若有）后，围绕直径为8倍成品电缆外径的芯轴缠绕一圈，对样品施加适当的张力以保证其紧贴芯轴的圆周。

12.13.2 要求

卷绕后，铠装的联锁处不应露出缆芯。

12.14 铠装层的张力试验

12.14.1 取样

从裸铠装电缆上取下的一段铠装或从有护套铠装电缆上取下的相同长度的铠装和外护套。

12.14.2 试验

按照附录F中所描述的设备和方法进行试验。当样品为有护套铠装电缆时，夹钳可直接夹到外护套上。

12.14.3 要求

样品应能经受136 kg重物产生的张力，持续时间1 min，铠装应不裂开且外护套无破坏。

12.15 铠装层的伸长试验

12.15.1 取样

试样取自一段成品有铠装电缆。

12.15.2 试验

按照附录F中所描述的设备和方法进行试验。

12.15.3 要求

成品电缆样品经受440 N的张力，持续时间1 min，铠装电缆的永久性伸长不应大于75 mm。

12.16 标志及耐擦性试验

标志应符合附录B的规定。

标志的耐擦性试验应符合GB/T 6995.1-2008的规定。

13 电气型式试验

取自成品电缆试样长度（10~15）m。应依次进行下列试验：

- a) 正常运行时导体最高温度下绝缘电阻测量；
- b) 4 h 电压试验。

13.1 正常运行时导体最高温度下的绝缘电阻测量

13.1.1 步骤

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

直流试验电压应为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。

测量应在每相导体和水之间进行。

13.1.2 计算

体积电阻率由测量得到的绝缘电阻值通过式（4）求得：

$$\rho = \frac{2\pi \times L \times R}{\ln(D/d)} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

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

R ——测得的绝缘电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
 L ——电缆长度，单位为厘米（cm）；
 D ——绝缘外径，单位为毫米（mm）；
 d ——绝缘内径，单位为毫米（mm）。

“绝缘电阻常数 K_i ”可按公式（5）计算，以 $M\Omega \cdot km$ 表示：

$$K_i = \frac{L \times R \times 10^{-11}}{\lg(D/d)} = 10^{-11} \times 0.367\rho \dots\dots\dots (5)$$

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。

13.1.3 要求

由测量值计算出的数值不应小于表9中规定的数值。

表9 体积电阻率和绝缘电阻常数值

序号	试验项目和试验条件	单位	性能要求 XLPE
1	体积电阻率 ρ --正常运行时导体最高温度	$\Omega \cdot cm$	10^{12}
2	绝缘电阻常数 K_i --正常运行时导体最高温度	$M\Omega \cdot km$	3.67

13.2 4 h 电压试验

13.2.1 步骤

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的工频电压，电压应逐渐升高并持续4 h。

13.2.2 要求

绝缘应不击穿。

14 非电气型式试验

非电气型式试验项目见表10和表11。

表10 非电气型式试验项目（一）

序号	试验项目
1	铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率
2	铝合金单线的弯曲性能
3	铝合金导体成分
4	铝合金单线压蠕变试验（要求时）
5	铠装层的内表面检查
6	铠装层的松紧度
7	铠装层的柔韧性
8	铠装层的张力
9	铠装层的伸长
10	铠装层的厚度
11	成品电缆的低温柔韧性
12	室温下的挤压力
13	室温下的冲击
14	成品电缆弯曲试验
15	成品电缆系统连接性能试验
16	成品电缆的盐雾试验（要求时）

表11 非电气型式试验项目（二）

序号	试验项目	绝缘 XLPE	护套	
			聚氯乙烯	无卤聚烯烃
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	×	×	×
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	空气烘箱失重	-	×	-
4.2	抗开裂试验（热冲击）	-	×	-
4.3	热延伸试验	×	-	-
4.4	吸水试验	×	-	×
4.5	收缩试验	×	-	-
4.6	人工气候老化试验（要求时）	-	×	×
5	不延燃试验	-	×	-
5.1	电缆的单根阻燃试验（要求时）	-	×	-
5.2	电缆的成束燃烧试验	-	×	×
5.3	烟发散试验	×	-	×
5.4	酸气含量试验	×	-	×
5.5	pH值和电导率	×	-	×
5.6	氟含量试验	×	-	×

注：×表示型式试验项目。

14.1 绝缘厚度测量

14.1.1 取样

应从每一根绝缘线芯上各取一个试样。

对多于三芯的电缆，测量绝缘线芯的数目应限制在3个绝缘线芯上。

14.1.2 步骤

按GB/T 2951.11-2008中8.1的规定进行。

14.1.3 要求

应符合12.5.2的规定。

14.2 外护套厚度测量

14.2.1 取样

每根电缆取一个样品。

14.2.2 步骤

按GB/T 2951.11-2008中8.2的规定进行。

14.2.3 要求

应符合12.5.3的规定。

14.3 绝缘老化前后的机械性能试验

14.3.1 取样

应按GB/T 2951.11-2008中9.1规定进行取样和制备试片。

14.3.2 老化处理

应在表4规定的条件下按GB/T 2951.12-2008中8.1的规定进行老化处理。

14.3.3 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试验。

14.3.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表4的要求。

14.4 护套老化前后的机械性能试验

14.4.1 取样

应按GB/T 2951.11-2008中9.2的规定进行取样和制备试片。

14.4.2 老化处理

应在表7规定的条件下按GB/T 2951.12-2008中8.1的规定进行老化处理。

14.4.3 预处理和机械试验

应按GB/T 2951.11-2008中9.2的规定进行预处理和机械试验。

14.4.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表7的要求。

14.5 成品电缆段的附加老化试验

14.5.1 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。

14.5.2 取样

应按GB/T 2951.12-2008中8.1.4的规定从成品电缆上截取样品。

14.5.3 老化处理

应按GB/T 2951.12-2008中8.1.4的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：(100±2)℃；

——周期：168 h。

14.5.4 机械试验

取自老化后电缆段试样的绝缘和护套试片，应按GB/T 2951.12-2008的8.1.4进行机械性能试验。

14.5.5 要求

老化前和老化后抗张强度与断裂伸长率中间值的变化率（见14.3和14.4）不应超过空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表4，非金属护套的规定值见表7。

14.6 PVC 护套失重试验

14.6.1 步骤

按GB/T 2951.32-2008中8.2条的规定取样和进行试验。

14.6.2 要求

试验结果应符合表7的规定。

14.7 外护套的高温压力试验

14.7.1 步骤

按GB/T 2951.31-2008中第8章的规定进行高温压力试验，试验条件见表7。

14.7.2 要求

试验结果应符合表7的规定。

14.8 外护套的低温性能试验

14.8.1 步骤

按GB/T 2951.14-2008中第8条的规定取样和进行试验，试验温度见表7。

注：要求时，也可以采用其它试验温度，如-25℃、-40℃。

14.8.2 要求

试验结果应符合GB/T 2951.14-2008中第8章的要求。

14.9 PVC 护套的抗开裂（热冲击）试验

14.9.1 步骤

按GB/T 2951.31-2008中第9章的规定取样和进行试验，试验温度和加热持续时间见表7。

14.9.2 要求

试验结果应符合GB/T 2951.31-2008中第9章的要求。

14.10 无卤聚烯烃护套的吸水试验

14.10.1 步骤

按GB/T 2951.13-2008中9.1和9.2的规定取样和进行试验，试验条件应符合表7规定。

14.10.2 要求

试验结果应符合表7规定。

14.11 XLPE 绝缘的热延伸试验

应按12.10的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.12 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率测试

应按12.8的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.13 铝合金单线的弯曲性能试验

应按12.9的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.14 铠装层的内表面检查

应按12.11的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.15 铠装层的松紧度试验

应按12.12的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.16 铠装层的柔韧性试验

应按12.13的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.17 铠装层的张力试验

应按12.14的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.18 铠装层的伸长试验

应按12.15的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.19 铠装层的厚度

应按12.6的规定取样和进行试验，并符合其要求。

14.20 标志及耐擦性试验

应按12.16的规定进行检查与试验，并符合其要求。

14.21 XLPE 绝缘的吸水试验

14.21.1 步骤

按GB/T 2951.13-2008中9.1和9.2的规定取样和进行试验，XLPE绝缘的试验条件应符合表4规定。

14.21.2 要求

XLPE绝缘的试验结果应符合表4规定。

14.22 XLPE 绝缘的收缩试验

14.22.1 步骤

应按GB/T 2951.13-2008中第10章的规定取样和进行试验，试验条件应符合表4规定。

14.22.2 要求

试验结果应符合表4的要求。

14.23 成品电缆的低温柔韧性试验

14.23.1 取样

从成品电缆上截取一根适当长度的电缆试样。

14.23.2 试验设备

能够保持所要求温度的低温箱，并且低温箱有足够的空间能够在其内在所需芯轴上完成弯曲试验的操作。

14.23.3 试验条件和步骤

试验条件和步骤如下：

- a) 弯曲用芯轴的直径为被测成品电缆试样外径的10倍；
- b) 试验前矫直后的被测试样和芯轴应在规定温度（-15℃）的低温箱中冷却4h；
- c) 冷却结束后，在低温箱内将试样围绕芯轴弯曲180°，完成此过程的时间为15s~30s。弯曲时可以施加适当的张力以便试样能够与芯轴的圆周接触。如果由于操作困难必须将试样从低温箱内移出，那么弯曲应尽可能快地进行，并且在移出时间开始后的30s内完成操作；
- d) 弯曲结束后，恢复到接近室温，检查绝缘和护套是否开裂。

注：当电缆的使用温度低于-15℃时，试验温度应采用电缆的使用温度。

14.23.4 要求

当用正常视力或矫正过的视力而不用放大镜进行检查时，绝缘和护套不应开裂。

14.24 不延燃试验（电缆的单根阻燃试验）

该试验适用于聚氯乙烯护套的电缆，仅有特别要求时才进行该试验。

试验要求和方法应符合GB/T 18380.11-2008、GB/T18380.12-2008、GB/T18380.13-2008规定。

14.25 成束阻燃试验

根据电缆阻燃类型的不同，试验要求和方法应符合GB/T 18380.33-2008 A类、GB/T 18380.34-2008 B类或GB/T 18380.35-2008 C类中相应阻燃类型的规定。

14.26 烟发散试验

该试验适用于无外护套或无卤聚烯烃材料作为外护套的无卤电缆。
试验要求和方法应符合GB/T 17651.2-1998规定。

14.27 酸气含量

该试验适用于无外护套或无卤聚烯烃材料作为外护套的无卤电缆。

14.27.1 步骤

试验方法应符合GB/T 17650.1-1998规定。

14.27.2 要求

试验结果应符合表3要求。

14.28 pH值和电导率试验

该试验适用于无外护套或无卤聚烯烃材料作为外护套的无卤电缆。

14.28.1 步骤

试验方法应符合GB/T 17650.2-1998规定。

14.28.2 要求

试验结果应符合表3要求。

14.29 氟含量试验

该试验适用于无外护套或无卤聚烯烃材料作为外护套的无卤电缆。

14.29.1 步骤

试验方法应符合IEC 60684-2规定。

14.29.2 要求

试验结果应符合表3要求。

14.30 室温下的挤压试验(仅适用于铠装电缆)

14.30.1 试验样品、设备和步骤

试验样品、设备和步骤应符合本标准附录G中的规定。

14.30.2 要求

对10个样品进行试验,短路时挤压力的平均值不应小于9 kN。

14.31 室温下的冲击试验(仅适用于铠装电缆)

14.31.1 取样

样品取自一段有铠装的成品电缆。

14.31.2 试验设备和步骤

试验设备和步骤应符合本标准附录H的规定。

14.31.3 要求

相绝缘线芯为16 mm²、25 mm²和35 mm²的成品电缆应能经受从0.3 m高处落下的11.34 kg重物的冲击，没有短路或接地故障发生。

相绝缘线芯为50 mm²及以上的成品电缆应能经受从0.6 m高处落下的11.34 kg重物的冲击，没有短路或接地故障发生。

14.32 铝合金导体成分试验

14.32.1 试验方法

试验方法应符合GB/T 20975规定。

14.32.2 要求

导体成分应符合表1的规定。

14.33 铝合金单线的压蠕变试验方法

试验方法参见本标准附录I的规定。

14.34 成品电缆弯曲试验

14.34.1 取样

样品取自一段有铠装的成品电缆。

14.34.2 步骤

试样应在环境温度下绕在试验圆柱体上（例如线盘的筒体）至少一圈，圆柱体的直径为7D，具有±5%的相对误差，D为电缆样品的实测外径。然后松开电缆再在相反方向上重复此过程。

这种操作循环进行三次，然后将绕在试验圆柱体上的试样放入电缆正常运行时导体最高温度的空气烘箱中加热24 h。

电缆冷却后，应按11.3规定对弯曲状态的电缆进行电压试验。

14.34.3 要求

试样无击穿，外护套无裂纹。

14.35 成品电缆系统连接性能试验

14.35.1 概述

样品应取自成品电缆的绝缘线芯。

试验的连接金具为GB/T 9327-2008规定的B类连接金具。

14.35.2 试验步骤和要求

试验步骤和要求应符合GB/T 9327-2008的规定。

14.36 成品电缆的人工气候老化试验

该试验适用于在户外敷设直接受阳光照射的电缆。

14.36.1 取样

从有外护套成品电缆上截取一段适当长度的电缆试样。

14.36.2 试验步骤和要求

试验应按照GB/T 12527-2008进行，试验结果应符合表7的规定。

14.37 成品电缆的盐雾试验

14.37.1 步骤

盐雾试验按照GB/T 2423.17-2008 规定进行，试验时间推荐336 h。

如用户有要求，也可进行 672 h 的盐雾试验，或按照 GB/T 2423.18—2012 规定的 1 级或 2 级交替盐雾试验进行。

14.37.2 要求

盐雾试验前后，绝缘和外护套的抗张强度变化率和断裂伸长率变化率不应超过 $\pm 30\%$ 。

15 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完成后进行下述试验。

应施加 $4U_0$ 直流电压，持续15 min。

注：以上试验仅适用于新安装的电缆，电缆绝缘修复后的电气试验由安装要求决定。

16 电缆产品的补充条款

电缆产品的补充条款包括电缆型号和产品表示方法、多芯电缆的中性线和保护线导体标称截面积、产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和贮存及产品安装条件，详见附录B。

附 录 A
(规范性附录)
确定护层尺寸的假设直径计算方法

A.1 概述

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积、绝缘标称厚度和电缆芯数，利用公式来计算假设直径。这样护套厚度和其它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预先计算和规定。

假设直径仅用来确定电缆护层的尺寸，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。

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D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

不考虑导体形状和紧压程度，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 mm ²	d_L mm	导体标称截面 mm ²	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		

A.2.2 绝缘线芯

绝缘线芯的假设直径 D_c 如式(A.1)：

$$D_c = d_L + 2t_i \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

D_c —绝缘线芯的假设直径，单位为毫米(mm)；

d_c —导体的假设直径，单位为毫米（mm）；
 t_i —绝缘的标称厚度，单位为毫米（mm）（见表2）。

A.2.3 缆芯直径

缆芯的假设直径（ D_f ）如式（A.2~A.5）：

a) 所有导体标称截面相同的电缆

$$D_f = KD_c \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

K —成缆系数（见表A.2）。

表A.2 线芯成缆系数 K

芯数	成缆系数 K
2	2.00
3	2.16
4	2.42
5	2.70

b) 有一根小截面的四芯电缆

$$D_f = \frac{2.42(3D_{c1} + D_{c2})}{4} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

D_{c1} —每相（大截面）绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）；

D_{c2} —小截面绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）。

c) 有一根小截面的五芯电缆

$$D_f = \frac{2.7(4D_{c1} + D_{c2})}{5} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

D_{c1} —每相（大截面）绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）；

D_{c2} —小截面绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）。

d) 有二根小截面的五芯电缆

$$D_f = \frac{2.7(3D_{c1} + D_{c2} + D_{c3})}{5} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

D_{c1} ——每相（大截面）绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）；

D_{c2} ——一根小截面绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）；

D_{c3} ——另一根小截面绝缘线芯的假设直径，单位为毫米（mm）。

A.2.4 内衬层

内衬层的直径 (D_B) 应按式 (A.6) 计算:

$$D_B = D_f + 2t_B \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

D_f 为 40 mm 及以下时, $t_B = 0.4$ mm;

D_f 大于 40 mm 时, $t_B = 0.6$ mm。

t_B 的假设直径应用于:

a) 多芯电缆

——无论有无内衬层;

——无论内衬层为挤包还是绕包。

b) 单芯电缆

——无论内衬层为挤包还是绕包。

A.2.5 联锁铠装

联锁铠装外的假设直径 (D_x) 应按式 (A.7) 计算:

$$D_x = D_A + 2t_A \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

D_x —联锁铠装外的假设直径, 单位为毫米 (mm);

D_A —铠装前直径, 单位为毫米 (mm);

t_A —铠装带压型后的弓形高度, 单位为毫米 (mm)。

D_A 为 35 mm 及以下时, 弓形高度为 2.6 mm;

D_A 大于 35 mm 时, 弓形高度为 3.6 mm。

附 录 B
(规范性附录)
电缆产品的补充条款

B.1 电缆型号和产品表示方法

B.1.1 代号

B.1.1.1 绝缘代号

交联聚乙烯绝缘..... YJ

B.1.1.2 导体代号

铝合金(表1规定)..... LH

B.1.1.3 护套代号

聚氯乙烯..... V

无卤聚烯烃..... Y

注：包含内衬层、外护套代号。

B.1.1.4 铠装代号

非磁性金属带(铝合金带联锁铠装)..... 6

B.1.1.5 外护套代号

(无护套)..... 0

聚氯乙烯..... 2

无卤聚烯烃..... 3

B.1.2 型号

电缆的常用型号见表B.1。

表B.1 电缆型号

型 号	名 称
YJLHV	铝合金导体交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHV60	铝合金导体交联聚乙烯绝缘铝合金带联锁裸铠装电力电缆
YJLHV62	铝合金导体交联聚乙烯绝缘铝合金带联锁铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHY	铝合金导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套电力电缆
YJLHY63	铝合金导体交联聚乙烯绝缘铝合金带联锁铠装聚烯烃护套电力电缆

B.1.3 产品表示方法

B.1.3.1 概述

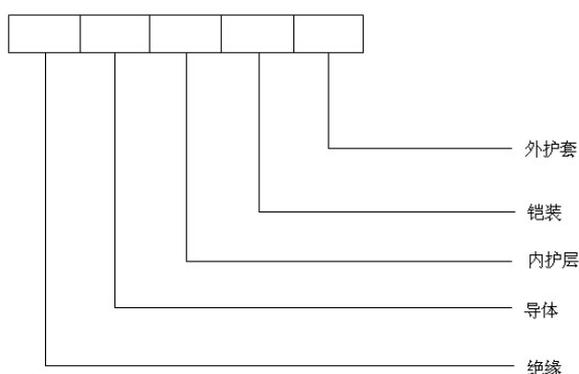
产品用型号（型号中有数字代号的电缆外护套，数字前的字母代号表示内护层）、规格（额定电压、芯数、标称截面积）及标准编号表示。

阻燃电缆产品的表示方法，应符合GB/T 19666-2005的规定表示。

注：当用户有其它如低温性能、耐日光老化性能及耐盐雾性能要求时，可以采用合适的方式进行标识或区分。

B.1.3.2 产品型号组成

产品型号组成和排列顺序见图B.1。



图B.1 产品型号的组成和排列顺序

B.1.3.3 产品表示示例

示例1：铝合金导体交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆，额定电压为0.6/1 kV，四芯，标称截面为150 mm²，表示为：YJLHV 0.6/1 4×150 NB/T XXXX-XXXX

示例2：铝合金导体交联聚乙烯绝缘铝合金带联锁裸铠装电力电缆，额定电压为0.6/1 kV，五芯，标称截面为50 mm²，表示为：YJLHV60 0.6/1 5×50 NB/T XXXX-XXXX

示例3：铝合金导体交联聚乙烯绝缘铝合金带联锁铠装聚烯烃护套电力电缆，额定电压为0.6/1 kV，3+1芯，其主线芯标称截面为50 mm²，中性线芯标称截面为25 mm²，表示为：YJLHY63 0.6/1 3×50+1×25 NB/T XXXX-XXXX

B.2 多芯电缆中性线和保护线导体标称截面积

多芯电缆中性线和保护线导体标称截面积见表B.2。

表B.2 多芯电缆中性线和保护线导体标称截面积

主线芯导体标称截面 mm ²	中性线芯及保护线芯导体标称截面 mm ²				
	4等芯	3+1芯	5等芯	4+1芯	3+2芯
16	16	—	16	—	—
25	25	16	25	16	16
35	35	16	35	16	16
50	50	25	50	25	25
70	70	35	70	35	35
95	95	50	95	50	50
120	120	70	120	70	70
150	150	70	150	70	70
185	185	95	185	95	95
240	240	120	240	120	120
300	300	150	300	150	150
400	400	185	400	185	185
500	500	240	500	240	240

B.3 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和贮存

B.3.1 验收规则

产品应由制造方检验合格方可出厂。每个出厂的包装件上应附有产品质量检验合格证。
产品应按本标准规定的试验项目进行试验验收。

B.3.2 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。电缆没有非金属外护套时，应采用适当的方式在金属表面施加上述标志。

成品电缆标志应符合GB/T 6995.3-2008规定。

电缆绝缘线芯标志应符合GB/T 6995.5-2008规定。

B.3.3 电缆包装、运输和保管

B.3.3.1 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，伸出的长度不应小于300 mm。重量不超过80kg的短段电缆，可以成圈包装。

B.3.3.2 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。

B.3.4 运输和贮存应符合下列要求：

- a) 电缆应避免露天存放，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，严禁多盘同时吊装。在车辆、船舶等运输工具上，电缆盘应放稳，并用合适方法固定，防止互撞或翻倒。

B.4 产品安装条件

B.4.1 电缆安装时的环境温度

电缆安装时的环境温度应与使用温度相一致，宜高于电缆使用温度15℃，示例见表B.3。

表B.3 电缆使用温度与安装环境温（示例）

序号	电缆使用温度 ℃	安装时最低环境温度 ℃
1	-15	0
2	-25	-10
3	-40	-25

B.4.2 电缆安装时的最小弯曲半径

电缆安装时的最小弯曲半径为 $7D$ ， D 为电缆外径。

附 录 C
(规范性附录)
铝合金带技术要求

C.1 范围

本附录规定了连锁铠装用铝合金带的技术要求。

C.2 性能**C.2.1 概述**

铝合金带应成圈交货。

铝合金带的质量和韧度应均匀一致。铝带应干燥、清洁、光滑，无开裂、毛刺等表观缺陷，并确保铠装时铝合金带不缠结。

C.2.2 标称厚度和宽度

铝合金带的标称厚度和公差见表C.1。

表C.1 铝合金带的标称厚度和公差

序号	厚度 mm	厚度公差 mm
1	0.5	±0.05
2	0.6	±0.06

C.2.3 机械性能

铝合金带的抗张强度为276 MPa~303 MPa。

铝合金带的断裂伸长率（标志间距离为250 mm）不应小于5%。

C.2.4 电气性能

铝合金带的导电率不应小于30%IACS（20 ℃）。

附 录 D

(规范性附录)

数值修约

D.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，在用到相应的公式或表格之前应先进行修约。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：

$$2.17 \approx 2.2$$

$$2.453 \approx 2.5$$

$$30.050 \approx 30.1$$

D.2 用作其它目的的数值修约

除D.1条考虑的用途外，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：

$$2.449 \approx 2.45 \quad \text{修约到二位小数；}$$

$$2.449 \approx 2.4 \quad \text{修约到一位小数；}$$

$$25.0478 \approx 25.048 \quad \text{修约到三位小数；}$$

$$25.0478 \approx 25.05 \quad \text{修约到二位小数；}$$

$$25.0478 \approx 25.0 \quad \text{修约到一位小数。}$$

附 录 E
(规范性附录)
铠装层的松紧度试验

E.1 试验设备

试验设备包括:

- a) 一根 3 m 长的管子;
- b) 一个中心开孔的管帽;
- c) 砝码。

管子是用来保持试验样品接近平直, 试验时处于垂直位置。管帽与管子下端相连。管帽对样品的铠装层形成支撑, 开孔的边缘应圆滑。

E.2 试样制备

截取 3.5 m 长的样品, 在一端剥除至少 0.5 m 的铠装。铠装的两端应成直角并去除毛刺。

将样品拉入管中, 电缆的缆芯从管子下端管帽的开孔中伸出。电缆保持垂直。

图 E.1 是试验的示意图。

E.3 步骤

将规定重量的砝码连接到从管帽开孔中伸出的缆芯上, 自由悬挂 1 min。试验时避免缆芯和孔的边缘发生摩擦。

E.4 检查

检查样品的下端, 测量抽出缆芯的长度。

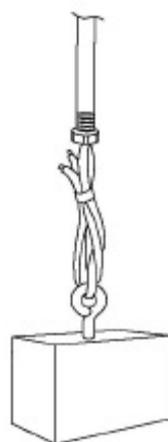


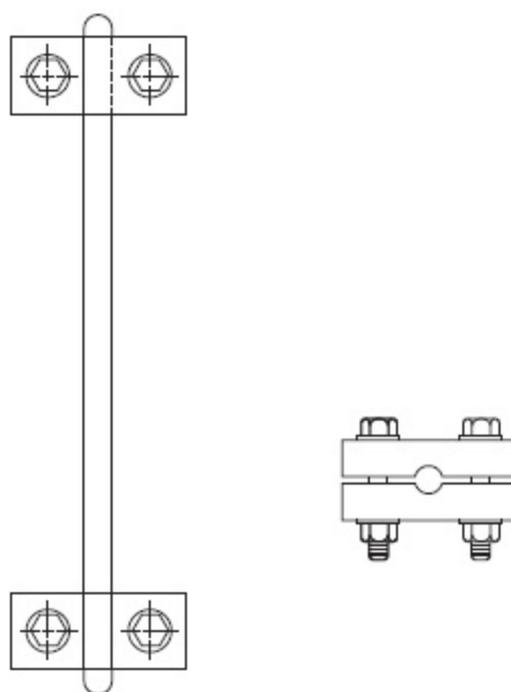
图 E.1 松紧度试验示意图

附 录 F
(规范性附录)
铠装的张力和伸长试验

F.1 试验设备

试验设备包括一个张力试验机(或者用于张力试验的规定重量的砝码及砝码提升的装置)和包括两个夹钳,夹钳应配有与试样螺旋外形一致的钳口,在处于张力的作用下能够夹牢试样,夹紧程度使其在承受张力时不产生滑移,同时不能对电缆造成损坏。

夹钳的示意图参见图F.1。



图F.1 夹钳示意图

F.2 试样制备

试样的长度和处理条件见表F.1。

表F.1 试样的长度和条件

电缆类型	试验	试样总长度 m	缆芯	电缆两端 的状态	夹头间距 mm
有铠装电缆	张力	1.2	抽出	不规定	1000
	伸长	1.2	不抽出	断面切成与轴线 垂直	1000

F.3 步骤

要求的负载应逐渐施加到试样上。如果采用吊起重物的方式，重物应位于悬挂点中心的正下方并应避免转动。保持规定的时间后，移开重物。

F.4 检验

施加规定的负载之后，从夹钳上拆下试样并检查试样内部及外部的损坏情况。仅考虑两夹钳之间矫直的部分。

当有要求时，伸长率的测量中伸长长度应是缆芯在样品两端缩进铠装层的总长度。测量使用精确到mm的刻度尺进行测量。

附 录 G
(规范性附录)
室温下的挤压试验

G.1 取样

取10个适合长度的成品电缆样品。

G.2 试验设备

试验设备包括两块宽度为50 mm、水平的扁平钢板，在一块钢板的中心焊有一根直径19 mm的钢棒。钢板放在压力设备中，压力设备的钢板以约 12.7 mm/min的速度关闭。

G.3 步骤

在电缆铠装在内的所有部件，除相线芯或者中性线芯外，凡是在使用中接地的部件，在试验中都应接地。将每个样品放在两块金属板之间，测试时，电缆轴心应与压杆的轴垂直。钢板应与试验设备的金属部分、电缆接地部件连在一起并可靠接地。试验在室温下进行。

样品受到一个不断增大的力，直到绝缘导线和地之间发生短路为止（用24 VDC低压指示电路指示）。应分别测试每个样品，记录发生短路时的挤压力。

G.4 平均挤压力

10个挤压力的平均值为试验样品的平均挤压力。

附 录 H
(规范性附录)
室温下的冲击试验

H.1 试验设备

冲击设备由一根长1 m的硬钢管（内径：103 mm，外径：114.3 mm，壁厚：5.65 mm）和1个冲击元件组成。钢管垂直安装在一块厚6.5 mm的钢板上，钢板上焊接有一根直径19 mm的钢棒，钢棒的中心与钢管轴线一致。在钢管下端有一个开口，以便能将试样放到钢棒上。冲击元件是钢制的直径为100 mm的圆柱形，质量为11.34 kg，冲击面平整。

H.2 步骤

将冲击试验样品水平放到钢棒上，使得中间部分位于钢棒的中心，轴线与钢棒的轴线垂直。

将冲击元件从钢棒上方0.3 m或0.6 m处落下。同时对冲击试验的样品进行短路和接地故障测试。试验时，使用带有灯光指示的120 V通断检测器，在接地金属部件和电缆导体之间进行接地故障的测试。

在冲击测试之后，测试样品在120 V条件下进行短路和接地故障测试。

附 录 I

(资料性附录)

压蠕变试验方法

1.1 试样制备与预试验

压蠕变试样可在铝合金电缆成品上取样,试样长度为单线外径的2.5倍~3.5倍,试样两端面应平整、光滑。制备试样时应小心,不损伤试样表面。

压蠕变试验前应对试样进行预试验,包括化学成分、抗拉强度和伸长率。预试验结果应符合第5章的规定。

1.2 试验设备及仪器

试验机应能提供施加轴向试验力并使试样上产生的弯矩和扭矩最小。试验前应对试验机进行外观检查以确保试验机的加力杆、夹具、万向节和连接装置都处于良好状态。试验机应远离外界的震动和冲击。试验机至少应符合GB/T 16825.2中1级试验机的要求。试验力应均匀平稳无震动地施加在试样上。试验力的加载同轴度应不超过10%。

蠕变变形测量仪器的分辨力不应大于0.001 mm,误差不应大于总蠕变变形的 $\pm 1.0\%$ 。

采用加热装置加热试样至试验规定温度,规定温度和显示温度之间的允许偏差不应大于 $\pm 3^\circ\text{C}$,试样长度方向上允许的最大温度偏差为 3°C 。温度显示装置的分辨力应至少为 0.5°C ,测温装置的准确度应等于或优于 1°C 。热电偶在校准周期内的温度漂移不宜超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

试验机上、下压头的工作表面应平行,且安装试样区100mm范围内的平行度不低于 $1:0.0002\text{mm/mm}$ 。试验过程中,上、下压头间不应有侧向的相对位移和转动。压头的硬度不应低于55HRC。

1.3 试验方法

抗压蠕变试验温度宜选择 $50^\circ\text{C}\sim 120^\circ\text{C}$;试验压应力不应大于试样的屈服强度,压应力不宜小于屈服强度的70%。

将试样竖直放置于蠕变持久试验机的上、下压头间,试样安装时,调整试样使其纵轴线与压头纵轴线重合。关闭环境箱,将试样加热至规定的试验温度。为使试样、夹持装置和引伸计都达到热平衡,试样应在试验力施加前保温至少30 min。对于安装引伸计进行试验时,可以在升温过程中施加一定的初载荷(小于试验力的10%)来保持试样加载链的同轴(如在 $t=0$ 之前)。

试验力应以产生最小的弯矩和扭矩的方式在试样的轴向上施加。试验力至少应准确到 $\pm 1\%$ 。试验力的施加过程应无振动并尽可能地快速。当试验应力对应的载荷全部施加在试样上时作为蠕变试验开始($t=0$)并记录蠕变变形,进行100 h的抗压蠕变试验。

试验过程中应保持载荷恒定,温度波动应不大于 $\pm 3^\circ\text{C}$ 。

1.4 数据记录

整个试验过程中应连续记录或记录足够多的蠕变变形数据来绘制“蠕变应变-时间”曲线。在蠕变应变与时间的双对数坐标轴上,采集的数据会接近于一条直线,为使数据采集点沿着拟合线均距分布,

在绘制蠕变曲线时，试验开始后前20 h内，宜以20 min的时间间隔取蠕变数据，20 h以后宜以 $(60^{(2.73+0.03 \times n)})$ s（其中 $n=0, 1, 2, 3, \dots$ ）的时间间隔取蠕变数据，并将时间点修约至0.5 h，即为20 h, 22.5 h, 25.5 h, 28.5 h, 32.5 h, 36.5 h, 41.5 h, 47.0 h, 53.0 h, 60.0 h, 68.0 h, 76.5 h, 86.5 h, 98.0 h, 100.0 h。

1.5 数据处理

根据所取的原始蠕变数据，计算各时间点试样的应变，对应时间点绘制“蠕变应变-时间”的蠕变曲线。

出现下列情况之一时，试验结果无效，应重做试样在相同条件下的试验：

- a) 试样未达到试验目的时，发生明显的塑性变形；
- b) 试样未达到试验目的时，端部就局部压坏；
- c) 试验过程中操作不当；
- d) 试验过程中试验仪器设备发生故障，影响了试验结果。

1.6 试验报告

试验报告一般包括下列内容：

- a) 本标准编号；
- b) 材料和试样标识；
- c) 试样形状、规格、尺寸；
- d) 试验条件，包括温度、压应力、时间等；
- e) 试验结果，包括预试验的试验结果；
- f) 蠕变曲线。

参 考 文 献

IEC 60724 额定电压1 kV ($U_m = 1.2$ kV) 和3 kV ($U_m = 3.6$ kV) 电缆短路温度极限值 (Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1.2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3.6$ kV))
