



T/AHDD

安徽省电线电缆行业协会团体标准

T/AHDD 0012—2024

额定电压 6kV 到 35kV 无卤低烟阻燃防鼠蚁电力电缆

Rated voltage 6 kV to 35 kV
halogen-free low smoke flame-retardant rat and termite proof power cables

2024 - 01 - 31 发布

2024 - 01 - 31 实施

安徽省电线电缆行业协会 发布

目 录

前 言..... II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 产品代号和表示方法 4

5 产品特性 5

6 技术要求 5

7 试验条件 7

8 例行试验 7

9 抽样试验 9

10 电气型式试验 10

11 非电气型式试验 12

12 安装后电气试验 16

13 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管 17

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由安徽省电线电缆行业协会提出。

本文件由安徽省电线电缆行业协会归口。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，协会不负责对其任何该类专利权的鉴别。

本文件起草单位：新亚特电缆股份有限公司、安徽明都电力线缆有限公司、华远高科电缆有限公司、安徽徽宁电器仪表集团有限公司、安徽皋创线缆有限公司、合肥虹达电线电缆有限公司、晶锋集团股份有限公司、安徽华上电缆科技有限公司、安徽顺信线缆有限公司、安徽华宇电缆集团有限公司、安徽天元电缆有限公司、皖缆集团股份有限公司、安徽天康（集团）股份有限公司、安徽国电电缆股份有限公司、安徽绿宝电缆有限公司、安徽长城仪表线缆有限公司、安徽省电线电缆行业协会、安徽百商百德电缆有限公司、安徽新亚特电缆集团有限公司。

本文件主要起草人：韩惠福、胡良健、付世财、邓九旺、吕红军、叶小军、钱文金、魏正枪、许德俊、黄少成、张军、水利飞、冯永周、丁义明、谢华、夏喜明、黄晓宝、董寿荣、唐奇、张玉林。

本文件为首次发布。

额定电压 6kV 到 35kV 无卤低烟阻燃防鼠蚁电力电缆

1 范围

本文件规定了额定电压 6 kV到 35 kV无卤低烟阻燃防鼠蚁电力电缆（以下简称电缆）的术语和定义、产品代号和表示方法、使用特性、技术要求、试验条件、例行试验、抽样试验、电气型式试验、非电气型式试验、安装后电气试验、产品验收规则、交货长度、成品电缆标志及电缆包装、运输和贮存等。

本文件适用于额定电压 6 kV到 35 kV无卤低烟阻燃防鼠蚁电力电缆。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2900.10 电工术语 电缆

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：通用试验方法 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 2952.1-2008 电缆外护层 第 1 部分：总则

GB/T 2952.3-2008 电缆外护层 第 3 部分：非金属套电缆通用外护层

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 3048.11-2007 电线电缆电性能试验方法 第 11 部分：介质损耗角正切试验

GB/T 3048.12-2007 电线电缆电性能试验方法 第 12 部分：局部放电试验

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 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 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 12706.2-2020 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 12706.3-2020 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 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求

- GB/T14049-2008 额定电压 10 kV 架空绝缘电缆
- GB/T17650.1 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/T17650.2 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：酸度（用 pH 测量）和电导率的测定
- GB/T 17651.2 电缆或光缆在指定条件下燃烧的烟密度测定 第 2 部分：试验步骤和要求
- GB/T18380.12 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/T18380.33 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垂直蔓延试验 A 类
- GB/T18380.34 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垂直蔓延试验 B 类
- GB/T18380.35 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垂直蔓延试验 C 类
- GB/T 19666-2019 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则
- GB/T 34016-2017 防鼠和防蚁电线电缆通则
- JB/T 8137(所有部分) 电线电缆交货盘
- JB/T10696.6-2007 电线电缆机械和物化性能试验方法 第 6 部分：挤出外套刮磨试验
- IEC 60229: 2007 电力电缆 具有特殊保护作用的挤包外护套试验

3 术语和定义

GB/T2900.10、GB/T 19666-2019、GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 界定的以及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。

在本文件中，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。

[来源：GB/T 12706.1—2020，3.1.1]

3.2

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。

[来源：GB/T 12706.1—2020，3.1.2]

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。

[来源：GB/T 12706.1—2020，3.1.3]

3.4

例行试验 routine tests (R)

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。

3.5

抽样试验 sample tests (S)

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。

[来源：GB/T 12706.1—2020，3.2.2]

3.6

型式试验 type tests (T)

按一般商业原则对本文件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。

[来源：GB/T 12706.1—2020，3.2.3]

3.7

阻燃 flame retardance

试样在规定条件下被燃烧，在撤去火源后火焰在试样上的蔓延仅在限定范围内，具有阻止或延缓火焰发生或蔓延能力的特性。

[来源：GB/T 19666—2019，3.1]

3.8

无卤 halogen free

燃烧时释出气体的卤素（氟、氯、溴、碘）含量均小于或等于1.0 mg/g的特性。

[来源：GB/T 19666—2019，3.3]

3.9

低烟 low smoke

燃烧时产生的烟雾浓度不会使能见度（透光率）下降到影响逃生的特性。

[来源：GB/T 19666—2019，3.4]

3.10

防鼠 rat proof

在规定的试验条件下，试样与试验用大鼠共处规定的时间后，被啃咬最严重的试样面积损失在限定范围内的特性。

[来源：GB/T 34016—2017，3.1]

3.11

防白蚁 termite proof

在规定的试验方法和试验条件下，试样被白蚁蛀蚀的程度在限定范围内的特性。即试样具有防护白蚁蛀蚀的能力。

[来源：GB/T 34016—2017，3.2]

3.12

烟密度 smoke density

按GB/T 17651.2测定的最小透光率，以 I_t 表示。

[来源：GB/T 31247—2014，3.9]

3.13

垂直火焰蔓延 vertical flame spread (H)

按GB/T 18380.12测定的火焰在单根电缆表面产生的炭化部分上起始点与下起始点之间的距离。

[来源：GB/T 31247—2014，3.11]

4 产品代号和表示方法

4.1 代号

4.1.1 系列代号

无卤低烟阻燃A类	WDZA
无卤低烟阻燃B类	WDZB
无卤低烟阻燃C类	WDZC
防鼠蚁	FSY

4.1.2 材料特征代号

铜导体	(T)省略
交联聚乙烯绝缘	YJ
聚烯烃护套	Y

4.1.3 结构特征代号

铜带屏蔽	(D)省略
铜丝屏蔽	S
铝塑带纵包+聚烯烃综合护套	A
钢带铠装聚烯烃外护套	23
钢丝铠装聚烯烃外护套	33
非磁性金属带铠装聚烯烃外护套	63
非磁性金属丝铠装聚烯烃外护套	73

4.2 型号规格

电缆型号名称见表 1，电缆规格见表 2。

表 1 电缆型号名称

型号	名称
WDZA-FSY-YJA23	铜芯交联聚乙烯绝缘铜带绕包屏蔽铝塑复合带纵包+聚烯烃综合护套钢带铠装聚烯烃护套无卤低烟阻燃 A 类防鼠蚁电力电缆
WDZA-FSY-YJSA23	铜芯交联聚乙烯绝缘铜丝屏蔽铝塑复合带综合护套钢带铠装聚烯烃护套无卤低烟阻燃 A 类防鼠蚁电力电缆
WDZA-FSY-YJA63	铜芯交联聚乙烯绝缘铜带绕包屏蔽铝塑复合带纵包+聚烯烃综合护套非磁性金属带铠装聚烯烃护套无卤低烟阻燃 A 类防鼠蚁电力电缆
WDZA-FSY-YJSA63	铜芯交联聚乙烯绝缘铜丝屏蔽铝塑复合带纵包+聚烯烃综合护套非磁性金属带铠装聚烯烃护套无卤低烟阻燃 A 类防鼠蚁电力电缆
注：本表中未列出的电缆型号可按 4.1 中的规定组成，也可根据用户提供的型号工艺要求生产。	

表 2 电缆规格

额定电压 $U_0/U(U_m)$ kV	芯数	标称截面 mm^2
3.6/6(7.2)	1, 3	25~300
6/6(7.2)、6/10(12)	1, 3	25~300
8.7/10(12)、8.7/15(17.5)	1, 3	25~300
12/20(24)	1, 3	35~300
18/20(24)、18/30(36)	1, 3	50~300
21/35(40.5)	1, 3	50~300
26/35(40.5)	1, 3	50~300

4.3 产品表示方法

产品用系列代号,材料代号,结构特征代号表示:

示例 1: 铜芯交联聚乙烯绝缘铜丝屏蔽铝塑复合带+聚烯烃综合护套非磁性金属带铠装防鼠蚁聚烯烃护套无卤低烟阻燃 A 类电力电缆, 额定电压 26/35 kV, 1 芯, 相线标称截面为 300 mm^2 表示为:
WDZA-FSY-YJSA63 26/35 kV 1*300 T/AHDD 012-2024

5 产品特性

5.1 电缆安装时的环境温度

电缆安装时环境温度不宜低于 0℃。

5.2 电缆安装时最小弯曲半径

单芯无铠装电缆: 不应小于电缆外径的 20 倍;
单芯有铠装电缆: 不应小于电缆外径的 15 倍;
三芯无铠装电缆: 不应小于电缆外径的 15 倍;
三芯有铠装电缆: 不应小于电缆外径的 12 倍。

5.3 电缆导体长期允许工作温度

电缆导体长期允许最高工作温度为 90℃, 短路时导体最高温度为 250℃ (不超过 5s)。

6 技术要求

6.1 导体

导体应是符合GB/T 3956-2008的第 2 种镀金属层或不镀金属层退火铜导体。

6.2 绝缘

绝缘应为交联聚乙烯绝缘混合料, 绝缘厚度的标称值应符合表 3 的规定。导体或绝缘外面的任何隔离层或半导电屏蔽层的厚度不应包括在绝缘厚度之中。

6.3 屏蔽

屏蔽应由导体屏蔽、绝缘屏蔽及金属屏蔽组成。

6.3.1 导体屏蔽

导体屏蔽应是非金属的,由挤包的半导电料或在导体上先绕包半导电带再挤包半导电料组成。挤包的半导电料应和绝缘紧密结合,其与绝缘层的界面应光滑、无明显绞线凸纹,不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

6.3.2 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应由非金属半导电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电,与绝缘层的界面应光滑,不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

需要时,绝缘线芯绝缘屏蔽外也可绕包一层半导电带。

6.3.3 金属屏蔽

金属屏蔽层应包覆在绝缘线芯绝缘屏蔽的外面或半导电带外面,金属屏蔽应由一根金属带、金属丝的同心层、或金属丝与金属带的组合结构组成。

金属屏蔽中铜丝屏蔽的电阻,适用时应符合 GB/T 3956-2008 的规定。铜丝屏蔽的标称截面应根据故障电流容量确定。铜带的结构尺寸及要求应符合 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 的要求。

铜丝屏蔽由疏绕的软铜线组成,表面可用反向绕包的铜丝或铜带扎紧,相邻铜丝的平均间隙不应大于 4mm,相邻铜丝平均间隙的定义和计算见 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 的规定。

金属屏蔽外允许绕包非吸湿性包带,三芯电缆金属屏蔽层应相互接触。

表 3 交联聚乙烯绝缘标称厚度

标称截面 /mm ²	额定电压 U_0/U (U_0) 下的绝缘标称厚度/mm						
	3.6/6(7.2)kV	6/6(7.2)kV、 6/10(12)kV	8.7/10(12)kV、 8.7/15(17.5)kV	12/20(24)kV	18/20(24) kV、 18/30(36) kV	21/35(40.5) kV	26/35 (40.5) kV
25	2.5	3.4	4.5	—	—	—	—
35	2.5	3.4	4.5	5.5	—	—	—
50	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
70	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
95	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
120	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
150	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5

注:不宜采用任何小于表中给出的导体截面积。如果需要更小截面积,可用导体屏蔽来增加导体的直径或增加绝缘厚度,以限制在试验电压下加在绝缘的最大电场不超过表中给出的最小导体尺寸计算得出的场强值。

6.4 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充

三芯电缆应绞合成缆,用于内衬层和填充的材料应适合电缆的运行温度并与电缆绝缘材料相兼容。内衬层和填充应采用非吸湿材料,内衬层应采用挤包的方式,挤包内衬层标称厚度符合 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 的规定。

6.5 综合护套

综合护套用铝塑复合带的最薄点厚度不应小于 0.18 mm。铝塑复合带应双面涂复聚合物薄膜,铝塑复合带纵包重叠部分宽度不应小于 6 mm,铝塑复合带应连续。铝塑复合带外面应挤包一层聚烯烃护套,

聚烯烃护套应粘附在铝塑复合带的聚合物薄膜上,铝塑复合带与聚乙烯或聚烯烃之间的剥离强度不应小于 0.8 N/mm。其标称厚度 T_{ss} (以 mm 计) 应按下列式 (1) 计算:

$$T_{ss} = 0.02 D_u + 0.6 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: D_u —挤包该护套前的假设直径 (mm)。(计算所需的假设直径按 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 附录 A 的规定)。

综合护套层应经受 GB/T 3048.10-2007 规定的火花试验。

6.6 金属铠装

金属铠装层应采用金属带或金属丝,铠装用钢带和钢丝应符合 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 的要求,用于交流系统单芯电缆的铠装应采用非磁性材料,铠装前假定直径应按 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 附录 A 的规定计算。

单芯电缆铠装非磁性材料采用黄铜带铠装时,铠装层应由一根重叠绕包的黄铜带组成,黄铜带的标称厚度为 0.12mm,最薄点厚度应不小于标称值的 90%,最小搭盖率应不小于 10%。

6.7 外护套

6.7.1 外护套材料

护套材料应为 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 规定的 ST_0 无卤聚烯烃材料,通常为黑色,但也可以按制造方和买方协议采用其他颜色,以适应电缆使用的特定环境。

6.7.2 外护套结构

护套应紧密挤包在缆芯或者屏蔽(若有)或者铠装(若有)上,且应容易剥离而不损伤绝缘或护套。护套表面应光洁,色泽应均匀。

金属屏蔽电缆、金属铠装电缆的护套应按 GB/T 3048.10-2007 经受工频火花试验检查。

外护套标称厚度值 T_{os} (以 mm 计) 应按式 (2) 计算:

$$T_{os} = 0.035D + 1.0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: D —挤包该护套前的假设直径,mm。(计算所需的假设直径根据 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 附录 A 的规定)。

注1: 上式计算出的数值应按四舍五入修约到 0.1 mm。

注2: 电缆护套的标称厚度应不小于 1.8 mm。其最小测量值应不低于规定标称值的 80%—0.2 mm。

7 试验条件

7.1 环境温度

除非另有规定,试验应在环境温度 (20±15) °C 下进行。

7.2 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 范围;波形应基本上为正弦波,引用值为有效值。

7.3 冲击试验电压的波形

按 GB/T 3048.13-2007,冲击波形应具有有效波前时间 $1\mu s \sim 5\mu s$,标称半峰值时间 $40\mu s \sim 60\mu s$ 。其他方面应符合 GB/T 16927.1。

7.4 电缆导体温度的确定

试验中电缆导体温度的确定可参照 GB/T 12706.2-2020 和 GB/T 12706.3-2020 规定的方法。

8 例行试验

8.1 概述

例行试验通常应在每一根制造长度的电缆上进行。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8.2）；
- b) 在带有符合 6.3.1 和 6.3.2 规定的导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆绝缘线芯上进行的局部放电试验（见 8.3）；
- c) 电压试验（见 8.4）。

8.2 导体电阻

应对例行试验中的每一根电缆长度的所有导体进行电阻测量，若有同心导体也包括在内。

成品电缆或从成品电缆上取下的试样，试验前应在保持适当温度的试验室内至少存放 12 h。若怀疑导体温度是否与室温一致，电缆应在试验室内存放 24 h后测量。也可将导体试样放在温度可以控制的液体槽内至少 1 h后测量电阻。

电阻测量值应按GB/T 3956-2008给出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 3956-2008规定的相应的最大值。标称截面积适用时，同心导体的电阻也应符合 GB/T 3956-2008规定。

8.3 局部放电试验

应按GB/T 3048.12-2007进行局部放电试验，试验灵敏度应为 10pC 或更优。

试验电压应逐渐升高到 $2U_0$ 并保持 10s，然后缓慢降到 $1.73U_0$ 。

在 $1.73 U_0$ 下，应无任何由被试电缆产生的超过声明试验灵敏度的可检测到的放电。

注：被试电缆的任何放电都可能有害。

8.4 电压试验

8.4.1 概述

电压试验应在环境温度下采用工频交流电压进行。

8.4.2 试验电压

例行试验电压值见表4。

表 4 例行试验电压

额定电压 U_0 kV	试验电压 $3.5U_0/\text{min}$ kV/min	试验电压 $2.5U_0/\text{min}$ kV/min
3.6	12.5/5	—
6	21/5	—
8.7	30.5/5	—
12	42/5	—
18	63/5	—
21	73.5/5	53/30
26	91/5	65/30

单芯电缆的试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间；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，三芯电缆也可采用三相变压器，一次完成试验。

试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间，绝缘应无击穿。电压都应逐渐升高到规定值。

9 抽样试验

9.1 概述

本标准要求的抽样试验包括：

- a) 导体检查（见9.4）；
- b) 尺寸检查（见9.5~9.7）；
- c) 4h电压试验（见9.8）；
- d) XLPE绝缘的热延伸试验（见9.9）。

9.2 抽样试验的频度

9.2.1 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%。

9.2.2 电气和物理试验

电气和物理试验应按商定的质量控制协议，在取自成品电缆的样品上进行试验。

9.3 复试

如果任一试样不符合第 9 章规定的任一试验，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。

9.4 导体检查

应采用检查或可行的测量方法检查导体结构是否符合GB/T 3956要求。

9.5 绝缘和非金属护套厚度的测量（包括挤包内衬层和内护套）

9.5.1 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来代表，如果必要，应将可能损伤的部分电缆先从该端截除。

9.5.2 对绝缘的要求

每一段绝缘线芯，最小测量值应不低于规定标称值的90%再减0.1 mm，见式（3）：

$$t_{\min} \geq 0.9 t_n - 0.1 \quad \text{..... (3)}$$

同时还要符合公式（4）的规定：

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0.15 \quad \text{..... (4)}$$

式中：

$t_{\max}$ ——最大厚度，单位为毫米(mm)；

$t_{\min}$ ——最小厚度，单位为毫米(mm)；

t_n ——标称厚度，单位为毫米(mm)。

注： $t_{\max}$ 和 $t_{\min}$ 在同一截面测得。

9.5.3 对非金属护套要求（包括挤包内衬层和内护套）

其最小测量值应不低于标称值的80%再减0.2 mm, 见式(5):

$$t_{\min} \geq 0.8t_n - 0.2 \dots\dots\dots (5)$$

9.6 金属铠装

铠装金属丝和金属带的测量按照GB/T 12706.2-2020和GB/T 12706.3-2020的规定。

9.7 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规定进行。

9.8 4 h 电压试验

9.8.1 取样

试验终端之间的一根成品电缆长度应至少为 5 m。

9.8.2 步骤

在环境温度下, 导体与金属层间应施加工频电压 4 h。

9.8.3 试验电压

试验电压为 $4U_0$ 。试验电压应逐渐升高到规定值, 并持续 4 h。绝缘应不发生击穿。

9.9 XLPE 绝缘热延伸试验

9.9.1 步骤

抽样和试验步骤应按GB/T 2951.21-2008第 9 章规定进行。试验条件列于表10。

9.9.2 要求

XLPE绝缘的试验结果应符合表 10 规定。

10 电气型式试验

10.1 从成品电缆中取 10 m 到 15 m 长的电缆试样按 10.1.1 规定进行试验。

除 10.1.2 另有规定外, 所有 10.1.1 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 10.8 规定的半导电屏蔽电阻率测量, 应在另外的试样上进行。

10.1.1 试验顺序

正常试验的顺序应如下:

- a) 弯曲试验及随后的局部放电试验 (见 10.3);
- b) $\tan \delta$ 测量 (见 10.1.2 和见 10.4);
- c) 热循环试验及随后的局部放电试验 (见 10.5);
- d) 冲击电压试验及随后的工频电压试验 (见 10.6);
- e) 4 h 电压试验 (见 10.7)。

10.1.2 特殊条款

$\tan \delta$ 测量可以在没有按 10.1.1 正常试验顺序做过试验的另一个试样进行。

试验项目 10.1.1e) 可取一个新的试样进行, 但该试样应预先进行过 10.1.1中的a) 项和c) 项试验。

10.2 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。

试验圆柱体的直径不应大于：

$$\begin{array}{ll} 20 (d+D) \pm 5\% & \text{单芯电缆;} \\ 15 (d+D) \pm 50\% & \text{三芯电缆。} \end{array}$$

式中：

D ——电缆试样实测外径，单位为毫米（mm），按 9.7 规定测量；

d ——导体的实测直径，单位为毫米（mm）。

本试验完成后，应在试样上进行局部放电试验，测量结果应符合 10.3 规定。

10.3 局部放电试验

应按GB/T 3048.12-2007进行局部放电试验，试验灵敏度应为 5pC或更优。

试验电压逐渐升高到 $2U_0$ 并保持 10s，然后缓慢降到 $1.73U_0$ 。

在 $1.73 U_0$ 下，应无任何由被试电缆产生的超过声明试验灵敏度的可检测到的放电。

注：被试电缆的任何放电都可能有害。

10.4 $\tan \delta$ 测量（适用于额定电压 6/10kV 及以上电力电缆）

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 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

每一方法中，导体的温度应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同样加热的参照电缆上的测温装置进行测量。

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

测量数值应不高于表 5 规定。

表 5 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	单位	性能要求
1	正常运行时导体最高温度	$^{\circ}\text{C}$	90
2	$\tan \delta$ （见 10.1.5） ——超过正常运行时导体最高温度（ $5 \sim 10$ ） $^{\circ}\text{C}$ ， $\tan \delta$ 最大值		10×10^{-4}

10.5 热循环试验及随后的局部放电试验

经过上述各项试验后的试样放在试验室的地面上展开，并在试样导体上通以电流加热，直至导体达到稳定温度，此温度应超过电缆正常运行时导体最高温度 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

加热循环应持续至少 8 h，在每一加热过程中，导体应在达到规定温度后至少维持 2 h，随后应在空气中自然冷却至少 3 h，使导体温度不超过环境温度 10°C 。

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符合 10.4 规定。

10.6 冲击电压试验及随后的工频电压试验

试验应在超过电缆正常运行时导体最高温度 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行。

按GB/T 3048.13-2007规定的步骤施加冲击电压，电压峰值见表 6。

表 6 冲击电压

额定电压 U kV	试验电压 kV
6	60
10	75
15	95
20	125
30	170
35	200
注：也可采用供方与买方协议商定的其他数值。	

电缆的每一个绝缘线芯应耐受 10 次正极性和 10 次负极性冲击电压而不击穿。

在冲击电压试验后，电缆试样的每一个绝缘线芯在室温下进行工频电压试验 15 min。试验电压应按表 4 规定，额定电压为 30kV 及以下为 $3.5U_0$ ，额定电压为 21kV 及以下为 $2.5U_0$ 。绝缘不应发生击穿。

10.7 4 h 电压试验

本试验应在室温下进行。应在试样的导体和屏蔽之间施加工频交流电压 4 h。

试验电压应为 $4U_0$ 。电压应逐渐升高至规定值，绝缘应不发生击穿。

10.8 半导体屏蔽电阻率

挤包的导体上的和绝缘上的半导体屏蔽的电阻率，应在取自电缆绝缘线芯上的试样上进行测量，绝缘线芯应分别取自制造好的电缆样品和按 11.5 规定的材料相容性试验老化处理后的电缆样品。

10.8.1 步骤

试验步骤应按 GB/T 12706.3-2020 附录 C。

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。

10.8.2 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 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

11 非电气型式试验

本标准要求的非电气型式试验项目见表 7。

11.1 绝缘厚度测量

11.1.1 取样

应从每一根绝缘线芯上各取一个样品。

11.1.2 步骤

应按 GB/T 2951.11-2008 中 8.1 进行测量。

11.1.3 要求

见 9.5.2 规定。

11.2 非金属护套厚度测量（包括挤包隔离套、内衬层和内护套）

表 7 非电气型式试验

序号	试 验 项 目	绝 缘	护 套
		XLPE	ST ₈
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	热延伸试验	×	—
4.2	吸水试验	×	×
4.3	收缩试验	×	—
4.4	可剥离试验*		
4.5	外护套刮磨试验	—	×
4.6	电缆燃烧性能试验	—	×
4.7	防水防潮性能**		
4.8	耐候性能	—	×
4.9	电缆耐环境老化性能	—	×
4.10	电缆防鼠蚁性能	—	×
* 用于制造方拟采用可剥离绝缘屏蔽电缆的设计中。			
** 用于制造方拟采用防水防潮性能电缆的设计中。			
注：— 表示不适用；×表示应进行型式试验。			

11.2.1 取样

取一个电缆试样。

11.2.2 步骤

应按GB/T 2951.11-2008中 8.2 进行测量。

11.2.3 要求

见 9.5.3 规定。

11.3 老化前后绝缘的机械性能试验

11.3.1 取样

应按GB/T 2951.11-2008中 9.1 规定取样和制备试片。

11.3.2 老化处理

应在表8规定的条件下，按GB/T 2951.12-2008中 8.1 规定进行老化处理。

11.3.3 预处理和机械性能试验

应按GB/T 2951.11-2008中 9.1 规定进行试片的预处理和机械性能试验。

11.3.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表8规定。

11.4 非金属护套老化前后的机械性能试验

11.4.1 取样

应按GB/T 2951.11-2008中 9.2 规定取样和制备试片。

11.4.2 老化处理

应在表9规定的条件下,按GB/T 2951.12-2008中 8.1 规定进行老化处理。

11.4.3 预处理和机械性能试验

应按GB/T 2951.11-2008中 9.2 规定进行试片的预处理和机械性能试验。

11.4.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 9 规定。

11.5 成品电缆段的附加老化试验

11.5.1 概述

本试验旨在检验电缆绝缘及非金属护套与电缆中其他材料接触有无造成运行中劣化倾向。

本试验适用于任何类型的电缆。

11.5.2 取样

应按GB/T 2951.12-2008中 8.1.4 从成品电缆上截取试样。

11.5.3 老化处理

电缆样品的老化处理应按GB/T 2951.12-2008的 8.1.4,在空气烘箱中进行。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4) $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;

——周期: $7 \times 24 \text{ h}$ 。

11.5.4 机械性能试验

取自老化后的电缆段试样的绝缘和护套试片,应按GB/T 2951.11-2008中第9章进行机械性能试验。

11.5.5 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 11.3和 11.4)应不超过空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表 8,非金属护套的规定值见表 9。

11.6 非金属护套的高温压力试验

11.6.1 步骤

高温压力试验应按GB/T 2951.31-2008第 8 章的试验方法及表 11 给出的试验条件进行。

11.6.2 要求

试验结果应符合GB/T 2951.31-2008第 8 章要求。

11.7 无卤护套的低温性能试验

11.7.1 步骤

应按GB/T 2951.14-2008第8章取样和进行试验，试验温度和加热持续时间见表 11。

11.7.2 要求

试验结果应符合GB/T 2951.14-2008第 8 章和表 11 的要求。

11.8 XLPE 绝缘的热延伸试验

应按9.9取样和进行试验；并符合 9.9 规定。

11.9 绝缘吸水试验

11.9.1 步骤

应按GB/T 2951.13-2008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 10 规定。

11.9.2 要求

试验结果应符合表 10 的规定。

11.10 XLPE 绝缘的收缩试验

11.10.1 步骤

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

11.10.2 要求

试验结果应符合表 10 的规定。

11.11 绝缘屏蔽的可剥离试验

当制造方声明采用的挤包半导电屏蔽为可剥离型时，应进行本试验。

11.11.1 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° 的三个不同位置上进行试验。

应从老化前和按 11.5.3 老化后的被试电缆上取下长度至少 250 mm的绝缘线芯。

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 ± 1) mm相互平行的深入绝缘的切口。

沿平行于绝缘线芯方向（也就是剥切角近似于 180° ）拉开长 50 mm、宽 10 mm的条形带后，将绝缘线芯垂直地装在拉力机上，用一个夹头夹住绝缘线芯的一端，而 10 mm条形带，夹在另一个夹头上。

施加使 10 mm条形带从绝缘分离的拉力，拉开至少 100 mm长的距离。应在剥离角近似 180° 和速度为 (250 ± 50) mm/min条件下测量拉力。

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。

11.11.2 要求

从老化前后的试样绝缘上剥下挤包半导电屏蔽的剥离力应不小于 8N 和不大于 45N。

绝缘表面应无损伤及并残留的半导电屏蔽痕迹。

11.12 挤包外护套刮磨试验

试样经 10.2 规定的弯曲试验后，应按JB/T 10696.6-2007进行刮磨试验。

把经过刮磨试验的试样，在室温下浸入 0.5%（重量比）氯化钠和大约 0.1%（重量比）非离子型表面活性剂水溶液中至少 24h。

将金属屏蔽和铠装作为负极，在负极和盐溶液之间施加直流电压 20kV，历时 1min。然后施加雷电冲击电压 20kV，正负极性各 10次。试样应不击穿。

把试样从溶液中取出，剥下包含刮磨部位的 1 m长护套，用肉眼观察护套内外表面，应无裂缝和开裂。

11.13 无卤护套的吸水试验

11.13.1 步骤

应按GB/T 2951.13-2008中 9.2 规定取样和进行试验。试验条件应符合表 11 规定。

11.13.2 要求

试验结果应符合表 11 的规定。

11.14 电缆燃烧性能试验

电缆燃烧时的低烟性能应能满足在GB/T 17651.2规定的试验条件下，燃烧时产生的烟浓度其最小透光率不小于 60%。

电缆燃烧时逸出气体的PH值和导电率测试按GB/T 17650.2的规定，PH值不小于 4.3，导电率不大于 $10 \mu\text{s}/\text{mm}$ 。

电缆的单根阻燃试验，当制造商申明电缆有单根阻燃特性时应进行试验。

电缆的成束阻燃试验，阻燃A类、阻燃B类和阻燃C类的试验要求和方法应分别符合GB/T 18380.33、GB/T 18380.34、GB/T 18380.35的规定。

11.15 防水防潮性能

试验在室温下进行，将电缆样品在水中浸泡 72h，去除绝缘层外的复合层后，用肉眼观察，绝缘层外表面应该是干燥的。

11.16 耐候试验

电缆护套耐候试验方法按照GB/T14049-2008附录C的规定。

在大气和光老化作用下，试样经 42d 老化后，外护套的抗张强度和伸长率的变化率应不超过 $\pm 30\%$ 范围，经过 21d 老化后试样与经 42d 老化后试样对比，抗张强度和伸长率的变化率应不超过 $\pm 15\%$ 范围。

11.17 电缆防鼠蚁性能

电缆的防鼠蚁性能执行GB/T 34016-2017中的要求，可以根据需要选用不同的防鼠蚁等级。

12 安装后电气试验

试验应在电缆及其附件安装完成后进行。

推荐按照 12.1 进行外护套的直流电压试验，并在有要求时按照 12.2 进行绝缘试验。对于只进行外护套的直流电压试验的情况，可以用买方和供方认可的质量保证程序代替绝缘试验。

12.1 外护套的直流电压试验

应在电缆的每相金属套或金属屏蔽与接地之间施加IEC 60229: 2007第5章规定的直流电压及持续时间。为了有效试验，应使外护套的全部外表面接地良好。

12.2 交流电压试验

按供方与买方协议，可以采用下列a)项或b)项工频电压试验：

a) 交流电压试验应经买方和供方协商同意后进行。电压的波形应基本是正弦波，频率应为20Hz～300 Hz。应验电压应为 $2U_0$ ，持续60min。

b) 作为替代, 可以施加系统额定电压 U_0 , 持续 24h。

注: 对已运行的电缆线路, 可采用较低的电压和/或较短的时间进行试验。试验的电压和时间应考虑已运行的时间、环境条件、击穿历史以及试验的目的, 经协商确定。

13 产品验收规则、交货长度、成品电缆标志及电缆包装、运输和贮存

13.1 验收规则

产品应由制造方的质量检验部门检验合格后方可出厂。每个出厂产品的包装件上应附有产品质量检验合格证。产品应按照标准规定的试验项目进行试验验收。

13.2 交货长度

根据双方协议交货, 长度计量误差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

重量不超过 80kg 的短段电缆, 可以成圈包装。

13.3 成品电缆标志

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

成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3 规定。

13.4 电缆包装

13.4.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137 的规定的电缆盘上交货。电缆端头应可靠密封, 伸到电缆盘外的电缆端头应密封保护。

13.4.2 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) 标准编号;
- g) 电缆盘的正确滚动方向。

13.5 运输和贮运

电缆的运输和贮运应符合下列要求:

- a) 电缆应避免露天存放, 电缆盘不允许平放。
- b) 运输中, 不得从高处扔下装有电缆的电缆盘, 不得机械损伤电缆。
- c) 吊装包装件时, 不得几盘同时吊装。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, 以防互撞和翻倒。

表 8 绝缘混合料机械性能试验要求（老化前后）

序 号	试 验 项 目	单 位	XLPE
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 2951.12—2008 中 8.1）		
2.1	无导体老化后		
2.1.1	处理条件		
	——温度	℃	135
	——温度偏差	℃	±3
	——持续时间	h	168
2.1.2	抗张强度		
	a) 老化后数值 最小	N/mm ²	—
	b) 变化率* 最大	%	±25
2.1.3	断裂伸长率		
	a) 老化后数值 最小	%	—
	b) 变化率* 最大	%	±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 9 护套混合料机械性能试验要求（老化前后）

序 号	试 验 项 目	单 位	ST ₈
1	老化前（GB/T 2951.11—2008 中 9.2）		
1.1	抗张强度 最小	N/mm ²	9.0
1.2	断裂伸长率 最小	%	125
2	空气烘箱老化后（GB/T 2951.12—2008 中 8.1）		
2.1	处理条件		
	——温度（偏差±2℃）	℃	100
	——持续时间	h	168
2.2	抗张强度：		
	a) 老化后数值 最小	N/mm ²	7.0
	b) 变化率* 最大	%	±30
2.3	断裂伸长率：		
	a) 老化后数值 最小	%	110
	b) 变化率* 最大	%	±30
* 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 10 XLPE 绝缘混合料的特殊性能试验要求

序 号	试 验 项 目	单 位	XLPE
1	热延伸试验（GB/T 2951.21—2008 中第 9 章）		
1.1	处理条件		
	——空气温度（偏差±3℃）	℃	200
	——负荷时间	min	15
	——机械应力	N/cm ²	20
1.2	载荷下最大伸长率	%	175
1.3	冷却后最大永久伸长率	%	15
2	吸水试验（GB/T 2951.13—2008 中 9.2）重量分析法		
2.1	温度（偏差±2℃）	℃	85
2.2	持续时间	h	336
2.3	重量最大增量	mg/cm ²	1*
3	收缩试验（GB/T 2951.13—2008 中第 10 章）		
3.1	标志间长度 <i>L</i>	mm	200
3.2	温度（偏差±3℃）	℃	130
3.3	持续时间	h	1
3.4	最大允许收缩率	%	4
* 对于密度大于 1 g/cm ³ 的 XLPE 要考虑吸水量增加大于 1 mg/cm ² ;			

表 11 护套混合料的特殊性能试验要求

序 号	试 验 项 目	单 位	ST ₈
1	密度*（GB/T 2951.13—208 中第 8 章）		
2	高温压力试验（GB/T 2951.31—2008 中 8.2）		
2.1	温度（偏差±2℃）	℃	80
2.2	载荷时间		
	-电缆外径<12.5mm	h	4
	-电缆外径>12.5mm	h	6
2.3	最大允许变化	%	50
3	低温性能试验*（GB/T 2951.14—2008 中第 8 章）未经老化前进行试验		
	直径<12.5mm 的低温弯曲试验		
	温度（偏差±2℃）	℃	-15
	哑铃片的低温拉伸试验		
	温度（偏差±2℃）	℃	-15
	低温冲击试验		
	温度（偏差±2℃）	℃	-15
4	吸水试验（GB/T 2951.13—2008 中 9.2 重量法）		
	温度（偏差±2℃）	℃	70
	持续时间	h	24
	最大增加重量	mg/cm ²	10
* 密度的测定仅在其他试验需要时才做。			
a 因气候条件，购买方可以要求采用更低的温度。			