

ICS 29.060.20

K 13



ZZB

浙江 制造 团体 标准

T/ZZB 0595—2018

额定电压 35 kV ($U_m=40.5$ kV) 交联聚乙烯 绝缘轨道交通电力电缆

Rail transit power cables with cross-linked polyethylene insulation for rated voltage
of 35 kV ($U_m=40.5$ kV)

2018 - 10 - 12 发布

2018 - 10 - 31 实施

浙江省品牌建设联合会 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 产品分类和命名	2
5 使用特性	4
6 基本要求	4
7 技术要求	5
8 试验方法	12
9 检验规则	18
10 电缆包装、运输及保管	20
11 安装后的电气试验	20
12 质量承诺	21

ZHEJIANG MADE

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担涉及这些专利的责任。

本标准由浙江省品牌建设联合会提出并归口。

本标准由宁波市标准化研究院牵头组织制定。

本标准主要起草单位：宁波球冠电缆股份有限公司。

本标准参加起草单位：宁波市标准化研究院、中国电力科学研究院、浙江省电线电缆协会、浙江万马电缆股份有限公司、上海交通大学、宁波市轨道交通集团有限公司、浙江晨光电缆股份有限公司、上海电气集团股份有限公司（排名不分先后）。

本标准主要起草人：温尚海、周山山、刘桃红、张金龙、吴晓峰、钮向梅、阎孟昆、贺午荣、王福志、尹毅、许玲、岳振国、周雁。

本标准由宁波市标准化研究院负责解释。

ZHEJIANG MADE

额定电压 35 kV ($U_m=40.5$ kV) 交联聚乙烯绝缘轨道交通电力电缆

1 范围

本标准规定了轨道交通用额定电压35 kV ($U_m=40.5$ kV) 交联聚乙烯绝缘电力电缆的产品分类和命名、使用特性、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、电缆包装、运输及保管、安装后的电气试验及质量承诺。

本标准适用于城市轨道交通工程中额定电压35 kV ($U_m=40.5$ kV) 环网输电用电缆。

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 (IEC 60038:2002, MOD)

GB/T 2900.10—2013 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 (IEC 60811-1-1:2001, IDT)

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

GB/T 2951.13—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第13部分: 通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验 (IEC 60811-1-3:2001, IDT)

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

GB/T 2951.21—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第21部分: 弹性体混合料专用试验方法——耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验 (IEC 60811-2-1:2001, IDT)

GB/T 2951.31—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第31部分: 聚氯乙烯混合料专用试验方法——高温压力试验——抗开裂试验 (IEC 60811-3-1:1985, IDT)

GB/T 2951.41—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第41部分: 聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法——耐环境应力开裂试验——熔体指数测量方法——直接燃烧法测量聚乙烯中碳黑和(或)矿物质填料含量——热重分析法 (TGA) 测量碳黑含量——显微镜法评估聚乙烯中碳黑分散度 (IEC 60811-4-1:2004, IDT)

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

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

GB/T 3048.10—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 (IEC 60885-3:1988, MOD)

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 (IEC 60230: 1966, IEC 60060-1: 1989, MOD)

GB/T 3952 电工用铜线坯

GB/T 3953 电工用圆铜线

GB/T 3956 电缆的导体(IEC 60228:2004, IDT)

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

GB/T 14049—2008 额定电压10 kV架空绝缘电缆

GB/T 12706.3—2008 额定电压1 kV ($U_m=1.2$ kV) 到35 kV ($U_m=40.5$ kV) 挤包绝缘电力电缆及附件 第3部分: 额定电压35 kV ($U_m=40.5$ kV) 电缆 (NEQ IEC 60502-2: 2005)

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第1部分: 一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2010, MOD)

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

GB/T 17650.2—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释放气体的试验方法 第2部分: 用测量PH值和电导率来测定气体的酸度(idt IEC 60754-2:1991)

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

GB/T 18380.33—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(IEC 60332-2-22:2000, IDT)

GB/T 32129—2015 电线电缆用无卤低烟阻燃电缆料

JB/T 8137—2013 电线电缆交货盘

JB/T 10437 电线电缆用可交联聚乙烯绝缘料

JB/T 10696.3—2007 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分: 弯曲试验

JB/T 10696.9—2011 电线电缆机械和理化性能试验方法 第9部分: 白蚁试验

JB/T 10696.10—2011 电线电缆机械和理化性能试验方法 第10部分: 大鼠啃咬试验

3 术语和定义

GB/T 2900.10—2013和GB/T 12706.3—2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

径向防水层 radial water barrier

电缆结构中用以防止外部的水分渗入内部的阻挡层。

4 产品分类和命名

4.1 产品分类

按电压等级可分为:

a) $U_0/U(U_m)=21/35$ (40.5) kV;

b) $U_0/U(U_m)=26/35$ (40.5) kV。

4.2 电缆型号和产品表示方法

4.2.1 代号

4.2.1.1 系列代号

系列代号为：轨道交通·····GD。

4.2.1.2 材料特征代号

材料特征代号为：

- a) 铜导体·····(T)省略；
- b) 交联聚乙烯绝缘·····YJ；
- c) 无卤低烟阻燃聚烯烃内衬层·····Y；
- d) 铜丝屏蔽·····S；
- e) 非磁性金属带铠装·····6；
- f) 无卤低烟阻燃聚烯烃外护套·····3。

4.2.1.3 产品燃烧特性代号

产品燃烧特性代号：无卤低烟阻燃A类·····WDZA。

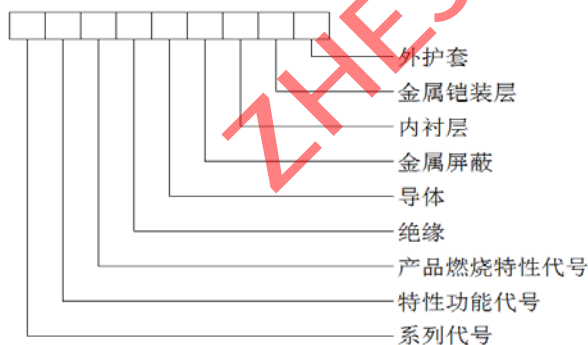
4.2.1.4 特性功能代号

特性功能代号为：

- a) 防蚁·····FY；
- b) 防鼠·····FS；
- c) 防紫外线·····FZ；
- d) 防鼠蚁·····FSY；
- e) 防鼠防白蚁防紫外线·····FSY/FZ。

4.2.2 产品型号

4.2.2.1 产品型号的组成和排列顺序如下：



4.2.2.2 电缆常用型号见表 1。

表1 电缆常用型号和名称

型号	产品名称
GD-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆
GD-FY-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套防蚁无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆
GD-FS-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套防鼠无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆

表1 (续)

型号	产品名称
GD-FSY-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套防鼠蚁无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆
GD-FZ-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套防紫外线无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆
GD-FSY/FZ-WDZA-YJSY63	铜导体交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套防鼠蚁防紫外线无卤低烟阻燃A类轨道交通电力电缆

4.2.3 规格

本标准包含的产品规格（芯数×截面积，单位： mm^2 ）：1×50、1×70、1×95、1×120、1×150、1×185、1×240、1×300、1×400。

4.2.4 产品表示方法

铜芯交联聚乙烯绝缘聚烯烃护套轨道交通电力电缆，防鼠蚁，无卤低烟阻燃A类，额定电压26/35 kV，单芯，标称截面300 mm^2 ，表示为：GD-FSY-WDZA-YJSY63-26/35 1×300 T/ZZB XXXX—2018。

5 使用特性

5.1 额定电压

本标准中电缆的额定电压 $U_0/U(U_m)$ 表示如下： $U_0/U(U_m)=21/35(40.5)$ 和 $26/35(40.5)$ ，单位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 ——电缆设计用的导体之间的额定工频电压；
- U_m ——设备可使用的“最高系统电压”的最大值（见GB/T 156—2007）。

5.2 工作温度

5.2.1 电缆正常运行时导体允许的长期最高温度为90℃。

5.2.2 短路时（最长持续时间不超过5s），电缆导体允许的最高温度为250℃。

5.3 电缆敷设安装时的条件

5.3.1 环境温度

敷设安装时的环境温度不宜低于0℃。

5.3.2 最小弯曲半径

电缆在敷设安装时的最小弯曲半径为20倍电缆外径。

6 基本要求

6.1 设计研发能力

电缆设计应具备模型电缆的制作能力及其主要性能的试验验证能力。

6.2 材料要求

6.2.1 铜材应是符合 GB/T 3952 中规定的电工用 T1、TU1 型铜线坯，圆铜线应是符合 GB/T 3953 规定的 TR 型圆铜线。

6.2.2 绝缘材料性能应符合 JB/T 10437 规定，材料的有效期自出厂之日起均应不超过 6 个月。

6.2.3 外护套材料性能应符合 GB/T 32129—2015 规定的 WDZ-Y-H90 型护套料，防白蚁性能（若有）应符合 JB/T 10696.9—2011 规定的群体法 I 级蛀蚀，防鼠性能（若有）应符合 JB/T 10696.10—2011 规定的显著护层等级，耐候性能（若有）应符合表 9 的规定。

6.3 检验试验能力

6.3.1 电缆绝缘生产线应具有绝缘偏心度的在线测量能力。

6.3.2 局部放电试验的试验灵敏度应为 3 pC 或更优。

6.3.3 应具备在工厂内部完成本标准规定的全部例行试验和抽样试验的测试能力。

6.4 生产装备能力

6.4.1 应具备三层共挤氮气保护交联生产线（CCV）的生产能力。

6.4.2 应具备电缆的铜丝屏蔽绕包和铝塑带纵包的生产能力。

7 技术要求

7.1 结构要求

7.1.1 导体

导体应是符合 GB/T 3956 的第 2 种镀金属或不镀金属紧压绞合圆形结构退火铜导体；导体表面应光洁、无油污、无损伤屏蔽及绝缘的毛刺及锐边，以及无凸起或断裂的单线。

7.1.2 导体屏蔽

7.1.2.1 导体屏蔽应为挤包的半导体层，挤包的半导体层应和绝缘紧密结合，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。

7.1.2.2 导体屏蔽层的标称厚度为 0.8 mm，最小测量值应不小于 0.72 mm。

7.1.3 绝缘

7.1.3.1 绝缘采用交联聚乙烯（XLPE）材料。

7.1.3.2 绝缘标称厚度应符合表 2 规定，其最小测量值应不小于标称厚度的 90%，绝缘偏心度不大于 8%，导体和绝缘外面的任何隔离层或半导体屏蔽层的厚度不包括在绝缘厚度内。

表2 绝缘标称厚度

导体标称截面 mm ²	绝缘标称厚度 mm	
	21/35 kV	26/35 kV
50~400	9.3	10.5

7.1.4 绝缘屏蔽

7.1.4.1 绝缘屏蔽应由挤包的非金属半导体层、半导体带绕包层和最外面的金属屏蔽层组合而成。

7.1.4.2 挤包的非金属半导体层宜采用不可剥离的交联型半导体层，其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。

7.1.4.3 挤包的非金属半导体层标称厚度为 0.8 mm，最小测量值应不小于 0.72 mm。

7.1.4.4 绝缘非金属半导体层外应重叠绕包一层半导体带。

7.1.4.5 金属屏蔽采用铜丝疏绕方式，其表面采用反向绕包的软铜带扎紧，相邻铜丝的平均间隙应不大于 4 mm，最大间隙不大于 8 mm，金属屏蔽外重叠绕包一层非吸湿性包带或阻水带。

7.1.4.6 金属屏蔽层标称截面可按表 3 中的推荐值确定，也可根据故障电流容量选定。

表3 金属屏蔽层标称截面

导体标称截面 mm ²	金属屏蔽层标称截面 mm ²
50	16
70	16
95	16
120	25
150	25
185	25
240	25
300	25
400	35

7.1.5 径向防水层

7.1.5.1 径向防水层由纵包的铝塑复合带和挤包的内衬层粘结组合而成。

7.1.5.2 双面铝塑复合带的标称厚度为 0.25 mm 或 0.30 mm，纵包铝塑复合带的搭盖宽度为 4 mm~12 mm。

7.1.5.3 内衬层采用无卤低烟阻燃聚烯烃材料挤包而成，标称厚度应符合表 4 规定，其最小测量值应不小于标称厚度的 80% 减去 0.2 mm。

7.1.5.4 内衬层应经受 GB/T 3048.10—2007 规定的火花试验。

表4 内衬层标称厚度

导体标称截面 mm ²	内衬层标称厚度 mm	
	21/35 kV	26/35 kV
50	1.2	1.3
70	1.2	1.3
95	1.3	1.3
120	1.3	1.4
150	1.3	1.4
185	1.4	1.4
240	1.4	1.5
300	1.4	1.5
400	1.5	1.6

7.1.6 金属铠装层

- 7.1.6.1 金属铠装层由一层非磁性金属带重叠绕包而成，铠装层外允许重叠绕包一层非吸湿性带材。
 7.1.6.2 标称厚度为 0.12 mm，测量值应不小于标称厚度的 90%。
 7.1.6.3 非磁性金属带抗拉强度不小于 165 N/mm²，断裂伸长率不小于 15%。

7.1.7 外护套

- 7.1.7.1 外护套通常为黑色。
 7.1.7.2 外护套采用无卤低烟阻燃聚烯烃护套料，标称厚度应符合表 5 规定，其最小测量值应不小于标称厚度的 85%减去 0.1 mm。
 7.1.7.3 外护套应经受 GB/T 3048.10—2007 规定的火花试验。

表5 外护套标称厚度

导体标称截面 mm ²	外护套标称厚度 mm	
	21/35 kV	26/35 kV
50	2.2	2.3
70	2.3	2.4
95	2.3	2.4
120	2.4	2.5
150	2.4	2.5
185	2.5	2.6
240	2.6	2.7
300	2.6	2.7
400	2.8	2.9

7.1.8 成品电缆标志

- 7.1.8.1 成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号规格、额定电压、计米及生产年份的连续标志，标志应字迹清楚、容易辨认、耐擦。
 7.1.8.2 成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3—2008 规定。

7.2 电缆性能要求

7.2.1 导体电阻

导体电阻应符合 GB/T 3956 中第 2 种镀金属或不镀金属紧压绞合圆形结构退火铜导体的规定。

7.2.2 绝缘性能指标

绝缘性能指标应符合表 6 及表 7 规定。

表6 绝缘机械性能试验要求

序号	试验项目	单位	性能指标
1	老化前		
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		
2.1	无导体老化后		

表6 (续)

序号	试验项目	单位	性能指标
2.1.1	处理条件		
	—温度	°C	135
	—偏差	°C	±3
	—持续时间	h	168
2.1.2	抗张强度变化率 ^a 最大	%	±25
2.1.3	断裂伸长率变化率 ^a 最大	%	±25
3	成品电缆段空气烘箱老化后		
3.1	处理条件		
	—温度	°C	100
	—偏差	°C	±2
	—持续时间	h	168
3.2	抗张强度变化率 ^a 最大	%	±25
3.3	断裂伸长率变化率 ^a 最大	%	±25
^a 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7 绝缘特殊性能试验要求

序号	试验项目	单位	性能指标
1	热延伸试验		
1.1	处理条件		
	—空气温度(偏差±3°C)	°C	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	%	120
1.3	冷却后最大永久伸长率	%	10
2	吸水试验重量分析法		
2.1	温度(偏差±2°C)	°C	85
2.2	持续时间	d	14
2.3	重量最大变化率	mg/cm ²	1
3	收缩试验		
3.1	标志间长度 L	mm	200
3.2	温度(偏差±3°C)	°C	130
3.3	持续时间	h	1
3.4	最大允许收缩率	%	4

7.2.3 导体屏蔽及挤包的绝缘非金属半导体层性能要求

7.2.3.1 导体屏蔽和挤包的绝缘非金属半导体层电阻率

应在电缆正常运行时导体最高温度±2 °C内进行测量，在老化前和成品段老化后，电阻率应不超过下列数值：

- a) 导体屏蔽：1000 Ω·m；
- b) 绝缘非金属半导体层：500 Ω·m。

7.2.3.2 挤包的绝缘非金属半导体层剥离力

从老化前后的试样绝缘上剥下挤包的绝缘非金属半导体层的剥离力应不小于60 N。

7.2.4 金属屏蔽的直流电阻

金属屏蔽中铜丝的直流电阻，适用时应符合GB/T 3956要求。

7.2.5 外护套性能指标

护套性能指标应符合表8及表9。

表8 外护套机械性能要求

序号	试验项目	单位	性能指标
1	老化前		
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		
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	9.0
	b) 变化率 ^a 最大	%	±30
2.3	断裂伸长率		
	a) 老化后数值 最小	%	100
	b) 变化率 ^a 最大	%	±30
3	成品电缆段空气烘箱老化后		
3.1	处理条件		
	——温度	℃	100
	——温度偏差	℃	±2
	——持续时间		168
3.2	抗张强度		
	a) 老化后数值 最小	N/mm ²	9.0
	b) 变化率 ^a 最大	%	±30
3.3	断裂伸长率		
	a) 老化后数值 最小	%	100
	b) 变化率 ^a 最大	%	±30

^a 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 外护套特殊性能要求

序号	试验项目	单位	性能指标
1	高温压力试验		
1.1	温度(偏差±2℃)	℃	80
1.2	压痕深度 最大	%	50
2	低温性能试验		

表9 (续)

序号	试验项目	单位	性能指标
2.1	哑铃片的低温拉伸试验		
	--温度(偏差±2℃)	℃	-15
	--伸长率 最小	%	20
2.2	低温冲击试验		
	--温度(偏差±2℃)	℃	-15
	--试验结果		无裂纹
3	抗开裂试验		
3.1	--温度(偏差±3℃)	℃	130
3.2	--持续时间	h	1
3.2	--试验结果		无裂纹
4	吸水试验重量法		
4.1	温度(偏差±2℃)	℃	70
4.2	持续时间	h	24
4.3	最大增加重量	mg/cm ²	10
5	酸气体含量试验		
	溴和氯含量, 最大值	mg/g	5
6	pH值和电导率试验		
	pH值, 最小值		4.5
	电导率, 最大值	μS/mm	8
6	耐环境应力开裂试验		
6.1	试件尺寸		
	--长度	mm	38.0±2.5
	--宽度	mm	13.0±0.8
	--厚度	mm	1.75~2.0
	--刻痕深度	mm	0.30~0.40
6.2	试验条件		
	--Igepal C0-630试剂浓度	%	100
	--试验温度	℃	50.0±0.5
	--试验时间	h	24
6.3	试验结果		
	--试件失效数 最多	个	5
7	收缩试验		
	--标志间长度 L	mm	200
	--温度(偏差±3℃)	℃	130
	--持续时间	h	1
	--最大允许收缩率	%	4
8	防白蚁试验(群体法)		
	蛀蚀等级		I级
9	防鼠试验		
	防护等级		显著

表9 (续)

序号	试验项目	单位	性能指标
	--断裂伸长率变化率 最大	%	±15
10	紫外线日光老化试验		
10.1	老化时间	h	1008
10.2	试验结果:		
	a) 0 h~1008 h		
	--抗张强度变化率 最大	%	±30
	--断裂伸长率变化率 最大	%	±30
	b) 504 h~1008 h		
	--抗张强度变化率 最大	%	±15

7.2.6 局部放电试验

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。

7.2.7 电压试验

7.2.7.1 除非购买方另有要求, 制造方可任选以下程序进行例行电压试验:

- a) $3.5 U_0$, 5 min;
- b) $2.5 U_0$, 30 min。

7.2.7.2 对应额定电压的试验电压值见表 10, 电压试验过程中, 绝缘应不发生击穿。

表10 试验电压

额定电压等级 (U_0/U) kV	试验电压 kV	
	$3.5 U_0$	$2.5 U_0$
21/35	73.5	53
26/35	91	65

7.2.8 4 h 电压试验

试验电压应为 $4 U_0$, 电压试验过程中, 绝缘应不发生击穿。

7.2.9 径向防水性能

按8.3.8进行径向防水试验, 试验完成后, 剥开绝缘外各层, 绝缘层外表面应是干燥的。

7.2.10 弯曲性能

电缆弯曲性能应满足8.4.5规定的弯曲试验, 随后试样应立即进行局部放电试验; 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。

7.2.11 电缆的 $\tan\delta$

测量数值应不大于 10×10^{-4} 。

7.2.12 热循环试验及随后的局部放电试验

第20个循环后，试样应进行局部放电试验，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。

7.2.13 冲击电压试验及随后的工频电压试验

电缆绝缘线芯应耐受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，电缆试样的绝缘线芯应在室温下进行工频电压试验15 min。试验电压为 $2.5 U_0$ ，绝缘应不发生击穿。

7.2.14 电缆的成束燃烧性能

电缆成束燃烧性能应符合GB/T 18380.33—2008的规定。

7.2.15 电缆低烟性能

电缆燃烧后透光率不小于60%。

7.2.16 外护套的刮磨性能

施加雷电冲击电压后，试样不击穿、不闪络，试样浸过规定的溶液后，护套内外表面应无裂缝和开裂。

7.2.17 防鼠、防白蚁及紫外线日光老化性能（若有）

防鼠、防白蚁、紫外线日光老化性能应符合表9规定。

8 试验方法

8.1 试验条件

8.1.1 环境温度

试验应在环境温度 $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$ 下进行。

8.1.2 工频试验电压的频率和波形

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

8.1.3 冲击试验电压的波形

按照GB/T 3048.13—2007，冲击波形应具有有效波前时间 $1 \mu\text{s} \sim 5 \mu\text{s}$ ，标称半峰值时间 $40 \mu\text{s} \sim 60 \mu\text{s}$ ，其他方面应符合GB/T 16927.1—2011。

8.2 例行试验

8.2.1 概述

例行试验通常应在每一个电缆制造长度上进行，根据购买方和制造方达成的质量控制协议可以减少试验电缆的根数或采用其他的试验方法，本标准要求的例行试验为：

- a) 导体电阻及金属屏蔽电阻测量；
- b) 局部放电试验；
- c) 电压试验。

8.2.2 导体电阻及金属屏蔽电阻测量

8.2.2.1 按 GB/T 3048.4—2007 规定的方法，应对例行试验中的每一根电缆长度的所有导体及金属屏蔽进行测量。

8.2.2.2 应在成品电缆上进行试验，试验前应在试验室内至少存放 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。

8.2.2.3 电阻测量值应按照 GB/T 3956 给出的公式和系数校正到 20 °C 下 1 km 长度的数值。

8.2.3 电压试验

按 GB/T 3048.8—2007 规定的方法，试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间，在任何情况下，电压都应逐渐升高到规定值。

8.2.4 局部放电试验

8.2.4.1 按 GB/T 3048.12—2007 规定进行局部放电试验，试验灵敏度应为 3 pC 或更优。

8.2.4.2 电压施加于导体和金属屏蔽之间。

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

8.3 抽样试验

8.3.1 概述

抽样试验应在取自能代表每批产品的电缆试样上进行，抽样试验包括：

- a) 导体中单线根数检查；
- b) 尺寸检查；
- c) 4 h 电压试验；
- d) XLPE 绝缘的热延伸试验；
- e) 径向防水试验。

8.3.2 抽样试验频度

8.3.2.1 导体检查和尺寸检查

导体检查、绝缘、导体屏蔽、绝缘屏蔽、金属铠装层和护套厚度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。

8.3.2.2 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，在取自电缆样品上进行试验，若无协议，可按表11进行试验。

表11 抽样试验样品数量

电缆长度 km		取样品数
≤4		1
>4	≤20	2
>20	≤40	3
>40		4

8.3.2.3 复试

如果任一试样没有通过第7章规定的任一项试验，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部分要求；如果加试样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。

8.3.3 导体中单线根数检查

目测导体中单线根数。

8.3.4 绝缘、导体屏蔽、挤包的绝缘非金属半导体层、内衬层及外护套厚度的测量

应按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，绝缘偏心度计算公式为：

$$\frac{t_{max}-t_{min}}{t_{max}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

t_{max} ——最大厚度，mm；

t_{min} ——最小厚度，mm；

t_{max} 和 t_{min} 为同一截面上的测量值。

8.3.5 铝塑复合带及金属铠装层的测量要求

8.3.5.1 铝塑复合带搭盖宽度的测量

应采用精度为±0.02 mm的游标卡尺进行测量，在250 mm~300 mm的试样长度范围，测量6个搭盖宽度值，取平均值作为测量结果。

8.3.5.2 金属铠装层的测量

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，对带宽为40 mm及以下的金属带应在宽度中央测其厚度；对大于40 mm以上的带子应在距其每一边缘20 mm处测量；测量结果的平均值作为厚度值。

8.3.6 4 h 电压试验

试验终端之间的一根成品电缆长度应至少为5 m，在室温下，导体与金属屏蔽间应施加工频电压4h，试验电压应为4 U_0 ，试验电压应逐渐升高到规定值，并持续4 h。

8.3.7 XLPE 绝缘热延伸试验

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7规定。

8.3.8 径向防水试验

应从成品电缆中取至少3 m长的电缆试样，电缆样品在室温自来水中（两端约10 cm不浸入水中）浸泡96 h后取出，去除绝缘外的各包覆层后，用肉眼观察绝缘表面。

8.4 电气性能型式试验

8.4.1 概述

8.4.1.1 具有特定电压和导体截面的一种型式的电缆通过了本标准的型式试验后，对于具有其它导体截面和额定电压的电缆型式认可仍然有效，只要满足以下三个条件：

- a) 绝缘和半导电屏蔽材料以及所采用的制造工艺相同；
- b) 导体截面不大于已试电缆，但是如果已试电缆的导体截面为 $95\text{mm}^2\sim 400\text{mm}^2$ 之间，那么 400mm^2 及以下的所有电缆也有效；
- c) 额定电压不高于已试电缆。

8.4.1.2 型式认可与导体材料无关。

8.4.2 试验一般规定

应从成品电缆中取 $10\text{m}\sim 15\text{m}$ 长的电缆试样按 8.4.3 规定进行试验，除 8.4.4 另有规定外，所有 8.4.3 所列的试验应依次在同一试样上进行，按 8.4.11 规定的导体屏蔽及绝缘非金属半导体层电阻率测量，应在另外的试样上进行。

8.4.3 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；
- b) $\tan \delta$ 测量；
- c) 加热循环试验及随后的局部放电试验；
- d) 冲击电压试验及随后的工频电压试验；
- e) 4 h 电压试验。

8.4.4 特殊规定

$\tan \delta$ 测量可以在没有按 8.4.3 正常试验顺序做过试验的另一个试样进行，试验项目 e) 可取一个新的试样进行，但该试样应预先进行过 8.4.3 中的 a) 项和 c) 项试验。

8.4.5 弯曲试验及随后的局部放电试验

8.4.5.1 按 GB/T 10696.3—2007 规定进行弯曲试验，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，试验圆柱体的直径应为： $20(d+D)\pm 5\%$ 。

注：D 为电缆试样实测外径，单位为毫米（mm），d 为导体的实测直径，单位为毫米（mm）。

8.4.5.2 本试验完成后，试样应立即进行局部放电试验。

8.4.6 局部放电试验

按 GB/T 3048.12—2007 的规定进行局部放电试验，试验灵敏度应为 3pC 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 $1.73U_0$ 。

8.4.7 $\tan\delta$ 测量

8.4.7.1 按 GB/T 3048.11—2007 规定进行 $\tan \delta$ 测量。

8.4.7.2 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。

8.4.7.3 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 $5\text{℃}\sim 10\text{℃}$ 。

8.4.7.4 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同样加热的参照电缆上的测温装置进行测量。

8.4.7.5 $\tan \delta$ 测量应在额定电压 U_0 和上述规定的温度下进行。

8.4.8 加热循环试验及随后的局部放电试验

8.4.8.1 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 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.4.8.2 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应维持 2 h,随后应在空气中自然冷却至少 16 h。

8.4.8.3 此循环应重复 20 次。

8.4.8.4 第 20 个循环后,试样应进行局部放电试验。

8.4.9 冲击电压试验及随后的工频电压试验

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

8.4.9.2 应按照 GB/T 3048.13—2007 规定的步骤施加冲击电压,其峰值应为 200 kV。

8.4.9.3 在冲击电压试验后,电缆试样的绝缘线芯应在室温下进行工频电压试验。

8.4.10 4 h 电压试验

8.4.10.1 试验应在室温下进行,应在试样的导体和金属屏蔽之间施加工频交流电压 4 h。

8.4.10.2 试验电压应为 $4U_0$,电压应逐渐升高至规定值。

8.4.11 导体屏蔽和挤包的绝缘非金属半导电层电阻率试验

8.4.11.1 挤包在导体上和绝缘上的半导电屏蔽电阻率,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进行按 8.5.6 规定的材料相容性试验老化处理后的电缆样品。

8.4.11.2 试验应按 GB/T 12706.3—2008 附录 C 规定的步骤进行。

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

8.5 非电气性能型式试验

8.5.1 绝缘厚度、导体屏蔽厚度及挤包的绝缘非金属半导电层厚度的测量

按 GB/T 2951.11—2008 中 8.1 进行测量。

8.5.2 内衬层及外护套厚度的测量

按 GB/T 2951.11—2008 中 8.2 进行测量。

8.5.3 铝塑复合带及金属铠装层的测量要求

按本标准 8.3.5 规定进行测量。

8.5.4 绝缘老化前后的机械物理性能试验

8.5.4.1 按 GB/T 2951.11—2008 中 9.1 取样和制备试片。

8.5.4.2 老化处理应在表 6 规定的条件下,按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1 进行。

8.5.4.3 按 GB/T 2951.11—2008 中 9.1 中进行试片的预处理和机械性能试验。

8.5.5 外护套老化前后的机械性能试验

8.5.5.1 按 GB/T 2951.11—2008 中 9.2 取样和制备试片。

8.5.5.2 老化处理应在表8规定的条件下,按GB/T 2951.12—2008中8.1进行。

8.5.5.3 按GB/T 2951.11—2008中9.2进行试片的预处理和机械性能试验。

8.5.6 成品电缆段的附加老化试验

8.5.6.1 本试验旨在检验绝缘和非金属护套与电缆中的其他材料接触有无造成运行中劣化倾向。

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

8.5.6.3 电缆样品的老化处理应按GB/T 2951.12—2008中8.1.4,在空气烘箱中进行,试验条件见表6和表8规定。

8.5.6.4 取自老化后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。

8.5.7 外护套的高温压力试验

按GB/T 2951.31—2008第8章的试验方法及表9给出的试验条件进行。

8.5.8 外护套的低温性能试验

按GB/T 2951.14—2008第8章取样和进行试验,试验温度应符合表9规定。

8.5.9 外护套抗开裂试验(热冲击试验)

应按GB/T 2951.31—2008第9章取样和进行试验,试验温度和加热持续时间应符合表9规定。

8.5.10 绝缘热延伸试验

抽样和试验步骤按GB/T 2951.21—2008第9章规定进行。试验条件应符合表7规定。

8.5.11 绝缘吸水试验

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

8.5.12 绝缘的收缩试验

按GB/T 2951.13—2008第10章取样和进行试验,试验条件应符合表7规定。

8.5.13 外护套pH值和电导率试验

按GB/T 17650.2—1998规定进行。

8.5.14 外护套酸气含量试验

按符合GB/T 17650.1—1998规定进行。

8.5.15 外护套刮磨试验

试样经8.5.6规定的试验后,按GB/T 12706.3—2008中19.17规定的方法进行刮磨试验。

8.5.16 外护套吸水试验

应按GB/T 2951.13—2008的9.2取样和进行试验,试验条件应符合表9规定。

8.5.17 外护套收缩试验

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9规定。

8.5.18 外护套耐环境应力开裂试验

参照GB/T 2951.41—2008 中“步骤A”的要求，进行试件制备和试验，其中试片由电缆护套经切削到规定的厚度后才能用于试件制备，在试片上切取试件时试件长轴应平行于原电缆长轴方向；试件尺寸和试验条件按表9规定，试验结果按GB/T 2951.41—2008中“步骤A”规定评定。

8.5.19 电缆的成束燃烧试验

按GB/T 18380.33—2008规定进行。

8.5.20 电缆低烟性能试验

成品电缆燃烧时透光率测试按GB/T 17651.2—1998进行。

8.5.21 挤包的绝缘非金属半导体层剥离试验

应从老化前和按8.5.6老化后的被试电缆上取下长度至少250mm的绝缘线芯，按GB/T 12706.3—2008规定的方法进行试验。

8.5.22 径向防水试验

按8.3.8规定的方法进行试验。

8.5.23 防蚁试验(适用于具有防白蚁性能的电缆)

按JB/T 10696.9—2011规定的方法进行。

8.5.24 防鼠试验(适用于具有防鼠性能的电缆)

按JB/T 10696.10—2011规定的方法进行。

8.5.25 紫外线日光老化试验(适用于具有防紫外线性能的电缆)

按GB/T 14049—2008 附录C规定的方法进行耐紫外线日光老化试验(即护套防紫外线试验)，试验条件应符合表9规定。

8.5.26 成品电缆标志试验

8.5.26.1 标志清晰度检查

标志清晰度检查采用目力检查。

8.5.26.2 标志耐擦

采用浸过水的脱脂棉或棉布轻轻擦拭10次，然后用目力检查。

8.5.26.3 标志间距离

采用直尺测量，测量结果应符合7.1.8规定。

9 检验规则

9.1 制造方应按本文件的要求进行例行试验和抽样试验。抽样试验的频度要求应按照本文件 8.3.2 的规定。

9.2 电缆的型式试验应由具有资质的第三方检测机构按本文件要求进行并符合要求。

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

9.4 产品试验项目、试验类型及试验方法详见表 12。

表12 成品电缆性能

序号	试验项目	性能要求条款号	试验类别	试验方法
1	导体直流电阻	7.2.1	R ^c	GB/T 3048.4—2007
2	金属屏蔽中铜丝直流电阻	7.2.4	R	GB/T 3048.4—2007
3	局部放电试验	7.2.6	R	GB/T 3048.12—2007
4	电压试验	7.2.7	T, R	GB/T 3048.8—2007
5	导体中单线根数检查	7.1.1	T ^a , S ^b	本标准8.3.3
6	导体屏蔽厚度	7.1.2	T, S	GB/T 2951.11—2008
7	绝缘厚度	7.1.3	T, S	GB/T 2951.11—2008
8	绝缘偏心度	7.1.3	T, S	本标准8.3.4
9	挤包的绝缘非金属半导体层厚度	7.1.4	T, S	GB/T 2951.11—2008
10	铝塑复合带搭接宽度	7.1.5	T, S	本标准8.3.5.1
11	内衬层厚度	7.1.5	T, S	GB/T 2951.11—2008
12	金属铠装层厚度	7.1.6	T, S	本标准8.3.5.2
13	外护套厚度	7.1.7	T, S	GB/T 2951.11—2008
14	成品表面标志检查	7.1.8	T	本标准8.5.26
15	4h电压试验	7.2.8	T, S	GB/T 3048.12—2007
16	绝缘热延伸试验	7.2.2	T, S	GB/T 2951.21—2008
17	径向防水试验	7.2.9	T, S	本标准8.3.8
18	弯曲试验及随后的局部放电试验	7.2.10	T	本标准8.4.5
19	tan δ 测量	7.2.11	T	本标准8.4.7
20	加热循环试验及随后的局部放电试验	7.2.12	T	本标准8.4.8
21	冲击电压试验及随后的工频电压试验	7.2.13	T	本标准8.4.9
22	导体屏蔽及挤包的绝缘非金属半导体层电阻率	7.2.3.1	T	GB/T 12706.3—2008附录C
23	绝缘机械物理性能试验	7.2.2	T	GB/T 2951.11—2008 GB/T 2951.12—2008
24	外护套机械物理性能试验	7.2.5	T	GB/T 2951.11—2008 GB/T 2951.12—2008
25	成品电缆段老化试验	7.2.2、7.2.5	T	本标准8.5.6
26	外护套高温压力试验	7.2.5	T	GB/T 2951.31—2008
27	外护套低温性能试验	7.2.5	T	GB/T 2951.14—2008
28	外护套抗开裂试验	7.2.5	T	GB/T 2951.31—2008
30	绝缘吸水试验	7.2.2	T	GB/T 2951.13—2008
31	绝缘收缩试验	7.2.2	T	GB/T 2951.13—2008
32	外护套pH值及电导率试验	7.2.5	T	GB/T 17650.2—1998

表12 (续)

序号	试验项目	性能要求条款号	试验类别	试验方法
33	外护套酸气含量试验	7.2.5	T	GB/T 17650.1—1998
34	外护套的刮磨试验	7.2.16	T	GB/T 12706.3—2008
35	外护套吸水试验	7.2.5	T	GB/T 2951.13—2008
36	外护套收缩试验	7.2.5	T	GB/T 2951.13—2008
37	外护套耐环境应力开裂试验	7.2.5	T	GB/T 2951.41—2008
38	电缆的成束燃烧试验	7.2.14	T	GB/T 18380.33—2008
39	电缆低烟性能试验	7.2.15	T	GB/T 17651.2—2008
40	挤包的绝缘非金属半导体层剥离力	7.2.3.2	T	本标准8.5.21
41	防鼠试验	7.2.17	T	JB/T 10696.10—2011
42	防白蚁试验	7.2.17	T	JB/T 10696.9—2011
43	紫外线日光老化试验	7.2.17	T	GB/T 14049—2008中附录C
^a T 代表型式试验。 ^b S 代表抽样试验。 ^c R 代表例行试验。				

10 电缆包装、运输及保管

10.1 电缆包装

10.1.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137—2013 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。

10.1.2 成盘电缆的电缆盘外侧附加标签应标明：

- 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。

10.2 电缆运输及保管

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，电缆盘应放稳，并用合适方法固定，防止互撞或翻倒。

11 安装后的电气试验

试验应在电缆和附件安装完成后进行，按供方与买方协议，可以采用下列a)或b)项工频电压：

- a) 交流电压试验经买方协商同意后进行，电压的波形应基本是正弦波，频率应为 20Hz~300Hz，试验电压应为 $2 U_0$ ，持续 60 min；
- b) 作为替代，可以施加系统额定电压 U_0 ，持续 24 h。

12 质量承诺

12.1 自产品出厂之日起 2 年内，在用户正常使用条件下，因产品的制造质量问题而不能正常使用时，提供免费的维修或更换服务。

12.2 电缆设计使用寿命不低于 30 年。

ZHEJIANG MADE