团体标准

发 布

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

额定电压1 kV(*U*m=1.2 kV)到35 kV(*U*m=40.5 kV)热塑性接枝聚丙烯绝缘电力电缆

Power cables with thermoplastic grafting polypropylene insulation for rated voltages from 1 kV (*U*m=1.2 kV) up to 35 kV (*U*m=40.5 kV)

（征求意见稿）

GB/T XXXX—YYYY

代替 T/XXXX

ICS 19.020

CCS K85

中国电机工程学会

目 次

[前 言 6](#_Toc2833)

[1 范围 7](#_Toc1457)

[2 规范性引用文件 7](#_Toc29206)

[3 术语和定义 8](#_Toc24328)

[3.1 有关尺寸值术语 8](#_Toc27904)

[3.2 有关尺寸值术语 9](#_Toc17186)

[4 电压标示和材料 9](#_Toc1359)

[4.1 额定电压 9](#_Toc25341)

[4.2 绝缘混合料 10](#_Toc18309)

[4.3 护套混合料 10](#_Toc8870)

[5 导体 11](#_Toc12994)

[6 绝缘 11](#_Toc10980)

[6.1 材料 11](#_Toc25169)

[6.2 绝缘厚度 11](#_Toc20738)

[7 屏蔽 11](#_Toc10419)

[7.1 一般规定 11](#_Toc20032)

[7.2 导体屏蔽 12](#_Toc20457)

[7.3 绝缘屏蔽 12](#_Toc19313)

[8 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充 12](#_Toc4354)

[8.1 概述 12](#_Toc10950)

[8.2 内衬层与填充 12](#_Toc9537)

[8.3 具有分相金属层的电缆缆芯（见第10章） 13](#_Toc2280)

[9 单芯或三芯电缆的金属层 13](#_Toc9562)

[10 金属屏蔽 13](#_Toc30655)

[10.1 结构 13](#_Toc20365)

[10.2 要求 13](#_Toc18590)

[11 同心导体 14](#_Toc21420)

[11.1 结构 14](#_Toc10415)

[11.2 要求 14](#_Toc31828)

[11.3 使用 14](#_Toc10700)

[12 金属套铅套 14](#_Toc1756)

[13 金属铠装 14](#_Toc25396)

[13.1 金属铠装类型 14](#_Toc18374)

[13.2 材料 14](#_Toc28849)

[13.3 铠装的应用 15](#_Toc26554)

[13.4 铠装金属丝和铠装金属带的尺寸 15](#_Toc3120)

[13.5 电缆直径与铠装层尺寸的关系 16](#_Toc9551)

[13.6 圆金属丝或扁金属线铠装 16](#_Toc7386)

[13.7 双金属带铠装 16](#_Toc10803)

[14 外护套 16](#_Toc12330)

[14.1 概述 16](#_Toc13932)

[14.2 材料 17](#_Toc13472)

[14.3 厚度 17](#_Toc15049)

[15 试验条件 17](#_Toc19186)

[15.1 环境温度 17](#_Toc958)

[15.2 工频试验电压的频率和波形 17](#_Toc27122)

[15.3 冲击试验电压的波形 17](#_Toc24640)

[15.4 电缆导体温度的确定 17](#_Toc12932)

[16 例行试验 17](#_Toc19549)

[16.1 概述 18](#_Toc31829)

[16.2 导体电阻测量 18](#_Toc9626)

[16.3 局部放电试验 18](#_Toc10543)

[16.4 电压试验 18](#_Toc24430)

[16.5 要求 19](#_Toc31784)

[16.6 外护套耐压试验 19](#_Toc8262)

[17 抽样试验 19](#_Toc23287)

[17.1 概述 19](#_Toc13304)

[17.2 复试 20](#_Toc21293)

[17.3 导体检查 20](#_Toc26261)

[17.4 绝缘和非金属护套厚度的测量（包括外护套、挤包隔离套和挤包内衬层） 20](#_Toc18999)

[17.5 铅套厚度测量 20](#_Toc13043)

[17.6 铠装金属丝和金属带的测量 21](#_Toc13893)

[17.7 外径测量 21](#_Toc19053)

[17.8 4 h电压试验 21](#_Toc28555)

[17.9 PP绝缘和弹性体护套热变形试验 22](#_Toc26530)

[17.10 绕包搭盖率和间隙率 23](#_Toc25723)

[17.11 绕包内衬层和（或）包带垫层总厚度和测量 23](#_Toc11329)

[18 电气型式试验 23](#_Toc4332)

[18.1 一般规定 23](#_Toc2595)

[18.2 具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆 24](#_Toc22340)

[19 非电气型式试验 26](#_Toc31296)

[19.1 概述 26](#_Toc5149)

[19.2 绝缘厚度测量 27](#_Toc6213)

[19.3 非金属护套厚度测量（包括外护套、挤包隔离套、挤包内衬层） 27](#_Toc18437)

[19.4 铅套厚度测量 28](#_Toc12237)

[19.5 老化前后绝缘的机械性能试验 28](#_Toc20551)

[19.6 非金属护套老化后的机械性能试验 29](#_Toc28825)

[19.7 成品电缆段的附加老化试验 30](#_Toc11990)

[19.8 ST2型PVC护套失重试验 31](#_Toc26928)

[19.9 绝缘和非金属护套的高温压力试验 32](#_Toc8928)

[19.10 PVC护套和无卤护套的低温性能试验 33](#_Toc9164)

[19.11 PVC护套抗开裂试验（热冲击试验） 34](#_Toc7814)

[19.12 EPR和HEPR绝缘耐臭氧试验 34](#_Toc24459)

[19.13 EPR、HEPR和XLPE绝缘和弹性体护套的热延伸试验 34](#_Toc19408)

[19.14 弹性体护套的浸油试验 34](#_Toc28723)

[19.15 绝缘吸水试验 34](#_Toc8671)

[19.16 燃烧特性试验 34](#_Toc24847)

[19.17 黑色PE护套碳黑含量测定 35](#_Toc21719)

[19.18 PP绝缘收缩试验 35](#_Toc7080)

[19.19 PVC绝缘热稳定性试验 36](#_Toc32299)

[19.20 挤包外护套刮磨试验 36](#_Toc6511)

[19.21 HEPR绝缘硬度测量 36](#_Toc2089)

[19.22 HEPR绝缘弹性模量目 36](#_Toc8085)

[19.23 绝缘屏蔽的可剥离性试验 36](#_Toc32503)

[19.24 透水试验 37](#_Toc16021)

[19.25 无卤护套的吸水试验 37](#_Toc14940)

[20 安装后电气试验 37](#_Toc23374)

[20.1 概述 37](#_Toc12054)

[20.2 外护套的直流电压试验 38](#_Toc30101)

[20.3 绝缘试验 38](#_Toc27524)

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据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。

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识别专利的责任。

本标准由清华大学提出。

本标准由中国电机工程学会高电压专业委员会归口。

本标准起草单位：清华大学、中石化（北京）化工研究院有限公司、电力工业电气设备质量检验测试中心、宁波东方集团有限公司、江苏中天科技股份有限公司、宝胜科技创新股份有限公司、宝胜高压电缆有限公司、浙江亘古电缆股份有限公司、上海申远高温线有限公司、国网辽宁省电力有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、辽宁中德电缆有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：何金良、黄上师、李琦、胡军、胡世勋、袁浩、邵清、张琦、彭超、张伟、畅爱文、张永明、陈磊、谢书鸿、侯虹剑、房权生、陈刚、史建东、周岳、郑怀蜀、杨一远、袁骏、杨长龙、吴兴林、周榆晓、韩明明、汪洋、孙百洋、彭向阳、余欣。本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据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。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1 号，100761，网址：http：//www.csee.org.cn，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

额定电压1 kV(*U*m=1.2 kV)到35 kV(*U*m=40.5 kV)热塑性接枝聚丙烯绝缘电力电缆

1. 范围

本文件规定了额定电压1 kV(*U*m=1.2 kV)到35 kV(*U*m=40.5 kV)热塑性接枝聚丙烯绝缘电力电缆的结构、尺寸和试验要求等内容。

本文件适用于配电网或工业装置中固定安装的额定电压1 kV(*U*m=1.2 kV)到35 kV(*U*m=40.5 kV)热塑性接枝聚丙烯绝缘电力电缆。本标准也适用于纵向阻水结构电缆及其试验。

本文件不适用于特殊安装和运行条件的电缆，例如架空电缆、采矿工业、核电厂以及船舶等的电缆。

1. 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 标准电压

GB/T 2951.11 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 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 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 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 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 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 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 2951.41 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

GB/T 3048.10 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 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 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 电线电缆电性能试验方法 第13部分：冲击电压试验

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 6995.3 电线电缆识别标志方法 第3部分：电线电缆识别标志

GB/T 7113.2 绝缘软管 第2部分：试验方法

GB/T 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定

GB/T 8815 电线电缆用软聚氯乙烯塑料

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 11017.2 额定电压110 kV(*U*m=126 kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第2部 分：电缆

GB/T 11091 电缆用铜带

GB/T 12706.1 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

GB/T 12706.2 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)和30 kV(*U*m=36 kV)电缆

GB/T 12706.3 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/T 16927.3 高电压试验技术 第3部分：现场试验的定义及要求

GB/T 17650.1 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/T 17650.2 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：用测量pH值和电导率来测定气体的酸度

GB/T 18380.11 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 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW预混合型火焰试验方法

GB/T 18380.13 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 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 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 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 18380.36 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第36部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 D类

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则

GB/T 32129 电线电缆用无卤低烟阻燃电缆料

JB/T 8137.1 电线电缆交货盘 第1部分：一般规定

JB/T 8137.2 电线电缆交货盘 第2部分：全木结构交货盘

JB/T 8137.3 电线电缆交货盘 第3部分：全钢瓦楞结构交货盘

JB/T 8137.4 电线电缆交货盘 第4部分：型钢复合结构交货盘

JB/T 8996 高压电缆选择导则

JB/T 10181 电缆载流量计算

IEC 60229 电力电缆—具有特殊保护作用的挤包外护套试验(Electric cables—Tests on extruded oversheaths with a special protective function)

IEC 61034-2 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(Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions—Part 2：Test procedure and requirements)

IEC 60986 额定电压6 kV(*U*m=7.2 kV)至30 kV(*U*m=36 kV)电缆的短路温度限值(Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages from 6 kV(*U*m=7.2 kV) up to 30 kV(*U*m=36 kV))

ISO 48 硫化型或热塑型橡胶 硬度确定（硬度在10 IRHD和100 IRHD之间）（Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of hardness（hardness between 10 IRHD and 100 IRHD））

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 热塑性 thermoplastic

指在一定温度下具有可塑性，冷却后固化且能重复这种过程的性质。

* + 1. 接枝 grafting

指大分子链上通过化学键结合适当的支链或功能性侧基的反应。

* + 1. 聚丙烯 polypropylene

由丙烯（C3H6）通过加聚反应而形成的聚合物，聚丙烯经过改性后可用于电力电缆。

注：在本文件中，接枝聚丙烯指通过接枝反应对聚丙烯进行改性后形成的材料。

1. 电压标示和材料
   1. 额定电压

本标准中电缆的额定电压*U*0/*U*(*U*m)标示为0.6/1(1.2) kV、1.8/3(3.6) kV、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。

在电缆的电压标示*U*0/*U*(*U*m)中：

——*U*0为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*为电缆设计用的导体之间的额定工频电压；

——*U*m为设备可使用的“最高系统电压”的最大值(见GB/T 156)。

对于一种给定应用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：该类系统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：该类系统可在单相接地故障作短路运行，接地故障时间按JB/T 8996不应超过1 h。

对于本标准包括的电缆，在任何情况下允许不超过8 h的更长的带故障运行时间。任何一年接地故障的总持续时间不应超过125 h。

——C类：包括不属于A类、B类的所有系统。

注：应认识到，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，该系统可划分为C类。

用于三相系统的电缆，*U*0的推荐值见表1。

表1 额定电压推荐值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **系统最高电压***U*m  kV | **额定电压***U*0  kV | |
| A类、B类 | C类 |
| 1.2 | 0.6 | 0.6 |
| 3.6 | 1.8 | 3.6 |
| 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 | — |
| 40.5 | 21.0 | 26.0 |

* 1. 绝缘混合料

各种绝缘混合料电缆的导体最高温度见表2。

表2 各种绝缘混合料电缆的导体最高温度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **绝缘混合料** | **代号** | **导体最高温度**  ℃ | |
| 正常运行 | 短路(最长持续5 s) |
| 热塑性接枝聚丙烯 | gPP-90 | 90 | 250 |
| 耐高温热塑性接枝聚丙烯 | gPP-110 | 110 | 250 |

表2中温度由绝缘混合料的固有特性决定，使用这些数据计算额定电流时还应考虑其他因素。

例如正常时，如果直接埋入地下的电缆按按表2所示导体最高温度在连续负荷(100%负荷因数)下运行，电缆周围土壤的热阻系数经过一定时间后，会因土壤干燥而超过原始值，因此导体温度可能会超过最高温度。如果能预测这类运行条件，应采取适当的预防措施。

关于连续负荷载流量的导则可参照JB/T 10181。

短路温度的导则可参照IEC 60986。

* 1. 护套混合料

不同类型护套混合料的电缆导体最高温度见表3。

表3 不同类型护套混合料的电缆导体最高温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **护套混合料** | **代号** | **正常运行导体最高温度**  ℃ |
| 聚氯乙烯 | PVC-90 | 90 |
| 聚乙烯 | PE-90 | 90 |
| 无卤低烟阻燃热塑性聚烯烃材料 | WDZ-Y-90 | 90 |
| 无卤低烟阻燃热塑性弹性体材料 | WDZ-T-90、WDZ-T-110 | 90、110 |
| 无卤低烟阻燃交联型聚烯烃材料 | WDZ-YJ-90、WDZ-YJ-110 | 90、110 |

* 1. 工作温度

正常运行时导体允许的长期最高温度为90℃和110℃。应充分考虑绝缘混合料和护套混合料正常运行时导体最高温度的匹配性。

* 1. 短路温度

短路时（最长持续时间不应超过5 s），导体允许的最高温度为250℃。

1. 导体

导体应是符合GB/T 3956的第1种或第2种镀金属层或不镀金属层退火铜导体,或是第1种或第2种铝或铝合金导体。第2种导体也可是纵向阻水结构。

1. 绝缘
   1. 材料

绝缘应为表2所列的挤包成型的热塑性聚丙烯材料。

无卤低烟阻燃电缆的护套应符合表4规定。

表4 无卤混合料的试验方法和要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **试验项目** | **单位** | **要求** |
| 酸气含量试验(GB/T 17650.1)  溴和氯含量(以HC1表示)，最大值 | % | 0.5 |
| 氟含量试验(GB/T 7113.2)  氟含量，最大值 | % | 0.1 |
| pH值和电导率试验(GB/T 17650.2)  pH值，最小值  电导率，最大值 | μS/mm | 4.3  10 |

* 1. 绝缘厚度

绝缘标称厚度见表5。

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。

表5 绝缘标称厚度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 绝缘混合料 | 导体标称截面积  mm2 | 额定电压*U*0/*U*(*U*m)下的绝缘标称厚度  mm | | | | | | | | |
| 0.6/1(1.2) | 1.8/3(3.6) | 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) | 21/35(40.5) | 26/35(40.5) |
| 聚丙烯 | 1.5，2.5 | 0.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
|  | 4，6 | 1.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
|  | 10 | 1.0 | 2.2 | 2.5 | — | — | — | — | — | — |
|  | 16 | 1.0 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | — | — | — | — | — |
|  | 25 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | — | — | — | — |
|  | 35 | 1.2 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | — | — | — |
|  | 50,70 | 1.4 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 95,120 | 1.6 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 150 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 185 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 240 | 2.2 | 2.2 | 2.6 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 300 | 2.4 | 2.4 | 2.8 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 400 | 2.6 | 2.6 | 3.0 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 500 ~ 800 | 2.8 | 2.8 | 3.2 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
|  | 1000 | 3.0 | 3.0 | 3.2 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 9.3 | 10.5 |
| 注1：不宜釆用任何小于表中给出的导体截面积。然而，如果需要更小截面积，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不超过表中给出的最小导体尺寸计算得出的场强值。  注2：对标称截面积大于1000 mm2导体，可增加绝缘厚度以避免安装和运行时的机械伤害。 | | | | | | | | | | |

1. 屏蔽
   1. 一般规定

所有电缆的绝缘线芯上应有金属屏蔽，可在单根绝缘线芯上也可在成缆缆芯外包覆金属屏蔽。

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。除额定电压0.6/1 kV和1.8/3 kV电缆可采用无屏蔽结构外，其他电缆均应有屏蔽。

* 1. 导体屏蔽

导体屏蔽应是热塑性非金属半导电材料，由挤包热塑性非金属半导电料或在导体上先包半导电带再挤包半导电料组成。挤包半导电层应与绝缘紧密结合，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。挤包半导电层应适应电缆的运行温度，并与热塑性电缆绝缘材料相兼容。

导体屏蔽任意一点厚度不应小于0.50 mm，导体屏蔽的厚度测量不含包覆半导电带的厚度。

* 1. 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应由热塑性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热塑性非金属半导电层，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。挤包半导电层应适应电缆的运行温度，并与热塑性电缆绝缘材料相兼容。

需要时，可以在每根绝缘线芯上包覆一层半导电带。

绝缘屏蔽任意一点厚度不应小于0.50 mm，绝缘屏蔽的厚度测量不含包覆半导电带的厚度。

金属屏蔽层应包覆在每根绝缘线芯的外面，并应符合第10章规定。

1. 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充
   1. 概述

三芯电缆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。

8.2和8.3不适用于有护套单芯电缆成缆的缆芯。

* 1. 内衬层与填充
     1. 结构

内衬层可挤包或绕包。

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。

* + 1. 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与热塑性电缆绝缘材料相兼容。除纵向阻水型电缆外，内衬层和填充物应釆用非吸湿材料。

无卤电缆的内衬层和填充应符合表4规定。

* + 1. 挤包内衬层

挤包内衬层的标称厚度见表6。

表6 挤包内衬层厚度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **缆芯假设直径**  **mm** | | **挤包内衬层标称厚度**  **mm** |
| — | ≤25.0 | 1.0 |
| >25.0 | ≤35.0 | 1.2 |
| >35.0 | ≤45.0 | 1.4 |
| >45.0 | ≤60.0 | 1.6 |
| >60.0 | ≤80.0 | 1.8 |
| >80.0 | — | 2.0 |

* + 1. 绕包内衬层

缆芯假设直径为40.0 mm及以下时，绕包内衬层的标称厚度取0.4 mm；如大于40.0 mm时，则取0.6 mm。

绕包内衬层采用单根或多根带材重叠绕包而成，不应露出缆芯或下层包带。当多根带材绕包时，每一根均应重叠绕包。

* 1. 无统包金属层的电缆（见第10章）

额定电压0.6/1 kV电缆可无统包金属层。

只要电缆外部形状保持圆整而且缆芯和护套之间不粘连，内衬层就可省略。

热塑性护套包覆在10 mm2及以下圆形缆芯的情况下，外护套可嵌入缆芯间隙。

如果采用内衬层，那么其厚度不必符合8.2.3或8.2.4规定。

* 1. 具有统包金属层的电缆（见第10章）

额定电压0.6/1 kV电缆可在绝缘线芯或缆芯外包覆统包金属层。

注：电缆采用金属层与否，取决于有关规范和安装要求，以免可能遭受机械损伤或直接电接触的危害。

额定电压1.8/3 kV到18/30 kV电缆应具有统包金属层或分相金属层。

电缆缆芯外应有内衬层，内衬层和填充物应符合8.2规定，额定电压0.6/1 kV和1.8/3 kV电缆的内衬层和填充物应为非吸湿性材料。

额定电压0.6/1 kV电缆如果所用金属带的单层厚度不超过0.3 mm，金属带也可直接绕包在缆芯外，省略内衬层，这种电缆应符合19.19规定的特殊弯曲试验要求。

额定电压3.6/6 kV到18/30 kV电缆如果每个绝缘线芯均采用半导电屏蔽并统包金属层，内衬层应采用半导电材料，填充物也可采用半导电材料。

* 1. 具有分相金属层的电缆（见第10章）

额定电压1.8/3 kV到18/30 kV电缆应具有统包金属层或分相金属层。

额定电压21/35 kV和26/35 kV电缆应具有分相金属层。

各个绝缘线芯的金属层应相互接触。

若电缆分相金属屏蔽缆芯外具有另外的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8.2规定，额定电压1.8/3 kV电缆的内衬层和填充物应为非吸湿性材料。额定电压3.6/6 kV到26/35 kV电缆的内衬层和填充物可采用半导电材料。

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，铅套与分相包覆金属层之间的隔离，可采用符合8.2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，可省略内衬层。

1. 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） 金属套铅套（见第12章）；

d） 金属铠装（见第13章）。

金属层应由上述的一种或几种型式组成，包覆在单芯电缆上或三芯电缆的单独绝缘线芯上时应是非磁性的。

可采取措施使金属层周围具有纵向阻水性能。

2. 金属屏蔽
   1. 结构

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

金属屏蔽可为金属套或在统包屏蔽情况下符合10.2规定的铠装。

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，也为了电气安全。

金属屏蔽的搭盖和间隙应符合10.2规定。

* 1. 要求
     1. 电阻和标称截面

金属屏蔽中铜丝屏蔽的电阻，适用时应符合GB/T 3956规定。铜丝屏蔽的标称截面应根据故障电流容量确定。

* + 1. 铜丝屏蔽

额定电压铜丝屏蔽由疏绕的软铜线组成，表面可釆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4 mm。相邻铜丝平均间隙的定义和计算见GB/T 11017.2—2014中6.5.2。

* + 1. 铜带屏蔽

铜带屏蔽应由一根重叠绕包的软铜带组成。重叠绕包铜带间标称搭盖率为15%，最小搭盖率不应小于5%。要求时，可采用其他结构。

屏蔽原材料软铜带应选择符合GB/T 11091规定的铜带。

铜带标称厚度为：

——单芯电缆：≥12 mm；

——三芯电缆：≥0.10 mm。

铜带的最小厚度不应小于标称值的90%。

* + 1. 特别规定

额定电压21/35 kV和26/35 kV电缆，且导体标称截面积为500 mm2及以上电缆的金属屏蔽应采用铜丝屏蔽结构。金属屏蔽中铜丝屏蔽总电阻，使用时应符合GB/T 3956要求。

1. 同心导体
   1. 结构

同心导体的间隙应符合10.2.2规定。

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

* 1. 要求

同心导体的尺寸、物理性能及电阻值要求应符合10.2规定。

* 1. 使用

如要求采用同心导体结构，可在三芯电缆的内衬层外，对单芯电缆也可直接在绝缘上、半导电绝缘 屏蔽层上或适当的内衬层外包覆同心导体层。

1. 金属套铅套

铅套应采用铅或铅合金，并形成松紧适当的无缝铅管。

铅套的标称厚度应按式(1)计算:

*t*pb = 0.03*D*g+0.7 (1)

式中：

tpb铅套标称厚度，单位为毫米（mm）；

Dg一铅套前假设直径，单位为毫米（mm）。

假设直径计算应按附录A进行，计算结果应修约到一位小数（见附录B）。

当标称厚度计算值小于1.2 mm时，铅套标称厚度取值为1.2 mm，计算值应按附录B修约到一位小数。

1. 金属铠装
   1. 金属铠装类型

本标准包括的铠装类型如下：

a） 扁金属线铠装；

b） 圆金属丝铠装；

c） 双金属带铠装。

注：经制造方与购买方协商一致，额定电压0.6/1 kV导体标称截面积不超过6 mm2的多芯电缆，可采用镀锌钢丝编织铠装。

* 1. 材料

圆金属丝或扁金属线应为镀锌钢丝、不锈钢丝（非磁性）、铜丝或镀锡铜丝、铝丝或铝合金丝。

金属带应为镀锌钢带、不锈钢带（非磁性）、铝带或铝合金带。钢带应釆用工业等级的热轧或冷轧钢带。

在要求铠装钢丝层满足最小导电性的情况下,铠装层中允许包含足够的铜丝或镀锡铜丝，以确保达到要求。

选择铠装材料时，尤其是铠装作为屏蔽层时，应特别考虑腐蚀的可能性，这不仅为了机械安全，也为了电气安全。

除非采用特殊结构，用于交流系统单芯电缆的铠装应采用非磁性材料。

注：用于交流系统的单芯电缆以磁性材料为主的铠装即使采用特殊结构，电缆载流量仍将大为降低。

* 1. 铠装的应用
     1. 单芯电缆

单芯电缆的铠装层下应有挤包或绕包的内衬层，厚度应符合8.2.3或8.2.4规定。

* + 1. 三芯电缆

三芯电缆需要铠装时，铠装应包覆在符合8.2规定的内衬层上。如采用金属带直接绕包铠装时，见8.4规定。

* + 1. 隔离套

当铠装下的金属层与铠装材料不同时，应用14.2中规定的一种材料，挤包一层隔离套将其隔开。隔离套应经受GB/T 3048.10规定的火花试验。

无卤电缆的隔离套（无卤低烟阻燃材料）应符合表4规定。

当铅套电缆要求有铠装层时，可采用隔离套或包带垫层，并应符合13.3.4规定。

如果在铠装层下釆用隔离套，可代替内衬层或附加在内衬层上。

在金属层周围具有纵向阻水结构的电缆不必釆用隔离套。

隔离套的标称厚度应按式(2)计算：

*t*ss *=* 0.02*D*u +0.6 (2)

式中：

tss——隔离套标称厚度，单位为毫米(mm)；

Du——隔离套前的假设直径，单位为毫米(mm)。

计算应按GB/T 12706附录A所述进行，计算结果应修约到0.1 mm(见GB/T 12706附录B)。

非铅套电缆隔离套标称厚度的计算值小于1.2 mm时，隔离套标称厚度取值为1.2 mm。若隔离套直接挤包在铅套上，当隔离套标称厚度的计费值小于1.0 mm时，隔离套标称厚度取值为1.0 mm。

* + 1. 铅套电缆铠装下的包带

铅套涂层外的包带垫层应由浸渍纸带与复合纸带组成，或者由两层浸渍纸带与复合纸带外加一层或多层复合浸渍纤维材料组成。

垫层材料的浸渍剂可为沥青或其他防腐剂，对于金属丝铠装，这些浸渍剂不应直接涂敷到金属丝下。 也可采用合成材料带代替浸渍纸带。

铅套与铠装之间的包带垫层在铠装后总厚度的近似值为1.5 mm。

* 1. 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（细）：直径0.8 mm、1.25 mm、1.6 mm、2.0 mm、2.5 mm、3.15 mm；

———圆金属丝（粗）：直径4.0 mm；

———扁金属线：厚度0.8 mm；

———钢带：厚度0.2 mm、0.5 mm、0.8 mm；

———铝或铝合金带：厚度0.5 mm、0.8 mm。

注：额定电压21/35 kV和26/35 kV电缆圆金属丝（细）的标称尺寸只包括直径2.0 mm、2.5 mm、3.15 mm。

* 1. 电缆直径与铠装层尺寸的关系

铠装圆金属丝的标称直径和铠装金属带的标称厚度分别不应小于表7和表8规定的数值。

表7 铠装圆金属丝标称直径

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 铠装前假设直径  mm | | 铠装金属丝标称直径  mm |
| — | ≤10.0 | 0.8 |
| >10.0 | ≤15.0 | 1.25 |
| >15.0 | ≤25.0 | 1.6 |
| >25.0 | ≤35.0 | 2.0 |
| >35.0 | ≤60.0 | 2.5 |
| >60.0 | — | 3.15，4.0 |

表8 铠装金属带标称厚度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 铠装前假设直径  mm | | 金属带标称厚度  mm | |
| 钢带 | 铝或铝合金带 |
| — | ≤30.0 | 0.2 | 0.5 |
| >30.0 | ≤70.0 | 0.5 | 0.5 |
| >70.0 | — | 0.8 | 0.8 |
| 注：该表不适用于金属带直接包在缆芯上的电缆（见8.4）。 | | | |

铠装前电缆假设直径大于15.0 mm的电缆，扁金属线的标称厚度应取0.8 mm。电缆假设直径为15.0 mm及以下时，不应采用扁金属线铠装。

* 1. 圆金属丝或扁金属线铠装

金属丝铠装应紧密，使相邻金属丝间的间隙很小。必要时，可在扁金属线铠装和圆金属丝铠装外疏绕一条标称厚度最小为0.3 mm的镀锌钢带，钢带厚度的偏差应符合17.7.3规定。

采用粗圆金属丝铠装时，当铠装下隔离套或内衬层的标称厚度计算值小于2.0 mm时，隔离套或内衬层的标称厚度应取值为2.0 mm。

* 1. 双金属带铠装

当采用双金属带铠装和符合8.2规定的绕包内衬层时，内衬层应采用包带垫层加强。如果铠装金属带厚度为0.2 mm，内衬层和附加包带垫层总厚度按8.2的标称值再加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总厚度按8.2的规定值再加0.8 mm。

绕包内衬层和附加包带垫层总厚度的测量值应不小于规定值的80 %再减0.2 mm。

金属带铠装应螺旋绕包两层，使外层金属带的中间部位大致在内层金属带间隙上方，每层金属带间 隙率不应大于50%。

1. 外护套
   1. 概述

所有电缆都应有外护套。

外护套通常为黑色，但也可以按制造方和买方协议采用黑色以外的其他颜色，以适应电缆使用的特定环境。

包覆在铠装、金属屏蔽或同心导体上的电缆外护套应经受GB/T 3048.10规定的火花试验。

* 1. 材料

外护套应为符合表3规定的材料（聚氯乙烯、聚乙烯、无卤低烟阻燃热塑性聚烯烃材料、无卤低烟阻燃热塑性弹性体材料、无卤低烟阻燃交联型聚烯烃材料）。

如果要求在火灾时电缆能阻止火焰的蔓延、发烟少以及没有卤素气体释放，应采用无卤低烟阻燃型护套材料。无卤低烟阻燃（WDZ-Y、WDZ-T、WDZ-YJ）电缆的外护套应符合表4的规定。

外护套材料应与表3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：例如添加剂不希望采用的材料包括[[1]](#footnote-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-1，4，5，8-二甲桥萘；

——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γ异构体。

* 1. 厚度

若无其他规定，挤包外护套标称厚度值应按式（3）计算：

*t*os = 0.035*D*os + 1.0 （3）

式中：

*t*os——外护套标称厚度，单位为毫米（mm）；

*D*os——挤包护套前电缆的假设直径，单位为毫米（mm）。

按式（3）计算出的数值应修约到0.1 mm（见附录B）。

当单芯电缆外护套标称厚度的计算值小于1.4 mm时，外护套标称厚度取值为1.4 mm。当多芯电缆外护套标称厚度的计算值小于1.8 mm时，外护套标称厚度取值为1.8 mm。

1. 试验条件
   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。

* 1. 工频试验电压的频率和波形

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

* 1. 冲击试验电压的波形

按GB/T 3048.13规定，冲击波应具有有效波前时间1 μs ~ 5 μs，标称半峰值时间40 μs ~ 60 μs。其他方面应符合GB/T 16927.1。

* 1. 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规定的方法。

1. 例行试验
   1. 概述

例行试验通常应在每一根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，可减少试验电缆的根数或采用其他的试验方法。

本部分规定的例行试验为：

1. 导体电阻测量（见16.2）；

b） 局部放电试验（见16.3）；

c） 电压试验（见16.4）；

d） 当电缆外护套上有半导电结构时，外护套直流耐压试验（见16.5）。

注：额定电压0.6/1 kV和1.8/3 kV电缆可不进行例行试验b）和d）。

* 1. 导体电阻测量

应对例行试验中每一根电缆长度的所有导体进行电阻测量，如果有同心导体也应包括在内。

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给出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 ℃时的直流电阻不应超过GB/T 3956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规定。

铝合金导体的导体直流电阻要求与相同标称截面积的铝导体一致。

* 1. 局部放电试验

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

三芯电缆的所有绝缘线芯都应试验，电压施加于每一根导体和金属屏蔽之间。

试验电压应逐渐升高到2 *Uo*并保持10 s,然后缓慢降到1.73 *U0*。

在1.73*U0*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。

* 1. 电压试验
     1. 概述

电压试验应在环境温度下釆用工频交流电压进行。额定电压0.6/1 kV和1.8/3 kV电缆制造方可选择采用工频交流电压或直流电压。

* + 1. 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。

单芯无屏蔽电缆应将其浸入室温水中1 h，在导体和水之间施加试验电压。

注：单芯无金属层电缆的火花试验在考虑中。

* + 1. 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。

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金属屏蔽层（若有）之间施加试验电压。

三芯电缆也可采用三相变压器，一次完成试验。

* + 1. 试验电压

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，对应额定电压的单相试验电压值及持续时间见表9。

表9 例行试验电压及持续时间

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 额定电压*U*0  kV | 试验电压程序 | 试验电压及持续时间 |
| 0.6 | 2.5*U*0+2 kV，5 min | 3.5 kV，5 min |
| 1.8 | 2.5*U*0+2 kV，5 min | 6.5 kV，5 min |
| 3.6 | 3.5*U*0 kV，5 min | 12.5 kV，5 min |
| 6 | 3.5*U*0 kV，5 min | 21 kV，5 min |
| 8.7 | 3.5*U*0 kV，5 min | 30.5 kV，5 min |
| 12 | 3.5*U*0 kV，5 min | 42 kV，5 min |
| 18 | 3.5*U*0 kV，5 min | 63 kV，5 min |
| 21 | a）3.5*U*0 kV，5 min  b）2.5*U*0 kV，30 min | a）73.5 kV，5 min  b）53 kV，30 min |
| 26 | a）3.5*U*0 kV，5 min  b）2.5*U*0 kV，30 min | a）91 kV，5 min  b）65 kV，30 min |

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9所列数据的1.73倍。

当电压试验采用直流电压时，直流电压值应为工频交流电压值的2.4倍。

在任何情况下，电压都应逐渐升高到规定值。

* 1. 要求

绝缘应无击穿。

* 1. 外护套耐压试验

适用时，对于外护套上有挤包半导电层的电缆，可按照IEC 60229: 2007中3.1规定进行外护套直流电压试验。

1. 抽样试验
   1. 概述

本部分要求的抽样试验包括：

ａ） 导体检查（见17.4）；

ｂ） 尺寸检查（见17.5～17.8、17.11）；

ｃ） 额定电压高于3.6/6 kV电缆的电压试验（见17.9）；

ｄ） 绝缘、弹性体护套和交联型护套的热延伸试验（见17.10）。

* 1. 抽样试验的频度
     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%。

* + 1. 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。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，应按表10规定的数量进行试验。

表10 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 |

* 1. 复试

如果任一试样没有通过第17章的任一项试验，应从同一批中再取两个附加试样对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部分要求。

* 1. 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 3856规定。

* 1. 绝缘和非金属护套厚度的测量（包括外护套、挤包隔离套和挤包内衬层）
     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。

* + 1. 对绝缘的要求

每一段绝缘线芯，最小测量值不应低于规定标称值的90%再减0.1 mm，见式(４)：

*t*imin ≥0.9*t*in - 0.1 (4)

式中：

*timin*——绝缘厚度最小测量值，单位为为毫米(mm)；

*tin*——绝缘标称厚度，单位为毫米(mm)。

同时，还应符合式(5)的规定：

 (5)

式中：

*timax*——绝缘厚度最大测量值，单位为毫米(mm)。

* + 1. 对非金属护套要求

采用与外护套紧密粘结的挤包外半导电层结构时，挤包外半导电层的厚度可作为护套厚度的一部分，最多不超过0.3 mm。不考虑哑铃片的制作方式，包含挤包外半导电层的护套应满足该类型护套的所有机械性能要求。

非金属护套厚度最小测量值不应小于规定标称值的80%再减0.2 mm，见式(6)：

*t*smin ≥ 0.8*t*sn - 0.2 (6)

式中：

*t*smin——非金属护套厚度最小测量值，单位为毫米(mm)；

*t*sn——非金属护套标称厚度，单位为毫米(mm)。

* 1. 铅套厚度测量
     1. 概述

根据制造方的意见应采用下列方法之一测量铅套最小厚度。铅套厚度最小测量值不应低于规定标 称值的95%再减0.1 mm，见式(7):

*t*pb min ≥ 0.95*t*pb - 0.1 (7)

式中：

*tpb min*——铅套厚度最小测量值，单位为毫米(mm)。

* + 1. 窄条法

应使用测量头平面直径为4 mm ~ 8 mm的千分尺测量，测量精度为± 0.01 mm。

测量应在取自成品电缆上的50 mm长的护套试样进行。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。

* + 1. 圆环法

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的矩形平测头的千分尺进行测量。测量时球形测头或矩形测头应置于护套环的内侧。千分尺的精度应为±0.01 mm。

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

* 1. 铠装金属丝和金属带的测量
     1. 金属丝的测量

应使用具有两个平测头精度为士0.01 mm的千分尺测量圆金属丝的直径和扁金属线的厚度。对圆 金属丝应在同一截面上两个互成直角的位置上各测量一次，取两次测量的平均值作为金属丝的直径。

* + 1. 金属带的测量

应使用具有两个直径为5 mm平测头、精度为士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；对更宽的带子应在距其每一边缘20 mm处测量，取其平均值作 为金属带厚度。

* + 1. 要求

铠装金属丝和金属带的尺寸低于13.5中给出标称尺寸的量值不应超过：

——圆金属丝：5%；

——扁金属线：8 % ；

——金属带：10%。

* 1. 外径测量

如果要求测量电缆外径，应按GB/T 2951.11-2008的规定进行。

* 1. 4 h电压试验
     1. 取样

本试验适用于额定电压高于3.6/6 kV的电缆。

试验终端之间的一根成品电缆长度应至少为5 m。

* + 1. 步骤

在环境温度下，每一导体与金属层间应施加工频电压4 h。

* + 1. 试验电压

试验电压应为4*U*0。对应于标准额定电压的试验电压值见表11。

表11 抽样试验电压

|  |  |
| --- | --- |
| 额定电压*U*0  kV | 试验电压4*U*0  kV |
| 3.6 | 14.4 |
| 6 | 24 |
| 8.7 | 35 |
| 21 | 84 |
| 26 | 104 |

试验电压应逐渐升高到规定值,并持续4 h。

* + 1. 要求

绝缘不应发生击穿。

* 1. 绝缘、弹性体护套和交联型护套特殊性能试验
     1. 步骤

取样和试验步骤应按GB/T 2951.21—2008第9章规定进行。

试验条件见表12和表13。

表12 各种绝缘混合料特殊性能试验要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **试验项目** | **单位** | gPP-90 | gPP-110 |
| 热变形试验（GB/T 8815—2008中6.4） |  |  |  |
| 处理条件： |  |  |  |
| 空气温度（偏差±3 K） | ℃ | 115 | 135 |
| 施加压力 | N | 3.5 | 3.5 |
| 持续时间 | h | 1 | 1 |
| 最大变形率 | % | 10 | 10 |
| 吸水试验（GB/T 2951.13—2008中9.2重量法） |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | 70 | 90 |
| 持续时间 | h | 336 | 336 |
| 重量最大增量 | mg/cm2 | 1 | 1 |
| 收缩试验（GB/T 2951.13—2008中第10章） |  |  |  |
| 标志间长度L | mm | 200 | 200 |
| 温度（偏差±3 K） | ℃ | 130 | 140 |
| 持续时间 | h | 1 | 1 |
| 最大允许收缩率 | % | 4 | 4 |
|  | | |  |

表13 弹性体护套和交联型护套特殊性能试验要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **试验项目**  **（混合料代号见4.3）** | **单位** | WDZ-T、WDZ-YJ |
| 浸油后机械性能试验（GB/T 2951.21—2008中第10章和GB/T 2951.11— 2008中第9章） |  |  |
| 处理条件： |  |  |
| ——油温（偏差±2 K） | °C | 100 |
| ——持续时间 | h | 24 |
| 最大允许变化率a： |  |  |
| ——抗张强度 | % | ±40 |
| ——断裂伸长率 | % | ±40 |
| 热延伸试验（GB/T 2951.21—2008 中第9章） |  |  |
| 处理条件： |  |  |
| ——温度（偏差±3 K） | ℃ | 200 |
| ——机械应力 | N/cm2 | 20 |
| 负载下允许最大伸长率 | % | 175 |
| 冷却后最大永久伸长率 | % | 15 |
| a处理前后得出的中间值之差值除以处理前中间值，以百分数表示。 | | |

* + 1. 要求

绝缘、弹性体护套和交联型护套特殊性能的试验结果应符合表12和表13。

* 1. 绕包搭盖率和间隙率

搭盖率和间隙率的测量方法应符合GB/T 12706.1的规定。

铜带屏蔽最小搭盖率应符合10.2.2的规定。

铠装金属带间隙率应符合13.7的规定。

* 1. 绕包内衬层和（或）包带垫层总厚度和测量

绕包内衬层和（或）包带垫层总厚度的测量方法见GB/T 12706.1的规定。

绕包内衬层厚度测量不应小于规定标称值的80%再减0.2 mm。

当采用双金属带铠装时，绕包内衬层的附加包带垫层的总厚度应符合13.7的规定。

1. 电气型式试验
   1. 一般规定

具有特定电压和导体截面积的一种型式的电缆通过了本标准的型式试验后，对于具有其他导体截面积和/或额定电压的电缆型式批准仍然有效，只要满足下列3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）导体截面积不大于已试电缆，但是如果已试电缆的导体截面积为95 mm2 ~ 630 mm2 （含）之间，则630 mm2及以下的所有电缆也有效；

c）额定电压不高于已试电缆。

型式批准与导体材料无关。

* 1. 额定电压低于3.6/6 kV无绝缘屏蔽的电缆
     1. 概述

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）环境温度下绝缘电阻（见18.2.2）;

b）电缆正常运行时导体最高温度下绝缘电阻（见18.2.3）;

c）4 h电压试验（见18.2.4）。

额定电压1.8/3 kV和3.6/6 kV电缆应进行冲击电压试验；试验应在成品电缆上另取一段10 m～15 m试样进行（见18.2.5）。

最多同时试验3个绝缘线芯。

* + 1. 环境温度下绝缘电阻测量

18.2.2.1 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，但不应少于1 min，也不应超过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。

18.2.2.2 计算

按式（8）用测量得到的绝缘电阻计算体积电阻率。

 （8）

式中：

*ρ*——体积电阻率，单位为欧姆厘米(Ω·cm)；

*L*i——电缆样品长度，单位为厘米(cm)；

*R*——测量得到的绝缘电阻值，单位为欧姆(Ω)；

*D*i——绝缘外径，单位为毫米(mm)；

*d*i——绝缘内径，单位为毫米(mm)。

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

18.2.2.3 要求

从测量值得出的计算值不应小于表14规定值。

表14 电缆绝缘电气型式试验的体积电阻率要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目和试验条件  （混合料代号见4.2） | 单位 | 性能要求 | |
| gPP-90 | gPP-110 |
| 正常运行时导体最高温度（见4.2） | °C | 90 | 110 |
| 体积电阻率*ρ*a  ——20℃（见18.2.2）  ——正常运行时导体最高温度（见18.2.3） | Ω·cm  Ω·cm | 1014  1012 | 1014  1012 |
| a 适用于按7.1中的额定电压低于6/10 kV的绝缘无屏蔽电缆。 | | | |

* + 1. 导体最高温度下绝缘电阻测量

18.2.3.1 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 K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，但不应少于1 min，也不应超过5 min。

测量应在每一根导体与水之间进行。

18.2.3.2 计算

体积电阻率可由绝缘电阻用式（8）计算得到。

18.2.3.3 要求

从测量值计算出的数据不应小于表14规定值。

* + 1. 4 h电压试验

18.2.4.1 步骤

电缆试样的各个绝缘线芯应浸人室温水中至少1 h后进行试验。

在导体与水之间施加4*U*0的工频电压。电压应逐渐升高并持续4 h。

18.2.4.2 要求

绝缘不应发生击穿。

* + 1. 额定电压1.8/3 kV和3.6/6 kV电缆的冲击电压试验

18.2.5.1 步骤

试验应在超过电缆正常运行时导体最高温度5 K～10 K下进行。

GB/T 3048.13规定的步骤施加冲击电压，电压峰值见表15。

表15 冲击电压峰值

|  |  |
| --- | --- |
| 额定电压*U*0 /*U*  kV | 试验电压  kV |
| 1.8/3 | 40 |
| 3.6/6 | 60 |

对于没有分相屏蔽的多芯电缆，每次冲击电压应一次施加在每相导体与地之间，其他导体连接在一起并接地。

18.2.5.2 要求

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。

* 1. 额定电压高于3.6/6 kV具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆
     1. 概述

应从成品电缆中取10 m ~ 15 m长的电缆试样按18.3.2进行试验。

除18.3.3的例外，所有18.3.2所列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。

18.3.10规定的半导电屏蔽电阻率测量，应在另外的试样上进行。

* + 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18.3.4和18.3.5）；

b） 额定电压高于6/10 kV电缆的tanδ 测量（见18.3.3 和 18.3.6）；

c） 热循环试验及随后的局部放电试验（见18.3.7）；

d） 冲击电压试验及随后的工频电压试验（见18.3.8）；

e） 4 h电压试验（见18.3.9）。

* + 1. 特殊条款

tanδ 测量可在没有按18.3.2正常试验顺序做过试验的另一个试样进行。

额定电压低于6/10 kV的电缆，可不进行tanδ 测量。

18.3.2中试验项目e）可取一个新的试样进行，但该试样应预先进行过18.3.2中的a）项和c）项试验。

* + 1. 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3次。

试验圆柱体的直径不应大于：

——铅套或纵包复合金属箔电缆：

|  |  |
| --- | --- |
| * 25(d + D)×(l + 5%) * 20(d + D)×(l + 5%) ——其他类型电缆： | 单芯电缆；  三芯电缆。 |
| * 20(d + D)×(l + 5%) * 15(d + D)×(l + 5%) | 单芯电缆；  三芯电缆。 |

式中：

*D* ——电缆外径，单位为毫米（mm），按17.8测量；

*d* ——导体的实测直径，单位为毫米（mm）。

如果导体不是圆形，应按式（9）计算：

 (9)

式中：

S——导体标称截面积，单位为平方毫米（mm）。

本试验完成后，试样应立即进行局部放电试验，并应符合18.3.5规定。

* + 1. 局部放电试验

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

三芯电缆的所有绝缘线芯都应试验，电压施加于每一根导体和金属屏蔽之间。

试验电压逐渐升高到2*U*0并保持10 s，然后缓慢降到1.73*U*0。

在1.73U0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。

* + 1. 额定电压高于6/10 kV电缆的tanδ 测量

成品电缆试样应釆用下述方法之一加热：

——试样应放置在液体槽或烘箱中；

——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 K ~ 10 K。

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。

在交流电压不低于2 kV和上述规定温度下进行tanδ 测量。测量值不应高于表16规定。

表16 电缆绝缘电气型式试验的tanδ 测量要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目和试验条件  （混合料代号见4.2） | 单位 | 性能要求 | |
| gPP-90 | gPP-110 |
| 正常运行时导体最高温度（见4.2） | °C | 90 | 110 |
| tanδ （见 18.3.6）  ——超过正常运行时导体最高温度5 K ~ 10 K，tanδ 最大值 | ×10-4 | 10 | 20 |

* + 1. 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应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 K ~ 10 K。

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 K。

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18.2.5规定。

* + 1. 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 K~10 K的温度下进行。

按GB/T 3048.13规定的步骤施加冲击电压，电压峰值见表17。

注：也可采用供方与买方协议商定的其他数值。

表17 冲击电压峰值

|  |  |
| --- | --- |
| 额定电压*U*0 /*U*  kV | 试验电压  kV |
| 6/6 | 60 |
| 6/10、8.7/10 | 75 |
| 8.7/15 | 95 |
| 12/20、18/20 | 125 |
| 18/30 | 170 |
| 21/35、26/35 | 200 |

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，电缆试样的每一绝缘线芯应在室温下进行2.5*U*0，15 min工频电压试验。绝缘不应发生击穿。

* + 1. 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4*U*0。电压应逐渐升高至规定值。绝缘不应发生击穿。

* + 1. 半导电屏蔽电阻率

18.2.10.1 一般规定

挤包在导体上和绝缘上半导电屏蔽的电阻率，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进行过按19.7规定的材料相容性试验老化处理后的电缆样品。

18.2.10.2 步骤

试验步骤应按GB/T 12706.3—2020附录D进行。

应在电缆正常运行时导体最高温度±2 K范围内进行测量。

18.2.10.3 要求

在老化前和老化后，电阻率不应超过下列数值：

——导体屏蔽：1 000 Ω•m；

——绝缘屏蔽：500 Ω•m。

1. 非电气型式试验
   1. 概述

本标准要求的非电气型式试验项目见表18。

表18 非电气型式试验

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **试验项目** | **gPP** | **护套** | | | | |
|  |  |  | PVC | PE | WDZ-Y | WDZ-T | WDZ-YJ |
| 1 | 结构尺寸检查 |  |  |  |  |  |  |
|  | 厚度检测 | × | × | × | × | × | × |
| 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 | × | × | × | × | × | × |
|  | 浸入热油后 | — | — | — | — | × | × |
| 3 | 热塑性能 |  |  |  |  |  |  |
| 3.1 | 高温压力试验（凹痕） | × | × | × | × | × | — |
| 3.2 | 直径＜12.5 mm的低温卷绕试验 | × | × | — | × | × | × |
| 3.3 | 哑铃片低温拉伸试验 | × | × | — | × | × | × |
| 3.4 | 低温冲击试验 | × | × | — | × | × | × |
| 4 | 其他各类试验 |  |  |  |  |  |  |
| 4.1 | 空气烘箱失重试验 | — | × | — | — | — | — |
| 4.2 | 热冲击试验（开裂） | — | × | — | × | × | — |
| 4.3 | 耐臭氧试验 | — | — | — | × | — | × |
| 4.4 | 热延伸试验 | — | — | — | — | — | × |
| 4.5 | 热变形试验 | × | × | × | × | × | — |
| 4.6 | 吸水试验 | × | — | — | × | × | × |
| 4.7 | 收缩试验 | × | — | × | × | × | × |
| 4.8 | 外护套刮磨试验a | — | × | × | × | × | × |
| 4.9 | 碳黑含量b | — | — | × | — | — | — |
| 4.10 | 可剥离试验c | — |  |  |  |  |  |
| 4.11 | 透水试验d | — |  |  |  |  |  |
| 5 | 燃烧特性试验 | — |  |  |  |  |  |
| 5.1 | 电缆的单根阻燃试验（要求时） | — | × | × | f | f | f |
| 5.2 | 电缆的成束阻燃试验 | — | f | f | × | × | × |
| 5.3 | 烟密度试验 | — | — | — | × | × | × |
| 5.4 | 酸气试验 | e | — | — | × | × | × |
| 5.5 | pH值和电导率 | e | — | — | × | × | × |
| 5.6 | 氟含量试验 | e | — | — | × | × | × |
| 注1：×表示型式试验项目。 | | | |  |  |  |  |
| 注2：—表示不适用。 | | | |  |  |  |  |
| a 仅对额定电压21/35 kV和26/35 kV的电缆适用。 | | | |  |  |  |  |
| b 仅对黑色外护套适用。 | | | |  |  |  |  |
| c 用于制造方申明采用可剥离绝缘屏蔽电缆的设计中。 | | | |  |  |  |  |
| d 用于制造方申明采用纵向阻水屏蔽电缆的设计中。 | | | |  |  |  |  |
| e 仅当制造方申明电缆有无卤特性时进行。 | | | |  |  |  |  |
| f 仅当制造方申明电缆有阻燃特性时进行。 | | | |  |  |  |  |

* 1. 绝缘厚度测量
     1. 取样

应从每一根绝缘线芯上各取一个样品。

* + 1. 步骤

应按GB/T 2951.11—2008的8.1进行测量。

* + 1. 要求

见 17.5.2。

* 1. 非金属护套厚度测量（包括外护套、挤包隔离套、挤包内衬层）
     1. 取样

应取一个电缆试样。

* + 1. 步骤

应按GB/T 2951.11—2008的8.2进行测量。

* + 1. 要求

见 17.5.3。

* 1. 铅套厚度测量
     1. 取样

准备一个电缆试样。

* + 1. 步骤

应按17.6.2或17.6.3进行测量。

* + 1. 要求

见 17.6.1。

* 1. 老化前后绝缘的机械性能试验
     1. 取样

应按GB/T 2951.11—2008的9.1取样和制备试片。

* + 1. 老化处理

老化处理应按表19规定的条件，按GB/T 2951.12—2008的8.1进行。

表19 电缆绝缘机械性能试验要求（老化前后）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **试验项目** | **单位** | gPP-90 | gPP-110 | **试验方法** |
| 1 | **正常运行时导体最高温度** | ℃ | 90 | 110 |  |
| 2 | **老化前性能** |  |  |  | GB/T 2951.11—2008 第9章 |
| 2.1 | 抗张强度，最小 | N/mm2 | 15 | 15 |
| 2.2 | 断裂伸长率，最小 | % | 400 | 400 |
| 3 | **空气烘箱老化后的性能** |  |  |  | GB/T 2951.12—2008 第8章 |
| 3.1 | 老化条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | ℃ | 135 ± 2 | 150 ± 2 |
|  | ——处理时间 | h | 168 | 240 |
| 3.2 | 抗张强度 |  |  |  |
|  | ——老化前后变化率，最大 | % | ± 25 | ± 25 |
| 3.3 | 断裂伸长率 |  |  |  |
|  | ——老化前后变化率，最大 | % | ± 25 | ± 25 |
| 4 | **成品电缆段老化** |  |  |  | GB/T 2951.12—2008 第8章 |
| 4.1 | 老化条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | ℃ | 100 ± 2 | 120 ± 2 |
|  | ——处理时间 | h | 168 | 168 |
| 4.2 | 抗张强度 |  |  |  |
|  | ——老化前后变化率，最大 | % | ± 25 | ± 25 |
| 4.3 | 断裂伸长率 |  |  |  |
|  | ——老化前后变化率，最大 | % | ± 25 | ± 25 |
| 5 | **吸水试验** |  |  |  | GB/T 2951.13—2008 第9章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | °C | 70 ± 2 | 90 ± 2 |
|  | ——试验时间 | h | 336 | 336 |
|  | 重量增量，最大 | mg/cm2 | 1 | 1 |
| 6 | **收缩试验** |  |  |  | GB/T 2951.13—2008 第10章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | °C | 130 ± 2 | 140 ± 2 |
|  | ——试验时间 | h | 1 | 1 |
|  | 收缩率，最大 | % | 4 | 4 |
| 7 | **直径＜12.5 mm的低温弯曲试验** |  |  |  | GB/T 2951.14—2008 第8章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | °C | -15 ± 2 | -15 ± 2 |
|  | 试验结果 |  | 无裂痕 | 无裂痕 |
| 8 | **哑铃片低温拉伸试验** |  |  |  | GB/T 2951.14—2008 第8章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | °C | -25 ± 2 | -25 ± 2 |
|  | 断裂伸长率，最小 | % | 30 | 30 |
| 9 | **低温冲击试验** |  |  |  | GB/T 2951.14—2008 第8章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 | °C | -25 ± 2 | -25 ± 2 |
|  | ——试验时间 | h | 1 | 1 |
|  | 试验结果 |  | 无裂痕 | 无裂痕 |
| 10 | **高温压力试验（凹痕）** |  |  |  | GB/T 2951.31—2008 第8章 |
|  | 试验条件 |  |  |  |
|  | ——试验温度 |  | 130 ± 2 | 140 ± 2 |
|  | 压痕深度，最大 | % | 10 | 10 |

* 1. 非金属护套老化后的机械性能试验
     1. 取样

应按GB/T 2951.11—2008的9.2取样和制备试片。

* + 1. 老化处理

老化处理应在表20规定的条件下，按GB/T 2951.12—2008的8.1进行。

* + 1. 预处理和机械性能试验

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

* + 1. 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表20规定。

表20 护套机械性能试验要求（老化前后）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目  （混合料代号见4.3） | **单位** | PVC-90 | PE-90 | WDZ-Y-90 | WDZ-T-90 | WDZ-T-110 | WDZ-YJ-90 | WDZ-YJ-110 |
| 正常运行时导体最高温度（见4.3） | °C | 90 | 90 | 90 | 90 | 110 | 90 | 110 |
| 老化前（GB/T 2951.11—2008 中 9.2） |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 抗张强度，最小 | N/mm2 | 12.5 | 12.5 | 10.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| 断裂伸长率，最小 | % | 150 | 300 | 160 | 200 | 200 | 150 | 150 |
| 空气烘箱老化后（GB/T 2951.12—2008中8.1） 处理条件： |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | 100 | 110 | 110 | 120 | 135 | 120 | 135 |
| 持续时间 | h | 168 | 240 | 240 | 168 | 168 | 168 | 168 |
| 抗张强度： |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 老化后数值，最小 | N/mm2 | 12.5 | — | — | — | — | — | — |
| 变化率a，最大 | % | ±25 | — | ±25 | ±25 | ±25 | ±25 | ±25 |
| 断裂伸长率： |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 老化后数值，最小 | % | 150 | 300 | — | — | — | — | — |
| 变化率a，最大 | % | ±25 | — | ±25 | ±25 | ±25 | ±25 | ±25 |
| a 老化前后得出的中间值之差除以老化前中间值，以百分数表示。 | | | | | | | | |

* 1. 成品电缆段的附加老化试验
     1. 概述

本试验旨在检验电缆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。

本试验适用于任何类型的电缆。

* + 1. 取样

应按GB/T 2951.12—2008中的8.1.4从成品电缆上截取试样。

* + 1. 老化处理

电缆样品的老化处理应按GB/T 2951.12—2008中的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19）（10 ± 2）K；

——周期：7×24 h。

* + 1. 机械性能试验

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中的8.1.4进行机械性能试验。

* + 1. 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19.5和19.6）不应超过空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表19，非金属护套的规定值见表20。

* 1. PVC护套失重试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.32—2008中的8.2取样和进行试验。

* + 1. 要求

试验结果应符合表21规定。

表21 PVC护套特殊性能试验要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验项目  （混合料代号见4.3） | 单位 | PVC-90 |
| 空气烘箱中失重试验（GB/T 2951.32—2008中8.2） |  |  |
| 处理条件： |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | 100 |
| 持续时间 | h | 168 |
| 最大允许失重量 | mg/cm2 | 1.5 |
| 高温压力试验（GB/T 2951.31—2008中第8章） |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | 90 |
| 低温性能试验a（GB/T 2951.14-2008中第8章）未经老化前进行试验 |  |  |
| 直径＜12.5 mm的低温弯曲试验 |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | -15 |
| 哑铃片的低温拉伸试验 |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | -15 |
| 低温冲击试验 |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | -15 |
| 热冲击试验（GB/T 2951.31—2008中第9章） |  |  |
| 温度（偏差±3 K） | °C | 150 |
| 持续时间 | h | 1 |
| 吸水试验（GB/T 2951.13—2008中9.2 重量法） |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | 70 |
| 持续时间 | h | 24 |
| 最大增加重量 | mg/cm2 | 10 |
| a因气候条件，购买方可要求采用更低的温度。 | | |

* 1. 绝缘和非金属护套的高温压力试验
     1. 步骤

高温压力试验应按GB/T 2951.31—2008中第8章的试验方法及表21、表22和表23给出的试验条件进行。

表22 PE护套特殊性能试验要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验项目  （混合料代号见4.3） | 单位 | PE-90 |
| 密度a（GB/T 2951.13—2008 中第8章） |  |  |
| 碳黑含量（仅适于黑色护套）（GB/T 2951.41—2008中第11章） |  |  |
| 标称值 | % | 2.5 |
| 偏差 | % | ±0.5 |
| 收缩试验（GB/T 2951.13—2008中第11章） |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | 80 |
| 加热持续时间 | h | 5 |
| 加热周期 |  | 5 |
| 最大允许收缩 | % | 3 |
| 高温压力试验（GB/T 2951.31—2008中8.2） |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | °C | 110 |
| a密度的测定仅在其他试验需要时才做。 | | |

表23 无卤低烟阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ护套特殊性能试验要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目  （混合料代号见4.3） | 单位 | WDZ-Y-90 | WDZ-T-90 | WDZ-T-110 | WDZ-YJ-90  WDZ-YJ-110 |
| 高温压力试验（GB/T 2951.31—2008中第8章） |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | 130 | 130 | 150 | — |
| 低温性能试验a（GB/T 2951.14—2008中第8章）未经老化前进行试验 |  |  |  |  |  |
| 直径＜12.5 mm的低温弯曲试验 |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | -25 | -30 | -30 | -25 |
| 哑铃片的低温拉伸试验 |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | -25 | -30 | -30 | -25 |
| 低温冲击试验 |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | -25 | -30 | -30 | -25 |
| 吸水试验（GB/T 2951.13—2008中9.2重量法） |  |  |  |  |  |
| 温度（偏差±2 K） | ℃ | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 持续时间 | h | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 最大增加重量 | mg/cm2 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| a因气候条件，购买方可以要求采用更低的温度。 | | | | | |

* + 1. 要求

试验结果应符合GB/T 2951.31—2008中第8章的规定。

* 1. PVC护套和无卤低烟阻燃护套的低温性能试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.14—2008第8章取样和进行试验，试验温度见表21和表23。

* + 1. 要求

试验结果应符合GB/T 2951.14—2008中第8章的规定。

* 1. PVC护套热冲击试验
     1. 步骤

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见表21。

* + 1. 要求

试验结果应符合GB/T 2951.31—2008第9章规定。

* 1. 绝缘、弹性体护套和交联型护套特殊性能试验

应按17.10取样和进行试验，并应符合17.10规定。

* 1. 弹性体护套和交联型护套的浸油试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.21—2008第10章进行取样和试验，试验条件应符合表13规定。

* + 1. 要求

试验结果应符合表13规定。

* 1. 绝缘吸水试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.13—2008的9.1或9.2进行取样和试验。试验条件应分别符合表19或表12规定。

* + 1. 要求

试验结果应符合表19或表12规定。

* 1. 燃烧特性试验
     1. 电缆的单根阻燃试验

该试验适用于PVC或PE护套的电缆，且仅有特别要求时才进行试验。

对于其他材料护套的电缆，当制造商申明电缆有单根阻燃特性时应进行试验。

试验要求和方法应符合GB/T 18380.11.GB/T 18380.12.GB/T 18380.13的规定。

* + 1. 电缆的成束阻燃试验

该试验适用于无卤阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ护套的电缆。

对于其他材料护套的电缆，当制造商申明电缆有成束阻燃特性时应进行试验。

应根据申明的类别进行成束阻燃试验，阻燃A类、阻燃B类、阻燃C类、阻燃D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.GB/T 18380.36 的规定。

* + 1. 烟密度试验

该试验适用于无卤阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ护套的电缆。

试验步骤和要求应符合IEC 61034-2的规定。

* + 1. 酸气含量

19.16.4.1 步骤

该试验适用于无卤阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ材料作为外护套的无卤电缆。

试验方法应符合GB/T 17650.1的规定。

19.16.4.2 要求

试验结果应符合表4规定。

* + 1. pH值和电导率试验

19.16.5.1 步骤

该试验适用于无卤阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ材料作为外护套的无卤电缆。

试验方法应符合GB/T 17650.2的规定。

19.16.5.2 要求

试验结果应符合表4规定。

* + 1. 氟含量试验

19.16.6.1 步骤

该试验适用于无卤阻燃WDZ、WDZ-T或WDZ-YJ材料作为外护套的无卤电缆。

试验方法应符合GB/T 7113.2的规定。

19.16.6.2 要求

试验结果应符合表4规定。

* 1. 黑色PE护套碳黑含量测定
     1. 步骤

非阻燃型护套碳黑含量应按GB/T 2951.41-2008第11章进行取样和试验。阻燃型外护套的碳黑含量试验要求和试验方法由供需双方商定。

* + 1. 要求

试验结果应符合表22规定。

* 1. 绝缘收缩试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.13—2008第10章进行取样和试验，试验条件应符合表12规定。

* + 1. 要求

试验结果应符合表12规定。

* 1. 额定电压21/35 kV和26/35 kV挤包外护套刮磨试验

试验仅适用于额定电压21/35 kV和26/35 kV的电缆。

试样经18.5规定的弯曲试验后，应按JB/T 10696.6进行刮磨试验。

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

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20 kV,历时1 min。然后施加雷电冲击电压20 kV,正负极性各10次。试样不应击穿。

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

* 1. 绝缘屏蔽的可剥离性试验
     1. 概述

当制造方申明采用的挤包半导电绝缘屏蔽为可剥离型时，应进行本试验。

适用于额定电压高于6/10 kV的电缆。

* + 1. 步骤

试验应在老化前和老化后的样品上各进行3次，可在3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3个不同位置上进行试验。

应从老化前和按19.7.3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（即剥切角近似于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，将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 ± 5）°C温度下进行。

对未老化和老化后的试样应连续地记录剥离力的数值。

* + 1. 要求

额定电压6/6 kV、6/10 kV、8.7/10 kV、8.7/15 kV、12/20 kV、18/30 kV的电缆，从老化前后的试样绝缘上剥下挤包半导电屏蔽的剥离力不应小于4 N且不应大于45 N绝缘表面应无损伤及残留的半导电屏蔽痕迹。

额定电压21/35 kV、26/35 kV的电缆，从老化前后的试样绝缘上剥下挤包半导电屏蔽的剥离力不应小于8 N且不应大于45 N绝缘表面应无损伤及残留的半导电屏蔽痕迹。

* 1. 透水试验

当制造方声称采用了纵向阻水屏障电缆的设计时，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。

适用于额定电压额定电压6/6 kV及以上的电缆。

本试验用于下列电缆设计：

a）在金属层附近具有纵向阻水屏障；

b）沿着导体具有纵向阻水屏障。

试验装置、取样和试验步骤应按GB/T 12706.3中附录E规定。

当电缆具有径向阻水的金属箔复合护层时，应进行GB/T 12706.3中附录F的试验。

* 1. 无卤护套的吸水试验
     1. 步骤

应按GB/T 2951.13—2008中9.2的规定取样和进行试验，试验条件应符合表23规定。

* + 1. 要求

试验结果应符合表23规定。

1. 安装后电气试验
   1. 概述

试验应在电缆及其附件安装完成后进行。

额定电压0.6/1 kV、1.8/3 kV和3.6/6 kV的电缆宜按照20.2进行安装后直流电压试验。

额定电压6/6 kV、6/10 kV、8.7/10 kV、8.7/15 kV、12/20 kV、18/30 kV、21/35 kV、26/35 kV的电缆宜按照20.3进行外护套的直流电压试验，并在有要求时按20.4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。

* 1. 安装后直流电压试验

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4*U*0直流电压，持续时间15 min。

注：电缆绝缘修复后的电气试验由安装要求决定，以上试验仅适用于新安装的电缆。

* 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。外护套上的导电层能帮助达到此目的。

* 1. 绝缘试验

适用于额定电压高于3.6/6 kV的电缆。

* + 1. 交流电压试验

按供方与买方协议，按照GB/T 16927.3的规定，可采用下列a）项或b）项或c）项交流电压试验：

a）在导体与金属屏蔽间施加系统的相间电压*U*，频率为20 Hz ~ 300 Hz，持续15 min；

b）在导体与金属屏蔽间施加正常系统额定电压*U*0，持续24 h；

c）在导体与金属屏蔽间施加均方根值为3*U*0的电压，频率为0.1 Hz，持续15 min。

注1：交流电压试验期间，可同时监测tan δ和（或）局部放电。

注2：对已运行电缆线路，可采用较低电压和/或较短时间进行试验。试验电压和时间与已运行时间、环境条件、击穿历史以及试验目的相关，由供方与买方协商确定。

* + 1. 直流电压试验

适用于额定电压6/6 kV、6/10 kV、8.7/10 kV、8.7/15 kV、12/20 kV、18/30 kV的电缆。

作为交流电压试验的替代，可采用直流电压4*U*0，施加15 min。

直流电压试验可能对被试绝缘系统造成危险。应尽可能采用20.4.1中的交流电压试验。

注：对已运行电缆线路，可采用较低电压和/或较短时间进行试验。试验电压和时间与已运行时间、环境条件、击穿 历史以及试验目的相关，供方与买方协商确定。

1. 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、产品验收规则、成品电缆标志、电缆包装、运输 和贮存以及安装条件，见附录规定。

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 [↑](#footnote-ref-1)