

中华人民共和国国家标准

GB 31247—2014



电缆及光缆燃烧性能分级

Classification for burning behavior of electric and optical cables

2014-12-05 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准第4章~第6章为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国公安部提出。

本标准由全国消防标准化技术委员会防火材料分技术委员会(SAC/TC 113/SC 7)归口。

本标准负责起草单位:公安部四川消防研究所。

本标准参加起草单位:上海电缆研究所、电信科学技术第五研究所、公安部沈阳消防研究所、四川明星电缆股份有限公司、中利科技集团股份有限公司、远东控股集团有限公司、上海市高桥电缆厂有限公司、杭州虎牌中策电缆有限公司、安徽华海特种电缆集团有限公司、杜邦中国集团有限公司、(苏州)康普国际贸易有限公司、百通赫思曼网络系统国际贸易(上海)有限公司、大金氟化工(中国)有限公司、耐克森凯讯(上海)电缆有限公司、苏威(上海)有限公司、3M 中国有限公司、华迅工业(苏州)有限公司。

本标准主要起草人:程道彬、李凤、冯军、屈励、王鹏翔、包光宏、余威、张翔、龚国祥、丁宏军、朱亚明、唐勇、胡新宇。

本标准为首次发布。



引 言

推广使用阻燃电缆及光缆对建筑防火安全具有重要意义。长期以来,由于缺少电缆及光缆燃烧性能分级标准,我国工程建设防火规范中对一些必要场所采用阻燃电缆的规定很笼统,而事实上针对不同使用性质的场所,比如一些人员密集场所和需要特殊保护的场所,应对其采用的电缆及光缆规定较高的燃烧性能等级。通过量化电缆及光缆燃烧性能分级技术指标,使防火安全要求更加科学合理,并将可能产生的火灾危害降至最低。

本标准是根据我国建设工程防火安全的实际需要,为满足对电缆及光缆燃烧性能的分级要求而制定的。为确保同工程建设防火规范相协调,并与实际工程应用相匹配,本标准在确定电缆及光缆燃烧性能分级技术指标时,充分考虑了我国电缆及光缆行业的现有发展水平,并进行了大量的试验验证。

电缆及光缆燃烧性能分级

1 范围

本标准规定了电缆及光缆燃烧性能的术语与定义、燃烧性能等级及判据、附加信息和标识。

本标准适用于建设工程中使用的电缆及光缆的燃烧性能分级,不适用于电缆及光缆的耐火性能分级。

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 8624—2012 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB/T 14402 建筑材料及制品的燃烧性能 燃烧热值的测定

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 17651.2 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

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 20285 材料产烟毒性危险分级

GB/T 31248—2014 电缆或光缆在受火条件下火焰蔓延、热释放和产烟特性的试验方法

3 术语和定义

GB 8624—2012 和 GB/T 31248—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB 8624—2012 和 GB/T 31248—2014 中的某些术语和定义。

3.1

总热值 gross calorific potential

PCS

单位质量的材料完全燃烧,燃烧产物中所有的水蒸气凝结成水时所释放出来的全部热量。

[GB 8624—2012,定义 3.22]

3.2

烟气毒性 smoke toxicity

烟气中的有毒有害物质引起损伤/伤害的程度。

[GB 8624—2012,定义 3.19]

3.3

热释放速率 heat release rate

HRR

在规定条件下,材料在单位时间内燃烧所释放出的热量。

[GB/T 31248—2014,定义 3.1]

3.4

热释放总量 total heat release

THR

热释放速率在规定时间内积分值。

示例: THR_{1200} 表示在受火 1 200 s 内的总热释放量。

[GB/T 31248—2014, 定义 3.2]

3.5

产烟速率 smoke production rate

SPR

单位时间内烟的生成量。

[GB/T 31248—2014, 定义 3.3]



3.6

产烟总量 total smoke production

TSP

产烟速率在规定时间内积分值。

示例: TSP_{1200} 表示在受火 1 200 s 内的总产烟量。

[GB/T 31248—2014, 定义 3.4]

3.7

燃烧增长速率指数 fire growth rate index

FIGRA

试样燃烧的热释放速率值与其对应时间的比值的最大值,用于燃烧性能分级。

[GB/T 31248—2014, 定义 3.6]

3.8

燃烧滴落物/微粒 flaming droplet/particle

在燃烧试验过程中,从试样上分离的物质或微粒。

[GB/T 31248—2014, 定义 3.7]

3.9

烟密度 smoke density

按 GB/T 17651.2 测定的最小透光率,以 I_t 表示。

3.10

火焰蔓延 flame spread

FS

按 GB/T 31248—2014 测定的火焰在成束电缆表面产生的最大炭化距离。

3.11

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。

3.12

腐蚀性 corrosion

周围介质对材料腐蚀的能力。

注: 本标准以电缆或光缆各组件上的材料在燃烧时释放出气体的酸度大小来评价其腐蚀性。

4 燃烧性能等级及判据

4.1 电缆及光缆燃烧性能等级见表 1。

表 1 电缆及光缆的燃烧性能等级

燃烧性能等级	说 明
A	不燃电缆(光缆)
B ₁	阻燃 1 级电缆(光缆)
B ₂	阻燃 2 级电缆(光缆)
B ₃	普通电缆(光缆)

4.2 电缆及光缆燃烧性能等级判据见表 2。

表 2 电缆及光缆燃烧性能等级判据

燃烧性能等级	试 验 方 法	分 级 判 据
A	GB/T 14402	总热值 $PCS\leqslant 2.0\text{ MJ/kg}^a$
B ₁	GB/T 31248—2014 (20.5 kW 火源) 且	火焰蔓延 $FS\leqslant 1.5\text{ m}$; 热释放速率峰值 HRR 峰值 $\leqslant 30\text{ kW}$; 受火 1 200 s 内的热释放总量 $THR_{1200}\leqslant 15\text{ MJ}$; 燃烧增长速率指数 $FIGRA\leqslant 150\text{ W/s}$; 产烟速率峰值 SPR 峰值 $\leqslant 0.25\text{ m}^2/\text{s}$; 受火 1 200 s 内的产烟总量 $TSP_{1200}\leqslant 50\text{ m}^2$
	GB/T 17651.2 且	烟密度(最小透光率) $I_t\geqslant 60\%$
	GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 $H\leqslant 425\text{ mm}$
B ₂	GB/T 31248—2014 (20.5 kW 火源) 且	火焰蔓延 $FS\leqslant 2.5\text{ m}$; 热释放速率峰值 HRR 峰值 $\leqslant 60\text{ kW}$; 受火 1 200 s 内的热释放总量 $THR_{1200}\leqslant 30\text{ MJ}$; 燃烧增长速率指数 $FIGRA\leqslant 300\text{ W/s}$; 产烟速率峰值 SPR 峰值 $\leqslant 1.5\text{ m}^2/\text{s}$; 受火 1 200 s 内的产烟总量 $TSP_{1200}\leqslant 400\text{ m}^2$
	GB/T 17651.2 且	烟密度(最小透光率) $I_t\geqslant 20\%$
	GB/T 18380.12	垂直火焰蔓延 $H\leqslant 425\text{ mm}$
B ₃	未达到 B ₂ 级	
^a 对整体制品及其任何一种组件(金属材料除外)应分别进行试验,测得的整体制品的总热值以及各组件的总热值均满足分级判据时,方可判定为 A 级。		

5 附加信息

5.1 一般规定

5.1.1 电缆及光缆的燃烧性能等级附加信息包括燃烧滴落物/微粒等级、烟气毒性等级和腐蚀性等级。

5.1.2 电缆及光缆燃烧性能等级为 B₁ 级和 B₂ 级的,应给出相应的附加信息。

5.2 燃烧滴落物/微粒等级

5.2.1 燃烧滴落物/微粒等级分为 d₀ 级、d₁ 级和 d₂ 级,共三个级别。

5.2.2 燃烧滴落物/微粒等级及分级判据见表 3。

表 3 燃烧滴落物/微粒等级及分级判据

等 级	试 验 方 法	分 级 判 据
d ₀	GB/T 31248—2014	1 200 s 内无燃烧滴落物/微粒
d ₁		1 200 s 内燃烧滴落物/微粒持续时间不超过 10 s
d ₂		未达到 d ₁ 级

5.3 烟气毒性等级

5.3.1 烟气毒性等级分为 t₀ 级、t₁ 级和 t₂ 级,共三个级别。

5.3.2 烟气毒性等级及分级判据见表 4。

表 4 烟气毒性等级及分级判据

等 级	试 验 方 法	分 级 判 据
t ₀	GB/T 20285	达到 ZA ₂
t ₁		达到 ZA ₃
t ₂		未达到 t ₁ 级

5.4 腐蚀性等级

5.4.1 腐蚀性等级分为 a₁ 级、a₂ 级和 a₃ 级,共三个级别。

5.4.2 腐蚀性等级及分级判据见表 5。

表 5 腐蚀性等级及分级判据

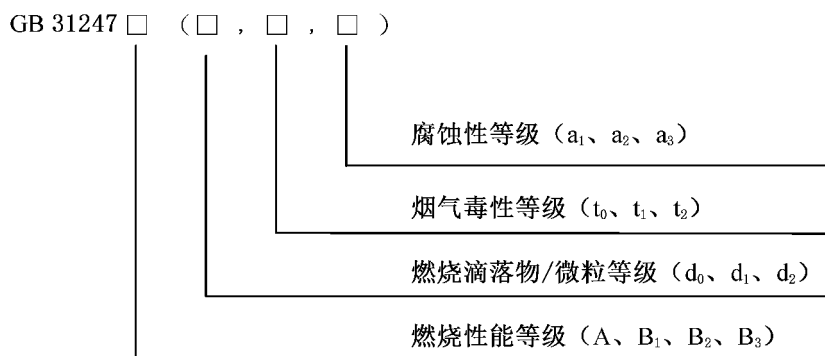
等 级	试 验 方 法	分 级 判 据
a ₁	GB/T 17650.2	电导率≤2.5 μs/mm 且 pH≥4.3
a ₂		电导率≤10 μs/mm 且 pH≥4.3
a ₃		未达到 a ₂ 级

6 标识

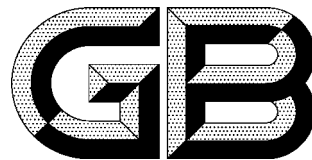
6.1 依照本标准检验符合规定要求的电缆及光缆,应在其产品和包装上标识出燃烧性能等级。

6.2 燃烧性能等级为 B_1 级和 B_2 级的电缆及光缆,应按第 5 章的规定给出燃烧滴落物/微粒等级、烟气毒性等级和腐蚀性等级等附加信息标识。

6.3 电缆及光缆的燃烧性能等级及附加信息标识如下:



示例:GB 31247 B_1 -(d_0 , t_1 , a_1)表示电缆或光缆的燃烧性能等级为 B_1 级,燃烧滴落物/微粒等级为 d_0 级,烟气毒性等级为 t_1 级,腐蚀性等级为 a_1 级。



中华人民共和国国家标准

GB/T 31840.3—2015



额定电压 1 kV($U_m = 1.2$ kV)到 35 kV($U_m = 40.5$ kV) 铝合金芯挤包绝缘电力电缆 第 3 部分:额定电压 35 kV ($U_m = 40.5$ kV)电缆

Aluminum alloys power cables with extruded insulation for rated
voltages from 1 kV($U_m = 1.2$ kV) up to 35 kV($U_m = 40.5$ kV)—
Part 3: Cables for rated voltage of 35 kV($U_m = 40.5$ kV)

2015-07-03 发布

2016-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
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	2
5 导体	4
6 绝缘	4
7 屏蔽	5
8 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充物	5
9 单芯或三芯电缆的金属层	6
10 金属屏蔽	6
11 同心导体	7
12 金属铠装	7
13 外护套	9
14 试验条件	10
15 例行试验	10
16 抽样试验	11
17 电气型式试验	14
18 非电气型式试验	17
19 安装后电气试验	22
20 电缆产品的补充条款	23
附录 A (规范性附录) 铝合金导体成分	27
附录 B (规范性附录) 金属屏蔽用铝合金带技术要求	28
附录 C (规范性附录) 确定护层尺寸的假设计算方法	30
附录 D (规范性附录) 数值修约	34
附录 E (规范性附录) 电缆产品的补充条款	35

前 言

GB/T 31840《额定电压 1 kV($U_m=1.2$ kV)到 35 kV($U_m=40.5$ kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆》分为 3 个部分：

- 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；
- 第 2 部分：额定电压 6 kV($U_m=7.2$ kV)到 30 kV($U_m=36$ kV)电缆；
- 第 3 部分：额定电压 35 kV($U_m=40.5$ kV)电缆。

本部分为 GB/T 31840 的第 3 部分。

本部分按照 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识别这些专利的责任。

本部分由中国电力企业联合会提出并归口。

本部分主要起草单位：中国电力科学研究院。

本部分参加编写单位：安徽欣意电缆有限公司、国网北京市电力公司检修公司、国网江苏省电力公司南京供电公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、河北德昊电缆有限公司、江苏亨通电力电缆有限公司、金杯电工股份有限公司、安徽太平洋电缆集团有限公司、崇德电缆有限公司、河北新宝丰电线电缆有限公司、中冠电缆有限公司、广东欣意铝合金电缆有限公司。

本部分主要起草人：欧阳本红、万有梅、黄鹤鸣、王光明、吴明祥、樊友兵、武建省、钱子明、杨志强、吕发忠、江建秋、朱朋飞、周俊民。

额定电压 1 kV($U_m = 1.2$ kV)到 35 kV($U_m = 40.5$ kV) 铝合金芯挤包绝缘电力电缆 第 3 部分:额定电压 35 kV ($U_m = 40.5$ kV)电缆

1 范围

GB/T 31840 的本部分规定了用于配电网或工业装置中,固定安装的额定电压 35 kV($U_m = 40.5$ kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆的材料、结构、尺寸和试验要求。

本部分适用于额定电压 35 kV($U_m = 40.5$ kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆。

在决定电缆应用时,建议考虑径向进水的可能风险。本部分包括了所谓纵向阻水结构电缆及其试验。

本部分不适用于特殊安装和运行条件的电缆,例如用于架空电缆、采矿工业、核电厂(安全壳内及其附近),以及用于水下或船舶的电缆。

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 标准电压

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 高压压力试验 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 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

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 3048.12 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—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 裸电线试验方法 第3部分:拉力试验
- GB/T 4909.5 裸电线试验方法 第5部分:弯曲试验 反复弯曲
- 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 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 9327 额定电压 35 kV($U_m=40.5$ kV)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 11091 电缆用铜带
- 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
- 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 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 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法
- GB/T 30552—2014 电缆导体用铝合金线
- GB/T 31840.1—2015 额定电压 1 kV($U_m=1.2$ kV)到 35 kV($U_m=40.5$ kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆 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
- JB/T 8137(所有部分) 电线电缆交货盘
- JB/T 8996 高压电缆选择导则
- JB/T 10181(所有部分) 电缆载流量计算
- JB/T 10696.6 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分:挤出外套刮磨试验
- YB/T 024 铠装电缆用钢带
- ISO 48 硫化型或热塑型橡胶硬度测定(硬度在 10 IRHD 和 100 IRHD 之间)[Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)]
- IEC 60229:2007 具有特殊保护作用的挤包电缆外护套的试验(Electric cables. Tests on extruded oversheaths with a special protective function)
- IEC 61443 额定电压 30 kV($U_m=36$ kV)以上电缆的短路温度限值[Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV($U_m=36$ kV)]

3 术语和定义

GB/T 31840.1—2015 界定的术语和定义适用于本文件。

4 电压标示和材料

4.1 额定电压

本部分中的电缆的额定电压 $U_0/U(U_m)$ 表示方法如下:

$U_0/U(U_m)=21/35(40.5)$ kV 和 $26/35(40.5)$ kV。

在电缆的电压标示 $U_0/U(U_m)$ 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)。

对于一种给定应用的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 3 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时作短时运行,接地故障时间按照 JB/T 8996 应不超过 1 h。

对于本部分包括的电缆,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应不超过 125 h。

——C 类:包括不属于 A 类、B 类的所有系统。

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

用于三相系统的电缆, U_0 的推荐值列于表 1。

表 1 额定电压 U_0 推荐值

系统最高电压 U_m /kV	额定电压 U_0 /kV	
	A 类、B 类	C 类
40.5	21	26

4.2 绝缘混合料

本部分所涉及绝缘混合料及其代号列于表 2。

表 2 绝缘混合料

绝缘混合料	代号
交联聚乙烯	XLPE
乙丙橡胶或类似材料(EPR 或 EPDM)	EPR
高弹性模量或高硬度乙丙橡胶	HEPR

本部分所包括的各种绝缘混合料的导体最高温度列于表 3。

表 3 各种绝缘混合料的导体最高温度

绝缘混合料	导体最高温度/℃	
	正常运行	短路(最长持续 5 s)
交联聚乙烯(XLPE)	90	250
乙丙橡胶(EPR 和 HEPR)	90	250

表 3 中的温度由绝缘混合料的固有特性决定,在使用这些数据计算额定电流时其他因素的考虑也是重要的。

例如正常运行时,如果直接埋入地下的电缆按表 3 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。因此导体温度可能大大地超过最高温度。如果能预料这类运行条件,应当采取足够的预防措施。

关于连续负荷载流量的导则,参见 JB/T 10181。

关于短路温度的导则,参见 IEC 61443。

4.3 护套混合料

本部分中不同类型护套混合料电缆的导体最高温度列于表 4 中。

表 4 不同类型护套混合料电缆的导体最高温度

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

5 导体

5.1 导体应是符合 GB/T 3956—2008 的第 2 种铝合金导体,其具体化学成分见附录 A,导体的各项性能应符合 5.3 和 5.4 的规定。

5.2 导体应采用圆形紧压或型线紧压绞合结构。

5.3 导体绞合后的单线性能要求应符合表 5 的规定。

表 5 导体绞合后的单线性能

项目	要求
抗拉强度/(N/mm ²)	98~159
断裂伸长率/%	≥10
反复弯曲次数/次	≥25

5.4 导体 20℃直流电阻应符合 GB/T 3956—2008 的第 2 种铝合金导体的规定值。导体最大和最小外径应符合 GB/T 3956—2008 表 C.2 的规定,800 mm²截面导体最小直径为 32.4 mm,最大直径为 36.8 mm,800 mm²以上截面导体的最小最大直径由制造方和买方协商确定。

6 绝缘

6.1 材料

绝缘应为表 2 所列的一种挤包成型的介质。

6.2 绝缘厚度

标称绝缘厚度在表 6 中规定。

导体或绝缘外面的任何隔离层或半导体屏蔽层的厚度应不包括在绝缘厚度之中。

表 6 标称绝缘厚度

绝缘混合料	导体标称截面/ mm ²	额定电压 $U_0/U(U_m)$ 下的绝缘标称厚度/mm	
		21/35(40.5)kV	26/35(40.5)kV
交联聚乙烯(XLPE)	50~1 600	9.3	10.5
乙丙橡胶(EPR)		9.3	10.5
硬乙丙橡胶(HEPR)		9.3	10.5
注 1: 不推荐任何小于本表给出的导体截面积。如果需要更小截面积,可用导体屏蔽来增加导体的直径(见 7.2)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按本表中给出的最小导体尺寸计算得出的场强值。 注 2: 对大于 1 000 mm² 导体,可以增加绝缘厚度以避免安装和运行时的机械伤害。			

7 屏蔽



7.1 概述

所有电缆的绝缘线芯上应有分相的金属屏蔽层。
单芯或三芯电缆绝缘线芯的屏蔽,应由导体屏蔽和绝缘屏蔽组成。

7.2 导体屏蔽

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。
标称截面积 500 mm² 及以上电缆导体屏蔽应由半导体带和挤包半导体层复合组成。

7.3 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应由非金属半导体层与金属层组合而成。
每根绝缘线芯上应直接挤包与绝缘线芯紧密结合的非金属半导体层,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。
然后也可在每根绝缘线芯上包覆一层半导体带。
金属屏蔽层应包覆在每根绝缘线芯的外面,并应符合第 10 章要求。

8 三芯电缆的缆芯、内衬层和填充物

8.1 内衬层和填充物

8.1.1 结构

内衬层可以挤包或绕包。
圆形绝缘线芯电缆只有在绝缘线芯间的间隙被密实填充时,才可采用绕包内衬层。
挤包内衬层前允许用合适的带子扎紧。

8.1.2 材料

用于内衬层和填充物的材料应适合电缆的运行温度与电缆绝缘材料相兼容。

8.1.3 挤包内衬层厚度

挤包内衬层的近似厚度应从表 7 中选取。

表 7 挤包内衬层厚度

缆芯假设直径 d/mm		挤包内衬层厚度近似值/ mm
>60	≤ 80	1.8
>80	—	2.0

8.1.4 绕包内衬层厚度

绕包内衬层的近似厚度取 0.6 mm。

8.2 具有分相金属层的电缆(见第 10 章)

各个绝缘线芯的金属层应相互接触。

若电缆的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 8.1 要求。除纵向阻水型电缆外,内衬层和填充物应采用非吸湿材料。内衬层和填充物也可采用半导体材料。

当分相与统包金属层采用的金属材料不同时,应采用符合 13.2 中规定的任一种材料挤包隔离套将其隔开。

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

注: 8.1 和 8.2 不适用于由有护套单芯电缆成缆的缆芯。

9 单芯或三芯电缆的金属层

本部分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) 金属铠装(见第 12 章)。

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

可以采取某些措施使金属层周围具有纵向阻水性能。

10 金属屏蔽

10.1 结构

金属屏蔽应由一根或多根金属带,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。金属屏蔽也可以是符合 10.2 要求的金属铠装层。
选择金属屏蔽材料时,应特别考虑存在腐蚀的可能性,这不仅为了机械安全,而且也为了电气安全。金属屏蔽绕包的搭盖和间隙应符合 10.2 要求。

10.2 要求

10.2.1 铜丝屏蔽的标称截面积应根据故障电流容量确定。

10.2.2 铜带或铝合金带屏蔽应由一层重叠绕包的软铜带或铝合金带组成,也可采用双层铜带或铝合金带间隙绕包。铜带或铝合金带间的搭盖率为铜带宽度的 15%(标称值),最小搭盖率应不小于 5%。

铜带应符合 GB/T 11091 的规定。

铜带标称厚度为:

——单芯电缆: ≥ 0.12 mm;

——三芯电缆: ≥ 0.10 mm。

铜带的最小厚度应不小于标称值的 90%。

铝合金带应符合附录 B 的规定。

铝合金带标称厚度为:

——单芯电缆: ≥ 0.18 mm;

——三芯电缆: ≥ 0.15 mm。

铝合金带的最小厚度应不小于标称值的 90%。

10.2.3 标称截面积为 500 mm^2 及以上电缆的金属屏蔽应采用铜丝屏蔽结构。铜丝屏蔽应由疏绕的软铜丝组成,其表面采用反向绕包的铜丝或铜带扎紧。相邻铜丝的平均间隙应不大于 4 mm。

金属屏蔽中铜丝的电阻,适用时应符合 GB/T 3956—2008 要求。

11 同心导体

11.1 结构

同心导体的间隙应符合 10.2.3 要求。

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。

11.2 要求

同心导体的尺寸、物理及其电阻值要求,应符合 10.2 要求。

11.3 使用

如采用同心导体结构,应在多芯电缆的内衬层外包覆同心导体层,对单芯电缆应直接在绝缘外或适当的内衬层外包覆同心导体层。

12 金属铠装

12.1 金属铠装类型

本部分包括铠装类型如下:

a) 扁金属丝铠装;

b) 圆金属丝铠装;

c) 双金属带铠装。

12.2 材料

圆金属丝或扁金属丝应是镀锌钢丝,铜丝或镀锡铜丝,铝或铝合金丝。

金属带为涂漆钢带、镀锌钢带、铝或铝合金带。钢带应符合 YB/T 024 规定。

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

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

除非采用特殊结构,用于交流系统的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,应慎重选用。

12.3 铠装的使用

12.3.1 单芯电缆

单芯电缆的铠装层下应有挤包或绕包的内衬层,其厚度应符合 8.1.3 或 8.1.4 要求。

12.3.2 三芯电缆

三芯电缆需要铠装时,铠装应包覆在符合 8.1 规定的内衬层上。

12.3.3 隔离套

当铠装下的金属层与铠装材料不同时,应用 13.2 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。

如果在铠装层下采用隔离套,可以由其代替内衬层或附加在内衬层上。

隔离套的标称厚度 T_s (以 mm 计)应按式(1)计算:

$$T_s = 0.02D_u + 0.6 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D_u ——挤包该隔离套前的假设直径,单位为毫米(mm)。

计算按附录 C 所述进行,计算结果修约到 0.1 mm(见附录 D)。

电缆的隔离套标称厚度应不小于 1.2 mm。



12.4 铠装金属丝和铠装金属带的尺寸

铠装金属丝和铠装金属带应优先采用下列标称尺寸:

- 圆金属丝:直径 2.0 mm、2.5 mm、3.15 mm;
- 扁金属丝:厚度 0.8 mm;
- 钢带厚度:0.5 mm、0.8 mm;
- 铝或铝合金带:厚度 0.5 mm、0.8 mm。

12.5 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应分别不小于表 8 和表 9 的规定的数值。

扁金属丝的标称厚度应取 0.8 mm。

表 8 铠装圆金属丝标称直径

铠装前假设直径 d /mm		铠装金属丝标称直径/mm
>25	≤ 35	2.0
>35	≤ 60	2.5
>60	—	3.15

表 9 铠装金属带标称厚度

铠装前假设直径 d /mm		金属带标称厚度/mm	
		钢带或镀锌钢带	铝或铝合金带
>30	≤ 70	0.5	0.5
>70	—	0.8	0.8

12.6 圆金属丝或扁金属丝铠装

金属丝铠装要紧密,即使相邻金属丝间的间隙最小。必要时,可在扁金属丝铠装和圆金属丝铠装外疏绕一条最小标称厚度为 0.3 mm 的镀锌钢带,钢带厚度的偏差应符合 16.6.3 规定。

12.7 双金属带铠装

采用金属带铠装时和符合 8.1 规定的内衬层时,其内衬层应采用包带垫层加强。内衬层和附加包带垫层的总厚度应按 8.1 的规定值再加 0.8 mm。

内衬层和附加包带垫层的总厚度不得小于规定值的 80%再减 0.2 mm。

如果有隔离套或挤包的內衬层并且满足 12.3.3 的规定时,则不要求加包带垫层。

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

13 外护套

13.1 概述

所有电缆都应有外护套。

外护套通常为黑色,但也可以按照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。

外护套应经受 GB/T 3048.10 规定的火花试验。

13.2 材料

外护套应为热塑性材料(聚氯乙烯或聚乙烯)或弹性体材料(聚氯乙烯,氯磺化聚乙烯或类似聚合物)。

外护套材料应与表 4 中规定的电缆运行温度相适应。

在特殊条件下(例如为了防白蚁)使用的外护套,可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-1,4,5,8-二甲桥萘;
- 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。

13.3 厚度

若无其他规定,挤包护套标称厚度值 T_s (以 mm 计算)应按式(2)计算:

$$T_s = 0.035D + 1.0 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

D——挤包护套前电缆的假设直径,单位为毫米(mm)(见附录 C)。

按式(2)计算出的数值应修约到 0.1 mm(见附录 D)。

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

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

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。

14 试验条件

14.1 环境温度

除非另有规定,试验应在环境温度 $(20\pm 15)^{\circ}\text{C}$ 下进行。

14.2 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;波形基本上为正弦波,引用值为有效值。

14.3 冲击试验电压的波形

按照 GB/T 3048.13,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。

15 例行试验

15.1 概述

例行试验通常应在每一个电缆制造长度上进行(见 3.1)。根据购买方和制造方达成的质量控制协议,可以减少试验电缆的根数或采用其他方法。

本部分要求的例行试验:

- a) 导体电阻测量(见 15.2);
- b) 在带有符合 7.2 和 7.3 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 15.3);
- c) 电压试验(见 15.4)。

15.2 导体电阻

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

成品电缆或从成品电缆上取下的试样,应在保持适当温度的试验室内至少存放 12 h。若怀疑导体温度是否与室温一致,电缆应在试验室内存放 24 h 后测量。也可选取另一种方法,即将导体试样浸在温度可以控制的液体槽内,至少浸入 1 h 后测量电阻。

电阻测量值应按 GB/T 3956—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。

15.3 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 $2U_0$ 并保持 10 s,然后缓慢降到 $1.73U_0$ 。

在 $1.73U_0$ 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。

15.4 电压试验

15.4.1 概述

电压试验应在环境温度下进行。采用工频交流电压进行。

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) $3.5U_0, 5\text{ min}$;
- b) $2.5U_0, 30\text{ min}$ 。

15.4.2 单芯电缆试验步骤

单芯屏蔽电缆的试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间。

15.4.3 三芯电缆试验步骤

应在三芯电缆,在每一相导体与金属层间施加试验电压。
三芯电缆也可采用三相变压器,一次完成试验。

15.4.4 试验电压

对应额定电压的单相试验电压值见表 10。

表 10 例行试验电压

额定电压 U_0/kV	21	26
试验电压 $3.5U_0/\text{kV}$	73.5	91
试验电压 $2.5U_0/\text{kV}$	53	65

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 10 所列数据的 1.73 倍。
在任何情况下,电压都应逐渐升高到规定值。

15.4.5 要求

绝缘应无击穿。

16 抽样试验

16.1 概述

本部分要求的抽样试验包括:

- a) 导体检查(见 16.4);
- b) 尺寸检验(见 16.5~16.7);
- c) 4 h 电压试验(见 16.8);
- d) EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘及弹性体护套的热延伸试验(见 16.9);
- e) 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率试验(见 16.10);
- f) 铝合金单线的反复弯曲性能试验(见 16.11)。

16.2 抽样试验频率度

16.2.1 导体检查和尺寸检查

导体检查,绝缘和护套厚度的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%。

16.2.2 电气和物理试验

电气和物理应按商定的质量控制协议,在制造长度电缆上取样。若无协议,对于三芯电缆总长度大

于 2 km 或单芯电缆总长度大于 4 km 时,应按表 11 数量进行试验。

表 11 抽样试验样品数量

电 缆 长 度 /km				样 品 数
三 芯 电 缆		单 芯 电 缆		
>2	≤10	>4	≤20	1
>10	≤20	>20	≤40	2
>20	≤30	>40	≤60	3
.....				
注：.....表示其余类推。				

16.3 复试

如果任一试样没有通过第 16 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,样品所去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,则认为抽样去该试样的这批电缆不符合本部分要求。

16.4 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 要求。

16.5 绝缘和非金属护套厚度的测量(包括挤包隔离套但不包括挤包内衬层)

16.5.1 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段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。

16.5.2 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,即:

$$t_{\min} \geq 0.9t_n - 0.1$$

同时:

$$(t_{\max} - t_{\min})/t_{\max} \leq 0.15$$

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 $t_{\min}$ 为同一截面上的测量值。

16.5.3 对非金属护套要求

护套应符合下列要求:

- a) 对于非铠装电缆和护套不直接包覆在铠装、金属屏蔽上的电缆外护套,其厚度的最小测量值应不低于规定标称值的 85%再减 0.1 mm。即:

$$t_{\min} \geq 0.85t_n - 0.1$$

- b) 直接包覆在铠装、金属屏蔽上的电缆外护套,其厚度最小测力值不应低于规定标称值的 80%再减 0.2 mm。即:

$$t_{\min} \geq 0.8t_n - 0.2$$

16.6 铠装金属丝和金属带的测量

16.6.1 金属丝的测量

应使用具有两个平侧头精度为±0.01 mm 的千分尺来测量圆金属丝的直径和扁金属丝的厚度。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。

16.6.2 金属带的测量



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。

16.6.3 要求

- 铠装金属丝和金属带的尺寸低于 12.5 中规定的标称尺寸的量值应不超过:
- 圆金属丝:5%;
 - 扁金属丝:8%;
 - 金属带:10%。

16.7 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 进行。

16.8 4 h 电压试验

16.8.1 取样

试验终端之间的一根成品电缆长度应至少为 5 m。

16.8.2 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。

16.8.3 试验电压

试验电压应为 4U₀。对应于标准额定电压的试验电压值列于表 12。

表 12 抽样试验电压

额定电压 U ₀ /kV	21	26
试验电压/kV	84	104

试验电压应逐渐升高到规定值,并持续 4 h。

16.8.4 要求

绝缘应不发生击穿。

16.9 EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘和弹性体护套的热延伸试验

16.9.1 步骤

取样和试验步骤按 GB/T 2951.21—2008 第 9 章规定进行。

试验条件列于表 20 和表 21 中。

16.9.2 要求

EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘的试验结果应符合表 20 要求,SE₁ 护套应符合表 21 要求。

16.10 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率试验

16.10.1 取样

从成品电缆铝合金绞合导体中取出单线进行试验。中心线取 1 根,最外层取 3 根,其他每层各取 1 根。

16.10.2 试验

按照 GB/T 4909.3 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 5.4.2 的规定求得,铝合金的密度取为 2.71 g/cm³。

16.10.3 要求

试验结果取所有试件数据的最小值。抗拉强度和断裂伸长率应符合表 5 的要求。

16.11 铝合金单线的反复弯曲性能试验

16.11.1 步骤

抽样和试验步骤按 GB/T 4909.5 规定进行。

16.11.2 要求

试验的最小弯曲断裂次数应符合表 5 要求。

17 电气型式试验

17.1 概述

具有特定电压和导体截面的一种型式的电缆通过了本部分的型式试验后,对于具有其他导体截面和/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在 95 mm²~630 mm²(含)之间,那么 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。

型式认可与导体材料无关。

17.2 具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆

17.2.1 概述

应从成品电缆中取 10 m~15 m 长的电缆试样按 17.2.2 进行试验。

除 17.2.3 的例外,所有 17.2.2 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。

17.2.10 规定的半导电屏蔽电阻率测量,应在另外的试样上进行。

17.2.2 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 17.2.4 和 17.2.5);
- b) $\tan\delta$ 测量(见 17.2.3 和 17.2.6);
- c) 热循环试验及随后的局部放电试验(见 17.2.7);
- d) 冲击电压试验及随后的工频电压试验(见 17.2.8);
- e) 4 h 电压试验(见 17.2.9)。

17.2.3 特殊条款

$\tan\delta$ 测量可以在没有按 17.2.2 正常试验顺序做过试验的另一个试样进行。

17.2.2 中的 e) 项试验可取一个新的试样进行,但该试样应预先进行过 17.2.2 中的 a) 项和 c) 项试验。

17.2.4 弯曲试验

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

此操作循环应进行 3 次。

试验圆柱体的直径应为:

$$20(d+D) \pm 5\% \text{ (单芯电缆)}$$

$$15(d+D) \pm 5\% \text{ (三芯电缆)}$$

式中:

D —— 电缆试样实测外径,单位为毫米(mm),按 16.7 测量;

d —— 导体的实测直径,单位为毫米(mm)。

本试验完成后,试样应即进行局部放电试验,并应符合 17.2.5 要求。

17.2.5 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 $2U_0$ 并保持 10 s,然后缓慢降到 $1.73U_0$ 。

在 $1.73U_0$ 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。

17.2.6 $\tan\delta$ 测量

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

试样应加热至导体温度超过电缆正常运行时导体最高温度 $5^\circ\text{C} \sim 10^\circ\text{C}$ 。

每一方法中,导体的温度应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。

在额定电压 U_0 和上述规定温度下进行 $\tan\delta$ 测量。

测量值应不高于表 13 规定。

表 13 绝缘的电气型式试验要求规定

序号	试验项目和试验条件 (混合料代号见 4.2)	单位	性能要求	
			EPR/HEPR	XLPE
0	正常运行时导体最高温度(见 4.2)	℃	90	90
1	$\tan\delta$ (见 17.2.6) ——超过电缆正常运行导体在高温 5℃~10℃的 $\tan\delta$ 最大值		50×10^{-4}	10×10^{-4}

17.2.7 热循环试验

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℃~10℃。

三芯电缆的加热电流应通过所有导体。

加热循环应持续至少 8 h,在每一加热过程中,导体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 16 h。

此循环应重复 20 次。

第 20 个循环后,试样应进行局部放电试验并应符合 17.2.5 要求。

17.2.8 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℃~10℃的温度下进行。

应按照 GB/T 3048.13 规定的步骤施加冲击电压,其电压峰值应为 200 kV。

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工频电压试验 15 min。试验电压应按表 10 规定。绝缘应不发生击穿。

17.2.9 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 $4U_0$,试验电压值见表 12。电压应逐渐升高至规定值。绝缘应不发生击穿。

17.2.10 半导体屏蔽电阻率

17.2.10.1 步骤

试验步骤应按 GB/T 12706.3—2008 附录 C 规定。

应在电缆正常运行时导体最高温度 ± 2 ℃的温度下进行。

17.2.10.2 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 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

注:挤包在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进行过按 18.5 规定的材料相容性试验老化处理后的电缆样品。

18 非电气型式试验

18.1 绝缘厚度测量

18.1.1 取样

应从每根绝缘线芯上各取一个试样。

18.1.2 步骤

按 GB/T 2951.11—2008 中 8.1 规定进行。

18.1.3 要求

见 16.5.2。

18.2 非金属护套厚度测量(包括挤包隔离套但不包括内衬层)

18.2.1 取样

应取一个电缆样品。

18.2.2 步骤

应按 GB/T 2951.11—2008 中 8.2 规定进行测量。

18.2.3 要求

见 16.5.3。

18.3 绝缘老化前后的机械性能试验

18.3.1 取样

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.1 规定进行取样和制备试片。

18.3.2 老化处理

应在表 16 规定的条件下按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1 的规定进行老化处理。

18.3.3 预处理和机械试验

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。

18.3.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 16 要求。

18.4 非金属护套老化前后的机械性能试验

18.4.1 取样

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.2 规定进行取样及制备试片。

18.4.2 老化处理

应在表 17 规定的条件下,按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1 的规定进行老化处理。

18.4.3 预处理和机械性能试验

应按 GB/T 2951.11—2008 中 9.2 规定进行预处理和机械性能试验。

18.4.4 要求

试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 17 要求。

18.5 成品电缆段的附加老化试验

18.5.1 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。

18.5.2 取样

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

18.5.3 老化处理

应按 GB/T 2951.12—2008 中 8.1.4 规定,在空气烘箱中进行电缆样品的老化处理。老化条件如下:

- 温度:高于电缆正常运行时导体最高温度(见表 13)(10 ± 2 °C);
- 周期: 7×24 h。

18.5.4 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 8.1.4 进行机械性能试验。

18.5.5 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 18.3 和 18.4)应不超过空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表 16,非金属护套的规定值见表 17。

18.6 ST₂型 PVC 护套失重试验

18.6.1 步骤

应按 GB/T 2951.32—2008 中 8.2 规定取样和进行试验。

18.6.2 要求

试验结果应符合表 18 的要求。

18.7 非金属护套的高温压力试验

18.7.1 步骤



应按 GB/T 2951.31—2008 第 8 章规定进行高温压力试验,试验条件和试验方法见表 18 和表 19。

18.7.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.31—2008 第 8 章要求。

18.8 PVC 护套的低温性能试验

18.8.1 步骤

应按 GB/T 2951.14—2008 第 8 章规定取样和进行试验,试验温度见表 18。

18.8.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.14—2008 第 8 章的要求。

18.9 PVC 护套的抗开裂试验(热冲击试验)

18.9.1 步骤

应按 GB/T 2951.31—2008 第 9 章规定取样和进行试验,试验温度和加热持续时间见表 18。

18.9.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.31—2008 第 9 章要求。

18.10 EPR 和 HEPR 绝缘臭氧试验

18.10.1 步骤

应按 GB/T 2951.21—2008 中第 8 章取样和进行试验。臭氧浓度和试验持续时间应符合表 20 规定。

18.10.2 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.21—2008 第 8 章要求。

18.11 EPR、HEPR 和 XLPE 绝缘与弹性体护套的热延伸试验

应按 16.9 规定取样和进行试验,并符合其要求。

18.12 弹性体护套的浸油试验

18.12.1 步骤

应按 GB/T 2951.21—2008 第 10 章取样和进行试验,试验条件应符合表 21。

18.12.2 要求

试验结果应符合表 21 要求。

18.13 绝缘吸水试验

18.13.1 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 20 规定。

18.13.2 要求

试验结果应符合表 20 要求。

18.14 单根电缆的不延燃试验

该试验适用于 ST₁、ST₂ 或 SE₁ 护套的电缆。且仅有特别要求时才在这些电缆上进行。
试验要求和方法应符合 GB/T 18380.12 规定。

18.15 黑色 PE 护套碳黑含量测定

18.15.1 步骤

应按 GB/T 2951.41—2008 第 11 章规定取样和进行试验。

18.15.2 要求

试验结果应符合表 19 要求。

18.16 XLPE 绝缘的收缩试验

18.16.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 第 10 章规定取样和进行试验,试验条件应符合表 20 规定。

18.16.2 要求

试验结果应符合表 20 要求。

18.17 挤包外护套刮磨试验

试样经 17.2.4 规定的弯曲试验后,应按 JB/T 10696.6 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 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。

18.18 HEPR 绝缘硬度测量

18.18.1 步骤

应按照 GB/T 12706.3—2008 附录 E 取样和进行测量。

18.18.2 要求

试验结果应符合表 20 要求。

18.19 HEPR 绝缘弹性模量测定

18.19.1 步骤

应按照 GB/T 2951.11—2008 第 9 章取样、制备试片和进行测定。

应测量伸长为 150%时所需的负荷。相应的应力应用测得的负荷除以试片未拉伸前的截面积计算得到。应确定应力与应变的比值,以得到伸长率为 150%时的弹性模量。

弹性模量应取全部测量结果的中间值。

18.19.2 要求

试验结果应符合表 20 要求。

18.20 PE 外护套收缩试验

18.20.1 步骤

应按 GB/T 2951.13—2008 第 11 章规定取样和进行试验。

试验条件见表 19。

18.20.2 要求

试验结果应符合表 19 规定。

18.21 绝缘屏蔽的可剥离性试验

18.21.1 步骤

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

应从老化前和按 18.5.3 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。

18.21.2 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 8 N 和不大于 45 N。

绝缘表面应无损伤及残留的半导电屏蔽痕迹。

注:当制造方声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。

18.22 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。

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—2008 附录 D 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—2008 附录 F 的试验。

18.23 铝合金单线的抗拉强度和断裂伸长率试验

应按 16.10 规定取样和进行试验,并符合其要求。

18.24 铝合金单线的反复弯曲性能试验

应按 16.11 规定取样和进行试验,并符合其要求。

18.25 铝合金导体化学成分测定

18.25.1 步骤

化学成分按 GB/T 20975 或 GB/T 7999 的规定进行;仲裁分析方法按 GB/T 20975 的规定进行。

18.25.2 要求

试验结果符合 5.1 要求。

18.26 铝合金单线的抗压蠕变试验

应按 GB/T 30552—2014 规定取样和进行试验。该试验仅在客户要求时进行。

18.27 铝合金导体与金具的连接性能试验

试验步骤和要求应符合 GB/T 9327 中 A 类连接金具的规定。与铝合金导体相连的金具,宜采用与铝合金导体相同的材料制造。

注 1: 通过连接性能试验之后不需要再进行抗压蠕变试验。

注 2: 本部分要求的非电气常规型式试验项目见表 14;非电气特殊型式试验项目见表 15。

19 安装后电气试验²⁾

19.1 概述

试验应在电缆及其附件安装完成后进行。

推荐按照 19.2 进行外护套的直流电压试验,并在有要求时按照 19.3 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。

19.2 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,有必要使外护套的全部外表面接地良好。

注: 外护套上的导电层能够帮助达到此目的。

19.3 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 20 Hz~300 Hz。试验电压为 $2U_0$,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。

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。

2) 安装后绝缘的电气试验与 IEC 60840:2004《额定电压大于 30 kV($U_m=36$ kV)至 150 kV($U_m=170$ kV)挤包绝缘电力电缆及附件 试验方法和要求》一致。

20 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,详见附录 E。

表 14 非电气常规型式试验

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2 和 4.3)	绝缘			护套				SE ₁
		EPR	HEPR	XLPE	PVC		PE		
					ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	
1	尺寸								
1.1	厚度测量	×	×	×	×	×	×	×	×
2	机械性能(抗张强度和断裂伸长率)								
2.1	老化前	×	×	×	×	×	×	×	×
2.2	空气烘箱老化后	×	×	×	×	×	×	×	×
2.3	成品电缆段老化	×	×	×	×	×	×	×	×
2.4	浸入热油后	—	—	—	—	—	—	—	×
3	热塑性能								
3.1	高温压力试验(凹痕)	—	—	—	×	×	—	×	—
3.2	低温性能	—	—	—	×	×	—	—	—
4	其他各类试验								
4.1	空气烘箱内的失重试验	—	—	—	—	×	—	—	—
4.2	热冲击试验(开裂)	—	—	—	×	×	—	—	—
4.3	抗臭氧试验	×	×	—	—	—	—	—	—
4.4	热延伸试验	×	×	×	—	—	—	—	×
4.5	不延燃试验(若需要)	—	—	—	×	×	—	—	×
4.6	吸水试验	×	×	×	—	—	—	—	—
4.7	收缩试验	—	—	×	—	—	×	×	—
4.8	外护套刮磨试验	—	—	—	×	×	×	×	×
4.9	炭黑含量 ^a	—	—	—	—	—	×	×	—
4.10	硬度试验	—	×	—	—	—	—	—	—
4.11	弹性模量试验	—	×	—	—	—	—	—	—
4.12	可剥离性试验 ^b								
4.13	透水试验 ^c								
4.14	金属箔粘结强度								
注：×表示型式试验项目。									
^a 仅对黑色外护套适用。									
^b 适用于制造方声明具有可剥离绝缘屏蔽电缆。									
^c 适用于制造方声明具有阻水屏障结构电缆。									

表 15 非电气特殊型式试验

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试验
3	铝合金导体化学成分
4	铝合金单线的抗压蠕变试验(要求时进行)
5	铝合金导体与金具的连接性能试验

表 16 绝缘混合料机械性能试验要求(老化前后)

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2)	单位	EPR	HEPR	XLPE
0	正常运行导体最高温度(见 4.2)	℃	90	90	90
1	老化前(GB/T 2951.11—2008 中 9.1)				
1.1	抗张强度,最小	N/mm ²	4.2	8.5	12.5
1.2	断裂伸长率,最小	%	200	200	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	135	135
	——温度偏差	℃	±3	±3	±3
	——持续时间	h	7	7	7
2.1.2	抗张强度变化率 ^a ,最大	%	±30	±30	±25
2.1.3	断裂伸长率变化率,最大	%	±30	±30	±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 17 护套混合料机械性能试验要求(老化前后)

序号	试验项目(混合料代号见 4.3)	单位	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇	SE ₁
0	正常运行时导体最高温度(见 4.3)	℃	80	90	80	90	85
1	老化前(GB/T 2951.12—2008 中 9.2)						
1.1	抗张强度,最小	N/mm ²	12.5	12.5	10.0	12.5	10.0
1.2	断裂伸长率,最小	%	150	150	300	300	300
2	空气烘箱老化后(GB/T 2951.12—2008 中 8.1)						
2.1	处理条件						
	——温度(偏差±2℃)	℃	100	100	100	110	100
	——持续时间	h	168	168	240	240	7
2.2	抗张强度						
	a) 老化后数值	N/mm ²	12.5	12.5	—	—	—
	b) 变化率 ^a ,最大	%	±25	±25	—	—	±30
2.3	断裂伸长率						
	a) 老化后数值	%	150	150	300	300	250
	b) 变化率 ^a ,最大	%	±25	±25	—	—	±40
^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 18 护套混合料特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.3)	单位	ST ₁	ST ₂
1	空气烘箱中失重试验(GB/T 2951.32—2008 中 8.2)			
1.1	处理条件			
	——温度(偏差±2℃);	℃	—	100
	——持续时间。	h	—	7
1.2	最大允许失重量	mg/cm ²	—	1.5
2	高温压力试验(GB/T 2951.32—2008 第 8 章)			
2.1	温度(偏差±2℃)	℃	80	90
3	低温性能试验 ^a (GB/T 2951.14—2008 第 8 章)			
3.1	未经老化前进行试验			
	——直径<12.5 mm 的冷弯曲试验;			
	——温度(偏差±2℃)。	℃	—15	—15
3.2	哑铃片的低温拉伸试验			
	温度(偏差±2℃)	℃	—15	—15
3.3	冷冲击试验			
	温度(偏差±2℃)	℃	—15	—15
4	抗开裂试验(GB/T 2951.31—2008 中第 9 章)			
4.1	温度(偏差±3℃)	℃	150	150
4.2	持续时间	h	1	1
^a 因气候条件,购买方可以要求采用更低的温度。				

表 19 PE(热塑性聚乙烯)护套混合料的特殊性能试验要求

序号	试验项目(混合料代号 4.3)	单位	ST ₃	ST ₇
1	密度 ^a (GB/T 2951.13—2008 第 8 章)			
2	炭黑含量(仅适于黑色护套)(GB/T 2951.41—2008 第 11 章)			
2.1	标准值	%	2.5	2.5
2.2	偏差	%	±0.5	±0.5
3	收缩试验(GB/T 2951.13—2008 第 11 章)			
3.1	温度(偏差+2℃)	℃	80	80
3.2	加热持续时间	h	5	5
3.3	加热周期		5	5
3.4	最大允许收缩	%	3	3
4	高温压力试验(GB/T 2951.31—2008 中 8.2)			
4.1	温差(±2℃)	℃	—	110
^a 密度的测定仅在其他试验需要时才做。				

表 20 各种热固性绝缘混合料的特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2)	单位	EPR	HEPR	XLPE
1	耐臭氧试验(GB/T 2951.21—2008 第 8 章)				
1.1	臭氧浓度(按体积)	%	0.025~0.030	0.025~0.030	—
1.2	无开裂持续试验时间	h	24	24	—
2	热延伸试验(GB/T 2951.21—2008 第 9 章)				
2.1	处理条件				
	——空气温度(偏差±3℃)	℃	250	250	200
	——负荷时间	min	15	15	15
	——机械应力	N/cm ²	20	20	20
2.2	载荷下最大伸长率	%	175	175	175
2.3	冷却后最大永久伸长率	%	15	15	15
3	吸水试验(GB/T 2951.13—2008 中 9.2)重量分析方法				
3.1	温度(偏差+2℃)	℃	85	85	85
3.2	持续时间	h	5	14	14
3.3	重量最大增量	mg/cm ²		5	1 ^a
4	收缩试验(GB/T 2951.13—2008 第 10 章)				
4.1	标志间长度 <i>L</i>	mm	—	—	200
4.2	温度(偏差+3℃)	℃	—	—	130
4.3	持续时间	h	—	—	1
4.4	最大允许收缩率	%	—	—	4
5	硬度测定				
5.1	IRHD ^b , 最小		—	80	—
6	弹性模量测定(见 18.19)				
6.1	150%伸长率下的弹性模量, 最小	N/mm ²	—	4.5	—
^a 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 。					
^b IRHD 国际橡胶硬度等级。					

表 21 弹性体护套混合料特殊性能试验要求

序号	试验项目 (混合料代号见 4.2)	单位	EPR
1	浸油后机械性能测试(GB/T 2951.21—2008 中第 10 章和 GB/T 2951.11—2008 中第 9 章)		
1.1	处理条件		
	——油温(偏差±2℃)	℃	100
	——持续时间	h	24
	最大允许变化率 ^a		
	抗张强度	%	±40
	断裂伸长率	%	±40
2	热延伸(GB/T 2951.21—2008 中第 9 章)		
2.1	处理条件		
	——油温(偏差±3℃)	℃	200
	——载荷时间	min	15
	——机械应力	N/cm ²	20
2.2	负载下允许最大伸长率	%	175
2.3	冷却后最大永久伸长率	%	15
^a 变化率: 处理前后得出的中间值之差值与处理前中间值之比, 以百分数表示。			

附 录 A
(规范性附录)
铝合金导体成分

电缆导体用铝合金材料应符合表 A.1 和表 A.2 中任一成分代号对应的化学成分。

表 A.1 铝合金导体成分

序号	化学成分(质量分数)/%								
	Si	Fe	Cu	Mg	Zn	B	其他		Al
							单个	合计	
1	≤0.10	0.55~0.80	0.10~0.20	0.01~0.05	≤0.05	≤0.04	≤0.03 ^a	≤0.10	余量
2	≤0.10	0.30~0.80	0.15~0.30	≤0.05	≤0.05	0.001~0.04	≤0.03	≤0.10	余量
3	≤0.10	0.60~0.90	≤0.40	0.08~0.22	≤0.05	≤0.04	≤0.03	≤0.10	余量
4	≤0.15 ^b	0.40~1.00	0.05~0.15	—	≤0.10	—	≤0.03	≤0.10	余量
5	0.03~0.15	0.40~1.00	—	—	≤0.10	—	≤0.05 ^c	≤0.15	余量
6	≤0.10	0.25~0.45	≤0.40	0.04~0.12	≤0.05	≤0.04	≤0.03	≤0.10	余量
注：对于脚注中特定元素,仅在有需要时测量。									
^a 该成分的铝合金中 Li 元素的质量分数应不大于 0.003%。									
^b 该成分的铝合金应同时满足(Si+Fe)元素的质量分数应不大于 1.0%。									
^c 该成分的铝合金中 Ga 元素的质量分数应不大于 0.03%。									

表 A.2 稀土高铁铝合金导体成分

序号	化学成分(质量分数)/%						
	Fe	Si	Cu	Be	RE	其他	
						单个	总和
1	0.40~1.2	≤0.10	—	—	0.01~0.3	≤0.03	≤0.30
2	0.30~1.5	≤0.08	0.005~0.30	0.001~0.30	0.10~0.8	≤0.03	≤0.15
注：稀土(RE)主要以铈(Ce)和镧(La)为主。							

附 录 B
(规范性附录)
金属屏蔽用铝合金带技术要求

B.1 范围

本附录规定了金属屏蔽用铝合金带的技术要求。



B.2 性能

B.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。铝合金带应干燥、清洁、光滑,无开裂、毛刺等表观缺陷,表面处理后形成具有防腐蚀及导电功能的薄膜,金属屏蔽绕包时铝合金带应不缠结、不刮损。

B.2.2 标称厚度和宽度

铝合金带的标称厚度和宽度见表 B.1。

表 B.1 铝合金带的标称厚度和宽度

标称厚度/mm	宽度/mm
0.15	10~50
0.18	

B.2.3 机械性能

铝合金带的机械性能见表 B.2。

表 B.2 铝合金带的机械性能

厚度/mm	抗拉强度 MPa(20 ℃)	屈服强度 MPa(20 ℃)	伸长率
0.15	175	130	15%
0.18	175	130	15%

B.2.4 电气性能

铝合金带的电气性能见表 B.3。

表 B.3 铝合金带的电气性能

电缆类型	厚度/mm	导电率 %IACS (20 ℃)	通过电缆金属屏蔽层的短路电流容量		
			起始温度/℃	终止温度/℃	短路电流 A
多芯电缆	0.15	≥57.5	90	160	需要满足 IEC 60949 考虑非绝热升温效应的热允许短路电流的计算
单芯电缆	0.18	≥57.5	65	160	

B.2.5 防腐蚀性能

铝合金带的防腐蚀性能见表 B.4。

表 B.4 铝合金带的防腐蚀性能

材料	防腐等级	表面平均腐蚀速率(480 h)	
铝合金带	很耐腐蚀材料	盐雾试验(中性)/(mm/a)	全浸试验(中性)/[g/(m ² ·h)]
		≤0.004	≤0.004
		表面光滑、颜色不发生改变	



附 录 C
(规范性附录)

确定护层尺寸的假设计算方法

C.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。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。

为了简便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。这样护套厚度和其他护层厚度都可以通过公式或表格而与假设直径有了相应的关系。假设直径计算的方法明确规定,使用的护层厚度是唯一的,它与实际制造中的细微差别无关。这就使电缆设计标准化,对于每一个导体截面的护层厚度尺寸可以被预先计算和规定。

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

采用下述规定的电缆各种护层厚度的假设计算方法,是为了保证消除在单独计算中引起的任何差异,例如由于导体尺寸的假设以及标称直径和实际直径之间不可避免的差异。

所有厚度值和直径都应按附录 D 中的规则修约到 1 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。

C.2 方法

C.2.1 导体

不考虑形状和紧压程度如何,每一标称截面积导体的假设直径 d_L 由表 C.1 给出。

表 C.1 导体的假设直径

导体标称截面积/mm ²	d_L /mm	导体标称截面积/mm ²	d_L /mm
50	8.0	400	22.6
70	9.4	500	25.2
95	11.0	630	28.3
120	12.4	800	31.9
150	13.8	1 000	35.7
185	15.3	1 200	39.1
240	17.5	1 400	42.2
300	19.5	1 600	45.1

C.2.2 绝缘线芯

任何绝缘线芯的假设直径 D_c 如式(C.1)和式(C.2):

- a) 无半导体屏蔽电缆的绝缘线芯:
$$D_c = d_L + 2t_i \dots\dots\dots (C.1)$$
- b) 有半导体屏蔽电缆的绝缘线芯:
$$D_c = d_L + 2t_i + 3.0 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:
 t_i ——绝缘的标称厚度,单位为毫米(mm)(见表 6~表 8)。
如果采用金属屏蔽或同心导体,则应参考 C.2.5 考虑增大绝缘线芯的标称直径。

C.2.3 缆芯直径

缆芯的假设直径 D_f 如式(C.3):
$$D_f = K D_c \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:
 K ——三芯电缆的成缆系数,数值为 2.16。

C.2.4 内衬层

内衬层的直径 D_B 应按式(C.4)计算:
$$D_B = D_f + 2t_B \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:
缆芯的假设直径 D_f 为 40 mm 及以下, $t_B=0.4$ mm;
缆芯的假设直径 D_f 大于 40 mm, $t_B=0.6$ mm。
 t_B 的假设直径应用于:

- a) 三芯电缆:
——无论有无内衬层;
——无论内衬层为挤包、绕包还是纵包。
当有一个符合 12.3.3 规定的隔离套代替或附加在内衬层上时,应按 C.2.6 中式(C.7)计算。
- b) 单芯电缆:
——无论有挤包、绕包还是纵包的内衬层。

C.2.5 同心导体和金属屏蔽

由于同心导体和金属屏蔽使直径增加的数值由表 C.2 给出。

表 C.2 同心导体和金属屏蔽使直径的增加值

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

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

如果有金属屏蔽层,表 C.2 中规定的屏蔽层截面积应按式(C.5)和式(C.6)计算:

a) 金属带屏蔽:

$$S = n_t \times t_t \times w_t \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

S ——金属带截面积,单位为平方毫米(mm^2);

n_t ——金属带根数;

t_t ——单根金属带的标称厚度,单位为毫米(mm);

w_t ——单根金属带的标称宽度,单位为毫米(mm)。

当屏蔽总厚度小于 0.15 mm 时,直径增加值为零:

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

——金属带纵包屏蔽:

如果搭盖率小于 30%,屏蔽总厚度为金属带的厚度;

如果搭盖率达到或超过 30%,屏蔽总厚度为金属带厚度的两倍。

b) 金属丝屏蔽(包括一反向扎线,若有):

$$S = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times W_h \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

S ——金属丝截面积,单位为平方毫米(mm^2);

n_w ——金属丝根数;

d_w ——单根金属丝直径,单位为毫米(mm);

n_h ——反向扎带根数;

t_h ——厚度大于 0.3 mm 的反向扎带的厚度,单位为毫米(mm);

W_h ——反向扎带的宽度,单位为毫米(mm)。

C.2.6 隔离套

隔离套的假设直径 D_s 应按式(C.7)计算:

$$D_s = D_u + 2t_s \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

D_u ——隔离套下的假设直径,单位为毫米(mm);

t_s ——按 12.3.3 的计算厚度,单位为毫米(mm)。

C.2.7 金属带铠装电缆的附加垫层(加在内衬层外)

因附加垫层引起的直径增加量见表 C.3。

表 C.3 因附加垫层引起的直径增加量

附加垫层下的假设直径/mm	因附加垫层引起的直径增加/mm
>29	1.6

C.2.8 铠装

铠装外的假设直径 D_x 应按式(C.8)和式(C.9)计算:

a) 扁或圆金属丝铠装:

$$D_x = D_A + 2t_A + 2t_w \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

- D_A ——铠装前直径,单位为毫米(mm);
- t_A ——铠装金属丝的直径或厚度,单位为毫米(mm);
- t_w ——如果有反向螺旋扎带时厚度大于 0.3 mm 的反向螺旋扎带厚度,单位为毫米(mm)。

b) 双金属带铠装:

$$D_x = D_A + 4t_A \dots\dots\dots (C.9)$$

式中:

- D_A ——铠装前直径,单位为毫米(mm);
- t_A ——铠装带厚度,单位为毫米(mm)。



附 录 D
(规范性附录)
数 值 修 约

D.1 假设算法的数值修约

在按附录 C 计算假设直径和确定单元尺寸而对数值进行修约时,采用下述规则。

当任何阶段的计算值小数点后多于一位数时,数值应修约到一位小数,即精确到 0.1 mm。每一阶段的假设直径数值应修约到 0.1 mm,当用来确定包覆层厚度和直径时,在用到相应的公式或表格中去之前应先进行修约,按附录 C 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 1 位小数保持不变(舍弃)。

例如:

$$\begin{aligned} 2.12 &\approx 2.1; \\ 2.449 &\approx 2.4; \\ 25.0478 &\approx 25.0. \end{aligned}$$

- 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 1 位小数应增加 1(进一)。

例如:

$$\begin{aligned} 2.17 &\approx 2.2; \\ 2.453 &\approx 2.5; \\ 30.050 &\approx 30.1. \end{aligned}$$

D.2 用作其他目的的数值修约

除 D.1 考虑的用途外,有可能有些数值要修约到多于 1 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面的规定位数。这时修约的方法为:

- a) 如果修约前应保留的最后数值后 1 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 1 位数为 9、8、7、6 或 5 时,则最后数值加 1(进一)。

例如:

$$\begin{aligned} 2.449 &\approx 2.45 \text{ 修约到 2 位小数;} \\ 2.449 &\approx 2.4 \text{ 修约到 1 位小数;} \\ 25.0478 &\approx 25.048 \text{ 修约到 3 位小数;} \\ 25.0478 &\approx 25.05 \text{ 修约到 2 位小数;} \\ 25.0478 &\approx 25.0 \text{ 修约到 1 位小数。} \end{aligned}$$

附 录 E
(规范性附录)
电缆产品的补充条款

E.1 电缆型号和产品表示方法

E.1.1 型号

铝合金电缆常用型号列于表 E.1 中。

表 E.1 铝合金电缆常用型号

型号	名称
YJLHV	铝合金芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHY	铝合金芯交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套电力电缆
YJLHV22	铝合金芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHY23	铝合金芯交联聚乙烯绝缘钢带铠装聚乙烯护套电力电缆
YJLHV32	铝合金芯交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHY33	铝合金芯交联聚乙烯绝缘细钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆
YJLHV42	铝合金芯交联聚乙烯绝缘粗钢丝铠装聚氯乙烯护套电力电缆
YJLHY43	铝合金芯交联聚乙烯绝缘粗钢丝铠装聚乙烯护套电力电缆
注 1：本表中未列出的电缆型号可按附录 E.1.2 的规定组成。	
注 2：导体材料为稀土高铁铝合金时，应在名称上注明稀土高铁铝合金。	

E.1.2 代号和产品表示方法

E.1.2.1 代号

E.1.2.1.1 导体代号

铝合金导体 LH

E.1.2.1.2 绝缘代号

交联聚乙烯绝缘 YJ
乙丙橡胶绝缘 E
硬乙丙橡胶绝缘 EY

E.1.2.1.3 金属屏蔽代号

铜带屏蔽 (D)省略
铜丝屏蔽 S
铝合金带屏蔽 HL

E.1.2.1.4 护套代号³⁾

聚氯乙烯护套	V
聚乙烯或聚烯烃护套	Y
弹性体 ⁴⁾ 护套	F

E.1.2.1.5 铠装代号

双钢带铠装	2
细圆钢丝铠装	3
粗圆钢丝铠装	4
(双)非磁性金属带 ⁵⁾ 铠装	6
非磁性金属丝 ⁶⁾ 铠装	7

E.1.2.1.6 外护套代号

聚氯乙烯外护套	2
聚乙烯或聚烯烃外护套	3
弹性体 ⁷⁾ 外护套	4

E.1.2.2 产品表示方法

E.1.2.2.1 概述

产品用型号(型号中有数字代号的电缆外护层,数字前的文字代号表示内护层)、规格(额定电压、芯数、标称截面积)及本部分标准编号表示。

阻燃电缆产品的表示方法,应符合 GB/T 19666 的规定表示。

E.1.2.2.2 产品型号组成

产品型号组成和排列顺序如图 E.1。

3) 护套代号包括挤包的内衬层和隔离套等。

4) 弹性体护套包括氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯或类似聚合物为基的护套混合料。若订货合同中未注明,则采用何种弹性体由制造方确定。

5) 非磁性金属带包括非磁性不锈钢带、铝或铝合金带等。若订货合同中未注明,则采用何种非磁性金属带由制造方确定。

6) 非磁性金属丝包括非磁性不锈钢丝、铜丝或镀锡铜丝、铜合金丝或镀锡铜合金丝、铝或铝合金丝等。若订货合同中未注明,则采用何种非磁性金属丝由制造方确定。

7) 弹性体外护套包括氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯或类似聚合物为基的护套混合料。若订货合同中未注明,则采用何种弹性体由制造方确定。

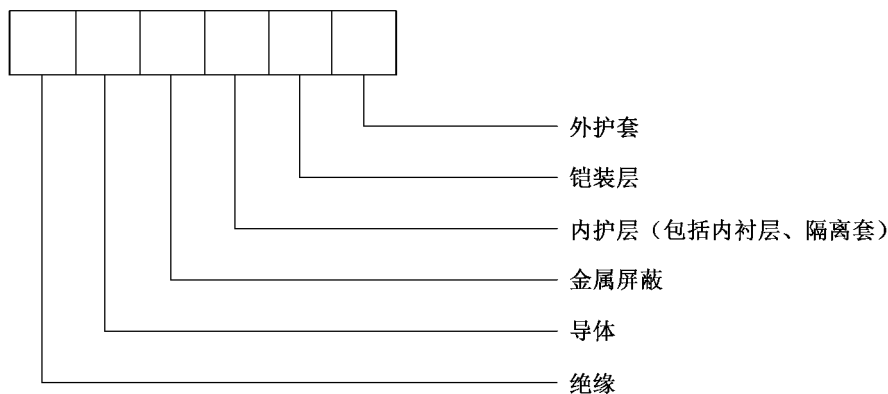


图 E.1 产品型号的组成和排列顺序图

E.1.2.2.3 产品表示示例

示例 1: 铝合金芯交联聚乙烯绝缘铜带屏蔽聚氯乙烯内护套钢带铠装聚氯乙烯护套电力电缆, 额定电压为 26/35 kV, 3 芯, 标称截面积 240 mm², 表示为:

YJLHV22-26/35 3×240

示例 2: 稀土高铁铝合金芯交联聚乙烯绝缘铜丝屏蔽聚氯乙烯内护套钢带铠装聚乙烯护套电力电缆, 额定电压 26/35 kV, 单芯, 标称截面积 240 mm², 铜丝屏蔽标称截面 25 mm², 表示为:

YJLHSY23-26/353×240/25

E.2 选用原则

本部分电力电缆选用应符合相应的设计规程。

E.3 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和贮存

E.3.1 验收规则

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

产品应按本部分规定的试验项目进行试验验收。

E.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。

成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3 规定。

E.3.3 电缆包装、运输和贮存

E.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, 伸出的长度应不小于 300 mm。

重量不超过 80 kg 的短段电缆, 可以成圈包装。

E.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) 本部分标准编号。

E.3.3.3 运输和贮存应符合下列要求:

- 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。

E.4 产品安装条件

E.4.1 电缆安装时的环境温度

具有聚氯乙烯绝缘或聚氯乙烯护套的电缆,安装时的环境温度不宜低于 0℃。

E.4.2 电缆的最小弯曲半径

电缆的最小弯曲半径应符合 GB/T 12706.3—2008 的规定。
