

团 体 标 准

T/CAS XXX-2019

新能源汽车用高压电缆 (征求意见稿)

2019-XX-XX 发布

2019-XX-XX 实施

中国标准化协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 产品代号、型号及表示方法	3
5 要求	4
6 单芯无屏蔽电缆试验方法.....	10
7 护套电缆试验方法.....	24
8 检验规则.....	30
9 交货长度.....	32
10 标志和标签.....	33
11 包装、运输和储存.....	33
附录 A 导体结构尺寸和电阻.....	34
附录 B 电缆结构尺寸表.....	36
附录 C 铝塑复合带的主要技术要求.....	44
附录 D 柔韧性试验装置.....	45
附录 E 抗延燃试验装置.....	47

前 言

本标准是依据 T/CAS 1.1-2017《团体标准的结构和编写指南》编制。

本标准起草单位：国家电线电缆质量监督检验中心（江苏）、江苏亨通电子线缆科技有限公司、上海缆慧检测技术有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、中国第一汽车集团有限公司、中通客车控股股份有限公司、长城汽车股份有限公司、东南汽车工业有限公司、北京汽车股份有限公司汽车研究院、北京新能源汽车股份有限公司、奇瑞商用车（安徽）有限公司、奇瑞新能源汽车技术有限公司、郑州宇通客车股份有限公司、重庆长安新能源科技有限公司、深圳比亚迪汽车工业有限公司、八达光电科技股份有限公司、中航光电科技股份有限公司、四川永贵科技有限公司、南京康尼新能源汽车零部件有限公司、曼德电子电器有限公司保定徐水电气系统分公司、深圳巴斯巴科技发展有限公司、远东电缆有限公司、江苏上上电缆集团有限公司、江苏亨通电力电缆有限公司、江苏中利集团股份有限公司、无锡江南电缆有限公司、无锡鑫宏业特塑线缆有限公司、江苏艾立可电子科技有限公司、中辰电缆股份有限公司、江苏长峰电缆有限公司、金杯电工股份有限公司、深圳市沃尔新能源电气科技股份有限公司、苏州美昱高分子材料有限公司、苏州亨利通信材料有限公司、无锡杰科塑业有限公司、瓦克化学（中国）有限公司、埃肯有机硅（上海）有限公司、江苏达胜高聚物股份有限公司、东莞市安高瑞新材料科技有限公司

本标准起草人：鲍振宇、钱子明、吴长顺、王登科、张长涛、梁伟华、张新宏、郑若舟、董超、陈小亮、杨木勇、陶征东、柴高磊、伏朝阳、康海东、黎欢乐、孙鹤、陈昌俊、付志斌、杜荣、康先聪、田崇军、王雪松、廉果、张锐、马壮、崔久德、彭振、姜一鑫、王义林、陈善求、张强、汪关才、晓松、游泳、章铭蕴、杨龙、范魏魏、吴保强、朱泉健、吴江、丁志顺、魏驷昌、王帅、王射林

本标准考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国标准化协会不负责在任何专利的鉴别。

本标准为首次制定。

引 言

随着新能源汽车的大力推广，电线电缆作为其传输系统相当于人体血脉起着重要的作用。由于新能源汽车用高压电缆应用场所的特殊性，现有的电缆标准不能有效的满足系统应用需求，鉴于国内电线电缆生产厂商无现成统一、完整可执行的标准且现有参考标准较混乱，因此必须建立新的标准，以满足电动汽车整车生产厂商、电缆供应商等多方的需求，同时可以规范市场行为，促进相关产品在技术上的相互协调、配合和质量的提升。

目前，普遍参照的国际标准有：ISO 6722，ISO 14572，国内标准有：QC/T 1037 等，但这些标准都是参照汽车低压线标准转化而来，并没有充分考虑到汽车高压线的特殊使用环境和条件，具有一定局限性，德国标准有：LV 216，但此标准只规定了 600V 电压的产品，具有一定的使用限制性。本标准在 ISO 6722 标准的基础上对产品的结构设计进行优化，参照 LV 216 及铁路机车缆等标准的试验项目，从而使其能够满足现行新能源汽车用高压电缆的需求，具有普适性和先进性

新能源电动汽车用高压电缆

1 范围

本标准规定了额定电压直流900V（交流600V）和直流1500V（交流1000V）新能源电动汽车用高压电缆的命名、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于纯电动、混合动力、燃料电池等新能源电动汽车内部高压电气系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。对于本文件的引用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 2900.10-2013	电工术语 电缆
ASTM B3-2013	软或退火铜线标准规范
ASTM B33-2014	导电用镀锡软或退火铜丝标准规范
EN 573-1-2013	铝和铝合金-锻制品的化学成分和形态 第1部分：数字标识系统
EN 573-3-2013	铝和铝合金-锻制品的化学成分和形态 第3部分：产品的化学成分和形态
ISO 6722-1-2011	道路车辆—60V和600V单芯电缆—第1部分：铜导体电缆的尺寸、试验方法及要求
ISO 6722-2-2011	道路车辆—60V和600V单芯电缆—第2部分：铝导体电缆的尺寸、试验方法及要求
ISO 14572-2011	道路车辆—圆型，屏蔽及无屏蔽，60V及600V多芯护套电缆—基本性能及高性能电缆的试验方法和要求
GB/T 4909.2-2009	裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量
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 2951.21-2008	电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第21部分：弹性体混合物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 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 3048.9-2007	电线电缆电性能试验方法 第9部分：绝缘线芯火花试验
GB/T 3048.10-2007	电线电缆电性能试验方法 第10部分：挤出护套火花试验
GB/T 5013.2-2008	额定电压450/750V及以下橡皮绝缘电缆 第2部分：试验方法
GB/T 529-2008	硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定
ISO 6931-1-2016	弹簧用不锈钢 第1部分：钢丝
ISO 1817-2015	硫化橡胶或热塑性橡胶液体效应的测定
IEC 60811-403-2012	电气和光缆-试验方法适用于非金属材料-第403部分：杂项试验-交联化合物耐臭氧试验
T/CAS 318-2018	电线电缆用聚合物卤素含量检测氧弹燃烧-离子色谱法
GB/T 17650-1998	取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法

GB/T 17651-1998	电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定
GB/T 17737.1-2000	射频电缆第1部分：总规范-总则、定义、要求和试验方法
IEC 62153-4-4-2015	金属通信电缆试验方法 第4-4部分：电磁兼容性（EMC）3GHz及以上屏蔽衰减测量的试验方法，三同轴法
GB/T 16422.2-2014	塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯
JASO D 609-2001	汽车低压电缆电流容量
JB/T 8137-2013	电线电缆交货盘

3 术语和定义

GB/T 2900.10 中确定的术语、定义适用于本标准。

3.1 额定电压

电缆的额定电压是电缆设计、使用和进行电性能试验用的基准电压。交流额定电压以 AC U_0 表示，直流额定电压以 DC U_1 表示，单位为伏（V）。

注1： U_0 为交流系统中任一绝缘导体与“地”（电缆的金属护层或周围介质）之间的电压有效值。 U_1 为直流系统中任一绝缘导体与“地”（电缆的金属护层或周围介质）之间的电压有效值。

注2：在交流系统中，系统的标称电压应不大于该电缆交流额定电压 U_0 。在直流系统中，系统的标称电压应不大于该电缆直流额定电压 U_1 ，电缆的直流额定电压为交流额定电压的 1.5 倍。

注3：系统的工作电压应不大于该系统标称电压的 1.1 倍。

3.2 尺寸值（厚度，截面积等）

3.2.1 标称值

指定的量值并经常用于表格之中，在本标准中通常标称值引伸出的量值考虑规定公差，通过测量进行检验。

3.2.2 近似值

一个既不保证也不检查的数值，例如用于其他尺寸值的计算。

3.2.3 中间值

将试验得到的若干数值以递增（或递减）的次序依次排列时，若数值的数目是奇数，中间的那个值为中间值；若数值的数目是偶数，中间两个数值的平均值为中间值。

3.3 有关试验的定义

3.3.1 例行试验（简称R）

由制造方在成品电缆的所有制造长度上进行的试验，以检验所有电缆是否符合规定的要求。

3.3.2 抽样试验（简称S）

制造方进行，按规定的频度在成品电缆试样上，或在取自成品电缆的某些部件上进行的试验，以检验电缆是否符合规定要求。

3.3.3 型式试验（简称T）

按一般商业原则对本规范所包含的一种类型电缆在供货前所进行的试验，以证明电缆具有能满足预期使用条件的良好性能。该试验的特点是：除非电缆材料、设计或制造工艺的改变可能改变电缆的特性，试验做过以后就不需要重做。

4 产品代号、型号及表示方法

4.1 代号

产品代号及含义如表 1 所示。

表 1 代号及含义

代号	含义
产品系列代号	
EV	新能源电动汽车用高压电缆
导体特征代号	
(省略)	铜导体
L	铝导体
LH	铝合金导体
绝缘和护套材料代号	
YJ	低烟无卤阻燃交联聚烯烃或类似合成材料
G	硅橡胶材料或类似合成材料
F	氟塑料或类似合成材料
屏蔽特征代号	
(省略)	无屏蔽
P	铜丝编织屏蔽
P(2)	铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽
温度等级代号	
C	电缆安全运行的温度范围为-40℃~125℃
D	电缆安全运行的温度范围为-40℃~150℃
E	电缆安全运行的温度范围为-40℃~175℃
F	电缆安全运行的温度范围为-40℃~200℃
G	电缆安全运行的温度范围为-40℃~225℃
H	电缆安全运行的温度范围为-40℃~250℃

4.2 产品型号

4.2.1 产品型号的组成和排列顺序如图1所示。

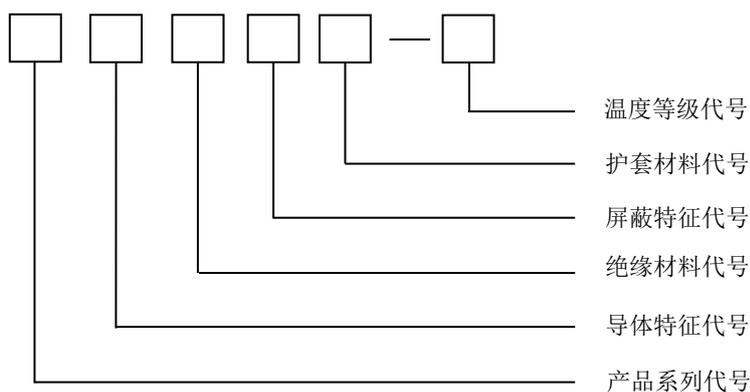


图1 产品型号组成和排列顺序

4.2.2 常用产品型号及命名见表 2。

表 2 产品型号及命名

产品型号	名称
EYJ-C	耐热 125℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘新能源电动汽车用高压铜导体电缆
EYJ-D	耐热 150℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘新能源电动汽车用高压铜导体电缆
EVG-E	耐热 180℃硅橡胶绝缘新能源电动汽车用高压铜导体电缆
EVG-F	耐热 200℃硅橡胶绝缘新能源电动汽车用高压铜导体电缆
EVF-H	耐热 250℃氟塑料绝缘新能源电动汽车用高压铜导体电缆

EVLYJ-C	耐热 125℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘新能源汽车用高压铝导体电缆
EVYJPYJ-C	耐热 125℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘及护套铜丝编织屏蔽新能源汽车用高压铜导体电缆
EVYJPYJ-D	耐热 150℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘及护套铜丝编织屏蔽新能源汽车用高压铜导体电缆
EVYJP (2) YJ-C	耐热 125℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘及护套铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽新能源汽车用高压铜导体电缆
EVGP (2) G-E	耐热 180℃硅橡胶绝缘及护套铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽新能源汽车用高压铜导体电缆
EVFP (2) F-G	耐热 225℃氟塑料绝缘及护套铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽新能源汽车用高压铜导体电缆
EVLHGP (2) G-F	耐热 200℃硅橡胶绝缘及护套铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽新能源汽车用高压铝合金导体电缆

4.3 产品表示方法

产品用型号、额定电压、规格表示。

示例 1：耐热 125℃低烟无卤阻燃交联聚烯烃绝缘新能源汽车用高压铜导体电缆，额定电压 900V，4mm²，表示为：EVYJ-C 900V 4；

示例 2：耐热 200℃硅橡胶绝缘及护套铝塑复合带与铜丝编织复合屏蔽新能源汽车用高压铝合金导体电缆，额定电压 1500V，50mm²，表示为：EVLHGP (2) G-F 1500V 50。

5 要求

5.1 通用试验条件

除非另有规定，用于所有试验的试样均应在 (23±5)℃的室温下至少预处理 16h。除非另有规定，除例行试验之外的所有试验均应在该温度下进行。所有未规定公差的值均视为近似值。

5.2 烘箱

除非另有规定，本标准所用烘箱均为自然通风热空气烘箱，在规定温度下烘箱内的空气每小时应完全交换 8 至 20 次。

5.3 结构尺寸

5.3.1 导体

5.3.1.1 铜导体

5.3.1.1.1 铜导体应使用表 3 规定的裸铜或镀锡铜线绞合而成。

5.3.1.1.2 铜导体的单丝根数、单丝直径、导体外径、截面积应符合附录 A 中表 A.1 的规定。经供需双方同意，其他的绞合结构也可以采用。

表 3 铜导体材料

材料	标准
软或退火铜线	ASTM B3
镀锡软或退火铜线	ASTM B33

5.3.1.2 铝或铝合金导体

5.3.1.2.1 铝或铝合金导体应使用表 4 规定的退火铝或铝合金线绞合而成。

5.3.1.2.2 铝或铝合金导体的单股应按 EN 573-1 中 1000 系列铝或其它合金进行制造。化学成分应当按照 EN 573-3 中表 1 的规定。

5.3.1.2.3 铝或铝合金导体的单丝根数、单丝直径、导体外径、截面积应符合附录 A 中表 A.2 的规定。经供需双方同意，其他的绞合结构也可以采用。

表 4 铝或铝合金退火后单丝特性

导体材料	抗张强度 MPa	断裂伸长率 %	电导率 k20	
			% IACS	Sm/mm ²
铝（1000 系列）	≥70	≥16	≥ 61.2	≥35.5
铝合金	≥90	≥ 8	≥ 57.8	≥33.5

5.3.2 隔离层

经供需双方协商确认，导体表面允许包覆一层合适的隔离层材料，且易从导体上剥离。

5.3.3 绝缘层

5.3.3.1 绝缘应紧密地挤包在导体或隔离层上，且应易剥离而不损伤导体和镀层（若有）。

5.3.3.2 绝缘的颜色优先采用橙色，推荐使用 RAL2003 或经供需双方同意的其他颜色。

5.3.3.3 绝缘表面应光滑、圆整，色泽均匀，断面无目力可见的气孔和杂质。

5.3.3.4 绝缘外径应符合附录 B 的规定值，绝缘的最薄点应不小于附录 B 的规定值，任何隔离层的厚度不包括在绝缘厚度中。

5.3.4 绞合成缆（仅适用于多芯电缆）

5.3.4.1 多芯电缆应绞合成缆，缆芯轮廓应圆整。

5.3.4.2 允许在缆芯缝隙间添加与绝缘材料相适应的填充物。

5.3.5 屏蔽层（仅适用于带屏蔽的电缆）

5.3.5.1 屏蔽层所用裸铜或镀锡铜丝应符合表 3 的规定，铝塑复合带应满足附录 C 的要求。

5.3.5.2 如采用编织屏蔽结构，裸铜或镀锡铜丝的编织密度应不小于 85%。

5.3.5.3 如采用复合屏蔽结构，裸铜或镀锡铜丝的编织密度应不小于 85%，铝塑复合带的搭接率应不小于 20%。铝塑复合带无论在内侧或外侧，其铝层都应和编织层接触并导通。

5.3.6 护套（仅适用于护套电缆）

5.3.6.1 护套应紧密地挤包在屏蔽层或隔离层上，且应易剥离而不损伤绝缘体和屏蔽层（若有）。

5.3.6.2 护套的颜色优先采用橙色，推荐使用 RAL2003 或经供需双方同意的其他颜色。

5.3.6.3 护套表面应光滑、圆整，色泽均匀，断面无目力可见的气孔和杂质。

5.3.6.4 护套的最薄点应不小于附录 B 的规定值。

5.3.7 电缆外径应符合附录 B 的规定

5.3.8 椭圆度应不大于 8%。

5.4 电气性能

5.4.1 导体直流电阻

20℃时导体的直流电阻应符合表 A.1（铜导体）和表 A.2（铝或铝合金导体）的规定。

5.4.2 绝缘和屏蔽电缆的护套缺陷

电缆经火花电压试验时应不发生击穿。

5.4.3 浸水耐电压

5.4.3.1 绝缘浸水耐电压

绝缘在浸水耐电压试验期间应不发生击穿。试验电压符合表 5 的规定。

表 5 浸水耐压试验电压

额定电压	绝缘最薄点厚度	试验电压 (AC) kV	持续时间 min
900V	0.48mm 及以下	4	5
	0.48mm 以上	5	5
1500V	0.64mm 及以下	6	5
	0.64mm 以上	10	5

5.4.3.2 护套浸水耐电压

护套在浸水耐电压试验期间应不发生击穿。试验电压符合表 5 的规定。

5.4.4 成品耐电压

电缆在成品耐电压试验期间，线芯之间应不发生击穿。若存在屏蔽，线芯与屏蔽之间应不发生击穿。试验电压符合表 6 的规定。

表 6 成品耐压试验电压

额定电压	试验电压 (AC) kV	持续时间 s
900V	3	60
1500V	4	60

5.4.5 绝缘体积电阻率

额定工作温度时绝缘体积电阻率应不小于表 7 规定的值。

表 7 绝缘体积电阻率

额定电压	体积电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}$
900V	10^{11}
1500V	10^{12}

5.4.6 屏蔽效率

5.4.6.1 总则

本试验仅适用于屏蔽电缆。

根据供需双方协商确定是否进行本试验。

本试验的方法及要求也可由供需双方协商确定。

5.4.6.2 屏蔽层直流电阻

20℃时屏蔽层直流电阻应符合附录 B 的规定值。

5.4.6.3 转移阻抗：1MHz-30MHz 内转移阻抗不大于表 8 中的规定。

5.4.6.4 屏蔽衰减：30MHz-500MHz 内屏蔽衰减不小于表 8 中的规定。

表 8 屏蔽效率

屏蔽结构	转移阻抗 $\text{m}\Omega/\text{m}$	屏蔽衰减 dB
复合屏蔽	31	70

5.4.7 发烟曲线

根据供需双方协商确定是否进行本试验。在规定的环境温度条件下，测试施加电流与发烟时间的关系曲线。

本试验的要求应由供需双方协商确定。

5.5 机械性能

5.5.1 绝缘和护套的机械性能

成品电缆绝缘和护套老化前后的机械性能应符合表 9 的规定。

表 9 绝缘和护套机械物理等性能

序号	性能项目	单位	要求						
			YJ-C	YJ-D	G-E	G-F	F-G	F-H	
1	老化前机械性能								
1.1	抗张强度最小	N/mm ²	10	10	8	8	13	13	
1.2	断裂伸长率最小	%	200	200	400	400	200	200	
1.3	撕裂强度最小	N/mm	15	15	25	20	/	/	
1.4	热 延 伸	实验条件							
		温度	°C	200±3°C				/	
		负荷时间	min	15				/	
		机械应力	N/mm ²	0.20				/	
		负荷下伸长率最大	%	100				/	
		冷却后永久伸长率最大	%	25				/	
2	老化后机械性能								
2.1	老化条件								
	温度	°C	150±3°C	175±3°C	200±3°C	225±3°C	250±3°C	275±3°C	
	时间	h	240	240	240	240	240	240	
2.2	抗张强度保留率最小	%	70	70	70	70	70	70	
2.3	断裂伸长率最小	%	100	100	100	100	100	100	
2.4	卤素含量 ^a	mg/g	≤5						
2.5	PH 值 ^a	/	≥4.3						
2.6	电导率 ^a	μs/mm	≤10						
注 a: 仅适用于低烟无卤类材料									

5.5.2 附着力

本试验的要求应由供需双方协商确定。

5.5.3 磨损试验

本试验适用于导体规格≤6mm²的电缆。由供需双方协商确定执行“砂皮纸拖磨试验”或“刮磨试验”。若执行“砂皮纸拖磨试验”，则耐砂皮纸拖磨的数据应不少于表 10 中砂皮纸的最小长度要求。若执行“刮磨试验”，则循环次数不应少于表 11 中的规定，硅橡胶绝缘的循环次数由供需双方协商确定。

表 10 砂皮纸拖磨试验要求

导体规格 mm ²	900V	1500V
	砂皮纸最小长度 mm	
0.5	300	400
0.75	350	410
1	400	420
1.25	425	425

1.5	450	430
2	500	450
2.5	250	280
3	300	330
4	350	400
5	430	450
6	500	500

表 11 刮磨试验要求

导体规格	mm ²	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6
垂直力	N	7.00										
公差	N	±0.05										
循环次数	最小	300	350	400	400	450	500	550	600	700	700	700

5.5.4 循环弯曲

根据供需双方协商确定是否进行本试验。本试验适用于导体规格 $\leq 25\text{mm}^2$ 的电缆。
电缆经循环弯曲试验后，导体中单丝应不发生断裂。

5.5.5 柔韧性试验

根据供需双方协商确定是否进行本试验。本试验适用于导体规格 $\geq 8\text{mm}^2$ 的单芯电缆和电缆外径小于 28mm 的多芯电缆。

本试验的要求由供需双方协商确定。

5.6 环境性能

5.6.1 低温卷绕

电缆经低温卷绕试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.2 低温冲击

电缆经低温冲击试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.3 高温压力

电缆经高温压力试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，压痕区的最小厚度不小于平均厚度的 60%。

5.6.4 长期老化

电缆经长期老化试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.5 短期老化

电缆经短期老化试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.6 热过载

电缆经热过载试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.7 热收缩

电缆经热收缩试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，绝缘的最大收缩应不超过 1%。
- 对于护套电缆，护套的最大收缩应不超过 4%，或供需双方协商确定。

5.6.8 温度和湿度交变

电缆经温度和湿度交变试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿；
- 对于护套电缆，卷绕后护套应无开裂迹象。

5.6.9 耐热水

电缆经耐热水试验后，绝缘体积电阻率应不小于 $10^9 \Omega \cdot \text{mm}$ ，目视检查绝缘应无开裂迹象，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.10 耐液体化学品

电缆经耐液体化学品试验后，卷绕后应无裸露导体，在环境测试后耐电压期间，应不发生击穿。

5.6.11 标志耐久性

电缆经标志耐久性试验后，标志应保持清晰。

5.6.12 耐臭氧

电缆经耐臭氧试验后：

- 对于单芯非屏蔽电缆，目视检查绝缘应无开裂迹象；
- 对于护套电缆，目视检查护套应无开裂迹象。

5.6.13 抗延燃

燃烧火焰应在 30s 内自行熄灭，在试样上端应最少保留 50mm 的绝缘/护套未被燃烧，所有的五个试样均应通过试验。

5.6.14 人工气候老化

电缆经人工气候老化后，调节后试样的伸长率应大于未调节试样测量值的 50%。

5.7 低烟无卤性能

5.7.1 卤素含量

在规定条件下，满足表 9 中的要求。

5.7.2 PH 值和电导率

在规定条件下，满足表 9 中的要求。

5.7.3 烟密度

在规定条件下，满足透光率 $\geq 60\%$ 的要求。

6 单芯无屏蔽电缆试验方法

6.1 结构尺寸试验

6.1.1 导体单丝根数

导体单丝根数通过人工计数确定。

6.1.2 导体单丝直径

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量。

6.1.3 导体外径

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量和计算。

6.1.4 导体截面积

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量和计算。

6.1.5 绝缘厚度

按 GB/T 2951.11 中 8.1 的规定进行测量。

6.1.6 颜色、外观

颜色、外观用正常视力在自然光线下检查。

6.1.7 电缆外径

按 GB/T 2951.11 中 8.3 的规定进行测量，取平均值。

6.1.8 椭圆度

按 6.1.7 的规定，测定同一截面上最大（ d_{max} ）最小（ d_{min} ）两个电缆外径，然后计算椭圆度：

$$O = \frac{d_{max} - d_{min}}{0.5 \times (d_{max} + d_{min})} \times 100$$

其中：O—椭圆度，%；

d_{max} —电缆最大外径，mm；

d_{min} —电缆最小外径，mm。

6.2 电气性能试验

6.2.1 导体直流电阻

按 GB/T 3048.4 中的规定进行测量和计算。

6.2.2 绝缘缺陷

按 GB/T 3048.9 中的规定进行。

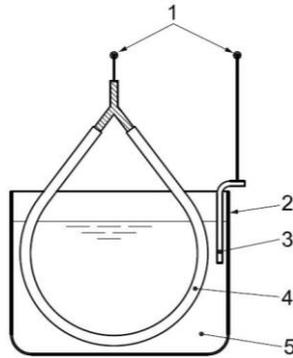
6.2.3 浸水耐电压

6.2.3.1 试样制备

试样长度至少为 350mm，在其各端剥去 25mm 的绝缘并将导体端部扭绞在一起形成环状。

6.2.3.2 试验装置

如图 2 所示，将试样浸入盛有盐水的非导电容器中（NaCl 重量占水的 3%）。试样端部露出液面。使用频率为 50Hz 或 60Hz 的交流电压源。



图中：1. 试验电压；2. 不导电容器；3. 电极；4. 试样；5. 盐水槽

图 2 耐电压试验装置

6.2.3.3 试验步骤

如图 2 所示把试样浸在盐水浴中，4h 后在导体和水浴施加 1kV（交流）试验电压，时间为 30min；然后以 500V/s 的速度提高电压，直至达到表 5 规定的试验电压并维持表 5 的规定时间。

6.2.4 环境测试后耐电压

按 6.2.3 的规定进行，但作以下改动：

- 在施加电压前试样浸在盐水浴中最少 10min；
- 按表 12 规定施加电压。

表 12 环境测试后耐压试验电压

额定电压	试验电压 (AC) kV	保持时间 min
900V	1	1
1500V	3	1

6.2.5 绝缘体积电阻率

按 GB/T 5013.2 中 2.4 的规定进行，并按以下公式算出绝缘体积电阻率：

$$\rho_0 = 2.729 \times \frac{L \times R}{D \lg \frac{D}{d}}$$

其中： ρ_0 —体积电阻率（ $\Omega \cdot \text{mm}$ ）；

L—有效测量长度（mm）；

R—为绝缘电阻（ Ω ）；

D—为绝缘外径（mm）；

d—为导体外径（mm）。

6.2.6 发烟曲线

本试验方法参考 JASO D609-2001 或由供需双方协商确定。

6.3 机械性能试验

6.3.1 绝缘拉力

6.3.1.1 老化前

绝缘按 GB/T 2951.11 中 9.1 的规定进行测量和计算。

6.3.1.2 老化后

按 GB/T 2951.12 中的规定进行老化处理后，再按 6.3.1.1 的规定进行本项试验。

6.3.2 撕裂强度

YJ-C、YJ-D 按 GB/T 529 中方法 A 的规定进行测量和计算；

G-E、G-F 按 GB/T 529 中方法 B 的规定进行测量和计算。

6.3.3 热延伸

按 GB/T 2951.21 中 9 的规定进行测量和计算。

6.3.4 附着力

6.3.4.1 试样制备

在 3m 长的电缆试样上按 1m 的间隔，制备 3 件长 100mm 的试样。如图 3 所示，在电缆的一端切开长 25mm 的绝缘（图 3 中的 A-B）并予以剥离。然后割下试样，使留有 50mm 的未处理段（B-C）。

6.3.4.2 试验装置

采用类似 32 的一种试验设备，在金属板上有一个略大于导体直径的圆孔。拉力机以 250mm/min 的速度拉试样，在设备与导体之间不产生摩擦。

6.3.4.3 试验步骤

将试样置于该设备中，以 250mm/min 的速度拉试样，在设备与导体之间不产生摩擦，记录力 F 。在其他试样上重复该过程。如果在移动时 50mm 的绝缘部分（B-C）发生挠曲，制备新的、（B-C）长度为 25mm 的试样并重复上述程序。

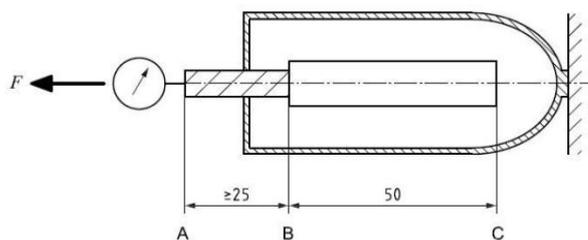


图 3 附着力试验装置

6.3.5 磨损试验

6.3.5.1 砂皮纸拖磨试验

6.3.5.1.1 试样制备

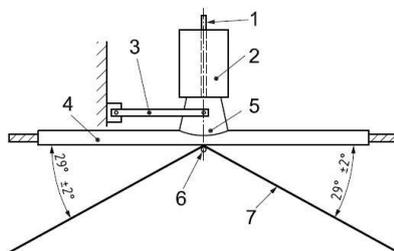
制备 1m 长的试样，在各端剥去 25mm 的绝缘。

6.3.5.1.2 试验装置

本试验采用 180J 的 Al_2O_3 （氧化铝）砂皮纸带，每隔 75mm（max），设 10mm 的导电带，导电带垂直于砂皮纸的边缘。按照图 4，在轴臂上安装适合的支架，将试样定位在砂皮纸磨擦带未用过的部分。支架、支承杆及轴臂的组合，在试样上施加 $(0.63 \pm 0.05) N$ 的力。施加于试样上的垂直力，是上述组合和添加重物所施加的力的总和。添加重物应符合表 13 中的规定。

6.3.5.1.3 试验步骤

将试样在一块未使用过的砂皮纸磨擦带上就位，使试样绷紧但不使其拉伸。将添加重物和支架放于试样的上部。以 $1500 \pm 75 mm/min$ 的速度在试样下拖拉砂皮纸摩擦带，当芯线暴露时，记录砂皮纸磨擦带的（移动）长度。将试样移动 50mm，并顺时针转动 90° ，重复该程序，总共需记录 4 个读数，将其平均确定为试样耐砂皮纸拖磨的数据。



图中：1. 支承杆；2. 添加重物；3. 轴臂；4. 试样；5. 支架；
6. 砂皮纸带支撑销，直径=6.9mm；7. 180J AL₂O₃砂皮纸磨损带

图 4 砂皮纸拖磨试验装置

表 13 砂皮纸拖磨试验要求

导体规格 a mm ²	900V	1500V
	添加重物 ^a kg	
$0.5 \leq a \leq 2$	0.2	0.5
$2 < a \leq 6$	0.5	1.5

^a施加在试样上的垂直合力应为托架、轴臂、支撑杆和添加重物的合力。

6.3.5.2 刮磨试验

6.3.5.2.1 试样制备

制备 1m 长的试样，在其一端剥去 25mm 的绝缘。

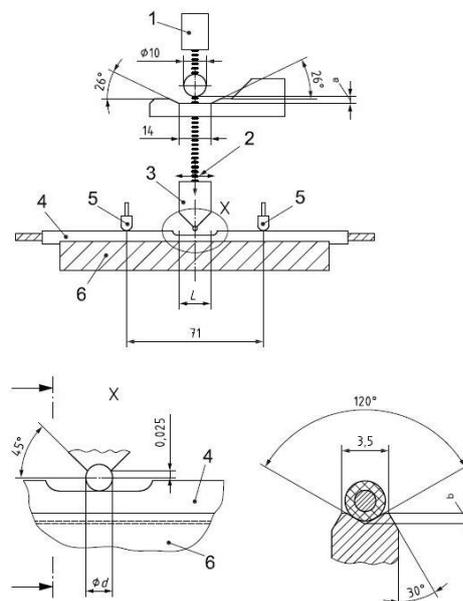
6.3.5.2.2 试验装置

使用图 5 所示的耐刮磨试验的设备。由专门设计的沿试样轴向往复刮磨绝缘表面装置和可以记录次数的计数器组成。当刮针磨穿绝缘并与导体接触时，装置应会停止运行。装置应满足如下规定：

- 刮针的直径：0.45±0.01mm。
- 刮针的类型：符合 ISO6931-1 中规定的弹簧丝（抛光）材料。
- 频率：（55±5）次循环/min（一次循环包括一次往复移动）。
- 刮针位移距离：（20±1）mm。
- 刮磨长度：（15.4±1）mm。
- 移动方式：其设定细节不应影响试验结果。
- 重物（位置、量值、具体设定）：在动态条件下，施加在试样上的垂直力应保持恒定。
- 试样的安装力：试验时试样不应发生移动，如需进行固定，施加在导体的力不应超过 100MPa（N/mm²）。
- 装置固定：装置应足够稳定，不会影响试验结果。

6.3.5.2.3 试验步骤

对试样总共施加 7±0.05N 的垂直力，在（23±1）℃ 的温度下，确定 4 次测量的循环次数，在每次读数之后换针，并将试样移动 100mm，且顺时针转动 90°。



图中：1. 重物；2. 行程；3. 针架；4. 试样；5. 夹具；6. 试样架；d. 刮针直径， (0.45 ± 0.01) mm；
a. 刮磨时的间隙；L. 刮磨长度， (15.4 ± 1) mm；b. 凹槽深度，0.8mm

图5 刮磨试验装置

6.3.6 循环弯曲

6.3.6.1 试样制备

从相距至少 1m 的点，取 600mm 长的试样 2 个。

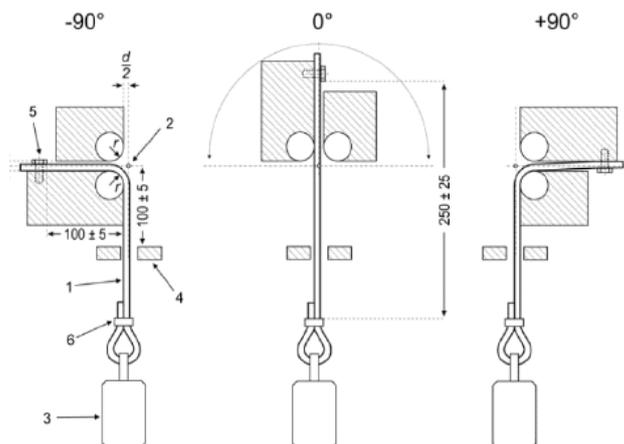
6.3.6.2 试验装置

装置如图 6 所示，符合下列要求的装置都可以接受：

- 两个芯轴与穿过支点的中心线对称放置。芯轴的弯曲半径 $R=2.5 \times$ 最大电缆外径；
- 两芯轴之间间隙 d 应调整至： $d = (1.5 \times \text{最大电缆外径}) \pm 0.5\text{mm}$ ；
- 试样的一端固定在位置（5）出的曲绕夹具上，其另一端绕成环并用合适的装置（例如，电缆扎带）固定在位置（6）处。电缆上（5）和（6）之间的距离应为 (250 ± 25) mm。
- 在支点下面 (100 ± 5) mm 处放置一个适当尺寸的导向装置（4），以防重物摇摆；

6.3.6.3 试验步骤

安放试样，在电缆环（不是导体）上系一个重物 m （3），重物的质量取决于导体和屏蔽（如有）的总截面积。质量由 $m=1.0\text{kg}/\text{mm}^2 \times$ 总截面积求出，单位为 mm^2 。但是，不得小于 0.25 kg 且不得大于 12 kg。以 15 次循环/min 的速率弯曲试样，除供需双方协商另有规定外，推荐试验进行 1000 个循环。



图中：1. 电缆；2. 支点；3. 重物 m ；4. 导向装置；5. 曲绕构件处的夹具；6. 用来制成电缆环的夹具

图6 循环弯曲试验装置

6.3.7 柔韧性试验

6.3.7.1 试样制备

切取五个试样，长度见表 14 中的规定。试样的曲率 (c) 大于电缆直径 (d) 时（见图 7），进行试验前，用合适的机械装置进行条件化处理，确保样品不受外力作用时处于笔直状态，避免有附加的机械应力。

6.3.7.2 试验步骤

按 6.1.7 的规定测量最大电缆外径。用表 14 确定试验位置设置。销测试位置见表 15 的示意图。按表 14 的规定对齐两个下滑轮，降低上面第三个滑轮至搁在电缆顶上。若注意到有任何弯曲，将试样放在夹具中，电缆的两端向上。使用类似于附录 D 中的试验夹具。使用速度为 100mm/min 的拉力机，进行试验直至达到最大力。记录最高力 F 值 (N)，报告全部五个试样的平均值。

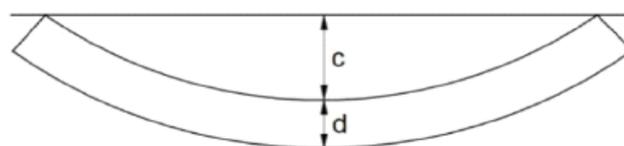
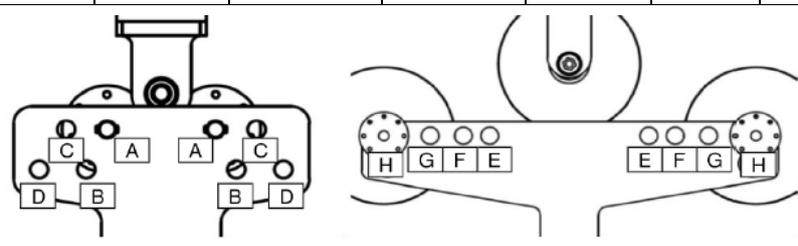


图 7 测定曲率的程序

表 14 柔韧性试验装置的试验参数

参数	所有尺寸单位均为 mm							
	$d \leq 4.0$	$4.0 < d \leq 5.4$	$5.4 < d \leq 7.0$	$7.0 < d \leq 9.0$	$9.0 < d \leq 12$	$12 < d \leq 16$	$16 < d \leq 21$	$21 < d \leq 28$
销跨距	36.4	50.2	63.7	81.9	109.2	145.5	191.1	254.8
滑轮内径	10.2	13.5	16.9	21.9	29.6	38.8	51.7	68.6
滑轮外径	14	19.3	24.5	31.5	42	56	73.5	98
滑轮槽半径	2	3	4	5	6.5	9	11.5	15.5
滑轮槽深度	1.9	2.9	3.8	4.8	6.2	8.6	10.9	14.7
试样长度	55	75	95	125	165	220	285	380
位置 (见下面)	A	B	C	D	E	F	G	H



6.4 环境性能试验

6.4.1 试样制备和卷绕试验

6.4.1.1 试样制备

制备两个 600mm 长的试样，从每端去除 25mm 绝缘。

6.4.1.2 试验步骤

在不同的试验温度下，用不同的芯轴直径进行环境应力后的卷绕试验。对于低温卷绕试验，进行卷绕试验之前，将试样和芯轴放在预冷却至表 16 中规定温度的冷冻箱内调节最少 4h。若根据表 16 须进行室温下试验，进行卷绕试验之前，将试样在室温 (RT) 下保持至少 4h。在这些情况下，冷冻箱的使用不是强制性的。

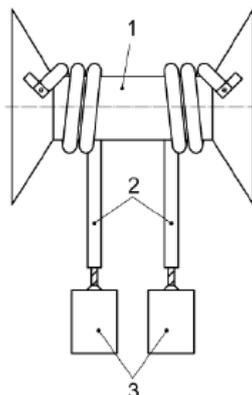
可以使用旋转芯轴或固定芯轴。芯轴直径、卷绕速度和圈数见表 15。使用旋转芯轴时，应符合图 8 的规定。试样应如图 8 所示固定在芯轴上，自由端加载重物。定位好芯轴，使试样垂直悬挂。施加的质量见表 15。使用固定芯轴时，不施加重物。用手将试样卷绕在芯轴上。对其它试样重复这个程序。

在冷冻箱内，按表 15 中规定的卷绕速度将试样在芯轴上卷绕至少表 15 中规定的“最小圈数”。低温卷绕后，让试样回到室温，目视检查绝缘。若无裸露导体，按 6.2.4 的规定进行环境测试后的耐电压试验。

表 15 单芯非屏蔽电缆的卷绕

导体规格 a mm ²	芯轴直径 mm		质量 kg	卷绕速度 r/s	最小圈数
	A	B			
$a \leq 0.75$	芯轴直径 $\leq 5 \times$ 规定的 最大电缆外径	芯轴直径 $\leq 1.5 \times$ 规定的 最大电缆外径	0.5	1	3
$0.75 < a \leq 1.5$			2.5		
$1.5 < a \leq 6$			5		
$6 < a \leq 10$			8	0.5	0.5
$10 < a \leq 25$			10		
$25 < a \leq 35$			20		

a > 35			30	0.2	
--------	--	--	----	-----	--



图中：1. 芯轴；2. 试样；3. 重物

图 8 卷绕试验装置

表 16 环境试验后芯轴规格和试验温度

试验号	名称	卷绕温度	表 15 中所在列
6.4.2	低温卷绕	$(-40 \pm 2) ^\circ\text{C}$	A
6.4.5	长期老化	RT	B
6.4.6	短期老化	$(-25 \pm 2) ^\circ\text{C}$	A
6.4.7	热过载	环境温度	B
6.4.9	温度和湿度循环变化	试验准备 ^a	B
6.4.10	耐热水	试验准备 ^a	A
6.4.11	耐液体化学品	环境温度	A
6.4.13	耐臭氧	试验准备 ^a	A

注^a：不进行卷绕试验，芯轴仅用于在试验前准备试样。

6.4.2 低温卷绕

6.4.2.1 试样制备

制备两根长 600mm 的试样，在各端剥去 25mm 的绝缘。

6.4.2.2 试验步骤

在 $(-40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 下，使用表 15 中 A 列的芯轴规格，按 6.4.1 的规定进行卷绕试验。

6.4.3 低温冲击试验

6.4.3.1 试样制备

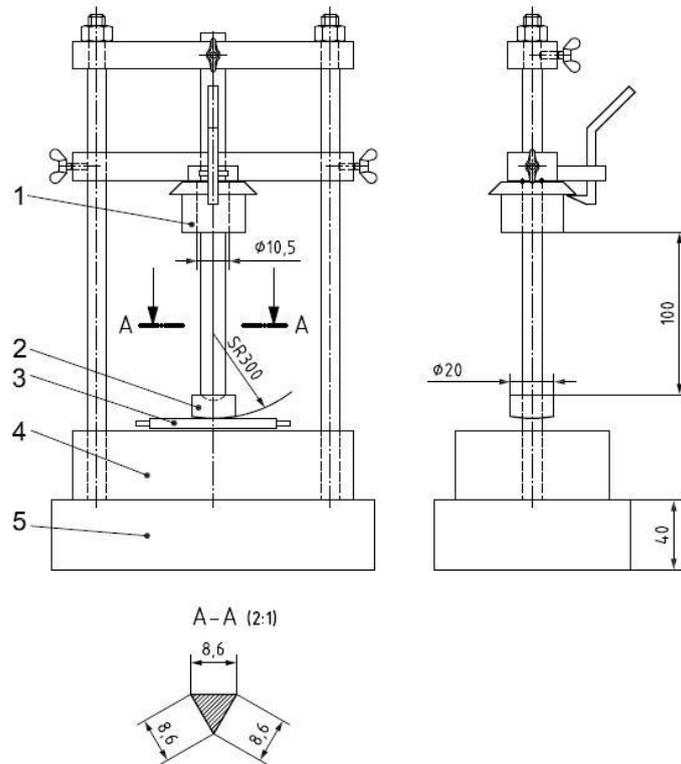
制备三个试样，每个至少 350mm 长。从试样每端去除 25mm 绝缘。

6.4.3.2 试验装置

装置如图 9 所示，放在 40mm 厚的泡沫橡胶垫上。重锤质量应符合表 17 中的规定。将冷冻箱温度设为 $(-15 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 。

6.4.3.3 试验步骤

在试样中部进行冲击试验。将装置放置在泡沫橡胶垫上，和试样一起在冷冻箱中放置至少 16h。若装置经过预冷，只要试样已经达到规定温度，4h 的冷冻时间即可。这段时间结束时，试样平行放置于钢底座上。让重锤从 100mm 高处下落。对剩余试样重复这个程序。冲击后，让试样回到室温，目视检查绝缘。若目视不露导体，按 6.2.4 的规定进行环境测试后的耐电压试验。



图中：1. 重锤；2. 钢制中间物；3. 试样；4. 钢制底板；5. 泡沫橡胶垫；6. 单位为 mm

图 9 冲击试验装置

表 17 低温冲击

导体规格 a mm ²	重锤质量 g
$0.5 \leq a \leq 4$	100
$4 < a \leq 10$	200
$10 < a \leq 50$	300
$a > 50$	400

6.4.4 高温压力试验

6.4.4.1 试样制备

制备三件各长 600mm 的试样。

6.4.4.2 试验装置

在表 1 中规定的温度等级值 T 的上限值下对试样进行测试。

试验在图 10 所示设备中进行，设备应不振动，用刀片在试样上垂直施加力 F。

$$F = 0,8\sqrt{i(2 \times D - i)}$$

其中：F—施加在试样上的垂直力 (N)；

0.8—系数，单位为 N/mm；

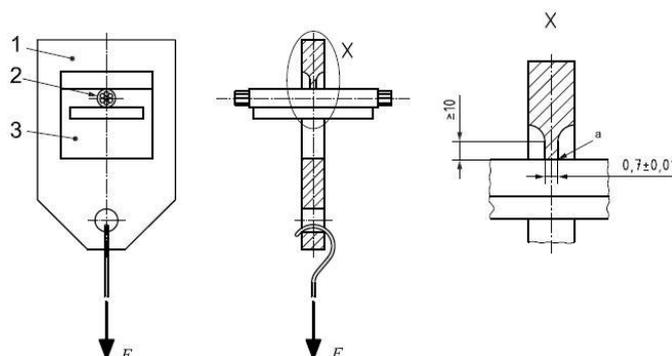
D—规定的电缆外径最大值 (mm)；

i—规定的绝缘最薄点的 1.25 倍 (mm)，

施加力的计算值可在较低位数上四舍五入，但差值不能超过 3%。

6.4.4.3 试验步骤

将试样按图 10 所示固定于支承座上，使试样在刀片压力下不发生弯曲，设备的负荷和刀片垂直于试验的轴线，施加于试样的中部。将试样承受负荷，不经预热，在烘箱中放置 4h。然后将试样在冷水中浸 10s，对其他试样重复该程序。浸水后，按 6.2.4 的规定进行环境测试后的耐电压试验。



图中：1. 试验框架；2. 试样；3. 支承座；F. 施加的力；a. 倒角最大半径为 0.05mm；单位：mm

图 10 高温压力试验装置

6.4.5 长期老化，在温度等级值下 3000h

6.4.5.1 试样制备

制备两个试样，每个至少 350mm 长，从每端去除 25mm 绝缘。热老化后卷绕试验可能需要至少 600mm 的试样。

6.4.5.2 试验装置

使用表 1 中规定的温度等级上限值的烘箱。

6.4.5.2 试验步骤

将试样在烘箱内放置 3000h。用导体固定试样，以避免绝缘和支架之间有任何接触。试样彼此之间及试样和烘箱内表面分开至少 20mm。不同材料制成的电缆绝缘不应同时测试。老化后，从烘箱中取出试样，在室温下连续保持至少 16h。在室温下，使用表 15 中 B 列的芯轴规格，按 6.4.1 的规定进行卷绕试验。

6.4.6 短期老化，在温度等级值+25℃下 240h

6.4.6.1 试样制备

制备两个试样，每个至少 350mm 长，从每端去除 25mm 绝缘。热老化后卷绕试验可能需要至少 600mm 的试样。

6.4.6.2 试验装置

使用表 1 中规定的温度等级上限值+25℃的烘箱。

6.4.6.3 试验步骤

将试样在烘箱内放置 240h。用导体固定试样，以避免绝缘和支架之间有任何接触。试样彼此之间及试样和烘箱内表面分开至少 20mm。不同材料制成的电缆绝缘不应同时测试。老化后，从烘箱中取出试样，在室温下连续保持至少 16h。在 $(-25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下，使用表 15 中 A 列的芯轴规格，按 6.4.1 的规定进行卷绕试验。

6.4.7 热过载，在温度等级值+50℃下 6h

6.4.7.1 试样制备

制备两个试样，每个至少 350mm 长，从每端去除 25mm 绝缘。热老化后卷绕试验可能需要至少 600mm 的试样。

6.4.7.2 试验装置

使用表 1 中规定的温度等级上限值+50℃的烘箱。

6.4.7.3 试验步骤

将试样在烘箱内放置 6h。用导体固定试样，以避免绝缘和支架之间有任何接触。试样彼此之间及试样和烘箱内表面分开至少 20mm。不同材料制成的电缆绝缘不应同时测试。老化后，从烘箱中取出试样，在室温下连续保持至少 16h。在室温下，使用表 15 中 B 列的芯轴规格，按 6.4.1 的规定进行卷绕试验。

6.4.8 热收缩

6.4.8.1 试样制备

制备三个试样，每个 100mm 长。

6.4.8.2 试验装置

使用 (150 ± 3) ℃ 的烘箱。

6.4.8.3 试验步骤

在试验之前，测量室温试样的绝缘的确切长度。将试样水平地在烘箱中放置 15min，使空气在其四周可以自由循环。冷却至室温后，再次测量绝缘的长度。

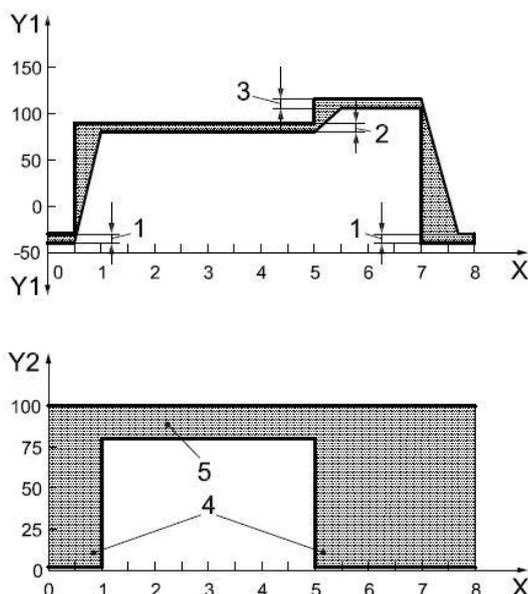
6.4.9 温度和湿度交变

6.4.9.1 试样制备

制备 2 段长约 600mm 的试样，在各剥去 25mm 的绝缘。

6.4.9.2 试验装置

在一台温控箱内进行试验，其温度可在 (-40 ± 2) ℃ 及表 1 中规定的温度等级值 T 的上限值之间循环，其相对湿度控制在 80% 和 100% 之间。有关芯棒直径，可参看表 15 的 B 列。



图中：1. -40 ± 2 ℃；2. 80℃至 90℃；3. 温度等级值 T 的上限值；4. 相对湿度，不受控制的；

5. 相对湿度 80%至 100%；X: 时间，h；Y1: 试验温度，℃；Y2: 相对湿度，%

图 11 温度和湿度交变试验程序

6.4.9.3 试验步骤

至少在芯棒上卷绕表 15 规定的最少圈数，固定其两端。按图 11 所示温度及相对湿度对试样进行预处理。在箱内循环的始端和终端，温度为 (-40 ± 2) ℃，相对湿度未予控制，延伸的过渡时间相当于（其间维持温度的）维持时间。以此作为一次循环，总计进行 40 次循环。

将试样仍置于芯棒上，从箱内取出，在室温放置约 30min，再将试样从芯棒上松开。对其他试样重复该程序。用目视检查绝缘，不计因夹具固定线圈而引起的损伤。如目视无裸露导体，按 6.2.4 的

规定进行环境测试后的耐电压试验。

6.4.10 耐热水

6.4.10.1 试样制备

制备 2 段长 (2.5 ± 0.1) m 的试样，在各端剥去 25mm 的绝缘。

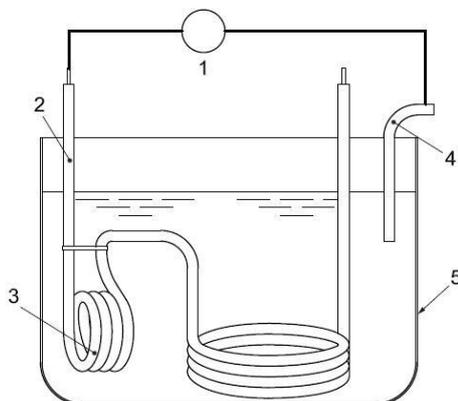
6.4.10.2 试验装置

试验设备包括：不导电的容器（内设一只未用过的盐水槽，在每次试验中，盐水槽内盛有 NaCl 含量为 10g/L 的 $85 \pm 5^\circ\text{C}$ 的水）；48V 直流电源；铜电极及 500V 直流电压的电阻测量装置，允许电压在 100V 和 500V 之间。

6.4.10.3 试验步骤

将试样在芯棒上至少紧密卷绕 3 个整圈，如图 12 所示将线圈固定。将芯棒取出后，将试样浸入水槽中，其两端突出水槽 250mm，为避免材料发生相互作用，不要在同一水槽中对不同绝缘材料的试样进行试验。将试样的一端连接电源的正极，7 天后断开电源。在导体和 $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ 盐水浴之间施加直流电压，施加电压 1min 后测量电阻。按 6.2.5 的规定计算绝缘体积电阻率。

以上过程为一次循环。重复该程序，总计 5 次循环，即 35 天。在处理后将试样从水槽中取出，冷却至室温，用目视检查绝缘，不计因夹具固定线圈而引起的损伤。如无可见得暴露导体，按 6.2.4 的规定进行环境测试后的耐电压试验。



图中：1. 48V 直流电源；2. 试样；3. 试样的紧密绕匝；4. 电极；5. 不导电容器

图 12 耐热水试验装置

6.4.11 耐液体化学品

6.4.11.1 总则

要求用汽油、柴油、乙醇、机油、挡风玻璃清洁液和盐水进行本试验。所有其它液体应经供需双方协商确定后进行测试。

本试验应包括一次或多次暴露于化学品，中间暴露于热老化条件。对表 18 中的两个不同的试验介质组进行试验。介质组 1，热老化时间为 1000h，在温度等级值的上限值下。介质组 2，热老化时间为 240h，在温度等级值的上限值下。

表 18 耐液体化学品

介质		规格	试样 (个数)	在温度等级的烘箱中存放时间
分组	液体			
1	发动机冷却液	50%乙二醇 + 50%蒸馏水	8	240 h + 240 h + 240 h + 280 h
	机油	ISO 1817, 2 号机油	8	
	盐水	5 % NaCl, 95 % 水 (质量%)	8	
	挡风玻璃清洁液	50%异丙醇, 50%水	8	
2	汽油	ISO 1817, 燃油 C	2	240 h

柴油	90% ISO 1817, 3 号油 + 10%对二甲苯	2	
乙醇	85%乙醇+15% ISO 1817, 燃油 C	2	
动力转向油	ISO 1817, 3 号机油	2	
自动变速箱油	Dexron VI	2	
制动液	ISO 4926 或 SAE RM-66-06	2	
电池酸	20℃下比重为 $1.260 \pm 0.005 \text{ g/cm}^3$ 的 25 % H_2SO_4 , 和 75 % H_2O	2	
注 1: 除非另有规定, 溶液用体积百分比表示。			
注 2: 电池酸试验仅适用于非硅橡胶材料的电缆			

6.4.11.2 试样制备

制备多个试样, 每个 600mm 长, 从每端去除 25mm 绝缘。绕成一个直径为 50mm U 形试样。使用铜丝固定。剥除绝缘的末端制成钩子, 以便将试样悬挂在烘箱的格栅上。为每种化学品制备的试样的数量应符合表 18 中的规定。

6.4.11.3 试验装置

使用表 1 中规定的温度等级上限值的烘箱。烘箱应配备格栅, 以便将试样挂在上边。在烘箱底部放置一个收集盘来收集化学品溢出物。

6.4.11.4 试验步骤

对于每种被测液体, 将试样的 400mm 长度浸在液体中 10s, 从液体中取出。在放入烘箱前, 让其排液 3min。注意, 剥除绝缘的末端不要暴露在液体中。对于取自同一类型被测电缆、但暴露在不同的试验液体中的试样, 可以存放在相同的烘箱中。不同类型的电缆的试样不允许存放在相同的烘箱中。

对于介质组 1 的试样, 按以下方式在 1000h 试验的 240h、480h 和 720h 时重复进行在各自的液体中的浸没: 初始时, 每种液体浸 8 个试样, 然后存放在烘箱中。在 240h 时, 取出 2 个试样, 按如下所述继续进行到最终试验。再次浸泡剩下的 6 个试样, 然后在烘箱中另外存放暴露 240h。在 480h 时, 取出另外 2 个试样进行最终试验, 再次浸泡剩下的 4 个试样。在 720h 时, 再取出另外 2 个对象进行最终试验, 再次浸泡剩下的 2 个对象, 存放达 1000h。

在暴露于温度等级值的上限值下之前, 介质组 2 的试样应仅浸泡一次。

完成暴露后, 从烘箱中取出这些试样, 在室温下保持 30min。之后, 在室温下, 使用表 15 中 A 列的芯轴规格, 按 6.4.1 的规定进行卷绕试验。确保卷绕试验在试样的中间进行。卷绕后, 目视检查不应裸露导体, 按 6.2.4 的规定进行环境测试后的耐电压试验。

6.4.12 标志耐久性

6.4.12.1 试样制备

制备三个试样, 每个 600mm 长。

6.4.12.2 试样装置

使用由两片含羊毛最小 75%和填充密度为 $(0.171 \sim 0.191) \text{ g/cm}^3$ (尺寸 50mm x 50mm x 3mm) 的毛毡组成的装置以及装有 $(50 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 2 号油 (ISO 1817) 的容器。

6.4.12.3 试样步骤

将试样浸渍 20h, 试样末端露在液面之上 50mm。从油中取出试样, 让其在室温下排油 30min。将试样放在两片毛毡之间未用过的区域内。对毛毡之间的试样施加 $(10 \pm 1) \text{ N}$ 的力, 来拉动试样。对其它试样重复这个程序。试验后, 目视检查试样。

6.4.13 耐臭氧

6.4.13.1 试样制备

制备三个试样, 每个 300mm 长。

6.4.13.2 试验装备

7 护套电缆试验方法

7.1 结构尺寸试验

7.1.1 导体单丝根数

导体单丝根数通过人工计数确定。

7.1.2 导体单丝直径

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量。

7.1.3 导体外径

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量和计算。

7.1.4 导体截面积

按 GB/T 4909.2 中的规定进行测量和计算。

7.1.5 绝缘和护套厚度

按 GB/T 2951.11 中 8.1 和 8.2 的规定进行测量。

7.1.6 颜色、外观

颜色、外观用正常视力在自然光线下检查。

7.1.7 屏蔽编织密度

编织密度按下列公式计算：

$$P = (2\rho - \rho^2) \times 100$$

式中：P—编织密度，%； ρ —单向覆盖系数。

单向覆盖系数按下列公式计算：

$$\rho = \frac{m \times n \times d}{\pi \times D} \left(1 + \frac{\pi^2 \times D^2}{L^2} \right)^{1/2}$$

其中：D—编织层的节圆直径，mm；

d—编织铜线的直径，mm；

m—编织机同一方向的锭数；

n—每锭的编织线根数；

L—编织节距，mm。

7.1.8 绝缘和电缆外径

按 GB/T 2951.11 中 8.3 的规定进行测量。

7.1.9 椭圆度

按 6.1.8 的规定进行。

7.2 电气性能试验

7.2.1 导体直流电阻

按 GB/T 3048.4 中的规定进行测量和计算。

7.2.2 绝缘和护套缺陷

绝缘按 GB/T 3048.9 中的规定进行，护套按 GB/T 3048.10 中的规定进行。对于带屏蔽的电缆，应确保电缆的屏蔽层以适当的方式接地，以使火花试验装置正常工作。

7.2.3 浸水耐电压

7.2.3.1 试样制备

试样长度至少为 350mm，在其各端剥去 25mm 的绝缘并将导体端部扭绞在一起形成环状。测量绝缘时，应干净的去掉护套和屏蔽（如有），并不损伤绝缘。测量护套时，电压施加在屏蔽和盐水之间。

7.2.3.2 试验装置

如图 2 所示，将试样浸入盛有盐水的非导电容器中（NaCl 重量占水的 3%）。试样端部露出液面。使用频率为 50Hz 或 60Hz 的交流电压源。

7.2.3.3 试验步骤

如图 2 所示把试样浸在盐水浴中，4h 后在导体和水浴施加 1kV（交流）试验电压，时间为 30min；然后以 500V/s 的速度提高电压，直至达到表 5 规定的试验电压并维持表 5 的规定时间。

7.2.4 成品耐电压

7.2.4.1 试样制备

从电缆的一端剥除 100mm 护套，从每根线芯上剥除 25mm 绝缘。将正被测试线芯外的所有线芯的导体连接在一起，如有屏蔽，应当做线芯以相同的方式连接。

7.2.4.2 试验装置

使用一个 50Hz 或 60Hz 能施加 4kV，并至少持续 60s 的交流电压源。

7.2.4.3 试验步骤

在被测线芯和其他所有线芯之间施加符合表 6 规定的电压和时间。对所有线芯重复这个程序进行测试。如果有屏蔽，应使用与测试线芯相同的方法测试屏蔽。

7.2.5 绝缘体积电阻率

按 6.2.5 的规定进行。

7.2.6 屏蔽层直流电阻

按 GB/T 3048.4 中的规定进行测量和计算。

7.2.7 转移阻抗

按 GB/T 17737.1 中“表面转移阻抗：三同轴法”的规定进行。

7.2.8 屏蔽衰减

按 IEC 62153-4-4 中的规定进行。

7.2.9 发烟曲线

按 6.2.6 的规定进行。

7.3 机械性能试验

7.3.1 绝缘及护套拉力

7.3.1.1 老化前

绝缘按 GB/T 2951.11 中 9.1 的规定进行测量和计算。护套按 GB/T 2951.11 中 9.2 的规定进行测试。

量和计算。

7.3.1.2 老化后

按 GB/T 2951.12 中的规定进行老化处理后, 再按 7.3.1.1 的规定进行本项试验。

7.3.2 撕裂强度

YJ-C、YJ-D 按 GB/T 529 中方法 A 的规定进行测量和计算;

G-E、G-F 按 GB/T 529 中方法 B 的规定进行测量和计算。

7.3.3 热延伸

按 GB/T 2951.21 中 9 的规定进行测量和计算。

7.3.4 护套附着力

7.3.4.1 试样制备

按 6.3.4 的规定制备试样。从一个 3m 长电缆样品上制备三个 150mm 试样。以 1m 的间隔制取试样。护套的原状段应为 100mm。

7.3.4.2 试验步骤

按 6.3.4 的规定进行。金属板带有和护套的近似内径相等的圆孔。若 100mm 的护套段滑动时变弯曲, 制备新试样重复该程序, 其护套的原状段等于 50mm。

7.3.5 护套磨损试验

7.3.5.1 砂皮纸拖磨试验

7.3.5.1.1 试样制备

制备 1m 长的试样, 在各端剥去 25mm 的护套。

7.3.5.1.2 试验步骤

按 6.3.5.1 的规定进行。记录屏蔽暴露时的数值。

7.3.5.2 刮磨试验

7.3.5.2.1 试样制备

制备 1m 长的试样, 在其一端剥去 25mm 的护套。

7.3.5.2.2 试验步骤

按 6.3.5.2 的规定进行。将屏蔽层接地, 当刮针磨穿护套并与屏蔽接触时, 装置停止运行, 记录循环次数。

7.3.6 循环弯曲

按 6.3.6 的规定进行。将单个导体和屏蔽 (如有) 串联以检测电气连续性的中断。

7.3.7 柔韧性试验

按 6.3.7 的规定进行。

7.4 环境性能试验

7.4.1 试样制备和卷绕试验

7.4.1.1 试样制备

制备两个 600mm 长的试样, 从电缆的一端剥除 100mm 护套, 从每根线芯上剥除 25mm 绝缘。

7.4.1.2 试验步骤

在不同的试验温度下, 用不同的芯轴直径进行环境应力后的卷绕试验。对于低温卷绕试验, 进行卷绕试验之前, 将试样和芯轴放在预冷却至表 21 中规定温度的冷冻箱内调节最少 4h。若根据表 21

须进行室温下试验，进行卷绕试验之前，将试样在室温（RT）下保持至少 4h。在这些情况下，冷冻箱的使用不是强制性的。

可以使用旋转芯轴或固定芯轴。芯轴直径、卷绕速度和圈数见表 20。使用旋转芯轴时，应符合图 8 的规定。试样应如图 8 所示固定在芯轴上，自由端加载重物。定位好芯轴，使试样垂直悬挂。施加的质量见表 20。使用固定芯轴时，不施加重物。用手将试样卷绕在芯轴上。对其它试样重复这个程序。

在冷冻箱内，按表 20 中规定的卷绕速度将试样在芯轴上卷绕至少表 20 中规定的“最小圈数”。低温卷绕后，让试样回到室温，目视检查护套。若护套无开裂迹象，按 7.2.4 中的规定进行成品耐电压试验。

表 20 护套电缆的卷绕

电缆外径 D mm	芯轴直径 mm	质量，若使用转动芯轴 kg	缠绕速度 r/s	最小圈数
$D \leq 2.5$	$\leq 5 \times$ 电缆外径	0.5	0.2	3
$2.5 < D \leq 5$		2.5		3
$5 < D \leq 10$		5		2
$10 < D \leq 15$		10		0.5
$15 < D \leq 25$		20		0.5
$D > 25$		30		0.5

表 21 环境试验后试验温度

试验号	名称	试验温度
7.4.2	低温卷绕（未条件化处理样品）	-40 °C
7.4.5	长期老化	环境温度
7.4.6	短期老化	-25 °C
7.4.7	热过载	环境温度
7.4.10	耐液体化学品	环境温度

7.4.2 低温卷绕

7.4.2.1 试样制备

制备 2 根长 600mm 的试样，在各端剥去 25mm 的绝缘。

7.4.2.2 试验步骤

在 (-40 ± 2) °C 下，使用表 20 中的芯轴规格，按 7.4.1 的规定进行卷绕试验。

7.4.3 低温冲击试验

7.4.3.1 试样制备

制备三个至少 600mm 长的试样。除非另有规定，试样应有包括任何现有多层的完整护套。

7.4.3.2 试验步骤

按 6.4.3 的规定进行。重锤质量应符合表 22 中的规定。冲击后，让试样回到室温，目视检查护套。若存在屏蔽，在室温下，用表 20 中规定的芯轴将试样弯曲成 U 形。然后，按 6.2.4 的规定，在屏蔽和盐水浴之间进行环境测试后耐电压试验。

表 22 低温冲击

电缆外径 D mm	重锤质量 g
$D \leq 15$	300
$15 < D \leq 25$	400

$25 < D \leq 35$	500
$D > 35$	600

7.4.4 高温压力试验

7.4.4.1 试样制备

制备3件各长100mm的试样。

7.4.4.2 试验步骤

按6.4.4的规定进行。但公式中的*i*为规定的护套厚度最薄点的1.25倍。冷却后，在压痕点处及压痕两侧10mm的点处，立即用不会造成变形的测量装置测量护套的厚度。免去耐电压试验。

7.4.5 长期老化，在温度等级值下3000h

7.4.5.1 试样制备

制备两个试样，每个至少350mm长，从每端去除25mm护套。热老化后卷绕试验可能需要至少600mm的试样。

7.4.5.2 试验步骤

按6.4.5的规定进行。按7.4.1的规定进行室温下卷绕试验。芯轴直径和重物质量见表20。

7.4.6 短期老化，在温度等级值+25℃下240h

7.4.6.1 试样制备

制备两个试样，每个至少350mm长，从每端去除约25mm护套。热老化后卷绕试验可能需要至少600mm的试样。

7.4.6.2 试验步骤

按6.4.6的规定进行。按7.4.1的规定进行(-25±2)℃下卷绕试验。芯轴直径和重物质量见表20。

7.4.7 热过载，在温度等级值+50℃下6h

7.4.7.1 试样制备

制备两个试样，每个至少350mm长，从每端去除25mm护套。热老化后卷绕试验可能需要至少600mm的试样。

7.4.7.2 试验步骤

按6.4.7的规定进行。按7.4.1的规定进行室温下卷绕试验。芯轴直径和重物质量见表20。

7.4.8 护套热收缩

7.4.8.1 试样制备

制备三个试样，每个200mm长。

7.4.8.2 试验步骤

按6.4.8的规定进行试验。测量护套的收缩量。

7.4.9 温度和湿度交变

7.4.9.1 试样制备

制备2段长约600mm的试样，在各剥去25mm的护套。

7.4.9.2 试验步骤

按6.4.9中的试验箱。芯轴直径见表20。将直径为10mm及以下的试样在芯轴上缠绕3圈，直径大于10mm的试样缠绕半圈并固定住末端。按6.4.9的规定调节试样。目视检查护套。忽略因固定端头的夹具造成的任何破坏。

7.4.10 耐液体化学品

按 6.4.11 的规定进行试验。在浸没过程中，电缆的弯曲直径应至少为其外径的十倍。芯轴直径和重物质量见表 20。免去耐电压试验。

7.4.11 标志耐久性

按 6.4.12 的规定进行。

7.4.12 耐臭氧

按 6.4.13 的规定进行。卷绕圈数应符合表 20 的规定。

7.4.13 抗延燃

按 6.4.14 的规定进行。按表 23 中的时间对电缆施加火焰。

表 23 火焰施加时间

电缆外径 D mm	火焰施加时间 s (-0/+2)
$D \leq 15$	15
$15 < D \leq 25$	20
$25 < D \leq 35$	25
$D > 35$	30

7.4.14 人工气候老化

7.4.14.1 试样制备

按 GB/T 2951.11 从待测电缆护套上，取 10 个可拉伸试样。

7.4.14.2 试验装置

按 GB/T 16422.2，使用紫外线辐射箱，带一个 $(55 \pm 3)^\circ\text{C}$ 氙弧灯，循环喷水（5min 喷水和 25min 干燥间隔，或分别为 12min 和 180min），干燥间隔时的相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 。

7.4.14.3 试验步骤

取五个试样，放置在试验箱中，预处理 750h。然后把试样从试验箱中取出，允许恢复到室温，接着按 GB/T 2951.11 和其他五个试样一起进行拉伸试验。

7.5 低烟无卤性能试验

7.5.1 卤素含量

按 T/CAS 318-2018 中的规定进行测量。

7.5.2 PH 值和电导率

按 GB/T 17650 中第 2 部分的规定进行测量。

7.5.3 烟密度

按 GB/T 17651-1998 中的规定进行测量。

8 检验规则

8.1 产品应由制造厂的检验合格后方可出厂。出厂产品应附有制造厂的产品检验合格证。

8.2 产品应按规定的检验项目和试验类型进行验收。

试验类型分为型式试验（T）、抽样试验（S）和例行试验（R）

8.3 产品应按表 25（单芯非屏蔽电缆）或表 26（护套电缆）的规定进行检验。

8.4 每批抽样数量由双方协议规定，如用户不提出要求时，由制造厂规定。

抽样项目的试验结果不合格时，应在同批次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合格。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合格。

8.5 产品外观应用目测（正常视力）逐件检查。

表 25 单芯非屏蔽电缆试验项目清单

序号	检测项目	技术要求	试验方法	试验类型
1	结构尺寸			
1.1	导体单丝根数	5.3.1	6.1.1	T、S
1.2	导体单丝直径	5.3.1	6.1.2	T、S
1.3	导体外径	5.3.1	6.1.3	T、S
1.4	导体截面积	5.3.1	6.1.4	T、S
1.5	绝缘厚度	5.3.3	6.1.5	T、S
1.6	颜色、外观	5.3.3/5.1.6	6.1.6	T、S
1.7	电缆外径	5.3.7	6.1.7	T、S、R
1.8	椭圆度	5.3.8	6.1.8	T、S
2	电气性能			
2.1	导体直流电阻	5.4.1	6.2.1	T、S
2.2	绝缘缺陷	5.4.2	6.2.2	R
2.3	绝缘浸水耐电压	5.4.3.1	6.2.3	T
2.4	绝缘体积电阻率	5.4.5	6.2.5	T
2.5	限电流测试	5.4.7	6.2.6	T
3	机械性能			
3.1	绝缘老化前后抗张强度	5.5.1	6.3.1	T
3.2	绝缘老化前后断裂伸长率	5.5.1	6.3.1	T
3.3	撕裂强度	5.5.1	6.3.2	T
3.4	热延伸	5.5.1	6.3.3	T
3.5	附着力 ^a	5.5.2	6.3.4	T、S
3.6	磨损试验			
3.6.1	砂皮纸拖磨试验	5.5.3	6.3.5.1	T
3.6.2	刮磨试验	5.5.3	6.3.5.2	T
3.7	循环弯曲 ^a	5.5.4	6.3.6	T
3.8	柔韧性试验 ^a	5.5.5	6.3.7	T
4	环境性能			
4.1	低温卷绕试验	5.6.1	6.4.2	T
4.2	低温冲击试验	5.6.2	6.4.3	T
4.3	高温压力试验	5.6.3	6.4.4	T
4.4	长期老化，3000h	5.6.4	6.4.5	T
4.5	短期老化，240h	5.6.5	6.4.6	T
4.6	热过载	5.6.6	6.4.7	T
4.7	热收缩	5.6.7	6.4.8	T
4.8	温度和湿度交变	5.6.8	6.4.9	T

4.9	耐热水	5.6.9	6.4.10	T
4.10	耐液体化学品	5.6.10	6.4.11	T
4.11	标志的耐久性	5.6.11	6.4.12	T
4.12	耐臭氧	5.6.12	6.4.13	T
4.13	抗延燃	5.6.13	6.4.14	T
5	低烟无卤性能 ^b			
5.1	卤素含量 ^b	5.7.1	6.5.1	T
5.2	PH值和电导率 ^b	5.7.2	6.5.2	T
5.3	烟密度 ^b	5.7.3	6.5.3	T

注：a表示只有在需要时经供需双方协商后才进行。
b表示仅适用于低烟无卤类电缆试验。

表 26 护套电缆试验项目清单

序号	检测项目	技术要求	试验方法	试验类型
1	结构尺寸			
1.1	导体单丝根数	5.3.1	7.1.1	T、S
1.2	导体单丝直径	5.3.1	7.1.2	T、S
1.3	导体外径 ^a	5.3.1	7.1.3	T、S
1.4	导体截面积	5.3.1	7.1.4	T、S
1.5	绝缘厚度	5.3.3	7.1.5	T、S
1.6	绝缘外径	5.3.3	7.1.8	T、S
1.7	颜色、外观	5.3.3/5.3.6	7.1.6	T、S
1.8	屏蔽编织密度 ^{a b}	5.3.5	7.1.7	T、S
1.9	护套厚度	5.3.6	7.1.5	T、S
1.10	电缆外径	5.3.7	7.1.8	T、S、R
1.11	椭圆度	5.3.8	7.1.9	T、S
2	电气性能			
2.1	导体直流电阻	5.4.1	7.2.1	T、S
2.2	绝缘缺陷	5.4.2	7.2.2	R
2.3	护套缺陷 ^b	5.4.2	7.2.2	R
2.3	绝缘浸水耐电压	5.4.3.1	7.2.3	T
2.4	护套浸水耐电压 ^b	5.4.3.2	7.2.3	T
2.5	成品耐电压	5.4.4	7.2.4	T
2.6	绝缘体积电阻率	5.4.5	7.2.5	T
2.7	屏蔽直流电阻 ^{a b}	5.4.6.1	7.2.6	T
2.8	转移阻抗 ^{a b}	5.4.6.2	7.2.7	T
2.9	屏蔽衰减 ^{a b}	5.4.6.3	7.2.8	T
2.10	限电流测试	5.4.7	7.2.9	T
3	机械性能			
3.1	绝缘和护套老化前后抗张强度	5.5.1	7.3.1	T
3.2	绝缘和护套老化前后断裂伸长率	5.5.1	7.3.1	T
3.3	撕裂强度	5.5.1	7.3.2	T
3.4	热延伸	5.5.1	7.3.3	T

3.5	护套附着力 ^a	5.5.2	7.3.4	T、S
3.6	护套磨损试验 ^b			
3.6.1	砂皮纸拖磨试验 ^b	5.5.3	7.3.5.1	T
3.6.2	刮磨试验 ^b	5.5.3	7.3.5.2	T
3.7	循环弯曲 ^a	5.5.4	7.3.6	T
3.8	柔韧性试验 ^a	5.5.5	7.3.7	T
4	环境性能			
4.1	低温卷绕试验	5.6.1	7.4.2	T
4.2	低温冲击试验	5.6.2	7.4.3	T
4.3	高温压力试验	5.6.3	7.4.4	T
4.4	长期老化, 3000h	5.6.4	7.4.5	T
4.5	短期老化, 240h	5.6.5	7.4.6	T
4.6	热过载	5.6.6	7.4.7	T
4.7	护套热收缩	5.6.7	7.4.8	T
4.8	温度和湿度交变	5.6.8	7.4.9	T
4.9	耐液体化学品	5.6.10	7.4.10	T
4.10	标志的耐久性	5.6.11	7.4.11	T
4.11	耐臭氧	5.6.12	7.4.12	T
4.12	抗延燃	5.6.13	7.4.13	T
4.13	人工气候老化	5.6.14	7.4.14	T
5	低烟无卤性能 ^c			
5.1	卤素含量 ^c	5.7.1	7.5.1	T
5.2	PH值和电导率 ^c	5.7.2	7.5.2	T
5.3	烟密度试验 ^c	5.7.3	7.5.3	T
注: a 表示只有在需要时经供需双方协商后才进行。 b 表示仅适用于屏蔽的电缆试验。 c 表示仅适用于低烟无卤类电缆试验。				

9 交货长度

9.1 有定长要求的电缆（交货长度）应由供需双方协商确定。

9.2 无协议时，交货长度应不小于 100 米，允许长度不小于 30m 的短段电缆进行交货，其数量应不超过交货总数量的 10%。

10 标志

电缆表面应有产品型号、规格、额定电压和制造厂名（缩写）等的连续标志。一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离应不超过 200mm。

11 包装、运输和储存

11.1 电缆应成盘或成圈交货，并卷绕整齐，妥善包装。成盘电缆注意装盘量控制，一般最外层电缆距离盘具外缘不小于 50mm。

11.2 电缆盘应符合 JB/T 8137 规定。电缆盘的内筒径应考虑使电缆不受到过度弯曲。

11.3 电缆的两个端头应有可靠的防水或防潮密封，并牢靠地固定在电缆盘上。伸出盘外的电缆端头应注意保护，伸出的长度应不小于 300mm。

11.4 每个电缆盘应标明：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 电缆额定电压、型号和规格；
- c) 电缆长度，m；
- d) 毛重，kg；
- e) 制造年月；
- f) 表示电缆盘正确滚动方向的符号；
- g) 技术规范编号。

11.5 运输和保管应符合下列要求：

- a) 电缆应避免在露天存；
- 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，电缆盘必须放稳，并用适当的方法固定，防止互撞或翻倒。

附录 A 表 A.1 铜导体结构尺寸和电阻

导体规格	单丝		导体				
	根数	单丝直径	外径	截面积		20℃最大直流电阻	
mm ²	nom	mm 最大值	mm 最大值	mm ² 最大值 最小值		mΩ/m 裸铜 镀锡铜	
0.5	16	0.21	1.10	0.502	0.465	37.1	38.2
0.75	24		1.30	0.754	0.698	24.7	25.4
1.0	32		1.50	1.01	0.932	18.5	19.1
1.25	16	0.33	1.70	1.25	1.16	14.9	15.9
1.5	30	0.26	1.80	1.47	1.36	12.7	13.0
2	28	0.31	2.00	1.98	1.83	9.42	9.69
2.5	50	0.26	2.20	2.45	2.27	7.60	7.82
3	44	0.31	2.40	3.03	2.80	6.15	6.36
4	56		2.80	3.95	3.66	4.71	4.85
5	65	0.33	3.10	4.73	4.38	3.94	4.02
6	189	0.21	3.40	5.93	5.49	3.14	3.23
8	240		4.30	7.82	7.24	2.38	2.52
10	320		4.50	10.2	9.47	1.82	1.85
12	380		5.40	12.3	11.3	1.52	1.60
16	512		6.30	16.1	14.9	1.16	1.18
20	610		6.90	19.5	18.1	0.955	0.999
25	790		7.80	25.1	23.2	0.743	0.757
30	903		8.30	28.8	26.6	0.647	0.684
35	1102		9.00	35.3	32.7	0.527	0.538
40	1235		9.60	39.4	36.5	0.473	0.500
50	1600		10.50	50.6	46.9	0.368	0.375
60	1841		11.60	59.1	54.7	0.315	0.333
70	2147		12.50	71.9	66.6	0.259	0.264
85	2660		13.60	85.0	78.7	0.219	0.225
95	3000		14.80	95.0	88.0	0.196	0.200
120	3724	16.50	122	113	0.153	0.156	

注 1、若经供需双方协商确定，在满足电阻和截面积的情况下，可以选择不同根数和单丝直径的导体，允许单丝根数存在±5%的误差。

2、建议产品温度等级 150℃及以上采用镀锡铜导体。

3、标称截面仅用于指导生产、设计和使用时的代号，真正的电气截面以导体电阻为准。

附录A 表A.2 铝或铝合金导体结构尺寸和电阻

导体规格	单丝		导体					
	根数	单丝直径	直径	截面积		20℃最大直流电阻		
mm ²	nom	mm 最大值	mm 最大值	mm ² 最大值 最小值		mΩ/m 铝 铝合金		
0.5	7	0.31	1.10	0.502	0.465	---	77.0	
0.75	7	0.38	1.30	0.754	0.698	41.2	43.6	
1	7	0.43	1.50	1.01	0.932	30.8	32.7	
1.25	19	0.30	1.70	1.25	1.16	24.8	26.3	
1.5	19	0.32	1.80	1.47	1.36	21.2	22.4	
2	19	0.37	2.00	1.98	1.83	15.7	16.6	
2.5	19	0.43	2.20	2.45	2.27	12.7	13.4	
3	19	0.46	2.40	3.03	2.80	10.2	10.9	
4	37	0.38	2.80	3.95	3.66	7.85	8.32	
5	37	0.41	3.10	4.73	4.38	6.57	6.96	
6	37	0.46	3.40	5.93	5.49	5.23	5.55	
8	59	0.42	4.30	7.82	7.24	3.97	4.20	
10	50	0.52	4.50	10.2	9.47	3.03	3.21	
12	60		5.40	12.3	11.3	2.53	2.68	
16	78		6.30	16.1	14.9	1.93	2.05	
20	95		6.90	19.5	18.1	1.59	1.69	
25	122		7.80	25.1	23.2	1.24	1.31	
30	141		8.30	28.8	26.6	1.08	1.14	
35	172		9.00	35.3	32.7	0.878	0.931	
40	193		9.60	39.4	36.5	0.788	0.835	
50	247		10.50	50.6	46.9	0.613	0.650	
60	289		11.60	59.1	54.7	0.525	0.556	
70	351		12.50	71.9	66.6	0.432	0.457	
85	420		13.60	85.0	78.7	0.365	0.387	
95	463		14.80	95.0	88.0	0.327	0.346	
120	305		0.72	16.50	122	113	0.255	0.270
160	398			19.00	159	147	0.195	0.207

注1: 导体的最大截面积可由供需双方协议商定, 以上仅作为参考值。

2: 在满足导体电阻的情况下, 允许单丝根数存在±5%的误差。

3: 若经供需双方协商确定, 在满足电阻的情况下, 可以选择不同根数和单丝直径的导体。

4: 标称截面仅用于指导生产、设计和使用时的代号, 真正的电气截面以导体电阻为准。

附录 B 表 B.1 900V 单芯非屏蔽电缆结构尺寸表

导体规格 mm ²	绝缘厚度	绝缘外径	
	mm 最薄点	最大值	最小值
0.5	0.22	1.60	1.40
0.75	0.24	1.90	1.70
1		2.10	1.90
1.25		2.30	2.10
1.5		2.40	2.20
2	0.28	2.80	2.50
2.5		3.00	2.70
3	0.32	3.40	3.10
4		3.70	3.40
5		4.20	3.90
6		4.30	4.00
8		5.00	4.60
10	0.48	6.00	5.30
12		6.50	5.80
16	0.52	7.20	6.40
20		7.80	7.00
25		8.70	7.90
30	0.64	9.60	8.70
35		10.40	9.40
40	0.71	11.10	10.00
50		12.20	11.00
60	0.80	13.30	12.00
70		14.40	13.00
85	0.90	15.80	14.40
95		16.70	15.30

附录 B 表 B.2 1500V 单芯非屏蔽电缆结构尺寸表

导体规格 mm ²	绝缘厚度	绝缘外径	
	mm 最薄点	最大值	最小值
0.5	0.48	2.30	2.00
0.75		2.50	2.20
1		2.70	2.40
1.25		2.95	2.40
1.5		3.00	2.70
2		3.30	3.00
2.5	0.56	3.60	3.30
3		4.10	3.80
4	0.64	4.40	4.00
5		4.90	4.50
6		5.00	4.60
8		5.90	5.00
10	0.80	6.50	5.90
12		7.40	6.60
16		8.30	7.70
20	0.88	9.10	8.10
25	1.04	10.40	9.40
30		10.90	9.70
35		11.60	10.40
40	1.12	12.40	11.20
50	1.20	13.50	11.50
60		14.60	13.40
70		15.50	13.50
85	1.28	16.80	14.80
95		18.00	16.00
120		19.70	17.70
160		22.50	19.80

附录B 表 B.3 900V 单芯屏蔽电缆结构尺寸表

导体规格 mm ²	绝缘			编织屏蔽层			护套		
	厚度	直径		单丝直径	20℃直流电阻	直径	厚度	直径	
	mm 最薄点	mm 最大值 最小值		mm 最大值	mΩ/m 最大值	mm 最大值	mm 最薄点	mm 最大值 最小值	
1.5	0.24	2.40	2.20	0.13	40.6	2.90	0.32	3.70	3.30
2	0.28	2.80	2.50		30.4	3.30		4.10	3.70
2.5		3.00	2.70		32.4	3.50		4.30	3.90
3	0.32	3.40	3.10	0.16	18.1	4.00	0.48	4.80	4.20
4		3.70	3.40		19.7	4.30		5.10	4.50
5		4.20	3.90		15.4	4.80		6.00	5.40
6		4.30	4.00		15.7	4.90		6.10	5.50
8	0.48	5.00	4.60	0.19	18.2	5.80	0.52	7.10	6.50
10		6.00	5.30		15.9	6.80		8.10	7.50
12		6.50	5.80		16.9	7.30		8.60	8.00
16	0.52	7.20	6.40	0.21	14.5	8.00	0.64	9.60	9.00
20		7.80	7.00		15.5	8.60		10.20	9.60
25	0.64	8.70	7.90	0.21	12.9	9.50	0.72	11.30	10.70
30		9.60	8.70		14.2	10.40		12.20	11.60
35		10.40	9.40		9.81	11.20		13.20	12.60
40	0.71	11.10	10.00	0.21	7.24	11.90	0.80	13.90	13.30
50		12.20	11.00		7.93	13.00		15.20	14.60
60	0.80	13.30	12.00	0.26	8.74	14.10	0.88	16.30	15.50
70		14.40	13.00		6.00	15.20		17.40	16.60
85	0.90	15.80	14.40	0.26	2.85	16.80	0.88	19.00	18.20
95		16.70	15.30		3.05	17.70		19.90	19.10

附录 B 表 B.4 900V 多芯非屏蔽电缆结构尺寸表

导体		绝缘			成缆直径	护套		
导线数量	导体规格 mm ²	厚度	直径			厚度	直径	
		mm 最薄点	最大值	最小值	mm 最大值	mm 最薄点	最大值	最小值
2	1.5	0.24	2.40	2.20	4.80	0.46	5.90	5.40
3					5.20	0.47	6.40	5.80
4					5.80	0.50	7.00	6.50
2	2.5	0.28	3.00	2.70	6.00	0.51	7.30	6.70
3					6.50	0.53	7.80	7.20
4					7.20	0.56	8.60	8.00
2	4	0.32	3.70	3.40	7.40		8.80	8.10
3					8.00	0.58	9.40	8.70
4					8.90	0.61	10.40	9.70
2	6	0.32	4.30	4.00	8.60	0.60	10.10	9.40
3					9.30	0.61	10.80	10.10
4					10.40	0.64	12.00	11.20
5					11.70	0.86	14.30	13.70
2	10	0.48	6.00	5.30	12.00	0.68	13.70	12.80
3					12.90	0.69	14.70	13.80
2	16	0.52	7.20	6.40	14.40	0.72	16.20	15.30
3					15.50	0.74	17.40	16.40

附录B 表 B.5 900V 多芯屏蔽电缆结构尺寸表

导体		绝缘			成缆直径	编织屏蔽层			护套		
芯数	导体规格 mm ²	厚度	直径			单丝直径	20℃直流电阻	直径	厚度	直径	
		mm 最薄点	mm 最大值	mm 最小值	mm 最大值	mm 最大值	mΩ/m 最大值	mm 最大值	mm 最薄点	mm 最大值	mm 最小值
2	1.5	0.24	2.40	2.20	4.80	0.19	13.9	6.20	0.52	7.40	6.80
3					5.20		12.8	6.60		7.90	7.30
4					5.80		11.5	7.20	0.56	8.60	8.00
2	2.5	0.28	3.00	2.70	6.00		13.2	7.50		8.90	8.20
3					6.50	5.95	8.10	0.58	9.50	8.80	
4					7.20	6.53	8.90	0.60	10.40	9.70	
2	4	0.32	3.70	3.40	7.40	0.21	6.69	9.10	0.61	10.60	9.90
3					8.00		7.16	9.70	0.62	11.20	10.50
4					8.90		8.04	10.70	0.65	12.30	11.50
2	6	0.32	4.30	4.00	8.60		7.75	10.30	0.64	11.90	11.20
3					9.30		5.35	11.00	0.66	12.70	11.90
4					10.40		5.90	12.20	0.68	13.90	13.10
5					11.70		6.60	12.90	0.90	15.90	15.10
2	10	0.48	6.00	5.30	12.00	6.82	13.90	0.71	15.70	14.80	
3					12.90	3.67	15.10	0.73	16.90	15.90	
2	16	0.52	7.20	6.40	14.40	0.26	2.85	16.60	0.75	18.50	17.40
3					15.50		3.06	17.70	0.77	19.70	18.60

附录B 表 B.6 1500V 单芯屏蔽电缆结构尺寸表

导体规格 mm ²	绝缘			编织屏蔽层			护套		
	厚度	直径		单丝直径	20℃直流电阻	直径	厚度	直径	
	mm 最薄点	mm 最大值 最小值		mm 最大值	mΩ/m 最大值	mm 最大值	mm 最薄点	mm 最大值 最小值	
1.5	0.48	3.00	2.70	0.13	32.4	3.50	0.72	5.30	4.90
2		3.30	3.00		24.3	3.80		5.60	5.20
2.5	0.56	3.60	3.30		0.16	26.6	4.10	0.80	6.10
3		4.10	3.80	15.0		4.70	6.70		6.10
4	0.64	4.40	4.00	0.19	15.9	5.00	0.88	7.20	6.60
5		4.90	4.50		13.1	5.50		7.70	7.10
6		5.00	4.60		13.4	5.60		7.80	7.20
8		5.90	5.00		15.6	6.70		9.10	8.50
10	0.80	6.50	5.90	0.21	13.1	7.30	0.96	9.70	9.10
12		7.40	6.60		14.8	8.20		10.80	10.20
16		8.30	7.70		10.5	9.10		11.70	11.10
20	0.88	9.10	8.10	0.26	11.6	9.90	1.12	12.70	12.10
25	1.04	10.40	9.40		5.68	11.20		14.00	13.40
30		10.90	9.70		5.68	11.70	14.70	14.10	
35		11.60	9.60		4.19	12.40	15.40	14.80	
40	1.12	12.40	11.20	0.28	4.50	13.20	1.20	16.20	15.60
50	1.20	13.50	11.50		4.82	14.30		17.50	16.70
60		14.60	13.40		5.21	15.40		18.60	17.80
70		15.50	13.50		3.55	16.50		19.70	18.90
85	1.28	16.80	14.80	0.26	1.95	17.80	1.36	21.20	20.40
95		18.00	16.00		2.07	19.00		22.40	21.60
120		19.70	17.70		2.28	20.70		24.10	23.30

附录 B 表 B.7 1500V 多芯非屏蔽电缆结构尺寸表

导体		绝缘			成缆直径	护套		
芯数	导体截面 mm ²	厚度	直径			厚度	直径	
		mm 最薄点	最大值	mm 最小值	mm 最大值	mm 最薄点	最大值	mm 最小值
2	1.5	0.48	3.00	2.70	6.00	0.91	8.30	7.70
3					6.50	0.94	8.80	8.20
4					7.20	0.98	9.70	9.00
2	2.5	0.56	3.60	3.30	7.80	1.01	10.30	9.60
3					8.70	1.05	11.30	10.60
4					8.80	1.06	11.40	10.70
2	4	0.64	4.40	4.00	9.50	1.09	12.20	11.40
3					10.60	1.13	13.40	12.60
4					10.00	1.11	12.80	12.00
2	6		5.00	4.60	10.80	1.13	13.60	12.80
3					12.10	1.18	15.00	14.10
4					13.00	1.20	16.00	15.10
2	10	0.80	6.50	5.90	14.00	1.23	17.10	16.10
3					16.60	1.30	19.80	18.70
2	16		8.30	7.70	17.90	1.32	21.20	20.00
3								

附录B 表B.8 1500V多芯屏蔽电缆结构尺寸表

导体		绝缘			成缆直径	编织屏蔽层			护套		
芯数	导体截面 mm ²	厚度	直径			单丝直径	20℃直流 电阻	直径	厚度	直径	
		mm 最薄点	mm 最大值 最小值		mm 最大值	mm 最大值	mΩ/m 最大值	mm 最大值	mm 最薄点	mm 最大值 最小值	
2	1.5	0.48	3.00	2.70	6.00	0.19	13.2	7.80	1.01	10.30	9.60
3					6.50		5.95	8.40	1.04	10.90	10.20
4					7.20		6.53	9.20	1.07	11.90	11.10
2	2.5	0.56	3.60	3.30	7.20	6.53	7.05				
3					7.80	7.75	10.80	1.13	13.60	12.80	
4					8.70	7.89	10.90	1.14	13.80	12.90	
2	4	0.64	4.40	4.00	8.80	0.21	7.89	10.90	1.14	13.80	12.90
3					9.50		5.42	11.70	1.16	14.60	13.70
4					10.60		6.09	12.90	1.20	15.90	14.90
2	6	0.64	5.00	4.60	10.00	0.21	5.72	12.20	1.18	15.20	14.30
3					10.80		6.09	13.00	1.21	16.10	15.10
4					12.10		3.47	14.60	1.25	17.70	16.70
2	10	0.80	6.50	5.90	13.00	0.26	3.73	15.60	1.27	18.80	17.70
3					14.00		3.99	16.70	1.30	19.90	18.80
2	16	0.80	8.30	7.70	16.60	0.26	3.26	19.40	1.35	22.80	21.60
3					17.90		3.52	20.70	1.38	24.20	22.90

附录 C

(规范性附录)

铝塑复合带的主要技术要求

- B.1 铝塑复合带应由铝箔（符合 GB 3198-1996 规定）和 PET 塑料薄膜经特殊工艺单面复合而成。
- B.2 铝塑复合带的主要性能应符合表 B.1 的规定。

表 C.1 铝塑复合膜试验项目及性能指标

序号	项 目	单 位	指 标
1	抗张强度	MPa	≥ 50
2	断裂伸长率	%	≥ 30
3	粘合强度	N/cm	≥ 4
4	剪切强度	-	铝带拉断或塑料层与铝带之间的的粘结产生破坏时，塑料层之间的热合区应未产生剪切破坏
5	热合强度	N/cm	≥ 15
6	动摩擦系数	-	≤ 0.65
7	耐水性（68℃，168h）	-	粘结强度不变
8	耐填充复合物（68℃，168h）	-	不分层
9	抗腐蚀性（0.1mol/L，NaOH，480h）	—	≥ 7 级
10	介电强度	$\Omega \cdot m$	2.8KV，1min 不击穿
11	介电常数	F/m	3.2 ± 0.2

附录 D
(资料性附录)

柔韧性试验装置

可用下面的数字及表 15 中的尺寸构造试验装置。

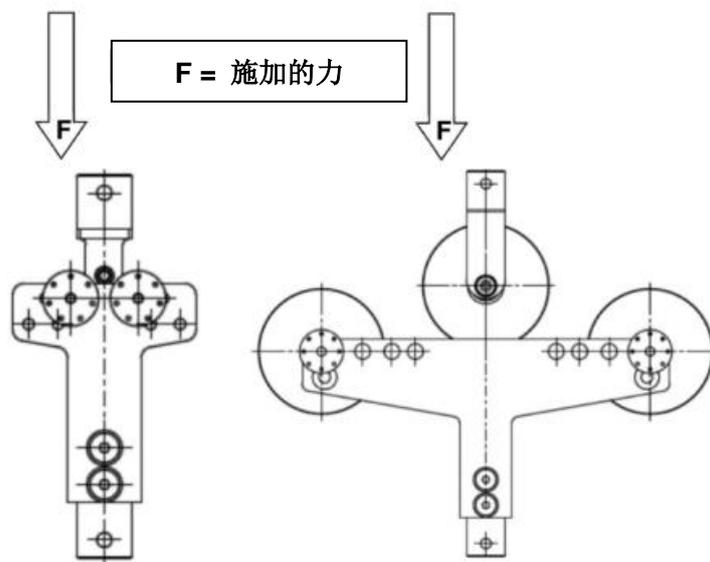


图 D.1 电缆柔韧性试验装置

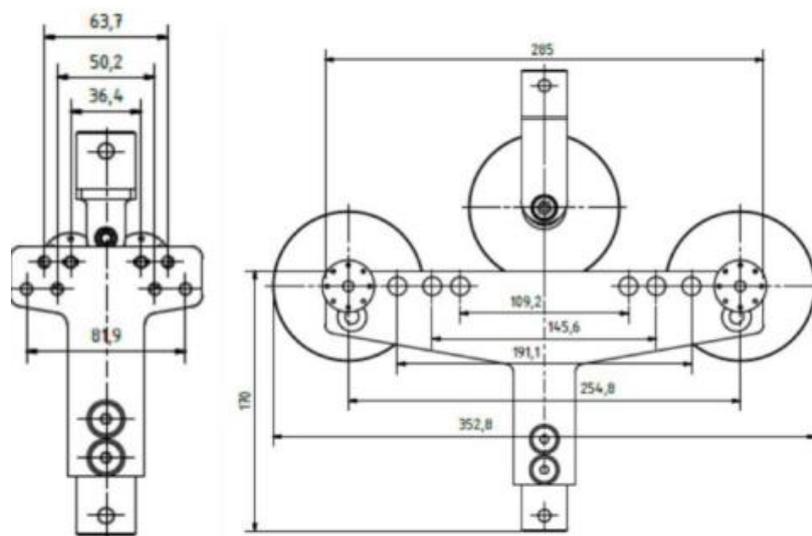


图 D.2 电缆柔韧性构架孔位置

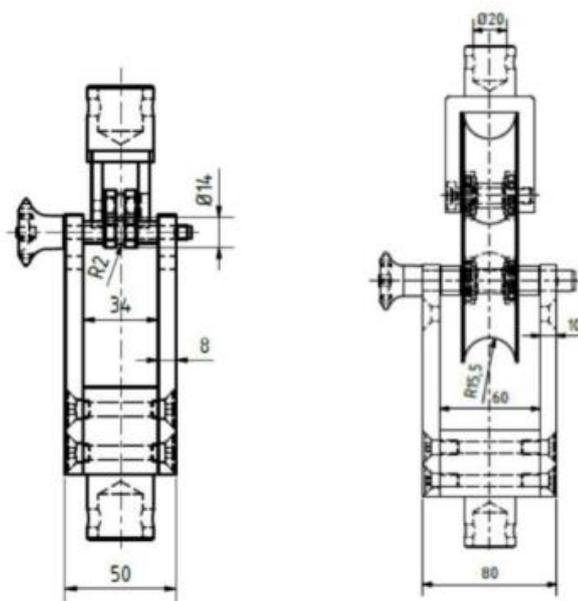


图 D.3 电缆柔韧性构架侧视图

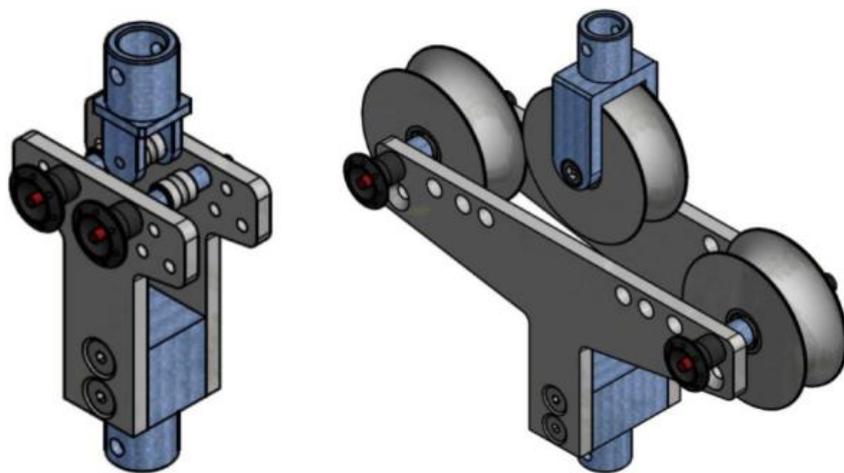


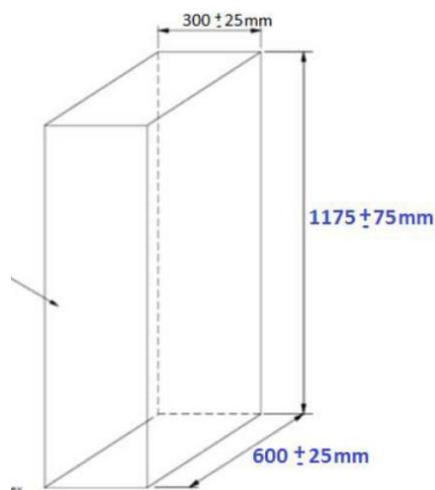
图 D.4 电缆柔韧性夹具三维图

附录 E
(规范性附录)

抗延燃试验装置

1 金属围蔽

使用 (1175 ± 75) mm 高、 (300 ± 25) mm 宽和 (600 ± 25) mm 深、正面未封、顶部和底部封闭的金属围蔽（见图 E.1）。



图中：1. 正面未封空间（所有其它侧均封闭）

图 E.1 金属围蔽的尺寸

2 试验箱

金属围蔽和点火源应装在合适的试验箱中。试验箱在试验期间基本上无通风，但是具有能清除燃烧产生的有毒气体的设施。

条件：

- 在试验过程中，须关掉排气扇；
- 若为操作燃烧器必须打开试验箱门，须注意关上试验箱门时所留空隙应尽可能小（约 100mm）。
- 在试验过程中，不能调整试验箱门。
- 试验结束时，先用排气扇排空试验箱，再开门。

见下图 E.2。



图 E.2 燃烧试验装置示例