

中 华 人 民 共 和 国 民 用 航 空 行 业 标 准

MH/T 6049—2020

代替 MH/T 6049—2008

机 场 助 航 灯 光 回 路 用 埋 地 电 缆

Underground electrical cable for airport lighting circuits

2020 - 07 - 20 发布

2020 - 10 -01 实施

中 国 民 用 航 空 局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 电缆型号、规格、命名、代号和产品表示方法 2

5 使用特性 3

6 技术要求 3

7 试验 5

8 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管 15

附录 A（规范性附录） 半导体屏蔽电阻率测量方法 18



前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替MH/T 6049—2008《机场助航灯光回路用埋地电缆》，与MH/T 6049—2008相比，主要技术内容变化如下：

- 根据国家计量技术规范 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》修改了标称值的定义（见 3.1）；
- 修改了导体的技术要求（见 2008 版 6.1.1，6.1.1）；
- 修改了护套完整性的技术要求（见 2008 版 6.4.4，6.4.4）；
- 修改了导体直流电阻试验的技术要求（见 2008 版 7.2.2，7.2.2）；
- 修改了局部放电试验要求（见 2008 版 7.2.4，7.2.3 和 7.4.4）；
- 增加了例行试验里护套的电气试验（见 7.2.5）；
- 增加了抽样试验里 ST7 型护套高温压力试验（见 7.3.1.1）；
- 修改了弯曲试验的技术要求（见 2008 版 7.4.3，7.4.3）；
- 修改了验收规则（见 2008 版 8.1.2，8.1.2）；
- 修改了标志的技术要求（见 2008 版 8.2.1，8.2.1）；
- 修改为按照国家标准 GB/T 8170 的要求进行修约（见 2008 版 7.3.3.1），并将 GB/T 8170 列入规范性引用文件；
- 增加附录 A。

本标准由中国民用航空局机场司提出并负责解释。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准起草单位：中国民航科学技术研究院、上海国缆检测中心有限公司。

本标准主要起草人：刘玉红、李闯、朱涛、闫军、王立。

机场助航灯光回路用埋地电缆

1 范围

本标准规定了机场助航灯光回路用埋地电缆的型号、规格、命名、代号、产品表示方法、使用特性、技术要求、试验、产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管。

本标准适用于机场助航灯光串联主回路用电缆的制造、验收和交付。

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，仅所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 2951.11-2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第11部分：通用试验方法 厚度和外形尺寸测量 机械性能试验 (IEC 60811-1-1:2001, IDT)

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

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

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

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

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

GB/T 2951.32-2008 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 (IEC 60811-3-2:1985, IDT)

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

GB/T 3048.5-2007 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

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

GB/T 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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

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-1kW预混合型火焰试验方法

JB/T 8137 电线电缆交货盘

IEC 60229:2007 电缆-带特殊保护功能的挤出外护套的试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

标称值 nominal value

测量仪器或测量系统特征量的经化整的值或近似值，以便为适当使用提供指导。

示例1：标在标准电阻器上的标称量值：100 kg；

示例2：标在单刻度量杯上的量值：1 000 mL；

示例3：恒温溶液 HClr 的物质的量浓度：0.1 mol/L；

示例4：恒温箱的温度为-20 ℃。

注：“标称量值”和“标称值”不要与“标称特性值”相混淆。

[来源：JJF 1001-2011，7.4]

3.2

中间值 median value

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

3.3

例行试验 routine tests

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。

3.4

抽样试验 sample tests

由制造方进行的，按规定的频度在成品电缆上或取自成品电缆的某些部件上进行的，以检验电缆是否符合规定要求的试验。

3.5

型式试验 type tests

按一般商业原则在供货前所进行的证明电缆具有能满足预期使用条件的良好性能的试验。

注：该试验的特点为除非电缆材料或设计或制造工艺的改变可能改变电缆的特性，试验做过以后就不需要重做。

4 电缆型号、规格、命名、代号和产品表示方法

4.1 电缆型号和规格

电缆型号和规格见表1。

表1 电缆的型号和规格

型号	额定电压	名称	规格
DYJY	5 kV	5kV 铜芯交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套机场助航灯光主回路用埋地电缆	1×6 mm ²
DYJV		5kV 铜芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套机场助航灯光主回路用埋地电缆	
DEF		5kV 铜芯乙丙绝缘氯丁或类似混合物护套机场助航灯光主回路用埋地电缆	

4.2 命名及代号

机场助航灯光主回路用埋地电缆 D；
交联聚乙烯绝缘 YJ；
乙丙绝缘 E；
铜导体 T(省略)；
聚乙烯护套 Y；
聚氯乙烯护套 V；
氯丁或类似混合物护套 F。

4.3 产品表示方法

产品采用型号、额定电压、规格和本文本编号表示。

示例：额定电压 5 kV 铜芯交联聚乙烯绝缘聚乙烯护套机场助航灯光主回路用埋地电缆，单芯标称截面 6 mm²，表示为：DYJY-5kV 1×6 mm² MH/T 6049-2020。

5 使用特性

- 5.1 额定电压为 5 kV。
- 5.2 电缆导体的最高额定温度为 90 ℃。
- 5.3 短路时（最长持续时间为 5 s），导体最高温度不超过 250 ℃。
- 5.4 电缆允许弯曲半径不小于 12 倍电缆外径。
- 5.5 抗水树型交联聚乙烯（TRXLPE）电缆适用于在潮湿环境条件下长期使用。

6 技术要求

6.1 导体

- 6.1.1 导体应为镀锡或不镀锡铜导体，且应符合 GB/T 3956 中第 2 种圆形导体或第 5 种软导体的规定。导体标称截面面积为 6 mm²。
- 6.1.2 导体表面应光洁，且无油污、铜屑、水分、毛刺、锐边、凸起或断裂等现象。

6.2 屏蔽

6.2.1 分类

电缆应为屏蔽型电缆，包括：

——导体屏蔽；
——绝缘屏蔽。

导体屏蔽应符合6.2.2的规定，绝缘屏蔽应符合6.2.3的规定。
挤包屏蔽材料的性能应符合表2的规定。

表2 电缆屏蔽材料性能

序号	试验项目	单位	性能要求	
			导体屏蔽	非金属绝缘屏蔽
1	老化前			
1.1	抗张强度 最小	MPa	—	8.3
1.2	断裂伸长率 最小	%	100	100
2	空气烘箱老化后			
2.1	处理			
	——温度	℃	135	135
	——偏差	℃	±3	±3
	——持续时间	h	168	168
2.2	抗张强度变化率 最大	%	—	±15
2.3	断裂伸长率 最小	%	100	100

6.2.2 导体屏蔽

导体屏蔽应是非金属的，由挤包的交联半导体料组成。导体屏蔽应均匀地包覆在导体上，并和绝缘紧密结合。导体屏蔽表面应光滑，不应有明显凸纹、尖角、颗粒、烧焦、脱料或擦伤等缺陷。最薄处厚度应不小于0.15 mm。

6.2.3 绝缘屏蔽

6.2.3.1 非金属半导体层

直接挤包与绝缘可剥离的交联半导体料，最薄处厚度应不小于0.30 mm。

6.2.3.2 金属屏蔽层

金属屏蔽应为一层铜带（可用镀锡铜带或无镀层铜带）。
金属带最薄处厚度应不小于0.07 mm，铜带间的最小搭盖率应不低于15%。

6.3 绝缘

绝缘材料应为交联聚乙烯绝缘料（XLPE）或乙丙橡胶绝缘混合料（EPR）。
采用交联聚乙烯绝缘料时，宜采用抗水树交联聚乙烯绝缘料（TRXLPE）。
绝缘的标称厚度为2.8 mm。

绝缘厚度测量平均值应不小于2.8 mm，最小厚度应不小于标称值的90%，最大厚度的测量值与最小厚度的测量值之差应不大于0.4 mm。

6.4 护套

6.4.1 外观

所有电缆应有护套。护套通常为黑色，如果制造方和客户达成协议，允许采用非黑色的其他颜色，以适应电缆使用的特定环境。外护套挤包在金属屏蔽外，表面应光滑、圆整，横截面不应有肉眼可见的气孔。

6.4.2 材料

护套材料应是下列材料中的一种：

- 聚氯乙烯（ST2 型）；
- 聚乙烯（ST7 型）；
- 氯丁橡胶或类似聚合物（SE1 型）。

电缆护套要求有耐化学特性时，应不含有对人类或环境有害的成分。

6.4.3 厚度

护套最薄处厚度应不小于1.40 mm。

6.4.4 完整性

护套应经受8.4 kV的工频火花电压试验。如果护套表面有半导体层，可不进行8.4 kV的工频火花电压试验，应按7.2.5规定进行直流电压试验。

6.5 结构

电缆结构尺寸应符合表3的规定。

表3 电缆结构

额定电压 kV	导体计算直径 mm	绝缘标称厚度 mm	护套最薄处厚度 mm	外径 mm	
				最小值	最大值
5	3.1	2.8	1.40	13.4	15.9

7 试验

7.1 试验条件

除非另有规定，应在20 ℃±15 ℃的环境温度下进行试验。
工频试验电压的频率应在49 Hz～61 Hz，波形应基本上为正弦波，引用值为有效值。

7.2 例行试验

7.2.1 例行试验基本要求

通常在每一根电缆制造长度上进行例行试验。例行试验包括下列内容：

- a) 导体直流电阻试验（见 7.2.2）；
- b) 局部放电试验（见 7.2.3）；

- c) 交流电压试验（见 7.2.4）；
- d) 外护套电气试验（见 7.2.5）。

7.2.2 导体直流电阻试验

对例行试验中每一根电缆长度的所有导体进行电阻测量。

试验前，成品电缆或从成品电缆上取下的试样应在温度保持适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后测量电阻值，也可将导体试样放在温度可控的液体槽内至少1 h后测量电阻值。

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

每根导体在20 ℃时的直流电阻应不大于GB/T 3956规定的最大值。

7.2.3 局部放电试验

绝缘线芯应至少放置7 d后，再进行局部放电试验（如果买方和制造商协商同意，可缩短放置时间）。按GB/T 3048.12进行局部放电试验，试验灵敏度应为10pC或更优。

在试验电压为18 kV条件下，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：试验过程中，电缆的任何放电都可能有害。

7.2.4 交流电压试验

7.2.4.1 在环境温度下进行交流电压试验，采用 18kV 工频交流电压。

7.2.4.2 试验电压施加在导体和金属屏蔽之间。应匀速增加到规定电压，在 10 s 内不超过 1.8 kV，60 s 内升高至 18 kV。试验电压持续时间为 5 min，绝缘应无击穿现象。

7.2.5 电缆外护套的电气试验

如果电缆外护套上有挤出半导体层，按IEC 60229: 2007 中3.1条的规定进行直流电压试验。在护套外表面与金属屏蔽之间施加11.2 kV直流电压，金属屏蔽为负电极，试验电压持续时间为1 min，电缆外护套应无击穿现象。

7.3 抽样试验

7.3.1 基本要求

7.3.1.1 抽样试验包括下列内容：

- a) 导体检查；
- b) 结构尺寸检查；
- c) 绝缘、护套机械性能试验；
- d) ST2 型和 ST7 型护套高温压力试验；
- e) 低温弯曲试验；
- f) SE1 型热固型护套耐油试验；
- g) 绝缘和 SE1 型护套的热延伸试验。

7.3.1.2 应按商定的质量控制协议，在制造长度电缆上取样进行试验。如无协议，则按表 4 的规定进行抽样。

表4 抽样试验的样品数量

抽样试验项目	抽检频率
绝缘、护套机械性能试验 ST2型和ST7型护套高温压力试验、SE1型热固型护套耐油试验	15 km及以下电缆至少抽一个样品，每增加15 km，再增加抽一个样品。
低温弯曲试验	15 km及以下电缆至少抽一个样品，每增加30 km，再增加抽一个样品。
绝缘和SE1型热固型护套的热延伸试验	同一批电缆分别从绝缘、护套挤塑开始、中间和结束段抽取三个样品。
导体检查、结构尺寸检查	3 km及以下电缆至少抽一个样品，从整个制造长度上每端取一个样品或每个长度外端取一个样品。

7.3.1.3 如果任一试样不符合 7.3.1.1 规定的任一试验要求，应从同一批中再取两个附加试样对不合格项目重新进行试验。两个附加试样的试验都合格后，则该批电缆方可认为合格。

7.3.2 导体检查

用外观检查和测量方法检验导体结构是否符合 6.1 的要求。

7.3.3 结构尺寸检查

7.3.3.1 导体屏蔽、绝缘、绝缘屏蔽和护套厚度的测量

按 GB/T 2951.11—2008 第 8 章的规定进行导体屏蔽、绝缘、绝缘屏蔽和护套厚度的测量。

选取用于试验的每根制造长度电缆的一端截取一小段电缆作为试样。取样前，应去除可能受到损伤的部分。

厚度测量值应按照 GB/T 8170 的要求进行修约。

7.3.3.2 金属带的测量

使用具有两个直径为 5 mm 平测头，精度为 ± 0.01 mm 的千分尺，在金属带宽度的中心线上测量金属带厚度。

7.3.3.3 直径测量

按 GB/T 2951.11—2008 第 8 章的规定对电缆的外径进行测量。

7.3.4 绝缘、护套机械性能试验

7.3.4.1 老化前和老化后绝缘机械性能试验

7.3.4.1.1 取样

按 GB/T 2951.11—2008 第 9 章的规定进行取样及试片的制备。

7.3.4.1.2 老化处理

在表 5 规定的条件下，按 GB/T 2951.12—2008 第 8 章的规定进行老化处理。

表5 绝缘混合物物理机械性能试验要求（老化前后）

序号	试验项目	单位	EPR	XLPE	TRXLPE
	导体最高工作温度	℃	90	90	90
1	老化前				
1.1	抗张强度 最小	MPa	8.2	12.5	12.5
1.2	断裂伸长率 最小	%	250	250	250
2	烘箱老化后				
	老化后（无导体）				
2.1	处理条件				
	——温度	℃	135	135	135
	——温度偏差	℃	±3	±3	±3
	——持续时间	d	7	7	7
2.2	抗张强度				
	——老化后 最小	MPa	—	—	—
	——变化率 最大	%	±30	±25	±25
2.3	断裂伸长率				
	——老化后 最小	%	—	—	—
	——变化率 最大	%	±30	±25	±25

7.3.4.1.3 预处理和机械性能试验

按GB/T 2951.11-2008第9章的规定进行预处理和机械性能试验。

7.3.4.1.4 试验结果判定

试片老化前和老化后的物理性能试验应同时进行，其试验结果应符合表5的规定。

7.3.4.2 护套机械性能的试验

7.3.4.2.1 取样

应按GB/T 2951.11-2008第9章的规定进行取样及试片的制备。

7.3.4.2.2 老化处理

在表6规定的条件下，按照GB/T 2951.12-2008第8章的规定进行老化处理。

7.3.4.2.3 预处理和机械性能试验

按GB/T 2951.11-2008第9章的规定进行预处理和机械性能试验。

试片老化前和老化后的物理性能试验应同时进行，其试验结果应符合表6的规定。

表6 护套混合物机械性能试验要求（老化前后）

序号	试验项目	单位	ST2	ST7	SE1
1	老化前				
1.1	抗张强度 最小	MPa	12.5	12.5	10.0
1.2	断裂伸长率 最小	%	150	300	300
2	烘箱老化后				
2.1	老化后（无导体） 处理条件				
	——温度	℃	100	110	100
	——温度偏差	℃	±2	±2	±2
	——持续时间	d	7	10	7
2.2	抗张强度 最小	MPa	12.5	—	—
2.3	抗张强度变化率 最大	%	±25	—	±30
2.4	断裂伸长率 最小	%	150	300	250
2.5	断裂伸长率变化率 最大	%	±25	—	±40

7.3.5 ST2型和ST7型护套高温压力试验

按GB/T 2951.31-2008第8章的规定进行高温压力试验。试验条件见表7和表12。

表7 ST2型护套混合物的特殊性能试验要求

序号	试验项目	单位	ST2
1	失重试验		
1.1	处理条件		
	——温度（误差为±2℃）	℃	100
	——持续时间	d	7
1.2	最大允许失重	mg/cm ²	1.5
2	高温压力试验		
	温度（误差为±2℃）	℃	90
3	低温冲击试验		
	温度（误差为±2℃）	℃	-25
4	抗开裂试验		
4.1	温度（误差为±3℃）	℃	150
4.2	持续时间	h	1

试验结果应符合GB/T 2951.31-2008第8章的规定。

7.3.6 成品电缆的低温弯曲试验

抽取不小于0.5 m的成品电缆试样，放入-25℃±2℃冷冻箱内，1 h后取出试样，立即沿直径为8倍电缆外径的圆柱体匀速卷绕180°，样品从冷冻箱取出到试验结束所用时间应不大于1 min。

试验后，电缆表面应无裂纹。

7.3.7 SE1型护套的浸油试验

按GB/T 2951.21-2008第10章的规定进行浸油试验。试验条件见表8。

表8 SE1 型护套混合物的特殊性能试验要求

序号	试验项目	单位	SE1
1	浸油试验		
1.1	处理条件		
	——油温（误差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	$^{\circ}\text{C}$	121
	——持续时间	h	18
1.2	抗张强度变化率 最大	%	± 50
1.3	断裂伸长率变化率 最大	%	± 50
2	热延伸试验		
2.1	处理条件		
	——温度（误差为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	$^{\circ}\text{C}$	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
3	低温冲击试验		
	——温度（误差为 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）	$^{\circ}\text{C}$	-25

试验结果应符合表8中的规定。

7.3.8 绝缘和 SE1 型护套的热延伸试验

按GB/T 2951.21-2008第9章的规定进行热延伸试验。

试验条件见表8和表9。

EPR和TRXLPE绝缘应符合表9的规定，SE1型热固型护套应符合表8的规定。

表9 各种绝缘混合物的特殊性能试验要求

序号	试验项目	单位	EPR	XLPE	TRXLPE
1	热延伸试验				
1.1	处理条件				
	——温度（误差为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ）	$^{\circ}\text{C}$	250	200	200
	——载荷时间	min	15	15	15
	——机械应力	N/cm^2	20	20	20
1.2	负载下允许最大伸长率	%	175	175	100
1.3	冷却后最大永久伸长率	%	15	15	5
2	吸水试验（重量法）				
2.1	温度（误差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）	$^{\circ}\text{C}$	85	85	85
2.2	持续时间	d	14	14	14
2.3	最大重量变化	mg/cm^2	5	1	1

表9（续）

序号	试验项目	单位	EPR	XLPE	TRXLPE
3	收缩试验				
3.1	标记间距离	mm	—	200	200
3.2	温度（误差为±3℃）	℃	—	130	130
3.3	持续时间	h	—	1	1
3.4	最大允许收缩	%	—	4	4
4	耐臭氧试验				
4.1	臭氧浓度（按体积）	%	0.025~0.030	—	—
4.2	无开裂的试验持续时间	h	24	—	—

7.4 电气型式试验

7.4.1 取样

从成品电缆中取10 m~15 m长的电缆试样，按7.4.2规定的顺序进行试验。
 单独另取试样按7.4.6的规定对半导电屏蔽进行电阻测量。
 单独另取试样按7.4.7、7.4.8的规定对绝缘进行吸水试验和绝缘电阻试验。
 单独另取试样按7.4.9的规定进行 $\tan\delta$ 试验。

7.4.2 试验顺序

按以下顺序进行电气型式试验：

- 弯曲试验（见7.4.3）；
- 局部放电试验（见7.4.4）；
- 4h 电压试验（见7.4.5）；
- 半导电屏蔽电阻率（见7.4.6）；
- 绝缘吸水试验（见7.4.7）；
- 绝缘电阻试验（见7.4.8）；
- $\tan\delta$ 试验（见7.4.9）。

其中，试验项目a)、b) 和c) 应使用同一样品按次序进行试验。

7.4.3 弯曲试验

在室温条件下，试样围绕试验圆柱体（例如线盘的筒体）至少绕一整圈，然后松开，再向相反方向重复此过程。

此操作循环应进行3次。

圆柱体的直径应不大于 $12D \times (1+5\%)$ 。

注：D为电缆试样实测外径，单位为毫米（mm）。

7.4.4 局部放电试验

按GB/T 3048.12进行局部放电试验，试验灵敏度应为5pC或更优。

在试验电压为18 kV条件下，应无任何由电缆产生的超过声明试验灵敏度的可检测到的放电。

7.4.5 4h 电压试验

在室温条件下进行试验，在试样的导体和金属屏蔽之间施加工频电压4 h。试验电压应逐渐升高到20 kV，在规定时间内，绝缘应无击穿现象。

7.4.6 半导体屏蔽电阻率

7.4.6.1 挤包的导体和绝缘半导体屏蔽的电阻率测量，应从新制造的电缆试样的缆芯和按7.5.2规定的材料相容性试验老化处理过电缆试样的缆芯上制取试验试样。

7.4.6.2 在导体最高工作温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 范围内，按附录A的规定对挤包的导体和绝缘半导体屏蔽的电阻率进行测量。

老化前和老化后，电阻率应不大于下列数值：

——导体屏蔽：1 000 $\Omega \cdot \text{m}$ ；

——绝缘屏蔽：500 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

7.4.7 绝缘吸水试验

按GB/T 2951.13-2008第9章的规定进行绝缘吸水试验。试验条件见表9。

试验结果应符合表9的规定。

7.4.8 绝缘电阻试验

按GB/T 3048.5-2007的规定进行绝缘电阻试验。

绝缘电阻应不小于表10的规定值。

表10 绝缘混合料的绝缘电阻

序号	试验项目和试验条件	单位	EPR	XLPE	TRXLPE
1	正常运行时导体最高温度	$^\circ\text{C}$	90	90	90
2	体积电阻率 ρ ——正常运行时导体最高温度	$\Omega \cdot \text{cm}$	10^{12}	10^{12}	10^{12}
3	绝缘电阻常数 K_i —— 20°C ——正常运行时导体最高温度	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$ $\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	1500 1.5	1500 1.5	1500 1.5

7.4.9 $\tan \delta$ 试验

成品电缆试样应放置在液体槽或烘箱中加热或在试样的金属屏蔽层或导体或两者都通电加热。

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

通过下列任一方式确定导体的温度：

- 测量导体电阻；
- 用放在液体槽的温度测量装置进行测量；
- 用放在烘箱内的温度测量装置进行测量；
- 用放在屏蔽层表面的温度测量装置进行测量；
- 用等效加热的基准电缆上的温度测量装置进行测量。

在不低于2 kV的交流电压和上述规定的温度条件下进行 $\tan \delta$ 测量。

XLPE 或 TRXLPE 的 $\tan \delta$ 应不大于 80×10^{-4} ，EPR 的 $\tan \delta$ 应不大于 400×10^{-4} 。

7.5 非电气型式试验

7.5.1 试验项目

非电气型式试验项目见表11。

表11 非电气型式试验项目

试验项目	绝缘		护套		
	EPR	XLPE 或 TRXLPE	ST2	ST7	SE1
成品电缆段老化试验	×	×	×	×	×
护套低温冲击试验	—	—	×	×	×
ST2 型护套失重试验	—	—	×	—	—
ST2 型护套抗开裂试验	—	—	×	—	—
乙丙绝缘耐臭氧试验	×	—	—	—	—
ST2 型、ST7 型护套高温压力试验	—	—	×	×	—
XLPE 或 TRXLPE 绝缘收缩试验	—	×	—	—	—
ST7 型护套收缩试验	—	—	—	×	—
ST7 型护套环境应力开裂试验	—	—	—	×	—
ST7 型护套碳黑含量试验*	—	—	—	×	—
ST2 型护套不延燃试验	—	—	×	—	—
绝缘屏蔽的剥离试验**	—	—	—	—	—

注：“×”表示型式试验中涉及；“*”表示仅对黑色护套进行；“**”表示用于本标准所有电缆设计中。

7.5.2 成品电缆附加段老化试验

7.5.2.1 取样

按GB/T 2951.12-2008第8章的规定在成品电缆上截取试样。

7.5.2.2 老化处理

按GB/T 2951.12-2008第8章的规定，电缆试样放置在空气烘箱中进行老化处理。老化温度高于导体最高工作温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，时间为7 d。

7.5.2.3 合格判定

老化前和老化后抗张强度与断裂伸长率中间值的变化率应不大于空气烘箱老化后的规定值。绝缘的规定值见表5，护套的规定值见表6。

7.5.3 护套低温冲击试验

按GB/T 2951.14-2008第8章的规定进行低温冲击试验。试验温度见表7、表8和表12。

试验结果应符合表7、表8和表12的规定。

表12 ST7 型护套混合物的特殊性能试验要求

序号	试验项目	单位	ST7
1	密度		
2	炭黑含量（仅对于黑色护套）		
2.1	标称	%	2.5
2.2	偏差	%	±0.5
3	高温压力试验 温度（误差为±2℃）	℃	110
4	收缩试验		
4.1	温度（误差为±2℃）	℃	80
4.2	加热持续时间	h	5
4.3	热循环数		5
4.4	最大收缩	%	3
5	低温冲击试验 温度（误差为±2℃）	℃	-25
6	耐环境应力开裂试验 失效率（步骤A：100%，TX-10，24 h, 50℃）		最大5/10
注：密度的测定仅在其他试验需要时才进行。			

7.5.4 ST2 型护套失重试验

按GB/T 2951.32-2008第8章的规定进行失重试验。
试验结果应符合表7的规定。

7.5.5 ST2 型护套抗开裂试验

按GB/T 2951.31-2008第9章的规定进行抗开裂试验。试验温度和时间见表7。
试验结果应符合GB/T 2951.31-2008第9章的规定。

7.5.6 EPR 绝缘耐臭氧试验

按GB/T 2951.21-2008第8章的规定进行绝缘耐臭氧试验。臭氧浓度和试验持续时间见表9。
试验结果应符合GB/T 2951.21-2008第8章的规定。

7.5.7 XLPE 或 TRXLPE 绝缘收缩试验

按GB/T 2951.13-2008第10章的规定进行绝缘收缩试验。试验条件见表9。
试验结果应符合表9规定。

7.5.8 ST2 型、ST7 型护套高温压力试验

按GB/T 2951.31-2008第8章的规定进行高温压力试验。试验条件见表7和表12。
试验结果应符合GB/T 2951.31-2008第8章的规定。

7.5.9 ST7 型护套收缩试验

按GB/T 2951.13-2008第11章的规定进行收缩试验。试验条件见表12。
试验结果应符合表12的规定。

7.5.10 ST7 型护套环境应力开裂试验（取自于成品电缆护套，按原材料要求进行压片试验）

按照GB/T 2951.41第8章的步骤A的规定进行环境应力开裂试验。试验条件符合表12的规定。
试验后，电缆表面应无目力可见的裂纹。

7.5.11 ST7 型护套炭黑含量测定

按GB/T 2951.41第12章的规定进行炭黑含量测定。
试验结果应符合表12的规定。

7.5.12 绝缘屏蔽的剥离试验

在老化前和老化后的三个试样上进行试验，可在3个单独的电缆试样上进行，也可在1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。

从老化前和按7.5.2老化后的电缆上取下长度至少250 mm的绝缘线芯作为试样。

在每个试样的挤包绝缘屏蔽上，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相互平行的刀痕。

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1条形带后，将绝缘线芯垂直地装在拉力机上，用夹头夹在绝缘线芯的一端，另一端为10 mm条形带，夹在另一个夹头上。

拉力分别加在绝缘和10 mm条形带上，拉动至少约100 mm长的距离，在剥切角近似180°和速度为（250±50）mm/min条件下进行试验。

应在20℃±5℃温度条件下进行试验。

对未老化和老化后的试样应连续记录其剥离力的数值。

从老化前后的试样绝缘上剥下导电屏蔽的剥离力在4 N~45 N范围内，且绝缘表面应无损伤，也无导电屏蔽痕迹留在绝缘上。

7.5.13 ST2 型护套不延燃试验

本试验仅适用于ST2型护套电缆，按GB/T 18380.12的规定进行不延燃试验。
试验结果应满足GB/T 18380.12的规定。

7.5.14 印刷标志耐擦拭试验

按GB/T 6995.3的规定进行耐擦拭试验。

8 产品验收规则、成品电缆标志及电缆包装、运输和保管

8.1 验收规则

8.1.1 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。如果采用TRXLPE，则应提供相应的报告。

8.1.2 按照表13的要求，对每种型号电缆进行检验。

表13 验收规则

序号	项目名称	例行试验	抽样试验	型式试验	试验方法
1	导体检查	—	×	×	7.3.2
2	结构尺寸检查	—	×	×	7.3.3
3	印刷标志耐擦试验	—	—	×	7.5.14
4	导体直流电阻试验	×	—	×	7.2.2
5	绝缘电阻试验	—	—	×	7.4.8
6	弯曲试验	—	—	×	7.4.3
7	局部放电试验	×	—	×	7.2.3/7.4.4
8	Tan δ 试验	—	—	×	7.4.9
9	4h 电压试验	—	—	×	7.4.5
10	半导体屏蔽电阻率	—	—	×	7.4.6
11	绝缘机械性能试验	—	×	×	7.3.4
12	成品电缆附加段老化试验	—	—	×	7.5.2
13	绝缘的热延伸试验	—	×	×	7.3.8
14	XLPE 或 TRXLPE 绝缘收缩试验	—	—	×	7.5.7
15	绝缘吸水试验	—	—	×	7.4.7
16	乙丙绝缘耐臭氧试验	—	—	×	7.5.6
17	绝缘屏蔽的剥离试验	—	—	×	7.5.12
18	护套机械性能试验	—	×	×	7.3.4
19	ST2 型护套失重试验	—	—	×	7.5.4
20	ST2 型、ST7 型护套高温压力试验	—	×	×	7.3.5/7.5.8
21	ST2 型护套抗开裂试验	—	—	×	7.5.5
22	ST7 型护套收缩试验	—	—	×	7.5.9
23	护套低温冲击试验	—	—	×	7.5.3
24	ST7 型护套环境应力开裂试验	—	—	×	7.5.10
25	SE1 型护套浸油试验	—	×	×	7.3.7
26	SE1 型护套的热延伸试验	—	×	×	7.3.8
27	成品电缆的低温弯曲试验	—	×	×	7.3.6
28	ST7 型护套碳黑含量测定	—	—	×	7.5.11
29	ST2 型护套不延燃试验	—	—	×	7.5.13
30	交流电压试验	×	—	—	7.2.4
31	电缆护套电气试验	×	—	—	7.2.5
注：“×”表示包括该项目；“—”表示不包括该项目。					

8.2 标志

8.2.1 成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号规格和额定电压的连续标志，标志应字迹清楚、易辨识且耐擦。一个标志的结束和下一个标志的开始之间的距离应不大于 500 mm。

8.2.2 需要时，电缆外护套表面可印制下列附加标志：

- 代号(若有)；
- 制造年份；
- 计米标志；
- 标准编号。

8.2.3 喷印标志应具有持久性。使用浸水棉花或布料轻轻擦拭 10 次后,标志应仍能辨识。喷印标志应使用与护套有明显区别的颜色。成品电缆标志应符合 GB/T6995.3 的规定。

8.3 电缆包装、运输和保管

8.3.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137 规定的电缆盘上交货。

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,可成圈包装。

8.3.2 成盘电缆的电缆盘外侧和成圈电缆的附加标签应标明下列内容:

- a) 制造厂名称或商标;
- b) 电缆型号和规格;
- c) 长度(单位为 m);
- d) 毛重(单位为 kg);
- e) 制造日期: X 年 X 月;
- f) 表示电缆盘正确滚动方向的符号;
- g) 本标准编号。

8.3.3 运输和保管应符合下列要求:

- a) 电缆应避免存放在露天场所,电缆盘不应平放;
- b) 运输中不应从高处扔下装有电缆的电缆盘,以免损伤电缆;
- c) 吊装包装件时,不应多盘同时吊装;
- d) 在车辆、船舶等运输工具上,电缆盘应稳定放置,且用合适的方法固定,以防止互撞或翻倒。

附 录 A

(规范性附录)

半导体屏蔽电阻率测量方法

从150 mm长成品电缆样品上制备试样。

将电缆绝缘线芯样品沿纵向对半切开，除去导体以制备导体屏蔽试样，如有隔离层也应去掉（见图B.1）。将绝缘线芯外所有保护层除去后制备绝缘屏蔽试片（见图B.2）。

屏蔽层体积电阻系数的测定步骤如下：

- a) 将四只涂银电极A、B、C和D（见图B.1和图B.2）置于半导体层表面。两个电位电极B和C间距50 mm。两个电流电极A和D相应地在电位电极外侧间隔至少25 mm。
- b) 采用合适的夹子连接电极。在连接导体屏蔽电极时，确保夹子与试样外表面绝缘屏蔽层的绝缘。
- c) 将组装好的试样放入烘箱，预热到规定温度。30 min后用测试线路测量电极间电阻，测试线路的功率不超过100 mW。
- d) 电阻测量后，在室温下测量导体屏蔽及绝缘的外径和导体屏蔽及绝缘屏蔽层的厚度。每个数据取六个测量值的平均值（见图B.2）。
- e) 导体屏蔽的体积电阻率按公式（1）计算，绝缘屏蔽的体积电阻率按公式（2）计算：

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c} \dots\dots\dots (1)$$

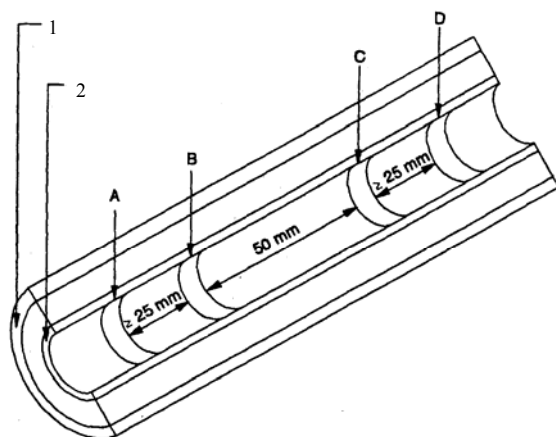
式中：

ρ_c ——体积电阻率，单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot m$ ）；
 R_c ——测量电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
 L_c ——电位电极间距离，单位为米（m）；
 D_c ——导体屏蔽外径，单位为米（m）；
 T_c ——导体屏蔽平均厚度，单位为米（m）。

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

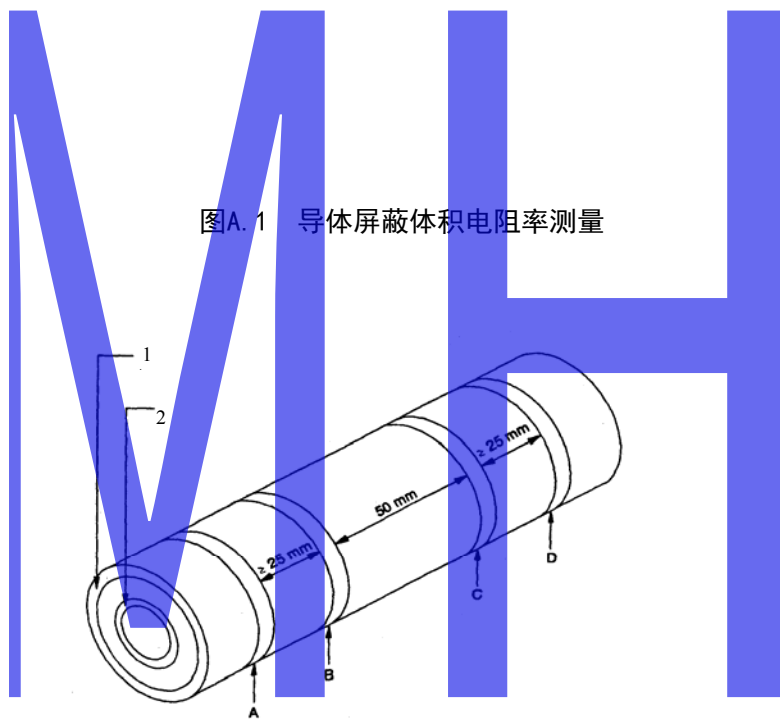
ρ_i ——体积电阻率，单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot m$ ）；
 R_i ——测量电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
 L_i ——电位电极间距离，单位为米（m）；
 D_i ——绝缘屏蔽外径，单位为米（m）；
 T_i ——绝缘屏蔽平均厚度，单位为米（m）。



说明:

- 1—绝缘屏蔽层;
- 2—导体屏蔽层;
- B、C—电位电极;
- A、D—电流电极。

图A.1 导体屏蔽体积电阻率测量



说明:

- 1—绝缘屏蔽层;
- 2—导体屏蔽层;
- B、C—电位电极;
- A、D—电流电极。

图A.2 绝缘屏蔽体积电阻率测量