

附录 A

(规范性)

光伏发电系统用直流电缆通用技术规范

A.1. 使用特性

A.1.1. 额定电压

本文件规定的电缆的额定直流电压为DC1.5kV。

注1：针对直流系统。额定直流电压表示导体对导体间或导体对“地”（周围介质、金属外壳）之间的电压有效值，本文件中电缆在光伏发电系统中直流下最大允许电压为1.8 kV。

注2：额定直流电压1 kV的光伏电缆可参考本标准执行。

A.1.2. 电缆安装时的最小弯曲半径

光伏发电用直流电缆最小弯曲半径应符合表A.1的规定。

表 A.1 电气性能试验项目

项目	光伏发电用直流电缆	
	非铠装电缆	铠装电缆
电缆最小弯曲半径	6 D	12 D
注：D 为电缆外径		

A.1.3. 温度范围

本文件规定的电缆，正常运行条件下，导体最高温度为90℃。其预期使用寿命应达到25年。但当环境温度为90℃时，电缆在导体温度为120℃的条件下应能正常使用20000h。

短路时（最长持续时间不超过5S）电缆导体的最高温度不高于250℃。

电缆安装时的环境温度不宜低于-25℃，储运时的环境温度应不高于40℃。

电缆正常运行环境温度应不低于-40℃。

A.2. 产品代号、型号和标志

A.2.1. 产品代号

产品及型号代号见表 A.2。

表 A.2 产品型号代号

代号	含义
产品代号	
PV	光伏发电系统用
燃烧特性代号及含义	
B ₁	成束阻燃 1 级（燃烧性能等级 B ₁ 级，不含附加分级）
ZA	成束阻燃 A 类
ZB	成束阻燃 B 类
ZC	成束阻燃 C 类
ZD	成束阻燃 D 类
特性代号及含义（非燃烧）	
Y	盐雾
FS	防水（水密性）
导体代号及含义	
省略	GB/T 3956—2008 第 5 种铜导体
RLH	附录 B 软结构铝合金导体
绝缘代号及含义	
YJ	辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃绝缘
护层（套）代号及含义	
YJ	辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃护层（套）
铠装结构及含义	
2	双钢带铠装
外护套材料代号及含义	
5	辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃外护套

A.2.2. 产品型号

产品型号依次由燃烧特性代号、产品代号、特性代号（非燃烧）、绝缘代号、导体代号、护层代号、铠装代号和外护套代号等组成。

产品型号按图 A.1 表示。

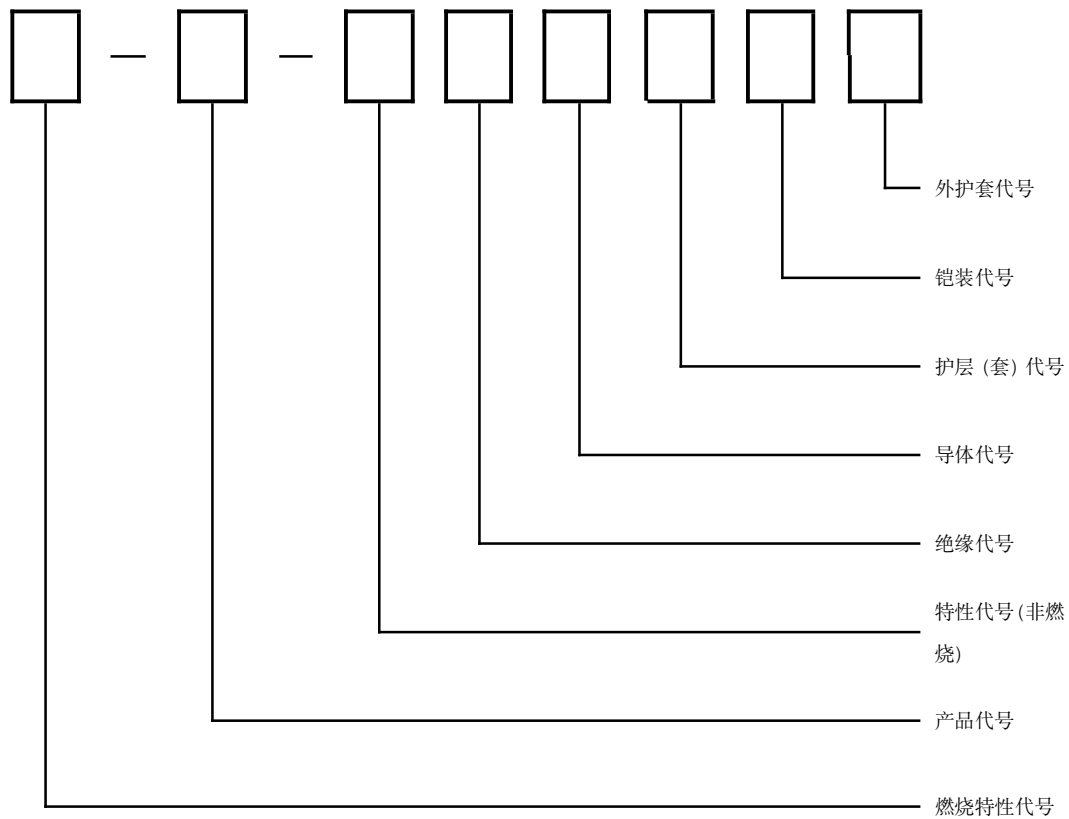


图 A.1 产品型号表示

A.2.3. 产品表示方法

产品用产品型号和规格（额定电压、芯数、标称截面）表示，示例如表A.3所示。

表 A.3 产品型号规格及表示示例

产品型号	导体	铠装	标称截面/mm ²	名称
62930 IEC 131(PV-YJYJ)	镀锡软 铜导体	无铠装	1×1.5~16 2×1.5~16	额定直流电压 1.5kV 交联聚烯烃绝缘及护套光伏发电系统用直流电缆
PV-YJYJ25		双钢带铠装	2×1.5~16	额定直流电压 1.5kV 交联聚烯烃绝缘及护套钢带铠装光伏发电系统用直流电缆
PV-YJRLHYJ	铝合金 软导体	无铠装	1×2.5~25 2×2.5~25	额定直流电压 1.5kV 交联聚烯烃绝缘及护套光伏组件专用柔性铝合金电缆
PV-YJRLHYJ25		双钢带铠装	2×2.5~25	额定直流电压 1.5kV 交联聚烯烃绝缘及护套钢带铠装光伏组件专用柔性铝合金电缆

注：对于无铠装电缆，芯数为“2”表示为双芯平行可分离型电缆。
如为成束阻燃产品，则在燃烧特性代号加 B₁、ZA、ZB、ZC 或 ZD，例如“ZC-PV-YJYJ”。

A.2.4. 标志

1) 通用要求: 电缆应具有制造厂名、产品型号、规格、额定电压的连续标志。标志应符合GB/T 6995.3的规定。

标志可以油墨印字或压印凸字在护套上。

2) 标志的连续性

护套表面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550mm。

3) 耐擦性

油墨印字标志应耐擦。

用浸过水的一团脱脂棉或一块棉布轻轻擦拭制造厂名或商标, 共擦拭10次, 结果应容易识别或易于辨认。

4) 清晰度

所有标志应字迹清楚, 容易识别或易于辨认, 必要时, 可用汽油或其他合适的溶剂擦干净。

A.3. 电缆结构要求

A.3.1. 导体

1) 材料

对于铜导体电缆, 导体材料应是退火铜线。导体中的单线应镀锡, 镀锡层应连续、光滑和均匀, 无目力可视的缺陷。

对于铝合金导体电缆, 导体材料应为符合本文件附录 B.1 要求的铝合金材料。

2) 结构

对于铜导体电缆, 导体结构应符合 GB/T 3956 中第 5 种软铜导体的要求。

对于铝合金导体电缆, 导体结构应符合本文件附录 B 的软结构铝合金导体要求, 且铝合金导体单丝结构应为圆形导体。

导体表面应光洁、无油污、无损伤绝缘的毛刺, 以及凸起或断裂的单线。

电缆导体和绝缘之间可有非吸湿性材料的隔离层, 隔离层应为无卤材料。

3) 结构检查

应通过检验和测量来检查结构是否符合要求。

A.3.2. 绝缘

1) 材料

挤包在每芯导体上的绝缘应是辐照无卤交联低烟阻燃聚烯烃材料。绝缘性能应符合本文件附录 C 的要求。

2) 挤包绝缘

绝缘应连续紧密地挤包在导体或隔离层上，当剥离绝缘时，绝缘应不粘连导体，绝缘层允许一层绝缘或组合绝缘。如果采用组合绝缘，所有性能的测试应在组合绝缘上进行。绝缘的横断面上应无目力可见的气孔或砂眼等缺陷。应通过检验及手工测量检查是否符合要求。

3) 绝缘厚度

绝缘厚度的标称值见表 A.4。

绝缘厚度的平均值应不小于标称值，其最薄处厚度应不小于标称值的 90% - 0.1 mm。

应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

4) 绝缘线芯识别

电缆的绝缘线芯应用着色绝缘或其他合适的方法进行识别。除用黄/绿组合色识别的绝缘线芯外，电缆的每一绝缘线芯应只用一种颜色。任一多芯电缆均不应使用不是组合色用的绿色和黄色。

对每一段长 15 mm 的黄/绿双色绝缘线芯，其中一种颜色应覆盖绝缘线芯表面的 30% ~ 70%，而另一种颜色则应覆盖绝缘线芯的其余部分。

两芯电缆的绝缘颜色优选为红色、黑色。

绝缘颜色亦可按照制造商和采购方的协议采用其他颜色。

表 A.4 电缆综合数据

芯数×标称截面 积 mm ²	DC 1.5kV				DC 1.5kV	
	绝缘厚度标称值 mm	护套厚度标称值 (非铠装/铠装) mm	内衬层标称值(仅适用于铠装电缆) mm	外径上限(仅适用于非铠装电缆) mm	20℃时最小绝缘电阻 MΩ·km	90℃时最小绝缘电阻 MΩ·km
1×1.5	0.7	0.8/-	—	5.4	1050	1.05
1×2.5	0.7	0.8/-	—	5.9	862	0.862
1×4	0.7	0.8/-	—	6.6	709	0.709
1×6	0.7	0.8/-	—	7.2	610	0.610
1×10	0.7	0.8/-	—	8.3	489	0.489
1×16	0.7	0.9/-	—	9.8	395	0.395

芯数×标称截面积 mm ²	DC 1.5kV				DC 1.5kV	
	绝缘厚度标称值 mm	护套厚度标称值 (非铠装/铠装) mm	内衬层标称值 (仅适用于铠装电缆) mm	外径上限 (仅适用于非铠装电缆) mm	20℃时最小绝缘电阻 MΩ·km	90℃时最小绝缘电阻 MΩ·km
1×25	0.9	1.0/-	—	12.2	393	0.393
2×1.5	0.7	-/1.8	1.0	—	1050	1.05
2×2.5	0.7	-/1.8	1.0	—	862	0.862
2×4	0.7	-/1.8	1.0	—	709	0.709
2×6	0.7	-/1.8	1.0	—	610	0.610
2×10	0.8	-/1.8	1.0	—	489	0.489
2×16	0.9	-/1.8	1.0	—	395	0.395
2×25	1.0	-/1.8	1.0	—	393	0.393

注：双芯平行可分离型电缆的结构尺寸参数要求见相应单芯电缆要求。

A.3.3. 两芯电缆的成缆

1) 双芯平行无铠装电缆（可分离型）

双芯平行无铠装电缆，即绝缘线芯应单独护套，平行放置，每一单独线芯均应满足本文件中单芯无铠装护套电缆的要求。

2) 双芯圆形铠装电缆

双芯圆形铠装电缆的绝缘线芯应绞合成缆，成缆节径比应不大于 16。

缆芯间隙可以采用非吸湿性材料填充圆整。

缆芯外根据需要可以绕包一层或多层非吸湿性材料。

电缆填充材料和绕包材料均应为无卤材料，并满足本文件附录 C 中表 C.1 第 7 项的要求。

A.3.4. 内衬层和填充物

1) 材料

铠装电缆应具备挤包内衬层。

内衬层和填充物材料应适合于电缆的运行温度，并与绝缘材料相兼容。

2) 内衬层厚度

内衬层厚度的标称值见表 A.4。

内衬层最薄处厚度应不小于标称值的 80% - 0.2mm。应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

A.3.5. 金属铠装

1) 金属铠装类型

铠装的类型应为双钢带铠装。

2) 材料

钢带应为镀锌钢带。钢带应符合 YB/T 024 规定。

3) 铠装结构

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间隙上方，包带间隙应不大于金属带实测宽度的 50%。

铠装金属带的标称厚度应不小于表 A.5 规定的数值，最薄点不小于表 A.5 标称厚度的 90%。应按 GB/T 12706.1 中 16.7.2 条规定的试验方法检查是否符合要求。

表 A.5 铠装金属带标称厚度

铠装前假定直径	钢带标称厚度/mm
≤ 30	0.2
$30 < d \leq 70$	0.5

A.3.6. 外护套

1) 材料

挤包在成缆绝缘线芯或铠装层上的外护套应是辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃材料。

辐照交联无卤低烟阻燃聚烯烃材料的护套性能应符合附录 C 的要求。

2) 结构

护套应挤包在缆芯或铠装层上

电缆外护套和缆芯之间允许有非吸湿性材料的隔离层，隔离层应为无卤材料。

护套表面应光滑平整，色泽均匀，无裂缝、孔洞、颗粒等缺陷，其断面应无杂物或孔洞。

3) 护套厚度

护套厚度的标称值见表 A.4。

护套厚度的平均值应不小于标称值，非铠装电缆护套最薄处厚度应不小于标称值的 $85\% - 0.1\text{mm}$ ，铠装电缆护套薄处厚度应不小于标称值的 $80\% - 0.2\text{mm}$ 。

不可剥离的电缆绝缘及护套厚度的平均值不小于绝缘和护套标称厚度之和，其最薄处厚度应不小于标称值之和的 $85\% - 0.1\text{mm}$ 。

应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

4) 护套颜色

外护套宜采用黑色，但也可以按照制造商和采购方的协议采用其他颜色。

5) 外径及椭圆度

成品电缆的外径应符合表 A.4 的规定。

电缆在挤包护套后应形成实际上的圆形，在同一横截面上测得的最大外径和最小外径之差应不超过平均外径上限的 15%，分别测量两处，取最大值。

应按照 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

6) 双芯可分离型电缆护套

对于双芯可分离型光伏电缆，应如图 A.2 所示，其线芯连接筋位于光伏电缆的正中间，连接筋与护套连接切线处约成 90° ，连接筋的宽度应不小于 0.3mm 。剥离双芯可分离型光伏电缆时，护套表面目测应无裂纹、无损伤，剥离力 F 应在 5N 至 30N 范围内，如护套表面有损伤，则需测量损伤处的结构尺寸，尺寸需满足要求。

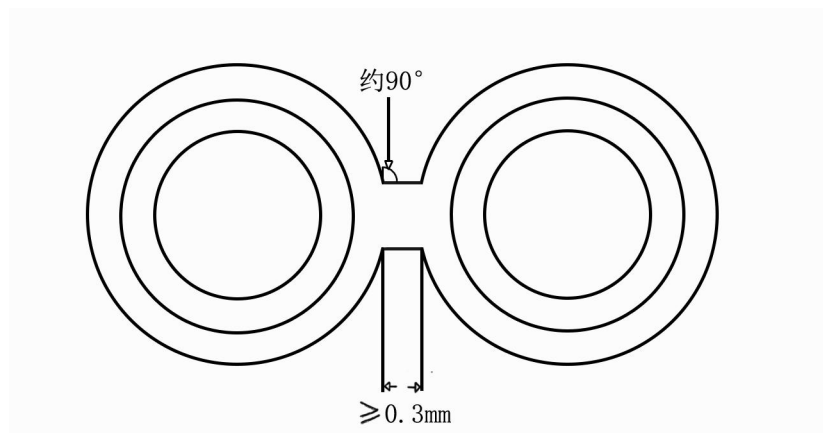


图 A.2 双芯可分离型光伏电缆连接筋示意图

注：扁型电缆护套的技术要求参考双芯可分离型电缆护套

A.4. 成品电缆性能要求及试验方法

A.4.1. 一般要求

交货的成品电缆应按下述规定（表 A.6、表 A.7、表 A.9）进行检测和试验，检查是否满足相应要求。

A.4.2. 结构特性

电缆的结构和尺寸检查符合本文表A.7的规定，按GB/T 2951.11及GB/T 12706.1要求进行检测。其中，双芯可分离型电缆的连接筋剥离力试验见CQC 1102中附录D。

A.4.3. 电气性能

表 A.6 电气性能试验项目

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	试验类型 ^o
1	导体直流电阻试验		GB/T 3048.4	GB/T 3956 中附录 A	T, S
2	成品电缆电压试验 (非铠装) ^a		GB/T 3048.8 GB/T 3048.14		T, S
2.1	试验条件				
	——试样长度	m		20	
	——浸水最少时间	h		1	
	——水温	℃		20±5	
2.2	试验电压	kV		6.5kV (AC) 或 15kV (DC)	
2.3	每次最少施加电压时间	min		5	
2.4	试验结果			不击穿	
3	绝缘线芯或成品电缆的缺陷检查		GB/T 3048.9		R
3.1	试验条件			GB/T 3048.9 中表 1 规定	
	——绝缘标称厚度	δ/mm			
	——试验电压	kV			
3.2	试验结果			无击穿	
4	绝缘电阻试验 ^{b,d}				T, S
4.1	20℃绝缘电阻测量		GB/T 3048.5		
4.1.1	试验条件:				
	——试样长度	m		5	
	——浸水最少时间	h		2	
	——试验温度	℃		20	
4.1.2	试验结果	MΩ•km		表 A.4 规定值	
4.2	90℃绝缘电阻测量		GB/T 3048.5		

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	试验类型 ^c	
4.2.1	试验条件:					
	——试样长度	m		5		
	——浸水最少时间	h		2		
	——试验温度	°C		90		
4.2.2	试验结果	MΩ•km		表 A.4 规定值		
5	绝缘长期耐直流电压试验 ^d		见附录 A4.3 第 5)		T	
5.1	试验条件:					
	——试样长度	m		5		
	——浸水最少时间	h		240		
	——水温	°C		85 ± 5		
	——试验电压 (直流)	kV		1.8		
5.2	试验结果			绝缘不发生击穿, 试验结束绝缘表面应无损坏		
6	护套表面电阻		见附录 A4.3 第 6)	—	T	
6.1	试验条件					
	——试验电压 (直流)	V		100 ~ 500		
	——试验时间	min		1		
6.2	试验结果	Ω		≥10 ⁹		
7	铠装电缆护套的火花测试		GB/T 3048.10	GB/T 3408.10 中表 1 规定	R	
7.1	试验条件					
	——绝缘标称厚度	δ /mm				
	——试验电压	kV				
7.2	试验结果				无击穿	
注: ^a 对于铠装电缆的电压试验, 无需浸水, 导体接至试验电源的高压端, 铠装接至接地端; ^b 不规定正偏差; ^c 试验类型: 型式试验: T; 抽样试验: S; 例行试验: R; ^d 如电缆的绝缘和护套采用双层共挤导致无法相互分离, 见附录 A.4.6 第 2) a) 内容。						

1) 导体直流电阻

导体直流电阻应按GB/T 3048.4进行试验。

20℃时的导体直流电阻应符合GB/T 3956 (铜导体) 或附录B (铝合金导体) 中的规定。

2) 成品电缆电压试验

成品电缆应按GB/T 3048.8进行交流电压试验, 或按GB/T 3048.14进行直流电压试验。

试样长度、水温和浸水时间应符合表A.6的规定。

3) 绝缘线芯或成品电缆的缺陷检查

电缆的绝缘线芯或成品电缆应按GB/T 3048.9经受工频电压或直流电压的火花试验检查，按GB/T 3048.9中表1的推荐电压值进行试验。

当单芯电缆的绝缘和护套共挤时，应将绝缘和护套的标称厚度相加之后再参照GB/T 3048.9中表1推荐的电压值进行试验。

结果应符合表A.6中的规定。

4) 绝缘电阻

20℃时的绝缘电阻应按GB/T 3048.5进行试验，试验条件见表A.6中的规定，绝缘电阻应符合表A.4的规定。

90℃时的绝缘电阻应按GB/T 3048.5进行试验，试验条件见表A.6中的规定，绝缘电阻应符合表A.4的规定。

5) 绝缘长期耐直流电压试验

取一定长度的电缆，剥去护套和任何其他包覆层或填充而不损伤绝缘线芯。

将试样浸入含氯化钠10g/L的恒温水槽中，浸入试样时，试样两端应露出水溶液约250mm，要求导体接电源负极，水溶液接电源正极。

试验条件和要求应符合表A.5的规定。

6) 护套表面电阻

取三段长约250mm的试样，用酒精清洁试样护套表面后，用两个铜丝绕组作为电极绕在护套上，两电极相距100mm，铜丝直径为(0.2~0.6)mm，安装后应重新清洁两电极间的护套表面。

将试样放置于温度为(20±2)℃、湿度为(65±5)%的环境中24h。随后在两电极间加直流电压(100~500)V，1min后测量电阻值R。

按公式(1)计算护套表面电阻 R_h 。

$$R_h = R \times a / 100 \quad (1)$$

式中：

R_h ——护套表面电阻，单位为欧姆(Ω)；

R——表面电阻测量值，单位为欧姆(Ω)；

a——试样周长，单位为毫米(mm)；

三个试验结果的中间值即为护套表面电阻，结果应符合表A.6中的规定。

7) 铠装电缆护套的火花测试

电缆金属套或铠装应按GB/T 3048.10经受工频电压或直流电压的火花试验检查，按GB/T 3048.10中表1的推荐电压值进行试验。

火花试验应在挤制防蚀套的过程中进行，也可在火花试验机上单独进行。

结果应符合表 A.6 中的规定。

A.4.4. 非电气性能

表 A.7 非电气性能试验项目

序号	试验项目 ^d	单位	试验方法	要求	试验类型 ^e
1	电缆结构和尺寸检查				
1.1	导体				
1.1.1	导体单线直径	mm		GB/T 3956 或本文件附录 B	T, S
1.1.2	镀锡层检查			无可见裂纹	T
1.2	绝缘				
	绝缘厚度测量 ^e	mm	GB/T 2951.11 中 8.1	见附录 A.3.2 第 3)	T, S
1.3	内衬层厚度测量		GB/T 2951.11 中 8.2	见附录 A.3.4 第 2)	T, S
1.4	铠装层结构测量		GB/T 12706.1 中 16.7.2	见附录 A.3.5 第 3)	T
1.5	护套				
	护套厚度测量 ^e	mm	GB/T 2951.11 中 8.2	见附录 A.3.6 第 3)	T, S
1.6	外径测量	mm	GB/T 2951.11 中 8.3	见附录 A.3.6 第 5)	T, S
1.6.1	平均值	mm			
1.6.2	椭圆度	%			
1.7	护套颜色		目测	见附录 A.3.6 第 4)	T, S
1.8	标志		目测和手工试验	见附录 A.2.4	T, S
1.9	双芯可分离型电缆的连接筋剥离力试验		见附录 A.4.4 第 13)	见附录 A.4.4 第 13)	T
2	绝缘材料性能		附录 C	附录 C 中表 C.1	T
3	护套材料性能		附录 C	附录 C 中表 C.1	T
4	非污染试验				T
4.1	老化条件				
	——时间	h	GB/T 2951.12 中 8.1.4	168	
	——温度	℃		135 ± 2	
4.2	试验结果			附录 C 中表 C.1	
5	低温冲击试验				T
5.1	试验条件		见附录 A.4.4 第 2) 和 GB/T 2951.14 中 8.5	见附录 A.4.4 第 2)	
5.2	试验结果			无裂纹	

序号	试验项目 ^d	单位	试验方法	要求	试验类型 ^e
6	低温弯曲试验 对于电缆外径≤12.5mm		GB/T 2951.14 中 8.2		T
6.1	试验条件				
	——施加低温时间	h		16	
	——温度	℃		-40±2	
6.2	试验结果			无裂纹	
7	低温拉伸试验 对于电缆外径>12.5mm		GB/T 2951.14 中 8.3 和 8.4		T
7.1	试验条件				
	——施加低温时间	h		4	
	——温度	℃		-40±2	
7.2	试验结果				
	——绝缘最小伸长率	%	30		
	——护套最小伸长率	%	30		
8	耐臭氧试验	T	GB/T 2951.21 中 8.1	见附录 A.4.4 第 5)	T
8.1	试验条件				
	——试验温度	℃		25±2	
	——试验时间	h		24	
	——臭氧浓度	%		(250~300)×10 ⁻⁴	
8.2	试验结果			无裂纹	
9	人工气候老化试验 (UV 试验) (仅针对外护套) ^f		NB/T 42073—2016 中附录 D GB/T 16422.2—2014		T
9.1	试验条件			NB/T 42073 中附录 D	
9.2	试验结果			NB/T 42073 中附录 D	
10	动态穿透试验 (仅适用于单芯 无铠装电缆)		NB/T 42073 中附录 C		T
10.1	试验条件			NB/T 42073 中附录 C	
10.2	试验结果			NB/T 42073 中附录 C	
11	湿热试验 ^{f,g}		GB/T 2423.3	见附录 A.4.4 第 8)	T
11.1	试验条件				
	——温度	℃		90	
	——时间	h		1000	
	——相对湿度, 最小值	%		85	
	——恢复时间	h		16-24	
11.2	试验结果				
	——抗张强度变化率最大值	%	-30 ^a		
	——断裂伸长率变化率最大值	%	-30 ^a		

序号	试验项目 ^d	单位	试验方法	要求	试验类型 ^e
12	护套收缩试验		GB/T 2951.13 中第 11 章		T
12.1	试验条件				
	——温度	℃		120	
	——加热持续时间	h		1	
	——加热周期			5	
	——试样长度	mm		300	
12.2	试验结果				
	——最大允许收缩	%		2	
13	单根垂直燃烧试验 ^d		GB/T 18380.12		T, S
	试验结果			GB/T 18380.12 中附录 A	
14	烟密度试验 ^d		GB/T 17651.2	GB/T 17651.1	T
14.1	试验结果				
	——透光率的最小值	%		60	
15	非金属材料无卤性能试验 ^b		GB/T 17650.1		T
15.1	酸气含量试验		GB/T 17650.1	附录 C 中表 C.1	
15.2	氟含量试验		IEC 60684—2	附录 C 中表 C.1	
15.3	pH 值和电导率试验		GB/T 17650.2	附录 C 中表 C.1	
注: ^a 不规定正偏差。 ^b 所有非金属材料均应进行无卤性能试验, 要求相同。 ^c 试验类型: 型式试验: T; 抽样试验: S; 例行试验: R。 ^d 双芯平行 (可分离型) 电缆每一单独线芯应满足相应要求。如对双芯平行 (可分离型) 电缆进行单根垂直燃烧试验和烟密度试验, 见 A.4.6 第 1) 内容。 ^e 如电缆的绝缘和护套采用双层共挤导致无法相互分离, 见附录 A.4.6 第 2) b) 内容。 ^f 如电缆的绝缘和护套采用双层共挤导致无法相互分离, 见附录 A.4.6 第 2) c) 内容。					

1) 非污染试验

成品电缆应按GB/T 2951.12中8.1.4进行非污染试验, 试验条件见表A.7中的规定, 绝缘和护套的性能应满足表C.1中的要求。

2) 低温冲击

低温冲击试验应按GB/T 2951.14中8.5在-40℃进行试验, 砝码重量和落锤高度应按表A.8的规定。试验后用正常视力或矫正视力而不用放大镜检查, 要求试样均不应有裂纹。

表 A.8 低温冲击试验的试验参数

电缆直径/mm	砝码质量/g	圆杆质量/g	砝码高度/mm
$D \leq 15$	1000	200	100
$15 < D \leq 25$	1500	200	150

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/717062153064006151>