

T/AHDD

团 体 标 准

T/AHDD 0019—2025

## 海上光伏系统用电缆

Requirements for cables for installation in offshore photovoltaic-systems

2025-06-19 发布

2025-06-30 实施

安徽省电线电缆行业协会发布

目录

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 使用特性 ..... 2

4.2 电缆导体长期允许工作温度 ..... 2

5 产品型号及示例 ..... 3

5.1 产品型号 ..... 3

5.2 标志 ..... 3

6 技术要求 ..... 3

6.1 导体 ..... 3

6.2 绝缘 ..... 4

6.3 护套 ..... 4

6.4 双芯电缆 ..... 5

6.4.1 连接筋的撕裂力测量 ..... 5

6.4.2 连接筋的尺寸测量 ..... 5

7 成品电缆 ..... 7

7.2 电气性能 ..... 7

7.3 非电气性能 ..... 9

8 试验项目和试验方法 ..... 10

9 包装、运输、贮存 ..... 12

9.1 包装 ..... 12

9.2 运输和贮存 ..... 12

附 录 A 相容性试验 ..... 13

附 录 B 电缆非金属材料卤素含量测定 ..... 14

附 录 C 长期耐直流电压试验 ..... 15

附 录 D 成品电缆低温冲击试验 ..... 16

附 录 E 动态穿透试验 ..... 17

附 录 F 90 ℃ 水中电容变化 ..... 18

附 录 G 耐盐雾试验 ..... 19

附 录 H 长霉试验 ..... 20

附 录 I 人工气候老化试验（UV 试验） ..... 21

附 录 J 护套表面电阻 ..... 22

## 前 言

本文件按照 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本文件由安徽省电线电缆行业协会提出。

本文件由安徽省电线电缆行业协会归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：莱茵技术（上海）有限公司、安徽华航电缆科技有限公司、安徽鑫海高导新材料有限公司、浙江卡迪夫电缆有限公司、安徽联信电缆集团有限公司、安徽怡和电缆有限公司、鹰潭市康大塑胶有限公司、安徽楚峰电缆有限公司、安徽卓众电缆集团有限公司、新亚特电缆股份有限公司、安徽国威线缆集团有限公司、三钧线缆（无锡）有限公司、正泰新能科技股份有限公司、天合光能股份有限公司、安徽省产品质量监督检验研究院、安徽省电线电缆行业协会。

本文件起草人：王晶晶、张春生、汤优钢、代秋霞、陈震山、吴词玉、朱荣、李明、裴少飞、韩惠福、沈腾飞、王院祥、宫欣欣、蒋忠伟、宣萍、胡良健、魏斯文、占国威、余梦。

本标准首次发布。

# 海上光伏系统用电缆

## 1 范围

本文件规定了额定电压AC 1/1 kV和 DC 1.5 kV海上光伏系统用电缆（以下简称电缆）的术语和定义、使用特性、产品型号及示例、技术要求、成品电缆、试验项目和试验方法、包装、运输、贮存等。电缆适用于 GB/T 17045—2020 中定义的 II 类设备。

## 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 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热方法
- GB/T 2423.16—2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉
- GB/T 2900.10—2013 电工术语 电缆
- 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 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 3048.5—2007 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验
- GB/T 3048.8—2007 电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验
- 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 3048.14—2007 电线电缆电性能试验方法 第14部分：直流电压试验
- GB/T 3048.16—2007 电线电缆电性能试验方法 第16部分：表面电阻试验
- 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 6995.3—2008 电线电缆识别标志方法 第3部分：电线电缆识别标志
- GB/T 7113.2—2014 绝缘软管 第2部分：试验方法
- GB/T 11026.1—2016 电气绝缘材料 耐热性 第1部分：老化程序和试验结果的评定
- GB/T 11026.2—2012 电气绝缘材料耐热性 第2部分：试验判断标准的选择
- GB/T 12706—2020 额定电压1kV ( $U_m = 1.2$  kV) 到35kV ( $U_m = 40.5$  kV) 挤包绝缘电力电缆及附件
- GB/T 16422.2—2022 塑料实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯
- GB/T 17045—2020 电击防护 装置和设备的通用部分

- GB/T 17650.1—2021 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第1部分 卤酸气体总量
- GB/T 17650.2—2021 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
- GB/T 18380.12—2022 电缆和光缆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
- GB/T 19666—2019 阻燃和耐火电线电缆通则
- JB/T 8137—2013 电线电缆交货盘
- IEC 62930:2017 额定DC 1.5 kV光伏发电系统用电缆
- IEC 60068-2-52—2017 环境试验 第2部分 试验—试验Kb：盐雾，循环（氯化钠溶液）
- IEC 62821-2:2015 试验方法 — 长期耐直流试验方法
- UL 2556—2021 电线电缆试验方法

### 3 术语和定义

GB/T 2900.10界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 型式试验 type test （符号 T）

型式试验是指按一般商业原则，对该标准规定的一种型号电缆在供货前进行的试验，以证明电缆具有良好的性能，能满足规定的使用要求。型式试验的本质是一旦进行这些试验后，不必重复进行。如果改变电缆材料或设计会影响电缆的性能，则必须重复进行型式试验。

#### 3.2 抽样试验 sample test （符号 S）

抽样试验是由制造方按照规定的频次在成品电缆试样上或取自成品电缆的元件上进行的试验，以检验成品电缆产品符合设计规范要求。

#### 3.3 例行试验 routine test （符号 R）

例行试验是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。

### 4 使用特性

#### 4.1 额定电压

额定电压：AC 1/1 kV；DC 1.5 kV。

在交流系统中，额定电压以 $U_0/U$ 表示，系统的额定电压为1/1kV。 $U_0$ 为任一绝缘导体对“地”（电缆的金属护层或周围介质）之间的电压有效值， $U$ 为多芯电缆或单芯电缆系统任何两相导体之间的电压有效值。

DC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，在光伏发电系统中直流下的最大允许电压为1.8 kV。

#### 4.2 电缆导体长期允许工作温度

电缆导体长期允许工作温度为90℃，最高允许工作温度为120℃。

推荐使用的环境温度：-40℃至+90℃。电缆允许的短路温度为250℃，时间不超过5s。

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20000 h。  
电缆安装时的环境温度应不低于-25 ℃, 储运时的环境温度应不高于45 ℃。

注: 本标准适用的电缆在正常使用条件下预期使用寿命应达到25n。

5 产品型号及示例

5.1 产品型号

PV-SWR ..... 海上光伏系统用电缆  
PV-SWR HF .....海上光伏系统用无卤电缆

5.1.1 产品表示方法示例

用产品型号和规格（额定电压、芯数、标称截面）表示。

示例: 额定电压 DC 1500 V, 无卤交联绝缘及护套, 海上光伏系统用电缆, 单芯, 导体标称截面积为 10mm<sup>2</sup>, 表示为: PV-SWR HF DC 1500V 1×10mm<sup>2</sup> T/AHDD 0019—2025。

5.2 标志

5.2.1 产地标志和电缆识别

电缆应具有制造厂名、产品型号和额定电压的连续标志。标志应符合 GB/T 6995.3—2008 的规定。  
标志可采用油墨印字、压印凸字或凹字等方法印在电缆外表面上。

5.2.2 标志的连续性

一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离d 应不超过550 mm, 示意图见图1。

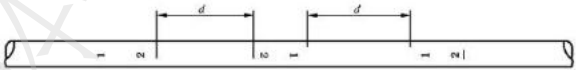


图1

5.2.3 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电缆标志, 共擦拭10次, 结果应容易识别或易于辨认。

5.2.4 清晰度

所有标志应字迹清楚, 容易识别或易于辨认。

6 技术要求

6.1 导体

6.1.1 材料

导体中的单线应是镀锡软铜线。

### 6.1.2 结构和性能

电缆的导体结构和性能应符合 GB/T 3956—2008 第 5 种镀锡铜导体的要求。

### 6.1.3 隔离层

电缆导体和绝缘之间允许有非吸湿性材料的隔离层，无卤电缆隔离层应为无卤材料。

## 6.2 绝缘

### 6.2.1 材料

绝缘材料应选用与电缆耐温等级相适应的热固性材料。

其性能应符合表 1 的规定。

### 6.2.2 结构

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，且组合绝缘层之间应粘连。如果采用组合绝缘，所有性能的测试应在组合绝缘上进行。

### 6.2.3 绝缘厚度

电缆绝缘厚度的标称值应符合表 2 的规定。

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。

## 6.3 护套

### 6.3.1 材料

护套材料应选用与电缆耐温等级相适应的热固性材料。

其性能应符合表 1 护套材料的要求。

### 6.3.2 结构

护套应挤包在缆芯上。护套允许一层护套或组合护套，如果采用组合护套，所有性能的测试应在组合护套上进行。

电缆护套和缆芯之间允许有非金属材料的隔离层，对于无卤电缆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、气孔、颗粒等缺陷，其断面应无杂质或气孔。

### 6.3.3 护套厚度

电缆护套厚度的标称值应符合表 2 的规定。

护套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 85%—0.1 mm。

### 6.3.4 护套颜色

护套通常为黑色，也可按照制造商与采购方的协议使用其他颜色。

### 6.3.5 外径

成品电缆的外径应符合表 2 的规定。

在电缆护套同一截面上测得的任意两点外径之差应不超过测得平均外径的 15%。

6.4 双芯电缆

本标准允许双芯电缆结构，每根绝缘线芯均应具有单独护套，且中间需加连接筋（如图1），测试要求如下：

6.4.1 连接筋的撕裂力测量

取1m长的试样进行测试，在环境温度为23±5℃下进行，中间用刀切开一个小口子，分开两根平行线至适当位置，将两根线夹在拉力机上，拉伸速度保持在5mm/s。

要求需满足以下两点：

- 1) 拉力：5N≤F≤30N
- 2) 护套表面目测无裂纹无损伤

6.4.2 连接筋的尺寸测量

不要拨开两根平行线，进行切片。并测量连接筋的长、宽、高。

要求需满足：连接筋位于平行线的正中间，连接筋和线的外围之间应该有一个 90° 左右的角度，且宽度不小于 0.3mm。示意图见图 2。

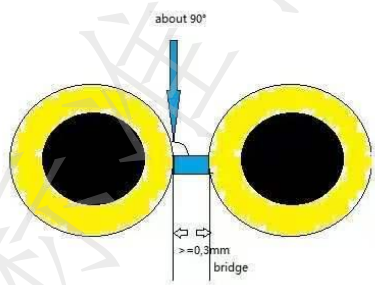


图2

表 1 绝缘及护套的机械物理性能

| 序号  | 试验项目     | 单位                | 试验方法         | 技术要求              |                   |
|-----|----------|-------------------|--------------|-------------------|-------------------|
|     |          |                   |              | 绝缘                | 护套                |
| 1   | 机械性能     |                   | GB/T         |                   |                   |
| 1.1 | 老化前      |                   | 2951.11-2008 |                   |                   |
|     | 抗张强度     | N/mm <sup>2</sup> |              | ≥8.0              | ≥8.0              |
|     | 断裂伸长率    | %                 |              | ≥125              | ≥125              |
| 1.2 | 空气烘箱老化后  |                   | GB/T         |                   |                   |
|     | 老化条件     |                   | 2951.12-2008 |                   |                   |
|     | 温度       | ℃                 |              | 150±2             | 150±2             |
|     | 处理时间     | h                 |              | 168               | 168               |
|     | 试验结果     |                   |              |                   |                   |
|     | 抗张强度变化率  | %                 |              | ≤-30 <sup>a</sup> | ≤-30 <sup>a</sup> |
|     | 断裂伸长率变化率 | %                 |              | ≤-30 <sup>a</sup> | ≤-30 <sup>a</sup> |

表 1（续） 绝缘及护套的机械物理性能

| 序号                     | 试验项目                          | 单位                | 试验方法         | 技术要求        |                 |
|------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|
|                        |                               |                   |              | 绝缘          | 护套              |
| 2                      | 热延伸试验                         |                   | GB/T         |             |                 |
| 2.1                    | 试验条件                          |                   | 2951.21-2008 |             |                 |
|                        | 温度                            | ℃                 |              | $200 \pm 3$ | $200 \pm 3$     |
|                        | 机械压力                          | N/cm <sup>2</sup> |              | 20          | 20              |
|                        | 试验结果                          |                   |              |             |                 |
| 2.2                    | 负荷下最大伸长率                      | %                 |              | $\leq 100$  | $\leq 100$      |
|                        | 最大永久伸长率                       | %                 |              | $\leq 25$   | $\leq 25$       |
| 3                      | 热寿命试验                         |                   |              |             |                 |
|                        | 评定方法                          |                   | GB/T         |             |                 |
|                        | 试验条件                          |                   | 11026.1-2016 |             |                 |
|                        | 寿命终点以断裂伸长率判定                  |                   | GB/T         |             |                 |
|                        | 试验结果                          |                   | 11026.2-2012 |             |                 |
|                        | --20000h 时的温度指数               | ℃                 |              | $\geq 120$  | $\geq 120$      |
|                        | —断裂伸长率                        | %                 |              | 50          | 50              |
|                        | （寿命终点）                        |                   |              |             |                 |
| 4                      | 低温卷绕试验 $D \leq 12.5\text{mm}$ |                   | GB/T         |             |                 |
| 4.1                    | 试验条件                          |                   | 2951.14-2008 |             |                 |
|                        | 温度                            | ℃                 |              | $-40 \pm 2$ | $-40 \pm 2$     |
|                        | 施加低温时间                        | h                 |              | 16          | 16              |
| 4.2                    | 试验结果                          |                   |              | 不开裂         | 不开裂             |
| 5                      | 低温拉伸试验 $D > 12.5\text{mm}$    |                   | GB/T         |             |                 |
| 5.1                    | 试验条件                          |                   | 2951.14-2008 |             |                 |
|                        | 温度                            | ℃                 |              | $-40 \pm 2$ | $-40 \pm 2$     |
|                        | 低温时间                          | h                 |              | 16          | 16              |
| 5.2                    | 试验结果                          |                   |              |             |                 |
|                        | 最小伸长率                         | %                 |              | $\geq 30$   | $\geq 30$       |
| 6                      | 耐酸碱试验                         |                   | GB/T         |             |                 |
| 6.1                    | 试验条件                          |                   | 2951.21-2008 |             |                 |
|                        | 试验温度                          | ℃                 |              |             | 23              |
|                        | 试验时间                          | h                 |              |             | 168             |
|                        | 化学浓度（重量浓度）                    | %                 |              | —           | 草酸 4.5、氢氧化钠 4.0 |
| 6.2                    | 试验结果                          |                   |              |             |                 |
|                        | 断裂伸长率                         | %                 |              |             | $\geq 100$      |
|                        | 抗张强度变化率                       | %                 |              |             | $\leq \pm 30$   |
| 注： <sup>a</sup> ：不规定正值 |                               |                   |              |             |                 |

表 2 电缆尺寸及绝缘电阻

| 标称截面积<br>mm <sup>2</sup> | 绝缘厚度标称值<br>mm | 外护套厚度标称值<br>mm | 平均外径上限<br>(参考值)<br>mm | 20℃时最小绝缘电阻<br>MΩ·km | 90℃时最小绝缘电阻<br>MΩ·km |
|--------------------------|---------------|----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 1.5                      | 0.8           | 0.8            | 5.6                   | 1050                | 1.05                |
| 2.5                      | 0.8           | 0.8            | 6.1                   | 862                 | 0.862               |
| 4                        | 0.8           | 0.8            | 6.8                   | 709                 | 0.709               |
| 6                        | 0.8           | 0.8            | 7.4                   | 610                 | 0.610               |
| 10                       | 0.8           | 0.8            | 8.5                   | 489                 | 0.489               |
| 16                       | 0.9           | 0.9            | 10.2                  | 395                 | 0.395               |
| 25                       | 1.0           | 1.0            | 12.4                  | 393                 | 0.393               |
| 35                       | 1.1           | 1.1            | 14.4                  | 335                 | 0.335               |
| 50                       | 1.2           | 1.2            | 16.7                  | 314                 | 0.314               |
| 70                       | 1.2           | 1.2            | 18.9                  | 291                 | 0.291               |
| 95                       | 1.3           | 1.3            | 21.2                  | 258                 | 0.258               |
| 120                      | 1.3           | 1.3            | 23.2                  | 249                 | 0.249               |
| 150                      | 1.4           | 1.4            | 25.7                  | 268                 | 0.268               |
| 185                      | 1.6           | 1.6            | 28.7                  | 260                 | 0.260               |
| 240                      | 1.7           | 1.7            | 32.3                  | 249                 | 0.249               |
| 300                      | 1.8           | 1.8            | 35.6                  | 237                 | 0.237               |
| 400                      | 2.0           | 2.0            | 40.6                  | 230                 | 0.230               |

7 成品电缆

7.1 结构特性

成品电缆的结构及特性应符合第 6 章的规定。

7.2 电气性能

- 7.2.1 成品电缆 20℃时导体直流电阻值应符合 GB/T 3956—2008 的规定。
- 7.2.2 成品电缆应经受 6.5 kV 工频交流耐压试验或 15 kV 直流耐压试验 5min 不击穿。
- 7.2.3 生产过程中，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—2007 经受工频火花电压试验检查。
- 7.2.4 成品电缆的绝缘电阻应符合表 2 的规定。
- 7.2.5 电缆的其他电气性能应符合表 3 的规定。

表 3 电气性能试验要求

| 序号    | 试验项目           | 单位   | 要求             | 试验方法             |
|-------|----------------|------|----------------|------------------|
| 1     | 电气性能试验         |      |                |                  |
| 1.1   | 导体直流电阻测量       |      |                | GB/T 3048.4—2007 |
| 1.1.1 | 试验结果：<br>——最大值 | Ω/km | GB/T 3956—2008 |                  |

表 3 （续） 电气性能试验要求

| 序号    | 试验项目               | 单位    | 要求                             | 试验方法             |
|-------|--------------------|-------|--------------------------------|------------------|
| 1.2   | 成品电缆电压试验           |       |                                | GB/T 3048.8—2007 |
| 1.2.1 | 试验条件：              |       |                                |                  |
|       | ——试样长度             | m     | 20                             |                  |
|       | ——浸水最少时间           | h     | 1                              |                  |
|       | ——水温               | ℃     | 20±5                           |                  |
| 1.2.2 | 试验电压交流AC或          | kV    | 6.5                            |                  |
|       | 试验电压直流DC           | kV    | 15                             |                  |
| 1.2.3 | 施加电压时间             | min   | 5                              |                  |
| 1.2.4 | 试验结果               | —     | 不击穿                            |                  |
| 1.3   | 绝缘线芯或成品电缆的<br>缺陷检查 |       |                                | GB/T 3048.9—2007 |
| 1.3.1 | 试验结果               | —     | 不击穿                            |                  |
| 1.4   | 绝缘电阻试验             |       |                                | GB/T 3048.5—2007 |
| 1.4.1 | 20℃绝缘电阻测量          |       |                                |                  |
|       | 试验条件：              |       |                                |                  |
|       | ——试样长度             | m     | 5                              |                  |
|       | ——浸水最少时间           | h     | 2                              |                  |
|       | ——试验温度             | ℃     | 20±2                           |                  |
|       | 试验结果               | MΩ·km | 表 2                            |                  |
| 1.4.2 | 90℃绝缘电阻测量          |       |                                | GB/T 3048.5—2007 |
|       | 试验条件：              |       |                                |                  |
|       | ——试样长度             | m     | 5                              |                  |
|       | ——浸水最少时间           | h     | 336                            |                  |
|       | ——试验温度             | ℃     | 90±2                           |                  |
|       | 试验结果               | MΩ·km | 表 2                            |                  |
| 1.5   | 长期耐直流电压试验          |       |                                | 附录 C             |
| 1.5.1 | 试验条件：              |       |                                |                  |
|       | ——试样最小长度           | m     | 5                              |                  |
|       | ——浸水最少时间           | h     | 2016                           |                  |
|       | ——水温               | ℃     | 90±2                           |                  |
|       | ——试验电压             | kV    | 3.6                            |                  |
| 1.5.2 | 试验结果               | —     | 电缆不发生击穿，试<br>验结束后电缆表面应<br>无损坏。 |                  |

表 3（续） 电气性能试验要求

| 序号    | 试验项目                                | 单位          | 要求                                                                                              | 试验方法 |
|-------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.6   | 90 ℃ 水中电容变化                         |             |                                                                                                 | 附录 F |
| 1.6.1 | 试验条件：<br>——试样最小长度<br>——浸水时间<br>——水温 | m<br>d<br>℃ | 5<br>14<br>90±5                                                                                 |      |
| 1.6.2 | 试验结果                                |             | 浸泡 14 天的电容值<br>不得比浸泡 24 小时<br>后的电容值高出<br>10%；<br>浸泡 14 天后测定的<br>电容值不得比浸泡 7<br>天后测定的电容值高<br>出 4% |      |
| 1.7   | 护套表面电阻试验                            |             |                                                                                                 | 附录 J |
| 1.7.1 | 试验条件：<br>——试验电压（直流）<br>——试验时间       | V<br>min    | 100-500<br>1                                                                                    |      |
| 1.7.2 | 试验结果                                | Ω           | ≥109                                                                                            |      |

7.3 非电气性能

- 7.3.1 成品电缆绝缘的机械物理性能应符合表 1 的规定。
- 7.3.2 成品电缆护套的机械物理性能应符合表 1 的规定。
- 7.3.3 成品电缆尺寸应符合表 2 的规定。
- 7.3.4 电缆外护套的人工气候老化试验（UV 试验）性能应符合附录 I 的规定。
- 7.3.5 电缆的动态穿透试验性能应符合附录 E 的规定。
- 7.3.6 电缆的单根阻燃试验要求和方法应符合 GB/T 18380.12-2022 的规定。
- 7.3.7 电缆的其他非电气性能应符合表 3 的规定。

表 4 非电气性能试验要求

| 序号 | 试验项目                    | 单位 | 要求   | 试验方法              |
|----|-------------------------|----|------|-------------------|
| 1  | 相容性测试                   |    | 附录 A | GB/T 2951.12—2008 |
| 2  | 低温冲击 <sup>b</sup>       |    | 附录 D | GB/T 2951.14—2008 |
| 3  | 人工气候老化试验（UV 试验）（仅针对外护套） |    | 附录 I | 附录 I              |
| 4  | 动态穿透试验                  |    | 附录 E | 附录 E              |

表 4 （续）非电气性能试验要求

| 序号  | 试验项目             | 单位 | 要求                         | 试验方法               |
|-----|------------------|----|----------------------------|--------------------|
| 5   | 耐臭氧试验            |    |                            | GB/T 2951.21—2008  |
| 5.1 | 试验条件：            |    |                            |                    |
|     | ——试样长度           | m  | 5                          |                    |
|     | ——试验温度           | ℃  | 25±2                       |                    |
|     | ——试验时间           | h  | 24                         |                    |
|     | ——臭氧浓度           | %  | (250-300)×10 <sup>-4</sup> |                    |
| 5.2 | 试验结果             |    |                            |                    |
|     | ——缆表面检查          | -  | 无裂纹                        |                    |
|     | ——电压试验           | -  | 本表 第 1.2 条                 |                    |
| 6   | 湿热试验             |    |                            | GB/T 2423.3—2006   |
| 6.1 | 试验条件             |    |                            |                    |
|     | ——温度             | ℃  | 90                         |                    |
|     | ——时间             | h  | 1000                       |                    |
|     | ——相对湿度，最小值       | %  | 85                         |                    |
| 6.2 | 试验结果             |    |                            |                    |
|     | ——抗张强度变化率最大值     | %  | -30 <sup>a</sup>           |                    |
|     | ——断裂伸长率变化率变化率最大值 | %  | -30 <sup>a</sup>           |                    |
| 7   | 电缆非金属材料无卤测定      |    | 附录 B                       | 附录 B               |
| 8   | 单根垂直燃烧试验         |    |                            | GB/T 18380.12—2022 |
| 8.1 | 试验结果             | %  | GB/T 18380.12—2022<br>附录 A |                    |
| 9   | 盐雾试验             |    | 附录 G                       | 附录 G               |
| 10  | 长霉试验             |    | 附录 H                       | 附录 H               |

8 试验项目和试验方法

成品电缆应按表 3 规定的试验项目和试验方法检验。

表 5 电缆的试验项目及试验方法

| 序号    | 试验项目     | 要求             | 试验方法             | 试验类型 |
|-------|----------|----------------|------------------|------|
| 1     | 电气性能试验   |                |                  |      |
| 1.1   | 导体直流电阻测量 |                | GB/T 3048.4—2007 | T, S |
| 1.1.1 | 试验结果：    |                |                  |      |
|       | ——最大值    | GB/T 3956—2008 |                  |      |

表 5 （续）电缆的试验项目及试验方法

| 序号  | 试验项目                   | 要求                         | 试验方法               | 试验类型 |
|-----|------------------------|----------------------------|--------------------|------|
| 1   | 电缆结构尺寸检查               |                            |                    |      |
| 1.1 | 导体结构                   | GB/T 3956-2008             | GB/T 4909.2-2009   | T, S |
| 1.2 | 绝缘厚度                   | 见表 2                       | GB/T 2951.11-2008  | T, S |
| 1.3 | 护套厚度                   | 见表 2                       | GB/T 2951.11-2008  | T, S |
| 1.4 | 电缆外径                   | 见表 2                       | GB/T 2951.11-2008  | T, S |
| 1.5 | 椭圆度测量                  | 6.3.5                      | GB/T 2951.11-2008  | T, S |
| 2   | 导体直流电阻测量               | GB/T 3956—2008             | GB/T 3048.4-2007   | T, S |
| 3   | 成品电缆电压试验               | 见表 3                       | GB/T 3048.8-2007   | T, S |
| 4   | 绝缘线芯或成品电缆的缺陷检查         | 不击穿                        | GB/T 3048.9-2007   | R    |
| 5   | 绝缘电阻试验                 | 见表 3                       | GB/T 3048.5-2007   | T    |
| 6   | 长期耐直流电压试验              | 附录 C                       | 附录 C               | T    |
| 7   | 90 ℃ 水中电容变化            | 附录 F                       | 附录 F               | T    |
| 8   | 护套表面电阻试验               | 附录 J                       | 附录 J               | T    |
| 9   | 绝缘机械物理性能试验             | 见表 1                       | 见表 1               | T    |
| 10  | 护套机械物理性能试验             | 见表 1                       | 见表 1               | T    |
| 11  | 相容性测试                  | 附录 A                       | GB/T 2951.12-2008  | T    |
| 12  | 低温冲击 <sup>b</sup>      | 附录 D                       | GB/T 2951.14-2008  | T    |
| 13  | 人工气候老化试验（UV试验）（仅针对外护套） | 附录 I                       | 附录 I               | T    |
| 14  | 动态穿透试验                 | 附录 E                       | 附录 E               | T    |
| 15  | 耐臭氧试验                  | 见表 3                       | GB/T 2951.21-2008  | T    |
| 16  | 湿热试验                   | 见表 3                       | GB/T 2423.3-2006   | T    |
| 17  | 电缆非金属材料无卤测定            | 附录 B                       | 附录 B               | T    |
| 18  | 单根垂直燃烧试验               | GB/T 18380.12-2022<br>附录 A | GB/T 18380.12-2022 | T    |
| 19  | 盐雾试验                   | 附录 G                       | 附录 G               | T    |

## 9 包装、运输、贮存

### 9.1 包装

9.1.1 电缆可成盘或成圈包装，成盘电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137—2013 规定的电缆盘上。电缆端头应可靠密封，伸出盘外电缆端头长度不大于 300mm。为防止贮运中损坏，成盘包装的产品还可附加适当的保护。成圈包装的应用一定强度的带状材料多层包覆，并捆扎牢固。

9.1.2 成盘电缆的电缆盘外侧或成圈电缆的附加标签注明：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品型号及规格；
- c) 额定电压，V；
- d) 长度，m；
- e) 制造日期：     年   月；
- f) 本标准编号；

### 9.2 运输和贮存

9.2.1 电缆应避免高温环境，电缆盘不允许平放。

9.2.2 运输中严禁从高处扔下装有电缆的电缆盘或成圈包装的电缆，严禁机械损伤电缆。

9.2.3 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，并用合适方法固定；不得遭受冲撞，挤压和任何机械损伤；长途运输时应防止长时间暴晒。

9.2.4 电缆尽量避免露天存放。

9.2.5 电缆端头应做好防水处理。

附 录 A 相容性试验

(规范性附录)

A. 1 试验条件

测试样品应在  $135\pm2^{\circ}\text{C}$  下老化 168 小时，老化条件见表 3 中第5部分的条件。

A. 2 试验要求

老化试验结束后，绝缘和护套应符合下表 A.1 中的要求。

表 A.1 要求

| 试验项目  |         | 单位              | 绝缘       | 护套       |
|-------|---------|-----------------|----------|----------|
| 抗张强度  | —最小值    | $\text{N/mm}^2$ | —        | —        |
|       | —变化率，最大 | %               | $\pm 30$ | $-30^a$  |
| 断裂伸长率 | —最小值    | %               | —        | —        |
|       | —变化率，最大 | %               | $\pm 30$ | $\pm 30$ |

注：a：不规定正值

附 录 B 电缆非金属材料卤素含量测定

(规范性附录)

B. 1 非金属材料的要求

应按下表B. 1所述进行试验：

表 B. 1 试验方法、试验项目及要求

| 试验项目         | 试验方法               | 要求           |
|--------------|--------------------|--------------|
| pH值和电导率      | GB/T 17650. 2—2021 | pH≥4. 3      |
|              |                    | 电导率≤10 μS/mm |
| 氯和溴含量，以HCL表示 | GB/T 17650. 1—2021 | ≤0. 5 %      |
| 氟含量          | GB/T 7113. 2-2014  | ≤0. 1        |

## 附录 C 长期耐直流电压试验

(规范性附录)

## C.1 试验样品

取长度为5 m 的成品电缆试样进行试验。

## C.2 试验步骤

将试样浸入含氯化钠30 g/L 的溶液中，溶液温度为  $90 \pm 5$  °C，试样两端应露出水面约250 mm。在水溶液和试样导体之间施加3600 V 的直流电压，施加时间为2016 h。施加电压负极连接试样导体，正极接浸入水溶液中的铜电极。

## C.3 要求

试验过程中试样不应击穿，试验结束后电缆表面不应损坏。

试验结束后，应根据表 3 中条款1.2 对成品电缆进行电压试验。

绝缘层变色应忽略不计。

注： 本测试基于IEC 62821-2: 2015。

附 录 D 成品电缆低温冲击试验

(规范性附录)

根据GB/T 2951.14 标准，取 3 个成品电缆试样，每个试样长度至少应是电缆直径的 5 倍，最短 150 mm。试验设备和被试电缆试样应并排放放在合适的低温箱中保持在 - 40℃下，冷却至少16小时，其中包括试验设备的冷却时间。  
落锤重量应符合下表D.1的规定。

表 D.1 低温冲击试验参数

| 试样外径 (D)<br>mm | 落锤重量<br>g | 圆杆质量<br>g | 砝码高度<br>mm |
|----------------|-----------|-----------|------------|
| D < 15         | 1 000     | 200       | 100        |
| 15 < D ≤ 25    | 1 500     | 200       | 150        |
| D > 25         | 2 000     | 200       | 200        |

应用正常或矫正目视法对护套和绝缘内外表面进行检查，无需放大镜，试样表面应无裂纹。  
试样恢复至室温至少 1 小时后，按表 3 中 1.2 条款进行电压试验。

附录 E 动态穿透试验

(规范性附录)

本试验所用试验装置包括试压装置，压力测量仪和钢针，钢针如图 E.1 所示。测量时应在导体和钢针间施加低压检测信号，使得钢针穿透试样护层后与导体短接时终止试验。

本试验应在 $23\pm5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下进行。施加在钢针上压力的增加速率应为 $1\text{N/s}$ 。

本试验应在每个试样上重复4次穿透测试，当钢针穿透试样的非金属材料与导体相接触时测试停止，每次测试完成后应将试样移动一定距离后再顺时针旋转 $90^{\circ}$  进行下一次穿透测试。

试验完成后，4次测试结果的平均值应大于F值，F值由以下公式计算得出

$$F=150\times (d)^{1/2}$$

式中：

F ---动态穿透试验要求值，单位为牛顿（N）

d ---IEC 60719：1992 中导体外径，单位为毫米（mm）

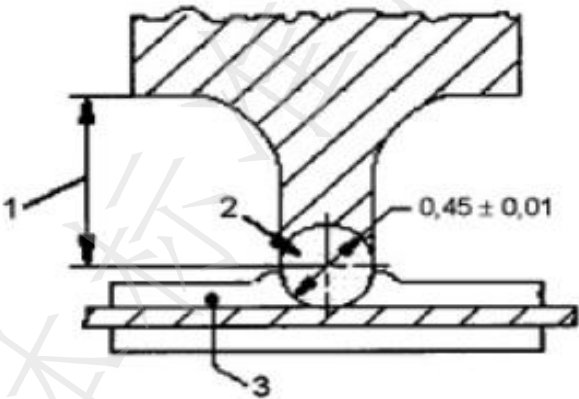


图 E.1 动态穿透试验装置

备注：1. 试样装置长度，取决于样品厚度

2. 钢针

3. 试样

## 附录 F 90 °C 水中电容变化

(规范性附录)

## F.1 设备

- a) 能在正弦或接近正弦的电压下工作的电容电桥，在 10 V 或更低电压下频率为 1000 Hz，或在 3.15 kV/mm 绝缘和护套厚度下为 50 Hz；
- b) 恒温水浴
- c) 精度为  $\pm 1$  °C 的温度测量装置。

## F.2 试验样品

取3根5 m 长的成品电缆试样。

## F.3 试验步骤

取三个试样，将 3m 长的试样中间部分浸泡在温度为  $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  的自来水中，试样两端各露出水面 1m 并保持干燥，以免渗水。分别浸泡 24 小时、7 天和 14 天后，用电容电桥测量电缆电容取平均值。

测量结果的单位用 pF 表示。分别计算从第 1 天到第 14 天的电容增量和第 7 天到第 14 天的电容增量，以百分比表示。

在 1000Hz 或 50Hz 的频率下，通过电容电桥测量成品电缆的电容。在 1000Hz 频率下测量时，施加在绝缘和护套上的电压不应超过 10V。在 50Hz 频率下测量时，施加在绝缘和护套上的平均电压应为 3.15 kV/mm。

每次读数时，水温和试样的浸没深度必须相同。

## F.4 试验要求

浸泡 14 天的电容值不得比浸泡 24 小时后的电容值高出 10%。

浸泡 14 天后测定的电容值不得比浸泡 7 天后测定的电容值高出 4%。

注：试验方法参考 UL 2556。

附录 G 耐盐雾试验

(规范性附录)

G.1 试验样品

取 5 m 长的电缆试样进行测试。

G.2 试验步骤

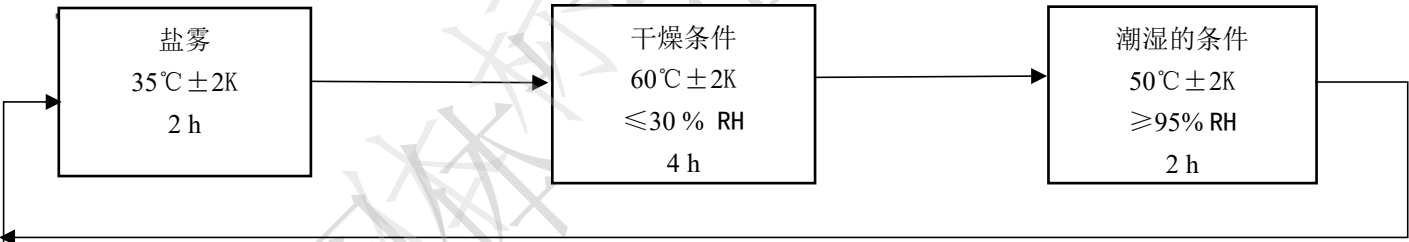
如图G.1所示，试样应按照 IEC 60068-2-52：2017 方法 7 暴露 30 天（90 个周期）。  
暴露后，取出试样并在环境温度下放置至少 16 小时。

注：G.2 的要求是最低循环次数，如果制造商指定，可以测试更高的循环次数。

G.3 试验要求

盐雾测试后

- 1. 用正常视力或矫正视力检查护套表面应无裂纹。
- 2. 按照表 3 条款1.2 进行电压试验，不得发生击穿。
- 3. 护套抗张强度和断裂伸长率的变化率不应超过  $\pm 30\%$ 。



一个周期=8 小时

图 G.1

注：从盐雾到干燥状态的过渡时间(改变到该状态后允许达到指定温度和相对湿度的时间)为30分钟或30分钟至60分钟，从干燥状态到潮湿状态的过渡时间为15分钟或15分钟至30分钟，从潮湿状态到盐雾状态的过渡时间为30分钟。这些过渡时间应包括在下一个周期。

## 附录 H 长霉试验

(规范性附录)

### H.1 试验样品

取长度为 5 米的成品电缆试样进行测试。

### H.2 试验程序

根据 GB/T 2423.16—2022，试样应暴露 28 天。

### H.3 试验要求

测试后，试样的霉菌生长水平不得高于 2b 级。

护套的抗张强度和断裂伸长率的变化率不应超过  $\pm 30\%$ 。

## 附录 I 人工气候老化试验 (UV 试验)

(规范性附录)

## I.1 适用范围

本试验方法适用于光伏电缆护套材料在人工气候老化下性能的稳定性测定。通过计算护套材料老化前后的抗张强度的保留率和断裂伸长率的保留率评定护套材料性能。

## I.2 试验设备和试验方法

人工气候老化箱应符合GB/T 16422.2—2022 的要求。光照时,黑板温度为 $(63\pm3)^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 $(63\pm5)\%$ 。

试样的暴露时间为1008 小时(504个循环周期),每次喷水时间为 $(18\pm0.5)\text{min}$ ,两次喷水之间的无水时间为 $(102\pm0.5)\text{min}$ 。

氙弧灯在波长300nm-400nm的辐照强度不应小于 $(60\pm2)\text{W}/\text{m}^2$ 。

## I.3 试样制备

按GB/T 2951.11—2008 的规定取5个护套试样。

## I.4 试验步骤

将5个护套试样放入人工气候老化箱进行老化,老化后将试样取出并在常温下至少放置16小时。之后,对人工气候老化后的护套试样进行抗张强度和断裂伸长率试验,取中间值作为试验结果。同时对未老化的5个护套试样进行抗张强度和断裂伸长率试验,取中间值作为试验结果。

## I.5 试验结果及计算

计算人工气候老化前后的抗张强度的保留率(%)和断裂伸长率的保留率(%)。经过1008小时人工气候老化后抗张强度的保留率(%)和断裂伸长率的保留率(%)均应不小于70%。

附录 J 护套表面电阻

(规范性附录)

J.1 试验样品

截取三段成品电缆试样，每段试样长度约为250 mm。

J.2 试验方法

用工业酒精清洁电缆护套表面，每个试样上用直径为(0.2-0.6)m 的细铜丝螺旋缠绕两个电极，两电极之间距离为(100±2)m，缠绕完成后再次清洁两电极间的电缆护套表面。将制好电极的试样放置在温度为(20±2)℃，相对湿度为(65±5)%的试验箱中 24h。从试验箱中取出试样，立刻在两电极间施加(100-500) V的直流电压，1min 后测量电阻值。护套表面电阻 $R_s$ 按式(1)计算：

$$R_s= R_l \times a/L_s \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- $R_l$  ——测量电阻值，单位为欧姆（Ω）
- $a$  ——电缆试样的周长，单位为毫米（mm）
- $L_s$  ——两电极之间的距离，单位为毫米（mm）

测量三个试样的表面电阻，试验结果以中间值作为该电缆的护套表面电阻。