Q

# 无锡市兆亨线缆有限公司企业标准

Q/320282 ZHGF 001-2020

企业标准信息公共服务平台
公开
2020年06月18日 13点51分

# 光伏发电系统用铝合金芯软电缆

企业标准信息公共服务平台
公开
2020年06月18日 13点51分

2020-05-12 发布　　2020-05-12 实施

无锡市兆亨线缆有限公司发布

# 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
5 技术要求……3
6 标志……6
7 成品电缆性能要求及试方法……6
附录 A 绝缘和护套材料的性能要求……14
附录 B 低温冲击试验……17
附录 C 动态穿透试验……18
附录 D 人工气候老化试验方法……19

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

# 前　　言

本标准按 GB/T 1.1-2009 的规定进行编写。

本标准由无锡市兆亨线缆有限公司提出。

本标准参照EN50618:2015编制，与EN50618:2015 的主要差异如下：

1、本标准针对市场需求，增加铝合金芯导体的要求；

2、本标准针对户外交流侧应用场合，增加多芯护套电缆产品；

3、本标准根据市场需求，增加扁形电缆产品 PV1-F-LHB；

4、本标准针对高盐高湿环境用电缆，增加盐雾试验考核（需要时）；本标准针对阻燃特性要求，增加了电缆的成束阻燃试验（需要时）；

5、本标准中“规范性引用文件”的等同标准用中国国家标准进行替代；

6、除以上差异外，本标准其它要求与EN50618:2015要求相一致。

本标准主要起草人：毛科达、吴彬、季正君。

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

# 光伏发电系统用铝合金芯电缆

## 1 范围

本标准规定了光伏发电系统用铝合金芯电缆（以下简称铝合金芯光伏电缆）的使用特性、技术要求、标志和成品电缆性能要求。

本标准适用于光伏发电系统中直流侧的光伏组件与组件之间的串联电缆、组串之间及组串至直流配电箱（汇流箱）之间的并联电缆和直流配电箱至逆变器之间的电缆，也可适用于逆变器与输电网间连接用的交流应用电缆。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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：恒定湿热试验

GB/T 2423.17－2008 电工电子产品环境试验 第 17 部分：试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 2951.11－2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 11 部分：通用试验方法—厚度和外形尺寸测量－机械性能试验

GB/T 2951.12－2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 12 部分：通用试验方法—热老化试验方法

GB/T 2951.13－2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分：通用试验方法—密度测定方法－吸水试验－收缩试验

GB/T 2951.14－2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 14 部分：通用试验方法—低温试验

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

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

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 3048.14－2007 电线电缆电性能试验方法 第 14 部分：直流电压试验

GB/T 3956－2008 电缆的导体

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 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 16422.2－2014 塑料实验室光源暴露试验方法 第 2 部分：氙弧灯

GB/T 17650.1－1998 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 卤酸气体总量的测定

GB/T 17650.2－1998 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 17651.1－1998 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第 1 部分：试验装置

GB/T 17651.2－1998 电缆或光缆在特定条件下燃烧的烟密度测定 第 2 部分：试验步骤和要求

GB/T 18380.12－2008 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 18380.33－2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 33 部分:垂直安装的成束电线电缆焰垂直蔓延试验 A 类

企业标准信息公共服务平台 2020年06月15日15时51分 企业标准信息公共服务平台

GB/T 18380.34－2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 34 部分:垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 B 类

GB/T 18380.35－2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分:垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类

IEC 60684-2:2011 绝缘软管 第 2 部分：试验方法（Flexible insulating sleeving-Part 2:Methods of test）

IEC 60719:1992 额定电压 450/750V 及以下圆形铜导线电缆的平均外形尺寸上、下限值的计算(Calculation of the lower and upper limits for the average outer dimensions of cableswith circular copper conductros and of rated voltages up to and including 450/750V)

## 3 术语和定义

GB/T2900.10 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 型式试验（T） type tests

按一般商业原则对本标准所包含的一种类型电缆在供货之前所进行的试验，以证明电缆具有满足预期使用条件的满意性能。

### 3.2 抽样试验（S） sample tests

由制造方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 例行试验（R）routine test

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 额定电压 rated voltage

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。

注 1：$U_0$ 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。

注 2：当用于交流系统中，电缆的额定电压至少等于电缆的系统的标称电压。该条件均适用于 $U_0$ 和 U 值。

注 3：系统的工作电压不大于系统标称电压 1.1 倍。

注 4：本标准电缆的额定直流电压为 1.5kV，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。本标准中电缆在光伏发电系统中直流下的最大允许电压为 1.8kV。

注 5：在交流系统中，额定电压以 $U_0/U$ 表示，系统的额定电压为 0.6/1kV。

### 3.5 光伏发电系统 Photovoltaic system or PV system

利用太阳能电池直接将太阳能转换成电能的发电系统。

### 3.6 直流侧 DC side

在光伏发电系统中，从光伏电池到逆变器（Inverter）直流端子之间的部分。

## 4 使用特性

本标准所规定的电缆，正常运行条件下导体连续工作温度为 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。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℃。

当电缆外径不大于12mm时，电缆推荐的最小允许弯曲半径应不小于电缆外径的3倍；当电缆外径大于12mm时，电缆推荐的最小允许弯曲半径应不小于电缆外径的4倍。

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

技术要求

5.1 导体

5.1.1 材料

导体材料应是软铝合金线。

导体中的单线应连续、光滑和均匀，无目力可视的缺陷。

5.1.2 结构

导体结构应符合表1的要求。

电缆导体和绝缘之间允许有非吸湿性材料的隔离层，隔离层应为无卤材料。

5.1.3 结构检查

应通过检验和测量来检查结构是否符合 5.1.1 和 5.1.2 的要求。

5.1.4 电阻

电缆的导体在 20℃时的直流电阻应符合表1中的规定。

表 1 铝合金软导体

| 标称截面<br>mm2 | 导体单丝最大直径<br>mm | 导体最大直径<br>mm | 20℃导体直流电阻<br>Ω/km |
|---|---|---|---|
| 2.5 | 0.31 | 2.5 | 13.6 |
| 4 | 0.31 | 3.1 | 8.10 |
| 6 | 0.31 | 3.6 | 5.05 |
| 10 | 0.41 | 4.5 | 3.35 |
| 16 | 0.41 | 5.7 | 1.93 |
| 25 | 0.41 | 7.6 | 1.22 |
| 35 | 0.41 | 8.9 | 0.795 |
| 50 | 0.41 | 10.2 | 0.565 |
| 70 | 0.51 | 12.3 | 0.393 |
| 95 | 0.51 | 14.2 | 0.315 |
| 120 | 0.51 | 16.1 | 0.253 |
| 150 | 0.51 | 17.8 | 0.200 |
| 185 | 0.51 | 20.1 | 0.160 |
| 240 | 0.51 | 22.7 | 0.124 |

5.2 绝缘

5.2.1 材料

挤包在每芯导体上的绝缘应是无卤低烟热固性材料。

5.2.2 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，不损伤导体镀层，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。

绝缘性能应符合附录 A 的要求。

5.2.3 绝缘厚度

绝缘厚度的标称值见表 2 、表 3、表 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/T2951.11－2008 规定的试验方法检查是否符合要求。

5.3 绝缘线芯识别

5.3.1 一般要求

电缆的绝缘线芯应用着色绝缘或数字识别方法进行识别。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。

5.3.2 黄 / 绿组合色

对每一段长 15mm 的双色绝缘线芯，其中一种颜色应至少覆盖绝缘线芯表面的 30%，且不大于 70%，而另一种颜色则应覆盖绝缘线芯的其余部分。

5.4 成缆

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

两芯及以上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，并满足表 4 中第 17 项的要求。

5.5 护套

5.5.1 材料

挤包在成缆绝缘线芯上的护套应是无卤低烟热固性材料。

护套性能应符合附录 A 的要求。

5.5.2 厚度

护套厚度的标称值见表 2 和表 3。

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。应按 GB/T2951.11－2008 规定的试验方法检查是否符合要求。

5.5.3 外观及颜色

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。除非客户另有要求，护套颜色应为黑色。整个护套的颜色应一致。

5.6 外径及椭圆度

成品电缆的外径应符合表 2 或表 3 的规定。

电缆在挤包护套后应形成实际上的圆型，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。

5.7 扁形电缆护套

扁形电缆的绝缘线芯应平行放置并挤包护套，在绝缘线芯之间护套中间应有一凹槽，便于分离线芯。扁形电缆应经受撕离试验，取适当长度试样，在其一端沿护套表面的凹槽切开 50mm 的开口，用拉力机以（250±50）mm/min 的速度下拉开至少 100mm 长度，测量撕离缆芯所需的力值。

撕离力应在 3N～30N 之间，撕离后护套表面应无开裂。

撕离后的电缆，并符合本标准对单芯护套电缆的要求（5.5.3 中护套表面光滑平整的要求除外）。

表 2 单芯电缆的综合数据

| 芯数×标称截面积 $mm^2$ | 绝缘厚度标称值 mm | 护套厚度标称值 mm | 平均外径上限 mm | 20℃时最小绝缘阻 MΩ•km | 90℃时最小绝缘电阻 MΩ•km |
|---|---|---|---|---|---|
| 1*2.5 | 0.7 | 0.8 | 5.9 | 691 | 0.691 |
| 1*4 | 0.7 | 0.8 | 6.6 | 579 | 0.579 |
| 1*6 | 0.7 | 0.8 | 7.4 | 499 | 0.499 |
| 1*10 | 0.7 | 0.8 | 8.8 | 424 | 0.424 |
| 1*16 | 0.7 | 0.9 | 10.1 | 342 | 0.342 |
| 1*25 | 0.9 | 1.0 | 12.5 | 339 | 0.339 |
| 1*35 | 0.9 | 1.1 | 14.0 | 287 | 0.287 |
| 1*50 | 1.0 | 1.2 | 16.3 | 268 | 0.268 |
| 1*70 | 1.1 | 1.2 | 18.7 | 247 | 0.247 |
| 1*95 | 1.1 | 1.3 | 20.8 | 220 | 0.220 |
| 1*120 | 1.2 | 1.3 | 22.8 | 211 | 0.211 |
| 1*150 | 1.4 | 1.4 | 25.5 | 206 | 0.206 |
| 1*185 | 1.6 | 1.6 | 28.5 | 200 | 0.200 |
| 1*240 | 1.7 | 1.7 | 32.1 | 198 | 0.198 |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

表 3 多芯圆形电缆的综合数据

| 芯数×标称截面积 $mm^2$ | 绝缘厚度标称值 mm | 护套厚度标称值 mm | 平均外径下限 mm | 平均外径上限 mm | 20℃时最小绝缘电阻 MΩ•km | 90℃时最小绝缘电阻 MΩ•km |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2×2.5 | 0.7 | 0.9 | 7.9 | 10.2 | 691 | 0.691 |
| 2×4 | 0.7 | 1.0 | 9.1 | 11.8 | 579 | 0.579 |
| 2×6 | 0.7 | 1.1 | 10.3 | 13.2 | 499 | 0.499 |
| 2×10 | 0.7 | 1.2 | 12.2 | 15.6 | 424 | 0.424 |
| 2×16 | 0.7 | 1.3 | 14.5 | 18.5 | 342 | 0.342 |
| 3×1.5 | 0.7 | 1.0 | 7.7 | 10.0 | 859 | 0.859 |
| 3×2.5 | 0.7 | 1.1 | 8.7 | 11.3 | 691 | 0.691 |
| 3×4 | 0.7 | 1.2 | 10.1 | 13.0 | 579 | 0.579 |
| 3×6 | 0.7 | 1.2 | 11.1 | 14.3 | 499 | 0.499 |
| 3×10 | 0.7 | 1.2 | 13.0 | 16.7 | 424 | 0.424 |
| 3×16 | 0.7 | 1.3 | 15.4 | 19.7 | 342 | 0.342 |
| 4×1.5 | 0.7 | 1.1 | 8.5 | 11.0 | 859 | 0.859 |
| 4×2.5 | 0.7 | 1.2 | 9.8 | 12.6 | 691 | 0.691 |
| 4×4 | 0.7 | 1.2 | 11.0 | 14.2 | 579 | 0.579 |
| 4×6 | 0.7 | 1.2 | 12.3 | 15.7 | 499 | 0.499 |
| 4×10 | 0.7 | 1.3 | 14.5 | 18.5 | 424 | 0.424 |
| 4×16 | 0.7 | 1.4 | 17.3 | 22.0 | 342 | 0.342 |
| 5×1.5 | 0.7 | 1.2 | 9.5 | 12.2 | 859 | 0.859 |
| 5×2.5 | 0.7 | 1.2 | 10.7 | 13.8 | 691 | 0.691 |
| 5×4 | 0.7 | 1.3 | 12.3 | 15.7 | 579 | 0.579 |
| 5×6 | 0.7 | 1.3 | 13.6 | 17.4 | 499 | 0.499 |
| 5×10 | 0.7 | 1.4 | 16.1 | 20.5 | 424 | 0.424 |
| 5×16 | 0.7 | 1.6 | 19.4 | 24.6 | 342 | 0.342 |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

表 4 多芯扁形电缆的综合数据

| 芯数×标称截面积 $mm^2$ | 绝缘厚度标称值 mm | 护套厚度标称值 mm | 平均外径下限 mm | 平均外径上限 mm | 20℃时最小绝缘电阻 MΩ•km | 90℃时最小绝缘电阻 MΩ•km |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2×2.5 | 0.7 | 0.9 | 4.8×7.9 | 6.9×14.5 | 691 | 0.691 |
| 2×4 | 0.7 | 1.0 | 5.5×9.1 | 7.7×15.5 | 579 | 0.579 |
| 2×6 | 0.7 | 1.1 | 6.2×10.3 | 8.5×17.0 | 499 | 0.499 |
| 2×10 | 0.7 | 1.2 | 7.3×12.2 | 9.6×19.0 | 424 | 0.424 |
| 2×16 | 0.7 | 1.3 | 8.5×14.5 | 11.0×22.0 | 342 | 0.342 |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

## 6 标志

### 6.1 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 的规定。产品型号用“PV1-F-LH”表示。当为扁形电缆时，用“PV1-F-LHB”表示。

注：型号中“PV1-F”表示光伏发电系统用电缆，“LH”表示铝合金软导体的代号。

当产品有盐雾试验要求时，应在型号后加“（Y）”，用“PV1-F-LH（Y）”表示。当产品有成束阻燃 C 类要求时，应在型号中加“ZC”，用“PV1-F-ZC-LH”表示。

标志可以油墨印字或压印凸字在护套上。

### 6.2 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 550 mm。

### 6.3 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。

### 6.4 清晰度

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

### 6.5 产品表示方法

产品应用型号、规格和标准号表示。规格包括额定电压、芯数和导体标称截面积等。电缆包装上应附有表示产品型号、规格、标准号、厂名和产地的标签或标志。

示例 1： 光伏发电系统用铝合金芯电缆，额定电压为 DC1.5kV，1 芯，标称截面积为 4mm²，表示为： PV1-F-LH DC1.5kV 1×4 mm2 Q/320282 ZHGF 001-2020

示例 2：光伏发电系统用铝合金芯电缆，额定电压为 AC0.6/1kV，3 芯，标称截面为 6 mm²，有盐雾试验和成束阻燃 C 类试验要求，表示为：PV1-F-ZC-LH(Y) AC0.6/1kV 3×6 mm2 Q/320282 ZHGF 001-2020

## 7 成品电缆性能要求及试验方法

### 7.1 一般要求

交货的成品电缆应按表 4 的规定进行检测和试验，检查是否满足相应要求。

### 7.2 电气性能

#### 7.2.1 导体直流电阻试验

导体直流电阻应按 GB/T 3048.4－2007 进行。

7.2.2　　成品电缆电压试验

成品电缆应按 GB/T 3048.8－2007 进行交流电压试验，或按 GB/T 3048.14－2007 进行直流电压试验。试样长度、水温和浸水时间应符合表 4 的规定。

7.2.3　　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 3048.9－2007 经受工频电压或直流电压的火花试验检查，按 GB/T 3048.9－2007 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 3048.9－2007 中表 1 推荐的电压值进行试验。

7.2.4　　绝缘电阻

20℃时的绝缘电阻应按 GB/T 3048.5－2007 进行试验，试验条件见表 4 中的规定，绝缘电阻应符合表 1 和表 2 的规定。

90℃时的绝缘电阻应按 GB/T 3048.5－2007 进行试验，试验条件见表 4 中的规定，绝缘电阻应符合表 2 和表 3 的规定。

7.2.5　　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 10 g/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 4 的规定。

7.2.6　　护套表面电阻

7.2.6.1　　测量方法

企业标准信息公共服务平台
公开　2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开　2020年06月18日 13点51分

取三段长约 250 mm 的试样，用酒精清洁试样护套后，用两个铜丝绕组作为电极绕在护套上，两电极相距 100 mm，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。将试样放置于（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。

7.2.6.2 计算方法及要求

采用下述公式计算护套表面电阻 $R_n$。

式中：

$R_n = R \times a / 100$

$R_n$—护套表面电阻，单位为欧姆（Ω）；

a —试样周长，单位为毫米（mm）；

R —表面电阻测量值，单位为欧姆（Ω）。

三个试验结果的中间值即为护套表面电阻，结果应符合表 4 中的规定。

7.3 非电气性能

7.3.1 非污染试验

成品电缆应按 GB/T 2951.12－2008 中 8.1.4 条款进行非污染试验，试验条件见表 4 中的规定，绝缘和护套的性能应满足表 A.1 中的要求。

7.3.2 低温冲击

成品电缆应按 GB/T 2951.14－2008 中 8.5 进行低温冲击试验，试验条件见表 4 和附录 B 中的规定。

试验后用正常视力或校正视力而不用放大镜检查，要求试样均不应有裂纹。

7.3.3 低温弯曲试验

对于外径 12.5mm 及以下的电缆应按 GB/T 2951.14－2008 中 8.2 进行低温弯曲试验，试验条件见表 3 中的规定，成品电缆性能应满足表 4 中的要求。

7.3.4 低温拉伸试验

对于外径 12.5mm 以上的电缆应按 GB/T 2951.14－2008 中 8.3 和 8.4 进行低温拉伸试验，试验条件见表 3 中的规定，绝缘和护套性能应满足表 4 中的要求。

7.3.5 耐臭氧试验

对于外径 20.0mm 及以下的电缆应按 GB/T 2951.21－2008 中 8.1.4.1 对成品电缆进行耐臭氧试验，试棒直径取 3 倍的电缆外径，试验条件见表 4 中的规定。

对于外径 20.0mm 以上的电缆应按 GB/T 2951.21－2008 中 8.1.4.2 进行护套耐臭氧试验，试验条件见表 4 中的规定。

试验结果按 GB/T 2951.21－2008 中 8.1.6 规定进行评定，其中外径 20.0mm 及以下的电缆试样上距离结扎处最远的 180° 弯曲部分应无裂纹。

在夹具附近的裂纹应忽略。

7.3.6 人工气候老化试验

电缆应满足在户外条件下的耐候老化性能，试验方法见附录 D。人工气候老化试验后，护套性能应满足附录 D 中的要求。

7.3.7 动态穿透试验（仅适用于单芯电缆）

成品电缆应按附录 C 进行动态穿透试验，其性能应满足附录 C 中的要求。

7.3.8 湿热试验

取适当长度电缆，采用 GB/T 2423.3－2006 规定的方法，试验条件见表 3 中的规定。随后按 GB/T 2951.11－2008 的方法，在绝缘和护套上各取 5 个试件进行拉伸试验。

绝缘和护套的性能应满足表 4 中的要求。

7.3.9 护套收缩试验

电缆应按 GB/T 2951.13－2008 中第 11 章进行护套收缩试验，试验条件见表 3 中的规定，收缩试验性能应满足表 5 中的要求。

7.3.10 单根垂直燃烧试验

电缆应按 GB/T 18380.12－2008 进行单根垂直燃烧试验。电缆应符合 GB/T 18380.12－2008 中附录 A 的相关要求。

7.3.11 烟密度试验

电缆应按 GB/T 17651.2－1998 进行烟密度试验，试验设备应符合 GB/T 17651.1－1998 的相关要求。试验完成后，透光率的最小值应满足表 4 中的要求。

企业信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

12　电缆的成束阻燃试验（需要时）

当电缆有成束阻燃要求时，电缆应进行成束阻燃燃烧试验。

试验方法和要求应符合 GB/T 18380.33－2008、GB/T 18380.34－2008 和 GB/T 18380.35－2008 规定。

7.3.13　无卤性能

电缆的所有非金属材料应按 GB/T 17650.1－1998 进行溴和氯含量试验，按 GB/T 17650.2－1998 进行 pH 值和电导率试验，按 IEC 60684－2:2011 进行氟含量试验。

试验完成后，溴和氯含量、pH 值和电导率、氟含量应分别满足表 A.1 中的要求。

7.3.14　盐雾试验（需要时）

在高盐高湿环境中安装敷设的电缆应经受盐雾试验。

成品电缆应按 GB/T 2423.17－2008 规定进行 336h 的老化试验。老化后将样品取出并在常温下至少放置 16h，随后按 GB/T 2951.11－2008 的相关规定进行取样，并对老化后的护套试件进行抗张强度和断裂伸长率试验。

盐雾试验后，护套的性能应满足表 4 中的要求。

表 5 光伏电缆试验项目表

| 序号 | 试验项目 | 单位 | 试验方法 | 要求 | 试验类型 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 电气性能试验 | | | | |
| 1.1 | 导体直流电阻试验 | | GB/T 3048.4-2007 | GB/T 3956-2008 | T,S |
| 1.2 | 成品电缆电压试验 | | | | T,S |
| 1.2.1 | 试验条件： | | | | |
| | --试样最小长度 | m | | 20 | |
| | --浸水最少时间 | h | | 1 | |
| | --水温 | ℃ | | 20±5 | |
| 1.2.2 | 试验电压（交流） | kV | GB/T 3048.8-2007 | 6.5 | |
| | 试验电压（直流） | kV | GB/T 3048.14-2007 | 15 | |
| 1.2.3 | 每次最少施加电压时间 | min | | 5 | |
| 1.2.4 | 试验结果 | | | 不击穿 | |
| 1.3 | 绝缘线芯或成品电缆的缺陷检查 | | GB/T 3048.9-2007 | 见 7.2.3 | R |
| | 试验结果 | | | 不击穿 | |
| 1.4 | 绝缘电阻测量 | | | | |
| 1.4.1 | 20℃绝缘电阻测量 | | GB/T 3048.9-2007 | | T,S |
| 1.4.1.1 | 试验条件 | | | | |
| | --试样长度 | m | | 5 | |
| | --浸水最少时间 | h | | 2 | |
| | --试验温度 | ℃ | | 20 | |
| 1.4.1.2 | 试验结果 | | | 表 2、表 3、表 4 规定值 | |
| 1.4.2 | 90℃绝缘电阻测量 | | GB/T 3048.5-2007 | | T,S |
| 1.4.2.1 | 试验条件 | | | | |
| | --试样长度 | m | | 5 | |
| | --浸水最少时间 | h | | 2 | |
| | --试验温度 | ℃ | | 90 | |
| 1.4.2.2 | 试验结果 | MΩ•km | | 表 2、表 3、表 4 规定值 | |
| 1.5 | 绝缘长期耐直流电压试验 | | 见 7.2.5 | | |
| 1.5.1 | 试验条件 | | | | |

企业标准信息公共服务平台 公示 2020年06月18日 13点51分

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | --试样最小长度 | m | | 5 | |
| | --浸水最少时间 | h | | 240 | |
| | --水温 | ℃ | | 85±5 | T |
| | 试验电压（直流） | kV | | 1.8 | |
| 1.5.2 | 试验结果 | | | 绝缘不发生击穿，试验结束后绝缘表面因无损坏。 | |
| 1.6 | 护套表面电阻 | | 见 7.2.6 | | |
| 1.6.1 | 试验条件 | | | | |
| | --试验电压（直流） | V | | 100~500 | |
| | --试验时间 | min | | 1 | |
| 1.6.2 | 试验结果 | Ω | | ≥$10^9$ | T |
| 2 | 电缆结构尺寸检查 | | | | |
| 2.1 | 导体 | | | | |
| 2.1.1 | 导体单线直径 | mm | | GB/T 3956-2008 | |
| 2.2 | 绝缘 | | | | |
| 2.2.1 | 绝缘厚度测量 | mm | GB/T 2951.11-2008 中 8.1 | 见 5.2.3 | |
| 2.3 | 护套 | | | | |
| 2.3.1 | 护套厚度测量 | mm | GB/T 2951.11-2008 中 8.2 | 见 5.5.2 | T |
| 2.4 | 外径测量 | mm | GB/T 2951.11-2008 中 8.3 | 见 5.6 | |
| 2.4.1 | 平均值 | mm | GB/T 2951.11-2008 | | T,S |
| 2.4.2 | 椭圆度 | % | GB/T 2951.11-2008 | | |
| 2.5 | 护套颜色 | | 目测 | 见 5.5.3 | T,S |
| 2.6 | 标识 | | 目测和手工试验 | 见第 6 章 | T,S |
| 3 | 绝缘材料性能 | | 附录 A | 表 A.1 | |
| 4 | 护套材料性能 | | 附录 A | 表 A.1 | |
| 5 | 非污染试验 | | GB/T 2951.12-2008 中 8.1.4 | | S<br>S |
| 5.1 | 老化条件 | | | | T |
| | --时间 | h | | 168 | T |
| | --温度 | ℃ | | 135±2 | T |
| 5.2 | 试验结果 | | 附录 B 和 GB/T2951.14-2008 中 8.5 | 附录 A 中表 A.1 | |
| 6 | 低温冲击试验 | | | | |
| 6.1 | 试验条件 | | | 附录 B | |
| 6.2 | 试验结果 | | | 无裂纹 | |
| 7 | 低温弯曲试验对于电缆外径≤12.5mm | | GB/T 2951.14-2008 中 8.2 | | T |
| 7.1 | 试验条件 | | | | |
| | --时间 | h | | 16 | |
| | --温度 | ℃ | | -40±2 | T |
| 7.2 | 试验结果 | | | 无裂纹 | |
| 8 | 低温拉伸试验对于电缆外径>12.5mm | | GB/T 2951.14-2008 中 8.3 和 8 | | |
| 8.1 | 试验条件 | | | | T |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | --时间 | h | | 4 | |
| | --温度 | ℃ | | -40±2 | |
| 8.2 | 试验结果 | | | | |
| | --绝缘最小伸长率 | % | | 30 | |
| | --护套最小伸长率 | % | | 30 | |
| 9 | 耐臭氧试验 | T | GB/T 2951.21-2008 中 8.1 | 见 7.3.5 | |
| 9.1 | 试验条件 | | | | T |
| | --试验温度 | ℃ | | 25±2 | |
| | --试验时间 | h | | 24 | |
| | --臭氧浓度 | % | | （250~300）×$10^{-4}$ | |
| 9.2 | 试验结果 | | | 无裂纹 | |
| 10 | 人工气候老化试验 | | 附录 D | | |
| 10.1 | 试验条件 | | | 附录 D | |
| 10.2 | 试验结果 | | | 附录 D | T |
| 11 | 动态穿透试验(仅适用于单芯电缆) | | 附录 C | | |
| 11.1 | 试验条件 | | | 附录 C | T |
| 11.2 | 试验结果 | | | 附录 C | |
| 12 | 湿热试验 | | GB/T 2423.3-2006 | | |
| 12.1 | 试验条件 | | | | |
| | --时间 | h | | 1000 | T |
| | --温度 | ℃ | | 90 | |
| | --相对湿度，最小值 | % | | 85 | |
| | --恢复时间 | h | | 16~24 | |
| 12.2 | 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 | |
| 13 | 护套收缩试验 | | GB/T 2951.13-2008 中第 11 章 | | |
| 13.1 | 试验条件 | | | | |
| | --温度 | ℃ | | 120 | T |
| | --加热持续时间 | h | | 1 | |
| | --加热周期 | | | 5 | |
| | --试样长度 | mm | | 300 | |
| 13.2 | 最大允许伸缩 | % | | 2 | |
| 14 | 单根垂直燃烧试验 | | GB/T 18380.12-2008 | | |
| 14.1 | 试验结果 | | | GB/T 18380.12-2008 中附录 A | |
| 15 | 烟密度试验 | | GB/T 17651.2-1998 | | T |
| 15.1 | 试验结果 | | | | |
| | --透光率的最小值 | % | | 60 | T |
| 16 | 电缆成束阻燃试验（需要时） | | GB/T 18380.33-2008<br>GB/T 18380.34-2008<br>GB/T 18380.35-2008 | | T |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月19日 13点51分
企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| .1 | 试验结果 | | | | |
| | --炭化高度最大值 | m | | 2.5 | |
| 17 | 非金属材料无卤性能试验 [b] | | | | |
| 17.1 | 酸气含量试验 | | GB/T 17650.1-1998 | 表 A.1 | |
| 17.2 | 氟含量试验 | | IEC 60684-2:2011 | 表 A.1 | T |
| 17.3 | pH 值和电导率试验 | | GB/T 17650.2-1998 | 表 A.1 | |
| 18 | 盐雾试验（需要时） | | 见 7.3.14 | 见 7.3.14 | |
| 18.1 | 试验条件 | | | | |
| | --时间 | h | | 14×24 | T |
| 18.2 | 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] | |

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

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

# 附　录　A
（规范性附录）
绝缘和护套材料的性能要求

取自成品电缆的绝缘和护套材料应按表 A.1 的试验检查是否符合要求。

试验方法和试验要求见表 A.1 规定。

表A.1　绝缘和护套材料非电性试验要求

| 序号 | 试验项目 | 单位 | 试验方法 | 要求 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 绝缘（YJ） | 护套(YJ) |
| 1 | 抗张强度和断裂伸长率 | | GB/T 2951.11-2008 中 9.2 | | |
| 1.1 | 交货状态原始性能 | | | | |
| 1.1.1 | 抗张强度原始值 | | | | |
| | --最小中间值 | $N/mm^2$ | | 8.0 | 8.0 |
| 1.1.2 | 断裂伸长率原始性能 | | | | |
| | --最小中间值 | % | | 125 | 125 |
| 1.2 | 空气烘箱老化后的性能 | | GB/T 2951.12-2008 中 8.1<br>GB/T 2951.11-2008 中 9.2 | | |
| 1.2.1 | 老化条件 | | | | |
| | --温度 | ℃ | | 150±2 | 150±2 |
| | --处理时间 | h | | 7×24 | 7×24 |
| 1.2.2 | 老化后抗张强度 | | | | |
| | --最大变化率 | % | | -30[a] | -30[a] |
| 1.2.3 | 老化后断裂伸长率 | | | | |
| | --最大变化率 | % | | -30[a] | -30[a] |
| 2 | 热延伸试验 | | GB/T 2951.21-2008 中第 9 章 | | |
| 2.1 | 试验条件 | | | | |
| | --温度 | ℃ | | 250±3 | 250±3 |
| | --处理时间 | min | | 15 | 15 |
| | --机械应力 | $N/mm^2$ | | 20 | 20 |
| 2.2 | 试验结果 | | | | |
| | --载荷下的伸长率，最大值 | % | | 100 | 100 |
| | --冷却后的伸长率，最大值 | % | | 25 | 25 |
| 3 | 热寿命试验 | | GB/T 11026.1-2016 | | |
| 3.1 | 试验条件<br>寿命终点以断裂伸长率保留率判定 | | GB/T 11026.2-2012 | | |
| 3.2 | 试验结果 | | | | |
| | --20000h 时的温度指数 | ℃ | | ≥120 | ≥120 |
| | --断裂伸长率保留率（寿命终点） | % | | 50 | 50 |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

续表A.1

| 序号 | 试验项目 | 单位 | 试验方法 | | 材料类型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 标准号 | 条文号 | 绝缘（YJ） | 护套（YJ） |
| 4 | 耐酸耐碱试验 | | | | | |
| 4.1 | 耐酸试验 | | GB/T 2951.21-2008 中第 10 章<br>GB/T 2951.11-2008 中 9.2 | | | |
| 4.1.1 | 老化条件 | | | | | |
| | --酸性溶液浓度;草酸 | mol/L | | | | 2 |
| | --温度 | ℃ | | | | 23±2 |
| | --处理时间 | h | | | | 7×24 |
| 4.1.2 | 老化后抗张强度 | | | | | |
| | --最大变化率 | % | | | | ±30 |
| 4.1.3 | 老化后断裂伸长率 | | | | | |
| | --最小中间值 | % | | | | 100 |
| 4.2 | 耐碱试验 | | GB/T 2951.21-2008 中第 10 章 | | | |
| 4.2.1 | 老化条件 | | GB/T 2951.11-2008 中 9.2 | | | |
| | --碱性溶液浓度;氢氧化钠 | mol/L | | | | 1 |
| | --温度 | ℃ | | | | 23±2 |
| | --处理时间 | h | | | | 7×24 |
| 4.2.2 | 老化后抗张强度 | | | | | |
| | --最大变化率 | % | | | | ±30 |
| 4.2.3 | 老化后断裂伸长率 | | | | | |
| | --最小中间值 | % | | | | 100 |
| 5 | 高温压力试验 | | GB/T 2951.31-2008 中 8.2 | | | |
| 5.1 | 试验条件 | | | | | |
| | --由刀片施加的压力 | | GB/T 2951.31-2008 中 8.2.4 | | | |
| | --载荷下的加热时间 | | GB/T 2951.31-2008 中 8.2.5 | | | |
| | --温度 | ℃ | | | 140±3 | 140±3 |
| 5.2 | 试验结果 | | | | | |
| | --压痕深度中间值,最大值 | % | | | 50 | 50 |
| 6 | 非污染试验 | | GB/T 2951.12-2008 中 8.1.4 | | | |
| 6.1 | 老化条件 | | | | | |
| | --温度 | ℃ | | | 135±2 | 135±2 |
| | --处理时间 | h | | | 7×24 | 7×24 |
| 6.2 | 老化后抗张强度 | | | | | |
| | --最大变化率 | % | | | ±30 | -30[a] |
| 6.3 | 老化后断裂伸长率 | | | | | |
| | --最大变化率 | % | | | ±30 | -30[a] |
| 7 | 无卤性能试验[b] | | | | | |
| 7.1 | 酸气含量试验 | | GB/T 17650.1-1998 | | | |
| | --溴和氯含量（以 HCl 表示） | | | | | |

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 15点51分
企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 15点51分

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 最大值 | % | | 0.5 | 0.5 |
| | 氟含量试验 | | IEC 60684-2;2011 | | |
| | --氟含量，最大值 | % | | 0.1 | 0.1 |
| 7.3 | pH 值和电导率试验 | | GB/T 17650.2-1998 | | |
| | --pH 值，最小值 | | | 4.3 | 4.3 |
| | --电导率，最大值 | μS/mm | | 10 | 10 |

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

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开 2020年06月18日 13点51分

# 附　录　B
（规范性附录）
低温冲击试验

低温冲击试验应按 GB/T 2951.14－2008 在-40℃进行试验，砝码重量和落锤高度应按表 B.1 的规定。

表B.1　低温冲击试验的试验参数

| 电缆直径<br>mm | 砝码质量<br>g | 圆杆质量<br>g | 砝码高度<br>mm |
|---|---|---|---|
| D≤15> | 1000 | 200 | 100 |
| 15<D≤25 | 1500 | 200 | 150 |
| D>25 | 2000 | 200 | 200 |

企业标准信息公共服务平台
公开
2020年06月18日 13点51分

企业标准信息公共服务平台
公开
2020年06月18日 13点51分

# 附　录　C
（规范性附录）
动态穿透试验

本试验所用试验装置应包括施压装置、压力测量仪和钢针，钢针如图 C.1 所示。测试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±5）℃下进行。钢针上压力的增加速率应为 1N/s，直到钢针穿透试样与导体接触为止。每次试验应在每个试样上进行 4 次，每次试验完成后应移动一定距离后再顺时针旋转 90 °进行第二次测试。

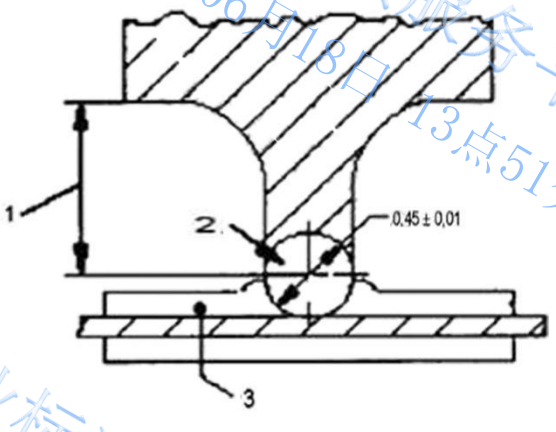
试验完成后，4 次测量结果的平均值应大于 F 值，F 值由以下公式计算得出：

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

式中：

F — 动态穿透试验要求值，单位为牛顿（N）；

d — IEC 60719:1992 中的导体外径，单位为毫米（mm）。




说明： 1-试验装置长度取决于样品厚度；　2-钢针；　3-试样。

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分

# 附　录　D
（规范性附录）
人工气候老化试验方法

## D.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。

## D.2 试验设备和试验方法

人工气候老化箱应符合 GB/T 16422.2--2014 的要求。光照时，黑板温度为（63±3）℃，相对湿度为
（63±5）%。
试样的暴露时间为 720h（360 个循环周期），每次喷水时间为（18±0.5）min，两次喷水之间的无水时间为（102±0.5）min。
氙弧灯在波长 300nm～400nm 的辐照强度不应小于（60±2）W/m2。

## D.3 试样制备

按 GB/T 2951.11－2008 的规定取 5 个护套试样。

## D.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 16h。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。

## D.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 720h 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%。

企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分
企业标准信息公共服务平台 公开 2020年06月18日 13点51分