

ICS 29.060.20

K 13

备案号: 55682-2016

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42073 — 2016

光伏发电系统用电缆

Electric cables for photovoltaic systems

2016-06-08 发布

2016-10-01 实施

国家能源局 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 使用特性 3

5 技术要求 3

 5.1 导体 3

 5.2 绝缘 3

 5.3 绝缘线芯识别 4

 5.4 成缆 4

 5.5 护套 4

 5.6 外径及椭圆度 4

6 标志 6

 6.1 标志和电缆识别 6

 6.2 标志的连续性 6

 6.3 耐擦性 6

 6.4 清晰度 7

 6.5 产品表示方法 7

7 成品电缆性能要求及试验方法 7

 7.1 一般要求 7

 7.2 电气性能 7

 7.3 非电气性能 8

附录 A（规范性附录） 绝缘和护套材料的性能要求 14

附录 B（规范性附录） 低温冲击试验 17

附录 C（规范性附录） 动态穿透试验 18

附录 D（规范性附录） 人工气候老化试验方法 19



NB / T 42073 — 2016

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会（SAC/TC213）归口。

本标准负责起草单位：上海电缆研究所。

本标准参加起草单位：国家电线电缆质量监督检验中心、上海金友金弘电线电缆股份有限公司、苏州宝兴电线电缆有限公司、浙江人和光伏科技有限公司、无锡鑫宏业特塑线缆有限公司、湖州上辐电线电缆高技术有限公司、江苏亨通电力电缆有限公司、深圳市联嘉祥科技股份有限公司、金龙羽集团股份有限公司、江苏中天科技股份有限公司、烟台市电缆厂。

本标准主要起草人：李骥、朱永华、常勇、罗伟彬、张先明、关勇、章成军、管新元、黄冬莲、陆技才、谢书鸿、杨旭光。

光伏发电系统用电缆

1 范围

本标准规定了光伏发电系统用电缆（以下简称光伏电缆）的使用特性、技术要求及试验方法、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 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—2003 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

NB / T 42073 — 2016

值和电导率来测定气体的酸度

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火焰垂直蔓延试验 A 类

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 cables with circular copper conductors and of rated voltages up to and including 450/750 V)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

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**

电缆设计、使用 and 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。

5 技术要求

5.1 导体

5.1.1 材料

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。

5.1.2 结构

导体结构应符合 GB/T 3956—2008 中第 5 种软铜导体的要求。

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 GB/T 3956—2008 中的规定。

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，不损伤导体或镀层。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。应通过检验及手工测量检查是否符合要求。

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 1 和表 2。

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%—0.1mm。

NB / T 42073 — 2016

应按 GB/T 2951.11—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。

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

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 3 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 1 和表 2。

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/T 2951.11—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 1 或表 2 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 GB/T 2951.11—2008 规定的试验方法检查是否符合要求。

表 1 单芯电缆的综合数据

芯数×标称 截面积 mm ²	绝缘厚度的 标称值 mm	护套厚度的 标称值 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
1×1.5	0.7	0.8	5.4	860	0.86

表 1（续）

芯数×标称 截面积 mm ²	绝缘厚度的 标称值 mm	护套厚度的 标称值 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
1×2.5	0.7	0.8	5.9	690	0.69
1×4	0.7	0.8	6.6	580	0.58
1×6	0.7	0.8	7.4	500	0.50
1×10	0.7	0.8	8.8	420	0.42
1×16	0.7	0.9	10.1	340	0.34
1×25	0.9	1.0	12.5	340	0.34
1×35	0.9	1.1	14.0	290	0.29
1×50	1.0	1.2	16.3	270	0.27
1×70	1.1	1.2	18.7	250	0.25
1×95	1.1	1.3	20.8	220	0.22
1×120	1.2	1.3	22.8	210	0.21
1×150	1.4	1.4	25.5	210	0.21
1×185	1.6	1.6	28.5	200	0.20
1×240	1.7	1.7	32.1	200	0.20

表 2 多芯电缆的综合数据

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
2×1.5	0.7	0.9	7.0	9.1	860	0.86
2×2.5	0.7	0.9	7.9	10.2	690	0.69
2×4	0.7	1.0	9.1	11.8	580	0.58
2×6	0.7	1.1	10.3	13.2	500	0.50
2×10	0.7	1.2	12.2	15.6	420	0.42
2×16	0.7	1.3	14.5	18.5	340	0.34
3×1.5	0.7	1.0	7.7	10.0	860	0.86
3×2.5	0.7	1.1	8.7	11.3	690	0.69
3×4	0.7	1.2	10.1	13.0	580	0.58

表 2（续）

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
3×6	0.7	1.2	11.1	14.3	500	0.50
3×10	0.7	1.2	13.0	16.7	420	0.42
3×16	0.7	1.3	15.4	19.7	340	0.34
4×1.5	0.7	1.1	8.5	11.0	860	0.86
4×2.5	0.7	1.2	9.8	12.6	690	0.69
4×4	0.7	1.2	11.0	14.2	580	0.58
4×6	0.7	1.2	12.3	15.7	500	0.50
4×10	0.7	1.3	14.5	18.5	420	0.42
4×16	0.7	1.4	17.3	22.0	340	0.34
5×1.5	0.7	1.2	9.5	12.2	860	0.86
5×2.5	0.7	1.2	10.7	13.8	690	0.69
5×4	0.7	1.3	12.3	15.7	580	0.58
5×6	0.7	1.3	13.6	17.4	500	0.50
5×10	0.7	1.4	16.1	20.5	420	0.42
5×16	0.7	1.6	19.4	24.6	340	0.34

6 标志

6.1 标志和电缆识别

电缆应具有厂名、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“PV-YJYJ”表示。
注：型号中“PV”表示光伏发电系统用电缆，“YJ”表示绝缘或护套材料的代号，均为热固性材料。
当产品有盐雾试验要求时，应在型号后加“(Y)”，用“PV-YJYJ (Y)”表示；当产品有成束阻燃 C 类要求时，应在型号中加“ZC”，用“PV-ZC-YJYJ”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

护套表面同一个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，可用汽油或其他合适的溶剂擦干净。

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:

光伏发电系统用电缆，额定电压为 DC 1.5kV，1 芯，标称截面积为 4mm^2 ，表示为

PV-YJYJ DC 1.5kV $1\times 4\text{mm}^2$ NB/T××××—××××

示例 2:

光伏发电系统用电缆，额定电压为 AC 0.6/1kV，3 芯，标称截面积为 6mm^2 ，有盐雾试验和成束阻燃 C 类试验要求，表示为

PV-ZC-YJYJ (Y) AC 0.6/1kV $3\times 6\text{mm}^2$ NB/T××××—××××

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 3 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

导体直流电阻应按 GB/T 3048.4—2007 进行试验。

20℃时的导体直流电阻应符合 GB/T 3956—2008 中的规定。

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 3 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 3 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 3 中的规定，绝缘电阻应符合表 1 和表 2 的规定。

NB / T 42073 — 2016

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 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 3 的规定。

7.2.6 护套表面电阻

7.2.6.1 测量方法

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) °C、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_h

$$R_h = Ra/100$$

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 3 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 进行非污染试验，试验条件见表 3 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 3 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 3 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 3 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 进行成品电缆耐臭氧试验，试

棒直径取 3 倍的电缆外径，试验条件见表 3 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 3 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。

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 3 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 3 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 3 中的要求。

7.3.12 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

NB / T 42073 — 2016

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 3 中的要求。

表 3 光伏电缆试验项目

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 ^a				
1.4.1	20℃绝缘电阻测量 ^a		GB/T 3048.5—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	MΩ·km		表 1、表 2 规定值	
1.4.2	90℃绝缘电阻测量 ^a		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 1、表 2 规定值	
1.5	绝缘长期耐直流电压试验		见 7.2.5		T
1.5.1	试验条件				
	—试样最小长度	m		5	
	—浸水最少时间	h		240	
	—水温	℃		85±5	
	—试验电压（直流）	kV		1.8	

表 3（续）

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	试验类型
1.5.2	试验结果			绝缘不发生击穿，试验结束后绝缘表面应无损坏	
1.6	护套表面电阻		见 7.2.6		T
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		≥1×10 ⁹	
2	电缆结构和尺寸检查				
2.1	导体				
2.1.1	导体单线直径	mm		GB/T 3956—2008	T
2.1.2	镀锡层检查			无可见裂纹	T
2.2	绝缘				
	绝缘厚度测量	mm	GB/T 2951.11—2008 中 8.1	见 5.2.3	T, S
2.3	护套				
	护套厚度测量	mm	GB/T 2951.11—2008 中 8.2	见 5.5.2	T, S
2.4	外径测量	mm	GB/T 2951.11—2008 中 8.3	见 5.6	T, S
2.4.1	平均值	mm			
2.4.2	椭圆度	%			
2.5	护套颜色		目测	见 5.5.3	S
2.6	标志		目测和手工试验	第 6 章	S
3	绝缘材料性能		附录 A	表 A.1	T
4	护套材料性能		附录 A	表 A.1	T
5	非污染试验		GB/T 2951.12—2008 中 8.1.4		T
5.1	老化条件				
	—时间	h		168	
	—温度	℃		135±2	
5.2	试验结果			表 A.1	
6	低温冲击试验		附录 B 和 GB/T 2951.14—2008 中 8.5		T
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

表 3（续）

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	试验类型
7.1	试验条件				
	—施加低温时间	h		16	
	—温度	℃		-40±2	
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 8.4		T
8.1	试验条件				
	—施加低温时间	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	T
9.1	试验条件				
	—试验温度	℃		25±2	
	—试验时间	h		24	
	—臭氧浓度	%		(250~300) × 10 ⁻⁴	
9.2	试验结果			无裂纹	
10	人工气候老化试验		附录 D		T
10.1	试验条件			附录 D	
10.2	试验结果			附录 D	
11	动态穿透试验（仅适用于单芯电缆）		附录 C		T
11.1	试验条件			附录 C	
11.2	试验结果			附录 C	
12	湿热试验		GB/T 2423.3—2006		T
12.1	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	
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 ^a	

表 3（续）

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	试验类型
13	护套收缩试验		GB/T 2951.13—2008 中第 11 章		T
13.1	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	
13.2	最大允许收缩	%		2	
14	单根垂直燃烧试验 试验结果		GB/T 18380.12—2008	GB/T18380.12—2008 中 附录 A	T
15	烟密度试验 试验结果		GB/T 17651.2—1998		T
	—透光率的最小值	%		60	
16	电缆的成束阻燃试验 (需要时)		GB/T 18380.33—2008 GB/T 18380.34—2008 GB/T 18380.35—2008		T
	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				T
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	
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	T
18.1	试验条件				
	—时间	h		14×24	
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。					

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 检查是否符合要求。

表 A.1 绝缘和护套材料非电性试验

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	断裂伸长率原始值				
	—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 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—2003 GB/T 11026.2—2012		
3.1	试验条件				
	寿命终点以断裂伸长率保留率判定				
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

表 A.1（续）

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	
				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 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			0.5
	—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 GB/T 2951.11—2008 中 9.2		
4.2.1	老化条件				
	—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

表 A.1（续）

序号	试验项目	单位	试验方法	要求	
				绝缘（YJ）	护套（YJ）
6.3	老化后断裂伸长率	%	GB/T 17650.1—1998	±30	—30 ^a
	—最大变化率				
7	无卤性能试验 ^b				
7.1	酸气含量试验	%	IEC 60684-2:2011	0.5	0.5
	—溴和氯含量（以 HCl 表示），最大值				
7.2	氟含量试验				
	—氟含量，最大值	%		0.1	0.1
7.3	pH 值和电导率试验	μS/mm	GB/T 17650.2—1998	4.3	4.3
	—pH 值，最小值				
	—电导率，最大值				
^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。					

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，砵码质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 mm	砵码质量 g	圆杆质量 g	砵码高度 mm
D≤15	1000	200	100
15<D≤25	1500	200	150
D>25	2000	200	200

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。

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 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的环境温度下进行。施加在钢针上压力的增加速率应为 1N/s 。

本试验应在每个试样上重复进行 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° 进行下一次穿透测试。

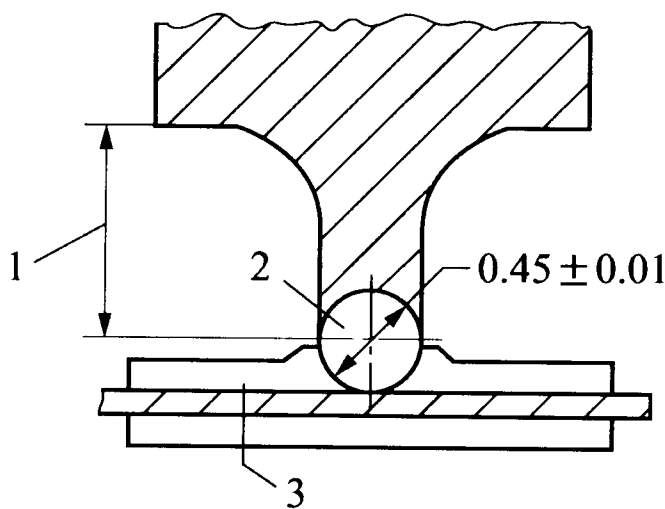
试验完成后，4 次测试结果的平均值应大于 F 值， F 值由以下公式计算得出

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

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。

图 C.1 动态穿透试验装置

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 $(63 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $(63 \pm 5)\%$ 。

试样的暴露时间为 720h（360 个循环周期），每次喷水时间为 $(18 \pm 0.5)\text{min}$ ，两次喷水之间的无水时间为 $(102 \pm 0.5)\text{min}$ 。

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

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%。