

PV-电缆(光伏组件用电缆)

## 1、技术规范

PV-电缆(光伏组件用电缆)目前尚无国家或行业标准,本试验技术规范所涉及到的要求来自于德国标准化委员会 PV-系统用电线 K411.2.3 工作组的初稿。

这个初稿将作为德国国家标准报批稿进行发布。

德国莱茵 TUV(上海)将用此技术规范对 PV-电缆的性能进行检测和评估。

在德国莱茵 TUV 公司内部此技术规范的文件编号为 2PfG 1169/08.2007。

## 2、使用范围

2PfG 1169/08.2007 适用于最高允许 1.8kV(线芯对线芯,非接地系统)直流电压、在光伏系统中 CD 侧使用的单芯软电缆(电线)。

该产品适合于 II 类安全等级下使用。

电缆运行的环境温度最高到 90℃。

电缆可以多根并联使用。

## 3、特殊名词术语

PV 系统(photovoltaic system):光伏系统(太阳能系统)。

DC 侧(DC side):光伏装置中从光伏电池到光伏换流器直流端子之间的部分。

标准试验条件下的开路电压(UOC STC):在标准试验条件下,未加载(开路)的光伏组件、光伏电线、光伏列阵、光伏发电机或光伏换流器直流侧的电压。

标准试验条件下的短路电流(ISC TC):在标准试验条件下,光伏组件、光伏电线、光伏列阵或光伏发电机的短路电流。

## 4、无卤 PV-电缆的基本信息

### 4.1 电缆型号

PV1-F

### 4.2 电缆特性

●额定电压:

AC  $U_0/U=0.6/1kV$

DC 1.8kV(线芯对线芯,非接地系统,没有负载下的回路)

如果电缆使用在直流系统中，其导体间的额定电压应不大于电缆 AC 额定值 U 的 1.5 倍。在单相接地直流系统中，此数值应乘以 0.5 的系数。

●温度范围：

环境温度： -40℃ 到+90℃

导体最高工作温度： 120℃

电缆运行的环境温度最高到 90℃。依据 EN60216-1 标准进行考核，其绝缘和护套的温度指数是 120℃。

期望使用寿命是 25 年

5 秒钟的短路温度是 200℃

### 4.3 电缆结构

●导体

导体芯数： 1

导体是 EN60228 (IEC60228、GB/T3956) 中的第 5 类导体，而且必须是镀锡的。

●导体的截面

1.5, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 35mm<sup>2</sup>。

●导体隔离层

在导体周围可以使用一层合适的无卤材料作为隔离层。

●绝缘

绝缘应是挤出型的无卤材料，应是一层或紧密粘附着的几层组成。绝缘应是实心且材质均匀，在剥离绝缘时必须尽可能不要损伤绝缘本身、导体和镀锡层。

绝缘厚度由生产商规定，但最小值必须 ≥0.5mm。

建议的绝缘厚度

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
绝缘标称厚度 (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2

### ●导体隔离层

在绝缘周围可以使用一层合适的无卤材料作为隔离层。

### ●护套

绝缘线芯必须有护套包覆，护套应是合适的无卤材料。

护套应是挤出型的无卤材料，应是一层或紧密粘附着的几层组成。

护套厚度由生产商规定，但最小值必须 $\geq 0.5\text{mm}$ 。

建议的护套厚度

标称截面(mm <sup>2</sup> )	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
护套标称厚度(mm)	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	1.2

### ●外径

外径的平均值应在生产商规定的范围内。

### ●多芯结构

在多芯结构中每一个单芯电缆都应符合本技术文件的要求；在多芯结构中每一个附加元件都应符合本技术文件的要求。

## 4.4 电缆载流量的要求

环境温度：60℃，导体最高工作温度：120℃

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	安装种类		
	单芯电缆空气中自由敷设(A)	单芯电缆敷设在设备表面(A)	在设备表面相邻敷设(A)
1.5	30	29	24
2.5	41	39	33
4	55	52	44

6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176

偏离环境温度是载流量的换算因子(依据 IEC 60364-5-52)

环境温度	换算因子
℃	
≤60	1.00
70	0.91
80	0.82
90	0.71
100	0.58
110	0.41

## 5、绝缘和护套材料性能要求

●老化前后拉力(取之于成品上的试件)

	单位	绝缘	护套	试验方法
抗张强度 最小	N/mm <sup>2</sup>	6.5	8.5	EN60 811
断裂伸长率 最小	%	125	125	EN60 811

空气烘箱中老化试验				EN60 811
老化温度	°C	150±2	150±2	
老化时间	h	168	168	
抗张强度变化率	%	-30	-30	
断裂伸长率变化率	%	-30	-30	

●热固型混合物热延伸试验(取之于成品上的试件)

	单位	绝缘	护套	试验方法
试验温度	°C	200±3	200±3	EN 60811
负荷	N/cm <sup>2</sup>	20	20	
挂重时间	Min.	15	15	
负载下伸长率 最大	%	100	100	
冷却后永久伸长率 最大	%	25	25	

●低温拉伸试验(取之于成品上的试件)

	单位	绝缘	护套	试验方法
试验温度	°C	-40±2	-40±2	EN 60811

冷却后永久伸长率 最小	%	30	30	
----------------	---	----	----	--

● 湿热试验 (取之于成品上的试件)

	单位	绝缘	护套	试验方法
湿热试验条件				EN 60068
老化温度	°C	90±2	90±2	
老化时间	h	1000	1000	
老化湿度	%	85	85	
抗张强度变化率	%	-30	-30	
断裂伸长率变化率	%	-30	-30	

● 耐酸碱试验 (护套)

	单位	草酸 (N-Oxalic-acid)	氢氧化钠 (N-sodium hydroxide)
化学浓度 (重量浓度)	%	4.5	4
处理温度	°C	23	23
处理时间	h	168	168
抗张强度变化率	%	±30	±30
老化后断裂伸长率	%	100	100

● 耐 UV (紫外线) 老化试验 (成品电缆)

试验方法：HD 605/A1 或 UL1581

总试验时间：720h

一个周期内：洒水 18min，氙灯干燥 102min

箱体测试温度：63℃

箱体湿度：65%

疝灯条件：波长 300—400nm 条件下的最小功率为  $(60 \pm 2) \text{W/m}^2$

紧接着进行室温条件下的 8 弯曲试验

要求：电缆表面无裂缝

#### ●耐臭氧试验（成品电缆）

试验方法：EN 50396 或 IEC60245

弯曲试样所用试棒直径为线芯直径的  $(2 \pm 0, 1)$  倍

试验箱温度  $(40 \pm 2) \text{℃}$ ，

试验箱湿度  $(55 \pm 5) \%$

臭氧浓度  $(200 \pm 50) \times 10^{-6} \%$ ，

空气流量：0.2-0.5 倍试验箱容积/min

样品放置试验箱时间：72h

要求：电缆表面无开裂

#### ●寿命特性试验

要求：绝缘和护套材料的温度指数为 120℃

寿命：25 年

可以用二种方法进行评定

EN 50305：防火铁路电缆-试验方法(卷绕电压法)

IEC 60216-2：电气绝缘耐热特性的确定

建议采用 IEC60216-2 的方法进行热寿命评定。

在求取温度指数时，为了获得失效时间与热力学(绝对)温度倒数之间的阿累尼乌斯关系，试样应该在分布范围足够宽的(不少于3个，最好是4个)老化温度下进行老化试验。

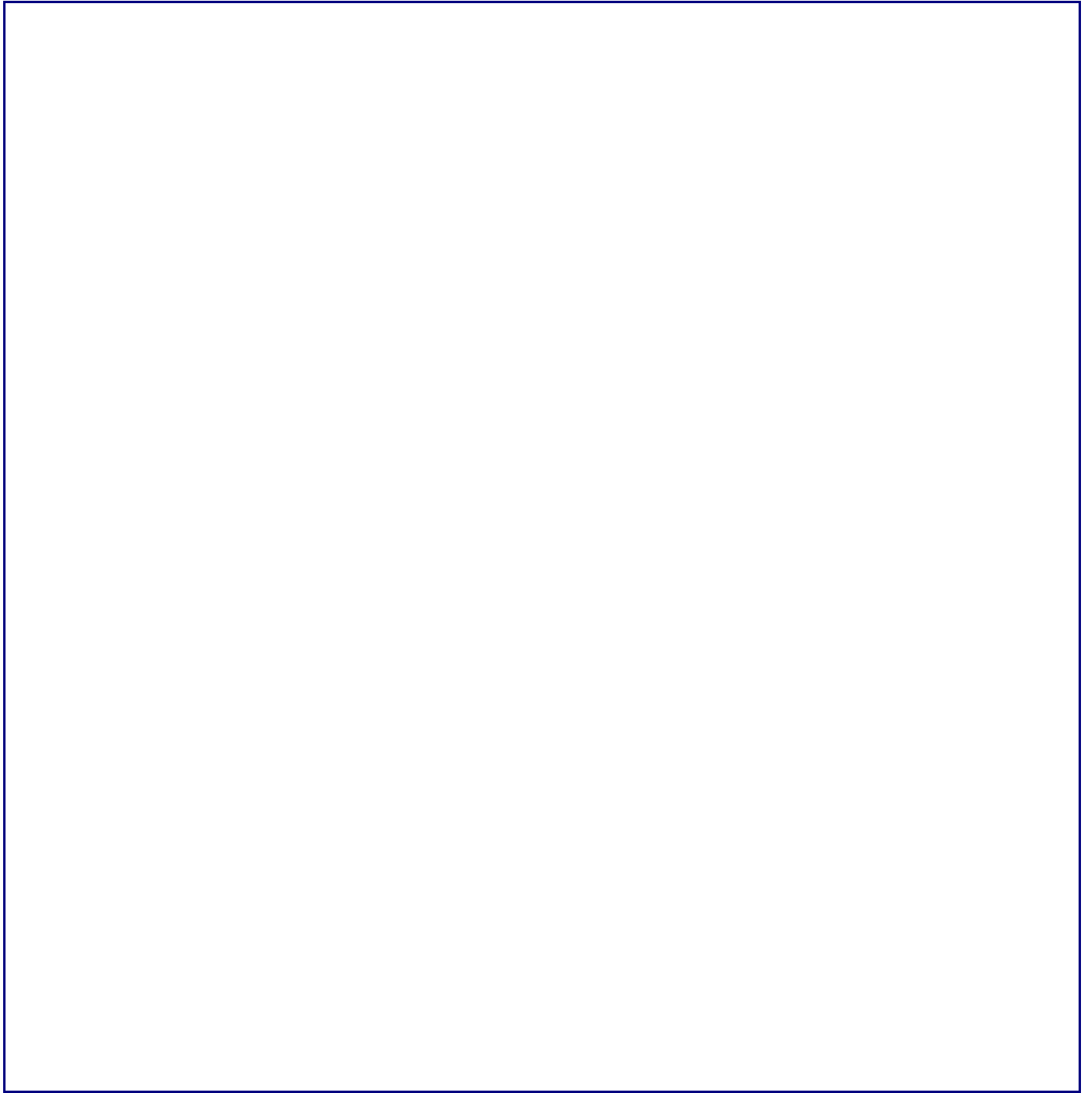
老化温度选取原则：

- a) 在求温度指数时, 最低老化温度应使测得的平均失效时间不低于 5000h 的温度。求温度指数时，耐热线的外推不应超过 25℃。
- b) 最高老化温度应是使测得的平均失效时间不小于 100h 的温度。
- c) 如果预计在整个老化范围内老化机理相同，则各相邻老化温度之间的温度差值应取等值，通常取 20℃。

根据该产品使用材料的特性，我们建议选择 3 个温度点进行热寿命评定。

145 °C、165 °C 、185 °C





▣

●无卤特性试验(绝缘和护套材料)

1、PH 值及导电率

试验方法：EN 50267-2-2 或 IEC60754

要求：PH $\geq$ 4.3;

导电率 $\leq$ 10  $\mu$  S/mm

2、Cl 氯及 Br 溴含量

试验方法：EN 50267-2-1

要求：HCL $\leq$ 0.5%；

HBr $\leq$ 0.5%

### 3、F 氟含量（离子选择电极法）

试验方法：EN 60684-2

要求： $\leq$ 0.1%

## 6、成品电缆其他性能要求

### 6.1 电气性能

#### ● 导体电阻

试验方法：EN50395 或 GB/T3048

结果：应符合 IEC60228 第 5 类导体的要求。

#### ● 耐电压试验(成品电缆型式试验)

##### — 交流耐压

试验方法：EN50395 或 GB/T3048

结果：6.5kV/5min. 不击穿。

##### 或 — 直流耐压(成品电缆型式试验)

试验方法：EN50395 或 GB/T3048

结果：15kV/5min. 不击穿。

#### ● 成品耐火花电压试验

试验方法：EN50395 或 GB/T3048

结果：10kV 不击穿。

#### ● 护套表面电阻试验

试验方法：EN50395

结果：表面电阻 $\geq$ 10<sup>9</sup>Ω

● 绝缘电阻试验(成品电缆型式试验)

试验方法： EN50395 或 GB/T5013.2

结果： 20℃时绝缘电阻 $\geq 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ ， 90℃时绝缘电阻 $\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

● 绝缘长期耐直流试验

试验方法：

将不小于 5m 的样品浸泡在 3%的 NaCl 的盐水中，样品两端露出水面不小于 300mm 长，盐水水浴温度为  $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，在导体和水之间施加 900V 的直流电压，导体接正极，试验持续  $(240 \pm 2) \text{h}$ 。

每隔不大于 24h 测量一次泄漏电流，用时间-电流曲线记录测量的电流值。

泄漏电流的增加应小于 10%。

试验结束后取出试样，进行耐电压试验，试验电压为  $U$ (额定电压)，5min，不击穿。

## 6.2 成品电缆高温压力试验

样品长度：20m

施加重力： $F = k (2D \delta - \delta^2) / 2$  ,  $k=0.6$

烘箱温度： $(140 \pm 3) ^\circ\text{C}$

加温试验：4h

要求：

a、冷却后进行耐压试验，AC 6.5/10min，无击穿。

b、测压痕深度，测得值不得大于壁厚的 50%。

## 6.3 -40℃下低温冲击试验(取之于成品上的试件)

▼成品电缆冲击试验(依据 EN 60 811)

试验参数如下表

电缆的直径 D	落锤重量	试验杆重量 (g)	落锤高度 (mm)
---------	------	--------------	--------------

(mm)	(g)		
$D < 15$	1000	200	100
$15 < D \leq 25$	1500	200	150
$25 < D$	2000	200	200

结果检查：用正常视力(无须用放大镜)对护套内、外表面和绝缘外表面进行检查，不应有裂纹。

#### 6.4 成品电缆低温弯曲试验

试验方法：IEC 60811

试验温度： $-40^{\circ}\text{C}$

试验结果：无开裂

#### 6.5 成品电缆相容性试验

烘箱温度： $(135 \pm 2)^{\circ}\text{C}$

老化时间：7x24h

老化后拉力试验

要求：绝缘老化前后抗拉强度变化： $\leq \pm 30\%$

老化前后断裂伸长率变化： $\leq \pm 30\%$

护套老化前后抗拉强度变化： $\leq -30\%$

老化前后断裂伸长率变化： $\leq \pm 30\%$

#### 6.6 成品电缆动态穿透试验

试验在室温条件下进行

钢针加力的速度：1N/s

切割试验数：在同一根样品试验4次，每次试验点相距至少25mm，并切每个试验点顺时针旋转 $90^{\circ}$ 。

记录弹簧钢针与导体线芯接触瞬间的穿透力

要求：所得四次均值 $\geq 150 \times D_n / 2$  (N)

( $D_n$  为 IEC60719 表 2 中的导线直径 mm)

## 6.7 成品电缆耐凹痕试验

试验方法：

取 3 段成品电缆，长约 2m，在每段样品上相隔 25mm 处，并旋转 90° 处共制做 4 个压痕，压痕深度 0.05mm 且与铜导线相互垂直。

三段样品分别置于 -15°C、室温、+85°C 试验箱内 3h，然后在各自相应的试验箱内卷绕于试棒上，试棒直径为 3D (D 为电缆最小直径)，每个样品至少一个刻痕位于卷绕后圆周的外侧，使样品冷却到室温并在室温条件下进行耐电压试验(试验电压为 AC, 0.3kV/5min.)

要求：不击穿。

## 6.8 护套热收缩试验

试验方法： IEC60811

烘箱温度：120°C

处理时间： 1h

要求：  $\leq 2\%$

## 6.9 成品电缆单根燃烧试验

试验方法： EN60332-1-2 或 IEC60332-1-2

要求：上夹具下缘与碳化始点距离须  $\geq 50\text{mm}$ ；

燃烧向下延燃至上夹具下缘距离须  $\leq 540\text{mm}$ 。