


光电设备用无卤 PV 电缆型式试验

应用标准： 2 PfG 1169/08.2007

应用范围： 该电缆适用于直流电压端线一线最高电压 DC1,8kV 的光电设备系统；线缆保护类别为 II、工作环温条件为（-40 至 +90）℃、最高线温为 120℃。

铭牌标识：  2 PfG 1169 PV1-F 1X4,0mm²…（厂名或商标）

表三：对成品试验

1. 电性能

1.1 导体电阻

导线长至少 1m

测量阻值及温度

计算 $R_{20}=R_t \times k_t \times 1000/L$ 计算（ k_t 为温度修正因数）单位 Ω/km

要求： $4,0mm^2 \leq 5,09 (\Omega/km)$

（其他规格要求详见附录表格）

1.2 成品电缆耐压

导线长 20m

水温（ 20 ± 5 ）℃

浸水时间 $\geq 1h$

加压值及加压时间： AC6,5kV 或 DC15kV，5min

加压部位：导线和水之间

要求：无击穿。

1.4 护套表面电阻

取三段导线，每段 250mm

用酒精清洁样品的护套，然后用 2 个相距 100mm 的铜丝绕组作为电极绕在护套上，铜丝为 0,2-0,6mm，安装好铜丝绕组后必须重新清洁二电极间的护套。

样品放置于（ 20 ± 2 ）℃，湿度为（ 65 ± 5 ）%的环境中 24h；

加直流电压（100V-500V）于电极，1min 后测电阻；

所测得电阻乘以 $a/100$ （ a 为周长，单位：mm）；

3 个值得中值即为护套表面电阻

要求： $\geq 10^9 \Omega$

1.5 绝缘（穿透）电阻(重点)

a. 20℃ 时的绝缘电阻

取经过试验 1.2 的样品，长 1,4m

在覆盖导电层的样品上加以金属编织层（使测量长度达 1,0m），离金属编织层两端 1mm 处各绕一约 5mm 长的屏蔽线圈（见下图）

样品以 15D（并至少 0,20m）直径卷绕
环温 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，2h
加直流电压 80-500V 于导线与屏蔽（导电层+金属编织层+屏蔽线圈）间
加压后 1min 测绝缘电阻
阻值换算到 1cm 长
要求： $R\geq 10^{14}\Omega\cdot\text{cm}$

b. 90°C 时的绝缘电阻

除烘箱温度改为 90°C 外，其它试验条件同 a。（注：测量在烘箱内进行）
要求： $R\geq 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$

1.6 耐直流电压(重点)

线长 5m
放入预先加热的含 3%NaCl 的蒸馏水中
线外露水 30cm
水温 $(85\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，浸入时间 (240 ± 2) h
DC0,9kV（电压须稳定。若为泄漏电流控制法，则 24 小时的泄漏电流变量须小于 10%），正极接导线，负极接侵入水中的铜极
取出试样，进行 1.2 试验(其中试验电压减为 AC1,0kV)
要求: 无击穿。

2. 结构和尺寸

2.1 铜丝直径及股数测量（铜丝须镀锡）

要求：单根铜丝： $4,0\text{mm}^2 \leq \Phi 0,31\text{mm}$ （其他规格要求详见附录表格）

2.2 导体直径测量

要求：导体直径： $4,0\text{mm}^2 \leq 3,0\text{mm}$ （其他规格要求详见附录表格）

2.3 内层绝缘厚度

取三个截面，间隔至少 1m
每个截面测 6 点
最小值：符合客户给定的限值且 $\geq 0,5\text{mm}$

2.4 护套壁厚

取三个截面，间隔至少 1m
每个截面测 6 点
最小值：符合客户给定的限值且 $\geq 0,5\text{mm}$

2.5 外部尺寸

a. 平均值

取三个截面
每个截面相垂直方向测外径
要求：符合客户给定的限值

- b. 椭圆度（同截面测二次，得最大及最小值）
最大值与最小值之差不允许超过最大外径均值的 15%。

3. 整线高温压力

电缆长 20m

重力 $F=k(2D\delta-\delta^2)^{1/2}$ $k=0.6$

烘箱内 $(140\pm 3)^\circ\text{C}$, 4h

迅速冷却

- a. 紧接着进行 1.2 耐压试验

要求: 无击穿

- b. 测压深

要求: 测得值不得大于壁厚的 50%

4. 湿热试验

样品 5 段

温度 90°C

湿度 85%

放置时间 1000h

样品冷却至室温

测抗拉强度

测拉裂伸长率%

要求: 湿热前后抗拉强度变化: $\leq -30\%$

湿热前后断裂伸长率变化: $\leq -30\%$

5. 耐酸耐碱

两组样品, 每组各取 5 段样品

一组浸于草酸, 另一组浸于氢氧化钠; 23°C , 各 168h

取出样品并甩干, 室温放置 16h

要求: 浸酸碱前后抗拉强度变化: $\leq \pm 30\%$

浸酸碱前后断裂伸长率: $\geq 100\%$

6. 相容性试验

取三段线 (每段 200mm 长)

垂直挂于烘箱内, 互相间隔至少 20mm 进行老化

烘箱温度 $(135\pm 2)^\circ\text{C}$, 放置 $7\times 24\text{h}$

室温冷却至少 16h

每段样品制成二个样品 (共 6 个)

测拉断力 N 和断裂伸长率%

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: $\leq \pm 30\%$

7. 低温冲击

取完整电缆线样三段，每段长至少为直径的 5 倍，且 $\geq 15\text{cm}$

冰柜中温度 -40°C ，放置 16h

当 $D \leq 15$ 时：落锤重 1000g，高度 100mm；

当 $15 < D \leq 25$ 时：落锤重 1500g，高度 150mm；

当 $D > 25$ 时：落锤重 2000g，高度 200mm

撞击块重 200g

要求：无裂缝

8. 低温卷绕（针对电缆外径均值 $< 12.5\text{mm}$ 的样品）（重点）

样品 2 段

冰柜中温度 $-40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，放置 16 小时（包括预冷时间）

按导线外径确定绕线圈数：

Overall diameter (d) of the test piece (mm)	Number of turns
$d \leq 2.5$	10
$2.5 < d \leq 4.5$	6
$4.5 < d \leq 6.5$	4
$6.5 < d \leq 8.5$	3
$8.5 < d$	2

金属芯棒直径为 4-5 倍导线外径

要求：试验后对**护套**视检看不出裂缝。

9. 冷延伸（针对电缆外径均值 $\geq 12.5\text{mm}$ 的样品）

绝缘及护套样品各取 2 段

置于室温下至少 16h

冰柜中温度 $(-40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，放置 4 小时（包括预冷时间）

拉速： $25 \pm 5\text{mm/min}$

测断裂伸长率%

要求：绝缘断裂伸长率： $\geq 30\%$

护套断裂伸长率： $\geq 30\%$

10. 耐臭氧(重点)

样品 3 个，每段长至少 20cm，干燥皿内放置 16h

弯曲试样所用试棒直径为线芯直径的 (2 ± 0.1) 倍

试验箱：温度 $(40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，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：无开裂

11. 耐气候性

样品 1 个

周期：洒水 18min，氙灯干燥 102min

测试温度 63°C，湿度 65%

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

总试验时间至少 720h

紧接着进行室温条件下的 8 冷弯曲试验

要求：无裂缝

12. 动态穿透试验(重点)

样品一个

试验在室温条件下进行

切割速：1N/s

切割试验数：4 次，每次继续试验样品须向前至少挪动 25mm，并顺时针旋转 90° 后进行

记录弹簧钢针与铜线接触瞬间的穿透力

要求：所得均值 $\geq 150 \times (D_n)^{1/2}$ N (D_n 为 IEC60719 表 2 中的导线直径 mm)

13. 耐凹痕

样品 3 段

每段样品上相隔 25mm，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芯轴上，芯轴直径为 3D（D 为线缆最小直径），每个样品至少一个刻痕位于外侧

使样品达室温并进行室温条件下后进行 1.2 试验(其中试验电压减为 AC0,3kV)

要求：无击穿。

14. 护套热收缩试验

样品 1 个，长 $(500\pm 5)mm$ （离线缆末端至少 2m 处取样）

切样 $L_1=300mm$

烘箱温度 120°C，放置 1h，取样室温冷却；共 5 个循环

测样品长度 L_2

要求： $(L_1-L_2)/L_1 \leq 2\%$

15. 阻燃

15.1 垂直燃烧(重点)

取线 $600\pm 25mm$

烘箱 $60\pm 2^\circ C$ 放置 4h

火焰离上夹具下缘 475mm，45°，且位于电线长轴中央

燃烧时间 $t=60s$

要求：上夹具下缘与碳化始点距离须 $\geq 50mm$ ；

燃烧向下延燃至上夹具下缘距离须 $\leq 540\text{mm}$.

15.2 非金属材料的卤素含量

1. PH 及导电率

样品置放: 16h, (21-25) $^{\circ}\text{C}$, (45-55)% (湿度);

取样二个, 各 (1000 \pm 5) mg, 碎至 0,1mg 以下的微粒;

空气流量(0,0157·D²)l·h⁻¹ \pm 10%;

燃烧舟与烧炉加热有效区边缘之间距 $\geq 300\text{mm}$, 燃烧舟处的温度须 $\geq 935^{\circ}\text{C}$, 离燃烧舟 300mm 处 (顺空气流动方向) 温度须 $\geq 900^{\circ}\text{C}$;

试验样品所产生气体通过含有 450ml (PH 值 6,5 \pm 1,0; 导电率 $\leq 0,5\mu\text{S}/\text{mm}$) 蒸馏水的气体洗瓶收集

试验周期: 30 min.

要求: PH $\geq 4,3$; 导电率 $\leq 10\mu\text{S}/\text{mm}$

2. Cl. 氯及 Br 溴含量 (HCl)

样品置放: 16h, (21-25) $^{\circ}\text{C}$, (45-55)% (湿度);

取样二个, 各 (500—1000) mg, 碎至 0,1mg;

空气流量(0,0157·D²)l·h⁻¹ \pm 10%;

样品被均匀加热 40min 至(800 \pm 10) $^{\circ}\text{C}$, 并保持 20min;

试验样品所产生气体通过含有 220ml/个 0,1M 氢氧化钠溶液的气体洗瓶吸取;

将两个气体洗瓶的液体注入量瓶, 同时应用蒸馏水清洗气体洗瓶及其附件并注入量瓶加至 1000ml;

冷却至室温后, 用吸管将 200ml 被测溶液滴入量瓶中, 加入浓硝酸 4ml, 20ml 0,1M 硝酸银, 3ml 硝基苯, 然后搅拌至白色絮状物沉积;

加入 40% 硫酸铵水溶液及几滴硝酸溶液予以完全混合, 用磁性搅拌器搅拌, 加入硫氢酸铵滴定溶液。

要求: 两个样品测试值的均值: HCL $\leq 0,5\%$; HBr $\leq 0,5\%$

每个样品测试值: \leq 两个样品测试值的均值 $\pm 10\%$

3. F 氟含量 (离子选择电极法)

25-30mg 样品材料放入 1 升的氧气容器中, 滴 2-3 滴烷醇, 加入 5ml, 0,5M-氢氧化钠溶液。使样块燃尽, 将残留物通过轻微的冲洗倒入 50ml 的量杯中。

将 5ml 缓冲液混合于样品溶液及冲洗液中, 并达到标线。绘制校准曲线, 测的样品溶液的氟浓度, 通过计算获得样品中的氟百分比含量。

要求: $\leq 0,1\%$

表四: 护套、绝缘材料试验

1. 内层绝缘及护套的机械性能

1.1 老化前拉裂(重点)

取 5 段导线去芯

导线中部记两点 (20mm)

夹头移动速度(250±50)mm/min

(23±5) °C 环温

测抗拉强度

测断裂伸长率%

要求: 绝缘抗拉强度: $\geq 6,5\text{N/mm}^2$, 绝缘断裂伸长率% $\geq 125\%$

护套抗拉强度: $\geq 8,0\text{N/mm}^2$, 护套断裂伸长率% $\geq 125\%$

1.2 烘箱中老化后的拉伸试验(重点)

试件制备采用不带导体的绝缘线芯试件制备

样品 5 段

烘箱温度: (150±2)°C

样品放入烘箱 7x24h

室温 16h

夹头移动速度(250±50)mm/min

测抗拉强度

测断裂伸长率%

要求: 绝缘及护套:老化前后抗拉强度变化: $\leq -30\%$

老化前后断裂伸长率变化: $\leq -30\%$

1.3 热延伸 (仅对交联材料) (重点)

样品 2 段

烘箱温度: 200±3°C

机械压力: 20N/cm²

载荷时间 15min

卸载放置 5min

要求: 绝缘及护套: 载荷下的伸长率: $\leq 100\%$

卸载后的伸长率: $\leq 25\%$

1.4 热寿命(重点)

根据 EN 60216-1+EN 60216-2 阿列纽斯曲线进行

TI 120

断裂伸长率保留率: 50%

要求: 25 年寿命

1.5 冷延伸

同表三中 9.

例行试验:

穿过式电压测试

—测试目的要求: 绝缘层必须无缺陷。

—测试仪器设备要求: 测试仪产生的试验电压可为交流形式; 显示值精度±5%; 必须带声和/或光报警; 测试仪的恢复时间不允许大于 1 秒。

一测试电压值及时间:

工频高压: 10kV, $\leq 600\mu\text{A}$, 试品通过电极最高速度 $V=1.2\times 10^3\text{s (m/min)}$
s 为电极有效之长度(m)

一验证试验要求是否满足: 建议厂方采用“测试设备显示、记录人造缺陷能力方法”验证。

抽样试验:

见表三中: 1.1-1.2, 2.1-2.4, 15.1-15.2

附录

EN60228 表 C1 (导体直径 Class5)

1	2	3	4
Cross sectional area mm ²	Conductors in cables for fixed installations		Flexible conductors (Classes 5 and 6) mm
	Solid (Class 1) mm	Stranded (Class 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2

EN60228 表三 (导体电阻+最大单根铜丝直径)

Table 3 – Class 5 flexible copper conductors for single core and multi-core cables

1	2	3	4
Nominal cross-sectional area mm ²	Maximum diameter of wires in conductor mm	Maximum resistance of conductor at 20 °C	
		Plain wires Ω/km	Metal-coated wires Ω/km
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565

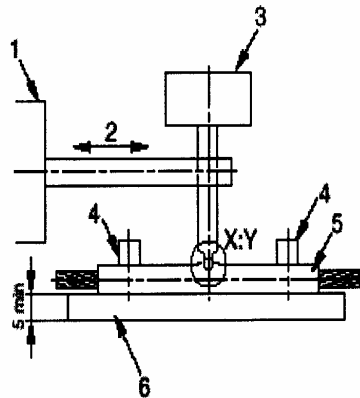
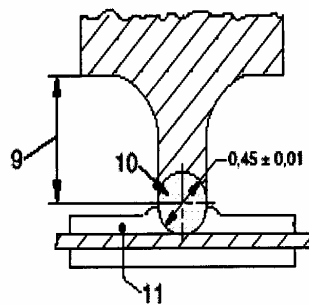
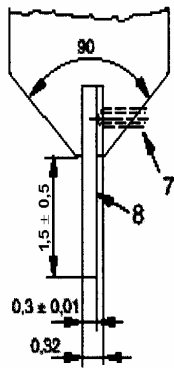


Table 2 — Diameter of circular copper conductors for flexible cables and cords

Nominal cross-sectional area mm ²	Classes 5 and 6
	Nominal diameter of conductor ^a for calculation mm
0,5	0,95
0,75	1,10
1	1,25
1,5	1,50
2,5	1,95
4	2,50
6	3,0
10	3,9
16	5,0
25	6,4
35	7,7
50	9,2
70	11,0
95	12,5
120	14,2
150	15,8
185	17,5
240	20,1
300	22,5
400	25,8
500	29,0
630	33,7

^a See note 1 in 1.1.



a) detail X
b) detail Y
(edges not broken or rounded, without ridge)

Caption

- | | |
|--------------------|---|
| 1 N.A. | 7 Fixing screw |
| 2 N.A. | 8 Blade |
| 3 Load | 9 Shoulder with sufficient depth for testing the insulation |
| 4 Clamp | 10 Needle of spring steel |
| 5 Sample | 11 Sample |
| 6 Mounting surface | |

Figure F.1 – Arrangement for penetration test

此资料仅作参考!