

ICS

# 团体标准

T/SHPTA

---

**66kV 及以下交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料**

**Cross-linkable water tree resistant  
polyethylene insulating compounds for AC  
power cables of rated voltages up to 66kV**

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

上海市塑料工程技术学会 发布

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。本标准涉及的专利信息由起草单位提供，具体见附件《专利披露清单》，专利许可事宜由相关方自行协商

本文件由上海市塑料工程技术学会提出。

本文件由上海市塑料工程技术学会标准化委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本标准版权归上海市塑料工程技术学会所有。未经事先书面许可，本标准的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本标准用于其他任何商业目的。非商业目的的引用、复制需注明标准编号、发布机构及原文出处

# 66kV及以下交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料

## 1 范围

本文件规定了额定电压 66kV 及以下交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料的使用特性、产品型号和产品表示方法、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存。

本文件适用于以低密度聚乙烯为基础树脂，通过加入水树抑制剂、抗氧化剂等助剂经混合塑化造粒而成的具有长寿命、耐水树、交联型的绝缘化合物。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1040.3-2018 塑料拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件

GB/T 1408.1-2016 绝缘材料电气强度试验方法 第1部分：工频下试验

GB/T 1409-2006 测量电气绝缘材料在工频、音频、高

频（包括米波波长在内）下电容率和介质损耗因数的推荐方法

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 2951.21-2008 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 5470-2008 塑料冲击法脆化温度的测定

GB/T 31838.2-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第 2 部分：电阻特性（DC 方法）体积电阻和体积电阻率

JB/T 10437-2024 电线电缆用可交联聚乙烯绝缘料

T/CEEIA 514-2021 66kV-220kV 交流电力电缆用可交联聚乙烯绝缘

### 3 术语和定义

水树长度：水树枝的最大长度称为水树长度。

水树相对长度：相同实验条件下抗水树绝缘料的水树长度  $L_1$  和同电压等级非抗水树绝缘料的水树长度  $L_2$  之比称为水树相对长度。

### 4 使用特性

适用电缆导体长期运行允许的最高工作温度为 90℃，短路（最长持续时间 5s）时最高工作温度为 250℃。

## 5 产品型号和产品表示方法

### 5.1 产品型号

#### 5.1.1 系列代号

“TR”代表抗水树（Tree Resistant），“YJ”代表交联聚乙烯（XLPE）

#### 5.1.2 额定电压等级代号

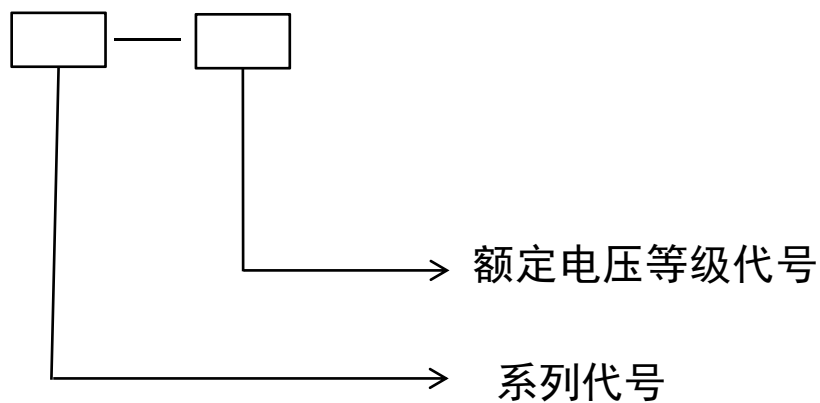
10kV-----10

35kV-----35

66kV-----66

#### 5.1.3 型号组成

产品型号按“系列代号——额定电压等级代号”顺序组成。



## 5.2 产品表示方法

产品由产品型号及名称表示。产品型号及名称见表1。

表1 66kV及以下可交联聚乙烯抗水树绝缘料产品型号及名称

产品型号	产品名称
TR-YJ-10	10kV交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料
TR-YJ-35	35kV交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料
TR-YJ-66	66kV交流电力电缆用可交联聚乙烯抗水树绝缘料

## 6 技术要求

### 6.1 外观

绝缘料应为塑化良好和色泽均匀的圆柱状颗粒，直径为（3~6）mm，高为（2~4）mm。颗粒料外表不应有目力可见的粉末状物质，颗粒不应粘连。

### 6.2 机械物理性能和电气性能

绝缘料交联后试片的机械物理性能和电气性能应符合表2规定。

表2 绝缘料的机械物理性能和电气性能要求

序号	项目	单位	性能要求		
			TR-YJ-10	TR-YJ-35	TR-YJ-66
1	拉伸强度	MPa	≥17.0	≥17.0	≥17.0

2	断裂伸长率	%	$\geq 420$	$\geq 420$	$\geq 420$
3	冲击脆化性能 温度	—	—	—	—
	——温度：76℃	—	—	—	—
	——失效数/试样数	个	$\leq$ 15/30	$\leq$ 15/30	$\leq$ 15/30
4	空气烘箱热老化	—	—	—	—
4.1	试验条件：	—	—	—	—
	——温度：(135±2)℃	—	—	—	—
	——时间：168h	—	—	—	—
4.2	试验结果：	—	—	—	—
	——拉伸强度变化率	%	不超过 ±20	不超过 ±20	不超过 ±20
	——断裂伸长率变化率	%	不超过 ±20	不超过 ±20	不超过 ±20
5	热延伸	—	—	—	—
5.1	试验条件：	—	—	—	—
	——温度：(200±2)℃	—	—	—	—
	——负载： 0.2MPa	—	—	—	—
5.2	试验结果：	—	—	—	—
	——负荷下伸长率	%	$\leq 80$	$\leq 80$	$\leq 80$
	——冷却后永久变形率	%	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 5$
6	凝胶含量	%	$\leq 80$	$\leq 80$	$\leq 80$
7	20℃时相对介电常数(50Hz)，	—	$\leq 2.35$	$\leq 2.35$	$\leq 2.35$

8	20℃时介质损耗因数(50Hz),	—	$\leq 1 \times 10^{-3}$	$\leq 1 \times 10^{-3}$	$\leq 5 \times 10^{-4}$
9	20℃时体积电阻率	$\Omega \cdot m$	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{14}$	$\geq 1 \times 10^{14}$
10	90℃时体积电阻率	$\Omega \cdot m$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^{10}$
11	介电强度E	kV/mm	$\geq 25$	$\geq 25$	$\geq 35$
12	水树试验	—	—	—	—
12.1	试验条件:	—	—	—	—
	——温度: (25±2)℃	—	—	—	—
	——时间: 15天	—	—	—	—
	——电源: 5kV, 8.8kHz	—	—	—	—
	——溶液: 0.1mol/LNaCl 溶液	—	—	—	—
12.2	试验结果:	—	—	—	—
	——水树特征长度	mm	$\leq 0.300$	$\leq 0.300$	$\leq 0.300$
	——水树相对长度	%	$\leq 60$	$\leq 60$	$\leq 60$

### 6.3 杂质尺寸与含量

各型号绝缘料的杂质尺寸与含量应符合表3规定。

表3 不同型号绝缘料杂质尺寸与含量

杂质	尺寸范围	最大允许数量/个		
		TR-YJ-10	TR-YJ-35	TR-YJ-66
	$50 \mu m \leq d <$	—	—	100

	100 μ m			
每千 克样 品	$100 \mu m \leq d < 125 \mu m$	—	—	10
e	$125 \mu m \leq d < 250 \mu m$	—	5	0
	$d \geq 250 \mu m$	—	0	0
注：d 为杂质的最大尺寸，杂质的类型为不透明杂质。				

#### 6.4 基础树脂

应对作为基料的聚乙烯树脂进行性能评价，性能评价项目应至少包含密度、熔融指数、分子量分布、结晶度、枝化率（长支链，短支链和支化分布）。

应对聚乙烯树脂的性能进行检测。检测项目应至少包含结晶度、密度和熔融指数。

相同型号绝缘料采用的聚乙烯树脂的密度和熔融指数基准值应相同，聚乙烯树脂密度波动应在  $(0.920 \pm 0.010)$  g/cm<sup>3</sup> 范围内；熔融指数波动应在  $(2.0 \pm 0.1)$  g/10min 范围内。

#### 6.5 工艺技术要求

制造商应采用合适的生产工艺，工艺文件应规定系统中使用水、气的净化指标，确定关键区域的洁净要求（至少应包含上料口、包装口、检测区域、储存区域）、关键控制点的控制要求（滤网、环境、在线监测）、关键工艺指标，建立可靠的质量管理体系。

在确保基料质量的前提下，对基料的包装和运输应采取

合适的措施，以防带入意外的杂质。

生产环境应完整闭环清洁并采用净化措施，系统内采用微正压，关键区域环境应满足 GB/T 25915.1-2010 中的 6 级，采用 GB/T 25915.3-2010 规定的方法监测。

在生产过程中，应采用 7.12 的方法连续监测绝缘料的杂质尺寸与含量。应保存绝缘料的杂质尺寸与含量检测结果及过程控制记录。

## **6.6 其他要求**

若用户有要求，制造厂应提供绝缘料的挤出温度范围、流变特性、交联工艺参数以及其基料的熔体流动速率等数据。

## **7 试验方法**

### **7.1 外观检查**

应在自然光线下用正常目力检查绝缘料外观。

### **7.2 试样制备**

如无特殊要求，试片采用模压法制备。取绝缘料颗粒适量，在  $(120 \pm 5)$  °C 的平板硫化机中不加压预热  $(10 \sim 15)$  min；然后转移至温度为  $(180 \pm 2)$  °C 的平板硫化机上加压交联 15min，液压机的压强应保持不小于 15MPa。最后小心移至常温平板硫化机上加压冷却至室温取片，压机液压应保持 15MPa。试片应平整光洁、厚度均匀、无气泡。

### **7.3 试样厚度**

试样厚度应符合各试验项目的规定。

#### **7.4 拉伸强度和断裂伸长率试验**

拉伸强度和断裂伸长率试验应按 GB/T 1040.3-2006 规定进行，试样为 5 型哑铃片，厚度为  $(1.0 \pm 0.1)$  mm，拉伸速度为  $(250 \pm 50)$  mm/min。

#### **7.5 冲击脆化性能试验**

冲击脆化温度试验应按 GB/T 5470-2008 规定的 A 法进行，试片厚度为  $(2.0 \pm 0.1)$  mm，每组取不切口试样 30 个进行试验。

#### **7.6 空气烘箱热老化试验**

进行空气烘箱热老化试验的有效试片应不少于 5 片，在表 2 规定的老化条件下，按 GB/T 2951.12-2008 中 8.1 规定进行老化处理，按 7.4 规定进行拉伸强度和断裂伸长率试验。

#### **7.7 热延伸试验**

热延伸试验应按 GB/T 2951.21-2008 中第 9 章规定进行，试样为 GB/T 2951.11-2008 图 12 规定哑铃试件，厚度为  $(1.0 \pm 0.1)$  mm。

#### **7.8 凝胶含量试验**

凝胶含量试验应按 JB/T 10437-2024 附录 A 规定进行。

#### **7.9 体积电阻率试验**

体积电阻率试验应按 GB/T 31838.2-2019 规定进行，试片厚度为  $(1.0 \pm 0.1)$  mm，试验温度为  $(20 \pm 1)$  °C 及  $(90 \pm$

1) °C，试验电压为 1kV。测 (90±1) °C 体积电阻率时所用电极和样品应在试验温度中恒温 1h。

### **7.10 介电强度试验**

介电强度试验应按 GB/T 1408.1-2016 规定进行，应采用对称电极，电极直径为 25mm，电极边缘的圆弧半径为 2.5mm。试片厚度为 (1.0±0.1) mm，试验用绝缘油的相对介电常数应接近 2.3，并有足够的介电强度，起始试验电压为零，从 0 到 6kV 可用较快的速率升压，从 6kV 起直至击穿，升压速率应不大于 3kV/s。

### **7.11 介质损耗因数和相对介电常数试验**

介质损耗因数和相对介电常数试验应按 GB/T 1409-2006 规定进行，试片厚度为 (1.0±0.1) mm，试验温度为 (20±1) °C，试验电压为 1kV，试验频率为 50Hz。

### **7.12 杂质尺寸与含量**

杂质尺寸与含量应按 JB/T 10437-2024 附录 B 进行试验，试验时应保证取样、转移过程和实验室符合绝缘料生产时要求的洁净度。

### **7.13 水树试验**

(0.1mol/L NaCl 溶液，5kV，8.8kHz，15 天) 老化试验，试片预处理 (75°C±1) °C 真空干燥 48h、扎孔参数 (不锈钢针尖端半径 (4±1) μm、夹角 30°)，水树试验应按附录 A 的规定进行。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

#### 8.1.1 出厂试验

每一批次产品交货时应进行出厂试验，出厂试验为抽样试验（代号S）。每一批次产品应由制造商

检验部门进行抽样试验，检验合格方可出厂。

#### 8.1.2 型式试验

型式试验是对产品质量进行的全面考核，即对本标准规定的技术要求全部项目进行型式试验（代号T）。

有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，若材料（包括聚乙烯树脂及相关助剂）

出现变更时；

- c) 产品长期停产后（超过3个月），恢复生产时；
- d) 出厂试验结果与上次型式试验结果有较大差异时；

#### 8.1.3 试验项目和试验类别

试验项目和试验类别应符合表4规定。

表4 试验项目和实验类别

序号	试验项目	试验类别		序号	试验项目	试验类别	
1	外观检验	S	T	8	介质损耗因	S	T

					数		
2	拉伸强度	S	T	9	相对介电常数	S	T
3	断裂伸长率	S	T	10	体积电阻率	S	T
4	冲击脆化性能	—	T	11	介电强度	S	T
5	空气热老化	—	T	12	杂质含量	S	T
6	热延伸	S	T	13	水树试验	—	T
7	凝胶含量	—	T				

## 8.2 组批和抽样规则

单位设备连续生产同一规格的产品为一个批次，检验单位最大不超过单位设备 24h 的产量，不足 24h 产量的批次仍作为一个检验单位。

一组试验样品应采用连续取样或从同一批次产品的 3 个包装单位中随机抽取（确保取样器械、环境及操作方法不污染包装内的材料），经混合后制备试样。

批次和抽样规则也可由供需双方协商一致后确定。

## 8.3 合格判定

表 4 中所有试验项目的试验结果均应符合 6.1~6.3 的规定。

检验有任意一项不合格时，应对不合格试验项目进行 2 倍抽样试验，如仍不合格，则判定该批量产品为不合格品。

## 9 包装、标识、运输和贮存

## 9.1 包装

绝缘料应采用防潮包装，内袋用增强型聚乙烯薄膜袋，置于坚固的箱内，箱底应带有托盘。包装净重一般为 600kg，不允许有负公差。也可采用制造方和用户双方同意的其他包装方式。

## 9.2 标识

包装表面应标明生产厂名、厂址、产品名称、型号、批号、制造日期、有效使用期及防潮标识。包装箱上应附有产品合格证或合格标签；每批产品应附有出厂检验报告。

也可采用供需双方同意的其他标识。

## 9.3 运输

绝缘料运输过程中不应受到日晒雨淋和浸水等不正常条件的损害。

## 9.4 贮存

绝缘料应贮存在清洁、干燥、通风的库房内，贮存温度建议在（0~35）℃。

绝缘料自生产之日起贮存期应不超过 12 个月。

# 附录 A

## （资料性附录）

### 抗水树绝缘材料水树老化试验方法

#### A. 1 范围及说明

本测试方法通过在电缆料中人为地制造圆锥形的孔洞来模拟、放大电缆介质中存在的缺陷，然后在潮湿的环境下通入高频高压的正弦交流电流来加速水树的引发和生长，从而快速鉴定出绝缘电缆料的抗水树特性。（参考文献[1]，[2]）

#### A. 2 加速水树老化试验条件

0.1mol/L 氯化钠溶液，5kV，8.8kHz，室温，试片表面采用扎孔方式制造缺陷（针应由不锈钢制成，针尖端半径为  $(4 \pm 1) \mu\text{m}$ ，夹角  $30^\circ$ ，建议外形直径为  $(0.7 \sim 1.0) \text{mm}$ ）

#### A. 3 水树老化试验装置（参考文献[3]）

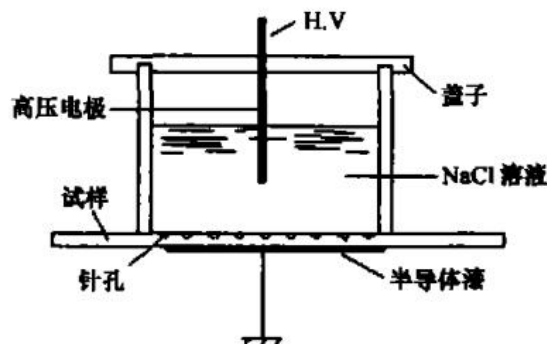


图 1 水树枝培养试验示意图

#### A. 4 压片

试片要求表面光滑，厚度在  $(5.5 \pm 0.1) \text{mm}$ ，试验平

面大于 PE 管外径，试样数不少于 3 个。

### **A.5 试片预处理**

将片子放进真空干燥箱中，在温度  $(75 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 、真空度为  $(0.09 \pm 0.01) \text{ MPa}$  的条件下抽真空处理 48 小时，以对片子进行干燥、脱挥，同时消除热历史对实验结果的影响。

### **A.6 扎孔**

用锥形针头在试片上均匀的打 9 个孔，一排三个，每个孔间距 0.5mm，保留绝缘厚  $(3.0 \pm 0.1) \text{ mm}$ ，绝缘厚指孔底至对面电极表面的距离，这些孔充当绝缘中的缺陷，它们将是水树枝生长的起点。

### **A.7 试验槽杯子**

将中空的绝缘管一端均匀涂上密封绝缘胶，与打好孔的一面试片粘接，另一面粘贴导电金属薄膜，并静置一夜固化。

### **A.8 电极**

将试验槽杯子在真空的条件下注入约占绝缘管容积 4/5 的试验溶液  $(0.1 \text{ mol/L NaCl})$ ，以构成高压电极。

### **A.9 试验**

将填充 NaCl 溶液的试验槽杯子，盖上塑料盖，并由此引入高压引线，然后调节电源，输出电压为 5kV、频率为 8.8kHz 的正弦交流电流。定期向试样中补充蒸馏水，使试验溶液的液面保持同一高度，即保持浓度恒定，实验时间为

15 天。

### A.10 水树切片观察及计算

试片缺陷处切成薄片厚度（0.25~0.65）mm，所有薄片可经过亚甲基蓝染色后（参考文献[4]），在光学显微镜下观察水树形态并记录水树长度，计算水树相对长度，水树相对长度（%）= $L_1/L_2 \times 100\%$ 。其中在相同实验条件下抗水树绝缘料的水树长度为  $L_1$ ，普通绝缘料的水树长度为  $L_2$ ，两者之比称为水树相对长度。

## 参考文献

- [1] Methods of test for the evaluation of water treeing in insulating materials: PD IEC 61956-2001[S].
- [2] Standard Test Method for Relative Resistance to Vented Water-Tree Growth in Solid Dielectric Insulating Materials: Designation: D 6097-01a [S] .
- [3] 豆朋,文习山,龚瑛. 几种因素对水树生长影响的研究[J]. 绝缘材料,2005, (01):33-36.
- [4] P.B. Larsen: “Dyeing Methods Used for the Detection of Watertrees in Extruded Cable Insulation” , Electra no. 86,1983:53-59.