

# 团 体 标 准

T/ XXXXX—XXXX

## 额定电压 110kV~220kV 交联聚乙烯绝缘电 力电缆质量控制规范

Quality control specification for cross-linked polyethylene  
insulated power cables of rated voltages 110kV~220kV

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

广东省质量检验协会 发布



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体要求 .....	2
4.1 生产工艺 .....	2
4.2 设计寿命 .....	2
4.3 质量保证体系 .....	2
5 原材料质量控制 .....	2
5.1 导体 .....	2
5.2 交联聚乙烯绝缘料 .....	2
5.3 半导体屏蔽料 .....	2
5.4 缓冲层与阻水带 .....	2
5.5 金属套材料 .....	3
6 生产过程质量控制 .....	3
6.1 导体绞制与紧压 .....	3
6.2 三层共挤 .....	3
6.3 交联与冷却 .....	3
6.4 金属套挤包与焊接 .....	3
6.5 外护套挤包 .....	4
6.6 关键控制点监造 .....	4
7 试验与检验 .....	4
7.1 基本要求 .....	4
7.2 例行试验 .....	4
7.3 抽样试验 .....	4
7.4 型式试验 .....	4
7.5 竣工试验 .....	4
8 产品标识、包装、运输与贮存 .....	4
8.1 标识 .....	4
8.2 包装 .....	5
8.3 运输与贮存 .....	5
9 质量证明与可追溯性 .....	5
附录 A (规范性) 缓冲层与阻水带性能试验方法 .....	6
A.1 体积电阻试验方法及分散性系数计算方法 .....	6
A.2 表面电阻试验方法 .....	7
A.3 含水率试验方法 .....	8

T/ XXXX—XXXX

附录 B（资料性） 关键生产过程监造点设置指南..... 10

## 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。

本文件由广东电网有限责任公司广州供电局提出。

本文件由广东省质量检验协会、广东省电线电缆标准化技术委员会（GD/TC 86）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

高压交联电缆是电网的“主动脉”，其质量直接关系到电力系统的安全稳定运行。然而，当前行业内标准体系主要集中于成品电缆的产品性能检验，对生产过程的质量控制尚缺乏系统性的管理依据。针对这一薄弱环节，本文件立足工程实际，创新性地提出涵盖工艺技术、原材料寿命管理、全过程监造点设置等内容的先进质量控制要求，其有效性已在多年工程应用中反复验证。

本文件的制定，旨在弥补高压电缆标准体系中“生产管理标准”的缺位，为电力用户和质检机构提供一套科学、可操作的过程质量控制工具，推动电线电缆行业从“结果合格”走向“过程可控”，从“被动检验”迈向“主动管理”。

# 额定电压 110kV~220kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆质量控制规范

## 1 范围

本文件规定了采用立塔式垂直交联（VCV）工艺生产的额定电压110kV~220kV交联聚乙烯绝缘电力电缆的质量控制要求，包括总体要求、原材料、生产过程、试验检验、产品标识、包装运输、质量可追溯性等全流程管理规范。

本文件适用于交联聚乙烯绝缘电力电缆的质量控制与监督。其他电压等级的同工艺电缆可参照执行。

## 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 3048.3 电线电缆电性能试验方法 第3部分：半导体橡塑材料体积电阻率试验

GB/T 3953—2024 电工圆铜线

GB/T 6995.5 电线电缆识别标志方法 第5部分：电力电缆绝缘线芯识别标志

GB/T 11017.1 额定电压66 kV（Um=72.5 kV）和110 kV（Um=126 kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第1部分：试验方法和要求

GB/T 11017.2 额定电压66 kV（Um=72.5 kV）和110 kV（Um=126 kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第2部分：电缆

GB/T 18890.1 额定电压220 kV（Um=252 kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第1部分：试验方法和要求

GB/T 18890.2 额定电压220 kV（Um=252 kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第2部分：电缆

GB/T 19001 质量管理体系 要求

JB/T 5268.2 电缆金属套 第2部分：铅套

JB/T 8137（所有部分） 电线电缆交货盘

## 3 术语和定义

GB/T 11017.1、GB/T 18890.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**立塔式交联 vertical catenary vulcanization (VCV)**

在垂直立塔中，通过上下牵引，使导体在悬垂状态下完成交联聚乙烯绝缘层挤包、交联和冷却的连续生产工艺。

### 3.2

**干法冷却 dry cooling**

在立塔式交联（VCV）中，采用干燥的氮气或其他惰性气体作为冷却介质，通过对流换热方式将已完成交联的电缆绝缘线芯冷却至规定温度的工艺方法。

注1：此过程区别于采用水浸或水喷淋的“湿法冷却”，冷却介质中不含液态水，旨在确保绝缘层内部无水分残留，

减少绝缘内应力和微孔的产生。

注2：冷却系统应能控制冷却气体的温度、流量及冷却速率，以保证电缆绝缘的电气性能和机械性能。

## 4 总体要求

### 4.1 生产工艺

4.1.1 额定电压 110 kV 及以上等级的电缆，绝缘线芯应采用立塔式交联（VCV）工艺生产，并采用干法冷却。

4.1.2 导体屏蔽、绝缘层和绝缘屏蔽层应采用三层共挤技术一次性挤包完成。

4.1.3 应建立完整的工艺文件体系，包括但不限于作业指导书、工艺卡片、设备操作规程等，并确保现场操作人员可方便获取并严格执行。

### 4.2 设计寿命

在符合本文件规定的条件下进行制造、敷设、安装、运行和维护，电缆的设计寿命应不低于30年。

### 4.3 质量保证体系

制造商应建立并有效运行符合GB/T 19001要求的质量管理体系，并应通过第三方认证。

## 5 原材料质量控制

### 5.1 导体

导体应符合GB/T 11017.2或GB/T 18890.2的规定，并满足以下要求：

- a) 导体材料应为 GB/T 3953—2024 规定的 TR 型软铜线；
- b) 导体表面应光洁，无油污、毛刺、锐边及可能损伤绝缘和屏蔽的缺陷；
- c) 各种绞合导体不允许整芯或整股焊接。绞合导体中的单线允许焊接，但在同一层内，相邻两个接头的距离应不小于 300 mm。

### 5.2 交联聚乙烯绝缘料

交联聚乙烯绝缘料应符合GB/T 11017.1或GB/T 18890.1的规定，并满足以下要求：

- a) 应使用超净化可交联聚乙烯料；
- b) 绝缘料从生产之日到投入使用的贮存期限不应超过十二个月。制造商应提供材料的生产日期证明，并建立严格的库存管理制度；
- c) 绝缘材料最小工频平均击穿场强应不小于 30 kV/mm，最小冲击平均击穿场强应不小于 60 kV/mm；
- d) 绝缘料和半导电料的洁净度应满足超高压电缆生产工艺要求，制造商应定期对材料的杂质颗粒尺寸和数量进行检测并记录。

### 5.3 半导电屏蔽料

半导电屏蔽料应符合GB/T 11017.1或GB/T 18890.1的规定，并满足以下要求：

- a) 应使用超光滑交联型半导电材料；
- b) 半导电料从生产之日到投入使用的贮存期限不应超过十二个月。

### 5.4 缓冲层与阻水带

缓冲层与阻水带应符合以下要求：

- a) 缓冲层应采用半导电的弹性材料或具有纵向阻水功能的半导电弹性阻水材料；
- b) 缓冲层和半导电阻水带（若有）的原材料性能应符合表 1 的规定；
- c) 取自成品电缆的缓冲层和半导电阻水带带材性能应符合表 1 的规定，试验方法按附录 A 执行。

表1 缓冲层与阻水带性能要求

项目	体积电阻率 $\Omega \cdot \text{cm}$	表面电阻 $\Omega$	含水率 %
原材料要求	$\leq 5000$	$\leq 350$	—
成品电缆取样要求	$\leq 20000$	—	$\leq 7$
注1：试验方法按附录A执行。			
注2：缓冲层材料的体积电阻率分散性系数（按附录A计算）应不大于10。			

## 5.5 金属套材料

皱纹铝套应采用纯度不小于99.6%的铝材制造，铝带的伸长率应不小于16%。铅套应采用符合JB/T 5268.2规定的铅合金。

## 6 生产过程质量控制

### 6.1 导体绞制与紧压

6.1.1 导体结构应符合 GB/T 11017.2 或 GB/T 18890.2 的要求。

6.1.2 应严格控制导体的紧压系数，采用符合 GB/T 3956—2024 中第 2 种紧压绞合圆形结构，导体紧压系数不小于 0.9；采用分割导体结构，导体紧压系数不小于 0.85。

6.1.3 其导体表面应无毛刺和尖角。

### 6.2 三层共挤

应严格控制挤出机的温度、螺杆转速、挤包压力等工艺参数，确保导体屏蔽、绝缘和绝缘屏蔽三层界面光滑、无污物、无气泡。应连续监测并记录绝缘偏心度，其值不应大于5%。

### 6.3 交联与冷却

6.3.1 应严格控制立塔式交联（VCV）各加热区的温度、氮气保护氛围及压力，确保交联充分、均匀。冷却过程应采用干法冷却，并控制冷却速率，以减少绝缘内应力和微孔的产生。

6.3.2 交联管路系统应定期进行密封性和清洁度检查与维护，防止杂质和水分进入绝缘层。

### 6.4 金属套挤包与焊接

金属套挤包与焊接应符合以下要求：

- a) 金属套的厚度应符合 GB/T 11017.2 或 GB/T 18890.2 的规定，厚度检测应采用超声波测厚仪或截面显微测量法，每盘电缆检测不少于 3 点；
- b) 焊接皱纹铝套不应有圆周方向的焊缝，焊缝内壁应平整，不应有明显突起。焊缝强度应不小于铝套基材强度；
- c) 110 kV 电缆用皱纹铝套抗侧压力应不小于 3 kN/m，220 kV 电缆用皱纹铝套抗侧压力应不小于 5 kN/m。

## 6.5 外护套挤包

外护套应连续、平整、圆整，最薄点厚度应符合标准要求。对于防蚁电缆，若采用双层护套结构，内外层应粘结牢固，不可分离。

## 6.6 关键控制点监造

6.6.1 为确保过程质量，应在关键工序设置监造点。监造点的设置、见证方式及缺陷分级可参照附录B执行。制造商应保留这些关键点的操作记录、检验记录和监控数据，供需方或第三方监造查阅。

6.6.2 监造过程中发现的不符合项，应建立闭环管理流程，包括记录、报告、原因分析、纠正与预防措施、验证等，相关记录应予以保存。

## 7 试验与检验

### 7.1 基本要求

电缆的试验应符合GB/T 11017.1、GB/T 18890.1及本文件的规定。当要求不一致时，应按较严格的标准执行。

### 7.2 例行试验

每盘出厂电缆应进行例行试验，项目应包括但不限于：

- a) 局部放电试验；
- b) 交流电压试验；
- c) 非金属护套的电气强度试验；
- d) 对于皱纹铝套，应进行气密性试验（试验压力：0.4 MPa±0.05 MPa，保持时间：2 h，无泄漏）。

### 7.3 抽样试验

抽样试验的频次和项目应符合GB/T 11017.1、GB/T 18890.1的规定，并应增加以下项目：

- a) 绝缘的热收缩试验；
- b) 缓冲层和/或半导体电阻水带（若适用）的体积电阻率与含水率试验（按附录A要求执行）。

### 7.4 型式试验

按GB/T 11017.1、GB/T 18890.1规定执行。

### 7.5 竣工试验

7.5.1 电缆敷设安装完成后，应按相关规程进行竣工试验，应在主绝缘交流耐压试验时同步进行局部放电检测。若不同步进行，应单独执行局部放电检测。

7.5.2 竣工试验方案应由电缆供应商、安装单位及用户共同确认。试验过程中，应对电缆接头和终端进行红外测温，其结果应无异常。

## 8 产品标识、包装、运输与贮存

### 8.1 标识

电缆护套表面应有连续、清晰的标志，内容包括制造商名称、型号、电压、规格、生产年份、计米长度、盘号等，标志应符合GB/T 6995.5的规定。

## 8.2 包装

电缆包装应符合以下要求：

- a) 电缆应卷绕在符合 JB/T 8137 规定的电缆盘上；
- b) 电缆两端应可靠密封。对于皱纹铝套电缆，建议在金属套内充入压力为 0.03 MPa~0.05 MPa 的干燥氮气或惰性气体，并安装压力表便于运输途中监测；
- c) 牵引头应能承受与电缆本体相同的机械力，其密封优先采用焊接方式；
- d) 电缆盘上的标志应符合 GB/T 11017.1 或 GB/T 18890.1 的规定。

## 8.3 运输与贮存

8.3.1 电缆盘在运输和贮存过程中应立放，不应平放，不应从高处抛落。应采取措施防止机械碰撞和日晒雨淋。

8.3.2 电缆贮存场地应坚实、平整、无积水。电缆盘不允许长期置于潮湿、高温或阳光直射环境下。

8.3.3 电缆在安装前的贮存时间不宜过长，并应定期检查电缆端头的密封情况及电缆盘内气压。

## 9 质量证明与可追溯性

9.1 每盘电缆应附有产品合格证。

9.2 制造商应提供以下技术文件：

- a) 产品出厂合格证明书；
- b) 例行试验和抽样试验报告；
- c) 主要原材料的材质证明书及进厂检验报告（包括绝缘料、半导体料的生产日期）；
- d) 绝缘料的工频和冲击击穿场强试验报告；
- e) 缓冲层/阻水带（若适用）的型式试验报告；
- f) 外护套防白蚁、阻燃等特殊性能试验报告（若适用）。

9.3 制造商应建立完整的可追溯体系，通过批次号或二维码等唯一标识系统实现从原材料到成品电缆的全链条可追溯。

9.4 所有质量控制记录应至少保存十五年。

附录 A  
(规范性)  
缓冲层与阻水带性能试验方法

### A.1 体积电阻试验方法及分散性系数计算方法

#### A.1.1 概述

本试验方法适用于半导体缓冲带材体积电阻率的测量和体积电阻率分散性系数的计算。

#### A.1.2 试验仪器

试验仪器如下：

- a) 半导体电阻测试仪的要求：用数字式万用表或符合 GB/T 3048.3 要求的半导体电阻测试仪器；
- b) 电极要求：下电极为 $[20 \times 20 \times (5 \sim 10)]$ mm 的铜板电极，上电极为 $(8 \times 5 \times 5)$ mm 的铜矩形电极；
- c) 电极上的负荷(含电极自身重量)：在上电极上施加的负荷为 210 g(约  $0.05 \text{ N/mm}^2$ )；
- d) 绝缘垫板：至少 $(60 \times 40)$ mm，绝缘电阻大于  $10^{12} (\Omega)$ 。

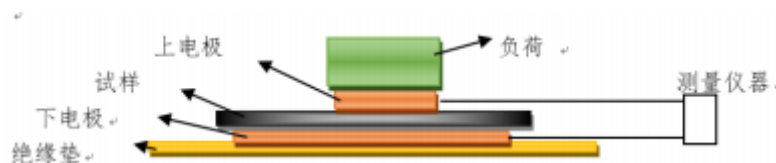
#### A.1.3 试验步骤

##### A.1.3.1 试样的处理

打开试样防潮包装后，所取试件应在温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度在 $(50 \pm 5)\%$ 的环境中保持不超过 2 h 的条件化处理。

##### A.1.3.2 试验回路

按图A.1所示，将下铜板电极置于绝缘垫上，取大约1000 mm长的被试样品，沿着长度方向大约间隔 250 mm 的3个地方作为测量段，试样的测试部位位于下铜板电极上，然后将上矩形铜电极置于试样上(如样品由蓬松纤维层组成，则蓬松纤维层朝上)，并与下铜板电极相对应，再在上矩形电极上施加规定的负荷。



图A.1 体积电阻测试示意图

##### A.1.3.3 数据测量

每个测量点按图A1所示的设置，随后进行电阻测量，共计测量三十次。

#### A.1.4 结果计算方法

##### A.1.4.1 体积电阻率计算

体积电阻率按公式(A.1)计算：

$$p = RA/t \dots \dots \dots (A.1)$$

式中：

$p$ ——体积电阻率，单位为欧姆厘米( $\Omega \cdot \text{cm}$ )；

$R$ ——测得的试样体积电阻，单位为欧姆( $\Omega$ )；

$A$ ——上电极的面积，单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )；  
 $t$ ——试样负重状态下的厚度，单位为厘米( $\text{cm}$ )。  
 取30个测量结果的平均值的有效数字作为试验结果。

#### A.1.4.2 体积电阻率分散性系数计算

选取三十个测量数据中最大的电阻率，记作 $p_{max}$ ；选取三十个测量数据中最小的电阻率，记作 $p_{min}$ ，体积电阻率分散性系数 $\alpha$ 按公式(A.2)进行计算：

$$\alpha = p_{max}/p_{min} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$\alpha$  ——体积电阻率分散性系数；  
 $p_{max}$ ——三十个测量数据中最大的电阻率；  
 $p_{min}$ ——三十个测量数据中最小的电阻率。

### A.2 表面电阻试验方法

#### A.2.1 概述

本试验方法适用于具有半导体缓冲带材表面电阻的测量和计算。

#### A.2.2 试验仪器

试验仪器如下：

- a) 半导体电阻测试仪：用数字式万用表或符合 GB/T 3048.3 要求的半导体电阻测试仪器；
- b) 电极：二个铜材质平行电极，二个相邻边间距 30 mm，电极尺寸为 30 mm、宽度为 5 mm，为了保证电极的压强，负荷尺寸见图 A.2 所示。二个电极用绝缘件连接，确保二电极间的绝缘电阻大于  $10^2$  ( $10^{12}$ )  $\Omega$ ；
- c) 绝缘垫板：不少于 (60X40) mm，绝缘电阻大于  $10^{12}$  ( $10^{12}$ )  $\Omega$ 。

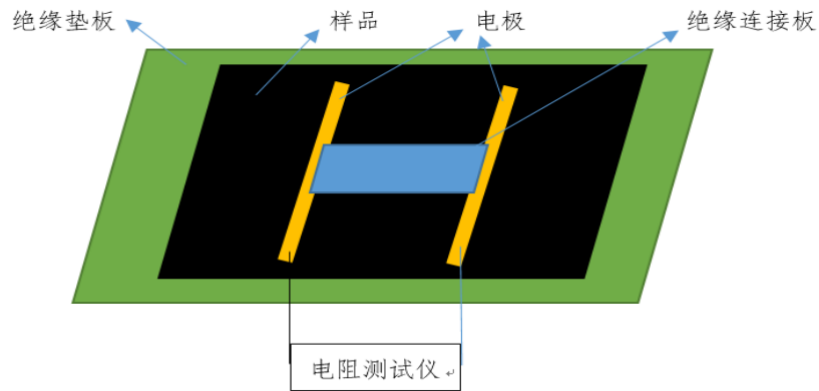
#### A.2.3 试验步骤

##### A.2.3.1 试样的处理

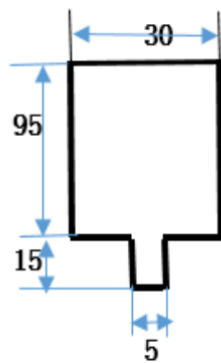
打开试样防潮包装后，所取试件应在温度( $23 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度( $50 \pm 5$ )%的环境中保持不超过2h的条件化处理。

##### A.2.3.2 试验回路

按图A.2所示，取大约1000 mm长的被试样品，沿着长度方向大约间隔250 mm的3个地方作为测量段，在样品的每个测量段处截取大约80 mm长的试件。将试件置于绝缘垫上(如样品由蓬松纤维层组成，则蓬松纤维层朝上)，然后将矩形铜电极(含负荷)置于试样上，测量试样长度方向上的表面电阻。矩形铜电极如图A.3所示。



图A.2 表面电阻测试示意图



图A.3 铜电极的剖面图

#### A.2.3.3 数据测量

每个测量点按图A.2所示的设置，随后进行电阻测量，共计在不同的试样部位测量3次。

#### A.2.4 结果计算方法

3个试件测量数据的算术平均值为半导体缓冲带的表面电阻，单位为欧姆( $\Omega$ )。

### A.3 含水率试验方法

#### A.3.1 概述

本试验方法适用于测量高压电缆用半导体缓冲带材的含水率的测试，也适用于存储一定时间后的半导体缓冲带材的含水率测试。

#### A.3.2 试验仪器

试验仪器如下：

- a) 分析天平，精度 0.1 mg；
- b) 自然通风烘箱；
- c) 干燥器皿；
- d) 计时器。

#### A.3.3 试验

### A.3.3.1 试验步骤

A.3.3.1.1 截取3片50 mm长半导体缓冲层带材试样放入干燥器中进行干燥处理，大约持续4 h，然后从干燥器中取出后立即剪取并称重约10 g左右，精确到0.1 mg，分别记作 $W_{01}$ 、 $W_{02}$ 、 $W_{03}$ 。

A.3.3.1.2 将3片试件放入100℃的烘箱中处理24 h，3片试件在烘箱中放置的距离大于20 cm。从烘箱中取出试件，在10 min内分别称重，精确到0.1 mg，分别记作 $W_{11}$ 、 $W_{12}$ 、 $W_{13}$ 。

### A.3.4 结果计算方法

按照公式(A.3)计算平均含水率：

$$\text{平均含水率} = (W_{01} + W_{02} + W_{03}) - (W_{11} + W_{12} + W_{13}) / W_{01} + W_{02} + W_{03} \times 100\% \dots\dots (A.3)$$

式中：

$W_{01}$ 、 $W_{02}$ 、 $W_{03}$ ——分别代表三片试样在干燥处理后、烘箱处理前的初始质量，即从干燥器中取出后立即称重得到的质量；

$W_{11}$ 、 $W_{12}$ 、 $W_{13}$ ——分别代表上述对应的三片试样，在100℃烘箱中处理24 h后的质量。

**附录 B**  
(资料性)  
**关键生产过程监造点设置指南**

本附录为电缆生产过程中关键质量控制点的监造提供了指导性建议。

注：关键质量控制点指对电缆最终性能、可靠性及寿命有决定性影响，需进行重点监控的原材料、工序或检验环节。

**表B.1 关键生产过程监造点设置指南**

序号	监造项目	监造内容	见证方式	缺陷分级
1	导体	外观、材质证明、绞合工艺、紧压系数	S/W	A类
2	绝缘/半导电料	材质证明、生产日期、投料记录	W	A类
3	三层共挤	工艺参数、界面外观	S	A类
4	绝缘层	厚度、偏心度在线监测记录	S/W	A类
5	缓冲/阻水层	材质、结构工艺	S	A类
6	金属套	材质、厚度、焊缝质量、抗侧压力报告	S/W	A类
7	例行试验	局部放电、交流耐压、气密性试验	H/S	A类
<p>注1：见证方式：H（停工待检点），W（文件见证点），S（现场见证点）。</p> <p>注2：缺陷分级：A类（影响设备基本功能或安全），B类（严重质量异常），C类（一般质量异常）。</p>				