



团体标准

T/CES XXX-XXXX

10kV-35kV 交联电缆抗水树性能加速试验 方法及性能评价技术导则

Technical Guide for Accelerated Test Methods and Performance Evaluation
of Water Tree Resistance in 10-35kV Cross-Linked Polyethylene (XLPE) Cables

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次 I

前 言 2

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 总则 3

4.1 概述 4

4.2 试样的有效范围 4

4.3 绝缘系统材料的要求 4

5 试验设备 4

5.1 试验系统 4

5.2 试验设备性能 5

6 电缆水树加速老化试验 5

6.1 试样制备 5

6.2 试样数量及有效性要求 6

6.3 试验条件 7

6.4 试验程序 7

6.5 试验安全与防护要求 8

7 试验结果及评定 8

7.1 样本观测 8

7.2 数据统计与处理 8

附录 A 10

附录 B 11

附录 C 13

附录 D 15

附录 E 16

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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会电力电缆施工与运维新技术工作组归口。

本文件起草单位：国网山西省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网北京市电力公司经济技术研究院、上海电缆研究所、四川大学、兰州理工大学、山西世纪中试电力科学技术有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、国网天津市电力公司电力科学研究院、南方电网科学研究院有限责任公司、国网四川省电力公司乐山供电公司、国网电力科学研究院有限公司、国网山西省电力有限公司、国网天津市电力公司、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力公司、国网浙江省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司、尚纬股份有限公司、宝胜科技创新股份有限公司。

本文件主要起草人：陶文彪、张振鹏、陶霁韬、张伟、李华春、王伟、周凯、晋涛、李康乐、唐昕宇、陈前、黄友聪、宋鹏先、段玉兵、徐庆文、徐晓峰、万利、侯帅、朱智恩、孟晓凯、王亮、郭瑞宙、贾峰生、齐宇、魏力强、李丹、王松波、周啸宇、柏仓、黄静、董智国。

本文件为首次发布。

10kV 到 35kV 交联电缆抗水树性能加速试验方法及性能评价技术导则

1 范围

本文件规定了额定电压 10kV 到 35kV 交联聚乙烯（XLPE）绝缘电力电缆抗水树性能的试验设备、电缆水树加速老化试验方法及试验结果评定。

本文件适用于额定电压 10kV 到 35kV 中压 XLPE 绝缘电力电缆缆芯绝缘材料抗水树能力快速检测试验。

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 2900.5 《电工术语 电缆》

GB/T 2951.14 《电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法》

GB/T 4883-2008 《数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理》

GB/T 12706.2 《额定电压 1kV 到 35kV 挤包绝缘电力电缆及附件 第 2 部分：6kV 到 30kV 电缆》

GB/T 12706.3 《额定电压 1kV 到 35kV 挤包绝缘电力电缆及附件 第 3 部分：35kV 电缆》

GB/T 21224 《评定绝缘材料水树枝化的试验方法》

DL/T 1070 《中压交联电缆抗水树性能鉴定试验方法和要求》

DL/T 2480 《电力电缆绝缘老化状态评估导则》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水树 water tree

在绝缘中存在水分、电应力和某些诱发因素如杂质、突起、空间电荷或离子时发展成的一些微通道。

3.2

抗水树能力 water tree resistance

电缆材料在交变电场和潮湿环境条件下，抵抗水树形成和发展的能力，通常通过水树长度、引发电压和老化时间等参数进行评价。

3.3

缆芯 cable core

电缆中包含导体、导体屏蔽、绝缘和绝缘屏蔽的组件。

3.4

加速水树老化试验 accelerated water tree aging test

通过施加电应力、水分和热循环等条件，在高于工频的频率下加速电缆绝缘中水树生长的试验方法。

4 一般规定

4.1 概述

本文件仅对缆芯材料（导体屏蔽、绝缘和绝缘屏蔽）的抗水树性能进行试验，其他性能应符合 GB/T 12706.2 和 GB/T 12706.3 的规定。

4.2 适用试样范围

试样应符合下列规定：

a) 试样应取自符合 GB/T12706.2 和 GB/T 12706.3 规定的交联聚乙烯绝缘电力电缆，电缆额定电压等级包括 8.7/10kV、12/20kV、18/30kV、21/35kV、26/35kV。

b) 试样为从电缆中取出的缆芯；对于带同心导体（铜丝/铜带同心屏蔽层）结构的电缆，缆芯外侧的同心导体屏蔽层应完全剥离去除，仅保留导体、导体屏蔽、XLPE 绝缘、绝缘屏蔽构成的完整缆芯结构。

c) 试样的其他补充要求按附录 A 执行。

4.3 缆芯材料的要求

a) 交联电缆抗水树性能加速试验，可在同一根电缆试样上完成，也可在不同电缆试样上分别开展相关试验后进行综合验证。

b) 导体屏蔽材料、绝缘材料或绝缘屏蔽材料发生变更（如混合料名称或牌号改变）时，应重新开展对应的抗水树性能试验。

5 试验系统与设备

5.1 试验系统

5.1.1 加速水树老化试验系统应包含高频信号发生器、功率放大器、控制保护装置、试验变压器、保护电阻；其他辅助部件宜按需配套，系统原理见图 1。

5.1.2 试验系统应满足以下工作逻辑：信号发生器输出特定频率与幅值的电信号，经功率放大器放大后输入高压试验变压器，对电缆样本施加满足要求的电压与频率；控制保护装置应具备系统启停、运行控制及故障状态下的自动断电保护功能。

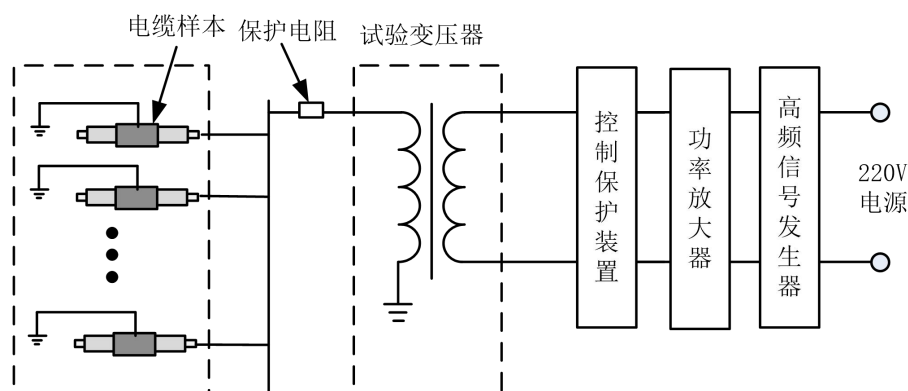


图 1 加速水树老化系统原理图

5.2 试验设备性能

5.2.1 信号发生器

高频信号发生器应满足以下技术要求：

- a) 频率输出范围为 $1\mu\text{Hz}\sim 25\text{MHz}$ ，频率波动不大于 1Hz ；
- b) 输出幅值应连续可调，幅值调节范围应分别覆盖功率放大器及试验变压器的额定输入电压范围；
- c) 输出频率范围应分别覆盖功率放大器及试验变压器的额定工作频带；
- d) 在试验全过程中，试验变压器输入电压示值误差应不大于 $\pm 1.0\%$ ，且调节过程平稳、可控。

5.2.2 功率放大器

功率放大器应具备稳定输出交流电压的能力，其输出波形为正弦波，电压畸变率应不大于 5% ，输出功率不小于 1500W 。

5.2.3 控制保护装置

控制保护装置应具备过流、过压及漏电保护功能，当试验电流超过设定值的 110% 、试验电压超过设定值的 110% ，或漏电流超过 30mA 时，应能够自动切断电源，并能够记录带电和断电时间。

5.2.4 变压器

试验用交流电源系统应能够在规定的电压和频率条件下连续稳定运行。试验变压器额定输出电压不小于 10kV ，额定输出电流不小于 0.1A 。

5.2.5 保护电阻

保护电阻应将故障电流限制在试验设备允许的最大耐受电流范围内，且电阻额定功率不低于故障工况下的最大耗散功率，可采用水阻。

5.2.6 样本切片装置

样本切片装置应具备精密切片、试样稳固夹持、切割厚度精准可调的性能，满足电缆水树观测试片的制备要求：

- a) 切片厚度调节范围宜覆盖 $30\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，调节精度为 $1\mu\text{m}$ ，厚度示值误差不大于 $\pm 5\mu\text{m}$ ；
- b) 夹持机构可牢固固定条形试样，切割过程无滑移、无晃动，保证切割面平整光滑、无毛刺、无分层损伤；
- c) 应配置精密切割刀具，刀刃锋利无缺口，切割行程平稳可控；
- d) 具备稳定的进给机构，进给深度连续可调；
- e) 切片操作便捷、安全，制备的试片完整无破损无撕裂。

6 电缆水树加速老化试验

6.1 试样制备

6.1.1 电缆样本制作

试验前应逐层剥除电缆外护套、金属铠装、填充物及铜带等结构。

—对于多芯电缆，应剥离至单个缆芯；

—对于单芯电缆，应保留其导体及绝缘相关结构。

将试样切割成长度不小于 500mm 的短样本。

应在样本一端剥除绝缘层约 20mm ，露出导体，并对端部进行打磨；两端分别向内剥除绝缘屏蔽层不小于 120mm ，使绝缘层外露。

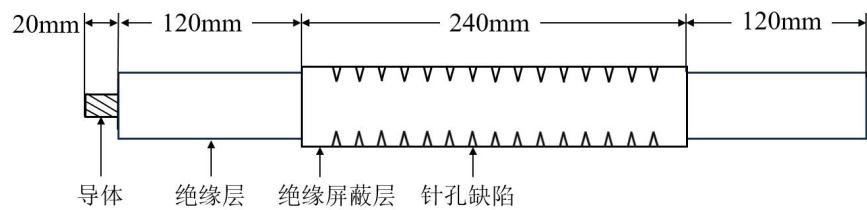


图 2 电缆样本示意图

6.1.2 水针缺陷制作

在电缆样本中部保留绝缘屏蔽层区域，采用钢针沿电缆轴向方向预制对称的两排针孔缺陷。针孔间距约为 10 mm，每排针孔数量应不少于 15 个，宜采用上下对称孔孔。

针具应满足以下技术要求：

- 针具材质应为不锈钢，尖端应锋利、无毛刺；
- 针尖半径应为 $(4\pm1)\mu\text{m}$ ，夹角 30° ，建议外形直径为 $(0.7\sim1)\text{mm}$ 。
- 针体应具有足够刚性，不得在扎孔过程中发生弯曲。

根据电压等级确定针孔深度：

- 对 10 kV 电缆，针孔深度为 $3\pm0.1\text{mm}$ ；
- 对 20 kV 电缆，针孔深度为 $4.5\pm0.1\text{mm}$ ；
- 对 35 kV 电缆，针孔深度为 $9\pm0.1\text{mm}$ 。

上述针孔深度仅适配 8.7/10kV、12/20kV、26/35kV 典型电缆；对于 18/30kV、21/35kV 电缆，应根据其绝缘标称厚度自行计算针孔深度，保证针尖至导体屏蔽层距离 $2\pm0.1\text{mm}$ ，不得直接采用本条给定深度。

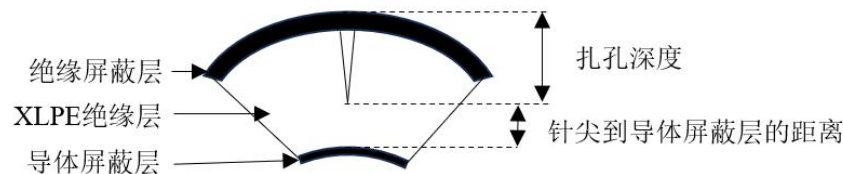


图 3 针孔缺陷制作示意图

6.2 试样要求

6.2.1 用于加速水树老化试验的电缆样本应取自同一型号、同一规格、同一生产批次的电缆，且应符合本文件对试样制备的规定。

6.2.2 在每一试验条件下，用于试验的电缆样本数量不应少于 5 根。各电缆样本应分别独立制备水针缺陷并单独进行老化试验，不得在同一根电缆样本上重复制备缺陷以替代样本数量要求。

6.2.3 试验结果的统计分析应基于不少于 4 根有效电缆样本的数据进行。

6.2.4 试验过程中出现试样击穿、异常放电或其他导致试验无法正常完成的情况时，该试样不应计入有效样本数量，并应补充新的试样以满足 6.2.3 规定的数量要求。

6.2.5 同时满足下列全部条件的试样为有效试样，任一条件不满足则判定为无效试样：

- a) 试样来源、外观结构、预处理均符合 6.1 及附录 A 试样全部制备要求；

- b) 水针缺陷制作满足 6.1.2 规定, 针孔深度、针尖至导体屏蔽距离、针孔排布符合指标, 无扎伤导体屏蔽、针孔歪斜、深度超差等缺陷;
- c) 试样密封、盐水加注、电极布置严格执行 6.4 操作要求, 试验全过程无溶液渗漏、接触不良;
- d) 完整完成 $240\text{ h}\pm 0.5\text{ h}$ 不间断加速老化, 无中途击穿、持续性异常放电、系统异常停机等中断故障;
- e) 老化后试样可正常切片、染色、显微镜观测, 能够获取有效水树长度测量数据, 无试样撕裂、观测区域损毁等问题。

6.3 试验条件

6.3.1 环境条件

试验环境温度: $20\pm 1^{\circ}\text{C}$

试验环境湿度: $\leq 60\text{RH}$

6.3.2 老化电压

a) 电压幅值: $7.5\pm 0.1\text{kV}$

b) 电压频率: $400\pm 1\text{Hz}$

6.3.3 老化时间

水树加速老化时间为 $240\pm 0.5\text{h}$

6.4 试验程序

6.4.1 将按照 6.1.1 要求制备的电缆试样穿入规格适宜的热缩管中, 按以下步骤操作:

- a) 加热收缩剥除绝缘屏蔽层的两端, 使热缩管紧密贴合绝缘层, 如图 3 所示;
- b) 为增强热缩管密闭性, 宜在附着热缩管前, 在剥除绝缘屏蔽层后的试样 XLPE 绝缘层表面均匀涂抹玻璃胶等密封填充材料;
- c) 加热热缩管过程中, 宜适当延长加热时间, 确保玻璃胶受热均匀并处于熔融状态;
- d) 加热完成后应充分冷却试样;
- e) 冷却后应通过按压空腔区检查密闭性, 如出现漏气情况应重新制作试验样本。

6.4.2 在热缩管空腔区中央开一个面积约 $1\sim 2\text{cm}^2$ 的小孔, 通过小孔向热缩管空腔内注入质量分数为 $(20\pm 1)\%$ 的氯化钠(NaCl)溶液, 溶液液面应高出电缆试样约 1cm 。

6.4.3 将电极插入小孔, 电极一端浸入 NaCl 溶液中的长度不小于 2cm , 另一端接地; 浸入 NaCl 溶液中的电极应由贵金属制成, 例如金属钽或者铂; 电极通流能力应不小于 1A 。

6.4.4 在电缆试样的裸露导体部分施加符合 6.3.2 要求的高频高压电源, 并持续老化 $240\pm 0.5\text{h}$ 。

6.4.5 老化过程中应定期监测试验系统工作情况, 如出现试样击穿系统停运等情况, 宜及时切断故障支路, 并对剩余样本继续进行加速老化试验。

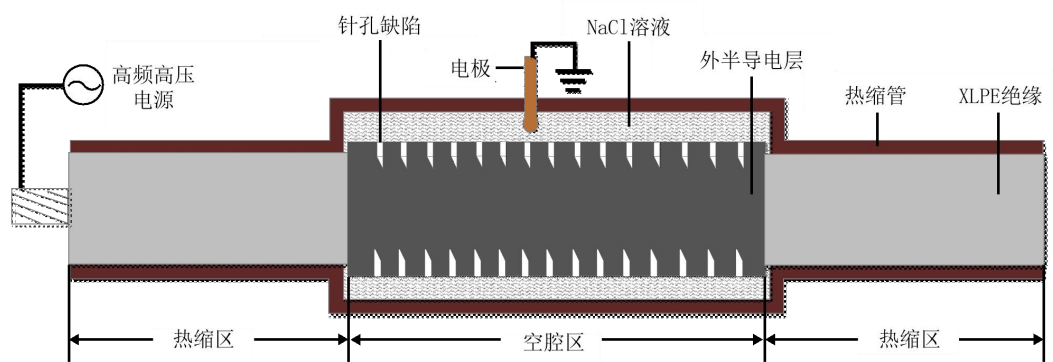


图 3 电缆试样连接示意图

6.5 试验安全与防护要求

试验系统应设置可靠的接地系统。在最高试验电压为 7.5 kV 条件下，高压侧与防护围栏之间的最小空气绝缘距离不应小于 0.7m。

试验人员应经过高压试验安全培训，操作时应佩戴必要的绝缘防护用品，并在显著位置设置警示标识。

7 试验结果及评定

7.1 样本观测

老化试验结束后，对样本进行切片、染色、显微观测。各操作步骤应保持一致，避免因操作差异引入系统性误差。

7.1.1 样本切片

水树加速老化试验结束后，应将电缆老化样本去除金属导体，沿轴向切割为宽度约 0.5~1cm 的包含完整针孔缺陷的段样，段样应适配切片机夹具。采用切片机将段样沿径向切割成厚度为 $40\pm10\text{ }\mu\text{m}$ 的扇形试片，切割过程中应保证段样固定牢固，切片均匀。每个针孔样本取 1~2 片包含针尖区域的切片样本，并做好编号。整组电缆样本应制作不少于 30 个针孔的切片样本。

7.1.2 样本染色

- a) 制备质量分数为 1%的亚甲基蓝溶液，现配现用；
- b) 将样本试片完全浸没于亚甲基蓝溶液中；将盛有试片与溶液的容器放入温度为 90℃的烘箱内，加热 30 min；
- c) 加热结束后，取出试片，用去离子水冲洗表面多余染料至冲洗液无色，继续使用无尘布清洁试片表面，保证样片表面无残留染料，且无水渍。

7.1.3 水树显微观测

- a) 将经亚甲基蓝染色的电缆试片平稳置于显微镜载物台，并以压片固定；
- b) 利用自带标尺或图像分析软件测量水树最大长度等参数，水树长度测量应以针尖为起点，沿水树发展方向测量至水树延伸的最远端；
- c) 每个测量点应重复测量 3 次，取其平均值作为该水树的最终测量结果。

7.2 数据统计与处理

数据统计参照附录 D。

7.2.1 数据统计代表性要求

a) 单根试样中，每个针孔至少应获得 1 个有效水树测量结果；当局部区域未引发水树时，应如实记录为“未引发”。

b) 用于统计分析的有效水树数据数量不应少于 30 个；当有效数据不足时，应增加试样数量或重复试验。

c) 除统计最大水树长度外，宜同时给出以下统计指标：

—平均水树长度；

—水树长度标准偏差；

—水树引发率（引发水树的针孔数/总针孔数）。

附录 A

(规范性)

试样补充技术要求

A.1 概述

本附录用于对正文中“试样制备与有效性要求”作进一步细化说明，目的是保证不同实验室、不同操作者在取样、处理和使用试样时具有一致的技术依据，从源头上减少由于试样差异带来的试验偏差。本附录内容属于保证试验可重复性和可比性的基础性要求。

A.2 适用范围

本附录适用于水树加速老化试验中使用的 XLPE 电缆样本。

A.3 外观与结构要求

- a) 绝缘层表面应光滑、洁净，不得有可见气泡、裂纹、夹杂、分层和明显机械损伤；
- b) 绝缘屏蔽层应连续、均匀，与绝缘层紧密贴合，不得有脱层或局部缺失；
- c) 导体、导体屏蔽、绝缘、绝缘屏蔽层结构应完整，不得人为破坏原有结构。

A.4 试样预处理

- a) 试样制备完成后，应在 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度不大于 70% 的环境中静置不少于 24 h；
- b) 试验前试样表面应保持干燥、清洁，不得残留油污、水分和杂质；
- c) 如试样经历高温加工工序，应在室温下充分冷却后再进行试验。

A.5 不合格试样处理

出现以下情况之一时，试样判为不合格，不得用于试验：

- 绝缘或屏蔽层存在明显结构缺陷；
- 扎孔、切割等过程中误伤导体屏蔽层；
- 端部处理不良，无法可靠连接高压或接地端。

不合格试样应重新制备，不得通过修补方式继续使用。

A.6 试样一致性控制原则

- a) 同一组对比试验的试样应来自同一厂家、同一型号、同一批次；
- b) 若必须跨批次或跨厂家取样，应在试验记录和报告中明确标注来源差异；
- c) 不得仅以试样来源差异作为水树差异的唯一解释依据；
- d) 试样来源变化时，应优先通过平行样本数量增加来降低材料差异带来的不确定性。

附录 B

(资料性)

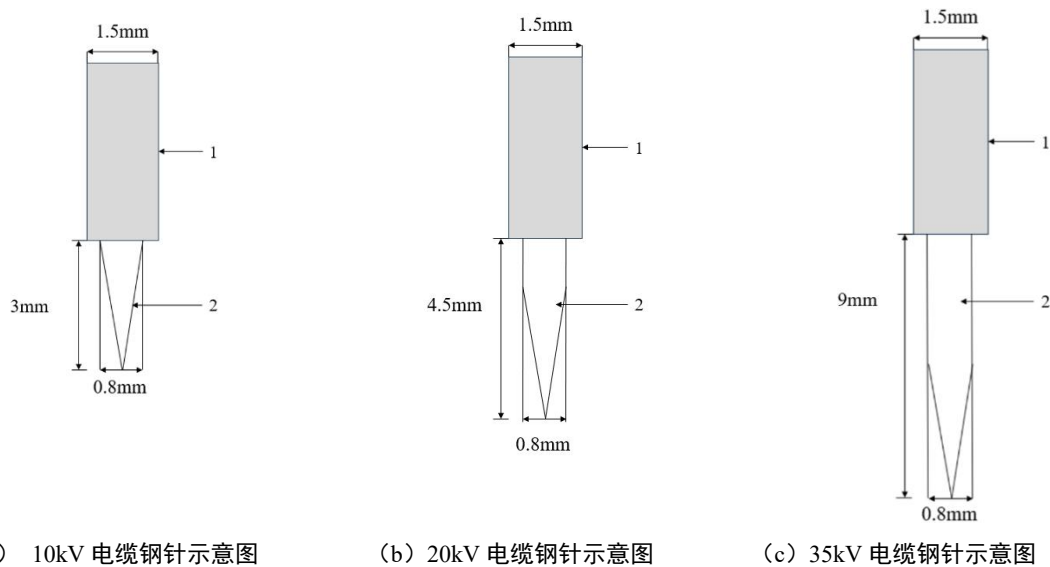
水针缺陷制作操作要点

B.1 概述

水针缺陷是引发水树的关键人工缺陷，其位置、深度和一致性直接影响水树生长速率。本附录在正文基础上对扎孔工具、装置结构、操作流程及质量控制进行补充说明，用于指导实验人员规范操作，减少人为因素对试验结果的影响。

B.2 针具

不同电压等级的针具宜符合如图 B.1 所示规格，夹具与钢针应固定牢靠。

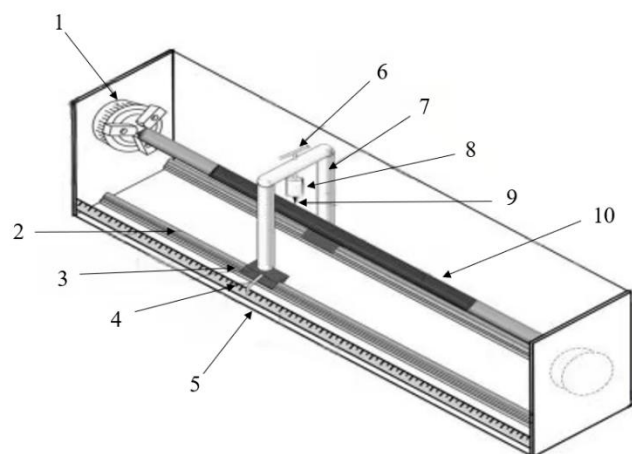


说明：1 — 夹具；
2 — 针尖；

图 B.1 钢针示意图

B.3 扎孔装置

- 应使用专用扎孔装置固定电缆，防止晃动；
- 通过限位结构或专用钢针控制扎孔深度；
- 建议采用冷扎方式，以减小扎孔收缩率和深度误差，扎入后保持 10 秒，防止收缩。



说明：1—三爪夹盘；
 2—滑轨；
 3—滑座；
 4—刻度指针；
 5—刻度尺；
 6—T 型杆；
 7—支架；
 8—夹具；
 9—钢针；
 10—电缆样本。

图 A.2 扎孔装置示意图

B.4 扎孔操作流程

1. 固定电缆样本，使扎孔区域位于装置中心；
2. 移动滑座，调整钢针位置对准预定扎孔点；
3. 按压 T 型杆使得钢针垂直于电缆轴线方向缓慢扎入；
4. 达到限位深度后保持 10s 后；
5. 根据刻度尺按规定间距依次完成全部针孔。

B.5 扎孔一致性控制

- 同一试样中扎孔深度偏差不应超过 ± 0.1 mm；
- 扎孔完成后宜随机抽取样本切片核验实际深度。

B.6 常见错误示例

- 针孔倾斜，导致实际深度偏小。

附录 C

(资料性)

水树观测与测量示例

C.1 概述

水树观测和长度测量是试验结果评价的核心环节，其操作规范性直接关系到统计结果的可靠性。本附录通过对样片类型、形态识别、测量原则和图像质量的补充说明，统一观测与测量口径，避免因理解差异导致数据不可比。

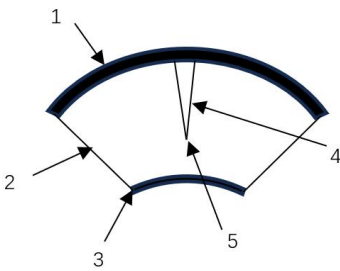
C.2 扇形样片及其制备说明

水树观测样片宜采用沿电缆径向切割得到的扇形样片，其结构应同时包含针孔缺陷位置、绝缘层以及屏蔽层界面。

扇形样片厚度宜为 $40\pm 10\text{ }\mu\text{m}$ ，应覆盖针孔中心区域，保证针尖完整保留，切片方向应垂直于电缆轴向，避免因倾斜切割导致水树长度被放大或缩小；每组试样切片数量不应少于 30 片，以保证具有统计代表性。

切片完成后，应对样片进行亚甲基蓝染色处理，使水树区域呈现为蓝色或灰色，便于在显微镜下识别水树形态和边界。

扇形样片示意特征如下：

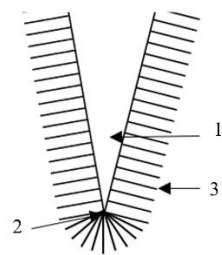


- 说明：1 — 电缆绝缘屏蔽层；
2 — 电缆绝缘层；
3 — 电缆导体屏蔽层；
4 — 针孔缺陷；
5 — 针尖。

图 C.1 扇形样片示意图

C.3 水树典型形态

水树主要呈现为从针尖或绝缘屏蔽层界面向绝缘内部延伸的枝状或羽毛状结构。

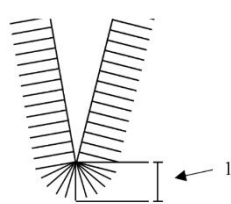


说明：1—针孔缺陷；
2—针尖；
3—水树枝。

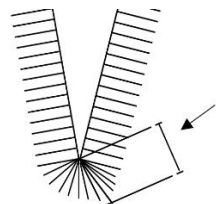
图 C.2 水树形态示意图

C.4 测量原则

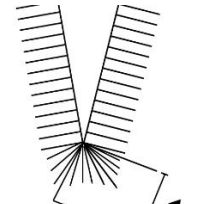
- 起点：针尖或缺陷起始位置；
- 终点：水树染色最远端；
- 对弯曲水树，取沿发展方向的最大长度；
- 分叉水树取最长分支作为测量值。



(b) 常态水树测量示意



(b) 弯曲水树测量示意



(c) 分叉水树测量示意

说明：1—测量标尺示意图

图 C.3 水树长度测量

C.5 图像质量要求

- 拍摄倍率应能同时清晰显示针尖、水树末端及测量标尺；
- 图像亮度、对比度应调节至水树边界清晰可辨；
- 拍照时应避免反光、阴影和局部过曝；
- 未能清晰显示水树起点或终点的图像不得用于统计分析。

附录 D

(资料性)

格拉布斯准则计算示例

D.1 概述

为降低随机误差和异常值对试验结果统计特征的影响,提高试验评价结果的可靠性和可重复性,水树长度数据应在同一试验条件下选取具有代表性的试样进行统计分析,并保证测量方法一致。

水树长度测量结果在相同试验条件下通常近似服从正态分布,在此假设基础上采用格拉布斯准则(Grubbs' test)对测量数据进行粗大误差剔除,可有效识别由设备异常、操作误差或样本缺陷引起的异常值。显著性水平取 $\alpha=0.05$,对应第一类错误概率为5%,该取值为统计检验中常用的显著性水平,能够在控制误判概率的同时保证异常值判别结果的稳定性和可重复性。

同时为便于实验人员理解和正确使用 GB/T 4883-2008《数据的统计处理和解释 正态样本异常值的判断和处理》中 7.2 规定的统计方法,本附录给出完整的格拉布斯准则计算示例。通过实例演示从原始数据到异常值判定的全过程,避免因计算或理解错误导致误删或漏删异常数据。

D.2 计算示例

1) 原始数据(单位: μm)

68, 72, 70, 69, 71, 73, 150

2) 计算平均值和标准差

平均值 $\bar{x}=(68+72+70+69+71+73+150)/7=81.86$

标准差 $s=28.74$

3) 计算各数据的 G_i

最大偏差值为 150:

$G=|150-81.86|/28.74=2.37$

4) 临界值查表与判别

查 GB/T 4883-2008 附录 A.2 格拉布斯检验临界值表,得:

当 $n=7$, $\alpha=0.05$ 时, $G(\alpha,n)\approx 2.02$

因为 $G=2.37>2.02$,判定 150 为粗大误差,剔除。

5) 剔除后重新计算

新数据: 68, 72, 70, 69, 71, 73

重新计算 $\bar{x}$ 和 s ,若无新的 G_i 超过临界值,则结束。

附 录 E

(资料性)

试验记录表样式

E.1 概述

试验记录是试验过程可追溯性的重要依据。本附录给出的表格样式用于统一记录格式，使不同实验室、不同批次试验的数据具备可核查、可复现和可对比的基础条件。试验单位可在不改变核心信息的前提下，根据实际需要对表格格式进行适当调整。

E.2 试样基本信息表

表 E.1 试样基本信息

试样编号	电压等级	导体规格	批次	备注

E.3 老化试验运行记录表

表 E.2 老化试验运行记录

日期	电压/kV	频率/Hz	温度/℃	电流/A	异常情况

E.4 水树测量原始数据表

表 E.3 水树测量原始数据

试样编号	水树长度 1	长度 2	长度 3	...	平均值

E.5 统计结果汇总表

表 E.4 统计结果汇总

试验条件	最大值	平均值	标准差	引发率

E.6 照片编号对应表

表 E.4 照片编号对应

照片编号	试样编号	水树长度	说明

附录 F

(资料性)

交联电缆抗水树性能评价示例

F.1 总则

本附录为资料性附录，仅作为 10kV~35kV 交联聚乙烯（XLPE）绝缘电力电缆抗水树性能评价、产品质量对标、材料选型及技术对比的参考依据。本附录分级规则基于本文件规定的加速水树老化试验条件制定，试验结果仅用于试样间抗水树性能相对优劣比对，不替代电缆产品型式试验、出厂检验及工程入网强制判定要求。

F.2 试验基准条件

本分级体系对应的加速老化试验基准条件执行本文件正文 6.3 规定，具体如下：

- a) 环境温度：20℃±1℃；
- b) 老化电压：7.5kV±0.1kV；
- c) 电压频率：400Hz±1Hz；
- d) 总老化时长：240h±0.5h；

试样制备、水针缺陷制作、切片染色、显微测量、数据统计均严格遵循本文件第 6 章、第 7 章及附录 A、附录 B、附录 C 要求。

F.3 评价指标说明

F.3.1 评价指标

以有效试样平均水树长度为主要分级指标，同步结合试验过程现象作为辅助评价依据，指标定义如下：

- a) 平均水树长度：经格拉布斯准则剔除粗大误差后，全部有效测量数据的算术平均值，单位为 μm ；
- b) 水树引发率：引发水树的针孔数量与总有效针孔数量的比值；
- c) 异常现象：试验过程中出现绝缘击穿、贯穿性水树、电树、持续性异常放电等情况。

F.3.2 数据有效性要求

参与分级评价的有效水树测量数据数量、有效试样数量需满足本文件 6.2、7.2 相关规定，数据处理采用格拉布斯准则（显著性水平 $\alpha=0.05$ ），剔除粗大误差。

F.4 抗水树性能分级评价标准

选取不同生产厂家、不同绝缘料型号的 8.7/10kV、26/35kV 电缆试样各 15 组，按照本文件规定条件与试验方法进行加速水树老化试验，抗水树性能评价如下。

性能等级	平均水树长度	10kV 数量统计	35kV 数量统计
一级	0 μm （未引发）	0	1
二级	$\leq 20\mu\text{m}$	2	4
三级	$20\mu\text{m} \leq 80\mu\text{m}$	8	6
四级	$> 80\mu\text{m}$	5	4