

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

（征求意见稿）

编 制 说 明

国网山西省电力有限公司电力科学研究院

2026年9月

目 次

一、工作简况	3
1 主要工作过程.....	3
2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作	3
二、标准编制原则和主要内容.....	5
1、标准编制原则.....	5
2、标准主要内容.....	5
3、主要技术差异.....	5
4、解决的主要问题.....	6
三、主要试验（或验证）情况.....	6
四、标准中涉及专利的情况.....	7
五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况.....	7
六、与国际、国外对比情况.....	8
七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性	8
八、重大分歧意见的处理经过和依据.....	9
九、标准性质的建议说明.....	9
十、贯彻标准的要求和措施建议.....	9
十一、废止现行相关标准的建议.....	9
十二、其他应予说明的事项.....	9

《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》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1 主要工作过程

根据中国电工技术学会《关于 2025 年中国电工技术学会标准立项(第二批)的通知》(电技学字〔2025〕第 058 号)要求,2025 年 4 月 30 日本标准正式立项,负责起草单位将标准编制工作列为 2025-2026 年度重点工作,在中国电工技术学会标准工作委员会统筹组织下,有序推进各项编制工作。

2025 年 5 月,由牵头起草单位国网山西省电力有限公司电力科学研究院面向全国征集专家,组建标准编写工作组,汇聚供电企业、科研院所、高校、制造企业、检测机构等单位技术专家共同开展标准编制。

2025 年 6 月至 7 月,工作组开展技术调研、资料收集,经过多轮内部研讨修改,编制完成本标准的标准大纲。

2025 年 8 月,工作组组织召开第一次专题讨论会,对标准大纲框架、技术方向、核心技术条目开展充分讨论,梳理形成大纲修改意见。

2025 年 9 月至 2026 年 3 月,工作组结合讨论会意见完善大纲,同步开展大量比对试验与技术论证工作,依托试验数据确定设备参数、试样制备流程、老化条件、观测统计规则,完成《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(初稿)》。

2026 年 4 月 17 日,工作组组织召开第二次线上工作组讨论会,对标准初稿全部技术内容逐条研讨,结合前期试验验证结果对设备指标、试样要求、试验程序、附录内容开展讨论,形成初稿修改意见。

2026 年 4 月下旬至 7 月,编写工作组根据第二次讨论会的意见对初稿全面修改完善,形成《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(征求意见稿)》。

2026 年 8 月至 10 月,将征求意见稿发送至全部参编单位,报请中国电工技术学会标准工作委员会电力电缆技术专业工作组秘书处,向全体标委会委员、工作组成员征求意见,同时在中国电工技术学会平台挂网公开征求意见。

2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

2.1 本标准主要起草单位:

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。

2.2 主要成员：

陶文彪、张振鹏、陶霞韬、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。

2.3 所做的工作：

国网山西省电力有限公司电力科学研究院陶文彪、张伟、孟晓凯、王亮、齐宇：作为牵头单位，全面统筹标准立项申报、2025 年 7 月工作组组建、各次研讨会组织协调，负责标准整体框架设计，汇总各单位意见，统筹全文修改，把控标准编制技术路线。

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、上海电缆研究所等单位的王伟、李华春、张振鹏、陶霞韬、徐晓峰等人：参与标准立项论证，负责标准适用范围、工程需求相关章节编写，结合电网运维场景对评价指标提出修改建议，参与文稿评审；负责术语、试验方法章节编制，开展国内外相关标准调研比对，参与技术条款论证，校核试验相关技术内容，审核标准文本；负责试样制备、试验操作规范条款编写，对试验装置、试样技术要求进行技术把关，参与标准条款研讨。

四川大学周凯、唐昕宇以及兰州理工大学李康乐、陈前：负责电缆水树老化机理研究，设计试验方案，开展样品测试与试验论证，提供基础试验数据，编写机理相关技术内容；负责老化试验、试验数据整理分析，参与标准试验验证工作，撰写试验验证相关章节。

南方电网科学研究院有限责任公司侯帅、国网电力科学研究院有限公司朱智恩：结合南方电网电缆现场运行工况，对标准适用边界、试验评价指标提出修改意见，参与文稿评审；负责电气试验相关技术条款编写，开展本标准与现行电力行业标准协调性分析，参与技术研讨。

国网天津市电力公司电力科学研究院宋鹏先、国网河北省电力有限公司电力科学研究院魏力强、国网山东省电力公司电力科学研究院段玉兵、徐庆文、国网福建省电力有限公司电力科学研究院黄友聪、国网山东省电力公司李丹、国网天津市电力公司王松波、国网浙江省电力有限公司周啸宇、国网江苏省电力有限公司柏仓：收集各地电网电缆现场老化缺陷案例，从工程应用角度对标准条款提出修改建议，参与讨论会研讨与文稿审查。

山西世纪中试电力科学技术有限公司晋涛、郭瑞宙、贾峰生：负责试验平台搭建、设备调试与试验实施，提供试验硬件支撑，参与试验方法条款讨论。

尚纬股份有限公司黄静、宝胜科技创新股份有限公司董智国：从电缆制造企业视角，论证试样制备工艺可行性，评估标准条款工程可实施性，参与标准评审。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本文件按照《中国电工技术学会团体标准管理办法》的规定，依据 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》的规则起草。

1) 本文件不重复现有电缆标准中已经规定的电缆产品通用技术内容，重点针对高频加速水树老化试验开展规范，突出 10kV-35kV 交联聚乙烯电缆抗水树快速评价的特殊技术要求，补齐现有标准缺少高频加速试验方法的短板，对试样制备、试验设备、老化流程、切片染色、显微观测、数据统计、结果评价等容易出现分歧、影响试验复现性的关键环节进行明确规定。

2) 本文件适用于额定电压 10kV-35kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆缆芯绝缘材料抗水树能力的快速检测试验，作为试验机构、电网企业、电缆制造单位开展抗水树性能对比、材料选型的技术依据。电缆产品的其他通用性能仍执行 GB/T 12706 系列标准。

3) GB/T 12706.2、GB/T 12706.3《额定电压 1kV 到 35kV 挤包绝缘电力电缆及附件》、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》规定了电缆产品、水树工频试验、电缆老化评估的通用要求。本文件重点规定加速水树老化试验方法，明确该加速方法的全套流程、设备参数、操作控制要点与评价规则，和现行工频水树试验标准形成互补。

2、标准主要内容

本文件为首次发布的团体标准，文件共分为 9 章、1 个规范性附录和 5 个资料性附录：

第 1 章范围；

第 2 章规范性引用文件；

第 3 章术语和定义；

第 4 章总则；

第 5 章试验设备；

第 6 章电缆水树加速老化试验；

第 7 章试验结果及评定；

第 8 章试验记录；

第 9 章不确定度与局限性说明；

附录 A 试样补充技术要求（规范性）；

附录 B 水针缺陷制作操作要点（资料性）；

附录 C 水树观测与测量示例（资料性）；

附录 D 格拉布斯准则计算示例（资料性）；

附录 E 试验记录表样式（资料性）；

附录 F 交联电缆抗水树性能评价示例（资料性）。

3、主要技术差异

对比现有行业标准 DL/T 1070《中压交联电缆抗水树性能鉴定试验方法和要求》：

1) 本标准采用高频加速老化方案, 相比传统工频水树老化大幅缩短试验周期; DL/T1070 以工频条件开展鉴定试验;

2) 细化水针缺陷制作全套技术条件, 明确不同电压电缆钢针尺寸、扎孔深度控制、专用扎孔装置、深度误差控制要求;

3) 明确完整试样有效性判定条件, 对无效试样情形、样本数量、有效数据最低数量作出硬性规定;

4) 统一切片、染色、显微镜观测操作流程, 给出水树不同形态下标准化测量方法。

4、解决的主要问题

交联聚乙烯电缆在实际运行与检测中存在以下问题: (1) 电缆运行时受多种因素影响出现绝缘劣化和树枝化损伤, 导致过早失效, 影响供电可靠性与系统稳定性; (2) 现有入网检测缺乏对电缆长期抗水树能力的快速检测标准和手段, 难以评估电缆长期性能, 不合格电缆入网增加故障风险; (3) 电缆抗水树能力分析与评价技术手段匮乏, 无法满足实际需求。

加速水树老化是快速获得水树样本的常用方法, 但当前国内缺少统一的 10kV-35kV 交联电缆高频加速水树老化试验标准, 不同实验室试验设备、试样处理、扎孔工艺、切片染色、数据处理口径不一致, 造成同类电缆样品不同机构测试结果可比性差, 人工水针缺陷制作没有统一操作规范, 扎孔深度、针具规格随意性大, 水树长度测量方式不统一, 造成试验结果偏差较大, 无法满足标准化测试需求。

本标准针对上述痛点: 统一加速水树老化全套试验流程与设备指标, 规范试样、水针缺陷制备与有效性判定, 统一切片染色观测、水树测量口径; 建立标准化数据统计处理方法, 统一试验记录格式, 提供性能分级参考, 为电缆绝缘材料选型、产品抗水树性能比对提供技术依据。

三、主要试验（或验证）情况

试验研究及样品研制过程

本标准技术内容依托多家单位联合开展的交联电缆水树高频加速老化试验研究成果。工作组收集国内多厂家 10kV、20kV、35kV 等级 XLPE 电缆样品, 搭建高频加速水树老化试验平台, 完成多批次对比试验, 开展不同材料、不同工艺电缆试样的对比验证, 积累大量试验数据, 为标准条款确定提供试验支撑。试验工作由国网山西省电力公司电力科学研究院牵头, 联合四川大学、兰州理工大学、中国电力科学研究院有限公司、上海电缆研究所等单位共同完成。

1. 试样制备工艺验证

工作组针对水针预制缺陷工艺开展多组对比验证。分别对 10kV、20kV、35kV 电缆试样开展扎孔工艺试验, 验证不同针尖规格、扎孔深度、限位装置对针孔缺陷一致性的影响。试验确认: 采用针尖半径 $4\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ 、夹角 30° 不锈钢钢针, 配合专用限位扎孔工装, 可以保证针尖距离导体屏蔽层稳定控制在 $2\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$, 有效降低人为扎孔带来的离散性。验证了试样截取长度、热缩管密封工艺、盐水配比、密封检漏流程的合理性, 确定试样无效判定条件。试验表明严格执行附录 A、附录 B 操作要求, 能够保障不同操作人员、不同实验

室之间试样条件一致性。

2.高频加速老化条件验证

工作组开展多组不同频率、电压、时长对比试验，确定 400Hz、7.5kV、240h 作为标准基准加速老化条件。在环境温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下开展老化验证，试验系统的功率放大器、高频变压器、保护回路可以实现长时间不间断稳定运行。

每组试验投入不少于 5 根电缆试样，试验完成后统计有效样本不少于 4 根，有效水树测量数据不少于 30 个。整套加速试验条件可以在较短时间内实现水树的诱发与生长，能够区分不同绝缘材料抗水树性能差异。

3.切片-染色-显微镜观测方法验证

对扇形试样切片厚度、亚甲基蓝染色温度与时间开展对比试验。验证 $40\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ 切片厚度、 90°C 保温 30min 染色方案的可行性；明确水树长度测量起点、终点判定规则。对比不同人员测量结果，在严格执行附录 C 测量规则前提下，人员带来测量偏差可控。

4.数据统计方法验证

工作组采用 GB/T4883-2008 格拉布斯准则对多组实测水树长度数据开展异常值剔除演算，形成附录 D 完整计算示例。通过实测样本验算，该统计方法能够有效剔除设备故障、试样缺陷引入的粗大误差，提高试验评价结果可靠性。

5.多批次样品对比及分级参考试验验证

工作组选取不同厂家、不同绝缘料型号的 8.7/10kV、26/35kV 电缆试样各 15 组，按照本标准全套试验流程开展加速老化测试，统计平均水树长度、水树引发率等指标，形成附录 F 四级性能分级参考示例。该分级仅用于试样之间相对性能比对，不作为电缆产品强制合格判定依据。

6.试验记录追溯性验证

工作组设计附录 E 标准化记录表格，包含试样信息、运行参数、原始测量数据、图像归档表，满足试验全过程可复现、可追溯的要求，经过多轮实际测试使用，表格字段完整可用。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

社会效益：

标准发布实施后，将统一 10kV-35kV 交联聚乙烯电缆抗水树性能加速试验技术规范，规范检测机构、生产企业的试验行为，提升抗水树性能检测结果一致性；帮助行业识别电缆绝缘材料抗水树优劣，减少因水树老化造成的中压电缆早期故障，保障配电网电缆运行可靠性。

产业发展作用：

本标准属于国内首次针对 10kV-35kV 交联聚乙烯电缆高频加速水树老化完整试验方法

制定的标准,填补该领域标准空白。标准实施可为电缆新产品、新型抗水树绝缘料研发选型、产品质量对标提供统一技术工具,引导电缆制造企业提升绝缘材料质量管控水平,促进中压电缆产业结构调整与优化升级。

六、与国际、国外对比情况

目前国际上针对交联聚乙烯绝缘材料及中压交联电缆抗水树性能制定了相关标准和检测要求,主要搜集到的有:

IEC/TS 61956:1999《评定绝缘材料水树枝化的试验方法》(Methods of test for the evaluation of water treeing in insulating materials)

IEC 60502-2:2014《额定电压 1 kV 到 30 kV 挤包绝缘电力电缆及附件 第 2 部分: 额定电压 6kV 到 30kV 电缆》(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV)

ANSI/ICEA S-94-649:2004《额定电压 5 到 46kV 同心中性线电缆标准》(Standard for Concentric Neutral Cables Rated 5 Through 46kV)

ANSI/ICEA S-94-649:2021《额定电压 5 到 46kV 同心中性线电缆标准》(Standard for Concentric Neutral Cables Rated 5 Through 46kV)

IEC 60840:2020《额定电压 30 kV 以上至 150kV 挤包绝缘电力电缆及附件——试验方法和要求》(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV up to 150 kV)

收集到的国际标准和国外先进标准主要针对绝缘材料水树枝化试验、中压电力电缆产品试验以及抗水树性能鉴定等方面。其中, IEC/TS 61956:1999 主要针对 PE、XLPE 绝缘材料的水树枝化性能评价,我国 GB/T 21224—2007 等同采用该标准,但 IEC/TS 61956:1999 已于 2024 年撤销; IEC 60502-2 主要针对 6 到 30kV 挤包绝缘电力电缆的结构、尺寸及试验要求,我国 GB/T 12706.2—2020 修改采用该标准; ANSI/ICEA S-94-649:2021 适用于 5 到 46kV 中性线电缆,并规定了加速水树试验(AWTT)等相关鉴定试验; IEC 60840 主要适用于 30kV 以上至 150kV 的挤包绝缘电力电缆,对 35kV 电缆相关试验要求具有参考意义。现有国际标准和国外先进标准主要针对绝缘材料及电缆产品的水树性能试验和鉴定,对于 10kV 到 35kV 交联电缆抗水树性能加速试验及性能评价的具体试验条件、评价指标和试验结果判定方法仍缺少统一的规定。

七、在标准体系中的位置,与现行相关法律、法规、规章及相关标准,特别是强制性标准的协调性

本文件为团体标准,归属于电力电缆试验方法标准体系。

在编制本文件时,国内现有标准主要规定工频条件下水树试验方法,缺少针对 10kV-35kV 交联电缆高频加速水树老化试验的专用标准文件。收集到的国内相关标准主要包括:

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》

7.2 本文件在 GB/T 12706.2、GB/T 12706.3、GB/T 21224、DL/T 1070、DL/T 2480 等现有电缆标准基础上，借鉴 GB/T 4883-2008 统计处理标准、GB/T 2900.5 电缆术语标准的相关条款，广泛征求电网运行单位、科研院所、高校、检测机构、电缆研究机构专家意见编制而成。本标准与现行国家、行业标准不存在冲突，是对现有工频水树试验体系的补充，用于实现抗水树性能的快速对比评价。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准性质为推荐性电力行业标准

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准发布后，由归口专业工作组面向检测机构、电缆生产企业、科研单位开展标准宣贯培训，对试验人员开展操作实操培训，帮助相关单位掌握设备、试样制备、扎孔、老化、切片测量、统计处理全套技术要点。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

本标准为首次发布团体标准；本标准附录 A 为规范性附录，附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 均为资料性附录；附录 F 给出的性能分级仅作为试样之间抗水树性能相对比参考，不作为电缆入网、型式试验强制判定依据。本征求意见稿阶段不存在标准立项名称、

起草单位、代替标准、采标程度的变更。