附件6

“紧凑型高阻水性能金属套高压电缆关键技术及应用”项目公示材料

一、提名单位

重庆市渝北区科学技术局

二、提名等级

重庆市科技进步奖 三等奖

三、项目简介

高压交联聚乙烯绝缘电力电缆在我国已使用了三十多年，最初全部使用进口产品，到目前为止66～220 kV电力电缆已基本实现国产化，每年有超过一万公里的高压电缆埋设于地下。伴随着高压电缆在我国的大规模应用，因周围环境水分侵入电缆内部而造成绝缘水树老化并导致电缆击穿的事故逐年增加，越来越多的用户迫切需要具有良好阻水性能的电缆，以进一步提高电力系统的安全及可靠性。

此外，近年来国内高压电缆线路故障中多次出现缓冲层“烧蚀放电”现象。2019年4月国网设备部通报，从2010年至2019年共发生高压电缆阻水缓冲层烧蚀故障24回次、线路切改时被动发现阻水缓冲层烧蚀缺陷9回次。金属铝护套高压电缆运行已有几十年的历史，高压电缆金属护套与电缆线芯之间的缓冲阻水层，是电缆的重要组成部分，对电缆的机械、电气和热性能具有重要的影响，近年来无故障击穿事故频发，金属铝护套和缓冲层间隙才逐渐被行业关注，而高压电缆金属铝护套可分为皱纹铝护套和平滑铝护套，皱纹铝护套具有良好的弯曲性能，但传统皱纹铝护套与缓冲层间的电接触导致其存在无故障击穿的风险，同时阻水能力差；平滑铝护套高压电缆弯曲性能差。

针对上述问题，项目团队从高压电缆无故障击穿的深层次原因和机理研究、高压电缆电气可靠性试验方法研究以及紧凑型高阻水性能高压电缆的结构设计方案等方面开展技术攻关，取得了突破性创新成果：

1.阐明了缓冲层与金属套接触性能和间隙造成的径向电流集中是诱发烧蚀故障的原因，揭示了金属铝套高压电缆烧蚀机理，得出了缓冲阻水带性能和结构与烧蚀故障之间的关系。通过总结电缆缓冲层烧蚀而引发高压电缆击穿的故障现象的七条类似或共同特征着手，通过化学分析、仿真和模拟试验等方式，进行了缓冲层烧蚀机理的研究分析发现引起烧蚀的主要原因有：①电缆缓冲带材受潮或浸水，引发化学腐蚀或电化学腐蚀；②缓冲层与皱纹铝护套之间的空气隙对局部放电影响；③电容电流集中导致放电；④电缆在实际运行中，受到重力、受伤或弯曲变形等作用，或在高落差等敷设情况时，半导电缓冲阻水带与铝护套间不规则接触，接触越紧密处的烧蚀越严重。经检测，缓冲层中阻水粉主要成分为碳酸氢钠、碳酸钠和三氧化二铝物质。白色物质是如何形成的。经分析电缆烧蚀有两种可能：化学腐蚀和电化学腐蚀。综合分析发现电缆皱纹空气隙在长期局部放电作用下发生了化学腐蚀和电化学腐蚀反应，并由此导致电缆烧蚀最终无故障击穿。

2.提出了针对电缆缓冲层与金属护套起始放电电压的模拟测试方法，设计了干式电化学腐蚀、弧面电极和护层烧蚀的试验装置，验证了缓冲阻水带电气性能与电缆烧蚀的关系，得出了缓冲阻水带的电气性能指标。提高了阻水性能，并在紧凑型高阻水性能金属套高压电缆的设计生产中得到应用。

3.提出了缓冲阻水层与金属套“负间隙”工艺的制造方法，设计了紧凑型高压电缆，解决了间隙放电和烧蚀问题；设计了皱纹铝套电缆缓冲层的缓冲性能检测装置，提出了缓冲性能的检测方法，解决了缓冲性能无法验证的技术难题。通过研究缓冲阻水结构，设计了阻水缓冲层与金属套之间“负”间隙，可有效避免因间隙问题引起的放电烧蚀问题，满足了高压电缆电气性能要求。发明了干式试验环境、弧形电极装置和可调间隙的放电试验设备，实现了不同工艺的试验样品的电击实验，保障皱纹间隙能够全部被缓冲阻水带填满，使金属铝护套和缓冲层的接触达到与平滑铝护套相同的面接触程度，项目成果通过第三方试验，验证了紧凑型高阻水性能金属套高压电缆的阻水性能和局部放电性能。

项目申请发明专利3项、实用新型专利3项，形成团体标准1项；经鉴定，成果整体水平达国际领先水平。

该成果提高了高压电缆的电气性能和阻水性能，有助于提高电网安全运行可靠性，减少城市大范围停电造成的经济损失及各种社会事故。已在北京电力公司等多个输电工程中进行了规模应用，具有十分显著的经济和社会效益。该项目的成功实施，有助于健全我国自主研发高性能输电装备，完善高端电缆生产工艺，提升我国高端装备出口能力，减少跨国企业垄断，加快未来智能电网的建设步伐，推进我国交流输电和装备制造业的发展，提升高端设备的综合制造水平。

四、主要知识产权证明目录

1.专利

[1]发明专利：具有平度圆滑护层结构的高压电力电缆及其制造方法；国家（地区）：中国；授权号：CN112017817B；授权日期：2022-05-13；证书编号：5152941；权利人：重庆泰山电缆有限公司，国网北京市电力公司，国网湖北省电力有限公司，山东电工电气集团有限公司；发明人：张亚，门业堃，黄泽祁，李艳红。

[2]发明专利：一种电气接触性阻水型高压电力电缆；国家（地区）：中国；授权号：CN112017819A；授权日期：2020-09-01；证书编号：202010901788.9；权利人：重庆泰山电缆有限公司；发明人：张亚，杨海艳，龚敏，程明亮。

[3]发明专利：电缆缓冲层的缓冲性能的检测装置和检测方法；国家（地区）：中国；授权号：CN112697604A；授权日期：2021-04-03；证书编号：202011396249.0；权利人：国网北京市电力公司；发明人：钱梦迪，任志刚，陈平，门业堃，于钊，赵雪骞，腾景竹，郭卫，潘泽华。

[4]实用新型专利：电缆护层烧蚀测试装置；国家（地区）：中国；授权号：CN201972788U；授权日期：2019-09-10；证书编号：9356454；权利人：国网北京市电力公司，国家电网有限公司；发明人：车瑶，刘若溪，刘宏亮，王智晖，任志刚，郭卫，赵西元，姜磊，辛月，钟力生，高景晖，帅萌。

[5]实用新型专利：电弧试验电极装置；国家（地区）：中国；授权号：CN209417215U；授权日期：2019-09-20；证书编号：9404142；权利人：国网北京市电力公司，国家电网有限公司；发明人：刘宏亮，刘若溪，车瑶，王智晖，任志刚，郭卫，辛月，赵西元，姜磊，钟力生，高景晖，帅萌。

[6]实用新型专利：电化学腐蚀试验电极装置；国家（地区）：中国；授权号：CN209416890U；授权日期：2019-09-20；证书编号：9394857；权利人：国网北京市电力公司，国家电网有限公司；发明人：车瑶，刘若溪，刘宏亮，王智晖，任志刚，郭卫，赵西元，姜磊，辛月，钟力生，高景晖，帅萌。

1.相关标准

[1]标准名称：《额定电压26/35kV以上挤包绝缘电力电缆用半导电缓冲层材料》（T/CAS374-2019）；团队标准。

五、主要完成人

张亚，李华春，程明亮，高景晖，龚敏，吴照国，吴克。

六、完成单位

重庆泰山电缆有限公司，国网北京市电力公司，国网重庆市电力公司超高压分公司，国网重庆市电力公司电力科学研究院，西安交通大学。