

35kV聚丙烯绝缘电缆挂网运行关键技术分析

魏占朋 许然然 张苗苗 竺笠 梁宇 吕跃
国网天津市电力公司电缆分公司 天津 300000

摘要: 社会经济的持续发展,也带动着电缆输电产业有着明显的改变,而35kV聚丙烯绝缘电缆挂网由于有着良好的应用效果和较高的抗热性能,确实获得了普遍的运用,受到了越来越多人士的高度欢迎。并给出各个关键技术的运用领域,希望可以为相关人士提供一定的参考和帮助,进而推动电网产业获得稳定顺利的发展。

关键词: 35kV聚丙烯绝缘电缆;挂网运行;技术分析

Analysis on the key technologies of 35kV polypropylene insulated cable

Zhanpeng Wei, Ranran Xu, Miaomiao Zhang, Li Zhu, Yu Liang, Yue Lv
State Grid Tianjin Electric Power Company Cable Branch, Tianjin 300000

Abstract: The continuous development of the social economy also drives the cable transmission industry to have a significant change. The 35kV polypropylene insulated cable hanging net has been widely used because of its good application effect and high thermal resistance and has been highly welcomed by more and more people. It also gives the application fields of each key technology, hoping to provide certain references and help for relevant people and then promote the stable and smooth development of the power grid industry.

Keywords: 35kV polypropylene insulated cable; Network operation; Technical analysis

前言:

随着现代城市的发展,电缆输电正在逐步取代架空输电,并成为城市建设和运转的“主动脉”。然而其在生产和应用过程中逐渐暴露出一些问题,如聚乙烯交联和脱气生产工艺复杂,交联剂及交联过程中产生的副产物易引入杂质。

1. 聚丙烯在应用过程中仍存在一定局限性

其力学性能存在不足,表现为低温时抗冲击强度低,韧性差的特点,因此无法单独使用聚丙烯作为电缆主绝缘材料。针对这些问题,国外已有研究人员通过在聚丙烯中添加一定比例的弹性体、无机纳米颗粒、有机添加剂来对其力学性能和绝缘性能进行调控。国内对于聚丙烯绝缘电缆的研究也取得较大进展,杜伯学^[1]等人对聚丙烯高压直流电缆绝缘进行研究,论证了不同调控方法下的作用机理,对协同提升聚丙烯电缆力学性能和绝缘性能提供指导;高铭泽研究了聚丙烯绝缘材料改性方法及介电性能,发现通过共混,可以同时达到增韧和改善电气性能的效果^[2];彭二磊等人对改性聚丙烯绝缘中压

电缆进行了测试,通过型式试验,进一步检验改性聚丙烯电缆运行的可靠性^[3]。

2. 埠窝线基本情况

35kV埠窝线起点为第六埠110kV变电站321开关,终点为张家窝110kV变电站315开关。线路于2009年7月投运,全线共有45基杆塔,为混合线路,由三段架空线和四段电缆段组成,电缆段全部为双缆敷设,电缆型号为YJY22,导体截面积300mm²。四段电缆段分别为第六埠站-#1杆、#10杆-#11塔、#44杆-#45塔、架构-张家窝站。其中第六埠站-#1杆电缆全长232米,敷设方式为排管、直埋;#10杆-#11塔电缆全长1645米,敷设方式为直埋;#44杆-#45塔电缆全长1040米,敷设方式为排管、直埋;架构-张家窝站电缆全长170米,敷设方式为直埋。

埠窝线为一条35kV联络线,平时处于停电状态,当第六埠变电站或张家窝变电站的电源线处于故障或者检修状态时,埠窝线送电,为站内35kV母排提供电源,保障35kV出线所带负荷用电正常。埠窝线带电运行时,负

荷电流最大为7.9103A，最小为7.0345A。

埠窝线作为一条备用线路，全年停电时间较长。选择此条线路作为聚丙烯电缆试验线路，一方面可以为试验人员提供较多停电窗口期为电缆做相关试验，以获得更加全面的电缆状态数据。另一方面，如果试验期间电缆出现问题，对两个变电站的影响相对较小，且有足够时间来处理。

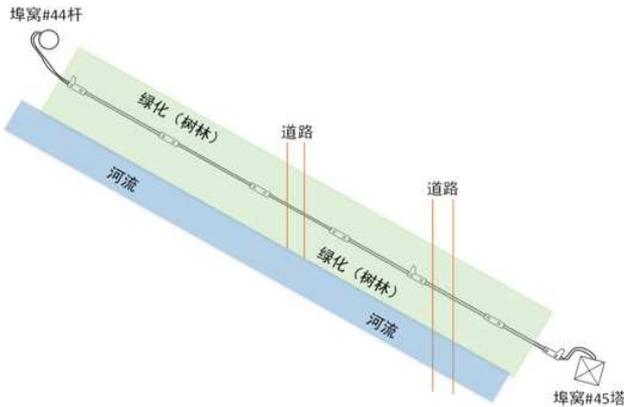


图1 35kV埠窝线#44杆-#45塔示意图

3. 聚丙烯电缆落地

3.1 敷设

为提升本次聚丙烯电缆落实应用的运行可靠性，选择1公里大长度35kV电缆，减少聚丙烯电缆中级接头，电缆生产完毕直接上大轴，并送到施工现场，采用专用的高压电缆展放装置，控制电缆展放的速度，全程布置视频摄像头，每个工井布置一个电缆输送机。

电缆线路牵引力的估算包括以下几个方面。

(1) 水平直线部分： $T = \mu WL$

其中： T 为牵引力，N； μ 为摩擦系数； W 为单位长度电缆的重量，kg/m； L 为电缆长度，m。

埠窝线#44杆-#45塔之间的距离约一公里，除两端杆塔下各有十多米直埋段外，其余部分全部为排管直线敷设，无转弯部分，排管全部位于树林绿化中。在电缆长度方面，厂家可以直接生产一公里聚丙烯电缆，避免使用中间接头，提升线路运行稳定性；在电缆敷设方面，路径全程为直线避免了转弯敷设过程中对电缆造成损伤，降低敷设难度；在防止外力破坏方面，排管敷设方式占全程90%以上，且位于施工较少的树林绿化中，外力破坏可能性较低，可以提高电缆运行安全性。

3.2 低温管控

聚丙烯电缆虽然拥有材料环保、运行温度高、绝缘击穿强度高、体积电阻率等诸多优点，但仍存在低温耐冲击性能、耐热老化性能差等缺陷，本工程虽然施工

时段处于夏季，但投运后将迅速迎来冬季的低温考验。据统计，近10年来天津地区冬季平均气温零下1.6℃，最低气温零下17℃，远低于聚丙烯电缆敷设及运行的适宜温度，在此条件下极易引发电缆本体及护套开裂。

聚丙烯电缆本体及护套的开裂从物理上可以分为脆性开裂和韧性开裂，受到冲击造成的开裂属于脆性开裂，在缓慢拉伸过程中造成的开裂属于韧性开裂，宏观上是材料松弛的过程，微观上是化学键断裂的过程。

为降低聚丙烯电缆发生本体及护套开裂几率，提高运行可靠性，本文从电缆设计改进、贮存环境、敷设温控、终端保温等几方面进行研究。

(1) 设计改进。在电缆外护套内，随缆敷设测温光纤，可显示电缆表面温度，便于敷设过程中监控电缆温度。若电缆低于允许敷设最低温度则停止施工，避免电缆本体受到弯曲、碰撞、地面摔打等外力冲击，待采取加热措施后继续敷设。

(2) 贮存环境。在电缆贮存处搭建加热保温棚，暖棚采用厚帆布密封，钢管搭接支撑，防止倾倒。暖棚整体为长方体结构，前后两侧留有可移动部分，方便电缆盘进出。搭建尺寸可视放置电缆盘数综合考虑。

(3) 敷设温控。电缆敷设前，参照相关规程规定的温度及时间加热电缆，保证电缆本体的柔软度；加热期间在暖棚内多点位设置温度监控，确保平均气温达标且不超标；加热完成后尽快敷设，敷设过程中保持暖棚内部分供热设备加热^[4]。

(4) 终端保温。电缆终端平台周围设置防风保温围挡，围挡采用双层绝缘板内嵌电热丝设计；分支相缠绕内含电热丝的保温棉（可能引起过热着火，发热不均匀引起绝缘劣化，如何处理）。防风保温挡板与保温棉均可采用电容式降压取电方法从杆塔取电^[5]，冬季寒潮来临前应提前开启保温装置。

3.3 电缆附件

电缆附件是电缆本体间连接或者电缆与其他设备的连接的枢纽，起到导体连接、均匀电场的作用，并保持良好的绝缘性能、密封性能和机械性能^[6]。电缆及电缆附件的多层结构导致电场分布不均匀问题，是制约电缆发展的瓶颈问题，严重制约电缆设备国产化进程^[7]。

电缆附件主要有冷缩、热缩、绕包或预制型四类，目前广泛使用的是热缩式和冷缩式电缆附件。冷缩电缆附件采用的是硅橡胶或三元乙丙橡胶，将内电极、应控区、主绝缘与外半导体层预制成一体；而热缩电缆附件，各功能层则独立成管。由于冷缩电缆附件材料弹

性好、界面性能优异，产生的抱紧力可以使应力锥紧紧与电缆芯线半导体屏蔽层断口连接，避免电缆运行中因环境温度变化引起热胀冷缩而产生气隙，实现附件与电缆随温度变化“同呼吸”，从而降低局放概率，同时硅橡胶等材料具有优异的抗热老化及紫外老化性能，长期工作安全可靠^[8]。本项目电缆属于直线敷设且长度约为1km，无需中间接头，电缆两端上塔，考虑户外终端运行时受气温变化影响较大，宜选用冷缩电缆终端。

4. 后期运维措施

针对聚丙烯电缆低温抗冲击性性能差、耐热电老化性能差的特点，制定了后期个性化的运维措施：

(1) 在11月到次年2月期间气温较低，电缆终端下裸露在外的电缆部分易受气温影响抗冲击性降低。在此期间，将终端巡视周期由每月一次提高到每月两次，并对电缆裸露部分进行红外测温，将测温周期由每半年一次提高到每月一次，及时掌握电缆温度变化情况，必要时采取保温措施。

(2) 在6月-8月气温较高，电缆容易加速老化。在高温期过后每年9月或10月开展一次超高频局部放电检测和振荡波检测，及时掌握电缆运行情况，提早发现问题。

(3) 聚丙烯电缆低温时抗冲击性差，当外力接触时容易发生故障。为防止电缆被外力破坏，在增加巡视次数的同时，评估线路上潜在的施工片区，安装智能监控摄像头，在有施工机械出现时进行推送报警，确保运行人员及时掌握线路施工信息。

5. 结束语

总而言之，若是想提高35kV聚丙烯绝缘电缆挂网运行的效果和速度，就应该明确其中存在的问题和不足，只有如此，才可以制定出切实可行的措施，将其彻底的解决，能够达成电网电力的优化，让其满足广大民众日益增长的需求。增强35kV聚丙烯绝缘电缆挂网的各项性能，可以推动该项工作顺利地开展下去，保障人员可以第一时间掌握线路的数据和信息，为电网运行带来更多帮助。

参考文献：

[1]杜伯学, 李忠磊, 周硕凡, 等.聚丙烯高压直流电缆绝缘研究进展与展望[J].电气工程学报.2021.16(2): 2-11.

[2]聚丙烯基电缆绝缘材料改性和介电常数研究

[3]彭二磊, 马壮, 苏艳文, 等.新型环保聚丙烯绝缘中压电力电缆的研究[J].电线电缆.2021.5: 13-16.

[4]GB50168-2006《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》

[5]《适用于输电线路杆塔的电容式降压取电方法》

[6]王佩龙.高压电缆附件的电场及界面压力设计.电线电缆, 2011, 5: 1-4, 10.

[7]周远翔, 赵健康, 刘睿, 陈铮铮, 张云霄.高压/超高压电力电缆关键技术分析及展望, 高电压技术, 2014, 40(9): 2593-2612.

[8]胡诚成.中低压电缆附件现状及未来发展趋势.电线电缆, 2021, 1: 5-9, 26.