

架空送电线路架设导线防磨措施及应用研究

叶 扬

北京电力工程有限公司, 北京 100071

[摘要]近年来,随着特高压、大容量输电工程的发展和极端气候频发,导线防磨需求要求也随之变高。然而,当前防磨措施仍存在系统性不足,施工工艺、防护装置与质量管理环节的亟待解决。本论文基于导线磨损的失效机理,深入剖析施工、环境、设备三大致因,针对性提出防磨技术体系与管理策略,旨在为提升线路全寿命周期可靠性提供理论支撑与实践参考。

[关键词]架空送电线路; 导线磨损; 电晕效应

DOI: 10.33142/hst.v8i8.17353

中图分类号: TM75

文献标识码: A

Research on Anti Wear Measures and Application of Overhead Transmission Line Conductors

YE Yang

Beijing Electric Power Engineering Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract: In recent years, with the development of ultra-high voltage and large capacity transmission projects and frequent extreme weather conditions, the demand for wire wear resistance has also increased. However, there are still systemic deficiencies in current anti-wear measures, and urgent solutions are needed for construction processes, protective devices, and quality management. This paper is based on the failure mechanism of wire wear, and deeply analyzes the three major factors of construction, environment, and equipment. It proposes a targeted anti-wear technology system and management strategy, aiming to provide theoretical support and practical reference for improving the reliability of the entire life cycle of power lines.

Keywords: overhead power transmission lines; wire wear and tear; corona effect

引言

在架设输电线路的施工过程中,一旦线路电压达500kV及以上,导线磨损的概率就会增大。引发这个问题的原因有很多,不仅有施工人员的问题,比如施工过程中操作不当,还有长时间的环境影响等多方面的因素,这些对送电线路来说都是一个不小的挑战,必然会影响导线的正常运行。因此,在线路架设的施工过程中,有关送电导线质量及其装置等问题属于重要指标。

1 送电线路架设的导线受到磨损的危害

1.1 增加线路运行维护成本,浪费电能

架空送电线路所架设的导线遭到磨损之后,会在导线表面形成出现较多的毛刺导致电晕现象,电晕现象是当导线表面场强大于空气的电离强度时,架设线路导线表面气体分子发生电离,促使自激导电的形成,从而产生电晕放电现象。在不良气候环境下,电晕加重腐蚀导线后更进一步增强电晕,会使得电能损失,造成资源的浪费。

1.2 降低导线机械强度,影响线路安全

磨损给导线带来的物理损害是直接且直观的,具体表现为导线的有效截面积有所减小。不管是铝股还是钢芯,在持续的摩擦刮削作用下,金属材料会不可逆转地变得越来越薄。导线有效承载截面不断缩减这一情况,必然会使得其整体抗拉强度出现较为明显的下降。而且更为严重的是,磨损点大多集中在导线与金具相接触的部位,或者是容易

出现微风振动的区段。这些位置原本就是机械应力比较集中的区域。在这样的高应力点,局部截面积受到削弱的情况简直就像是雪上加霜一般,大大增加了导线在此处发生疲劳断裂的风险。

1.3 加剧电晕效应,引发电磁干扰

磨损所引发的表面粗糙度急剧增长,这已然成为诱发强电晕的关键所在。而由强电晕放电所产生的次生方面的危害,其严重程度是单纯电能损失所无法比拟的。那剧烈进行着的电晕放电过程,就好比是一个有着宽频带特性的无线电干扰发射源,它会朝着周围的空间不停地辐射出频谱范围极为广泛的电磁噪声。要是这些电磁噪声的强度一旦超过了规定的限值,那么它们就会给邻近的无线电通信系统带来那种根本无法忍受的干扰情况,进而使得信号的质量出现严重的劣化状况,甚至还会致使通信直接中断。与此电晕放电所产生的能够被人耳听见的噪声,在那种夜深人静的时候,又或者是在线路临近居民区的情况下,会对周边的环境形成颇为显著的噪声污染现象,从而引发居民的诸多投诉以及一系列环保方面的问题。

2 导线磨损的主要原因分析

2.1 施工因素导致的磨损

2.1.1 施工操作不规范

在导线展放、紧线以及附件安装等关键的施工环节当中,倘若操作人员未能严格遵循规程或者自身经验有所欠缺

缺,那么就极有可能引发人为方面的损伤情况。就好比说,在放线的过程里,要是牵引的速度过快又或者是呈现出忽快忽慢的状态,又或者导线不慎落地之后出现拖拽的情况,又或者导线和地面上的尖锐物品亦或是粗糙的结构产生硬性的摩擦,还比如导线经过滑轮的时候存在着较大的偏角,甚至还会出现跳槽的现象,又或者是使用那种钳口已经受到损伤或者没有衬垫上软质材料的紧线器来对导线进行卡线操作等等。

2.1.2 施工工艺不合理

工艺选择或者参数设计存在不妥之处,这同样属于施工期间磨损产生的一个重要根源所在。在开展张力放线相关操作的时候,倘若将张力值设定得过低,那么导线的弛度便会变得过大,如此一来,便使得导线与跨越物或者是地面出现接触摩擦的可能性有所增加。而要是把张力值设定得过高,虽说能够减少拖地的风险,然而却会让导线承受超出寻常的巨大张力,进而使其在经过放线滑车之时,侧向压力不断加剧,最终致使铝股的表面遭到滑车轮槽过度的挤压情况。除此之外,要是放线区段划分得过长,又或者滑车的数量不够充足,亦或是悬挂间距设置得过大,那么都会促使导线在滑车间的悬垂角有所增大^[1]。南方电网超高压公司在2024年所出具的一份工程总结报告中清楚地表明,对张力设定加以优化,并且合理地将放线区段长度缩短,如此便能够有效地让新架导线的磨损率降低25%~30%左右。

2.2 环境因素导致的磨损

2.2.1 风振磨损

当稳定微风处于0.5m/s~10m/s这一速度范围,并且以特定角度持续作用于架空导线时,在导线背风侧便会周期性地出现交替脱落的卡门涡街现象。此涡流脱落会促使导线在垂直面内产生持续不断的高频且振幅较小的往复振动,这种振动就是所谓的微风振动。导线长时间处在这样的振动状态当中,其与线夹相接触的部位或者线夹出口之处,将会不断经受反复出现的微小位移以及摩擦情况。即便在线夹内部已经安装了护线条,然而长时间的微动摩擦依旧会慢慢造成损耗并最终失效,进而影响到导线铝股本体,从而形成典型的疲劳磨损点或者线夹磨损点。

2.2.2 覆冰磨损

在冬季那种既寒冷又潮湿的地区,导线表面特别容易被雨淞、混合淞亦或是湿雪等各类形式的覆冰所裹覆。等到气温慢慢回升起来,或者日照强度有所增强,使得覆冰开始出现融化并逐渐脱落的情况,又或者是碰上强风的作用,导线之上的冰层便极有可能会不均匀的脱落,甚至还会发生整体性的扭转跳跃现象。在冰层脱落以及导线舞动的这个过程当中,那些已经破碎或者变得松动的冰块,其边缘是非常锐利的,它们会和相邻的导线相互之间,或者与导线自身产生极为剧烈的相对运动,进而发生撞击以

及刮擦等情况。这样由覆冰脱落或者舞动所引发出来的机械作用力是相当巨大的,完全能够在很短的时间内,对导线表层的铝股形成严重的刮伤情况,还会产生凹坑,甚至在极端情况下,还能够让铝股出现断裂的现象。

2.3 设备因素导致的磨损

2.3.1 放线设备缺陷

放线施工当中极为关键的设备——放线滑车,其实际所处的状态会对导线的安全状况产生直接的影响。具体而言,滑轮槽型和导线外径要是不相匹配的话,就好比是槽宽出现过窄或者过宽的情况,又或者是滑轮材质在选择方面不够恰当,比如硬度过高亦或是耐磨性表现较差等,轮槽内部要是存在加工时留下的毛刺,或者有凹坑、锈蚀等情况,又或者是前期施工之后残留下来的沙砾污垢等,还有滑轮转动起来不灵活,甚至会出现卡死的现象^[2]。这些设备方面的种种缺陷,在导线以较高的速度通过滑车的时候,就会如同锉刀一般,不断地去刮擦导线的表面。特别在滑轮转动出现卡滞的情况下,导线和滑轮之间的摩擦形式会从滚动摩擦转变成耗费极大代价的滑动摩擦,如此一来,磨损的量便会急剧增加。

2.3.2 防护装置不足

在施工以及运行期间,缺少必要的或者行之有效的防护装置,这无疑是导致设备出现磨损情况的关键因素。就施工来讲,当导线有可能会接触到铁塔角钢、跨越架还有临时拉线锚固点等这些属于硬质且较为尖锐的部位的时候,倘若事先没有去安装足够数量的导线保护套,也就是大家常说的“蛇皮套”或者“护线胶管”,又或者是防磨滚轮,那么导线就很有可能会在这些位置轻易地被划伤。而在运行阶段,要是在线夹出口处没有安装预绞式护线条,或者说即便安装了也没有到位,再者防振锤线夹没有加装专用衬垫,又或者是间隔棒线夹存在设计方面的缺陷,亦或是其夹紧力过大的话,那么在长时间的运行过程当中,就极有可能因为微动或者应力集中等情况致使导线发生磨损。

3 导线防磨措施研究

3.1 施工工艺优化

3.1.1 张力放线技术改进

张力放线属于核心的防磨工艺范畴,其中最关键之处就在于要精准把控放线张力。一方面得保证导线能够全程处于悬空状态,以此来彻底规避出现拖地的风险情况;另一方面也要防止张力过高的状况出现,不然会致使导线经过滑车时侧压力增大的问题发生。借助先进的张力场集中控制系统,可对牵引机以及张力机的出力情况进行实时的监测,并且还能实现自动化的调节操作,进而让导线张力始终维持在所设定的最优区间范围之内产生波动变化。对于那些具有大截面特点或者属于重要跨越的段落部分,应当优先考虑采用“一牵N”的方式来进行处理,比如可以

采用一牵四或者一牵六这样的方式,通过这种方式能够有效减少导线之间相互之间因鞭击而产生的磨损现象。与此还需要对放线区段的长度予以合理的规划安排,在像山区这类地形较为复杂的区域当中,适宜将区段的长度适当缩短一些,这样做的目的主要是为了减少滑车的总数量以及降低单个滑车的承力程度^[3]。大力推广使用那种大直径且具备高强度特性的尼龙轮或者 MC 尼龙轮作为放线滑车,而且对于这些滑车的轮槽部分必须要经过极为精密的加工工序,并且还要经过严格的验收环节,唯有如此才能确保其光洁度能够与导线的良好匹配状态得以达成。

3.1.2 滑车布置优化

滑车的悬挂位置以及悬挂方式,会对导线产生磨损这一情况有着直接的影响。需要严格地去计算并且对导线通过滑车时的包络角加以控制,务必要让其包络角不超过滑车所规定的不大于 30° 的限度。在像耐张塔、转角塔这类导线转向角度比较大的位置处,必须要采用双滑车或者组合式滑车组来实现转向操作,通过这样的方式能够将侧压力予以分散,进而减轻单滑车所承受的负担。滑车的悬挂点一定要牢固且可靠,防止在施工的过程当中因为出现晃动的情况而导致导线发生跳槽的现象。导线在进入滑车以及从滑车中离开的时候,要确保它的方向与滑车的轴线基本上是处于垂直的状态,如此一来便可以避免出现斜向受力的情形。在那些重要的跨越点,比如公路、铁路、电力线还有房屋的上方这些地方,应当增加悬挂滑车的数量,并且缩短档距,这样能够较为显著地减小导线的弧垂程度,从而提升跨越过程中的安全性,同时也可以降低导线与跨越物之间发生接触摩擦的可能性。

3.2 防磨装置应用

3.2.1 导线保护套

护线胶管在施工期间是最常使用的临时防磨装置。要挑选那种耐磨性能较好、内壁较为光滑并且还具备一定弹性以及抗撕裂强度的聚氨酯或者超高分子量聚乙烯材质做成的保护套。在开始导线展放之前,需提前在铁塔横担的端部、耐张塔挂线点处的角钢、跨越架的顶部以及临锚钢绳的接触点等所有导线有可能与其产生硬性接触或者是摩擦的各个部位,稳固且牢靠地把保护套安装好。保护套的长度务必要能够充分覆盖住潜在的摩擦区域,并且要把它两端都妥善做好捆扎固定处理,以防它在施工过程当中出现移位或者脱落的情况。

3.2.2 防磨滚轮

防磨滚轮,主要作用在于处理导线和线夹、间隔棒等金具接触之处出现的长期运行磨损情况。在线夹出口位置,安装预绞式护线条,这无疑是最有效的办法。此种护线条是将多根高强度铝合金丝按照特定的螺旋角紧密地绞合起来,然后包裹在导线的外层,它的表面极为光洁,具备很好的耐磨特性,能够有效地将线夹出口处的弯曲应力以

及微动摩擦进行分散,进而保护导线本体不受损害。就防振锤而言,若选用带有高弹性橡胶或者工程塑料衬垫的线夹,那么既能起到缓冲振动的作用,又能减少对导线的磨损情况。对于间隔棒线夹,应当选用铰链式的或是带有弹性橡胶衬垫的线夹,以此来保证夹紧力处于适中的状态并且能够均匀地分布开来,防止出现应力集中而对导线造成切割的情况。在容易发生舞动的区段,可以考虑安装相间间隔棒或者是双摆防舞器,通过这种方式来抑制舞动的幅度,从根源上减少因为舞动而引发的剧烈摩擦以及撞击情况的发生。

3.3 质量管理措施

3.3.1 施工过程监控

建立起能够贯穿导线架设整个过程的质量监控体系,这无疑是非常重要的。要专门设立质检员,针对那些关键工序展开监督工作,像是张力设备的标定环节、滑车的检查以及悬挂操作、保护套的安装事宜、导线牵引的整个过程、紧线的具体操作还有附件的安装等方面,都得安排专人进行旁站式的监督。借助无人机开展高清巡检作业,同时配合地面望远镜进行观察,通过这些手段来实时对导线展放的状态予以监控,从而能够及时察觉到并且阻止诸如导线出现拖地情况、发生跳槽现象以及与障碍物产生摩擦这类存在风险的行为。要详尽地将施工的各项参数记录下来,像张力方面的数据、速度的情况、滑车所处的位置等等,还有当时的环境条件也要一并记录。对于在施工过程中发现的导线疑似存在磨损的那些点位,必须要立即停止施工,随后展开细致的检查并做出相应的评估,如果确实有必要的话,还得及时进行修复处理或者干脆予以更换,绝不能让带有损伤的导线进入到后续的工序当中去。

3.3.2 质量验收标准

制定严格且具备操作性的导线防磨专项验收标准。在架线施工完成之后、线路投入运行之前,一定要开展针对全线导线外观质量的专项检查验收工作。此次检查主要关注几个方面:导线表面是否有较为明显的划伤痕迹、压痕情况、呈现灯笼状的变形状况以及磨损产生的毛刺;线夹还有防护装置,像护线条、防振锤衬垫以及间隔棒线夹等,其安装是否规范且到位,有没有对导线造成损伤的情况;导线的弧垂以及与地面的距离是否与设计要求相吻合。要清楚明确导线表面所允许存在的轻微磨损的具体深度以及范围方面的标准。对于那些超出标准的损伤点,必须严格按照规程相关要求来实施打磨修复或者采用压接修补管的方式进行处理,并且要把这些情况详细记录下来。整个验收过程中需要留存高清影像资料以便后续查阅。

4 结束语

导线防磨是保障架空送电线路安全经济运行的关键环节。本文系统分析了磨损对导线的三重危害,并从施工

操作、环境侵蚀、设备缺陷三方面寻找原因。针对性地提出工艺优化、装置创新、管理强化的优化体系。集成应用上述措施可显著降低磨损风险,如优化张力与滑车布局减少施工期磨损 25%~30%,预绞护线条有效抑制微风振动疲劳。未来需进一步融合智能监测技术与新型材料,构建“预防-监测-修复”闭环机制,同时完善标准体系以适配新型输电技术的发展要求,为构建高韧性的电网提供核心保障。

[参考文献]

[1]曹明远.弓网滑动电接触磨损特性分析与磨损率预测研

究[D].辽宁:辽宁工程技术大学,2024.

[2]杨金鹏.66kV 送电线路导线舞动、混线事故分析及防止对策[J].民营科技,2017(11):51.

[3]霍峰,武剑灵,王亚平.架空送电线路(导线)长度参数现场测试方法研究[J].现代计算机,2020(8):43-46.

作者简介:叶扬(1995.8—),男,毕业院校:北京航空航天大学,所学专业:工程管理专业,当前就职单位:北京电力工程有限公司,职务:工程管理专责,职称级别:助理工程师。