

山区超高压输电线路地线金具的磨损研究

唐波¹, 杨暘², 孟遂民¹

(1 三峡大学电气与新能源学院, 湖北 宜昌 443002; 2 三峡大学机械与材料学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要:针对山区超高压输电线路地线金具磨损的现象, 列出地线金具磨损信息, 分析磨损原因, 列出现有解决方法, 并提出了一种耐磨金具改进方案, 供借鉴。

关键词:输电线路; 地线金具; 磨损原因

Abstract: Aiming at the wearing phenomenon of ground wire hardware of EHV transmission lines in the mountainous areas, the wearing information of ground wire hardware is listed. The wearing reasons are analyzed, the existing solutions are presented, and an improvement scheme of antiwear ground wire hardware is proposed, which provides a reference for the similar engineering project.

Key words: transmission line; ground wire hardware; wearing reason

中图分类号: TM754 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2011)01-0013-03

由于超高压输电线路输送距离往往较远, 不可避免的要经过众多复杂的地形, 因此对山区输电线路的监测维护任务往往更加艰巨。近年来某地所维护的山区 500 kV 输电线路在运行过程中, 相继发现架空地线悬垂线夹船体挂轴及直角环磨损的危急缺陷, 而这种问题在东北、华北、湖北、青海、福建等地区均有发现, 反映了超高压输电线路地线金具结构耐磨性能上尚存在一定的问题, 需要进一步改进和完善。下面首先列出了某地地线磨损统计情况, 分析了磨损的原因, 列出现有一些解决方法, 并提出了一种耐磨金具的改进方案, 供借鉴。

1 地线磨损数据

1.1 磨损百分比统计

通过某地统计的地线线夹磨损数据 (见表 1) 可知地线挂轴磨损其最大磨损处达到 70%, 而 U 型环

最大磨损处达到 53%, 都已经大大超过了悬垂线夹的安全裕度, 遇到恶劣气象时随时有发生断线夹掉线的可能, 而这类故障通常都是永久性的事故, 轻则造成跳闸停电, 重则可能烧断导线或避雷线, 严重威胁电网的安全。

1.2 磨损位置分布统计

地线金具组合一般要求可以沿顺线路和垂直线路方向灵活转动, 同时悬垂长度以越短越好。线路中易产生磨损的 XGU 型地线悬垂线夹由 U 形螺丝与直角环连接, 直角环与悬垂线夹挂板连接, 悬垂线夹挂板与悬垂线夹船体挂轴相连, 形成以 U 形螺丝、U 形直角环和线夹挂板为臂的上下 3 点绞接连接方式。经检查地线线夹金具的磨损点主要分布在以下 3 个地方, 具体分布位置如图 1 所示。

1.3 磨损位置地形统计

以上磨损严重地线线夹所处地形如表 2 所示, 同

表 1 某地地线线夹磨损情况统计表

名称	数值												
单位 /cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
凸轴磨损量 /cm	0.88	0.81	0.78	0.83	1.05	0.92	1.13	0.87	0.98	1.02	1.18	0.86	1.09
凸轴原直径 /cm	1.60	1.59	1.59	1.58	1.72	1.72	1.68	1.72	1.71	1.68	1.69	1.71	1.68
磨损百分比 /%	55	51	49	53	61	53	67	51	57	61	70	50	65
U 型螺丝磨损量 /cm	1.11	1.04	1.02	1.08	1.06	1.14	1.02	0.58	1.07	0.68	0.89	0.12	0.45
U 型螺丝原径 /cm	2.26	2.23	2.24	2.04	2.23	2.22	2.25	2.21	2.22	2.23	2.25	2.22	2.24
磨损百分比 /%	49	47	46	53	48	51	45	26	48	30	40	5	20

基金项目: 宜昌市科学技术研究与开发项目 (A2010-302-09)

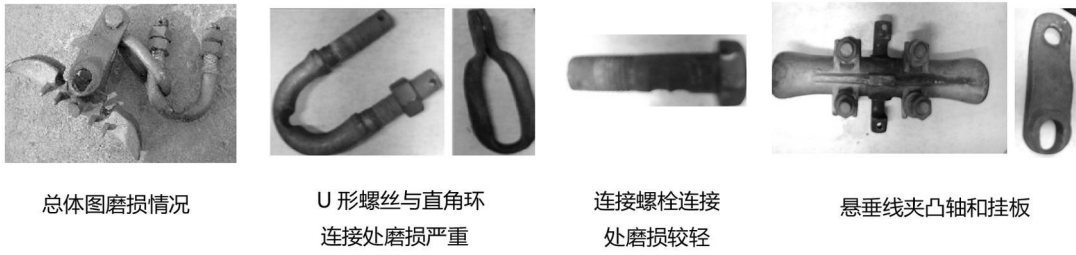


图 1 悬垂线夹挂板与船体挂轴间的磨损

总体图磨损情况

U 形螺丝与直角环
连接处磨损严重

连接螺栓连接
处磨损较轻

悬垂线夹凸轴和挂板
处磨损较轻

时参考文献 [1] 中线夹磨损位置数据, 可发现如下规律: ①跨越山沟、跨峡谷地方易磨损; ②连续上下山段地线线夹易磨损; ③山顶地线线夹容易磨损; ④两侧档距悬殊的地线线夹易磨损; ⑤两侧高差悬殊地线线夹易磨损; ⑥受上拔力大的地线线夹易磨损。

表 2 某地地线线夹磨损地形统计表

磨损地形	跨越山沟	连续上坡	连续下坡	跨峡谷	山头
发生磨损次数	4	3	2	3	1

之改变, 进而带动地线金具的频繁晃动, 使得地线金具产生磨损。②线路设计参数选择原因。导线选型、设计档距、悬挂高度、运行张力等都将影响线路的防振水平, 进而影响地线金具的磨损。③金具设计制造原因。金具材料一般采用铸铁和锻压钢, 连接处为干摩擦易磨损, 虽然表面有镀锌保护层, 倘若一旦镀锌层磨穿, 再加雨水的锈蚀, 会加速金具的磨损。

2 线夹磨损原因分析

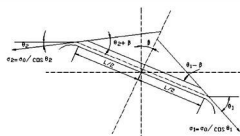
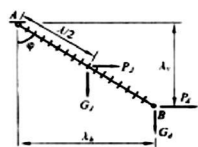
输电线路在运行中, 不仅承受正常运行应力的作用, 而且还要承受由于振动引起的附加应力的作用。这个由振动引起的附加应力, 虽然比正常运行应力小得多, 但由于是频繁出现的交变弯曲应力, 长时间和周期性的振动, 将成地线及金具的疲劳损坏, 甚至断线事故。其中直角环与 U 型螺丝间的磨损主要是由于顺线路方向的偏转运动和横线路方向的风偏运动 (如表 3) 造成的; 直角环与悬垂线夹挂板之间的螺栓主要起中间连接作用, 运动幅度及频率要小很多, 因此接触位置磨损较轻; 悬垂线夹和船体挂轴之间主要受到顺线路方向的偏转运动造成磨损。表 3 列出了偏转角及风偏角的相应计算公式^[2], 从偏转角公式可以看出线夹两侧出口角度相差越大, 同等条件下线夹偏转角度越大, 运动磨损量也越大, 从风偏角公式可以看出水平档距越大, 垂直档距越小, 自重越小, 风压越大, 相同条件下风偏角越大, 磨损量也越大。

而引起地线金具偏转运动和风偏运动的成因较多, 主要体现在以下几个方面: ①环境原因。超高压架空输电线路多处于高山峻岭, 气候复杂, 其线路杆塔沿山谷沟壑走向, 档距大小不均, 大多为微气象区线路, 具有风速大、风向和风速变化频繁等特点。架空输电线路长年在大气中运行, 承受着风、昼夜温差、冰、雷电、雨等气象变化的影响, 主要引起架空线载荷和悬挂曲线长度发生变化, 使架空线的张力、弧垂随

3 现有处理方法

线路长期运行实践表明, 现有的常规地线线夹总体上性能合理, 其机械性能、电气性能均能满足运行要求。但在某些地段却存在着严重磨损的情况, 针对这种情况, 国内主要解决方法有: ①采用耐磨金具系列产品, 这些金具耐磨主要是通过增大增粗外形尺寸的方法来延长使用寿命, 同时采用喷涂技术来提高金具的防腐性能, 但并没有改变干摩擦的本质, 并且以上统计的磨损金具中已经使用的是耐磨金具, 因此这种方法需要进一步改进。②采用双线夹布置形式^[3], 这种方法由于采用了两个线夹, 因此可以减少单个线夹挂轴的磨损, 但上面的 U 型螺丝连接处磨损并没有改善。③采用预绞丝线夹, 该线夹应力分布均匀、抗疲劳性强、使用寿命延长、电气性能良好, 是一种应用前景广泛的线夹, 国家“两型三新”也大力推广使用, 但该线夹的缺点对现有线路进行改造时高空安装不方便, 需要熟练工, 劳动强度大, 上端连接部分仍旧会磨损。④加装防振装置。减少金具运动进而减少磨损。⑤对金具使用润滑装置, 在金具连接位置添加 MoS₂ 锂基润滑脂^[4], 将干摩擦变为边界润滑, 可大幅降低金具磨损量, 但由于地线金具是敞开体系, 在自然界恶劣气象条件下润滑剂容易失效, 实际维护难度大。⑥对金具材料进行热处理, 有文献对挂板或挂轴进行碳氮共渗低温回火热处理^[4], 实验表明金具磨损量大幅减小, 这是一种可以尝试的方案。⑦将直线串改建为耐张串, 可解决线夹磨损问

表 3 偏转角及风偏角计算方法

编号	计算公式	附图
1 偏转角 计算	$\beta = \arctan[(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)/2]$ $\theta_1, \theta_2 \text{ 为线夹出口角}$ $\beta \text{ 为线夹偏转角}$	
2 风偏角 计算	$\varphi = \arctan \frac{P_d + P_j/2}{G_d + G_j/2} = \arctan \frac{\gamma_1 A l_h + P_j/2}{\gamma_1 A l_v + G_j/2}$ $\gamma_1, \gamma_2 \text{ 为导线的自重比载和风压比载}$ $l_h, l_v \text{ 为该基杆塔的水平档距和垂直档距}$ $A \text{ 为导线的截面积}$	

题,但需要对铁塔横担和塔头进行改造,成本较高。

4 提出改进方案

针对 XGU-3 型地线悬垂金具磨损情况 (如图 2),特提出以下改进方法。①针对磨损点 1,将 U 型螺丝与直角挂环的连接方式改为螺栓连接方式,增大接触面积,同时在螺栓连接处添加自润滑轴套减少金具间的磨损,这种轴套承载力高、耐高温、耐冲击、耐水蚀、自润滑能力强,不需要额外添加润滑剂,特别适合环境恶劣不宜维护的场所。同时为了满足以前 U 型螺丝与直角环可以同时进顺线路和横线路方向的运动,这里特别设计了类似十字挂轴的装置,使得改进型金具可以满足横线路和顺线路方向的运动,同时全部采用螺栓连接形式,方便添加自润滑轴套。②针对磨损点 2 因为直角挂环与挂板仅作为一个中间连接环节,磨损并不严重,这里只需添加自润滑轴套即可。③针对磨损点 3 将中心回转式线夹换为提包式线夹,使得线夹转动落后于地线的偏转,减少金具运动,同时在连接处添加自润滑轴套减少磨损。④参照相关文献,对金具材料进行碳氮共渗低温回火热处理来减少金具间的磨损。最终生成的改进型金具示意图如图 2 所示,并根据该图制成样品,在南京线路器材厂进行强度检测例行试验,结果表明该试件满足强度使用要求,但耐磨性能需要进行大量的耐磨试验来验证,同时外观结构尺寸可以进一步优化,本设计已申报国家实用新型专利。

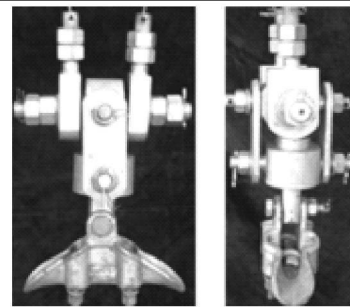


图 2 地线金具改进实物图

非常复杂,再加上中心回转式线夹在挂板与开口销间装有平垫片,地线金具悬挂点往往很高,使地线金具磨损故障往往很难发现,而这种故障一旦发生,将带来掉线的严重事故,因此需要引起超高压运行单位的高度重视,在年度大修中应加入对地线金具的检查项目,建立相应台账,加强对易磨损地区的检测维护工作^[5],及时发现及时处理,并积极开展耐磨金具的研究工作,提高超高压输电线路安全运行的可靠性。

参考文献

- [1] 张学哲,林立新,袁利红. 浅析山区输电线路悬垂线夹的磨损 [J]. 华北电力技术, 2000 (11): 29-31.
- [2] 孟遂民,孔伟. 架空输电线路设计 [M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
- [3] 洪延风,楼晓岩. 500 kV 昌房紧凑型线路避雷线磨损的分析与处理 [J]. 高电压技术, 2004, 30(4): 127-128.
- [4] 潘丹青. 500 kV 线路架空地线悬垂线夹磨损及预防措施的探讨 [J]. 东北电力技术, 1998(8): 12-19.
- [5] 陈启银. 悬垂线夹磨损引发的架空避雷线掉线及防范 [J]. 电力安全技术, 2004, 6(4): 32.

(收稿日期: 2010-09-25)

5 结 语

由于山区超高压输电线路所处的气象环境条件