

输电线路导线断股的处理与探讨

杜志佳, 宫衍平

(南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘 要:输电线路导线断股是在输电线路运行过程中较为严重的缺陷, 有可能导致断线等严重事故。本文以 2012 年 220kV 晓中 2578 线导线断股处理为例, 分析了导线断股的主要原因, 阐述了带电处理这一缺陷的方法和依据, 同时还利用 EXCEL 等常见办公软件编写计算工具, 为作业实施提供计算依据。

关键词: 输电线路; 导线断股; 分析原因; 带电处理; 计算

0 引言

2012 年 12 月 9 日, 输电运检工区接到调度通报, 220kV 晓中 2578 线发生跳闸, 重合闸成功。220kV 晓中 2578 线承担着晓庄变到中央门变之间的联络任务, 一旦发生后续故障导致线路退出运行则后果严重, 因此输电运检工区迅速组织线路故障巡视。发现故障点后, 对存在的问题进行了迅速处理。

1 导线断股原因分析

根据调度部门提供的故障测距数据, 工区重点对 220kV 晓中 2578 线#10 塔及以后的线路进行巡检。2012 年 12 月 9 日 11 时, 经过线路运行人员的逐基巡视, 在 220kV 晓中 2578 线#14-#15 塔之间距离#14 塔 50m 左右的 C 相上、下子导线上均发现了断股, 断股面积约为导线截面积的 40%。



图 1 现场导线断股情况

巡视人员发现, #14-#15 塔之间的线路通道处于正在展开施工作业的某楼盘附近, 直线距离约为 20m。通过走访周围的居民和工人, 在 2012 年 12

月 9 日跳闸事故发生前, 有移动式泵车在线路附近执行混凝土灌注作业。运行人员初步判断, 由于在泵车伸展、转移机械臂时与运行中的线路发生了放电, 从而导致线路跳闸。

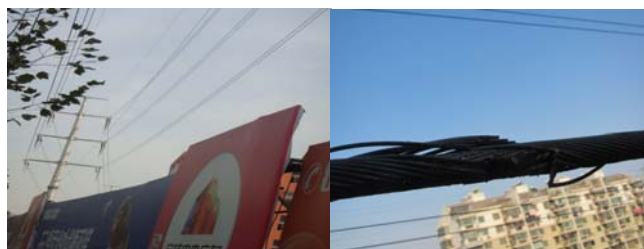


图 2 线路通道环境与缺陷近距离照片

结合从近距离拍摄的缺陷点照片分析, 断股部分切口毛糙不整齐, 有分散的麻点, 也与以往吊车碰线等情况下的导线受损情况相同。

2 缺陷的处理

在确定导线断股成因后, 为保证晓中线的正常运行, 必须及时对缺陷点进行处理, 避免断股扩大导致更为严重事故的发生。因此工区经过与省检南京分部沟通, 决定由高压带电作业班协助, 采用带电作业方式对缺陷进行消除。

对于断股导线的修补, 只能采用等电位进入电场处理的方式。根据作业规程中的规定, 采取挂接软梯作业时, 钢绞线截面积不得小于 50mm^2 , 钢芯铝绞线截面积不得小于 120mm^2 。220kV 晓中 2578 线采用垂直排列的双分裂导线形式, 采用 LGJ-400/35 导线, 截面积为 400mm^2 , 在导线损伤的情况下, 计算截面积约为 150mm^2 。但是出于安全性考虑, 工作负责人决定在高于 C 相导线的 B 相导线上挂接软梯。

经过半小时的修补作业,断股处导线修补完毕,经过现场负责人评估,符合规定的导线修补标准。



图 3 修补后的导线

3 作业中细节问题的探讨

在此次修补导线的过程中,存在以下几个危险点:

作业人员有可能高空坠落;

受到地形限制,作业过程中的绝缘绳索可能与导线缠绕;

挂接软梯的 B 相导线由于荷载变化导致弧垂下降,与 C 相安全距离不足。

1)、2)两个危险点可以通过加强作业现场监督、选择经验丰富的等电位作业人员等方法进行防范,而导线弧垂和安全距离的变化情况,则应根据计算确定。在作业现场,作业人员采用了携带固定长度的绳索,通过观察绳索与导线距离来判定是否安全的替代方式。但是这种方式不具有理论依据,也容易受风力等自然因素的影响。因此,在修补作业完成后班组特别对作业过程中弧垂的变化进行测量,为理论计算提供参照,以便指导今后同一类型的修补作业。

根据导线悬链线方程,导线悬垂曲线的解析方

程为: $y = \frac{g}{2\sigma_0} x^2$, 因此有:

$$f_x = \frac{g}{2\sigma_0} x_A + x x_B - x = \frac{g}{2\sigma_0} l_a l_b \quad (1)$$

对于档距中点弧垂, $l_a = l_b = \frac{l}{2}$, 因此

$$f_0 = \frac{gl^2}{8\sigma_0} \quad (2)$$

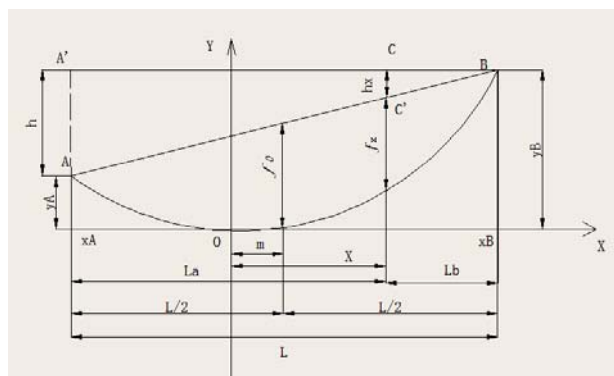


图 4 弧垂计算示意图

对于悬挂软梯进行带电作业,还需要考虑集中载荷的作用,计算在集中载荷点的弧垂变化。在计算集中载荷的作用时,参照在孤立档中存在集中载荷的情况下的计算方法。见图 4。

集中载荷点的弧垂为:

$$f_x = \frac{\gamma x(l-x)}{2\sigma_0 \cos \theta} + \frac{\tau a(l-x)}{\sigma_0 l} \quad (3)$$

其中 x 为集中载荷点与线路首端的距离, τ 为集中载荷单位面积重力, γ 为比载。

此外,还需要考虑在不同气象条件下导线应力 σ_0 的变化。同样由悬链状态方程式,通过试凑的方法(或者迭代法)计算出线路的临界档距,由此确定在作业的气象条件下 σ_0 的选择。由于在大风、覆冰等恶劣天气条件下,不允许进行带电作业,因此只需要考虑在最高温度和年平均温度条件下的 σ_0 变化。

根据以上讨论,高压带电作业班利用 EXCEL 软件编制了详细的计算程序,将南京书店线路的基本信息输入到程序中。一旦存在需要进行挂软梯作业的情况,只需要从下拉菜单选择相应的导、地线型号,填写悬挂点位置,作业人员与工具总重等信息,就可以直接计算出导、地线弧垂的变化,直接判定是否能够安全作业。见图 5。

C14				
需要填写的数据				
1	档距 (m)	300	最低点弧垂 (m)	7.02856
2	高差 (m)	60	导线应力 (MPa)	49.7966
3	集中荷载 (Kg) (作业人+工具)	140	绝缘子比载 (N/m+mm ²)	0.9317
4	作业点与首端距离 (m)	50	导线比载 (N/m+mm ²)	0.03111
5	绝缘子长度 (m)	3.027	集中荷载的比载 (N/m+mm ²)	3.22641
6	绝缘子串重 (Kg)	120	集中荷载点原弧垂 (m)	3.98209
7	导线型号	400/35	集中荷载点现弧垂 (m)	6.76299
8	导线裕度K	2.5	弧垂变化 (m)	2.78091
9	地线裕度K	3.3	高差角 (度)	0.1974
10			导线最大弧垂发生条件	最高气温
11			地线最大弧垂发生条件	覆冰无风
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19	WARNING: 根据安规规定, 钢绞线截面积低于50, 钢芯铝绞线截面积低于120, 禁止挂软梯作业!			
20	备注: 计算结果是根据程序判定的最大弧垂条件下的应力和相关参数计算得到, 存在一定误差, 以现场实际测测为最终依据。			
21				

图 5 软件计算过程

4 结论

对于导线断股缺陷, 可以通过 ([1] 孟遂民,孔伟.架空输电线路设计[M].北京:中国电力出版社,2007.

加强工程质量管理, 避免在设备安装过程中存在导线碰伤等情况;

根据污区图和气象分布图, 对处于微气象区和污染地区的线路加强巡视, 避免由于腐蚀等因素导致导线断股;

对距离施工现场较近的线路, 应做好防护措施以及线路保护宣传工作, 防止因外力破坏造成导线断股。

一旦出现导线断股的情况, 应及时进行处理, 避免缺陷点的扩大。处于线路供电可靠性的考虑, 对符合条件的线路应该采用带电作业 ([2] 吴加新. 输电线路运行[M].郑州:郑州大学出版社,2011.

最后, 应当提高带电作业的标准化和精细化水平, 充分利用现有的理论知识和先进的信息处理工具, 以更加科学的方法保证带电作业的安全、高效。

参考文献:

[1] 孟遂民,孔伟.架空输电线路设计[M].北京:中国电力出版社,2007.

[2] 吴加新. 输电线路运行[M].郑州:郑州大学出版社,2011.

[3] DL/T 741-2001,架空送电线路运行规程[S].

[4] 国家电网公司.国家电网公司电力安全工作规程 (线路部分) [Z].北京: 国家电网公司,2009.

作者简介

杜志佳 (1986-), 男, 南京理工大学硕士研究生, 从事输电线路高压带电检修工作;

宫衍平 (1966-), 男, 江苏南京人, 国网专家、高级技师, 长期从事输电线路高压带电检修工作。