

浅析架空输电线路耐张线夹X射线检测及缺陷

赵 杰 刘少广 肖占海 曹学家 宋 鹏

(内蒙古电力(集团)有限责任公司锡林郭勒电业局 内蒙古 锡林郭勒 026000)

[摘 要]耐张线夹的可靠性是架空输电线路安全运行的重要保证。X射线在线检测是确定耐张线夹压接质量的重要无损检测方法。本文通过大量耐张线夹在线检测,发现各种压接缺陷,避免了因压接质量问题而引起的输电线路事故。同时对缺陷进行了分类和总结,分析了不同缺陷产生的原因,为进一步改进压接工艺提供了有力的理论依据。

[关键词]耐张线夹; X射线; 压接质量

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.08.1133

引言

架空输电线路中,压接型电力金具是不可避免的导线连接工具。其中,压接型耐张线夹作为承受导电功能和导线全部张力功能于一体的电力金具在输电线路中更是被广泛应用。由于此类金具安装后不再拆卸,其长期运行的可靠性关系到输电线路能否安全稳定运行。耐张线夹压接过程存在的缺陷是造成局部发热、导线损伤、金具或导线断裂甚至掉线的重要原因,如何对耐张线夹压接质量在线检测也成为输电设备金属监督的重要工作内容^[1]。

架空输电线路对大截面钢芯铝绞线进行安装时,一般采用压缩型耐张线夹进行压接安装。耐张线夹的作用是将导线固定在非直线杆塔的绝缘子串上,它既承受了导线的全部拉力,还承担着载流任务。耐张线夹压接质量的好坏直接关系到输电线路的安全稳定运行。因此,不论是采用液压还是爆压方式进行线夹压接时,都必须严格按照相关压接规程进行操作。然而,耐张线夹的压接属于隐蔽工程,受施工人员技能水平及高空压接环境等因素共同影响,输电线路中耐张线夹的压接质量往往难以得到有效保障,所以需要一种检测方法对线夹压接质量进行检测。由文献^[2]可知,架空输电线路耐张线夹压接质量的常用检测方法主要有:外观检测、尺寸测量、力学性能抽查检测等,这些方法在工程实际中得到了广泛应用,但对钢锚是否存在毛刺、钢芯鼓肚、钢锚凹槽处铝管欠压等缺陷无法检出,因此,需要一种新的检测方法对耐张线夹压接质量进行检测^[3]。

传统的耐张线夹在线检测,一般以外观尺寸检查为主,在相关标准,如DL/T5285—2013和Q/GDW571—2010中,均对压接后的对边距尺寸S和弯曲变形程度作了要求。其中,使用游标卡尺可以准确测量压接后的对边距,根据标准中给定的公式 $S=0.866kD+0.2$,可检验出压接外形尺寸是否合格;对于弯曲度可以使用塞尺等工具进行测量^[3]。但是,外观尺寸检查无法反映压接管内部结构的质量。与之对应的是,X射线在线检测能够直接显示耐张线夹内部压接质量。汇总耐张线夹在线检测发现的各典型压接结构缺陷,并分析缺陷产生的原因,在保证输电线路安全运行的基础上,为进一步改进压接工艺提供参考依据。

1 X射线在役检测

随着架空输电线路电压等级的不断提升,线路的安全性要求日益增强,对耐张线夹的检测也提出更高要求。近几年,对耐张线夹在线检测经历了由外观检测到X射线检测、由X射线胶片法到数字射线检测法的过渡和实践应用。目前,压接型金具DR检测是研究和应用热点,比如吕占杰等人通过DR技术研究了压接尺寸和导线力学性能的关系,张鹏等人使用自主研发的DR在线检测装置在溪洛渡±500kV同塔双回直流线路竣工验收过程中进行了试点应用。当前,在架空输电线路耐张线夹X射线在线检测中,胶片法和数字射线法均得到使用,两者共同点为使用便携式工装将射线机等设备整体悬挂在电路上,设置好角度、焦距等参数在线透照。主要不同点是,DR通过成像板成像,可以实时显示出透照效果,并且可以通过图像软件功能全面分析拍摄图像;胶片法需要经过后续暗室处理,在实时性和图像分析处理上存在技术上的不足^[4]。

采用的X射线无损检测系统主要由两部分组成:BJJ-1型X射线发生器和Rayence数字成像板。其基本原理为:利用无线遥控控制X射线发生器触发产生高速电子并撞击金属靶面,从而产生X射线。X射线数字成像板接收透照穿过耐张线夹的射线,形成X射线数字光片,经数字转换接口实时传至笔记本电脑,从而完成X光片的画面显示。依据X射线透照原理,因为受检工件的材料、厚度不同,所以需要透照检测的X射线能量也不同,而不同的射线能量与X射线器的管电压U有关。设线夹的透照厚度为W,铝管外径为D,内径为φ。则透照厚度为 $w = D - \phi$ 。通过透照厚度W与X射线管电压U的关系图表,可进一步得出管电压U。从图1的几何位置关系,可得出透照焦距F的大小为 $F = \frac{L_1}{\sin\theta}$,即 $F = \frac{L_1}{\sin\theta}$ 。其中L1为线夹透照投影长度,θ为X射线器垂直辐射角度的1/2。

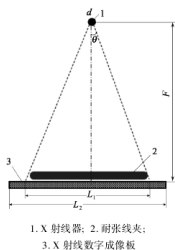


图1 X射线无损检测原理图

2 压接缺陷汇总和分析

通过长期架空输电线路耐张线夹X射线在线检测,发现大量压接结构缺陷,有效避免压接金具带缺陷运行而产生故障隐患。同时结合X射线图谱分析压接结构缺陷产生原因,为改进压接工艺提供理论依据。

2.1 典型压接缺陷

钢芯铝绞线耐张线夹压接如下图所示。其中区域1为钢锚压接区,区域2为铝管不压区,区域3为导线压接区。按这3个区域分析耐张线夹压接缺陷。

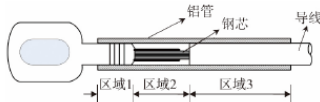


图2 钢芯铝绞线压接结构

图2中区域1压接缺陷主要为钢锚凹槽部位压接不到位和凹槽压接数量不足等。钢锚凹槽压接数量不足的RT检测图像如图3所示,按压接工艺,两圈凹槽都应当压接,图3所示靠近长圆环一侧凹槽没有受压。钢锚凹槽压接不到位的RT检测图像如图3所示,远离导线的最外侧两圈凹槽没有整圈压实,部分位置铝管内壁与凹槽底部没有贴合紧密^[5]。

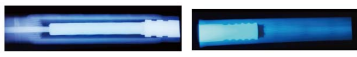
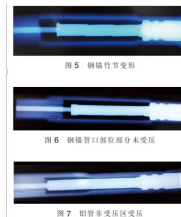


图3 钢锚凹槽压接数量不足及钢锚凹槽压接不到位

图1中区域2为铝管不压区,也是钢锚受压区。在铝管压接前,钢锚受压区已压接完毕,

此区域射线图像展示出的缺陷种类比较多,有导线钢芯未插入到钢锚底部、钢锚压接变形、钢锚压接不全、铝管非受压区受压等^[6]。

对应RT检测图像分别如图5~7所示。由图5看出钢锚在压接过程中产生了竹节变形;图6是钢锚管口部位一段长度没有受压;图7是靠近长圆环侧铝管非受压区进行了施压^[7]。



区域2除以上缺陷,还存在钢锚弯曲变形、钢锚内部压接质量差、钢芯腐蚀和断股等较常见缺陷。图1中区域3为导线受压区,此区域常见缺陷有导线端部未施压、导线切割不齐和散股、导线压接不紧密、导线断股等,RT检测图像如图8~10所示。由图8可以看出切割好的导线靠近钢锚管口端部一部分未受压;图9所示导线切割十分粗糙,存在散股,同时一部分铝股与钢锚管口接触也不符合压接工艺要求;图10则是导线压接不够紧密。此外,导线断股、导线与钢锚端口间距过长也是较常见缺陷^[8]。

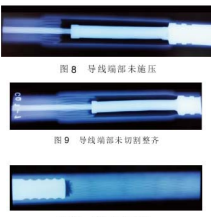


图10 导线压接不紧密

2.2 压接缺陷原因分析

区域1的缺陷主要包括钢锚凹槽压接不到位和凹槽压接数量不足,压接不到位主要表现为欠压,原因是液压机压力不足、液压持续时间短、压接模具操作不规范等;凹槽漏压主要是因为钢锚上施压起始标记定位错误或是操作不规范等。区域2常见的缺陷有导线穿管工艺缺陷、钢锚压接缺陷、铝管非受压区受压等。

穿管工艺缺陷在这一区域表现为导线钢芯未穿入到钢锚底部,原因是切割导线时,未充分考虑铝管变形等因素而导致的预留钢芯长度不足;钢锚压接缺陷原因可能为压接时每两圈之间未充分重叠、压接人员责任心不足等,此外压接过程中相邻两圈压接时,需要移动压接设备与压接管的相对位置,由于导线存在扭绞力,也会导致相邻压接不在同一平面内而产生扭曲变形;造成铝管非压区受压的原因一般为压接标记不准确或未按照压接标记施压^[9]。区域3的缺陷主要集中在导线端部,主要有3种情况,一是穿管过程中铝管变形预留过长导致的导线与钢锚端部距离过大;二是预留过短导致的导线与钢锚端部接触;三是压接标记不准确导致的导线端部未施压等。

2.3 压接缺陷潜在的危害

耐张线夹的压接缺陷导致的直接后果是导线握力值的降低,其中凹槽漏压、铝管和钢锚压接尺寸减小是影响握力值降低的重要因素。此外,切割和穿管工艺的不规范带来的压接结构缺陷还会导致耐张线夹在运行过程中产生局部过热、腐蚀、疲劳裂纹等危害缺陷,最终可能导致耐张线夹断裂。目前,对耐张线夹失效分析多集中于无损检测,但失效分析毕竟是一种事后分析手段,不能提前对压接金具进行可靠性评估。而使用X射线检测技术能够对已安装完毕的耐张线夹运行前和运行中的线路断在线检测,通过分析图像能够有效地判定压接质量,从而预防架空输电线路因压接质量问题产生的线路事故^[10]。

3 结语

对架空输电线路耐张线夹X射线在线检测能够有效、全面地分析压接结构,避免了因压接质量差而导致线路存在安全隐患。同时通过总结和分析不同型号的耐张线夹压接缺陷图谱,可以有针对性地从根本上改进压接工艺,避免了依靠握力值和解剖金具这种破坏性手段对工艺进行评估。

参考文献

[1] 于映坤, 刘智勇, 陈彦廷, 黄海生. 架空线路耐张线夹X射线检测分析与运维策略[J]. 电气时代, 2020(09): 47-49.
[2] 杨帆, 曾林平, 马永翔, 孔志战, 闫群民, 侯波. 架空输电线路耐张线夹X射线检测与分析[J]. 陕西理工大学学报(自然科学版), 2018, 34(01): 29-33.
[3] 梁华贵, 许义, 路健, 朱先启. 浅谈X射线检测在架空输电线路耐张线夹的应用[J]. 电工技术, 2019(24): 147-148.
[4] 张志猛, 费伯岩, 吴宏亮, 冯砚礼, 古海峰, 朱思旭. X射线检测装置在架空输电线路压接金具质量检测中的应用[J]. 河北电力技术, 2016, 35(04): 43-46.
[5] 林健枝, 周亚兵. 一起220kV架空输电线路耐张线夹断裂故障原因分析[J]. 山东工业技术, 2014(18): 147.
[6] 王时哲, 毛吉贵, 王波, 刘岳玲, 姚玉存, 潘龙. 架空输电线路自主巡检机器人规划设计[J]. 宁夏电力, 2012(03): 44-49.
[7] 高任, 程秀潜, 范伯儒. 浅谈应用X射线检测输电线路耐张线夹的必要性[J]. 中国设备工程, 2020(21): 181-182.
[8] 徐望圣, 孙志林, 谢亿, 陈亮平, 何朋非. 500 kV输电线路耐张线夹钢锚断裂分析[J]. 矿业工程, 2020, 40(02): 144-146+153.
[9] 荆象阳, 高明德, 李晓宇, 杨东旭, 尚国强. 输电线路耐张线夹铝管断裂原因分析[J]. 山东电力技术, 2020, 47(02): 61-64.
[10] 梁华贵, 许义, 路健, 朱先启. 浅谈X射线检测在架空输电线路耐张线夹的应用[J]. 电工技术, 2019(24): 147-148.

致谢: 锡林郭勒电业局2020年科技项目-无人机的地线压接管检测的研究与应用