

激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用探索

陈利民

江西泉新电气有限公司 江西 萍乡 337200

摘要：玻璃绝缘子是一种传统的线路材料，因其本身优良的绝缘性能，在不同电压等级的输电线路都有应用，但玻璃部件容易出现自爆问题，虽然在技术规范上为其留出了一定的空间，但依然要将其控制在最小范围内。基于此，本文针对激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用展开探索，从玻璃绝缘子产生裂缝的原因入手，进而结合实际案例分析激光检测方法的原理、方法，同时明确具体的应用方案，最大程度提高识别几率，确保玻璃绝缘子质量，让其能够更好的在输电线路中应用。

关键词：激光检测方法；玻璃绝缘子；裂缝检测；应用效果

引言：对于玻璃绝缘子而言，玻璃件的缺陷有很多，可以分为严重缺陷、重要缺陷、一般缺陷，裂缝是严重缺陷中最为常见的一种，必须要剔除，以此降低自爆概率，确保绝缘子使用寿命得到延长。从实际情况来看，导致玻璃绝缘子出现裂缝的原因有很多，很难控制这一问题，传统人工检查过程中，很有可能存在错误率，无法保证玻璃绝缘子的质量，其他检测方法也无法做到完整的检测，安全隐患较大。但激光检测方法在检测玻璃绝缘子裂缝问题上优势突出，能够清晰的呈现出玻璃绝缘子情况。

一、玻璃绝缘子出现裂缝问题的原因分析

玻璃件是玻璃绝缘子中最为重要的部分，一般情况下分为ABC三个区域，其中A区成点着玻璃绝缘子的机械力和绝缘，B区是转角和承担机械的转折和场强畸变的位置，C区是外绝缘部分。一旦出现裂缝，那么三个区域都会受到影响。根据裂缝的位置、常见的裂缝类型包括内孔裂、外伞裂、保温圈裂、颈裂、内伞裂、头部裂、哈夫裂、头顶裂等。裂缝的位置、形状、长度都会根据实际情况发生一定的变化，其中哈夫裂出现的概率较高，会贯穿ABC三个区，长短不等。造成玻璃件出现裂缝的原因有很多，温度、模具是最为主要的两个原因，具体表现为以几点：第一，原材料的配比存在问题，颗粒度、水分没有进行系统的控制；第二，玻璃液均匀性不足，导致液面出现波动，加之窑压即便热源热量不变，也会出现温度升高问题。第三，玻璃件成型过程中也容易出现列风问题，密度、温度、外观都会导致裂缝的出现。在成型过程中对模具温度和玻璃件温度之间要求较高的配合度，一旦配合不善，也会导致玻璃件裂缝隐患。以U70B这一普通型玻璃绝缘子玻璃件型号为例，其玻璃液密度应该控制在 $2.4\text{kg} \pm 30\text{g}$ ，密度应达到 25t/m^3 ，一旦出现偏差，就会产生裂缝。

二、激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用原理

激光检测方法也被称之为非破坏性检测，是当前发展过程中不可或缺的检测技术之一，从过往检测经验来看，该

技术具有以下几个特点：第一，非破坏性。激光检测方法不会对被检测物造成任何伤害或者影响，最大程度保证物理性质、化学性质稳定性，同时获取到相应的检测结果。第二，互容性。激光检测方法可以反复多次对同一被检测物进行检测，也可以在同一被检测物上采用不同检测技术，以此保证检测结果的准确性。第三，标准性。激光检测方法对仪器设备、检测人员都有着较高的要求，拥有者非常严格检测标准，这也是保证检测结果准确性的根本所在。

一旦玻璃绝缘子互相裂纹，轻则导致寿命减少，重则会引发安全事故，甚至会出现不可估量的经济损失。激光检测发效率高、操作简单，在多个领域中得到了广泛应用。激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用借用了激光经过裂缝折射规律，相比较普通光源而言，激光产生的影像清晰，不会出现误判，如：CO₂激光器、固体激光器的光源，可以良好的控制入射光源的束腰和频率，测量结果非常容易分辨，可以准确判断玻璃绝缘子出现的裂缝问题。从实际测试结果来看，当激光遇到裂缝时会出现明显的折射效果。大部分带来全反射，虽然会受到入射角度、裂缝位置的影响，出现一定的差别，但激光穿过玻璃后出现的阶梯型变化，也直观的反映出了裂缝情况。但需要注意的是，玻璃件厚度会对最终结果产生影响，不同承重的玻璃厚度不同，因此射出偏移的位置也会受到影响，相比较而言，具有一定的规律性。总的来看，激光检测法在检玻璃件裂缝上效果较优，虽然玻璃件复杂，但裂缝依然能够呈现出明显的阶梯性，通过对入射角的控制，可以有效避免出现判断误差。最为关键的激光作为频率单一的单色光，不会受到玻璃本身的影响。作为一种典型的合成折射，在实际检测时过程中，还要考虑到不同测量方式下的实际效果。

三、激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用案例

常见的激光检测方法有分布式穿透测量法方式、折射差值测量方式、场测量方式，通过对这三种方式方法的对比分析来看，常测量方式方法要求简单、精力用图像灰度识别

就可以完成裂缝检查,而且可以安置在玻璃敬而远之的生产线上。从整体上看,效率较高、成本较低,可以说是检查玻璃裂缝的有力手段之一,值得大面积推广使用。

场测量方式也可以成为散斑拍照方式,常见的红、绿、蓝都可以作为光源,以 7kN 绝缘子玻璃件为例,借助波长为 532nm,功率为 5mW 的绿光激光进行测试。先对没有任何缺陷的玻璃绝缘子进行测试,形成一个完整的激光散射图像,作为对比。在测试应用之前对 A 区、B 区的射入参数进行了计算和分析,发现当激光垂直于弧顶平面射入时,不同位置射出角度会出现规律性的偏移,最大偏移距离为 6.3mm,但在场测量方式方法上,玻璃件的检查成本较低,而且不会受到误差的影响,不仅如此,场测量方式上,识别效率高、成本低廉,很容易进行自修正最大程度满足设备的整体构造需求。

在实际应用过程中,记借助两个 CCD 相机分别拍摄玻璃绝缘子的多帧俯视图像的位置数据并合成待测玻璃绝缘子俯视图像和侧视图像,分别确定两个图像之间灰度,根据两个图像确定玻璃绝缘子是否存在裂缝。如果存在,就要对裂缝尺寸、位置进行详细计算,如果确认不存在裂缝,那么就表示玻璃绝缘子合格。与此同时,还会借助全方位的光源分布和图像采集提高裂缝检测精度。玻璃绝缘子放置在透明转台上,布置第一光源阵列、第二光源阵列、第一 CCD 相机和第二 CCD 相机,确定第一 CCD 相机和第二 CCD 相机与待测玻璃绝缘子腐乳玻璃件的距离;其中,第一光源阵列和第二光源阵列对待测玻璃绝缘子发出偏频光,第一光源阵列和第二光源阵列为激光阵列。开启第一光源阵列,并转动第一光源阵列,同时,在开启第一光源阵列时,可以转动透明转台,第一光源阵列保持静止,利用第一 CCD 相机拍摄待测玻璃绝缘子的多帧俯视图像的位置数据并合成待测玻璃绝缘子的俯视图像,对俯视图像经过场强计后进行噪声处理和进行 FFT 变换以转换成频域数据,经过低通滤波从频域数据去除高频数据后,在经过平滑处理后进行 FFT 逆变换。对逆变换后的侧视图像根据第二 CCD 相机的光圈、像面成像传感器积分时间和光源阵列亮度确定侧视图像的灰度。在此基础上就可以结合灰度确定玻璃绝缘子是否存在裂缝。

这种数字化的检测方法,切实提高了裂缝检测精度,让检测效率得到提高,同时也大幅度降低了漏检率。在此基础上还可以建立数据库,进一步强化检测效果。同时也可以配合工艺流程完成改进和控制,确保整体效果。玻璃绝缘子在电力行业发展过程中占据着至关重要的地位,是输电设备运行中必不可少的存在,但这意味着如果玻璃绝缘子出现故障,也会对电力带来极大的伤害。近几年来,国家对玻璃绝缘子的检测工作重视程度不断提高,但由于激光检测方法还需要进一步完善,始终没有达到一个良好的水平。在当前技术水平下,还需要积极引进国外优秀技术,结合国内情况,有针对性的提高技术水平,从而推动有关企业得到可持续发展。

总结:

综上所述,激光检测方法在玻璃绝缘子裂缝检测中的应用效果较优,并且具有较高的普适性,而且这种方法成本较低、效率较高、设备构造简单,值得大面积推广应用。不仅如此,玻璃绝缘子本身的规则性较强,借助激光透射散斑灰度进行识别,能够清晰的看出裂缝的阶梯型差别,其玻璃件透射激光灰度阶梯性

衰减可达到 30%~60% 和散斑方向发现明显偏移,为劣质玻璃件。因此,在对玻璃绝缘子进行检测的过程中,可以借助激光检测方法,查找裂缝。

参考文献:

[1] 李阳,杨连杰,孙俊杰,路培鑫,邹云.表面裂纹的激光超声可视化兰姆波检测研究[J].声学技术,2020,39(02):157-160.

[2] 袁田,应斯,向孟宇,闫力松,李政言,夏旭东.玻璃绝缘子裂缝的激光检测方法[J].电网技术,2020,44(08):3156-3163.

[3] 王博正,康嘉杰,董丽虹,王海斗,郭伟,高治峰.激光红外热成像材料表面裂纹检测的研究进展[J].激光与红外,2019,49(10):1165-1171.

[4] 王玉庆,王云霞,马世榜.基于衍射横波的裂纹激光超声检测方法[J].激光技术,2019,43(04):110-114.