

# 电气设备接地故障检测技术在现场中的应用

范晓龙

华电国际莱城发电厂 山东 济南 271100

**摘要:** 电气设备接地系统是电力系统安全运行核心保障,能为故障电流提供泄放通道、降低设备外壳对地电压、保障继电保护装置正常动作。实际运行中,受绝缘老化等因素影响,电气设备易发生接地故障,若未及时排除,会导致严重后果。现场检测是发现、定位接地故障关键手段,不同检测技术有适用条件与局限性。基于现场经验,梳理常用接地故障检测技术应用要点,分析不同场景差异化检测方案,针对常见问题提出解决对策,为工作人员提供实践参考,保障电气设备及电力系统安全稳定运行。

**关键词:** 电气设备; 接地故障; 现场检测; 故障定位; 安全运行

电气设备接地系统是保障电力系统安全运行的重要基础,作用是为故障电流提供泄放通道、降低设备外壳对地电压、抑制系统过电压、保证继电保护装置正确动作<sup>[1]</sup>。实际运行中,因绝缘老化、机械损伤等因素,电气设备会发生接地故障。若不及时排除,可能导致设备烧毁等严重事故,造成巨大损失。现场检测是发现和定位接地故障的关键,不同接地故障特征不同,检测技术有适用条件和局限性。实际工作需根据故障类型等选择合适检测方法和设备,制定科学检测方案,才能准确快速排除故障。本文基于现场实践经验,对电气设备接地故障检测技术的现场应用进行全面分析和总结。

## 一、电气设备接地故障的类型与现场危害

### (一) 接地故障的主要类型

根据故障点导电特性,电气设备接地故障分金属性、电弧和高阻接地三种。金属性接地是故障点经金属导体直连大地,接地电阻 $< 1\Omega$ ,多因电缆绝缘被刺穿等,特征是故障电流大、电压变化明显,继电保护能速切故障线路。电弧接地是故障点经电弧连大地,接地电阻随电弧变化,常发生在架空线路等,由绝缘脏污等引起,故障电流小但电弧温度高,易毁设备绝缘、引发火灾,间歇性燃烧会产生过电压损其他设备。高阻接地是故障点经高阻介质连大地,接地电阻几千欧到几十千欧,多因电缆绝缘老化等,故障电流小,常规继电保护难检测,故障点持续发热,可能发展为其他故障<sup>[2]</sup>。

### (二) 接地故障的现场危害

接地故障对电气系统有多方面的危害,主要体现在:一是损坏电气设备。大电流使设备绕组过热、烧毁绝缘,电弧接地高温熔化金属部件,过电压击穿设备绝缘。二是威胁人身安全。设备接地故障时外壳带危险电压,人员接触会触电,跨步电压和接触电压也有威胁。三是引

发火灾爆炸事故。电弧和高温引燃可燃物质,在易燃易爆场所可能引起爆炸。四是影响系统稳定运行。接地故障导致三相电压不平衡,严重时引起系统振荡甚至瓦解、大面积停电<sup>[3]</sup>。

## 二、常用接地故障检测技术的现场应用要点

### (一) 绝缘电阻检测法

绝缘电阻检测法是通过测量电气设备绝缘部分电阻值判断绝缘状况的方法,是常用的接地故障检测技术之一,用于检测相间和对地绝缘,可发现绝缘老化等缺陷。现场检测时,根据设备电压等级选合适量程的绝缘电阻表,500V以下用500V表,500V-1000V用1000V表,1000V以上用2500V或5000V表。测量前,切断电源并充分放电不少于2分钟,含电容设备放电时间适当延长。测量时,将“L”端接导电部分,“E”端接接地外壳或接地极,摇表至120转/分钟,指针稳定后读数。检测时要记录温湿度并换算到标准温度下比较,绝缘电阻值不应低于标准最低值,与历史数据相比不应明显下降<sup>[4]</sup>。

### (二) 接地电阻检测法

接地电阻检测法通过检测接地体与大地间电阻值判断接地系统是否达标,主要用于检测工作、保护和防雷接地的接地电阻。现场常用三极法和钳形表法。三极法是基本准确的方法,适用于各类接地系统,需设电流极和电压极两个辅助电极,测量时将测试仪“C”“P”“E”端分别连接,通过测电流和电压计算电阻,操作要点是正确布置辅助电极,在土壤电阻率不均匀地区用三点法或四点法提高精度。钳形表法简便快速,适用于已运行接地系统,无需设辅助电极,夹接地引下线即可测量,但精度低,只能测总电阻,使用时要确保钳口接触良好、接地引下线无其他电流。

### (三) 零序电流检测法

零序电流检测法利用接地故障时系统产生的零序电流检测故障，主要用于中性点不接地或经消弧线圈接地的配电系统。正常时三相电流对称，零序电流为零；发生单相接地故障时，产生零序电流，其大小与系统对地电容电流和故障点接地电阻有关。通过在配电线路首端安装零序电流互感器，检测零序电流大小和方向判断故障并确定故障线路，二次侧应接至继电器或保护装置，要选择合适变比，注意安装方向。在中性点经消弧线圈接地系统中，需用零序功率方向保护确定故障线路，现场检测要采取抗干扰措施<sup>[5]</sup>。

#### （四）剩余电流检测法

剩余电流检测法通过检测电气回路剩余电流大小判断接地故障，用于低压配电系统接地故障检测和人身触电保护。剩余电流是相线电流矢量和与中性线电流的差值，正常时小，接地故障或触电时增大。安装剩余电流保护器，超设定值自动切断电源。现场用测试仪测保护器动作特性，30mA额定剩余动作电流的保护器分断时间不超0.1秒。该保护器仅保护单相接地故障和人身触电，安装位置和接线方式影响保护效果，安装时要确保互感器检测全回路剩余电流，中性线不重复接地。

#### （五）红外热成像检测法

红外热成像检测法是利用红外热像仪检测电气设备表面温度分布判断设备是否故障的非接触式检测方法。近年，接地故障检测中广泛应用该方法。电气设备接地故障时，故障点电流因电阻生热使温度升高。用红外热像仪可直观查看温度分布，定位异常发热点以确定故障。其优点是不接触设备、不影响运行、检测快，能发现早期潜伏故障，适用于高压、带电和难接近设备，如母线排。现场检测需在设备正常运行、负载稳定时进行，检测前记录气象条件，检测时保持合适距离、避免遮挡。对异常发热点多角度检测并与正常设备对比确定故障。但该方法只能检测表面温度，无法检测内部故障，环境因素会影响结果，现场检测需采取措施排除干扰以提高准确性。

### 三、不同场景下接地故障检测的差异化实施

#### （一）工业企业配电系统

工业企业配电系统用电设备多、负荷变化大、运行环境复杂，接地故障发生率高，主要发生在电缆线路、电动机、变压器、开关柜等设备上。对于电缆线路接地故障，先采用绝缘电阻检测法测对地绝缘电阻，若电阻值明显降低则存在故障，再用电缆故障测试仪（通常采用脉冲反射法或跨步电压法）定位故障点。

对于电动机接地故障，先测绕组对地绝缘电阻，若

低于规定值则绕组有故障。小型电动机可解体检查绕组绝缘找故障点；大型电动机用直流电阻检测法和交流耐压试验法确定故障位置和性质。对于变压器接地故障，先测绕组和铁芯的对地绝缘电阻，绕组电阻降低说明绕组有故障，铁芯电阻降低说明铁芯存在多点接地故障。绕组接地故障用直流电阻检测法、变比试验法和油中溶解气体分析等方法诊断；铁芯多点接地故障用电流法和电位法定位。对于开关柜接地故障，先外观检查有无放电痕迹、烧损现象等，再用绝缘电阻检测法测各部件对地绝缘电阻，对异常部位用红外热成像检测法进一步检测确定故障点。

#### （二）建筑电气系统

建筑电气系统包括照明、动力、消防、弱电等系统，特点是线路复杂、分布广、使用人员多。接地故障多发生在配电线路、插座、开关、灯具等设备上，易引发触电和火灾。接地故障检测方面，应重点检测和维护剩余电流保护器，定期用剩余电流测试仪检测其动作特性，确保正常工作；对动作频繁的，查明原因并排除故障。对于配电线路接地故障，采用分段断电法排查，将线路分段，逐段断电并测对地绝缘电阻，绝缘电阻恢复正常的那段即为故障段，再缩小范围找具体故障点。对于插座、开关、灯具等末端设备接地故障，用验电笔或万用表检测，验电笔发光则设备外壳带电，断开电源测对地绝缘电阻确定故障性质。此外，还要检查接地系统连接情况，包括接地引下线是否牢固、接地体是否腐蚀、接地电阻是否符合要求。对卫生间、厨房等潮湿场所，要特别检查电气设备接地情况，保障人身安全。

#### （三）户外电力线路

户外电力线路包括架空线路和电缆线路，运行环境恶劣，受自然灾害、外力破坏等影响，接地故障发生率高。接地故障主要发生在杆塔、绝缘子、导线、电缆接头等部位。对于架空线路接地故障，先巡线检查导线断线、绝缘子闪络、杆塔倾斜等现象，对异常部位用绝缘电阻检测法和零序电流检测法进一步检测。对于绝缘子接地故障，用绝缘电阻检测法测绝缘电阻，或用电压分布法检测电压分布，判断有无零值绝缘子。对于电缆线路接地故障，用电缆故障测试仪定位。户外电缆线路故障检测要注意电缆走向和埋设深度，避免损坏其他电缆和地下设施，直埋电缆可用管线探测仪确定走向和位置。户外电力线路接地故障检测还需注意天气影响，雷雨天气停止检测，大风、大雾等恶劣天气尽量避免检测，确保人员安全。

#### （四）易燃易爆场所

易燃易爆场所对电气安全要求极高,微小电火花都可能引发爆炸。进行接地故障检测时,须采取严格防爆措施。首先,检测设备必须是防爆型且符合相关标准,进入场所前要检查防爆合格证有效期和设备完好情况,严禁用非防爆型设备检测。其次,检测过程要严格遵守场所安全规定,严禁吸烟、使用明火,严禁携带易燃易爆物品,操作时避免产生火花和静电。检测优先采用非接触式方法,必须接触式检测的项目应在断电情况下进行,断电前要办理停电手续并采取安全措施。此外,要加强电气设备接地系统日常维护和检测,定期检测接地电阻,及时更换老化、损坏的设备和线路。

#### 四、现场检测中的常见问题与解决对策

##### (一) 环境因素对检测结果的影响

环境因素影响接地故障检测结果准确性,温度、湿度、土壤电阻率、电磁干扰等均有不同程度影响。温度和湿度影响绝缘电阻检测结果,温度升高、湿度增大,绝缘电阻值降低,现场检测应尽量在 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于80%条件下进行,无法满足则换算到标准温度比较。土壤电阻率影响接地电阻检测结果,其随季节等因素变化,检测接地电阻应选择土壤干燥季节,避免雨后立即检测,重要接地系统应不同季节多次测量取平均值。电磁干扰影响零序电流和剩余电流检测法,检测时应远离强电磁场源,采用屏蔽线并可靠接地,还可采用滤波技术抑制干扰。

##### (二) 设备老化导致的检测误差

检测设备随使用时间增加会老化,性能下降导致检测误差,如绝缘电阻表发电机输出电压不稳定等。为减少误差,应定期校准和维护检测设备,校准周期依设备类型、使用频率和环境确定,一般一年一次,使用频繁、环境恶劣的设备校准周期适当缩短。使用前进行外观和功能检查,有问题及时维修或更换,严禁使用未经校准等不合格设备检测。

##### (三) 多点接地故障的检测困难

多点接地故障指电气系统存在两个以上接地点,检测难度大,故障电流分流使常规方法难以确定故障点。可采用分段断电法排查,将系统分成独立部分,逐部分断电并

测量对地绝缘电阻,绝缘电阻值明显升高处存在故障,再缩小范围找具体故障点。电缆线路多点接地故障可采用电缆故障测试仪的跨步电压法定位,该方法效果较好。

##### (四) 间歇性接地故障的检测难题

间歇性接地故障指故障点时通时断,由导线松动等原因引起,检测难度大,故障未发生时检测设备无法检测到信号。可采用长时间监测法,安装在线监测装置连续监测相关参数,记录故障信息为排查提供依据。还可采用红外热成像检测法,故障发生会产生热量,定期检测可发现潜伏故障点。

#### 结语

综上所述,电气设备接地故障检测是保障电力系统安全稳定、防范事故的关键,需结合故障类型与应用场景,科学选择技术、规范流程。本文基于实践,梳理金属性、电弧、高阻三种接地故障类型与危害,阐述绝缘电阻等五种检测技术应用要点,针对不同场景提出差异化检测方案,给出常见问题解决对策。实践表明,需严格规范、灵活调整方法、加强设备校准维护,才能精准定位故障、排除隐患。未来,随电气设备发展,检测技术将向精准、智能、非接触化升级,现场检测要总结经验、优化方案,结合新技术提升效率与准确性,为设备安全运行提供保障。

#### 参考文献:

- [1]张椿,邓风超,王宗宝.基于计算机视觉技术的采煤工作面电气设备故障检测系统研究[J].电气技术与经济,2025(2):137-139.
- [2]郭敬旺,张洪文,彭智绪.高低压成套电气设备绝缘性能检测与故障诊断技术分析与应用[J].机电工程技术,2025,54(23):158-164.
- [3]李冬.电气设备故障检测与诊断技术研究[J].船舶物资与市场,2025,33(10):89-91.
- [4]王阳,左晓亮,曹文梅,刘焯,严千里,杨超.基于配网自动化的电气设备故障智能检测技术[J].中国高新科技,2025(24):113-114+139.
- [5]李竹安,杨钦.基于自动化控制技术的煤矿掘进电气设备故障检测系统[J].电气技术与经济,2025(4):184-186.