

配网电力电缆故障原因及探测方法研究

薛海鹏

呼和浩特供电公司 内蒙古 呼和浩特 010012

摘要：配网电力电缆故障对电力系统稳定运行构成威胁。本文深入分析了配网电力电缆故障的主要原因，包括机械损伤、绝缘受潮、绝缘老化变质、过热与过负荷等。同时，探讨了多种故障探测方法，如故障诊断中的初步诊断与专业工具应用、故障测距的电桥法、低压脉冲反射法、高流电压脉冲法及行波测距法，以及故障定点的声磁同步法、声测法、高频感应技术和红外诊断技术。旨在为配网电力电缆故障的高效处理提供理论支持和实践指导。

关键词：配网电力电缆；故障原因；探测方法

引言：配网电力电缆作为电力系统的关键组成部分，其安全稳定运行对于保障电力供应至关重要。然而，由于环境、施工、运行等多种因素，电缆故障时有发生，严重影响电力系统的可靠性和安全性。因此，深入研究配网电力电缆故障原因及探测方法，对于及时准确诊断故障、快速恢复供电具有重要意义。本文旨在综述配网电力电缆故障的主要类型及其成因，并探讨有效的故障探测技术，以期为电缆故障处理提供科学指导。

1 配网电力电缆故障原因分析

1.1 机械损伤

机械损伤是配网电力电缆故障中较为常见的一种。这种损伤主要由物理碰撞、拉扯以及施工作业和交通运输对电缆的破坏所致。在安装过程中，如果操作不当，如过度弯曲、拉伸或挤压电缆，都可能导致其内部绝缘层或导体受损。此外，电缆在铺设完成后，若周边存在频繁的施工活动或交通运输，电缆也容易受到外力冲击而受损。这些机械损伤往往初期不易察觉，但随着时间的推移，会逐渐扩大，最终导致电缆故障。

1.2 绝缘受潮

绝缘受潮是电缆故障的另一大原因。电缆的中间接头或终端接头如果密封性差，外部水汽就容易侵入，导致绝缘性能下降。同时，如果电缆本身存在质量缺陷，如保护套上有小孔或裂缝，也会使水汽渗透进电缆内部，造成绝缘受潮。绝缘受潮后，电缆的绝缘强度会大幅降低，容易引发漏电或短路故障。特别是在潮湿环境下，电缆的绝缘性能更容易受到影响，从而增加了故障发生的风险。

1.3 绝缘老化变质

电缆长期在电和热相互作用下运行，其绝缘材料会逐渐发生物理和化学变化，导致绝缘强度降低，这一过程称为绝缘老化。绝缘老化变质的原因主要有三个方

面：一是电缆选型不当，长期工作在过电压下，加速了绝缘材料的老化；二是电缆工作环境恶劣，如靠近热源或与绝缘介质起不良化学反应，导致绝缘性能下降；三是电缆本身质量不佳，绝缘材料在制造过程中就存在缺陷。绝缘老化变质后，电缆的绝缘性能会大幅下降，容易引发击穿或漏电故障。

1.4 过热与过负荷

过热与过负荷也是导致配网电力电缆故障的重要原因。电缆绝缘体内部如果存在气隙游离现象，会导致局部过热，使绝缘材料炭化，从而降低绝缘强度。此外，在电缆密集区域或通风不良处，由于散热条件差，电缆也容易过热。另外，如果电缆长时间过负荷运行，会产生大量的热量，导致电缆温度升高，加速绝缘老化。过热与过负荷不仅会降低电缆的绝缘性能，还可能引发火灾等严重后果。

1.5 其他原因

除了上述主要原因外，配网电力电缆故障还可能由其他因素引起。例如，新型电缆附件的质量问题可能导致接头处接触不良或密封不严，从而引发故障。此外，如果电缆路径不明确或标识不清晰，容易导致误操作或损坏电缆。在电缆选型、设计、施工及运维等各个环节中，如果存在疏忽或不当操作，都可能增加电缆故障的风险。

2 配网电力电缆故障探测方法

2.1 故障诊断

故障诊断是电缆故障探测的首要步骤，旨在确定故障类型及严重程度，为后续工作奠定基础。（1）初步诊断。初步诊断主要通过观察电缆外观、测量绝缘电阻等手段进行。电缆外观检查可以直观地发现电缆外皮破损、烧焦等现象，而绝缘电阻测量则可以初步判断故障是低阻还是高阻。低阻故障通常表现为绝缘电阻显著下

降,而高阻故障则绝缘电阻值较高,但仍低于正常值。

(2)明确划分故障性质。在初步诊断的基础上,利用专业工具如局部放电检测仪、频谱分析仪等进一步明确故障性质。局部放电检测仪可以检测到电缆内部的局部放电现象,有助于识别绝缘缺陷;频谱分析仪则可以分析电缆的频谱特性,从而判断是否存在高频振荡或其他异常信号。这些工具的应用能够更精确地划分故障类型,为后续测距和定点提供有力支持。

2.2 故障测距

故障测距是确定故障点距离电缆某一端的具体位置,是故障定点的前提。(1)电桥法测距。电桥法利用电缆缆芯与长度的正比关系进行测距。该方法操作简便,但仅适用于低阻故障,且测量精度易受电缆材质、结构等因素影响。(2)低压脉冲反射法测距。低压脉冲反射法通过向故障点发射低压脉冲信号,并记录反射回来的信号时间差来计算故障距离。该方法适用范围广,测量精度高,尤其适用于低阻故障和断线故障。然而,对于长距离电缆或高阻故障,测量精度可能受到一定影响^[1]。(3)高流电压脉冲法测距。高流电压脉冲法适用于闪络故障或高电阻故障。该方法通过向故障电缆施加高压脉冲信号,使故障点瞬间击穿并产生反射信号。测量反射信号的时间差即可得到故障距离。高流电压脉冲法测距准确度高,但操作复杂,需要专业设备和技术人员。(4)行波测距法。行波测距法根据行波信号在电缆中的传播特性进行测距。当电缆发生故障时,会产生向两端传播的行波信号。通过测量行波信号的传播时间和速度,可以计算出故障距离。行波测距法具有测量精度高、适用范围广的优点,但设备成本较高,对操作人员的技能要求也较高。

2.3 故障定点

故障定点是在故障测距的基础上,进一步确定故障点的具体位置。(1)声磁同步法。声磁同步法通过向故障电缆施加高压脉冲信号,使故障点放电并产生声音和电磁波。利用声磁同步接收器捕捉这些信号,并根据声音和电磁波的传播特性确定故障点位置。该方法定位准确度高,特别适用于地下电缆或敷设环境复杂的场合。但需要注意的是,对于深埋或密集敷设的电缆,声音信号可能受到屏蔽或衰减,影响定位精度。(2)声测法。声测法通过监听电缆内部的声音来定位故障点。该方法操作简便,成本较低,适用于大多数类型的电缆故障定位。然而,声测法容易受到环境噪声的干扰,特别是在城市或工业区域,噪声可能掩盖放电声音,导致定位困难。此外,对于深埋或敷设在管道、隧道等不易接近地

方的电缆,声测法的应用也受到一定限制。(3)高频感应技术。高频感应技术利用高频信号波发生装置产生的高频电磁波来定位故障点。当电磁波遇到故障点时,会发生反射或散射,这些反射或散射信号被接收器捕捉并分析,从而确定故障点的位置。高频感应技术具有非接触式测量的优点,对电缆无损伤,特别适用于那些难以直接接触的电缆故障定位。然而,该技术可能受到周围金属结构或其他电磁干扰的影响,导致定位精度下降^[2]。此外,高频感应技术的设备成本较高,需要专业的操作人员进行操作和分析。(4)红外诊断技术。红外诊断技术通过测量电缆线芯的温度来判断故障点的位置。在电缆故障时,故障点通常会产生局部过热现象。利用红外热像仪捕捉电缆表面的温度分布图,可以找到温度异常升高的区域,从而推断出故障点的位置。红外诊断技术具有直观、快速、非接触式测量的优点,特别适用于检测过热故障,如电缆接头不良、绝缘老化等。然而,该技术可能受到电缆敷设深度、表面涂层或环境温度等因素的影响,导致测量精度受限。此外,对于低电阻故障或无明显过热的故障,红外诊断技术可能难以有效检测。

2.4 探测方法应用案例分析

(1)案例分析。以下以某城市配网电力电缆故障探测为例,分析不同探测方法在实际应用中的效果。该城市一条10kV电缆线路发生故障,导致周边区域停电。运维人员首先对电缆进行了初步诊断,通过绝缘电阻测试仪检测到绝缘电阻值显著降低,初步判断为绝缘受损故障。随后,采用低压脉冲反射法进行测距,测得故障距离约为300米。在故障定点阶段,由于电缆敷设在地下管廊中,难以直接监听声音,因此选择使用高频感应技术结合红外诊断技术进行定位。通过高频感应装置捕捉到微弱的反射信号,并结合红外热像仪捕捉到局部过热区域,最终确定了故障点的具体位置。经过开挖验证,故障点与实际探测结果相符,成功修复了电缆线路。(2)优缺点及适用范围总结。通过上述案例分析,可以总结出各种探测方法的优缺点及适用范围。电桥法测距操作简便、成本低,适用于低阻故障;低压脉冲反射法测距准确度高,适用于各种类型的电缆故障,特别是低阻故障和断线故障;高流电压脉冲法测距适用范围广,但操作复杂;行波测距法测量精度高,但设备成本高。在故障定点方面,声磁同步法定位准确度高,但可能受到环境噪声干扰;声测法操作简单,但受环境限制;高频感应技术非接触式测量,但可能受到电磁干扰;红外诊断技术直观快速,但受电缆敷设深度和环境温度影响^[3]。因此,在实际应用中,应根据故障类型、电缆敷设环境以

及可用资源等因素综合考虑,选择合适的探测方法。

3 提高配网电力电缆故障处理效率的措施

3.1 完善电缆运行基础资料

完善电缆运行基础资料是提升故障处理效率的基础。通过详细记录电缆的敷设路径、电路连接、技术参数等信息,可以为故障排查提供有力的数据支持。(1)建立电缆路径图、电路电子地理分布图等。电缆路径图和电路电子地理分布图是电缆管理的基础。电缆路径图应详细标注电缆的敷设路径、深度、转弯点、接头位置等关键信息,便于运维人员在故障时迅速定位。电路电子地理分布图则应结合地理信息系统(GIS),将电缆线路与地理环境相结合,直观展示电缆的分布、走向以及与周边设施的相对位置。这些图纸应定期更新,确保与实际情况保持一致。(2)做好现场标识,便于故障排查。在电缆敷设现场,应设置明显的标识牌和标记,如电缆井、电缆沟、隧道入口等位置,应标注电缆的型号、规格、敷设日期等信息。对于重要的电缆接头、终端等关键节点,应设置永久性标识,便于运维人员识别和检查。此外,还可以利用二维码等技术手段,将电缆信息数字化,方便运维人员通过手机等移动设备快速获取电缆信息。

3.2 加强电缆日常维护与检查

电缆的日常维护与检查是预防故障发生、降低故障处理难度的关键。通过定期的检查和维护,可以及时发现并处理潜在问题,避免故障扩大。(1)定期对电缆进行外观检查、性能测试和绝缘电阻测试。外观检查主要是检查电缆外皮是否破损、变形,接头是否松动、过热等。性能测试则包括电缆的导电性能、机械性能等测试,确保电缆在正常运行状态下。绝缘电阻测试是评估电缆绝缘层性能的重要手段,通过测量电缆的绝缘电阻值,可以判断绝缘层是否受损或老化。这些测试应定期进行,并建立完整的测试记录,便于后续分析和处理^[4]。

(2)及时发现并处理潜在问题,减少故障发生率。在检查过程中,一旦发现电缆存在破损、过热、绝缘下降等潜在问题,应立即采取措施进行处理。对于轻微问题,如外皮轻微破损,可以采取修补措施;对于严重问题,如绝缘层老化严重,应及时更换电缆。同时,还应建立故障预警机制,对电缆的运行状态进行实时监测和分

析,及时发现并处理异常情况。

3.3 提高故障探测技术水平

提高故障探测技术水平是缩短故障处理时间、提高处理效率的关键。通过引进先进的探测设备和技术手段,并加强技术人员的培训,可以显著提升故障定位的准确性和处理效率。(1)引进先进探测设备和技术手段。随着科技的不断发展,电力电缆故障探测技术也在不断更新。运维部门应积极引进先进的探测设备和技术手段,如高频感应定位仪、红外热像仪、声磁同步定位系统等。这些设备具有高精度、高效率、非接触式测量等优点,可以大大提高故障定位的准确性和处理效率。(2)加强技术人员培训,提高故障处理效率。技术人员是故障处理的关键力量。为了提高故障处理效率,应加强对技术人员的培训和教育。培训内容应包括电缆结构、故障类型及处理方法、探测设备的使用和维护等方面。通过培训,使技术人员熟悉电缆故障处理的流程和技巧,提高处理效率和质量。同时,还应建立激励机制,鼓励技术人员不断创新和学习,提升自身的专业技能和综合素质。

结束语

综上所述,配网电力电缆故障的原因复杂多样,探测方法也各具特点。通过深入分析故障原因并采取针对性的探测技术,可以有效提高故障处理的准确性和效率。未来,随着技术的不断进步和应用的深化,配网电力电缆故障探测将更加智能化、精细化。我们期待通过持续的研究与创新,不断提升电缆故障探测的技术水平,为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。同时,也需加强电缆运维管理,从源头上减少故障的发生。

参考文献

- [1]胡建涛,谢新阳.电力电缆故障原因分析及探测方法探讨[J].建筑工程技术与设计,2021,(09):90-91.
- [2]宋文超.配网电力电缆故障原因及探测方法分析[J].中国新技术新产品,2020,(06):61-62.
- [3]刘志宏,秦钟,陈红发.高压电力电缆的故障类型与探测技术[J].集成电路应用,2020,(10):84-85.
- [4]黄建文,于淼.探讨电缆故障分析及运行维护技术[J].电子测试,2021,(08):98-100.