

# 电力系统常见电缆故障分析及运行维护对策

刘香琳, 周彬\*

(四川天府天新能源工程有限公司天府新区分公司, 四川 成都 610000)

**摘要** 为探讨电力系统常见电缆故障分析及运行维护对策, 本研究采用理论结合实践的方法, 立足电缆故障的特点和危害, 分析了电缆故障的成因和检测方法, 并提出电缆运行维护的对策。分析结果表明, 电力电缆主要用于电能的传输和分配, 是连接发电站、变电站和用户之间不可或缺的载体。电缆的健康状态直接影响到电力供应的连续性和可靠性, 对电缆故障进行分析, 并采取有针对性的运行维护对策, 可保障电缆始终良好安全、稳定的运行状态。

**关键词** 电力系统; 电缆故障; 机械损伤; 外力破坏

**中图分类号**: TM73

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)11-0103-03

电力系统是现代社会正常运转的能源基础, 而电缆作为电力传输和分配的重要组成部分, 其健康状态直接关系到电力供应的稳定性和安全性。随着城市化进程的加快和工业需求的增加, 电缆系统面临的负荷越来越大, 故障率也随之上升。因此, 对电力系统中电缆故障进行分析, 并提出有效的运行维护对策, 对于保障电网的可靠运行具有重要意义。

## 1 电缆故障的特点和危害

### 1.1 特点

- 隐蔽性**: 电缆故障往往不易被直接观察, 尤其是地下或海底电缆, 故障点可能难以定位。
- 多样性**: 电缆故障类型多样, 包括短路、断路、接地、绝缘老化、过载、雷击、机械损伤等。
- 突发性**: 电缆故障可能由于外部因素突然发生, 如外力损坏或雷电冲击。
- 复杂性**: 电缆故障的成因比较复杂, 涉及电缆材料缺陷、环境因素、施工质量、维护不当等多个方面。

### 1.2 危害

- 供电中断**: 电缆故障可能导致供电线路中断, 影响电力供应的连续性和稳定性。
- 经济损失**: 电缆故障修复需要时间和成本, 可能导致电力公司和用户遭受经济损失。
- 安全风险**: 严重的电缆故障可能引发火灾或爆炸, 对人员安全构成威胁。
- 设备损坏**: 电缆故障可能导致电气设备损坏, 进一步扩大故障影响范围。
- 系统稳定性下降**: 电缆故障可能引起电网电压

和频率的波动, 影响整个电力系统的稳定运行。

## 2 电缆故障的成因

### 2.1 电缆自身存在质量缺陷

电缆自身就存在质量缺陷是引起电缆故障的主要原因, 电缆自身质量缺陷又可细分成电缆附近质量缺陷和电缆本体质量缺陷。电缆附件质量缺陷主要表现为电缆绝缘层的厚度不一, 且在绝缘层内部存在冷缩头电力、杂物等, 绝缘层和内部电缆之间的贴合度不足, 密封不够严密。电缆本体质量缺陷主要表现为电力绝缘层受到腐蚀影响出现了破损, 或者是绝缘层质量不达标, 存在较为明显的气泡、气隙等问题, 致使电缆经过电流之后, 在绝缘层上出现了局部放电现象, 致使绝缘层被击穿, 从而出现短路问题, 影响电力系统的运行的稳定性。

### 2.2 电缆发生机械损伤

机械损伤也是引起电缆故障的主要原因之一, 相比于电缆自身质量缺陷, 机械损伤容易辨别, 在日常的运维检修中即可发现。一旦电缆发生机械损伤, 便会出现大面积停电问题, 影响用电企业的正常生产和居民的日常生活。引起电力机械损伤的原因比较多, 包括: 非法偷电、道路和建筑施工损坏、自然地质灾害等。此外, 若电缆出现了绝缘老化问题未进行更换和处理, 也会引起机械损伤。电缆在使用阶段, 遇到恶劣的天气, 如暴风雨、暴风雪、雷电等, 也会引起电缆出现机械损伤, 机械损伤可能会引起电缆运行时的温度快速提升, 致使电缆的金属保护套出现碰撞或者是变形, 从而引起电缆断路、短路等一系列故障。

\*本文通讯作者, E-mail: 1012363172qq.com。

### 2.3 电缆发生外力破坏

电缆是电力系统的主要组成部分,对维持供电的稳定性、安全性有重要作用,外力破坏是电缆运行中最为常见的故障之一,电缆发生外力破坏之后,会对整个电力系统造成不同程度的损伤。虽然在现代化社会建设中电力系统现已实现了智能化运行,但在电缆管理方面还存在一些问题,为电缆发生外力破坏埋下伏笔,比如:在进行电力工程施工建设中,未严格按照设计要求和图纸的规定确定电缆的位置,一旦受到外力的影响,电力就会发生不同程度的破坏<sup>[1]</sup>。此外,随着我国城乡一体化建设工作的不断推进,电力系统的建设范围不断扩大,经常会遇到跨河流建设的情况,架空线通常会布置在河道两侧,在进行河道护岸、河道清淤、水利设施建设时容易出现电缆线路被折断等问题,从而降低电力系统运行的安全性、稳定性。

### 2.4 相关设备对电缆的影响

电力系统在安全、稳定运行时,需要大量设备、电缆的支持,一旦电力设备出现了问题,不但会增大电缆出现故障的概率,而且会影响到整个电力系统运行的安全性。就目前我国电力系统电缆运维现状而言,部分运维人员综合技术水平有限,存在敷衍了事、消极检修、巡视不到位等情况,存在的问题未及时发现和解决,从而增大了故障发生的概率。

## 3 电缆故障的检测方法

为实现对电缆故障的快速检修和处理,需采取先进、有效的检测方法来实现对电缆故障的快速定位,随着科学技术的飞速发展,大量先进的技术、设备、仪器被广泛应用到电力系统电缆故障检测定位中,实现对电缆故障的快速定位,并为故障的检修和处理提供有针对性的参考和指导。现阶段常用的电缆故障检测方法包括以下几种。

### 3.1 电桥法

电桥法是一种传统且精确的电缆故障检测方法。这种方法通过将故障相与非故障相短接,并利用单臂电桥测量电阻,计算出电缆故障点的准确位置。这种方法简单且精度高,但不适用于高阻和闪络性故障。

### 3.2 低压脉冲反射法

低压脉冲反射法检测电力系统电力故障的主要机理是通过向故障电缆注入低压脉冲,利用故障点阻抗不匹配引起的反射脉冲来定位故障点。根据发射脉冲与反射脉冲的时间差及脉冲传播速度,可以计算出故障点的位置。

### 3.3 冲击高压闪络法

冲击高压闪络法在检测电力故障时需向故障电缆始端施加冲击高压,迅速击穿故障点并记录电压突跳数据,

通过分析电缆故障点与始末的时间差来定位故障位置。

### 3.4 红外热像法

红外热像法检测电缆故障的主要机理是电缆出现故障之后,故障位置的电缆温度比较高,通过红外热像仪可获得电缆的温度场分布图,分析温度场分布图可快速定位温度异常高的位置,即为电缆发生故障的点。通过红外热像技术,可以清晰地显示电缆的热点分布,从而精确地定位出故障点,提高故障诊断的效率和准确性<sup>[2]</sup>。红外热像法在电缆故障检测中具有显著优势,其非接触式、实时性强、准确度高特点使得该技术成为电力系统电缆故障检测的重要手段。并且利用红外热成像技术不仅能够提高故障检测的安全性和效率,还能够减少人力物力消耗,降低排查成本,在电力系统电缆故障检测中得到大力推广和应用。

## 4 电力系统电缆运行维护对策

### 4.1 加强对电缆材料设备的测试

针对电缆自身质量缺陷引起的电缆故障问题,在电力系统电缆运行维护时需加强对电缆材料设备的测试,以保障所使用电力材料设备都符合现行电力系统相关规范和标准的要求。比如:电缆材料设备在使用前需进行多次测试,保障各项指标全部符合要求后方可使用,以提升电缆抵抗外力和负荷的能力。在进行电缆材料设备测试时需高度重视以下几点:

(1) 外观与尺寸检测:进行视觉检查以确保电缆表面光滑无缺陷,如裂纹或斑点。尺寸检测涉及测量电缆的直径、长度和厚度,确保符合规格要求。(2) 电气性能检测:通过直流电阻测试来评估电缆导体的电阻,以便准确判断电缆的导电性能。此外,还需进行绝缘电阻测试和电压试验用于评估电缆的绝缘性能,预防电流泄漏与短路问题<sup>[3]</sup>。(3) 机械性能检测:对电缆进行拉伸和压缩测试,确保其在受力时能保持稳定和安全。电缆护套和绝缘材料的耐环境影响测试,如抗紫外线、耐腐蚀等,特别针对户外使用的电缆。(4) 应用特定检测技术:利用红外热成像技术监测电缆在负载下的温度分布,从而评估其热性能及及时发现热点问题。在条件允许的情况下,还需利用局部放电检测技术来检测电缆中的微小放电活动,预防潜在的严重故障。

### 4.2 加强对电缆的检查巡视

针对由于机械损坏引起的电缆故障问题,运行维护人员必须加强对电缆的检查和巡视工作,以便能够及时发现并识别出外力破坏的迹象,从而迅速采取相应的解决和处理措施,确保电缆能够始终保持在最佳的运行状态。电缆在长时间的运行过程中,不可避免地会出现老化、断裂以及外力破坏等各种问题。这些问题是客观存在的,难以从根本上得到有效的解决和处

理,因此,定期开展电缆的检查和巡视工作显得尤为重要,通过定期开展检查巡视的方式,可以及时发现电网线路中潜在的问题和隐患,特别是在恶劣天气条件下,例如雷雨、暴雪和台风等极端天气环境,必须在这些恶劣天气结束后立即进行检查工作<sup>[4]</sup>。此外,为了确保电网线路的安全和稳定还需要每隔 7 天进行一次复查工作,以增加对电网线路的检查频率。通过这种方式可以有效地掌握电网线路的实时状态,从而避免在运行过程中出现电缆故障的问题,确保电力系统的安全稳定运行。

#### 4.3 切实做好应急处理

在电力系统中电缆的运行和维护中,为有效地管理和解决因外力破坏而导致的电缆故障问题,必须根据电缆的特性制定出一套科学、全面且具有针对性的处理预案,以便在面对突发情况时迅速采取行动,进行有效处理。比如:当电缆系统需要架空跨越一些已有的构筑物时,必须确保其垂直距离至少达到 2.5 m 以上,以最大限度地减少因外力破坏而导致的电缆故障风险。此外,在配电网线路的周围还需要贴上醒目的警示标志,以提醒过往人员和车辆注意安全,避免对电缆造成不必要的损害。为了应对紧急情况或突发事件,应当组建专门的应急小组,这些小组成员需接受过专业的培训,能够迅速响应并处理各种突发状况。小组成员需定期对处于运转状态下的电缆线路进行巡检,特别是检查相关的接地装置是否完好无损,以确保在发现问题时能够及时采取措施,避免故障扩大<sup>[5]</sup>。在巡检过程中还需要指派专人负责定期检测电缆的输电状况以及外部结构状态,以便及时发现并处理潜在的问题,确保电缆的安全稳定运行。对于电缆故障的突发事件,应当有专门的处理机制,以便在最短的时间内解决问题,减少对电力供应的影响。此外,还需切实做好电缆的密封处理工作,防止水分、潮气和其他有害物质进入电缆内部,从而延长电缆的使用寿命,确保电力系统能够可靠性和安全性地运行。

#### 4.4 应用更加先进合理的设备

电缆在运行阶段,需实时监测电缆运行的负荷、温度,若超过了设计规定的阈值,需及时处理和解决,以最大限度地降低电缆运行时出现的概率。比如:某电力企业为提升电力系统运行的安全性、稳定性、可靠性,降低安全事故发生的概率,选择用 PSQ-15T 柱式绝缘子来代替传统 P-15T 型绝缘子,并且对电缆运行的负荷进行密切监测,有效降低了雷电对电缆造成的负面影响,在雷雨天气,该电力企业利用红外热成像仪对电缆线路温度进行实时监测,并有针对性地实施维护对策,有效降低了断电故障发生的概率。

此外,为了实现对电缆的全面和有针对性地运行维护,必须进一步加大现代化技术的应用力度,现代

化技术不仅为用户提供了便捷和快速的服务,同时也为相关的技术人员带来了极大的便利。例如,通过在电缆线路上安装小电流接地自动选线设施,可以显著缩短故障排查的时间,从而提高电缆线路故障排查的效率和水平。在电力系统中智能预警功能已经得到了广泛应用,比如:GPS 卫星定位系统被用于电力系统的日常巡视工作,一旦在用电过程中出现电缆故障时,运行维护人员就可以利用 GPS 卫星定位系统迅速对线路杆塔、变压器、线路等关键部件进行精确定位。通过智能自动化技术,技术人员能够实时监测故障信息,全面掌握电网系统的运转状况以及潮流分布特征,以便及时采取相应的措施进行处理,有效避免电缆运行中潜在的危害,从而降低电力系统中电缆运行故障的损失率。利用先进的数据分析和人工智能技术,可以对电缆的运行状况进行深入分析,预测可能出现的问题,并提前采取预防措施<sup>[6]</sup>。比如:通过大数据分析,可以识别出电缆运行中的异常模式,从而在问题发生之前就进行干预,确保电缆的稳定运行。利用物联网技术,可以实现对电缆运行环境的实时监控,及时发现并处理各种潜在的风险因素。在电力运行维护中通过不断加大现代化技术的应用力度,不仅能够提高电缆运行维护的效率和质量,还能够确保电力系统的安全稳定运行,为用户提供更加可靠和高效的电力服务。

## 5 结束语

本文结合理论实践,分析了电力系统常见电缆故障及运行维护对策。分析结果表明,电力电缆作为电力系统的重要组成部分,其安全、稳定运行对保证电力系统的正常运行至关重要,但在实际运行过程中,由于各种原因,电力电缆可能会出现各种故障,这就要求结合电缆故障的特点和成因,采取有针对性的运行维护对策,以保障电缆始终处于良好的运行状态,提升电力系统运行的稳定性、安全性。

## 参考文献:

- [1] 包晟.分析电力系统配电自动化及其故障处理[J].电气技术与经济,2023(06):75-77.
- [2] 黄金福.电力系统配电自动化及其故障处理[J].技术与市场,2022,29(03):126-127.
- [3] 许开熙.配电网电缆常见故障分析及维护方法探讨[J].科技创新导报,2020,17(17):57,59.
- [4] 王晓峰.光伏电站正极直流电缆频繁绝缘阻抗低故障分析[J].机电工程技术,2023,52(04):305-308.
- [5] 张瀚文.横琴 20 kV 配电网电缆连锁跳闸故障分析[J].技术与市场,2023,30(04):123-126.
- [6] 曹流.高压电缆故障原因与对策分析[J].电子技术,2022,51(12):298-299.