

光缆接续点密封性能对长期传输可靠性的影响分析

张忠毅

广西通信规划设计咨询有限公司 广西 南宁 530003

摘要: 光缆接续点密封性能对长期传输可靠性影响重大。本文阐述接续点结构、密封指标与要求,分析影响密封性能的因素。探讨密封性能对防止水分浸入、抵御化学物质侵蚀、应对机械应力的直接及间接影响。提出优化密封材料、改进接续工艺、加强质量检测等策略,以提升密封性能,保障光缆长期稳定传输。

关键词: 光缆接续点; 密封性能; 长期传输可靠性; 接续工艺; 质量检测

引言: 在通信网络中, 光缆是信息传输的关键载体, 其长期传输可靠性至关重要。光缆接续点作为线路连接的关键部位, 密封性能直接影响光缆整体性能。若密封不佳, 水分、化学物质等易侵入, 引发光纤损坏、部件腐蚀等问题, 导致传输质量下降、故障频发。研究接续点密封性能对长期传输可靠性的影响, 对保障通信稳定运行意义重大。

1 光缆接续点密封性能的基础理论

1.1 光缆接续点的结构与组成

光缆接续点是光缆线路中实现光缆连接的关键部位, 其内部构造精密且复杂。在光缆接续点, 光纤的对接是核心环节^[1]。光纤作为光信号传输的载体, 需要精准对接以确保光信号能够低损耗地通过。对接过程中, 要保证两根光纤的纤芯严格对准, 任何微小的偏差都可能导致光信号的散射和衰减增加, 影响传输质量。加强芯的处理同样不容忽视。加强芯在光缆中起到增强机械强度的作用, 在接续点需要对加强芯进行妥善连接和固定。一般采用机械连接或焊接的方式, 使加强芯在接续点形成一个连续的整体, 能够有效承受外界的拉力、压力等机械应力, 防止光缆在受到外力作用时发生断裂或损坏, 保障光缆结构的稳定性。光缆接续点的各个组成部分相互协作、紧密配合。光纤对接确保了光信号的畅通传输, 加强芯处理则为整个接续点提供了机械支撑, 二者共同维持着光缆接续点的正常功能, 任何一个环节出现问题都可能影响光缆的整体性能和长期传输可靠性。

1.2 密封性能的指标与要求

衡量光缆接续点密封性能有多个关键指标。密封强度是重要指标之一, 它反映了接续点抵抗外界压力渗透的能力。优质的密封结构, 其密封强度能够达到200千—300千帕, 能够有效阻止水分、灰尘等进入接续点内部, 保护光纤和接续部件不受侵蚀。密封耐久性则体现了密封性能在长时间使用过程中的稳定性, 良好的密封耐久

性可以保证接续点在长期运行中始终保持良好的密封状态, 减少因密封失效导致的故障发生。不同应用场景对光缆接续点密封性能有不同要求。在室内环境中, 虽然环境条件相对较好, 但仍须具备一定的密封性能, 以防止灰尘等杂质进入影响光信号传输。室内环境下的密封要求, 需保证在10千—20千帕的压力下, 接续点无渗漏现象。而在室外环境, 尤其是地下敷设或暴露在恶劣气候条件下的光缆接续点, 对密封性能要求更为严格。需要能够抵御-40℃至70℃的温度变化, 以及90%以上的高湿度环境, 同时还要能承受酸碱度在3-11范围内的化学物质侵蚀, 确保在各种复杂环境下都能稳定可靠地工作。

1.3 影响密封性能的因素

材料因素对密封性能起着决定性作用。不同密封材料的特性差异较大, 如弹性、耐老化性、耐腐蚀性等。选择合适的密封材料是保证良好密封性能的基础, 若材料弹性不足, 在受到外力作用时容易产生缝隙, 导致密封失效; 耐老化性差的材料在长期使用过程中会逐渐失去弹性, 降低密封效果。工艺因素也不容小觑。接续工艺, 如熔接和冷接, 对密封效果有着直接影响。熔接工艺通过高温将两根光纤熔为一体, 形成的连接点较为紧密, 但若熔接参数设置不当, 可能导致连接点周围存在微小缺陷, 影响密封性能。当熔接电流超出标准值1-2安培时, 连接点周围就可能出现直径0.1—0.2毫米的微气泡, 增加密封失效的风险。冷接工艺则通过机械方式连接光纤, 对操作精度要求较高, 操作不当易出现连接不紧密的情况, 进而影响密封效果。环境因素同样会对密封性能产生潜在影响。温度变化会引起密封材料的热胀冷缩, 可能导致密封结构松动。温度每变化10℃, 密封材料的尺寸就可能变化0.1—0.2毫米, 若密封结构设计不合理, 就容易出现缝隙; 湿度过高会使水分渗透进入接续点, 加速材料老化和腐蚀; 化学物质的存在可能对密封材料和接续部件产生腐蚀作用, 破坏密封性能。

2 密封性能对长期传输可靠性的直接影响

2.1 防止水分侵入

水分一旦侵入光缆接续点,会对光纤造成多方面的损害。当水分渗透至光纤周围,会使光纤涂覆层吸湿膨胀,这种膨胀产生的应力会传递给光纤,导致光纤出现微弯。光纤微弯会使光信号的散射增加5-8分贝,使得光信号的损耗显著增加,进而降低光信号的传输功率,影响传输距离和质量。而且,水分还会与光纤材料中的某些成分发生化学反应,引发氢损加剧。氢损会导致光纤的衰减特性变差,尤其是在1310纳米和1550纳米等特定波长下,光信号的衰减会大幅上升3-6分贝,严重干扰光信号的正常传输。良好的密封性能在阻止水分进入方面发挥着关键作用。优质的密封材料和合理的密封结构能够形成一道严密的屏障,将外界水分有效隔绝在外。密封材料的高弹性和耐水性可以确保在长期使用过程中,不会因水分侵蚀而失去密封效果。密封结构的紧密设计则能防止水分从缝隙处渗入,从而保障光纤始终处于干燥的环境中,维持传输性能的稳定,确保光信号能够低功耗、高质量地传输。

2.2 抵御化学物质侵蚀

在光缆实际敷设的复杂环境里,除了常见的酸、碱、盐等化学物质,还可能存在一些工业废气、有机溶剂等具有腐蚀性的物质^[2]。这些化学物质一旦与光缆接续点接触,会迅速侵蚀其材料。接触点中的金属部件会与酸、碱发生化学反应,导致金属腐蚀,降低机械强度,甚至出现断裂现象。塑料等非金属材料也会在化学物质的作用下发生老化、变形,影响密封性能和结构稳定性。密封性能在隔离化学物质、保护接续点内部结构完整性方面至关重要。有效的密封可以阻止化学物质与接续点内部材料接触,避免化学反应的发生。密封材料的选择至关重要,需选用具有良好耐化学腐蚀性的材料,能够在各种恶劣化学环境下保持稳定。耐酸碱性能良好的密封材料,在酸碱度为2-12的环境中,能保持10年以上不发生明显的化学变化。密封结构的合理设计也能增强抵御化学物质侵蚀的能力,确保接续点内部结构不受损害,保障光缆长期稳定运行。

2.3 应对机械应力

光缆在敷设和使用过程中面临的机械应力情况复杂多样,不仅会受到自然因素如风力、地震等引发的拉伸、挤压、弯曲应力,还会因人为操作不当产生额外应力。光缆在敷设和使用过程中会受到多种机械应力的作用,如拉伸、挤压、弯曲等。拉伸应力可能导致光纤出现拉伸变形,使光纤的传输特性发生改变,增加光信号

的衰减。挤压应力会使光纤受到侧向压力,引发微弯损耗,同样影响光信号传输。弯曲应力则可能造成光纤折断或产生永久性弯曲,严重破坏光信号的传输路径。密封性能对增强接续点的机械强度、减少因机械应力导致的传输性能下降具有重要作用。良好的密封结构可以将接续点各部件紧密连接在一起,形成一个整体,提高接续点抵抗机械应力的能力。密封材料的高强度和韧性也能在一定程度上缓冲机械应力,减少应力对接续点的直接冲击,从而保障光缆在各种机械应力作用下仍能保持稳定的传输性能。

3 密封性能对长期传输可靠性的间接影响

3.1 对光缆整体稳定性的影响

光缆接续点的密封性能与光缆整体机械稳定性紧密相连。接续点作为光缆线路中的关键节点,若密封性能欠佳,水分、化学物质等易浸入,会逐渐侵蚀接续点处的材料。金属部件会因腐蚀而强度降低,塑料部件则可能老化变形,这些变化会破坏接续点的结构完整性。一旦接续点结构受损,在光缆受到外力拉伸、挤压或弯曲时,接续点处就更容易出现断裂、松动等问题,进而影响光缆整体的机械稳定性。良好的密封性能则能为光缆整体稳定性提供有力保障。密封材料和结构可有效阻挡外界有害物质的侵入,维持接续点内部环境的稳定。这使得接续点处的材料能长期保持原有的机械性能,在面对各种外力作用时,能够更好地承受和分散应力,减少因接续点问题引发的光缆故障,确保光缆在长期运行中结构稳定可靠。

3.2 对维护成本和周期的影响

密封性能不佳会导致接续点故障频率升高,这无疑会增加维护成本。频繁的故障需要投入更多的人力、物力进行检测和修复,不仅要支付维修人员的费用,还需要更换损坏的部件和材料,这些费用累积起来是一笔不小的开支。而且,故障的频繁发生还会影响光缆的正常使用,间接造成经济损失。相反,良好的密封性能可延长接续点的维护周期。由于密封效果好,接续点内部不易受到外界因素的破坏,材料老化速度减缓,故障发生的概率大幅降低。密封良好的接续点,其维护周期可从密封性能差时的1—2年延长至5—8年。这样一来,就不需要频繁进行维护检查和修复工作,减少了维护人员的工作量和维护物资的消耗,从而有效降低长期运营成本,提高光缆使用的经济性。

3.3 对网络可靠性和可用性的影响

接续点密封性能对光缆网络整体可靠性和可用性有着重要影响。若接续点密封不良,出现故障,会导致光

信号传输中断或质量下降,进而影响整个光缆网络的正常运行。一个接续点的问题可能引发局部网络瘫痪,甚至波及更大范围的网络,降低网络的可靠性。而且,频繁故障会使网络中断时间增加,减少网络的可用时间。保障接续点密封性能对于提高网络稳定运行时间、减少中断风险意义重大^[3]。良好的密封性能可确保接续点长期稳定工作,光信号能够持续、稳定地传输,减少因接续点故障导致的网络中断情况,提高网络的可靠性和可用性,为用户提供更优质、更稳定的网络服务。

4 提高光缆接续点密封性能以增强长期传输可靠性的策略

4.1 优化密封材料选择

不同环境条件对光缆接续点密封材料有着不同要求。在高温环境下,需选用耐高温性优异的密封材料,这类材料能在高温下保持稳定的物理和化学性能,不会因温度升高而软化、变形或失去弹性,从而有效阻挡外界物质的侵入。耐高温性良好的密封材料,能够在100-150℃的高温环境下,保持10年以上不发生明显的性能变化。在潮湿环境中,要选择具有良好防水性和耐水解性的材料,防止水分渗透导致密封失效。对于存在化学物质侵蚀风险的区域,耐腐蚀性强的密封材料必不可少,能抵抗酸、碱、盐等化学物质的侵蚀,维持密封结构的完整性。材料选择需遵循一定原则和考虑多方面因素。耐高温性是关键指标之一,确保材料在光缆运行环境的温度范围内正常工作。耐腐蚀性也不容忽视,根据敷设环境中的化学物质种类和浓度,挑选相应耐腐蚀等级的材料。此外,材料的弹性、硬度、粘结性等性能也会影响密封效果,需要综合考量,选出最适合的密封材料,为光缆接续点提供可靠的密封保障。例如,在酸碱度为3-10的环境中,应选择耐腐蚀等级达到5级以上的密封材料。

4.2 改进接续工艺

先进的接续工艺对提高密封质量至关重要。新型熔接技术能够更精准地控制光纤的熔接过程,使两根光纤的连接更加紧密,减少连接处的微小缺陷,降低光信号损耗。这种技术还能优化熔接点的结构,增强机械强

度,减少因外力作用导致的密封破坏。密封封装工艺的改进也能显著提升接续点的长期稳定性。采用新型的密封封装方式,如真空封装、多层密封等,能在接续点周围形成更严密、更持久的密封环境。这些工艺可以更好地隔绝外界水分、化学物质和机械应力的影响,延长接续点的使用寿命,保障光缆的长期稳定传输。

4.3 加强质量检测与监控

建立完善的密封性能检测标准和方法是确保密封质量的基础。明确各项检测指标和检测流程,采用先进的检测设备和技术,对光缆接续点的密封性能进行全面、准确地检测。例如,采用气密性检测设备,能够检测出接续点在50千—100千帕压力下的气体泄漏率,确保泄漏率控制在0.01—0.05升/分钟以内。在光缆接续过程中,对密封性能进行实时监控,及时发现接续过程中出现的密封问题并加以解决,避免不合格产品进入下一环节。在光缆运行过程中,定期对密封性能进行检测和评估,根据检测结果采取相应的维护措施,确保密封性能始终处于良好状态,从而增强光缆的长期传输可靠性。建议每1—2年对接续点的密封性能进行一次全面检测,对于重要线路可缩短至每半年检测一次。

结束语

光缆接续点密封性能对长期传输可靠性影响深远。从直接防止水分、化学物质侵蚀及应对机械应力,到间接影响光缆整体稳定性、维护成本周期和网络可靠性可用性,都凸显其重要性。通过优化密封材料、改进接续工艺、加强质量检测等策略,能有效提升密封性能,为光缆长期稳定传输提供坚实保障,确保通信网络顺畅运行。

参考文献

- [1]王建荣.通信光缆工程施工常见问题及要点分析[J].中国新通信,2021,23(7):20-21.
- [2]谢宇宸,吴冠雄,黄钿捷,等.光缆接续杆塔的定位方法及定位系统分析[J].光源与照明,2023(3):100-102,245.
- [3]张扬,杨丛丛,段虹雨,等.岸海光缆通信网络抢修接续技术与训练模式创新研究[J].中国新通信,2025,27(3):1-3,12.