

通信传输中信号衰减原因及解决措施研究

史志豪

日海恒联通信技术有限公司 河南 郑州 450048

摘要: 为了提高通信系统的传输质量和可靠性,文章首先分析了信号衰减的具体表现形式,如本征损耗、制造损耗和附加损耗,探讨了材质不均匀、包层和内径偏心以及内径不均匀等缆线本体特征对信号传输的影响,分析了缆线制造过程中的工艺不良和质量控制不足等因素,并提出了通过提高材质质量、采用先进制造工艺、严格质量检测、优化网络结构和加强技术管理等措施,以减少信号衰减,为通信技术的发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 信号衰减; 通信传输; 缆线特征; 解决措施

引言

随着现代通信技术的飞速发展,信号传输质量对通信系统的性能和可靠性提出了更高的要求。然而,信号衰减严重影响了通信系统的传输效率和稳定性,成为通信领域亟待解决的问题^[1]。因此,研究信号衰减的原因及其解决措施,对提高通信系统的传输质量和可靠性具有重要的理论意义和实际应用价值。

1 信号衰减的具体表现形式

1.1 本征损耗

本征损耗主要由光纤材料的吸收损耗和散射损耗构成。吸收损耗是由于光纤材料中存在的杂质和缺陷吸收光信号能量引起,包括红外吸收、紫外吸收和水峰吸收等。散射损耗主要包括瑞利散射和迈克尔逊散射,光纤材料的微小密度和成分不均匀会引起瑞利散射,尤其在短波长范围内较为显著。即使在最优质的光纤中,本征损耗也是不可避免的,在一定程度上限制了光信号的传输距离和质量^[2]。

1.2 制造损耗

制造损耗通常源于制造过程中对光纤几何结构、材料纯度及一致性的控制不严,导致光纤芯径不均、包层厚度不一致或内外径偏心等问题,信号在传输过程中出现散射和反射,从而增加损耗。制造过程中产生的微小裂纹、气泡及其他缺陷会增加信号衰减。

1.3 附加损耗

附加损耗是由外部因素和操作过程引入的额外信号衰减,包括接头损耗、弯曲损耗和环境损耗等。接头损耗发生在光纤或电缆连接点处,由于连接点的不连续性和不匹配导致部分信号被反射或散射。弯曲损耗则是由于光纤或电缆在铺设过程中弯曲半径过小,导致光信号

偏离传输路径,部分光能量逸出传输介质。环境损耗包括温度变化、湿度和机械压力等环境因素引起的信号衰减。例如,温度变化会影响光纤材料的折射率,从而影响信号传输的稳定性。

2 信号衰减的主要原因

2.1 缆线本体特征导致的信号衰减

缆线本体特征是影响通信传输中信号衰减的重要因素之一,主要表现为材质不均匀、包层和内径偏心以及内径不均匀等问题,对信号传输的连续性和稳定性产生显著影响,进而影响通信系统的整体性能^[3]。

(1) 材质不均匀

在光纤和电缆的生产过程中,材料的纯度和均匀性对信号传输质量至关重要。材料不均匀会导致介电常数和折射率的变化,引起信号反射和散射,特别是在光纤通信中,光信号对材料的纯净度和均匀性要求极高,任何微小的杂质或不均匀都会引起光信号的散射,增加传输损耗。例如,在制造过程中,如果光纤的核心材料掺杂了杂质,它们会吸收或散射部分光信号,导致信号强度减弱。材料的不均匀会导致介质内产生微小的气泡或裂纹,阻碍信号传播,进一步增加信号衰减。

(2) 包层和内径偏心

包层和内径偏心是指光纤或电缆的包层厚度不均匀,或者内径偏离中心,偏心会导致光信号在传输过程中出现反射和散射,从而增加信号衰减。包层的主要作用是保护光纤核心并提供适当的折射率差,使光信号在纤芯中全反射传输。如果包层厚度不均匀,会导致局部折射率变化,使部分光信号发生散射和折射,从而损失信号能量。内径偏心会导致光信号传输路径的不稳定,增加信号衰减,特别是在高频传输中,偏心问题会更加显著,因为高频信号对传输路径的稳定性要求更高。

(3) 内径不均匀

作者简介: 史志豪(1984.07-),男,汉族,籍贯:河南省周口市,专科,工程师,研究方向:电子通信

内径不均匀是指光纤或电缆的内径在长度方向上不一致,这种不均匀会导致信号传输过程中出现阻抗不匹配,从而增加反射损耗和散射损耗。内径不均匀会使信号在传播过程中遇到不同的阻力,导致部分信号被反射回源端或散射到其他方向,无法继续沿着预定路径传播,在光纤通信中尤为明显,因为光信号对传播路径的连续性要求极高,任何微小的内径变化都会导致信号衰减。内径不均匀还会影响光纤的模场分布,使信号在传输过程中产生模态干扰,进一步增加损耗。

2.2 缆线制造过程导致的信号衰减

缆线制造过程中的信号衰减主要源于制作工艺不良和质量控制不足,对缆线的物理特性和性能产生不良影响,从而导致信号在传输过程中的衰减。

(1) 制作工艺不良

在缆线制造过程中,制作工艺的精度和稳定性对产品质量至关重要。如果制作工艺不良,会导致缆线的几何尺寸不准确、表面粗糙度不均、材料分布不均匀等问题。例如,在光纤生产过程中,如果拉丝工艺控制不当,光纤的直径可能会出现不均匀,导致模场分布不稳定,从而增加信号的散射损耗和反射损耗。在包层和芯层的涂覆过程中,如果工艺控制不严,会出现包层厚度不均匀或包覆不良的问题,导致光信号在传输过程中出现损耗。

(2) 质量控制不足

缆线制造涉及多个工序,每个工序的质量控制都至关重要。如果质量控制不到位,容易在生产过程中引入各种缺陷,如微小裂纹、气泡、杂质等,导致信号在传输过程中出现散射和反射,从而增加信号衰减。例如,在光纤制造过程中,如果熔接工艺控制不严格,光纤连接点可能出现不连续或不均匀,这些问题会导致信号在连接点处发生严重的反射损耗。在电缆生产过程中,如果挤出工艺控制不当,电缆的绝缘层会出现厚度不均或气泡,影响电信号的传输质量。

2.3 附加因素导致的信号衰减

附加因素主要包括缆线连接接头问题、缆线弯曲影响和施工工艺不完善等^[4]。

(1) 缆线连接接头问题

缆线连接接头是信号传输路径上的薄弱环节,由于接头处的物理和电气不连续性,容易导致信号的反射和散射,引起信号衰减。在光纤通信中,接头问题尤其明显。光纤连接需要高精度的对准和低损耗的接续,如果接头质量不过关,例如接续面不平整、对准不准确、连接松动等,都会导致光信号的损失。电缆连接中,接头不良会

引起电信号的反射和阻抗不匹配,导致信号衰减。

(2) 缆线弯曲影响

缆线在铺设和使用过程中,难免会遇到弯曲问题。缆线弯曲会改变信号的传播路径,导致信号偏离原来的传输方向,部分信号会逸出纤芯或导体,造成信号衰减。在光纤通信中,弯曲半径过小会引起严重的微弯损耗和宏弯损耗,使得光信号在弯曲处发生辐射和泄漏,衰减加剧。电缆弯曲会引起导体内部的电磁场分布变化,导致信号的反射和衰减。

(3) 施工工艺不完善

在缆线的铺设和安装过程中,如果施工人员操作不当,例如缆线切割不平整、接续不牢固、布线不规范等,会增加信号的传输损耗,尤其是在光纤熔接过程中,熔接面上的灰尘、油污等杂质会引起熔接损耗,影响光信号的传输质量。

3 信号衰减的解决措施

3.1 改善缆线本体特征

为了改善缆线本体特征,通常采用提高材质质量、采用先进的制造工艺和严格质量检测等措施。提高材质质量包括选择高纯度、低杂质的材料,以减少材料内在的缺陷和不均匀性,从根本上降低光纤或电缆的吸收损耗和散射损耗。通过精确控制生产参数,如拉丝速度、温度和张力等,确保光纤或电缆的几何尺寸和材料均匀性达到最佳状态,减少由于制造过程中的工艺缺陷导致的信号衰减。使用高精度的检测设备,对每一根光纤或电缆进行全面检测,及时发现和排除任何微小的缺陷和杂质,以保证信号在传输过程中的稳定性和连续性。

3.2 优化缆线制造过程

优化缆线制造过程具体包括规范生产工艺、提高工艺精度和加强质量控制等。规范生产工艺要求在生产过程中严格按照标准操作程序进行,每个环节都要有明确的工艺参数和操作规范,以确保生产过程的可控性和一致性。使用高精度的设备和技术,对生产过程中的各项参数进行精确控制,如温度、压力、速度等,减少由于工艺不精确导致的产品缺陷和性能不稳定。通过建立全面的质量管理体系,实施全过程的质量监控和检测,从原材料的选购到成品的检验,每个环节都要严格把关,确保每根光纤或电缆都能达到预期的质量标准和性能要求。

3.3 降低缆线弯曲程度

通过增大弯曲半径和优化布线设计,以降低缆线弯曲程度。在缆线铺设和安装过程中,尽量避免急剧弯曲,保持适当的弯曲半径,以减少由于弯曲导致的光信号逸散和传输路径改变,降低微弯损耗和宏弯损耗。合

理规划缆线的路径和布局,避免不必要的弯曲和转折,确保缆线在传输路径上的平直和顺畅。在施工过程中,使用弯曲性能优良的缆线材料和专用的弯曲保护装置,进一步减少弯曲对信号传输的影响,确保信号传输的稳定性和连续性。

3.4 完善缆线接续工艺

使用高质量的接续工具可以确保接续过程的精确和稳定,减少由于接续不良导致的光信号反射和散射。在接续前必须对接续面进行彻底清洁,去除所有灰尘、油污和其他杂质,避免这些杂质在接续过程中引起的损耗。通过专业培训和实践操作,提升其对接续工艺的理解和掌握,确保接续过程的每个细节都能达到最佳状态,从而最大程度地减少接续损耗。

3.5 采用新技术

新技术主要包括光纤传输技术和非压缩传输方式。光纤传输技术利用光纤作为传输媒介,具有低损耗、大带宽和抗干扰能力强等优点,能够显著提高信号传输的质量和效率。光纤传输技术在长距离传输和高数据速率要求的通信系统中表现尤为出色。非压缩传输方式是指在信号传输过程中不对信号进行压缩处理,以保持信号的原始质量和完整性,可以避免压缩过程中的信息损失和质量下降,特别适用于高保真要求的音视频传输^[9]。

3.6 优化网络结构

采用智能光纤技术和电力通信技术,可以优化网络结构。智能光纤技术利用光纤传感和监测功能,对光纤网络中的信号传输进行实时监控和优化,通过动态调整网络参数,减少信号衰减,提高传输质量。电力通信技术是将电力线作为信号传输媒介,通过优化电力网络结构和改进传输技术,减少信号在电力线中的衰减,提高信号的传输效率和稳定性。

3.7 定期检查维护

定期检查维护是确保通信设备正常运行和信号传输质量的重要措施,主要包括实时监控设备状态和定期维护保养。实时监控设备状态是指通过监控系统对通信设备的运行状况进行持续监测,及时发现和处理异常情况。监控系统可以检测设备的工作参数,如温度、压力、电流等,分析设备运行趋势,预测可能发生的故障,提前采取预防措施,避免设备故障对信号传输造成影响。通过定期对通信设备进行全面检查和维护,可以及时发现和排除潜在的隐患,延长设备使用寿命。维护

内容应包括设备的清洁、润滑、紧固和功能检测等。针对不同类型的设备,应制定详细的维护计划和操作规程,确保每一项维护工作都能按时、按标准进行。建立设备维护记录档案,详细记录每次维护的内容和结果,为后续的维护工作提供参考依据。

3.8 加强技术管理

设立管理制度,规范操作流程,明确各个环节的责任和标准,减少人为错误和操作失误。管理制度应包括详细的操作规范、质量控制流程和安全标准,确保每一步操作都能按照既定的标准进行,避免因操作不当导致的信号衰减和设备损坏。通过定期培训和技术交流,提高操作人员的理论知识和实践技能,使其熟练掌握先进的操作技术和设备维护方法。通过考核和评估机制,督促操作人员不断提升自身技术水平,保持高效的工作状态。鼓励操作人员主动学习新技术、新方法,并将其应用到实际工作中,以适应通信技术的快速发展。

结语

综上,本文系统分析了通信传输中信号衰减的主要原因,重点探讨了缆线本体特征、制造过程中的工艺缺陷以及外部附加因素对信号传输质量的影响。通过研究发现,材质不均匀、包层和内径偏心以及内径不均匀等缆线特征,会显著增加信号的散射和反射损耗,影响信号的传输质量。制造过程中的工艺不良和质量控制不足,导致光纤和电缆内部产生缺陷,从而加剧信号衰减。为了有效解决这些问题,提出了一系列解决措施,包括提高材质质量、采用先进制造工艺、严格质量检测、优化网络结构和加强技术管理等,可以显著减少信号衰减,提高通信系统的传输效率和可靠性。

参考文献

- [1]牟建建.基于通信传输期间对信号衰减的原因及对策研究[J].科学与信息化,2021(3):73.
- [2]张奔,王新洋.通信光纤信号传输衰减成因及优化技术[J].电子元器件与信息技术,2020,4(10):35-36.
- [3]李雄鸣,林宏,胡国领,等.通信数据传输过程中信号衰减的原因探究[J].中国新通信,2019,21(22):29.
- [4]刘霖宇.通信传输中信号衰减现象[J].通信电源技术,2019,36(8):186-187.
- [5]刘庆杰,王晨,王小英.调制技术对紫外光通信信号传输衰减特性研究[J].激光杂志,2020,41(4):158-161.