

电缆敷设施工中的电磁干扰及应对策略分析

刘家驹

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：电缆敷设施工中，电磁干扰成为影响系统稳定性和数据完整性的关键因素。文章深入分析电磁干扰对电缆信号传输、绝缘层保护及施工安全的影响，并提出包括屏蔽技术、滤波与接地、电缆敷设优化及施工质量控制在内的综合应对策略。通过理论分析与实际应用相结合，本文旨在为提高电缆敷设施工中的电磁兼容性提供指导，确保电缆系统的高效、稳定运行，为电气工程领域的发展贡献力量。

关键词：电缆敷设；电磁干扰；应对策略

1 电磁干扰概述

电磁干扰（Electromagnetic Interference，简称EMI）是一种电气现象，指的是电子设备、系统或网络在电磁环境中受到的任何不利影响，这种影响会干扰其正常性能的电磁信号。电磁干扰的来源多种多样，大致可以分为自然源和人为源两大类。自然源干扰主要来源于自然现象，如闪电、太阳风暴和地磁变化等。人为源干扰则主要来源于人造设备和系统，这些设备和系统会辐射电磁能量或在电力线路上引入噪声，从而影响其他设备的正常运行。电磁干扰可以通过空间辐射（如电磁波）或通过导线等传导介质传播，对电子设备的正常运行造成负面影响。它可能导致设备故障、通信中断、数据丢失，甚至在某些特定领域（如航空、医疗等）引发严重的安全隐患。为了防止电磁干扰，可以采取一系列技术手段，如屏蔽技术、滤波器、接地设计和合理的布线等。屏蔽技术是通过使用金属壳体或屏蔽材料将电子设备或电路封装起来，以防止外部电磁场对其产生干扰。滤波器则可以选择性地阻止或衰减特定频率范围内的电磁干扰信号。接地设计和合理的布线则可以降低电磁辐射和感应干扰。

2 电缆敷设施工的特点

电缆敷设施工是电气工程领域中的一项关键性作业，具有以下几个显著特点：第一，电缆敷设施工具有高度的专业性，施工人员需要掌握专业的电气知识和技能，熟悉各种电缆的特性和敷设要求，确保电缆在敷设过程中不受损坏，且能长期稳定运行。第二，敷设作业对环境条件有严格要求，施工现场应保持干燥、清洁，避免潮湿、高温或腐蚀性环境对电缆造成损害。还需考虑电缆的弯曲半径、敷设张力等参数，确保电缆的敷设质量^[1]。第三，电缆敷设施工涉及大量的体力劳动和团队协作，施工人员需要密切配合，确保电缆在敷设过程中

能够顺利穿越管道、桥架等障碍物，且能整齐、美观地布置在指定位置。第四，电缆敷设施工还需注重安全。施工人员应严格遵守安全操作规程，佩戴好个人防护用品，确保在作业过程中不发生安全事故。

3 电缆敷设施工中电磁干扰的来源

3.1 自然干扰源

在电缆敷设施工过程中，自然干扰源是不可避免的因素之一，它们源于自然界的各种电磁现象，对电缆系统的稳定运行构成潜在威胁。雷电是最具破坏性的自然干扰源之一。在雷雨天气，雷电可能直接击中电缆线路，或通过地面传导至电缆，产生巨大的电流和电压冲击，导致电缆绝缘损坏、设备烧毁甚至火灾等严重后果，雷电放电产生的电磁场还会对附近的电缆线路产生感应干扰，影响信号的传输质量。在干燥、多风的季节，静电荷容易在电缆表面或周围环境中积累，当积累到一定程度时，会发生放电现象，产生电磁脉冲，对电缆信号造成干扰。这种干扰虽然通常强度不大，但长期存在会对电缆系统的稳定性造成不利影响。地磁暴是地球磁场突然变化引起的自然现象，它会导致电缆系统中的电流和电压发生变化，从而产生电磁干扰。地磁暴通常与太阳活动有关，如太阳黑子爆发等。虽然地磁暴的发生频率较低，但其对电缆系统的影响范围广泛，且难以预测和防范。宇宙射线是来自宇宙空间的高能粒子，它们会穿透大气层，对地球表面的电子设备产生辐射干扰。虽然宇宙射线对电缆敷设施工的直接影响相对较小，但在特定条件下，如高海拔地区或宇宙射线强度较高的时间段，仍需关注其对电缆系统可能产生的潜在影响。

3.2 人为干扰源

人为干扰源是电缆敷设施工中电磁干扰的主要来源之一，它们源于人类活动产生的电磁场和电磁波。电力线路是电缆敷设施工中最常见的人为干扰源，电力

线路在运行过程中会产生电磁场和电磁波,对附近的电缆线路产生干扰。特别是当电力线路与电缆线路平行敷设或交叉跨越时,干扰尤为严重。电力线路中的谐波电流和电压波动也会通过电缆线路传播,对通信系统造成干扰。无线电通信设备在工作过程中会发射电磁波,这些电磁波可能会干扰附近的电缆线路,导致信号失真或中断。特别是在无线通信频率与电缆系统工作频率相近时,干扰尤为显著。工业设备如电动机、发电机、变压器等在运行过程中也会产生电磁场和电磁波,对电缆系统造成干扰。这些设备的电磁辐射强度通常较大,且难以完全屏蔽,因此会对电缆系统的稳定运行构成威胁。在电缆敷设施工过程中,焊接、切割、打磨等电气作业会产生火花和电磁波,对附近的电缆线路产生干扰,施工人员的误操作或不当使用电气设备也可能导致电磁干扰的产生^[2]。

3.3 施工过程中的干扰

在电缆敷设施工过程中,施工过程中的干扰也是电磁干扰的重要来源。这些干扰主要源于施工过程中的物理损伤、电气连接不良以及施工环境的复杂性等因素。在电缆敷设过程中,电缆可能会受到挤压、弯曲、拉伸等物理力的作用,导致电缆绝缘层破损、导体断裂等故障。这些故障不仅会影响电缆的传输性能,还可能引发电磁干扰。在电缆接头、分支箱等电气连接部位,如果连接不紧密或接触不良,会导致电流和电压的不稳定传输,从而产生电磁干扰。连接部位的氧化、腐蚀等也会降低电气连接的可靠性,增加电磁干扰的风险。在复杂的施工环境中,电缆线路可能会穿越不同的地质条件、气候条件以及电磁环境。这些环境因素的变化会对电缆系统的稳定性产生影响,导致电磁干扰的产生。例如,在潮湿、多尘的环境中,电缆绝缘层容易受潮、老化,从而降低其抗电磁干扰的能力。

4 电磁干扰对电缆敷设施工的影响

4.1 信号失真与数据错误

电磁干扰在电缆敷设施工过程中,对信号传输质量构成了直接威胁,其中最显著的影响便是信号失真与数据错误。当电缆线路受到电磁干扰时,传输的信号可能会受到不同程度的衰减、变形或完全丢失,导致接收端无法准确还原原始信息。这种信号失真不仅影响通信系统的正常运作,还可能引发数据错误,进而影响整个电气系统的稳定性和可靠性。在数据传输过程中,电磁干扰可能导致比特错误率的增加,即传输的数据位被错误地识别或丢失。这种错误在高速数据传输系统中尤为明显,如以太网、光纤通信等。当电磁干扰强度足够大

时,甚至可能导致通信链路的中断,使得数据无法有效传输。对于依赖实时数据传输的系统,如工业自动化控制、远程监控等,信号失真与数据错误将直接影响其决策准确性和响应速度。电磁干扰还可能引起信号的时延和抖动,进一步影响数据传输的同步性和完整性,时延是指信号从发送端到接收端所需的时间,而抖动则是信号到达时间的微小变化。电磁干扰会加剧这些现象,导致数据传输的不可靠性增加。

4.2 电缆绝缘层损坏与设备故障

电磁干扰不仅影响信号传输质量,还可能对电缆的物理结构造成损害,特别是电缆的绝缘层。在强电磁场的作用下,电缆绝缘层可能会受到热效应、电击穿或化学腐蚀的影响,导致其性能下降甚至完全失效。绝缘层的损坏将直接影响电缆的电气性能和安全性,可能导致短路、漏电等故障的发生^[3]。电缆绝缘层的损坏还可能引发设备故障。当电缆中的电流因绝缘层破损而泄漏时,可能会损坏与之相连的电子设备,如继电器、传感器等。这些设备的故障将直接影响整个电气系统的正常运行,甚至可能导致系统瘫痪。电磁干扰还可能引起电缆接头的松动或腐蚀,导致电气连接不良。这种连接不良不仅会影响信号的传输质量,还可能因接触不良而产生电弧放电,进一步加剧电缆和设备的损坏。

4.3 施工安全与效率下降

电磁干扰对电缆敷设施工的安全和效率也构成了严重影响。在强电磁环境下进行施工,施工人员可能会面临电击、电磁辐射等安全隐患。特别是在高压电缆附近作业时,电磁干扰可能引发电弧放电或短路故障,对施工人员构成直接威胁。电磁干扰还可能影响施工设备的正常运行,如起重机、挖掘机等重型机械,当这些设备受到电磁干扰时,可能会出现操作失灵、控制系统故障等问题,导致施工效率下降甚至停工。电磁干扰还可能干扰施工过程中的通信和监控系统,使得施工人员无法及时获取现场信息,影响施工决策和进度控制。这种信息不对称将直接影响施工质量和效率,增加施工成本和风险。

5 电缆敷设施工中电磁干扰的应对策略

5.1 屏蔽技术

在电缆敷设施工中,电磁屏蔽技术是一种有效的应对策略,用于减少电磁干扰对电缆系统的影响。屏蔽技术主要通过是在电缆周围或内部设置导电材料,如金属屏蔽层或屏蔽网,来阻挡或吸收外部电磁场,从而保护电缆内部的信号不受干扰。屏蔽技术可以分为被动屏蔽和主动屏蔽两种,被动屏蔽主要通过是在电缆外部包裹一层

或多层导电材料,如铝箔、铜网或编织带等,来隔离外部电磁场。这种屏蔽方式简单有效,广泛应用于各种电缆的制造和敷设中。主动屏蔽则利用导电材料形成的电磁场来抵消外部电磁干扰,需要更复杂的设计和计算。在电缆敷设施工中,应根据电缆的类型、工作环境以及电磁干扰的强度来选择合适的屏蔽方式。对于高频信号传输电缆,如同轴电缆,通常采用编织网或铝箔复合屏蔽层来减少电磁泄漏和干扰。对于低频信号或电源线,则可能采用单层或多层金属管作为屏蔽层。屏蔽层的接地也是非常重要的。如果屏蔽层未正确接地,它可能成为一个额外的电磁干扰源。因此在电缆敷设过程中,应确保屏蔽层与接地系统之间的连接良好,以最大限度地减少电磁干扰。

5.2 滤波与接地技术

滤波与接地技术是电缆敷设施工中另一种重要的电磁干扰应对策略。滤波技术通过在电缆的输入或输出端安装滤波器,来滤除不需要的电磁频率成分,从而保护电缆系统免受电磁干扰的影响。滤波器通常根据电磁干扰的频率特性来设计,可以滤除高频噪声、谐波或脉冲等干扰信号。在电缆敷设施工中,应根据电缆系统的需求选择合适的滤波器类型和参数。例如,对于通信电缆,可能需要选择具有宽带特性的滤波器来减少高频噪声的干扰;而对于电源线,则可能需要选择具有低通特性的滤波器来滤除谐波和脉冲干扰。接地技术则是将电缆系统中的金属部分与大地或其他导体连接,以形成一个低阻抗的电流回路,从而减小电磁干扰的影响。在电缆敷设施工中,应确保所有需要接地的设备、电缆屏蔽层和接地系统之间的连接可靠且良好,还应避免形成接地环路,因为这可能会加剧电磁干扰。为了进一步提高滤波与接地技术的效果,可以在电缆敷设过程中采用多层接地和滤波措施。

5.3 电缆敷设与布线的优化

电缆敷设与布线的优化也是减少电磁干扰的重要策略。在电缆敷设过程中,应根据电缆的类型、信号特性和工作环境来选择合适的敷设方式和布线方案。首先,应尽量避免电缆的交叉敷设和紧密排列,因为这可能会加剧电磁干扰。当必须交叉敷设时,应确保交叉点处的电缆屏蔽层完整且接地良好,还应避免电缆在强电磁场

附近敷设,如高压线路附近或大型电气设备附近。其次,在布线过程中,应确保电缆的弯曲半径符合规范要求,以避免因过度弯曲而损坏电缆的绝缘层或屏蔽层。还应避免电缆受到机械损伤或挤压,以确保其电气性能和安全性^[4]。另外,在布线时还应考虑信号的传输方向、频率特性和阻抗匹配等因素。例如,对于高频信号传输电缆,应采用等长布线或差分布线等方式来减少电磁干扰。

5.4 施工过程的质量控制

在电缆敷设施工中,质量控制是确保电磁干扰应对策略有效实施的关键。在采购电缆和附件时,应选择有资质、信誉良好的供应商,并对其进行严格的检验和测试。在施工过程中,还应定期对电缆和附件进行抽样检查,以确保其质量符合要求。在施工过程中,应严格按照施工图纸和规范要求进行施工,避免违规操作和不当施工。同时还应定期对施工质量和进度进行检查和评估,及时发现问题并采取措施进行整改。还应加强对施工人员的培训和管理。施工人员应具备相应的电气知识和技能,熟悉电缆敷设施工的工艺流程和质量要求。在施工过程中,应加强对施工人员的指导和监督,确保其按照规范要求进行施工,还应定期对施工人员进行培训和考核,以提高其电气技能和施工水平。

结束语

电缆敷设施工中的电磁干扰问题不容忽视,其对电缆系统的性能及安全性构成严重威胁。通过实施有效的应对策略,如采用先进的屏蔽与滤波技术、优化电缆敷设与布线方案、加强施工质量控制,可以显著降低电磁干扰的影响。未来,随着电气工程技术的不断进步,将继续探索更加高效、智能的电磁干扰应对策略,为电缆敷设施工提供更为坚实的保障。

参考文献

- [1]刘岳,隋鑫,才胜,等.BIM仿真模拟在电缆敷设中的优化应用[J].安装,2023(8):83-85.
- [2]侯家全,冯涛.建筑电气施工安装技术及质量管控方式研究[J].城市建筑与发展,2023,4(6).
- [3]夏学军.10kV配电工程电缆施工的敷设处理技术分析[J].数字化用户,2023,29(20):28-30.
- [4]文超.试析10kV配电工程电缆施工中的问题和质量控制[J].大科技,2023(7):55-57.