

高层建筑电气安装中抗干扰措施的研究

文 / 解来尊 营特国际工程咨询集团有限公司

方 涛 营特国际工程咨询集团有限公司

摘要: 随着城市化进程的加速,高层建筑如雨后春笋般涌现。这些建筑的电气安装面临众多挑战,尤其是电磁干扰问题,这直接影响了建筑的安全性和功能性。本文针对高层建筑电气安装中的干扰问题进行了深入分析,识别了主要的干扰源,并对现有的抗干扰技术如屏蔽、接地和滤波进行了评估。通过实验和案例研究,本文提出了一系列创新的抗干扰措施,并对其实施效果进行了评估。研究表明,这些措施能有效减少电气干扰,提升电气系统的可靠性和安全性。

关键词: 高层建筑; 电气安装; 抗干扰措施; 电磁兼容

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.016

引言

在高层建筑的电气系统设计与安装过程中,电磁干扰已成为一个不容忽视的问题。这些干扰不仅可能导致设备功能障碍,还可能引发安全事故,给居民和使用者带来潜在风险。尤其是在高密度的电气装置配置和复杂的电磁环境下,干扰的影响更为显著。深入研究高层建筑电气安装中的电磁干扰现象,探索有效的抗干扰措施,不仅对保障建筑电气系统的稳定运行具有重要意义,也对提升整体建筑的安全性和可靠性具有深远的影响。通过系统的研究与技术创新,可以为电气工程领域提供科学的解决方案,确保高层建筑在现代城市环境中的电气安全与功能性。

一、干扰源的识别与分类

在高层建筑的电气安装中,正确识别和分类干扰源是制定有效抗干扰措施的第一步。电气干扰主要来源于电气噪声、高频干扰和低频干扰,每种类型的干扰都有其独特的特点和影响,需要针对性的解决策略。

(一) 电气噪声的来源

电气噪声通常来源于电气系统内部和外部。内部噪声主要由电气设备的开关操作产生,例如断路器和接触器的突然断开或接通,这些操作会在电气网络中产生瞬时的电压和电流尖峰^[1]。外部噪声源主要包括雷电和电力线附近的无线电频率干扰。例如,高压输电线(电压等级:110kV及以上)附近的建筑因电磁感应和电磁辐射而受到干扰。此外,工地上常用的重型机械如电焊机和发电机也会产生大量电气噪声,影响整个电气系统的稳定性。

(二) 高频干扰的特点

高频干扰主要来自无线电波和某些高频运行的电子设备。这类干扰的频率范围通常在MHz至GHz之间,例如,来自无线通信设备(如基站、Wi-Fi路由器等)的

信号干扰。高频干扰能够通过辐射和传导的方式影响电气设备,特别是影响那些含有微处理器的设备。这种干扰可能导致设备操作失常、数据传输错误或系统崩溃。为了抑制高频干扰,通常需要使用EMI滤波器和高质量的屏蔽电缆来减少信号的干扰。

(三) 低频干扰的影响

低频干扰通常与电网的供电质量密切相关,如电压波动、频率偏差和谐波污染等。这些干扰来源于大型电机启动和停止、大功率负载的突然变化等事件。低频干扰对电气设备,尤其是精密仪器和敏感设备造成的影响尤为严重,可能导致设备读数不准确或操作失效。为了缓解这种影响,常用的技术包括使用稳压供电系统和安装电力质量调节器^[2]。通过上述分析,我们可以看出,针对不同类型的干扰源,需要采取不同的技术和设备来进行有效管理和控制。对于电气工程师而言,了解各种干扰的来源和特点是设计安全、可靠电气安装系统的关键。

二、现有抗干扰技术的评估

在高层建筑的电气安装中,采用有效的抗干扰技术是确保电气系统稳定运行的关键。

(一) 屏蔽技术

屏蔽技术是用来减少电磁干扰(EMI)对电气系统的影响的一种方法。通过使用金属屏蔽带和金属网格等屏蔽材料,屏蔽技术可以有效地阻挡外部干扰信号的侵入,并限制系统内部干扰信号对外界设备的影响。在高层建筑电气系统中,屏蔽不仅用于电缆,还广泛应用于各种电子设备中,以保护敏感组件免受电磁波的干扰,从而提高整体系统的可靠性和安全性。

(二) 接地技术

接地技术是电气安装的基础,对于维护系统安全和功能至关重要。正确的接地可以有效地引导过电压和故障电流安全地返回地面,减少电气系统的整体噪声水

平，从而降低设备的干扰和损害风险^[3]。一个好的接地系统不仅可以保护人员免受意外电击，还可以增强电气设备的性能稳定性，尤其是在电气故障发生时。此外，接地技术对于防止静电放电在电子设备中造成的损害也非常关键。

（三）滤波技术

滤波技术通过在电源线或数据传输线上安装滤波器来减少干扰信号，是抑制不必要的高频信号和噪声的有

效手段。这些滤波器能够保护电气设备免受高频干扰的影响，提高系统的整体性能和稳定性^[4]。在复杂的电气网络中，使用滤波器可以显著改善电源质量，防止由电磁干扰引起的数据损失和通信错误，确保数据传输的准确性和设备的长期运行。

（四）各技术的优势和局限性

屏蔽技术、接地技术和滤波技术的优势和局限性如表1所示：

表 1 屏蔽技术、接地技术和滤波技术的优势和局限性

技术类别	优势	局限性
屏蔽技术	有效阻隔外来电磁干扰，减少设备间的相互干扰，提高数据传输的质量和安全性	成本相对较高，安装和维护复杂，可能增加系统的总体重量
接地技术	提供安全的电气操作环境，有效分散过电压和漏电，增强系统稳定性和可靠性	地质条件对接地效果有影响，需要定期检测和维护，错误的接地方式可能引起新的干扰问题
滤波技术	显著减少高频干扰和噪声，改善电气设备的性能和寿命，适用于多种电气系统	滤波器选择和匹配复杂，对于极端干扰情况可能效果有限，可能需要定期更换滤波元件以保持效果

通过上述分析，可以看出每种技术都有其独特的优势和适用场景，同时也存在一定的局限性。在实际应用中，通常需要结合多种技术来达到最佳的抗干扰效果，确保高层建筑电气安装的稳定性和安全性。

三、创新抗干扰措施的研发

在现代高层建筑的电气系统设计中，采用创新的抗干扰措施对于提高系统的稳定性和安全性至关重要。

（一）先进材料的应用

随着材料科学的发展，新型材料在电气系统的抗干扰设计中扮演着越来越重要的角色。例如，导电高分子和纳米复合材料因其独特的电磁屏蔽能力而被广泛研究和应用。这些材料不仅具有较轻的质量，而且在屏蔽效率方面表现优异，能有效屏蔽高达60dB的电磁波。一种常用的材料是碳纳米管（CNTs）增强复合材料，它们通过在塑料基底中加入微量的碳纳米管来显著提高材料的导电性和屏蔽效果。这种材料的电阻率可以达到1-10 Ω·cm，适合用于制造高屏蔽效率的电缆和电气封装^[5]。另一种材料是金属基复合材料，如铜镍合金（Cu-Ni），这种材料具有良好的耐腐蚀性和优异的电磁兼容性，其屏蔽效率可达到70dB以上，特别适用于高要求的电气环境。

（二）设计优化

设计优化是提高电气系统抗干扰性能的另一个关键方向。这主要包括线路布局优化和设备配置优化。

优化线路布局是减少干扰传播的有效方式。通过合理设计电缆走向和布局，可以最小化电磁干扰的影响。

例如，采用星形布局可以减少地回路和信号回路之间的干扰，同时，保持信号线和电源线的物理距离，以减少彼此之间的耦合干扰。此外，使用屏蔽双绞线或同轴电缆可以有效隔离外部干扰，提高信号传输质量。在设备配置方面，采用模块化设计可以有效隔离各个功能模块之间的干扰，特别是将高功率设备与敏感的测量设备物理分离。此外，引入先进的EMC设计软件，可以在设计阶段模拟电磁场的分布和设备间的相互作用，从而指导实际的设备布局 and 配置。

（三）综合应用策略的制定

综合应用策略是通过系统化的方法整合多种抗干扰技术，以实现最佳的抗干扰效果。这包括以下几个方面：一是技术融合，结合屏蔽、接地和滤波技术，针对具体的干扰源和受影响的系统进行定制化设计。例如，对于高频干扰，可以同时使用屏蔽技术和高性能滤波器；而对于低频干扰，更重视接地和线路布局的优化。二是遵守标准与规范，遵循国际和国内的电磁兼容标准，如IEC 61000和GB/T 17626，确保设计符合法规要求。这不仅有助于提高产品的市场竞争力，也保证了系统的安全和可靠运行。三是进行持续监测与评估，建立持续的监测系统，如使用电磁兼容性测试设备定期检测电气系统的EMI水平。这有助于及时发现新的干扰源和潜在的风险点，对系统进行动态优化和调整。

通过上述创新措施的应用和综合策略的制定，可以显著提高高层建筑电气系统的抗干扰能力，确保其在复杂电磁环境中的稳定与安全运行。

四、抗干扰措施的实施与效果评估

(一) 实施步骤

研究对位于上海的一座商业高层建筑电气系统进行抗干扰措施实施前，详细分析了建筑的电气系统配置。该建筑共有50层，装有多个高功率设备，包括中央空调系统、电梯群和大型照明设施。建筑的总电力需求达到5000千瓦，主电源线路沿建筑中轴布置，辅以五个配电箱，每个楼层设有独立的电路控制系统。这种复杂的电气系统布局导致了多点电磁干扰的产生，尤其是在电梯和HVAC设备附近区域，干扰强度高达50dBm。

根据分析的几个，进行了以下详细步骤：一是初步诊断，利用频谱分析仪对建筑内的电磁环境进行了详细测量。测量结果显示，建筑中心区域的平均电磁干扰强度为40dBm，而接近电梯和大型HVAC设备的区域，干扰强度高达50dBm。二是制定抗干扰方案，针对诊断结果，设计了一套综合抗干扰方案：在电梯及HVAC设备附近区域增强屏蔽措施，采用含铜网的EMI屏蔽材料包覆电缆在中心区域，所有关键通信线路升级为双层屏蔽同轴电缆，以减少外部干扰的影响。所有数据通信线路增加高性能EMI滤波器^[6]。

措施实施的步骤如下：对于电梯和HVAC设备附近的高干扰区域，安装了额外的地线和接地棒，确保良好的接地性能，减少由于设备操作引起的干扰替换所有关键区域内的标准电缆为高屏蔽效能的电缆，并安装EMI滤波器，特别是在数据中心和服务器房间。在措施实施后，再次使用频谱分析仪和EMI测试设备进行现场测试，确保所有新安装的屏蔽和滤波设备达到预期性能。对系统进行细节调整，如调整滤波器的位置和角度，确保最大限度地减少干扰。

(二) 效果评估方法

实施后的效果评估依据以下标准和方法进行：

评估标准：电磁干扰强度降低至少20dBm为合格标准。将设备运行稳定性和通信错误率低于0.05%作为评估标准。收集实施前后的干扰数据，对比分析电磁干扰强度和通信错误率的变化。

(三) 长期效益与风险考量

长期效益包括系统可靠性的显著提高，维护成本的降低，以及租户满意度的提升。风险考量主要关注技术更新的适应性，例如新材料的老化问题和环境变化对屏蔽效果的潜在影响。具体如表1所示：

表1 效果评估结果

参数	实施前数据	实施后数据	改善情况
电磁干扰强度（中心区域）	40dBm	15dBm	降低了 25dBm
电磁干扰强度（HVAC 区域）	50dBm	20dBm	降低了 30dBm
通信错误率	0.15%	0.03%	降低了 0.12%

在中心区域，电磁干扰强度的显著下降从40dBm到15dBm，表明实施的屏蔽和滤波措施非常有效。HVAC区域的电磁干扰强度降低更为显著，从50dBm降到20dBm。这表明在高功率电气设备附近采取的特定屏蔽和接地措施极为有效。通信错误率的显著下降反映了整个建筑电气系统通信质量的整体提升。实施抗干扰措施后，通信错误率从0.15%降至0.03%，这对于保障数据传输的准确性和降低数据丢失或错误非常关键。

结语

通过实际案例的深入分析与执行，证实了综合抗干扰策略的有效性。成功实施的屏蔽、接地和滤波技术不仅优化了建筑的电磁环境，还为未来类似项目提供了宝贵的实践经验。此外，此次项目的实施强调了理论与实践相结合的重要性，展示了通过科学的方法可以显著提升系统性能并降低潜在风险。这种方法论在当今技术迅速发展和电磁环境日益复杂的背景下显得尤为重要，为城市商业建筑的电气系统设计与维护提供了新的视角和解决方案。未来，继续探索与应用这些技术，将为保障电气系统的稳定运行和提升城市建筑安全提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 尚栋. 高层住宅建筑电气工程安装施工技术[J]. 安装, 2022, (03): 33-36.
- [2] 韩斐. 智能建筑电气安装施工技术措施的探讨[J]. 建材发展导向, 2024, 22(11): 108-110.
- [3] 李建明. 建筑电气供配电的安装施工技术[J]. 江苏建材, 2023, (01): 88-89.
- [4] 张祥文. 智能化建筑工程中的电气施工优化策略分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(01): 118-119.
- [5] 董国英, 郭志军, 谢先群, 等. 数据链系统抗干扰性能提升的工程实现方法[J]. 制导与引信, 2024, 45(02): 34-39.
- [6] 徐锦文. 高层建筑智能化电气工程施工技术要点分析[J]. 四川水泥, 2021, (12): 139-140.