

电子信息通信工程的抗干扰接地设计研究

伍仙桥

招商局重庆公路工程检测中心有限公司 重庆 401320

摘要: 在电子信息通信工程中, 接地设计对系统抗干扰能力至关重要。本文深入剖析接地设计与抗干扰的关联, 阐述干扰类型及接地相关诱因, 提出单点与多点接地、系统隔离等核心原则, 并探讨信号、电源、屏蔽等接地设计关键技术。通过合理设计接地系统, 可有效抑制干扰信号传播, 保障通信系统稳定运行, 提升信号传输质量与设备可靠性。

关键词: 电子信息通信工程; 抗干扰接地设计; 干扰类型; 核心原则; 关键技术

引言: 电子信息通信工程在现代社会各领域广泛应用, 其稳定运行依赖可靠的抗干扰能力。接地设计作为保障系统抗干扰性能的基础技术, 不仅能构建低阻抗电流通路、提供零电位参考, 还能泄放泄漏电流与静电积累。然而, 干扰信号会通过接地系统传播, 影响系统稳定性。深入研究抗干扰接地设计, 对提升电子信息通信工程质量与可靠性具有重要意义。

1 接地设计与电子信息通信工程抗干扰的关联

1.1 接地在电子信息通信系统中的基础作用

接地设计是电子信息通信系统正常运行的核心支撑技术, 其核心价值在于构建低阻抗电流通路, 为系统各类信号传输提供统一稳定的零电位参考基准。合理的接地设计可有效泄放设备运行中产生的泄漏电流、静电积累及电磁感应电荷, 规避电位差引发的信号失真, 同时实现人身安全防护与设备功能完整性保障^[1]。对于高频通信系统, 接地阻抗需控制在 1Ω 以下, 才能满足信号传输的纯净性要求; 低频系统接地阻抗可放宽至 4Ω 以内, 但需避免超过 10Ω , 否则会大幅降低干扰泄放能力。接地技术已从传统防雷、安全防护延伸至电磁兼容性优化与信号完整性保障, 通过规范的接地拓扑布局, 可抑制系统内部噪声耦合, 为高速信号传输提供纯净的参考环境。

1.2 干扰信号通过接地系统的传播路径

干扰信号可通过接地系统形成多种传播路径, 其传播形式主要分为传导耦合与辐射耦合两类。传导耦合路径中, 干扰信号借助接地干线的寄生电感与电阻, 在不同设备接地节点间形成电位差, 进而通过地环路实现干扰能量传递, 此类传播多发生于低频电路与电源回路。辐射耦合路径则源于接地系统屏蔽效能不足, 外部高频电磁辐射可穿透屏蔽层, 在接地导体上感应出干扰电流, 再通过接地网络扩散至整个通信系统。此外, 接地不良导致的地弹现象, 会使接地参考电位出现瞬时波

动, 形成的干扰信号可通过信号回路路径侵入敏感电路, 破坏信号传输的稳定性。

1.3 接地设计对通信系统稳定性的影响

接地设计的合理性直接决定电子信息通信系统的运行稳定性, 不规范的接地设计会成为干扰引入的主要渠道。接地拓扑选择不当、接地电阻超标或接地节点搭接不良, 会导致干扰信号无法有效泄放, 进而引发信号误码、时钟抖动及链路断连等问题。合理的接地设计通过优化接地阻抗、划分功能接地区域、实现等电位连接, 可有效阻断干扰信号传播路径, 抑制共模噪声与串扰影响。优质的接地设计还能提升系统防雷击浪涌能力, 延缓接地部件腐蚀老化, 降低系统故障发生率, 为电子信息通信系统长期稳定运行提供可靠保障。

2 电子信息通信工程中干扰的主要类型及接地相关诱因

2.1 电磁干扰的接地相关产生机制

电磁干扰的产生与接地系统设计缺陷存在直接关联, 其核心机制源于接地回路的阻抗不平衡与屏蔽失效。接地导体自身存在的寄生电感和分布电容, 会在信号传输过程中形成非理想接地通路, 当高频信号流经接地干线时, 会产生阻抗压降, 进而形成干扰电场与磁场。接地系统的屏蔽结构设计不合理, 会导致外部电磁辐射穿透屏蔽层, 在接地导体上感应出干扰电流, 这些电流通过接地网络扩散至系统各个敏感节点, 引发信号传输畸变。接地节点的搭接质量不足, 会形成接触电阻, 该电阻在电流作用下产生电位波动, 进一步加剧电磁干扰的传播与扩散, 破坏系统电磁兼容性。

2.2 静电干扰的接地传导特性

静电干扰的传导依赖接地系统的电荷泄放能力, 其传导特性由接地路径的阻抗参数与拓扑结构决定^[2]。电子信息通信设备运行过程中, 绝缘材料摩擦、电磁感应

等会产生静电积累,若接地系统无法提供低阻抗泄放通路,静电电荷会在设备表面聚集,形成静电电位差。当静电电位达到一定阈值时,会通过接地导体形成静电放电,放电过程中产生的瞬时脉冲电流,会沿着接地网络传导至敏感电路,干扰信号的正常传输。接地系统的泄放速度与接地电阻密切相关,电阻值过高会延长静电泄放时间,导致静电电荷持续积累,增加静电干扰的发生概率与影响范围。

2.3 地电位差引发的干扰类型

地电位差是引发电子信息通信系统干扰的重要因素,其干扰类型主要基于接地系统的电位分布差异形成。不同接地节点之间因距离、导体阻抗、电流分布不同,会形成不同的电位水平,这种电位差会在接地回路中产生干扰电流。当干扰电流流经信号传输回路时,会与有用信号叠加,导致信号幅度失真、相位偏移,影响通信质量。地电位差引发的干扰可分为直流电位差干扰与交流电位差干扰,直流电位差源于接地系统的极化现象与泄漏电流,交流电位差则由供电系统谐波、外部电磁感应等因素导致,两类干扰均会通过接地网络侵入系统核心电路。

2.4 接地回路干扰的形成逻辑

接地回路干扰的形成逻辑围绕接地系统的回路结构与电流分布展开,本质是接地回路中存在的干扰电流引发的信号干扰。当多个设备共用同一接地干线时,不同设备的工作电流会在接地导体上产生压降,形成相互干扰的回路。接地回路的布线不合理,会导致回路面积过大,外部电磁辐射会在回路中感应出干扰电动势,产生干扰电流。接地系统中存在的杂散电流,会与接地回路中的有用信号电流叠加,改变回路中的电流分布,破坏信号传输的稳定性。此外,接地导体的材质选择不当导致的阻抗不稳定,会进一步加剧接地回路干扰的强度,影响系统正常运行。

3 抗干扰接地设计的核心原则

3.1 单点接地与多点接地的设计原则

单点接地与多点接地的设计,需结合系统信号频率特性与拓扑结构合理选择。这一原则是抗干扰接地设计的基础。低频信号系统优先采用单点接地模式,通过将所有接地节点汇聚至同一接地点,消除不同节点间的电位差,阻断地环路干扰路径。对于频率低于1MHz的信号系统,单点接地能有效减少干扰。高频信号系统则适合采用多点接地模式,利用短距离接地路径降低接地导体的寄生电感与分布电容,减少高频信号传输过程中的阻抗压降与信号反射。对于频率高于10MHz的信号系统,

多点接地可提高信号传输质量。设计过程中需兼顾信号传输效率与抗干扰需求,避免低频系统采用多点接地导致的地环路干扰,防止高频系统采用单点接地引发的信号失真,实现接地模式与系统工作特性的精准匹配。

3.2 接地系统与信号系统的隔离原则

接地系统与信号系统的隔离原则,是阻断接地回路干扰向信号系统的传导。其目的在于保障信号传输的纯净性。设计时需划分独立的接地区域与信号区域,避免接地导体与信号线缆近距离平行敷设,减少两者间的电磁耦合干扰。通过设置隔离屏障与滤波装置,抑制接地系统中的干扰信号通过电容耦合、电感耦合等方式侵入信号回路^[3]。同时需优化接地系统与信号系统的布线布局,使接地电流路径与信号传输路径相互分离,降低接地电位波动对信号传输的影响。确保接地系统的工作不会干扰信号系统的正常运行,实现两类系统的独立稳定工作。

3.3 接地导体的选型与布置原则

接地导体的选型与布置,直接影响接地系统的抗干扰性能与稳定性。设计需遵循适配性与合理性原则。导体选型需结合系统电流容量、工作频率及环境条件,优先选用导电性能优良、阻抗稳定的材质,降低导体自身的寄生参数对干扰抑制的影响。布置过程中需尽量缩短接地路径长度,减少接地导体的弯曲与拐角,降低回路阻抗与信号反射。接地导体的截面面积需根据电流负载合理确定,避免因截面不足导致的阻抗压降过大。同时需保证导体连接的可靠性,减少接触阻抗引发的电位波动,通过科学的选型与布置构建低阻抗、高稳定性的接地通路。

3.4 接地电阻的控制原则

接地电阻的控制,是保障接地系统抗干扰能力与安全性能的关键原则。需根据系统工作要求与干扰抑制需求,设定合理的电阻阈值。接地电阻值需控制在规定范围之内,通过优化接地体结构、增加接地体埋深、改良接地土壤环境等方式,降低接地电阻,提升接地系统的电荷泄放能力与干扰抑制效果。设计过程中需考虑土壤电阻率、环境湿度等因素对电阻值的影响,定期对接地电阻进行检测与调整。避免因电阻值超标导致干扰信号无法有效泄放,防止地电位差过大引发的系统干扰与设备故障,为接地系统的抗干扰性能提供稳定保障。

4 电子信息通信工程抗干扰接地设计的关键技术

4.1 信号接地设计技术

信号接地是电子信息通信系统维持电位基准稳定的重要手段,能够为传输链路构建平稳的电位参照体系。

通信系统内部包含不同属性的信号类别,各类信号对电位环境的适配标准存在差异,设计环节需要对不同信号链路做接地层面的分区处理。微弱模拟信号对外部噪声感应程度较高,接地布局需要弱化线路自身阻抗带来的电位波动,依托规整的接地架构减少杂散电流对信号传输的浸染^[4]。高速数字信号频谱覆盖范围更广,接地布局侧重缩减电流回流路径的空间跨度,弱化高频频段下寄生参数引发的信号畸变。合理划分信号接地的区域边界,保持各信号单元接地路径相互独立,能够规避不同信号频段之间的噪声串扰,维系通信链路内部信号传输的纯净状态。

4.2 电源接地设计技术

电源接地承担着通信设备供电回路电流疏导与电位平衡的职能,供电网络的接地布局状态直接关联设备运行的稳定程度。供电线路运行过程中会产生动态电流波动,不合理的接地布局容易引发线路间的电性耦合,衍生出多余的电性扰动传导至通信模块。电源接地设计需要把控导体材质与布设形态,降低供电回路自身的阻抗数值,让供电电流拥有顺畅的流通通道。区分系统内部供电层级的接地归属,让强弱供电回路形成各自独立的接地链路,阻断供电侧扰动向信号传输侧扩散的通道,依托规范的接地架构稳固供电网络的电性环境,为通信设备持续运转提供可靠的电性基础。

4.3 屏蔽接地设计技术

屏蔽接地依托金属屏蔽结构与接地体系的结合,阻隔外部电磁环境对通信线路及设备内部电路的渗透影响。外界空间分布的交变电场与磁场容易穿透线路绝缘结构,耦合生成干扰电性信号,破坏数据传输的完整程度。屏蔽结构与接地体系形成连通状态后,外界感应产生的干扰电荷可以顺着接地路径实现疏导消散,削弱电磁能量在通信载体表面的聚集效应。依据通信线路工作频段调整屏蔽结构的接地布设方式,适配不同电磁环境下的隔离需求,保持屏蔽结构与接地节点之间的电气连通质量,强化整体空间范围内的电磁隔离能力。

4.4 防雷接地与抗干扰的协同设计技术

雷电活动产生的瞬时高压与感应电磁能量会对通信工程设施形成冲击,防雷接地不仅承担瞬时大电流疏导的作用,还可以和整体抗干扰体系形成适配联动。自然

雷电衍生的电磁辐射会大范围扩散,容易在通信线路上感应出异常电位,扰乱正常信号传输秩序。防雷接地架构可以构建完整的能量泄放通路,将雷电相关能量有序导入地下空间,控制异常电位的扩散范围。统筹防雷接地节点与系统常规接地布局的排布关系,弱化不同接地单元之间的电性相互作用,避免雷电能量疏导过程中衍生出新的干扰源头,实现防护功能与抗干扰功能的相互适配。

4.5 接地系统的布线设计技术

接地系统布线是落实各类接地设计思路的实际载体,布线走向长度间距等要素都会改变接地回路的阻抗特性与电磁耦合状态。布线排布过程中规避多余弯折与冗余延展,控制单条接地线路的整体长度,减少线路分布参数积累带来的电性偏差。规整多组接地线路的排布间距,减少平行走线带来的磁场互感作用,弱化线路之间的电性交叉影响^[5]。贴合通信设备内部结构与机房空间布局规划布线路径,让接地布线与信号线路供电线路保持合理空间距离,从物理布局层面降低干扰耦合的发生概率,保障整套接地系统功能的完整发挥。

结束语

电子信息通信工程抗干扰接地设计,是保障系统稳定运行的关键环节。通过遵循核心原则,运用信号、电源、屏蔽等关键技术,可有效抑制干扰信号传播,减少地电位差与接地回路干扰,提升系统抗干扰能力与信号传输质量。在实际工程中,需根据系统特点与需求,科学合理地进行接地设计,确保电子信息通信系统在复杂电磁环境中稳定可靠运行。

参考文献

- [1]于鹏.电子信息通信工程的抗干扰接地设计[J].消费电子,2026(7):104-106.
- [2]李渝博.电子信息通信工程的抗干扰接地设计研究[J].科技资讯,2025,23(15):25-27.
- [3]张艳.电子信息通信工程的抗干扰接地设计[J].信息记录材料,2023,24(6):185-187.
- [4]魏大鹏.电子信息通信工程的抗干扰接地设计[J].电脑校园,2024(8):265-267.
- [5]高艳.电子信息通信工程的抗干扰接地设计[J].IT经理世界,2024(8):134-136.