

城市轨道交通信号系统雷电防护探讨

吴 阳 赵祝樑

上海电气泰雷兹交通自动化系统有限公司 上海 201206

摘 要: 在城市轨道交通快速发展和扩张的背景下, 对其安全性和可靠性的要求也越来越高。作为城市交通网络的重要组成部分, 轨道交通信号系统的正常运行对保障乘客的安全和运行效率至关重要。然而, 雷电是一种常见的自然灾害, 不仅给轨道交通信号系统带来了潜在的安全隐患, 也对城市交通运行产生了严重的影响。城市轨道交通信号系统的雷电防护问题成为亟待解决的挑战。本文将探讨城市轨道交通信号系统雷电防护的重要性, 旨在提高轨道交通系统的防雷能力, 确保乘客出行安全和城市交通正常运行。

关键词: 城市轨道交通; 信号系统; 雷电防护

Discussion on lightning protection in urban rail transit signal system

Wu Yang, Zhao Zhuliang

Shanghai Electric Terrez Traffic Automation System Co., LTD, Shanghai 201206

Abstract: Under the background of the rapid development and expansion of urban rail transit, the requirements for its safety and reliability are also getting higher and higher. As an important part of the urban transportation network, the normal operation of the rail transit signal system is crucial to ensure the safety and operation efficiency of passengers. However, lightning is a common natural disaster, which not only brings potential safety risks to the rail transit signal system, but also has a serious impact on the urban traffic operation. The lightning protection problem of urban rail transit signal system has become an urgent challenge to be solved. This paper will discuss the importance of lightning protection in urban rail transit signal system, aiming to improve the lightning protection capability of rail transit system and ensure the safety of passengers and the normal operation of urban traffic.

Key words: urban rail; Signal system; Lightning protection

城市轨道交通信号系统作为交通网络的核心控制系统, 负责监控和调度列车运行, 保障乘客的安全和运输的顺畅, 通过信号、通信和控制设备实现列车的精确控制和运行安全。一旦信号系统发生故障, 不仅会导致列车延误和乘客的不便, 还可能引发事故, 对人员和财产造成巨大的损失。当雷电击中信号设备或导线时, 可能导致设备损坏、信号干扰、电力供应中断等问题, 严重影响信号系统的正常运行。因此, 对城市轨道交通信号系统进行雷电防护具有重要的意义。

1 城市轨道交通信号系统雷电防护的重要性

城市轨道交通作为现代城市交通系统的重要组成部分, 承担着大量人员运输任务, 为了确保列车安全、准时和高效运行, 城市轨道交通信号系统起着关键的作用。雷电防护具有如下几项作用: (1) 保障乘客的出行安全。雷电击中信号设备或导线可能导致信号干扰、电力供应中断和设备损坏, 进而导致信号系统的故障, 一旦信号系统故障, 列车可

能无法正常运行, 乘客将面临延误、拥堵和乘坐不安全的列车的风险。通过有效的雷电防护措施, 可以降低雷电引发的信号故障风险, 提高信号系统的可靠性和稳定性, 从而保障乘客的出行安全。(2) 提高交通运输效率。城市轨道交通作为人员运输的重要方式, 其运行效率直接影响城市交通的畅通和人员流动, 雷电引发的信号系统故障会导致列车延误、运行间隔不规律等问题, 进而影响交通运输的效率。有效的雷电防护措施能够减少雷电引发的信号故障次数和持续时间, 确保信号系统的稳定运行, 提高列车的准点率和运行效率, 缩短乘客的出行时间, 改善交通运输的整体效能^[1]。

(3) 减少运营成本和损失。雷电引发的信号系统故障不仅给城市轨道交通运营带来不便, 还会造成巨大的经济损失, 维修信号设备和恢复信号系统的正常运行需要投入大量人力、物力和财力资源; 由于列车延误和不规律运行, 可能导致运营收入的减少和乘客流失。通过加强雷电防护, 可以降低雷电引发的信号故障发生率, 减少维修成本和运营损失,



提高轨道交通运营的经济效益。(4) 保护信号设备和基础设施的寿命。城市轨道交通信号系统的设备和基础设施是昂贵的资产, 长期以来的投资和建设, 雷电引发的信号故障可能导致设备损坏、焚烧和损失, 通过实施雷电防护措施, 可以降低信号设备受雷电击中的风险, 延长设备的使用寿命, 减少维修和更换设备的频率, 节约资源和资金, 保护轨道交通信号设备和基础设施的投资价值。

2 城市轨道交通信号系统受雷电侵袭的主要方式

2.1 雷电侵袭主要方式

直击雷是最常见的雷电侵袭方式之一, 当雷电云与地面之间存在巨大电位差时, 会形成电场, 如果城市轨道交通信号系统中的设备和线路处于该电场的影响范围内, 就有可能受到雷电直击的影响。直击雷会带来高电压和大电流, 可能导致信号系统设备的瞬时损坏甚至永久损坏, 对系统的可靠性和稳定性造成严重影响。

感应雷是另一种常见的雷电侵袭方式, 当雷电云与地面之间发生放电时, 会产生强大的电磁场, 电磁场会引起城市轨道交通信号系统中的电缆和导线中的感应电流, 感应电流可能导致设备和线路发生电压过高或电流过大的现象, 从而造成设备损坏或线路故障^[2]。

电磁脉冲是雷电侵袭中的一种特殊形式。当雷电云与地面之间发生放电时, 会释放出宽频带的电磁辐射, 形成电磁脉冲。电磁脉冲具有高峰值电场和高峰值磁场的特点, 可以引起城市轨道交通信号系统中的电子设备的瞬时过电压, 导致设备故障或损坏。

2.2 侵袭特点

首先, 雷电侵袭的主要特点为带来高电压和大电流, 当雷电云与地面之间存在巨大电位差时, 会形成强大的电场和电流, 高电压和大电流对信号系统的设备和线路造成严重威胁, 可能导致瞬时损坏甚至永久损坏, 所以城市轨道交通信号系统必须能够承受和抵御这些高电压和大电流的冲击。其次, 雷电放电会产生强大的电磁场, 而这个电磁场的变化速度较快, 快速变化的电磁场可以引起城市轨道交通信号系统中的感应电流和感应电压, 电磁场的快速变化特性使得雷电侵袭的影响更加剧烈和瞬时, 对设备和线路的影响往往是瞬态的。第三, 雷电放电产生的电磁辐射为宽频带, 包含了很宽的频率范围, 宽频带的辐射能够引起城市轨道交通信号系统中各种频率的设备受到影响, 不同频率的设备对雷电侵袭的响应不同, 所以需要根据设备的频率特性采取相应的防护措施。最后, 雷电侵袭的另一个特点是其不可预测性, 虽然可以通过气象监测和预警系统来预测雷电活动的发生, 但具体的雷电击中点和被击中设备的情况很难精确预测, 所以雷电具有突发性和随机性。

3 城市轨道交通信号系统雷电防护的有效措施

3.1 依据要求设置接闪装置

接闪装置是一种专门用于防护雷电侵袭的设备, 能够吸

收和分散雷电能量, 从而保护信号系统设备和线路的安全, 接闪装置的主要作用是在雷电击中时迅速引导雷电电流进入地下, 减少雷电对设备和线路的影响。为了确保接闪装置的有效性, 在安装时接闪装置应安装在离信号系统设备和线路最近的位置, 以最大限度地减少雷电电流的传导路径, 合适的安装位置应考虑雷电侵袭的可能性和信号系统的布局; 不同的信号系统设备和线路具有不同的特点和敏感性, 在设置接闪装置时, 需要考虑到设备和线路的电压等级、容量、频率响应等因素, 并确保接闪装置的参数和特性与其匹配; 接闪装置的有效性与接地系统的良好运行密切相关, 接闪装置应与良好的接地系统相连接, 以便将雷电电流有效引入地下, 接地系统的设计和建设应符合相关的标准和规范; 接闪装置需要定期检查和维修, 以确保其正常运行和有效性。定期检查包括检查接闪装置的连接状态、导电性能和外部环境的影响, 必要时进行清洁和更换。此外, 需要选择符合国家和行业标准的接闪装置, 确保其质量和可靠性, 选择信誉良好、经验丰富的专业厂家生产的接闪装置, 并根据信号系统的需求和特点, 选择适当容量和适用范围的接闪装置。确保装置能够应对各种雷电侵袭情况。

3.2 完善接地系统设计

接地系统是城市轨道交通信号系统雷电防护的关键组成部分, 能够将雷电电流有效地引入地下, 保护信号系统设备和线路免受雷电侵袭的影响。首先, 在设计接地系统时, 需要合理确定接地装置的位置, 应考虑到信号系统设备和线路的布局特点以及雷电侵袭的可能性, 选择离设备和线路最近的位置进行接地装置的布置; 信号系统中的各个设备和线路都应配备独立的接地装置, 保证每个设备都能够获得有效的接地保护, 根据信号系统的规模和布局, 合理增加接地装置的数量; 根据信号系统的需求和特点, 选择合适的接地装置类型, 常见的接地装置包括接地极、接地网和接地带等, 按照具体情况, 选择适当的接地装置类型。其次, 接地装置的导电性能直接影响到雷电电流的传导效果, 所以在设计接地系统时, 需要选择导电性能良好的接地材料, 比如铜、铝等; 接地装置与信号系统设备和线路之间的连接应牢固可靠, 采用专业的连接技术和设备, 确保接地装置与设备之间的低阻连接, 提高导电性能; 接地装置的良好状态对于雷电防护至关重要, 需要定期检查和维修接地装置, 保持其表面清洁, 避免腐蚀和积尘影响导电性能。最后, 需要建立定期的接地系统检测机制, 对接地装置的导电性能进行测试和评估, 发现问题及时修复, 确保接地系统的正常运行; 接地装置在使用过程中可能会积聚杂物和灰尘, 影响导电性能; 定期清洁接地装置, 保持其表面的清洁和光滑; 建立完善的接地系统维护档案, 记录接地系统的设计、施工、检测和维护情况。便于日后的维护管理和问题追溯^[3]。

3.3 安装防雷器

在进行防雷器的安装前, 首先需要选择适合的防雷器

类型,常见的防雷器类型包括避雷针、避雷带和避雷线等。根据信号系统的特点和要求,选择具有良好防雷性能的防雷器。根据信号系统的设备布局和线路走向,确定防雷器的布置区域,通常防雷器应安装在设备和线路附近,从而提供最佳的防雷保护;根据雷电的工作原理,合理确定防雷器的高度和与设备的距离,通常情况下,防雷器的高度应高于附近设备的高度,并且距离设备足够近,确保有效的防护;在进行防雷器安装前,需进行必要的准备工作,包括检查防雷器的完整性和性能,确保其符合规定的标准和要求;根据预先确定的安装位置,在设备和线路附近的合适位置,进行防雷器的固定安装,采用专业的安装工具和方法,确保防雷器牢固可靠。

3.4 安装雷电电磁脉冲屏蔽设备

雷电电磁脉冲是雷击过程中产生的强电磁场,可以对信号系统设备和线路造成严重的干扰甚至损坏,所以需要安装雷电电磁脉冲屏蔽设备。在选择雷电电磁脉冲屏蔽设备时,需要考虑信号系统的特点和要求,一般雷电电磁脉冲屏蔽设备包括屏蔽罩、屏蔽室和屏蔽线等,根据信号系统的具体情况,选择适合的雷电电磁脉冲屏蔽设备。在布置雷电电磁脉冲屏蔽设备时,要确保设备之间的连续性,通过合理的连接方式和导电材料,保持设备间的良好连续性,避免雷电电磁脉冲绕过屏蔽设备进入系统;根据雷电电磁脉冲屏蔽的原理,合理选择屏蔽设备的尺寸和材质,尺寸应能够覆盖需要保护的设备和线路,材质应具备良好的屏蔽特性。

3.5 等电位联结措施

等电位联结是一种通过将各个设备和线路连接在相同电位上的措施,以实现雷电电流的分散和防护,能有效减少设

备之间的电压差,降低雷电引发的电气冲击和干扰,保护信号系统的安全运行。对于每个设备和线路,确保其与等电位联结系统之间的良好连接,采用专业的连接技术和设备,确保连接的可靠性和导电性能,减小电阻和阻抗。号系统中的设备通常分为不同的功能区域,比如控制室、信号设备区和供电设备区等,在进行等电位联结时,要根据不同区域的特点进行合理的划分和连接,确保每个区域内设备之间的等电位联结。在进行等电位联结时,需要选择合适的导体材料,优质的导体材料具有良好的导电性能和耐腐蚀性能;在等电位联结系统中,导体的布置较为关键,导体应紧密贴近设备和线路,并保持足够的接触面积,采取合理的导体走向和布置方式,确保信号系统内各个设备合格。

结束语

综上所述,城市轨道交通信号系统雷电防护的重要性不容忽视,通过加强雷电防护,可以保障乘客的出行安全,提高交通运输效率,降低运营成本和损失,保护信号设备和基础设施的寿命。政府和相关部门应加大对雷电防护技术和设备的投入,制定相关标准和规范,加强对轨道交通信号系统的雷电防护工作的监管和管理,确保城市轨道交通系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1]唐扬波.城市轨道交通信号系统雷电防护研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(02):160-163.
- [2]王春军.城市轨道交通信号系统安全防护体系建设研究[J].中国新通信,2022,24(10):107-109.
- [3]陈鑫鑫.城市轨道交通信号系统安全防护体系建设方案[J].自动化博览,2021,38(01):42-46.

