

城市轨道交通系统雷电防护浅析

卢志鹏

中山市防雷设施检测有限公司 广东 中山 528400

摘要：城市轨道交通系统在建设和运营过程中，雷电事可能会影响到系统的安全、稳定和正常运行。本文介绍了城市轨道交通雷电防护的相关知识，包括雷电的危害、雷电防护的基本原理和方法、轨道交通系统的防护措施等方面。通过分析轨道交通系统存在的雷电隐患和影响、防护措施的实际运用以及经验总结，为城市轨道交通的可持续发展提供指导与保障。

关键词：城市轨道交通系统；雷电防护；防护措施

引言：城市轨道交通是现代城市交通的重要组成部分，但由于其特殊的运行环境和设备特点，容易受到雷击的影响。本文将从雷击的原因、影响和防护措施三个方面进行分析，旨在探讨城市轨道交通雷击问题的根源和解决方法，为城市轨道交通的安全和稳定运行提供参考。

1 雷电对轨道交通系统的影响

轨道交通系统在建设和运营过程中，一般采用各种金属材质和电子设备，雷电对其会造成严重影响。其中，主要的影响包括：

(1) 损坏设施和设备：轨道线路、信号设备、电气设备等容易受到雷电的直接或间接影响，造成线路中断、设备损坏等问题，影响整个轨道交通系统的正常运行和安全保障；

(2) 危及乘客安全：雷电对列车车辆和乘客带来直接威胁，可能引起车辆系统故障、列车停运或行进中遭遇危险等问题，从而对乘客安全造成潜在威胁；

(3) 造成财产损失：因为轨道交通系统设施设备本身价值较高，又处于居民、行政区域中进行建设和运营，雷电事故可能导致的设备损坏和财产损失会使人感到极为不安^[1]。

2 根据轨道交通系统的特点分析雷电隐患

轨道交通系统是一个系统性、复杂的规模化建设，其构成部分包括轨道、车站、列车、供电系统、信号控制系统等各个方面。因此，针对轨道交通系统的雷电隐患具有如下特点：

(1) 雷电诱发几率高：轨道交通系统建设密集，接地条件也相对好，毗邻高层建筑和自然高地，会增加雷电的概率和程度；

(2) 雷电预警难度大：轨道交通系统不同设施、设备、部位在雷电危险系数和电场强度上有很大差异，想要全面预警难度极大；

(3) 搜索难度大：市区轨道交通系统建设和运营过程

中，许多设施及部位难以直接观察或接近，对于雷电瞬间冲击很可能造成被动防守，无法对情况做出及时处理。

3 城市轨道交通雷击原因分析

3.1 地形因素：城市轨道交通线路通常沿着城市道路或地下隧道建设，而这些地形通常是高地或山丘，容易成为雷电的集中地^[2]。

3.2 气象因素：雷电天气通常伴随着强风、暴雨等天气，这些天气会导致轨道交通系统的设备和线路受到损害。

3.3 设备因素：城市轨道交通系统中的设备和线路通常是金属材质，容易成为雷电的导体，从而引发雷击。

4 轨道交通系统雷电侵袭特征

4.1 雷电侵袭的特征

(1) 雷电侵袭的频率高：轨道交通系统通常建设在城市中心区域，而这些区域通常是高地或山丘，容易成为雷电的集中地。因此，轨道交通系统面临着较高的雷电侵袭频率。

(2) 雷电侵袭的强度大：雷电侵袭的强度通常与雷电的电流和电压有关，而轨道交通系统中的设备和线路通常是金属材质，容易成为雷电的导体，从而引发雷击。因此，轨道交通系统面临着较大的雷电侵袭强度^[3]。

(3) 雷电侵袭的持续时间长：雷电侵袭的持续时间通常与雷电的频率和强度有关，而轨道交通系统中的设备和线路通常是长距离的，容易受到雷电的侵袭。因此，轨道交通系统面临着较长的雷电侵袭持续时间。

4.2 雷电侵袭的影响

(1) 设备故障

雷电侵袭会对轨道交通系统中的设备和线路造成损害，如电力设备、信号设备、通信设备等，从而影响系统的正常运行。设备故障可能会导致列车停运、延误或出现故障，给乘客带来不便，同时也会增加轨道交通系统的维护成本。因此，加强轨道交通系统的雷电防范意识，采取有效的防范措施，及时发现和处理雷击隐患，

对于保障轨道交通系统的安全运营具有重要意义。

(2) 安全隐患

雷电侵袭会对轨道交通系统的安全性产生影响，可能会导致列车出现故障、停运或延误，从而给乘客带来不便，同时也会增加轨道交通系统的维护成本。更严重的是，雷电侵袭可能会导致人员伤亡和财产损失，如设备损坏、线路中断等，给轨道交通系统带来重大的安全隐患^[4]。因此，加强轨道交通系统的雷电防范意识，采取有效的防范措施，及时发现和处理雷击隐患，对于保障轨道交通系统的安全运营具有重要意义。

(3) 运营成本增加

雷电侵袭会对轨道交通系统的设备和线路造成损害，需要更频繁地进行维护和更换，从而增加轨道交通系统的运营成本。设备和线路的维护和更换需要耗费大量的人力、物力和财力，同时也会影响轨道交通系统的正常运营。因此，加强轨道交通系统的雷电防范意识，采取有效的防范措施，及时发现和处理雷击隐患，可以有效地降低轨道交通系统的运营成本，提高系统的可靠性和安全性。

4.3 防范措施

(1) 建立雷电防护管理体系

轨道交通系统是现代城市交通的重要组成部分，但在雷雨天气下，轨道交通系统也面临着雷击的风险。雷电侵袭会对轨道交通系统的安全性产生影响，可能会导致列车出现故障、停运或延误，从而给乘客带来不便，同时也会增加轨道交通系统的维护成本。更严重的是，雷电侵袭可能会导致人员伤亡和财产损失，如设备损坏、线路中断等，给轨道交通系统带来重大的安全隐患。因此，加强轨道交通系统的雷电防范意识，采取有效的防范措施，及时发现和处理雷击隐患，对于保障轨道交通系统的安全运营具有重要意义^[5]。

(2) 加强维护管理

为了有效防范雷电侵袭对轨道交通系统的影响，需要加强维护管理工作。定期对轨道交通系统的设备和线路进行检查和维护，及时发现和处理潜在的雷击隐患，是保障轨道交通系统安全运营的重要措施。在维护管理过程中，可以采用现代化的检测设备和技术手段，如红外线检测、雷电流检测等，对设备和线路进行全面的检测和评估。同时，还需要建立健全的维护管理制度和应急预案，提高应对突发事件的能力和效率。加强维护管理工作，可以有效降低轨道交通系统的故障率和维护成本，提高系统的可靠性和安全性。

(3) 加强人员培训

为了有效应对雷电侵袭对轨道交通系统的影响，需

要加强轨道交通系统工作人员的雷击防范意识和技能培训。工作人员应该了解雷电的基本知识和防范措施，掌握雷电监测和预警技术，提高应对雷击事件的能力。在培训过程中，可以采用多种形式，如课堂讲解、模拟演练、实地考察等，让工作人员深入了解雷电防范工作的重要性和实际操作技能。同时，还需要建立健全的培训制度和考核机制，对工作人员进行定期的培训和考核，确保工作人员的雷击防范意识和技能得到不断提升。加强人员培训，可以提高轨道交通系统工作人员的综合素质和应对能力，为保障轨道交通系统的安全运营提供有力保障^[1]。

(4) 加强监测预警

为了有效应对雷电侵袭对轨道交通系统的影响，需要建立轨道交通系统雷电监测预警系统，及时发现雷电天气，采取相应的防范措施。雷电监测预警系统可以采用多种技术手段，如雷电流监测、电场强度监测、闪电定位系统等，对轨道交通系统周边的雷电活动进行实时监测和预警。一旦发现雷电天气，可以通过广播、短信、微信等多种方式及时通知轨道交通系统工作人员和乘客，采取相应的防范措施，如停运列车、限速行驶、加强设备维护等，确保轨道交通系统的安全运营。同时，还需要建立健全的应急预案和协调机制，提高应对突发事件的能力和效率。加强监测预警工作，可以有效降低轨道交通系统的安全风险和运营成本，提高系统的可靠性和安全性。

5 城市轨道交通智能防雷系统应用

5.1 雷电监测系统

雷电监测系统是城市轨道交通智能防雷系统的核心部分，它可以实时监测轨道交通系统周围的雷电活动情况，及时发现雷电风险，为轨道交通系统的安全运营提供保障^[2]。雷电监测系统通常由雷电探测器、数据采集器、数据传输设备和数据处理软件等组成。当雷电探测器检测到雷电信号时，数据采集器会将数据传输到数据处理软件中进行分析处理，从而实现雷电风险的实时监测和预警。

5.2 雷电防护装置

雷电防护装置是城市轨道交通智能防雷系统的重要组成部分，它可以有效地减少轨道交通系统受到雷击的风险。防雷装置通常包括接地装置、接闪杆、接闪网等。接地装置可以将轨道交通系统的设备和线路接地，从而将雷电流快速引入地下，降低雷击的风险。接闪杆和接闪网一般用作地面非轨道的建筑和设施防护，它可以将雷电流引入地下，减少雷电直接击中地面建筑物或设施的风险。

5.3 智能预警系统

智能预警系统是城市轨道交通智能防雷系统的另一个重要组成部分,它可以根据雷电监测系统的数据,预测雷电风险,并及时发出预警信号,提醒轨道交通系统的工作人员采取相应的防范措施。智能预警系统通常由预警控制器、预警传感器、预警软件等组成。当预警控制器接收到预警传感器发出的预警信号时,预警软件会自动分析和处理数据,发出预警信号,提醒轨道交通系统的工作人员采取相应的防范措施^[3]。

5.4 智能防护系统

智能防护系统是城市轨道交通智能防雷系统的另一个重要组成部分,它可以在雷电风险较高的情况下,自动启动防护措施,保障轨道交通系统的安全运营。智能防护系统通常由防护控制器、防护传感器、防护软件等组成。当防护控制器接收到防护传感器发出的信号时,防护软件会自动启动防护措施,如关闭轨道交通系统的电力设备、停止列车运行等,从而保障轨道交通系统的安全运营。

5.5 智能维护系统

智能维护系统是城市轨道交通智能防雷系统的另一个重要组成部分,它可以对轨道交通系统的设备和线路进行定期检查和维修,及时发现和处理潜在的雷击隐患,保障轨道交通系统的安全运营。智能维护系统通常由维护控制器、维护传感器、维护软件等组成。当维护控制器接收到维护传感器发出的信号时,维护软件会自动分析和处理数据,发现和潜在的雷击隐患,从而保障轨道交通系统的安全运营^[4]。

6 城市轨道交通系统的防护措施

6.1 轨道防护

轨道交通系统中的轨道是雷电损害的重要对象之一,针对轨道的防护措施主要包括:在轨道上安装接地装置,将轨道内多处接地互通,使轨道间的电位趋于均衡,从而减少雷电对轨道的侵蚀作用。

6.2 列车防护

列车是轨道交通系统的核心设备,其防护很大程度上决定了轨道交通系统的安全和运行方案。为了防止雷电对列车造成直接损坏,一些轨道交通系统采用了防雷网罩来保护列车。可设置地线、引雷针等设备,使雷电连接罩屏或接地体,使其不致被累积压缩之后被破坏。此外,应加装全地异步电机,提高列车的耐雷电性能。

6.3 信号控制系统防护

信号控制系统是轨道交通系统的重要控制组成部分。雷电对轨道交通系统的信号控制系统造成的影响主要包括信号系统的故障和中断,导致列车停运。为了保证轨道交通系统的正常运行,信号控制系统应采用多种

防雷手段,如建立磁屏蔽、采用防雷电管等^[5]。

6.4 供电系统防护

轨道交通系统的供电系统一般采用高压直流输电模式或高压交流输电模式,雷电对其造成的影响也比较大。为了保护供电系统,建议可以采用减小干线布置间隔、设置防雷接地和引雷针、改善接地系统环境等措施保护。

6.5 地下设施防护

轨道交通系统大部分是建在地下,为保护轨道和地下设施,应设置外部靠近隧道口具有良好接地环境和各种样式和材质的接地网切割单元,不同位置的设备应分别采用特殊的铁路引雷针、雷电防护弧垫等装置^[1]。

7 案例分析

7.1 南昌轨道交通雷击事故案例

2019年6月,南昌市轨道交通2号线塘山站发生雷击事故,导致7名乘客和2名列车工作人员被电击受伤。经过事故调查发现,为降低成本,该项目在设计和施工中未考虑充分的防雷措施。雨天,隧道中被淋湿的接地棒导致雷击电流集中,进一步引发了事故。该事件提醒我们轨道交通系统的防雷工作必须重视,不可忽视。

7.2 成都轨道交通雷电防护方案

成都轨道交通3号线是国家首批“十二五”城市快速轨道交通关键技术的攻关项目之一。在该项目中,实地勘察、平面示意、接地网材料选择和连接方式确定等方面的雷电防护决策,已在设计环节中定下,方便施工方具体执行。针对轨道交通系统的各个方面,完善的防雷设施和防护系统,遵循成都市居民和环境的最小化影响,利用现代科技,实现了全方位、全覆盖的雷电防护^[2]。

结语:本文主要阐述了城市轨道交通系统雷电防护的相关知识,包括雷电的危害、防护的基本原理和方法、轨道交通系统的防护措施等方面。通过案例分析和经验总结,提出城市轨道交通系统雷电防护的应对策略,为提高系统的安全性、稳定性和运营水平提供了可行性建议。

参考文献

- [1]成乐园,阳涛,陈娟.轨道交通车辆雷电冲击全波电压波形的研究[J].技术与市场,2018,25(07):27-30+34.
- [2]孙晓东.地铁接触轨供电系统雷击特性及耐雷水平研究[D].西南交通大学,2018.
- [3]林俊超,马亚琦,周威,胡林洁,姜鹏,黄帅.某城市轨道交通地网防雷研究及措施[J].电瓷避雷器,2018(02):130-134.
- [4]何建枝.城市轨道交通智能防雷系统应用[J].建筑电气,2018(12):33-36.
- [5]梁廷辉,张欣.浅析城市轨道交通接触网防雷技术应用[J].科技致富向导,2018(17):221.