

简析高速公路收费站机电系统的防雷设计

万 晴

陕西省交通规划设计研究院有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：随着智能交通的不断发展，高速公路收费站机电系统日益复杂，集成了监控、通信、收费等多种功能。然而，高速公路收费站多位于郊外空旷地带，易受雷电侵袭，对机电系统造成严重威胁。因此，科学合理的防雷设计对于保障收费站机电系统的安全稳定运行具有重要意义。本文将从防雷设计原理、防雷保护方案、设计依据及实施措施等方面，对高速公路收费站机电系统的防雷设计进行简要分析。

关键词：高速公路；收费站；机电系统；防雷设计

引言

高速公路收费站是高速公路的重要组成部分，承担着车辆收费、监控、通信等关键任务。然而，由于其独特的地理位置和环境条件，收费站机电系统极易遭受雷击。雷击不仅可能直接破坏建筑物和机电设备，还可能通过感应电流和电压对弱电设备造成损坏，导致收费站业务瘫痪，给财产和经济带来巨大损失。因此，研究高速公路收费站机电系统的防雷设计具有重要意义。

1 高速公路收费站机电系统防雷设计原理

1.1 直击雷防护原理

直击雷，作为一种自然界的强烈电气现象，其直接击中建筑物或设备时，会释放巨大的能量，造成严重的破坏。为了有效防护直击雷，通常采用接闪器、引下线和接地装置组成的防雷系统。接闪器，如避雷针、避雷带等，高耸于建筑物之上，能够优先吸引雷电，将其引导至预设的安全路径。引下线作为雷电电流的传导通道，将接闪器捕获的雷电电流安全、迅速地传递至接地装置。接地装置则深深埋入大地，通过其广泛的接触面积，将雷电电流最终泄放入大地，从而实现对接闪雷的有效防护，确保建筑物及内部设备的安全。

1.2 感应雷防护原理

感应雷，虽不直接击中目标，但其产生的电磁脉冲却能在附近的金属导体上感应出过电压，对设备造成潜在威胁。为了防范感应雷，需要在设备前端安装避雷器，即电涌保护器。这些避雷器具有优异的非线性特性，能够在雷电流来袭时迅速导通，将雷电流阻拦在设备之外，或将其安全地引导至接地系统^[1]。同时，对于因雷击而可能在内部设施上感应到的雷电流，避雷器也能提供有效的泄放路径，确保后接设备免受感应雷的损害。通过合理的避雷器配置和接地系统设计，可以有效地提高高速公路收费站机电系统的防雷能力。

2 高速公路收费站机电系统防雷保护方案

高速公路收费站机电系统的防雷保护方案需要综合考虑直击雷防护、感应雷防护以及等电位连接与接地系统等多个方面。通过合理的设计和布局，可以确保机电系统在雷电侵袭时能够安全稳定运行，为高速公路的畅通无阻提供有力保障。

2.1 直击雷防护

直击雷是雷电直接击中建筑物或设备所造成的破坏，其防护关键在于将雷电电流安全地引入地下。

2.1.1 接闪器设计

针对收费站建筑物的类别（一般为三类防雷建筑物），需要设计合适的接闪器来有效吸引并引导雷电。避雷针是接闪器的一种常见形式，其设计应合理布局，确保保护范围能够覆盖整个建筑物。具体来说，避雷针的高度、数量和位置应根据建筑物的尺寸、形状以及周边环境来确定，以达到最佳的防雷效果。除了避雷针，避雷带也是接闪器的重要组成部分。避雷带应沿建筑物屋顶四周铺设，形成有效的接闪网格，以进一步增强对接闪雷的防护能力。

2.1.2 引下线设计

引下线是将接闪器捕获的雷电电流安全传导至接地装置的关键通道。在设计中，可以利用建筑物钢筋混凝土柱内的两根直径为16毫米以上的主筋通长焊接作为引下线。引下线应沿建筑物四周均匀或对称布置，以确保雷电电流能够顺畅地传导至接地装置。同时，引下线的上端应与接闪装置牢固焊接，下端则应与建筑物条形基础或基础底板内的主钢筋焊接，以形成完整的雷电传导路径。

2.1.3 接地装置设计

接地装置是将雷电电流最终泄放入大地的关键部分。在设计中，可以利用建筑物基础内的钢筋网作为接

地体,这样不仅可以节省材料成本,还能提高接地效果。然而,当接地体的接地电阻值达不到相关防雷规范要求时,需要增加人工接地体,如垂直接地体或水平接地体,以确保接地电阻值满足要求^[2]。此外,接地装置的设计还应考虑土壤电阻率、接地体埋深以及接地体之间的间距等因素,以进一步优化接地效果。

2.2 感应雷防护

感应雷是由直击雷产生的电磁脉冲感应到附近的金属导体上而形成的过电压,对设备造成潜在威胁。因此,需要采取有效的感应雷防护措施来确保设备的安全。

2.2.1 电源系统防雷

电源系统是机电设备的重要组成部分,也是感应雷侵袭的主要途径之一。为了防范感应雷对电源系统的破坏,需要在机房总电源处并联安装三相电源防雷模块作为第一级防雷保护。该防雷模块能够吸收和分散雷电电流,降低其对电源系统的冲击。同时,在UPS电源进线处安装电源第二级防雷器,以进一步削弱雷电电流对UPS电源的侵害。对于机房内的重要设备,如主机、交换机等,还需要在其电源前端各串联安装一个电源防雷插座作为末级精细防雷保护。这样,即使雷电电流通过电源线路侵入设备,也能被防雷插座有效拦截和泄放,从而确保设备的安全运行。

2.2.2 信号系统防雷

信号系统也是感应雷侵袭的重要目标。为了防范感应雷对信号系统的破坏,需要在所有监控摄像头到控制中心的视频传输电缆两端安装视频信号防雷器。视频信号防雷器能够吸收和分散雷电电流在视频传输电缆上产生的过电压,保护摄像头和控制中心设备免受损害。同时,在计算机网络服务器至网络交换机间安装计算机网络信号防雷器,以防范感应雷对计算机网络系统的侵害。此外,在收费亭车道交换机网络信号进线端也需要串联安装网络信号避雷器,以确保车道交换机的正常运行。

2.3 等电位连接与接地系统

等电位连接和接地系统是防雷保护的重要组成部分,它们能够确保建筑物内所有金属构件和设备在雷电侵袭时保持相同的电位,从而避免电位差引起的放电和损害。

2.3.1 等电位连接

在等电位连接方面,需要在监控室防静电地板下面敷设等电位铜带,将各机房内的所有信号屏蔽线槽与等电位汇流排或等电位铜带连接。这样,当雷电侵袭时,所有信号屏蔽线槽都能保持相同的电位,避免电位差引起的放电现象。同时,还需要将监控机房设备的外壳与

等电位铜排相连接,以确保设备外壳在雷电侵袭时与大地保持等电位。此外,对于车道周边的金属设备,如收费亭、栏杆等,也需要采用镀锌扁钢进行等电位连接,以确保它们在雷电侵袭时能够共同分担雷电电流,降低对单一设备的冲击。

2.3.2 接地系统

在接地系统方面,需要确保所有接地装置可靠连接,形成统一的接地系统。这包括建筑物基础内的钢筋网接地体、人工接地体以及各设备的外壳接地等。接地系统的电阻值应满足相关防雷规范要求,以确保雷电电流能够顺畅地泄放入大地。在条件允许的情况下,还可以将各建筑地网连为一体,进一步提高接地效果^[3]。这样,不仅可以增强建筑物对直击雷的防护能力,还能降低感应雷对设备造成的潜在威胁。

3 设计依据

高速公路收费站机电系统防雷设计的主要依据源自国家相关标准与规范,其中尤为关键的是GB50174-2017《数据中心设计规范》。此规范深入细致地阐述了建筑物的防雷分类原则,根据建筑物的使用性质、重要性及雷电活动的频繁程度,科学合理地划分了防雷等级,并对应提出了详尽的防雷措施要求。它不仅指导了建筑物直击雷防护系统的设计,还涵盖了感应雷防护的相关内容,为收费站机电系统的全面防雷提供了坚实的理论基础。此外,GB50174-93《电子计算机机房设计规范》也是机房防雷设计不可或缺的重要依据,该规范从计算机机房的选址布局、环境温湿度控制、电气安全技术等多方面进行了全面规定,特别强调了机房防雷设施的设置要求,确保机房内电子设备在雷电环境下的安全稳定运行,为高速公路收费站机电系统的防雷设计提供了有力的技术支撑。

4 高速公路收费站机电系统防雷设计的实施措施

高速公路收费站机电系统防雷设计的实施措施需要全面、细致、严谨。通过现场勘查与评估、材料选择与采购、施工与安装以及检测与验收等环节的严格控制和管理,我们可以确保防雷工程的质量和效果,为高速公路的畅通无阻提供有力保障。

4.1 现场勘查与评估

在防雷设计正式开展之前,对高速公路收费站的现场进行全面的勘查与评估是至关重要的,这一步骤旨在为后续的防雷设计提供准确、详实的基础数据。现场勘查的内容包括但不限于收费站建筑物的结构、高度、使用性质,以及周边的地形、地貌等。通过勘查,可以了解建筑物是否处于雷电活动频繁的区域,以及周边是

否有高耸物体或开阔地带等可能影响雷电防护效果的因素。评估雷电活动规律是现场勘查的重要环节,这需要收集并分析历史雷电数据,了解该地区的雷电活动频率、强度及分布规律;同时,还需要评估土壤电阻率,因为土壤电阻率直接影响接地装置的效果,通过测量不同深度的土壤电阻率,可以选择合适的接地方式和材料,确保接地装置的可靠性和有效性^[4]。基于现场勘查和评估的结果,可以制定合理的防雷方案,方案应充分考虑建筑物的防雷分类、雷电活动规律、土壤电阻率等因素,确定接闪器、引下线、接地装置等防雷设施的类型、数量和布局;同时,方案还应包括施工过程中的质量控制措施和验收标准,确保防雷工程的质量和效果。

4.2 材料选择与采购

防雷设施的质量和可靠性直接关系到其防护效果,因此,在材料选择与采购环节,必须严格把关。对于接地材料,应选择具有良好导电性能和耐腐蚀能力的材料,如镀锌钢材、铜排等。这些材料不仅导电性能好,而且能够抵抗土壤中的腐蚀作用,确保接地装置的长期稳定运行。在采购过程中,应优先选择信誉良好、质量可靠的供应商。同时,还需要对采购的材料进行质量检查,确保其符合设计要求和相关标准。对于重要的防雷设施材料,如接闪器、避雷器等,还应进行抽样检测,以确保其性能和可靠性。

4.3 施工与安装

施工与安装是防雷设计的关键环节,直接关系到防雷设施的效果和安全性。在施工过程中,必须严格按照设计图纸和规范要求进行。对于接闪器、引下线、接地装置等防雷设施,应确保其正确连接和可靠接地。接闪器的安装位置、高度和数量应符合设计要求,能够有效吸引并引导雷电电流。引下线的布局 and 连接方式应合理,能够确保雷电电流顺畅地传导至接地装置。接地装置的埋设深度和接地电阻值应满足相关标准,确保雷电电流能够安全地泄放入大地。在安装过程中,还需要注意施工质量和工艺细节。例如,接地体的焊接应牢固可靠,焊缝应饱满、平滑,无夹渣、咬边等缺陷。接地线的连接应采用专用的接地夹或焊接方式,确保连接处的

接触电阻最小。同时,还需要对施工过程中的隐蔽工程进行记录和拍照,以便后续的验收和维护。

4.4 检测与验收

防雷工程施工完成后,需要进行全面的检测与验收工作,以确保各项防雷指标满足设计要求。检测工作主要包括接地电阻测试、避雷器性能测试等。接地电阻测试是评估接地装置效果的重要指标,应使用专业的接地电阻测试仪进行测量,并确保测量结果符合相关标准。避雷器性能测试则是评估避雷器防护能力的重要手段,应通过模拟雷电冲击试验来检验避雷器的响应时间和残压等性能参数。验收工作则是对整个防雷工程的质量和效果进行全面评估的过程。验收时应组织专业的验收小组,按照设计图纸和规范要求进行逐项检查。对于不符合要求的部分,应责令施工单位进行整改,直至符合要求为止。通过检测与验收工作,可以确保防雷工程的质量和效果,为高速公路收费站机电系统的安全稳定运行提供有力保障。同时,还可以为后续的维护和管理工作提供宝贵的经验和数据支持。

结语

高速公路收费站机电系统的防雷设计是一项系统工程,需要综合考虑直击雷防护、感应雷防护、等电位连接与接地系统等多个方面。通过科学合理的防雷设计,可以有效降低雷击对收费站机电系统的威胁,保障其安全稳定运行。未来,随着智能交通技术的不断发展,高速公路收费站机电系统的防雷设计也将面临新的挑战和机遇,需要不断探索和创新以适应新的需求。

参考文献

- [1]王秋棋.高速公路收费站防雷系统维护及防雷安全监测系统[J].设备管理与维修,2020,(24):87-88.
- [2]陈广辉.江西省高速公路取消省界收费站ETC门架系统供电防雷设计[J].中国交通信息化,2020,(01):125-128.
- [3]李小龙,杨保东,戴玉芝.高速公路收费站防雷技术探讨[J].内蒙古气象,2016,(05):50-53.
- [4]杨帆.高速公路收费站机电设备防雷方案[J].交通世界,2017,(36):164-165.