

电气化铁路牵引供电系统中防雷装置的安全运营管理

王智斌

内蒙古东乌铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 电气化铁路牵引供电系统中防雷装置的安全运营管理是确保铁路系统稳定运行的关键。本文深入探讨防雷装置在电气化铁路中的重要作用,分析防雷装置安全运营管理的关键要素,包括人员培训、责任落实、设备维护、雷电监测与预警等方面。通过综合运用这些管理手段,可以有效提升防雷装置的性能,降低雷电灾害对电气化铁路的影响,保障铁路系统的安全、可靠运行。

关键词: 电气化铁路; 牵引供电系统; 防雷装置; 安全运营

引言: 电气化铁路作为现代交通运输的重要组成部分,其牵引供电系统的安全稳定运行至关重要。防雷装置作为电气化铁路牵引供电系统的重要保护设备,其安全运营管理对于防范雷电灾害、保障铁路安全具有重要意义。本文旨在探讨防雷装置在电气化铁路牵引供电系统中的安全运营管理策略,以期为铁路系统的安全运行提供参考。

1 电气化铁路牵引供电系统的概述

电气化铁路牵引供电系统是供给电力机车牵引用电的供电系统,主要由牵引变电所和接触网组成。牵引变电所将发电厂经高压输电线送来的三相交流电转换成适合电力机车的电流与电压,然后送至接触网,再由接触网向机车供电。按向机车供电的电流制式,牵引供电系统可分为直流与交流两种。其中,中国采用50Hz 25kV工频单相交流制,随着交流网压提高及接触网构造简化,牵引变电所设置的间距已扩大至30~70km。电气化铁路牵引供电系统具有节能环保、经济效益高、运行稳定、适应性强等特点。它使用电能作为动力源,不需要燃烧化石燃料,因此具有零排放的优点,牵引供电系统采用了先进的控制技术和安全保护装置,可以确保列车在各种复杂条件下的稳定运行。随着技术的不断发展,电气化铁路牵引供电系统将持续受到技术创新的推动,为高速铁路的持续发展提供强有力的保障。

2 防雷装置在牵引供电系统中的应用及原理

2.1 防雷装置的种类

在牵引供电系统中,防雷装置是确保系统安全运行的重要组成部分。它们的主要目的是保护系统免受雷电的侵害,从而防止设备损坏和供电中断。防雷装置的种类繁多,每一种都有其特定的应用场景和优势。

2.1.1 避雷针

避雷针是一种传统的防雷装置,其原理是通过尖端

放电原理,将雷电引入地下,从而保护周围建筑物和设备免受雷击。在牵引供电系统中,避雷针通常安装在牵引变电所、接触网支柱等关键位置,以防止雷电直接击中系统设备。

2.1.2 避雷器

避雷器是一种能够限制雷电过电压的装置,通常并联安装在电力系统中。当雷电过电压发生时,避雷器能够迅速动作,将过电压限制在安全范围内,从而保护系统设备不受损坏^[1]。避雷器具有响应速度快、保护效果好等优点,是牵引供电系统中常用的防雷装置之一。

2.1.3 氧化锌避雷器

氧化锌避雷器是一种新型的避雷器,具有优异的非线性电阻特性和能量吸收能力。当系统出现过电压时,氧化锌避雷器能够迅速将过电压限制在安全范围内,同时吸收大量的能量,从而保护系统设备不受损坏。与传统避雷器相比,氧化锌避雷器具有更小的残压和更好的保护效果。

2.1.4 其他类型的避雷器

除了上述三种常见的防雷装置外,还有其他类型的避雷器,如金属氧化物避雷器、间隙避雷器等。这些避雷器各有特点,适用于不同的应用场景。例如,金属氧化物避雷器具有响应速度快、保护效果好、使用寿命长等优点;间隙避雷器则具有结构简单、维护方便等优点。

2.2 防雷装置的工作原理

防雷装置的工作原理主要基于电磁感应和能量释放的原理。当雷电发生时,会产生强大的电磁场和电流,这些能量会对系统设备造成损害。防雷装置通过其内部的金属导体和电阻器等元件,将雷电能量引入地下或消耗掉,从而保护系统设备不受损坏。具体来说,避雷针通过尖端放电原理将雷电引入地下;避雷器和氧化锌避雷器则通过内部的非线性电阻元件将过电压限制在安全

范围内；而其他类型的避雷器则根据其特定的工作原理来吸收和释放雷电能量。

3 防雷装置劣化的主要原因

3.1 受潮

受潮是防雷装置劣化的一个主要原因。当防雷装置长时间暴露在潮湿环境中时，其内部的金属导体、电阻器等元件可能会受到侵蚀和腐蚀，导致绝缘性能下降，电阻值升高，漏电流增大，甚至可能引发击穿电压降低等问题。这些问题会严重影响防雷装置的性能，使其无法有效发挥保护作用。例如，某电气化铁路牵引变电所的避雷器在安装初期表现良好，但随着时间的推移，由于该地区气候潮湿，避雷器逐渐受潮。在一次雷电天气中，该避雷器因受潮导致绝缘性能下降，未能有效吸收雷电能量，导致牵引变电所的部分设备受损。经过检查发现，避雷器的内部元件已经严重腐蚀，无法继续使用。这一案例充分说明了受潮对防雷装置性能的严重影响。避雷器的涂层和外套也容易受到潮湿环境的影响。如果涂层损坏或外套受到污染，水分和杂质可能会渗透到避雷器内部，进一步加剧其劣化过程。

3.2 老化

随着时间的推移，防雷装置内部的金属导体、电阻器等元件会逐渐老化，导致其性能下降。老化过程可能涉及材料的物理和化学变化，如材料变脆、氧化腐蚀等，这些变化会严重影响防雷装置的性能。以氧化锌避雷器为例，其内部的氧化锌电阻片会随着时间的推移而逐渐老化。老化后的电阻片导电性能会发生变化，导致击穿电压降低，漏电流增大。这不仅会影响氧化锌避雷器的保护效果，还可能引发设备故障或安全事故。某电气化铁路牵引供电系统中的氧化锌避雷器在使用多年后出现了性能下降的问题。经过检查发现，避雷器内部的氧化锌电阻片已经严重老化，无法继续承受过电压的冲击。为了解决这个问题，该电气化铁路公司不得不更换一批新的氧化锌避雷器。这一案例充分说明老化对防雷装置性能的严重影响。除氧化锌避雷器外，其他类型的防雷装置也可能因老化而劣化^[2]。

3.3 抗冲击能力差

当防雷装置遭受雷电冲击时，如果其内部的元件无法承受过电压的冲击，就可能导致设备损坏或失效。这通常与防雷装置的生产质量、设计缺陷或使用寿命等因素有关。例如，某电气化铁路牵引供电系统中的避雷器在遭受一次强雷电冲击后发生了故障。经过检查发现，该避雷器的内部元件因无法承受过电压的冲击而损坏。这一案例充分说明了抗冲击能力差对防雷装置性能的严

重影响。

4 防雷装置的安全运营管理

4.1 防雷装置的管理体系

防雷装置的安全运营管理是确保电气化铁路牵引供电系统稳定运行的重要环节。一个完善的管理体系对于防雷装置的性能维护、故障预防以及及时响应至关重要。防雷装置的安全运营管理涉及多个方面，包括日常巡检、定期检测、维护保养、故障处理以及应急响应等。首先，日常巡检是确保防雷装置正常运行的基础。巡检人员应定期对防雷装置进行外观检查，查看是否有损坏、锈蚀或异物附着等情况，并记录巡检结果。同时还需检查防雷装置的连接线和接地装置是否完好，以确保其电气连接的可靠性。其次，定期检测是评估防雷装置性能的重要手段，通过专业的检测设备和方法，可以对防雷装置的电阻值、击穿电压、漏电流等关键参数进行检测，从而判断其是否符合安全标准。检测过程中，应严格按照操作规程进行，确保检测结果的准确性和可靠性。对于检测结果不合格的防雷装置，应及时进行更换或维修，以避免潜在的安全隐患。维护保养是延长防雷装置使用寿命的关键，通过定期对防雷装置进行清洁、紧固和润滑等操作，可以保持其良好的工作状态。还需对防雷装置的涂层和外套进行检查和维护，以防止其受到外界环境的侵蚀和损坏。故障处理是防雷装置安全运营管理的重要环节，当防雷装置出现故障时，应立即进行故障排查和修复。故障处理过程中，应遵循先易后难、先外后内的原则，逐步排查故障点，并采取有效的修复措施。还需对故障原因进行分析和总结，以便采取相应的预防措施，避免类似故障再次发生。应急响应是防雷装置安全运营管理的最后一道防线。当发生雷电灾害或防雷装置失效等紧急情况时，应立即启动应急预案，采取必要的措施保护系统设备和人员安全。应急预案应包括明确的应急流程、责任人、救援设备和物资等要素，以确保在紧急情况下能够迅速、有效地进行应对^[3]。为了构建完善的防雷装置管理体系，需要制定科学的管理制度、明确的管理职责和严格的管理流程。（1）应建立防雷装置的安全管理制度，明确管理目标、管理要求和考核标准等。（2）应明确各级管理人员的管理职责和工作任务，确保各项管理工作得到有效落实。（3）建立严格的管理流程，包括防雷装置的选型、安装、调试、检测、维护保养和报废等全生命周期管理。（4）加强人员培训和技术交流，提高管理人员和运维人员的专业技能和综合素质，为防雷装置的安全运营管理提供有力保障。

4.2 雷电监测与预警系统

防雷装置的安全运营管理是确保电气化铁路牵引供电系统免受雷电灾害侵袭的关键环节,而雷电监测与预警系统则在这一管理中扮演着至关重要的角色。雷电监测与预警系统通过实时监测大气电场、雷电活动以及地面电场等参数,能够提前发现雷电活动的迹象,并发出预警信号,为防雷装置的安全运营管理提供及时、准确的信息支持^[4]。具体而言,雷电监测与预警系统利用先进的传感器技术和数据处理算法,对雷电活动进行全天候、全方位的监测。当系统监测到雷电活动的迹象时,会立即启动预警机制,通过声光电报警、短信通知、网络发布等多种方式,向相关部门和运维人员发出预警信号。这些预警信号包含了雷电活动的位置、强度、移动方向等关键信息,为运维人员提供宝贵的决策依据。在防雷装置的安全运营管理中,雷电监测与预警系统的应用具有显著的优势。首先,它能够提前发现雷电活动的迹象,为运维人员提供充足的时间进行应急处置,避免了因雷电灾害导致的设备损坏和供电中断。其次,通过实时监测雷电活动的参数,系统能够准确评估雷电对防雷装置的影响程度,为运维人员提供科学的决策依据。雷电监测与预警系统还能够对防雷装置的性能进行实时监测和评估,为运维人员提供及时的维护建议,确保防雷装置始终处于良好的工作状态。为了充分发挥雷电监测与预警系统在防雷装置安全运营管理中的作用,需要建立完善的运行机制和操作流程。明确雷电监测与预警系统的监测范围和预警阈值,确保系统能够准确、及时地发出预警信号;建立健全的应急处置预案和操作流程,确保运维人员能够在收到预警信号后迅速响应,采取有效的措施进行应急处置。同时还需加强运维人员的培训和技术交流,提高他们的专业技能和综合素质,为防雷装置的安全运营管理提供有力保障。

4.3 人员培训与责任落实

防雷装置的安全运营管理不仅依赖于先进的技术和设备,还高度依赖于专业人员的操作与维护,以及明确的责任落实机制。为了确保防雷装置能够有效发挥其保护作用,人员培训与责任落实成为安全运营管理中不可或缺的一环。在人员培训方面,应定期组织运维人员参加防雷装置专业知识的学习和技能提升课程。培训内容

不仅涵盖防雷装置的基本原理、操作规范、维护保养方法,还应包括雷电监测与预警系统的使用、应急处置流程等关键内容。通过理论与实践相结合的方式,提高运维人员的专业素养,使他们能够熟练掌握防雷装置的日常管理、故障排查及应急处理能力^[5]。鼓励运维人员参加外部专业培训和认证,以拓宽知识面,提升技能水平。责任落实则是确保防雷装置安全运营管理的另一大支柱,需明确各级管理人员和运维人员的具体职责,确保每个人对自己的工作任务有清晰的认识。通过建立防雷装置安全运营管理的责任体系,将责任层层分解,落实到个人,形成“人人有责、人人尽责”的良好氛围。制定严格的考核机制和奖惩制度,对运维人员的工作表现进行定期评估,对表现优秀的人员给予表彰和奖励,对工作不到位或造成事故的人员进行严肃处理,以此激励运维人员认真履行职责,确保防雷装置的安全运行。

结束语

在电气化铁路牵引供电系统中,防雷装置的安全运营管理是一项长期而艰巨的任务。通过本文的探讨,深刻认识到防雷装置在保障铁路系统安全稳定运行中的重要作用。未来,应继续加强防雷装置的安全运营管理,不断提升运维人员的专业技能和责任心,完善管理制度和流程,确保防雷装置始终处于良好的工作状态。只有这样,才能为电气化铁路的安全、可靠运行提供坚实的保障,为铁路事业的发展贡献更大的力量。

参考文献

- [1]王秀英.浅谈铁路牵引供电系统防雷技术[J].中国航空周刊,2021,(52):52-53.
- [2]许春雷,赵厚清,杜康,李敏,鲁文珍.电气化铁路牵引供电系统中防雷装置的安全运营管理[J].运输经理世界,2024,(23):166-168.
- [3]贾亨强.电气化铁路牵引供电系统中防雷装置的安全运营管理[J].工程建设与设计,2019,(21):273-275.
- [4]刘哲.电气化铁路柱上开关站的防雷现状及改进措施[J].自动化应用,2024(4):118-120.
- [5]刘建军.铁路牵引供电接触网直击雷防护分析[J].工程建设与设计,2023(5):133-135.