

浅析防雷接地在赣抚尾间水利枢纽工程中的重要性

章香保 姜旭峰

南昌市赣抚尾间水利枢纽管理中心 江西 南昌 330009

摘要: 赣抚尾间水利枢纽工程作为保障区域水资源调配、灌溉、航运、生态保护的核心水利基础设施,地处我国南方多雷区,雷电灾害频发且危害突出。防雷接地系统作为抵御雷电危害的关键屏障,通过科学的接地设计将雷电能量导入大地,从而削弱雷电冲击带来的危害,关系到工程运营中的人员安全、设备稳定及建筑物结构完好。本文从南方多雷区雷电危害特征出发,剖析防雷接地对水利枢纽工程的核心保护价值,梳理防雷接地的主要种类及施工关键措施,结合赣抚尾间水利枢纽工程的工程特性,探讨防雷接地的科学应用及实践意义,探讨科学的架设措施,为规避雷电危害、保障各类场景的安全稳定运行,为同类水利工程防雷接地系统的设计、施工与运维提供理论参考与实践借鉴。

关键词: 赣抚尾间水利枢纽; 防雷接地; 南方多雷区; 雷电危害; 水利工程安全; 架设措施

1 引言

雷电灾害是全球范围内频发的自然灾害之一,其瞬时释放的巨大能量可引发设备烧毁、建筑物损毁、人员伤亡等恶性事故,给社会经济发展和人民生命财产安全带来不可估量的损失。我国南方地区受亚热带季风气候影响,夏季高温多雨,雷暴活动频繁,是全球雷电灾害高发区域之一。赣抚尾间水利枢纽工程坐落于江西省境内,横跨赣江、抚河两大水系,涵盖6大闸坝、鱼道、船闸、配电房、调度中心、管理房等多个核心构筑物,涉及大量电气设备、自动化控制系统及运维人员。水利工程的特殊性决定了其长期暴露在露天环境中,且多临近水体,土壤电阻率较低,雷电击中概率远高于普通建筑。

雷电灾害不仅会直接威胁工程运维人员的生命安全,还可能损毁配电、监测等关键设备,破坏闸坝结构稳定性,导致工程停运、水资源调配中断,甚至引发下游生态补水中断等连锁反应,造成巨大的经济损失与社会影响。防雷接地系统作为雷电防护体系的基础,承担着疏导雷电能量、平衡电位、降低反击风险的关键职责,其设计合理性与架设规范性直接决定了防雷效果^[1]。因此,深入研究防雷接地在赣抚尾间水利枢纽工程中的重要性,优化防雷接地设计与施工,具有重要的科学价值与工程实践意义。

2 南方多雷区雷电危害及水利枢纽工程易损性分析

2.1 南方多雷区雷电危害特征

南方多雷区的雷电活动具有频次高、强度大、持续时间长、分布不均的特点,其危害主要体现在直击雷、感应雷及雷电波侵入三个方面。直击雷是雷电直接击中建筑物、设备或人员,瞬间释放巨大的电能,产生高温、高压冲击波,极易造成构筑物损毁、设备炸裂、人员伤亡;感

应雷是雷电放电过程中产生的电磁感应,在电气线路、设备中形成感应过电压,虽未直接击中目标,但可损坏精密电子设备、触发电路故障;雷电波侵入则是雷电击中架空线路、电缆等导体后,形成的雷电波沿线路传播,侵入工程内部,破坏控制系统、供电系统,引发设备瘫痪。

此外,赣抚尾间水利枢纽工程临近水体,水体的导电特性会加剧雷电传播,降低雷电击中的阈值,同时潮湿的环境会加速电气设备绝缘老化,进一步提升雷电灾害的破坏程度。据统计,南方多雷区水利工程因雷电引发的设备故障占比达30%以上,部分极端案例中,雷击导致闸坝监测系统瘫痪、发电设备损毁,造成数亿元经济损失,凸显了雷电灾害对水利枢纽工程的严重威胁。

2.2 赣抚尾间水利枢纽工程雷电易损性

赣抚尾间水利枢纽工程的易损性主要源于工程结构、设备分布及运行环境三个方面。从工程结构来看,闸坝、船闸等构筑物高度较高、跨度较大,且多为钢筋混凝土结构,易成为直击雷的击中目标;管道、电缆沟等地下设施虽受直击雷影响较小,但易受感应雷及雷电波侵入危害,导致管道腐蚀、线路短路。

从设备分布来看,工程配备了大量精密设备,包括闸门控制系统、洪水预警系统、水质监测设备等,这些设备对过电压、过电流极为敏感,一旦遭受雷电冲击,极易出现元器件损坏、系统瘫痪等问题,影响工程正常调度与运行。其中,洪水预警系统依赖连续监测数据,雷击造成的设备故障可能延误预警发布,加剧洪涝灾害损失。从运行环境来看,工程长期处于露天、潮湿环境中,土壤电阻率低,雷电电流的传导速度快,接地系统若设计不合理,无法快速泄放雷电电流,会导致雷电能量积聚,放大灾害影响。

3 防雷接地在赣抚尾间水利枢纽工程中的重要性

3.1 保障人员生命安全

雷电击中建筑物或电气设备时,会产生接触电压、跨步电压等危险电位差,若人员处于该区域,电流会通过人体导入大地,引发触电伤亡。防雷接地系统通过将雷电能量快速导入地下,有效降低建筑物表面、设备外壳的电位,消除或减小接触电压与跨步电压,为人员提供安全防护屏障。赣抚尾间水利枢纽工程运维过程中,需安排人员定期对闸坝、管理区内堤防、调度中心等区域进行巡检、操作与维护,人员活动范围覆盖露天场地、设备机房等多个易受雷电危害的区域。所以完善的防雷接地系统可有效抵御直击雷与感应雷危害,避免雷电电流通过人体形成回路,降低人员触电、雷击伤亡的风险。例如,在调度中心、管理房等人员密集区域,通过合理设置接地装置,将雷电电流快速导入大地,可防止室内设备外壳带电、线路漏电,为运维人员提供安全的工作环境,从根本上保障人员生命安全。

3.2 保护工程设备稳定运行

精密电子设备、电力传输设备对电压、电流的稳定性要求极高,雷电带来的瞬时过电压、浪涌电流会击穿设备元器件、烧毁电路,导致设备故障、瘫痪,甚至引发连锁反应,影响整个电力系统或电子系统的运行。赣抚尾间水利枢纽工程中的电气设备、自动化控制系统是工程运行的核心,其稳定性直接决定工程的调度效率与运行安全。防雷接地系统通过泄放雷电电流、抑制过电压,可有效保护各类设备免受雷电冲击。对于闸门控制系统、监测系统精密电子设备,通过接地与浪涌保护配合,可抑制感应过电压,防止电路短路、元器件烧毁,保障系统数据传输稳定、指令执行准确,避免因设备故障导致的工程停运、调度失误等问题。同时,防雷接地还可减少设备因雷电损坏产生的维修成本,延长设备使用寿命,提升工程运行的经济性。

3.3 维护建筑物结构安全

雷电直接击中建筑物时,巨大的能量会引发爆炸、火灾,或破坏建筑物的承重结构,导致墙体开裂、坍塌。赣抚尾间水利枢纽工程的闸坝、船闸、配电房等建筑物,是保障工程水资源调配、灌溉、航运、生态保护的基础,其结构稳定性至关重要。雷电直击建筑物时,瞬间产生的高温、高压会破坏混凝土结构、炸裂钢筋,导致建筑物出现裂缝、坍塌等安全隐患;雷电引发的感应过电压还可能损坏建筑物内的电气线路,引发火灾,进一步破坏建筑物结构。防雷接地系统与避雷针、避雷带等外部防雷装置配合,可将雷电引导至接地体并泄入大地,避免

雷电直接作用于建筑物主体结构,同时降低雷电引发火灾的风险^[2]。可以维护建筑物的结构完整性,保障工程核心构筑物的安全稳定,避免因建筑物损坏引发的下游洪涝、水资源泄漏等重大灾害。

3.4 保障区域水资源调配与生态安全

赣抚尾间水利枢纽工程承担着区域水资源调配、灌溉供水、生态补水等重要任务,工程的稳定运行直接关系到周边地区的农业生产、居民生活及生态环境。若因雷电灾害导致工程停运,会造成水资源调配中断,影响农田灌溉、居民供水,加剧水资源短缺问题;同时,闸门失控、管道损坏等问题还可能引发水资源泄漏、下游水位异常等情况,破坏周边生态平衡。防雷接地系统通过保障工程设备与结构安全,确保工程持续稳定运行,为区域水资源合理调配提供保障,维护生态环境稳定,彰显水利工程的社会价值与生态价值。

4 防雷接地的种类及施工关键措施

4.1 防雷接地的主要种类

结合赣抚尾间水利枢纽工程的工程特性,常用的防雷接地类型主要包括直击雷接地、感应雷接地、工作接地及保护接地四类,各类接地相互配合,构建完整的防雷接地体系。

直击雷接地主要用于抵御直击雷危害,核心是通过接闪器(避雷针、避雷带、避雷网)接收雷电电流,经引下线传导至接地体,最终导入大地。在赣抚尾间水利枢纽工程中,闸坝顶部、配电房、管理房屋顶等高处区域,可设置避雷针、避雷带,形成全方位的直击雷防护网络,接地电阻需控制在 10Ω 以内,确保雷电电流快速泄放。

感应雷接地主要针对感应雷危害,通过对电气线路、设备进行接地处理,抑制感应过电压的产生与传播。工程中的电缆线路、控制线路需采用屏蔽电缆,电缆屏蔽层两端接地;精密电子设备需单独设置接地端子,与接地网连接,接地电阻需控制在 4Ω 以内,避免感应过电压损坏设备。

工作接地主要用于保障电气设备的正常运行,通过将设备的中性点接地,稳定设备运行电压,避免电压偏移引发的设备故障。在配电房的配电系统中,变压器等设备的中性点需进行工作接地,接地电阻需符合供电系统设计标准,确保供电稳定。

保护接地主要用于防止设备外壳带电,通过将电气设备的金属外壳与接地体连接,当设备出现漏电时,漏电电流可通过接地装置导入大地,避免人员触电,同时触发保护装置切断电源,保障设备与人员安全。工程中所有电气设备的金属外壳、金属支架均需进行保护接地,

接地电阻需控制在 4Ω 以内,而接地体长期埋于地下,易受土壤腐蚀,导致导电性能下降、接地电阻增大,影响防雷效果^[3]。所以做好接地体防腐处理,确保保护效果很重要。

5 防雷接地的科学架设措施

5.1 合理选择接地体类型

接地体分为自然接地体和人工接地体,自然接地体可利用建筑物的金属基础、钢筋混凝土结构中的钢筋等,其导电性能好、成本低,适合作为辅助接地体;人工接地体可采用镀锌角钢、镀锌钢管、镀锌扁钢等材料,垂直或水平敷设,在自然接地体导电性能不足时使用^[4]。架设时需根据土壤电阻率、地质条件选择合适的接地体类型,确保接地电阻满足规范要求(一般防雷接地电阻不大于 10Ω)。

5.2 优化接地线敷设

接地线需选择导电性能优良、机械强度高、耐腐蚀的材料,如铜导体、镀锌钢导体等。敷设时应尽量缩短接地线长度,减少弯曲,降低接地阻抗;接地线与接地体、防雷装置的连接需牢固可靠,采用焊接或螺栓连接方式,避免接触不良导致防雷失效。同时,接地线应远离易燃易爆场所,防止雷电能量引发二次灾害。

5.3 做好接地体的防腐处理

接地体长期埋于地下,易受土壤腐蚀,导致导电性能下降、接地电阻增大,影响防雷效果。架设时需对人工接地体进行防腐处理,如采用镀锌、涂防腐漆等方式;对于自然接地体,需确保钢筋与混凝土结合紧密,避免地下水侵蚀。定期对接地体进行检测与维护,及时更换腐蚀严重的部件,保障接地系统长期稳定运行。

5.4 协同配合外部防雷装置

防雷接地系统需与避雷针、避雷带、避雷器等外部防雷装置协同工作,形成完整的雷电防护体系。避雷针、避雷带用于拦截雷电,将雷电引导至接地体;避雷器用于

抑制雷电浪涌,保护电气设备。架设时需确保防雷装置与接地系统连接可靠,避免出现断点、虚接等问题,确保雷电能量能够顺畅泄放。

5.5 针对不同场景优化设计

不同场景的地质条件、设备类型、建筑物结构存在差异,防雷接地架设需因地制宜。例如,高层建筑需增加接地体数量,扩大接地范围,降低接地电阻;数据中心、精密电子设备场景,需采用等电位连接设计,避免电位差对设备造成影响;户外场所的接地体需考虑雨水冲刷、土壤沉降等因素,增强稳定性。

结束语:

防雷接地是防御雷电灾害的核心手段,对保障人员生命安全、保护电气设备正常运行、维护建筑物结构安全及社会公共安全稳定具有不可替代的作用^[2]。其通过泄放雷电能量、平衡电位差、抑制过电压等机制,有效削弱雷电危害,而科学的接地种类选择与架设措施,是确保防雷接地系统发挥作用的关键^[4]。在实际应用中,需结合场景特点,优化接地设计,做好施工质量控制与后期维护,不断提升防雷接地系统的可靠性与稳定性^[3]。随着科技的发展,应进一步研发高效、耐腐蚀、低成本的接地材料与技术,完善防雷接地规范,为应对雷电灾害提供更有力的保障,推动社会经济的安全可持续发展。

参考文献

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50057-2010 建筑物防雷设计规范
- [2]王时煦.建筑物防雷设计规范解读与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [3]李良福.防雷接地工程施工与质量控制要点[J].建筑电气,2021,40(05):68-72.
- [4]张殿生.电力系统防雷接地技术[M].北京:中国电力出版社,2019.[S].北京:中国计划出版社,2010.