

建筑电气工程中防雷接地技术的应用分析

管长泽

中国新兴建设开发有限公司三公司, 北京 100039

[摘要]在建筑电气工程领域,防雷接地技术是确保建筑物安全和人员生命财产不受威胁的核心要素,合理规划接地设计方案、精准落实防雷措施,可显著降低雷电对电气系统的冲击风险,保障电力供应的持续性与稳定性,文章系统阐述防雷接地技术的基础原理、设计流程、工程应用实践、施工管控要点及未来发展方向,并结合实际工程案例剖析,提出优化技术路径,旨在增强建筑电气系统的防雷抗灾能力,提升运行可靠性,为建筑电气工程高质量发展提供技术支持。

[关键词]建筑电气工程;防雷接地;接地电阻;智能监控;绿色建筑

DOI: 10.33142/aem.v7i6.17031

中图分类号: TU741

文献标识码: A

Application Analysis of Lightning Protection and Grounding Technology in Building Electrical Engineering

GUAN Changze

The Third Company of China Xinxing Construction and Development Co., Ltd., Beijing, 100039, China

Abstract: In the field of building electrical engineering, lightning protection and grounding technology is the core element to ensure the safety of buildings and the protection of personnel's lives and property from threats. Reasonable planning of grounding design schemes and accurate implementation of lightning protection measures can significantly reduce the impact risk of lightning on electrical systems, ensure the continuity and stability of power supply. This article systematically expounds the basic principles, design processes, engineering application practices, construction control points, and future development directions of lightning protection and grounding technology, and combines practical engineering cases to analyze and propose optimized technical paths, aiming to enhance the lightning protection and disaster resistance ability of building electrical systems, improve operational reliability, and provide technical support for the high-quality development of building electrical engineering.

Keywords: building electrical engineering; lightning protection grounding; grounding resistance; intelligent monitoring; green building

引言

伴随城市化进程加速与建筑智能化程度不断加深,建筑电气工程的复杂性与日俱增,对安全防护的要求愈发严苛,雷击作为频繁发生的自然灾害,其强大的瞬时电流和电磁脉冲易对电气设备、线路及信息系统造成不可逆损伤,可能引发设备损毁、数据丢失甚至火灾等严重事故,近年来,多起因雷击导致的建筑电气故障事件,暴露出防雷安全领域存在的隐患与不足,作为电气系统安全运行的关键防线,防雷接地技术的原理研究、方案优化及实践应用亟待进一步深化,以此提升建筑整体防雷性能,筑牢安全防护屏障。

1 建筑电气工程中防雷接地的基本原理

1.1 雷电的形成与传播机理

雷电本质是大气中电荷失衡引发的剧烈放电现象,源于积雨云内水汽与冰晶摩擦导致的电荷分离,随着正负电荷在云层不同高度持续积聚,当电场强度突破空气绝缘阈值,便触发强烈的雷电放电过程,雷电释放瞬间产生的强大电流、高幅值电压及电磁辐射,蕴藏巨大破坏性能量,一旦建筑物或周边区域遭受雷击,雷电流将沿电阻最小路

径泄放入地;若建筑电气系统防护存在缺陷,雷电流可借助电气线路、金属管道及建筑钢筋结构侵入系统,造成设备损毁、信号紊乱、电气火灾甚至危及人身安全,深入掌握雷电传播特性与电磁效应机制,是开展有效防雷接地设计的必要基础提。

1.2 防雷接地系统的构成与分类

建筑电气工程的防雷接地系统由外部防雷、内部防雷和接地装置三大模块协同构成,外部防雷系统通过接闪器、引下线与接地极形成导电路径,实现直击雷的拦截与泄放;内部防雷系统则依靠屏蔽结构、等电位连接和电涌保护器(SPD),降低雷电电磁脉冲对电气设备的干扰风险,依据防护对象与技术手段差异,防雷系统可细分为直击雷防护、感应雷防护及电磁脉冲防护体系,直击雷防护聚焦建筑本体的雷击规避,感应雷防护着重消除雷击感应电压的潜在威胁,电磁脉冲防护则致力于切断雷电电磁辐射对弱电系统的干扰路径,各子系统相互配合,构建起全方位、多层级的防雷安全防护体系。

1.3 国家与行业相关技术标准简介

我国通过系列技术规范确保防雷接地技术的标准化

应用,为建筑电气工程的防雷设计与施工提供权威指导,《建筑物防雷设计规范》(GB 50057)系统界定建筑物防雷等级,明确防雷装置布局原则与接地电阻技术指标,是防雷设计的核心依据;《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB 50169)则从施工工艺、材料选型到工程验收建立完整标准,保障接地系统的结构稳固性与电气可靠性,此外,《通信局(站)防雷与接地工程设计规范》(YD 5098)等行业标准,针对特定领域提供专业设计准则,这些技术规范共同构建起防雷接地系统全流程技术管控体系,有力支撑工程设计与施工质量提升。

2 建筑电气防雷接地设计的关键技术

2.1 接地电阻控制技术

在防雷接地体系运作中,接地电阻数值直接左右雷电流泄放效能与系统防护水平,若接地电阻过高,雷电流无法快速导入大地,极易产生危险的高电位反击,进而导致电气设备击穿或引发触电事故,因此,将接地电阻维持在合理区间是防雷设计的核心任务,实践中,常采用多点接地、拓展接地体表面积、选用铜材、镀锌钢材或石墨基复合材料等高导电材质,构建环形接地网络,以及在土壤电阻率较高区域施用降阻剂等方式实现阻值优化,针对高层建筑与地下建筑,充分利用钢筋混凝土结构形成自然接地体,也是提升接地性能的有效策略,通过多元技术协同应用,能够确保接地电阻符合规范要求,保障雷电流顺畅泄放,降低系统故障隐患。

2.2 均压环和均压带设计

雷电流经建筑结构时,会在不同部位间产生电位差,一旦电位失衡,便可能引发反击电弧,严重威胁电气设备与人员安全,为消除这一隐患,均压环与均压带的科学设计不可或缺,均压环一般沿建筑物竖向分层布置,在高层建筑中,每隔若干楼层环绕敷设导体,并与金属构件、引下线及接地装置紧密连接,构建等电位网络,均压带则侧重水平方向电位均衡,常见于楼板、屋面及地下室周边区域,合理布局均压装置,可在雷击瞬间形成闭环通路,防止局部过电压击穿设备,为智能建筑、数据中心及大型商业综合体的弱电系统构筑可靠防护屏障。

2.3 防雷区域分区与综合接地系统

当代建筑因集成强电、弱电、通信及自动化等多元用电系统,功能高度复合,各系统对防雷保护的需求呈现显著差异,为实现全方位、多层次的防护目标,需采用科学的防雷区域划分与综合接地设计策略,基于设备对雷击的敏感程度、建筑结构特点及功能布局,可将建筑空间划分为不同防雷保护区(LPZ),其中,LPZ0区直接承受雷击影响,LPZ1区为经过初步防护的过渡区域,LPZ2及更高级别区域则提供深度防护,各保护区之间借助等电位连接技术与电涌保护器,实现安全的电位转换与冲击电流疏导,在此框架下,构建一体化综合接地系统,将电力接地、信

号接地与防雷接地等子系统有机整合,确保各系统间电位一致,有效阻断雷电流的回流与反击路径,这种设计不仅显著提升建筑整体防雷性能,还通过简化管理架构,成为推动建筑电气防护体系一体化发展的关键技术手段。

3 防雷接地技术在工程实践中的应用

3.1 民用建筑中的典型应用

住宅、学校、医院等民用建筑人员往来频繁,其防雷接地系统设计需平衡安全需求与建设成本,全力保障人员生命财产安全,在住宅项目中,常融合自然与人工接地方式,利用建筑钢筋构建自然接地体,配合屋顶避雷带、引下线及等电位连接,形成完整防护网络,学校等教育场所因学生聚集,着重强化均压设计与接地电阻管控,为电教设备和校园网络筑牢安全防线,医院因配备精密医疗仪器与生命支持系统,对雷电干扰耐受性低,除完善接地保护外,还需部署高性能电涌保护器,并细分弱电防雷区域,全方位提升系统抗雷击能力,降低意外风险。

3.2 工业厂房及数据中心的防雷接地

工业厂房内生产设备与电控系统长期处于高电压、大功率运行状态,对雷击引发的过电压极为敏感,其防雷设计遵循“分层防护、快速泄流”准则,配置多级电涌保护器,强化电源、信号与控制系统协同防护,同时,借助接地网络将设备外壳、电缆桥架与主接地极进行等电位联结,消除电位差导致的闪络隐患,数据中心以保障数据安全与业务连续运行为核心,对防雷接地的精准度和实时性要求严苛,通过智能监测系统动态监控接地电阻与雷电流变化,搭配双重接地保护、屏蔽隔离及独立引下线,有效屏蔽并分散雷电干扰,最大程度降低雷击对信息系统的冲击。

3.3 特殊环境下的应用探索(山区、高湿、高腐蚀)

山区、高湿及高腐蚀等特殊环境为防雷接地工程带来独特挑战,山区岩石地貌导致接地施工难度大、电阻值高,常需通过深埋接地极、延展地网或施用降阻剂降低电阻;高湿环境虽利于导电,但易加速金属构件锈蚀,因此需采用铜包钢、复合导体等耐腐蚀材料,并加强绝缘与排水处理;沿海及化工区域腐蚀性强,接地体必须配备镀锌层或防腐涂层,并建立定期检测维护机制,防止接地系统因腐蚀失效,面对复杂环境,需将标准化设计与定制化施工有机结合,运用多元技术手段增强接地系统耐久性与环境适应性,确保防雷装置长效稳定运行。

4 施工过程中防雷接地问题与对策

4.1 常见施工质量问题分析

防雷接地系统的防护效能,既取决于科学设计方案,更依赖施工环节的精准落实,但在实际工程实践中,诸多质量隐患严重削弱系统功能,接地装置焊接工艺不达标,出现虚焊、脱焊或焊点锈蚀断裂,阻碍雷电流有效泄放;接地极埋设过程中,深度不足、间距失当或与建筑主筋连接不牢,导致接地电阻超标;引下线布局杂乱无章,未遵

循等电位联结原则,易在雷击瞬间产生危险电位差,引发反击电弧,此外,部分工程使用劣质材料,或接地线路穿越腐蚀性环境却未采取防护措施,为系统后期运行埋下隐患,只有正视并规避这些问题,才能夯实接地系统可靠性基础。

4.2 检测与验收的关键节点

施工完成后,系统检测与验收是把控防雷接地工程质量的关键防线,接地电阻测试作为核心检测项目,常采用三极法或简易电流电压法,严格确保阻值符合规范(通常不高于 10Ω ,或遵循设计指标);对金属导体连接部位,需同时检测机械强度与导电性能,保障电流传导通路完整;针对引下线与建筑钢筋、电气设备的连接点,开展等电位测试以验证联结效果,此外,电涌保护器(SPD)、电气箱接地及机房屏蔽等关键部位也需进行专项抽检,避免局部缺陷影响系统整体性能。

4.3 施工过程的技术控制与优化建议

保障防雷接地系统施工质量,需贯穿设计、施工、验收全流程实施精细化管理,设计环节应用 BIM 技术构建三维模型,直观呈现接地线路布局,提前识别管线冲突并优化走向;施工阶段建立严格的技术交底制度,向作业人员明确工艺标准与质量要点,同时配备专业监理团队,对焊接工艺、接地体敷设、填埋深度等关键工序进行全程跟踪监督,留存影像资料作为质量追溯依据;材料进场验收环节严格把关,确保所有材料均满足设计规范要求,通过设计、施工、监理三方协同配合,结合数字化技术与标准化管理手段,可有效降低施工风险,全面提升防雷接地工程质量与长期运行稳定性。

5 防雷接地技术的发展趋势与智能化应用

5.1 新材料与新工艺的应用前景

材料科学与电气工程领域的持续创新,推动防雷接地系统朝着多元化、高效化方向演进,纳米导电材料、石墨烯复合材料及低电阻环保接地模块等新型材料,凭借卓越的导电性能、强耐腐蚀性和长使用寿命,逐渐取代传统金属导体,在高盐、高湿等严苛环境中展现出显著优势,与此同时,智能传感设备的应用实现了对接地电阻、雷击电流强度及导体连接状态的实时监测与数据分析,有助于提前预判系统隐患,预制化施工与模块化连接技术的普及,不仅提升了施工效率,还降低了现场作业误差,促进防雷接地技术向标准化、精细化发展。

5.2 智能防雷监控系统

物联网、大数据与人工智能技术的融合,引领防雷系统进入智能化管理时代,在接地系统、引下线及 SPD 等关键节点部署智能监控终端,可实时监测雷电活动、统计雷击次数、捕捉电压波动,并通过无线网络将数据传输至

管理平台,系统具备异常参数自动识别与预警功能,能及时触发检修流程,防止潜在故障升级,基于历史雷击数据与设备运行参数的大数据分析,可生成针对性维护方案,甚至预测雷电活动趋势,为建筑电气安全管理提供数据驱动支持,这种“感知-分析-响应”的智能化模式,彻底改变了传统防雷接地系统的被动防护局面,开启主动感知、智能运维的新篇章。

5.3 可持续与绿色建筑背景下的优化设计

伴随绿色建筑理念的广泛传播,防雷接地设计加速向低碳、环保与高效方向转型,充分挖掘建筑基础钢筋作为自然接地体的潜力,最大限度减少材料消耗;积极推广非金属复合导体等无污染、易回收的新型接地材料,降低对生态环境的潜在影响;创新设计思路,推动防雷系统与太阳能供电、雨水回收等绿色节能系统深度融合,实现设备与资源的高效复用,在设计过程中,注重统筹建筑整体能效,确保防雷系统在满足安全防护需求的同时,全面契合绿色建筑评价标准对材料选用、施工工艺及运维管理的严苛要求,为建筑全生命周期的可持续发展筑牢安全基石。

6 结语

防雷接地技术作为建筑电气安全的核心屏障,在抵御雷击灾害、保障工程质量方面发挥着不可替代的关键作用,通过规范化设计、科学化施工与智能化运维的协同推进,既能显著降低雷击风险,又能提升系统的长期稳定性与可持续性,在新材料、新技术蓬勃发展与绿色建筑理念深入人心的时代背景下,防雷接地技术正朝着智能化、高效化、环保化的方向加速迈进,展望未来,需持续强化技术创新与标准执行力度,推动防雷接地体系不断优化完善,为建筑电气安全提供更坚实的保障。

[参考文献]

- [1]梁晨,周郑.建筑电气安装中防雷接地施工技术的应用分析[J].电子元器件与信息技术,2020,4(9):104-105.
 - [2]王德通.建筑电气工程中的防雷接地技术分析[J].集成电路应用,2022,39(8):130-131.
 - [3]李高峰.建筑电气工程中的防雷接地技术分析[J].集成电路应用,2022,39(12):297-299.
 - [4]舒建辉.建筑电气工程中防雷接地技术及其应用[J].中国高新科技,2023(4):107-109.
 - [5]刘惠文,张莹,邓雅琦,等.建筑电气工程中的防雷接地技术及其应用研究[J].自动化应用,2024,65(20):36-38.
- 作者简介:管长泽(1986.10—),男,毕业院校:北方工业大学,学士学位,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:中国新兴建设开发有限公司三公司,职务:项目机电经理,所在职务的年限:11年,现职称级别:中级。