

论建筑电气防雷接地技术

段帅刚

邯郸汇胜工程设计有限公司 河北 邯郸 056001

摘要: 雷电灾害是建筑电气系统安全的主要自然威胁,防雷接地技术作为关键防护手段,关乎系统运行稳定与人员安全。本文先阐述防雷接地技术基础理论,分析雷电形成机制与危害特性,重点探讨外部防雷装置、内部防雷措施及特殊场景要点。结合现行规范,从设计、施工、质量把控等方面提出实操方案,还展望了新型材料应用、与绿色建筑融合等发展方向。研究表明,科学防雷接地系统要内外协同,技术创新与规范施工可降灾损,保障系统安全。

关键词: 建筑电气; 防雷接地; 雷电防护; 接地系统

引言: 雷电灾害作为建筑电气系统面临的重大自然威胁,轻则导致设备损坏、系统瘫痪,重则引发火灾、爆炸等次生灾害,严重威胁人员生命与财产安全。防雷接地技术作为抵御雷电的关键防线,其科学性与可靠性至关重要。本文聚焦建筑电气防雷接地技术,从基础理论、关键技术、设计施工要点入手,剖析技术要点,并探讨新型材料应用与绿色融合等发展方向,为提升建筑防雷能力提供参考。

1 建筑电气防雷接地技术基础理论

1.1 雷电的形成与分类

雷电是大气中强烈的静电放电现象。云层在气流作用下,水滴与冰晶碰撞摩擦,使云层上部积正电荷、下部积负电荷,地面因静电感应产生等量正电荷。电荷积累到一定程度突破空气绝缘,便形成雷电放电。雷电按放电形态分四类:直击雷是云层与地面直接放电,电压高、电流大,破坏力最强;感应雷由直击雷感应产生,分静电感应雷和电磁感应雷,通过电场或磁场耦合侵入电气系统;球形雷呈球状漂浮,易通过门窗入室造成局部破坏;雷电波侵入是雷电沿架空线路或金属管道传播,损害沿线电气设备。不同类型雷电防护需求不同,需针对性设计防护措施。

1.2 雷电对建筑电气系统的危害机制

雷电对建筑电气系统的危害有直接与间接两种机制。直击雷直接击中建筑或电气设备时,强大雷电流产生热效应与机械效应,瞬间高温烧毁导线、绝缘层,机械应力使设备外壳破裂、线路断裂,跨步电压与接触电压威胁人员安全。感应雷危害隐蔽,静电感应雷在导体积累电荷,放电时脉冲电压击穿绝缘;电磁感应雷产生强磁场,使导体感应高电压,损坏精密设备。雷电波侵入沿线路传导,破坏配电箱等设备致系统瘫痪^[1]。此外,雷电灾害还可能引发火灾、爆炸等次生灾害,造成更大

损失。

1.3 防雷接地技术的基本原理

防雷接地技术核心是“疏导与均压”,构建完整电流通路,将雷电能量安全导入大地并均衡建筑内外电位,防止设备与人员受高电压危害。其基本原理分三层:直击雷防护,借助接闪装置(如避雷针、接闪带)主动引雷,经引下线、接地装置将雷电流导入大地,疏导雷电能,避免雷电直击建筑主体或电气设备;感应雷防护,利用屏蔽、接地、浪涌保护等手段,抑制感应电荷积累与电磁感应效应,降低感应电压对电气系统影响,如用金属屏蔽层包裹线路走感应电荷;均压与等电位联结,把建筑内金属构件、电气设备外壳等可靠接地,使各部分电位相同,防止雷电放电产生电位差,避免设备击穿与人员触电。整个系统形成“接闪-引下-接地”闭环,配合内部防护,实现全方位防雷。

2 建筑防雷接地系统的关键技术

2.1 外部防雷装置

外部防雷装置是阻挡直击雷的第一道防线,由接闪装置、引下线和接地装置三部分组成,其技术核心是确保雷电流传导路径的畅通与安全。接闪装置负责接收雷电,常用形式包括避雷针、接闪带和接闪网,避雷针适用于高层建-筑顶部,采用尖端放电原理吸引雷电,其保护范围按滚球法计算,确保覆盖建筑易受雷击区域;接闪带与接闪网适用于平屋顶建筑,沿屋顶边缘和屋面网格敷设,接闪带采用 $\Phi 10\text{mm}$ 热镀锌圆钢,网格尺寸根据防雷等级确定,第一类防雷建筑物不大于 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 或 $6\text{m}\times 4\text{m}$,第二类防雷建筑物不大于 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 或 $12\text{m}\times 8\text{m}$,第三类防雷建筑物不大于 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 或 $24\text{m}\times 16\text{m}$ 。引下线负责传导雷电流,分为明敷与暗敷两种,明敷采用热镀锌圆钢或扁钢,沿建筑外墙垂直敷设;暗敷隐藏于墙体内部,需与建筑结构钢筋可靠连接,确保传导性能。引

下线不应少于2根,并沿建筑物四周均匀布置,第一类防雷建筑物引下线平均间距不应大于12m,第二类防雷建筑物引下线平均间距不应大于18米,第三类防雷建筑物引下线平均间距不应大于25m。接地装置是雷电流的最终释放端,采用水平接地体与垂直接地体结合的方式,水平接地体用40mm×4mm扁钢,垂直接地体用Φ50mm角钢,埋深不小于0.8m,接地电阻需满足规范要求,第一类防雷建筑物不大于1Ω,第二、三类防雷建筑物不大于4Ω。

2.2 内部防雷措施

内部防雷措施针对感应雷与雷电波侵入,通过屏蔽、浪涌保护、等电位联结等技术,构建电气系统的内部防护屏障,核心是抑制雷电能量在系统内的传播与破坏。屏蔽技术通过金属材料阻挡电磁场入侵,建筑外墙采用钢筋混凝土结构,利用钢筋形成自然屏蔽网;电气线路采用金属管或金属桥架敷设,电缆选用带屏蔽层的型号,减少感应电压产生。浪涌保护装置(SPD)是关键设备,按防护等级分为一级、二级和三级,一级SPD安装在总配电箱进线端,应对直击雷产生的强浪涌;二级SPD安装在分配电箱,削弱剩余浪涌;三级SPD安装在精密设备前端,如计算机、智能家居设备,提供最终防护,SPD的通流容量与电压等级需与系统匹配。等电位联结通过将建筑内金属构件、设备外壳、接地干线等用导体连接,形成等电位体,消除电位差,卫生间、配电室等区域需设置局部等电位端子箱,将相关金属部件可靠连接,防止触电事故。此外,还需合理设计线路布局,避免强电与弱电线路平行敷设,减少干扰^[2]。

2.3 特殊场景下的防雷接地技术

特殊场景下的防雷接地技术需结合场景环境与电气系统特点,制定个性化防护方案,解决复杂条件下的防雷难题。高层建筑防雷接地需应对高空强风与多雷环境,接闪装置采用组合式设计,在屋顶女儿墙、电梯机房顶部设置接闪带,同时利用建筑结构主筋作为引下线,减少明敷引下线数量,接地装置采用环形接地网,确保雷电流均匀扩散,对于超高层建筑(高度>100m),需在中间楼层设置均压环,每隔12m将结构钢筋与接地干线连接,均衡建筑电位。智能建筑因含有大量精密电子设备,对防雷接地精度要求更高,除常规措施外,需采用隔离变压器、信号防雷器等设备,防止雷电干扰信号传输,同时构建独立的弱电接地系统,与强电接地系统保持一定距离,避免相互影响。潮湿环境(如地下车库、卫生间)的防雷接地需强化防腐与绝缘措施,接地体采用热镀锌加防腐涂层处理,线路敷设采用防水电缆,设备外壳加装防水接地端子,确保接地系

统在潮湿环境下稳定运行。另外,易燃易爆场所需采用防爆型防雷设备,避免雷电火花引发爆炸。

3 建筑电气防雷接地系统的设计与施工要点

3.1 设计原则与规范依据

建筑电气防雷接地系统设计需遵循“安全可靠、经济合理、技术先进”的核心原则,同时严格依据现行规范标准,确保设计成果符合工程要求。安全可靠是首要原则,设计需充分考虑雷电灾害风险,通过精准计算确定防雷等级,一类防雷建筑需采用最高标准防护措施,确保雷电流疏导路径万无一失;经济合理要求在满足安全的前提下,优化设备选型与系统布局,避免过度设计,如利用建筑结构钢筋作为引下线,减少材料消耗;技术先进则强调引入新型材料与技术,提升防雷接地系统的性能与耐久性。设计的核心规范依据包括《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010)、《建筑电气工程施工质量验收规范》(GB 50303-2015)等,规范明确了防雷等级划分、接地电阻要求、设备选型标准等关键内容,设计中需重点关注规范中的强制性条款,如接闪装置的保护范围、SPD的安装要求等,同时结合建筑所在地的雷暴日数、土壤电阻率等实际条件,进行针对性设计,确保系统适配性。

3.2 施工工艺与质量控制

防雷接地系统的施工工艺与质量控制直接决定系统防护效果,需从材料检验、施工过程管控、成品检测三个环节构建全流程质量保障体系。材料检验是基础,所有进场材料需具备出厂合格证与检测报告,接闪器、引下线采用的热镀锌钢材需检查镀锌层厚度与均匀性,避免出现锈蚀、剥落;接地体材料需检测力学性能与防腐性能,SPD需进行通流容量与电压等级测试,不合格材料严禁使用。施工过程管控重点关注关键工序,接闪装置安装需确保位置准确,接闪带与引下线焊接长度满足要求,圆钢焊接长度不小于6倍直径,扁钢不小于2倍宽度,焊缝需饱满无虚焊;接地装置施工需按设计要求开挖接地沟,确保接地体埋深与间距,回填土需去除石块、杂草,必要时铺设降阻剂;等电位联结需确保连接牢固,螺栓拧紧力矩符合标准,导线压接规范^[3]。成品检测包括接地电阻测试与系统导通测试,采用接地电阻测试仪测量接地电阻,确保符合设计值,通过导通测试仪检查引下线与接闪器、接地体的连接导通性,测试数据需记录存档,同时定期进行后续检测,确保系统长期稳定运行。

4 防雷接地技术的创新与发展趋势

4.1 新型材料与技术的应用

新型材料与技术的应用正推动建筑电气防雷接地技术向高效、耐用、智能化方向升级,解决传统技术的诸多局限。在材料创新方面,复合型接地材料逐渐替代传统钢材,如石墨基柔性接地体具有导电性好、耐腐蚀性强、施工便捷的特点,适用于土壤电阻率高的地区,其使用寿命可达50年以上,远超传统镀锌钢材;纳米碳防腐涂层技术应用于接地体表面,进一步提升防腐性能,降低维护成本。在技术创新方面,智能监测技术实现防雷接地系统的动态管控,通过在接地体、引下线上安装传感器,实时采集接地电阻、电流、温度等数据,经无线传输至管理平台,当参数异常时自动发出预警,便于及时排查故障;主动式防雷技术突破传统被动接闪模式,通过电离装置产生离子流,改变局部电场分布,引导雷电放电路径,提高接闪效率,适用于重要建筑与精密电子设备场所。此外,模块化防雷装置的应用简化了施工流程,模块间采用标准化连接,可根据建筑需求灵活组合,提升施工效率与系统可靠性。

4.2 绿色建筑与防雷技术的融合

绿色建筑理念的普及推动防雷接地技术向环保、节能方向发展,实现雷电防护与绿色建筑的协同发展。在材料选择上,优先采用可回收、低污染材料,如铝合金接闪器替代传统钢材,铝合金可100%回收利用,减少资源消耗;接地体施工中采用环保型降阻剂,避免传统降阻剂中的重金属对土壤造成污染,同时提升降阻效果,降低能源损耗。在设计与施工中,强调与建筑结构的一体化融合,利用绿色建筑的钢结构、混凝土结构钢筋作为引下线与接地体,减少额外材料使用,降低碳排放量;结合建筑节能设计,将防雷接地系统与太阳能发电系统、新能源汽车充电系统的接地需求整合,构建共用接地系统,提高资源利用率。此外,防雷接地系统的节能优化通过采用高效SPD、低损耗导线等设备,减少雷电防护过程中的电能损耗,同时利用智能控制技术优化系统运行状态,实现节能与防护的双重目标,符合绿色建筑的发展要求^[4]。

4.3 未来研究方向

未来建筑电气防雷接地技术的研究将聚焦于复杂场

景适配、系统集成与智能化升级,以应对新型建筑形式与电气系统的挑战。一是超高层建筑与复杂造型建筑的防雷技术研究,超高层建筑面临更强的雷电环境与气流影响,需深入研究雷电流在建筑结构中的分布规律,开发新型接闪与引下技术,确保雷电能量均匀疏导;复杂造型建筑(如异形曲面、大跨度结构)需优化接闪装置布局,解决防护盲区问题。二是防雷接地系统与智能建筑的深度集成研究,随着建筑智能化水平提升,电气系统与信息技术深度融合,需研究防雷接地系统与通信网络、控制系统的协同防护技术,避免雷电干扰对智能系统的影响,构建“防雷-通信-控制”一体化体系。三是极端气候条件下的防雷技术研究,受气候变化影响,极端雷暴天气频发,需研究强雷暴、冰雹等极端条件下防雷接地系统的性能变化,开发耐冲击、抗极端环境的新型设备与技术,提升系统的应急防护能力。此外,防雷接地技术的标准化与国际化研究也将成为重点,推动形成统一的技术标准与检测体系。

结束语

建筑电气防雷接地技术是保障建筑安全与电气系统稳定的核心技术,其发展与建筑行业的进步紧密相关。本文通过梳理防雷接地技术的基础理论、关键技术及设计施工要点,明确了系统构建的核心逻辑,同时展望了新型材料应用、绿色融合等发展方向。未来,随着智能化与绿色建筑理念的深入,防雷接地技术将迎来更大发展空间,设计人员需不断提升专业素养,推动技术创新与成果转化,构建更安全、高效、环保的防雷接地体系,为建筑行业的高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]王宏.论建筑电气防雷接地技术[J].建筑·建材·装饰,2025(6):121-123.
- [2]高欢.建筑电气安装工程防雷接地的施工技术[J].建筑·建材·装饰,2024(22):64-66.
- [3]柴兆堂.建筑电气安装中的防雷接地施工技术[J].科学技术创新,2023(9):172-175.
- [4]陈君丽.高层建筑电气工程的防雷接地技术及施工[J].通信电源技术,2023,40(7):101-103.