

住宅建筑电气防雷措施

应俊峰

绿城房地产建设管理集团有限公司 浙江 杭州 310012

摘要：在现代住宅建设中，电气设备的广泛应用使建筑对防雷安全提出更高要求。本文聚焦于住宅建筑电气防雷措施。先阐述了雷电的形成机制，包括直击雷、感应雷、雷电侵入波等对住宅建筑电气系统的危害形式。接着提出住宅建筑电气防雷设计应遵循安全性、可靠性、综合性、经济性原则。然后详细介绍了具体防雷措施，涵盖直击雷防护、感应雷防护、雷电侵入波防护及球形雷防护等方面，为住宅建筑电气系统的防雷安全提供参考。

关键词：住宅建筑；电气防雷；措施

引言：在现代生活中，住宅建筑的安全至关重要，而雷电灾害对住宅建筑电气系统构成了严重威胁。雷电具有强大的能量，其形成机制复杂，一旦发生，可能会引发电气设备损坏、火灾甚至危及生命安全等严重后果。随着住宅建筑中电气设备的日益增多，对电气系统的防雷要求也越来越高。然而，目前仍存在部分住宅建筑防雷措施不完善的情况。因此，深入研究住宅建筑电气防雷措施，合理设计并有效实施防雷方案，对保障住宅建筑的安全和正常运行具有重要的现实意义。

1 雷电的形成与危害

1.1 雷电的形成机制

雷电的形成是复杂的大气物理过程。在对流强烈的积雨云中，气流不断上升和下降，使云层内的水滴、冰晶相互摩擦、碰撞，从而分离出大量电荷。电荷在云层中不断积累，当电场强度达到一定程度，空气被击穿，形成导电通道，正负电荷迅速中和，产生强烈的光和热，形成雷电。这一过程瞬间释放巨大能量，对周围环境和建筑物造成极大影响。

1.2 雷电对住宅建筑电气系统的危害形式

1.2.1 直击雷危害

直击雷是雷电直接击中住宅建筑，强大的雷电流瞬间释放极高能量，在极短时间内产生数千甚至上万安培的电流。这些电流通过建筑体传导，产生的高温可使金属构件熔化，对屋顶、墙面等建筑结构造成严重破坏；同时，巨大的电动力会引发建筑局部变形、崩裂。对于电气系统而言，雷电流直接流入电气设备，会造成设备内部元件烧毁、线路短路，导致整个电气系统瘫痪，严重时甚至引发火灾和人员伤亡事故。

1.2.2 感应雷危害

感应雷是雷电放电时，在附近导体上产生静电感应和电磁感应形成的危害。静电感应使导体上感应出大量

电荷，当雷电消失后，这些电荷迅速释放，产生高电压冲击；电磁感应则会在导体回路中产生感应电动势，形成感应电流。住宅建筑内的电气线路、电子设备等都相当于导体回路，感应雷产生的高电压、大电流会侵入电气系统，击穿电气设备的绝缘层，损坏敏感电子元件，如计算机主板、智能家电控制模块等，造成设备功能失效或永久性损坏。

1.2.3 雷电侵入波危害

雷电侵入波是雷击在架空线路或金属管道上，产生的高电压冲击波沿线路或管道迅速传播至住宅建筑内部。这些高电压波可通过电力线路、通信线路、有线电视线路等进入住宅，其幅值可达数十千伏甚至上百千伏。当侵入波到达电气设备时，过高的电压会使设备绝缘被击穿，损坏变压器、断路器、避雷器等电气装置，还可能导致电气火灾，同时危及接触电气设备的人员安全，严重影响住宅建筑电气系统的正常运行^[1]。

2 住宅建筑电气防雷设计原则

2.1 安全性原则

安全性原则是住宅建筑电气防雷设计的首要准则。在设计过程中，需充分考虑雷电可能对人员生命安全和建筑设施造成的威胁。通过合理布局接闪器、引下线和接地装置，确保将雷电流安全导入大地，避免雷击时产生的高电压、大电流危及人体和电气设备。同时，对电气系统的关键部位采取隔离、防护措施，防止雷电侵入波损坏设备引发火灾等二次灾害。此外，还需设置明显的防雷警示标识，提醒居民避免在雷击时接触可能带电的金属部件，从全方位保障人员和建筑的安全。

2.2 可靠性原则

可靠性原则要求住宅建筑电气防雷系统在长期运行中稳定、持续地发挥作用。设计时需选用质量可靠、性能优良的防雷设备和材料，确保其能承受雷电冲击和恶

劣环境的考验。例如,接闪器应具备良好的导电性能和抗腐蚀能力,引下线需有足够的机械强度和稳定性。同时,防雷系统的各个环节要进行严格的测试和验证,保证系统连接紧密、接地电阻符合标准。通过定期维护和检测,及时发现并处理潜在问题,使防雷系统始终处于可靠运行状态,有效抵御雷电灾害。

2.3 综合性原则

综合性原则强调住宅建筑电气防雷设计需统筹考虑多种因素。不仅要针对直击雷、感应雷和雷电侵入波等不同危害形式制定全面的防护方案,还要结合建筑结构、电气系统布局、周边环境等实际情况进行综合设计。例如,对于高层住宅,需加强垂直方向的防雷措施;对于配备智能电气设备的住宅,要重点做好感应雷和雷电侵入波的防护。此外,防雷系统还应与建筑的消防、安防等其他系统有机结合,形成协同防护体系,提升整体防护效果,保障住宅建筑安全运行。

2.4 经济性原则

经济性原则要求在满足防雷安全需求的前提下,合理控制设计和建设成本。设计时需对防雷方案进行优化,在保证防雷效果的基础上,选择性价比高的设备和材料。例如,根据建筑的重要性和雷电活动强度,合理确定防雷等级,避免过度防护造成资源浪费;利用建筑本身的金属构件作为防雷装置的一部分,降低建设成本。同时,在后期维护过程中,采用科学的管理方法,提高维护效率,减少不必要的费用支出,实现防雷系统经济、高效运行^[2]。

3 住宅建筑电气防雷具体措施

3.1 直击雷防护措施

3.1.1 接闪器的选择与安装

接闪器作为直击雷防护的首道屏障,常见类型有避雷针、避雷带和避雷网。选择时需依据住宅建筑的结构、高度及所处地区的雷电活动强度确定。对于高层住宅,宜采用避雷网与避雷带相结合的方式,全面覆盖屋顶及易受雷击部位;低矮住宅可安装避雷针,其保护范围需满足滚球法计算要求。安装过程中,接闪器应与后续的引下线可靠焊接,焊接长度不小于圆钢直径的6倍,且双面施焊,确保电气通路顺畅。同时,接闪器需具备良好的耐腐蚀性,镀锌层厚度应符合国家标准,避免长期暴露在户外导致锈蚀失效。

3.1.2 引下线的设置与要求

引下线承担着将接闪器接收到的雷电流传导至接地装置的关键作用。引下线应优先采用圆钢或扁钢,且需满足机械强度和热稳定性要求。其设置数量与间距需

严格依据规范执行,一般情况下,专设引下线时,间距不应大于18米;利用建筑物钢筋作引下线时,间距不应大于24米。引下线应沿建筑物外墙明敷,并在引下线的上、中、下部位设置断接卡,便于检测接地电阻。施工时,引下线与接闪器、接地装置之间的连接必须牢固可靠,避免出现虚接、松动现象,确保雷电流能安全、快速地传输。

3.1.3 接地装置的设计与施工

接地装置是直击雷防护的最终环节,其性能直接影响防雷效果。设计时,应根据土壤电阻率、建筑结构等因素选择合适的接地形式,常见有水平接地体、垂直接地体及复合接地体。接地体宜采用热镀锌钢材,防止土壤腐蚀。施工过程中,接地体的埋设深度不应小于0.6米,垂直接地体间距不宜小于其长度的2倍,水平接地体间距不宜小于5米。接地装置与引下线连接需采用焊接方式,焊接处应做好防腐处理。完工后,需对接地电阻进行严格测试,一般住宅建筑的接地电阻不应大于 10Ω ,若无法满足要求,需通过增加接地体数量、采用降阻剂等措施降低接地电阻,确保雷电流顺利泄入大地。

3.2 感应雷防护措施

3.2.1 电源防雷

电源防雷是感应雷防护的关键环节。在住宅建筑的总配电箱处,需安装一级电源防雷器,其通流容量应根据当地雷电强度选择,一般不低于40kA,用于泄放大部分雷电流。同时,在楼层配电箱和重要用电设备前端,分别安装二级、三级防雷器,实现多级防护。防雷器应具备快速响应特性,在微秒级时间内将过电压限制在设备耐受范围内。此外,防雷器与配电箱的连接导线应尽量短直,减少线路电感,且接地端需可靠接入等电位连接系统,确保雷电流能迅速导入大地,避免因感应雷造成电气设备损坏或火灾事故^[3]。

3.2.2 信号系统防雷

随着住宅智能化发展,信号系统防雷尤为重要。对于有线电视、网络通信、安防监控等信号线路,需根据不同信号类型和传输频率,选择适配的信号防雷器。如网络信号防雷器需具备低插入损耗、高回波损耗等特性,保障信号传输质量。防雷器应安装在设备前端,采用串联方式接入线路,并与设备外壳一同进行等电位连接。同时,信号线路应尽量避免与电源线平行敷设,防止电磁感应干扰。

3.2.3 等电位连接

等电位连接通过将住宅内的金属构件、电气设备外壳、管道等连接成一个电气整体,消除电位差,降低感

应雷危害。在住宅建筑的总进线处设置总等电位联结端子板,将进线配电箱的PE线、金属给排水管、采暖通风管、建筑物钢筋等与端子板可靠连接。在卫生间、厨房等局部区域,设置局部等电位联结端子板,连接该区域内的金属设施。连接时采用焊接或螺栓连接方式,保证电气导通性。等电位连接能有效避免因感应雷产生的高电位在不同金属物体间形成放电,防止设备损坏和人员触电事故,提升住宅电气系统的安全性。

3.2.4 金属屏蔽及重复接地

金属屏蔽可有效减少感应雷产生的电磁干扰。对于住宅内的重要电气线路和信号线路,采用金属屏蔽管或屏蔽电缆进行敷设,屏蔽层两端需可靠接地。同时,对建筑物内的金属桥架、金属线槽等,应保证其电气连续性,并与等电位连接系统相连。重复接地则是在电源线路的适当位置,将零线再次接地,降低零线电位,提高供电可靠性。在住宅建筑中,一般每隔50-100米进行一次重复接地,接地电阻不大于 10Ω 。金属屏蔽与重复接地相结合,能有效削弱感应雷的影响,保护电气设备和信号系统稳定运行。

3.3 雷电侵入波防护措施

3.3.1 低压线路的防护

低压线路是雷电侵入波进入住宅的常见通道,防护需从多个环节着手。在入户端,应安装符合标准的浪涌保护器(SPD),其通流容量和响应时间需适配线路电压等级与当地雷电活动强度,能在瞬间将侵入的雷电过电压限制在安全范围内。同时,对线路进行合理布线,避免线路过长、迂回,减少感应雷的产生;将低压线路穿金属管敷设并接地,利用金属管的屏蔽作用削弱雷电侵入波的影响。此外,定期检查维护浪涌保护器,测试其性能是否正常,及时更换老化或损坏的设备,确保低压线路在雷电天气下仍能稳定、安全地向住宅供电,降低雷电侵入波对室内电气设备的损害风险。

3.3.2 架空金属管道的防护

架空金属管道因导电性强,易成为雷电侵入波的传播媒介,需采取有效防护措施。首先,在管道进出建筑物处,应设置接地装置,接地电阻不超过规定值,使雷电侵入波能够迅速导入大地;每隔一定距离对管道进行重复接地,增强泄流效果。对于较长的架空金属管道,

可在中间部位加装绝缘段,将管道分段隔离,阻断雷电侵入波的传播路径。此外,对管道连接部位进行严格检查,确保电气连接良好,避免因接触不良产生电火花引发火灾等次生灾害。通过这些防护措施,有效降低雷电侵入波沿架空金属管道进入住宅的可能性,保障建筑及人员安全。

3.4 球形雷防护措施

球形雷作为一种特殊雷电现象,常以诡异路径进入室内,严重威胁住宅安全。在探测预警方面,可安装高精度雷电监测设备,实时监测周边雷电活动,当检测到球形雷可能出现的电磁信号时,及时发出警报,提醒居民做好防护。物理阻隔上,为住宅门窗加装金属网,且金属网需良好接地,形成屏蔽层,阻止球形雷穿过门窗进入室内;在建筑通风口、管道进出口等位置,同样设置接地金属格栅。同时,对住宅进行全方位电磁屏蔽,将建筑内的金属构件、电气设备外壳等进行等电位连接,形成法拉第笼结构,削弱球形雷产生的电磁脉冲影响,降低其对住宅内部电气设备和人员的危害,为住宅建筑构筑起抵御球形雷的安全防线^[4]。

结束语

住宅建筑电气防雷关乎居民生命财产安全,是建筑安全体系的重要一环。上述从雷电侵入波防护到球形雷防范的系列措施,通过多维度、系统性的防护手段,构筑起抵御雷电危害的坚实屏障。随着建筑技术发展和雷电环境变化,需持续关注防雷新技术、新标准,不断优化防护方案。同时,加强日常检查维护,确保防雷装置始终处于良好运行状态,让科学有效的防雷措施为住宅建筑电气系统保驾护航,营造安全稳定的居住环境。

参考文献

- [1]宋磊磊.住宅建筑电气防雷措施[J].政治学,2023.178-179
- [2]王宏宇.住宅建筑电气防雷措施分析[J].文化科学,2022.214-215
- [3]冯晓明.住宅建筑电气防雷措施探析[J].文化科学,2022.256-157
- [4]章铁毅.分析住宅建筑电气防雷措施[J].建筑技术科学,2023.289-290