雷电对建筑结构的影响及防雷措施

冯立

北京首开天宇设备设施运营管理有限公司，北京，100088；

摘要：雷电是一种强大的自然放电现象，对建筑结构、人员安全和电气设备构成严重威胁。本文旨在探讨雷电对建筑结构的影响，并介绍有效的防雷措施，以期为建筑防雷设计提供参考。

关键词：雷电；建筑结构；防雷措施；直击雷；感应雷

DOI:10.69979/3029-2727.24.04.031

引言

雷电灾害已成为危害程度仅次于暴雨洪涝以及泥石流、山体滑坡等气象地质灾害的一大气象灾害，严重威胁着我国的社会公共安全和人民生命财产安全。雷电对高层建筑物的危害尤为严重，因此，对其进行综合防雷设计至关重要。

1 雷电对建筑结构的影响

1.1 直击雷的影响

雷电对建筑结构的影响不容忽视，其中直击雷的破坏力尤为显著。当带电云层与大地之间发生迅猛放电，即直击雷现象时，其强大的雷电流会直接作用于建筑物，造成严重的物理和电气损害。雷电流的热效应是其主要破坏机制之一^[1]。在雷击瞬间，雷电流通过建筑物构架、屋顶、外墙等部位时，会产生极高的温度，甚至可达数千至上万摄氏度。这种高温足以使建筑材料如混凝土、砖石等发生炸裂、熔化或坍塌，导致建筑物结构受损，严重时甚至引发火灾或建筑物倒塌。

为了有效应对直击雷对建筑结构的影响，必须采取一系列科学的防雷措施。首先，安装避雷针、避雷带等接闪器是防直击雷的基本手段。这些接闪器能够优先吸引雷电流，并将其安全地导入大地，从而保护建筑物免受雷击^[2]。避雷针的设计应确保其高度和位置能够覆盖建筑物的整个保护范围，同时与建筑物的引下线 and 接地装置形成良好的电气连接。

加强建筑物的接地系统是防雷措施的重要组成部分。接地系统应具备良好的导电性能和足够的埋设深度，以确保雷电流能够迅速、安全地流入大地^[3]。对于高层建筑或重要建筑，还应考虑采用多点接地或环形接地等方式，提高接地系统的可靠性和稳定性。

1.2 感应雷的影响

在探讨雷电对建筑结构的威胁时，感应雷作为一个不可忽视的重要因素，其影响广泛且深远。感应雷并非

直接作用于建筑物，而是通过电磁感应的方式，在建筑物内部的金属管道、线路以及电子设备上产生感应电动势或感应电流，进而引发一系列的安全隐患和损害。

当雷云在建筑物附近放电或雷电击中附近物体时，会在周围空间形成一个强大的电磁场。这个电磁场会迅速变化，从而在建筑物内部的金属导体中感应出电动势。如果这些金属导体没有良好的接地，或者接地电阻过大，那么感应出的电动势就可能足以击穿导体与周围物体之间的绝缘，引发放电现象^[4]。这种放电不仅会产生强烈的电弧和高温，可能直接烧毁导体或周围物体，还可能引发火灾或爆炸等严重后果。

更为严重的是，感应雷还可能引发雷电波侵入。当雷电击中建筑物附近的电线杆或架空线路时，会在电线上产生瞬间的高电压和高电流。这些高电压和高电流会沿着电线传播到建筑物内部，对电气设备造成直接冲击^[5]。如果电气设备没有足够的防雷措施，就可能被雷电波击毁或引发火灾。

因此，针对感应雷的影响，必须采取有效的防雷措施。首先，建筑物内部的金属管道、线路等导体应尽可能进行良好的接地处理，以降低感应电动势的产生。同时，对于电子设备，应安装防雷器或过电压保护器，以限制感应电流对设备的损害。此外，对于建筑物外部的电线和架空线路，也应采取防雷措施，如安装避雷线、避雷器等，以防止雷电波侵入建筑物内部。

1.3 雷电波侵入的影响

在雷电对建筑结构造成的诸多威胁中，雷电波侵入无疑是一个值得特别关注的问题。雷电波侵入，简而言之，是指雷电通过架空线路、金属管道等外部导体侵入建筑物内部，对电气设备和人员安全构成直接威胁的现象。

当雷电击中建筑物附近的电线杆、树木或架空线路时，会在这些导体上产生极高的电压和电流。这些雷电波会沿着导体迅速传播，一旦进入建筑物内部，就可能对电气设备造成严重的冲击和破坏。雷电波的高电压和

高电流可能瞬间击穿电气设备的绝缘层,导致设备短路、烧毁甚至引发火灾。对于含有电子元件的设备,如计算机、通信设备等,雷电波的侵入还可能导致数据丢失、设备损坏或性能下降。

雷电波侵入的影响之所以如此严重,与其传播方式和建筑物内部的电气系统结构密切相关。架空线路和金属管道等外部导体是雷电波传播的主要途径,而这些导体往往与建筑物内部的电气系统相连。一旦雷电波通过这些导体进入建筑物内部,就会沿着电气系统的线路传播,对各个电气设备造成冲击。

为了有效应对雷电波侵入的影响,必须采取一系列科学的防雷措施。首先,对于架空线路和金属管道等外部导体,应安装防雷器或避雷器,以限制雷电波的传播。这些防雷设备能够吸收或分散雷电波的能量,从而降低其对电气设备的冲击。其次,建筑物内部的电气系统应进行合理的设计和布局,避免形成雷电波传播的“通道”。例如,可以采用屏蔽、隔离等措施,将电气系统与外部导体隔离开来,减少雷电波侵入的可能性。此外,还应定期对建筑物的电气系统和防雷设备进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态。

2 防雷措施

2.1 防直击雷措施

在雷电防护体系中,防直击雷措施是保护建筑结构免受雷电直接冲击的关键。直击雷,作为雷电中最直接且破坏力极强的一种形式,对建筑物的安全构成了严重威胁。因此,采取科学有效的防直击雷措施,对于确保建筑物的稳定性和人员安全至关重要。

防直击雷的核心在于将雷电流迅速而安全地导入大地,避免其直接作用于建筑物。实现这一目标的主要手段是安装接闪器,如避雷针、避雷带或避雷网。这些接闪器通常被安装在建筑物的最高点或易受雷击的部位,如屋顶、屋檐、屋角等,以吸引并捕捉雷电流。

避雷针作为防直击雷的经典设备,其工作原理基于尖端放电的原理。当雷云靠近时,避雷针的尖端会产生强烈的电场,使得雷云下的电场发生畸变,从而引导雷电流优先击中避雷针,而非建筑物本身。避雷针通过与之相连的引下线和接地装置,将雷电流安全地导入大地,从而保护了建筑物的安全。

除了避雷针外,避雷带和避雷网也是常用的接闪器形式。避雷带通常沿建筑物的屋顶、屋檐或外墙布置,形成一条连续的金属带,以扩大接闪范围。避雷网则是由多条避雷带交织而成,形成更为密集的接闪网络,进一步提高防雷效果。

在安装接闪器时,还需注意其与建筑物的电气连接

和接地处理。接闪器与引下线的连接应牢固可靠,确保雷电流能够顺畅传导。同时,引下线应沿建筑物外墙或内部结构布置,直至与接地装置相连。接地装置是防雷系统的重要组成部分,其应具备良好的导电性能和足够的埋设深度,以确保雷电流能够迅速、安全地流入大地。

综上所述,防直击雷措施是保护建筑结构免受雷电直接冲击的关键。通过科学合理地安装接闪器、处理接地系统,我们可以有效地将雷电流导入大地,确保建筑物的安全和稳定。这些措施不仅为建筑物提供了首道防雷屏障,也为人员安全提供了有力保障。

2.2 防感应雷措施

在雷电防护的全面战略中,防感应雷措施占据着举足轻重的地位。与直击雷直接冲击建筑物不同,感应雷通过电磁感应的方式,在建筑物内部的金属管道、线路及电子设备中诱发感应电动势或电流,进而可能引发设备损坏、火灾甚至人员伤亡。因此,实施有效的防感应雷措施,对于维护建筑内部的安全与稳定至关重要。

防感应雷的首要任务是在建筑物内部构建一个完善的等电位连接网络。这一网络通过将建筑物内的所有金属构件、管道、线路等导体进行电气连接,并最终与建筑物的接地系统相连,确保在雷电发生时,建筑物内部各部位之间不存在电位差,从而避免感应电动势或电流的产生。等电位连接不仅减少了雷电对内部设备的直接冲击,还有效地抑制了雷电引起的电磁干扰。

为了实现等电位连接,需要在建筑物设计之初就进行周密的规划。金属门窗、栏杆、暖气管道、上下水管道等所有可能成为感应雷入侵途径的导体,都应纳入等电位连接网络中。同时,对于建筑物内部的电子设备,特别是那些对电磁干扰敏感的设备,如计算机、通信设备、医疗设备等,更应加强等电位连接措施,确保其在雷电环境下的稳定运行。

综上所述,防感应雷措施是守护建筑内部安全的隐形盾牌。通过构建完善的等电位连接网络、采取屏蔽措施以及对外部导体进行防雷处理,我们可以有效地降低感应雷对建筑物内部设备和人员的威胁,确保建筑内部的安全与稳定。这些措施不仅为建筑物提供了全面的防雷保护,也为人们的生命财产安全提供了有力保障。

2.3 防雷电波侵入措施

在雷电防护的综合体系中,防雷电波侵入措施是确保建筑电气安全、防止雷电灾害蔓延至建筑内部的关键环节。雷电波侵入,作为雷电对建筑电气系统的一种主要威胁,其通过架空线路、金属管道等外部导体传入建筑内部,对电气设备造成冲击,甚至引发火灾、爆炸等严重后果。因此,采取科学有效的防雷电波侵入措施,

对于保障建筑电气系统的稳定运行和人员安全至关重要。

防雷电波侵入的核心在于切断雷电波的传播路径，阻止其进入建筑内部。首先，对于架空线路，应在其进入建筑物前安装避雷器。避雷器作为一种专门的防雷设备，能够吸收或分散雷电波的能量，从而限制其沿线路侵入建筑物内部。在选择避雷器时，应根据线路的电压等级、雷电活动频繁程度以及建筑物的具体情况进行合理选型，确保其防雷效果。

除了架空线路外，金属管道也是雷电波侵入的重要途径。对于进入建筑物的金属管道，如水管、燃气管等，应在其入口处设置防雷装置，以阻断雷电波的传播。同时，金属管道在建筑物内部应尽量避免形成环路，以减少雷电波在管道内产生的感应电动势和电流。

在防雷电波侵入的过程中，接地系统的作用同样不容忽视。一个好的接地系统能够迅速将雷电波引入大地，从而降低其对建筑物和电气设备的威胁。因此，应定期对建筑物的接地系统进行检查和维护，确保其导电性能良好、接地电阻符合要求。

综上所述，防雷电波侵入措施是筑起建筑电气安全的坚固屏障。通过安装避雷器、设置防雷装置、加强电气系统防护以及完善接地系统等措施，我们可以有效地切断雷电波的传播路径，阻止其进入建筑内部，从而保障建筑电气系统的稳定运行。这些措施不仅为建筑物提供了全面的防雷保护，也为人们的日常生活和工作提供了有力保障。

2.4 其他防雷措施

在防雷工作中，除了针对直击雷、感应雷和雷电波侵入的专门措施外，还需综合考虑建筑的整体防雷需求，采取一系列其他防雷措施，以全方位构建建筑防雷安全体系。这些措施旨在增强建筑的防雷能力，减少雷电灾害的风险，确保人员和财产的安全。

首先，加强建筑物的结构防雷设计是关键。在建筑设计阶段，就应将防雷考虑纳入其中，优化建筑结构布局，避免形成易于引雷的构造。例如，通过合理设置屋顶坡度、避免屋顶尖锐突出物等方式，减少直击雷的可能性。同时，建筑结构的材料选择也至关重要，应优先选用具有良好导电性能和耐腐蚀性的材料，以增强建筑的防雷性能。

其次，完善建筑物的防雷设施是重要一环。除了传

统的避雷针、避雷带等接闪器外，还可以考虑在建筑周围设置防雷网、防雷墙等辅助设施，进一步阻挡雷电的入侵。同时，建筑物内部的电气系统、通信系统等也应加强防雷保护，如安装防雷器、过电压保护器等设备，确保雷电不会通过这些系统侵入建筑内部。

最后，建立完善的防雷应急预案也是必不可少的。通过制定详细的防雷应急预案，明确应急响应流程、人员职责和应急物资准备等内容，确保在雷电灾害发生时能够迅速、有效地进行应对。同时，还应定期组织防雷应急演练，提高人员的应急反应能力和协同作战能力。

综上所述，其他防雷措施作为建筑防雷安全体系的重要组成部分，对于提高建筑的防雷能力、减少雷电灾害的风险具有重要意义。通过加强结构防雷设计、完善防雷设施、加强维护与管理、提高人员防雷意识和建立完善的防雷应急预案等措施，我们可以全方位构建建筑防雷安全体系，为人员和财产的安全提供有力保障。

3 结论

雷电对建筑结构、人员安全和电气设备构成严重威胁。通过采取综合防雷措施，包括防直击雷、防感应雷、防雷电波侵入等，可以有效降低雷电灾害的风险。未来，随着科技的不断发展，防雷技术也将不断进步，为建筑防雷提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1] 徐永霞. 雷电防护技术在智能建筑的探讨[J]. 中国新通信, 2020, 22(06): 141.
- [2] 刘荣美. 高层建筑结构雷电冲击模型建立及其求解方法研究[D]. 河北工业大学, 2015.
- [3] 刘荣美, 汪友华, 张岩. 建筑结构中雷电流和磁场分布特性的频域有限元方法分析[J]. 电工技术学报, 2013, 28(S2): 140-145.
- [4] 李鹏. 雷电脉冲对移动通信基站影响的研究[D]. 北京邮电大学, 2012.
- [5] 周佩白, 臧绪运, 冯雷, 等. 建筑结构中雷电流分布特性的基础性分析[C]// 中国通信学会电磁兼容委员会. 第十四届全国电磁兼容学术会议论文集. 上海交通大学; 上海交通大学; 上海交通大学; 上海交通大学; 上海交通大学; , 2004: 2.

作者简介: 冯立, 汉族, 男, 专科, 研究方向: 建筑施工, 北京首开天宇设备设施运营管理有限公司