

防雷击电磁脉冲技术在建筑物中的应用研究

——以阿里云谷园区防雷装置安全检测项目为例

王子

上海市避雷装置检测站有限公司, 上海 200030

摘要：随着现代建筑物中电气和电子系统的广泛应用，防雷击电磁脉冲技术变得至关重要。本文以阿里云谷园区防雷装置安全检测项目为背景，深入研究了防雷击电磁脉冲技术在建筑物中的应用。通过对相关标准规范的解读，分析了雷电电磁脉冲的产生、传播和危害机制。结合阿里云谷园区的实际检测情况，详细阐述了防雷装置的设计、安装和检测要点，包括接闪器、引下线、接地装置、防雷等电位连接和电涌保护器等。同时，针对检测过程中发现的问题，提出了相应的改进措施和建议。本研究为提高建筑物的防雷击电磁脉冲能力，保障人员和设备的安全提供了理论依据和实践指导。

关键词：防雷击电磁脉冲；建筑物；安全检测；阿里云谷园区

Research on the Application of Lightning Protection Electromagnetic Pulse Technology in Buildings — Taking the Lightning Protection Device Safety Inspection Project in Aliyun Valley as an Example

Wang Zi

Shanghai Lightning Protection Device Testing Station Co., Ltd. Shanghai 200030

Abstract： With the widespread application of electrical and electronic systems in modern buildings, lightning protection electromagnetic pulse technology has become crucial. This article takes the lightning protection device safety inspection project in Aliyun Valley as the background to deeply study the application of lightning protection electromagnetic pulse technology in buildings. Through interpreting relevant standards and specifications, this paper analyzes the generation, propagation, and hazard mechanisms of lightning electromagnetic pulses. Combining the actual inspection situation in Aliyun Valley, it elaborates on the design, installation, and key inspection points of lightning protection devices, including lightning rods, down conductors, grounding devices, lightning protection equipotential bonding, and surge protectors. Simultaneously, corresponding improvement measures and suggestions are proposed for the problems found during the inspection process. This study provides a theoretical basis and practical guidance for improving the building's ability to resist lightning electromagnetic pulses and ensuring the safety of personnel and equipment.

Keywords： lightning protection electromagnetic pulse; building; safety inspection; Aliyun valley

引言

在当今信息化时代，建筑物中的大量电气和电子设备因成为雷电电磁脉冲的重要目标而面临巨大威胁，如设备损坏、数据丢失，甚至火灾、爆炸等严重事故，这使得加强建筑物的防雷击电磁脉冲能力成为建筑防雷领域的重要任务。本研究旨在深入探讨该技术在建筑物中的应用，通过对阿里云谷园区防雷装置安全检测项目的分析来总结经验教训，从理论层面来看，能进一步完善防雷击电磁脉冲技术的理论体系，为相关研究提供参考，还能深入分析雷电电磁脉冲的传播规律和危害机制，为制定更科学合理的防雷措施提供理论依据；在实践方面，可通过对阿里云谷园区防雷装置的检测和评估，发现问题和不足并提出改进措施，提高园区的防雷安全水平，同时为其他建筑物的防雷设计、施工和检测提供借鉴和参考，推动防雷行业的发展。

一、防雷击电磁脉冲技术概述

(一) 相关概念

1. 雷电电磁脉冲 (LEMP)：雷电流经电阻、电感、电容耦合产生的电磁效应，包含闪电电涌和辐射电磁场。

2. 防雷区 (LPZ)：划分雷电电磁环境的区域，根据雷电电磁

脉冲的强度和影响范围，将建筑物划分为不同的防雷区。

3. 电涌保护器 (SPD)：用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件，是防雷击电磁脉冲的重要措施之一。

(二) 基本原理

防雷击电磁脉冲技术的基本原理是通过合理的防雷装置设计和布局，将雷电电磁脉冲引入大地，同时采用电涌保护器等措施

作者简介：王子 (1989.05-)，男，汉族，上海人，毕业于上海交通大学计算机科学与技术专业，获得工学学士学位，电气工程师，研究方向：建筑防雷技术。

来保护建筑物内的电气和电子设备，避免其受到损害。具体原理包括屏蔽原理、接地原理、等电位连接原理和电涌保护原理：屏蔽原理利用金属屏蔽体减少电磁脉冲对内部设备的影响；接地原理通过接地装置将雷电电流引入大地，释放电荷并降低电位差，防止雷电反击事故；等电位连接原理将建筑物内的金属构件、电气设备和电子设备等进行等电位连接，使它们处于相同电位水平，避免电位差引起的放电现象；电涌保护原理则是电涌保护器在遇到雷电电磁脉冲时迅速动作，将过电压和电涌电流限制在设备能够承受的范围内，从而保护设备^[1]。

二、阿里云谷园区防雷装置安全检测项目概述

（一）项目背景

阿里云谷园区是一个集云计算数据中心、研发中心、办公区域等为一体的综合性园区，园区内建筑物众多，电气和电子设备密集。为了保障园区的安全运行，提高建筑物的防雷击电磁脉冲能力，特开展了本次防雷装置安全检测项目。本检测项目针对阿里云计算有限公司的多个建筑物及相关设施进行防雷检测。涵盖一号楼至十号楼、自行车车棚等，检测内容包括接闪器、引下线、接地装置、防雷等电位连接和电涌保护器等。依据 GB/T 21431-2023 等标准，采用实地检测和仪器测量的方法。



> 图1 阿里云谷园区

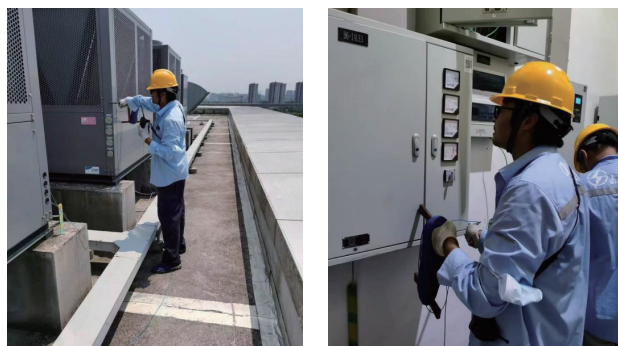
（二）检测内容和方法

1. 检测内容

本次检测主要包括对建筑物的接闪器、引下线、接地装置、防雷等电位连接和电涌保护器，涵盖装置的类型、规格、安装位置和连接方式等，确保符合设计要求和标准规范；运用专业仪器设备测量结合观察检查从而得到防雷装置的各项数据和电气参数，如接地电阻、过渡电阻、电压保护水平、标称放电电流、雷电流相关参数等，以评估其性能和有效性；通过雷电流注入法和空间辐射法，检测雷击直接建筑物的 LPS 后建筑物内部的脉冲磁场大小，测量建筑物结构（如墙体、格栅形屏蔽网等）对雷电电磁脉冲磁场的衰减作用。这些检测内容相互配合，全面评估了建筑物的防雷状况。

2. 检测方法

一是测量。检测人员满怀专业素养地抵达现场后，经过一系列的安全交底、技术交底、工作交底，有条不紊地展开检测工作。他们凭借精湛的技艺，熟练地运用接地电阻测试仪和等电位连接测试仪，以一丝不苟的态度精准地获取防雷装置的接地电阻和过渡电阻等测量数据。这些数据犹如一把把精准的钥匙，是评估防雷装置连接性能的关键依据。它们清晰地反映出防雷装置的工作状态和防护能力，为后续的评估和决策提供了坚实的基础，确保防雷装置能够有效地发挥其保护作用。



> 图2 露天检测现场

二是检查。检查包括观察检查和查阅资料。检测人员通过观感质量进行现场检查，包括防雷装置的类型、材料和规格、安装工艺和现状、锈蚀情况、连接方式等，从而得到一系列的观察数据。检测人员还可以查阅防雷装置的施工记录、设计图纸、产品质量文件等档案资料来获取信息。

三是结论判定。在获取数据后，检测人员对其进行深入分析和处理。将这些数据与设计要求和相关标准规范仔细对比，从而全面评估防雷装置的性能和安全性。通过这样的严谨分析，能够及时发现防雷装置可能存在的问题和隐患。例如，若数据显示接地电阻不符合标准，或者电磁干扰超过限值，就可以迅速采取措施进行整改，确保防雷装置能够有效抵御雷电袭击，为相关设施和人员提供可靠的安全保障。

三、防雷装置检测结果分析

（一）防雷装置基本情况

通过对阿里云谷园区各建筑物防雷装置的全面检查和测量，发现大部分防雷装置的设计和安装基本符合相关标准规范要求。在接闪器方面，屋顶采用自然或金属屋面，部分设置专设的接闪带或接闪杆，类型和位置合理，材料规格符合要求且表面无锈蚀、固定牢固。引下线采用自然或人工接地体，部分有专用引下线，材料规格合格、连接牢固，布置符合规范，断接卡设置合理。接地装置采用自然和人工接地体相结合，接地电阻值达标，材料和施工质量良好，焊接牢固且防腐处理到位^[2]。

（二）检测数据与电气参数

1. 接地电阻及过渡电阻情况

本次对阿里云谷园区各建筑物防雷装置的检测涵盖了接地电阻、SPD 相关参数和雷电流相关参数等方面。在接地电阻方面，通过测量发现，一号楼至十号楼的东南角、西南角、东北角和西



> 图3 室内检测现场

北角立面铝扣板的接地电阻均在 0.40Ω 至 0.50Ω 之间。在过渡电阻方面, 一号楼至十号楼区域内屋面设备—接闪器, 配电间、消防泵房、计算机房等内部设备—基准点之间的过渡电阻均小于 0.2Ω 。这表明接地装置和防雷等电位连接的连接性能完全符合规范要求, 能够有效地将雷电流引入大地。

2. SPD 相关参数

在 SPD 相关参数方面, SEP-F15 型 SPD 在屋面强电间配电柜 1 和配电柜 2 中的电压保护水平 U_p 为 $1.5kV$ 、标称放电电流 I_n 为 $15kA$, SEP-80 型 SPD 在 1F 强电间配电柜 1 和配电柜 2 中的电压保护水平 U_p 为 $2.0kV$ 、标称放电电流为 $20kA$ 。同时, 部分建筑物电源进线及主要机房的弱电系统电源处 SPD 内部串联电子元器件, 对泄漏电流、压敏电压、绝缘电阻的检测不适用。

3. 雷电流相关参数

在雷电流相关参数方面, 首次正极性雷击时, 二类防雷建筑物的雷电流幅值 I 为 $150kA$, 波头时间 T_1 为 $10\mu s$, 半值时间 T_2 为 $350\mu s$, 电荷量 Q 为 $75C$; 首次负极性雷击时, 二类防雷建筑物的雷电流幅值为 $75kA$, 波头时间为 $1s$, 半值时间 T_2 为 $200\mu s$, 电荷量 Q 根据不同防雷建筑物类别有所不同; 首次负极性以后雷击时, 二类防雷建筑物的雷电流幅值为 $37.5kA$, 波头时间为 $0.25\mu s$, 半值时间 T_2 为 $100\mu s$, 电荷量 Q 也根据不同防雷建筑物类别有所不同。

(三) 电磁环境监测结果

1. 电场和磁场强度

通过对建筑物内部的电场强度以及磁场强度进行细致的监测和分析, 研究结果显示, 在大多数情况下, 这些场强的数值都保持在国际公认的安全标准之内。这意味着在日常使用中, 无论是居住者还是各种电子设备, 都不会受到来自这些电磁场的潜在危害, 确保了人们的生活环境和工作环境的安全性。

2. 射频干扰强度

在对建筑物内部的射频干扰情况进行细致的监测过程中, 我们发现尽管存在一些区域的射频干扰水平较高, 但这些干扰水平仍然处于所有相关设备能够承受的范围之内。因此, 可以肯定的是, 这些射频干扰并不会对设备的正常运行造成任何负面影响。

四、防雷击电磁脉冲技术应用中存在的问题

(一) 防雷装置设计方面

部分建筑物存在防雷分区不合理的问题, 其防雷分区不够明确, 致使一些区域的防雷措施难以有效实施, 极易受到雷电电磁脉冲的侵袭; 同时, 一些建筑物的接闪器设置位置存在不合理之处, 无法有效地拦截雷电流, 从而存在雷击风险; 此外, 部分建筑物的引下线布置也不合理, 其布置间距不均匀, 导致引下线之间产生屏蔽效应, 对防雷效果产生了不良影响^[5]。

(二) 防雷装置安装方面

在防雷装置的安装过程中, 存在一些严重问题。施工质量方面, 存在焊接不牢固、接地体埋设深度不够等情况, 这些问题严重影响了防雷装置的性能和可靠性; 材料质量也存在问题, 部分防雷装置的材料, 如接地体材料电阻率过高, 以及电涌保护器性能不稳定等, 都对防雷效果产生了负面影响。

(三) 电涌保护器选择和安装方面

部分建筑物的电涌保护器存在诸多问题。选型方面不合理, 不能有效保护设备免受雷电电磁脉冲的损害; 安装位置也存在不当之处, 无法及时有效地发挥保护作用; 在使用过程中, 维护管理不到位, 缺乏定期检测、清洁等有效措施, 导致电涌保护器的性能下降, 进而影响了防雷效果。

五、防雷击电磁脉冲技术改进措施和建议

(一) 防雷装置设计优化

为增强建筑物的雷电防护效能, 必须执行以下措施: 基于建筑物的结构特征、使用功能以及雷电活动的规律性, 科学地划分防雷区域, 确保各区域的防雷措施得以切实执行; 依据建筑物的几何形态与尺寸参数, 优化接闪杆的布局位置与形态设计, 以提高其拦截雷电的效率; 根据建筑物的结构布局及防雷区域划分, 合理规划引下线的布置位置与间距, 减少引下线间的屏蔽效应, 从而提升雷电防护系统的整体效能。

(二) 加强防雷装置安装管理

为了提高施工质量, 我们必须加强对防雷装置安装施工过程的管理, 确保每一个环节都严格按照设计要求和施工规范来进行, 从而保证施工质量的高标准。在材料质量控制方面, 我们同样需要严格把关。必须选择那些符合质量要求的防雷装置材料, 通过细致的检验和筛选, 确保每一批次的材料都达到规定的质量标准, 从而为整个防雷系统的安全稳定运行打下坚实的基础。

(三) 电涌保护器选择和安装

为确保电涌保护器能有效保护建筑物内电气和电子设备免受雷电电磁脉冲的损害, 需要做好以下工作: 根据设备的类型、重要性和使用环境合理选型, 选择合适的类型、规格和参数; 正确安装, 将安装位置尽量靠近被保护设备, 并严格按照产品说明书的要求进行安装; 加强维护管理, 定期对电涌保护器进行检测、清洁和维护, 以保证其性能稳定可靠。

六、结论

本研究以阿里云谷园区防雷装置安全检测项目为例, 对防雷击电磁脉冲技术在建筑物中的应用进行了深入研究。通过对防雷装置的检测和分析, 发现了在防雷装置设计、安装和电涌保护器选择和安装方面存在的问题, 并提出了相应的改进措施和建议。本研究为提高建筑物的防雷击电磁脉冲能力, 保障人员和设备的安全提供了理论依据和实践指导。同时, 随着科技的不断发展和雷电防护技术的不断进步, 我们应不断加强对防雷击电磁脉冲技术的研究和应用, 不断完善防雷措施, 提高防雷安全水平。

参考文献

- [1] 周雪君, 魏雪. 大型变电所防雷设计技术评价要点分析. 第31届中国气象学会年会, 2014.
- [2] 张同友. 青藏高原主体大气实验站防雷工程设计研究. 2015年电磁脉冲与雷电防护技术研讨会, 2015.
- [3] 于洪涛. 广播电视发射台节传自动化3D虚拟呈现技术. 数字传媒研究, 2023(10).
- [4] 苏利军. 广播电视发射台台监控系统技术研究. 数字传媒研究, 2023(11).
- [5] 李世林主编. 电气装置和电气设备的电击防护技术[M]. 中国标准出版社. 1999.