

雷达站雷电防护措施及重要性探讨

丛桂俊¹ 龙熙²

(重庆市设计院有限公司 400015)

摘要: 雷达站作为一种重要的电子设备,在国家安全、军事防御以及民用领域的科研和生产中具有重要作用。然而,雷电作为一种自然灾害,可能对雷达站设备和工作人员产生严重的威胁,甚至对整个国家的安全和发展造成不良影响。因此,对于雷达站的雷电防护措施进行研究,对于保障雷达站设备的正常运行和人员的安全具有重要意义。雷达站的雷电防护设计,应依据当地的雷电环境、土壤、气象、地形、地质条件及雷达类型、防雷分区分别确定雷电防护等级,采取综合防雷措施。本文分析了雷达站的重要性及雷电的危害,明确了雷电防护的重要性,并提出了具体的防护措施,包括设备防护、建筑防护、人员防护几个方面,以期提高雷达站防护水平。

关键词: 雷达站;雷电防护;防护措施;重要性

雷电是一种常见而又危险的自然现象,其带来的危害不仅仅是对人类和动物的威胁,还包括对设备和自然环境的影响。因此,必须要采取有效的雷电防护措施,为雷达站的设计、建设和运营提供科学的防护手段和技术支持,促进雷达站的科学、高效、安全运行,进一步提升我国的国防实力和科技水平。本文将从雷电的危害、雷达站雷电防护的重要性以及具体措施三个方面,详细探讨雷达站的雷电防护措施。

一、雷达站的重要性

雷达站在不同领域的应用可以帮助国家、经济和社会实现多个重要目标^[1]。在军事方面,雷达站可以帮助国家提高防御能力,监测和追踪敌方目标,提高军事作战效率和安全性。在气象、航空、海洋和地质勘探等领域,雷达站可以检测到大气和海洋中的物质和结构信息,帮助预测天气变化、提高航空安全性、发掘地球资源等,促进经济发展。在气象、环境和卫生等领域,雷达站可以提供及时、准确的信息,帮助公众做出科学决策,提高生活质量,增强社会保障体系。因此,雷达站的应用在国家、经济和社会的发展中都具有重要的作用。

二、雷电对建筑物和设备的损害

雷电对建筑物的影响可能会导致建筑物结构受损,如墙体开裂、屋顶漏水等,严重时可能会引起建筑物坍塌。这是因为雷电会在建筑物表面产生大量的电荷,形成电场和电流,导致建筑物内部的电荷分布不均,产生局部高电场和电流,从而引发建筑物的损坏^[2]。建筑物受雷击主要有以下表现:①墙体开裂:雷电会使建筑物内部的水分蒸发,形成高温高压的气体,从而引起墙体内部的空洞或裂缝,导致墙体开裂。②屋顶漏水:雷电对屋顶的影响可能会导致屋顶表面的瓦片或砖块脱落,或者破坏屋顶的防水层,从而引起屋顶漏水。③建筑物坍塌:严重时,雷电会对建筑物的整体结构造成影响,导致建筑物的坍塌。

雷电对电子设备的影响可能会导致设备烧毁、电路损坏、电磁波辐射等,严重时可能会影响设备的正常运行。这是因为雷电会在电子设备表面产生高电压脉冲和电磁辐射,从而对设备产生影响。电子设备受雷击主要有以下表现:①设备烧毁:雷电会对电子设备内部的电子元器件产生高压脉冲和电流,从而导致电子元器件烧毁。②电路损坏:雷电会对电子设备的电路产生影响,从而导致电路损坏或失效。③电磁波辐射:雷电会在电子设备周围产生电磁波辐射,可能会对设备的正常运行产生干扰。

三、雷达站雷电防护的重要性

1、保障数据安全

雷电会对雷达站传输的数据产生影响,从而影响雷达站的应用效果。保障数据的安全是雷达站防护工作的重要方面之一。如果雷达站因为雷电而导致数据丢失或出错,就会对工作和研究产生不利影响。为了保障数据的安全,雷达站必须采取相应的防护措施。这包括建立电磁屏蔽系统、加强数据备份和保护等。通过加强雷电防护措施,可以保障数据的安全,提高雷达站的应用效果和性能。

2、保护雷达站的设备

雷达站的设备通常是非常昂贵和复杂的,包括雷达天线、接收机、发射机、信号处理装置等等。如果设备遭受雷电的侵害,将会导致设备

的损坏和运行不正常,甚至会严重影响雷达站的正常运行,进而影响相关领域的研究和应用^[3]。因此,为了保护雷达站的设备,应该采取各种防雷措施,如安装避雷针、接地装置、屏蔽装置等等,以减少雷电对设备的损害,保证雷达站的正常运行和数据传输。保护雷达站的设备是雷电防护的一个非常重要的方面。雷达站的设备通常是非常昂贵和复杂的,如果设备遭受雷电的侵害,将会导致设备的损坏和运行不正常,进而影响雷达站的正常运行和数据传输。

3、提高雷达站的安全性

雷电是一种具有强烈危害的自然现象,对人类和设备都具有严重的危害^[4]。在雷电天气中,雷达站的设备和工作人员容易受到雷电的侵害,如果没有采取有效的雷电防护措施,将会对人员的生命和财产产生威胁。因此,对雷达站进行雷电防护,可以提高雷达站的安全性和抗灾能力。具体而言,可以通过建设雷电监测系统、定期检查和维护雷达站设备、制定安全操作规程等手段,提高雷达站的安全性和应对灾害的能力。

四、雷达站雷电防护的具体措施

1、防雷区划分及防护措施

根据《建筑物防雷设计规范》,根据防雷击电磁脉冲进行防雷区划分,主要包括以下几种:

1.1 LPZOA 区

在该区域内的各类物体都有可能遭受直接雷击。采取的防护措施主要有 4 种,第一种为主动出击,将雷电能量耗损完,例如可以发射带有金属线的小火箭将雷电引走。第 2 种是被动地实现引雷入地,可应用避雷线、避雷针、避雷网等。第 3 种是将沿着金属管线传播的过电压拦截,并且将其泻入到地上。第 4 种是采用屏蔽设施,例如在建筑物上安装避雷网,实验室或者大型设备外面铺设金属箔,或者是在电缆、导线外套设金属管等。

1.2 LPZOB 区

在该区域内的各类物体一般不会遭受直接雷击,但在该区域内的电磁场强度未出现衰减,对此所采取的防护措施主要有 3 种,即 LPZOA 区中的 2、3、4 种方法。

1.3 LPZI 区

在该区域内不会遭受直接雷击的情况,电磁场强度可能会衰减,这与屏蔽措施有密切关系。对于该区域的防护措施包括 2 种,第 1 种为屏蔽,如将敏感性高的仪器放到专门的屏蔽室内;第 2 种是在各种仪器的线路上装设避雷器。

1.4 LPZn+1 后续防雷区

如果需要进一步减少电流,或者是削弱电磁场强度,则可以设置后续防雷区,并根据保护对象的要求确定防雷区条件。在该区域,防护措施仍是在仪器设备的线路上装设避雷器,在两个防雷区界面上的金属物要做好电位连接,并且采取有效的屏蔽对策。这样能够减少金属物及系统之间的电位差。

具体的基于防雷区划分的雷达防雷系统构成如图 1 所示:

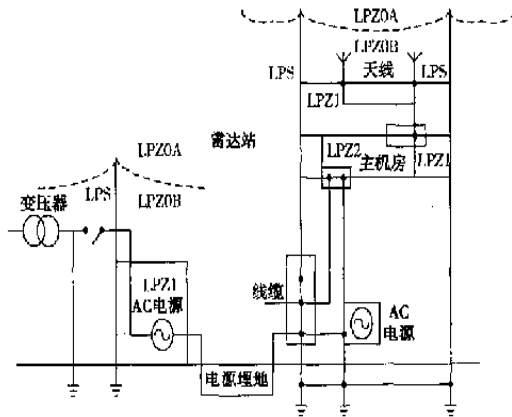


图1 雷达防雷系统构成图

2、设备防护

设备防护是雷达站雷电防护的重要方面。为了减少雷电对雷达站设备的损害，可以采取以下措施：

①雷达站室内外配电路、通信线路不得直接架空进入机房。为了防止雷电对雷达站设备造成影响，必须采取相应的防护措施。对于配电路，应全程采用铠装电缆，直接埋地敷或敷设在金属槽（管）内。电缆屏蔽层、金属屏蔽（管）首尾应电气贯通并应在两端接地。这样可以有效地降低雷电对配电路的影响，提高线路的安全性和可靠性。对于通信线路，也应采用相应的防护措施。通信线路的防护措施主要包括电磁屏蔽、接地和电涌保护。可以采用铠装电缆、金属管道等方式，有效地防止雷电对通信线路的影响。同时，必须保证电缆屏蔽层、金属屏蔽管道首尾电气贯通，并接地。

②雷达站的雷达机房应做磁屏蔽。雷达机房是雷达站最重要的部分之一，必须采取相应的防护措施，以保障设备的正常运行。磁屏蔽是一种有效的防护措施，可以有效地降低雷达机房内的电磁辐射，保障设备的正常运行。为了实现磁屏蔽，可以在机房六面增设屏蔽网，网格尺寸不宜大于200mm×200mm。房间的金属门、窗应与建筑物主钢筋可靠电气连接。这样可以有效地降低雷达机房内的电磁辐射，提高机房内设备的安全性和可靠性。

③雷达站的电涌保护器(SPD)应根据雷电环境及保护对象重要性确定防护等级，合理设置各防雷区的界面处。电涌保护器(SPD)是一种常用的防雷设备，可以有效地降低雷电对设备的影响，保障设备的正常运行。在雷达站的设计和建设过程中，必须根据雷电环境和保护对象的重要性，合理设置各防雷区的界面处，并根据不同的防护等级选用相应的电涌保护器。此外，电涌保护器(SPD)应装设可靠的后备过电流保护装置。信号线宜在设备的出入端口装设适配的电涌保护器。在处于多雷区或强雷区的雷达站的低压供电系统中，还宜加装隔离变压器，以进一步降低雷电对设备的影响。

④雷达站的机房内应建立低阻抗的等电位连接基准网。雷达站机房内的各设备机相应至少引出两条接地线，并应就近与接地网络可靠电气连接。这样可以有效地降低雷电对机房内设备的影响，提高设备的安全性和可靠性。在雷达站的设计和建设过程中，必须充分考虑雷电的影响，采取相应的防护措施。这包括：配电路、通信线路、雷达机房的磁屏蔽、电涌保护和设备接地等。通过加强雷电防护措施，可以有效地降低雷电对设备的影响，保障设备的正常运行和人员的安全。同时，雷达站的建设也应符合相关的标准和规范，如国家标准《雷电防护规范》和军用标准《雷电防护规范（装备）》等。这些标准和规范为雷达站的建设提供了重要的技术指导和法律依据。只有充分遵守这些标准和规范，才能有效地保障雷达站设备的正常运行和人员的安全。

3、建筑防护

建筑防护是雷达站雷电防护的另一个重要方面。为了减少雷电对雷达站建筑的损害，可以采取以下措施：

①雷达站的建筑物专设引下线不应少于2根，引下线应保持电气连

接通路，并应以最短路径对称敷设。雷达站的建筑物专设引下线是建筑物内部的电气连接线路，是雷电防护的重要组成部分。引下线应保持电气连接通路，并以最短路径对称敷设，这可以有效地降低雷电对建筑物的影响，提高建筑物的抗雷电能力。

②雷达机房、监控室宜设置在建筑物的低层中心部位或雷电防护区的高级别区域内，并应远离外墙。雷达站的雷达机房和监控室是设备最为集中、运行最为稳定的部分，因此必须采取相应的防护措施。雷达机房、监控室宜设置在建筑物的低层中心部位或雷电防护区的高级别区域内，并应远离外墙，这可以有效地降低雷电对机房和监控室的影响，提高设备的安全性和可靠性。

③雷达站接地系统应采用共用接地装置。雷达站的接地系统是雷电防护的重要组成部分，必须采取相应的防护措施。雷达站的接地系统应采用共用接地装置，这可以有效地降低雷电对设备的影响，提高设备的抗雷电能力。共用接地装置可以保证设备之间的电位差不会过大，从而有效地降低雷电对设备的影响。

④雷达站的雷达天线平台应安装接闪杆，其高度应按照滚球法计算。雷达天线平台是雷达站的核心部分之一，必须采取相应的防护措施。雷达天线平台应安装接闪杆，其高度应按照滚球法计算。接闪杆可以有效地引导雷电流，保护雷达天线平台不受雷击。接闪杆之间应相互均匀连接，这可以有效地降低雷电对设备的影响。接闪杆的材料不应影响雷达电磁波探测特性。位于高山、海岛的雷达站应设置水平方向的接闪器，以提高设备的抗雷电能力。

4、人员防护

人员防护也是雷达站雷电防护的一个重要方面^[5]。为了保护雷达站工作人员的安全，可以采取以下措施：

4.1 制定应急预案

应急预案是指为应对可能发生的紧急情况而制定的方案和措施，是保障工作人员和设备安全的重要手段^[6]。雷达站应该制定相应的应急预案，明确避雷逃生、设备关停、电源切断等应急措施，以及相应的应急处理流程和联系方式。应急预案需要经过相关部门的审批，并定期进行演练和更新，以确保其实用性和有效性。

4.2 培训工作人员

雷达站的工作人员需要接受雷电防护方面的培训，掌握雷电的危害和防护措施，以保证自身的安全。培训内容包括雷电监测、防护措施、应急处理等，需要由专业人员进行培训。培训的形式可以是课堂讲解、演练、考核等多种形式，定期进行回顾和更新，以提高工作人员的防护意识和技能水平。

4.3 安装避雷监测系统

避雷监测系统是一种能够对雷电天气进行实时监测和预警的设备，可以提高雷达站工作人员的安全性。在雷达站附近设置避雷监测系统，可以对雷电进行实时监测和预警，及时采取相应的防护措施，保护工作人员的生命和财产安全。避雷监测系统需要经过专业人员和设计，定期进行检测和维护，以确保其可靠性和有效性。

4.4 设置防护标志和警示牌

在雷达站周围设置相应的防护标志和警示牌，可以提醒工作人员和外来人员注意雷电的危害和防护措施，提高雷达站的安全性。防护标志和警示牌的设置应该符合相关的法规和标准，采用明显的标志和文字，以确保人员能够看清楚并理解相关内容。

4.5 定期检查和维护设备

雷达站的设备需要定期进行检查和维护，以确保其正常运行和防护效果。检查和维护的内容包括设备的接地、屏蔽、绝缘、电源等方面，需要由专业人员进行操作。定期检查和维护设备可以发现和排除隐患，提高设备的可靠性。

5、综合防雷技术

5.1 直击雷防护

雷击建筑物时，会导致地电位出现急剧升高的情况，进而影响到通讯系统及相关设备。对于该种情况，通信系统机房应当尽量设置在LPZn+1的区域内，并且做好相应的屏蔽措施。直击雷防护主要是应用接闪器将雷电流接出，通过引下线及接地装置将电流接入到大地当中，

(下转第50页)

(上接第 29 页)
从而起到良好的防护作用。对于高层建筑物,应当应用防侧击雷措施。接闪器保护范围如图 2 所示:

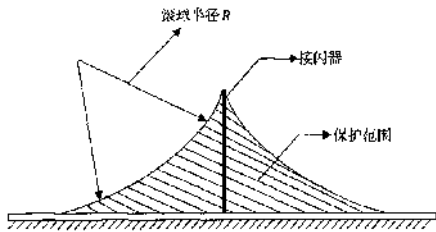


图 2 接闪器保护范围

5.2 电源系统过压保护

为了实现对入侵电源的过电压进行有效控制,可以在供电线路上装设浪涌保护器,从而将设备残压控制到合理范围内。雷击过电压分为纵向和横向两种,前者会对线与线连接的部件或者绝缘介质造成损坏,后者会对内部电路中的固体元件造成损坏。对于雷达系统的设置,应当包括避雷针、避雷带、引下线、等电位连接体、浪涌保护器及接地装置。防雷所的一级 SPD 中防雷器放电电流应当大于 40kA,反应时间要小于 100ns。二级 SPD 避雷器放电电流要大于 40kA,反应时间要小于 50ns。三级 SPD 避雷器放电电流要大于 10kA,反应时间应小于 25ns。残压要小于设备工作电压 1.5~2.2 倍。

5.3 通信网络系统防护

通信网络线路雷电防护与电源系统较为相似,对于相关线路要装设信号避雷器,以实现多级防雷的效果。无线传输网络要设置在 LPZOA 区域内,不仅要做好直击雷防护,还应当装设天馈线避雷器。信号避雷器可安装在信号线入端位置,以实现对重要设备的有效保护。

5.4 等电位链接、屏蔽与接地

等电位能够减小设备之间及设备与构件之间的电位差,从而消除击穿放电,起到良好的防雷效果。因此,通信机房应当针对 2 个及以上的接地实施等电位连接,例如对于安装了抗静电活动地板的机房,应当加装抗静电的泄流网络,以确保电磁场能够分布均匀,从而促进散流。根据《建筑物防雷设计规范》中对于等电位连接的规定,应用 S 型星型结构及 M 型网型结构进行连接,具体连接方式如图 3

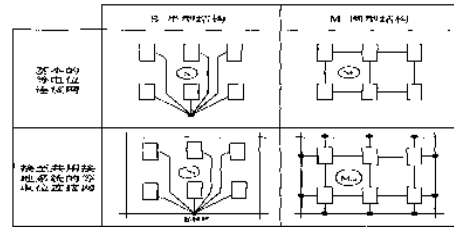


图 3 等电位连接示意图

当应用 S 型等电位连接时,信息系统中的所有金属组件应当与共同接地系统中的组间保持绝缘,等电位连接点除外。该种连接方式在局部系统中应用较多。当应用 M 型等电位连接时,系统金属组件不应当与共用接地系统的组件保持绝缘,其在延伸较大的开环系统中应用较多。

结语

本文从设备防护、建筑防护和人员防护三个方面,介绍了一系列的雷电防护措施。这些措施的采取,可以有效降低雷电对雷达站的影响,保障雷达站的正常运行和数据传输。在今后的研究和实践中,需要不断完善雷电防护技术和设备,提高雷达站的抗灾能力,保障雷达站的可靠性和安全性,为人类生活和经济发展提供更加稳定和可靠的支撑。

参考文献:

- [1]赵中华,张立新,王俊峰等.基于相位差法的雷达站雷电定位技术[J].电子技术,2021,54(8):59-64.
- [2]张慧,李建刚,罗娇等.雷达站避雷防护技术研究进展[J].安徽建筑工业学院学报,2021,29(1):107-111.
- [3]王成利,唐弘,王德民.雷达站雷电防护技术研究现状及展望[J].大气科学学报,2020,43(4):584-595.
- [4]刘涛,董亚丽,陈艺等.基于多元回归的雷达站雷电干扰特征分析[J].中国安全生产科学技术,2020,16(12):97-102.
- [5]王璐璐,唐阳阳,高宏伟等.雷达站避雷装置研究[J].陶瓷避雷器,2020,46(3):59-64.
- [6]蒋长宝,张鑫,王思慧等.雷达站雷电防护技术现状与发展趋势[J].电气应用,2019,38(7):101-107.