

农村某办公大楼综合防雷工程设计

胥凯军¹ 周洁晨² 赵钢¹

1. 抚州市气象局, 2. 江西省气候中心

摘要: 综合防雷技术是在对雷电灾害展开深入分析, 充分了解不同的防雷区域, 并采用各种有效措施预防雷电灾害, 便于实现各个方面的统筹安排, 有助于充分提高外部建筑和室内信息系统对于雷电预防的可靠性。本文应用综合防雷概念, 对农村某办公大楼进行雷电防护工程设计, 设计包括内部防雷和外部防雷等综合防雷。

关键词: 农村; 办公大楼; 综合防雷; 工程设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.101

引言: 雷电作为自然界之中雷云与雷云之间或是雷云和大地之间的一类放电现象。其涉及电压较高、电流较大、能量释放时间短暂的特征, 危害性较大。雷云和大地之间存在的放电, 通过一次或是若干次单独的闪电组合而成, 每一次闪电都需要携带若干幅值更高且持续时间短暂的电流。按照雷电的形成和产生的危害具有不同的特征, 通常将雷电分成各种类型, 即感应雷、直击雷、雷电侵入波、球形雷等。雷电感应与雷电侵入波属于发生雷电危害的重要因素。雷击现象发生时, 除了建筑物形成较高的感应电压以外, 在输电线路、通讯线路方面也会出现各种各样的现象。因为感应电压的影响, 和雷云属性相反的电荷同时聚集在一段线路之中, 逐渐形成束缚电荷。在雷云和放电体进行放电时, 雷电通道之中的电荷出现猛烈中和, 线路对于电荷的束缚会向着自由电荷进行转变, 并且流动到导线的两端, 这也是感应过电压波的形成过程。

一、综合防雷概念

(IEC1024-1) 是我国电工委员会统一编制的标准, 其内容之中包含了将建筑物防雷装置氛围外部与内部防雷装置两种类型。

外部防雷装置又被称之为普通的避雷装置, 其组成部分主要包含接闪器、接地装置、引下线。接闪器还被叫作接闪装置, 其包含接闪杆、接闪带、接闪线和接闪网, 其处于建筑物的顶部位置, 其发挥的作用就在于引雷或者截获闪电, 可陈宫引下雷电流。引下线要与接闪器和接地装置之间实现相互连接, 其目的就是在接地装置内部引入被接闪器截取的雷电流。接地装置可处在地下相应的深度位置, 其发挥的重要性则是在大地之中引入雷电流。

内部防雷装置就在于降低建筑物之中的雷电流以及形成的电磁感应效应从而产生二类雷电灾害, 如接触电压的灾害、跨步电压灾害等。除了外部防雷装置, 其他各种为了满足目标而采用的设施、模式、举措均归类于内部防雷装置, 其中也涉及了等电位连接设施(物)、屏蔽性设施、配置并安装电涌保护器、合理布线与最佳的接地等相关策略。

(一) 接闪

对于雷电灾害而言, 接闪器的应用便于预防雷闪, 雷电就会通过引下线进入到大地之中, 并不会对被保护的造成危害。传统的接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网通过多年的考验, 时至今日依旧是选择最可靠、简单、有效且经济的接闪器。

(二) 泄流

将接闪器拦截的雷闪电流通过专门设置或者自然的雷电流引入到接地装置, 确保形成的雷电能成功被引入到大地。还要结合实际情况适当添加雷电流的引下线, 可将雷电流安全导入地下, 避免为办公大楼室内感应带来不良影响。

(三) 接地

雷电流引下线或是其他类型防雷器件的应用目的则是在大地之中引入雷电能, 而此过程中的进行势必要运用到接地装置。低接地电阻的应用便于降低低电位, 从而缓解反击造成的危险。接地系统的应用直接影响着雷电接地的效果, 接地系统之中包含了地下的接地装置、接地引下线、室内接地的汇集线、设备的接地引线等。

应加强各类功能接地的有效处理。将各类功能接地(交流工作地、设备、人身安全保护地、防雷与静电地、直流工作地等)计入同样且共同的接地系统内部, 这也是现如今国内外先进防雷标准机构之间达成的共识。而其不管是在什么标准中都是被定义为单独接地, 美国所制定的标准IEEE STD1100-1992中具有明确规定: “不应该运用任何一种单独、绝缘、干净、专用、静止、电子、计算机或者其他各种无法满足实际情况的大地接地体作为设备接地导体中尤为重要的连接点”。由于场地问题造成的影响和功能接地涉及大量的类型, 分离接地则无法实现, 过于重视低接地电阻不但无法处理防雷, 而且还会劳民伤财。正确的措施应开展共地并采用有效措施, 如等电位连接、低压交流电源的中线(零线)与保护接地线进行分离, 电涌保护器(SPD)等, 若是正常将不会受到干扰, 受到雷击时可更好地分担风险。

对于外部防雷而言, 接闪器、雷电流引下线、接地装置均属于其中的重要组成, 还是内部防雷的基础条件与根本防线。

(四) 屏蔽

屏蔽是降低闪电电涌感应的重要策略, 还是电子信息系统进行雷电防御方面不容忽视的内容。建筑物的墙体若是金属结构或钢筋混凝土结构, 则被定义成为初级防雷屏蔽。建筑物之中刚进的密度直接影响着防雷屏蔽的效果, 金属墙面的开孔问题直接影响着对于雷电的屏蔽质量。雷电感应的强度为敏感设备造成的影响和建筑物内部相关位置位置、机房所在的部位、机房的屏蔽性、设备本身的屏蔽安装情况、机房中设备部位等相关

方面对于引下线的距离存有密切关联。对于雷电灾害的屏蔽而言,信号线、感应、缆线穿越铁管(或是其他的金属管和金属线槽)的情况、屏蔽层的接地情况,布线路径的感应环路状况均存在直接的影响。金属丝编织网、金属软导管、桥架、硬导管等均可用于线缆屏蔽。电线(缆)屏蔽层的一端接地过程中只能用作静电屏蔽,两端接地过程中即可保障磁场发挥屏蔽作用。大量的高层建筑物墙体都是采用的金属结构或者是运用钢筋混凝土结构,这是属于对雷电预防具有显著效果的结构,与基础之间实现有效连接,在泄放雷电流功能、等电位连接功能、屏蔽功能等各个方面发挥良好作用。

(五) 等电位

等电位若是无法实现带点连接、设备金属外壳无法有效接地、金属电缆的外部包皮、建筑物结构的金属框架、管线涉及的桥架与接地系统均可用于电气连接操作之中,可从根本上防止此物件由于感应雷电高压或是接地装置中雷电进入高电位发生传递对设备造成内部绝缘以及电缆芯线的反击状况。按照GB50057-94《建筑物防雷设计规范》之中的第6.3.3条之中一个条款规定的“每幢建筑物自身需利用共用接地系统的原则形成图所显示”,还可以实现电力线路或者线缆、通信线路或是线缆通过电涌保护器与接地系统的共用等实现电位的高效连接。

二、项目勘测

某年某月,位于某市某区某乡附近的办公大楼遭受雷击,导致办公大楼三楼微机房、调度机房甚高频电话主机及监控室监控主机多个系统设备损坏,大楼供电一度中断。具体损害设备有微机房二台交换机和程控交换机、调度机房一台高频电话主机、监控室一台监控主机损坏、办公楼多台电脑、电视,直接经济损失十多万元。

(一) 雷击隐患

办公大楼楼面通讯塔直接增加了建筑有效接闪高度,因此,使得办公大楼遭受雷击的可能性大大增加。且经过计算,通讯塔顶避雷针保护范围不能覆盖整栋大楼。

进入办公大楼的电源线路、网络信号线路、有线电视信号线路、电话信号线路、高频电话线路均为架空设置。根据防雷分区概念,这些线路多位于LPZ0区,其电磁场强度没有衰减,有些还可能遭受直接雷击。且这些信号线路均未设置电涌保护装置。

微机房、调度室、监控室设备接地电阻从几十欧姆到无穷大不等,接地情况不容乐观。

大楼天面通讯塔接地利用建筑基础地网,接地电阻为2.8Ω。

(二) 引雷途径

根据该办公大楼存在的雷击隐患分析,本次雷击极有可能是雷电直接与大楼天面通讯塔接闪,进出大楼的各种线路感应雷电磁脉冲后致使线路产生过电压,导致设备损坏。

三、具体设计方案

针对综合防雷理念和建筑物的设计思路进行充分考

虑,才能将大楼之中可能产生雷击的隐患排除干净,保障楼体的安全。首先通过《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010和《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012进行雷击风险评估,从而对建筑物防雷的类型与电子信息系统对于雷电的预防等级进行准确了解。

(一) 雷电防护等级的明确

本办公大楼的成功建造,可知其具有12米的宽度、16米的高度、15米的长度,该市气象部门的相关资料标准,本市年平均雷暴发生日是58.6天。

1. 建筑物年预计雷击次数 N_1 应按下式确定:

$$N_1 = k \times N_g \times A_e \quad (\text{次/年})$$

式中: N_1 ---雷电对于建筑物的年击次数(次/年);

k ---校正系数;(因本栋大楼位于河边,而 k 的取值为1.5);

N_g ---本大楼所在地域,对于大地发出的雷击年平均密度[次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)];

$$N_g = 0.024 \times T_d^{1.3}$$

T_d ---年平均雷暴日(d/a)。某市年平均雷暴日为58.6天。

A_e ---能够和建筑物取得同样雷击次数的等效面积(km^2);

L 、 W 、 H ---在建筑物之中分别代表了长度、宽度、高度(m);

$$\text{通过计算, } N_1 = k \times N_g \times A_e = 0.121 \quad (\text{次/年})$$

此办公大楼属第三类防雷建筑物。

2. 建筑物入户设施的年预计雷击次数 N_2 需要根据下列公式进行明确:

$$N_2 = N_g A'_{e1} + N_g (A'_{e1} + A'_{e2}) \quad (\text{次/年})$$

式中, N_g ---建筑物所在区域的大地遭受雷击的年平均密度[次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)]

A'_{e1} ---电源线缆入户设施的截收面积(km^2)

A'_{e2} ---信号线缆入户设施的截收面积(km^2)

$$\text{① 对低压埋地源电缆: } A'_{e1} = 2 \times ds \times L \times 10^{-6} = 2 \times 150 \times 200 \times 10^{-6} = 0.06 \text{ km}^2$$

$$\text{② 对架空信号电缆: } A'_{e2} = 2 \times ds \times L \times 10^{-6} = 2 \times 150 \times 200 \times 10^{-6} = 0.06 \text{ km}^2$$

入户设施年预计雷击次数:

$$N_2 = N_g * A'_{e1} + N_g (A'_{e1} + A'_{e2}) = 0.024 \times 58.6^{1.3} \times 0.12 = 0.572 \quad (\text{次/年})$$

3. 本楼的预计雷击次数利用 N 进行计算

$$N = N_1 + N_2 = 0.121 + 0.572 = 0.693 \quad (\text{次/年})$$

4. 办公楼可以承载的最大年平均雷击次数用 N_c 进行计算

由于直击雷与雷击电磁脉冲造成信息系统设备出现损坏可以承受的最大年平均雷击次数(GB50343—2012录A)根据如下公式进行明确:

$$N_c = 5.8 \times 10^{1.5} / C$$

式中:

N_c ---直击雷和电磁脉冲损坏信息系统设备可以承受的最大年平均雷击次数。

C—各类因子。C=C1+C2+C3+C4+C5+C6

C1—信息系统所在区域的建筑物材料结构因子，办公大楼结构都是运用钢筋混凝土作为主要材料，C1取1.0。

C2—信息系统重要程度因子，为集成化的低电压设备、架空线缆 C2取1.0；

C3—信息系统设备耐冲击类型和抗冲击能力因子，本因子与设备对各种冲击的耐冲击能力存在着直接链接，还影响着等电位的连接措施，而且对于供电线缆与信号线屏蔽接地状况存在直接影响。本系统设备耐冲击能力较弱，C3取3.0。

C4—信息系统设备所在雷电防护区（LPZ）的因子，处于LPZ1区，C4取1.0。

C5—信息系统发生雷击事故的后果因子，本信息系统中将不能形成严重后果，C5取0.5。

C6—表示区域雷暴等级因子。C6取1.2。

由以上得C=C1+C2+C3+C4+C5+C6=7.7

代入公式 $N_c = 5.8 \times 10^{1.5/C}$

得：Nc=0.024；

（二）直击雷保护

依据滚球法计算通讯塔在16m高度上保护范围半径为9.96m，不能保护覆盖整栋大楼。根据现有规范标注要求，应该在本项目天面配备接闪带，才能从根本上做好雷击防护准备工作。

在具体的设计过程中，应该将避雷带沿着大楼女儿墙进行敷设。并且利用Φ10mm镀锌圆钢作为接闪带和其支撑；并采用“1”字型与“L”型作为接闪带的支撑杆，间距为1.0m，高度为15.0cm。接闪带引下线通过建筑立柱中多于两根≥Φ16主钢筋的利用当作引下线，数量要控制在6根，将之均匀分布在建筑物周围。

（三）供电线路防雷过电压保护

大量雷击事例显示，从供电线路进入的雷电过电压产生的故障在总故障之中占比很大，将会对计算机、电子设备、火灾报警等控制系统造成严重损坏，而UPS、变压器等设施将无法消除雷电过电压，所以，根据IEC61312的根本原则，信息系统（计算机、通信、各种电子的控制系统等）供电线路中需要配备众多防雷保护措施，才能降低电压保证设备能够接受的水平。

根据计算分析，该办公大楼雷电防护等级为B级，电源线路应设置二或三级电涌保护装置。考虑到该大楼曾遭受严重雷击，且其电源进线为架空引入，设计对其电源线路配置三级电涌防护装置，见图1。

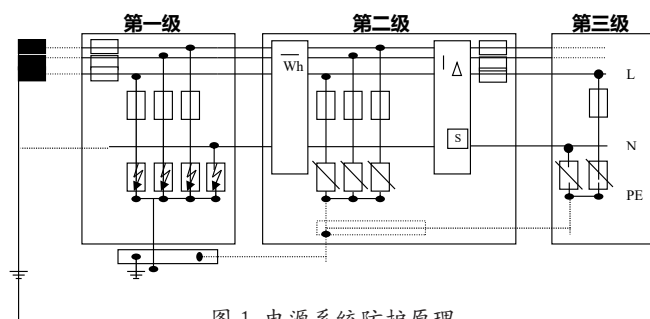


图1 电源系统防护原理

第一级电源电涌保护器安装在总配电箱（计1套），其额定放电电流In（8/20μs）60kA；

第二级电源电涌保护器安装在办公大楼各楼层配电箱（共计4套），其额定放电电流In（8/20μs）40kA；

第三级电源电涌保护器安装在办公大楼四楼调度机房、微机房、监控机房配电箱（共计3套），其额定放电电流In（8/20μs）20kA。

（四）信号传输线路过电压保护

数据传输线路、卫星（微波）通信天馈线路、计算机网络数据传输线路、监控视频信号传输的线路等对雷电浪涌要求较高，感应雷击也是导致计算机网络遭受雷害事故的关键因素。这种信息传输线路中的雷电感应的电压脉冲幅值可超过1kV，若是持续几微妙，就会将集成电路元件击毁，国际电信联盟（ITU）的K.36建议草案之中，严格遵照对于内部通信端口的抗力要求，内部通信端口的信息系统通信端口如果没有安装外置防护装置，将无法满足本建议之中的抗力标准，很容易受到损坏。所以，应该在系统或是设备进行传输线路进出过程中进行电涌保护器的有效安装，若果线缆感应过电压（或是受到雷击），因为电涌保护器发挥的作用，系统或设备的各种端口电压必然会到达相等的水平，即等电位，实现系统的有效保护或者防止损坏设备。经雷击风险评估计算分析，本大楼的电子信息系统杜宇雷电防护等级的设置为B级，有必要采取相应的电涌防护措施。

（五）等电位连接处理

在调度机房、微机房、监控机房设置M型等电位汇集排，将室内设备接地、SPD接地、金属防盗窗接地、馈线屏蔽层接地就近与汇集排连接；汇集排利用立柱主钢筋与建筑物基础地网实现等电位连接。

（六）架空线缆的埋地屏蔽改造

将架空引入办公楼的电源线路、电话线路、有线电视线路、网络光缆在距离大楼20米处，改造成穿金属埋地状态，金属管两端与办公楼地网连接。以此来降低线路上产生感应雷击电磁脉冲的概率和强度，减少线路引雷导致设备损坏的概率。

四、结论

通过该办公大楼实施防雷改造后，经防雷检测公司检测合格。据用户反映，防雷改造后，再也没有出现雷击事故，显而易见，在高效运用综合防雷技术的条件下，可确保防雷效果良好。

参考文献

- [1] 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010.
- [2] 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB50343-2012.
- [3] 《雷电电磁脉冲防护.第1部分：总则》IEC 61312-1-1995.
- [4] 国际标准IEC1024《建筑物的防雷》.
- [5] 国际标准IEC1312《雷电电磁脉冲防护》.
- [6] 中国建筑工业出版社，刘兴顺主编《建筑物电子信息系统防雷技术设计手册》，2004年.