

视频监控系统防雷保护

提示: 由于防雷系统需要根据多项国家标准进行专业的设计, 如果设计有误很可能保护失败而造成重大损失。因此如果需要设计和施工, 请找具有“防雷工程专业设计(施工)资质”的机构, 以保证防雷系统的有效。

1. 概述

CCTV 监控系统(简称监控系统)是技术防范和科学管理的辅助设备, 近几年已得到了广泛的应用, 如高速公路、金融系统、军事、交通监控以及各种公共场所等, 室外布线由几百米到几十公里不等。我国大部分地区的年平均雷暴日在 20 天以上, 遭雷击的机会非常多, 摄像机等前端设备、中继设备、控制设备等都可能因雷击而被损坏, 影响监控系统的正常运行。因此现在将监控系统防雷工作做好非常重要。

众所周知, 雷电具有极大的破坏性, 其电压高达数百万伏, 瞬间电流可高达数十万安培。雷击所造成的破坏性后果体现于下列三种层次: 设备损坏, 人员伤亡; 设备或元器件寿命降低; 传输或储存的信号、数据(模拟或数字)受到干扰或丢失, 甚至使电子设备产生误动作而暂时瘫痪或整个系统停顿。目前, 世界上各种建筑、设施大多数仍在使用传统的避雷针防雷。用避雷针防止直接雷击实践证明是经济和有效的。但是, 随着现代电子技术的不断发展, 大量精密电子设备的使用和联网, 避雷针对这些电子设备的保护却显得无能为力。避雷针不能阻止感应雷击过电压、操作过电压以及雷电波入侵过电压, 而这类过电压却是破坏大量电子设备的罪魁祸首。每年各种通讯控制系统或网络因雷击而受破坏的事例屡见不鲜, 其中安防监控系统因受到雷击引起设备损坏, 自动化监控失灵的事件也常有发生。安防监控系统子系统中部分前端摄像机设计为室外安装方式, 对于雷雨多发地区必须设计安装防雷电系统。

2. 方案设计说明

系统防雷方案包括外部防雷和内部防雷两个方面:

Ø 外部防雷包括避雷针、避雷带、引下线、接地极等等, 其主要的功能是为了确保建筑物本体免受直击雷的侵袭, 将可能击中建筑物的雷电通过避雷针、避雷带、引下线等, 泄放入大地。

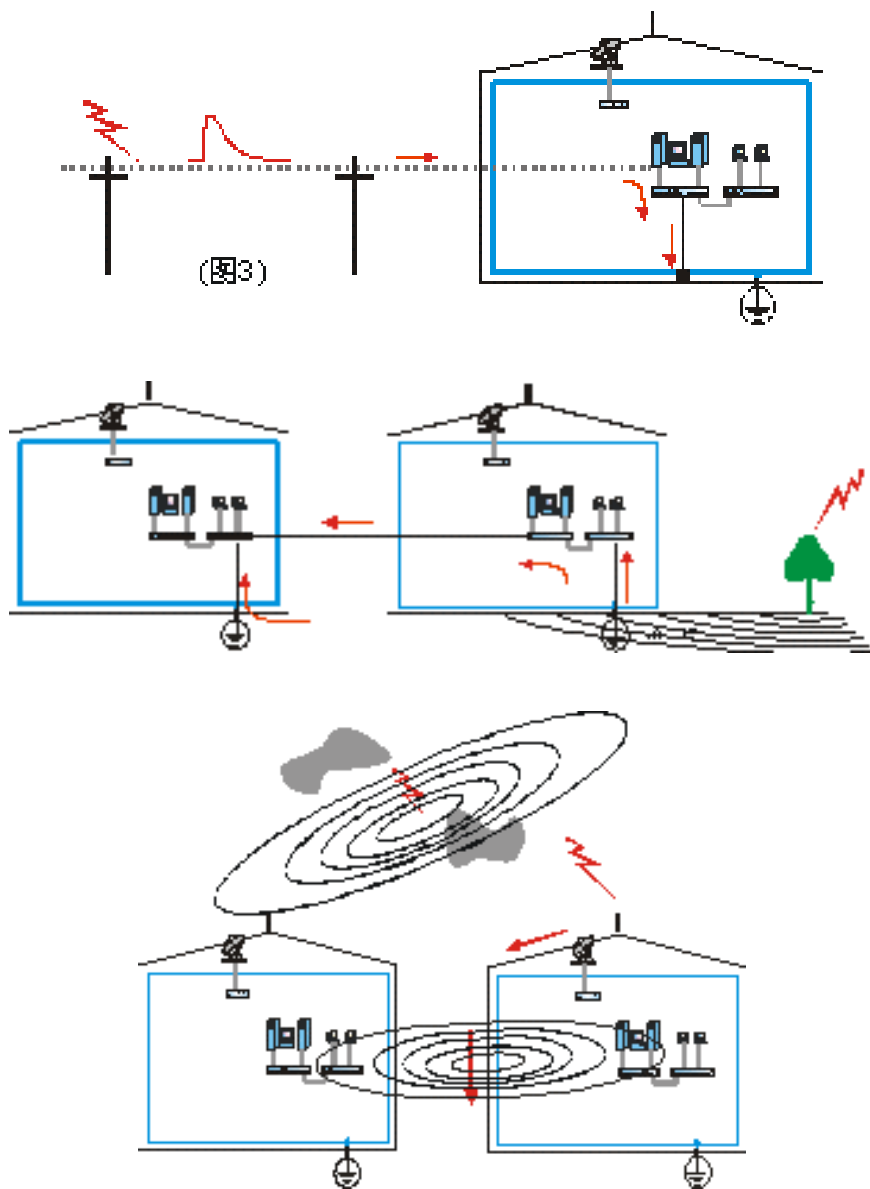
Ø 内部防雷系统是为保护建筑物内部的设备以及人员的安全而设置的。通过在需要保护设备的前端安装合适的避雷器, 使设备、线路与大地形成一个有条件的等电位体。将可能进入的雷电流阻拦在外, 将因雷击而使内部设施所感应到的雷电流得以安全泄放入地, 确保后接设备的安全。

避雷带、引下线(建筑物钢筋)和接地等构成的外部防雷系统, 主要是为了保护建筑物本体免受雷击引起的火灾事故及人身安全事故, 而内部防雷系统则是防止感应雷和其他形式的过电压侵入设备造成损坏, 这是外部防雷系统无法保证的。

雷电对电气设备的影响, 主要由以下四个方面造成: ①直击雷; ②传导雷; ③感应雷; ④开关过电压。

直击雷: 雷电直接击中建筑物, 雷电的不到 50% 的能量将会从引下线等外部避雷设施泄放到大地, 其中接近 40% 的能量将通过建筑物的供电系统分流, 其中 5% 左右的能量通过建筑物的通信网络线缆分流, 其余的雷击能量通建筑物的其他金属管道、缆线分流。这里的能量分配比例会随着建筑物内的布线状况和管线结构而变化。直击雷波形为 10/350us。

传导雷(雷电波侵入): 在更大的范围内(几公里甚至几十公里), 雷电击中电力或信息通讯线路, 然后沿着传输线路侵入设备。其中地电位反击也是传导雷中的一种: 雷电击中附近建筑物或附近其他物体、地面, 导致地电压升高, 并在周围形成巨大的跨步电压。雷电可能通过接地系统或建筑物间的线路入侵雷电延建筑物内部设备形成地电位反击。



感应雷（雷电波感应）：在周围 1000 公尺左右范围内（有资料为 500 公尺或 1500 公尺，距离应随着雷击大小和屏蔽措施而变化）。发生雷击时，LEMP 在上述有效范围内，在所有的导体上产生足够强度的感应浪涌。因此分布于建筑物内外的各种电力、信息线路将会感应雷电而对设备造成危害。

随着现代高科技的发展，精密仪器，通讯设备，数据网络的应用越来越广泛，因而感应雷造成的雷击事故也越来越多，除直接造成了巨大的经济损失外，因重要设备损坏使系统网络陷入瘫痪后造成间接的损失更是惊人。

3. 方案设计思想

3.1. 直击雷的外部防护措施

虽然有不少专家学者在努力的研究有效的防止直击雷的方法，但直到今天我们还是无法阻止雷击的发生。实际上现在公认的防直击雷的方法仍然是 200 年前富兰克林先生发明的避雷针。

A. 接闪器

避雷针及其变形产品避雷线、避雷带、避雷网等统称为接闪器。历史上对接闪器防雷原理的认识产生过误解。

当时认为：避雷针防雷是因为其尖端放电综合了雷云电荷从而避免了雷击发生，所以当时要求避雷针顶部一定要尖端，以加强放电能力。后来的研究表明：一定高度的金属导体会使大气电场畸变，这样雷云就容易向该导体放电，并且能量越大的雷就越易被金属导体吸引。这样接闪器的防雷是因为将雷电引向自身而防止了被保护物被雷电击中。现在认为任何良好接地的导体都可能成为有效的接闪器，而与它的形状没有什么关系。

为了降低建筑被雷击的概率，宜优先采用避雷网、作为建筑物的接闪器，如果屋面有天线等通信设施可在局部加装避雷针保护，这样接闪器的高度不会太高，不会增大建筑的雷击概率。避雷网的网格尺寸应不大于 10m X 10m，避雷针应与避雷网可靠连接。

B. 引下线

引下线的作用是接闪器接闪的雷电流安全的导引入地，引下线不得少于两根，并应沿建筑物四周对称均匀的布置，引下线的间距不大于 18 米，引下线接长必须采用焊接，引下线应与各层均压环焊接，引下线采用 10 毫米的圆钢或相同面积的扁钢。对于框架结构的建筑物，引下线应利用建筑物内的钢筋作为防雷引下线。

采用多根引下线不但提高了防雷装置的可靠性，更重要的是多根引下线的分流作用可大大降低每根引下线的沿线压降，减少侧击的危险。的目的是为了让雷电流均匀入地，便于地网散流，以均衡地电位。同时，均匀对称布置可使引下线泻流时产生的强电磁场在引下线所包围的电信建筑物内相互抵消，减小雷击感应的危险。

C. 接地体

接地体是指埋在土壤中起散流作用的导体，接地体应采用：

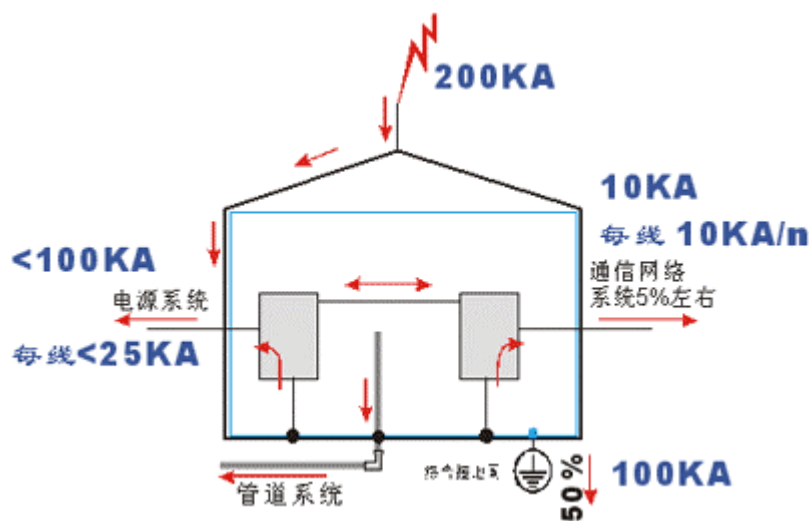
- * 钢管 直径大于 50 毫米，壁厚大于 3.5 毫米；
- * 角钢 不小于 50×50×5 毫米
- * 扁钢 不小于 40×4 毫米。

应将多根接地体连接成地网，地网的布置应优先采用环型地网，引下线应连接在环型地网的四周，这样有利于雷电流的散流和内部电位的均衡。垂直接地体一般长为 1.5-2.5 米，埋深 0.8 米，地极间隔 5 米，水平接地体应埋深 1 米，其向建筑物外引出的长度一般不大于 50 米。框架结构的建筑应采用建筑物基础钢筋做接地体。

3.2. 直击雷电流在电源系统的分配：

根据 GB50057-94 的标准对直击雷电流分类：

- 第一类 200KA 10/350us
- 第二类 150KA 10/350us
- 第三类 100KA 10/350us



如图所示：

一个能量为 200KA 的直击雷，由整个系统的电源、管线、地网、通信网络线来分担。以一栋建筑的防雷来

讲，电源部分承担其中近 45%（100KA），以三相四线为例，每线承担大约有 25KA(10/350us)的雷电流。通信站基本无管道系统，不计。地网和通信线路承担剩余 55%的雷电流。由此可见，电源系统对直击雷的防护非常关键。

由此可见，直击雷的内部防护措施应选用 10/350us 冲击雷电流的开关型 SPD 产品。另外，对于个别架空线引入的传导雷，也应采用上述一级防护措施。

3.3. 感应雷的防护

前面已提到感应雷是因为直击雷放电而感应到附近的金属导体中的，其实感应雷可通过两种不同的感应方式侵入导体，一是静电感应：在雷云中的电荷积聚时，附近的导体也会感应上相反的电荷，当雷击放电时，雷云中的电荷迅速释放，而导体中原来被雷云电场束缚住的静电也会沿导体流动寻找释放通道，就在电路中形成电脉冲。二是电磁感应：在雷云放电时，迅速变化的雷电流在其周围产生强大的瞬变电磁场，在其附近的导体中产生很高的感生电动势。研究表明：静电感应方式引起的浪涌数倍于电磁感应引起的浪涌。

感应雷可以通过电力电缆、视频线、网络线和天馈线等侵入，由于电力电缆的距离长且对雷电波的传输损耗小，所以由电源侵入的感应雷造成的危害十分突出，按原邮电部的统计约占了雷击事故的 80%。因此，对建筑物内的系统进行感应雷防护时，电源是重点。

感应雷还可以通过空间感应侵入通信站的内部线路，虽然经过建筑物和机壳的屏蔽衰减后其能量大为减小，但站内许多电信设备的抗过压能力也很弱，如果处理不当也可能造成设备故障。

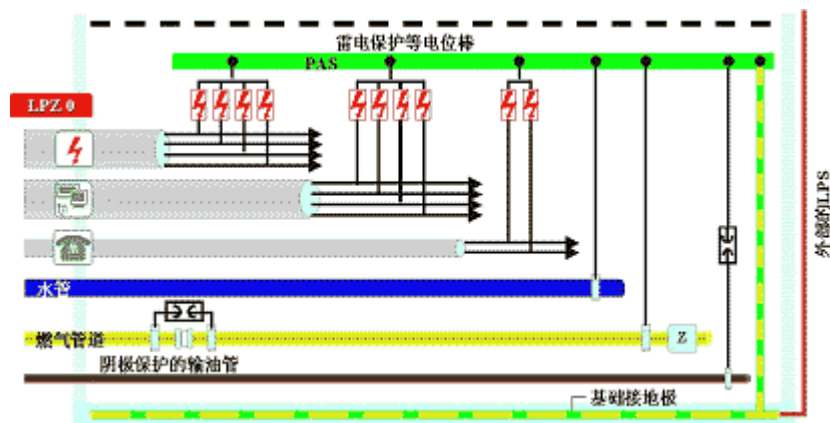
3.4. 接地汇集线的布置

接地汇集线（汇流排）应布置在靠近避雷器的地方，以使避雷器的接地连接线最短，各楼层的分汇集线应直接与楼底的总汇集线相连，这样能保证实现单点接地方式，当楼层高于 30 米时，高于 30 米部分的分汇集线应与建筑物均压环相连，以防止侧击。

近年来 IEC 的研究认为：接地汇集线的多重互连是有益的，但部标尚未采纳。

3.5. 等电位连接

各种系统的防雷要求种类很多，但其防雷思想是一致的，就是努力实现等电位。绝对的等电位只是一个理想，实际中只能尽量逼近，目前是综合采用分流、屏蔽、箝位、接地等方法来近似实现等电位。（如图）



3.6. 电源避雷器的选择和应用原则

* 考虑到电源负荷电流容量较大，为了安全起见及使用和维护方便，数据通信电源系统的多级防雷，原则上均选用并联型电源避雷器。

* 电源避雷器的保护模式有共模和差模两种方式。共模保护指相线-地线（L-PE）、零线-地线（N-PE）间的保护；差模保护指相线-零线（L-N）、相线-相线（L-L）间的保护。对于低压侧第二、三、四级保护，除选择共模的保护方式外，还应尽量选择包括差模在内的保护。

* 残压特性是电源避雷器的最重要特性，残压越低，保护效果就越好。但考虑到我国电网电压普遍不稳定、波动范围大的实际情况，在尽量选择残压较低的电源避雷器的同时。还必须考虑避雷器有足够高的最大连续工作电压。如果最大连续工作电压偏低，则易造成避雷器自毁。

* 电源系统低压侧有一、二、三级不同的保护级别，应根据保护级别的不同，选作合适标称放电电流（额定通流容量）和电压保护水平的电源避雷器，并保证避雷器有足够的耐雷电冲击能力。原则上，每一级的交流电源之间连接导线超过 25m 以上，都应做该级相应的保护。

* 电源低压侧保护用的电源避雷器，应该选择有失效警告指示、并能提供遥测端口功能的电源避雷器，以方便监控、管理和日后维护。

* 电源避雷器必须具有阻燃功能，在失效、或自毁时不能起火。

* 电源避雷器必须具有失效分离装置，在失效时，能自动与电源系统断开，而不影响通信电源系统的正常供电。

* 电源避雷器的连接端子，必须至少能适应 25mm² 的导线连接。安避雷器时的引线应采用截面积不小于 25mm² 的多股铜导线，建议使用 25mm² 的多股铜导线，并尽可能短（引线长度不宜超过 1.0m）。当引线长度超过 1.0m 时，应加大引线的截面积；引线应紧凑并排或绑扎布放。

* 电源避雷器的接地：接地线应使用不小于 25~35mm² 的多股铜导线，并尽可能就近与交流保护地汇流排、或总汇流排、接地网直接可靠连接。

* 另外根据 GB50057-94 关于雷击概率计算中环境参数的选择（见附件 2），根据 YD/T5098-2001 条文说明中 2.0.4 款 10/350 和 8/20 us 波能量换算的公式：

$$Q(10/350\text{us}) \cong 20Q(8/20\text{us})$$

由于 10/350us 模拟雷电电流冲击波的能量远大于 8/20us 模拟雷电电流冲击波的能量，因此一般需要使用电压开关型 SPD(如放电间隙、放电管)才能承受 10/350us 模拟雷电电流冲击波，而由 MOV 和 SAD 组成的 SPD 一般所承受的标称放电电流是 8/20us 模拟雷电电流冲击波。

3.7. 电源避雷器的安装要求

在安装电源避雷器时，要求避雷器的接地端与接地网之间的连接距离尽可能越近越好。如果避雷器接地线拉得过长，将导致避雷器上的限制电压（被保护线与地之间的残压）过高，可能使避雷器难于起到应有的保护作用。

因此，避雷器的正确安装以及接地系统的良好与否，将直接关系到避雷器防雷的效果和质量。避雷器安装的基本要求如下：

* 电源避雷器的连接引线，必须有足够粗，并尽可能短；

* 引线应采用截面积不小于 25mm² 的多股铜导线；

* 如果引线长度超过 1.0m 时，应加大引线的截面积；

* 引线应紧凑并排或帮扎布放；

* 电源避雷器的接地线应为不小于 25~35mm² 多股铜导线，并尽可能就近可靠入地。

4. 防雷设计依据

(1) 建筑物防雷设计规范	GB50057-94
(2) 电子计算机机房设计规范	GB50174-93
(3) 民用建筑电气设计规范	JGJ/T16-92
(4) 计算站场地安全要求	GB9361-88
(5) 计算站场地技术文件	GB2887-89
(6) 计算机信息系统防雷保安器	GA173-1998
(7) 雷电电磁脉冲的防护	IECI312
(8) 微波站防雷与接地设计规范	YD 2011—93
(9) 通信局（站）接地设计暂行技术规定	YDJ26E9

5. 综合防雷方案设计

5.1. 前端设备的防雷

a) 前端设备有室外和室内安装两种情况，安装在室内的设备一般不会遭受直击雷击，但需考虑防止雷电过电压对设备的侵害，而室外的设备则同时需考虑防止直击雷击。

b) 前端设备如摄像头应置于接闪器（避雷针或其它接闪导体）有效保护范围之内。当摄像机独立架设时，避雷针最好距摄像机 3—4 米的距离。如有困难避雷针也可以架设在摄像机的支撑杆上，引下线可直接利用金属杆本身或选用 $\Phi 8$ 的镀锌圆钢。为防止电磁感应，沿杆引上摄像机的电源线和信号线应穿金属管屏蔽。

c) 为防止雷电波沿线路侵入前端设备，应在设备前的每条线路上加装合适的避雷器，如电源线（220V 或 DC12V）、视频线、信号线和云台控制线。

d) 摄像机的电源一般使用 AC220V 或 DC12V。摄像机由直流变压器供电的，单相电源避雷器应串联或并联在直流变压器前端，如直流电源传输距离大于 15 米，则摄像机端还应串接低压直流避雷器。

e) 信号线传输距离长，耐压水平低，极易感应雷电流而损坏设备，为了将雷电流从信号传输线传导入地，信号过电压保护器须快速响应，在设计信号传输线的保护时必须考虑信号的传输速率、信号电平，启动电压以及雷电通量等参数。

f) 室外的前端设备应有良好的接地，接地电阻小于 $4\ \Omega$ ，高土壤电阻率地区可放宽至 $<10\ \Omega$ 。

5.2. 传输线路的防雷

a) CCTV 系统主要是传输信号线和电源线。室外摄像机的电源可从终端设备处引入，也可从监视点附近的电源引入。

b) 控制信号传输线和报警信号传输线一般选用芯屏蔽软线，架设（或敷设）在前端与终端之间。

c) GB50198—1994 规定，传输部分的线路在城市郊区、乡村敷设时，可采用直埋敷设方式。当条件不充许时，可采用通信管道或架空方式，此时规定了传输线缆与其它线路其沟的最小间距和与其它线路共杆架设的最小垂直间距。

d) 从防雷角看，直埋敷设方式防雷效果最佳，架空线最容易遭受雷击，并且破坏性大，波及范围广，为避免首尾端设备损坏，架空线传输时应在每一电杆上做接地处理，架空线缆的吊线和架空线缆线路中的金属管道均

应接地。中间放大器输入端的信号源和电源均应分别接入合适的避雷器。

e) 传输线埋地敷设并不能阻止雷击设备的发生，大量的事实显示，雷击造成埋地线缆故障，大约占总故障的 30% 左右，即使雷击比较远的地方，也仍然会有部分雷电流流入电缆。所以采用带屏蔽层的线缆或线缆穿钢管埋地敷设，保持钢管的电气连通。对防护电磁干扰和电磁感应非常有效，这主要是由于金属管的屏蔽作用和雷电流的集肤效应。如电缆全程穿金属管有困难时，可在电缆进入终端和前端设备前穿金属管埋地引入，但埋地长度不得小于 15 米，在入户端将电缆金属外皮、钢管同防雷接地装置相连。

5.3. 终端设备的防雷

a) 在 CCTV 系统中，监控室的防雷最为重要，应从直击雷防护、雷电波侵入、等电位连接和电涌保护多方面进行。

b) 监控室所在建筑物应有防直击雷的避雷针、避雷带或避雷网。其防直击雷措施应符合 GB50057—94 中有关直击雷保护的规定。

c) 进入监控室的各种金属管线应接到防感应雷的接地装置上。架空电缆线直接引入时，在入户处应加装避雷器，并将线缆金属外护层及自承钢索接到接地装置上。

d) 监控室内应设置一等电位连接母线（或金属板），该等电位连接母线应与建筑物防雷接地、PE 线、设备保护地、防静电地等连接到一起防止危险的电位差。各种电涌保护器（避雷器）的接地线应以最直和最短的距离与等电位连接母排进行电气连接。

e) 由于有 80% 雷击高电位是从电源线侵入的，为保证设备安全，一般电源上应设置三级避雷保护。在视频传输线、信号控制线，入侵报警信号线进入前端设备之前或进入中心控制台前应加装相应的避雷保护器。

f) 良好的接地是防雷中至关重要的一环。接地电阻值越小过电压值越低。监控中心采用专用接地装置时，其接地电阻不得大于 4Ω 。采用综合接地网时，其接地电阻不得大于 1Ω 。

5.4. 其它说明

如果监控系统中的设备提供了接地端子，则应进行可靠的接地处理。一般采用不小于 2.5mm^2 的多股塑铜线连接到大地。电子设备的接地方式有独立地和合设地。独立地的接地电阻值除另有规定外，一般不大于 4 欧，并采用一点接地方式。电子设备接地宜与防雷接地系统共设，但其接地电阻不宜大于 1 欧。若与防雷地分设，两接地系统的距离不宜小于 20 米。

6. 附件

6.1. 有关安装割接说明

本工程中，由于在安装有关电源避雷器时需要短时间中断相应的电源（注：电源避雷器是并接的），在安装数据网络接口保护装置时可能需要中断部分网络（注：接口保护装置是串接的）。为了尽可能减少对通信网络的影响，在施工过程中，对电源避雷器和网络设备保护装置的施工割接说明如下：

(1) 电源避雷器的安装割接：

* 安装前应做好充分的准备，如连接导线的长度、线饵和螺丝的大小等应首先根据安装位置和连接位确定好。严禁电安装电源避雷。

* 安装各级电源避雷器时，应做好意外情况的应对方法（如：停电时间过长）。

* 在中断市电来安装第一级第二级保护用电源避雷器的同时，应确保油机或备用电源供电正常。低压室一级

避雷器的安装时间应在 30 分钟（市电拉闸时间）内完成。

* 在电力室交流配电屏上安装电源避雷器时，应在 15min（配电屏开关拉闸时间）内完成。

* 在 UPS 交流配电屏上安装第三级电源避雷器时，先检查和确保 UPS 供电满载在可靠的放电时间前提下，安装时应在 15 分钟（配电屏开关拉闸时间）内完成。

* 在 UPS 交流输出配电屏上安装第四级电源避雷器时，此时，数据设备的交流供电设备将不可避免地停止供电。因此，安装此级避雷器时，应与有关数据网络部门密切配合，商讨最佳时机和制订最佳应急方案，保证各种信息及时且不丢失，对用户的影响降到最小。安装时应在 15 分钟（配电屏开关拉闸时间）内完成。

(2) 数据网络接口保护装置的安装割接：

由于数据网络接口保护装置是串接在被保护的设备端口上的，安装时如不采取适当的应急措施，将难免中断该接口信号的传输而影响网络。

6.2. 保护级别的划分

条 件	入口处 B 级保护	配电屏 C 级保护
城市-多雷区(或少雷区)	标称 20kA 8/20uS	标称 15kA 的限压型 SPD
城市-多雷区、强雷区	标称 40kA 8/20uS	标称 15kA 的限压型 SPD
郊区或山区-中雷区	15KA 10/350uS 或 标称 60kA 8/20uS	标称 15kA 的限压型 SPD
高山-多雷区	25KA 10/350uS 或 标称 100kA 8/20uS	标称 15kA 的限压型 SPD

6.3. 中国各主要城市雷暴天数

调整系数： 郊区、山区乘以 1.7
高山、海岛乘以 2

雷电活动区的划分：

- 少于 25 天 少雷区
- 25-40 天内 中雷区
- 40-90 天内 多雷区
- 超过 90 天 强雷区

6.4. 防雷区的划分

根据 IEC1312-1 雷电电磁脉冲的防护标准，系统的防雷保护区分为四个区域，各区交界处应作相应的防雷处理。各区划分如下：

LPZ0A 区：直击雷作用区，处于建筑物避雷针系统保护区以外的区域，由于本区内所有物体均有可能遭受直接雷击，并可能导走全部雷电流；另外本区能所有物体均处于雷电电磁场最强处，故对于雷电的感应最强。

LPZ0B 区：感应雷主作用区，处于建筑物避雷针系统保护区内，但未经空间电磁屏蔽，雷电作用电磁场并不衰减，处于此空间的所用可导电物体均可感应较强雷电流的区域。

LPZ1 区：建筑物屏蔽区，本区内各物体不可能遭受直击雷，流往各导体的雷电流比 0B 区进一步减小，本区内电磁场也可能会衰减，取决于建筑物的屏蔽措施。

LPZ2 区：房间屏蔽区，对于计算机主机房所处空间，应采用屏蔽措施，以进一步减小空间电磁场的干扰。

当金属导线（电源线、信号线等）穿越不同的保护分区时，因电磁感应的作用，会产生较高的过电压，影响

室内设备的安全。因此，需安装相应的过电压保护器，对设备进行保护。在不同的保护分区，所采用的防雷器级别是不同的。同时，需要作相应的等电位处理。