

防雷培训

培训内容

第一章

雷电的选择性

第二章

雷电的破坏作用

第三章

建筑物的防雷分类

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

第五章

防雷装置的构成与保护范围

培训内容

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第七章

引下线的设置

第八章

接地装置

第九章

屏蔽系统

第十章

电涌保护器的选择与安装

第十一章

等电位连接

第一章

雷击的选择性

1. 不间断工作的烟囱易遭受雷击。由于自烟囱冒出的气体含量有少量的导电离子和游离离子气团，他们比一般空气易于导电就等于加高了烟囱的高度；
2. 金属结构的建筑物或内部有大量金属物体的厂房或内部经常潮湿的房间易受雷击。原因是这些地方具有良好的导电性能；
3. 大树、输电线、高架线录或其他高架金属构件易遭受雷击；
4. 凡是有利于雷雨云的形成和相遇条件的地形易受雷击。如山地的东坡、南坡较北坡与西坡易受雷击，山中的平地较峡谷易受雷击、建筑物或
5. 建、构筑物的突起部位易受雷击，如放散管、风管、广告牌、楼角等；
6. 陡角不同的平房遭受雷击的部位各不相同：
 - (1) 平房顶或坡度不大于 $1/10$ 的屋面、檐角、女儿墙易受雷击；
 - (2) 坡度大于 $1/10$ 小于 $1/2$ 的屋面则屋角、屋脊、檐角、屋檐易受雷击；
 - (3) 坡度不小于 $1/2$ 的屋面则屋角、屋脊、檐角易受雷击。

第二章

雷电的破坏作用

一次地闪的闪络过程，就是雷云把蕴藏的能量释放出来的过程，其闪络的路径为雷雨云的底部至地面的闪击点，主要能量的释放时间约为几十微秒，产生的雷电流几十至几百千安，最大约400kA左右，电势差可达上万伏，正是这种特殊情况，使雷电流具有它特殊的破坏作用。

一、雷电流热效应引起的破坏作用

强大的雷电流通过被雷击的物体时会发热，根据焦耳定律，一次闪击的雷电流在某一导体上产生的热量很大，由于雷电流很大，通过的时间短，被雷击的物体瞬时将产生大量的热量，温升瞬间可达6000至10000摄氏度，甚至更高，雷击到截面较小的金属体时可能使其熔化，雷击到大树时可能使其内部水分迅速蒸发、膨胀、产生爆炸，并有烧灼现象。因此，作为接闪器的金属体应采用厚度不小于4mm的钢板，直径不小于8mm的圆钢。

二、雷电流冲击波引起的破坏作用

（一）地闪产生的冲击波

地闪回击通道的初始平均温度和气压均很高，产生的瞬时功率巨大，所以易形成爆炸式的冲击波。直接观测冲击波的波阵面扩展速度很困难，中国科学院的孙敬群等研究者采用实验室内模拟雷电的观测，测得闪电通道径向扩展速度及随时间变化的关系。测得闪电通道径向扩展速度最大可达16km/S左右，远远大于大气中的声速，但很快就衰减为声波。

冲击波波阵面的超压 $=700\text{hPa}$ 时，可造成玻璃震碎等轻微破坏。 $=380\text{hPa}$ 时，可使 20cm 厚的墙遭到破坏。强闪电时，在其通道附近几厘米到几米的范围内它的值可达到 10 的四次方 hPa 数量级。

(二) 云闪的次声波

庞大的积雨云，因迅速放电而突然收缩，电应力（典型值为 100V/cm ）随之瞬间解除，雷雨云中的流体压力也将减少到 0.3mmHg 的程度，这样就形成稀疏区和压缩区，他们以零点几赫兹到几赫兹的频率向外传播，从而形成次声波。强大的次声波对人畜有一定的伤害作用，这种波多形成在云层中的片状闪电。

三、雷电流机械效应引起的破坏作用

雷电流通过导体时会产生磁场。带有雷电流的导体在该磁场中会受到电磁力的作用。若假定雷击瞬间通过两平行导线的电流为 100kA 相聚 50cm 的两载流体的作用力为 408Kg ，这个力量足以使两载流体造成破坏，由此可知，凡拐弯的导体或金属构件，拐弯部分将受到电动力的作用，夹角越小电动力越大，因此防雷设施及易受雷击的金属构件应做等电位连接，当有转弯时宜采用“软连接”。

四、雷电流电磁感应引起的破坏作用

(一) 静电感应引起的危害

当有带电的雷雨云出现时，与其相对应的地面上的建筑物、构筑物等，由于静电感应作用而带上相反的电荷，雷击发生后雷雨云所带的电荷通过闪击迅速消失，地表面电荷随之与闪击电荷中和而消失，某些构筑物由于与地面间电阻较大而不能再同样短的时间内消失，便形成局部高电势。

1. 高压线上可形成100kV以上的高电势，在信号线缆上的电势也高达40到60kV，如此高的电位沿线路进入设备将造成设备的巨大损坏。

2. 雷电闪击放电通道就在感应金属线附近时金属上会感应很高的电压，如果金属构件接触不良或有间隙时，将产生高压火花，若在1区或者2区的爆炸危险环境中即可引起爆炸。

(二) 电磁感应

交变的电流会产生变化的电磁场。雷电流由于有极大的峰值和陡度，在其周围便会形成强大的电磁场。处在电磁场中的导体会感应处较大的电动势。若在防雷引下线附近设置一个开口的金属环，间隙金属环上的感应电势足以使开口间隙放电，产生火花。金属环接口处接触不良，也会使回路过热，引起易燃物品燃烧，酿成火灾。

例：山东省黄岛油库起火事故，经防雷专家反复论证定位直击雷击中油罐附近地面，电磁感应引起油罐间隙产生火花造成爆炸。

五、雷电反击和引入高电压引起的破坏作用

（一）雷电反击是指接受雷电流的金属物体（防雷装置、金属构件等）在接闪瞬间与大地间存在很高的电压 U ，这电压对与大地连接的其他金属物体发生闪击（闪络）的现象。这种现象有时也会发生在树木与房屋及金属物体之间。全部的电压包括两部分，一是雷电流瞬时值的电阻压降，二是雷电流在电感上的压降，它与雷电流陡度有关。不同的介质和不同的压降即有不同的击穿强度。空气中，电阻压降的击穿强度为 500kV/m ，电感压降的击穿强度为 1000 至 1200kV/m 。雷电产生反击后将使雷电流转移，被反击金属体随即带有高压，从而损坏设备。

为了有效防止雷电反击，应使雷电通道与建筑物及受保护金属体间有足够的
安全距离，使它们之间的电压产生的场强小于界电场强（击穿强度）；

（二）雷电引入高电位是指直击雷或雷电感应产生的高压电自输电线、通信电缆、无线电天线等金属线路引入建筑物或设备内部，造成闪击的雷击现场。高电位的产生造成脉冲雷电流沿导线进入用电设备，是常见用电设备雷击的主要形式，危害极大，如2000年我国某证券交易所因雷电感应而产生的高电位引入，致使雷电流入侵造成设备损坏，停止交易48min，损失巨大。

第三章

建筑物的防雷分类

第一节

爆炸性气体和爆炸性粉尘危险环境的区分

一、爆炸物质

炸药：黑索金、特屈儿、三硝基甲苯、苦味酸、硝铵炸药等；

火药：单机无烟火药、双基无烟火药、黑火药、硝化棉、硝化甘油等；

起爆药：雷汞、氮化铅等；

火工品：引信、雷管、火帽等；

二、区分标准

（一）爆炸性气体危险环境分区标准

0区：连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境；

1区：在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境

2区：在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境，或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境

（二）爆炸性粉尘危险环境分区标准

20区范围包括爆炸性粉尘/空气混合物长期持续地或经常在管道、产生和处理设备内存在的区域。

如果粉尘容器外部持续存在爆炸性粉尘/空气混合物，则要求划分为20区。但在工作场所产生的情况是被禁止的。

21区大多数情况下，21区范围可通过与形成爆炸性粉尘/空气混合物环境有关的释放源的评价来确定

21区的范围如下：

可能出现爆炸性粉尘、空气混合物的一些粉尘处理器内部。

由释放源形成的设备外部场所，它取决于粉尘的一些参数，如粉尘量、流量、颗粒大小和物料的湿度。通常，释放源周围1m的距离就足够（垂直向下延至地面或者楼板水平面）。对于建筑物外部场所（露天）。21区的范围会由于气候的影响，如风、雨等而改变。如果粉尘的扩散受到实体结构（墙壁）的限制，他们的表面可作为该区域的边界。一些实际情况的考虑可能是使考虑中的整个场所被分类为21区是适合要求的。

22区：

在大多数情况下，22区范围可通过与形成爆炸性粉尘/空气混合物环境有关的释放源的评审来确定。

由释放源形成的场所范围也取决于粉尘的一些参数，如粉尘量、流量、颗粒大小和物料的湿度。

通常，21区周围或释放源周围1m的距离就已经足够。对于建筑物外部场所（露天），由于气候的影响，如风】雨等原因，22区的范围可以减小。如粉尘的扩散受到实体结构如墙壁等等的限制，他们的表面可以作为该区域的边界。一些实际情况的考虑可能是使考虑中的整个场所被分类为22区是适合要求的。

一个位于内部未被限制的21区（不受实体结构限制，例如一个有敞开入孔的容器）将始终被22区包围。

注：如果在场所分类评审期间，发现粉尘层已经堆积在原22区外面，那么需要更细的分类，应考虑该粉尘层范围和该粉尘层受扰动产生粉尘云的可能性。

三、各区常见发生区域

0区：油罐的液面上部。

1区：氧气站催化反应炉部分；氢气瓶阀；氢氧站、供氢站；内有爆炸危险的房间；乙炔站的发生器间；乙炔压缩间、灌瓶间、电渣石坑；丙酮库；油漆车间；非桶装地下储漆间。

2区：乙炔站、乙炔瓶修理间、干渣堆场；发生炉煤气站；煤气管道的排送车间、煤气净化设备间、煤气管道的排时间；线圈车间；浸漆车间；漆包线工部；冷冻站氨气压缩机室；氧气站净化室；氢气瓶间。

20区：以空气中可燃性粉尘云持续的或长期的或频繁地短时存在于爆炸性环境中的场所。

-----粉尘容器内部场所

-----储料槽、筒仓等，旋风集尘器和过滤器；

-----除皮带和链式运输机的某些部分外的粉尘传送系统等；

-----搅拌机、粉碎机、干燥剂、装料设备等

21区：正常运行时，很可能偶人地以空气中可燃性粉尘云形式存在于爆炸性环境中的场所

- 当粉尘容器内部出现爆炸性粉尘/空气混合物时，为了操作而频繁移动或打开最邻近出门的粉尘容器外部场所；
- 当未采取防止爆炸性粉尘/空气混合物形成的措施时，在最接近装料和卸料点、送料皮带、取样点、卡车卸载点等的粉尘容器外部场所；
- 如果粉尘堆积且由于工艺操作，粉尘层可能被扰动而形成爆炸性粉尘/空气混合物时，粉尘容器外部场所；
- 可能出现爆炸性粉尘云（但是既不持续，也不长时间，又不经常）的粉尘容器内部场所，例如自清扫时间间隔较长的筒仓内部（如果仅偶尔装料或出料）和过滤器的积淀侧。

22区：正常运行时不太可能以空气中可燃性粉尘云形式存在于爆炸性环境中的场所，如果存在仅是短暂的。

- 来自集尘袋式过滤器通风孔的排气口，如果一旦出现故障，可能逸出爆炸性粉尘/空气混合物；

- 很少时间代开的设备附近场所，或根据环境由于高于环境压力粉尘喷出而形成泄露的设备附近场所；
- 气动设备，挠性连接可能会损坏等附近场所；
- 装有很多粉状产品的储存袋，在操作期间，储存袋可能出现故障，引起粉尘扩散；
- 当采取措施防止爆炸性粉尘/空气混合物形成时，一般划分为21区的场所可以将为22区场所，这类场所包括排气通风。在（收尘带）装料和出料点、送料皮带、取样点、卡车卸载站、皮带卸载点等场所附近采取措施；
- 形成的可控制（清理）的粉尘层有可能被扰动而产生爆炸性粉尘/空气混合物场所。只有在危险粉尘/空气混合物形成前，通过清理的方式清除了该粉尘层，它才为非危险场所。

第三章

建筑物的防雷分类

第二节

建构筑物的防雷分类方法

一、防雷分类的原则

建筑物根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果，按防雷要求分为三类。

二、第一类防雷建筑物分类标准

遇到下列情况之一时，应划分为第一类防雷建筑物：

1. 凡制造、适用或储存炸药、火药、起爆药、火工品等大量爆炸物之的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。
2. 具有0区或20区爆炸危险场所的建筑物。
3. 具有一区或者21区爆炸危险场所的建筑物，因电火花而引起爆炸，会造成巨大破坏和人身伤亡者。

三、第二类防雷建筑物分类标准

遇下列情况之一时，应该划分为第二类防雷建筑物

1. 国家级重点文物保护的建筑物。
2. 国家级的会堂、办公建筑物、大型展览和博览建筑物、大型火车站和飞机场、国宾馆、国家级档案馆、大型城市的重要给水水泵房等特别重要的建筑物
3. 国家级计算中心、国际通讯枢纽等对国民经济有重要意义的建筑物。
4. 特级和甲级体育馆

5. 制造、使用或储存爆炸物质的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。
6. 具有1区或21区爆炸危险场所的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。
7. 具有2区或22区爆炸危险场所的建筑物
8. 有爆炸危险的露天钢制封闭气罐。
9. 预计累计次数大于0.05次/a的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物。
10. 预计雷击次数大于0.25次/a的住宅、办公楼等一般民用建筑物。

四、第三类防雷建筑物的分类标准

遇到下列情况之一时，应划为第三类防雷建筑物：

1. 省级重点文物保护单位及省级档案馆。
2. 预计雷击次数大于或等于0.01次/a且小于或等于0.05次/a的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共场所。

3. 预计雷击次数大于或等于0.05次/a且小于等于0.25次/a的住宅、办公等一般性民用住宅
4. 预计雷击次数大于或等于0.05次/a的一般性工业建筑。
5. 根据雷击后对工业产生的影响及产生的后果，并结合当地气象、地形、地质及周围环境等因素，确定需要防雷的火灾危险场所。
6. 在平均雷暴日大于15d/a的地区，高度在15m及其以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物；在平均雷暴日小于或等于15d/a的地区，高度在20m及其以上的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

随着科学技术的发展，电子、电器系统产业已经成为一个国家的支柱产业。电子、电气系统的重要组成部分包括通信设备、计算机、控制盒仪表系统、无线电系统等电子设备。虽然电子、电器系统具有强大的功能，但是其重要组成部分的电子设备却有着十分脆弱的一面，由于计算机其网络电子设备是由大量的集成电路组成，其最大击穿电压为几十伏，最大允许工作电流为几微安，即使采取了许多抗干扰措施，对低能量的干扰具有抗击能力，但对强大的雷电电磁脉冲抗击能力就比较薄弱，大量实验表明，集成电路芯片在 10^{-7} J能量的冲击下就会出现损坏。闪电放电通道上端与大地间的电势差一般为 10^7 V至 10^9 V，其产生的电磁脉冲入侵到计算机网络系统大多数会超过其抗干扰能力，从而造成计算机网络系统的破坏。因而搞好计算机网络系统等电子设备的雷击电磁脉冲防护就显得尤为重要，为此，本章节赵忠向大家介绍计算机网络基础知识，雷电入侵电子设备的途径。监控系统的组成和雷电危害的特点。消防系统的组成和雷电危害特点，以便采取科学的防雷措施。

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

第一节

计算机网络基础知识

计算机网络系统，是用通信线路和通信设备将分布在不同地点、独立功能的多个计算机系统相互连接起来，在网络软件的支持下实现彼此之间的数据通信和资源共享的系统。

一、计算系网络设备

(一) 常用传输介质

目前，网络系统常用传输介质有两大类：光缆和电缆。

1. 光缆。由玻璃纤维构成，分为金属加强筋型、非金属加强筋型，常有62.5/125 μ s多模光纤与8.3/125 μ s单模光纤。

2. 电缆。双绞电缆（屏蔽STP与非屏蔽UTP）和同轴电缆。

(1) 非屏蔽双绞电缆（UTP）：一根非屏蔽双绞电缆共有8根芯线，一般为22至26AWG（铜芯），颜色为蓝橙绿棕。

(2) 同轴电缆{

RG-8或RG-11型，阻抗50 Ω ，以太网粗缆最长距离为1KM。

RG-58型，阻抗50 Ω ，以太网细缆，最长距离330米。

RG-59型，阻抗75 Ω ，用于电视系统。

(二) 常用网络设备

1. 网络适配器 (NAC) : 网络接口卡。
2. 集成器 (HUB) : 一种特殊的中继器, 网络传输介质的中央节点。分为有源、无源、智能等型。连接方式有切换式、共享式、堆叠共享式。
3. 交换机 (Switch) : 一个局域网的核心设备, 各个工作站之间交换连接
4. 中继器 (repeater card) : 把所有接收到的弱信号提出再生放大以保持与原数据相同。
5. 路由器 (router) : : 用于连接多个逻辑上分开的网络, 分为本地路由和远程路由器。
6. 调制解调器 (modem) : 实现A/D或D/A转换设备。
7. 网卡 (network) : 网络中当连接不同类型而协议差别较大的网络时, 用网卡彼此连接

(三) 网络连接口形式

1. RJ-45双绞线连接器。与计算机网络的RJ-45接头为8P8C;电话插座对外连接的RJ-11接头为6P2C; 电话听筒的RJ-11接头为4P4C。
2. DB-25(RS=232C) 接口。是当前机器与线路接口的常见形式。
3. DB=15接口。是用于连接网络接口卡的AUT接口, 可将信息通过收发电缆传送到收发器。

4. V35同步接口。用于连接远程高速同步接口。

5. BNC接口，主要用于细缆的一种接口形式

(四) 网络的通信方法

1. 有线通信方法：利用光缆、电缆、电话线充当传输导体。

2. 无线通信方法：利用卫星、短波、超短波、微波、激光、红外线来充当传输介质。应用最多的是微波，通信频率为1,5到10mbps，频点：902到928mhz、2.4至2.4838GHz、5.7到5.8GHz。

二、常见网络的通信方式

1. 公用电话网上通信（PSTN）：速度为9600bps到28.8kbps，利用异步modem将数字信号转换成模拟信号，达到在电话网上时间计算机之间数据通信。特点：电话线传输，拨号访问，投资少，调试容易。

2. X.25分组数据交换网：速度为9600bps至64kbps，古老的传输方式；特点：采用效验纠错，可靠性高，但速度慢，延迟大，将存储在交换机存储器内的数据进行分组后在网络内传输的方式。

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

第二节

雷击电磁脉冲危害电子设备的途径

- 电子设备大都处于防雷lpzn区，遭受直击雷雷击的几率微乎其微，信息技术设备遭受雷击电磁脉冲危害，大都通过自室外引入的有源线路、建筑物上面的金属体、磁脉冲等“路”和“场”两条途径造成。
- **一、计算机网络系统遭受雷击电磁脉冲危害的途径**
- （一）计算机网络系统自有源线路造成的雷击电磁脉冲危害
- （1）落雷点为电源线路受雷电电磁感应，雷电电磁脉冲沿线路以过电压与过电流的形式进入网络设备，造成计算机网络系统的ups电源损坏，使整个系统瘫痪。
- （2）雷电电磁脉冲沿网络线路进入计算机网络系统，造成通信接口、接收系统、室内单元、路由器等网络主要设备损坏。
- （3）雷击网络通信有限线路或线路受雷电电磁感应与静电感应，如光缆、DDN、帧中继、X.25专线、电话线。雷电产生的机械作用、冲击波、热效应造成线路损坏。雷电脉冲过电压、过电流沿线路进入计算机网络设备，造成路由器、交换机及调制解调器等前端设备的损坏。

- （二）雷击电磁脉冲造成的危害
- 当计算机所在的建筑物或附近发生雷击时，雷电产生脉冲暂态磁场，将直接危害建筑物内的计算机网络设备。同时交变的雷电磁场将在建筑物内的金属回路和线路网络上产生脉冲过电压、过电流。造成网络设备的危害。
- （三）建筑物上面的金属体传到的过电压、过电流
- 当计算机所在的建筑物附近发生雷击时，与之相连或相近的金属屋将带有暂态高电压，此高电压会对其附近的计算机网络线路发生反击，造成计算机网络设备的损坏。

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

第三节

监控系统的基本构成与雷电危害的特点

一、监控系统的基本构成

1. 信号采集接收系统：主要有摄像机、镜头、云台、智能球形摄像机。
2. 视频传输系统：主要有传输线缆、光纤传输、同轴电缆传输、网线传输、无线传输等方式
3. 终端显示控制系统：包括DVR硬盘录像系统、视频矩阵、画面处理器、切换器、分配器。
4. 远程监控系统：包括IP监控、远程监控、网络监控、视频会议等。

二、监控系统的雷电危害

由于监控系统的信号采集接收部分根据需要可设置在室内也可能设置在室外，因此信号采集接收部分及视频传输部分可能处于LPZ0A与LPZ0B区，但无论存在上述哪个区都会受到雷电电磁干扰，而处lpzn区的终端显示器控制部分因导线的引入，可能会遭受引入高电压的危害。

1. 当信号采集接收系统处于LPZ0A区时，监控摄像机可能会遭受直接雷击；当其处于LPZ0B区且距离直击雷防护系统的距离小于3m时，则会受到雷电电磁干扰，轻则造成短时干扰，重则损坏设备。
2. 室外视频传输系统由于受到架设的影响，无法达到规范要求，许多传输线路与接闪器缠绕在一起，还有许多采用飞线方式，这些设置方法都会遭受雷电的直接雷击、静电感应、电磁感应的危害，无论雷电影响的轻重都会造成线路闪击部分与信号采集接受设备、终端显示控制设备间的电势差，从而使感应雷电流沿线路危害信号采集接收设备、显示监控设备。
3. 终端显示控制设备虽然设置在LPZ01区内，但是由于其设备连接来自LPZ0区的电源、信号线路，同时设备本身与接地系统相连，都存在高电压引入的隐患

第四章

电子、电器系统雷电危害特点

第四节

消防系统的组成

一个完整的消防系统包括信号探测系统、火警报警系统、火灾控制系统。

1. 火警信号探测系统
2. 火灾自动报警系统
3. 灭火及诱导系统。

第五章

防雷装置的构成与保护范围

目前，多数人对防雷设备的理解只限于直击雷防雷系统，即接闪器、引下线、接地装置等建筑物外部的雷电防护系统。雷电防护系统的科学解释应该是接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其他链接导体的总和。通常我们将防雷设施分为直击雷防护系统和雷电感应防护系统两部分，按照设施的位置也可分为建筑物外部防雷系统和内部防雷系统。

第五章

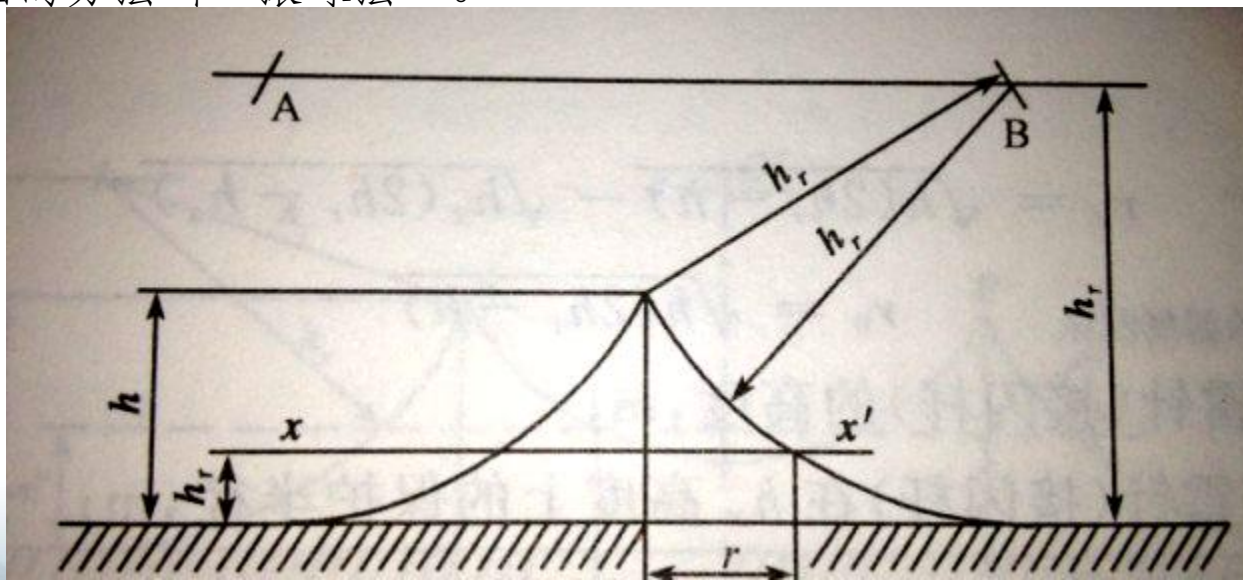
防雷装置的构成与保护范围

第一节

接闪器保护范围的计算方法

一、滚球法确定接闪器的保护范围

目前，世界各国对接闪器的保护范围的计算方法各有不同，大体上有三种，滚球法、网络法和保护角法，我国GB50057-1994中规定接闪器的保护范围按“滚球法”计算，所谓滚球法即以滚球半径 h_r 为高度与地平面做一平行线，以接闪器的顶端为圆心，以“滚球半径为半径与平行线相交于A、B点，以A、B点为圆心以滚球半径为半径做圆与接闪器及地面相交成圆弧，圆弧绕接闪器旋转成弧形椎体，该椎体即为接闪器的保护范围，这种计算接闪器保护范围的方法叫“滚球法”。



滚球法
示意图：

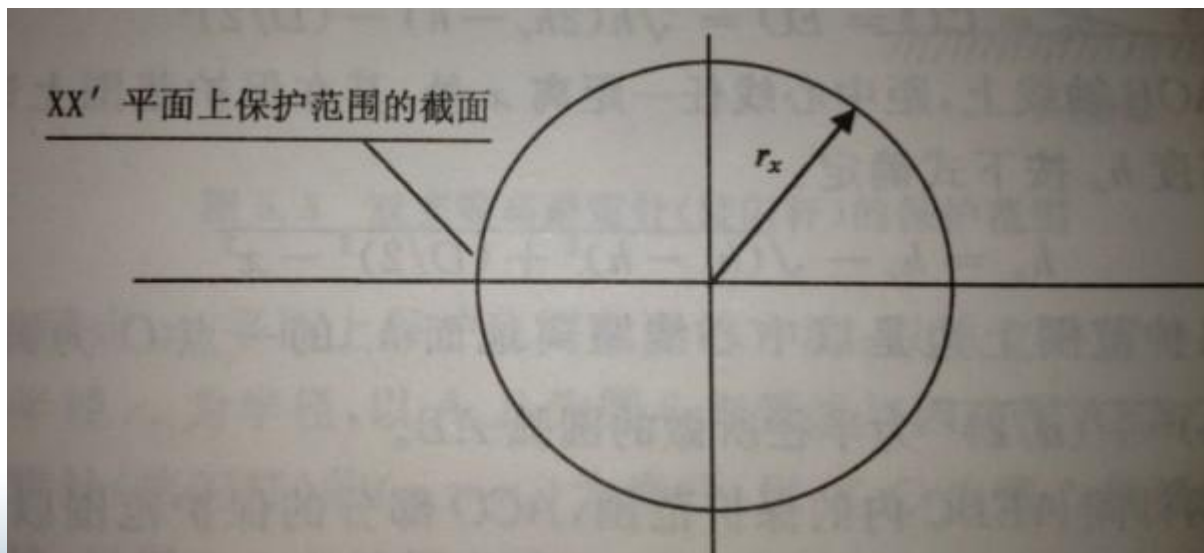
二、“滚球半径”值的确定方法

确定滚球半径的大小必须充分考虑雷电流值的大小，不同大小的雷电流对应着不同的滚球半径，IEC将其分为四个量级。我国建筑物防雷设计规范中将其分为三个量级，建筑物也根据其重要性、使用性质、发生累点事故的可能性和后果及防护要求分为三类

三、接闪器保护范围的计算

1. 单支避雷针保护范围的计算方法

滚球法计算避雷针高度平面上保护半径（图）



(1) 当避雷针的高度小于或等于滚球半径时，避雷针在高度和地平面上的保护半径可由下式计算确定：

h -----避雷针的高度，m；

r_x -----避雷针在 h_x 高度上的保护半径，m；

h_r -----滚球半径，m；

h_x -----被保护物的高度，m；

r_0 -----避雷针在地面上的保护半径，m。

(2) 当避雷针的高度 h 大于滚球半径 h_r 时，在避雷针上取 h_r 的高度求其保护范围。

$$r_x = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_x(2h_r - h_x)}$$

$$r_0 = \sqrt{h(2h_r - h)}$$

四、滚球半径的确定与接闪器的保护范围说明

（一）各类防雷建（构）筑物的滚球半径：

建筑物防雷类别	滚球半径
第一类防雷建筑物	30
第二类防雷建筑物	45
第三类防雷建筑物	60

（二）建筑物顶部各种构筑物防雷设施的保护范围计算方法

建筑物的顶部设有卫星接收天线等构筑物，并且需要设置避雷针加以保护时，其避雷针的高度应根据实际设置。

第五章

防雷装置的构成与保护范围

第二节

外部防雷系统的基本构成与作用

直击雷防护系统包括接闪器、引下线、接地装置。

一、接闪器

直接接受雷电闪击的金属构件。分为自然接闪器和人工接闪器

二、均压环

当建构筑物的高度高于滚球半径时，为防止雷电自侧面闪击建构筑物而设置的金属构件。

三、引下线

指位于接闪器的下部至高于接地线部分的金属构件，一般附着在建构筑物的表面，根据设置方式可分为暗设与明设，而根据引下线的设置性质可分为自然引下线与人工引下线。

四、接地装置

指引下线下端埋入土壤中或混凝土基础中作泄流用的金属构件，它包括接地线与接地体。分为自然接地装置与人工接地装置。

五、直击雷防护的作用

其主要作用就是接受雷电闪击，并将雷电流通过安全的渠道传导到地下，快速泄放到大地，从而保护构筑物及室内人员免遭直接闪击。

第五章

防雷装置的构成与保护范围

第三节

内部防雷系统的构成与作用

一、内部防雷系统的基本构成

内部防雷系统包括综合布线、电子设备安全控件的选择、等电位连接、共地方式与接地。

二、内部防雷系统的作用

雷电感应防护系统的基本作用就是减小或者消除来自雷电电磁效应的影响，减小输入高电压，将导体间的电势差降低到最低限度，有效保护室内的设备与人体免遭雷电危害。

第五章

防雷装置的构成与保护范围

第四节

电磁脉冲防护系统的构成与作用

一、电磁脉冲防护系统的构成

电磁脉冲防护系统包括屏蔽与设置电涌保护器。

二、电磁脉冲防护系统的作用

电涌保护器的设置作用是钳制与分流来自线路的过电压与过电流。屏蔽主要是减小雷电造成的电磁效应对室内设备的影响。

第六章

接闪器的制作与安装工艺

根据接闪器的类型可将接闪器分为接闪线、接闪杆、接闪带、接闪网。另外符合标准的金属屋顶、金属罐体皆可做接闪器。

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第一节

接闪器的材料的基本要求

一、接闪杆的材料规格与制作要求

1、接闪杆宜采用热镀锌圆钢或钢管制成，其直径不应小于下列数值：

杆长1m以下：圆钢为12mm；钢管为20mm

杆长1至2m：圆钢为16mm；钢管为25mm

独立烟囱顶上的杆：圆钢为20mm；钢管为40mm。

2、接闪杆的接闪端宜做成半球状，其弯曲半径为4.8mm至12.7mm。

3、当独立烟囱上采用热镀锌接闪环时，其圆钢直径不应小于12mm扁钢截面不应小于100平方毫米，其厚度不应小于4mm。

4、架空接闪线和接闪网宜采用截面不小于50平方毫米热镀锌钢绞线或铜绞线。

5、接闪带（线）的截面不小于50平方毫米，圆钢直径不小于8mm，镀锌扁钢不小于50平方毫米，厚度不小于2.5mm

二、金属屋顶等金属构件作为接闪器的要求

除第一类防雷建筑物外，金属屋面的建筑物宜利用其屋面作为接闪器，并应符合下列要求：

- (1) 金属板间的链接应是持久的电器贯通；
- (2) 金属板下面无易燃物品时，其厚度不应小于2mm，钢、钛和铜板不应小于0.5mm，铝板不应小于0.65，锌板不应小于0.7mm；
- (3) 金属板下面有易燃物品时，其厚度：钢和钛板不应小于4mm，铜板不应小于5mm，铝板不应小于7mm
- (4) 金属板无绝缘被覆层。

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第二节

接闪线与接闪网的选择设置

一、接闪线或接闪网的材料规格与应用范围

- 1、架空接闪线或接闪网宜采用截面积不小于50平方毫米的热镀锌钢绞线。
- 2、接闪线的弧垂度：长度不大于120m的接闪线其弧垂度为2m

二、接闪线或接闪网的设置要求

- 1、架空接闪线或者接闪网的引下线，距离被保护物及该建筑物金属导体的最小距离不应小于3m
- 2、接闪线或接闪网距离建筑物的顶部或各种突出屋面的风帽、放散管的最小距离不应小于3m

三、接闪线两侧或接闪网外侧的保护范围

接闪线或接闪网上的某一点的保护范围，可以把接闪线或接闪网上的该点看做高度为该点的独立接闪杆

四、接闪线与引下线的连接方法

钢绞线与引下线连接应采用搭接的方式，当采用铁塔作为固定杆时，可直接与铁塔相连，在铁塔与避雷线连接处焊接一铁环，将接闪线套回后使用猫爪与主线固定在一起，接闪线卡兹接地扁铁直接与铁塔焊接。当使用线杆作为固定杆时，接闪线与线杆连接方法同铁塔连接，接闪线卡兹接地扁铁直接与引下线焊接并接地。

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第三节

接闪杆的规格与设置方法

一、普通独立接闪杆的材料规格及制作要求：

1.下表为1至2m接闪杆规格及各种针尖长度的规格要求

圆钢			钢管	
材料直径	针尖长度	备注	材料直径	针尖规格
12 mm	半径为 4.8mm 半球	针长 1 m 以下	12 mm	33 mm
16 mm	半径为 6.4mm 半球	针长 1~2 m	20 mm	56 mm
18 mm	半径为 7.2mm 半球	针尖做法	25 mm	70 mm
20 mm	半径为 8.0mm 半球	烟囱顶上的针	40 mm	111 mm

2、独杆钢管接闪杆的最大高度为12m，3至12m的接闪杆根据使用环境情况确定，可做成几节，其制作材料要求如下图：

针高 $h(m)$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
各节尺寸 (m)	A	1.0	2.0	1.5	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0
	B			1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0
	C				1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	D								4.0	4.0	4.0	5.0	6.0

3、线杆接闪杆的制作要求。线杆接闪杆应根据线杆的使用寿命设置，其金属构件部分不得超过12m，整个接闪杆的高度不得超过18m，杆体与线杆的连接方式采用箍接，箍的上部采用直径与线杆吻合长20mm的镀锌钢管，顶部使用不小于4mm的钢板焊接并与接闪杆连接，下不切割并套装在线杆的顶部，然后将割口焊接。

二、建筑物顶部附加接闪杆的设置要求

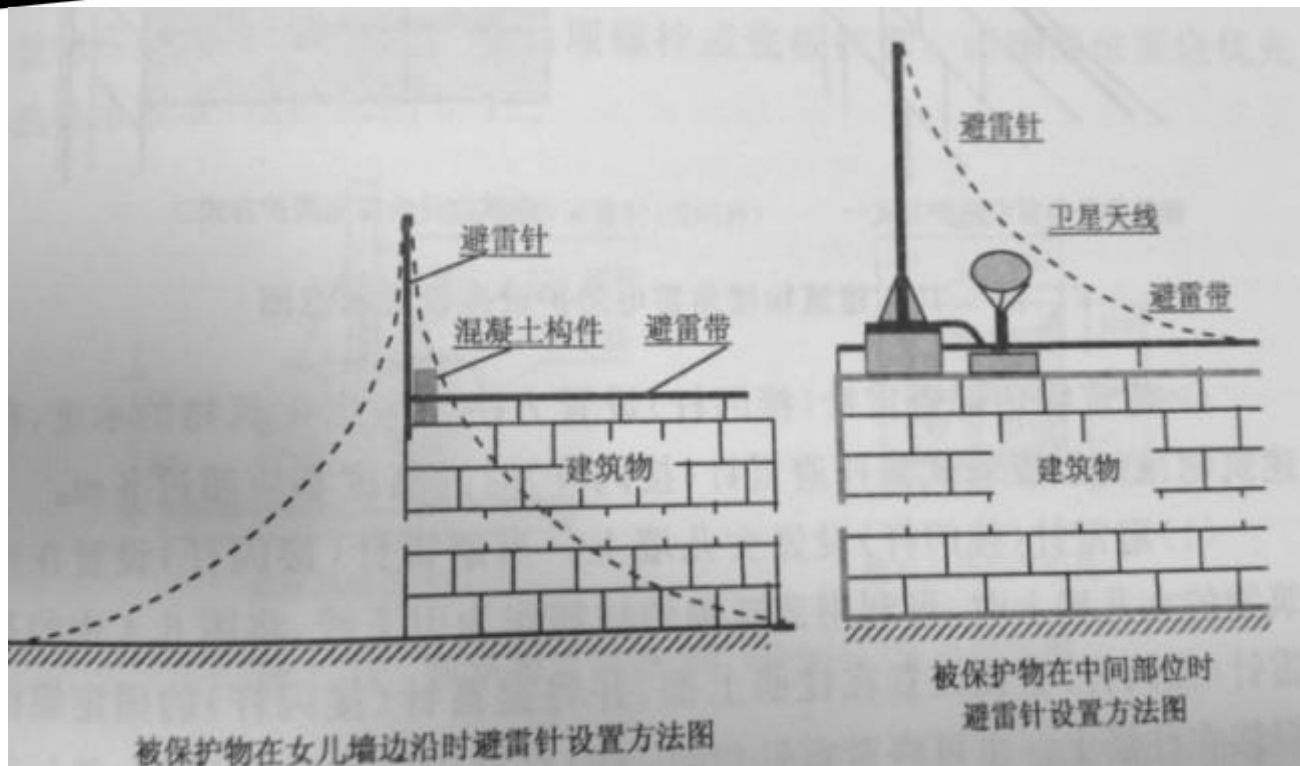
当建筑物的顶部设有需要保护的微波天线等发射接收天线、高于建筑物的混凝土构件、建筑物的外角或突起物时应设置接闪杆。

1. 建筑物顶部中间部位接闪杆的设置要求

当混凝土构件处于建筑物顶部的中间位置，且建筑物接闪器的设置网格符合规范要求，可直接在混凝土构筑物的顶部设置接闪杆，在计算该接闪杆的高度时，可以以建筑物顶部的接闪设施为零地面。

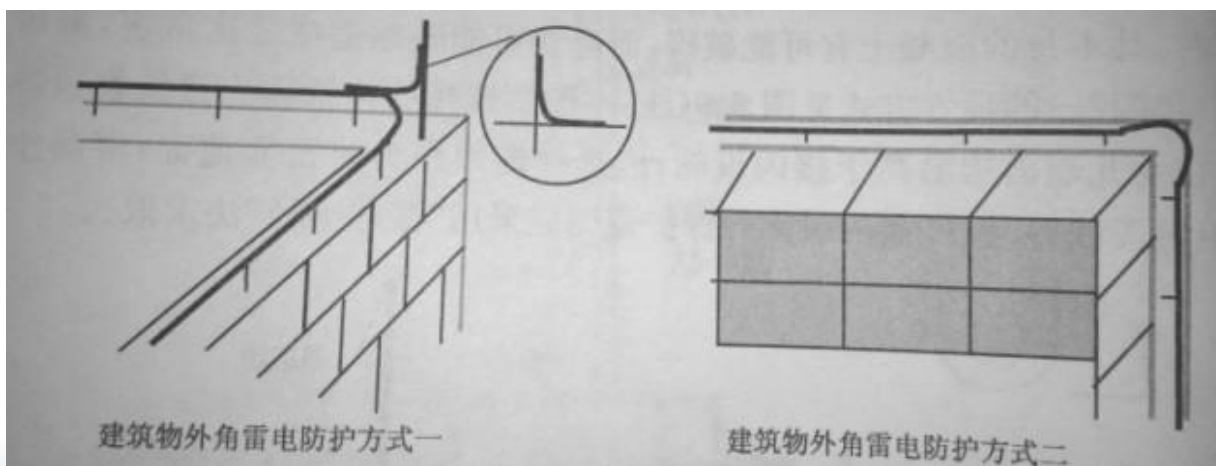
2. 建筑物边沿接闪杆的设置要求

当建筑物顶部的混凝土构件处于建筑物的边沿时，且构筑物发生雷击时，其本身的混凝土有可能破碎，而碎块可能坠地造成二次危害，接闪杆的设置可如下图：



3. 建筑物楼角接闪杆的设置要求

- (1) 建筑物的楼角是雷击事故发生频率较高的位置，而原有的设计不能对此有效防护，为达到楼角安全防雷的目的，可采取以下措施：接闪带外弧，自楼角末端支撑柱开始将接闪带向外撑开，使避雷带在角部达到外棱。
- (2) 当建筑物的接闪带无法保护时，应选择接闪短针进行防护如下图：



三、建筑物顶部永久性金属物体宜做接闪器，但应符合下列要求

- 1.针状金属物体充当接闪器时，应符合接闪杆的规定要求。
- 2.钢管、钢罐的厚度不得小于2.5mm，但其一旦被击穿，其介质对周围环境造成危害时，其厚度不得小于4mm。

四、在第一类防雷建筑物中，6到30m独立接闪杆在不同高度层的保护半径各有不同，根据滚球半径法计算其结果。

五、其他接闪杆的设置要求

粮、棉及易燃物大量集中的露天堆场，宜采取防直击雷措施。当其年预计雷击次数大于或等于0.05时，宜采用独立接闪杆或架空接闪线防直击雷。独立接闪杆和架空接闪线保护范围的滚球半径可取100m。在计算雷击次数时，建筑物的高度可按可能堆放的高度计算，其长度和宽度可按可能对方面积的长度和宽度计算。

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第四节

接闪带的规格与设置方法

一、常规接闪带的基本设置要求

(一) 材料规格

避雷网与接闪带宜采用圆钢或扁钢，优先采用圆钢，其直径不小于8mm。采用扁钢时，其截面积不应小于50平方毫米，厚度不应小于2.5mm，烟囱上采用接闪环时，其圆钢直径不易小于12mm，使用扁钢时其截面不应小于100平方毫米，厚度不应小于4mm

(二) 接闪带的网格与设置要求

第一类防雷建筑物宜采用接闪杆，但当接闪杆无法保护时，应采用接闪带、接闪线或各种接闪器共同使用，各类建筑物接闪带的网格与材料规格必须符合下图：

建筑物的防雷类别	避雷带(接闪带)网格尺寸(m)		材料规格(优先使用圆钢)
第一类防雷建筑物	$\leq 5 \times 5$ 或 $\leq 6 \times 4$	$\geq \phi 8 \text{ mm}$	$\geq 50 \text{ mm}^2$; 厚度 $\geq 2.5 \text{ mm}$
第二类防雷建筑物	$\leq 10 \times 10$ 或 $\leq 12 \times 8$	$\geq \phi 8 \text{ mm}$	$\geq 50 \text{ mm}^2$; 厚度 $\geq 2.5 \text{ mm}$
第三类防雷建筑物	$\leq 20 \times 20$ 或 $\leq 24 \times 16$	$\geq \phi 8 \text{ mm}$	$\geq 50 \text{ mm}^2$; 厚度 $\geq 2.5 \text{ mm}$

二、特殊女儿墙接闪带的设置要求

现代建筑在追求舒适的前提下，将外观美也纳入设计范围，外墙装饰称为当今建筑的时尚，但是是放在装饰时却忽略了防雷设施的安_装，现介绍两种较宽女儿墙防雷设施的安_装方法。

1. 当女儿墙的实墙厚度较厚，且接闪带按照常规设置时，其高度圆_圆高于支撑柱的承受能力，此时接闪带应沿女儿墙的外沿设置，其高度要符合常规要求（10cm左右），墙处于接闪设施的保护范围之内，天面部分符合接闪网格的尺寸规格要求。
2. 当女儿墙外墙采用非金属材料装饰时，其材料不会因雷电机械作用导致脱落，接闪带的位置与高度可按常规设置，此时可利用装饰材料的金属支架设置接闪带支撑柱。

当装饰材料为非金属物，但是因雷电机械作用会导致装饰物脱落并造成地面物体受损时，接闪带的支撑柱可设置在女儿墙上，但是接闪带的高度应能充分保护装饰墙体。

三、不同高度建筑物避雷带的设置方法

一座独立的建筑物，当高度不同时，首先应根据建筑物的有效面积确定其防雷分类，在同一高度且没有分割的平面，接闪带应按照国家规范GB50057-1994要求设置，不同高度的接闪器应在最短距离上做等电位连接，连接部分应使用同等规格的刚才。立面墙上的接闪带距墙面的距离应与水平方向的接闪带高度相同，支撑柱间距要求：中间部分不大于100mm、至转弯处的距离不大于500mm，女儿墙内各接闪带的支撑间距应不大于1000mm。

四、建筑物均压环的设置

当第一类防雷建筑物高度超过30m、第二类防雷建筑物高度超过45m、第三类防雷建筑物高度超过60m，其高出部分应设置均压接闪带，均压接闪带的间距不超过6m，设置方法如下：

1. 沿建筑物四周设水平均压接闪带并与每条引下线、柱筋相连，可采用焊接方式；
2. 该高度以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接，可采用搭接方式；
3. 均压接闪带的材料规格可采用4mm×25mm镀锌扁铁；
4. 连接方法、方式与接闪带相同；
5. 均压接闪带应附设在建筑物的表面并且没有被覆层。

五、金属屋面接闪带的设置方式

当金属屋面厚度小于0.05mm，且屋面夹层填有可燃物时，应在屋面设置接闪器。焊接好底座与支持卡子，底座与屋面采取螺栓固定，接闪带采用焊接，可使用立柱槽钢做引下线。

六、接闪带固定导体的间距

明敷接闪导体和引下线固定支架的间距间下图：

布置方式	扁形导体和绞线 固定支架的间距	单根圆形导体 固定支架的间距
水平面上的水平导体	500	1000
垂直面上的水平导体	500	1000
地面至 20 m 处的垂直导体	1000	1000
从 20 m 处起往上的垂直导体	500	1000

第六章

接闪器的制作与安装工艺

第五节

其他金属构件充当接闪器的安装要求

一、装饰灯金属支架

建筑物顶部因装饰霓虹灯、彩灯等需要设置金属支架，且金属支架高于建筑物的避雷设施时，金属支架可以充当接闪器，但必须满足以下条件：

1. 金属支架连接良好，搭接与焊接皆应符合规定要求。
2. 金属支架的材料应符合避雷要求，扁铁截面积不小于50平方毫米，厚度不应小于2.5mm；圆钢直径不小于8mm。
3. 与建筑物的接闪设施连接不少于两点，且搭接长度不小于6d、扁钢搭接为其宽度的2倍（三面焊接）

二、太阳能支架

当太阳能支架高度超过接闪设施时，太阳能就自然成为接闪器，为了保护太阳能，避免太阳能接闪并将雷电流传入室内，应对太阳能做如下防雷措施：

1. 太阳能上部设置一接闪线，高度为10cm，两端与支架可靠连接。
2. 太阳能金属支架应与建筑物接闪设施做可靠连接。

三、通信天线接闪杆

位于建筑物顶部的各种通讯用接闪杆应与建筑物接闪设施做等电位连接，所用材料不应小于建筑物接闪设施的规格。连接方式可以打劫也可焊接，焊接长度不小于6d（单面焊接应不小于12d）

第七章

引下线的设置

第一节

利用建筑物的柱筋做防雷引下线的基本要求

一、连接方式

一般选定柱对角的两条柱筋做防雷引下线，其下部与建筑物的基础钢筋连接，上部与接闪器连接。引下线柱筋每层应有 ≥ 1 个箍筋与柱筋相焊接（与用作引下线的柱筋必须焊接），引下线与基础钢筋的连接应采用错位连接的方式，引下线与接闪器、引下线与基础及引下线自身焊接搭接长度应符合下面规定：

1. 当采用圆钢时焊接长度不小于 $6d$ ；单面焊接搭接长度不应小于 $12d$ 。
2. 当采用扁钢焊接时焊接长度不应小于2倍扁钢的宽度，至少3面焊接。

二、测量卡设置与外引人工接地连接体的设置

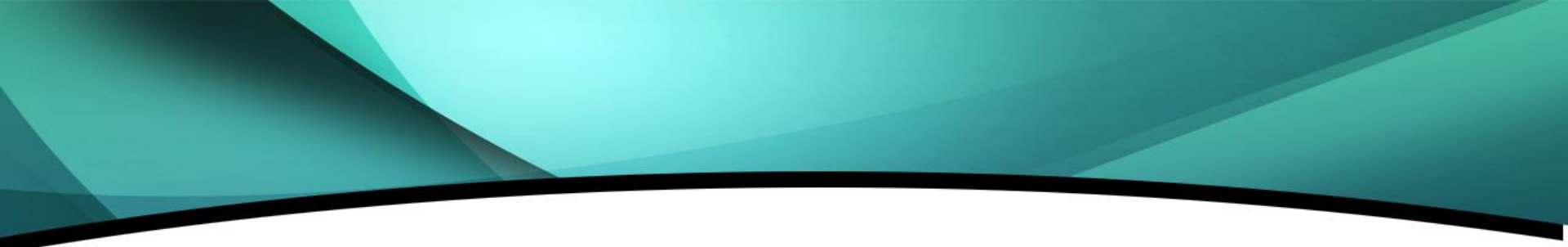
1. 测量卡的设置。利用建筑物的柱筋做引下线时，应在每条引下线上距地面30到180cm的地方设置（预埋）测量卡，标示接地符号，以供连接工人接地体与检测用，无需设置测量卡保护箱。
2. 外引人工接地连接体的设置。当土壤电阻率较大，或者建筑物的基础钢筋不足以满足要求时，应外接接地装置以达到雷电分流的目的。具体做法，在作为引下线的柱筋下面距零地面下0.8到1m处，外引焊接长度不小于1m、规格为 $4\text{mm} \times 25\text{mm}$ 镀锌扁铁，作为人工接地连接线

三、柱筋引下线的选择要求

1. 当柱筋钢材的直径 $\geq 16\text{mm}$ 时，可选用两根钢筋作为引下线（对角）采用绑扎或焊接的方法连接。
2. 当柱筋钢材的直径 $10\text{mm} \leq d < 16\text{mm}$ 时，可选用四根钢筋作为引下线（对角）采用绑扎或焊接的方式连接。

四、引下线与建筑物的承台、基础的连接方式

确定引下线的柱筋后，其连接方式应符合防雷设施的设置标准，柱筋底端软转弯与基础钢筋进行焊接，搭接长度不应小于规定要求，4条柱筋应双双错位连接。当有承台时，引下线为承台柱筋上延，在基础阶段应采取帮贴连接。其帮贴钢筋为同等规格材料，搭接要符合规定。



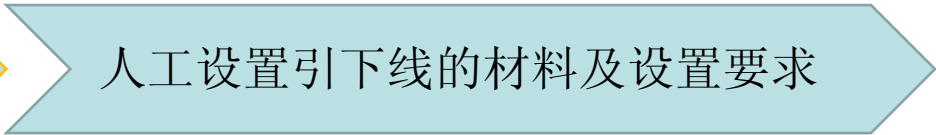
第七章



引下线的设置



第二节



人工设置引下线的材料及设置要求

一、建筑物防雷引下线的材料规格

1. 明敷引下线。圆钢不小于直径8mm；扁钢截面积不小于50平方毫米，厚度不小于2.5mm
2. 暗敷引下线。圆钢不小于直径10毫米；扁钢截面积不小于80平方毫米，厚度不小于2.5mm

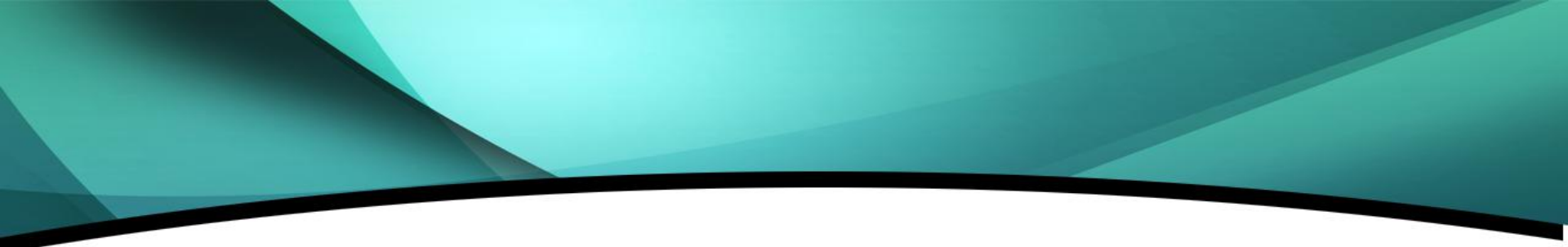
二、设置要求

引下线明敷时应在地上2.7m至地下0.3米处采取保护措施，采用镀锌角钢、改性塑料管或橡胶管保护。暗敷时刻将引下线直接埋设在混凝土抹面内。无论明敷还是暗敷均应在离地面0.3m至1.8米处设置断接测量卡。

三、特殊建构筑物引下线的基本要求

烟囱的引下线采用圆钢时，其直径不应小于12mm；采用扁钢时，其截面不应小于100平方毫米，厚度不应小于4mm。

利用消防梯、钢柱等金属构件做防雷引下线时，各部件之间应连成良好的电器通路。



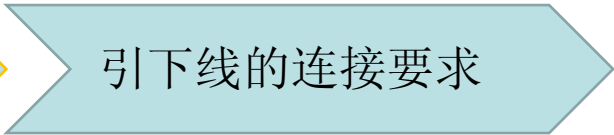
第七章



引下线的设置



第三节



引下线的连接要求

一、基本要求

（一）柱筋引下线的连接基本要求。当采用柱筋作为建筑物的防雷引下线时，要进行材料规格与搭接方式的检查，内容如下：

1. 引下线的规格。使用游标卡尺进行柱筋的直径测量，其规格应不小于规定要求。
2. 搭接方式。引下线柱筋可采用单面焊接也可采用双面焊接，焊接搭接长度应符合标准要求
3. 箍筋连接情况。在工程监理过程中，应详细检查箍筋的连接，每层至少有一个箍筋与柱筋焊接
4. 测量卡。检查测量卡与柱筋的搭接长度以及外面留余部分的长度是否符合搭接人工接地装置的需要。
5. 等电位连接卡。检查微机室及电缆井各层房间是否设置等电位连接卡，并测量其接地电阻是否与引下线接地电阻一致。

(二) 人工设置引下线的连接的基本要求。当建筑物采用人工设置引下线时，要进行材料规格与搭接方式的检查，检查内容如下：

1. 引下线短接卡设置状况。当建筑物设置的引下线超过一条时，各引下线都要设置断接卡，断接卡的尺寸应符合标准设置，位置应在180cm左右
2. 护套管的设置情况。引下线明敷时应设置3m的护套管，其中地上部分2.7m、地下埋设0.3m，材料应符合标准规定，规格应大于引下线的最大宽度。
3. 防腐情况。明敷引下线应采用热镀锌材料。焊接点刷防锈漆两道、铅油一道。
4. 连接点状况。引下线与接闪器及引下线与接地装置的连接点应采用焊接。搭接长度符合标准要求，刷防锈漆两道、铅油一道。
5. 材料规格。引下线采用圆钢与扁钢都可，但必须符合标准。
6. 固定柱基本情况。明设的引下线要固定良好，重点检查护套管、断接卡、转弯处的固定间距与方式必须符合标准规定要求。

二、金属物或线路与引下线之间的间隔距离：

1. 二类为： $sa \geq 0.06 \times kc \times lx$
2. 三类为： $sa \geq 0.04 \times kc \times lx$

第八章

接地装置

第一节

自然接地装置

一、建筑物的桩、基础、承台做防雷装置时的材料要求

利用建筑物的基础作为接地装置时，其单根材料的规格应符合建筑及防雷双重要求，但是不能小于引下线规格，其最小建面积不小于直径10mm圆钢的截面积。多层二、三类防雷建筑物接地装置基础钢筋的最小长度计算见下图：

防雷类型	圆钢直径 (mm)	基础形式	表面积要求	建筑物周长(m)	基础钢筋 长度(m)
第二类 防雷建筑物	$\geq \phi 10$	1×4	$\geq 4.24 K_c^2$	$n(\text{引下线条数}) \times 18$	$\approx 33.76/n$
第三类 防雷建筑物	$\geq \phi 10$	1×4	$\geq 1.89 K_c^2$	$n(\text{引下线条数}) \times 25$	$\approx 15.05/n$

二、利用建筑物的桩、基础、承台做防雷装置时的基本条件

利用建筑物的桩、基础、承台做防雷装置时，其基本条件应符合下图

防雷类型	桩数利用系数	单根桩直径(mm)	基础钢筋的埋设深度(m)	土壤湿度(%)	单桩接地电阻(Ω)	基础钢筋的有效面积(m^2)
第二类防雷建筑物	$0.25 \leq a \leq 1$	≥ 10	≥ 0.5	≥ 4	≤ 10	≥ 80
	—	—	≥ 0.5	≥ 4	≤ 10	≥ 80
第三类防雷建筑物	$0.25 \leq a \leq 1$	≥ 10	≥ 0.5	≥ 4	≤ 10	—

三、基础钢筋作为接地装置的连接要求

1. 桩柱筋（2条以上）与承台配筋上、下层搭接为焊接，采取上下层错位焊接。
2. 地梁柱筋（地梁的箍筋一般要求隔6m与主筋想焊接，焊接点 ≥ 4 处）与引下线柱筋的连接、地梁与地梁之间的柱筋连接，利用地梁不少于两条面筋（或底筋）做通长焊接。
3. 连接方式
 - （1）当采用扁钢时，焊接搭接长度 ≥ 2 倍扁钢的宽度，至少三面焊接
 - （2）当采用圆钢时，搭接长度 $\geq 6d$ ；单面焊接时，搭接长度 $\geq 12d$ 。
 - （3）焊接口应刷漆两遍，刷铅油一遍。
4. 预留电器接地，一般供电系统、电器接地共用时要求接地电阻不大于 4Ω ，当有大量弱电系统公用接地时，要求接地电阻不大于其中单项接地电阻中标准要求最小的阻值。

第八章

接地装置

第二节

人工接地装置

一、接地装置材料及连接基本要求

（一）接地装置材料规格

新建建筑物或建筑物基础网不能满足要求时，应设置人工接地装置，以满足设计要求。

（二）接地装置的基本设置要求

1. 垂直接地体的长度为2.5米，间隔为5m；当垂直接地体的长度无法达到2.5m时，两垂直接地体间的距离不小于2倍垂直接地体长度。
2. 水平接地体埋的深度不小于0.5m，在冻土层以下。
3. 人工接地体在土壤中的埋设深度不应小于0.5m，其距墙或基础不易小于1m。

接地体应远离由于烧窑、烟道等高温影响使土壤电阻率升高的地方。

二、人工接地体的设置方法

（一）常规设置方法

1. 环形接地体
2. T形接地体
3. 水平接地体

1. 根据需及土壤环境的实际情况，接地装置可以做成各种形状，但是，无论何形状，垂直接地体的间距不应低于其本身长度的2倍。
2. 各种地不共地时的要求。防雷接地装置与电气设备接地装置应采用共地，当各种地不共地时，其间距离不应小于2m。
3. 人工接地体应距建筑物入口 $\geq 3\text{m}$ 。若达不到3m时，应采用下列措施之一：
 - (1) 水平接地体埋地深度应 $\geq 1\text{m}$ 。
 - (2) 在水平接地体面采取绝缘措施。用50至80mm厚度的沥青覆盖在接地体或者碎石路面上，宽度应大于2m。

第八章

接地装置

第三节

土壤电阻率、接地电阻及其测量方法

一、各类防雷建筑物的冲击接地电阻

各类防雷建筑物均有自己的阻值要求，下图给出了常见防雷建筑物与电子设备的接地电阻允许值的阻值：

项目	第一类防雷建筑物	第二类防雷建筑物	第三类防雷建筑物	电子设备机房	建筑物内低压配电设备	备注：当共用接地装置时选规定中较小阻值
阻值	10	10	30	1	4	

设备名称	允许值	设备名称	允许值
汽车加油加气站防雷装置	≤ 10	程控交换机专用接地	≤ 4
卫星地球站	≤ 5	综合布线系统专用接地	≤ 4
天气雷达站共用接地	≤ 4	计算机管理系统专用接地	≤ 4
微波站、电视台的天线塔防雷接地	≤ 5	火灾自动报警系统专用接地	≤ 4
微波站、电视台的机房防雷接地	≤ 1	有线广播系统专用接地	≤ 4
电梯设备专用接地	≤ 4	保安监控系统专用接地	≤ 4
有线电视接收天线杆	≤ 4	闭路电视系统专用接地	≤ 4
电子计算机安全保护接地	≤ 4	扩声对讲及同声传译系统专用接地	≤ 4
电子计算机交流工作接地	≤ 4	BAS系统专用接地	≤ 4

表 A.1(续)

2. 接地体的有效长度的确定对照表:

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)对照表

土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表见表 B.1。当土壤电阻率一定时,接地极的有效长度应符合表 B.1 中的数据要求。

表 B.1 土壤电阻率(ρ)与接地极有效长度(L_e)的对照表

土壤 电阻率 ρ / ($\Omega \cdot m$)	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	土壤 电阻率 ρ /($\Omega \cdot m$)	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	土壤 电阻率 ρ / ($\Omega \cdot m$)	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	土壤 电阻率 ρ / ($\Omega \cdot m$)	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$	接地极有效 长度 $2\sqrt{\rho}/m$
100	20(取 20)	20	300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60
110	20.98(取 21)	21	310	35.21(取 36)	36	520	45.61(取 46)	46	920	60.66(取 61)	61
120	21.91(取 22)	22	320	35.78(取 36)	36	540	46.58(取 47)	47	940	61.32(取 62)	62
130	22.80(取 23)	23	330	36.33(取 37)	37	560	47.33(取 48)	48	960	61.97(取 62)	62
140	23.66(取 24)	24	340	36.88(取 37)	37	580	48.17(取 49)	49	980	62.61(取 63)	63
150	24.49(取 25)	25	350	37.42(取 38)	38	600	48.99(取 49)	49	1000	63.25(取 64)	64
160	25.30(取 26)	26	360	37.95(取 38)	38	620	49.80(取 50)	50	1100	66.33(取 67)	67
170	26.08(取 27)	27	370	38.47(取 39)	39	640	50.60(取 51)	51	1200	69.28(取 70)	70
180	26.83(取 27)	27	380	38.99(取 39)	39	660	51.38(取 52)	52	1300	72.11(取 73)	73
190	27.57(取 28)	28	390	39.50(取 40)	40	680	52.15(取 53)	53	1400	74.83(取 75)	75
200	28.28(取 29)	29	400	40.00(取 40)	40	700	52.92(取 53)	53	1500	77.46(取 78)	78
210	28.98(取 29)	29	410	40.50(取 41)	41	720	53.67(取 54)	54	1600	80.00(取 80)	80
220	29.66(取 30)	30	420	40.99(取 41)	41	740	54.41(取 55)	55	1700	82.46(取 83)	83
230	30.33(取 31)	31	430	41.47(取 42)	42	760	55.14(取 56)	56	1800	84.85(取 85)	85
240	30.98(取 31)	31	440	41.95(取 42)	42	780	55.86(取 56)	56	1900	87.18(取 88)	88
250	31.62(取 32)	32	450	42.43(取 43)	43	800	56.57(取 57)	57	2000	89.44(取 90)	90
260	32.25(取 33)	33	460	42.90(取 43)	43	820	57.27(取 58)	58	2200	93.81(取 94)	94
270	32.86(取 33)	33	470	43.36(取 44)	44	840	57.97(取 58)	58	2400	97.98(取 98)	98
280	33.47(取 34)	34	480	43.82(取 44)	44	860	58.65(取 59)	59	2600	101.98(取 102)	102
290	34.06(取 35)	35	490	44.27(取 45)	45	880	59.33(取 60)	60	2800	105.83(取 106)	106
300	34.64(取 35)	35	500	44.72(取 45)	45	900	60.00(取 60)	60	3000	109.54(取 110)	110

3. 环绕建筑物的环形接地体应啊你找下列方法确定冲击接地电阻。

(1) 当环形接地体周长的一半大于或等于 l_e 时，该引下线的冲击接地电阻应为该引下线的连接点起沿两侧接地体各取 l_e 长度计算得出的工频接地电阻（ $A=1$ ）。

(2) 当环形接地体周长的一半 l 小于 l_e 时，该引下线的冲击接地电阻应该为该引下线的实际长度算出的工频接地电阻在除以 A 值。

4. 与引下线连接的基础接地体，当其钢筋从与引下线的连接点量起大于20m时，其冲击接地电阻应为以换算系数 A 等于1和以该连接点为圆心、20m为半径的半球体范围内的钢筋体的工频接地电阻。

三、工频接地电阻的测量方法

工频接地电阻值的测量方法包括两点法、三点法、比较法、多级大电流法和故障电流法、电位降法等。通常使用电位降法利用电阻测量仪直接测量基础、承台、桩的接地电阻即可。

四、冲击接地电阻的经验估算方法

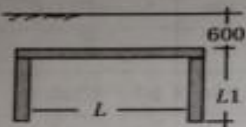
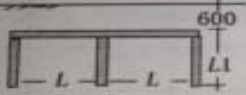
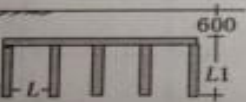
(一) 水平接地装置接地电阻的估算

不同土壤电阻率的土壤中不同长度水平接地体的接地电阻值：

项目	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	35 m	40 m	45 m	50 m	55 m	60 m
1000 $\Omega \cdot \text{cm}$	2.9	1.5	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
2000 $\Omega \cdot \text{cm}$	5.8	2.9	2.1	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
3000 $\Omega \cdot \text{cm}$	8.4	4.4	3.2	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
4000 $\Omega \cdot \text{cm}$	11.7	5.9	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4
5000 $\Omega \cdot \text{cm}$	14.6	7.3	5.3	4.2	3.5	3.0	2.7	2.4	2.2	2.0	1.8	1.7
6000 $\Omega \cdot \text{cm}$	17.5	8.8	6.4	5.1	4.2	3.6	3.1	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0
7000 $\Omega \cdot \text{cm}$	20.4	10.3	7.4	5.9	4.9	4.2	3.7	3.3	3.0	2.8	2.6	2.4
8000 $\Omega \cdot \text{cm}$	23.4	11.7	8.5	6.8	5.6	4.8	4.3	3.8	3.5	3.2	2.9	2.7
9000 $\Omega \cdot \text{cm}$	26.3	13.2	9.5	7.6	6.3	5.5	4.8	4.3	3.9	3.6	3.3	3.1
10000 $\Omega \cdot \text{cm}$	29.2	14.6	10.6	8.5	7.0	6.1	5.3	4.9	4.3	4.0	3.7	3.4

(二) 常见垂直接地装置接地电阻值的估算

同一种土壤中，不同形状、规格的接地装置，接地电阻值各不相同，下图为各种垂直接地装置的接地电阻值估算值：

型号	图 例	材料规格、长度(mm)		不同 $\rho(\Omega \cdot \text{cm})$ 的 $R_{\Sigma}(\Omega)$					
		扁钢 规格	圆钢 规格	间距 L	长度 L_1	$\rho=3.5 \times 10^4$	$\rho=1 \times 10^4$	$\rho=5 \times 10^4$	$\rho=1 \times 10^5$
2 根垂直 接地体		40×4	15	5000	2500	6.0	11.9	60.0	119.0
				5000	3000	5.5	11.0	55.0	110.0
		40×4	20	5000	2500	5.8	11.6	58.0	116.0
				5000	3000	5.4	10.7	53.5	107.0
3 根垂直 接地体		40×4	15	5000	2500	3.6	7.1	35.5	71.0
				5000	3000	3.3	6.6	33.0	66.0
		40×4	20	5000	2500	3.5	7.0	35.0	70.0
				5000	3000	3.3	6.5	32.5	65.0
5 根垂直 接地体		40×4	20	5000	2500	2.4	4.8	24.0	48.0
				5000	3000	2.1	4.1	20.5	41.0
				7500	2500	2.0	4.0	20.0	40.0
				7500	3000	1.8	3.5	17.5	35.0

(三) 基础接地装置钢筋的接地电阻估算方法

引下线连接的基础接地装置，当其钢筋从与引下线的连接点量起大于20m时，其冲击接地电阻应为以换算系数 $A=1$ 和以该连接点为圆心、20m为半径的半球体范围内的钢筋体的工频接地电阻

第九章

屏蔽系统

第一节

屏蔽系统的基本要求

屏蔽是减少电磁干扰的基本措施，为减少电磁干扰对设备的感应效应，宜在设备的外部、线路、设备空间设置屏蔽设施，以合适的路径附设线路。

一、电缆线的屏蔽要求

屏蔽的电源电缆可用编织金属带，易弯曲的金属线管，坚硬的金属线管或者高磁化率材料的螺旋缠绕金属板进行屏蔽。电缆线的屏蔽还应包括电缆线端点及接头的屏蔽。

(一) 电缆屏蔽

1. 电缆屏蔽层一般多采用金属编织带。其屏蔽效果随其编制密度增加而增强，但是波长接近编织开口时，则屏蔽效果随频率增加而增强。
2. 非屏蔽电缆可采用坚硬的金属管或相同厚度的金属薄板，但在气温较低的情况下，高磁化率的金属薄板会失去磁化特性，需要增加防护措施。
3. 屏蔽层连接时应有良好的搭接，宜使用接头或接合器。

(二) 接头屏蔽的要求

1. 接头设备屏蔽效果在环境条件变化时不会变化。

2. 接头屏蔽必须在接脚结合与拔掉之前完全接触

(三) 屏蔽电缆线的设置要求

在需屏蔽的房间内，屏蔽的电缆屏蔽层的两端宜在防雷区交界处与建筑物金属内筋等电位连接，当系统要求只有一端等电位连接时，应采取双层屏蔽，外层屏蔽应两端等电位连接。

二、建筑物外的线路屏蔽

建筑物之间线路的布设应采用屏蔽线路，非屏蔽线路应附设在金属管道、金属格栅或钢筋成格栅形的混凝土管道内，其间的金属导体应导电贯通，屏蔽金属体的两端应与各建筑物防雷区分界处等电位连接。

三、设备空间的人工屏蔽设施

(一) 人工屏蔽层的用材

人工屏蔽层一般采用金属板、金属网、金属薄膜等金属材料。

(二) 计算机房屏蔽层的连接

1. 焊接式
2. 装配式
3. 附膜式

四、建筑物的自然屏蔽

建筑物的自然屏蔽是由建筑物的金属支撑物、金属框架或钢筋混凝土的钢筋、金属门窗、防雷设施等自然金属构件组成的，这些构件构成一个格栅形大空间屏蔽层，各构件的连接应采取两端连接的方式，自然屏蔽层的屏蔽效果与金属构件的网格大小有关，网格越小屏蔽效果越好，与金属构件的材料规格关系较小。

第九章

屏蔽系统

第二节

屏蔽设施的材料与连接

按照传输电流的性质将电缆分为信号线缆、电源电缆，信号线缆又包括电缆与光缆。

一、电源电缆的屏蔽

电源电缆根据用途分为屏蔽电缆、非屏蔽电缆，当建筑物采用屏蔽电缆作为进线时，其屏蔽层的两端均应做好接地处理，但是当电缆的屏蔽效果要求较高时，可以在电缆的外面套装金属管，金属管的两端应与电缆的屏蔽层做电器连接并两端接地，进入建筑物的电缆前端套装金属管不应少于15m，金属管的屏蔽效果与管的直径有关，管径越大屏蔽效果越强。

电源屏蔽层的连接方式。电缆线进入总配电盘时，应将电缆的屏蔽层与总等电位连接。

二、信号电缆的屏蔽

信号电缆的屏蔽一般采用其表皮的铜金属网，但是要达到良好的接地效果，屏蔽层的两端应做好接地并与设备做好电气连接。当信号电缆无屏蔽层，但是传输信号要求必须采取屏蔽时，电缆应全程穿金属管。

三、光缆的金属材料处理方法

光缆由于其传输的是光信号，传输介质是玻璃丝，因此受磁场的影响较小，但是由于传输材质的关系，广联的内芯设置金属加强筋及金属外皮，这些金属材料在电磁场中将感应一定的脉冲过电压、过电流，因此光缆进入室内要将其断开并与建筑物的接地系统做电器连接。

第九章

屏蔽系统

第二节

屏蔽、接地与等电位连接的基本要求

为减少电磁干扰的感应效应，宜采取以下的基本屏蔽措施：建筑物和房间的外部设屏蔽措施，以合适的路径敷设线路，线路屏蔽。这些措施宜联合使用。

1. 为改进电磁环境，所有与建筑物组合在一起的大尺寸金属件都赢等电位连接在一起，并与防雷装置相连，第一类防雷建筑物的独立接闪器及接地装置除外。
2. 在需要保护的空间内，当采用屏蔽电缆时其屏蔽层应至少在两端并宜在防雷区交界处做等电位连接，当系统要求只在一端做等电位连接时，应采用两层屏蔽或穿钢管敷设，外层屏蔽或钢管按前述要求处理。
3. 在分开的各建筑物之间的飞屏蔽电缆应附设在金属管道内，这些金属物从一段到另一端影视到点贯通的，并分别连到各分开的建筑物的等电位连接带上。

第十章

电涌保护器的选择与安装

- 电涌保护器是一种嵌压与分流的电器元件，在电子电气电路中起等电位连接作用，电涌保护器的使用应考虑设备的保护等级，根据电路的要求设置

第十章

屏蔽系统

第一节

电涌保护器的基本要求

一、低压电源电涌保护器的基本要求

低压电器所使用电涌保护器多为压敏电阻芯片制成，现以氧化锌压敏电阻为例介绍其特性参数。

(一) 电涌保护器基本性能要求

1. 电涌保护器具有优劣显示功能。
2. 电涌保护器的最大放电电流须不小于预期通过它的雷电流。
3. 电涌保护器通过雷电流时，加在被保护设备两端的残压应小于被保护物的冲击电压额定值，无法确定被保护物设备的耐冲击电压时，下表中选取

设备位置	电源处的设备	配电线路和最后分支线路的设备	用电设备	特殊需要保护的設備
耐冲击过电压类别	Ⅳ 类	Ⅲ 类	Ⅱ 类	Ⅰ 类
耐冲击过电压额定值	6	4	2.5	1.5
注 1：Ⅰ类——需要将瞬态过电压限制到特定水平的设备； 注 2：Ⅱ类——如家用电器、手提工具和类似负荷； 注 3：Ⅲ类——配电盘、断路器、包括电缆、母线、分线盒、开关、插座等布线系统，以及应用于工业的设备和永久接至固定装置的固定安装的电动机等的一些其他设备； 注 4：Ⅳ类——如电气计量仪表、一次线过电流保护设备、波纹控制设备。				

（二）电源电涌保护器的基本功能要求

当电源采用TN系统时，从建筑物内总配电盘引出的配电线路和分支线路须采用TN-S系统。

1. 模块式电源电涌保护器应具有以下功能：SPD模块损坏警告；遥信；SPD模块替换；热容和过流保护。
2. 箱式电源SPD在工作中应有下列功能：SPD劣化指示；SPD损坏警告；热容和过流保护；保险跳闸警告；遥信；雷电计数。

二、室内电流分流情况

全部电流的百分之五十流入建筑物防雷装置的接地装置，其另百分之五十分配与引入建筑物的各种外来导电物、电力线、通信线等设备。

三、电涌保护器的设置要求

1. 在复杂的电器和电子系统中，除在户外线路进入建筑物处安装电涌保护器外，在配电箱 信号线路上应考虑选择和安装协调配合好的电涌保护器保护。
2. 在两栋定位LPZ1区的独立建筑物用电器线路或信号线路的屏蔽电缆或穿钢管的无屏蔽电缆连接在一起的情况下，当屏蔽层流过的分雷电流在其上所产生的压降不会对线路和所接设备引起绝缘击穿时刻省去要求安装的电涌保护器。
3. 在LPZ1区内两个LPZ2区之间用电器线路或信号线路的屏蔽电缆或穿钢管的无屏蔽电缆连接在一起的情况下线路两端可省去安装spd

第十章

屏蔽系统

第二节

电器系统中电涌保护器安装位置和安装要求

一、电涌保护器的安装位置和数量

(一) 建筑物内系统的保护应满足基本要求

1. U_w 应等于或大于电涌保护器的 U_p 并考虑连接线压降的一个裕量，即应等于或大于电涌保护器的有效电压保护水平。
2. 电涌保护器应与同一线路上方的电涌保护器在能量上配合好（由制造商提供）

(二) 电涌保护器的安装位置与数量

1. 在LPZ0a区或LPZ0b与LPZ1区的界面处，自室外引来的电源线路上应安装符合I级分类实验SPD作为第一级保护，考虑其工艺，可设置在总配电箱内。
2. 第二级SPD宜设置在LPZ1和LPZ2交界处，可安装在分配电盘或ups前。
3. 第三级SPD宜设置在重要的终端设备前或精密敏感设备前，也可安装在ups前

三、电涌保护器的安装要求

1. SPD的接线形式。根据配电系统的特征，SPD的接线形式见下图：

SPD 设置 位置	电涌保护器安装处的系统特征							
	TT 系统		TN-C 系统	TN-S 系统		引出中性线的 IT 系统		不引出中 性线的 IT 系统
	按以下形式连接			按以下形式连接		按以下形式连接		
	接线形式 1	接线形式 2		接线形式 1	接线形式 2	接线形式 1	接线形式 2	
L-N 间	+	○	不适用	+	○	+	○	不适用
L-PE 间	○	NA	不适用	○	不适用	○	不适用	○
N-PE 间	○	○	不适用	○	○	○	○	不适用
L-PEN 间	不适用	不适用	○	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
相线间	+	+	+	+	+	+	+	+

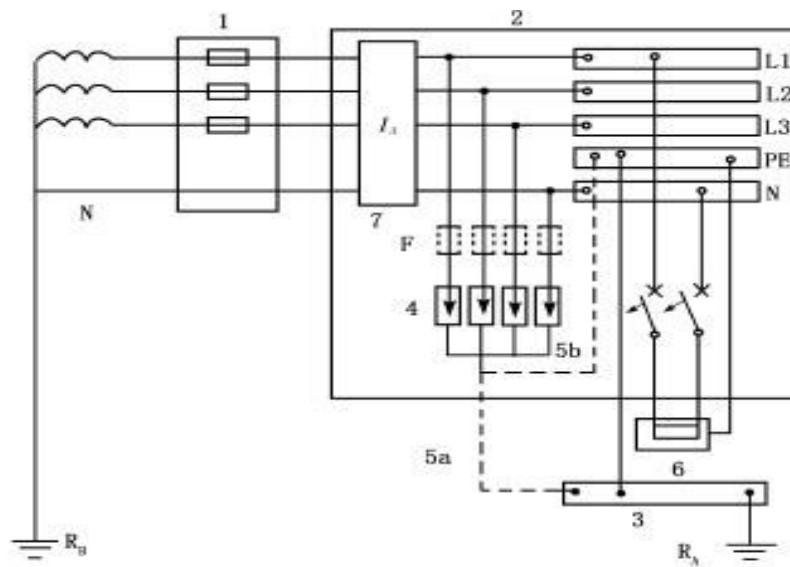
2. 当SPD安装在配电柜内时，就近将SPD的接线端与相应线路连接，连接端可根据实际采用压接或铜鼻子连接。
3. SPD的连接线应短且直，当配电盘内的SPD连接线大于50mm时，应在满足引线要求的前提下就近与配电盘压接，然后与LEB母排连接。
4. SPD的连接导线材料与规格见下表：

等电位连接部件			材料	截面(mm ²)
连接电涌保护器的导体	电气系统	I级试验的电涌保护器	Cu(铜)	6
		II级试验的电涌保护器		4
		III级试验的电涌保护器		1.5
	电子系统	D1类电涌保护器		1.2
		其他类的电涌保护器 (连接导体的截面可小于1.2 mm ²)		根据具体情况确定

- SPD连接导线的颜色分别为：相线为红、黄、绿，中心线为浅蓝色或黑色，保护线为绿/黄双色线。
- 电压开关型SPD与限压型SPD在线路中的连接距离不应小于10m，限压型spd在线路中的连接距离不应小于5m。若其间距小于规定长度时，其间须加设退耦设备或选用具有退耦功能的SPD。
- 当SPD内部未设计有热脱扣装置时，对失效状态为短路的SPD，应在其前端加装过电流保护装置，以防止SPD短路故障。SPD的过电流保护装置宜采用熔断器或塑壳断路器，其最大额定值与电路上熔丝电流比宜为1:1.6或1: 2。

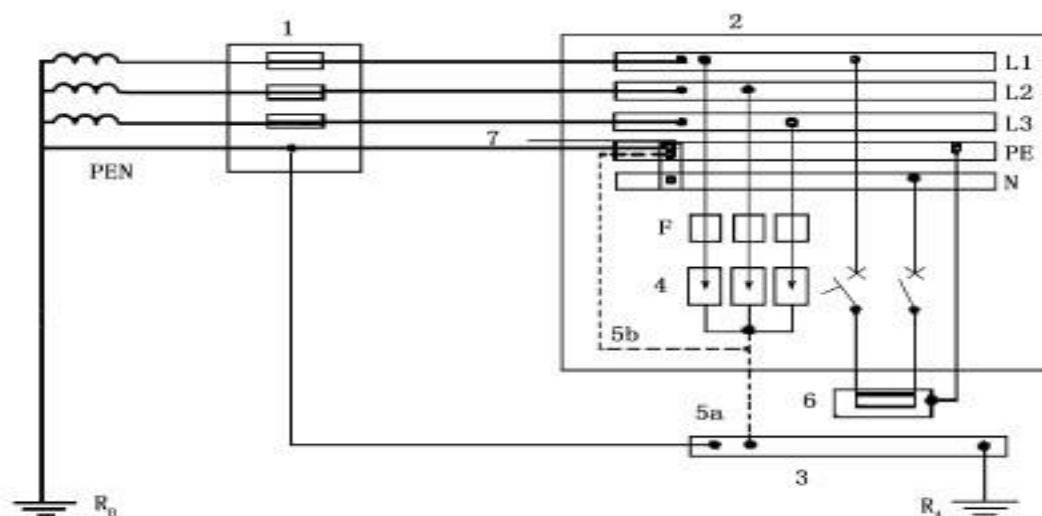
四、电器系统中SPD的安装方法

1. 体体系统中电涌保护器安装在生于电流保护器的负荷侧：



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器(SPD)；
- 5——电涌保护器的接地连接,5a或5b；
- 6——需要保护的设；
- 7——剩余电流保护器,应考虑通雷电流的能力；
- I_{Δ} ——剩余电流；
- F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_B ——供电系统的接地电阻；

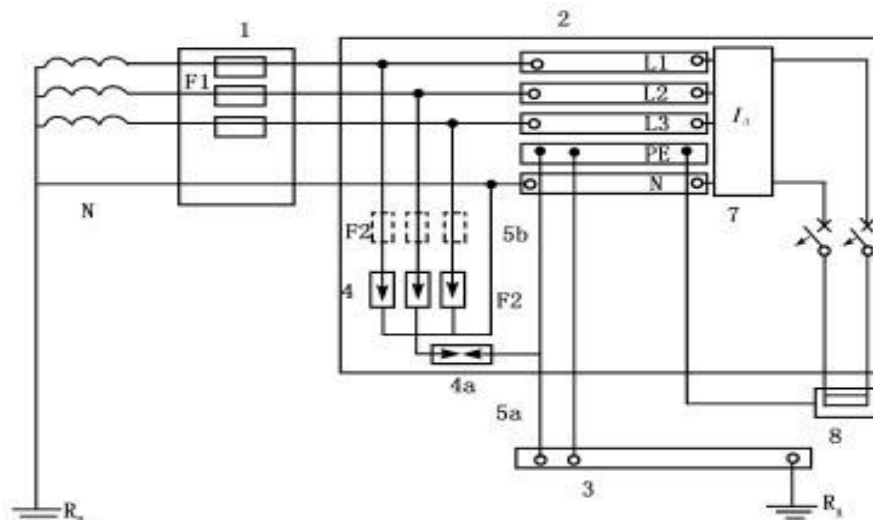
2. TN系统中电涌保护器安装方法：



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器（SPD）；
- 5——电涌保护器的接地连接，5a 或 5b；
- 6——需要保护的设各；
- 7——PE 与 N 线的连接带；
- F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_B ——供电系统的接地电阻；

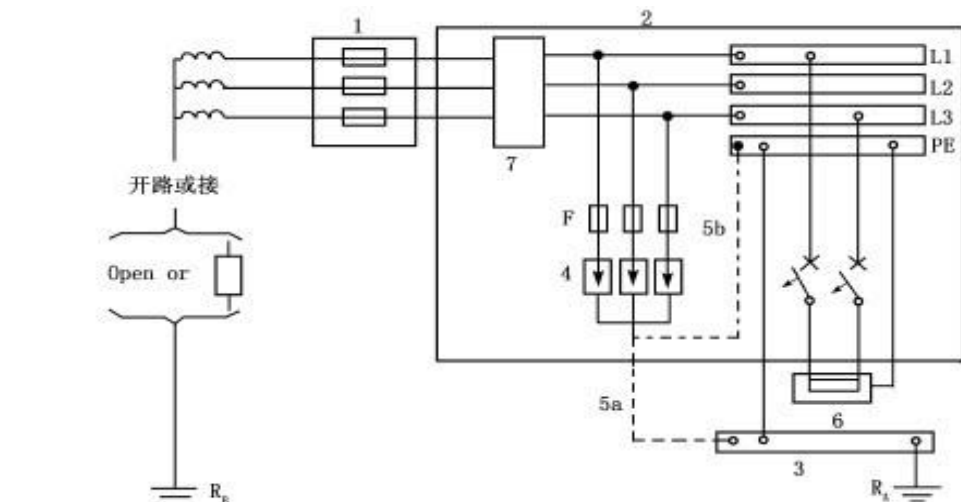
* 当采用 TN—C—S 或 TN—S 系统时，在 N 与 PE 线连接处电涌保护器用三个，在其以后 N 与 PE 线分开处安装电涌保护器时用四个，即在 N 与 PE 线间增加一个。

3. TT系统中电涌保护器安装在发生于电流保护器的电源侧：



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器(SPD)；
- 4a——电涌保护器或放电间隙；
- 5——电涌保护器的接地连接,5a或5b；
- 6——需要保护的设备；
- 7——剩余电流保护器,可位于母线的上方或下方；
- I_A ——剩余电流；
- F1——安装在电源进线端的剩余电流保护器；
- F2——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_s ——供电系统的接地电阻；

4. IT系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的负荷侧：



- 1——装置的电源；
- 2——配电盘；
- 3——总接地端或总接地连接带；
- 4——电涌保护器(SPD)；
- 5——电涌保护器的接地连接,5a 或 5b；
- 6——需要保护的装置；
- 7——剩余电流保护器；
- I_d ——剩余电流；
- F——保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；
- R_A ——本装置的接地电阻；
- R_S ——供电系统的接地电阻。

* 系数1.15 中 0.1 考虑系统的电压偏差,0.05 考虑电涌保护器的老化。

第十章

屏蔽系统

第三节

电子系统中电涌保护器的选择与安装

一、基本要求

1. 电信和信号线路上所接入的电涌保护器的类别及其冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形应符合下图规定

类别	试验类型	开路电压	短路电流
A1	很慢的上升率	$\geq 1 \text{ kV}, 0.1 \sim 100 \text{ kV/s}$	$10 \text{ A}, 0.1 \sim 2 \text{ A}/\mu\text{s} \geq 1000 \mu\text{s}$ (持续时间)
A2	AC		

类别	试验类型	开路电压	短路电流
B1	慢上升率	$1 \text{ kV}, 10/1000 \mu\text{s}$	$100 \text{ A}, 10/1000 \mu\text{s}$
B2		1 kV 或 $4 \text{ kV}, 10/700 \mu\text{s}$	25 A 或 $100 \text{ A}, 5/300 \mu\text{s}$
B3		$\geq 1 \text{ kV}, 100 \text{ V}/\mu\text{s}$	$10 \text{ A}, 25 \text{ A}$ 或 $100 \text{ A}, 10/1000 \mu\text{s}$
C1	快上升率	0.5 kV 或 $1 \text{ kV}, 1.2/50 \mu\text{s}$	0.25 kA 或 $0.5 \text{ kA}, 8/20 \mu\text{s}$
C2		$2 \text{ kV}, 4 \text{ kV}$ 或 $10 \text{ kV}, 1.2/50 \mu\text{s}$	$1 \text{ kA}, 2 \text{ kA}$ 或 $5 \text{ kA}, 8/20 \mu\text{s}$
C3		$\geq 1 \text{ kV}, 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$	$10 \text{ A}, 25 \text{ A}$ 或 $100 \text{ A}, 10/1000 \mu\text{s}$
D1	高能量	$\geq 1 \text{ kV}$	$0.5 \text{ kA}, 1 \text{ kA}$ 或 $2.5 \text{ kA}, 10/350 \mu\text{s}$
D2		$\geq 1 \text{ kV}$	1 kA 或 $2.5 \text{ kA}, 10/250 \mu\text{s}$

2. 电信和信号线路上所接入的电涌保护器，其最小 U_c 值应待遇接到线路处可能产生的最大运行电压。
3. 应注意电涌保护器的一些参数，当其接到电子系统上后可能影响电子系统的传输性能，例如，电容、串联电阻、插入损耗、回波损耗、近端串扰、纵向平衡。设计时应考虑他们是否满足要求。

三、附加措施

1. 接至电涌保护器保护端口的线路不要与接至飞保护端口的线路敷设在一起；
2. 接至电涌保护器保护端口的线路不要与接地导体敷设在一起；
3. 从电涌保护器保护侧接至需要保护的电子设备的线路应尽可能短或加以屏蔽

第十一章

等电位连接

等电位连接包括室内外带电与非带电设备的金属构件，是将分开的装置、设备及各种导电物体采用金属材料或者电涌保护器连接起来，其目的是减小雷电流在各金属体间造成的电势差

第十一章

等电位连接

第一节

室外金属构件的连接装

一、太阳能热水器、广告牌及其他各种金属构件

水箱钢板厚度 $\geq 0.5\text{mm}$ 时，其金属支架应采用 $\geq$ 直径8mm的圆钢就近与建筑物接闪设施做电气连接。

广告牌金属支架应有不少于2处与建筑物接闪设施做电器连接，连接线应用 $\geq$ 直径8mm或不小于 4×25 平方毫米的扁钢。高于楼顶的各金属构件应就近与接闪器做等电位连接。

二、微波天线等信号天线

微波天线等信号天线，其金属支架应与接闪器做电器连接，连接线 $\geq$ 直径8mm圆钢或不小于50平方毫米，信号线底座与天线支架做电器连接，信号电缆应自金属支架中心引下，在进入室内转弯处应将信号电缆的铠装层与金属支架及接闪器做电器连接，连接线应用不小于16平方毫米的多股铜线。

三、非易燃易爆排放管道的等电位连接

金属管道的等电位连接。高于建筑物的放散管口、排气管等管道应就近与接闪设施做等电位连接，连接线应使用 $\geq$ 直径8mm的圆钢或不小于2.5mm $\times$ 20mm的扁钢。

四、易燃易爆物体输送管道的等电位连接

并行管道的连接要求：一类防雷建筑物的进出管道间距小于100mm时，应采用跨接方式进行等电位连接，间距不大于30m，较差金属管间距小于100mm时，应在交叉处做等电位连接

五、进入建筑物处的燃气管道与水管的等电位连接

进入建筑物的水管应做好等电位连接，燃气管道应做好等电位连接的同时并于界面处与建筑物的总等电位母排连接。

六、固定式法兰及不锈钢法兰盘也要经行等电位连接

七、不允许用作连接线的金属构件

金属水管；输送爆炸气体或液体的金属管道；正常情况下承受机械压力的结构部分

第十一章

等电位连接

第二节

建筑物等电位连接的基本要求

穿过各防雷界面处的所有金属物体、在一个防雷区内部的金属物体和系统均应在界面处做好符合下列要求的等电位连接

1. 所有进入建筑物的外来导电物体，均应在各防雷分区的界面处做等电位连接。环形接地体和内部环形导体应连到钢筋或金属里面等其他屏蔽构件上，宜每隔5m连接一次。当建筑物内设置信息系统时，在哪些要求雷击电磁脉冲影响最小之处的等电位连接带宜采用金属板，并与钢筋或其他屏蔽构件多点连接。
2. 各后续防雷区界面处的等电位连接也应采用1的一般原则。
3. 所有电梯轨道、吊车、金属地板、金属门框架、设施管道、电缆桥架等大尺寸的内部导电物，其等电位连接带或其他已做了等电位连接的金属物，各导电物之间宜附加多次互相连接。

第十一章

等电位连接

第三节

室内金属构件的等电位连接

一、室内各种金属构件等电位连接方式

室内构件等电位连接是指室内的各种管道、电缆线路、机械设备、一起及其他金属物与等电位连接体做电器连接的一种形式。

二、等电位连接导体规格要求

等电位母排可采用 $2\text{mm} \times 25\text{mm}$ 或 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的铜板，其长度可视具体情况而定。

三、等电位连接的安装要求

1. 金属管道连接处无需加线连接
2. 给水系统的水表须加跨接线
3. 装有金属外壳的排风机、空调器的金属门、窗框或靠经电源插座的金属门、窗框以及距外露可导电部分伸臂范围内的金属栏杆、吊顶龙骨等金属体需做等电位连接。
4. 燃气管道进出口处必须有不少于两处与防雷装置做可靠连接。
5. 根据分流系数要求，重要设施计算机房宜设置在自顶层3楼一下的房间内。

四、连接要求

1. 等电位搭接要求

- ①扁钢的焊接搭接长度 ≥ 2 倍宽度，3面焊接。材料规格不同时，以宽材为准。
 - ②圆钢的搭接长度 $\geq$ 直径的6倍，双面焊，当只能单面焊接时，搭接长度 ≥ 12 倍直径，直径不同时，以大直径为准。
 - ③圆钢与扁钢连接时，其搭接长度 ≥ 6 倍圆钢直径，且双面焊接。
 - ④圆钢与钢管或角钢搭接时，应紧贴 $3/4$ 钢管表面，或角钢外侧两面，上、下两侧焊接
 - ⑤各种焊接接口应做防腐处理。
- 2. 等电位连接材质不同时，应采用熔接法连接。
 - 3. 连接点暗敷时，严禁采用螺栓压接。
 - 4. 等电位连接用螺栓应采用铜质材料。采用铁质材料时，螺栓、垫圈、螺母等应经行热镀锌处理。
 - 5. 等电位连接线应有黄绿相间的明显色标，等电位端子板应刷黄色底色漆，并标有黑色的接地标记符号。
 - 6. 浴室等电位连接。浴室内应设置PE等电位连接端子，各金属构件该与PE做电器连接，若没有，浴室内局部等电位连接不得与室外PE相连。

第十一章

等电位连接

第四节

电子系统等电位连接要求

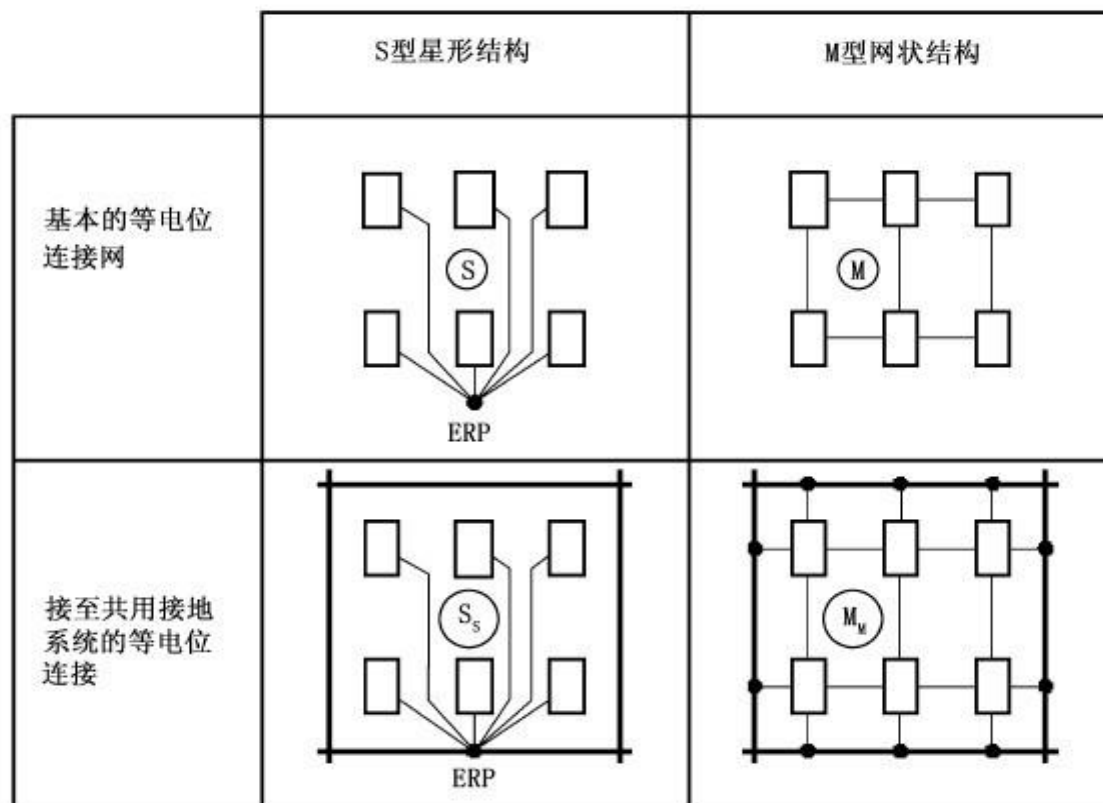
一、电子系统金属设备的等电位连接要求

电子系统的所有外露导电物应与建筑物的等电位连接网络做功能性等电位连接。由于按照本规范规定实现的等电位连接网络均有通大地的连接，所有电子系统不应设独立的接地装置。向电子系统供电的配电箱的保护地线应就近与建筑物的等电位连接网络做等电位连接。一个电子系统的各金属组建与建筑物接地系统的等电位连接网络做功能性等电位连接应采用以下两种形式之一：S型星形结构和M型网形结构。

当采用 S 型等电位连接网时,电子系统的所有金属组件除等电位连接点外,应与共用接地系统的各组件有足够的绝缘($>10\text{ kV}, 1.2/50\text{ }\mu\text{s}$);S 型等电位连接网络,其所有设施管线和电缆仅从一点进入该信息系统;S 形等电位连接网络设备之间的所有线路和电缆应按星型结构与各等电位连接线平行敷设,以免产生环路。用于限制从线路传导来的过电压的 SPD 也宜连该接地基准点(见图 31)。

当采用 M 型等电位连接网络时,系统的各金属组件不应与共用接地系统各组件绝缘;M 型等电位连接网络应通过多点连接组合到共用接地系统中去,并形成 M_M 型的组合等电位连接(见图 32);M 型等电位连接网络可用于延伸较大的开环系统,其所有设施管线和电缆可从若干点进入信息系统。

电子系统设备机房的等电位连接,可根据电子系统的工作频率分别采用星形(S 型)结构或网形(M 型)结构。一般情况下,当工作频率 $\geq 300\text{ kHz}$ 时,应采用 M 型等电位连接网络;当频率 $< 300\text{ kHz}$ 时,可采用 S 型等电位连接网络。



粗实线——建筑物的共用接地系统；

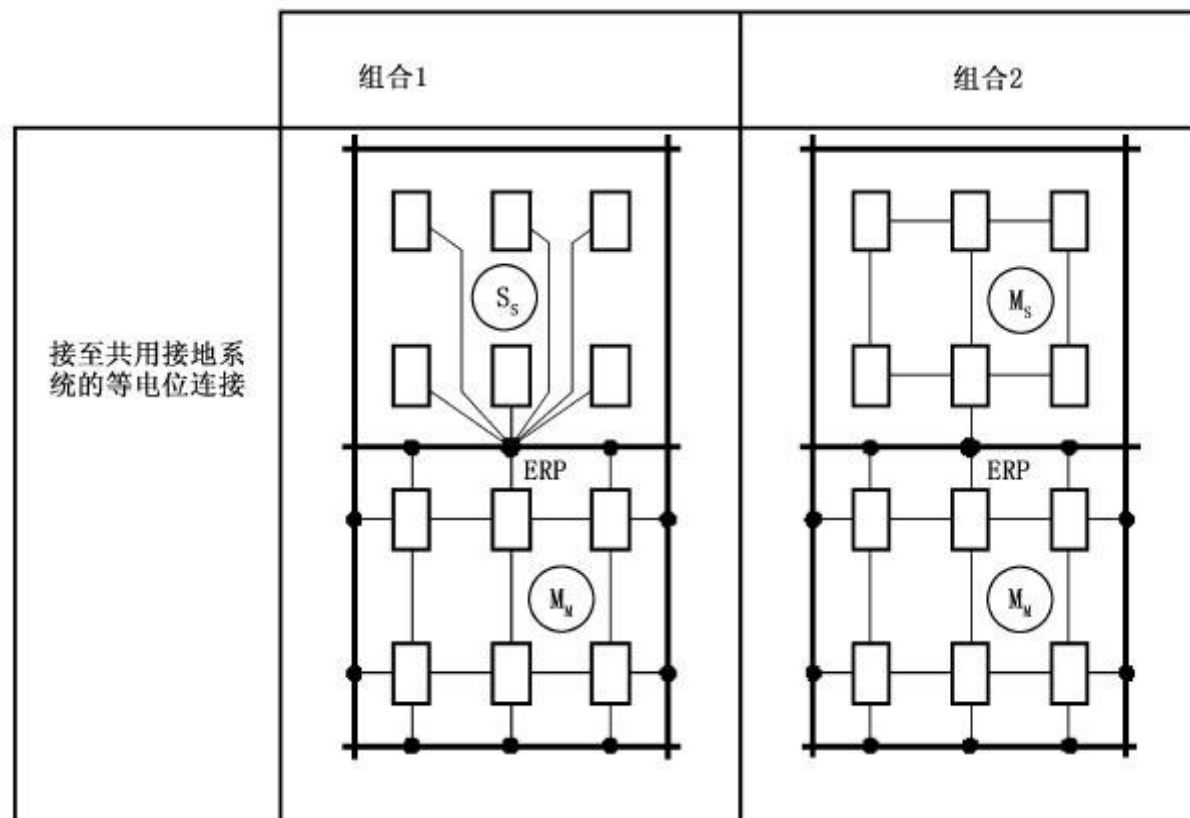
细实线——等电位连接网；

□——设备；

●——等电位连接网与共用接地系统的连接；

S_s ——将星形结构通过 ERP 点整合到等电位连接网络；

M_M ——将网状结构通过网状连接整合到等电位连接网络。



粗实线——建筑物的共用接地系统；

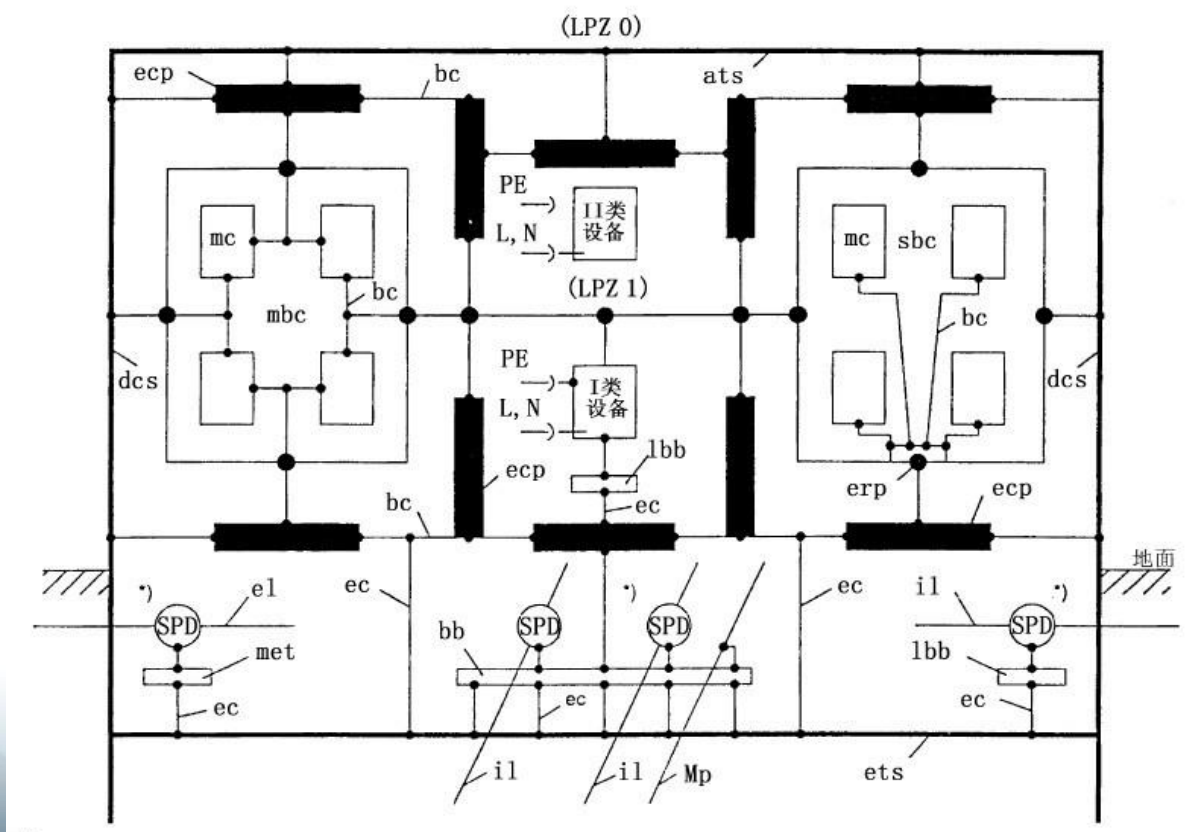
细实线——等电位连接网；

□——设备；

●——等电位连接网与共用接地系统的连接。

二、电子设备的接地系统

电子系统的接地、等电位连接和共用接地系统的构成如图：



ats——LPS 的接闪器,可能是建筑物空间屏蔽体的一部分(例如金属屋顶)。

dcs——LPS 的引下线(雷电引下导体),可能是建筑物空间屏蔽体的一部分(例如金属立面、墙体的钢筋)。

ecp——外来导电部件、建筑物上及建筑物内除电气装置外的金属装置。(例如:电梯钢轨、起重机、金属地板、金属门框、公共设施的金属管道、金属电缆槽、地板钢筋、墙体钢筋、顶板的钢筋等)。

erp——接地基准点(ERP),代表一个局部等电位连接带(单点连接)。

ets——LPS 的接地装置(地极网络、公共地极网络),可能是建筑物空间屏蔽体的一部分。(注:地极:一组接地装置或一组接地装置中的一部分)。

fe——固定的设备:I 类设备,有 PE 连接线;II 类设备,无 PE 连接线。

mbc——(本地)信息系统的网格形等电位连接。

mc——(本地)信息系统的金属部件(金属部分)(例如机柜、外壳、机架等)。

sbc——(本地)信息系统的星形等电位连接。

等电位连接带:

bb——等电位连接带(环形等电位连接带、水平等电位连接导体、特殊情况下可为金属板)主要用于信息导线和电缆的等电位连接,也用于信息设备的等电位连接,亦可用作(公共)等电位连接带。用接地导体多重连接至接地装置(典型间隔为 5 m)。

bc——等电位连接导体(等电位连接导体、等电位连接件、连接线)。

ec——连接至接地装置的接地导体(主接地导体)。

el——电源线或电缆。

il——信息线或电缆。

LN——有中性线的电源。

lbb——局部等电位连接带(接地端子)(例如:用于电力装置或信息装置)。

LPS——防雷系统(有部件 ats,dcs,ets)。

LPZ——防雷区。

met——主接地端子(主接地带、主接地总线带、主连接带),主要用于电源线的等电位连接,也用于电力设备的等电位连接,亦可用作(公共)等电位连接带。

Mp——公共设施的金属管道。

PE——保护导体(保护接地导体、设备接地导体、保护地、保护接地),是等电位连接网络的一部分。

1. 计算机房应采用共用接地系统，各层共用接地应就近与建筑物内的钢筋相连
2. 向邻近的建筑物之间有电力线或信号线电缆连通时，宜将其接地装置相互连接
3. 简易计算机房的防雷设施应依据三类防雷建筑物的要求设置，计算机接地系统应与防雷地共地时，宜于交界处设置接地线相应电涌保护器。

第十一章

等电位连接

第五节

等电位连接测量要求

等电位连接端子安装完毕后，可利用2至24V的直流或交流电源进行测试，测试电流不应小于0.2A。等电位连接母排（MEB）至连接线路末端的设备间的过渡电阻 $\leq 0.03\Omega$ ，则认为该等电位连接时有效的。



谢谢！