

## 5.2 等电位连接与共用接地系统设计

**5.2.1** 电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管(槽)、屏蔽线缆外层、信息设备防静电接地和安全保护接地及浪涌保护器接地端等均应以最短的距离与局部等电位连接网络连接。

1 S型结构一般宜用于电子信息设备相对较少(面积 $100\text{m}^2$ 以下)的机房或局部的系统中,如消防、建筑设备监控系统、扩声等系统。当采用S型结构局部等电位连接网络时,电子信息设备所有的金属导体,如机柜、机箱和机架应与共用接地系统独立,仅通过作为接地参考点(EPR)的唯一等电位连接母排与共用接地系统连接,形成 $S_s$ 型单点等电位连接的星形结构。采用星形结构时,单个设备的所有连线应与等电位连接导体平行,避免形成感应回路。

2 采用M型网格形结构时,机房内电气、电子信息设备等所有的金属导体,如机柜、机箱和机架不应与接地系统独立,应通过多个等电位连接点与接地系统连接,形成 $M_m$ 型网状等电位连接的网格形结构。当电子信息系统分布于较大区域,设备之间有许多线路,并且通过多点进入该系统内时,适合采用网格形结构,网格大小宜为 $0.6\text{m}\sim 3\text{m}$ 。

3 在一个复杂系统中,可以结合两种结构(星形和网格形)的优点,如图5所示,构成组合1型( $S_s$ 结合 $M_m$ )和组合2型( $M_s$ 结合 $M_m$ )。

4 电子信息系统设备信号接地即功能性接地,所以机房内S型和M型结构形式的等电位连接也是功能性等电位连接。对功能性等电位连接的要求取决于电子信息系统的频率范围、电磁环境以及设备的抗干扰/频率特性。

根据工程中的做法:

- 1) S型星形等电位连接结构适用于 $1\text{MHz}$ 以下低频率电子信息系统的功能性接地。

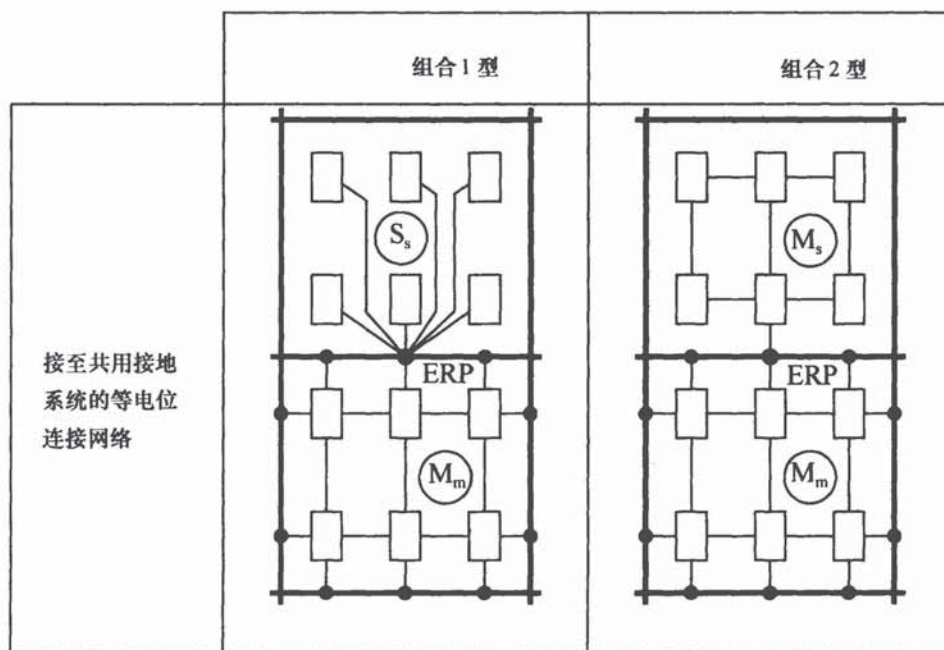


图5 电子信息系统等电位连接方法的组合

- 共用接地系统；
- 等电位连接导体；
- 设备；
- 等电位连接网络的连接点；
- ERP—接地参考点；
- $S_s$ —单点等电位连接的星形结构；
- $M_m$ —网状等电位连接的网格形结构；
- $M_s$ —单点等电位连接的网格形结构。

2) M型网格形等电位连接结构适用于频率达1MHz以上电子信息系统的功能性接地。每台电子信息设备宜用两根不同长度的连接导体与等电位连接网格连接，两根不同长度的连接导体应避免或远离干扰频率的 $1/4$ 波长或奇数倍，同时要为高频干扰信号提供一个低阻抗的泄放通道。否则，连接导体的阻抗增大或为无穷大，不能起到等电位连接与接地的作用。

**5.2.2** 各接地端子板应设置在便于安装和检查的位置，不得设置在潮湿或有腐蚀性气体及易受机械损伤的地方。等电位接地端子板的连接点应满足机械强度和电气连续性的要求。

表5.2.2-1是各类等电位接地端子板之间的连接导体的最小截面积：垂直接地干线采用多股铜芯导线或铜带，最小截面积 $50\text{mm}^2$ ；楼层等电位连接端子板与机房局部等电位连接端子板之间的连接导体，材料为多股铜芯导线或铜带，最小截面积

25mm<sup>2</sup>；机房局部等电位连接端子板之间的连接导体材料用多股铜芯导线，最小截面积 16mm<sup>2</sup>；机房内设备与等电位连接网格或母排的连接导体用多股铜芯导线，最小截面积 6mm<sup>2</sup>；机房内等电位连接网格材料用铜箔或多股铜芯导体，最小截面积 25mm<sup>2</sup>。这些是根据《雷电防护 第 4 部分：建筑物内电气和电子系统》GB/T 21714.4-2008 和我国工程实践及工程安装图集综合编制的。

表 5.2.2-2 各类等电位接地端子板最小截面积是根据我国工程实践中总结得来的。表中为最小截面积要求，实际截面积应按工程具体情况确定。

垂直接地干线的最小截面是根据《建筑物电气装置 第 5 部分：电气设备的选择和安装 第 548 节：信息技术装置的接地配置和等电位联结》GB/T 16895.17-2002 (idt IEC 60364-5-548:1996) 第 548.7.1 条“接地干线”的要求规定的。

**5.2.3** 在内部安装有电气和电子信息系统的每栋钢筋混凝土结构建筑物中，应利用建筑物的基础钢筋网作为共用接地装置。利用建筑物内部及建筑物上的金属部件，如混凝土中钢筋、金属框架、电梯导轨、金属屋顶、金属墙面、门窗的金属框架、金属地板框架、金属管道和线槽等进行多重相互连接组成三维的网格状低阻抗等电位连接网络，与接地装置构成一个共用接地系统。图 5.2.3 中所示等电位连接，既有建筑物金属构件，又有实现连接的连接件。其中部分连接会将雷电流分流、传导并泄放到大地。

内部电气和电子信息系统的等电位连接应按 5.2.2 条规定设置总等电位接地端子板（排）与接地装置相连。每个楼层设置楼层等电位连接端子板就近与楼层预留的接地端子相连。电子信息设备机房设置的 S 型或 M 型局部等电位连接网络直接与机房内墙结构柱主钢筋预留的接地端子相连。

这就需要在新建建筑物的初始设计阶段，由业主、建筑结构专业、电气专业、施工方、监理等协商确定后实施才能符合此条件。

**5.2.4** 根据 GB/T 16895.17 - 2002 (idt IEC 60364 - 5 - 548: 1996) “第 548 节：信息技术装置的接地配置和等电位联接”的意见，对于某些特殊而又重要的电子信息系统的接地设置和等电位连接，可以设置专用的垂直接地干线以减少干扰。垂直干线由建筑物的总等电位接地端子板引出，参考图 6、图 7。干线最小截面积为  $50\text{mm}^2$  的铜导体，在频率为 50Hz 或 60Hz 时，是材料成本与阻抗之间的最佳折中方案。如果频率较高及高层建筑物时，干线的截面积还要相应加大。

信息化时代的今天，声音、图像、数据为一体的网络信息应用日益广泛。各地都在建造新的广播电视大楼，其声音、图像系统的电子设备系微电流接地系统，应设置专用的工艺垂直接地干线以满足其要求，参考图 6。

**5.2.5** 防雷接地：指建筑物防直击雷系统接闪装置、引下线的接地（装置）；内部系统的电源线路、信号线路（包括天馈线路）SPD 接地。

交流工作接地：指供电系统中电力变压器低压侧三相绕组中性点的接地。

直流工作接地：指电子信息设备信号接地、逻辑接地，又称功能性接地。

安全保护接地：指配电线路防电击（PE 线）接地、电气和电子设备金属外壳接地、屏蔽接地、防静电接地等。

这些接地在一栋建筑物中应共用一组接地装置，在钢筋混凝土结构的建筑物中通常是采用基础钢筋网（自然接地极）作为共用接地装置。

GB/T 21714 - 2008 第 3 部分中规定：“将雷电流（高频特性）分散入地时，为使任何潜在的过电压降到最小，接地装置的形状和尺寸很重要。一般来说，建议采用较小的接地电阻（如果可能，低频测量时小于  $10\Omega$ ）。”

我国电力部门 DL/T 621 规定：“低压系统由单独的低压电源供电时，其电源接地点接地装置的接地电阻不宜超过  $4\Omega$ 。”

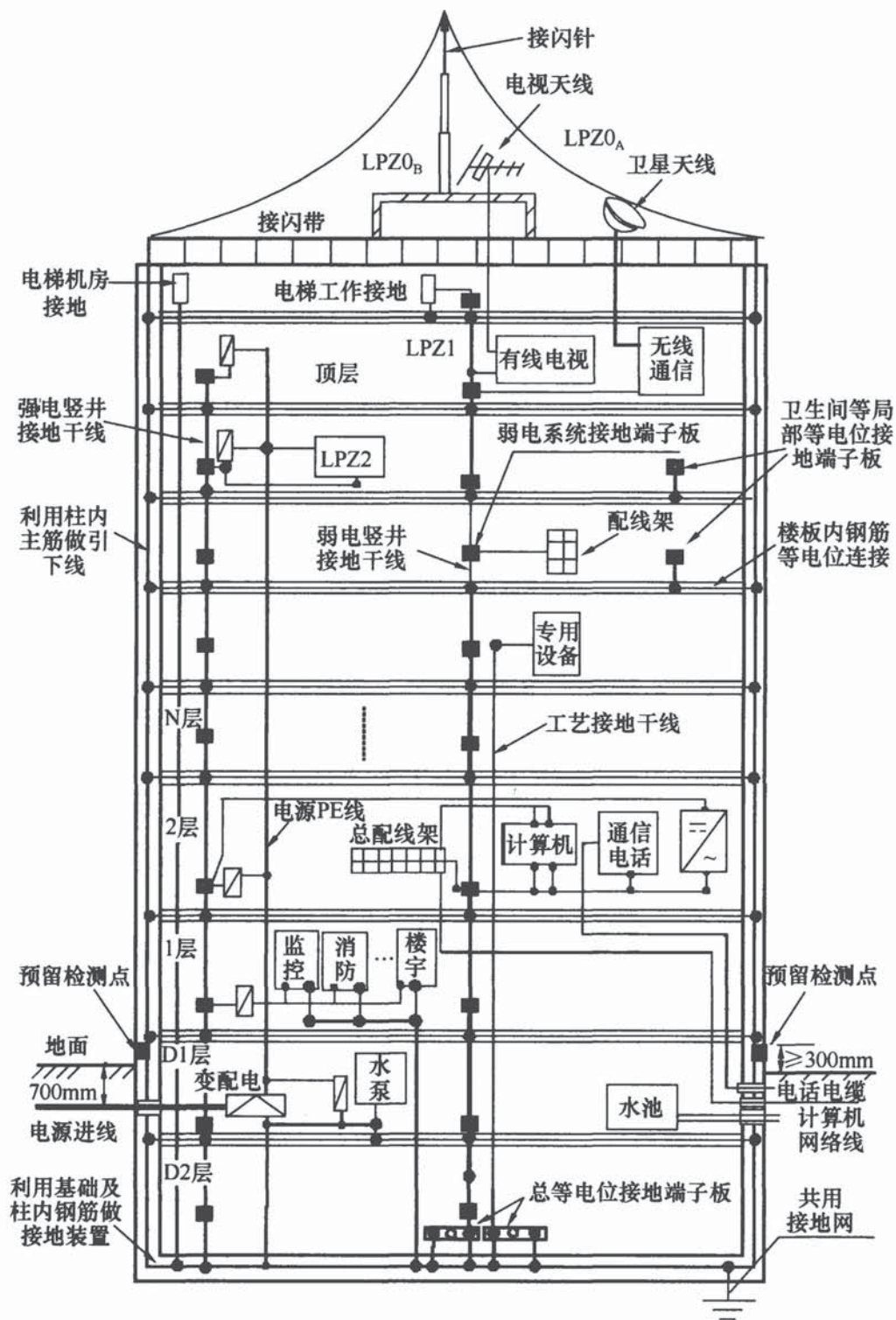
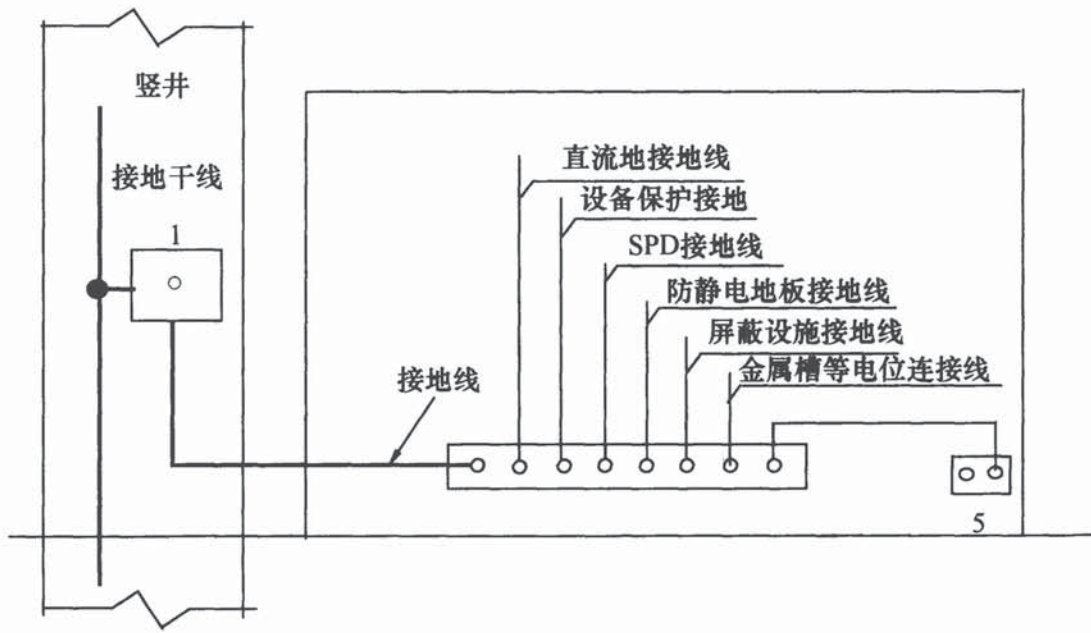


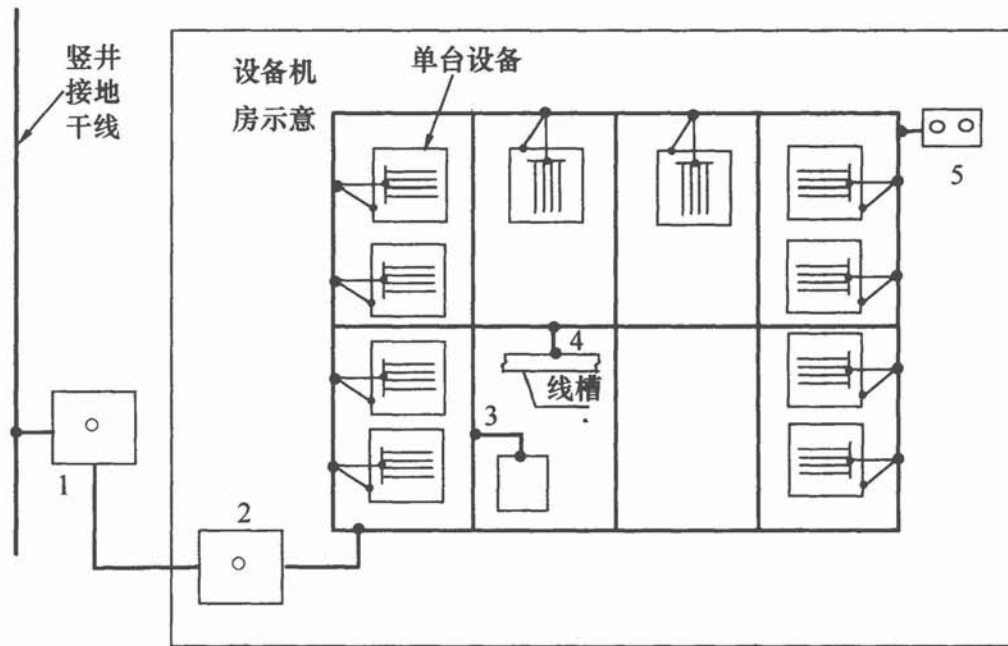
图6 建筑物等电位连接及共用接地系统示意图

□—配电箱；■—楼层等电位接地端子板；

PE—保护接地线；MEB—总等电位接地端子板



(a) S型等电位连接网络



(b) M型等电位连接网络

图 7 电子信息设备机房等电位连接网络示意图

- 1—竖井内楼层等电位接地端子板；2—设备机房内等电位接地端子板；  
3—防静电地板接地线；4—金属线槽等电位连接线；5—建筑物金属构件

对于电子信息系统直流工作接地（信号接地或功能性接地）的电阻值，从我国各行业的实际情况来看，电子信息设备的种类

很多，用途各不相同，它们对接地装置的电阻值要求不相同。

因此，当建筑物电子信息系统防雷接地与交流工作接地、直流工作接地、安全保护接地共用一组接地装置时，接地装置的接地电阻值必须按接入设备中要求的最小值确定，以确保人身安全和电气、电子信息设备正常工作。

### 5.2.6 接地装置

1 当基础采用硅酸盐水泥和周围土壤的含水量不低于4%，基础外表面无防水层时，应优先利用基础内的钢筋作为接地装置。但如果基础被塑料、橡胶、油毡等防水材料包裹或涂有沥青质的防水层时，不宜利用基础内的钢筋作为接地装置。

2 当有防水油毡、防水橡胶或防水沥青层的情况下，宜在建筑物外面四周敷设闭合状的人工水平接地体。该接地体可埋设在建筑物散水坡及灰土基础外约1m处的基础槽边。人工水平接地体应与建筑物基础内的钢筋多处相连接。

3 在设有多种电子信息系统的建筑物内，增加人工接地体应采用环形接地极比较理想。建筑物周围或者在建筑物地基周围混凝土中的环形接地极，应与建筑物下方和周围的网格形接地网相连接，网格的典型宽度为5m。这将大大改善接地装置的性能。如果建筑物地下室/地面中的钢筋混凝土构成了相互连接的网格，也应每隔5m和接地装置相连接。

4 当建筑物基础接地体的接地电阻值满足接地要求时，不需另设人工接地体。

5.2.7 机房设备接地引入线不能从接闪带、铁塔脚和防雷装置引下线上直接引入。直接引入将导致雷电流进入室内电子设备，造成严重损害。

5.2.8 进入建筑物的金属管线，例如金属管、电力线、信号线，宜就近连接到等电位连接端子板上，端子板应与基础中钢筋及外部环形接地或内部等电位连接带相互连接（图8、图9），并与总等电位接地端子板连接。电力线应在LPZ1入口处设置适配的SPD，使带电导体实现入口处的等电位连接。

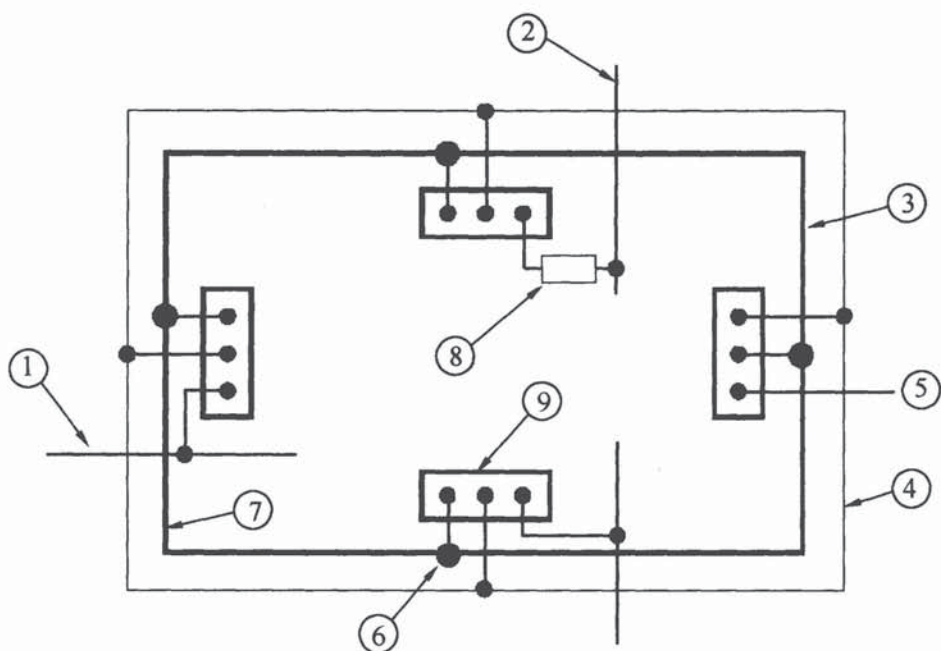


图 8 外部管线多点进入建筑物时端子板  
利用环形接地极互连示意图

- ①—外部导电部分，例如：金属水管；②—电源线或通信线；③—外墙或地基内的钢筋；④—环形接地极；⑤—连接至接地极；⑥—专用连接接头；⑦—钢筋混凝土墙；⑧—SPD；⑨—等电位接地端子板  
注：地基中的钢筋可以用作自然接地极

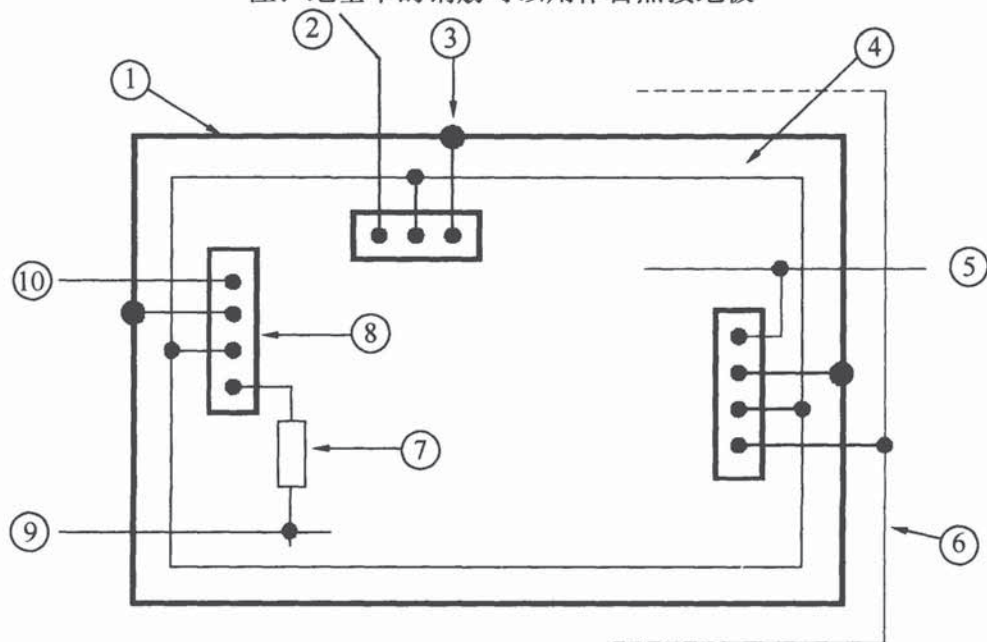


图 9 外部管线多点进入建筑物时端子  
板利用内部导体互连示意图

- ①—外墙或地基内的钢筋；②—连接至其他接地极；③—连接接头；④—内部环形导体；⑤—至外部导体部件，例如：水管；⑥—环形接地极；⑦—SPD；⑧—等电位接地端子板；⑨—电力线或通信线；⑩—至附加接地装置



**5.2.9** 将相邻建筑物接地装置相互连通是为了减小各建筑物内部系统间的电位差。采用两根水平接地体是考虑到一根导体发生断裂时，另一根还可以起到连接作用。如果相邻建筑物间的线缆敷设在密封金属管道内，也可利用金属管道互连。使用屏蔽电缆屏蔽层互联时，屏蔽层截面积应足够大。

**5.2.10** 新建的建筑物中含有大量电气、电子信息设备时，在设计和施工阶段，应考虑在施工时按现行国家有关标准的规定将混凝土中的主钢筋、框架及其他金属部件在外部及内部实现良好电气连通，以确保金属部件的电气连续性。满足此条件时，应在各楼层及机房内墙结构柱主钢筋上引出和预留数个等电位连接的接地端子，可为建筑物内的电源系统、电子信息系统提供等电位连接点，以实现内部系统的等电位连接，既方便又可靠，几乎不付出额外投资即可实现。

### 5.3 屏蔽及布线

**5.3.1** 磁场屏蔽能够减小电磁场及内部系统感应浪涌的幅值。磁场屏蔽有空间屏蔽、设备屏蔽和线缆屏蔽。空间屏蔽有建筑物外部钢结构墙体的初级屏蔽和机房的屏蔽 [见本条文说明图 4 (a) 所示]。

内部线缆屏蔽和合理布线（使感应回路面积为最小）可以减小内部系统感应浪涌的幅值。

磁屏蔽、合理布线这两种措施都可以有效地减小感应浪涌，防止内部系统的永久失效。因此，应综合使用。

**5.3.2** 1 款：空间屏蔽应当利用建筑物自然金属部件本身固有的屏蔽特性。在一个新建筑物或新系统的早期设计阶段就应该考虑空间屏蔽，在施工时一次完成。因为对于已建成建筑物来说，重新进行屏蔽可能会出现更高的费用和更多的技术难度。

2 款：在通常情况下，利用建筑物自然金属部件作为空间屏蔽、内部线缆屏蔽等措施，能使内部系统得到良好保护。但是对于电磁环境要求严格的电子信息系统，当建筑物自然金属部件构

成的大空间屏蔽不能满足机房设备电磁环境要求时，应采用导磁率较高的细密金属网格或金属板对机房实施雷电磁场屏蔽来保护电子信息系统。机房的门应采用无窗密闭铁门或采取屏蔽措施的有窗铁门并接地，机房窗户的开孔应采用金属网格屏蔽。金属屏蔽网、金属屏蔽板应就近与建筑物等电位连接网络连接。机房屏蔽不能满足个别重要设备屏蔽要求时，可利用封闭的金属网、箱或金属板、箱对被保护设备实行屏蔽。

3款：电子信息系统设备主机房选择在建筑物低层中心部位及设备安置在序数较高的雷电防护区内，因为这些地方雷电电磁环境较好。电子信息系统设备与屏蔽层及结构柱保持一定安全距离是因为部分雷电流会流经屏蔽层，靠近屏蔽层处的磁场强度较高。

4款：电子信息系统设备与屏蔽体的安全距离可按本规范附录D规定的计算方法确定。安全距离的计算方法依据《雷电防护

第4部分：建筑物内电气和电子系统》GB/T 21714.4 - 2008 (IEC 62305 - 4: 2006 IDT)。IEC 62305 - 4 第二版修订草案 (FDIS 版)附录A中安全距离 $d_{s/1}$ 的计算方法修改为：当 $SF \geq 10$ 时， $d_{s/1} = w^{SF/10}$ ；当 $SF < 10$ 时， $d_{s/1} = w$ 。安全距离 $d_{s/2}$ 的计算方法修改为：当 $SF \geq 10$ 时， $d_{s/2} = w \cdot SF/10$ ；当 $SF < 10$ 时， $d_{s/2} = w$ 。鉴于IEC 62305 - 4第二版在本规范修订完成时尚未成为正式标准，本规范仍采用已等同采纳为国标的IEC 62305 - 4: 2006中的有关计算方法。

**5.3.3** 2款：公式5.3.3中 $l$ 表示埋地引入线缆计算时的等效长度，单位为m，其数值等于或大于 $2\sqrt{\rho}$ ， $\rho$ 为土壤电阻率。

3款：在分开的建筑物间可以用SPD将两个LPZ1防护区互连 [图10 (a)]，也可用屏蔽电缆或屏蔽电缆导管将两个LPZ1防护区互连 [图10 (b)]。

**5.3.4** 表5.3.4-1电子信息系统线缆与其他管线的间距和表5.3.4-2电子信息系统信号电缆与电力电缆的间距引自《综合布线系统工程设计规范》GB 50311 - 2007。

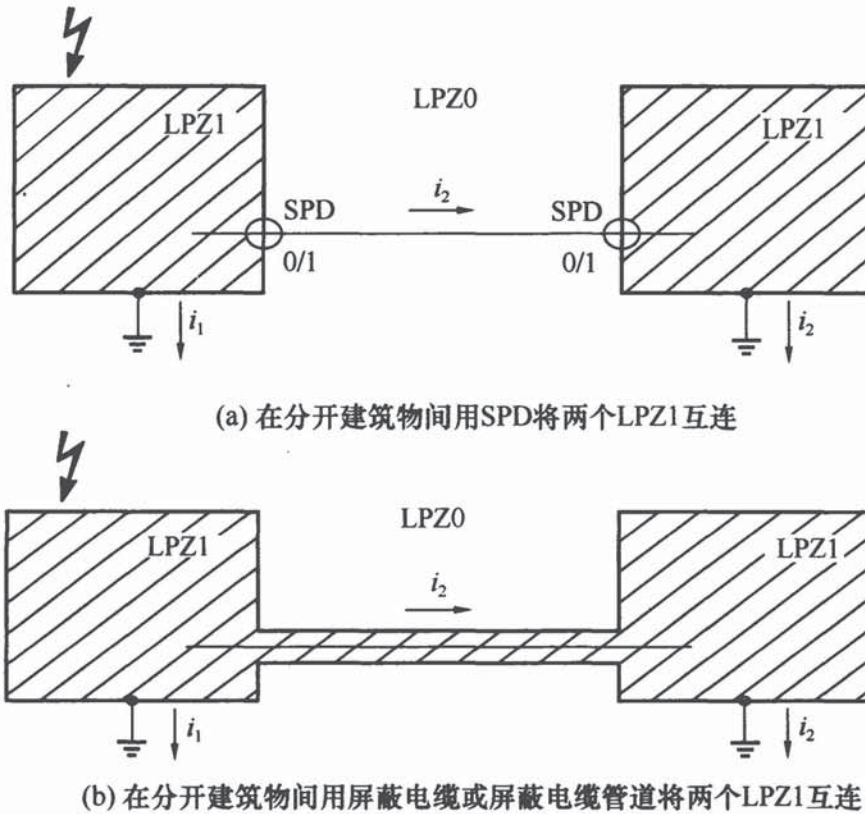


图 10 两个 LPZ1 的互连

- 注：1  $i_1$ 、 $i_2$  为部分雷电流。
- 2 图 (a) 表示两个 LPZ1 用电力线或信号线连接。应特别注意两个 LPZ1 分别代表有独立接地系统的相距数十米或数百米的建筑物的情况。这种情况，大部分雷电流会沿着连接线流动，在进入每个 LPZ1 时需要安装 SPD。
- 3 图 (b) 表示该问题可以利用屏蔽电缆或屏蔽电缆管道连接两个 LPZ1 来解决，前提是屏蔽层可以携带部分雷电流。若沿屏蔽层的电压降不太大，可以免装 SPD。

## 5.4 浪涌保护器的选择

**5.4.2** 根据《低压电气装置 第 4-44 部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护》GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007 第 444.4.3.1 条“装有或可能装有大量信息技术设备的现有的建筑物内，建议不宜采用 TN-C 系统。装有或可能装有大量信息技术设备的新建的建筑物内不应采用 TN-C 系统。”第 444.4.3.2 条“由公共低压电网供电且装有或可能装有大量信

息技术设备的现有建筑物内，在装置的电源进线点之后宜采用 TN-S 系统。在新建的建筑物内，在装置的电源进线点之后应采用 TN-S 系统。”

在 TN-S 系统中中性线电流仅在专用的中性导体 (N) 中流动，而在 TN-C 系统中，中性线电流将通过信号电缆中的屏蔽或参考地导体、外露可导电部分和装置外可导电部分（例如建筑物的金属构件）流动。

对于敏感电子信息系统的每栋建筑物，因 TN-C 系统在全系统内 N 线和 PE 线是合一的，存在不安全因素，一般不宜采用。当 220/380V 低压交流电源为 TN-C 系统时，应在入户总配电箱处将 N 线重复接地一次，在总配电箱之后采用 TN-S 系统，N 线不能再次接地，以避免工频 50Hz 基波及其谐波的干扰。设置有 UPS 电源时，在负荷侧起点将中性点或中性线做一次接地，其后就不能接地了。

#### 5.4.3 电源线路 SPD 的选择应符合下列规定：

1 款：表 5.4.3-1 是根据《低压电气装置 第 4-44 部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护》GB/T 16895.10-2010/IEC 60364-4-44:2007 第 443.4 节表 44.B 编制的。

2 款：表 5.4.3-2 参考《建筑物电气装置 第 5-53 部分：电气设备的选择和安装 隔离、开关和控制设备 第 534 节：过电压保护电器》GB 16895.22-2004 (idt IEC 60364-5-53:2001 A1:2002) 表 53C。表中系数增加 0.05 是考虑到浪涌保护器的老化，并与其他标准协调统一。

3、4 款：图 5.4.3-1 为 TN-S 系统配电线路浪涌保护器分级设置位置与接地的示意图，SPD 的选择与安装由工程具体要求确定。当总配电箱靠近电源变压器时，该处 N 对 PE 的 SPD 可不设置。

SPD 的选择和安装是个比较复杂的问题。它与当地雷害程度、雷击点的远近、低压和高压（中压）电源线路的接地系统类型、电源变电所的接地方式、线缆的屏蔽和长度情况等都有

关联。

在可能出现雷电冲击过电压的建筑物电气系统内，在 LPZ0<sub>A</sub> 或 LPZ0<sub>B</sub> 与 LPZ1 区交界处，其电源线路进线的总配电箱内应设置第一级 SPD。用于泄放雷电流并将雷电冲击过电压降低，其电压保护水平  $U_p$  应不大于 2.5kV。如果建筑物装有防直击雷装置而易遭受直接雷击，或近旁具有易落雷的条件，此级 SPD 应是通过 10/350 $\mu$ s 波形的最大冲击电流  $I_{imp}$ （I 类）试验的 SPD。根据我国有些工程多年来在设计中选择和安装了 II 类试验的 SPD 也能提供较好保护的实际情况，本规范作出了选择性的规定：也可选择 II 类试验的 SPD 作第一级保护。SPD 应能承受在总配电箱位置上可能出现的放电电流。因此，应按本条第 5 款的公式（5.4.3-1）或公式（5.4.3-2）估算确定，当无法计算确定时，可按本条第 7 款表 5.4.3-3 冲击电流推荐值选择。如果这一级 SPD 未能将电压保护水平  $U_p$  限制在 2.5kV 以下，则需在下级分配电箱处设置第二级 SPD 来进一步降低冲击电压。此级 SPD 应为通过 8/20 $\mu$ s 波形标称放电电流  $I_n$ （II 类）试验的 SPD，并能将电压保护水平  $U_p$  限制在约 2kV。在电子信息系统设备机房配电箱内或在其电源插座内设置第三级 SPD。这级 SPD 应为通过 8/20 $\mu$ s 波形标称放电电流  $I_n$  试验或复合波 III 类试验的 SPD。它的保护水平  $U_p$  应低于电子信息设备能承受的冲击电压的水平，或不大于 1.2kV。

在建筑物电源进线入口的总配电箱内必须设置第一级 SPD。如果保护水平  $U_p$  不大于 2.5kV，其后的线缆采取了良好的屏蔽措施，这种情况，可只需在电子信息设备机房配电箱内设置第二级 SPD。

通常是在电源线路进入建筑物的入口（LPZ1 边界）总配电箱内安装 SPD1；要确定内部被保护系统的冲击耐受电压  $U_w$ ，选择 SPD1 的保护水平  $U_{p1}$ ，使有效保护水平  $U_{p/f} \leq U_w$ ，根据本条 9 款规定检查或估算振荡保护距离  $L_{p0/1}$  和感应保护距离  $L_{pi/1}$ 。若满足  $U_{p/f} \leq U_w$ ，而且 SPD1 与被保护设备间线路长度小于  $L_{p0/1}$  和

$L_{pi/1}$ ，则 SPD1 有效地保护了设备。否则，应设置 SPD2。在靠近被保护设备（LPZ2 边界）的分配电箱内设置 SPD2；选择 SPD2 的保护水平  $U_{p2}$ ，使有效保护水平  $U_{p/f} \leq U_w$ ，检查或估算振荡保护距离  $L_{p0/2}$  和感应保护距离  $L_{pi/2}$ 。若满足有效保护水平  $U_{p/f} \leq U_w$ ，而且 SPD2 与被保护设备间线路长度小于  $L_{p0/2}$  和  $L_{pi/2}$ ，则 SPD2 有效地保护了设备。否则，应在靠近被保护设备处（机房配电箱内或插座）设置 SPD3。该 SPD 应与 SPD1 和 SPD2 能量协调配合。

5 款：公式 (5.4.3 - 1) 与公式 (5.4.3 - 2) 是根据 GB/T 21714.1 - 2008 附录 E 中 (E.4)、(E.5)、(E.6) 三个公式编写的。当无法确定时应取  $I_{imp}$  等于或大于 12.5kA 是根据 GB 16895.22 - 2004 的规定。

6 款：对于开关型 SPD1 至限压型 SPD2 之间的线距应大于 10m 和 SPD2 至限压型 SPD3 之间的线距应大于 5m 的规定，其目的主要是在电源线路中安装了多级电源 SPD，由于各级 SPD 的标称导通电压和标称导通电流不同、安装方式及接线长短的差异，在设计和安装时如果能量配合不当，将会出现某级 SPD 不动作的盲点问题。为了保证雷电高电压脉冲沿电源线路侵入时，各级 SPD 都能分级启动泄流，避免多级 SPD 间出现盲点，两级 SPD 间必须有一定的线距长度（即一定的感抗或加装退耦元件）来满足避免盲点的要求。同时规定，末级电源 SPD 的保护水平必须低于被保护设备对浪涌电压的耐受能力。各级电源 SPD 能量配合最终目的是，将威胁设备安全的电压电流浪涌值减低到被保护设备能耐受的安全范围内，而各级电源 SPD 泄放的浪涌电流不超过自身的标称放电电流。

7 款：按本规范第 4.2 节或第 4.3 节确定电源线路雷电浪涌防护等级时，用于建筑物入口处（总配电箱点）的浪涌保护器的冲击电流  $I_{imp}$ ，按本条第 5 款公式 (5.4.3 - 1) 或公式 (5.4.3 - 2) 估算确定。当无法确定时根据 GB 16895.22 - 2004 的规定  $I_{imp}$  值应大于或等于 12.5kA。所以表 5.4.3 - 3 中在 LPZ0 与 LPZ1 边界

的总配电箱处，C、D等级的 $I_{imp}$ 参数推荐值为12.5kA。12.5kA这个 $I_{imp}$ 值是IEC标准推荐的最小值，本规范考虑到我国幅员辽阔，夏天的雷击灾害多，在雷电防护等级较高的电子信息系统设置的电源线路浪涌保护器能承受的冲击电流 $I_{imp}$ 应适当有所提高，所以A级的 $I_{imp}$ 参数推荐值为20kA；B级 $I_{imp}$ 推荐值为15kA。

鉴于我国有些工程中，在建筑物入口处的总配电箱处选用安装Ⅱ类试验（波形8/20 $\mu$ s）的限压型浪涌保护器。所以本规范推荐在LPZ0与LPZ1边界的总配电箱也可选用经Ⅱ类试验（波形8/20 $\mu$ s）的浪涌保护器：A级 $I_n \geq 80\text{kA}$ 、B级 $I_n \geq 60\text{kA}$ 、C级 $I_n \geq 50\text{kA}$ 、D级 $I_n \geq 50\text{kA}$ 。这些推荐值是征求国内各方面意见得来的。

为了提高电子信息系统的电源线路浪涌保护可靠性，应保证局部雷电流大部分在LPZ0与LPZ1的交界处转移到接地装置。同时限制各种途径入侵的雷电浪涌，限制沿进线侵入的雷电波、地电位反击、雷电感应。建筑物中的浪涌保护通常是多级配置，以防雷区为层次，每级SPD的通流容量足以承受在其位置上的雷电浪涌电流，且对雷电能量逐级减弱；SPD电压保护水平也要逐级降低，最终使过电压限制在设备耐冲击电压额定值以下。

表5.4.3-3中分配电箱、设备机房配电箱处及电子信息系统设备电源端口的浪涌保护器的推荐值是根据电源系统多级SPD的能量协调配合原则和多年来工程的实践总结确定的。

8款：雷电电磁脉冲（LEMP）是敏感电子设备遭受雷害的主要原因。LEMP通过传导、感应、辐射等方式从不同的渠道侵入建筑物的内部，致使电子设备受损。其中，电源线是LEMP入侵最主要的渠道之一。安装电源SPD是防御LEMP从配电线这条渠道入侵的重要措施。正确安装的SPD能把雷电电磁脉冲拒于建筑物或设备之外，使电子设备免受其害。不正确安

装的 SPD 不仅不能防御入侵的 LEMP, 连 SPD 自身也难免受损。

其实, SPD 作用只有两个: (1) 泄流。把入侵的雷电流分流入地, 让雷电的大部分能量泄入大地, 使 LEMP 无法达到或仅极少部分到达电子设备; (2) 限压。在雷电过电压通过电源线入户时, 在 SPD 两端保持一定的电压 (残压), 而这个限压又是电子设备所能接受的。这两个功能是同时获得的, 即在分流过程中达到限压, 使电子设备受到保护。

目前, 防雷工程中电源 SPD 的设计和施工不规范的主要问题有两个: 一是 SPD 接线过长, 国内外防雷标准凡涉及电源浪涌保护器 (SPD) 的安装时都强调接线要短直, 其总长度不超过 0.5m, 但大多情况接线长度都超过 1m, 甚至有长达 (4~5)m 的; 二是多级 SPD 安装时的能量配合不当。对这两个问题的忽视导致有些建筑物内部虽安装了 SPD 仍出现其内的电子设备遭雷击损坏的现象。

图 5.4.3-2: 当 SPD 与被保护设备连接时, 最终有效保护水平  $U_{p/f}$  应考虑连接导线的感应电压降  $\Delta U$ 。SPD 最终的有效电压保护水平  $U_{p/f}$  为:

$$U_{p/f} = U_p + \Delta U \quad (11)$$

式中:  $\Delta U$ ——SPD 两端连接导线的感应电压降。

$$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2} = L \frac{di}{dt} \quad (12)$$

式中:  $L$ ——为两段导线的电感量 ( $\mu\text{H}$ );

$\frac{di}{dt}$ ——为流入 SPD 雷电流陡度。

当 SPD 流过部分雷电流时, 可假定  $\Delta U = 1\text{kV/m}$ , 或者考虑 20% 的裕量。

当 SPD 仅流过感应电流时, 则  $\Delta U$  可以忽略。

也可改进 SPD 的电路连接, 采用凯文接线法见图 11:

9 款: SPD 在工作时, SPD 安装位置处的线对地电压限制在



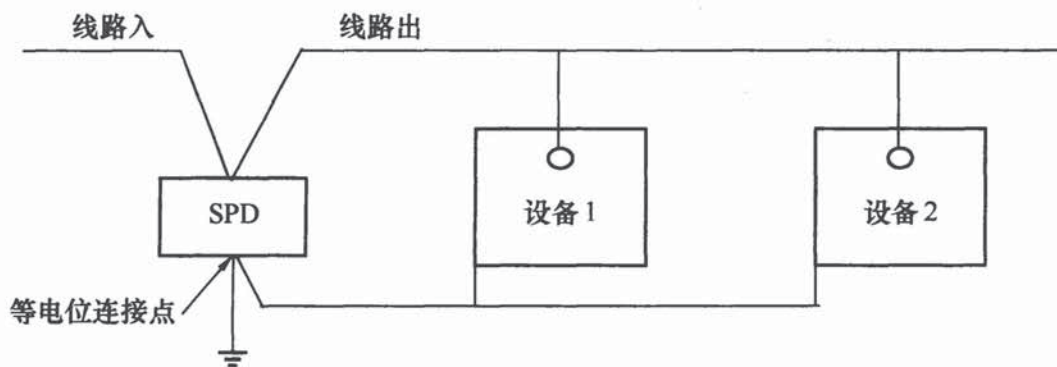


图 11 凯文接线法

$U_p$ 。若 SPD 和被保护设备间的线路太长，浪涌的传播将会产生振荡现象，设备端产生的振荡电压值会增至  $2U_p$ ，即使选择了  $U_p \leq U_w$ ，振荡仍能引起被保护设备失效。

保护距离  $L_{po}$  是 SPD 和设备间线路的最大长度，在此限度内，SPD 有效保护了设备。若线路长度小于 10m 或者  $U_{p/f} < U_w/2$  时，保护距离可以不考虑。若线路长度大于 10m 且  $U_{p/f} > U_w/2$  时，保护距离可以由公式估算：

$$L_{po} = (U_w - U_{p/f})/k \quad (\text{m}) \quad (13)$$

式中： $k=25(\text{V/m})$ 。

公式引自《雷电防护 第 4 部分：建筑物内电气和电子系统》GB/T 21714.4 - 2008(IEC 62305 - 4: 2006, IDT)第 D.2.3 条。

当建筑物或附近建筑物地面遭受雷击时，会在 SPD 与被保护设备构成的回路内感应出过电压，它加于  $U_p$  上降低了 SPD 的保护效果。感应过电压随线路长度、保护地 PE 与相线的距离、电源线与信号线间的回路面积的尺寸增加而增大，随空间屏蔽、线路屏蔽效率的提高而减小。

保护距离  $L_{pi}$  是 SPD 与被保护设备间最大线路长度，在此距离内，SPD 对被保护设备的保护才是有效的，因此应考虑感应保护距离  $L_{pi}$ 。当雷电产生的磁场极强时，应减小 SPD 与设备间的距离。也可采取措施减小磁场强度，如建筑物 (LPZ1) 或房间 (LPZ2 等后续防护区域) 采用空间屏蔽，使用屏蔽电缆或电

缆管道对线路进行屏蔽等。

当采用了上述屏蔽措施后，可以不考虑感应保护距离  $L_{pi}$ 。

当 SPD 与被保护设备间的线路长、线路未屏蔽、回路面积大时，应考虑感应保护距离  $L_{pi}$ ， $L_{pi}$ 用下列公式估算：

$$L_{pi} = (U_w - U_{p/f})/h \quad (\text{m}) \quad (14)$$

式中： $h = 30000 \times K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} (\text{V/m})$ 。

公式引自《雷电防护 第4部分：建筑物内电气和电子系统》GB/T 21714.4 - 2008(IEC 62305 - 4: 2006 IDT)第 D.2.4 条。

IEC 62305 - 4 第二版修订草案 (FDIS 版) 附录 C 中不再计算振荡保护距离和感应保护距离，而是对  $U_{p/f}$ 作出以下规定：

1 SPD 和设备间的电路长度可忽略不计时（如 SPD 安装在设备端口）， $U_{p/f} \leq U_w$ 。

2 SPD 和设备间的电路长度不大于 10 米时（如 SPD 安装在二级配电箱或插座处）， $U_{p/f} \leq 0.8U_w$ 。当内部系统故障会导致人身伤害或公共服务损失时，应考虑振荡导致的两倍电压并要求满足  $U_{p/f} \leq U_w/2$ 。

3 SPD 和设备间的电路长度大于 10m 时（如 SPD 安装在建筑物入口处或某些情况下二级配电箱处）：

$$U_{p/f} \leq (U_w - U_i)/2。$$

式中： $U_w$ ——被保护设备的绝缘耐冲击电压额定值 (kV)；

$U_i$ ——雷击建筑物上或附近时，SPD 与被保护设备间线路回路的感应过电压 (kV)。

鉴于 IEC 62305 - 4 第二版在本规范修订完成时尚未成为正式标准，本规范仍采用已等同采纳为国标的 IEC 62305 - 4: 2006 中的有关计算方法。

10 款：在一条线路上，级联选择和安装两个以上的浪涌保护器 (SPD) 时，应当达到多级电源 SPD 的能量协调配合。

雷电电磁脉冲 (LEMP) 和操作过电压会危及敏感的电子信息系统。除了采取第 5 章其他措施外，为了避免雷电和操作引起

的浪涌通过配电线路损害电子设备，按 IEC 防雷分区的观点，通常在配电线穿越防雷区域（LPZ）界面处安装浪涌保护器（SPD）。如果线路穿越多个防雷区域，宜在每个区域界面处安装一个电源 SPD（图 12）。这些 SPD 除了注意接线方式外，还应该对它们进行精心选择并使之能量配合，以便按照各 SPD 的能量耐受能力分摊雷电流，把雷电流导引入地，使雷电威胁值减少到受保护设备的抗扰度之下，达到保护电子系统的效果。这就是多级电源 SPD 的能量配合。

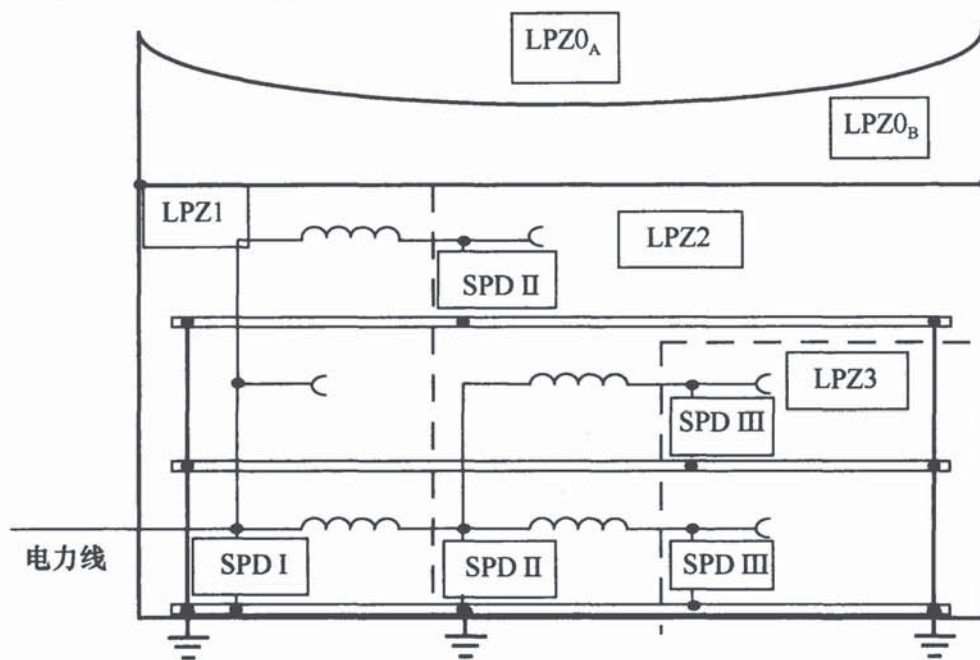


图 12 低压配电线路穿越两个防雷区域时在边界安装 SPD 示例

SPD — 浪涌防护器（例如 II 类测试的 SPD）；

~~~~~ — 去耦元件或电缆长度

有效的能量配合应考虑各 SPD 的特性、安装地点的雷电威胁值以及受保护设备的特性。SPD 和设备的特性可从产品说明书中获得。雷电威胁值主要考虑直接雷击中的首次短雷击。后续短时雷击陡度虽大，但其幅值、单位能量和电荷量均较首次短雷击小。而长雷击只是 SPD I 类测试电流的一个附加负荷因素，在 SPD 的能量配合过程中可以不予考虑。因此，只要 SPD 系统能防御直接雷击中的首次短雷击，其他形式的雷击将不至于构成

威胁。

### 1 配合的目的

电源 SPD 能量配合的目的是利用 SPD 的泄流和限压作用，把出现在配电线路上的雷电、操作等浪涌电流安全地导入地，使电子信息系统获得保护。只要对于所有的浪涌电压和过电流，SPD 保护系统中任何一个 SPD 所耗散的能量不超出各自的耐受能力，就实现了能量配合。

### 2 能量配合的方法

SPD 之间可以采用下列方法之一进行配合：

#### 1) 伏安特性配合

这种方法基于 SPD 的静态伏安特性，适用于限压型 SPD 的配合。该法对电流波形不是特别敏感，也不需要去耦元件，线路上的分布阻抗本身就有一定的去耦作用。

#### 2) 使用专门的去耦元件配合

为了达到配合的目的，可以使用具有足够的浪涌耐受能力的集中元件作去耦元件（其中，电阻元件主要用于信息系统中，而电感元件主要用于电源系统中）。如果采用电感去耦，电流陡度是决定性的参数。电感值和电流陡度越大越易实现能量配合。

#### 3) 用触发型的 SPD 配合

触发型的 SPD 可以用来实现 SPD 的配合。触发型 SPD 的电子触发电路应当保证被配合的后续 SPD 的能量耐受能力不会被超出。这个方法也不需要去耦元件。

### 3 SPD 配合的基本模型和原理

SPD 配合的基本模型见图 13。图中以两级 SPD 为例说明 SPD 配合的原理。配电系统中两级 SPD 的两种配合方式介绍如下：

- 两个限压型 SPD 的配合；
- 开关型 SPD 和限压型 SPD 的配合。

这两种配合共同的特点是：

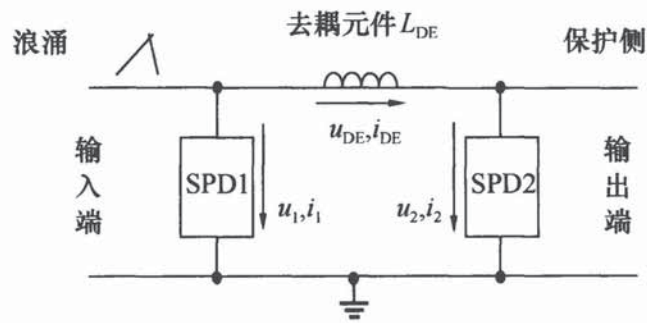


图 13 SPD 能量配合电路模型

1) 前级 SPD1 的泄流能力应比后级 SPD2 的大得多，即通流量大得多（比如 SPD1 应泄去 80% 以上的雷电流）；

2) 去耦元件可采用集中元件，也可利用两级 SPD 之间连接导线的分布电感（该分布电感的值应足够大）；

3) 最后一级 SPD 的限压应小于被保护设备的耐受电压。

这两种配合不同的特点是：

1) 两个限压型 SPD 的伏安特性都是连续的（例如 MOV 或抑制二极管）。当两个限压型 SPD 标称导通电压 ( $U_n$ ) 相同且能量配合正确时，由于线路自身电感或串联去耦元件  $L_{DE}$  的阻流作用，输入的浪涌上升达到 SPD1 启动电压并使之导通时，SPD2 不可能同时导通。只有当浪涌电压继续上升，流过 SPD1 的电流增大，使 SPD1 的残压上升，SPD2 两端电压随之上升达到 SPD2 的启动电压时，SPD2 才导通。只要通过各 SPD 的浪涌能量都不超过各自的耐受能力，就实现了能量配合。

2) 开关型 SPD1 和限压型 SPD2 配合时，SPD1 的伏安特性不连续（例如火花间隙 (SG)、气体放电管 (GDT)，半导体闸流管、可控硅整流器、三端双向可控硅开关元件等），后续 SPD2 的伏安特性连续。图 14 说明了这两种 SPD 能量配合的基本原则。当浪涌输入时，由于 SPD1 (SG) 的触发电压较高，SPD2 将首先达到启动电压而导通。随着浪涌电压继续上升，流过 SPD2 的电流增大，使 SPD2 的两端电压  $u_2$  (残压) 上升，当 SPD1 的两端电压  $u_1$  (等于 SPD2 两端的残压  $u_2$  与去耦元件两端

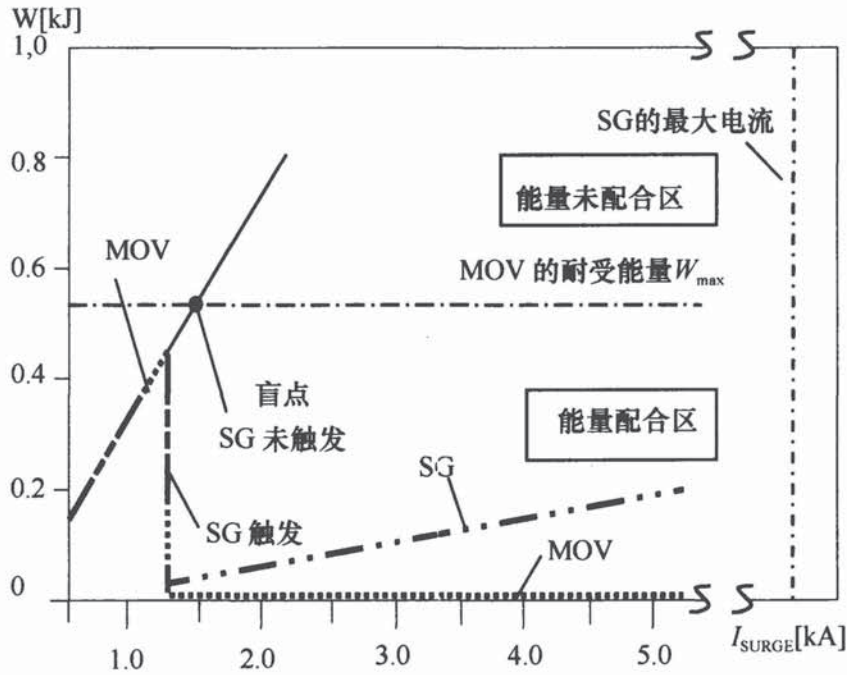


图 14 SG 和 MOV 的能量配合原理

动态压降  $u_{DE}$  之和) 超过 SG 的动态火花放电电压  $u_{SPARK}$ , 即  $u_1 = u_2 + u_{DE} \geq u_{SPARK}$  时, SG 就会点火导通。只要通过 SPD2 的浪涌电流能量未超出其耐受能力之前 SG 触发导通, 就实现了能量配合。否则, 没实现能量配合。这一切取决于 MOV 的特性和入侵的浪涌电流的陡度、幅度和去耦元件的大小。此外, 这种配合还通过 SPD1 的开关特性, 缩短  $10/350\mu s$  的初始冲击电流的半值时间, 大大减小了后续 SPD 的负荷。值得注意的是, SPD1 点火导通之前, SPD2 将承受全部雷电流。

#### 4 去耦元件的选择

如果电源 SPD 系统采用线路的分布电感进行能量配合, 其电感大小与线路布设和长度有关。线路单位长度分布电感可以用下述方法近似估算: 两根导线 (相线和地线) 在同一个电缆中, 电感大约为  $0.5$  到  $1\mu H/m$  (取决于导线的截面积); 两根分开的导线, 应当假定单位长度导线有更大的电感值 (取决于两根导线之间的距离), 则去耦电感为单位长度分布电感与长度的积。因此, 为了配合, 必须有最小线路长度要求。如不满足要求就须加去耦元件 (电感或电阻)。

**5.4.4 2款：**是根据《低压电涌保护器 第22部分：电信和信号网络的电涌保护器（SPD）选择和使用导则》GB/T 18802.22-2008（IEC 61643-22：2004，IDT）标准的第7.3.1条第1款编写的，图5.4.4是根据GB/T 18802.22-2008图3编写的。

**3款：**表5.4.4是根据《低压电涌保护器 第22部分：电信和信号网络的电涌保护器（SPD）选择和使用导则》GB/T 18802.22-2008标准的第7.3.1条第2款表3编写的。

## **5.5 电子信息系统的防雷与接地**

**5.5.1** 在总配线架信号线路输入端以及交换机（PABX）的信号线路输出端，分别安装信号线路SPD。

**5.5.2** 适配是指安装浪涌保护器的性能参数，例如工作频率、工作电平、传输速率、特性阻抗、传输介质、及接口形式等应符合传输线路的性质和要求。

**5.5.3 4款：**监控系统的户外供电线路、视频信号线路、控制信号线路应有金属屏蔽层并穿钢管埋地敷设。因为户外架空线路难以做到防直接雷击和防御空间LEMP的侵害，从实际很多工程的案例来看，凡是采用架空线路，在雷雨季节都难逃系统受到损害。因此，在初建时应按本款规定采用屏蔽线缆并穿钢管埋地敷设。视频图像信号最好采用光纤线路传回信号，以免摄像机受损，这是防直接雷击和防LEMP的最佳方法。

**5.5.4** 火灾自动报警及消防联动控制系统的信号电缆、电源线、控制线均应在设备侧装设适配的SPD。

**5.5.6** 有线电视系统室外的SPD应采用截面积不小于 $16\text{mm}^2$ 的多股铜线接地。信号电缆吊线的钢绞绳分段敷设时，在分段处将前、后段连接起来，接头处应作防腐处理，吊线钢绞绳两端均应接地。

**5.5.7** 本条第4、5、6款参考示意图15。

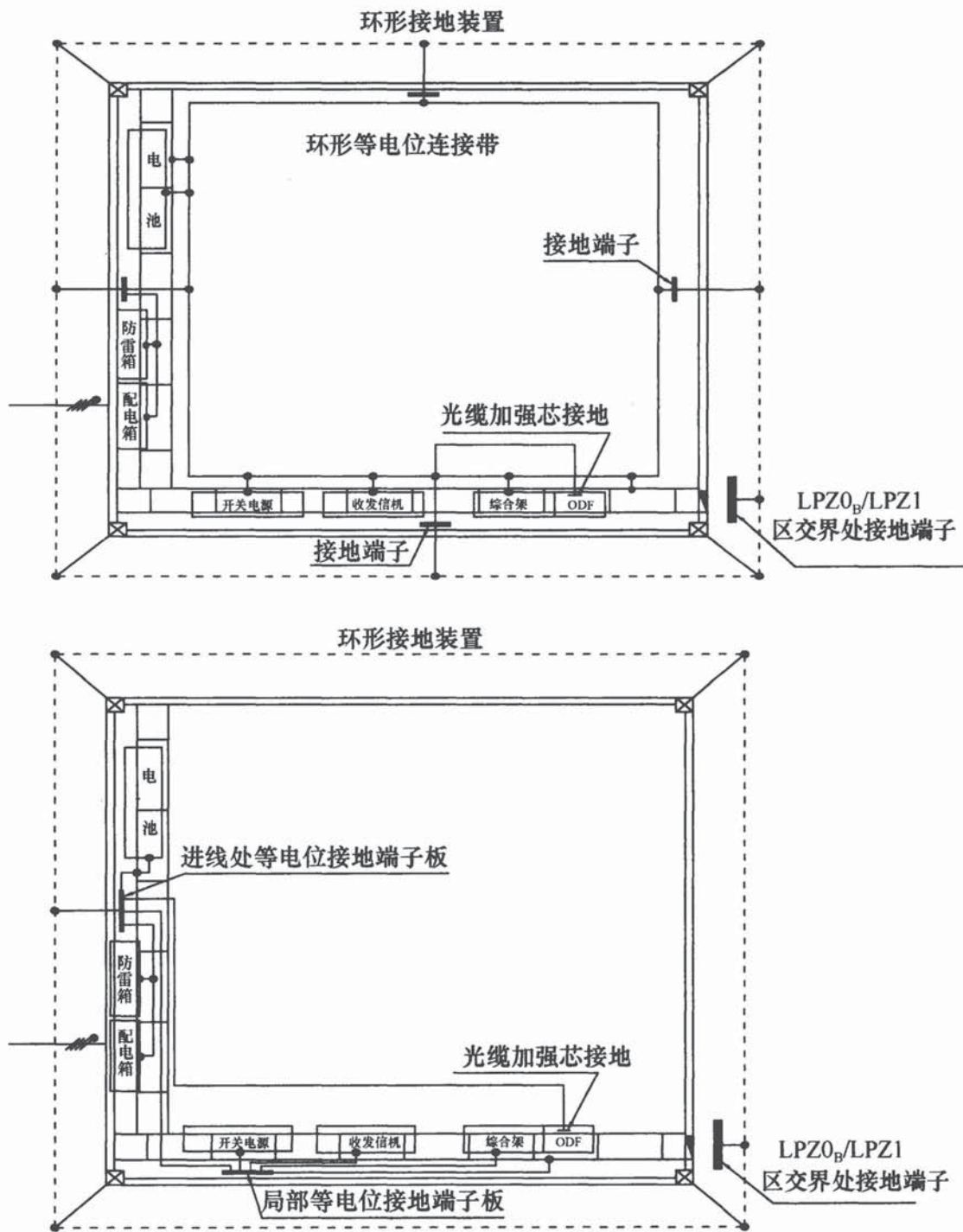


图 15 移动通信基站的接地



## 6 防雷施工

### 6.2 接地装置

**6.2.4** 4款：扁钢和圆钢与钢管、角钢互相焊接时，除应在接触部位两侧施焊外，还应增加圆钢搭接件：此处增加圆钢搭接件的目的是为了满足不同搭接长度要求，考虑到个别施工现场制作搭接件的难度，圆钢制作更为方便。当然采用扁钢也是可以的。一般搭接件形状为“一”字形或“L”形，“L”形边长以满足要求为准。

**6.2.5** 考虑到焊接后强度的要求，铜材不适合于锡焊，同时异性材质的连接也不适合电焊等原因，它们的连接应采用放热熔接。除此种方法外也可采用氧焊连接的方法。

### 6.3 接地线

**6.3.1** 接地装置应在不同位置至少引出两根连接导体与室内总等电位接地端子板相连接。引出两根的主要目的是对长期使用该接地装置的设备有一个冗余保障。这里的“在不同位置”并不是指要隔开很远的距离，而只是不在同一连接点上连接以避免同时出故障的可能性。

**6.3.2** 本条和第 5.2.2 条对接地连接导体截面积的要求为基本要求。当某工程实际要求更高时，应按实际设计而定。

### 6.4 等电位接地端子板 (等电位连接带)

**6.4.3** 砖木结构建筑物，宜在其四周埋设环形接地装置构成共用接地系统，并在机房内设总等电位连接带，等电位连接带采用绝缘铜芯导线穿钢管与环形接地装置连接。因为砖木结构建筑物

自然接地装置的接地效果远没有框架结构的接地效果好，所以宜在其四周埋设环形接地装置。

## 6.5 浪涌保护器

**6.5.1 3款：**浪涌保护器的连接导线最小截面积宜符合表 6.5.1 的规定。由于 GB/T 21714.4-2008 标准中浪涌保护器的连接导线最小截面积作了调整，为了与国际标准接轨并与国内其他标准协调一致，本次修订也作了相应调整。

国内有些行业标准中规定的浪涌保护器连接导线最小截面积比较大，工程施工中可按行业标准执行。

## 7 检测与验收

### 7.1 检测

**7.1.1** 《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431 规定，在施工阶段，应对在竣工后无法进行检测的所有防雷装置关键部位进行检测；《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3 - 2008 中规定，在防雷装置的安装过程中，特别是安装隐蔽在建筑内、且以后无法接触的组件时，应完成防雷装置的检查；在验收阶段，应对防雷装置作最后的测量，并编制最终的测试文件。

### 7.3 竣工验收

**7.3.3** 防雷施工是按照防雷设计和规范要求进行的，对雷电防护作了周密的考虑和计算，哪怕有一个小部位施工质量不合格，都将会形成隐患，遭受严重损失。因此规定本条作为强制性条款，必须执行。凡是检验不合格项目，应提交施工单位进行整改，直到满足验收要求为止。

## 8 维护与管理

### 8.1 维 护

**8.1.2** 《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431 - 2008 和《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3 - 2008 中提出了防雷装置的检查周期，并将防雷装置检查分为外观检查和全面检查两种。规定外观检查每年至少进行一次。同时规定，在多雷区和强雷区，外观检查还要更频繁些。如果客户有维护计划或建筑保险人提出要求时，还可进行全面测试。

本规范根据国家有关法规，综合各种因素并结合我国具体情况，规定全面检查周期为一年并宜安排在雷雨季节前实施。

**8.1.5** 防雷装置在整个使用期限内，应完全保持防雷装置的机械特性和电气特性，使其符合本规范设计要求。

防雷装置的部件，一般完全暴露在空气中或深埋在土壤中，由于不同的自然污染或工业污染，诸如潮湿、温度变化、空气中的二氧化硫、溶解的盐分等，金属部件将会很快出现腐蚀和锈蚀，金属部件的截面积不断减小，机械强度不断降低，部件易失去防雷有效性。

为了保证人员和设备安全，当金属部件损伤、腐蚀的部位超过原截面积的三分之一时，应及时修复或更换。