

ICS 29.240

K 49

备案号: 29010-2010

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 381 — 2010

电子设备防雷技术导则

Technical guide for protection against lightning of electronic device

2010-05-24 发布

2010-10-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般规定	3
5 雷电防护等级	4
6 外部防雷措施	4
7 等电位连接与共用接地	4
8 屏蔽与布线	7
9 电涌防护	9
10 接地及相关要求	10
附录 A (资料性附录) 弱电系统建筑物和装置年预计雷击次数 N_1 和入户设施年预计雷击次数 N_2 的计算方法	11
附录 B (资料性附录) 可接受的最大年平均雷击次数 N_c 的计算	13

前 言

本标准是根据《国家发改委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》(发改办工业[2005] 739 号)的安排制定的。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准负责起草单位：国网电力科学研究院。

本标准参加起草单位：湖南省电力公司、湖北省电力公司、福建省电力公司、贵州电网公司、吉林省电力公司。

本标准主要起草人：杜忠东、徐勇、李功新、蔡宏毅、康鹏、汤美云、王力军、谭进、张敬国、曾祥学。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心(北京市白广路二条 1 号, 100761)。

电子设备防雷技术导则

1 范围

本标准规定了电力系统电子设备防雷的一般技术要求、保护设备的选用原则及运行维护要求。

本标准适用于电力系统中除一次系统以外的，与电子设备相关部分的雷电防护设计、施工、运行、维护和管理。

电力系统中电子设备的雷电防护除了参照执行本标准外，还应符合国家的相关标准和规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 18802.1 低压配电系统的电涌保护器（SPD） 第1部分：性能要求和试验方法（GB 18802.1—2002，IEC 61643—1:1998，IDT）

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验（IEC 60664—1:2007，IDT）

GB 50217 电力工程电缆设计规范

DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

弱电系统 weak current system

由计算机、通信、监测、控制和信息处理等电子设备与相应配套网络所构成的系统，在电力行业中，主要用于除一次系统以外的，与电子设备相关的部分。

3.2

直击雷 direct lightning flash

闪电直接击在建构筑物 and 装置、大地、防雷装置或其他物体上，产生电磁效应、热效应和机械力者。

3.3

雷电防护区 lightning protection zone, LPZ

按被保护设备的位置、所耐受电磁场的强度及要求采取相应防护措施而划分的防护区域。

3.4

雷电电涌 lightning surge

由雷电放电引起的对电气或电子电路的暂态电磁干扰。

3.5

雷电电磁脉冲 lightning electromagnetic pulse, LEMP

由雷电放电产生的电磁效应。所产生的电场和磁场能耦合到电气或电子系统中，并产生干扰性的电

涌电流或电涌电压。

3.6

电涌保护器 surge protective device, SPD

用以限制暂态电涌过电压和分流电涌过电流的装置，它至少含有一个非线性电压限制元件。

3.7

标称放电电流 nominal discharge current

电涌保护器不发生实质性损坏而能够通过规定次数、规定波形的冲击电流峰值。

3.8

防雷装置 lightning protection system, LPS

由接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其连接导体所构成防雷设施的总体。

3.9

外部防雷装置 external lightning protection system

由接闪器、引下线和接地装置组成，主要用于防护直击雷的装置。

3.10

内部防雷装置 internal lightning protection system

除外部防雷装置外，所有其他附加设施均为内部防雷装置，主要用于减小和防护雷电流在需要保护空间内所产生的电磁效应。

3.11

电磁屏蔽 electromagnetic shielding

用导电材料阻尼和减弱交变电磁场向指定区域穿透的措施。

3.12

电磁兼容 electromagnetic compatibility, EMC

设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

3.13

防雷接地 lightning protection ground

避雷针接闪器、避雷器及电涌保护器等雷电防护设备与接地装置的连接。

3.14

等电位连接带 bonding bar

将金属装置、外来导电物、电力线路、信号线路及其电缆连接于其上，以便与防雷装置做等电位连接的金属带。

3.15

等电位连接导体 bonding conductor

将分开的装置各部分相互连接以使它们之间电位相等的导体。

3.16

等电位连接网 bonding network

由一个系统中诸外露可导电部分做等电位连接的导体所组成的网络。

3.17

共用接地系统 common earthing system

将部分防雷装置、建筑物金属构件、低压配电保护线、设备接地、屏蔽接地、防静电接地和信息设备逻辑地连接在一起的接地装置。

3.18

接地基准点 earthing reference point, ERP

共用接地系统与系统的等电位连接网之间的唯一连接点。

4 一般规定

4.1 雷暴等级的划分

地区雷暴等级应根据年平均雷暴日数来划分。地区雷暴等级宜划分为少雷区、中雷区、多雷区和强雷区，各等级雷区的规定如下：

- 少雷区为年平均雷暴日数少于 15（包含 15）的地区。
- 中雷区为年平均雷暴日数多于 15 但少于 40（包含 40）的地区。
- 多雷区为年平均雷暴日数多于 40 但少于 90（包含 90）的地区。
- 强雷区为年平均雷暴日数多于 90 的地区，以及根据运行经验雷害特别严重的地区。

4.2 雷电防护区的划分

4.2.1 按照空间雷电电磁脉冲的严重性和空间边界电磁条件的变化特征，电子设备（或弱电系统）所在建筑物和装置内外需要保护的空间划分为不同的雷电防护区，以界定各防护区的雷电电磁脉冲强度，并采取相应的措施。

4.2.2 建筑物和装置的雷电防护区应划分为直击雷非防护区、直击雷防护区、第一防护区、第二防护区和后续防护区，如图 1 所示，各防护区规定如下：

- 直击雷非防护区（LPZ0_A）——本区内的装置全部处在外部防雷装置接闪器的保护范围之外，它们都可能遭受直接雷击。本区内的电磁场未受到任何屏蔽衰减，属于完全暴露的不设防区。
- 直击雷防护区（LPZ0_B）——本区内的装置处在外部防雷装置接闪器的保护范围之内，它们很少遭受直接雷击。本区内的电磁场未受到任何衰减，属于充分暴露的直接雷击防护区。
- 第一防护区（LPZ1）——本区内的各类物体不可能遭受直接雷击，流经各类导体的电流比 LPZ0_B 区有所减小，且由于建筑物和装置的屏蔽措施，本区内的电磁场受到了初步的衰减。
- 第二防护区（LPZ2）——为进一步减小所导引的雷电流或电磁场而设置的第二层防护区。
- 后续防护区（LPZ_n）——需要进一步减弱雷电电磁脉冲来保护敏感度高的电子设备而增设的后续防护区。

4.2.3 建筑物和装置外的变电站（场）的装置全部处在站（场）直击雷防护区内，可参照 4.2.2 中的第一防护区（LPZ1）、第二防护区（LPZ2）及后续防护区（LPZ_n）的要求设防。

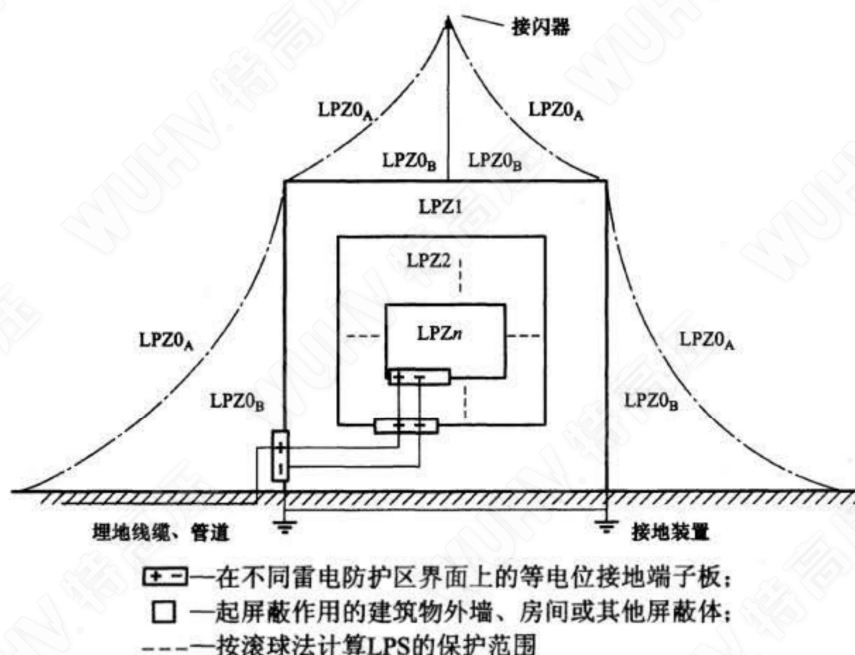


图 1 雷电防护区划分示例

5 雷电防护等级

5.1 可采用雷电防护评定方法中的雷电风险评估方法, 考虑环境因素、电子设备的重要性和出现雷电危害的严重性, 将弱电系统的雷电防护分为 A、B、C、D 四个等级。

5.2 可根据弱电系统建构筑物 and 装置及其入户设施的年预计总雷击次数, 和电子设备对雷电危害可接受的最大年平均雷击次数来确定弱电系统是否需要设置雷电保护装置。

5.2.1 按弱电系统建构筑物 and 装置的年预计雷击次数 N_1 与建构筑物 and 装置入户设施的年预计雷击次数 N_2 计算年预测总雷击次数 $N = N_1 + N_2$ (N 的单位是次/年, 计算方法见附录 A)。

5.2.2 电子设备对直击雷和雷电电磁脉冲危害可接受的最大年平均雷击次数 N_C 可计算为 $N_C = 5.8 \times 10^{-1.5}/C$ (N_C 的单位是次/年, C 的计算方法见附录 B)。

5.2.3 将 N 与 N_C 加以比较, 当 $N \leq N_C$ 时, 可不装设雷电保护装置; 当 $N > N_C$ 时, 应装设雷电保护装置。

5.3 依据防雷装置对雷电的拦截效率 E , 划分弱电系统的雷电防护等级。

5.3.1 拦截效率 E 可按以下公式计算。

$$E = 1 - N_C/N \quad (1)$$

5.3.2 当 $E > 0.98$ 时, 划定为 A 级。

5.3.3 当 $0.90 < E \leq 0.98$ 时, 划定为 B 级。

5.3.4 当 $0.80 < E \leq 0.90$ 时, 划定为 C 级。

5.3.5 当 $E \leq 0.80$ 时, 划定为 D 级。

5.3.6 上述四个级别, 从 D 到 A 采取渐强的防护措施。

6 外部防雷措施

6.1 弱电系统所在建构筑物 and 装置应配备直接雷击防护措施, 宜采用装设在建构筑物 and 装置上的避雷网 (带)、避雷针或由它们的组合来构成接闪器。避雷网 (带) 应沿建构筑物 and 装置上的屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击部位敷设。

6.2 宜利用建构筑物 and 装置自身的梁、柱和基础中的钢筋作为引下线, 引下钢筋上端应与建构筑物 and 装置顶部接闪器、下端应与接地网、中间应与各层均压环进行焊接, 从而在电气上形成一个相互连通的笼式防雷系统。

6.3 突出建构筑物屋面 and 装置的物体应处于屋面接闪器的保护范围内。对于处在屋面接闪器保护范围以外的物体应装设避雷针或避雷带 (网) 进行直击雷防护, 这些避雷针或避雷带 (网) 应与屋面防雷装置相连接。

6.4 发电厂和变电所的主厂房、主控制室和配电装置室等建构筑物 and 装置应处于其直击雷过电压保护范围之内, 一般不装设独立的直击雷保护装置。雷电活动特殊强烈地区的主厂房、主控制室和配电装置室宜设直击雷保护装置。安装在变电站 (场) 内的弱电系统装置应处于站 (场) 防直击雷的有效范围之内。

7 等电位连接与共用接地

7.1 为了避免弱电系统所在建构筑物 and 装置内金属构件与设备以及设备与设备之间出现危险的高电位差, 宜将钢筋混凝土建筑物内的大尺寸金属构件或金属材料构筑物的金属部件以最短的路径与最近的等电位连接带, 或将其他已做等电位连接的金属件做等电位连接, 形成一个立体的等电位连接系统。

7.2 弱电系统所在建构筑物 and 装置的各种金属管线均应在入户处, 即 LPZ0_B 与 LPZ1 两防护区界面上做总等电位连接, 并可靠接地。当管道在入户处含有一段绝缘管时, 应在这段绝缘管的两端用电涌保护器或放电间隙加以连接, 而其进入户内后的管道宜参加等电位连接。

7.3 在 LPZ1 与 LPZ2 两防护区界面上以及在后续防护区的各界面上均应做局部和辅助的等电位连接, 如图 2 所示。参加等电位连接的主体应包含弱电系统中微电子设备外露可导电部分、接地线、信号电缆和防静电金属地板等。

7.4 在装设弱电系统的室内, 应设等电位连接网络, 电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、金属槽、屏蔽线缆外层、信息设备防静电接地、安全保护接地、电涌保护器 (SPD) 接地端等均应以最短的距离与等电位网络相连。等电位网络的基本结构有 S 星形和 M 网形两种, 如图 3a) 所示。

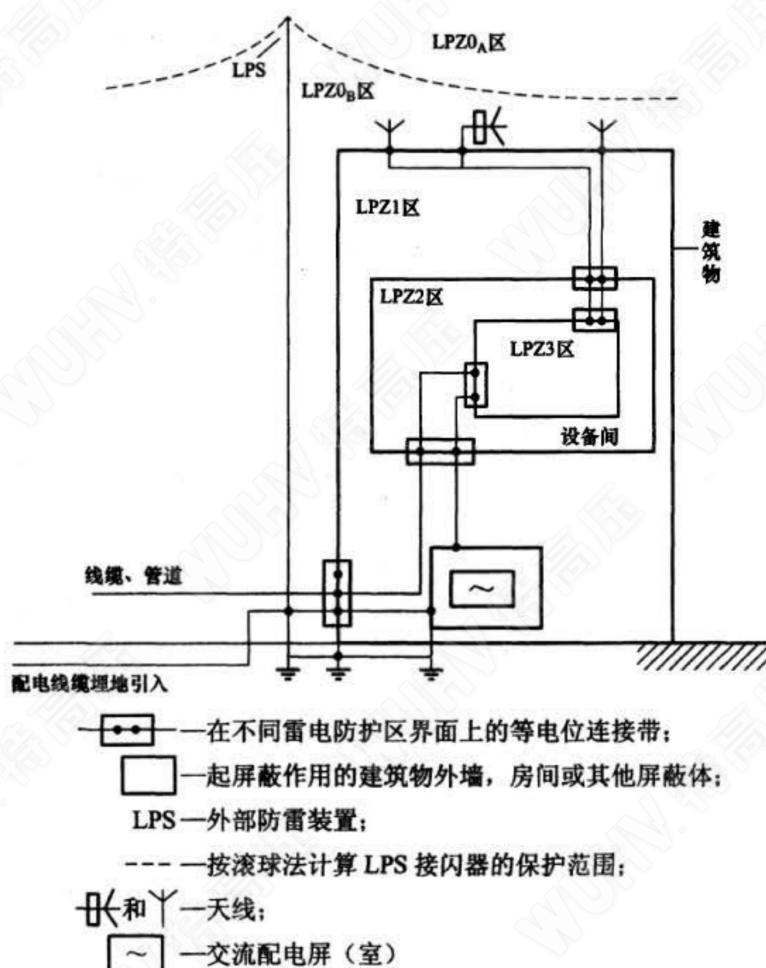


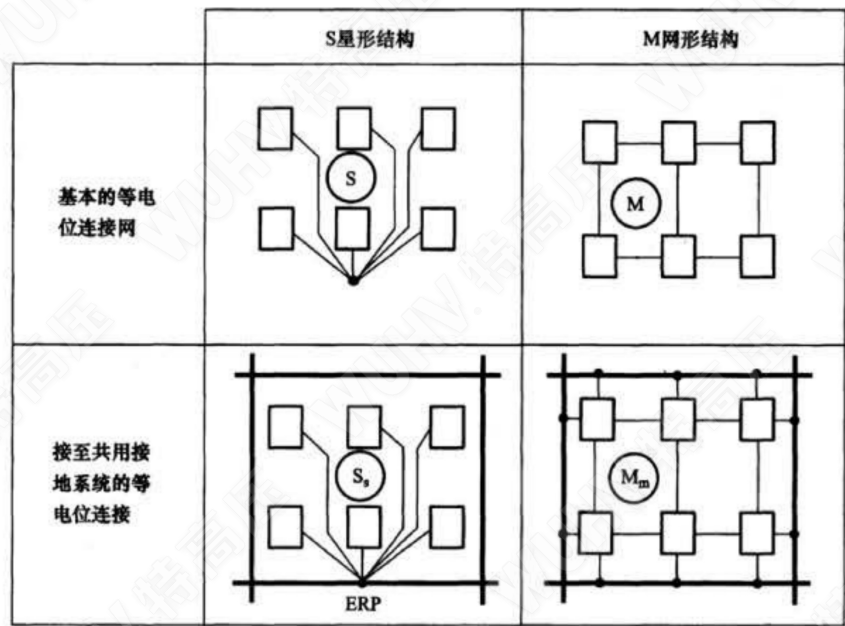
图 2 不同防护区界面处的等电位连接示意

7.4.1 对于含电子设备较少的或局部的弱电系统, 宜采用 S 星形结构进行等电位连接。当采用这种结构时, 系统中所有的金属组件, 除了在接地基准点 (ERP) 外, 均应与共用接地系统的各组件之间有足够的绝缘强度 (大于 10kV , $1.2/50\mu\text{s}$)。在采取这种 S 星形结构的等电位连接系统中, 所有的电缆管线屏蔽层均应经接地基准点 (ERP) 进入该系统内。S 星形结构通过接地基准点 (ERP) 连接到共用接地系统上去, 形成 S_s 等电位连接网络, 如图 3a) 所示。

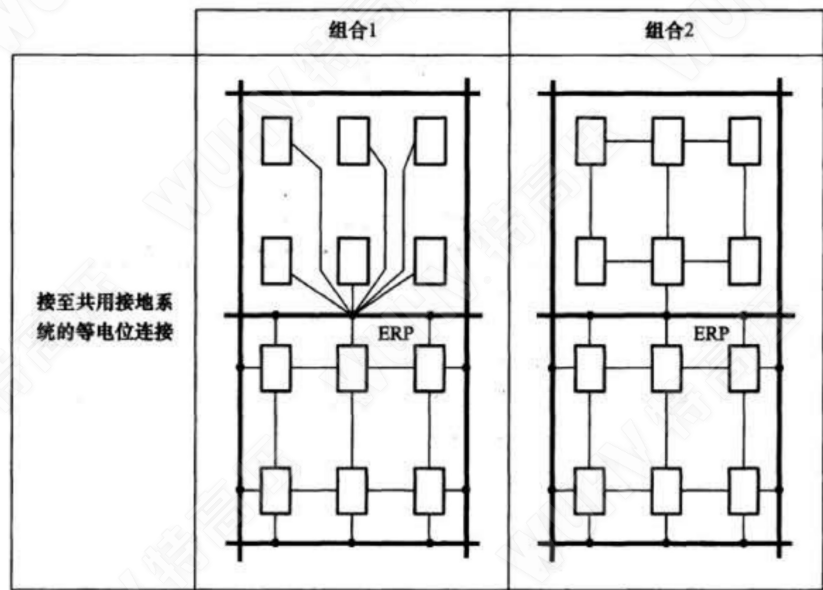
7.4.2 对于含电子设备较多的和分布规模较大的弱电系统, 宜采用 M 网形结构进行等电位连接。当采用这种结构时, 系统中所有金属组件不应与共用接地系统绝缘, 而是通过多点连接组合到共用接地系统中去, 并形成 M_m 等电位网连接网络, 如图 3a) 所示。

7.4.3 对于复杂的弱电系统, 宜采用 S 星形和 M 网形两种结构的组合形式, 如图 3b) 所示。

7.4.4 确定弱电系统等电位连接网络的结构, 即采用 S 星形还是采用 M 网形, 除了要考虑弱电系统设备数量多少和分布, 以及建构筑物 and 装置面积大小外, 还应根据设备的工作频率来选择等电位连接网络结构及接地形式, 以有效地消除杂波干扰。



a)



b)

- — 建筑物的共用接地系统;
 — — 等电位连接网;
 □ — 分置的设备;
 ● — 等电位连接网与共用接地系统的连接;
 ERP — 接地基准点

图 3 不同防护区界面处等电位连接

7.5 对于实现等电位连接的导体，其材料和截面应符合表 1 的要求。

表 1 等电位连接带或将其连接到接地装置的导体最小截面

mm²

等电位连接部位	总等电位连接处 (LZP0 _B 与 LPZ1 界面处)	局部等电位连接处 (LPZ1 与 LPZ2 及后续界面处)
材料	截面	截面

表 1 (续)

等电位连接部位	总等电位连接处 (LZP0 _B 与 LPZ1 界面处)	局部等电位连接处 (LPZ1 与 LPZ2 及后续界面处)
铜	16	6
铝	25	10
钢	50	16

8 屏蔽与布线

- 8.1 弱电系统的中央控制室或主机房应尽量远离建构筑物 and 装置中雷击时可能传导雷电流的结构钢筋部位，应按最高的雷电防护等级设防。设置在建构筑物和装置顶层的弱电系统设备，应加强其电磁屏蔽措施。
- 8.2 对于配备有敏感度高的电子设备的中央控制室或主机房，应沿室内六面敷设金属网加以屏蔽。金属网宜利用屋面板筋焊接而成，具体做法是利用屋面板筋（或梁筋）进行焊接，在整个屋面组成不大于 20m×20m 或 24m×16m 的网格（网格越小越好），金属网应与接地母线环或等电位连接带做多点连接。
- 8.3 对采用金属外壳的电子设备，应以最短的距离将外壳与等电位连接带连接。对采用非金属外壳的电子设备，且其所处室内屏蔽未达到设备的电磁兼容性要求时，应设金属屏蔽网或金属屏蔽室，这些金属屏蔽体应与等电位连接带做连接。
- 8.4 对于入户屏蔽电缆，应将其水平埋地进入户内，入户前的埋地水平距离应不小于 15m，埋地深度应不小于 0.6m，电缆的屏蔽层两端接地，并在穿过不同等级防护区的界面处做等电位连接；对于入户的非屏蔽电缆，应将其穿钢管进入户内，钢管在入户前水平埋地的距离应不小于 15m，钢管整体应电气连通，其两端应接地。
- 8.5 对于含金属部件（如金属接头、挡潮层和加强芯）的光缆，应在其出入设备机房光缆终端处将金属部件与等电位连接带直接进行连接，或加装电涌保护器进行连接。
- 8.6 在布设弱电系统信号线和电源线时，应尽量减小由线路形成的环路面积，以减小雷电电磁脉冲的感应效应，如图 4 所示。

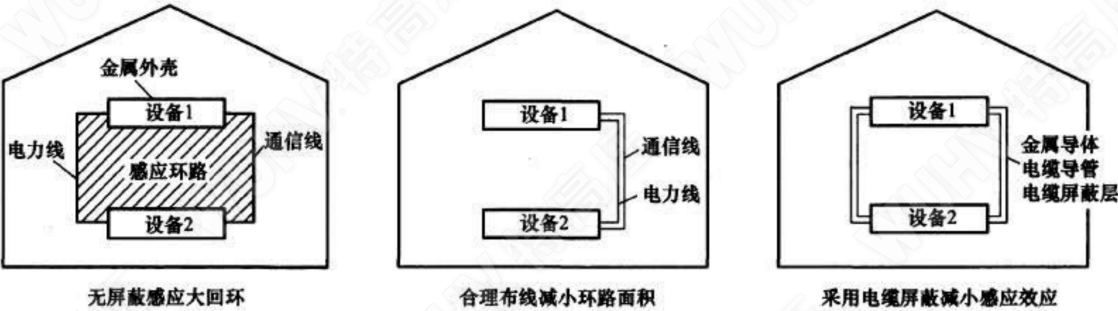


图 4 减小线路回环中感应效应

8.7 弱电系统线缆与防雷引下线、保护地线和各种管道等其他管线之间的间距应满足表 2 和表 3 规定的要求。

表 2 弱电系统线缆与其他管线之间的净距 mm

管线类别	与其他管线之间净距	
	最小平行净距	最小交叉净距
防雷引下线	1000	300

表 2 (续)

管线类别	与其他管线之间净距	
	最小平行净距	最小交叉净距
保护地线	50	20
控制线缆	1000	5000

注：如果弱电系统线缆敷设高度超过 6000mm 时，其与防雷引下线的交叉净距应按下式计算：

$$S \geq 0.05H$$
 式中：
 S —交叉净距 (mm)；
 H —交叉处防雷引下线距地面的高度 (mm)。

表 3 弱电系统线缆与管道相互间允许距离

mm

电缆与管道之间走向		电力电缆	控制和信号电缆
热力管道	平行	1000	500
	交叉	500	250
其他管道	平行	150	100

8.8 弱电系统信号电缆与电力电缆之间的间距应满足表 4 规定的要求。

表 4 弱电系统电缆与电力电缆之间的净距

mm

类 别	与信号电缆的接近状况	最小净距
380V 电力电缆， 容量小于等于 2kVA	与信号电缆平行敷设	130
	有一方在接地的金属线槽或钢管内	70
	双方都在接地的金属线槽或钢管内	10
380V 电力电缆， 容量为 2kVA~5kVA	与信号电缆平行敷设	300
	有一方在接地的金属线槽或钢管内	150
	双方都在接地的金属线槽或钢管内	80
380V 电力电缆， 容量大于等于 5kVA	与信号电缆平行敷设	600
	有一方在接地的金属线槽或钢管内	300
	双方都在接地的金属线槽或钢管内	150

注 1：当 380V 电力电缆的容量小于 2kVA，双方都在接地的线槽内，即两个不同线槽或在同一个线槽内用金属板隔开，且平行长度小于或等于 10m 时，最小距离可为 10mm。
 注 2：电话线缆中存在振铃电流时，不宜与计算机网络在同一根双绞线电缆中。

8.9 弱电系统线缆与配电箱、变电室、电梯机房、空调机房之间的最小净距离应满足表 5 规定的要求。

表 5 弱电系统线缆与电气设备之间的净距

m

名 称	最小间距	名 称	最小间距
配电室	1.00	电梯机房	2.00
变电室	2.00	空调机房	2.00

9 电涌防护

9.1 配电变压器的高、低压侧应在靠近变压器处，根据具体情况选用相应电压等级的交流无间隙氧化锌避雷器。当配电变压器在室内时，其高压侧的避雷器宜装在户外，且离变压器的距离不得大于 10m。

9.2 在低压交流电源线路上，应在各防护区的界面处根据具体情况分别选用电涌保护器（SPD），对沿电源线侵入的雷电电涌进行分级抑制。

9.2.1 对于雷暴等级在中雷区及以下，按雷击风险评估确定为 D 级，安装有弱电系统的调度通信楼或主控制楼等城市中的建构筑物 and 装置，宜在其 LPZ0_B 与 LPZ1 区界面电源总配电柜处根据具体情况选用标称放电电流不小于 50kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD），在其 LPZ1 与 LPZ2 区界面电源配电盘处根据具体情况选用标称放电电流不小于 10kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD）。

9.2.2 对于雷暴等级在多雷区及以上，按雷击风险评估确定为 C 级，且为孤立、高层的弱电系统建构筑物 and 装置，宜在其 LPZ0_B 与 LPZ1 区界面电源总配电柜处根据具体情况选用标称放电电流不小于 50kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD），在其 LPZ1 与 LPZ2 区界面电源配电盘处根据具体情况选用标称放电电流不小于 20kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD）。

9.2.3 对于雷暴等级在中雷区及以上，按雷击风险评估确定为 B 级，位于山区的弱电系统建构筑物 and 装置，宜在其 LPZ0_B 与 LPZ1 区界面电源总配电柜处根据具体情况选用标称放电电流不小于 60kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD），在其 LPZ1 与 LPZ2 区界面电源配电盘处根据具体情况选用标称放电电流不小于 40kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD）。

9.2.4 对于雷暴等级在多雷区及以上，按雷击风险评估确定为 A 级，位于旷野突出位置的弱电系统建构筑物 and 装置，宜在其 LPZ0_B 与 LPZ1 区界面电源总配电柜处根据具体情况选用标称放电电流不小于 80kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD），在其 LPZ1 与 LPZ2 区界面电源配电盘处根据具体情况选用标称放电电流不小于 40kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD），在其 LPZ2 与 LPZ3 区界面处根据具体情况选用标称放电电流不小于 20kA（8/20μs）的电涌保护器（SPD）。

9.3 在直流电源系统中，根据具体情况选用标称放电电流不小于 10kA 适配的电涌保护器（SPD）。

9.4 进出弱电系统的信号线均应对地装设信号电涌保护器（SPD），然后再连接到相关的电子设备上去。信号电涌保护器（SPD）自身的保护特性参数应符合表 6 规定的要求。

表 6 信号线电涌保护器的保护特性参数

参数要求	线 型		
	非屏蔽双绞线	屏蔽双绞线	同轴电缆
标称导通电压	$\geq 1.2U_n$	$\geq 1.2U_n$	$\geq 1.2U_n$
测试波形	混合波 (1.2/50, 8/20μs)	混合波 (1.2/50, 8/20μs)	混合波 (1.2/50, 8/20μs)
标称放电电流 kA	≥ 1	≥ 0.5	≥ 3
注：U _n 为信号线路上最大工作电压。			

9.5 对于装设在信号线上的信号电涌保护器（SPD），其插入损耗、驻波比、功率、特性阻抗、传输速率、频率等指标应符合所在信息系统的匹配要求，相关规定见表 7。

表 7 信号线及天馈线电涌保护器的指标参数

指标	插入损耗 dB	电压 驻波比	响应时间 ns	平均功率 W	特性阻抗 Ω	传输速率 bit/s	工作频率 MHz	接口形式
数值	≤ 0.5	≤ 1.3	≤ 10	≥ 1.5 倍系统 平均功率	应满足所在 系统要求	应满足所在 系统要求	应满足所在 系统要求	应满足所在 系统要求

9.6 有多种方式可以达到雷电分级防护的目的。

10 接地及相关要求

10.1 宜利用弱电系统建构筑物 and 装置基础钢筋网作为自然接地体。

10.2 人工接地体的埋设应具有足够的埋地深度，冻土地区尽量避开冻土层。

10.3 对于土壤电阻率小于 $1000\Omega \cdot m$ 的地区，应将弱电系统接地电阻限制在 4Ω 以内。

10.4 对于土壤电阻率大于 $1000\Omega \cdot m$ 的地区，应采取多种降阻措施，如在弱电系统所在建构筑物和装置基础周围做周圈式接地环、做多分支外引接地体、将接地体埋于较深的低电阻率土壤层或使用降阻材料，将接地电阻降低到 5Ω 以下。

10.5 在不同接地系统之间的通信线路，宜采用防高电位差反击的隔离措施，如光电隔离、变压器隔离等。

10.6 对于弱电系统中需要另做单独接地的特殊电子设备，其接地体与系统所在建构筑物和装置基础接地网之间应通过放电间隙连接，以实现在正常运行时隔离干扰传输，在雷击时暂时共地。

10.7 弱电系统的接地宜 3 年~5 年测量一次。

附录 A (资料性附录)

弱电系统建筑物和装置年预计雷击次数 N_1 和入户设施年预计雷击次数 N_2 的计算方法

A.1 建筑物和装置年预计雷击次数 N_1 的计算

A.1.1 建筑物和装置年预计雷击次数 N_1 (次/年) 可按式 (A.1) 计算:

$$N_1 = k N_g A_e \quad (\text{A.1})$$

式中:

k ——校正系数, 在一般情况下取值 1, 当建筑物和装置位于旷野孤立处, 取值 2, 当建筑物和装置具有金属屋面的砖木结构时, 取值 1.7, 当建筑物和装置位于河边、湖边、山坡下或山地中土壤电阻率较小处、地下水露头处、土山顶部、山谷风口等处, 以及特别潮湿地带, 取值 1.5;

N_g ——建筑物和装置所在地区的年平均地面落雷密度, 次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$);

A_e ——建筑物和装置截收相同雷击次数的等值面积, km^2 。

A.1.2 年平均地面落雷密度可按式 (A.2) 计算:

$$N_g = 0.024 T_d^{1.3} \quad (\text{A.2})$$

式中:

T_d ——年平均雷暴日, d/a, 根据当地气象资料确定。

A.1.3 建筑物和装置截收相同雷击次数的等值面积 A_e 应为建筑物和装置实际平面面积向外扩展后的面积, 如图 A.1 所示, 其计算方法应符合以下规定:

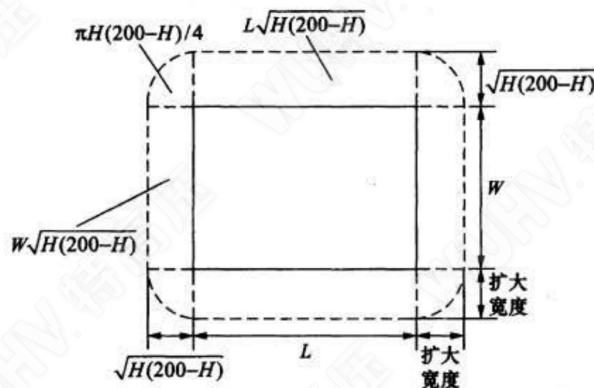


图 A.1 建筑物和装置的等值面积

A.1.3.1 当建筑物和装置高度 $H < 100\text{m}$ 时, 其每边的扩大宽度 D 和等值面积 A_e 按式 (A.3)、式 (A.4) 计算:

$$D = \sqrt{H(200-H)} \quad (\text{A.3})$$

$$A_e = [LW + 2(L+W)\sqrt{H(200-H)} + \pi H(200-H)] \times 10^{-6} \quad (\text{A.4})$$

式中:

L 、 W 、 H ——分别为建筑物和装置的长、宽、高, m。

A.1.3.2 当建筑物和装置高度 $H \geq 100\text{m}$ 时, 其每边的扩大宽度应按等于建筑物和装置的高 H 计算, 等值面积应按式 (A.5) 确定:

$$A_e = [LW + 2H(L+W) + \pi H^2] \times 10^{-6} \quad (\text{A.5})$$

A.1.3.3 当建构筑物 and 装置上各个部位高不同时, 应沿建构筑物 and 装置周边逐点计算出最大扩大宽度, 其等值面积 A_e 应按每点最大扩大宽度外端的连接线所包围的面积计算。

A.2 入户设施年预计雷击次数 N_2 (次/年) 按式 (A.6) 计算:

$$N_2 = N_g A'_e = N_g (A'_{e1} + A'_{e2}) \quad (\text{A.6})$$

式中:

A'_{e1} ——电源线缆入户设施的截收面积, km^2 , 见表 A.1;

A'_{e2} ——信号电缆入户设施的截收面积, km^2 , 见表 A.1。

表 A.1 入户设施的截收面积

线 路 类 型	有效截收面积 A'_{e1} 或 A'_{e2} km^2
低压架空电源电缆	$2000 \cdot l \cdot 10^{-6}$
高压架空电源电缆 (至现场变电所)	$500 \cdot l \cdot 10^{-6}$
低压埋地电源电缆	$2 \cdot d_s \cdot l \cdot 10^{-6}$
高压埋地电源电缆 (至现场变电所)	$0.1 \cdot d_s \cdot l \cdot 10^{-6}$
架空信号线	$2000 \cdot l \cdot 10^{-6}$
埋地信号线	$2 \cdot d_s \cdot l \cdot 10^{-6}$
无金属铠装或带金属芯线的光纤电缆	0
注: l —线路从所考虑建筑物至网络的第一个分支点或相邻建筑物的长度, m; 最大长度为 1000m, 当 l 未知时, 应取 $l=1000\text{m}$ 。 d_s —埋地引入线缆计算截收面积用的等值宽度, m; 其数值等于土壤电阻率; 最大值取 500。	

示例: 据 A 市气象部门资料记载, 该市年平均雷暴日为 69.9 天, 该市一湖边 500kV 变电站占地面积为 250m×200m, 制高点约为 30m。求该变电站的预计雷击次数 N_1 和建筑物入户设施的年预计雷击次数 N_2 。

解: (1) 该变电站位于湖边, 故其年预计雷击次数的校正系数 k 取 1.5; 根据该市气象部门的资料, 该变电站的平均雷暴日 T_d 值为 69.9, 那么:

$$N_g = 0.024 \times 69.9^{1.3} \approx 5.998 \text{ [次/ (km}^2 \cdot \text{a)]}$$

由于该变电站的制高点为 30m, 故其截收相同雷击次数的等值面积 A_e 按 A.1.3.1 处理, 那么:

$$A_e = [LW + 2(L+W)\sqrt{H(200-H)} + \pi H(200-H)] \times 10^{-6}$$

此时 L 为 250m, W 为 200m, 得 $A_e \approx 1.303 \times 10^{-1} (\text{km}^2)$ 。

由建构筑物 and 装置年预计雷击次数的公式 $N_1 = kN_g A_e$, 将以上各值代入公式得:

$$N_1 = kN_g A_e = 1.5 \times 5.998 \times 0.1303 \approx 1.172 \text{ (次)}$$

该变电站的预计雷击次数约为 1.172 次。

(2) 取 l 为 200m, 土壤电阻率为 $200\Omega \cdot \text{m}$, 那么电源线缆入户设施的截收面积为:

$$A'_{e1} = 2000 \times 200 \times 10^{-6} = 0.4 (\text{km}^2)$$

信号电缆入户设施的截收面积为:

$$A'_{e2} = 2 \times 200 \times 200 \times 10^{-6} = 0.08 (\text{km}^2)$$

根据入户设施年预计雷击次数公式 $N_2 = N_g (A'_{e1} + A'_{e2})$, 得:

$$N_2 = 5.998 \times (0.4 + 0.08) \approx 2.879 \text{ (次)}$$

该变电站的建构筑物 and 装置入户设施的年预计雷击次数为 2.879 次。

附录 B

(资料性附录)

可接受的最大年平均雷击次数 N_C 的计算

B.1 由直击雷和雷电电磁脉冲对电力信息系统所造成的弱电设备损坏可接受最大年平均雷击次数 N_C 可按式 (B.1) 计算:

$$N_C = 5.8 \times 10^{-1.5} / C \quad (\text{B.1})$$

式中:

C ——各类因子, 可分解为 $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$ 。

B.2 C_1 为弱电系统所在建构筑物 and 装置的材料结构因子。当建构筑物和装置屋顶和主结构均为金属材料时, 取值 0.5; 建构筑物和装置屋顶和主结构均为钢筋混凝土材料时, 取值 1.0; 当建构筑物和装置为砖混结构时, 取值 1.5; 当建构筑物和装置为砖木结构时, 取值 2.0; 当建构筑物和装置为木质结构时, 取值 2.5。

B.3 C_2 为弱电系统重要程度因子。对于等电位连接和接地以及屏蔽措施较完善的设备, 取值 0.5; 对于使用架空线缆的设备, 取值 1.0; 对于集成化程度较高的微电子设备, 取值 3.0。

B.4 C_3 为电子设备的耐受冲击类型和抗冲击过电压能力因子。一般, 取值为 0.5; 较弱, 取值 1.0; 相当弱, 取值 3.0。

注: 一般是指设备为 GB/T 16935.1—1997 规定的 I 类安装位置设备, 且采取了较完善的等电位连接、接地、线缆屏蔽措施; 较弱是指设备为 GB/T 16935.1—1997 规定的 I 类安装位置设备, 但使用架空线缆, 因此雷电风险较大; 相当弱是指设备集成化程度很高, 通过低电压、微电流进行逻辑运算的计算机、通信设备或其他微电子设备。

B.5 C_4 为电子设备所在雷电防护区 (LPZ) 的因子。设备在 LPZ2 及其以上雷电防护区内时, 取值 0.5; 设备在 LPZ1 内时, 取值 1.0; 设备在 LPZ0B 区内时, 取值 1.5~2.0。

B.6 C_5 为弱电系统发生雷击事故的后果因子。系统业务中断不会产生不良后果时, 取值 0.5; 系统业务原则上不允许中断, 但中断后无严重后果时, 取值 1.0; 系统业务不允许中断, 中断后会引发严重后果时, 取值 1.5~2.0。

B.7 C_6 为地区雷暴等级因子。少雷区取值 0.8; 中雷区取 1.0; 多雷区取值 1.2; 强雷区取值 1.4。