

UDC

中华人民共和国国家标准

P

GB50343—2009

建筑物电子信息系统防雷技术规范

Technical code for protection against lightning

of building electronic information system

(修订稿征求意见)

2009—XX—XX 发布

2009—XX—XX 实施

中华人民共和国建设部
国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

建筑物电子信息系统防雷技术规范

**Technical code for protection against lightning
of building electronic information system**

GB 50343—2009

主编部门：四川省建设厅

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2009 年 XX 月 X 日

中华人民共和国建设部

公 告

第 XXX 号

建设部关于发布国家标准

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》的公告

现批准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》为国家标准，编号为 GB 50343——2009，自 2009 年 XX 月 X 日起实施。

中华人民共和国建设部

2009 年 X 月 X 日

前 言

根据建设部建标[2000]43 号文“关于同意编制《建筑物电子信息系统防雷技术规范》的函”，并由四川省建设厅（原建委）负责组织成立了规范编制组，规范编制组参考国内外有关标准，认真总结实践经验，广泛征求各方面意见之后，制订了本规范。

根据建设部建标[2007]125 号文“2007 年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）”的安排，对 GB50343-2004《建筑物电子信息系统防雷技术规范》标准进行了第一次修订。

本规范共分 8 章和 7 个附录。主要技术内容是：1、总则；2、术语；3、雷电防护分区；4、雷击风险评估和雷电防护等级划分；5、防雷设计；6、防雷施工；7、施工质量验收；8、维护与管理。

本规范主要对建筑物电子信息系统综合防雷工程的设计、施工、验收、维护与管理作出规定和要求。本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释。四川省建设厅负责具体管理，中国建筑标准设计研究院、四川中光高科产业发展集团负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改或补充之处，请将意见和建议寄往四川省建设厅（地址：四川省成都市人民南路四段 36 号，邮编：610041）。

主编单位： 中国建筑标准设计研究院

四川中光高科产业发展集团

参编单位： 中南建筑设计院

中国建筑设计研究院

北京市建筑设计研究院

现代设计集团华东建筑设计研究院有限公司

中国电信集团电磁防护支撑中心

四川省防雷中心

上海市防雷中心

北京爱劳高科技有限公司

武汉岱嘉电气技术有限公司

主要起草人：

目 次

1 总 则	7
2 术 语	8
3 雷电防护分区	12
3.1 地区雷暴日等级划分	12
3.2 雷电防护区 (LPZ) 划分	12
4 雷击风险评估和雷电防护等级划分	15
4.1 一般规定	15
4.2 按防雷装置的拦截效率确定雷电防护等级	15
4.3 按电子信息系统的重要性、使用性质和价值确定雷电防护等级	15
4.4 按风险管理要求进行雷击风险评估	16
4.5 通信局站雷电损害的风险评估	17
5 防雷设计	19
5.1 一般规定	19
5.2 等电位连接与共用接地系统设计	20
5.3 屏蔽及布线	25
5.4 防雷与接地	30
6 防雷施工	40
6.1 一般规定	40
6.2 接地装置	40
6.3 接地线	41
6.4 等电位接地端子板 (等电位连接带)	41
6.5 浪涌保护器	42
6.6 线缆敷设	43
7 施工质量验收	44
7.1 验收项目	44
7.2 竣工验收	45
8 维护与管理	47
8.1 维护	47
8.2 管理	47
附录A 用于建筑物电子信息系统简易雷击 风险评估的 N 和 N_e 的计算方法	48

附录B 雷击风险评估的计算方法	51
附录C 通信局站雷电损害的风险评估	68
附录D 雷电流参数	79
附录E 磁场强度的衰减值计算方法	81
附录F 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算	84
附录G 全国主要城市年平均雷暴日数统计表	86
引用标准名录	88
本规范用词说明	89

1 总 则

- 1.0.1 为防止和减少雷电对建筑物电子信息系统造成的危害，保护人民的生命和财产安全，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于新建、扩建、改建的建筑物电子信息系统防雷的设计、施工、验收、维护和管理。
- 本规范不适用于易燃、易爆危险环境和场所的电子信息系统防雷。
- 1.0.3 在进行建筑物电子信息系统防雷设计时，应根据建筑物电子信息系统的特點，将外部防雷措施和内部防雷措施协调统一，按工程整体要求，进行全面规划，做到安全可靠、技术先进、经济合理。
- 1.0.4 电子信息系统的防雷必须坚持预防为主、安全第一的原则。当需要时，可在设计前对现场雷电电磁环境进行评估。
- 1.0.5 电子信息系统应采用外部防雷（防直击雷）和内部防雷（防雷电电磁脉冲）等措施进行综合防护（图 1.0.5）。

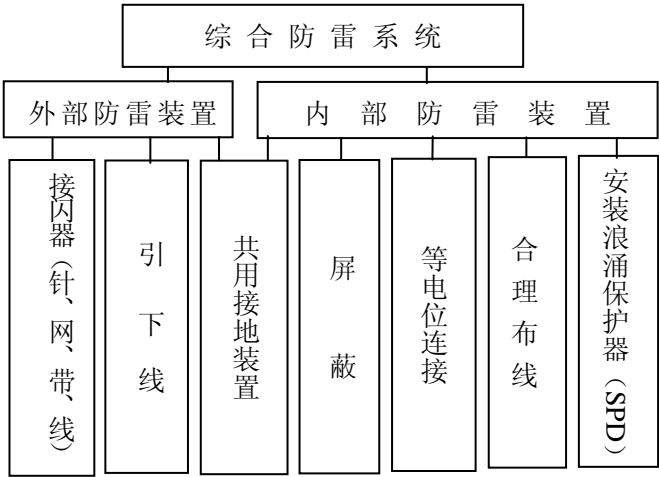


图 1.0.5 建筑物电子信息系统综合防雷系统

- 1.0.6 电子信息系统的防雷应根据环境因素、雷电活动规律、设备所在雷电防护区和系统对雷电电磁脉冲的抗扰度、雷击事故受损程度以及系统设备的重要性，采取相应的防护措施。
- 1.0.7 建筑物电子信息系统防雷，除应符合本规范外，尚应符合国家有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 电子信息系统 electronic information system

由计算机、有/无线通信设备、处理设备、控制设备及其相关的配套设备、设施（含网络）等的电子设备构成的，按照一定应用目的和规则对信息进行采集、加工、存储、传输、检索等处理的人机系统。

2.0.2 电磁兼容性 electromagnetic compatibility (EMC)

设备或系统在其电磁环境中能正常工作，且不对环境中的其他设备和系统构成不能承受的电磁干扰的能力。

2.0.3 电磁屏蔽 electromagnetic shielding

用导电材料减少交变电磁场向指定区域穿透的措施。

2.0.4 防雷装置 lightning protection system (LPS)

外部和内部雷电防护装置的统称。

2.0.5 外部防雷装置 external lightning protection system

由接闪器、引下线和接地装置组成，主要用于直击雷的防护。

2.0.6 内部防雷装置 internal lightning protection system

由等电位连接系统、共用接地系统、屏蔽系统、合理布线系统、浪涌保护器等组成，主要用于减小和防止雷电流在需防护空间内所产生的电磁效应。

2.0.7 共用接地系统 common earthing system

将各部分防雷装置、建筑物金属构件、低压配电保护线（PE）、等电位连接带、设备保护地、屏蔽体接地、防静电接地及接地装置等连接在一起的接地系统。

2.0.8 等电位连接 equipotential bonding (EB)

将分离的金属部件用等电位连接导体或浪涌保护器连接起来以减小雷电流在它们之间产生的电位差。

2.0.9 等电位连接带 equipotential bonding bar (EBB)

将金属装置、外来导电物、电力线路、通信线路及其他电缆连于其上以便与防雷装置做等电位连接的金属带。

2.0.10 自然接地体 natural earthing electrode

具有兼作接地功能的但不是为此目的而专门设置的与大地有良好接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土中的钢筋、埋地金属管道和设施等的统称。

2.0.11 接地端子 earthing terminal

将保护导体，包括等电位连接导体和工作接地导体与接地装置连接的端子或接地排。

2.0.12 总等电位接地端子板 main equipotential earthing terminal board (MEB)

将多个接地端子连接在一起的金属板。

2.0.13 楼层等电位接地端子板 floor equipotential earthing terminal board (FEB)

建筑物内各楼层设置的接地端子板，供局部等电位接地端子板作等电位连接用。

2.0.14 局部等电位接地端子板 local equipotential earthing terminal board (LEB)

电子信息系统设备机房内，作局部等电位连接的接地端子板。

2.0.15 等电位连接网络 bonding network (BN)

一个系统的诸外露导电部分作等电位连接的导体所组成的网络。

2.0.16 浪涌保护器 surge protective device (SPD)

至少应包含一个非线性电压限制元件，用于限制瞬态过电压和分流浪涌电流的装置。按照浪涌保护器在电子信息系统的功能，可分为电源线路浪涌保护器、天馈线路浪涌保护器和信号线路浪涌保护器。

2.0.17 电压开关型浪涌保护器 voltage switching type SPD

这种浪涌保护器在无浪涌时呈现高阻抗，当出现电压浪涌时突变为低阻抗。通常采用放电间隙、气体放电管、晶闸管和三端双向可控硅元件作这类 SPD 的组件。

2.0.18 电压限制型浪涌保护器 voltage limiting type SPD

这种浪涌保护器在无浪涌时呈现高阻抗，但随浪涌电流和电压的增加其阻抗会不断减小。用作这类非线性装置的常见器件有压敏电阻和钳位二极管。

2.0.19 雷电防护区 lightning protection zone (LPZ)

需要规定和控制雷电电磁环境的区域。

2.0.20 综合防雷系统 synthetical protection against lightning system

建筑物采用外部和内部防雷装置构成的防雷系统。

2.0.21 雷电电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse (LEMP)

雷电流的电磁效应。

2.0.22 标称放电电流 nominal discharge current I_n

流过 SPD 具有 8/20 波形的电流峰值，用于 SPD 的 II 级试验以及 I 级、II 级试验的 SPD 的预处理试验。

2.0.23 冲击电流 impulse current I_{imp}

由电流峰值 I_{peak} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 三个参数定义的电流,用于 SPD 的 I 级试验。

2.0.24 最大放电电流 maximum discharge current I_{max}

流过 SPD, 具有 8/20 波形电流的峰值, 其值按 II 级动作负载试验的程序确定。 I_{max} 大于 I_n 。

2.0.25 最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage U_c

可连续施加在 SPD 上的最大交流电压有效值或直流电压值。

2.0.26 电压保护水平 voltage protection level U_p

表征 SPD 限制接线端子间电压的性能参数, 其值可从优先值的列表中选择。该值应大于限制电压的最高值。

2.0.27 实测限制电压 measured limiting voltage

施加规定波形和幅值的冲击电压时, 在 SPD 接线端子间测得的最大电压峰值。

2.0.28 残压 residual voltage U_{res}

放电电流流过 SPD 时, 在其端子间的电压峰值。

2.0.29 插入损耗 insertion loss

由于在传输系统中插入一个 SPD 所引起的损耗。它是在 SPD 插入前传递到后面的系统部分的功率与 SPD 插入后传递到同一部分的功率之比。插入损耗常用分贝 (dB) 来表示。

2.0.30 1.2/50 μ s 冲击电压 1.2/50 μ s voltage impulse

视在波前时间 为 1.2 μ s, 半峰值时间为 50 μ s 的冲击电压。

2.0.31 8/20 μ s 冲击电流 8/20 μ s current impulse

视在波前时间为 8 μ s, 半峰值时间为 20 μ s 的冲击电流。

2.0.32 复合波 combination wave

复合波由冲击发生器产生, 开路时施加 1.2/50 μ s 冲击电压, 短路时施加 8/20 μ s 冲击电流。提供给 SPD 的电压、电流幅值及其波形由冲击发生器和受冲击作用的 SPD 的阻抗而定。开路电压峰值和短路电流峰值之比为 2Ω ; 该比值定义为虚拟阻抗 Z_f 。短路电流用符号 I_{sc} 表示。开路电压用符号 U_{oc} 表示。

2.0.33 劣化 degradation

由于浪涌、使用或不利环境的影响造成 SPD 原始性能参数变化的现象。

2.0.34 SPD 的脱离器 SPD disconnecter

把 SPD 从电源系统断开所需要的装置(内部和/或外部)。

2.0.35 I 级试验 class I test

按 2.0.22 定义的标称放电电流 I_n ，2.0.30 定义的 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压和 2.0.23 定义的 I 级试验的最大冲击电流 I_{imp} 进行的试验。

2.0.36 II 级试验 class II test

按 2.0.22 定义的标称放电电流 I_n ，2.0.30 定义的 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压和 2.0.24 定义的 II 级试验的最大放电电流 I_{max} 进行的试验。

2.0.37 III 级试验 class III test

按 2.0.32 定义的复合波 ($1.2/50\mu\text{s}$, $8/20\mu\text{s}$) 进行的试验。

2.0.38 过电流保护 overcurrent protection

位于 SPD 外部的前端，作为电气装置一部分的过电流装置（如：断路器或熔断器）。

2.0.39 剩余电流装置 (RCD) residual current device (RCD)

在规定的条件下，当剩余电流或不平衡电流达到给定值时能使触头断开的机械开关电器或组合电器。

2.0.40 状态指示器 status indicator

指示 SPD 工作状态的装置。

注：这些指示器可以是本体的可视或音响报警，还可能具有遥信输出接点。

2.0.41 放热熔接 exothermic welding

利用放热化学反应时快速产生超高热量使两导体熔化连接成一体的连接方法。

2.0.42 雷击风险 (R) lightning risk

雷击导致的平均年可能损失（人和物）与受保护对象的总价值（人和物）之比。

2.0.43 雷击损害源 source of lightning damage

雷电流是主要的损害源。损害源根据雷击点的位置可以划分为四类（见图 3.2.4）。

3 雷电防护分区

3.1 地区雷暴日等级划分

- 3.1.1 地区雷暴日等级应根据年平均雷暴日数划分。
- 3.1.2 地区雷暴日等级宜划分为少雷区、中雷区、多雷区、强雷区, 并符合下列规定:
- 1 少雷区: 年平均雷暴日在 20 天及以下的地区;
 - 2 中雷区: 年平均雷暴日大于 20 天, 不超过 40 天的地区;
 - 3 多雷区: 年平均雷暴日大于 40 天, 不超过 60 天的地区;
 - 4 强雷区: 年平均雷暴日超过 60 天以上的地区。
- 3.1.3 地区雷暴日数按国家公布的当地年平均雷暴日数为准。

3.2 雷电防护区 (LPZ) 划分

3.2.1 雷电防护区的划分是将需要保护和控制雷电电磁脉冲环境的建筑物, 从外部到内部划分为不同的雷电防护区 (LPZ)。建筑物外部和内部雷电防护区 (LPZ) 划分示意图如图 3.2.1。

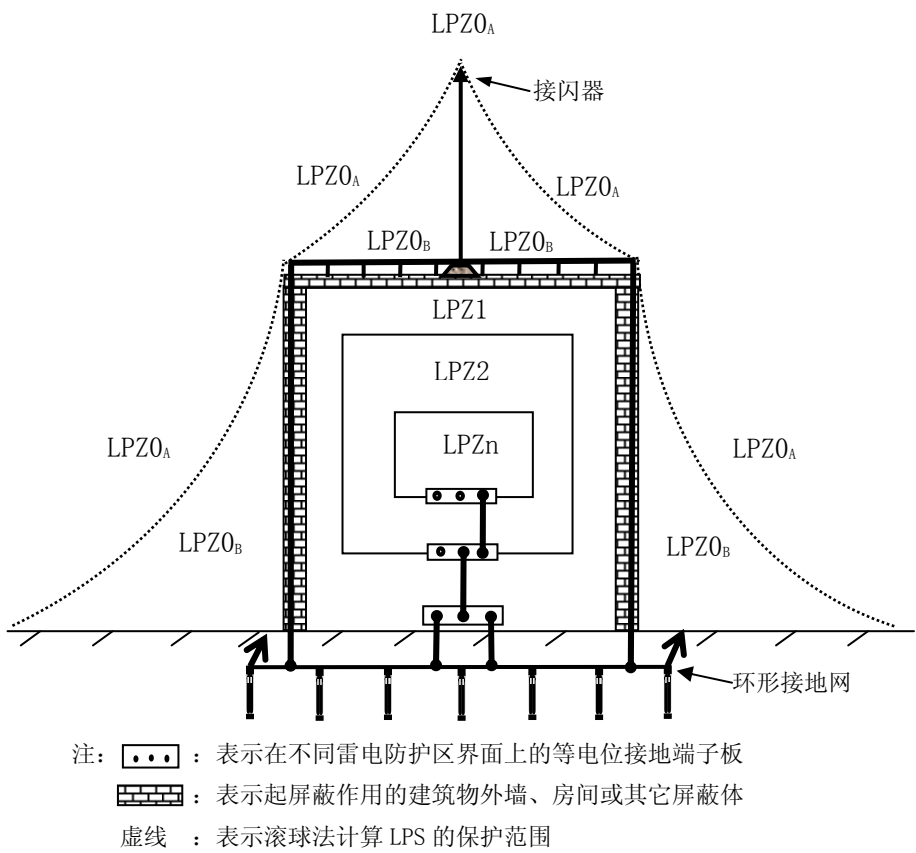


图3.2.1 建筑物外部和内部雷电防护区 (LPZ) 划分示意图

3.2.2 根据雷电威胁程度, 定义了如下的雷电防护区 (LPZ):

1 LPZ0_A 受直接雷击和全部雷电电磁场威胁的区域。该区域的内部系统可能受到全部或部分雷电浪涌电流的影响。

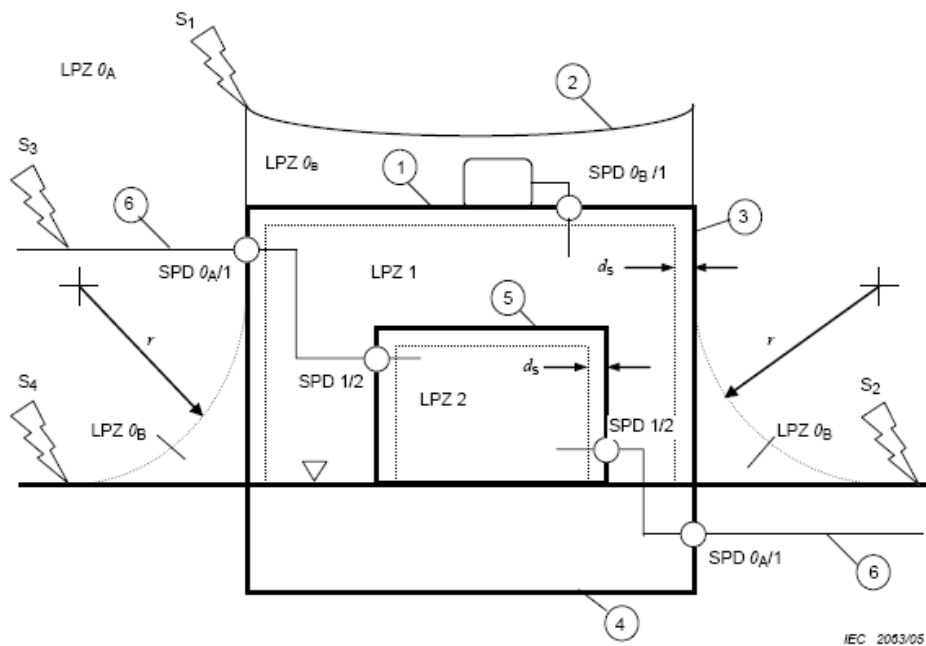
2 LPZ0_B 直接雷击的防护区域，但该区域的威胁仍是全部雷电电磁场。该区域的内部系统可能受到部分雷电浪涌电流的影响。

3 LPZ1 由于分流和边界处SPD的作用使浪涌电流受到限制的区域。该区域的空间屏蔽可以衰减雷电电磁场。

4 LPZ2~n 由于分流和边界处附加SPD的作用使浪涌电流受到进一步限制的区域。该区域的附加空间屏蔽可以进一步衰减雷电电磁场。

3.2.3 防雷区域的序数愈大，电磁环境参数愈低。被保护的物体应置于电磁特性与该对象耐受能力相兼容的LPZ内，使损害（物理损害、电气和电子系统失效）减小。

3.2.4 建筑物雷击损害源 S 与建筑物外部和内部雷电防护区（LPZ）划分的关系见示意图 3.2.4。



- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 建筑物 (LPZ1 的屏蔽体) | S ₁ 雷击建筑物 |
| 2 接闪器 | S ₂ 雷击建筑物附近 |
| 3 引下线 | S ₃ 雷击连接到建筑物的服务设施 |
| 4 接地体 | S ₄ 雷击连接到建筑物的服务设施附近 |
| 5 房间 (LPZ2 的屏蔽体) | r 滚球半径 |
| 6 连接到建筑物的服务设施 | d_s 防过高磁场的安全距离 |
| ▽: 地面 | ○: 用 SPD 进行的雷电等电位连接 |
| LPZ1、LPZ2 内的保护空间须考虑安全距离 d_s | |

图 3.2.4 建筑物雷击损害源 S 与建筑物外部和内部雷电防护区 (LPZ) 划分的关系示意图

4 雷击风险评估和雷电防护等级划分

4.1 一般规定

4.1.1 建筑物电子信息系统可按简易雷击风险评估划分为 A、B、C 三个雷电防护等级。

4.1.2 建筑物电子信息系统的简易雷击风险评估方法包括按防雷装置的拦截效率确定雷电防护等级和按电子信息系统的重要性、使用性质和价值确定雷电防护等级。

4.1.3 对于重要的建筑物，宜采用 4.1.2 条规定的两种方法进行雷电防护分级，并按其中较高防护等级确定。

4.1.4 特殊重要的建筑物电子信息系统，用户需要详细完整雷击风险评估的建筑物电子信息系统，应按雷电防护风险管理的雷击风险评估要求，通过详细完整雷击风险评估后确定雷电防护措施。

4.1.5 通信局站可按通信局站雷电损害风险评估的方法进行专项雷击风险评估后确定雷电防护措施。

4.2 按防雷装置的拦截效率确定雷电防护等级

4.2.1 按建筑物年预计雷击次数 N_1 和建筑物入户设施年预计雷击次数 N_2 确定 N （次/年）值 $N=N_1+N_2$ （计算方法见附录 A）。

4.2.2 建筑物电子信息系统设备，因直击雷和雷电电磁脉冲损坏可接受的年平均最大雷击次数 N_c 可按下式计算： $N_c=5.8 \times 10^{-1.5}/C$ （次/年）。（计算方法见附录 A）

4.2.3 将 N 和 N_c 进行比较，确定电子信息系统设备是否需要安装雷电防护装置：

1 当 $N \leq N_c$ 时，可不安装雷电防护装置；

2 当 $N > N_c$ 时，应安装雷电防护装置。

4.2.4 按防雷装置拦截效率 E （ $E=1-N_c/N$ ）确定其雷电防护等级：

1 当 $E > 0.98$ 时 定为 A 级；

2 当 $0.90 < E \leq 0.98$ 时 定为 B 级；

3 当 $E \leq 0.90$ 时 定为 C 级。

4.3 按电子信息系统的重要性、使用性质和价值确定雷电防护等级

4.3.1 建筑物电子信息系统可根据其重要性、使用性质和价值，按表 4.3.1 选择确定雷电防护等级。

表 4.3.1 建筑物电子信息系统雷电防护等级选择表

雷电防护等级	电 子 信 息 系 统
A 级	1. 大型计算中心、大型通信枢纽、国家金融中心、银行总（分）行、机场、大型港口、火车枢纽站等。 2. 甲级安全防范系统，如国家文物、档案库的闭路电视监控和报警系统。 3. 大型电子医疗设备、五星级宾馆。
B 级	1. 中型计算中心、银行支行、中型通信枢纽、移动通信基站、大型体育场（馆）监控系统、证券中心。 2. 乙级安全防范系统，如省级文物、档案库的闭路电视监控和报警系统。 3. 雷达站、微波站、高速公路监控和收费系统。 4. 中型电子医疗设备 5. 四星级宾馆。
C 级	1. 小型通信枢纽、电信局。 2. 大中型有线电视系统。 3. 三星级以下宾馆。 4. 除上述 A、B 级以外一般用途的电子信息系统设备

4.4 按风险管理要求进行雷击风险评估

4.4.1 重要的建筑物电子信息系统和用户要求进行详细雷击风险评估的电子信息系统在防雷设计阶段可按风险管理的要求进行雷击风险评估。

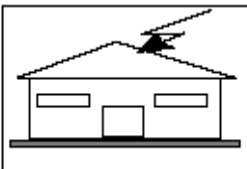
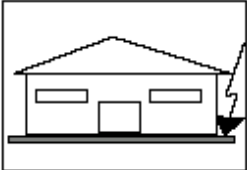
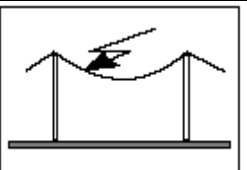
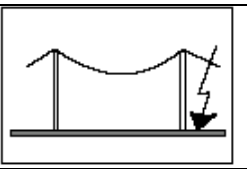
4.4.2 应评估建筑物电子信息系统雷电损害源（S）、损害类型（D）、损失类型（L），其相互关系见表 4.4.2。

1 雷电损害源（S）划分为四种：雷击建筑物（S1）、雷击建筑物附近（S2）、雷击服务设施（S3）和雷击服务设施附近（S4）。

2 雷电损害类型（D）划分为三种：人和动物伤害（D1）、物理损害（D2）和电气、电子系统失效（D3）。一次雷击产生的损害可能是以上基本类型之一或其组合。

3 损失类型（L）划分为四种：人员生命损失（L1）、公众服务损失（L2）、文化遗产损失（L3）和经济损失（L4）。

表 4.4.2 雷击点、损害源 S、损害类型 D 和损失类型 L 的关系

雷击点	损害源 S	建筑物		服务设施	
		损害类型 D	损失类型 L	损害类型 D	损失类型 L
	雷击建筑物 S1	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	雷击建筑物附近 S2	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4		
	雷击连接到建筑物的 服务设施 S3	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	雷击连接到建物的 服务设施附近 S4	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4	D3	L'2, L'4

¹⁾ 仅对有爆炸危险的建筑物和那些因内部系统失效立即危及人身生命的医院或其它建筑物。
²⁾ 仅对可能有动物损失的地方。
 注：涉及建筑物，四种损失类型都可能发生；而涉及服务设施，在不考虑与之有联系的人员生命损失情况下，只可能发生 L'2 和 L'4 两种损失类型（为了区别，凡涉及服务设施的量都带撇（'），如 L'2、P'A 等）。

4.4.3 每种损失类型对应的风险分量 R_x 可按下式估算：

$$R_x = N_x \cdot P_x \cdot L_x \quad (4.4.3)$$

式中： N_x ：雷击危险事件次数； P_x ：雷击损害概率； L_x ：雷击损失。

4.4.4 应根据风险管理的要求，计算建筑物电子信息系统对于每种雷击损失类型的风险，并与风险容许值比较，评估雷电防护必要性、采取的防护措施及其经济合理性。详细评估方法见附录 B。

4.5 通信局站雷电损害的风险评估

4.5.1 通信局站遭受雷电损害的风险评估应分别评估雷电直击局站、雷击局站附近大地、雷击入户电缆或其附近大地以及雷电直击与通讯局站有金属连接的邻近物体（如天线塔）等原因所引起的年损害频度，并按下式计算雷击风险 R：

$$R = (1 - e^{-F \cdot t}) \cdot \delta \quad (4.5.1-1)$$

式中： F ：预期年损害频度； t ：时间； δ ：间接损害因子；

对 $t=1$ 年和 $F \ll 1$ ，上式可简化为：

$$R = F \cdot \delta = \sum F_i \cdot \delta_i \quad (4.5.1-2)$$

4.5.2 损害频度：F

损害频度是局站每年遭受破坏的平均次数，与风险区域的总面积 A 、雷电密度 N_g （每平方公里每年对地雷击次数）有关。根据本地的雷闪密度，年损害频度值 F 由下式计算：

$$F = N_g (A_d P_a + A_n P_n + A_s P_s + A_a P_a) \quad (4.5.2-1)$$

F —局站每年遭受破坏的平均次数；

N_g —每平方公里每年对地雷击次数（近似计算确定）；

P —概率因子；

A —风险区域的总面积。

1 概率因子 P 的估计，在多数情况下会同时采取多种防护措施，这时有有效的总概率因子由各相关值的乘积来决定：

$$P_{eff} = \prod P_i \quad (P_i \leq 1) \quad (4.5.2-2)$$

2 风险区域的总面积： $A = A_d + A_n + A_s + A_a$ 。

4.5.3 采取防护措施的目的是减少损害数量并将间接影响限制在允许的水平内，这里仅考虑经济上的损失。可接受的风险水平 R_{accept} 由电信业主决定。业主没有提出具体风险要求时，可按表 4.5.3 的要求确定。

表 4.5.3 典型的 R_{accept} 的值

损害类型	R_{accept}
物理损害	10^{-3}
业务损失	10^{-4}

4.5.4 通信局通信局站的风险评估计算方法见附录 C。

5 防雷设计

5.1 一般规定

5.1.1 建筑物电子信息系统的防雷设计，应进行雷击风险评估或按确定的雷电浪涌防护等级采取相应的防护措施。

5.1.2 需要保护的电子信息系统必须采取等电位连接与接地保护措施。

5.1.3 建筑物电子信息系统 LEMP 的防护系统（LPMS）由下列措施构成：

- 1 等电位连接和接地；
- 2 磁场屏蔽；
- 3 合理布线；
- 4 能量配合的 SPD 防护。

5.1.4 为减少和避免建筑物电子信息系统受雷击电磁脉冲的危害，应根据需要保护的设备数量、类型、重要性、耐冲击电压水平及所要求的磁场环境等情况，选择在 LPZ 的边界采用空间磁场屏蔽、机房屏蔽、内部线缆屏蔽和设置协调配合的多级浪涌保护器等防护措施，使系统和设备得到良好的保护。

5.1.5 对于新建工程的防雷设计，应收集以下相关资料：

- 1 被保护建筑物所在地区的地形、地物状况、气象条件（如雷暴日）和地质条件（如土壤电阻率）；
- 2 被保护建筑物（或建筑物群体）的长、宽、高度及位置分布，相邻建筑物的高度；
- 3 建筑物内各楼层及楼顶被保护的电子信息系统的分布状况；
- 4 配置于各楼层工作间或设备机房内被保护设备的类型、功能及性能参数（如工作频率、功率、工作电平、传输速率、特性阻抗、传输介质及接口形式等）；
- 5 电子信息系统的计算机网络和通信网络的结构；
- 6 电子信息系统各设备之间的电气连接关系、信号的传输方式；
- 7 供、配电情况及其配电系统接地型式。

5.1.6 对扩、改建工程，除应收集上述资料外，还应收集下列相关资料：

- 1 防直击雷接闪装置（接闪针、带、网、线等）的现状；
- 2 泄流引下线的现状及其与电子信息系统设备接地引入线的距离；
- 3 高层建筑物防侧击雷的措施；

- 4 电气竖井内线路布置情况；
- 5 电子信息系统设备的安装情况及耐受电压水平；
- 6 电源线路、信号线路进入建筑物的方式（架空或埋地，屏蔽或非屏蔽）；
- 7 总等电位连接及各局部等电位连接状况，共用接地装置状况（位置、接地电阻值等）；
- 8 电子信息系统的功能性接地导体与等电位连接网络互连情况；
- 9 地下管线、隐蔽工程分布情况。

5.2 等电位连接与共用接地系统设计

5.2.1 电子信息系统的机房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、槽、屏蔽线缆外层、电子设备防静电接地、安全保护接地、浪涌保护器（SPD）接地端等均应以最短的距离与等电位连接网络的接地端子连接。

等电位连接网络的结构形式有 S 型星形结构和 M 型网形结构，如图 5.2.1-1 所示。

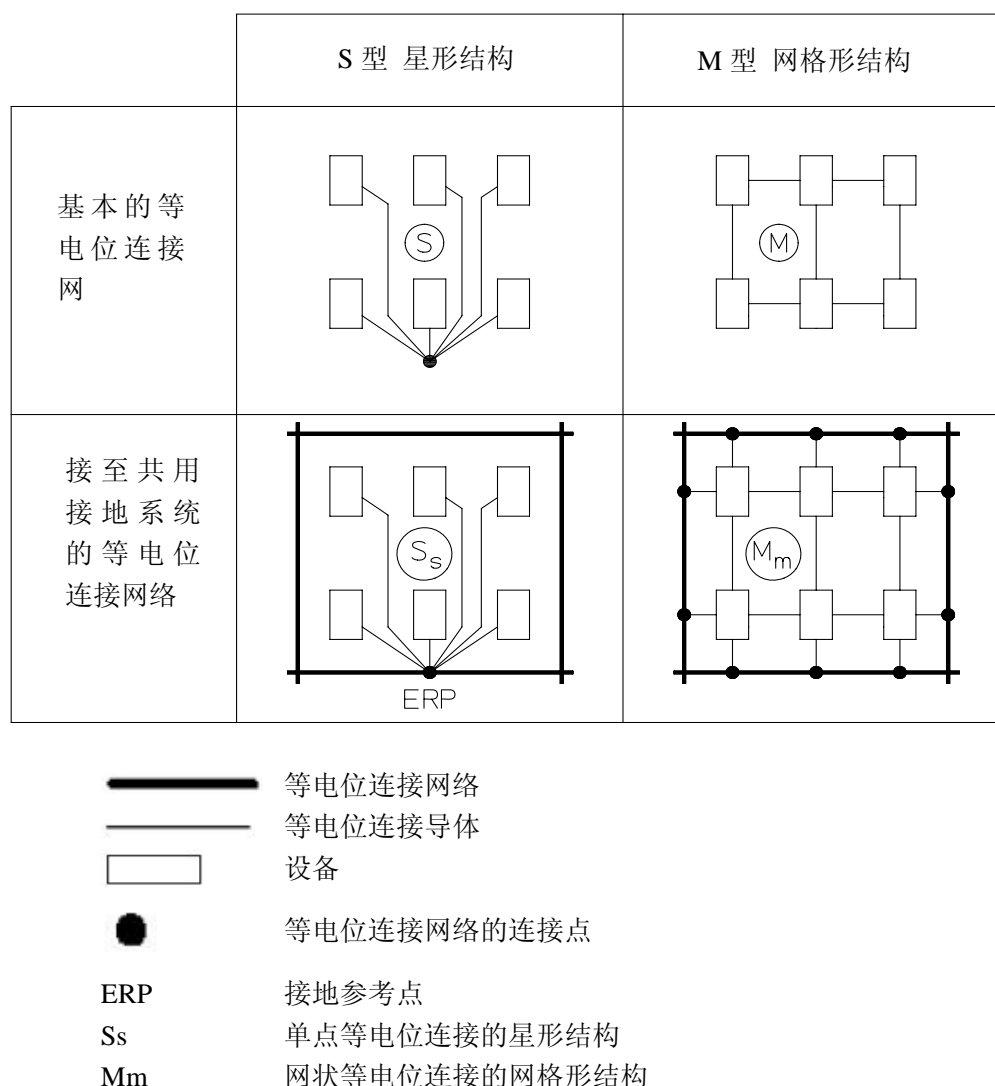


图 5.2.1-1 电子信息系统等电位连接网络的基本方法

当采用 S 型结构时，电子信息系统的金属部件（例如金属外壳、机架、机柜）除在接地基准点（ERP）进行连接外，设备之间，连接导体之间均应绝缘，并应与接地系统各部件绝缘。

S 型等电位连接应通过唯一的基准点（ERP）组合到接地网络中，形成 S_s 型等电位连接。在使用 S 型结构时，各设备之间的所有线路和缆线宜按星型结构与各等电位连接线平行敷设，避免形成大的感应环路。S 型结构适用于相对较小、局部的电子信息系统。

当采用 M 型结构时，电气和电子信息系统的金属部件（例如金属外壳、机架、机柜）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，形成 M_m 型等电位连接。M 型结构适用于延伸较大的开环系统。

复杂电子信息系统可以采用 S 型和 M 型的组合结构， 如图 5. 2. 1-2。

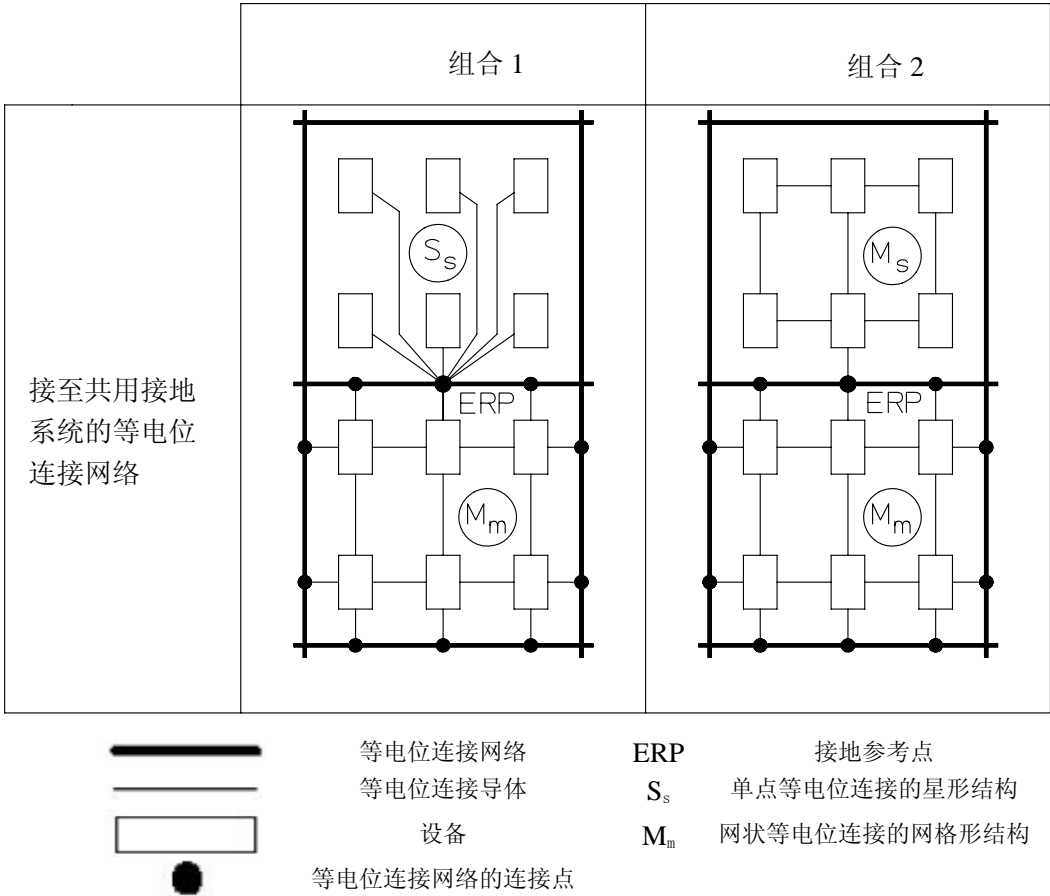
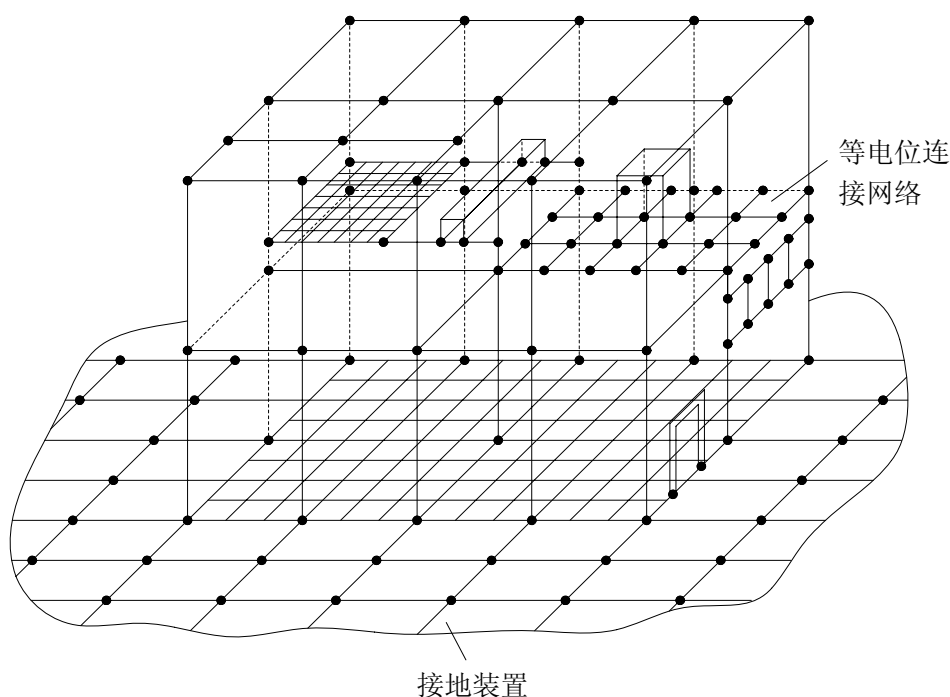


图 5. 2. 1-2 电子信息系统等电位连接方法的组合

5. 2. 2 在 LPZ0_A或 LPZ0_B区与 LPZ1 区交界处应设置总等电位接地端子板；每层楼宜设置楼层等电位接地端子板；电子信息系统设备机房应设置局部等电位接地端子板。各类等电位接地端子板之间的连接导体宜采用多股铜芯导线或铜带，连接导体截面积应能承受设备短路电流、屏蔽体感应电流、SPD 最大泄放电流等的总和并留有一定的裕量，其截面积不应小于 16 mm²。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。

5. 2. 3 当建筑物的柱、梁、板钢筋结构电气连接不可靠时，宜另设专用垂直接地干线。垂直接地干线由总等电位接地端子板引出，同时与建筑物各层钢筋或均压带连通。各楼层设置的接地端子板应与垂直接地干线连接。楼层接地端子板通过连接导体与设备机房的局部等电位接地端子板连接。垂直接地干线宜采用多股铜芯导线或铜带，其截面积不应小于 16mm²，在竖井内敷设。

5.2.4 等电位连接网络应利用建筑物内部或其上的金属部件多重互连，混凝土中的钢筋、金属屋顶、金属立面框架、金属楼板框架、门窗金属框架等必须连接成电气通路，组成一个网格状低阻抗等电位连接网络，并与接地装置构成一个接地系统。此时，电子信息设备机房的等电位连接网络可直接利用机房内楼柱钢筋引出的预留接地端子多点接地（见图 5.2.4）。



注：图中所示等电位连接，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、传导并泄放到大地上。

图 5.2.4 由等电位连接网络与接地装置组合构成的三维接地系统示例

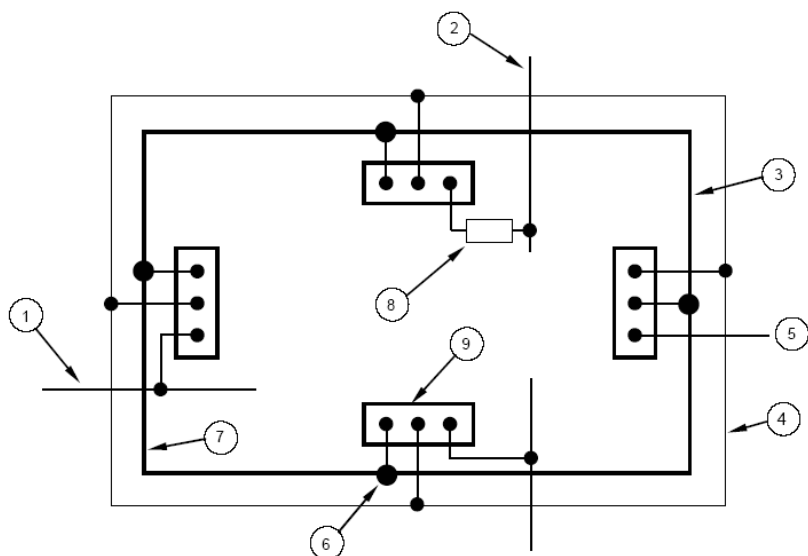
5.2.5 防雷接地与交流工作接地、直流工作接地、安全保护接地共用一组接地装置时，接地装置的接地电阻值必须按接入设备中要求的最小值确定。

5.2.6 接地装置应利用建筑物的自然接地体，当自然接地体的接地电阻达不到要求时应增加人工接地体。

5.2.7 当设置人工接地体时，人工接地体应在建筑物四周散水坡外大于 1m 处埋设成环形接地体，并可作为总等电位连接带使用。环形接地体应在接闪装置引下线处与建筑物基础钢筋网相互连接。

5.2.8 进入建筑物的所有金属管线（例如金属管、电力线、信号线）宜从同一位置进入 LPZ1 区域内，并连接到同一个等电位连接端子板上。当入户管线从不同的位置进入时，应分别连接到不同位置的等电位连接端子板上，端子板应与外墙和地基中钢筋及外部环形接

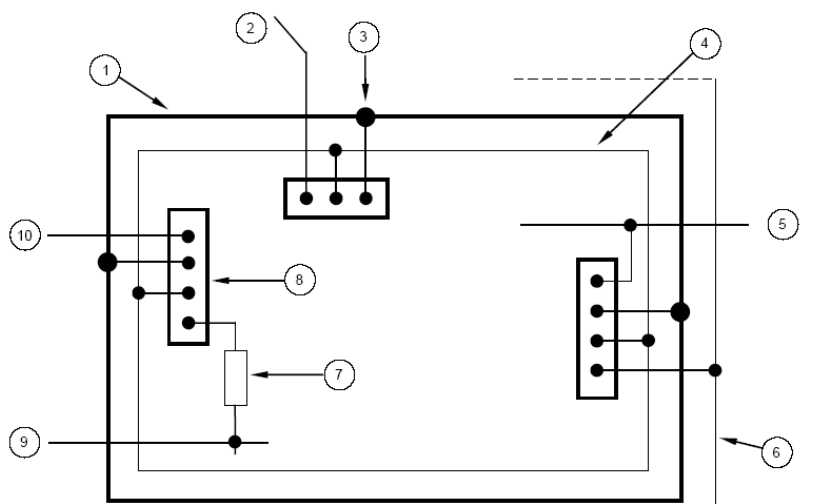
地体或内部等电位连接带相互连接（见图 5.2.8），并与总等电位接地端子板连接。在 LPZ1 入口处应设置恰当的 SPD 使电子信息系统的带电导体实现等电位连接。



- | | |
|------------------|-----------|
| 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、至附加接地极 | 6、专用连接接头 |
| 7、钢筋混凝土墙 | 8、SPD |
| 9、连接端子板 | |

注：地基中的钢筋可以用作自然接地极

图 5.2.8-1 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、外墙或地基内的钢筋 | 2、其它接地极 |
| 3、连接节头 | 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、连接端子板 |
| 9、电力线或通信线 | 10、至附加的接地装置 |

图 5.2.8-2 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

5.2.9 复杂的电子信息系统涉及多个建筑物时，至少应采用两根水平接地体将各建筑物的接地装置相互连通。

5.2.10 新建建筑物的电子信息系统在设计、施工时，应在各楼层、机房内墙结构柱主钢筋处引出和预留等电位连接接地端子。

5.3 屏蔽及布线

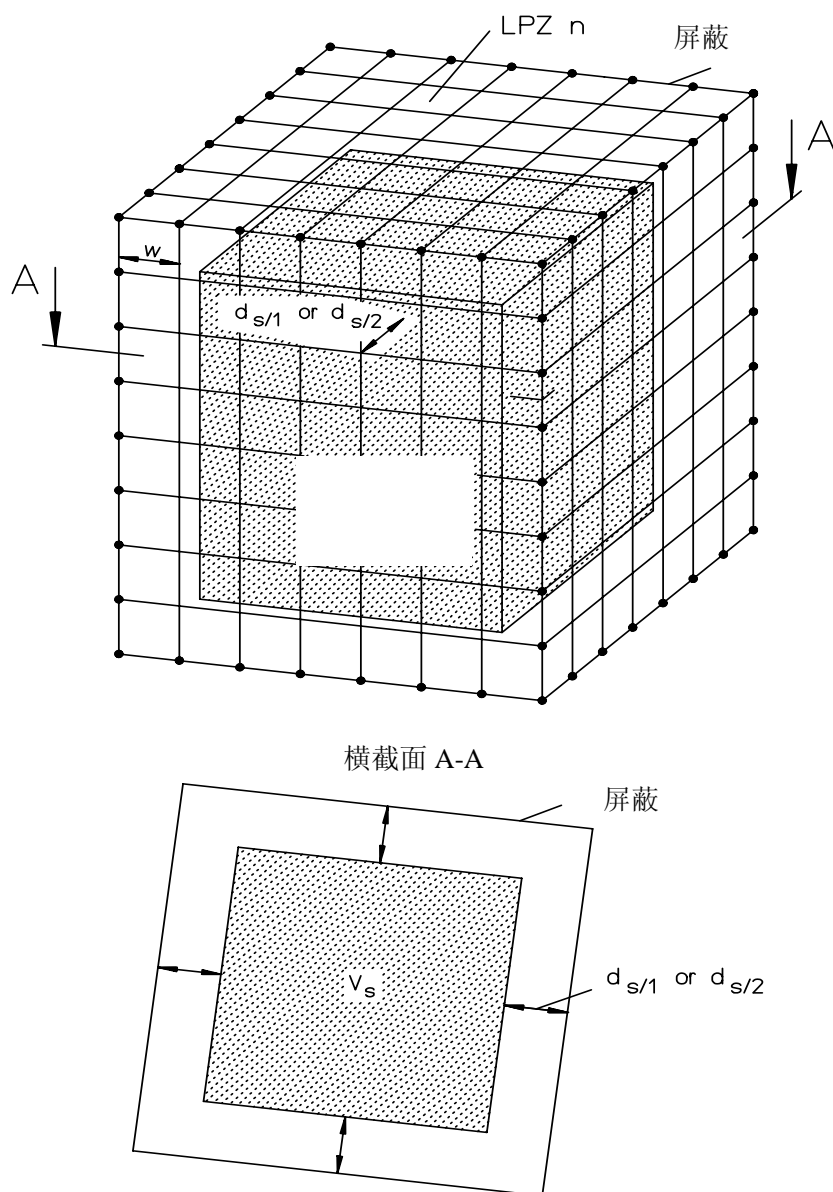
5.3.1 电子信息系统设备机房的屏蔽应符合下列规定：

1 为减小电子信息系统内的电磁感应效应产生的浪涌，宜采用建筑物屏蔽、机房屏蔽、设备屏蔽、线缆屏蔽和线缆合理布设措施，这些措施应综合使用。

2 建筑物的屏蔽宜利用建筑物的自然部件构成，例如金属框架、混凝土中的钢筋、金属墙面、金属屋顶、天花板、墙和地板的钢筋等，这些部件应与防雷装置连接构成格栅型大空间屏蔽。

3 对于重要的敏感电子信息系统，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，应采用磁导率较高的细密金属网格或金属板对机房实施六面屏蔽。机房的门应采用无窗密闭铁门并接地，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等电位接地网络连接。机房屏蔽不能满足个别设备屏蔽要求时，可用封闭的金属网箱或金属板箱对被保护设备实行屏蔽。

4 电子信息系统设备主机房宜选择在建筑物低层中心部位，其设备应安置在高级别雷电防护区内，并与LPZ屏蔽层及结构柱有一定的安全距离（参见图5.3.1）。



注：空间 V_s 与屏蔽体 LPZ_n 间应保持的安全距离为 $d_{s/1}$ 或 $d_{s/2}$

图 5.3.1 LPZ_n 内用于安装电子信息系统的空间

5 屏蔽效果宜进行测量，确定是否满足屏蔽要求。也可用计算方法确定磁场强度。详细计算方法见附录E。

5.3.2 线缆屏蔽应符合下列规定：

1 与电子信息系統连接的信号线缆，宜采用屏蔽电缆，应在屏蔽层两端及LPZ交界处做等电位连接并接地。

2 当采用非屏蔽电缆时,应将电缆敷设在电缆屏蔽槽或金属管道内并埋地引入,埋地长度(l)应符合下列表达式要求,但不应小于15m。电缆屏蔽槽或金属管道应与等电位连接网络连接。

$$l \geq 2\sqrt{\rho} \quad (5.3.2)$$

式中: l -- 埋地长度 (m);

ρ -- 埋地电缆处的土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)。

3 当独立建筑物之间采用电缆互连时,宜采用屏蔽电缆,非屏蔽电缆应敷设在金属电缆管道内。屏蔽电缆屏蔽层两端或金属管道两端应分别连接到独立建筑物各自的等电位连接带上。采用屏蔽电缆互连时,电缆屏蔽层应能承载可预见的雷电流。

4 光缆的所有金属接头、金属护层、金属防潮层、金属加强芯等,应在入户处直接接地。如果在入户处接地较难实现时,应在光纤配线架(ODF)或终端盒内将光缆的金属加强芯等与金属护层进行可靠连通,并与机架或终端盒绝缘后采用截面积不小于 16 mm^2 多股绝缘铜线,引到机房入口处的等电位接地端子板上。

5.3.3 线缆敷设应符合下列规定:

1 电子信息系统线缆的金属线槽宜敷设在电气竖井内。电子信息系统线路宜靠近等电位连接网络的金属部件敷设,不应贴近 LPZ 的屏蔽层。

2 电子信息系统线缆与其它管线的间距应符合表 5.3.3-1 的规定。

表 5.3.3-1 电子信息系统线缆与其它管线的净距

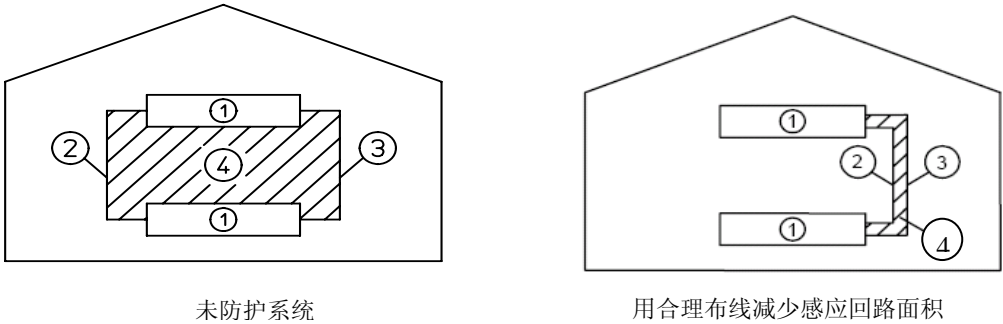
其它管线类别	电子信息系统线缆与其它管线的净距	
	最小平行净距（mm）	最小交叉净距（mm）
防雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
给水管	150	20
压缩空气管	150	20
热力管（不包封）	500	500
热力管（包封）	300	300
煤气管	300	20

注：如线缆敷设高度超过 6000mm 时，与防雷引下线的交叉净距应按下式计算：

$S \geq 0.05H$

式中：H —交叉处防雷引下线距地面的高度（mm）； S—交叉净距（mm）。

3 布置电子信息系统线缆路由走向时，应尽量减少由线缆自身形成的感应环路面积，见图 5.3.3。



注： 1. 设备； 2. a 线（例如电源线）； 3. b 线（例如信号线）； 4. 感应环路面积

图 5.3.3 合理布线减少感应回路面积

4 电子信息系统信号线缆与电力电缆的间距应符合表 5.3.3-2 的规定。

表 5.3.3-2 电子信息系统信号线缆与电力电缆的净距

类别	与电子信息系统信号线缆接近状况	最小净距 (mm)
380V 电力电缆容量 小于 2kVA	与信号线缆平行敷设	130
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	70
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	10
380V 电力电缆容量 2~5kVA	与信号线缆平行敷设	300
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	150
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	80
380V 电力电缆容量 大于 5kVA	与信号线缆平行敷设	600
	有一方在接地的金属线槽或钢管中	300
	双方都在接地的金属线槽或钢管中	150
注：1、当 380V 电力电缆的容量小于 2kVA，双方都在接地的线槽中，即两个不同线槽或在同一线槽中用金属板隔开，且平行长度小于等于 10m 时，最小间距可以是 10mm。 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。		

5 电子信息系统线缆与配电箱、变电室、电梯机房、空调机房之间最小的净距宜符合表 5.3.3-3 的规定。

表 5.3.3-3 电子信息系统线缆与电气设备之间的净距

名 称	最小净距 (m)
配 电 箱	1.00
变 电 室	2.00
电 梯 机 房	2.00
空 调 机 房	2.00

5.4 防雷与接地

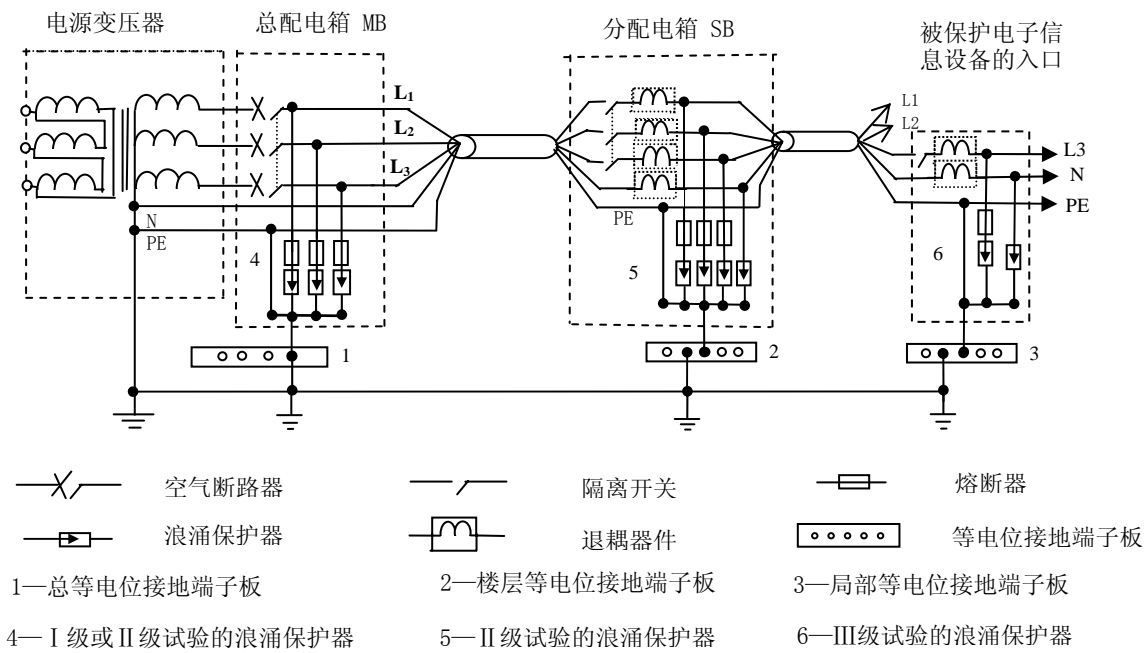
5.4.1 电源线路防雷与接地应符合下列规定：

- 1 进、出电子信息系统的电源线路不宜采用架空线路。
- 2 电子信息设备由 TN 交流配电系统供电时，从建筑物内总配电箱开始引出的配电路必须采用 TN-S 系统的接地方式。
- 3 配电线路和设备的耐冲击电压额定值 U_w 可参照表 5.4.1-1 规定选用。

表 5.4.1-1 220/380V 三相配电线路各种设备耐冲击电压额定值 U_w

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	需要保护的电子信息设备
耐冲击电压类别	IV 类	III 类	II 类	I 类
耐冲击电压额定值 U_w	6kV	4kV	2.5kV	1.5kV

4 电子信息设备配电线路浪涌保护器安装位置示意图如图 5.4.1-1。



5 进入建筑物的供电线路，在 LPZ0A 或 LPZ0B 与 LPZ1 区交界处，在线路的总配电箱 (MB) 处，应设置 I 级试验的开关型浪涌保护器或 II 级试验的限压型浪涌保护器作为第一级保护。总配电箱处的浪涌保护器的 U_p 值应小于或等于 2.5kV。架空引入的供电线路宜选择 I 级试验的 SPD；埋地引入的供电线路宜选择 II 级试验的 SPD。在靠近被保护的设

备处，LPZ1 区之后更高级别防护区的交界处，在配电线路分配电箱（SB）、电子设备机房配电箱或插座（SA）上应设置 II 级或 III 级试验的限压型浪涌保护器作为后级保护。后级保护的浪涌保护器的 U_p 值应小于被保护设备的冲击耐受电压 U_w 。使用直流电源的信息设备，视其工作电压要求，宜安装适配的直流电源线路浪涌保护器。

6 电源进线处每条线路的浪涌保护器的冲击电流 I_{imp} ，当采用非屏蔽线缆时按公式（5.4.1-1）式估算确定；当采用屏蔽线缆时按公式（5.4.1-2）式估算确定；当无法确定时应取 I_{imp} 等于或大于 12.5kA。

$$I_{imp} = \frac{0.5I}{(n_1+n_2)m} (kA) \quad (5.4.1-1)$$

$$I_{imp} = \frac{0.5IR_s}{(n_1+n_2) \cdot (mR_s + R_c)} (kA) \quad (5.4.1-2)$$

式中：

I ——雷电流，按本规范附录 D 确定（kA）；

n_1 ——埋地线路的总数目；

n_2 ——架空线路的总数目；

m ——每一线缆内导线的总数目；

R_s ——屏蔽层每千米的电阻（ Ω/km ）

R_c ——芯线每千米的电阻（ Ω/km ）。

7 浪涌保护器与电源线的连接导线应平直，其长度不宜大于 0.5m。当电压开关型浪涌保护器至限压型浪涌保护器之间的线路长度小于 10m、限压型浪涌保护器之间的线路长度小于 5m 时，在两级浪涌保护器之间应加装退耦装置。当浪涌保护器具有能量自动配合功能时，浪涌保护器之间的线路长度不受限制。浪涌保护器应有过电流保护装置和劣化显示功能。

8 用于电源线路的浪涌保护器的冲击电流 I_{imp} 或标称放电电流 I_n 的参数推荐值宜符合表 5.4.1-2 规定。

表 5. 4. 1-2 电源线路浪涌保护器的冲击电流 I_{imp} 或标称放电电流 I_n 的参数推荐值

雷电防护分级	进线入口总配电箱 MB		分配电箱 SB	需要保护的电子信息设备
	LPZ0 _A 与 LPZ1 边界	LPZ0 _B 与 LPZ1 边界	LPZ1 与 LPZ2 边界	后续防护区的边界
	10/350 μ s I 级试验 (架空线缆)	8/20 μ s II 级试验 (埋地线缆)	8/20 μ s II 级试验	1.2/50 μ s 和 8/20 μ s 复合波 III 级试验
	I_{imp} (kA)	I_n (kA)	I_n (kA)	U_{oc} (kV) / I_{sc} (kA)
A	≥ 15	≥ 80	≥ 40	20 (kV) / 10 (kA)
B	≥ 12.5	≥ 60	≥ 20	
C	≥ 10	≥ 40	≥ 10	

9 电源线路浪涌保护器在各个位置安装时，SPD 两端连接导线长度应尽量短。有效保护水平 $U_{P/f}$ （连接导线的感应电压降 ΔU 与 SPD 的 U_p 相叠加）应小于或等于设备耐冲击电压 U_w 。

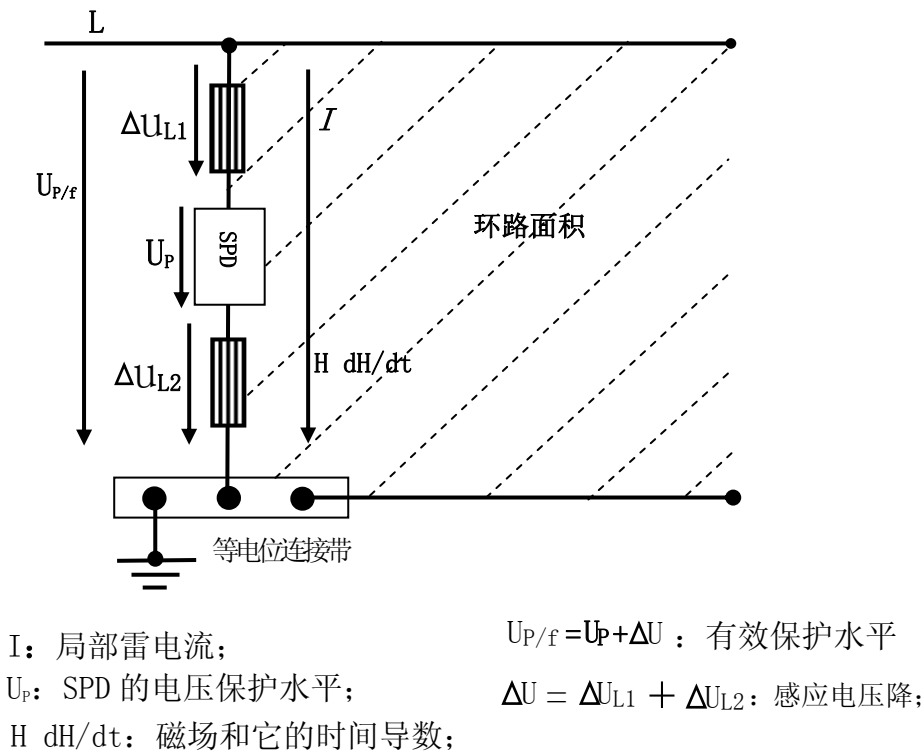


图 5. 4. 1-2 相线与等电位连接带之间的电压

10 电源线路浪涌保护器（SPD）安装位置与被保护设备间的线路太长时，应考虑振荡保护距离 L_{P0} 。若线路长度小于 10m 或有效保护水平小于 $U_w/2$ 时，可以不考虑振荡保护距离 L_{P0} 。若线路长度大于 10m 或有效保护水平大于 $U_w/2$ 时，振荡保护距离应按下式估算确定：

$$L_{po} = (U_w - U_p) / k \quad (\text{m}) \quad (5.4.1-3)$$

式中：k=25 (v/m)

11 当建筑物或建筑物附近地面遭受雷击，雷电感应比较严重时，应考虑感应保护距离 L_{pi} 。当有空间屏蔽（LPZ1 以上）或线路屏蔽（屏蔽电缆或电缆管道）措施时，可以不考虑感应保护距离 L_{pi} 。当线路长、回路面积大、线路未屏蔽时， L_{pi} 可用下列公式估算：

$$L_{pi} = (U_w - U_p) / h \quad (\text{m}) \quad (5.4.1-4)$$

式中：h = 30000 × K_{S1} × K_{S2} × K_{S3} (V/m)

K_{S1} 、 K_{S2} 、 K_{S3} 是附录 B 中给出的系数（见附录 B.6.4）：

K_{S1} ：由 LPS 或其它 LPZ 0/1 边界屏蔽措施提供的空间屏蔽效能因子；

K_{S2} ：LPZ 1/2 或更高区域边界屏蔽措施提供的空间屏蔽效能因子；

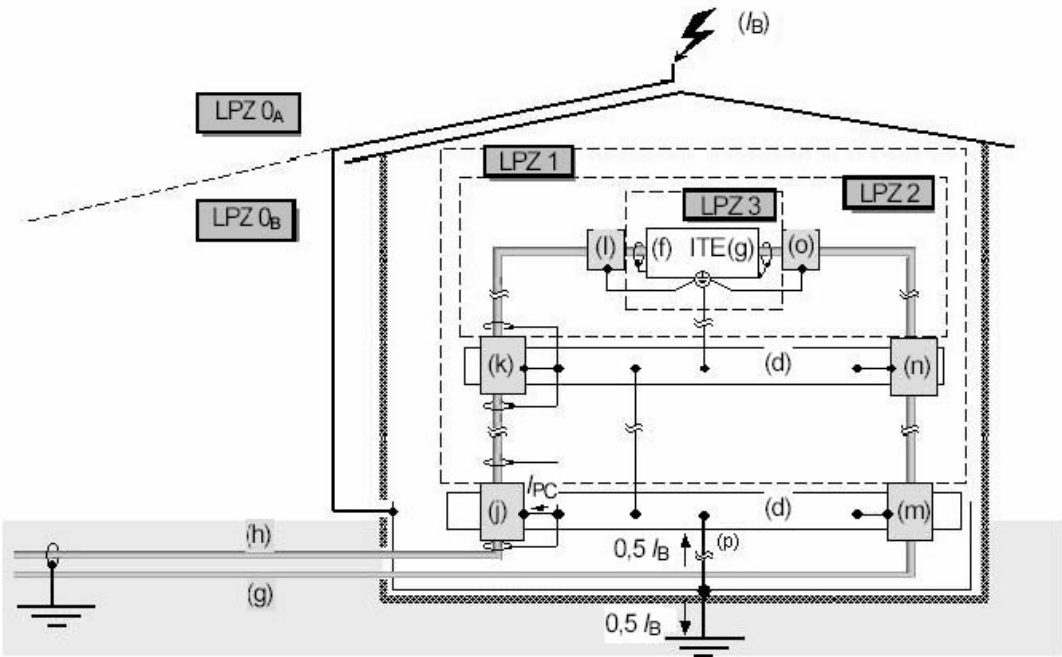
K_{S3} ：内部线路的特性因子。

12 入户处第一级电源 SPD 与被保护设备间的线路长度均小于 L_{po} 和 L_{pi} 值时，SPD 有效保护了设备，否则，应在配电线路的分配电箱 SB 处或在被保护设备处增设 SPD。当分配电箱 SB 处电源 SPD 与被保护设备间的线路长度均小于 L_{po} 和 L_{pi} 值时，SPD 有效保护了设备，否则，应在被保护设备处增设 SPD。被保护设备处增设的 SPD，其 U_p 应小于设备耐冲击电压水平，宜留有 20% 裕量。下级 SPD 应与上级 SPD 做好能量配合。

5.4.2 信号线路的防雷和接地应符合下列规定：

1 电子信息系统信号线路浪涌保护器 SPD 应根据线路的工作频率、传输速率、传输带宽、工作电压、接口形式和特性阻抗等参数选择插入损耗小，分布电容小和纵向平衡、近端串扰指标适配的浪涌保护器。 U_c 应大于线路上的最大工作电压。 U_p 应低于被保护设备的冲击耐受水平（纵向、横向）。

2 电子信息系统信号线路浪涌保护器 SPD 宜设置在雷电防护区界面处（见图 5.4.2-1）。根据雷电过电压、过电流幅值和设备端口耐冲击水平，可设单级 SPD 保护，也可设多级 SPD 保护。一般宜在建筑物入口处和设备端口处设置 SPD。SPD 应满足能量配合要求。



- 注：
- (d) 雷电防护区边界的等电位连接端子板
 - (f) 通讯/信号接口
 - (g) 电源接口
 - (h) 信号/电信线路或网络
 - I_{pc} 部分雷电流
 - I_B 直击雷电流，其在大楼各耦合支路中产生部分雷电流I_{pc}
 - (j, k, l) 符合表5. 4. 2-1要求的电信线SPD
 - (m, n, o) 符合电源SPDI、II和III级试验要求的SPD
 - (P) 接地线
 - LPZ0_A...3 雷电防护区 0_A...3

图 5. 4. 2-1 信号线路浪涌保护器的设置

3 信号线路浪涌保护器浪涌耐受能力的参数推荐值见表 5.4.2-1。

表 5.4.2-1 信号线路浪涌保护器额定值的选型推荐表

雷电保护级区		LPZ0/1	LPZ1/2	LPZ2/3
浪涌范围	10/350、10/250 μ s	0.5-2.5kA	—	—
	1.2/50、8/20 μ s	—	0.5-10kV 0.25-5kA	0.5-1kV 0.25-0.5kA
	10/700、5/300 μ s	4kV 100A	0.5-4kV 25-100A	—
SPD的要求 (表5.5.2-2)	SPD (j) *	D ₁ , D ₂ B ₂	—	与大楼外界无电阻性连接
	SPD (k) *	—	C ₂ /B ₂	—
	SPD (I) *	—	—	C ₁
* SPD(j, k, I), 见图5.4.2-1 注: LPZ2/3下标注的浪涌范围为最小的耐受要求, 可能要求设备本身具备此耐受能力。				

4 信号线路浪涌保护器的冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形应符合表 5.4.2-2 的规定。

表 5.4.2-2 信号线路浪涌保护器的冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形

类别	试验类型	开路电压	短路电流
A ₁	很慢的上升率	$\geq 1\text{kV}$ 0.1 kV/s~100kV/s	10A, 0.1A/ μ s~2 A/ μ s $\geq 1000 \mu$ s (持续时间)
A ₂	AC		
B ₁	慢上升率	1 kV, 10/1000 μ s	1 00A, 10/1000 μ s
B ₂		1 kV 或 4 kV, 10/700 μ s	25A 或 100A, 5/300 μ s
B ₃		$\geq 1 \text{ kV}$, 100V/ μ s	10A、25A 或 100A, 10/1000 μ s
C ₁	快上升率	0.5 kV 或 1 kV, 1.2/50 μ s	0.25 kV 或 0.5 kV, 8/20 μ s
C ₂		2 kV、4 kV 或 1 0kV, 1.2/50 μ s	1 kA、2 kA 或 5 kA, 8/20 μ s
C ₃		$\geq 1 \text{ kV}$, 1 kV/ μ s	10 A、25A 或 100A, 10/1000 μ s
D ₁	高能量	$\geq 1\text{kV}$	0.5 kA、1 kA 或 2.5 kA, 10/350 μ s
D ₂		$\geq 1\text{kV}$	1kA 或 2.5 kA, 10/250 μ s

5 信号线 SPD 安装时应使导线与连接头的连接线尽量短。在一条信号线路上设置多级 SPD 时, 应考虑各级 SPD 之间的配合。末级 SPD 应考虑与信息设备之间的配合。

5.4.3 天馈线路的防雷与接地应符合下列规定:

- 1 架空天线必须置于直击雷防护区 (LPZ0_B) 内。
- 2 应根据被保护设备的工作频率、平均输出功率、连接器形式及特性阻抗等参数选用插入损耗小, 电压驻波比小, 适配的天馈线路浪涌保护器。

3 天馈线路浪涌保护器，应安装在收/发通信设备的射频出、入端口处。其参数应符合表 5.4.3 规定。

4 天馈线路浪涌保护器的冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形应符合表 5.4.2-2 的规定。其 U_c 应大于线路上最大运行电压，保护水平 U_p 应低于系统设备端口耐冲击电压水平宜和被保护设备的绝缘水平。冲击电流 I_{imp} 应按表 5.4.3 要求确定。

表 5.4.3 天馈线路浪涌保护器的主要技术要求推荐表

工作频率 MHz	传输功率 W	电压驻 波比	插入损耗 dB	接口 方式	特性阻 抗 Ω	冲击电流 I_{imp} 10/350 μ s kA	保护水平 U_p
1.5~6000	≥ 1.5 倍系统 平均功率	≤ 1.3	≤ 0.3	应满足系统 接口要求	50/75	≥ 2 kA 或按用户要求 确定	\leq 设备端口耐压要求 应留有一定的裕量

5 具有多副天线的天馈传输系统，每副天线应安装适配的天馈线路浪涌保护器。当天馈传输系统采用波导管传输时，波导管的金属外壁应与天线架、波导管支撑架及天线反射器电气连通，其接地端应就近接在等电位接地端子板上并接地。

6 天馈线路浪涌保护器接地端应采用截面积不小于 6mm^2 的多股绝缘铜导线连接到 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 交界处的等电位接地端子板上。同轴电缆的上部、下部及进机房前应将金属屏蔽层就近接地。

5.4.4 有线通信线路的防雷与接地应符合下列规定：

1 有线电话通信用户交换机及其他通信设备信号线路，应根据总配线架所连接的中继线的接口形式选择适配的信号线路浪涌保护器（SPD）。

2 浪涌保护器的接地端应与配线架接地端相连，配线架的接地线应采用截面积不小于 16mm^2 的多股铜线接至等电位接地端子板上。

3 程控数字交换机及其他通信设备、机房电源配电箱等的接地应就近接至机房的局部等电位端子板上。

4 有线宽带接入点的室外铜缆宜穿钢管敷设，钢管两端应接地。

5.4.5 计算机网络系统的防雷与接地应符合下列规定：

1 进、出建筑物的传输线路上，在 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 的交界处应设置信号线路浪涌保护器。在被保护设备的端口处（LPZ2 或更高级别的防护区交界处）应设置浪涌保护器。网络交换机、HUB、光电端机的交流配电箱内，应加装 SPD。

2 入户处浪涌保护器的接地线，应就近接至等电位接地端子板；设备处浪涌保护器的接地线宜采用截面积不小于 1.5mm^2 的多股绝缘铜导线连接到机架或局部等电位接地端子板上。计算机网络的安全保护接地、信号工作地、屏蔽接地、防静电接地和浪涌保护器的

接地等均应连接到局部等电位连接网络。

5.4.6 安全防范系统的防雷与接地应符合下列规定：

1 置于户外摄像机的输出视频接口应设置视频信号线路浪涌保护器。在摄像机信号控制线接口（如 RS₄₈₅、RS₄₂₄ 等）应设置信号线路浪涌保护器。SPD 应满足设备传输率（带宽）要求，并与被保护设备接口兼容。解码箱处供电线路应设置电源线路浪涌保护器。

2 主控机、分控机的信号控制线、通信线、各监控器的报警信号线，宜在线路进出建筑物 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 交界处设置适配的线路浪涌保护器。

3 系统视频、控制信号线路及供电线路的浪涌保护器，应分别根据视频信号线路、解码控制信号线路及摄像机供电线路的性能参数来选择。

4 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，屏蔽层及钢管两端应接地。视频信号线应单端接地，钢管应两端接地。信号线与供电线路应分开敷设。

5 系统的接地宜采用共用接地系统。主机房应设置等电位连接网络，系统接地干线宜采用截面积不小于 16mm² 的多股铜芯绝缘导线。

5.4.7 火灾自动报警及消防联动控制系统的防雷与接地应符合下列规定：

1 火灾报警控制系统的报警主机、联动控制盘、火警广播、对讲通信等系统的信号传输线缆宜在线路进出建筑物 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 交界处设置适配的信号线路浪涌保护器。

2 消防控制中心与本地区或城市“119”报警指挥中心之间联网的进出线路端口应装设适配的信号线路浪涌保护器。

3 消防控制室内，应设置等电位连接网络，室内所有的机架（壳）、金属线槽、设备保护接地、安全保护接地、浪涌保护器接地端均应就近接至等电位接地端子板。

4 区域报警控制器的金属机架（壳）、金属线槽（或钢管）、电气竖井内的接地干线、接线箱的保护接地端等，应就近接至等电位接地端子板。

5 火灾自动报警及联动控制系统的接地应采用共用接地系统。接地干线应采用截面积不小于 16mm² 的铜芯绝缘线，并宜穿管敷设接至本楼层（或就近）的等电位接地端子板。

5.4.8 建筑设备监控系统的防雷与接地应符合下列规定：

1 系统的各种线路，在建筑物 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 交界处应安装适配的浪涌保护器。

2 系统中央控制室内，应设等电位连接网络。室内所有设备金属机架（壳）、金属线

槽、保护接地和浪涌保护器的接地端等均应做等电位连接并接地。

3 系统的接地应采用共用接地系统，其接地干线应采用截面不小于 16mm^2 的铜芯绝缘导线穿管敷设，并就近接至等电位接地端子板。

5.4.9 有线电视系统的防雷与接地应符合下列规定：

1 进、出有线电视系统前端机房的金属信号传输线，宜在入、出口处安装适配的浪涌保护器。

2 有线电视网络前端机房内应设置局部等电位接地端子板，并采用截面积不小于 16mm^2 的铜芯导线与楼层接地端子板相连。机房内电子设备的金属外壳、线缆金属屏蔽层、电源 SPD 的接地以及 PE 线都应接至局部等电位接地端子板上。

3 有线电视信号传输线路，宜根据其干线放大器的工作频率范围、接口形式以及是否需要供电电源等要求，选用电压驻波比和插入损耗小的适配的浪涌保护器。地处多雷区、强雷区的用户端的终端放大器应设置浪涌保护器。

4 有线电视信号传输网络的光缆、同轴电缆的承重钢绞线在建筑物入户处应进行等电位连接并接地。光缆内的金属加强芯及金属护层均应良好接地。

5.4.10 移动通信基站的防雷与接地应符合下列规定：

1 移动通信基站的雷电防护宜按附录 C 进行雷电风险评估并采取相应防护措施。

2 基站的天线必须设置于直击雷防护区（LPZ0_b）内。

3 基站天馈线应从铁塔中心部位引下，同轴电缆在其上部、下部和经走线桥架进入机房前，屏蔽层应就近接地。当铁塔高度大于或等于 60m 时，同轴电缆金属屏蔽层还应在铁塔中部增加一处接地。

4 机房天馈线入户处应设室外接地端子板，作为馈线和走线桥架入户处的接地点，室外接地端子板应直接与地网连接。馈线入户下端接地点不宜接在室内设备接地端子板上，不应接在铁塔一角上或接闪带上。

5 当采用光缆传输信号时，应符合本规范 5.3.2 条第 4 款的规定。

6 移动基站的地网应由机房地网、铁塔地网和变压器地网相互连接组成。机房地网由机房建筑基础和周围环形接地体组成，环形接地体应与机房建筑物四角主钢筋焊接连通。

5.5.11 卫星通信地球站防雷与接地应符合下列规定：

1 在卫星通信地球站的接地装置设计中，应将卫星天线基础接地体、电力变压器接地装置及站内各建筑物接地装置互相连通组成共用接地装置。

- 2 卫星地球站的供电方式应符合 5.4.1 条第二款的规定。
- 3 入户处电源线路 SPD 的选择：
 - 1) 站址处于市区的地球站：平原地区宜选择 $I_n \geq 40\text{kA}$ （II 级试验）；丘陵地区或多雷区、强雷区宜选择 $I_n \geq 60\text{kA}$ （II 级试验）；
 - 2) 站址处于郊外的地球站：宜选择 $I_n \geq 60\text{kA}$ （II 级试验）；
- 4 分配电箱处宜选择 $I_n \geq 20\text{kA}$ （II 级试验）；设备处：宜选择 $U_{oc} \leq 20\text{kV}$ ； $I_{sc} \leq 10\text{kA}$ （III 级试验）；
- 5 直流电源保护宜选择 $I_n \leq 10\text{kA}$ ；
- 6 设备通信和信号端口应设置 SPD 保护，并采用等电位连接和电磁屏蔽措施，必要时可改用光纤连接。站外引入的信号电缆屏蔽层在入户处应接地。
- 7 卫星天线的波导管应在天线架和机房入口外侧接地。
- 8 卫星天线伺服控制系统的控制线及电源线，应采用屏蔽电缆，屏蔽层应在天线处和机房入口外接地，并应设置适当的 SPD 保护。
- 9 卫星通信天线应设置防直击雷的接闪装置，使天线处于 LPZ0_B 防护区内。
- 10 卫星通信地球站的机房设置在高层建筑物内时，应按本规范 5.2.3 或 5.2.4 的要求设置接地系统，机房内的等电位连接网络应根据设备的具体情况按 5.2.1 条的规定采用 S 型或 M 型等电位连接网络。设备的箱体、壳体、机架等金属组件及配电线路的保护接地线（PE）就近与机房内设置的等电位连接网络连接。
- 11 当机房设置在低矮建筑物内时，应按本条第一款要求设置共用接地装置，并围绕机房建筑物敷设环形接地装置。环形水平接地体应在接闪装置引下线处与建筑物的基础钢筋网连接。机房内的等电位连接网络应与周边环形水平接地体至少用两根导体连接接地。
- 12 当卫星通信地球站具有双向（收/发）通信功能且天线架设在高层建筑物的屋面时，天线架应通过专引接地线（截面积大于或等于 25mm^2 铜导线）与卫星通信机房等电位接地端子板连接，不应与接闪器直接连接。

6 防雷施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 建筑物电子信息系统防雷施工，应按本规范的规定和已批准的设计施工文件进行。
- 6.1.2 建筑物电子信息系统防雷工程中采用的器材，应符合国家现行有关标准的规定，并应有合格证书。
- 6.1.3 电工、焊工、高空作业人员和电气调试人员，必须持证上岗。
- 6.1.4 测试仪表、量具，应鉴定合格，必须在有效期内使用。

6.2 接地装置

- 6.2.1 人工接地体在土壤中的埋设深度不应小于 0.5m，应埋设在冻土层以下。水平接地体应挖沟埋设，钢质垂直接地体宜直接打入地沟内，其间距不应小于其长度的 2 倍并均匀布置，铜质和石墨材料接地体宜挖坑埋设或参照生产厂家的安装要求埋设。
- 6.2.2 垂直接地体坑内、水平接地体沟内宜用低电阻率土壤回填并分层夯实。
- 6.2.3 接地装置宜采用热镀锌钢质材料。在高土壤电阻率地区，宜采用换土法、降阻剂法或其它新技术、新材料降低接地装置的接地电阻。
- 6.2.4 钢质接地体应采用焊接连接。其搭接长度应符合下列规定：
 - 1 扁钢与扁钢搭接为扁钢宽度的 2 倍，不少于三面施焊；
 - 2 圆钢与圆钢的搭接为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；
 - 3 圆钢与扁钢搭接为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；
 - 4 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，还应增加圆钢搭接帮件；
 - 5 焊接部位应除去焊渣后做防腐处理。
- 6.2.5 铜质接地装置应采用焊接或放热熔接，钢质和铜质接地装置之间连接应采用放热熔接，连接部位应做防腐处理。
- 6.2.6 接地装置连接应可靠，连接处不应松动、脱焊、接触不良。
- 6.2.7 接地装置施工完工后，测试接地电阻值必须符合设计要求，隐蔽工程部分应有检

查验收合格记录。

6.3 接地线

6.3.1 接地装置应在不同位置采用至少两根连接导体引出与室内总等电位接地端子板相连接。接地引出线与接地装置连接处应焊接或放热熔接。连接点应有防腐措施。

6.3.2 接地装置与室内总等电位接地端子板的连接导体截面积，铜质接地线不应小于 50mm^2 ，钢质接地线不应小于 160mm^2 。

6.3.3 等电位接地端子板之间应采用截面积不小于 16mm^2 的多股铜芯导线连接，等电位接地端子板与连接导线之间宜采用螺栓连接或压接。当有抗电磁干扰要求时，连接导线宜穿管敷设。

6.3.4 接地线采用栓接时，应连接可靠，连接处应有防松动和防腐蚀措施。接地线穿过有机械应力的地方时，应采取防机械损伤措施。

6.3.5 接地线与金属管道等自然接地体的连接，应采用焊接。如焊接有困难时，可采用卡箍连接，但应有良好的导电性和防腐措施。

6.4 等电位接地端子板（等电位连接带）

6.4.1 在 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 的界面处应安装等电位接地端子板，材料规格应符合设计要求，并应与接地装置连接。

6.4.2 钢筋混凝土建筑物宜在电子信息系统机房 LPZ1 与 LPZ2 界面处预埋与房屋结构内主钢筋相连的等电位接地端子板，并应符合下列规定：

1 机房采用 S 型等电位连接网络时，宜使用截面积不小于 50mm^2 的铜排作为单点连接的接地基准点（ERP）。

2 机房采用 M 型等电位连接网络时，宜使用截面积不小于 50mm^2 的铜带在防静电活动地板下构成铜带接地网络。铜带接地网络交叉点应锡焊连接。

6.4.3 砖混结构建筑物，宜在其四周埋设环形接地装置作为总等电位连接带，构成共用接地系统。

电子信息设备机房宜采用截面积不小于 50mm^2 铜带安装局部等电位连接带，并采用截面积不小于 35mm^2 的绝缘铜芯导线穿管与总等电位连接带相连。

6.4.4 等电位连接网络的连接宜采用焊接、熔接或压接。连接导体与等电位接地端子板之间应采用螺栓连接，连接处应进行热搪锡处理。

6.4.5 等电位连接导线应使用具有黄绿相间色标的铜质绝缘导线。

6.4.6 对于暗敷的等电位连接线及其连接处，应做隐蔽记录，并在竣工图上注明其实际部位走向。

6.4.7 等电位连接带表面应无毛刺、明显伤痕、残余焊渣，安装应平整端正、连接牢固，绝缘导线的绝缘层无老化龟裂现象。

6.5 浪涌保护器

6.5.1 电源线路浪涌保护器（SPD）的安装应符合下列规定：

1 电源线路的各级浪涌保护器（SPD）应分别安装在被保护设备电源线路的前端，浪涌保护器各接线端应在本级开关、保险的下桩头分别与配电箱内线路的同名端相线连接。浪涌保护器的接地端应以最短距离与所处防雷区的等电位接地端子板连接。配电箱的保护接地线（PE）应与等电位接地端子板直接连接。各级浪涌保护器（SPD）连接导线应平直，其长度不宜超过 0.5m。

2 带有接线端子的电源线路浪涌保护器应采用压接；带有接线柱的浪涌保护器宜采用线鼻子与接线柱连接。

3 浪涌保护器（SPD）的连接导线最小截面积宜符合表 6.5.1 的规定。

表 6.5.1 浪涌保护器（SPD）连接导线最小截面积

防护级别	SPD 的类型	导线截面积（mm ² ）	
		SPD 连接相线铜导线	SPD 接地端连接铜导线
第一级	开关型或限压型	10	16
第二级	限压型	6	10
第三级	限压型	4	6

注：组合型 SPD 参照相应保护级别的截面积选择。

6.5.2 天馈线路浪涌保护器（SPD）的安装应符合下列规定：

1 天馈线路浪涌保护器 SPD 应串接于天馈线与被保护设备之间，宜安装在机房内设备附近或机架上，也可以直接连接在设备馈线接口上。

2 天馈线路浪涌保护器 SPD 的接地端应采用截面积不小于 6mm² 的铜芯导线就近连接到 LPZ0_A 或 LPZ0_B 与 LPZ1 交界处的等电位接地端子板上，接地线应平直。

6.5.3 信号线路浪涌保护器（SPD）的安装应符合下列规定：

1 信号线路浪涌保护器 SPD 应连接在被保护设备的信号端口上。浪涌保护器 SPD 输出端与被保护设备的端口相连。浪涌保护器 SPD 也可以安装在机柜内，固定在设备机架上或附近支撑物上。

2 信号线路浪涌保护器 SPD 接地端宜采用截面积不小于 1.5mm^2 的铜芯导线与设备机房内局部等电位接地端子板连接，接地线应平直。

6.5.4 浪涌保护器 SPD 应安装牢固，其位置及布线正确。

6.6 线缆敷设

6.6.1 接地线在穿越墙壁、楼板和地坪处应套钢管或其他非金属的保护套管，钢管应与接地线做电气连通。

6.6.2 线槽或线架上的线缆，其绑扎间距应均匀合理，绑扎线扣应整齐，松紧适宜；绑扎线头宜隐藏而不外露。

6.6.3 接地线的敷设应平直、整齐。

6.6.4 接地线转弯时，弯曲半径应大于导线直径的 10 倍，弯角应大于 90 度。

7 施工质量验收

7.1 验收项目

7.1.1 接地装置验收项目应符合下列规定：

- 1 接地装置的结构和安装位置。
- 2 接地体的埋设间距、深度、安装方法。
- 3 接地装置的接地电阻。
- 4 接地装置的材质、连接方法、防腐处理。
- 5 随工检测及隐蔽工程记录。

7.1.2 接地线验收项目应符合下列规定：

- 1 接地装置与总等电位接地端子板连接导体规格和连接方法。
- 2 接地干线的规格、敷设方法及其与等电位接地端子板的连接方法。
- 3 接地线之间的连接方法。
- 4 接地线与接地体、金属管道之间的连接方法。

7.1.3 等电位接地端子板（等电位连接带）验收项目应符合下列规定：

- 1 等电位连接带的安装位置、材料规格和连接方法。
- 2 等电位连接网络的安装位置、材料规格和连接方法。
- 3 电子信息系统的导电物体、各种线路、金属管道以及信息设备的等电位连接。
- 4 绝缘导线和绝缘层。

7.1.4 屏蔽设施验收项目应符合下列规定：

- 1 系统机房和设备屏蔽设施的安装。
- 2 进出建筑物线缆的路由布置。
- 3 进出建筑物线缆屏蔽设施的安装。

7.1.5 浪涌保护器验收项目应符合下列规定：

- 1 浪涌保护器的安装位置、连接方法和连接导线规格。
- 2 浪涌保护器接地线的导线长度、截面积。
- 3 电源线路各级浪涌保护器的参数选择及能量配合。

7.1.6 线缆敷设验收项目应符合下列规定：

- 1 接地线的截面、敷设路由、安装方法。
- 2 电源线缆、信号线缆的敷设。

3 接地线在穿越墙体、楼板和地坪时加装的保护管。

7.2 竣工验收

7.2.1 防雷施工结束后，应由建设行政主管部门组织业主、设计、施工、工程监理等单位的代表进行验收。

7.2.2 防雷项目竣工验收时，凡经随工检测验收合格的项目，不再重复检验。如果验收组认为有必要时，可进行复检。

7.2.3 检验不合格的项目不得交付使用。

7.2.4 防雷项目竣工后，应由施工单位提出竣工验收报告，并由工程监理单位对施工安装质量作出评价。

竣工验收报告，宜包括以下内容：

- 1 项目概述；
- 2 施工安装；
- 3 防雷装置的性能；
- 4 接地装置的形式和敷设；
- 5 防雷装置的防腐蚀措施；
- 6 接地电阻以及有关参数的测试数据和测试仪器；
- 7 等电位连接带及屏蔽设施；
- 8 其他应予说明的事项；
- 9 结论和评价。

7.2.5 防雷施工项目竣工，应由施工单位提供下列技术文件和资料：

- 1 竣工图
 - 1) 防雷装置安装竣工图；
 - 2) 接地线敷设竣工图；
 - 3) 接地装置安装竣工图；
 - 4) 等电位连接带安装竣工图；
 - 5) 屏蔽设施安装竣工图。
- 2 被保护设备一览表。
- 3 变更设计的说明书或施工洽谈单。

- 4 安装技术记录（包括隐蔽工程记录）。
- 5 重要事宜记录。

8 维护与管理

8.1 维护

- 8.1.1 防雷装置的维护分为周期性维护和日常性维护两类。
- 8.1.2 周期性维护的周期为一年，每年在雷雨季节到来之前，应进行一次全面检测。
- 8.1.3 日常性维护应在每次雷击之后进行。在雷电活动强烈的地区，对防雷装置应随时进行目测检查。
- 8.1.4 检测外部防雷装置的电气连续性，若发现有脱焊、松动和锈蚀等，应进行相应的处理，特别是在断接卡或接地测试点处，应进行电气连续性测量。
- 8.1.5 检查接闪针、接闪带（网、线）、杆塔和引下线的腐蚀情况及机械损伤，包括由雷击放电所造成的损伤情况。若有损伤，应及时修复；当锈蚀部位超过截面的三分之一时，应更换。
- 8.1.6 测试接地装置的接地电阻值，若测试值大于规定值，应检查接地装置和土壤条件，找出变化原因，采取有效的整改措施。
- 8.1.7 检测内部防雷装置和设备（金属外壳、机架）等电位连接的电气连续性，若发现连接处松动或断路，应及时修复。
- 8.1.8 检查各类浪涌保护器的运行情况：有无接触不良、漏电流是否过大、发热、绝缘是否良好、积尘是否过多等。出现故障，应及时排除或更换。

8.2 管理

- 8.2.1 防雷装置，应由熟悉雷电防护技术的专职或兼职人员负责管理。
 - 8.2.2 防雷装置投入使用后，应建立管理制度。对防雷装置的设计、安装、隐蔽工程图纸资料、年检测试记录等，均应及时归档，妥善保管。
 - 8.2.3 当发生雷击事故后，应及时调查分析原因和雷害损失，提出改进防护措施。
-

附录 A 用于建筑物电子信息系统简易雷击 风险评估的 N 和 N_e 的计算方法

(规范性附录)

A.1 建筑物及入户服务设施年预计雷击次数 (N) 的计算

A.1.1 建筑物年预计雷击次数 (N_1) 可按下式确定

$$1 \quad N_1 = K \cdot N_g \cdot A_e \quad (\text{次/年}) \quad (\text{A.1})$$

式中:

K ——校正系数,在一般情况下取 1,在下列情况下取相应数值:位于旷野孤立的建筑物取 2;金属屋面的砖木结构的建筑物取 1.7;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、山谷风口等处的建筑物,以及特别潮湿地带的建筑物取 1.5。

N_g ——建筑物所处地区雷击大地的年平均密度[次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)];

$$N_g \approx 0.1 T_d \quad (\text{次}/\text{km}^2 \cdot \text{a}) \quad (\text{A.2})$$

T_d ——年平均雷暴日 (d/a)。根据当地气象台、站资料确定;

A_e ——建筑物截收相同雷击次数的等效面积 (km^2)。

2 等效面积 A_e 的计算方法

对于地面上的孤立建筑物,等效(截收)面积 A_e 是与建筑物上沿接触,按斜率为 1/3 的直线沿建筑物旋转一周在地面上划出的面积。可以通过作图法或计算法来确定 A_e 的值。如长、宽、高分别为 L 、 W 、 H 的平地上孤立长方体建筑物,其截收面积等于(见附录图 A.1):

$$A_e = LW + 6H(L+W) + 9\pi(H)^2 \quad (\text{A.3})$$

L 、 W 和 H 的单位是 m 。

如需更精确的计算结果,要考虑离建筑物四周 $3H$ 距离内的物体或土壤的相对高度等因素。

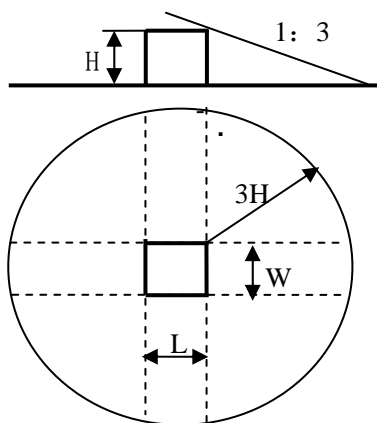


图 A.1 孤立建筑物的截收面积 A_e

A.1.2 入户设施年预计雷击次数 (N_2) 按下式确定

$$N_2 = N_g \cdot A'_e = (0.1 \cdot T_d) \cdot (A'_{e1} + A'_{e2}) \quad (\text{次/年}) \quad (\text{A.4})$$

式中：N_s—建筑物所处地区雷击大地的年平均密度；[次/(km²·a)]

T_d—年平均雷暴日 (d./a)。根据当地气象台、站资料确定；

A'_{e1}—电源线缆入户设施的截收面积 (km²)，见表 A. 1；

A'_{e2}—信号线缆入户设施的截收面积 (km²)，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'。(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：1 L 是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，单位为 m，最大值为 1000m，当 L 未知时，应采用 L=1000m。 2 d _s :表示埋地引入线缆计算截面积时的等效宽度，d _s 的单位为 m，其数值等于土壤电阻率的值，最大值取 500。	

A. 1.3 建筑物及入户设施年预计雷击次数 (N) 的计算：

$$N = N_1 + N_2 \quad (\text{次/年}) \quad (\text{A. 5})$$

A. 2 可接受的最大年平均雷击次数 N_c 的计算

因直击雷和雷电电磁脉冲引起电子信息系统设备损坏的可接受的最大年平均雷击次数 N_c按下式确定：

$$N_c = 5.8 \times 10^{-1.5} / C \quad (\text{A. 6})$$

式中：C——各类因子 $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$

C₁：为信息系统所在建筑物材料结构因子。当建筑物屋顶和主体结构均为金属材料时，C₁取 0.5；当建筑物屋顶和主体结构均为钢筋混凝土材料时，C₁取 1.0；当建筑物为砖混结构时，C₁取 1.5；当建筑物为砖木结构时 C₁取 2.0；当建筑物为木结构时，C₁取 2.5。

C₂：信息系统重要程度因子，等电位连接和接地以及屏蔽措施较完善的设备 C₂取 0.5；使用架空线缆的设备 C₂取 1.0；集成化程度较高的低电压微电流的设备 C₂取 3.0。

C₃：电子信息系统设备耐冲击类型和抗冲击过电压能力因子，一般，C₃取 0.5；较弱，C₃取 1.0；相当弱，C₃取 3.0。

注：一般指设备为 GB/T16935.1-1997 中所指的 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；较弱指设备为 GB/T16935.1-1997 中所指的 I 类安装位置的设备，但使用架空线缆，因而风险大；相当弱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或通信设备。

C_4 : 电子信息系统设备所在雷电防护区 (LPZ) 的因子, 设备在 LPZ2 或更高层雷电防护区内时, C_4 取 0.5; 设备在 LPZ1 区内时, C_4 取 1.0; 设备在 LPZ0_B 区内时, C_4 取 1.5~2.0。

C_5 : 为电子信息系统发生雷击事故的后果因子, 信息系统业务中断不会产生不良后果时, C_5 取 0.5; 信息系统业务原则上不允许中断, 但在中断后无严重后果时, C_5 取 1.0; 信息系统业务不允许中断, 中断后会产生严重后果时, C_5 取 1.5~2.0。

C_6 : 表示区域雷暴等级因子, 少雷区 C_6 取 0.8; 中雷区 C_6 取 1; 多雷区 C_6 取 1.2; 强雷区 C_6 取 1.4。



附录 B 雷击风险评估的计算方法

(规范性附录)

本附录具体计算式 $R_k = N_k \times P_k \times L_k$ (20) 中的参量 N_k 、 P_k 、 L_k 。

B.1 年平均危险事件次数 N 的计算

影响需保护对象的雷击引起的平均每年危险事件次数 N 取决于需保护对象所处区域雷暴活动的情况以及需保护对象的物理特性。 N 的计算方法为：将雷击大地密度 N_g 乘以需保护对象的等效截收面积 A ，再乘以需保护对象物理特性所对应的修正因子。

B.1.1 雷击大地密度 N_g

雷击大地密度 N_g 是每年每平方公里雷击大地的次数。这个数值可以根据地闪定位网络系统得到。如果没有 N_g 的分布图，在温带地区，可以作以下估算：

$$N_g = 0.1 \times T_d \quad (\text{B. 1})$$

这里 T_d 是年平均雷暴日，可以从雷暴日分布图上得出。

B.2 年平均雷击建筑物的次数 N_b 以及雷击连接到线路“a”端的建筑物的次数 N_{ba} 的计算。

B.2.1 截收面积 A_d 的确定

对于地面上的孤立建筑物，截收面积 A_d 是与建筑物上沿接触，按斜率为 1/3 的直线沿建筑物旋转一周在地面上划出的面积。可以通过作图法或计算法来确定 A_d 的值。如长、宽、高分别为 L 、 W 、 H 的平地上孤立长方体建筑物，其截收面积等于(见图 B. 1)：

$$A_d = LW + 6H(L+W) + 9\pi(H)^2 \quad (\text{B. 2})$$

L 、 W 和 H 的单位是 m 。

如需更精确的计算结果，要考虑离建筑物四周 $3H$ 距离内的物体或土壤的相对高度等因素。

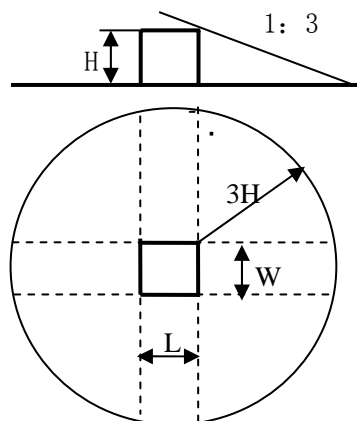


图 B.1 孤立建筑物的截收面积 A_d

当所考虑的建筑物 S 仅仅是大厦 B 的一部分时，如果满足以下条件的话，建筑物 S 的尺寸可以用于计算 A_d (见图 B. 2)：

- 建筑物 S 是大厦 B 的一个分离的竖立部分；
- 大厦 B 没有爆炸的风险；
- 建筑物 S 与大厦 B 的其它部分之间通过能够耐火 120min 的墙体 (REI 120) 或者其它等效保护措施来避免火灾的蔓延；
- 通过在共享线路 (如果有的话) 入户处安装 SPD 或其它的等效保护措施来避免过电压沿着共享线路传播。

注：REI 的定义和资料请参见《欧盟公报》，1994/28/02，n. C 62/63。
如果不能满足上述条件，应当使用整个大厦 B 的尺寸计算 A_d 。

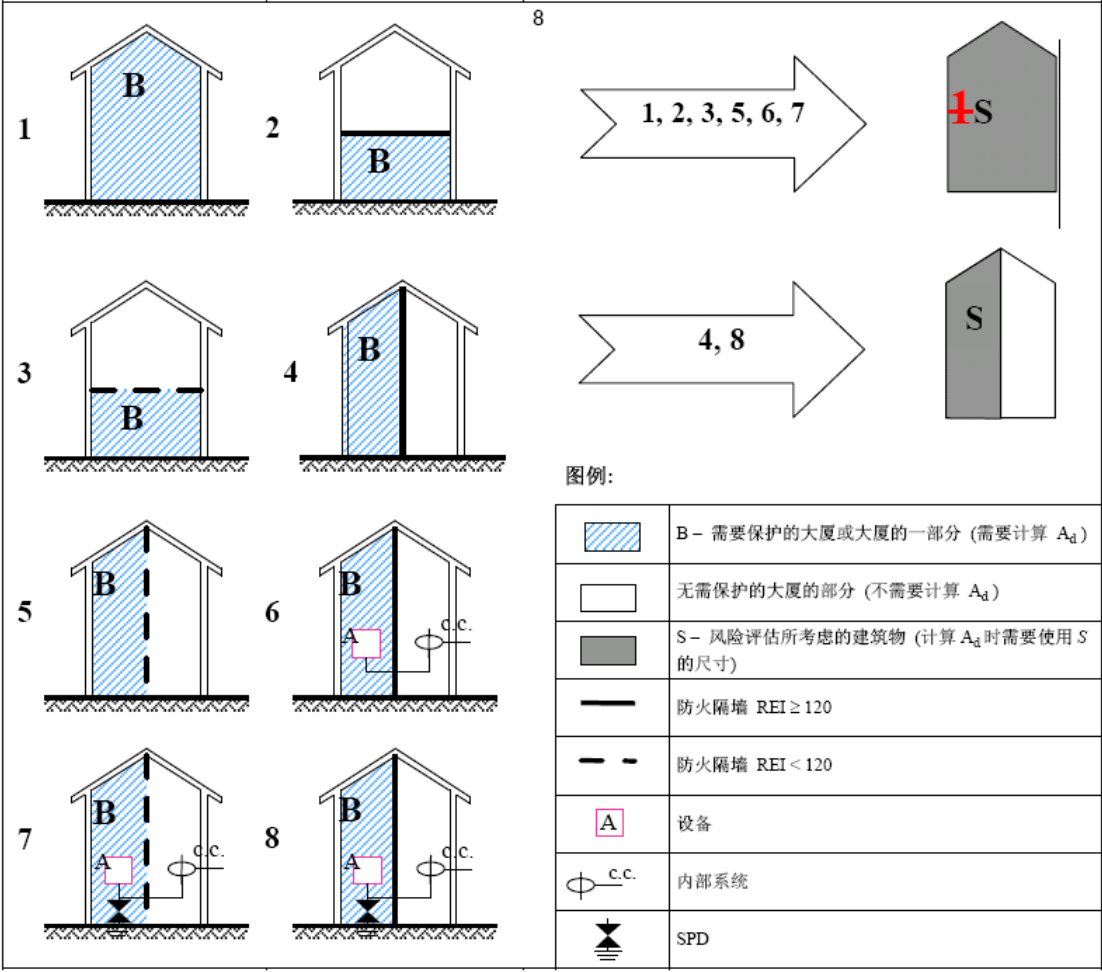


图 B. 2 - 计算截收面积 A_d 所考虑的建筑物

B. 2. 2 建筑物的位置因子

通过位置因子 C_d 考虑建筑物相对位置的影响，例如被其它对象围绕或处在暴露场所等。(见表 B. 1)。

表 B. 1 - 位置因子 C_d

相对位置	C_d
被更高的建筑物或树木所包围	0. 25
周围有相同高度的或更矮的建筑物或树木	0. 5
孤立建筑物：附近无其它的建筑物或树木	1
小山顶或山丘上的孤立的建筑物	2

B. 2. 3 建筑物(位于服务设施“b”端, 见图 B3) 的危险事件次数 N_b 的计算:

$$N_b = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6} \quad (B. 3)$$

式中:

N_g 是雷击大地密度(次/ km^2 /年);

A_d 是孤立建筑物的截收面积(m^2) (见图 B. 1);

C_d 建筑物的位置因子(见表 B. 1)。

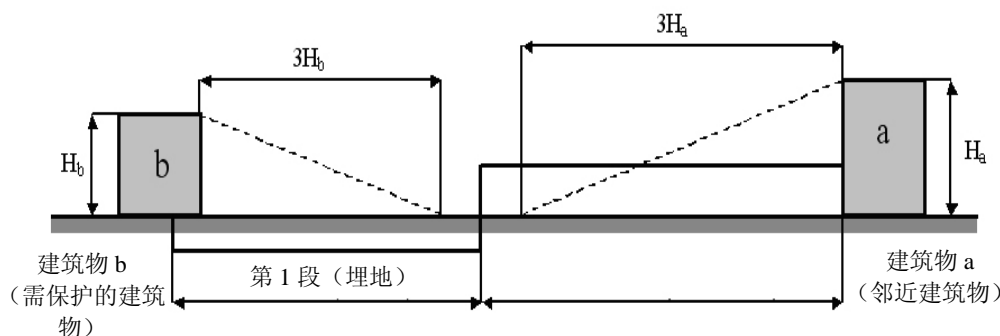


图 B3 线路两端的建筑物: “b” 端为需保护的建筑物 b, “a” 端为邻近建筑物 a

B. 2. 4 邻近建筑物(位于服务设施的“a”端)的危险事件次数 N_{Da}

雷击位于线路“a”端的建筑物(见图 B. 3)引起的年平均危险事件次数 N_{Da} 可以计算如下:

$$N_{Da} = N_g \times A_d \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \quad (B. 4)$$

式中:

N_g 是雷击大地密度(次/ km^2 /year);

A_d 是“a”端孤立建筑物的截收面积(m^2) (见图 B. 2);

C_d 是“a”端建筑物的位置因子(见表 B. 1)。

C_t 是连接到建筑物的服务设施上, 并在雷击点与建筑物之间安装有 HV/LV 变压器时的修正因子(见表 B. 4)。该因子适用于从变压器开始, 并位于建筑物上游的线路段。

B. 3 雷击建筑物附近的年平均危险事件次数 N_M 的评估

N_M 可以计算如下:

$$N_M = N_g \times (A_m - A_d C_d) \times 10^{-6} \quad (B. 5)$$

式中:

N_g 是雷击大地密度 (雷击次数/ km^2 /年);

A_m 是雷击建筑物附近的截收面积(m^2);

截收面积 A_m 延伸到距离建筑物周边 250m 远的地方。(见图 B. 5)。

如果 $N_M < 0$, 则假定 $N_M = 0$ 。

B. 4 雷击服务设施的年平均危险事件次数 N_L 的评估

对于一段服务设施, N_L 可以计算如下:

$$N_L = N_g \times A_1 \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \quad (A. 6)$$

式中:

N_g 雷击大地密度 (次/ km^2 /年);

A_1 雷击服务设施的截收面积(m^2) (见表 B. 3 和图 B. 5);

C_d 服务设施的位置因子(见表 B. 1);

C_t 当雷击点与建筑物之间有 HV/LV 变压器时的修正因子(见表 B. 4)。该因子适用于相对于建筑物变

压器的上游段。

表 B. 3 一取决于服务设施特性的截收面积 A_1 和 A_i

	架空	埋地
A_1	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \cdot 6H_c$	$(L_c - 3(H_a + H_b)) \cdot \sqrt{\rho}$
A_i	$1000L_c$	$25L_c \cdot \sqrt{\rho}$

式中：

A_1 是雷击服务设施的截收面积 (m^2)；

A_i 是雷击服务设施附近大地的截收面积 (m^2)；

H_c 是服务设施导线的离地高度 (m)；

L_c 是从建筑物到第一个节点之间的服务设施线路段长度 (m)，最大值应取为 1000 m；

H_a 是连接到服务设施“a”端的建筑物的高度 (m)；

H_b 是连接服务设施“b”端的建筑物高度 (m)；

ρ 是线路埋设处的土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)，最大值应取为 $500 \Omega \cdot m$ 。

计算时：

——当不知道 L_c 的值时，假定 $L_c = 1000$ m；

——当不知道土壤电阻率的值时，假定 $\rho = 500 \Omega \cdot m$ ；

——对于全部穿行在高密度网格形接地装置中的埋地电缆，假定等效截收面积

$$A_i = A_1 = 0;$$

——需保护的建筑物应当假定为连接到服务设施的“b”端。

注：关于截收面积 A_1 和 A_i 的更多资料可以参阅 ITU K. 46 以及 K. 47 建议。

表 B. 4 - 变压器因子 C_t

变压器	C_c
服务设施带有双绕组变压器	0.2
仅有服务设施	1

B. 5 雷击服务设施附近的年平均危险事件次数 N_i 的计算

对于只有一段线路 (架空, 埋地, 屏蔽, 非屏蔽等) 的服务设施, N_i 的值可以计算为

$$N_i = N_g \times A_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6} \quad (A. 8)$$

式中：

N_g 是大地雷击密度 (次/ km^2 /year)；

A_i 是雷击服务设施附近大地的截收面积 (m^2) (见表 B. 3 和图 B. 5)；

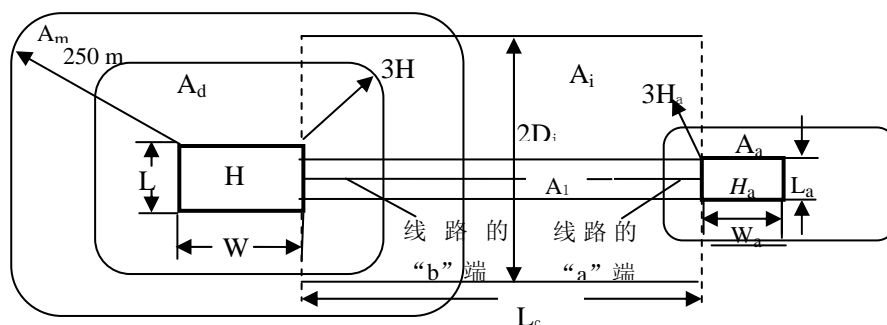
C_e 是环境因子 (见表 B. 5)；

C_t 当雷击点与建筑物之间有 HV/LV 变压器时的修正因子 (见表 B. 4)。这个因子适用于从变压器开始的建筑物上游的线路段。

表 B.5 - 环境因子 C_e

环境	C_e
有高层建筑的市区 ¹⁾	0
市区 ²⁾	0, 1
郊区 ³⁾	0, 5
农村	1
¹⁾ 建筑物的高度大于 20m。 ²⁾ 建筑物的高度在 20m 和 10m 之间。 ³⁾ 建筑物的高度小于 10m。	

注：服务设施的截收面积 A_i 由其长度 L_c 和横向距离 D_i 来确定 (见图 B.5)，雷击该横向距离 D_i 之间范围内时会产生不小于 1.5KV 的感应过电压。



B.5—截收面积 (A_d 、 A_m 、 A_i 、 A_l)

B.6 建筑物损害概率 P_X 的计算

只有当保护措施符合 IEC 62305-3 和 IEC 62305-4 标准的要求，这里给出的概率值才是有效的：如果能够证明是合理的，也可以选择其它值。

如果保护措施或特性对于整个建筑物或需保护的建筑物区域 (Z_S) 以及所有相关设备都是有效的，概率 P_X 只能取小于 1 的值。

B.6.1 雷击建筑物导致人和动物伤害的概率 P_A

表 B.6.1 中给出了雷击建筑物导致人员因接触和跨步电压触电的概率值 P_A 。

表 B.6.1 雷击产生的接触和跨步电压导致人和动物触电的概率 P_A

保护措施	P_A
无保护措施	1
外露引下线作电气绝缘 (例如，至少用 3mm 厚的交链聚乙烯绝缘)	10^{-2}
有效的地面等电位连接	10^{-2}
警示牌	10^{-1}

如果采取了一项以上的措施， P_A 的值是各个相应 P_A 值的乘积。

注：更多的资料请参见 IEC 62305-3 的 8.1 和 8.2。

注：当利用了建筑物的钢筋构件或框架作为引下线时，或者安装了遮拦物时，概率 P_A 的数值可以忽略不计。

B.6.2 雷击建筑物导致物理损害的概率 P_B

雷击建筑物导致物理损害的概率 P_B 的数值与防雷级别 (LPL) 的对应关系在表 B.6.2 中出。

表 B. 6. 2 - 取决于减少物理损害的保护措施的 R_b 的数值

建筑物特性	LPS 的级别	R_b
没有 LPS 保护的建筑物	—	1
受到 LPS 保护的建筑物	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05
	I	0.02
建筑物安有符合 LPS I 要求的接闪器以及用连续金属框架或钢筋混凝土框架作为自然引下线		0.01
建筑物有金属屋顶或安有接闪器（可能包含自然部件的接闪器）使屋顶所有的装置都有着完善的直击雷防护和有连续的金属框架或钢筋混凝土框架作为自然引下线		0.001

注：在详细调查的基础上，并考虑了 IEC 62305-1 中规定的尺寸要求以及拦截标准， R_b 也可以取表 B. 2 以外的值。

B. 6. 3 雷击建筑物导致内部系统失效的概率 R_c

雷击建筑物导致内部系统失效的概率 R_c 取决于所采用的匹配的 SPD 保护：

$$R_c = P_{SPD} \quad (B. 1)$$

表 B. 3 给出了各个雷电防护等级对应的 P_{SPD} 值，SPD 系统是按照防雷等级设计。

表 B. 6. 3 各 LPL 对应的概率 P_{SPD} 的数值，SPD 系统按照 LPL 设计

LPL	P_{SPD}
未采取匹配的 SPD 保护	1
III-IV	0.03
II	0.02
I	0.01
注 3	0.005—0.001

注 1：只有配合好的 SPD 系统才适合作为减少 R_c 的保护措施。只有受 LPS 保护或有连续金属框架或钢筋混凝土框架作为自然 LPS 的，并且满足 IEC 62305-3 对于等电位连接和接地要求的建筑物内，已配合好的 SPD 系统才能使 R_c 有效地减少。

注 2：连接到由防雷电缆或布设在防雷管道、金属管道中的电缆组成的外来线路的已屏蔽的内部系统，可以不需要配合的 SPD 保护。

注 3：当在相应位置上安装的 SPD 的保护特性比 LPL I 的要求更高时（更高的电流耐受能力，更低的电压保护水平等）， P_{SPD} 的值可能会更小。

B. 6. 4 雷击建筑物附近导致内部系统失效的概率 R_M

雷击建筑物附近引起内部系统失效，其概率 R_M 随因子 K_{MS} 而与所采用的防雷措施（LPM）有关。

如果没有提供符合 IEC62305-4 要求的已配合的 SPD 保护时， R_M 值等于 P_{MS} 值。

表 B. 6. 4-1 中给出了概率 R_{MS} 与因子 K_{MS} 的关系， K_{MS} 是考虑了所采用的保护措施的因素。

如果提供了符合 IEC62305-4 要求的配合的 SPD， R_M 的值应当是 P_{SPD} 和 P_{MS} 两值中的较小者。

表 B. 6. 4-1 概率 P_{MS} 与因子 K_{MS} 的关系

K_{MS}	P_{MS}
≥ 0.4	1
0.15	0.9
0.07	0.5
0.035	0.1
0.021	0.01
0.016	0.005
0.015	0.003
0.014	0.001
≤ 0.013	0.0001

对于设备不符合相关产品标准对电压耐受水平要求的内部系统，应当假定 $P_{MS}=1$ 。

因子 K_{MS} 的值计算如下：

$$K_{MS}=K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4} \quad (B. 2)$$

式中；

K_{S1} 是考虑了在 LPZ0/1 的交界处建筑物、LPS 和其它屏蔽物的屏蔽效能的因子；

K_{S2} 是考虑在建筑物内部 LPZ X/Y ($X>0, Y>1$) 交界处的屏蔽物的屏蔽效能的因子；

K_{S3} 是考虑了内部布线的特性的因子(表 B. 5)；

K_{S4} 是考虑了受保护系统的冲击耐受电压的因子。

在 LPZ 内部，当与屏蔽物边界之间的距离不小于网格宽度 w 时，LPS 或空间格栅形屏蔽体的因子 K_{S1} 和 K_{S2} 可以计算如下：

$$K_{S1}=K_{S2}=0.12w \quad (B. 3)$$

式中， w (m) 是格栅形空间屏蔽或者网格状 LPS 引下线系统的网格宽度，或是作为自然 LPS 的建筑物金属柱子的间距或钢筋混凝土框架的间距。

对于完全连续的金属护套的屏蔽，当屏蔽体厚度 s 在 0.1mm 到 0.5 mm 之间时，应有：

$$K_{S1}=K_{S2}=10^{-4}—10^{-5}$$

注 1：如果提供了符合 IEC 62305-4 要求的网格形等电位连接网络时， K_{S1} 和 K_{S2} 的值可以缩小一半。

如果感应环路靠近 LPZ 边界屏蔽体，并离屏蔽体距离小于安全距离处布设， K_{S1} 和 K_{S2} 的值会更高。例如，当与屏蔽体之间的距离在 0.1 w 到 0.2 w 的范围内时， K_{S1} 和 K_{S2} 的值要增加一倍。

对于逐级相套的 LPZ，最后一级 LPZ 的 K_{S2} 是各级 LPZ 的 K_{S2} 的乘积。

注 2： K_{S1} 、 K_{S2} 的最大值不超过 1。

表 B. 6. 4-2 因子 K_{S3} 的值与内部布线的关系

内部布线的类型	K_{S3}
非屏蔽电缆 - 布线时未避免构成环路 ¹⁾	1
非屏蔽电缆 - 布线时避免形成大的回路 ²⁾	0. 2
非屏蔽电缆 - 布线时避免形成回路 ³⁾	0. 02
屏蔽电缆, 屏蔽层单位长度的电阻 ⁴⁾ $5 < R_s \leq 20 \Omega / \text{km}$	0. 001
屏蔽电缆, 屏蔽层单位长度的电阻 ⁴⁾ $1 < R_s \leq 5 \Omega / \text{km}$	0. 0002
屏蔽电缆, 屏蔽层单位长度的电阻 ⁴⁾ $R_s \leq 1 \Omega / \text{km}$	0. 0001
¹⁾ 大厦中不同布线形成的环路 (环路面积大约为 50m^2)。 ²⁾ 导线布设在同一电缆导管中或导线在较小建筑物中分开布设 (环路面积大约为 10m^2)。 ³⁾ 导线布设在同一电缆形成的环路中 (环路面积大约为 0.5m^2 左右)。 ⁴⁾ 屏蔽层单位长度的电阻为 R_s (Ω / km), 其两端连到等电位母排的电缆, 设备也连在同一等电位母排上	

对于布设在两端都连接到等电位连接排的连续金属导管中的电线, K_{S3} 的值应当乘以 0. 1。

因子 K_{S4} 应当计算如下:

$$K_{S4} = 1.5 / U_w \quad (\text{B. 4})$$

式中:

U_w 是受保护系统的额定冲击耐受电压, 单位是 kV。

如果在内部系统中, 存在不同冲击耐受电压的设备, 因子 K_{S4} 应取为最低的冲击耐受电压计算。

B. 6. 5 雷击服务设施导致人和动物伤害的概率 P_L

雷击入户服务设施导致人和动物因接触电压受到伤害的概率取决于服务设施屏蔽物的特性、连接到服务设施的内部系统的冲击耐受电压、典型的保护措施 (如人员活动范围限制警示牌等 (见表 B. 6. 1)) 以及及服务设施入户处所安装的 SPD。

当没有按照 IEC62305-3 的要求为了进行等电位连接而安装 SPD 时, P_L 的值等于 P_{L0} 的值, 这里 P_{L0} 是雷击相连服务设施导致内部系统失效的概率。表 B. 6. 5 中给出了 P_{L0} 的值。

当按照 IEC 62305-3 的要求为了进行等电位连接而安装 SPD 时, P_L 的值取 P_{SPD} (表 B. 6. 3) 与 P_{L0} 的较小值。

注: 为了减小 P_L , 按照 IEC 62305-4 要求配合的 SPD 保护是不必要的。这种情况下, 按照 IEC 62305-3 要求安装 SPD 就足够了。

表 B. 6. 5 概率 P_{L0} 与电缆屏蔽层电阻 R_s 以及设备冲击耐受电压 U_w 的关系

U_s kV	$5 < R_s \leq 20$ (Ω / km)	$1 < R_s \leq 5$ (Ω / km)	$R_s \leq 1$ (Ω / km)
1. 5	1	0. 8	0. 4
2. 5	0. 95	0. 6	0. 2
4	0. 9	0. 3	0. 04
6	0. 8	0. 1	0. 02
R_s (Ω / km): 电缆屏蔽层单位长度的电阻。			

对于非屏蔽的服务设施, 应当取 $P_{L0}=1$ 。

当采取了遮拦物、警示牌等保护措施时, 概率 P_L 的值与表 B. 6. 1 中给出的概率 P_A 的值相乘将进一步减少。

B. 6. 6 雷击服务设施导致物理损害的概率 P_V

雷击入户服务设施导致物理损害的概率的值取决于服务设施屏蔽体的特性、连接到服务设施的内部

系统的冲击耐受电压以及所安装的 SPD。

当没有按照 IEC62305-3 的要求用 SPD 进行等电位连接时, R 的值等于 R_D 的值, 这里 R_D 是雷击相连服务设施导致内部系统失效的概率。

表 B. 6. 3 给出了 R_D 的值。

当按照 IEC62305-3 的要求用 SPD 进行等电位连接时, R 的值取 R_{SPD} (表 B. 6. 3) 和 R_D 值的较小者。

注: 为了减小 R , 按照 IEC62305-4 要求安装配合好的 SPD 保护是不必要的。在这种情况下, 按照 IEC62305-3 要求安装 SPD 就足够了。

B. 6. 7 雷击服务设施导致内部系统失效的概率 R_W

雷击服务设施导致内部系统失效的概率 R_W 的数值取决于服务设施屏蔽的特性、连接到服务设施的内部系统的冲击耐受电压以及所安装的 SPD。

如果没有安装符合 IEC62305-4 要求的已配合好的 SPD, R_W 的值等于 R_D 的值, R_D 是雷击相连的服务设施导致内部系统失效的概率。

表 B. 6. 5 给出了 R_D 的数值。

当安装了符合 IEC 62305-4 要求的已配合好的 SPD 时, R_W 的值取 R_{SPD} (表 B. 6. 3) 和 R_D 两值的较小者。

B. 6. 8 雷击入户服务设施附近导致内部系失效的概率 P_z

雷击入户服务设施附近导致内部系统失效的概率取决于服务设施屏蔽层的特性、连接到服务设施的内部系统的冲击耐受电压以及所采取的保护设施。

当没有安装符合 IEC62305-4 要求的已配合好的 SPD 时, P_z 的值等于 P_{L1} 的值, 此处 P_{L1} 是雷击相连的服务设施导致内部系统失效的概率。

表 B. 6. 8 给出了 P_{L1} 的数值。

当安装了符合 IEC 62305-4 要求的已配合好的 SPD 时, P_z 的值取 P_{SPD} (表 B. 6. 3) 和 P_{L1} 两值的较小者。

表 B. 6. 8 概率 P_{L1} 与电缆屏蔽层电阻 R_s 以及设备冲击耐受电压 U_w 的关系

U_w (kV)	无屏蔽	屏蔽层没有连接到与设备相连的同一等电位连接排上	屏蔽层连接到与设备相连的同一等电位连接排上		
			$5 < R_s \leq 20$ (Ω / km)	$1 < R_s \leq 5$ (Ω / km)	$R_s \leq 1$ (Ω / km)
1.5	1	0.5	0.15	0.04	0.02
2.5	0.4	0.2	0.06	0.02	0.008
4	0.2	0.1	0.03	0.008	0.004
6	0.1	0.05	0.02	0.004	0.002
R_s : 电缆屏蔽层单位长度的电阻 (Ω / km) 注: 在 ITUK. 46 建议中可以找到屏蔽和非屏蔽导线段 K_s 的更精确的计算方法。					

B6. 9 建筑物损失量 L_x 的计算

损失量 L_x 的数值应当由防雷设计人员 (或业主) 进行计算和确定。本附录中给出的数值仅仅是 IEC 建议采用的数值。各国家委员会可以指定不同的值。

注: 建议采用本附录提出的公式作为计算 L 的主要方法。

B6. 9. 1 年均损失相对量

损失 L_x 指雷击可能引起的某一特定损害类型的平均损失相对量, 考虑了损害的程度及其后果。其数值取决于:

- 人员的数量以及人员在危险场所逗留的时间;
- 公众服务的类型及其重要性;
- 损害所影响的货物的价值。

损失 L_x 随着所考虑的损失类型 (L_1 , L_2 , L_3 和 L_4) 而变化, 对于每一种损失类型, 还随着导致该损

失的损害类型 (D_1 , D_2 和 D_3) 而变化。本附录采用以下符号:

L_t 接触和跨步电压导致伤害的损失;

L_f 物理损害导致的损失;

L_o 内部系统失效导致的损失。

B6.9.2 人员生命损失

可以按照以下近似关系式, 用受害者的相对量来确定 L_t , L_f 和 L_o 的数值:

$$L_x = (n_p/n_t) \times (t_p/8760) \quad (B.5)$$

式中:

n_p 是可能受到危害的人员数量(受害者);

n_t 是预期的总人数(建筑物内);

t_p 是以小时计算的人员每年处于危险场所的时间, 危险场所包括建筑物外(只有损失 L_t) 和建筑物内(L_t , L_f 和 L_o 都存在)。

当无法或很难确定 n_p , n_t 和 t_p 时, 表 B6.9-1 中给出了 L_t , L_f 和 L_o 的典型平均值。

表 B6.9-1 L_t , L_f 和 L_o 的典型平均值

建筑物的类型	L_t
所有类型 - (人员处于建筑物内)	10^{-4}
所有类型 - (人员处于建筑物外)	10^{-2}

建筑物的类型	L_f
医院、旅馆, 民用建筑	10^{-1}
工业建筑、商业建筑、学校	5×10^{-2}
公共娱乐场所、教堂、博物馆	2×10^{-2}
其它	10^{-2}

建筑物的类型	L_o
有爆炸危险的建筑物	10^{-1}
医院	10^{-3}

人员生命损失受建筑物特性的影响, 通过引入增长因子(h)和缩减因子(R_f 、 R_p 、 R_a 、 R)对建筑物特性加以考虑:

$$L_A = R_a \times L_t \quad (B.6)$$

$$L_U = R_U \times L_t \quad (B.7)$$

$$L_B = L_f = R_p \times h \times R_f \times L_f \quad (B.8)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (B.9)$$

式中:

R_a 是减少人员生命损失的因子, 该损失取决于土壤类型(见表 B6.9-2);

R_U 是取决于地板类型的减少人员生命损失的因子(见表 B6.9-2);

R_p 是减少物理损害导致的损失的因子, 该损失取决于所采取的减小火灾后果的措施(见 B6.9-3);

R_f 是减小物理损害导致的损失的因子, 该损失取决于建筑物的火灾危险(见 B6.9-4);

h 是在具有特殊伤害的时候由于物理损害导致的损失的增加因子(见表 B6.9-5)。

表 B6.9-2 缩减因子 r_a 和 r_u 的数值与土壤或地板表面的关系

地表土壤类型	接触电阻 (K ω) ¹⁾	r_a 和 r_u
农地, 混凝土	≤ 1	10^{-2}
大理石, 陶瓷	1—10	10^{-3}
沙砾、厚毛毯、一般地毯	10—100	10^{-4}
沥青、油毯、木头	≥ 100	10^{-5}
1) 用 400cm ² 电极在加 500N 压力与无穷远点之间测量到的数值		

表 B6. 9-3 缩减因子 r 的数值与减小火灾后果所采取的措施的关系

措施	r_p
无措施	1
以下措施之一：灭火器、固定的人工灭火装置，人工报警消防装置，人工灭火装置，防火隔间，有保护的逃生通道	0.5
以下措施之一：固定的自动灭火装置，自动报警装置 ¹⁾	0.2
1) 仅当具有过电压和其他损害的防护并且消防员能在 10 分钟之内赶到时。	

如果采取了一项以上措施， R_p 的数值应当取各相应数值中的最小值。

在具有爆炸危险的建筑物内部，任何情况下， $R_p=1$ 。

表 B6. 9-4 缩减因子 R_f 的数值与建筑物火灾危险的关系

火灾危险	R_f
爆炸	1
高	10^{-1}
一般	10^{-2}
低	10^{-3}
无	0

注 1: 当建筑物具有爆炸危险以及建筑物内存储有爆炸性混合物时，可能需要更精确地计 R_f 。

注 2: 由易燃材料建造的建筑物或者屋顶由易燃材料建造的建筑物或者单位面积燃料荷载大于 800 MJ/m² 的建筑物可以看作具有高有火灾风险的建筑物。

注 3: 单位面积燃料荷载在 400 MJ/m² 到 800 MJ/m² 的之间的建筑物应当看作具有一般火灾风险的建筑物。

注 4: 单位面积燃料荷载小于 400 MJ/m² 的建筑物或者只是偶尔存储有易燃性物质的建筑物应当看作具有低火灾风险的建筑物。

注 5: 单位面积燃料荷载是建筑物内全部易燃物质的能量与建筑物总的表面积之比。

表 B6. 9-5 在具有特殊伤害时, 损失相对量的增加因子 h 的数值

特殊伤害的种类	h
无特殊伤害	1
低度惊慌 (例如, 建筑物不高于两层, 人员数量不大于 100)	2
一般程度的惊慌 (例如, 为了文化或体育活动而设计的建筑物, 同时, 参加人员的数量在 100 到 1000 之间)	5
疏散困难 (例如, 具有移动不便的人员的建筑物, 医院)	5
高度惊慌 (例如, 为了文化或体育活动而设计的建筑物, 同时, 参加人员的数量大于 1000)	10
对周围或环境造成危害	20
对四周环境造成污染	50

B6. 9. 3 不可接受的公众服务中断

L_f 和 L_o 的数值可以从下列近似关系式得到的可能损失的相对量来确定:

$$L_x = (n_p/n_t) \times (t/8760) \quad (\text{B. 10})$$

式中:

n_p 是可能遭受危害的人员的平均数量 (失去服务的用户);

n_t 总人数 (原接受服务的用户);

t 是用小时表示的年平均服务中断时间。

当无法或很难确定 n_p , n_t 和 t 时, 表 B6. 9-6 中给出了 L_f 和 L_o 的典型平均值。

表 B6. 9-6 L_f 和 L_o 的典型平均值

服务类型	L_f	L_o
煤气, 水	10^{-1}	10^{-2}
电视, 通信线, 供电	10^{-2}	10^{-3}

公众服务中断受到建筑物的特性以及以下若干缩减因子的影响:

$$L_B = L_V = R_p \times R_f \times L_f \quad (\text{B. 12})$$

$$L_C = L_M = L_N = L_Z = L_o \quad (\text{B. 13})$$

表 C. 3 和 C. 4 中分别给出因子 R_p 和 R_f 的数值。

B6. 9. 4 无法替代的文化遗产损失

L_f 的数值可以从下列近似关系式得到的可能损失的相对量来确定:

$$L_x = c/c_t \quad (\text{B. 14})$$

式中:

c 是用货币表示的建筑物可能损失的平均值 (例如货物可能损失的可保价值);

c_t 是用货币表示的建筑物总价值 (例如, 建筑物内全部现有货物的总可保价值)

当无法或很难确定博物馆或展览厅的 n 、 n_t 和 t 时, L_f 的典型平均值取为:

$$L_f = 10^{-1}$$

无法替代的文化遗产损失通过缩减因子 (R_p) 受到建筑物特性的影响:

$$L_B = L_V = R_p \times R_f \times L_f \quad (\text{B. 15})$$

表 C. 3 和 C. 4 中分别给出因子 R_f 和 R_p 的数值。

B6. 9. 5 经济损失

可以按照下列近似关系式, 用可能损失的相对量来确定 L_t 、 L_f 和 L_o 的数值:

$$L_x = c/c_t \quad (\text{B. 16})$$

式中:

c 用货币表示的建筑物可能损失的平均数值（包括其存储物的损失、相应活动的中断及其间接后果）；

c_t 是用货币表示的建筑物的总价值（包括其存储物以及有关活动的价值）。

当无法或很难确定 n 、 n_t 和 t 时，表 B6.9-7 中给出了所有类型建筑物的 L_t 、 L_f 和 L_o 应取的典型平均值。

表 B6.9-7 L_t 、 L_f 和 L_o 的典型平均值

建筑物的类型	L_t
所有类型 - 建筑物内部	10^{-4}
所有类型 - 建筑物外部	10^{-2}
建筑物的类型	L_f
医院、工业、博物馆、农业建筑	0.5
旅馆、学校、办公楼、教堂、公众娱乐场所、经济型大楼	0.2
其它	0.1
建筑物类型	L_o
有爆炸风险的建筑	10^{-1}
医院, 工业, 办公楼, 旅馆, 经济型大楼	10^{-2}
博物馆, 农业建筑, 学校, 教堂, 公众娱乐场所	10^{-3}
其它	10^{-4}

经济的损失通过以下增长因子 (h_z) 和缩减因子 (R_p 、 R_a 、 R_f 、 R_u) 受到建筑物特性的影响：

$$L_A = R_a \times L_t \quad (\text{B. 17})$$

$$L_U = R_u \times L_t \quad (\text{B. 18})$$

$$L_B = L_V = R_p \times R_f \times h_z \times L_f \quad (\text{B. 19})$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (\text{B. 20})$$

因子 R_a 和 R_u 的数值在表 B6.9-2 中给出；因子 R_p 的数值在表 B6.9-3 中给出；因子 R_f 的数值在表 B6.9-4 中给出；因子 h_z 在表 B6.9-5 中给出。

B6.10 服务设施损害概率 P_x' 的评估

这里给出的概率值是经 IEC 协商过的数值。如果有充分根据，也可以选择其它的数值。

如果保护措施符合相关标准的要求，这里给出的概率值是有效的。

B6.10.1 金属导体线路

1 雷击与线路相连的建筑物造成损害的概率 P'_B 和 P'_C

雷击与线路相连的建筑物造成物理损害的概率 P'_B 和造成相连设备失效的概率 P'_C 与失效电流 I_a 有关，失效电流 I_a 又与线路的特性、入户服务设施的数量以及所采取的保护措施关。

对非屏蔽的线路，应假定 $I_a=0$ 。

对屏蔽线路，失效电流 I_a (kA) 应当按照下式计算：

$$I = 25 \times n \times U_w \times / (R_s \times K_d \times K_p) \quad (\text{B. 21})$$

式中：

K_d 是和线路特性有关的因子 (见表 B6.10-1)；

K_p 是考虑了所采取保护措施的效应的因子 (见表 B6.10-2)；

U_w 是冲击耐受电压 (kV) (电缆请参见表 B6.10-3，设备请参见表 B6.10-4)；

R_s 是电缆屏蔽层的电阻 (Ω/km)；

n 是入户服务设施的数量。

注 1：在入户处安装 SPD 提高失效电流 I_a ，起到确实的保护作用。

注 2：ITU k.47 建议给出与通讯线路有关的详细资料。

表 B6. 10-1 因子 K_d 的数值与屏蔽电缆特性的关系

线路	K_d
与土壤有接触, 有屏蔽层	1
与土壤无接触处有屏蔽层	0.4

表 B6. 10-2 因子 K_p 的数值与保护措施的关系

保护措施	K_p
无保护措施	1
附加的屏蔽线 - 单根导线 ¹⁾	0.6
附加的屏蔽线 - 两根导线 ¹⁾	0.4
防雷电缆导管	0.1
防雷电缆	0.02
附加的屏蔽线 - 钢管	0.01
¹⁾ 单根屏蔽线安装在电缆正上方大约 30 cm 处; 两根屏蔽线则对称地布置在电缆轴线上方大约 30 cm 处	

表 B6. 10-3 冲击耐受电压 U_w 与电缆类型的关系

电缆的类型	U_n (kV)	U_w (kV)
TLC-纸绝缘	—	1.5
TLC-PVC, 聚乙烯绝缘, PE 线绝缘	—	5
电力	≤ 1	15
电力	3	45
电力	6	60
电力	10	75
电力	15	95
电力	20	125

表 B6. 10-4 - 冲击耐受电压 U_w 与设备类型的关系

设备的类型	U_w kV
电子	1, 5
电气设备 ($U_n < 1\text{kV}$)	2, 5
电子网络设备 ($U_n < 1\text{kV}$)	6

P'_B 和 P'_C 的值与失效电流 I_a 的关系见表 B6. 10-5。

如果安装了符合相关标准要求的 SPD, P'_B 和 P'_C 的值为 P_{SPD} (表 B. 6. 3) 的数值。

表 B6. 10-5 作为失效电流 I_a 的函数的概率 P'_B 、 P'_C 、 P'_V 和 P'_W 的数值

I_a kA	P'_B 、 P'_C 、 P'_V 、 P'_W
0	1
3	0.99
5	0.95
10	0.9
20	0.8
30	0.6
40	0.4
50	0.3
60	0.2
80	0.1
100	0.05
150	0.02
200	0.01
300	0.005
400	0.002
600	0.001

B6. 11 雷击线路导致损害的概率 P'_V 和 P'_W

雷击线路导致物理损害的概率 P'_V 以及雷击线路导致相连设备失效的概率 P'_W 与失效电流 I_a 有关，失效电流 I_a 与线路的特性以及所采取的服务的保护措施有关。

对于无屏蔽的线路，应当假定 $I_a = 0$ 。

对于有屏蔽的线路，失效电流 I_a 应当按照下式计算：

$$I_a = 25 U_w / (R_s \times K_d \times K_p) \quad (B. 22)$$

式中：

K_d 是取决于线路特性的因子 (见表 B6. 10-1)；

K_p 考虑了所采取保护措施的因子 (见表 B6. 10-2)；

U_w 是冲击耐受电压 (kV) (电缆请参见表 B6. 10-3，设备请参见表 B6. 10-4)；

R_s 是电缆屏蔽层的电阻 (Ω/km)。

在计算电信线路的 P'_V 时，要假定的失效电流 I_a 的最大数值为：

对于具有铅护套的电缆， $I_a = 40 \text{ kA}$ ；

对于具有铝护套的电缆， $I_a = 20 \text{ kA}$ 。

注 1：这些数值是对在雷击点处达到损害典型电信电缆的测试电流 (I_t) 大小的粗略估计。如果有证据表明该数值不适用于给定的电缆设计，应当使用相关标准中所说明的方法来计算失效电流。

表 B6. 10-5 中给出了作为失效电流 I_a 的函数的 P'_V 和 P'_W 的数值。

注 2：关于线路的详细资料在 ITU K 46 建议中给出。

B6. 12 雷击线路附近引起损害的概率 P'_Z

雷击线路附近造成相连设备失效的概率 P'_Z 取决于线路的特性以及所采用的保护措施。

如果没有安装符合相关标准要求的 SPD， P'_Z 的数值等于的数值 P_{Li}

表 B. 6. 8 中给出了 P_{Li} 的数值。

如果安装了符合相关标准要求的 SPD， P'_Z 的数值等于 P_{SPD} (B. 6. 3) 和 P_{Li} 的两者之间的较小值 P_{Li} 。

B6. 13 光纤线路

正在考虑中。

B6.14 管道

正在考虑中。

B6.15 服务设施损失量 L'_x 的评估

B6.15.1 年平均相对损失量

考虑了程度和间接后果，损失 L'_x 指某一特定损害类型的平均相对量，该损害类型可能是由于雷击服务设施而产生的，其数值取决于：

- 提供给公众服务的类型及其重要性；
- 损害所影响的商品的價值。

损失 L'_x 随着所考虑的损失类型 (L'_1 、 L'_2 和 L'_4) 而变化，而且，对于每种损失类型，还随着造成损失的损害类型 (B6.13 和 B6.13) 而变化。本附录使用以下符号：

L'_f 物理损害造成的损失；

L'_o 内部系统失效造成的损失。

B6.15.2 对公众服务不可接受的中止

L'_f 和 L'_o 的数值可以通过以下近似关系式按照可能损失的相对量来确定：

$$L'_x = (n_p/n_t) \times (t/8760) \quad (\text{B. 23})$$

式中：

n_p 是失去服务的用户的平均数量；

n_t 用户的总数量；

t 是每年失去服务的时间（小时）。

当无法或很难确定 n_p 、 n_t 和 t 时，表 B6.15.1 中给出了 L'_f 和 L'_o 的典型平均数值。

表 B6.15.1 - L'_f 和 L'_o 典型的平均值

服务设施的类型	L'_f	L'_o
煤气管, 水管	10^{-1}	10^{-2}
TV, TLC, 供电	10^{-2}	10^{-3}

如下式所示，公众服务设施的损失受到服务设施特性的影响：

$$L'_B = L'_V = L'_f \quad (\text{B. 24})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o \quad (\text{B. 25})$$

B6.15.3 经济损失

L'_f 和 L'_o 的数值可以通过以下近似关系式根据可能损失的相对量来确定：

$$L'_x = c / c_t \quad (\text{B. 26})$$

式中：

c 是用货币表示的建筑物、其内存物以及有关业务活动可能损失的平均值；

c_t 是用货币表示的建筑物、其内存物以及有关业务活动的价值。

当无法或很难确定 n_p 、 n_t 和 t 时，对于各种类型服务设施， L'_f 和 L'_o 的典型平均数值为：

$$L'_f = 10^{-1}$$

$$L'_o = 10^{-3}$$

经济损失受到服务设施特性的影响如下式所示：

$$L'_B = L'_V = L'_f \quad (\text{B. 27})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o \quad (\text{B. 28})$$

B6.16 损失费用的计算

全部损失的费用 C_L 可以通过以下公式进行计算：

$$C_L = (R_A + R_U) \times C_A + (R_B + R_V) \times (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R_C + R_M + R_W + R_Z) \times C_S \quad (\text{B. 29})$$

式中：

R_A 和 R_U 是没有保护措施时, 与牲畜损失有关的风险分量;

R_B 和 R_V 是没有保护措施时, 与物理损害有关的风险分量;

R_C , R_M , R_W 和 R_Z 是没有保护措施时, 与电气和电子系统失效有关的风险分量。

C_A 是动物的价值,

C_S 是建筑物中的系统的价值,

C_B 是建筑物的价值,

C_C 是建筑物内存物的价值。

在有了保护措施的情况下, 剩余损失的总花费 C_{RL} 可以通过以下公式计算:

$$C_{RL} = (R'_A + R'_U) \times C_A + (R'_B + R'_V) \times (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R'_C + R'_M + R'_W + R'_Z) \times C_S \quad (B. 30)$$

式中:

R'_A 和 R'_U 是有保护措施时与牲畜损失有关的风险分量;

R'_B 和 R'_V 是有保护措施时与物理损害有关的风险分量;

R'_C 、 R'_M 、 R'_W 和 R'_Z 是有保护措施时与电气和电子系统失效有关的风险分量。

保护措施的年平均费用 C_{PM} 可以通过以下公式进行计算:

$$C_{PM} = C_P \times (i + a + m) \quad (B. 31)$$

式中:

C_P 是保护措施的费用;

i 是利率

a 是折旧率

m 是维护费率。

每年节约的费用为:

$$S = C_L - (C_{PM} + C_{RL}) \quad (B. 31)$$

如果年平均节省的费用 $S > 0$, 采取防护措施是经济合理的。

附录 C 通信局站雷电损害的风险评估

(规范性附录)

C.1 适用范围

本建议是关于雷电导致过电压和过电流对电信局站设备的损害和对人员伤害的风险评估方法。

C.2 概述

电信中心和其它信息系统包含大量对雷电敏感的电子设备。无保护的局站可能受到几千米以外云—地雷闪的损害，甚至受到云内雷闪的干扰。

损害的风险程度与许多因素有关，比较重要的有以下几个：

- 入户服务设施的类型，特别是电力电缆和通信电缆；
- 含有设备的建筑物的形状和大小，建筑材料的屏蔽效果；
- 电子系统的布局，包括布线和设备内部屏蔽的作用；
- 防护措施，包括建筑结构上的、设备固有的、或内部和外部电缆的接口处采取的保护措施。

电信局站的物理损坏主要是入户线路上的过电压或过电流引起的电信设备的硬件损坏。对建筑物的直接雷击可能导致建筑物本身受到各种破坏，比如火灾、爆炸或其它形式的破坏。在这种情况下，建筑物内的设备一般也会遭到严重破坏。系统的软件部分也可能遭到破坏或受到部分影响，例如，存储器内容丢失、报警信号出错或者被禁止等。

然而，雷暴最严重的后果往往是通信服务上的中断，通信的用户和电信业主都会为之付出很高的代价。

C.3 耦合机制

雷电瞬态影响电信中心或类似系统的耦合机制有下面几种：

C.3.1 电阻耦合

雷击对象可能使雷击点对远端地的电位上升达几百千伏。在电信中心，电位升会产生电流，该电流将在金属服务设施，如连接到系统参考点的通信电线和电力线中进行分配。电缆屏蔽层的电流会在屏蔽层与芯线之间引起过电压，其数值与转移阻抗成正比。

C.3.2 磁场耦合

导体中或雷电通道中流过的雷电流会产生磁场，可以认为，在几百米的范围内，该磁场对时间的变化与雷电流对时间的变化相同。然而，磁场经常受建筑材料和周围的物体所骚扰和衰减，因此，在某些情况下可能需要作更精确的分析。磁场的变化会在室内导线和户外电缆设备上产生感应电流和电压。

C.3.3 电场耦合

雷电通道下端的电荷会在附近产生一个很强的电场。它对鞭状天线设备可能有影响。而在建筑物内

部，该电场的干扰一般可以忽略。

C.3.4 电磁耦合

远距离雷电产生的电磁场会在大范围的电信网上感应出相当大的过电压。这种传导性的干扰会出现设备的接口上。但直接辐射的电磁场很难对建筑物或机柜内的电信设备造成损害。

C.4 风险评估的原理

电信中心遭受损害的风险评估应分为两步：第一步，对被保护对象雷电防护必要性进行基本评估；第二步，防护方法的选择，以及电信、电源电缆上所用的保护元件，即浪涌保护器（SPD）的能量配合。

C.4.1 损害频度，F

风险区域由上述的耦合机理来决定。该区域内的雷电放电对电信建筑本身、通信局站或者至少是对安装在其内的电子设备造成损害，见图 C1。

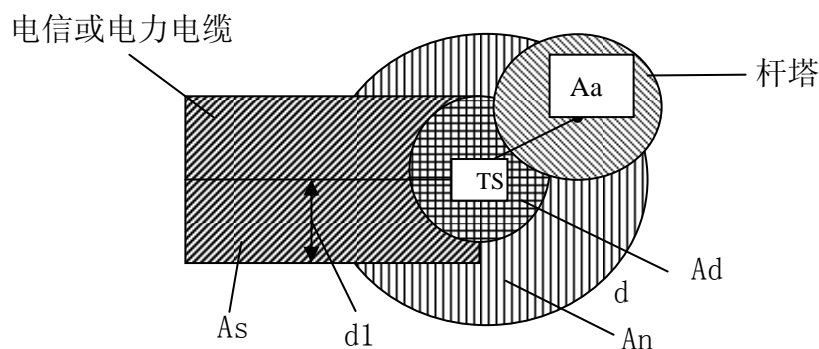


图 C.1 雷电风险区域

Ad— 建筑物遭受直接雷击的等效风险区域面积。

An— 雷击建筑物周围大地时，通过电阻耦合和感应耦合而影响电信中心的风险区域面积。

As— 与入户服务设施（电力和通信电缆等）有关的风险区域面积。

Aa— 直接雷击电信中心邻近物体（如天线塔，该物体与电信中心有金属导体相连）引起的风险区域面积。应该注意，不同的风险区域可能彼此覆盖，在计算总的风险区域面积时应注意这一点。高层建筑在一定程度上保护了邻近的较低建筑和附近的区域免遭直接雷击。而直接雷击相对于间接雷击，通常会导致更严重的损害。一般还认为，入户电缆的风险区域 As 比局站附近遭受对地雷击的风险区域 An 更需要优先保护。

这些面积的和就是所讨论局站的总风险面积，在给定的规一化雷电密度 Ng（每平方公里每年对地雷击次数）下，该局站每年遭受破坏的平均次数 F 与风险区域的总面积有关。按照 K. 20、K. 21 和 K. 22 建议的要求，这里假设电信设备要有一定的抗雷电的瞬时冲击的能力，而按照其它的国际标准的要求，电源设备也要有一定的抗雷电的瞬时冲击的能力。这些要求包括有关最大电压、电流、电荷、斜率、单

位能量，等等瞬态参数值。

计算风险区域面积时，假定通信局站没有任何特别的防雷措施，或可能作为建筑结构或外部电缆装置的自然保护部件这种防护措施。实际上，局站总会有一些减小渗透电磁场和电流的特性。因此，受损害的可能性会显著小于理论计算值。固有的和附加的保护措施所带来的影响，将在条款 C.6 “概率因子 P 的估计” 中讲述。

根据本地的雷闪密度，年损害次数的期望值 F 由下式表示：

$$F \approx N_g (A_d P_d + A_n P_n + A_s P_s + A_a P_a) \quad (\text{式 C. 1})$$

其中，不同的 P 值由现有的和计划采取的防护措施决定，这些措施都会减小损害的概率。

$$F \approx F_d + F_n + F_s + F_a \quad (\text{式 C. 2})$$

式中的四项分别表示雷电直击局站 (d)、雷击局站附近大地 (n)、雷击入户电缆或其附近大地 (s) 以及直接雷击与通讯局站有金属连接的邻近物体 (如天线塔) (a) 等原因所引起的年损害次数。在大多数情况下，第三项起主要作用，但对于大的建筑物或带有较高天线塔的建筑物，其余各项对 F 值的影响也可能起到重要作用。

在计算 F 值时，把四项分开考虑的优点在于：它可以分清失效的主要原因，从而实施最有效的保护措施。

雷电密度的信息通常可以从详细的雷电统计图表上得到。如果没有这种图表，也可用下面的近似公式：

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} \quad (\text{/千米}^2 \cdot \text{年}) \quad (\text{式 C. 3})$$

其中， T_d 是记录的平均年发生雷暴的天数。(雷暴日)

C. 4. 2 损害风险，R

通信局站受到严重损害的风险 R 可用下面的公式来估计：

$$R = (1 - e^{-Ft}) \cdot \delta \quad (\text{式 C. 4})$$

对 $t=1$ 年和 $F \ll 1$ ，大多数的情况下可简化为：

$$R = F \cdot \delta = \sum F_i \cdot \delta_i \quad (\text{式 C. 5})$$

因子 δ 由与设备硬件总价值和服务设施总的损失影响有关的预期间接损害决定。

C. 5 风险区域面积的计算

如果使用计算机程序来分析损害风险，那么可以利用更复杂的计算方法。但对于手工计算，则估算工方法必须简化以便实际应用。

建筑物遭到直接雷击的等效风险区域面积 A_d 定义为一个平面区域的面积，该区域面积上受到的直接雷击频度与要分析的建筑物相同。在简化的情况下，把建筑物与其它高层建筑隔开并把它置于一块平

地上。

A_d 是用一条斜率 1: 3 的直线, 沿建筑物的最上端移动, 在地面上划出的一个区域面积, 如图 C. 2 所示。这里,

$$A_d = ab + 2(3ha) + 2(3hb) + \pi(3h)^2 \quad (\text{式 C. 6})$$

该式适用于高达 60 米的建筑物。

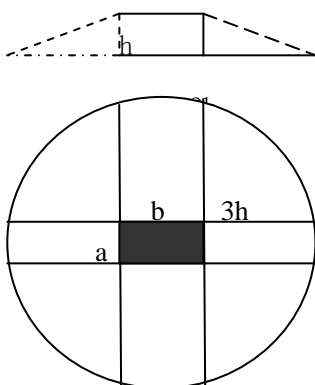


图 C. 2 直接雷击建筑物的风险面积 A_d

A_n 表示电信中心周围地面风险区域的面积, 该区域受到雷击时会使得电位升高, 可能对电信中心造成影响。 A_n 等于离建筑物的距离 d 的区域面积减去受到直接雷击影响的风险区域面积 A_d 。在附近有高层建筑、入户电缆之类的物体时, A_n 的面积将进一步减小, 见图 C. 1。

距离 d (单位是米) 的值与土壤的电阻率 (单位: 欧姆·米) 直接相关, 并假定 d 的最大值为 500 米。

雷击还可能在建筑物内部的设施上感应瞬态电压/电流。尽管如此, 通常在小建筑物内由于距离较短并且导线的回路面积有限, 在区域 A_n 内, 雷击的感应耦合一般可以忽略。在区域 A_n 内的雷击产生的感应主要影响面积较大高度较低建筑物内的设施, 而不影响离落雷点超过 50 米的建筑物内的设施。

阻性耦合产生的影响通常也可以忽略, 因为风险区域 A_n 的很大一部分被入户导线的风险区域 A_s 所覆盖。

A_s 是一个区域, 雷击在该区域内, 会在连到所考虑的通信局站的外连电缆网络上产生相当大的瞬态电压 / 电流。对于架空电缆, 电缆的总长度和高度是两个有关的参数。虽然埋地的通信电缆和电力电缆比架空线的受损风险低, 但电缆邻近区域的直接雷击也可能产生相当大的过电压, 特别是在高电阻率土壤的情况下。

考虑雷击的影响区域时, 离电缆的最大距离 d_1 受到土壤电阻率的影响, 这个原则对架空线也是适用的。如果电缆所经过的各区域电阻率都确定, 则可以假定地下电缆风险面积的 d_1 对土壤电阻率的关

系与 A_s 对土壤电阻率关系相同，但是在这里，为了计算简便使用固定值来取代因子 d_1 。

$$A_s = 2d_1 \cdot L \quad (\text{式 C.7})$$

式中， L 是电缆长度。

设埋地电缆的 d_1 为 250 米，架空网的 d_1 为 1000 米。

对架空电缆，直接雷击的风险区域假定为 $A_{sd} = 6hL$ ， h 是电缆对地高度；对于埋地电缆，

$$A_{sd} = 2L\sqrt{\rho}, \quad \rho \text{ 是土壤的电阻率。}$$

当通讯电缆或低电压供电网络由埋地电缆和架空电缆两部组成时，有效风险区域面积由公式 $A_s = \sum L_i d_i$ 计算， L_i 是每一个线段的长度， d_i 是对应的截收距离。

在某些情况下，如果缺少电缆类型的详细信息，或者网络由不同类型的通信线（如屏蔽线/非屏蔽线，架空线/电缆等）混合组成，则可以利用 ITU 雷电手册（ITU Lightning Handbook）第十章根据测量值总结出来的公式来估计连接到一个未受保护的局站的每一入户线每年预期引入的损害次数。这里应假设设备至少具有 K.20 和 K.21 建议分别规定的 $V_p=1$ 千伏和 1.5 千伏的耐压。

A_a 代表直接雷击邻近物体的风险区域面积，和 A_d 的计算方法相同。

邻近的无线通信天线塔遭受雷击时，通过天线电缆会向电信局站注入相当大甚至是大部分的雷电流。在一个没有屏蔽的建筑物内，该电流和邻近的无线塔上的电流将产生变化率很高的磁场。

C.6 概率因子 P 的估计

每一个概率因子 P 分为两个部分，其中之一表示设施（如建筑材料、架空线或埋地网络）的自然保护属性；另一个取决于在建筑物上或机柜接口、内部与外部网络上所采取的专用保护措施（如浪涌保护器、电缆屏蔽和隔离技术）。

使用本建议的用户必须了解这样的事实：下面的表格中给出的许多概率因子仅仅是粗略的估计值，其它则是通过计算或长期的现场经验获得的。风险评估方法的精确性在很大程度上取决于这些因子的取值。

在多数情况下会同时采取多种防护措施，这时有效的总概率因子由各相关值的乘积来决定：

$$P_{\text{eff}} = \prod P_i, \quad (P_i \leq 1) \quad (\text{式 C.8})$$

例如，一条输入电缆有时既采取金属屏蔽，同时也接有浪涌保护器。

采取使流过人体电流最小的措施，人员受到伤害的概率会减小。这可以通过在风险区域大量采取等电位连接措施来分流，以及限制大地或地板的电导率等方法来达到。用高击穿电压的材料把雷电流通过的部件体绝缘也能达到同样目的。

概率因子的举例见表 C.1-4。

表 1 和表 2 给出的值表示：在电信建筑物、邻近的天线塔或局站周围区域遭到雷击时，设备或建筑物固

有的防护能力或者采取能减轻雷击阻性耦合和感性耦合某些防护措施所产生的影响。

在这些情况下，表 C.1 和表 C.2 中有效的概率因子为相关概率因子的乘积。

表 C.1 对应不同建筑材料的概率因子 P 的值

建筑材料	P_d P_a P_n
非屏蔽材料（木头、砖、无钢筋的混凝土）	1
有普通网格尺寸的钢筋混凝土	0.1
金属容器	0.01

表 C.2a 建筑物外部采用了专用防护措施后概率因子 P 的值

建筑物专用外部防护措施	P_d P_{inj}
建筑物内部和外部无防雷措施	1
有符合 IEC1024-1 应用指南要求的外部防雷措施	0.1

表 C.2b 建筑物内部采用了专用防护措施后概率因子 P 的值

建筑物内部采用的隔离防护措施	P_d P_a P_n P_{inj}
按 ITU K.27 建议，采取内部 EMC 防护措施	0.5
按 IEC1312-1 要求，应用内部安装技术	0.1

表 C.3 表示对输入/输出电信电缆和电源线、建筑物外部和建筑物与输入线路的接口上采取保护措施后的防护效果。埋地电缆的防护效果已经包括在风险区域面积 A_s 的计算中。

表 C.3 入户线路上采取保护措施后概率因子 P 的值

防护传导性雷电瞬态的措施	P_s P_n
无 SPD 的非屏蔽外部电缆	1
最大转移阻抗 20 欧/千米 ($f < 1\text{MHz}$) 外部屏蔽同信电缆	0.5
最大转移阻抗 5 欧/千米 ($f < 1\text{MHz}$) 外部通信屏蔽电缆	0.1
最大转移阻抗 1 欧/千米 ($f < 1\text{MHz}$) 外部通信屏蔽电缆	0.01
低电压网络接口上安装隔离变压器（击穿电压 > 20 千伏）	0.1
电缆入口安装 SPD 设备，采用普通安装技术	0.1
经挑选的 SPD，与设备的抗扰性相匹配，合格的安装技术	0.01
无金属的光缆	0

表 C.3 中不同类型防护措施因子的乘积 P 使损害风险显著减小，比如， $P_{shielding} \times P_{SPD}$ （采取屏蔽措施又安装 SPD）

根据实际经验，在电信局站的入口使用 SPD 至少能够减少 90%的雷电损害。

要获得更好的防护效果，需要采用特殊的安装技术，特别是在有高频磁场的场合，比如天线塔遭到直接雷击时。对电缆屏蔽层的等电位连接性能及 SPD 的安装有很高的要求。

同时，必须保证 SPD 的保护水平与被保护设备抗干扰性的匹配。

使用无金属光缆能够消除电信设备的损害风险。

注意：沿着整条电缆屏蔽层必须是无间断的，并且与局站的参考平面正确地进行等电位连接。

表 C. 2a 和表 C. 2b 给出的防护措施有利于减少雷暴时电信建筑内部或附近的人员受到严重伤害的风险。

然而，当建筑物遭到直接雷击时，在导电元件之间仍会存在很高的电位差。

当地面的电导率很低、并且击穿电压很高时，跨步电压和接触电压导致的伤害风险将进一步减少。在工作区内合适的工作程序和采用适当的电位连接，可以限制并阻止危险的雷电流流过人体。表 C. 4 给出不同材料概率因子的估值。

表 C. 4 减小跨步电压和接触电压的不同表面层的 P 值

地表类型或携雷电流的导电部件类型	Pinj
潮湿的水泥地、腐殖土	10^{-2}
干燥的水泥地	10^{-3}
沥青，木材	10^{-5}
耐高压的隔离层（电缆塑料外套等）	10^{-6}

为了得到有效的总伤害概率因子 P，表 C. 4 中的 Pinj 应与表 2a、2b 中有关的 Pinj 相乘。

C. 7 间接损害因子 δ

加权因子 δ 表示电信中心及其附近区域或入户线遭到雷击导致损害的间接影响。它表示一个未受保护局站的估计年损失价值和它的总价值的关系。

加权因子根据不同的受损类型可采用不同的值。

C. 7.1 人身伤害

人身安全是防护设计人员和防护安装人员要考虑的主要问题。当绝缘层击穿或者在连至设备的线路安装和维护期间的雷电浪涌都可能对工作人员的安全构成危险。

当人员遭受严重伤害时， δ 应该为 1。

C. 7.2 服务损失

要预先估计雷击对用户造成的服务损失，一般比较困难。举一个例子，假定在遭受雷击之后的 24 小时内，电信中心本应该全负荷运行。在严重破坏的条件下，例如，由于相连的天线塔遭受直接雷击，则这一时间内，甚至可能更长的时间该中心将停止运行。

在上面的假设条件下，每次损害 $\delta = 24/8760 = 2.74 \times 10^{-3}$ （一年 8760 个小时）。然而，大多数情况下，服务损失仅限于部分网络，间接损失按 n_x/n_{tot} 的比例减小，其中， n_x 是受到损害影响的用户数目， n_{tot} 是连接到交换机或远程局站的用户总数。

C.7.3 有形损害

电信中心的所有硬件设备都遭到破坏的情况是很少的，即使没有任何的防护的情况下也是如此。有形损害一般局限于与外部网络连接接口附近的部件。比如，信号侧的 SLIC 电路中或电源侧的整流电路。对于硬件损坏，取 $\delta = 0.20$ 比较有代表性，如果电缆网络受到直接雷击，那么 δ 值应该取得更大一些。

电信建筑物或邻近物体，特别是天线塔，受到的直接雷击造成的损害比从入户线引入的浪涌损害大得多。

对于没有任何防护措施的局站，因子 δ 取高达 0.8 是合理的。

C.8 可接受的风险水平，Raccept

采取防护措施的目的是减少损害数量并将间接影响限制在允许的水平内。这里仅考虑经济上的损失，可接受的风险水平由电信业主决定。

设定可接受的风险水平之后，对用户的服务降级和损失的后果也就确定。这个后果包括设备、计算机和其它信息技术无法工作所造成的直接损失。服务中断还会影响商业效率和收入。应急服务会引起与业务损失相关的高昂间接费用，这必须引起高度重视。

合适的防护水平的确立必须建立在防护措施的费用与预期的物理损失相比较的基础之上，并以年度计算。

有关人身伤害的可接受风险水平必须由人身安全方面的专家来评估（比如，国际或国家的机构）。

除了人身伤害的危险之外，可接受的风险水平 Raccept 应由电信网络的业主来决定。表 C.5 给出物理损害和业务损失的典型值。

表 C.5 典型的 Raccept 的值

损害类型	Raccept
物理损害	10^{-3}
业务损失	10^{-4}

C.9 电信局站雷电损害风险评估计算实例——邻近有天线塔的电信局站

C.9.1 基本数据

建筑物的尺寸与材料：5×3×3m，钢筋混凝土。

天线塔的高度 h 及与建筑的距离：塔高 80m，离电信建筑物 4m。

电缆总长及屏蔽：供电电缆 600m，无屏蔽，埋地；电信电缆 1000m，无屏蔽，架空。

土壤的电阻率：较高，在所考虑的区域估计此值不小于 $500 \Omega \cdot \text{m}$ 。

雷电密度：没有实测值。根据雷电统计图表，雷暴日为 24 天/年。

见图 C.9-1。

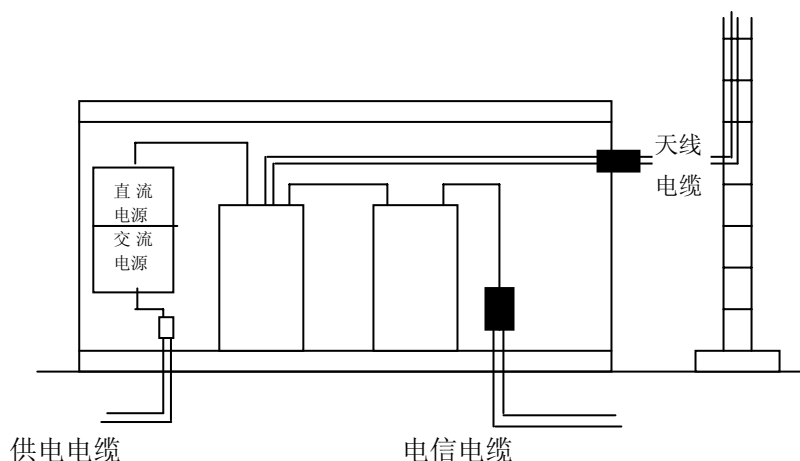


图 C.9-1 一个屏蔽良好、且有入户电缆的电信建筑物的例子

风险区域面积 A 的计算：

根据图 C.9-2，风险区域面积的数值如下：

$A_d \approx 0$ (被 A_a 覆盖)

$$A_a = \pi (3h)^2 = \pi (3 \times 80)^2 = 180956 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ km}^2$$

对电信电缆：

$$A_s = 2 \times d_{\text{tele}} \times L_{\text{tele}} - A_a / 2 = 2 \times 1000 \times 1000 - 90000 = 1.91 \times 10^6 \text{ m}^2 = 1.9 \text{ km}^2$$

对供电电缆：

$$A_s = 2 \times d_{\text{power}} \times L_{\text{power}} - A_a / 2 = 2 \times 250 \times 600 - 90000 = 0.21 \times 10^6 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ km}^2$$

邻近雷击的等效风险区域面积 A_n 必须分别减去了电信架空电缆已覆盖的面积 A_a 和埋地电缆已覆盖的面积 A_s 。

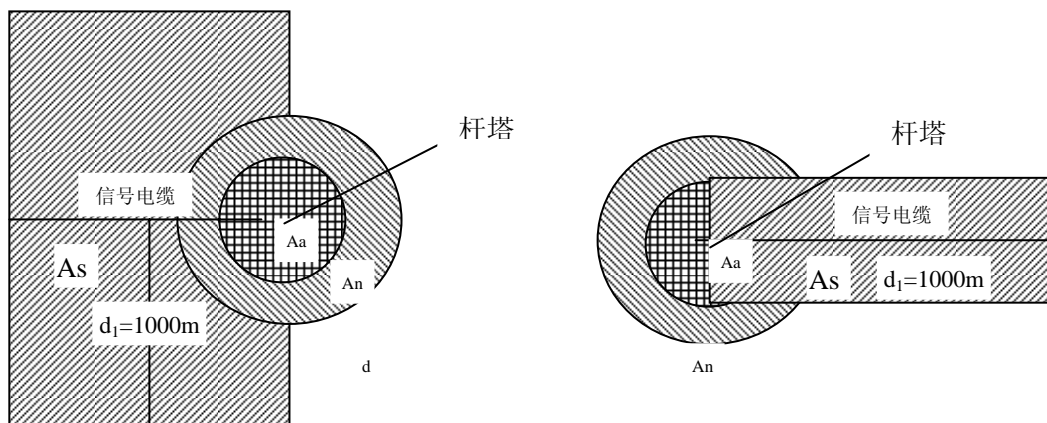


图 C.9-2 电信电缆和供电电缆的风险面积

对电信电缆: $A_n(\text{tele}) = \pi d^2/2 - A_a/2 = 0.3 \text{ km}^2$

对供电电缆: $A_n(\text{power}) = \pi d^2/2 - A_a/2 + (\pi d^2/3 - \sqrt{3} d_1^2) = 0.5 \text{ km}^2$

其中括号内为 $d=2d_1$ 时圆弧段的面积。

C.9.2 预期损害频度 F 的计算

雷电密度 N_g 的计算公式为 $N_g = 0.04 \times T_d^{1.25} = 2.1 / (\text{年} \times \text{km}^2)$, 其中 T_d 取 24。

损害频度 F 取决于 N_g 、 (A_d) 、 A_a 、 A_n 、 A_s 以及不同的概率因子 p , p 值可以从表 1—4 中查得。

除了建筑物结构的屏蔽作用以及入户天线电缆屏蔽层的搭接措施外, 没有采取其它保护措施, 则每年被损害的次数为:

$$F = N_g ((A_n(\text{tele}) + A_n(\text{power}) P_n + (A_s(\text{tele}) + A_s(\text{power})) P_s + A_a P_a) \\ = 2.1 ((0.3 + 0.5) \times 0.1 + (1.9 + 0.2) \times 1 + 0.2 \times 0.01) = 2.1 (0.08 + 2.1 + 0.02) = 4.6 \text{ 次/年}$$

建筑物的钢筋混凝土对 F_n 的衰减因子为 $P_n = 0.1$ 。因为天线电缆的屏蔽层有较低的转移阻抗, 它对 F_a 的衰减因子 $P_a = 0.01$, 这里假定天线电缆的屏蔽层与钢筋层与混凝土内钢筋搭接良好。平均每年损害次数超过了 4 次, 这无疑是不能接受的。显然, 对入户电缆采取附加的保护措施将更为有效。如果采取可靠的安装方法, 对所有的电信电缆和低压电源线加装浪涌保护器, 就可以降低损害次数 F_n 和 F_s , 其减小因子 $P = 0.01$ 。采取上述措施后, 每年的预期损害频度为:

$$F = 2.1 (0.08 \times 10^{-2} + 2.1 \times 10^{-2} + 0.2 \times 10^{-2}) = 5.0 \times 10^{-2} \text{ 次/年}$$

大致相当于平均 20 年损害一次。

C.9.3 风险水平 R 的计算

设备损害和服务损失的风险按加权因子 δ 值减小。除了直接雷击的情况外(直接雷击时, $\delta = 0.8$), 假定对设备造成物理损害的加权因子 $\delta = 0.20$, 则硬件损害的风险为:

$$P_{\text{damage}} = (F_n + F_s) \delta_{\text{dam1}} + F_a \cdot \delta_{\text{dam2}}$$

$$=2.1((0.08 \times 10^{-2} + 2.1 \times 10^{-2}) \times 0.2 + 0.2 \times 10^{-2} \times 0.8)$$

$$=0.92 \times 10^{-2} + 0.16 \times 10^{-2}$$

$$=1.1 \times 10^{-2}$$

服务损失的风险可以用同样的方法计算，例如，假定服务中断 24 小时，则 $\delta = 24/8760 = 2.74 \times 10^{-3}$ （影响所有线路）。

$$R_{\text{loss}} = \Sigma F \cdot \delta = 5.0 \times 10^{-2} \times 2.74 \times 10^{-3} = 1.4 \times 10^{-4}$$

对建筑物内部及附近的人员造成严重的伤害的风险可以通过搭接和隔离措施而得到进一步的降低。按 IEC1312-1 标准, 有网状接地网络的外部接地体, 其 ($P=0.1$) , 在工作区的表面用柏油、木材或其它具有等效性能的材料进行履盖, 其 ($P=10^{-5}$) , 假定

$$\delta_{\text{injury}}=1, \text{ 则: } R_{\text{injury}} = \Sigma F \cdot \delta = 5.0 \times 10^{-2} \times 0.1 \times 10^{-5} \times 1 = 5.0 \times 10^{-8}$$

若有必要, 还可采取附加的措施来进一步降低物理损害、服务损失和人员伤害的风险。

附录 D 雷电流参数

(资料性附录)

D.1 闪击中出现的三种雷击波形, 见图 D.1。

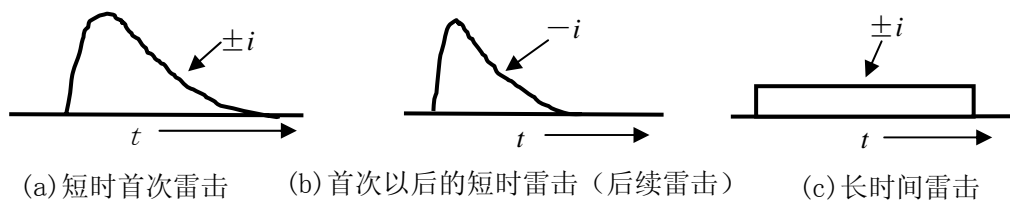
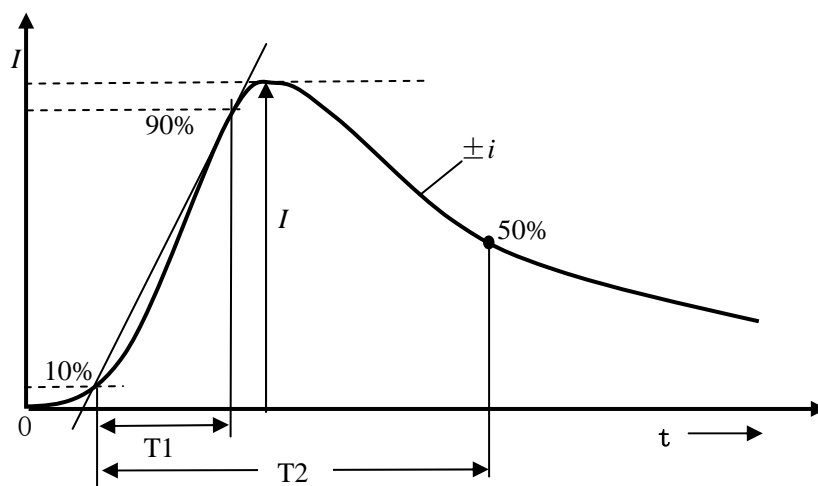


图 D.1 闪电中可能出现的三种雷击

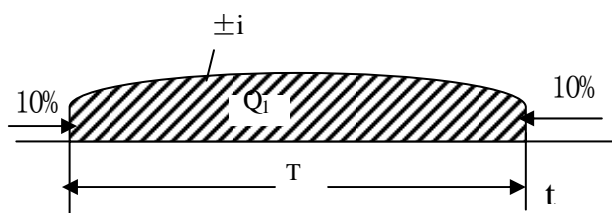
D.2 短时雷击波形参数的定义见图 D.2



I ——峰值电流 (幅值); T_1 ——波头时间; T_2 ——半值时

图 D.2 短时雷击波形参数

D.3 长时间雷击波形参数的定义见图 D.3



T ——从波头起自峰值 10% 至波尾降到峰值 10% 之间的时间; Q_1 ——长时间雷击的电荷量
长时间雷击 (典型值 $2 \text{ ms} < T_{\text{long}} < 1 \text{ s}$)

图 D.3 长时间雷击波形参数

D4 雷电流参数见表 D4-1—表 D4-3 的规定。

表 D4-1 首次雷击的雷电流参数

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
I 幅值 (kA)	200	150	100
T_1 波头时间 (μs)	10	10	10
T_2 半值时间 (μs)	350	350	350
Q_s 电荷量 (C)	100	75	50
W/R 单位能量 (MJ/ Ω)	10	5.6	2.5
注：1. 因为全部电荷量 Q_s 的本质部分包括在首次雷击中，故所规定的值考虑合并了所有短时间雷击的电荷量。 2. 由于单位能量 W/R 的本质部分包括在首次雷击中，故所规定的值考虑合并了所有短时间雷击的单位能量。			

表 D4-2 首次以后雷击的雷电流参数

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
I 幅值 (kA)	50	37.5	25
T_1 波头时间 (μs)	0.25	0.25	0.25
T_2 半值时间 (μs)	100	100	100
I/ T_1 平均陡度 (kA/ μs)	200	150	100

表 D4-3 长时间雷击的雷电流参量

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
Q_1 电荷量 (C)	200	150	100
T 时间 (s)	0.5	0.5	0.5
平均电流 $I \approx Q_1/T$			

附录 E 磁场强度的衰减值计算方法

(规范性附录)

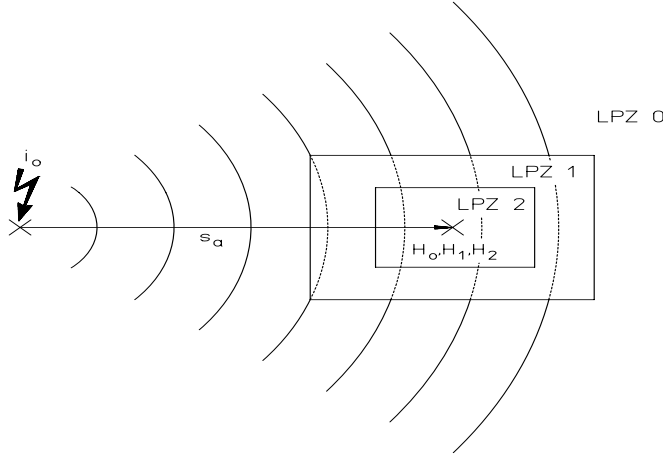
E.1 防雷区内部磁屏蔽效果宜进行磁场环境分析或采用实验方法确定。没有进行理论或实验性研究时，防雷区内磁场强度的衰减值应按下列方法计算。

E.1.1 在闪电击于格栅形大空间屏蔽以外附近的情况下，无屏蔽时所产生的无衰减磁场强度 H_0 ，相当于处于 LPZ 0_A 和 LPZ 0_B 区内的磁场强度，应按 (E.1) 式公式计算：

$$H_0 = i_0 / (2 \pi s_a) \quad (\text{A/m}) \quad (\text{E.1})$$

式中： i_0 ： LPZ 0_A 的雷电流，单位A；

s_a ： 从雷击点到屏蔽空间中心的距离，单位m。如图E.1。



图E.1 邻近雷击时磁场值的估算

E.1.2 当建筑物邻近雷击时，LPZ 内部任意点的磁场强度应按以下公式计算：

$$\text{LPZ1 内} \quad H_1 = H_0 / 10^{SF_1/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{E.2})$$

$$\text{LPZ2 内} \quad H_2 = H_1 / 10^{SF_2/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{E.3})$$

这些磁场值仅在格栅型屏蔽内，离屏蔽的安全距离为 $d_{s/2}$ 的安全空间 V_s 内有效：

$$d_{s/2} = w \cdot SF / 10 \quad (\text{m}) \quad \text{当 } SF \geq 10 \text{ 时} \quad (\text{E.4})$$

$$d_{s/2} = w \quad (\text{m}) \quad \text{当 } SF < 10 \text{ 时} \quad (\text{E.5})$$

式中： SF ： 由表5.4.5公式计算的屏蔽系数，单位dB；

w ： 空间屏蔽网格宽度，单位 m。

E.1.3 格栅形大空间屏蔽的屏蔽系数 SF (dB)，按表 E.1.3 的公式计算。

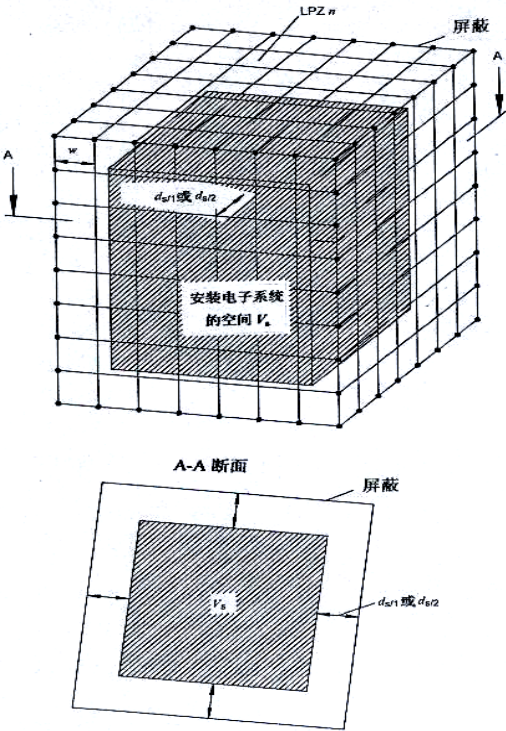
表 E. 1. 3 格栅型空间屏蔽对平面波磁场的衰减

材质	SF (dB) (参见注 1 和注 2)	
	25 kHz (见注 1)	1 MHz (见注 2)
铜材或铝材	$20 \cdot \lg(8.5/w)$	$20 \cdot \lg(8.5/w)$
钢材 (参见注 3)	$20 \cdot \lg \left[(8.5/w) / \sqrt{1 + 18 \cdot 10^{-6} / r^2} \right]$	$20 \cdot \lg(8.5/w)$
W: 格栅型空间屏蔽网格宽度 (m) R: 格栅型屏蔽杆的半径 (m)		
注 1: 适用于首次雷击的磁场; 注 2: 适用于后续雷击的磁场; 注 3: 磁导率 $\mu_r \approx 200$ 。 当: 公式计算结果为负数时, SF = 0。 如果建筑物安装有网状等电位连接网络时 SF 增加 6dB。		

E. 2 当建筑物顶防直击雷装置接闪时, LPZ1 内部任意点的磁场强度应按以下公式计算:

$$H=k_{\text{H}} \cdot I_0 \cdot w / (d_{\text{r}} \cdot \sqrt{d_{\text{r}}}) \qquad (\text{A/m}) \qquad (\text{E. 6})$$

- 式中: d_{r} : 待计算点与LPZ1屏蔽中屋顶的最短距离, 单位m;
- d_{w} : 待计算点与LPZ1屏蔽中墙的最短距离, 单位m;
- I_0 : LPZ 0的雷电流, 单位A;
- k_{H} : 结构系数, 单位 $1/\sqrt{m}$, 典型值 $k_{\text{H}} = 0.01 (1/\sqrt{m})$;
- w : LPZ 1屏蔽的网格宽度, 单位m。



注: 空间 V_s 与屏蔽体 LPZ_n 间应保持的安全距离为 $d_{s/1}$ 或 $d_{s/2}$

图 E. 2-1 LPZ_n 内用于安装电子信息系统的空间

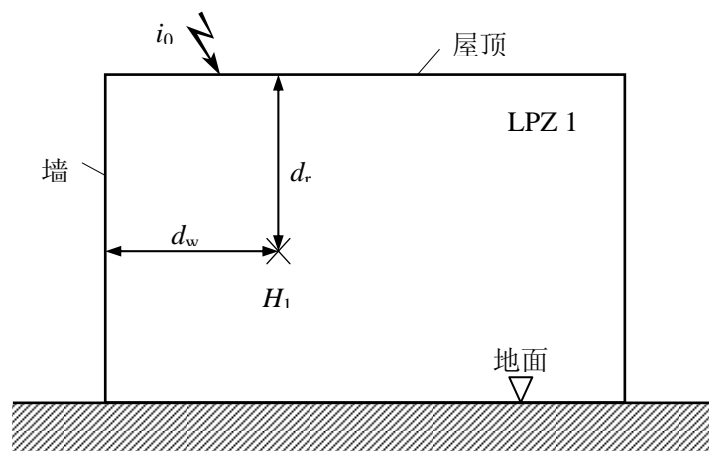


图 E.2-2 闪电直接击于屋顶接闪器时 LPZ 1 区内的磁场强度

E.3 当雷击建筑物屋顶直雷防护装置时，在LPZ2或更高级别防护区内部任意点的磁场强度应按以下公式计算：

$$H_{n+1} = H_n / 10^{SF/20} \quad (\text{A/m}) \quad (\text{E.7})$$

这些磁场值仅在格栅型屏蔽内部与屏蔽有一安全距离 $d_{s/1}$ 的安全空间内有效。

$$d_{s/1} = w \quad (\text{m}) \quad (\text{E.8})$$

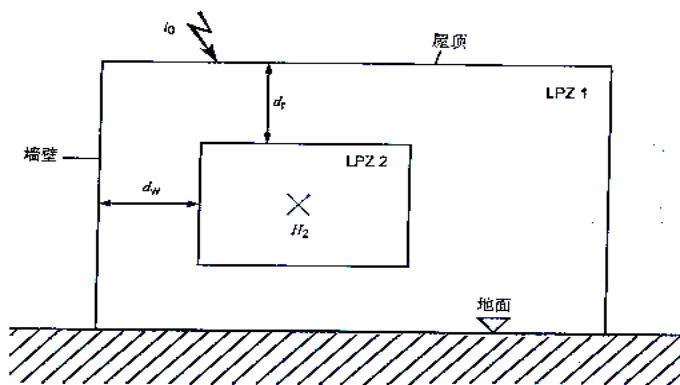


图 E.3 LPZ2 或更高级别防护区内部任意点的磁场强度的估算

附录 F 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算

(资料性附录)

F.1 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算应按下式确定：

$$R_{\sim}=AR_1 \tag{F.1}$$

式中： R_{\sim} — 接地装置各支线的长度取值小于或等于接地体的有效长度 l_e 或者有支线大于 l_e 而取其等于 l_e 时的工频接地电阻（ Ω ）；

A — 换算系数，其数值宜按图 B.1 确定；

R_1 — 所要求的接地装置冲击接地电阻（ Ω ）。

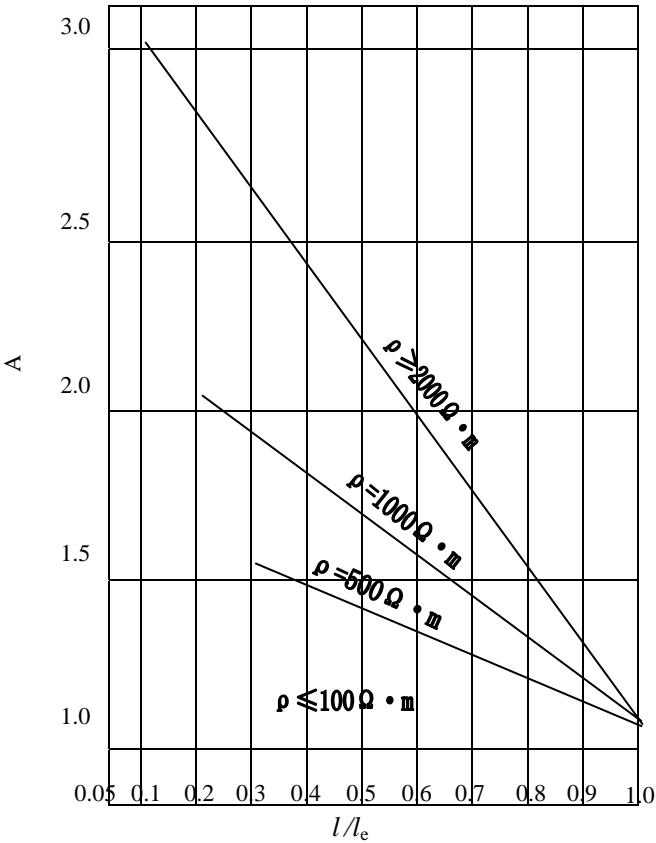


图 F.1 换算系数 A

注： l 为接地体最长支线的实际长度，其计量与 l_e 类同。当它大于 l_e 时，取其等于 l_e 。

F.2 接地体的有效长度应按下式确定：

$$l_e=2\sqrt{\rho} \tag{F.2}$$

式中： l_e — 接地体的有效长度，应按图 B.2 计量（m）；

ρ — 敷设接地体处的土壤电阻率（ $\Omega \cdot m$ ）。

F.3 环绕建筑物的环形接地体应按以下方法确定冲击接地电阻：

F.3.1 当环形接地体周长的一半大于或等于接地体的有效长度 l_e 时，引下线的冲击接地电阻应为从与该引下线的连接点起沿两侧接地体各取 l_e 长度算出的工频接地电阻（换算系数 A 等于 1）。

F.3.2 当环形接地体周长的一半 l 小于 l_e 时，引下线的冲击接地电阻应为以接地体的实际长度算出工频接地电阻再除以 A 值。

F.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。

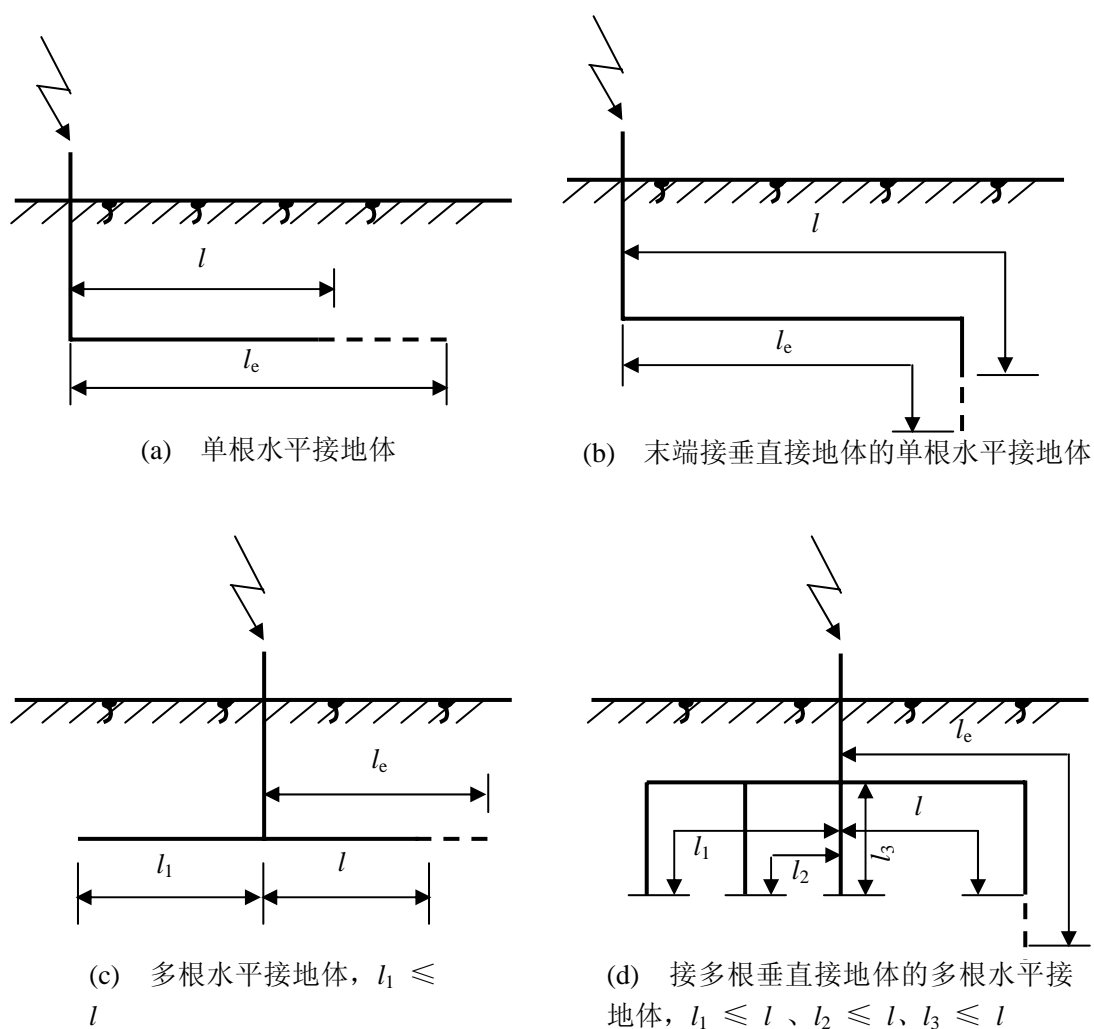


图 F.2 接地体有效长度的计量

附录 G 全国主要城市年平均雷暴日数统计表

(资料性附录)

地名	雷暴日数 (d/a)	地名	雷暴日数 (d/a)	地名	雷暴日数 (d/a)
1、北京市	36.3	吉林市	40.5	14、福建省	
2、天津市	29.3	四平市	33.7	福州市	53.0
3、上海市	28.4	通化市	36.7	厦门市	47.4
4、重庆市	36.0	图门市	23.8	漳州市	60.5
5、河北省		10、黑龙江省		三明市	67.5
石家庄市	31.2	哈尔滨市	27.7	龙岩市	74.1
保定市	30.7	大庆市	31.9	15、江西省	
邢台市	30.2	伊春市	35.4	南昌市	56.4
唐山市	32.7	齐齐哈尔市	27.7	九江市	45.7
秦皇岛市	34.7	佳木斯市	32.2	赣州市	67.2
6、山西省		11、江苏省		上饶市	65.0
太原市	34.5	南京市	32.6	新余市	59.4
大同市	42.3	常州市	35.7	16、山东省	
阳泉市	40.0	苏州市	28.1	济南市	25.4
长治市	33.7	南通市	35.6	青岛市	20.8
临汾市	31.1	徐州市	29.4	烟台市	23.2
7、内蒙古自治区		连云港市	29.6	济宁市	29.1
呼和浩特市	36.1	12、浙江省		潍坊市	28.4
包头市	34.7	杭州市	37.6	17、河南省	
海拉尔市	30.1	宁波市	40.0	郑州市	21.4
赤峰市	32.4	温州市	51.0	洛阳市	24.8
8、辽宁省		丽水市	60.5	三门峡市	24.3
沈阳市	26.9	衢州市	57.6	信阳市	28.8
大连市	19.2	13、安徽省		安阳市	28.6
鞍山市	26.9	合肥市	30.1	18、湖北省	
本溪市	33.7	蚌埠市	31.4	武汉市	34.2
锦州市	28.8	安庆市	44.3	宜昌市	44.6
9、吉林省		芜湖市	34.6	十堰市	18.8
长春市	35.2	阜阳市	31.9	恩施市	49.7

地名	雷暴日数 (d/a)	地名	雷暴日数 (d/a)	地名	雷暴日数 (d/a)
黄石市	50.4	23、贵州省		西宁市	31.7
19、湖南省		贵阳市	49.4	格尔木市	2.3
长沙市	46.6	遵义市	53.3	德令哈市	19.3
衡阳市	55.1	凯里市	59.4	29、宁夏回族自治区	
大庸市	48.3	六盘水市	68.0	银川市	18.3
邵阳市	57.0	兴义市	77.4	石嘴山市	24.0
郴州市	61.5	24、云南省		固原县	31.0
20、广东省		昆明市	63.4	30、新疆维吾尔自治区	
广州市	76.1	东川市	52.4	乌鲁木齐市	9.3
深圳市	73.9	个旧市	50.2	克拉玛依市	31.3
湛江市	94.6	景洪	120.8	伊宁市	27.2
茂名市	94.4	大理市	49.8	库尔勒市	21.6
汕头市	52.6	丽江	75.8	31、海南省	
珠海市	64.2	河口	108	海口市	104.3
韶关市	77.9	25、西藏自治区		三亚市	69.9
21、广西壮族自治区		拉萨市	68.9	琼中	115.5
南宁市	84.6	日喀则市	78.8	32、香港特别行政区	
柳州市	67.3	那曲县	85.2	香港	34.0
桂林市	78.2	昌都县	57.1	33、澳门特别行政区	
梧州市	93.5	26、陕西省		澳门	(暂缺)
北海市	83.1	西安市	15.6	34、台湾省	
22、四川省		宝鸡市	19.7	台北市	27.9
成都市	34.0	汉中市	31.4		
自贡市	37.6	安康市	32.3		
攀枝花市	66.3	延安市	30.5		
西昌市	73.2	27、甘肃省			
绵阳市	34.9	兰州市	23.6		
内江市	40.6	酒泉市	12.9		
达州市	37.1	天水市	16.3		
乐山市	42.9	金昌市	19.6		
康定	52.1	28、青海省			

引用标准名录

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。

- 1 GB/T21714-1-2006 雷电防护 第 1 部分：总则
 - 2 GB/T21714-2-2006 雷电防护 第 2 部分：风险管理
 - 3 GB/T21714-3-2006 雷电防护 第 3 部分：建筑物的物理损坏和生命危险：
 - 4 GB/T21714-4-2006 雷电防护 第 4 部分：建筑物内电气和电子系统
 - 5 ITU-T K39 通信局站雷电损害的风险评估
-

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……规定”或“应按……执行”。

