

中华人民共和国气象行业标准

QX 3—2000

气象信息系统雷击电磁脉冲防护规范

Technical specifications for protecting the meteorological
information system from lightning electromagnetic impulse

2000-11-20 发布

2001-01-01 实施

中国气象局 发布

目 次

前言	Ⅱ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义	1
4 防护原则	3
5 雷电防护区的划分	3
6 等电位连接和共用接地	4
7 屏蔽措施和线缆敷设	7
8 雷击电涌保护	9
9 防雷装置的维护和管理	13
附录 A(标准的附录) 雷击风险评估方法	14
附录 B(标准的附录) 雷电流	16
附录 C(标准的附录) 电涌保护器(SPD)的选择和安装	19
附录 D(标准的附录) 环路中感应电压、电流和能量的计算	25
附录 E(标准的附录) 本规范用词说明	28
附录 F(提示的附录) 全国各主要城市雷暴活动日数(期)	28

前 言

雷电是一种剧烈的大气现象。雷电压可高达数百万伏特,瞬间电流可高达数百千安培。雷击的电效应、热效应和机械力常造成火灾、建筑物损坏和人身伤亡等灾害。雷击电磁脉冲常对信息系统造成干扰和破坏,对操作人员造成危害。特别是近年来随着气象站的现代化水平的显著提高,大量的自动化仪器、新一代天气雷达、气象卫星通信、卫星接收和传输系统以及大型计算机设备和网络的投入使用,这些信息系统的集成化程度与对雷击敏感度水平在同步提高,因此雷击电磁脉冲的危害日趋严重。鉴于气象行业中的信息系统担负着气象信息的获取、处理和传输,关系着国民经济建设和保障,为保障气象台站信息系统的安全运行,特采用了国际电工委员会(IEC)和国际电信联盟(ITU)相关技术标准以及国家标准 GB 50057—1994、GB 50054—1995 和 GB 50174—1993 等编制了本标准。

本标准共分 9 章 6 个附录,本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 均是标准的附录,附录 F 是提示的附录。

本标准由中国气象局雷电防护管理办公室提出。

本标准由中国气象局监测网络司归口。

本标准主要起草人:关象石、蔡振新、刘寿先、杨少杰、曹和生、匡本贺。

气象信息系统雷击电磁脉冲防护规范

QX 3—2000

Technical specifications for protecting the meteorological information system from lightning electromagnetic impulse

1 范围

本标准规定了气象信息系统的防护原则、雷电防护区的划分、屏蔽措施和线缆敷设、雷击电涌保护及防雷装置的维护和管理。

本标准适用于新建气象信息系统的防雷设计、施工；原有气象信息系统改造的防雷设计、施工可参照执行。

气象信息系统的防雷设计和施工除应执行本标准的规定外，尚应符合现行国家有关标准的规定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有的标准都会被修订，使用本标准的各方面应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 9361—1988 计算机场地安全要求

GB/T 16935.1—1997 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分 原则要求和测试

GB 50054—1995 低压配电设计规范

GB 50057—1994 建筑物防雷设计规范

GB 50174—1993 电子计算机机房设计规范

GB/T 50311—2000 建筑物与建筑物群综合布线系统工程设计规范

IEC 61024-1:1990 建筑物防雷 第1部分 通则

IEC 61312-1:1995 雷击电磁脉冲的防护 第1部分 通则

IEC/TS 61312-2:1999 雷击电磁脉冲的防护 第2部分 建筑物的屏蔽、内部等电位连接和接地

IEC 61643-1:1998 连接至低压系统的电涌保护器 第1部分 特性要求及试验方法

IEC 60364-5-534:1997 建筑物的电气装置 第5部分 电气装置的选择与安装 第534章 过电压保护器件

3 定义

本标准采用下列定义：

3.1 信息系统 information system

许多类型的电子装置，包括计算机、通信设备、自动监测和控制系统等的统称，在气象行业中主要用于气象信息的获取、处理和传输。

3.2 直击雷 direct lightning flash

雷电直接击在建筑物、大地、防雷装置或其他物体上，产生电效应、热效应和机械力。

3.3 雷电感应 lightning induction

雷击放电时,在附近导体上产生的静电感应和电磁感应,它可能使金属部件之间产生火花。

3.4 静电感应 electrostatic induction

由于雷云的作用,使附近导体上感应出与雷云符号相反的电荷,雷云主放电时,先导通道中的电荷迅速中和,在这些导体上的感应电荷得到释放,如不就近泄入地中就会产生很高的电位。

3.5 电磁感应 electromagnetic induction

由于雷电流迅速变化在其周围空间产生瞬变的强电磁场,使附近导体上感应出很高的电动势。

3.6 雷电波侵入 lightning surge on incoming services

由于雷击对架空线路或金属管道的作用,雷电波可能沿着这些管线侵入屋内,危及人身安全或损坏设备。

3.7 防雷装置 lightning protection system, LPS

由接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其他连接导体组成的防雷设施的总和。

3.8 外部防雷装置 external lightning protection system

由接闪器、引下线和接地装置组成,主要用以防护直击雷的防雷装置。

3.9 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,主要用来减小和防护雷电流在需防护空间内所产生的电磁效应。

3.10 雷电防护区 lightning protection zone, LPZ

根据被保护设备所在位置、所能耐受的电磁场强度及要求相应采取的防护措施而划分的防护区域。

3.11 雷击电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse, LEMP

作为干扰源的直接雷击和附近雷击所引起的电磁效应。绝大多数是通过连接导体的干扰,如雷击过电压或部分雷电流、被雷击中的装置的电位升高以及电磁辐射干扰。

3.12 电磁兼容性 electromagnetic compatibility, EMC

设备或系统具有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 电涌保护器 surge protective device, SPD

具有非线性特点的,用以限制瞬态过电压和引导电涌电流的一种防护器具。

3.14 电压开关型 SPD voltage switching type SPD

开关型 SPD 在无电涌出现时呈高阻值;当电涌出现且冲击电压达到一定值(点火电压)时,其电阻突然下降变为低值。通常采用放电间隙、充气放电管、闸流管和三端双向可控硅元件做为开关型 SPD 的组件。

3.15 电压限制型 SPD voltage limiting type SPD

箝压型 SPD 在无电涌出现时呈高阻值,随着电涌电流和冲击电压的增加,其电阻跟着连续变小。通常采用压敏电阻,抑制二极管做为箝压型 SPD 的组件。

3.16 混合型 SPD combination type SPD

由开关型和箝压型组件组合而成,可以显示为电压开关型或电压限制型或二者均有的特性,这决定于所加电压的特性。

3.17 电磁屏蔽 electromagnetic shielding

用金属材料减少交变电磁场向指定区域穿透的屏蔽。

3.18 等电位连接 equipotential bonding

将分开的设备各导电部分用等电位连接带、等电位连接导体或 SPD 连接起来以减少设备之间或设备与其他金属体之间的电位差。这些等电位连接导体可组成等电位连接网络。

3.19 等电位连接网络 bonding network

由一个系统的诸外露导电部分做等电位连接的导体所组成的网络。

3.20 共用接地系统 common earthing system

将防雷装置(LPS)、建筑物主要金属构件、低压配电保护线(PE线)、设备保护接地、屏蔽体接地、防静电接地和信息设备逻辑地等相互连接到一个或多个导通的接地装置的金属装置。

3.21 接地基准点 earthing reference point, ERP

共用接地系统与一系统的等电位连接网络之间唯一的那一连接点。

3.22 单位能量 specific energy

一闪电时间内雷电流平方对时间的积分。它代表雷电流在一单位电阻上所产生的能量。

3.23 等电位连接带 bonding bar

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能与防雷装置做等电位连接的金属带。

3.24 等电位连接导体 bonding conductor

将分开的装置诸部分互相连接以使它们之间电位相等的导体。

4 防护原则

4.1 在进行防雷设计时,应认真调查地理、地质、气象、环境等条件和雷电活动规律并根据信息系统的性能特点等因素,进行全面规划,综合治理。

4.2 气象信息系统的雷击电磁脉冲防护,宜采用雷击风险评估方法,考虑环境因素、系统设备的重要性以及发生雷击灾害后果的严重程度,将信息系统雷击电磁脉冲的防护分为四级,分别采用相应的防护措施。

雷击风险评估方法见附录 A(标准的附录)。

4.3 气象信息系统所在建(构)筑物均应按 GB 50057 要求安装外部防雷装置。当一个信息系统设在不需要防直击雷的建筑物内时,即按 GB 50057 规定不属于任一类防雷建筑物时,如需防雷击电磁脉冲时,该建筑物应按 GB 50057—1994 中规定的第三类防雷建筑物采取防直击雷措施。

4.4 气象信息系统雷击电磁脉冲的防护技术应采用接闪、分流、屏蔽、等电位连接(含共用接地)、合理布线、过电压和过电流电涌防护等措施进行综合防护。

4.5 防雷装置应符合国务院气象主管机构规定的使用要求。

5 雷电防护区的划分

5.1 雷电防护区划分的原则

按电磁兼容的原理把信息系统所在建筑物或构筑物按需要保护的空間由外到内分为不同的雷电防护区(LPZ),以确定各 LPZ 空间的雷击电磁脉冲的强度,可采取相应的防护措施。

5.2 雷电防护区(LPZ)可分为:

——直击雷非防护区(LPZ_{0A}):本区内的各类物体完全暴露在外部防雷装置的保护范围之外,都可能遭到直接雷击;本区内的电磁场未得到任何屏蔽衰减,属完全暴露的不设防区。

——直击雷防护区(LPZ_{0B}):本区内的各类物体处在外部防雷装置保护范围之内,应不可能遭到大于所选滚球半径的雷电流直接雷击;但本区内电磁场未得到任何屏蔽衰减,属充分暴露的直击雷防护区。

——第一屏蔽防护区(LPZ1):本区内的各类物体不可能遭受直接雷击,流经各类导体的雷电流已经分流,比 LPZ_{0B} 区进一步减小;且由于建筑物的屏蔽措施,本区内的电磁场强度也已得到了初步的衰减。

——第二屏蔽防护区(LPZ2):为进一步减小所引导的电流或电磁场而增设的后续防护区。

——第三屏蔽防护区(LPZ3):需要进一步减小雷击电磁脉冲,以保护敏感度水平高的设备的后续

防护区。

5.3 将一座内置信系统的建(构)筑物划分为几个雷电防护区的示意图见图 1。

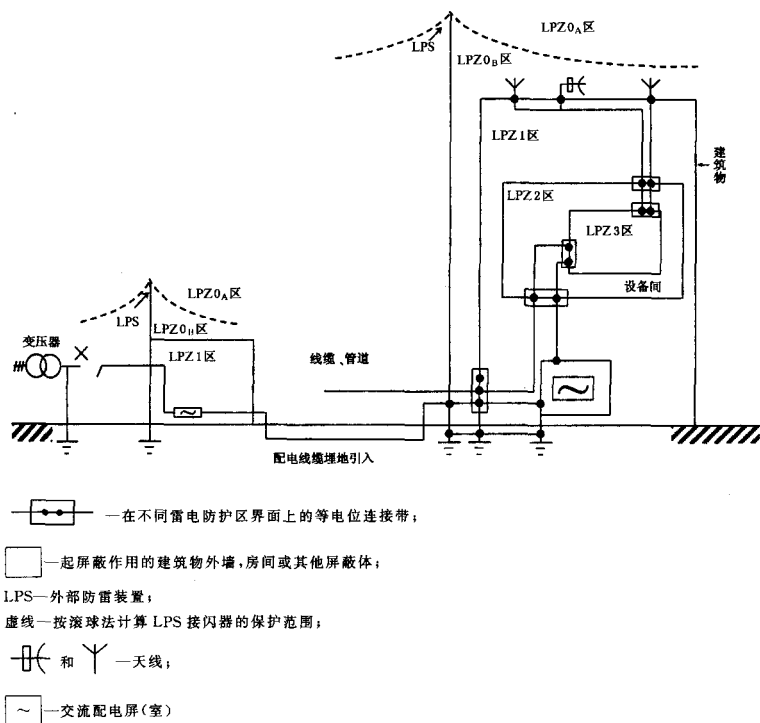


图 1 雷电防护区划分和做符合要求的等电位连接的示例

6 等电位连接和共用接地

6.1 将分开的导电装置用等电位连接导体或电涌保护器连接，以减少信息系统设备所在建筑物金属构件与设备之间或设备与设备之间因雷击产生的电位差。利用钢筋混凝土结构的建筑物内所有金属构件的多重连接建立一个三维的连接网络是实现等电位连接的最佳选择。为方便等电位连接施工，应在一些合适的地方预埋等电位连接预留件。方法如图 2 所示。

6.2 进入信息系统所在建筑物的各类水管、采暖和空调管道等金属管道和电缆的金属外层在进入建筑物处应做等电位连接，燃气管道入户后应在法兰盘连接处插入一块绝缘板，并在绝缘板两端用开关型 SPD 连接后，户内金属管道可参加等电位连接，并与建筑物组合在一起的大尺寸金属件连接在一起，按 GB 50054 的要求做总等电位连接之后，接向总等电位连接带，可靠连接地。

6.3 当电源采用 TN 系统时，从建筑物内总配电盘开始引进的配电线路和分支线路必须采用 TN-S 系统。如已采用 TN-C 系统供电，中性线(N)与保护线(PE)除在变压器处可以共同接地外，入户后应严格分开，可通过加装 SPD 将 TN-C 系统改造为 TN-C-S 系统。

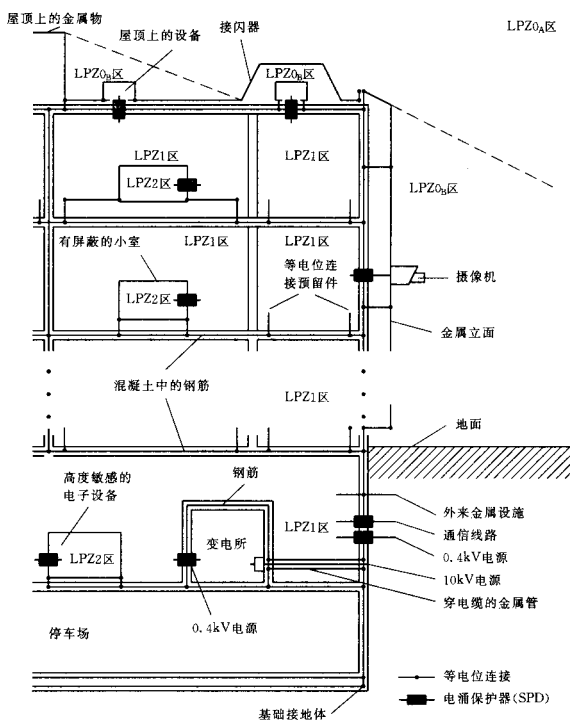
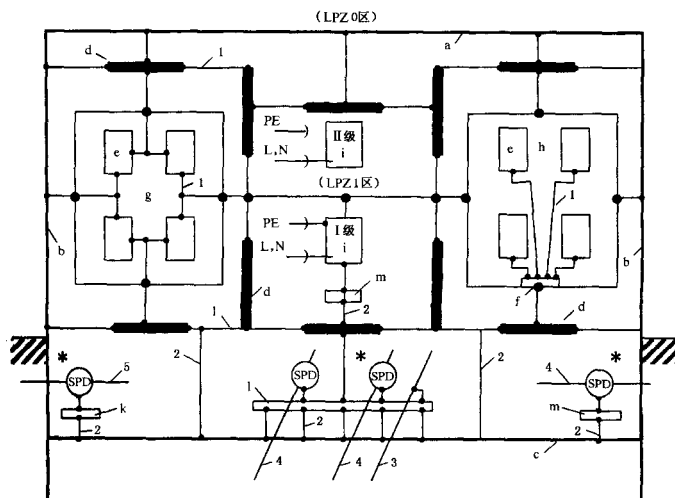


图 2 对一内置信息系统的建筑物划分雷电防护区,进行屏蔽、等电位连接和接地的示例

6.4 在建筑物入户处,即 LPZ0 与 LPZ1 区交界处进行总等电位连接后,在后续的雷电防护区交界处应按总等电位连接的方法进行局部等电位连接,连接主体应包含信息系统设备本身(含外露可导电部分)、PE 线、信号线缆和防静电金属地板等。

6.5 在设有信息系统设备的室内应敷设等电位连接带,机柜、电气和电子设备的外壳和机架、计算机直流地(逻辑地)、防静电接地、金属屏蔽线缆外层、交流地和对供电系统的相线、中性线进行电涌保护的 SPD 接地端等均应应以最短的距离就近与这个等电位连接带直接连接。连接的基本方法应采用网型(M)结构或星型(S)结构。网型结构的环型等电位连接带应每隔 5 m 经建筑物墙内钢筋、金属立面与接地系统连结。其原则构成如图 3 中所示。



- a—防雷装置的接闪器以及可能是建筑物空间屏蔽的一部分(如金属屋顶);
- b—防雷装置的引下线以及可能是建筑物空间屏蔽的一部分(如金属立面、墙内钢筋);
- c—防雷装置的接地装置(接地体网络、共用接地体网络)以及可能是建筑物空间屏蔽的一部分(基础内钢筋和基础接地体);
- d—内部导电物体,在建筑物内及其上的金属装置(不包括电气装置),如电梯轨道,吊车,金属地面,金属门框架,各种服务性设施的金属管道,金属电缆桥架,地面、墙和天花板的钢筋;
- e—(局部)信息系统的金属组件,如箱体、壳体、机架;
- f—代表局部等电位连接带(单点连接)的接地基准点(ERP);
- g—(局部)信息系统的网形等电位连接结构;
- h—(局部)信息系统的星形等电位连接结构;
- i—固定安装的 I 级设备(引入 PE 线)和 II 级设备(不引入 PE 线);
- 等电位连接带:
- k—主要供电力线路和电力设备等电位连接用的总接地端(总接地带、总接地母线、总等电位连接带)。也可用作共用等电位连接带;
- l—主要供信息线路和信息设备等电位连接用的等电位连接带(环形等电位连接带、水平等电位连接导体,在特定情况下,采用金属板)。也可用作共用等电位连接带。用接地线多次接到接地系统上做等电位连接(典型值为每隔 5 m 连一次);
- m—局部等电位连接带:1—等电位连接导体,2—接地导体,3—服务性设施的金属管道,4—信息线路或电缆,5—电力线路或电缆;
- *—进入 LPZ1 区处,用于外来服务性设施的等电位连接(管道、电力和通信线路或电缆)

图 3 接地、等电位连接和共用接地系统的构成

6.6 当采用 S 型等电位连接网络时,信息系统的所有金属组件除在接地基准点,即 ERP 处连接外,均应与共用接地系统的各组件有足够的绝缘(大于 10 kV, 1.2/50 μs)。当采用 M 型等电位连接网络时,信息系统的所有金属组件不应与共用接地系统绝缘,可以通过多点连接组合到共用接地系统中。在复杂的信息系统中,可以将 S 和 M 组合在一起。

6.7 实现等电位连接的导体,其材料与最小截面要求见表 1,铜或镀锌钢质等电位连接带的最小截面

应不小于 50 mm²。

6.8 宜利用建筑物的基础钢筋地网作为共用接地系统。如建筑物没有基础钢筋地网,宜在建筑物四周埋设人工垂直接地体和水平环型接地体。接地体的冲击接地电阻不宜大于 4 Ω。

6.9 原则上应在各雷电防护区界面处做等电位连接,但由于工艺要求或其他原因,被保护设备的安装位置不会正好设在界面处而是设在其附近,在这种情况下,当线路能承受可能发生的电涌电压时,电涌保护器可安装在被保护设备处,而线路的金属保护层或屏蔽层宜首先于界面处做一次等电位连接。

表 1 连接等电位连接带或将其连接到接地设备的导体的最小截面

材料	不同部位 截面	总等电位连接处 (LPZ0 _B 与 LPZ1 交界处)	局部等电位连接处 (LPZ1 与 LPZ2 交界处及以下交界处)
		铜材	16 mm ²
铝材		25 mm ²	10 mm ²
钢材		50 mm ²	16 mm ²

7 屏蔽措施和线缆敷设

7.1 屏蔽是减少电磁干扰的基本措施。为减少感应效应宜采取以下措施:外部屏蔽措施、线路敷设于合适的路径、线路屏蔽。这些措施宜联合使用。

为改进电磁环境,所有与建筑物组合在一起的大尺寸金属件都应等电位连接在一起,并与防雷装置相连。如屋顶金属表面、立面金属表面、混凝土内钢筋和金属门窗框架。例子见图 2。

在需要保护的室内,当采用屏蔽电缆时其屏蔽层应至少在两端并宜在雷电防护区交界处做等电位连接。当信息系统要求只在一端做等电位连接时,可将屏蔽电缆穿金属管引入,金属管在一端做等电位连接。

在分开的各建筑物之间的电缆应敷设在金属管道内,如敷设在金属管、金属格栅或钢筋成格栅形的混凝土管道内,这些金属物从一端到另一端应是导电贯通的,并连到各分开的建筑物的等电位连接带上。电缆屏蔽层应连到这些带上。当电缆屏蔽层能荷载可预见的雷电流时,该电缆可不敷设在金属管道内。

7.2 实践中建筑物或房间的大空间屏蔽是由金属支撑物、金属框架或钢筋混凝土的钢筋这些自然构件组成的。这些构件构成一个格栅形大空间屏蔽。穿入这类屏蔽的导电金属物应就近与其做等电位连接。

当对屏蔽效率未做试验和理论研究时,磁场强度的衰减应按下列方法计算。

a) 在雷闪击于格栅形大空间屏蔽以外附近的情况下(见图 4),当无屏蔽时所产生的无衰减磁场强度 H_0 ,相当于处在 LPZ0 区内的磁场强度,应按式(1)计算:

$$H_0 = i_0 / (2\pi S_0) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: i_0 ——雷电流(A),按附录 B(标准的附录)的表 B1 和表 B2 选取;

S_0 ——雷击点与屏蔽空间之间的平均距离,m。

H_0 ——LPZ0 区磁场强度,A/m。

当有屏蔽时,即在格栅形大空间屏蔽内,此空间看作是 LPZ1 区,磁场强度从 H_0 减为 H_1 ,其值应按式(2)计算:

$$H_1 = H_0 / 10^{SF/20} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: SF ——屏蔽系数(dB),按表 2 的公式计算。

表 2 的计算值仅对在 LPZ1 区内距屏蔽层有一安全距离 $d_{S/1}$ 的安全空间 V_s 内才有效(见图 5), $d_{S/1}$ 应按式(3)计算:

$$d_{S/1} = w \cdot SF / 10 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: w ——格栅形屏蔽的网格宽,m。

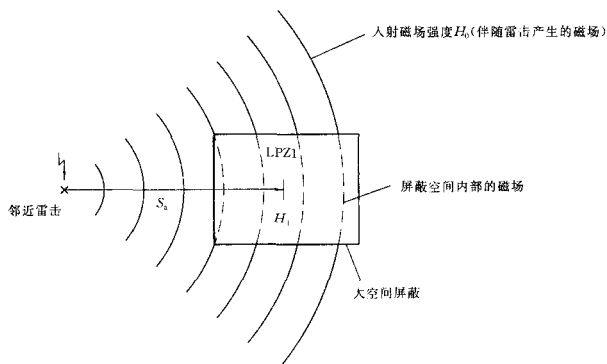


图 4 一个邻近雷击下的环境情况
表 2 格栅形大空间屏蔽的屏蔽系数

材 料	SF, dB	
	25 kHz ¹⁾	1 MHz ²⁾
铜/铝	$20\lg(8.5/w)$	$20\lg(8.5/w)$
钢 ³⁾	$20\lg[(8.5/w)/\sqrt{1+18\times 10^{-6}/r^2}]$	$20\lg(8.5/w)$

注: w 为格栅形屏蔽的网格宽(m), 适用于 $w \leq 5$ m。 r 为格栅形屏蔽网格导体的半径, m。
 1) 适用于首次雷击的磁场。
 2) 适用于后续雷击的磁场。
 3) 相对导磁系数 $\mu_r \approx 200$

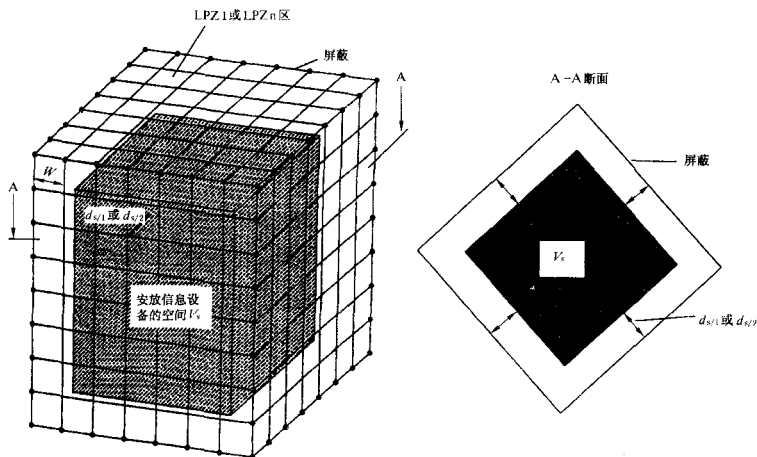


图 5 在 LPZ1 或 LPZ_n 区内放信息设备的空间

b) 在雷闪直接击在格栅形大空间屏蔽上的情况下,其内部 LPZ1 区内 V_s 空间内某点的磁场强度 H_1 应按式(4)计算:

$$H_1 = k_H \cdot i_0 \cdot w / (d_w \cdot \sqrt{d_r}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: d_r ——被考虑的点距 LPZ1 区屏蔽顶的最短距离, m;

d_w ——被考虑的点距 LPZ1 区屏蔽壁的最短距离, m;

k_H ——形状系数($1/\sqrt{m}$), 取 $k_H=0.01(1/\sqrt{m})$;

w ——LPZ1 区格栅形屏蔽的网格宽, m。

式(4)的计算值仅对距屏蔽有一安全距离 $d_{s/2}$ 的空间 V_s 内有效, $d_{s/2}$ 应符合式(5)的要求:

$$d_{s/2} = w \quad \dots\dots\dots(5)$$

信息设备应仅安装在 V_s 空间内。此时可不将紧靠格栅的特强磁场强度当作对信息设备的干扰源。

c) 流过包围 LPZ2 区及以上区的格栅形屏蔽的分雷电流将不会有实质性的影响作用,处在 LPZ_n 区内的磁场强度 H_n 减至 LPZ_{n+1} 区内的 H_{n+1} 可近似地按式(6)计算:

$$H_{n+1} = H_n / 10^{SF/20} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式(6)适用于 LPZ_{n+1} 区内距其屏蔽有一安全距离 $d_{s/1}$ 的空间 V_s 。 $d_{s/1}$ 应按式(3)计算。

7.3 信息系统设备所在建筑物按上述要求计算出各雷电防护区的磁场强度后,应根据信息系统设备的抗干扰能力来确定其安装位置、布线和接地的设计原则。一般情况下,信息系统设备应安装在雷电防护区的最高级区域内。

7.4 信息系统设备的屏蔽和线缆敷设

7.4.1 信息系统设备机房位置应选择在 LPZ 最高级区和避免设在建筑物的顶层;当建筑物天面部分的避雷网格尺寸不符合信息系统抗干扰的要求时,应在天面加装屏蔽层。信息系统设备应避开该建筑物的结构柱子,安全距离可按 7.2 给出的公式计算,也可参照表 4 给出的间距。

7.4.2 在需要保护的空間内采用屏蔽电缆,其要求见 7.1。

使用非屏蔽电缆,入户前应穿金属管并埋入地中水平距离 10 m 以上。如受条件限制无法穿金属管埋地入户,则应加长入户屏蔽管或栈桥长度,金属管或栈桥的两端以及在雷电防护区交界处要做等电位连接和接地。

7.4.3 使用含有金属部件的光缆,如提供抗拉强度用的加强金属芯,金属档潮层,防啃齿动物外层或修理时用的金属通信设施时,应接通光缆沿线的所有接头,再生器等处的档潮层(金属层),并在光缆长度每一端的终端进行直接接地或通过开关型 SPD 接地。

7.4.4 信息系统设备为金属外壳时,应用最短的导线将其与等电位连接带进行等电位连接。如是非金属外壳,当设备所在建筑物屏蔽未达到设备的电磁兼容性要求时,应加装金属网或其他屏蔽体对设备屏蔽,金属网应与等电位连接带进行等电位连接。

7.4.5 综合布线系统与其他干扰源的间距应符合表 3、表 4 的要求。

8 雷击电涌保护

8.1 将信息系统中不能直接参加等电位连接的带电体,如电源相线和中性线、信号线等使用电涌保护器与等电位连接带连接,是等电位连接的组成部分,能起到限制瞬态过电压,分走电涌电流达到保护信息系统设备的作用。

8.2 选择使用电涌保护器应考虑到如下因素:

- 雷电防护区(LPZ)的划分;
- 利用建筑物外部防雷设备和进入建筑物的金属管线分流;
- 按雷击风险评估进行分级;
- 区分供电系统型式进行安装;

——充分考虑电涌保护器非线性元件的特性分别安装。

表 3 综合布线电缆与电力电缆的间距

类别	与综合布线接近状况	最小净距, mm
380 V 电力电缆 <2 kVA	与缆线平行敷设	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
380 V 电力电缆 2~5 kVA	与缆线平行敷设	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
380 V 电力电缆 >5 kVA	与缆线平行敷设	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 380 V 电力电缆 <2 kVA 双方都在接地的线槽中,且平行长度 ≤10 m 时,最小间距可以是 10 mm。
- 2 电话用户存在振铃电流时,不能与计算机网络在同一根对绞电缆中一起运用。
- 3 双方都在接地的线槽中,系指在两个不同的线槽中,也可在同一线槽中用金属板隔开

表 4 墙上敷设的综合布线电缆、光缆及管线与其他管线的间距

其他管线	最小平行净距, mm	最小交叉净距, mm
	电缆、光缆或管线	电缆、光缆或管线
避雷引下线	1 000	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:如墙壁电缆敷设高度超过 6 000 mm 时,与避雷引下线的交叉净距应按下式计算:

$$S \geq 0.05L$$

式中: S——交叉净距, mm;
L——交叉处避雷引下线距地面的高度, mm

8.3 在 LPZ0_A 与 LPZ1 区的界面处做等电位连接用的接线夹和电涌保护器,应采用附录 B(标准的附录)的表 B1~表 B3 的雷电流参量估算通过它们的分流值。当无法估算时,可按以下方法确定:全部雷电流 i 的 50% 流入建筑物防雷设备的接地设备,其另 50% (即 i_s) 分配于引入建筑物的各种设施(外来导电物、电力线、通信线等)。流入每一设施的电流 i_n 等于 i_s/n , n 为上述设施的个数。流经无屏蔽电缆芯线的电流 i_v 等于电流 i_n 除以芯线数 m , 即 $i_v = i_n/m$ (见图 6); 对有屏蔽的电缆,绝大部分的电流将沿屏蔽层流走。尚应考虑沿各种设施引入建筑物的雷电流。应采用以上两值的较大者。

在 LPZ0_B 与 LPZ1 区的界面处做等电位连接用的线夹和电涌保护器仅应按上述方法考虑雷击中建筑物防雷设备时通过它们的雷电流,可不考虑沿全长处在 LPZ0_B 区的各种设施引入建筑物的雷电流,其值仅为感应电流和小部分雷电流。

当流过等电位连接导体的雷电流大于或等于总雷电流的 25% 时,其截面应符合表 1 总等电位连接处的规定;当小于 25% 时,其截面应符合表 1 局部等电位连接处的规定。

电涌保护器必须能承受前述预期通过它们的一部分雷电流,并应符合以下两个附加要求:对电涌的最大箝压,有能力熄灭从电源跟着流经它们的电流。

在建筑物进线处的最大电涌电压(电涌保护器的最大箝压与其两端导线的感应电压之和)应与信息系统各位置上的承受能力相一致。

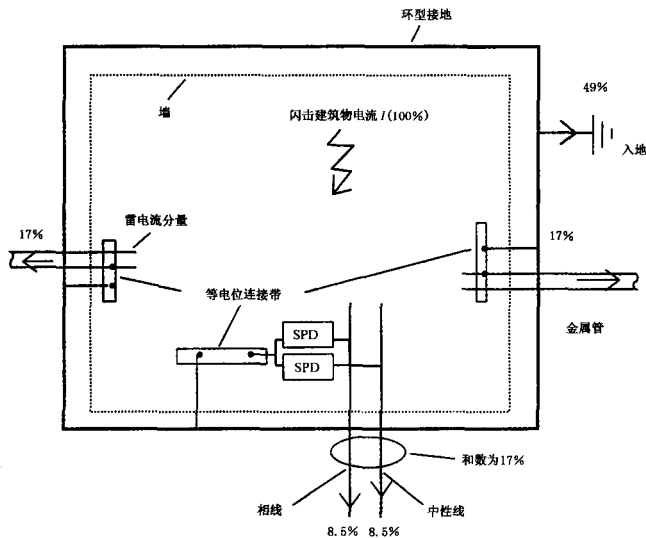


图 6 雷击中建筑物外部设施时的电流分布

8.4 当无法获得 220/380 V 三相配电系统各种设备的耐冲击过电压时可按表 5 选用。

表 5 220/380 V 三相系统各种设备耐冲击过电压额定值

设备的位置	电源处的设备	配电线路和最后分支线路的设备	用电设备	特殊需要保护的設備
耐冲击过电压类别	Ⅳ类	Ⅱ类	Ⅰ类	Ⅰ类
耐冲击电压额定值, kV	6	4	2.5	1.5

注

Ⅰ类——需要将瞬态过电压限制到特定水平的设备;

Ⅱ类——如家用电器、手提工具和类似负荷;

Ⅲ类——如配电盘、断路器、布线系统(包括电缆、母线、分线盒、开关、插座),应用于工业的设备和一些其他设备(例如永久接至固定设备的固定安装的电动机);

Ⅳ类——如电气计量仪表、一次线过流保护设备、波纹控制设备

8.5 当无法获得通信设备耐冲击电压值时,可参见表 6 选用。

表 6 通讯设备预期耐共模冲击过电压值

设备名称	预期耐共模冲击过电压
电话交换局或类似的电信交换中心的数字交换设备	1.0 kV(10/700 μs)
电信用户终端设备	1.5 kV(10/700 μs)
置在建筑物内的 ISDS T/S 总线的设备	1.0 kV(1.2/50 μs)

8.6 电涌保护器按组成的非线性元件特性可分为电压开关型、电压限制型和混合型。它们在电涌冲击下具有不同的响应曲线。选用时应根据安装所处的雷电防护区和雷电击中建筑物时雷电流分布估算而区别选择安装。

由于首次雷击波形为 10/350 μs, 在 LPZ0 区与 LPZ1 区界面上宜选用经 10/350 μs 波形最大冲击电流 I 级分类试验的 SPD。在后续的雷电防护区的界面上宜选用经 8/20 μs 波形的最大放电电流 II 级分类试验或混合波 III 级分类试验的 SPD。

8.7 电涌保护器的安装需注意下列事项:

8.7.1 电涌保护器接至等电位连接带的导线要短而直, 连接线总长度不宜大于 0.5 m。

8.7.2 I 级分类试验的 SPD 可安装于建筑物的入口处, II、III 级分类试验的 SPD 一般应靠近被保护设备安装。

8.7.3 为避免不必要的感应回路, SPD 与被保护设备之间应采用无回路或小回路方式安装, 可参见附录 C(标准的附录)。

8.8 为满足信息系统设备耐受能量的要求, SPD 的安装可以进行多级配合。在进行多级配合时应考虑 SPD 之间的能量配合, 当有续流时应在线路中串接退耦设备, 一般情况下, 在线路上多处安装 SPD 且无准确数据时, 电压开关型 SPD 与限压型 SPD 的线路长度小于 10 m 时和限压型 SPD 之间线路长度小于 5 m 时宜串接退耦装置。

8.9 必须考虑 SPD 退化或寿命终止后可能产生的对地短路对信息系统设备运行的影响, 因此 SPD 的安装应有过电流保护设备, SPD 宜有劣化显示功能。

8.10 在爆炸危险环境中使用 SPD 应具备防爆功能。

8.11 在信号线上安装 SPD, 其功率、插入损耗、驻波、频率、带宽等参数应符合信息系统的匹配要求。

8.12 在屏蔽线路从室外的 LPZ0A 或 LPZ0B 区进入 LPZ1 区的情况下, 当线路屏蔽层的截面 S_c 符合式(7)规定时可不安装保护线路的电涌保护器:

$$S_c \geq \frac{i_i \rho_c l_c \times 10^8}{U_b} \dots\dots\dots (7)$$

式中: i_i ——流入屏蔽层的雷电流(kA), 按图 6 确定;

ρ_c ——屏蔽层的电阻率($\Omega \cdot m$), 20°C 时铁为 $138 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$, 铜为 $17.24 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$, 铝为 $28.264 \times 10^{-9} \Omega \cdot m$;

l_c ——线路长度(m), 按表 7 确定;

U_b ——线路绝缘的耐冲击电压值(kV), 电力线路按表 8 确定; 通信线路, 纸绝缘为 1.5 kV, 塑料绝缘为 5 kV。

表 7 按屏蔽层敷设条件确定的线路长度

屏蔽层敷设条件	l_c, m
屏蔽层与电阻率 $\rho(\Omega \cdot m)$ 的土壤直接接触	当实际长度 $> 8 \sqrt{\rho}$ 时取 $l_c = 8 \sqrt{\rho}$; 当实际长度 $< 8 \sqrt{\rho}$ 时取 $l_c =$ 线路实际长度
屏蔽层与土壤隔离或敷设在大气中	$l_c =$ 建筑物与屏蔽层最近接地点之间的距离

表 8 电缆绝缘的耐冲击电压值

电缆的额定电压, kV	绝缘的耐冲击电压 U_i , kV
≤ 0.05	5
0.22	15
10	75
15	95
20	125

注:当流入线路的雷电流大于以下数值时,绝缘可能产生不可接受的温升。

对屏蔽线路 $I_i = 8 S_c$;

对无屏蔽的线路 $I'_i = 8n'S'_c$ 。

式中: I_i ——流入屏蔽层的雷电流, kA;

S_c ——屏蔽层的截面, mm^2 ;

I'_i ——流入无屏蔽线路的总雷电流, kA;

n' ——线路导线的根数;

S'_c ——每根导线的截面, mm^2 。

8.13 在考虑各设备之间的过电压保护水平 U_p 时,若线路无屏蔽时尚应计及线路的感应电压。环路中感应电压、电流和能量的计算可参见附录 D(标准的附录),其雷电流参数应按附录 B 中表 B2 选取。在考虑被保护设备的耐冲击过电压水平时宜按其值的 80% 考虑。

9 防雷装置的维护和管理

9.1 为确保气象信息系统的防雷装置正常运行,达到防雷减灾,将损失降低到最小程度,必须坚持预防为主,安全第一的方针。

9.2 气象信息系统的防雷装置必须确定专人负责管理。防雷装置的设计、安装、配线等图纸资料应及时归档。每年的检测报告应妥善保管。当发生雷击灾害造成直接或间接损失时,应将情况及及时上报防雷主管部门备案。

9.3 加强气象信息系统的防雷装置日常维护是确保气象信息系统正常运行的重要措施之一。要求在每年雷雨季节前全面检查防雷装置运行情况,有无接触不良,积尘过多,SPD 有无跳火、发热、漏电流过大,绝缘不良,接地电阻变大等故障。并针对性维护,及时排除故障。

附录 A
(标准的附录)
雷击风险评估方法

A1 信息系统雷击电磁脉冲的防护,应考虑信息系统所处的环境因素、信息系统设备的重要性和发生雷击事故的后果严重程度等因素进行雷击风险综合评估,将信息系统雷击电磁脉冲的防护分为 A、B、C、D 四级,分别采用相应的防护措施。

A2 信息系统雷击电磁脉冲防护分级计算方法

A2.1 信息系统所处建筑物预期的年平均直击雷次数

a) 建筑物年预计雷击次数应按式(A1)确定:

$$N = kN_gA_e \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中: N ——建筑物预计雷击次数,次/a;

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/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$);

A_e ——与建筑物截收相同雷击次数的等效面积, km^2 。

b) 雷击大地的年平均密度应按式(A2)确定:

$$N_g = 0.024T_d^{1.3} \quad \dots\dots\dots (A2)$$

式中: T_d ——年平均雷暴日,根据当地气象台、站资料确定,d/a。

c) 建筑物等效面积 A_e 应为其实际平面积向外扩大后的面积。其计算方法应符合下列规定:

(1) 当建筑物的高 H 小于 100 m 时,其每边的扩大宽度和等效面积应按式(A3)、式(A4)计算确定:

$$D = \sqrt{H(200 - H)} \quad \dots\dots\dots (A3)$$

$$A_e = [LW + 2(L + W) \times \sqrt{H(200 - H)} + \pi H(200 - H)] \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A4)$$

式中: D ——建筑物每边的扩大宽度,m;

L 、 W 、 H ——分别为建筑物的长、宽、高,m。

(2) 当建筑物的高 H 等于或大于 100 m 时,其每边的扩大宽度应按等于建筑物的高 H 计算;建筑物的等效面积应按式(A5)确定:

$$A_e = [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (A5)$$

(3) 当建筑物各部位的高不同时,应沿建筑物周边逐点算出最大扩大宽度,其等效面积 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。

A2.2 因直击雷和雷击电磁脉冲引起信息系统设备损坏的可接受的最大年平均雷击次数

$$N_c = 5.8 \times 10^{-3}/C \quad \dots\dots\dots (A6)$$

式中: N_c ——因直击雷和雷击电磁脉冲引起信息系统设备损坏的可接受的最大年平均雷击次数;

C ——各类因子。

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \quad \dots\dots\dots (A7)$$

C_1 : 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, C_1 取 0.5;

当建筑物屋顶和主体结构均为钢筋混凝土材料时, C_1 取 1.0;

当建筑物为砖混结构时, C_1 取 1.5;

当建筑物为砖木结构时, C_1 取 2.0;

当建筑物为木结构或其他易燃材料时, C_1 取 2.5。

C_2 : 信息系统重要程度因子。

一般计算机、通讯设备, C_2 取 0.5;

《计算机场站安全要求》中划为 C 类的机房, C_2 取 1.0;

《计算机场站安全要求》中划为 B 类的机房, C_2 取 2.0;

《计算机场站安全要求》中划为 A 类的机房, C_2 取 3.0。

C_3 : 信息系统设备耐冲击类型和抗冲击能力因子。

本因子与设备的耐各种冲击的能力有关, 与采用的等电位连接及接地措施有关, 与供电线缆、信号线屏蔽接地状况有关, 一般可原则分为:

一般, C_3 取 0.5;

较弱, C_3 取 1.0;

相当弱, C_3 取 3.0。

注: 一般指设备为 GB/T 16935.1—1997 中所指的 I 类安装位置的设备, 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/T 16935.1—1997 中所指的 I 类安装位置的设备, 但使用架空线缆, 因而风险较大。

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讯设备。

C_4 : 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;

设备在 LPZ0_A 区内时, C_4 取 2.0。

C_5 : 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;

信息系统不允许中断, 中断后会产生严重后果时, C_5 取 1.5。

A2.3 信息系统雷电电磁脉冲防护分级

依据公式 $E = 1 - N_c/N$ (A8)

当 $E > 0.98$ 为 A 级;

$0.95 < E \leq 0.98$ 为 B 级;

$0.80 < E \leq 0.95$ 为 C 级;

$E \leq 0.80$ 为 D 级。

A3 信息系统电磁脉冲各级的电涌保护

A 级宜在低压系统中采取 3 级—4 级 SPD 进行保护;

B 级宜在低压系统中采取 2 级—3 级 SPD 进行保护;

C 级宜在低压系统中采取 2 级 SPD 进行保护;

D 级宜在低压系统中采取 1 级或以上的 SPD 进行保护。

A4 GB 9361—1988《计算机场地安全要求》对计算机机房安全分类如下:

A 类: 对计算机机房的安全有严格的要求, 有完善的计算机机房安全措施;

B 类: 对计算机机房的安全有较严格的要求, 有较完善的计算机机房安全措施;

C 类: 对计算机机房的安全有基本的要求, 有基本的计算机机房安全措施。

附录 B
(标准的附录)
雷 电 流

B1 对平原和低建筑物典型的向下闪击,其可能的四种组合应按图 B1 确定。

B2 对约高于 100 m 的高层建筑物典型的向上闪击,其可能的五种组合应按图 B2 确定。

B3 从图 B1 和图 B2 可分析出图 B3 的三种雷击,其参量应符合表 B1~表 B3 的规定。雷击参数的定义应按图 B4 确定。

B4 对雷电流的电荷量 Q_0 和单位能量可近似按下列计算式计算。

$$Q_0 = (1/0.7) \times I \times T_2 \quad \dots\dots\dots (B1)$$

$$W/R = (1/2) \times (1/0.7) \times I^2 \times T_2 \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中: I ——雷电流幅值, A;

T_2 ——半值时间, s。

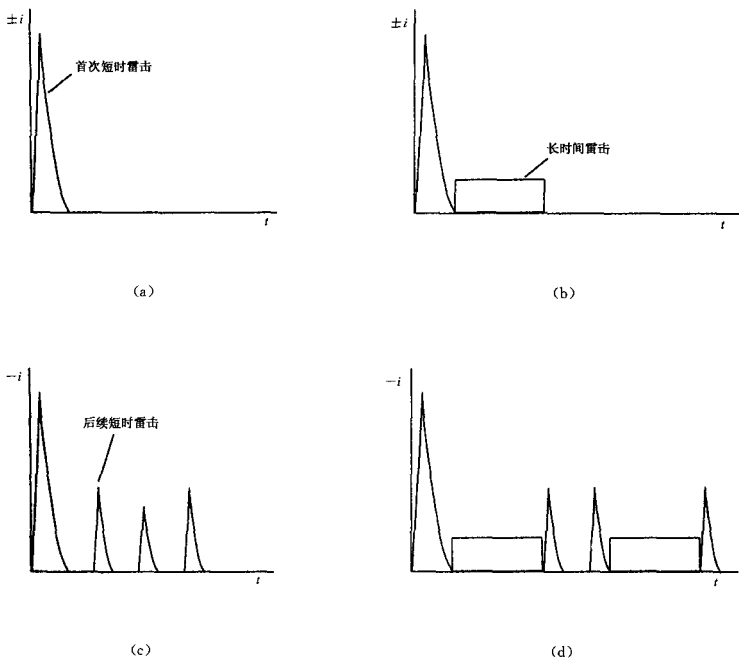


图 B1 向下闪击可能的雷击组合

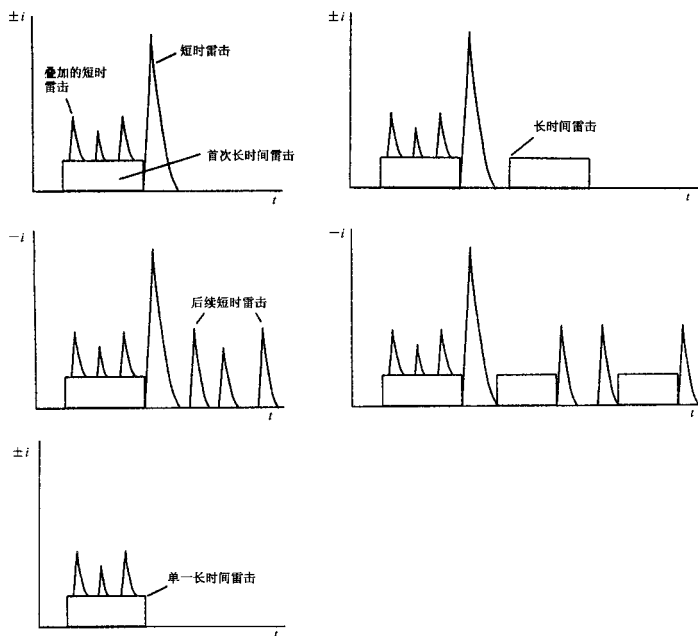


图 B2 向上闪击可能的雷击组合

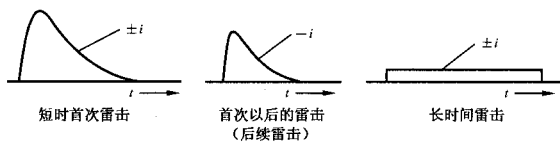


图 B3 闪击中可能出现的三种雷击

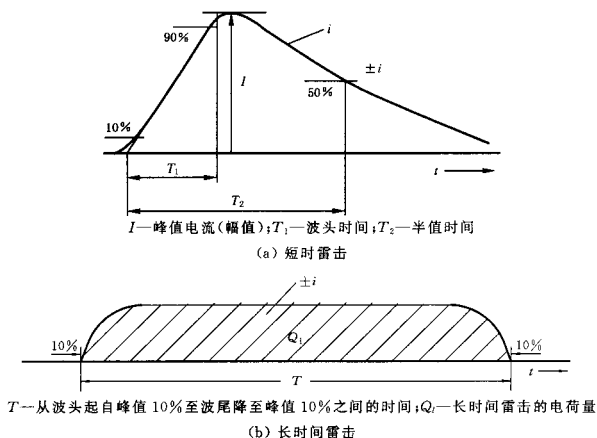


图 B4 雷击参数定义示意图

表 B1 首次雷击的雷电流参量

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
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_1 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_1 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 B2 首次以后雷击的雷电流参量

雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
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, $\text{kA}/\mu\text{s}$	200	150	100

表 B3 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 C

(标准的附录)

电涌保护器(SPD)的选择和安装

C1 SPD 制造厂商应提供产品的信息内容有:

- a) 制造厂名或商标和型号;
- b) 安装位置分类;
- c) 端口数量;
- d) 安装方法;
- e) 最大持续运行电压 U_c (用于每种保护方式的值) 和额定频率;
- f) 制造商声称的每种保护方式的放电参数的试验分类:
 - I 级的最大冲击电流 I_{imp} 试验;
 - II 级的最大放电电流 I_{max} 试验;
 - III 级的开路电压 U_{oc} 试验。
- g) I 级分类及 II 级分类试验中的标称放电电流值 I_n (用于每种保护方式的值);
- h) 过电压保护水平 U_p (用于每种保护方式的值);
- i) 额定负载电流 (如果需要);
- j) 外壳防护等级 (IP 代码);
- k) 短路承受能力;
- l) 后备过电流保护器件的最大推荐值 (如果有);
- m) 断路器动作指示 (如果有的话);
- n) 具有特殊用途产品的安装位置;
- o) 端口标志 (进、出口端标志);
- p) 安装指南 (如: 连接、机械尺寸、引线长度等);
- q) 电网电流类型: 直流 (d. c) 交流 (a. c) 及频率或两者都可应用;
- r) I 级分类试验中能量指标 (W/R);
- s) 温度范围。

上述信息内容中的 a)、e)、f)、h)、j)、i)、o) 和 q) 宜在产品铭牌上标注。

C2 SPD 有关性能参数定义如下:

C2.1 最大持续运行电压 U_c , 指能持续加在 SPD 各种保护模式间的最大方均根电压或直流电压, 等于 SPD 的额定电压。 U_c 不应低于低压线路中可能出现的最大连续工频电压。选择 220/380 V 三相系统中的 SPD 时, 其接线端的最大持续运行电压 U_c 不应小于下列规定:

TT 系统中 $U_c \geq 1.55U_0$;

TN、TT 系统中 $U_c \geq 1.15U_0$;

IT 系统中 $U_c \geq 1.15U_0$ 。

注

1 在 TT 系统中 $U_c \geq 1.15U_0$ 是指 SPD 安装在剩余电流保护器的电源侧; $U_c \geq 1.55U_0$ 是指 SPD 安装在剩余电流保护器的负荷侧。

2 U_0 是低压系统相线对中性线的标称电压, 在 220/380 V 三相系统中 $U_0 = 220$ V。

C2.2 冲击试验分类

I 级分类试验: 对样品进行标称放电电流 I_n , 1.2/50 μ s 冲击电压和最大冲击电流 I_{imp} 的试验 (仅对 I 类 SPD), 最大冲击电流在 10 ms 内通过的电荷 $Q(As)$ 等于电流峰值 I_{peak} 的 50%, 即 $Q(As) = 0.5 \times$

I_{peak} (kA)。 I_{imp} 波形为 10/350 μs 。

Ⅰ级分类试验：对样品进行标称放电电流 I_n 、1.2/50 μs 冲击电压和最大放电电流 I_{max} 试验（仅对Ⅱ类 SPD）， I_{max} 波形为 8/20 μs 。

Ⅱ级分类试验：对样品进行混合波（1.2/50 μs ，8/20 μs ）试验。

注： I_{imp} 最大冲击电流；包括电流峰值 I_{peak} 及总电荷 Q ，此类电流脉冲一般用于Ⅰ类 SPD 操作规定试验中的不同等级。

I_{max} 最大放电电流：通过 SPD 的 8/20 μs 的峰值电流，用于Ⅱ级分类 SPD 试验， $I_{\text{max}} > I_n$ 。

混合波：由发生器产生的开路电压波形为 1.2/50 μs 波，短路电流波形为 8/20 μs 电流波。当发生器与 SPD 相连，SPD 上承受的电压、电流大小及波形由发生器内阻和 SPD 阻抗决定。开路电压峰值与短路电流峰值之比为 2 Ω （相当于发生器虚拟内阻 Z_i ）。短路电流用 I_{sc} 表示，开路电压用 U_{oc} 表示。

C2.3 标称放电电流 I_n ：流过 SPD 8/20 μs 电流波的峰值电流，一般用于对 SPD 做Ⅰ级分类试验，也可用于对 SPD 做Ⅰ、Ⅱ级分类试验的预处理。

C2.4 过电压保护水平 U_P （保护电平），一个表征 SPD 限制电压的特性参数，它可以从一系列的参考值中选取（如 0.08、0.09、0.10、0.12、0.15、0.22、0.33、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0、10 kV 等），该值应比在 SPD 端子测得的最大限制电压大，与设备的耐压一致。

C2.5 额定负载电流：由电源提供给负载，流经 SPD 的最大持续电流有效值（一般指双口 SPD）。

C2.6 Ⅰ级分类试验中单位能量指标 W/R ：电流脉冲 I_{imp} 流过 1 Ω 电阻时，电阻上消耗的能量。数值上等于电流脉冲波形函数平方的时间积分， $W/R = \int i^2 dt$ 。

C2.7 额定电压 U_n ，是制造厂商对 SPD 规定的电压值。在低压配电系统中运行电压（标称电压）有 220 V_{AC}、380 V_{AC} 等，指的是相对地和相对相的电压值也称为供电系统的额定电压，在正常运行条件下，在供电终端电压波动值不应超过 $\pm 10\%$ ，这些是制造商在规定 U_n 值时需考虑的。如在供电的电压波动值超过 $-7\% \sim +13\%$ 的地区或场所，应根据具体情况对 SPD 的 U_n 值提高。

C2.8 残压 U_{res} ，当冲击电流通过 SPD 时，在其端子处呈现的电压峰值。 U_{res} 与冲击电涌通过 SPD 时的波形和峰值电流有关。为表征 SPD 性能，经常使用 $U_{\text{res}}/U_n =$ 残压比这一概念，残压比一般应小于 3，越小则表征着 SPD 性能指数越好。

C2.9 箝位电压 U_{ca} ，当浪涌电压达到 U_{ca} 值时，SPD 进入箝位状态。过去认为箝位电压即标称压敏电压，即 SPD 上通过 1 mA 电流时在其两端测得的电压。而实际上通过 SPD 的电流可能远大于测试电流 1 mA，这时不能不考虑 SPD 两端已经抬高的 U_{res} （残压）对设备保护的影响。从压敏电压至箝位电压的时间比较长，对 MOV 而言约为 100 ns。

C2.10 额定泄放电流 I_{sn} （额定耐受冲击电流）：此值与当地雷电强度、电源系统型式、有无下一级 SPD 及被保护设备对电涌的敏感程度有关，SPD 的 I_{sn} 决定其尺寸大小和热容量。

C2.11 泄漏电流：由于绝缘不良而在不应通电的路径上流过的电流。SPD 除放电间隙外，在并联接入电网后都会有微安级的电流通过，常称为漏电流。当漏电流通过 SPD（以 MOV 为主的）时，会发出一定热量，致使发生温漂或退化，严重时还会造成爆炸，又称热崩溃。

C2.12 响应时间：SPD 两端施加的压敏电压到 SPD 箝位电压的时间。

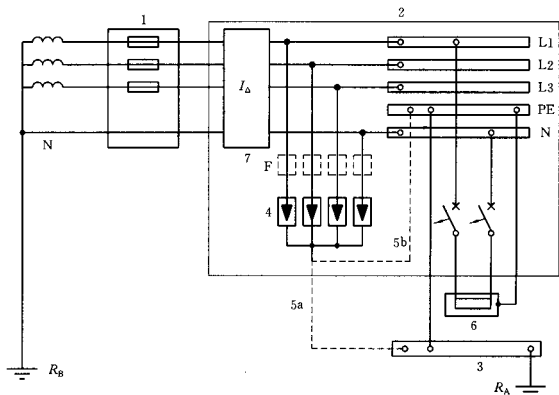
C2.13 过电流保护器件：安装在 SPD 外部的一种防止当 SPD 不能阻断工频短路电流而引起发热和损坏的过电流保护器件（如熔丝、断路器）。

C2.14 退耦装置：当对 SPD 施加工频电压并进行冲击试验时，一个阻止冲击反馈到供电网的装置。

C3 SPD 220/380 V 三相配电系统中的安装

C3.1 按图 C1 接线的 TT 系统中，最大持续运行电压 U_c 不应小于 $1.55U_0$ 。

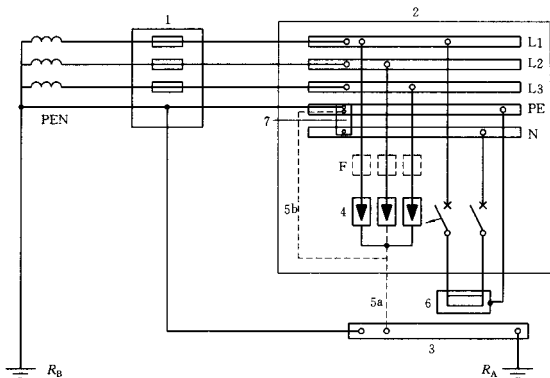
注： U_0 是电压系统相对对中性线的标电压，在 220/380 V 三相系统中， $U_0 = 220$ V（下同）。



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

图 C1 TT 系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的负荷侧

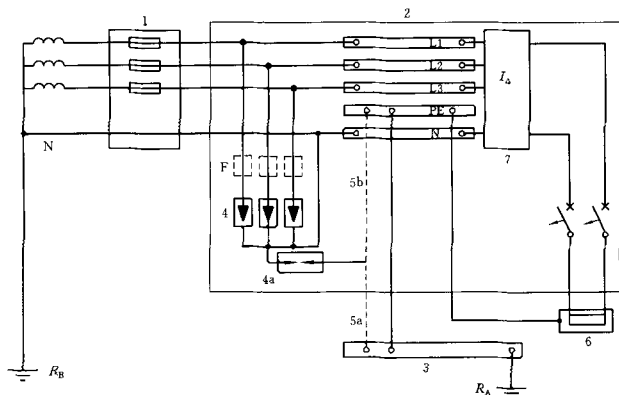
C3.2 按图 C2 和图 C3 接线的 TN 和 TT 系统中， U_c 不应小于 $1.15U_0$ 。



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

注：当采用 TN-C-S 或 TN-S 系统时，在 N 与 PE 线连接处电涌保护器用三个，在其以后 N 与 PE 线分开处安装电涌保护器时用四个（即在 N 与 PE 线间增加一个，类似图 C1）。

图 C2 TN 系统中的电涌保护器



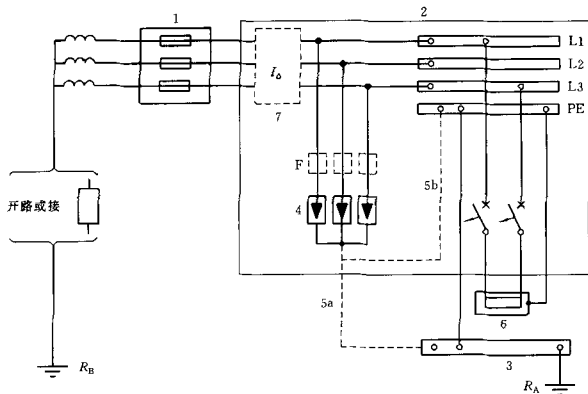
1—装置的电源；2—配电盘；3—总接地端或总接地连接带；4—电涌保护器（SPD）；4a—放电间隙或电涌保护器，它们应能承受电源变压器高压侧碰外壳短路产生的过电压；5—电涌保护器的接地连接，5a或5b；6—需要保护的的设备；7—剩余电流保护器，可位于母线的上方或下方；F—保护电涌保护器的熔丝、断路器、剩余电流保护器；

R_A —本装置的接地电阻； R_B —供电系统的接地电阻

注：当电源变压器高压侧碰外壳短路产生的过电压加于4a设备时不应动作。在高压系统采用低电阻接地和供电变压器外壳、低压系统中性点合用同一接地装置以及切断短路的时间小于或等于5s时，该过电压可按1.2kV考虑。

图 C3 TT 系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的电源侧

C3.3 按图 C4 接线的 IT 系统中 U_c 不应小于线间电压 $1.15U_0$ 。



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

图 C4 IT 系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的负荷侧

C4 SPD 的安装位置

C4.1 SPD 原则上应安装在各雷电防护区的交界处并参加等电位连接,但由于各种原因,SPD 的安装位置不会正好在雷电防护区的交界处而是在其附近,此时 SPD_1 应安在建筑物入口处总等电位连接端子处,施行多级保护的末端 SPD_n 应靠近被保护设备安装。

C4.2 为避免不必要的感应回路,SPD 与被保护装置之间应采用无回路或小回路方法安装,可参看图 C5 和图 C6。

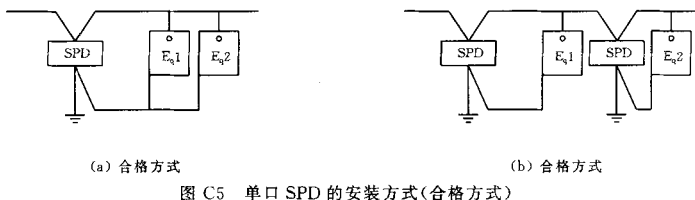
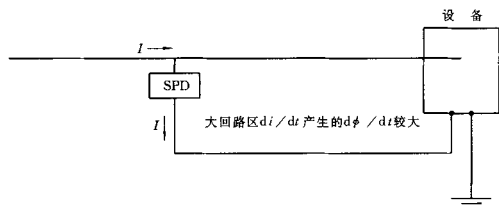
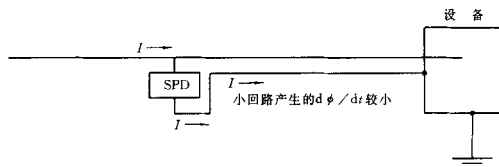


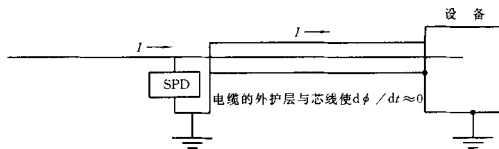
图 C5 单口 SPD 的安装方式(合格方式)



(a) 合格但不够好的方法

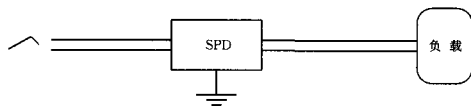


(b) 较好的方法

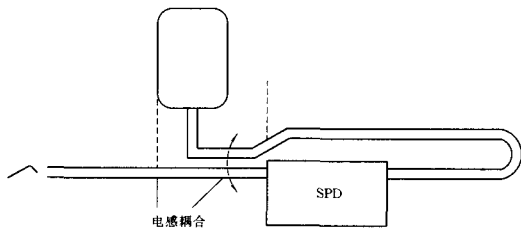


(c) 最好的方法

图 C6 安装合格或不合格的示例



(d) 合格的方法

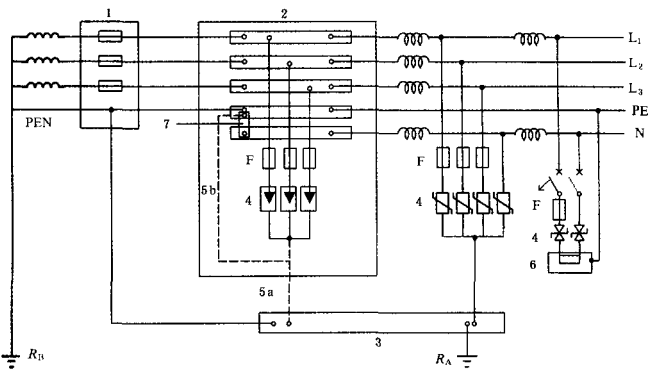


(e) 不合格的方法

图 C6(完)

C5 为解决因 SPD 寿命终止造成的失效模式,除宜选用带有劣化显示的 SPD 并经常检查,在其失效前更换外,尚应在 SPD 前端加装过电流保护装置,如断路器、熔丝等。

C6 在 TN 系统中,SPD 的多级配合,退耦和过电流保护装置的安装见图 C7 的示例。



1—装置的电源;2—配电盘;3—总接地端或总接地连接带;4—电涌保护器(SPD);
5—电涌保护器的接地连接,5a或5b;6—需要保护的设;7—PE-N的连接带;
F—保护器(如熔丝、断路器、剩余电流保护器); R_A —本装置的接地电阻;

R_B —供电系统的接地电阻

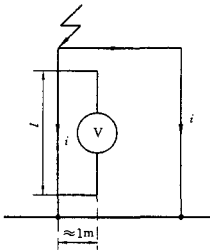
图 C7 在 TN-S-C 系统中 SPD 多级配合,退耦和过电流保护装置安装示例

附录 D

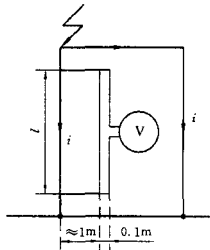
(标准的附录)

环路中感应电压、电流和能量的计算

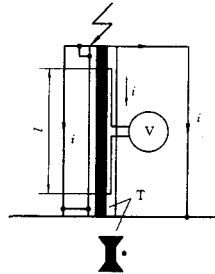
D1 在不同的线路结构和敷设路径(图 D1)以及不同的外部防雷装置下当雷击建筑物的防雷装置时,在该等线路中预期的最大感应电压和能量可近似地按表 D1 中的计算式计算。



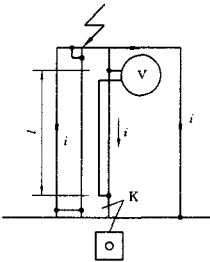
(a) 包围一大面积并与引下线不绝缘的环路



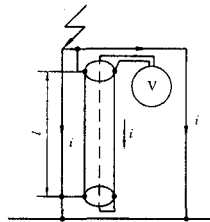
(b) 包围一小面积并与引下线绝缘的环路



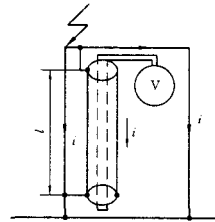
(c) 布置相似于(a),但环路所包围的面积是小的,装置极靠近引下线并与其接触



(d) 布置相似于(a),但环路安装在封闭型金属电缆管道内



(e) 布置相似于(a),电路由屏蔽电缆组成,屏蔽层是引下线的一部分



(f) 布置相似于(b),电路由两芯线的屏蔽电缆组成,电缆屏蔽层是引下线的一部分,所考虑的环路与防雷装置绝缘

i —流经引下线的分雷电流; T —作引下线用的金属结构立柱;
 K —作自然引下线用的金属电缆管道; l —电气装置平行于引下线的长度

图 D1 应用于表 D1 的环路布置

表 D1 闪电击中第一类防雷建筑物安装在建筑物上的防雷装置时所感应的电压和能量的近似计算式

外部防雷装置的型式	在图 D1 以下分图中的环路形状									
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d
	开路环中感应的峰值电压					短路环中感应的最大能量				
引下线(至少四根)间距 10~20 m	$\frac{U_i}{l}$ kV/m	$\frac{U_i}{l}$ kV/m	$\frac{U_i}{l}$ kV/m	$\frac{U_i}{l}$ kV/m	$\frac{U_k}{R_M}$ kV/Ω	$\frac{U_Q}{l}$ kV/m	$\frac{W}{l}$ J/m	$\frac{W}{l}$ J/m	$\frac{W}{l}$ J/m	$\frac{W}{l}$ J/m
钢构架或钢筋混凝土柱	$100\sqrt{\frac{a}{h}}$	$2\sqrt{\frac{a}{h}}$	$4\sqrt{\frac{a}{h}}$	≈ 0	$100\sqrt{\frac{a}{h}}$	≈ 0	$\frac{a}{h}2000$	$\frac{a}{h}1$	$\frac{a}{h}10$	≈ 0
有窗的金属立面	$\frac{1}{\sqrt{h}}10$	$\frac{1}{h}0.4$	$\frac{1}{\sqrt{h}}0.4$	≈ 0	$\frac{1}{\sqrt{h}}10$	≈ 0	$\frac{1}{h}30$	$\frac{1}{h^2}0.03$	$\frac{1}{h}0.1$	≈ 0
无窗的钢筋混凝土结构	$\frac{1}{\sqrt{h}}2$	$\frac{1}{h}0.1$	$\frac{a}{\sqrt{h}}0.1$	≈ 0	$\frac{1}{\sqrt{h}}2$	≈ 0	$\frac{1}{h}1.5$	$\frac{1}{h^2}0.002$	$\frac{1}{h}0.005$	≈ 0

注

- 如金属窗框架与建筑物互相连接的钢筋在电气上有连接时本栏也适用于这类钢筋混凝土建筑物。
- U_i —采用首次以后的雷击电流参量(表 B2)时预期的最大感应电压;
 U_k —采用首次雷击电流参量(表 B1)时在电缆内导体与屏蔽层之间预期的最大共模电压, $R_M/l < 0.1 \Omega/m$;
 U_Q —屏蔽电缆内导体之间预期的最大差模电压;
 w —当采用首次雷击电流参量(表 B1)及环路由于产生火花放电而成闭合环路时,预期产生于环路内的最大能量;
 l —与引下线平行的电气装置的长度, m;
 R_M —电缆总长的电缆屏蔽层电阻, Ω;
 a —引下线之间的平均距离, m;
 h —防雷装置接闪器的高度, m。
- 表 D1 适用于第一类防雷建筑物的雷电流参量。对第二类防雷建筑物,表中的感应电压计算式应乘以 0.75(因第二类防雷建筑物的雷电流为第一类的 75%),能量计算式应乘以 0.56(即 $0.75^2 = 0.56$, 因能量与电流的平方成正比)。对第三类防雷建筑物,表中的感应电压计算式应乘以 0.5(因第三类防雷建筑物的雷电流为第一类的 50%),能量计算式应乘以 0.25(即 $0.5^2 = 0.25$)。

D2 格栅形屏蔽建筑物附近遭雷击时在 LPZ1 区内环路的感应电压和电流。

在 LPZ1 区 V_s 空间内的磁场强度看成是均匀的情况下(见图 4 和图 5),图 D2 所示为无屏蔽线路构成的环路,其开路最大感应电压 $U_{oc/max}$ 宜按式(D1)确定:

$$U_{oc/max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/max} / T_1 \dots\dots\dots (D1)$$

式中: μ_0 ——真空的磁导系数,其值等于 $4\pi \times 10^{-7}, V \cdot s / (A \cdot m)$;

b ——环路的宽, m;

l ——环路的长, m;

$H_{1/max}$ ——LPZ1 区内最大的磁场强度,按式(2)确定, A/m;

T_1 ——雷电流的波头时间, s。

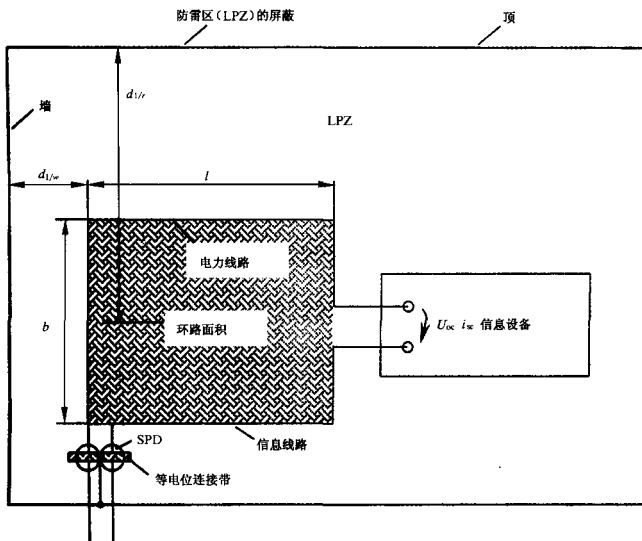


图 D2 环路中的感应电压和电流

注

- 1 当环路不是矩形时,应转换为相同环路面积的矩形环路。
- 2 图中的电力线路或信息线路也可以是邻近的两端做了等电位连接的金属物。

若略去导线的电阻(最坏情况),最大短路电流 i_{sc}/max 可按式(D2)确定:

$$i_{sc}/max = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1}/max / L \quad \dots\dots\dots (D2)$$

式中: L ——环路的自电感, H。

矩形环路的自电感可按式(D3)计算:

$$L = \{0.8 \sqrt{l^2 + b^2} - 0.8(l + b) + 0.4l \cdot \ln[(2b/r) / [1 + \sqrt{1 + (b/l)^2}]] + 0.4b \cdot \ln[(2l/r) / [1 + \sqrt{1 + (l/b)^2}]]\} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (D3)$$

式中: r ——环路导线的半径, m。

D3 格栅形屏蔽建筑物遭直接雷击时在 LPZ1 区内环路的感应电压和电流。

在 LPZ1 区 V_n 空间内的磁场强度 H_1 应按式(4)确定。根据图 D2 所示环路,其开路最大感应电压 U_{Dc}/max 宜按式(D4)确定:

$$U_{Dc}/max = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{1/w}) \cdot k_H \cdot (W / \sqrt{d_{1/r}}) \cdot i_{0}/max / T_1 \quad \dots\dots\dots (D4)$$

式中: $d_{1/w}$ ——环路至屏蔽墙的距离,根据式(5) $d_{1/w} \geq d_s/2$, m;

$d_{1/r}$ ——环路至屏蔽顶的平均距离, m;

i_{0}/max ——LPZ0_A 区内的雷电流最大值, A;

k_H ——形状系数 $(1/\sqrt{m})$, 取 $k_H = 0.01(1/\sqrt{m})$;

W ——格栅形屏蔽的网格宽, m。

若略去导线的电阻(最坏情况),最大短路电流 i_{sc}/max 可按式(D5)确定:

$$i_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l/d_{1/w}) \cdot k_H \cdot (W / \sqrt{d_{1/r}} \cdot i_{0/\max} / L \dots\dots\dots (D5)$$

D4 在 LPZ_{n+1} 区 (n 等于或大于 1) 内的感应电压和电流。

在 LPZ_{n+1} 区 V_s 空间内的磁场强度 H_{n+1} 看成是均匀的情况下 (见图 5), 图 D2 所示环路, 其最大感应电压和电流可按式 (D1) 和式 (D2) 确定, 该两式中的 H_{1/\max} 应根据式 (2) 或式 (6) 计算出的 H_{n+1/\max} 代入。式 (2) 中的 H₁ 用 H_{n+1/\max} 代入, H₀ 用 H_{n/\max} 代入。

附录 E

(标准的附录)

本规范用词说明

执行本规范条文时, 对要求严格程度的用词说明如下:

- E1 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”。
- E2 表示严格, 在正常情况下均应这样做的用词。
正面词采用“应”, 反面词采用“不应”或“不得”。
- E3 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”。

附录 F

(提示的附录)

全国各主要城市雷暴活动日数(期)

表 F1 全国各主要城市雷暴日活动日数(期)一览表

城市名称	平均雷暴日数 (d/a)	最多雷暴日数 (d/a/年份)	最早出日 (月/日)	最晚终日 (月/日)	资料期 (年)
北京	36.3	49/1985	3/30	11/3	1951~1998
天津	29.3	43/1967	3/15	11/7	1954~1998
石家庄	31.2	52/1959	3/14	11/7	1955~1998
太原	34.5	56/1959	3/16	11/8	1951~1998
呼和浩特	36.1	49/1959	3/20	10/25	1951~1998
沈阳	26.9	45/1957	1/1	12/21	1951~1998
长春	35.2	61/1957	1/6	11/9	1951~1998
哈尔滨	32.4	52/1991	3/31	10/23	1951~1998
上海	28.4	48/1963	2/14	12/19	1951~1998
南京	32.6	54/1956	1/26	12/31	1951~1998
杭州	37.6	63/1963	1/14	12/22	1951~1998
济南	25.4	42/1990	3/18	11/25	1951~1998
合肥	28.2	49/1963	1/15	12/21	1952~1998

表 F1(完)

城市名称	平均雷暴日数 (d/a)	最多雷暴日数 (d/a/年份)	最早出日 (月/日)	最晚终日 (月/日)	资料期 (年)
福州	53	77/1975	1/3	12/30	1954~1998
南昌	56.4	85/1963	1/7	12/25	1951~1998
郑州	21.4	35/1977	2/10	11/4	1951~1998
武汉	34.2	53/1962	1/1	12/20	1951~1998
长沙	46.6	75/1967	1/6	12/31	1951~1998
广州	76.1	111/1959	1/4	12/22	1951~1998
南宁	84.6	115/1959	1/1	12/31	1951~1998
成都	34	51/1973	3/7	11/19	1951~1998
贵阳	49.4	63/1961	1/1	12/25	1951~1998
昆明	63.4	84/1978	1/2	12/22	1951~1998
拉萨	68.9	90/1974	3/9	10/31	1955~1998
兰州	22.8	38/1955	3/24	11/19	1951~1998
西安	15.6	32/1962	3/6	10/31	1951~1998
西宁	31.7	51/1967	3/12	11/13	1954~1998
银川	18.3	35/1955	3/20	12/6	1951~1998
乌鲁木齐	6.7	16/1958	4/13	9/25	1951~1998
海口	104.3	134/1965	1/1	12/30	1951~1998
重庆	35.4	51/1955	1/17	12/9	1951~1998
大连	20	38/1959	1/3	11/26	1951~1998
青岛	20.8	40/1964	2/10	12/4	1961~1998
宁波	37.2	63/1963	1/19	12/22	1953~1998
厦门	43	67/1975	1/13	12/29	1954~1998