

GB

中华人民共和国国家标准

《建筑物防雷设计规范》

GB 50057-1994

附录

Design code for protection of Structures against lightning

(Addenda)

(2000 修订)

附录一 建筑物年预计雷击次数

1. 建筑物年预计雷击次数应按下式确定：

$$N = k N_g A_e \quad (\text{附 1.1})$$

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/(km²·a)]；

A_e —与建筑物截收相同雷击次数的等效面积(km²)。

2. 雷击大地的年平均密度应按下式确定：

$$N_g = 0.024 T_d^{1.3} \quad (\text{附 1.2})$$

式中： T_d —年平均雷暴日，根据当地气象台、站资料确定（d/a）。

3. 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：

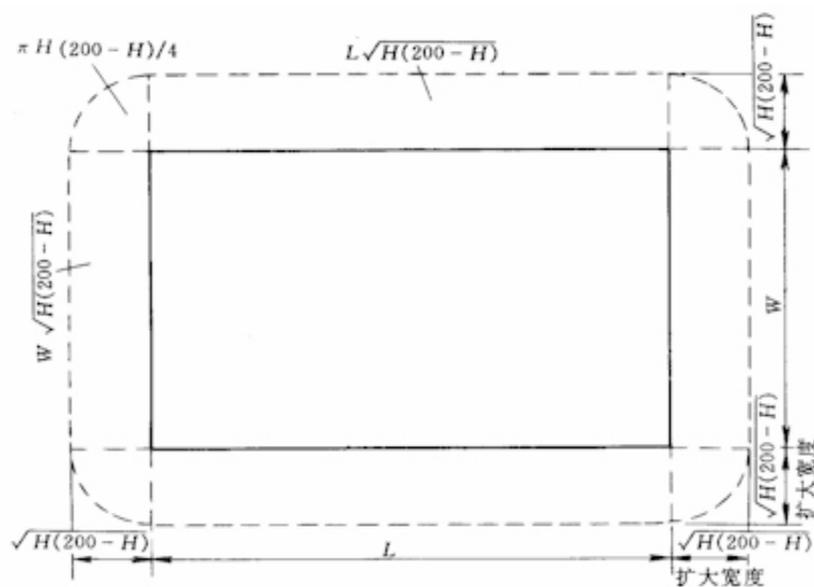
(1) 当建筑物的高 H 小于 100m 时，其每边的扩大宽度和等效面积应按下列公式计算确定(附图 1.1)：

$$D = \sqrt{H(200 - H)} \quad (\text{附 1.3})$$

$$A_e = [LW + 2(L + W) \cdot \sqrt{H(200 - H)} + \pi H(200 - H)] \cdot 10^{-6} \quad (\text{附 1.4})$$

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）。



附图 1.1 建筑物的等效面积

注：建筑物平面积扩大后的面积 A_e 如附图 1.1 中周边虚线所包围的面积。

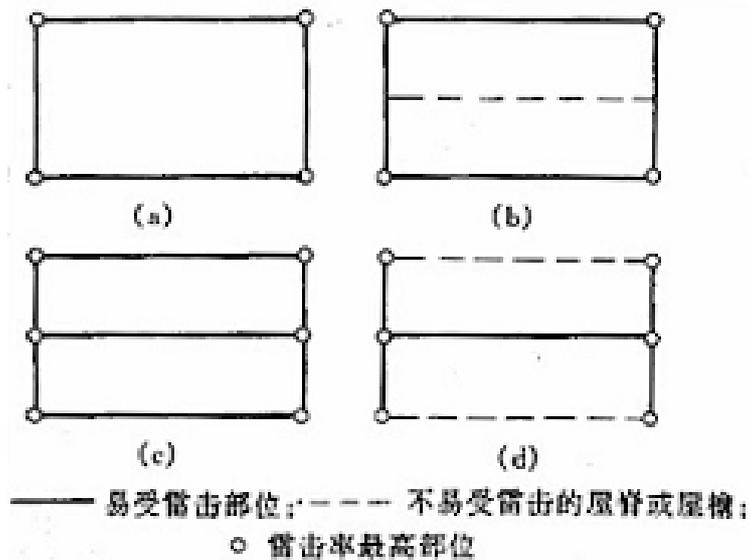
(2) 当建筑物的高 H 等于或大于 100m 时，其每边的扩大宽度应按等于建筑物的高 H 计算；建筑物的等效面积应按下式确定。

$$A_e = [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \cdot 10^{-6} \quad (\text{附 1.5})$$

(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。

附录二 建筑物易受雷击的部位

1. 平屋面或坡度不大于 $1/10$ 的屋面——檐角、女儿墙、屋檐 [附图 2.1(a)、2.1(b)]。
2. 坡度大于 $1/10$ 且小于 $1/2$ 的屋面——屋角、屋脊、檐角、屋檐 [附图 2.1(c)]。
3. 坡度不小于 $1/2$ 的屋面——屋角、屋脊、檐角 [附图 2.1(d)]。
4. 对附图 2.1(c)和 2.1(d)，在屋脊有避雷带的情况下，当屋檐处于屋脊避雷带的保护范围内时屋檐上可不设避雷带。



附图 2.1 建筑物易受雷击的部位

附录三 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算

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：

$$R_s = AR_i \quad (\text{附 3.1})$$

式中： R_s ——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，其数值宜按附图 3.1 确定；

R_i ——所要求的接地装置冲击接地电阻 (Ω)。

2. 接地体的有效长度应按下式确定：

$$l_e = 2\sqrt{\rho} \quad (\text{附 3.2})$$

式中： l_e ——接地体的有效长度，应按附图 3.2 计量 (m)；

ρ ——敷设接地体处的土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)。

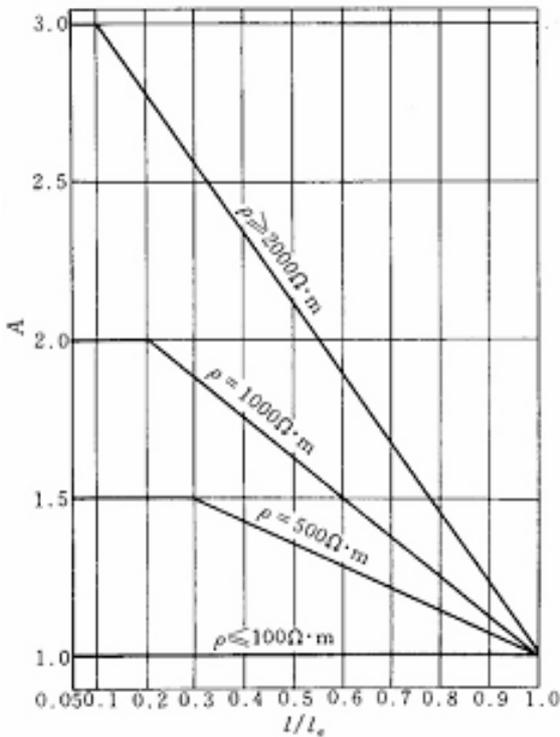
3. 环绕建筑物的环形接地体应按以下方法确定冲击接地电阻：

(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)。

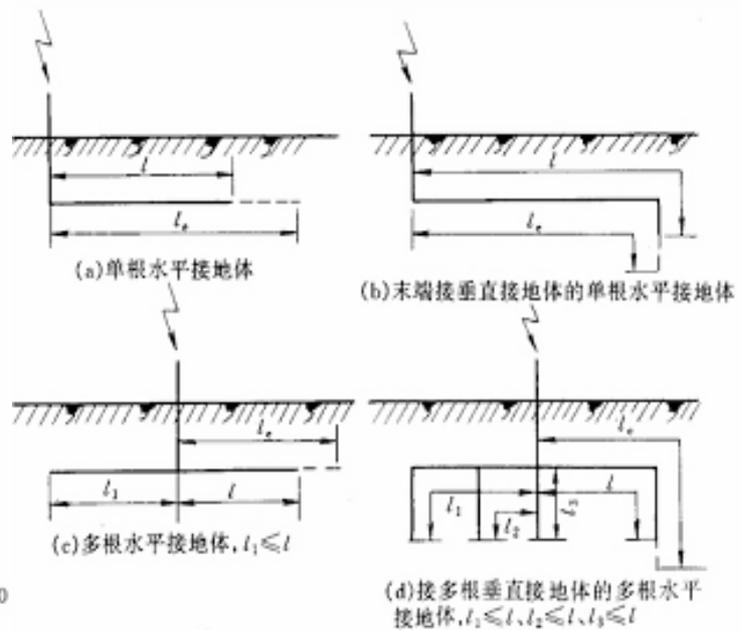
(2) 当环形接地体周长的一半 l 小于 l_e 时，引下线的冲击接地电阻应为以接地体的实际长度算出工频接地电阻再除以 A 值。

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。

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 。



附图 3.1 换算系数 A



附图 3.2 接地体有效长度的计量

附录四 滚球法确定接闪器的保护范围

1. 单支避雷针的保护范围应按下列方法确定(附图 4.1)。

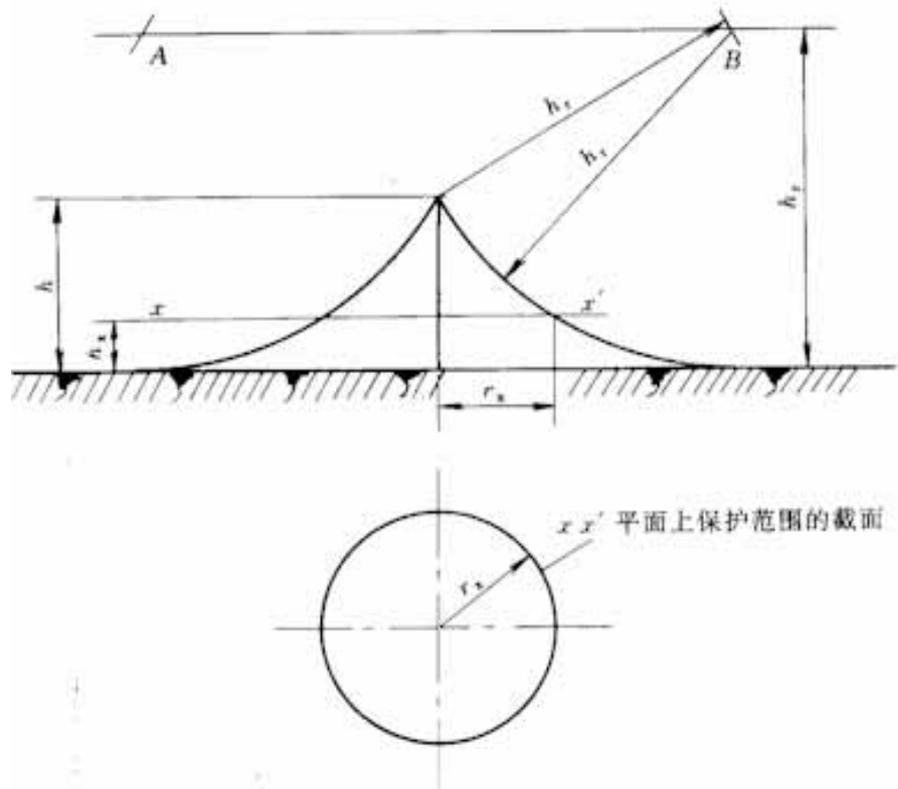
(1) 当避雷针高度 h 小于或等于 h_r 时:

距地面 h_r 处作一平行于地面的平行线;

以针尖为圆心, h_r 为半径, 作弧线交于平行线的 A、B 两点;

以 A、B 为圆心, h_r 为半径作弧线, 该弧线与针尖相交并与地面相切。从此弧线起到地面止就是保护范围。保护范围是一个对称的锥体;

避雷针在 h_x 高度的 xx 平面上和在地面上的保护半径, 按下列计算式确定:



附图 4.1 单支避雷针的保护范围

$$r_x = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_x(2h_r - h_x)} \quad (\text{附 4.1})$$

$$r_0 = \sqrt{h(2h_r - h)} \quad (\text{附 4.2})$$

式中: r_x —避雷针在 h_x 高度的 xx 平面上的保护半径(m);

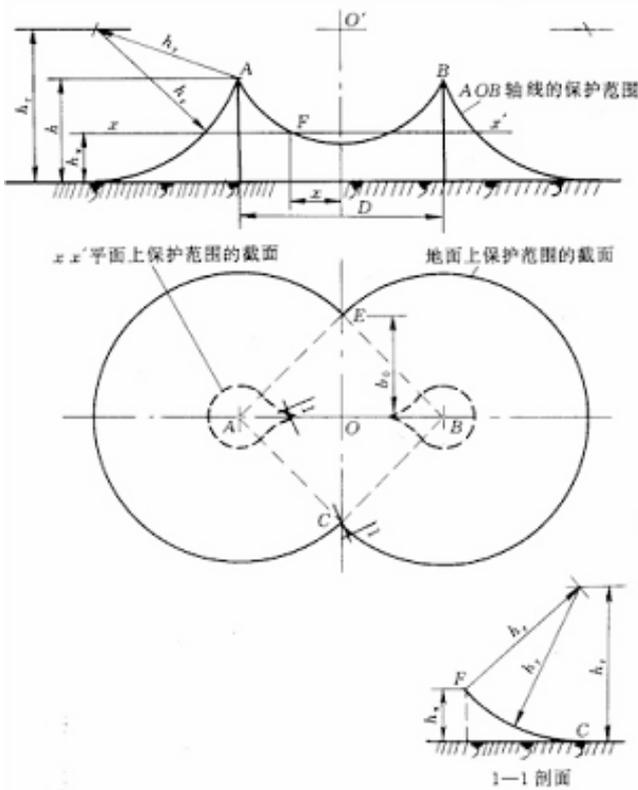
h_r —滚球半径, 按本规范表 5.2.1 确定(m);

h_x —被保护物的高度(m);

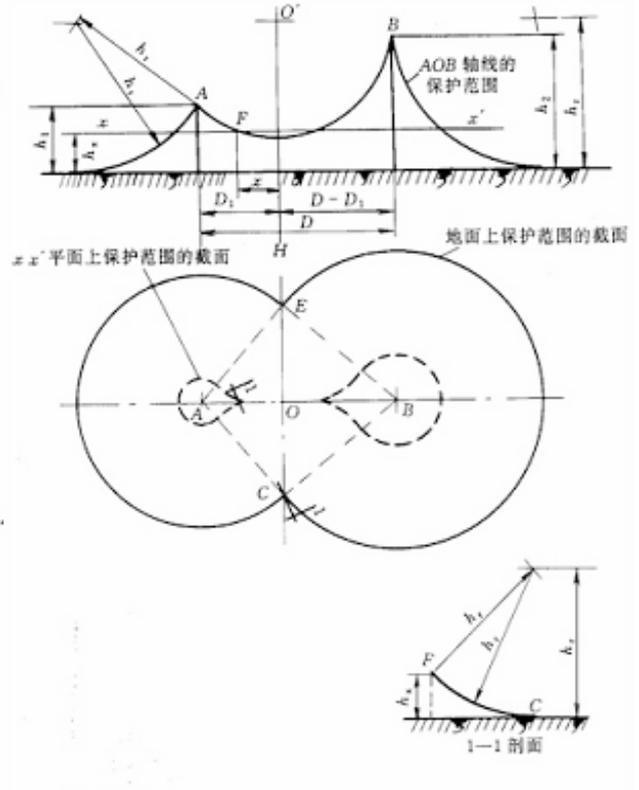
r_0 —避雷针在地面上的保护半径(m)。

(2) 当避雷针高度 h 大于 h_r 时, 在避雷针上取高度 h_r 的一点代替单支避雷针针尖作为圆心。其余的做法同本款第(1)项。(附 4.1)和(附 4.2)式中的 h 用 h_r 代入。

2. 双支等高避雷针的保护范围, 在避雷针高度 h 小于或等于 h_r 的情况下, 当两支避雷针的距离 D 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时, 应各按单支避雷针的方法确定; 当 D 小于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时, 应按下列方法确定(附图 4.2)。



附图 4.2 双支等高避雷针的保护范围



附图 4.3 双支不等高避雷针的保护范围

- (1) $AEBC$ 外侧的保护范围，按照单支避雷针的方法确定。
- (2) C 、 E 点位于两针间的垂直平分线上。在地面每侧的最小保护宽度 b_0 按下式计算：

$$b_0 = CO = EO = \sqrt{h(2h_r - h) - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{附 4.3})$$

在 AOB 轴线上，距中心线任一距离 x 处，其在保护范围上边线上的保护高度 h_x 按下式确定：

$$h_x = h_r - \sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2} \quad (\text{附 4.4})$$

该保护范围上边线是以中心线距地面的 h_r 一点 O 为圆心，以 $\sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ 为半径所作的圆弧 AB 。

(3) 两针间 $AEBC$ 内的保护范围， ACO 部分的保护范围按以下方法确定：在任一保护高度 h_x 和 C 点所处的垂直平面上，以 h_x 作为假想避雷针，按单支避雷针的方法逐点确定（见附图 4.2 的 1-1 剖面图），确定 BCO 、 AEO 、 BEO 部分的保护范围的方法与 ACO 部分的相同。

(4) 确定 xx' 平面上保护范围截面的方法。以单支避雷针的保护半径 r_x 为半径，以 A 、 B 为圆心作弧线与四边形 $AEBC$ 相交；以单支避雷针的 $(r_0 - r_x)$ 为半径，以 E 、 C 为圆心作弧线与上述弧线相接。见附图 4.2 中的粗虚线。

3. 双支不等高避雷针的保护范围，在 h_1 小于或等于 h_r 和 h_0 。小于或等于 h_r 的情况下，当 D 大于或等于 $\sqrt{h_1(2h_r - h_1)} + \sqrt{h_2(2h_r - h_2)}$ 时，应各按单支避雷针所规定的方法确定；当 $\sqrt{h_1(2h_r - h_1)} + \sqrt{h_2(2h_r - h_2)}$ 时，应按下列方法确定（附图 4.3）

- (1) $AEBC$ 外侧的保护范围，按照单支避雷针的方法确定。
- (2) CE 线或 HO 线的位置按下式计算：

$$D_1 = \frac{(h_r - h_2)^2 - (h_r - h_1)^2 + D^2}{2D} \quad (\text{附 4.5})$$

(3) 在地面上每侧的最小保护宽度 b_0 按下式计算：

$$b_0 = CO = EO = \sqrt{h_1(2h_r - h_1) - D_1^2} \quad (\text{附 4.6})$$

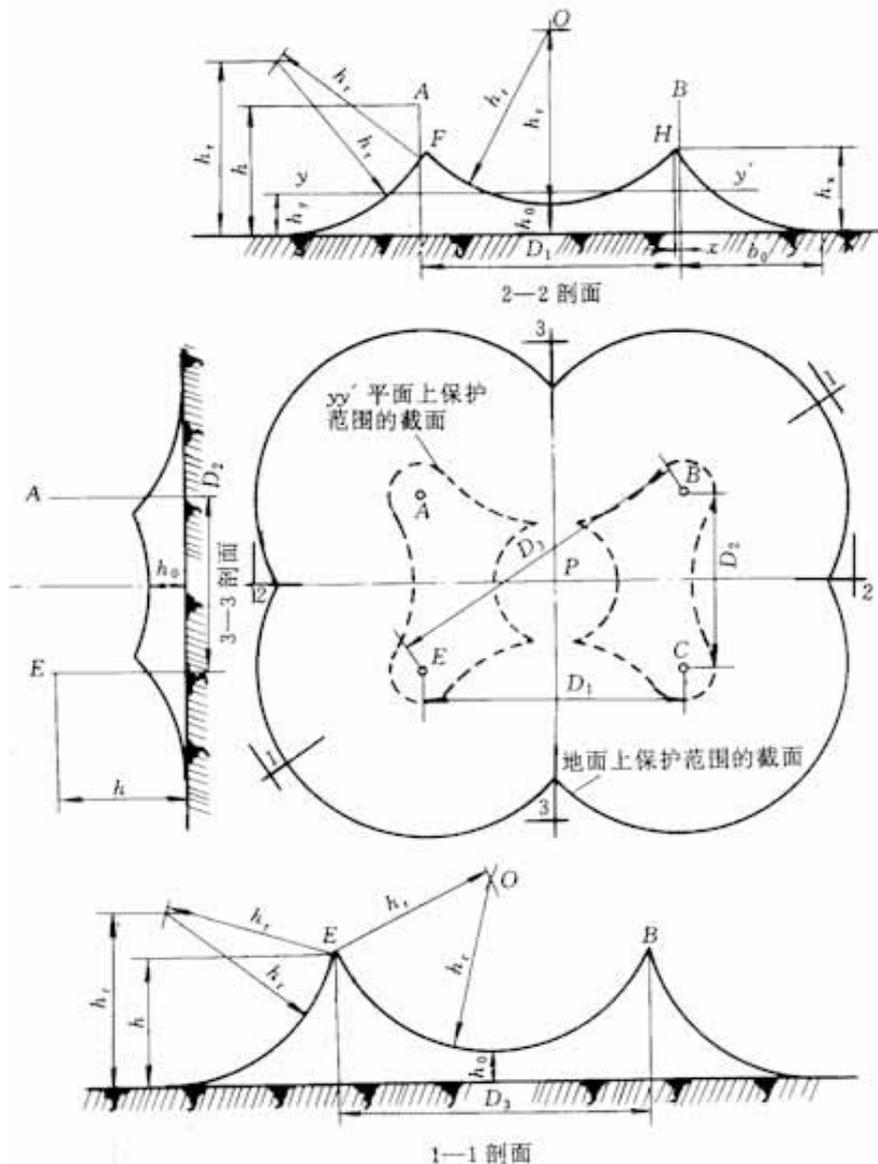
在 AOB 轴线上， A 、 B 间保护范围上边线按下式确定：

$$h_x = h_r - \sqrt{(h_r - h_1)^2 + D_1^2 - x^2} \quad (\text{附 4.7})$$

式中： x —距 CE 线或 HO 线的距离。

该保护范围上边线是以 HO 线上距地面 h_r 的一点 O 为圆心，以 $\sqrt{(h_r - h)^2 + D_1^2}$ 为半径所作的圆弧 AB 。

(4) 两针间 $AEBC$ 内的保护范围， ACO 与 AEO 是对称的， BCO 与 BEO 是对称的， ACO 部分的保护范围按以下方法确定：在 h_x 和 C 点所处的垂直平面上，以 h_x 作为假想避雷针，按单支避雷针的方法确定（见附图 4.3 的 1-1 剖面图）。确定 AEO 、 BCO 、 BEO 部分的保护范围的方法与 ACO 部分的相同。



附图 4.4 四支等高避雷针的保护范围

(5) 确定 xx 平面上保护范围截面的方法与双支等高避雷针相同。

4. 矩形布置的四支等高避雷针的保护范围, 在 h 小于或等于 h_r 的情况下, 当 D_3 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时, 应各按双支等高避雷针的方法确定; 当 D_3 小于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时, 应按下列方法确定 (附图 4.4)。

(1) 四支避雷针的外侧各按双支避雷针的方法确定。

(2) B 、 E 避雷针连线上的保护范围见附图 4.4 的 1-1 剖面图, 外侧部分按单支避雷针的方法确定。两针间的保护范围按以下方法确定: 以 B 、 E 两针针尖为圆心、 h_r 为半径作弧相交于 O 点, 以 O 点为圆心、 h_r 为半径作圆弧, 与针尖相连的这段圆弧即为针间保护范围。保护范围最低点的高度 h_0 。按下式计算:

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D_3}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{附 4.8})$$

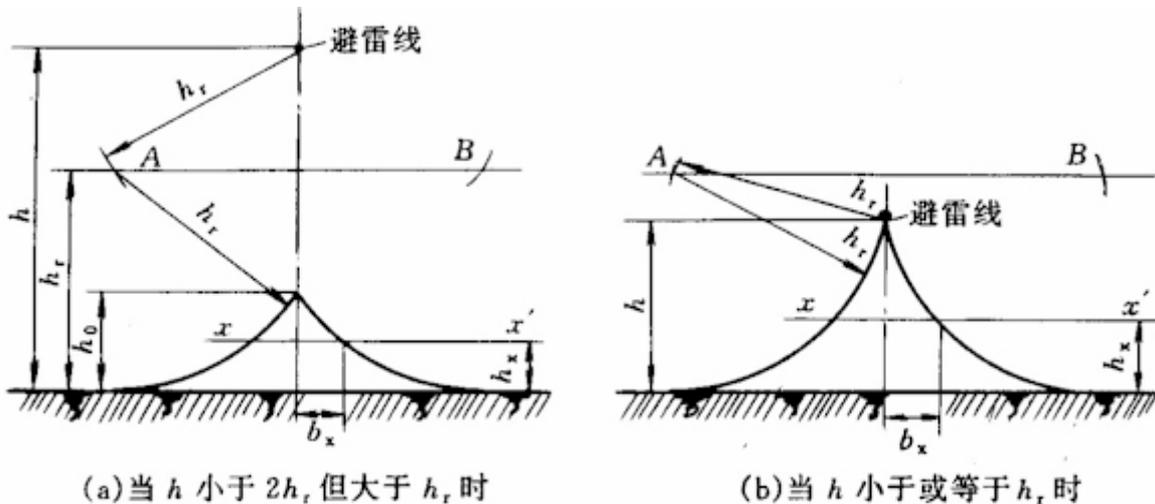
(3) 附图 4.4 的 2-2 剖面的保护范围, 以 P 点的垂直线上的 O 点 (距地面的高度为 $h_r + h_0$) 为圆心, h_r 为半径作圆弧与 B 、 C 和 A 、 E 双支避雷针所作出在该剖面的外侧保护范围延长圆弧相交于 F 、 H 点。 F 点 (H 点与此类同) 的位置及高度可按下列计算式确定:

$$(h_r - h_x)^2 = h_r^2 - (b_0 + x)^2 \quad (\text{附 4.9})$$

$$(h_r + h_0 - h_x)^2 = h_r^2 - \left(\frac{D_1}{2} - x\right)^2 \quad (\text{附 4.10})$$

(4) 确定附图 4.4 的 3-3 剖面保护范围的方法与本款第 (3) 项相同。

(5) 确定四支等高避雷针中间在 h_0 至 h 之间于 h_y 高度的 yy' 平面上保护范围截面的方法: 以 P 点为圆心、 $\sqrt{2h_r(h_y - h_0) - (h_y - h_0)^2}$ 为半径作圆或圆弧, 与各双支避雷针在外侧所作的保护范围截面组成该保护范围截面。见附图 4.4 中的虚线。



附图 4.5 单根架空避雷线的保护范围

5. 单根避雷线的保护范围, 当避雷线的高度 h 大于或等于 $2h_r$ 时, 无保护范围; 当避雷线的高度 h 小于 $2h_r$ 时, 应按下列方法确定 (附图 4.5)。确定架空避雷线的高度时应计及弧垂的影响。在无法确定弧垂的情况下, 当等高支柱间的距离小于 120m 时架空避雷线中点的弧垂宜采用 2m, 距离为 120~150m 时宜采用 3m。

(1) 距地面 h_r 处作一平行于地面的平行线;

- (2) 以避雷线为圆心、 h_r 为半径，作弧线交于平行线的 A 、 B 两点；
- (3) 以 A 、 B 为圆心， h_r 为半径作弧线，该两弧线相交或相切并与地面相切。从该弧线起到地面止就是保护范围；
- (4) 当 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r 时，保护范围最高点的高度 h_0 。按下式计算：

$$h_0 = 2h_r - h \quad (\text{附 4.11})$$

- (5) 避雷线在 h_x 高度的 xx 平面上的保护宽度，按下式计算：

$$b_x = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_x(2h_r - h_x)} \quad (\text{附 4.12})$$

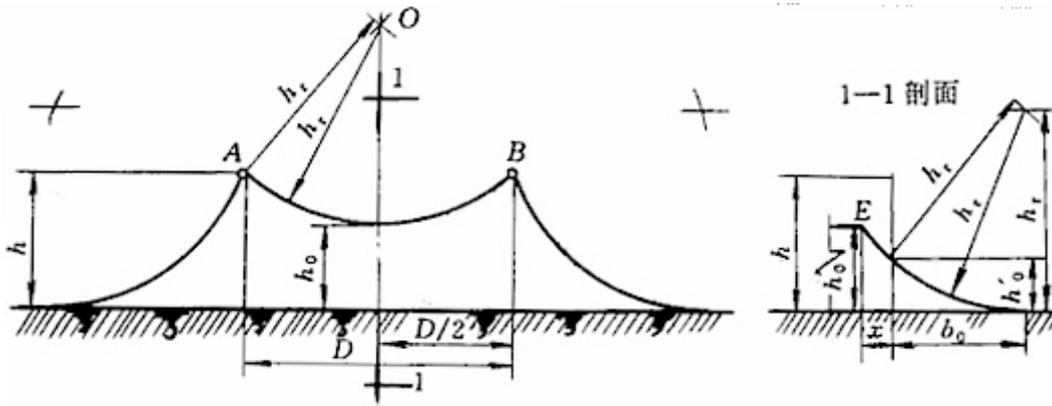
式中： b_x —避雷线在 h_x 高度的 xx 平面上的保护宽度 (m)；

h —避雷线的高度 (m)；

h_r —滚球半径，按本规范表 5.2.1 确定 (m)；

h_x —被保护物的高度 (m)。

- (6) 避雷线两端的保护范围按单支避雷针的方法确定。



附图 4.6 两根等高避雷线在 h 小于或等于 h_r 时的保护范围

6. 两根等高避雷线的保护范围，应按下列方法确定。

- (1) 在避雷线高度 h 小于或等于 h_r 的情况下，当 D 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时，各按单根避雷线所规定的方法确定；当 D 小于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时，按下列方法确定 (附图 4.6)：

两根避雷线的外侧，各按单根避雷线的方法确定；

两根避雷线之间的保护范围按以下方法确定：以 A 、 B 两避雷线为圆心， h_r 为半径作圆弧交于 O 点，以 O 点为圆心、 h_r 为半径作圆弧交于 A 、 B 点；

两避雷线之间保护范围最低点的高度 h_0 按下式计算：

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{附 4.13})$$

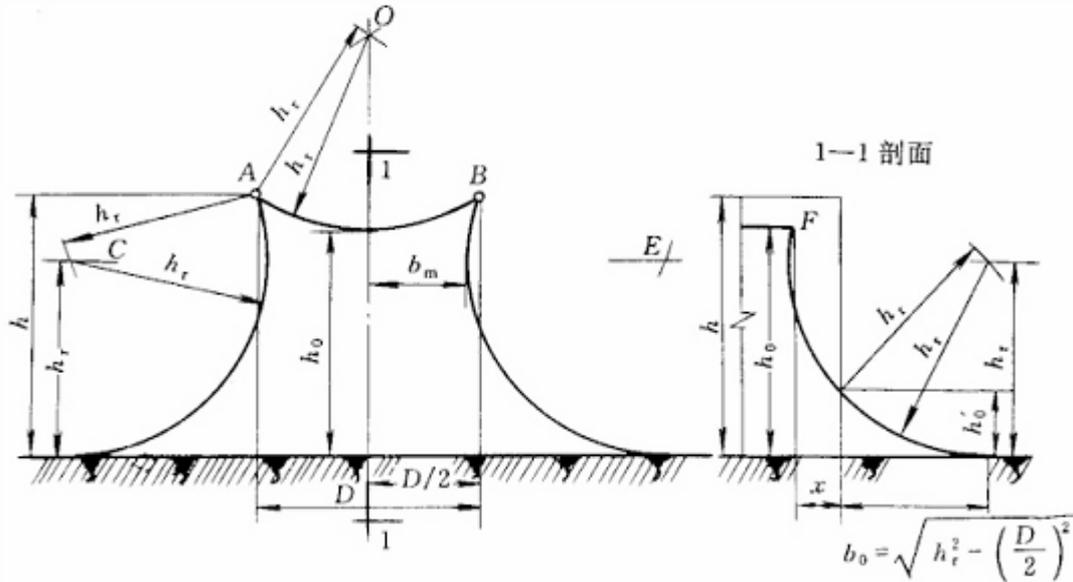
避雷线两端的保护范围按双支避雷针的方法确定，但在中线上 h_0 线的内移位置按以下方法确定 (附图 4.6 的 1-1 剖面)：

以双支避雷针所确定的保护范围中点最低点的高度 $\sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ 作为假想避雷针，将其保护范围的延长弧线与 h_0 线交于 E 点。内移位置的距离 x 也可按下式计算：

$$x = \sqrt{h_0(2h_r - h_0)} - b_0 \quad (\text{附 4.14})$$

式中： b_0 —按（附 4.3）式确定。

（2）在避雷线高度 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r ，而且避雷线之间的距离 D 小于 $2h_r$ 且大于 $2[h_r - \sqrt{h(2h_r - h)}]$ 的情况下，按下列方法确定（附图 4.7）。



附图 4.7 两根等高避雷线在高度 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r 时的保护范围

- 距地面 h_r 处作一与地面平行的线；
- 以避雷线 A 、 B 为圆心， h_r 为半径作弧线相交于 O 点并与平行线相交或相切于 C 、 E 点；
- 以 O 点为圆心、 h_r 为半径作弧线交于 A 、 B 点；
- 以 C 、 E 为圆心， h_r 为半径作弧线交于 A 、 B 并与地面相切；
- 两避雷线之间保护范围最低点的高度 h_0 按下式计算：

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{附 4.15})$$

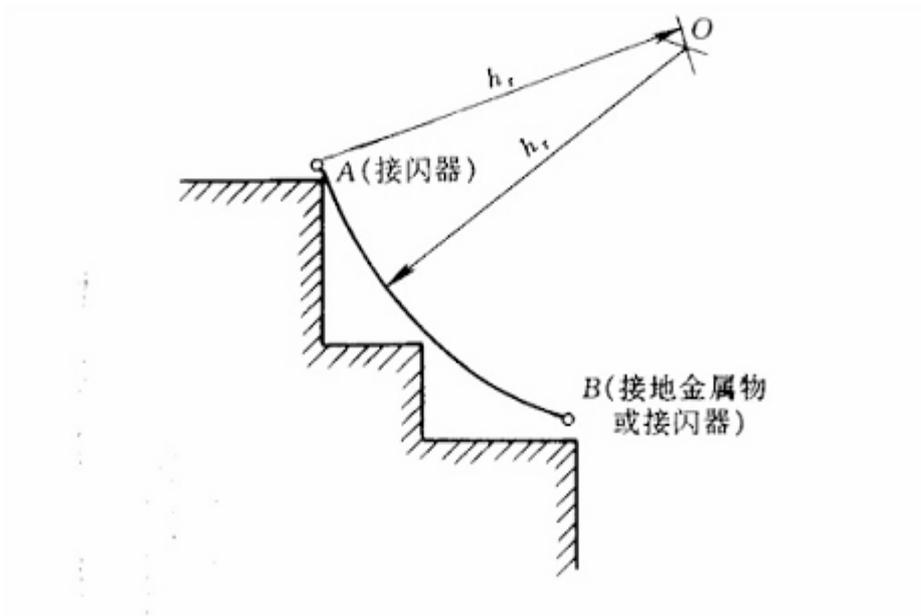
最小保护宽度 b_m 位于高处，其值按下式计算：

$$b_m = \sqrt{h(2h_r - h)} + \frac{D}{2} - h_r \quad (\text{附 4.16})$$

避雷线两端的保护范围按双支高度 h_r 的避雷针确定，但在中线上线 h_0 的内移位置按以下方法确定（附图 4.7 的 1-1 剖面）：以双支高度 h_r 的避雷针所确定的中点保护范围最低点的高度 $h_0' = (h_r - D/2)$ 作为假想避雷针，将其保护范围的延长弧线与 h_0 线交于 F 点。内移位置的距离 x 也可按下式计算：

$$x = \sqrt{h_0(2h_r - h_0)} - \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{附 4.17})$$

7. 本附录各图中所画的地面也可以是位于建筑物上的接地金属物、其它接闪器。当接闪器在“地面上保护范围的截面”的外周线触及接地金属物、其它接闪器时，各图的保护范围均适用于这些接闪器；当接地金属物、其它接闪器是处在外周线之内且位于被保护部位的边沿时，应按以下方法确定所需断面的保护范围（见附图 4.8）：



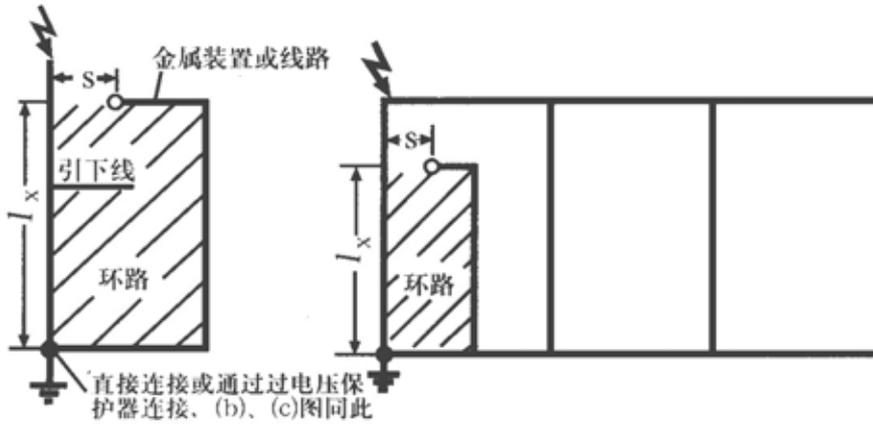
附图 4.8 确定建筑物上任两接闪器在所需断面上的保护范围

- (1) 以 A 、 B 为圆心， h_r 为半径作弧线相交于 O 点；
- (2) 以 O 为圆心， h_r 为半径作弧线 AB ，弧线 AB 就是保护范围的上边线。

注：当接闪器在“地面保护范围的截面”的外周触及的是屋面时，各图的保护范围仍有效，但外周线触及的屋面及外部得不到保护，内部得到保护。

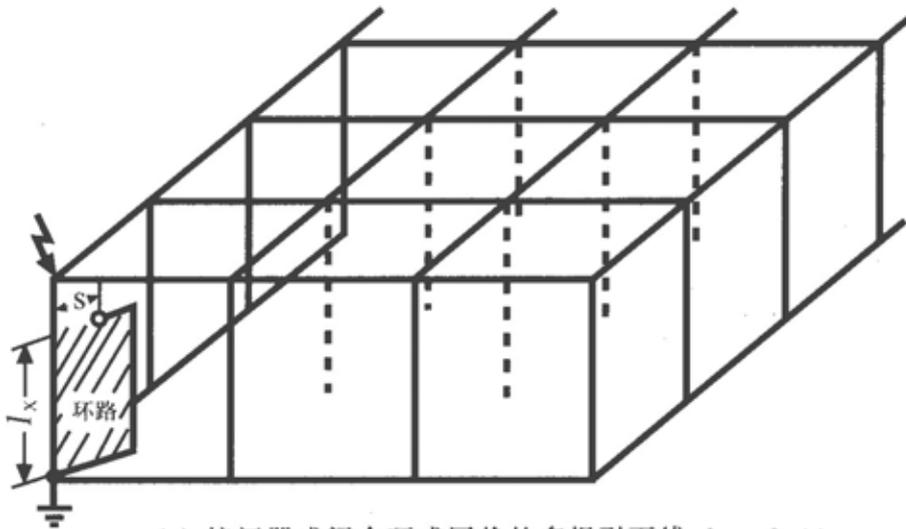
附录五 分流系数 k_c

1. 分流系数 k_c ，单根引下线时应为 1，两根引下线及接闪器不成闭合环的多根引下线时应为 0.66，接闪器成闭合环或网状的多根引下线时应为 0.44（附图 5.1）。



(a) 单根引下线, $k_c = 1$

(b) 两根引下线及接闪器不成闭合环的多根引下线, $k_c = 0.66$

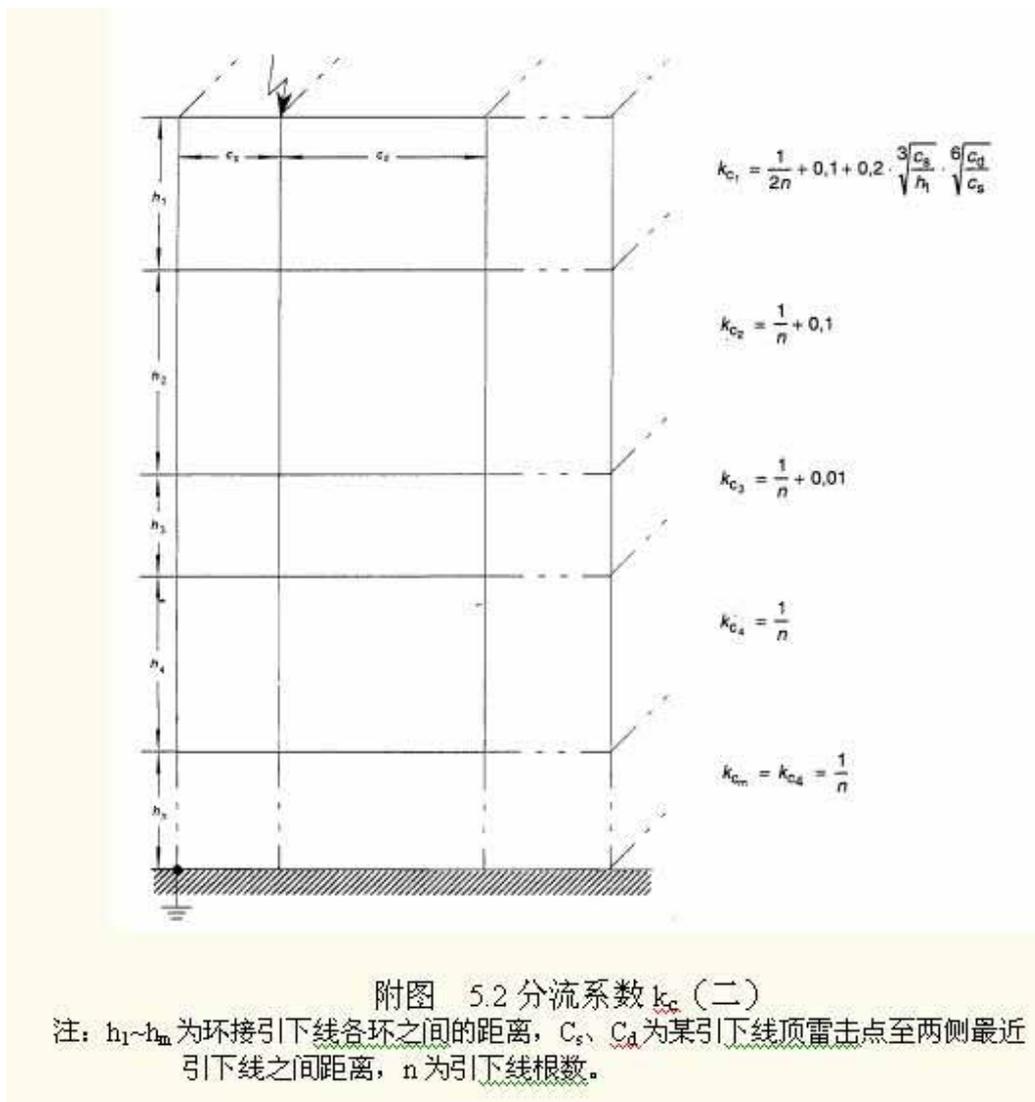


(c) 接闪器成闭合环或网状的多根引下线, $k_c = 0.44$

附图 5.1 分流系数 k_c (一)

注：S 为空气中距离， l_x 为引下线从计算点到等电位连接点的长度

2. 当采用网格型接闪器、引下线用多根环形导体互相连接、接地体采用环形接地体，或者利用建筑物钢筋或钢构架作为防雷装置时分流系数 k_c 应按附图 5.2 确定。



3. 在接地装置相同 (即采用环形接地体) 的情况下, 按附图 5.1 和附图 5.2 计算出的分流系数值不同时, 可取较小的数值。

[说明] 附图 5.1 适用于单层、多层建筑物和每根引下线有自己的接地体或接于环形接地体以及引下线之间 (除屋顶外) 在屋顶以下至地面不再互相连接。

附图 5.2 适用于单层到高层, 在接地装置符合要求的情况下不论层数多少, 当引下线 (附屋顶外) 在屋顶以下至地面不再互相连接时分流系数采用 k_{c1} 。

在钢筋混凝土框架结构和利用钢筋作为防雷装置的情况下, 当接地装置利用整体基础或闭合条形基础或人工环形接地体 (此时与周边每根柱子钢筋连接) 时, 附图 5.2 中的 $h_1 \sim h_m$ 为对应于每层高度, n 为沿周边的柱子根数。

附录六 雷电流

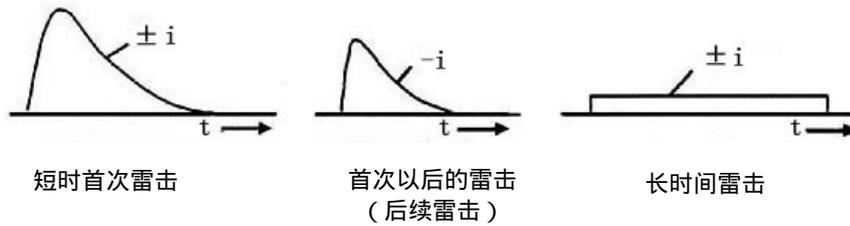
1. 闪电中可能出现的三种雷击见附图 6.1, 其参量应符合附表 6.1~附表 6.3 的规定。雷击参数的定义应按附图 6.2 确定。

2. 对雷电流的电荷量 Q_s 和单位能量可近似按下列计算式计算。

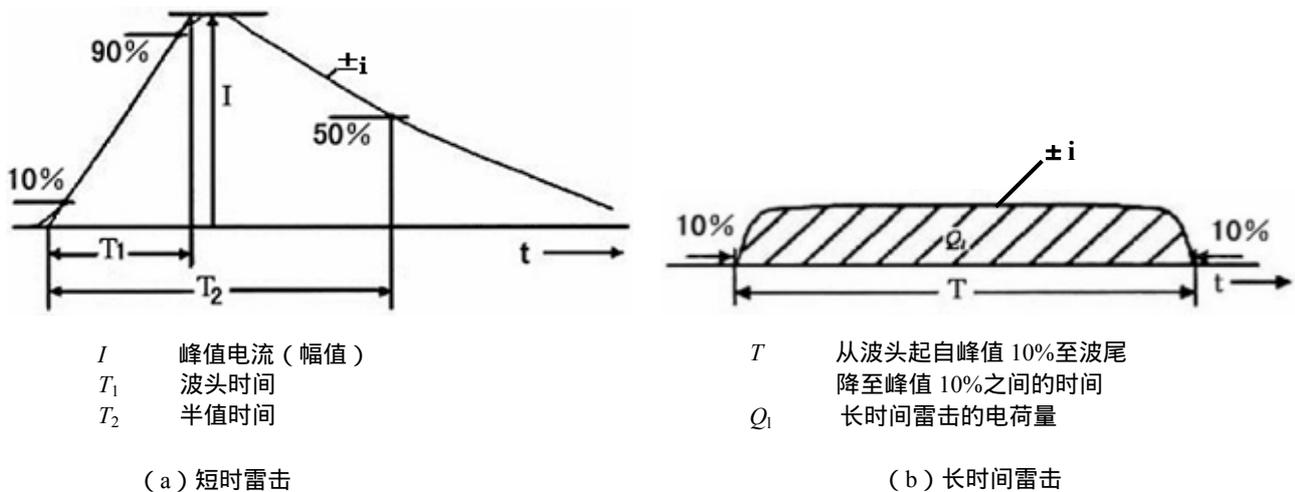
$$Q_s = (1 / 0.7) \times I \times T_2 \quad (\text{C}) \quad (\text{附 6.1})$$

$$W / R = (1 / 2) \times (1 / 0.7) \times I^2 \times T_2 \quad (\text{J} / \Omega) \quad (\text{附 6.2})$$

式中 I 雷电流幅值 (A);
 T_2 半值时间 (s)



附图 6.1 闪电中可能出现的三种雷击



附图 6.2 雷击参数定义

首次雷击的雷电流参量

附表 6.1

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。

首次以后雷击的雷电流参量

附表 6.2

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

长时间雷击的雷电流参量

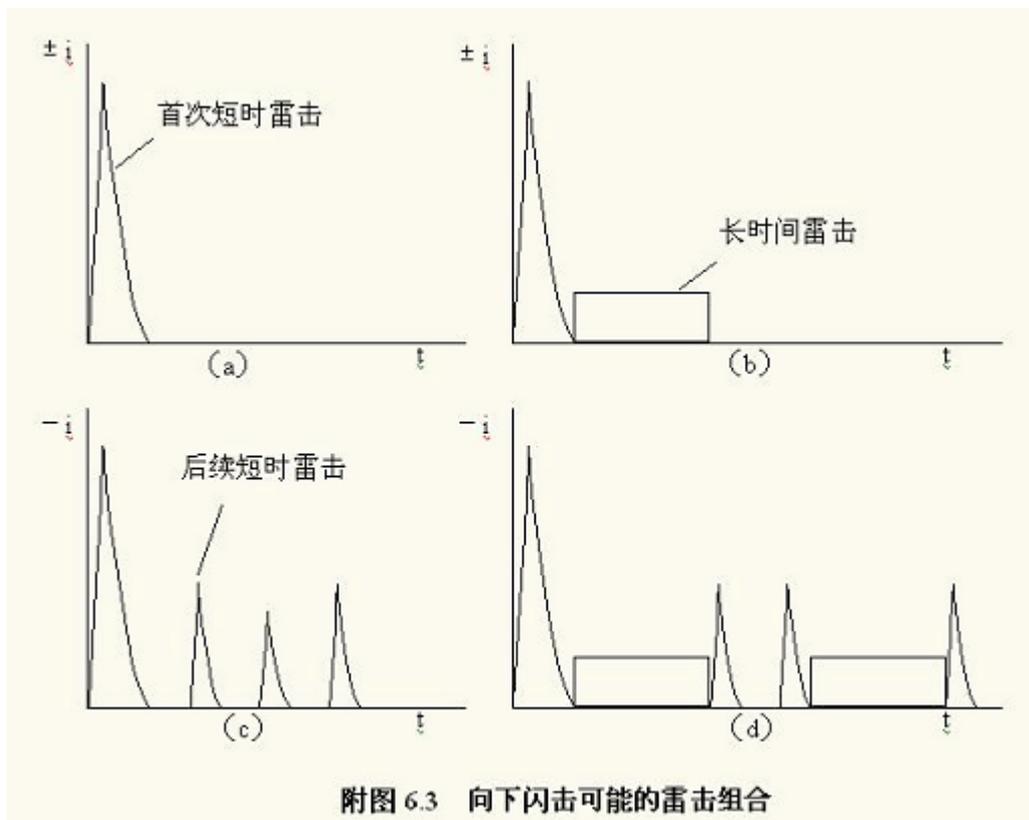
附表 6.3

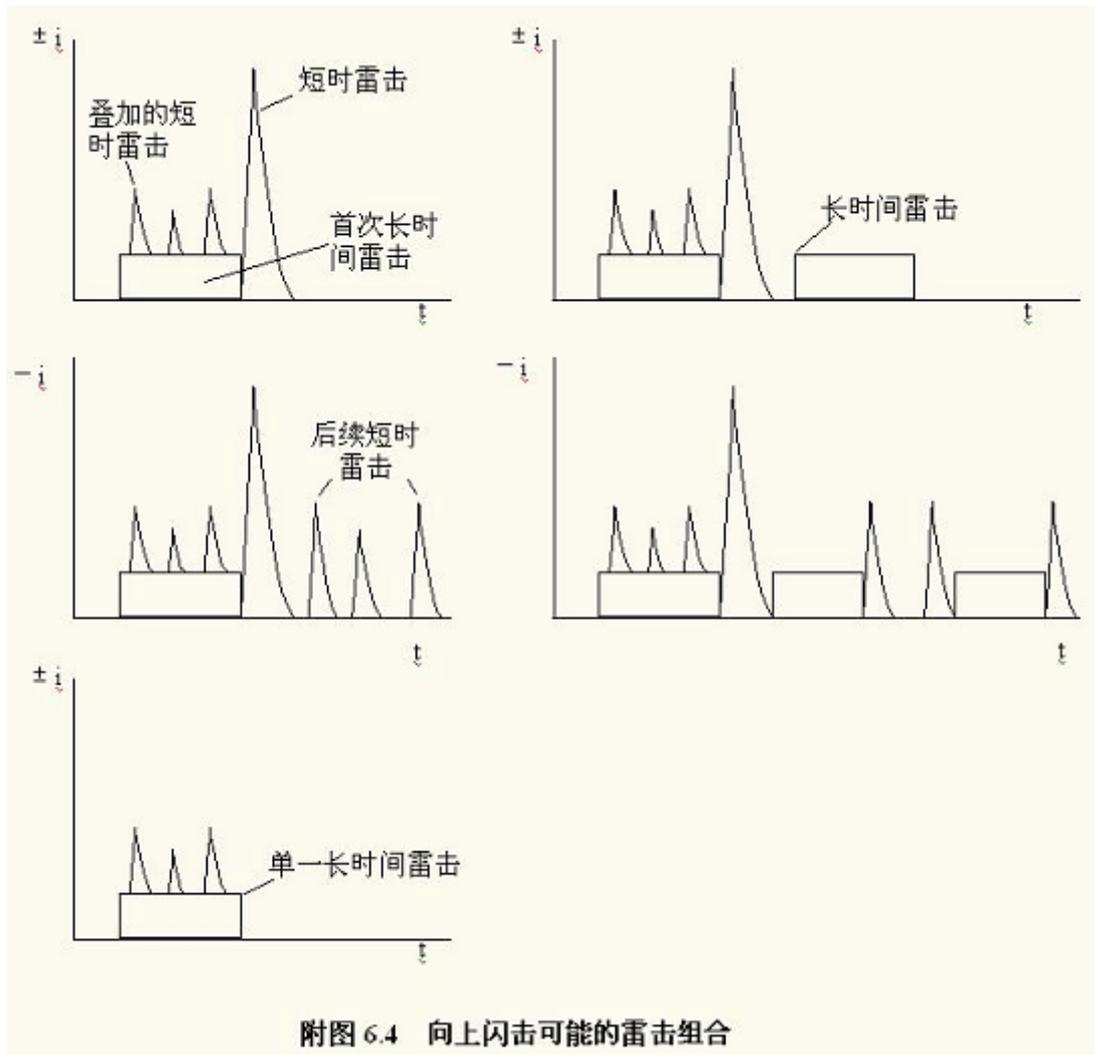
雷电流参数	防雷建筑物类别		
	一类	二类	三类
Q_l 电荷量 (C)	200	150	100
T 时间 (s)	0.5	0.5	0.5

平均电流 $I \approx Q_l / T$

[说明] 对平原和低建筑物典型的向下闪击, 其可能的四种组合见附图 6.3。对约高于 100m 的高层建筑物典型的向上闪击, 其可能的五种组合见附图 6.4。

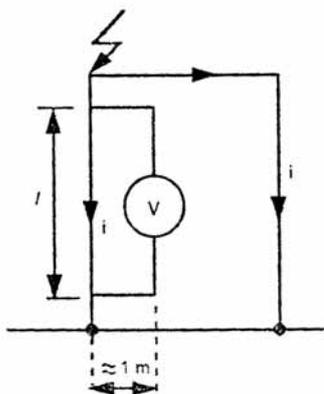
从附图 6.3 和附图 6.4 可分析出附图 6.1。



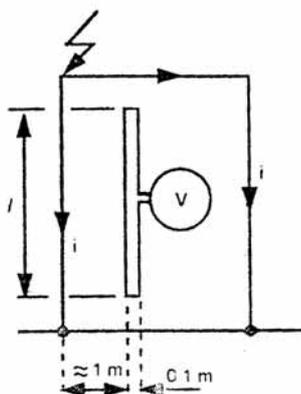


附录七 环路中感应电压、电流和能量的计算

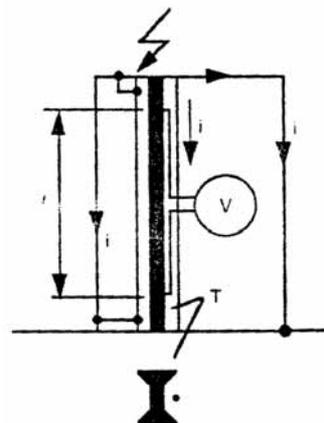
1. 在不同的线路结构和敷设路径(附图 7.1)以及不同的外部防雷装置下当雷击建筑物的防雷装置时,在该等线路中预期的最大感应电压和能量可近似地按附表 7.1 中的计算式计算。



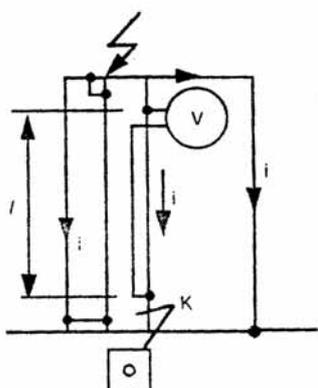
(a) 包围一大面积并与引下线不绝缘的环路



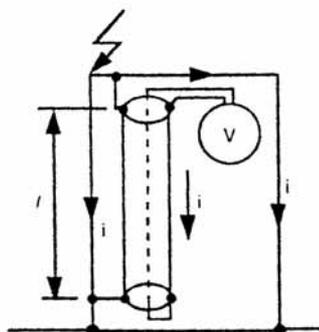
(b) 包围一小面积并与引下线不绝缘的环路



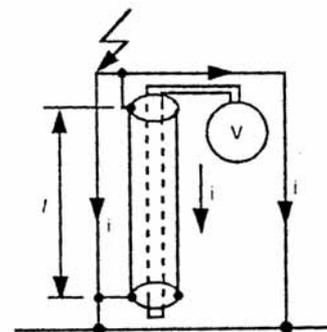
(c) 布置相似于(a),但环路所包围的面积是小的,装置极靠近引下线并与其接触



(d) 布置相似于(a),但环路安装在封密型金属电缆管道内



(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

附图 7.1 应用于附表 7.1 的环路布置

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

外部防雷装置的型式	在附图 7.1 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 10~20m	$\frac{U_i}{l}$ (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	$100 \cdot \sqrt{\frac{a}{h}}$	$2 \cdot \sqrt{\frac{a}{h}}$	$4 \cdot \sqrt{\frac{a}{h}}$	≈ 0	$100 \cdot \sqrt{\frac{a}{h}}$	≈ 0	$2000 \cdot \frac{a}{h}$	$\frac{a}{h}$	$10 \cdot \frac{a}{h}$	≈ 0
有窗的金属立面①	$10 \cdot \frac{1}{\sqrt{h}}$	$0.4 \cdot \frac{1}{h}$	$0.4 \cdot \frac{1}{\sqrt{h}}$	≈ 0	$10 \cdot \frac{1}{\sqrt{h}}$	≈ 0	$30 \cdot \frac{1}{h}$	$0.03 \cdot \frac{1}{h^2}$	$0.1 \cdot \frac{1}{h}$	≈ 0
无窗的钢筋混凝土结构	$2 \cdot \frac{1}{\sqrt{h}}$	$0.1 \cdot \frac{1}{h}$	$0.1 \cdot \frac{a}{\sqrt{h}}$	≈ 0	$2 \cdot \frac{1}{\sqrt{h}}$	≈ 0	$1.5 \cdot \frac{1}{h}$	$0.002 \cdot \frac{1}{h^2}$	$0.005 \cdot \frac{1}{h}$	≈ 0

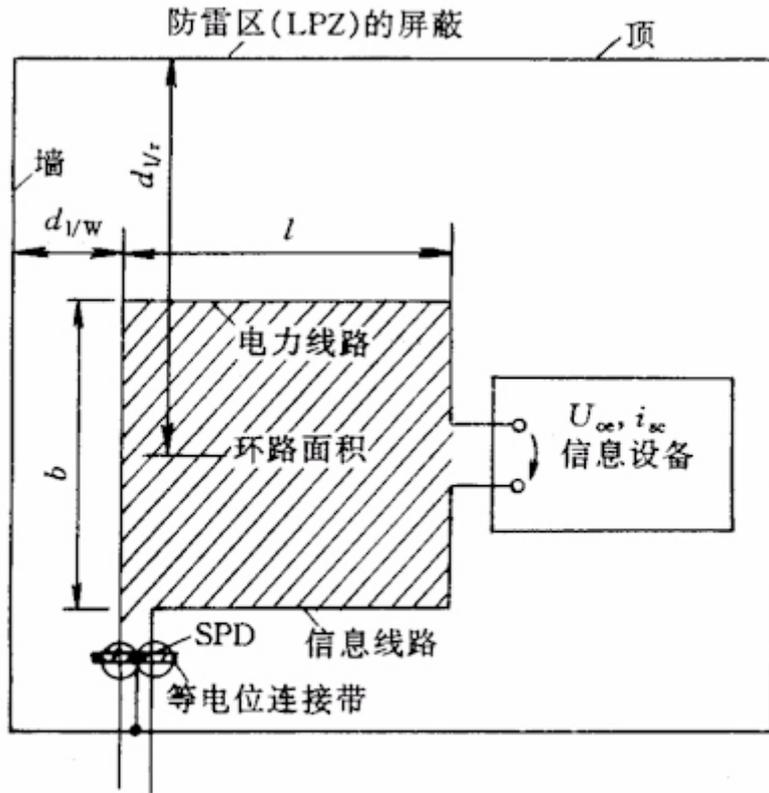
注：如金属窗框架与建筑物互相连接的钢筋在电气上有连接时本栏也适用于这类钢筋混凝土建筑物。
 U_i —采用首次以后的雷击电流参量（附表 6.2）时预期的最大感应电压；
 U_k —采用首次雷击电流参量（附表 6.1）时在电缆内导体与屏蔽层之间预期的最大共模电压，
 $R_M / l < 0.1 \Omega / m$ ；
 U_q —屏蔽电缆内导体之间预期的最大差模电压；
 W —当采用首次雷击电流参量（附表 6.1）及环路由于产生火花放电而成闭合环路时，预期产生于环路内的最大能量；
 l —与引下线平行的电气装置的长度（m）；
 R_M —电缆总长的电缆屏蔽层电阻（Ω）；
 A —引下线之间的平均距离（m）；
 H —防雷装置接闪器的高度（m）。
 附表 7.1 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 $0.5^2=0.25$ ）。

2. 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 6.3.2-1 和图 6.3.2-2），附图 7.2 所示为无屏蔽线路构成的环路，其开路最大感应电压 $U_{oc/max}$ 宜按下式确定：

$$U_{oc/max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/max} / T_1 \quad (V) \quad (附 7.1)$$

式中： μ_0 —真空的磁导系数，其值等于 $4\pi \cdot 10^{-7} [V \cdot s / (A \cdot m)]$ ；
 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（A/m），按式（6.3.2-2）确定；
 T_1 —雷电流的波头时间（s）。



附图 7.2 环路中的感应电压和电流

注：当环路不是矩形时，应转换为相同环路面积的矩形环路。
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 $i_{sc/\max}$ 可按下式确定：

$$i_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot l \cdot H_{1/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{附 7.2})$$

式中： L —环路的自电感（H）。
矩形环路的自电感可按下式计算：

$$L = \left\{ 0.8 \sqrt{l^2 + b^2} - 0.8(l + b) + 0.4 \cdot l \cdot \ln \left[(2b/r) \left[1 + \sqrt{1 + (b/l)^2} \right] \right] \right. \\ \left. + 0.4 \cdot b \cdot \ln \left[(2l/r) \left[1 + \sqrt{1 + (l/b)^2} \right] \right] \right\} \cdot 10^{-6} \quad (\text{H}) \quad (\text{附 7.3})$$

式中： r —环路导线的半径（m）。

3. 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_s 空间内的磁场强度 H_1 应按式（6.3.2-4）确定。根据附图 7.2 所示环路，其开路最大感应电压 $U_{oc/\max}$ 宜按下式确定：

$$U_{oc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l / d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{o/\max} / T_1 \quad (\text{V}) \quad (\text{附 7.4})$$

式中 $d_{l/w}$ —环路至屏蔽墙的距离（m），根据式（6.3.2-5） $d_{l/w} \geq d_{s/2}$ ；
 $d_{l/r}$ —环路至屏蔽顶的平均距离（m）；
 $i_{o/\max}$ —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 $i_{sc/\max}$ 可按下式确定：

$$i_{sc/\max} = \mu_0 \cdot b \cdot \ln(1 + l / d_{l/w}) \cdot k_H \cdot (w / \sqrt{d_{l/r}}) \cdot i_{o/\max} / L \quad (\text{A}) \quad (\text{附 7.5})$$

4. 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 6.3.2-2), 附图 7.2 所示环路, 其最大感应电压和电流可按式(附 7.1)和式(附 7.2)确定, 该两式中的 $H_{1/\max}$ 应根据式(6.3.2-2)或式(6.3.2-6)计算出的 $H_{n+1/\max}$ 代入。式(6.3.2-2)中的 H_1 用 $H_{n+1/\max}$ 代入, H_0 用 $H_{n/\max}$ 代入。

[说明] 计算举例, 以附图 7.3 和附图 7.4 两种装置作为例子。建筑物属于第二类防雷建筑物。以附表 7.1 中给出的计算式为基准, 指出其实际的应用。两个例子中的线路敷设均无屏蔽。

第 I 种情况: 以附图 7.3 所示的装置作为例子。外部防雷装置有四根引下线, 它们之间的距离 a 设定为 10m。

为评价电压 U_1 (它决定水管与设备 G_2 之间的最小分开距离 S), 采用附表 7.1 的 (a) 列和附图 7.1 的 (a) 图。

$$U_1 = 0.75 \times l \times \sqrt{a/h} \times 100 = 0.75 \times 6 \times \sqrt{10/20} \times 100 = 318 \text{ kV}$$

式中: l ——从水管至设备的最近点向下至水管水平走向的高 (m)。

若由于过大的电压 U_1 而引发的击穿火花, 其能量按附表 7.1 的相关计算式评价:

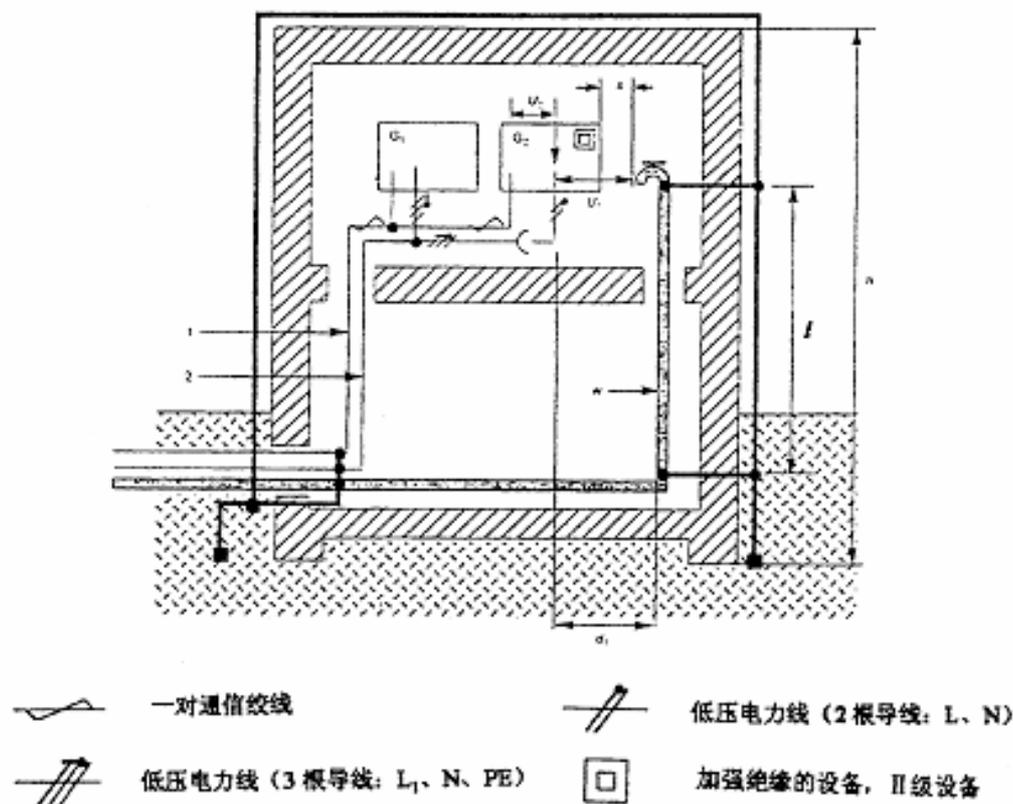
$$w_1 = 0.56 \times l \times a/h \times 2000 = 0.56 \times 6 \times 10/20 \times 2000 = 3.36 \text{ kJ}$$

为评价电压 U_2 (信息系统与低压电力装置之间的电压) 采用附表 7.1 的 (b) 列和附图 7.1 的 (b) 图。

$$U_2 = 0.75 \times l \times \sqrt{a/h} \times 2.0 = 0.75 \times 6 \times \sqrt{10/20} \times 2.0 = 8.5 \text{ kV}$$

评价击穿火花的相应能量则采用附表 7.1 第一行的相关计算式:

$$w_2 = 0.56 \times l \times a/h \times 1 = 0.56 \times 6 \times 10/20 \times 1 = 1.68 \text{ J}$$



附图 7.3 外墙无钢筋混凝土的建筑物

- | | |
|--------------------------|--|
| 1——通信系统; | d_1 —— G_2 设备与水管之间的平均距离, $d_1=1\text{m}$; |
| 2——电力系统; | h ——建筑物高度, $h=20\text{m}$; |
| G_1 ——I 级设备 (有 PE 线); | l ——金属装置与防雷装置引下线平行路径的长度; |
| G_2 ——II 级设备 (无 PE 线); | s ——分开距离; |
| U_1 ——水管与电力系统之间的电压; | w ——金属水管或其他金属装置。 |
| U_2 ——通信系统与电力系统之间的电压; | |

注: 本例设定水管与引下线之间在上端需要连接, 因为它们之间的隔开距离小于所要求的安全距离。

第 II 种情况：以附图 7.4 的装置为例子。建筑物为无窗钢筋混凝土结构。计算方法与第 I 种情况相似。管线的路径与第 I 种情况相同。所采用的计算式为附表 7.1 的最后一行。

$$U_1 = 0.75 \times l \times 1 / \sqrt{h} \times 2.0 = 0.75 \times 6 \times 1 / \sqrt{20} \times 2.0 = 2 \text{ kV}$$

$$w_1 = 0.75 \times l \times 1 / h \times 1.5 = 0.75 \times 6 \times 1 / 20 \times 1.5 = 0.25 \text{ J}$$

$$U_2 = 0.75 \times l \times 1 / h \times 0.1 = 0.75 \times 6 \times 1 / \sqrt{20} \times 0.1 = 22.5 \text{ kV}$$

$$w_2 = 0.56 \times l \times 1 / h^2 \times 0.002 = 0.56 \times 6 \times 1 / 400 \times 0.002 = (\text{略去不计})$$

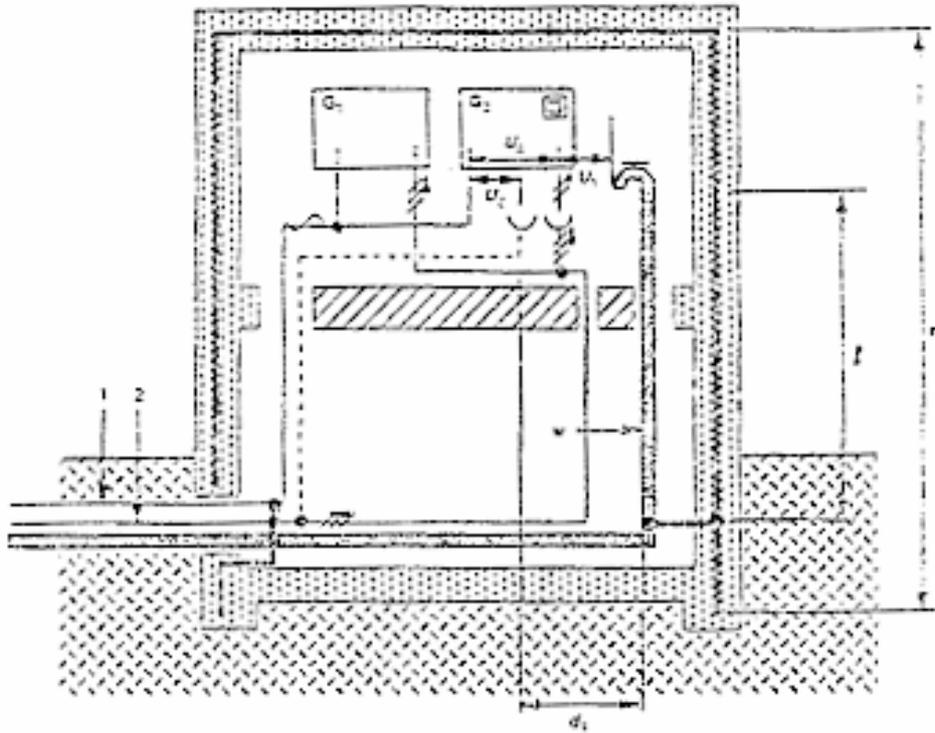
比较第 I 种和第 II 种情况的 U_1 ，可清楚地证实外墙采用钢筋混凝土结构所得到的屏蔽效率。

附图 7.3 中的 U_2 电压和附图 7.4 中的 U_3 电压，其大小取决于低压电力线路与通信线路所形成的有效感应面积的大小。

第 II 种情况所示的通信线路路径很明显是不利的，以致感应电压 U_3 大于第 I 种情况采用的路径所产生的电压，即附图 7.4 中虚线所示的线路路径产生的 U_2 。

附图 7.4 所示的线路路径的 U_3 电压预期可达到 $U_1=2\text{kV}$ 的值。

参照现今实际的一般装置，由于等电位连接的规定，保护线（PE 线）是与水管接触的。所以采用 I 级设备时 U_1 电压可能发生于设备内的电力系统与通信系统之间。因此，采用无保护线的 II 级设备是有利的。



附图 7.4 外墙为钢筋混凝土的建筑物

注：1. 图例和标注的意义见附图 7.3；

2. U_2 和 U_3 是通信系统和电力系统之间的电压，其大小取决于感应面积。

附录八 名词解释

名词解释

附表 8.1

本规范用名词	解 释
接闪器 (Air-termination system)	直接遭受雷击的避雷针、避雷带 (线)、避雷网, 以及用作接闪的金属屋面和金属构件等
引下线 (Down-conductor system)	连接接闪器与接地装置的金属导体
接地装置 (Earth-termination system)	接地体和接地线的总合
接地体 (Earth electrode)	埋入土壤或混凝土基础中作散流用的导体
接地线 (Earth conductor)	从引下线断接卡或换线处至接地体的连接导体; 或从接地端子、等电位连接带至接地装置的连接导体
防雷装置 (Lightning protection system, LPS)	接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其它连接导体的总合
直击雷 (Direct lightning flash)	闪电直接击在建筑物、其他物体、大地或防雷装置上, 产生电效应、热效应和机械力者
雷电感应 (Lightning induction)	闪电放电时, 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
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
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
雷电波侵入 (Lightning Surge on incoming Services)	由于雷电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
信息系统 (Information system)	建筑物内许多类型的电子装置, 包括计算机、通信设备、控制装置等的统称
向下闪击 (Downward flash)	开始于雷云向大地产生的向下先导。一向下闪击至少有一首次短时雷击, 其后可能有多次后续短时雷击并可能含有一次或多次长时间雷击
向上闪击 (Upward flash)	开始于一接地的建筑物向雷云产生的向上先导。一向上闪击至少有一其上有或无叠加多次短时雷击的首次长时间雷击, 其后可能有多次短时雷击并可能含有一次或多次长时间雷击
雷击 (Lightning stroke)	闪击中的一次放电
短时雷击 (Short stroke)	脉冲电流的半值时间 T_2 短于 2ms 的雷击
长时间雷击 (Long stroke)	电流从波头起自峰值 10% 至波尾降至峰值 10% 之间的时间长于 2ms 且短于 1s 的雷击
雷击点 (Point of strike)	雷击接触大地、建筑物或防雷装置的那一点
雷电流 (Lightning current)	流入雷击点的电流
单位能量 (Specific energy)	一闪击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
雷击电磁脉冲 (Lightning electromagnetic impulse, LEMP)	是一种干扰源。本规范指闪电直接击在建筑物防雷装置和建筑物附近所引起的效应。绝大多数是通过连接导体的干扰, 如雷电流或部分雷电流、被雷电击中的装置的电位升高以及电磁辐射干扰
防雷区 (Lightning protection zone, LPZ)	需要规定和控制雷击电磁环境的那些区
等电位连接 (Equipotential bonding, bonding)	将分开的装置、诸导电物体用等电位连接导体或电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
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
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
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

本规范用 名 词	解 释
共用接地系统 (Common earthing system)	一建筑物接至接地装置的所有互相连接的金属装置,包括防雷装置
接地基准点 (Earthing reference point, ERP)	一系统的等电位连接网络与共用接地系统之间唯一的那一连接点
电涌保护器 (浪涌保护器, 以前称过电压保护器) (Surge protective device, SPD)	目的在于限制瞬态过电压和分走电涌电流的器件。它至少含有一非线性元件
最大持续运行电压 U_C (Maximum continuous operating voltage)	可能持续加于电涌保护器的最大方均根电压或直流电压, 等于电涌保护器的额定电压
标称放电电流 I_n (Nominal discharge current)	流过 SPD、8/20 μ s 电流波的峰值电流。用于对 SPD 做 II 级分类试验, 也用于对 SPD 做 I 级和 II 级分类试验的预处理
冲击电流 I_{imp} (Impulse current)	规定包括幅值电流 I_{peak} 和电荷 Q
II 级分类试验的最大放电电流 I_{max} (Maximum discharge current I_{max} for class II test)	流过 SPD、8/20 μ s 电流波的峰值电流。用于 II 级分类试验。 I_{max} 大于 I_n
I 级分类试验 (Class I tests)	用标称放电电流 I_n 、1.2/50 μ s 冲击电压和最大冲击电流 I_{imp} 做的试验。最大冲击电流在 10ms 内通过的电荷 Q (As) 等于幅值电流 I_{peak} (kA) 的二分之一, 即 Q (As) = 0.5 I_{peak} (kA)
II 级分类试验 (Class II tests)	用标称放电电流 I_n 、1.2/50 μ s 冲击电压和最大冲击电流 I_{max} 做的试验。
混合波 (Combination wave)	发生器产生 1.2/50 μ s 冲击电压加于开路电路和 8/20 μ s 冲击电流加于短路电路, 开路电压的符号为 U_{oc}
III 级分类试验 (Class III tests)	用混合波 (1.2/50 μ s、8/20 μ s) 做的试验
电压开关型 SPD (Voltage switching type SPD)	无电涌出现时为高阻抗, 当出现电压电涌时突变为低阻抗。通常采用放电间隙、充气放电管、闸流管和两端双向可控硅元件做这类 SPD 的组件。有时称这类 SPD 为“短路开关型”或“克罗巴型”SPD
限压型 SPD (Voltage limiting type SPD)	无电涌出现时为高阻抗, 随着电涌电流和电压的增加, 阻抗跟着连续变小。通常采用压敏电阻、抑制二极管做这类 SPD 的组件。有时称这类 SPD 为“箝压型”SPD
组合型 SPD (Combination type SPD)	由电压开关型组件和限压型组件组合而成, 可以显示为电压开关型或限压型或这两者都有的特性, 这决定于所加电压的特性

[说明] 原规范附录五改为本附录八。原规范附录六应改为附录九。附录中增加本局部修订条文的附录五、附录六和附录七。第六章为新加条文。

本附录八中从“电涌保护器”至最后的“组合型 SPD”等的名词解释均引自 IEC61643-1:1998 (Surge protective devices connected to low-voltage power distribution system-Part 1:Performance requirements and testing methods,连接至低压配电系统的电涌保护器,第 1 部分:性能要求和试验方法)。

附录九 本规范用词说明

一、行本规范条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待:

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,在正常情况下均应这样做的用词:

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”或“可”;

反面词采用“不宜”。

二、条文中指明必须按其他有关标准和规范执行的写法为,“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。