

建筑物防雷设计规范条文说明

第一章 总 则

1·0·1 有些人认为，建筑物安装防雷装置后就万无一失了。从经济见解出发，要达成这点是太浪费了。所以，特指出“或降低”，以示不是万无一失，因为根据本规范设计防雷装置防雷安全度不是 100%。

第二章 建筑物防雷分类

2·0·1 将工业和民用建筑物合并分类，分为三类。

本规范对第一类防雷建筑物和第二、三类一部分（如爆炸危险环境、文物）仍沿用以往做法，不考虑以危险度作为分类基础。对于第二、三类中部分难于确定建筑物则依据危险度这一基础来划分。对危险度分析，见本规范第 2·0·3 条说明。

2.0.2 第一款，爆炸物质：

炸药——黑索金、特屈儿、三硝基甲苯、苦味酸、硝铵炸药等；

火药——单基无烟火药、双基无烟火药、黑火药、硝化棉、硝

化甘油等，

起爆药——雷汞、氮化铅等；

火工品——引信、雷管、火帽等。

第三款，原规范中相关爆炸火灾危险场所分类名称按现在新爆炸火灾危险环境分区名称修改。其相对应关系见表 2·1。

因为 1 区跨越 Q — 1 和 Q — 2 两个等级，所以，1 区建筑物可能划为第一类防雷建筑物，也可能划为第二类防雷建筑物。其区分在于是否会造成巨大破坏和人身伤亡。比如，易燃液体泵房，当部署在地面上时，其爆炸危险环境通常为 2 区，则该泵房可划为第二类防雷建筑物。但当工艺要求部署在地下或半地下时，在易燃液体

蒸气和空气混合物比重重于空气，又无可靠机械通风设计情况下，爆炸性混合物就不易扩散，该泵房就要划为：区爆炸危险环境。如该泵房系大型石油化工联合企业原油泵房，当泵房遭雷击就可能会使工厂停产，造成巨大经济损失和人员伤亡，所以，这类泵房应划为第一类防雷建筑物；如该泵房系石油库卸油泵房，平时间断操作，虽因雷电火花可能引发爆炸造成经济损失和人员伤亡，但相对来说要少得多，则这类泵房可划为第二类防雷建筑物。

2 · 0 · 3 第四款，有些爆炸物质，不易因电火花而引发爆炸，但爆炸后破坏力较大，如小型炮弹库，枪弹库和硝化棉脱水和包装等均属第二类防雷建筑物。

第五款，见本规范第 2 · 0. 2 条三款说明。

第八款，选择防雷装置目标在于将需要防直击雷建筑物年损坏危险度 R 值（需要防雷建筑物每十二个月可能遭雷击而损坏概率）减到小于或等于可接收最大损坏危险度尺值（即 $R \leq R_0$ ）。

本章中对于需作计算年雷击次数界限条文采取每十二个月 $10 \cdot 5 R_0$ 值。即每十二个月十万分之一损坏概率。

基于建筑物年估计雷击次数 (N) 和基于防雷装置或建筑物遭雷击一次发生损坏综合概率 (P)，对于时间周期 $T = 1$ 年，在 $NPT < < 1$ 条件下（全部真实情况全部满足这一条件），下面关系式是适用：

$$R = 1 - \exp(-NPT) = NP, \text{ 即}$$

$$R = NP \quad (2 \cdot 1)$$

$$P = P_i \cdot P_m + P_f \cdot P_{fd} \quad (2 \cdot 2)$$

式中 P_i ——防雷装置截收雷击概率，或防雷装置截收效率（也

用 E_i 表示），其值和接闪器部署相关；

Pf——闪电穿过防雷装置击到需要保护建筑物概率，也

即防雷装置截收雷击失败概率，等于 $(1 - P_i)$ 或

$(1 - E_i)$;

P_{id} ——防雷装置截收雷击后所选择多种尺寸和规格保护

失败而发生损坏概率;

P_{fd} ——防雷装置没有截到雷击而发生损坏概率。

一次雷击后可能同时在不一样地点发生 n 处损坏, 每处损坏分概率为 P_k ; 这些分概率是并联组成, 所以, 一次雷击总损坏概率为:

$$P_d = 1 - \prod (1 - P_k) \quad (2 \cdot 3)$$

分损坏概率包含这么部分事件, 如爆炸、火灾、生命触电、机械性损坏、敏感电子或电气设备损坏或受到干扰等等。

在确定分损坏概率时, 应考虑到同时发生两类事件, 即引发损坏事件 (如金属熔化、导体炽热、侧向跳击、不许可接触电压或跨步电压, 等等) 和被损坏物体出现 (即人、可燃物、爆炸性混合物等等存在) 这两类事件同时发生。

出现引发损坏事件概率直接或间接和闪击参量分布概率相关, 在设计防雷装置和选择其规格尺寸时是依据闪击参量。

在引发事件地方出现可能被损坏周围物体概率取决于建筑物特点、存放物和用途为简化起见, 假定:

1. 在引发事件地方出现可能被损坏周围物体概率对每一类损坏采取相同值, 用共同概率 P_r 替换;
2. 没有被截到雷击 (直击雷) 所引发 R 损坏是肯定, 损坏出现和可能被损坏周围物体出现是同时发生, 所以, $P_{fd} = P_r$;
3. 被截收到雷击引发损坏总概率只和防雷装置尺寸效率 E_s 相关, 并假定等于 $(1 - E_s)$ 。 E_s 要求为这么一个综合概率, 即被截收雷击在此概率下不应对被保护空间造成损害。 E_s 和用来定接闪器、引下线、接地装置尺寸和规格闪击参量值相关。

将上述假定代入 (2·2) 式, 立即以下各项代入: P_i 用 E_i 代入, P_f 用 $(1 - E_i)$

代入， P_{fd} 用 P_r 代入， P_{id} 用 $P_r (1 - E_s)$ 代入；另外，引入一个附加系数 W_r ，它是考虑雷击后果一个系数，后果越严重， W_r 值越大。所以，(2·2)式转化为：

$$P = PrWr (1 - EiEs) \quad (2.4)$$

概率 Pr 应看作是一个系数，它表示建筑物本身保护程度或表示考虑这么真实情况一个原因，即不是每一个打到需要防雷建筑物雷击和不是每一个使防雷装置所选择规格和尺寸失败雷击均造成损坏。 Pr 值关键取决于建筑物特点，它结构、用途、存放物或设备。

$$\eta = Ei \cdot Es \quad (2.5)$$

η 或 $Ei \cdot Es$ 为防雷装置效率。

从 (2.1)、(2.4)、(2.5) 式得：

$$R = NPrWr (1 - \eta), \quad \eta = 1 - R/NPrWr$$

假如 R 值采取可接收最大损坏危险度 $Ro = 10^{-5}$ ，并使

$$No = Ro/PrWr = 10^{-5}/PrWr \quad (2.6)$$

式中 No ——建筑物可接收年许可遭雷击次数。

所以，防雷装置所需要效率应符合下式：

$$\eta \geq 1 - No/N \quad (2.7)$$

依据 IEC — TC81 相关资料，第三类防雷建筑物所装设防雷装置相关值见表 2.2。

依据验算和对比（另见本条第九款和本规范第 2.0.4 条二、三、四款说明），本规范对通常建筑物和公共建筑物所采取 $PtWt$ ，值见表 2.3。

从表 2.2 得保护第三类防雷建筑物防雷装置效率 η 值为 0.8。从表 2.3 查得公共建筑物 No 值为 $1 \cdot 2 \cdot 10^{-2}$ 。将这两个数值代入关系式 (2.7)，得 $0.8 \geq 1 - (1 \cdot 2 \cdot 10^{-2}/N)$ ，所以 $N \leq 1 \cdot 2 \cdot 10^{-2} / 0.2 = 0.006$ 。这表明对这类建筑物如采取第三类防雷建筑物防雷方法，只对 $N \leq 0.06$ 建筑物确保 Ro 值小于 10^{-5} 。当 $N > 0.06$ 时 Ro 值达不到（即大于） 10^{-5} ，所以，当 $N > 0.06$ 时升级采取第二类防雷建筑物防雷方法。

将部、省级办公建筑物列入，是考虑其所存放文件和资料关键性。人员密集公共建筑物，如集会、展览、博览、体育、商业、影剧院、医院、学校等建筑物。

第九款，从表 2.2 得保护第三类防雷建筑物防雷装置了值为 0.8 。从表 2.3 查得通常建筑物 N_0 值为 $6 \cdot 10^{-2}$ 。将这两个数值代入关系式 (2.7)，得出 $0.8 \geq 1 - 6 \cdot 10^{-2}/N$ ，所以 $N \leq 6 \cdot 10^{-2}/0.2 = 0.3$ 。这表明对这类建筑物如采取第三类防雷建筑物防雷方法，只对 $W \leq 0.3$ 建筑物确保 R_0 值小于 10^{-5} 。当 $W < 0.3$ 时 R_0 值达不到（即大于） 10^{-5} ，所以，当 $N > 0.3$ 时升级采取第二类防雷建筑物防雷方法。

2.0.4 第二款，当没有防雷装置时 $\eta=0$ ，从表 2.3 查得公共建筑物 $N_0 = 1.2 \cdot 10^{-2}$ 。将这两个数值代入关系式 (2.7)，得 $0 \geq 1 - (1.2 \cdot 10^{-2}/N)$ ，所以 $V \leq 0.012$ 。这表明对这类建筑物当 $N < 0.012$ 时能够不设防雷装置；当 $V \geq 0.02$ 时要设防雷装置。

第三、四款，当没有防雷装置时， $\eta=0$ ，从表 2.3 查得通常建筑物 $N_0 = 6 \cdot 10^{-2}$ 。将这两个数值代入关系式 (2.7)) 得 $0 \geq 1 - 6 \cdot 10^{-2}/N$ ，所以 $y \leq 0.06$ 。这表明对这类建筑物当 $N < 0.06$ 时能够不设防雷装置；当 $N \geq 0.06$ 时要设防雷装置。

下面用长 60m、宽 13m（即四个单元住宅）通常建筑物作为例子进行验算对比。其结果列于表 2.4。原规范建筑物年计算雷击次数经验公式为原规范（附 2.1）式。本规范建筑物年估计雷击次数为（附 1.1）式。 K 值均取 1。

要正确计及周围物体对建筑物等效面积影响，计算起来很繁杂，所以，略去这类影响正确计算。但在选择部分参数时已合适作了修正。 N 计算见本规范附录一。

第三章 建筑物防雷方法

第一节 通常要求

3.1.1 本条要求仅对制造、使用和贮存爆炸物质建筑物和爆炸危险环境采取防雷电感应。其它防雷建筑物能够不防雷电感应。雷电感应可能感应出相当高电压而发生火花放电引发事故。

在通常性建筑物内，在不带电金属物上雷电感应所产生火花放电，因为其能量小、时间极短，通常不会引发火灾危险。在 220/380V 系统带电体上雷电感应，因为采取防雷电波侵入和防反击方法，此问题也跟着得四处理。

相关电子元件过电压保护分三部分，即 220/380V 电源部分、信息线路、有电子元件设备本身。信息线途经电压保护应由信息线路设计者处理。设备本身应由制造厂处理。电源部分又分两部分，即建筑物电源进线和接至有电子元件装置电源部分（如插座、分配电箱），本规范仅处理电源进线部分，它和防雷电波侵入和防反击方法一起处理。至于在装设周围供电是否设过电压保护器，应依据设备关键性由信息线路设计者一起处理，或由设备使用者处理或由制造厂提供。另外，设备外壳及其外接金属管线因为电气安全或屏蔽需要已作接地，这也大大地降低了雷电感应危险性。

本规范现仍采取原来要求防雷方法，即防直击雷、防雷电感应和防雷电波侵入。国际电工委员会 1990 年版 IEC1024 — 1：1990 标准建筑物防雷第一部分通则（以下简称 IEC1024 — 1）内容也包含了这些方面要求，不过叫法不一样。有些国家和上述 IEC 防

雷标准将防雷分为外部防雷和内部防雷。所谓外部防雷就是防直击雷（不包含预防防雷装置受到直接雷击时向其它物体反击），内部防雷包含防雷电感应、防反击和防雷电波侵入和防生命危险。本规范防直击雷包含防反击内容。

3·1·2 为说明等电位作用和通常做法，下面摘译 IEC1024 — 1 一些相关要求：

3·内部防雷装置

3·1 等电位连接

3·1·1 通则

为减小在需要防雷空间内发生火灾、爆炸、生命危险，等电位是一很关键方法。

等电位是用连接导线或过电压保护器将处于需要防雷空间内防雷装置、建筑物金属构架、金属装置、外来导体物、电气和电讯装置等连接起来。

当需要防雷空间设有防雷装置时，处于该空间之外金属构架可能受到雷电效应。在设计这么防雷装置时应顾及这种效应。对处于该空间之外金属构架可能也需要作等电位连接。

当不设防雷装置但需要防从外来管线引来雷电效应时，也应作等电位连接。

3·1·2 金属装置等电位连接

应在以下地点做等电位连接：

（A）在地下室或在靠近地平面处。连接导线应连到连接板（连接母线）上，连接板组成和安装要易于靠近检验。连接板应和接地装置连接。对于大型建筑物，假如连接板之间有连接，可装设多块连接板；

(B) 高度超出 20m 建筑物，在地面以上垂直每隔不大于 20m 处；连接板应和连接各引下线水平环形导体连接（见 2·2·3 款）；

(C) 在那些满足不了安全距离地方（见 3·2 节）。

对有电气贯通钢筋网钢筋混凝土建筑物 钢构架建筑物 有等效屏蔽作用建筑物，建筑物内金属装置通常不需要上述 (B) 款和 (C) 款等电位连接。

.....

3·1·3 外来导体等电位连接

应尽可能在靠近进户点处对外来导体作等电位连接。.....

3·1·5 在通常情况下电气和通信装置等电位连接

电气和通信装置应按 3·1·2 款要求作等电位连接。应尽可能在靠近进户点处作等电位连接。

假如导体有屏蔽层或穿于金属管内，当这类屏蔽物上电阻压降所形成电位差不危及电缆和所连接设备时，通常只将这类屏蔽物作等电位连接就足够了。

线路全部导体应作直接或非直接连接。相线应仅经过过电压保护器连到防雷装置上。在 TN 系统中，PE 或 PEN 线应直接连到防雷装置上。

.....

3.3 防生命危险

在需要防雷空间内防发生生命危险最关键方法是采取等电位连接。

第二节 第一类防雷建筑物防雷方法

3·2·1 第一款，在原要求基础上，和独立避雷针、架空避雷线并列，补充采取架空避雷网。

第二款，压力单位用 Pa 及 kPa，它们是法定计量单位。标准大气压力为非法定计量单位，一旦相关国际学术组织宣告废除时，中国也将伴随停止使用。所以，表 3·2·1 中压力单位采取 kPa。一个标准大气压=1.01325×10⁵pa=

1.01325×102kpa °

“接闪器和雷闪接触点应设在上述空间之外”，接触点处于该空间正上方之外也属于“在上述空间之外”。

第五款，为预防雷击电流流过防雷装置时所产生的高电位对被保护建筑物或和其有联络金属物发生反击，应使防雷装置和这些物体之间保持一定安全距离。

防雷装置地上高度 h_x 处电位为：

$$U = U_r + U_l = I R_i + L_0 \cdot H_x \cdot d_i / dt$$

(3.1)

因为没有更合理方法，和原规范相同，安全距离仍按电阻电压降和电感电压降对应求出距离相加而得。所以，对应安全距离为：

$$S_{ol} = I R_i / E_r + [L_0 \cdot H_x \cdot (d_i / dt)] / E \quad (3.2)$$

式中 U_r ——雷电流流过防雷装置时接地装置上电阻电压降

(kV)；

U_l ——雷电流流过防雷装置时引下线上电感电压降

(kV)；

R_j ——接地装置冲击接地电阻 (Ω)；

d_i / dt ——雷电流陡度 ($kA / \mu s$)；

I ——雷电流幅值 (kA)；

L_0 ——引下线单位长度电感 ($\mu H / m$)，取其等于 500KV

$/m$ ；

E_r ——电阻电压降空气击穿强度 (kV / m)，取其等于

500kv $/m$ ；

El ——电感电压降空气击穿强度 (kv/m)。

参考 IEC — TC81 相关文件，本规范各类防雷建筑物所采取雷电流参量示于表 3.1 和表 3.2。

依据对雷电所测量参数得悉，雷电电流最大幅值出现第一次正极性或负极性雷击，雷电流最大陡度出现于第一次雷击以后负雷击。正极性雷击通常仅出现一次，无反复雷击。

IEC — TC81 相关文件提出电感电压降空气击穿强度为 $E_1 = 600 (1 + 1/t_1)$ (kv/m)。所以，依据表 3.1，当 $T_1 = 10\mu s$ 时 $E_1 = 600 (1 + 1/10) = 660 \text{ kv/m}$ ；依据表 3.2，当 $T_1 = 0.25\mu s$ 时 $E_1 = 600 (1 + 1/0.25) = 3000 \text{ KV/m}$ 。

以表 3.1 相关参量和上述相关数值代入 (3.2) 式，其中 $D_i/D_t = 1/T_1 = 200/10 = 20 \text{ kA}/\mu s$ ，得 $Sat = 200R_i/500 + 1.5 \cdot H_x \cdot 20/660 = 0.4R_i + 0.0455H_x$ ，考虑计算简化，取作 $Sat \geq 0.4R_i + 0.04h_x$ 。所以，

$$Sat \geq 0.4 (R_i + 0.1h_x) \quad (3.3)$$

上式即规范 (3.2.1—1) 式。

同理，改用表 3.2 及其它相关数值代入 (3.2) 式，其中 $D_i/D_t = I/T_1 = 50/0.25 = 200 \text{ KA}/\mu s$ ，得

$$Sat = 50R_i/500 + 1.5 \cdot H_x \cdot 200/3000 = 0.1R_i + 0.1H_x。所以，$$

$$Sat \geq 0.1 (R_i + H_x) \quad (3.4)$$

上式即规范 (3.2.1—2) 式。

(3.3) 式和 (3.4) 式相等条件为 $0.4R_i + 0.04h_x = 0.1R_i + 0.1h_x$ ，即 $H_x = 5R_i$ 。所以，当 $H_x < 5R_i$ 时，(3.3) 式计算值大于 (3.4) 式计算值；当 $H_x > 5R_i$ 时，(3.4) 式计算值大于 (3.3) 式计算值；当 $H_x = 5R_i$ 时，两值相等。

依据《雷电》一书下卷第 87 页（1983 年，李文恩等译，水利电力出版社出版，该书译自英文版《Lightning》第 2 卷，R. H. Golde 主编，1977 年版）土壤冲击击穿场强为 $200 \sim 1000 \text{ kv/m}$ ，其平均值为 600 kV/m ，取和空气击穿强度一样数值，即 500 kV/m 。依据表 3.1，对第一类防雷建筑物取 $I = 200 \text{ kA}$ 。所以，地中安全距离为

$$S_{el} \geq IR_i/500 = 200R_i/500 = 0.4R_i，即$$

$$S \geq 0 \cdot 4RI \quad (3 \cdot 5)$$

上式即规范（3·2·1—3）式。

依据计算，在避雷线立杆高度为 20m，避雷线长度为 50~150m，冲击接地电阻为 3~10Ω 条件下，当避雷线立杆顶点受雷击时，流过一根立杆雷电流为全部雷电流 63%~90%，照理 Sa1 和 sel 可对应减小，但计算很繁杂，为了简化计算，故本规范要求 Sa1 和 sel 仍根据独立避雷针方法进行计算。

第六款，按雷击于避雷线档距中央考虑 Sa2，因为两端分流，对于任一端可近似地将雷电流幅值和陡度减半计算。所以，避雷线中央电位为：U=Ur+U11+U1.2。由此得

Sa2=Ur/Er+U11+U1.2/Ei，所以

$$Sa2=I/2 \cdot Ri/Er + (Lo1 \cdot H + Lo2 \cdot L/2) Di/Dt/2/Ei \quad (3.6)$$

式中 I、UR、Di/Dt、Er、Ei——意义及所取数值同本文第五款

说明；

U11——雷电流流过防雷装置时引下线上电感压降（kV）；

UL2——雷电流流过防雷装置时在避雷线上电感压降（kV）；

Lo1——垂直敷设引下线单位长度电感（μH/m）。按引下

线直径 8mm、高 20m 时平均值 Lo1=1.69μH/m 计

算；

Lo2——水平避雷线单位长度电感（μH/m）。按避雷线截面 35mm²，高 20m 时 Lo2=1.93μH/m 计算。

和本条第五款说明类同，以表 3·1 和上述相关数值代入（3·6）式，得

$$Sa2=100Ri/500 + (1.69h+1.93l/2) 10/660$$

$$=0.2Ri + (0.0256h+0.0292l/2)$$

$$=0.2Ri+0.03(H+l/2), \text{ 所以}$$

$$S_{a2} \geq 0.2R_i + 0.03 \left(H + l/2 \right) \quad (3.7)$$

上式即规范（3·2·1—4）式。

再以表 3·2 和上述相关数值代入（3·6）式，得

$$S_{a2}=0.05R_i+(0.0563h+0.0643l/2)$$

$$=0.0R_i+0.06(h+l/2),$$

所以

$$S_{a2}\geq 0.05R_i+0.06(h+l/2) \quad (3\cdot 8)$$

上式即规范（3·2·1—5）式。

以（3·7）式等于（3·8）式，得

$$0.2R_i+0.03(H+L/2)=0.05R_i+0.06(H+L/2), \text{ 所以 } (H+L/2) \\ =5R_i. \text{ 其它道理类同于本条第五款。}$$

第七款，将（3·7）式和（3·8）式中系数以两支路并联还原，即乘以 2，并以 $L/2$ 代 L ，再除以有同一距离 L 个数，则得出规范（3·2·1—6）式和（3·2·1—7）式。

架空避雷网一个例子见图 3·1。

第八款，在通常情况下要求接地电阻不宜大于 10Ω 是适宜，但在高土壤电阻率地域，要求低于 10Ω 可能给施工带来很大困难。故本款要求为，在满足安全距离前提下，许可提升接地电阻值。此时，即使支柱距建筑物远一点，接闪器高度亦对应增加，但能够给施工带来很大方便，而仍确保安全。在高土壤电阻率地域，这是一个因地制宜而定数值，它应综合接闪器增加安装费用和可能做到电阻值来考虑，不宜作硬性要求。

3·2.2 第一款，被保护建筑物内金属物接地，是防雷电感应关键方法。本款还要求了不一样类型屋面处理。无疑，金属屋面或钢筋混凝土屋面内钢筋进行接地，有良好防雷电感应和一定屏蔽作用。对于钢筋混凝土预制构件组成屋面，要求其钢筋接地有时会碰到困难，但期望施工时亲密配合，以达成接地要求。

第二款，本款要求距离小于 100mm 平行长金属物，每隔小于 30m 相互连接一次是考虑到电磁感应所造成电位差只能将几厘米空隙击穿（计算结果以下）。当

管道间距超出 100mm 时，就不会发生危险。交叉管道亦作一样处理。

两根间距 300mm 平行管道，和引下线平行敷设，距引下线 3m 并和其处于一个平面上。假如将引下线视作无限长，这时在管道环路内感应电压 u (kv) 为 $U = M \cdot L \cdot Di/Dt$ ，它可能击穿气隙距离 d 为：

$$d = U/El = M \cdot L \cdot Di/Dt/El \quad (3.9)$$

式中 L ——平行管道成环路长度 (m)，取 30m 计算；

Di/Dt ——流经引下线雷电流陡度 (kA/ μ s)，依据表 3·

2 参量取 200kA/ μ s 计算；

M ——1m 长两根间距 300mm 平行管道环路和引下线之间

互感 (μ H/m)，经计算得 $M = 0.0191 \mu\text{H}/\text{m}$ ：

EL ——电感电压空气击穿强度 (kV/m)，和本规范第 3·2·1 条第五款说明相同，取 3000kV/m 计算。

将上述相关数值代入 (3·9) 式得

$$D = 0.0191 \times 30 \times 200 / 3000 = 0.038\text{M}$$

即使在管道间距大到 300mm 情况下，所感应电压仅可能击穿 0·038m 气隙。若间距减到 100mm，所感应电压就更小了（因为 M 值减小）。

连接处过渡电阻小于 0·03 Ω 时，和对有不少于 5 根螺栓连接法兰盘可不跨接要求，是参考国外资料和中国实践经验确定。天津某单位安技科做过测试，部分统计如表 3·3，这些实测值是在三处罐站测出。

第三款，因为已设有独立避雷针（线或网），所以，流过防雷电感应接地装置只是数值很小感应电流。在金属物已普遍接地情况下，电位分布均匀。所以，本款要求为工频接地电阻小于 10 Ω 。在共用接地装置场所下，接地电阻只要满足各自要求阻值就能够，不要求达成更低接地电阻。

3·2·3

第一款，为了预防雷击线路时高电位侵入建筑物造成危险，低压线路宜采取电缆埋地引入，不得将架空线路直接引入屋内；当难于全长采取电缆时，许可从架空线上换接一段有金属铠装电缆或护套电缆穿钢管埋地引入。这时，需要强调的是，电缆首端必需装设避雷器并和绝缘子铁脚、金具、电缆外皮等共同接地，入户端电缆外皮、钢管必需接到防雷电感应接地装置上，电缆段才能起到应有保护作用。

当雷电波抵达电缆首端时，避雷器被击穿，电缆外导体和芯接通。一部分雷电流经首端接地电阻入地，一部分雷电流流经电缆。因为雷电流属于高频（通常为数千赫兹），产生集肤效应，流经电缆电流被排挤到外导体上去。另外，流经外导体雷电流在芯线中产生感应反电势，从理论上分析在没有集肤效应下将使流经芯线电流趋向于零。

本款要求埋地电缆长度大于 $2/P$ （m）是考虑电缆金属外皮、铠装、钢管等起散流接地体作用。接地体在冲击电流下，其有效长度为 $2/P$ （m）。相关采取 $2/P$ 理由参见本规范第 4.3.4 条说明。

另外，又限制埋地电缆长度不应小于 15m。这是考虑架空线距爆炸危险环境最少为杆高 1.5 倍，设杆高通常为 10m，1.5 倍就是 15m。

当土壤电阻率过高，电缆埋地长度过长时，可采取换土方法，使 P 值降低，来缩短埋地电缆长度。

3.2.4 正如规范第 3.2.1 条所述。第一类防雷建筑物防直击雷方法，首先应采取独立避雷针或架空避雷线（网）。本条只适用于特殊情况，即因为建筑物太高或其它原因，不能装设独立避雷针或架空避雷线网时，才许可采取附设于建筑物上防雷装置进行保护。

第二款，从法拉第笼见解看，网格尺寸和引下线间距越小，对雷电感应屏蔽越好，局部区域电位分布较均匀。

雷电流经过引下线入地，当引下线数量较多且间距较小时，雷电流在局部区域分布也就较均匀，引下线上电压降减小，反击危险也对应减小。

对引下线间距，本规范向 IEC1024 — 1 防雷标准靠拢。假如完全采取该标准，则本规范第一类、第二类、第三类防雷建筑物引下线间距对应应为 10、15、25m。但考虑到中国工业建筑物柱距，通常均为 6m，所以，按 6m 倍数考虑，故本规范对引下线间距对应定为 12、18、25m。

第四款，对于较高建筑物，引下线很长，雷电流电感压降将达成很大数值，需要在每隔不大于 12m 高度处，用均压环将各条引下线在同一高度连接起来，并接到同一高度屋内金属物体上，以减小其间电位差，避免发生反击。

因为要求将直接安装在建筑物上防雷装置和多种金属物相互连接,并采取了若干等电位方法,故无须考虑预防反击距离。

第五款，相关共同接地：因为防雷装置直接装在建、构筑物上，要保持防雷装置和多种金属物体之间安全距离已成为不可能。此时，只能将屋内多种金属物体及进出建筑物多种金属管线，进行严格接地，而且全部接地装置全部必需共用，并进行多处连接，使防雷装置和邻近金属物体电位相等或降低其间电位差，以防反击危险。

通常说来，接地电阻越低，防雷得到改善越多。不过，不能因为要达成某一很低接地电阻而花费过大。出现反击危险能够从基础计算公式 $U = IR + L \frac{di}{dt}$ 来评价， IR 项对于建筑物内某一小范围中相互连接在一起金属物（包含防雷装置）说来全部是一样，它们之间电位差和防雷装置接地电阻无关。另外，考虑到已采取严格多种金属物和防雷装置之间连接和均压方法，故无须要求很低接地电阻。

从防雷见解出发，很好是设共用接地装置，它适合供全部接地之用（比如防雷、低压电力系统、电讯系统）。

第六款，为了将雷电流流散入大地而不会产生危险过电压，接地装置部署和尺寸比接地电阻特定值更关键。然而，通常提议有低接地电阻。

本款要求完全采取 IEC1024 — 1 防雷标准 2 · 3 · 3 · 2 要求（接地体 B 型部署）。

图 3 · 2 系依据该标准图 2 换成本规范防雷建筑物类别图。该标准对接地体 B 型部署要求是：对于环形接地体（或基础接地体），其所包围面积平均几何半径 r 应大于 $L1$ ，即 $r \geq L1$ ， $L1$ 示于图 2（相当于本说明图 3 · 2）；当 $L1$ 大于 R 时，则必需增加附加水平放射形或垂直（或斜形）导体，其长度 $L1$ （水平）为 $L1 = L1 - r$ 或其长度 Lv （垂直）为 $Lv = L1 - r/2$ 。

环形接地体（或基础接地体），其所包围面积 A 平均几何半径 r 为： $\pi r^2 = A$ ，所以 $r = \sqrt{A/\pi}$ 。依据图 3 · 2，对于第一类防雷建筑物，当 $P < 500 \Omega \cdot m$ 时 $L1$ 为 5m，所以，导出本款第 1 项要求；当 $p = 500 \sim 3000 \Omega \cdot m$ 时， $L1$ 和 p 关系是一根斜线，从该斜线上找出方便任两点坐标，则可求出 $L1$ 和 P 关系式为 $L1 = 11P - 3600/380$ ，所以，导出本款第 2 项要求。

因为接地体通常靠近墙、基础敷设，所以补加水平接地体通常全部是从引下线和环形接地体连接点向外延伸，可为一根，也可为多根。

因为本条采取了若干等电位方法，本款接地电阻值不是起关键作用，所以，没有提出接地电阻值具体要求。

本款所要求环形接地体工频接地电阻 R ，在其半径 r 等于 $L1$ 场所下，当 $P = 500 \sim$

$3000\Omega\cdot\text{m}$ 时，大约处于 $33\sim 13\Omega$ ；当 $P<500\Omega\cdot\text{m}$ 时， $R=0.067p(\Omega)$ 。

环形接地体工频接地电阻计算式为 $R=2\rho/3d$ (Ω)， $d=1.13/A$ (m)。式中 ρ 为土壤电阻率($\Omega\cdot m$)， A 为环形接地体所包围面积(m^2)。当 $\rho=500\Omega\cdot m$ 、 $d=10m$ 时， $R=2\times 500/3\times 10=33\Omega$ 。当 $\rho=3000\Omega\cdot m$ ， $d=2(11\rho-3600/380)$ 时， $R=2\times 3000\times 380/3\times 2(11\times 3000-3600)=3000\times 380/3\times 29400=12.9=13\Omega$

第七款，对第一类防雷建筑物，因为滚球半径 H_r 要求为 30m（见本规范表 5.2.1），所以，30m 以上要考虑防侧击，本款第 1 项“每隔小于 6m”是从本条要求屋顶接闪器采取避雷网时其网格尺寸小于 5m×5m 或 6m×4m 考虑。因为侧击概率和雷电流较小，网格横向距离不采取 4m，而按引下线位置（其距离小于 12m）考虑。

第八款，考虑到雷闪直接击于本建筑物防雷装置时，共用接地装置电位将升高，可能击穿低压装置或用电设备绝缘，并参考 IEC1024 — 1 防雷标准第 3.1.5 款（见本规范第 3.1.2 条说明），本款补充要求：“在电源引入总配电箱处宜装设过电压保护器”。

依据 IEC 标准，室内低压装置耐冲击电压最高仅为 6kV。因为本条是将防雷装置直接安装在建筑物上和采用共用接地装置，所以，当防雷装置遭直接雷击时，假设流经靠近低压电气装置处接地装置雷电流为 20kA，和接地装置冲击接地电阻甚至低至 1 Ω ，这时，在接地装置上电位升高为 20kV。也就是说，低压电气装置接了地金属外壳电位比带电体（相导体）也约高 20kV。它比前述 6kV 耐压高得多。假如在相导体和地之间不装过电压保护器，则在这种情况下，在低压电气装置绝缘较弱处可能被击穿而造成短路、发生火花、损坏设备，这是有危险。若短路电流小（即长久有较大漏电流，但又不能使保护设备立即动作切断线路），时间一长则可能引发外壳升温而发生故或火灾。

3.2.5 依据原《建筑防雷设计规范》编写组调查多个例子，雷击树木引发反击其距离均未超出 2m，比如，重庆某结核病医院、南宁某矿山机械厂、广东花县某学校及海南岛某中学等因为雷击树木而产生反击均未超出 2m。考虑安全系数后，现要求净距不应小于 5m。

第三节 第二类防雷建筑物防雷方法

3.3.1 接闪器、引下线直接装设在建筑物上，在非金属屋面上装设网格小于 10m 金属网，数十年运行经验证实是可靠。

中国科学院电工研究所曾对几十个模型做了几万次放电试验,即使试验关键放在非爆炸危险建筑物上,而且保护关键是易受雷击部位,但对整个建筑物起到了保护作用。假如把避雷带改为避雷网,则保护效果更有提升。依据中国运行经验和模拟试验,对第二类防雷建筑物采取小于 10m 网格是适宜。IEC1024 — 1 防雷标准中相当于本规范第地二类防雷建筑物接闪器,当采取网格时,其尺寸也是不大于 10m×10m,另见本规范第 5.2.1 条说明。和 10m×10m 并列,增加 12m×8m 网格,这和引下线类同,是按 6m 柱距倍数考虑。

为了提升可靠性和安全性,便于雷电流流散和减小流经引下线雷电流,故多根避雷针要用避雷带连接起来。

3.3.2 第一款,即使对排放有爆炸危险气体、蒸气或粉尘管道要求同第 3.2.1 条第二款,但因为对第一类和第二类防雷建筑物,其接闪器保护范围是不一样(因 Hr 不一样,见表 5.2.1)。

所以,实际上保护方法做法是不一样。

第二款,阻火器能阻止火焰传输,所以,在第二类防雷建筑物防雷方法中补充了这一要求。

以前调查中发觉雷击煤气放散管起火 8 次,均未发生事故。从这些事例中说明煤气放散管一直保持正压,如煤气灶一样,火焰在管口燃烧而不会发生事故,故本规范特作出此要求。

3.3.3 相关引下线间距见第 3.2.4 条第二款说明。依据实践经验和实际需要补充增加了:“当仅利用建筑物四面钢柱或柱子钢筋作为引下线时,可按跨度设引下线,但引下线平均间距不应大于 18m”。

3.3.4 土壤冲击击穿场强和本规范第 3.2.1 条第五款说明一样,取 500kV/m。雷电流幅值依据表 3.1 采取 150kA。因为多根引下线,引入分流系数 K_o 。所以得 $Se \geq K_o I_{Rj} = 150 K_o R_i / 500 = 0.3 K_o R_i$ 。

3.3.5 利用钢筋混凝土柱和基础内钢筋作引下线和接地体,中国外在六十年代早期就已经采取了。现已较为普遍。利用屋顶钢筋作为接闪器中国外从七十年代初就逐步被采取了。

相关利用钢筋体作防雷装置。IEC1024 — 1 防雷标准要求以下:在其 2.1.4 款要求中,对利用建筑物自然金属物作为自然接闪器包含“覆盖有非金属物屋顶结构金属体(桁架、相互连接钢筋网等等),当该非金属物处于需要防雷空间之外

时”；在其 2·2·5 款要求中，对利用建筑物自然金属物作为自然引下线包含“建筑物相互连接钢筋网”；其 2·3·6 款对自然接地体要求是，“混凝土内相互连接钢筋网或其它适宜地下金属结构，当其特征满足 2·5 节（译注：即对其材料和尺寸）要求时可利用作为接地体”。

国际上很多国家防雷规范、标准也作了类同要求。

钢筋混凝土建筑物钢筋体偶然采取焊接连接，此时，提供了肯定电气贯通。然而，更多是，在交叉点采取金属绑线绑扎在一起，不过，不管金属性连接偶然性，这么一个建筑物含有许许多多钢筋和连接点，它们确保将全部雷电流经过许数次再分流流入大量并联放电路径。经验表明，这么一个建筑物可轻易地被利用作为防雷装置一部分。

利用屋顶钢筋作接闪器，其前提是许可屋顶遭雷击时混凝土会有部分碎片脱开和一小块防水、保温层遭破坏，但这对结构无损害，发觉时加以修补就能够了。屋顶防水层原来正常使用一段时期后就要修补或翻修。

其次，即使安装了专设接闪器，还是存在一个绕击问题，即比所要求雷电流小电流仍有可能穿越专设接闪器而击在屋顶可能性。

利用建筑物金属体做防雷装置其它优点和做法请参见《基础接地体及其应用》一书（林维勇著，1980年中国建筑工程出版社出版）和全国电气装置标准图集86SD566《利用建筑物金属体做防雷及接地装置安装》。

钢筋混凝土导电性能，在其干燥时，是不良导体，电阻率较大，但当含有一定湿度时，就成了很好导电物质，可达 $100 \sim 200 \Omega \cdot m$ 。潮湿混凝土导电性能很好，是因为混凝土中硅酸盐和水形成导电性盐基性溶液。混凝土在施工过程中加入了较多水分，成形后结构中密布着很多大小毛细孔洞，所以就有了部分水分储存。当埋入地下后，地下潮气，又可经过毛细管作用吸入混凝土中，保持一定湿度。

图3·3示出，在混凝土真实湿度范围内（从水饱和到干涸），其电阻率改变约为520倍。在反复饱和和干涸整个过程中，没有观察到各点位移，也即每一湿度有一对应电阻率。

建筑物基础，通常采取150~200号混凝土。原苏联1980年有些人提出一个用于200号混凝土近似计算式，计算混凝土电阻率 $p (\Omega \cdot m)$ 和其湿度关系，其关系式以下：

$$p=28000/W^{2.6} \quad (3.10)$$

式中 w ——混凝土湿度（%）。

比如，当 $w=6\%$ 时， $p=28000/62.6=265 \Omega \cdot m$ ；当 $w=7.5\%$ 时， $p=28000/(7.5)^{2.6}=149 \Omega \cdot m$ 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/316101001002010141>