

# 民爆服务站综合防雷技术和方法

王云林<sup>1</sup> 马宝林<sup>1</sup> 刘恩相<sup>2</sup>

(1. 瓦房店市防雷中心 瓦房店 116300; 2. 葫芦岛市防雷中心 葫芦岛 125000)

**摘要** 概述了雷电的危害, 针对民爆服务站综合防雷提出了防雷设计技术要点和方法措施。  
**关键词** 民爆服务站 避雷装置 防雷技术

随着国民经济建设的快速发展, 工矿企业不断地新建和扩大, 民爆服务站也在不断增多, 一些不安全的隐患明显突出, 特别是雷电灾害频繁发生。为了避免和减少雷电对人民生命和财产造成的损失, 我们必须用科学的技术方法, 全面考虑, 周密设计, 认真防护, 把雷灾事故减少到最低。瓦房店市防雷中心近几年来对所辖区的民爆服务站开展了防雷工程设计和安装, 在防雷工程设计和安装的过程中, 不断地积极探索, 总结出了一些经验和方法。

## 1 雷击的种类

雷电是因强对流天气而形成的雷雨云层间和云层与大地间强烈瞬间放电现象。当雷云放电时, 将产生强大的雷击电流、炽热的高温、猛烈的冲击波、瞬变的电磁场和强烈的电磁辐射等综合物理效应。自然界的雷击主要有直击雷和感应雷击及雷电电磁脉冲(LEMP)两大类。直击雷声尖并发电闪雷鸣。而感应雷击及雷电脉冲是由于雷雨云的静电感应或放电时的电磁感应以及雷电波辐射作用, 在建筑物上的金属部件上如管道、钢筋、电源线、信号传输线、天馈线等感应出雷电高压, 通过电源线、信号线、天馈线以及进入室内的管道、电缆等引入室内, 造成放电破坏电子设备或引燃、引爆其他可燃物品。感应雷击及雷电电磁脉冲突然发生, 后果严重。

直击雷和感应雷击及雷电电磁脉冲(LEMP)的侵入渠道不同, 防雷措施也就不同。防直击雷主要采用避雷针、避雷带、避雷网、避雷线等传统避雷装置, 只要设计规范, 安装合理, 这些防雷设施便能对直击雷进行有效防御。但是无论多么完善的避雷针(带、网、线), 对感应雷击及雷电电磁脉冲的防护都不能做到万无一失, 因为感应雷击及雷电电磁脉冲是由于各种易导电的金属设备所引发, 若系统不安全屏蔽, 没有采取等电位连接措施和综合布线不合理、接地不规范等, 则感应雷击电磁脉冲容易入侵, 而损坏设备。

## 2 综合防雷设计

民爆服务站防雷工程包括直击雷防护、等电位连接、屏蔽、规范的综合布线、感应雷击及雷电电磁脉冲(LEMP)的防护, 是一个完善的接地系统<sup>[1]</sup>。如果在防雷工程设计中某一个环节考虑不周、安装不规范, 即使采取了防雷措施也起不到真正的防雷作用。近几年来, 防雷设计已由简易的避雷针、防直击雷发展到综合防雷工程的新阶段(图1)。

### 2.1 确定防雷区并做防 LEMP 措施

防雷区(LPZ)是将需要保护的空間划分为不同的防雷区, 以确定各部分空间不同 LEMP 的严重程度和做指明各交界面等电位连接点的位置。

LPZ<sub>0A</sub>: 此区域内的各物体都可能遭到直接雷击, 物体能导走全部雷电流。

LPZ<sub>0B</sub>: 此区域内的各物体都不能遭到直接雷击, 电磁场

没有衰减。

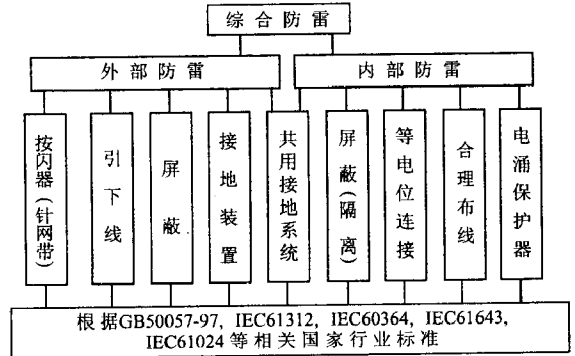


图1 综合防雷措施

LPZ<sub>1</sub>: 此区域内的各物体都不能遭到直接雷击。电磁场因屏蔽而可能衰减。

LPZ<sub>2</sub>: 此区域内的各物体都不能遭到直接雷击。电磁场因屏蔽而进一步衰减。

将需要保护的空間划分成不同防雷区的一般原则(图2)。

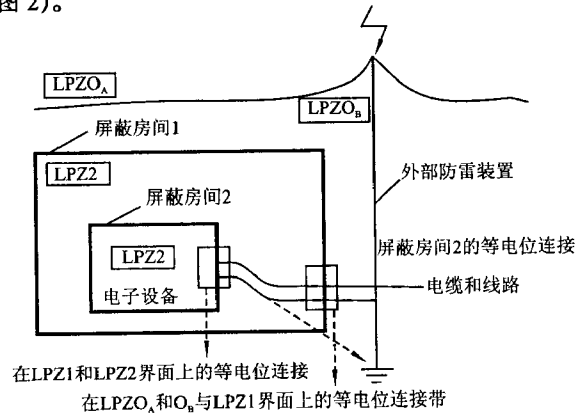


图2 将一个建筑物划分几个防雷区

其计算方法<sup>[2]</sup>:  $H_1 = H_0/10^{SF/20}$  (1)

$H_0 = i_0/(2\pi S_a)$  (2)

式(2)中  $i_0$  为雷电流, 单位为 A;  $S_a$  为雷击点与屏蔽空间的平均距离, 单位为 m。

由此得出 LPZ<sub>1</sub> 区域中的磁场强度。磁场强度由式(1)和式(2)计算得出。安全距离由式(3)计算得出:

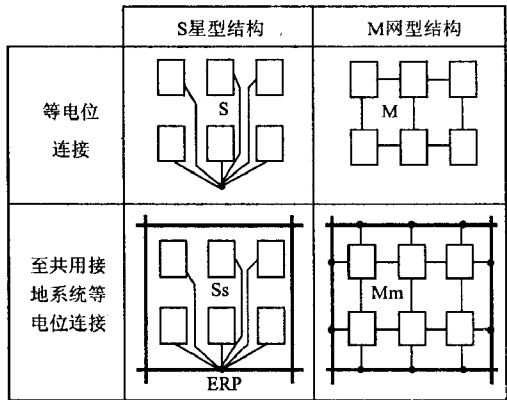
$d_s = W \cdot SF/10$  (3)

式(3)中 SF 为屏蔽系数, 单位为 dB; W 为网格宽度, 单位为 m。根据以上公式, 确定被保护物的安全位置。

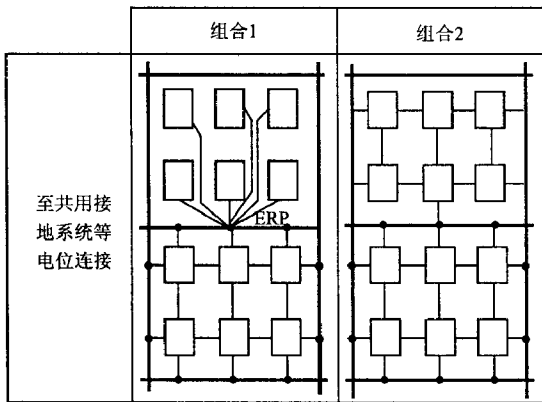
### 2.2 等电位连接

等电位连接是现代防雷技术的重要防护措施。做等电位连接, 可减少各设备装置与建筑物金属构件之间或装置与装置之间因雷电产生的电位差。利用钢筋混凝土结构的建筑物

所有金属构件多重连接,建立一个三维的连接网络是实现等电位连接的最佳选择。等电位连接基本方法应采用网型(M)结构或星型(S)结构<sup>[3]</sup>。M型结构的环形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接。当采用S型等电位连接时,所有的金属件除在接地基准点 ERP 下连接外,均应与共用接地各组件之间大于  $1.2/50 \mu\text{s}$ , 10 kV 的绝缘强度。当采用 M 型等电位连接时,所有的金属组件不应与共用接地系统绝缘。可通过多点连接到共用接地系统中去。在复杂的系统中,可进行 S 和 M 型组合设计,如图 3。



(a) 等电位连接



(b) 等电位直接组合

— 为建筑物的共用连接系统    — 为等电位连接    □ 为设备  
 • 为等电连接网与共用接地系统的连接    ERP 为接地基准点

图 3 S 和 M 型等电位连接

## 2.3 汇集排连接方法

### 2.3.1 正确的接地汇集 图 4 中,由于 2 个 SPD 的放置位

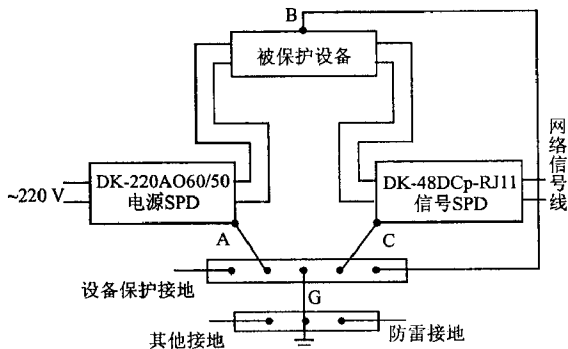


图 4 正确的接地汇集

置靠近接地汇集排 G, 所以接地连线“ A—G ”和“ C—G ”可以做到最短连线, 残压最低; 设备接地线“ B—G ”虽然较长, 但无

电流流过, B 和 G 两点电位相等, 以保护设备安全。

### 2.3.2 错误的接地汇集 图 5 中, 由于接地汇集排 G 靠近

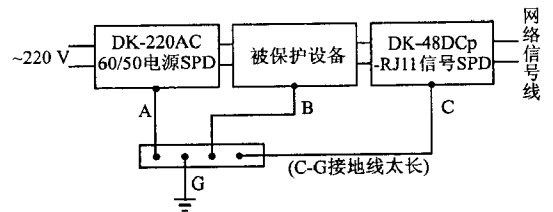


图 5 错误的接地汇集

电源 SPD, 电源 SPD 的接地线“ A—G ”可以做到足够短, 但由于信号 SPD 远离接地汇集 G, 造成其接地连线“ C—G ”较长 (大于 2 m 或以上), 这样当信号 SPD 泄放雷电流时, 将在连线“ C—G ”上产生较大的残压, 使得“ C—G ”间的电流差大于信号接口的耐压而损坏。解决的办法是: 将信号线加长, 把信号 SPD 移至接地汇集排 G 旁, 缩短连线“ C—G ”的长度。

### 2.3.3 电涌保护器接地汇集

2.3.3.1 为了做到接地等电位相等, 被保护设备与电涌保护 (SPD) 必须共用一个接地汇集排。

2.3.3.2 为了减少 SPD 泄放的雷电流在接地引线上形成的残压, SPD 的接地线应尽可能短且粗。

2.3.3.3 为了做到被保护设备的地电位与接地汇集排相等, 设备的接地线在接至汇集排前不能有电流流过, 接地连线可适当加长。

2.3.3.4 避雷针 (带) 引下线和其他干扰电流不能流过设备与 SPD 用的接地汇集排, 以免造成接地汇集排上各连接点电位不相等。

## 2.4 电涌保护器 (SPD)

目前使用的避雷器, 主要由气体放电管、放电间隙、高频二极管、压敏电阻、瞬态二极管、晶闸管、高低通滤波器元件所组成, 只要设计合理、安装合格, 避雷器就能对雷电进行有效的保护。各种避雷器都有一个共同的特性, 即在高电压作用下呈现低阻状态, 而在低电压作用下呈现高阻状态。当发生雷击或当雷电侵入波过压沿线路传输到避雷器安装点后, 由于这时作用于避雷器上的电压很高, 避雷器将动作, 并呈现低阻状态, 从而限制过电压, 同时将过电压引起的大电流泄入地, 使至并联的设备免遭过电压的损坏。

为使避雷器能发挥出预计的保护效果, 它必须满足 2 个基本性能要求。如图 6—图 7。

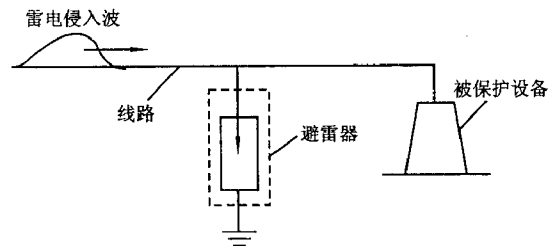


图 6 避雷器的设置

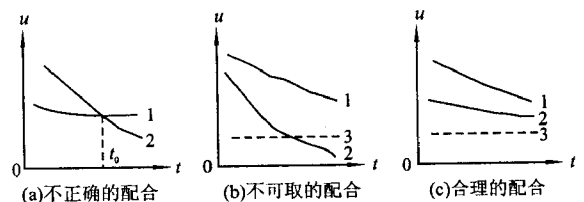


图 7 避雷器与被保护设备的伏秒特性配合

2.4.1 要求避雷器应具有良好的伏秒特性,以易于实现与被保护设备的绝缘配合。

2.4.2 要求避雷器应具有较强的绝缘自恢复能力,以利于快速切断工频续流,使被保护设备在雷电侵入波过电压结束后能尽快恢复正常工作。

2.4.3 在图 7a 中,避雷器伏秒特性 2 上有一大部分( $t \leq t_0$ )高于被保护设备的伏秒特性 1,当沿线路侵入的过电压波具有较短的波头时间(波头时间  $\tau_f < t_0$ )时,在这种电压作用下,被保护设备将首先被击穿,因而避雷器将起不到保护作用。在图 7b 中,避雷器的整个伏秒特性 2 低于被保护设备的伏秒特性 1,在过电压作用下可以起到保护作用,但由于避雷器伏秒特性 2 过低,甚至低于被保护设备上可能出现的最高工频电压 3。这样即使是在没有雷电侵入波过电压作用时,避雷器也会在工频电压作用下发生误动作,因此它会妨碍被保护设备及其所在系统的正常运行,也是不可取的。从伏秒特性的配合情况来看,只有图 7c 才是设计比较合理。为了实现理想的配合,不仅要求避雷器伏秒特性的位置要低,而且其整体形状要平坦,具有这种特性的避雷器才能发挥良好的保护作用。

因此,在防雷设计中既要防止直击雷,制作合格的避雷针、带、网、线系统,也要注意防止感应雷击及雷电电磁脉冲入侵,做到二者有机结合,相互补充,从而构成一套完整的防雷体系。

### 3 民爆服务站库区综合防雷技术

#### 3.1 防雷设计

3.1.1 整个库区内设一个闭合的综合地网,要求冲击电阻  $R$  小于  $5 \sim 10 \Omega$ 。

3.1.2 避雷针(雷管库、炸药库)各一个。应用第一类防雷建筑物考虑,滚球半径为  $30 \text{ m}$ 。

3.1.3 各库房的捣制房棚顶(值班室)与地网连接,采取法拉地笼的屏蔽原理。

3.1.4 各金属门窗与地网连接。

3.1.5 库区内架空线路必须采取屏蔽措施,与地网连接,即屏蔽可埋入地下,这样比架空线路更安全。

3.1.6 报警系统与电源等其他设备的 SPD,设置一个汇集排共用与地网连接,要求冲击电阻  $R$  小于  $5 \sim 10 \Omega$ 。

3.1.7 由于整个库区内采取的是综合防雷系统,直击雷与感应雷共用一组地网,接地电阻取最低值。这样就达到了整个库区的等电位连接,避免了雷电流泄放时跳变和反击,也保护了设备的安全。

#### 3.2 存在问题和解决方法

由于民爆库区建筑一般建在远离城市、村庄,周边环境和不易潮湿的半山腰、半山腰的开阔地段,四周没有遮挡,库区建筑物显露特别突出;库区周围土壤电阻率高,一般为  $5000 \Omega \cdot \text{m}$ 。针对民爆库区现况和周边环境,提出以下解决方法。

3.2.1 挖  $3 \text{ m}$  左右深的壕沟,将挖出的碎石移走,然后充填黄泥土。

3.2.2 用电锤打孔,用  $2.5 \text{ m}$  长的  $\Phi 40 \sim 50 \text{ mm}$  的镀锌管做垂直体,在垂直接地体管径上打孔,填灌降阻剂。

3.2.3 延长接地体长度或面积,把接地体引向山坡下的土壤电阻率低的潮湿的水沟里。

3.2.4 只有设置辅助的人工接地体接地,才能使突来的大量雷电流瞬间泄入大地,不至于扩散,从而保证库区的防雷安全。

### 4 结语

瓦房店地区现有十几家民爆服务站,前几年都不同程度地遭到过雷击。由于近 2 a 我们加强了雷电防护管理工作,对民爆服务站采取了科学的综合防雷设计和施工,避免和减少了雷击事故,达到了良好的防雷效果,受到了当地政府安管部门和社会各界的好评。

### 参考文献

- 1 王德言,刘寿先. 电子信息系统综合防雷技术. 中国雷电与防护, 2003, (1).
- 2 王殿江,王洪波,杨振忠,等. 计算机及微电子设备的雷电电磁脉冲防护. 中国雷电与防护, 2003, (3).
- 3 张小青. 建筑防雷与接地技术. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- 4 王东生. 电源电涌保护器与接地汇集连线的问题探讨. 中国雷电与防护, 2003, (1)