

---

# 深圳市赛盛技术有限公司

## EMC 技术期刊

(2009 年第二期)

---

**编辑:** 深圳市赛盛技术有限公司期刊编辑部

**主编:** 蒋万良

**本期责任编辑:** 杨志奇

**支持网站:** 赛盛技术 (网址: [www.ses-tech.com](http://www.ses-tech.com))

**地址:** 广东省深圳市南山区科技园科发路 2 号朗峰大厦 606A   **邮编:** 518057

**电话:** 0755-26532650   **传真:** 0755-26532652

**E-mail:** [brown.jiang@ses-tech.com](mailto:brown.jiang@ses-tech.com)

如果需要订阅《EMC 技术期刊》，请填写真实的公司名称，姓名，联系电话，E-mail 等信息，发送邮件到: [catton.yang@ses-tech.com](mailto:catton.yang@ses-tech.com)

---

## ※期刊摘要

- ◇ [行业动态](#)
- ◇ [整改案例](#)
- ◇ [技术文章](#)
- ◇ [知识点滴](#)
- ◇ [问题解答](#)

## ● 行业动态

# 低辐射也可致病 中国电磁辐射危害高于欧美

来源：新世纪周刊

与许多国家相比，中国对电磁辐射规定的环保标准并不宽松，但由于中国人口稠密，房屋狭窄，人们所受的电磁辐射一般要比欧美多

变电站最容易引起居民恐慌的是电磁辐射。电磁辐射的来源有很多，包括各种电气和电子设备，一些家用电器也在此列。

电磁辐射对人体有两种影响：一是电磁波的热效应。当人体吸收到一定量的时候就会出现高温生理反应，最后导致神经衰弱、白细胞减少等病变。二是电磁波的非热效应。当电磁波长时间作用于人体时，就会出现如心率、血压等生理改变和失眠、健忘等生理反应，对孕妇及胎儿的影响较大，后果严重者可以导致胎儿畸形或流产。

北京邮电大学电磁场与微波技术专业博士崔海林介绍说：“电场比较容易屏蔽，磁场屏蔽起来就很难，成本也高，所以现在居民们多数担心的就是磁场的伤害。”

中国的用电频率是 50Hz，电力设备造成的电场也被称之为工频电场，在国家环保局推荐的《500kv 超高压输变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》当中，提到居民区工频电场限值 4 千伏/米，工频磁场 0.1mt（毫特斯拉）。

在绝大多数正常运转的变电站和高压线附近，电场和磁场的强度都小于这个标准。

0.1mt 的磁场标准也是西方许多国家采用的一个标准，但是这个标准也引发了国外医药卫生界和电力界的争议。

引发人们对工频磁场恐惧的是瑞典对儿童白血病影响的流行病学调查：科学家发现可能引起儿童白血病的磁场强度非常低，0.3 $\mu$ t（微特斯拉）的房间里居住的儿童患白血病的概率就是 0.2 $\mu$ t 房间里居住孩子的 4 倍。

因为这一系列调查，在 2001 年，世界卫生组织电磁辐射项目接受了国际癌症研究所有关极低频即高压线、变电站电磁场与癌症关系研究的评价结论，把极低频电磁场作为可疑致癌源，与咖啡、苯乙烯、电焊烟雾、汽车尾气等归属为一类致癌物。

0.2 $\mu$ t 这个可能造成伤害的标准远远低于欧美的有关标准限值和目前中国有关规定的限值。以这个标准来衡量，使用微波炉时距离在一尺左右，或者连续用电动剃须刀刮胡子超过 2.5 分钟，都会由于磁场超标而对人身造成损害。变电站的磁场标准则是这一安全标准的 50 倍。

国际上认为孕妇、老人、儿童、病人为电磁辐射的脆弱人群；同一个人，不同的器官，抵抗能力也不同，眼睛、大脑、心脏、生殖系统为人的脆弱器官。

而对于一个建筑在变电站附近的小区来说，不需要工作的婴儿、孕妇和老人恰恰是在家时间最长的人。

尽管如此，临床医学上并没有明确的证据认为电磁场会直接伤害附近的人，根据四川省对 3 所 220kv 的变电站的调查，只要距离 10 米，变电站电场衰减得很厉害，磁场也符合国家的行业标准。

崔海林博士说：“在中国，由于人口稠密，房屋狭窄，家家都有电器设备，人们所受的电磁辐射一般要比欧美多。欧美人实际所受的电磁辐射量是远远低于中国人的。”

## ● 整改案例

# 工业控制设备 ESD 整改分析

前言：

某工业控制设备要在实验室通过 GB17626 第 3 等级标准测试，由于前期设计设计没有考虑 EMC 问题，导致 ESD 测试 FAIL；



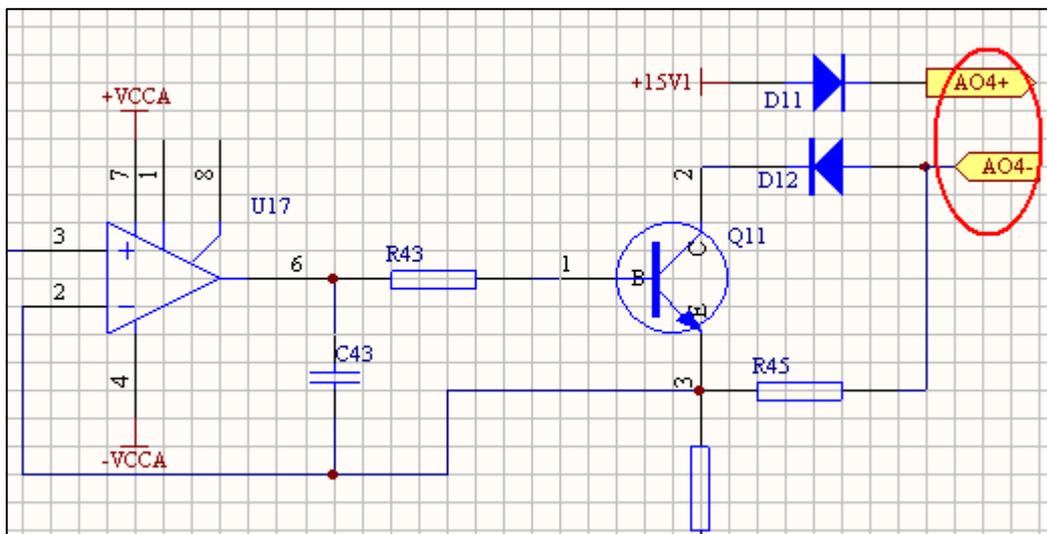
测试结果：

正负 6KV	输出接口接触放电	输出归零不能恢复
正负 6KV	机壳接触放电	输出正常
正负 6KV	水平耦合板	输出正常
正负 6KV	垂直耦合板	输出正常
正负 8KV	间隙空气放电	输出正常

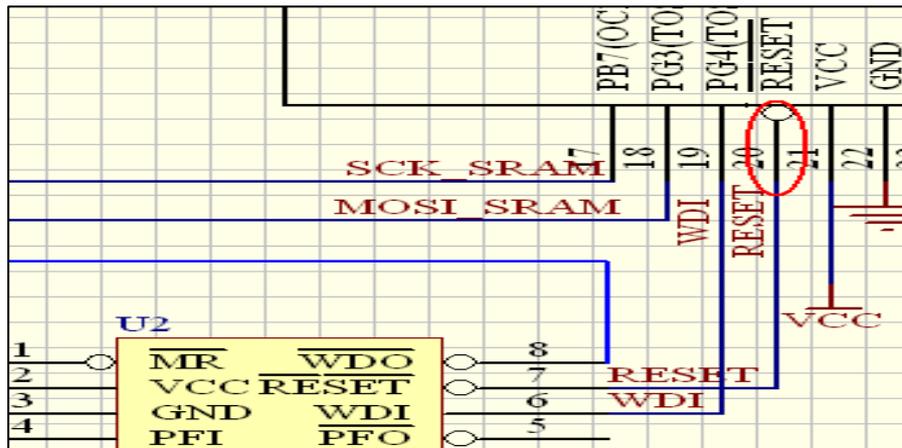
分析：

根据测试结果可知设备外壳接触放电可以通过，只有输出接口接触放电时造成设备复位，设备的外壳和单板地是连在一起的，说明设备的地可以耐受 6KV 的静电，对设备的原理图和 PCB 进行分析发现一下问题

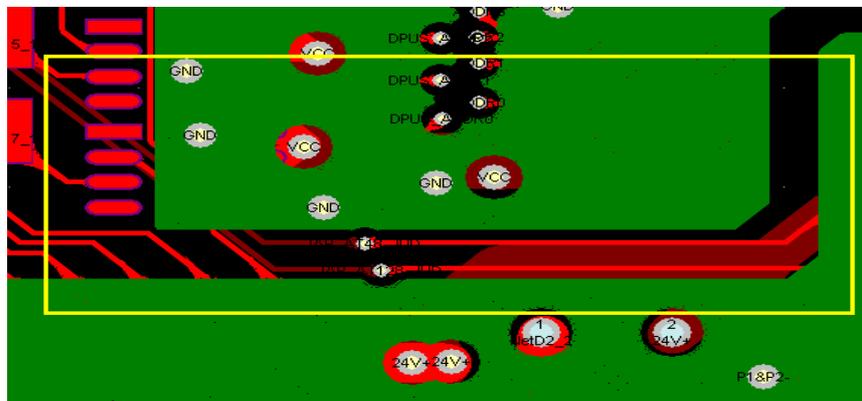
1、输出接口没有防护电路，造成静电干扰直接串入系统，如下图所示：



2、cpu 的复位信号没有增加滤波电路；静电干扰会到系统复位信号，造成系统复位；



3、接口信号走线跨分割，没有一个完整的参考地平面，造成信号回流面积增大；



整改措施：

- 1、输出端口对地增加 TVS 管；由于输出接口电压为 15V，选择启动电压在 18V 的 TVS 管；
- 2、在 cpu 的复位信号对地增加 1000pF 电容，滤除静电产生的高频干扰；
- 3、调整信号走线，使其有完整的参考地平面；

改版后测试结果：

正负 6KV	输出接口接触放电	输出正常
正负 6KV	机壳接触放电	输出正常
正负 6KV	水平耦合板	输出正常
正负 6KV	垂直耦合板	输出正常
正负 8KV	间隙空气放电	输出正常

案例总结

根据整改前的测试结果可以发现，金属机壳的接触放电测试是可以满足标准要求的，但是接口的接触放电不能通过，说明静电干扰直接由接口串入系统，无法泄放到大地，造成系统出现错误，接口增加了防护后，信号走线进行调整后，静电干扰直接泄放到大地，从未能够顺利通过测试！

## ● 技术文章

# 电磁兼容中的接地技术

来源：网络

摘要：讨论了电磁兼容中的接地技术，包括接地的种类和目的、接地方式、屏蔽地、设备地、系统地，其目的在于安全运行和提高电力电子设备的电磁兼容能力。

关键词：接地技术；电磁兼容；干扰

### 1 引言

接地技术最早是应用在强电系统（电力系统、输变电设备、电气设备）中，为了设备和人身安全，将接地线直接接在大地上。由于大地的电容非常大，一般情况下可以将大地的电位视为零电位。后来，接地技术延伸应用到弱电系统中。对于电力电子设备将接地线直接接在大地上或者接在一个作为参考电位的导体上，当电流通过该参考电位时，不应产生电压降。然而由于不合理的接地，反而会引入了电磁干扰，比如共地线干扰、地环路干扰等，从而导致电力电子设备工作不正常。可见，接地技术是电力电子设备电磁兼容技术的重要内容之一，有必要对接地技术进行详细探讨。

### 2 接地的种类和目的

电力电子设备一般是为以下几种目的而接地：

#### 2.1 安全接地

安全接地即将机壳接大地。一是防止机壳上积累电荷，产生静电放电而危及设备和人身安全；二是当设备的绝缘损坏而使机壳带电时，促使电源的保护动作而切断电源，以便保护工作人员的安全。

#### 2.2 防雷接地

当电力电子设备遇雷击时，不论是直接雷击还是感应雷击，电力电子设备都将受到极大伤害。为防止雷击而设置避雷针，以防雷击时危及设备和人身安全。

上述两种接地主要为安全考虑，均要直接接在大地上。

#### 2.3 工作接地

工作接地是为电路正常工作而提供的一个基准电位。该基准电位可以设为电路系统中的某一点、某一段或某一块等。当该基准电位不与大地连接时，视为相对的零电位。这种相对的零电位会随着外界电磁场的变化而变化，从而导致电路系统工作的不稳定。当该基准电位与大地连接时，基准电位视为大地的零电位，而不会随着外界电磁场的变化而变化。但是不正确的工作接地反而会增加干扰。比如共地线干扰、地环路干扰等。

为防止各种电路在工作中产生互相干扰，使之能相互兼容地工作。根据电路的性质，将工作接地分为不同的种类，比如直流地、交流地、数字地、模拟地、信号地、功率地、电源地等。上述不同的接地应当分别设置。

##### 2.3.1 信号地

信号地是各种物理量的传感器和信号源零电位的公共基准地线。由于信号一般都较弱，易受干扰，因此对信号地的要求较高。

##### 2.3.2 模拟地

模拟地是模拟电路零电位的公共基准地线。由于模拟电路既承担小信号的放大，又承担大信号的功率放大；既有低频的放大，又有高频放大；因此模拟电路既易接受干扰，又可能产生干扰。所以对模拟地的接地点选择和接地线的敷设更要充分考虑。

##### 2.3.3 数字地

数字地是数字电路零电位的公共基准地线。由于数字电路工作在脉冲状态，特别是脉冲的前后

沿较陡或频率较高时，易对模拟电路产生干扰。所以对数字地的接地点选择和接地线的敷设也要充分考虑。

#### 2.3.4 电源地

电源地是电源零电位的公共基准地线。由于电源往往同时供电给系统中的各个单元，而各个单元要求的供电性质和参数可能有很大差别，因此既要保证电源稳定可靠的工作，又要保证其它单元稳定可靠的工作。

#### 2.3.5 功率地

功率地是负载电路或功率驱动电路的零电位的公共基准地线。由于负载电路或功率驱动电路的电流较强、电压较高，所以功率地线上的干扰较大。因此功率地必须与其它弱电地分别设置，以保证整个系统稳定可靠的工作。

### 2.4 屏蔽接地

屏蔽与接地应当配合使用，才能起到屏蔽的效果。

比如静电屏蔽。当用完整的金属屏蔽体将带正电导体包围起来，在屏蔽体的内侧将感应出与带电导体等量的负电荷，外侧出现与带电导体等量的正电荷，因此外侧仍有电场存在。如果将金属屏蔽体接地，外侧的正电荷将流入大地，外侧将不会有电场存在，即带正电导体的电场被屏蔽在金属屏蔽体内。

再比如交变电场屏蔽。为降低交变电场对敏感电路的耦合干扰电压，可以在干扰源和敏感电路之间设置导电性好的金属屏蔽体，并将金属屏蔽体接地。只要设法使金属屏蔽体良好接地，就能使交变电场对敏感电路的耦合干扰电压变得很小。

上述两种接地主要为电磁兼容性考虑。

### 3 接地方式

工作接地按工作频率而采用以下几种接地方式：

#### 3.1 单点接地

工作频率低（<1MHz）的采用单点接地式（即把整个电路系统中的一个结构点看作接地参考点，所有对地连接都接到这一点上，并设置一个安全接地螺栓），以防两点接地产生共地阻抗的电路性耦合。多个电路的单点接地方式又分为串联和并联两种，由于串联接地产生共地阻抗的电路性耦合，所以低频电路最好采用并联的单点接地式。

为防止工频和其它杂散电流在信号地线上产生干扰，信号地线应与功率地线和机壳地线相绝缘。且只在功率地、机壳地和接往大地的接地线的安全接地螺栓上相连（浮地式除外）。

地线的长度与截面的关系为：

$$S > 0.83L \quad (1)$$

式中：L——地线的长度，m；

S——地线的截面，mm<sup>2</sup>。

#### 3.2 多点接地

工作频率高（>30MHz）的采用多点接地式（即在该电路系统中，用一块接地平板代替电路中每部分各自的地回路）。因为接地引线的感抗与频率和长度成正比，工作频率高时将增加共地阻抗，从而将增大共地阻抗产生的电磁干扰，所以要求地线的长度尽量短。采用多点接地时，尽量找最近的低阻值接地面接地。

#### 3.3 混合接地

工作频率介于 1~30MHz 的电路采用混合接地式。当接地线的长度小于工作信号波长的 1/20 时，采用单点接地式，否则采用多点接地式。

#### 3.4 浮地

浮地式即该电路的地与大地无导体连接。其优点是该电路不受大地电性能的影响；其缺点是该电路易受寄生电容的影响，而使该电路的地电位变动和增加了对模拟电路的感应干扰；由于该电路的地与大地无导体连接，易产生静电积累而导致静电放电，可能造成静电击穿或强烈的干扰。因此，

浮地的效果不仅取决于浮地的绝缘电阻的大小，而且取决于浮地的寄生电容的大小和信号的频率。

#### 4 接地电阻

##### 4.1 对接地电阻的要求

接地电阻越小越好，因为当有电流流过接地电阻时，其上将产生电压。该电压除产生共地阻抗的电磁干扰外，还会使设备受到反击过电压的影响，并使人员受到电击伤害的威胁。因此一般要求接地电阻小于  $4\Omega$ ；对于移动设备，接地电阻可小于  $10\Omega$ 。

##### 4.2 降低接地电阻的方法

接地电阻由接地线电阻、接触电阻和地电阻组成。为此降低接地电阻的方法有以下三种：

——降低接地线电阻，为此要选用总截面大和长度短的多股细导线。

——降低接触电阻，为此要将接地线与接地螺栓、接地极紧密又牢靠地连接并要增加接地极和土壤之间的接触面积与紧密度。

——降低地电阻，为此要增加接地极的表面积和增加土壤的导电率（如在土壤中注入盐水）。

##### 4.3 接地电阻的计算

垂直接地极接地电阻  $R$  为：

$$R=0.366(\rho/L)\lg(4L/d)\Omega \quad (2)$$

式中： $\rho$ ——土壤电阻率， $\Omega \cdot m$ ；

$L$ ——接地极在地中的深度， $m$ ；

$d$ ——接地极的直径， $m$ 。

例如，黄土  $\rho$  取  $200\Omega \cdot m$ ， $L$  为  $2m$ ， $d$  为  $0.05m$ ，则垂直接地极接地电阻  $R$  为  $80.67\Omega$ 。如在土壤中注入盐水，使  $\rho$  降为  $20\Omega \cdot m$  时，则接地极接地电阻  $R$  为  $8.067\Omega$ 。

#### 5 屏蔽地

##### 5.1 电路的屏蔽罩接地

各种信号源和放大器易受电磁辐射干扰的电路应设置屏蔽罩。由于信号电路与屏蔽罩之间存在寄生电容，因此要将信号电路地线末端与屏蔽罩相连，以消除寄生电容的影响，并将屏蔽罩接地，以消除共模干扰。

##### 5.2 电缆的屏蔽层接地

###### 5.2.1 低频电路电缆的屏蔽层接地

低频电路电缆的屏蔽层接地应采用一点接地的方式，而且屏蔽层接地点应当与电路的接地点一致。对于多层屏蔽电缆，每个屏蔽层应在一点接地，各屏蔽层应相互绝缘。

###### 5.2.2 高频电路电缆的屏蔽层接地

高频电路电缆的屏蔽层接地应采用多点接地的方式。当电缆长度大于工作信号波长的  $0.15$  倍时，采用工作信号波长的  $0.15$  倍的间隔多点接地式。如果不能实现，则至少将屏蔽层两端接地。

##### 5.3 系统的屏蔽体接地

当整个系统需要抵抗外界电磁干扰，或需要防止系统对外界产生电磁干扰时，应将整个系统屏蔽起来，并将屏蔽体接到系统地上。

#### 6 设备地

一台设备要实现设计要求，往往含有多种电路，比如低电平的信号电路（如高频电路、数字电路、模拟电路等）、高电平的功率电路（如供电电路、继电器电路等）。为了安装电路板和其它元器件、为了抵抗外界电磁干扰而需要设备具有一定机械强度和屏蔽效能的外壳。

典型设备的接地如图 1 所示。

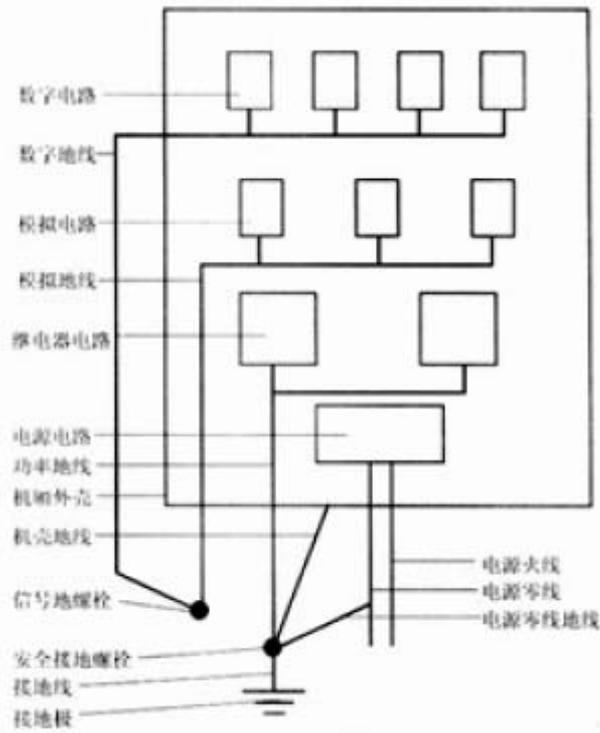


图 1 设备的接地

### 图 1 设备的接地

设备的接地应当注意以下几点：

- 50Hz 电源零线应接到安全接地螺栓处，对于独立的设备，安全接地螺栓设在设备金属外壳上，并有良好电连接；
- 为防止机壳带电，危及人身安全，不许用电源零线作地线代替机壳地线；
- 为防止高电压、大电流和强功率电路（如供电电路、继电器电路）对低电平电路（如高频电路、数字电路、模拟电路等）的干扰，将它们的接地分开。前者为功率地（强电地），后者为信号地（弱电地），而信号地又分为数字地和模拟地，信号地线应与功率地线和机壳地线相绝缘；
- 对于信号地线可另设一信号地螺栓（和设备外壳相绝缘），该信号地螺栓与安全接地螺栓的连接有三种方法（取决于接地的效果）：一是不连接，而成为浮地式；二是直接连接，而成为单点接地式；三是通过一  $3\mu\text{F}$  电容器连接，而成为直流浮地式，交流接地式。其它的接地最后汇聚在安全接地螺栓上（该点应位于交流电源的进线处），然后通过接地线将接地极埋在土壤中。

#### 7 系统地

当多个设备组成一个系统时，系统的接地如图 2 所示。

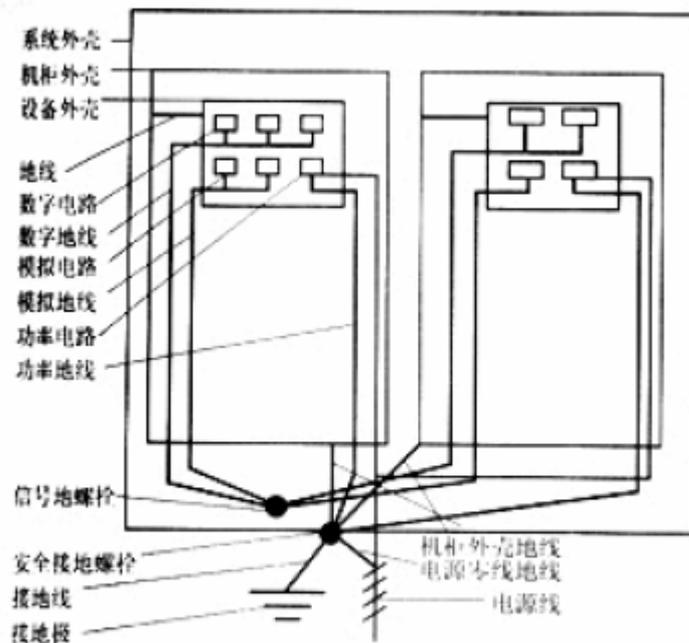


图 2 系统的接地

系统的接地应当注意以下几点：

- 参照设备的接地注意事项；
- 设备外壳用设备外壳地线和机柜外壳相连；
- 机柜外壳用机柜外壳地线和系统外壳相连；
- 对于系统，安全接地螺栓设在系统金属外壳上，并有良好电连接；
- 当系统内机柜、设备过多时，将导致数字地线、模拟地线、功率地线和机柜外壳地线过多。对此，可以考虑铺设两条互相并行并和系统外壳绝缘的半环形接地母线，一条为信号地母线，一条为屏蔽地及机柜外壳地母线；系统内各信号地就近接到信号地母线上，系统内各屏蔽地及机柜外壳地就近接到屏蔽地及机柜外壳地母线上；两条半环形接地母线的中部靠近安全接地螺栓，屏蔽地及机柜外壳地母线接到安全接地螺栓上；信号地母线接到信号地螺栓上；
- 当系统用三相电源供电时，由于各负载用电量和用电的不同步性，必然导致三相不平衡，造成三相电源中心点电位偏移，为此将电源零线接到安全接地螺栓上，迫使三相电源中心点电位保持零电位，从而防止三相电源中心点电位偏移所产生的干扰；
- 接地极用镀锌钢管，其外直径不小于 50mm，长度不小于 2.0m；埋设时，将接地极打入地表层一定深度、并倒入盐水，一般要求接地电阻小于 4Ω，对于移动设备，接地电阻可小于 10Ω。

## 8 结语

为了设备和人身的安全以及电力电子设备正常可靠的工作必须研究接地技术。接地可直接接在大地上或者接在一个作为参考电位的导体上。不合理的接地反而会引入电磁干扰，导致电力电子设备工作不正常。因此，接地技术是电磁兼容中的重要技术之一，应当充分重视对接地技术的研究。

## 参考文献

- [1]B·E·凯瑟(美).电磁兼容原理[M].北京：电子工业出版社，1985.
- [2]D·斯托尔(德).工业抗干扰的理论与实践[M].北京：国防工业出版社，1985.
- [3]蔡仁钢.电磁兼容原理设计和预测技术[M].北京：北京航空航天大学出版社，1997.

## ● 知识点滴

# 电磁干扰的频谱分布

信息化社会的电磁环境异常复杂，而且愈来愈复杂。电磁干扰分布在整个电磁波频谱。如果按最常见的干扰的频谱来划分，则可粗略分为以下几个频段：

**1.工频干扰：**频率 50~60Hz 左右，主要是输、配电系统以及电力牵引系统所产生的电磁场辐射；

**2.甚低频干扰：**30KHz 以下的干扰辐射、雷电、核爆炸以及地震所产生的电磁脉冲，其能量主要分布在这一频段；

**3.长波信号干扰：**频率范围 10KHz~300KHz。包括高压直流输电谐波干扰、交流输电谐波干扰及交流电气铁道的谐波干扰等；

**4.射频、视频干扰：**频谱在 300KHz~300MHz。工业医疗设备（ISM）、输电线电晕放电、高压设备和电力牵引系统的火花放电以及内燃机、电动机、家用电器、照明电器等都在此范围；

**5.微波干扰：**频率从 300MHz~300KHz，包括高频、超高频、极高频干扰；

**6.核电磁脉冲干扰：**频率由 KHz 直到接近直流，范围很宽。

## ● 问题解答

**问：浪涌保护电路的主要测试内容，以及设计注意事项？**

答：浪涌测试其实就是雷击测试，主要是有共模、差模两个干扰方式的测试。保护电路在设计中的手段就是“疏和堵”两种方法，“疏”就是把干扰导入大地，“堵”就是不让干扰进入被保护的电路中，主要是增加些防护器件。

**问：电子镇流电路对 EMC 的影响，以及应对措施？**

答：主要影响的 EMC 测试项目为传导和辐射发射，解决的方法主要为增加一些滤波抑制器件，常用的有电容、磁珠和电感等常用器件，只是在器件选型的时候需要注意针对我们超标的干扰频点。

**问：一个 AC220V 的防雷电路，要求能通过 4KV 测试；能否提供一个详细方案，包括器件具体型号、参数等？**

答：防雷设计电路可以参考如下方式：

对于器件的选型这块压敏电阻可以选择 470V 启动的，气体放电管启动电压为 470V 启动的，具体型号可以根据防雷标准的量级要求来确定，一般选择为 2000A 以上，那么一般就能够满足一般标准的防雷要求，正常来讲对于满足标准这块做一级防护设计就可以，第二级防雷电路不做设计要求。

我们在广大读者的提问中选取具有代表性的问题，作为后期（问题解答）栏目中的问题。欢迎各位读者踊跃提出自己的问题，我们将有专家为您解答。

欢迎各位读者对我们的期刊提出改进意见和建议，对想了解的知识问题提出来，以便我们后续改进。

如有什么技术问题也欢迎给我们回复邮件或者在我们的技术支持网站——赛盛技术（[www.ses-tech.com](http://www.ses-tech.com)）提出，我们会有技术工程师专门在线解答，对于问题问的比较多的，我们将在下一期中罗列出来统一解答！

欢迎你的来电和邮件垂询，希望“我们的努力，值得你期待！”

我们将竭诚为您服务，打造一流的EMC技术服务！