
深圳市赛盛技术有限公司

EMC 技术期刊

(2009 年第三期)

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 许勇

支持网站: 赛盛技术 (网址: 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

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

※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

电磁辐射 VS 信号不佳 上海 3G 基站建设陷困境

8月15日一早，位于康平路的上海市委大楼楼顶竖起了三副高约30米的天线，这是市委支持上海移动通信基站建设的实际行动。近日，上海市委、市政府号召政府机关和企事业单位率先带头支持移动通信基站建设，为明年召开的世博会提供完善的通信保障，同时也为市民消除通信基站辐射的担忧。

记者昨天还获悉，上海移动近期还将在人民大道200号市政府办公大楼楼顶新建一座3G基站，工程计划于本月底前完工。其他列入名单的30多处机关大楼也将开放建基站。

上海遭遇建基站难

上海原本手机普及率高，人口密度大，通信基站分布密集，运营商选址较为困难。目前恰逢上海为明年世博会进行城市基础设施建设和翻新，很多老基站因此被拆除，运营商面临新基站重新选址的难题。但是目前国家对基站建设没有统一标准，加上市民对基站辐射担忧，上海遭遇基站选址难，很多老基站被拆除后一时运营商找不到合适的新址而出现某一区域手机信号无法接通的状况。此外，上海正在建设的机场、轨交等公共设施运营商在铺设移动信号时也遭遇“入场费”难题。

运营商本身也有自己的特殊情况。现在三大运营商都在上海开展3G建设，有些2G的基站未必能同时架设3G基站，需要另外寻找地址铺设3G基站。此外，随着市民环保意识日益增强，寻找新基站很困难，有的小区因建3G基站反而连2G基站都被拆除。

上海市政府早前表示，将把公共移动基站建设纳入城市建设总规划，并且要求政府机关和企事业单位率先带头开放建设通信基站。在有关部门的大力协调下，目前上海的3G基站选址已确定了政府大楼、企事业单位、公建配套设施、住宅建筑的先后顺序。包括浦东新区政府、徐汇区政府、松江区政府、普陀区人民法院、市工人文化宫、上海市科学会堂等30多处机关大楼已表态率先开放大楼楼顶，建站的各项工作正在稳步进行中。

公开信息显示，中共中央政治局委员、上海市市委书记俞正声，上海市委副书记、市长韩正，上海市常务副市长杨雄等分别就推进本市3G、特别是TD网络的建设和应用做出多次批示。对于新建基站、尤其是自主知识产权的TD基站的建设选址，上海市主要领导强调要从市委市政府做起，机关和企事业单位要开放楼顶，支持基站建设。

此外，上海针对基站设置、租赁等使用费也将由物价部门制定统一标准。由此，上海市有望成为全国首个对移动通信基站建设进行政府规范的城市。记者昨天从上海通管局有关人士处获悉，TD基站首先进入市委市政府大楼等政府机关和企事业单位，根据共建共享原则，上海电信和上海联通的3G基站也将陆续进入。

电磁辐射 VS 信号不佳

随着城市基站建设越来越多，很多上海市民担心基站辐射问题，而有的基站因市民投诉拆除后影响一大片区域通话，网络信号不佳已经上升为投诉首位。

不过，针对市民担心的基站辐射，早前上海无线电管理局曾对外通报，上海所有存量基站及新增基站的电磁辐射标准均比国家标准更为严格。此次政府机关率先支持建设移动基站，也是为了消除市民对基站辐射的疑虑。为了慎重起见，今年4月3日，上海市经信委、上海市无线电管理局委托相关检测单位，对上海TD基站电磁辐射环境影响再次进行了分析评估。经过对徐汇、普陀、松江、青浦等区68个TD发射塔电磁辐射的现场测试，结果均符合国家规定的一级标准（最严格的标准）。

截至去年底，上海已累计开通TD基站3779个（其中发射塔1908个，无线信号室内分布系统1871处）。新开通的TD基站全部按照国家一级标准设计和建设，电磁辐射均低于国家和本市已规定的标准，且所有新建基站选址均需履行严格的报批和审核手续。

针对电磁辐射对人体健康是否有害的疑虑，世界卫生组织早在1996年即启动课题研究，历经10余年。2006年得出结论：只有过量的电磁辐射才会对人体产生危害，而低频电磁辐射对人体健康影响微弱。此外，就基站附近少数群众反映身体不适问题，上海职业病防治研究所连续进行了3年流行病学调查研究，结果表明，没有证据能够认定居民所说的不适现象与电磁辐射有关。

据上海无线电管理局介绍，上海电信、上海移动、上海联通目前共设置室外“宏基站”（一个站能覆盖几十公里）4700多处、无线信号室内分布系统5200处。根据3G通信技术的要求，上海目前室外“宏基站”数量不足，预计需新增三分之一的基站站点。根据规划，到2009年底，上海将新建3G基站近3000个，才能基本形成覆盖全市的3G信号网络

● 整改案例

工业控制产品静电放电问题解决方案



(图片只是示例，不代表实物)

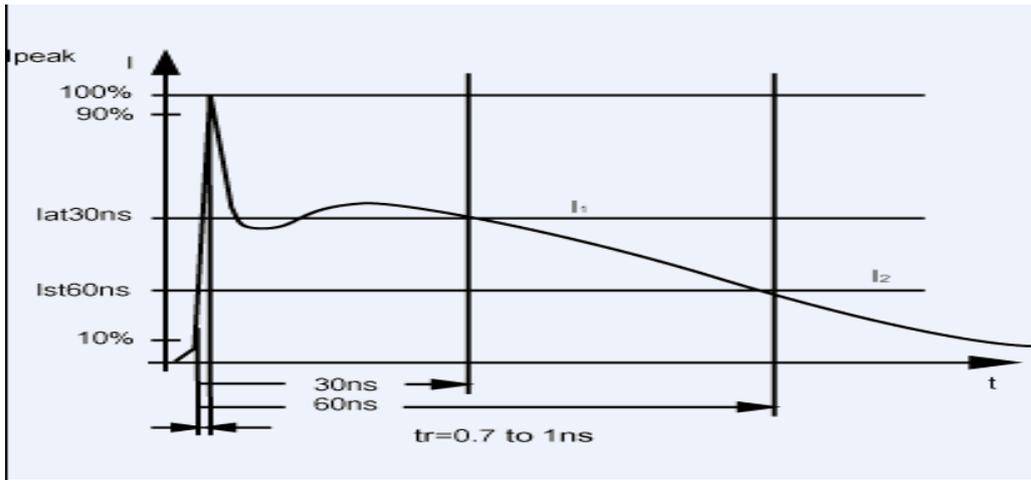
问题现象

某工业控制产品为了通过欧洲 CE 认证，需要通过电磁兼容（EMC）测试。在进行静电抗扰度项目测试时，在控制线缆连接器处进行接触放电方式 $\pm 4\text{kV}$ ，空气放电方式 $\pm 8\text{kV}$ 情况下，设备出现故障，主要现象是测试时出现电机转速不稳，在进行多次放电后通讯异常，电机停转，这种现象不能满足标准要求。

静电放电试验介绍

静电放电试验是模拟人体自身所带的静电在接触电子电气设备表面或周围金属物品时的放电。由于这种放电会通过近场的电磁变化引起正在工作的电子电气设备的误动作或通过器件对静电放电的能量吸收而动作或通过器件对静电放电的能量吸收而造成设备损坏。

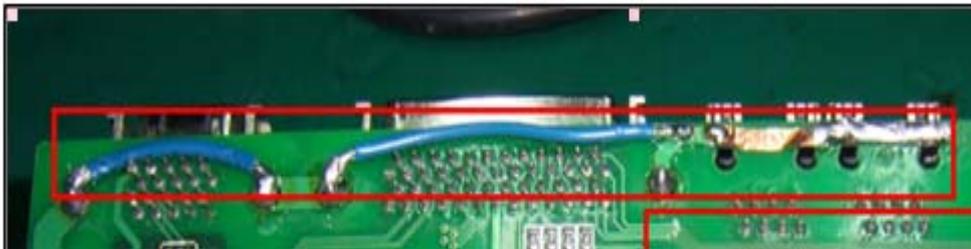
静电放电波形如下图所示，上升时间比较短，只有 $0.7\text{--}1\text{ns}$ ，所以解决问题时静电干扰需要快速的泄放到大地，从而减少对设备的干扰，同时注意静电泄放的过程中，会产生高频电磁场，如果单板走线比较长，会耦合高频干扰，导致系统出现异常。



实验分析与定位

由于测试时是对连接器直接放电或空气放电情况下进行放电测试出现问题，所以重点分析了控制单板连接器以及连接器附近情况。通过分析单板发现，连接器的金属部分没有与设备的外壳很好的搭接，有的连接器管脚悬空，没有导致静电泄放不畅，有静电干扰耦合到连接器内部信号以及单板信号上。

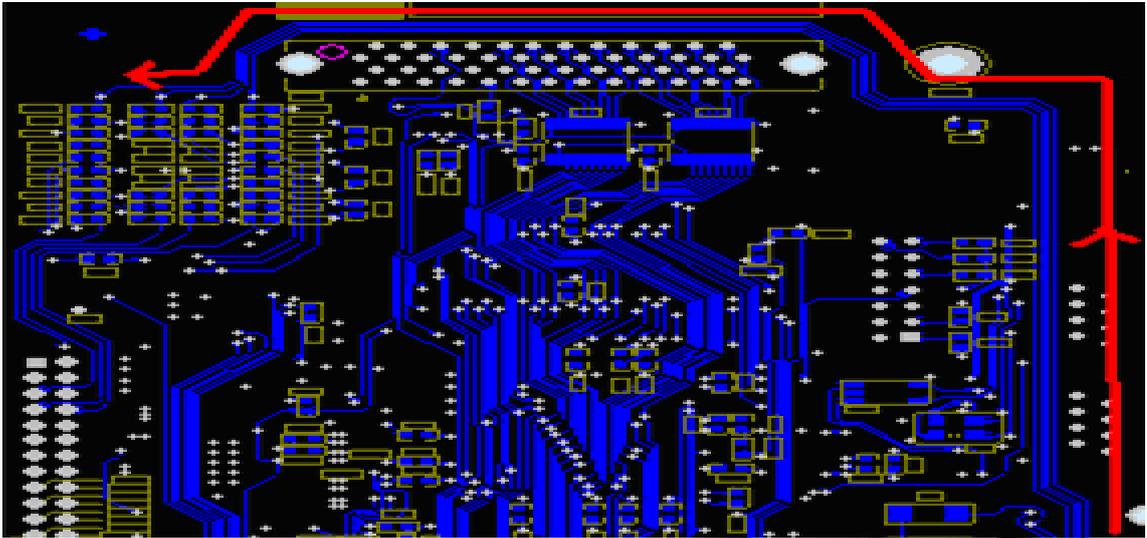
我们在单板上粗导线以及铜皮把连接器很好搭接，下图为连接器搭接的情况



改进后进行试验，发现产品以及基本不会出现死机，但还会偶尔出现电机不稳现象。

对于电机不稳的现象，我们进一步分析，连接器已经非常可靠的与设备外壳搭接，静电已经很好的泄放到大地，现在还出现干扰问题，应该是通过空间耦合现象。对单板分析发现：连接器附近有多根信号线，而且这些信号线从 PCB 分析，走线环路比较大，最长走线达 20cm 左右，而且内部有些跨分割，而这些信号线输入到单板的主要数

据处理芯片。我们分析可能是信号走线较长，空间耦合静电干扰，导致芯片误处理，从而电机运行不稳。下图为单板长走线情况。



根据上面分析情况，我们把长走线在靠近处理芯片处割断，通过程序设定内部运行与这几根信号线无关，改进后再测试发现，系统不出现电机运行不稳的情况。

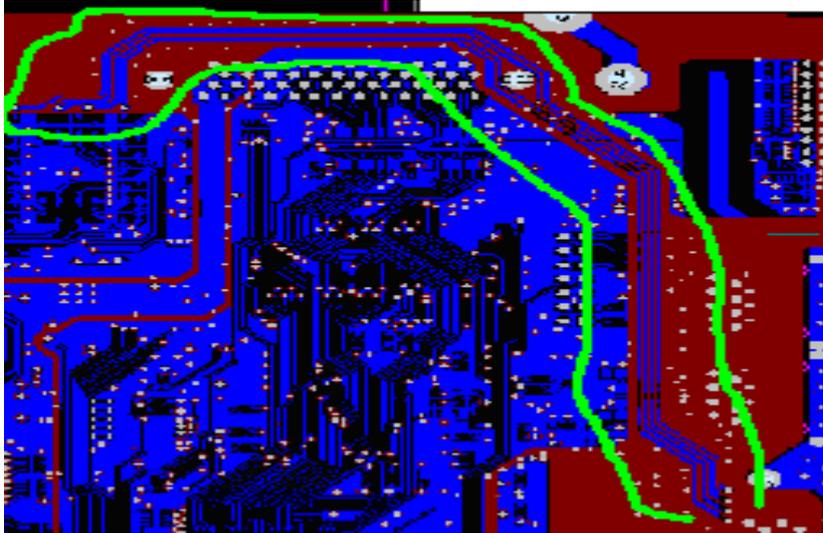
改进与验证

根据上面定位测试，我们在改进设计时注意：

- 1、连接器与外壳的良好搭接，PCB 连接外壳的走线尽量粗，如下图 PCB 设计；



- 2、我们把长走线尽量靠近内部走线，同时注意走线旁边需要伴地设计；



后来在专业的 EMC 实验室回归测试，可以满足认证的静电抗扰度要求。

案例总结

我们在做产品设计时，一定要注意产品的抗静电设计。对于有金属连接器产品，首先要注意连接器与设备外壳的良好搭接，同时与接口无关的信号线，尽量要远离金属连接器，PCB 设计时也要注意环路要小，不要走长走线。

● 技术文章

变频器的电磁兼容技术

电磁干扰（EMI）是电气设备在使用过程中必然发生的现象，干扰的结果将导致电气设备和电气控制设备无法正常工作甚至停机、损坏，例如谐波会使变压器的铜损、铁损增加，使电动机发热，检测装置检测的结果不准确等，一些电气设备既是干扰源又是干扰接受者，如变频器。因此"电气设备在电磁环境中能具有良好的工作能力，且它本身不能产生在此环境中工作的装置所不能接受的电磁干扰"[1]。这就是电磁兼容性技术即 EMC（Electromagnetic compatibility）。电气设备作为干扰源它所产生的干扰不能太大，以免影响到接受器的功能，作为接受器又能抵抗干扰，从这个意义上讲它比"抗干扰技术" 具有更广泛的意义。

变频器是变频技术在电力拖动中的具体应用，变频器集强电、弱电、微电脑、通信、整流、逆变于一体，广泛应用于工业生产控制中。在工业环境中工作的大功率变频设备，它既受到电网的谐波干扰，使变频器输入侧的整流电路有可能受到损害，导致输入回路击穿而烧毁[2]；还受到空间电磁干扰，使逆变装置的控制电脑不能正常工作，同时它又产生大量谐波污染电网，产生电磁干扰影响着其他控制设备和它自身的控制核心。因此变频器在使用中存在 EMC 技术的两个方面，即干扰和被干扰。所以，变频器的 EMC 技术是变频器系统设计、安装中十分重要的内容。

一、变频器的干扰源与干扰传播方式

1.1、变频器的干扰源

变频器的干扰源来自两个方面：一是外界干扰；另一个是变频器自身产生的干扰。

外界干扰源主要有两大类：一是电源干扰；二是外界电磁干扰。

电源干扰由于现代电源设备大量使用整流、逆变等非线性单元，使电网中存在大量的谐波分量，这样带有谐波分量的畸变电源供给变频器；另一方面，大负荷设备的启动与停止，电焊设备的工作，电力补偿电容的投入与切出等，会使变频器承受过压、

欠压、瞬间掉电，浪涌、跌落，尖峰电压脉冲，射频干扰等。

电磁干扰由于导线之间、导线与地之间存在着分布电容，导线本身存在着电感，因此变频器自身势必产生电磁波，另外电台以及通信发射的电磁波，以及用电设备发出的电磁波都会影响变频器的控制系统。

变频器本身也是干扰源变频器由整流与逆变两部分组成，整流部分产生的谐波污染电网，变频器的逆变桥采用 SPWM 调制技术，其输出的交流电流中含有大量的谐波电流，对电动机产生影响，逆变桥的双向开关控制信号的载波频率很高，在进行切换时产生大量的电磁辐射噪声，干扰系统内部的电子电力设备和向外界辐射。

1.2、干扰的传播途径

从干扰源到干扰接受器的途径有三个：传导、耦合与辐射。

耦合传播包括静电耦合、电磁耦合、阻抗耦合。

静电耦合当两根导线平行地放置在一定距离时，该两根导线之间的电容就构成电容性耦合，其作用相当于一根导线在另一根导线的静电场中，必然受到这个电场的影响。它是电压干扰信号的主要方式。

电磁耦合由于载流导线周围产生磁场，这些磁场耦合到周围导线产生干扰，它是电流干扰的主要形式。

阻抗耦合电路各部分公共导线电阻、公共接地电阻和电源内阻压降，相互耦合形成干扰。

传导与耦合干扰相比，其传播的路程可以很远。比较典型的传播途径是：电源中的谐波通过导线传给变频器，变频器所产生的干扰信号将沿着配电变压器进入中压网络，并沿着其它的配电变压器最终又进入民用低压配电网络，使接自民用配电母线的电气设备成为远程的受害者。空中辐射以电磁波的形式向空间辐射，形成干扰源。

二、变频器干扰的抑制与防护

通过对干扰的产生与传播的分析，就可以采取相应的措施对干扰进行抑制和防护，干扰的抑制是指变频器减少它作为干扰源而产生的干扰；干扰的防护是指变频器作为干扰的接受器，减少受干扰的措施。在工业环境中，装置必须具有很高的抗干扰性，而对干扰辐射没有很高的要求，因为抗干扰措施比减少干扰辐射容易实现，经济上也更省。变频器的干扰与抑制有时没有绝对的界线，互相是关联的。其总原则是抑制和消除干扰源、切断干扰对系统的耦合通道、降低系统对干扰信号的敏感性。具体措施在工程上可采用隔离、滤波、屏蔽、接地等方法。

2.1、干扰的抑制

利用进线电抗器来抑制高频谐波抑制辐射的办法是：在进线端接无线电干扰抑制滤波器，电机的电缆采用屏蔽电缆，并且屏蔽层一端接电机外壳，另一端接柜子。

1)、即使是在电机和变频器之间安装了正弦波滤波器或 dv/dt 滤波器，也须有无线电干扰抑制滤波器。是否须安装附加滤波器给用户，取决于所使用的控制方式及柜子的布线。

噪声抑制滤波器通常应靠近干扰源。滤波器必须通过一个大表面积连接到柜壳、安装板等。最好是裸露金属安装板(如用不锈钢或镀锌板制造)，这样使电气接触是通过全体安装板形成的，如果安装板是涂漆的，那么变频器和噪声抑制滤波器安装点的油漆应去掉，以确保很好的电气接触。无线电干扰抑制滤波器的进/出电缆在空间上要隔离。

2)、为了限制噪声发射，所有调速电动机要使用屏蔽电缆进行连接，屏蔽层在低感应情况下两端应接到各自的外壳(通过最大可能表面积)。电机馈电电缆在柜内应被屏蔽或最好用接地隔板进行屏蔽。采用有铜质的屏蔽层的电机馈电电缆，用钢屏蔽的电缆不合适。具有屏蔽连接的合适的 PG 衬垫可用于电机到屏蔽层的连接。它也能保证电机端子盒和电机外壳间有一个低阻抗的连接。如果需要，使用附加的接地导体。

3)、进线电抗器应装在无线电干扰抑制滤波器和变频器装置之间。

4)、进线电缆与电机馈电电缆在空间上应隔离，例如使用接地隔板。

5)、电机与变频器间的屏蔽层不能由于装设诸如输出电抗器、正弦滤波器、dv/dt 滤波器、熔断器、接触器等元件而中断。元件都应安装在一个公共底板上，它的作用相当于电机进出电缆屏蔽层的连接，接地隔板可能是元件屏蔽所必须的。

6)、为了限制无线电干扰，不仅电源电缆、所有从外部连接到柜子的电缆都必须屏蔽。

2.2、干扰的防护

1)、所有柜子金属部分必须通过最大可能表面积进行连接(不是油漆与油漆上)，如果有必要，可用抓垫。柜门必须通过尽可能短的接地链与柜子相连接。安装接地是生产机械一项根本的保护措施。但是，在传动系统情况下，它将影响噪声发射和抗扰度。一个系统或者采用星形方法接地或每个元件单独接地时，以避免共阻抗耦合干扰。在传动系统中，应优先采用后一种接地系统，即所安装的所有部件，应通过它们的表面或在一个网格结构中进行接地。

2)、信号电缆和动力电缆必须分开敷设(为了消除耦合噪声)，最小间隔 20 cm。在动力电缆和信号电缆间设置隔板，隔板沿其长度上必须有几个接地点。

3)、接触器、继电器、电磁铁、电磁操作时间继电器等在柜中必须使用抑制元件，如 RC，二极管，压敏电阻。这些抑制元件必须直接并接至线圈上。

4)、在同一电路中(出口和入口导体)的非屏蔽电缆必须绞接，或使出口和入口导体间的表面尽可能小，以防止不必要的耦合作用。

5)、尽量减小电缆长度以降低耦合电容和耦合电感。

6)、将备用电缆/导体两端接地以获得附加的屏蔽效果。

7)、在一般情况下，线路电缆靠近接地的柜子安装板可能减小耦合噪声。因此，导线应敷设得尽量靠近柜子外壳和安装板而不能随意通过柜子。对备用电缆/导体也同

样如此。

8)、测速机、编码器或解算装置必须通过屏蔽电缆进行连接。它们的屏蔽层必须通过一个大的表面积接到变频器的屏蔽层上，屏蔽层不能中断。

9)、数字信号电缆的屏蔽层通过最大可能表面积使其两端接地(发送器和接受器)，如果在屏蔽连接之间缺乏等电位的连接，为了减少屏蔽电流，应与屏蔽层并联一个最小截面为 10 mm² 的附加等电位连接导体。在一般情况下，屏蔽层应在几处接地(柜壳)。屏蔽层接地点可有数处，甚至在柜子外侧也应如此。金属箔屏蔽层不予使用。

10)、模拟信号电缆的屏蔽层在具有很好等电位连接情况下，应两端接地。应遵循前述 1) 中的原则，则可获得很好的等电位连接。如在模拟电缆中有低频噪声源，例如，由于均衡电流而导致速度测量值的波动(交流噪声)，屏蔽层应仅接到变频器的模拟信号一个端。屏蔽层其他的一端通过一个电容接地。无论如何，屏蔽层两端仍应接地，对高频来讲，其效果如同电容器。

11)、如果可能，信号电缆仅由一侧进入柜中。

12)、如果变频器由外部 24 V 操作。这个电源不能供电给几个分别安装在不同柜中的装置，每一台变频器都应有它自己的电源。

13)、防止通过电源耦合而产生噪声。变频器和自动化装置/控制电子设备应连接到不同的电网上。如果仅有一个公共电网，则自动化装置/控制电子设备应使用隔离变压器而与电源去耦。

14)、许多生产机械的传动，如造纸机、轧钢机等，有许多传动点，这些传动点由不同的电机拖动，每一个电机由一个变频器控制，只有这些传动点同步运行，这些机械设备才能正常工作，因此这些变频器之间必须有信号连接，如速度链、负荷分配等，又由于这些变频器安装在同一个控制室中，它们之间一定有相互干扰。所以它们要分别装在不同的柜子中，柜体即各个控制单元的统一地之间要实现等电位连接，也就是用一根扁铜排以最大面积的连接。另一方面，整个控制系统采用 PLC 或 PC 总线控制，这些控制线要和电源线分开走，相遇时，要作垂直处理。

● 知识点滴

气体放电管简介

气体放电管是一种开关型保护器件，工作原理是气体放电。当两极间电压足够大时，极间间隙将放电击穿，由原来的绝缘状态转化为导电状态，类似短路。导电状态下两极间维持的电压很低，一般在 20~50V，因此可以起到保护后续电路的效果。气体放电管的主要指标有：响应时间、直流击穿电压、冲击击穿电压、通流容量、绝缘电阻、极间电容、续流遮断时间。

气体放电管的响应时间可以达到数百 ns 以至数 μ s，在保护器件中是最慢的。当线缆上的雷击过电压使防雷器中的气体放电管击穿短路时，初始的击穿电压基本为气体放电管的冲击击穿电压，放电管击穿导通后两极间维持电压下降到 20~50V；另一方面，气体放电管的通流量比压敏电阻和 TVS 管要大，气体放电管与 TVS 等保护器件合用时应使大部分的过电流通过气体放电管泄放，因此气体放电管一般用于防护电路的最前级，其后级的防护电路由压敏电阻或 TVS 管组成，这两种器件的响应时间很快，对后续电路的保护效果更好。气体放电管的绝缘电阻非常高，可以达到千兆欧姆的量级。极间电容的值非常小，一般在 5pF 以下，极间漏电流非常小，为 nA 级。因此气体放电管并接在线路上对线路基本不会构成什么影响。

气体放电管的续流遮断是设计电路需要重点考虑的一个问题。如前所述，气体放电管在导电状态下续流维持电压一般在 20~50V，在直流电源电路中应用时，如果两线间电压超过 15V，不可以在两线间直接应用放电管。在 50Hz 交流电源电路中使用，虽然交流电压有过零点，可以实现气体放电管的续流遮断，但气体放电管类的器件在经过多次导电击穿后，其续流遮断能力将大大降低，长期使用后在交流电路的过零点也不能实现续流的遮断；还存在一种情况就是如果电流和电压相位不一致，也可能导致续流不能遮断。因此在交流电源电路的相线对保护地线、相线对零线以及相线之间单独使用气体放电管都不合适，当用电设备采用单相供电且无法保证实际应用中相线和中线不存在接反的可能性时，中线对保护地线单独使用气体放电管也是不合适的，此时使用气体放电管需要和压敏电阻串联。在交流电源电路的相线对中线的保护中基本不使用气体放电管。

防雷电路的设计中，应注重气体放电管的直流击穿电压、冲击击穿电压、通流容量等参数值的选取。设置在普通交流线路上的放电管，要求它在线路正常运行电压及其允许的波动范围内不能动作，则它的直流放电电压应满足： $\min(u_{fdc}) \geq 1.8UP$ 。式中 u_{fdc} 直流击穿电压， $\min(u_{fdc})$ 表示直流击穿电压的最小值。UP 为线路正常运行电压的峰值。

气体放电管主要可应用在交流电源口相线、中线的对地保护；直流 RTN 和保护地之间的保护；

信号口线对地的保护；天馈口馈线芯线对屏蔽层的保护。

气体放电管的失效模式多数情况下为开路，因电路设计原因或其它因素导致放电管长期处于短路状态而烧坏时，也可引起短路的失效模式。气体放电管使用寿命相对较短，多次冲击后性能会下降，同时其他放电管在长时间使用会有漏气失效这种自然失效的情况，因此由气体放电管构成的防雷器长时间使用后存在维护及更换的问题。

● 问题解答

读者 A:

一般电源模块前面加的传导抑制电路是一个 Cx 电容、一个共模电感和两个 Cy 电容。关于共模电流主要是通过共模电感的抑制和 Cy 电容迅速释放到地，那差模电流又是如何抑制的呢？这一个抑制电路是不是要尽量靠近电源模块呢？

差模电流主要是加差模电容，还可以加差模电感。CY 电容最好靠近电源模块，其他电路放在接口，但由于一般滤波器电路都在一起，所以都加在端口了。

读者 B:

参加贵公司举办的培训时，讲的都是关于辐射方面的探测，关于传导的探测是不是也一样是用针式探头（电场探头），看看哪个位置的辐射比较高呢？

传导也可以使用电场探头或磁场探头进行定位分析，前提是频谱仪的低频灵敏度要高，特别注意探头要加隔直高压电容，防止高压损坏频谱仪的小信号放大电路。

读者 C

EFT 整改时在 PCB 上搭接飞线，飞线长度约为 1cm 至 8cm 间（包含信号线和电源线及参考地线），电容采用直插陶瓷电容（电容引线 1cm 至 3cm），请问这种做法有什么弊端？

PCB 板上长的飞线，由于没有地平面伴随，容易耦合外界的干扰；在 EFT 实验中，测试波形的上升沿 5nS，会形成对外的空间辐射，但是会以传导为主，此时就很容易耦合到 EFT 干扰到飞线或者陶瓷电容的管脚上。

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）提出，我们会有技术工程师专门在线解答，对于问题的比较多的，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！