



深圳市易安技术开发有限公司
Shenzhen EAN Technologies Co.,Ltd.



深圳市易安技术开发有限公司

EMC整改方法



何为EMC整改?

- **EMC整改定义**

是指产品在功能调试或EMC测试过程中出现问题后所采取的弥补手法。

- **EMC整改与EMC设计的差异**

问题出现后

EMC整改

运用EMC手法抑制潜在

问题

使问题不出现



辐射发射问题整改方法

RE问题整改

邓志远收藏

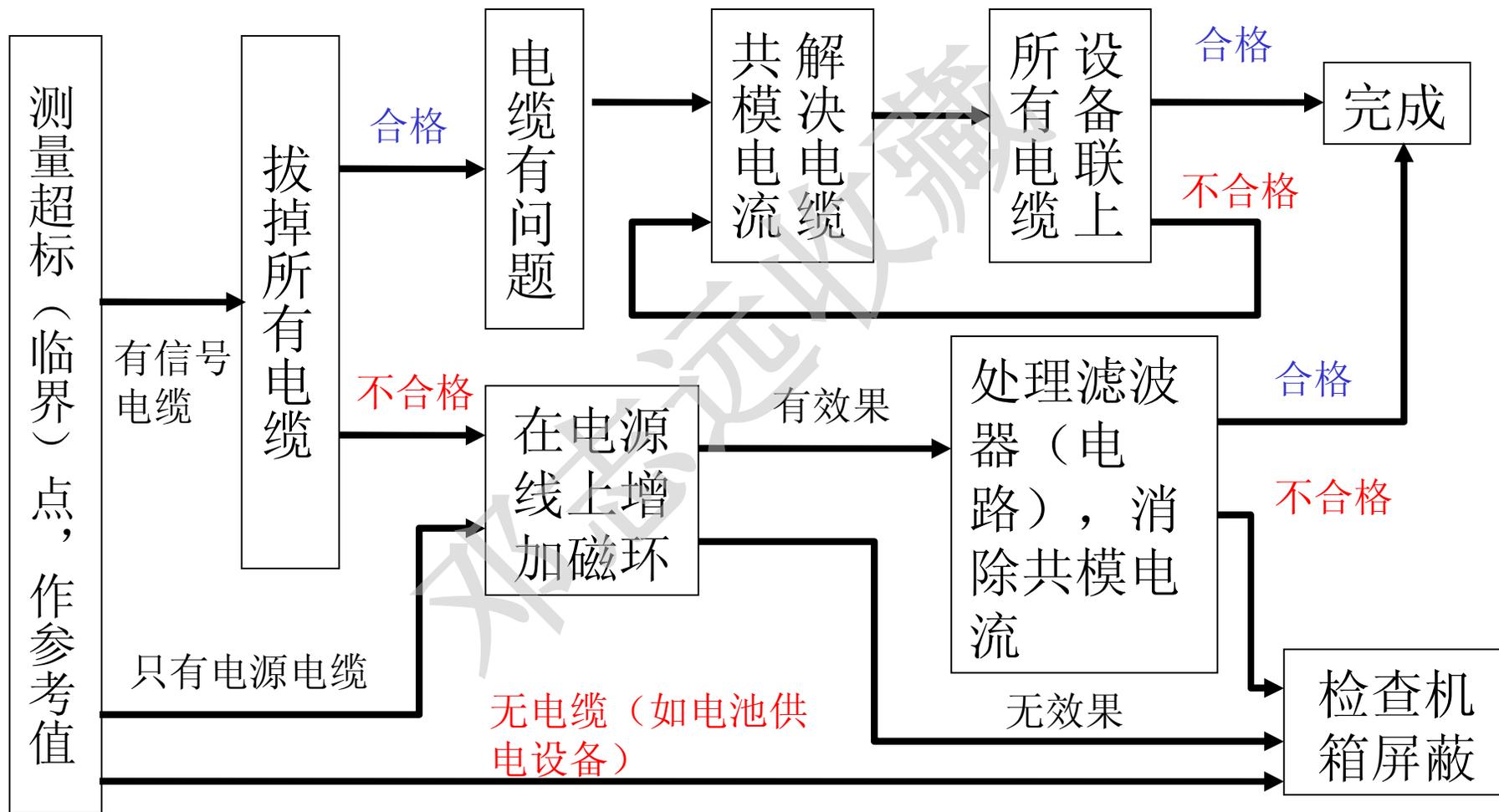


RE问题定位概述

- 整改的前提是定位，没有定位过程的整改就像无头的苍蝇一样到处乱撞，有的时候即使问题搞定了，工程师们也不知道哪些整改措施是必须的，哪些是多余的（带来附加成本）；
- 定位有两种手段：一种是直觉判断，需要完全依靠工程师积累的EMC经验来判断，另一种是比较测试，依靠测试仪器和EMC经验的结合来对问题进行详细的定位判断。

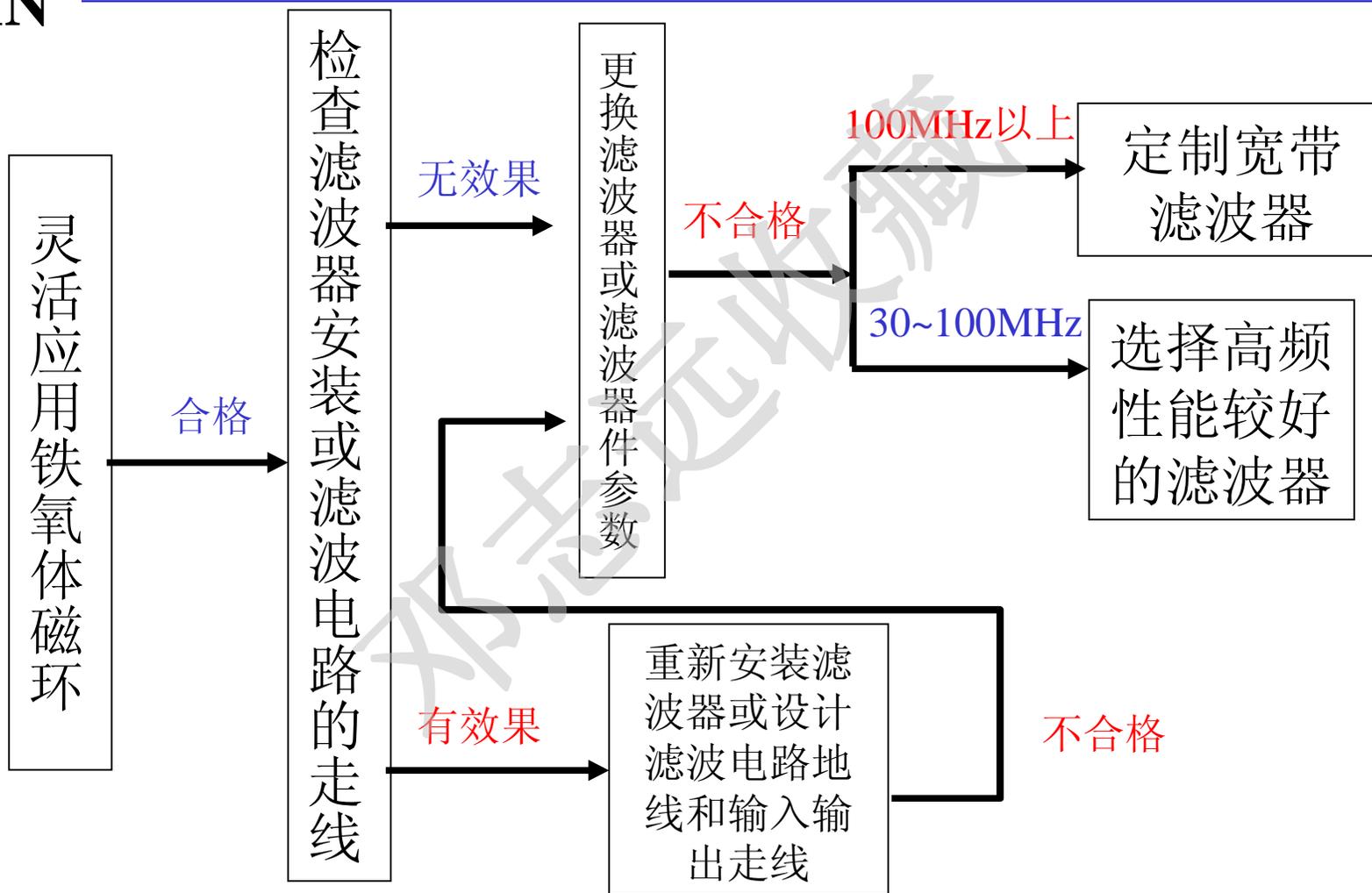


RE超标之整机定位详细流程



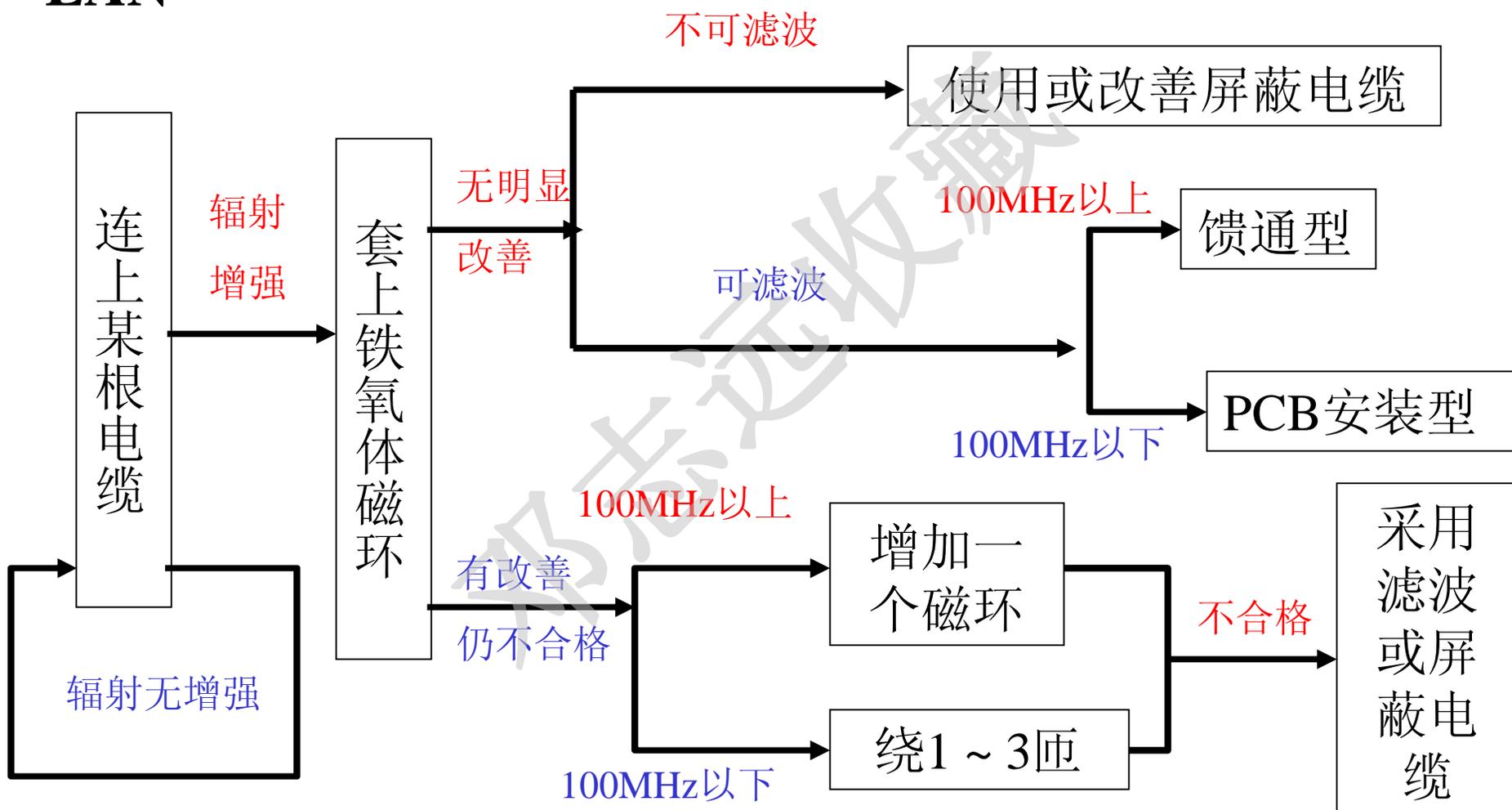


电源电缆导致辐射超标定位子流程



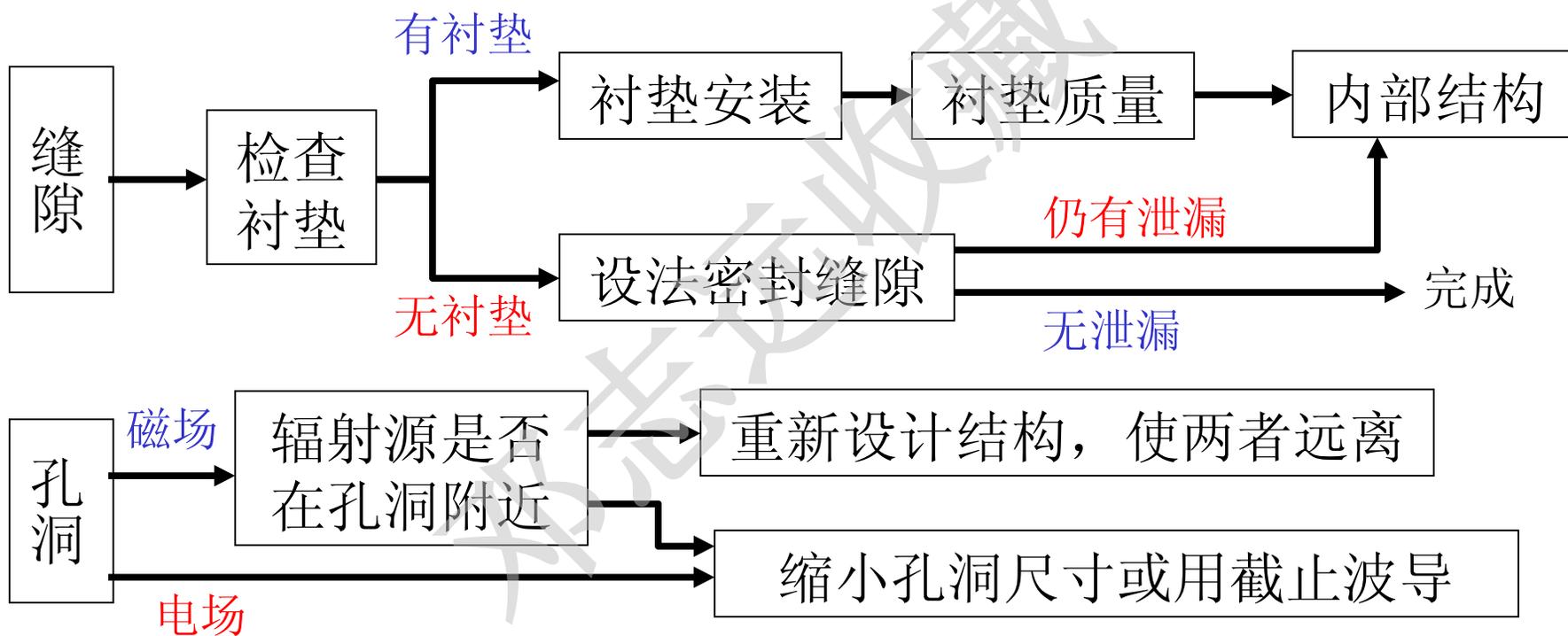


信号电缆导致辐射超标定位子流程





屏蔽体泄漏定位子流程





整改方法

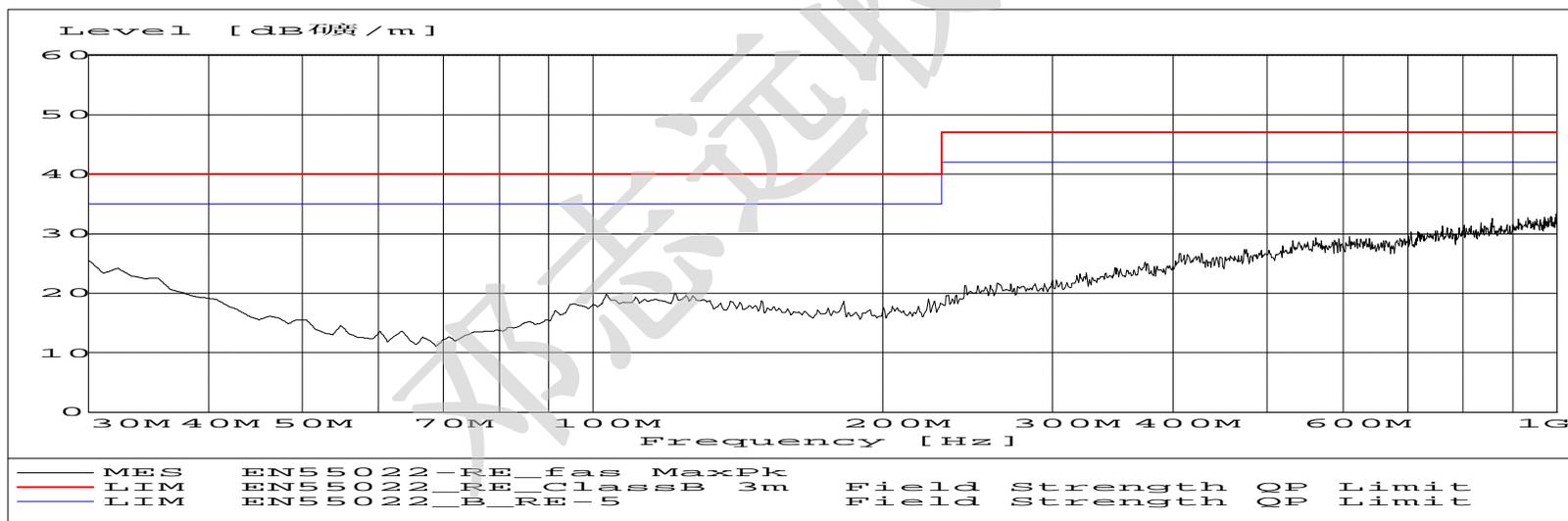
常见测试频谱的整改方法

邓志远收藏



排除外界因素

- 将被测设备关电，确认背景噪声是否满足标准要求（标准要求电波暗室的背景噪声在限值线以下6dB）。

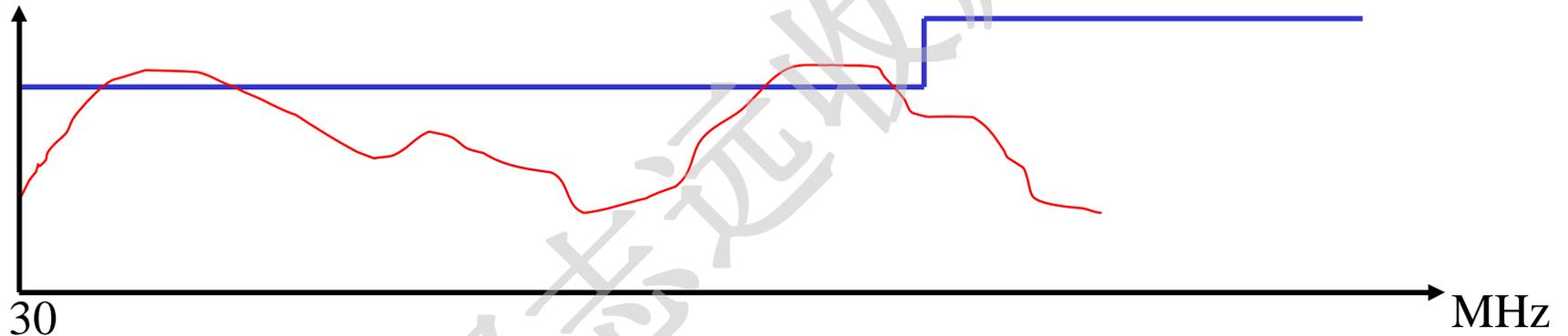


- 确认测试布置是否满足标准要求。



宽带噪声抑制方法

谱线问题描述：30~300MHz频段内出现宽带噪声超标，如下图：

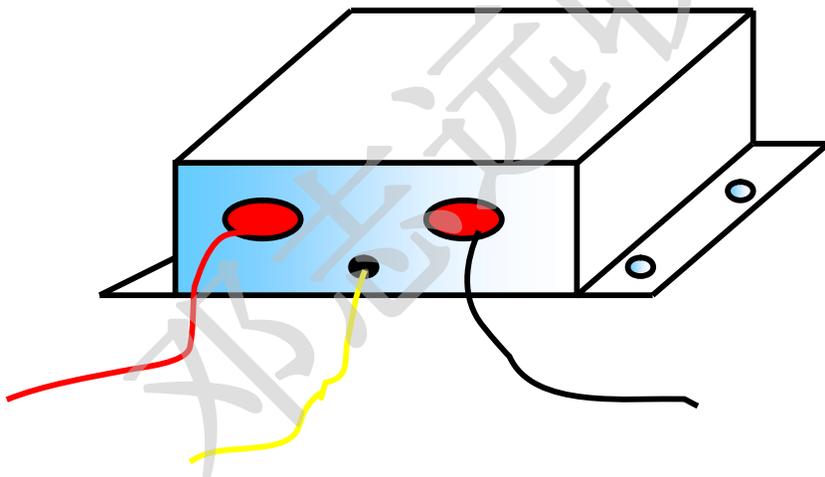


问题定位：一般由电源或地噪声辐射引起。

问题整改：通过在电源线上增加去耦磁环（可开合）进行验证，如果有改善则说明和电源线有关系，采用以下整改方法：

滤波器是否良好接地

- 如果设备有一体化滤波器，检查滤波器的接地是否良好，接地线是否尽可能短；

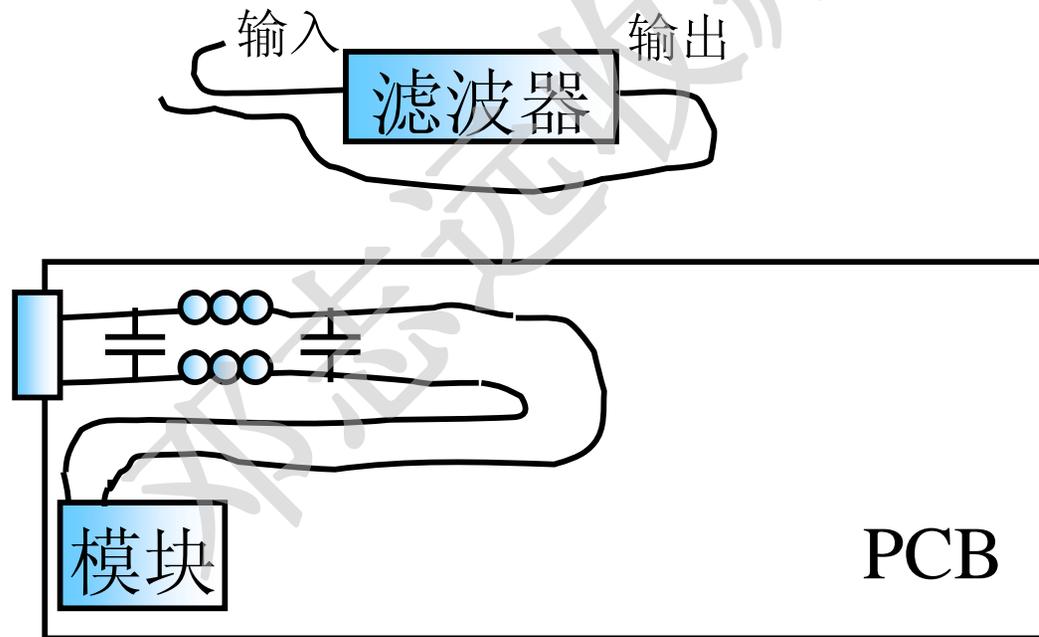


- 建议：金属外壳的滤波器的接地最好直接通过其外壳和地之间的大面积搭接。



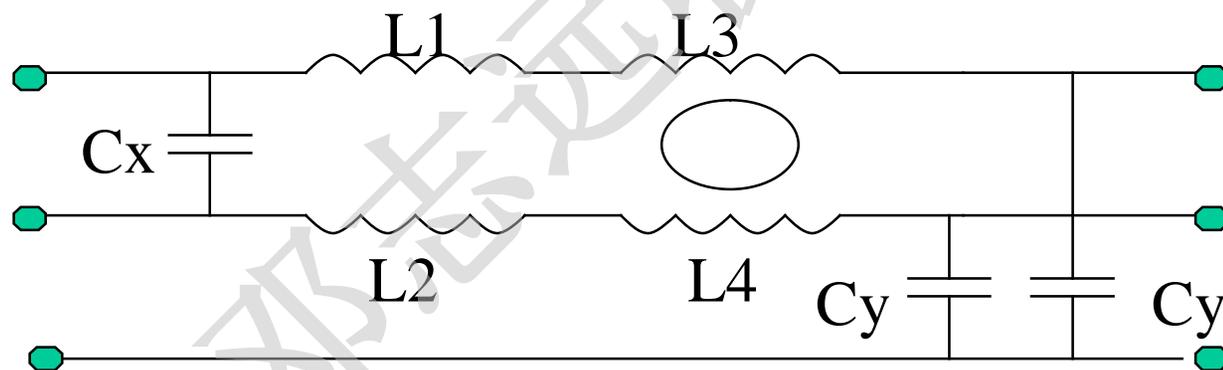
滤波器或滤波电路的输入输出是否隔离

- 检查滤波器的输入、输出线是否互相靠近。



适当调整滤波器件参数

- 适当调整X/Y电容的容值、差模电感及共模扼流圈的感量；
 - 需要注意的是：调整Y电容时要注意安全问题；
 - 改变参数可能会改善某一段的辐射，但是却会导致另外频度变差，所以需要不断的试，才能找到最好的组合。

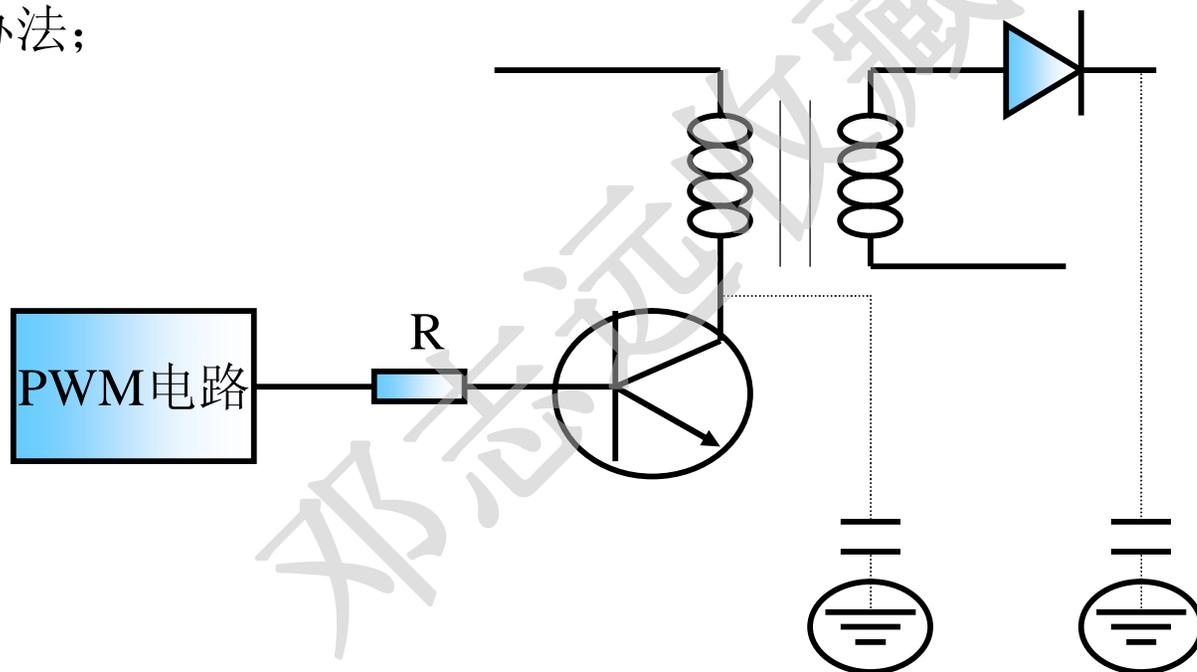


L1、L2:差模电感 Cx:差模电容

L3、L4:共模电感 Cy:共模电容

适当增大触发极上的电阻值

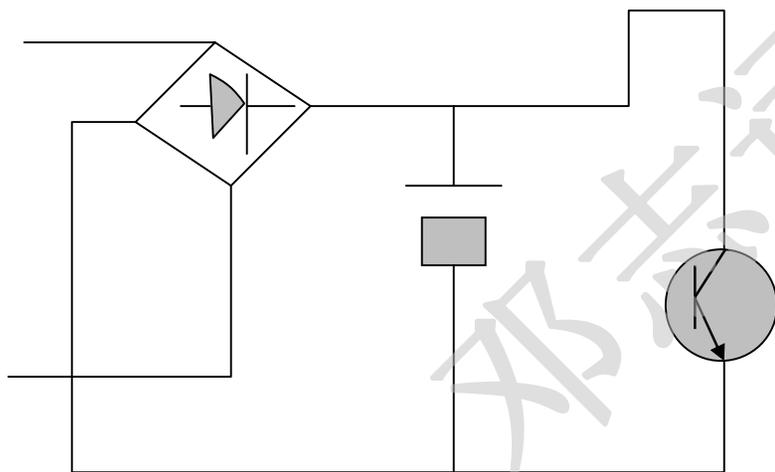
- 如果设备使用开关电源，适当增大触发极上的电阻值不失为一个好办法；



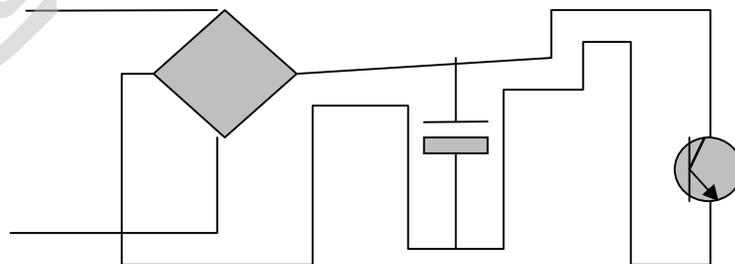
- 在上图中增加两个电容也可以有效减小共模开关噪声；

减小开关电源内的回路面积

- 开关电源板在PCB布线时一定要控制好各回路的回流面积，可以大大减小差模辐射。

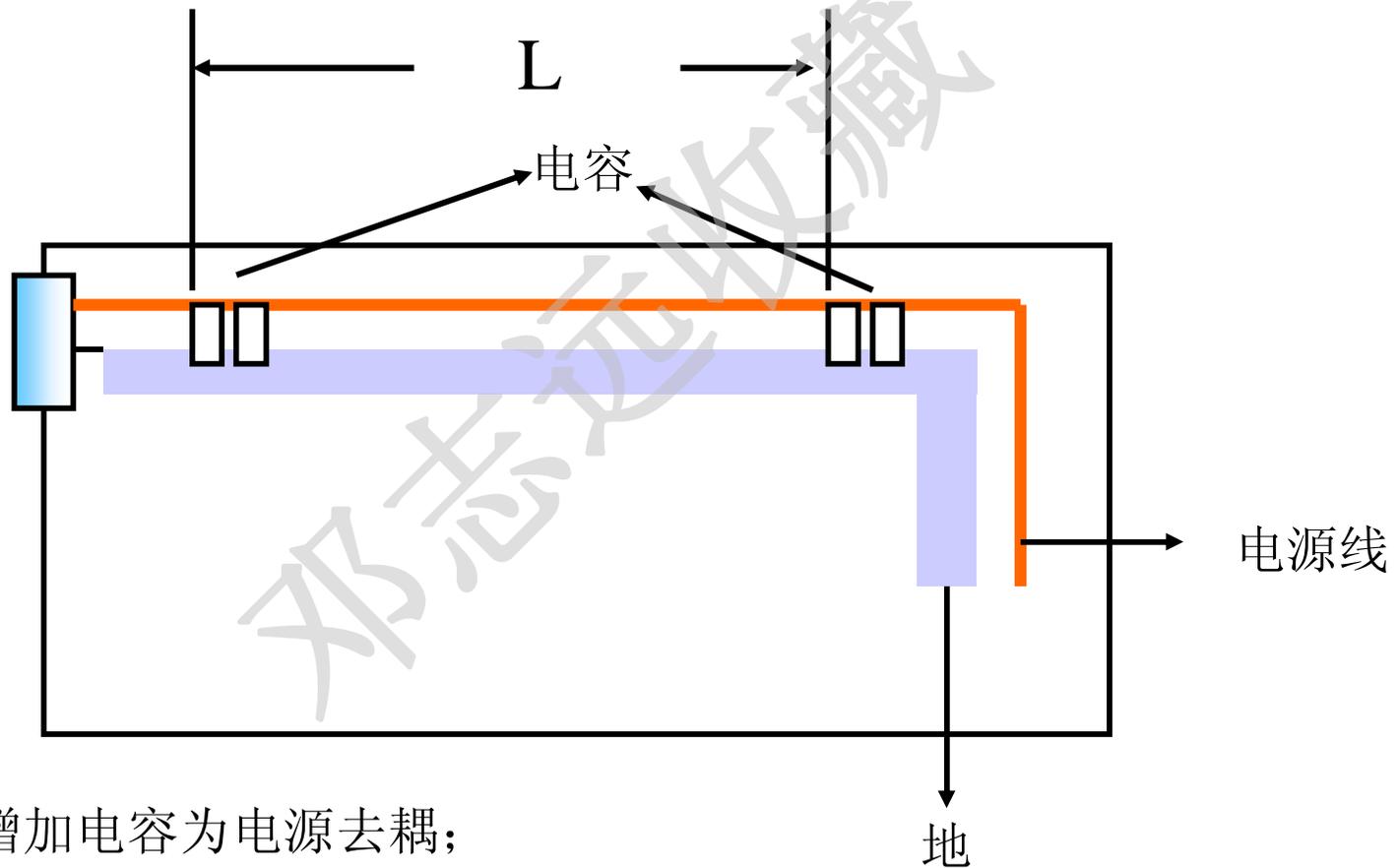


差



好

单层板或双层板中电源走线的处理

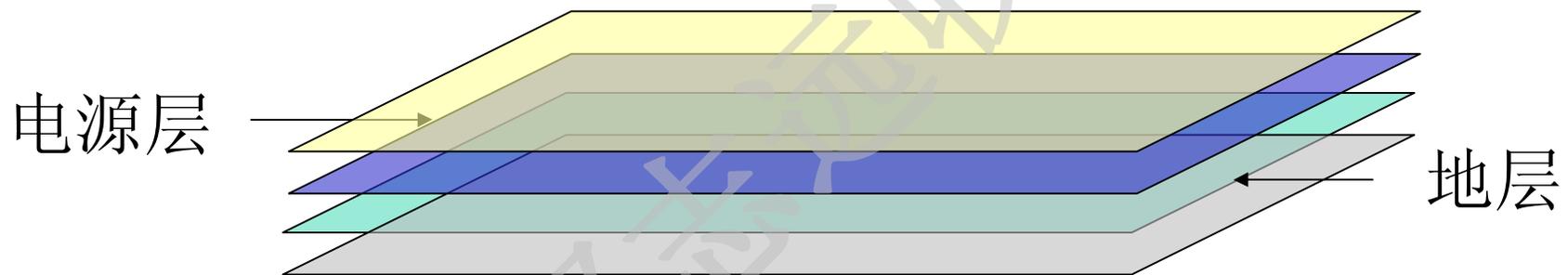


- 增加电容为电源去耦；



多层板中电源平面层的处理

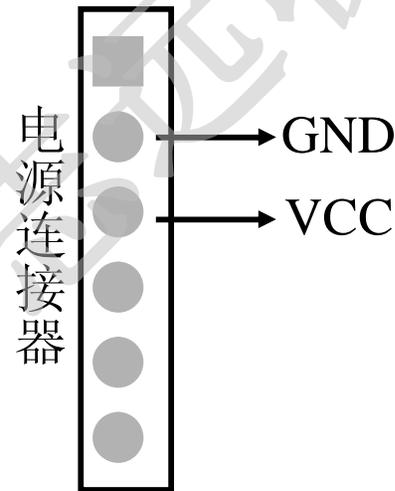
- 要求电源平面和地平面紧邻;





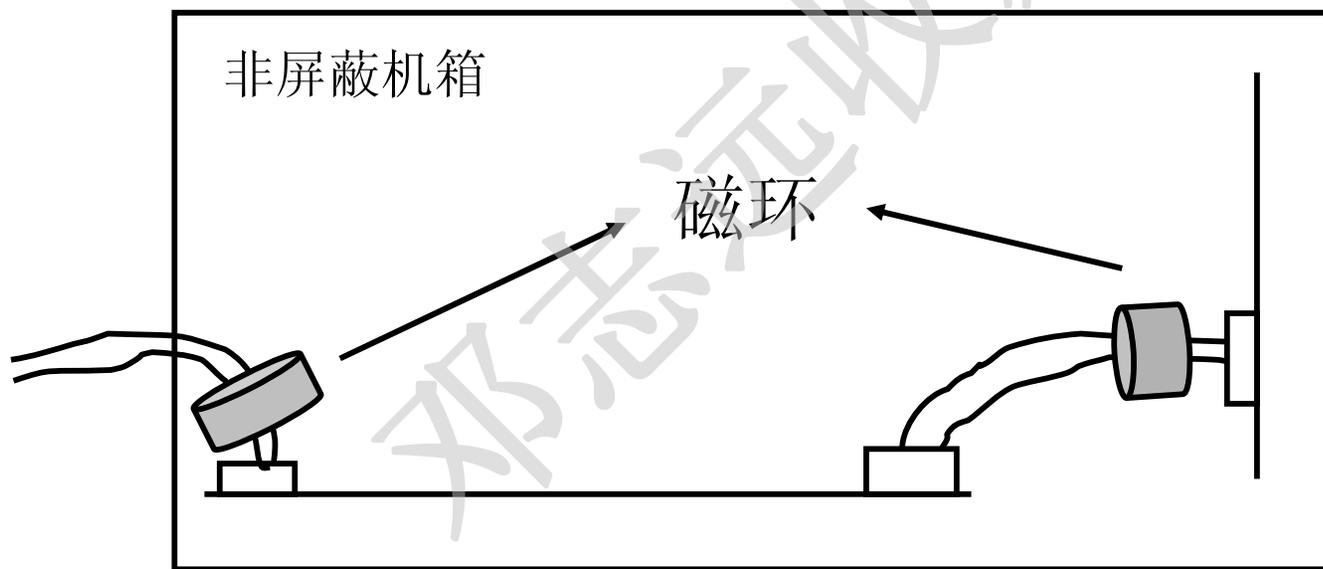
电源连接器插针定义是否符合要求

- 检查设备的板间电源连接器的插针定义。



非屏蔽设备内电源线的处理

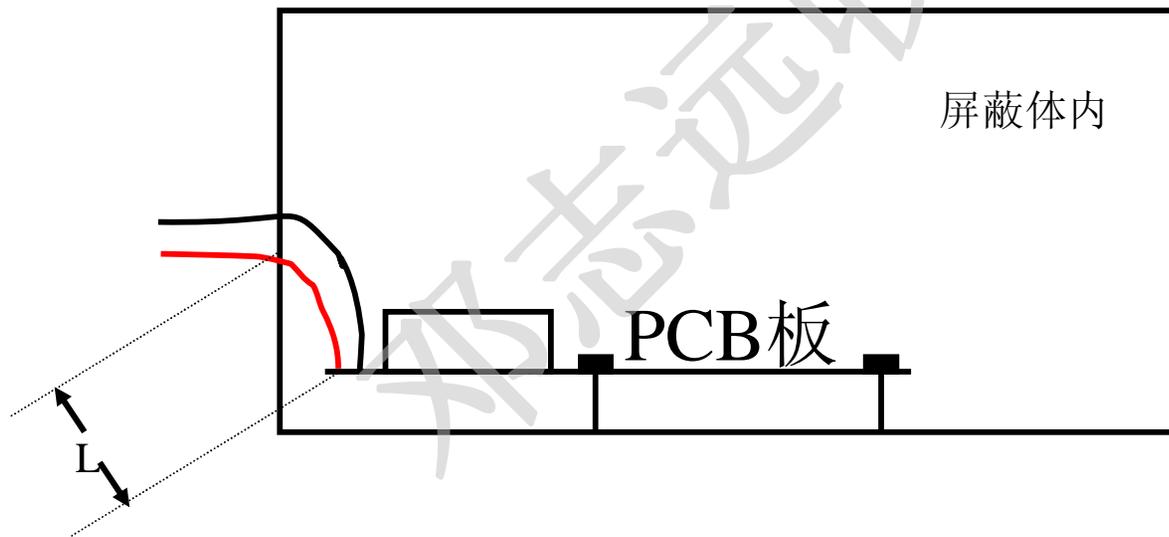
- 在电源线上套磁环进行比对验证，以后可以通过在单板上增加共模电感来实现，或者在电缆上注塑磁环。





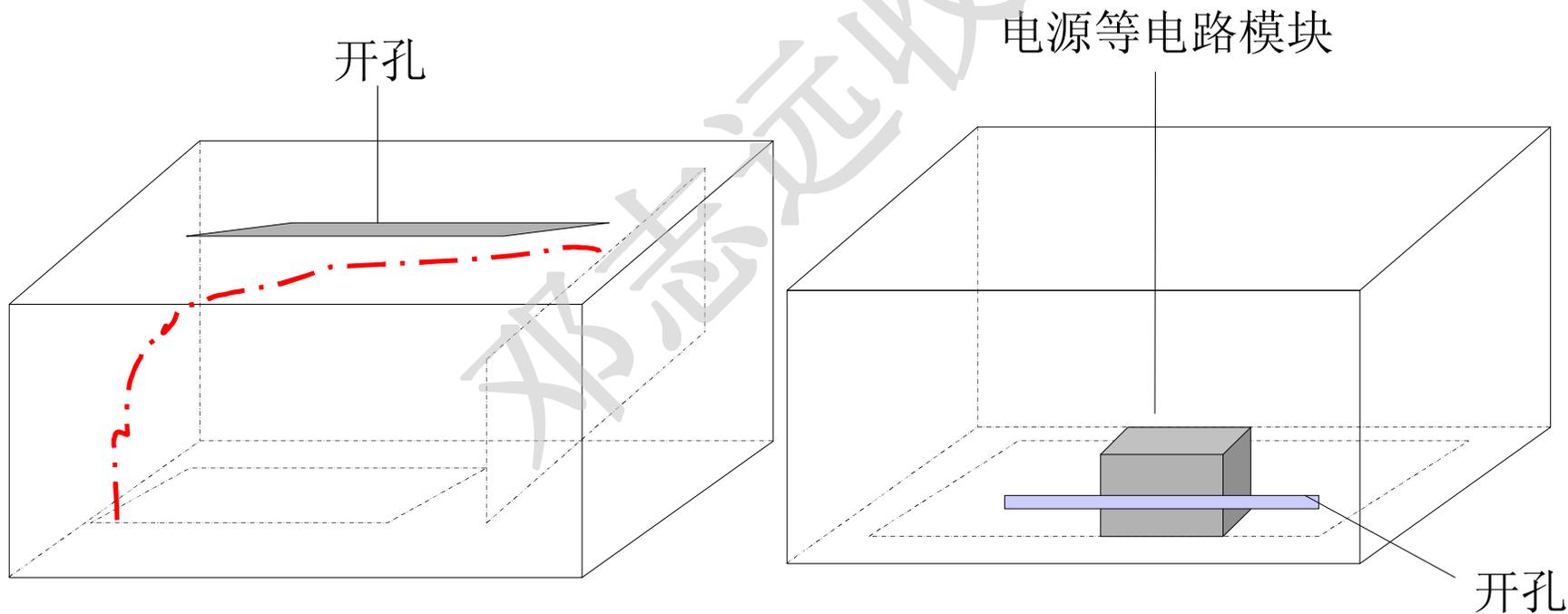
结构屏蔽设备的电源线处理

- 图中的L长度有要求;

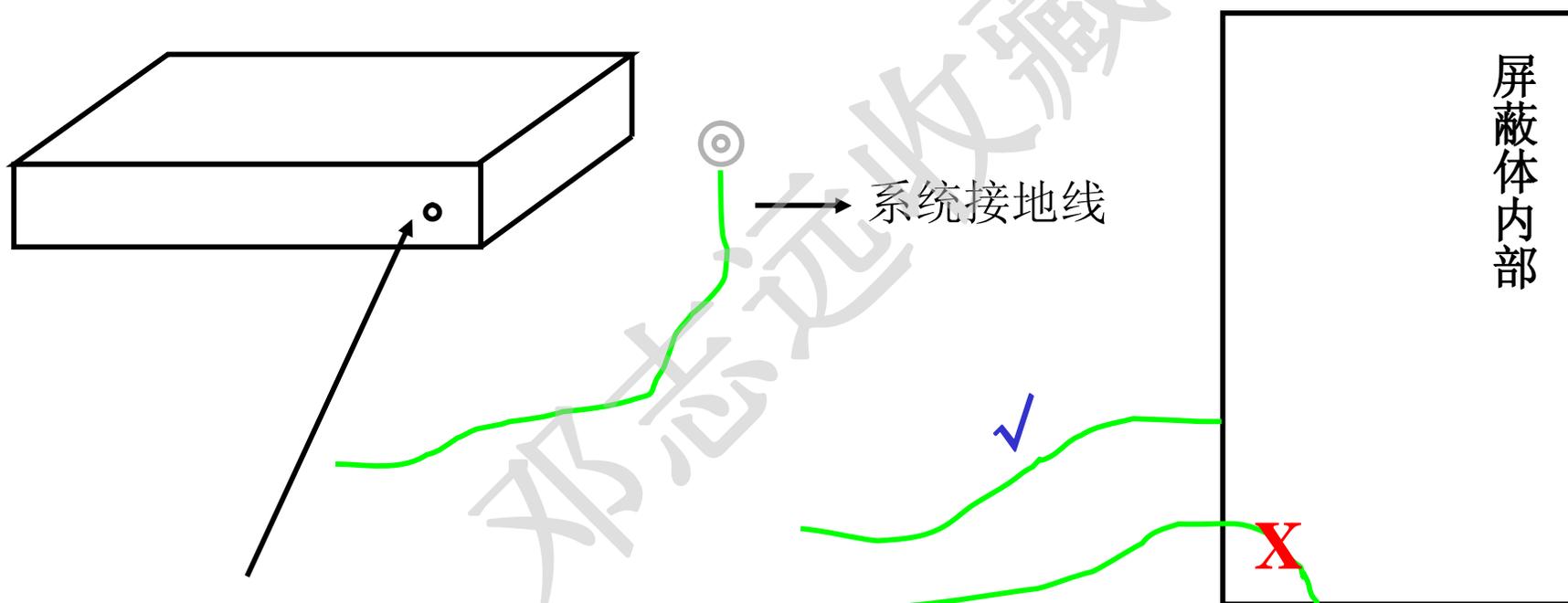


结构屏蔽设备的孔缝泄漏

- 屏蔽设备内部，孔缝附近是否有干扰源。
- 结构件搭接处是否喷有绝缘漆，采用砂布将绝缘漆擦掉，作比较试验。



系统接地线同样可能引起宽带噪声

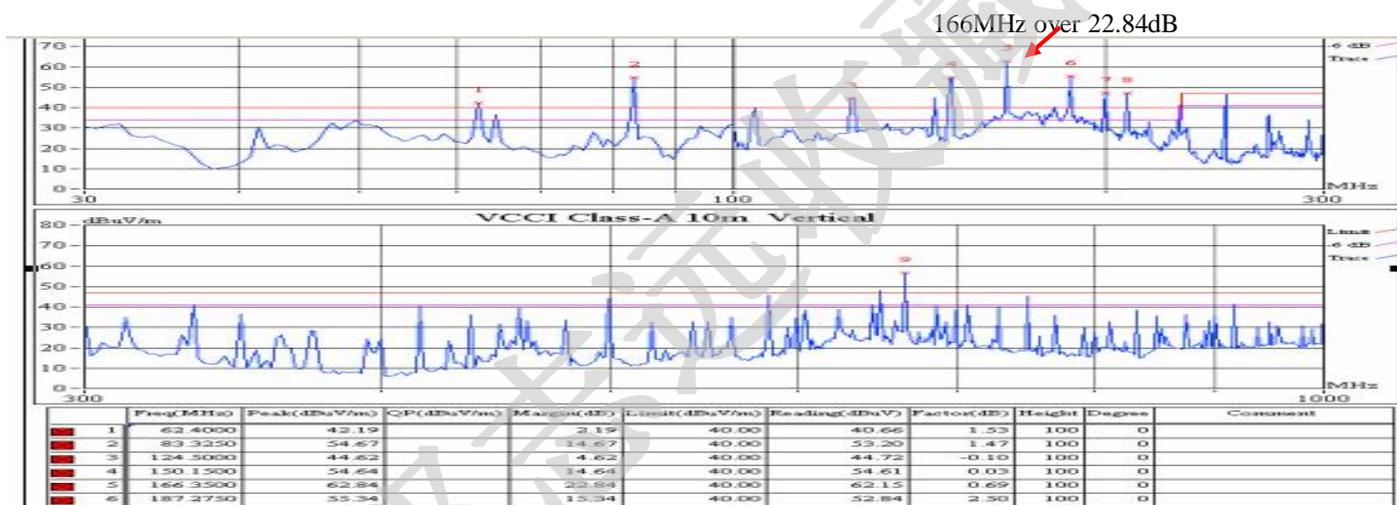


- 检查接地螺钉是否喷有绝缘漆；



独立窄带尖峰噪声抑制方法

谱线问题描述：全频段内出现间隔均匀的窄带尖峰群噪声（如下图）或单立尖峰噪声。

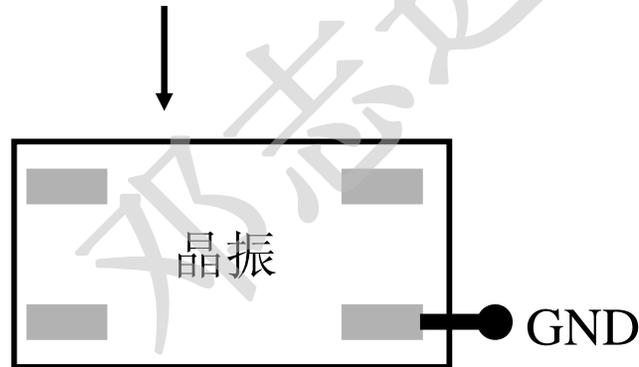
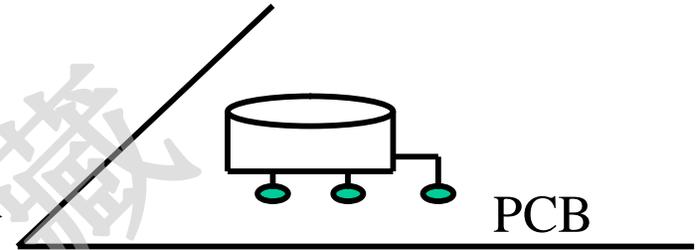


问题定位：如果是均匀的窄带尖峰群噪声，计算其间隔频率差是多少，这个频率差可能就是其辐射源的基频；如果是单立的尖峰噪声，则看看这个尖峰噪声和单板上的时钟频率是否有倍频关系。

问题整改：有针对性的处理确定的目标时钟源。

时钟源外壳是否接地

- 在PCB板上：
 - 晶体外壳应该接地处理；
 - 晶振的接地脚应该接地；



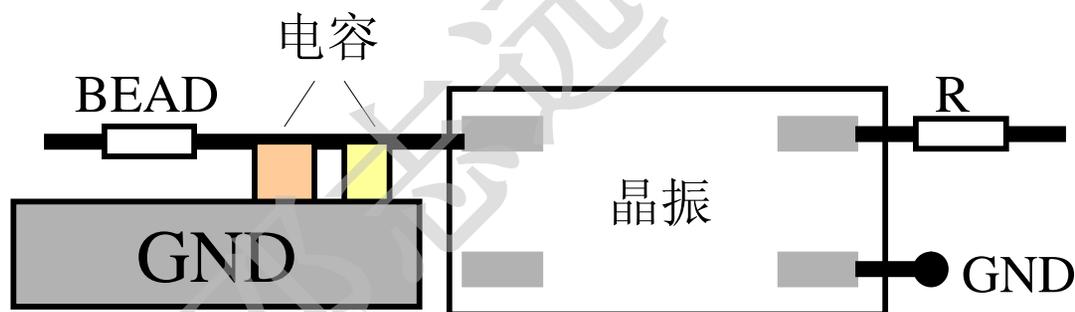
时钟输出匹配设计

- 时钟的输出根据信号质量的要求使用始端匹配，适当变缓时钟沿，减小发射。
- 需要注意的是，使用时钟驱动器时，时钟驱动的时钟输出同样需要匹配。



时钟源的电源滤波设计

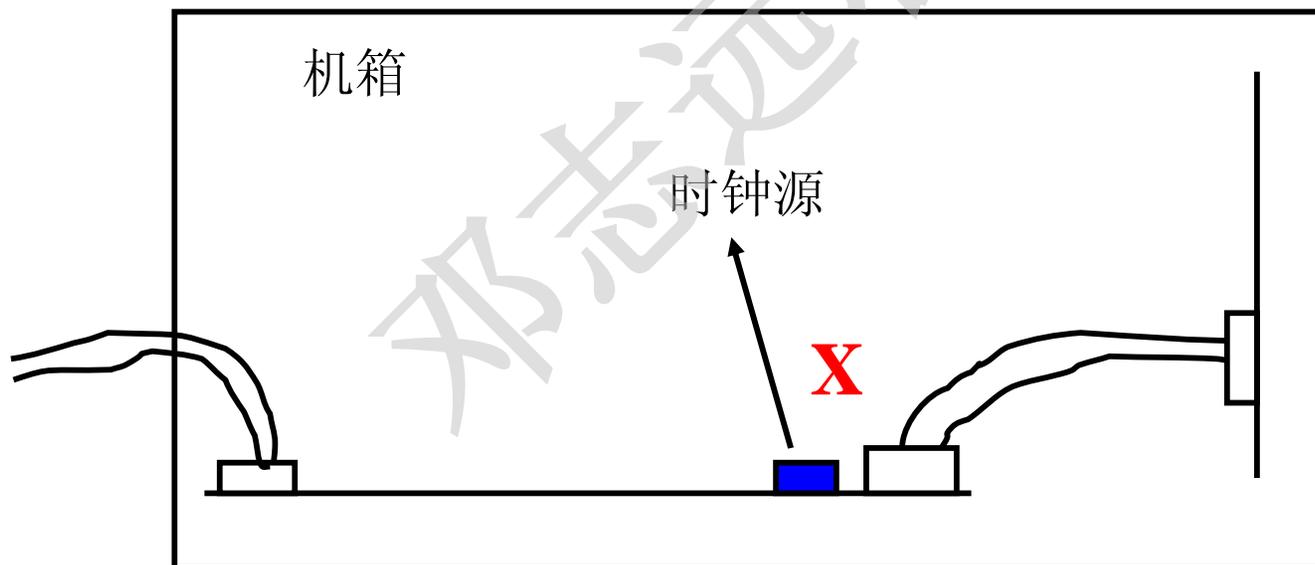
- 采用磁珠+大电容+高频电容的滤波方式给时钟源进行滤波；





时钟源是否远离任何连接器（插座）

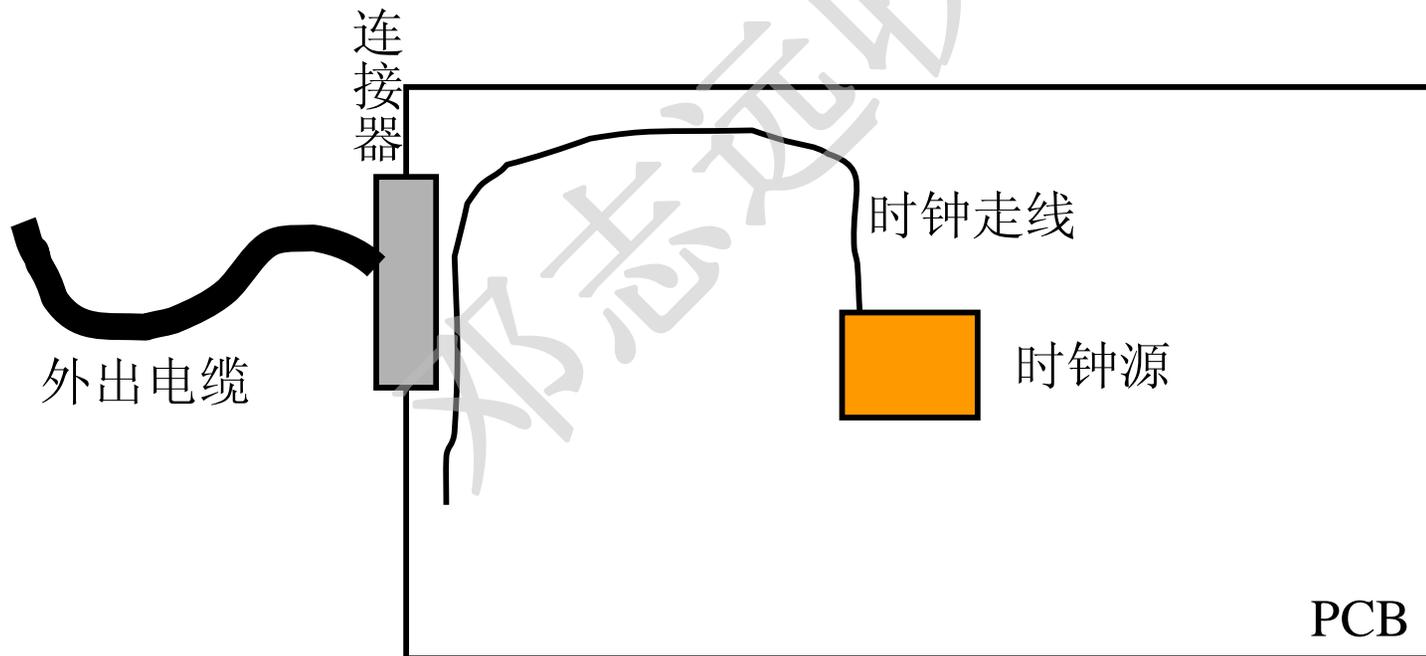
- 时钟源应尽可能远离外出接口以及结构开孔附近。





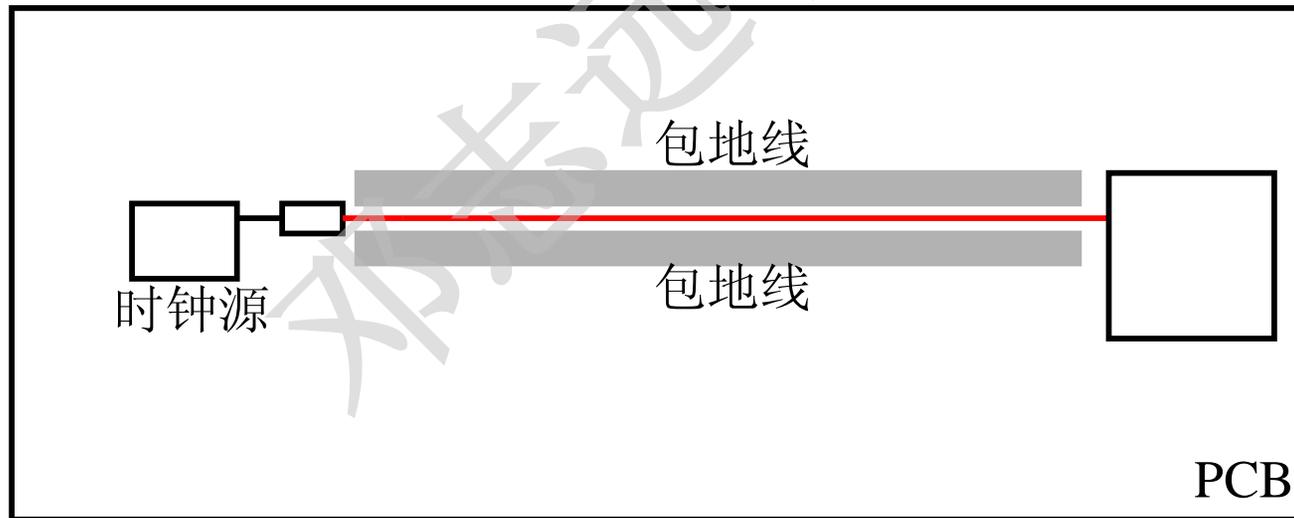
PCB板上时钟走线远离连接器（插座）

- 对于结构屏蔽设备，单板上时钟走线应远离单板上的外出接口和结构孔缝；



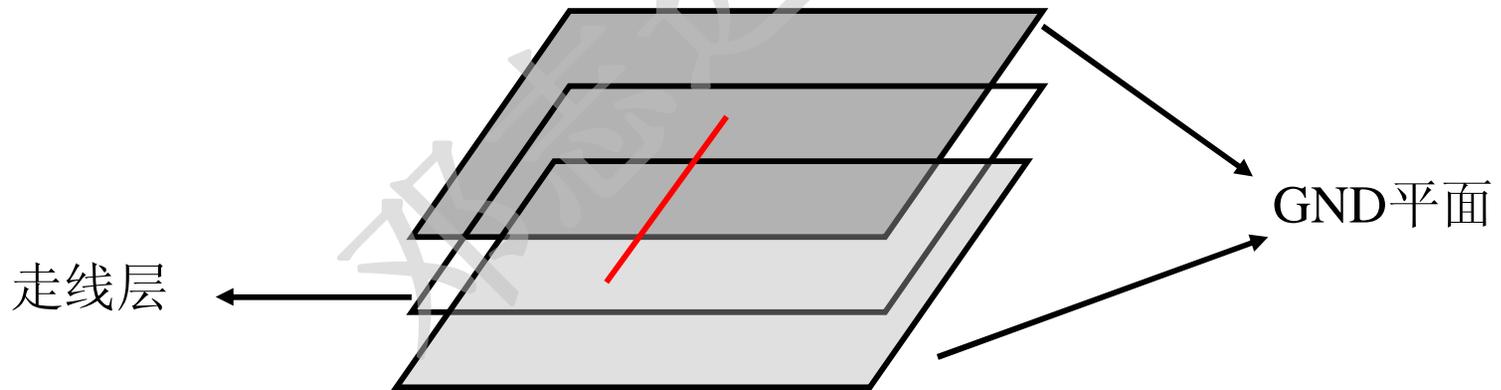
单层板或双层板上时钟线的处理

- 单层板或双层板上的时钟建议尽可能在时钟线的两侧包地线，条件不允许，也应该使时钟线和地线紧邻走线，即时钟线的一侧起码有地线，以减小时钟线的回流面积，减小差模辐射。



多层板上时钟线的处理

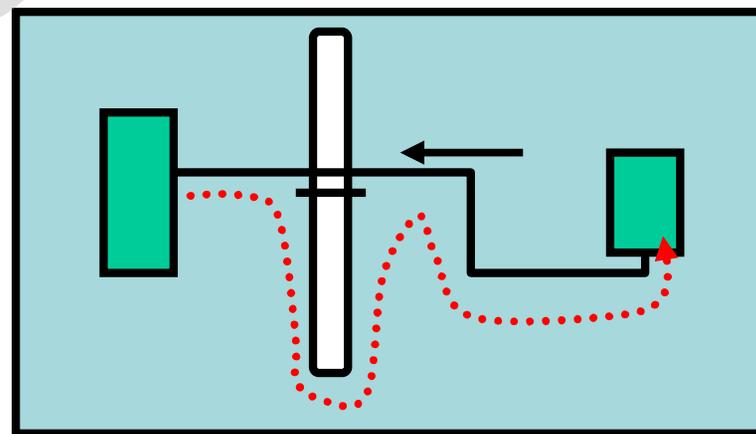
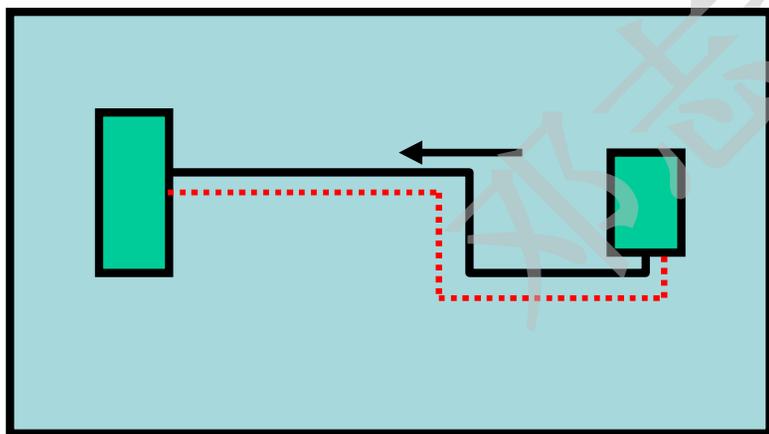
- 时钟线走内层;





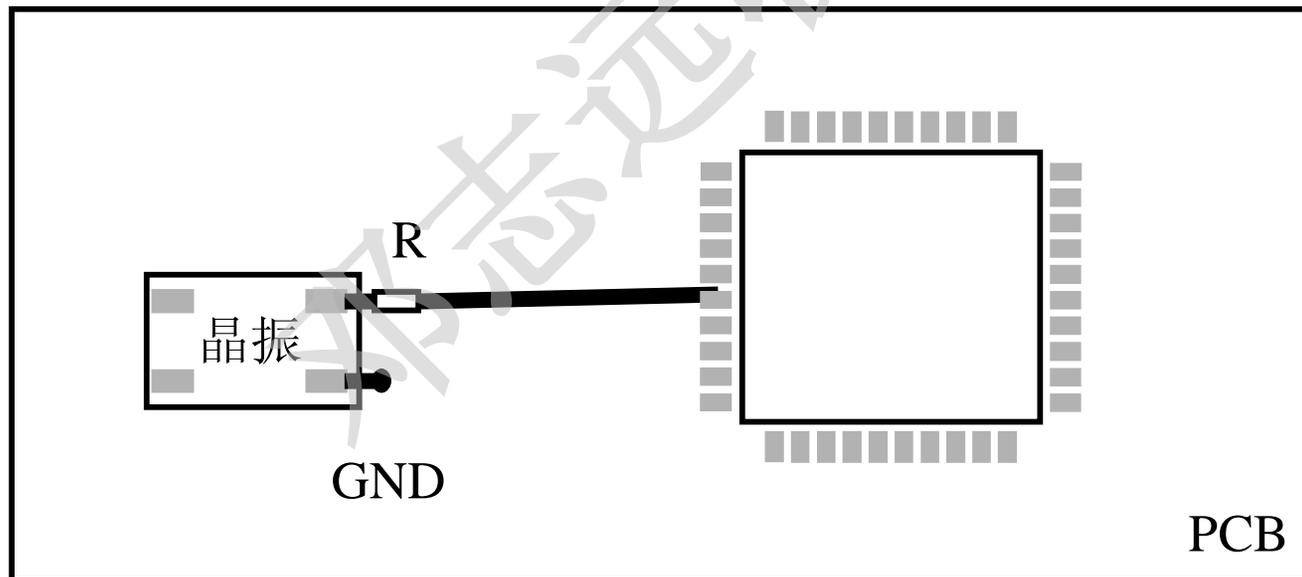
是否存在信号线跨其回流平面分割带

- 跨分割会使得信号回路面积增大，如下图比较；



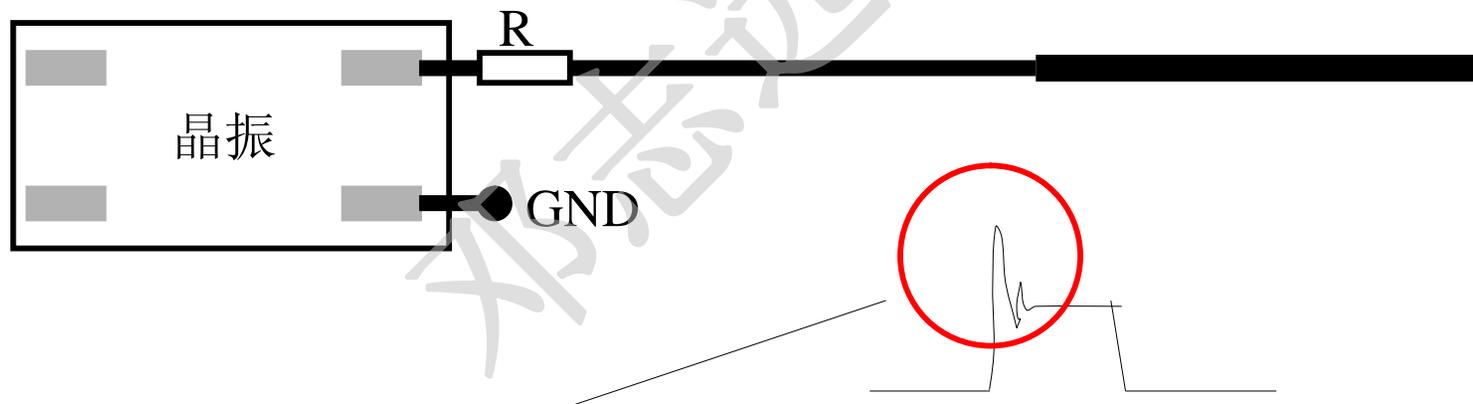
时钟源是否尽可能靠近其负载

- 如下图，时钟源靠近负载的目的是使时钟走线尽可能短；



时钟走线的粗细是否存在跳变

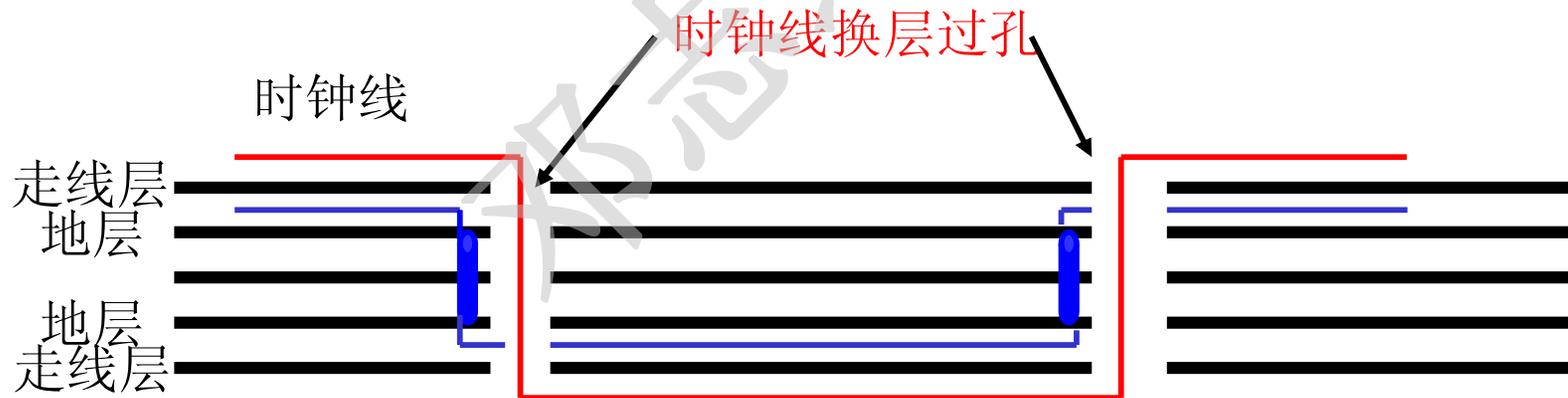
- 时钟线的粗细跳变会导致时钟信号出现阻抗失配问题，使时钟波形产生畸变，引起EMI问题；



强烈的EMI源

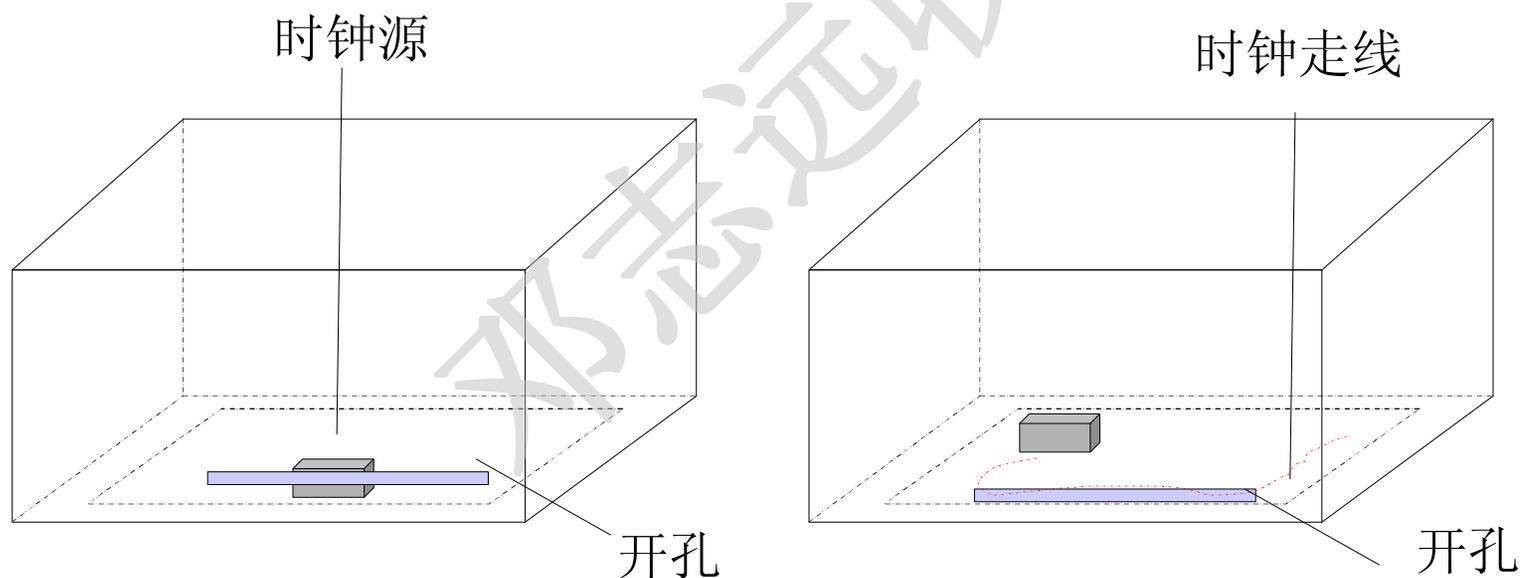
时钟线换层的处理

- 在多层板和双层板中，时钟线往往要换层，这时要求时钟线的换层过孔附近必须有地层过孔存在，原因是：时钟线在换层后其回流平面也换层了，在时钟换层过孔附近设置地过孔可以有效的减小其信号回流面积。



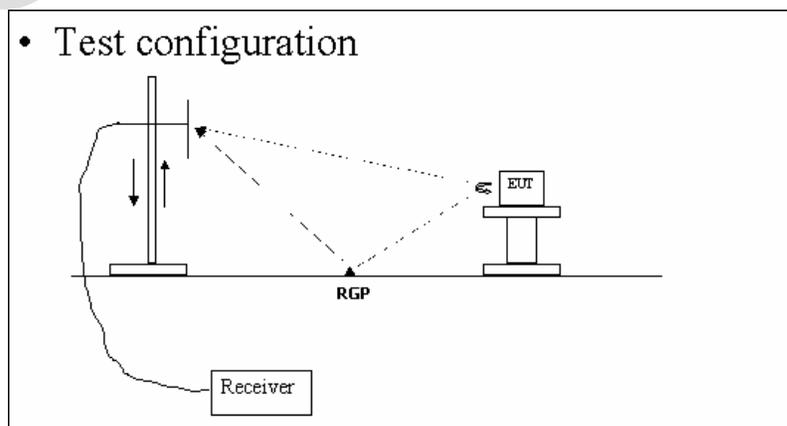
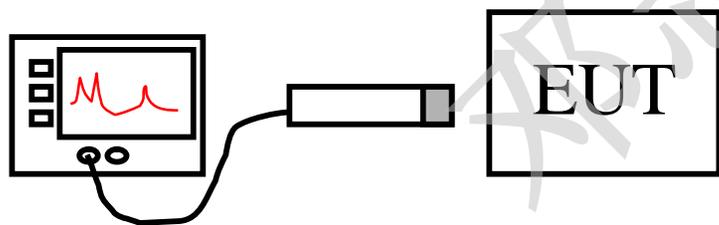
时钟源或时钟走线是否靠近屏蔽结构孔缝

- 如下图，检查是否有时钟源或者时钟走线靠近结构开孔（缝），可以采用在孔缝上使用屏蔽材料（如导电布）的方法作测试比较。



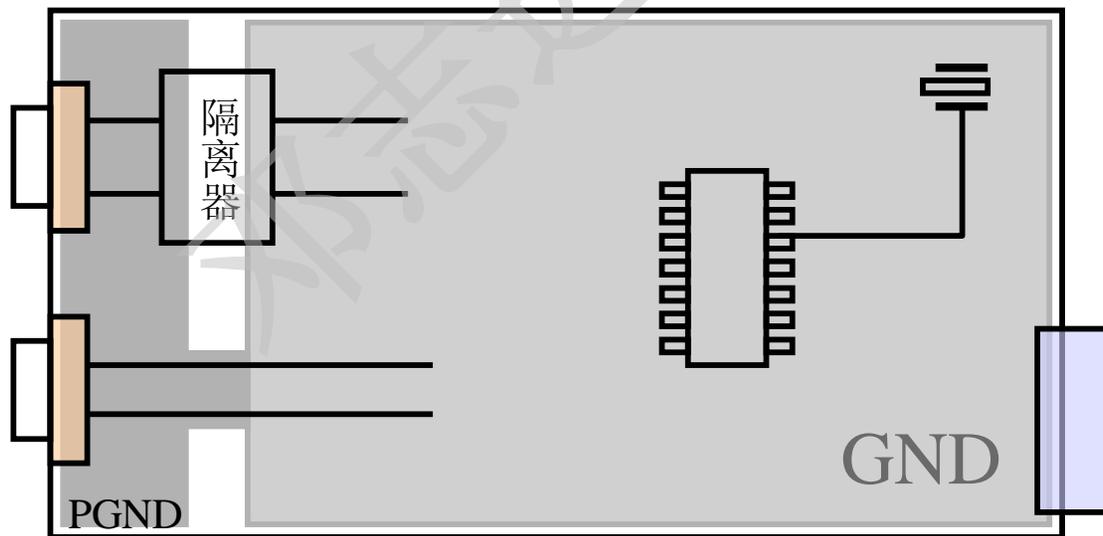
结构屏蔽设备的孔缝泄漏确定

- 对于结构屏蔽设备，孔缝处理不当会导致很大的辐射泄漏，严重的时候会彻底破坏结构的屏蔽效能。定位结构上哪处泄漏的方法有：
 - 使用频谱仪和近场探头沿结构孔缝处进行扫描，确定泄漏点；
 - 在暗室内转动转台和改变天线极化方式，寻找辐射最大时的转台角度以及天线的极化状态，并保持住，再进行处理。
 - 找到影响最大的泄漏缝（孔）后，采用簧片或导电布等屏蔽材料进行处理，或者检查此处结构搭接是否有喷漆等不良因素。



接口辐射之接口电路设计

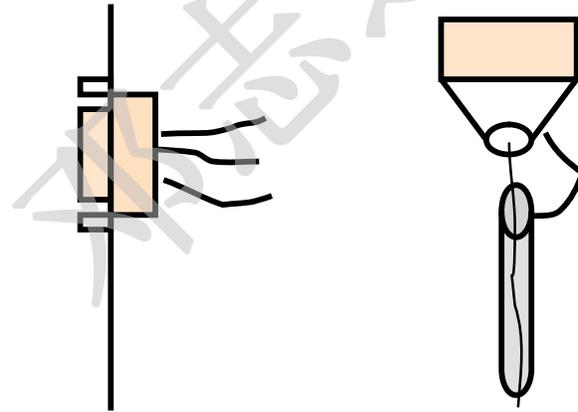
- 通过插拔电缆或在电缆上加可开合的磁环比较测试结果来确定是否有接口辐射引起超标；
- 对于无隔离器件的接口（如串口），其外出信号线处设置接地桥，以保证其信号回流。





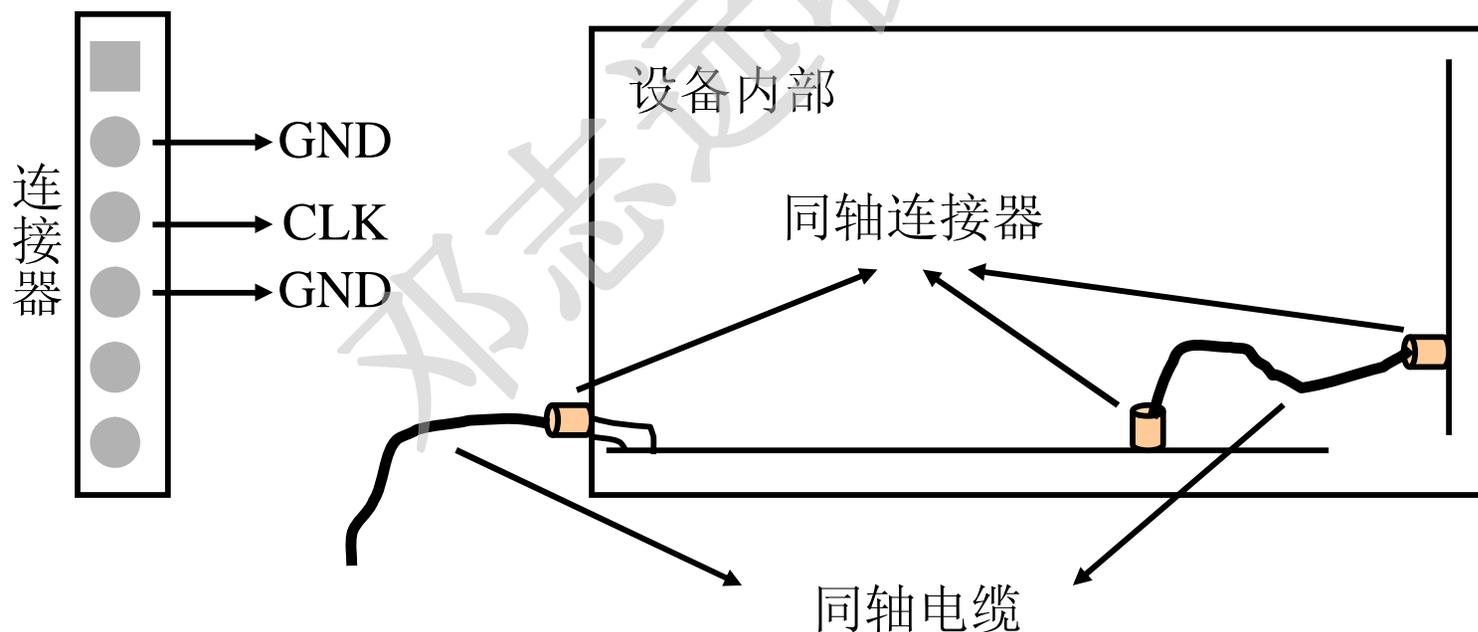
接口辐射之屏蔽电缆处理

- 屏蔽电缆的屏蔽效果取决于以下几个环节：
 - 电缆屏蔽层和电缆lead的360度搭接；
 - 电缆屏蔽层的类型（编织屏蔽比锡箔屏蔽要好）；



时钟等关键信号插针定义处理

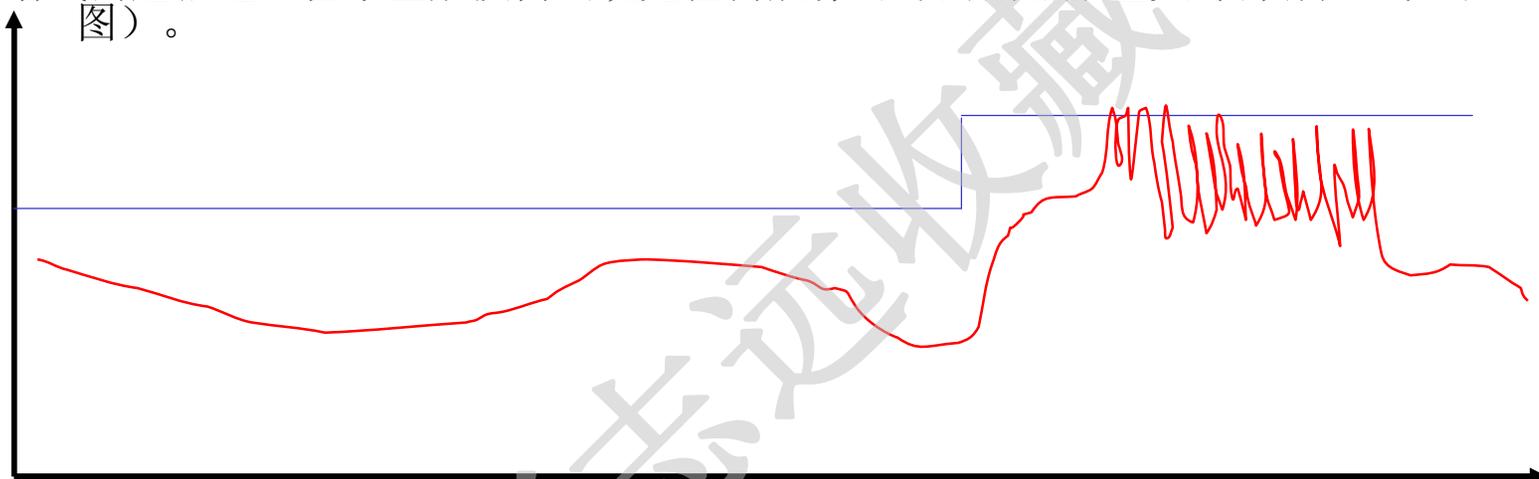
- 无论是设备外出时钟信号还是产品内部的板间时钟信号，其连接器插针定义一定要为：GND-CLK-GND的模式。
- 能用同轴线走时钟最好，且要保证同轴头外壳的良好接地。





高密度型尖峰群噪声的抑制方法

谱线问题描述：在某些频段内出现无任何规律可寻的高密集型尖峰群噪声（如下图）。

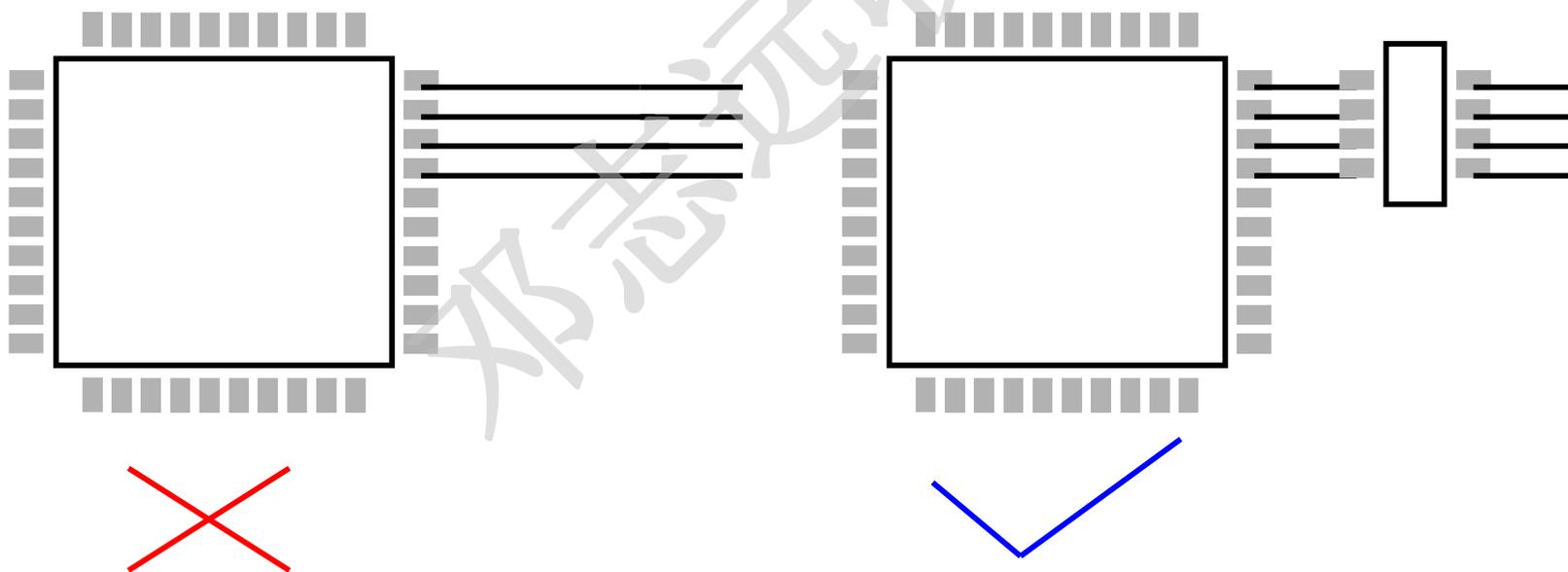


问题定位：对于这些噪声，单板上没有任何时钟频率和其有关系，并且非常密集，一般来说属于总线噪声；

问题整改：有针对性的处理总线源。

总线是否有匹配

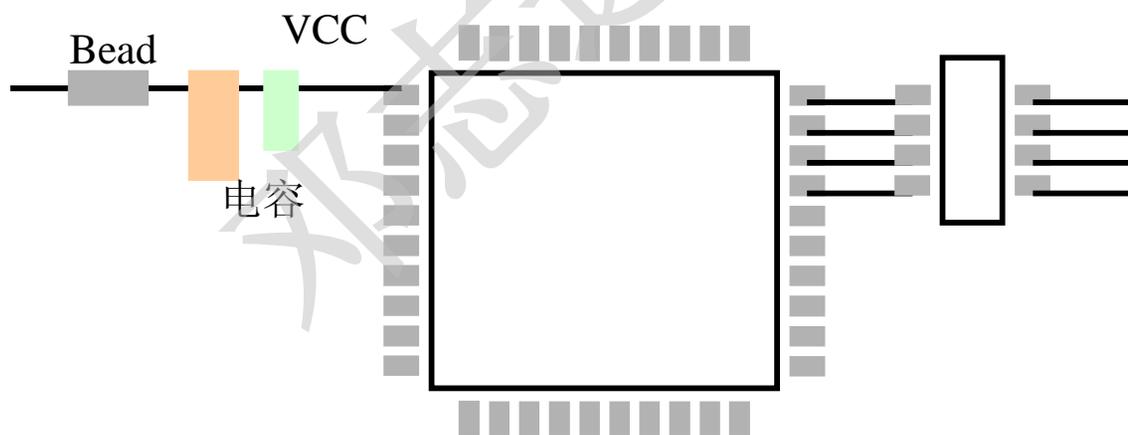
- 总线输出建议采用始端输出匹配电阻进行匹配，可以有效减小总线辐射，注意匹配电阻靠近驱动源放置；





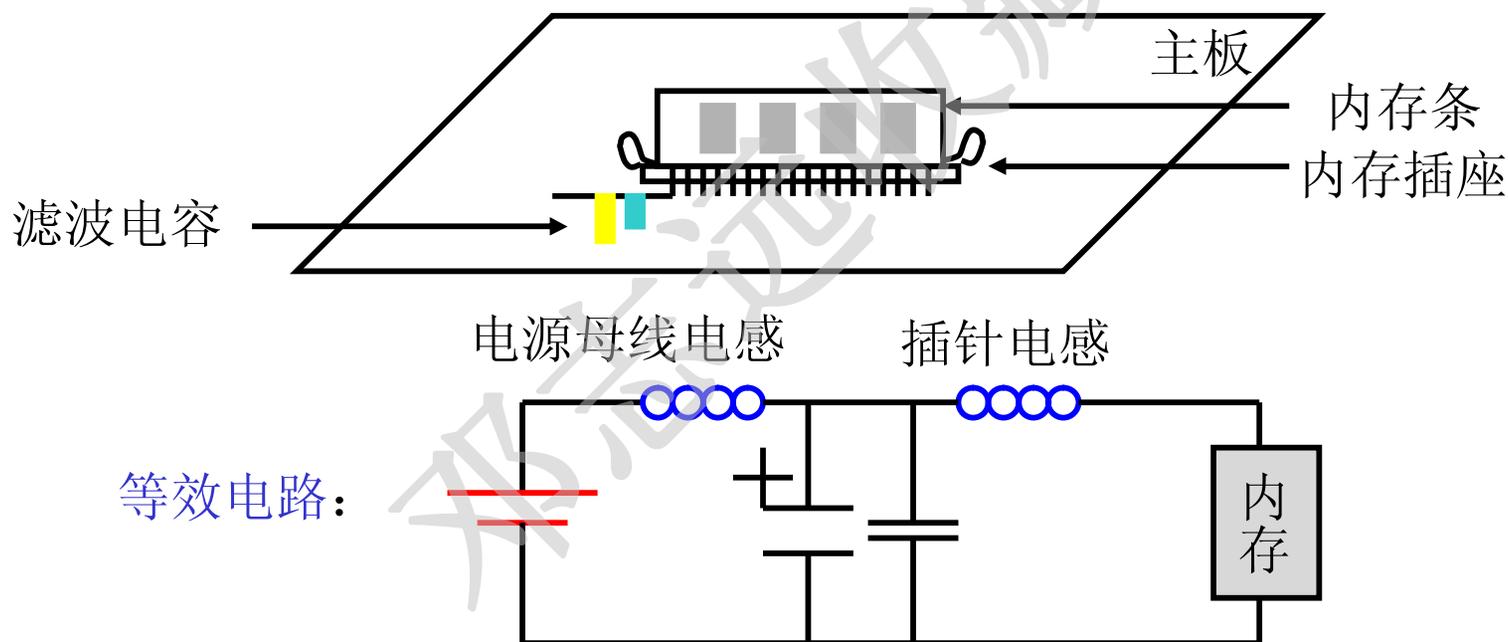
总线驱动和接收芯片的电源必须有滤波

- 总线驱动和接收芯片的电源必须有良好的滤波电路，具体芯片：
 - CPU
 - Flash
 - SDRAM等



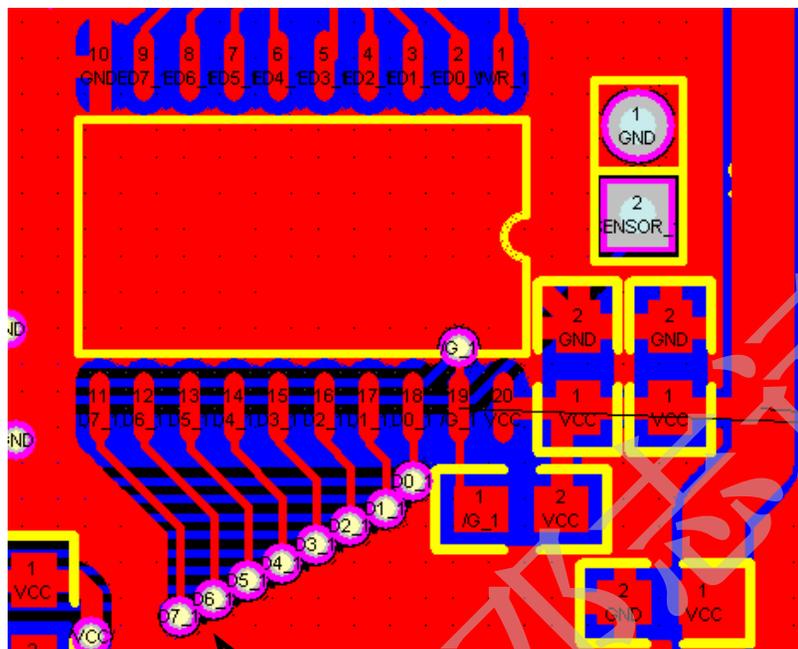
内存条插座电源针必须有滤波电路

- 如下图所示，因为插针会导致阻抗失配，引起电源母线上的高频阻抗存在，所以内存条插座的电源管脚附近需要有电容滤波，

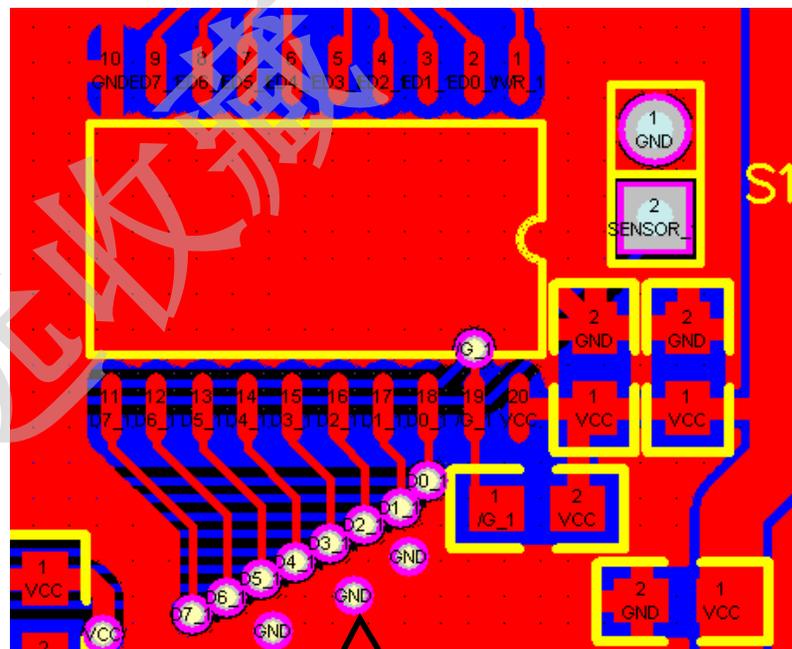


- 构成一T型滤波电路，可以有效抑制内存条的高频噪声，并且可以满足内存条的快速电流供电。

总线过孔处的地过孔设置是否合理



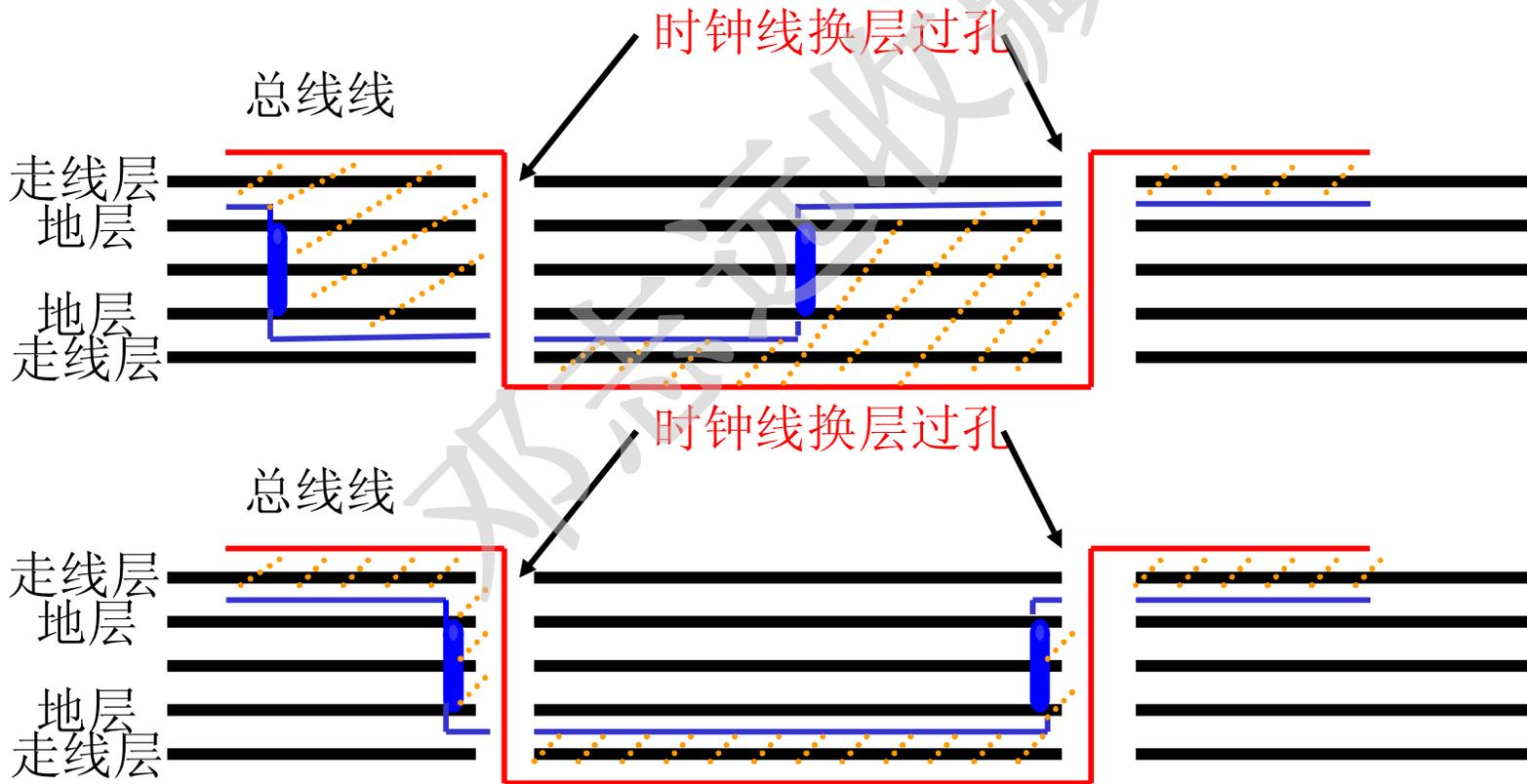
信号过孔附近
无地过孔，回
路面积变大



增加了地过孔，回
路面积变小，辐射
得到抑制

地过孔示意图

- 上图为信号线换层过孔附近无地过孔（过孔距离较远）的情况，桔黄色虚线为回流面积区，下图为走线换层过孔附近有地过孔，可以看出下图较上图有较小的信号回流面积，所以辐射能大大减小。





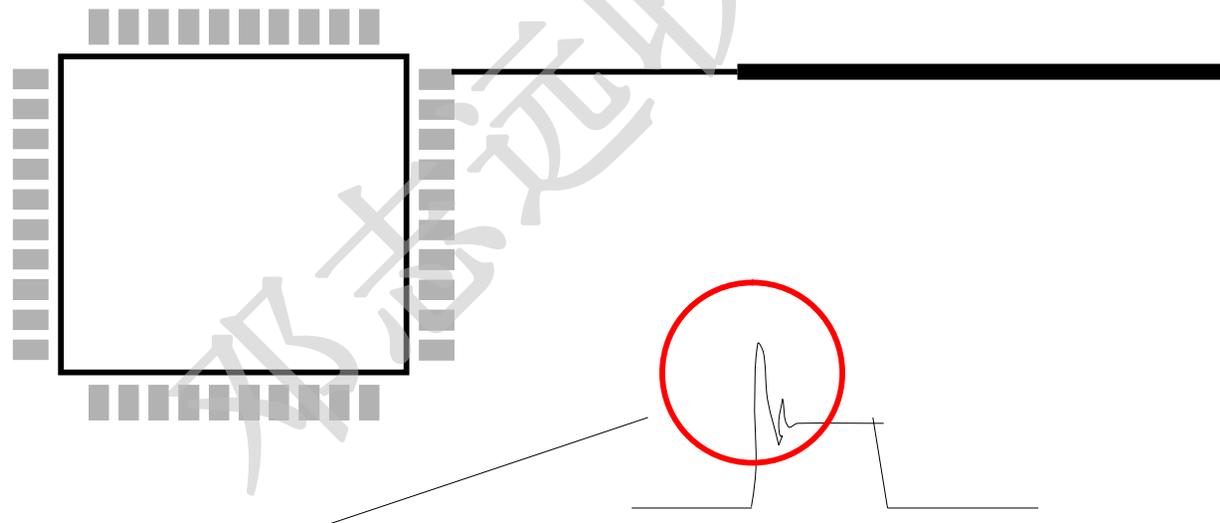
各种PCB上总线的处理

- 单层板上，总线簇两侧应加包地线；
- 双层板上，总线簇两侧加包地线或者另外一层（非总线所在层）的总线投影区域内铺接地铜皮；
- 多层板上，总线簇应靠近完整地平面走线，最好走内层。



所有信号走线是否存在宽度变化

- 走线粗细的跳变会导致信号出现阻抗失配问题，使信号波形产生畸变，引起EMI问题；



强烈的EMI源



辐射问题总结

上述只是一些比较典型的辐射问题整改方法及定位流程，相对来说比较有效，但是要想彻底解决问题，还是需要在产品的设计阶段考虑充分的EMC设计，这样才能预测到问题并防患于未然，特对对于一些产品测试阶段是无法实施的对策，例如3W原则等，必须在设计阶段提前考虑到。



静电问题整改方法

ESD问题



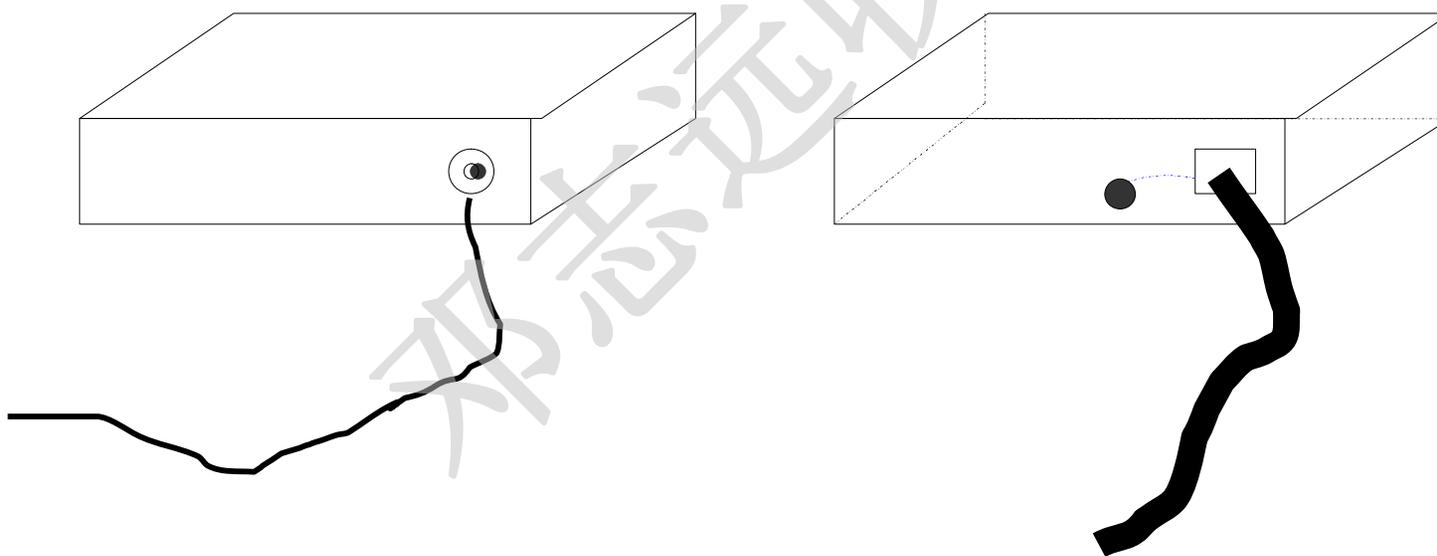
设备分类

- 解决ESD问题要对设备进行分类，以做到不同类型设备不同处理方式：
 - **一类设备**：金属结构设备，金属外壳接大地。包括两种情况：
 - 一种是通过系统接地线接大地；
 - 另一种是通过电源内的PE线接大地。
 - **二类设备**：金属结构设备，外壳不接大地。如MP3播放器等。
 - **三类设备**：塑胶结构设备。



一类设备静电问题处理

- 解决此类ESD问题原则：快速泄放静电电流；
- 此类设备的静电试验主要是针对设备的外壳、连接器外壳、指示灯、复位按钮、拨码开关、电源开关等部位进行，所以在出现静电问题时应该针对这些地方进行处理。

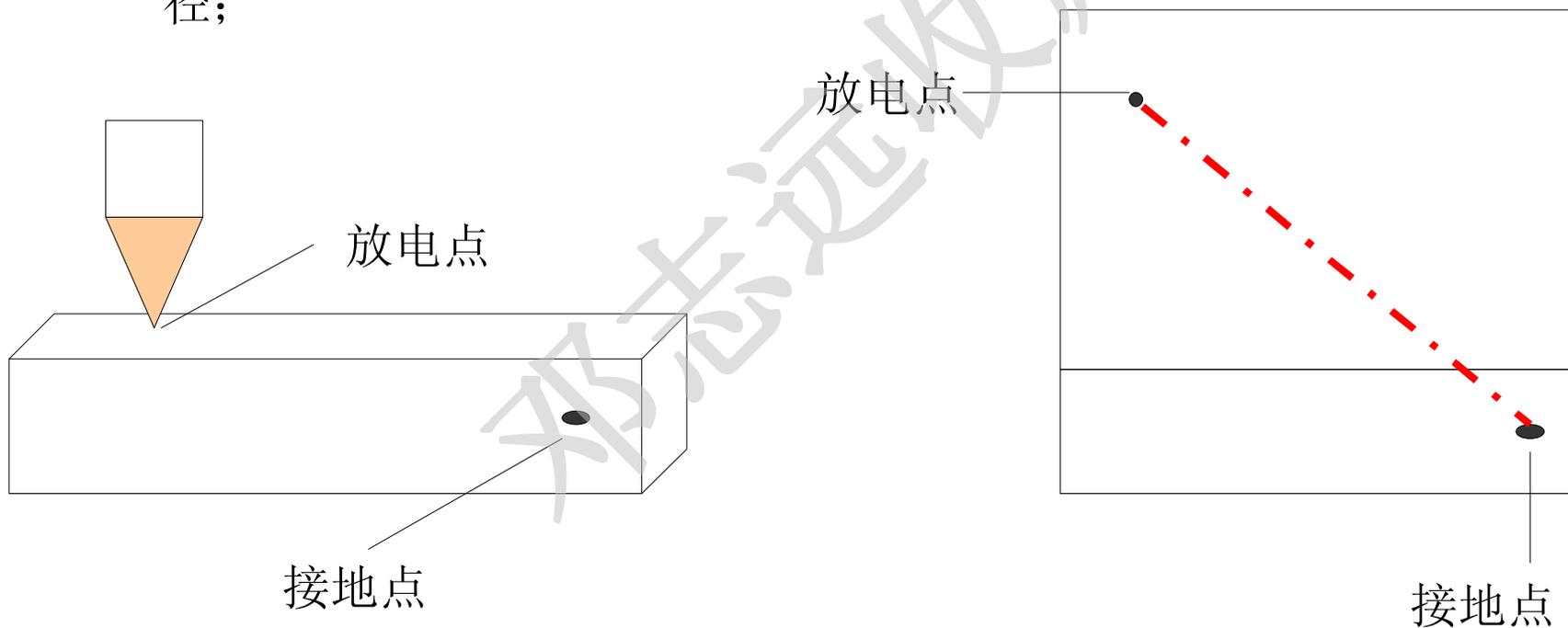


系统接地线接大地

通过电源PE接大地

外壳放电问题之电流路径确定

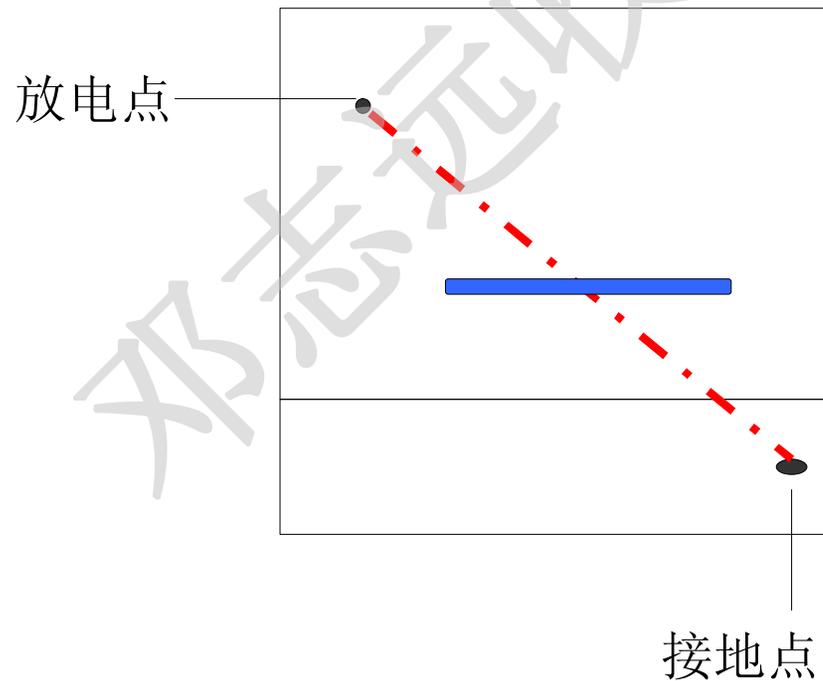
- 确定静电泄放路径，方法是将设备的外壳平铺开，沿放电点到设备接地点画直线，一般来说，这条直线就是静电电流的泄放途径；





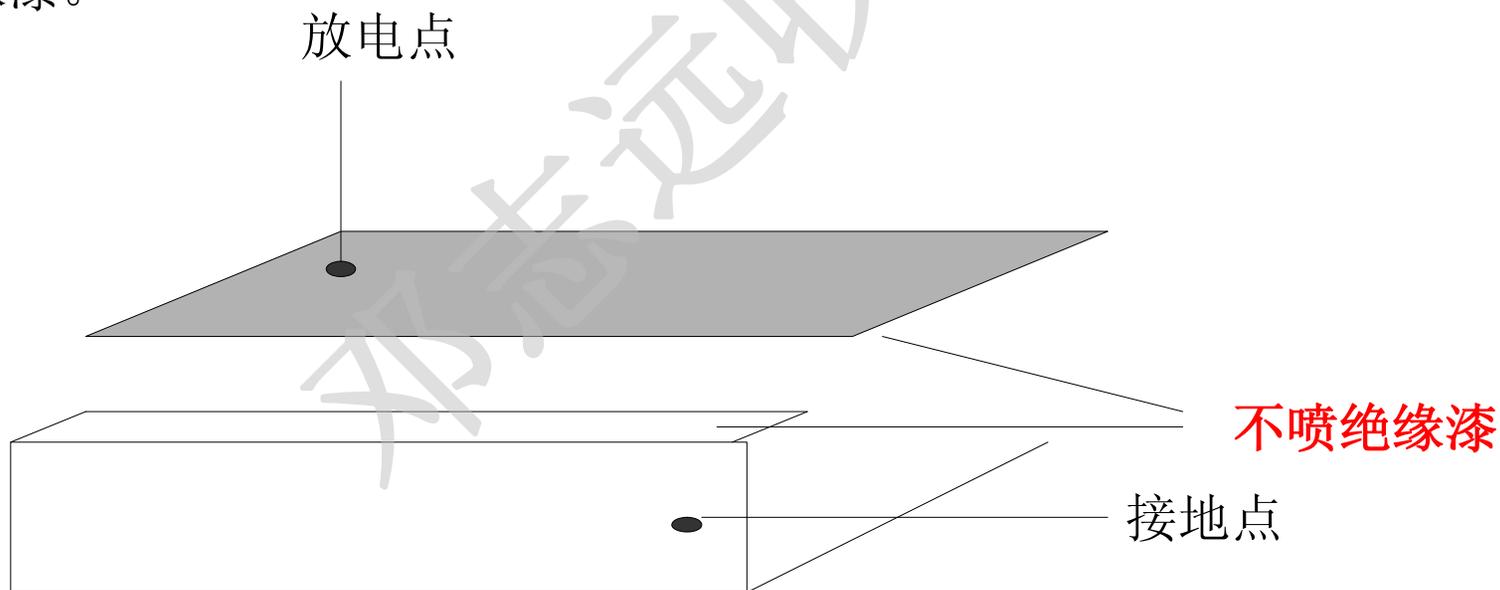
检查此条路径是否“通畅”之一

- 是否存在结构孔缝，导致静电产生的场通过孔缝向设备内部辐射；
- 解决方法：采用铜箔、铝箔或导电布将此孔缝“电堵住”进行比较试验。



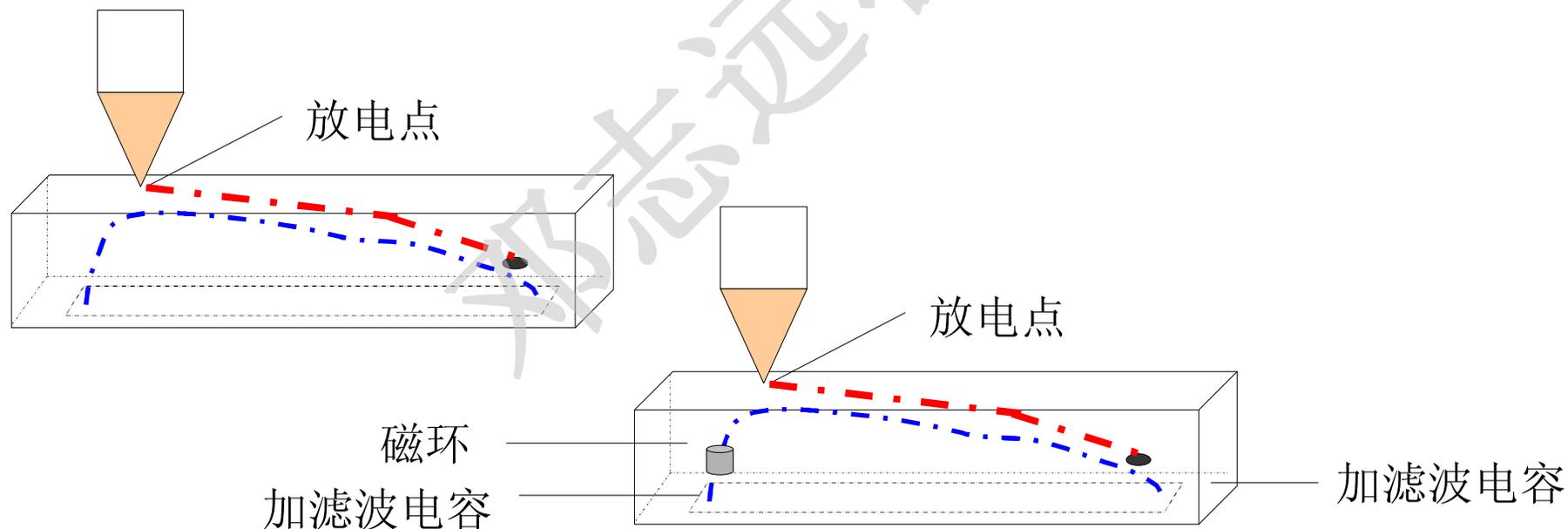
检查此条路径是否“通畅”之二

- 如果放电点和接地点在设备的不同结构件部位（即两个点不在一个完整的金属体上），则检查这两个金属件之间的电搭接是否良好，一般来说，需要关注搭接的地方是否大面积接触，没有喷绝缘漆。



泄放途径附近是否有内部电缆

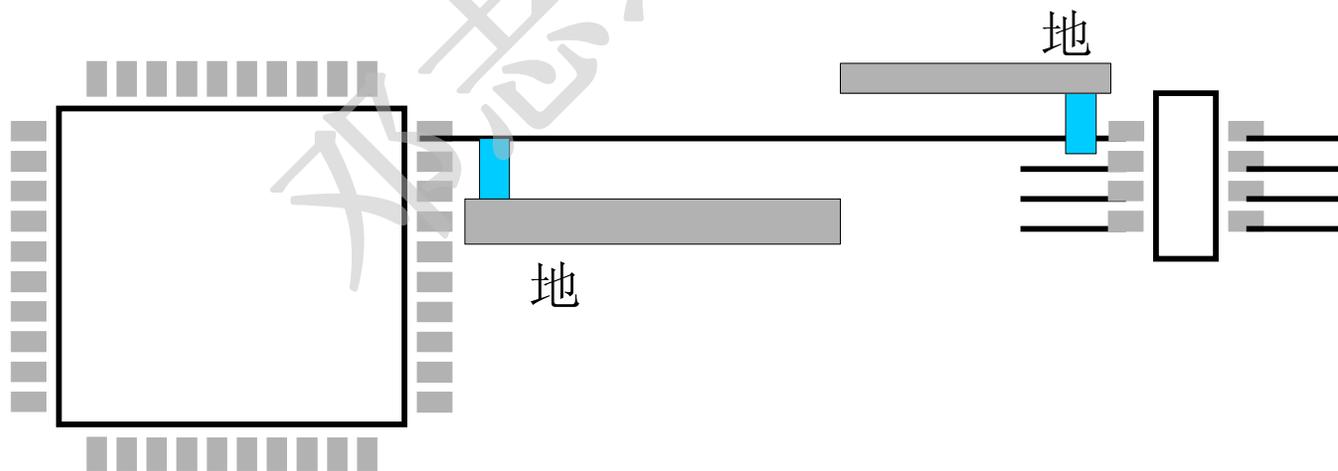
- 静电电流泄放途径附近是否存在设备内走线，特别是当放电路径上存在结构缝隙时，缝隙附近有信号线；
- 解决方法：1、改变此电缆的走线方式，远离放电途径或放电途径上的孔缝；2、在信号线上增加磁环，切断静电感应的共模电流；





泄放途径附近是否有敏感电路

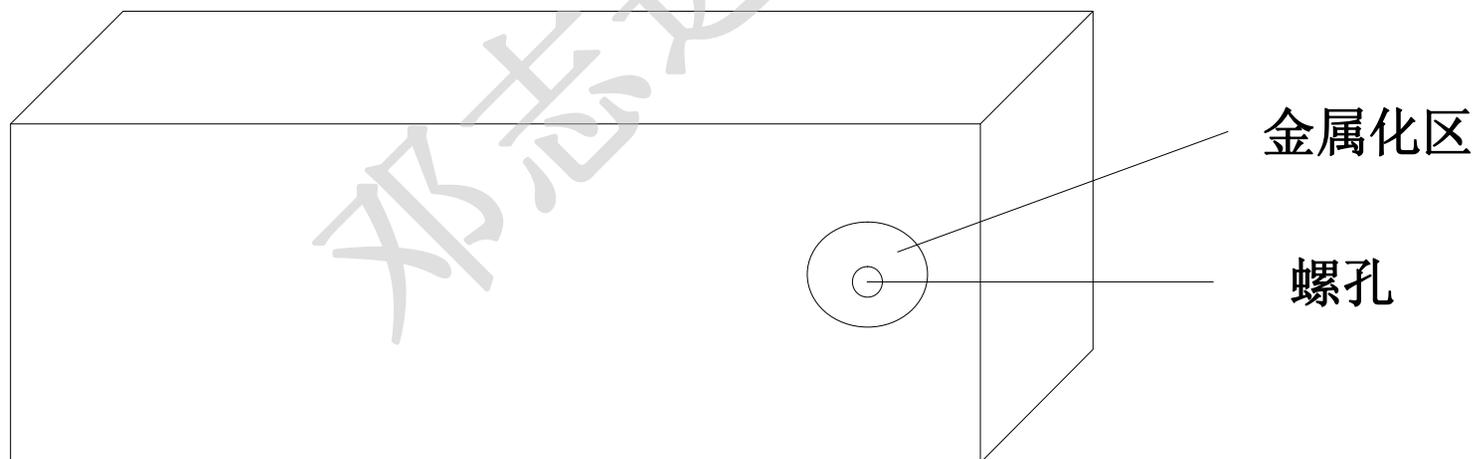
- 检查泄放途径附近是否存在敏感电路（如复位电路、控制电路、音视频电路等），特别是泄放途径中存在孔缝时，孔缝附近的敏感电路极易被静电干扰；
- 解决方法：用屏蔽材料堵住孔缝；





设备接地端子是否作金属化处理

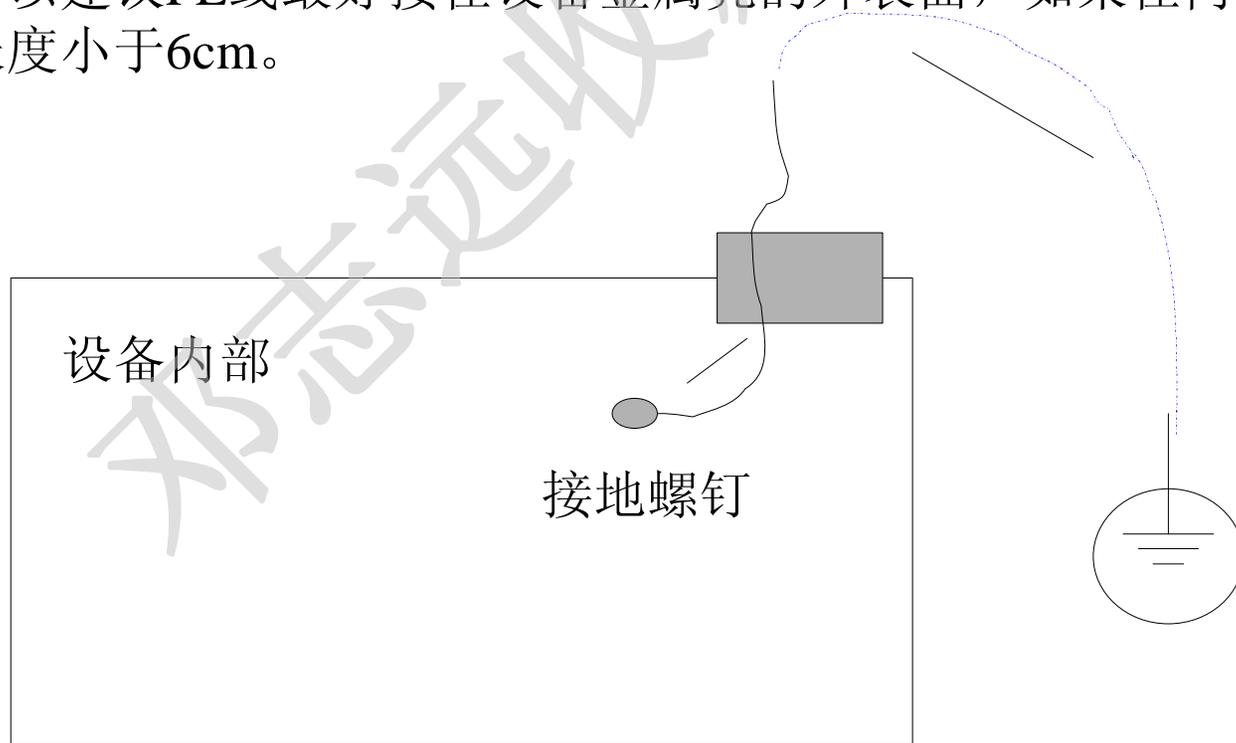
- 如下图所示，设备接地光通过螺钉的螺纹连接是不可靠的，应该在落空四周作金属化处理，金属化区的面积和接地线的垫片大小一致即可，以保证大面积搭接。





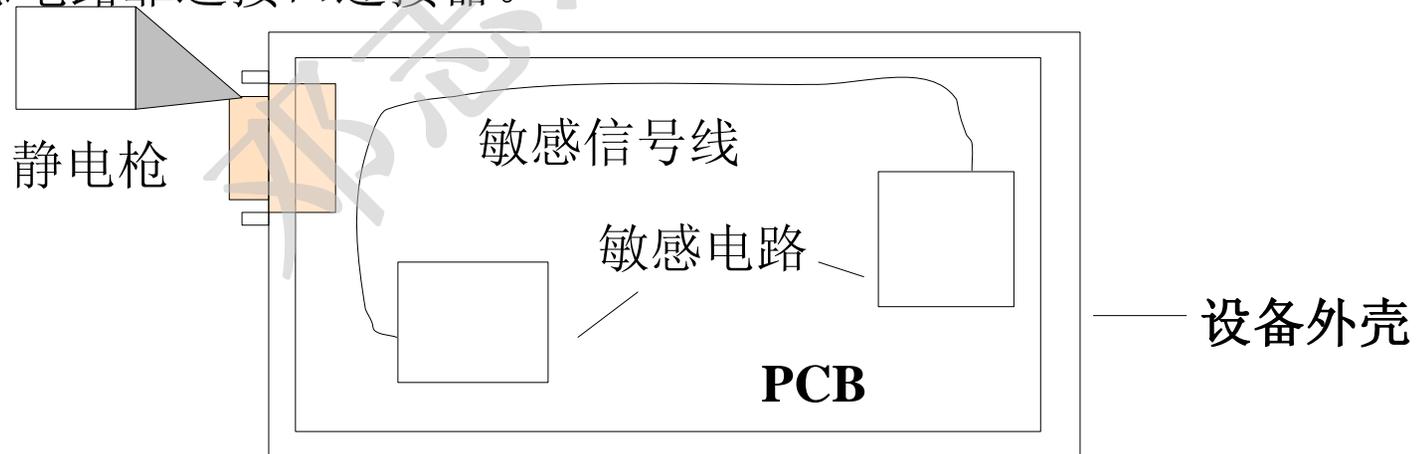
通过电源PE线接地的接地线长度要求

- 下图为设备俯视图，箭头为静电电流的流向，可以看出，如果接地线在设备内部长度过长将会导致静电电流的辐射，干扰单板正常工作，所以建议PE线最好接在设备金属壳的外表面，如果在内表面建议长度小于6cm。



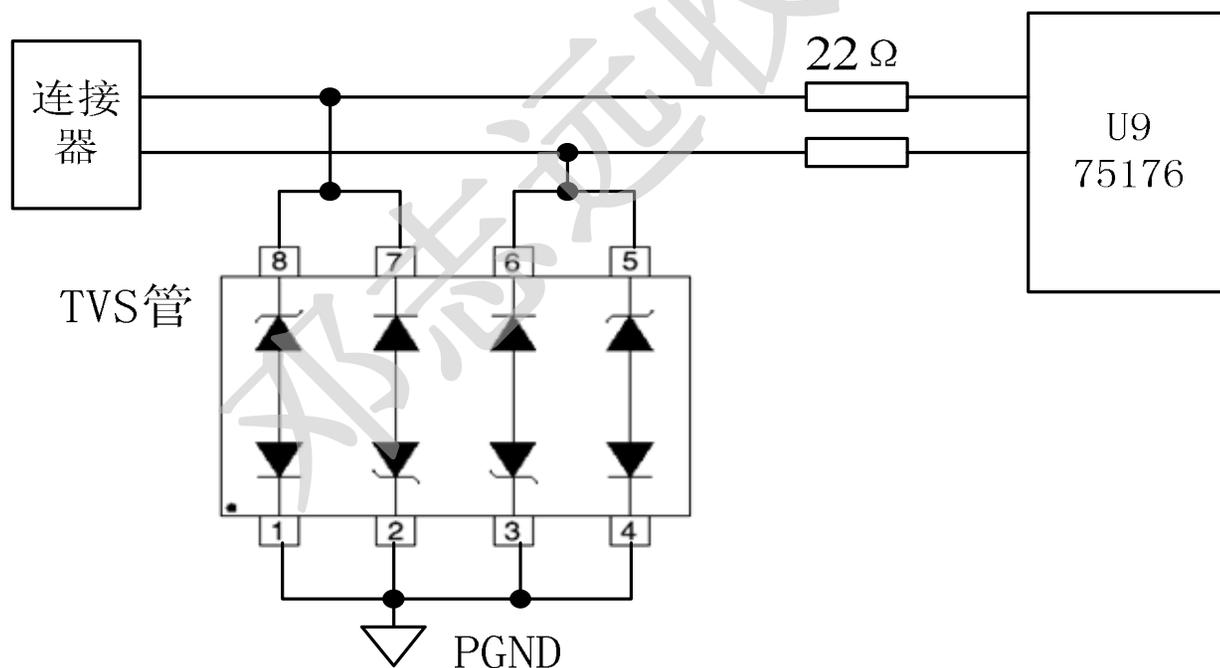
接口连接器静电问题处理

- 下图为俯视图，静电枪对连接器金属外壳进行放电时容易出现问題，原因是连接器的外壳一般都接在单板地上，从而静电电流会流进单板产生问題；
- 解决方法：1、保证连接器的金属外壳和设备的金属外壳良好接触，使静电电流直接从设备外壳泄放到大地上，可以采用导电布、锯齿簧片等屏蔽材料来保证连接器的外壳和设备外壳良好搭接；2、避免复位信号电路（线）、片选信号线以及控制信号电路等敏感电路靠近接口连接器。



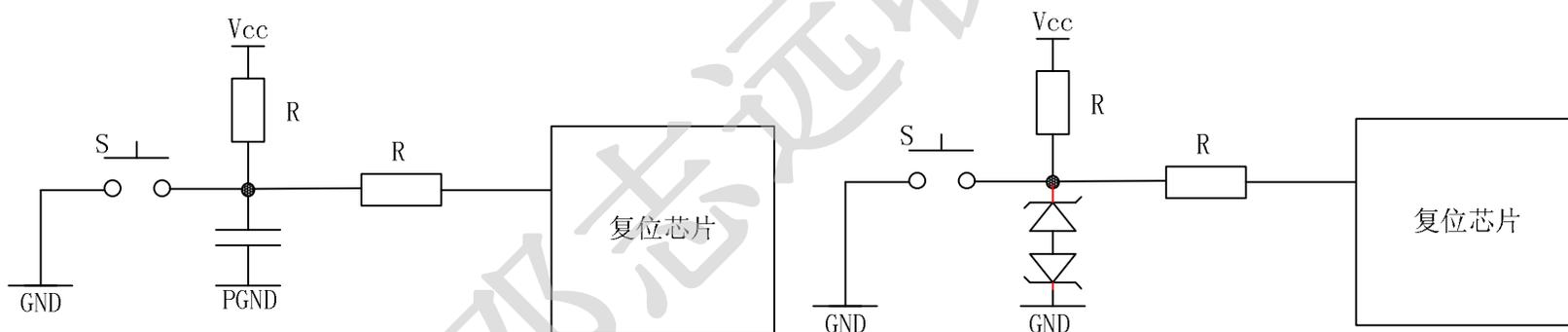
接口信号的ESD防护

- 在对接口连接器进行放电时，连接器内的插针极易耦合出静电电流；
- 采取的措施：1、采用TVS管进行静电抑制（TVS管为瞬态抑制二极管），并使用限流电阻进行限流，如下图所示；2、选用抗静电能力较强的接口芯片。



面板复位按钮ESD问题处理

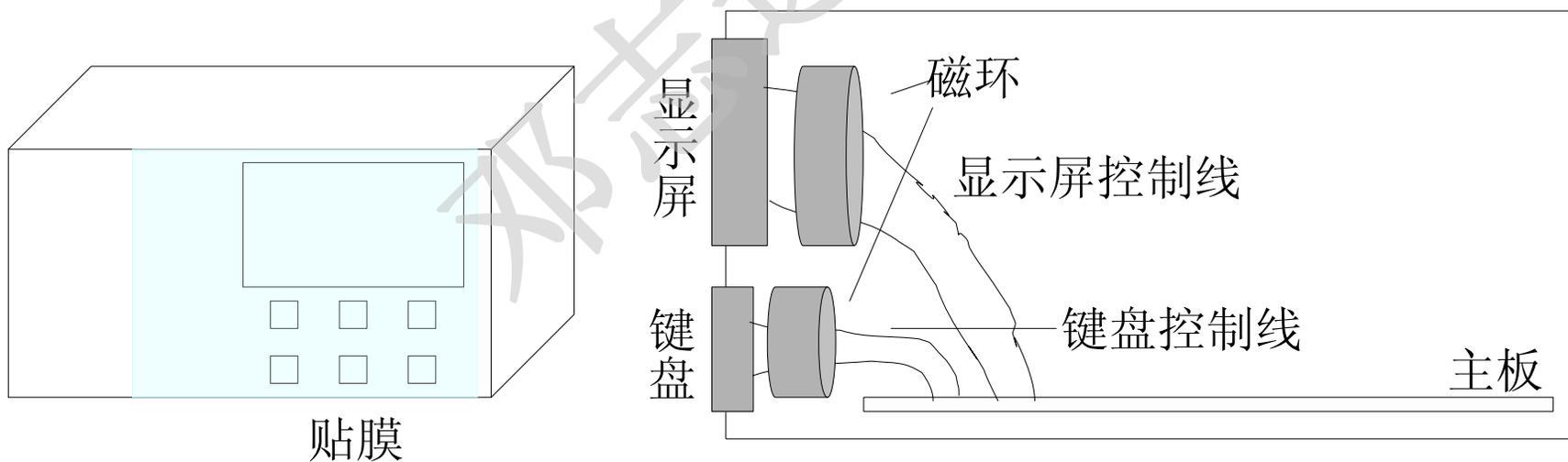
- 面板复位按钮是静电非常敏感的电路，可以采用以下两种方法处理。
- 指示灯、拨码开关电路的处理方式同。
- 此外，面板复位按钮、拨码开关以及指示灯在面板上的开孔应尽可能小。





面板显示屏、键盘ESD问题处理

- 对于这些部位的静电问题，一般都是因为静电进入了设备内部，干扰显示和键盘控制电路导致问题产生，最好且最有效的办法是在键盘、显示屏的表面贴绝缘膜，使静电在这些部位无法放电。对于绝缘膜方法无法实施的设备，建议在控制线上加磁环进行静电脉冲抑制。对于有屏蔽金属丝网的显示屏，金属丝网要和结构件良好搭接。





二类设备静电问题处理

- 对于此类设备的ESD放电部位和一类设备一样，包括设备的外壳、连接器外壳、指示灯、复位按钮、拨码开关、电源开关等部位，所以在出现静电问题时应该针对这些地方进行处理。

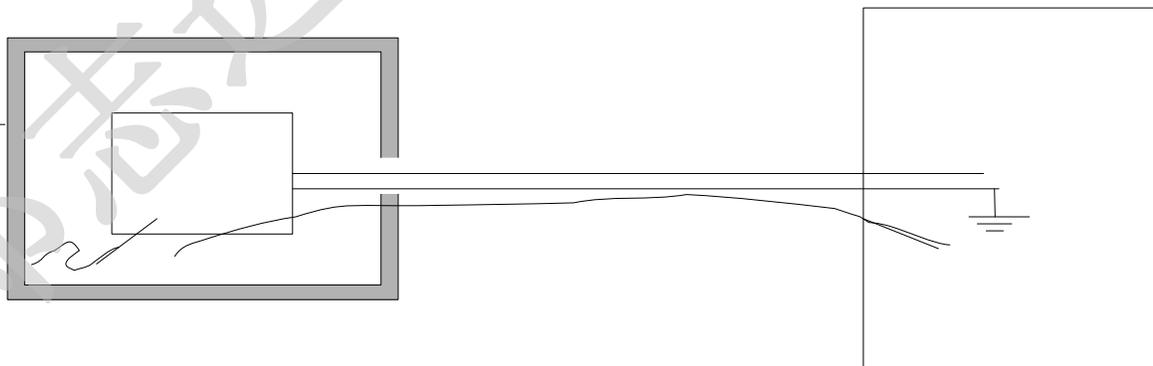


外壳无接地设备

对设备外壳的放电

- 对于下图中的情况，设备内电路和金属外壳无电连接，设备内电路有电缆在远端接地；
- 处理方法：见下页。

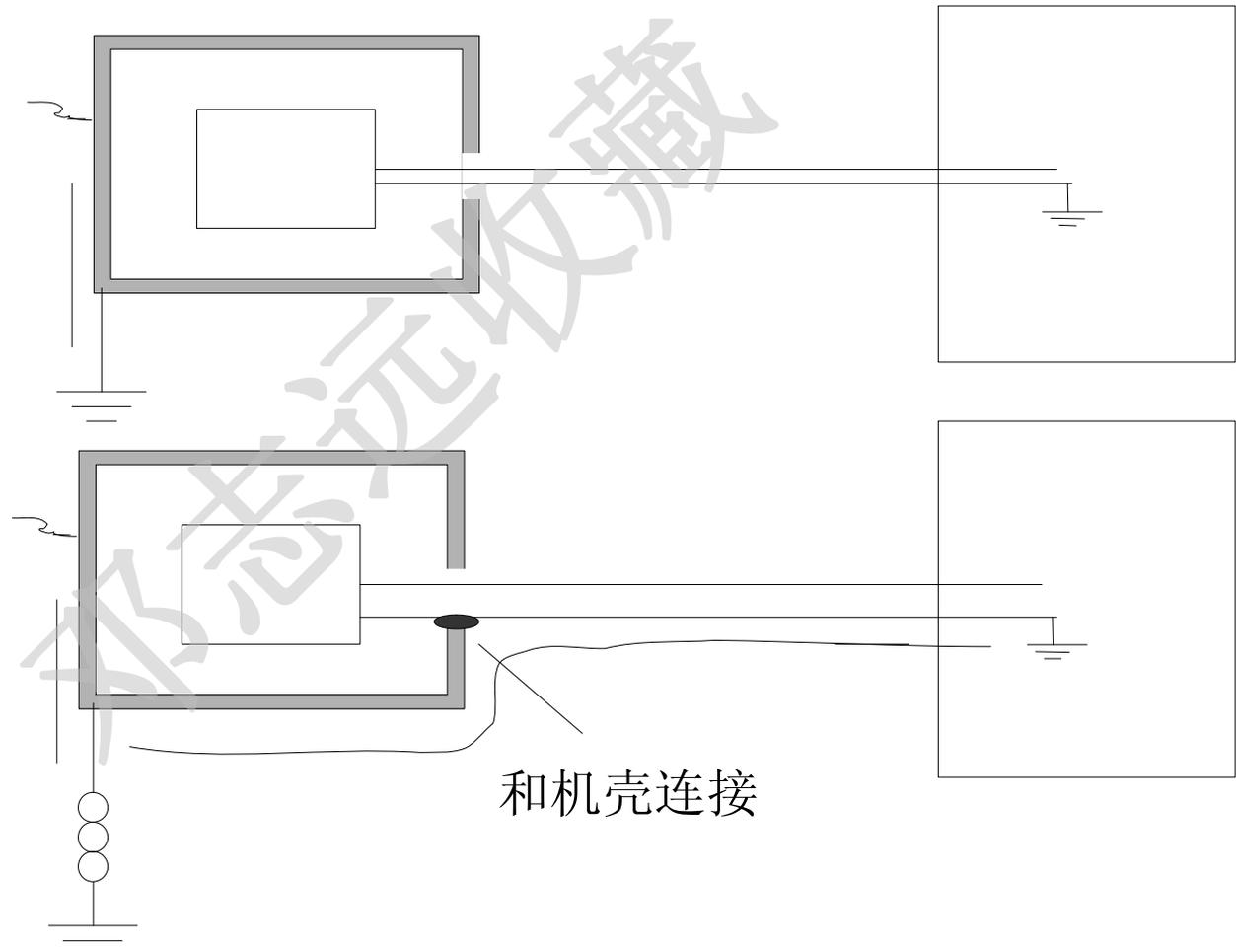
电路和机壳不连时，
二次放电产生的静电电流路径



上页情况的处理方法之一

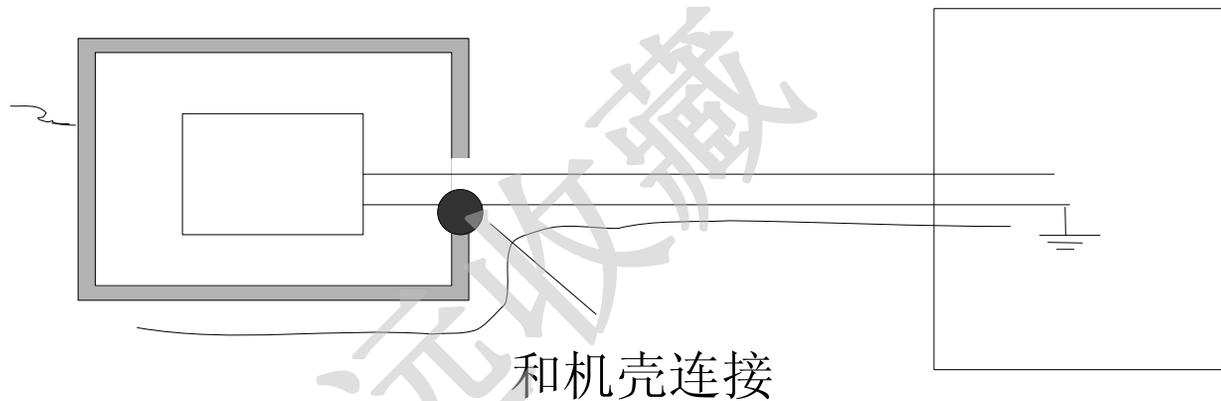
有条件接地的设备；外壳接地并且要保证接地阻抗小：

无法保证接地阻抗小的设备，其在外部的接地的线和机壳相连。

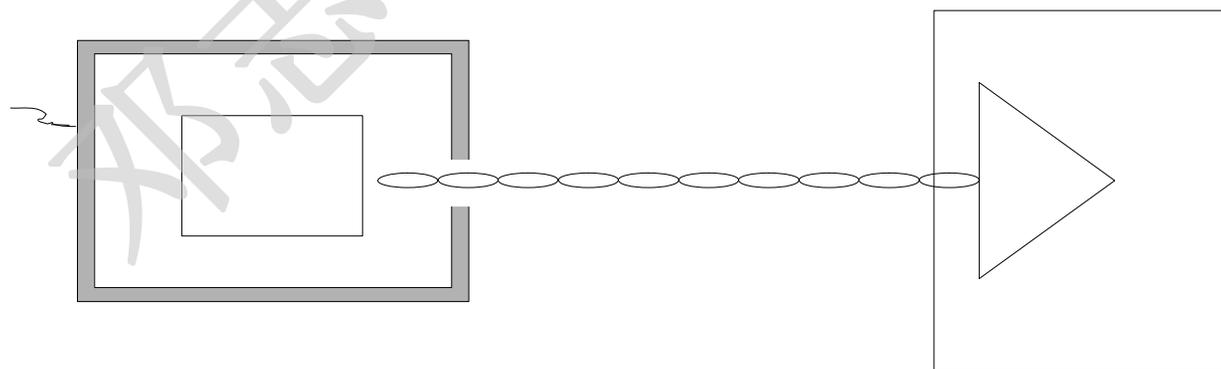


上页情况的处理方法之二

对于无条件接地的设备，使其在外部接地的线和外壳相连。



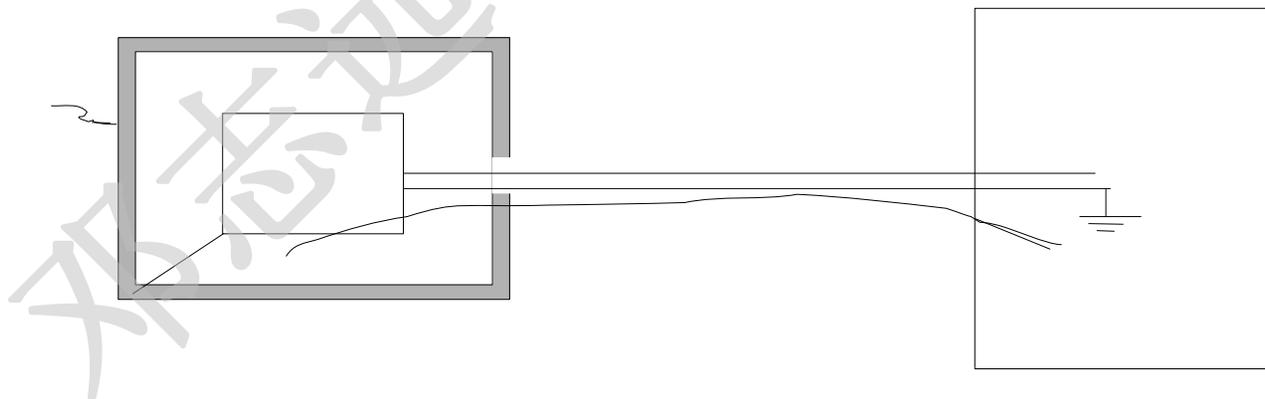
对于无条件接地的设备，采用双绞线的方式传输信号。



对设备外壳的放电

- 对于下图中的情况，设备内电路和金属外壳有电连接，设备内电路有线在远端接地；
- 处理方法：见下页。

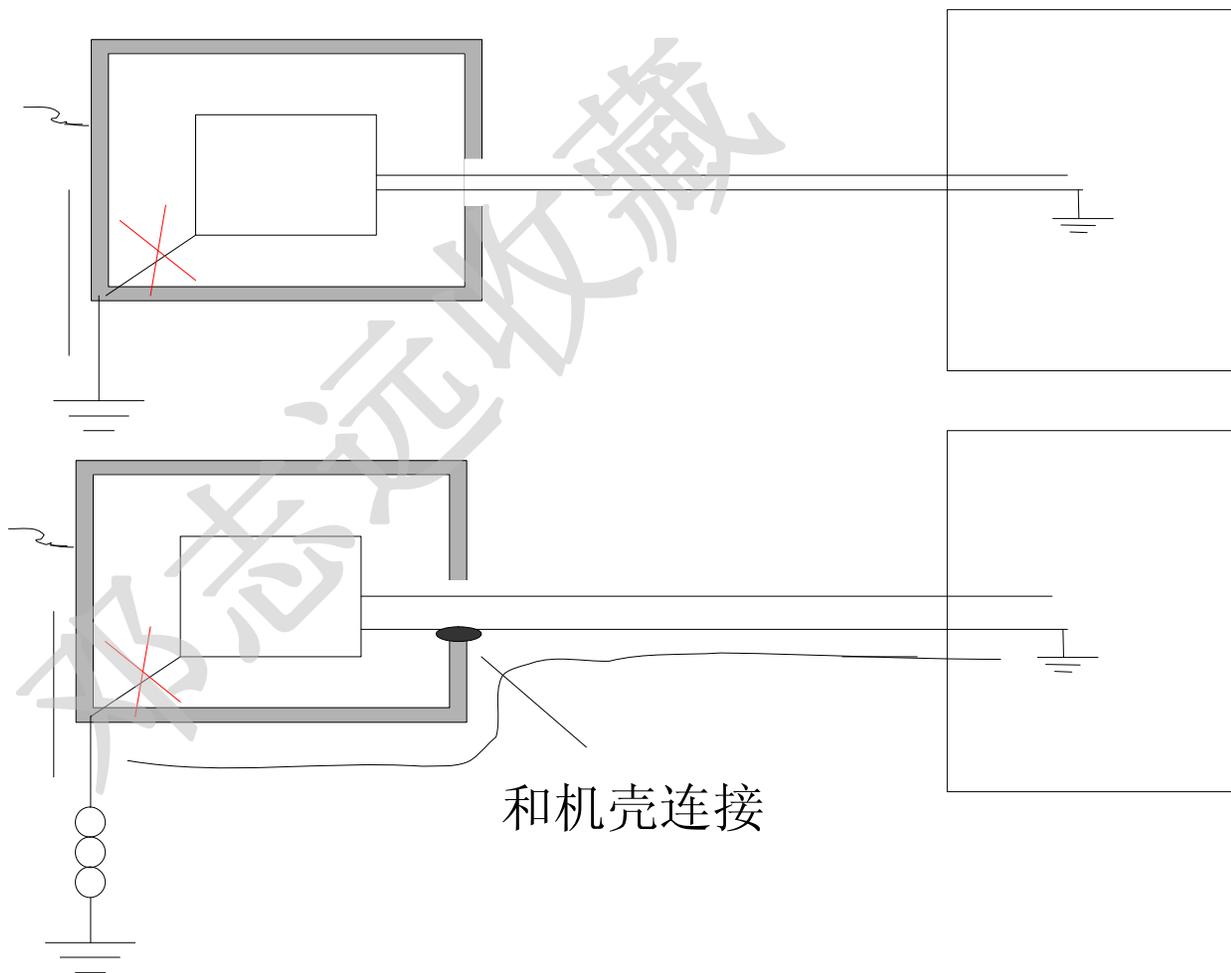
电路和机壳相连时，
产生的静电电流路径



上页情况的处理方法之一

有条件接地的设备；外壳接地并且要保证接地阻抗小，无改善则去掉电路和外壳的连接

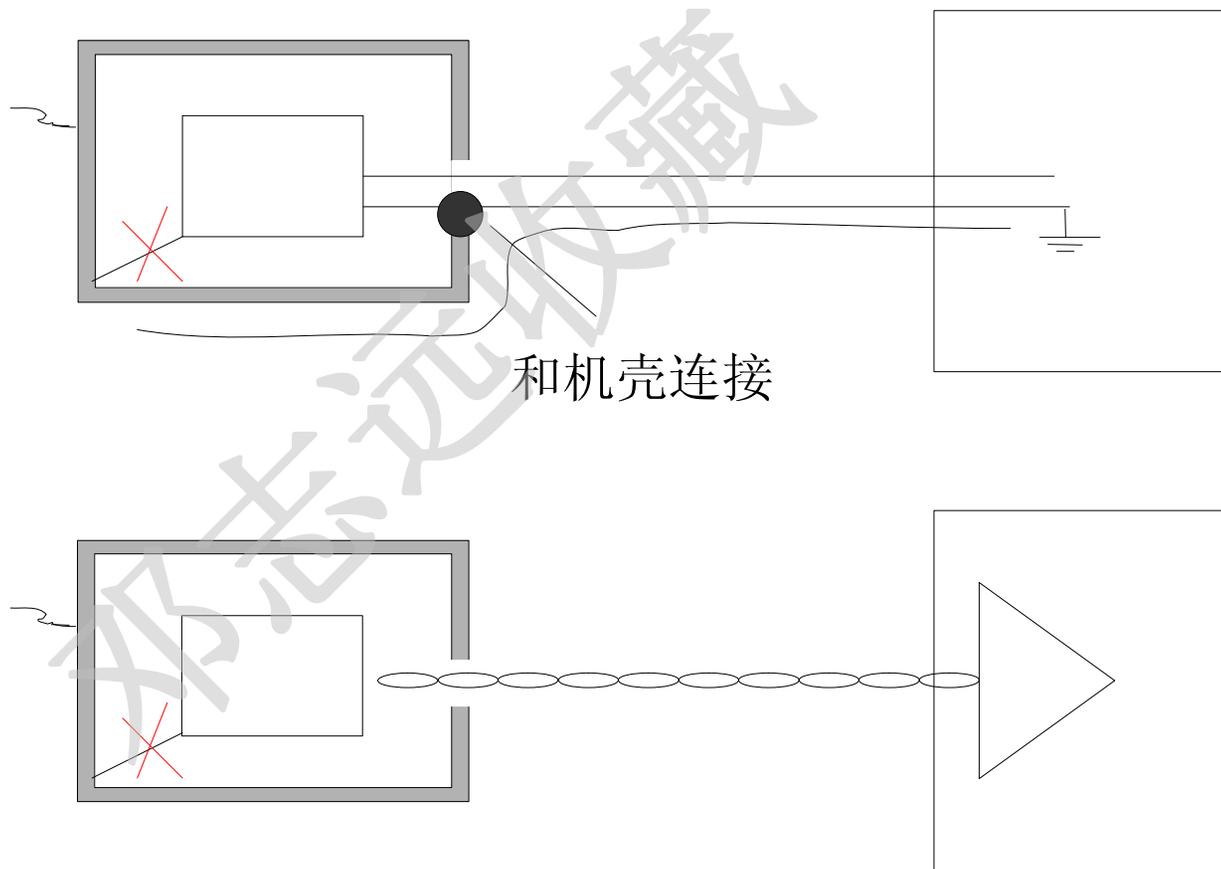
无法保证接地阻抗小的设备，其在外部接地的线和机壳相连。无改善则去掉电路和外壳的连接，



上页情况的处理方法之二

对于无条件接地的设备，去掉电路和外壳的连接，且使其在外部接地的线和外壳相连。

对于无条件接地的设备，去掉电路和外壳的连接，采用双绞线的方式传输信号。



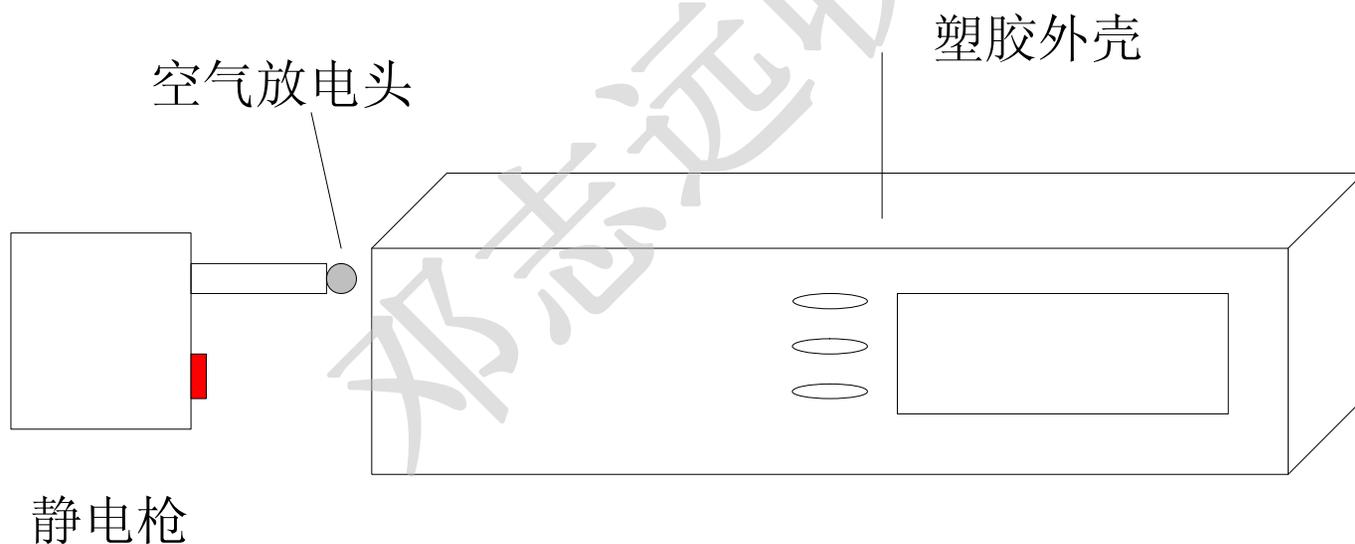


接口连接器等部位放电问题

对于接口、复位按钮、键盘以及显示屏等部位的放电问题同一类设备；

三类设备静电问题处理

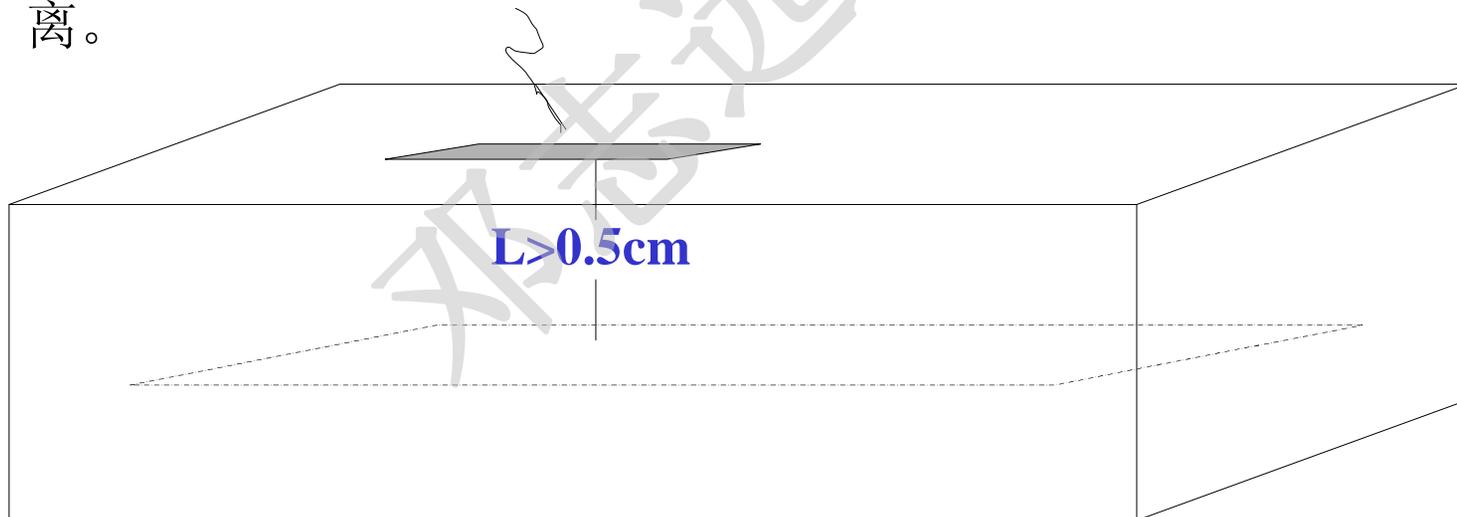
- 绝缘外壳设备，静电试验主要针对绝缘外壳（空气放电）、金属连接器的外壳（直接放电）、塑胶连接器的外壳（空气放电），面板上的一些复位按钮、拨码开关以及指示灯等部位。





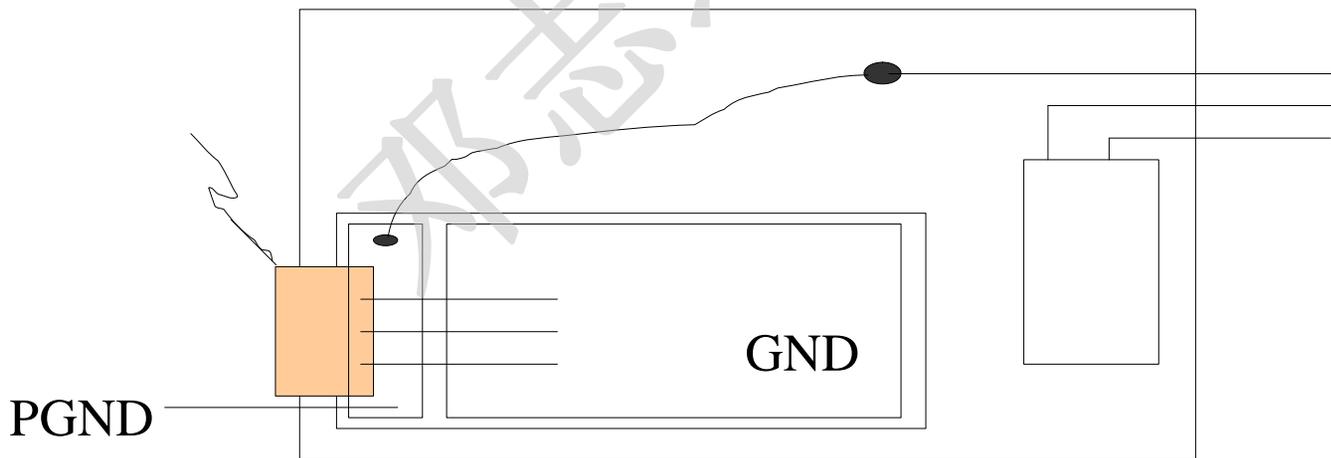
对设备绝缘外壳的空气放电

- 解决此类问题的原则对策是空间隔离；
- 一般来说，在绝缘物体上空气放电是难以放出来的，但是如果附近有金属件，则空气放电会对该金属件放电，所以，解决此类问题的最有效方法是使设备内部的单板和绝缘外壳有足够的距离，特别是绝缘外壳孔缝附近的PCB板必须和结构孔缝保持足够的距离。



对金属连接器的外壳接触放电

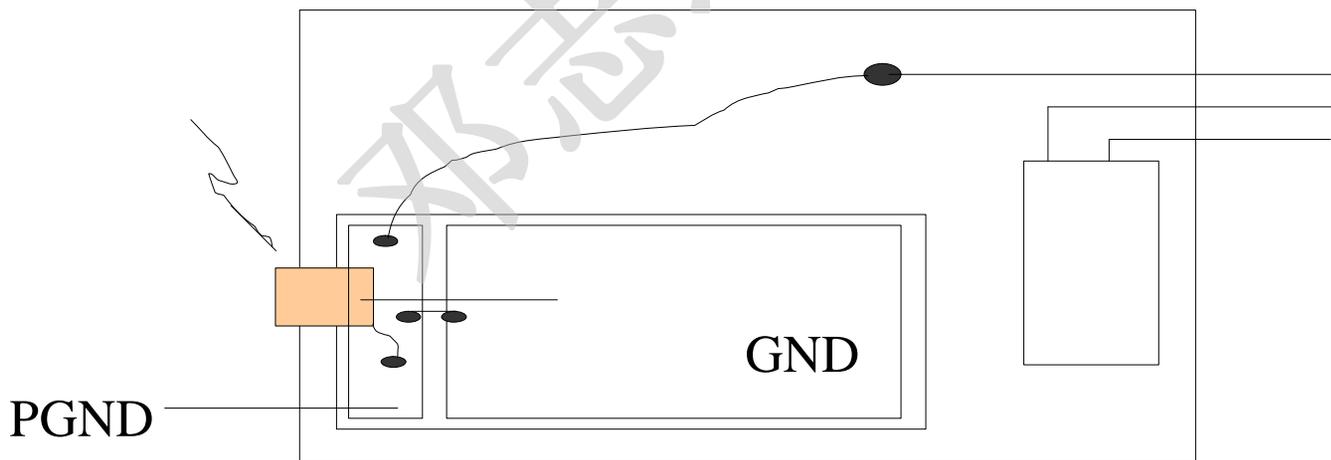
- 分两种情况，一、金属外壳不是该连接器内信号线的回流地（如232串口），如下图，采用的处理方法为：
 - 单板上划分出PGND和GND；
 - 连接器金属外壳接PGND；
 - PGND通过接地电缆接大地；
 - PGND和GND无任何连接；
 - 每根线对PGND接TVS管进行静电脉冲抑制。





对金属连接器的外壳接触放电

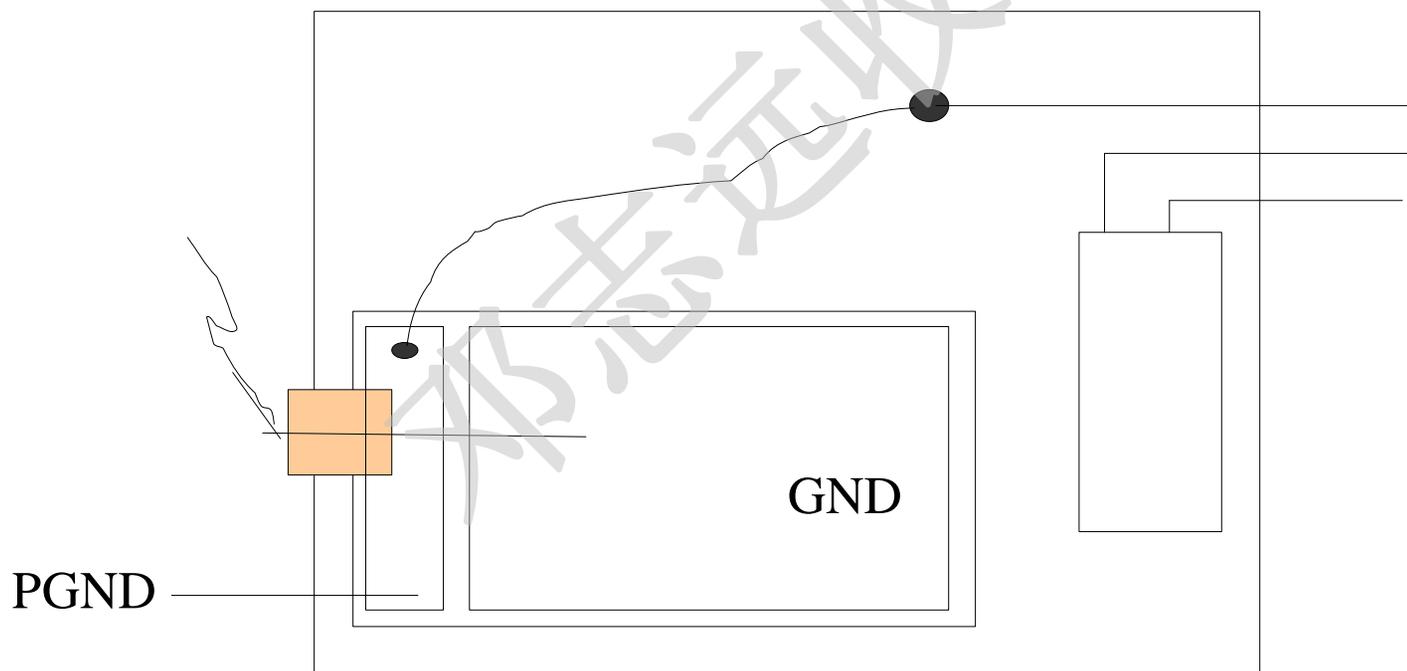
- 二、金属外壳是信号线的回流地线，如音视频端子等，处理方法有：
 - 单板分PGND和GND；
 - 金属外壳接PGND，PGND和GND通过短线和GND相连（或0欧姆电阻）；
 - PGND通过接地线接大地；
 - 信号线对PGND接TVS管进行静电脉冲抑制。





对塑胶连接器的外壳空气放电

- 对塑胶外壳空气放电实验时，静电枪会对连接器的插针放电（因为距离很近），处理方法是：插针所在的信号线对PGND并TVS管进行静电抑制。





对其他部位放电

对复位按钮、拨码开关、键盘、显示屏等部位放电的处理方法同一类设备。



结 束

谢谢!

