



深圳市恒创技术有限公司

EMC 期刊分享 (2020年)

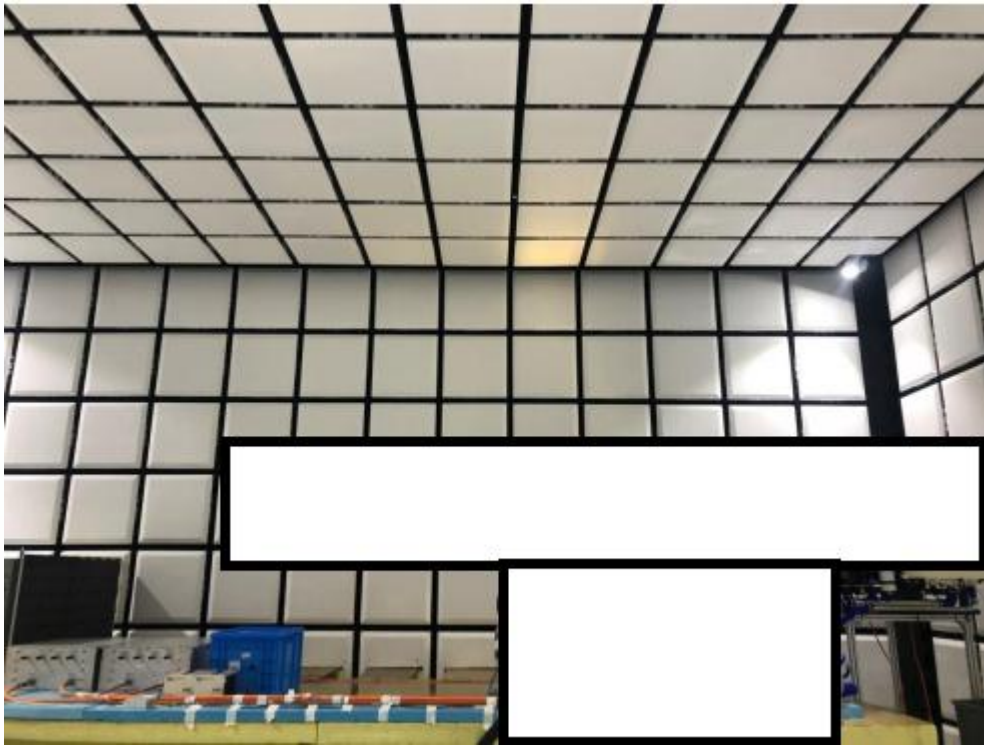
八月第1期 氢燃料发动机辐射发射

氢燃料发动机辐射发射整改案例分享

1. 现象描述

一款氢燃料发动机按 GB18655-2018 LV3 在测试辐射发射时超标，具体要求如下：

1	辐射发射	GB/T 18655-2018附录I.4节规定的试验方法	限值要求满足GB/T 18655-2018中6.5.4节等级三限值要求。	1、交叠频段选择严酷等级限值； 2、GB/T 18655-2018未明确频段的限值按照临近限值直线连接确定，并且要求在限制以下最少3dB。。
---	------	------------------------------	--------------------------------------	---



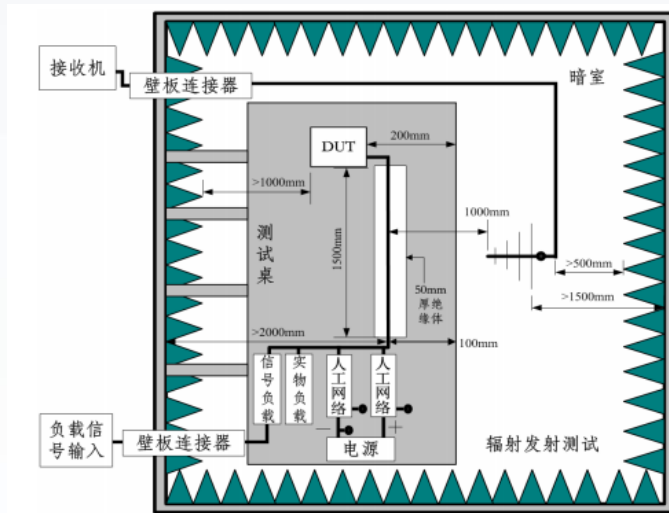
图（1） 氢燃料发动机

2. 辐射发射测试目的

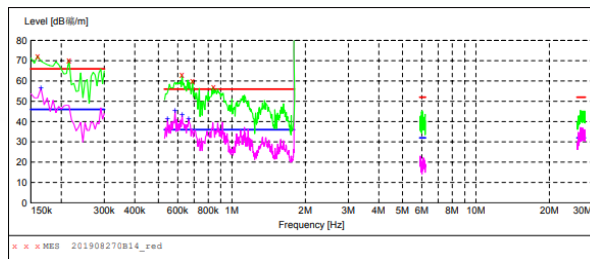
汽车电子、电气零部件的辐射发射测试目的是为了检测汽车内部电子电气部件所产生的辐射发射，包括来自壳体，所有部件，电缆及连接线上的辐射发射。它用来鉴定其辐射是否符合标准要求，以致在正常使用过程中不影响同一环境中（如汽车内部）的其它设备。

根据汽车电子、电气设备辐射骚扰测试标准 CISPR 25(被国内等同采用，对应的国标为 GB18655-2018(用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法)中规定，辐射发射测试主要需要以下设备：

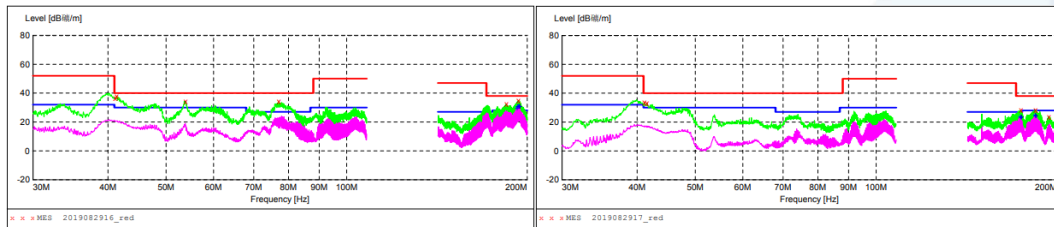
- a、EMI 自动测试控制系统（计算机及软件）
- b、EMI 测试接收机
- c、天线及天线控制单元
- d、半电波暗室
- e、人工电源网络（也叫线性阻抗稳定网络 LISN），在实验室里，人工电源网络用来代替线束的阻抗，以便确定被测设备的工作情况。对人工电源网络的参数有严格的要求，它对不同实验室里测试结果的可比性提供依据



3. 原始测试数据

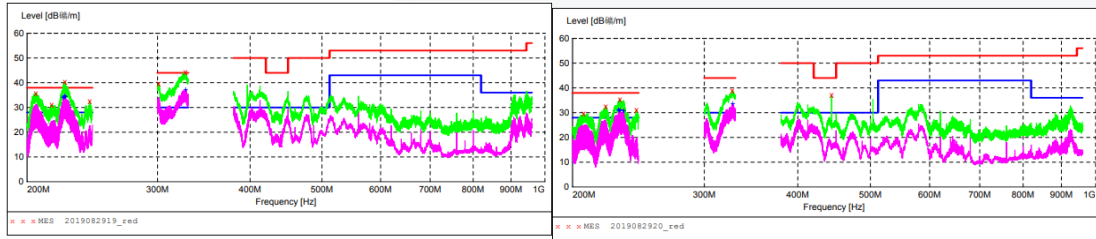


0.15MHz~30MHz



30~200MHz 垂直

30~200MHz 水平



200~1000MHz 垂直

200~1000MHz 水平

注：由于 0.15~1000MHz 每个频段率都超标，摸底测试就暂时没有测试 1000~2500MHz)

4. 定位分析

氢燃料系统是由多个零部件组成，在整改前首先需要整理出每个零部件的作用和工作情况，然后再根据工作原理进行定位；

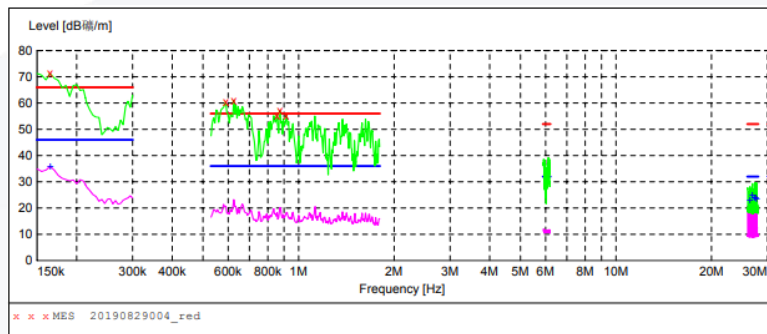
氢燃料电池基本组成零部件

零部件名称	功能
空压机&空压机控制器	燃料发动机提供空气
DCTODC 电源	燃料发动机发出直流电进行升压或降压
水泵	对燃料发动机进行冷却
循环泵	对燃料发动机氢进行循环再利用
氢喷	为燃料发动机提供氢气供应
节温器	用于燃料发动机内部温度调节
旁通阀	用于燃料发动机内部压力调节
节气门	用于燃料发动机内部压力调节
温度传感器	用于内部温度采集
压力传感器	用于内部压力采集
燃料电池控制器	用于燃料发动机系统控制
电堆巡检模块	用于燃料发动机单体采集
高压配电箱	用于燃料发动机系统内部高压配电
配电箱	用于燃料发动机系统高压输出的通断控制和低压配电控制

4.1. 第一步定位

首先不上氢气，手动让空压机工作，定位空压机对辐射发射的影响；

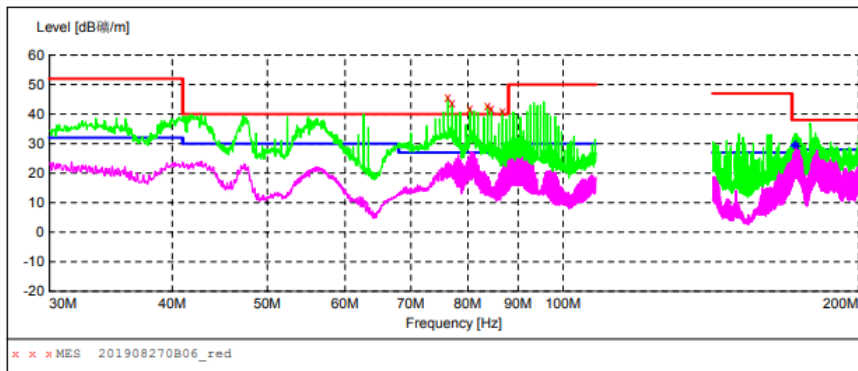
结论：空压机单独工作对 0.15~30MHz 影响较大；



4.2. 第二步定位

不上高压，只上低压，定位低压部件对辐射发射的影响；

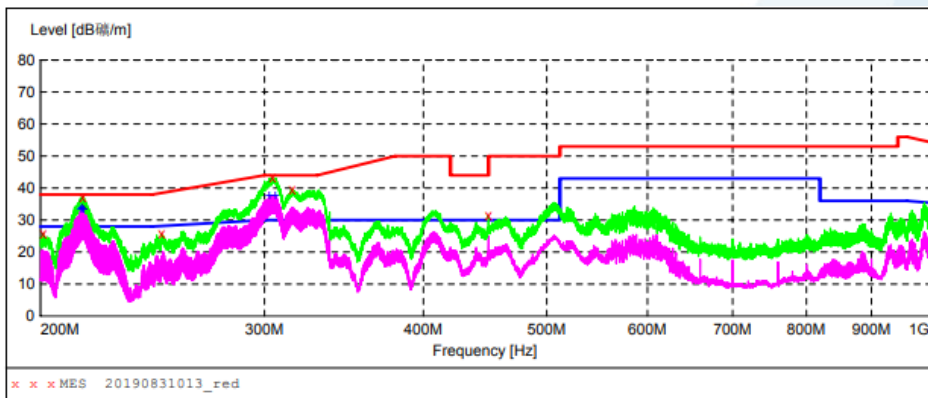
结论：低压部件上电后对 30~200MHz 影响较大；



4.3. 第三步定位

把其他低压部件都断电，只让电池控制器上电，定位电池控制器对辐射发射的影响；

结论：电池控制器工作后对 200~1000MHz 频率段干扰较大；



由于定位步骤太多，此处省略定位步骤，总结各个零部件对辐射发射的影响；

零部件名称	功能
空压机&空压机控制器	影响辐射发射 0.15~200MHz 频率段，而且是整个包络超标
DCTODC 电源	影响辐射发射 0.15~200MHz 频率段
水泵	影响辐射发射 30~100MHz 频率段
循环泵	无影响
氢喷	无影响
节温器	无影响
旁通阀	无影响
节气门	影响辐射发射 30~1000MHz 频率段
温度传感器	无影响
压力传感器	无影响
ECU 控制器	影响辐射发射 30~200MHz 频率段
电堆巡检模块	影响辐射发射 30~1000MHz
高压配电箱	无影响
配电箱	无影响

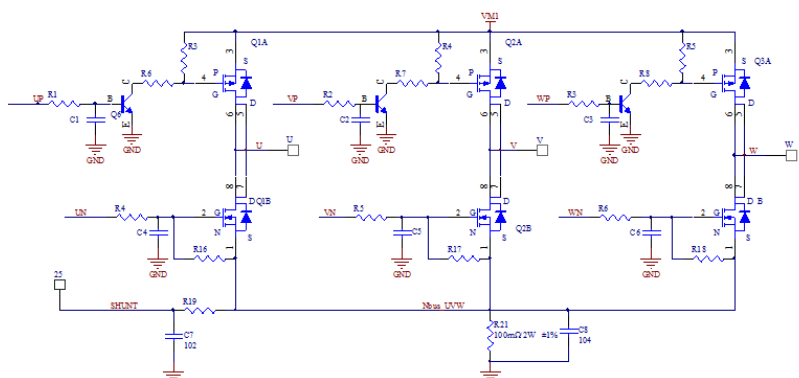
5. 整改方案

5.1. 空压机@空压机控制器

U、V、W 驱动信号增加 RC 滤波电路，减缓上升沿时间减小辐射；

电流采样增加高频滤波电容 C7、C8；

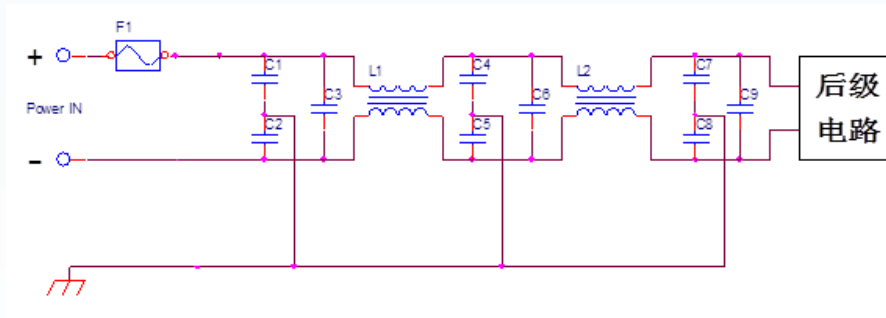
- RC 滤波电路一般选取 1nF 和 100 欧姆；
- C7、C8 选取大小容值配合，典型取值为 0.1uF+0.47uF；



5.2. DC TO DC 电源

DC 输入接口滤波设计要点

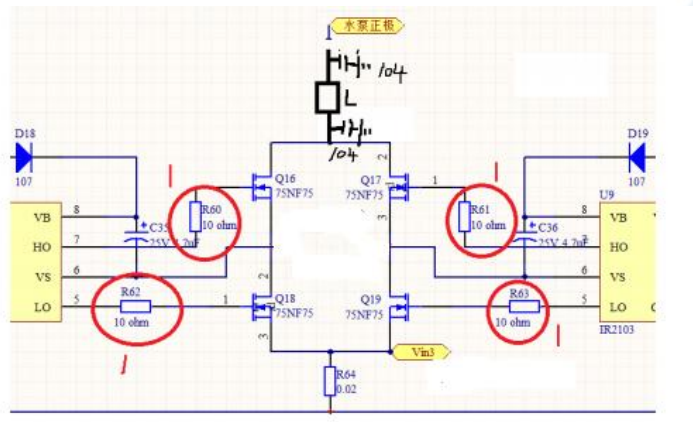
- L1、C1、C2、C3 组成第一级滤波电路。C1 为差模滤波电容，主要滤除差模干扰，C2、C3 为共模滤波电容，为共模干扰提供低阻抗回路，L1 为共模滤波电感，对共模干扰进行抑制；
- L2、C4、C5、C6、C7、C8、C9 组成第二级滤波电路，C6、C9 为差模滤波电容，主要滤除差模干扰，C4、C5、C7、C8 为共模滤波电容，为共模干扰提供低阻抗回路，L2 为共模滤波电感，对共模干扰进行抑制；



5.3. 水泵

调整水泵输出 MOS 的驱动电阻 R60-R63 为 100 欧姆

对 Q16、Q17 两个 MOS 的水泵正极引脚增加滤波, L 为 56uH 差模电感, 电容为 104 电容

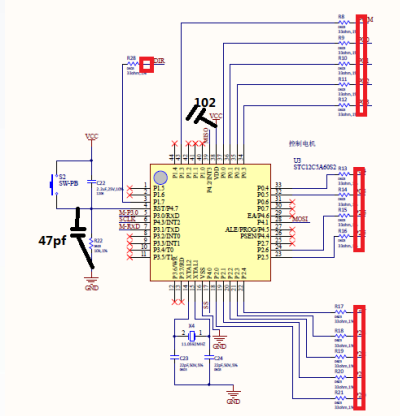


5.4. 节气门

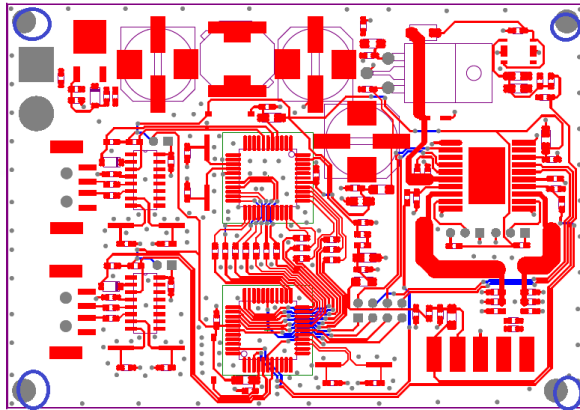
【问题描述】U3 芯片干扰大，电源和信号未增加滤波，对外辐射严重。

【问题改善建议】

1. 在芯片 VCC 引脚增加 102 高频电容滤波。
2. 此红色框部分的信号对地增加 47pF 电容滤波。
3. 对 RST 信号增加对地 47pf 电容滤波。

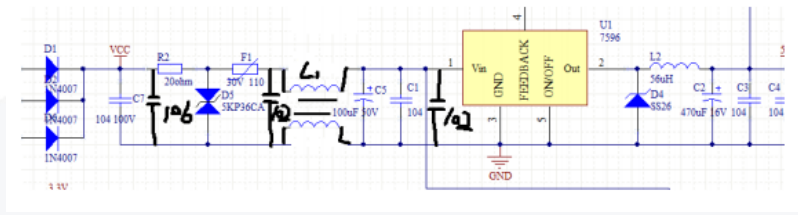


1. 对金属外壳更改为上下盖结构，拉开盖子即可安装 PCB。
2. 对 PCB 四角增加螺丝固定口位置，金属外壳在同样对应位置打孔与 PCB 板固定。

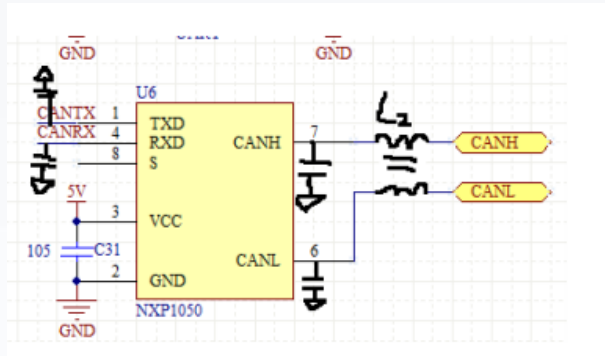


5.5. ECU 控制器

- 1、电源输入需要把 L1 差模电感换为共模电感；
- 2、在 L1 左右两边需要增加差模滤波电容，与 L1 型成 PAI 型波，滤波值 $104+106+102+L+100UF+104+102$
- 3、在每一个芯片的电源输入，都需要靠近芯片的位置增加 104 滤波电容

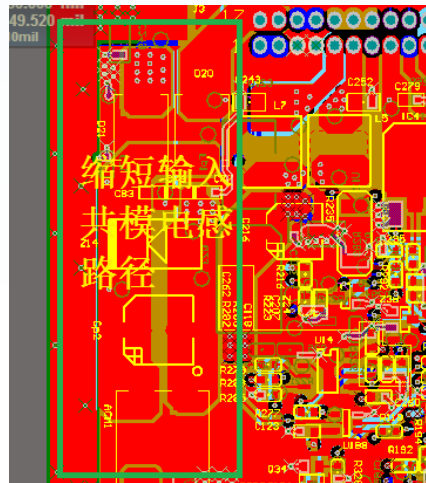


CAN 信号增加共模电感和电容，同时 CANTX、CANRX 增加 100PF 电容



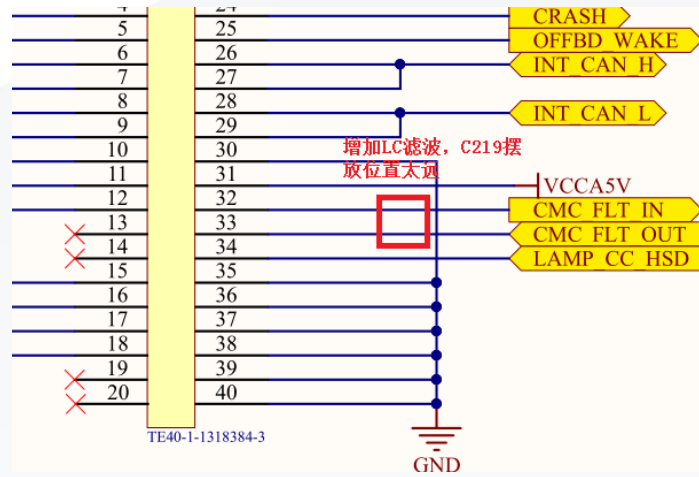
【问题描述】电源布局将共模电感布置到离接口太远，这样容易造成电源线串扰

【问题改善建议】将防反二极管和接口滤波电容移到 BOTTOM 层，将共模电感往接口位置移动，减小共模电感前端的路径；



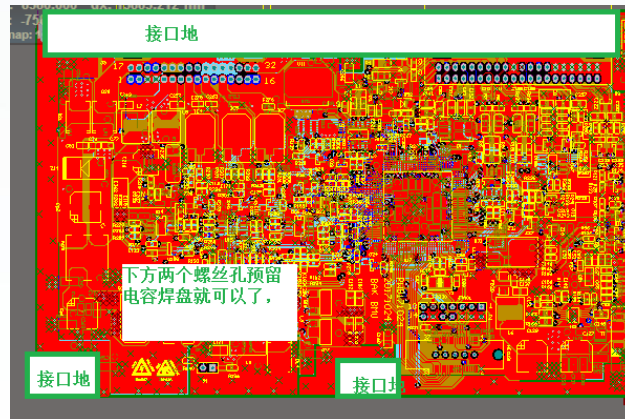
5.6. 电堆巡检模块

1、在 FLT 信号（32 33）管脚增加 LC 滤波电路，L 选用磁珠，磁珠阻抗为 120Ω@100MHz，电路有电容，但是 C219 摆放离接口较远，LAYOUT 就近摆放；



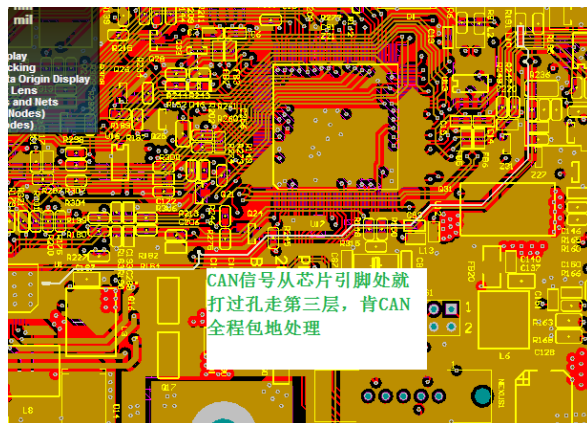
2、【问题描述】分地较为分散，从而造成部分信号的回流面积增大，导致发射类超标

【问题改善建议】除高压外，低压部分只分接口地和信号地两种（六层板都要同时分）接口地预留电容与信号地连接；



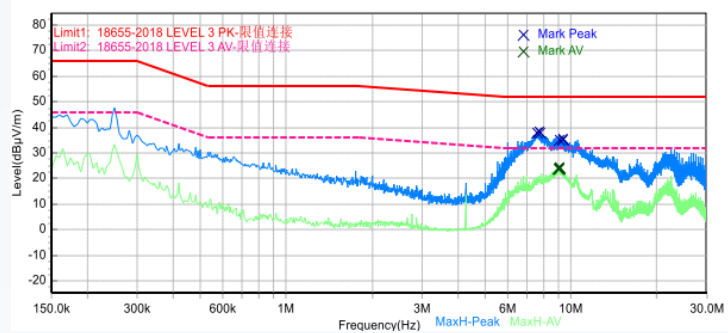
3、【问题描述】CAN 信号走线不合理，容易引起 CAN 信号受干扰；

【问题改善建议】CAN 信号尽量不要过孔穿层，若要过孔在靠近芯片或接口就近穿层，并走线至离 GND 层最近的层，CAN 线需要全程包地；（所有的 CAN 都要这样注意）

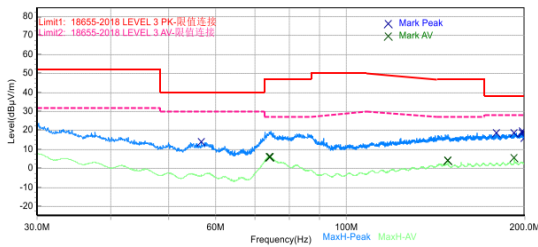


6. 整改设计后数据

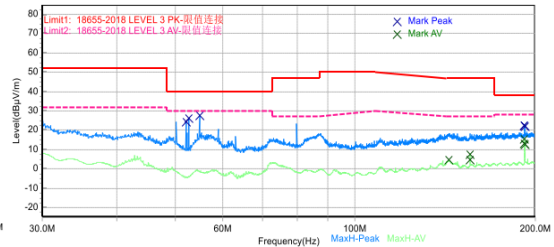
经过以上整改和方案调整后，辐射发射检测数据符合法规标准；



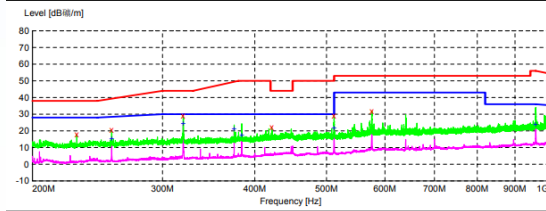
0.15-30MHz



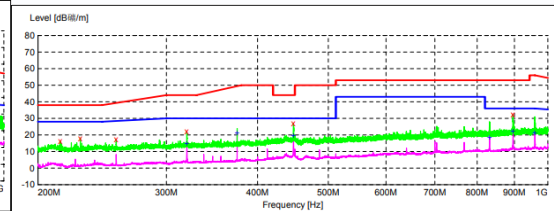
30~200MHz 水平



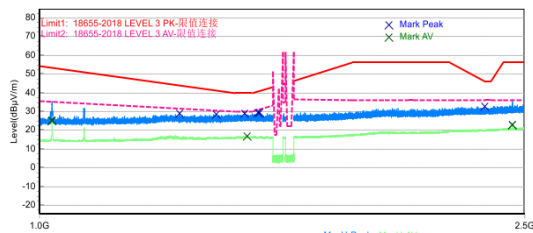
30~200MHz 垂直



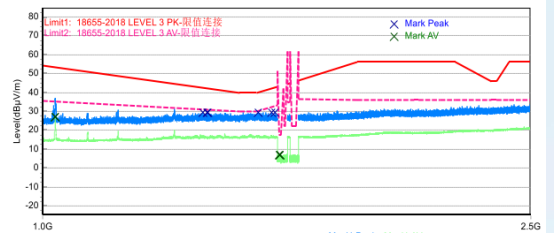
200~1000MHz 水平



200~1000MHz 垂直



1000~2500MHz 水平



1000~2500MHz 垂直

7. 总结

1. 对较复杂的系统，前期定位时，针对每个单元部件及系统定位出干扰频率段，以利于后续整改细化；

2. 对于传输距离较长的电源线或易受干扰的信号线和有平行布线的差分信号线时, 建议串上共模电感进行抑制;
3. 电感与电容都是滤波抑制器件, 但特性各有不同, 如何选用取决于电感与电容组成的 LC 电路两端的阻抗, 即源阻抗与负载阻抗;
4. 在多层板, 信号线通过地平面作为信号线的回流平面, 不能跨地分割布线, 以免增加信号环路的面积。

感谢您对恒创技术的支持, 敬请期待下一期;



恒创公众号



恒创订阅号

深圳市恒创技术有限公司——您的电磁兼容伙伴
公司地址: 深圳市宝安区黄田工业城中信宝光电产业园 A5 栋 102
联系邮箱: create@hc-emc.com
公司网址: www.hc-emc.com
电话: 0755-27082789\27083789 转 810
传真: 0755-27325566-804