



深圳市恒创技术有限公司

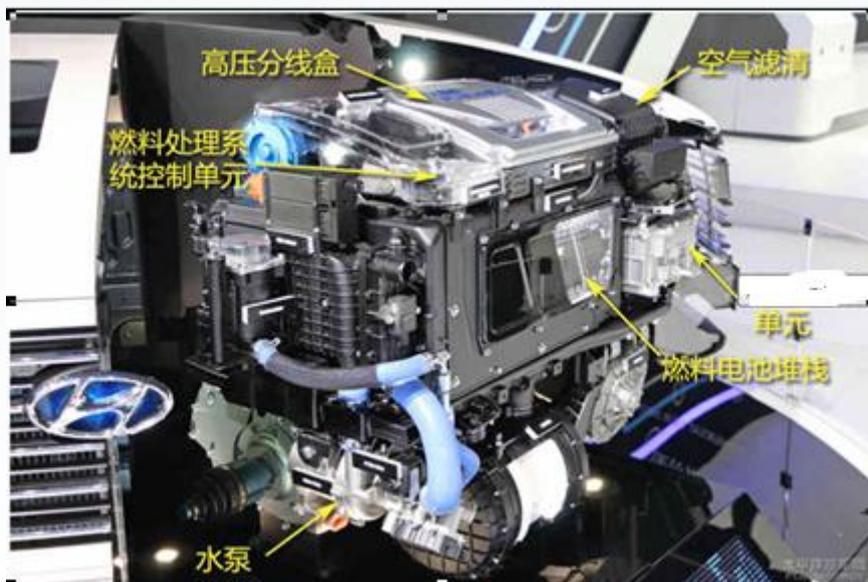
EMC 期刊分享 (2020年)

三月第1期 氢燃料电池发动机电磁兼容整改

氢燃料电池发动机传导发射整改案例

1. 现象描述

随着新能源汽车的发展，结合氢能源具有燃烧热值高、发电效率高、清洁无污染等特点，越来越多的应用到汽车上，但由于氢能源系统的复杂性，在进行电磁兼容测试时，有较多测试项目不合格，结合整改经验对氢能源电池传导发射整改进行分享。



图（1） 氢燃料电池发动机

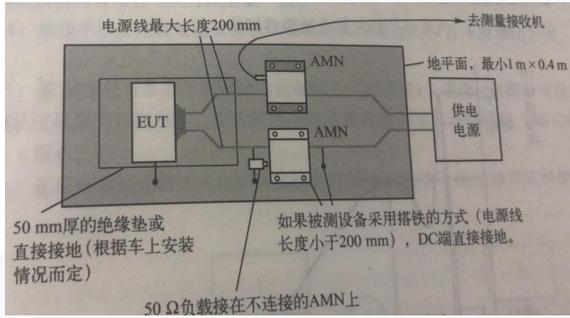
2. 传导测试要求

| 序号 | 测试项目 | 备注 |
|----|------|--|
| 1 | 传导发射 | 高压部分： 电压法限值要求满足GB/T 18655-2018中I.2.3节表I.1等级三限值要求； 电流法限值要求满足GB/T 18655-2018中6.4.3节等级三限值要求； 电压法限值要求满足GB/T 18655-2018中6.3.4节等级三限值要求。 |

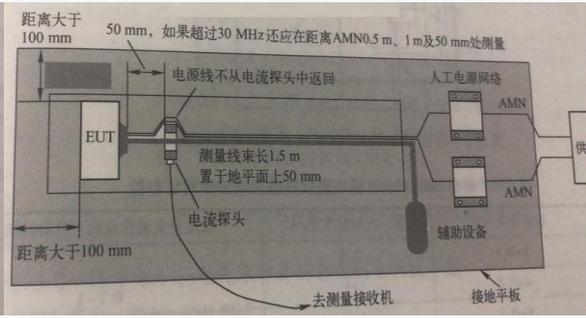
3. 传导测试目的

汽车零部件的传导骚扰测试是为了衡量汽车零部件从电源端口、信号端口向汽车内部电网或信号网络传输的骚扰；传导电压法实质也可以理解为流过 LISN 内部 50 欧姆阻抗电流的大小；传导电流法是利用流过导体的电流产生的磁场被另一个线圈感应的原理进行测试信

号线上的传导骚扰：



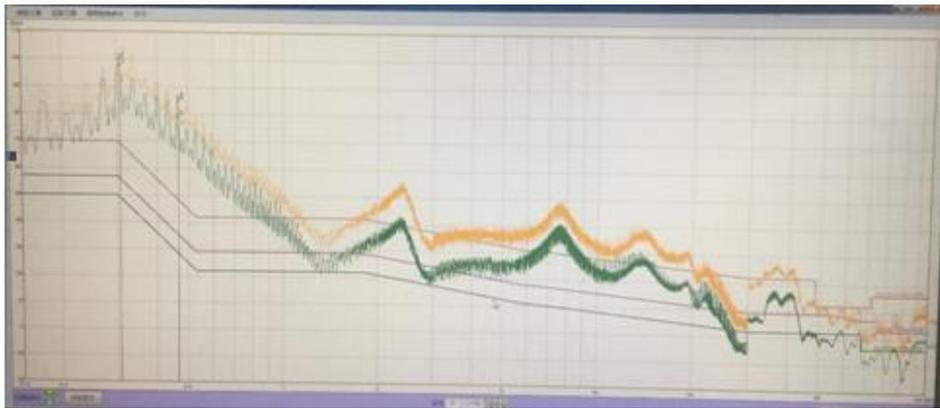
传导电压法测试配置图



传导电流法测试配置图

4. 原始测试数据

由于氢气属于易燃易爆气体，在进行摸底测试前，恒创技术与客户之间进行了多方面安全交流后，在确保安全的前提下进行摸底测试，发现传导发射电流法、传导发射电压法均存在超标现象：



传导发射电流法（低压）50mm



传导发射电压法(低压)+

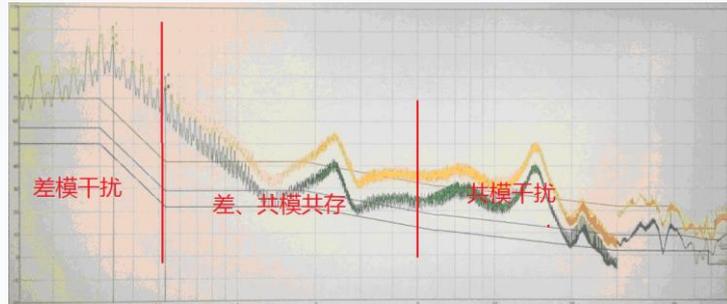
5. 问题分析

根据传导测试目的和工作中经验总结，影响传导发射的无非是差模干扰和共模干扰两种干扰模式，将这两种干扰模式大致归类的频率段如下：

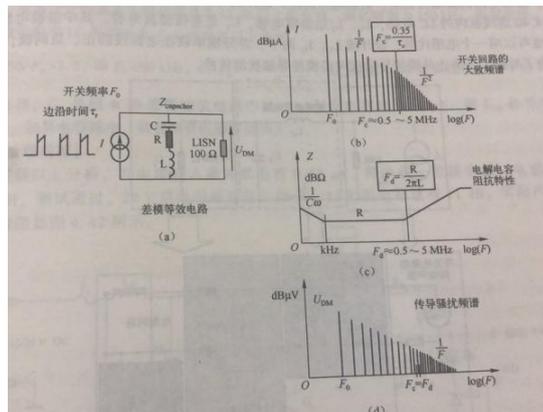
0.15~0.5MHz 为差模干扰为主

0.5~5.0MHz 为差模、共模干扰共存

5~108MHz 为共模干扰为主



从上图分析差模干扰主要跟燃料电池内部开关电源的 PWM 工作时产生的倍频谐波有较大的关系（通过用 PWM 的工作频率去除以超标频率得到的整数倍，而且超标频点又是单支超标）；在 PWM 进行开关时，会在电源输入线上产生一个 di/dt 的周期电流信号，当 di/dt 周期电流信号经过开关电源的储能电容时，电容两端就会因为 ESL 和 ESR 产生的电压降，在开关电源滤波电路没有达到滤波的情况下，这个电压降就是电源端口的差模传导骚扰。

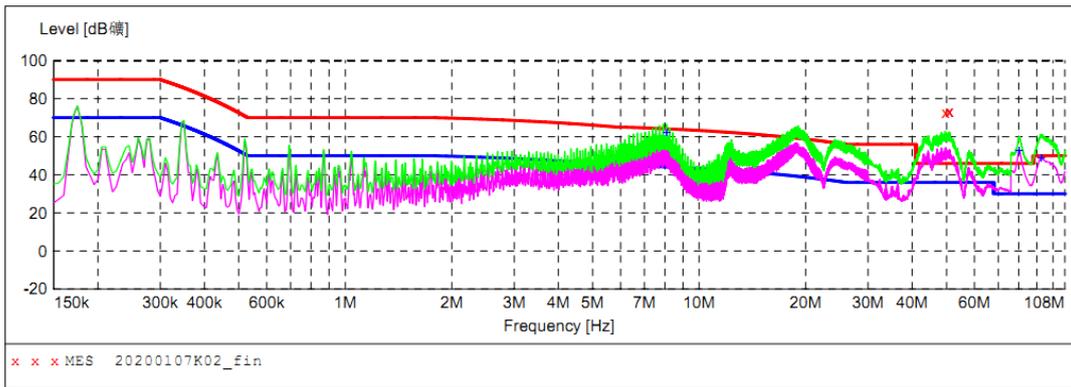


差模传导骚扰产生的原理及频率与幅度关系

对于氢燃料电池这种复杂的产品中的共模干扰定位是比较复杂，有控制器本身的干扰、线束耦合的干扰以及共地的干扰等等，在分析和解决时，还得遵循电磁兼容的三要素进行排除。

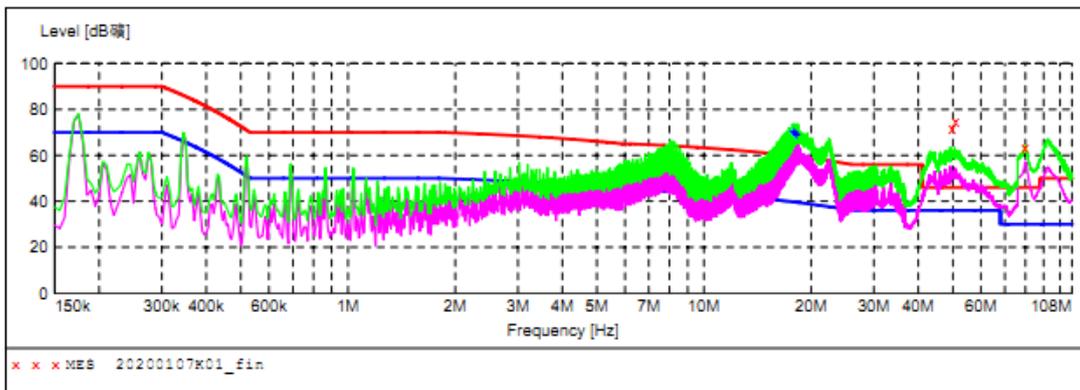
定位 1：不上高压，只让低压部件工作，验证高压部件对低压传导发射的影响。

结论：不上高压，只让低压部件工作，传导整频段都有所下降。



定位 2: 在定位 1 的基础上, 去掉其它低压部件的供电, 只留主控制器工作。

结论: 只留主控制器工作测试数据与定位 1 的数据相同, 说明主控影响较大。



由于定位工作烦琐, 定位数据较多, 经过定位, 将氢燃料电池中影响传导发射各个部件的干扰点进行汇总:

| 零部件名称 | 功能 | 干扰情况 |
|------------|----------------|-------------------|
| 空压机&空压机控制器 | 对燃料电池发动机提供空气 | 影响传导发射电压法与电流法整个频段 |
| 燃料电池控制器 | 用于燃料电池系统控制 | 影响传导发射电压法与电流法整个频段 |
| 高压配电箱 | 用于燃料电池系统内部高压配电 | 耦合干扰使 50MHz 包络超标 |

6. 问题解决

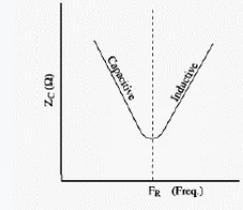
6.1. 问题 1 分析验证

为切断干扰路径, 需要在低压接口处增加一个滤波器进行滤波, 滤波器除了安装需要靠接口安装和接地外, 还需对内部的电容和电感进行设计。

电容：

电容通常用于总线的去耦、滤波、旁路和稳压，有自谐振频率下，电容保持电容性。在自谐振频率以上，电容则呈现电压性，在选择电容容量可以用以下公式以及参考电容的谐振频率点：

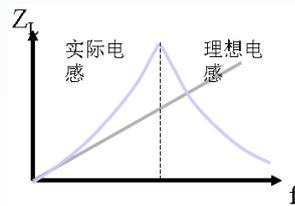
$$X_C = 1/2\pi fC$$



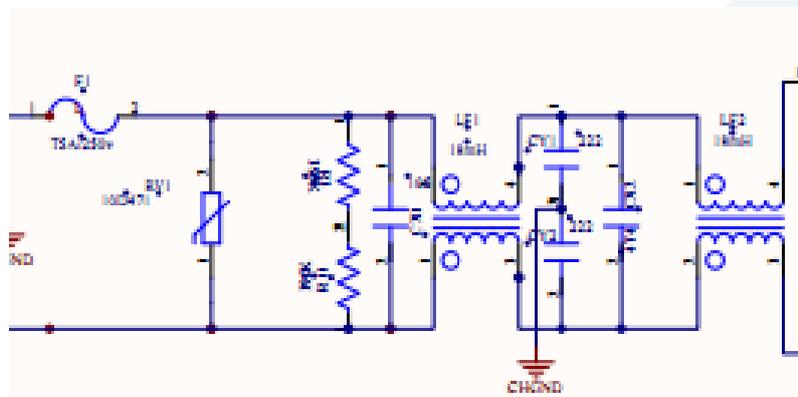
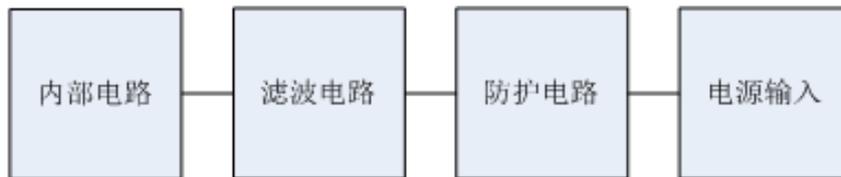
电感：

电感也是常用来控制传导发射的重要器件，随便频率的增高，电感的感抗线性增加，在选择电感的感抗扰可以用以下公式以及参考电感的谐振频率点来进行选型：

$$X_L = 2\pi fL$$



经过计算，将滤波器内部电路设计如下：

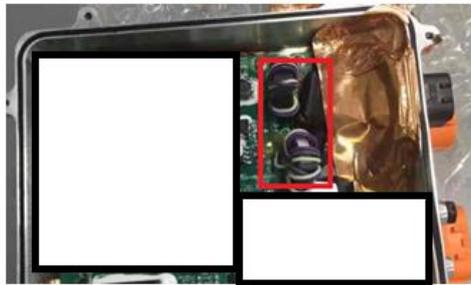




6.2. 问题 2 分析验证

针对空压机&空压机控制器对传导干扰影响用频谱仪进行近场定位分析时，发现主要通过低压接口对外进行对外传输干扰；针对空压机&空压机控制器做如下整改：

- a、在低压输入滤波板与主板连接线上增加磁环，并绕线三圈；



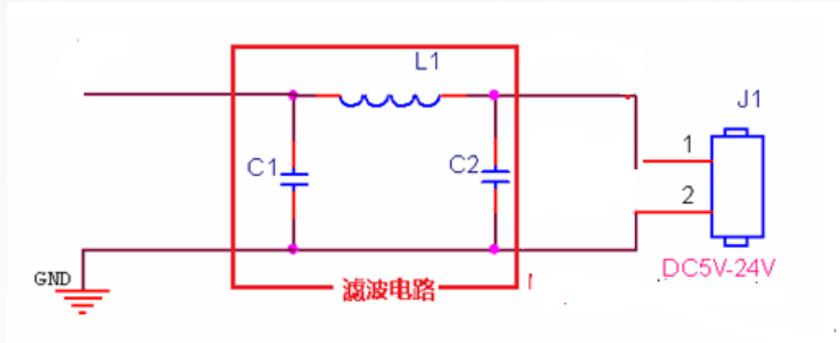
- b、为解决干扰信号从低压接口向外干扰，需要在低压接口处增加一个屏蔽罩进行隔离（由于开模原因，临时措施用铜箔进行隔离）；



6.3. 问题 3 分析验证

针对燃料电池控制器电源接口增加滤波电路

24V 转 12V 开关电源输出滤波按以下设计：



C1、C2、L1 组成 π 型滤波，C1、C2 为干扰提供低阻抗回路，L1 能够抑制干扰；

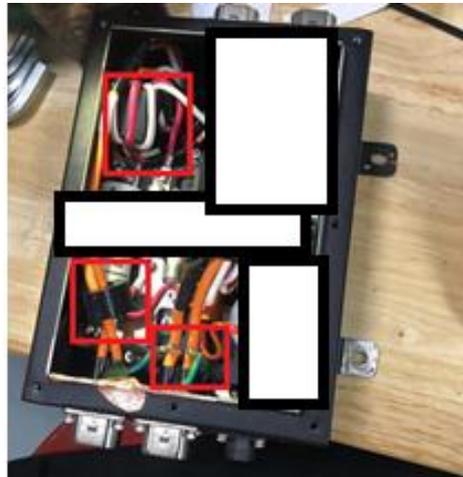
L1 为滤波多孔珠，多孔珠在选取时注意通流量要符合电路的要求；推荐型号为 B5H FK2018-471H60T；

C1、C2 为滤波电容，容值范围为 100pF-10uF，典型值选取 1uF。

6.4. 问题 4 分析验证

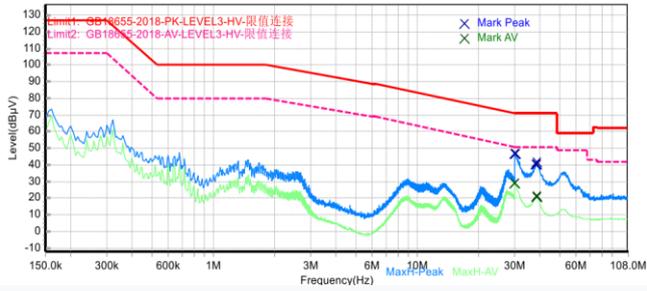
高压配电箱内部除了保险丝外没有其他的有源器件，所以配电箱本身是没有干扰，但是由于配电箱内部的连接线缆全都绑扎在一起，导致线与线之间产生耦合干扰，同时由于配电箱外壳防氧化处理后，与主机架搭接阻抗增大，针对以上问题对配电箱做如下整改：

为解决传导电流法 50MHz 包络干扰，在高压配电箱内部输入，输出线增加磁环，并绕线三圈，在输入端对地增加 10nF 高压电容对地。

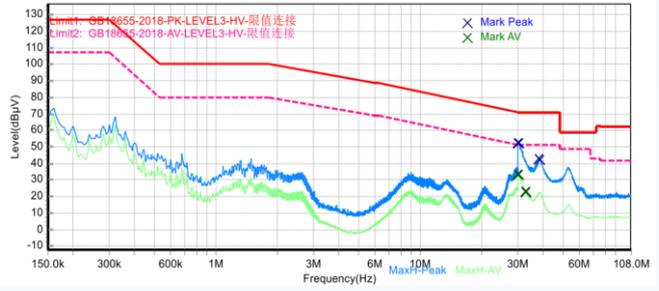


7. 整改设计后数据

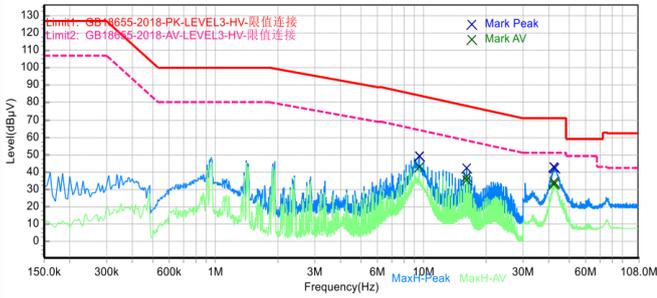
经过以上整改和方案调整后，传导发射检测数据符合法规标准；



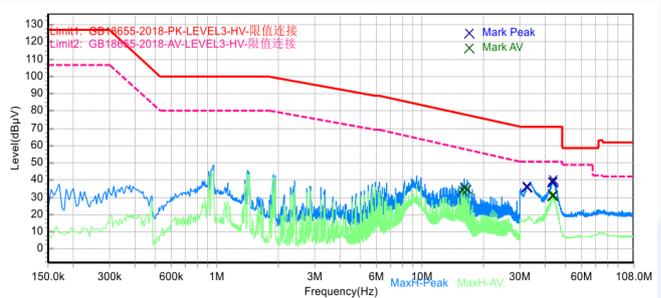
高压输入电压法 (+)



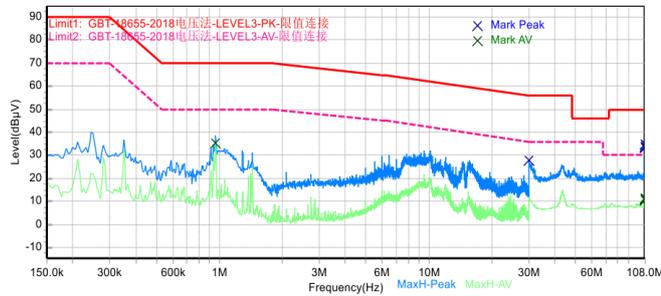
高压输入电压法 (-)



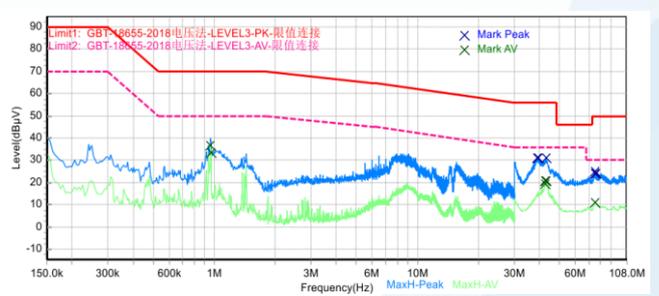
高压输出电压法 (+)



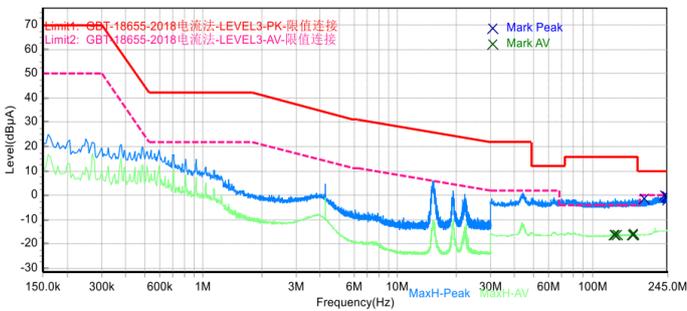
高压输出电压法 (-)



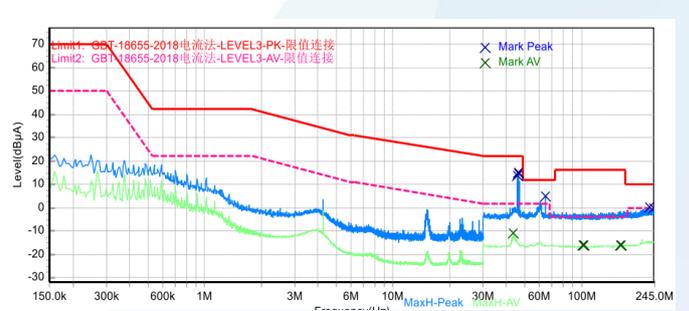
低压输入电压法 (+)



低压输入电压法 (-)



低压输入电流法 (50mm)



低压输入电流法 (750mm)

8. 总结

- 1) 测试氢能源电池发动机时，安全知识及防护是测试的重中之重，包括氢气的置换、排放、检漏等；
- 2) 复杂的系统遇到问题一定按 EMC 三大要素进行定位，缩小干扰范围进行解决；
- 3) 氢能源系统在设计布线时，就需要考虑到线与线之间有耦合和串扰问题；
- 4) 氢能源系统由于低压供电走线关系，在设计时需要考虑在输入端增加滤波器件。

感谢您对恒创技术的支持，敬请期待下一期；



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：flora@hc-emc.com

公司网址：www.hc-emc.com

电话：0755-27082789\27083789 转 808

传真：0755-27325566-804