

ICSC 2019

Core Competence Enhanced by MBD



IDAJ CAE Solution Conference

汽车电池防护电路板的电磁兼容仿真设计

天津力神电池股份有限公司

马卉妍

项目背景

该项目为天津力神某锂电池产品，其电池防护系统电路板多次改板未能通过EMC测试，测试也没法定位EMC问题的根因，故寻求通过电磁场仿真手段协助解决该项目问题。

产品概述

该保护系统主要是用来防止锂电池出现过流，对电池进行输出保护，延长电池使用寿命，监控电池状态等。

该项目需通过GJB151B-2013 EMC测试RE101、RE102、RS101、RS103标准。

项目难点

如下表所示，RS103标准要求测试频带范围非常宽（10KHz-40GHz），要全频带通过RS103标准测试，设计难度较大。

产品在1GHz以下，1GHz-2GHz，2GHz-3.6GHz有多个频点不满足RS103标准。该项目组已经过数次改版和EMC测试，但都未通过RS103全频带测试。

| RS103技术要求 | | |
|--|-------------|--------------|
| EUT适用平台 | 频率范围 | 电场强度极限值(V/m) |
| 陆军地面 | 10KHz~40GHz | 200 |
| 备注：1.电池通过负载处于放电状态中，放电电流为2A 2.依据GJB151B-2013标准要求，对于水平极化，10KHz~30MHz 不适用 | | |

项目解决方案

1、测试数据分析

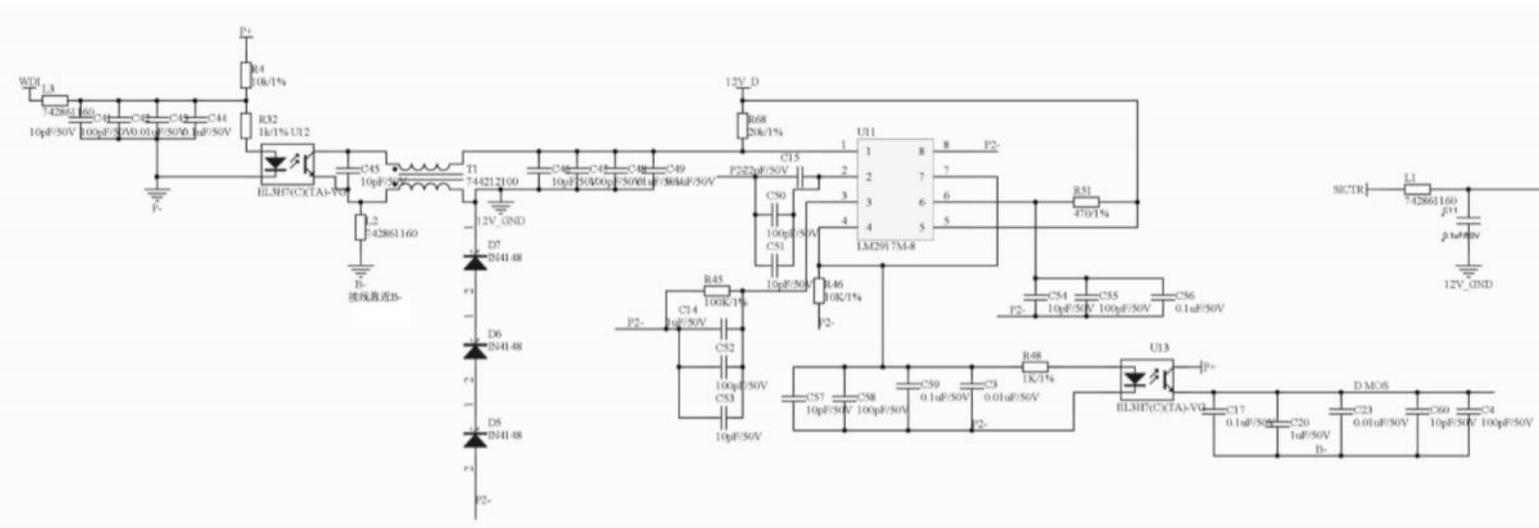
整改前多次改版的RS103 200伏米测试情况：209MHz-270MHz测试不过；1.2GHz以上多个频段测试不过。问题反复出现，改版效果不明显，始终无法通过RS103全频段测试。

项目解决方案

2、干扰原理分析

根据保护系统原理，检测和控制保护电路开启和关断的开关信号WDI电路，及其相关的电源供电、参考地最容易受到干扰，且是电池输出保护电路的关键电路。其他的功率回路上大电流电平信号不易受到干扰。

故重点分析对象锁定WDI开关信号相关电路。

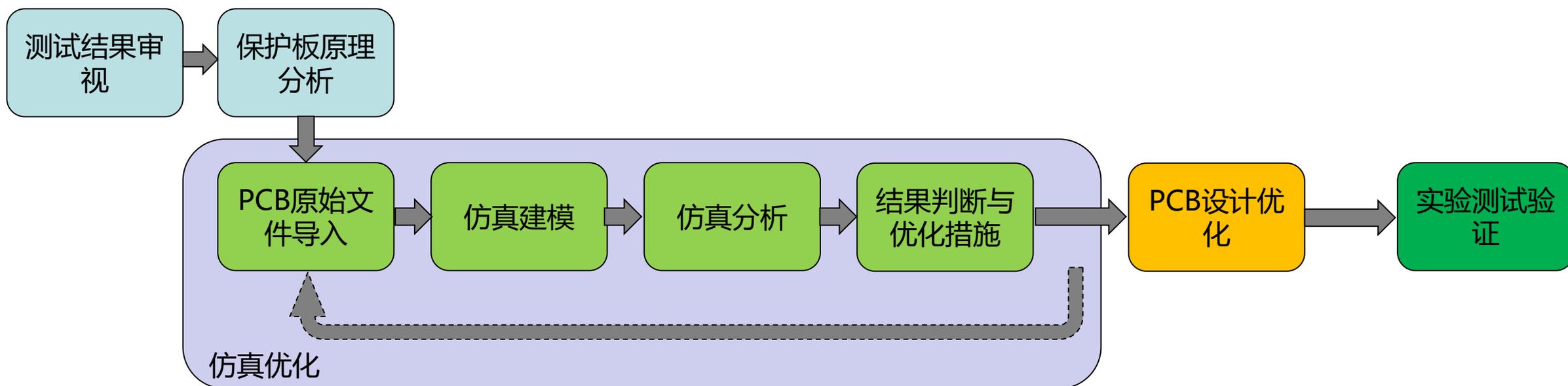


项目解决方案

3、整改方案

3.1 仿真分析流程

结合原理分析、测试结果分析，通过仿真分析及优化，在仿真软件中模拟对比优化前后的测试结果，达到定位根因及优化措施的目的。

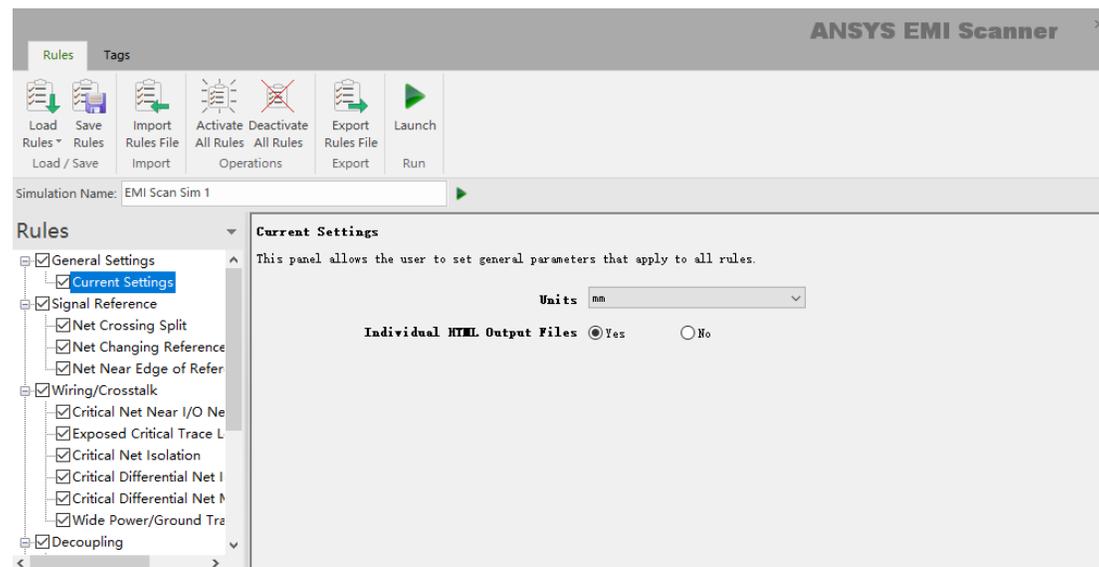


项目解决方案

3.2 仿真分析

本次整改采用ANSYS公司专门针对电路板电磁场分析工具SIwave，该软件具有仿真精度高、与第三方PCB设计工具结合好、分析速度快等特点，非常适合该项目EMC问题的改进优化分析。

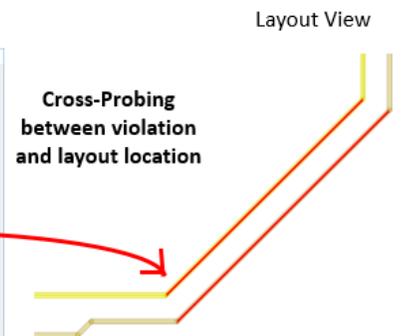
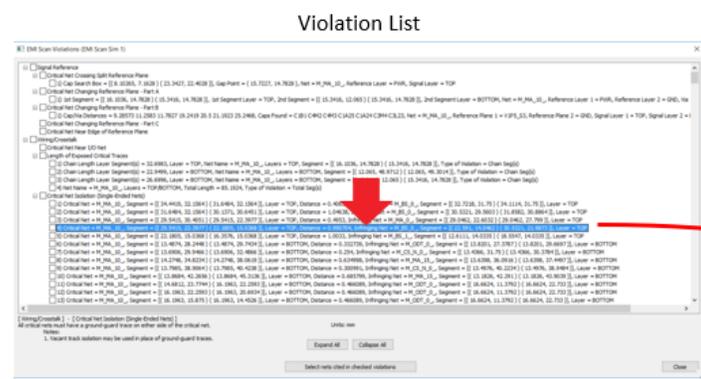
SIwave导入整改前的保护系统PCB，首先利用SIwave内置的EMC规则管理器对该PCB布局布线进行仿真扫描，得到该PCB布局布线上关于信号完整性/电源完整性/电磁兼容方面的风险点。



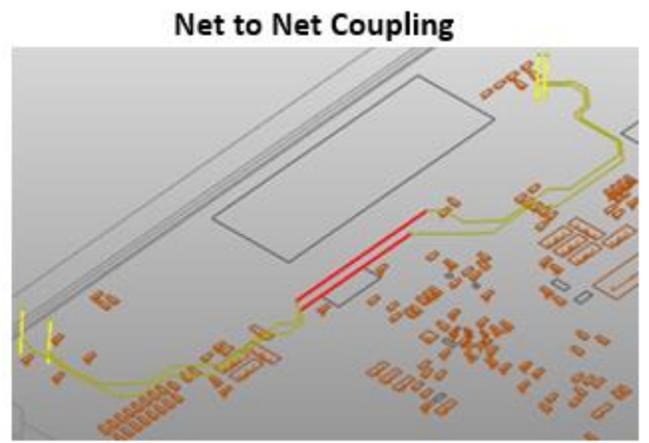
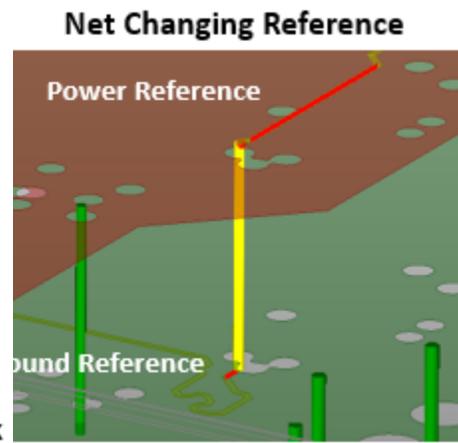
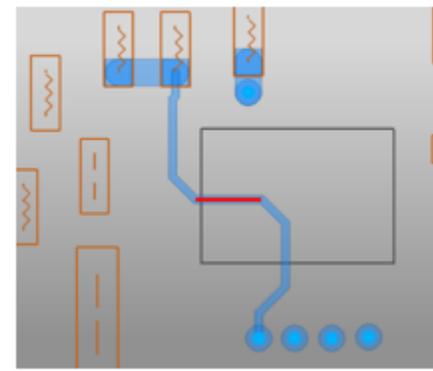
项目解决方案

3.2 仿真分析

根据信号完整性/电源完整性/EMC通用规则，对仿真得到的风险清单逐个进行排查标记，做好优化前准备工作。



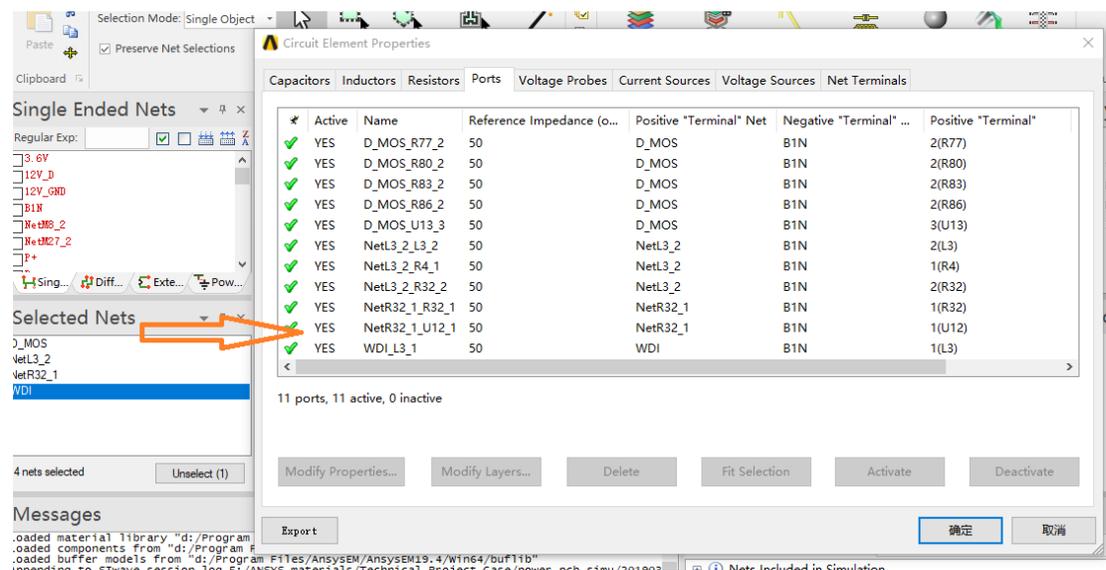
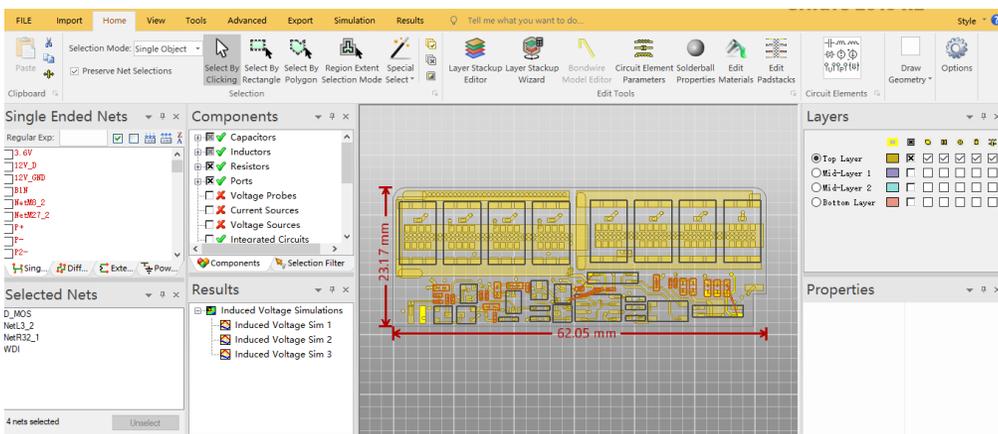
Wide Power/Ground Trace Check



项目解决方案

3.2 仿真分析

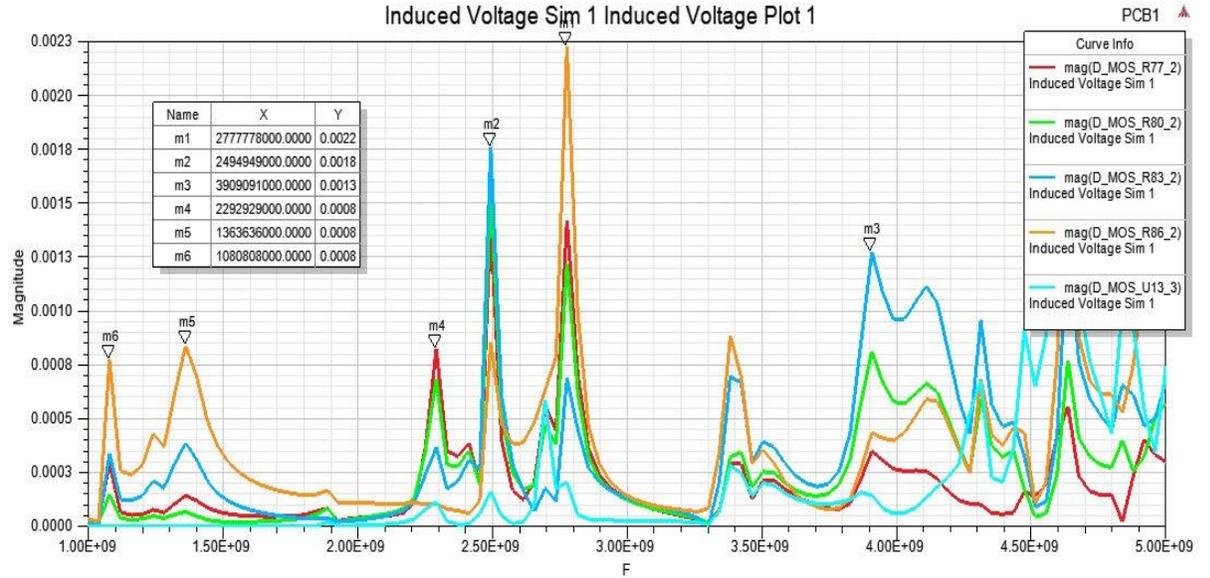
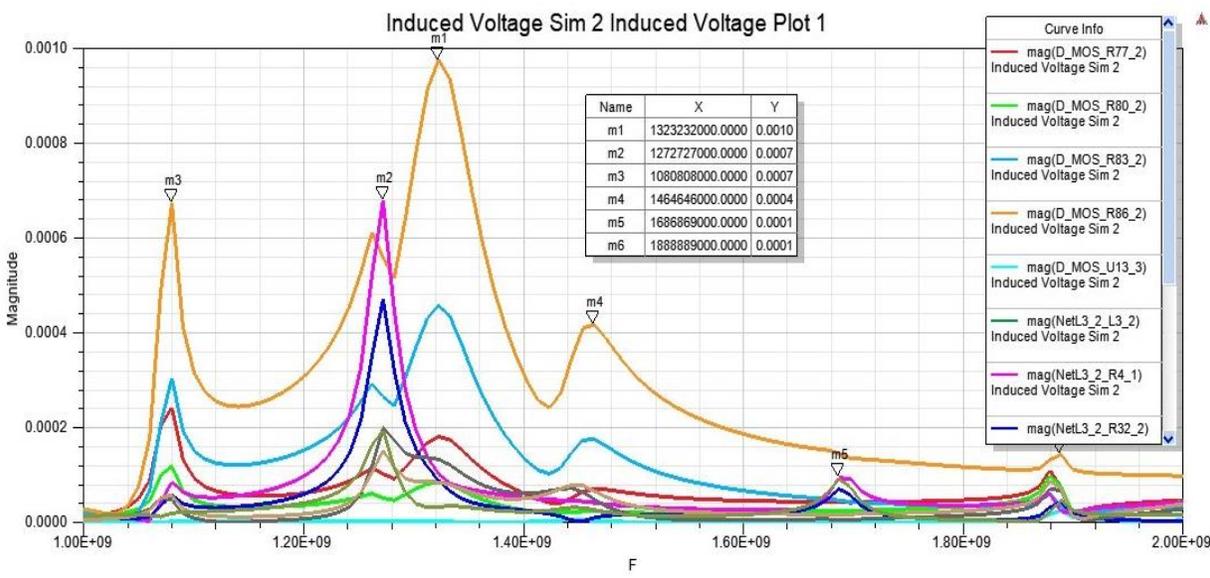
然后对WDI信号敏感电路进行电磁敏感度分析，选中WDI信号敏感电路网络，并对相应网络设置仿真端口进行仿真。



项目解决方案

3.2 仿真分析

仿真得到分析频谱图，从频谱图中可以看到，在某些频点上，受干扰幅值较大出现尖峰，说明在该频点保护板易受到干扰攻击（以下展示了RS103测试不过频点最多的两段，横轴为频率，纵轴为受干扰幅度值）。



项目解决方案

3.3保护系统电路板改板优化

经过仿真分析，得出保护系统电路板的EMC风险点如下。

- 1、关键信号参考地不完整；
- 2、关键信号走线阻抗一致性不好；
- 3、关键信号电源滤波措施不够好；
- 4、关键信号走线太长，容易受到干扰；
- 5、其他无关网络信号与关键信号太近，相互干扰；
- 6、关键信号暴露在EMC测试敏感面；

项目解决方案

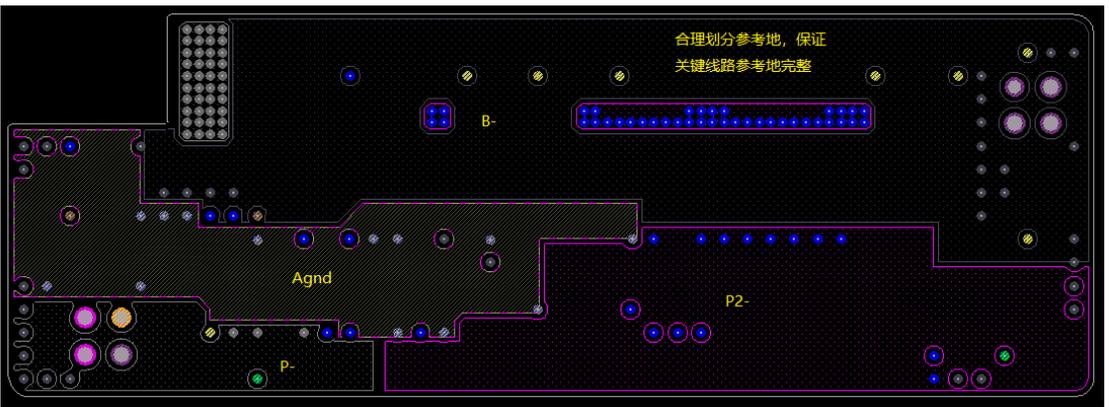
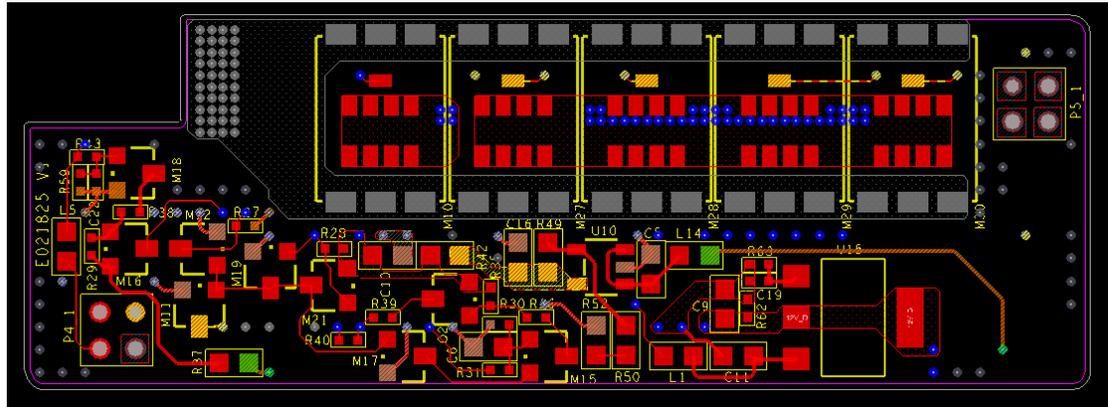
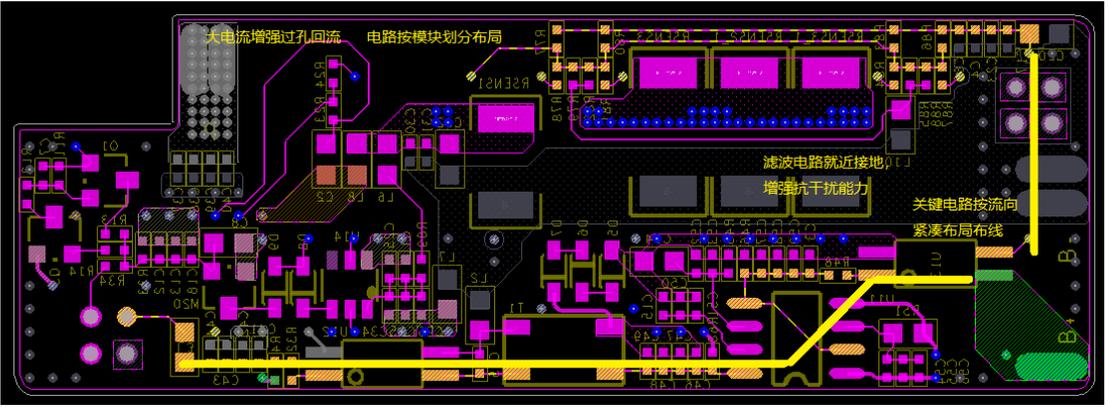
3.3保护系统电路板改板优化

经过多次设计优化，反复调整设计，及优化前后仿真结果对比，最终确定PCB改板关键优化点如下。

- 1、层数增加到6层，关键信号保障完整参考地，对关键信号进行隔离；
- 2、WDI、DMOS关键链路布局到B面，朝内，进一步减少外界干扰；
- 3、关键信号网络滤波电容主路布局布线，就近接地，靠近输出端，保证滤波效果，增强抗干扰能力；
- 4、依电路相关性紧凑布局，信号走线最短，环路最小化，接地良好保证；

项目解决方案

3.3 保护系统电路板改板优化



NOTES:
 1 BASE MATERIAL: FR-4
 2 PLATING FINISH: HASL
 3 GREEN OIL AND WHITE WORDS
 4 BOARD THICKNESS: 1.2MM

合理增加层数, 关键信号保障完整参考地, 对关键信号进行隔离

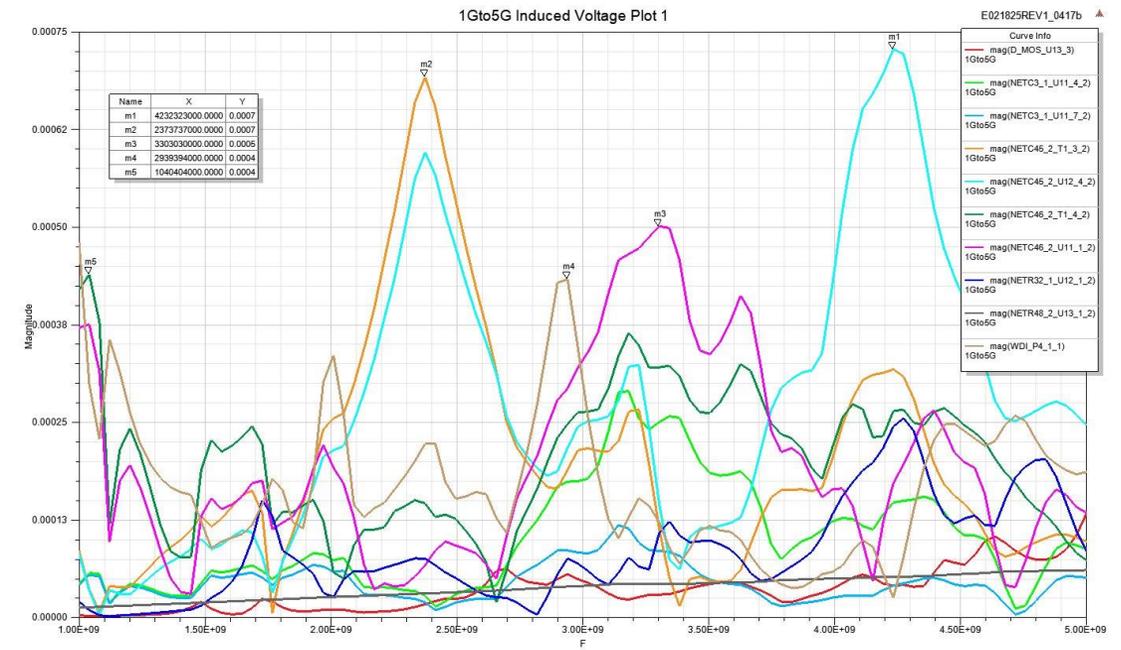
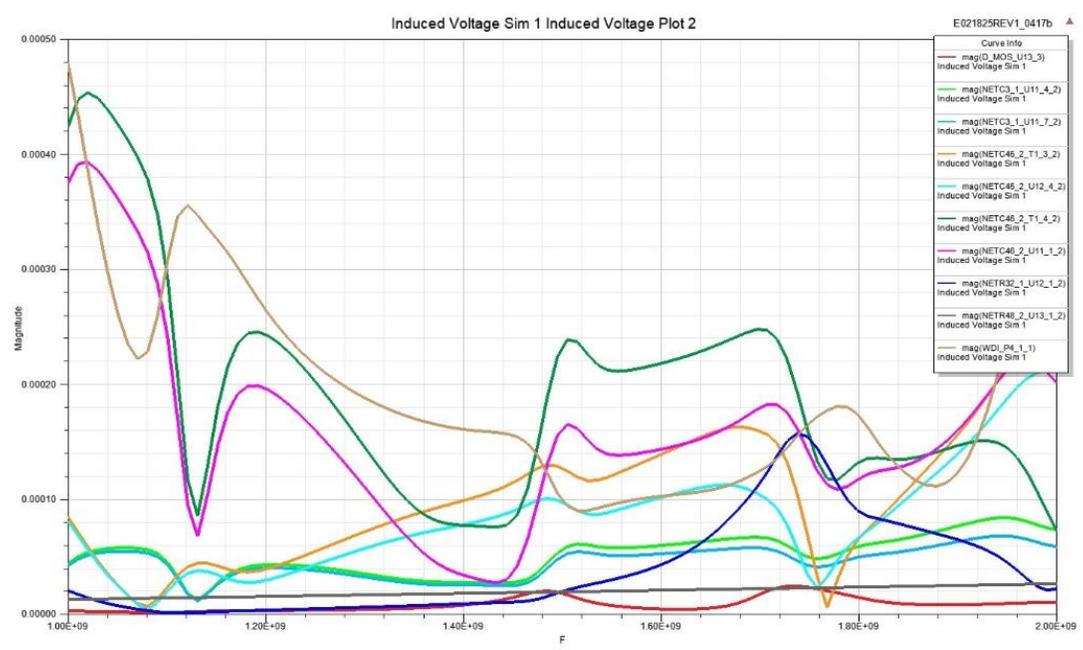
LAYER STACK UP

| | | | |
|--------|------|-----------|-------------|
| TOP | PP | 8.00 MIL | 20Z+Plating |
| ART02 | CORE | 6.00 MIL | HOZ |
| ART03 | PP | 10.00 MIL | HOZ |
| ART04 | CORE | 6.00 MIL | HOZ |
| ART05 | PP | 8.00 MIL | HOZ |
| BOTTOM | | | 20Z+Plating |

项目解决方案

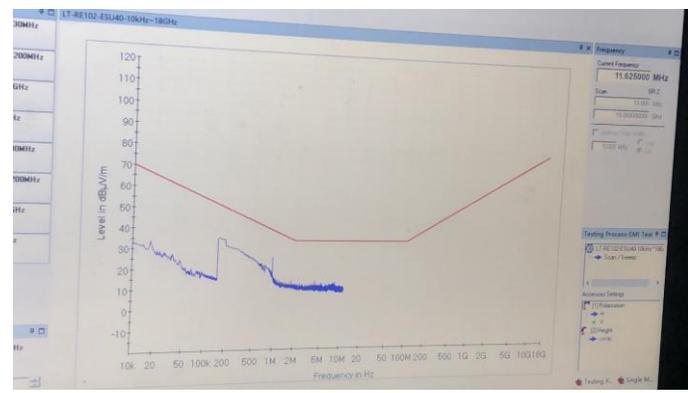
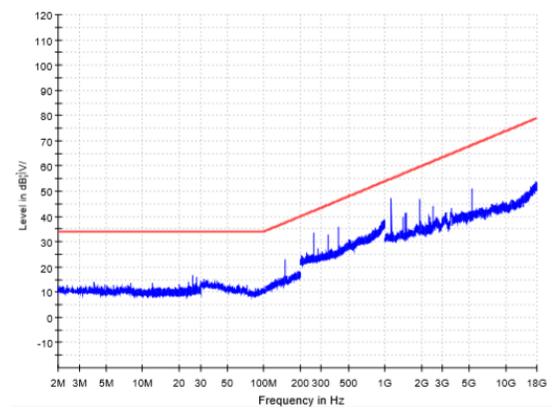
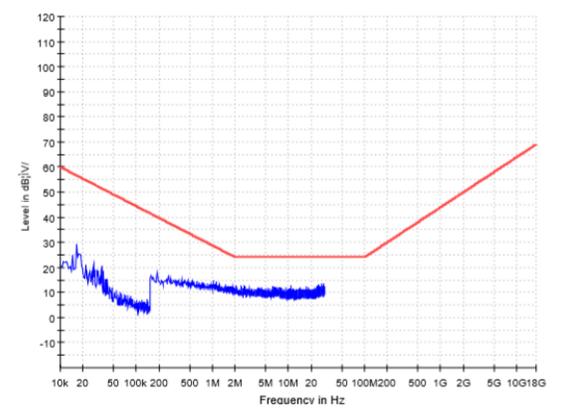
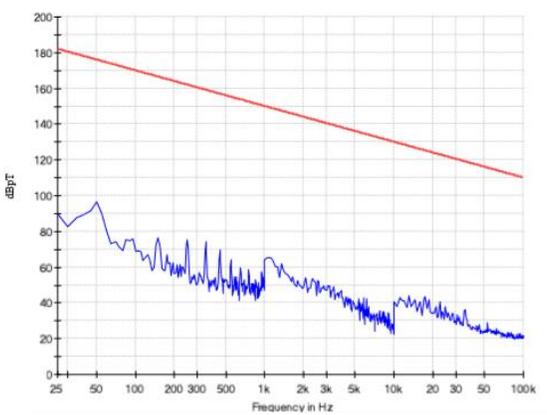
3.4改板后效果仿真分析

通过对保护板层叠、关键电路布局及布线的EMC优化，改板后干扰仿真结果如下图，对比改板前仿真结果幅度值可以发现抗干扰能力有较大程度提升，各频点受干扰幅值明显降低（最高点幅值降低约3倍）。保护板EMC符合度大大改善，该优化PCB可用于EMC测试。



整改后测试

对整改后锂电池保护系统进行EMC测试，顺利通过RS103全频段标准测试，并且也通过了RE101、RE102、RS101测试，该项目EMC整改通过！



北京市产品质量监督检验院

检验检测报告

No. 020-WDC190591

共 11 页 第 2 页

| 序号 | 检验项目 | 技术要求 | 实测结果 | 单项判定 |
|----|-------|--|-------------|------|
| 1 | RE101 | 应满足 GJB 151B-2013 标准中图 51 对陆军飞机(内部)规定的限值要求。 | 通过 见附件 1 | 合格 |
| 2 | RS101 | 在施加 GJB 151B-2013 标准中图 66 对陆军飞机(内部)规定的干扰时, 应满足敏感度判断要求。 | 通过 见附件 2 | 合格 |
| 3 | RS103 | 在施加 GJB 151B-2013 标准中表 17 对陆军飞机(内部)规定的干扰时, 应满足敏感度判断要求。 | 通过 见附件 3 | 合格 |



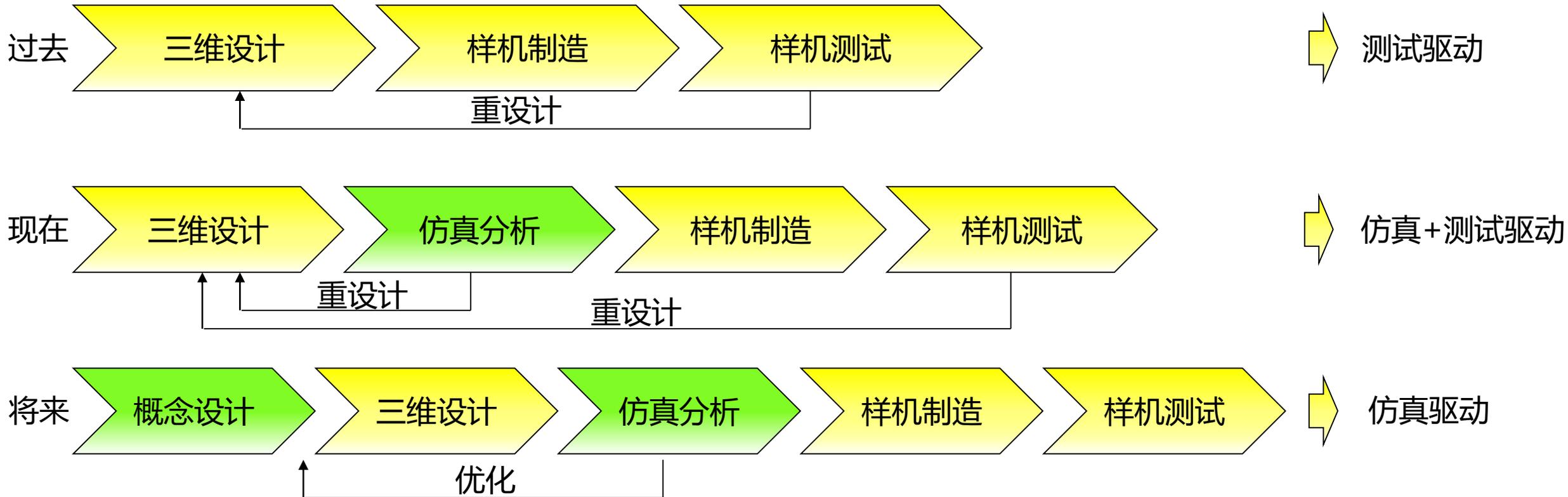
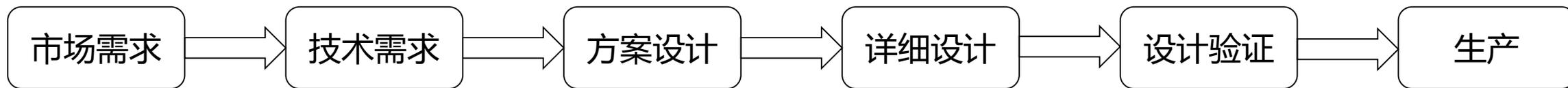
电磁场仿真分析意义

满足电磁兼容性标准已经成为现代电子设备开发过程中必不可少的一个环节。

物理上进行电磁兼容性测试会占用大量时间，也需要使用昂贵的测试设施；同时，在电磁兼容性问题定位方面，测试并不能很快找到根因，需要做大量实验进行推理，这使得工程师们疲于应付庞大的工作量，也大大影响了整个产品研发的效率和质量。

数值仿真法能提供低成本的替代方案，缩短设计时间，增强产品设计鲁棒性，协助快速定位问题根因和优化措施，降低相关研发成本。

仿真驱动设计



感谢您的聆听!