

# EMC诊断技术系列讲座

## —仪器篇—

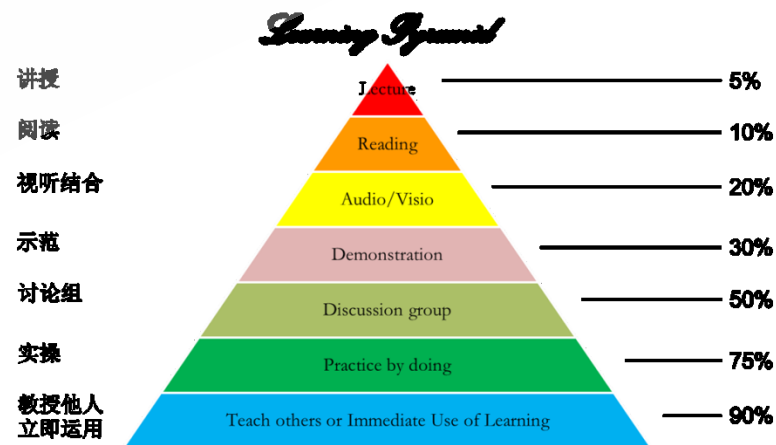
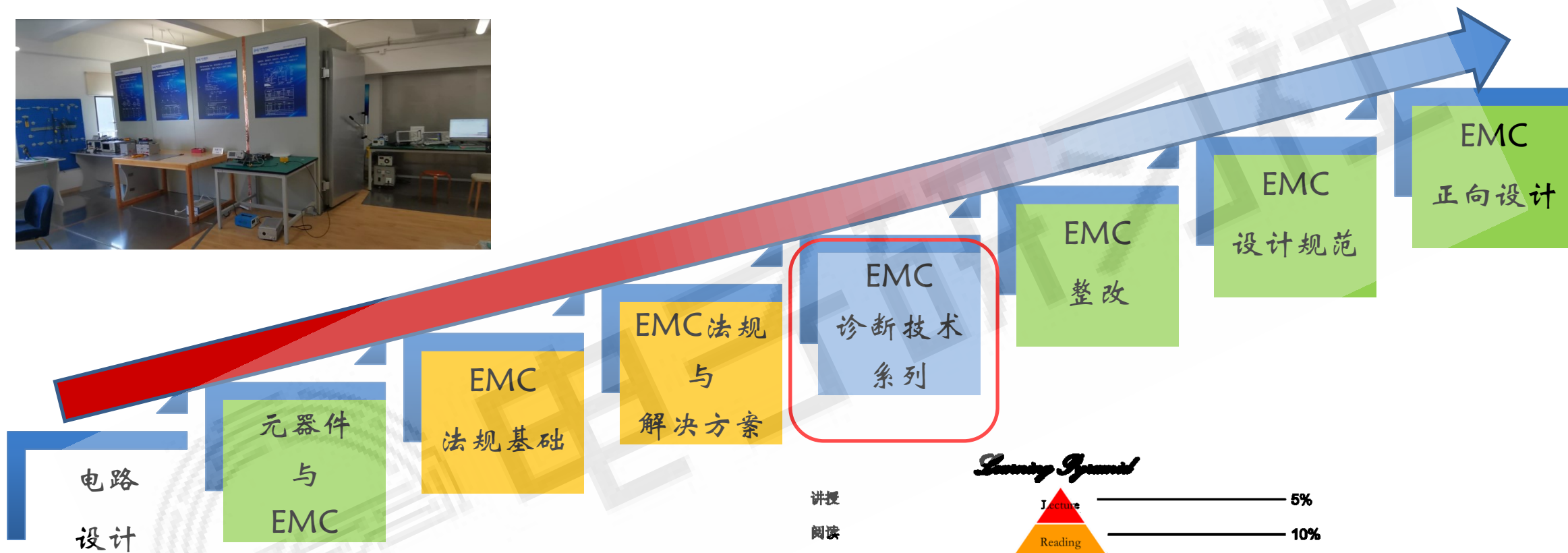
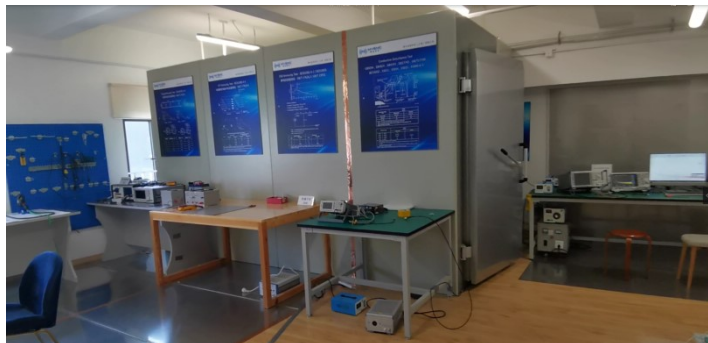
---



敏业EMC中心

2020年4月29日

# EMC技术阶梯讲座



# EMC诊断技术系列讲座

## ► 讲座的支持团队

— 21世纪电源网的团队

— 敏业的EMC专家团队



# 免费诊断测试

价值4万元的免费测试诊断服务回馈给各位粉丝及网友!

限20位

	测试项目	标准/特点
1	噪声源定位	精确定位噪声源，最高精度达2mm。为从噪声源解决传导辐射问题提供依据。
2	差共模噪声分量	工信部《电子设备共模和差模骚扰测量方法》；差共模抑制比 >40dB@9k-30MHz, >30dB@≤108MHz覆盖汽车电子的传导干扰频段。
3	传导骚扰测试	照明及工科医9kHz-30MHz；汽车150kHz-108MHz
4	插入损耗测试	CISPR17-1/ GB/T7343；测量滤波器件（电感，电容）和整体滤波器的插入损耗
5	传导路径定位	专利的共模探头，探测传导干扰传播路径。
6	辐射骚扰摸底测试	CISPR11/GB4824, CISPR12/GB14023, CISPR13/GB13837, CISPR14/GB4343, CISPR15/GB17743, CISPR22/GB9254, CISPR25/GB18655, CISPR32, 30MHz-1GHz的辐射骚扰摸底测试。
7	快速瞬变脉冲群抗扰度EFT	IEC61000-4-4/GB19510.4； Max. 5kV
8	静电抗扰度测试ESD	IEC61000-4-2/GB19510.2； Max. 30kV空气放电接触放电
9	浪涌抗扰度测试Surge	IEC61000-4-5/GB19510.5； 可以做6kV浪涌EMC测试（组合波）
10	产品中敏感部位定位和探测	定位对EFT和ESD敏感的器件或管脚。

标准单价250元/小时



1. EMC诊断技术—综述
2. EMC诊断技术—滤波篇
3. EMC诊断技术—噪声篇
4. EMC诊断技术—器件篇
5. EMC诊断技术—电容篇
6. EMC诊断技术—电感篇
7. EMC诊断技术—仪器篇

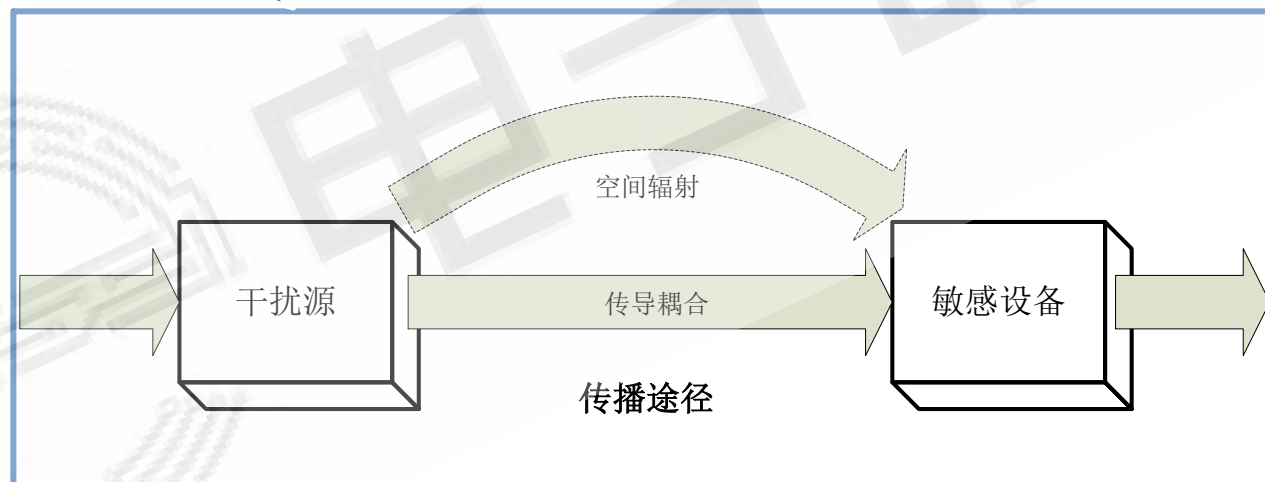
# EMC诊断技术—滤波篇回顾

➤ EMC三大手段：屏蔽、滤波和接地

“路”

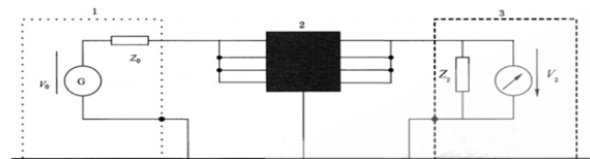
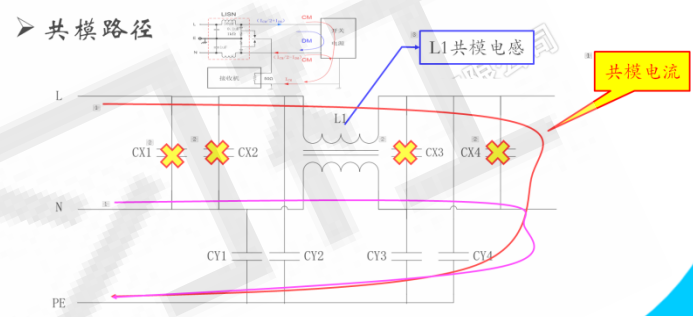
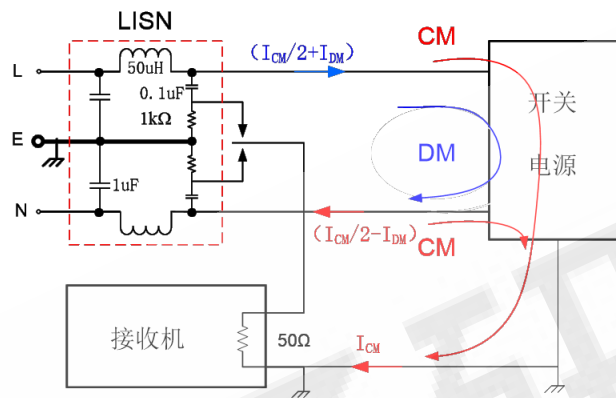


“场”

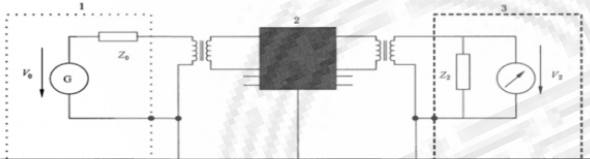


# EMC诊断技术—滤波篇回顾

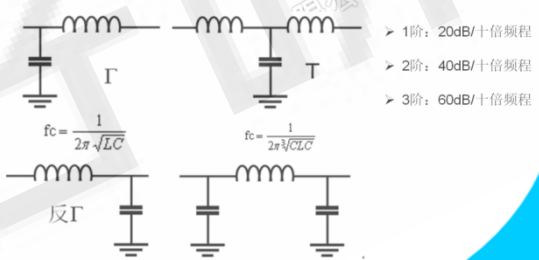
1. 共模和差模分量
2. 插入损耗
3. 阻抗匹配
4. 滤波电路的简化
5. 滤波器的应用关键点



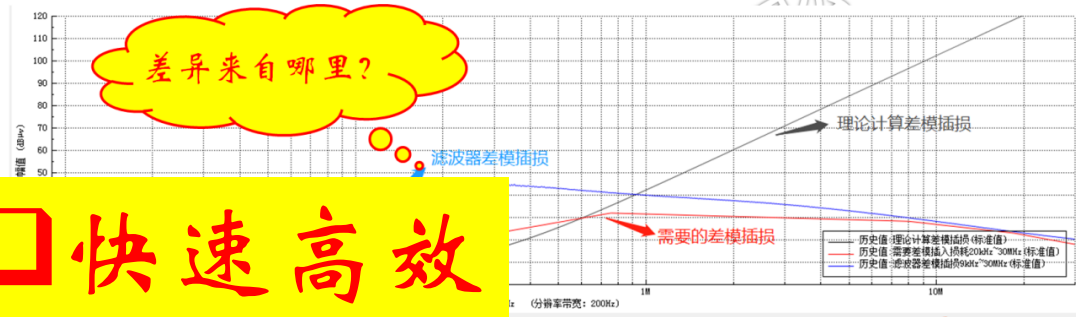
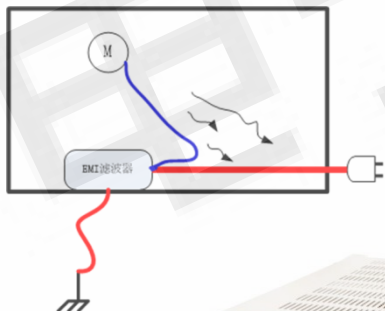
不对称（共模）插入损耗测试电路



对称（差模）插入损耗测试电路



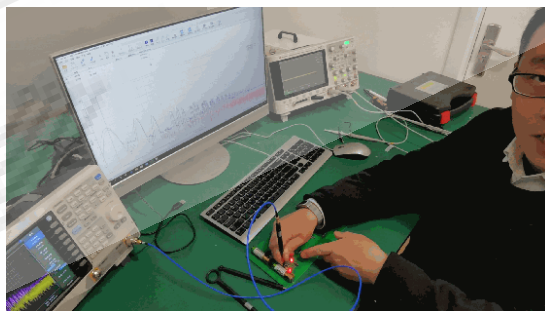
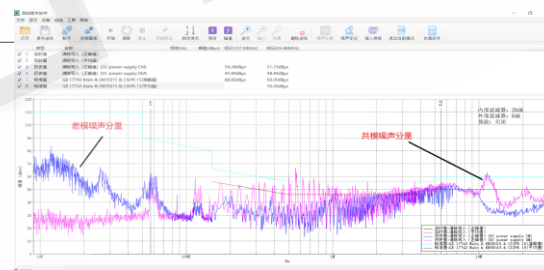
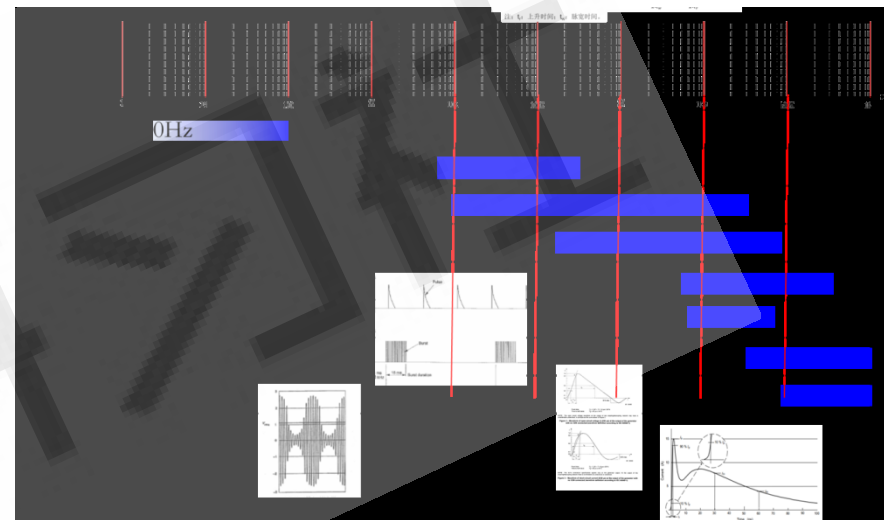
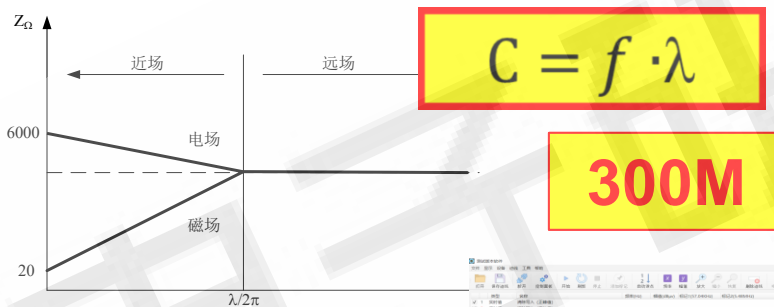
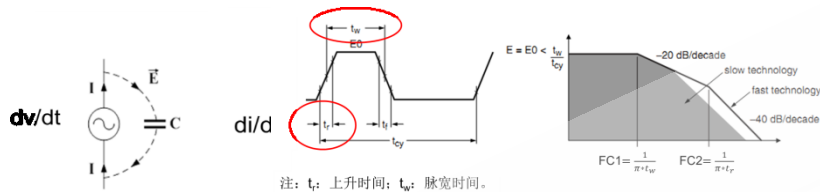
源端阻抗特性	应采用的滤波电路	负载端阻抗特性
高阻抗		高阻抗
高阻抗		低阻抗
低阻抗		高阻抗
低阻抗		低阻抗



**快速高效**

# EMC诊断技术—噪声篇回顾

1. 时域与频域
2. 近场与远场
3. 差共模分离
4. 快速精确定位
5. 时域和频域对照

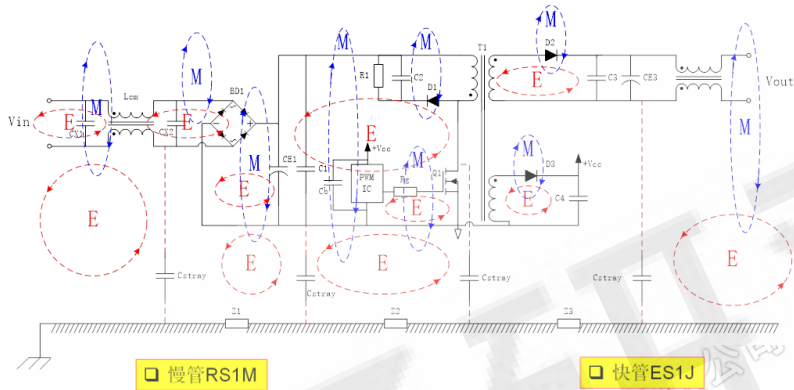


快速高效

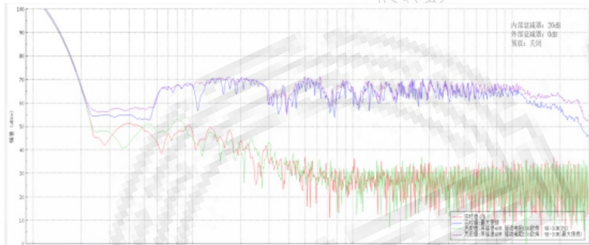


# EMC诊断技术—器件篇回顾

1. Flyback变换器为例
2. 高频回路与EMI关系
3. MOS的不同驱动速度
4. MOS的Cds电容变化
5. 二极管快关和慢管差异

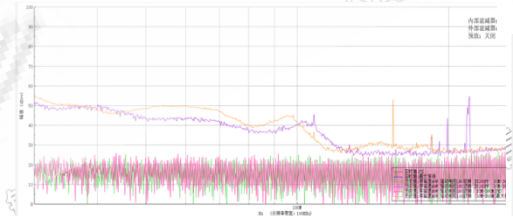


➢ 并联100pF电容前后的CE传导频段对比

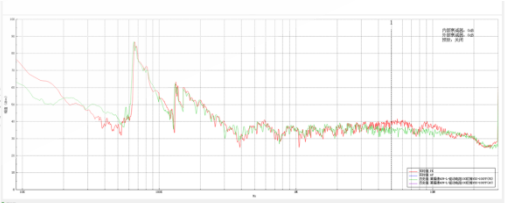
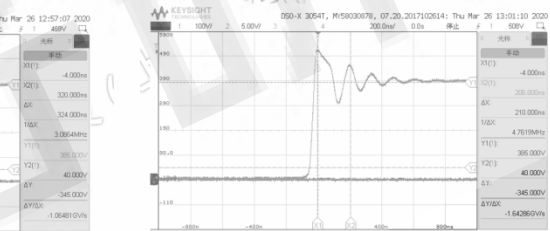


✓ 10MHz以上有明显改善。

➢ 并联100pF电容前后的RE辐射频段对比

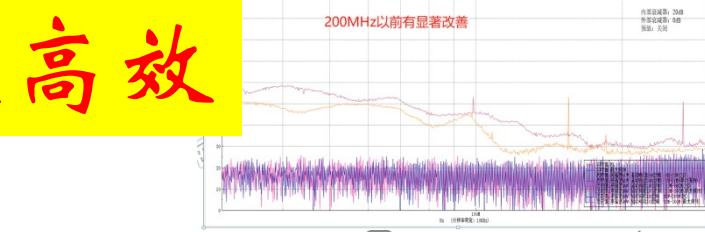
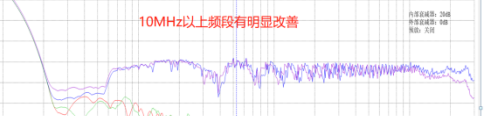
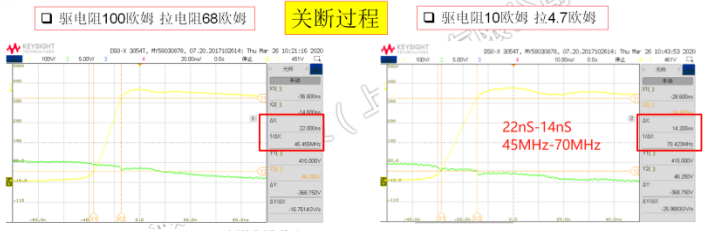


✓ 45MHz-100MHz有明显改善。



✓ 快管在5MHz范围显著变差。

✓ 5MHz范围噪声为其共模为主。



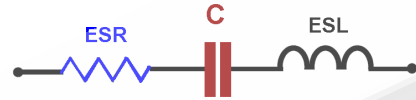
**快速高效**



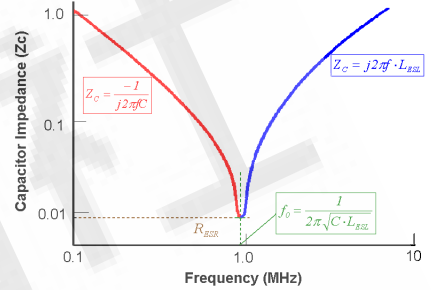
# EMC诊断技术—电容篇回顾

- 电容的高频特性
- 插入损耗国标
- dB单位换算
- 电容插入损耗测试方法
- 电容对噪声的抑制能力
- 布线对电容抑制噪声能力的影响
- 系统集成的接地环路问题

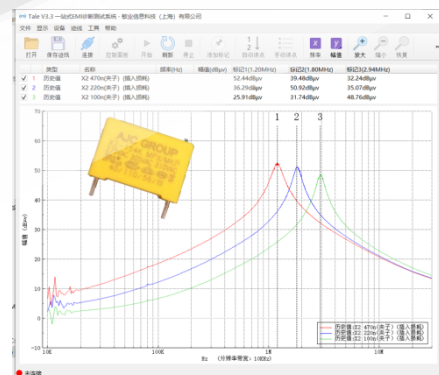
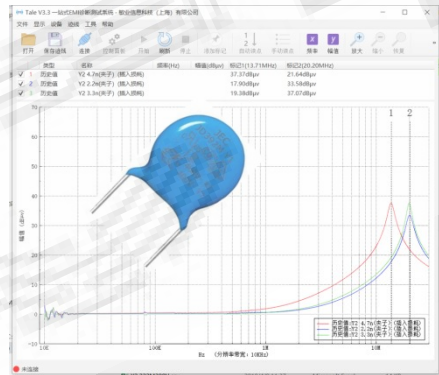
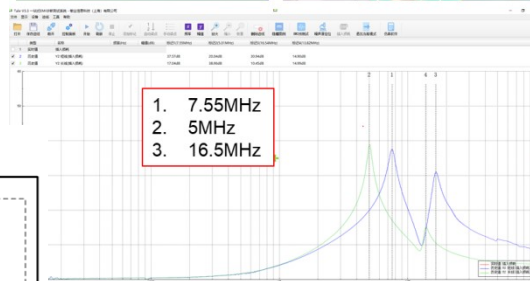
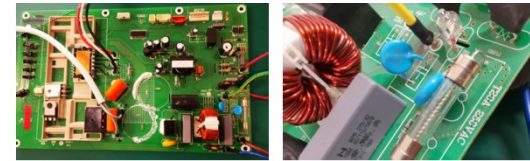
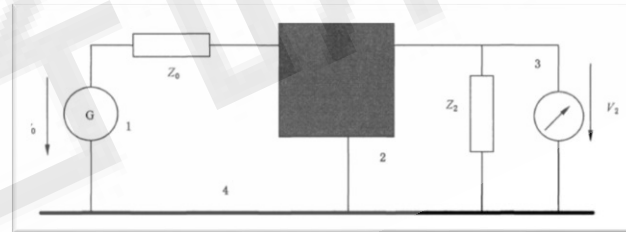
- 20dB=10
- 40dB=100
- 10dB=3.16
- 6dB=2
- 3dB=1.4



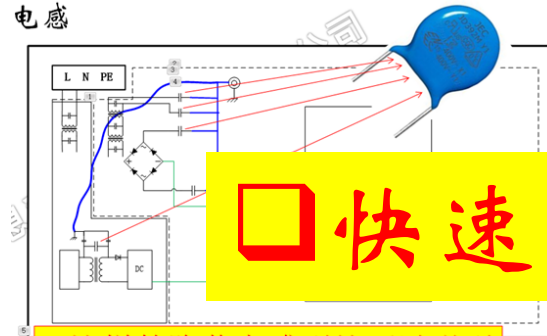
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C \cdot L_{ESL}}}$$



GB/T 7343:2017 《无源EMC滤波器件抑制特性的测量方法》



电感

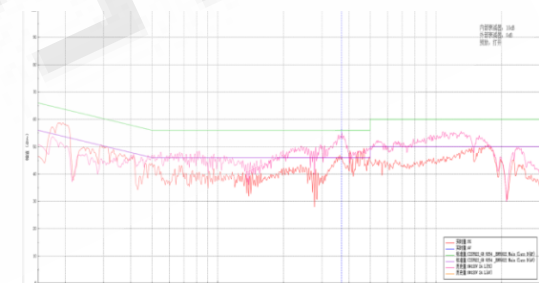
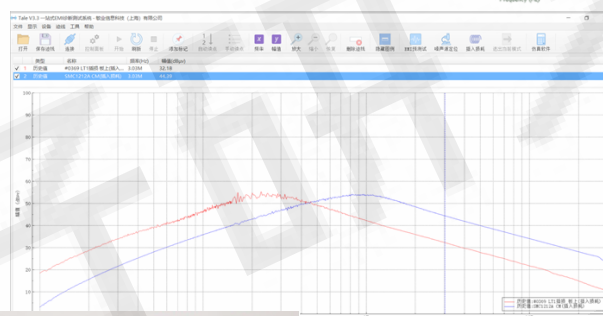
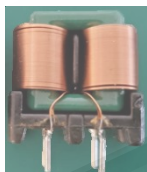
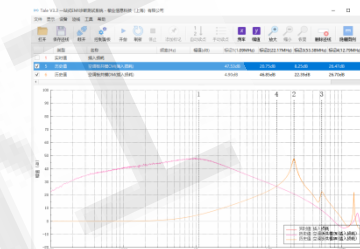
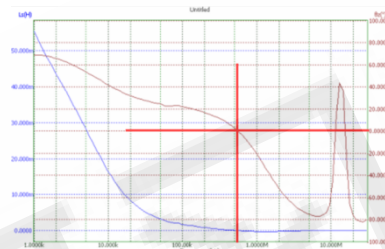
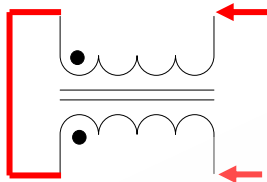


**快速高效**

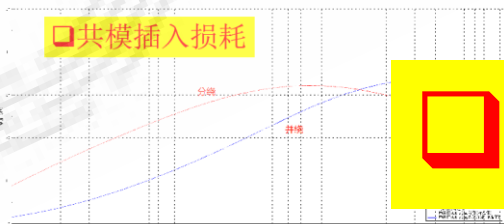
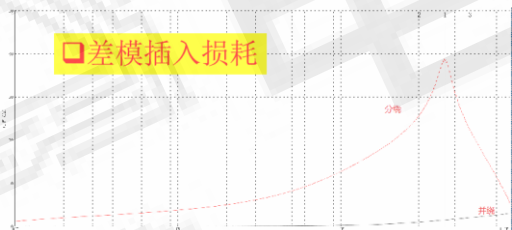
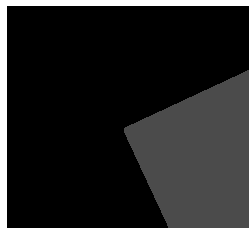
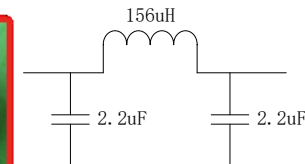
这样的隐蔽电感到处可以碰到

# EMC诊断技术—电感篇回顾

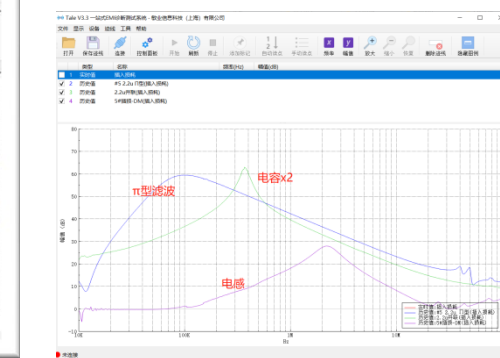
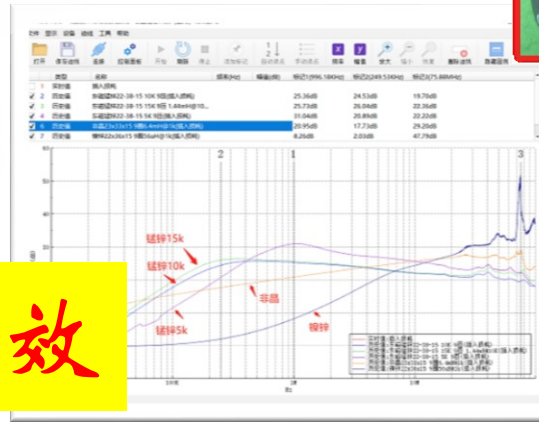
1. 欧姆定律与电感
2. 电感的测试
3. 共模和差模插入损耗
4. 插入损耗对EMI的影响
5. 电感的设计考虑



1. 非晶: 2.47mH (黄色)
2. 镍芯: 50uH (黑色)
3. 锰锌5K: 574uH (紫色)
4. 锰锌10K: 1.14mH (蓝色)
5. 锰锌15K: 1.44mH (绿色)



**快速高效**



# EMC诊断技术

## ➤ 常见的EMC问题

- 传导骚扰CE超标
- 辐射骚扰RE超标
- 静电干扰ESD
- 浪涌-Surge
- 传导干扰-CS
- 辐射干扰-RS
- 电快速群脉冲-EFT
- 静电-ESD
- 跌落-DIP
- ...

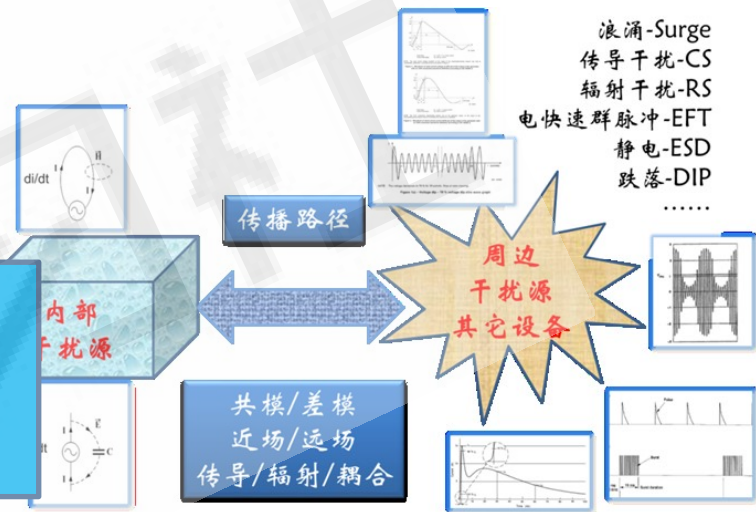
将就

## ➤ 进一步的问题

- 噪声源在哪里?
- 噪声是如何传播的?
- 噪声的差模/共模?
- 噪声的时域/频域?
- 敏感部位在哪里?
- 属于哪种性质的敏感?
- 干扰时如何入侵的?
- 如何进行器件选型?
- .....

讲究

快速高效





# EMC诊断技术

## ➤ 电磁干扰EMI

- 噪声源定位
- 传播路径
- 器件性能

## ➤ 电磁抗干扰EMS

- 入侵路径
- 敏感部位/特性
- 器件性能

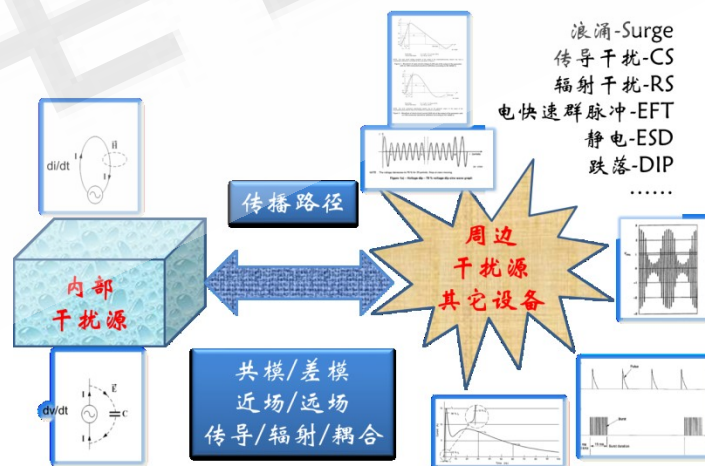
1. 仪器工具

2. 测试方法

3. 法规依据

4. 理论基础

5. 仿真建模



快速高效

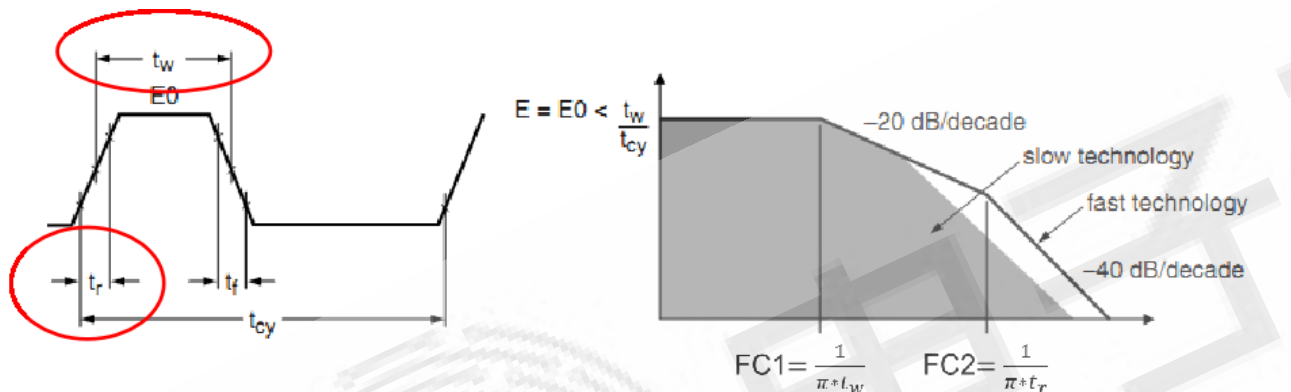
# EMC诊断技术系列讲座—仪器篇

1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

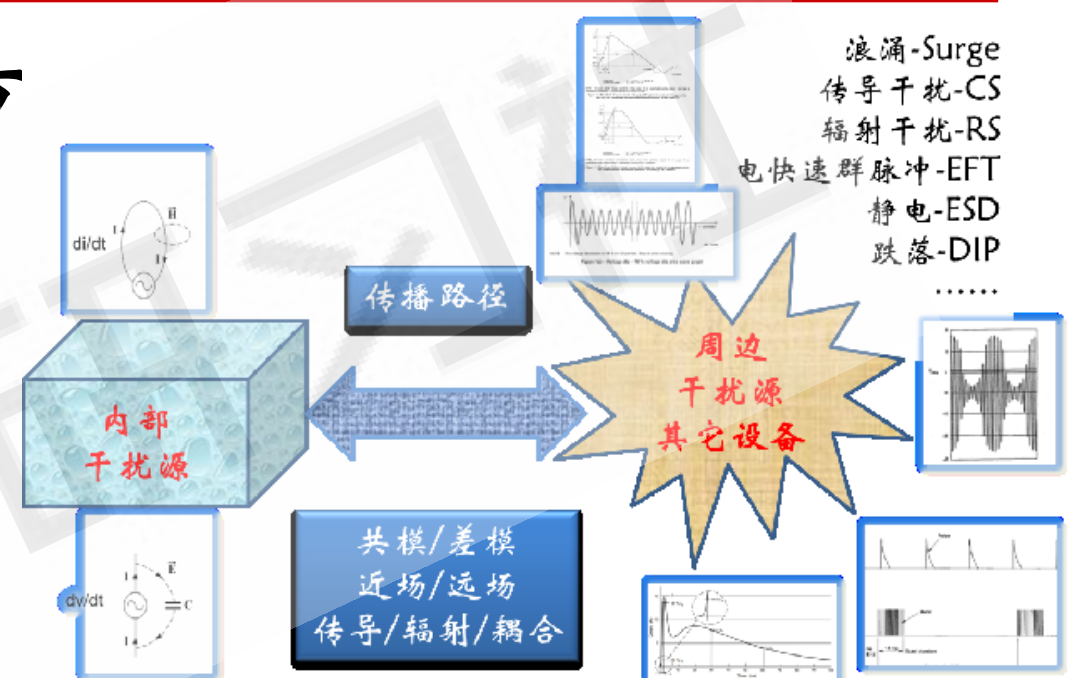
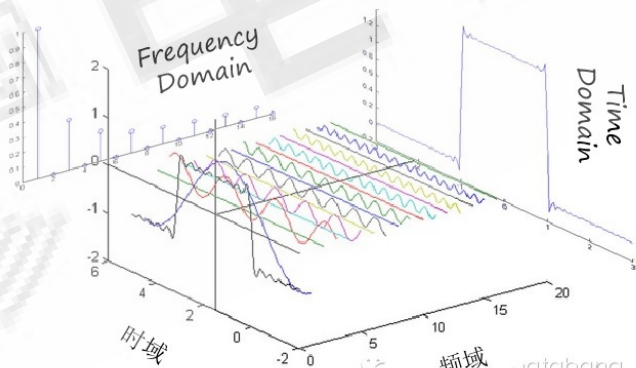


# 噪声源精确定位

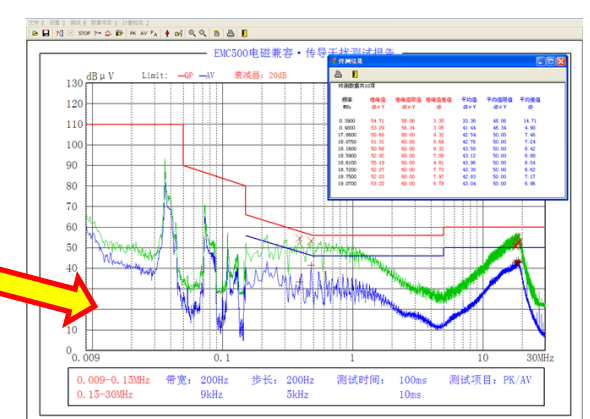
## ➤ 精确定位噪声源是EMI解决方案 — 频域和时域对照的前提



注:  $t_r$ : 上升时间;  $t_w$ : 脉宽时间。



频段与传播方式

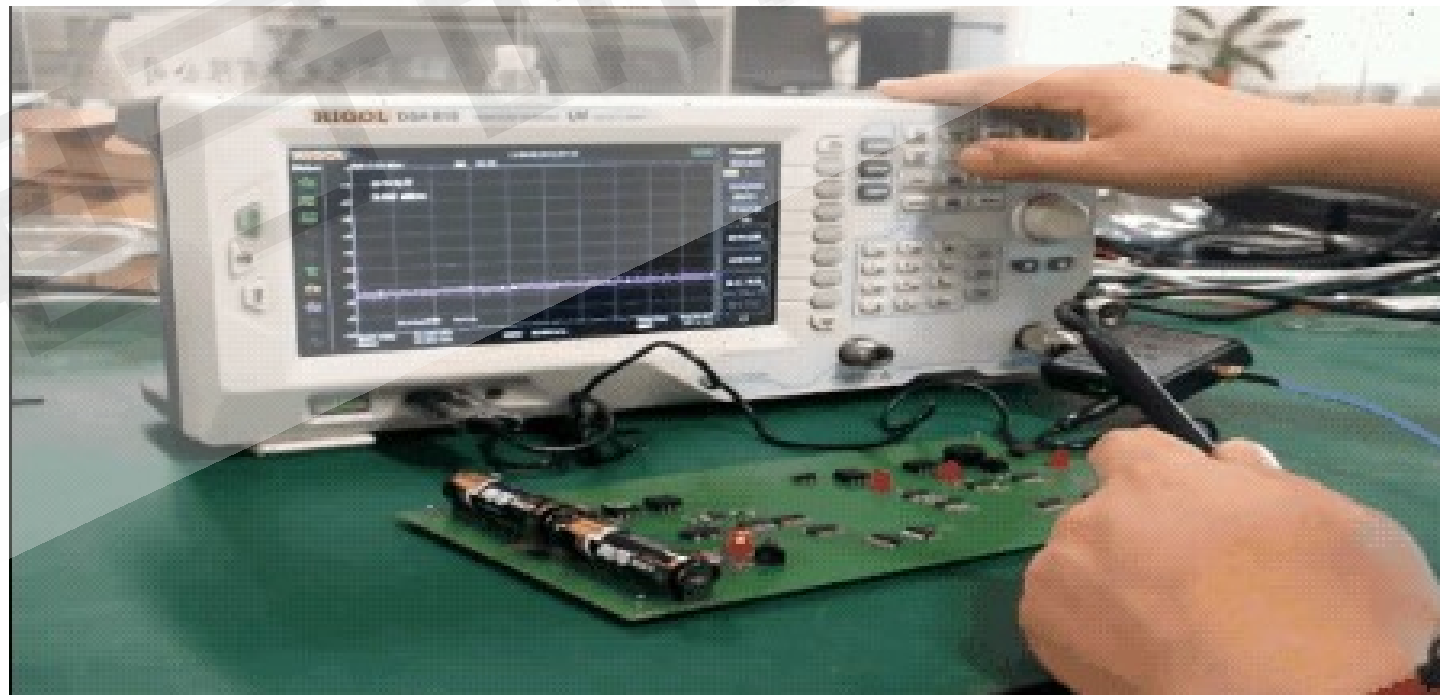


# 噪声源精确定位

## ➤ 定位噪声源的仪器和工具

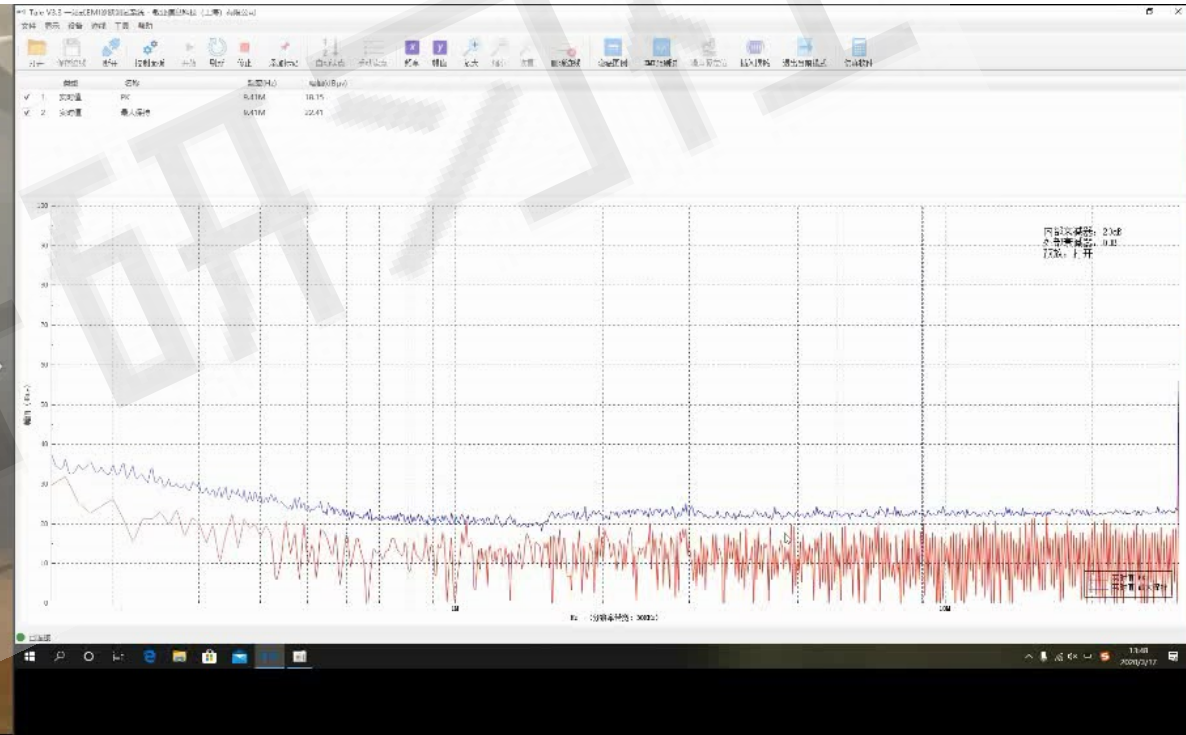
— 近场探头+频谱仪

➤ 能够更加快点、更加方便吗？



# 噪声源精确定位

## ➤ 由繁入简

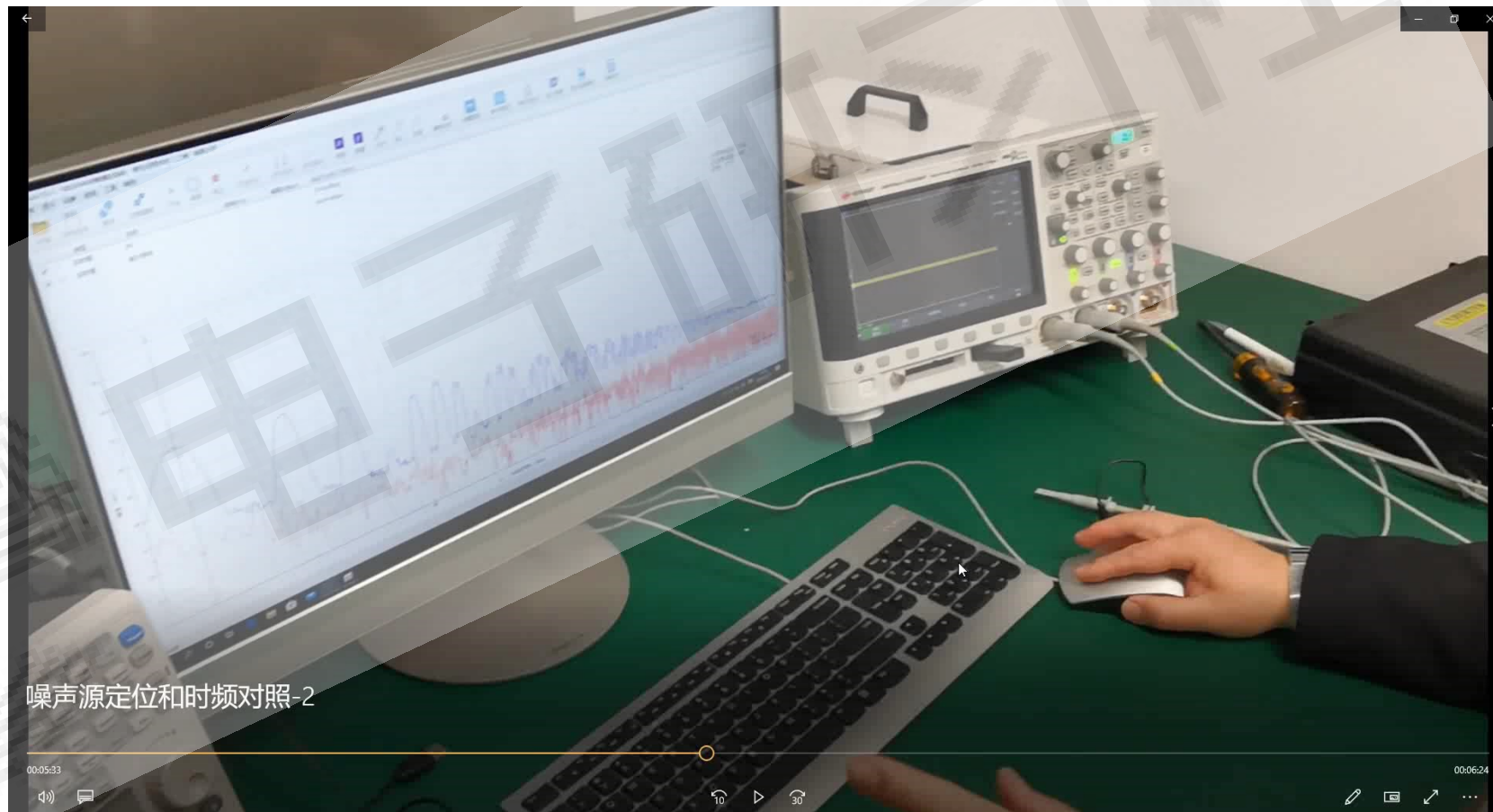


**快速！准确！不用培训！**



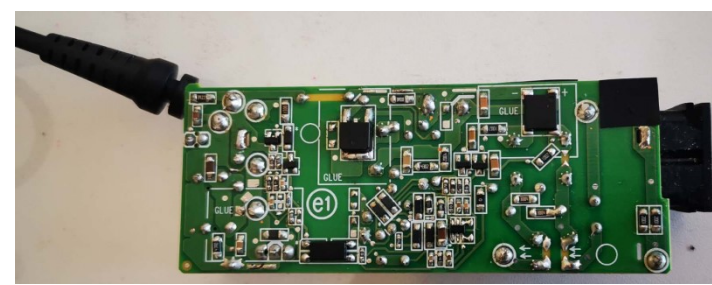
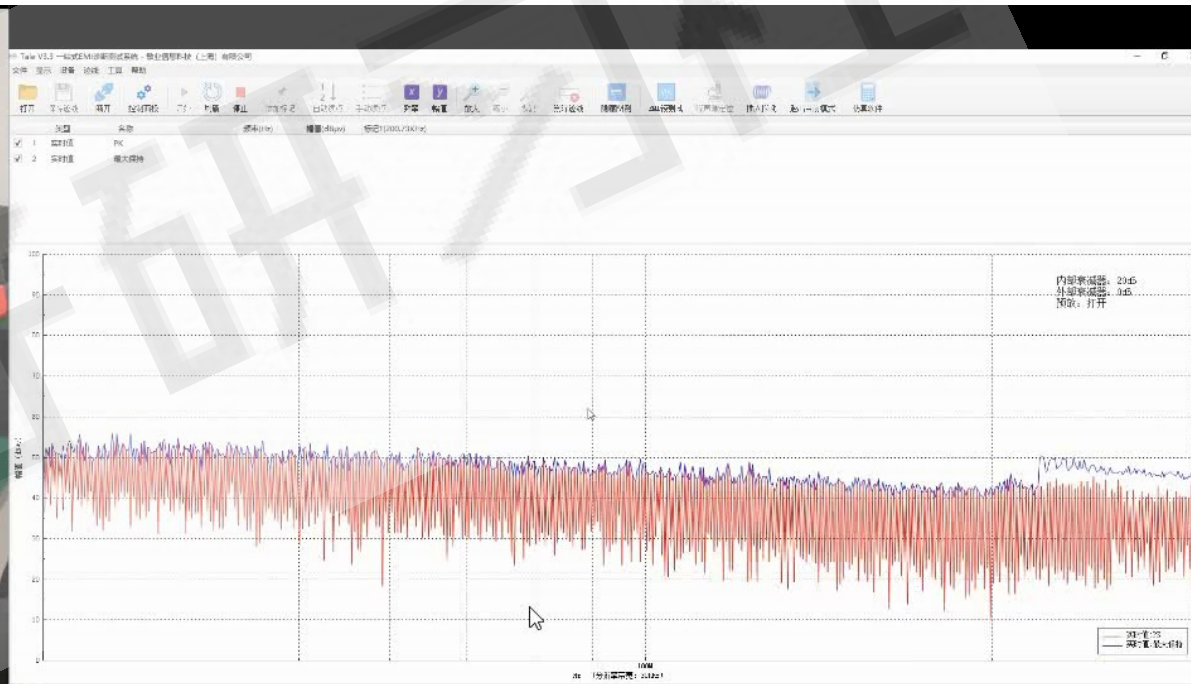
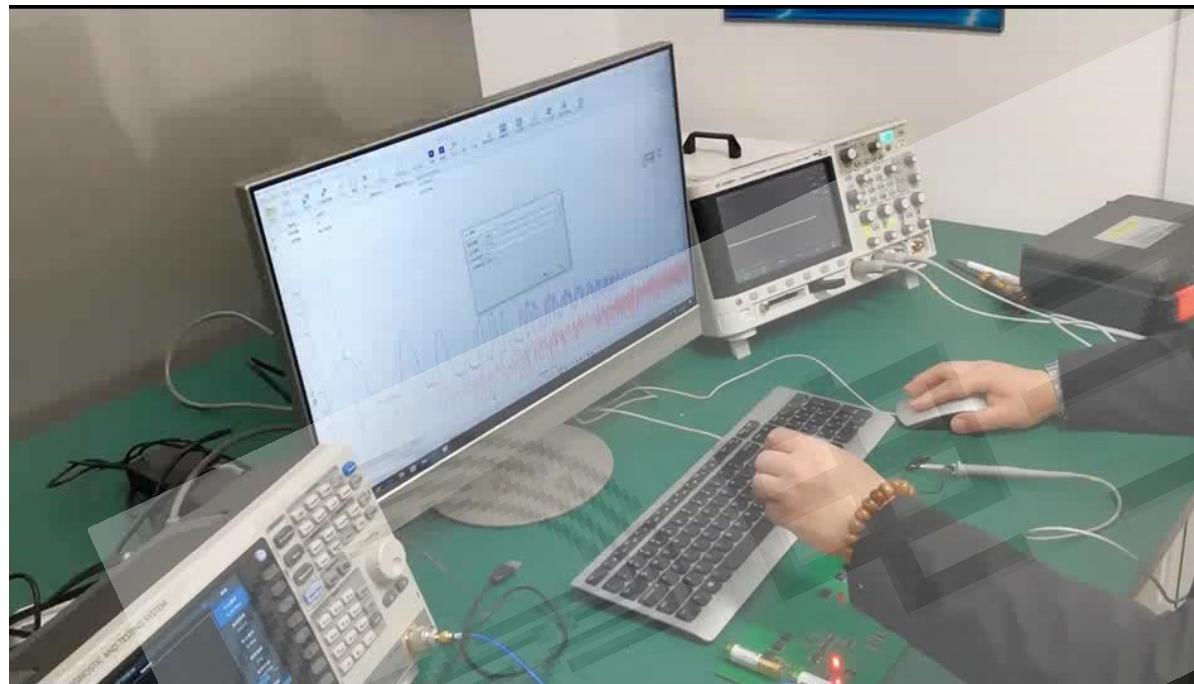
# 噪声源精确定位

## ► 时域和频域对照



# 噪声源精确定位

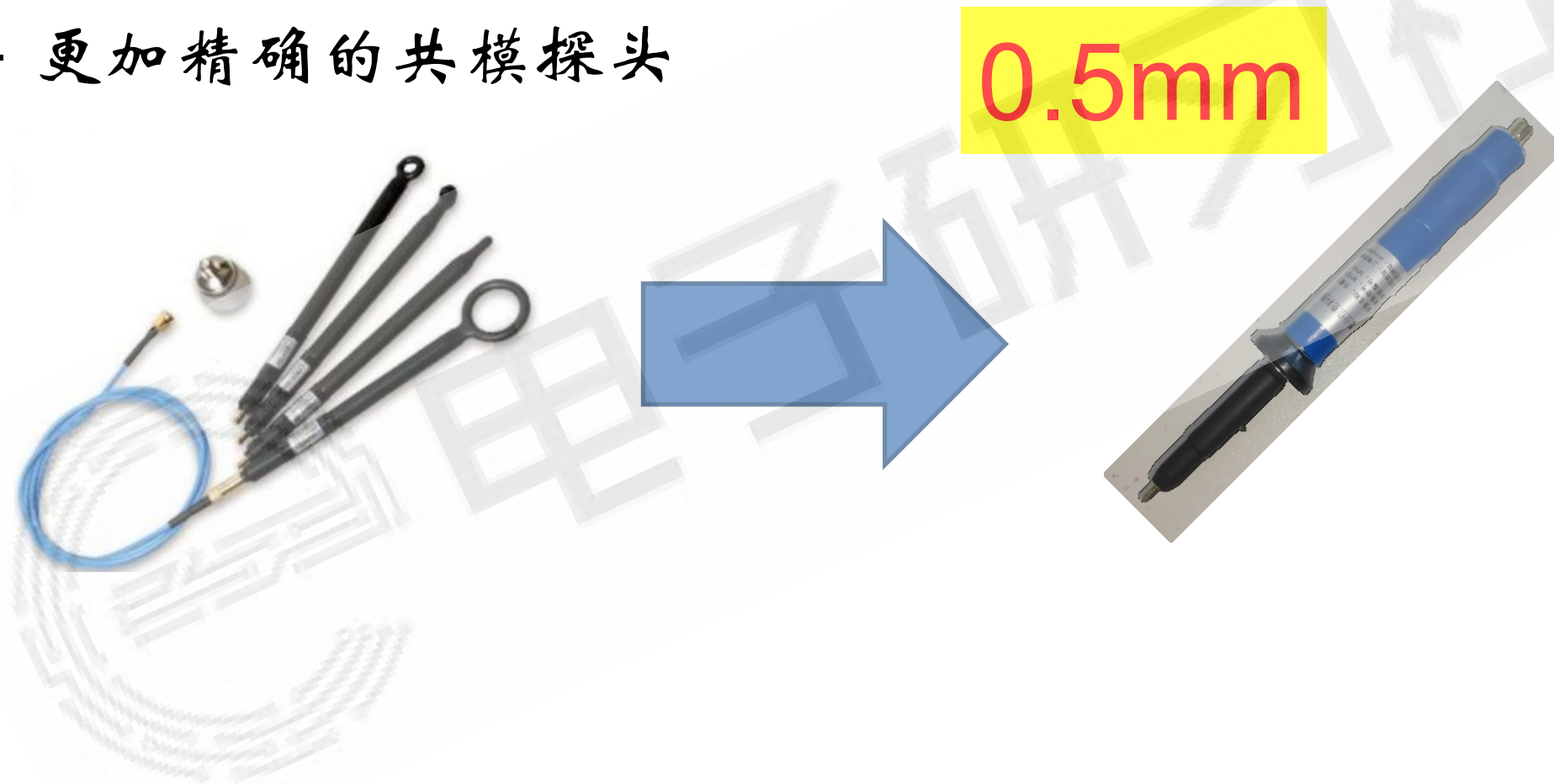
## ► 时域和频域对照





# 噪声源精确定位

- 辐射干扰的噪声定位
  - 更加精确的共模探头



# 噪声源精确定位

- 辐射干扰的噪声定位
  - 更高耦合度的异型探头



任意形状



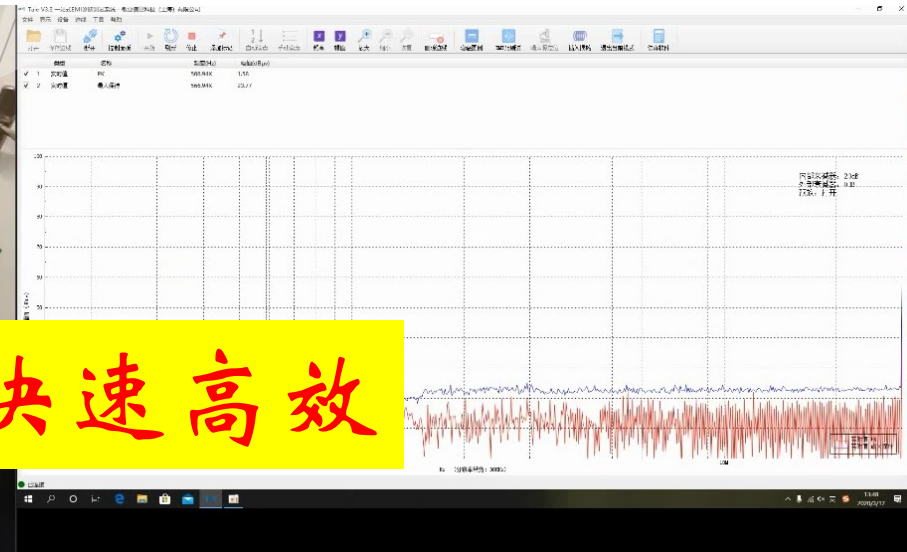
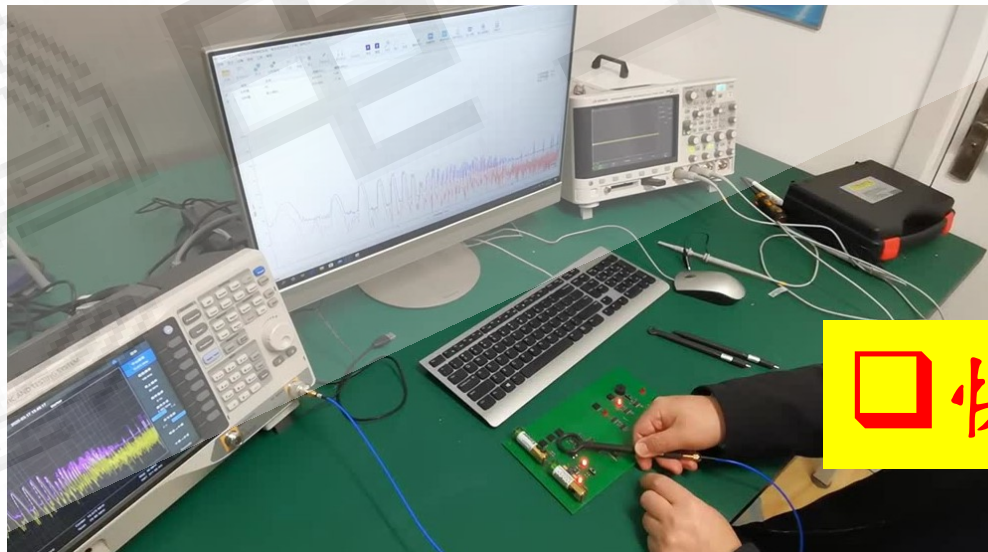
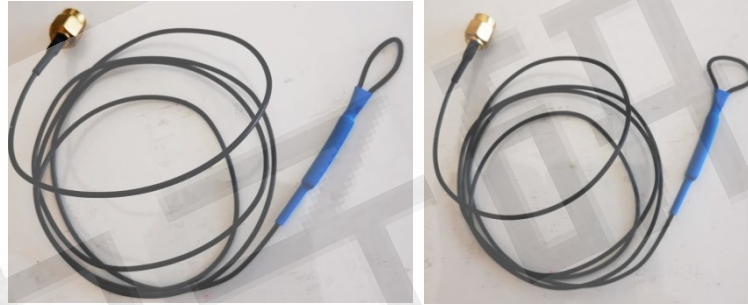
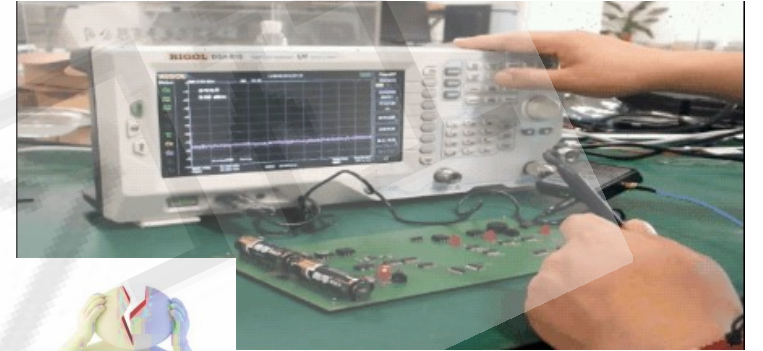
# 小结—噪声源精确定位

➤ 噪声源定位是EMI解决方案的关键

— 快速、精确、不用培训

— 更加精准

— 更高的耦合度

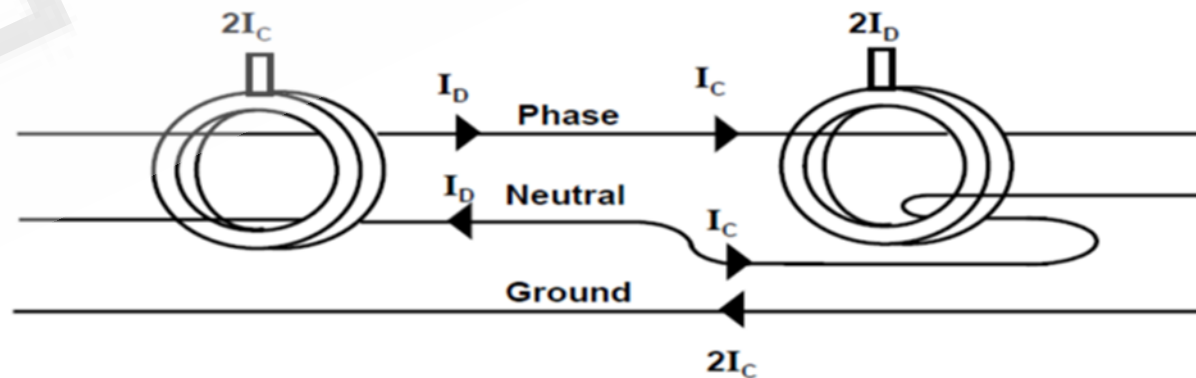
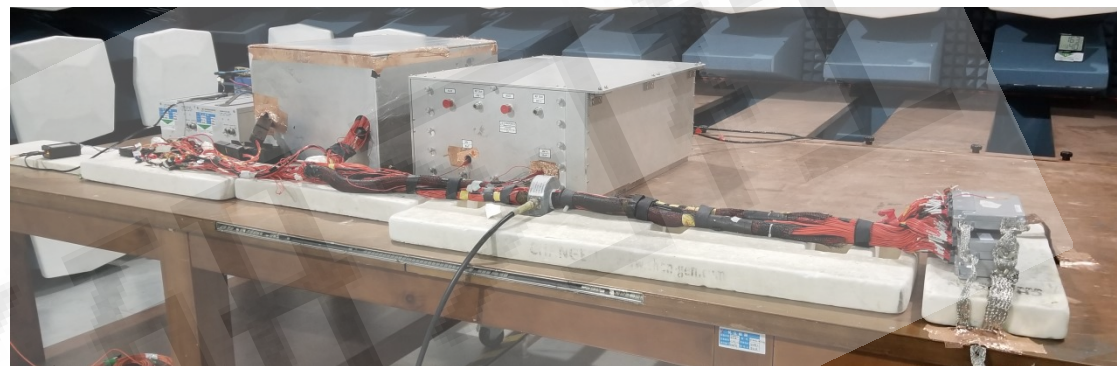
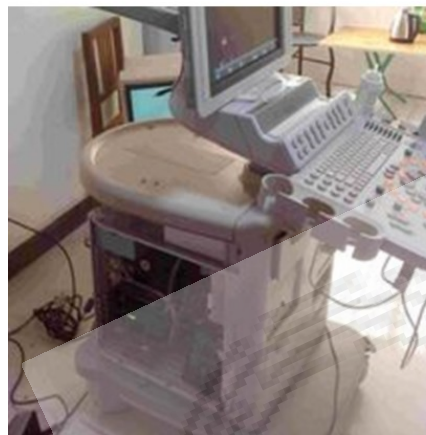




1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

# 传播路径定位

## ➤ 传播干扰路径定位

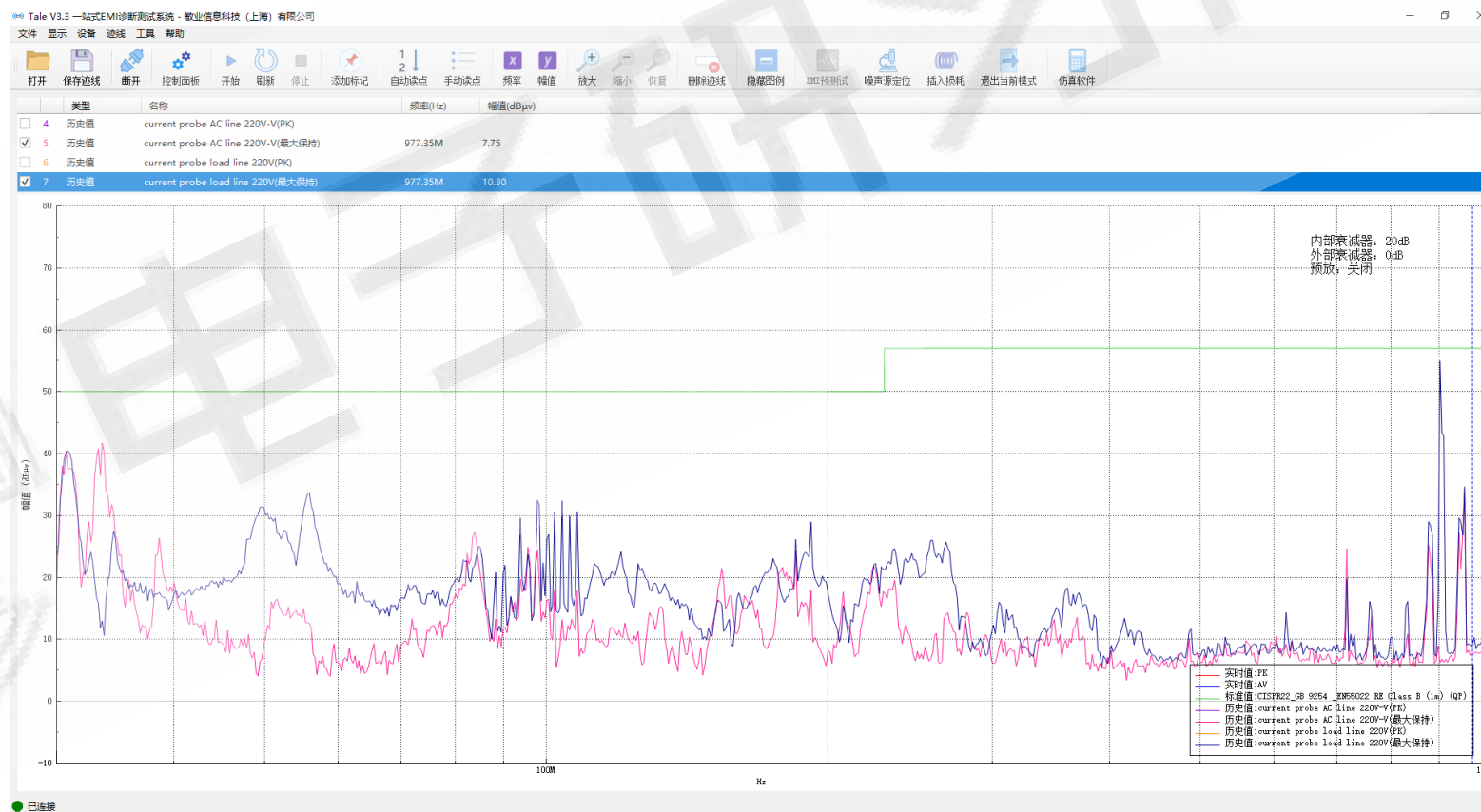




# 传播路径定位

## ➤ 传播路径演示录像

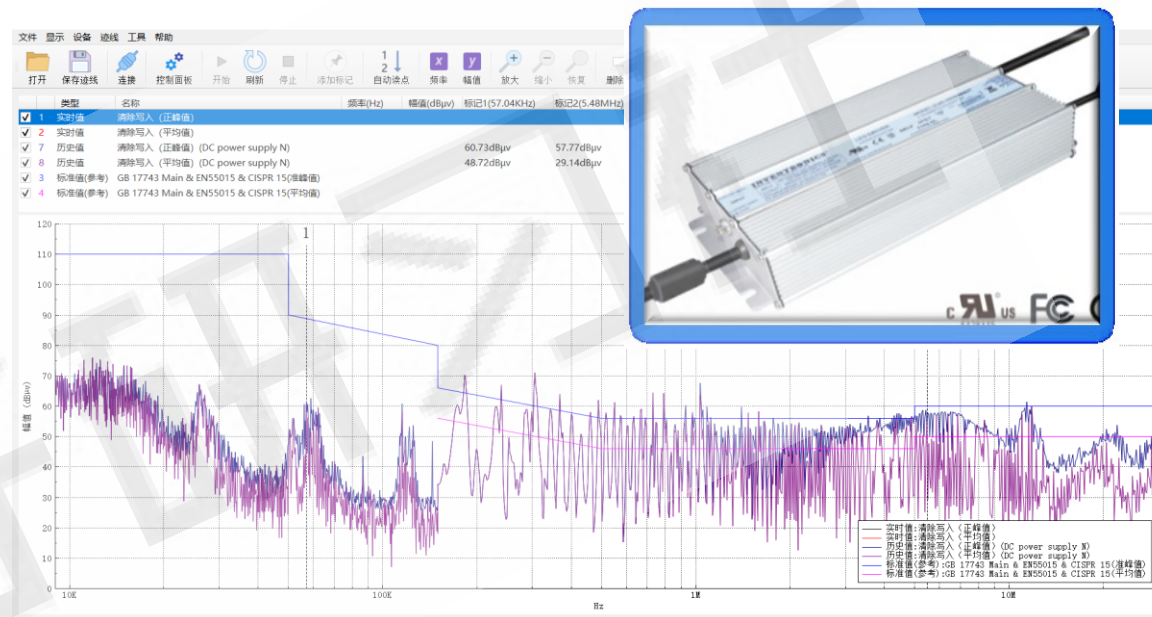
— 确认哪些线束传播噪声？共模还是差模的方式？



1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

# 差共模分离

## ➤ 传导噪声的差共模分离

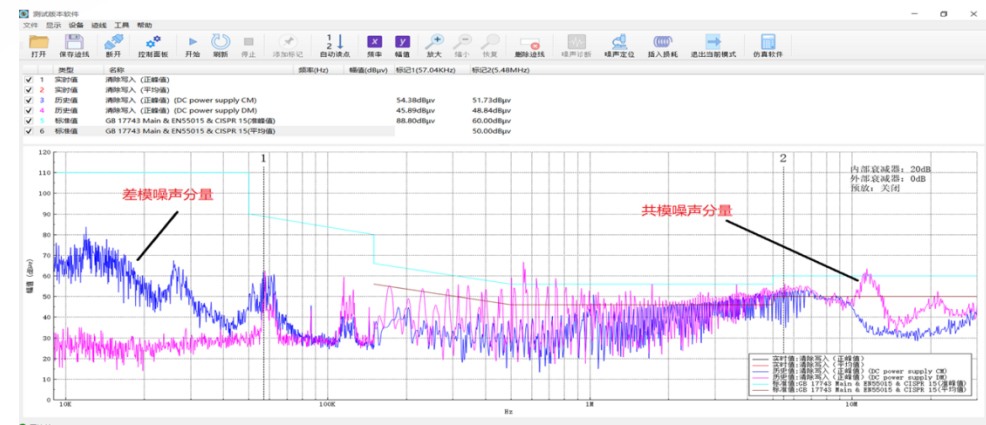
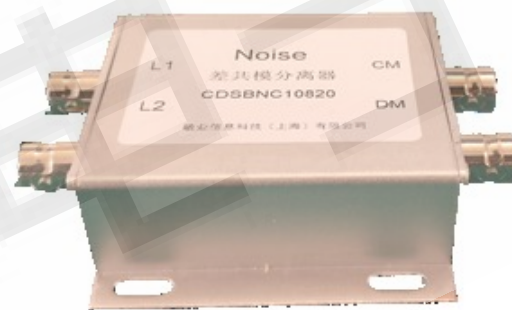
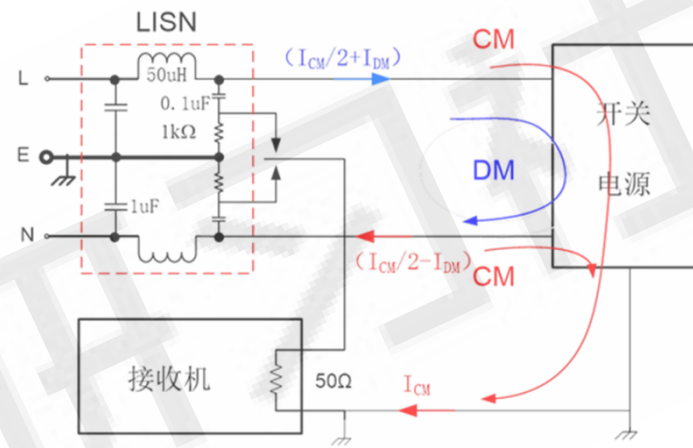


- 只能知道过还是不过!
- 不清楚共模和差模分量引起的!

# 差共模分离

## ➤ 传导噪声的差共模分离

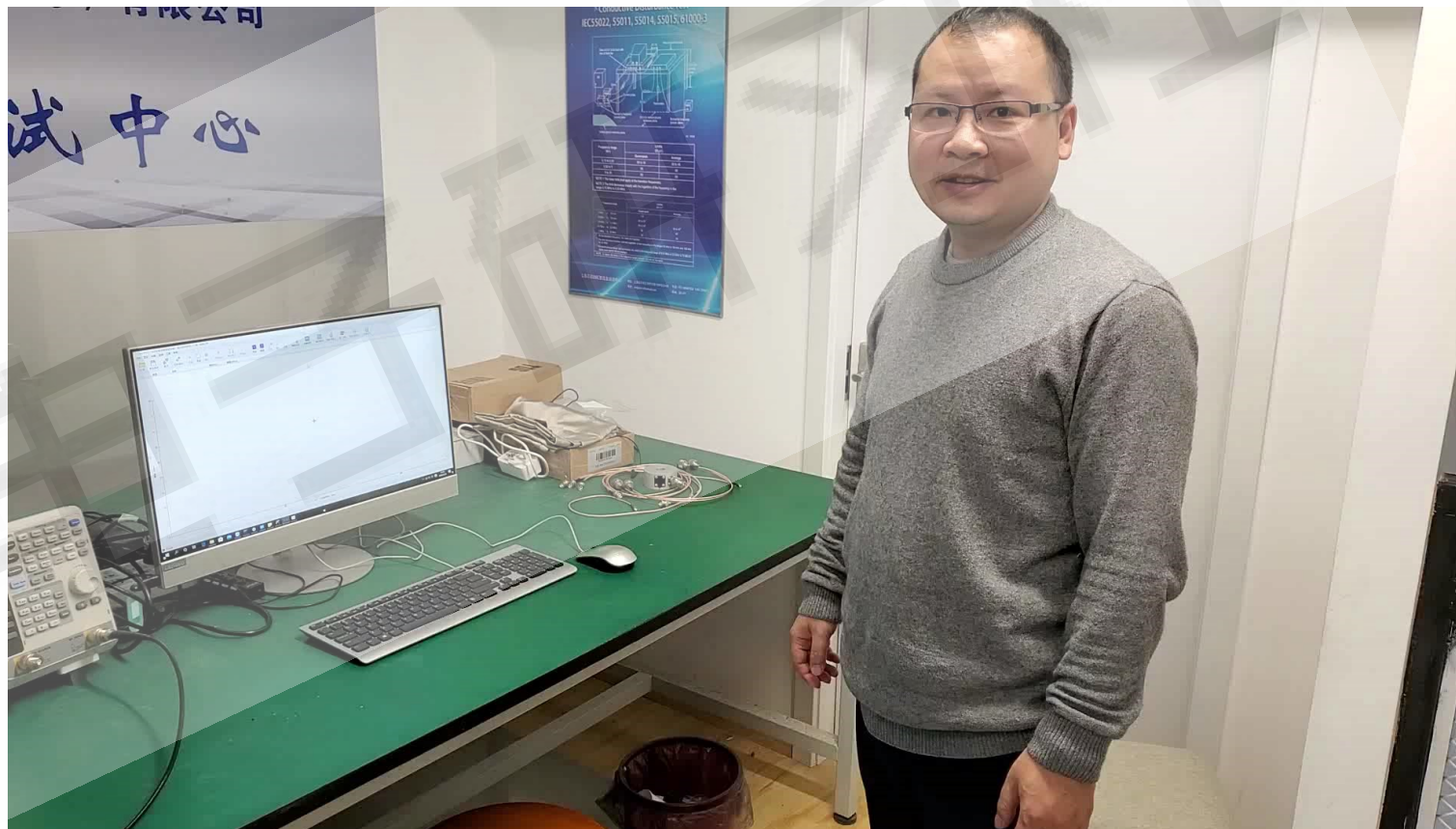
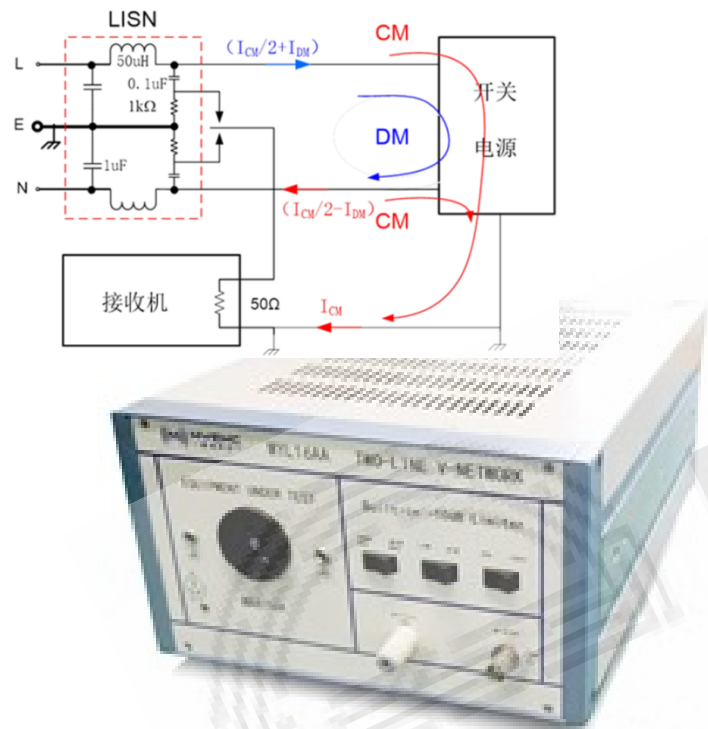
- 差共模 LISN — 交流用
- 差共模分离器 — 直流用





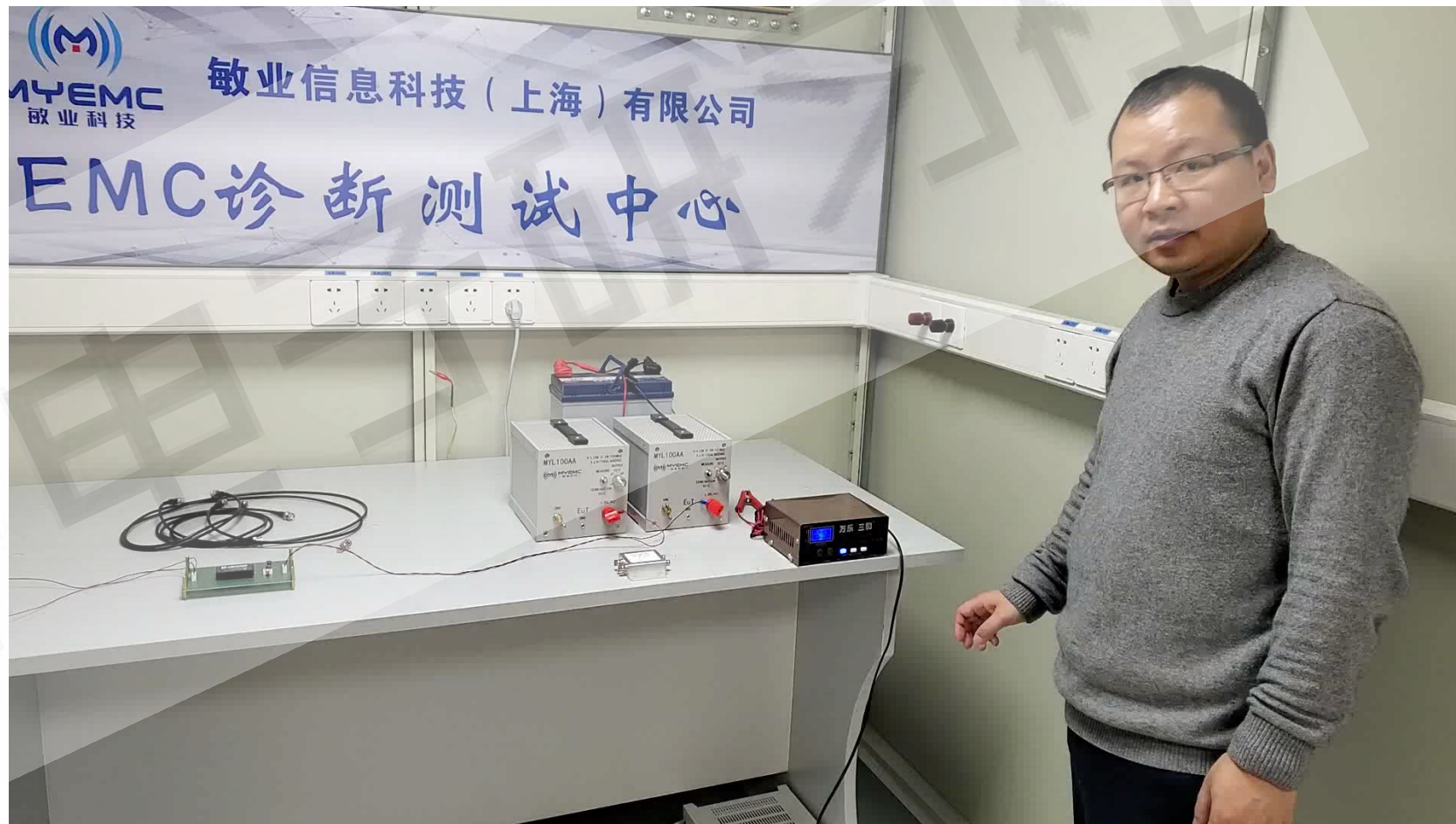
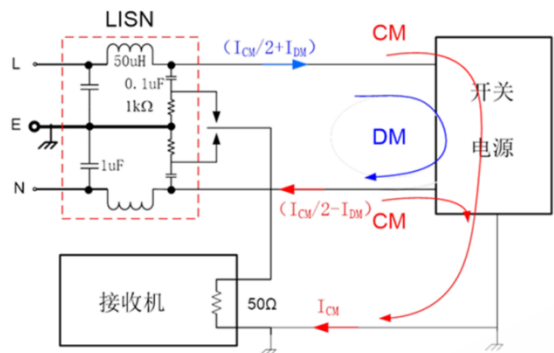
# 差共模分离

## 差共模分离演示录像



# 差共模分离

## ▶ 差共模分离演示录像

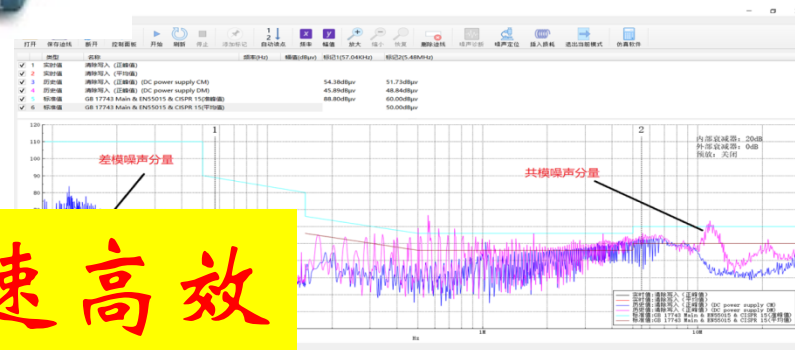


# 小结—差共模分离

➤ 差共模LISN和差共模分离器可以弄清楚传导超标的原因，而且是定量结果，为滤波器设计提供准确信息。

➤ 差共模隔离度是关键指标。

- <30MHz, 40dB。
- >20dB@108MHz。



**快速高效**



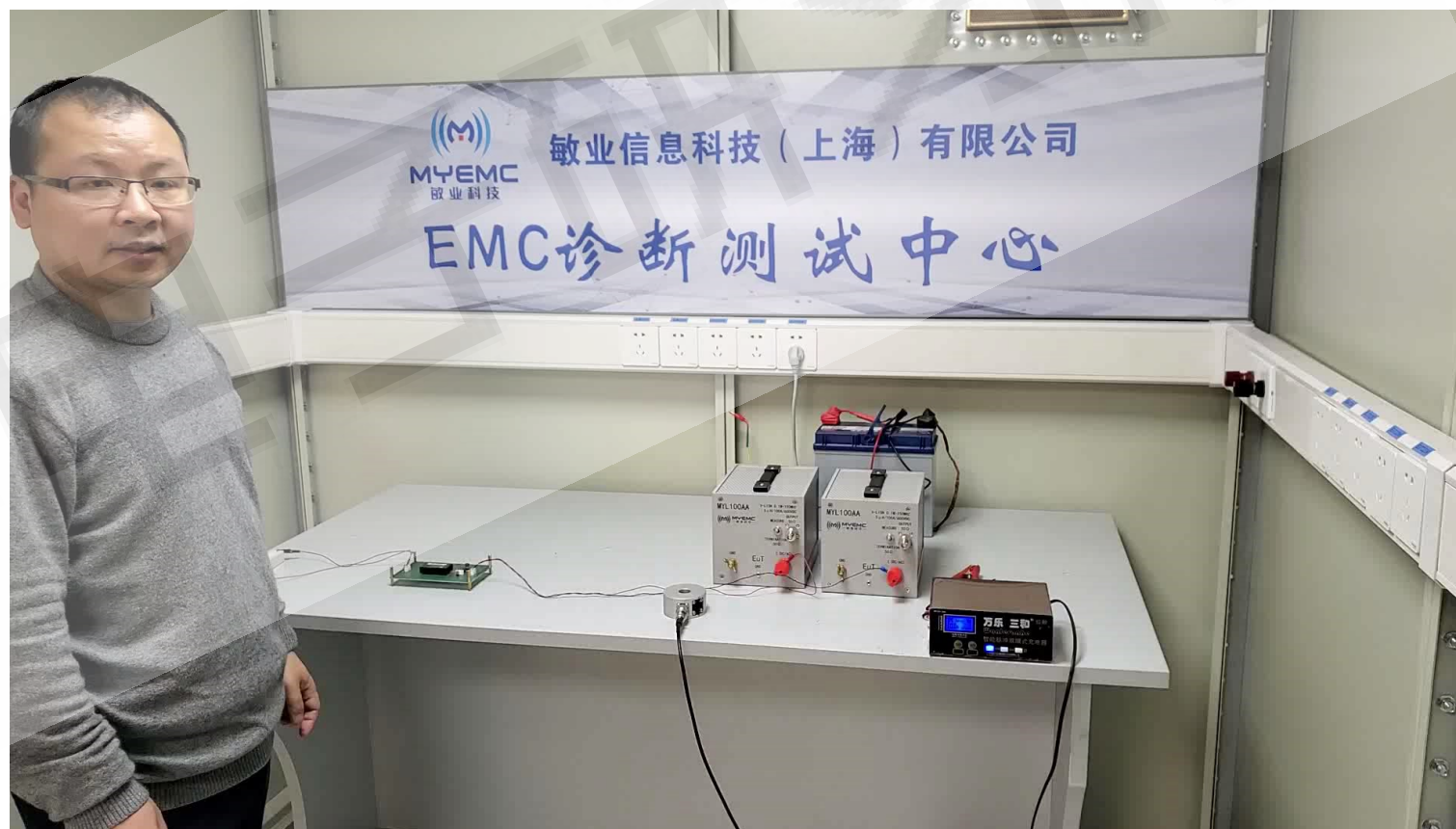
1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望



# 线束噪声的传播路径确认

## ➤ 传导干扰的传播路径

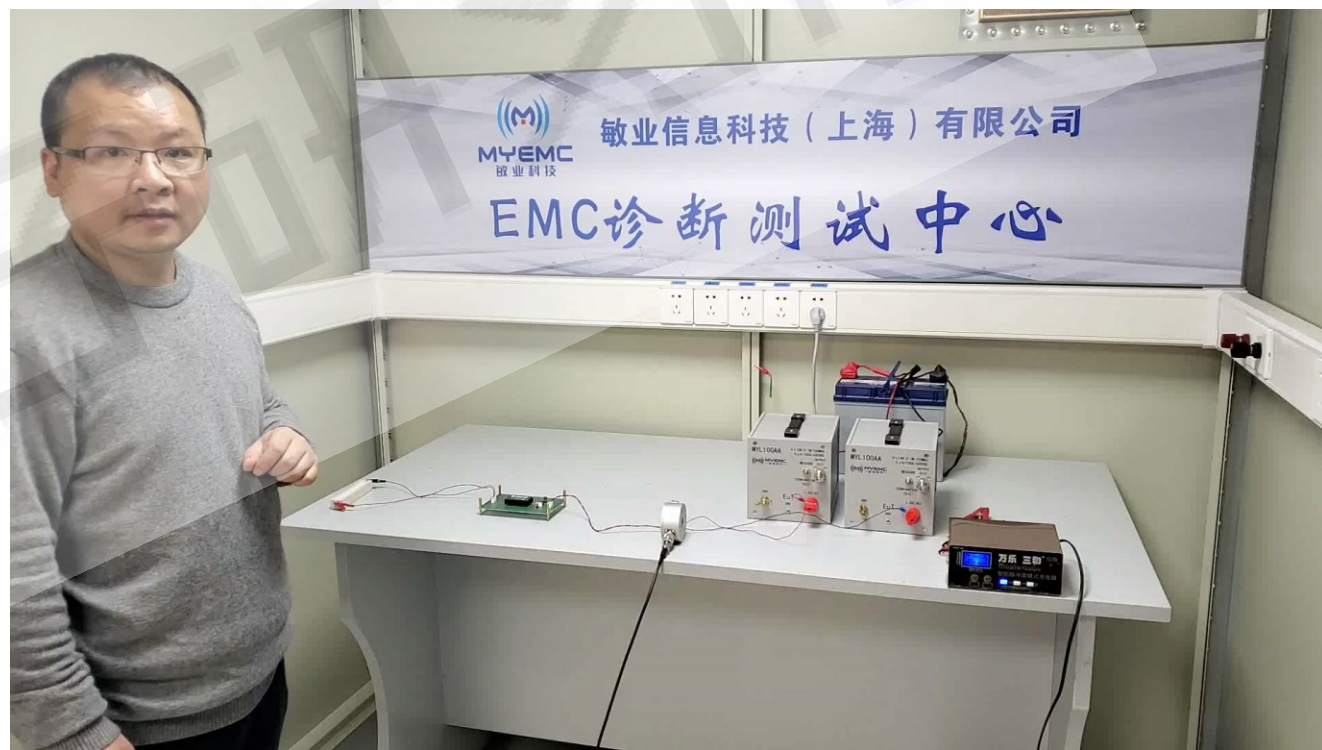
### — 输入线差模和共模的录像演示



# 线束噪声的传播路径确认

## ➤ 辐射干扰的传播路径的录像演示

- 从哪根线束辐射出去的？
- 顺藤摸瓜，定位噪声源

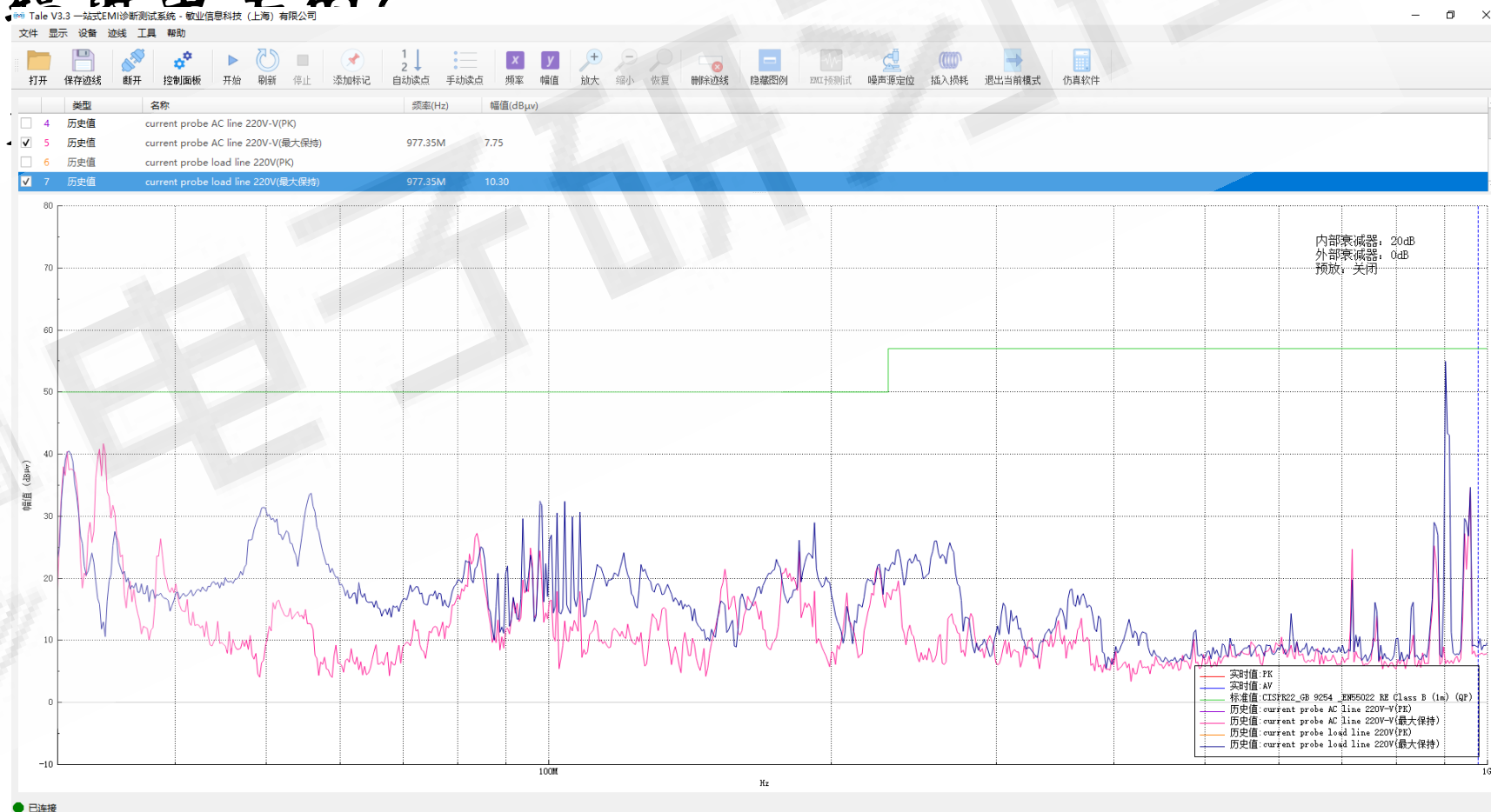


# 线束噪声的传播路径确认

## ➤ 辐射干扰的传播路径的录像演示

— 从哪根线束辐射出来的?

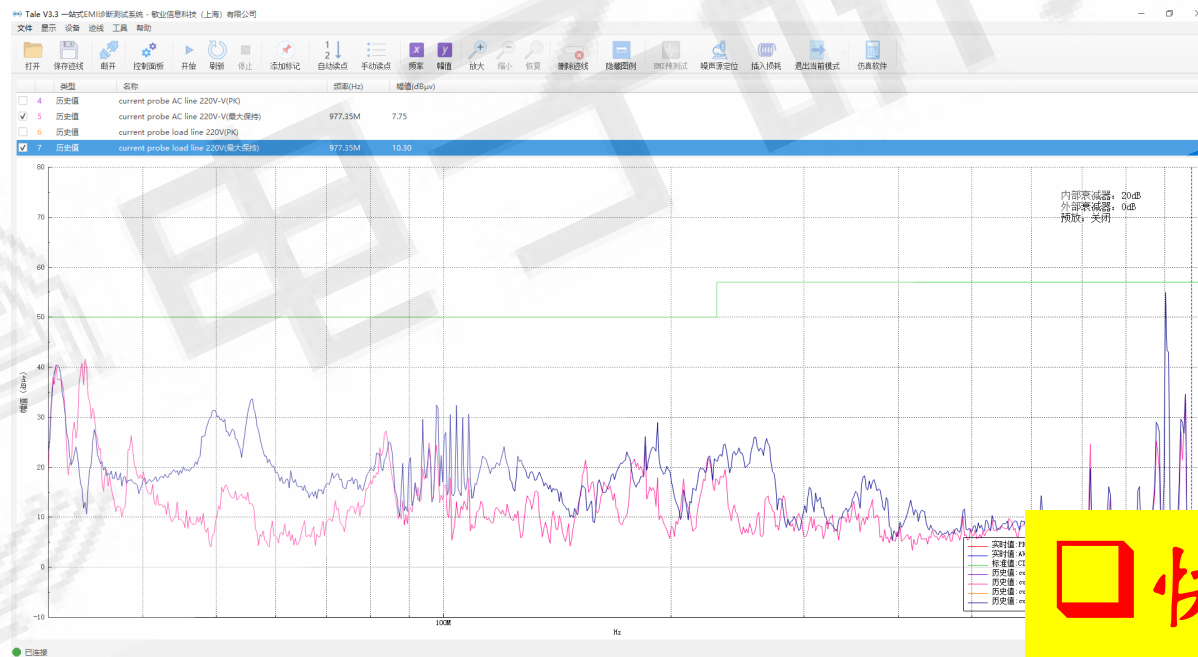
— 顺藤摸瓜,





# 小结—线束噪声的传播路径确认

- 用电流卡钳确认噪声在线束上的传播路径
- 顺藤摸瓜，定位噪声源



1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

# 器件插入损耗测试

## ➤ 电感、电容、磁珠的高频特性测试



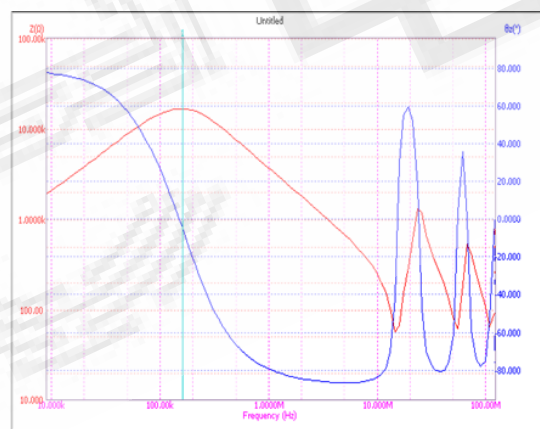
网分



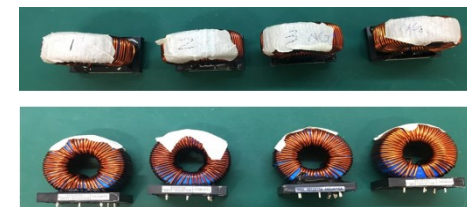
阻抗分析仪



电桥



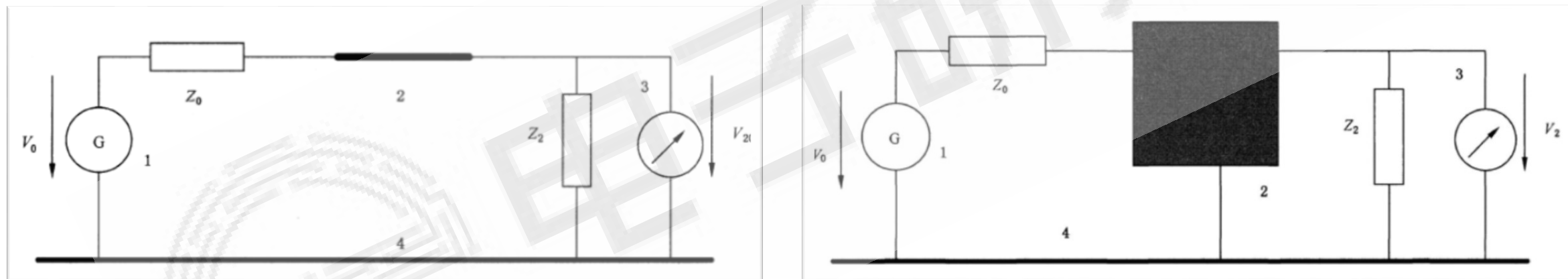
- 频率的限制
- 阻抗和相位不能直接体现实际抑制效果
- 很难体现EMI噪声抑制效果
- 结合GB/T73453无源EMI滤波抑制抑制特性测量方法有困难
- 插入损耗可以解释很多疑难问题。





# 器件插入损耗测试

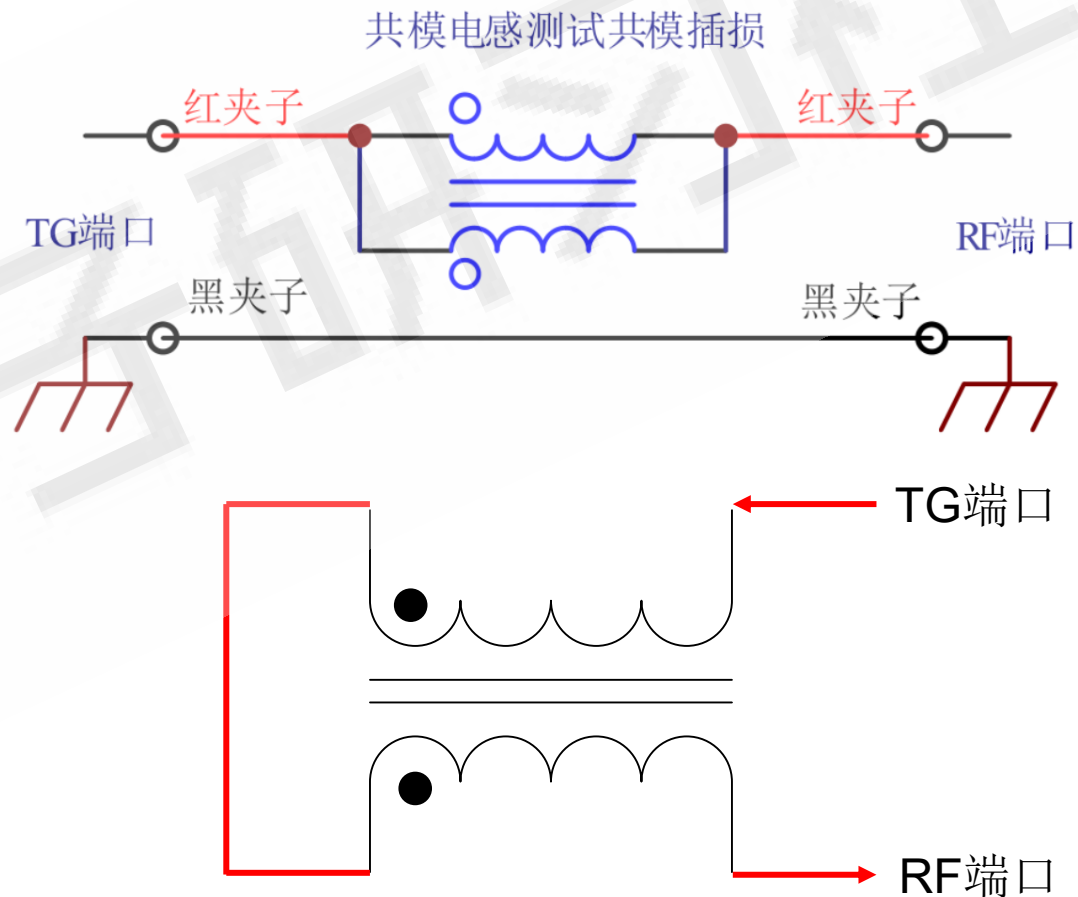
- GB/T 7343:2017 《无源EMC滤波器件抑制特性的测量方法》提出插入损耗 $a_e$ 的定义：



□用插入损耗来评估噪声抑制效果

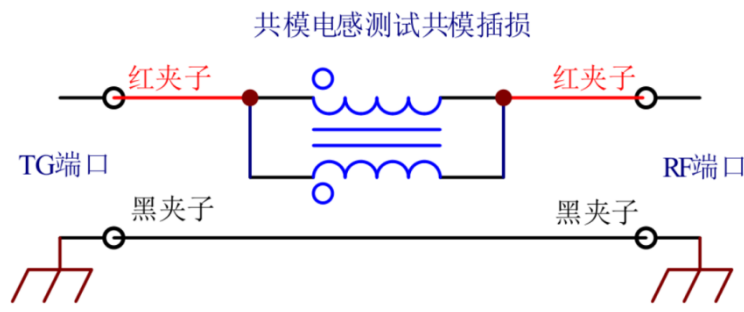
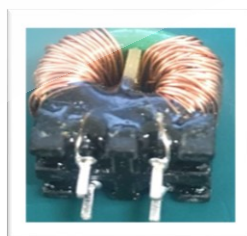
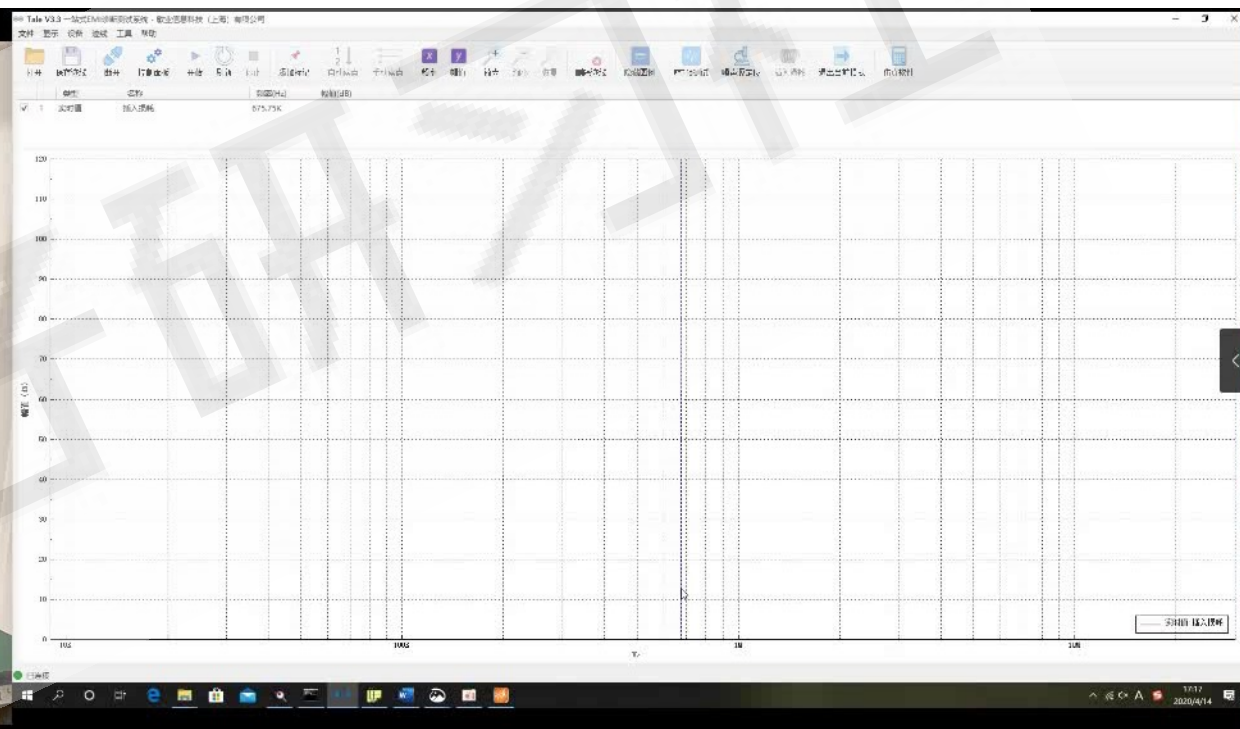
# 器件插入损耗测试

## ➤ 器件的插入损耗：电容和电感



# 器件插入损耗测试

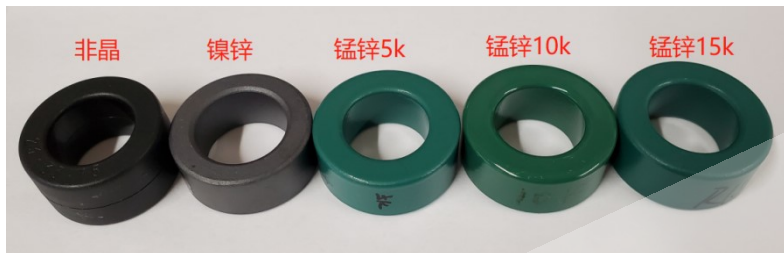
## ➤ 器件的插入损耗：电容和电感



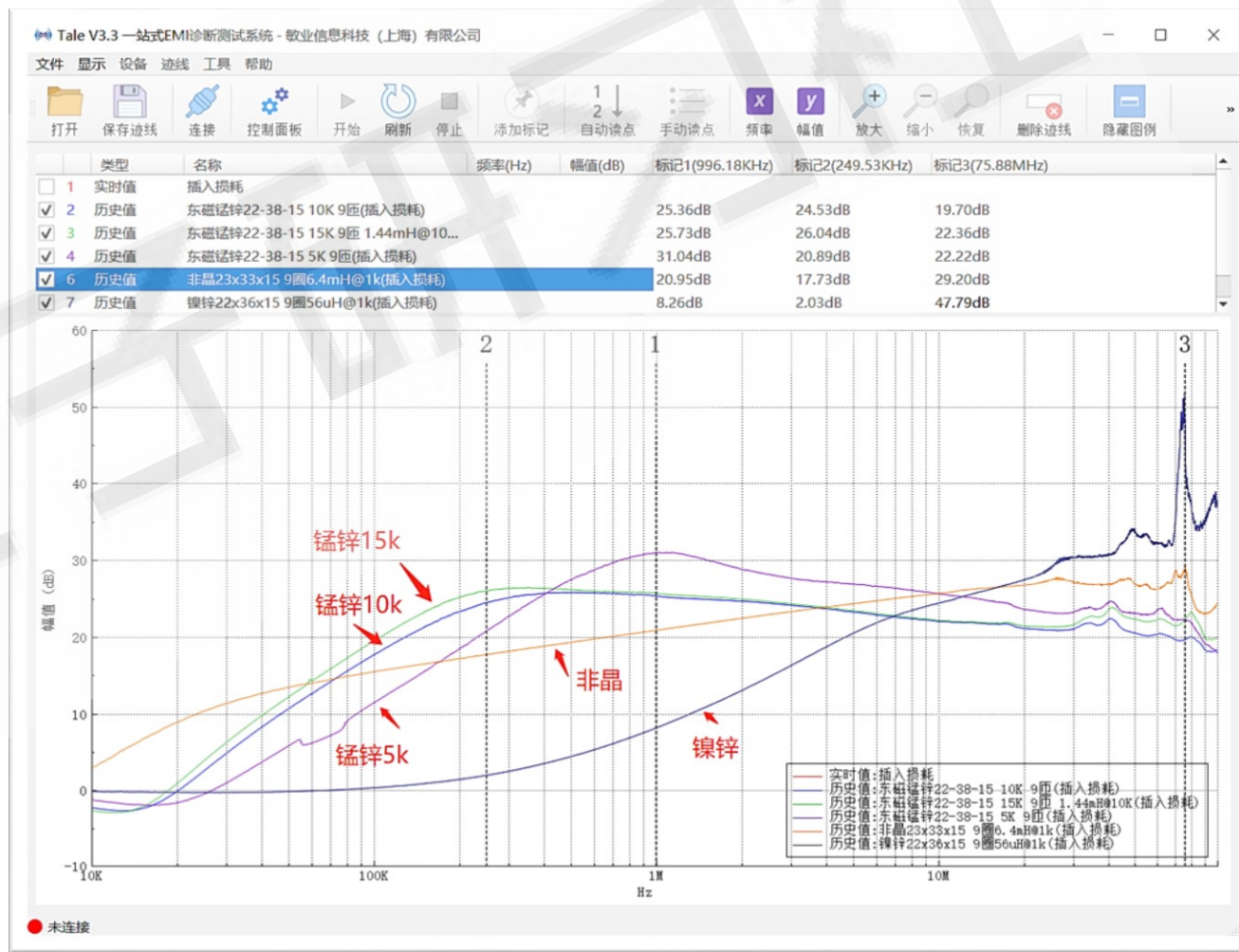


# 器件插入损耗测试

## ➤ 5k, 7k, 10k 锰锌、镍芯、非晶电感 (9匝)



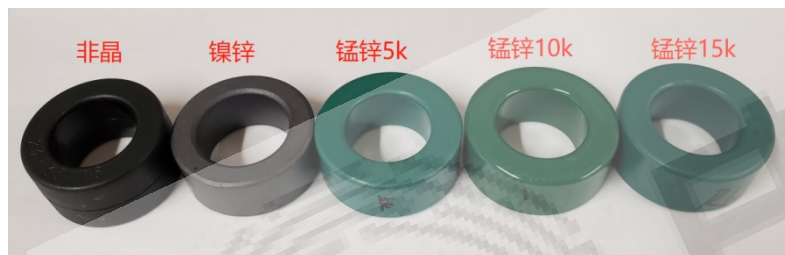
1. 非晶: 2.47mH (黄色)
2. 镍芯: 50uH (黑色)
3. 锰锌5K: 574uH (紫色)
4. 锰锌10K: 1.14mH (蓝色)
5. 锰锌15K: 1.44mH (绿色)





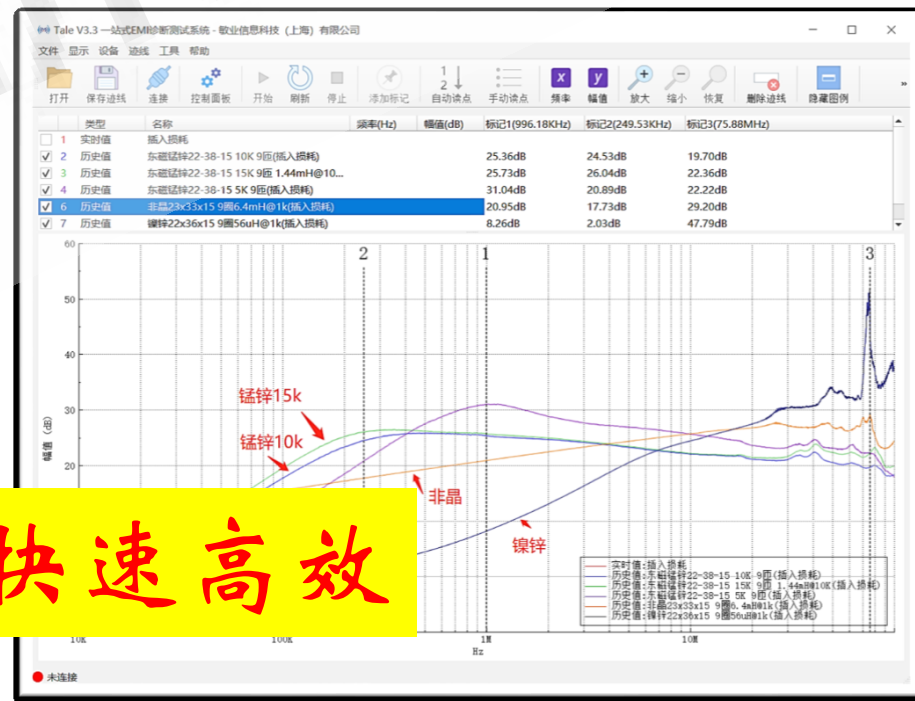
# 小结—器件插入损耗测试

- 对于EMI噪声抑制，插入损耗最直接和有效的评估方式。
- 电桥、阻抗分析仪和网分没有针对EMI噪声抑制。
- 上位机软件可以提供快速和便捷的插损测试方式。



1. 非晶: 2.47mH (黄色)
2. 镍芯: 50uH (黑色)
3. 锰锌5K: 574uH (紫色)
4. 锰锌10K: 1.14mH (蓝色)
5. 锰锌15K: 1.44mH (绿色)

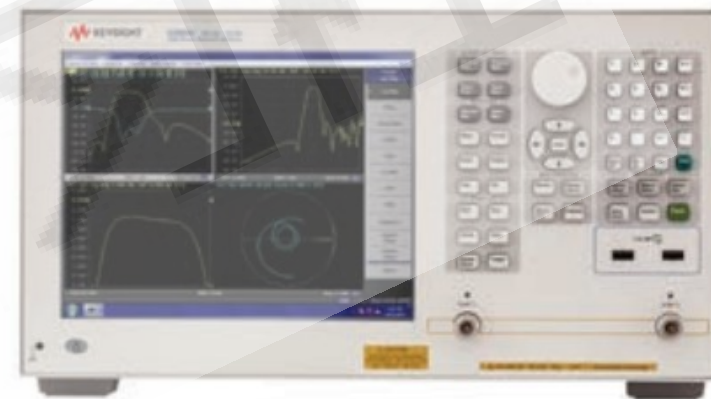
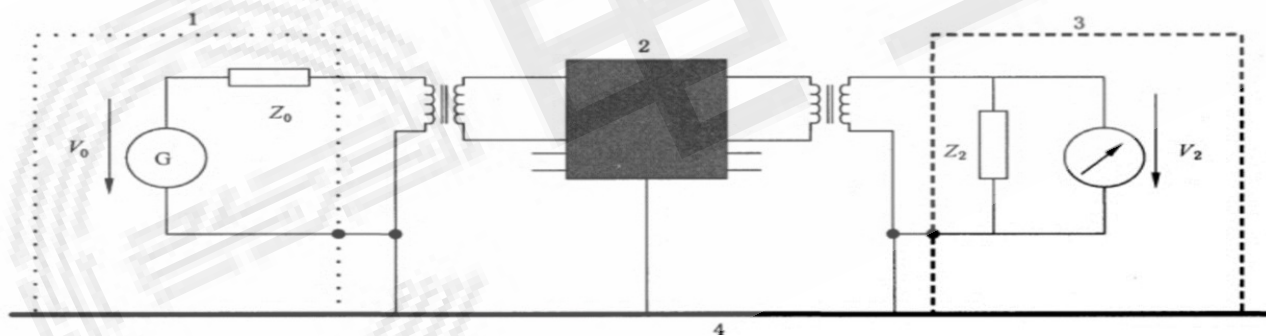
**快速高效**



1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

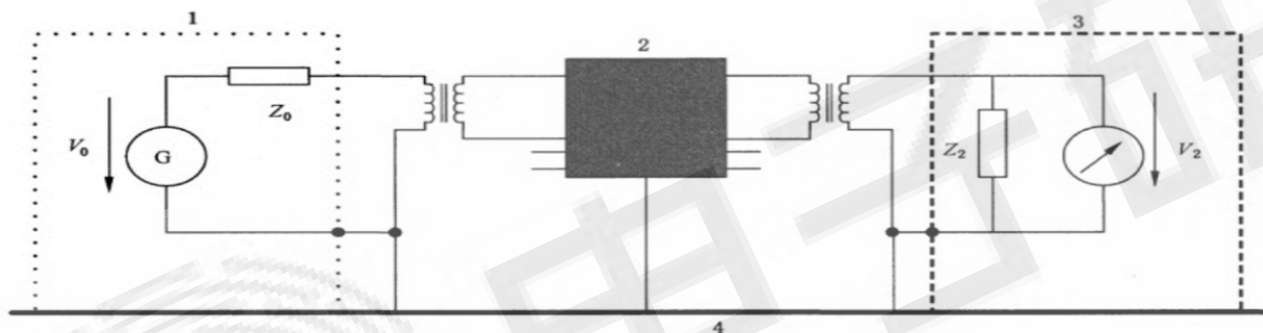
# 滤波器插入损耗测试

- 测试仪器：2端口网分和4端口网分
- 为何要4端口网分？
  - 差模插入损耗测试需要隔离变压器
  - TG端口与RF端口共地



# 滤波器插入损耗测试

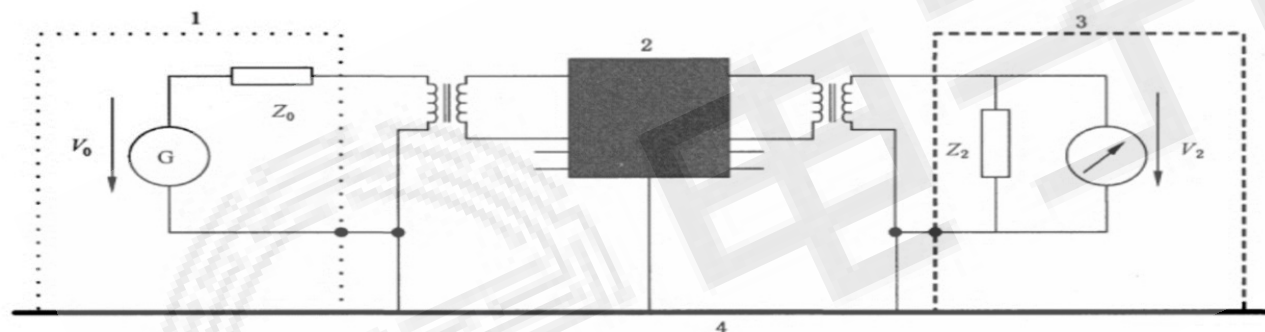
## ➤ 测试治具





## 小结—滤波器插入损耗测试

- 插入损耗测试需要依据国标GB/T7343:2017。
- 测试治具十分关键。



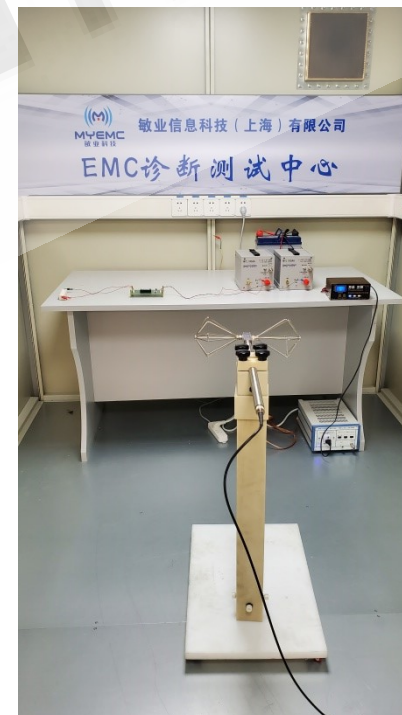
快速、高效、准确

1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

# 等效辐射摸底测试

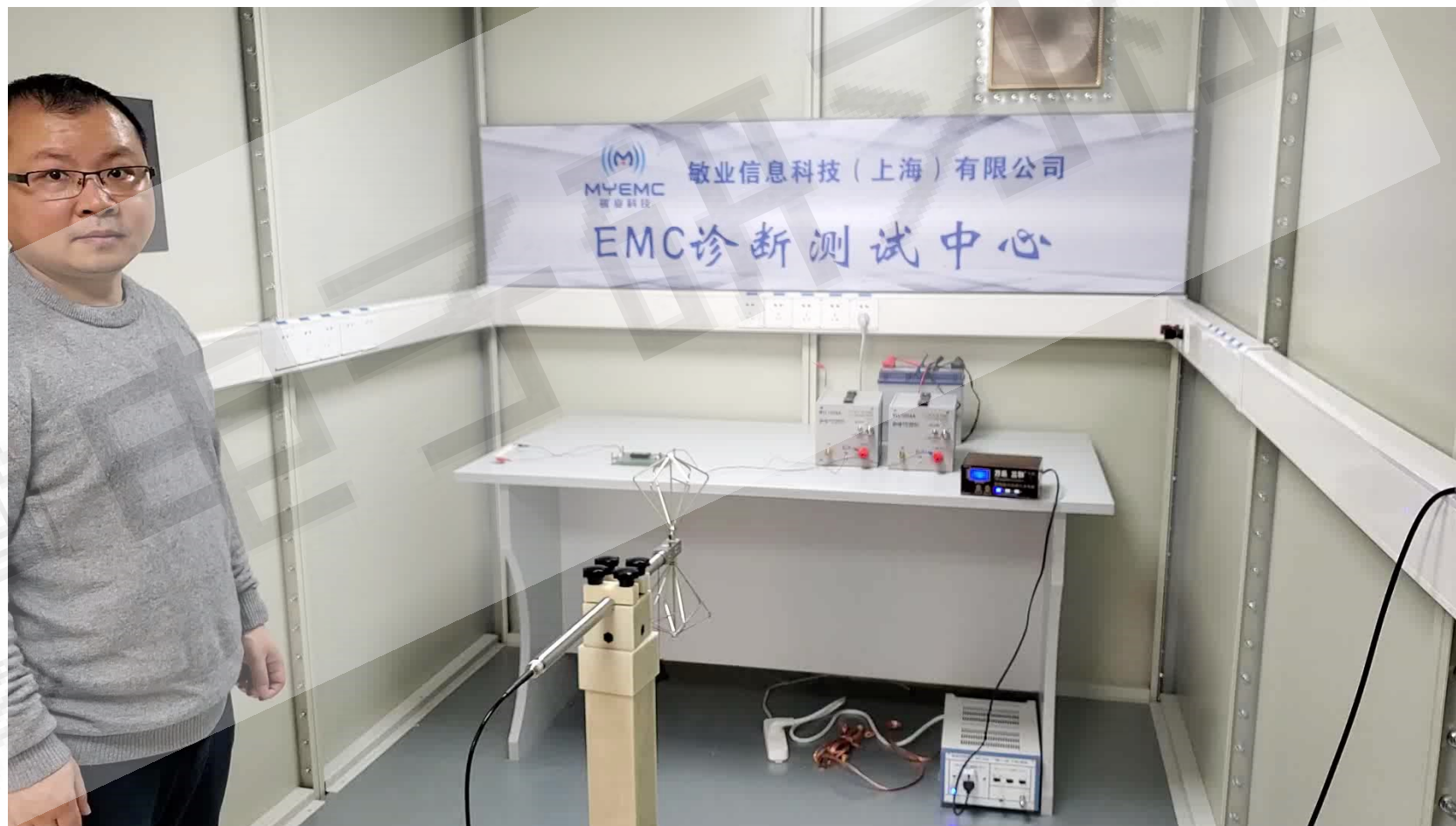
## ➤ 辐射测试如何进行摸底？

— 家电、电动汽车、通讯、医疗、照明，机器人、物联网、电力、和军工等。



# 等效辐射摸底测试

## ➤ 辐射测试录像

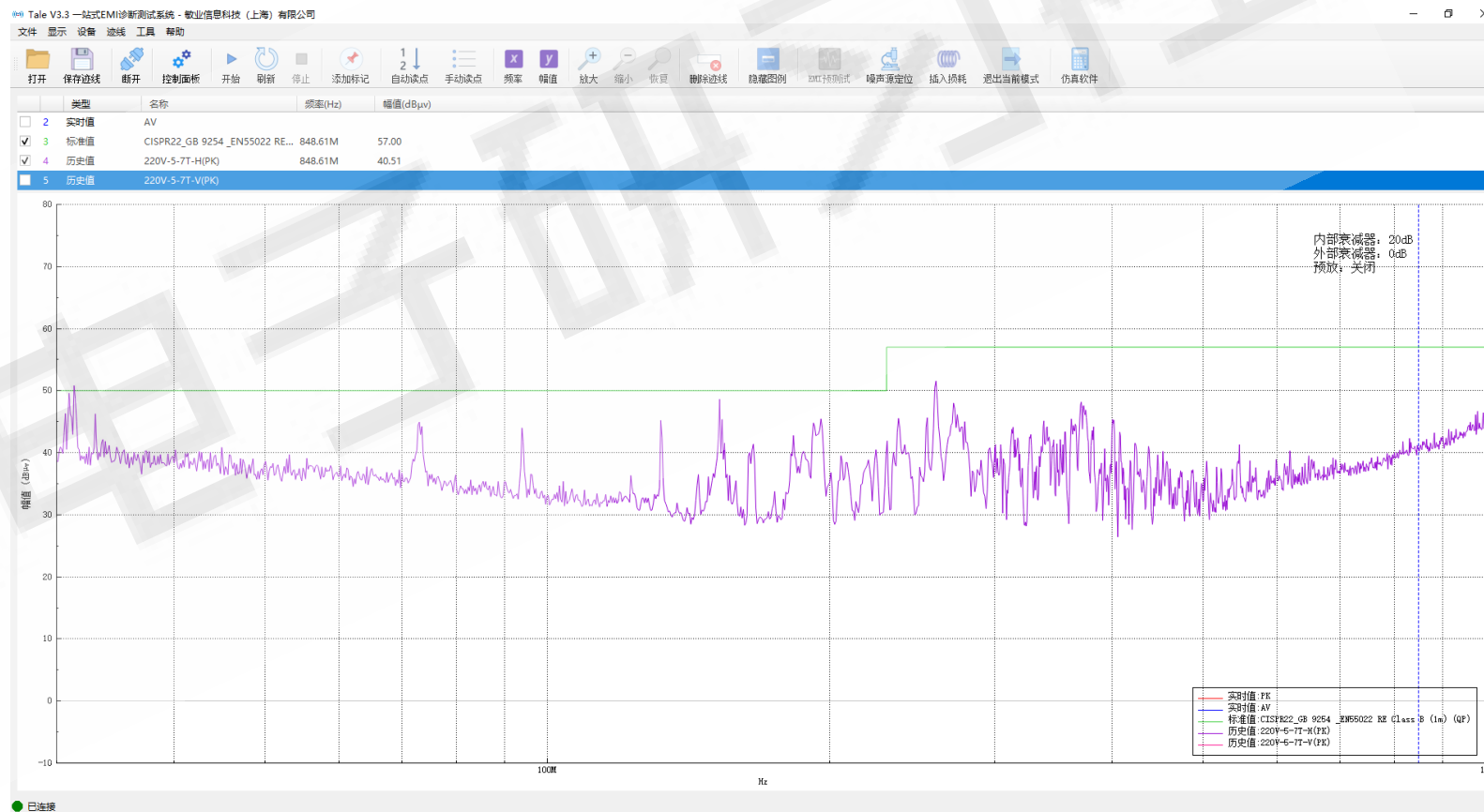
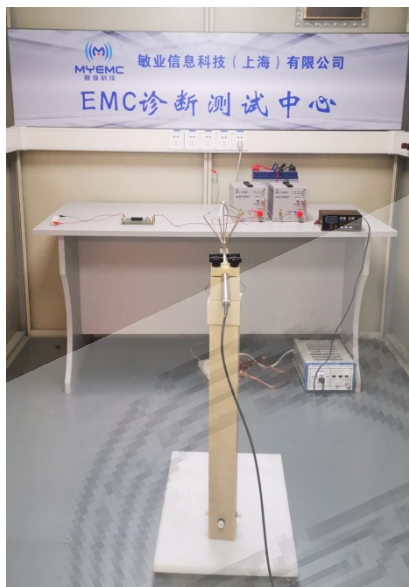




# 等效辐射摸底测试

## ➤ 65W氮化镓的电源适配器的辐射

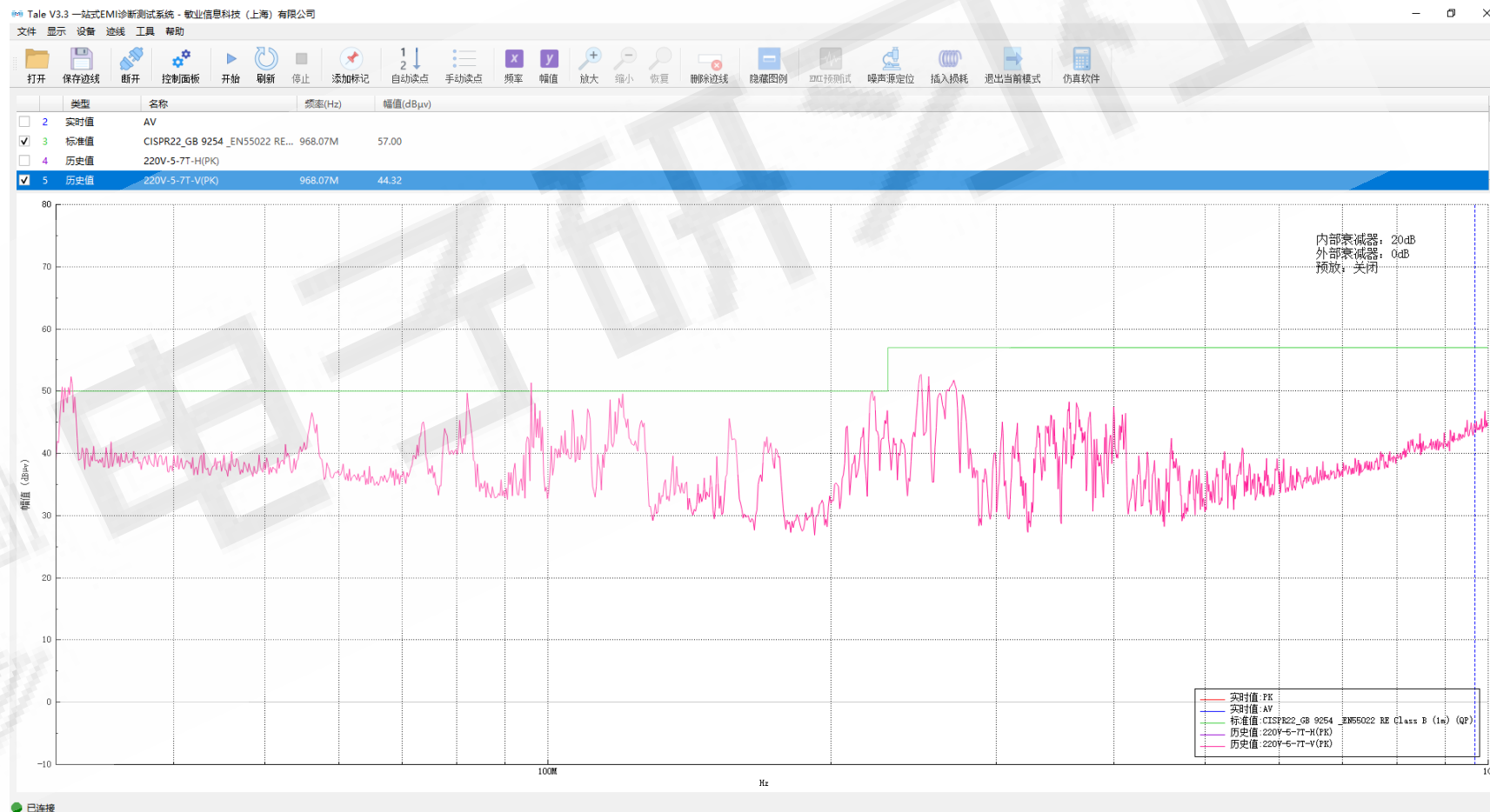
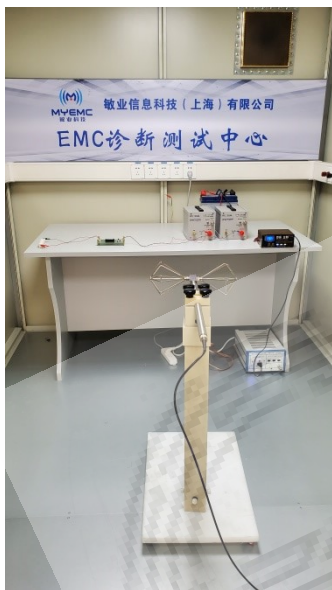
### ➤ 垂直辐射（紫色）



# 等效辐射摸底测试

## ➤ 65W氮化镓电源适配器的辐射

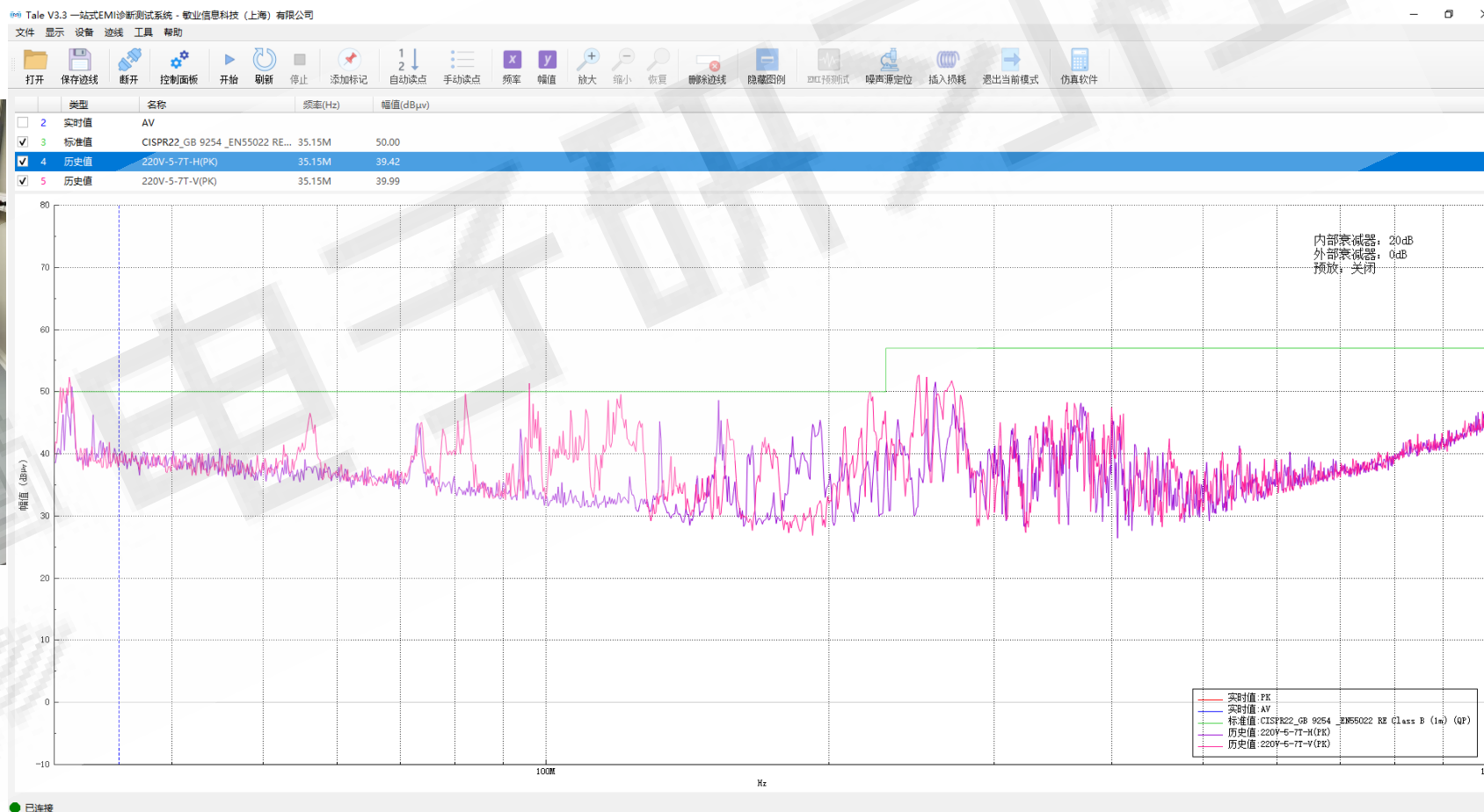
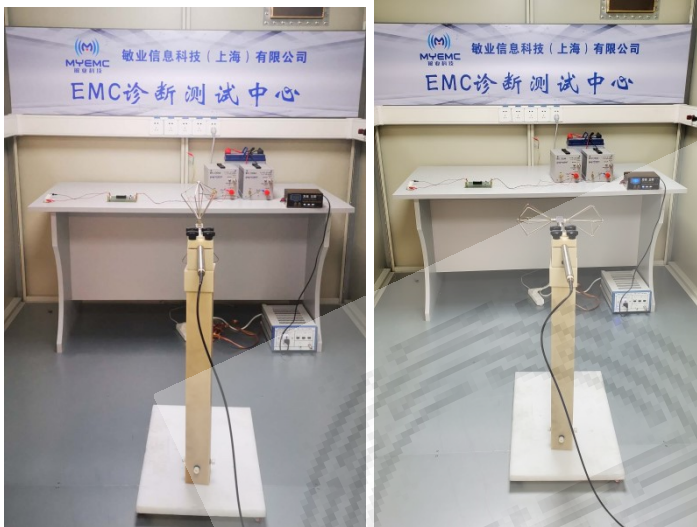
### ➤ 水平辐射



# 等效辐射摸底测试

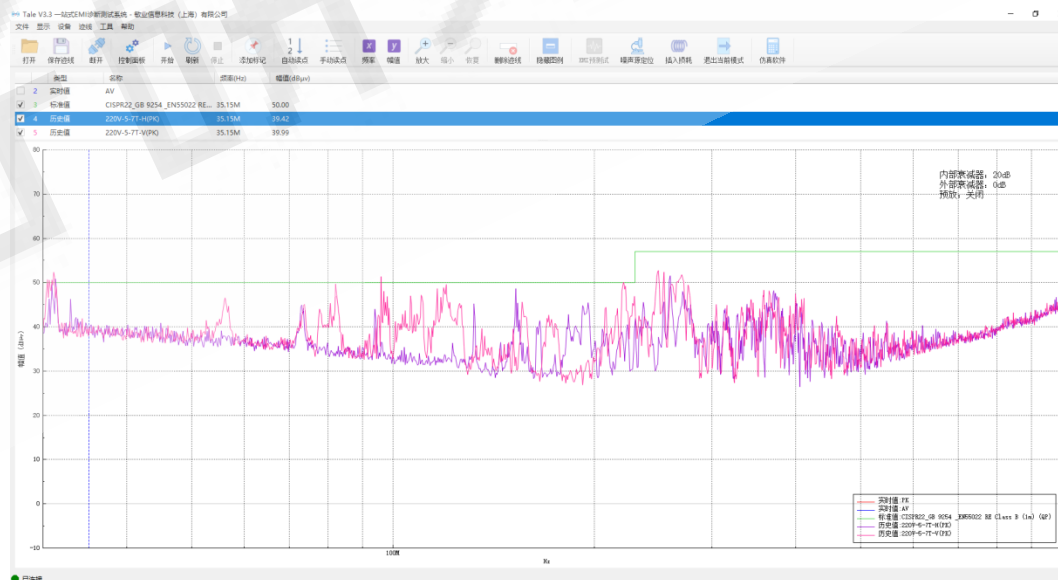
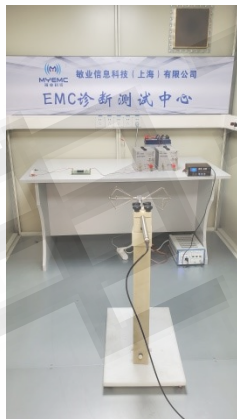
## ➤ 65W氮化镓电源适配器的辐射

### ➤ 垂直水平对比



# 小结—等效辐射摸底测试

- 屏蔽室+天线+接收机+上位机软件实现RE预测测试。
- 上位机软件方便地进行补偿校准和对比。



**快速高效**

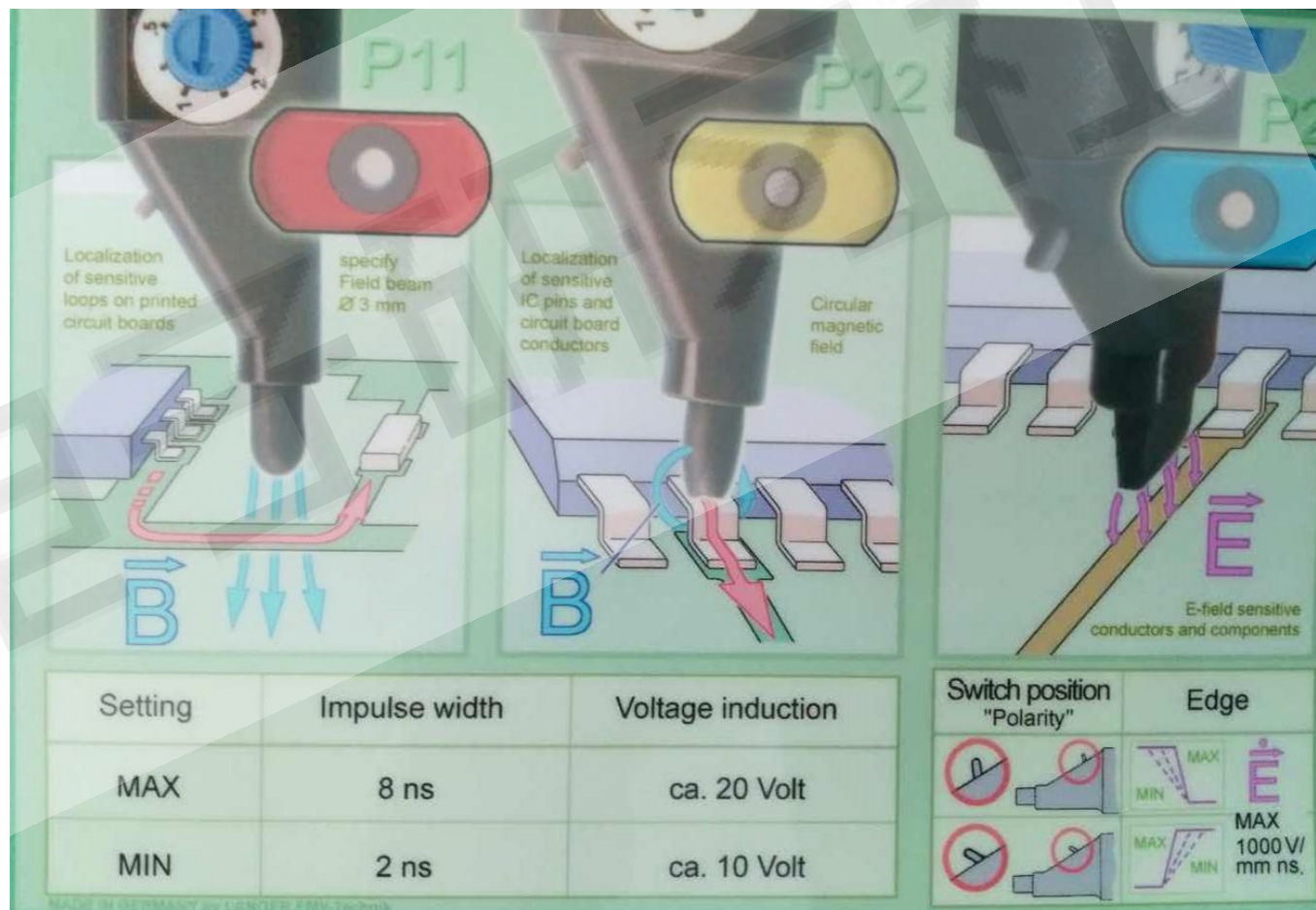


1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

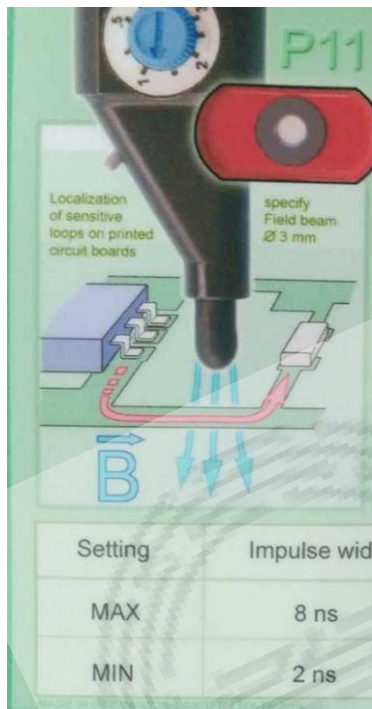
## ➤ 噪声注入探棒

— 模拟突变电场

— 模拟突变磁场



## ➤ 噪声注入演示—回路



# 静电诊断测试

## ➤ 噪声注入演示—引脚





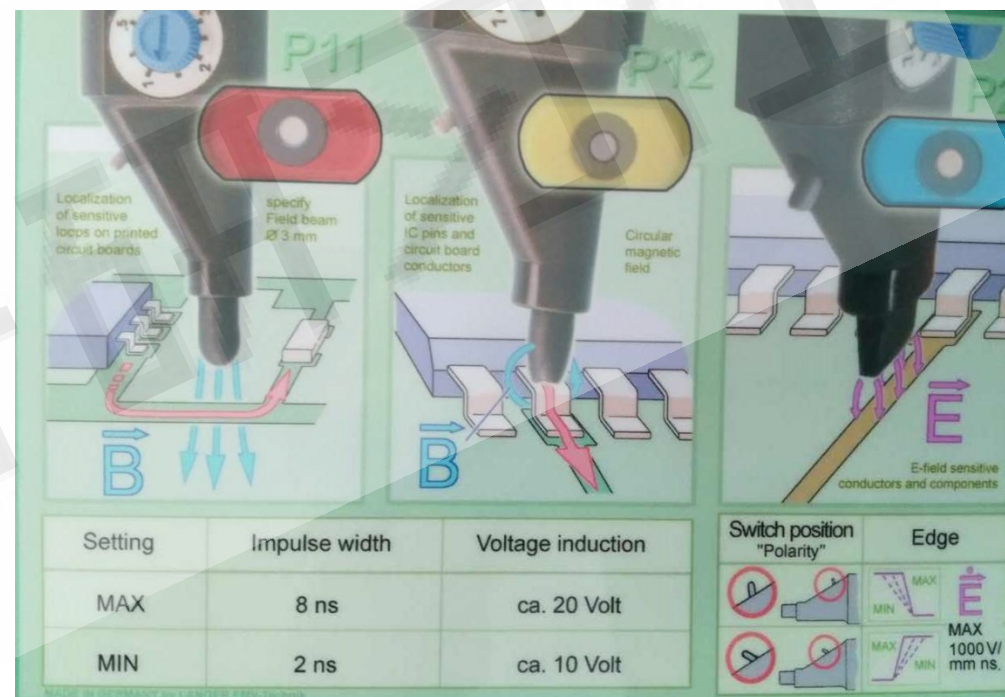
# 静电诊断测试

## ➤ 噪声注入演示—导线



# 小结—静电诊断测试

- 确认敏感部位、敏感器件
- 确认敏感种类
- 确认入侵路径路径



□ 快速高效

1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

## ➤ 双点注入实验演示

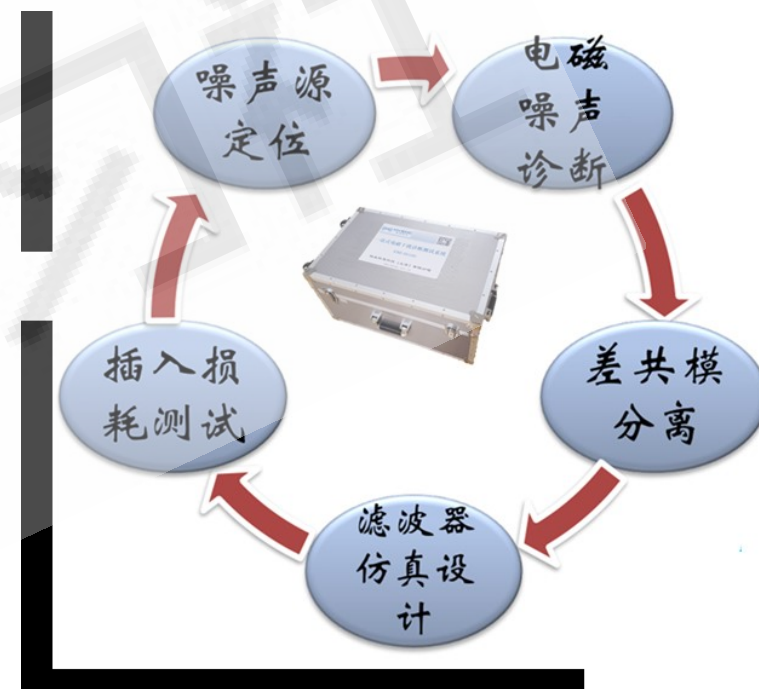
CS 电子研习社



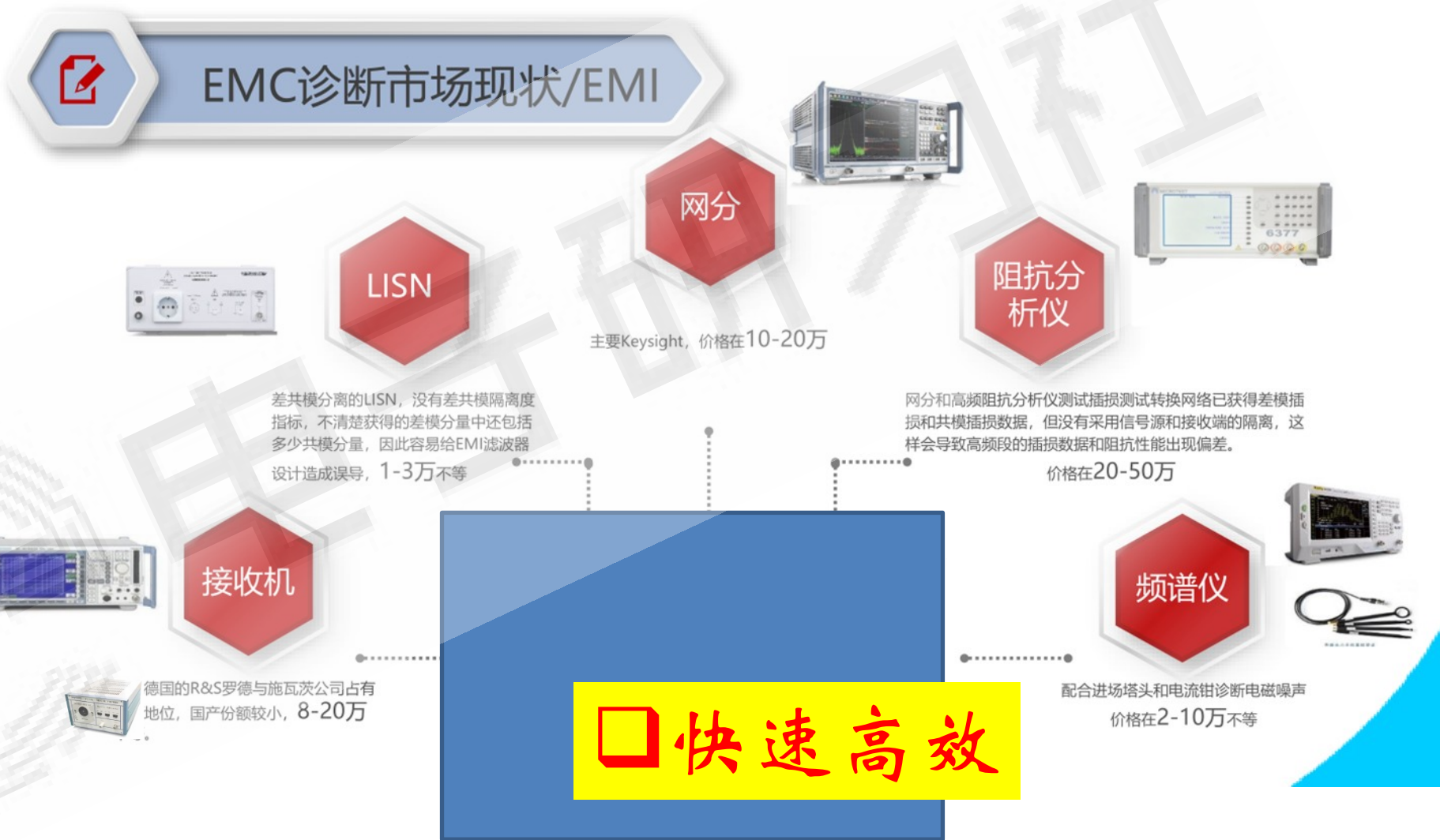
1. 噪声源精确定位
2. 传播路径定位
3. 差共模分离
4. 线束噪声的传播路径确认
5. 器件插入损耗测试
6. 滤波器插入损耗测试
7. 等效辐射摸底测试
8. 静电诊断测试
9. EFT诊断测试
10. 总结和展望

# 总结和展望

- EMC问题需要紧扣三要素
- 时域/频域、共模/差模、近场/远场
- 器件材料测试：插入损耗
- EMC正向设计



快速高效



## EMC闭环式设计

- A.** 精确的噪声源定位 ( $< 2\text{mm}$ )
- B.** 高隔离度的差共模分离 ( $> 40\text{dB}$ )
- C.** 最直观的滤波器/器件插损测试 (频段扩展至 $2.1\text{GHz}$ )
- D.** 简单易用的上位机操作软件
- E.** 定量的滤波器设计仿真软件
- F.** 便捷的EMI预测试





# 总结和展望

## ➤ EMC诊断测试中心

1. 传导诊断测试
2. 辐射诊断测试
3. 静电抗扰度诊断测试
4. EFT抗扰度诊断测试
5. 浪涌抗扰度诊断测试
6. ....



□ 快速高效

# 免费诊断测试

价值4万元的免费测试诊断服务回馈给各位粉丝及网友!

限20位

领取方式  
见下页

	测试项目	标准/特点
1	噪声源定位	精确定位噪声源，最高精度达2mm。为从噪声源解决传导辐射问题提供依据。
2	差共模噪声分量	工信部《电子设备共模和差模骚扰测量方法》；差共模抑制比 >40dB@9k-30MHz, >30dB@≤108MHz覆盖汽车电子的传导干扰频段。
3	传导骚扰测试	照明及工科医9kHz-30MHz；汽车150kHz-108MHz
4	插入损耗测试	CISPR17-1/ GB/T7343；测量滤波器件（电感，电容）和整体滤波器的插入损耗
5	传导路径定位	专利的共模探头，探测传导干扰传播路径。
6	辐射骚扰摸底测试	CISPR11/GB4824, CISPR12/GB14023, CISPR13/GB13837, CISPR14/GB4343, CISPR15/GB17743, CISPR22/GB9254, CISPR25/GB18655, CISPR32, 30MHz-1GHz的辐射骚扰摸底测试。
7	快速瞬变脉冲群抗扰度EFT	IEC61000-4-4/GB19510.4； Max. 5kV
8	静电抗扰度测试ESD	IEC61000-4-2/GB19510.2； Max. 30kV空气放电接触放电
9	浪涌抗扰度测试Surge	IEC61000-4-5/GB19510.5； 可以做6kV浪涌EMC测试（组合波）
10	电路板敏感部位探测试	定位对EFT和ESD敏感的器件或管脚。

标准单价250元/小时

# 免费诊断测试

免费测试领取方式:

- step1: 扫描左下方二维码, 添加敏业官方公众号。
- step2: 扫描右下方二维码, 添加工作人员微信。
- step3: 根据工作人员提示, 领取免费测试服务资格。



敏业信息科技(上海)有限公司

电话: 021-68788771/18918517856

Email: [myemc@myemc.net.cn](mailto:myemc@myemc.net.cn)

网址: [www.myemc.net.cn](http://www.myemc.net.cn)

地址: 上海市浦东新区锦绣东路1999号523室