

利用共模差模分离技术对传导干扰进行高效整改

摘要： 本文首先介绍了开关电源传导干扰的共模差模分解理论，同时研究了滤波器各元件在降低共模差模干扰时的作用。在此基础上举例说明，对一个 60W 的反激电源进行进一步的传导整改，使之余量达到 20DB。

关键词： 传导干扰 共模 差模 分离 整改

如何快速高效而且低成本地整改开在此基础上关电源的传导干扰，是摆在工程师面前的一个棘手问题。用常规的方法进行滤波器元器件的更换不但费时而且还不一定能达到最佳的效果，更增加了无谓的成本。

按照传导电磁干扰传播的特性，可将其分为解为共模（Common Mode, CM）干扰和差模（Differential Mode, DM）干扰。共模（CM）干扰定义为任何载流导体与参考地之间的不希望有的电位差；差模（DM）干扰定义为任何两个载流导体之间的不希望有的电位差。参考图 1。

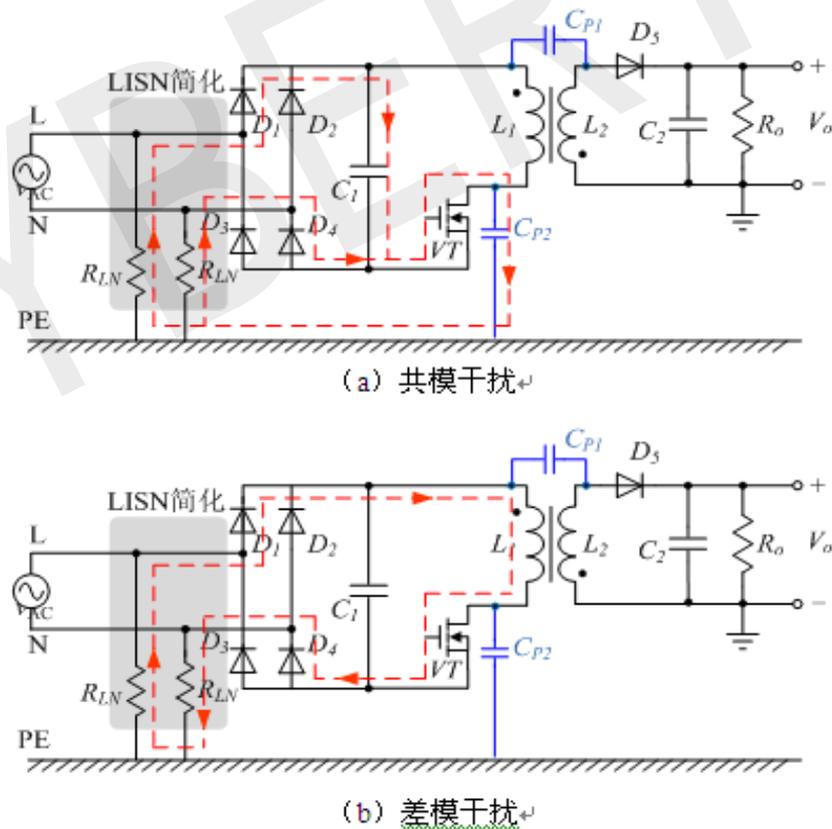


图 1 反激开关电源的共模干扰和差模干扰的信号分析

滤波器的元件对差模共模信号的抑制机理是不同的。那么我们完全可以根据分离出来的共模或差模信号的大小，调整相应的元件以达到整改的目的。可以大大减少产品的研发周期以及费用，赢得市场先机。

为此，深圳市知用电子有限公司（CYBERTEK）推出了利用共模差模分离技术进行高效传导整改的解决方案。该方案包含数字化接收机 EM5080A，业内首创的共模差模分离功能的人工电源网络 EM5040B，滤波器整改工装 EM50401 以及隔离变压器 EM5060。见图 2、图 3。

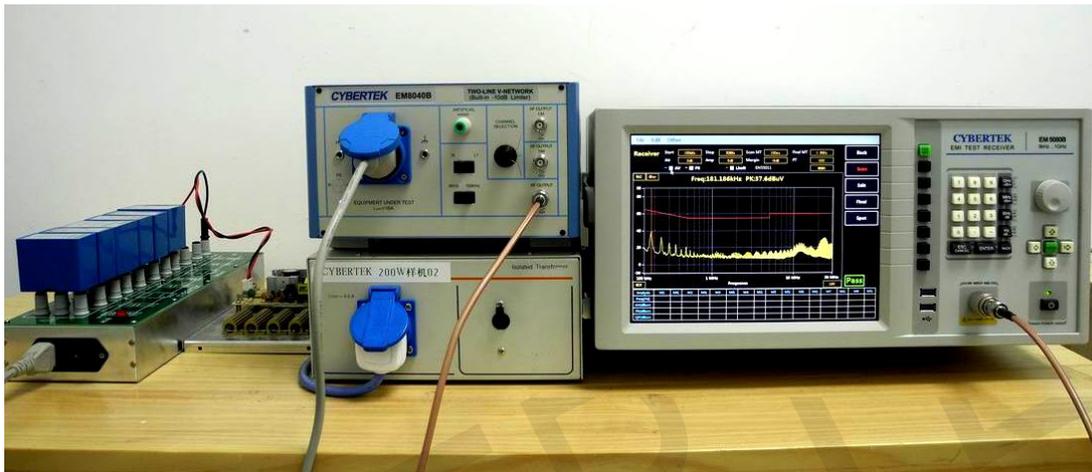


图 2 CYBERTEK 高效传导整改的解决方案



图 3 EM50401 产品图片

（该产品具有专用的接线柱，让客户不但可以使用 EM50401 自带的标准整改模块，而且可以很方便地直接在接线柱上接上元件进行整改。）

EM50401 模块组件		
模块名	规格	数量
Y 电容	2200pF	3
	4700pF	3
X 电容	0.1uF	3
	0.22uF	3
	0.47uF	3
	1uF	3
	2uF	3
共模电感	1.2mH	2
	8mH	2
	30mH	2
差模电感	30uH	2
	70uH	2
	100uH	2

◆ 举例说明：60W 反激开关电源传导整改的研究

测试所用仪器

仪器名称	仪器品牌	仪器型号
接收机	CYBERTEK	EM5080A
人工电源网络	CYBERTEK	EM5040B
隔离变压器	CYBERTEK	EM5060
测试工装	CYBERTEK	EM50401

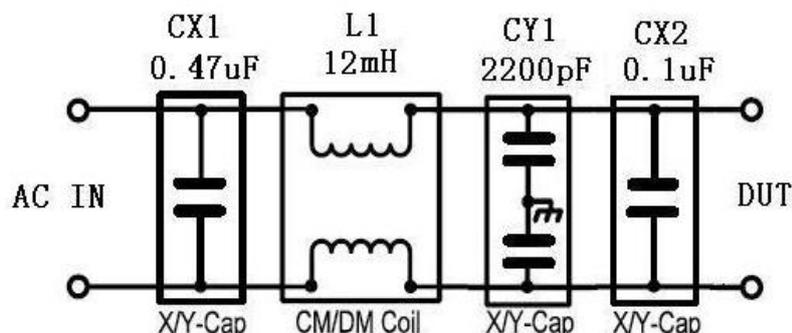


图4 60W 电源的滤波器电路

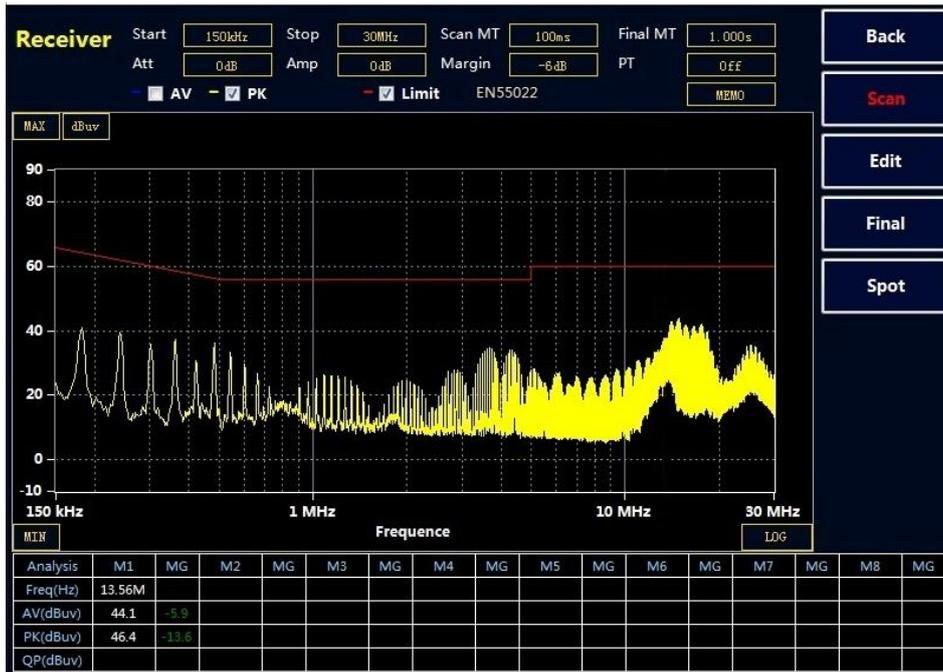


图 5 将原版的 EMI 器件移到 EM50401 后的传导曲线

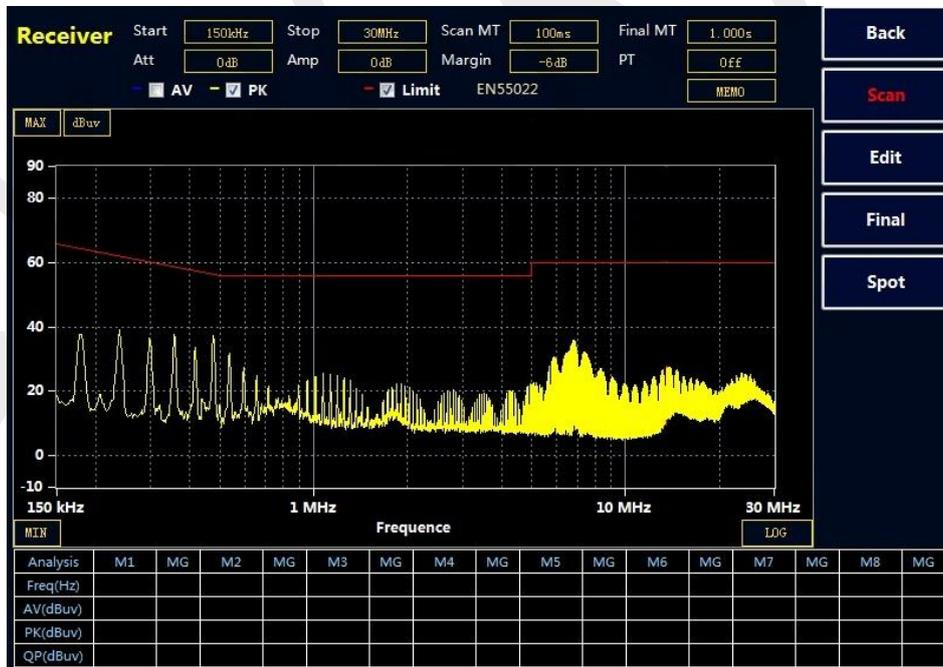


图 6 将原版的 EMI 器件移到 EM50401 后的共模曲线

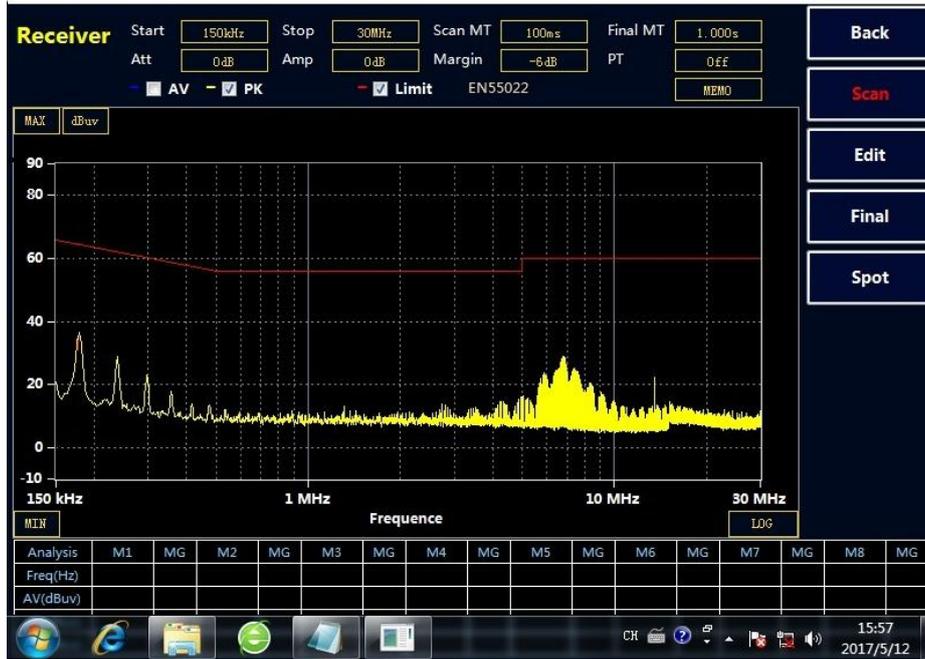


图 7 将原版的 EMI 器件移到 EM50401 后的差模曲线

一、 X 电容

由上面的共模差模曲线可以发现这个电源的共模干扰是主要的，差模干扰已经很小了。下面我们可以尝试以下操作：

- ✧ 在原有滤波器电路的基础上改大 CX2 为 0.47U，看有没有改善（见图 8、图 9、图 10）：

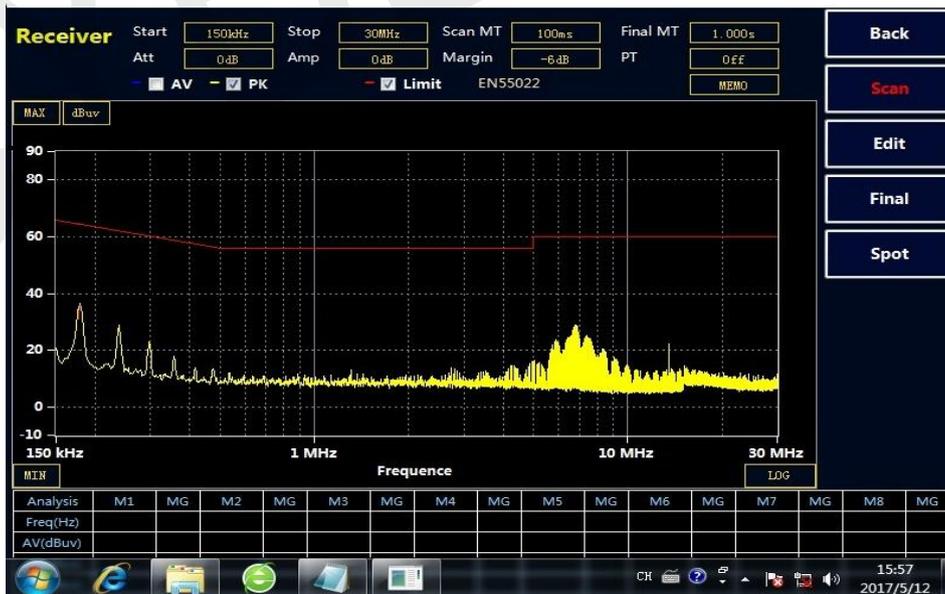


图 8 改大 CX2 为 0.47U 传导曲线，无改善

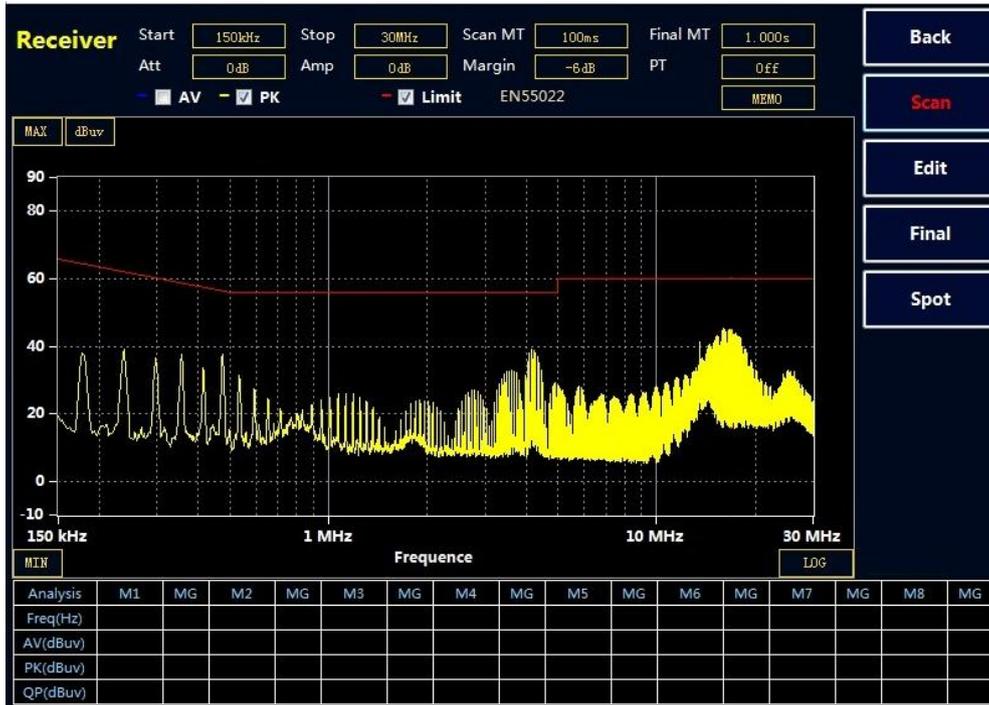


图9 改大 CX2 为 0.47U 共模曲线，无改善

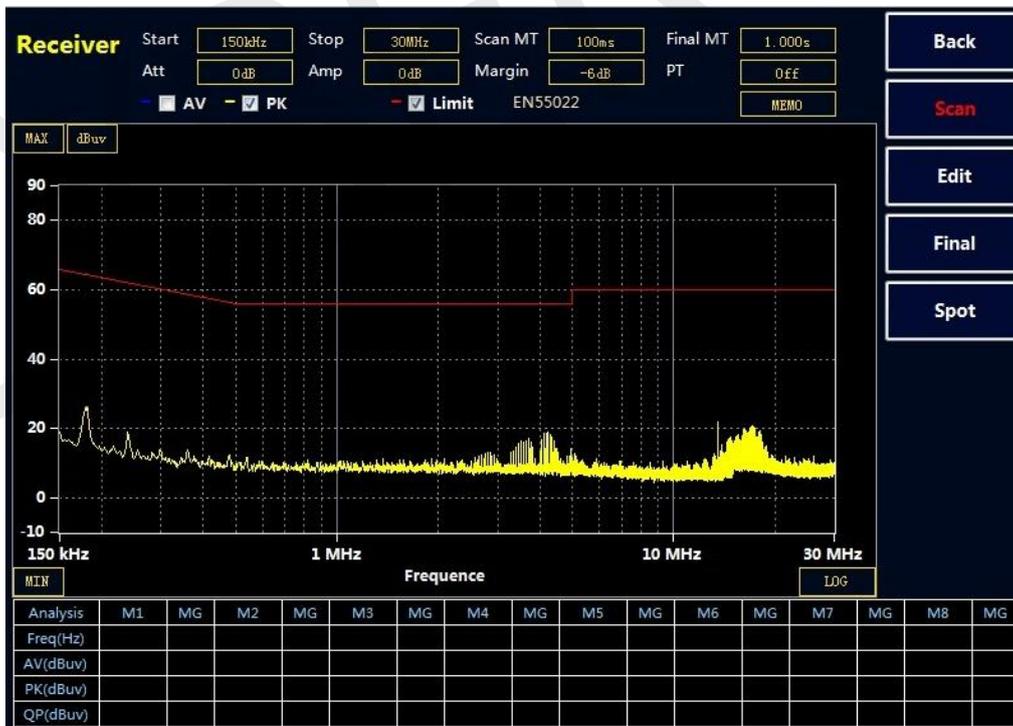


图10 改大 CX2 为 0.47U 差模曲线，有改善

✧ 在原有滤波器电路的基础上改小 CX1 电容为 0.1U（见图 11、图 12、图 13）：

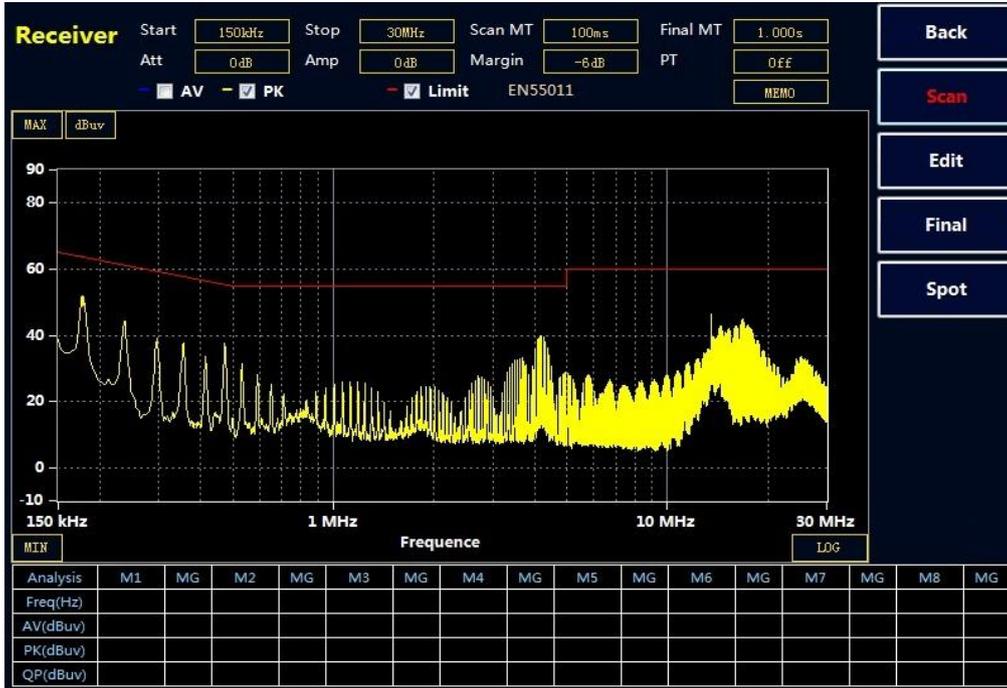


图 11 改小 CX1 为 0.1U 传导曲线，低频段变差

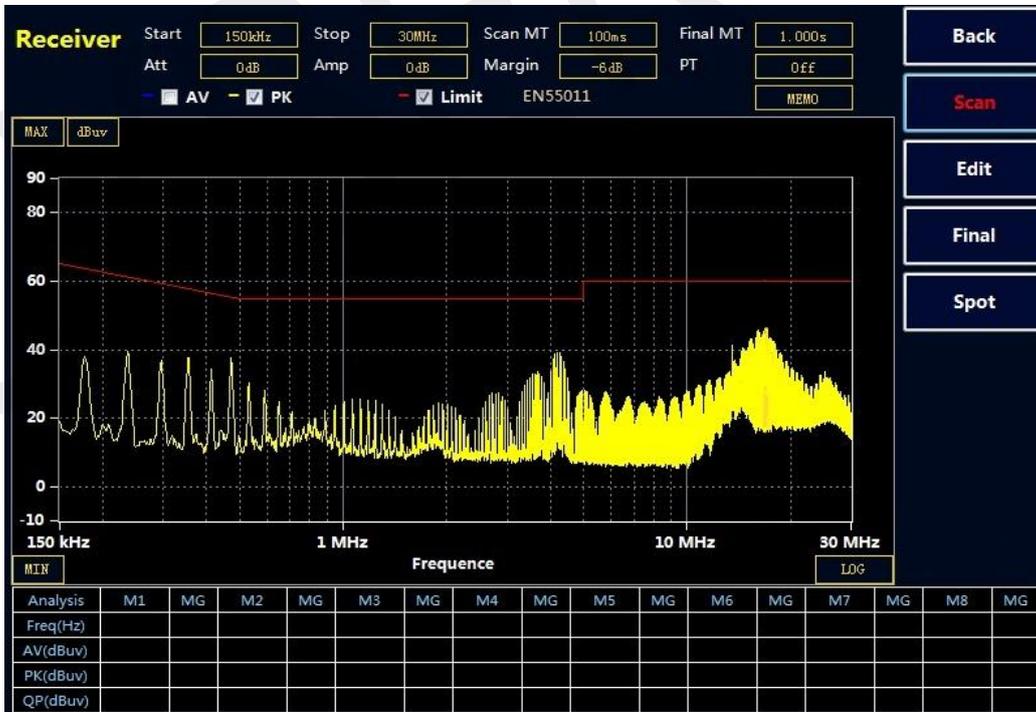


图 12 改小 CX1 为 0.1U 共模曲线，无改善

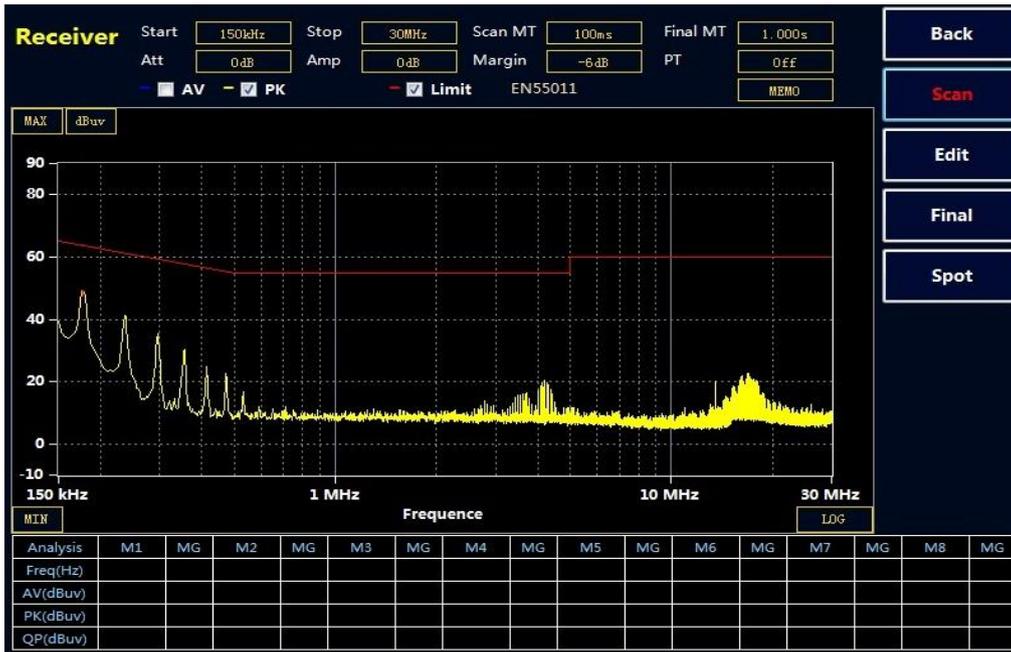


图 13 改小 CX1 为 0.1U 差模曲线，低频段变差

结论：X 电容只对差模干扰有效果。在共模干扰为主的情况下，再加大 X 电容对共模干扰的减少是没有任何用处，白白增加成本。

二、共模电感。

在原有滤波器电路的基础上改小共模电感 L1 到 1.2MH（见图 14、图 15、图 16）：

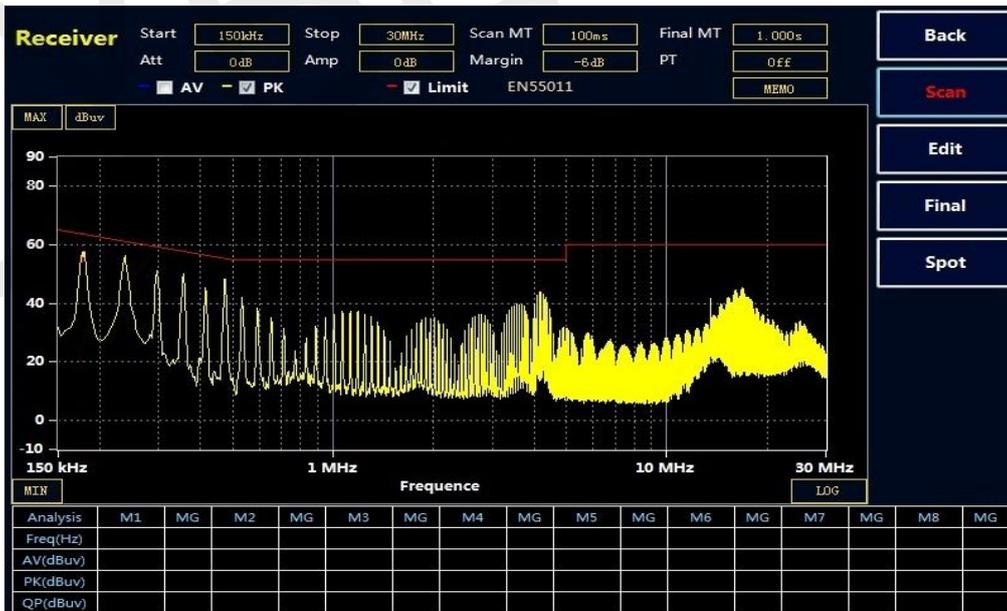


图 14 改小共模电感 L1 到 1.2MH 传导曲线，变差

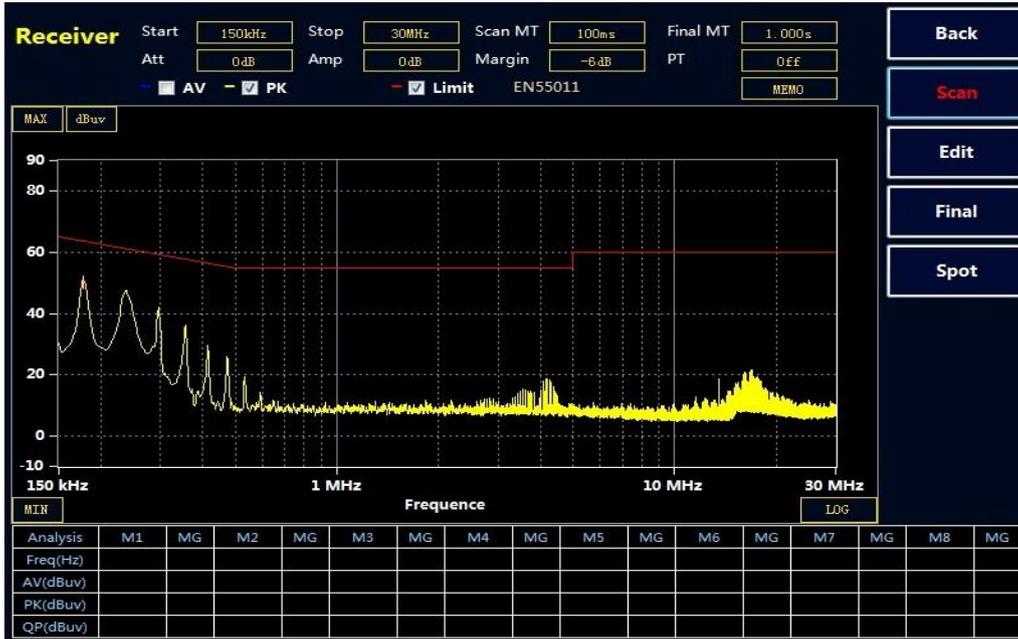


图 15 改小共模电感 L1 到 1.2MH 差模曲线，低频段明显变差

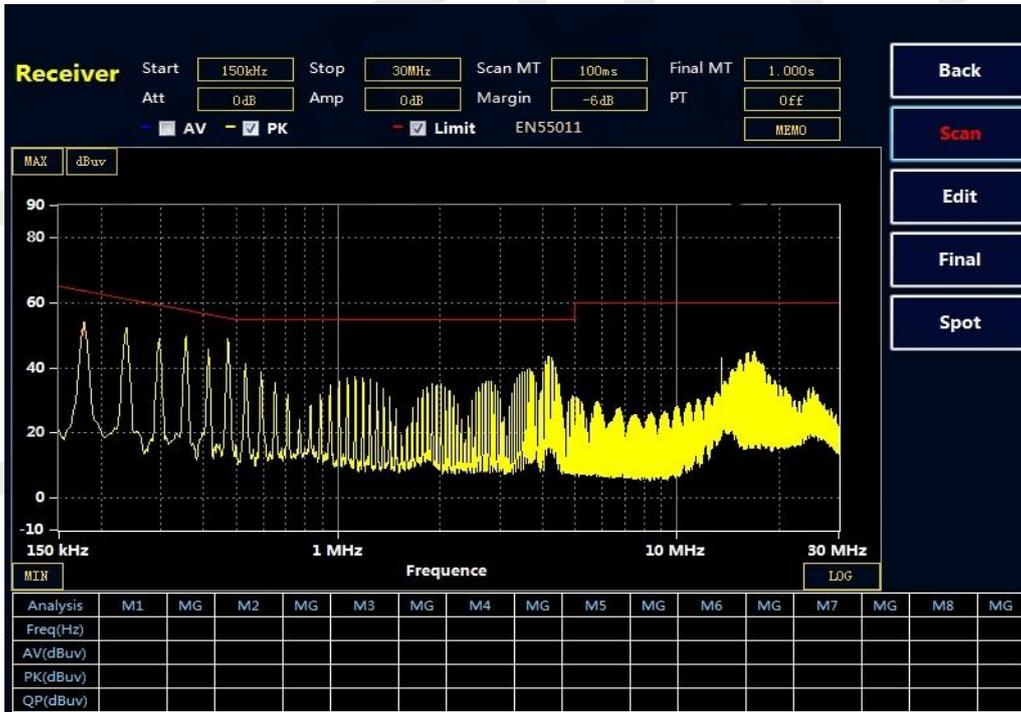


图 16 改小共模电感 L1 到 1.2MH 共模曲线，变差

结论：共模电感和 Y 电容构成低通滤波器（图 28）主要作用是吸收共模干扰。同时共模电感有一定的漏感正好可以当差模电感用，和 X 电容构成低通滤波器。这样可以避免单独使用差模电感，降低成本。

三、Y 电容

在原有滤波器电路的基础上去掉 CY1 电容（见图 17、图 18、图 19）



图 17 去掉 CY1 电容传导曲线，变差

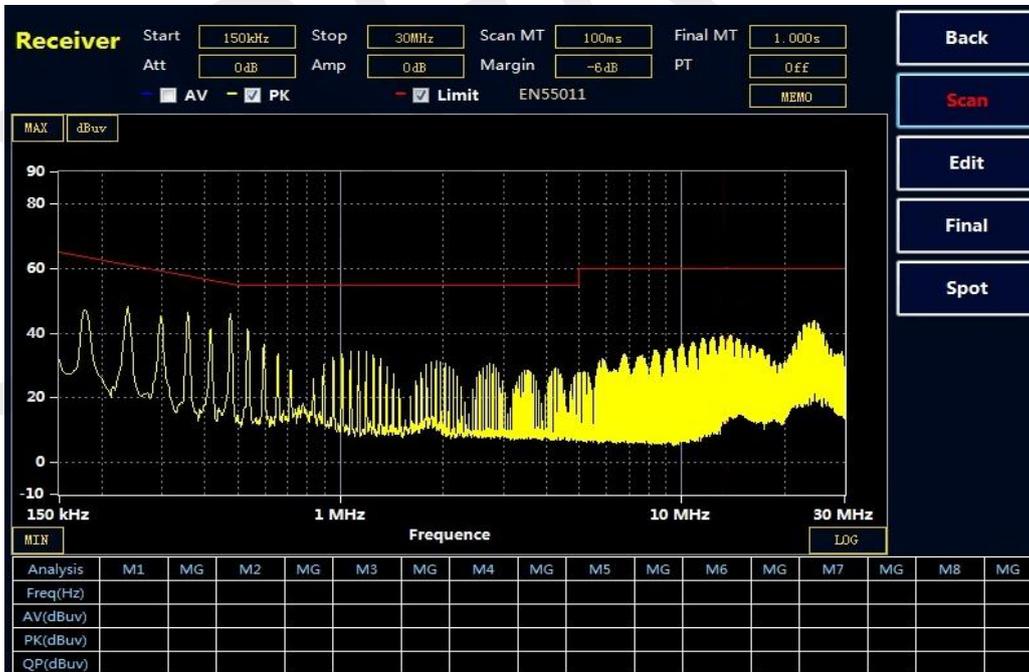


图 18 去掉 CY1 电容共模曲线，变差

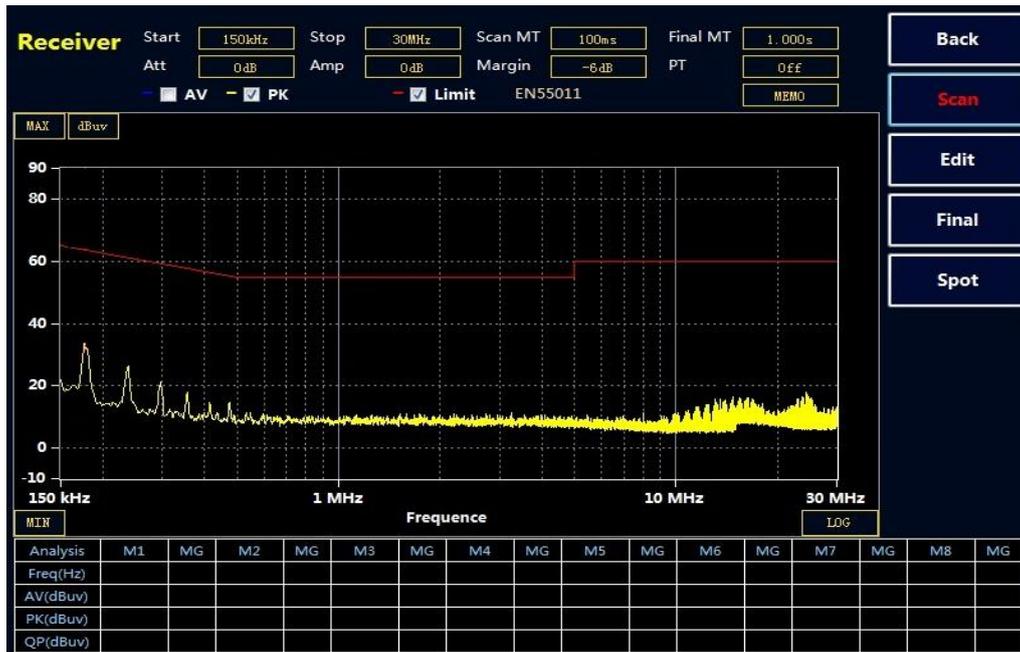


图 19 去掉 CY1 电容差模曲线，不变

结论：Y 电容的作用是（和共模电感构成低通滤波器，见图 28）吸收共模干扰。

但 Y 电容不能太大，因为会引起很大的漏电导致安规有问题。医疗电源对漏电有严格的要求，一般不使用或用很小的 Y 电容。这对传导干扰的整改带来极大的挑战。

四、全面整改后的余量达到 20DB

为了进一步降低该电源的传导干扰，我们把滤波器增加一级变成 2 级滤波器。

对共模的抑制通常加入共模电感和 Y 电容，试着在 EMI 电路 DUT 端中加入 30mH 共模电感，虽然低频段比较理想，但高频段不但没有降低反而上升。其共模扫描曲线下图所示：

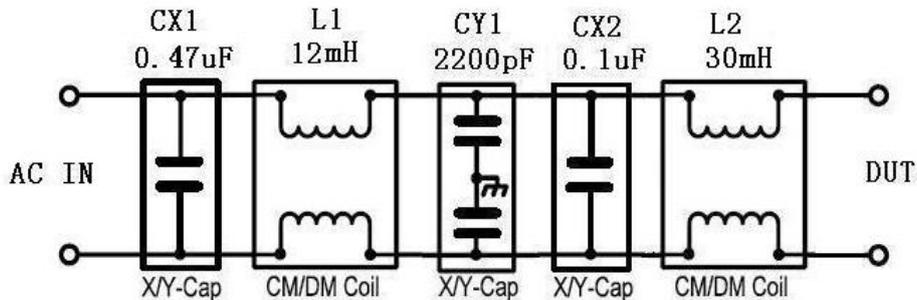


图 20

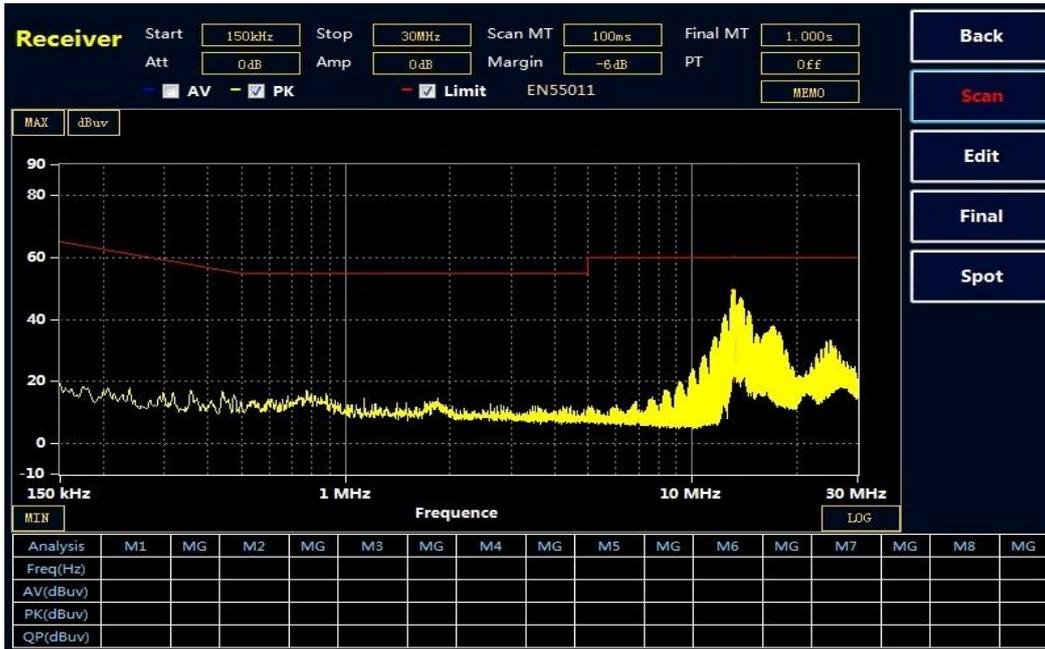


图 21 共模曲线

◇ 把 30mH 共模电感减少到 1.2mH 共模电感，其共模扫描曲线下图所示：

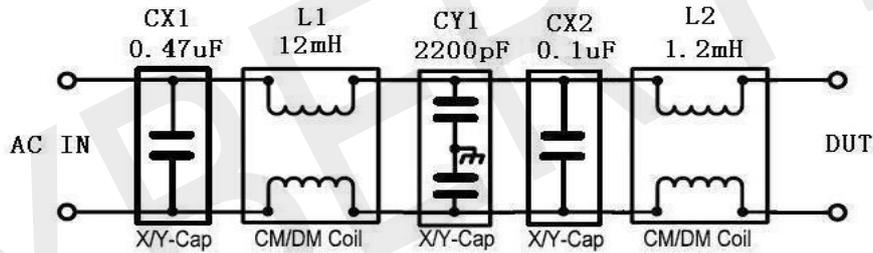


图 22

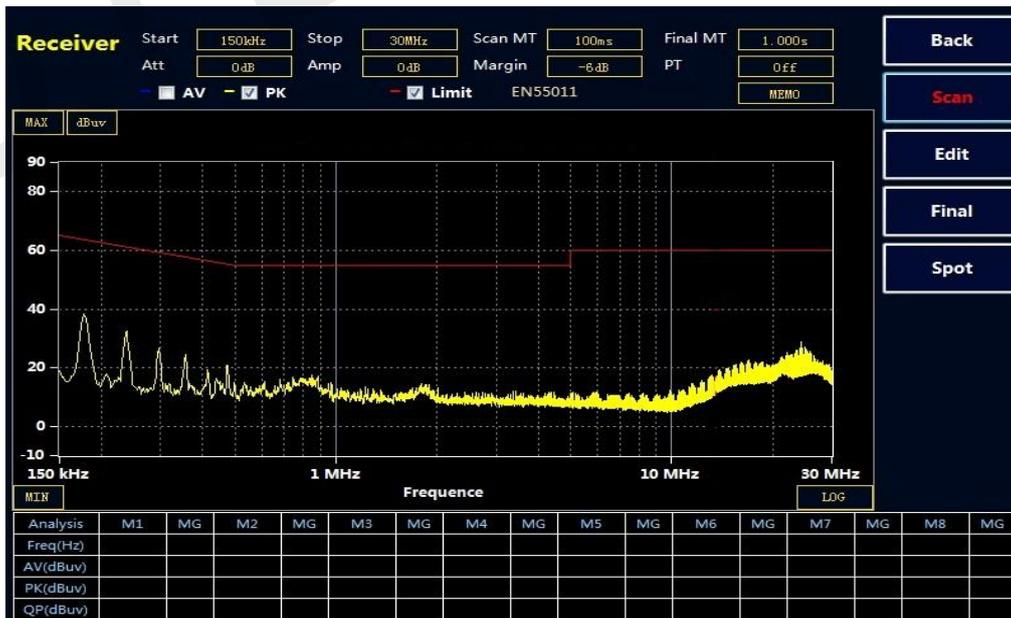


图 23 共模曲线

结论：共模电感越大对降低低频段的传导干扰有好处，但太大的共模电感对抑制高频率段效果不好，原因是线圈匝数多了分布电容太大。同时基于成本考虑也不能加太大的共模电感。

✧ 在 1.2mH 共模电感（靠近 DUT 端）加入 Y 电容，其共模扫描曲线下图所示，高频段效果不好：

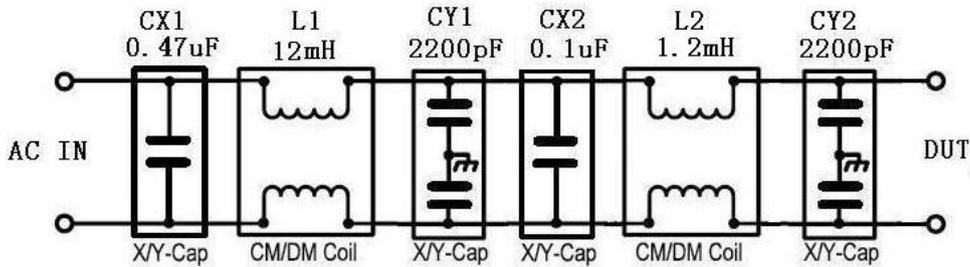


图 24 滤波器电路

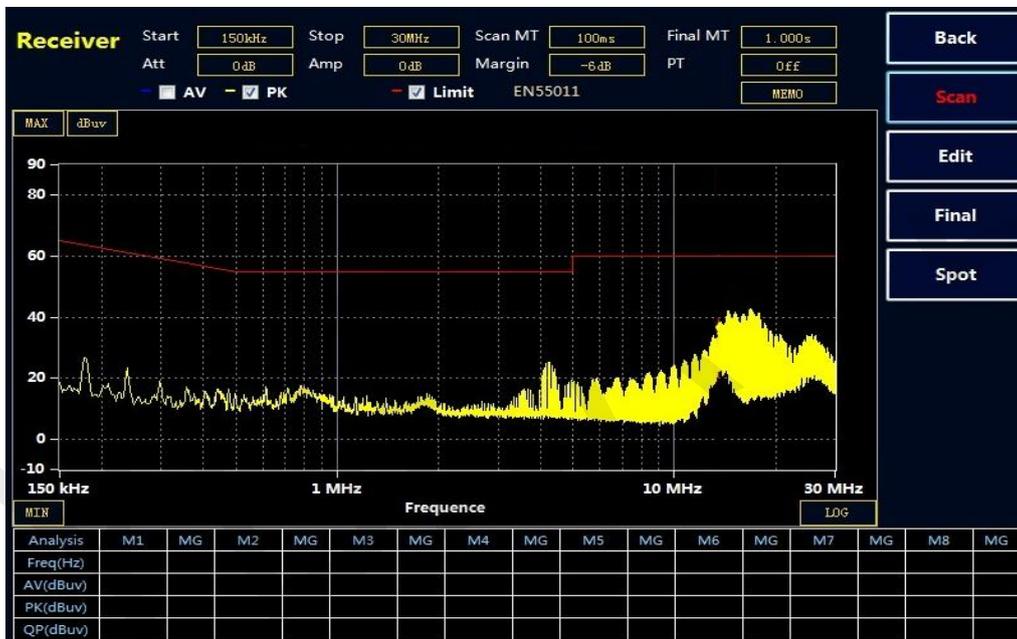


图 25 共模曲线

✧ 调整一下 Y 电容位置，即 Y 电容都在共模电感靠近 AC IN 侧，形成 LC 低通滤波器，其共模整体曲线比较理想如下图所示：

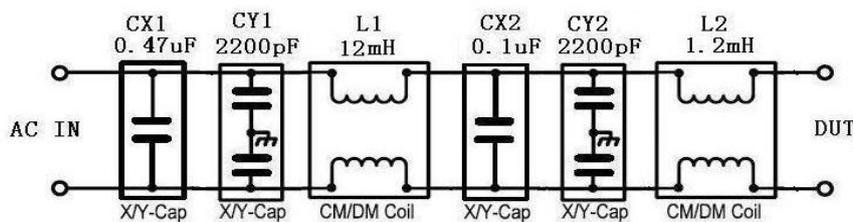


图 26 滤波器电路

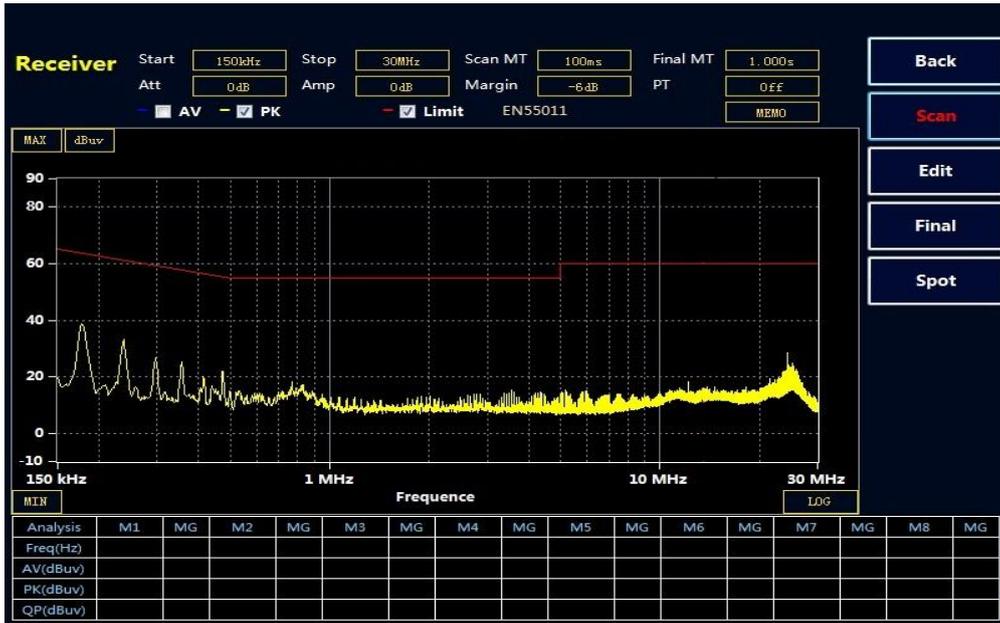


图 27 共模曲线

结论：共模电感和 Y 电容的使用要沿着干扰信号的流向构成一个 LC 低通滤波器的拓扑。同理，差模电感和 X 电容也如此。

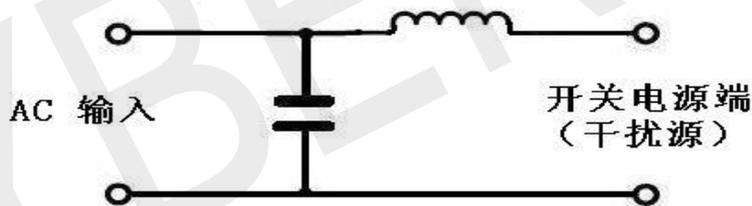


图 28 滤波器的工作方向

❖ 如果把两个共模电感位置对调，其结果会导致低频段上升很严重，所以在整改时，小容量的共模电感应靠近 DUT 端。

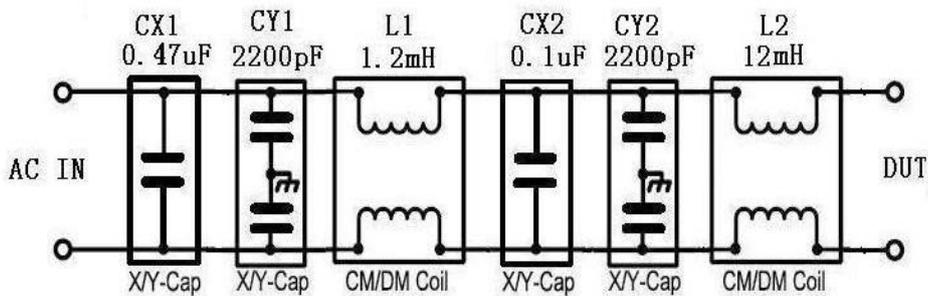


图 29

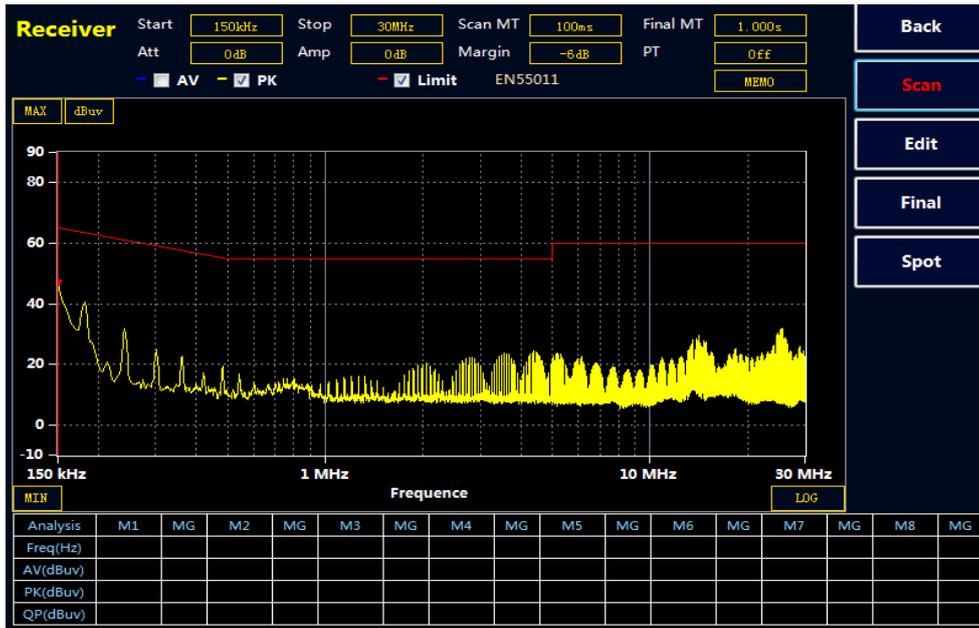


图 30 共模曲线

结论：小容量的共模电感应靠近 DUT 端，优先对付高频段干扰。

◇ 整改前后传导测试曲线对比

✎ 整改前：

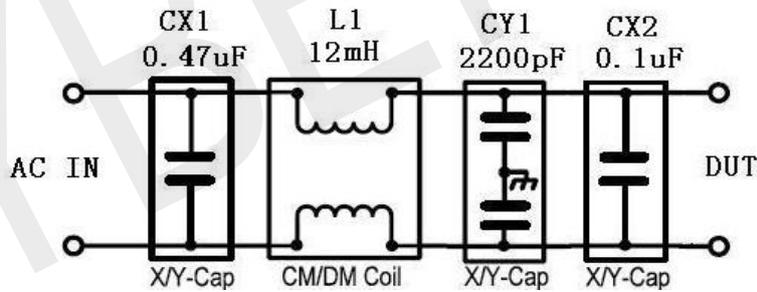


图 31 整改前滤波器

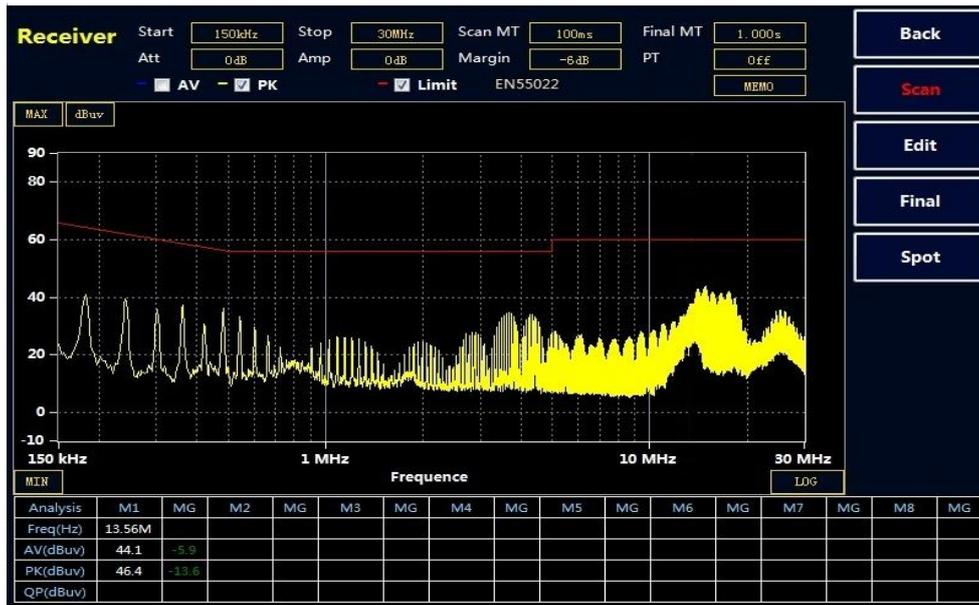


图 32 整改前传导测试曲线

整改后的传导干扰很小，平均有 20DB 余量

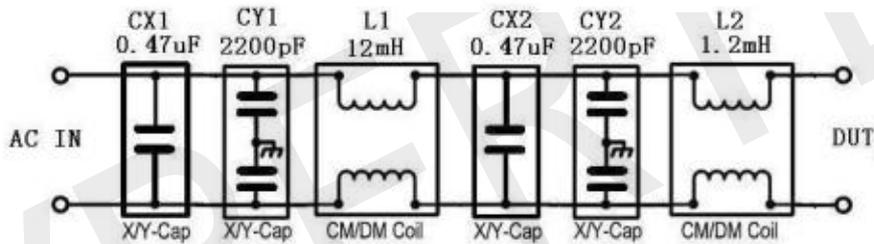


图 33 整改后滤波器

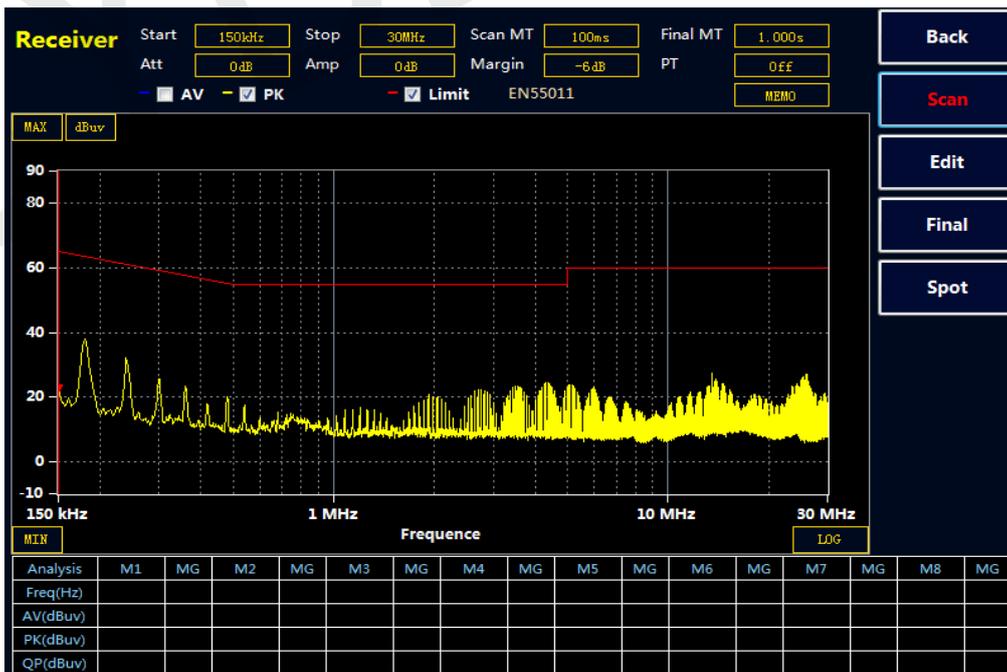


图 34 整改后传导测试曲线

附：不同频段的电磁兼容整改经验

频 率	现 象	解决方法
9K-1M	以差模为主	X 电容、差模电感
1M-5M	差模共模混合	X 电容、差模电感、 Y 电容、共模电感
5M-30M	共模	Y 电容、共模电感
30-50M	MOS 管的高速开关引起的	
50M-200M	二极管的反向恢复电流引起的	
200M-1000M	开关电源的辐射较小	分析高速数字电路、 时钟、RAM/CPU

CYBERTEK