

彩色电视接收机的电磁兼容性测量

黄志洵

(北京广播学院微波工程系,北京 100013)

现代的彩色电视接收机生产,不仅要检查声、光、电、色和安全指标,而且要通过电磁兼容性方面的检验。本文简述有关的国内外情况及测量方法,并对用作实验设备的各类TEM装置作了扼要的介绍。

我国的彩色电视接收机工业在1989年经历了一个困难时期。1990年以后情况好转,但亦未完全摆脱困境。与此同时,有关的技术标准陆续发布,质量要求不是降低了而是提高了!在这种形势下,1989—1991年间笔者应邀在一些学术会议或培训班上,向全国电视接收机生产厂家的技术人员(有的担任总工、副总工)讲授了电磁兼容学(electro-magnetic compatibility)有关理论及测试问题,受到欢迎。本文就是根据多次讲稿重新整理而成的。

电磁兼容性与电磁干扰常常联在一起阐述,习惯的写法是EMC/EMI。一件电子设备究竟怎样才算达到了电磁兼容性要求?通俗地讲,必须检查以下两个方面。首先,产生的干扰尽量小,即查验这台设备的辐射发射(radiated emission, RE)和传导发射(conducted emission, CE)水平。其次,自身抗干扰的能力尽量大,即查验这台设备的辐射敏感度(radiated susceptibility, RS)和传导敏感度(conducted susceptibility, CS)水平。换言之,完整的EMC要求一定包含“自己不干扰别人”及“自己不怕别人干扰”两个方面。实际上,对进、出口商品的检验,以上所述的性能状况是非常重要的。

必须指出,有的文献把susceptibility译作“抗扰度”,是不妥当的。抗扰度对应的英文词是immunity。“敏感”与否,是对干扰能量而言;敏感度高即抗扰性能差,反之亦然。

一、有关标准文件的介绍

当今世界,工业产品的国际性很强。对于象彩色电视接收机这类电子产品尤其如此!因而,必须首先了解国际上有关技术标准的制订、颁布执行情况。

(1) 美国:有影响的是国防部颁布的“军标”。例如,1967年7月31日颁布的MIL-STD-462(“电磁干扰特性的测试”),其中的RS-04规定了14kHz—30MHz的RS测量方法,规定用平行板带状线(parallel plates strip line, PPSL)测试。1971年2月9日颁布了上述标准的几个通告,通告3的RS-03-8重申了上述内容。1986年又颁布了STD-462的通告5和STD-461C,引入了核电磁脉冲(NEMP)作用下的测量问题。……另外,联邦通讯委员会(FCC)所制定的标准,适用于美国生产的和出口到美国的产品。

(2) 国际无线电干扰特别委员会(CISPR):它的标准是国际性推荐标准。例如,1988年颁布的“出版物19-23”(“0.15—1000MHz内声音和电视广播接收机及有关设备的抗扰度测量方法和限值”)就颇重要。

(3) 原联邦德国:VDE字样的含意是德国电子工程师协会,它的标准在德国强制执行,在欧洲共同体是推荐使用。有名的标准是:DIN57872/VDE0872,它是复合标准,包括多个

标准。

(4) 中国: 随着我国“彩电”工业的发展, 一些有关的标准陆续发布出来。例如 1987 年颁行的 GB7236-87 (“广播接收机干扰特性限值”); 1988 年颁行的 GB10239-88 (“彩色电视广播接收机总技术条件”)。1991 年即将颁布一个新标准“广播接收机及有关设备辐射抗扰度特性测量方法”。

因此, 对各国的标准有所了解是非常重要的!

二、平板式横电磁室介绍

平板式横电磁室的英文是 Parallel Plates TEM Cell, 可简写作 PPTC, 其实就是前面所说的 PPSL。它是用两块互相平行的金属板构成的装置, 主要优点是简单易行, 主要缺点是电磁场泄漏到外部^[4]。因此, 在使用时它常常是放在屏蔽室中。人们也把它叫做“带状线测试室”。

VDE0872 规定的 PPTC, 用两块厚 3—5 mm 的铝板, 二者严格平行, 用四根高频介质棒支撑。被测物 (EUT) 放在一个高约 10cm 的绝缘垫上, 而垫子放在下板上。EUT 的高度必须有所限制, 最好是 $d/3$ 左右 (d 是两平板间距)。

图 1 是带状线测试室的规定结构和尺寸^[4]。A 是上板, 宽 0.6m; A' 是下板, 宽 0.9m; A, A' 的长度相同, 都是 2m。支持上板的四根非金属支撑杆的直径可取 30mm。

图 2 是带状线测试室的电路连接方法。 e_s 是信号源电动势, Z_s 是源阻抗, Z_L 是负载阻抗。从传输线理论的观点讲, 两块金属平板, 组成了一对传输线。设其特性阻抗为 Z_0 , 那么, 当 $Z_s = Z_0$ 、 $Z_L = Z_0$ 时, 传输线上载行波, 即 TEM 波。这时在平板之间有一个均匀电场, 它是垂直极化的, 故记为 E_v , 其算式为

$$E_v = \frac{U}{d}, \quad (1)$$

式中 U 为两板之间的交流电压。

上式当然是非常近似的, 因为它的成立有两个前提: 静电场和无限大板面积。实际的情况均与此不符! 计及边缘效应时, 公式必须要修正。

实际上, PPTC 在使用时有一个“校准问题”。其操作方法, 在有关标准中被详细地规定了。

现在谈谈特性阻抗方面的问题。

在微波技术中有所谓微带线 (micro-strip line), 现在可试用其理论公式以计算图 1 的结构。微带的构成见图 3, a 是导体条宽度, d 是固体介质层厚度。对于窄条 ($a/d \leq 1$), 特性

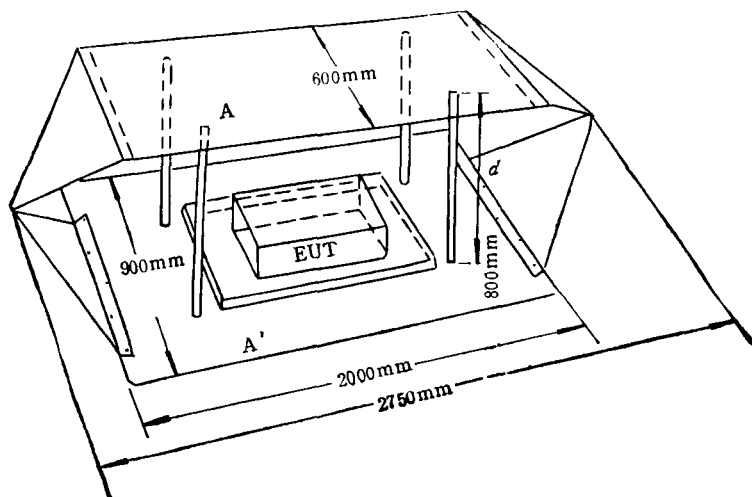


图 1 VDE 标准规定的 PPTC 尺寸

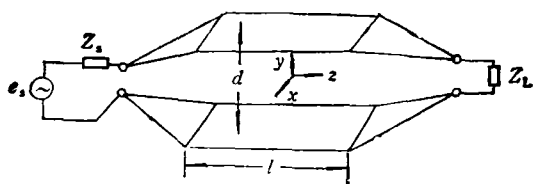


图 2 PPTC 的外部电路连接方法

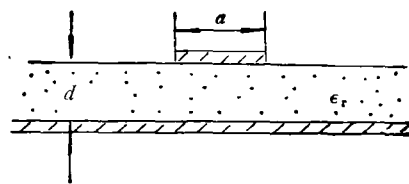


图 3 微带线的构成

阻抗算式为^[3]

$$Z_0 = \frac{Z_{00}}{2\pi \sqrt{0.5(\epsilon_r + 1)}} \times \left[\ln \frac{8d}{a} + \frac{1}{32} \left(\frac{a}{d} \right)^2 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(\ln \frac{\pi}{2} + \frac{1}{\epsilon_r} \ln \frac{\pi}{4} \right) \right] \quad (2)$$

对于宽条 ($a/d \geq 1$), 特性阻抗的算式为^[3]

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} Z_{00} / \left\{ \frac{a}{d} + \frac{1}{\pi} \times \left[2.77 + \frac{\epsilon_r + 1}{2\epsilon_r} \ln 4.27 \left(\frac{a}{d} + 0.94 \right) + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r^2} 0.26 \right] \right\} \quad (3)$$

令 $\epsilon_r = 1$, 可得适用于带状线测试室的两个公式; 对于窄条 ($a/d \leq 1$) 情况

$$Z_0 = 59.94 \left[\ln \frac{8d}{a} + \frac{1}{32} \left(\frac{a}{d} \right)^2 \right] \Omega, \quad (2a)$$

取 $a/d = 0.75$, 算出 $Z_0 = 143\Omega$; 这是 $a = 0.6$ m 时的微带线特性阻抗值. 对于宽条 ($a/d \geq 1$) 情况,

$$Z_0 = \frac{376.62}{\frac{a}{d} + \frac{1}{\pi} \left\{ 2.77 + \ln \left[4.27 \left(\frac{a}{d} + 0.94 \right) \right] \right\}} \Omega. \quad (3a)$$

取 $a/d = 1.125$, 算出 $Z_0 = 139.4\Omega$; 这是 $a = 0.9$ m 时的微带线特性阻抗值. 以上两种情形均取 $d = 0.8$ m. 总之, 计算表明终端接上 $Z_1 = 150\Omega$ 无感电阻可基本上达到匹配.

从前面的公式(2)、(2a)、(3)和(3a)都可看出调整比值 a/d 可以改变特性阻抗. 电子

物理

仪器目前大多为 50Ω 阻抗, 按说应把带状线测试室的特性阻抗设计成 50Ω . 然而这样做要求 a/d 值相当大(例如达到 5), 那么 d 就要减到相当小, 这不符合测试的要求! 实际上, 带状线特性阻抗常按 150Ω 左右来设计. 用于 50Ω 同轴系统时, 就需要采用阻抗变换器.

现在讨论最高可用频率上限(upper useful frequency limit, 即 UUFL) 方面的问题. 从避免辐射出发, 要求 $d < \lambda/2$ (λ 是工作波长); 故有:

$$f \leq \frac{150}{d} \text{ (MHz)}, \quad (4)$$

式中 d 的单位是米. 取 $d = 0.8$ m, 可得 $f \leq 187.5$ MHz, 故取 $UUFL = 150$ MHz.

从波导观点看问题^[4], 有 TM_{0n} 模系列和 TE_{0n} 模系列是首先要考虑的模. 对于前者, 有 TM_{00} (实际上就是 TEM) 模, 它是主模. 其次, 有高阶模 TM_{01} , 其截止频率为 $f_{c-01} = 150/d$, 与前述一致! 其次考虑 TE_{0n} 模系列; 不存在 TE_{00} 模; 高阶模 TE_{01} 的截频也是 $f_{c-01} = 150/d$, 因此, 平板波导分析结果是一致的.

三、用平板式横电磁室测辐射抗扰度时的安排

为了使抗扰度测量结果的重复性好, PPTC 应有适当安排. 绝不是有两块金属平板就可以做好工作的.

VDE0872 标准规定, 按图 1 制成的 PPTC, 应放在长 3.5m、宽 3m、高 2.5m 的屏蔽室内. 图 4 表示一种安置方法, 带状线外沿与屏蔽室金属网(板)之间的距离应大于 0.8m. 为了消

除反射的影响,应在屏蔽室的金属网(反)与带状线之间放置用吸收材料做成的板,共11块(图中1—9)。吸收板的尺寸有两种规格: $0.4 \times 0.4\text{m}^2$, $0.84 \times 0.6\text{m}^2$,其表面电阻为 200Ω 。

前面说过,在板距 $d = 0.8\text{m}$ 的情况下, PPTC 的 UUFL 达 150MHz 。实际经验表明,不加吸收板时仅为 100MHz 左右。加吸收板并找到最佳位置(然后用红漆标示)之后, UUFL 竟可达 230MHz ,突破了 150MHz 的限制!

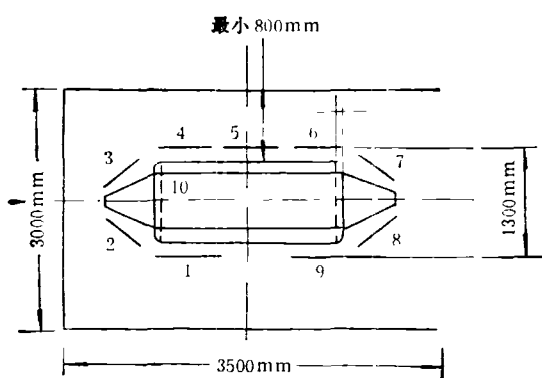


图4 PPTC在屏蔽室内的安置

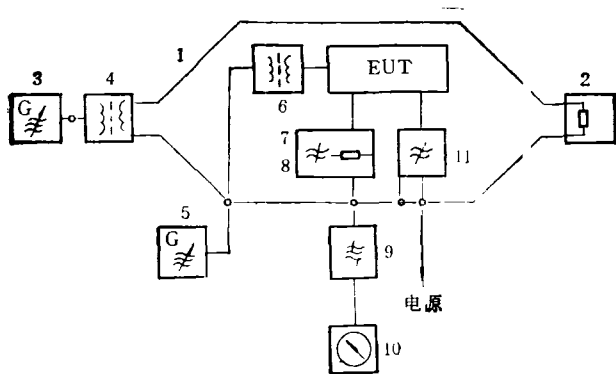


图5 TS9980系统中的PPTC测量布置

- 1.带状线测试室; 2. 150Ω 负载; 3. 干扰信号源;
- 4. 匹配网络; 5. 电视或射频信号源; 6. 匹配网络;
- 7. 8. 射频带阻滤波器和音频负载; 9. $0.5\text{--}3\text{kHz}$ 音频带通滤波器; 10. 音频电压表; 11. 音频带阻滤波器; 12. EUT 被测设备

图5是测量辐射抗扰度 (immunity) 时的设备布置图,原联邦德国罗德与施瓦茨公司 (Rohde & Schwarz Co.) 的 TS9980 自动 EMI 测试系统正是用这一方案进行工作的。图中的标号3是干扰信号发生器,经阻抗匹配网络(标

号4) 连接到带状线输入端。带状线的输出端接 150Ω 无感电阻(标号2)作为负载。

在图5中, EUT 代表被测设备。它的高度必须小于 $2d/3$; 当然, EUT 中如含有金属零部件(一般肯定有),会使场强增加。此外,放入 EUT 后,特性阻抗也会改变(可能略为减小),这又导致驻波系数变化。很明显, EUT 的体积相对于带状线的尺寸越小,置入后引起的各种变化越小。反之,如 EUT 的体积大,置入后引起的状态变化就较大。

四、“彩电”辐射抗扰度的测量方法

在 $0.15\text{--}150\text{MHz}$,既可用 PPTC 产生环境场,又可用全封闭式的横电磁传输室 (TEM transmission cell,即 TTC) 产生环境场。在 $150\text{--}1000\text{MHz}$,目前一般在专门的标准测量场地用辐射天线产生环境场。近几年来,千兆赫横电磁室 (GTEM) 技术正在欧洲等国迅速发展^[5];我国也已开始研制。不过,这项技术十分新颖,以致还未被写入任何一种标准。

可见,如果说硬件的话,那么一共有四种,即 PPTC、TTC 和 GTEM 标准场地。前三种都是金属板制成的结构。限于篇幅,本文只谈及 PPTC 的有关技术,未叙述另外三种硬件的建设。

现在,让我们谈谈在我国条件下测量电视广播接收机(包括“彩电”)抗扰度的方法。

定义是这样的:当图象出现刚好可察觉的干扰(有清晰的干扰信号造成的条纹)时,或干扰信号造成的音频输出比参考电平低 40dB 时,其时的干扰场强 E 就是电视广播接收机的辐射抗扰度。

图6是测量时所用的源电路。 G_1 调在相应的电视频道中心频率上。 G_2 的功率如果够大,功放 A 就可以省略。

图7是 EUT 在 PPTC 中的安置方法。(a) 是被测接收机有外接天线输入端口、无拉杆天线的情况,标准射频信号通过电缆 C 送入;射频干扰信号送到 PPTC 入口处,从而在平板间建

立起环境场。(b) 是被测接收机无外接天线输入端口、有拉杆天线的情况, 两种信号都送到 PPTC 的输入端口。

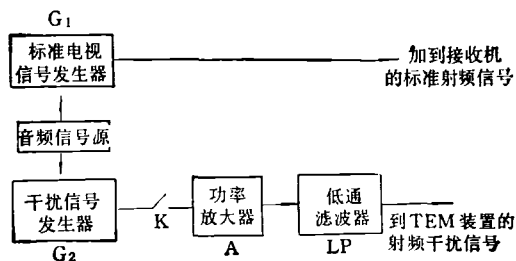


图 6 测量“彩电”抗扰度的源电路

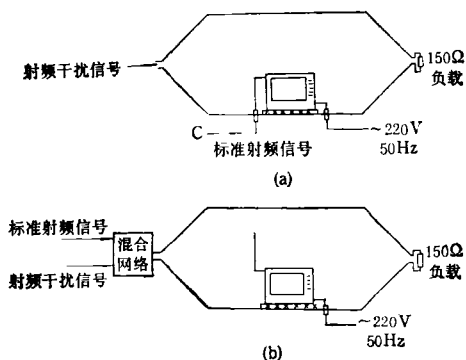


图 7 EUT 在 PPTC 中的安置及馈入信号的方法

具体说, 三种抗扰度测量方法如下^[6]:

1. 频道内抗扰度

即接收机调在电视频道上时的抗扰度。测量时, G_1 和被测接收机都对 2 频道调谐, 以获得满意的图象和伴音; G_2 调到距有用信号图象载频偏 1MHz ($57.75 + 1 = 58.75\text{MHz}$)。先把干扰信号加上, 增大干扰电平, 使屏幕上看到清晰的干扰条纹 (用开关可判断是否干扰信号

造成)。微调 G_2 的频率, 使图形呈现最大干扰效果, 即 45° 倾斜的线条。然后, 缓慢降低 G_2 的输出电平, 使干扰条纹刚好能觉察。此时的干扰场强 E 即为频道内抗扰度。

2. 中频通带内抗扰度

方法与 1 差不多, 只是 G_2 的频率调到距中频图象载频 1MHz。

3. 带外抗扰度

即电视调谐频道和中频频带以外频段上的抗扰度。它包括图象、声音两方面。测量时, G_1 仍调到所测频道的图象载频; 然后缓慢改变 G_2 的频率, 使之扫过 1—5 频道, 直到 150MHz。输出电平应足够高; 首先看到干扰, 然后再降低输出电平到干扰刚可察觉。然后求声音方面的抗扰度。用音频源 (1kHz) 对声载频进行调制 (调制深度为最大频偏的 30%), 调节音量旋钮使输出为 50mW。断开音频源与 G_1 的连接, 转到 G_2 上, 调幅度取 80%。现在, 缓调 G_2 频率扫过整个频区, 同时监听声音, 找出抗扰性能最差的频率。在这个频率上, 使输出比 50mW 低 40dB, 即可求出抗扰度。

以上方法, 在采用 TTC 装置时其实是相同的。至于 GTEM, 因为完全是新事物, 我国尚无经验, 亦未写入任何标准。

- [1] 黄志洵等, 第三届全国电磁兼容学术会议论文集, 北京邮电学院, (1990), 100.
- [2] 王云祥, 电视技术, No. 8(1989), 10.
- [3] 北京邮电学院微波专业编, 微波部件设计(上), 人民邮电出版社, (1978), 92.
- [4] 黄宏嘉, 微波原理, 卷 I, 科学出版社, (1963), 121.
- [5] 张叔鹏、王义举, 电子测量技术, No. 1(1991), 32.
- [6] 陈成全, 广播与电视技术, No. 2(1989), 14.

(上接第 712 页)

形成独特的键合, 构成界面的短程无序态。在这样的介观尺度中呈现出一系列物理特性, 诸如高强度高韧性, 电导与扩散的异常; 高比热与热膨胀, 高磁化率与高矫顽力和电磁波的光吸收特性等。因此纳米材料一经出世就成了物理学和材料学的前沿。可以预见通过具有不同物

性的纳米颗粒的复合将会创造出意想不到的奇绩。

- [1] P. Duwez et al., *J Appl. Phys.*, 31 (1960), 1136.
- [2] И.В.Салли, Кристаллизация Металлов, Труды Четвертого Совещания по Теории Литейных Процессов, Изд. АН СССР, Москва, (1960), 69.
- [3] Аморфные Металлические Сплавы, АН УССР ИМФ, Киев, (1987).