# 辐射骚扰(RE)测量

王俊峰

◆ EMI测试中的一部分,用规范的测量 场地及测量设备,按照规范的测量方法,来评定由被测设备机箱端口产生的辐射骚扰的大小。

# 测试规范

### ◆ 国际标准:

- 基础标准: CISPR16系列 规定了无线电干扰测量场 地,测量设备,以及测量方法。
- 产品标准: CISPR22 CISPR11等

## 测试规范

### ◆ 欧洲

■ 基础标准:

### EN 61000-4 系列

- 产品标准:有针对性的规定各类设备的测量 限值及特定的要求。
  - 无线电通信设备: ETSI EN 301 489系列
  - 信息技术设备: EN 55022 EN 55024
  - 工、科、医设备: EN 55011

## 测试规范

#### ◆ 中国

- 基础标准:
  - GB/T 6113.1-1995 无线电骚扰和抗扰度测量设备规范
  - GB/T 6113.2-1995 无线电骚扰和抗扰度测量方法
- 产品标准:
  - 信息技术设备:

GB 9254-1998 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 17618-1998 信息技术设备抗扰度限值和测量方法

- 工、科、医设备: GB 4824-2001工业、科学、医疗(ISM)射频设备电磁骚扰特性的测量方法和限值
- 通信设备: YD1138-2000 YD1032-2000 YD1139-2000 YD1169.1-2001 YD/T968-2002......

- ◆ 无线电通信设备及其附属设备
- ◆信息技术设备
- ◆工、科、医设备
- 以上几类设备的电磁兼容性能要求对辐射骚扰进行测试。

◆ 对于不同的被测设备,选取相应的产品标准,按照不同的设备等级或分类,来确定使用于被测设备的测量限值或者测试要求。

- ◆ 信息技术设备分类:
  - B级(主要用于生活环境中的设备):
    - 不在固定场所使用的设备,如靠内置电源供电的便携设备;
    - 靠电信网络供电的电信终端设备
    - 个人计算机以及与之相连的辅助设备
  - A级:
    - 不属于B级的其他设备

- ◆ 通信设备分类:
  - 用于电信中心的设备
  - 用于非电信中心的设备

- ◆ 工、科、医设备的分组、分类
  - 1组: 为发挥其自身功能的需要而有意产生和(或) 使用传导耦合射频能量的所有工科医设备
  - 2组:为材料处理、电火花腐蚀等功能的需要而有意产生和(或)使用电磁辐射射频能量的所有工科医设备
  - A类: 非家用和不直接接到住宅低压供电网设施中使用的设备
  - B类: 家用和直接接到住宅低压供电网设施中使用的设备

常见的感应炊具(微波炉)为2组B类。

### ◆ 信息技术设备:

A级设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离限值

频率范围 MHz 准峰值限值 dB( μ v/m)			
30-230	40		
230-1000 47			
注: 在230MHz处应用较低限值。			

#### B级设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离

频率范围 MHz 准峰值限值 dB(μ v/m)		
30-230	30	
230-1000 37		
注: 在230MHz处应用较低限值。		

# ◆ 通信设备:

\_\_\_\_\_用于非电信中心的设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离

频率范围 MHz 准峰值限值 dB( μ v/m)		
30-230	30	
230-1000 37		
注: 在230MHz处应用较低限值。		

◆ 用于电信中心的设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离

频率范围 MHz 准峰值限值 dB( μ v/m)		
30-230	40	
230-1000 47		
注: 在230MHz处应用较低限值。		

# 工、科、医设备:

1组设备,开阔场或半电波暗室10m或使用现场30m测试距离

	勿30m	1组A类 现场3	1组B类 试验场10m	1组A类 试验场10m	频段 MHz
		准峰值	准峰值 dB(μ v/m)	准峰值 dB( μ v/m)	
30-230 40 30 30	n)	$dB(\mu v/m)$			
		30	30	40	30-230
230-1000 47 37		37	37	47	230-1000

#### 2组B类设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离

频段 MHz	电场强度,测试距离10m	
	准峰值 dB(μ v/m)	
30-80.872	30	
80.872-81.848	50	
81.848-134.786	30	
134.786-136.414	50	
136.414-230	30	
230-1000	37	

#### 2组A类设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离

2组.	2组A类设备,开阔场或半电波暗室10m测试距离			
频段 MHz	限值,现场测试,测试距离为 D (与设备所在建筑物外墙的距离)准峰值 dB(µ v/m)	限值,开阔场或半电 波暗室10m距离 准峰值 dB( μ v/m)		
0.15-0.49	75	95		
0.49-1.705	65	85		
1.705-2.194	70	90		
2.194-3.95	65	85		
•••••	•••••	• • • •		

注: D根据被测设备实际安装的条件以及测试频段来计 算。

- ◆ 此外对于家用或商用感应炊具(2组B类)的设备,有额外的磁场感应电流及磁场强度的要求。
- ◆ 对于对角线尺寸小于1.6m的家用感应炊具,用2m环天线 测量其磁感应电流。
- ◆ 对于商用感应炊具以及对角线尺寸大于1.6m的家用感应 炊具,用高出地面1m地0.6m环天线在3m距离测量磁场 强度。

◆ 对于工作于400MHz以上的工科医设备,需要测试1-18GHz的辐射场强(无地面反射的情况下)

◆ 工作频率400MHz以上,2组B类连续骚扰辐射场强限值 全电波暗室,3m测试距离

频段 GHz	场强限值 峰值 dB(μ v/m)
1-2.4	70
2.5-5.725	70
5.875-18	70

注:用1MHz分辨率带宽和大于1MHz的视频带宽。

◆ 工作频率400MHz以上,2组B类非连续骚扰辐射场强限值 全电波暗室,3m测试距离

频段 GHz	场强限值 峰值 dB(μ v/m)	
1-2.3	92	
2.3-2.4	110	
2.5-5.725	92	
5.875-11.7	92	
11.7-12.7	73	
12.7-18	92	
ン). ロ 45 -55- ハ シトナ サーナイロ 1 - ブ 45 -55- ハハロルブサトナ		

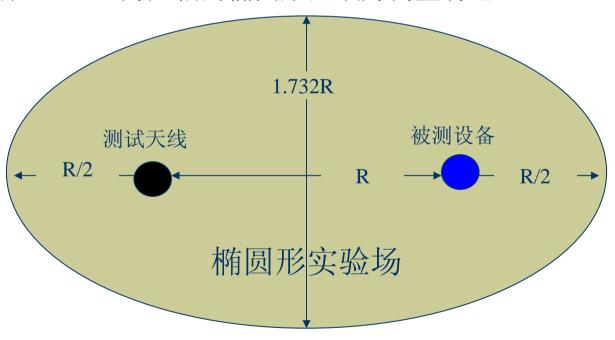
注:用1MHz分辨率带宽和大于1MHz的视频带宽。

# 测试环境、设备以及要求

- ◆测试场地:
  - 开阔场
  - 替换场地(半电波暗室)
- ◆ 测试距离:
  - 3m, 10m或30m

## 开阔场

在被测设备可以旋转的情况下,选取以测量距离R的两倍2R为长轴,1.732R为短轴的椭圆形区域为测量场地。



# 场地环境的要求

- 场地周围的电磁环境相对较好,一般其环境噪声电平要低于被测设备限值要求6dB。
- 场地地势比较平坦,接地平板要满足一定的平滑度。

## 开阔场有效性的验证

水平和垂直归一化场地衰减值与理论场地衰减值之差不大于+/-4dB

## 归一化场地衰减的测量方法

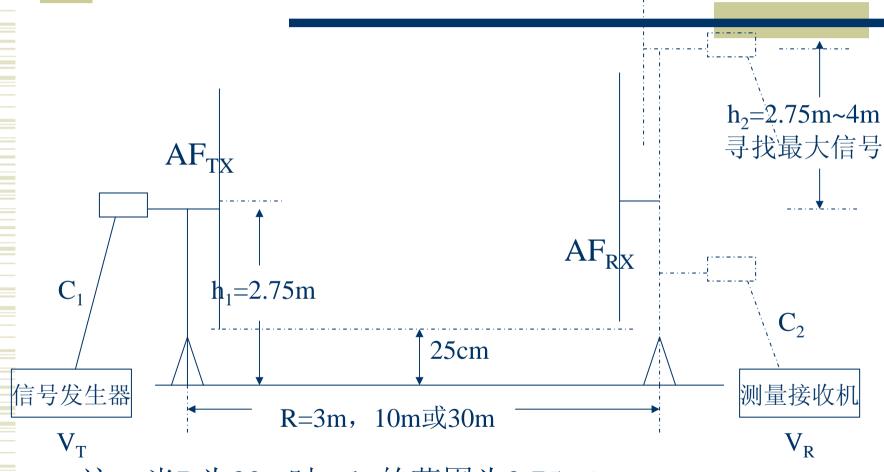
- ◆ 离散频率测量法: 用调谐半波偶极子在分 布在整个频率范围的离散频率点上进行测 量
- ◆ 扫描频率测量法: 用宽带天线以及具有最大峰值保持功能的测量设备在整个频率范围内进行测量

## 离散频率法测量水平极化归一化场 地衰减 $h_2 \stackrel{\cdot}{=} 1 \text{m} \sim 4 \text{m}$ $AF_{TX}$ 寻找最大信号 $AF_{RX}$ $h_1=2m$ 测量接收机 信号发生器 R=3m, 10m或30m

 $V_R$ 

◆ 注: 当R为30m时, h₂的范围为2~6m。

# 离散频率法测量垂直极化归一化场地衰减



◆ 注: 当R为30m时, h₂的范围为2.75~6m

## 归一化场地衰减的计算

其中, $V_T$ 为信号发生器电平值( $dB \mu V$ )

 $V_R$ 为接收机测得的最大测量电平值(dB  $\mu$  V)

C<sub>1</sub>为信号发生器与发射天线之间的电缆衰减(dB)

C,为接收机与接收天线之间的电缆衰减(dB)

AF<sub>1</sub>为发射天线的天线系数(dB)

AF<sub>2</sub>为发射天线的天线系数(dB)

 $\Delta AF_{TOT}$ 为互阻抗修正系数,仅适用于用调谐偶极子天线测量水平极化,且测量距离为3m时的情况。除此之外,  $\Delta AF_{TOT}$ =0。(dB)

#### 例:调谐半波偶极子水平极化NSA理论值

极化	水平	水平	水平
R	3m	10m	30m
$h_1$	2m	2m	2m
$h_2$	1~4m	1~4m	1~4m
频率 f MHz	$A_{N}$ dB		
30	11.0	24.1	38.4
35	8.8	21.6	35.8
40	7.0	19.4	33.5
45	5.5	17.5	31.5
50	4.2	15.9	29.7

## 扫描频率法测量归一化场地衰减

- ◆ 扫描频率法测量归一化场地衰减,频率的扫描速度要远远大于天线 高度的变化速度。
- ◆ 发射天线的高度固定,将接收天线升至理论限值中的最大高度,然后慢慢由最大高度降至最小高度,在此期间信号发生器与测量仪同步扫描,测量仪以峰值保持方式记录整个频段的测量结果。最终获得整个频率范围内所测量得的最大电平的曲线。
- 用离散点的天线系数连接成简单的天线系数曲线。
- ◆ 信号发生器与发射天线之间的电缆衰减以及接收机与接收天线之间 的电缆衰减同样可以生成各自的衰减曲线。
- ◆ 最后,用曲线之间的运算得到归一化场地衰减  $A_N=V_T-V_R-C_1-C_2-AF_1-AF_2$

# 归一化场地衰减

◆ 用以上两种方法测量得到的归一化场地衰减没有考虑到天线系数随高度的不同而有一定程度的变化问题,存在较大误差。

#### ◆ 注意:

用以上方法得到场地的归一化场地衰减的测量结果后,其结果与理论值的偏差不应当作为修正值来修正实际的场强测试结果,即以上方法只是为了验证场地的有效性。

# 半电波暗室的性能要求以及有效性验证

◆ 半电波暗室作为开阔场的替代场地,进行辐射骚扰测量,其性能要求除了归一化场地衰减之外,还有屏蔽性能的要求。

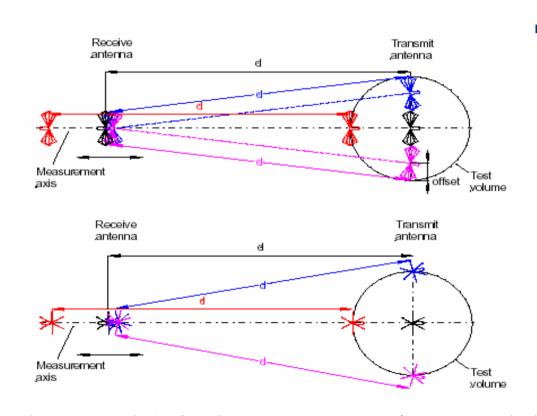
# 传递法测量归一化场地衰减

◆ 目前我们的实验室是采用传递法进行NSA 的测量。即按照相同的测量条件(包括相 同的信号发生器,测量仪,发射天线,接 收天线, 电缆, 测量距离, 测量区域) 在理想的开阔场和被测量暗室中分别测 量,两次测量结果进行比较。差别在 ±4dB之内认为被测量暗室的NSA符合要 求。这样就减小了由天线系数变化所引起 的误差。

## 半电波暗室归一化场地衰减的测量

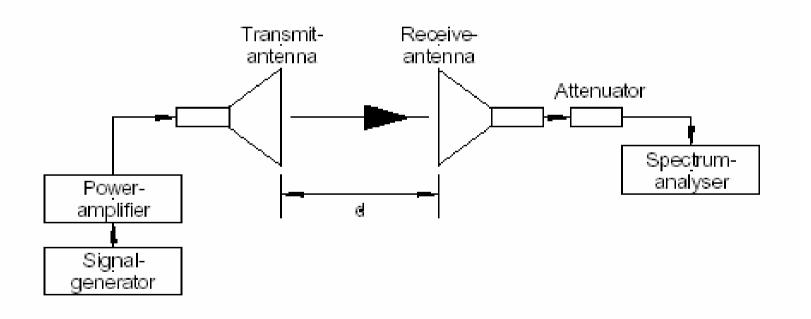
◆ 半电波暗室NSA测量方法与开阔场完全相同, 只是在测量静区选取四个位置分别进行水平极化和垂直极化的测量。

### 半电波暗室归一化场地衰减的测量



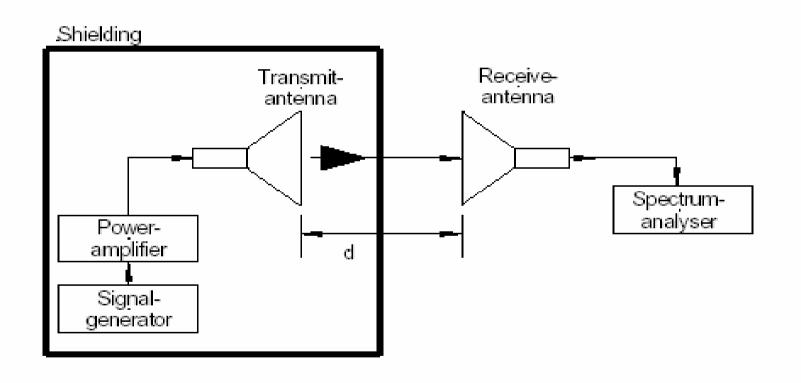
用宽带天线进行频率扫描法测量,测量距离以两天线中心之间的距离为准,发射天线和接收天线应使天线振子和测量轴相垂直,以便天线振子处于平行状态。

# 半电波暗室屏蔽性能的测量



第一步

# 半电波暗室屏蔽性能的测量



# 半电波暗室屏蔽性能的测量

◆ 用两次的接收机测量电平相减即可得到暗室的屏蔽性能。分别在暗室外围多个位置进行屏蔽性能的测量。

### 半电波暗室的有效性验证

◆ 这样,在完成归一化场地衰减以及屏蔽性能的有效性验证合格后,半电波暗室就可以用作辐射骚扰的测量。

# 辐射骚扰的测量过程及方法

- ◆ 根据被测设备的产品类型选取所适用的产品标准。
- ◆根据产品标准的设备分类划分原则,结合被测设备技术手册以及客户调查问卷内容,确定设备分类。从而确定被测设备辐射骚扰的限值。
- ◆ 按照标准中的设备状态设置以及测量环境 配置方法,正确配置试验现场。

# 通用的实验配置

- ◆ 被测设备放置于转台中央一定高度的非导电材料上。
- ◆ 被测设备的配置要满足两个条件:
- 1)被测设备按照典型应用的情况进行布置。
- 2)被测设备按照产生最大骚扰的方式布置。
- ◆ 按照被测设备说明书要求进行供电和接地连接。如果 EUT工作时不接地,则测量时也不接地。如果EUT有接 地端子且实际使用时也接地,则其接地线或接地点连接 到接地平面上。
- ◆ 被测设备内部互联电缆任何超长的部分应在电缆中心附近以30cm-40cm长的线段分别捆成S形。
- ◆ 电缆不应放置在EUT顶部、底部或内部部件上,只有符合典型应用的情况下才可以紧靠EUT外壳放置。

# 通用的实验配置

#### 应当注意:

- ◆ 测量距离应当从EUT距离天线最近的点量起,至天线相位中心。所以根据EUT尺寸的大小适当沿测量方向向后移动天线。
- ◆ 天线阵子方向应当与测量轴保持垂直,以 获得最大骚扰电平。

◆由于准峰值测量需要很长的测量时间,所 以实际测量中采取用峰值检波进行预测 试。在测量之前先定义一定的测试余量, 即预测试结果与测量限值差值低于某一数 值或超过限值时, 在完成预测试之后, 以 标称的带宽在可疑频率附近进行准峰值测 量,这称之为最终测试。若最终测试结果 通过,则判定合格。若最终测试不通过, 则判定不合格。

◆ 辐射骚扰测量一般采用自动测试,由计算机控制测量接收机,切换控制单元,天线塔,转台来协调工作。节省测试时间和测试人员的精力,并生成测试结果。

- ◆ 自动测试软件中一般需要设置的参数:
  - 测量限值。
  - 由测量接收机至接收天线所用的传输路径以及其路径损耗参数。
  - 测量所用接收天线以及其天线系数的参数。
  - 预测试频率扫描的子范围以及测量带宽,扫描时间,接收机检波方式。
  - 进行最终测试的判定准则,以及最终测试的测量频率范围,即在可疑 频率附近多大的范围进行最终测试。
  - 最终测试的测量带宽,扫描时间,扫描步进,接收机检波方式。
  - 天线高度升降范围、步进、升降速度以及天线极化方式。
  - 转台转动角度范围、步进以及转动速度。

- ◆ 需要注意的几个问题:
- ◆ 传输路径损耗的校准采取"差异法"进行校准,即选取另外一根电缆作为参考。先用参考电缆连接信号发生器与接收机,用频率扫描方式得到一条电平曲线。然后将被校准路径与参考电缆相连,连接同一信号发生器和接收机,信号发生器输出同样的信号电平,用频率扫描方式得到第二条电平曲线,用两条电平曲线相减得到被校准路径的损耗。这样消除了信号发生器和接收机在较宽频率范围内的电平输出以及频率响应的差异。

◆ 在预测试过程中,尽量将比较宽的测量范围分成比较多的子频率段。这样可以避免过宽的扫描范围的情况下,由于接收机视频显示象素点有限而造成生成的可疑频率点的频率并不是绝对精确,可能影响最后的最终测试。

◆ 天线的升降步进与转台的转动步进要设置合适,过大的步进会遗漏EUT的最大发射。而过小的步进会使测量时间成倍增长。一般的天线升降步进选取0.5m或1m,转台转动步进选取45度或90度。

◆ 测量场地的有效性是测量的基础,所以应当定期对暗室进行维护,以保证其有效性。在此基础上应当去考虑影响测量结果的各个因素,找出主要的影响因素,设法在测试过程中改进或避免,以减小测量的不确定度,使测量结果更为可靠。