

电波暗室场地电压驻波比标准测试法介绍和分析

邓乐玉^{1,2}, 陆健¹, 张嘉¹, 石昕阳¹

(1. 电磁兼容性国防科技重点实验室, 武汉 430064;

2. 中国船舶工业电磁兼容性检测中心, 武汉 430064)

摘要: 场地电压驻波比(SVSWR)测试方法作为一种新的电磁兼容电波暗室评估方法, 可以很好地解决归一化场地衰减(NSA)测试法中天线不能均匀有效地照射在暗室内的所有墙壁上的问题。介绍了 CISPR 16-1-4:2007 标准中对电波暗室在 1 GHz 以上的场地电压驻波比的规定, 详细说明了电波暗室场地电压驻波比的测试原理、目的和使用天线的标准测试法, 并提出了 SVSWR 测试中应注意的问题。

关键词: 电波暗室; 场地电压驻波比; 标准测试法

中图分类号: O411; TN98 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)04-0037-04

Introduction and Analysis of Standard Test Procedures for Site Voltage Standing Wave Ratio of Anechoic Chamber

DENG Le-yu^{1,2}, LU Jian¹, ZHANG Jia¹, SHI Xin-yang¹

(1. National Key Laboratory of Science and Technology on EMC, Wuhan 430064, China;

2. EMC Test Center of China Shipbuilding Industry Corporation, Wuhan 430064, China)

Abstract: As a novel method to estimate the electromagnetic compatibility of anechoic chamber, site voltage standing wave ratio (SVSWR) test procedure can solve the problems of uneven and ineffective radiation of normalized site attenuation (NSA) test method. The requirements on SVSWR of anechoic chamber over 1GHz in standard CISPR 16-1-4:2007 were introduced. The test principle and the standard test procedures using antenna for SVSWR of anechoic chamber were discussed. Some precautions for SVSWR test were put forward.

Key words: anechoic chamber; site voltage standing wave ratio; standard test procedure

电波暗室作为一种典型电磁兼容性测试场地, 被广泛地应用于电子电气设备的辐射发射和辐射敏感度测试中。它可以分为半电波暗室和全电波暗室, 分别用于模拟开阔试验场(OATS)和自由空间。

电波暗室建好后必须依据国际相关标准对其性能进行评估和测试。目前, 主要是根据 CISPR 16-1-4 和 IEC 6100-4-3 标准对电波暗室进行评估。评价电波暗室性能的指标包括: 归一化场地衰减(NSA)测试,

收稿日期: 2010-11-24

作者简介: 邓乐玉(1986—), 男, 湖北黄梅人, 工程师, 主要研究方向为系统级电磁兼容测试技术。

对应 30 MHz ~ 18 GHz 的辐射发射测试;测试面场地均匀性(FU)测试,对应 30 MHz ~ 18 GHz 的辐射抗扰度测试。为了更加准确地评定电波暗室场地性能,IEC 于 2007 年 1 月 12 日表决通过了 CISPR/A/710/FDIS 草案,采用场地电压驻波比(SVSWR)法对暗室在 1 GHz 以上的性能进行评估。文中主要对该方法进行了介绍,并详细说明了电波暗室 SVSWR 的测试原理、目的和使用天线的标准测试法,最后简单说明了 SVSWR 测试中应注意的问题。

1 CISPR 16-1-4:2007 标准

1.1 对电波暗室 SVSWR 的规定

对电波暗室性能的评估,本质上是验证不同频率的接收信号在暗室内受反射信号的影响。电波暗室在 1 GHz 以上的场地验证方法主要为归一化场地衰减法,而 CISPR 16-1-4:2007 标准中规定:电波暗室场地验证方法以 SVSWR 测试取代 1 GHz 以上 NSA 测试;SVSWR 测试的目的是评估电波暗室内是否存在超过电平限值要求的电磁波发射,从而避免当一个任意尺寸和形状的受试设备(EUT)被放入测试静区后,对 EUT 辐射发射造成影响^[1]。

根据 CISPR 场地认可的建议,SVSWR 测试的起始频率为 1 GHz,终止频率为测试所用的最大频率,且终止频率不能低于 2 GHz。

1.2 SVSWR 的测试原理和目的

SVSWR 测试原理是基于电磁波的干涉现象。由波源(发射天线)发出的直射信号和其在电波暗室内壁上的发射信号叠加产生的合成信号形成空间驻波。该合成信号的最大值和最小值之比即为空间驻波比,其大小可以表征反射波的强度,从而验证暗室的反射特性。

SVSWR 测试的目的,就是评估一个任意尺寸和形状的 EUT 被放入测试域后可能造成的电磁波反射带来的影响。

SVSWR 是接收信号的最大值和最小值之比($E_{\max}/E_{\min}$),这是由直射信号的反射干涉产生的。

$$SVSWR = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \quad (1)$$

式中: $E_{\max}$, $E_{\min}$ 是接收信号的最大值和最小值; $V_{\max}$, $V_{\min}$ 是通过接收机或频谱仪测得的电压的最大值和最小值。如果用 dB 来表示,公式(1)可改为:

$$SVSWR = 20 \lg \left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}} \right) = V_{\max} - E_{\min} \quad (2)$$

对于每个频率和极化都要分别计算 SVSWR 的值,每个位置会有 6 组这样的测量数据。

1.3 SVSWR 的合格标准

CISPR 16-1-4:2007 标准中规定:如果一个测试场地能够满足场地自由空间驻波比小于等于 6.0 dB,就认为其可以进行 1 ~ 18 GHz 频率范围内的电磁骚扰辐射测量。

2 电波暗室 SVSWR 测试

CISPR 16-1-4:2007 中定义了 2 种 SVSWR 测试法,一种是使用天线发射和天线接收的标准测试法,一种是使用天线发射和场强探头接收的互易测试法。2 种测试方法在理论上是等价的,笔者仅对目前使用最广泛、仪器配置最简单的标准测试法进行介绍。

2.1 测试天线要求

测试天线要在测试中照射到所有的反射表面,且能够尽可能地模拟大多数 EUT 发射的较低的方向性和增益特性。因此测试用的发射天线应是线性极化,且具有类似偶极子天线较低的方向性图,其 E 面和 H 面的波瓣图必须满足 CISPR 16-1-4:2007 标准的规定。它可以照射到暗室的所有内表面,且受位置的影响较小,天线较小的偏移不会影响测试结果。接收天线也必须是线性极化,且应使用同发射试验测试中相同类型的天线,比如喇叭天线或对数周期天线。

2.2 场地布置要求

对电波暗室进行 SVSWR 测试,首先要确定一个圆柱形的测试静区,即 EUT 要放置的位置。通常为转台所处的圆形区域,该圆柱形的底部应该为 EUT 的支撑物的表面(如木质平台或桌子)。圆柱的顶部应为 EUT 的最大高度(包含了 EUT 垂直高度上的所有电缆)。圆柱的半径应该是能够容纳包含电缆在

天线 40 cm。

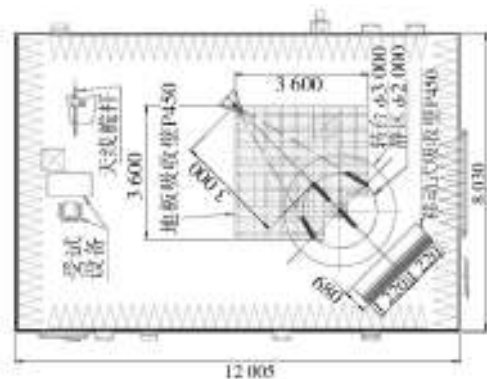


图1 SVSWR测试布置俯视图
Fig. 1 The layout of SVSWR test

SVSWR测试需要的测试位置是由测试区域的尺寸决定的。一般在测试静区上确定前、中、左、右4个测试位置,每个位置确定6个测试点。SVSWR测试由每个所要求的位置和极化方式决定,这些位置是一个有6个测试点的序列,这6个测试点在指向接收天线参考点的连线上,测试点布置如图2所示。

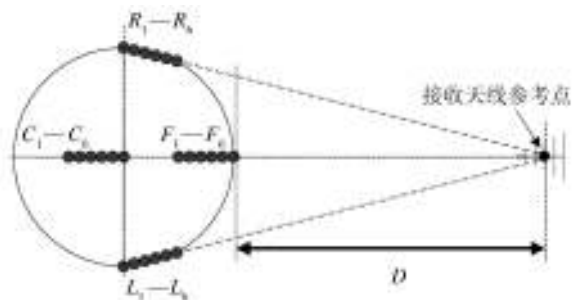


图2 SVSWR测试静区中测试位置包含的测试点序列俯视图

Fig. 2 Test points in quiet zone of SVSWR test

图2中, F_1 到 F_6 为前端位置1—6, R_1 到 R_6 为右侧位置1—6, L_1 到 L_6 为左侧位置1—6, C_1 到 C_6 为中心位置1—6。各个测试位置点在测试区域中心与接收天线参考点的连线上。以前端位置为例, 确定这些位置时首先要确定 F_6 , 它位于测试区域的最前端。 F_6 在测试轴线上, 该点同接收天线的参考点的距离为测试距离 D 。 F_5 到 F_1 相对于 F_6 进行测量, 其远离接收天线进行放置: $F_5 = F_6 + \text{离开接收天线 } 2 \text{ cm}$; $F_4 = F_6 + \text{离开接收天线 } 10 \text{ cm}$; $F_3 = F_6 + \text{离开接收天线 } 18 \text{ cm}$; $F_2 = F_6 + \text{离开接收天线 } 30 \text{ cm}$; $F_1 = F_6 + \text{离开接收}$

计算出以上测试位置后,在测试区域的顶部可能会进行另外的SVSWR测试,该测试取决于测试区域的高度。测试高度通常为1 m或2 m,根据地面吸波材料的高度和实际EUT的高度,可根据标准进行调整,需注意的是最高的高度仅进行“前端”位置的测试。测试高度布置如图3所示。

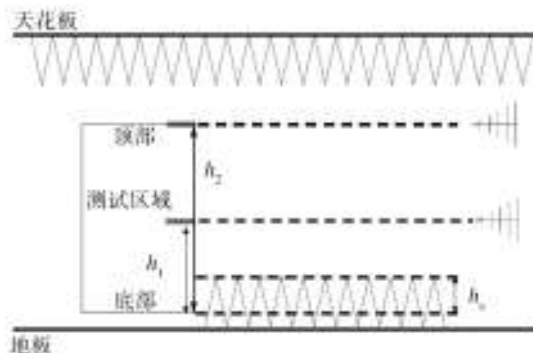


图3 SVSWR测试静中发射天线的位置和高度要求

Fig. 3 Location and height requirements of transmitting antenna in SVSWR test

图3中, h_a 为测试区域中被吸波材料挡住的部分(最大为0.3 m); h_1 为被定在测试区域中间的高度,或高于测试区域底部1 m; h_2 为到测试区域顶部的距离,当 h_2 与 h_1 相距至少0.5 m时,该高度要求被测试。

2.3 SVSWR测试步骤

在下面的测试步骤中, P_{mnoq} 表示测试位置, 该脚标为表中测试位置的名称。测量信号用 S_{mnoq} 表示。例如, $P_{F_1, h, H}$ 表示在位置 F_1 , 高度 1 m, 水平极化方式; $P_{F_1, h, V}$ 表示在位置 F_1 , 高度 1 m, 垂直极化方式; 其测量信号 (以 dB 为单位) 也相应的分别表示为 $S_{F_1, h, H}$ 和 $S_{F_1, h, V}$ 。

1) 将发射源以其参考点为准,置于前位置 F_e , 高度 1 m, 水平极化 ($P_{F_e, H}$)。将接收天线也设为水平极化, 测试距离为 D 。所有的测试中, 接收天线始终保持同发射天线相同的高度。

2) 确保接收到的信号要高于背景噪声至少 20 dB,接收机或频谱分析仪要对整个频段上的噪声进行测量。如果要求不能满足,则有必要更换另外的设备(天线,电缆,信号源,预放等)或使用部分频段以保证接收信号高于噪声 20 dB。

3) 在每一个要确认的频率处记录接收信号电

平 $S_{F,h,H}$ 。扫频测量或步进频点测量都可以使用。如果用步进频点测量,则频率的步长要小于等于50 MHz。

4) 将发射源置于前位置的其它5个点,高度为1 m,水平极化,重复第2,3步。因此在1 m的高度,水平极化时,共测量了从 $S_{F,h,H}$ 到 $S_{F,h,H}$ 前位置的6个测试点。

5) 改变发射源和接收天线的极化方式为垂直极化,重复上述步骤,从位置 $P_{F,h,V}$ 到 $P_{F,h,V}$ 测得信号数据 $S_{F,h,V}$ 到 $S_{F,h,V}$ 。

6) 对于所有的测试点,用参考位置距离 D_{ref} 据下式修正接收的数据:

$$S_{mnopt'} = S_{mnopt} + 20 \lg \left(\frac{D_{mnopt}}{D_{ref}} \right) \quad (3)$$

其中, D_{mnopt} 是测量位置与接收天线参考点间的实际距离, D_{ref} 是参考测试位置与接收天线参考点间的距离。

7) 用式(2)计算水平极化的SVSWR。在第6)步中对6个测试位置进行距离修正之后,可用式(2)对垂直极化获得的数据重复同样的计算操作。

8) 在每个极化方式下,SVSWR应小于等于2:1,或小于等于6 dB。

9) 在测试区域的左侧位置和右侧位置重复以上步骤。注意,当把发射天线置于左或右位置时,其视觉轴线应瞄准接收天线。接收天线只要指向测试区域的中心即可,不用指向发射天线。在以后测试EUT时,也同样保持这样的方向。

10) 如果满足 $h_2 - h_1 \geq 0.5$ m,要在中间位置和第2个高度重复上述的测量步骤。在测量第2个高度时,要将接收天线置于同发射天线相同的高度。

2.4 SVSWR测试中应注意的问题

1) 当对电波半暗室进行SVSWR测试时,就需要在半暗室测试静区与接收天线之间地面铺设吸波材料^[2-3]。因为裸露的金属地板易造成较强的反射,对测试结果影响较大。

2) 依照标准测试法进行SVSWR测试时,通常选用网络分析仪进行信号的收发。其好处是测试速度快、精度高,测量动态范围较大,并且更方便、快捷地对有问题的电波暗室进行诊断。

3) 由于SVSWR测试频率在微波频段,因此应选择优质的、高频特性较好的电缆进行信号的传输以降低线损,提高测量动态范围。发射天线支架应选用高频导电率低的材料。

4) 标准测试法中使用的发射天线为全向天线,接收天线使用方向性较强的喇叭天线。该测试法影响测试结果的一般为静区后部、上下、左右两侧的墙体,且最容易出现问题的频段为1~3 GHz。故开始测试时,应首先选该频段内低高度、垂直极化和靠近后墙最近的那个位置进行测量。

5) 当测试结果出现超差时,首先要检查所有电缆接头是否接好,然后对每个测试点重复测量2~3次,以验证测试系统的重复性。

3 结语

SVSWR测试法和NSA测试法所用的绝对校准不同,它采用的是相对测量技术。作为一种新的电磁兼容电波暗室评估方法,它很好地解决了NSA测试法中天线不能均匀有效地照射在暗室内的所有墙壁上的问题。该测试方法,能够在1~18 GHz频段内对暗室的反射特性做出准确、严谨地评估。SVSWR测试目前成为国内外电波暗室验收测试中的必做项目,它不仅保证了暗室的设计与施工质量,推动了电磁兼容技术的发展,并对暗室设计商和制造商提出了更高的要求,而且提高了电波暗室进行电磁兼容测试的准确性和可靠性。

参考文献:

- [1] IEC CISPR 16-1-4 Ed2:2007, Specification for Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus and Methods-Part 1-4: Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus-Ancillary Equipment-Radiated Disturbances[S].
- [2] 张超. 电波暗室场地电压驻波比实测[J]. 安全与电磁兼容, 2008(4): 33—35.
- [3] FRIEDRICH-WILHELM T A G. 暗室吸波材料的进展与场地电压驻波比验证方法[J]. 安皓, 译. 安全与电磁兼容, 2008(4): 45—48.