

中华人民共和国国家标准

GB/T 17626.3—2016/IEC 61000-4-3:2010
代替 GB/T 17626.3—2006

电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

Electromagnetic compatibility—
Testing and measurement techniques—
Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

[IEC 61000-4-3:2010, Electromagnetic compatibility (EMC)—
Part 4-3: Testing and measurement techniques—
Radiated radio-frequency, electromagnetic field immunity test, IEC]

杭州高电
专业高电压试验

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 电力试验工程服务

2016-12-13 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布



目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	4
5 试验等级	4
5.1 一般试验等级	5
5.2 保护(设备)抵抗数字无线电话和其他射频发射装置的射频辐射的试验等级	5
6 试验设备	5
6.1 试验设施的描述	6
6.2 场的校准	6
7 试验布置	9
7.1 台式设备的布置	10
7.2 落地式设备的布置	10
7.3 布线	10
7.4 人身携带设备的布置	10
8 试验程序	10
8.1 确认实验室的有关条件	11
8.2 测试的实施	11
9 试验结果的评定	12
10 试验报告	12
附录 A (资料性附录) 保护(设备)抵抗数字无线电话射频辐射的试验调制方式的选择原理	19
附录 B (资料性附录) 场发射天线	23
附录 C (资料性附录) 电波暗室的应用	24
附录 D (资料性附录) 放大器非线性和 6.2 校准方法的示例	26
附录 E (资料性附录) 产品标准化专业委员会试验等级选择指南	30
附录 F (资料性附录) 试验方法的选择	32
附录 G (资料性附录) 环境描述	33
附录 H (规范性附录) 频率高于 1 GHz 时的替代照射方法(“独立窗口法”)	37
附录 I (资料性附录) 电场探头的校准方法	40
附录 J (资料性附录) 由试验仪器引起的测量不确定度	53

前 言

GB/T 17626《电磁兼容 试验和测量技术》目前包括以下部分：

- GB/T 17626.1—2006 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论；
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验；
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验；
- GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验；
- GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验；
- GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度；
- GB/T 17626.7—2008 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则；
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验；
- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验；
- GB/T 17626.10—1998 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验；
- GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验；
- GB/T 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验；
- GB/T 17626.13—2006 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验；
- GB/T 17626.14—2005 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验；
- GB/T 17626.15—2011 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范；
- GB/T 17626.16—2007 电磁兼容 试验和测量技术 0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验；
- GB/T 17626.17—2005 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验；
- GB/T 17626.20—2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验；
- GB/T 17626.21—2014 电磁兼容 试验和测量技术 混波室试验方法；
- GB/T 17626.24—2012 电磁兼容 试验和测量技术 HEMP 传导骚扰保护装置的试验方法；
- GB/T 17626.27—2006 电磁兼容 试验和测量技术 三相电压不平衡抗扰度试验；
- GB/T 17626.28—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频频率变化抗扰度试验；
- GB/T 17626.29—2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验；
- GB/T 17626.30—2012 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法；
- GB/T 17626.34—2012 电磁兼容 试验和测量技术 主电源每相电流大于 16 A 的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验。

本部分为 GB/T 17626 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 17626.3—2006《电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验》。与 GB/T 17626.3—2006 相比，主要技术内容变化如下：

- 第4章术语和定义中,删除了原4.14带状线和4.15杂散辐射;
- 第5章合并原表1和表2为表1与常规用途装置、数字无线电话和其他射频发射装置有关的试验等级;
- 5.2保护(设备)抵抗数字无线电话和其他射频发射装置的射频辐射的测试高频范围由2 GHz扩展至6 GHz;
- 第6章修改了对功率放大器的要求;
- 6.2场校准中增加了完全照射、部分照射和独立窗口均匀场域的应用要求;
- 6.2.1恒定场强校准法增加了步骤j),对测试系统的确认;
- 6.2.2恒定功率校准法增加了步骤m),对测试系统的确认;
- 附录B场发射天线删除了圆极化天线;
- 删除了原附录D中TEM小室和带状线测试方法;
- 原附录I改为附录G并增加表G.3;
- 原附录H改为附录F;
- 原附录J改为附录H;
- 原附录K改为附录D;
- 原附录F和附录G合并为附录E;
- 增加了附录I场强探头的校准;
- 增加了附录J试验仪器引起的测量不确定度。

本部分使用翻译法等同采用IEC 61000-4-3:2010《电磁兼容(EMC) 第4-3部分:试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容[IEC 60050(161):1990,IDT];
- GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测试技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(IEC 61000-4-6:2006,IDT)。

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本部分起草单位:上海电器科学研究院、上海市计量测试技术研究院、上海工业自动化仪表研究院、北京市医疗器械检验所、东铄检测科技(苏州)有限公司、上海三基电子工业有限公司。

本部分主要起草人:郑军奇、刘媛、龚增、王英、孟志平、潇潇、苑明聪、叶琼瑜、寿建霞、钱枫。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 17626.3—1992、GB/T 17626.3—1998、GB/T 17626.3—2006。

电磁兼容 试验和测量技术

射频电磁场辐射抗扰度试验

1 范围

GB/T 17626 的本部分适用于电气、电子设备的电磁场辐射抗扰度要求,规定了试验等级和必要的试验程序。

本部分的目的是建立电气、电子设备受到射频电磁场辐射时的抗扰度评定依据。在本部分中给出的试验方法描述了评估设备或系统抵抗一定环境的抗扰度的符合性方法。

注 1: 如 GB/Z 18509 所述,本部分是供有关专业标准化技术委员会使用的基础 EMC 出版物。同时在 GB/Z 18509 中规定,有关专业标准化技术委员会负责确定此抗扰度测试标准是否适用,如适用,他们有责任确定适合的试验等级及性能判据。全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)及其分会与有关专业标准化技术委员会合作,以评估对其产品的特定抗扰度试验的试验等级及性能判据。

本部分适用于防止所有发射源的射频电磁场的抗扰度试验。

特别关注对防止数字无线电话和其他射频发射装置的射频辐射。

注 2: 本部分规定了评估 EUT 在电磁辐射状况下受影响程度的试验方法。电磁辐射的模拟和测量对定量确定这种影响程度是不够准确的。所定义试验方法的宗旨是为定性分析建立一个对各种 EUT 均可获得良好重复性测量结果的方法。

本部分是一个独立的试验方法。不可使用其他试验方法替代来声称符合本部分。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60050(161) 国际电工词汇(IEV) 第 161 章:电磁兼容[International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 161: Electromagnetic compatibility]

IEC 61000-4-6 电磁兼容 第 4-6 部分 试验与测量技术-射频场感应的传导干扰抗扰度[Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-6: Testing and measurement techniques—Immunity to conducted disturbances,induced by radio-frequency fields]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

调幅 amplitude modulation

载波幅度按给定规律变化的过程。

3.2

电波暗室 anechoic chamber

安装吸波材料用以降低内表面电波反射的屏蔽室。

3.2.1

全电波暗室 **fully anechoic chamber**

内表面全部安装吸波材料的屏蔽室。

3.2.2

半电波暗室 **semi-anechoic chamber**

除地面安装反射接地平板外,其余内表面均安装吸波材料的屏蔽室。

3.2.3

可调式半电波暗室 **modified semi-anechoic chamber**

在地面反射接地平板上附加吸波材料的半电波暗室。

3.3

天线 **antenna**

一种将信号源射频功率发射到空间或截获空间电磁场转变为电信号的转换器。

3.4

平衡-不平衡转换器 **balun**

用来将不平衡电压与平衡电压相互转换的装置。

[IEC 60050(161)]

3.5

连续波(CW) **continuous waves (CW)**

在稳态条件下,完全相同的连续振荡的电磁波,可以通过中断或调制来传递信息。

3.6

电磁波 **electromagnetic (EM) wave**

由电荷振荡所产生的辐射能量,其特征是电磁场的振荡。

3.7

远场 **far field**

由天线发射的功率通量密度近似地与距离的平方呈反比关系的场域。

对于偶极子天线来说,相当于大于 $\lambda/2\pi$ 的距离的场域, λ 为辐射波长。

3.8

场强 **field strength**

场强即电场强度,是放入电场中某点的电荷所受静电力与它的电荷量的比值,用来表示电场的强弱和方向的物理量。

“场强”一词仅适用于远场测量。测量的可以是电场分量或磁场分量,可用 V/m, A/m 或 W/m² 表示,单位间可相互换算。

近场测量时,术语“电场强度”或“磁场强度”的使用取决于是否分别测量电场或磁场的分量。近场中,电场强度和磁场强度与距离的关系是复杂的,并且很难预测,它涉及场中特定的布置。因此,一般不可能确定复合场的分量在时间和空间相位上的变化,功率通量密度同样也是不确定的。

3.9

频带 **frequency band**

两个限定的频率点之间频率延伸的连续区间。

3.10

E_c

校准用场强。

3.11

 E_t

测试用的载波场强。

3.12

完全照射 full illumination

EUT 的被测试面完全被 UFA(均匀场域,见 3.27 所覆盖的试验方法)。

该试验方法可适用于所有试验频率。

3.13

人身携带设备 human body-mounted equipment

用于人身附属或近距离携带的设备。

包括人们携带的正在运行中的手持式设备(例如袖珍设备)和电子辅助装置以及植入式装置。

3.14

独立窗口法 independent windows method当 EUT 的被测试面不能完全被 UFA 所覆盖时所采用的试验方法(使用 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 的 UFA)。

该试验方法可适用于 1 GHz 以上的试验频率。

3.15

感应场 induced field电场和/或磁场的主要能量存在于距离 $d < \lambda/2\pi$ 的区域, λ 为波长,其场源的尺寸应远远小于 d 。

3.16

有意射频发射装置 intentional RF emitting device

进行有意电磁场发射(传播)的装置。例如包括数字移动电话和其他无线电装置。

3.17

各向同性 isotropic

在各个方向上具有相同特性值。

3.18

RMS 最大值 maximum RMS value

在一个调制周期内,射频调制信号短期的 RMS 最大值。短期 RMS 是在一个载波周期内进行计算的。例如,对图 1b),最大 RMS 电压为:

$$V_{\text{maximum RMS}} = V_{\text{p-p}} / (2 \times \sqrt{2}) = 1.8\text{ V} \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.19

非恒定包络调制 non-constant envelope modulation

相对于调制信号幅度不变的恒包络调制,在调制过程中,若相位突变(180°)时,经过带限处理后导致非恒包络,此时的信号处理即为非恒定包络调制。

RF 调制方案,选择在时间上,载波的幅值相对于其周期变化缓慢的 RF 调制方案。例如,包括常规幅度调制及时分多址调制。

3.20

 P_e

产生校准场强所需的前向功率。

3.21

部分照射 partial illuminationEUT 的被测试面不能完全被 UFA 所覆盖的试验方法(使用最小尺寸为 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ 的 UFA)。

该试验方法可适用于所有试验频率。

3.22

极化 polarization

辐射场电场向量的方向。

3.23

屏蔽室 shielded enclosure

专为隔离内外电磁环境而设计的屏栅或整体金属房。其目的是防止室外电磁场干扰室内电磁环境特性,并避免室内电磁发射干扰室外活动。

3.24

扫描 sweep

连续或步进扫过一段频率范围。

3.25

时分多址 TDMA(time division multiple access)

时间倍增调制电路分时复合调制方案,在某一分配频率同一载波内设置几个通信信道。每一信道被赋与某一时间段,在该时间周期内,如果该信道是激活的,则信号作为 RF 脉冲被传输,而如果该信道不是处于激活的,则脉冲未被传输,这样载波包络就不为常数。而脉冲的幅值为定值,RF 载波被频率调制或相位调制。

3.26

收发机 transceiver

共用一个外壳的无线电发射和接收的组合设备。

3.27

均匀场域 uniform field area; UFA

场校准的假想垂直平面,在该平面内场强的变化足够小。

场校准的目的在于确保试验结果的有效性。见 6.2。

4 概述

大多数的电子设备都会在某种情况下受到电磁辐射的影响。诸如操作维修及保安人员使用的小型手持无线电收发机、固定的无线电广播、电视台的发射机、车载无线电发射机以及各种工业电磁源,这些常规用途发射源均会频繁地产生这种辐射。

近年来,无线电话及其他射频发射装置的使用显著增加,其使用频率在 0.8 GHz~6 GHz 之间。其中有许多设备使用的是非恒定包络调制技术(如 TDMA),见 5.2。

除了有意产生的电磁能量以外,还有一些设备产生辐射,如电焊机、晶闸管装置、荧光灯、感性负载的开关操作等。这种干扰在大多数情况下表现为传导干扰,传导干扰在 IEC 61000-4 系列标准的其他部分中涉及。用以防止电磁场影响的方法通常也会使这类干扰源的影响减少。

电磁环境取决于该环境内的电磁场强度。由于周围建筑物和邻近其他设备的影响会使电磁波反射和/或失真,若没有先进的仪器,场强很难测量,也很难用经典公式或方程式来计算。

5 试验等级

试验等级在表 1 中列出。

表 1 与常规用途装置、数字无线电话和其他射频发射装置有关的试验等级

等级	试验场强/(V/m)
1	1
2	3
3	10
4	30
×	特定
×是一开放的等级,其场强可为任意值。该等级可在产品标准中规定。	

本部分不建议在整个频率范围内应用单一的试验等级。有关专业标准化技术委员会应为每段需要试验的频率范围选择适合的试验等级。附录 E 给出了有关专业标准化技术委员会选择试验等级的指导意见。

表中试验场强列出的是未调制载波信号的场强。对设备测试时,要用 1 kHz 的正弦波对未调制载波信号进行 80% 的幅度调制来模拟实际情况(见图 1),详细试验步骤见第 8 章。

5.1 一般试验等级

试验通常在 80 MHz~1 000 MHz 的频率范围内进行。

注 1:有关专业标准化技术委员会可以在本部分和 IEC 61000-4-6 之间选择比 80 MHz 略高或略低的过渡频率(见附录 G)。

注 2:有关专业标准化技术委员会可以为 EUT 选择其他调制方法。

注 3:IEC 61000-4-6 也为电气或电子产品抗电磁辐射的抗扰度规定了试验方法,该标准涉及 80 MHz 以下的频率。

5.2 保护(设备)抵抗数字无线电话和其他射频发射装置的射频辐射的试验等级

试验通常在 800 MHz~960 MHz 和 1.4 GHz~6 GHz 的频率范围内进行。

试验所选择的频点或频段取决于移动无线电话和其他有意射频发射装置的实际工作频段。试验并不要求在 1.4 GHz~6 GHz 的整个频段范围内连续进行。对于移动无线电话和其他有意射频发射装置所使用的频段,可在相关工作频段应用特定的试验等级。

同时,如果产品仅需符合有关方面的使用要求,则 1.4 GHz~6 GHz 频段的试验范围可缩小至仅满足我国规定的具体频段,此时应在试验报告中记录该缩小了的频率范围。

注 1:附录 A 中含有关于保护(设备)抵抗数字无线电话射频辐射的试验调制方式选择的说明。

注 2:附录 E 为选择试验等级的指南。

注 3:附录 G 包含了数字无线电话等业务使用的频带。

注 4:800 MHz 以上的干扰主要来自无线电话系统和其他功率等级与无线电话类似的有意射频发射装置。对工作于该频段的其他系统,如工作在 2.4 GHz 或更高频率的无线局域网,其功率一般很小(通常小于 100 mW),因而不会大出现明显问题。

6 试验设备

推荐下列类型的试验设备:

电波暗室:具有合适的尺寸,能维持相对于 EUT 来说具有足够空间的均匀场域。局部安装一些吸收材料可以使室内的反射减弱。

电磁干扰(EMI)滤波器:应注意确保滤波器在连接线路上不致引起谐振效应。

射频信号发生器:产生的信号能够覆盖所有测试的频带,并能被 80% 调制深度的 1 kHz 正弦波幅度调制。应有手动控制功能(例如,控制频率,幅度,调制深度),或在带有频率合成器的情况下,它们应具有频率步进和驻留时间的程控功能。

为了避免谐波导致的问题,必要时采用低通或带通滤波器。

功率放大器:用于放大信号(未调制的和调制的)并提供驱动天线达到所需的场强水平的功率。在 UFA 中测得的功率放大器产生的各次谐波场强应比基波场强至少低 6 dB(见附录 D)。

场强发射天线(见附录 B):能够满足频率特性要求的双锥、对数周期、喇叭或其他线性极化天线系统。

各向同性场强传感器:带有对被测场强有足够抗扰度的前置放大器和光电转换装置及与暗室外的指示器相连的光缆,其他信号连接方式只要经过充分滤波也是可以使用的。附录 I 提供了电场探头的校准方法。

辅助设备:用于记录试验规定场强所需的功率电平和控制产生试验场强的电平。

应注意确保辅助设备具有充分的抗扰度。

6.1 试验设施的描述

由于试验所产生的场强高,应在屏蔽室中进行试验,以便符合有关禁止对无线通信干扰的规定。大多数采集数据的设备对抗干扰试验过程中所产生的电磁场很敏感,因此需要用屏蔽室在 EUT 与测试仪器之间提供一层“屏障”。应注意确保穿过屏蔽室的连线的传导和辐射有充分的衰减,以保证 EUT 的信号和功率响应的真实性。

试验设施为安装有吸波材料的屏蔽室,且屏蔽室应具有足够的空间以安放 EUT,并对试验场强有充分的控制能力。包括电波暗室或调整后的半电波暗室,图 2 给出了一个示例。相关屏蔽室应适合于安放发生场强的设备、监视设备和遥控 EUT 的装置。

电波暗室在低频时效果不佳,应特别注意确保低频时产生场强的均匀性。详细导则见附录 C。

6.2 场的校准

场校准的目的是为确保 EUT 周围的场充分均匀,以保证试验结果的有效性。本部分中使用“均匀场域”的概念(见图 3),这是一个场的假想的垂直平面,在该平面中场的变化足够小。在校准过程中,要求测试装置和设备有产生这样的场的能力。同时,得到一个产生抗扰度测试所要求的场强的设置的数据库。场校准对所有的单个面可以全部被 UFA 覆盖的 EUT 都是有效的。

场校准在无 EUT 的场地上进行(见图 3)。在该过程中,UFA 的场强和输出给天线前向功率的关系是确定的。在测试的过程中,前向功率通过这个确定的关系和目标场强计算出来。只要测试布置不发生改变,该校准是一直有效的。因此应记录校准的布置(天线,增加的吸波材料,电缆等)。尽量准确地记录天线和电缆位置是重要的。即使是很小的移动也可能对场的分布产生很大的影响,因此在每次测试时都应使用相同的位置。

用于试验的整个区域的校准应每年进行一次,当室内布置发生变化时(更换吸波材料、试验区域位置移动、设备改变等)也应进行校准。在每一批试验前(见第 8 章),应确认校准的有效性。

天线放置的距离应能使 UFA 处于发射场的主波瓣宽度之内的。场强传感器至少距离场发射天线 1 m 以上。UFA 与发射天线的距离最好为 3 m(见图 3)。该距离是从指双锥天线的中心,或对数周期天线的顶端,或喇叭天线的前沿,或双脊波导天线的前沿到 UFA 的距离。校准记录和测试报告中应说明采用的距离。

除非 EUT 及其线缆可以被一个小的面积完全照射,否则 UFA 的尺寸至少为 1.5 m×1.5 m,UFA 的下端距离地面的高度为 0.8 m。任何情况下,UFA 不得小于 0.5 m×0.5 m。在抗扰度测试的过程中,EUT 的面应被 UFA 完全覆盖(见图 5 和图 6)。

为了确定测试的严酷度等级,对于某些接近参考地平面放置的 EUT 和电缆必须测试,此时还要记录离参考地平面上方 0.4 m 高处的场强。在校准文件中记录的该数据不用于试验设施适用性判断,也不纳入校准数据库。

由于半电波暗室地面的反射,很难在靠近参考地平面处建立一个 UFA。在参考地平面放置辅助吸波材料可能解决这个问题(见图 2)。

将 UFA 分割成间距为 0.5 m 的一系列小格(见图 4,1.5 m×1.5 m UFA 的举例)。在每个频点,所有栅格点中有 75% 的点测得的场强幅值为标称值-0 dB~+6 dB 范围内的值(例如,如果 1.5 m×1.5 m UFA 测量的至少 16 个点中的 12 个点在容差范围内),即认为该场是均匀的。对于 0.5 m×0.5 m 最小的 UFA,所有 4 个栅格点的场强值都应在容差范围内。

注 1: 在不同的频率点,容差范围内的测试点可能不同。

-0 dB~+6 dB 作为容差范围,是为确保场强不会在可接受的概率下降到标称值以下。6 dB 容差是在实际测试设备中可实现的最小范围。

当频率范围达到 1 GHz 时,容差可大于+6 dB,达到+10 dB,但是不能小于-0 dB,允许调整容差的频率点数量不得超过整个测试频率点的 3%,在测试报告中记录真实的容差。有争议时,优先考虑-0 dB~+6 dB。

如果 EUT 需要被照射的表面大于 1.5 m×1.5 m,且 UFA 最大的尺寸(推荐方法下)不能覆盖,可对 EUT 表面进行一系列的照射测试(“部分照射”)。

两者选其一:

——辐射天线应在不同的位置进行校准,使得组合后的多个 UFA 覆盖 EUT 的表面,然后依次在这些位置上对 EUT 进行试验。

——将 EUT 移到不同位置,在试验中使 EUT 的每个部分至少处于 UFA 一次。

注 2: 每个天线位置都要求整个区域的场校准。

表 2 中给出了完全照射和部分照射的概念,以及给出怎样应用的说明。

表 2 应用完全照射、部分照射和独立窗口法的均匀场域要求

频段	当 UFA 全部覆盖 EUT 时 UFA 的尺寸和校准要求(优选完全照射方法)	当 UFA 不能全部覆盖 EUT 时,UFA 的尺寸和校准要求 (部分照射和独立窗口法,是替代方法)
1 GHz 以下	UFA 最小尺寸 0.5 m×0.5 m。 UFA 的栅格尺寸以 0.5 m 步进(例如 0.5 m×0.5 m、0.5 m×1.0 m、1.0 m×1.0 m 等)。 校准栅格步进为 0.5 m×0.5 m。 如果 UFA 大于 0.5 m×0.5 m,则要求 75% 的校准点符合标准要求。对于 0.5 m×0.5 m UFA,100%(所有 4 点)应满足要求	部分照射 最小的 UFA 尺寸为 1.5 m×1.5 m。 UFA 的栅格尺寸以 0.5 m 步进(例如 1.5 m×1.5 m、1.5 m×2.0 m、2.0 m×2.0 m 等)。 校准栅格步进为 0.5 m×0.5 m。 75% 的校准点符合标准要求
1 GHz 以上	UFA 最小尺寸 0.5 m×0.5 m UFA 的栅格尺寸以 0.5 m 步进(例如 0.5 m×0.5 m、0.5 m×1.0 m、1.0 m×1.0 m 等)。 校准栅格步进为 0.5 m×0.5 m。 如果 UFA 大于 0.5 m×0.5 m,则要求 75% 的校准点符合标准要求。对于 0.5 m×0.5 m UFA,100%(所有 4 点)应满足要求	独立窗口法 0.5 m×0.5 m 窗口(见附录 H) 部分照射 1.5 m×1.5 m 且以 0.5 m 步进扩大窗口尺寸(例如 1.5 m×1.5 m、1.5 m×2.0 m、2.0 m×2.0 m 等)。 校准栅格步进为 0.5 m×0.5 m 如果 UFA 大于 0.5 m×0.5 m,则要求 75% 的校准点符合标准要求。对于 0.5 m×0.5 m UFA,100%(所有 4 点)应满足要求

如果只能在某个极限频点(高于 1 GHz)以下的频段满足本节的要求,例如由于天线波瓣不足以照射整个 EUT,则当高于这个极限频点时,可以使用第二个替代方法——独立窗口法,在附录 H 中有详述。

通常按图 7 所示的布置对电波暗室和半电波暗室进行场的校准。应按下述的步骤用未调制的载波分别对水平和垂直极化方向进行校准。要求确认功率放大器可以响应信号的调制且在测试过程中不会达到饱和。确认功率放大器不会达到饱和的推荐方法是:校准用的场强应至少为将要施加给 EUT 场强的 1.8 倍。用 E_c 表示该校准场强, E_t 为仅校准时施加的场强,试验场强 E_t 不超过 $E_c/1.8$ 。

注 3: 可使用其他确保不饱和的校准方法。

下述两种不同的校准方法,以 1.5 m×1.5 m 的 UFA 为例说明。这两种方法得出的场均匀性是相同的。

6.2.1 恒定场强校准方法

均匀场的恒定场强的建立和测试是按第 8 章规定的步骤,通过一个校准过的场强探头,在每个特定频率调节正向功率,依次对 16 个栅格点的每个点(见图 4)进行校准。

应按图 7 确定测量场强所选择的正向功率,16 个测量点以 dBm 为单位进行记录。

水平和垂直极化方向的校准程序如下:

- 将场强探头置于 16 个栅格点的任意一点上(见图 4),将信号发生器输出的频率调至试验频率范围的下限频率(例如 80 MHz)。
- 调节场发射天线的正向功率,使所得场强等于校准场强 E_c ,记录正向功率读数。
- 以当前频率的 1% 为最大增量来增加频率。
- 重复步骤 b) 和 c),直至下一频率超过试验频率范围的上限频率。最后在此上限频率(例如 1 GHz)处重复步骤 b)。
- 对每一栅格点重复步骤 a)~d)。

在每一频率点上进行如下程序校准:

- 将 16 个点的正向功率读数按升序排列。
- 从最大读数开始检查,向下至少应有 11 个点的读数在最大读数的 $-6\text{ dB} \sim +0\text{ dB}$ 容差范围内。
- 若没有 11 个点的读数在 $-6\text{ dB} \sim +0\text{ dB}$ 容差范围内,按同样的程序向下再继续检查读取的数据(对每个频率仅可能有 5 个点不在 $-6\text{ dB} \sim +0\text{ dB}$ 容差范围内)。
- 如果至少有 12 个点的读数在 6 dB 范围内则停止检查程序,记录这些读数的最大正向功率值。前向功率用 P_c 表示。
- 确认测试系统(例如功率放大器)未处于饱和状态。假定 E_c 选择 1.8 倍 E_t ,在每个校准频点按以下程序操作:
 - 建立前向功率 P_c [正如 1) 所述]所需的电平后,信号源输出电平降低 5.1 dB (-5.1 dB 即 $E_c/1.8$);
 - 记录输出到天线的新的前向功率;
 - 用 P_c 减去步骤 2) 中测到的前向功率。如果差值在 $3.1\text{ dB} \sim 5.1\text{ dB}$ 之间,则功率放大器未饱和且系统可用于测试。如果差值小于 3.1 dB ,则功率放大器饱和且不适合测试。

注 1: 若在某一特殊频率点, E_c 与 E_t 之间的比为 $R(\text{dB})$, $R = 20 \lg(E_c/E_t)$,则试验功率 $P_t = P_c - R(\text{dB})$,下标 c 和 t 分别代表校准和试验。按第 8 章的规定进行场的调制。

D.4.1 给出了此校准的一个示例。

注 2: 应确保使用的功率放大器在每一频率均未饱和,这可以通过检查功率放大器的 1 dB 压缩点来进行确认。可通过使用点频率来检查功率放大器是否饱和。然而,功率放大器的 1 dB 压缩点是通过端接 $50\ \Omega$ 检查,而测试时

连接的是天线阻抗,通常不是 $50\ \Omega$ 。测试系统的饱和应按照步骤 j) 确定 2 dB 压缩点,详细参考资料见附录 D。

6.2.2 恒定功率校准方法

均匀场场强的建立和测试是按第 8 章规定的步骤,通过一个校准过的场强探头,在每个特定频率调节正向功率,依次对 16 个栅格点的每个点(见图 4)进行校准。

应按图 7 的确定测量初始位置场强所必须的正向功率并记录,对所有 16 个测量点施加相同的正向功率,并记录其在每一点建立的场强值。

水平和垂直极化方向的校准程序如下:

- 将场强探头置于栅格中 16 个点中的任意一点上(见图 4),将信号发生器输出的频率调至试验频率范围的下限频率(例如 80 MHz)。
 - 调节发射天线的正向功率,使所得场强等于校准场强 E_c 。(注意试验场强将被调制),记录正向功率及场强。
 - 以当前频率的 1% 为最大增量来增加频率。
 - 重复步骤 b) 和 c),直至下一频率超过试验频率范围的上限频率。最后在此上限频率(例如 1 GHz)处重复步骤 b)。
 - 将场强探头移至栅格的另一点,在每一频率点采用上述步骤 a)~d),并记录步骤 b) 的场强和所施加的正向功率值。
 - 对每一栅格点重复步骤 e)。
- 在每一频率点上进行如下程序校准:
- 将 16 个场强读数按升序排列。
 - 选择某点的场强值作为参考值,计算所有其他点相对于该点的偏差值(dB)。
 - 从场强的最小读数开始检查,向上至少应有 11 个点的读数在最小读数的 $-0\ \text{dB} \sim +6\ \text{dB}$ 容差范围内。
 - 若没有 11 个点的读数在 $-0\ \text{dB} \sim +6\ \text{dB}$ 容差范围内,按同样的程序,向上再继续检查读数(对每个频率仅可能有 5 个点不在 $-6\ \text{dB} \sim +0\ \text{dB}$ 容差范围内)。
 - 如果至少有 12 个点的读数在 6 dB 范围内则停止检查程序,从这些读数中找出最小场强的点作为参考点。
 - 计算出建立该参考点场强所需的正向功率值。前向功率用 P_c 表示。
 - 确认测试系统(例如功率放大器)未处于饱和状态。假定 E_c 选择 1.8 倍 E_t ,在每个校准频点按以下程序操作:

- 建立前向功率 P_c [正如 D 所述]所需的电平后,信号源输出电平降低 5.1 dB ($-5.1\ \text{dB}$ 即 $E_c/1.8$);
- 记录输出到天线的新的前向功率;
- 用 P_c 减去步骤 2) 中测到的前向功率。如果差值在 3.1 dB~5.1 dB 之间,则功率放大器未饱和且测试系统满足测试。如果差值小于 3.1 dB,则功率放大器饱和且不适合测试。

注 1: 若在某一特殊频率点, E_c 与 E_t 的比为 $R(\text{dB})$, $R = 20 \lg(E_c/E_t)$, 则试验功率 $P_t = P_c - R(\text{dB})$, 下标 c 和 t 分别代表校准和试验。按第 8 章的规定进行场的调制。

D.4.1 给出了此校准的一个示例。

注 2: 应确保使用的功率放大器在每一频率均未饱和。这可以通过检查功率放大器的 1 dB 压缩来进行。可通过使用点频率来检查功率放大器是否饱和。然而,功率放大器的 1 dB 压缩点是通过端接 $50\ \Omega$ 检查,而测试时连接的是天线阻抗,通常不是 $50\ \Omega$ 。测试系统的饱和应按照步骤 m) 确定 2 dB 压缩点,详细参考资料见附录 D。

7 试验布置

所有 EUT 的测试都应在尽可能接近实际安装配置条件下进行。除非另有规定,布线应按制造商

推荐的规程进行,设备应放置在其壳体内,并安装上所有盖板和接口面板。

若设备被设计安装在支架上或机柜中,则应在这种状态下进行试验。

不要求有金属接地板。当需要某种装置支撑 EUT 时,应该选用不导电的非金属材料制作。可考虑低绝缘常数(低介电常数)的材料,例如硬聚苯乙烯。但设备的机箱或外壳的接地应符合制造商的安装条件。

当 EUT 由台式和落地式部件组成时,要保持正确的相对位置。

典型 EUT 的布置如图 5 和图 6 所示。

注 1: 使用非导体支撑物可防止 EUT 偶然接地和场的畸变。为了保证不出现场的畸变,支撑体应是非导体,而不是由绝缘层包裹的金属构架。

注 2: 在更高的频率(例如高于 1 GHz),木材或者玻璃钢的桌子或支撑物会产生反射。因此,应使用低介电常数的材料,例如硬聚苯乙烯、以避免场畸变而降低场均匀度的等级。

7.1 台式设备的布置

EUT 应放置在一个 0.8 m 高的绝缘试验台上。

根据设备相关的安装说明连接电源和信号线。

7.2 落地式设备的布置

落地式设备应置于高出地面 0.05 m~0.15 m 的非导体支撑物上,使用非导体支撑是为了防止 EUT 的偶然接地和场的畸变。为了保证不出现场的畸变,支撑物应是非导体,而不是绝缘层包裹的金属构架。如果有关专业标准化技术委员会提出特别要求,且 EUT 又不是太大和太重,提升高度也不会造成安全事故的话,落地式设备可以在 0.8 m 高的平台上进行试验。这种与标准试验方法的偏差应在试验报告中注明。

注: 绝缘轮子可作为 0.05 m~0.15 m 支撑物使用。

根据设备相关的安装说明连接设备的电源和信号线。

7.3 布线

线缆应连接到 EUT,并按照制造商的安装说明书在试验场上进行布置,要求重现典型的和使用最多的安装。

应使用制造商规定线缆的类型和连接器,如果对 EUT 的进、出线没有规定,则使用非屏蔽平衡导线。

如果制造商规定导线长度不大于 3 m,则按制造商规定长度用线。如果制造商规定导线长度大于 3 m,或未规定,则根据典型安装长度用线。如果可能,受辐射的线长最少为 1 m。连接 EUT 元件之间过长的电缆应在线的中部捆扎成长大约为 30 cm~40 cm 的低感性线束。

如果有关专业标准化技术委员会规定多余的电缆需要去耦(例如,延伸到测试区域外的电缆),则该去耦方式不应影响 EUT 的运行。

7.4 人身携带设备的布置

人身携带设备(见 3.13 定义)的试验可按与台式设备相同的方法进行。但可能由于未考虑人身的某些特点而使试验不足或过强,因此,建议有关专业标准化技术委员会规定使用一个有适当绝缘特性的人体模拟器。

8 试验程序

试验程序包括:

- 确认实验室的有关条件;
- 预确认设备的正确运行;
- 测试的实施;
- 测试结果的评定。

8.1 确认实验室的有关条件

为了使环境因素对于测试的影响降到最低,测试应在 8.1.1 规定的气候和 8.1.2 电磁参考环境下进行。

8.1.1 气候条件

除非产品或产品类标准委员会另有规定,实验室气候条件应符合 EUT 和测试设备各自制造商规定的运行条件的要求。

如果相对湿度太高以致于 EUT 和测试设备上出现结露,那么测试就不能进行。

注:若有足够的证据证明本部分中的测试受到气候条件的影响,则应将该问题提交全国电磁兼容标准化技术委员会以引起注意。

8.1.2 电磁环境条件

实验室电磁环境应保证 EUT 正常运行,且不能影响测试结果。

8.2 测试的实施

应按照试验计划进行测试,该计划应包含核查 EUT 的运行是否符合技术指标要求。

应在 EUT 典型(通常)运行条件下进行测试。

试验计划应包含下列内容:

- EUT 尺寸;
- EUT 典型运行条件;
- 确定 EUT 按台式、落地式,或是两者结合的方式进行试验;
- 对落地式 EUT,需确认 EUT 高度;
- 所用试验设备的类型和发射天线的位置;
- 所用天线的类型;
- 扫频速率,驻留时间和频率步长;
- 均匀场域的尺寸和形状;
- 是否使用部分照射方法;
- 适用的试验等级;
- 所用互连线的类型与数量以及(EUT 的)接口;
- 可接受的性能判据;
- EUT 运行方法的描述。

本章中描述的测试步骤是为了第 6 章中规定的场强发生天线的使用。

在测试前宜检查校准场强的强度,以确认测试设备/系统处于正常工作状态。

对校准场验证后,可以运用校准中获得的数据产生试验场(见 6.2)。

将 EUT 置于使其某个面与校准的平面相重合的位置。该 EUT 的面应被 UFA 覆盖,除非是应用

部分照射方法。6.2 描述了场校准和部分照射的使用。

扫频过程中的信号应使用 5.1 和 5.2 中定义的调制信号,当需要时,可以暂停扫描以调整射频信号电平或振荡器波段开关和天线。扫频过程中频率逐步增加,步长不超过前一频率的 1%。

每一频率点上,幅度调制载波的扫描驻留时间应不短于 EUT 动作及响应所需的时间,且不得短于 0.5 s。对敏感频点(如时钟频率)则应按照产品标准要求特殊考虑。

发射天线应对 EUT 的 4 个侧面逐一进行试验。当 EUT 能以不同方向(如垂直或水平)放置使用时,各个侧面均应试验。经过技术论证,试验时一些 EUT 可以采用较少面面向发射天线。在其他情况下,例如依据 EUT 类型和尺寸或测试频率,应有 4 个以上方位被照射。

注 1: 随着 EUT 电尺寸的增长,其天线方向图的复杂性也会增加。天线方向图的复杂性会影响确定最低抗扰度必要的测试方向的数量。

注 2: 若 EUT 由几个部件组成,当从各侧面进行照射试验时,无需调整其内部任一部件的位置。

需在发射天线的两种极化状态下对 EUT 的每一侧面进行试验,一次在天线垂直极化位置,另一次在天线水平极化位置。

在试验过程中应尽可能使 EUT 充分运行,并在所有选定的敏感运行模式下进行抗扰度试验。推荐使用特定的运行程序。

9 试验结果的评定

试验结果应按 EUT 的功能丧失或性能降级进行分类。这些分类与制造商、试验申请者规定的,或者制造商与用户之间商定的性能等级有关。推荐的分类如下:

- a) 在制造厂或委托方或用户规定的技术规范限值内性能正常;
- b) 功能暂时丧失或性能暂时降低,但在骚扰停止后 EUT 能自行恢复,无需操作者干预;
- c) 功能暂时丧失或性能暂时降低,但需操作者干预才能恢复正常;
- d) 因硬件或软件损坏,或数据丢失而造成不能自行恢复至正常状态的功能降低或丧失。

制造商的技术规范中可以规定对 EUT 的影响哪些可以忽略哪些可以接受。

该分类方法可作为专业标准化技术委员会制定通用标准或产品标准或产品类标准时的性能判定指南,或作为制造商与用户之间协商的性能规范的框架,例如在没有合适的通用、产品标准或产品类标准时。

10 试验报告

试验报告应包含能重现试验的全部信息。尤其是下列内容:

- 本部分第 8 章要求的试验计划中规定的内容;
- EUT 和辅助设备的标识,如商标名称、产品型号和序列号;
- 试验设备标识,如商标名称、产品型号和序列号;
- 任何进行试验所需的特殊环境条件,如屏蔽室;
- 进行试验所必需的任何特定条件;
- 制造商、委托方或用户规定的性能等级;
- 在通用、产品或产品类标准中规定的性能指标;
- 在试验过程中或试验后,观察到的对 EUT 的影响及持续时间;

- 试验通过/不通过的判定理由(根据通用、产品或产品类标准规定的性能判据或制造商与用户达成的协议);
- 采用的任何特殊条件,如电缆长度、类型,屏蔽或接地状况,EUT 的运行条件,均要符合规定要求;
- 对电缆和设备放置位置和角度的完整描述应包含在报告中,一些情况下附照片即可。

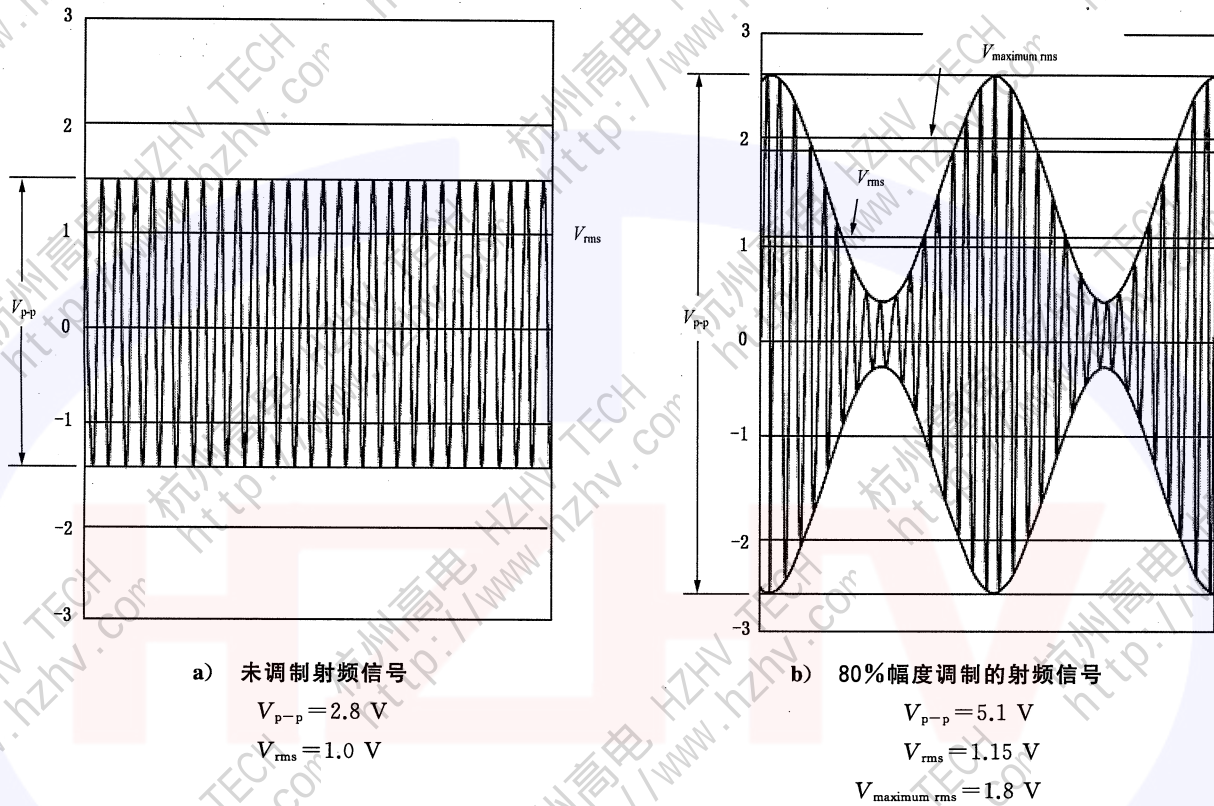
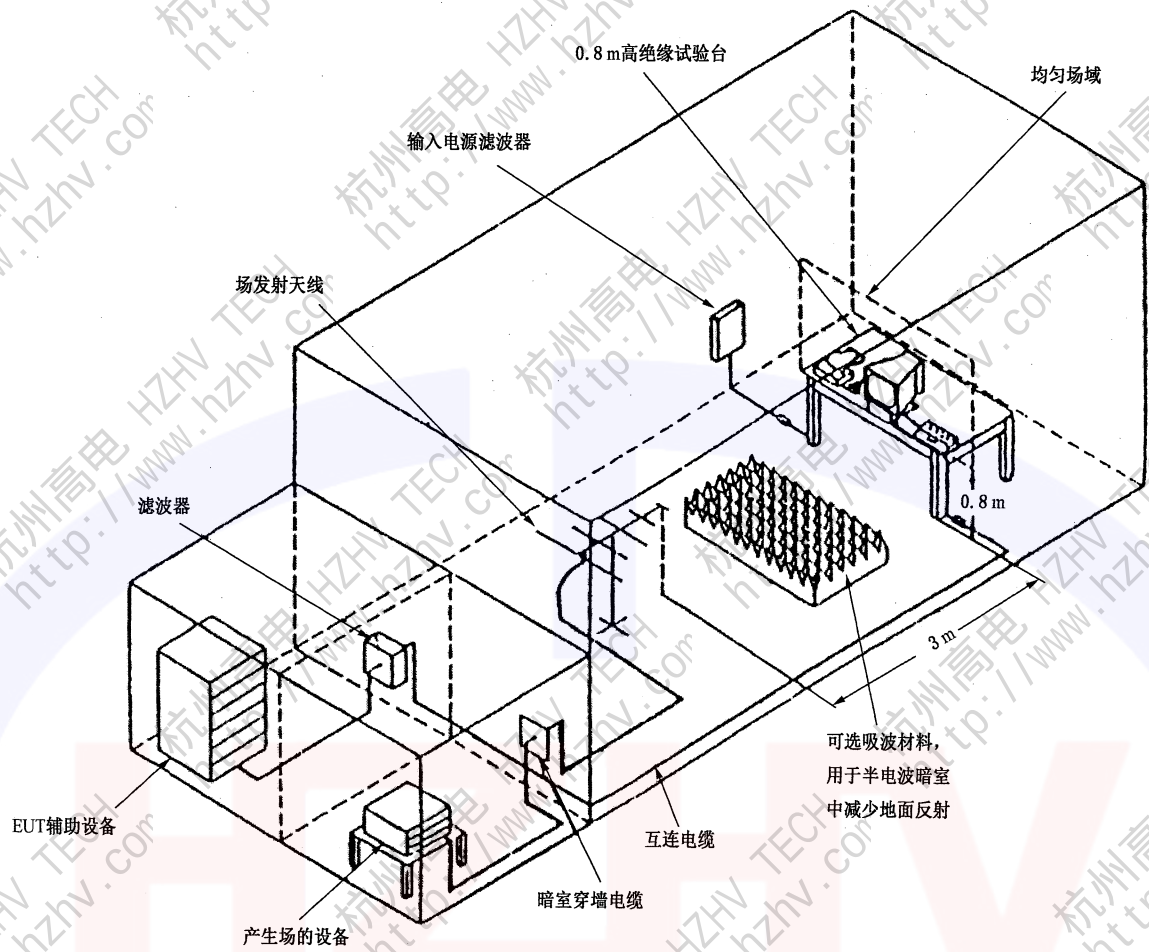


图 1 规定的试验等级和信号发生器输出端波形



注：图中为了简明而省略了墙上和顶部的吸波材料。

图 2 典型的试验设施举例

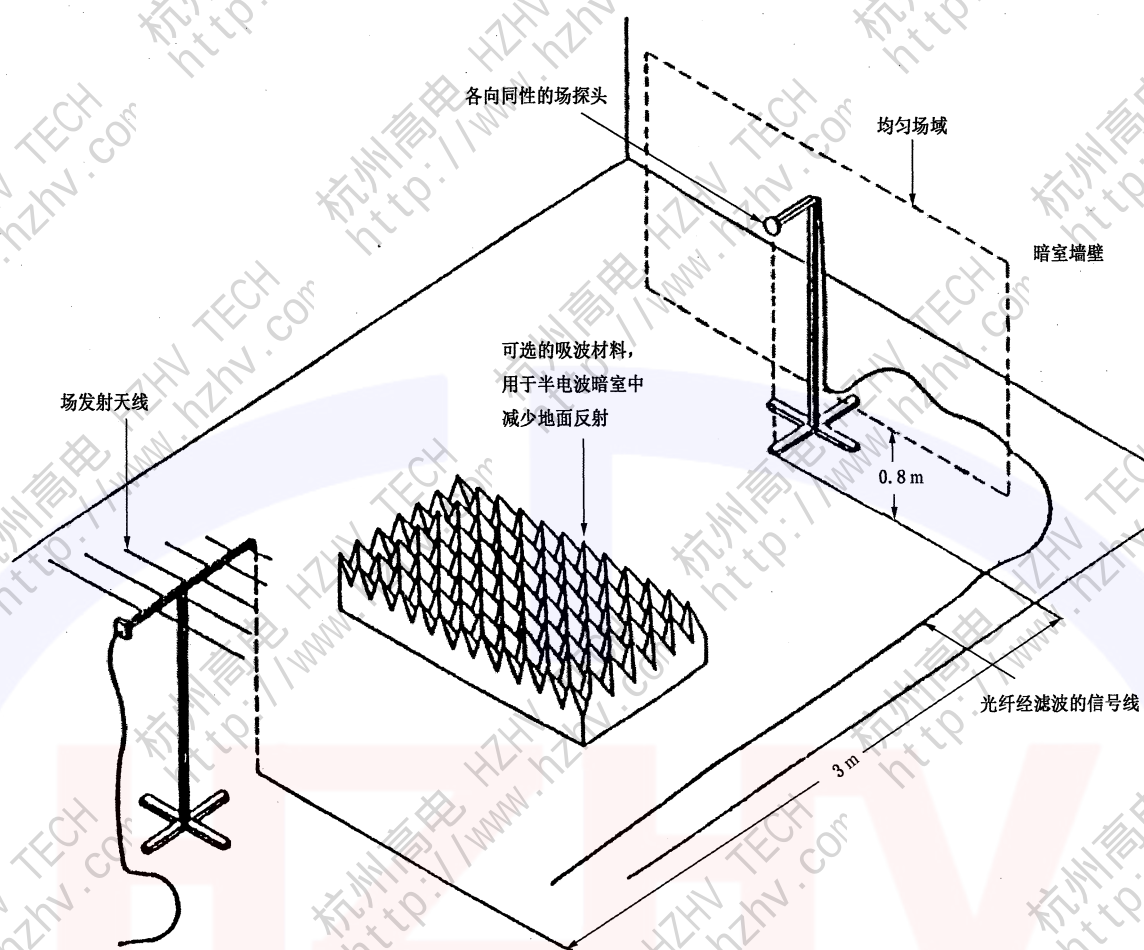


图3 场校准

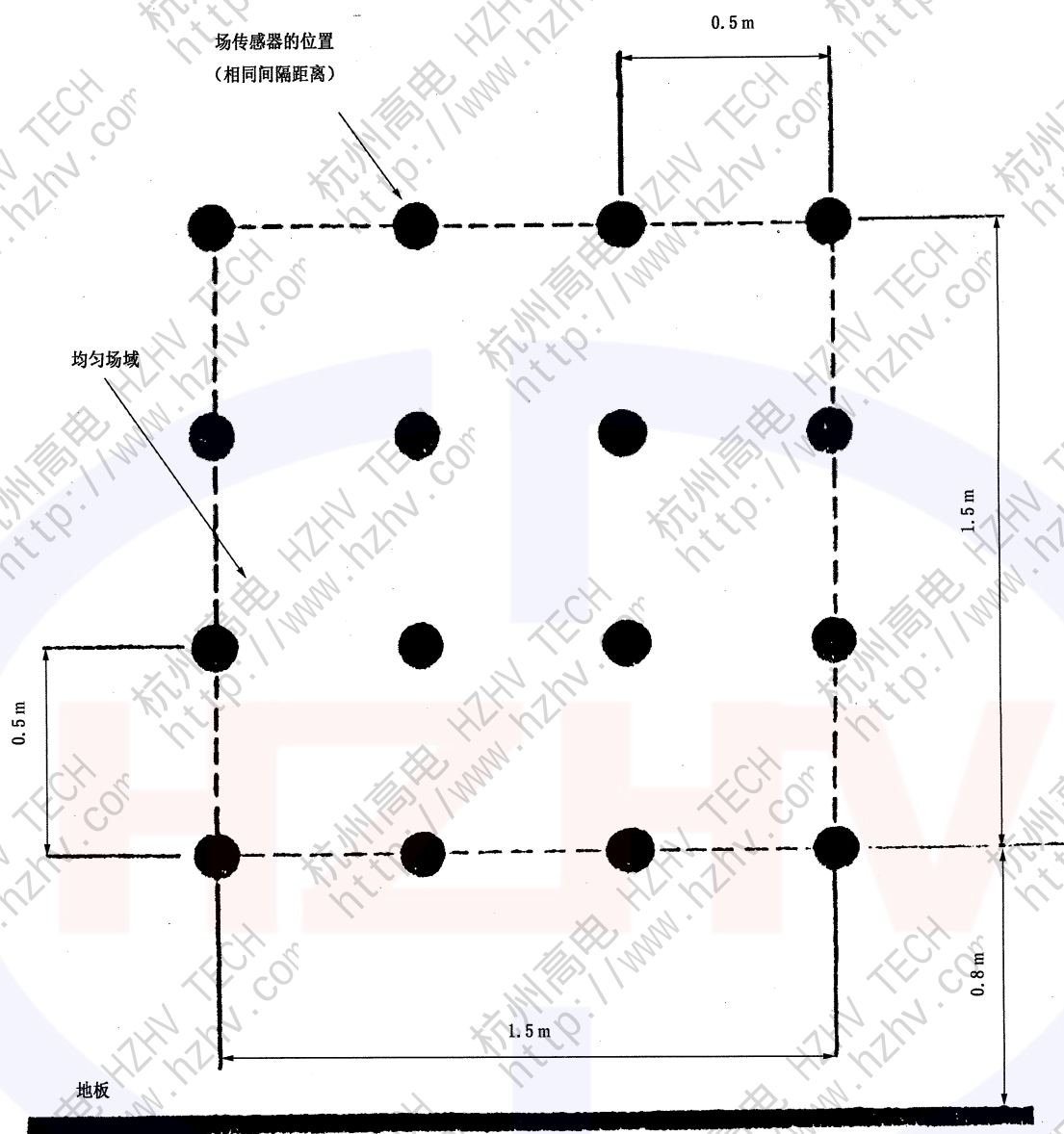
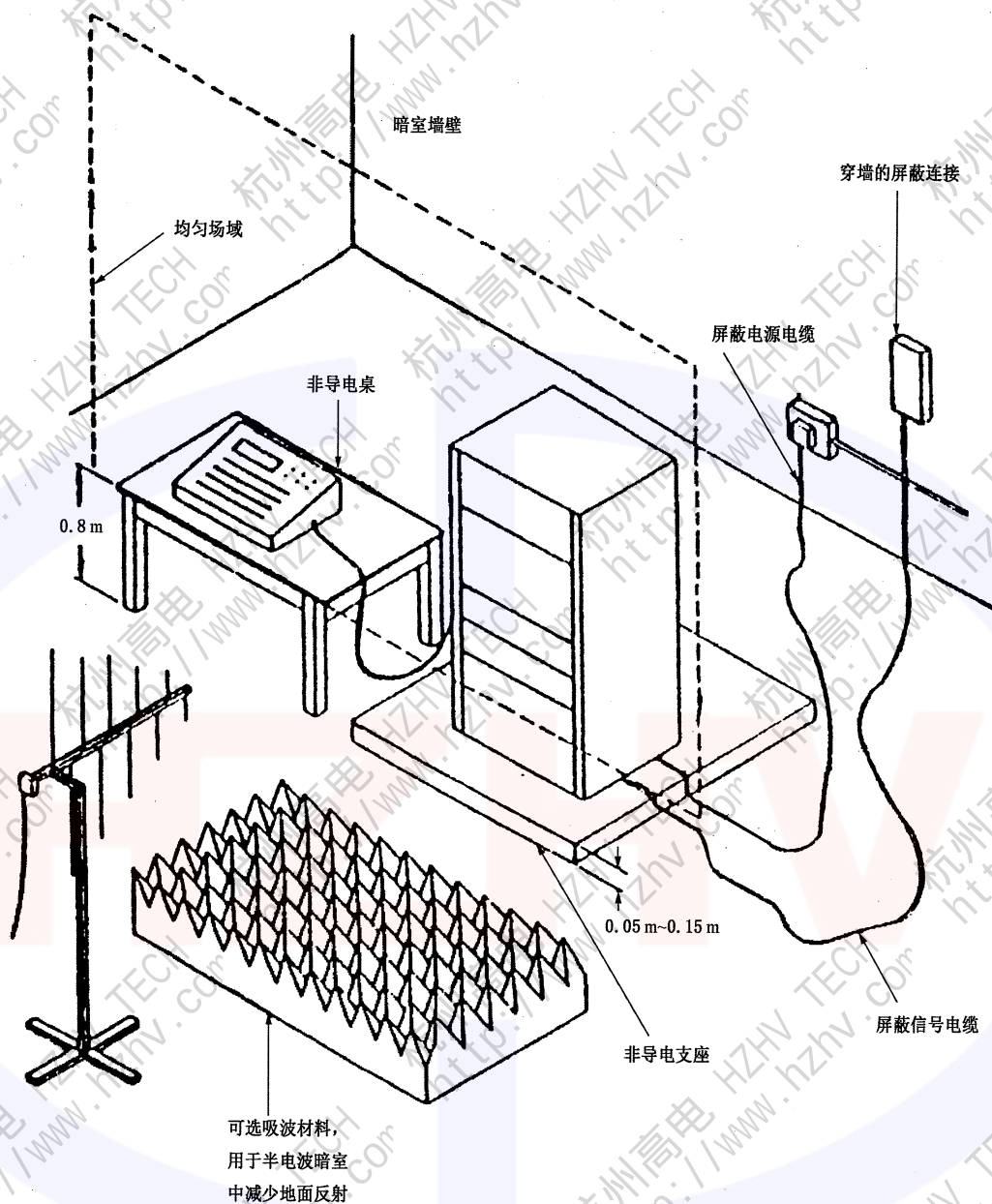


图4 场校准,均匀场域的尺寸



注：图中为了简明而省略了墙上的吸波材料。

图5 落地式设备的试验布置举例

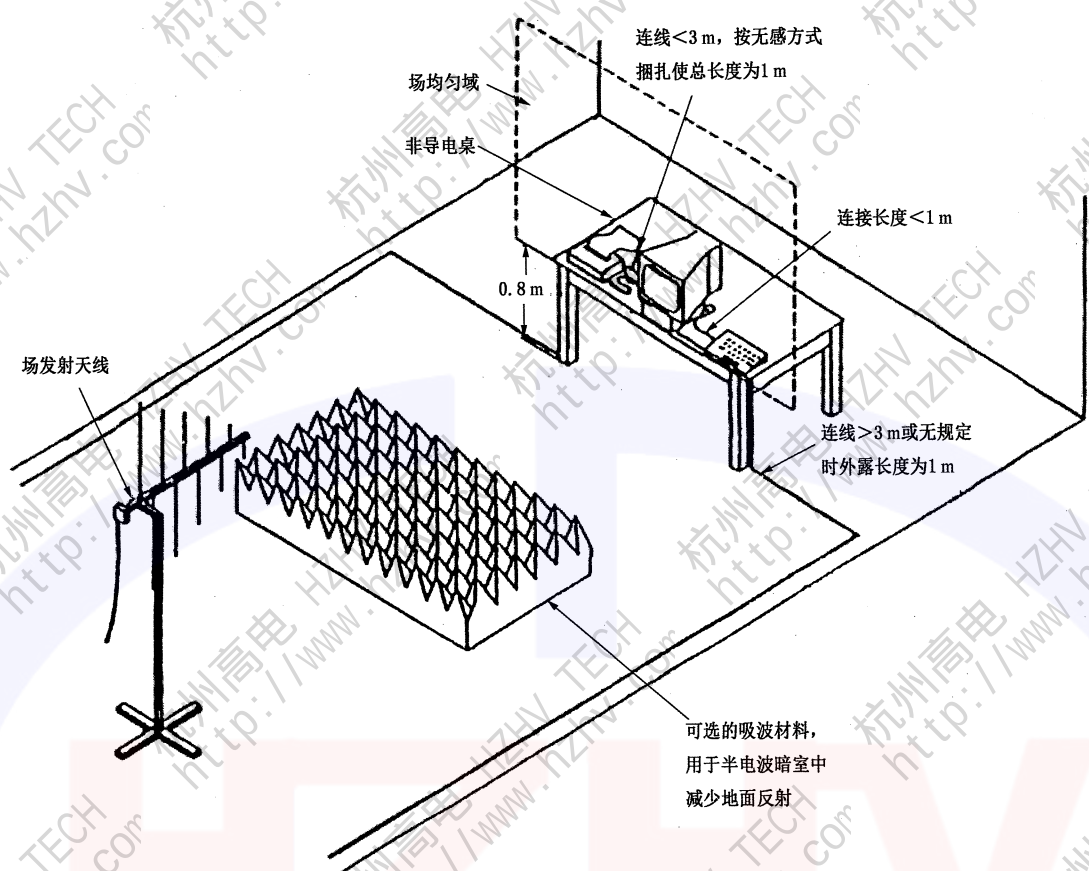
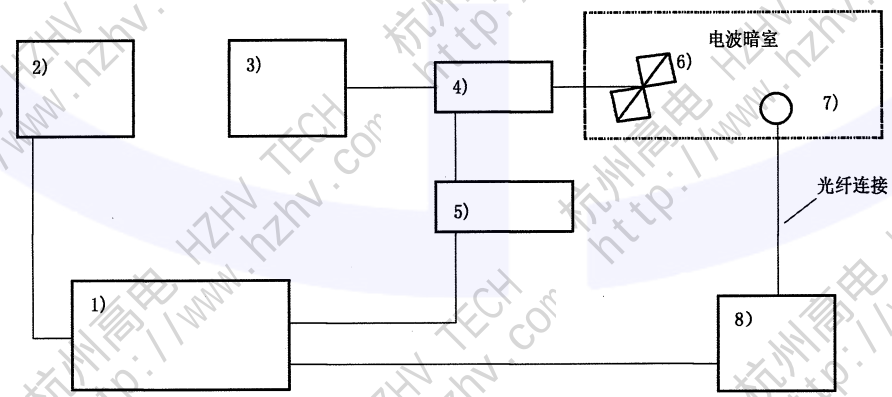


图 6 台式设备的试验布置举例



说明：

- 1) — 控制器, 如 PC;
- 2) — 信号发生器;
- 3) — 功率放大器;
- 4) — 定向耦合器*;

- 5) — 测量仪器*;
- 6) — 发射天线;
- 7) — 场传感器;
- 8) — 场强计。

* 在放大器 3 和天线 6 之间的定向耦合器和功率计可用前向功率检波器或监视器代替。

图 7 试验布置

附录 A

(资料性附录)

保护(设备)抵抗数字无线电射频辐射的试验调制方式的选择原理

A.1 可选调制方式综述

800 MHz 以上的主要干扰源来自数字无线电电话,它采用非恒定包络调制。本部分制定时主要考虑以下调制方式:

- 正弦波幅度调制,1 kHz,80%幅度调制。
- 方波幅度调制,200 Hz,占空比 1:2,100% 幅度调制。
- 近似模拟各种系统特性的脉冲射频信号,如对于 GSM 的,在 200 Hz 占空比为 1:8 的脉冲射频信号;对于 DECT 便携设备的,在 100 Hz 占空比 1:24 的脉冲射频信号等(GSM 和 DECT 的定义见附录 D)。
- 精确模拟各种系统的脉冲射频信号,例如对于 GSM,在 200 Hz 占空比 1:8 的叠加次生效应如断续发射模式(2 Hz 调制频率)和复帧效应(8 Hz 频率分量)。

各系统的优缺点见表 A.1。

表 A.1 调制方式比较 (GSM 和 DECT 的定义见附录 G)

调制方式	优点	缺点
正弦波幅度调制	1 实验表明,若最大 RMS 电平相同,在不同类型的非恒定包络调制模式的干扰效应方面能建立良好的相关性。 2 不必规定(或测量)TDMA 脉冲的上升时间。 3 在本部分及 IEC 61000-4-6 中采用。 4 场容易产生且监测的仪器容易获得。 5 对模拟的无线电设备,EUT 中的解调会产生可用窄带电平表测量的音频响应,因而减少了背景噪声。 6 在较低频率时,已经表明能有效模拟其他型式的调制模式(如 FM,相位调制,脉冲调制)	1 不能模拟 TDMA。 2 对于二次方律接收机,则试验略为严酷。 3 可能遗漏某些失效机理
方波幅度调制	1 类似于 TDMA。 2 能普遍使用。 3 可能暴露“未知”的失效机理(对射频包络的较大速率变化较敏感)	1 不能精确模拟 TDMA。 2 需用非标设备产生信号。 3 EUT 解调时,会产生宽带音频响应,该响应能被宽带电平表测量,因而增加了背景噪声。 4 需规定上升时间
射频脉冲	1 能很好模拟 TDMA。 2 可能暴露“未知”的失效机理(对射频包络的较大速率变化较敏感)	1 需用非标设备产生信号。 2 为匹配不同系统(如 GSM、DECT 等),需改变调制细节。 3 EUT 解调时,会产生宽带音频响应,该响应能被宽带电平表测量,因而增加了背景噪声。 4 需规定上升时间

A.2 试验结果

为评定骚扰信号所用调制方法与所产生干扰的相关性,进行了一系列的试验。

调制方式方面的研究结果如下:

- a) 1 kHz80%幅度调制的正弦波;
- b) 类似 GSM 的射频脉冲,200 Hz, 占空比 1:8;
- c) 类似 DECT 的射频脉冲,100 Hz, 占空比 1:2(基站);
- d) 类似 DECT 的射频脉冲,100 Hz, 占空比(1:24 便携设备)。

对每种场合,仅使用一种类似 DECT 的调制。

试验结果汇总于表 A.2 与表 A.3。

表 A.2 相对干扰电平^a

调制方式 ^b		1 kHz80%幅度调制的正弦波 dB	类似 GSM 的射频脉冲, 200 Hz, 占空比 1:8 dB	类似 DECT 的射频脉冲, 100 Hz, 占空比 1:24 dB
设备	音频响应			
助听器 ^c	未加权的 21 Hz~21 kHz	0 ^d	0	-3
	A 加权的	0	-4	-7
模拟电话 ^e	未加权的	0 ^d	-3	-7
	A 加权的	-1	-6	-8
无线电装置 ^f	未加权的	0 ^d	+1	-2
	A 加权的	-1	-3	-7
^a 对骚扰的音频响应为干扰电平。干扰电平低则表示抗扰度水平高。 ^b 重点:对载波幅值进行调节使所有的调制方式的骚扰信号(暴露)的最大 RMS 值(见第 4 章)相同。 ^c 暴露是通过入射 900 MHz 电磁场产生的。类似 DECT 的调制的占空比为 1:2 而不是 1:24,音频响应是测量连接 0.5 m 长 PVC 管的人工耳的声学输出。 ^d 这种情况被选作音频响应的参考点,即 0 dB。 ^e 暴露方式是在电话线施加 900 MHz 的射频电流,音频响应为电话线上测得的音频电压。 ^f 暴露方式是在电源电缆施加 900 MHz 的射频电流,音频响应为用麦克风测得的喇叭音频输出。				

表 A.3 相对抗扰度电平^a

调制方式 ^b		1 kHz80%幅度调制的 正弦波 dB	类似 GSM 的射频脉冲, 200 Hz,1:8 的占空比 dB	类似 DECT 的射频脉冲, 100 Hz,1:24 的占空比 dB
设备	响应			
电视机 ^c	明显干扰	0 ^d	-2	-2
	强干扰	+4	+1	+2
	显示器关闭	~+19	+18	+19

表 A.3 (续)

调制方式 ^b		1 kHz80%幅度调制的 正弦波 dB	类似 GSM 的射频脉冲, 200 Hz,1:8 的占空比 dB	类似 DECT 的射频脉冲, 100 Hz,1:24 的占空比 dB
设备	响应			
RS232 接口的数据终端 ^e	对显示屏幕干扰	0 ^d	0	—
	数据错误	>+16	>+16	—
RS232 调制解调器 ^f	数据错误(从电话机 注入干扰时)	0 ^d	0	0
	数据错误(从 RS232 注入干扰时)	>+9	>+9	>+9
可调式实验室电源 ^g	DC 输出电流 2% 误差	0 ^d	+3	+7
SDH 交叉连接 ^h	出现误码	0 ^d	0	—
^a 表中数据为使用各种调制方式产生相同干扰等级信号所需要的 RMS 最大值(见第 4 章)的相关数据。分贝值高则表示抗扰度水平高。 ^b 调节骚扰信号以便在各种调制方式下具有相同的响应(干扰)。 ^c 暴露方式是在主电缆端施加 900 MHz 的射频电流。响应为屏幕上产生的干扰等级。由于不同场合状况下干扰的类型不同,使得评价结论更带有主观的成分。 ^d 这种情况被选定为参考抗扰度等级,即 0 dB。 ^e 暴露方式为在 RS232 电缆端施加 900 MHz 的射频电流。 ^f 暴露方式为在电话或 RS232 电缆施加 900 MHz 的射频电流。 ^g 暴露方式为在直流输出电缆施加 900 MHz 的射频电流。 ^h SDH 为同步数据层,暴露方式是入射 935 MHz 电磁场。				

使用正弦波 AM 和脉冲调制(占空比 1:2)以高达 30 V/m 场强对下列数字设备进行测试:

- 带有微处理器的手持式烘干机;
- 带 75 Ω 同轴电缆的 2 Mb 调制解调器;
- 带 120 Ω 双绞线的 2 Mb 调制解调器;
- 带微处理器、视频显示和 RS485 接口的工业用控制器;
- 带微处理器的火车显示系统;
- 带调制解调器输出的信用卡终端设备;
- 2/34 Mb 数字多路(复用)器;
- 以太网转发器(10 Mb/s)。

所有故障均与设备的模拟功能有关。

A.3 二次调制效应

在试图精确模拟数字无线电话系统的调制时,重要的是不仅要模拟主要的调制,还应考虑可能出现的任何次要调制影响。

例如,对 GSM 和 DCS 1800 系统,为了抑制每隔 120 ms 的突发脉冲(因而产生了接近 8 Hz 的频率

分量),会产生复帧效应。可选的非连续发射模式(DTX)也会引起 2 Hz 的附加调制。

A.4 结论

上述研究示例表明,骚扰响应与所用的调制方式无关。当比较不同调制方式的影响时,确保所施加骚扰信号具有相同的最大 RMS 值是很重要的。

当不同类型的调制方式间存在明显的差别时,正弦波幅度调制总是最严酷的。

当正弦波调制和 TDMA 模式间存在不同的响应结果时,对产品的特定差别可通过在产品标准中适当调整合格判据来解决。

概括的说,正弦波调制有如下优点:

- 模拟系统的窄带检测响应减少了背景噪声问题;
- 普遍适用性,例如没有试图模拟干扰源的特性;
- 对所有频率,其调制相同;
- 至少与脉冲调制的严酷度相当。

基于上述因素,本部分规定的调制方式为 80% 正弦波调制。建议有关产品标准化委员会仅在特殊原因要求不同调制方式时才改变为其他调制方式。

附录 B (资料性附录)

场发射天线

B.1 双锥天线

该天线由一个同轴缆的平衡-不平衡转换器和三维振子单元构成,它提供的频率范围很宽,既可用于发射,也可用于接收,随着频率的增加天线系数曲线大体是一条平滑的线。

这种紧凑的天线结构,使它们在一些有限的区域如电波暗室内,使用起来较为理想,其邻近效应可降到最小。

B.2 对数周期天线

对数周期天线是由连接到一根传输线上、不同长度的偶极子组成的天线阵。

这些宽频带天线具有相对高的增益和低的电压驻波比。

当天线用来产生场强时,应该确认平衡-不平衡转换器能够传送所需要的功率。

B.3 角锥喇叭天线和双脊波导天线

角锥喇叭天线和双脊波导天线产生线性极化电磁场,通常用在 1 000 MHz 以上频率。

附录 C

(资料性附录)

电波暗室的应用

C.1 电波暗室综述

半电波暗室是在墙壁和天花板上装有吸波材料的屏蔽室。全电波暗室在地板上也安装吸波材料。

安装吸波材料的目的是,为了吸收射频能量,阻止电磁波在室内的反射。这种反射,以复杂的方式干扰直接辐射场,会使生成的场形成波峰和波谷。

吸波材料的反射损耗,一般依赖于入射波的频率和入射波与法线的夹角,损耗(吸收作用)一般在垂直入射时为最大,随着入射角度增大,损耗降低。

为了阻止反射和增加吸收能力,吸收材料一般做成楔型或圆锥型。

对于半电波暗室,通过在地板上增加额外的射频吸波材料,有助于在全频段内得到需要的均匀场,实验会揭示这些增加的吸波材料的最佳材料组成及摆放位置。

增加的吸波材料不应放在天线到 EUT 之间的直射路径上,但试验时应放在与校准时的同一方向和位置上。

也可以通过将发射天线放在偏离电波暗室轴线上的方法来改进场的均匀性,因为这样可以使任何反射都不对称。

电波暗室在低频(低于 30 MHz)时效果较差,铺设铁氧体的暗室在频率高于 1 GHz 时效果也较差。应该在最高频率和最低频率确保发射场的均匀性,否则,暗室可能需要整改。

C.2 1 GHz 以下铁氧体暗室用于 1 GHz 以上时的调整建议

现有多数使用铁氧体作吸波材料的小型电波暗室设计用于 1 GHz 以下,当频率高于 1 GHz 时,可能很难满足或根本不能满足 6.2 的要求。

本节介绍使上述暗室用于 1 GHz 以上频率的程序,具体试验方法见附录 H。

C.2.1 铁氧体暗室用于 1 GHz 以上辐射抗扰度试验时引起的问题

例如,在一个很小的铁氧体材料贴附的电波暗室或在一个很小的贴附有铁氧体与含碳吸波材料组合的暗室[典型的如 7 m(长)×3 m(宽)×3 m(高)],可能出现下列问题:

在频率高于 1 GHz 时,铁氧体磁片可能呈反射而不是吸收功能。由于暗室内表面的多重反射(见图 C.1),很难在这样的频率下建立一个 1.5 m×1.5 m 区域的均匀场。

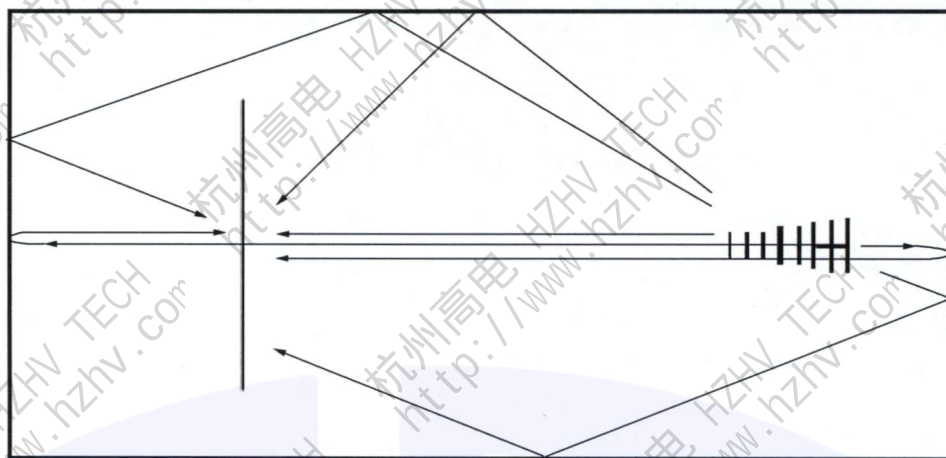


图 C.1 小暗室里的多重反射

在无线电频率带的频率范围内,波长短于 0.2 m。这意味着试验结果对发射天线,场强探头或试验设备的位置很敏感。

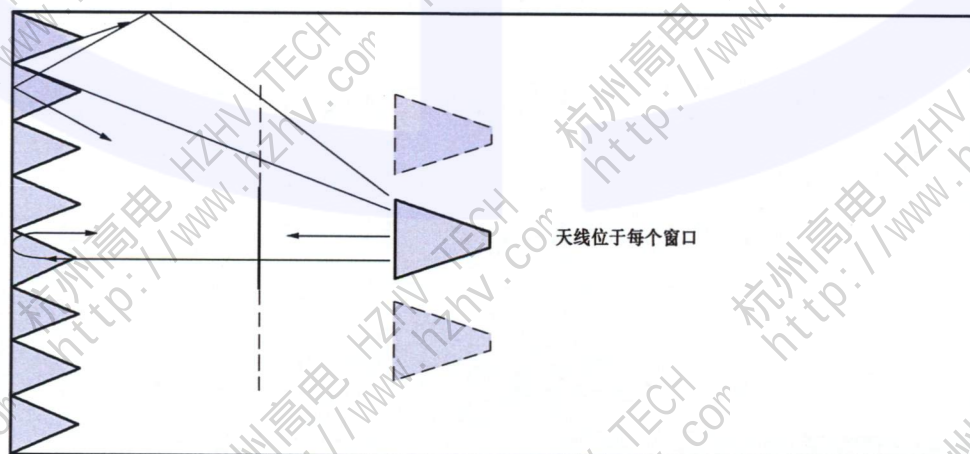
C.2.2 可能的解决方案

为解决存在的问题,建议采用以下的程序:

- 使用喇叭天线和双脊波导天线来减少场的反向辐射。由于天线的波束较窄,同时也减少了暗室墙壁的反射。
- 缩短发射天线与 EUT 之间的距离,使墙壁的反射最小(天线与 EUT 之间的距离可减到 1 m)。使用 0.5 m×0.5 m 的独立栅格方法(见附录 J)以确保 EUT 暴露于均匀场。
- 在面对 EUT 的后墙贴附中度碳基吸波材料以消除直接反射,可减少 EUT 与天线之间对于相对位置的敏感程度,在频率低于 1 GHz 时也可改善场的均匀性。

注:若使用高浸碳型吸波材料,频率低于 1 GHz 时可能很难满足场的均匀性要求。

遵循上述规程可消除大部分反射波(见图 C.2)。



天线位于每个窗口

图 C.2 大部分反射波被消除

附录 D

(资料性附录)

放大器非线性和 6.2 校准方法的示例

D.1 限制放大器失真的目的

限制放大器失真的目的是保持放大器的非线性足够低,使其对场强值的不确定度不具有主导性。所以给出本导则来帮助试验室理解及限制放大器的饱和效应。

D.2 谐波及饱和可能引起的问题

放大器过载可能产生下列问题:

a) 谐波可能对电磁场产生明显影响:

1) 若在校准时发生这种情况,由于宽带探头将同时测量基波和谐波分量,因此不能准确地测量预期频率下的场强。例如,假设在天线终端 3 次谐波分量低于基波分量 15 dB,且所有其他谐波可以忽略。进一步假设 3 次谐波有效天线系数低于基波有效天线系数 5 dB。则基波频率的场强仅高于 3 次谐波场强 10 dB,若测得的总场强为 10 V/m,则基波占 9.5 V/m。这大体上是可接受的误差,因为它小于场强探头幅值的不确定度。

2) 若试验中谐波分量较明显,可能导致 EUT 试验不合格,虽然 EUT 对基波的抗扰性较好,但是对谐波抗扰性较差。

b) 即使在特殊场合下被较好的抑制,谐波也可能影响试验结果。例如,在测试一台 900 MHz 的接收机时,即使很微弱的 300 MHz 谐波信号也可能使接收机输入端过载。若信号发生器输出乱真信号,类似的现象也可能出现。

c) 即使未测到谐波分量放大器亦可能出现饱和。若放大器具有抑制谐波的低通输出滤波器,这种现象也可能出现,因为低通输出滤波器抑制了谐波。这种饱和也会使下面两种测试结果不正确:

1) 若在校准时发生这种情况,会产生错误的校准数据,因为 6.2 的推导规则使用了线性假设。

2) 在试验中,这种饱和会导致不正确的调制系数及调制频率的谐波(通常为 1 000 Hz)。

从上面的示例可见,由于失真的效应很大程度上依赖于 EUT 的类型,因此不可能给出放大器失真的数字限值。

D.3 控制放大器非线性的可选措施

D.3.1 限制场的谐波含量

可通过在放大器的输出端使用一个可调节、可跟踪、可调谐的低通滤波器来限制场的谐波含量。

对于在放大器输出端产生谐波的所有频率,将场的谐波含量抑制在低于基波分量 6 dB 以上是可接受的[注意 D.2 b) 中的例外现象]。

这样可将场强误差限制在 10%。例如,一个宽带范围测得的 10 V/m 信号是由 9 V/m 的基波和

4.5 V/m 的谐波共同产生的,这种情况对校准的不确定度来讲是可接受的。

对于输出端具有固定的低通滤波器的放大器,其上限基波频率大约为放大器规定的最大频率的 1/3。

D.3.2 测量场的谐波含量

可直接选用场强探头测量场的谐波含量,或通过以下方式间接测量:

- 首先确定有效天线系数(对于给定暗室及天线位置,输入功率与场强之比),然后确定基波频率的正向传输功率与谐波的正向传输功率之比,或者;
- 使用天线制造商提供的考虑了谐波频率天线系数的耦合器。

当采用低通滤波器抑制饱和状态下放大器的谐波时,建议在任何情况下(如最苛刻的频率点,调制的最大场强点)不得超过放大器的 2 dB 压缩点。在 2 dB 压缩点,峰值(V 为单位)会下降 20%,这样会使调制度由 80%降为 64%。也就是说,到达 EUT 的干扰幅度降低了 20%。

D.4 表明两种方法等效的校准示例

图 D.1 表明需检测场均匀性的 16 个点,16 个点的间隔距离固定为 0.5 m。

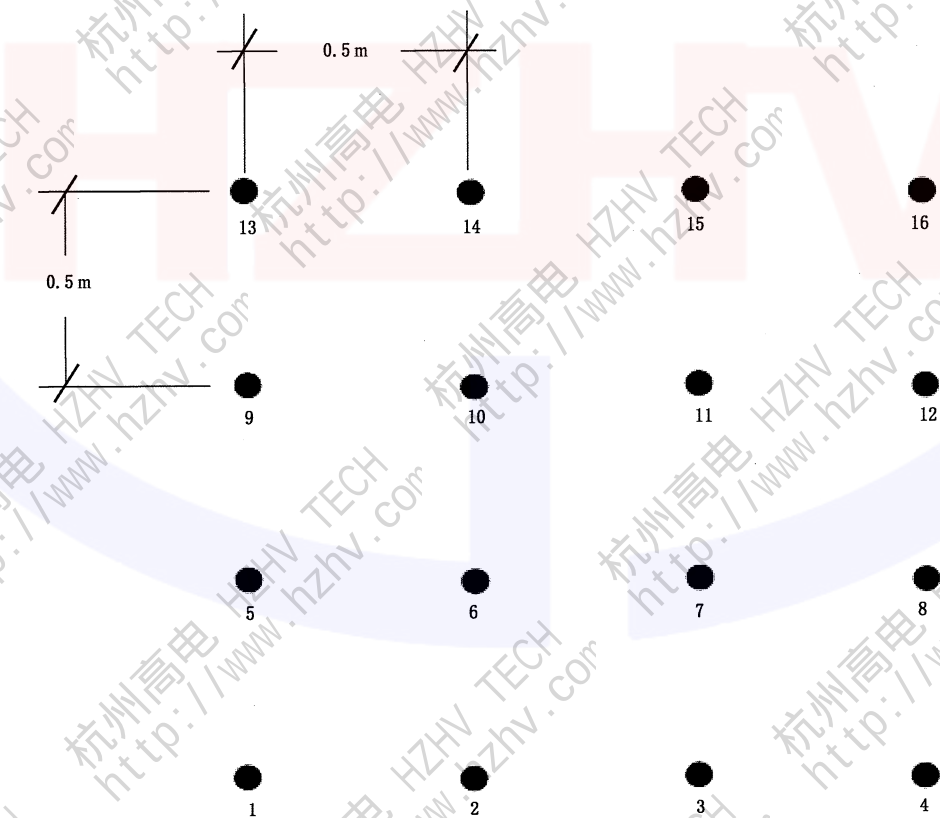


图 D.1 均匀场域的测量位置

D.4.1 使用 6.2.1 规定的恒定场强校准法之校准程序示例

为产生 $E_c=6\text{ V/m}$ (举例)的恒定场强,在某一特定频率下,使用图 7 规定的方法,测得的正向功率如表 D.1 所示,表 D.2 为正向功率按升序排列和评估的测试结果。

表 D.1 按恒定场校准法测得的正向功率值

位置	正向功率 dBm
1	27
2	22
3	37
4	33
5	31
6	29
7	23
8	27
9	28
10	30
11	30
12	31
13	40
14	30
15	31
16	31

表 D.2 正向功率按升序排列和评估测试结果

位置	正向功率 dBm
2	22
7	23
1	27
8	27
9	28
6	29
10	30
11	30
14	30
5	31
12	31
15	31
16	31
4	33
3	37
13	40

注:
第 13 点: $40-6=34$,仅 2 点符合。
第 3 点: $37-6=31$,仅 6 点符合。
第 4 点: $33-6=27$,有 12 点符合。

本例中,第 2,3,7 和 13 测量点超出 $-0\text{ dB}\sim+6\text{ dB}$ 判据要求,但本例 16 个点中至少有 12 个点的数据在判据要求之内。这样,在该特定频率点已满足判据要求。此时应施加的正向功率应为 33 dBm ,可确保在 12 个点中场强 E_c 至少为 6 V/m (第 4 点),最高为 12 V/m (第 1 点和第 8 点)。

D.4.2 使用 6.2.2 规定的恒定功率校准法之校准程序示例

选定第 1 点作为校准点,并产生了 E_c 为 6 V/m 的目标场强,在相同的正向功率的某一特定频率点,使用图 7 规定的方法,记录得到表 D.3 所示的场强值,表 D.4 为场强值按升序排列和评估的测试结果。

表 D.3 按恒定功率校准法测得的正向功率和场强值 表 D.4 场强值按升序排列和评估测试结果

位置	正向功率 dBm	场强 V/m	相对于点 1 的场强值 dB
1	27	6.0	0
2	27	10.7	5
3	27	1.9	-10
4	27	3.0	-6
5	27	3.8	-4
6	27	4.8	-2
7	27	9.5	4
8	27	6.0	0
9	27	5.3	-1
10	27	4.2	-1
11	27	4.2	-3
12	27	3.8	-4
13	27	1.3	-13
14	27	4.2	-3
15	27	3.8	-4
16	27	3.8	-4

位置	正向功率 dBm	场强 V/m	相对于点 1 的场强值 dB
13	27	1.3	-13
3	27	1.9	-10
4	27	3.0	-6
5	27	3.8	-4
12	27	3.8	-4
15	27	3.8	-4
16	27	3.8	-4
10	27	4.2	-3
11	27	4.2	-3
14	27	4.2	-3
6	27	4.8	-2
9	27	5.3	-1
1	27	6.0	0
8	27	6.0	0
7	27	9.5	4
2	27	10.7	5

注：

第 13 点： $-13+6=-7$ ，仅 2 点符合。

第 3 点： $-10+6=-4$ ，仅 6 点符合。

第 4 点： $-6+6=0$ ，有 12 点符合。

本例中，第 13,3,7 和 2 测量点超出一 0 dB~6 dB 判据要求，但本示例 16 个点中至少有 12 个点的数据在判据要求之内。这样，在该特定频率点已满足判据要求。此时产生场强 $E_c=6$ V/m 时应施加的正向功率应为 $27\text{ dBm} + 20\lg[6\text{ (V/m)}/3\text{ (V/m)}]=33\text{ dBm}$ ，可确保在 12 个点中场强 E_c 至少为 6 V/m(第 4 点)，而最高为 12 V/m(第 1 点和第 8 点)。

附录 E

(资料性附录)

产品标准化专业委员会试验等级选择指南

E.1 引言

无线电发射机的发射功率通常用相对于半波偶极子的 ERP(有效辐射功率)来定义。因而对远场来说,可由式(E.1)得到产生的场强:

$$E = k\sqrt{P}/d \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

E ——场强值(有效值),单位为伏每米(V/m);

k ——常数,在远场自由空间传播时其值等于 7;

P ——功率值(ERP),单位为瓦(W);

d ——到天线的距离,单位为米(m);

附近的反射和吸收物体会改变场强。

若不知道发射机的 ERP 值,式(E.1)中可用输入天线的功率代替之。此时,对移动无线电发射机,常数 k 可采用 3。

E.2 一般用途的试验等级

试验等级和频段是根据 EUT 最终安装所处的电磁辐射环境来选择的,在选择所采用的试验等级时应考虑到所能承受的失效后果,若失效后果严重,可选用较高的等级。

如果 EUT 只安装在若干个场地,那么察看当地的射频源就可以计算出可能遇到的场强。如果不知道射频源的功率,则可能要在有关的现场测量实际的场强。

若打算在不同的场所运行设备,下面提供选择试验等级的指南。

以下等级与第 5 章中所列的等级有关,可以作为选择相应等级的通用导则。

等级 1:低电平电磁辐射环境。位于 1 km 以外的地方广播台/电视台和低功率的发射机/接收机所发射的电平为典型的低电平。

等级 2:中等的电磁辐射环境。使用低功率的便携收发机(通常功率小于 1 W),但限定在设备附近使用,是一种典型的商业环境。

等级 3:严重电磁辐射环境。便携收发机(额定功率 2 W 或更大),可接近设备使用,但距离不小于 1 m。设备附近有大功率广播发射器和工科医设备,是一种典型的工业环境。

等级 4:距离设备 1 m 以内使用便携收发机,或距离设备 1 m 以内使用严重的干扰源。

等级 X: X 为一开放的等级,可以通过协商或在产品标准或设备说明书中规定。

E.3 有关防止无线电话射频辐射的试验等级

应按预期的电磁场选择试验等级,要考虑无线电设备的功率以及发射天线和 EUT 之间的大致距离。通常,对移动设备的要求要比对基站的要求更严酷(由于移动设备常常比基站更靠近潜在的敏感设备)。

在选择所采用的试验等级时应考虑到失效所造成的后果以及抗扰度试验所需的费用。失效后果严重,才选择较高的等级。

实际可能的情况是发生暴露的程度比试验等级高但发生几率小,为防止这种情况下不可接受的失效,可能需要进行另一次更高等级的试验,采纳降低了的性能指标(即认可的性能降低)。

表 E.1 给出了试验等级、性能指标及相关保护距离的示例。保护距离为当按所述的试验等级进行试验时,到数字无线电话可接受的最小距离。该距离按式(E.1)进行计算,其中 $k=7$,并且假设用 80% 正弦波调幅试验。

表 E.1 试验等级,相应保护距离及建议的性能判据的示例

试验等级	载波场强 V/m	最大 RMS 场强 V/m	保护距离			性能判据 ^a	
			2 W GSM m	8 W GSM m	1/4 W DECT m	例 1 ^b	例 2 ^c
1	1	1.8	5.5	11	1.9	—	—
2	3	5.4	1.8	3.7	0.6	^a	—
3	10	18	0.6	1.1	~0.2 ^d	^b	^a
4	30	54	~0.2 ^d	0.4	~0.1 ^d	—	^b
^a 按第 9 章要求。 ^b 设备失效后果不严重。 ^c 设备失效后果严重。 ^d 在此距离或更近距离时远场式(E.1)不准确。							

上表中考虑了以下事项:

- 对 GSM,目前市场上大部分终端设备为 4 级(最大 ERP 为 2 W),而实际使用中有相当多的移动终端是 3 级和 2 级(最大 ERP 分别为 5 W 和 8 W)。除了在接收差的地区外,GSM 设备的 ERP 值常常低于最大值。
- 室内有效区比室外更差,是指室内时,ERP 值更有可能调节到最大等级。从 EMC 的观点考虑这是最坏的情况,因为大部分受影响的设备也在室内。
- 如附录 A 所述,抗干扰等级与调制场的 RMS 最大值密切相关,因此,在计算保护距离时,式(E.1)中使用了 RMS 最大场强,而未使用载波场强。
- 安全运行的预计最小距离也称保护距离,是按式(E.1),用 $k=7$ 计算取得的,且未考虑由于墙壁、地面以及顶部反射的场强变化。其数量级为 ± 6 dB。
- 按式(E.1)计算的保护距离与数字无线电话的有效辐射功率有关,与工作频率无关。

E.4 对固定发射设备的特殊措施

本附录中推导出的电平是一些典型值,在所述的场所中很少会被超过。但在某些场所这些值将会被超出,如:雷达设备,在同一建筑物里的大功率发射机或工科医射频设备附近。在这些情况下,宁可把房间或建筑物屏蔽,对设备的信号和电源线进行滤波,而不是规定所有设备具有该等级的抗干扰能力。

附录 F
(资料性附录)

试验方法的选择

本部分和 IEC 61000-4-6 对电气和电子设备规定了两种抗辐射电磁能量的抗扰度试验方法。

一般情况下,传导信号更适用于低频段,而辐射信号更适用于高频段。

在某些频率范围,两个标准中的试验方法都适合。用 IEC 61000-4-6 定义的试验方法,频率最高可达到 230 MHz,也可用本部分中规定的试验方法,其频率可低至 26 MHz。本附录的目的是针对 EUT 的设计和产品类型,为产品标准化委员会和产品规范编写者在选择最合适的试验方法以保证结果重复性时,提供指导。

应考虑的问题有:

- 相对于 EUT 的结构尺寸的辐射场的波长;
- EUT 的连线和壳体的相关尺寸;
- 构成 EUT 的连线和附件的数量。

附录 G

(资料性附录)

环境描述

G.1 数字无线电话

表 G.1、表 G.2 和表 G.3 列出了与 EMC 相关的无线电系统参数。

表中使用了下面列出的缩写和定义：

- CDMA(码分多址 Code Division Multiple Access)：利用伪随机序列进行多路复用，发射机使用该伪随机序列进行编码，接收机能够识别并解码接收信号。每个不同随机序列相当于不同的传输信道。
- CT-2(第2代无绳电话 Cordless Telephone, second generation)：无绳电话系统，广泛用于某些欧洲国家。
- DCS 1800(数字蜂窝系统 Digital Cellular System)：蜂窝移动通信系统，价格低，应用广泛。
- DECT(数字增强无绳通信 Digital Enhanced Cordless Telecommunication)：无绳蜂窝通信系统，价格低，广泛应用于欧洲。
- DTX(断续发送 Discontinuous Transmission)：当无信号发送时，为降低功耗而明显减少脉冲重复频率。
- ERP(有效辐射功率 Effective Radiated Power)：相对于半波偶极子的有效辐射功率。
- FDD(Frequency Division Duplex 频分双工)多路复用，将不同频率分配给发射和接收信道。
- FDMA(频分多址 Frequency Division Multiple Access)：每个通道赋予单独频率的多路系统。
- GSM(Global System for Mobile Communications 全球移动通信系统)：蜂窝移动通信系统，全球应用。
- HLPERLAN：高性能无线局域网。
- IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000 全球移动通讯系统-2000)第三代便携电话技术，根据传输的大小和速度，允许用户接受高质量彩色视频图像。
- NADC(North American Digital Cellular 北美数字蜂窝系统)：蜂窝数字移动通信系统，广泛应用于北美。用于描述符合通信工业协会过渡标准-54 流行术语(也称为 D-AMPS)。
- PDC(个人数字蜂窝系统 Personal Digital Cellular System)：蜂窝移动通信系统，广泛应用于日本。
- PHS(个人手持电话系统 Personal Handy Phones System 个)：无绳电话系统，广泛应用于日本。
- RFID(Radio Frequency Identification 射频识别技术)RFID 系统包括自动文字识别、特点跟踪、报警系统、个人身份鉴定、访问控制、接近传感器。
- RTTT(Road Traffic & Transport Telematics 公路交通和传送信息技术)包括公路收费系统。
- TDMA(时分多址 Time Division Multiple Access)：见第4章。
- TDD(时分双向 Time Division Duplex)：不同的时间段被分配给发送和接收通道的多重系统。

表 G.1 移动和手持装置

参数	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC
发射机频率	890 MHz~915 MHz	1.71 GHz~1.784 GHz	1.88 GHz~1.96 GHz	864 MHz~868 MHz	940 MHz~956 MHz 和 1.429 GHz~1.453 GHz	1.895 GHz~1.918 GHz	825 MHz~845 MHz
调制类型	TDMA	TDMA	TDMA/TDD	FDMA/TDD	TDMA	TDMA/TDD	TDMA
脉冲重复频率	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz
占空比	1 : 8	1 : 8	1 : 24 (也有 1 : 48 和 1 : 12)	1 : 12	1 : 3	1 : 8	1 : 3
最大 ERP	0.8 W; 2 W; 5 W; 8 W; 20 W	0.25 W; 1 W; 4 W	0.25 W	<10 mW	0.8 W; 2 W	10 mW	<6 W
二次调制	2 Hz(DTX) 和 0.16 Hz~8.3 Hz (多帧)	2 Hz(DTX) 和 0.16 Hz~8.3 Hz (多帧)	无	无	无	无	无
适用地域	全球	全球	欧洲	欧洲	日本	日本	美国
注: CT-3 被认为已被 DECT 所覆盖。							

表 G.2 基站

参数	GSM	DCS 1800	DECT	CT-2	PDC	PHS	NADC
发射机频率	935 MHz~960 MHz	1.805 GHz~1.88 GHz	1.88 GHz~1.96 GHz	864 MHz~868 MHz	810 MHz~826 MHz和 1.477 GHz~1.501 GHz	1.895 GHz~1.918 GHz	870 MHz~890 MHz
调制类型	TDMA	TDMA	TDMA/TDD	FDMA/TDD	TDMA	TDMA/TDD	TDMA
脉冲重复频率	217 Hz	217 Hz	100 Hz	500 Hz	50 Hz	200 Hz	50 Hz
占空比	1:8~8:8	1:8~8:8	1:2	1:2	1:3~3:3	1:8	1:3~3:3
最大 ERP	2.5 W~320 W	2.5 W~200 W	0.25 W	0.25 W	1 W~96 W	10 mW~500 mW	500 W
二次调制	2 Hz(DTX) 和 0.16 Hz~8.3 Hz (多帧)	2 Hz(DTX) 和 0.16 Hz~8.3 Hz (多帧)	无	无	无	无	无
适用地域	全球	全球	欧洲	欧洲	日本	日本	美国

注：CT-3 被认为已被 DECT 所覆盖。

表 G.3 其他射频设备

参数	RFID	RTTT	宽带数据传输系统和 高性能无线局域网 (HIPERLANs)	宽带数据传输系统和 高性能无线局域网 (HIPERLANs)	宽带数据传输系统和 高性能无线局域网 (HIPERLANs)	非特殊近程设备
发射机频率/MHz	2 446~2 454	5 795~5 815	2 400~2 483.5	5 150~5 350	5 470~5 725	2 400~2 483.5 5 725~5 875
调制类型	若大于 500 W 是 FHSS 调频 扩展频谱	无	无	无	无	无
最大 ERP	a) 500 W b) 4 W	2 W 或 8 W	100 mW 和功率谱密度 极限	平均 200 mW	平均 1 W	10 W 25 W
占空比	a) 多达 100% b) 200 ms 周期内小于 15%	未规定	未规定	未规定	未规定	未规定
频道间隔	无	在一些频段内 5 MHz 或 10 MHz	无	无	无	无
适用地域	全球	全球	全球	全球	全球	全球

附录 H

(规范性附录)

频率高于 1 GHz 时的替代照射方法(“独立窗口法”)

H.1 引言

在高于 1 GHz 频率进行测试时,使用独立窗口法的测试距离应为 1 m(例如,无线电频段)。对选择的试验距离,应检验是否符合场的均匀性要求。

注 1: 对于 3 m 的试验距离,当频率高于 1 GHz 时,使用波束宽度窄的天线或贴附铁氧体吸波材料的暗室,可能难于满足 1.5 m×1.5 m 校准区域场的均匀性要求。

频率高于 1 GHz 时的替代方法为,将校准区域分割为 0.5 m×0.5 m 窗口的适当阵列,以覆盖 EUT 的整个表面[见图 H.1a)和 H.1b)]。使用下面提供的程序对每个窗口单独检验场的均匀性(见图 H.2)。场发射天线应距校准区域 1 m。

注 2: 在这些较高的频率上,电缆长度和几何形状不是特别重要;而 EUT 的表面区域则是校准区域尺寸的決定因素。

H.2 场的校准

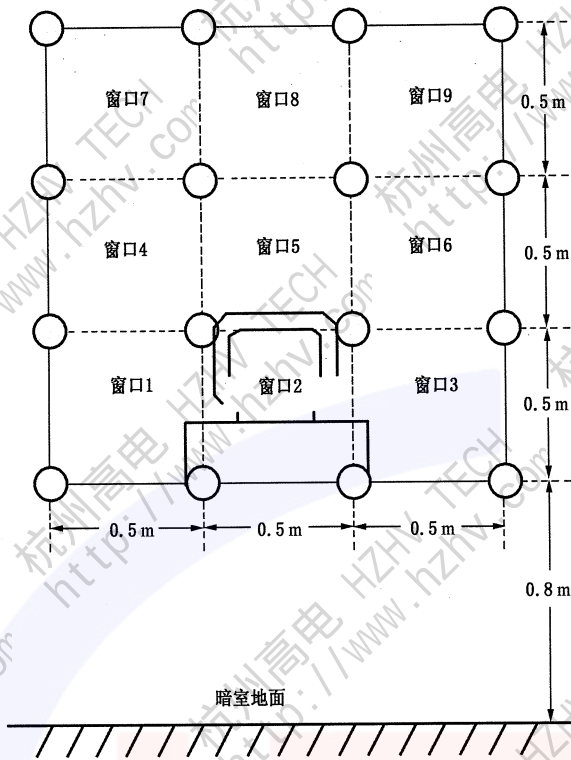
应按以下步骤对每一窗口进行校准:

- 将场强探头放置于窗口 4 个角的某一角上;
- 施加正向功率至发射天线,使得在该区域获得的场强在 3 V/m~10 V/m 范围内,要以起始频率的 1%为步长,在整个频率范围内进行观察,记录场强和功率数值;
- 对窗口的另 3 个角施加相同的正向功率,测量和记录场强值,所有 4 个点的场强应在 0 dB~6 dB 范围内;
- 用最低场强的角作为参考点(这样可确保满足-0 dB~+6 dB 范围的要求);
- 得到校准用的正向功率和场强,可计算出试验用的正向功率(例如,在某一给定点 80 W 对应于 9 V/m,则 3 V/m 需 8.9 W),应记录该计算;
- 对水平和垂直极化,重复步骤 a)~e)。

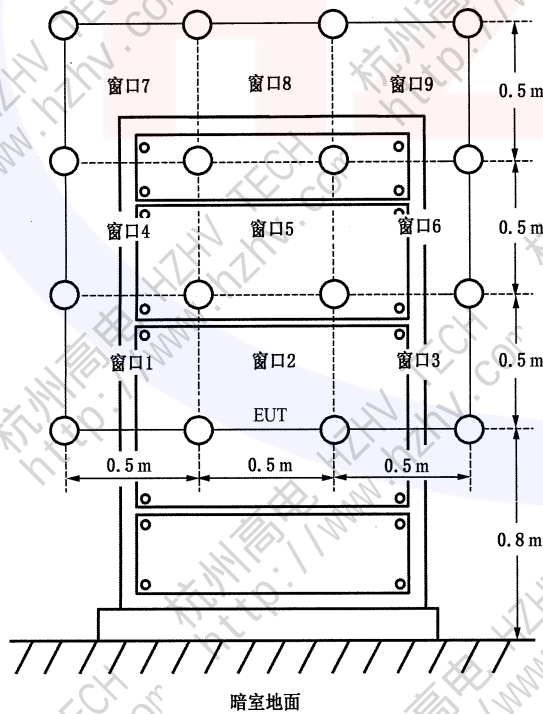
应在试验中使用校准均匀场时使用的天线和电缆,由于使用相同的天线和电缆,则可不考虑电缆损耗及发射天线的天线系数。

尽可能详细记录发射天线和电缆的精确位置,由于很小的位置偏差即会对场强产生明显影响,试验中应使用相同的位置。

试验过程中,应在每个频率点对场发射天线施加步骤 e)所确定的正向功率。通过将发射天线重置以依次照射需要的窗口来重复试验[见图 H.1a)、H.1b)、H.2]。



a) 台式设备将校准区域划分为数个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 窗口的示例



b) 落地式设备将校准区域划分为数个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 窗口的示例

图 H.1 设备将校准区域划分为数个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 窗口的示例

窗口：

- 1 将校准区域划分为数个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 的窗口。
 - 2 对实际 EUT 表面和电缆将要占有的所有窗口都要进行校准。
- (本例中,要用窗口 1 至 3 及 5 进行校准和试验)

窗口：

- 1 将校准区域划分为数个 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 的窗口。
 - 2 对实际 EUT 表面和电缆将要占有的所有窗口都要进行校准。
- (本例中,要用窗口 1 至 9 进行校准和试验)

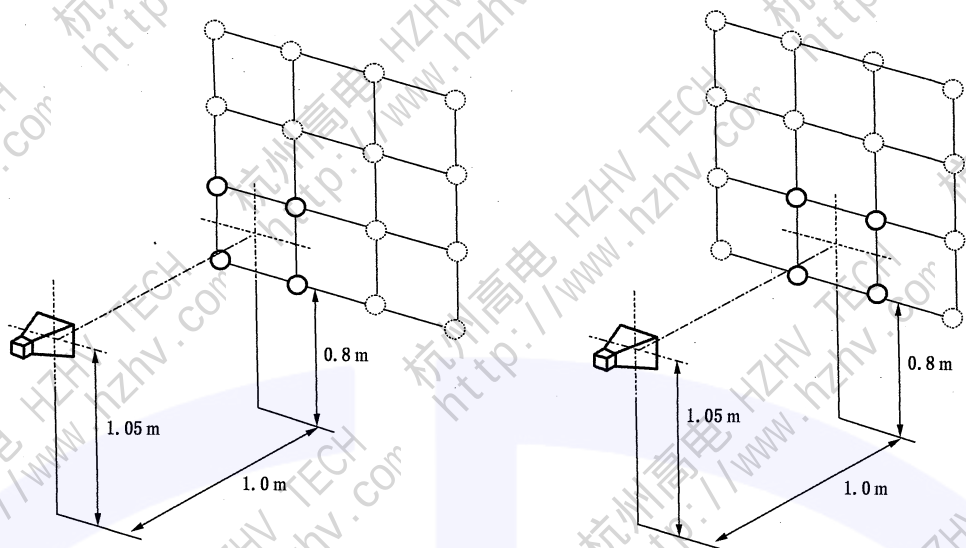


图 H.2 各窗口依次照射示例

附录 I
(资料性附录)

电场探头的校准方法

I.1 概述

本部分中,宽频率范围和大动态响应的电场探头广泛地用在场均匀性校准程序中。从另一个角度来说,场强探头校准的准确性直接影响到辐射抗扰度测试的不确定度。

本部分在场均匀性校准中,通常探头在较低的场强下使用,例如 $1\text{ V/m} \sim 30\text{ V/m}$ 。因此用于本部分的电场探头校准应该考虑频率和动态范围。

探头在不同的校准实验室进行校准,校准结果会有不同。因此应该规定场强探头校准的环境和方法。本附录提供了用于本部分的探头校准的相应信息。

对于几百 MHz 到 GHz 的频率,在电波暗室中用标准增益的喇叭天线生成一个标准场,是广泛应用于本部分的探头校准的方法之一。然而,缺少一个确定的方法用于确认场强探头校准的测试环境。

用这种方法,出现了不同校准实验室结果的差异超出了报告中的校准不确定度。

80 MHz 到几百 MHz 范围的场强探头用 TEM 波导校准有较好的重复性。

本附录注重于描述一个全面的校准程序,用喇叭天线来改进在电波暗室的探头校准程序。

I.2 探头校准要求

I.2.1 通用要求

预期用于本部分中定义的 UFA 校准程序的电场探头的校准应满足下列要求。

I.2.2 校准频率范围

频率范围应覆盖 $80\text{ MHz} \sim 6\text{ GHz}$,但是可以限定到测试需要的频率范围。

I.2.3 频率步进

为了比较不同校准实验室之间的测试结果,需要使用固定的校准频率。

$80\text{ MHz} \sim 1\text{ GHz}$ 使用下列频率校准电场探头(通常用 50 MHz 的步进):

$80, 100, 150, 200, \dots, 950, 1\,000\text{ MHz}$ 。

$1\text{ GHz} \sim 6\text{ GHz}$ 使用下列频率校准电场探头(通常用 200 MHz 的步进):

$1\,000, 1\,200, 1\,400, \dots, 5\,800, 6\,000\text{ MHz}$ 。

注: 对于一个探头不用在 1 GHz 测量两次,但是如果该探头的使用从 1 GHz 开始或者到 1 GHz 截止,则需要在该频率测量探头。

I.2.4 场强

探头校准的场强基于抗扰度测试要求的场强。首选的均匀场校准的方法是用至少 1.8 倍的施加到 EUT 的场强来进行,推荐使用 2 倍的预期试验场强(见表 I.1)。如果探头用于不同的场的等级,应该根据探头的线性范围校准多个等级,或至少在最大和最小的等级进行校准。见 I.3.2。

注 1: 这也包括功率放大器的 1 dB 压缩的要求。

注 2: 校准使用 CW 信号,不加调制。

表 I.1 校准场强等级表

校准等级	校准场强
1	2 V/m
2	6 V/m
3	20 V/m
4	60 V/m
X	Y V/m
注：X,Y 是开放的校准等级,可以比等级 1~4 高或者低。产品规范或测试实验室可以给出这个等级。	

I.3 校准仪器的要求

I.3.1 谐波和杂散信号

任何从功率放大器输出的谐波和杂散信号应该比载波频率的电平低 20 dB。该要求适用于校准和线性测试的所有场强等级。因为功率放大器的谐波含量在高功率电平通常是更糟的,所以谐波测试只在最高等级的场强校准中进行。谐波测试可以使用校准过的频谱分析仪,通过衰减器或者定向耦合器连接到功率放大器的输出端。

注 1: 天线可能对谐波含量有额外的影响,需要另外检查。

校准实验室应通过测量,以确认放大器的谐波和/或杂散信号满足所有测量配置要求。该测量可通过频谱分析仪连接到定向耦合器的端口 3 来实现(用频谱分析仪的输入端替代功率计探头见图 I.2)。

注 2: 功率电平不能超过频谱分析仪的最大允许输入功率。可以使用衰减器。

扫频宽度至少包括预期频率的 3 次谐波。应该在产生最高预期场强的功率电平进行确认测量。可以使用谐波抑制滤波器来提高功率放大器的频谱纯度(见附录 D)。

I.3.2 探头的线性测量

根据 I.4.2.5,在要求的动态范围内,用于验证暗室的探头的线性应该在理想的线性响应的±0.5 dB 之内(见图 I.1)。如果探头有多个范围或增益设置,应该对所有的预期范围设置确认线性响应。

通常探头的线性响应不会随频率有明显的改变。可以采用接近预期频率范围的中间区域的特定的频率进行线性检查,在该频率区域,探头的频率响应相对平坦。选择的频率点应该在校准证书中标明。

用足够小步长(例如 1 dB)来测量探头的线性响应,且测量场强应该控制在验证暗室中使用的场强的一6 dB~+6 dB 之内。表 I.2 显示了 20 V/m 时,测试场强等级的示例。

表 I.2 探头线性测量的示例

信号电平 dB	校准场强 V/m
-6.0	13.2
-5.0	14.4
-4.0	14.8
-3.0	15.2
-2.0	16.3

表 1.2 (续)

信号电平 dB	校准场强 V/m
-1.0	18.0
0	20.0
1.0	22.2
2.0	24.7
3.0	27.4
4.0	30.5
5.0	34.0
6.0	38.0

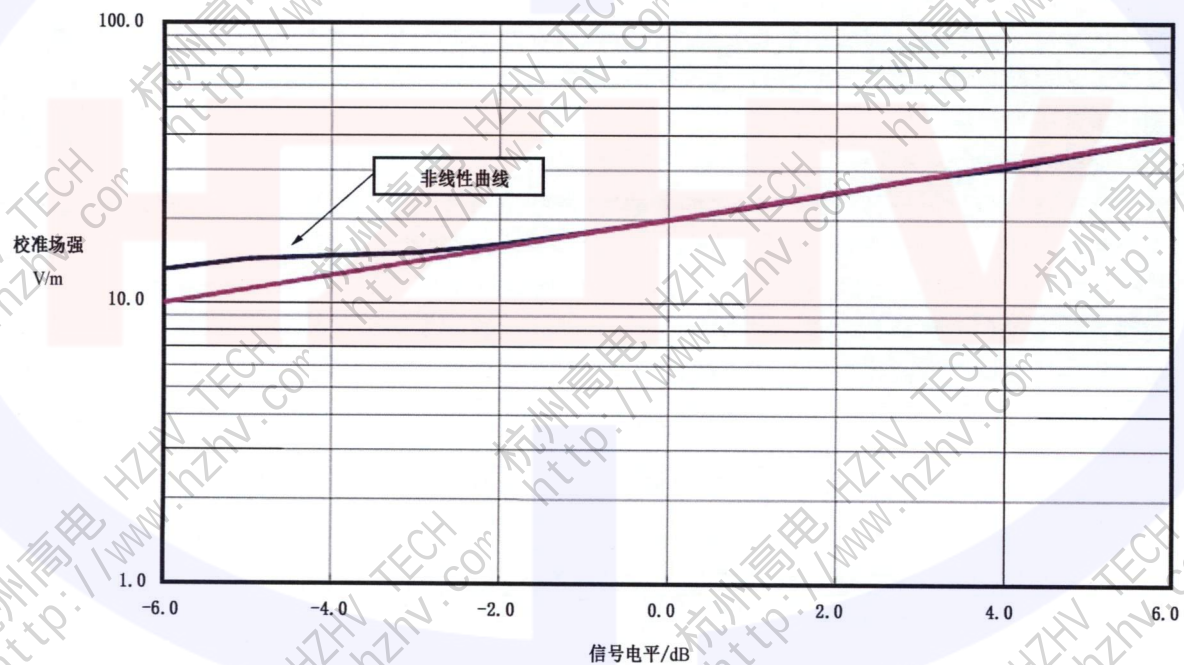


图 1.1 探头线性的示例

1.3.3 标准喇叭天线增益的确定

标准角锥形喇叭天线的远场增益可以准确地确定(在参考文献[1]中报告不确定度小于 0.1 dB)。远场增益的确定通常适用于距离大于 $8D^2/\lambda$ 的情况(D 是喇叭口径的最大尺寸, λ 是波长)。场强探头在这个距离的校准需要用大型电波暗室和大功率的功率放大器,因此很难实现。场强探头通常在发射天线的近场区域进行校准。可以用参考文献[2]中的公式确定标准增益喇叭天线的近场增益。在假设喇叭的口径是二次相位分布的情况下,增益的计算基于标准角锥形喇叭的物理尺寸。这种方式确定的增益不适用于暗室的 VSWR 测试和接下来的探头校准。

公式(参考文献[2]中给出的)来自于口径的积分,假设没有反射发生在喇叭的口径,在口径的入射

场是 TE₁₀ 模式,但是以二次相角穿过口径。在积分时可以应用一些近似值来获得封闭区间的结果。没有计算其他影响,例如喇叭边际的多次反射,还有口径的更高阶的模式等。根据频率和喇叭设计,误差通常在 ± 0.5 dB,但是可能更大。

为了更好的准确度,可以使用全波积分的数值法。例如,用数值法计算增益的不确定度可以降低到小于 5%。喇叭天线的增益可以用实验方法确定。例如,增益可以使用三天线法在减少的距离用推导技术确定,例如参考文献[4]中描述的,或者一些变化的方法。

喇叭天线的增益可以用实验确定,例如,增益可以通过三天线法,在减少距离的情况下确定,例如参考文献[4]中描述的外推法,或其他的一些不同的方法。

在校准中推荐的天线和测试探头的距离至少为 $0.5 D^2 / \lambda$ 。近的距离会导致增益不确定度变大。对于近的距离,天线和探头之间的驻波也会变大,从而导致校准中出现大的测量不确定度。

I.4 暗室内的场强探头校准

I.4.1 校准环境

探头校准应该在一个全电波暗室或者在地面铺设了满足 I.4.2 要求的吸波材料的半电波暗室中进行。如果使用全电波暗室,推荐的可以用于探头校准的最小内部工作尺寸是 5 m(长)×3 m(宽)×3 m(高)。

注 1: 对于大于几百 MHz 的频率,使用标准增益喇叭天线在电波暗室生成一个标准场,是应用于本部分的场探头校准的一个广泛采用的方法。在低频,例如 80 MHz 到几百 MHz,使用电波暗室是不实际的。所以场探头可以在也用于对电磁场的抗扰度测试的其他场所校准。因此,作为一个在低频率替代的校准环境,TEM 等也包括在这个附录里。用于探头校准的系统和环境应该符合下列要求。

注 2: 也可以使用传递探头来建立电场。(见 I.5.4)。

I.4.2 场强探头校准电波暗室的确认

探头的校准需要一个自由空间环境。应使用场强探头进行暗室的 VSWR 测试,以决定该暗室是否可用于其后探头和传感器的校准。该确认方法显示了暗室和吸波材料的性能。

每个探头有特定的体积和物理尺寸,例如电池盒和/或电路板。在其他的校准程序中,应保证在校准空间内有一个球形的静区。本附录的特定要求专用于位于天线波瓣轴上的测试点的 VSWR 测试。

测试固定装置及其影响不能被完全评估(例如探头的固定装置可能暴露在电磁场并干扰校准)。需要做单独的测试以确认固定装置的影响。

I.4.2.1 用定向耦合器测量装置的净功率

传递到发射装置的净功率可以使用一个 4 端口的双向定向耦合器测试,或者两个 3 端口的单向定向耦合器背对背地连接(构成“双向定向耦合器”)。使用双向定向耦合器测量装置的净功率的通用设置显示在图 I.2。

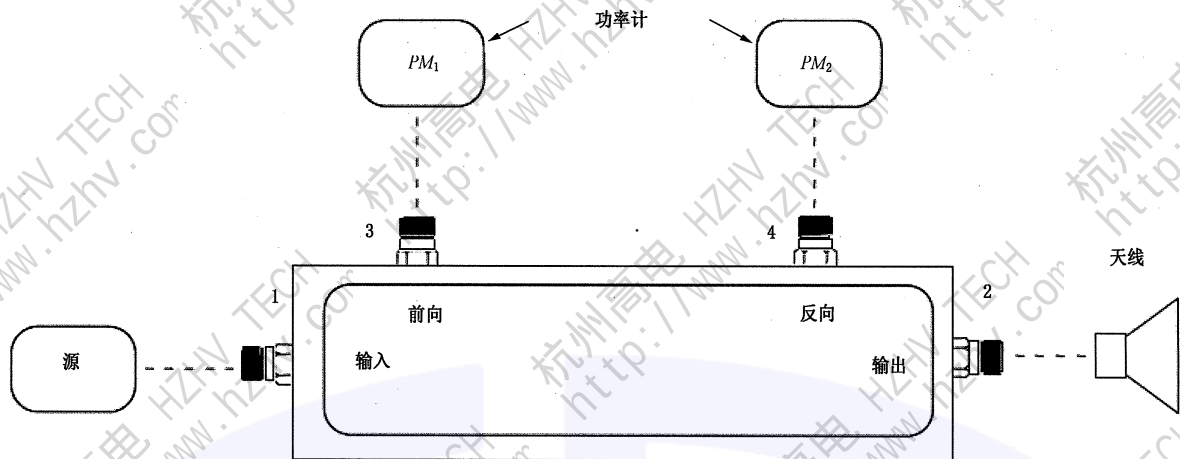


图 I.2 发射装置净功率测量配置

在每个端口的负载和源都匹配的情况下,前向耦合,反向耦合和传输耦合用式(I.1)~式(I.3)定义:

$$\text{前向耦合 } C_{\text{fwd}} = \frac{P_3}{P_1} \quad \dots\dots\dots (\text{I.1})$$

$$\text{反向耦合 } C_{\text{rev}} = \frac{P_4}{P_2} \quad \dots\dots\dots (\text{I.2})$$

$$\text{传输耦合 } C_{\text{trans}} = \frac{P_2}{P_1} \quad \dots\dots\dots (\text{I.3})$$

式中: P_1, P_2, P_3, P_4 ——定向耦合器每个端口对应的功率,单位为瓦(W)。

到发射设备的净功率由式(I.4)计算:

$$P_{\text{net}} = \frac{C_{\text{trans}}}{C_{\text{fwd}}} PM_1 - \frac{PM_2}{C_{\text{rev}}} \quad \dots\dots\dots (\text{I.4})$$

式中: PM_1, PM_2 ——功率计线性读数。

如果知道天线的 VSWR,可以使用一个单独的三端口耦合器。例如,如果天线的 VSWR 为 1.5 那么等效于电压反射系数(VRC)为 0.2。

注:电压反射系数 VRC 为反射电压与入射电压之比,驻波比 $\text{VSWR} = (1 + \text{VRC}) / (1 - \text{VRC})$ 。

准确度受到耦合器方向性的影响。方向性是衡量耦合器隔离前向和反向信号的能力的量。对于一个匹配良好的发射装置,反向功率比前向功率小很多。因此,方向性的影响没有反射性的影响重要。例如,发射天线的 VSWR 是 1.5,耦合器的方向性是 20 dB,由限定方向性决定的净功率的绝对最大不确定度是 0.22 dB—0.18 dB=0.04 dB,符合 U 形分布(0.22 dB 是 1.5 的 VSWR 产生的入射功率的损耗)。

发射装置发射的净功率由式(I.5)计算:

$$P_{\text{net}} = C_{\text{fwd}} PM_1 (1 - \text{VRC}^2) \quad \dots\dots\dots (\text{I.5})$$

I.4.2.2 用喇叭天线生成一个标准场

喇叭天线的增益用 I.3.3 描述的方法获得。天线轴向电场(V/m)由式(I.6)确定:

$$E = \sqrt{\frac{\eta_0 P_{\text{net}} g}{4 \pi}} \frac{1}{d} \quad \dots\dots\dots (\text{I.6})$$

式中:自由空间中 $\eta_0 = 120, \pi = 377 \Omega, P_{\text{net}}$ (W) 是 I.4.2.1 中描述的方法的净功率(W), g 是 I.3.3 确定的天线的增益(dB), d 是到天线口径距离(m)。

I.4.2.3 暗室验证测试频率范围和频率步进

暗室的 VSWR 测试应该覆盖预期的校准探头的频率范围,使用和 I.2.3 一样的频率步进。

暗室 VSWR 测试应该在所用的每个天线的最低和最高的工作频率进行。如果用窄带吸波材料,例如铁氧体,需要测试更多频率点。仅在符合 VSWR 判据的频率范围内,暗室可以用于探头校准。

I.4.2.4 暗室确认程序

一般探头校准的暗室应该用下列程序确认。当暗室的物理条件不允许,要应用 I.4.2.7 的替代方法。

探头应该放在测量位置,使用低介电常数的支撑材料(例如泡沫聚苯乙烯),与图 I.3 和图 I.4 一致。

场强探头放在校准时应使用的位置。场强探头的极化方向和沿着发射喇叭天线轴向的位置变化将会影响暗室的 VSWR。发射天线应该与暗室的 VSWR 测试和探头校准一致。

标准增益喇叭天线和暗室里探头的布置如图 I.3 所示。探头和喇叭天线应该被放置在从天线口面到探头中心的距离为 L 的同一水平轴线上。

在任何情况下,场强探头应正对喇叭天线口面的中心放置。

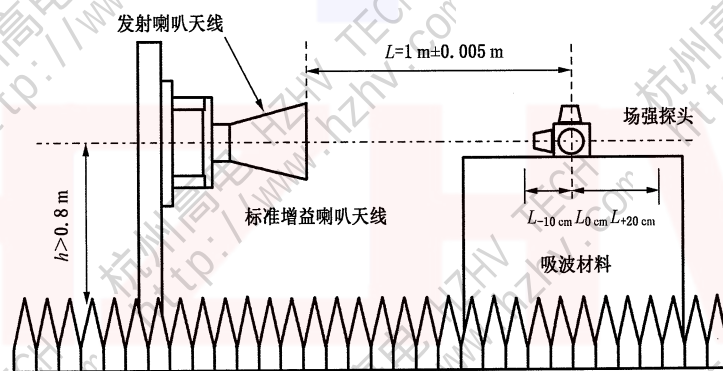


图 I.3 暗室验证测试的试验布置

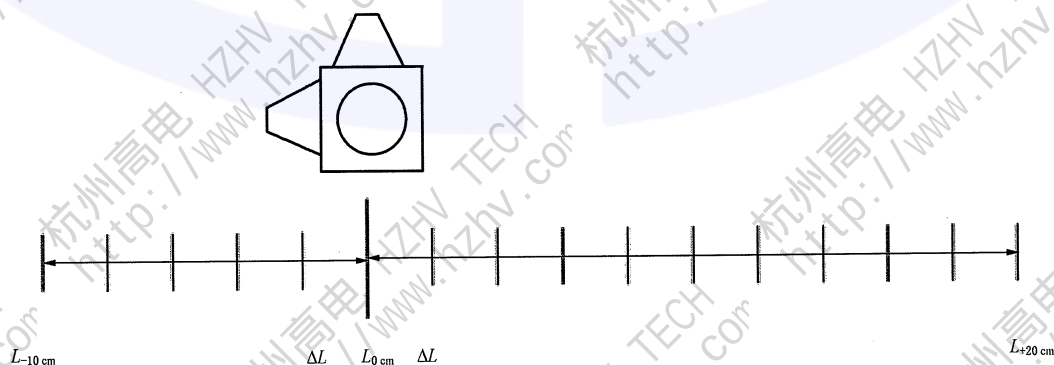


图 I.4 测量位置 ΔL 的细节描述

图 I.3 和图 I.4 显示的配置中, $L_{-10\text{ cm}}$ 到 $L_{+20\text{ cm}}$ 是探头校准距离,从喇叭天线口面到场强探头中心。 $L_0\text{ m}$ 定义为位置 0。

位置包括 $L-10\text{ cm}$, $L-8\text{ cm}$, $L-6\text{ cm}$, $\dots$, L_0 , $L+2\text{ cm}$, $L+4\text{ cm}$, $\dots$, $L+20\text{ cm}$, $\Delta L=2\text{ cm}$ 。如果探头放在发射喇叭天线的近场(距离 $< 2D^2/\lambda$, D 是天线的最大尺寸, λ 是自由空间波长), 发射天线的增益不是常数, 需要分别确定发射天线在每个点的增益。在所有探头位置上, 使用 1 m 的距离恒定功率生成相应的场强(例如 20 V/m)进行测试。当发射天线和场强探头都垂直极化时, 在所有位置所有频率记录探头读数。天线和探头都水平极化时, 重复测试。

所有的读数应该满足 I.4.2.5 的要求。

I.4.2.5 VSWR 的接受准则

VSWR 测量结果应通过使用下面的程序比较。场强的计算参考 I.4.2.2。

a) 场强的计算

在每一个频率上, 以 2 cm 的步长计算 $90\text{ cm}\sim 120\text{ cm}$ 的空间区域内的电场强度。

这个计算基于已被验证的 1 m 距离的电场强度。

b) 数据的调整

用下面的程序调整数据, 由于用于 VSWR 测试的探头不可能给出与场强的计算值相同的读数。

——探头在 1 m 距离的电场强度显示值应被调整成 1 m 位置的计算值。所获得的探头显示值与计算的场强值之间的差异为修正值 k , 用于 $90\text{ cm}\sim 120\text{ cm}$ 的所有数据。

如: 比较 1 m 距离的探头测量值 V_{mv} (如 21 V/m) 与计算值 V_{cv} (如 20 V/m)。修正值 k 是 $V_{\text{cv}} - V_{\text{mv}} = -1\text{ V/m}$ 。

——修正值 k 应该加到在测量位置 $90\text{ cm}\sim 120\text{ cm}$ 观察的数据中。

——应该对所有测量频率的测量值应用同样的计算。在上面的例子中, $k = -1\text{ V/m}$ 。因此 $k = -1$ 加到所有探头测量数据上。

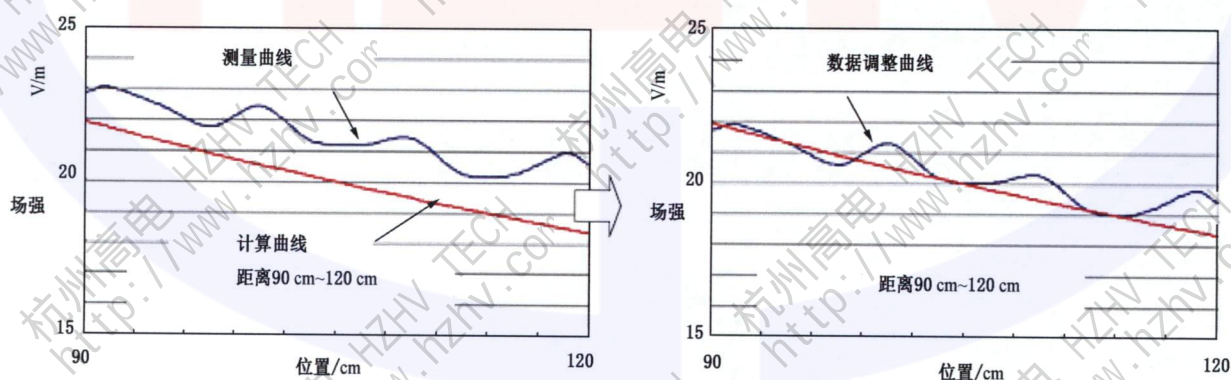


图 I.5 数据调整的示例

c) 测量数据和计算数据的对比

在任何测试点, 当测量曲线和计算曲线的数据差异超过 $\pm 0.5\text{ dB}$, 暗室不能用作探头校准, 图 I.5 为数据调整前和调整后的示例。

注: 0.5 dB 的评判标准是根据测量不确定度的预估值确立的, 而且已经被一些现存的适合做场强探头校准的暗室(包括至少一个国家级测量机构校准)验证。总之所有不确定度仅提供一个。

一些场强探头有金属外壳或者探头杆, 例如电池或电路。这些元件可能在一些距离和频率上引起反射误差。当使用这些探头, 应该用旋转探头或者改变方向的方法尽可能的缩小反射的影响。

I.4.2.6 探头固定装置的验证

在探头校准中探头固定装置可以引起电磁场的反射。因此，固定装置对校准结果的影响应该首先被检测。当使用任何新的探头固定装置时，应使用以下程序进行检测：

- a) 把探头放在相对介电常数小于 1.2, 损耗正切角小于 0.005 的支撑材料上。探头的位置应该与校准设置一样。参考固定装置尽可能的小。其他支撑物应该尽可能不影响试验, 并且至少离探头 50 cm 远。避免支撑材料在探头之前(探头和天线之间)或之后。
- b) 在校准位置生成探头的动态范围内的标准场。
- c) 记录所有的校准频率点的探头读数。如果需要在每个校准位置旋转或者重新定位探头(对各向同性场强探头, 每个轴向可能需要分别校准), 重复步骤 a) 和 b)。
- d) 移除参考固定装置并用待测的探头固定装置取代, 重复步骤 b) 和 c)。
- e) 比较 c) 和 d) 的结果。两个固定装置读数的差异在同样的探头方向应该小于 ± 0.5 dB。

I.4.2.7 暗室确认的替代程序

I.4.2.4 不适用的时候, 可以使用该暗室确认的替代程序。

将场强探头放在用于校准的位置。场强探头的极化方向和沿着发射喇叭天线轴向的位置变化将会影响暗室的 VSWR。发射天线应该和暗室 VSWR 的测试以及探头校准时所用发射天线相同。

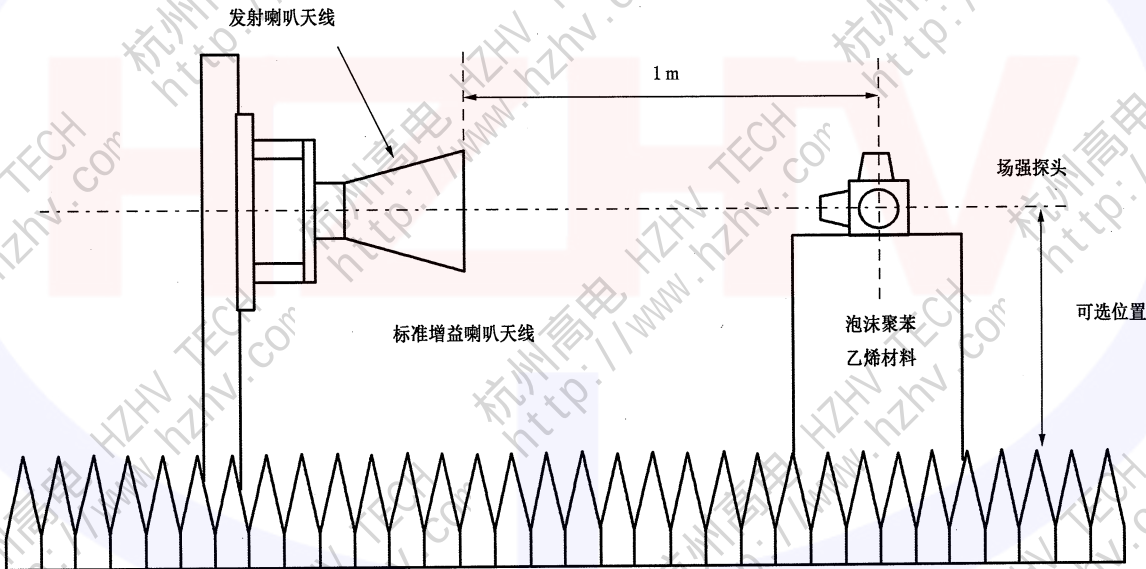


图 I.6 天线和探头测试布置示例

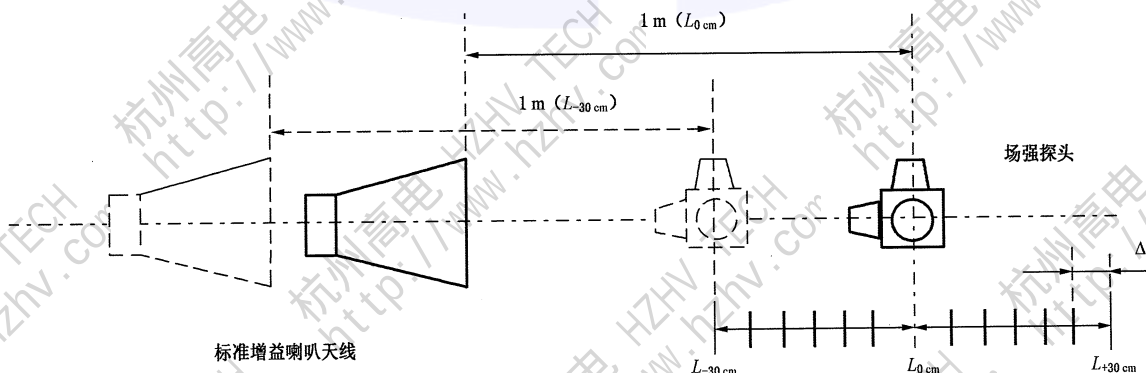


图 I.7 暗室验证测试的试验配置

配置显示在图 I.6 和图 I.7,从喇叭天线的口面到场强探头的中心的探头校准距离保持不变,例如 1 m。

为防止对测量产生影响,最好使用低介电常数的材料做探头固定装置。用于探头校准的固定装置应该另外评估(见 I.4.2.6)。

位置分别为 $L-30\text{ cm}$, $L-25\text{ cm}$, $L-20\text{ cm}$, $\dots$, $L0$, $L+5\text{ cm}$, $L+10\text{ cm}$, $\dots$, $L+30\text{ cm}$, ΔL 为 5 cm。

在所有位置生成恒定场,例如 20 V/m。生成的场强需要在场强探头的动态范围之内。发射天线和场强探头都使用垂直极化:记录所有位置的所有频率的探头读数。将天线和探头水平极化,重复测试。

在每个频率,读取 26 个独立的探头读数(13 个点,两个极性)。读数在每个频率的最大偏差要小于 $\pm 0.5\text{ dB}$,其数据示例如图 I.8 所示。

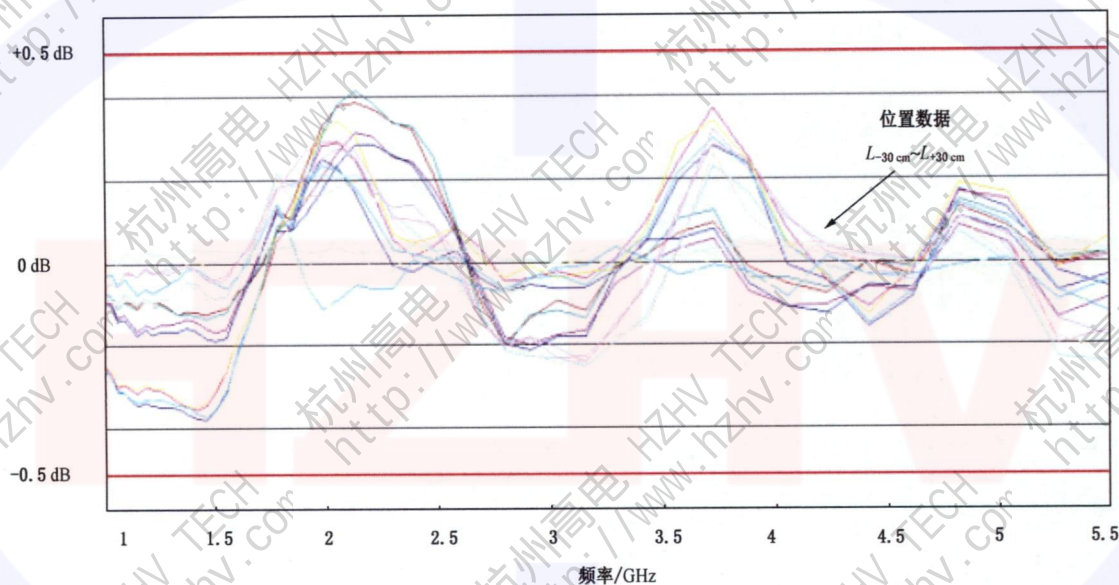


图 I.8 暗室确认替代方法的数据示例

I.4.3 探头校准程序

许多新式的探头有内部的修正系数以提供线性响应。校准实验室可以在校准中调整该系数以给出满足理想值 $\pm 0.5\text{ dB}$ 的探头响应。如果做调整,校准实验室应在报告中记录调整前后的数据。

校准探头时,应使用线性测试程序。校准系统的线性影响参考 I.3.2。

注:如果不可能调整探头,用户在实施场均匀性校准的时候应该补偿非线性。

探头校准应该使用满足 I.4 要求的测量系统/环境。

I.4.3.1 试验布置

不能完全满足 I.4.2.6 的探头固定装置会导致大的测量不确定度。因此应该使用 I.4.2.6 验证过的探头固定装置。

考虑到探头方向性,场强探头的校准应该使用适合使用者规范或者生产商规范的方法。这个方向性应该被测试实验室使用以限制各向同性的影响。如果生产商在数据表中未说明任何场强探头的方向

性,校准探头方向应该考虑在“通常使用”方向进行校准或按测试实验室(要使用探头的)首选的方向进行校准。任何情况下校准报告均应包含探头校准时的方向。

测量布置的示例见图 I.9 和图 I.10。

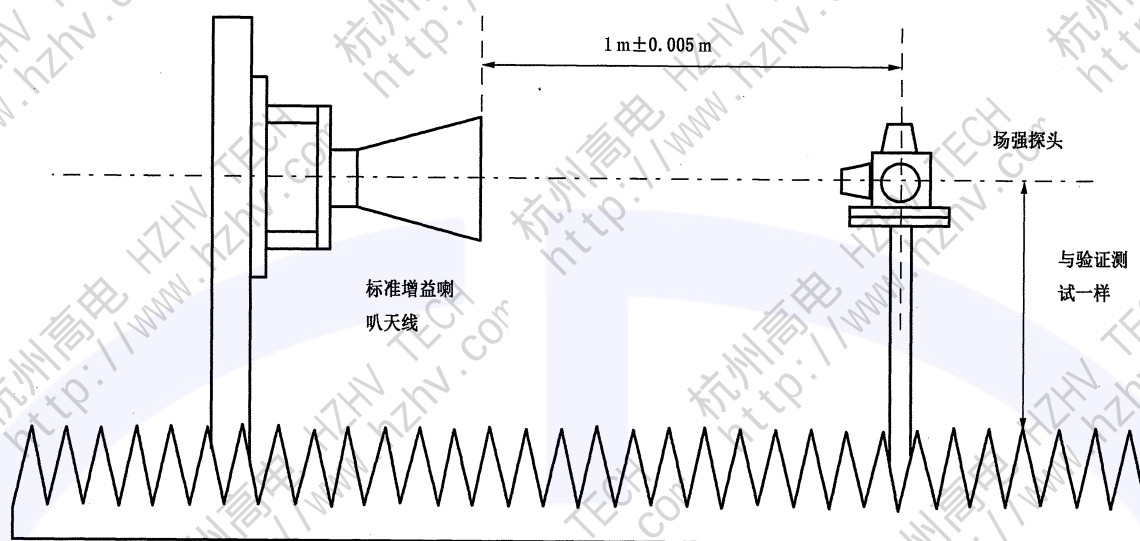


图 I.9 场强探头校准布置

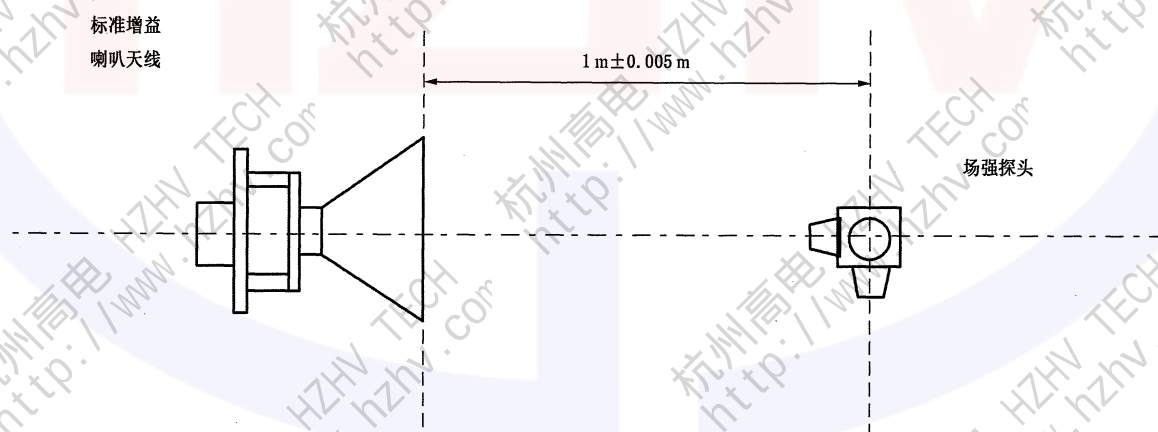


图 I.10 场强探头校准布置(俯视)

I.4.3.2 校准报告

从 I.4.3.1 得到的测试结果应该生成校准报告。

校准报告应至少包括以下内容：

- a) 校准环境；
- b) 探头厂家；
- c) 型号名称；
- d) 序列号；

- e) 校准日期；
- f) 温湿度；
- g) 校准数据：
 - 频率；
 - 施加的场强(V/m)；
 - 探头读数(V/m)；
 - 探头方向；
- h) 测量不确定度。

注：IEEE 1309^[2]中包括一些探头测量不确定度的指南。

I.5 替代的探头校准环境和方法

本条款描述了对于替代校准场地的环境要求，如：用于低频范围校准的必需环境。

校准能在与本部分中描述的测试环境无关的环境中进行。与用于抗扰度试验的设备相比，场强探头通常尺寸小且不连接电缆。

I.5.1 使用 TEM 室校准场强探头

矩形 TEM 室能建立用于场强探头校准的标准场。TEM 室的可用上限频率取决于标准 IEC 61000-4-20 中 5.1 所述的方法。TEM 室的上限频率典型值是几百 MHz。TEM 室芯板与上顶板或下底板之间中心位置处的场强(V/m)由式(I.7)计算：

$$E = \frac{\sqrt{Z_0 P_{\text{net}}}}{h} \dots\dots\dots (\text{I.7})$$

式中， Z_0 是 TEM 室的特性阻抗，单位为欧姆(Ω) (典型值 50 Ω)， P_{net} 是净功率，单位为瓦(W)，依据 I.4.2.1 确定， h 是芯板与上顶板或下底板之间的距离，单位为米(m)。

TEM 室的 VSWR 宜保持小值，如小于 1.3 以减小测量不确定度。

测量 P_{net} 的替代方法是使用校准过的、低 VSWR 的衰减器和连接到 TEM 室进出口的功率传感器进行测量。

I.5.2 用波导室校准场强探头

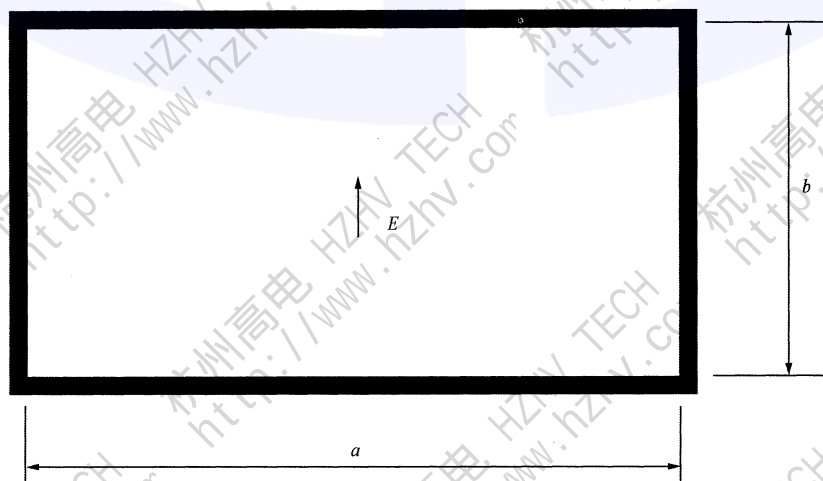


图 I.11 波导室横截面图

校准实验室应确保波导室工作在主模 TE_{10} 模式。应避免能激发更高次模式的频率。波导制造商

一般指定只保证主模存在的频率范围。也可由波导尺寸来确定,波导室的横截面图如图 I.11 所示。

在使用典型尺寸探头时,波导室限制频率范围大约是 300 MHz~1 000 MHz,内部尺寸为 $a(\text{m}) \times b(\text{m})$ ($a > b$) 的波导室,主模 TE_{10} 模式的截止频率由式(I.8)计算:

$$(f_c)_{10} = \frac{1}{2a\sqrt{\mu\epsilon}} \dots\dots\dots(\text{I.8})$$

式中 μ 和 ϵ 是波导材料的磁导率和介电常数。对充满空气的波导, $\mu = \mu_0 = 400 \pi \text{ nH/m}$ 和 $\epsilon = \epsilon_0 = 8.854 \text{ pF/m}$ 。充满空气的波导室的截止频率(MHz)由式(I.9)计算:

$$(f_c)_{10} = \frac{150}{a} \dots\dots\dots(\text{I.9})$$

波导中心电场强度(V/M)的均方根值由式(I.10)计算:

$$E = \sqrt{\frac{2\eta_0 P_{\text{net}}}{ab\sqrt{1 - [(f_c)_{10}/f]^2}}} \dots\dots\dots(\text{I.10})$$

式中 $f(\text{MHz})$ 是工作频率,充满空气的波导中 $\eta_0 = 377 \Omega$, $P_{\text{net}}(\text{W})$ 是提供给波导的净功率,并且依据 I.4.2.1 中描述的方法确定。值得注意的是:波导室中的场不是 TEM 波,且波导中心位置的场强最大(具有正弦分布,到侧壁逐渐减小到零)。建议在波导中心位置实施场强探头的校准,此处场分布较其他位置变化较少(更均匀)。有关波导的更多信息包括如何计算其他模式的截止频率,见参考文献[5]。

I.5.3 使用开口波导校准场强探头

开口波导的近场增益的解析解法和实验解法参见参考文献[6]。由于用简单的理论计算开口波导的近场增益是不可能的,所以采用全波数字技术或者测量技术得到开口波导的近场增益,参见参考文献[4]。

一旦开口波导的近场增益被确定,校准应遵循 I.4.3 列出的程序。

I.5.4 用增益传递法校准场强探头

可使用传递探头在场发生设备(工作标准装置)里建立标准场。传递探头的响应可以通过理论计算(如偶极子探头),或依据 I.5.1 或 I.5.2 描述的方法进行校准得到。工作标准装置的传输函数可以由传递探头确定,如 GHz TEM 室。工作基准设备中的场分布应该通过传递探头映射,也就是说,为了评估场的均匀性,应在试验空间里尽可能多的位置进行测量。一旦获得了工作标准装置的传输函数,在工作标准装置是线性的前提条件下,探头校准可在其他功率水平上进行。待校准的探头应放置在传递探头的同一位置。

如果满足以下条件,传递法将视为是正确的:

- 在传递和校准过程中,布置保持不变;
- 进行测量时,探头位置应能再现;
- 发射功率保持相同;
- 被测探头在结构上(尺寸和元件设计)应该和传递探头相似;
- 连接传感器和数据显示装置之间的电缆不能扰乱场或接收场强;
- 工作标准装置很大程度上是无反射的。

参考文献[7][8]对以上方法提供了更多信息。

I.6 参考文献

- [1] STUBENRAUCH, C., NEWELL, C. A. C., REPJAR, A. C. A., MacREYNOLDS, K., TAMURA D. T., LARSON, F. H., LEMANCZYK, J., BEHE, R., PORTIER, G., ZEHREN, J. C., HOLLMANN, H., HUNTER, J. D., GENTLE, D. G., and De VREEDE, J. P. M. International

Intercomparison of Horn Gain at X-Band. IEEE Trans. On Antennas and Propagation, October 1996, Vol. 44, No. 10

[2] IEEE 1309, Calibration of Electromagnetic Field Sensors and Probes, Excluding Antennas, from 9 kHz to 40 GHz

[3] KANDA, M. and KAWALKO, S. Near-zone gain of 500 MHz to 2.6 GHz rectangular standard pyramidal horns. IEEE Trans. On EMC, 1999, Vol. 41, No. 2

[4] NEWELL, Allen C., BAIRD, Ramon C. and Wacker, Paul F. Accurate measurement of antenna gain and polarization at reduced distances by extrapolation technique. IEEE Trans. On Antennas and Propagation, July 1973, Vol. AP-21, No. 4

[5] BALANIS, C. A.. Advanced Engineering Electromagnetics. John Wiley & Sons, Inc., 1989, pp 363-375

[6] WU, Doris I. and KANDA, Motohisa. Comparison of theoretical and experimental data for the near field of an open-ended rectangular waveguide. IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility, November 1989, Vol. 31, No. 4

[7] GLIMM, J., MÜNTER, K., PAPE, R., SCHRADER, T. and SPITZER, M. The New National Standard of EM Field Strength; Realisation and Dissemination. 12th Int. Symposium on EMC, Zurich, Switzerland, February 18-20, 1997, ISBN 3-9521199-1-1, pp. 611-613

[8] GARN, H., BUCHMAYR, M., and MULLNER, W. Precise calibration of electric field sensors for radiated-susceptibility testing. Frequenz 53 (1999) 9-10, Page 190-194

附录 J (资料性附录)

由试验仪器引起的测量不确定度

J.1 概述

依据本部分正文中试验方法的特殊需求,本附录给出了与试验水平设置的测量不确定度(MU)相关的信息。更多的信息可以在参考文献[1][2]中找到。

本附录给出了一个在设定等级的基础上计算不确定度的示例。诸如调制频率和调制深度、由放大器产生的谐波这类骚扰量的参数,实验室也需要以一种合适的方法进行考虑进去。本附录给出的方法适用于骚扰量的所有参数。

对于试验场地的场均匀性所引起的不确定度正在考虑之中。

J.2 对于试验水平设置的不确定度预评估

J.2.1 被测量的定义

被测量是指依据 6.2.1 a) 和 6.2.2 a) 的程序选定的 UFA 的点上理想的试验电场强度(没有 EUT 情况下)。

J.2.2 被测量的测量不确定度贡献

下面的影响量图(见图 J.1)给出试验水平设置影响量的举例。本图表同时适用于校准和试验过程,但并不是详尽的。影响量图中最重要的贡献被不确定度预评估表 J.1 和表 J.2 所选用。为了不同的测试场地和实验室得到可比较的预评估值,不确定度预评估的计算至少包括表 J.1 和表 J.2 中列出的不确定度贡献。要注意的是,实验室可以基于其特殊情况,在计算 MU 时包含更多的不确定度贡献。

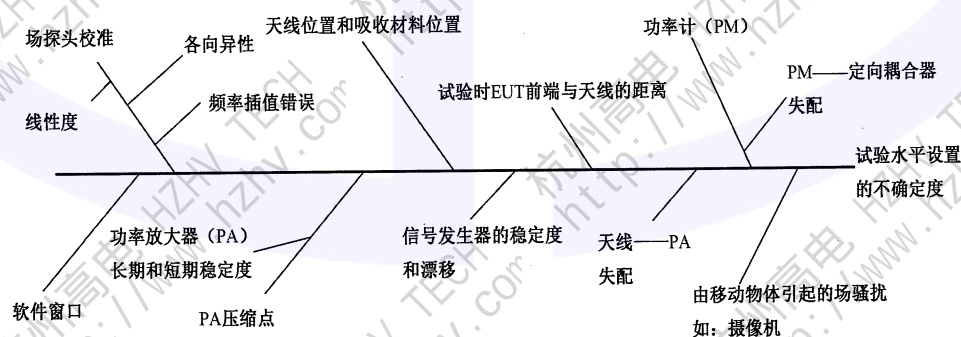


图 J.1 试验水平设置的影响量的举例

J.2.3 扩展不确定度的计算举例

应认识到,适用于校准和试验的不确定度贡献可能是不相同的。这导致了每一个过程有不同的不确定度预评估值。

在本基础标准中,在对 EUT 测试之前需要对暗室中的场进行校准。一些不确定度贡献可能在计算 MU 时不是影响因子,这取决于试验布置。示例包括放大器输出功率电平控制的补偿因子或那些在校准和试验之间维持不变的因子(如:天线和放大器间的失配)。

场强探头和功率监视仪(可重复性而不是绝对的测量准确度和线性度)不包括在放大器输出功率的电平控制中,它们的贡献值应在计算 MU 的时候予以考虑。

表 J.1 和表 J.2 给出了一些试验水平设置的不确定度预评估的示例。不确定度预评估包括校准不确定度和试验不确定度两部分。

表 J.1 校准过程

符号	不确定度源 X_i	$U(X_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	c_i	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
FP	场强探头校准	1.7	dB	正态 $k=2$	2	0.85	dB	1	0.85	dB	0.72
PM _c	功率计	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
PA _c	PA 快速增益变化	0.2	dB	矩形	1.73	0.12	dB	1	0.12	dB	0.01
SW _c	SW 电平精度	0.6	dB	矩形	1.73	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12
$\sum u_i(y)^2$											0.88
$\sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0.94
扩展不确定度 $U(y)$ (CAL) $k=2$											1.88 dB

表 J.2 电平设置

符号	不确定度源 X_i	$U(X_i)$	单位	分布	因子	$u(x_i)$	单位	c_i	$u_i(y)$	单位	$u_i(y)^2$
CAL	校准	1.88	dB	正态 $k=2$	2.00	0.94	dB	1	0.94	dB	0.89
AL	天线位置和吸波材料放置变化	0.38	dB	$k=1$	1	0.38	dB	1	0.38	dB	0.14
PM _t ^a	功率计	0.3	dB	矩形	1.73	0.17	dB	1	0.17	dB	0.03
PA _t	PA 增益快速变化	0.2	dB	矩形	1.73	0.12	dB	1	0.12	dB	0.01
SW _t	SW 电平精度	0.6	dB	矩形	1.73	0.35	dB	1	0.35	dB	0.12
SG	信号发生器稳定性	0.13	dB	矩形	1.73	0.08	dB		0.08	dB	0.01
$\sum u_i(y)^2$											1.20
$\sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1.10
扩展不确定度 $U(y)$ $k=2$											2.19 dB

^a 如果用功率计对信号发生器的输出电平进行控制,则在表格中应包含 PM_t。否则,应考虑信号发生器及功率放大器的稳定性和漂移。在这个例子中,因为功率放大器作为功率放大器输出控制的一部分,不会对不确定度预评估产生影响,所以考虑功率计的不确定度贡献就足够了。

J.2.4 术语解释

FP 是场强探头不平衡(各向异性)、场强探头频率响应和温度敏感度的校准不确定度的组合。一般而言,这个数据可以从探头数据表和(或)校准证书中获得。

PM_c 是包括功率计探头在内的功率计不确定度,可以从制造商的说明书(作为矩形分布处理)或校准证书(作为正态分布处理)中获得。如果校准和测试使用同一个功率计,不确定度贡献可以减少到功率计的可重复性和线性度,此方法应与表格一起应用。

PA_c 是包括由功率放大器达到稳态后的增益快速变化引起的不确定度。

SW_c 是由校准过程中,信号发生器和软件的试验水平设置窗口的步长偏离引起的不确定度。软件窗口通常可以由测试实验室调整。

CAL 是与校准过程相关的扩展不确定度。

AL 是由天线和吸波材料的移除和重新布置引起的不确定度。参考 ISO/IEC 指南 98-3,天线位置和吸波材料的摆放的变化是 A 类不确定度,此类不确定度可以通过一系列观察数据的统计分析来评估。A 类不确定度分布通常不是测量设备不确定度的一部分,然而,因为这些不确定度分布的高度重要性以及与测量设备的紧密联系性需要予以考虑。

PM_t 是包括功率计探头在内的功率计不确定度,可以从制造商的说明书(作为矩形分布处理)或校准证书(作为正态分布处理)中获得。如果校准和测试使用同一个功率计,影响因素可以减少到功率计的可重复性和线性度,此方法应用在表格中。

如果在测试过程中不使用功率计控制功率放大器,则 **PM_t** 无需考虑。(与本部分中的图 7 相比)。在这种情况下应考虑信号发生器和功率放大器的不确定度。

PA_t 是包括由功率放大器达到稳态后的增益快速变化引起的不确定度。

SW_t 是由测试过程中,信号发生器和软件窗口的离散的步长引起的不确定度。软件窗口通常可以由测试实验室调整。

SG 是在驻留时间内信号发生器的漂移。

J.3 应用

计算出的测量不确定度数值(扩展不确定度)可以被用于多个目的,例如,作为产品标准的说明或者用于实验室认证。计算的结果不用于在试验过程中调整施加给 EUT 的试验电平。

J.4 参考文献

- [1] IEC TC77 document 77/349/INF, General information on measurement uncertainty of test instrumentation for conducted and radiated r.f. immunity tests
- [2] UKAS, M3003, Edition 2, 2007, The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, free download on www.ukas.com
- [3] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

电磁兼容 试验和测量技术
射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016/IEC 61000-4-3:2010

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

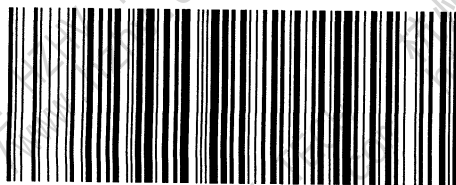
*

开本 880×1230 1/16 印张 3.75 字数 113 千字
2016年12月第一版 2016年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-55399 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 17626.3-2016