

ICS 33.100
CCS L 06



中华人民共和国国家标准

GB/T 12190—2021

代替 GB/T 12190—2006

电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法

Method for measuring the shielding effectiveness
of electromagnetic shielding enclosures

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 12190—2006《电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法》。与 GB/T 12190—2006 相比，除结构调整和编辑性改动以外主要技术变化如下：

- 将范围中有关全电波暗室和半电波暗室的内容移至 4.2 的试验计划中（见 4.2，2006 年版的第 1 章）；
- 增加了“可接近的试验位置”等 2 个术语（见第 3 章）；
- 细化了试验计划（见 4.2，2006 年版的 4.2）；
- 删除了原标准表 3 中屏蔽效能的数学计算公式，其内容已涵盖在附录 C（见附录 C，2006 年版的 5.4）；
- 增加了测量不确定度的要求（见 5.4）；
- 明确了施加给发射天线的信号类型（见 5.6.2.2、5.7.2.2 和 5.8.3.1）；
- 修改了图 2 e）（见 5.6.5.2，2006 年版的 5.6.5.2）；
- 修改了图 4 c）和图 4 d）中的发射天线高度（见 5.7.2.1，2006 年版的 5.7.2）；
- 修改了图 6 b）中的高度扫描±h/4 以及两副天线之间距离的位置（见 5.8.3，2006 年版的 5.8.2）；
- 明确了图 7 中发射天线与屏蔽壁之间的距离为 ≥ 1.7 m（见 5.8.3，2006 年版的 5.8.2）；
- 明确了图 8 中发射天线与接收天线之间的距离为 ≥ 2 m（见 5.8.3，2006 年版的 5.8.2）；
- 修改了表 3 中标准增益喇叭天线的尺寸（见 5.8.3.3，2006 年版的 5.8.2.2）；
- 增加了允许使用双脊波导喇叭天线（见 5.8.3.3）；
- 增加了“测量位置的影响”（见 E.4.2）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国无线电干扰标准化技术委员会(SAC/TC 79)提出并归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、浙江诺益科技有限公司、安方高科电磁安全技术(北京)有限公司、厦门海诺达科学仪器有限公司、东南大学、中国计量科学研究院、中国家用电器研究院、北京无线电计量测试研究所、北京大泽科技有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、西安电子科技大学、中国汽车工程研究院股份有限公司、广州市诚臻电子科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司、广州赛宝计量检测中心服务有限公司、辽宁省医疗器械检验检测院、嘉善法兰克尼亚电磁兼容有限公司、江苏省电子信息产品质量监督检验研究院、深圳市磁讯科技有限公司、威海盈盾特种工程材料有限公司、芮锋射频技术(上海)有限公司、中国信息通信研究院、北京中科国御信息科技有限公司、上海电器设备检测所有限公司、河南凯瑞车辆检测认证中心有限公司、深圳市辅航科技有限公司。

本文件主要起草人：崔强、郑益民、叶畅、周忠元、李滢、谢鸣、胡景森、马蔚宇、付君、李立嘉、朱文立、邱扬、杨宏、梁吉明、黄雪梅、李楠、赵磊、李妮、陈彦、魏景锋、周磊、陈嘉声、曹赐、袁安莹、石磊、杨飞、张峰衍、蒋磊、白云、陶盖、赵熠晨。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 本文件于 1990 年首次发布为 GB/T 12190—1990，2006 年第一次修订；
- 本次为第二次修订。

电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法

1 范围

本文件描述了电磁屏蔽室屏蔽效能(SE)的测量方法,测量频率范围为 9 kHz~18 GHz。根据需要,频率向两端可扩展到 50 Hz 和 100 GHz。

本文件适用于各边尺寸不小于 2.0 m 的电磁屏蔽室。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050-161:1990,IDT)

3 术语和定义

GB/T 4365—2003 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可接近的试验位置 **accessible test location**

无需修改母体结构,试验天线就能到达的位置。

3.2

动态范围 **dynamic range; DR**

接收系统工作于线性区(参见附录 C 的 C.6)的幅度范围。

注 1:对于 SE 测量,DR 为参考电平(见 4.4)与本底噪声以上可辨别信号最小值的差值。

注 2:可辨别信号最小值定义为幅值大于试验系统本底噪声至少 3 dB。

3.3

本地源 **local source**

距离屏蔽室非常近的、电磁能量只照射在屏蔽室表面局部区域的发射源。

3.4

母体结构 **parent structure**

包含屏蔽室的永久壳体或者外部房间。

3.5

屏蔽效能 **shielding effectiveness; SE**

没有屏蔽体时接收到的信号值与在屏蔽体内接收到的信号值的比值,即发射天线与接收天线之间存在屏蔽体以后所造成的插入损耗。

3.6

屏蔽室 **shielding enclosure**

使内部不受外界电场、磁场的影响或使外部不受其内部电场、磁场影响的一种结构。

GB/T 12190—2021

注：它通常由金属材料建成，在金属板接缝和门等处采取一定的措施以保证连续的电连接。高性能的屏蔽室在不同频率可以将电场、磁场抑制一到七个数量级。

3.7

屏蔽室所有者 shielding enclosure owner

提出最终屏蔽要求并将使用屏蔽室的个人、公司或组织。

3.8

检测机构 testing agency

完成测量并出具报告的机构。

4 初测程序

4.1 准备

在正式测量之前，需要先测量参考电平和动态范围(DR)。

4.2 试验计划

测量前，屏蔽室所有者和/或相关方应制定试验计划。测量时，应依照试验计划进行。试验计划应包括测量频点、测量部位、判定准则(即 SE 限值)和使用的设备清单。

对于用于全电波暗室(FAR)或半电波暗室(SAC)的屏蔽室，其 SE 的测量应在吸波材料安装前进行；如不能，则对 FAR 或 SAC 进行 SE 测量，其测量位置需在试验计划中予以规定。

测量技术选择指南见附录 A。

4.3 设备校准

任何能影响 SE 测量数值的测量设备都应经过校准。应提供可溯源到国家标准的最新校准日期。

4.4 参考电平和动态范围

参考电平应按低频频段(磁场)、谐振频段、高频频段(平面波)测量条款中的描述确定(见 5.6.4、5.7.4、5.8.5)。测量布置改变时应重新确定参考电平。在每个频率测量结束后应重新测量参考电平。如果重新测量的参考电平和先前的参考电平和值发生了±3 dB 以上的变化，则应重新进行测量。

应保证每个测量布置都有合适的 DR。这可用以下方法确定：用相关发射设备激励接收设备，证明接收设备对测量时所有可能遇到的各种发射、接收电平都仍保持在线性校准状态。在接收系统中，用校准过的衰减器改变接收机的输入，如果两者变化的分贝数相同，则表示系统工作在线性校准状态。这种验证在每个测量频点至少都应进行一次。

DR 至少应比被测屏蔽室的 SE 大 6 dB。最好在测量参考电平时确定 DR。应尽量降低周围环境(如墙、建筑物)的影响。

4.5 屏蔽效能的预先检查程序

SE 的预先检查程序见附录 B。

4.6 注意事项

发射源应由有经验的测量人员操作。

在依照本文件进行测量的过程中，应保护有关人员不会受到射频辐射的伤害，并避免对测量现场附近其他电子设备造成干扰。

5 详细测量程序

5.1 概述

本章详细描述了 SE 的测量方法。本文件只规定测量方法,不规定具体的测量频点和 SE 限值。测量频点和 SE 限值由试验计划决定。

本文件只推荐供参考的典型测量频率。典型测量频率的测量结果可代表 9 kHz~18 GHz 的 SE。

详细的测量方法将测量频段分为低频频段、谐振频段和高频频段。在不同的频段上需使用不同的测量设备和测量方法。

5.2 典型测量频率

推荐的典型测量频率见表 1。

表 1 推荐的典型测量频率

	典型频率	天线类型	章条号
低频频段 ^a	9 kHz~16 kHz	环天线	5.6
	140 kHz~160 kHz	环天线	5.6
	14 MHz~16 MHz	环天线	5.6
谐振频段 ^a	20 MHz~100 MHz	双锥天线	5.7
	100 MHz~300 MHz	偶极子天线	5.7
高频频段 ^b	0.3 GHz~0.6 GHz	偶极子天线	5.8
	0.6 GHz~1.0 GHz	偶极子天线	5.8
	1.0 GHz~2.0 GHz	喇叭天线	5.8
	2.0 GHz~4.0 GHz	喇叭天线	5.8
	4.0 GHz~8.0 GHz	喇叭天线	5.8
	8.0 GHz~18 GHz	喇叭天线	5.8

^a 实际测量频点以试验计划为准。
^b 宜在每一频段选择一个频点,但实际测量频点以试验计划为准。

测量频段可以向上或者向下扩展。表 2 为扩展的典型测量频率。

表 2 扩展的典型测量频率

频率范围	天线类型	章条号
50 Hz~110 Hz	环天线	5.6
0.9 kHz~1.1 kHz	环天线	5.6
35 GHz~45 GHz	喇叭天线	5.8
90 GHz~100 GHz	喇叭天线	5.8

GB/T 12190—2021

5.3 判定准则

SE 的计算公式见附录 C, 测量结果的判定准则由试验计划确定。

5.4 测量不确定度

测量不确定度是与 SE 测量结果有关的参数。试验报告中应给出测量不确定度, 但结果判定不考虑测量不确定度。

注: 测量不确定度的评定需考虑许多影响量, 例如测量仪器链、发射天线和接收天线的位置等。

5.5 准备过程

在正式测量开始前, 应确认测量设备符合 4.3 的校准要求; 参考电平和 DR 应按 4.4 确定。

5.6 低频频段测量(9 kHz~20 MHz)

5.6.1 概述

在低频频段, 使用静电屏蔽环天线评价屏蔽室对附近磁场源(即本地源)的 SE。当频率向低端扩展到 50 Hz 时, 环天线法同样适用。在较低频率, 可能需要使用不同的设备以获得足够的 DR。例如, 可以增加接收环天线和/或发射环天线的匝数。

5.6.2 测量设备和布置

5.6.2.1 磁场测量布置

信号发生器、测量设备和布置应满足 5.6.2 和图 1 的要求。

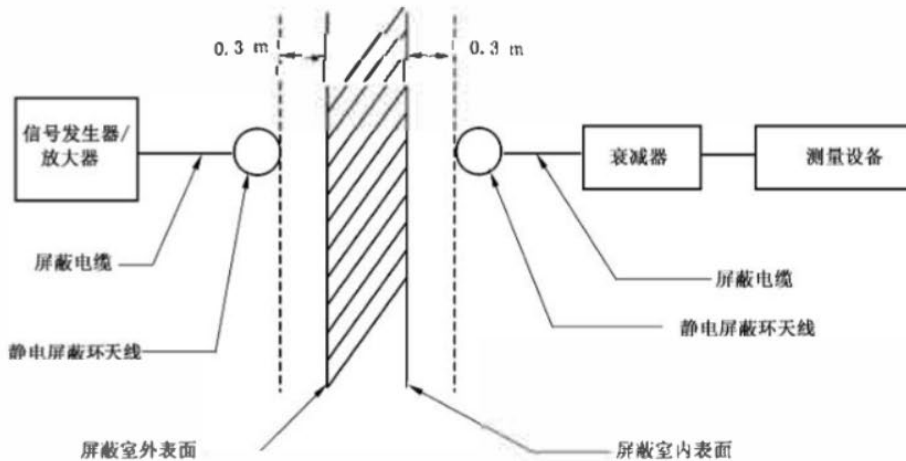


图 1 磁场测量布置

5.6.2.2 磁场源

发射天线是直径为 0.3 m 的静电屏蔽环天线, 磁场由发射天线中的电流产生。如果使用阻抗匹配装置, 普通的信号发生器加上放大器就可提供所需的环天线电流。施加给发射天线的是未调制的连续波(CW)信号。

5.6.2.3 接收天线

接收天线是直径为 0.3 m 的静电屏蔽环天线, 其连接到测量接收机、频谱分析仪或类似的测量

设备。

5.6.3 初测程序

在测量之前应考虑到高磁导率铁磁性屏蔽室的非线性特性(相关信息见附录 D)。由于在 14 MHz~16 MHz 频率范围内容易发现屏蔽缺陷,因此宜在该频率范围内进行磁场测量,并确定有问题的区域。

5.6.4 参考电平测量

在没有屏蔽室时,接收环天线与发射环天线之间的距离为:0.6 m 与屏蔽室壁厚度之和(这是实际测量时两副环天线间的实际距离);且使两个环天线处于同一平面(共面法)。此时测得的电平即为参考电平。

与此同时,按 4.4 和 5.6.3 确定 DR 是否合适。

5.6.5 测量程序

5.6.5.1 概述

测量布置如图 1 和图 2 所示。发射环天线与接收环天线距屏蔽室壁面的距离均为 0.3 m,两者应共面并垂直于屏蔽壁面、天花板或其他待测平面。在每一个频点和测量位置,信号发生器的输出值为 5.6.4 中测量参考电平时的输出值。

在测量过程中,通常使发射环天线固定不动,而将接收环天线沿着缝隙方向移动(至少在共平面上移动接缝总长的 1/4),以保证测得最坏的情况。应使用测量设备的最大读数确定 SE。在寻找最坏的情况时允许发射环天线和接收环天线近似共面,但最终测量时应保证两者共面。

5.6.5.2 测量位置

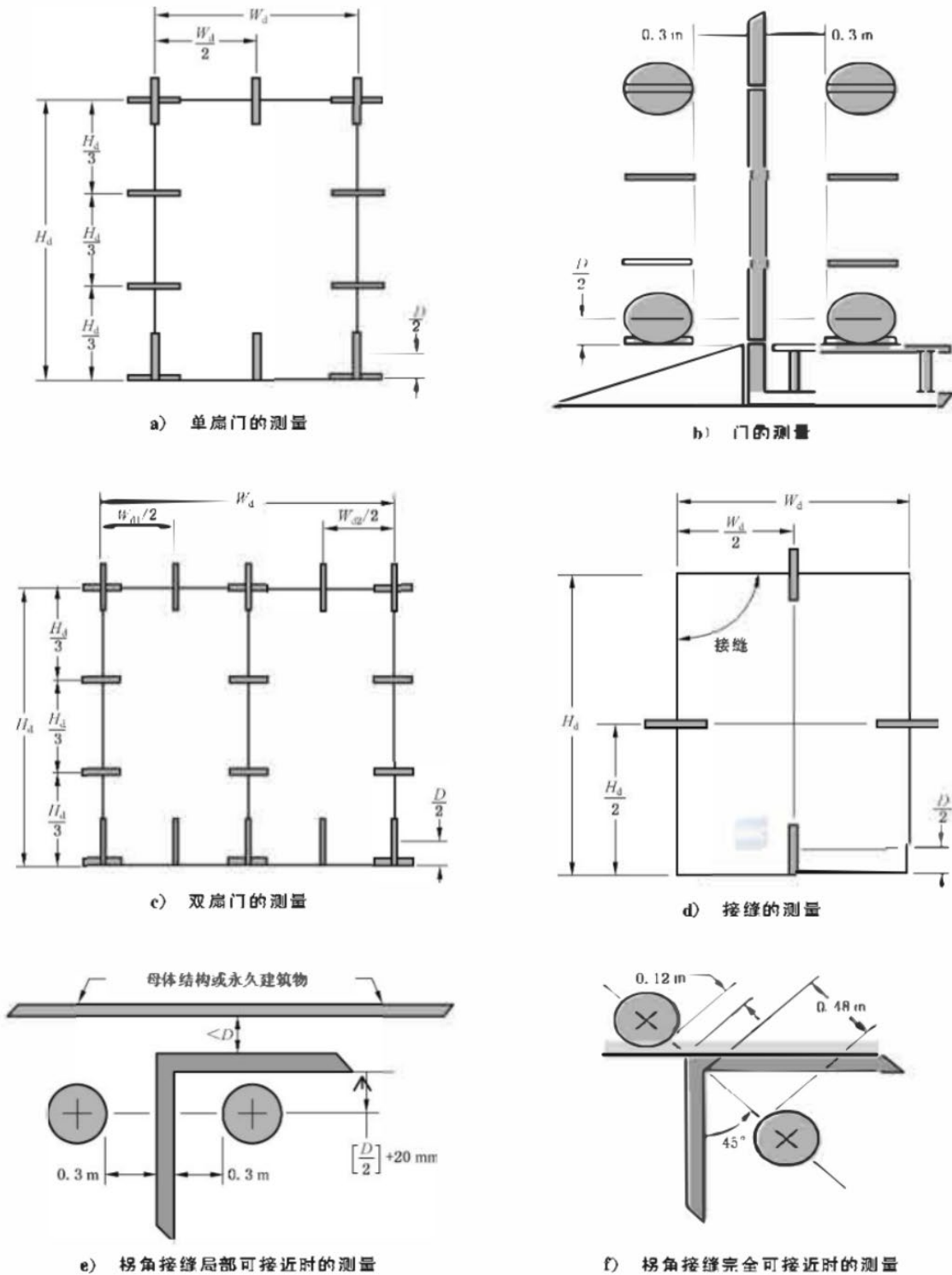
对单扇门,应在图 2a)和图 2b)所示的 14 个位置上进行环天线测量。环面应垂直于门缝。对于水平门缝,要求环天线位于拐角和门缝的中间;对垂直门缝,要求环天线位于拐角、离门顶部和门底部的 1/3 处。垂直接缝的上端和下端应按图 2b)进行测量。

对多扇门,上述的测量位置分别应用于每扇门,见图 2b)和图 2c)。

对尺寸超过 1.5 m×2.5 m 的门,应再增加一些测量位置以保证两个测量点的间距不超过 1 m。

采用板材构件的屏蔽室,其接缝区域的电性能是不均匀的。不连续区域是指用铆接、螺接、钎焊或熔焊连接的部位。不连续处的测量方法与门的测量方法基本相同,只是这时不论是水平接缝还是垂直接缝,环天线的中心都应位于每一接缝的中点[见图 2d)]。

GB/T 12190—2021



标引序号说明:

- D —— 环天线的直径;
- W_d —— 单扇或双扇屏蔽门的宽度;
- W_{d1} 、 W_{d2} —— 双扇屏蔽门时每扇门的宽度;
- H_d —— 屏蔽门的高度。

图2 低频频段测量中环天线的标准位置

如果从外观上看不到构件接缝的位置,应借助结构的设计图纸或其他文件来试着确定接缝的位置或板材的尺寸。如果插入的非屏蔽材料离屏蔽壁面足够近,仍能满足环天线和屏蔽室之间规定的测量距离,则图 2 所示的测量位置应尽量用于可接近的试验位置。

可接近的拐角缝隙应按照图 2f) 进行测量,不能完全接近的拐角测量布置见图 2e)。每个可以接近的构件板都要进行测量。

通风孔、接口板或连接器板的 SE 测量与接缝的测量方法相似。以通风孔为例,环天线平面应垂直于装有通风孔的壁面以及该壁面和通风孔所形成的接缝。延伸的环天线平面应通过或尽量通过缝的中心点。环天线的边缘应离开所测壁面 0.3 m。测量时,屏蔽室正常使用时需要的辅助设备(例如风机或风扇等)应正常就位;不是屏蔽室正常工作所需的部分则应在测量前移出屏蔽室。

对单个或安装在同一部位的少量同轴穿墙式连接器,只需在一个位置上测量。

电源线、信号线和控制线滤波器处的 SE 也要测量。对滤波器的外壳进行测量时,应在滤波器的穿入点处测量,以及在未经过钎焊或熔焊处理的缝隙(如果适用)处测量。

5.6.6 低频频段屏蔽效能的确定

如果测量值用线性单位表示,则 SE 的计算见公式(C.1)和公式(C.2);如果使用对数单位,则 SE 的计算见公式(C.6)和公式(C.7)。

5.7 谐振频段测量(20 MHz~300 MHz)

5.7.1 概述

本方法直接测量电磁发射源(即本地源)对屏蔽室所有可以接近表面的影响。入射场可能不是平面波,尤其在该频率范围的低端。屏蔽室的几何形状和物理尺寸对测量结果可能有明显的影响(参见附录 E 的 E.3.1)。

本条规定了 20 MHz~300 MHz 频率范围内的标准测量程序。因为大多数屏蔽室的最低谐振频率都在该频段内,所以在测量时要尽量避开这些频率点。屏蔽室所有者如果出于某种目的或其他原因,要求获得屏蔽室在本频段的 SE 时,则不管潜在谐振是否有影响,测量都应进行。

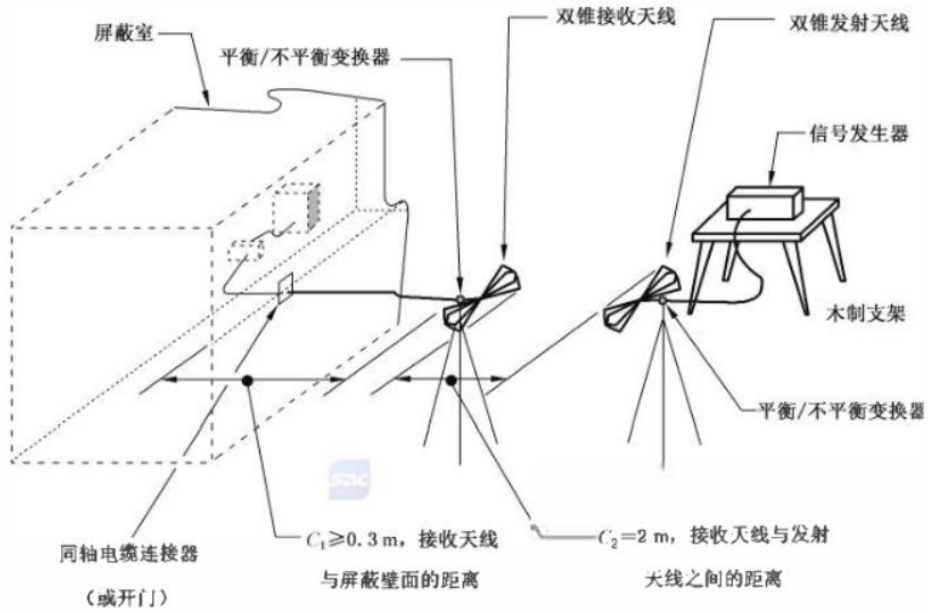
测量应在屏蔽室所有者规定的、并列入试验计划的频点上进行。应尽可能避免在 5.7.5.4 中确定的屏蔽室谐振频率上或接近谐振频率的频点上进行测量。

5.7.2 测量设备和布置

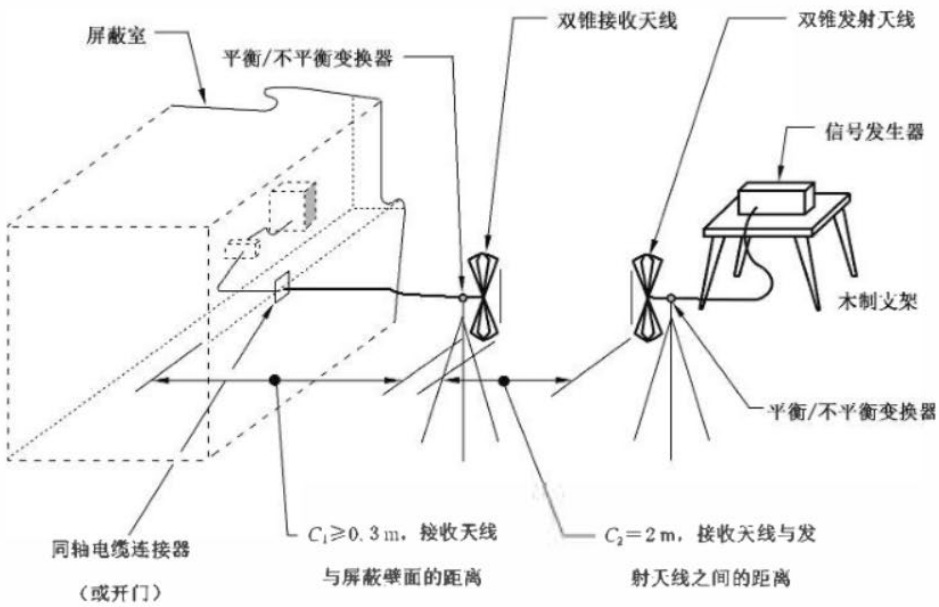
5.7.2.1 概述

信号发生器、测量设备和布置见以下条文及图 3 和图 4。

GB/T 12190—2021



a) 谐振范围参考电平测量布置(水平极化), 20 MHz~100 MHz



b) 谐振范围参考电平测量布置(垂直极化), 20 MHz~100 MHz

图3 谐振范围参考电平测量布置示意图

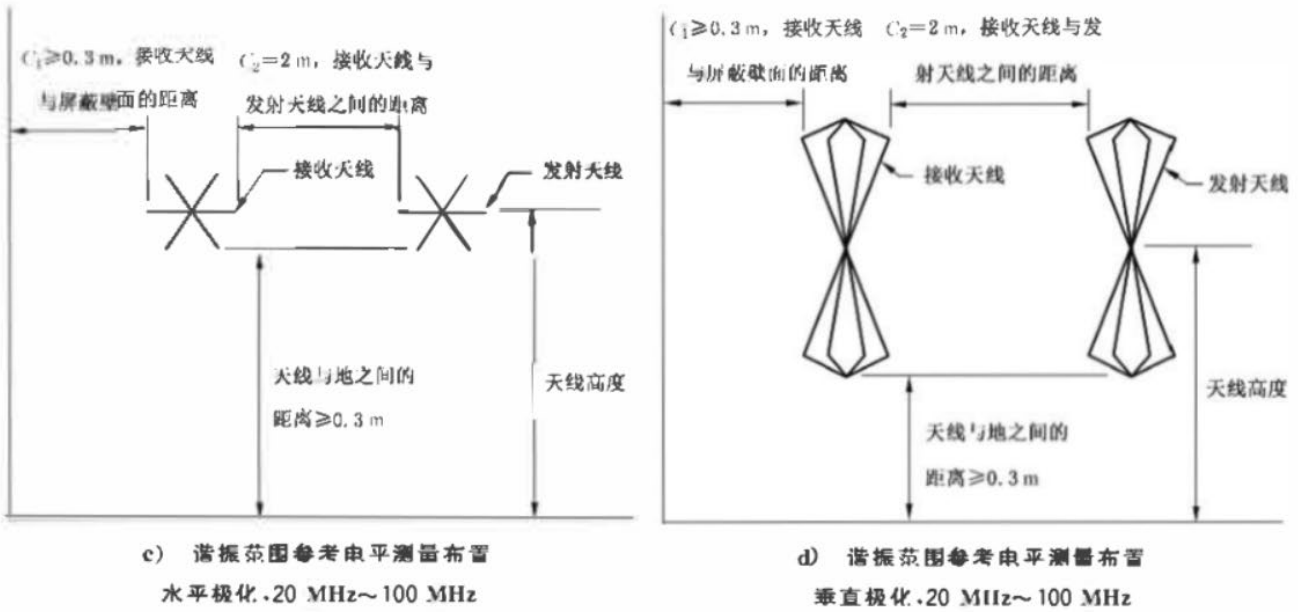


图3 谐振范围参考电平测量布置示意图(续)

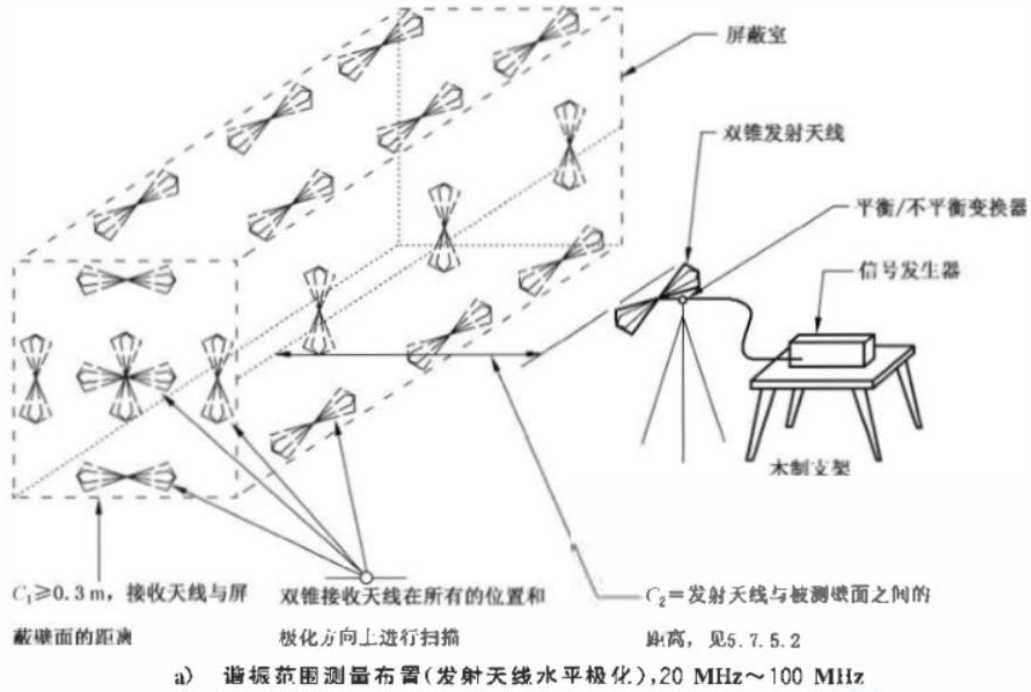
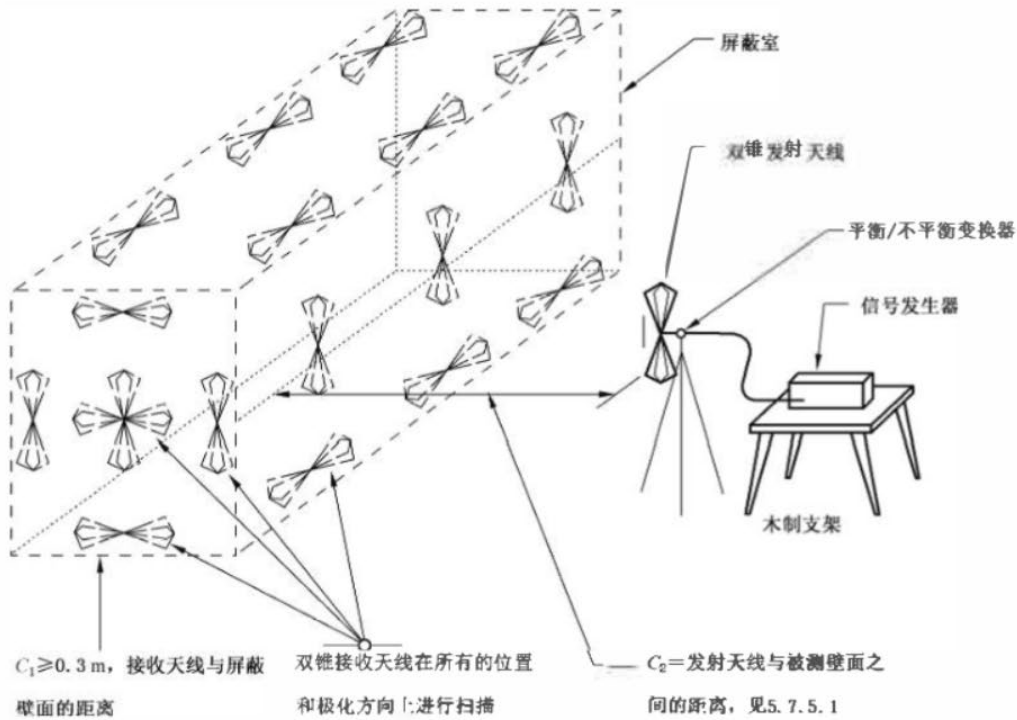
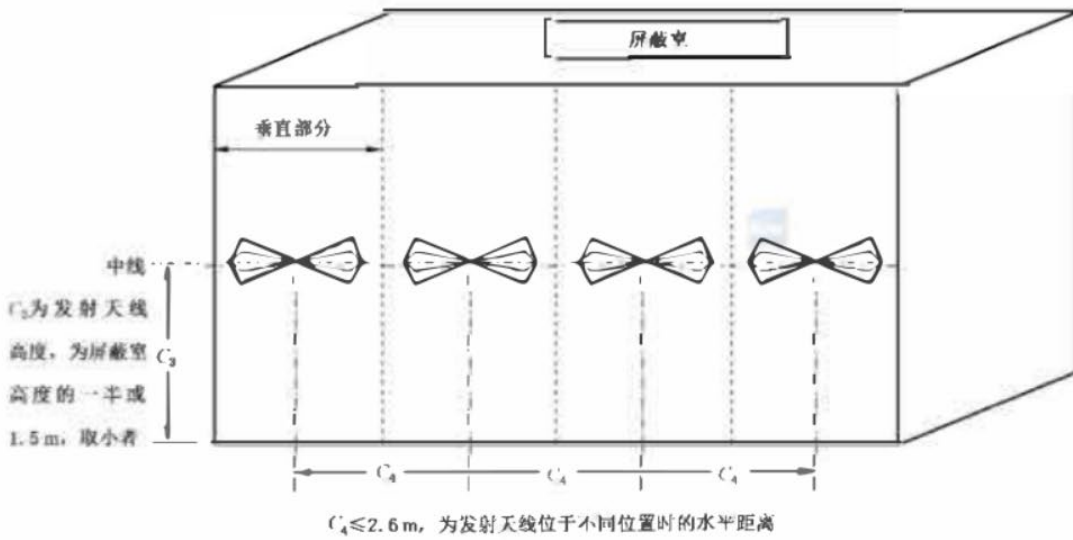


图4 谐振范围测量布置示意图

GB/T 12190—2021

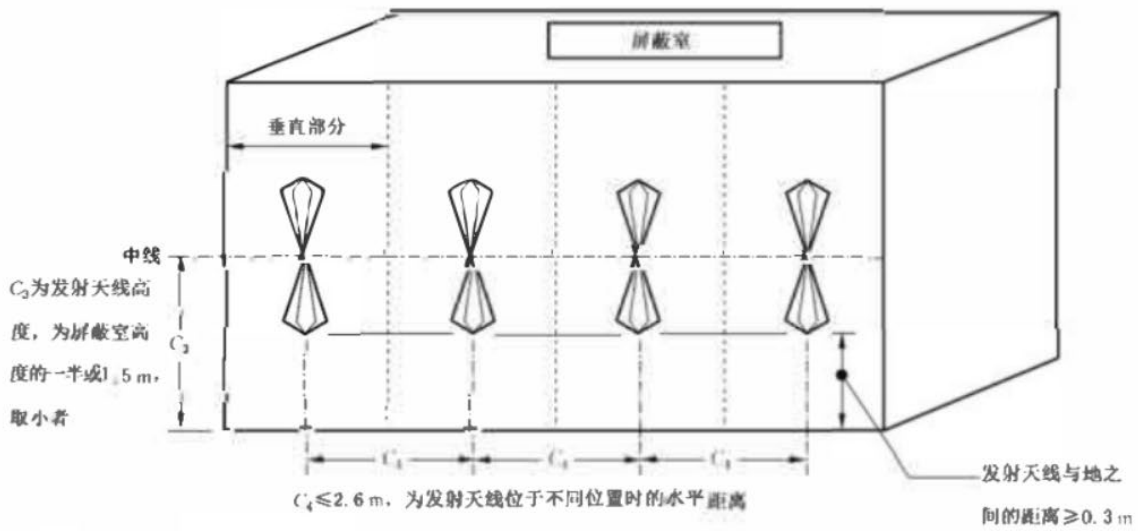


b) 谐振范围测量布置(发射天线垂直极化), 20 MHz~100 MHz



c) 谐振范围测量发射天线布置(水平极化), 20 MHz~100 MHz

图4 谐振范围测量布置示意图(续)



d) 谐振范围测量发射天线布置(垂直极化), 20 MHz~100 MHz

图 4 谐振范围测量布置示意图(续)

5.7.2.2 电磁场源

在 20 MHz~100 MHz 频率范围内,给双锥天线施加功率激励电磁场;在不小于 100 MHz 时,给半波偶极子天线施加功率激励电磁场。施加给天线的功率应足够大以产生所需的测量 DR。施加给发射天线的是未调制的连续波(CW)信号。

5.7.2.3 接收天线

接收天线与发射天线应为同类型天线。如果用偶极子天线,应选 $\lambda/2$ (λ 是测量频率对应的波长) 偶极子天线。将天线的输出通过平衡/不平衡变换器、同轴电缆连接到测量设备。上述电缆应与天线的轴向垂直并至少保持 1 m 距离。应使用带连续铁氧体护套的电缆,或者使用在电缆两端和中间都套有磁环的电缆。由于互连电缆可能引起无意谐振(相关信息见附录 E.3.3),必要时可更换电缆。测量结果中应记录电缆的长度和类型。

5.7.2.4 测量设备

测量设备可以是测量接收机、频谱分析仪或其他类似设备。

5.7.3 初测

正式测量前为探测屏蔽室的缺陷(目的是进行修复),可以参照附录 B 对屏蔽室进行初测。在本文件中,初测不是必需的。

5.7.4 参考电平测量

将发射天线和接收天线都置于屏蔽室外并保持规定的距离,通过测量设备测出信号的参考电平。按图 3 测量参考电平。对上述两种类型的天线,测量方法相同。

天线之间的距离至少为 2 m。如果受到物理尺寸的限制而不能实现,则应使天线间距尽可能大(不能小于 1 m),并在试验报告中注明。

除非电缆紧邻屏蔽室,否则接收天线的连接电缆应与天线的轴向垂直并至少保持 1 m。该电缆最好通过屏蔽壁上的穿墙式同轴电缆连接器通过屏蔽室的壁面。如果没有这种连接器,也可以把门稍开

GB/T 12190—2021

一点,让电缆从门缝通过。此时要考虑直接耦合的影响;用一个模拟负载取代接收天线,并检查接收到的任何信号比参考电平至少小 10 dB 以上。

当天线为水平极化时,接收天线在垂直方向上至少移动±0.5 m;而当天线为垂直极化时,接收天线至少横向移动±0.5 m。尽可能把周围人和物体的影响减到最小,记录下最大读数作为参考电平值。

5.7.5 测量方法

5.7.5.1 概述

确定屏蔽室外发射天线和屏蔽室内接收天线的位置;测量接收信号的最大幅值。

5.7.5.2 发射天线位置

按图 4 的布置,以试验计划(见 4.2)为依据选取一些不同的点作为发射天线的位置。应分别在水平极化和垂直极化下测量。测量点间的水平距离应不大于 2.6 m。如果测量参考电平时两天线间的距离不足 2 m,则水平方向上选取的测量点间距应不大于 1.3 m。对于垂直方向,如果屏蔽壁的高度小于 3 m,则将天线的几何中心放在屏蔽壁高度的一半位置上。如果高度超过了 3 m,那么在垂直方向上要选取几个测量点,测量点间距应不大于 2 m,且天线应定位于每个垂直分段的中心。如果测量参考电平时两天线间距小于 2 m,则垂直方向上选取的测量点间距应不大于 1 m。发射天线距离屏蔽壁至少为 1.7 m(不包括屏蔽室的壁厚);并保证至少离地 0.3 m。如果因为物理尺寸的限制而使两副天线的间距不足 2 m,则发射天线距屏蔽壁的距离为参考距离与 0.3 m 的差值。

测量时,施加给发射天线的功率应等于测量参考电平时信号发生器的输出功率。

5.7.5.3 接收天线的位置和数据记录

接收天线应在屏蔽室内的所有位置和极化方向上寻找最大响应。用记录下的最大值计算屏蔽室的最小 SE。接收天线距屏蔽壁的距离至少为 0.3 m。

5.7.5.4 屏蔽室最低谐振频率的确定

用图 5 或公式(1)确定最低固有谐振频率 f_r ,记录该值。应在记录中说明规定测量频点和最低谐振频率之间的关系,并用 f_r (见 E.3.1)的小数倍数表示。

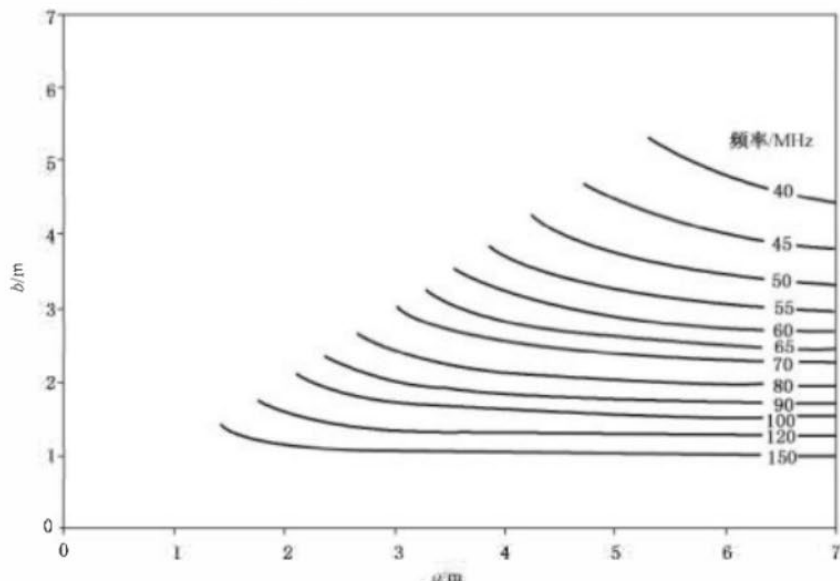


图 5 最低固有谐振频率图

对于最大尺寸分别为 a 和 b 的屏蔽室,其最低谐振频率 f_r 计算见公式(1):

$$f_r = 150 \sqrt{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- f_r ——最低谐振频率,单位为兆赫兹(MHz);
- a ——屏蔽室的长度,单位为米(m);
- b ——屏蔽室的宽度,单位为米(m)。

5.7.5.5 测量点

用试验计划中规定的方法,在所有发射天线位置、测量频率、屏蔽室的各表面重复 5.7.5.3。测量人员宜按照测量参数(频率、天线位置)的顺序进行测量,以缩短测量时间。

5.7.6 谐振频段屏蔽效能的计算

测量值如果使用线性单位,则 SE 的计算见公式(C.2)、公式(C.3)或公式(C.4);如果使用对数单位,则 SE 的计算见公式(C.5)、公式(C.7)或公式(C.8)。

下面的注释应包含在试验报告中:

该频段内单频点测量时得到的 SE 测量结果并不能代表整个频段内其他频率点的 SE。由于谐振或反射的影响,测量结果可能有明显的差异。

5.8 高频频段测量(300 MHz~18 GHz)

5.8.1 概述

高频频段的测量方法是在所有可接近的屏蔽壁上直接测出高频源(即本地源)的影响。当相关的波长和周围的结构允许时,入射到屏蔽体的场应是平面波。

5.8.2 频率范围和频段

本条规定 300 MHz~18 GHz 频率范围内的标准测量方法。实际测量频点应由屏蔽室所有者决定并写入试验计划。在任何情况下,最低测量频点应至少是屏蔽室最低固有谐振频率 f_r 的 3 倍。最低固有谐振频率 f_r 的确定见 5.7.5.4 和图 5。

宜在下列频段内各只选一个频点进行测量:300 MHz~600 MHz、600 MHz~1 GHz、1 GHz~2 GHz、2 GHz~4 GHz、4 GHz~8 GHz 和 8 GHz~18 GHz。

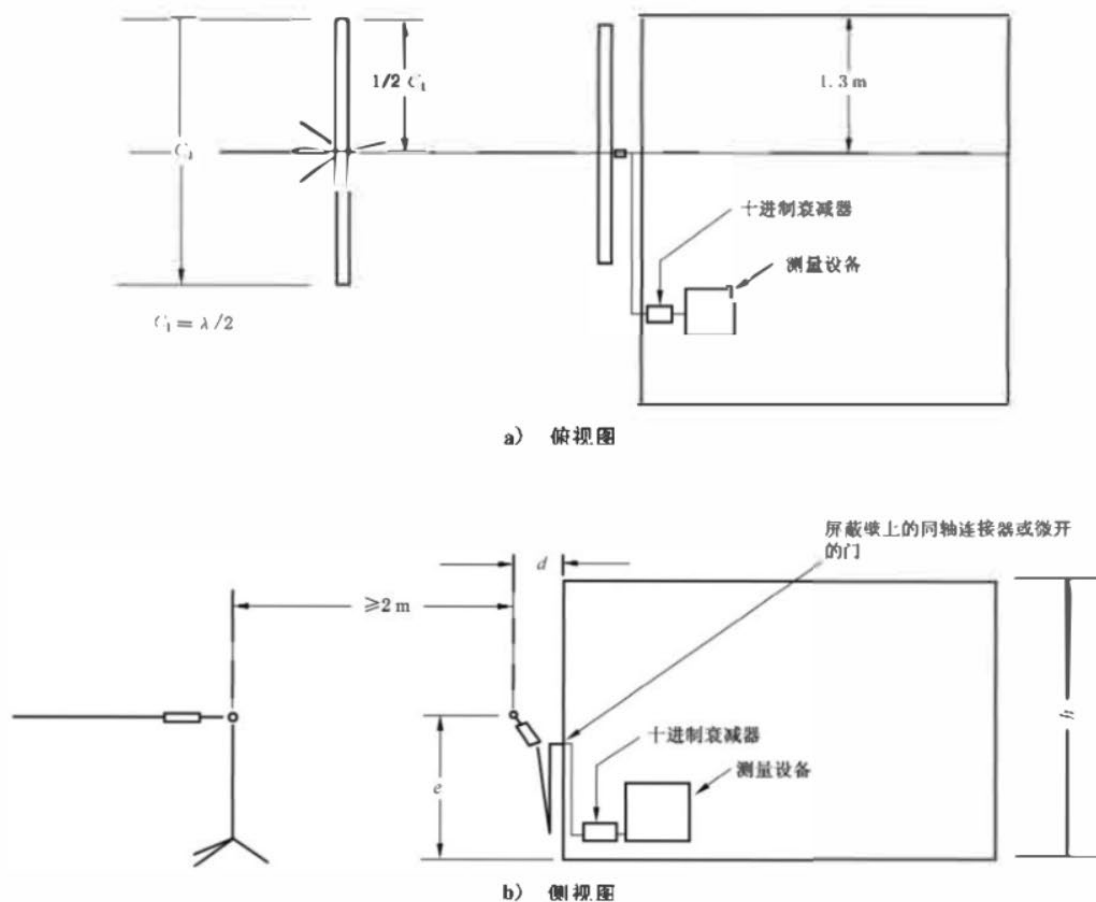
如果有合适的测量设备,该方法的频率范围可扩展到 100 GHz。

5.8.3 测量设备和布置

5.8.3.1 概述

信号发生器、测量设备与布置见以下条文和图 6、图 7、图 8。

GB/T 12190—2021



标引序号说明:

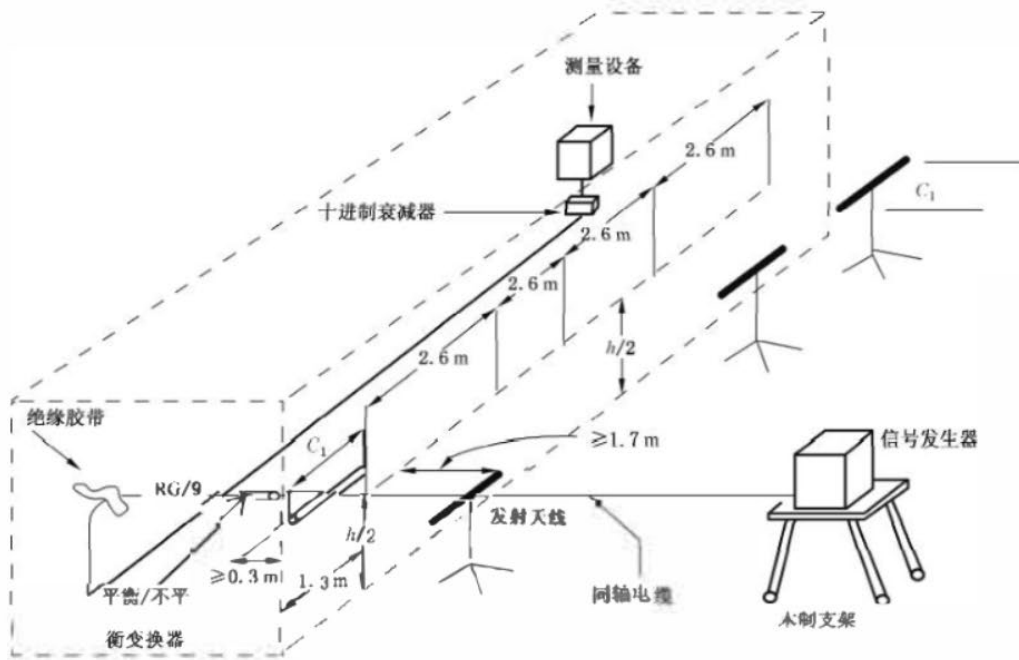
e —— 屏蔽室高度的一半, 即 $e = h/2$, 其至少移动 $\pm h/4$;

h —— 屏蔽室高度;

d —— 接收天线与屏蔽室壁面之间的距离, 等于 0.3 m, 其至少移动 $\pm \lambda/4$;

C_1 —— 半波长, 即 $\lambda/2$ 。

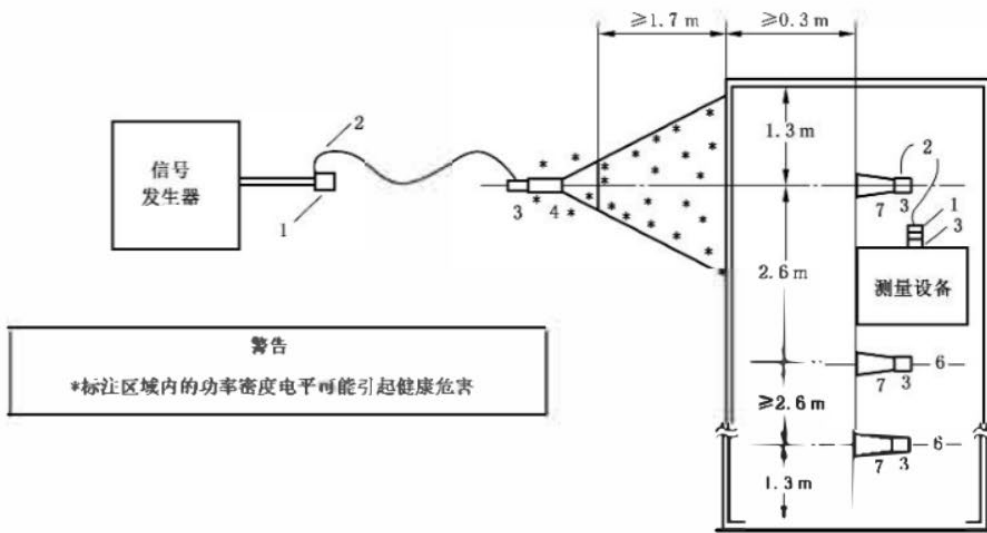
图 6 参考电平测量布置 (300 MHz ~ 1 000 MHz)



索引序号说明：

- h —— 屏蔽室高度；
- C_1 —— 半波长，即 $\lambda/2$ ；
- RG/9 —— 电缆规格。

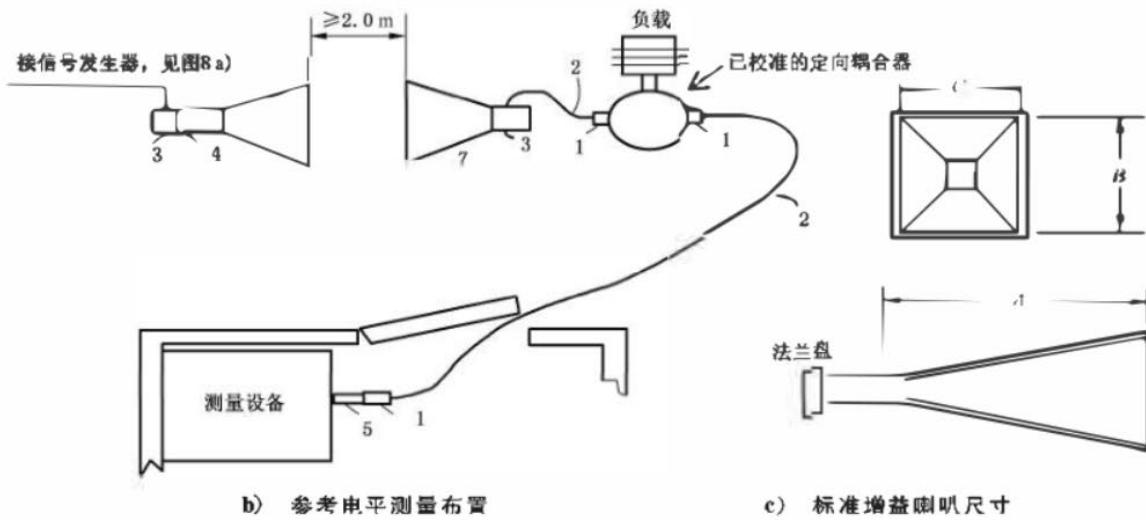
图 7 SE 测量布置(300 MHz~1 000 MHz)



a) SE 测量布置

图 8 参考电平测量布置和 SE 测量布置(1 GHz 以上)

GB/T 12190—2021



标引序号说明:

- 1——N型同轴适配器(需要时);
- 2——同轴电缆或波导;
- 3——适配器(需要时);
- 4——发射天线,见表3规定的标准增益喇叭天线或双脊波导喇叭天线;
- 5——衰减器(需要时);
- 6——补充的中心线,以便辐射所有区域;
- 7——接收喇叭天线,见图8c),其典型尺寸A、B和C见表3,尺寸与标准波导、法兰和波导—同轴转换相关。

图8 参考电平测量布置和SE测量布置(1 GHz 以上)(续)

5.8.3.2 电磁场源

用偶极子天线、双锥天线、喇叭天线、对数周期天线或者其他线极化天线来模拟电磁场源。施加给发射天线的是未调制的连续波(CW)信号。

为获得足够的DR,可能要采用大功率的超高频源或者微波源,但要注意射频场对人员照射产生的危害。

在任何情况下都要考虑传输电缆的影响。以偶极子天线为例,与天线轴垂直的传输电缆部分至少要长于一个波长。

5.8.3.3 测量设备

应使用测量接收机、频谱分析仪或其他类似测量设备进行测量。

在300 MHz~1 GHz频率范围内,只能使用偶极子天线。电偶极子的长度应为 $\lambda/2$ 。其输出应通过平衡/不平衡变换器经由同轴电缆连接至测量设备上;电缆应与偶极子天线垂直,且垂直长度应保持在1 m以上。

频率高于1 GHz时,应采用标准增益喇叭天线(其典型尺寸见表3)或双脊波导喇叭天线。

表 3 标准增益喇叭天线的尺寸和频率范围

频率范围 GHz	长度 A(最小值) mm	宽度 B(近似值) mm	高度 C(近似值) mm
0.96~1.46	1 033	632	475
1.12~1.7	883	534	402
1.7~2.6	641	347	267
2.6~3.95	553	241	181
3.95~5.85	299	163	122
5.85~8.2	299	122	90
8.2~12.4	226	81	63
12.4~18.0	140	55	43

5.8.4 初测

正式测量前,为探测屏蔽室的缺陷(目的是进行修复),可以参照附录 B 对屏蔽室进行初测。在本文件中,初测不是必需的。

5.8.5 参考电平测量

5.8.5.1 概述

参考电平测量应按 5.8.5.2、5.8.5.3 图 6 和图 8 进行。

5.8.5.2 偶极子天线的参考电平测量(300 MHz~1 GHz)

两副天线之间的距离至少为 2 m。如果因物理尺寸的限制而达不到,则应保证天线间距尽可能大(不能小于 1 m),同时在试验报告中加以注明。

除非电缆紧邻屏蔽室,否则接收天线的连接电缆应与天线的轴向垂直并至少保持 1 m。该电缆最好通过屏蔽壁上的穿墙式同轴电缆连接器通过屏蔽室壁面。如果没有这种连接器,也可以把门稍开一点,让电缆刚好从门缝通过;此时要考虑直接耦合的影响;用一个模拟负载取代接收天线,并检查接收到的任何信号比参考电平应至少小 10 dB。

当两副天线为水平极化时,接收天线在垂直方向上至少上下各移动被测区域高度 h 的 $1/4$,并且应再朝向或离开发射源移动 $\lambda/4$;当天线为垂直极化时,接收天线至少左右各横向移动被测区域的壁宽度的 $1/4$;并且应再朝向或离开发射源移动 $\lambda/4$ 。将记录下的最大读数作为参考电平值。

5.8.5.3 喇叭天线的参考电平测量(1 GHz 以上)

参考电平的测量布置见图 8b)。

如果测量时使用到与测量设备相连的衰减器和 N 型适配器,则应将其放置在屏蔽室内。接收天线放置的位置应距屏蔽壁有一定的距离。发射天线与接收天线应共轴,口径面相距 2 m;当两副天线之间的间距限制了 DR,可以适当减小天线的间距,但不能小于 1 m,并在试验报告中注明此时的间距。在屏蔽室壁面上安装穿墙式插座,使定向耦合器的输出通过电缆连接到测量设备。

两副天线的高度应和测量过程中的高度近似相同。应选择合适的电缆与接收天线的输出端连接。测量时,接收天线应在各个方向上移动大致 $\lambda/4$ 的距离;记录最大的读数。

GB/T 12190—2021

5.8.6 测量方法

5.8.6.1 概述

确定发射天线和接收天线距屏蔽壁的相对位置后,测量最大信号的幅值。无论用偶极子天线测量还是用喇叭天线测量,方法均相同。

5.8.6.2 发射天线位置

按照图 7 和图 8,根据试验计划选取一些测量点,选取的发射天线位置和极化应能分别覆盖屏蔽室的各壁面。

测量分别在天线水平极化和垂直极化下进行。相邻测量点间的水平间距应不大于 2.6 m。但如果测量参考电平发射天线和接收天线间的距离不足 2 m,则相邻测量点间水平间距应不大于 1.3 m。如果屏蔽墙体高度不大于 3 m,则将天线中心放在屏蔽墙体高度的一半位置上。如果屏蔽墙体高度超过 3 m,则在垂直方向上要增加测量点。垂直方向测量点间距不应大于 2 m,天线应位于每个垂直分段的中心。但如果测量参考电平发射天线和接收天线的间距不足 2 m,则相邻测量点间垂直间距应不大于 1 m。发射天线距测量壁面至少为 1.7 m(不包括屏蔽壁的厚度);并保证至少距地面 0.3 m。如果因为物理尺寸的限制而使两副天线的间距不足 2 m,则发射天线到屏蔽壁的距离为参考距离与 0.3 m 的差值。

测量时,施加给发射天线的功率应等于 5.8.5 中测量参考电平时使用的功率。

5.8.6.3 接收天线的位置和数据记录

接收天线应在屏蔽室内的各个位置、各个极化方向上寻找最大响应。用记录下的最大值计算屏蔽室的最小 SE。接收天线距屏蔽壁的最近距离应不小于 0.3 m。

5.8.6.4 测量点

用试验计划中规定的方法,在所有发射天线位置、测量频率、对屏蔽室的各壁面重复 5.8.6.3。试验人员应按照测量参数(频率、天线位置)的顺序进行测量,以便缩短测量时间。

5.8.7 屏蔽效能的计算

测量值如果使用线性单位,则 SE 的计算见公式(C.2)、公式(C.3)或公式(C.4);如果使用对数单位,则 SE 的计算见公式(C.5)、公式(C.7)或公式(C.8)。

6 试验报告

试验报告中应至少包含以下内容:

- a) 客户名称;
- b) 检测机构名称;
- c) 屏蔽室名称及简单描述;
- d) 试验地点;
- e) 试验人员;
- f) 试验日期;
- g) 测量频率点;
- h) 具体的测量位置;

- i) 使用的测量仪器:包括制造商、型号、串号、校准日期;
- j) 测量方法和试验布置;
- k) SE 的计算方法,以及与标准测量方法的差异;
- l) SE 结果及限值(如果有);
- m) 测量不确定度。

GB/T 12190—2021

附 录 A
(资料性)
测量技术选择指南

A.1 屏蔽室的分类

通常根据屏蔽室的建造方法、屏蔽材料和预期的用途对屏蔽室加以分类。

建造方法是指并不限于：单层屏蔽、双层屏蔽、双层电气隔离屏蔽、螺栓紧固、固定式、可拆卸式和焊接式；屏蔽材料是指并不限于：铜（非网状和网状）、钢（带材和板材）、铝或金属化纺织物；从用途上可分为并不限于：军标符合性测量暗室、商用 EMC 符合性测量的半电波暗室和全电波暗室、混响室；研发试验使用设施、射频设备的生产和维修设施、医疗成像和治疗设施、科学研究设施。

确定屏蔽室的用途后，并考虑到上面提到的分类，可以在选择测量方法和测量频率时适当地应用本文件。某些情况下，可能需要使用特殊的技术，例如在一段频率范围内扫频。详见其他附录。

以下为一些实际应用中的例子：

- a) 军用焊接屏蔽室需要在每个频段上都进行测量。SE 的要求也比较高，通常都在 100 dB 以上。
- b) 医疗上用于磁谐振成像(MRI)用途的单屏蔽、螺栓的铜屏蔽室可以只在该磁谐振频率范围内进行测量，通常要求的 SE 在 80 dB~100 dB 之间。
- c) 用于甚高频(VHF)或超高频(UHF)频段射频设备测量和修理的钢屏蔽室通常只在高频范围内进行测量。
- d) 用金属化纺织物或网状材料做成的便携式测量室在谐振或高频范围内的性能要求不高。

A.2 性能要求

在设计、订购和建造屏蔽室的过程中就需对其 SE 提出明确的要求。本文件的目的是对各种类型的屏蔽室提出一个统一的测量方法。但测量方法的选择和使用仍由屏蔽室所有者决定。如果本文件要求的方法和技术与特殊的屏蔽室不配套，那么就不能依照本文件进行所有测量。

A.3 仪器设备的要求

测量 SE 时使用的仪器一定要满足测量的需要。频率范围和测量方法决定了需要使用的信号发生器和天线类型。需保证仪器的频率范围和 DR 都满足相应要求。测量系统的 DR 需比规定的或预期的 SE 大 6 dB 以上。在本文件的频率范围内，测量时根据需要可以选择射频功率放大器或预放大器。

附录 B

(资料性)

初测和改讲

B.1 概述

在正式测量 SE 前,可进行小范围的改讲,必要时也可大范围地整改。为提高效率,在按照第 5 章的方法测量前先进行粗略检查。但粗略检查不是必需的。

B.2 准备

在正式测量开始前进行的初测虽然不是强制性的,但还是有益的。它能寻找到那些泄漏严重的区域。

B.3 初测的频率

初测的频率既可以在正常测量的频率范围内,也可以在扩展的频率范围内。

在低频频段(9 kHz~20 MHz)选择环天线(直径小于 1 m)作为发射天线和接收天线。

在谐振频段(20 MHz~300 MHz)宜使用双锥天线和偶极子天线。

在高频频段(300 MHz~18 GHz)使用偶极子天线、喇叭天线及类似的天线。

测量需按照试验计划(见 4.2)进行。在下面几个频段内选择单一的频点进行测量:9 kHz~16 kHz,140 kHz~160 kHz,14 MHz~16 MHz,50 MHz~100 MHz,300 MHz~400 MHz,600 MHz~1 000 MHz,8.5 GHz~10.5 GHz,16 GHz~18 GHz。设施所独有的频率也需考虑。

B.4 初测方法

在初测开始前,需对测量设备的泄漏情况加以测量。

测量时,屏蔽室工作时通常存在的辅助设备,例如风机或风扇,需按正常使用时布置;而屏蔽室正常使用时不需要的多余设备则需在测量前移出屏蔽室。

发射天线和接收天线的位置需与第 5 章的各测量大概相同(见图 1、图 2、图 4、图 7 和图 8),但对初测,可调整天线的位置和方向以得到最大的响应,并且在屏蔽室各个可以接近的表面扫描一遍以检测泄漏最严重的区域。

需对门、电源滤波器、通风孔、缝隙、同轴电缆和观察窗、通信用滤波器、波导装置、逃生口、液体管道连接口等处进行测量,然后根据测量结果和泄漏的区域大小,屏蔽室所有者和检测机构可以决定是先进行改讲还是继续测量。

GB/T 12190—2021

附录 C

(资料性)

SE 数学公式

C.1 专门的数学公式

通常,穿透屏蔽室的场强来自入射在屏蔽壁上电磁波的电场分量和磁场分量。如果分别对磁场和电场进行测量,可证明它们是入射波的函数。此外,电磁波在穿透屏蔽壁时波阻抗将完全发生变化,测量可能会受到传感器位置的影响。除非非常细致地控制测量步骤,否则测量过程的细节对测量的结果可能会有较大影响。因此,在以下条款中针对各有关测量方法提出了专门测量屏蔽室效能的定义。

C.2 低频频段(50 Hz~20 MHz)的屏蔽效能

在低频频段(50 Hz~20 MHz),SE 可用磁场表达,见公式(C.1):

SE_H = 20lg (H_1 / H_2) (C.1)

式中:

SE_H —— 磁场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

H_1 —— 无屏蔽室时的磁场强度(参考读数),单位为微安每米(μA/m);

H_2 —— 屏蔽室内的磁场强度,单位为微安每米(μA/m)。

如果与磁场强度 H_1、H_2 成正比的检测仪器指示值是电压读数 V_1、V_2,则公式(C.1)也可更方便地表示为公式(C.2):

SE_H = 20lg (V_1 / V_2) (C.2)

式中:

SE_H —— 磁场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

V_1 —— 无屏蔽室时的电压读数(参考读数),单位为微伏(μV);

V_2 —— 屏蔽室内的电压读数,单位为微伏(μV)。

如果测量结果以对数单位表示,则可利用公式(C.6)或公式(C.7)直接计算 SE。

C.3 谐振频段(20 MHz~300 MHz)的屏蔽效能

在谐振频段,可以用电场强度或功率的形式表示 SE,见公式(C.3)和公式(C.4)。

SE_H = 20lg (E_1 / E_2) (C.3)

式中:

SE_H —— 电场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

E_1 —— 无屏蔽室时的电场强度,单位为微伏每米(μV/m);

E_2 —— 屏蔽室内的电场强度,单位为微伏每米(μV/m)。

或者表示为:

SE_H = 10lg (P_1 / P_2) (C.4)

式中:

SE_H —— 电场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

P_1 ——无屏蔽室时的功率,单位为毫瓦(mW);

P_2 ——屏蔽室内的功率,单位为毫瓦(mW)。

如果测量结果以对数单位表示,则可利用公式(C.5)、公式(C.7)或公式(C.8)直接计算 SE。

C.4 高频频段(300 MHz~100 GHz)的屏蔽效能

在高频频段(300 MHz~100 GHz),SE 可以直接用公式(C.2)、公式(C.3)、公式(C.4)或公式(C.5)、公式(C.7)、公式(C.8)计算。

C.5 用非线性单位(对数)计算

如果使用非线性单位,则 SE 可以直接用公式(C.5)、公式(C.6)、公式(C.7)、公式(C.8)表示。

$$SE_E = E_1 - E_2 \dots\dots\dots(C.5)$$

式中:

SE_E ——电场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

E_1 ——无屏蔽室时测得的电场强度,单位为分贝微伏每米(dBμV/m);

E_2 ——屏蔽室内测得的电场强度,单位为分贝微伏每米(dBμV/m)。

$$SE_H = H_1 - H_2 \dots\dots\dots(C.6)$$

式中:

SE_H ——磁场屏蔽效能,单位为分贝(dB);

H_1 ——无屏蔽室时测得的磁场强度,单位分贝微安每米(dBμA/m);

H_2 ——屏蔽室内测得的磁场强度,单位分贝微安每米(dBμA/m)。

$$SE = V_1 - V_2 \dots\dots\dots(C.7)$$

式中:

SE ——屏蔽效能,单位为分贝(dB);

V_1 ——无屏蔽室时测得的电压,单位分贝微伏(dBμV);

V_2 ——屏蔽室内测得的电压,单位分贝微伏(dBμV)。

$$SE = P_1 - P_2 \dots\dots\dots(C.8)$$

式中:

SE ——屏蔽效能,单位为分贝(dB);

P_1 ——无屏蔽室时测得的功率,单位为分贝毫瓦(dBmW);

P_2 ——屏蔽室内测得的功率,单位为分贝毫瓦(dBmW)。

C.6 动态范围的考虑

测试系统的 DR 与下列因素有关:激励信号强度、发射和接收天线性能、电缆损耗、衰减器和/或预放大器的性能、测量设备的背景噪声。通常情况下,信号发生器的功率可以足够大(如果 SE 在 120 dB 以上,则需要更大的发射功率)。本文件规定使用的无源天线,它对系统动态范围的影响不大。在频率低于 1 GHz 时,除了在测量比较大的屏蔽室时需要使用长电缆外,一般长度的电缆损耗对 DR 的影响都不明显。因此测量设备和预放大器是决定 DR 的重要因素。

对现代测量设备,当带宽小于 30 kHz 时,其典型本底噪声小于-120 dBm。因此,影响 DR 的关键是施加到设备的最大信号不会引起非线性(增益压缩),否则会改变参考电平读数并影响屏蔽效能结果。测量系统(测量设备加上任何外部衰减器)的 DR 是最大可能输入信号(通常定为 1 dB 压缩点)和本底噪声(它限制最小可检测到的信号)的差值。测量设备的动态范围 DR_{RCVR} 的计算见公式(C.9)。

$$DR_{RCVR} = A_1 - A_2 \dots\dots\dots(C.9)$$

GB/T 12190—2021

式中：

DR_{rcvr} —— 测量设备的动态范围，单位为分贝(dB)；

A_1 —— 引起 1 dB 压缩的最小输入信号(包括内部和/或外部衰减器)，单位为分贝(dB)；

A_2 —— 在该频率上、在同样的带宽下，设备可检测到的最小信号(通常是本底噪声)，单位为分贝(dB)。

为了确定 DR，DR 需比预期的 SE 大 6 dB 以上。这意味着对一个 SE 进行测量，不必按上述方法确定绝对 DR 的大小，除非屏蔽室的预期 SE 非常大。当使用进行参考电平测量时的实际发射功率电平，只要接收系统是线性的，实际测量配置的 DR(考虑接收机本底噪声)超过 SE 要求至少 6 dB，即满足本文件的要求。

附录 D

(资料性)

其他的有关信息

D.1 环天线共面和共轴的比较

环天线共面和环天线共轴在屏蔽室表面所激励出的电流有着显著的差别。共面环天线感应的电流集中在共面的一条线上,而共轴环天线感应的电流则集中在与激励环平行的一个圆环上。这些不同导致了测量的差异,主要体现在以下三个方面:

- a) 位置的精确性:确定缝隙缺陷的位置时,使用共面天线的情况(单一电流流过缝隙)要比使用共轴天线的情况(两股电流流过缝隙)更精确。这一点在多个缺陷存在时显得尤为重要;
- b) 环阻抗:在以下两种情况下,共轴环天线的输入阻抗变化要比共面环天线的输入阻抗变化剧烈:
 - 1) 靠近屏蔽体时;
 - 2) 离开屏蔽体时。

按照 5.6.5.1,可以使源天线中保持相同的电流,避免对源场强产生影响。

- c) 源功率:在共轴情况时,由于环之间的紧密耦合作用,激励共轴发射环天线所需的功率比共面所需的功率小。

由于共面环天线在发现缺陷位置和估量其影响上都比共轴环天线准,所以本文件使用共面环天线法。

无屏蔽的环天线能产生和/或接收磁场和电场。在低频段电场分量要比磁场分量衰减明显,使用无屏蔽的环天线会人为地将 SE 测量结果增大 4 dB~10 dB。所以本文件要求需要使用静电屏蔽环天线。

D.2 高磁导率铁磁性屏蔽室的非线性

强磁场可以使磁材料饱和从而使磁场强度的测量结果不准确。非线性的影响可以通过以下方式获得:将源天线与接收环天线分别位于屏蔽壁面几何中心的两侧(见图 1),然后测量磁场 SE 与源场强的函数关系。测量时,信号发生器的输出以 10 dB 的步进递增,通常为 0.1 W、1 W 和 10 W。如果磁场 SE 值降低了 2 dB 以上,就要在上述输出值的中间选择其他值再测量。绘出结果曲线,以确定线性特性(在 ± 1 dB 之内)下对应的最大电平。

D.3 测量频率的选择

在选择测量频率时,需参考国家或军队无线电管理机构提供的频率列表。可从供工业、科学和医疗设备(ISM)使用的频率(见表 D.1)或表 D.2 中选择频率。

表 D.1 工业、科学和医疗设备(ISM)使用的频率

kHz	MHz
6 780 \pm 15	915 \pm 13
13 560 \pm 7	2 450 \pm 50
27 120 \pm 163	5 800 \pm 75
40 680 \pm 20	24 125 \pm 125

GB/T 12190—2021

表 D.2 9 kHz~18 GHz 内建议的测量频率

kHz	kHz	MHz	MHz	MHz	GHz
10.0	111	1.0 ^a	13.56	130	1.29
14.0	130	1.3 ^a	16.00	160	1.86
16.0	160	1.995	20.02	209 ^a	2.1
20.5	200	2.6	27.12	260	2.45
25	250	3.2	33.30	327	3.29
32	326	4.06	40.68	415	4.19
40	400	5.1	52	523 ^a	5.80
50	520	6.525	65 ^a	661 ^a	6.6
64	640 ^a	8.1	81 ^a	830	8.4
80	810 ^a	10.1	100 ^a	915	10.495
—	—	—	—	—	13.22
—	—	—	—	—	18

^a 这些频率在广播频段以内。如果这些频率已被占用,则在这些频率的附近选择没有被占用的频点。

选择的频点不能对其他无线业务造成干扰。

避免选择下面的频率:

- 受保护的民用公共无线业务频率、军用频率和消防频率;
- 正好与商用广播电视台台站频率相同的频率;
- 防护频带内的频率,在测量地点附近的甚低频(VLF)、低频(LF)、中频(MF)或高频(HF)段无线电导航频道工作所使用的紧急事件频率;
- 国际时间频率站使用的频率;
- 测量地点附近射电天文台使用的频率。

所有将使用的频率均是单点频率而不是一个频段。



附录 E

(资料性)

基本原理

E.1 概述

本文件规定的测量方法保证了技术的有效性,简化了测量过程,可以避免财力和物力的浪费。这些明确规定的测量方法构成了本文件的基础。

E.2 一些考虑

E.2.1 标准测量

在标准频率范围内(表 1)的测量结果可用来比较不同屏蔽室的 SE 特性。

标准测量位置如下:

- a) 屏蔽壁上预选的门缝和结合部位;
- b) 所有屏蔽面上穿墙装置可接近的部位。

E.2.2 初测

在正式测量开始之前可以先进行初测,以便找到 SE 比较差的部位。如果 SE 达不到要求,可以对其进行改进。

经验表明:在低频频段,磁场 SE 已经体现了最严格的要求,本文件没有给出电场 SE 的测量方法,因此,低频频段电场 SE 可不测量。

E.2.3 非线性特性

在强发射情况下,可能出现显著的非线性特性,这将导致 SE 的变化。附录 D 提供了在规定照射范围内界定明显非线性特性的可选方法。

E.2.4 扩展的频率范围

按照本文件的方法,并使用下面三个频率范围内的任何非典型频率,可得到附加的测量结果:

- 低频频段:50 Hz~20 MHz;
- 谐振频段:20 MHz~300 MHz;
- 高频频段:300 MHz~100 GHz。

E.3 腔体谐振

E.3.1 腔体谐振的考虑

在屏蔽室谐振频率范围内进行测量时,需考虑结果是否正确。该频率范围大概从 $0.8f_0$ 到 $3f_0$, f_0 是指屏蔽室的最低固有谐振频率。在该频段测量时,需考虑采取专门的预防措施。对尺寸比较大的屏蔽室,其最低固有谐振频率可能在 20 MHz 以下。

由于屏蔽室壁面导电连续性,因此其是一个谐振腔体。在一定条件下,当电磁波注入到屏蔽室内时,在高于其最低固有谐振频率 f_0 的频段内将产生驻波。由于驻波的影响,屏蔽室内部的电磁场不再均匀,出现了与该激励频率相关的极大值和极小值。

谐振频率和模式取决于屏蔽室的几何尺寸和形状。几乎任何形状的屏蔽室都可以产生谐振,但通

GB/T 12190—2021

常只对相对简单的长方体、圆柱体和球体屏蔽室的谐振频率进行数学分析。大部分屏蔽室是六面长方体结构。这种形状的屏蔽室的谐振频率用公式(E.1)计算：

$$f_{ijk} = \frac{1}{2\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\left(\frac{i}{a}\right)^2 + \left(\frac{j}{b}\right)^2 + \left(\frac{k}{c}\right)^2} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

- f_{ijk} ——屏蔽室的谐振频率，单位为兆赫兹(MHz)；
- μ_0 ——屏蔽室内部的磁导率；
- ϵ_0 ——屏蔽室内部的介电常数；
- a ——屏蔽室的长度，单位为米(m)；
- b ——屏蔽室的宽度，单位为米(m)；
- c ——屏蔽室的高度，单位为米(m)；
- i, j, k ——常数，取 0, 1, 2... 整数，但 i, j, k 三者中每次最多只能有一个数取 0 值。

上式中 $a > b > c$ 。

在理想条件下，谐振频率 f_{ijk} 由公式(E.2)计算：

$$f_{ijk} = 150 \sqrt{\left(\frac{i}{a}\right)^2 + \left(\frac{j}{b}\right)^2 + \left(\frac{k}{c}\right)^2} \dots\dots\dots (E.2)$$

令 i, j, k 中与最短边长(如 c)对应的系数为 0，另外两个系数(如 i, j)为 1，则由公式(E.3)可得最低谐振频率 f_r ：

$$f_r = f_{110} = 150 \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

- f_r ——最低谐振频率，单位为兆赫兹(MHz)。
- 当频率高于 f_r 时，屏蔽室才会维持谐振；而频率低于 f_r 时则不会维持谐振。

对长、宽、高都为 2 m 的最小屏蔽室，三个最低模式(例如 TM_{110} 、 TE_{011} 和 TE_{101})有同样的谐振频率 $f_r = f_{110} = 106$ MHz；屏蔽室尺寸越大，谐振频率越低。

腔体内能量损耗用品质因数 Q 表示。 Q 为一个周期内储存的能量与损耗的能量的比值。在空屏蔽室内，能量损耗是屏蔽壁所用金属材料电导率的函数，因此当使用铜等一类高电导率材料时，能量损耗最小。屏蔽室内的任何金属物体都会增加能量损耗。

E.3.2 缝隙谐振的考虑

除腔体谐振外，其他的谐振也会影响 SE 的测量结果，其中就有缝隙谐振。穿过导电平面上缝隙的电磁场随着频率而变化。缝隙谐振可能在比腔体最低固有谐振频率 f_r 低的频率上产生。

这些谐振效应是屏蔽室的固有特性，也需加以考虑。

E.3.3 注意事项

大量的试验证明：接收天线与测量设备之间的连接电缆会影响屏蔽室内的场强，对 SE 的结果产生影响。因此需要给天线加平衡/不平衡变换器，给电缆上套磁环加载以尽量降低电缆自身对测量结果的影响。试验人员可在屏蔽室内只用同一根长电缆用于测量。如果使用不同的电缆可能得出不同的测量值，影响测量结果的重复性。需将电缆的长度写入试验报告中。

如果怀疑谐振效应对屏蔽室的 SE 产生了显著影响，可以在有关的频点左右进行频率扫描；在该相关频点左右选一些频点测量也能达到同样目的。如果在该频段内 SE 的值变化 6 dB 以上，则认为谐振的影响是明显的。

通常谐振效应在频率低于 $0.8f_r$ 时达到最小。在该频段内，需尽量在算出的固有谐振频率 f_r 的

80%或更低的频率处测量。

如果接收天线的位置距离屏蔽壁太近,天线本身的特性将受到影响。测量时,接收天线的摆放位置可参考图 E.1。

在复杂的腔体里,例如高频激励的屏蔽室,天线的方向性不明;再加上因腔体品质因数 Q 而使场强增加的影响,这些将导致错误的测量结果。本文件对 SE 的定义不包括复合场强的情况。作为一种替代措施,本文件使用标准增益天线以得到一致的测量方法,进而得出可比较的屏蔽室的 SE。

如果想对这方面的影响进行修正,可用公式(E.4)和公式(E.5)计算参考场强 E_1 和屏蔽室内测量场强 E_2 ,并代入附录 C 的 SE 计算公式中。

$$E_1 = \sqrt{377 \times 4\pi P_r / \lambda^2 G} \dots\dots\dots(E.4)$$

$$E_2 = \sqrt{377 \times 8\pi P_r / \lambda^2} \dots\dots\dots(E.5)$$

式中:

E_1 ——参考场强,单位为伏每米(V/m);

E_2 ——屏蔽室内测量场强,单位为伏每米(V/m);

P_r ——接收的功率,单位为瓦(W);

λ ——波长,单位为米(m);

G ——接收天线增益。

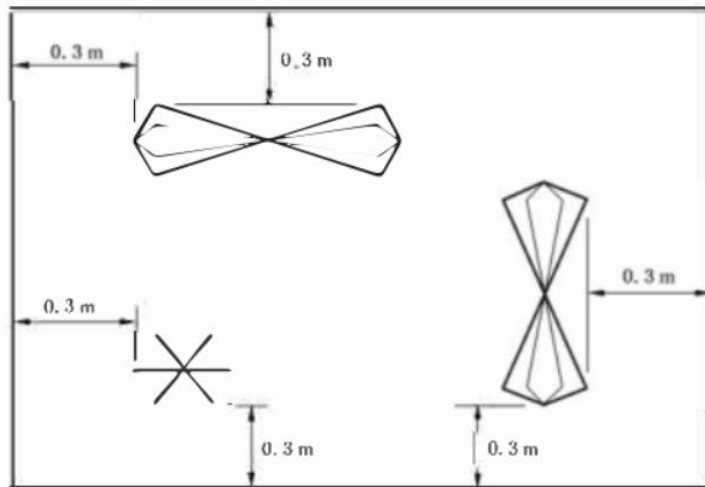


图 E.1 天线到屏蔽壁的最小距离

E.4 测量位置

E.4.1 受试屏蔽室附近的测量位置

通常,建筑物内的屏蔽室除了地板和顶棚外还有一到两个面是测量过程中不易接近的,因此对所有的面都进行测量是不切实际的,只能对那些可以接近的表面进行测量。但在较高频段的现场测量表明,外部反射的射频能量可以通过不易接近的屏蔽面的缝隙或接缝,造成 SE 的下降。因此对这一部分也要用不直接照射的方式来验证有无明显的泄漏。对大部分屏蔽室,所有人口所在的壁面都是可接近的,需在本文件规定的部位进行测量。

对人口所在屏蔽室壁面有部分或全部装饰处理(包括但不限于:无浆砌墙和/或无金属衬底的绝缘、声音吸波材料、木制或金属龙骨材料)的屏蔽室,设置发射天线与接收天线之间的间距时需将装饰结构作为屏蔽室一部分,同时需根据频率范围选用合适的测量方法。由于人口所在壁面不会包含所有的穿

GB/T 12190—2021

墙口,因此在该壁面进行的测量不能用于推测出屏蔽室所有的 SE。因此在所有紧邻穿墙口的可接近壁面上都需进行测量。对不能接近的穿墙口,应用间接、反射检查的方式来检查从外部不能接近的穿墙口处有无泄漏。E.2.1 汇总了标准的测量位置。

E.4.2 测量位置的影响

使用喇叭天线口面时信号产生区域存在反射。当对无吸波材料的屏蔽室测量时,如果有可能在无被测屏蔽室的情况下为该位置建立基准参考响应曲线。如果不能实现,在理想位置建立的基准参考响应曲线也可以被使用。

E.5 测量设备

测量程序已考虑:

- a) 在非理想情况下(例如在屏蔽室所在的典型建筑物)使用现有商用设备进行测量;
 - b) 尽量减小天线固有阻抗的变化(由于临近屏蔽体造成)对测量数据的影响。
-