



中华人民共和国国家标准

GB/T 25471—2010

电磁屏蔽涂料的屏蔽效能测量方法

Measuring methods for electromagnetic shielding effectiveness of coating

2010-12-01 发布

2011-05-01 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	2
5 测试设备	2
5.1 信号源	2
5.2 测量接收机	2
5.3 法兰同轴测试装置	2
5.4 频谱分析仪	3
5.5 网络分析仪	3
5.6 衰减器	3
5.7 电缆及连接器	3
5.8 功率放大器	3
6 测试样本(简称:试样)	3
7 试验方法	4
7.1 概述	4
7.2 信号源(跟踪信号源)/接收机测量方法	4
7.3 信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪测量方法	5
7.4 网络分析仪测量方法	6
8 测量程序	6
8.1 仪器准备	6
8.2 试验过程	7
9 报告	7
附录 A (资料性附录) 法兰同轴测试装置	8
A.1 法兰同轴测试装置部件及装配图	8
A.2 试样装载的过程	12
参考文献	13
图 1 法兰同轴测试装置	3
图 2 参考试样和负载试样示意图	4
图 3 参考试样和负载试样尺寸	4
图 4 信号源(跟踪信号源)/接收机法测量连接图	5
图 5 信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪法测量连接图	5
图 6 网络分析仪法测量连接图	6
图 A.1 部件 A,中心导体的锥形部件	8
图 A.2 部件 B,在外部同轴线腔体上的压力环	8

图 A. 3	部件 C,中心导体的径向部件	9
图 A. 4	部件 D,中心导体的压力片	9
图 A. 5	部件 E,中心导体的支撑片	9
图 A. 6	部件 F,外部同轴线腔体的边缘部件	10
图 A. 7	部件 G,外部同轴线腔体的锥形部件	11
图 A. 8	装配图	11
图 A. 9	局部装配图	12

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准负责起草单位:上海工业自动化仪表研究所。

本标准参加起草单位:上海仪器仪表自控系统检验测试所、上海出入境检验检疫局、上海材料研究所、上海贝尔阿尔卡特股份有限公司。

本标准主要起草人:徐建平、王英、洪济晔、张娴、李明华、陈楠、马颖琦、张顺达。

电磁屏蔽涂料的屏蔽效能测量方法

1 范围

本标准规定了平板型电磁屏蔽涂料对于平面电磁波屏蔽效能的测量方法。

本标准规定了以下几项：

- 测试设备；
- 测试样本；
- 测量方法；
- 测量程序。

本标准适用于电磁屏蔽涂料对于平面电磁波屏蔽效能的测量，也适用于具有电磁屏蔽作用的涂层、镀层和导电薄膜等平板材料的屏蔽效能的测量。

本标准规定的试验方法不适用于电缆或连接器。

本标准的目的是制定一个具有共同性和重复性的基本测量方法，以评价平板型电磁屏蔽涂料的屏蔽效能。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050(161):1990+A1 1997+A2 1998, IDT)

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备(GB/T 6113.101—2008, CISPR 16-1-1:2006, IDT)

IEC 61000-4-3:2008 电磁兼容 第 4-3 部分：试验和测量技术-射频电磁场辐射抗扰度试验

3 术语和定义

GB/T 4365—2003 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

屏蔽效能 shielding effectiveness; SE

在同一激励电平下，无屏蔽涂料与有屏蔽涂料时所接收到的功率或电压之比，并以对数表示。即：

$$SE = 20\lg\left(\frac{V_0}{V_1}\right) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$SE = 10\lg\left(\frac{P_0}{P_1}\right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

SE——屏蔽效能，dB；

V_0 ——无屏蔽涂料时的接收电压；

V_1 ——有屏蔽涂料时的接收电压；

P_0 ——无屏蔽涂料时的接收功率；

P_1 ——有屏蔽涂料时的接收功率。

注：按照 ATSM D 4935，屏蔽效能为在有屏蔽涂料的情况下接收到的值比无屏蔽涂料的情况接受到的值取对数，所以屏蔽效能是一个负值。

3.2

电薄 electrically thin

样本的厚度远小于($<1/100$)样本的导电波长。

3.3

远场 far field

在这个区域,E 场和 H 场相互垂直正交并且与传播方向也垂直。

3.4

近场 near field

在这个区域,E 场和 H 场之间没有简单的规律。

注:近场和远场间的转换区域不是突变的,大约在偶极子信号源的 $\lambda/2\pi$ 距离, λ 指这个信号源在某个频率上自由空间的波长。由于远离源的物体的反射物质的散射引起的再辐射,这个区域的概念就更加模糊。

3.5

动态范围 dynamic range;DR

本系统所测得最大、最小信号间的差。

4 概述

本标准规定的测量方法的有效频率范围为 30 MHz 到 1.5 GHz。本标准的测试方法是基于法兰同轴测试装置的尺寸在低频段由于容性耦合降低而导致位移电流衰减和在高频段的多模振荡(模激励而非横电磁波模)的原理。可选取此频率范围内任意数量的离散频率点进行测量。对于电性能(如电导率、介电常数和磁导率)不随频率变化的各向同性的电薄,由于远场屏蔽效能不随频率变化可能只须在几个频率点进行测量。如果材料不是电薄或材料的任何参数随频率变化,则在所关注的频带内须在多个频率点进行测量。

本标准规定的测量方法适用于远场垂直入射的平面波条件下(电场和磁场与材料表面相切)的平板型电磁屏蔽涂料的屏蔽效能测量。

本标准规定的测量方法适用于测量由于反射和吸收而产生的屏蔽效能测量。

5 测试设备

5.1 信号源

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

源阻抗:50 Ω ;

最大输出功率: $\geq +13$ dBm;

信号源电压驻波比: <2.0 。

5.2 测量接收机

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

输入阻抗:50 Ω ;

电压驻波比: <2.0 ;

测量接收机测量误差:满足 GB 6113.101 的要求。

可选择带跟踪信号源的测量接收机,跟踪信号源应满足 5.1 的要求。

5.3 法兰同轴测试装置

频率范围:5 kHz~1.5 GHz;

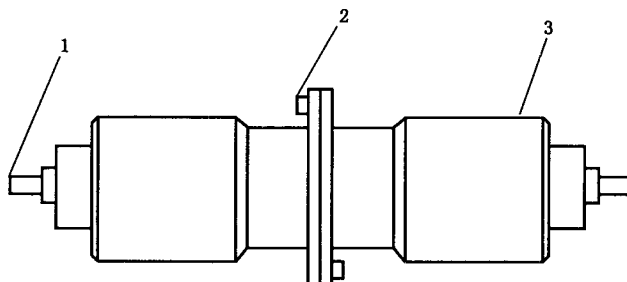
特性阻抗:50 Ω ;

电压驻波比: <1.2 (注:法兰同轴测试装置无试样的特性阻抗);

传输损耗: <1 dB;

测量动态范围: >100 dB。

法兰同轴测试装置结构示意图见图 1。



- 1——同轴连接器；
2——连接器紧固螺栓；
3——锥形同轴线腔体。

图 1 法兰同轴测试装置

5.4 频谱分析仪

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

频谱分析仪最小分辨率带宽:1 kHz;

频谱分析仪灵敏度:满足 GB 6113.101 的要求;

特性阻抗:50 Ω 。

可选择带跟踪信号源的频谱分析仪,跟踪信号源应满足 5.1 的要求。

5.5 网络分析仪

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

时基稳定度: ± 3 ppm/a;

频率分辨率:1 kHz;

特性阻抗:50 Ω ;

电压驻波比: <2.0 。

5.6 衰减器

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

特性阻抗:50 Ω ;

10 dB 固定衰减器(额定功率满足测试要求);

驻波比: <1.2 。

5.7 电缆及连接器

特性阻抗:50 Ω ;

连接器:N 型。

注:双层屏蔽电缆的泄漏低于单层屏蔽电缆。N 型连接器比 BNC 连接器的可靠性高,泄漏少。在大量的使用中 14 mm 精密连接器有较低的失配误差,比其他连接器更可靠。

5.8 功率放大器

在需要较大动态范围时,可以选用功率放大器。功率放大器应符合 IEC 61000-4-3:2008 的要求。

频率范围:30 MHz~1.5 GHz;

特性阻抗:50 Ω ;

谐波和失真:应比功率电平至少低 15 dB。

6 测试样本(简称:试样)

试样分参考试样和负载试样,试样由涂料涂层和基底组成。参考试样和负载试样的基底以及涂料

涂层应是同样的材料和厚度,两者的示意图如图 2 所示,尺寸如图 3 所示。负载试样可以比支架法兰的外径大,但是其尺寸和图 3 的规定保持一致可以加速处理。

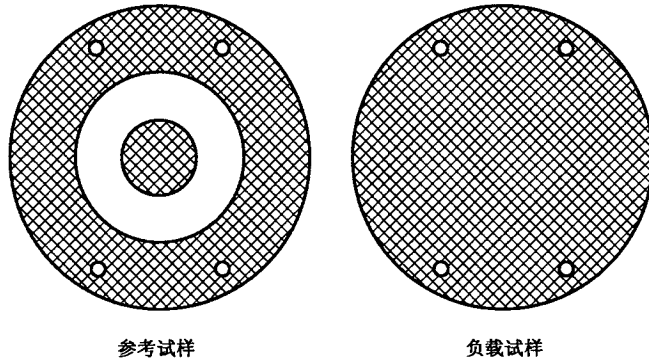


图 2 参考试样和负载试样示意图

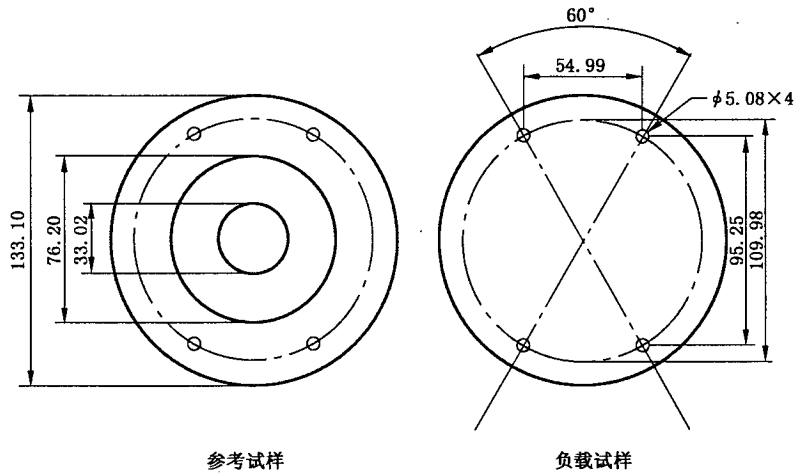


图 3 参考试样和负载试样尺寸

试样厚度是一个非常关键的尺寸,最大厚度 $t \leq 5$ mm。为了确保屏蔽效能测量结果的可复现性,参考试样和负载试样必须具有相同的厚度。在本试验方法中,如果参考试样和负载试样的平均厚度差小于 $25 \mu\text{m}$,并且两个样本的厚度变化均小于平均值的 5%,则认为厚度相同。

试样的材料可以是匀质的或者非匀质的,单层或多层的,导电或绝缘的。非匀质材料的屏蔽效能值取决于几何形状和方向性,其结果比匀质材料的可复现性差。

试样须在 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $50\% \pm 5\%$ 相对湿度环境条件下放置 48 h。试样预处理结束后应立即取出,并进行测试。

7 试验方法

7.1 概述

用法兰同轴测试装置对涂层的屏蔽效能进行测量时,常用的测量方法有:信号源(跟踪信号源)/接收机测量方法、信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪测量方法、网络分析仪测量方法。

本试验规定的方法中,所用测量设备的核心部分是 5.3 定义的法兰同轴测试装置。

7.2 信号源(跟踪信号源)/接收机测量方法

按图 4 连接测量装置,将满足本标准 5.1 和 5.2 要求的信号源通过 10 dB 衰减器直接接入该装置的一端,该装置的另一端直接通过 10 dB 衰减器与接收机相连接,10 dB 衰减器应尽量靠近同轴端口。测量时注意测量电缆应尽可能的短。

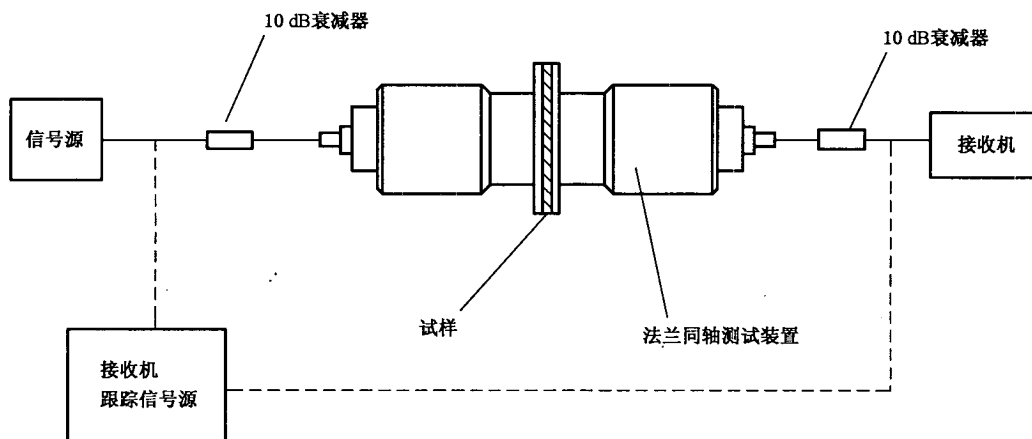


图4 信号源(跟踪信号源)/接收机法测量连接图

接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量。

把参考试样装入法兰同轴测试装置中,应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手把紧固螺栓拧紧。调节跟踪信号源/接收机,在要求的频率范围内进行测量,并存储此种情况时的传输特性。

取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测试装置中,仍应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手把紧固螺栓拧紧,测量有负载试样情况下的电压或功率。

按照公式(1)或(2)计算试样的屏蔽效能。

对于输入电平可以调节的测试系统。可以采用固定输出电平,记录输入电平的方法记录读数。对于带信号源(跟踪信号源)或类似测试系统,可以采用固定输入电平,记录输出电平的方法记录读数。应确保测试系统有足够的动态范围。

对测量结果有疑问的点应进行定点测量。

7.3 信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪测量方法

按图5连接测量装置,将满足本标准5.1和5.4要求的信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪的输出端直接通过10 dB衰减器直接接入该装置的一端,该装置的另一端直接通过10 dB衰减器与信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪测量的输入端相连接。

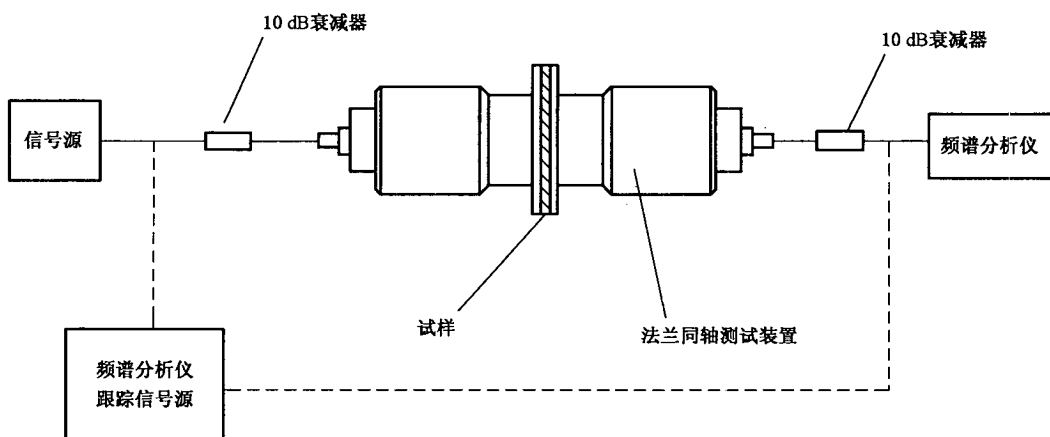


图5 信号源(跟踪信号源)/频谱分析仪法测量连接图

接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量。

把参考试样装入法兰同轴测试装置中,应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手把紧固螺栓拧紧。调节跟踪信号源/频谱分析仪,在要求的频率范围内进行测量,并存储此种情况时的传输特性。

取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测试装置中,仍应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手

把紧固螺栓拧紧,测量有负载试样情况下的电压或功率。

按照公式(1)或(2)计算试样的屏蔽效能。

对测量结果有疑问的点应进行定点测量。

7.4 网络分析仪测量方法

按图 6 连接测量装置,将满足本标准 5.5 要求的网络分析仪的输出端直接通过 10 dB 衰减器接入该装置的一端,该装置的另一端直接通过 10 dB 衰减器与网络分析仪测量的输入端相连接。

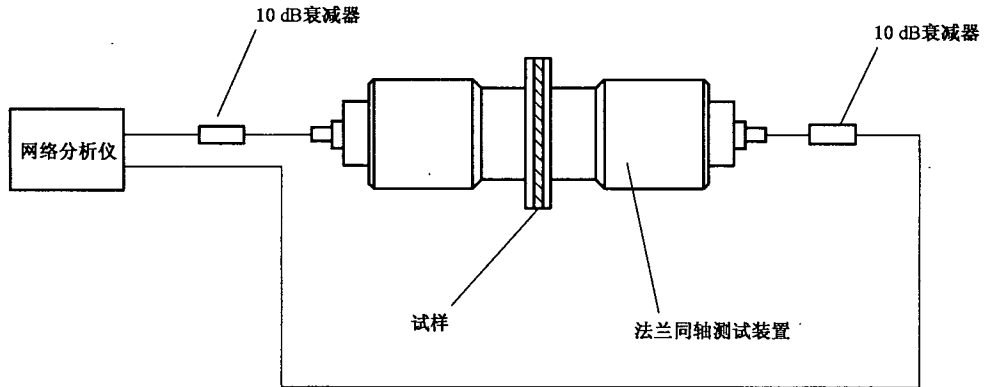


图 6 网络分析仪法测量连接图

接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量。

把参考试样装入法兰同轴测试装置中,应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手把紧固螺母拧紧。使网络分析仪的扫频源输出额定最大值,存储网络分析仪此种情况时的电压或功率。

取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测试装置中,仍应将导电面朝向信号源端,并用专用扳手把紧固螺螺栓拧紧,测量有负载试样情况下的电压或功率。

按照公式(1)或(2)计算试样的屏蔽效能。

对测量结果有疑问的点应进行定点测量。

8 测量程序

8.1 仪器准备

应使用时域反射仪或其他合适的仪器对法兰同轴测试装置按质量体系校准,并在每次使用前进行初始检查。以确保在制造过程中法兰同轴测试装置达到了 50Ω 的特性阻抗要求,并且没有在运输或搬运过程中参数变化。时域系统除了能给出失配数值的大小外还能给出失配位置。

每次辅助设备连接到法兰同轴测试装置时,建议对标准试样或已知屏蔽效能值的试样进行一次核查性测量,以确认测量系统处于正常的工作状态。

本标准所采用的测量设备,必须有足够的动态范围,即测量设备的动态范围应大于法兰同轴测试装置的动态范围。系统的动态范围可通过比较用参考试样时获得的最大信号电平与用金属负载试样时的最小信号电平来检查。测量系统灵敏度的最低限值由接收机的灵敏度和带宽决定。接收机的带宽越窄可检测到的信号电平越低,但是会增加测量时间。连接器或电缆造成的泄漏会提供一条不通过试样的并联信号路径减小系统的动态范围。为确定系统的泄漏影响,可使用可调衰减器。如果与法兰同轴测试装置串联的可调衰减器的设置变化而相应的可检测到的最小信号也随之改变,且此可调衰减器本身不造成泄漏通路,则泄漏可忽略不计,测得的动态范围可视为正确。若该电平不随衰减器设置变化而改变,则应增加衰减直到达到一对一响应效果以确定动态范围。由于同轴连接器造成的泄漏由连接器的质量及紧固连接器时使用的紧固力矩决定,因此对连接器要再次检查。

小心操作法兰同轴测试装置和试样是十分重要的。

8.2 试验过程

测量系统被重新配置或多天未使用后应参照 8.1 对仪器进行准备或核查。测量系统应良好接地。参按照本标准 6 准备好参考试样和负载试样。

由于背景噪声会影响接收机的灵敏度,所以测量屏蔽效能在 60 dB 以上的屏蔽涂料时应使用双层屏蔽或半刚性电缆。

使用参考试样,测量接收到的电压(或功率)。检测所有将在屏蔽效能值中测量的频率,应至少在 30 MHz、50 MHz、100 MHz、300 MHz、500 MHz、1 GHz、1.5 GHz 等频率点进行测量。在每个频率记录测得的接收值(V_0 或 P_0)。

用负载试样换下参考试样,然后记录相同频率下对负载试样测得的接收值(V_1 或 P_1)。如果有电脑及兼容 IEEE-488 总线的辅助设备的话,此过程可被自动处理。

若测量的屏蔽效能值在测量系统最小可侦测信号的 10 dB 内,应减小接收机的带宽并重复测量,或者使用功率放大器,否则屏蔽效能值会超过测量系统的动态范围,而此屏蔽效能值被记录为超出系统动态范围。

如果测量值为电压,用 4.1 的电压等式(1)来计算屏蔽效能,如果测量值为功率,用 4.1 功率等式(2)来计算屏蔽效能。

9 报告

试验报告应包括复现试验的全部信息。特别是下列内容:

- 测试样本的标识,例如涂料名称、类型、厚度等;
- 测量设备的标识,例如商标、产品型号、序列号等;
- 试验的环境条件,例如温度、湿度等;
- 试验方法;
- 测量的频率点和屏蔽效能值。

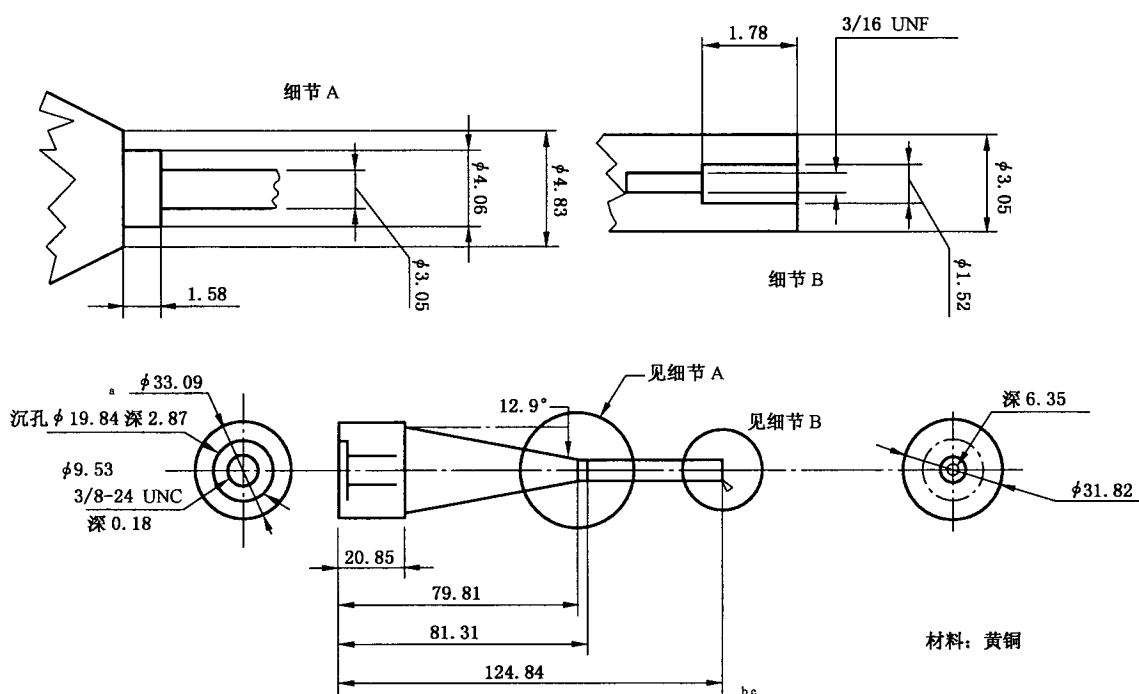
在测量系统的最小可侦测信号 10 dB 以内的屏蔽效能值应在试验报告中注为超出系统动态范围。

必要时,试验报告应给出所测屏蔽效能值的不确定度。不确定度的确定应考虑材料、传输线的失配、测量系统的动态范围及辅助设备的影响等。

附录 A
(资料性附录)
法兰同轴测试装置

A.1 法兰同轴测试装置部件及装配图

本附件包含一套关于制造一个可靠测量的法兰同轴测试装置图,包括图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5、图 A.6、图 A.7、图 A.8 和图 A.9。该套图纸引用自 ASTM D 4935:1999 标准,在本标准中的标准尺寸已由英制单位转换为公制单位(如有疑问,可参照 ASTM D 4935:1999)。



- a 与部件 C 压紧结合。
 - b 留出+1.27 mm 的余量以供装配和调试。
 - c 配时应削减到与部件 G 上直径 9.51 mm 的圆孔相同的长度。
- 注: 深 6.35 的英制尺寸为 TAP FOR 0-00 NF X.25 DP。

图 A.1 部件 A,中心导体的锥形部件

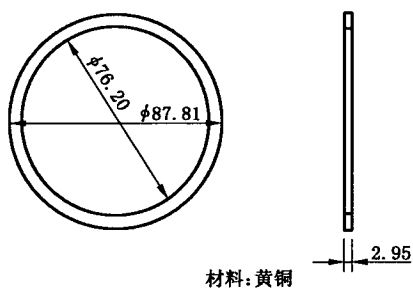
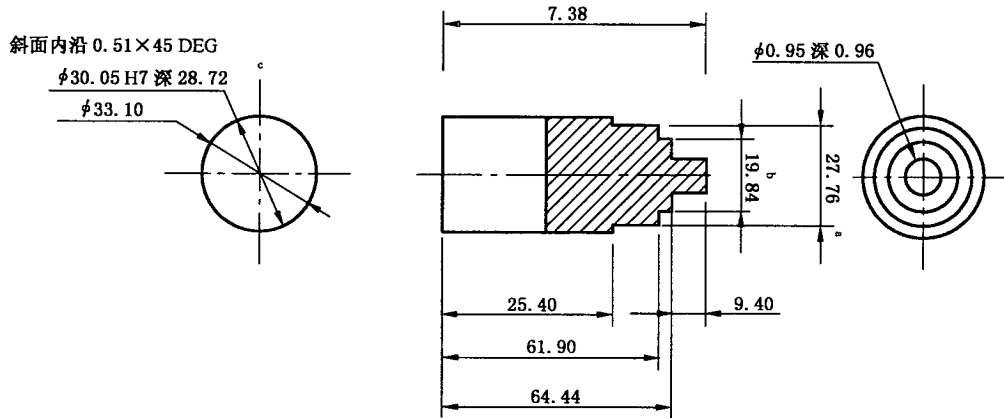


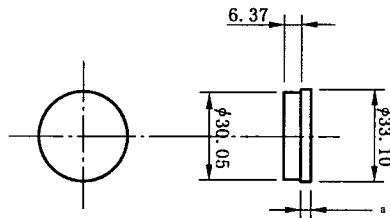
图 A.2 部件 B,在外部同轴线腔体上的压力环



- a 与部件 E 压紧结合。
- b 应与部件 A 压紧结合。
- c 与部件 D 压紧结合,深度 0.08 mm。

注: $\phi 0.95$ 深 0.96 英制尺寸为 24 THD TO. 384 0.375 DIA。

图 A.3 部件 C,中心导体的径向部件

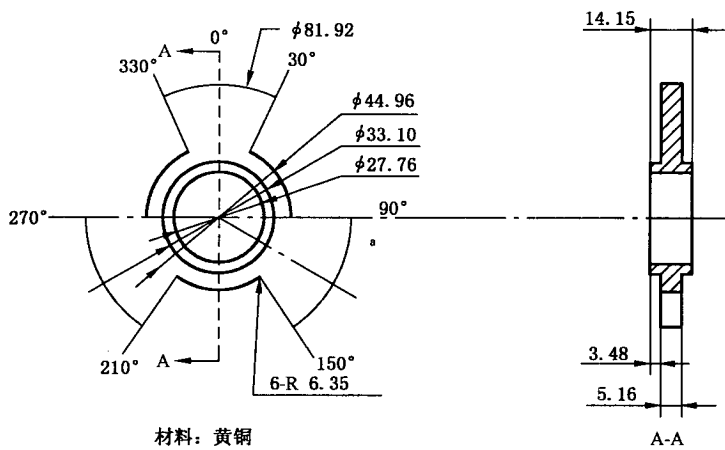


材料:黄铜

a 装配完毕后应与部件 F 的 B 面有 +0.01/+0.04 mm 的余量。

注: 应与部件 C 压紧结合。

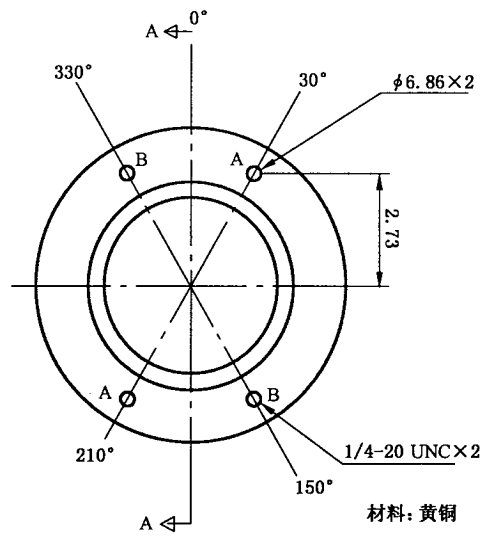
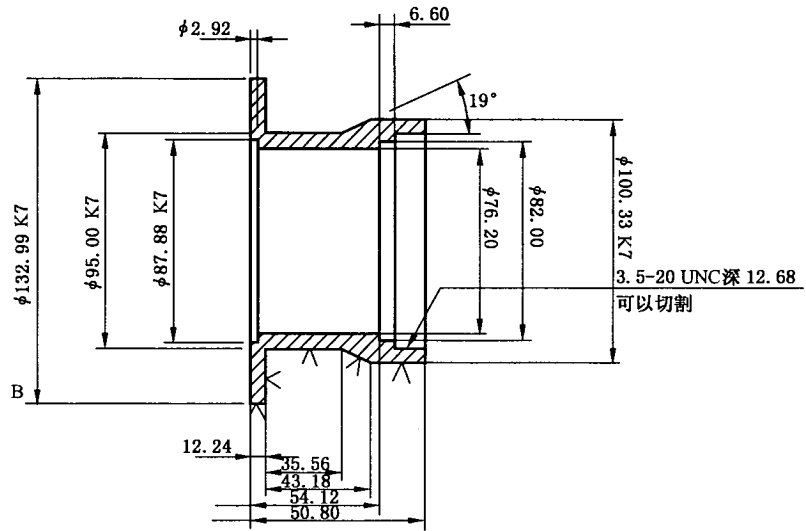
图 A.4 部件 D,中心导体的压力片



材料:黄铜

a 与部件 C 压紧结合。

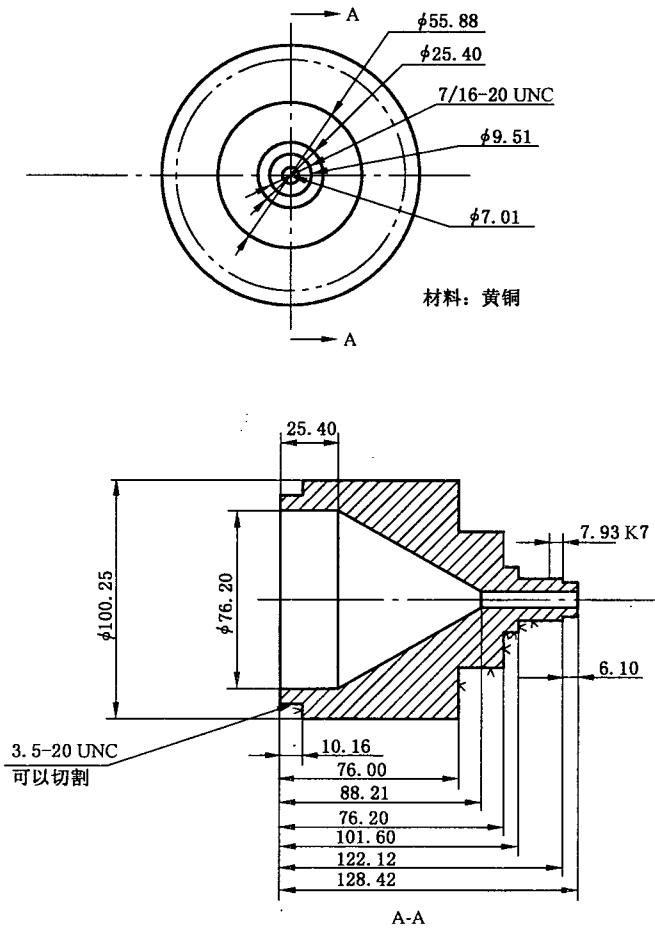
图 A.5 部件 E,中心导体的支撑片



注 1: 圆孔 A 和圆孔 B 皆是以逆时针螺纹穿过结合部件。

注 2: 所有的外部边缘的半径和斜面根据需要可以拥有 0.08 mm 的余量。

图 A.6 部件 F, 外部同轴线腔体的边缘部件



注 1: 使用 0.437 5×28 THD 规格的螺纹穿过, 以做象征性连接。

注 2: 所有的外部边缘的半径和斜面根据需要可以拥有 0.08 mm 的余量。

图 A.7 部件 G, 外部同轴线腔体的锥形部件

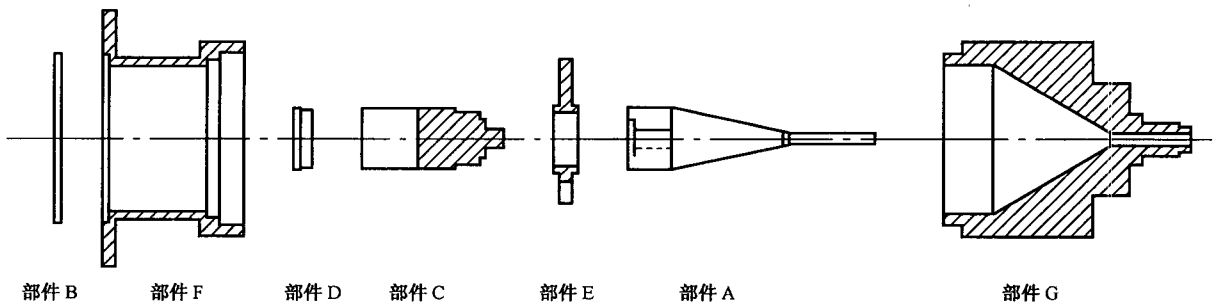
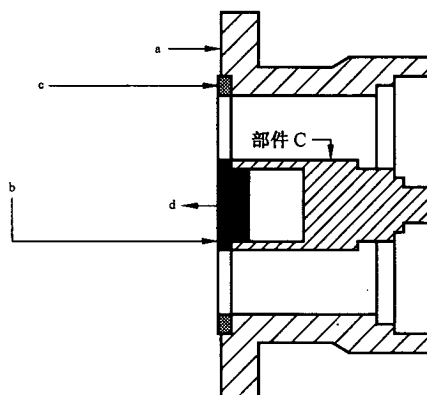


图 A.8 装配图



- a 部件 F 的 B 面。
- b 部件 B 所匹配的高度有 ± 0.01 mm 的余量。
- c 部件 B 与部件 F 的 B 面可以有 0.03 ± 0.13 mm 的余量。
- d 完成了部件 B, C, D, E, F 各部件的装配后,此平面即算完成。

图 A.9 局部装配图

A.1 中的图给出的是样本容器对等两半中的一半。

另外需要的零件有 N 型外螺纹连接器(2 个)和尼龙螺丝(4 个)。

A.2 试样装载的过程

在垂直位置上,用一个支撑构件(一大卷胶带或特殊支架)来支撑法兰同轴测试装置。卸掉 2 个尼龙螺丝,端到端翻转容器,卸掉另两个尼龙螺丝,小心地提起固定器上半。在继续安装或卸载样本时,可以把上半部放在一个锯齿状软海绵板上。将两片参考样本安放在法兰同轴测试装置下半部的法兰上,注意中央导体的圆盘要正确地校平。需要的话可以使用少量透明胶带。将移除的上半部法兰同轴测试装置安回原位置并正确校平。装回两个尼龙螺丝,端到端翻转容器,然后装回另两个尼龙螺丝。重新连接同轴电缆。

若测量若干片厚度相同的同一类负载试样时,应使负载法兰同轴测试装置紧密的接触,记下紧固螺母侧面刻度指示的方位值,以后各片负载试样均以此计数为准,这样就保证了每片负载试样的压紧力相同,提高测量的可重复性,避免因压力不同而引起的测量误差。

为简化试样装载过程,便于法兰同轴测试装置固定放置,可以将法兰同轴装置安装于一个固定底座和可滑动导轨上。

参 考 文 献

- [1] ASTM D 4935:1999 平板型材料的电磁屏蔽效能的标准测试方法
 - [2] SJ 20524—1995 材料屏蔽效能的测量方法
 - [3] GB/T 12190—2006 电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电磁屏蔽涂料的屏蔽效能测量方法
GB/T 25471—2010

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

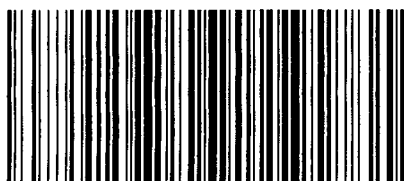
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 29 千字
2011年5月第一版 2011年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-41316 定价 21.00 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)68533533



GB/T 25471-2010