

SJ

中华人民共和国电子行业军用标准

FL 5971

SJ 20524—1995

材料屏蔽效能的测量方法

Measuring methods for shielding effectiveness of materials

1995-05-25 发布

1995-12-01 实施

中华人民共和国电子工业部 批准

材料屏蔽效能的测试方法

Measuring methods for shielding effectiveness of materials

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了非导电材料表面涂或镀层、金属网、导电薄膜、导电玻璃、导电介质板等平板型电磁屏蔽材料对于平面波屏蔽效能的测量方法。

1.2 适用范围

本标准适用于金属薄板、非导电材料表面涂或镀层、金属网、导电薄膜、导电玻璃、导电介质板等平板型电磁屏蔽材料对于平面波的屏蔽效能的测量。

2 引用文件

- GB 6113—85 电磁干扰测量仪
- GJB 72—85 电磁干扰和电磁兼容性名词术语
- GJB/Z 25—90 电子设备和设施的接地、搭接和屏蔽设计指南

3 定义

除本标准规定的术语外,其他术语符合 GJB 72。

3.1 屏蔽效能(SE)shielding effectiveness

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

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

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

式中:SE ——屏蔽效能, dB;

V_0 ——无屏蔽材料时的接收电压;

V_1 ——有屏蔽材料时的接收电压;

P_0 ——无屏蔽材料时的接收功率;

P_1 ——有屏蔽材料时的接收功率。

4 一般要求

4.1 测量条件

- a. 环境温度： $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- b. 环境相对湿度：45%～75%；
- c. 大气压力：86～106kPa；
- d. 试样测试前应在上述环境中保持 48h；
- e. 环境电磁噪声对测量结果不应产生影响。

4.2 测试设备

4.2.1 信号源

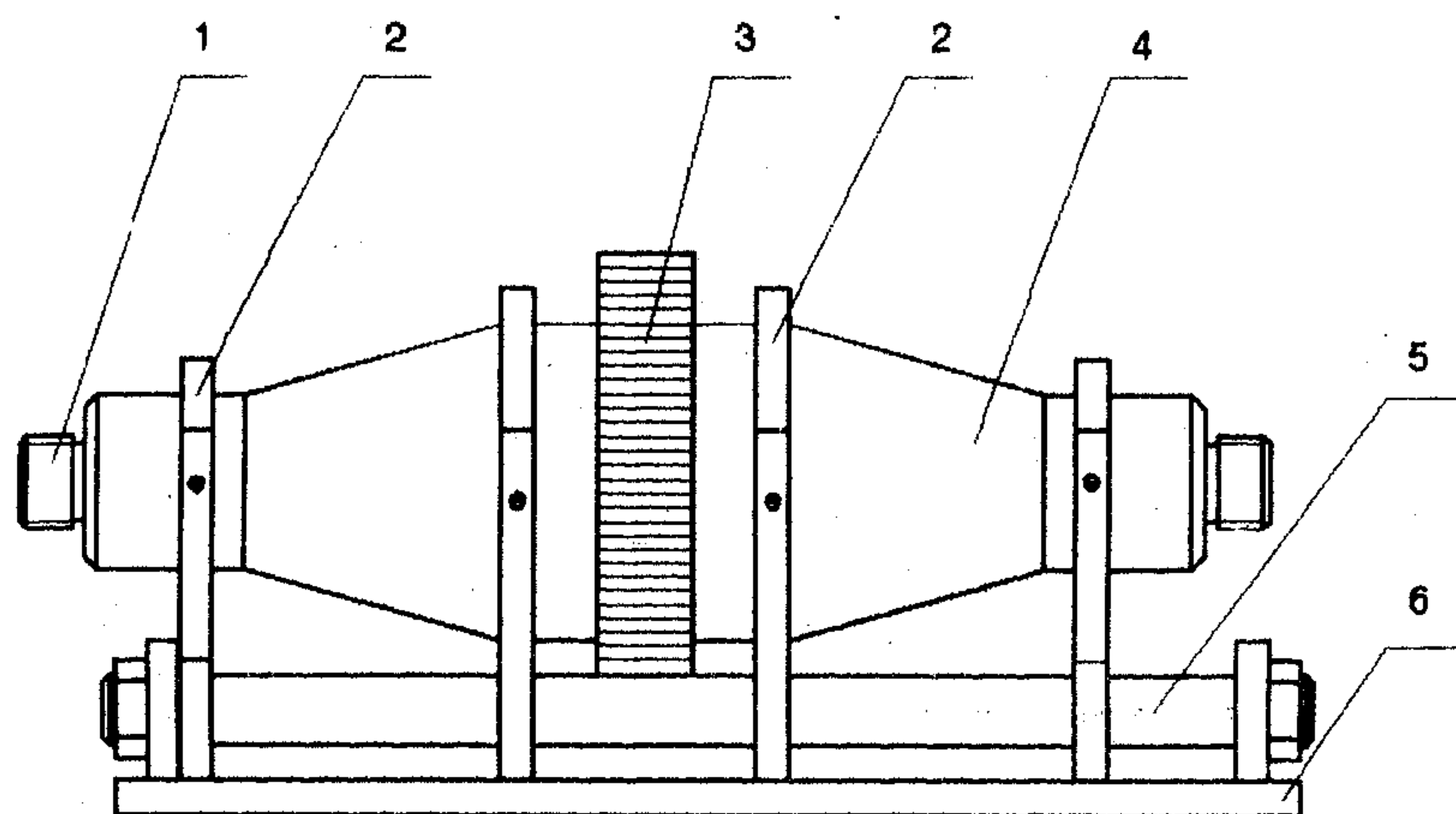
- 频率范围：1MHz～1.5GHz；
 最大输出功率： $\geq +13\text{dBm}$ ；
 输出阻抗： 50Ω ；
 电压驻波比： < 2.0 。

4.2.2 电磁干扰测量仪

工作频率范围与信号源相一致；测量误差应满足 GB 6113 的要求。

4.2.3 法兰同轴测试装置，如图 1 所示；

- 频率范围：5kHz～1.5GHz；
 特性阻抗： 50Ω ；
 电压驻波比： < 1.2 ；
 传输损耗： $< 1\text{dB}$ ；
 测量动态范围： $> 100\text{dB}$ 。



- | | |
|------------|-------|
| 1. 同轴连接器 | 5. 导轨 |
| 2. 锥形同轴线支架 | 6. 底座 |
| 3. 连接器紧固螺母 | |
| 4. 锥形同轴线腔体 | |

图 1 法兰同轴测试装置

4.2.4 跟踪信号源/频谱分析仪

- 频率范围：1MHz～1.5GHz；
 跟踪信号源最大输出功率： $\geq +13\text{dBm}$ ；

跟踪信号源电压驻波比： <2.0 ；
 频谱分析仪最小分辨率带宽： 1kHz ；
 频谱仪灵敏度：满足 GB 6113 的要求；
 特性阻抗： 50Ω 。

4.2.5 网络分析仪

频率范围： $1\text{MHz}\sim 1.5\text{GHz}$ ；
 时基稳定度： $\pm 3\text{ppm/a}$ ；
 频率分辨率： 1Hz ；
 特性阻抗： 50Ω ；
 电压驻波比： <2.0 。

4.2.6 衰减器

频率范围： $30\text{MHz}\sim 1.5\text{GHz}$ ；
 特性阻抗： 50Ω ；
 10dB 固定衰减器(额定功率满足测试要求)；
 驻波比： <1.2 。

4.2.7 电缆及连接器

特性阻抗： 50Ω ；
 连接器：N 型。

5 详细要求

本标准规定的方法中,所用测量设备的核心部分是 4.2.3 条叙述的法兰同轴测试装置。该同轴装置内的电场与磁场相互正交,且垂直于电磁波的传播方向,相当于空间的平面电磁波,因此测量结果是试样对垂直入射平面波的屏蔽效能,(见图 2);对材料近区磁场的测量方法,参见附录 A(参考件)。

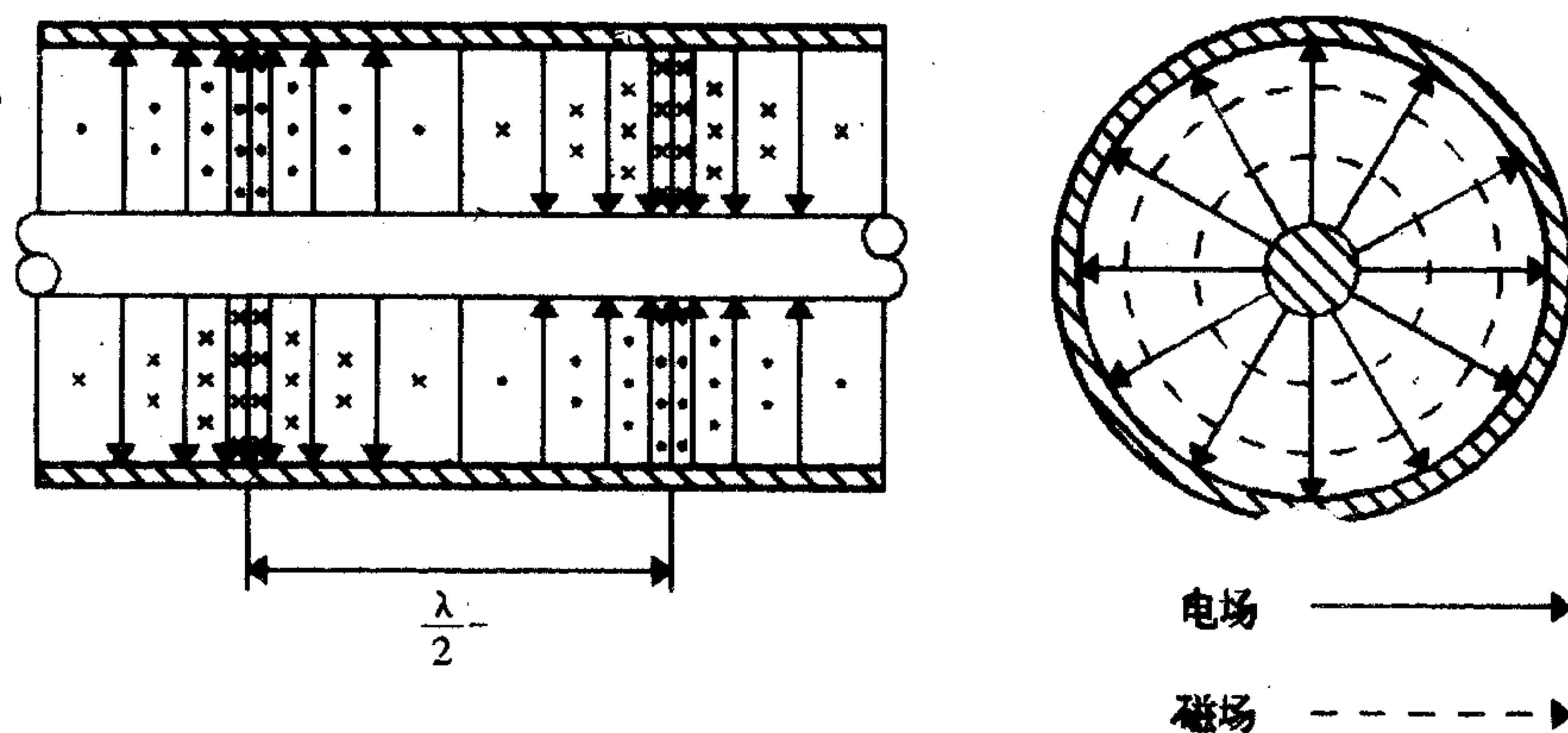
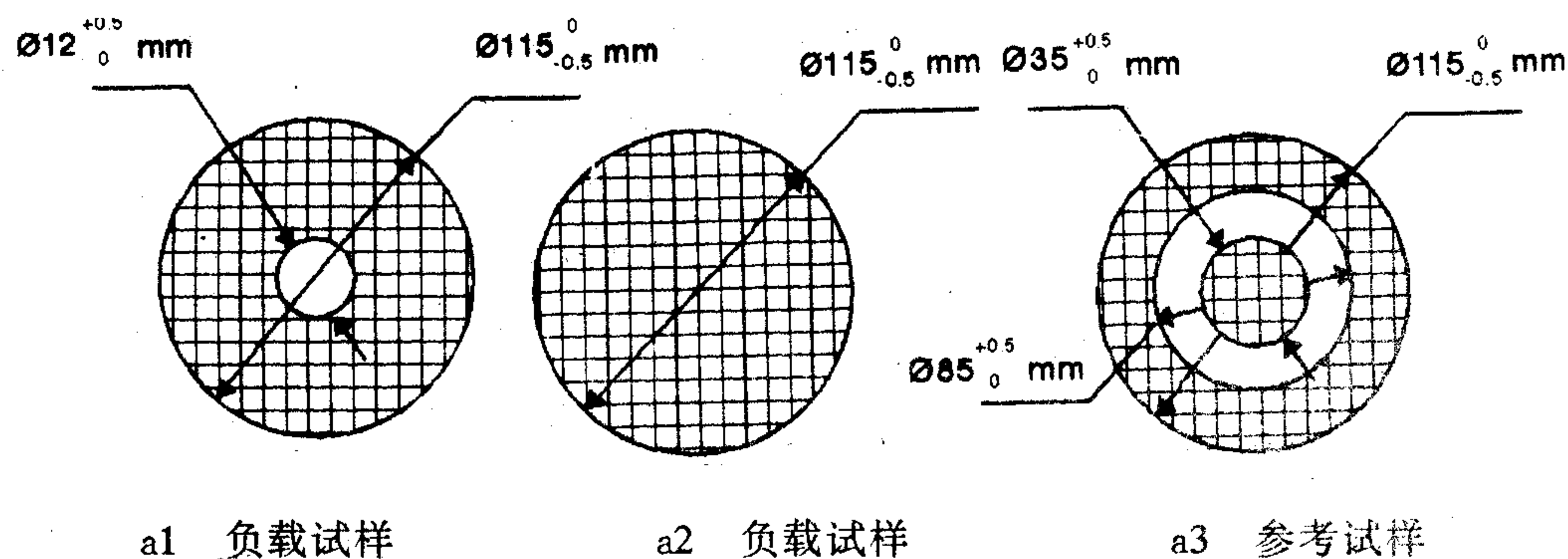


图 2 法兰同轴测试装置内部场分布

5.1 测量要求

a. 负载试样最大厚度 $t \leq 5\text{mm}$, 试样外径 $115_{-0.5}^0\text{mm}$, 开孔试样孔径 $12_{+0.5}^0\text{mm}$, 被测的材料, 应按以下规格制作成试样(见图 3);



a1 负载试样

a2 负载试样

a3 参考试样

a1: 可用于 5kHz~1.5GHz 屏蔽效能测试的负载试样, 但对于 5kHz~30MHz 与 ASTM 双屏蔽盒法的可比性有待进一步研究;

a2: 用于 30MHz~1.5GHz 屏蔽效能测试的负载试样;

a3: 用于 30MHz~1.5GHz 校准的参考试样;

图 3 试样形状尺寸示意图

b. 试样在受试之前应在温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度 $(50 \pm 5)\%$ 的条件下存放 48h, 试验时取出后立即进行试验;

c. 双面均有导电材料的负载试样, 应对试样的外缘及贯通孔内壁作导电处理, 使两面连通。制成的负载试样和参考试样应是同种材料, 并且厚度相同。它们的不平度不应大于其本身厚度的 2%;

d. 在法兰同轴测试装置中夹放试样时, 应将导电面朝向信号源端, 并夹紧试样, 使试样与法兰同轴测试装置紧密的接触, 避免因接触不良而引起的测量误差。对屏蔽效能高的试样及玻璃等脆性导电试样, 在同轴法兰的法兰面上必须加导电衬垫;

e. 若测量若干片厚度相同的同一类负载试样时, 应使负载试样与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读数为准, 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;

f. 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;

g. 在对负载试样进行测量之前, 应对装有参考试样的情况进行测量; 并记录测量数据作为直通状态数据;

h. 如果有标准试样, 应用标准试样对法兰同轴测试装置进行校准。它可以确定整个系统是否工作在正常状态。标准试样为单面镀金的聚酯薄膜, 表面电阻为单位面积 $5 \pm 2\Omega$ 。屏蔽效能为 $32 \pm 3\text{dB}$;

i. 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 60dB 以上的屏蔽材料时应使用双层屏蔽或半刚性电缆;

j. 在进行此项测量之前, 测试人员应进行专门的训练并积累经验, 以保证测量结果的准确性和可重复性;

k. 测量系统应有良好的接地;

l. 在进行测量时应至少在 30MHz、50MHz、100MHz、300MHz、500MHz、1GHz 等频率点

给出测量结果；

5.2 测量方法

用该法兰同轴测试装置对材料的屏蔽效能进行测量时,常用的测量方法有:信号源/电磁干扰测量仪(干扰接收机)测量方法、跟踪信号源/频谱分析仪测量方法、网络分析仪测量方法。

5.2.1 信号源/电磁干扰测量仪(干扰接收机)测量方法

a. 按图4连接测量装置,将满足本标准4.2.1条要求的信号源通过10dB衰减器直接接入该装置的一端,该装置的另一端直接通过10dB衰减器与电磁干扰测量仪(干扰接收机)相连接,测量时注意测量电缆应尽可能的短;

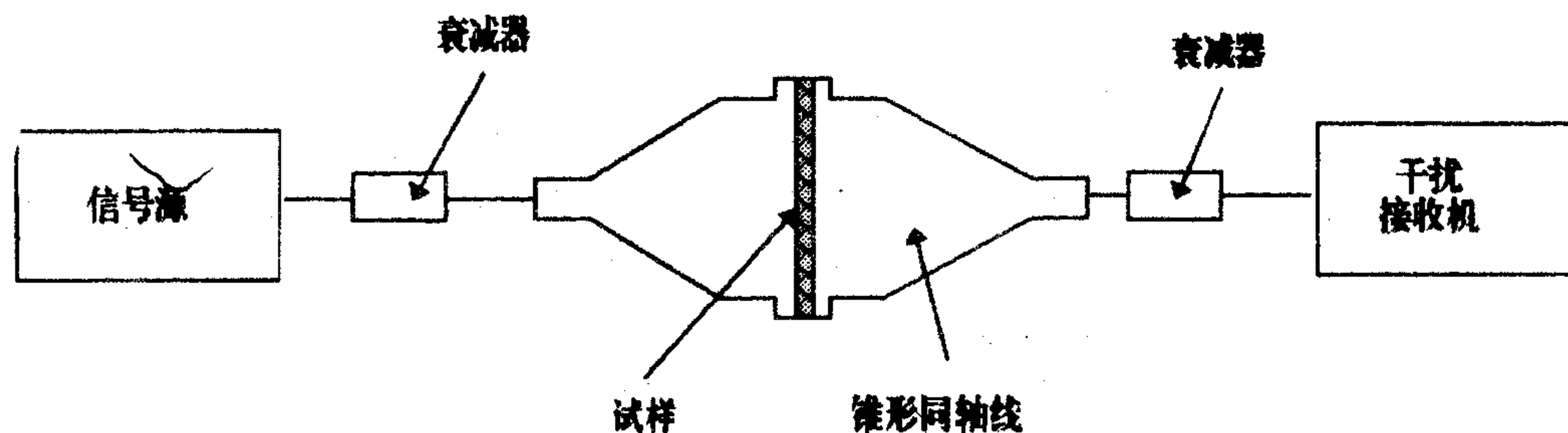


图4 信号源/电磁干扰测量仪(干扰接收机)法测量连接图

b. 接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量;

c. 把参考试样装入法兰同轴测试装置中,并以专用扳手把紧固螺母拧紧。信号源调到某测试频率点上,输出电平置于适中,调节电磁干扰测量仪(干扰接收机)频率,使读数最大。增加信号源输出电平,使电磁干扰测量仪(干扰接收机)读数大于被测试样的屏蔽效能估计值,并记下此读数 V_0 (dB μ V);

d. 取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测试装置中,并以专用扳手把紧固螺母拧紧;

e. 保持信号源频率和输出电平不变,观察电磁干扰测量仪(干扰接收机)读数,如果读数大于它的背景噪声最少10dB,记下此时干扰测量仪的读数 V_1 (dB μ V);

f. 计算负载试样屏蔽效能:

$$SE(\text{dB}) = V_0 - V_1 \quad \dots\dots\dots(4)$$

g. 保持信号源输出不变,改变信号源频率,重复上述步骤,可测得负载试样在不同频率点上的屏蔽效能。

5.2.2 跟踪信号源/频谱分析仪测量方法

a. 按图5连接测量装置,将满足本标准4.2.4条要求的跟踪信号源/频谱分析仪的输出端直接通过10dB衰减器接入该装置的一端,该装置的另一端直接通过10dB衰减器与跟踪信号源/频谱分析仪测量的输入端相连接;

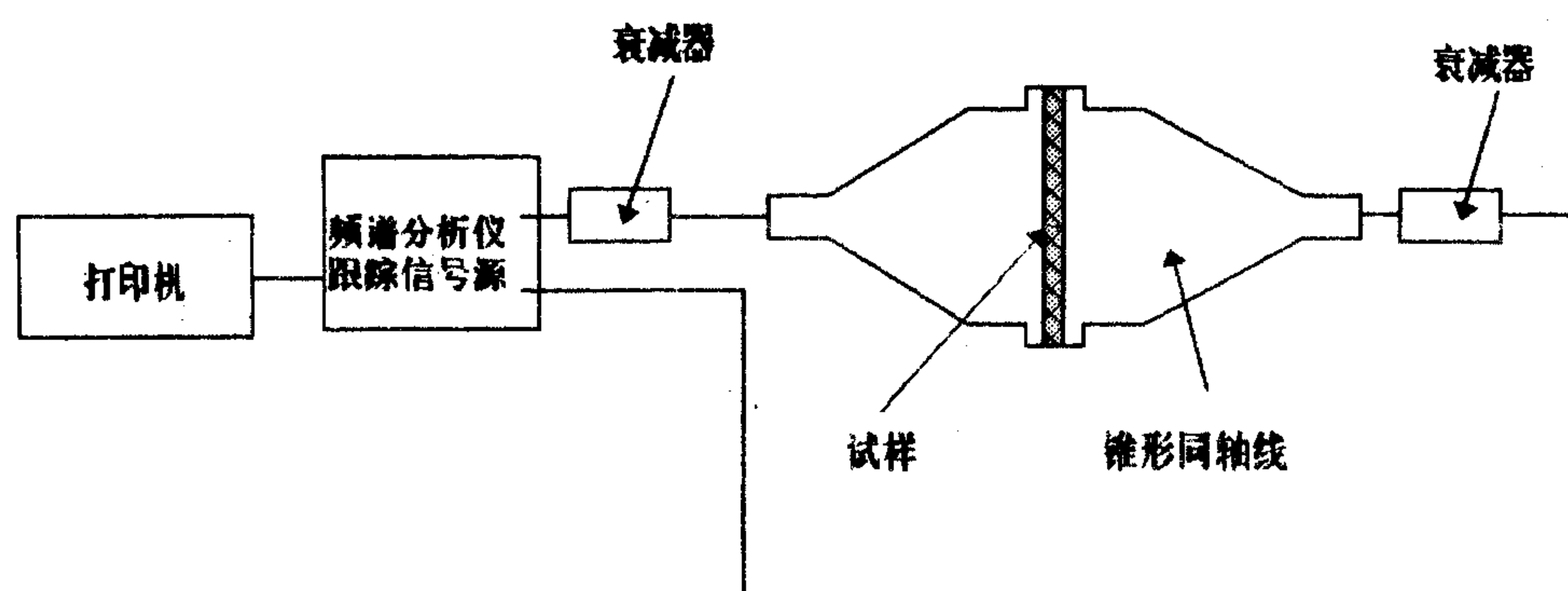


图5 跟踪信号源/频谱分析仪法测量连接图

- b. 接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量;
- c. 把参考试样装入法兰同轴测试装置中,并以专用扳手把紧固螺母拧紧。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;
- d. 取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测试装置中,并以专用扳手把紧固螺母拧紧,测量有负载试样后的传输特性;
- e. 参考试样的传输特性与负载试样的传输特性之差即为试样的屏蔽效能;

5.2.3 网络分析仪测量方法

- a. 将满足本标准4.2.5条要求的网络分析仪根据所测频率范围进行校准后,按图6连接测量装置;
- b. 接通测量设备的电源,待设备工作稳定后进行测量;
- c. 把参考试样装入法兰同轴测量装置中,并以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传输特性;
- d. 取下参考试样,把负载试样装入法兰同轴测量装置中,并以专用扳手把紧固螺母拧紧;测量有负载试样后的传输特性;
- e. 参考试样的传输特性与负载试样的传输特性之差即为试样的屏蔽效能;

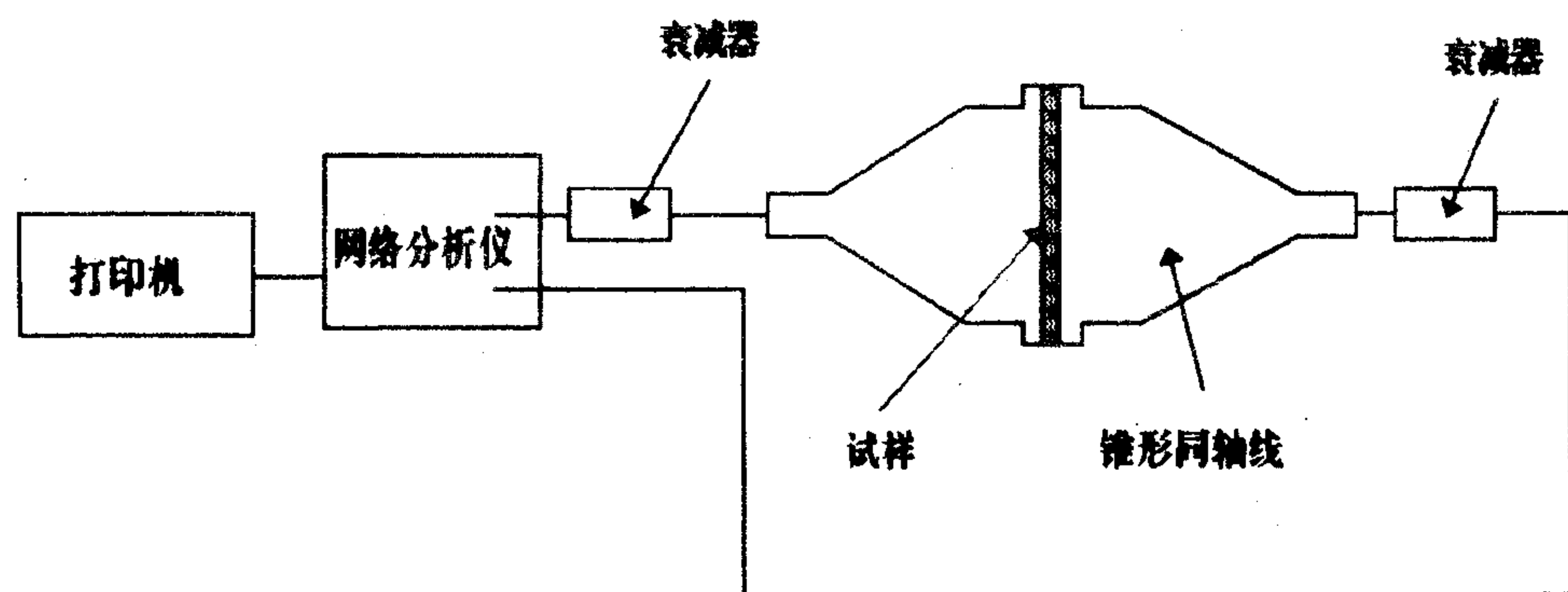


图6 网络分析仪法测量连接图

5.3 以上所提供的三种测量方法,如果发生争议以5.2.1条中的方法为准。

测量导电丝网、导电膜、导电橡胶等平板型材料
近场屏蔽效能的推荐方法

A1 ASTM¹⁾-ES-7(近场)双屏蔽盒测试装置法

该测量方法的装置示意图见图 A1

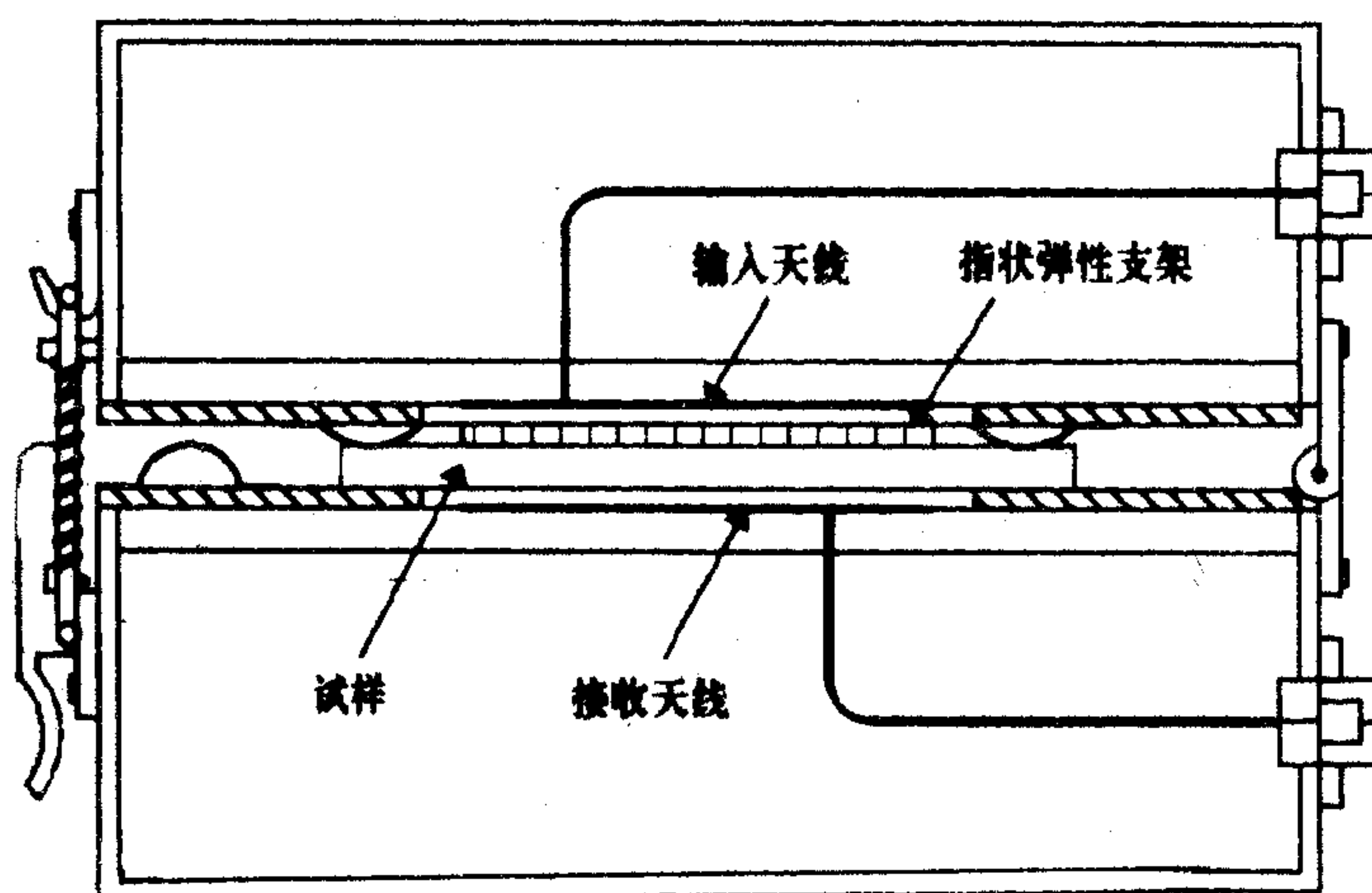


图 A1 ASTM-ES-7(近场)对屏蔽盒测试装置法

该方法广泛应用于试样的近场 SE 测量。双屏蔽盒的每个腔分别安装一个小天线用来发射和接收辐射功率。其基本测量方法是:不加试样时接收天线接收到的功率为 P_0 , 加入试样后接收到的功率为 P_1 , 则屏蔽效能 SE 用下式计算:

$$SE = 10 \lg \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad \dots \dots \dots (A1)$$

该方法的优点是:不需要很昂贵的屏蔽室、辅助夹具或其他设施,测量快速简单、方便。但此方法的缺点是腔体工作频率将随腔体的物理尺寸而产生谐振,并且该方法测量结果的重复性易受指状弹性衬垫的状态影响。

注 1)ASTM: American Society for Testing and Materials 的缩写。

A2 双屏蔽盒测试装置规格尺寸

| | |
|--------|-----------------------------------|
| 双屏蔽盒尺寸 | 180mm × 120mm × 160mm; |
| 试样尺寸: | (76.2 ± 3.2mm) × (152.4 ± 3.2mm); |
| 试样厚度: | ≤4mm; |
| 频率范围: | 1 ~ 30MHz; |
| 动态范围 | 50dB; |
| 连接器: | BNC。 |

测量导电丝网、导电膜、导电橡胶等平板型材料
屏蔽效能的其他方法

B1 ASTM-ES-7 同轴传输线(远场)法

该测量方法的装置示意图见图 B1

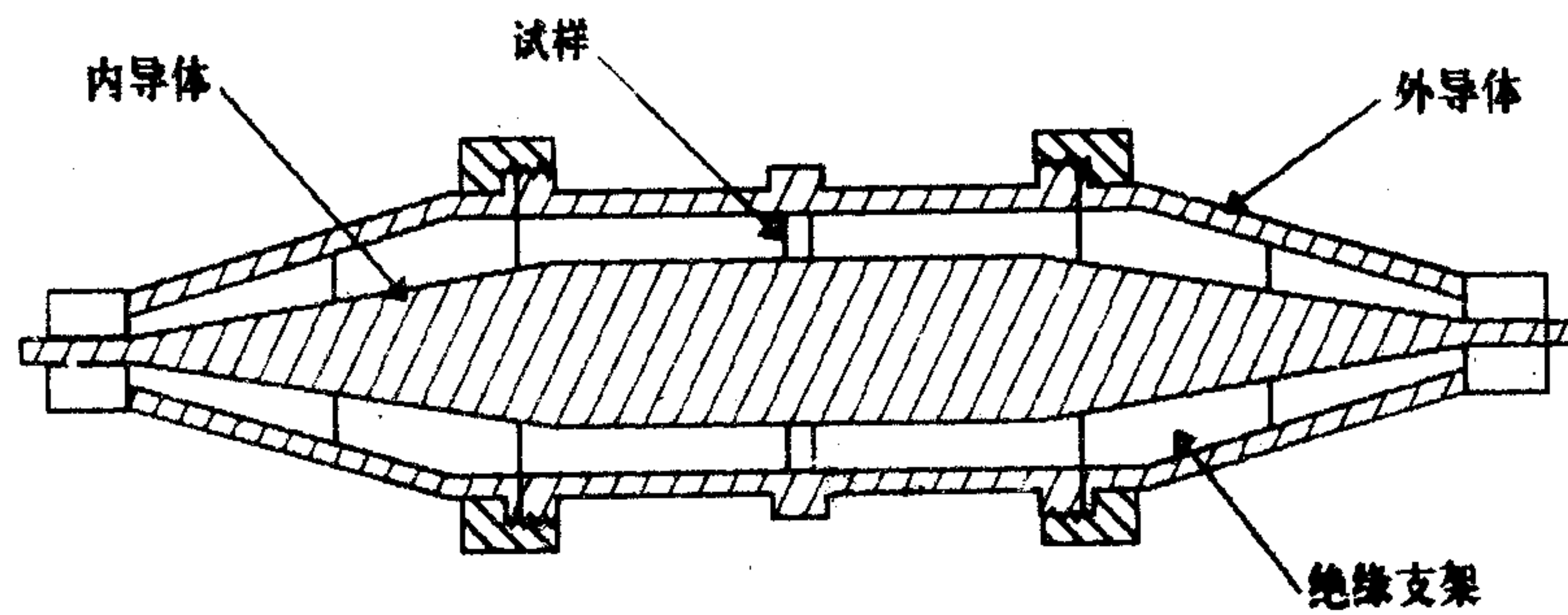


图 B1 ASTM-ES-7 同轴传输线法

材料的屏蔽效能由入射波功率 P_0 和通过试样的传输功率 P_1 , 按式(B1)计算得到。

$$SE = 10\lg\left(\frac{P_0}{P_1}\right) \dots\dots\dots(B1)$$

此方法的优点是:测试设备的静态阻抗与同轴测试装置匹配较好,因而此装置本身的传输特性比较好。但此方法模拟远场测量再现性较差,特别是对导电漆等表面电阻较大的材料测试效果不好。

B2 改进的 MIL-STD-285 测量方法(近场)

该测量方法的装置示意图见图 B2

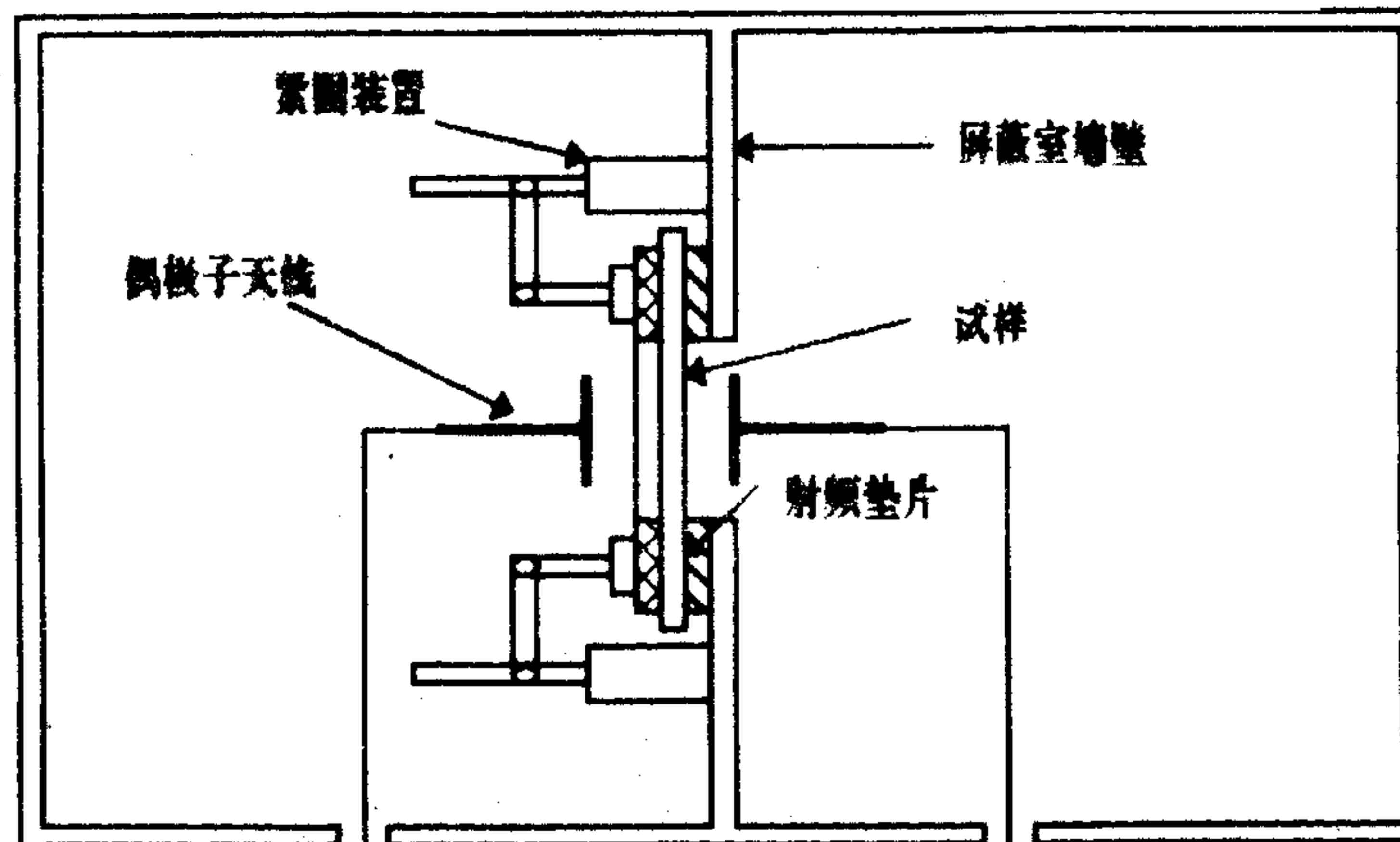


图 B2 改进的 MIL-STD-285 测量方法

此方法装置图由图 B2 可见,在屏蔽室壁上开有一个测试孔,发射天线在孔的一边,接收天线在孔的另一边。孔上不盖被测材料时接收端测得入射功率为 P_0 ,孔上盖被测材料时接收端测得的透射功率为 P_1 ,屏蔽效能按式(B1)可计算得到。

此方法的特点是:方法运用得好可得近场结果。但此方法要求孔的边缘与试样要形成良好电接触,不应有泄漏。同时试样表面电阻的变化、孔的尺寸、屏蔽室电缆连接、多次反射等都会影响测试结果。

B3 双 TEM 室法

该测量方法的装置示意图见图 B3

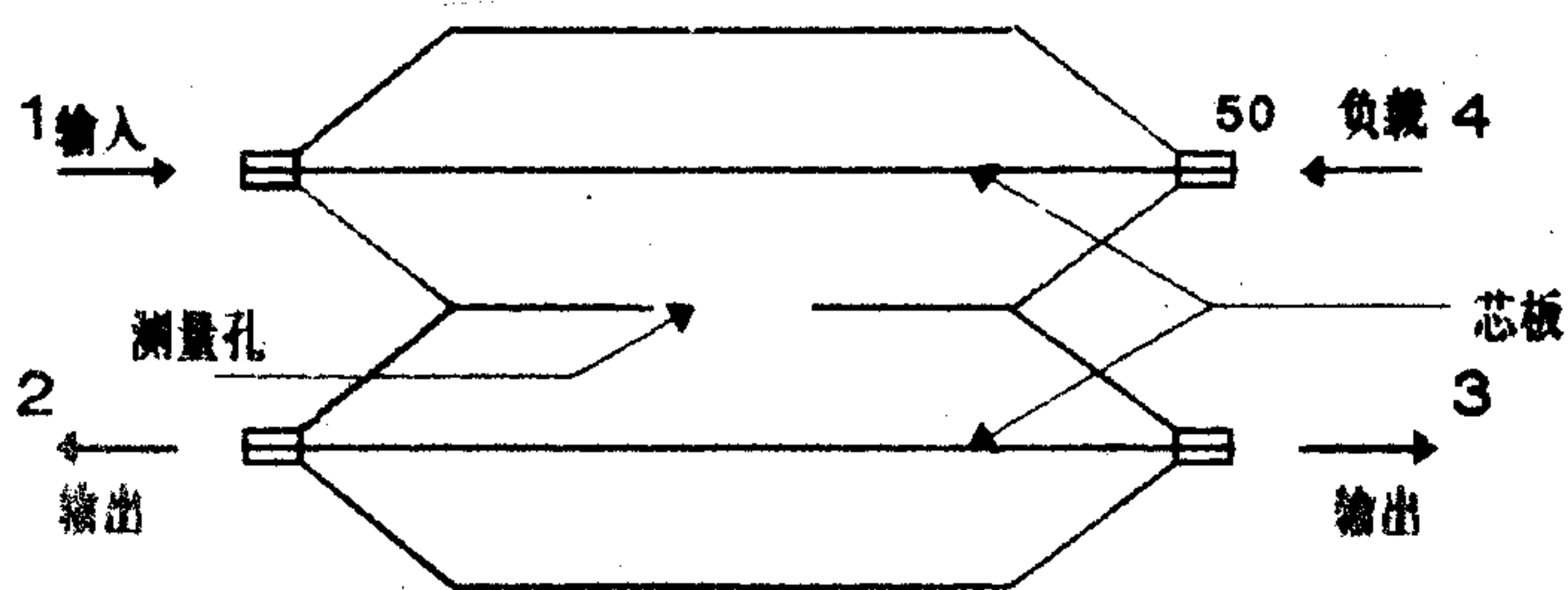


图 B3 双 TEM cell 法

双 TEM 室(DTC),它是由两个 TEM 室在共用壁上开一窗口,上边小室产生的能量通过窗口传输到下边小室,从“1”端输入信号,则通过窗口传输到下边室的“2”“3”端输出。这样可以分别检测穿透测量孔的垂直电场分量和水平磁场分量。所以双 TEM 室可同时模拟高、低阻抗场。测量的基本方法与其他方法类似,同样是以窗口不加试样和加试样分别测出入射功率 P_0 和传输功率 P_1 ,则材料的屏蔽效能可按式(B1)计算得到。

此方法的特点是:由于场建立在波导室内,故所需的输入功率低,对周围设备和人员不会造成电磁干扰。其缺点是安装固定被测材料较为困难,尤其是如何减小其接触电阻更为困难,

而且易产生泄漏或地回路,因而动态范围仅有 50~60dB。

附加说明:

本标准由中国电子标准化研究所归口。

本标准由中国电子标准化研究所起草。

本标准主要起草人:王庆、蒋全兴、张林昌、吴 钺、马富花。