

高性能屏蔽室屏蔽效能的测量方法

GB 12190—90

Measurement of shielding effectiveness of high-performance shielding enclosures

1 主题内容与适用范围

本标准规定了高性能屏蔽室相对屏蔽效能的测试和计算方法。

本标准适用于金属板结构,能将电场和磁场抑制若干数量级的高性能屏蔽室。尤其适用于各边尺寸在1.5~15.0m之间的长方形屏蔽室。本标准适宜采用常规设备在非理想条件的现场进行测试。

2 引用标准

GB 3907 工业无线电干扰基本测量方法

3 术语、符号、代号及一般规定

本标准中所用术语、符号、代号应符合现行国家标准。

下列规定仅适用于本标准。

3.1 标准测试频段(简称频段)

指测试过程中,除了与特定设施有关的频率之外,为考核屏蔽室屏蔽效能而选取的典型测试频率范围,分以下三个频段(见表1)。

表 1

| 标准测试频段代号 | 频 率 范 围 | |
|----------|--------------------|---------------------|
| | 常规测试 ¹⁾ | 单频率测试 ²⁾ |
| I | 100Hz ~ 20 MHz | 14 ~ 16 kHz |
| II | 300 ~ 1 000 MHz | 850 ~ 950 MHz |
| III | 1.7 ~ 12.4 GHz | 8.5 ~ 10.5 GHz |

注: 1) 在20~300MHz频段内由于天线尺寸和屏蔽室的谐振效应,使测量结果常常会因测试方法的微小变动而产生极不正常的变化,所以在该频段内未推荐测试方法。如确有必要测试,本标准中的小环法或频段II测试方法可供参考。

2) 每个频段仅测一个频率点,用以粗略估计屏蔽室的屏蔽效能。

3.2 屏蔽室的屏蔽效能

指模拟干扰源置于屏蔽室外时,屏蔽室安放前后的电场强度、磁场强度或功率之比。

3.3 屏蔽效能的表示

在频段I,屏蔽效能由下式表示:

$$S_H = 20 \lg \left(\frac{H_1}{H_2} \right) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： H_1 ——无屏蔽室情况下的模拟磁场强度；

H_2 ——屏蔽室内的磁场强度。

在频段Ⅱ，屏蔽效能由下式表示：

$$S_E = 20 \lg \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： E_1 ——无屏蔽室情况下的模拟电场强度；

E_2 ——屏蔽室内的电场强度。

在频段Ⅲ，屏蔽效能按照指示器方式的不同用下列三式之一表示：

$$S_P = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： P_1 ——无屏蔽室情况下测得的模拟场功率；

P_2 ——屏蔽室内测得的功率。

$$S_E = 20 \lg \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： E_1 、 E_2 ——与(2)式的意义相同。

$$S_P = (A_1 - A_2) \quad (\text{dB}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： A_1 ——无屏蔽室情况下，在模拟场中检测仪器输出为某一值时的衰减器读数，dB；

A_2 ——屏蔽室内，检测仪器输出保持不变时衰减器的读数，dB。

4 测量的一般要求

4.1 一般要求

- a. 在正式测量之前可对屏蔽室进行初测，找出性能差的门、接缝和安装不良的电源滤波器及通风孔，以便正式测量之前予以修补。对于新建的屏蔽室，尤其有必要进行初测；
- b. 在测试之前，应把金属设备或带金属的设备搬走，如桌子、椅子、柜子和不用的仪器等；
- c. 屏蔽室的电源滤波器及室内电源线只给检测仪器及照明供电；
- d. 在测试中，所有的射频电缆、电源和其他平时要求进入屏蔽室的设施均应按正常位置放置；
- e. 电磁环境应满足GB 3907的要求，检测仪器本身应满足抗干扰要求；
- f. 为了不致发生生理危害，应采取专门的预防措施，这对频段Ⅲ的测量尤为重要；
- g. 测量中，对各种导线、电缆的进出口、门、观察口及板与板之间的接缝应特别注意；
- h. 有些测试方法要求在不同的位置、不同的极化条件下对某一结构要素作多次测量；
- i. 测试报告应记录可接近的屏蔽壁数目、受试屏蔽壁的数目，以及局部测试区的数目和位置。

4.2 测试用天线

本标准对不同频段的测试天线规定如下：

- a. 频段Ⅰ：环形天线；
- b. 频段Ⅱ：偶极子天线；
- c. 频段Ⅲ：微波喇叭及其等效天线。

4.3 数据处理

可用3.3条中(1)～(5)式中的某式表示任何一项测试结果。

对一种确定的方法应记录最小屏蔽效能和平均屏蔽效能。平均屏蔽效能取决于平均幅值。对于 n 次测量，(1)～(5)式中的平均幅值按下列各式计算：

$$(H_2)_{av} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=1}^{k=n} (H_2)_k \right\} \dots\dots\dots (6)$$

$$(E_2)_{av} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=1}^{k=n} (E_2)_k \right\} \dots\dots\dots (7)$$

$$(P_2)_{av} = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} [(P_2)_k]^{\frac{1}{2}} \right\}^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$(A_2)_{av} = 201g \left\{ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} \left[10^{\frac{(A_2)_k}{20}} \right] \right\} \dots\dots\dots (9)$$

式中： k ——表示 n 次测量中第 k 次结果。

5 频段 I 的测试

在频段 I，优先大环测试和小环测试都可采用。备用大环测试仅用于屏蔽室部分壁面可接近，致使优先大环测试无法进行的场合。

大环测试在一定程度上模拟了屏蔽室四周的磁场，用以测量屏蔽室的整体性能。

小环测试在一定程度上模拟屏蔽壁附近的源所产生的场，它尤其适宜测量某些特定结构（例如，相邻两板搭接处或门与壁之间的密封导电材料）的屏蔽效能。

5.1 优先大环测试（用于各壁都可接近的屏蔽室）

优先大环测试是用一发射环围绕屏蔽室，使屏蔽壳体感应出的电流流过屏蔽室的大部分接缝，以获得屏蔽室的整体性能。无屏蔽室时环中心处的磁场强度由环电流和屏蔽室尺寸计算确定，有屏蔽室时环中心处的场强经测量直接得到。

这种测试布置的另一优点是易于用一个检测环确定某些屏蔽缺陷的位置。

作为统一测量方法的基础，本标准只规定一种大环定位方法。更全面的测试至少应在三个彼此近似垂直的平面上定位。

5.1.1 频率范围

100Hz ~ 200kHz。

5.1.2 测试设备和布置

信号源、检测装置、测量设备以及它们相对于屏蔽室布置方式都应按5.1.2.1、5.1.2.2条和图1处理。

5.1.2.1 模拟磁场源

磁场由围绕屏蔽室的大环中的电流产生。该环离外屏蔽体至少有25mm的间隙，并且围绕屏蔽室构成一平行四边形，它的两锐角在屏蔽室的两顶点，而钝角在另两拐角处。由图1可知钝角顶点离地板和天花板的距离 C 和 D 按以下两式确定：

$$C = \frac{w}{l+w} \cdot h \dots\dots\dots (10)$$

$$D = \frac{l}{l+w} \cdot h \dots\dots\dots (11)$$

式中： l ——屏蔽室长，m；

w ——屏蔽室宽，m；

h ——屏蔽室高，m。

大环由带绝缘层的单匝铜线构成，推荐线径为 $\phi 1$ mm。

可用橡胶吸力杯、胶带或两者并用的方法使大环固定在屏蔽室的外表面。为使大环不妨碍门的开关，可在门的上侧部采用电话线形状的卷曲线，如图1所示。

在测试频段的低端，如果用匹配变压器可使阻抗失配最小，具有1W输出的超低频振荡器就足以

提供所需的环电流；在高端，则要求更大的功率源和良好的调谐匹配。通过大环的电流可用串接在环内定值电阻上的电压降确定，或用热电偶电流表测出。为防止热电偶电流表过载，应给电流表并联一个常闭按钮开关。

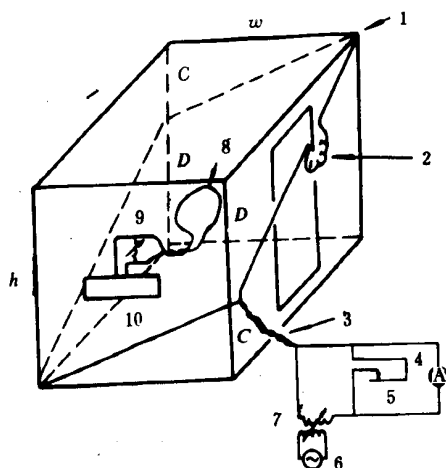


图 1 大环测试布置示意图

- 1—发射环（离屏蔽室表面至少25cm）；2—可伸缩的卷曲线；3—扭绞引线；
4—热电偶电流表；5—常闭按钮开关；6—超低频振荡器；7—通用输出变压器；8—检测环；9—衰减器；10—检测仪

注：检测环位于大环平面内或屏蔽室中。

5.1.2.2 检测仪器

用频率响应满足要求的高阻选频电压表配一个检测环，选频电压表的灵敏度应优于 $300\mu\text{V}$ 。也可用场强仪配一个检测环，但测量结果应予修正。

检测环用带绝缘层的导线密绕而成，环的直径为 $\phi 762\text{mm}$ ，圈数为11匝。与环配接的高阻选频电压表（或放大器和电压表的组合装置）的总输入阻抗应远大于环的感抗。

5.1.3 初测

设备布置与图1相同。只是检测内屏蔽壁所用的检测环直径更小，建议取130mm左右。如果要求位置定得更精确，环的直径可取10mm。

检测时，在离发射环最近的位置上将出现信号的最大值。但对连续的屏蔽体而言，当检测环沿着平行于发射环平面的方向检测时，接收信号的电平应近似恒定，只是在屏蔽不良处，指示信号才出现峰值。

5.1.4 基本测量方法

信号源和检测仪器应如图1布置，连接所有的测量设备，并预热到稳定状态。信号源、检测仪器两者都应调谐到测量频率。检测环应置于屏蔽室的几何中心点，转动环的平面使接收到的信号最大。

振荡器的输出电流应调节到足以测量为止。发射环中的电流可由电流表指示。在测试频段的低端，电流取20~200mA。

测量时，屏蔽室的所有进出口应完全关闭。

将检测仪器正确调谐到信号源的频率（假定为窄带信号），并记录仪表的读数。

5.1.5 屏蔽室内场强的计算

用高阻抗选频电压表测出环感应电压，按下式计算屏蔽室内磁场强度：

$$H_2 = \frac{V_{\text{ind}}}{2\pi fNS\mu} \dots\dots\dots (12)$$

用数字表示则为:

$$H_2 = 2.5 \times 10^4 \frac{V_{\text{ind}}}{f} \text{ (A/m)} \dots\dots\dots (13)$$

式中: V_{ind} —— 检测环感应电压, V;

f —— 频率, Hz;

N —— 检测环匝数, 11匝;

S —— 检测环面积, 0.465m^2 ;

μ —— 空气的磁导率, 近似为真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$ 。

用低阻抗的场强仪代替高阻选频电压表测量检测环的输出电压时, 应考虑场强仪输入阻抗与检测环交流内阻的分压关系, 将输出电压修正为感应电压, 才能用(13)式计算。

5.1.6 无屏蔽室时模拟磁场场强的计算

对于长方形屏蔽室, 信号源在环中心产生的磁场强度 H_1 用下式计算:

$$H_1 = \frac{2I}{\pi w} \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{w}{l}\right)^2}{1 + \left(\frac{h}{l+w}\right)^2}} \dots\dots\dots (14)$$

式中: H_1 —— 磁场强度, A/m;

I —— 环电流, A;

h, l, w —— 屏蔽室尺寸, 与5.1.2.1条同。

5.1.7 屏蔽效能的确定

屏蔽效能由5.1.5条和5.1.6条所得的结果按式(1)计算确定。

5.2 备用大环测试(用于部分壁面可接近的屏蔽室)

当屏蔽室的一个或几个壁面不能接近, 致使优先大环测试无法进行时使用备用大环测试。本标准假定屏蔽室的整个前壁(包括门)是可接近的。

5.2.1 频率范围

与优先大环测试法相同。

5.2.2 测试设备和布置

所有的信号源、检测装置、测量设备以及它们相对于屏蔽室的布置方式按5.2.2.1、5.2.2.2条和图2处理。

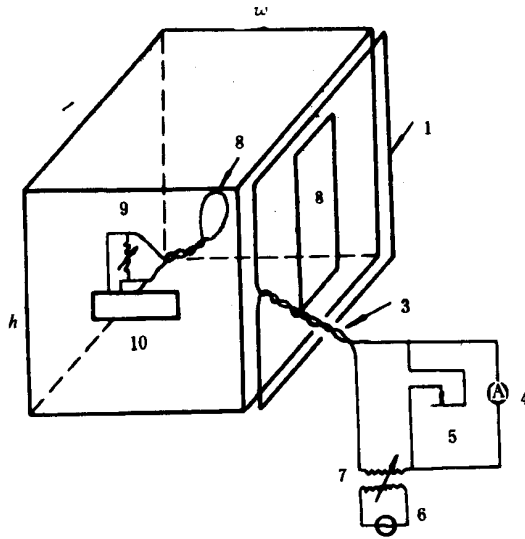


图 2 备用大环测试布置示意图

注：① 图中1～10的名称与图1中的相同。

② 检测环位于屏蔽室中心，并且平行于大环。

5.2.2.1 模拟磁场源

大环沿屏蔽室前壁的周界构成，测试磁场由大环中的电流产生，环与外屏蔽壁的间隙也至少为25mm。环与屏蔽室相固定的技术、激励和测量环电流的方法都与优先大环测试法相同。

5.2.2.2 检测仪器

与优先大环测试法相同。

5.2.3 初测

按5.1.3条的方法进行。

5.2.4 基本测量方法

按5.1.4条的方法进行。

5.2.5 屏蔽室内场强的计算

按5.1.5条的方法计算。

5.2.6 无屏蔽室时模拟磁场场强的计算

无屏蔽室时在屏蔽室中心位置处的磁场场强按下式计算：

$$H_1 = \frac{2I}{\pi} \cdot \frac{h \cdot l}{(h^2 + l^2 + w^2)^{\frac{1}{2}}} \left[\frac{1}{h^2 + w^2} + \frac{1}{l^2 + w^2} \right] \dots\dots\dots (15)$$

式中各量的定义与5.1.6条相同。

5.2.7 屏蔽效能的确定

屏蔽效能由5.2.5条和5.2.6条所得的结果按(1)式计算确定。

5.3 小环测试

小环测试用来评价屏蔽室对其附近的源的屏蔽效能。尤其适用于确定接缝、门缝等不连续处的屏蔽效能。

5.3.1 频率范围

100Hz～20MHz。

5.3.2 测试设备和布置

信号源、检测装置、测量设备以及它们相对于屏蔽室的布置方式都应按5.3.2.1、5.3.2.2条及图3处理。

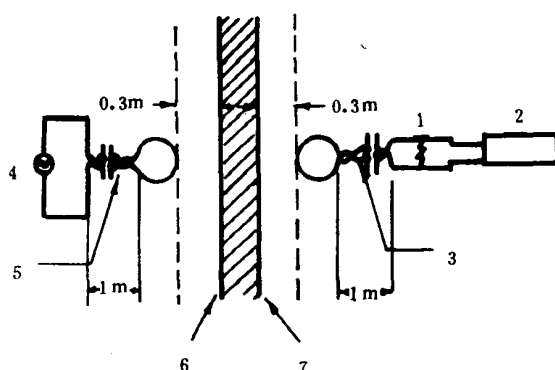


图3 小环测试布置示意图

1—衰减器；2—检测仪器；3—扭绞线；4—振荡器；
5—扭绞线；6—屏蔽室外侧面；7—屏蔽室内侧面

5.3.2.1 模拟磁场源

试验磁场由直径为300mm的发射环中的电流产生。发射环用 $\phi 4$ mm的铜线绕1匝。在测试频段的低端，用普通的振荡器和合适的降压变压器就可以提供所需的环电流。如输出电流不够，也可适当增加发射环的匝数以改善环与信号源的匹配。在测试频段的高端，则要求输出功率更大的信号源和良好的调谐匹配。

5.3.2.2 检测仪器

检测仪器同5.1.2.2条要求。检测环的规格与发射环相同，环的直径为300mm。

5.3.3 初测

按下述方法进行：在保持图3所示的尺寸基本不变的条件下，同时升高或降低发射环和检测环，注意检测仪器仪表输出的读数是否明显地高出正常数值，记录下最坏的情况。

应保证在仪器机壳泄漏不影响测量结果的情况下进行测试，即当检测仪器的检测环未接上或当检测环置于发射环附近并自身短路时，仪表的读数要远低于最小检测值。

5.3.4 基本测量方法

布置如图3所示。发射环和检测环离屏蔽壁均为300mm，两者共面且垂直于被测量接缝。

在门缝、屏蔽板的接缝、电缆接头、电源滤波器及通风孔附近应按本测量方法进行测量。

对门而言，至少要在图4指示的六个位置上进行测试。环的平面垂直于受试门和板的平面，并垂直于门缝。对于门缝的水平部分，要求环位于中间。对于门缝的垂直部分，要求环位于离门的顶部或底部三分之一总长处。如条件许可，垂直接缝的上端和下端应按图4 a和图4 b进行测试，如有困难，也可在图4 d所示的位置上测试。

对屏蔽室的任何不连续处和接缝都应进行测试。不连续包括用铆钉、螺钉、钎焊或熔焊连接的部位。不连续处的测试与门的测试方法相似，只是这时环的中心应位于每一接缝的中点（图4 c）。拐角处的接缝应按图4 d或图4 e进行测试。只要拐角可以接近，测试就应按图4 e进行。

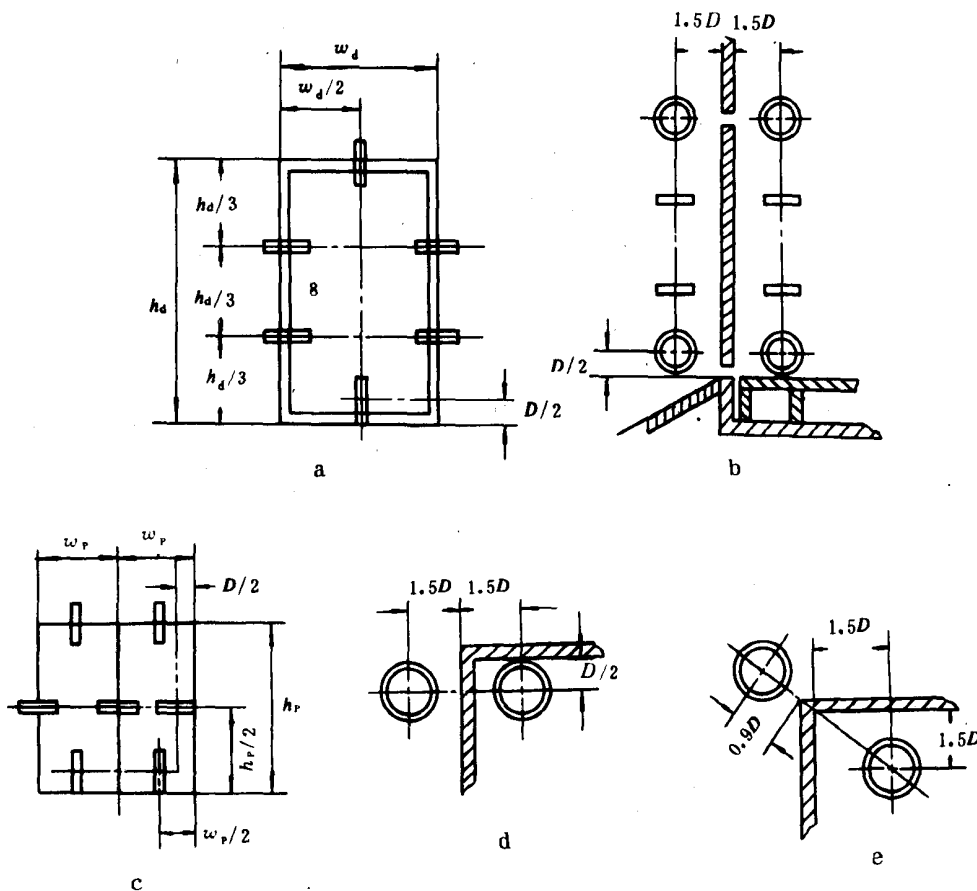


图 4 小环测试的标准位置示意图

- 注：① 图a、图b为测量门时环的位置。
 ② 图c为测量壁板接缝时环的位置。
 ③ 图d为拐角接缝局部可接近时环的位置。
 ④ 图e为拐角接缝完全可接近时环的位置。
 ⑤ 图中D为检测环直径。

通风孔或电源滤波器应按接缝处理。环的平面应垂直于板和通风孔所形成的接缝，并对准接缝的中点。环距接缝的最近距离为300mm。

为方便测试，允许发射环和检测环的位置近似共面。测量时，检测环应反复调节方位，并升高或降低位置（至少为接缝总长的四分之一），以保证测得最坏的情况。对每一位置，应记录检测仪器的最大读数。

5.3.5 无屏蔽室时场的模拟

无屏蔽室时，信号源产生的 H_1 由检测环直接测量得到。发射环边与检测环边的中心距离为600mm加上屏蔽壁的厚度，所选的场地应尽量无反射。

5.3.6 屏蔽效能的确定

当检测仪器用的是高阻选频电压表时，由（1）式得：

$$S_H = 20 \lg \left(\frac{V_1}{V_2} \right) \dots\dots\dots (16)$$

式中： V_1 ——无屏蔽室时检测环在模拟场中的检测电压，V；
 V_2 ——屏蔽室内检测环的检测电压，V。

由 (6) 式得:

$$(V_2)_{av} = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{k=1}^{k=n} (V_2)_k \right\} \dots\dots\dots (17)$$

屏蔽效能的最小值用 (16) 式计算。

屏蔽效能的平均值用 (16) 式、(17) 式计算。

6 频段 II 的测试

频段 II 测试中收、发天线均采用偶极子天线。本方法特别适用于高度不超过 3 m 的屏蔽室。本标准规定测量屏蔽室局部表面屏蔽效能的专门测试方法, 以模拟附近干扰源的影响。至于远处干扰源的影响, 则应对屏蔽壁所有可接近部位的测量结果进行综合考虑后得出。

6.1 频率范围

300~1 000 MHz。

在所有场合, 模拟源的频率范围都应选得远高于屏蔽室的最低固有谐振频率, 长方形屏蔽室的固有谐振频率用下式计算:

$$f_0 = 150 \sqrt{\left(\frac{m}{l}\right)^2 + \left(\frac{n}{w}\right)^2 + \left(\frac{k}{h}\right)^2} \dots\dots\dots (18)$$

式中: f_0 ——屏蔽室固有谐振频率, MHz;

h, l, w ——屏蔽室尺寸, 与 5.1.2.1 条同;

m, n, k ——分别为 0, 1, 2, ……等正整数 (但不能同时取三个或两个为 0)。

令 m, n, k 中与最短边长 (如 h) 对应的系数 (如 k) 为 0, 另两个系数 (如 m, n) 为 1, 可得最低谐振频率 f_0 , 这频率也可由图 5 查到。

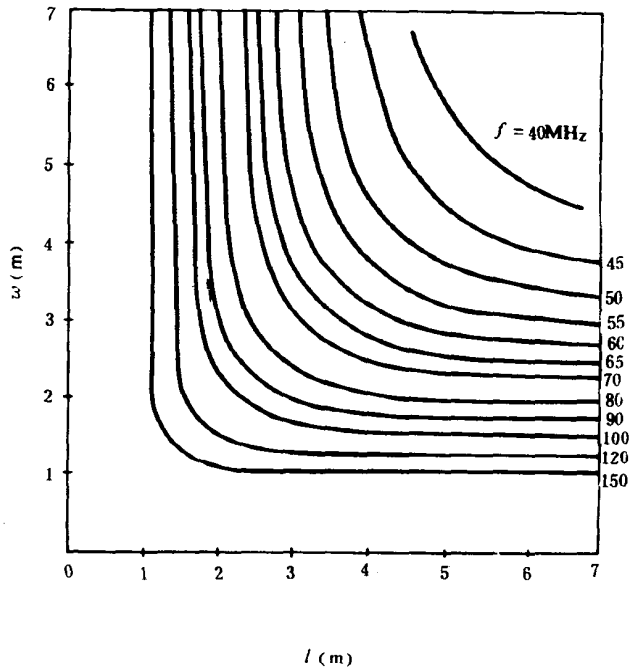


图 5 最低固有谐振频率特性曲线

6.2 测试设备和布置

模拟源、接收装置、测量设备以及它们相对于屏蔽室的布置方式都应按6.2.1、6.2.2条及图6、图7处理。

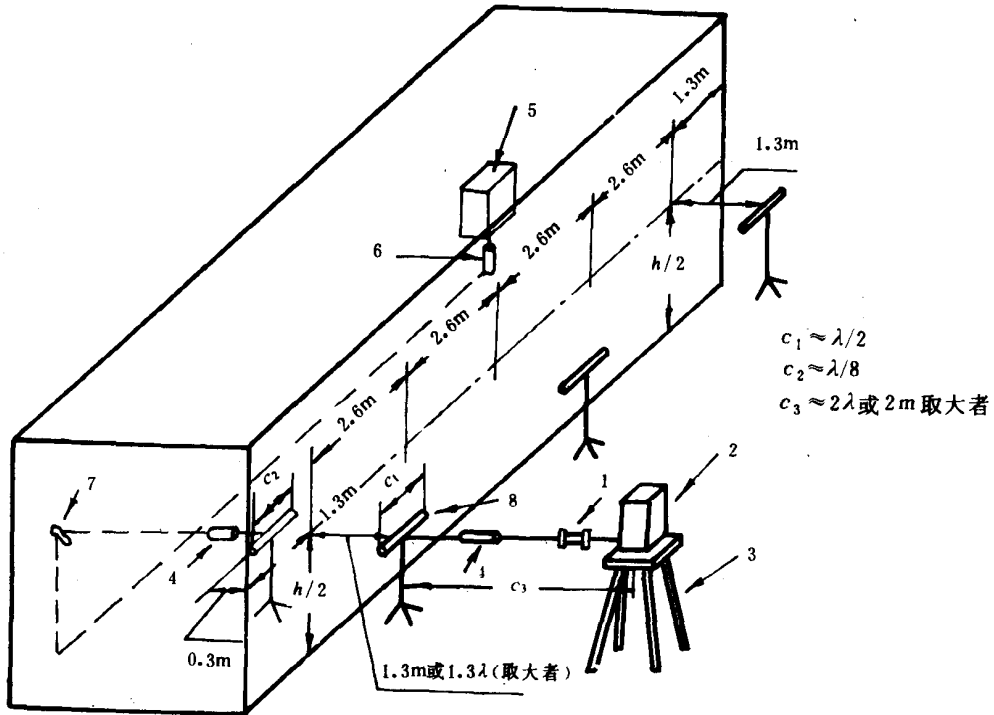


图 6 频段II测试布置示意图

1—与信号发生器相匹配的线路接续器；2—信号发生器；3—木凳；4—平衡不平衡变换器；5—场强仪；6—衰减器；7—电缆压板；8—伸缩偶极子天线

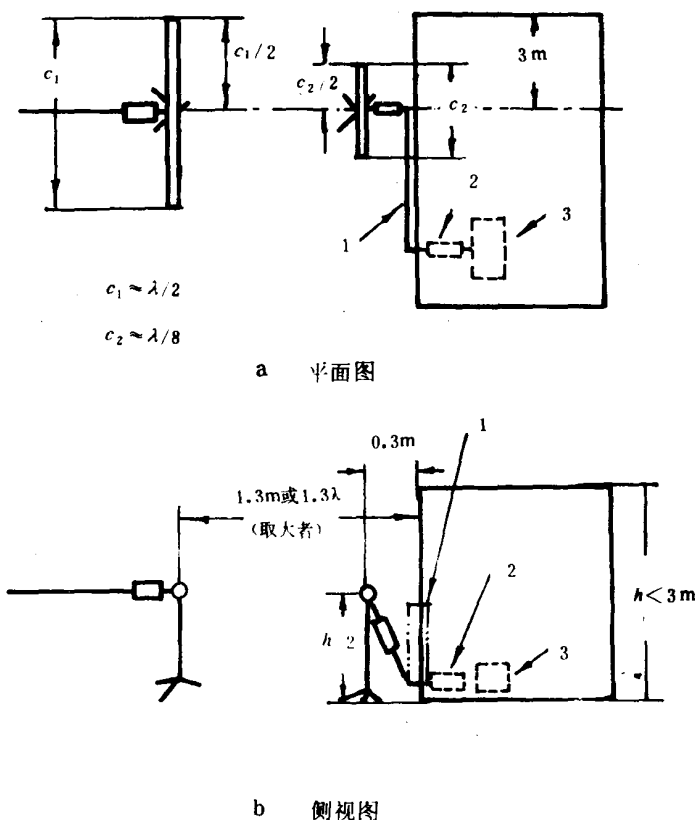


图7 模拟自由场的布置示意图

1—电缆（通过门缝或壁面上的L-16型接头进入室内）；

2—衰减器；3—场强仪

6.2.1 模拟电磁场源

屏蔽室的衰减通常很大，所以要求信号发生器要有足够的功率输出。信号发生器经由 $75\Omega/300\Omega$ 的不平衡—平衡变换器接到折叠式偶极子天线上。发射天线调谐在测试频率的半波长上。只要能保证平衡激励并排除电缆辐射，也可使用其他形式的天线，但应在测试报告中说明。电缆应垂直于天线，长度不短于2 m。

6.2.2 检测仪器

为减小受试壁面对天线阻抗的影响，检测天线用一个总电长度为 $\lambda/8$ （ λ 为与测试频率对应的波长）的电偶极子。检测天线的输出先经平衡—不平衡变换器接到天线电缆，然后接到场强仪上。除了在非常靠近屏蔽室壁板或地板的区域，同轴电缆必须与电偶极子的轴线正交。如果场强仪衰减量程不够，最好在场强仪前加衰减器。场强仪应远离测试区。场强仪应与屏蔽室的导电部分绝缘，其灵敏度应优于 -80dBm 。

6.3 初测

为了探测某给定区域屏蔽缺陷的位置，发射天线应如图6所示大致对着该区域放置，用检测天线粗略确定透入最大的部位。下列部位应特别注意：门缝、板缝、电源滤波器安装板、通风孔和电缆出入口。检测天线大致放在离受试部位0.3m处，并改变它的位置和极化方向，找出最大检测值。

最好对所有的接缝和搭接处都用上述方法检查。

如果发现屏蔽室性能有问题，应当在测量前采取补救措施。穿透很大的区域应在测试报告中说明。

6.4 基本测量方法

基本测量方法是将被测面划为若干较小的区域，逐个照射并进行测试。发射天线与屏蔽室之间距离的选择应使小区域上受到的照射相当均匀。

发射天线应置于与受试屏蔽壁平行的平面内。为减小天线的负载效应并实现均匀照射，天线到屏蔽壁面的距离取1.3m，即至少是频段Ⅱ范围内最长波长的 $5/4$ 。发射天线的中心应距拐角1.3m，高为 $h/2$ 。

检测天线应放在屏蔽室内，并平行于受试屏蔽壁面，与壁面相距0.3m（超过最长波长的 $1/4$ ），高度与发射天线相同，中心距离拐角也为1.3m。

发射天线先作水平极化测试，后作垂直极化测试。不管哪一种极化方式，检测天线都应从其初始的水平极化位置转向垂直极化。

为减小室内驻波效应对测试结果的影响，测试时应将检测天线在水平各个方向至少移动 $\lambda/4$ ，垂直方向上下移动 $h/4$ ，以便找出可能的驻波波峰，并记下这一最大读数。

距同一壁面另一拐角1.3m处应进行类似的测试。

所给区域（离发射天线照射中心约1.3m的范围内）一经探查结束，则应转入如图6所示的相邻区域。对于高度不超过3m的屏蔽室，每隔2.6m或更近的间距重复测试，直至整个壁面都受到照射为止。

测试报告中应给出两个测量结果：场强的最大值和场强的平均值。

建议在场强仪前接一个10dB步进的衰减器扩大量程，以保证在整个测试中输出仪器始终工作在单一非线性区域。

6.5 无屏蔽室时自由场的模拟

鉴于频段Ⅱ实际上很难获得无反射环境，本标准规定在现场利用屏蔽室壁面形成的驻波的平均值作为自由空间远场的度量。

如图7所示，检测天线应放在屏蔽室外侧约0.3m处，其他装置布置应与图6一致。检测天线的电缆应垂直于电偶极子，并通过屏蔽壁上的同轴电缆连接器接到室内的场强仪上。如果没有电缆连接器，可把门稍开一点，让电缆穿过门缝与场强仪相连。

发射天线和检测天线都用水平极化。检测天线在垂直方向至少应上下移动 $h/4$ ，在水平各个方向上至少移动 $\lambda/4$ ，以便探测出驻波的最大值和最小值。

测试时应记录场强仪读数的最大值和最小值，并根据记录最大和最小读数的幅值平均得出模拟场强。

6.6 屏蔽效能的确定

屏蔽效能有两个结果：屏蔽效能的最小值由（2）式得出；屏蔽效能的平均值由（7）式和（2）式得出。

7 频段Ⅲ的测试

本标准给出了用屏蔽室附近模拟干扰源测量屏蔽壁某一部分屏蔽效能的方法，这对高度不超过3m的屏蔽室尤其适用。远处干扰源的影响，则应对屏蔽壁所有可接近部位的测量结果进行综合考虑后得出。

7.1 频率范围

1.7~12.4GHz。

7.2 测试设备和布置

模拟信号源、接收装置、测量设备以及它们相对于屏蔽室的布置方式都应按7.2.1、7.2.2条及图8处理。

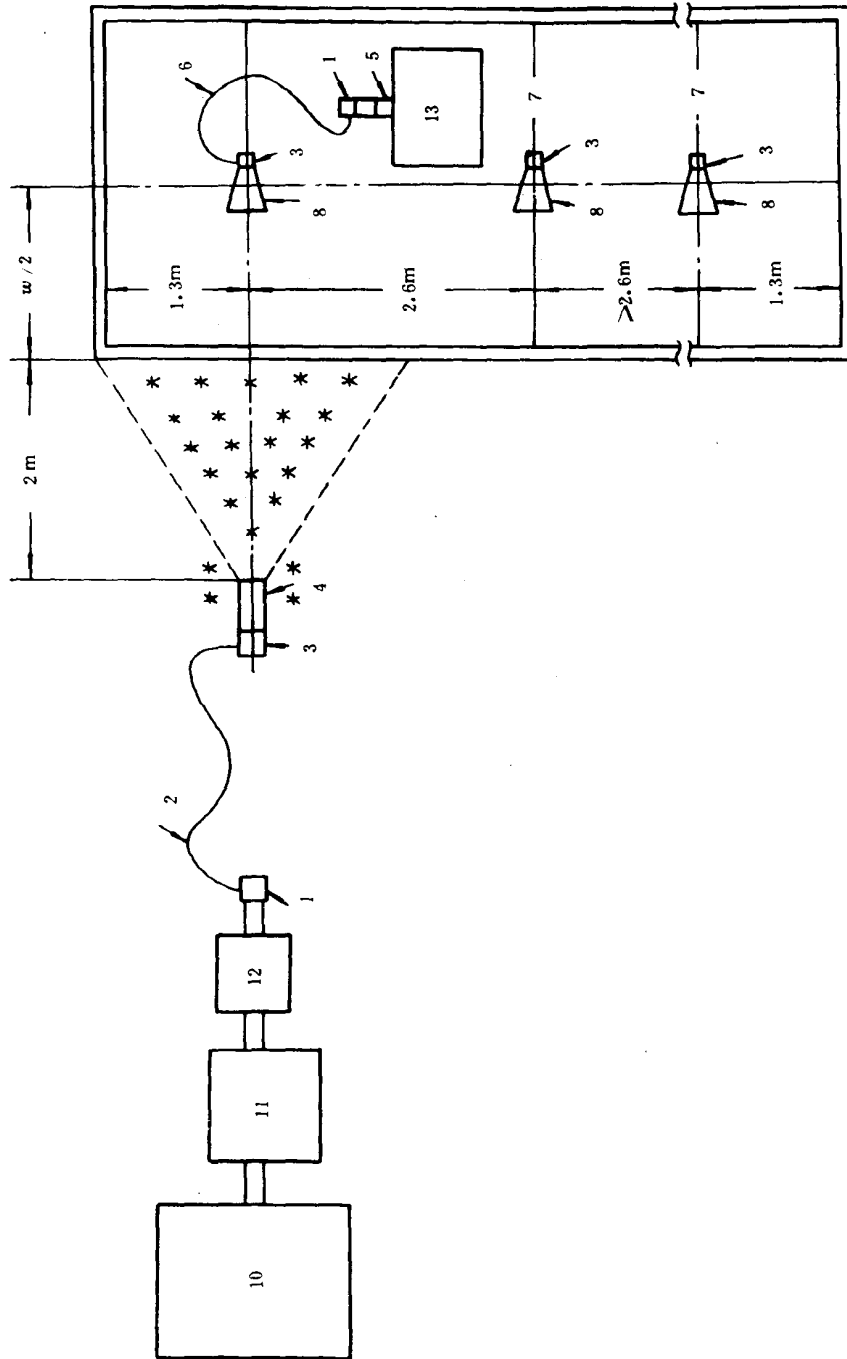


图 8a 大面积微波场 (频段 III) 穿透测量的布置示意图

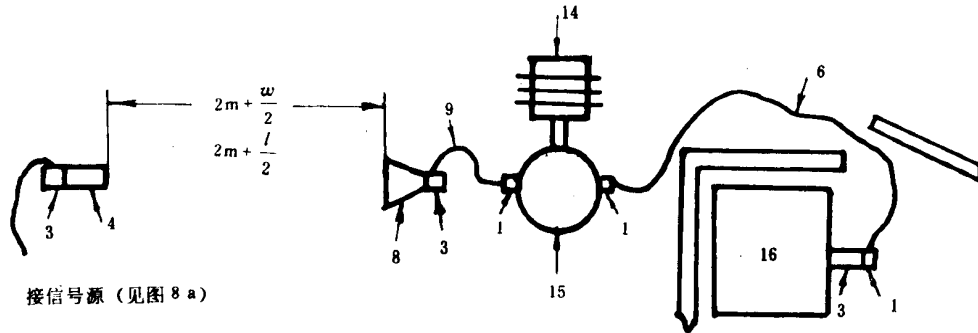


图 8b 模拟无屏蔽室时的设备布置示意图

图 8 a、图 8 b中:

- 1——L16型同轴波导转接器;
- 2——同轴电缆或波导;
- 3——转接器;
- 4——波导(规格见表 2);
- 5——衰减器(如没有,也可用场强仪内的);
- 6——2~3 m屏蔽电缆;
- 7——附加的中心线(以便使全部区域都被照射到);
- 8——接收喇叭天线(规格见表 3和图 8 c);
- 9——已知损耗的同轴电缆(长约 1 m,与 3或 1一起校准);
- 10——微波信号源(峰值功率为 200 W或更大);
- 11——隔离器(正向 1 dB,反向 20 dB);
- 12——调配器;
- 13——微波场强仪;
- 14——负载;
- 15——已校准的定向耦合器;
- 16——微波场强仪。

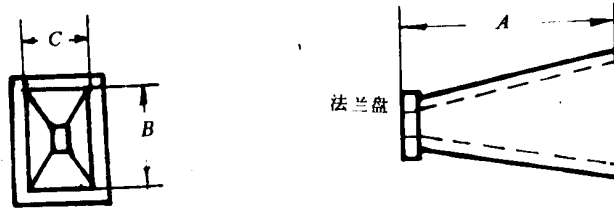


图 8c 喇叭检测天线的外形尺寸

注: ① 法兰盘依实际情况与波导或转接器相接。

② 材料可选用镀银的铜板。

7.2.1 模拟电磁场源

为达到必要的动态范围,要求功率源能输出足够的峰值功率来激励开口波导天线。开口波导在远场的波束宽度约为 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。频段 III 范围内各开口波导天线的口径尺寸见表 2 所列。开口波导的长度应等于或大于该波导最大工作波长的 5 倍。

表 2 开口波导天线口径尺寸和频率范围

| 频率范围 GHz | 内壁尺寸 mm | 波导型号 |
|-------------|-------------|--------|
| 8.20~12.5 | 22.86×10.16 | BJ-100 |
| 5.38~8.17 | 34.85×15.80 | BJ-70 |
| 3.94~5.99 | 47.55×22.15 | BJ-48 |
| 2.60~3.95 | 72.14×34.04 | BJ-32 |
| 1.72~2.61 | 109.2×54.60 | BJ-22 |

在功率源和天线之间加一个隔离器以保证功率输出稳定, 隔离器正向插入损耗不大于 1 dB, 而对反射波的抑制不小于 20 dB。如可能, 再加一个电磁场调配器, 使天线在任选的基准状态上输出功率最大。发射天线中心到受试壁面的距离应为 2 m, 到拐角的距离为 1.3 m, 高为 $h/2$ 。天线辐射轴垂直于受试壁面。

7.2.2 检测仪器

检测仪器为喇叭天线。各个波段喇叭天线的尺寸应如表 3 所列, 其远场波束宽度约为 30° , 增益大于 10 dB。

表 3 检测喇叭天线 [见图 8 (c)] 的尺寸和频率范围

| 频率范围 GHz | A (最小值) mm | B (近似值) | C (近似值) |
|-------------|---------------|-------------------|---------|
| | | 误差在 ± 3 mm 之内 | |
| 8.20~12.5 | 126 | 76 | 58 |
| 5.38~8.17 | 200 | 116 | 86 |
| 3.94~5.99 | 264 | 157 | 116 |
| 2.60~3.95 | 400 | 236 | 175 |
| 1.72~2.61 | 416 | 340 | 260 |

天线输出端通过波导同轴转换器接到屏蔽同轴电缆。同轴电缆的长度应为 2 ~ 3 m, 并通过转换器接到场强仪的输入端。若场强仪内部不带衰减器, 应在场强仪之前接入衰减器。场强仪的灵敏度应优于 -80 dB·m。

7.3 初测

在测量之前, 应确保检测仪器和电缆不存在泄漏。当把传输电缆或接收天线拆除并将端口封盖后, 场强仪除了固有的背景噪声之外, 不应有任何指示; 当用一金属板把接收天线的喇叭开口完全盖住后,

在开、关发射机时场强仪指示仪表不应有任何变化。

为了找出某一区域屏蔽缺陷的位置,应如图8(a)所示使发射天线大致对着该区域放置。用检测天线作为探测器粗略地定出透入最大的部位。对于门缝、板缝、电源滤波器安装板、空气过滤板、通风孔四周部位和同轴电缆的出入口都应检测。

检测喇叭天线的口径面应放在离受试壁面 $\lambda/4$ 的距离上。不过,这一间距取得大些更为实际。应调整检测喇叭天线的极化方式及放置位置以获取最大接收值。最好对所有的接缝和搭接处都用这种方法检查一遍。所给区域(离发射天线中心点约1.3m的范围内)一经探查结束,则应变更发射喇叭的位置,进行邻近区域的探查,如图8(a)所示。如果发现屏蔽室性能有问题。应当在测试前采取补救措施。穿透很大的区域应记入测试报告。

7.4 基本测量方法

基本测量方法是将壁面划为若干较小的区域,逐个照射并进行测试。发射天线与屏蔽室之间距离的选择应使小区域上受到的照射相当均匀。

3 cm 波段源天线的波束应有近似 50° 的宽度,对于 $2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ 的区域能产生基本均匀的照射。检测喇叭天线应与屏蔽室的邻近侧壁相距1.3m,并位于受照壁及其对壁的中分面上。检测天线辐射轴的初始位置应与发射天线的辐射轴共轴。如果受试屏蔽壁板的长度大于2.6m,则应如图8(a)所推荐的那样在另一拐角和其他若干中心间距为2.6m(或更小)的位置上进行类似测量,使所有的区域都受到测试。

测试时,发射天线先垂直极化,然后水平极化。

在测试单层连续板构成的屏蔽室时,对于发射天线的每一种极化应采用下列试验程序:检测天线面对受照射的区域,在保持天线增益不变的条件下对该区域进行搜索,然后把极化平面转动 90° ,重复测试。为减小屏蔽室内驻波效应对测试结果的影响,在每次测试过程中,检测天线的几何位置都应在各个方向上大致移动 $\lambda/4$ 的距离。

测试报告中应记下每一位置的最大透入场强或衰减器的读数。

在对多层板构成的屏蔽室的测试中。如果屏蔽板层间距离是 $\lambda/4$ 的奇数倍时,屏蔽效能最高,间距为 $\lambda/2$ 的倍数时,屏蔽效能最低。为检查这种与双层屏蔽壁间距尺寸有关的谐振特性,需要增加一项测试。

测试方法与对单层屏蔽板测试相同,不过应在测试中局部地连续改变屏蔽壁的层间距离。其方法是在被照内屏蔽壁的中央外附一根直径约10mm长约1m的绝缘杆,在检测喇叭天线的每一个测试位置,通过垂直移动此绝缘杆改变屏蔽板层间距离。对于两屏蔽壁层间距离不能变动的屏蔽室,则应选取比上述谐振频率增减5%的两个附加频率,按单层板屏蔽室测试方法重复测试。

应记录该项测量结果备查。

7.5 无屏蔽室时自由场的模拟

模拟自由场环境的理想方法是物色一个类似于试验空间的无反射环境。测量方法是将一小范围内驻波的最大值和最小值的平均值作为自由空间中远场的度量,用以减小反射对测量结果的影响。

对自由场的模拟应与下列内容及图8(b)相一致,场强仪连同衰减器和L16型转接器留在屏蔽室。检测天线放在屏蔽室外,使它与发射天线共轴,两者的距离为2m加上屏蔽室受试壁与其对壁间距的一半。如有条件,也可利用屏蔽壁上的L16型插头将电缆引入室内。定向耦合器的一端接检测天线,另一端经过2~3m的电缆接到场强仪上。

与前面的测试相似,两天线的高度应大致相同。检测天线的输出通过已知损耗的电缆和定向耦合器接到屏蔽电缆。模拟负载与定向耦合器联用,以保证场强仪中的衰减器不致接收过量的功率。测试期间,应使接收天线在各个方向上移动 $\lambda/4$ 距离,以获取由于驻波而产生的最大值和最小值。最大值和最小值按4.3条中的方法取平均值。

7.6 屏蔽效能的确定

屏蔽效能有两种计算结果:其一由(3)式、(4)式、(5)式得出屏蔽效能的最小值;其二分

别由(8)式和(3)式、(7)式和(4)式、(9)式和(5)式得出屏蔽效能的平均值。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子部电子标准化研究所提出。

本标准由机械电子部电子标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人汪一军、蒋全兴、胡景森。