

# Comparison Research on Measuring Methods for Materials Shielding Effectiveness

Xiaoli Xu, Zhe Li, Detao Lv, Zhimei Ma

China Electronics Technology Group of Network Information Security IPC, Taiyuan Shanxi  
Email: xldsdd@163.com

Received: Dec. 10<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 21<sup>st</sup>, 2017; published: Dec. 28<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Shielding effectiveness, a measure of the ability of a shield to isolate or limit electromagnetic waves, is the main indicator of shielding materials. Therefore, standardizing and appropriately applying shielding effectiveness testing techniques occupy a very influential position. Nowadays, there are dozens of standards for shielding effectiveness testing here, including national standard, national military standard, industry standard, etc. Although the experimental data could be obtained by all of these methods, they are quite different under different test conditions, which hinder the application of shielding materials. Based on the basic principle of measurements of shielding effectiveness, this paper analyzes the main measurements of shielding effectiveness of materials by current standards. Through the verification of test of flat screen materials, it compares the differences of shielding enclosure measurements between GB/T 12190-2006 and GB/T 30142-2013. Further, various antenna testing distances and calibration references are tested to provide some guidance for shielding material design and equipment integrated planning.

## Keywords

Shielding Materials, Shielding Effectiveness, Shielding Enclosures, Window, Measurement

---

# 材料屏蔽效能测试方法比较研究

许晓丽, 李 哲, 吕德涛, 马志梅

中国电子科技网络信息安全有限公司, 山西 太原  
Email: xldsdd@163.com

收稿日期: 2017年12月10日; 录用日期: 2017年12月21日; 发布日期: 2017年12月28日

## 摘要

屏蔽效能是对屏蔽体隔离或限制电磁波的能力的度量,是反映屏蔽材料最主要的指标,因此,屏蔽效能测试技术的规范性、适用性至关重要。目前屏蔽效能测试标准已有十几种,包括国标、国军标、行标等,虽然每种方法都能获得实验数据,但不同测试条件下的实验数据差异性很大,影响到屏蔽材料的应用。该文从屏蔽效能测试基本原理入手,分析了现行标准中材料屏蔽效能的主要测试方法,并通过平面屏蔽材料试验验证,对比了GB/T 12190-2006和GB/T 30142-2013中屏蔽室窗口测试法的差异性,进一步试验了不同天线测试距离和校准参考方式对测试结果的影响,以为屏蔽材料的设计和装备整体规划提供一定的指导。

## 关键词

屏蔽材料, 屏蔽效能, 屏蔽室, 窗口, 测试方法

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着信息技术飞速发展,种类繁杂的信息设备为人们带来了方便和高效,改变了人们的生活;同时也使电磁环境日益复杂,随之而来的电磁信息泄漏、电磁兼容和电磁干扰等问题,影响着电子设备、人类及生态环境的安全,电磁屏蔽技术已具有不可或缺的重要作用。电磁屏蔽就是采用屏蔽材料组成封闭体,利用材料对电磁波产生各种响应机制和作用,将电磁辐射的影响和危害限定在一定的空间内、防止其传播与扩散的技术。屏蔽效能是对屏蔽体隔离或限制电磁波的能力的度量[1],是屏蔽材料最主要的指标,因此,对材料屏蔽效能测试规范化研究是提高整体电磁屏蔽水平的关键所在。

目前根据不同对象,国内已有多种层面的测试标准规范,包括对于装备、设施屏蔽效能的测试标准有GJB 6785-2009《军用电子设备方舱屏蔽效能测试方法》、GB/T 12190-2006《电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法》、GJB 3039-1997《舰船屏蔽舱室要求和屏蔽效能测试方法》等;对于系统、整机屏蔽效能的测试标准有GJB 5792-2006《军用涉密信息系统电磁屏蔽体等级划分和测量方法》、GJB 5240-2004《军用电子装备通用机箱机柜屏蔽效能要求和测试方法》、GJB 5362-2005《导弹壳体屏蔽效能测量方法》、GJB 5185-2003《小屏蔽体屏蔽效能测量方法》等;对于材料屏蔽效能的测试标准主要有GB/T 30142-2013《平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》、GJB/Z 158-2011《军用装备电磁材料电磁屏蔽性能数据手册》、GB/T 25471-2010《电磁屏蔽涂料的屏蔽效能测试方法》、GJB 6190-2008《电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》等,标准不断完善,屏蔽效能测试技术得到进一步的发展。

然而,虽然每种方法都能获得实验数据,但不同测试条件下的实验数据差异性很大,严重影响到屏蔽材料的使用。本文从屏蔽效能测试基本原理入手,通过材料屏蔽效能测试方法比较试验,力求为科研生产使用人员提供使用现行材料屏蔽效能测试标准的指导,确保数据尽可能符合实际使用。

## 2. 材料屏蔽效能测试方法介绍

### 2.1. 屏蔽效能定义

根据不同场源电磁场性质不同,屏蔽通常分为电场屏蔽、磁场屏蔽和电磁场屏蔽。在频率较低情况下(一般为30 MHz以下)电磁干扰发生在近场,而近场中随着源的特性不同,电场分量和磁场分量有很大

差别, 高压低电流源以电场为主, 只考虑电场屏蔽; 低压大电流源以磁场为主, 只考虑磁场屏蔽; 随着频率增高, 电磁辐射能力增加, 趋向于远场干扰, 形成生辐射电磁场耦合, 需考虑电场和磁场共同作用下的电磁屏蔽[2]。因此, 针对不同场源, 材料屏蔽效能有几种表达方式, 可定义为在同一激励电平下, 有屏蔽材料与无屏蔽材料时所接收到的电压、场强或功率之比。以对数表示的数学表达式为[3]:

$$SE = 20 \lg \left| \frac{H_0}{H_1} \right| = 20 \lg \left| \frac{E_0}{E_1} \right| = 20 \lg \left| \frac{V_0}{V_1} \right| = 10 \lg \left| \frac{P_0}{P_1} \right| \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

式中,  $H_0$ 、 $E_0$ 、 $V_0$ 、 $P_0$ ——无屏蔽材料时接收磁场强度(A/m)、电场强度(V/m)、电压(V)、功率(W);  $H_1$ 、 $E_1$ 、 $V_1$ 、 $P_1$ ——有屏蔽材料时接收磁场强度、电场强度、电压、功率。

## 2.2. 屏蔽效能测试方法种类

屏蔽效能测试包括了信号的产生、放大、传输和测量等内容。现行关于材料屏蔽效能测试主要有 GB/T 30142-2013、GJB/Z 158-2011、GB/T 25471-2010、GJB 6190-2008 等都有详细规定。其中 GB/T 30142-2013 是在以上标准的基础上总结归纳而来, 其规定的测试方法有屏蔽室窗口测试法、小屏蔽体窗口测试法、30 MHz~1.5 GHz 法兰同轴装置测试法及 30 MHz~3 GHz 法兰同轴装置测试法[4]。

### 2.3.1. 屏蔽室窗口测试法

屏蔽室是一个由低电阻金属材料构成的接地封闭室, 使内部不受外界电、磁场的影响或使外部不受其内部电、磁场影响的一种结构, 测试时用来模拟理想电磁环境。屏蔽室窗口测试法是依据电磁波的等效传输线理论, 通过在其面板上开窗的方式, 将受试样安装在测试窗口上, 发射和接收设备置于测试窗口内外两侧进行测量, 是被广泛应用的一类测试方法。

如图 1 所示, 屏蔽室窗口测试法一般有 0.6 m 窗口和 1 m 窗口两种, 适用频率范围为 10 kHz~40 GHz, 可拓展至 50 Hz~100 GHz; 主要对低频段 10 kHz~20 MHz 磁场源近场、电场源近场; 谐振频段 20 MHz~300 MHz、高频段 300 MHz~1 GHz、高频段 1 GHz~40 GHz 平面波远场进行屏蔽效能测试。

### 2.3.2. 小屏蔽体窗口测试法

小屏蔽体相当于一个封闭屏蔽小室, 测试原理与屏蔽室窗口测试法相同, 测试时为了不影响测试数据, 一般在较大的开阔场地或微波暗室中进行, 动态范围较高, 测试窗口通常为 0.3 m 窗口, 适合较小尺寸屏蔽材料的平面波远场屏蔽效能测试, 适用频率范围为 1 GHz~18 GHz, 如图 2 所示。

### 2.3.3. 法兰同轴装置测试法

法兰同轴装置是一种同轴传输线小室, 能够提供均匀平面波测量环境, 是理想的均匀场模拟装置。法兰同轴装置测试法是依据电磁波的等效电路原理[5], 如图 3 所示, 同轴传输线小室由内导体和外导体组成, 内导体为连续导体, 外导体为法兰, 可以拆卸, 安装测试样品, 法兰同轴装置测试法适用频率范围为 30 MHz~3 GHz, 可对厚度小于 10 mm、 $\phi 115$  mm 以下电薄材料的平面波屏蔽效能进行测量, 动态信号接收范围可到 120 dB, 具有较好的重复性, 适合产品在线质量控制时的测量。

## 3. 屏蔽效能测试对比研究

屏蔽效能测试数据除决定于材料的本征电磁参数外, 与测试方法有极大关系, 目前对于装备屏蔽效能的测试标准主要有 GJB 6785-2009、GB/T 12190-2006、GJB 3039-1997 等; 对于系统、整机屏蔽效能的测试标准有 GJB 5792-2006、GJB 5362-2005、GJB 5240-2004、GJB 5185-2003 等, 因此, 装备与材料屏蔽效能测试方法的差异对屏蔽效能的影响是一个值得探讨的问题, 本文以 GB/T 12190-2006 (简称 GB12190)和 GB/T 30142-2013 (简称 GB30142)为例对其测试方法进行对比研究。

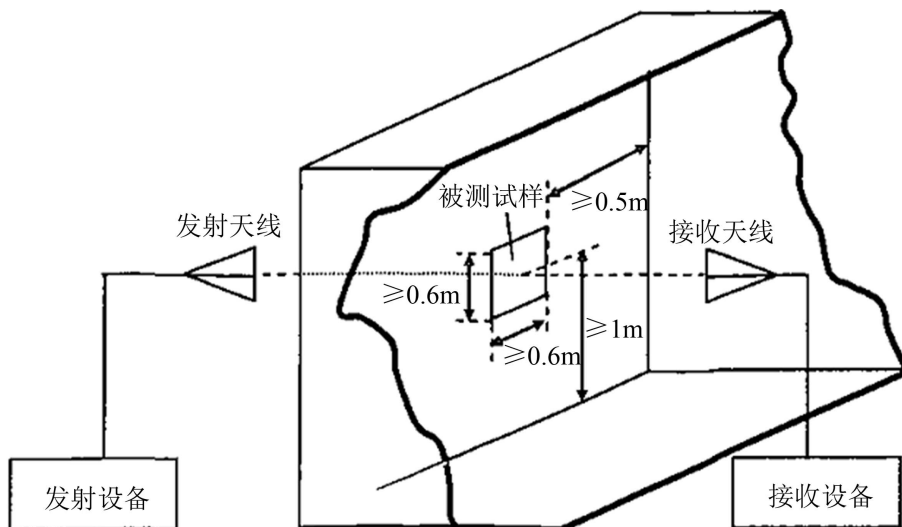


Figure 1. Curve: Schematic diagram of measuring method with shielding enclosures  
图 1. 屏蔽室窗口测试法示意图

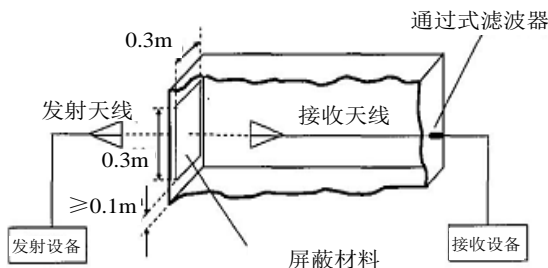


Figure 2. Curve: Schematic diagram of measuring method with small-sized shielding enclosures  
图 2. 小屏蔽体窗口测试法示意图

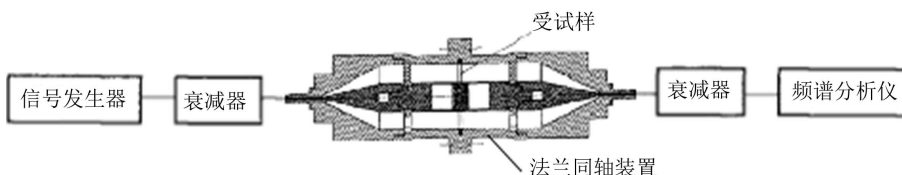


Figure 3. Curve: Schematic diagram of the measuring method with flange coaxial devices  
图 3. 法兰同轴装置测试法示意图

GB12190 和 GB30142 采用屏蔽室法进行屏蔽效能测试时,其测试系统组成及测试设备要求基本相同,表 1 列出了两标准对测试天线类型及推荐测量频率点规定。

两标准对测试天线距离的规定中,低频段 9 kHz~20 MHz 规定相同,发射、接收天线与受试样间距离均为 0.3 m; 谐振频段 20 MHz~1000 MHz 规定的参考距离相同,均为 2.0 m,但 GB12190 规定了发射天线与受试样距离 1.7 m,接收天线与受试样距离为 0.3 m; GB30142 规定了发射、接收天线与受试样间距离均为 0.6 m; 高频段 1 GHz~18 GHz 规定的参考距离、发射、接收天线与受试样间距离均不相同,具体见表 2。

此外,两标准的校准参考方式不同,GB12190 的校准参考方式采用自由空间[6],GB30142 采用窗口校准方式。

为避免测量结果的失真和无效,GB30142 规定了测试窗口为 0.6 m 窗口,即测试窗口尺寸为 600 mm × 600 mm,低频达到环天线直径的 4 倍以上,高频达到标准增益喇叭天线口径尺寸的 2~3 倍以上[7],为

**Table 1.** Types of testing antennas and recommending testing frequency points**表 1.** 测试天线类型及推荐测量频率点表

天线类型		推荐测量频率点	
GB12190	GB30142	GB12190	GB30142
环天线	环天线、垂直极化单极天线	9 k~16 k	10 k, 14 k
环天线	环天线、垂直极化单极天线	140 k~160 k	/
环天线	环天线、垂直极化单极天线	/	200 k
环天线	环天线、垂直极化单极天线	/	1 M
环天线	环天线、垂直极化单极天线	14 M~16 M	15 M
双锥天线	双锥天线	20 M~300 M	80 M
偶极天线、对数周期天线	偶极天线、对数周期天线	300 M~600 M	300 M, 450 M
偶极天线、对数周期天线	偶极天线、对数周期天线	600 M~1000 M	915 M
喇叭天线	喇叭天线	1 G~2 G	1 G, 1.5 G, 1.8 G
喇叭天线	喇叭天线	2 G~4 G	2.45 G, 3 G
喇叭天线	喇叭天线	4 G~8 G	6 G
喇叭天线	喇叭天线	8 G~18 G	10 G, 18 G

**Table 2.** Comparison of antenna testing distances**表 2.** 天线测试距离对比表

测量频段	发射天线与受试样距离		接收天线与受试样距离		参考天线间距离		备注
	GB12190	GB30142	GB12190	GB30142	GB12190	GB30142	
9 k~20 M	0.3 m	0.3 m	0.3 m	0.3 m	0.6 + t	0.6 + t	相同
20 M~1000 M	1.7 m	1.0 m	0.3 m	1.0 m	2.0 + t	2.0 + t	参考距离相同
1 G~18 G	2 m	0.6 m	0.3 m	0.6 m	2.3 + t	1.2 + t	不同

此, 本文基于屏蔽室 0.6 m 窗口, 选取平面屏蔽材料作为受试样, 按照以上推荐频点进行频率范围为 10 k~18 GHz 的屏蔽效能测试试验。

### 3.1. 试验方案

a) 受试对象: 平面丝网屏蔽材料, 基本参数为: 尺寸 600 × 600, 结构 165 目/052,  $\sigma_r = 0.3$ ,  $\mu_r = 636$ 。

b) 测试环境: 3 m 法钢板屏蔽室, 开有 0.6 m 方形测试窗口。系统测量动态范围为: >60 dB/14 kHz; >80/200 kHz; >100/450 kHz~18 GHz。归一化场地 衰减测试的 NSA 值与理论的 NSA 值相比较, 误差在 ±4 dB 以内, 根据屏蔽室尺寸可粗略计算出其最低谐振点分别为: 63 MHz。

c) 测试仪器设备: 射频信号发生器、微波信号发生器、功率放大器、频谱分析仪、环天线(套)、双锥天线、对数周期天线、双脊喇叭天线、传输线缆、衰减器等, 依据不同场源要求选择天线和测试电缆搭建测试环境[8]。

d) 测试步骤:

i) 将测试系统置于屏蔽室外, 按 GB12190 规定, 在自由空间条件下, 测试天线中心正对, 测得接收机的接收功率, 作为参考数据, 定义为“自由空间校准值” A1 (dBm);

ii) 将信号源、发射天线置于屏蔽室外, 接收天线、频谱分析仪(接收机)置于屏蔽室内, 测试天线中

心正对测试窗口中心，在窗口敞开条件下，分别按 GB12190 和 GB30142 规定的测试距离，测得接收机的接收功率，作为参考数据，定义为“窗口校准值” A2 (dBm)和“窗口校准值” B2 (dBm)；

iii) 将受试样铺设于测试窗口，导电压接牢固，保持与 ii)同样条件，再次按 GB12190 和 GB30142 规定的测试距离，测得接收机的接收功率，作为衰减数据，定义为“窗口测试值” A3 (dBm)和“窗口测试值” B3 (dBm)；

iv) 按屏蔽效能定义，由“窗口测试值”减去“自由空间校准值”或“窗口校准值”，得出“GB12190 测试屏蔽效能” SE1 (dB)、“GB12190 窗口校准屏蔽效能” SE1'和“GB30142 测试屏蔽效能” SE2 (dB)。

## 3.2. 试验结果分析

### 3.2.1. 屏蔽效能测试结果

GB 12190-2006 和 GB/T 30142-2013 的屏蔽效能测试结果见表 3。

将表 3 数据绘制成曲线图 4，可以看出，两标准测试的屏蔽效能区别还是很明显的，在 1 GHz 以下，SE1 普遍高出 SE2 近 7 dB；在 1 GHz 以上，SE1 与 SE2 差值近 5 dB，呈波浪交叉形态。其中在 80 MHz 出现屏蔽效能异常点，由于 80 MHz 是在屏蔽室的谐振频段范围内，最大可能是由于窗口谐振使测试值出现异常，因此，测试时应特别注意避开屏蔽室的固有谐振频率。

Table 3. Measurements of shielding effectiveness

表 3. 屏蔽效能表

序号	测量频点	GB12190			GB30142			屏蔽效能差值 (dB)
		A1 自由空间校准值 (-dBm)	A3 窗口测试值 (-dBm)	SE1 屏蔽效能 (dB)	B2 窗口校准值 (-dBm)	B3 窗口测试值 (-dBm)	SE2 屏蔽效能 (dB)	
1	10 k	25	52	27	36	52	16	11
2	14 k	22	49	27	26	49	23	4
3	150 k	24	57	33	29	57	28	5
4	200 k	26	60	34	30	60	30	4
5	1 M	26	65	39	30	65	35	4
6	14 M	28	88	60	34	88	54	6
7	15 M	27	90	63	35	90	55	8
8	80 M	7	94	87	31	84	53	34
9	300 M	8	70	62	6	58	52	10
10	450 M	12	84	72	16	77	61	11
11	915 M	15	85	70	13	77	64	6
12	930 M	16	83	67	13	76	63	4
13	1 G	18	85	67	9	80	71	-4
14	1.5 G	18	75	57	15	62	47	10
15	1.8 G	16	67	51	11	64	53	-2
16	2.45 G	23	73	50	18	67	49	1
17	3 G	22	66	44	17	65	48	-4
18	6 G	27	71	44	21	61	40	4
19	10 G	34	85	51	29	64	35	16
20	18 G	57	98	41	52	95	43	-2



本文对两标准差异的原因从电磁辐射传输过程的基本理论进行分析。按照 Schelkunoff 等效传输线原理，电磁波在自由空间传播的过程与行波在传输线中传输过程相似，可利用传输线方程来分析计算，这里传输线就是传输电磁能量的线路系统[9]。在测试中，电磁辐射传输过程包括：发射天线发射电磁波，经过自由空间场辐射到屏蔽室壁，经窗口进入屏蔽室，在屏蔽室腔体传播后，由接收天线接收。此过程中，电磁波能量损耗主要包括自由空间场传播损耗、屏蔽室壁及窗口(受试样)损耗、以及屏蔽室腔体损耗，见图 5 所示。

1) 自由空间场传播损耗

天线发射电磁波在自由空间传播时，其能量损耗简化计算可用下式(2)表示[10]：

$$PL = 20\lg(f) + 20\lg(d) + 32.4 \tag{2}$$

式中， $PL$ ——自由空间损耗，单位：dB；

$f$ ——频率，单位：MHz；

$d$ ——距离，单位：Km。

可知，在频率一定的情况下，发射天线距离窗口越远，自由空间对电磁波的损耗衰减越大，距离从 1 m 增加到 1.7 m， $PL$  将增加 4.6 dB；距离从 0.6 m 增加到 2 m， $PL$  将增加 10.4 dB。

2) 屏蔽室窗口损耗

屏蔽室窗口对电磁波的损耗可采用截止波导理论解释，将屏蔽室窗口模拟为一种矩形波导结构，存

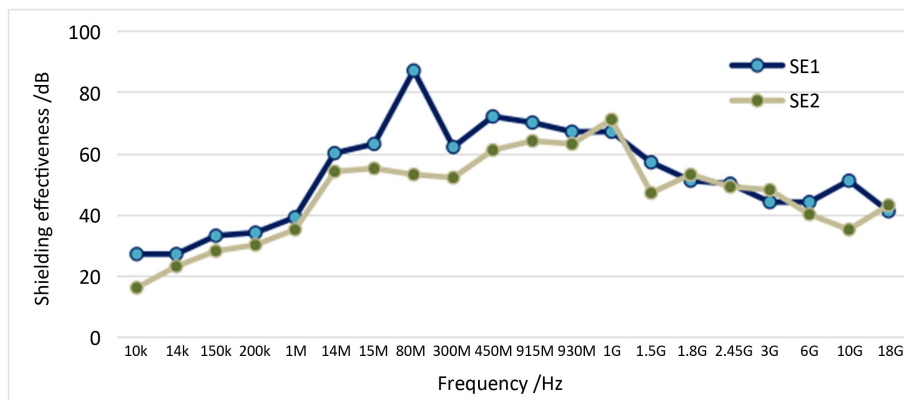


Figure 4. Curve: Results of shielding effectiveness curves

图 4. 屏蔽效能曲线

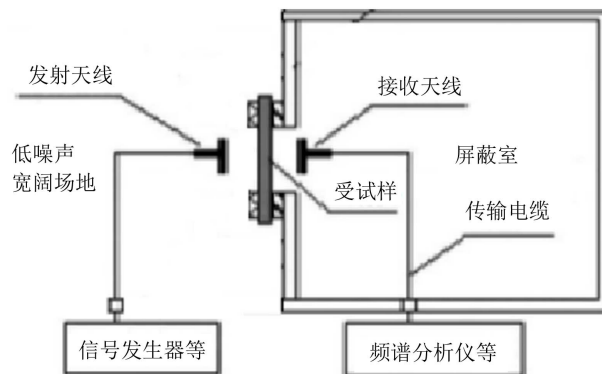


Figure 5. Curve: Schematic diagram of the system of shielding effectiveness

图 5. 屏蔽效能测试系统组成示意图

在一个截止频率  $f_c$ :

$$f_c = \frac{15}{w} (\text{GHz}) \quad (3)$$

式中,  $w$ ——矩形窗口长边长度, 单位: cm。

电磁波在穿过屏蔽室窗口时, 可以采用公式(4)求得窗口屏蔽效能[2]:

$$SE = 1.823 \times 10^{-9} f_c \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} \cdot t (\text{dB}) \quad (4)$$

式中,  $f$ ——频率, 单位: Hz;

$t$ ——屏蔽壁厚度, 单位: cm。

本文屏蔽室窗口尺寸为  $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ , 计算出其截止频率为  $0.25 \text{ GHz}$ , 屏蔽效能接近  $9 \text{ dB}$ , 当频率大于  $0.25 \text{ GHz}$  时, 屏蔽室窗口对电磁波基本不产生损耗。

### 3) 屏蔽室腔体损耗

电磁波在屏蔽室内的传播与自由空间场不同, 当电磁波进入屏蔽室腔体后, 电磁波遇到地面、天花板、墙壁等不同介质时, 会发生折射、反射、绕射、散射及吸收等, 形成腔体损耗。根据 Schelkunoff 传输线理论, 将屏蔽室腔体等效为无限长的导体板, 屏蔽效能见式(5) [2]:

$$SE = R + A + B (\text{dB}) \quad (5)$$

其中,  $R$ ——反射损耗, 计算公式为:

$$R = 168 - 10 \lg \left[ \frac{f \mu_r}{\sigma_r} \right] (\text{dB}) \quad (\text{平面波}) \quad (6)$$

$$R = 3.217 - 10 \lg \left[ \frac{f^3 r^3 \mu_r}{\sigma_r} \right] (\text{dB}) \quad (\text{电场}) \quad (7)$$

$$R = 20 \lg \left( 5.35r \sqrt{\frac{f \sigma_r}{\mu_r}} + 0.354 + \frac{1.17 \times 10^{-2}}{r} \sqrt{\frac{\mu_r}{f \sigma_r}} \right) (\text{dB}) \quad (\text{磁场}) \quad (8)$$

$A$ ——吸收损耗, 计算公式为:

$$A = 131t \sqrt{(f \mu_r \sigma_r)} (\text{dB}) \quad (9)$$

$B$ ——材料内部多次反射损耗, 计算公式为:

$$B = 10 \lg \left[ 1 - 2 \times 10^{-0.1A} \cos(0.23A) + 10^{-0.2A} \right] (\text{dB}) \quad (10)$$

式中,  $f$ ——频率, 单位: Hz;

$t$ ——屏蔽壁厚度, 单位: m;

$r$ ——发射天线至屏蔽室材料距离, 单位: m;

$\mu_r$ ——相对磁导率;

$\sigma_r$ ——相对电导率。

由上式可知, 屏蔽室腔体对电磁波具有很强的反射特性。因此, 室内接收天线接收到的电磁波除了来自发射天线的直接辐射外, 来自屏蔽室腔体表面的反射波也不能忽略, 即屏蔽室内接收天线处的电磁场是直射波与各种反射波的合成场, 合成场加强或减弱取决于直射波与反射波到达接收天线的波程差, 当直射波与反射波的波程差是半波长的奇数倍时, 二者相加后合成场将加强; 当波程差是半波长的偶数



倍时,合成场将减弱。直射波与反射波到达接收天线的波程差又取决于接收天线与窗口的距离、屏蔽室空间尺寸等因素[11],接收天线距离越远,接收到的电磁波受反射波影响越大。

综上分析,屏蔽效能测试数据是一个自由空间场传播损耗、屏蔽室窗口(受试样)损耗和屏蔽室腔体损耗的综合结果,影响因素较多,为此,本文以试验的方式对两标准的天线测试距离和校准参考方式进行了对比测试,以直观反映其差异性。

### 3.2.2. 天线测试距离的影响

本文试验了在相同 0.6 m 窗口下,依据 GB12190 和 GB30142 对天线测试距离的规定,进行屏蔽效能测试,测试结果见表 4。

为了直观,本文将两标准天线测试距离及屏蔽效能测试结果绘制成对应曲线,见图 6 所示。

可以看出,在同为 0.6 m 窗口条件下,两标准测试的屏蔽效能平均差值有 6 dB。在 1 GHz 以下,虽然参考测试距离相同,但 SE1' 普遍比 SE2 高出 8.4 dB;在 1 GHz 以上,SE1' 与 SE2 差值有 5 dB,呈波浪交叉形态。

### 3.2.3. 校准参考方式的影响

本文采用 GB12190 规定的天线测试距离,测试自由空间与 0.6 m 窗口两种校准参考方式下的屏蔽效能,测试结果见表 5。

屏蔽效能曲线见图 7 所示,在相同的天线测试距离条件下,两种参考校准方式表现为在 300 MHz 以下,SE1 较 SE1' 平均高出 6 dB;300 MHz 以上,两曲线趋于相同。

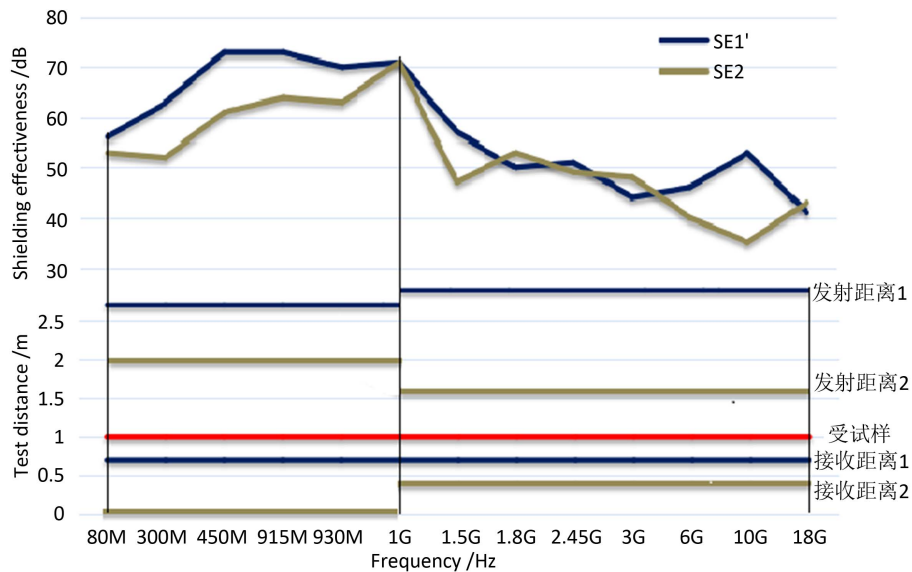
**Table 4.** Results of shielding effectiveness of the 0.6 m shielding enclosure

**表 4.** 0.6 m 窗口屏蔽效能表

序号	测量频点 (Hz)	GB12190			GB30142		
		A2 窗口校准值 (-dBm)	A3 窗口测试值 (-dBm)	SE1' 窗口屏蔽效能 (dB)	B2 窗口校准值 (-dBm)	B3 窗口测试值 (-dBm)	SE2 屏蔽效能 (dB)
1	80 M	38	94	56	31	84	53
2	300 M	7	70	63	6	58	52
3	450 M	11	84	73	16	77	61
4	915 M	12	85	73	13	77	64
5	930 M	13	83	70	13	76	63
6	1 G	14	85	71	9	80	71
7	1.5 G	18	75	57	15	62	47
8	1.8 G	17	67	50	11	64	53
9	2.45 G	22	73	51	18	67	49
10	3 G	22	66	44	17	65	48
11	6 G	25	71	46	21	61	40
12	10 G	32	85	53	29	64	35
13	18 G	57	98	41	52	95	43

**Table 5.** Shielding effectiveness based on two calibration references  
**表 5.** 两种校准参考方式屏蔽效能表

序号	测量频点 (Hz)	A1 自由空间校准值 (-dBm)	A2 窗口校准值 (-dBm)	A3 窗口测试值 (-dBm)	SE1 屏蔽效能 (dB)	SE1' 窗口屏蔽效能 (dB)
1	10 k	25	36	52	27	16
2	14 k	22	26	49	27	23
3	150 k	24	29	57	33	28
4	200 k	26	30	60	34	30
5	1 M	26	30	65	39	35
6	14 M	28	34	88	60	54
7	15 M	27	35	90	63	55
8	300 M	8	7	70	62	63
9	450 M	12	11	84	72	73
10	915 M	15	12	85	70	73
11	930 M	16	13	83	67	70
12	1 G	18	14	85	67	71
13	1.5 G	18	18	75	57	57
14	1.8 G	16	17	67	51	50
15	2.45 G	23	22	73	50	51
16	3 G	22	22	66	44	44
17	6 G	27	25	71	44	46
18	10 G	34	32	85	51	53
19	18 G	57	57	98	41	41



**Figure 6.** Curve: Relation of curves of antenna testing distances and shielding effectiveness  
**图 6.** 天线测试距离及屏蔽效能对应曲线

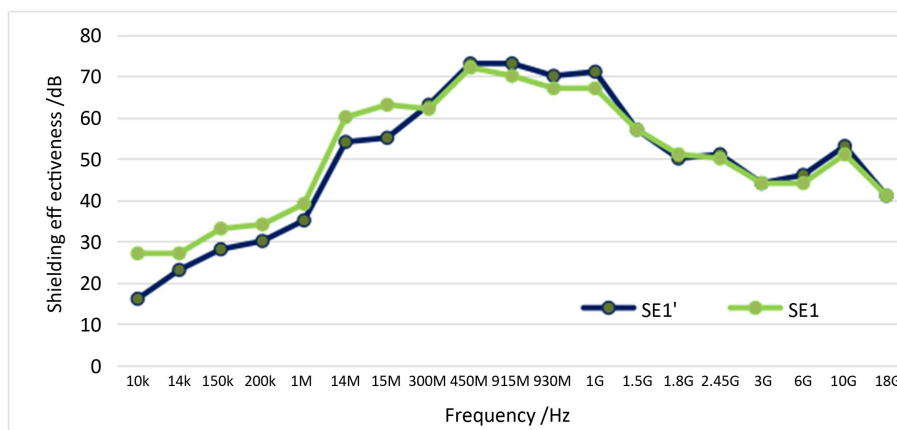


Figure 7. Curve: Shielding effectiveness curves based on two calibration references  
图 7. 两种校准参考方式屏蔽效能曲线

#### 4. 结论

本文分析了现有材料屏蔽效能测试标准中的屏蔽室窗口法、小屏蔽体窗口法、法兰同轴装置法三种材料屏蔽效能测试方法的测试原理、测试系统、适用频段等；并对现行 GB12190 与 GB30142 测试方法进行对比和试验，试验表明两标准的屏蔽效能差异明显，1 GHz 以下，GB12190 测试数据平均高于 GB30142 测试数据 7 dB；1 GHz 以上，平均差值有 5 dB。通过运用传输线理论分析，得出屏蔽效能测试数据是一个自由空间场传播损耗、屏蔽室窗口(受试样)损耗和屏蔽室腔体损耗的综合结果。进一步以试验的方式，基于 0.6 m 窗口测试分析了在参考测试距离相同条件下，天线测试距离对测试结果的影响，试验表明在 1 GHz 以下，GB12190 测试数据平均高于 GB30142 测试数据 8.4 dB；在 1 GHz 以上，平均差值有 5 dB。通过基于 GB12190 测试分析了在天线测试距离相同条件下，自由空间与窗口两种校准参考方式对测试结果的影响，试验表明在 300 MHz 以下，自由空间校准方式测试数据平均高于窗口校准方式 6 dB，在 300 MHz 以上，差别不明显。

#### 基金项目

国家级技术基础项目(项目编号：16ZF150)。

#### 参考文献 (References)

- [1] 蒋全兴. GJB 72A-2002. 电磁干扰和电磁兼容性术语[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2002.
- [2] 刘顺华, 刘军民, 董星龙. 电磁波屏蔽及吸波材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 67-71.
- [3] 蔡青. GB/T 26667-2011. 电磁屏蔽材料术语[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [4] 桑昱. GB/T 30142-2013. 平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [5] 胡玉生. 远场区同轴传输线测试法的原理与进展[J]. 测试与测量, 2006, 12(1): 43-46.
- [6] 陈世钢. GB12190-1990. 高性能屏蔽室屏蔽效能的测量方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [7] 马正平. 基于空间场部件屏蔽效能测试影响因素的研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- [8] Rigol Technologies, Inc. RIGOL 屏蔽效能测试方案[EB/OL]. <http://www.doc88.com/p-9982382135561.html>, 2016-11-09.
- [9] 周希朗. 电磁场理论与微波技术基础[M]. 第 2 版. 南京: 东南大学出版社, 2010: 243-244.
- [10] 吴彦鸿 王聪, 徐灿. 无线通信系统中电波传播路径损耗模型研究[J]. 理论与方法, 2009, 28(8): 35-37.
- [11] 陈引俐. 电磁屏蔽室的特性研究及分析[J]. 电子工业标准化通讯, 1989(6): 27-31.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2332-6980，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)