

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

衰减交变磁场中磁屏蔽效能的测量方法

Test Method for Magnetic Shield Efficiency in Attenuating Alternating Magnetic Fields

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
4 测试条件	2
5 测试用设备	2
6 测试过程	5
7 测试结果计算	5
附录 A（规范性附录）退磁方法	7
附录 B（资料性附录）亥姆霍兹线圈计算	8
附录 C（资料性附录）交流线圈电压值和交变磁场的比例系数换算	9
附录 D（资料性附录）本标准与 ASTM A698-2007 差异性说明	10

前 言

按照GB/T 1.1—2009给出的规则进行起草。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 和附录 C、附录 D 均为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电磁屏蔽材料标准化技术委员会（SAC/TC 323）归口。

本标准起草单位：上海市计量测试技术研究院、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX、XXXXXXXXXX。

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

本标准于 XXXX 年 X 月首次发布。

衰减交变磁场中磁屏蔽效能的测量方法

1 范围

本标准规定了测试材料在交变磁场中磁屏蔽效能的测试方法。

本标准适用于各类金属磁屏蔽材料、复合磁屏蔽材料和各类涂层屏蔽等材料的测试。磁性材料镀层的屏蔽效能测试通过在同样大小和材料的屏蔽筒上涂上材料或者包裹材料。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 26667-2011 电磁屏蔽材料术语

ASTM A 34/A 34M—06 测试磁性材料的取样和流程的规范（Practice for Sampling and Procurement Testing of Magnetic Materials）

ASTM A 340—03a(2011) 有关磁性测试用符号和定义的术语（Terminology of Symbols and Definitions Relating to Magnetic Testing）

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

3.1.1 衰减比（attenuation ration） SE_M

放入屏蔽材料前、后探测线圈测量电压的比值， E_1/E_2

放入屏蔽材料前、后探测线圈测量磁场强度的比值， H_1/H_2

3.2 缩略语

3.2.1 A —交流有效值电流表。

3.2.2 E_1 —放入测试样品前，装置中施加磁场后探测线圈中的电压值。

3.2.3 E_2 —转动测试样品，在装置中的测试位置探测线圈输出的最大电压值。

3.2.4 H_p —磁场强度。

3.2.5 I_p —交流磁化电流，峰值电流。

3.2.6 I —交流磁化电流，有效值电流。

3.2.7 l_c —退磁空气线圈的长度。

3.2.8 N —每个线圈截面的匝数（整个赫姆霍兹线圈匝数的一半）。

3.2.9 N_1 —退磁线圈的匝数。

3.2.10 R —亥姆霍兹线圈平均半径。

3.2.11 V —电子电压表。

3.2.12 Φ —线圈感应的磁通值。

4 测试条件

4.1 测试磁场频率

50Hz 或者 60Hz。

4.2 测试磁场大小

磁场大小可以在任意需要的测试磁场强度下，标准测试的交流磁场 H_p 为 0.05 mT 或者 0.2 mT。

4.3 测试环境要求

环境交变磁场小于 10nT，设备远离周边有电磁辐射的仪器。环境温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 70%。

5 测试用设备

5.1 系统构成

系统通常由亥姆霍兹线圈、探测线圈、电流表、电压表、电源、前置放大器、电源控制设备和交流磁场探头组成。

5.2 线圈系统装置

5.2.1 结构要求

亥姆霍兹线圈、探测线圈和支架台应为无磁材料。亥姆霍兹线圈的直径应满足至少是样品长度的三倍或者直径的四倍。探测线圈应放在亥姆霍兹线圈中心，相对两个线圈等间距和亥姆霍兹线圈同轴。线圈的直径或高度应等于或小于测试样品直径的一半，且不超过亥姆霍兹线圈的十分之一。装置的平台应可以调节样品的中心位置，且始终保持竖直地 360° 旋转。测试样品应和测试磁场成 90° 垂直方向。示意图见图 1。

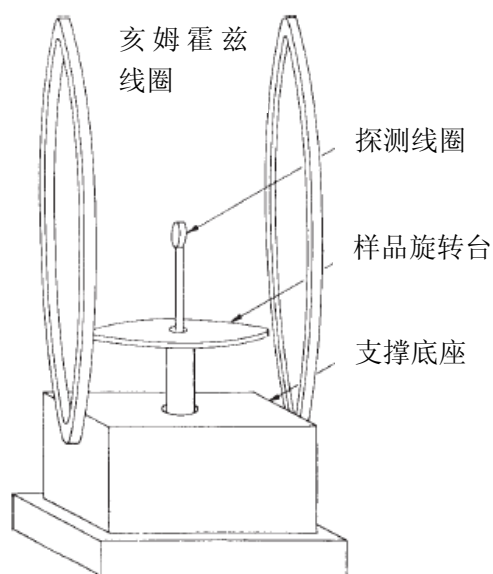


图 1 屏蔽测试装置

5.2.2 亥姆霍兹线圈

标准的亥姆霍兹线圈内径 1.5m，由两个匝数完全相同的线圈绕在坚固连接的分离物上或者两个分立的线圈绕制在同一个单独的圆柱形状上。架子必须是由非磁性材料构成的。合适的几何尺寸是用绝缘铜线绕成几乎圆形截面的多层同心线圈。两个线圈必须同轴而且和小线圈间距相等。线圈之间应串接形成一个标准的亥姆霍兹线圈。标准亥姆霍兹线圈测量标准屏蔽材料长度为 0.4m，直径 0.3m。测试支架必须设计成方便放入测试样品的形状。

边长 1.5m 的方形亥姆霍兹亦可作为磁场发生装置，方形和圆形亥姆霍兹线圈磁场的计算见附录 B。

5.2.3 探测线圈

为了实现宽量程测试，标准探测线圈的匝面积应为 $(5-10) \times 10^4 \text{ cm}^2$ 匝。线圈输出电压和磁场的关系见附录 C。探测线圈应覆盖一层薄的非磁导电屏蔽材料（铜，铝等），和整个系统接到同一个地，以获得较好的重复性。此屏蔽材料的边缘应绝缘，以防止短路的导线影响整个线圈中流过的磁通。线圈应包裹在一个静电屏蔽罩中，此屏蔽罩和导线外的屏蔽材料连接在一起。针对各类屏蔽材料推荐的探测线圈的尺寸见表 1。屏蔽测试线路连接见图 2 所示。测试更小的样品可以用更小尺寸的探测线圈，相应的匝数要随之增加以实现宽量程测试。

表 1 推荐的探测线圈尺寸

探测线圈数量	匝数	大约尺寸	
		长度 mm	平均直径 mm
1	10000	25.4	25.4
2	20000	31.8	31.8

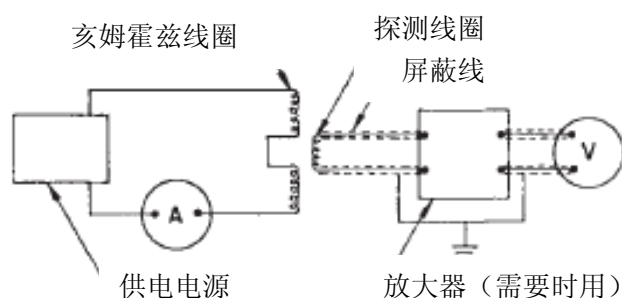


图 2 屏蔽测试连接图

5.3 电流表

准确度等级优于 1 级的电流表用来标定用于线圈供电的电流大小。

5.4 电子电压表

用一个宽量程、测量基本误差优于 $\pm 1\%$ 的电压表测试探测线圈的电压。采用最小阻抗为 $1\text{M}\Omega$ 的电压表以防止线圈过载。电子电压表灵敏度应优于 0.1mV 。

5.5 前置放大器

当样品的衰减比较大或探测线圈的匝面积太小，电子电压表无法分辨屏蔽材料内探测线圈输出的电压值时，需在探测线圈和电压表之间加上一个线性高阻抗、低噪音的前置放大器。此放大器的输入阻抗至少为 $1\text{M}\Omega$ 。在测量屏蔽材料放置前后，前置放大器均应接入电压测量电路。

5.6 电源

交流电源输出正弦波，电流波形的总谐波失真在整个测试过程中优于 5%，且每次测试过程中波形失真度应保持不变。所有连接电源和亥姆霍兹线圈的导线都应成对交叉，以减少导线的漏磁通干扰。

5.7 电源控制设备

可调自动变压器，整流器，振荡器，电源放大器等设备用来调节施加至亥姆霍兹线圈的电流、电压。电源必须尽可能与亥姆霍兹线圈分开。

5.8 交流磁场探头

当测试衰减率很小或屏蔽材料较小时，可用横向交流磁场探头替代探测线圈测试交变磁场。有效探

测单元必须同样满足探测线圈的尺寸要求。

6 测试过程

6.1 前期装置准备

调整放置样品支架方向，使测试线圈中由于漏磁场产生的漏电压减至最小。在对亥姆霍兹线圈通电之前，用电压表测试样品放置前后的残余电压。样品放置的合适位置为剩余电压远小于测试电压（推荐的比例为测试电压：残余电压=100：1）。应防止杂散电压和电压放大器通过金属套直接耦合。类似的振荡器或其它测试设备都必须与该装置隔离。测量时，干扰设备应远离放置且关闭，以防止发生干扰测试过程。高磁导率的磁屏蔽材料必须小心轻放以防止磁性能的减弱。测试前应对屏蔽材料进行交流退磁，退磁方法分为移动退磁法、衰减退磁法两种，具体见附录 A。

6.2 衰减比测试

经过退磁后，从最低磁场强度开始测试。使屏蔽样品远离测试装置，逐渐增加励磁电流到设定的磁场值，然后读取电压表的值，记录电压 E_1 为对应的磁场强度。减小励磁电流到零磁场，将测试样品放置于探测线圈外，并位于亥姆霍兹线圈中间。逐渐增大电流到之前设定的同样磁场，绕中心轴缓慢转动样品，探测线圈和亥姆霍兹线圈保持不动，记录衰减后的最大电压值 E_2 。非对称或者部分包裹的屏蔽体宜在实际工作需要使用的方向测量。从亥姆霍兹线圈中移开测试样品。其它磁场的测试应按照上述方法重复进行。测试过程中必须保证只有屏蔽材料本身参与测试。为防止杂散磁场干扰测试结果，各类金属物品都应远离测试区域。

7 测试结果计算

7.1 测试结果计算

7.1.1 磁场强度

亥姆霍兹线圈中心测试区域的磁场强度计算见附录 B。

7.1.2 衰减比

$$SE_M = E_1/E_2 \cdots \cdots \cdots (1)$$

E_1 ， E_2 分别为屏蔽前、后探测线圈测试所得的电压

通过下式计算衰减比（分贝）：

$$SE_M = 20 \log(E_1/E_2) \cdots \cdots \cdots (2)$$

若用交流磁场探头直接测量磁场强度，通过下式计算：

$$SE_M = H_1/H_2 \dots\dots\dots (3)$$

H_1 为亥姆霍兹线圈中无屏蔽材料的磁场， H_2 为有屏蔽材料的磁场。

附录 A
(规范性附录)

退磁方法

由于样品放在磁场中会有剩磁，为保证测试结果的重复性，可在测试前对屏蔽材料进行退磁。通常可采取以下两种退磁方法：

1 移动退磁法

通过缓慢地沿着空气线圈轴线的方向将屏蔽材料缓慢取出直至远离线圈来实现退磁。空气线圈的直径至少为屏蔽物直径（对角线或者一个方形的屏蔽体）的两倍。线圈的长度直径之比至少是 3:1。在退磁空气线圈中心磁场 H_p 的值是按照式 (A.1) 要求，具体见表 A.1。

$$H_p = N_1 I_p / l_c \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

如果退磁线圈和亥姆霍兹线圈位于同一房间，或者退磁磁场和其它测试设备之间存在干扰，退磁电源应在对样品退磁时打开。

2 衰减退磁法

当样品结构允许的情况下，通过在屏蔽材料外围绕线圈，从上至下，通过电源在导线中通电，在材料中产生较大的磁通。磁化电流应缓慢平稳地从最大值逐渐减小到系统产生最小的磁场。建立最大的磁化所需要的磁场的磁路见表 A.2。磁路根据屏蔽物的最大周长进行计算。

表 A.1 不同材料用线圈进行退磁的退磁场强度^{注1}

材料	磁场强度 中心退磁场 H_p , A/m
铁镍和非晶合金	800
硅钢和低碳钢	4000

表 A.2 绕在屏蔽材料外的消磁场^{注1}

材料	近似场 安匝/米
铁镍和非晶合金	0.02
硅钢和低碳钢	0.10

注 1：对其它材料可按照材料磁特性选择相应的退磁场强度

附录B
(资料性附录)
亥姆霍兹线圈计算

1. 圆形亥姆霍兹线圈

圆形亥姆霍兹线圈要求中心间距等于线圈半径，线圈在中心区磁场具有 4 阶均匀度，如图 B.1 所示线圈轴线 x 处的的磁场为：

$$H = \frac{R^2 NI}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \dots\dots\dots (B. 1)$$

x = R/2 处两个线圈产生的中心磁场：

$$H = \frac{8NI}{5^{3/2} R} \approx 0.716 \frac{NI}{R} \dots\dots\dots (B. 2)$$

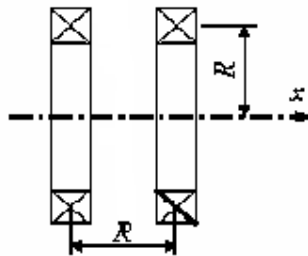


图 B.1 圆形亥姆霍兹线圈

2. 方形亥姆霍兹线圈

方形亥姆霍兹线圈（又称芳赛洛 Fanselau 方环）要求中心间距等于线圈半径的 0.5445 倍，线圈在中心区磁场具有 4 阶均匀度，如图 B.2 所示 (c=0.5445a)

线圈轴线 x 处的的磁场为：

$$H(x) = \frac{2a^2 NI}{\pi} \left\{ \frac{1}{[a^2 + (x-c)^2] \sqrt{2a^2 + (x-c)^2}} + \frac{1}{[a^2 + (x+c)^2] \sqrt{2a^2 + (x+c)^2}} \right\} \dots\dots\dots (B. 3)$$

x = c/2 处两个线圈产生的中心磁场：

$$H(x) = \frac{4a^2 NI}{\pi} \left[\frac{1}{(a^2 + c^2) \sqrt{2a^2 + c^2}} \right] \approx 0.648 \frac{NI}{a} \dots\dots\dots (B. 4)$$

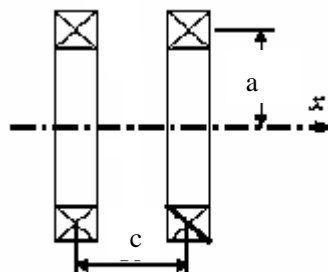


图 B.2 方形亥姆霍兹线圈

附录 C
(资料性附录)

交流线圈电压值和交变磁场的比例系数换算

根据电磁感应定律:

$$V = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S N \cdot \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中 B 为磁感应强度, S 为线圈面积
磁感应强度大小

$$B_m = B_0 \sin(2\pi ft + \phi_0) \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中 B_0 为磁感应强度的峰值, f 为测试频率, ϕ_0 为初始相位角

当交流测试线圈平面法线和磁场方向平行,
电压有效值

$$V = \sqrt{2}\pi fNSB_0 \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

交流线圈电压有效值和交变磁场的比例系数

$$k = \frac{V}{B_m/\sqrt{2}} = 2\pi fNS \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

附录 D
(资料性附录)

本标准与 ASTM A698-2007 差异性说明

1. 修改标准名称为衰减交变磁场中磁屏蔽效能的测量方法；
2. 删除 ASTM A698 标准的前言、范围和重要性、使用和精度章节；
3. 引用文件按对应的国家标准和行业标准作了变更；
4. 重新编排图片的编号和位置；
5. 修改了部分术语；
6. 测试方法中增加了实验条件；
7. 对设备中亥姆霍兹和探测线圈参数，电流表准确度等级，电子电压表灵敏度重新做了规定；霍尔探头更新为交流磁场探头。
8. 所有计算公式删除了 CGS 单位制的相关计算；
9. 将测试过程中的退磁方法列入附录 A 中；
10. 增加了附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D。