

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 30140—2013

## 磁性材料在低频磁场中屏蔽 效能的测量方法

Measuring method for the shielding effectiveness of magnetic material in low  
frequency alternating magnetic field

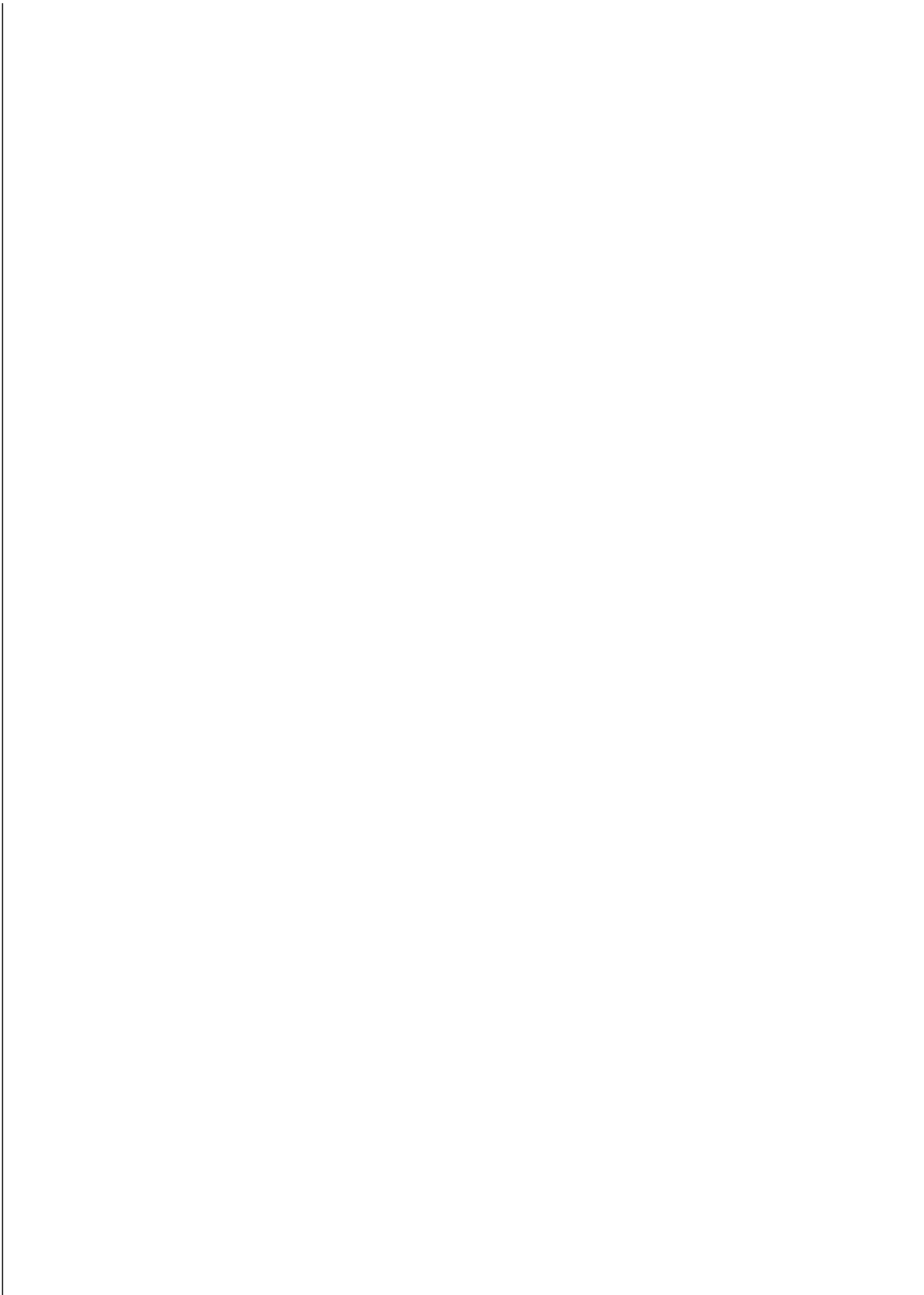
2013-12-17 发布

2014-05-14 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



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

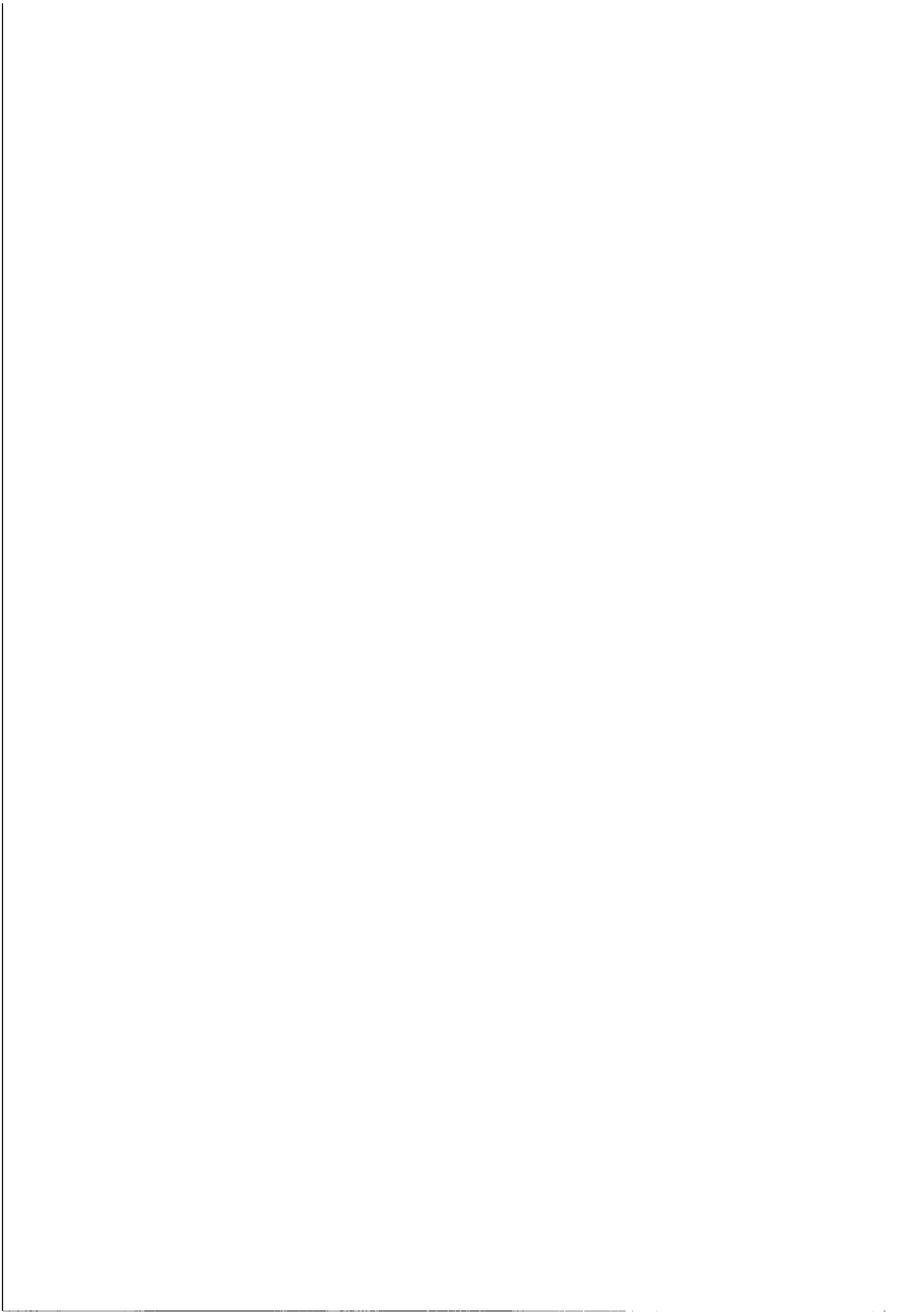
本标准使用重新起草法非等效采用 ASTM A698/A698M—2007《在衰减交变磁场中测试磁屏蔽效能的标准方法》。

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、北方工程设计研究院、安方高科电磁安全技术(北京)有限公司。

本标准主要起草人：来磊、徐振、石雷兵、程涛、蔡青、陆福敏、李自强、朱安东、齐鲁、孙健。



# 磁性材料在低频磁场中屏蔽效能的测量方法

## 1 范围

本标准规定了在低频磁场中测量磁性材料磁屏蔽效能的方法。

本标准适用于涉及的材料包括：金属磁屏蔽材料、复合磁屏蔽材料和各类涂层屏蔽材料。

## 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—2006 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—2003a(2011) 有关磁性测量用符号和定义的术语(Terminology of Symbols and Definitions Relating to Magnetic Testing)

## 3 术语和定义

GB/T 26667—2011 和 ASTM A 340—2003a(2011)界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**磁屏蔽效能 magnetic shielding effectiveness**

$SE_M$

放入屏蔽材料前、后探测线圈测量电压的比值。

放入屏蔽材料前、后探测线圈测量磁场强度的比值。

## 4 测量条件

### 4.1 测量磁场频率

50 Hz 或者 60 Hz。

### 4.2 测量磁场大小

磁场大小可以在任意需要的测量磁场强度下，标准测量的交流磁场  $H_p$  为 40 A/m 或者 160 A/m。

### 4.3 测量环境要求

环境交变磁场小于 10 nT，设备远离周边有电磁辐射的仪器。环境温度为 23 ℃ ± 5 ℃，相对湿度不大于 70%。

#### 4.4 试样准备

试样由两种方式构成,一种为圆筒状的试样或用被测材料制成圆筒形状,一种是在圆筒形状的基材上涂覆或包裹被测材料。

### 5 测量用设备

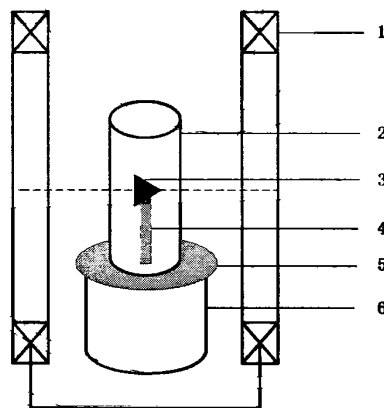
#### 5.1 系统构成

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 磁场线圈系统装置

##### 5.2.1 系统结构要求

系统装置结构如图 1 所示。亥姆霍兹线圈骨架、探测线圈骨架、旋转台和支架台应采用绝缘无磁材料。亥姆霍兹线圈的直径应满足至少为试样圆筒长度的三倍或者直径的四倍。试样符合 ASTM A 34/A 34M—2006 标准的规定。探测线圈应固定在亥姆霍兹线圈中心,相对两个线圈等间距并和亥姆霍兹线圈同轴,直径和高度应等于或小于试样直径的一半,且不超过亥姆霍兹线圈直径的十分之一。旋转台能保持竖直 360°旋转。试样轴线和磁场方向成 90°垂直方向。



说明:

- 1——亥姆霍兹线圈;
- 2——被测试样;
- 3——探测线圈;
- 4——探测线圈支架;
- 5——旋转台;
- 6——试样底座。

图 1 磁屏蔽测量装置示意图

##### 5.2.2 亥姆霍兹线圈

标准的亥姆霍兹线圈直径为 1.5 m,由两个匝数完全相同的线圈绕在坚固连接的分隔物上,架子应采用绝缘无磁材料。绝缘铜线绕成近似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被测屏蔽材料的标准试样圆筒长度为 0.4 m, 直径为 0.3 m。支架必须设计成便于放入试样的形状。

可采用边长为 1.5 m 的方形亥姆霍兹线圈, 方形和圆形亥姆霍兹线圈的计算见附录 C。

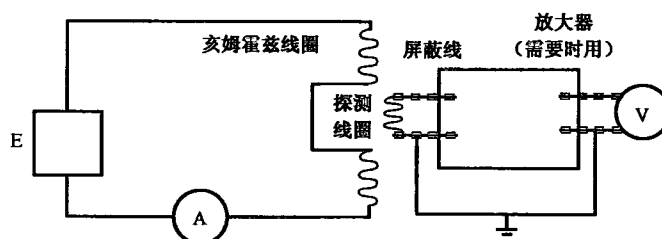
### 5.2.3 探测线圈

为了实现宽量程测量, 标准探测线圈的匝面积应为  $5 \text{ m}^2 \sim 10 \text{ m}^2$ 。线圈输出电压和磁场的关系应符合附录 B 规定。探测线圈应覆盖一层薄的非磁导电屏蔽材料(铜、铝等)和整个系统共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。针对各类屏蔽材料推荐的探测线圈的尺寸见表 1。测量小试样可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量。

表 1 推荐的探测线圈尺寸

探测线圈	匝数	大约尺寸	
		长度 mm	平均直径 mm
1	10 000	25.4	25.4
2	20 000	31.8	31.8

屏蔽测量电路连接如图 2 所示。



说明:

- E —— 电源;
- A —— 交流电流表;
- V —— 交流电压表。

图 2 磁屏蔽测量电路示意图

### 5.3 交流电流表

采用最大允许误差不超过  $\pm 1\%$  的电流表标定线圈的供电电流。

### 5.4 交流电压表

测量电压最大允许误差不超过  $\pm 1\%$ , 输入阻抗大于  $1 \text{ M}\Omega$ , 分辨力小于  $0.1 \text{ mV}$ 。

### 5.5 前置放大器

当试样的磁屏蔽效能较大或探测线圈的匝面积太小, 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大于  $1 \text{ M}\Omega$ 。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。线圈输出电压过大可

使用一个经校准过的线性衰减器。

## 5.6 电源

交流电源输出正弦波,电流的波形失真度优于5%,每次测量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采用双绞线方式连接,以减少导线的漏磁通干扰。

## 5.7 电源控制设备

电源控制设备用来调节施加至亥姆霍兹线圈的电流、电压,通常与电源组合为一个整体。电源必须尽可能远离亥姆霍兹线圈。

## 5.8 交流磁场探头

当测量屏蔽效能很小或屏蔽材料尺寸较小时,可用横向交流磁场探头替代探测线圈进行测量。有效探测单元必须同样满足探测线圈的尺寸要求。

# 6 测量过程

## 6.1 前期装置准备

调整放置试样支架的方向,使测量线圈中由于残余磁场产生的残余电压减至最小。在对亥姆霍兹线圈通电之前,用电压表测量试样放置前后的残余电压。试样放置的合适位置为残余电压远小于测量电压(推荐的比例为测量电压/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。类似的振荡器或其他测量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,以防止发生干扰测量过程。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。测量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,具体应符合附录A规定。

## 6.2 磁屏蔽效能测量

试样经过退磁后,从最低磁场强度开始测量。使屏蔽试样远离测量装置,逐渐增加励磁电流到设定的磁场值,然后读取电压表的值,换算关系应符合附录B的规定。记录电压 $U_1$ 作为设定磁场时对应的电压值。减小励磁电流到零磁场,将试样放置于探测线圈外,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,对应同样电流表的电流,绕中心轴缓慢转动试样,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 $U_2$ 。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。将电流降为零,从亥姆霍兹线圈中移开试样。

其他磁场的测量应按照上述方法重复进行。测量过程中必须保证只有屏蔽材料本身参与测量。为防止杂散磁场干扰测量结果,各类金属物品都应远离测量区域。

# 7 测量结果计算

## 7.1 磁场强度计算

亥姆霍兹线圈中心测量区域的磁场强度计算参见附录C。

## 7.2 磁屏蔽效能计算

若用交流磁场探头直接测量磁场强度,通过式(1)计算:

$$SE_M = H_1/H_2 \dots\dots\dots (1)$$



式中：

$H_1$ ——亥姆霍兹线圈中无屏蔽材料的磁场强度，单位为安培每米(A/m)；

$H_2$ ——亥姆霍兹线圈中有屏蔽材料的磁场强度，单位为安培每米(A/m)。

若用磁场探测线圈测量，则通过式(2)计算：

$$SE_M = U_1/U_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$U_1$ ——屏蔽前探测线圈测量的电压，单位为伏(V)；

$U_2$ ——屏蔽后探测线圈测量的电压，单位为伏(V)。

通过式(3)计算磁屏蔽效能(分贝)：

$$SE_M' = 20\lg(U_1/U_2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**退磁方法**

由于试样放在磁场中会有剩磁,为保证测量结果的重复性,可在测量前对屏蔽材料进行退磁。通常可采取以下两种退磁方法。

**A.1 移动退磁法**

通过沿着空心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。空心线圈的直径至少为屏蔽物对角线长度的两倍。退磁线圈的长度直径比至少是 3 : 1。退磁空心薄壁线圈中心峰值磁场强度  $H_p$  按照式(A.1)要求计算,退磁场大小具体见表 A.1。

$$H_p = \frac{N_1}{l} \cdot I_p \cdot \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $H_p$  —— 线圈中心峰值磁场强度,单位为安培每米(A/m);
- $N_1$  —— 退磁线圈的匝数;
- $l$  —— 退磁线圈的长度,单位为米(m);
- $d$  —— 退磁线圈的直径,单位为米(m);
- $I_p$  —— 交流磁化峰值电流,单位为安培(A)。

如果退磁线圈和亥姆霍兹线圈位于同一房间,或者退磁磁场和其他测量设备之间存在干扰,应在仅试样退磁时打开退磁电源。

**表 A.1 不同材料移动退磁法退磁场强度**

材料	中心退磁场强度 A/m
铁镍和非晶合金	800
硅钢和低碳钢	4 000
注: 其他材料可按照材料磁特性选择相应的退磁场强度。	

**A.2 衰减退磁法**

当试样结构允许的情况下,通过在屏蔽材料外绕线,导线中通入一定幅值的交流电,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退磁系统产生最小的磁场。初始最大退磁场见表 A.2。峰值磁场计算按照式(A.2)要求计算。其中磁路长度根据屏蔽材料的最大周长进行计算。

$$H_p = \frac{N_2}{l_m} \cdot I_p \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- $H_p$  —— 线圈中心峰值磁场强度,单位为安培每米(A/m);
- $N_2$  —— 绕线的匝数;

$l_m$  ——屏蔽试样磁路长度,单位为米(m);  
 $I_p$  ——交流磁化峰值电流,单位为安培(A)。

表 A.2 不同材料衰减退磁法退磁场强度

材料	中心退磁场强度 A/m
铁镍和非晶合金	2
硅钢和低碳钢	10
注:其他材料可按照材料磁特性选择相应的退磁场强度。	

附录 B  
(规范性附录)

交流探测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,交流探测线圈测试电压  $U$ :

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$\vec{B}$  ——磁感应强度,单位为特斯拉(T);

$\vec{S}$  ——匝面积,单位为平方米( $m^2$ );

$\Phi$  ——线圈感应的磁通值,单位为韦伯(Wb)。

磁感应强度大小:

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

式中:

$B_0$  ——磁感应强度的有效值,单位为特斯拉(T);

$f$  ——测量频率,单位为赫兹(Hz);

$\phi_0$  ——初始相位角。

当交流测量线圈平面法线和磁场方向平行,电压有效值:

$$U = 2\pi f S B_0 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

交流线圈电压有效值和交变磁场的比例系数:

$$k = \frac{U}{B_0} = 2\pi f S \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

**附录 C**  
**(资料性附录)**  
**亥姆霍兹线圈计算方法**

**C.1 圆形亥姆霍兹线圈**

圆形亥姆霍兹线圈中心间距等于线圈半径  $R$ , 如图 C.1 所示。

线圈轴线  $x$  处的磁场为:

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

两个线圈中心  $o$  点的磁场:

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

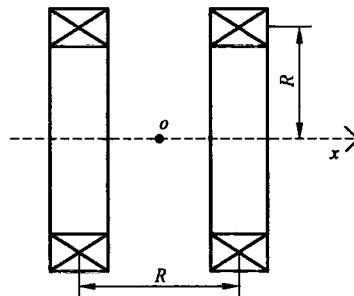


图 C.1 圆形亥姆霍兹线圈

**C.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)一般取中心间距  $2c$  等于线圈边长  $2a$  的 0.544 5 倍, 如图 C.2 所示。

线圈轴线  $x$  处的磁场为:

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

两个线圈产生的中心磁场为:

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

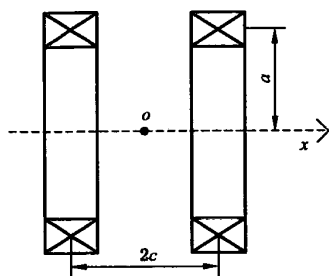


图 C.2 方形亥姆霍兹线圈



中华人民共和国  
国家标准  
磁性材料在低频磁场中屏蔽  
效能的测量方法  
GB/T 30140—2013

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)  
网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

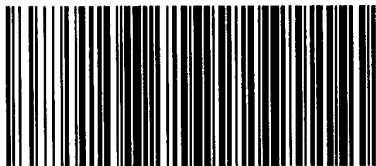
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字  
2014年3月第一版 2014年3月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-48306 定价 18.00 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)68510107



GB/T 30140—2013