

JJF(浙)

浙江省地方计量技术规范

JJF(浙) 1188—2022

磁矩测量仪校准规范

Calibration Specification for Magnetic Moment Measuring  
Instruments

2022-05-07 发布

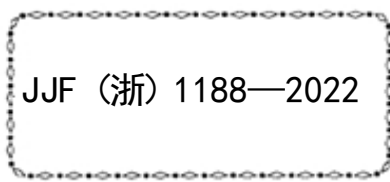
2022-08-07 实施

浙江省市场监督管理局 发布

# 磁矩测量仪校准规范

Calibration specification for  
magnetic moment measuring instruments

JJF (浙) 1188—2022



归口单位：浙江省市场监督管理局

主要起草单位：宁波市计量测试研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：余姚市质量检验检测中心

宁波兴隆磁性技术有限公司

本规范委托宁波市计量测试研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

王一民（宁波市计量测试研究院）

虞志书（浙江省计量科学研究院）

陈杭武（宁波市计量测试研究院）

**参加起草人：**

孙梦翔（宁波市计量测试研究院）

冯 丹（余姚市质量检验检测中心）

黄可可（宁波兴隆磁性技术有限公司）

# 目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 磁矩.....	1
4 概述.....	1
4.1 用途.....	1
4.2 测量原理.....	1
4.3 结构.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 磁矩值.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准与其他设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
8 校准结果表达.....	4
9 复校时间间隔.....	4
附录 A 磁矩测量仪校准记录.....	5
附录 B 磁矩测量仪校准证书内页参考格式.....	6
附录 C 磁矩示值误差校准的测量不确定度评定示例.....	7

## 引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范是首次制定。

# 磁矩测量仪校准规范

## 1 范围

本规范规定了用磁矩参考样品校准磁矩测量仪的方法，适用于测试线圈直径范围为 50 mm~1000 mm 磁矩测量仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1905-2021 磁通计校准规范

JJF 1906-2021 恒定磁场线圈校准规范

JJF (浙) 1177-2021 磁矩参考样品校准规范

GB/T 2900.60-2002 电工术语 电磁学

GB/T 38437-2019 用抽拉或旋转方式测量铁磁材料样品磁偶极矩的方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和定义

### 3.1 磁矩 magnetic moment

全称磁偶极矩，对于某一区域内的物质，等于磁极化强度的体积积分。单位：Wbm。

[GB/T 2900.60 中 121.11.55]

## 4 概述

### 4.1 用途

磁矩测量仪主要用于测量磁性材料的磁矩值。

### 4.2 测量原理

磁矩测量仪的工作原理如图 1 所示，通过抽拉或旋转等方式改变试样的位置或方向，使得测试线圈两端产生感应电动势，磁通积分器对感应电动势进行积分测得磁通变化量，其与线圈常数的乘积即为磁矩值。

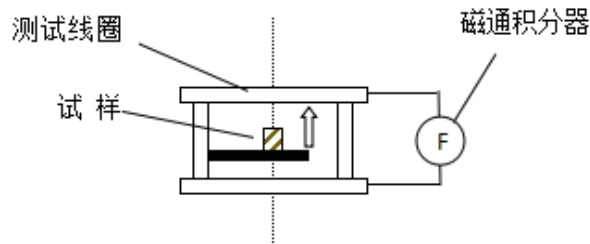


图1 磁矩测量仪工作原理图

### 4.3 结构

磁矩测量仪由磁通积分器、测试线圈以及相应的数据处理系统组成。磁通积分器，可以是磁通计、电子积分器或其他自动积分装置，测试线圈多采用单轴或三轴亥姆霍兹线圈，也可以是螺线管等其他合适的线圈。

## 5 计量特性

### 5.1 磁矩值

测量范围：(0.1~150)  $\mu\text{Wbm}$ 。

最大允许误差： $\pm 0.1\% \sim \pm 5.0\%$ 。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境条件应满足：

- a) 环境温度：(20 $\pm$ 5)  $^{\circ}\text{C}$  ；
- b) 相对湿度： $\leq 80\%$  ；
- c) 无明显影响校准的振动、冲击以及其他电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

磁矩参考样品

磁矩参考样品的扩展不确定度不超过被校磁矩测量仪最大允许误差的三分之一。

所选磁矩参考样品应满足 JJF (浙) 1177-2021 的要求，其尺寸不得超过被校仪器测试线圈的均匀区。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

- a) 外观和状态检查
- b) 磁矩示值误差

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观和状态检查

检查磁矩测量仪的外观应完好，无影响工作的机械损伤，磁通积分器各操作部件应灵活。

通电后检查仪器显示应正常，检查软件系统中设置的测试线圈参数是否正确。

校准前，磁矩测量仪应按照使用说明书的要求进行预热，磁矩参考样品应在现场环境条件下静置不少于 15 分钟。

#### 7.2.2 磁矩示值误差

- a) 根据测试线圈均匀区大小选择合适规格的磁矩参考样品；
- b) 选择合适的档位，使磁矩值在测量仪量程的（10%~90%）范围内；
- c) 将样品置于测试线圈径向和轴向的中心位置，与测试线圈同轴；
- d) 调节磁矩测量仪的漂移并置零；
- e) 采用抽拉法时，将样品抽拉至一段距离之外的位置，待磁矩测量仪数值稳定时，记录被校磁矩测量仪的磁矩值  $m_x$ 。

按公式（1）计算磁矩示值误差：

$$\Delta m = m_x - m_0 \quad (1)$$

式中：

$\Delta m$  ——被校磁矩测量仪的示值误差，Wbm；

$m_x$  ——被校磁矩测量仪的示值，Wbm；

$m_0$  ——磁矩参考样品的标称磁矩值，Wbm。

- f) 采用旋转法时，将样品在包含磁矩方向的平面内旋转  $180^\circ$ ，记录磁矩值  $m_x$ 。



按公式 (2) 计算磁矩示值误差:

$$\Delta m = \frac{m_x}{2} - m_0 \quad (2)$$

g) 对于多轴线圈, 重复步骤 a)~f), 需要注意调节磁矩参考样品的位置使其基面与测量线圈的轴线垂直。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书中表达, 校准证书至少包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

校准周期建议不超过 1 年。根据使用的频度等情况, 使用单位应合理规定复校时间间隔。

## 附录 A

## 磁矩测量仪校准记录

证书编号\_\_\_\_\_

委托方\_\_\_\_\_委托方地址\_\_\_\_\_

器具名称\_\_\_\_\_制造单位\_\_\_\_\_

型号规格\_\_\_\_\_器具编号\_\_\_\_\_

校准地点\_\_\_\_\_环境温度\_\_\_\_\_℃ 相对湿度\_\_\_\_\_%

校准日期\_\_\_\_\_校准员\_\_\_\_\_核验员\_\_\_\_\_

校准依据\_\_\_\_\_

校准所用的主要计量器具：

名称	型号规格	编号	测量范围	不确定度/准确度等级或最大允许误差	证书编号/有效期

校准结果：

1. 外观及状态：\_\_\_\_\_

2. 磁矩示值误差

线圈方向	线圈常数 $K_B$ (m)	示值 $m_x$ ( $\mu\text{Wbm}$ )	标准值 $m_0$ ( $\mu\text{Wbm}$ )	示值误差 $\Delta m$ ( $\mu\text{Wbm}$ )
X 轴				
Y 轴				
Z 轴				

 抽拉法：  $\Delta m = m_x - m_0$  ， 旋转法：  $\Delta m = m_x / 2 - m_0$  。校准结果的扩展不确定度：  $U_{\text{rel}} =$  \_\_\_\_\_% ， (  $k = 2$  ) 。

## 附录 B

## 磁矩测量仪校准证书内页参考格式

证书编号 ××××××—××××

校准结果:

1. 外观及状态: \_\_\_\_\_

2. 磁矩示值误差:

线圈 方向	线圈常数 $K_B$ (m)	示值 $m_x$ ( $\mu\text{Wbm}$ )	标准值 $m_0$ ( $\mu\text{Wbm}$ )	示值误差 $\Delta m$ ( $\mu\text{Wbm}$ )
X 轴				
Y 轴				
Z 轴				

校准结果的扩展不确定度:  $U_{\text{rel}} = \underline{\hspace{2cm}}\%$ , ( $k=2$ )。

## 附录 C

### 磁矩示值误差校准的测量不确定度评定示例

#### C.1 概述

采用标称值为  $0.5397\mu\text{Wbm}$  的一等磁矩参考样品校准磁矩测量仪，进行测量不确定度评定。被校磁矩测量仪的最大允许误差为  $\pm 2.5\%$ 。

#### C.2 不确定度分析

##### C.2.1 测量模型

磁矩测量仪的磁矩示值误差可表示为：

$$\Delta m = m_x - m_0$$

式中：

$\Delta m$  —— 被校磁矩测量仪在该校准点示值误差，韦伯米，Wbm；

$m_x$  —— 被校磁矩测量仪示值，韦伯米，Wbm；

$m_0$  —— 磁矩参考样品标称磁矩值，韦伯米，Wbm。

##### C.2.2 测量不确定度的主要来源

磁矩示值误差的测量不确定度的主要来源包括：

a) 由被校磁矩测量仪引入的标准不确定度  $u(m_x)$ ；

b) 由磁矩参考样品引入的标准不确定度  $u(m_0)$ 。

由于各输入量彼此独立不相关，合成标准不确定度可表示为：

$$u_c(\Delta m) = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(m_x) + c_2^2 \cdot u^2(m_0)}$$

式中各灵敏系数分别为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta m}{\partial m_x} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta m}{\partial m_0} = -1$$

### C.3 标准不确定度评定

#### C.3.1 由被校磁矩测量仪引入的标准不确定度 $u(m_x)$

##### C.3.1.1 由被校磁矩测量仪测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(m_x)$

在重复性条件下,用被校磁矩测量仪测量磁矩参考样品 10 次,获得一组数据见表 C.1。

表 C.1 磁矩测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
校准结果 $\mu\text{Wbm}$	0.5397	0.5398	0.5400	0.5398	0.5393	0.5398	0.5400	0.5400	0.5398	0.5399

磁矩测量平均值:

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i = 0.53984 \mu\text{Wbm}$$

按贝塞尔公式计算磁矩值单次测量值的实验标准差:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2} = 0.000125 \mu\text{Wbm}$$

由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(m_x) = s = 0.000125 \mu\text{Wbm}$$

##### C.3.1.2 由被校磁矩测量仪测试线圈不均匀引入的标准不确定度 $u_2(m_x)$

以 D150mm 的亥姆霍兹线圈为例,经试验,其中心 20mm×20mm×20mm 范围内均匀度为 0.34%,半宽度为  $a = m_x \times 0.34\% \approx 0.001835 \mu\text{Wbm}$ ,假设为均匀分布  $k = \sqrt{3}$ ,则由测试仪测试线圈不均匀引入的标准不确定度为:

$$u_2(m_x) = \frac{a}{k} \approx 0.001059 \mu\text{Wbm}$$

综上,由被校磁矩测量仪引入的标准不确定度为:

$$\begin{aligned} u(m_x) &= \sqrt{u_1^2(m_x) + u_2^2(m_x)} \\ &= \sqrt{0.000125^2 + 0.001059^2} \mu\text{Wbm} \\ &\approx 0.001066 \mu\text{Wbm} \end{aligned}$$

C.3.2 由磁矩参考样品标准磁矩值引入的标准不确定度  $u(m_0)$

C.3.2.1 由磁矩参考样品标称示值引入的标准不确定度  $u_1(m_0)$

一等磁矩参考样品标称示值为  $m_0 = 0.5397 \mu\text{Wbm}$ ，其最大允许误差为  $\pm 0.5\%$ ，则半宽度为  $a = 0.002698 \mu\text{Wbm}$ ，假设为均匀分布  $k = \sqrt{3}$ ，则由磁矩参考样品标称磁矩值引入的标准不确定度为：

$$u_1(m_0) = \frac{a}{k} \approx 0.001558 \mu\text{Wbm}$$

C.3.2.2 由样品工作温度变化引入的标准不确定度  $u_2(m_0)$

控制工作环境温度，使其与磁矩参考样品赋值时的环境温度相差不大于  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。假设磁矩参考样品磁矩的温度系数为  $-0.05 \text{ } \%/^\circ\text{C}$ ，则半宽度为  $a = |m_0 \times (-0.05\%) \times 5| = 0.001349 \mu\text{Wbm}$ ，假设为均匀分布  $k = \sqrt{3}$ ，则因样品温度变化引入的标准不确定度为：

$$u_2(m_0) = \frac{a}{k} \approx 0.000779 \mu\text{Wbm}$$

综上，由磁矩参考样品磁矩值引入的标准不确定度为

$$\begin{aligned} u(m_0) &= \sqrt{u_1^2(m_0) + u_2^2(m_0)} \\ &= \sqrt{0.001558^2 + 0.000779^2} \mu\text{Wbm} \\ &\approx 0.001742 \mu\text{Wbm} \end{aligned}$$

C.4 计算合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u_c(\Delta m) &= \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(m_x) + c_2^2 \cdot u^2(m_0)} \\ &= \sqrt{1^2 \times 0.001066^2 + (-1)^2 \times 0.001742^2} \mu\text{Wbm} \\ &\approx 0.002043 \mu\text{Wbm} \end{aligned}$$

C.5 确定扩展不确定度

取  $k = 2$ ，则磁矩示值误差的扩展不确定度为：

$$U = k u_c(\Delta m) = 2 \times 0.002043 \mu\text{Wbm} \approx 0.0041 \mu\text{Wbm} \quad (k = 2)$$

### C.6 计算相对扩展不确定度

磁矩示值误差的相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{m} \times 100\% = \frac{0.0041 \mu\text{Wbm}}{0.5398 \mu\text{Wbm}} \times 100\% \approx 0.8\% \quad (k = 2)$$

---

