浙江省地方计量技术规范

JJF（浙）1177—2021

磁矩参考样品校准规范

Calibration Specification for Magnetic Moment Reference Sample

2021-03-05 发布　　2021-06-05 实施

浙 江 省 市 场 监 督 管 理 局　发 布

磁矩参考样品校准规范

Calibration Specification for

Magnetic Moment Reference Sample

JJF（浙）1177—2021

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

参加起草单位：浙江省方正校准有限公司

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：

孙梦翔（宁波市计量测试研究院）

王一民（宁波市计量测试研究院）

陈杭武（宁波市计量测试研究院）

参加起草人：

方　舟（浙江省方正校准有限公司）

目　录

引言.....II
1　范围.....1
2　引用文件.....1
3　术语和定义.....1
3.1　工作磁矩.....1
3.2　磁矩参考样品.....1
3.3　测试线圈.....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　示值误差.....2
5.2　稳定度.....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.....3
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.....5
9　复校时间间隔.....6
附录 A　校准记录参考格式.....7
附录 B　校准证书内页参考格式.....8
附录 C　磁矩参考样品示值误差测量结果的不确定度评定示例.....9

引言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《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。

磁矩参考样品校准规范

1 范围

本规范适用于抽拉方式及磁矩范围为（0.1～10）Wbm 磁矩参考样品的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

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

GB/T 2900.60-2002 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 工作磁矩 working magnetic moment

磁矩参考样品磁矩的轴向分量。

3.2 磁矩参考样品 magnetic moment reference sample

一种复现磁矩轴向分量的实物量具。

3.3 测试线圈 measuring coil

用于检测或测量磁场的导体线圈或回路。

注：一般选用亥姆霍兹线圈。

4 概述

4.1 用途

磁矩参考样品（以下简称样品）是磁矩量值传递与溯源的载体，主要用于磁矩测量仪的校准与期间核查。

4.2 测量原理

给磁矩参考样品赋值的磁矩测量仪，主要由磁通计和测试线圈组成。将样品

从测试线圈均匀区中抽拉至样品与线圈之间产生的磁耦合可忽略不计为止，得到由于样品抽拉引起的磁矩变化量。采用抽拉方式测量工作磁矩示值的原理如图 1 所示。

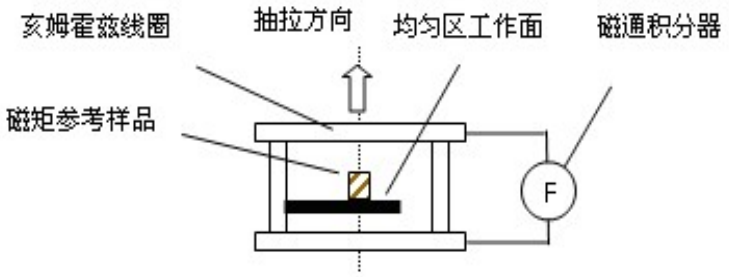

图 1　测量工作磁矩原理图

4.3　结构

样品由圆柱体钐钴材料及外部通常由六面体无磁、耐腐蚀材料封装而成。

5　计量特性

5.1　示值误差

样品根据工作磁矩示值误差扩展不确定度的大小分为 1 等、2 等、3 等、4 等，见表 1。

表 1　准确度等级与扩展不确定度对照表

准确度等级	1 等	2 等	3 等	4 等
扩展不确定度	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%

注：以上指标不是用于合格判据，仅供参考。

5.2　稳定度

样品相邻两次校准的工作磁矩示值最大允许变化量见表 2。

表 2　工作磁矩的最大允许变化量

准确度等级	1 等	2 等	3 等	4 等
最大允许变化量	±0.25%	±0.50%	±0.75%	±1.0%

6　校准条件

6.1　环境条件

6.1.1　环境温度：(20±3)℃。

6.1.2　相对湿度：≤75%。

6.1.3　样品应在校准条件下放置不小于 2 小时。

6.1.4　测试线圈均匀区工作面应平整、稳定、洁净。

6.1.5　振动和噪声应小到对样品和被测装置的影响可忽略不计。

6.1.6　样品周围 1m 内应无影响测量结果的铁磁物质，外界磁场应小到对测量结果的影响可忽略不计。

6.2　测量标准与其他设备

测量标准与其他设备应经过计量技术机构检定或校准，满足使用要求并在有效期内。

6.2.1　磁通计

磁通计的扩展不确定度应不大于样品示值误差测量扩展不确定度的三分之一。

6.2.2　测试线圈

测试线圈常数的扩展不确定度应不大于样品示值误差测量扩展不确定度的三分之一。

6.2.3　磁矩测量仪

磁矩测量仪由磁通计、测试线圈以及相应的数据处理系统集成。磁矩测量仪的扩展不确定度应不大于样品示值误差测量扩展不确定度的三分之一。

7　校准项目和校准方法

7.1　校准项目

工作磁矩示值误差与稳定度。

7.2　校准方法

7.2.1　校准前检查

目力观察样品外观。

a）样品说明书或铭牌应有制造商名称或商标、产品名称、型号或规格、磁矩标称示值、编号等主要信息。

b）样品有分辨轴向的标识。

c）样品表面应洁净，不得吸附粉末及油污等杂物。

d）用作校准的端面应平整，不得存在肉眼可见的毛刺等瑕疵。

7.2.2　工作磁矩示值误差

a） 选择合适的磁通计或磁矩测量仪量程；

b） 检查测试线圈电阻、线圈常数等参数设置是否正确；

c） 将样品置于测试线圈径向与轴向的中心位置，与测试线圈同轴；

d） 将磁通计置零，再将样品从测试线圈抽拉至一段距离之外的位置，该位置应保证样品与测试线圈产生的磁耦合可忽略不计；

e） 在校准过程中，不可将样品长时间地拿在手里，避免样品温度发生变化；

f） 记录磁通计的读数，单次测量的工作磁矩示值按公式（1）计算，如用磁矩测量仪测量则直接记录磁矩示值。

$$m_i = K_c \times \phi \tag{1}$$

式中：

m_i——第 i 次测量的工作磁矩示值，韦伯米，Wbm；

K_c——线圈常数，米，m；

ϕ——样品抽拉引起的轴向磁通变化量，韦伯，Wb。

公式（1）中的线圈常数按公式（2）计算：

$$K_c = I / H \tag{2}$$

式中：

I——励磁电流，安培，A；

H——磁场强度，安培每米，A/m。

g） 将六面体样品以磁芯轴为中心周向四面旋转，每面依次各测量不少于一次，由此得到一组单次测量工作磁矩，样品工作磁矩示值按公式（3）计算。

$$m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m_i \tag{3}$$

式中：

m——样品工作磁矩示值，韦伯米，Wbm；

n——测量次数；

m_i——第 i 次测量的工作磁矩示值，韦伯米，Wbm。

h） 工作磁矩示值误差按公式（4）计算。

$$\delta = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100\% \tag{4}$$

式中：

δ——工作磁矩示值误差；

m——样品工作磁矩示值，韦伯米，Wbm；

m_0——样品工作磁矩标称示值，韦伯米，Wbm。

7.3.3　稳定度

在稳定度考察期内，样品在不受异常磁场、温度、振动、冲击或机械力影响的环境下，其稳定度按公式（5）计算：

$$m_A = \frac{m - m_1}{m} \times 100\% \qquad (5)$$

式中：

m_A——相邻两次校准工作磁矩示值的相对变化量。

m——样品本次测得的工作磁矩示值，韦伯米，Wbm；

m_1——样品上次测得的工作磁矩示值，韦伯米，Wbm。

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
（规范性）

校准记录参考格式

证书编号_____

送校单位_____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	准确度	证书编号/有效期

上次校准值_____（μWbm） 线圈常数_____（mm）

序号	磁通测量值（mWb）□		磁矩测量值（μWbm）□		磁矩平均值（μWbm）

校准结果：

工作磁矩示值：_____μWbm，工作磁矩示值误差：_____。

不确定度：U_r=_____，m_A=_____ 。

稳定度：_____ ，复校时间间隔建议：_____年。

附录 B
（规范性）

校准证书内页参考格式

证书编号 ××××××—××××

校准结果：

1. 本次校准工作磁矩示值：_____μWbm，工作磁矩示值误差：_____。

2. 本次校准结果的不确定度：U_r =_____ ， k =_____。

3. 稳定度：_____。

附录 C

（资料性）

磁矩参考样品示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

磁矩参考样品为六面体封装的 Φ10mm×10mm 圆柱型钐钴永磁体，标准装置为数字磁通计，不确定度为 0.1％，k=2；配套的测试线圈，线圈常数为 K_c=0.7626×10^{-3}m，不确定度 0.2％，k=2。

C.2 不确定度分析

C.2.1 测量模型

磁矩参考样品的工作磁矩示值误差可表示为：

$$\Delta m = K_c \times \phi - m_0$$

式中：

Δm—— 工作磁矩示值误差，韦伯米，Wbm；

K_c—— 线圈常数，米，m；

ϕ—— 样品抽拉引起的轴向磁通变化量，韦伯，Wb；

m_0—— 工作磁矩标称示值，韦伯米，Wbm。

C.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta m}{\partial K_c} = \phi，\quad c_2 = \frac{\partial \Delta m}{\partial \phi} = K_c，\quad c_3 = \frac{\partial \Delta m}{\partial m_0} = -1$$

C.2.3 合成标准不确定度计算公式

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：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1^2(K_c) + c_2^2 \cdot u_2^2(\phi) + c_3^2 \cdot u_3^2(m_0)}$$

C.2.4 不确定度来源

不确定度来源主要有线圈常数、磁通计基本误差、测量重复性的影响及样品标称示值引入的标准不确定度。

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 线圈常数K_c引入的标准不确定度分量$u_1(K_c)$

根据校准证书，线圈常数K_c=0.7626×10^{-3}m，不确定度为0.2%，k=2。线圈常数引入的标准不确定度$u_1(K_c)$

$$u_1(K_c)=\frac{U(K_c)}{2}=\frac{0.7626\times10^{-3}\times0.2\%}{2}\approx0.7626\times10^{-6}\ \mathrm{m}$$

C.3.2 数字磁通计基本误差引入的标准不确定度$u_{21}(\phi)$

数字磁通计 1 mWb档的测量不确定度为 0.1%，k=2。磁通计基本误差引入的标准不确定度$u_{21}(\phi)$为：

$$u_{21}(\phi)=\frac{U(\phi)}{2}=\frac{1\times0.1\%}{2}\mathrm{mWb}=0.5\,\mu\mathrm{Wb}$$

C.3.3 测量重复性引入的标准不确定度$u_{22}(\phi)$

将磁通计置于1 mWb档，以磁芯轴为中心，在重复性条件下周向旋转，每面依次测量各一次，每次测量调整磁通计漂移并置零，且重复旋转3周，共获得一组磁通量测量数据，见表1。

表1 磁通量测量数据

序 号	1	2	3	4	5	6
校准结果（μWb）	707.7	707.8	708.1	707.9	707.7	707.8
序 号	7	8	9	10	11	12
校准结果（μWb）	708.1	708.1	707.8	708.0	707.6	707.8

磁通量测量平均值：

$$\bar{\phi}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\phi_i=707.87\,\mu\mathrm{Wb}$$

工作磁矩测量值：

$$m=K_c\times\bar{\phi}=0.7626\times10^{-3}\mathrm{m}\times707.87\,\mu\mathrm{Wb}=0.5398\,\mu\mathrm{Wbm}$$

按贝塞尔公式计算磁通量单次测量值的实验标准差：

$$s(\phi)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\phi_i-\bar{\phi})^2}\approx0.172\,\mu\mathrm{Wb}$$

由于在日常工作中一般重复测量一周共 4 次，因此，测量重复性引入的标准不确定度：

$$u_{22}(\phi)=s(\phi)/\sqrt{m}=0.172/\sqrt{4}=0.086\ \mu\text{Wb}$$

C.3.4　磁通计引入的标准不确定度$u_2(\phi)$

$$u_2(\phi)=\sqrt{u_{21}^2(\phi)+u_{22}^2(\phi)}=\sqrt{(0.5)^2+(0.086)^2}\approx 0.51\,\mu\text{Wb}$$

C.3.5　样品工作磁矩标称示值引入的标准不确定度$u_3(m_0)$

根据校准证书，样品工作磁矩标称示值m_0=0.5397 μWbm，不确定度$U(m_0)$为 0.0013 μWbm，k=2。标称示值引入的标准不确定度$u_3(m_0)$

$$u_3(m_0)=\frac{U(m_0)}{2}=\frac{0.0013}{2}\approx 0.00065\,\mu\text{Wbm}$$

C.4　计算合成标准不确定度

$$u_c=\sqrt{c_1^2\cdot u_1^2(K_C)+c_2^2\cdot u_2^2(\phi)+c_3^2\cdot u_3^2(m_0)}$$

$$=\sqrt{707.87^2\times(0.7626\times10^{-6})^2+(0.7626\times10^{-3})^2\times0.51^2+(-1)^2\times0.00065^2}$$

$$\approx\sqrt{0.2914\times10^{-6}+0.1513\times10^{-6}+0.4225\times10^{-6}}=0.00093\,\mu\text{Wbm}$$

C.5　确定扩展不确定度

$$U=ku_c=0.00093\times2=0.00186\ \mu\text{Wbm}\ （k=2）$$

C.6　计算相对扩展不确定度

$$U_{rel}=\frac{U}{m}\times100\%=\frac{0.00186\mu\text{Wbm}}{0.5398\mu\text{Wbm}}\times100\%=0.34\%$$

C.7　校准结果

$$m=0.5398\,\mu\text{Wbm}，U_{rel}=0.34\%，k=2$$

———————

JJF（浙）1177—2021