

JJF

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

## 永磁式标准磁场校准规范

Calibration Specification of Permanent magnet Standard magnetic field

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

# 永磁式标准磁场校准规范

Calibration Specification of

Permanent magnet Standard magnetic field

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

参加起草人：



# 目 录

引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和计量单位 .....	1
3.1 标准磁场 .....	1
3.2 均匀度 .....	1
3.3 均匀区 .....	1
4 概述 .....	1
5 计量特性 .....	2
5.1 磁感应强度示值误差 .....	2
5.2 均匀度 .....	2
6 校准条件 .....	2
6.1 环境条件 .....	2
6.2 测量标准及其他设备 .....	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 .....	4
9 复校时间间隔 .....	5
附录 A 磁感应强度示值误差的不确定度评定示例 .....	6
附录 B 校准原始记录内页格式 .....	8
附录 C 校准证书内页格式 .....	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。

本规范为首次制定。

# 永磁式标准磁场校准规范

## 1 范围

本规范适用于（1mT~2T）永磁式标准磁场的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1013 磁学计量常用名词术语及定义

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 术语和计量单位

JJF 1013 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

### 3.1 永磁式标准磁场 Permanent magnet standard magnetic field

用永磁材料制造而成的稳定磁场。

### 3.2 均匀度 heterogeneity of magnetic field

在给定区域内，标准磁场的均匀程度，常用不同点磁感应强度与中心点磁感应强度的一致程度表示。

### 3.3 均匀区 equal area of magnetic field

各点的磁感应强度与中心点的相对差值不超过给定量值范围的一个磁场区域。

## 4 概述

永磁式标准磁场（以下简称标准磁场）是用于复现磁场的磁学量具，被广泛应用于磁计量、磁检测等领域。

标准磁场一般选用具有高磁能积且有良好温度稳定性的永磁材料（如 SmCo）与软磁材料（如电工纯铁）通过磁路优化设计制造而成，常见的标准磁场有轴向磁场和横向磁场，具有对称结构。

## 5 计量特性

### 5.1 磁感应强度 $B$

磁感应强度的示值误差不超过其标称的最大允许误差，最大允许误差范围一般为 $\pm$ （0.1%~2%）。

### 5.2 均匀度 $\Delta$

在给定的均匀区内，均匀度小于最大允许误差的二分之一。

注：以上计量特性指标仅供参考，也可按制造厂商给出的技术要求校准。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

#### 6.1.1 环境温度

校准不同最大允许误差的标准磁场时，环境温度要求见表 1。

表 1 环境温度要求

最大允许误差	温度范围
$\pm$ （0.1%~0.5%）	（20 $\pm$ 1）℃
$\pm$ （1%~2%）	（20 $\pm$ 3）℃

#### 6.1.2 相对湿度

不超过 80%。

#### 6.1.3 环境磁场

没有影响正常校准的强电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

校准用设备应经过计量技术机构检定或校准，满足校准使用要求，并在有效期内。

标准磁强计可选用核磁共振磁强计、霍尔磁强计等。

其他设备可包括带长度标尺的三维测试夹具、限位块等。

#### 6.2.1 标准磁强计

a) 最大允许误差：不超过被校标准磁场最大允许误差的三分之一。

b) 探头尺寸：不超过被校标准磁场均匀区的三分之一。

#### 6.2.2 三维测试夹具

三维测试夹具可用于准确固定探头位置，探头可在被校磁场均匀区内细度调节，并



确保探头与磁场方向垂直：

- a) 调节范围应不小于被校标准磁场的均匀区。
- b) 三维可调，XYZ 轴三方向标尺的最大允许误差不低于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。
- c) 探头固定杆可旋转，测量时通过调节角度获得磁场最大值。
- d) 用非铁磁性材料制作。

### 6.2.3 限位块

按照标准磁场磁极间隙及其窗口尺寸，采用不导磁材料加工而成，用于准确固定探头位置的工装。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

- a) 磁感应强度示值误差
- b) 均匀度

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 磁感应强度示值误差

- a) 将磁强计的探头固定在三维测试夹具上，调节相关旋钮利用磁场对称性找到磁场中心点。
- b) 微调探头角度获得磁场最大值。
- c) 读取磁场中心位置的磁感应强度值  $B_x$ 。
- d) 按公式（1）计算被校磁感应强度示值误差。

$$\Delta = B_0 - B_x \quad (1)$$

式中：

$\Delta$ ——标准磁场的磁感应强度示值误差，T；

$B_x$ ——磁场中心位置的标准磁强计的读数，T；

$B_0$ ——标准磁场的磁感应强度标称值，T。

e) 若标准磁场配有限位块，将探头放入限位块，按 c)、d) 操作获得磁感应强度示值误差。

### 7.2.2 均匀度

a) 在给定的磁场均匀区内,在两磁极中间位置且垂直于磁力线方向的平面上不少于按图 1 所示的 5 个测量点进行测量,包括:标准磁场的磁场中心位置(点 O);两条正交线与均匀区边沿的 4 个交点(点  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $Y_1$ 、 $Y_2$ )。需要时,可以根据用户要求,增加测量点。

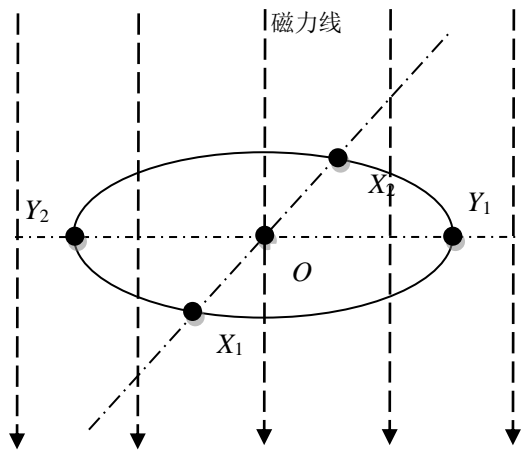


图 1 均匀区测量点

- b) 通过三维测试夹具,确定每个测量点的位置。
- c) 读取测量点的磁感应强度值  $B_i$ 。
- d) 按公式(2)计算每个测量点上的磁感应强度值与中心点磁感应强度值的相对差值。

$$\Delta_i = \left| \frac{B_i - B_x}{B_x} \right| \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$\Delta_i$ ——标准磁场第  $i$  点磁感应强度值与均匀区中心点的相对差值;

$B_i$ ——标准磁场第  $i$  点的磁感应强度, T;

e)  $\Delta_i$  的最大值作为标准磁场均匀度。

## 8 校准结果

校准结果应在校准证书上反映,校准证书应至少包括以下信息:

- 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和应用有关时, 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。

校准证书内页格式见附录 B。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 12 个月。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

### 磁感应强度示值误差的不确定度评定示例

#### A.1 测量不确定度判定方法

根据 JJF1059.1 规定的方法, 用磁强计校准某标称值 1000mT 的标准磁场为例, 进行测量不确定度评定。

#### A.1 测量模型

标准磁场示值误差的测量模型为:

$$\Delta = B_0 - B_x$$

#### A.2 不确定度传播率

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u^2(B_0) + c_2^2 u^2(B_x)$$

式中各灵敏系数分别为:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial B_0} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial B_x} = -1$$

#### A.2 测量不确定度主要来源

磁感应强度示值误差的测量不确定度的主要来源包括:

- a) 由测量重复性引入的不确定度分量  $u_{\text{rel}}(r)$
- b) 由标准磁强计测量磁场引入的不确定度分量  $u_{\text{rel}}(B_x)$

#### A.3 标准不确定度评定

##### A.3.1 由被校标准磁场测量重复性引入的不确定度分量

标准磁场的测量重复性用测量结果的实验标准偏差表示, 在重复性条件下, 用磁强计独立测量 10 次, 测量结果分别为 1001.45mT、1001.41mT、1001.42mT、1001.75mT、1001.46mT、1001.33mT、1001.20mT、1001.36mT、1001.25mT、1001.06mT。

其实验标准偏差:

$$s = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n-1}} = 1.8 \times 10^{-4}$$

在实际校准工作中，若测量三次取其平均值来报告校准结果，则

$$u_{\text{rel}}(\Gamma) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 1.04 \times 10^{-4}$$

### A.3.2 由标准磁强计引入的不确定度分量

标准磁强计，其最大允许误差为 $\pm(0.01\%R+0.006\%FS)$ ，在区间内可认为服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_{\text{rel}}(B_x) = \frac{1.72 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} \approx 1.0 \times 10^{-4}$$

### A.4 标准不确定度一览表

表 1 标准磁场常数不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	分布	k 值	灵敏系数	$u_c$
$u_{\text{rel}}(\Gamma)$	测量重复性	A	正态	1	1	$1.04 \times 10^{-4}$
$u_{\text{rel}}(B_x)$	标准磁强计	B	均匀	$\sqrt{3}$	1	$1.00 \times 10^{-4}$

### A.5 合成标准不确定度计算

各个不确定度分量独立不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_{c,\text{rel}}(\Delta) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(\Gamma) + u_{\text{rel}}^2(B_x)} = 1.44 \times 10^{-4}$$

### A.6 扩展不确定度的确定

取 $k=2$ ，示值误差的扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}(\Delta) = k u_{c,\text{rel}}(\Delta) \approx 3 \times 10^{-4}$$



## 附录 C

## 校准证书内页格式

证书编号 XXXX - XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号 XXXX - XXXX

## 校准结果

### 1. 磁感应强度示值误差

$$\Delta = \quad \quad \quad U_{\text{rel}} = \quad (k=2)$$

### 2. 均匀度

$$\Delta = \quad \quad \quad U_{\text{rel}} = \quad (k=2)$$

#### 说明:

根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下\_\_\_\_\_个月校准一次。

#### 声明:

1. 仅对加盖“XXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员:

核验员: