

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 149—2023

磁粉检测用试片校准规范

Calibration Specification for Shims for Magnetic Particle Testing

2023—01—09发布

2023—03—01实施

安徽省市场监督管理局 发布

磁粉检测用试片
校准规范

Calibration Specification for

Shims for Magnetic Particle Testing

JJF (皖) 149—2023

归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：安徽省长江计量所

安徽省计量科学研究院

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

赵淑君（安徽省长江计量所）

马琳（安徽省计量科学研究院）

宋超（安徽省长江计量所）

潘海涛（安徽省长江计量所）

吴国昌（安徽省长江计量所）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 表面粗糙度	(2)
4.2 几何尺寸	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 表面粗糙度	(4)
6.2 几何尺寸	(4)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 人工槽深度测量结果不确定度评定	(6)
附录 B 试片厚度测量结果不确定度评定	(8)
附录 C 校准证书内容及内页格式	(10)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

磁粉检测用试片校准规范

1 范围

本规范适用于 A 型、C 型和 D 型磁粉检测用试片的校准，其他类型磁粉检测用试片可参照校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 23907—2009 无损检测 磁粉检测用试片

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 概述

磁粉检测用试片（也称灵敏度试片）是一种用于验证磁粉探伤机磁粉检测综合性能（综合灵敏度）的标准试片。使用时，将有槽的一面面向被测工件一侧，给工件通以电流即施加磁场后，在磁粉检测用试片的凹槽处就会形成漏磁场，从而显示出磁痕，用于验证磁粉检测综合性能。试片按产品类型分为 A 型、C 型和 D 型等。A 型试片，适用于在较宽大或平整的被测表面上使用；C 型和 D 型试片，适用于在较窄小或弯曲的被测表面上使用。试片按灵敏度等级分为高灵敏度、中灵敏度和低灵敏度。高灵敏度的试片，用于验证要求有较高检测灵敏度的磁粉检测综合性能；低灵敏度的试片，用于验证要求有较低检测灵敏度的磁粉检测综合性能。其典型外形结构见图 1 和图 2。

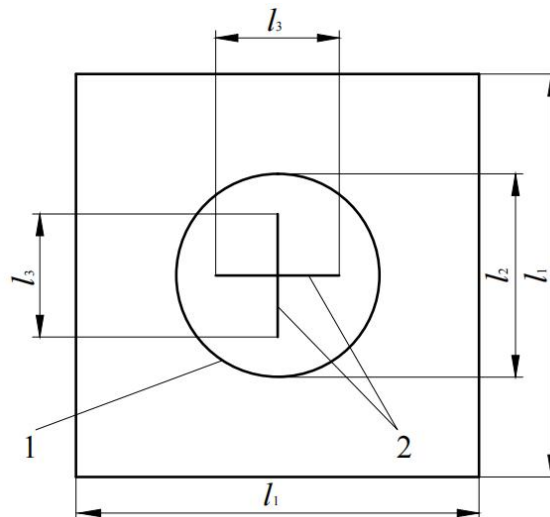


图1 A型和D型试片外形结构示意图

1—圆形人工槽；2—十字人工槽； l_1 —试片边长； l_2 —圆形人工槽直径； l_3 —十字人工槽长度

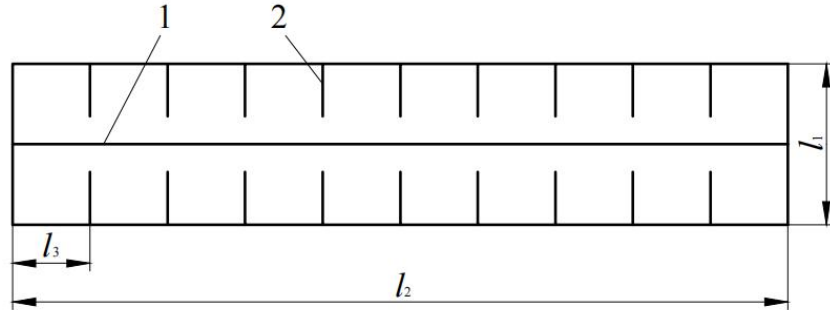


图2 C型试片外形结构示意图

1—直线人工槽；2—分割线； l_1 —试片长度； l_2 —试片宽度； l_3 —分割线间隔

4 计量特性

4.1 表面粗糙度

试片的表面粗糙度不大于 $R_a 0.8 \mu\text{m}$ 。

4.2 几何尺寸

试片的几何尺寸不超过表 1 和表 2 的规定。

表1 A型和D型试片的几何尺寸

名称		A 型试片的几何尺寸		D 型试片的几何尺寸
试片厚度 $l_0/\mu\text{m}$		100 ± 10	50 ± 5	50 ± 5
试片边长 l_1/mm		20 ± 1	20 ± 1	10 ± 0.5
圆形人工槽直径 l_2/mm		10 ± 0.5	10 ± 0.5	5 ± 0.3
十字人工槽长度 l_3/mm		6 ± 0.3	6 ± 0.3	3 ± 0.2
人工槽深度 $l_4/\mu\text{m}$	高灵敏度	15 ± 2.0	7 ± 1.0	7 ± 1.0
	中灵敏度	30 ± 4.0	15 ± 2.0	15 ± 2.0
	低灵敏度	60 ± 8.0	30 ± 4.0	30 ± 4.0
人工槽宽度 $l_5/\mu\text{m}$		$60 \sim 180$		

表2 C型试片的几何尺寸

名称		C型试片的几何尺寸
试片厚度 $l_0/\mu\text{m}$		50 ± 5
试片长度 l_1/mm		10 ± 0.5
试片宽度 l_2/mm		50 ± 0.5
分割线间隔 l_3/mm		5 ± 0.5
人工槽深度 $l_4/\mu\text{m}$	高灵敏度	8 ± 1.0
	中灵敏度	15 ± 2.0
	低灵敏度	30 ± 4.0
人工槽宽度 $l_5/\mu\text{m}$		$60\sim 180$

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 。

湿度：不大于 70%RH。

校准前，试片和测量设备平衡温度时间不少于 2 h。

5.2 测量标准及其他设备

推荐使用表 3 所列测量标准及其他设备，允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及其他设备进行校准。

表3 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备名称	技术要求
1	表面粗糙度比较样块	MPE: $+12\%\sim -17\%$
2	测长仪	MPE: $\pm (1\mu\text{m}+5\times 10^{-6}L)$
3	万能工具显微镜或影像测量仪	MPE: $\pm (1\mu\text{m}+10^{-5}L)$ 或 MPE: $\pm (3\mu\text{m}+5\times 10^{-6}L)$
4	白光干涉轮廓仪	MPE: $\pm 0.75\%$

6 校准项目和校准方法

校准前首先检查外观和各部分相互作用，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

6.1 表面粗糙度

用表面粗糙度比较样块进行比较测量。测量时选择最接近被测表面粗糙度值的样块标称值作为测量结果。

6.2 几何尺寸

几何尺寸可采用接触测量和非接触测量的方法。

6.2.1 试片厚度用测长仪直接测量。选用球形测帽与 $\Phi 8$ mm 平面测帽，在试片上至少选择均匀分布的四个位置（要避开人工槽）进行测量。测量时先将测长仪的球形测帽与平面测帽接触，读取测长仪的数值作为相对零点 A_0 ，然后移动测长仪的测量轴使两测帽离开，将试片放入两测帽之间，使两测帽与试片接触，读出数值 A_i ，各位置读数值 A_i 与相对零点 A_0 之差即为试片的厚度。

6.2.2 试片边长、圆形人工槽直径、十字人工槽长度、试片长度、试片宽度、分割线间隔和人工槽宽度用万能工具显微镜测量。将试片放置在工作台上，根据被测尺寸选择适当倍数的物镜，调整目镜和焦距使米字线和试片影像清晰，移动纵向和模向滑板，分别测量上述尺寸。

对 A 型和 D 型试片，分别测量试片的四条边长，取四次测得值的平均值作为试片边长。

A 型和 D 型试片的圆形人工槽直径在相互垂直的两个方向测量，取两个方向测得值的平均值作为圆形人工槽直径。

A 型和 D 型试片的十字人工槽长度在横向和纵向两个方向上分别测量。

C 型试片的试片长度在试片宽度范围内选择均匀分布的三个位置进行测量，取三次测得值的平均值作为试片长度。

C 型试片的试片宽度在试片长度范围内选择均匀分布的三个位置进行测量，取三次测得值的平均值作为试片宽度。

C 型试片的分割线间隔应测量试片宽度范围内所有间隔。

A 型和 D 型试片的圆形人工槽宽度在圆形范围内至少选择均匀分布的四个位置进行测量，取四次测得值的平均值作为人工槽宽度。

A 型和 D 型试片的十字人工槽宽度在图 3 所示的四个位置上进行测量，取四次测得值的平均值作为人工槽宽度。

C 型试片的直线人工槽宽度在图 4 所示的十个位置上进行测量，取每个位置测得值作

为人工槽宽度。

以上校准项目也可以使用影像测量仪测量，测量时优先使用仪器自动寻边的方式瞄准和选点。

6.2.3 人工槽深度用白光干涉轮廓仪校准。将试片置于干涉物镜下方的工作台上，调整焦距，使测量软件界面显示清晰的试片表面，微调工作台使试片被测位置位于成像中心，设置合适的扫描行程后开始扫描，使试片表面 3D 形貌在测量软件上清晰重建，评价线槽底部与试片上表面间的距离。

A 型和 D 型试片的圆形人工槽深度在圆形范围内至少选择均匀分布的四个位置进行测量。

A 型和 D 型试片的十字人工槽深度在图 3 所示的四个位置上进行测量。

C 型试片的直线人工槽深度在图 4 所示的十个位置上进行测量。

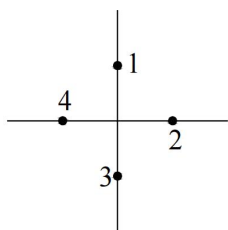


图 3 十字人工槽宽度和深度测量位置示意图

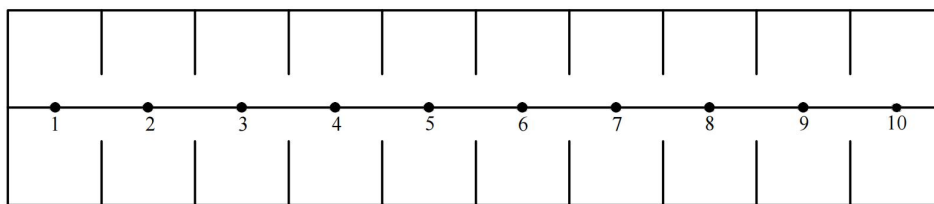


图 4 直线人工槽宽度和深度测量位置示意图

7 校准结果表达

校准后的磁粉检测用试片出具校准证书。校准证书内容及内页格式见附录 C。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由器具的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此委托方可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议不超过一年。

附录 A

人工槽深度测量结果不确定度评定

A.1 测量方法

人工槽深度用白光干涉轮廓仪测量。按规范正文 6.2.3 规定的方法,以 D 型高灵敏度试片为例,对其人工槽深度测量结果不确定度进行评定。

A.2 测量模型

$$L_4 = L_i \quad (\text{A.1})$$

式中:

L_4 ——人工槽深度, μm ;

L_i ——白光干涉轮廓仪测得的人工槽深度值, μm 。

A.3 测量不确定度来源

A.3.1 测量重复性 $u_1(L_i)$ A.3.2 白光干涉轮廓仪垂直方向示值误差 $u_2(L_i)$

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L_i)$

对 D 型高灵敏度试片人工槽深度重复测量 10 次,用贝塞尔公式计算实验标准偏差,测得值见表 A.1:

表 A.1 重复性测量结果

校准点/ μm	实测值/ μm										$s/\mu\text{m}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7	7.14	7.09	6.95	7.04	6.99	6.96	7.03	7.24	7.05	6.91	0.099

$$u_1(L_i) = s = 0.099 \mu\text{m}$$

A.4.2 白光干涉轮廓仪垂直方向示值误差引入的标准不确定度 $u_2(L_i)$

白光干涉轮廓仪垂直方向示值最大允许误差为 $\pm 0.75\%$,均匀分布, $k = \sqrt{3}$,

$$u_2(L_i) = 0.75\% \times 7 / \sqrt{3} = 0.031 \mu\text{m}$$

由于线膨胀系数差和温度差引入的标准不确定度较小,可以忽略不计。

A.5 合成标准不确定度 u_c

标准不确定度汇总见表 A.2

表 A.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度代号 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)$
$u_1(L_i)$	测量重复性	0.099 μm	1	0.099 μm
$u_2(L_i)$	白光干涉轮廓仪垂直方向示值误差	0.031 μm		0.031 μm

$$u_c = \sqrt{u_1^2(L_i) + u_2^2(L_i)} = 0.11 \mu\text{m}$$

A.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.11 = 0.22 \mu\text{m} \approx 0.3 \mu\text{m}$$



附录 B

试片厚度测量结果不确定度评定

B.1 测量方法

试片厚度用测长仪直接测量。按规范正文 6.2.1 规定的方法，以 D 型试片为例，对其试片厚度测量结果不确定度进行评定。

B.2 测量模型

$$L_0 = L_i \quad (\text{B.1})$$

式中：

L_0 ——试片厚度， μm ；

L_i ——测长仪测得的试片厚度值， μm 。

B.3 测量不确定度来源

B.3.1 测量重复性 $u_1(L_i)$ B.3.2 测长仪示值误差 $u_2(L_i)$ B.3.3 测力造成的压陷变形 $u_3(L_i)$ B.3.3 测长仪测帽的平面度 $u_4(L_i)$

B.4 标准不确定度评定

B.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L_i)$

对 D 型试片的试片厚度重复测量 10 次，用贝塞尔公式计算实验标准偏差，测得值见表

B.1:

表 B.1 重复性测量结果

校准点/ μm	实测值/ μm										$s/\mu\text{m}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50	50.5	50.6	50.5	50.5	50.5	50.6	50.6	50.5	50.5	50.4	0.07

$$u_1(L_i) = s = 0.07 \mu\text{m}$$

B.4.2 测长仪示值误差引入的标准不确定度 $u_2(L_i)$

测长仪示值最大允许误差为 $\pm(1 \mu\text{m} + 5 \times 10^{-6}L)$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，

$$u_2(L_i) = 1.00 / \sqrt{3} = 0.58 \mu\text{m}$$

B.4.3 测力造成的压陷变形引入的标准不确定度 $u_3(L_i)$

测量时，试片的一面与平面测帽接触，由于是平面对平面的接触，变形量可以忽略不

计。另一面是球形测帽与试片的平面接触，变形量不能忽略。根据公式：

$$f = K_1 \sqrt[3]{\frac{p^2}{d}} \quad (\text{B.2})$$

式中：

f ——变形量， μm ；

p ——测量力， N ；

d ——球形测头直径， mm ；

K_1 ——不同情况下的材料系数。

在试片厚度的测量过程中，测头和试片的材料都是钢，则 $K_1=0.415$ 。按反正弦分布保守估算， $k=\sqrt{2}$ ，

$$u_3(L_i) = f / \sqrt{2} = \left(0.415 \times \sqrt[3]{\frac{2^2}{20}} \right) / \sqrt{2} = 0.17 \mu\text{m}$$

B.4.4 测长仪测帽的平面度引入的标准不确定度 $u_4(L_i)$

测长仪测帽的平面度为 $0.15 \mu\text{m}$ ，按反正弦分布保守估算， $k=\sqrt{2}$ ，

$$u_4(L_i) = 0.15 / \sqrt{2} = 0.11 \mu\text{m}$$

B.5 合成标准不确定度 u_c

标准不确定度汇总见表 B.2

表 B.2 标准不确定度汇总表

标准不确定度代号 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)$
$u_1(L_i)$	测量重复性	$0.07 \mu\text{m}$	1	$0.07 \mu\text{m}$
$u_2(L_i)$	测长仪示值误差	$0.58 \mu\text{m}$		$0.58 \mu\text{m}$
$u_3(L_i)$	测力造成的压陷变形	$0.17 \mu\text{m}$		$0.17 \mu\text{m}$
$u_4(L_i)$	测长仪测帽的平面度	$0.11 \mu\text{m}$		$0.11 \mu\text{m}$

$$u_c = \sqrt{u_1^2(L_i) + u_2^2(L_i) + u_3^2(L_i) + u_4^2(L_i)} = 0.62 \mu\text{m}$$

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.62 \approx 1.3 \mu\text{m}$$

附录 C

校准证书内容及内页格式

C.1 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；
- d) 证书或报告的唯一性标识（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。

C.2 推荐的校准证书内页格式见表 C.1。

表 C.1 校准证书内页格式

证书编号：

校准环境条件					
温 度：_____°C		地点：_____			
相对湿度：_____%		其他：_____			
序号	校准项目		校准值	测量不确定度	
1	表面粗糙度				
2	几何尺寸	<input type="checkbox"/> A 型 <input type="checkbox"/> D 型	<input type="checkbox"/> C 型		
		试片厚度	试片厚度		
		试片边长	试片长度		
		圆形人工槽直径	试片宽度		
		十字人工槽长度	分割线间隔		
		人工槽深度	人工槽深度		
		人工槽宽度	人工槽宽度		

校准员：

核验员：

注：校准证书的内容应符合 JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。由于各实验室对校准证书有自己的设计，本附录仅建议与校准结果相关部分的内页格式。其中的部分内容可以由于实验室的证书格式不同而在其他部分表述。

