

ICS 19.100
N 77
备案号: 44540—2014



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 11611—2013

无损检测仪器 涡流-磁记忆综合检测仪

Non-destructive testing instrument

—Eddy current and magnetic memory integrated testing instrument

2013-12-31 发布

2014-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 要求.....	1
4.1 正常工作条件.....	1
4.2 基本参数.....	2
4.3 功能要求.....	2
5 试验条件与仪器仪表.....	6
5.1 试验条件.....	6
5.2 仪器仪表.....	6
6 性能试验.....	6
6.1 仪器一般结构.....	6
6.2 涡流性能试验.....	6
6.3 磁记忆性能试验.....	7
6.4 耐温试验.....	8
6.5 耐湿试验.....	9
6.6 运输试验.....	9
7 检验规则.....	9
7.1 出厂检验.....	9
7.2 型式试验.....	10
8 标志、包装、运输和贮存.....	10
8.1 标志.....	10
8.2 包装.....	10
8.3 运输和贮存.....	11
附录 A (资料性附录) 涡流检测 A 型校准试块.....	12
A.1 材料与规格.....	12
A.2 人工缺陷.....	12
附录 B (资料性附录) 涡流检测 B 型校准试块.....	13
B.1 材料与规格.....	13
B.2 人工缺陷.....	13
图 1 涡流检测显示方式示意图.....	3
图 2 磁记忆显示方式.....	4
图 3 涡流磁记忆同屏显示方式之一.....	5
图 4 仪器功能框图.....	6
图 5 磁记忆探头小车移动轨道示意图.....	8
图 A.1 A 型校准试块.....	12
图 B.1 B 型校准试块.....	13

JB/T 11611—2013

表 1	耐温耐湿试验参数.....	4
表 2	基本环境条件.....	5
表 3	出厂检验及型式试验项目.....	9

JB/T 11611—2013

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122）归口。

本标准起草单位：爱德森（厦门）电子有限公司、南昌航空大学、大亚湾核电运营管理有限责任公司、国核电站运行服务技术公司、青岛华测检测技术有限公司、辽宁仪表研究所、装甲兵工程学院、中科院金属研究所、空军装备研究院航空所、硕德（北京）科技有限公司、深圳国技仪器有限公司。

本标准主要起草人：林俊明、任吉林、王琪、叶琛、郭冰、李洪国、董世运、蔡桂喜、雷洪、香勇、李寒林、张力。

本标准为首次发布。

无损检测仪器 涡流-磁记忆综合检测仪

1 范围

本标准规定了数字式涡流-磁记忆综合检测仪（以下简称仪器）的术语和定义、要求、检验方法、检验规则和标志、包装、运输和贮存等内容。

本标准适用于数字式涡流-磁记忆综合检测仪。

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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 2611—2007 试验机 通用技术要求

GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测

GB/T 12604.10 无损检测 术语 磁记忆检测

JB/T 6147—2007 试验机 包装、包装标志、储运 技术要求

JB/T 9329—1999 仪器仪表运输 运输贮存 基本环境条件及试验方法

3 术语和定义

GB/T 12604.6、GB/T 12604.10 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

涡流-磁记忆综合检测技术 eddy current and magnetic memory integrated testing technique

具有涡流与磁记忆检测能力，具备一体化软硬件结构，对获取的测试数据实现资源共享和综合处理的技术，称为涡流-磁记忆综合检测技术。

3.2

相位线性 phase linearity

涡流检测的相位线性表示输出分量相位角与输入信号相位角两者间差值的稳定性。输入 $0^\circ \sim 360^\circ$ 变化范围的相位角度时，在输出端获取输入-输出最大线性偏差。

4 要求

4.1 正常工作条件

仪器在下列条件下正常工作：

- a) 环境温度 $-25^\circ\text{C} \sim 55^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度不大于 80%；
- c) 电源电压在 (220 ± 22) V 以内；
- d) 电源频率为 (50 ± 1) Hz。

JB/T 11611—2013**4.2 基本参数****4.2.1 涡流检测基本参数**

涡流检测基本参数如下：

- a) 工作频率范围；
- b) 通道数；
- c) 增益；
- d) 相位；
- e) 显示方式。

4.2.2 磁记忆检测基本参数

磁记忆检测基本参数如下：

- a) 磁场测量相对误差；
- b) 位置测量相对误差；
- c) 测量范围；
- d) 测量通道数量；
- e) 增益；
- f) 显示方式；
- g) 位置测量分辨力。

4.3 功能要求**4.3.1 涡流检测****4.3.1.1 频率**

涡流检测工作频率范围至少在 100 Hz ~2 MHz，频率宜连续可调，最大频率偏差应小于 1%。

4.3.1.2 通道数

涡流检测至少具有一个物理通道，宜具有 2 个或以上的物理通道数。

4.3.1.3 相位

涡流检测应至少具有 360° 相位旋转功能，连续可调，步长不大于 1°。应具有手动或自动相位、幅度测量功能。

4.3.1.4 增益

涡流检测增益范围应不小于 50 dB。宜具有 X-Y 增益比调节功能。

4.3.1.5 显示方式

涡流检测应至少具有时基扫描和阻抗平面图矢量两种涡流检测信号的显示方式，如图 1 a)、1 b) 所示。推荐仪器具有带刻度标识的检波前基频信号波形显示功能，如图 1 c) 所示。

4.3.1.6 灵敏度

用选定的检测探头应能使标准试块上 0.5 mm 深人工缺陷的信号幅度达到全屏。参见附录 A。相位线性相位最大线性示值偏差应不大于 0.5°。

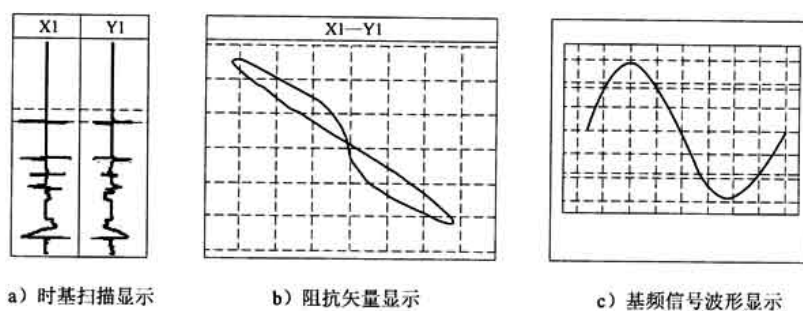


图 1 涡流检测显示方式示意图

4.3.1.7 相位线性

相位最大线性示值偏差应不大于 0.5° 。

4.3.1.8 增益准确度

增益标称值与测量值间的最大线性偏差应不大于 1 dB。

4.3.1.9 最大激励电压

最大激励电压是指当发生器输出不加载荷且将其输出电压调整到最大时的峰-峰值电压，该电压应不小于 5 V。

4.3.2 磁记忆检测

4.3.2.1 磁场测量相对误差

磁记忆检测的磁场测量的相对误差应不大于 5%。

4.3.2.2 位置测量相对误差

磁记忆检测的位置测量的相对误差应不大于 5%。

4.3.2.3 磁场测量范围

磁记忆检测的磁场测量范围至少为 $\pm 1\,000\text{ A/m}$ 。

4.3.2.4 噪声

磁记忆检测的噪声应不大于 5 A/m。

4.3.2.5 通道数量

应至少具有 2 个检测通道。

4.3.2.6 背景磁场抑制

磁记忆检测应具有抑制背景磁场干扰的功能。

4.3.2.7 校准

磁记忆检测应具有利用大地磁场校准探头的功能。

JB/T 11611—2013

4.3.2.8 增益

磁记忆检测的增益范围应不小于 50 dB。

4.3.2.9 显示方式

磁记忆检测应至少具有时基扫描显示方式，如图 2 a) 所示。推荐仪器具有阴影显示方式及叠合显示方式，如图 2 b)、2 c) 所示。

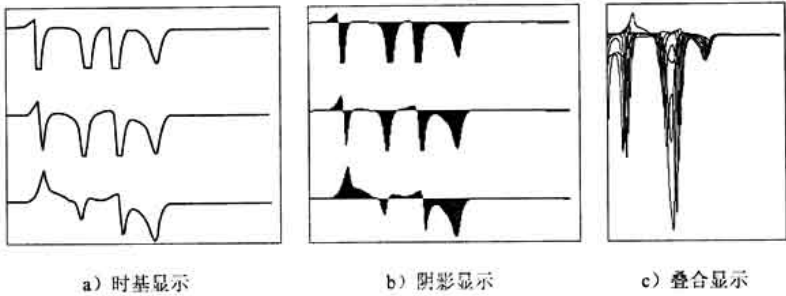


图 2 磁记忆显示方式

4.3.2.10 位置分辨力

磁记忆检测传感器的位置分辨力应不低于 1 mm。

4.3.3 综合检测要求

仪器应具有涡流检测信号与磁记忆检测信号同时检测、综合处理、同屏显示功能，如图 3 所示。必要时，应具有补偿涡流探头与磁记忆探头位置差别的能力。

4.3.4 通用要求

4.3.4.1 外观质量

仪器的外观质量要求应符合 GB/T 2611—2007 中第 10 章的规定。

4.3.4.2 耐温耐湿性能

仪器按表 1 规定的参数进行耐温耐湿试验，试验后各项性能指标应满足要求。

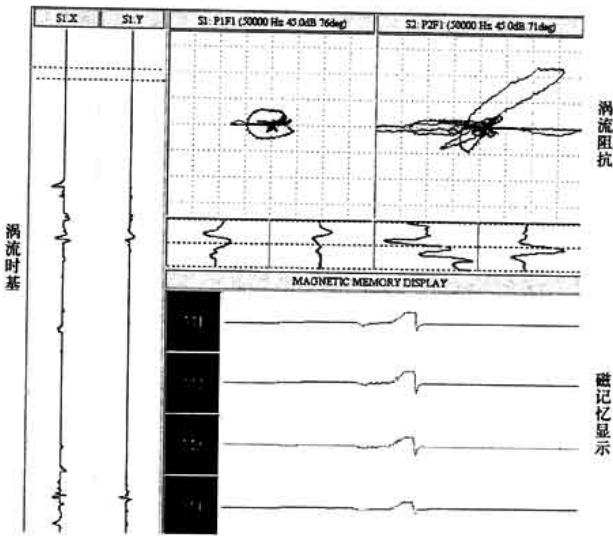
表 1 耐温耐湿试验参数

温度试验						湿度试验	
高温试验			低温试验				
试验温度 ℃	保持时间 h	升温速度 ℃/min	试验温度 ℃	保持时间 h	降温速度 ℃/min	相对湿度 %	保持时间 h
55±3	8	≤1	-25±3	8	≤1	80	24

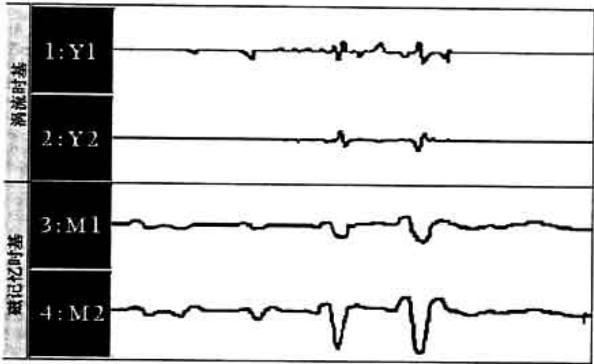
4.3.4.3 运输试验

仪器在包装后应符合表 2 中规定的各项运输试验。试验后仪器的各项性能指标应满足要求。

JB/T 11611—2013



a) 涡流时基、涡流阻抗与磁记忆同屏显示



b) 涡流磁记忆四时基同屏显示

图 3 涡流磁记忆同屏显示方式之一

表 2 基本环境条件

序号	基本环境条件			分级额定值	
	项 目		单位	储存	运输
1	高温		℃	55	
2	低温		℃	-25	-25
3	相对湿度 (25℃)		%	75	95
4	碰撞	加速度	m/s ²		100
		脉冲持续时间	ms		11
5	跌落	包装件重量≤100 kg 时, 自由跌落高度		mm	100 (正常搬动)
		包装件重量大于 100 kg 小于 200 kg	底面棱边长度不大于 500 mm 时倾角	°	30
		倾斜跌落	底面棱边长度大于 500 mm 时底面离 地面最高距离	mm	250

JB/T 11611—2013

5 试验条件与仪器仪表

5.1 试验条件

试验条件应满足 4.1 的规定。

5.2 仪器仪表

试验需要下列仪器仪表：

- a) 0.5 级或优于 0.5 级的交、直流电压表和电流表；
- b) 信号发生器：幅度误差不大于 2%，频率误差不大于 0.1%；
- c) 1 级或优于 1 级的千分表和扭簧比较仪；
- d) 不低于 50 MHz 双踪示波器；
- e) 频率计或频谱分析仪。

6 性能试验

6.1 仪器一般结构

典型的仪器功能框图如图 4 所示。

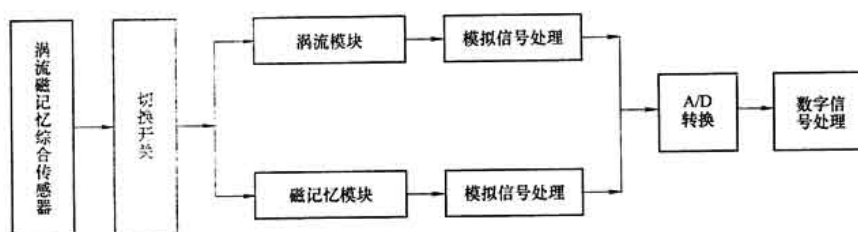


图 4 仪器功能框图

6.2 涡流性能试验

6.2.1 激励频率试验

在涡流检测的频率范围内，平均设置十个检测频率，对带载时的发生器输出频率进行测量。频率标称值的误差由公式 (1) 计算确定：

$$\Delta f = \frac{f_d - f_m}{f_d} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

f_d ——频率标称值，单位为赫 (Hz)；

f_m ——频率测量值，单位为赫 (Hz)。

使用示波器、频率计或频谱分析仪测量频率。试验后应给出被测量范围内的最大频率偏差。

6.2.2 灵敏度试验

用选定的检测探头，在进行平衡和提高效应补偿后，在标准试块上 (参见附录 A)，以均匀的速度沿着裂纹中垂线扫描切槽，应清晰观测到各切槽信号。

6.2.3 相位线性试验

试验步骤如下：

- 使用校准试块（参见附录 A），用选定的检测探头，在给定的工作频率下匀速扫查特定切槽。
- 分析记录切槽信号初始相位值 ϕ_0 。
- ϕ_i 以恒定的步进（ $\Delta\phi$ 不大于 10° ）改变相位角度直至旋转完一周（ 360° ）。重复扫查选定的同一切槽，分析记录各相位档切槽信号相位值 ϕ_i 。

相位最大线性偏差由公式（2）确定：

$$\Delta\phi_{\max} = \max |(\phi_i - \phi_{i-1}) - \Delta\phi| \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta\phi_{\max}$ —— 相位最大线性偏差。

6.2.4 增益准确度试验

试验步骤如下：

- 使用校准试块（参见附录 B），在给定的工作频率下使用选定的内穿式差动探头对校准试块上的特定通孔进行扫查。
- 以最小增益时测得的信号幅值作为参考值 V_0 。
- 逐步提高增益，记录同一通孔在不同增益下屏幕显示的信号幅值 V_i 。增益范围至少 5 档可调，每档相差 6 dB，记录为 δ 。

实际增益值 E_i 见通过公式（3），单位为分贝（dB）。

$$E_i = 20 \lg(V_i / V_0) \dots\dots\dots (3)$$

最大增益偏差见公式（4）：

$$\Delta E_{\max} = \max |E_i - i\delta| \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\Delta E_{\max}$ —— 最大增益偏差。

6.2.5 最大激励电压试验

利用示波器或电压表测量最大激励电压。测量仪器应具有高的输入阻抗（ $>1 \text{ M}\Omega$ ）并且上限截止频率应包含仪器的频率范围。

6.3 磁记忆性能试验

6.3.1 磁场测量相对误差试验

磁场测量相对误差试验步骤如下：

- 将仪器放置标准磁场 [H_0 ，单位为安每米（A/m）] 中，标准磁场大小应在仪器磁场测量范围之内；
- 磁记忆数据校准设为“大地磁场”；
- 将探头归一化之后显示的数值记录为 H_p ，单位为安每米（A/m）。

磁场测量的相对误差计算方法件公式（5）：

$$\Delta H_p = \frac{(H_p - H_0)}{H_0} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

JB/T 11611—2013

6.3.2 位置测量相对误差试验

位置测量相对误差试验步骤如下：

- 磁记忆数据校准设为“大地磁场”；
- 测长计数显示设为“开”；
- 将小车放置在带有精确刻度的轨道上，轨道长 500 mm，如图 5 所示。沿着轨道从刻度为 0 mm 的地方开始移动，当走到轨道 500 mm 的地方，记录此时屏幕上显示的测量长度 S [单位为毫米 (mm)]。

位置测量的相对误差计算方法见公式 (6)：

$$\Delta S = \frac{(S - 500)}{500} \times 100\% \quad \text{..... (6)}$$

6.3.3 噪声试验

噪声试验步骤如下：

- 将仪器放置在磁屏蔽箱中；
- 磁记忆数据校准设为“大地磁场”；
- 将探头归一化之后，把探头放置在与归一化磁场方向垂直的水平位置，则此时测出来的数值 H_p 就是磁记忆检测的噪声。

6.3.4 位置分辨力试验

位置分辨力试验步骤如下：

- 磁记忆数据校准设为“大地磁场”；
- 测长计数显示设为“开”；
- 将小车沿放置如图 5 所示的轨道上，从轨道的 0 m 的地方开始移动，当走到钢直尺上 L [单位为毫米 (mm)] 的位置时，记录采样点数 N 。

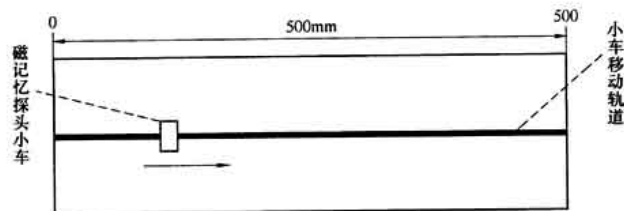


图 5 磁记忆探头小车移动轨道示意图

位置分辨力计算方法见公式 (7)：

$$\Delta L = \frac{L}{N} \quad \text{..... (7)}$$

6.4 耐温试验

6.4.1 概述

在进行耐温试验时，高、低温箱内的温度应保持恒定均匀，温差不超过 $\pm 3^\circ\text{C}$ ，箱内空间至少应为被检仪器的 3 倍。为防止湿度的影响，在不影响耐温试验的条件下，必要时，宜采取对高、低温箱密封或注入干燥空气等措施。

6.4.2 高温试验

将仪器放入高温箱内，试验参数见表 1。

高温试验后，使温度降至室温，取出仪器并在正常工作条件下放置 24 h 以上，再对仪器进行性能试验，其性能仍应满足 4.3.1、4.3.2 的要求。

6.4.3 低温试验

将仪器放入低温箱内，试验参数见表 1。

低温试验后，使温度升至室温，取出仪器并在正常工作条件下放置 24 h 以上，再对仪器进行性能试验，其性能仍应满足 4.3.1、4.3.2 的要求（低温试验后，若仪器有凝水现象，应适当延长预热时间或采用风扇通风等其他方法迅速去潮）。

6.5 耐湿试验

耐湿性能的检测方法应按 JB/T 9329—1999 中 4.3 执行，试验后再对仪器进行性能试验，其性能仍应满足本标准 4.3.1、4.3.2 的要求。

6.6 运输试验

运输性能的试验项目和方法应按 JB/T 9329—1999 中第 4 章执行，试验后再对仪器进行性能试验，其性能仍应满足本标准 4.3.1、4.3.2 的要求。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 凡出厂产品应经过制造厂质量检验部门按出厂检验项目检验合格，签发产品合格证后方可出厂。

7.1.2 出厂检验按表 3 的规定项目进行。

表 3 出厂检验及型式试验项目

序 号	项 目	技术要求	检验方法	出厂检验	型式试验
1	涡流激励频率	4.3.1.1	6.2.1	√	√
2	涡流通道数	4.3.1.2	目视检测	√	√
3	涡流相位	4.3.1.3	目视检测	√	√
4	涡流增益	4.3.1.4	目视检测	√	√
5	涡流显示方式	4.3.1.5	目视检测	√	√
6	涡流灵敏度	4.3.1.6	6.2.2	√	√
7	涡流相位线性	4.3.1.7	6.2.3	√	√
8	涡流增益准确度	4.3.1.8	6.2.4	√	√
9	涡流最大激励电压	4.3.1.9	6.2.5	√	√
10	磁记忆磁场测量相对误差	4.3.2.1	6.3.1	√	√
11	磁记忆位置测量相对误差	4.3.2.2	6.3.2	√	√
12	磁记忆磁场测量范围	4.3.2.3	目视检测	√	√
13	磁记忆噪声	4.3.2.4	6.3.3	√	√
14	磁记忆通道数量	4.3.2.5	目视检测	√	√
15	磁记忆背景磁场抑制	4.3.2.6	目视检测	√	√

JB/T 11611—2013

表 3 出厂检验及型式试验项目 (续)

序 号	项 目	技术要求	检验方法	出厂检验	型式试验
16	磁记忆校准	4.3.2.7	目视检测	√	√
17	磁记忆增益	4.3.2.8	目视检测	√	√
18	磁记忆显示方式	4.3.2.9	目视检测	√	√
19	磁记忆位置分辨力	4.3.2.10	6.3.4	√	√
20	外观质量	4.3.4.1	目视检测	√	√
21	耐温试验	4.3.4.2	6.4	—	√
22	耐湿试验	4.3.4.2	6.5	—	√
23	运输试验	4.3.4.3	6.6	—	√
注：“√”为必检项目，“—”为不检项目。					

7.2 型式试验

7.2.1 型式试验按表 3 的规定项目进行。

7.2.2 凡属下列情况之一者，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的型式鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大的改变，可能影响产品性能时；
- 正式生产后，每 3 年进行 1 次检验；
- 产品长期停产后，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

每台仪器应在机壳上明显位置固定铭牌，其内容包括下列各项：

- 规格、型号、编号；
- 主要技术参数；
- 制造日期或编号；
- 制造商名称及商标。

8.2 包装

8.2.1 仪器的包装应符合 JB/T 6147—2007 中 5.1 的规定。包装材料的选用应符合 JB/T 6147—2007 中 5.2.1 的规定，包装材料选用木材和瓦楞纸并符合 JB/T 6147—2007 中 5.2.2 和 5.2.3 的规定。包装箱应符合 JB/T 6147—2007 中 5.3.1.1 和 5.3.3 的规定。装箱应符合 JB/T 6147—2007 中 5.4 的规定。加固应符合 JB/T 6147—2007 中 5.5 的规定。防护包装应符合 JB/T 6147—2007 中 5.6.1 的规定。

8.2.2 包装箱外壁上文字和标志应清楚，而且不应因搬运摩擦而模糊不清，其内容包括下列各项：

- 产品名称；
- 收货单位和地址及电话；
- 发货单位和地址及电话；
- 包装箱应有“易碎物品”“向上”“怕雨”“禁止翻滚”等标志并符合 GB/T 191—2008 中表 1 规定的包装储运标志的图形和名称。

8.2.3 包装箱内应附有下列随行文件：

JB/T 11611—2013

- a) 产品装箱单;
- b) 产品合格证;
- c) 产品说明书 (应标明执行标准编号)。

8.3 运输和贮存

8.3.1 仪器的运输、运输和贮存环境条件应符合 JB/T 9329—1999 第 3 章的规定。

8.3.2 仪器在运输过程中应防止振动和碰撞, 并应符合 JB/T 6147—2007 中第 7 章的规定。

8.3.3 仪器贮存地点及周围环境不应有腐蚀性气体, 环境温度、空气相对湿度符合 JB/T 9329—1999 中第 3 章的规定。库内保持空气流通, 地面保持清洁。

JB/T 11611—2013

附录 A
(资料性附录)
涡流检测 A 型校准试块

A.1 材料与规格

- A.1.1 材料：钢。
- A.1.2 规格：如图 A.1 所示。

A.2 人工缺陷

- A.2.1 人工缺陷为线切割切槽。
- A.2.2 人工缺陷的尺寸（长、宽、深）位置如图 A.1 所示。

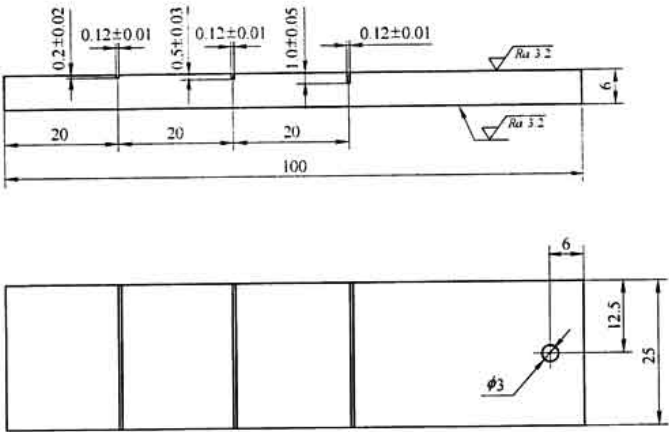


图 A.1 A 型校准试块

