



中华人民共和国民用航空总局部门计量检定规程

JJG(民航) 0061—2001

涡流探伤仪

Eddy Current Flaw Detector

2001—03—16 发布

2001—06—01 实施

中国民用航空总局发布

涡流探伤仪 检 定 规 程

Verification Regulation of Eddy

Current Flaw Detector

JJG(民航)0061—2001

本规程经中国民用航空总局 2001 年 03 月 16 日批准, 并自 2001 年 06 月 01 日起施行。

归口单位: 中国民用航空总局规划科技司

起草单位: 西南航空飞机维修公司

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人:

许万忠 (西南航空飞机维修公司)

参加起草人:

赵 蓉 (西南航空飞机维修公司)

缪克平 (西南航空飞机维修公司)

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
4.1 激励源	(1)
4.2 灵敏度	(1)
4.3 信噪比	(1)
4.4 提离效应	(1)
4.5 边缘效应	(1)
4.6 倾斜性能	(2)
5 通用技术要求	(2)
5.1 外观要求	(2)
5.2 整机功能	(2)
5.3 显示单元	(2)
5.4 报警性能	(2)
5.5 技术文件及附件	(2)
6 计量器具控制	(2)
6.1 检定条件	(2)
6.2 检定项目和检定方法	(3)
6.3 检定结果的处理	(7)
6.4 检定周期	(7)
附录 A 标准试样	(8)
附录 B 检定证书格式	(9)
附录 C 检定不合格通知书格式	(11)
附录 D 检定记录格式	(12)

涡流探伤仪检定规程

1 范围

本规程适用于放置式线圈涡流探伤仪(以下简称涡流仪)的首次检定、后续检定和使用中检验,对其他类型的涡流仪的检定可参照本规程。

2 引用文献

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1002—1998 国家计量检定规程编写规则

GB/T 12604.6—90 无损检测术语 涡流检测

MH/T 3002.5—97 航空器无损检测 涡流检测

使用本规程时应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

涡流仪是应用电磁感应原理对金属材料及其制成件进行无损检测的电子设备,广泛应用于民用航空器维修检验。

涡流仪主要由电源、振荡器、相敏检波器、移相器、放大器和显示器等组成。

4 计量性能要求

4.1 激励源

4.1.1 输出频率误差 $\Delta f \leq \pm 10\%$;

4.1.2 输出频率稳定度 $f_s \leq \pm 0.1\%$;

4.1.3 输出电压应在涡流仪说明书给定的范围内;

4.1.4 输出电压稳定度 $U_s \leq \pm 1\%$ 。

4.2 灵敏度

4.2.1 对增益能定量调节的涡流仪,当增益低于最大增益(无明显电噪声)6 dB时,移动探头扫过标准试样0.5 mm深的人工缺陷,涡流仪显示的变化量不得小于满刻度的75%。

4.2.2 对增益不能定量调节的涡流仪,移动探头扫过标准试样上0.2 mm深的人工缺陷,涡流仪显示的变化量不得小于满刻度的60%。

4.2.3 在探头与试样之间垫一层0.15 mm的绝缘材料,涡流仪显示的变化量不得小于未垫绝缘材料时显示值的0.67。

4.3 信噪比

探头移动到试样上0.2 mm深人工缺陷处时涡流仪显示的变化量 S 与探头在标准试样基体上移动时,涡流仪显示的变化量 N 之比(S/N)不得小于3。

4.4 提离效应

在标准试样与探头之间垫一层厚度为0.05 mm~0.1 mm的非导电材料,将探头与非导电材料上移动到标准试样基体上时,涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的5%。

4.5 边缘效应

4.5.1 将探头线圈中心移动到距标准试样边缘3 mm,涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的50%。

4.5.2 当探头距标准试样边缘 3 mm 水平移动时, 涡流仪显示的变化不得大于满刻度的 10%。

4.6 倾斜性能

4.6.1 使探头线圈轴线与试样表面法线夹角由 0° (垂直) 变化成 20° , 此时涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的 10%。

4.6.2 保持探头倾斜 20° 角状态, 扫过标准试样上的 0.5 mm 深的人工缺陷, 涡流仪显示的变化量不得小于垂直状态下显示变化量的 70%。

5 通用技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 被检涡流仪外观应完整无缺, 所有零部件应牢固可靠, 旋钮定位准确, 调节平滑, 开关接触良好, 操作灵活, 不应有影响操作的机械损伤。

5.1.2 显示面板标度清晰, 无破损痕迹。

5.2 整机功能

5.2.1 将被检涡流仪在检定环境中放置 30 min。

5.2.2 检查电池电压, 如电池电压未达到说明书要求应先进行充电。

5.2.3 把标准探头、匹配器用探头线连接到涡流仪上, 组成涡流检验系统。

5.2.4 开启涡流仪电源, 仪器应能够进入正常工作状态, 显示应正常。保持通电状态, 使仪器预热 15 min~20 min。

5.2.5 逐个调节各功能旋钮(按钮), 涡流仪的各项功能应能随之发生相应变化, 指示正常。

5.3 显示单元

按平衡按钮, 显示面板上指针(亮点)应回到平衡点。

5.4 报警性能

5.4.1 报警阈值应能调节。

5.4.2 报警灯光、音响应能正常启动和关闭。

5.4.3 在正常报警后, 改变报警阈值能有效地控制报警灯光和音响动作。

5.5 技术文件及附件

送检涡流仪应带仪器操作手册和电路图、常用的探头、探头线和充电器。有故障的涡流仪应带故障记录。

6 计量器具控制

6.1 检定条件

6.1.1 检定环境。

6.1.1.1 环境温度: $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, 相对湿度为: 45%~70%。

6.1.1.2 交流电源为: $220\text{ V} \pm 10\%$, $50\text{ Hz} \pm 5\%$ 。

6.1.1.3 被检仪器周围的环境电磁场不得大于 240 A/m 。

6.1.2 计量标准。

6.1.2.1 示波器。

允许误差: $\pm 5\%$;

频率范围: $0\text{ MHz} \sim 20\text{ MHz}$ 。

6.1.2.2 超高频毫伏表。

允许误差： $\pm 4\%$ ；

电压范围：1 mV~10 V，频率范围：10 kHz~10 MHz。

6.1.2.3 数字频率计。

允许误差： $\pm 0.01\%$ ；

交流电压：10 Hz~10 MHz。

6.1.2.4 标准试样（见附录 A）。

标准试样包括铝试样和钢试样，钢试样适用于检定涡流仪的“Fe”档。

6.1.3 配套设备。

6.1.3.1 标准探头。

经综合性能检查合格，未磨损，无损伤，能与涡流仪相匹配。

6.1.3.2 负载电阻（R）。

制造厂规定的额定电阻、无感电阻，也可使用标准探头。

6.1.3.3 低温试验箱。

大小能存放涡流仪，温度应控制在 $0^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，带温度显示，保证仪器在低温状态下检定。

6.1.3.4 高温试验箱。

大小能存放涡流仪，温度应控制在 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，带温度显示，保证仪器在高温状态下检定。

6.1.3.5 非导电材料。

厚度为 0.05 mm~0.10 mm 和厚度为 0.15 mm 的聚四氟乙烯薄膜或其他耐磨绝缘薄膜，可多层叠加。

6.2 检定项目和检定方法

6.2.1 检定项目见表 1。

表 1

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观检查	+	+	+
整机功能检查	+	+	+
显示单元检查	+	+	+
※激励源输出频率检定	+	+	—
※激励源输出频率稳定度检定	+	+	—
激励源输出电压检定	+	+	—
激励源输出电压稳定度检定	+	+	—
综合性能检定	+	+	+

注：频率不能连续定量调节的涡流仪不进行※项检定。

6.2.2 按第5章要求进行外观检查、整机功能检查、显示单元检查,结果填入附录D表D1中。

6.2.3 激励源输出频率检定。

选取常用频率范围内的高、中、低三个频率点分别测试。

6.2.3.1 将频率计和示波器接在涡流仪激励信号输出端,用示波器观察输出波形,其波形应为正弦波,检定设备如图1连接。

6.2.3.2 接通仪器电源,待稳定后由频率计读出输出信号频率,记作 f ,由下式计算频率误差,填入附录D表D2中:

$$\Delta f = [(f - f_0)/f_0] \times 100\% \quad (1)$$

式中: Δf ——激励源输出信号频率误差;

f_0 ——激励源标称频率, kHz;

f ——实测输出频率, kHz。

6.2.4 激励源输出频率稳定度检定。

选取常用频率范围内的中间频率点测试。

6.2.4.1 检定设备及连接如图1。

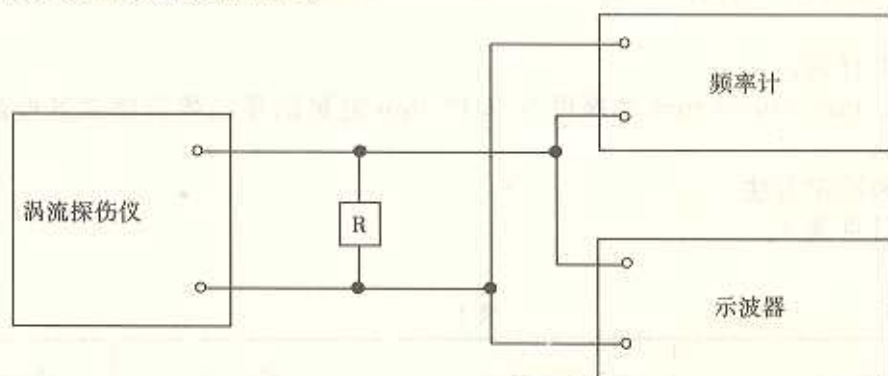


图1 输出频率误差测试设备连接图

6.2.4.2 接通仪器电源,待稳定后,由频率计读出输出信号频率,然后,每隔10 min测量一次,共测量7次。将测量结果分别记作 f_i ($i=1, 2, \dots, 7$),并将 f_i 的最大值 $f_{\max}$ 和最小值 $f_{\min}$ 代入下式计算频率稳定度,填入附录D表D3中:

$$f_s = [(f_{\max} - f_{\min})/f_0] \times 100\% \quad (2)$$

式中: f_s ——频率稳定度;

$f_{\max}$ —— f_i 的最大值, kHz;

$f_{\min}$ —— f_i 的最小值, kHz;

f_0 ——输出信号频率标称值, kHz。

6.2.5 激励源输出电压检定。

6.2.5.1 将毫伏表和示波器接在涡流仪激励信号输出端,用示波器观察波形,其波形应为正弦波,测试设备连接如图2所示。

6.2.5.2 接通仪器电源,用示波器观察波形,当确认波形无明显畸变时,由交流毫伏表读出输出电压,记作 U_i ($i=1, 2, 3$),测量3次,由下式计算输出电压值,填入附录D表D4

中:

$$U = (U_1 + U_2 + U_3) / 3 \quad (3)$$

式中: U ——输出电压值, V;

U_1, U_2, U_3 ——分别为三次实测电压值, V。

6.2.5.3 若输出电压取分档形式, 则各档应分别检定。

6.2.6 激励源输出电压稳定度检定。

6.2.6.1 检定设备及连接如图 2。

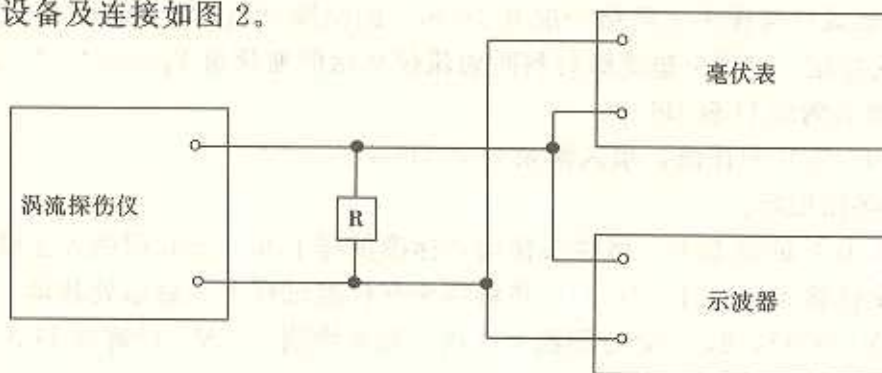


图 2 输出电压误差测试设备连接图

6.2.6.2 接通仪器电源, 待稳定后, 由毫伏表读出输出信号电压, 然后, 每隔 10 min 测量一次, 共测量 7 次。将测量结果分别记作 U_i ($i=1, 2, \dots, 7$), 并将 U_i 的最大值 $U_{\max}$ 、最小值 $U_{\min}$ 和 6.2.5.2 中的输出电压值 U 代入下式计算电压稳定度, 填入附录 D 表 D5 中:

$$U_s = [(U_{\max} - U_{\min}) / U] \times 100\% \quad (4)$$

式中: U_s ——输出电压稳定度;

$U_{\max}$ —— U_i 的最大值, V;

$U_{\min}$ —— U_i 的最小值, V;

U ——输出电压值, V。

6.2.7 综合性能检定。

涡流仪综合性能检定是将一个标准探头连接到涡流仪上, 使标准探头以正常的速度匀速运动, 且探头线圈轴线与试样表面保持一定角度, 在标准试样上按设定的轨迹运动, 从而检定涡流仪的灵敏度、信噪比、提离效应、边缘效应和倾斜性能。

以下检定对于可变频率的涡流仪, 应选取其常用频率范围内的高、中、低三点分别进行检定; 对于固定频率的涡流仪, 则应对其常用的档位 (Fe, NFe) 分别进行检定, 但对于超过 3 MHz 的频率点, 不要求进行 6.2.7.1d) 和 6.2.7.5 项检定。

在读取涡流仪显示的变化量时, 对于阻抗平面显示的仪器, 应读取其垂直方向的分量。

6.2.7.1 灵敏度检定。

a) 将探头放置在标准试样上无人工缺陷的部位 (即试样基体), 使探头线圈轴线与试样表面保持垂直, 线圈中心距试样边缘和人工缺陷的距离均不小于 10 mm, 设置涡流仪的频率、相位, 将涡流仪增益调至最大, 如果此时电噪声过大, 则应适当降低增益, 直至无明显的电噪声出现。

b) 将增益降低 6 dB。阻抗平面显示的仪器应调节相位, 将其提离信号调至水平方向, 调试好仪器, 以正常速度移动探头扫过试样上 0.5 mm 深的人工缺陷, 记下涡流仪显示的变化量 H_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 H 填入附录 D 表 D6 中。

c) 对于增益不能定量调节的涡流仪, 按 a) 调试好仪器后, 以正常速度移动探头扫过标准试样上的 0.2 mm 深的人工缺陷, 记下涡流仪显示的变化量 H_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 H 填入附录 D 表 D6 中。

d) 在标准试样与探头之间垫一层 0.15 mm 的绝缘材料, 重新调试好仪器, 重复上述 a)、b)、c) 的检定, 记录下垫绝缘材料时涡流仪显示的变化量 Y_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 Y 填入附录 D 表 D6 中。

e) 计算 H 与 Y 的比值, 填入附录 D 表 D6 中。

6.2.7.2 信噪比检定。

在 6.2.7.1a) 的状态下, 将探头移动到标准试样上 0.2 mm 深的人工缺陷处, 记下涡流仪显示的变化量 S_i ($i=1, 2, 3$); 再将探头在标准试样上无缺陷处移动, 记下涡流仪显示的变化量 N_i ($i=1, 2, 3$), 分别测量 3 次, 取平均值 S 、 N , 计算 S 与 N 比值, 填入附录 D 表 D7 中。

6.2.7.3 提离效应检定。

在 6.2.7.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度满足 4.2.2 的要求, 在标准试样与探头之间垫一层厚度为 0.05 mm~0.10 mm 的非导电材料, 然后将探头从非导电材料上移动到试样无缺陷处, 记录下涡流仪显示的变化量 D_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 D 填入附录 D 表 D8 中。

注: 阻抗平面显示的涡流仪不需要进行此项检查。

6.2.7.4 边缘效应检定。

在 6.2.7.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度满足 4.2.1 或 4.2.2 的要求, 然后将探头线圈中心移动到距标准试边缘 3 mm, 记下涡流仪显示的变化量 B_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 B 填入附录 D 表 D9 中; 保持探头与标准试样边缘 3 mm 的距离, 水平移动探头, 记下涡流仪显示的变化量 M_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 M 填入附录 D 表 D9 中。

6.2.7.5 倾斜性能检定。

a) 在 6.2.7.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度满足 4.2.1 或 4.2.2 的要求, 然后将探头倾斜放置, 使探头线圈轴线与试样表面法线成 20° 角, 记录下涡流仪显示的变化量 Q_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 Q 填入附录 D 表 D10 中。

b) 保持探头倾斜位置, 以正常速度扫过标准试样上的 0.5 mm 深的人工缺陷, 记下涡流仪显示的变化量 X_i ($i=1, 2, 3$), 测量 3 次, 取平均值 X 填入附录 D 表 D10 中。计算 X 与 6.2.7.1 中 H 的比值, 填入附录 D 表 D10 中。

6.2.7.6 报警性能检查。

a) 在 6.2.7.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度满足 4.2.1 或 4.2.2 的要求, 调节报警阈值, 使其低于探头扫过人工缺陷时仪器显示值的 5%, 然后以正常速度移动探头扫过标准试样上的人工缺陷, 报警灯光和音响应发出报警。

b) 改变报警阈值, 使其高于探头扫过人工缺陷时仪器显示值的 5%, 然后以正常速度

移动探头扫过标准试样上的人工缺陷,报警灯光和音响不应发出报警;检查结果填入附录 D 表 D1 中。

6.2.7.7 低温测试。

涡流仪放置在 $0^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的低温试验柜中 30 min 后,重复 6.2.7.1 的操作;将结果填入附录 D 表 D6 中。

6.2.7.8 高温测试。

涡流仪放置在 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的高温试验柜中 30 min 后,重复 6.2.7.1 的操作;将结果填入附录 D 表 D6 中。

6.3 检定结果的处理

经检定合格的涡流仪发给检定合格证书;不合格的涡流仪发给检定不合格通知书,并注明不合格项目。

6.4 检定周期

涡流仪的检定周期可根据具体使用情况确定,但最长不超过 12 个月。

附录 A

标准试样

A1 铝标准试样 (见图 A1)

材料: LY12CZ 或 LC9CS (2024-4 或 7075-T6)

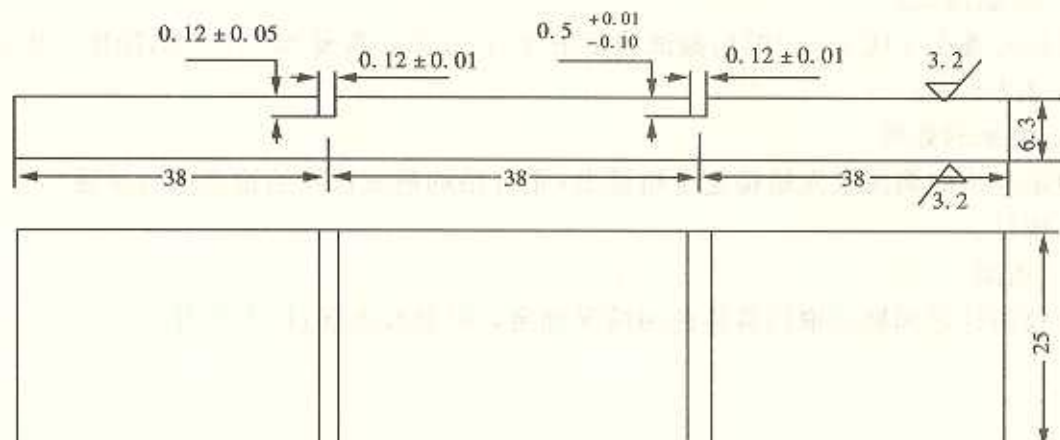


图 A1 铝标准试样

A1 钢标准试样 (见图 A2)

材料: 30CrMo 或 40CrNiMo (4130 或 4140)

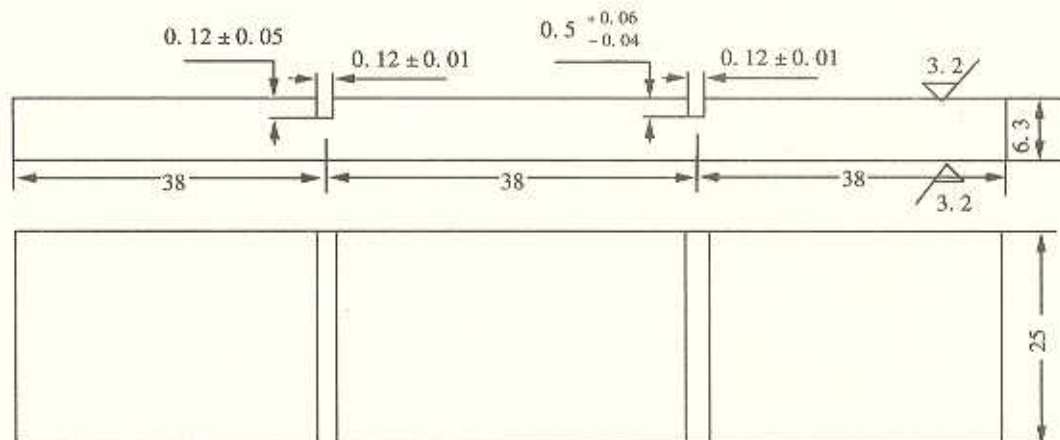


图 A2 钢标准试样

附录 B

检定证书格式

检 定 证 书 VERIFICATION CERTIFICATE

证书编号
CERTIFICATE NO. _____

第 页 共 页
PAGE ____ OF ____

未经实验室书面批准不得复制本证书或报告。

A statement that the certificate or report shall not be reproduced except the written approval of the laboratory.

送检单位	_____
CUSTOMER	_____
名称	_____
NOMENCLATURE	_____
型号规格	_____
MODEL	_____
制造厂	_____
MANUFACTURER	_____
出厂编号	_____
S/N	_____
设备编号	_____
INVENTORY NUMBER	_____
温度	_____
TEMPERATURE	_____
相对湿度	_____
RELATIVE HUMIDITY	_____
结论	_____
CONCLUSION	_____

主管	_____
APPROVED BY	_____
核验	_____
INSPECTED BY	_____
检定员	_____
TESTED BY	_____

检定日期	_____	年	_____	月	_____	日	_____
ISSUED DATE	_____	Y	_____	M	_____	D	_____
有效期	_____	年	_____	月	_____	日	_____
DUE DATE	_____	Y	_____	M	_____	D	_____

使用设备清单

USED INSTRUMENT LIST

厂 家 MANUFACTURER	型 号 MODEL	序 号 S/N	有 效 期 DATE

测试依据文件

REFERENCE

检定单位名称

NAME

地址

ADD

电话

TEL

附录 C

检定不合格通知书格式

检定不合格通知书 VERIFICATION REJECTION NOTICE

证书编号
CERTIFICATE NO. _____

第 页 共 页
PAGE _____ OF _____

未经实验室书面批准不得复制本证书或报告。

A statement that the certificate or report shall not be reproduced except the written approval of the laboratory.

送检单位
CUSTOMER _____

名称
NOMENCLATURE _____

型号规格
MODEL _____

制造厂
MANUFACTURER _____

出厂编号
S/N _____

设备编号
INVENTORY NUMBER _____

结论
CONCLUSION _____

主管
APPROVED BY _____

核验
INSPECTED BY _____

检定员
TESTED BY _____

检定日期
ISSUED DATE _____ 年 _____ 月 _____ 日
Y _____ M _____ D _____

有效期
DUE DATE _____ 年 _____ 月 _____ 日
Y _____ M _____ D _____

附录 D

检定记录格式

D1 外观、整机功能、显示单元、报警性能检查

表 D1

项 目	结 论
外观检查	
整机功能检查	
显示单元检查	
报警性能检查	

D2 激励源输出频率检定

表 D2

标称频率 f_0 (kHz)	实测频率 f (kHz)	误差 Δf (%)	允许误差
			$\leq \pm 10\%$
结 论:			

D3 激励源输出频率稳定度检定

表 D3

标称频率 f_0 . (kHz)			
时间 (min)	频率 f_i (kHz)	稳定度 f_s (%)	技术要求
0			$\leq \pm 0.1\%$
10			
20			
30			
40			
50			
60			
结 论:			

D4 激励源输出电压的检定

表 D4

输出电压	实测值 V_i			计算值 V
高				
中				
低				

D5 激励源输出电压稳定度检定

表 D5

输出电压 V (V)			
时间 (min)	实测电压 V_i (V)	稳定度 V_s (%)	技术要求
0			$\leq \pm 1\%$
10			
20			
30			
40			
50			
60			
结 论:			

D6 灵敏度检定

表 D6

检定频率 (kHz)	增益 (dB)	温度 (℃)	H (%)	Y (%)	H/Y
		20±5			
		0±5			
		40±5			
		20±5			
		0±5			
		40±5			
		20±5			
		0±5			
		40±5			
技术要求			≥75	/	≥0.67
结 论:					

注: 对增益不能定量调节的涡流仪, H 值的技术要求 H 应为 ≥60%。

D7 信噪比检定

表 D7

检定频率 (kHz)	N (%)	S (%)	S/N	技术要求
				≥3
结 论:				

D8 提离效应检定

表 D8

检定频率 (kHz)	D (%)	技术要求
		≤5%
结 论:		

D9 边缘效应检定

表 D9

检定频率 (kHz)	B (%)	M (%)
技术要求	≤ 50	≤ 10
结 论:		

D10 倾斜性能检定

表 D10

检定频率 (kHz)	Q (%)	X (%)	X/H
技术要求	≤ 10	/	≥ 0.70
结 论:			

中华人民共和国民用航空总局

部门计量检定规程

涡流探伤仪

JJG (民航) 0061—2001

*

中国民航出版社出版发行

(北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼)

— 邮政编码: 100028 —

北京广内印刷厂印刷

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 29.6 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—200 册

统一书号 1580110·163 定价 10.00 元

技术勘误

《JJG（民航）0061—2001 涡流探伤仪》第 14 页，表 D6 第一行的最后一列，应为“ Y/H ”。

此技术勘误由《JJG（民航）0061—2001 涡流探伤仪》的起草单位提出。



标准试样

A1 铝标准试样 (见图A1)

材料: LY12CZ或LC9CS (2024—4或7075—T6)

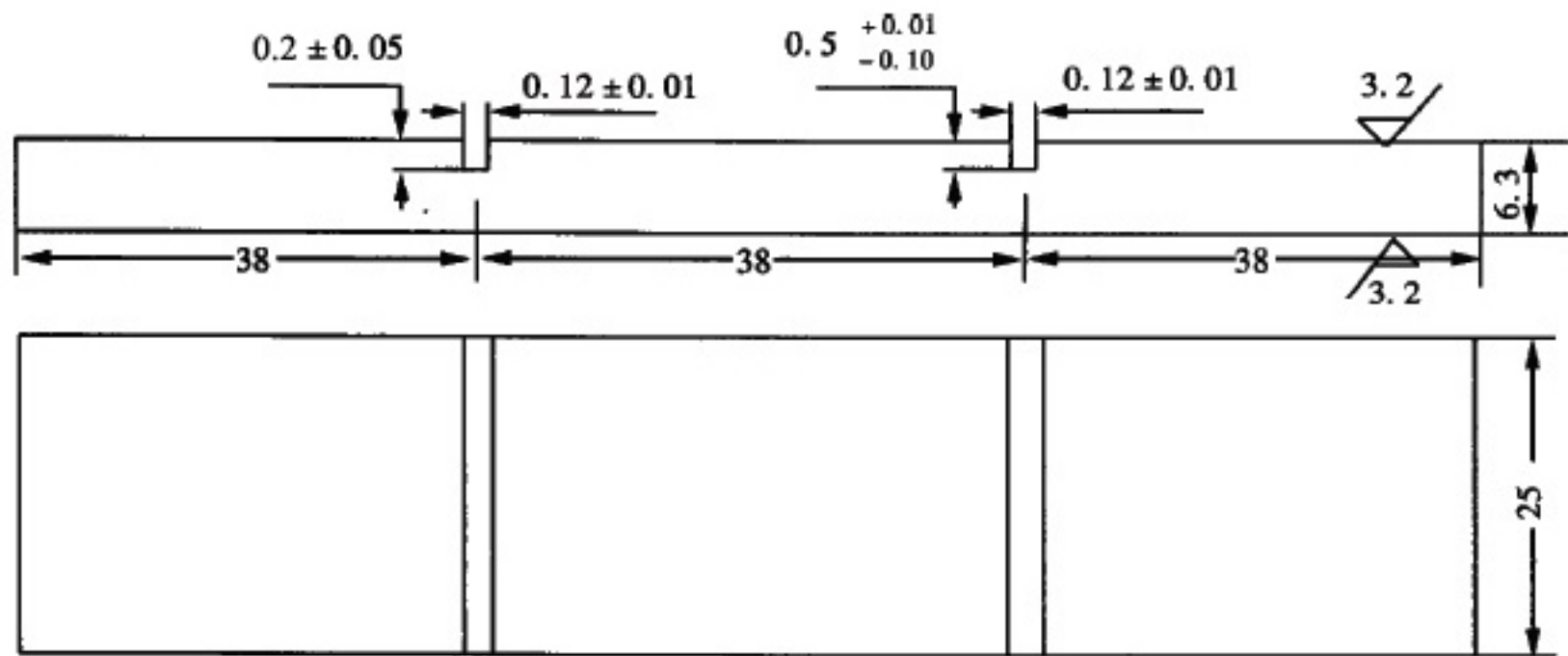


图 A1 铝标准试样

A2 钢标准试样 (见图A2)

材料: 30CrMo或40CrNiMo (4130或4140)

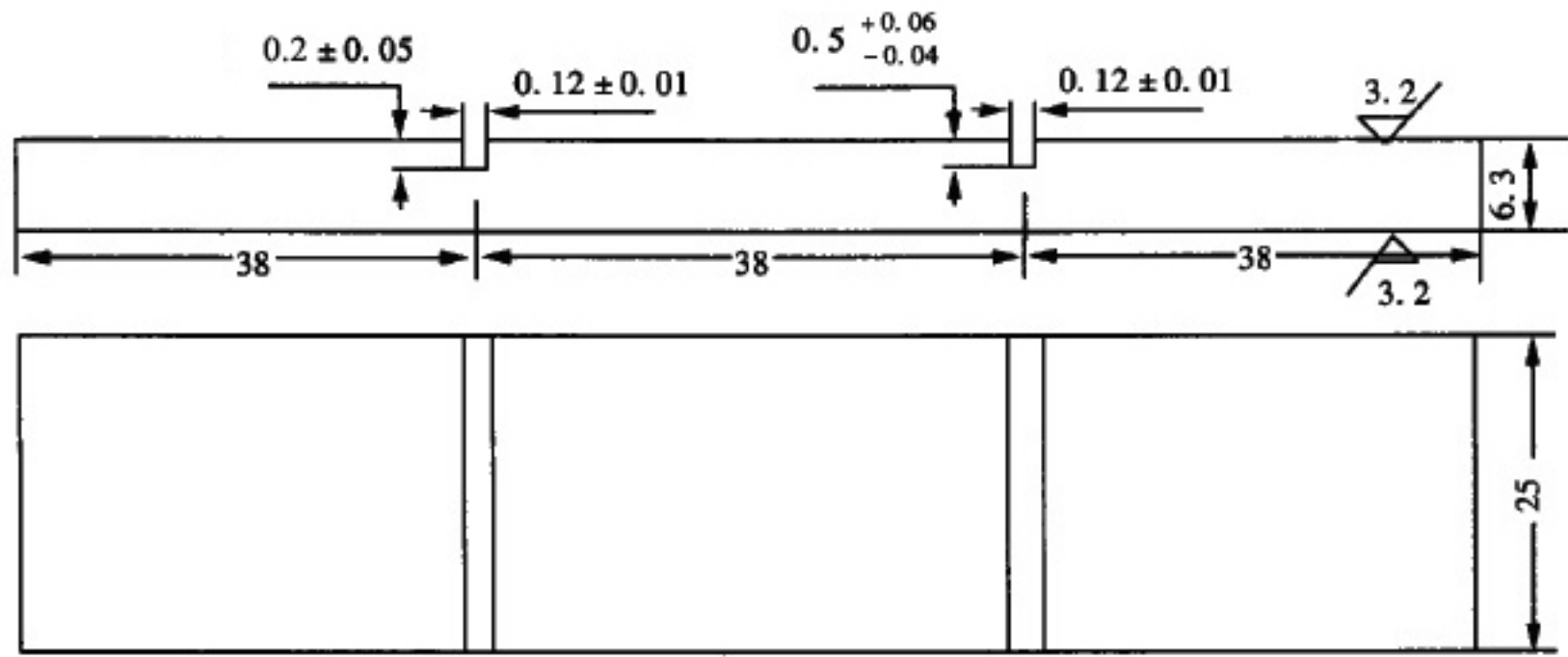


图 A2 钢标准试样