

## 航空器无损检测涡流检验

### 1 范围

本标准规定了用涡流检验法检验民用航空器所用金属材料及零、部件表面和近表面不连续性的基本要求。本标准适用于民用航空器所用金属材料及零、部件的涡流检验。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 12604.6—90 无损检测术语 涡流检测

MH/T 3001—95 航空器无损检测人员技术资格鉴定规则

### 3 定义

本标准中所涉及的定义符合 GB/T 12604.6。

### 4 一般要求

#### 4.1 检验人员

从事涡流检验的人员必须按 MH/T3001 的规定进行培训和考核,取得技术资格证书。

各级人员只能从事与自己技术资格等级相应的技术工作。

#### 4.2 验收标准

进行涡流检验的金属材料及零、部件应有相应的验收标准,该标准对被检零件的指定检查区域给出其不连续性的允许尺寸和密集程度及相应的监控周期。验收标准由设计部门、生产厂家规定或经过主管部门批准。

#### 4.3 环境条件

检验场所的温度与湿度应控制在仪器、设备所允许的范围内。检验现场 3m 以内不得有电动机、发电机、电源车等产生强电磁场干扰的设备运行。

#### 4.4 涡流仪

4.4.1 涡流仪的频率范围应包括涡流检验工艺所要求的频率或检验某种材料所要求的相应档位。

4.4.2 涡流仪的增益应满足 6.1.2.1 的要求,增益的大小应能调节并有相应的数字或刻度指示。

4.4.3 当试件性质发生变化引起探头阻抗变化时,涡流仪应能将这种变化及变化的大小显示出来。显示器可以是指针式、数字式或荧屏式。

4.4.4 当探头处于试件完好部位时,涡流仪应能调节到基准点位置。

4.4.5 涡流仪应具有报警装置,报警阈值应能调节。

4.4.6 当工艺规程要求时,涡流仪应配备记录仪记录涡流检验信号。

#### 4.5 探头

4.5.1 探头应按说明书规定与其相匹配的涡流仪配合使用,不同制造厂家的涡流仪和探头不得混用,除非工艺文件或仪器说明书中允许或经过严格测试试验,证明能达到工艺规程的要求。

4.5.2 探头外表应有明显的标记,注明探头的工作频率或适用范围。

#### 4.6 试样

涡流检验必须使用试样,试样分为标准试样和对比试样。

4.6.1 标准试样需经具备资格的机构或主管机关鉴定,用于涡流仪或涡流检验系统的性能测试及灵敏度调整,其尺寸见附录 A。

4.6.2 对比试样的材质、形状、结构、热处理状态及表面状况应与被检验的零、部件相同,其上有符合检验标准的人工缺陷或自然缺陷,用于设定检验灵敏度和评定缺陷的大小。

#### 4.7 铁磁性材料

对于铁磁性材料及零件,一般不应采用涡流检验的方法,除非其它检验方法无法进行。

#### 4.8 夹持装置

为了保持探头扫查的稳定,应尽量采用专用夹持装置将探头固定。制造夹具的材料应采用非金属绝缘材料,以免对探头产生干扰。如果夹持的部位距探头的检测线圈较远,也可以采用非磁性金属材料。

#### 4.9 工艺规程

4.9.1 要求涡流检验的金属材料及零、部件应按照指定的工艺规程进行检验,工艺规程可以是航空器制造厂提供的维修手册、通告和有关资料。

4.9.2 航空器制造厂未提供工艺规程时,应按照本标准的要求制定相应的工艺规程。工艺规程须经涡流Ⅲ级人员审核,主管部门批准。工艺规程至少应包括下述内容:

a)工艺规程的编号和编写日期;b)受检零、部件的名称、图号(件号)、材料牌号和热处理状态;c)用于设定检验灵敏度和评定缺陷的对比试样;d)检验部位或区域(包括示意图);e)探头扫查路线和间距;f)涡流仪的型号;g)探头的种类或型号;h)检验频率或相应的档位;i)涡流检验系统灵敏度;j)准备工作及注意事项;k)验收标准;l)检验后的记录方式和标记方法。

#### 4.10 工序安排

涡流检验应安排在有可能产生表面和近表面不连续性的操作之后进行。

#### 4.11 安全防护

涡流仪的安全操作应遵照操作手册的规定。检验飞机油箱内结构时,必须预先对油箱进行通风,排出油蒸气后方可进行,人员和仪器都应符合油箱内作业的安全规定,防止发生事故。

### 5 工艺程序和要求

#### 5.1 涡流检验系统的准备

5.1.1 按实际工作状态连接涡流仪、探头及配合工作的辅助装置,组成涡流检验系统。

5.1.2 按照涡流仪操作手册规定的时间对涡流检验系统通电预热。

5.1.3 当探头与零、部件的被检区域之间温差较大时,应将探头按实际检验状态放置在被检区域表面并保持一段时间,减小其温差。

5.1.4 在对比试样上调试涡流检验系统灵敏度达到工艺规程的要求。

5.1.5 按 6.1.2.5 检查探头的倾斜性能。

5.1.6 下述情况均应重复 5.1.3~5.1.5 的操作:

a)更换系统组合后,如:更换探头;b)改变检验参数后。

#### 5.2 受检零、部件的准备

5.2.1 零、部件受检表面不应有影响涡流检验的杂质及划伤存在。在检验非磁性金属零、部件时,要特别注意清除其表面的磁性金属及磁性金属氧化物杂质。

5.2.2 受检表面粗糙度达不到检验要求时,可在有关工艺规程允许范围内,用相应的方法进行处理。

5.2.3 表面有非导电涂层的零、部件,当涂层厚度不大于 0.15mm,并且厚度均匀,无剥落时,允许带涂层检验,当涂层厚度大于 0.15mm 时,则需证明所用方法能将涂层最厚处的最小允许缺陷检验出来。无论何种情况,均应制作表面带同等厚度涂层的对比试样,并在该试样上调节涡流检验系统灵敏度,使其达到工艺规程规定的灵敏度要求。

5.2.4 除非另有规定,表面有镉、镉—钛、铬等导电镀层的钢件不允许用涡流检验的方法检查。

### 5.3 扫查方法

#### 5.3.1 手动平面扫查:

a) 探头扫查方向应尽量与零、部件上可能产生的缺陷方向相垂直;

b) 探头扫查速度不得大于 20mm/s;

c) 点式探头每两次扫查之间的间距不得超过探头磁芯直径的 3 倍,重点扫查部位应增加扫查次数和减小扫查间距;

d) 保持探头磁芯轴线与被检件表面垂直,偏差不得超过  $\pm 8^\circ$ 。

#### 5.3.2 手动内孔扫查:

a) 探头直径应能调整,以便与孔壁保持良好的弹性接触;b) 探头应带有可调衬套,以便调节探头在孔中的深度;c) 没有特别要求时,探头在孔内旋转扫查的速度与平面扫查一样;d) 每扫查完一圈,探头的进给深度不大于 1.3mm。

5.3.3 检查形状复杂的零、部件时,应将受检表面按不同的形状划分出检查区域,使每个检查区域的形状基本一致,每次扫查一个区域,扫查方法参照 5.3.1,每换一个区域,应重新调节涡流仪的基准点。

5.3.4 应随时观察涡流仪基准点的变化并及时调整。

5.3.5 扫查过程中,涡流仪有任何异常显示时,应对该区域反复进行扫查,观察仪器显示的重复性,判断显示信号的真伪,必要时可用其它无损检测的方法进行验证。

### 5.4 检验灵敏度的复验

涡流检验系统每连续工作 2h 或每次检验结束后均应按 5.1.4 要求复验检验灵敏度,如果发现检验灵敏度低于工艺规程的要求,则自上次检验灵敏度检查正常至此次检查之间所有检验的零、部件必须重新进行检验。

### 5.5 检验结果评定

被检零、部件应按规定的验收标准进行评定,确定验收或拒收。

### 5.6 缺陷显示记录

按照工艺规程的要求,将被检零、部件不连续性的位置标记在零、部件上,缺陷的永久性记录可选用下述方法。

5.6.1 用文字、图表或其它的方式记录缺陷的位置、长度、方向和缺陷的数量。

5.6.2 对于表面开口的缺陷,可采用着色渗透或荧光渗透的方法使缺陷显现出来,然后照相记录。

### 5.7 合格零、部件的标记

经涡流检验合格的零、部件都应进行标记,标记要醒目,经得起经常装卸。标记应置于组装后可见的位置,若后道工序会去掉标记,则应有适当的标记加盖在伴随成品件的记录单上。标记方式和位置应不影响零件的使用和以后的检验,对于不便作出标记的零、部件,必须填写检验报告或有关工作单卡,详细说明被检零、部件的质量状况。

### 5.8 检验记录

检验记录应包括下列内容:

a) 申请(或委托)单位和时间; b) 零件名称、图号(或件号)、材料状态、数量; c) 涡流仪型号、探头形式和对比试样; d) 检验参数(频率、灵敏度等); e) 检验工艺规程编号、验收标准和结论; f) 操作、检验和审核人员签名; g) 检验日期。

### 5.9 检验报告

有要求时应签发检验报告, 检验报告应包括 5.8 的内容。

检验报告的保存期限按有关单位规定执行。

## 6 质量控制

涡流检验系统应定期检查, 不合格的涡流仪、探头、试样等, 不允许继续使用。

### 6.1 涡流仪的检查

涡流仪的检查正常情况下每年进行一次, 在下述情况下均应及时进行检查:

a) 首次使用的涡流仪; b) 涡流仪经过有可能影响其性能的维修后; c) 怀疑涡流仪工作不正常时。

#### 6.1.1 整机功能检查

按照仪器操作手册说明检查涡流仪各部分功能是否正常。

#### 6.1.2 综合性能检查

涡流仪综合性能检查是将一个作为基准的探头连接到涡流仪上, 在标准试样上检查涡流仪的灵敏度、信噪比、提离效应、边缘效应和倾斜性能。对于可变频率的涡流仪, 应选取其频率范围内的高、中、低三点分别进行检查; 对于固定频率的涡流仪, 则应对其常用的档位(Fe、NFe 或 Al、Fe、Ti 等)分别进行检查。基准探头可从与涡流仪同批购进的探头中选取一个经综合性能检查合格的探头, 妥善保存起来, 专用于涡流仪综合性能检查。

##### 6.1.2.1 灵敏度检查方法如下:

a) 将探头放置在标准试样上无人工缺陷的部位, 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 10mm, 将仪器增益调至最大, 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 6dB。阻抗平面显示的仪器应将其提高信号调至水平方向, 调试好仪器, 以正常速度移动探头扫过 0.5mm 深的人工缺陷, 涡流仪显示的变化量不得小于满刻度的 75%;

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 0.2mm 深的人工缺陷, 涡流仪显示的变化量不得小于满刻度的 60%;

d) 在探头与试样之间垫一层 0.25mm 的绝缘材料, 重新调试好仪器, 再次重复上述检查, 涡流仪显示的变化量不得小于未垫绝缘材料时显示值的 2/3。

##### 6.1.2.2 信噪比检查方法如下:

在 6.1.2.1a) 的状态下, 将探头移动到标准试样上 0.2mm 深的人工缺陷处, 记下涡流仪显示的变化量 S; 再将探头移动到标准试样上无缺陷处, 记下涡流仪显示的变化量 N,  $S/N$  不得小于 3。

##### 6.1.2.3 提离效应检查方法如下:

在 6.1.2.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度刚好满足 6.1.2.1b) 或 c) 的要求, 在标准试样与探头之间垫一层厚度为 0.05mm~0.10mm 的非导电材料, 然后将探头从非导电材料上移动到试样基体上时, 涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的 5%。对于阻抗平面显示的涡流仪不要求进行此项检查。

##### 6.1.2.4 边缘效应检查方法如下:

在 6.1.2.1a) 的状态下, 调节涡流仪增益使灵敏度刚好满足 6.1.2.1b) 或 c) 的要求, 然后将探头线圈中心移动到距标准试样边缘 3mm, 涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的 50%; 当探头沿标准试样边缘水平

移动时,涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的10%。

6.1.2.5 倾斜性能检查方法如下:

a)在6.1.2.1a)的状态下,调节涡流仪增益使灵敏度刚好满足6.1.2.1b)或c)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 $20^\circ$ 角,此时涡流仪显示的变化量不得大于满刻度的10%;

b)保持探头倾斜状态,以正常速度扫过标准试样上的0.5mm深的人工缺陷,涡流仪的显示不得小于垂直状态下显示变化量的70%。

6.1.3 综合性能检查不合格的涡流仪,应送指定机构或仪器制造厂对其相关的电路进行测试,必要时进行调试和维修。

6.2 探头的性能检查

6.2.1 新购探头均应连接到一台经综合性能测试合格的涡流仪上,按6.1.2的规定检查;孔探头可在附录A中图A3所示的对比试样上进行检查,如果性能达不到要求,则该探头不能使用。

6.2.2 在使用过程中,应随时检查探头的磨损情况,发现探头严重磨损,致使线圈裸露时,则该探头不能继续使用。

6.3 试样的校验

6.3.1 试样在使用过程中应避免损伤,标准试样表面应无明显划伤和其它机械损伤。

6.3.2 标准试样应每3年送计量部门计量一次。

6.4 检查记录

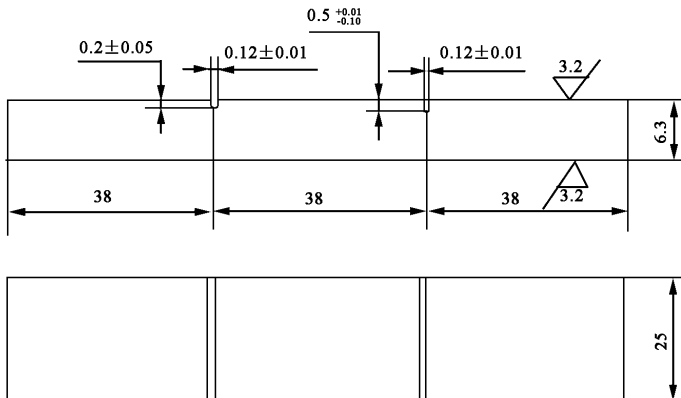
所有涡流仪、探头和试样的检查均应作好记录备查,记录应包括以下内容:

a)涡流仪的制造厂、型号、出厂日期和编号;b)测试人员姓名、职称;c)测试时间、地点;d)测试项目和测试结果;e)有效日期。

## 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40CNMo(4130或4140)

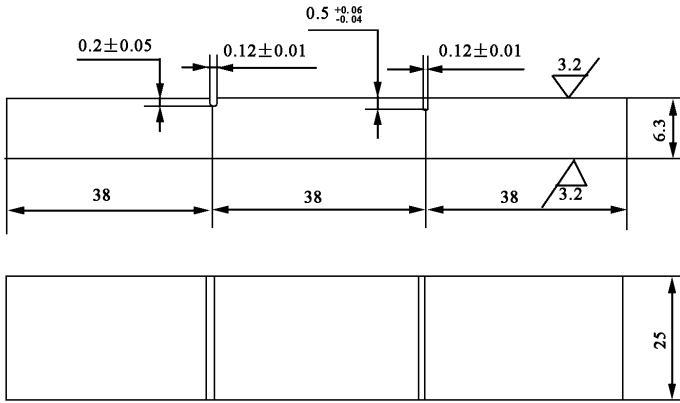


图 A2 钢标准试样

## A3 孔内表面人工缺陷对比试样(见图 A3)

$d$ : 孔探头直径

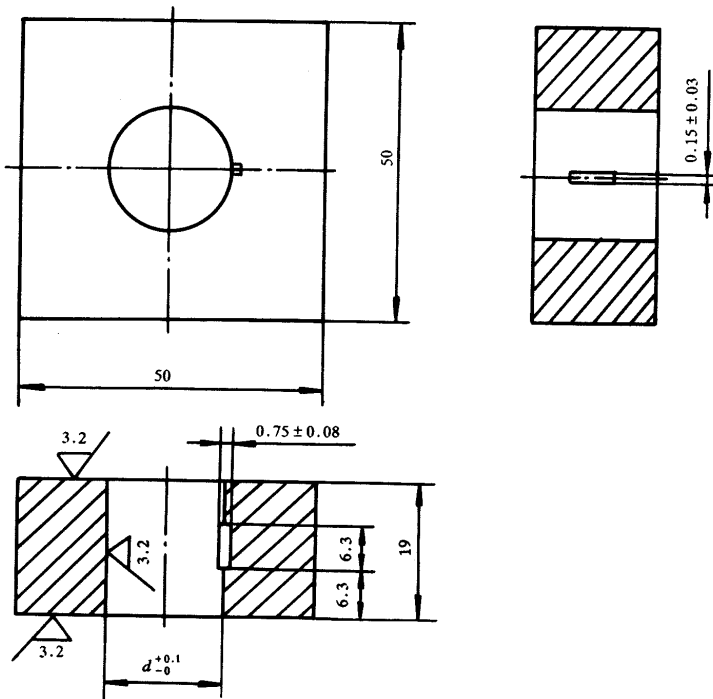


图 A3 孔内表面人工缺陷对比试样