

ICS:19.100

CCS:H26

# 团 体 标 准

T/CAMAC 0002—2020

---

## 民用航空无损检测 涡流检测

Civil Aviation Nondestructive Testing

Eddy Current Testing

2020年5月12日发布

2020年5月18日实施

---

中国民用航空维修协会 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 分类 .....	1
5 一般要求 .....	1
6 详细要求 .....	4
7 质量控制 .....	5
附 录 A（规范性附录） 涡流检测孔壁对比试样 .....	7
附 录 B（规范性附录） 涡流检测标准试样 .....	8

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准代替MH/T 3015-2006《航空器无损检测 涡流检测》。

本标准与MH/T 3015-2006相比主要变化如下：

——章条结构进行了调整；

——在“规范性引用文件”中增加了引用标准 GB/T 20737—2006 《无损检测 通用术语和定义》；

——在“规范性引用文件”中删除了 ASTM E543 《对无损检测机构的评估标准》；

——在第3章“术语和定义”中删除了2个定义；

——在第3章“术语和定义”中增加了2个定义，并根据定义修改了标准中的用语；

——删除5.2“代理资格”；

——修改6.3.3.2对探头最大扫查速度的要求；

——根据 GB/T 20737—2006 《无损检测 通用术语和定义》中的要求，将不连续性统一修改为不连续；

——统一了标准中的用语，将检验程序修改为作业指导书，除检验程序外，将检验统一修改为检测；

——统一了标准中的单位计算，统一为四舍五入；

——增加了作业指导书的要求；

——修改了对比试样的要求；

——修改了附录A中不连续的尺寸和公差。

——修改了附录B中不连续的公差。

本标准的附录A、附录B为规范性附录。

本标准由中国民用航空维修协会无损检测人员资格鉴定委员会提出。

本标准由中国民用航空维修协会批准立项。

本标准由中国民用航空维修协会归口。

本标准起草单位：北京飞机维修工程有限公司成都分公司、东方航空技术有限公司西北分公司、厦门航空有限公司。

本标准主要起草人：郑勇、陈江明、周斌、黄毅斌。

# 民用航空无损检测

## 涡流检测

### 1 范围

本标准规定了用涡流检测法检测民用航空所用金属材料及零部件表面和近表面不连续的最低要求。

本标准适用于民用航空所用金属材料及零部件的涡流检测。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅标注日期的版本适用于本标准。凡是未标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 12604.6—2008 无损检测术语 涡流检测

GB/T 20737—2006 无损检测 通用术语和定义

T/CAMAC 0001—2020 民用航空无损检测人员资格鉴定与认证

JJG（民航）0061 涡流探伤仪检定规程

### 3 术语和定义

GB/T 12604.6—2008和GB/T 20737—2006中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1 认可的工程机构 cognizant engineering organization

主承包商、制造商或最终用户授权负责有关 NDT 决定和批准相关 NDT 事项的工程机构或 NDT 机构。

#### 3.2 对比试样 reference standards

具有规定物理特性、几何形状和外形尺寸的试样。

#### 3.3 自动检测系统 automatic inspection system

通过自动旋转或移动检测探头或装置来完成全过程检测，且能够通过配置的报警或记录系统自动记录不连续显示的系统。

#### 3.4 半自动检测系统 semiautomatic inspection system

由一台涡流设备和具有自动旋转或扫查能力的探头所组成的、且能够通过配置的报警或记录系统自动记录不连续显示的系统。

#### 3.5 作业指导书 Technique Sheet

详细说明如何完成无损检测的书面说明书。

### 4 分类

#### 4.1 涡流检测包括以下 3 类：

——1 类：孔壁不连续的检测；

——2 类：表面不连续的检测；

——3 类：近表面不连续的检测。

4.2 除非另有规定，孔壁不连续检测采用附录 A 的类型规定。

### 5 一般要求

## 5.1 人员资格

从事涡流检测的人员应按T/CAMAC 0001要求通过相应的资格鉴定与认证，或按合同或采购单中的规定执行。

## 5.2 作业指导书

5.2.1 要求涡流检测的材料及零部件应按指定的作业指导书进行检验。作业指导书可以是航空器或零部件制造商提供的维修手册、通告或其他有关资料。作业指导书应满足本标准的要求。应能够检测出验收标准中所规定的拒收不连续。如果作业指导书适用于所有的被检金属材料及零部件，并且符合本标准的要求，则可作为通用程序。制造商未提供作业指导书或提供的作业指导书不满足本标准的要求时，应按本标准的要求编写详细的作业指导书。作业指导书应经涡流检测3级人员批准，如果需要，应提交认可的工程机构审核和（或）批准。作业指导书应至少包括以下内容：

- a) 作业指导书的编号，版本号；
- b) 受检零件的名称，材料，件号（如适用）；
- c) 依据的技术文件；
- d) 设备及型号；
- e) 探头型号；
- f) 对比试样图样或件号；
- g) 检测频率；
- h) 相位角（如适用）；
- i) 提离补偿或设置；
- j) 滤波器设置（如适用）；
- k) 对比试样上不连续的最小信号响应幅度；
- l) 检测的部位或区域；
- m) 扫查间距；
- n) 不连续的评估说明或验收要求；
- o) 检测后的记录方式和标记方法；
- p) 涡流3级人员签名。

5.2.2 当检测条件发生改变时，应重新评估作业指导书。

5.2.3 当作业指导书所依据的技术文件已修订但修订内容不影响检测时，作业指导书可不修订，但应有书面评估记录。

## 5.3 检测记录

涡流检测的结果均应记录。记录应具有可追溯性。

## 5.4 设备

### 5.4.1 涡流检测系统

5.4.1.1 涡流检测系统应至少包含：

- 涡流仪；
- 检测探头；
- 对比试样。

5.4.1.2 涡流检测系统可以是自动的，半自动的，或者是手动的。

5.4.1.3 检测系统的灵敏度应满足当检测探头扫查到对比试样上已知不连续时，下述信号响应能被重复检测出来：

- 除非另有规定，对比试样上指定尺寸的不连续的信号响应幅度不低于满刻度的20%；
- 在指定尺寸的不连续的信号响应与对比试样上完好区的信号响应至少有5:1的信噪比。

### 5.4.2 涡流仪

5.4.2.1 涡流仪应能检测出由于不连续导致的导体中涡流的变化。

- 5.4.2.2 涡流仪应能进行提离补偿或相位鉴别。
- 5.4.2.3 涡流仪的显示宜使用阻抗平面式，也可以使用指针式或时基式的。
- 5.4.2.4 对于孔壁的 1 型不连续，应使用自动或半自动检测系统检测；对于孔壁的 2、3 型不连续，应使用自动或半自动检测系统检测，也可以采用手动扫查检测。
- 5.4.2.5 在有可燃性气体的环境中使用的涡流仪应具有防爆的性能。
- 5.4.3 探头
- 5.4.3.1 探头与仪器的连接方式可以是桥式或反射式；线圈类型可以是绝对式或差动式。
- 5.4.3.2 探头可为屏蔽式的或非屏蔽式的。
- 5.4.3.3 正常的操作压力变化不应引起探头线圈产生干扰信号。
- 5.4.3.4 探头应标有生产厂家的件号或其他识别信息（如频率、是否屏蔽等）。
- 5.4.4 试样
- 5.4.4.1 标准试样
- 5.4.4.1.1 标准试样用于仪器或检测系统的检定或校准。
- 5.4.4.1.2 标准试样的尺寸和材料见附录 B，并由被证明有资格的机构校准合格后，方可使用。
- 5.4.4.2 对比试样
- 5.4.4.2.1 对比试样用于涡流仪的标定和检测结果的比较。对于含不连续的对比试样，该不连续用于模拟被检零部件中的表面或近表面缺陷。
- 5.4.4.2.2 认可的工程机构负责确定对比试样中不连续的尺寸及对比试样的工程图。含不连续的对比试样的工程图应标注需要测量和批准的关键技术参数。
- 5.4.4.2.3 对表面不连续的检测，当工程技术文件中没有规定不连续尺寸时，可使用以下对比试样：
- 对比试样中不连续的长度为 5mm (0.2in)，深度为 0.76mm (0.030in)；
  - 如果其他尺寸的不连续在标定过程中确立的灵敏度能够检测出上述不连续，则其他尺寸的不连续也可使用。
- 5.4.4.2.4 对比试样中人工不连续的宽度要求及长度和深度的尺寸公差如下：
- 表面不连续的宽度为  $0.13 \pm 0.05\text{mm}$  ( $0.005 \pm 0.002\text{in}$ )，其长度、深度的公差为  $\pm 0.05\text{mm}$  ( $\pm 0.002\text{in}$ ) 或标注长度、深度值的 10%，取其中较大值；
  - 近表面不连续的宽度为  $0.43 \pm 0.33\text{mm}$  ( $0.017 \pm 0.013\text{in}$ )，其长度、深度的公差为标注长度、深度值的  $\pm 10\%$ 。
- 5.4.4.2.5 孔壁不连续尺寸要求见附录 A。
- 5.4.4.2.6 对比试样上的不连续的位置和形状应与被检零部件相似。
- 5.4.4.2.7 对比试样的粗糙度应满足试样上不连续的信号与噪声信号之比至少达到 5:1 的信噪比。
- 5.4.4.2.8 表面不连续对比试样材料要求见表 1。

表1 表面不连续对比试样的材料

被检材料	对比试样材料
电导率值大于 15%IACS 的非铁磁性金属或合金	电导率值在被检测材料电导率值的 $\pm 15\%$ IACS 范围内且不低于 15%IACS 的非铁磁性金属或合金
电导率值在 0.8%IACS 至 15%IACS 范围内的非铁磁性金属或合金	电导率值不低于 0.8%IACS 且不高于被检测材料电导率值以上 0.5%IACS 的非铁磁性金属或合金
高磁导率钢和高磁导率不锈钢	4130, 4330, 4340 或任何热处理状态下的相似高磁导率合金
低磁导率钢	退火后的 17-7 PH

- 5.4.4.2.9 用于检测近表面不连续的对比试样的材料和热处理状态应与被检件相同，或由电导率、表面形状、结构和不连续位置与被检件几乎相似的合金制成，应由涡流检测 3 级人员确认对比试样是否适用。

- 5.4.4.2.10 当机械加工或钻孔改变了对比试样的电导率并影响涡流信号响应时,试样应重新热处理。
- 5.4.4.2.11 对比试样可用实际零部件制成。

## 6 详细要求

### 6.1 被检件的准备

- 6.1.1 除非工程图纸规定或认可的工程机构批准,不应去除零部件或组件表面的保护层。
- 6.1.2 除非另有规定,不应在粗糙度超过 250Ra 的表面上进行检测。被检表面应满足对比试样上不连续的信号与检测表面上获得的噪声信号之比至少为 3:1。
- 6.1.3 被检表面不应存在油脂、油、脏物、锈斑或可能妨碍涡流检测的其他物质。在检测非铁磁性金属零部件时,应特别注意清除其表面的磁性金属及磁性氧化物杂质。
- 6.1.4 表面有非导电涂层的零部件,非导电涂层的厚度及表面状态应符合作业指导书的要求,或按作业指导书的要求进行灵敏度补偿或涂层去除。除非另有规定,表面有非导电涂层的零部件,当涂层厚度不大于 0.15mm(0.006in)并且厚度均匀、无剥落时,可带涂层检测;当涂层厚度大于 0.15 mm(0.006in)时,需证明所用方法能将涂层最厚处的最小不允许不连续检测出来方可带涂层检测。对比试样表面上应制作同等厚度的非导电层,厚度误差不应超过  $\pm 0.08 \text{ mm} (\pm 0.003 \text{ in})$ 。应在该试样上调节涡流检测系统灵敏度,使其达到作业指导书规定的灵敏度要求。
- 6.1.5 除非另有规定,表面有镉、镉-钛、铬等电镀层的钢件不应用涡流检测法检测。

### 6.2 涡流检测系统的标定

- 6.2.1 按照 5.2 要求制定的作业指导书或技术文件进行标定。
- 6.2.2 涡流检测系统应在检测前、拒收零部件前、检测后进行标定。在连续工作过程中,每 2h 或按需标定检测系统。若发现检测灵敏度低于作业指导书的要求,则自上次标定正常至此次检测之间所有检测的被检件应重新进行检测。检测系统的任何部分改变或检测参数变化,系统应重新标定。
- 6.2.3 标定过程中对比试样的信号响应幅度不应低于初始标定的幅度。

### 6.3 检测

#### 6.3.1 检测要求

- 6.3.1.1 应按作业指导书或技术文件的规定进行检测。
- 6.3.1.2 检测过程中的探头扫查速度应与标定过程中的探头扫查速度相一致。
- 6.3.1.3 应将被检件上不连续的信号响应与对比试样上不连续的信号响应进行比较。
- 6.3.1.4 被检件边缘的影响不应使信噪比低于 3:1。

#### 6.3.2 孔壁的检测

- 6.3.2.1 确定探头扫查的速度与在深度方向上的进给量应满足对比试样上的不连续应至少被有效扫查两次。
- 6.3.2.2 当进行手动孔壁检测时,每增加一次深度进给量,都应进行 360° 的扫查。
- 6.3.2.3 当进行自动或半自动孔壁检测时,扫查速度应保证扫查至对比试样上不连续时能可靠地触发报警。
- 6.3.2.4 扫查过程中,探头的提离不应超过标定过程中探头提离的 0.13mm(0.005in)。
- 6.3.2.5 对于直径可调的探头,探头直径应调整至与内壁贴合。
- 6.3.2.6 对于直径不可调的探头,探头直径应不小于被检孔内径 0.13mm(0.005in)。
- 6.3.2.7 当使用与高速旋转的探头驱动器配合的孔探头时,探头直径应不小于被检孔内径 0.25mm(0.01in)。
- 6.3.2.8 自动和半自动旋转探头驱动器旋转速度的设置应满足相关规定要求,当工程技术文件没有规定时,应设置在 1000rpm 以上。

#### 6.3.3 表面和近表面检测

- 6.3.3.1 除非另有规定,扫查被检区域时,扫查间距应遵照以下规定;

- a) 当最小不允许不连续的长度大于测试线圈的直径时，扫查间距不应超过绝对式探头测试线圈的直径或差动式探头中并行排列的单个测试线圈的直径；
  - b) 当最小不允许不连续的长度小于测试线圈的直径时，扫查间距不应超过测试线圈的直径的一半。
- 6.3.3.2 探头最大扫查速度应使对比试样上不连续的信号幅度不低于标定值的 90%。
- 6.3.3.3 探头扫查方向应尽量与被检件上可能存在的不连续的方向相垂直。
- 6.3.3.4 检测形状复杂的零部件时，应将被检表面按形状的不同划分出检测区域，使每个被检区域的形状基本一致。
- 6.3.3.5 对于有信号响应的任何被检区域应进行重复扫查，观察信号响应的重复性，需要时可采用其他无损检测方法进行验证。

#### 6.4 评定

被检零部件应按作业指导书或其它适用的技术文件规定的验收要求进行评定，确定被检零部件验收或拒收。

#### 6.5 拒收不连续显示记录

- 6.5.1 用文字、图表或其他的方式记录拒收不连续的位置、长度、方向和不连续的数量。
- 6.5.2 对于表面开口的拒收不连续，可采用渗透检测的方法使不连续显现出来，然后照相记录。

#### 6.6 合格零部件的标记

当作业指导书或技术文件有要求时，经涡流检测合格的零部件应进行标记，标记应醒目，经得起经常拆装。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被检零部件的记录单上。标记方式和位置应不影响零部件的使用和以后的检测。对于不便作出标记的零部件，应填写检测报告或有关工作单卡，详细说明被检零部件的质量状况。

#### 6.7 检测报告

检测报告应包括下列内容：

- a) 送检单位名称；
- b) 被检件名称，件号（如适用）、材料（如适用）、检测部位、数量（如适用）；
- c) 仪器型号、仪器校准号，探头型号、编号和对比试样件号；
- d) 主要检测参数；
- e) 作业指导书的编号、版次；
- f) 检测结果；
- g) 检测单位和日期；
- h) 检测人员签字和盖章（如需要）。

#### 6.8 检测记录

按作业指导书或客户要求记录检测结果，按需签发检测报告，检测报告应至少包含 6.7 中的内容。

#### 6.9 记录和报告的保存期限

检测记录和检测报告的保存期限按有关规定执行。

### 7 质量控制

#### 7.1 涡流仪

7.1.1 除非另有规定，涡流仪应每年进行校准或检定。不合格的涡流仪不应继续使用。

7.1.2 在下述情况下，涡流仪应及时进行校准或检定：

- 首次使用的涡流仪；
- 涡流仪经过可能影响其性能的修理后；
- 怀疑涡流仪工作不正常时。



7.1.3 涡流仪可由有资质的机构按 JJG (民航) 0061 或其它适用的标准进行校准或检定, 也可由该仪器制造厂家进行校准。

## 7.2 探头

7.2.1 新购探头应按作业指导书或其它相关技术文件的要求, 连接涡流仪在试样上进行测试, 性能达到检测要求方能投入使用。

7.2.2 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, 则该探头不应使用。

## 7.3 试样

### 7.3.1 标准试样的检定

标准试样的工作表面不应有明显划伤和其他损伤。除非另有规定, 标准试样每3年检定一次。

### 7.3.2 对比试样的校准

7.3.2.1 在初始使用前, 应确保对比试样中的关键尺寸及材料特性满足相关技术文件或涡流 3 级人员的要求。对比试样不需要周期性校准。

7.3.2.2 在每次使用前, 涡流检测人员应目视检查对比试样的工作表面是否有凹槽、凹痕、腐蚀、明显的磨损等可能改变不连续尺寸的损伤, 如果在对比试样的工作表面发现损伤, 该对比试样应由涡流检测 3 级人员评估是否可继续使用, 或由有资质的机构对不连续的尺寸进行测量以确认其是否满足相关技术文件的要求。不符合要求的对比试样应停止使用。

7.3.2.3 含不连续的对比试样在使用寿命期间应保存其技术要求和测量记录, 测量记录应包含以下内容:

- 不连续的长度、深度和宽度;
- 工程图规定的关键尺寸和材料特性。

附录 A  
(规范性附录)  
涡流检测孔壁对比试样

A.1 材料见表 1

A.2 尺寸及公差见图 A.1

单位为毫米

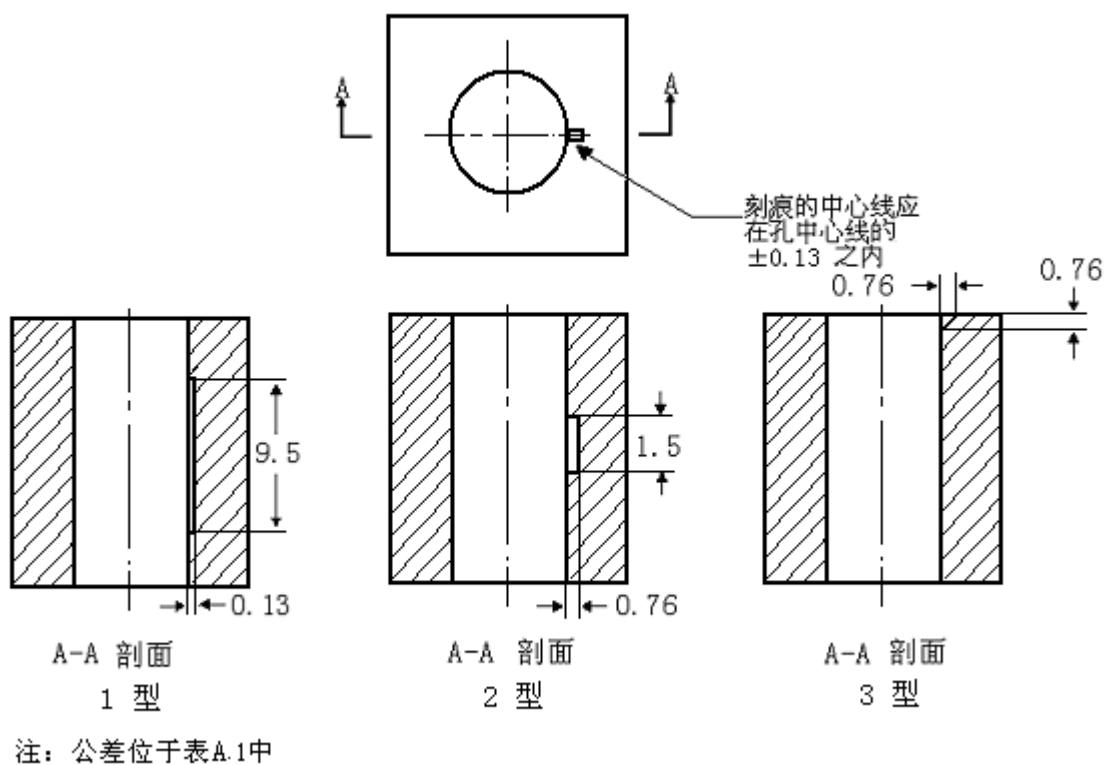


图 A.1 涡流检测孔壁对比试样

A.3 孔壁的不连续类型见表 A.1

表 A.1 孔壁不连续类型表

类型	不连续尺寸		
	mm		
	长度	深度	宽度
1 型	$9.5 \pm 0.95$	$0.13 \pm 0.01$	$0.13 \pm 0.05$
2 型	$1.5 \pm 0.15$	$0.76 \pm 0.08$	$0.13 \pm 0.05$
3 型	$0.76 \pm 0.08$	$0.76 \pm 0.08$	$0.13 \pm 0.05$

附录 B  
(规范性附录)  
涡流检测标准试样

B.1 涡流检测铝标准试样 (见图B.1)

B.1.1 材料为2024-T4 或 7075-T6 (2A12T4 或 7A09T6)

B.1.2 尺寸及公差见图B.1

单位为毫米

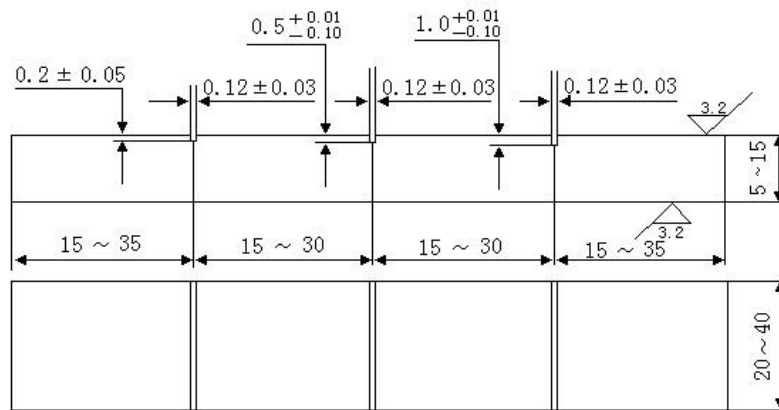


图 B.1 涡流检测铝标准试样

B.2 涡流检测钢标准试样 (见图B.2)

B.2.1 材料为4130 或 4140 (30CrMo 或 40CrNiMo)

B.2.2 尺寸及公差见图B.2

单位为毫米

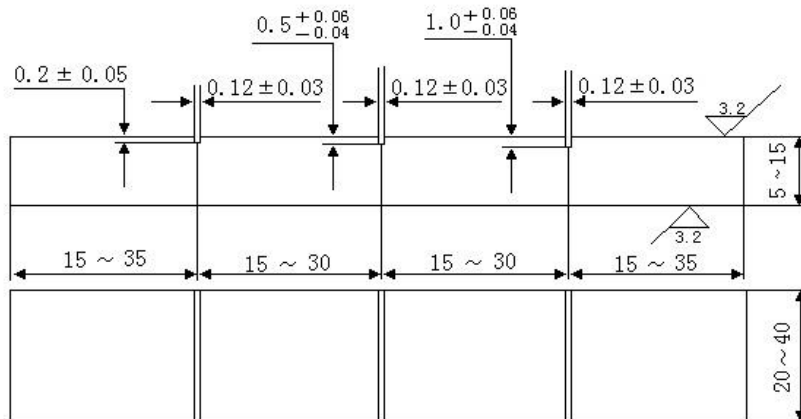


图 B.2 涡流检测钢标准试样