

ICS 97.200.40  
Y 57



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 34370.7—2020

---

## 游乐设施无损检测 第7部分：涡流检测

Nondestructive testing of amusement equipments—  
Part 7: Eddy current testing

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 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 方法概要 .....	1
5 安全要求 .....	2
6 人员要求 .....	2
7 检测设备和器材通用要求 .....	2
7.1 检测系统 .....	2
7.2 检测仪器 .....	3
7.3 检测线圈 .....	3
7.4 检测辅助设备 .....	3
8 试件 .....	3
8.1 标准试件 .....	3
8.2 对比试件 .....	3
9 检测工艺规程 .....	3
9.1 通用检测工艺规程 .....	3
9.2 检测工艺卡 .....	4
10 构件母材放置式线圈的涡流检测 .....	4
10.1 检测对象 .....	4
10.2 检测要求 .....	4
10.3 涡流检测系统 .....	5
10.4 检测程序 .....	6
10.5 响应信号的识别与分析 .....	7
10.6 检测结果评定 .....	8
11 构件焊缝放置式线圈的涡流检测 .....	8
11.1 检测对象 .....	8
11.2 检测前的准备 .....	8
11.3 检测设备 .....	8
11.4 校准试块 .....	9
11.5 检测程序 .....	10
11.6 检测结果评定与处理 .....	11
12 管材穿过式线圈的涡流检测 .....	15

GB/T 34370.7—2020

13	覆盖层厚度的测量 .....	16
13.1	磁性法 .....	16
13.2	涡流法 .....	17
14	检测结果评定 .....	18
14.1	信号分析 .....	18
14.2	检测结果评定与处理 .....	18
15	检测记录和报告 .....	19
15.1	检测记录 .....	19
15.2	检测报告 .....	19

## 前 言

GB/T 34370《游乐设施无损检测》分为以下 11 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：目视检测；
- 第 3 部分：磁粉检测；
- 第 4 部分：渗透检测；
- 第 5 部分：超声检测；
- 第 6 部分：射线检测；
- 第 7 部分：涡流检测；
- 第 8 部分：声发射检测；
- 第 9 部分：漏磁检测；
- 第 10 部分：磁记忆检测；
- 第 11 部分：超声导波检测。

本部分为 GB/T 34370 的第 7 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由全国索道与游乐设施标准化技术委员会(SAC/TC 250)提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、爱德森(厦门)电子有限公司、安徽华工智能科技研究院有限公司、山西省特种设备监督检验研究院、深圳华侨城文化旅游科技集团有限公司、中山市金马科技娱乐设备股份有限公司、山东科捷工程检测有限公司。

本部分主要起草人：胡斌、沈功田、刘然、吴占稳、万本例、刘渊、张君娇、林俊明、李寰、牛宇峰、文红光、李坚、陈涛、梁玉梅、苑一琳、王尊祥、张琨、王旭辉。

## 游乐设施无损检测 第7部分：涡流检测

### 1 范围

GB/T 34370 的本部分规定了游乐设施的涡流检测方法和覆盖层厚度测量方法。  
本部分适用于游乐设施金属构件母材和焊缝表面、近表面缺陷的涡流检测。

### 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 5126 铝及铝合金冷拉薄壁管材涡流探伤方法
- GB/T 5248 铜及铜合金无缝管涡流探伤方法
- GB/T 7735 无缝和焊接(埋弧焊除外)钢管缺欠的自动涡流检测
- GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测
- GB/T 12969.2 钛及钛合金管材涡流探伤方法
- GB/T 14480.3 无损检测 涡流检测设备 第3部分:系统性能和检验
- GB/T 20306 游乐设施术语
- GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
- GB/T 23601 钛及钛合金棒、丝材涡流探伤方法
- GB/T 30565 无损检测 涡流检测 总则
- GB/T 34370.1 游乐设施无损检测 第1部分:总则
- GB/T 34370.3 游乐设施无损检测 第3部分:磁粉检测
- GB/T 34370.4 游乐设施无损检测 第4部分:渗透检测
- GB/T 34370.5 游乐设施无损检测 第5部分:超声检测

### 3 术语和定义

GB/T 12604.6、GB/T 20306、GB/T 20737、GB/T 30565 和 GB/T 34370.1 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 方法概要

涡流检测是利用交变磁场在导电材料中所感应涡流的电磁效应评价被检工件的无损检测方法。其原理是将通有交流电的线圈接近导电构件,由线圈激发的交变磁场通过构件,并与之发生电磁感应作用,在构件内感应出涡流。构件中涡流产生的交变磁场改变了原磁场的强弱,导致线圈电压和阻抗的改变。当构件表面或近表面存在缺陷时,将影响到涡流的强度和分布,涡流的变化又引起了检测线圈电压和阻抗的变化,从而获得构件缺陷的信息。按探测线圈的形状不同,可分为探头式(用于构件局部表面检测)和穿过式(用于管棒材的检测)两种,如图1所示。

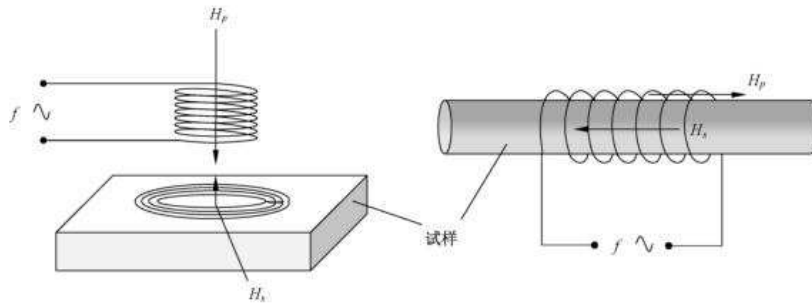


图 1 涡流检测原理示意图

## 5 安全要求

本章没有列出进行检测时所有的安全要求,使用本部分的用户应在检测前建立安全准则。检测过程中的安全要求至少包括:

- 检测人员应遵守被检测设备现场的安全要求,根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备;
- 应注意避免各种安全隐患,例如碰伤、触电、跌落、挤压、剪切、缠绕、滑倒、溺水、烫伤等;
- 电流短路可能引起的电击,从而造成对人体的伤害;
- 实施检测场所的温度和相对湿度对人体和检测仪器设备可能造成的伤害;
- 检测场地附近不应有影响仪器设备正常工作的磁场、震动、腐蚀性气体及其他干扰。

## 6 人员要求

从事游乐设施涡流检测的人员,应符合 GB/T 34370.1 的有关规定。

## 7 检测设备和器材通用要求

### 7.1 检测系统

7.1.1 涡流检测系统一般包括涡流检测仪器、检测线圈及辅助装置。

7.1.2 涡流检测系统应能以适当频率的交变信号激励检测线圈,并能够感应和处理检测线圈对被检测对象电磁特性变化所产生的响应。

7.1.3 涡流检测系统性能应满足本部分及相关标准要求,有关仪器性能的测试项目与测试方法按照 GB/T 14480.3 的有关要求进行。

7.1.4 检测能力应满足产品验收标准或技术合同确定的要求。

7.1.5 以下情况下应使用对比试块对涡流检测系统的灵敏度进行检查和复验:

- 每次检测开始前和结束后;
- 怀疑检测系统运行不正常时;
- 检测对象规格发生变化时;
- 连续检测时,每 2 h 检查和复验 1 次;
- 合同各方有争议或认为有必要时。

7.1.6 边缘效应影响区应满足产品验收标准或技术合同的有关要求。

## 7.2 检测仪器

7.2.1 涡流检测仪器一般应具有激励、放大、信号处理、信号显示、声光报警、信号输出功能。

7.2.2 检测仪器应具有可显示检测信号幅度和相位的功能,仪器的激励频率调节和增益范围应满足检测要求。

7.2.3 检测仪器应能及时、准确记录检测线圈的输出信号。

## 7.3 检测线圈

检测线圈的形式和有关参数应与所使用的检测仪器、检测对象和检测要求相适应。

## 7.4 检测辅助设备

7.4.1 磁化装置应能连续对被检工件或其局部进行饱和磁化处理。若被检工件不允许存在剩磁,还应配备退磁装置。

7.4.2 机械传动装置应能保证被检工件与检测线圈之间以规定的方式平稳地作相对运动,且不应造成被检件表面损伤。

## 8 试件

### 8.1 标准试件

8.1.1 标准试件用于测试涡流仪器的性能。

8.1.2 标准试件人工刻槽及材料应分别符合本部分相应章条规定。

### 8.2 对比试件

8.2.1 对比试件主要用于调节涡流检测仪器的检测灵敏度、调整检测参数、确定验收等级和保证检测结果准确性。

8.2.2 对比试件应与被检工件具有相同或相近规格、牌号、热处理状态、表面状态和电磁性能。

8.2.3 对比试件表面不应沾有异物,且无影响校准的缺陷。

8.2.4 对比试件上加工的人工缺陷应采用适当的方法进行测定,并满足相关标准或技术条件的要求。

8.2.5 对比试件上人工缺陷的尺寸不代表检测设备可以探测到缺陷的最小尺寸。

## 9 检测工艺流程

### 9.1 通用检测工艺流程

从事游乐设施涡流检测的单位应按 GB/T 34370.1 和本部分的要求制定通用检测工艺流程,其内容至少应包括如下要素:

- a) 文件编号;
- b) 适用范围;
- c) 执行标准和引用法规、标准;
- d) 检测人员资格;
- e) 检测仪器设备名称和型号等;
- f) 被检件的几何形状、规格尺寸、材质;

- g) 被检工件的表面状态;
- h) 检测目的及检测区域;
- i) 检测时机;
- j) 校准(对比)试件和校准方法;
- k) 扫查方式(手动或自动);
- l) 辅助装置(磁饱和装置、机械传动装置、记录装置、退磁装置等);
- m) 检测结果的评定和分级;
- n) 检测记录、报告格式;
- o) 资料存档;
- p) 编制(级别)、审核(级别)和批准人员签字及日期。

## 9.2 检测工艺卡

各类工件的涡流检测,应根据实际情况,按照 GB/T 34370.1、本部分和通用检测工艺规程制定涡流检测工艺卡。检测工艺卡内容应至少包括:

- a) 工艺卡编号;
- b) 检测执行的标准和质量等级要求;
- c) 被检工件的信息:名称、型号、编号、材质、规格尺寸、热处理状态和焊接型式等;
- d) 检测设备:名称、规格型号和编号等;
- e) 探头、传动装置、对比试块规格及人工缺陷尺寸,性能检查的项目、时机和性能指标;
- f) 检测工艺参数:包括探头参数尺寸、型号;
- g) 仪器的设置,如检测主频率、增益、相位、滤波等;
- h) 检测时机;
- i) 检测区域和表面要求;
- j) 检测部位示意图;
- k) 检测比例;
- l) 检测环境要求;
- m) 检测标识规定;
- n) 检测操作程序和扫查次序;
- o) 检测记录、检测示意图和数据评定的具体要求;
- p) 编制(级别)和审核(级别)人员签字及日期。

## 10 构件母材放置式线圈的涡流检测

### 10.1 检测对象

检测对象为金属制成的规则或不规则结构件母材,包括:厚度为 3 mm 及以上的平板、直径  $\phi 30$  mm $\times$ 壁厚 3 mm 及以上的管材和直径  $\phi 12$  mm 及以上的棒材。

### 10.2 检测要求

10.2.1 被检测区域应无润滑脂、油、锈或其他妨碍检测的物质;非磁性被检件表面不应有磁性粉末。如不满足上述要求,应进行清除,清除时不应损伤被检构件的表面。

10.2.2 检测表面应光滑,表面粗糙度不大于  $6.3 \mu\text{m}$ ,在对比试件人工缺陷上获得的信号与被检表面得到的噪声信号之比应不小于 5:1。

10.2.3 被检部位的非导电覆盖层厚度一般不超过  $150 \mu\text{m}$ ,否则应采用相近厚度非导电膜片覆盖在对



比试件人工缺陷上进行检测灵敏度的补偿调整。

### 10.3 涡流检测系统

#### 10.3.1 系统组成

涡流检测系统至少由涡流检测仪、探头、对比试块及辅助装置组成。其中,辅助装置(如磁饱和装置、机械传动装置、记录装置、退磁装置)也是检测系统重要组成部分,起到至关重要的作用。涡流检测系统可以是自动、半自动或手动检测系统。

#### 10.3.2 涡流检测仪

10.3.2.1 涡流检测仪应具有阻抗平面显示和时基显示方式。

10.3.2.2 应能够通过检测频率、响应信号相位和增益的调节产生连续性感应涡流信号的变化。

#### 10.3.3 探头

10.3.3.1 涡流检测过程中应根据检测对象和检测要求,选择大小、形状和频率合适的涡流探头。

10.3.3.2 涡流检测可以采用屏蔽或非屏蔽的差动或绝对式涡流探头。

10.3.3.3 涡流探头不应施加的压力变化产生干扰信号。

10.3.3.4 探头标识应至少包括规格、型号、频率和编号等信息。

10.3.3.5 为了防止探头的磨损,检测时可在探头顶部的耐磨保护层。

10.3.3.6 检测过程中应随时检查探头的磨损情况,一旦发现磨损影响检测时,应停止使用。

#### 10.3.4 试件

##### 10.3.4.1 标准试件

10.3.4.1.1 标准试件用于测试涡流检测仪的性能,其外形尺寸、人工伤深度应符合图 2 要求。

10.3.4.1.2 人工刻槽可采用线切割加工制作,宽度为 0.05 mm, A、B、C 三条刻槽深度分别为 0.2 mm、0.5 mm 和 1.0 mm,深度尺寸公差为 $\pm 0.05$  mm。

10.3.4.1.3 标准试件应采用 T3 状态的 2024 铝合金材料或导电性能相近的铝合金材料加工制作。

##### 10.3.4.2 对比试件

10.3.4.2.1 对比试件用于建立检测灵敏度、核验仪器工作状态和评定缺陷,其电导率、热处理状态、表面状态及结构和人工缺陷的位置应与被检构件相同或相近,对比试件可由实际构件整体或部分制成,也可按表 1 选用相应的材料。

10.3.4.2.2 对比试件人工缺陷的数量和深度可依据检测验收要求确定,也可参照图 2 制作。

10.3.4.2.3 对比试件的表面粗糙度应满足对比试件上的人工缺陷信号与噪声信号比不小于 5:1。

10.3.4.2.4 对比试件首次使用前,人工缺陷的宽度和深度尺寸应经过检测,符合制作要求才能投入使用。

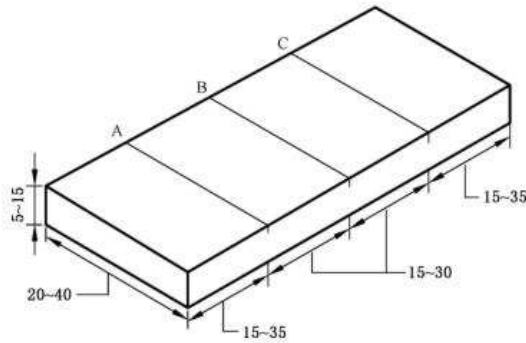


图 2 标准试件形式与尺寸

表 1 对比试件材料的选用

被检工件的材料	对比试件的材料
电导率大于 15%IACS <sup>a</sup> 的非铁磁性合金	电导率在被检材料电导率±15%IACS 范围内，且不小于 15%IACS 的非铁磁性合金
电导率在 0.8%~15%IACS 的非铁磁性合金	电导率不高于被检材料电导率 0.5%IACS，且不小于 0.8%IACS 的非铁磁性合金
高磁导率钢和不锈钢合金	30CrMo、30CrNiMo、40CrNiMo 材料 <sup>b</sup> ，或任何热处理状态的类似高磁导率合金
低磁导率合金	退火状态的 07Cr17Ni7Al <sup>c</sup>
<sup>a</sup> IACS 国际退火铜标准，15%IACS 表示材料电导率是国际标准退火铜的 15%。 <sup>b</sup> 若采用国外材料，30CrMo、30CrNiMo、40CrNiMo 可分别用 ASTM 合金结构钢 4130、4330、4340 代替。 <sup>c</sup> 若采用国外材料，可采用 ASTM 不锈钢牌号 17-7PH 代替。	

## 10.4 检测程序

### 10.4.1 频率选择

10.4.1.1 应根据检测深度、检测灵敏度、表面和近表面缺陷相位差、信噪比和表面状况（粗糙度、漆层和曲面等因素）等条件选择检测频率。合适的检测频率应根据在对比试件及被检件上综合调试的结果确定。

10.4.1.2 为提高检测可靠性，可采用多频检测方法，通过对比不同频率下缺陷信号的幅度或阻抗平面轨迹，综合判定缺陷的特征。

### 10.4.2 相位调节

10.4.2.1 仪器相位调节应有利于缺陷响应信号与提离干扰信号的区分与识别，通常将提离信号的相位调节为水平方向，人工伤响应信号与提离信号之间有尽可能大的相位差。

10.4.2.2 涡流响应信号会随着检测频率的改变而变化，在改变检测频率的同时应重新调节提离信号的相位，使其处于水平方向。

10.4.2.3 必要时，可通过调节人工缺陷响应信号的垂直、水平比来增大人工伤响应信号与提离信号间

的相位差。

#### 10.4.3 灵敏度设定

10.4.3.1 在对比试件上用规定的验收水平调试检验灵敏度,使检测线圈通过作为验收水平的人工缺陷时,人工缺陷信号的响应幅度不低于满刻度的 40%,人工缺陷信号与噪声信号比不小于 5:1。

10.4.3.2 必要时,可根据作为验收灵敏度的人工缺陷响应信号设定仪器的报警区域。

#### 10.4.4 扫查

10.4.4.1 扫查过程中,探头应垂直于被检工件表面,在检测零件的曲面和边缘部位时,可采用专用检测线圈以确保电磁耦合的稳定。

10.4.4.2 检测时的扫查速度应与仪器标定时速度相同。

10.4.4.3 构件边缘的影响不应使信噪比小于 3:1。

10.4.4.4 扫查中发现异常响应信号时,对有信号响应的被检区域应反复扫查,观察响应信号的重复性,并与对比试件上的人工缺陷响应信号进行比较。

10.4.4.5 探头的最大扫查速度应使对比试件上人工缺陷信号幅度不低于标定值的 90%。

10.4.4.6 扫查方向应尽可能与缺陷方向垂直,对未知的缺陷方向,扫查至少要有两个互相垂直的方向。扫查间距应不大于检测线圈直径的 1 倍。平面结构的扫查方式参见图 3。

10.4.4.7 检测形状复杂的构件时,应将被检件表面按形状不同划分出检测区域,使每个区域的形状基本一致。

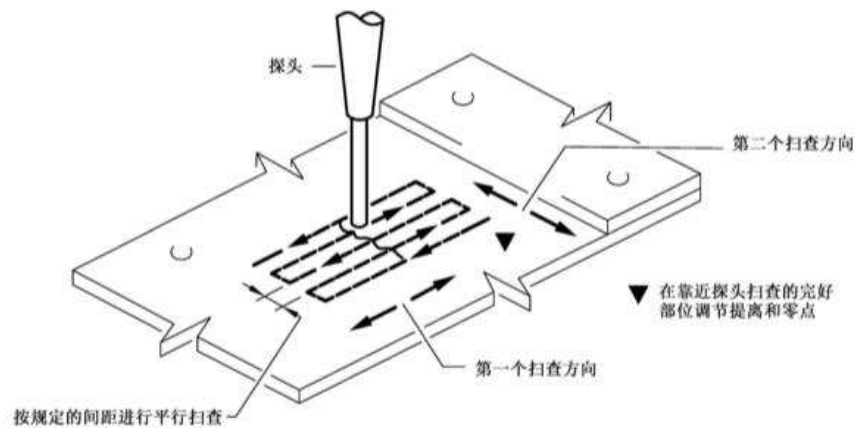


图 3 放置式线圈平面扫查方式

### 10.5 响应信号的识别与分析

10.5.1 记录重复出现的异常响应信号的幅度和相位。

10.5.2 对于铁磁性材料,表面裂纹响应信号与提离信号之间通常存在较大的相位差;对于非铁磁性材料,表面裂纹响应信号与提离信号之间往往存在较小的相位差。表面裂纹响应信号一般具有较高的频率。

10.5.3 对于出现异常响应信号的区域,应细致观察相应信号对应在被检件表面的位置,依据图 3 所示扫查方式来确定裂纹的方向与长度或其他类型缺陷的大小。

## 10.6 检测结果评定

10.6.1 对检测中发现的不能排除由相关干扰因素引起的信号,如提高、边缘、台阶等干扰信号,应将响应信号视为由缺陷引起,并依据 10.5.2 评定缺陷的方向、长度或面积及类型。

10.6.2 对于表面缺陷,可根据响应信号幅值与对比试块上相关深度人工缺陷响应信号幅值的比较,评定引起该响应信号的缺陷的深度。缺陷响应信号的相位可作为表面缺陷深度评定的参考信息。

10.6.3 应根据相关产品的技术条件或与委托方商定的验收准则,对被检构件给出合格与否的结论。

10.6.4 当产品技术条件和相关技术协议未给出验收准则时,可以仅对所发现缺陷给出定量的评定,而不给出合格与否的结论。

## 11 构件焊缝放置式线圈的涡流检测

### 11.1 检测对象

11.1.1 检测对象为金属材料制成的规则或不规则构件焊缝,包括:厚度 3 mm 及以上板材、直径  $\phi 30$  mm $\times$ 壁厚 3 mm 及以上管材焊缝和热影响区。

11.1.2 放置式线圈适用于焊缝和热影响区表面开口和近表面平面型缺陷的检测。

11.1.3 检测对象可为带涂层自然成形的各种形式的焊缝表面,但非常粗糙的表面会影响检测效果。

### 11.2 检测前的准备

11.2.1 被检测区域应无润滑脂、油、锈或其他妨碍检测的物质。

11.2.2 检测前,应了解填充金属的种类、待检测焊缝的位置和范围、焊缝表面几何形状、表面状态、涂层类型和厚度。

11.2.3 涡流检测与探头和被测表面的接近程度有关,被检焊缝表面几何形状及表面状态应能保证探头与检测面的良好接触。对焊缝进行涡流检测时,应考虑焊缝表面的不规则形状、焊接飞溅、焊瘤、腐蚀物和涂漆的剥落等都会使探头与被检测表面的距离发生变化并引起噪声,从而影响检测的灵敏度。

11.2.4 对于表面有镀锌和热喷涂铝等某些种类的导电性材料涂层构件,用涡流方法进行检测时,由于这些导电金属材料可能沉积在表面开口的裂纹内,从而影响检测效果,导致不能有效检测出可能存在的裂纹缺陷。

### 11.3 检测设备

#### 11.3.1 检测仪器

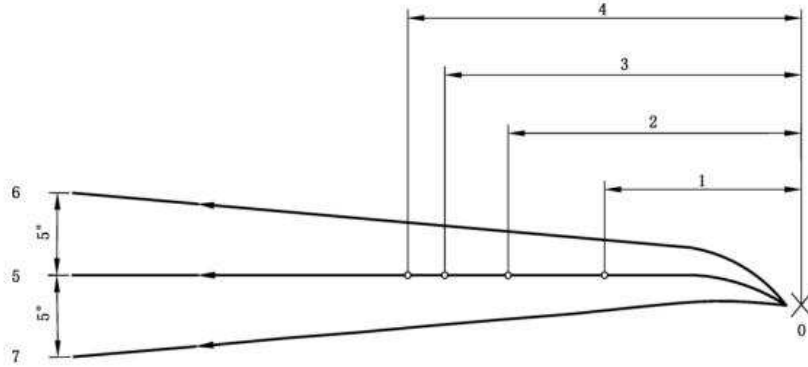
检测仪器应具有信号相位和幅度显示与分析的功能,且至少满足以下要求:

- a) 涡流仪器应能在从 1 kHz~1 MHz 的范围内的某个选定的频率点上工作。
- b) 在平衡和提高效应补偿后,(带涂层厚度试片)校准试块上 1 mm 深人工缺陷的信号幅度应达到全屏,0.5 mm 深人工缺陷的信号幅度至少为 1 mm 人工缺陷的 50%。
- c) 应能够显示缺陷信号的阻抗平面图,并具有信号示踪冻结功能,信号示踪在检测场地日光、灯光照明或无照明条件下应清晰可见。
- d) 相位控制应能使信号以不大于 10° 的步距进行全角(360°)旋转。
- e) 能对信号阻抗平面图上的任一矢量进行相位和幅度分析,并可将当前信号与先前存储的参考信号进行对比分析。
- f) 在保证整个系统功能、灵敏度和分辨率的情况下,可用延长电缆连接探头和仪器。
- g) 使用较长的延长电缆操作时,仪器应具有使操作者进行远程信号显示的装置。

### 11.3.2 检测探头

#### 11.3.2.1 用于焊缝涂层厚度测量和材料评价的探头

在绝对模式 1 kHz~1 MHz 频率下工作,在被检工件或校准试块上提离时应能在仪器上产生满屏提离信号。所有的探头都应清晰地标示出其操作的频率范围(见图 4)。



说明:

- 0 —— 平衡点;
- 1,2,3,4 —— 在校准试块上不同厚度模拟涂层下的偏转信号;
- 5 —— 校准试块材料的提离信号;
- 6,7 —— 相对于校准试块被检材料的信号偏转显示的范围。

图 4 采用绝对式探头进行涂层厚度测量和材质分选

#### 11.3.2.2 用于焊缝检测的探头

为了检测铁磁性材料的焊缝,应使用特殊设计的焊缝检测探头。探头的组装可以是差动式、正交式、正切式或与之等效的方式,采用这些方式的目的是使探头在焊缝和热影响区受材料电导率、磁导率和提离效应等变化的影响最小。

探头的直径应根据被测工件的几何形状来选择。探头在接触面上覆盖了非金属耐磨薄层材料后仍能正常工作。如果探头采用封装结构,在校准过程中封装外壳与校准试块表面应始终处于接触的状态。探头应能在 1 kHz~1 MHz 范围内的任意选定的频率下正常工作。

### 11.3.3 检测设备的校验

11.3.3.1 设备应经有资格的实验室校准。该校准工作应至少每年度进行一次。

11.3.3.2 应对检测设备进行周期性的检查和调节来校验仪器的功能。在现场进行检测时,如发现检测设备产生错误或部分变化,也应对仪器进行功能的检查和调节。

### 11.4 校准试块

11.4.1 校准试块应采用与被检工件相同或相近的材料制作。除合同有关各方另有约定之外,应在校准试块上用线切割加工出 0.5 mm、1.0 mm 和 2.0 mm 深的人工刻槽。刻槽深度的公差应为  $\pm 0.1$  mm。刻槽的推荐宽度应不大于 0.2 mm(见图 5)。

11.4.2 可采用已知厚度的非导体垫片来模拟覆盖层,也可直接在校准试块上喷涂实际覆盖层。推荐垫片厚度为 0.5 mm 的整数倍。

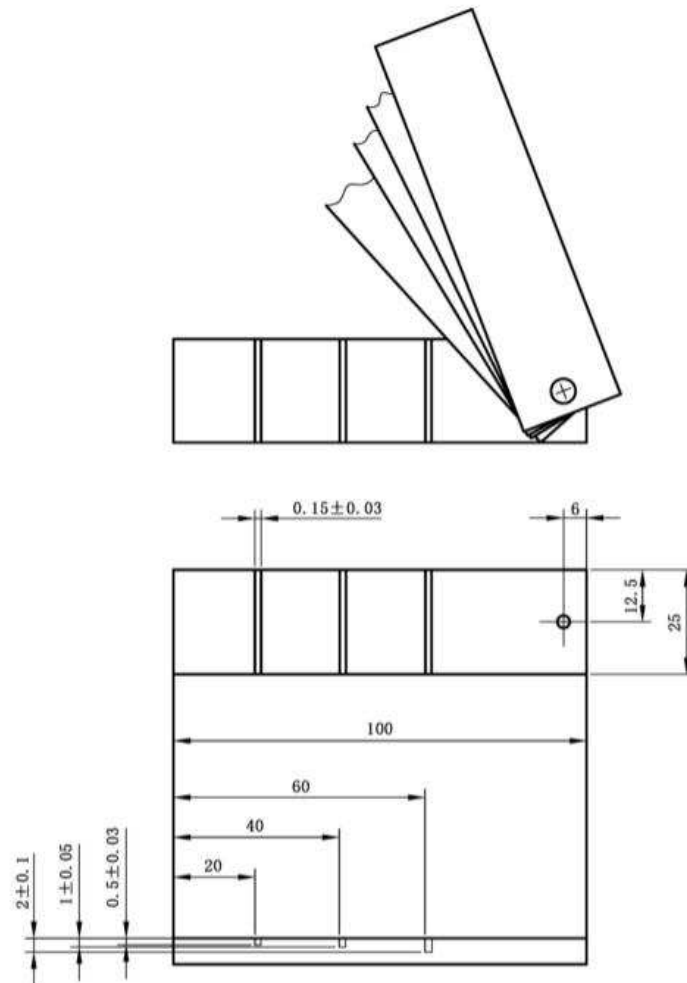


图 5 校准试块

## 11.5 检测程序

### 11.5.1 检测前表面准备

检验前,应对被检件表面情况进行确认,包括涂层类型及厚度、焊缝形状及形貌,确保满足检测要求。

### 11.5.2 焊缝涂层厚度估计及被检材料与校准试块材料符合性的评价

焊缝表面的涂层厚度一般是不均匀的,但由于其对检测灵敏度产生影响,因此在焊缝检测之前有必要对热影响区处的最大涂层厚度进行估计。

采用 11.3.2 的探头,分别得出校准试块和被检试件的提离信号,通过比较可估计被检试件上的涂层厚度,参考图 4 和图 5。

被检试件的提离信号对校准试块提离信号的偏离应在  $\pm 5^\circ$  范围内,否则应采用更接近被检试件的

材料重新加工制作校准试块。

### 11.5.3 铁磁性材料焊缝的检测

#### 11.5.3.1 频率选择

应根据提高和其他不希望出现的信号将频率调到最佳灵敏度。通常情况下,推荐采用约 100 kHz 的频率。

#### 11.5.3.2 校准

校准流程按照下列步骤进行:

- a) 将探头在校准试块上扫查通过人工刻槽来进行校准。校准时刻槽表面应覆盖上一层非导体弹性垫片,其厚度等于或大于被测工件的涂层厚度。
- b) 将 1 mm 深刻槽的信号幅度调到满屏高度的约 80%。然后调节灵敏度的水平来补偿工件几何形状带来的影响。
- c) 校准检查应周期性地,且至少在检测开始和结束及工况每次改变时进行。每次校准均应记录。
- d) 当校准完成后,将平衡点调至显示屏中央。

#### 11.5.3.3 扫查

11.5.3.3.1 检测可分两部分进行:热影响区(见图 6~图 8)和焊缝表面(见图 9 和图 10)。

11.5.3.3.2 只要被检工件几何形状允许,扫查时应注意检测方向与预计缺陷的走向垂直,同时应控制探头角度,并尽量与被检表面垂直。如果其走向未知或估计缺陷有不同的走向,则至少在相互垂直的两个方向分别进行扫查。

11.5.3.3.3 应注意检测的可靠性高度依赖于线圈与被测表面之间的方向。应注意确保探头在热影响区以最佳的角度扫查通过各种状况的表面。

11.5.3.3.4 整个检测过程中,尽可能地使探头移动速度恒定平稳。最大扫查速度视所用仪器和选择的参数而定,一般不超过 50 mm/s。

11.5.3.3.5 差动式探头灵敏度受缺陷与线圈中心线夹角的影响。因此在检测过程中应注意控制角度。

#### 11.5.4 其他材料焊缝的检测程序

涡流检测方法同样可以用于铝和不锈钢等其他金属材料工件的焊缝检测。检测这类焊缝通常与 11.5.3 的规定相同,但频率、探头、校准试块和扫查模式等的选择应该与实际材料的性能相适应,这些选择可能会与所推荐的铁磁性材料相去甚远。因此,检测工艺规程应根据基于适当仪器、探头和校准试块上的实际经验来制定,并应详细制定特殊的工艺规程。在各种情况下的限制因素都应详细说明。

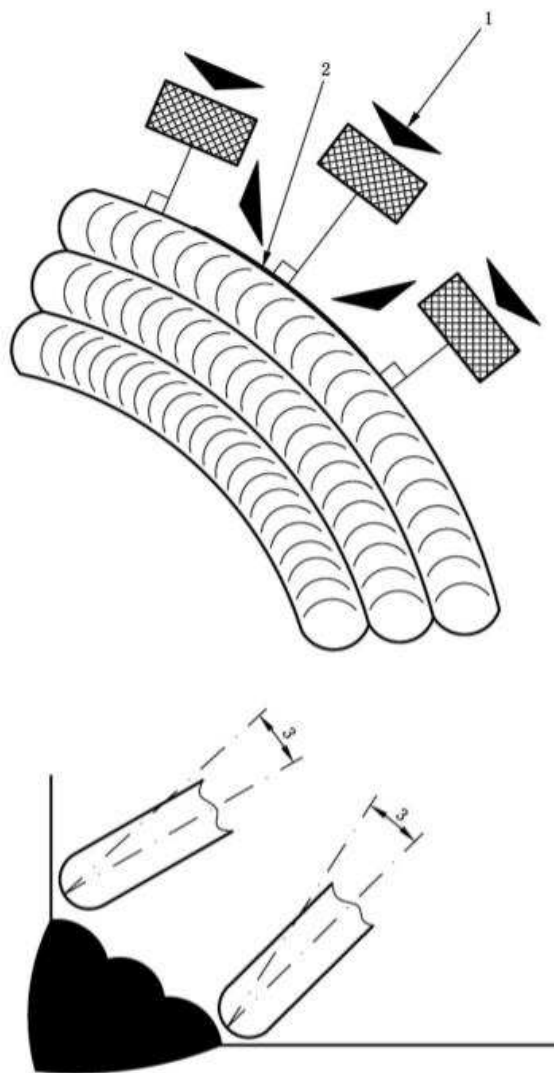
## 11.6 检测结果评定与处理

### 11.6.1 异常信号的确定

一旦发现被检工件正常信号显示区域之外出现明显的信号显示,则判定为异常信号显示(见图 10)。

### 11.6.2 对异常信号的复检

一旦发现异常信号,应对该区域进行其他无损检测的方法复检,按 GB/T 34370.3 对铁磁性材料构件表面磁粉检测或按 GB/T 34370.4 构件表面进行渗透检测验证,按 GB/T 34370.5 规定的有关方法采用超声检测来确定缺陷的深度和方向。



说明：

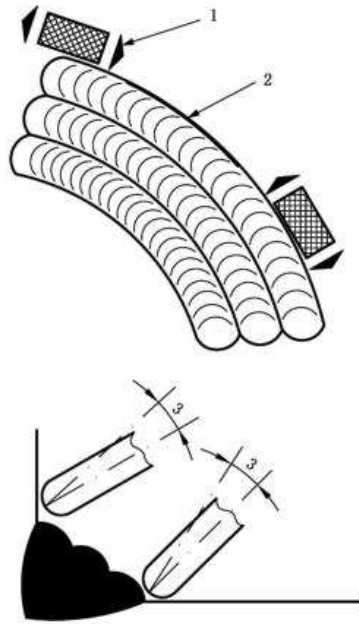
1——探头方向；

2——缺陷；

3——满足不同表面条件下的最佳角度。

图 6 母材和热影响区检测





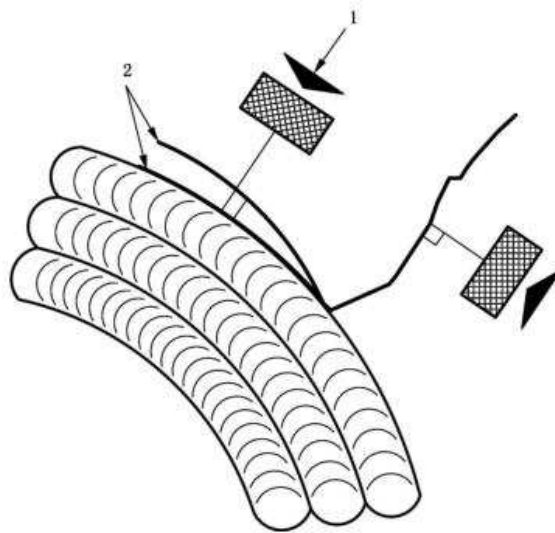
说明：

1——探头方向；

2——缺陷；

3——满足不同表面条件下的最佳角度。

图 7 焊趾的一次扫查

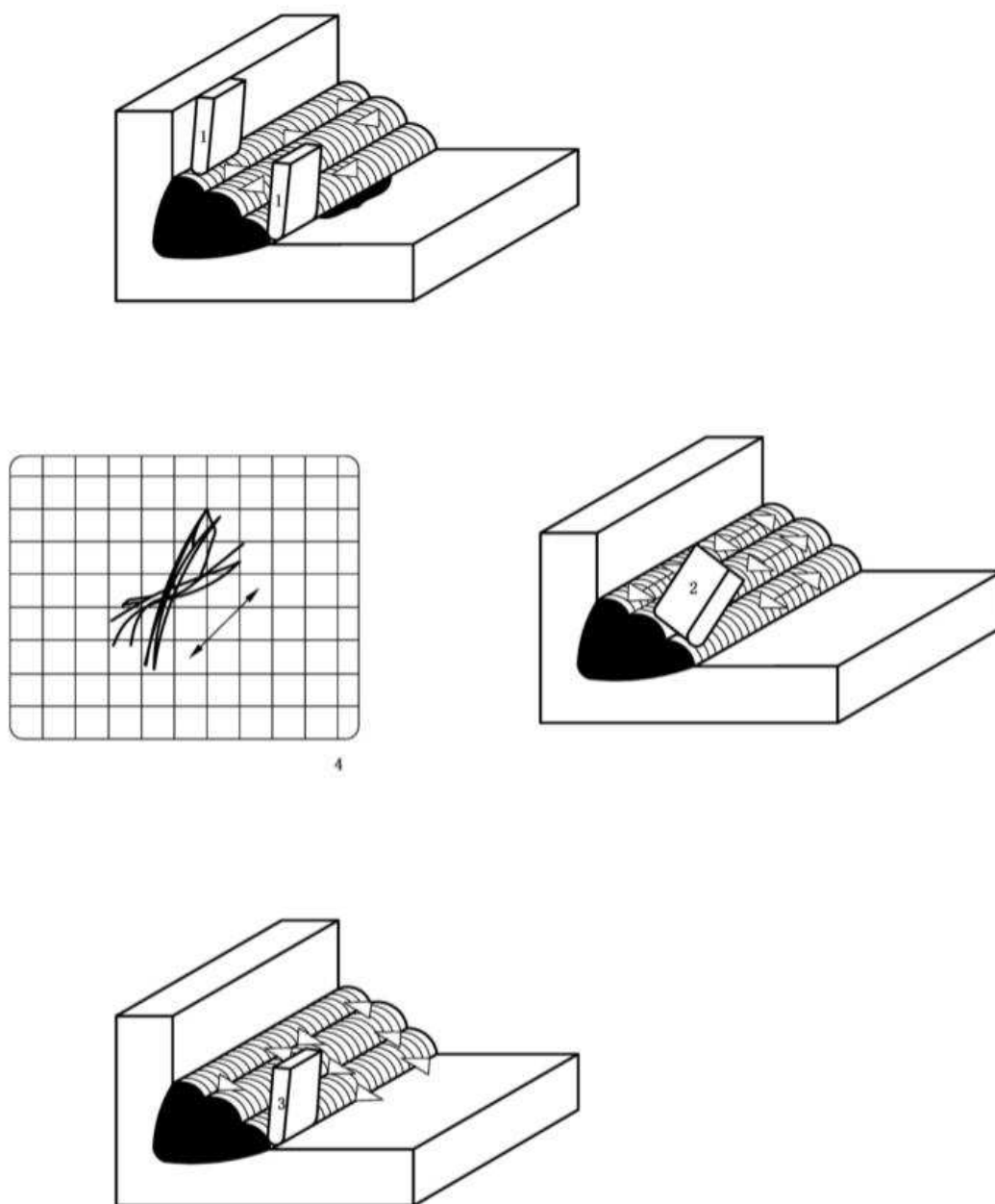


说明：

1——探头方向；

2——缺陷。

图 8 热影响区的补充扫查



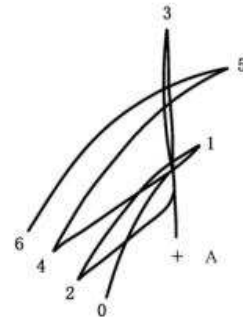
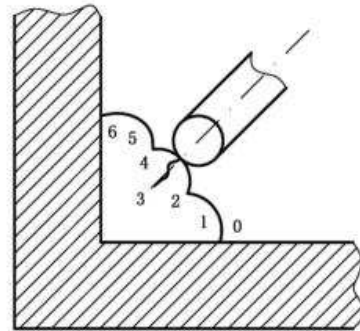
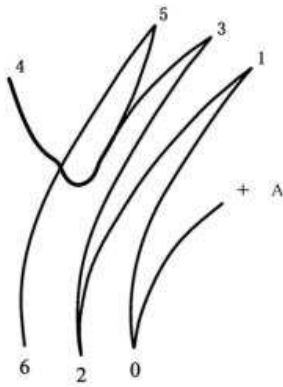
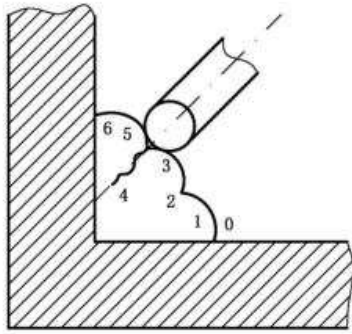
说明:

1、2、3——探头的不同位置;

4 ——沿焊缝表面扫查的信号覆盖区。

图 9 焊缝表面检测的扫查





说明:

0 ——平衡点;

1~6 ——探头的不同位置。

图 10 焊缝表面扫查时的典型缺陷信号

## 12 管材穿过式线圈的涡流检测

穿过式线圈对管材的涡流检测应按照 GB/T 5126、GB/T 5248、GB/T 7735、GB/T 12969.2、GB/T 23601 执行。

## 13 覆盖层厚度的测量

### 13.1 磁性法

#### 13.1.1 检测对象

检测对象为铁磁性基体表面非磁性覆盖层,包括:非导电的非磁性覆盖层(如漆层、搪瓷层等)和导电的非磁性覆盖层(如镀锌、镀铬层等),不适用于带有磁性的覆盖层(如镀镍层和掺有铁粉的表面功能涂层等)厚度测量。

磁性法测厚仪的覆盖层测量厚度一般在 2 000  $\mu\text{m}$  以下。

#### 13.1.2 检测原理

磁性法测厚是测量永磁体和基体金属之间的磁引力或穿过覆盖层与基体金属的磁通路磁阻,磁引力或磁阻受覆盖层厚度的影响而变化,通过这种变化获得覆盖层的厚度。

#### 13.1.3 影响因素

采用磁性法检测时应考虑以下因素:

- a) 覆盖层厚度;
- b) 基体金属的磁性;
- c) 基体金属的厚度;
- d) 边缘效应;
- e) 工件曲率;
- f) 表面粗糙度;
- g) 基体金属机械加工方向;
- h) 剩磁;
- i) 环境磁场;
- j) 外来附着尘埃;
- k) 覆盖层的导电性;
- l) 测试压力。

#### 13.1.4 仪器校准

13.1.4.1 仪器校准可以采用厚度均匀的非导电的膜片作为校准标准试片,也可以采用基体金属以及与基体金属牢固结合的厚度已知且均匀的覆盖层构成的试件作为校准标准试件。

13.1.4.2 校准标准试件的基体金属应具有与被测构件基体金属相似的表面粗糙度与磁性能。推荐在被检构件上不带有覆盖层的位置校准仪器零点读数和覆盖标准厚度膜片来校准仪器相应的读数。

13.1.4.3 对于基体金属磁性存在明显方向性的被检构件,应将探头再旋转 90°来核对仪器的校准。

13.1.4.4 被测构件和校准试件二者的基体金属厚度应相同。也可以用足够厚的相同金属分别与校准标准片或被测构件的基体金属叠加,使测量读数不受基体金属厚度的影响。

13.1.4.5 如果被测构件的弯曲形貌使得无法实施平面方式校准时,则标准试件的曲率应与被测构件的曲率相同。

#### 13.1.5 检测程序

13.1.5.1 在每次仪器使用前、测量结束后,以及在使用中每隔一定时间(每小时至少一次),均应在测量

现场对仪器的工作状态进行核查,以保证仪器的性能正常。

13.1.5.2 应采用 13.1.4.4 所叙述的叠加方法,或者采用具有与被测构件相同厚度和磁性能的校准标准试件进行仪器校准。

13.1.5.3 应避免在不连续的部位进行测量,如靠近边缘、台阶、孔洞和转角等,否则应对测量有效性加以确认。

13.1.5.4 应避免在被测构件的弯曲表面上进行测量,或对其测量有效性加以确认。

13.1.5.5 应根据被检构件的大小、覆盖层厚度的均匀性及检测要求确定测量点数,至少应在被检测区域的边角和中间位置选择 5 点进行测量。对于厚度不均匀覆盖层的测量,应增大测量点的密度。

13.1.5.6 如果被测构件的加工方向明显影响测量读数,应使测量探头在构件上进行测量时的方向与在校准时所取的方向一致。如果不能做到一致,则在同一测量面内将探头每旋转  $90^\circ$  增加一次测量,共做 4 次。

13.1.5.7 使用固定磁场的双极式仪器测量时,如果基体金属存在剩磁,则必须在互为  $180^\circ$  的两个方向上进行测量。为了获得可靠结果,条件允许时应消除被测构件的剩磁。

13.1.5.8 测量前应去除被测构件表面上的任何外来物质,如灰尘、油脂和腐蚀产物等;测量时应避开存在难于去除的明显缺陷,如焊瘤或钎焊焊剂、酸蚀斑、浮渣或氧化生锈部位。

13.1.5.9 测量过程中应保持一致的测量探头压力和放置速度,并在测量探头轴线平行于被测点所在平面或曲面的法线情况下读取数据。

### 13.1.6 检测结果评定

对于覆盖层厚度的测量不确定度为覆盖层真实厚度的 10% 或  $1.5\ \mu\text{m}$  以内,二者取其中较大的值。

## 13.2 涡流法

### 13.2.1 检测对象

检测对象为非铁磁性基体表面非导电覆盖层。涡流法的覆盖层厚度测量一般在  $300\ \mu\text{m}$  以下。

### 13.2.2 检测原理

涡流测厚方法是基于涡流测量线圈接收到在导体中感应产生涡流的再生电磁场的大小随探头与导电体表面之间距离变化而改变,即提离效应。

### 13.2.3 影响因素

涡流法检测影响因素如下:

- a) 覆盖层厚度;
- b) 基体金属的电性能;
- c) 基体金属的厚度;
- d) 边缘效应;
- e) 曲率;
- f) 表面粗糙度;
- g) 外来附着尘埃;
- h) 测头压力;
- i) 测头的放置;
- j) 试件覆盖层的变形。

#### 13.2.4 仪器校准

13.2.4.1 校准标准试件可采用塑料膜片或基体上带有非导电覆盖层的试件。标准试片有利于在弯曲表面上的校准,并且比带有覆盖层的校准标准试件更容易获得,但校准时应保证标准试片与基体紧密接触。

13.2.4.2 校准标准试件的基体金属应具有与被检构件基体金属相同或相似的电学性能。测量前应将从无覆盖层的基体金属试件上得到的读数与从被测构件基体金属上得到的覆盖层厚度测量读数进行比较,以确认校准标准试件的适用性。

13.2.4.3 测量和校准的基体金属厚度应尽可能相同。可以采用一片足够厚的、电学性能相同或相近的金属片将校准标准试件和被测构件分别垫厚,使读数不受基体金属厚度变化的影响;如果被测构件的基体金属两面都有覆盖层,则不能用此方法。

13.2.4.4 如果待测构件的弯曲形貌使之不能以平面方式校准时,则带有覆盖层的标准试件的曲率或放置校准试片的基体试件的曲率应与待测构件的曲率相同。

#### 13.2.5 测量程序

13.2.5.1 在每次仪器使用前、测量结束后,以及在使用中每隔一定时间(每小时至少一次),均应在测量现场对仪器的工作状态进行核查,以保证仪器的性能正常。

13.2.5.2 采用 13.2.4.2 所描述的标准试件进行仪器校准。

13.2.5.3 应在离开构件的边缘、孔洞、内转角等处进行测量,否则应为测量所作校准的有效性加以确认。

13.2.5.4 应选择平面区域进行测量;如果只能在构件的弯曲表面上进行测量,应为测量所作校准的有效性加以确认。

13.2.5.5 应根据被检试件的大小、覆盖层厚度的均匀性及检测要求确定测量点数,在被检测区域的边角和中间位置选择至少 5 点进行测量。对于厚度不均匀覆盖层的测量,应增大测量取点的密度。

13.2.5.6 测量前应除去试件表面上的任何外来物质,如灰尘、油脂和腐蚀产物等,清洁准备工作不应损伤覆盖层。

#### 13.2.6 检测结果评定

对于覆盖层厚度的测量不确定度应达到覆盖层厚度的 10% 或  $3\ \mu\text{m}$  以内,取其大者。

### 14 检测结果评定

#### 14.1 信号分析

对检测中出现的异常信号,除能证明是由工件结构或其他原因引起的非相关信号外,其余异常信号均应进行分析。信号分析可基于幅值、相位或两者的综合进行。

#### 14.2 检测结果评定与处理

14.2.1 管材产品质量验收等级的规定应按供需双方合同,或按有关产品标准要求。

14.2.2 在用设备的结果评定应按照有关技术规范和标准要求与相关方确定。

14.2.3 被检构件的检测结果评定与处理见本部分各章要求。

## 15 检测记录和报告

### 15.1 检测记录

应按检测工艺规程的要求记录检测数据和有关信息,除此之外,还应至少包括检测报告中的内容;所有记录的保存应符合有关法规、标准和(或)合同的要求。

### 15.2 检测报告

检测报告的内容应当根据检测要求制定,应至少包括以下内容:

- a) 委托单位、检测单位;
  - b) 被检设备名称及编号,被检构件名称、型号和编号;
  - c) 检测执行标准;
  - d) 被检构件材质、厚度、热处理状态及表面状态;
  - e) 涂层种类和厚度(必要时);
  - f) 检测部位和比例;
  - g) 检测种类:涡流探伤、涡流测厚;
  - h) 检测仪器型号、编号,探头型号,试块型号;
  - i) 检测部位;
  - j) 检测条件(如频率、灵敏度和相位等);
  - k) 检测结果;
  - l) 缺陷位置简图,缺陷位置、尺寸、波幅等;
  - m) 检测日期;
  - n) 检测人员和审核人员签字、日期及其资格。
-