

# 钢管涡流探伤检验方法

## 1 范围

本标准规定了无缝钢管和焊接钢管(埋弧焊管除外)涡流探伤原理、探伤要求、探伤方法、对比试样、探伤设备、探伤设备运行和调整及探伤结果评定。

本标准适用于外径不小于 4mm 钢管的涡流探伤检验。

本标准验收等级分为 A 级和 B 级(见表 1 和表 2)。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

YB/T 145 钢管探伤对比试样人工缺陷尺寸测量方法

YB/T 4083 钢管自动涡流探伤系统综合性能测定方法

## 3 探伤原理

3.1 涡流探伤是以电磁感应原理为基础的。当钢管经过通交流电的线圈时,钢管管体的不连续性(如缺陷等)将使涡流场发生变化,而以靠近表层和近表层的不连续性影响最大,导致线圈的阻抗或感应电压产生变化,监测这一变化就可得到有关管体缺陷或不连续性的信息。

3.2 本标准对探伤结果的判定,系借助于对比试样人工缺陷与自然缺陷显示信号的幅值对比,即为当量比较法。对比试样被用来对钢管涡流探伤设备进行设定和校准。

## 4 探伤要求

4.1 钢管涡流探伤检验通常是在钢管的所有生产加工全部完成之后进行。

4.2 钢管涡流探伤检验应由取得有关部门认可的涡流探伤技术资格等级证书的人员进行操作,并由供方指定的具有技术资格等级 II 级及以上证书的人员进行监督及签发报告。当由第三方来进行检验时,须经供需双方同意。

4.3 被检验的钢管应足够的平直,以保证检查的正确性。同时被检钢管表面不应有影响探伤的其他物质存在,否则会影响检查的正确性。

## 5 探伤方法

5.1 为使无缝钢管和焊接钢管在整个圆周面上都能进行探伤检查,可使用穿过式线圈涡流探伤技术,或者使用旋转钢管/扁平式线圈涡流探伤技术。见图 1 和图 2 所示。

5.1.1 当使用穿过式线圈对钢管进行探伤时,被检钢管的最大外径一般不超过 180 mm。

5.1.2 当使用旋转钢管/扁平式线圈对钢管进行探伤时,被检钢管和检查线圈应彼此相对移动,以使整个钢管表面都能被扫描到。使用这种探伤技术时,被检钢管的最大外径是没有限制的。

5.2 焊接钢管焊缝的探伤,可使用扇形式线圈,如图 3 所示。检查线圈应与焊缝保持在一条直线上,确

保整个焊缝都能被扫描到。

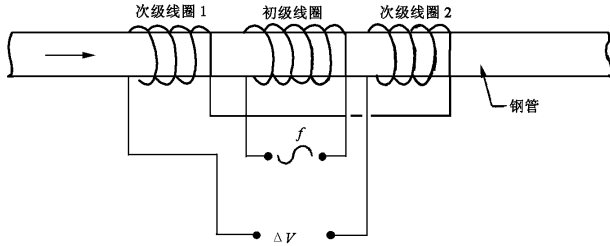


图 1 穿过式线圈涡流探伤技术简图

注:图 1 是一种多线圈方案的简图,多线圈可以是分列式或初级线圈、双差动线圈等。

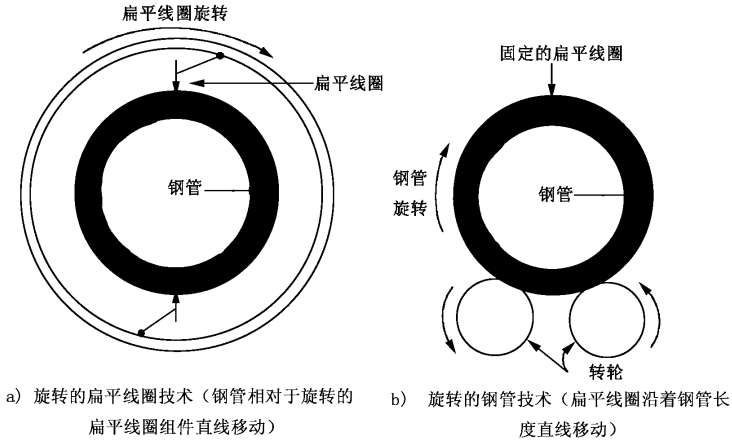


图 2 旋转的钢管/扁平线圈涡流探伤技术简图(螺旋式扫描)

注:图 2a)和 b)中的扁平线圈可以采用多种形式,例如单线圈、多线圈等多种配置,这取决于使用的设备和其他因素。

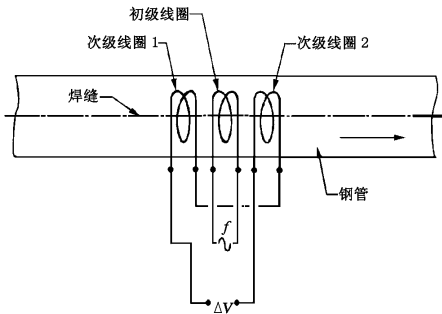


图 3 扇形线圈焊缝涡流探伤技术简图

注:图 3 中的扇形线圈可以制成多种形式,这取决于使用的设备和被检验钢管。

## 6 对比试样

### 6.1 试样准备

6.1.1 用于制备对比试样的钢管应与被检验钢管的公称尺寸相同、化学成分、表面状态、热处理状态相似,或具有相似的电磁特性。

6.1.2 对比试样应平直,表面不沾有异物,且无影响校准的缺陷。

6.1.3 对比试样用来对涡流探伤设备进行设定和校准。对比试样上人工缺陷的尺寸不应解释为检测设备可以探测到缺陷的最小尺寸。

6.1.4 对比试样钢管的长度应满足自动涡流探伤设备的要求,当进行综合性能测试时,应满足 YB/T4083 的规定。

## 6.2 对比试样人工缺陷形状

采用不同的涡流探伤技术时的人工缺陷形状,规定如下:

- a) 采用穿过式线圈时,试样人工缺陷形状为通孔;
- b) 采用钢管旋转/扁平式线圈时,试样人工缺陷形状为通孔或槽口;
- c) 采用扇形式线圈涡流探伤检测焊缝时,试样人工缺陷形状为通孔。

## 6.3 对比试样人工缺陷位置

6.3.1 使用穿过式线圈涡流探伤技术时,对比试样上应有 5 个径向钻孔,钻透试样钢管的整个壁厚。其中位于试样钢管中部且沿圆周方向的 3 个孔应彼此间隔  $120^\circ$ ,试样钢管的钻孔在长度方向上相隔距离应不小于 200mm,焊接钢管应有 1 个孔位于焊缝上。另一种办法是,在试样钢管中部只钻打 1 个孔,钻透整个壁厚。在标定和校正期间,对比试样孔的位置分别在  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$  和  $270^\circ$  时通过检查设备。在距对比试样钢管两端不大于 200mm 处再各加工 1 个相同钻透壁厚的孔,以检查端部效应。

6.3.2 使用钢管旋转/扁平式线圈涡流探伤技术时,对比试样可以沿径向钻 1 个通孔,穿透钢管整个壁厚,焊接钢管应在焊缝上钻孔;或者,在对比试样钢管的外表面上沿长度方向开一个纵向切槽。

6.3.3 使用扇形式线圈涡流探伤技术检测焊接钢管焊缝时,在对比试样焊缝上钻 1 个穿透钢管整个壁厚的通孔。

## 6.4 对比试样人工缺陷尺寸

### 6.4.1 通孔

6.4.1.1 对比试样通孔尺寸分为验收等级 A 和验收等级 B,其钻孔直径尺寸如表 1 所示。验收等级 A 可作为水压密实性检验的替代方法。验收等级 B 由供需双方协商并在合同中注明。

表 1 验收等级 A 和验收等级 B 的通孔直径

单位为毫米

验收等级 A		验收等级 B	
钢管外径 $D$	通孔直径	钢管外径 $D$	通孔直径
$D \leq 27$	1.20	$D \leq 6$	0.50
$27 < D \leq 48$	1.70	$6 < D \leq 19$	0.65
$48 < D \leq 64$	2.20	$19 < D \leq 25$	0.80
$64 < D \leq 114$	2.70	$25 < D \leq 32$	0.90
$114 < D \leq 140$	3.20	$32 < D \leq 42$	1.10
$140 < D \leq 180$	3.70	$42 < D \leq 60$	1.40
$D > 180$	双方协议	$60 < D \leq 76$	1.80
		$76 < D \leq 114$	2.20
		$114 < D \leq 152$	2.70
		$152 < D \leq 180$	3.20
		$D > 180$	双方协议

6.4.1.2 对不锈钢焊管检测缺陷或作为水压密实性检验的替代方法,其通孔直径根据钢管尺寸规定。当钢管壁厚  $\leq 3$  mm,通孔直径为 1.20 mm(但当外径  $\geq 51$  mm 时,通孔直径为 1.60 mm);当钢管壁厚  $> 3$  mm,通孔直径为 1.60 mm(但当外径  $\geq 51$  mm 时,通孔直径为 2.0 mm);或由供需双方协商孔径的大小。

### 6.4.2 纵向槽

纵向槽为“N”形槽(见图4),此槽应平行于钢管的主轴线。槽的两边应相互平行,槽底应与槽边垂直。其尺寸分为验收等级 A 和验收等级 B,如表 2 所示。验收等级 A 可作为水压密实性检验的替代方法。验收等级 B 由供需双方协商并在合同中注明。

表 2 验收等级 A 和验收等级 B 的纵向槽尺寸

验收等级 A			验收等级 B		
槽的深度 $h$ (公称壁厚的百分数)	槽的长度	槽的宽度 $b$	槽的深度 $h$ (公称壁厚的百分数)	槽的长度	槽的宽度 $b$
12.5%,最小深度为 0.50 mm,最大 深度为 1.50 mm	不小于 50mm 或 不小于二倍的 检测线圈 的宽度	不大于 槽的深度	5%,最小深度为 0.30 mm,最大深度 为 1.30 mm	不小于 50mm 或 不小于二倍 的检测线圈 的宽度	不大于槽 的深度

注:本表所列的槽的深度值,与钢管无损检验有关的国际标准都是相同的;当然,其值根据验收级别的不同而异。但应注意,尽管对比试样是相同的,采用不同的检测参数,可能得到不同的测试结果。

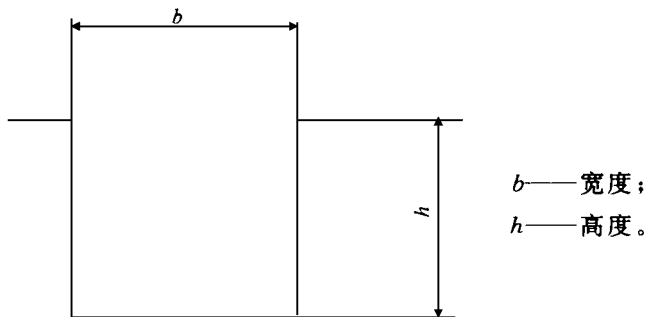


图 4 “N”型槽

## 6.5 对比试样人工缺陷尺寸的允许偏差

### 6.5.1 孔

钻孔时要保持钻头稳定,要防止局部过热和表面产生毛刺。当钻孔直径小于 1.10 mm 时,其钻孔直径偏差小于 0.10 mm,当钻孔直径大于等于 1.10 mm 时,其钻孔直径偏差小于 0.20 mm。

### 6.5.2 槽

槽采用机械、电火花和其他方法加工,槽的底部或槽底角可以加工成圆形。槽深允许偏差应为槽深  $\pm 15\%h$ ,或者是  $\pm 0.05$  mm 中较大值。

### 6.5.3 验证

钢管对比试样人工缺陷的通孔或槽的形状和尺寸的测量方法,应符合 YB/T 145 的规定,或用适当的技术进行验证。

## 7 探伤设备

7.1 探伤设备一般由探伤仪、磁饱和及退磁装置、送管装置、自动报警装置和记录装置组成。

在探伤检测和评定结果上,应具有通过报警电平来区别或区分合格钢管和有伤钢管,同时可配有喷标打印系统或分选系统。

7.2 使用穿过线圈式涡流探伤技术的探伤系统,其综合性能的测试方法应符合 YB/T 4083 的规定。

## 8 探伤设备运行和调整

### 8.1 探伤设备运行

8.1.1 探伤设备通电后,必须进行不少于10min的系统预运行。

8.1.2 使用穿过线圈式涡流技术,当对比试样通过探伤检测设备时,检测设备应调整到能稳定的产生清楚的区别信号,这种信号将用来设定检测设备的报警电平。

在对比试样上钻多个参照孔的情况下,参照孔所得到的最小信号的幅值将用来设定检测设备的报警电平。在对比试样上钻一个参照孔的情况下,对比试样的孔的位置分别在 $0^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 和 $270^{\circ}$ 时依次通过检测设备,参照孔所得到的最小信号的幅值将用来设定检测设备的报警电平。

使用旋转钢管/扁平式线圈涡流探伤技术,对比试样采用钻孔或槽的情况下,所得到的信号的幅值将用来设定检测设备的报警电平。

### 8.2 探伤设备调整

8.2.1 在调整设定期间,对比试样和检测线圈之间的相对移动速度,应与被检钢管探伤检测时的相对移动速度相同。并采用相同的设备设定值,例如:频率、增益、相位角、滤波参数、磁饱和强度等。为提高系统的检测能力,可对设定的增益相应提高若干分贝。

8.2.2 在对相同直径、壁厚和牌号的钢管进行探伤检验期间,应定期地检查和核对设备的设定值,其方法是把对比试样通过探伤检测设备。检查和核对设备设定值的频度为:至少每4h核对一次,并且在设备操作人员交换或在探伤检验开始时和结束时各核对一次。同时在一系统进行调整之后或被检验钢管的公称直径、壁厚和牌号改变时,均应对探伤检验设备重新设定。

8.2.3 在连续探伤期间,任何时候对检测设备功能发生怀疑时,都要对设定值加以核对。如果设备灵敏度降低,允许提高3dB,此时,若仍然不能使对比试样上所有人工缺陷均报警,则按下列规定进行:

a)重新校准设备,然后把在上次核对后检查过的所有钢管,重新探伤;

b)即使在上一次设定后测量灵敏度下降了3dB,但只要对每根钢管的检查记录清楚可识别,并能精确地区分合格钢管或可疑钢管,则不必对钢管重新进行探伤。然后应重新对探伤设备进行设定,继续探伤检验。

## 9 探伤结果的评定

### 9.1 合格钢管

钢管通过涡流探伤设备时,其产生的信号低于报警电平,则此钢管可判定为检验合格。

### 9.2 可疑钢管

钢管通过涡流探伤设备时,其产生的信号等于或高于报警电平,则此钢管可认定为可疑钢管,此时可以按本标准规定的方法重新进行涡流探伤检验。在重新进行涡流探伤检验时,其产生的信号低于报警电平,则此钢管可判定为经涡流探伤检验合格。

### 9.3 可疑钢管的处置

对于可疑钢管,取决于产品标准的要求,可以采取下列一种或几种措施:

a)可疑钢管的可疑区域探索到后,可加以修磨,检查经修磨后的钢管壁厚应在允许偏差范围内,然后将该钢管按本标准规定的方法重新进行涡流探伤检验。若产生的信号低于报警电平,则该钢管被视为通过探伤检验。

b)可疑钢管的可疑区域可以用其他无损检验技术和其他方法进行检查的,应采用由供需双方商定方法和验收标准。

c)可疑钢管的可疑区域被切除。然后将该钢管按本标准规定的方法重新进行涡流探伤检验。若产生的信号低于报警电平,则该钢管被视为通过探伤检测。

d)可疑钢管被判定为经涡流探伤检验的不合格钢管。

## 10 探伤报告

根据需方要求,供方应提供有关部门认可的涡流探伤 II 级及其以上技术资格等级证书人员签发的探伤报告,应包括以下内容:

- a)被检钢管的牌号、炉批号、规格、重量(或支数)及产品标准号;
- b)本标准号、对比试样人工缺陷形状及其验收等级;
- c)端部不可探区的长度;
- d)结果判定;
- e)操作者和签证者及其技术资格的等级;
- f)探伤日期;
- g)探伤检测单位名称。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 涡流检查方法的局限性及其他说明

应当注意的是,钢管在进行涡流探伤检查时,在靠近检测线圈的钢管表面及近表面上,其检测灵敏度为最高,由于趋肤效应的影响,随着与检测线圈之间距离的增加,其检测灵敏度将逐渐减小。因此,对于同样大小的缺陷,处于管内壁的缺陷所反应出来的信号幅度将小于外壁上的缺陷。检测设备在探测外表面和内表面上缺陷方面的能力,是由多种因素所决定的,但是最主要取决于被检钢管的壁厚和涡流激励频率及磁饱和强度。

在一定的磁化强度条件下,施加到检测线圈的激励频率,决定了所建立的涡流场强度能够穿透钢管壁厚的深度。激励频率越高,穿透能力越低;反之,激励频率越低,穿透能力越高。在选择仪器参数时,对被检钢管导电率、导磁率等物理参量的影响,也应予考虑。

确切地说,采用磁饱和装置的钢管涡流探伤,存在着两种检测机理,其一是涡流效应,其二是漏磁效应。此外,采用多频涡流检测技术,可以在一定程度上兼顾钢管内外壁的检测灵敏度,并可同时抑制某些规则的干扰信号(如晃动等)。