



中华人民共和国国家标准

GB/T 40080—2021/ISO 10893-1:2011

钢管无损检测 用于确认无缝和焊接 钢管(埋弧焊除外)水压密实性的 自动电磁检测方法

Nondestructive testing of steel tubes—Automated electromagnetic testing of
seamless and welded (except submerged arc-welded) steel tubes for the
verification of hydraulic leaktightness

(ISO 10893-1:2011, Non-destructive testing of steel tubes—Part 1:
Automated electromagnetic testing of seamless and welded (except
submerged arc-welded) steel tubes for the verification of hydraulic
leaktightness, IDT)

2021-04-30 发布

2021-11-01 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 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 检测方法 2

6 对比样管 5

7 设备校验和校验核查 8

8 验收 8

9 检测报告 9

附录 A（资料性） 涡流检测方法局限性的指导性说明 10

附录 B（规范性） 漏磁检测方法局限性 11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件使用翻译法等同采用 ISO 10893-1:2011《钢管的无损检测 第1部分：用于确认无缝和焊接钢管(埋弧焊除外)水压密实性的自动电磁检测方法》。

本文件纳入了 ISO 10893-1:2011/AMd.1:2020 的修正内容，这些修正内容涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直双线(∥)进行了标示。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定和认证(GB/T 9445—2015, ISO 9712:2012, IDT)

本文件做了下列编辑性修改：

——修改了标准名称以适应我国标准需要。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：钢铁研究总院、衡阳华菱钢管有限公司、浙江金洲管道工业有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、中国石油集团石油管工程技术研究院、冶金工业信息标准研究院、北京金自天正智能控制股份有限公司。

本文件主要起草人：张建卫、田研、陈文豪、刘光磊、黄磊、董莉、胡宇、王永锋、邓世荣、徐磊、李艇、王宏亮、王晓文、朱国庆、张海龙、杨光浩、范弘、赵斌。

钢管无损检测 用于确认无缝和焊接 钢管(埋弧焊除外)水压密实性的 自动电磁检测方法

1 范围

本文件规定了用于确认无缝和焊接钢管(埋弧焊除外)水压密实性的自动电磁检测方法。涡流检测方法适用于外径大于或等于 4 mm 的钢管,漏磁检测法适用于外径大于 10 mm 的钢管。

本文件也适用于空心型材的检测。

注:采用漏磁法的电磁检测不适用于奥氏体不锈钢管。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

ISO 9712 无损检测 无损检测人员的资格鉴定和认证(Non-destructive testing—Qualification and certification of NDT personnel)

ISO 11484 钢铁产品 雇主的无损检测人员资格鉴定体系(Steel products—Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel)

3 术语和定义

ISO 11484 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

对比标准缺陷 reference standard

用于校验无损检测设备的人工缺陷(如钻孔、槽和凹痕)。

3.2

对比样管 reference tube

包含对比标准缺陷的钢管或管段。

3.3

对比试样 reference sample

用于校验目的试样(即一段管、板或带)。

注:本文件仅使用术语“对比样管”,它包含“对比试样”。

3.4

管 tube

两端开放且具有任意形状横截面的长中空产品。

3.5

无缝管 **seamless tube**

由实心材料穿孔制成,并经进一步热加工或冷加工获得最终尺寸的空心管。

3.6

焊管 **welded tube**

带材经过卷曲成型后焊接制成,后续可能经过进一步热、冷加工获得最终尺寸的空心管。

3.7

制造商 **manufacturer**

按照相关标准生产产品,且声明交付的产品符合相关标准的组织。

3.8

协议 **agreement**

在询价和订货时,制造商和买方之间所签订的契约。

4 一般要求

4.1 除非产品标准规定或供需双方协商同意,电磁检测应在钢管所有生产工序(轧制、热处理、冷和热加工、定径和基本的矫直等)完成之后进行。

4.2 被检测的钢管应有足够的直度以保证检测的有效性。其表面应无影响检测可靠性的外来异物。

4.3 检测应由按照 ISO 9712、ISO 11484 或等效标准经培训合格的操作人员并在由制造商授权的有资格人员的监督下进行。在由第三方检测的情况下,此项应由供需双方协商。

雇主应按程序文件颁发操作授权证书。无损检测操作应由经雇主批准的一个无损检测 3 级人员授权。

注:1、2、3 级的定义可在相应的标准中找到,如 ISO 9712 和 ISO 11484。

5 检测方法

5.1 检测技术

5.1.1 利用涡流法或漏磁法确认钢管的水压密实性,应根据产品的类型、尺寸、钢种及磁特性,采用下述一种自动或半自动检测技术:

- a) 穿过式线圈技术(涡流法)(见图 1);
- b) 扇形线圈技术(涡流法)(见图 2);
- c) 固定或旋转头/扁平线圈技术(涡流法)(见图 3);
- d) 固定或旋转磁传感器技术(漏磁法)(见图 4);
- e) 多同心磁传感器检测技术(漏磁法)(见图 5)。

无论采用哪种技术,检测中设定的相对运动速度的波动不应超过 $\pm 10\%$ 。

注 1:与在正常生产条件下进行水压试验一样,一般认为钢管两端存在一段不可检测区。

注 2:涡流检测法和漏磁检测法的局限性,见附录 A 和附录 B。

5.1.2 当使用涡流穿过式线圈技术检测无缝或焊接钢管时,被检钢管的最大外径应不超过 250 mm。对对角线不超过 250 mm 的方形或矩形钢管也可以采用相应形状的穿过式线圈技术进行检测。

5.1.3 当使用扇形线圈技术检测钢管时,被检钢管的最大外径限制如下:

- 对于 $2 \times 180^\circ$ 线圈,为 219.1 mm;
- 对于 $4 \times 100^\circ$ 线圈,为 508.0 mm。

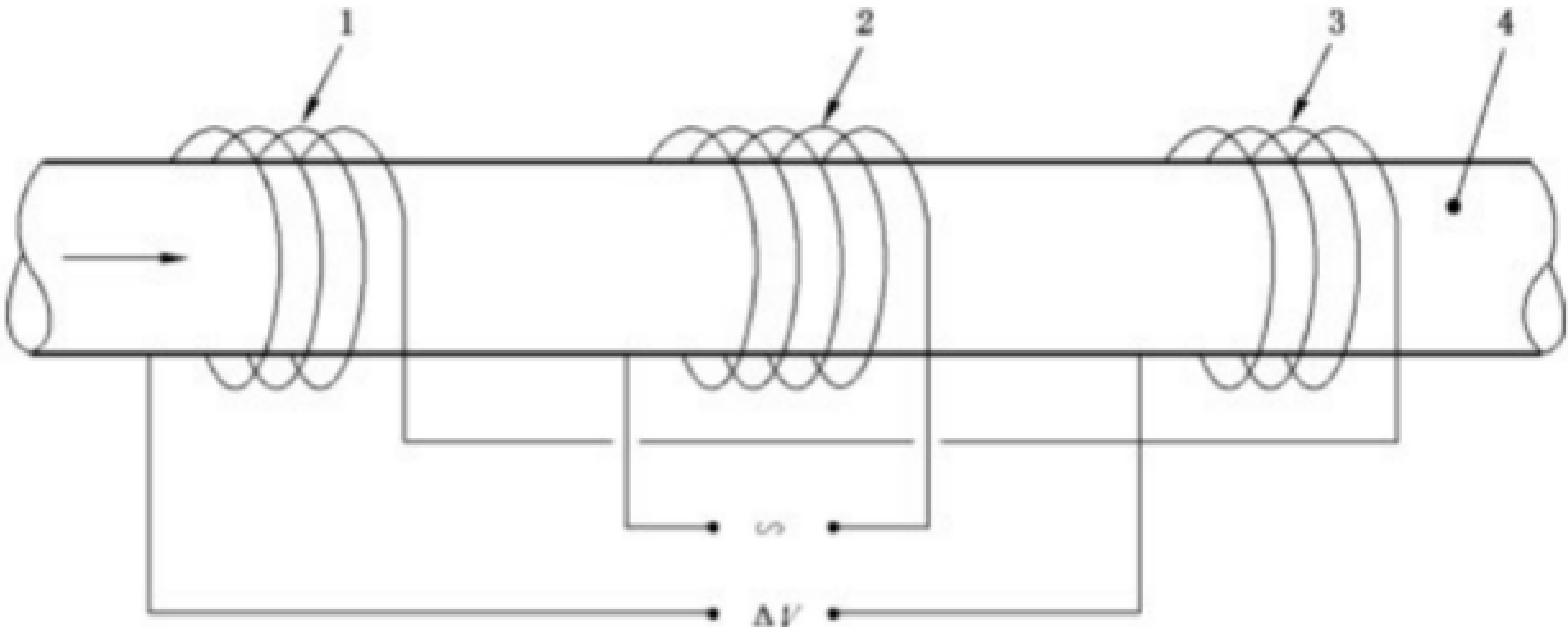
5.1.4 当使用固定或旋转头/扁平线圈涡流技术以及使用固定或旋转传感器漏磁技术检测无缝或焊接

钢管时,钢管与探头/扁平线圈和传感器应相对运动,或在扁平探头的独立单探头之间通过电子切换模拟出相对运动,以便使整个钢管表面被扫查,扫查覆盖面积可根据探头/扁平线圈和传感器尺寸计算。使用这种技术时,对钢管的最大外径没有限制。

5.1.5 当使用多同心磁传感器技术检测无缝或焊接钢管时,钢管与组合传感器应相对直线运动,以便使整个钢管表面被扫描,扫描覆盖面积根据探头/扁平线圈和磁传感器尺寸计算。使用这种技术时,对钢管的最大外径没有限制。

5.2 检测设备

检测设备应根据自动触发/报警阈值以及标记和/或分选系统区分合格钢管或可疑钢管。



标引序号说明:

1——次级线圈 1;

2——初级线圈;

3——次级线圈 2;

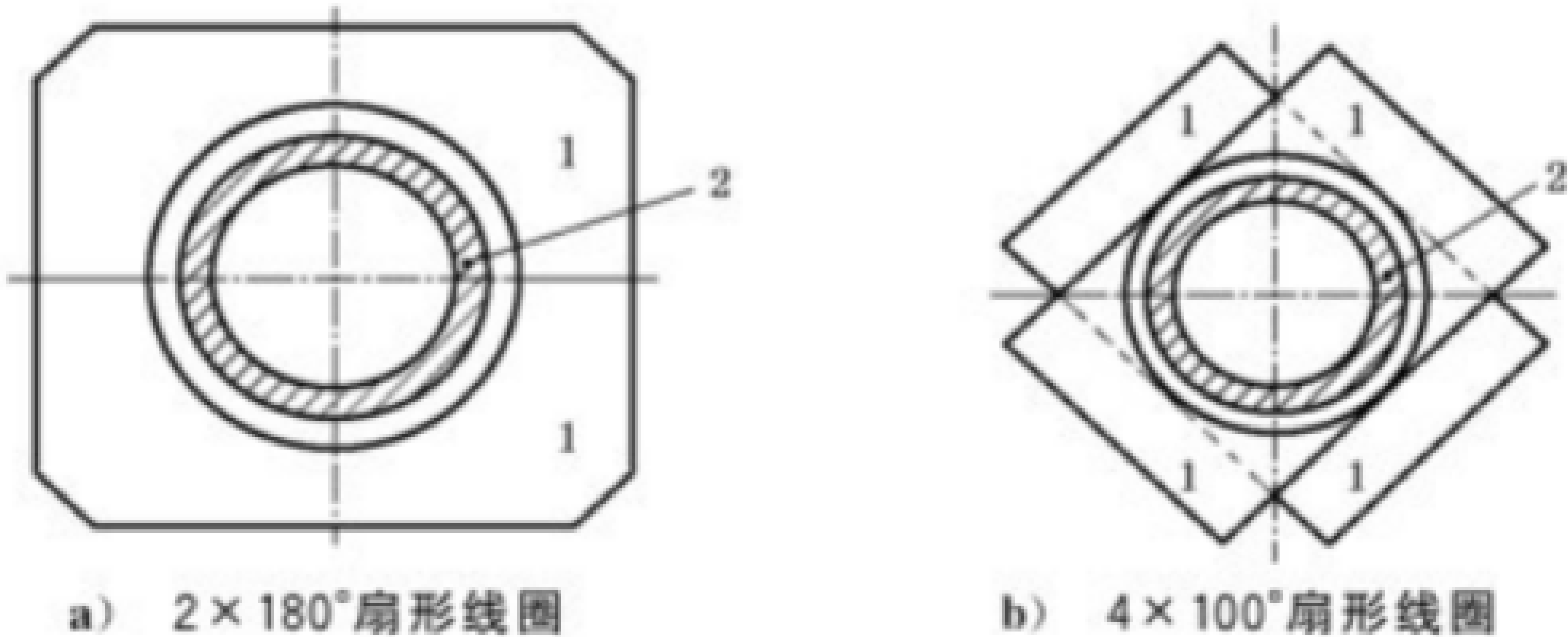
4——钢管;

~——交流激励电流;

ΔV ——信号输出。

注:上图是一个多线圈的排布示意图,它可以包含多组线圈,如分初级线圈、双差动线圈和校准线圈。

图 1 穿过式线圈技术示意图



标引序号说明:

1——扇形线圈;

2——钢管。

图 2 涡流扇形线圈技术示意图

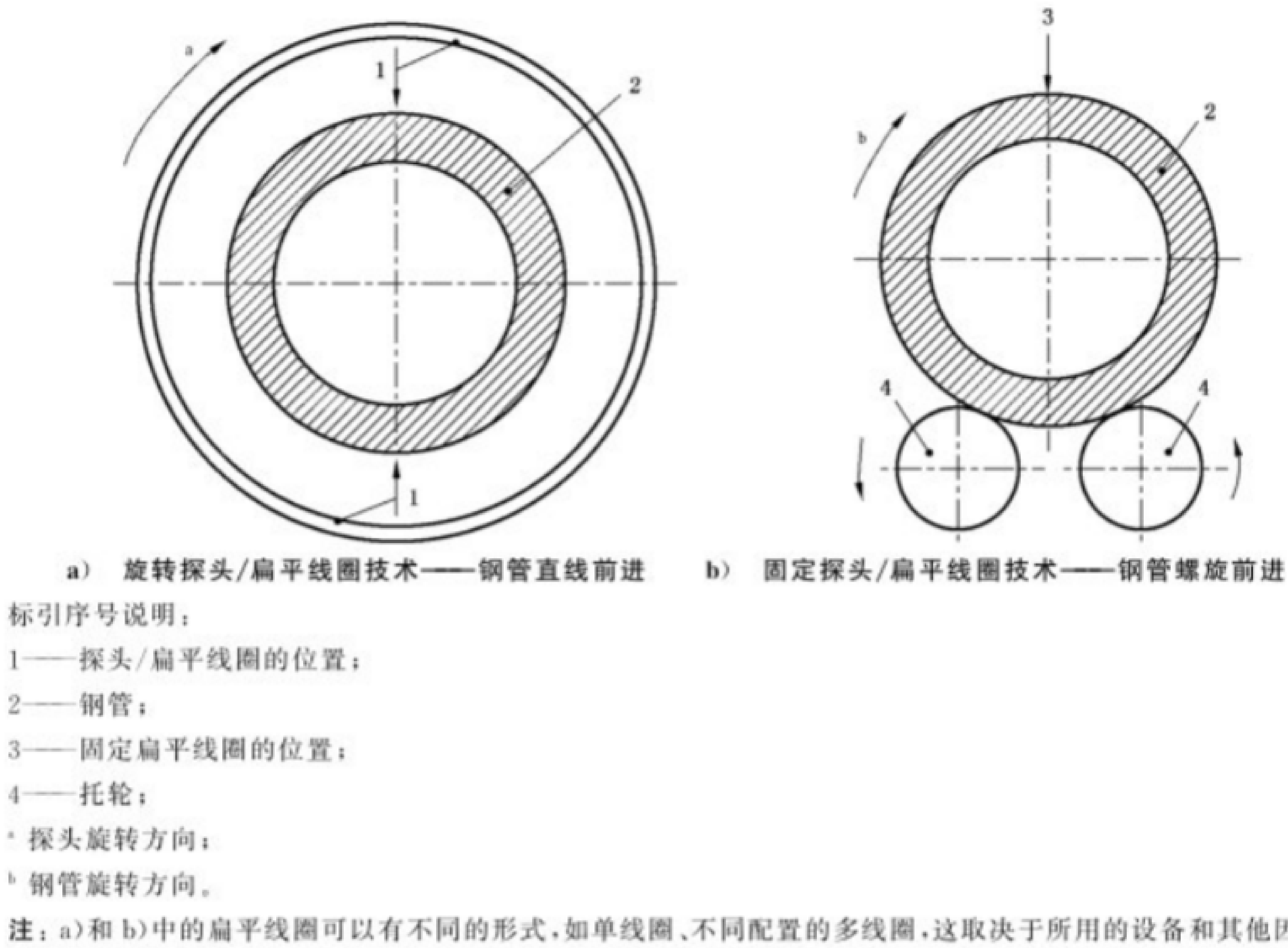


图 3 探头/扁平线圈技术示意图

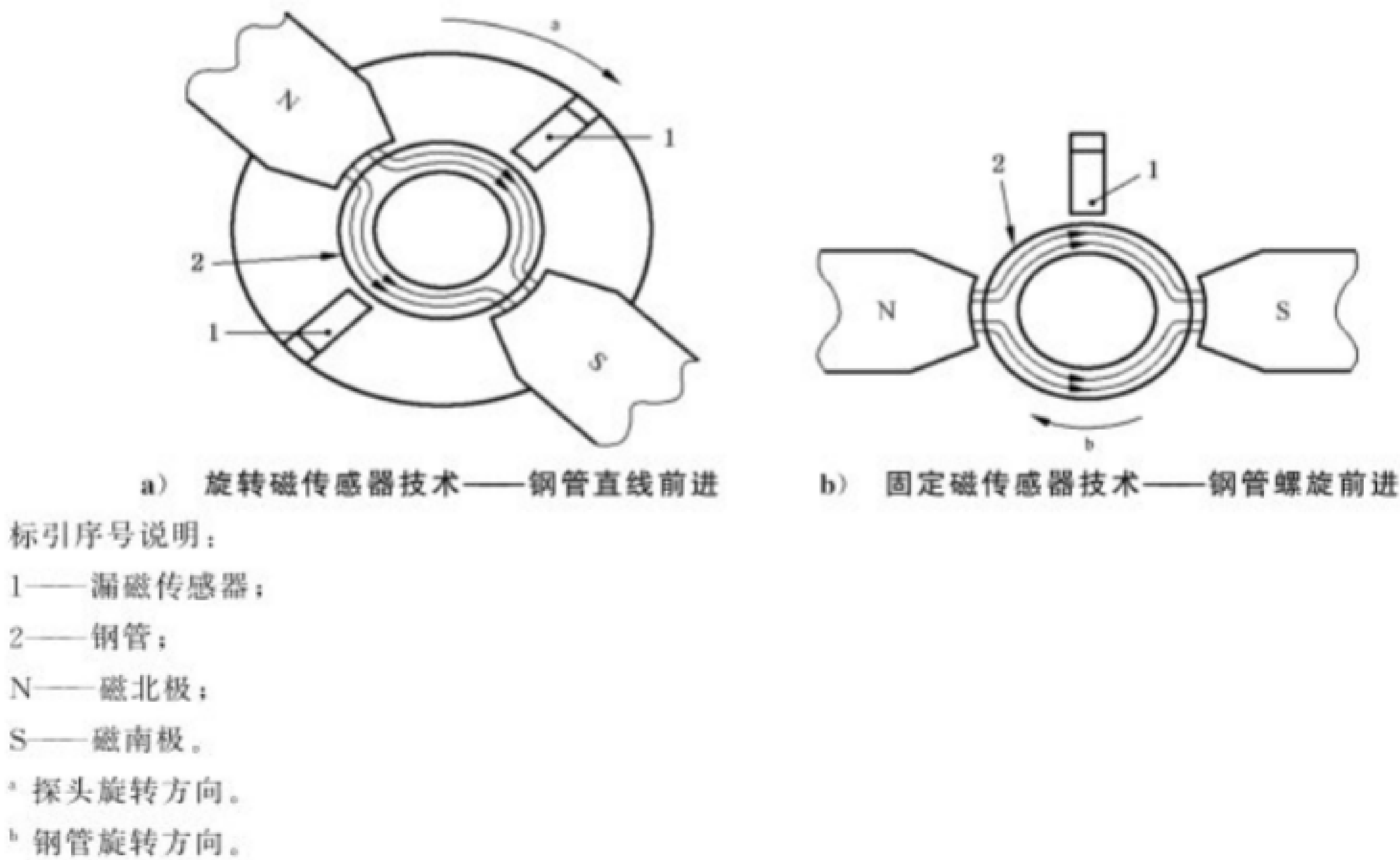
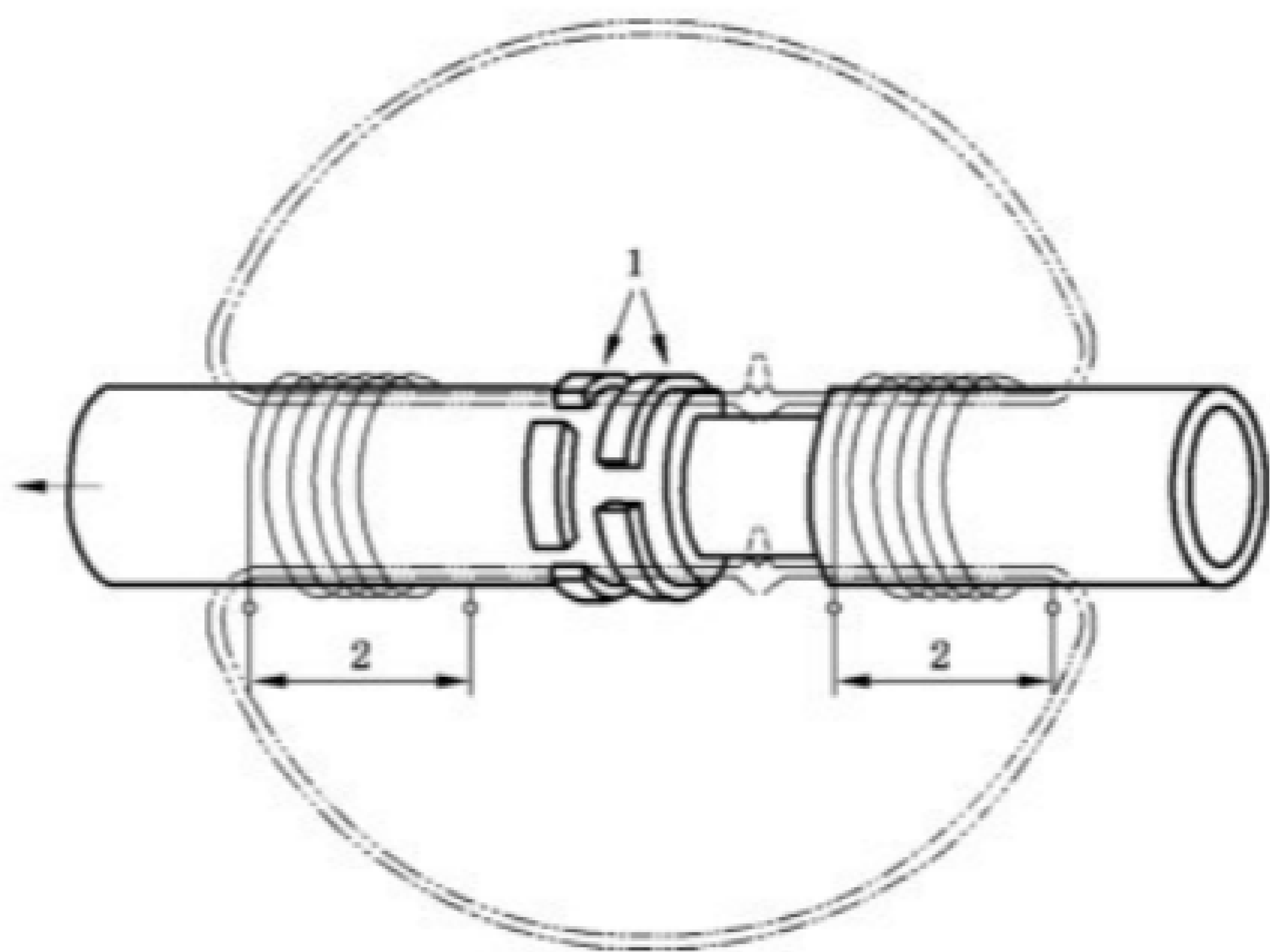


图 4 纵向缺欠漏磁检测技术示意图



标引序号说明：

1——交错排列的传感器；

2——磁饱和线圈(直流)。

注：漏磁传感器可以有多种形式，例如绝对式和差动式，这取决于所用的设备和其他因素。除此图显示的方法外，还可以采用磁通平行于钢管轴向的其他方法。

图 5 横向缺欠漏磁检测技术示意图

6 对比样管

6.1 一般要求

6.1.1 本文件定义的“对比标准缺陷”是用于校验无损检测设备的。不宜将这些对比标准缺陷的尺寸视为此类设备所能检测到的最小缺欠尺寸。

6.1.2 对比样管与被检钢管应具有相同的公称直径和壁厚，相同的表面状态和交货条件(如轧态、正火、淬火和回火)以及相似的牌号。对于公称壁厚超过 10 mm，如果槽深是按被检钢管的公称壁厚计算的，对比样管的壁厚可以大于被检钢管的公称壁厚。如果需要，制造商应能证明其所采用方法的有效性。

6.1.3 不同检测技术的对比标准缺陷应符合如下规定：

- a) 穿过式线圈技术，采用 6.2 和 6.6.1 中规定的一个或多个径向通孔(简称通孔)；扇形线圈技术，采用 6.3 和 6.6.1 中规定的一个或多个通孔；
- b) 下述检测技术，采用 6.4 和 6.6.2 中规定的一个纵向刻槽：
 - 1) 固定或旋转探头/扁平线圈涡流技术；
 - 2) 固定或旋转传感器漏磁技术。
- c) 多同心磁传感器技术，采用 6.5 和 6.6.2 中规定的一个横向刻槽；
- d) 漏磁检测技术，经购方与制造商协商同意可以采用表 1 中推荐的通孔。

注 1：对于穿过式线圈、扇形线圈、固定或旋转探头/扁平线圈的涡流检测，经供需双方协商同意，可采用具有相同特性的其他类型对比标准缺陷。

注 2：在特殊情况下，如检测热管或检测设备安装在工厂的连续生产线上时，经协商可采用变更的校验方式或校验检查程序。对于壁厚小于 12.7 mm 的钢管漏磁检测，经协商也可增加采用内壁纵向或横向刻槽。

6.1.4 对比标准缺陷(见 6.2~6.5)之间(如通孔)以及对比标准缺陷与管端之间在样管长度方向上应有足够间距，以获得清晰可辨别的显示信号。

6.2 涡流穿过式线圈技术

6.2.1 采用涡流穿过式线圈技术时，对比样管上应有三个或四个圆形径向通孔。通孔在圆周方向上应

间隔 120°或 90°分布。

6.2.2 也可在样管上只加工一个径向通孔,此情况在校验和校验核查时,样管应以通孔呈 0°、90°、180°和 270°位置通过设备。

6.3 涡流扇形线圈技术

6.3.1 采用扇形线圈技术时,对比样管上应有 3 个圆形径向通孔。每个扇形线圈都应用对比样管进行检查,3 个径向通孔应按如下要求排布:

- 180°扇形线圈:以线圈中心为准按 0°、+90°、-90°分布;
- 100°扇形线圈:以线圈中心为准按 0°、+45°、-45°分布。

6.3.2 也可在样管上只加工 1 个径向通孔,此情况下在校验和校验核查时,对于 180°扇形线圈应使通孔分别从 0°、+90°、-90°位置通过设备,对于 100°扇形线圈应使通孔分别从 0°、+45°和 -45°位置通过设备。对每个扇形线圈都进行此项操作。

6.4 涡流和漏磁旋转检测技术

6.4.1 采用固定或旋转头/扁平线圈的涡流技术时,对比样管上应带有 1 个纵向外表面刻槽。

6.4.2 采用固定或旋转传感器的漏磁技术时,对比样管的外表面上应加工 1 个纵向刻槽,或经协商加工 1 个表 1 中推荐的通孔。在这种情况下,制造商应证明使用该通孔的检测灵敏度及设备设置(如信号滤波)相当于使用规定深度刻槽获得的灵敏度。

6.5 漏磁——多同心磁传感器技术

采用多同心磁传感器的漏磁技术时,对比样管的外表面上应加工 1 个横向刻槽,或经协商按照表 1 中的规定加工 1 个通孔。

6.6 对比标准缺陷的尺寸

6.6.1 通孔

与钢管外径对应的通孔直径应符合表 1 的规定。通孔应通过机加工、电火花蚀刻或其他方式加工。

表 1 通孔直径与钢管外径的关系 单位为毫米

钢管公称外径 D	最大孔径 验收等级
$4 \leq D \leq 15.8$	1.20
$15.8 < D \leq 26.9$	1.40
$26.9 < D \leq 48.3$	1.70
$48.3 < D \leq 63.5$	2.20
$63.5 < D \leq 114.3$	2.70
$114.3 < D \leq 139.7$	3.20
$D > 139.7$	3.70

对于要求更严格检验的产品,如不锈钢管,经购方与制造商协商同意可采用表 2 规定的通孔直径。

表 2 通孔直径与钢管外径的关系 单位为毫米

钢管公称外径 D	最大孔径 验收等级
$4 \leq D \leq 15.8$	1.00
$15.8 < D \leq 26.9$	1.20
$26.9 < D \leq 48.3$	1.40
$48.3 < D \leq 63.5$	1.70
$63.5 < D \leq 114.3$	2.20
$114.3 < D \leq 139.7$	2.70
$D > 139.7$	3.20

6.6.2 刻槽

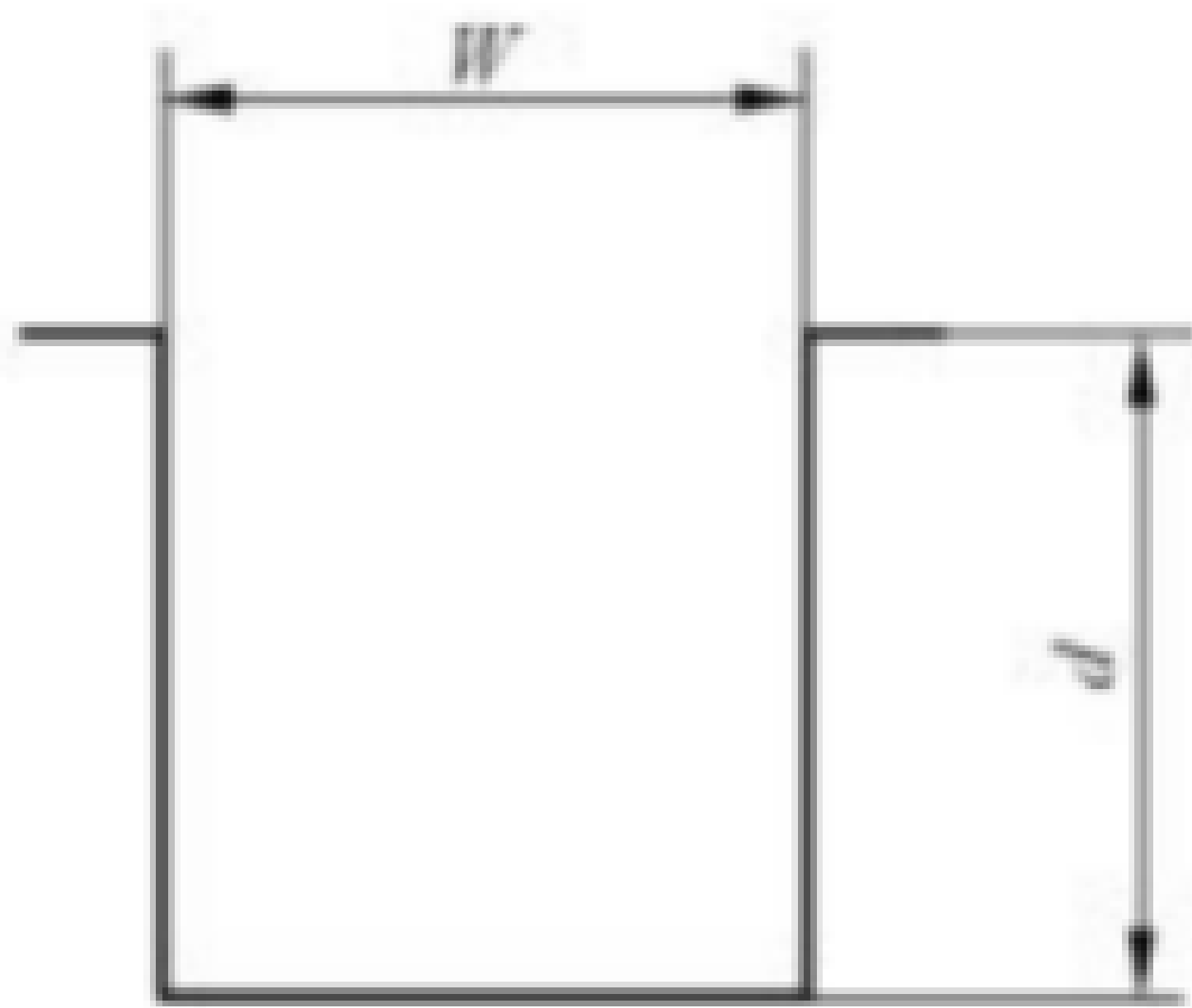
6.6.2.1 一般要求如下：

- a) 对比刻槽应为“N”型槽(见图 6),且满足以下要求：
 - 1) 根据 5.1.1 c)和 d)平行于被检钢管的主轴线(见 6.4)；
 - 2) 根据 5.1.1 e)垂直于被检钢管的主轴线(见图 7 和 6.5)。

槽的两边名义上应平行,且槽的底部名义上应与两边垂直。

- b) 对比刻槽应通过机加工、电火花蚀刻或其他方式加工。

注：槽的底部或底角可以是圆形。



标引序号说明：

w ——宽度；

d ——深度。

图 6 “N”型刻槽



a) 外表面局部周向槽

b) 弦切槽——仅用于外表面

标引序号说明：

d ——深度。

图 7 允许的横向槽形状

6.6.2.2 刻槽的尺寸:

- a) 宽度 w (见图 6), 对比刻槽的宽度应不大于 1 mm;
- b) 深度 d (见图 6 和图 7), 对比刻槽的深度应为公称壁厚的 12.5%, 且满足以下要求:
 - 1) 最小槽深: 0.5 mm;
 - 2) 最大槽深: 1.5 mm。
 槽深的允许偏差应为槽深的 $\pm 15\%$ 。
- c) 长度, 除非产品标准另有规定或购方与制造商协商同意, 槽长应大于单个探头/扁平线圈或传感器宽度的两倍。在任何情况下, 槽长应不超过 50 mm。

6.6.3 对比标准缺陷的验证

6.6.3.1 采用对比通孔时, 通孔的直径 (见表 1) 应经过验证, 且应不超过表 1 中的规定值。

6.6.3.2 对比刻槽的尺寸和形状应经适当的技术进行验证。

7 设备校验和校验核查

7.1 每个检测周期的开始, 设备应进行校验以产生一致的清晰可辨的对比标准缺陷信号 (例如对比样管连续三次通过设备的信号)。这些信号用于触发各自的报警门限。

7.2 采用多个通孔的对比样管时 (涡流穿过式线圈或扇形线圈技术), 应采用得到的多个通孔中的最小信号作为设备的触发/报警门限。采用单个通孔的对比样管时, 应按照 6.2.2 或 6.3.2 的规定连续检测样管, 并取其中的最小信号作为设备的触发/报警门限。

7.3 采用对比刻槽 (涡流固定或旋转头/扁平线圈技术, 或漏磁固定或旋转传感器技术) 时, 取刻槽信号中的最小信号作为设备的触发/报警门限。

7.4 采用局部周向槽、弦切槽或通孔 (漏磁多传感器技术) 时, 转动对比样管的角度, 使刻槽或通孔的中心对准每个传感器的中心线, 分别依次通过设备。取每个传感器信号中的最小信号作为各设备通道的触发/报警门限。

7.5 在动态核查过程中, 对比样管和检测线圈之间的相对运动速度应与产品检测时的速度一致 (见 5.1.2、5.1.4 和 5.1.5)。同时设备的设置也应相同, 比如频率、灵敏度、相位鉴别、滤波和磁饱和。

7.6 在相同公称直径、壁厚和钢级的钢管生产检测过程中, 应定期使用对比样管核查设备的校验值。校验核查的频次应至少每 4 h 进行一次, 且在轮换设备操作班次以及生产的开始和结束时也应进行核查。

7.7 若初始校验使用的任何参数发生改变, 设备应重新进行校验。

7.8 若在产品检测中的校验核查结果不满足校验要求, 则自上一次校验合格后的所有已检钢管应在设备重新校验后重新进行检测。

8 验收

8.1 所有信号均低于触发/报警门限, 钢管应视为通过检测。

8.2 任何钢管产生的信号等于或大于触发/报警门限应视为可疑钢管, 或由制造商决定是否可以进行重新检测。如果重新检测后, 所有的信号均低于触发/报警门限, 钢管应视为通过检测。否则钢管应被视为可疑钢管。

8.3 对可疑钢管, 根据产品标准的要求应采用下列一种或多种方法进行处理:

- a) 可疑区域应进行修磨或采用适当的方法处理。确认剩余壁厚在允许的公差范围内后, 此钢管应按照第 7 章规定的方法重新检测。如果没有产生大于或等于触发/报警门限的信号, 则此钢

管应视为通过了检测。可疑区域也可以采用其他无损检测技术和检测方法重新检测,由购方与制造商协商可接受的验收等级;

- b) 根据相关产品标准对每根可疑钢管进行水压密实性试验,除非购方与制造商另有约定;
- c) 可疑区域应被切除;
- d) 钢管应视为检测不合格。

9 检测报告

如规定,制造商应向采购方提供检测报告,检测报告至少包含以下信息:

- a) 本文件编号;
- b) 符合性说明;
- c) 程序文件规定的任何偏离,根据协议或其他约定;
- d) 产品的钢级和规格;
- e) 检测技术的类型和详细信息;
- f) 使用设备的校验方法;
- g) 对比标准缺陷验收等级的描述;
- h) 检测日期;
- i) 操作者资格。

附录 A

(资料性)

涡流检测方法局限性的指导性说明

A.1 涡流检测的穿透深度

钢管在进行涡流检测时,靠近检测线圈的钢管表面,其检测灵敏度最高。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,钢管表面下或内表面缺陷的信号反映于相同尺寸的外表面缺陷。检测设备探测表面下或内表面缺陷的能力,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。

施加在检测线圈的激励频率决定了感应涡流穿透管壁的能力。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。特别是,还宜虑钢管本身的物理特性(电导率、磁导率等)。

A.2 穿过式线圈/扇形线圈技术

本技术适于检测邻近检测线圈的钢管表面或近表面的短的纵向缺欠和横向缺欠。

本技术能够检测出的纵向缺欠的最小长度理论上是由探测线圈的布置以及缺欠截面沿纵向的变化率决定的。

采用本技术检测铁磁性钢材时,检测过程中被检材料应进行磁饱和,可将材料置于一个强的外加磁场来实现。磁饱和的目的是稳定并降低材料的磁导率、增加涡流的渗透能力、降低材料本身的磁噪声。

A.3 固定或旋转探头/扁平线圈技术

本技术利用一个或多个探头/线圈螺旋形扫查钢管表面。因此本技术能够检测出的纵向缺欠的最小长度取决于检测线圈的宽度及扫查的螺距。这种技术通常不能检测横向缺欠。

由于本技术的激励频率明显高于穿过式线圈/扇形线圈技术的频率,因此它只能检测邻近探测线圈的表面缺陷。

附 录 B
(规范性)
漏磁检测方法局限性

B.1 总则

应用本检测方法时,被检钢管置于外部强磁场中达到磁饱和,磁饱和的目的是使缺欠位置产生漏磁场。

钢管进行漏磁检测时,漏磁传感器一侧钢管表面的检测灵敏度最高,且随着钢管壁厚的增大而降低,原因是钢管内表面缺欠比外表面缺欠的有效磁通量小,导致同样大小的缺欠内表面的响应信号小于外表面的响应信号。

B.2 固定或旋转传感器

本检测技术使用一个或多个传感器在钢管表面扫查出一条螺旋轨迹,因此,本技术检出纵向缺欠的最小长度取决于传感器的宽度和检测螺距。通常认为本检测技术不能检出横向缺欠。

B.3 多重传感器技术

本检测技术是利用多个固定传感器围绕在直线运动的钢管周围。因此,本技术检测横向缺欠的最小长度主要取决于传感器的圆周尺寸。通常认为本检测技术不能检出纵向缺欠,除非缺欠有一个明显的横向(斜向)分量。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
钢管无损检测 用于确认无缝和焊接
钢管(埋弧焊除外)水压密实性的
自动电磁检测方法
GB/T 40080—2021/ISO 10893-1:2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

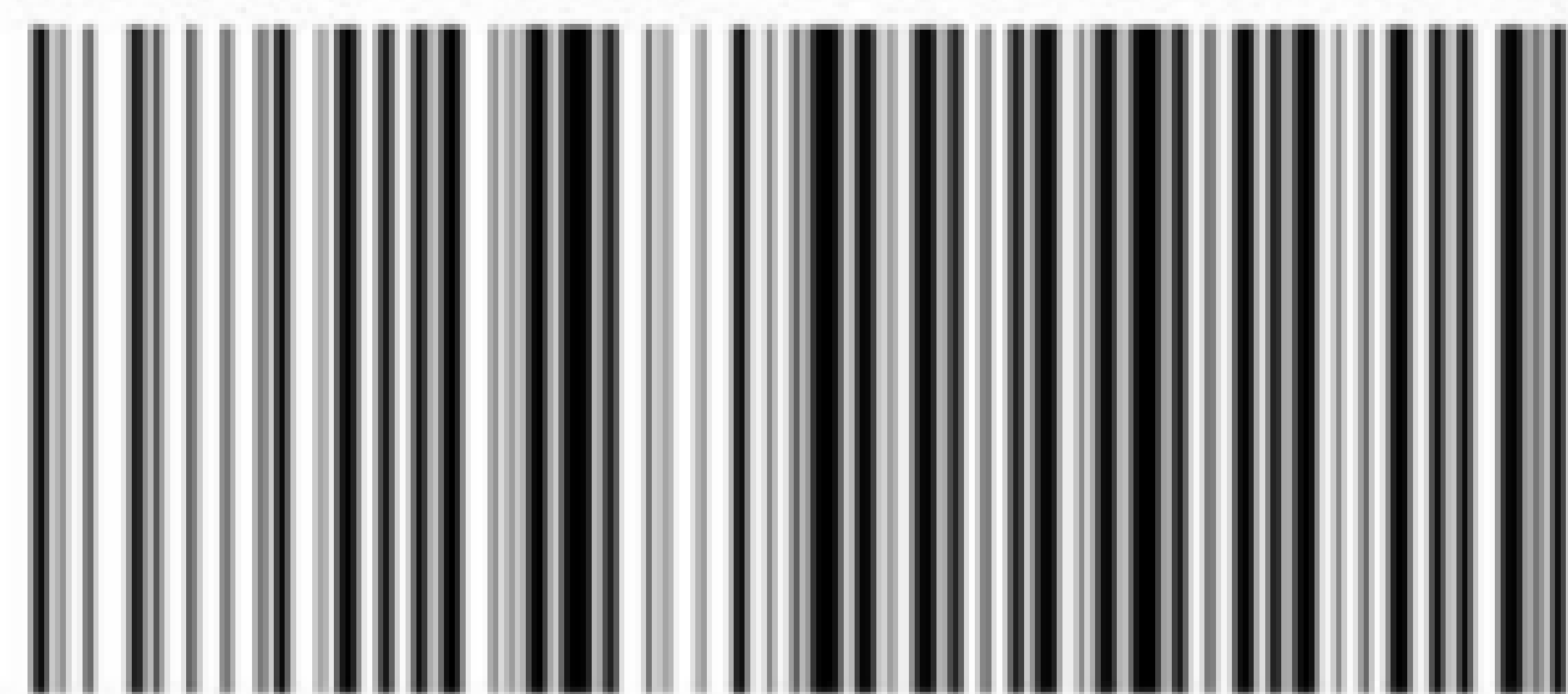
服务热线:400-168-0010

2021年4月第一版

*

书号:155066·1-67423

版权专有 侵权必究



GB/T 40080-2021



码上扫一扫 正版服务到

www.bzxz.net

免费标准下载网