ICS 77.040.20
CCS H 26

中华人民共和国国家标准

GB/T 47623—2026

钢管无损检测　厚壁焊接钢管焊缝缺欠的自动超声检测

Non-destructive testing of steel pipes—Automatic ultrasonic testing for weld seam imperfections of thick-wall welded steel pipes

2026-05-25 发布　　2026-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　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　一般要求 …… 1
5　检测设备 …… 2
6　对比样管 …… 3
7　检测系统调试 …… 4
8　检测方法 …… 4
9　检测结果显示评定 …… 5
10　验收 …… 5
11　检测报告 …… 6
附录 A（资料性）　探头的排列布置 …… 7
附录 B（规范性）　对比样管 …… 9
附录 C（规范性）　人工反射体 …… 14
附录 D（资料性）　人工反射体的硅橡胶覆型检验方法 …… 16
附录 E（资料性）　检测系统测试项目与方法 …… 17

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。

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：中国石油集团工程材料研究院有限公司、中国石油集团宝石管业有限公司、浙江金洲管道工业有限公司、武汉中科创新技术股份有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司、浙江德威不锈钢管业股份有限公司、艾因蒂克科技(上海)有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、山东胜利钢管有限公司、浙江宝丰特材股份有限公司、华电郑州机械设计研究院有限公司、中国石油集团渤海石油装备制造有限公司、巨龙钢管有限公司、广州科元工业设备安装检测技术有限公司、连云港帕博检测技术有限公司、鞍山长风无损检测设备有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：黄磊、张毅、於斌杰、林光辉、王志永、沈晨霞、张瑞、陈道琰、王自信、韩士丰、才树旺、安晓军、王攀涛、刘子委、高光旭、杜伟、毛浓召、史文华、周友鹏、钟伟华、沈莉、高明、吕文涛、程少伟、石鑫、陈开云、李亮、陈鹏翔、桂琳琳、沈云峰、宋亚强、黄志强、刘忠魁、井啸可、黄焯、张鸿博、薛建忠、郭碧城。

钢管无损检测　厚壁焊接钢管焊缝缺欠的自动超声检测

1　范围

本文件规定了厚壁焊接钢管焊缝缺欠自动超声检测的一般要求、检测设备、对比样管、检测系统调试、检测方法、检测结果显示评定、验收以及检测报告。

本文件适用于壁厚不小于 12 mm 的厚壁焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测与质量评定。其他焊接钢管焊缝缺欠的自动超声检测参照执行。

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。

GB/T 9445　无损检测　人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1　无损检测　术语　超声检测

GB/T 27664.1　无损检测仪器　超声检测设备的性能与检验　第 1 部分：仪器

GB/T 27664.2　无损检测仪器　超声检测设备的性能与检验　第 2 部分：探头

ISO 11484　钢产品　无损检测人员的雇主评定体系[Steel products—Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel]

3　术语和定义

GB/T 12604.1 和 ISO 11484 界定的术语和定义适用于本文件。

4　一般要求

4.1　被检测钢管应经外观检查合格。所有可能影响超声检测的锈蚀、飞溅和污物等应清除，表面应光滑。

4.2　焊缝两侧声束经过区域不应有影响检测有效性的分层。

4.3　检验场地应避开强光、强磁场、强振动、腐蚀性气体、严重粉尘等影响自动超声检测系统稳定性或检验人员观察的因素。

4.4　除非产品标准规定或购方和制造商之间有协议，自动超声检测应在水压试验完成后实施。

4.5　耦合剂应具有良好的透声性和适宜的流动性，对材料无腐蚀，便于清理。耦合剂宜采用水，在 0 ℃以下可采用乙醇水溶液或类似介质。调整仪器和实施检测应采用同一种耦合剂。

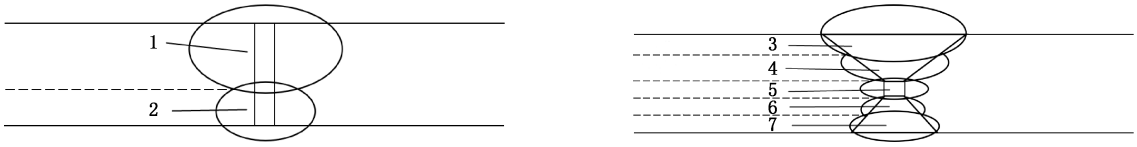
4.6　检测应由按照 GB/T 9445、ISO 11484 或等效标准经培训合格的操作人员进行，并由经雇主任命的有资格的人员监督。在由第三方检测的情况下，此项应由供需双方协商。

5 检测设备

5.1 检测系统

5.1.1 检测系统至少应包括多通道超声检测仪、控制系统、耦合系统、焊缝自动跟踪系统、传送系统(或探头门架移动系统)、探头门架系统、信号处理系统、打印输出系统、附属装置等。

5.1.2 检测系统应提供足够数量的检测通道,保证扫查整条焊缝,且对整个焊缝厚度方向进行分区检测,焊缝区域划分应符合图 1 的规定。



a) “I”型坡口的情况　　b) “X”型坡口的情况

标引序号说明:

1、3——外焊区;

2、7——内焊区;

4 ——上坡口区;

5 ——钝边区;

6 ——下坡口区。

图 1 焊缝区域划分示意图

5.1.3 仪器性能应满足 GB/T 27664.1 的要求,幅度线性误差不大于 4%,数字超声检测仪时基线性误差应满足参考信号与理想位置的偏差不超过全屏宽度的±0.5%,其他超声检测仪时基线性误差应满足参考信号与理想位置的偏差不超过全屏宽度的±1%,超声检测仪至少每 12 个月校准一次。

5.1.4 检测系统同类检测通道灵敏度差的绝对值(灵敏度波动)应不大于 2 dB。

5.1.5 应采用编码器记录整条焊缝扫查的位置。编码器配置一个校正系统,保证显示记录的焊缝距离与实际外表面标记的位置一致。记录或标记系统应清楚地指示出缺欠相对于扫查起始点的位置,误差为±15 mm。

5.1.6 焊缝缺欠扫查记录可用 A 扫描(带状图)或其他图像显示方式。焊缝的检测结果应显示在扫查记录上,同时记录上应有耦合监视的结果。

5.2 探头

5.2.1 探头应标出探头类型、折射角(K 值)、标称频率及晶片尺寸,并应符合 GB/T 27664.2 要求。推荐探头参数的选用见表 1。

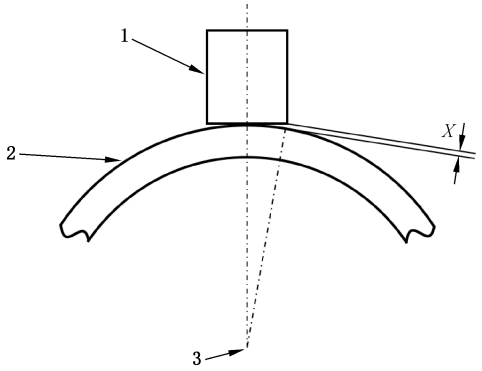
表 1 推荐探头参数的选用

探头类型	钢管壁厚(t) mm	折射角度(K 值)	标称频率 MHz	晶片尺寸 mm
双晶探头	$6 \leqslant t \leqslant 18$	0°	4～5	圆形晶片直径 10～30,方形晶片或单个方形晶片边长 10～30
双晶探头[a] 或直探头[b]	>18	0°	2～5	
斜探头[c]	$6 \leqslant t \leqslant 24$	63°～72°(2.0～3.0)	4～5	
	$24 < t \leqslant 40$	56°～68°(1.5～2.5)	2～5	
	>40	45°～63°(1.0～2.0)	2～2.5	

表 1　推荐探头参数的选用（续）

探头类型	钢管壁厚(t) mm	折射角度(K 值)	标称频率 MHz	晶片尺寸 mm
[a] 当使用双晶直探头检测钢管的壁厚大于 18 mm 时，应选择合适的声束会聚区深度以完成距离—波幅曲线的制作，或者根据工件厚度大小选择不同声束会聚区深度的探头进行厚度分区检测。 [b] 在满足本条规定的灵敏度及缺陷判定的基础上，也可选用其他型式的直探头，如多晶直探头(晶片数量大于或等于 3)。 [c] 采用一次反射法检测时，斜探头折射角(K 值)选取应尽可能使主声束与检测面相对底面法线夹角为 35°～70°，当使用 2 种或 2 种以上折射角(K 值)探头检测时，应至少有 1 种折射角(K 值)探头满足这一要求。条件允许时，宜采用较大折射角(K 值)斜探头。				

5.2.2　探头楔件表面形状应与被检钢管表面曲率相吻合，如图 2 所示。楔块边缘与被检测钢管接触面的间隙 X 应不大于 0.5 mm。



标引序号说明：

1——探头；

2——工件表面；

3——圆心；

X——间隙。

图 2　探头楔块边缘与被检钢管外表面间隙示意图

5.2.3　探头的设计应按焊缝坡口型式及有效声束宽度设定，探头的排列布置见附录 A。

6　对比样管

6.1　对比样管应采用与被检测钢管规格相同、声学性能相似的管段(或钢管)制成。样管应有足够长度。样管材料在直径 2 mm 平底孔灵敏度检测时，不应出现大于直径 2 mm 平底孔回波幅度当量的缺陷。

6.2　对比样管上的人工反射体数量、位置、类型应按焊缝的坡口型式与壁厚确定，并应符合附录 B 要求。经双方协商，也可采用其他人工反射体对比样管。

6.3　人工反射体在水平方向的布置应使显示信号达到独立的程度，但邻近区反射体不应互相干扰，人工反射应符合附录 C 要求。根据需方要求，也可增加其他人工反射体。

6.4　人工反射体允许误差不应超过下列数值：

——孔直径：±0.2 mm；

——槽宽度：±0.2 mm；

——槽深度：刻槽深度的±15%或±0.05 mm，以较大者为准；

——角度：±1°；

——反射体中心位置：±0.5 mm。

6.5 人工反射体的尺寸可采用常规物理测量方法进行检验，或用硅橡胶覆型法进行检验。人工反射体的硅橡胶覆型检验方法见附录D。

6.6 对比样管应经测试后方可使用。

7 检测系统调试

7.1 系统设置

7.1.1 系统设置前，应沿焊缝厚度方向进行分区，每个区域用一对或一组探头检测。分区依据焊缝坡口形式与壁厚，在焊缝内外表面每个区高度为6.0 mm、在焊缝内部每个区高度为12.0 mm，设置一对探头对应的人工反射体用来调节灵敏度和缺欠定位。焊缝两侧一对探头来完成一个区域检测。

7.1.2 探头位置和基准灵敏度的确定应符合下列规定：

a) 在焊缝中心线两侧，根据反射体的位置，将探头排布在探头门架系统的扫查器中；

b) 移动扫查器，调整探头位置，使每个探头对应的主反射体信号均达到峰值，即为该探头位置；

c) 每个探头检测区域内主反射体峰值信号调整到满幅度的80%，即为该探头的基准灵敏度。

7.1.3 闸门的设置符合下列规定。

a) 闸门设置应包含纵向缺欠、横向缺欠和分层缺欠闸门设置。闸门设置时，应使用各自对应的对比试块上人工缺陷进行设置。

b) 闸门的起点应设置在对应人工主反射体前至少3 mm处，闸门的终点应设置在对应人工主反射体后至少1 mm处。

7.1.4 闸门电平不应低于满幅度的60%，超过此幅度的信号应按第9章评定。

7.1.5 每个通道的输出信号均应在显示器上显示，对于每个主反射体，应显示在焊缝带状图上。

7.2 系统调试

7.2.1 每个主反射体的信号应达到满幅度的80%。

7.2.2 显示器上显示的编码位置精度：记录反射体间的显示编码位置相对于实际焊缝位置的误差为±2 mm。

7.2.3 扫查过程中样管上主反射体的波幅达到满幅度80%时，为了保证相邻声束在壁厚方向的有效重叠，其两侧邻近反射体的显示波幅应在−6 dB～−24 dB，当未达到此值时，应重新确定探头位置或替换探头重新调试。

注：低于−24 dB易覆盖不良造成漏检；高于−6 dB易产生干扰。

7.2.4 记录系统的耦合监视通道显示不良区域超过缺欠的最小允许长度时，应重新调试。

7.2.5 检测系统测试项目与方法见附录E。

8 检测方法

8.1 扫查灵敏度

应在动态下设定灵敏度，扫查至少在基准灵敏度下进行。

8.2 检测灵敏度的校验

检测灵敏度的校验在相同外径、壁厚和钢级的钢管中进行，每班检测前、检测过程中每隔4 h，利用

对比样管进行校验，每个主反射体的波幅应为满幅度的80%。

8.3 耦合监视的校验

在检测过程中，系统耦合监视通道显示不良时，应对耦合不良区域及时处理并重新检测。

8.4 检测速度

自动检测的检验速度不应影响检测结果的准确性。检测速度应不大于校验速度。推荐用150 mm/s～200 mm/s的速度进行检测。

8.5 焊缝自动跟踪

探头与焊缝距离的跟踪偏差应不大于±1 mm。

8.6 标记

自动检测报警时应在钢管相应部位进行标记。

8.7 管端未检测区域

管端未检测区域长度应采用焊缝中心直径3.2 mm竖通孔测定，管端未检测区域长度应不大于200 mm。

8.8 检测灵敏度复核

8.8.1 当出现下列情况之一时，应进行复核：

a) 每班检测前、检测过程中每隔4 h以及检测工作结束后，用相同外径，壁厚和钢级的对比样管校验时，检测灵敏度不符合要求时；
b) 当初始校验的参数发生变动时；
c) 发现检测过程中操作方法有误或技术条件改变时；
d) 设备故障修复后；
e) 双方有争议或认为有必要时。

8.8.2 在复核时，对比样管与探头的相对移动速度应与实际检测时相同。

8.8.3 若检测中的灵敏度校验未满足要求，则自前一次合格校验后的所检测的全部钢管应在重新校验合格后，重新检测。

9 检测结果显示评定

9.1 在超过记录电平且颜色变化的带状图(带状图至少应显示每一个通道缺欠位置、分布和探头耦合监视状况等信息)中确认显示，用手动超声检测确认，按第10章和第11章的规定进行验收和签发检测报告。

9.2 钢管管端未检测区域可采用手动超声检测。

9.3 钢管焊缝返修部位返修后按本文件进行检验和/或采用手动超声检验。

10 验收

10.1 检测信号低于触发/报警门限信号的钢管应视为通过该项验收。购方另有规定时，应按购方的要求进行验收。

10.2 检测信号大于或等于触发/报警门限信号的钢管应视为可疑钢管，或由制造商选择，按本文件的规定重新进行检测。若经复检后，所有检测信号均低于触发/报警门限，应将该钢管视为通过该项检测；否则，应将该钢管判定为可疑钢管。

10.3 根据产品标准要求，可疑钢管应按下列一种或多种方法处置。

a) 经用户与制造商协议，可疑钢管可采用适当方法检测（如手动超声检测方法），或采用其他无损检测技术和方法重新检测，验收等级由购方和制造商协商一致同意。

b) 可疑钢管应采用合适方法返修。返修后的钢管应按照与返修前相同灵敏度重新检测。若没有产生大于或等于触发/报警门限的信号，应视为钢管通过该项检测。

c) 切除可疑区域。

d) 钢管未通过该项检测。

11 检测报告

检测报告至少应包括下列内容：

a) 本文件编号；

b) 钢管信息；

c) 检测设备；

d) 检测工艺参数；

e) 检测覆盖区域；

f) 检测示意图；

g) 检测技术要求；

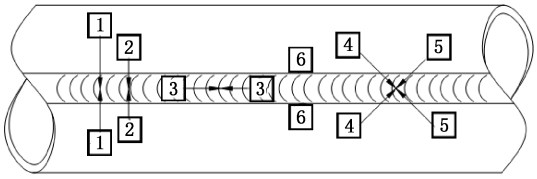
h) 检测结果和检测结论；

i) 检测人员和审核人员签字；

j) 检测日期。

附 录 A
（资料性）
探头的排列布置

为了保证自动超声检测声束对焊缝全截面有效覆盖，按照不同壁厚划分自动超声检测用探头的排列布置见图 A.1～图 A.5。对于壁厚大于 40 mm 的钢管焊缝检测探头的排列布置可参照本附录。



标引序号说明：

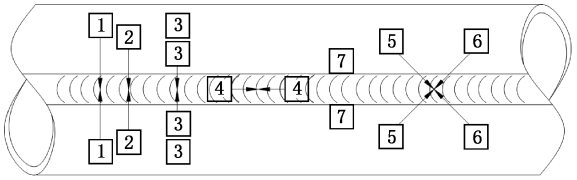
1、2、3——自发自收斜探头；

4、5 ——一收一发“K”型分布斜探头；

6 ——自发自收双晶或单晶直探头。

4 和 5 组合为一收一发“X”型分布斜探头。

图 A.1 壁厚在 6 mm≤t≤12 mm 范围的探头排列布置



标引序号说明：

1、2、4——自发自收斜探头；

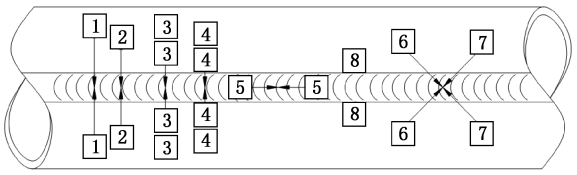
3 ——一收一发串列式分布斜探头；

5、6 ——一收一发“K”型分布斜探头；

7 ——自发自收双晶或单晶直探头。

5 和 6 组合为一收一发“X”型分布斜探头。

图 A.2 壁厚在 12 mm＜t≤18 mm 范围的探头排列布置



标引序号说明：

1、2、5——自发自收斜探头；

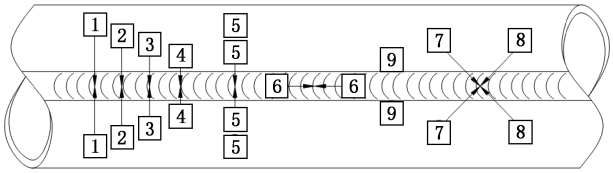
3、4 ——一收一发串列式分布斜探头；

6、7 ——一收一发“K”型分布斜探头；

8 ——自发自收双晶或单晶直探头。

6 和 7 组合为一收一发“X”型分布斜探头。

图 A.3 壁厚在 18 mm＜t≤24 mm 范围的探头排列布置



标引序号说明：

1、2、3、4、6——自发自收斜探头；

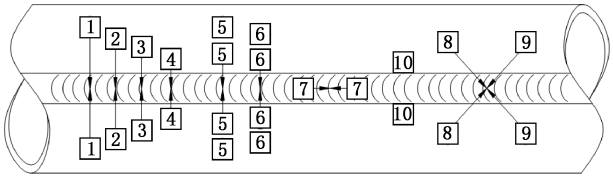
5 ——一收一发串列式分布斜探头；

7、8 ——一收一发“K”型分布斜探头；

9 ——自发自收双晶或单晶直探头。

7 和 8 组合为一收一发“X”型分布斜探头。

图 A.4 壁厚 24 mm＜t≤32 mm 范围的探头排列布置



标引序号说明：

1、2、3、4、7——自发自收斜探头；

5、6 ——一收一发串列式分布斜探头；

8、9 ——一收一发“K”型分布斜探头；

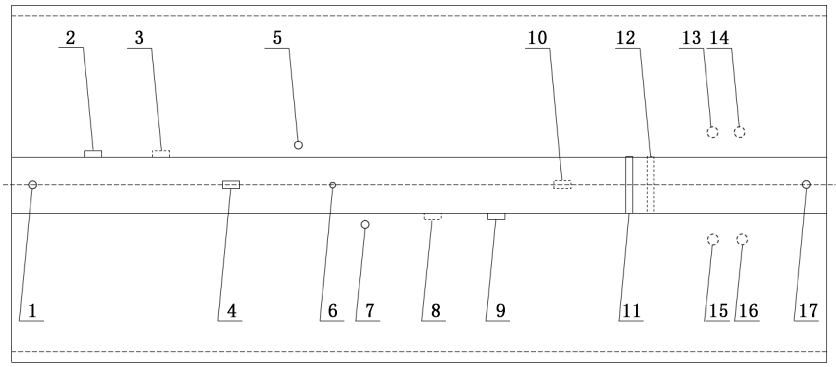
10 ——自发自收双晶或单晶直探头。

8 和 9 组合为一收一发“X”型分布斜探头。

图 A.5 壁厚在 32 mm＜t≤40 mm 范围的探头排列布置

附 录 B
（规范性）
对比样管

按照不同壁厚划分使每一对或组探头一一对应一个人工反射体，自动超声检测用对比样管见图 B.1～图 B.5。对比样管尺寸及人工反射体也可根据实际情况设置，对于壁厚大于 40 mm 的钢管焊缝对比样管可参照本附录。



标引序号说明：

1、17 ——管端焊缝盲区竖通孔，直径为 3.2 mm；

2、9 ——外侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

3、8 ——内侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

4 ——外侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

5、7 ——距焊趾一定距离竖通孔，直径为 3.2 mm；

6 ——焊缝中心竖通孔，直径为 1.6 mm；

10 ——内侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

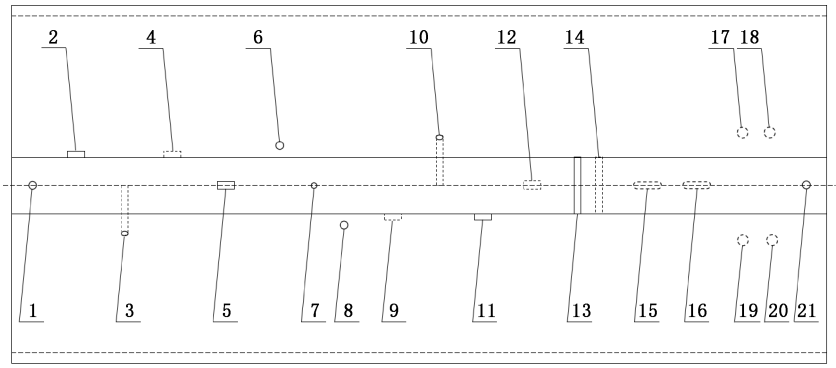
11 ——外侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

12 ——内侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

13、14——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)；

15、16——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)。

图 B.1 壁厚在 6 mm≤t≤12 mm 范围的对比样管



标引序号说明：

1、21 ——管端焊缝盲区竖通孔，直径为 3.2 mm；

2、11 ——外侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

3、10 ——焊缝钝边壁厚 50%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

4、9 ——内侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

5 ——外侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

6、8 ——距焊趾一定距离竖通孔，直径为 3.2 mm；

7 ——焊缝中心竖通孔，直径为 1.6 mm；

12 ——内侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度为 25.0 mm，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

13 ——外侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

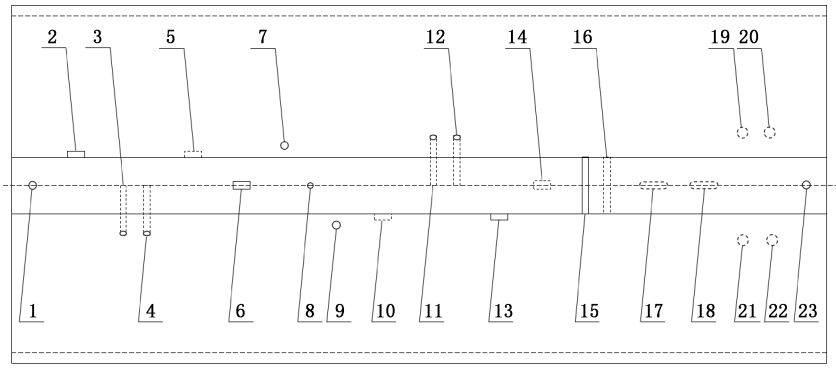
14 ——内侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

15、16——内侧焊缝中心深度 50%处正反 45°方向平底孔，直径为 3.2 mm；

17、18——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)；

19、20——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)。

图 B.2 壁厚在 12 mm＜t≤18 mm 范围的对比样管



标引序号说明：

1、23 ——管端焊缝盲区竖通孔，直径为 3.2 mm；

2、13 ——外侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

3、12 ——焊缝钝边壁厚 40%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

4、11 ——焊缝钝边壁厚 60%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

5、10 ——内侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

6 ——外侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

7、9 ——距焊趾一定距离竖通孔，直径为 3.2 mm；

8 ——焊缝中心竖通孔，直径为 1.6 mm；

14 ——内侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

15 ——外侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

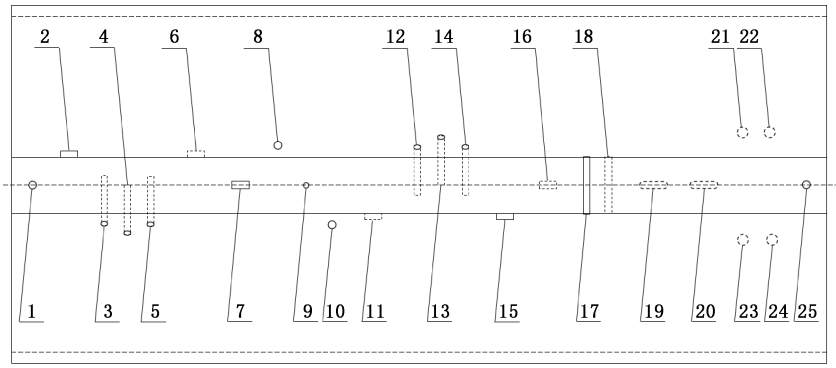
16 ——内侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

17、18——内侧焊缝中心深度 50%处正反 45°方向平底孔，直径为 3.2 mm；

19、20——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)；

21、22——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)。

图 B.3 壁厚在 18 mm＜t≤24 mm 范围的对比样管



标引序号说明：

1、25 ——管端焊缝盲区竖通孔，直径为 3.2 mm；

2、15 ——外侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

3、14 ——焊缝上坡口面壁厚 30%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

4、13 ——焊缝钝边壁厚 50%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

5、12 ——焊缝下坡口面壁厚 70%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

6、11 ——内侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

7 ——外侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

8、10 ——距焊趾一定距离竖通孔，直径为 3.2 mm；

9 ——焊缝中心竖通孔，直径为 1.6 mm；

16 ——内侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

17 ——外侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

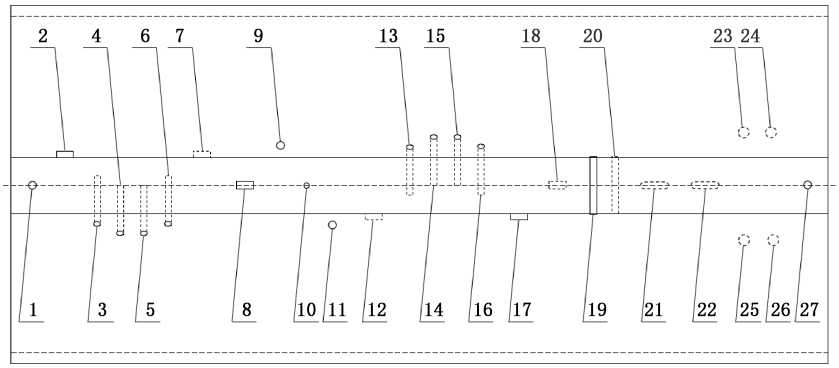
18 ——内侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

19、20——内侧焊缝中心深度 50%处正反 45°方向平底孔，直径为 3.2 mm；

21、22——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)；

23、24——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)。

图 B.4 壁厚在 24 mm＜t≤32 mm 范围的对比样管



标引序号说明：

1、27 ——管端焊缝盲区竖通孔，直径为 3.2 mm；

2、17 ——外侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

3、16 ——焊缝上坡口面壁厚 25%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

4、15 ——焊缝钝边壁厚 42%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

5、14 ——焊缝钝边壁厚 58%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

6、13 ——焊缝下坡口面壁厚 75%位置平底孔，直径为 3.2 mm；

7、12 ——内侧焊趾处纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

8 ——外侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

9、11 ——距焊趾一定距离竖通孔，直径为 3.2 mm；

10 ——焊缝中心竖通孔，直径为 1.6 mm；

18 ——内侧焊缝中心纵向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

19 ——外侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

20 ——内侧焊缝横向刻槽，N5 刻槽：长度与焊缝宽度相同，宽度最大为 1 mm，深度为壁厚的 5%且最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm；

21、22——内侧焊缝中心深度 50%处正反 45°方向平底孔，直径为 3.2 mm；

23、24——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)；

25、26——内侧母材处不同埋深平底孔，直径为 6.0 mm(1 个埋深为 3 mm，另 1 个深度为 3 mm)。

图 B.5 壁厚在 32 mm＜t≤40 mm 范围的对比试样管

附 录 C
（规范性）
人工反射体

人工反射体的制作应符合下列规定。

a） 内/外表面沿焊缝长度方向，位于内/外焊趾处表面纵向 N 型刻槽。其长度应为 25.0 mm，宽度最大 1 mm，深度为壁厚的 5%；最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm。主要用于模拟内/外咬边、向表面延伸的未熔合、内外焊趾裂纹，见图 C.1 a）。

b） 内/外表面沿焊缝长度方向，位于内/外焊缝中心线表面纵向 N 型刻槽。其长度应为 25.0 mm，宽度最大 1 mm，深度为壁厚的 5%；最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm。主要用于模拟内/外焊缝表面裂纹、未熔合，见图 C.1 b）。

c） 坡口面设置平底孔，主要用于模拟坡口未熔合，其直径应为 3.2 mm 的平底孔，平底孔的中心线应垂直于坡口面，平底孔位置应保证与相邻平底孔声束覆盖与重叠，见图 C.1 c）。

d） 钝边设置平底孔，主要用于模拟中间未焊透，其直径应为 3.2 mm 的平底孔，平底孔的中心线应垂直于钝边，平底孔位置应保证与相邻平底孔声束覆盖与重叠，见图 C.1 d）。

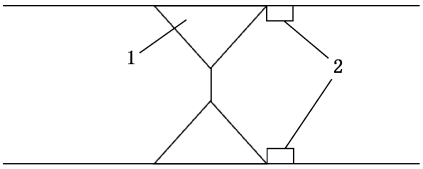
e） 焊缝中心钻一个直径为 1.6 mm 或 3.2 mm 的竖通孔，见图 C.1 e）。直径为 1.6 mm 的竖通孔主要用于调节扫查灵敏度及确定闸门的终点和焊缝中心线的位置，该孔中心线应与焊缝截面中心线相重合且垂直于管壁。直径为 3.2 mm 的竖通孔用于确定管端未检测区域长度。

f） 距离焊趾壁厚 30%（最大为 10 mm，最小为 5 mm）的母材位置钻直径为 3.2 mm 的竖通孔。主要用于设置闸门宽度起点的位置，见图 C.1 f）。

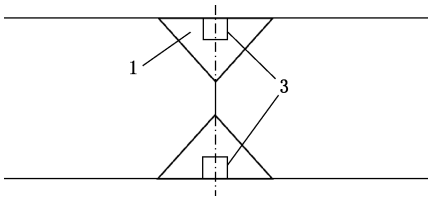
g） 内/外表面垂直于焊缝，位于内/外焊缝表面横向 N5 型刻槽。主要用于调节焊缝表面横向缺欠检测灵敏度，长度与内/外焊缝宽度相同，宽度最大 1 mm，深度为壁厚的 5%；最小为 0.3 mm，最大为 2.0 mm，见图 C.1 g）。

h） 内表面焊缝中心线上，45°方向钻 2 个直径为 3.2 mm 平底孔，1 个向前方，1 个向后方，深度为壁厚一半，主要用于调节焊缝内部横向缺欠检测灵敏度，见图 C.1 h）。

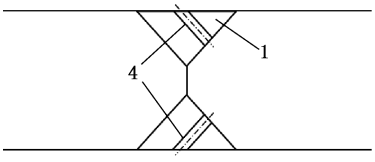
i） 内表面焊缝两侧距离焊趾 12.5 mm 平底孔。主要用于调节焊缝两侧距离焊趾 25 mm 范围内分层的检测灵敏度，平底孔直径通常为 6.0 mm，1 个埋藏深度为 3.0 mm，1 个钻孔深度 3.0 mm，主要用于确定探头近场和远场尺寸及调节检测灵敏度，见图 C.1 i）和图 C.1 j）。如板边经过超声分层检测，可不设置此类型人工反射体。



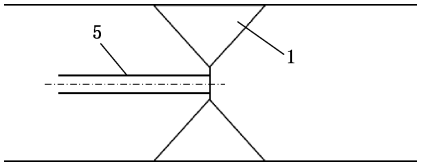
a） 内外表面焊趾处纵向刻槽



b） 内外表面焊缝中心线处纵向刻槽

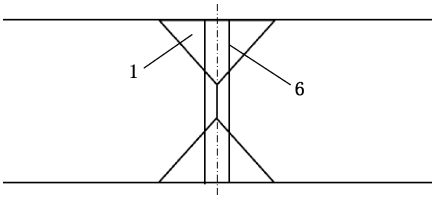


c） 焊缝坡口面处平底孔

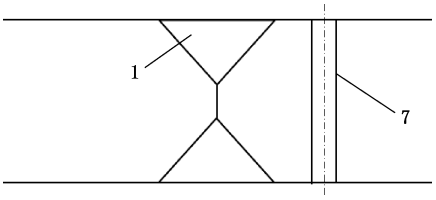


d） 钝边处平底孔

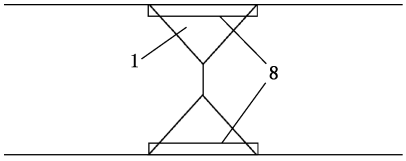
图 C.1 对比样管单侧人工反射体图



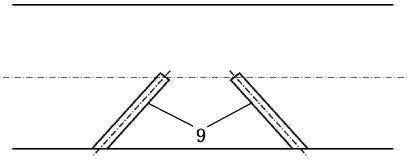
e） 焊缝中心线处竖通孔



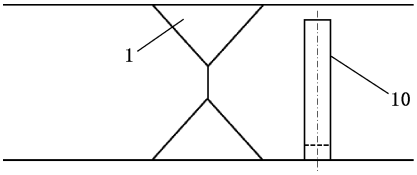
f） 距焊趾一定距离处竖通孔



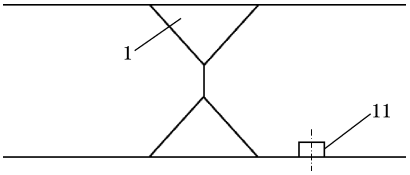
g） 内外表面处横向刻槽



h） 内表面焊缝中心线 45°方向处平底孔



i） 内表面距焊趾一定埋深处平底孔（深）



j） 内表面距焊趾一定埋深处平底孔（浅）

标引序号说明：

1 ——焊缝；

2 ——焊趾处纵向刻槽；

3 ——焊缝中心线处纵向刻槽；

4 ——坡口面处平底孔；

5 ——钝边处平底孔；

6 ——焊缝中心线处竖通孔；

7 ——距焊趾一定距离处竖通孔；

8 ——内外表面处横向刻槽；

9 ——内表面焊缝中心线 45°方向处平底孔；

10、11——内表面距焊趾一定埋深处平底孔。

图 C.1 对比样管单侧人工反射体图（续）

附 录 D
（资料性）
人工反射体的硅橡胶覆型检验方法

人工反射体的硅橡胶覆型检验方法如下。

a） 用医用注射器抽取丙酮，冲洗干净人工反射体的内腔，并用热风干燥。

b） 用脱模剂微湿润的棉球，仔细轻檫内腔。

c） 按一定比例，将硫化剂加入所需数量的硅橡胶中，并搅拌均匀。

d） 将配好的胶液缓缓注入人工反射体的内腔。为便于取出覆型物，在灌胶后应插入一段刚性细金属丝。

e） 将灌好胶的试块立即移入真空箱中抽真空，抽真空开始后，视胶液排气情况反复破真空、抽真空 2 次～3 次，胶液中气泡排净后，可将试块取出，放置于室温空气中固化。

f） 待胶液完全固化后，小心取出覆型物，在显微镜下观测。

附 录 E
（资料性）
检测系统测试项目与方法

E.1 漏、误报率测试

用附录 B 的对比样管进行自动超声检测系统测试。在对比样管上所有人工反射体刚刚报警的基础上，可再提高 2 dB 的增益，以正常使用时的最高速度连续检测对比样管 25 次，分别记下人工反射体的漏、误报次数。对于多通道检测系统，各通道在人工反射体处均不报警，称为漏报，每漏报 1 个人工反射体记 1 次；任一通道在无人工反射体处报警称为误报，每次测试中，出现 1 次或 1 次以上的误报均记为 1 次。若在此之内出现的漏、误报次数较大，可将测试次数增加到 50 次。系统的漏报率不大于 1.5%，误报率不大于 3%。漏、误报率分别以公式(E.1)和公式(E.2)计算：

$$R_l = \frac{n_l}{n_r \times N} \times 100\% \qquad \cdots\cdots (E.1)$$

式中：

R_l ——漏报率；

n_l ——漏报人工反射体个数；

n_r ——对比试样人工反射体个数；

N ——测试次数。

$$R_e = \frac{n_e}{N} \times 100\% \qquad \cdots\cdots (E.2)$$

式中：

R_e ——误报率；

n_e ——误报次数；

N ——测试次数。

注 1：漏报次数：每次测试中，自动检测系统任一通道均未发现人工反射体的个数。

注 2：误报次数：每次测试中，在完好部位处出现 1 次及 1 次以上且当量尺寸大于人工反射体的报警记为 1 次。

注 3：因钢管表面质量或其他外部因素引起的固定误报不计入。

E.2 各通道灵敏度差测试

逐个测量各通道对同一探头、同一人工反射体波高达到荧光屏满刻度的 80%(或 60%)时，记下各通道的 dB 值，各通道的 dB 值差不大于 4 dB。

E.3 信噪比测试

调节设备各通道的衰减器，分别记下各通道在对比试块上同一人工反射体处刚刚报警时的 dB 值，该值即为检测规定灵敏度；再提高各通道的灵敏度，记下各通道噪声信号刚刚报警时的 dB 值，此值与检测规定灵敏度之差即为该通道的信噪比，每个通道测试 3 次，3 次结果如不相同，取最劣值，此值不小于 8 dB。

E.4 系统稳定性的测试

整套系统连续工作 8 h 后，重新用附录 B 中所示的对比样管在相同灵敏度和相同检测速度下测试，对比 8 h 前缺陷的检出情况，不应有新的漏检、误报。