

ICS 91.140.40
Q 82
备案号: 55018—2017

DB31

上海市地方标准

DB31/T 1058—2017

燃气用聚乙烯(PE)管道焊接接头 相控阵超声检测

Phased array ultrasonic testing for welding joint
of polyethylene(PE) pipe

2017-06-23 发布

2017-10-01 实施

上海市质量技术监督局 发布

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 方法概要	2
5 检测人员要求	4
6 检测设备要求	4
7 基本要求	6
附录 A (规范性附录) 对比试块 PE- I	7
附录 B (规范性附录) 对比试块 PE- II	8
附录 C (规范性附录) 电熔接头检测	9
附录 D (资料性附录) 电熔接头相控阵超声检测特征图谱	17
附录 E (规范性附录) 热熔接头检测	23
附录 F (资料性附录) 热熔接头相控阵检测特征图谱	29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由上海市质量技术监督局提出。

本标准由上海市特种设备监督检验技术研究院归口。

本标准起草单位：上海市特种设备监督检验技术研究院、上海海骄机电工程有限公司、上海燃气(集团)有限公司、上海市燃气行业协会、上海煤气第一管线工程有限公司。

本标准起草人：王胜辉、张俊、吴刚、印军华、罗晓明、陈江、张建华、郭伟斌、王敏敏、郑何康。

燃气用聚乙烯(PE)管道焊接接头 相控阵超声检测

1 范围

本标准规定了燃气用聚乙烯(PE)管道焊接接头相控阵超声检测的术语和定义、方法概要、检测人员要求、检测设备、基本要求、检测准备、检测系统的设置和校准、检测程序、检测数据的分析、缺陷评定及检测报告。

本标准适用于燃气用聚乙烯管道中公称直径为 40 mm~400 mm 的电熔接头和 75 mm~400 mm 的热熔对接接头的相控阵超声检测。其他聚乙烯管道中焊接接头的相控阵超声检测可参照执行。

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 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 15558.1 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第1部分:管材

GB/T 15558.2 燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第2部分:管件

GB/T 32563—2016 无损检测 超声检测 相控阵超声检测方法

TSG D 2002—2006 燃气用聚乙烯管道焊接技术规则

3 术语和定义

GB/T 12604.1、GB/T 15558.1、GB/T 15558.2 和 GB/T 32563—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焊接特征线 eigen-line

电熔接头超声图中电阻丝上方能够揭示熔融区边界的超声反射信号线。

3.2

电阻丝错位 wire dislocation

电阻丝不均匀排布或焊接过程中因电阻丝移位导致电阻丝分布不均匀的缺陷。

3.3

冷焊 cold welding

由于焊接输入热量不足,熔接界面上的分子未能扩散缠结或充分地扩散缠结而导致强度不足的缺陷。

3.4

过焊 over-heat welding

由于焊接输入热量过多导致接头材料降解,使得熔接的黏结性能下降的缺陷。过焊时,伴随着孔洞和电阻丝错位等缺陷的产生。

3.5

冷焊程度 the degree of cold welding

H

冷焊时,电熔接头的特征线与电阻丝的间距小于正常焊接接头。采用待检接头特征线与电阻丝的间距与正常焊接接头特征线与电阻丝的间距相比较,用减量百分比表征。

3.6

过焊程度 the degree of over-heat welding

H'

过焊时,电熔接头的特征线与电阻丝的间距大于正常焊接接头。采用待检接头特征线与电阻丝的间距与正常焊接接头特征线与电阻丝的间距相比较,用增量百分比表征。

3.7

电阻丝直径 the resistance wire diameter

d

在超声检测图像中,管件上预埋电阻丝显示的直径。

3.8

电阻丝错位量 the resistance wire displacement

x

电阻丝移开正常位置的最大距离。

4 方法概要

4.1 检测原理与特点

本标准提及的相控阵超声检测概念为工业探伤用相控阵超声检测技术,并简称为“相控阵”。虽然相控阵超声检测技术属于超声波脉冲反射法检测范畴,但是在声场特性、检测应用、信号处理与成像、性能和功能等许多方面,相控阵与常规超声波脉冲反射法有很大不同。

相控阵超声检测使用的探头是由若干压电晶片组成阵列换能器,通过电子系统控制阵列中的各个晶片按照一定的延时法则发射和接收超声波,从而实现声束的扫描、偏转与聚焦等功能(如图 1)。

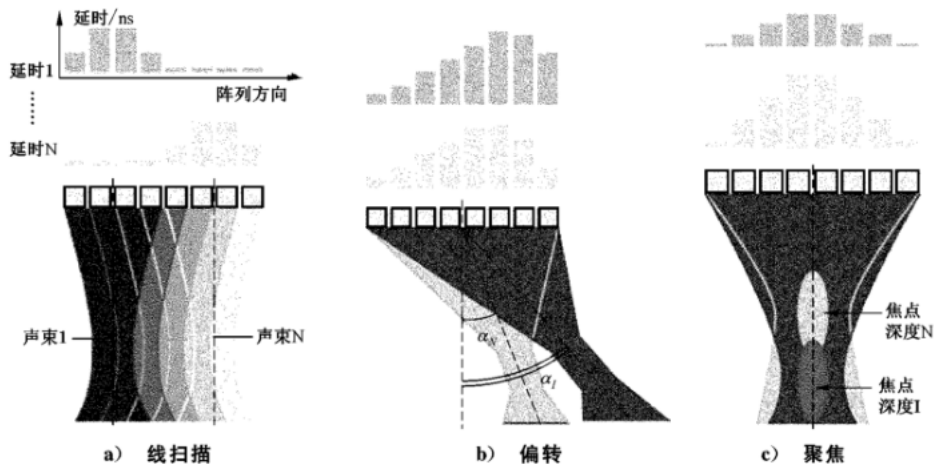


图 1 相控阵原理图

利用扫描特性,相控阵技术可以在探头不移动的情况下实现对被检测区域的扫描;利用偏转特性,

相控阵技术既可以在探头不移动的情况下实现对被检测区域的扫查,而且又可以同时激发多角度声束对检测区域进行较大面积覆盖,从而提高检测效率及缺陷检出率;利用聚焦特性,相控阵技术可以提高声场信号强度、回波信号幅度和信噪比,从而提高缺陷检出率,以及缺陷深度、长度的测量精度。

相控阵检测系统,能够实现检测全过程信号的记录。通过对信号进行处理,系统能生成和显示不同方向投影的高质量的图像。

4.2 相控阵的声场特性

相控阵声场中除了对检测有利的主瓣外,还包含有可能对检测不利的旁瓣和栅瓣(如图2)。

主瓣是指主声束指向角的声压分布形成的波束。

旁瓣是由于不同给定角度(偏离主瓣)的阵列单元漏射导致的,在主瓣周围对称分布的声压较小的波束,旁瓣声轴与主瓣声轴形成大小不同的角度,最靠近主瓣的旁瓣称为第一旁瓣。栅瓣是由于指对阵列单元均匀取样信号叠加产生的声压所致。栅瓣幅度取决于相邻晶片间距、晶片数、频率及带宽。一般可通过以下方法可减少栅瓣的影响:

- a) 降低频率;
- b) 减小晶片间距;
- c) 增加一次激发的晶片数;
- d) 减小扫查范围(加用斜楔);
- e) 增大带宽。

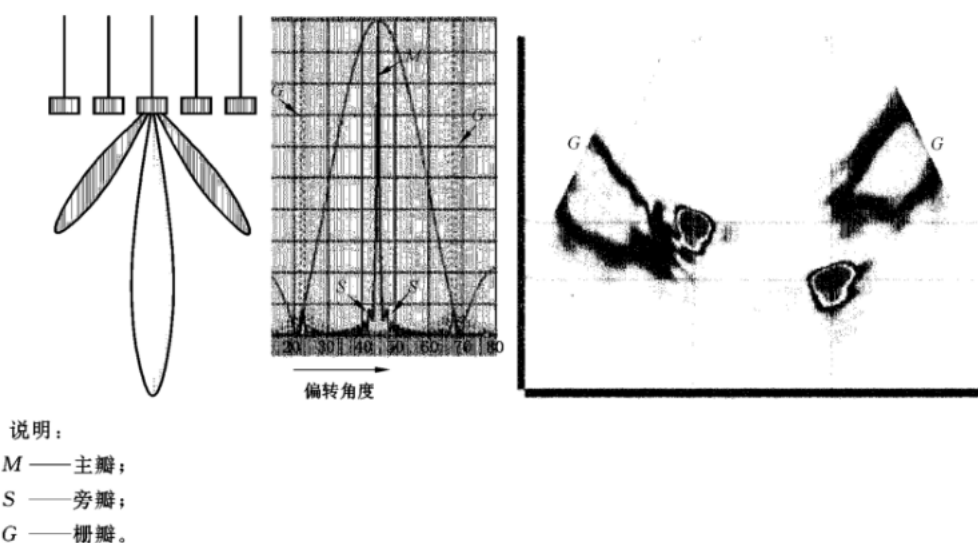


图2 主瓣、旁瓣、栅瓣示意图

4.3 相控阵探头参数对声场的影响

4.3.1 单个晶片的宽度 a 或晶片间距 c 的影响

单个晶片的宽度 a 或晶片间距 c 影响声场的主声束波幅、偏转能力,以及栅瓣的产生。一般要求: $a < \lambda/2$, 并保持 $c < 0.67\lambda$, 以避免偏转角度增大时产生栅瓣。特殊情况下可以采用 c 大于波长的设计, 但此时扇扫的偏转程度受限制。

4.3.2 激发孔径的影响

激发孔径将影响孔径整体的发射强度、近场区长度以及声束的截面形状。同一探头激发孔径越大需激发的晶片数量越多,则孔径整体的超声发射强度越大,同时近场区长度越大则可聚焦的深度范围越大。焊缝检测时一般不应在焊缝中产生焦点,因此为减小近场区对缺陷定量的影响,不应选择过大的激发孔径。但过小的激发孔径使整体发射强度过小而导致穿透能力不够,且使得激发孔径的两个方向的尺寸相差悬殊,使声束截面扁长不利于检测覆盖。

4.3.3 阵列类别的影响

相控阵探头分为:线阵探头[如图 3a)]、矩阵探头[如图 3b)]、凹阵探头[如图 3c)]、凸阵探头[如图 3d)],以上四种探头外的称为特殊构象探头。

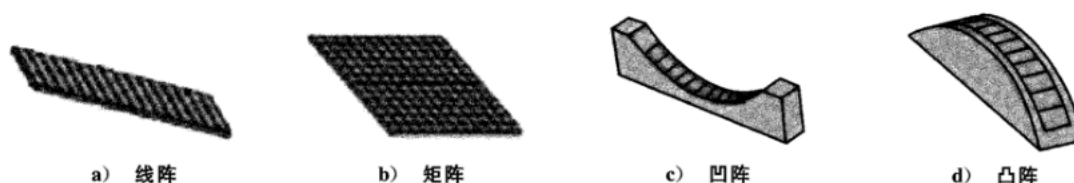


图 3 相控阵阵列示意图

图 3 中 a)、c)、d)均为一维相控阵探头、b)为二维相控阵探头。通过软件对每个晶片的延时控制,一维相控阵探头可实现声场在一维的方向偏转,二维相控阵探头可实现声场在二维的方向偏转。在每个晶片同时激发的情况下,凹阵探头可使声场自然聚焦,凸阵探头可使声场自然发散。

4.4 相控阵的扫查

相控阵的扫查包括电子扫查和机械扫查。电子扫查分为扇扫描、线扫描等,机械扫查分为沿线扫查和栅格扫查,检测过程中电子扫查和机械扫查可结合并同时。沿线扫查一般结合扇扫描或线扫描,并配合与探头相连的编码器进行。其特点是能够快速得到并记录焊缝整体信息,通过数据处理可形成 B 型、C 型、D 型显示,但在单次扫查时焊缝纵剖面上任一点只有一个角度声束覆盖。

栅格扫查一般结合扇扫描进行。其特点是可实现对某一焊缝截面任一点进行多角度声束覆盖,以得到缺陷表面状态及倾斜角度的信息,但其效率低,不能对焊缝整体进行成像。

5 检测人员要求

5.1 检测人员应按 GB/T 9445 的要求进行超声检测资格鉴定,并取得相应等级的证书。取得各级别的超声检测人员,只能从事与该资格级别相应的无损检测工作,并负相应的技术责任。

5.2 检测人员应了解燃气用聚乙烯管道的特性、制造工艺和焊接工艺,通过聚乙烯管道焊接接头相控阵超声检测专业技术培训,并能独立进行聚乙烯管道焊接接头相控阵超声检测。

5.3 检测人员应得到聘用单位的工作授权。

6 检测设备要求

6.1 相控阵超声检测设备

相控阵超声检测设备包括主机、探头、软件、扫查装置和附件,上述各项应成套或单独具有产品合格

证或制造厂出具的合格文件。

6.2 相控阵超声仪器

6.2.1 相控阵超声仪器应为计算机控制的含有多个独立的脉冲发射/接收通道的脉冲反射型仪器,其放大器的增益调节步进不应大于 1 dB。

6.2.2 相控阵超声仪器应配备与其硬件相匹配的延时控制和成像软件。

6.2.3 -3 dB 带宽下限不高于 1 MHz 上限不低于 15 MHz。

6.2.4 采样频率不应小于探头中心频率的 6 倍。

6.2.5 波幅模数转换位数应不小于 8 位。

6.2.6 仪器的水平线性误差不大于 1%,垂直线性误差不大于 5%。

6.2.7 所有激励通道的发射脉冲电压具有一致性,最大偏移量应不大于设置值的 5%。

6.2.8 各通道的发射脉冲延迟精度不大于 5 ns。

6.3 软件

6.3.1 仪器至少应有 A 型、S 型、B 型、C 型显示的功能,且具有在扫描图像上对缺陷定位、定量及分析功能,在二维图像中以亮度(或色彩)表示回波幅度。

6.3.2 能够存储、调出 A 型、S 型、B 型、C 型图像,并能将存储的检测数据复到外部存储空间中。

6.3.3 仪器软件应具有聚焦法则计算功能、ACG 校准功能,以及 TCG(或 DAC)校准功能。

6.3.4 仪器的数据采集和扫查装置的移动同步,扫查步进值应可调,其最小值应不大于 0.5 mm。

6.3.5 仪器应能存储和分辨各 A 扫描信号之间相对位置的信息,如编码器位置。

6.3.6 离线分析软件中应能对检测时关键参数设置进行查看。

6.4 相控阵探头

6.4.1 相控阵探头应由多个晶片(不少于 32 个)组成阵列,探头可加装用以辅助声束偏转的楔块或延迟块。

6.4.2 探头实测中心频率与标称频率间的误差应不大于 10%。

6.4.3 探头 -6 dB 频带宽度不小于 60%。

6.5 仪器的校准

相控阵超声仪器应定期校准,校准周期为 1 年。

除另有规定外,相控阵仪器校准结果应符合以下要求:

- a) 工作频率范围为 2 MHz~10 MHz;
- b) 应具有 80 dB 以上的连续可调的衰减器;
- c) 水平线性偏差不大于 1%;
- d) 垂直线性偏差不大于 5%;
- e) 增益范围不小于 30 dB;
- f) 在达到所探工件的最大检测声程时,其有效灵敏度余量应不小于 10 dB。

6.6 扫查装置

6.6.1 探头夹持部分在扫查时应能保证声束朝向与焊缝长度方向夹角不变。

6.6.2 导向部分应能在扫查时使探头运动轨迹与拟扫查轨迹保持一致。

6.6.3 扫查装置应具有确定探头位置的功能,可通过步进电机或位置传感器实现对位置的探测与控制,位置分辨率应符合工艺要求。

6.7 耦合剂

对表面平整的焊接接头,应采用透声性好,且不损伤检测表面的耦合剂,如浆糊、甘油和水等。

对表面不平整的焊接接头,应采用其声速与聚乙烯材料相同或接近,声阻抗与聚乙烯材料相差不大的耦合剂。

6.8 试块

6.8.1 对比试块

应采用与被检焊接接头材料声学性能相同或近似的材料制成,该材料内不得有大于或等于 $\phi 1\text{ mm}$ 平底孔当量的缺陷。对比试块有 PE-I、PE-II,其规格尺寸和要求分别见附录 A、附录 B。

6.8.2 模拟试块

模拟试块的外形尺寸应能代表被检工件的特征,试块厚度应与被检工件厚度相对应,也可采用完好的焊接接头制作模拟试块,试块中的反射体可以是人工缺陷。

7 基本要求

7.1 宏观检查

检测前,焊接接头应经宏观检查并合格。宏观检查按 TSG D2002—2006 的要求执行。

7.2 相控阵超声检测工艺文件

7.2.1 应根据本标准编制相控阵超声检测工艺规程。

7.2.2 检测前,应根据被检工件情况参照本标准及工艺规程编制操作指导书,电熔接头检测要求见附录 C,热熔接头检测要求见附录 E。

7.2.3 操作指导书至少应包括如下内容:

- a) 被检工件情况;
- b) 检测设备器材;
- c) 检测准备:包括确定检测区域、探头及楔块的选取和设置、机械扫查及电子扫描的选择、探头位置的确定、扫查面的确定、扫查面的准备等;
- d) 检测系统的设置和校准;
- e) 扫查和数据采集;
- f) 数据分析、缺陷评定与出具报告。

7.3 工艺验证试验

7.3.1 工艺验证试验在模拟试块上进行,将拟采用的操作指导书应用到模拟试块上。工艺验证试验结果应确保能够清楚地显示和测量模拟试块中的缺陷或反射体。

7.3.2 对每一种规格的焊接接头,应加工典型焊接缺陷,检测时应能确保模拟试块中典型缺陷能可靠检出。

7.3.3 电熔接头相控阵超声检测特征图谱见附录 D,热熔接头相控阵超声检测特征图谱见附录 F。

附录 A
(规范性附录)
对比试块 PE-I

A.1 对比试块 PE-I 用于声束校准、TCG 修正和调整检测灵敏度。试块应由与被检工件同质的或声学相似的材料制成,试块的尺寸规格见图 A.1,试块的表面粗糙度应与被检工件相接近,试块的检测面为平面或带有一定曲率半径的曲面,在试块的不同深度位置上含有 6 个排列不均匀的预埋金属丝。

单位为毫米

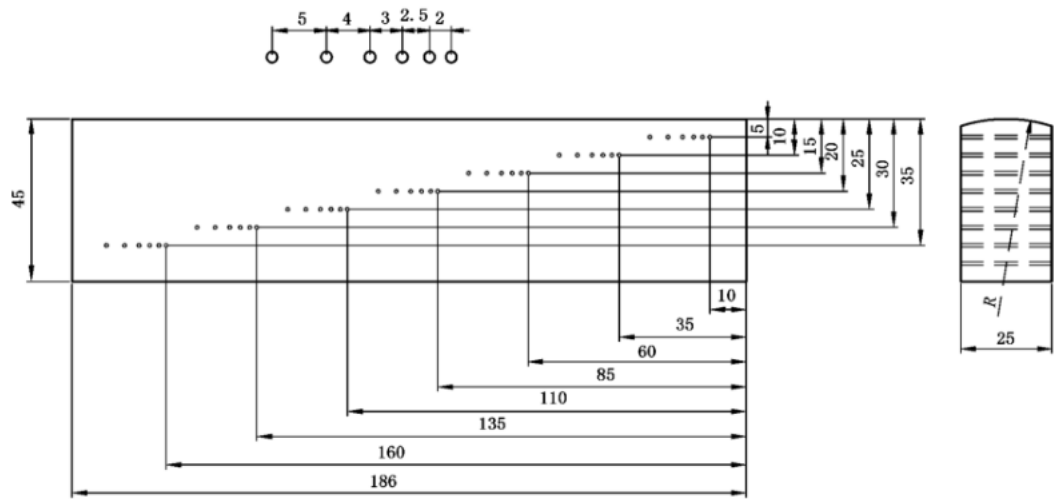


图 A.1 对比试块 PE-I

试块的型号、相应的曲率半径和适用的焊接接头范围见表 A.1 的规定。

表 A.1 试块圆弧曲率半径

试块型号	试块圆弧曲率半径 R mm	适用的电熔接头范围(公称直径) mm	适用的热熔接头范围(公称直径) mm
PE-I -1	30	40~90	75~110
PE-I -2	60	90~180	110~200
PE-I -3	平面	>180	>200

A.2 对比试块加工应符合下列要求:

- a) 预埋金属丝应平行于底面。
- b) 试块长度、高度、宽度、金属丝位置应符合图 A.1,尺寸精度为 $\pm IT12$ 。
- c) 金属丝的直径: $\phi 1\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$ 。

附 录 B
(规范性附录)
对比试块 PE-Ⅱ

B.1 对比试块 PE-Ⅱ用于相控阵检测系统定位精度测试和 ACG 修正。试块应由与被检工件同质的或声学相似的材料制成,试块的尺寸规格见图 B.1,试块的表面粗糙度应与被检工件相接近,试块的检测面为平面,在以检测面为中心的 $R25\text{ mm}$ 半圆弧上均匀预埋 35 根 $\phi 1\text{ mm}$ 金属丝。

单位为毫米

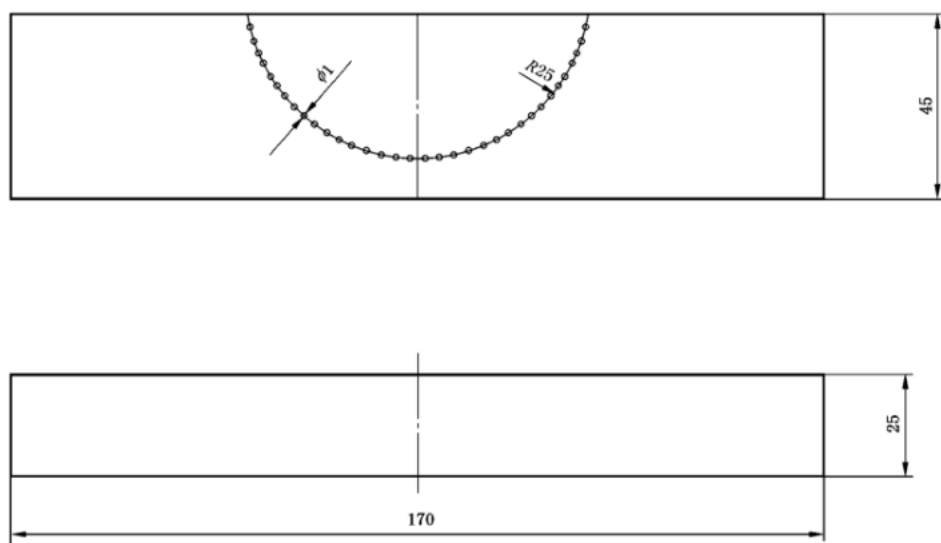


图 B.1 对比试块 PE-Ⅱ

B.2 对比试块加工应符合下列要求:

- a) 预埋金属丝应平行于测试表面。
- b) 试块长度、高度、宽度、金属丝位置应符合图 B.1,尺寸精度为 $\pm \text{IT}12$ 。
- c) 金属丝的直径: $\phi 1\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$ 。

附录 C
(规范性附录)
电熔接头检测

C.1 检测准备

C.1.1 检测区域

检测区域应包含焊缝本身宽度加上两侧各 5 mm 的母材。

C.1.2 扫查方式选择

选用沿线扫查+线扫描进行检测,线扫描角度为 0°。

C.1.3 探头的选择

- C.1.3.1 聚乙烯管道电熔接头相控阵超声检测用探头采用一维线阵直探头。
- C.1.3.2 探头声束汇聚区范围应能满足检测聚乙烯管道电熔接头内缺陷深度的要求。
- C.1.3.3 探头激发孔径长度应覆盖单边电熔接头的检测区域。
- C.1.3.4 为了使探头与管件外圆弧面有良好的耦合,探头激发孔径宽度应小于 10 mm。
- C.1.3.5 探头频率应根据管件厚度选定。不同管件厚度范围适用的探头频率见表 C.1。

表 C.1 不同管件厚度适用的探头频率

管件厚度 e/mm	频率 f/MHz
$3 < e \leq 10$	5~10
$10 < e \leq 20$	4~6
$e \geq 20$	2.25~5

C.1.4 探头的布置及软件设置

C.1.4.1 探头的布置

采用线扫描对焊缝进行覆盖,探头平行于管件轴线,周向移动做沿线扫查(如图 C.1)。

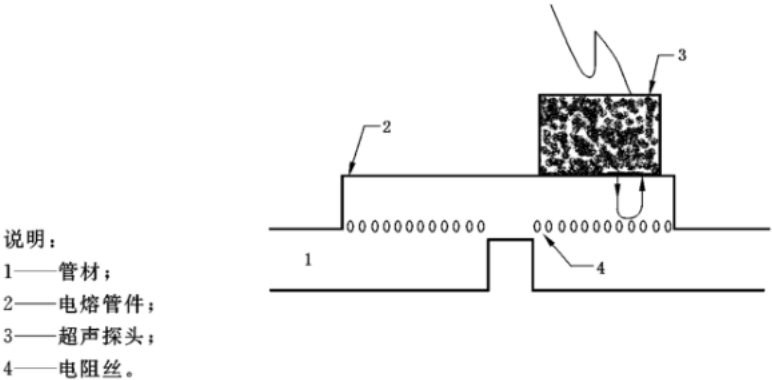


图 C.1 探头的布置

C.1.4.2 聚焦设置

焊缝初始扫查聚焦深度应设置在工件中最大探测声程处。

在对缺陷进行精确定量时,或对特定区域检测需要获得更高的灵敏度和分辨率时,可将焦点设置在该区域。

C.1.5 扫查面准备

C.1.5.1 检测时机

聚乙烯管道的电熔接头应在焊接工作完成,自然冷却 2 h 后进行检测。

C.1.5.2 电熔焊接接头

电熔焊接接头应符合以下要求:

- a) 采用管材应符合 GB/T 15558.1 的要求,管件应符合 GB/T 15558.2 的要求;
- b) 接头应该是持证焊工按经评定合格的焊接工艺进行组装、施焊的;
- c) 接头宏观检查合格,接头的表面应尽量平整、干净,不影响探头与工件的声耦合。

C.1.5.3 表面清理

所有影响超声检测的污物等应予以清除。

C.1.5.4 扫查面标记

检测前应在工件扫查面上予以标记,标记内容至少包括扫查起始点和扫查方向。

C.1.6 耦合剂

C.1.6.1 耦合剂选用应符合 6.7 的要求。

C.1.6.2 实际检测采用的耦合剂应与检测系统设置和校准时的耦合剂相同。

C.1.7 检测温度

C.1.7.1 应确保在规定的温度范围内进行检测。

C.1.7.2 若温度过低或过高,应采取有效措施避免。若无法避免,应评价其对检测结果的影响。

C.1.7.3 系统校准与实际检测间的温度差应控制在 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内。

C.1.7.4 采用常规探头和耦合剂时,工件的表面温度范围为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。超出该温度范围,可采用特殊探头或耦合剂,并通过实验验证。

C.2 检测系统的设置和校准

C.2.1 线扫描的校准

C.2.1.1 采用线扫描检测前,应对线扫描角度 0° 时的声束校准,校准的声程范围应包含实际检测拟使用的声程范围。

C.2.1.2 校准采用 PE-I 试块;

C.2.1.3 线扫描 TCG 修正后不同深度处相同反射体回波波幅应一致,且经最大补偿的声束回波的信噪比不应小于 6 dB。

C.2.2 灵敏度设置

C.2.2.1 采用 TCG 方式校准灵敏度,使用 PE-I 系列试块进行。

C.2.2.2 扫查灵敏度的确定

扫查灵敏度由工艺验证试验确定,一般将 $\phi 1\text{ mm} \times 25\text{ mm}-4\text{ dB}$ 设置为满屏高度的 80%~95%,作为扫查灵敏度。

C.2.3 位置传感器的校准

C.2.3.1 检测前应对位置传感器进行校准。

C.2.3.2 校准方式是使扫查装置移动一定的距离(不小于 500 mm),对检测设备所显示的位移与实际位移进行比较,其误差应小于 1%,最大不超过 10 mm。

C.2.4 检测系统的复核

C.2.4.1 检测系统的复核包括对灵敏度复核及定位精度复核,在如下情况时应应对检测系统进行复核:

- 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时;
- 检测人员怀疑扫查灵敏度有变化时;
- 连续工作 4 h 以上时;
- 工作结束时。

C.2.4.2 复核应采用与初始检测设置时的同一试块。若复核时发现与初始检测设置发生偏离,则按照表 C.2 规定执行。

表 C.2 偏离和纠正

灵敏度	偏离 $\leq 3\text{ dB}$	通过软件进行纠正
	偏离 $> 3\text{ dB}$	应重新设置,并重新检测上次校准以来所检测的焊缝
声程	偏离 $\leq 1\text{ mm}$	不需要采取措施
	偏离 $> 1\text{ mm}$	应找出原因重新设置。若在检测中或检测后发现,则纠正后应重新检测上次校准以来所检测的焊缝

C.3 检测程序

C.3.1 依照工艺设计将检测系统的硬件及软件置于检测状态。

C.3.2 在待检的电熔接头上使用耦合剂。

C.3.3 将探头摆放到要求的位置,沿工艺设定的路径进行扫查。探头移动轨迹与设定轨迹不得超过 3 mm。

C.3.4 扫查时应保证扫查速度不大于 30 mm/s,扫查步进不大于 1.0 mm。

C.3.5 扫查停止位置应超过起始位置至少 20 mm;若需对焊缝进行分段扫查,则各段扫查区的重叠范围至少为 20 mm。

C.3.6 由于电熔管件接线柱阻碍探头的移动,自动扫查时应避开。

C.3.7 扫查过程中应保持稳定的耦合,有耦合监控功能的仪器可开启此功能,若怀疑耦合不好,应重新扫查该段区域。

C.4 检测数据的分析

C.4.1 检测数据的有效性评价

C.4.1.1 分析数据之前应对所采集的数据进行评估以确定其有效性,数据至少应满足以下要求:

- a) 数据是基于扫查步进的设置而采集的;
- b) 采集的数据量满足所检测焊缝长度的要求;
- c) 数据丢失量不得超过整个扫查的 5%,且不允许相邻数据连续丢失;
- d) 扫查图像中耦合不良不得超过整个扫查的 5%,单个耦合不良长度不得超过 2 mm。

C.4.1.2 若数据无效,应纠正后重新进行扫查。

C.4.2 缺陷的定性

C.4.2.1 根据 B 型显示,结合 A 扫描显示,对缺陷的性质进行分析。

C.4.2.2 依据缺陷的位置、显示图像,对照附录,确定缺陷的性质。

C.4.2.3 电熔接头缺陷性质包括:

- a) 接头中的孔洞;
- b) 熔接面夹杂,如夹物、油污、氧化皮未刮等;
- c) 冷焊;
- d) 过焊;
- e) 电阻丝错位;
- f) 管材承插不到位。

C.4.3 缺陷的表征

C.4.3.1 熔合面夹杂

以 B 型显示和 C 型显示的图像中缺陷成像尺寸作为缺陷尺寸。

熔合面夹杂缺陷为面积型缺陷,将其表征为由其外接矩形之长和宽围成的矩形。如图 C.2 所示,图 C.2 中缺陷所在的面为聚乙烯电熔接头的熔合面, L 表示聚乙烯电熔接头单边熔合区长度。 X 为缺陷矩形的轴向方向上的边长, Y 为缺陷矩形的周向方向上的矩形边长。

当存在两个以上的熔合面缺陷相邻时,应考虑熔合面缺陷之间的相互影响。当相邻缺陷间距小于等于较短缺陷尺寸时,应作为一个缺陷处理,间距也应计入缺陷长度。

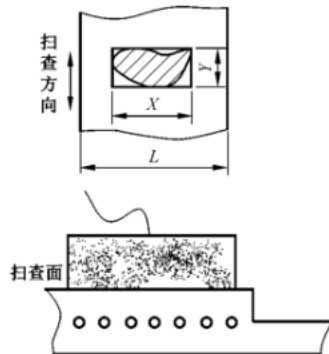


图 C.2 熔接面缺陷的表征

C.4.3.2 孔洞

孔洞缺陷为体积型缺陷,应表征其长度 X 、宽度 Y 和孔洞自身高度 h 。其表征长度 X 和宽度 Y 的方法与 C.4.3.1 相同,孔洞自身高度 H 采用电熔接头纵向截面的二维超声波图像中该缺陷显示最大高度表示。

C.4.3.3 电阻丝错位

采用电阻丝错位量来表征电阻丝错位的严重程度(图 C.3)。图 C.3 为聚乙烯电熔接头的轴向剖面图。图 C.3b)中, $x_1, x_2 \dots$ 为电阻丝偏离其正常位置的垂直距离,取其最大值作为电阻丝错位缺陷的计算尺寸,见式(C.1)。

$$x = \max(x_1, x_2 \dots) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

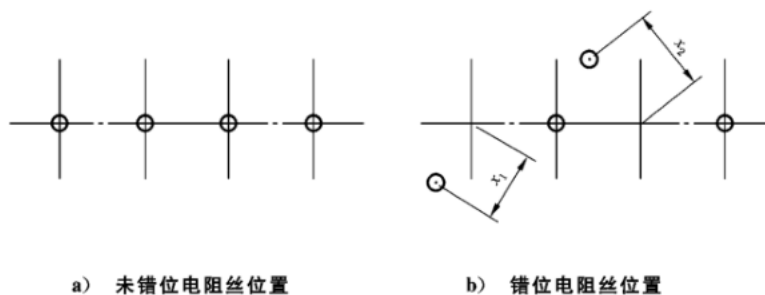


图 C.3 电阻丝错位的表征

C.4.3.4 冷焊

采用特征线与电阻丝间距离变小的百分比来表征冷焊的严重程度:

- a) 对正常焊接输入热量的电熔接头进行检测,获得截面的超声成像图,测得该图像中的特征线与电阻丝之间的距离 l ;
- b) 对待测电熔接头进行检测,获得截面的超声成像图,测得该图像中的特征线与电阻丝之间的距离 l' ;
- c) 将 l 和 l' 代入式(C.2)计算电熔接头的冷焊程度 H 。

$$H = \left(1 - \frac{l'}{l}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

C.4.3.5 过焊

C.4.3.5.1 过焊主要呈现以下特征:

- a) 特征线之间的距离比正常大;
- b) 特征线弯曲或亮度发生变化;
- c) 在接头中容易产生空洞。

过焊按孔洞、电阻丝错位量和过焊程度来表征。

C.4.3.5.2 过焊程度表征

采用特征线与电阻丝间距离变大的百分比来表征过焊的严重程度:

- a) 对正常焊接输入热量的电熔接头进行检测,获得截面的超声成像图,测得该图像中的特征线与电阻丝之间的距离 l ;

- b) 对待测电熔接头进行检测,获得截面的超声成像图,测得该图像中的特征线与电阻丝之间的距离 l' ;
- c) 将 l 和 l' 代入式(C.3)计算电熔接头的过焊程度 H' 。

$$H' = \left(\frac{l'}{l} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

注: l 和 l' 测量时取最大值和最小值的平均值。

C.5 缺陷评定

C.5.1 缺陷质量分级的依据

根据接头中存在的缺陷性质、数量和密切程度,其质量等级可划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级。

C.5.2 熔合面夹杂的质量分级

熔合面夹杂缺陷按表 C.3 的规定进行分级评定。

表 C.3 熔合面夹杂缺陷的质量分级

级别	与内冷焊区贯通的熔接面夹杂的缺陷长度	与内冷焊区不贯通的熔接面夹杂的缺陷长度
I	—	不大于标称熔合区长度 $L/10$
II	不大于标称熔合区长度 $L/10$	不大于标称熔合区长度 $L/5$
III	大于 II 级者	
注: L 为标称熔合区长度。		

C.5.3 孔洞

Ⅰ级、Ⅱ级电熔接头中不允许存在相邻电阻丝间有连贯性孔洞、与内冷焊区贯通的孔洞。孔洞缺陷按表 C.4 的规定进行分级评定。

表 C.4 孔洞缺陷的质量分级

级别	单个孔洞	组合孔洞
I	$X/L < 5\%$ 且 $h < 5\%T$	累计尺寸 $X/L < 10\%$ 且 $h < 5\%T$
II	$X/L < 10\%$ 且 $h < 10\%T$	累计尺寸 $X/L < 15\%$ 且 $h < 10\%T$
III	大于 II 级者	
注: X 为该缺陷在熔合面轴向方向上尺寸, L 为标称熔合区长度, T 为电熔接头管材壁厚, h 为孔洞自身高度。		

C.5.4 电阻丝错位

Ⅰ级、Ⅱ级电熔接头中不允许存在相邻电阻丝相互接触的缺陷。电阻丝错位缺陷按表 C.5 的规定进行分级评定。

表 C.5 电阻丝错位缺陷的质量分级

级别	电阻丝错位量
I	无明显错位
II	错位量小于电阻丝间距
III	大于 II 级者或相邻电阻丝相互接触

C.5.5 冷焊

冷焊缺陷按表 C.6 的规定进行分级评定。

表 C.6 冷焊缺陷的质量分级

级别	冷焊程度 H
I	小于 10%
II	小于 30%
III	大于 II 级者

C.5.6 过焊

C.5.6.1 过焊引起孔洞缺陷时,按 C.5.3 评定。

C.5.6.2 过焊引起电阻丝错位时,按 C.5.4 评定。

C.5.6.3 过焊缺陷按过焊程度进行分级评定时,按表 C.7 的规定进行分级评定。

表 C.7 过焊缺陷的质量分级

级别	过焊程度 H'
I	小于 20%
II	小于 40%
III	大于 II 级者

C.5.7 承插不到位

I 级、II 级电熔接头中不允许存在承插不到位缺陷。

C.5.8 综合评级

当接头中同时出现多种类型的缺陷时,以质量最差的级别作为接头的质量级别。

C.5.9 其他

接头的质量接受标准由合同双方商定,或参照有关规范执行。

C.6 检测报告

检测报告至少应包括以下内容：

- a) 委托单位和报告编号；
- b) 检测标准；
- c) 被检电熔接头：名称、编号、管材和管件型号、材质、规格、生产厂商、配套工程名称、表面状况；
- d) 检测设备：仪器名称、型号、编号、检测系统的校准时间、校准有效期，扫查装置、试块、耦合剂；
- e) 检测条件：检测工艺卡编号、探头参数、扫查方式、聚焦法则的设定、检测使用的波型、检测灵敏度、系统性能试验报告、温度；
- f) 检测示意图：探头扫查表面、检测区域以及所发现的缺陷位置和分布；
- g) 检测数据：数据文件名称、缺陷类型、位置与尺寸及缺陷部位的图像（B 扫描或 C 扫描等，以能够真实反映缺陷情况为原则）；
- h) 检测结果；
- i) 检测人员和责任人员签字及其技术资格等级；
- j) 检测日期。

附录 D
(资料性附录)
电熔接头相控阵超声检测特征图谱

D.1 正常焊接

正常焊接电熔接头超声图像中电阻丝排列规整,没有明显错位现象;电阻丝上方的特征线与电阻丝的间距正常;电熔管件内壁与管材融为一体,熔合面在图像上形成熔合线;熔合线在电阻丝下方一定距离处,与管件平行,由于受电阻丝信号的干扰,形成与电阻丝信号相连的粗细均匀的可见连接线,除电阻丝信号外,无明显变亮、变粗或消失的现象。管材内壁信号连续、清晰,熔接区域无其他明显信号显示。见图 D.1。

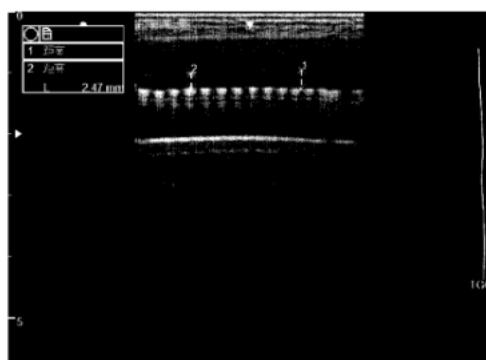


图 D.1 正常电熔接头相控阵超声检测图谱

D.2 熔合面夹杂

D.2.1 熔合面夹杂类型

熔合面夹杂属于面积型缺陷,位置在熔合线上。常见熔合面夹杂缺陷有:金属夹杂、非金属夹杂、泥砂夹杂、管材承插处外表面氧化皮未刮等。

D.2.2 熔合面有金属夹杂

金属夹杂在熔合线,形成图像的亮度与电阻丝相似;在缺陷的下方,造成管件内壁信号出现断开现象,见图 D.2。

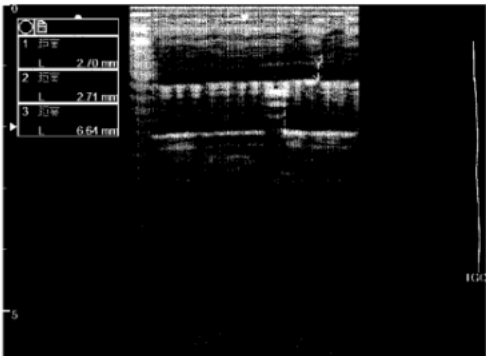


图 D.2 含有金属夹杂物的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.2.3 熔合面有非金属夹杂

油污夹杂在熔合线上，两电阻丝间的连线较正常接头亮和粗。见图 D.3。

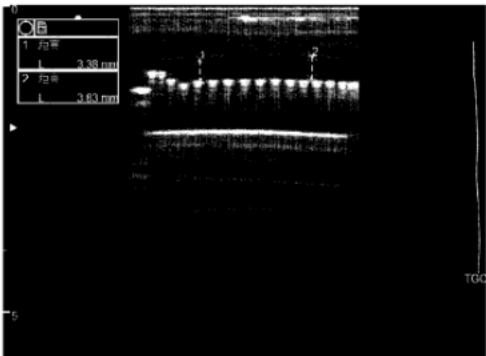


图 D.3 含有非金属夹杂物的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.2.4 熔合面氧化皮未刮

熔合面氧化皮未刮缺陷在熔合线上，两电阻丝间的连线较正常接头不清晰，甚至无连线显示。见图 D.4。

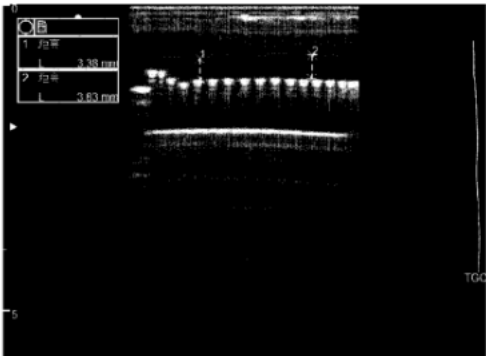


图 D.4 含有熔合面氧化皮未刮缺陷的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.3 电阻丝错位

电阻丝错位指原先均匀排布的电阻丝在焊接后发生了水平或垂直方向的位移。在电熔接头超声图像中,可通过判断检测截面上电阻丝的相对位置变化,判断电阻丝的错位程度。见图 D.5。



图 D.5 电阻丝错位的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.4 孔洞

D.4.1 孔洞类型

孔洞按出现的位置可分为熔合面孔洞和管材或管件孔洞。

D.4.2 熔合面孔洞

孔洞一般出现在电阻丝上端或电阻丝附近,焊接时间较长时,孔洞会出现在电阻丝之间。孔洞图像较清晰,出现严重孔洞时,在孔洞缺陷下方常会出现管材内壁信号缺失。见图 D.6。

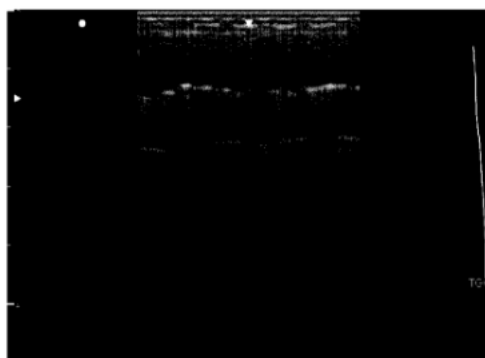


图 D.6 熔合面上含孔洞的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.4.3 管材或管件上的孔洞

此类空洞与电熔连接并无关系,它出现在管材或管件的内部。见图 D.7。

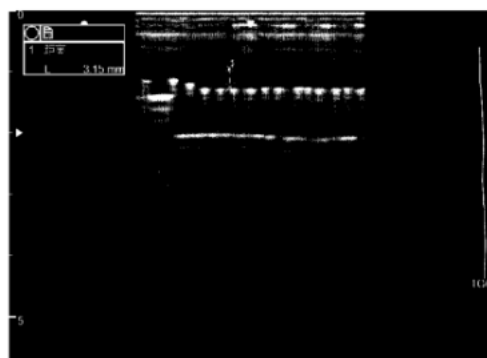


图 D.7 管材上含孔洞的电熔接头相控阵超声检测图谱

D.5 冷焊

冷焊接头超声图像中,特征线与电阻丝之间的距离小于正常焊接接头中特征线与电阻丝之间的距离。见图 D.8。

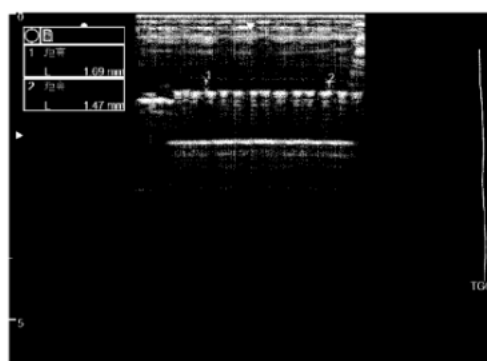


图 D.8 冷焊电熔接头相控阵超声检测图谱

D.6 过焊

在超声图像中过焊主要呈现以下主要特征:

- a) 特征线与电阻丝之间的距离大于正常焊接接头中特征线与电阻丝之间的距离;
- b) 发生电阻丝错位;
- c) 在接头中容易产生孔洞。

注:以上特征不一定同时出现。

见图 D.9。



图 D.9 过焊电熔接头相控阵超声检测图谱

D.7 管材承插不到位

管材承插不到位,在超声图像中显示管材插入端的内壁信号线未超过电阻丝内圈位置。见图 D.10。

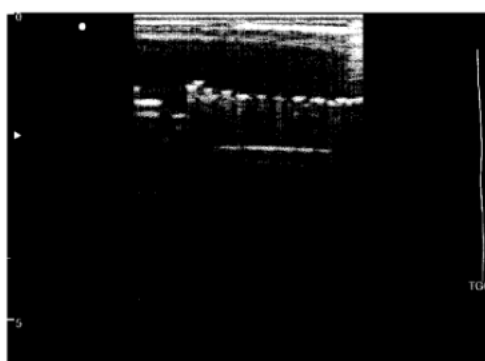


图 D.10 管材承插不到位电熔接头相控阵超声检测图谱

D.8 边界信号

通常电熔接头的边界总不是完美的,电熔接头内、外冷焊区会形成边界信号,接头外表面反射信号等这些信号不应该被包括在判定信号里。见图 D.11。

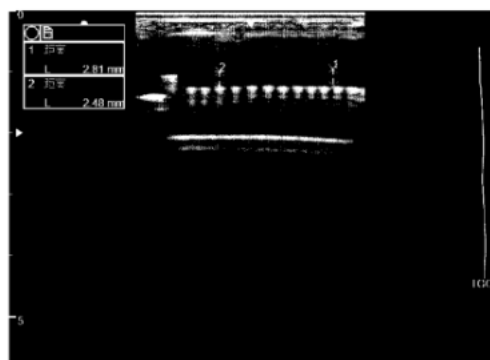


图 D.11 电熔接头相控阵超声检测图谱中的边界信号

附录 E
(规范性附录)
热熔接头检测

E.1 检测准备

E.1.1 检测区域

检测区域应包含焊缝本身宽度加上两侧各 5 mm 的母材。

E.1.2 扫查方式选择

选用沿线扫查+扇形扫描进行检测。对可疑部位,可采用结合锯齿、前后、左右、旋转、环绕等各种扫查方式进行检测。

E.1.3 探头的选择

- E.1.3.1 聚乙烯管道热熔接头相控阵超声检测用探头采用一维线阵斜探头。
- E.1.3.2 探头声束汇聚区范围应能满足检测聚乙烯管道热熔接头内缺陷深度的要求。
- E.1.3.3 探头激发孔径长度应满足:探头的检测区域应能覆盖整个热熔熔接截面,确保一次扫查在 S 显示中能形成完整的接头纵向截面图。
- E.1.3.4 探头激发孔径宽度应小于 10 mm,使探头与管件外圆弧面有良好的耦合。
- E.1.3.5 探头斜角通常为 45°或 60°,探头楔块应选用声速与聚乙烯相近的材料制作,推荐采用聚砒材料。
- E.1.3.6 探头频率应根据管材厚度选定。不同管材厚度范围适用的探头频率见表 E.1。

表 E.1 不同管材厚度适用的探头频率

管材厚度 e/mm	频率 f/MHz
$6 < e \leq 15$	5~10
$15 < e \leq 30$	4~6
$e \geq 30$	2.25~5

E.1.4 探头的布置及软件设置

E.1.4.1 探头的布置

采用扇扫描,探头平行于焊缝周向移动做沿线扫查(如图 E.1)。

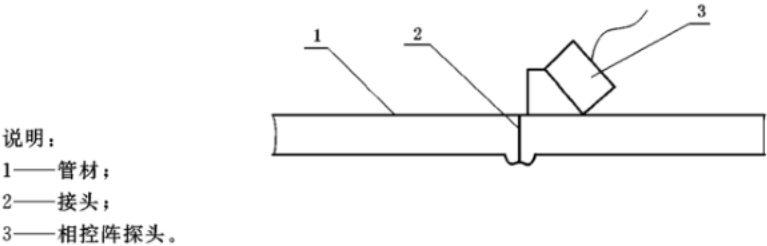


图 E.1 探头的布置

E.1.4.2 聚焦设置

焊缝初始扫查聚焦深度应设置在工件中最大探测声程处。

在对缺陷进行精确定量时,或对特定区域检测需要获得更高的灵敏度和分辨率时,可将焦点设置在该区域。

E.1.5 扫查面准备

E.1.5.1 检测时机

聚乙烯管道的热熔接头应在焊接工作完成,宏观检查合格和自然冷却 2 h 后进行检测。

E.1.5.2 热熔焊接接头

热熔焊接接头应符合以下要求:

- a) 采用管材应符合 GB/T 15558.1 的要求;
- b) 接头应该是持证焊工按经评定合格的焊接工艺进行组装、施焊的;
- c) 接头应经接头宏观检查和外卷边切除检查合格,接头的表面应尽量平整、干净,不影响探头与工件的声耦合。

E.1.5.3 表面清理

所有影响检测的污物应予以清除,卷边切除后表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性。

E.1.5.4 扫查面标记

检测前应在工件扫查面上予以标记,标记内容至少包括扫查起始点和扫查方向。

E.1.6 耦合剂

E.1.6.1 耦合剂选用应符合 6.7 的要求。

E.1.6.2 实际检测采用的耦合剂应与检测系统设置和校准时的耦合剂相同。

E.1.7 检测温度

E.1.7.1 应确保在规定的温度范围内进行检测。

E.1.7.2 若温度过低或过高,应采取有效措施避免。若无法避免,应评价其对检测结果的影响。

E.1.7.3 系统校准与实际检测间的温度差应控制在 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之内。

E.1.7.4 采用常规探头和耦合剂时,工件的表面温度范围为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。超出该温度范围,可采用特殊探头或耦合剂,并通过实验验证。

E.2 检测系统的设置和校准

E.2.1 扇扫描的校准

E.2.1.1 采用扇扫描检测前,应对扇扫描角度范围内的每一个声束校准,校准的声程范围应包含实际检测拟使用的声程范围。

E.2.1.2 校准时应进行 ACG 和 TCG 修正,为避免角度灵敏度差异,在校准前先进行 ACG 修正。

E.2.1.3 TCG 修正和校准采用 PE-I 系列试块。ACG 修正和校准采用 PE-II 系列试块。

E.2.1.4 扇扫描 TCG 修正后不同深度处相同反射体回波波幅应基本一致,且经最大补偿的声束回波

的信噪比不应小于 6 dB。

E.2.2 灵敏度设置

E.2.2.1 采用 TCG 方式校准灵敏度,使用 PE- I 系列试块进行。

E.2.2.2 扫查灵敏度的确定

扫查灵敏度由工艺验证试验确定,一般将 $\phi 1\text{ mm}\times 25\text{ mm}-4\text{ dB}$ 设置为满屏高度的 80%~95%,作为扫查灵敏度。

E.2.3 位置传感器的校准

E.2.3.1 检测前应对位置传感器进行校准。

E.2.3.2 校准方式是使扫查装置移动一定的距离(不小于 500 mm),对检测设备所显示的位移与实际位移进行比较,其误差应小于 1%,最大不超过 10 mm。

E.2.4 检测系统的复核

E.2.4.1 检测系统的复核包括对灵敏度复核及定位精度复核,在如下情况时应对检测系统进行复核:

- a) 校准后的探头、耦合剂和仪器调节旋钮发生改变时;
- b) 检测人员怀疑扫查灵敏度有变化时;
- c) 连续工作 4 h 以上时;
- d) 工作结束时。

E.2.4.2 复核应采用与初始检测设置时的同一试块。若复核时发现与初始检测设置发生偏离,则按照表 E.2 规定执行。

表 E.2 偏离和纠正

灵敏度	偏离 $\leq 3\text{ dB}$	通过软件进行纠正
	偏离 $> 3\text{ dB}$	应重新设置,并重新检测上次校准以来所检测的焊缝
声程	偏离 $\leq 1\text{ mm}$	不需要采取措施
	偏离 $> 1\text{ mm}$	应找出原因重新设置。若在检测中或检测后发现,则纠正后应重新检测上次校准以来所检测的焊缝
角度	偏离 $\leq 1^\circ$	不需要采取措施
	偏离 $> 1^\circ$	应找出原因重新设置。若在检测中或检测后发现,则纠正后应重新检测上次校准以来所检测的焊缝

E.3 检测程序

E.3.1 依照工艺设计将检测系统的硬件及软件置于检测状态。

E.3.2 在待检的热熔接头上使用耦合剂。

E.3.3 将探头摆放到要求的位置,沿工艺设定的路径进行扫查。探头移动轨迹与设定轨迹不能超过 3 mm。

E.3.4 扫查时应保证扫查速度不大于 30 mm/s,扫查步进不大于 1.0 mm。

E.3.5 扫查停止位置应超过起始位置至少 20 mm;若需对焊缝进行分段扫查,则各段扫查区的重叠范围至少为 20 mm。

E.3.6 扫查过程中应保持稳定的耦合,有耦合监控功能的仪器可开启此功能,若怀疑耦合不好,应重新

扫查该段区域。

E.4 检测数据的分析

E.4.1 检测数据的有效性评价

E.4.1.1 分析数据之前应对所采集的数据进行评估以确定其有效性,数据至少应满足以下要求:

- a) 数据是基于扫查步进的设置而采集的;
- b) 采集的数据量满足所检测焊缝长度的要求;
- c) 数据丢失量不得超过整个扫查的 5%,且不允许相邻数据连续丢失;
- d) 扫查图像中耦合不良不得超过整个扫查的 5%,单个耦合不良长度不得超过 2 mm。

E.4.1.2 若数据无效,应纠正后重新进行扫查。

E.4.2 缺陷的定性

E.4.2.1 根据 S 型显示,结合 A 扫描显示,对缺陷的性质进行分析。

E.4.2.2 依据缺陷的位置、显示图像,对照附录,确定缺陷的性质。

E.4.2.3 热熔接头缺陷性质包括:

- a) 接头中的孔洞;
- b) 熔接面夹杂,如夹砂、灰尘、金属等;
- c) 未熔合;
- d) 裂纹。

E.4.3 缺陷的表征

以 S 显示和 B 显示的图像中缺陷成像尺寸作为缺陷尺寸。

E.4.3.1 熔合面夹杂

熔合面夹杂缺陷为面积型缺陷,将其表征为由其外接矩形之长和宽围成的矩形。如图 E.2 所示,图 E.2 中缺陷所在的面为聚乙烯热熔接头的熔合面, X 为缺陷矩形径向方向上的边长, Y 为缺陷矩形周向方向上的边长。

当存在两个以上的熔合面缺陷相邻时,应考虑熔合面缺陷之间的相互影响。当相邻缺陷间距小于等于较短缺陷尺寸时,应作为一个缺陷处理,间距也应计入缺陷长度。

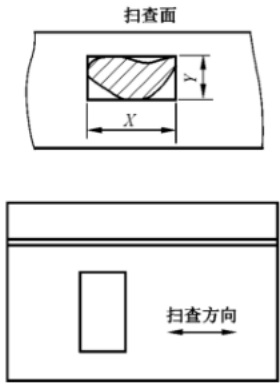


图 E.2 熔接面缺陷的表征

E.4.3.2 孔洞

孔洞缺陷为体积型缺陷,应表征其 X 、 Y 。其表征方法与 E.4.3.1 相同。

E.5 缺陷评定

E.5.1 缺陷质量分级的依据

根据接头中存在的缺陷性质、数量和密切程度,其质量等级可划分为 I、II、III 级。

I、II 级热熔接头内不允许有裂纹和未熔合缺陷。

E.5.2 熔合面夹杂的质量分级

熔合面夹杂缺陷按表 E.3 的规定进行分级评定。

表 E.3 熔合面夹杂缺陷的质量分级

级别	与内外壁贯通的熔接面夹杂	在接头熔合面中间的熔合面夹杂
I	$X<5\%T,Y<10\%T$	$X<10\%T$,且在任何连续 300 mm 的焊缝长度中,当 Y 累计长度不超过 20 mm
II	$X<10\%T,Y<20\%T$	$X<15\%T$,且在任何连续 300 mm 的焊缝长度中,当 Y 累计长度不超过 50 mm
III	大于 II 级者	
注: T 为管材壁厚。		

E.5.3 孔洞的质量分级

I、II 级热熔接头中不允许尖锐端角的孔洞缺陷。

孔洞缺陷按表 E.4 的规定进行分级评定。

表 E.4 孔洞缺陷的质量分级

级别	单个孔洞	组合孔洞
I	$X<5\%T$ 、 $Y<10\%T$	$X<5\%T$ 且在任意连续 300 mm 的焊缝长度中,当缺陷累计长度 Y 不超过 20 mm
II	$X<10\%T$ 、 $Y<20\%T$	$X<10\%T$ 且在任意连续 300 mm 的焊缝长度中,当缺陷累计长度 Y 不超过 50 mm
III	大于 II 级者	
注: T 为热熔接头管材壁厚。		

E.5.4 其他

热熔接头的质量接受标准由合同双方商定,或参照有关规范执行。

E.6 检测报告

检测报告至少应包括以下内容：

- a) 委托单位和报告编号；
- b) 检测标准；
- c) 被检热熔接头：名称、编号、管材型号、材质、规格、生产厂商、配套工程名称、表面状况；
- d) 检测设备：仪器名称、型号、编号、检测系统的校准时间、校准有效期，扫查装置、试块、耦合剂；
- e) 检测条件：检测工艺卡编号、探头参数及模块选择、扫查方式、聚焦法则的设定、检测使用的波型、检测灵敏度、系统性能试验报告、温度；
- f) 检测示意图：探头扫查表面、检测区域以及所发现的缺陷位置和分布；
- g) 检测数据：数据文件名称、缺陷类型、位置与尺寸及缺陷部位的图像（S-扫描或 C 扫描等，以能够真实反映缺陷情况为原则）；
- h) 检测结果；
- i) 检测人员和责任人员签字及其技术资格等级；
- j) 检测日期。

附 录 F
(资料性附录)
热熔接头相控阵检测特征图谱

F.1 正常焊接

正常焊接热熔接头超声图像有清晰的内外表面信号显示,在内外表面显示的信号之间,除探头本身的干扰信号外,无明显的其他信号显示。见图 F.1。

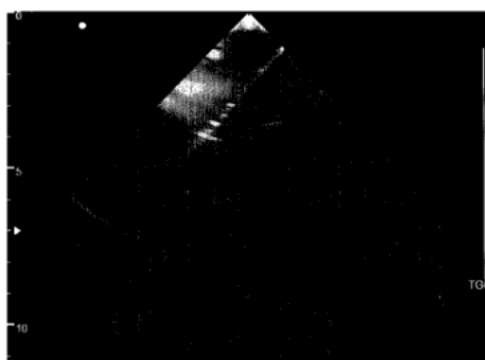


图 F.1 正常热熔接头相控阵超声检测图谱

F.2 熔合面夹杂

熔合面夹杂属于面积型缺陷,位置在熔合线上。常见熔合面夹杂缺陷有:金属夹杂、非金属夹杂等。在内外表面显示的信号之间,有明显的信号显示。金属夹杂显示较亮,非金属夹杂显示较暗。见图 F.2。

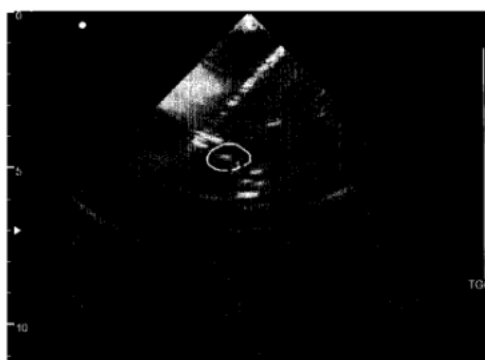


图 F.2 含有夹杂物的热熔接头相控阵超声检测图谱

F.3 孔洞

孔洞属体积型缺陷,图像较为清晰,在内外表面显示的信号之间,有明显的信号显示。孔洞主要由于管材潮湿或端面污染物气化造成。出现严重孔洞时,在孔洞缺陷下方常会出现管材内壁信号缺失。见图 F.3。

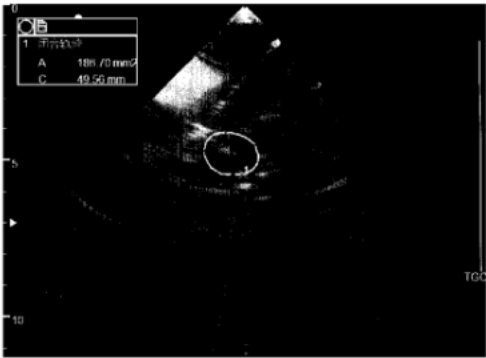


图 F.3 含孔洞的热熔接头相控阵超声检测图谱

F.4 未熔合

未熔合属面积型缺陷,出现在熔合面上。图像不太清晰,通常在内外表面显示的信号之间产生贯穿型的显示。未熔合缺陷极为严重,检测时典型的未熔合应检出。见图 F.4。

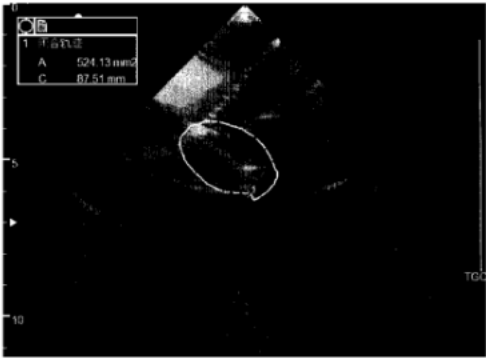


图 F.4 含未熔合的热熔接头相控阵超声检测图谱

F.5 边界信号和干扰信号

热熔接头相控阵检测图像总不是完美的,在热熔接头内、外表面会形成边界信号;由于相控阵探头本身的原因,也会在图像中产生一些干扰信号。这些信号显示在移动探头时,不会随着探头的移动,显示位置发生改变,而缺陷信号显示会发生改变。边界信号和干扰信号等这些信号不应该被包括在判定信号里。见图 F.5。



图 F.5 热熔接头相控阵超声检测中的边界信号和干扰信号

上海市地方标准
燃气用聚乙烯(PE)管道焊接接头
相控阵超声检测

DB31/T 1058—2017

*

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.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 62 千字
2018年5月第一版 2018年5月第一次印刷

*

书号: 155066·5-0719 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



DB31/T 1058-2017