

# T/CASEI

团 体 标 准

T/CASEI XXXX—XXXX

## 聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法 —相控阵超声检测

Testing and Evaluation Method for Welded Joints of Polyethylene Gas Pipeline —  
Phased array Ultrasonic testing testing method

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国特种设备检验协会 发布

## 目 次

前言 .....	II
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 检测工艺 .....	5
6 检测准备 .....	5
7 检测 .....	7
8 检测结果的评定 .....	9
9 缺欠评定和质量分级 .....	13
10 检测记录和报告 .....	15
附录 A（资料性） 聚乙烯热熔焊接头典型图谱 .....	17
附录 B（资料性） 聚乙烯电熔焊接接头特征图谱 .....	21
附录 C（资料性） 相控阵检测作业指导书 .....	26
附录 D（资料性） 相控阵超声检测报告 .....	28

## 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。

本文件由中国特种设备检验协会提出并归口。

本文件起草单位：略。

本文件主要起草人：略。

本文件为首次发布。

# 聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法

## —相控阵超声检测

### 1 范围

本标准规定了聚乙烯燃气管道焊接接头的相控阵超声检测方法和质量分级。

本标准适用于公称外径为 $\geq 63\text{mm}$ 、公称壁厚 $6\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 的聚乙烯燃气管道热熔接头的相控阵超声检测方法和质量分级。

本标准适用于公称外径为 $\geq 40\text{mm}$ 、公称壁厚为 $3.6\text{mm}\sim 36.4\text{mm}$ 的聚乙烯燃气管道电熔接头的相控阵超声检测方法和质量分级。

### 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 15558.1 燃气用埋地聚乙烯管道系统 第一部分 管材
- GB 15558.2 燃气用埋地聚乙烯管道系统 第一部分 管件
- GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测
- GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
- GB/T 29302 无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验
- GB/T 29460 含缺陷聚乙烯管道电熔接头安全评定
- GB/T 29461 聚乙烯管道电熔接头超声检测
- GB/T 9445 无损检测 人员资格认证
- JB/T 11731 无损检测 超声相控阵探头通用技术条件
- NB/T 47013.15 承压设备无损检测 相控阵超声检测
- CJJ 63 聚乙烯燃气管道工程技术标准
- TSG Z8001 特种设备无损检测人员考核规则
- T/CASEI 006 在役聚乙烯燃气管道检验与评价

### 3 术语和定义

GB/T 12604.1、GB/T 20737、NB/T 47013.15、GB 15558.1、GB 15558.2、GB/T 29460-2012和GB/T 29461-2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**相控阵超声检测** phased-array ultrasonic testing

根据设定的延迟法则激发相控阵阵列探头各独立压电晶片（阵元），合成声束并实现声束的移动、偏转和聚焦等功能，再按一定的延迟法则接收超声信号并以图像的方式显示被检对象内部状态的超声检测技术。

#### 3.2

**延迟法则** delay law

用于波束形成与超声信号接收合成的控制法则，一般指参与超声波发射和接收的阵列探头各阵元电路的时序和时间间隔。

#### 3.3

**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发射信号线。

#### 3.4

**角度增益修正 (ACG)** angle corrected gain

扇扫描角度范围内不同角度的声束检测同声程和尺寸的反射体,使其回波幅度等量化的增益修正方式。

### 3.5

#### 时间增益修正 (TCG) time corrected gain

对不同声程相同尺寸的反射体的回波幅度进行增益修正,使之达到相同幅值。

### 3.6

#### 相关显示 relevant indication

由缺陷引起的显示。

### 3.7

#### 非相关显示 non-relevant indication

由于工件结构(例如卷边或根部、工件的几何结构变化处)或者材料结构的偏差(母材和覆盖层界面)引起的显示,包括由错边、高压焊、高热熔焊等焊接工艺引起焊缝特征显示。

### 3.8

#### 冷焊程度 H the degree of cold welding

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,用变小的百分比来表征。

### 3.9

#### 过焊程度 H' the degree of over-heat welding

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,用变大的百分比来表征。

### 3.10

#### 电阻丝直径 d the resistance wire diameter

在超声检测图像中,管件上预埋电阻丝显示的直径。

### 3.11

#### 电阻丝错位量 x the resistance wire displacement

电阻丝移开正常位置的最大距离。

## 4 一般要求

### 4.1 检测人员要求

按本方法实施检测的人员,应按照TSG Z8001、GB/T 9445或合同各方同意的体系进行资格鉴定认证,并由雇主或其代理对其进行专门科目培训和操作授权,且满足以下要求:

- 相控阵超声检测人员应具有一定的聚乙烯管道制造安装及焊接等方面的基本知识,能对聚乙烯管道相控阵检测中出现的问题做出分析、判断和处理;
- 相控阵超声检测人员应取得UT-II及以上资质证书,并经过相控阵超声检测的专业培训;
- 相控阵超声检测人员应经过聚乙烯管道焊接接头相控超声检测的实践,熟悉所使用的检测设备,具备熟练的操作技能才能独立进行聚乙烯管道焊接接头的超声检测工作。

### 4.2 检测设备和器材

检测设备包括检测仪器以及与仪器相连接的探头、扫查装置和线缆等所有物件构成的整体;器材是指实现检测功能所需且不与仪器相连接的其他器件和材料,包括试块和耦合剂等。检测设备和器材性能应符合NB/T 47013.15的要求,功能应满足所检测对象的工艺要求。

#### 4.2.1 检测仪器

相控阵超声仪器应符合NB/T 47013.15的要求。

#### 4.2.2 探头

- 聚乙烯管道接头相控阵超声检测用探头宜采用不少于32个晶片的一维线阵探头;
- 相控阵超声探头应按照JB/T 11731测试并符合NB/T 47013.15的要求;

- c) 探头声束汇聚区范围应能满足检测聚乙烯管道接头内缺陷深度的要求；
- d) 聚乙烯管道热熔接头，探头中心声束折射角通常为 $45^\circ$ 或 $60^\circ$ ，探头楔块宜选用声速与水相近的材料制作；探头频率应根据管材厚度选定。不同管材厚度范围推荐的探头频率见表1；
- e) 对于聚乙烯管道电熔接头，探头激发孔径长度应大于电熔接头单边熔接区宽度，要求覆盖单边电熔接头的检测区域，探头激发孔径宽度应小于10mm，使探头与管件外圆弧面有良好的耦合。不同管材厚度范围推荐的探头频率见表2。

表1 不同热熔管材厚度适用的探头频率

PE管材厚度e (mm)	频率f (MHz)
$6 \leq e < 8$	$f \geq 5$
$8 < e < 30$	$2.5 < f < 5$
$e \geq 30$	$2 \leq f < 2.5$

表2 不同电熔管件厚度适用的探头频率

PE管件厚度e (mm)	频率f (MHz)
$3 \leq e < 10$	$f \geq 5$
$10 < e < 20$	$4 < f < 5$
$e \geq 20$	$2.25 \leq f < 4$

#### 4.2.3 检测仪器、探头及其组合性能的要求

- a) 组合仪器和探头的组合性能应按本文件及NB/T 47013.15进行测试并符合其相关要求；
- b) 组合仪器和探头的组合性能的纵向分辨力应小于1mm。聚乙烯热熔接头检测时，系统在聚乙烯管道灵敏度试块上最远和最近人工反射体信号的灵敏度余量和信噪比均应超过34dB。

#### 4.2.4 扫查器

- a) 应能夹持探头并贴合管道沿预定的轨迹进行扫查；
- b) 检测前应对扫查器进行校准（移动距离不小于50mm），位移误差应小于1%，最大不超过10mm；
- c) 每次检测前应对位置传感器进行检查和记录，检查方式为将带位置传感器的扫查装置至少移动300mm，检测仪器所显示的位移和实际位移进行比较，其误差应小于1%；
- d) 位置分辨率应小于1mm。

#### 4.2.5 耦合剂

应选用具有良好的透声性、易清洗、无毒无害，有适宜流动性的材料；应使用对聚乙烯材料没有任何腐蚀、溶解作用的耦合剂，符合健康环保要求；同时耦合剂应易于附着和检测后清理。并满足以下要求：

- a) 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；
- b) 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。推荐使用由甘油、水玻璃等按一定比例混合配制而成的稠状耦合剂。

#### 4.2.6 试块

##### 4.2.6.1 标准试块

标准试块的要求应满足NB/T 47013.15第4.2.3.1条的要求。

##### 4.2.6.2 对比试块

4.2.6.2.1 应采用与被检焊接接头管件材料声学性能相同或近似的材料制成，该材料不得有大于或等于 $\phi 1\text{mm}$ 平底孔当量直径的缺陷。对比试块有PE-I、PE-II，其中PE-I用于聚乙烯电熔接头的声束校准、TCG修正和调整检测灵敏度，PE-II用于聚乙烯热熔接头的声束校准、TCG和ACG修正和调整检测灵敏度。

4.2.6.2.2 对比试块PE-I的尺寸规格见图1，试块的表面粗糙度应与测试样相接近，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。试块的

型号、相应的曲率半径和适用的焊接接头范围见表 3 的规定。

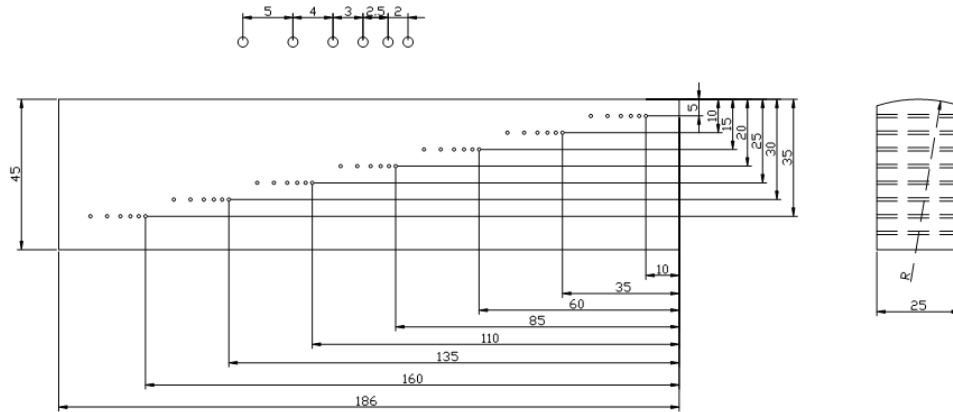


图1 对比试块 PE- I

表3 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≤D<90	75≤D<100
PE- I -2	60	90~180	110~200
PE- I -3	平面	>180	>200

4.2.6.2.3 对比试块 PE- I 加工应符合下列要求：

- 预埋金属丝应该平行于测试表面；
- 试块长度、高度、宽度、金属丝位置应符合图1，尺寸精度为±IT12；
- 金属丝的直径： $\phi 1 \pm 0.05(\text{mm})$ 。

4.2.6.2.4 对比试块 PE- II 的尺寸规格见图 2，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 8 个  $\phi 2\text{mm} \times 30\text{mm}$  的横通孔。

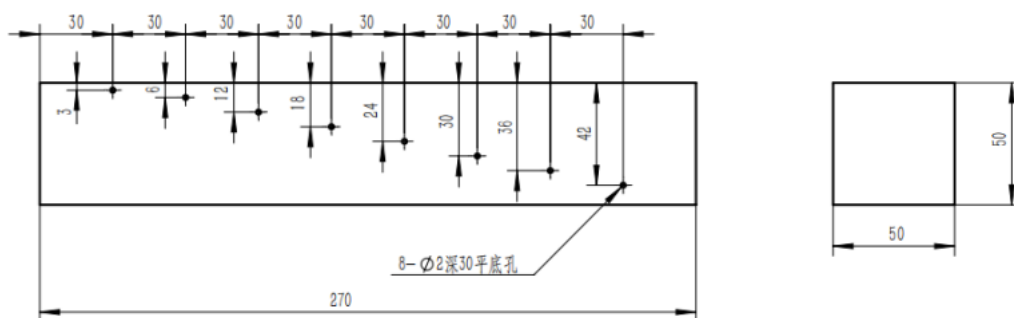


图2 对比试块 PE- II

4.2.6.3 对比试块尺寸精度应符合本部分的要求，并应经计量部门检定合格。

4.3 检测设备的校准、核查、运行核查

4.3.1 每年至少对检测仪器和探头组合性能中的垂直线性、水平线性、衰减器精度、组合频率、扇扫成像横向分辨率和纵向分辨率以及扇扫角度范围和扇扫角度分辨率，进行一次校准并记录；校准单位应为省级(或以上)的具有相控阵仪器检定能力的检定机构或仪器生产厂家。

4.3.2 每隔 6 个月至少对仪器和探头组合性能中的垂直线性、水平线性进行一次运行核查并记录，测

试要求应满足 NB/T 47013.15 第 4.2.2.3.1 的规定。

4.3.3 每隔 1 个月至少对阵元有效性进行一次运行核查，相控阵探头允许存在失效阵元，但失效阵元数量不得超过探头阵元总数的 1/4，且不允许相邻阵元连续失效。

## 5 检测工艺

### 5.1 检测工艺文件

检测工艺文件包括工艺规程和操作指导书。

5.1.1 工艺规程应满足 NB/T 47013.1 及 NB/T 47013.15 相关标准要求。

5.1.2 操作指导书应根据被检工件和工艺规程的要求编制。其内容除满足 NB/T 47013.1 的要求外，还应包括：

- a) 检测技术要求：检测时机、检测比例、合格级别等；
- b) 检测设备和器材：检测仪器、探头、楔块、耦合剂、扫查装置、试块名称和规格型号，设备性能检查的项目、时机和合格要求；
- c) 检测工艺参数：包括检测覆盖区域、接触方式、扫查面及其准备要求、探头位置、扫描及扫查方式，以及检测系统设置和校准（激发孔径、入射角度、扫描范围与步进、聚焦方式及深度、灵敏度、闸门与显示方式等），横向缺陷的检测方法（必要时）。

5.1.3 操作指导书在首次应用前应按 NB/T 47013.15 中 4.3.3 的要求进行工艺验证。

### 5.2 工艺验证

5.2.1 应制作具有代表性的专用对比试块进行工艺验证，工艺验证结果应能够清楚地显示试块中所有的参考反射体或缺陷。

5.2.2 工艺验证测量的参考反射体或缺陷尺寸偏差值应在允许范围之内。

5.2.3 必要时，可委托具备能力的相关技术机构进行工艺验证并提供相应证明文件。

## 6 检测准备

### 6.1 一般要求

6.1.1 被检管道元件应符合 GB 15558.1、GB 15558.2 或其他类似标准要求。

6.1.2 管道接头应为持证焊工按经评定合格的焊接工艺进行组装、施焊的。

6.1.3 检测前应对扫查器进行校准并满足本文件 4.2.5 的要求。

6.1.4 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。

### 6.2 检测表面

6.2.1 接头外观质量检验合格，接头的表面应尽量平整、干净，不影响探头与工件的声耦合。

6.2.2 所有影响超声检测的污物等都应予以清除。

6.2.3 被检测的热熔接头应在焊缝两侧一倍壁厚+50mm 范围内整圈清除表面异物。

6.2.4 被检测的电熔接头应在焊缝两侧各 5mm 范围内整圈清除表面异物。

### 6.3 检测范围

6.3.1 热熔接头的检测区域应覆盖焊缝中心线两侧 1 倍壁厚宽度范围内。

6.3.2 电熔接头的检测区域应包含焊缝本身宽度加上两侧各 5mm 的母材。

### 6.4 检测时机



6.4.1 热熔接头的检测应在焊接完成后经 5 小时冷却并稳定以后进行检测。

6.4.2 电熔接头的检测应在焊接完成后经 2 小时冷却并稳定以后进行检测。

## 6.5 检测温度

6.5.1 应确保在规定的温度范围内进行检测。

6.5.2 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。

6.5.3 系统校准与实际检测间的温度差应控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之内。

6.5.4 采用常规探头和耦合剂时，工件的表面温度范围为  $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。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。

## 6.6 扫描校准

### 6.6.1 线扫描的校准

a) 采用线扫描检测前，应对线扫描角度 $0^{\circ}$ 时的声束校准，校准的声程范围应包含检测拟使用的声程范围，校准采用PE-I试块；

b) 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6dB。

### 6.6.2 扇扫描的校准

a) 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检测拟使用的声程范围；

b) 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。ACG和TCG的修正和校准采用PE-II对比试块；

c) 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6dB。

## 6.7 灵敏度校准

### 6.7.1 热熔接头的灵敏度校准

a) 在对比试块上对扫描声束覆盖热熔接头检测范围区域，进行检测灵敏度校准，同时应确定出可实施检测的探头前端距；

b) 应在对比试块PE-II上，对扇扫角度范围内的每个声束制作出距离-波幅-曲线(DAC)曲线，宜使用ACG和TCG功能，使横通孔 $\phi 2\text{mm}\times 30\text{mm}$ 扇扫描图像清晰可见，且A扫描信号幅度不低于满屏幕的20%，信噪比大于34dB，幅度定量值波动不大于2dB；

c) 制作距离-波幅-曲线(DAC)的人工缺陷(横通孔 $\phi 2\text{mm}\times 30\text{mm}$ )，应在对比试块上选取最小深度3mm与最大深度大于被检热熔接头厚度的人工缺陷，包含其区间范围内所有不同深度的人工缺陷；

d) 根据被检工件与试块实际情况进行耦合补偿、衰减补偿和曲面补偿，一般补偿2-6dB，以此作为基准灵敏度；

e) 扫查灵敏度由工艺验证试验确定，将声程与壁厚相等或最接近(声程大于壁厚)的PE-II试块侧面钻孔 $\phi 2\text{mm}\times 30\text{mm}$ 设置为满屏高度的80%~95%，作为扫查灵敏度，调节检测设备的检测参数，直至获得的图像有足够的分辨率和灵敏度，可以鉴别该排的每个侧面钻孔。也可在模拟试块上进行，一般将最小反射体的波高设置为满屏高度的80%~95%，然后调节检测参数，直至获得的图像有足够的分辨率和灵敏度，可以鉴别每个已知缺陷。

### 6.7.2 电熔接头的灵敏度校准

a) 采用TCG方式校准灵敏度，使用PE-I系列试块进行；

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

c) 工件的表面耦合损失和材质衰减应与试块相同，否则应进行传输损失补偿。在所采用的最大声程内最大传输损失差小于或等于2dB时可不进行补偿。

## 6.8 检测系统的复核

### 6.8.1 复核时机

在如下情况时应对检测系统进行复核：

- a) 检测过程中仪器、探头、连接线缆或耦合剂更换；
- b) 检测人员有怀疑时；
- c) 连续工作4h及以上；
- d) 检测结束时。

### 6.8.2 复核内容与要求

主要复核灵敏度、位置传感器和深度显示偏离情况。复核与初始设置时使用的对比试块及其他技术条件均应相同，若复核时发现初始设置的参数偏离，应按表4的规定执行。

表4 偏离和纠正

类型	偏差	纠正
位移	$\leq 5\%$	不需要采取措施
	$> 5\%$	应对上次设置以后所检测的位置进行修正
灵敏度	$\leq 3\text{dB}$	不需要采取措施
	$> 3\text{dB}$	应重新设置，并重新检测上次设置后所检测的部位
深度	$\leq 2\text{mm}$ 或板厚的3%（取较大值）	不需要采取措施
	$> 2\text{mm}$ 或板厚的3%（取较大值）	应重新设置，并重新检测上次设置后所检测的部位
声程	偏离 $\leq 1\text{mm}$	不需要采取措施
	偏离 $> 1\text{mm}$	应重新设置，并重新检测上次设置后所检测的部位

## 7 检测

### 7.1 一般要求

7.1.1 检测应使用已经校准的检测系统对待测焊接接头进行检测。

7.1.2 探头的扫查声束应能满足焊缝检测区域的100%覆盖要求，如单次扫查不能100%覆盖检测区域，则需要二次或多次扫查，各扫查应保证一定的重叠覆盖。

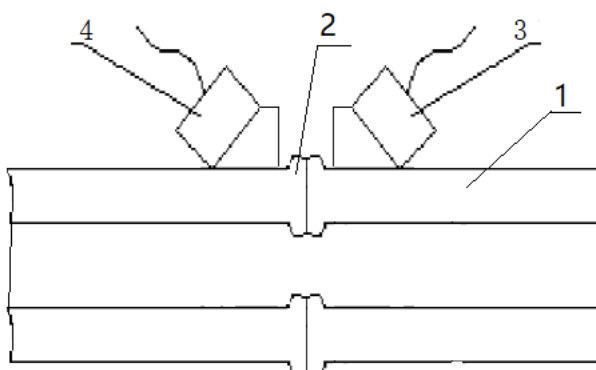
7.1.3 聚乙烯热熔焊接接头，若焊接接头的卷边影响到对工件上表面焊缝区域的检测工作时，应削去工件上表面的焊缝卷边，以确保检测区域的全覆盖要求。

7.1.4 聚乙烯热熔焊接接头，若焊接接头的卷边影响到对工件上表面焊缝区域的检测工作时，应削去工件上表面的焊缝卷边，以确保检测区域的全覆盖要求。

### 7.2 检测方式

#### 7.2.1 聚乙烯热熔焊接接头

7.2.1.1 应采用扇扫描，探头平行于焊缝、周向移动做沿线双侧平行扫查。（如图3）



- 注：1—管材  
注：2—接头  
注：3、4—相控阵探头

图3 热熔接头检测示意图（双侧扫查）

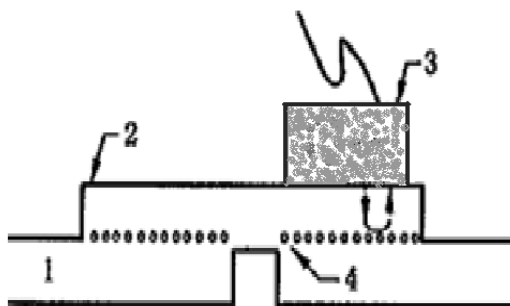
7.2.1.2 若焊接接头的卷边影响到对工件上表面焊缝区域的检测工作时，应在削去工件上表面的焊缝卷边后再对该区域进行检测，以确保检测区域的全覆盖要求，在进行表面清理时，所有影响超声检测的污物都应该予以清除。

7.2.1.3 对于垂直于管件轴线方向的焊缝缺欠，可采用相控阵串列技术对其进行扫查。

7.2.1.4 扇扫描应设定角度步进值，角度步进值最大为  $1^\circ$ ，当检测技术要求较高时，其值应设定为小于或等于  $0.5^\circ$ 。

## 7.2.2 聚乙烯电熔焊接接头

7.2.2.1 应采用线扫描，探头平行于焊缝、周向移动做沿线扫查。（如图4）



- 注：1—管材  
注：2—电熔管件  
注：3—相控阵探头  
注：4—电阻丝

图4 电熔焊接接头探头的布置

7.2.2.2 对于聚乙烯电熔焊接接头检测，当电熔管件接线柱阻碍探头的移动时，自动扫查应避开。

## 7.2.3 聚焦设置

7.2.3.1 焊缝初始扫查一般不聚焦，此时聚焦深度应设置在工件中最大探测声程以外。

7.2.3.2 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，但应注意聚焦区以外声场劣化问题。

7.2.3.3 检测时，除非特别规定，需采用带位置传感器的机械扫查方式，并应设定扫查步进值。扫查步进值主要与被检工件厚度有关，应符合表5的规定。

表5 扫查步进值的设置

管件厚度e/mm	扫查步进最大值 $\Delta X_{max}$ /mm
$e \leq 10$	1.0
$10 < e \leq 30$	1.5

## 7.2.4 扫查速度

7.2.4.1 实际扫查速度应小于或等于最大扫查速度  $V_{max}$ ，最大值应不大于 30mm/s，同时需满足耦合效果和数据采集的要求。

7.2.4.2 最大扫查速度按式（1）计算：

$$V_{max} = \frac{PRF}{N \times M} \Delta X \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_{max}$ ——最大扫查速度，mm/s；

PRF——脉冲重复频率，Hz； $PRF < c/2S$ ，其中： $c$ ——声速，mm/s， $S$ ——最大检测声程，mm；

$N$ ——设置的信号平均次数；

$M$ ——设置的电子扫描步进数量；

$\Delta X$ ——设置的扫查步进值，mm。

## 7.2.5 耦合监控

扫查过程中应保持耦合稳定，必要时应对耦合情况进行有效监控，耦合监控的设置可根据使用的相控阵超声设备而定；当发现耦合不良时，应对该区域重新进行扫查。

## 8 检测结果的评定

### 8.1 图像和数据的一般要求

8.1.1 检测图像一般包括 S 型、A 型、B 型、C 型和 D 型显示，可根据需要选用合适的显示方式。

8.1.2 图像显示中应有位置信息，定点检测时应有角度信息。

8.1.3 非结构特征信号噪声应低于满屏的 10%。

8.1.4 分析数据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，若数据无效，应纠正后重新进行扫查：

a) 数据是基于扫查步进的设置而采集的（定点检测等特殊情况除外）；

b) 采集的数据应耦合良好，且数据量应满足所检测长度的覆盖要求；

c) 每一检测数据中 A 扫描信号丢失量不得超过总量的 5%，且相邻 A 扫描信号连续丢失长度不超过 2mm；缺陷部位 A 扫描信号丢失不得影响缺陷的评定。

8.1.5 分析数据时，应将各种显示结合被检对象材料、结构及其制造特点进行综合判断。（典型图谱参照附录 A）

### 8.2 缺陷的定量

#### 8.2.1 缺欠定量基准

应以灵敏度设定为基准，对回波波幅达到或超过基准灵敏度 -26dB 的缺欠，应确定其深度、波幅和指示长度、高度（若需要）等，此外，必要时可采用其他各种聚焦方法以提高定量精度。

#### 8.2.2 缺欠指示长度

a) 结合A扫在D扫描或者C扫描视图上进行缺欠指示长度测定，相关指示幅度高于记录阈值的总长度作为缺陷的总长度；

b) 当缺欠反射波只有一个高点，可用-6dB法测量其指示长度；当缺欠反射波峰起伏变化，有多个高点时，应以端点-6dB法测量其指示长度。

### 8.2.3 缺欠深度

应以C扫图中缺陷最大回波处确定D扫位置，必要时降低数字增益。在D扫图像中以缺欠最高峰值的深度确定缺欠深度。

### 8.2.4 缺欠波幅

缺欠反射的最大波幅。

### 8.2.5 缺欠自身高度

a) 结合A扫在S扫描或D扫描视图上进行缺陷自身高度测定；

b) 选择图像上任一点采用-6dB半波高度法或端点衍射法进行测定，也可采用当量法及其他有效方法进行测定；

c) 对于表面开口型缺陷，选择图像上任一点采用端点衍射法、或-6dB法、或其他有效方法测定缺陷其上端点或下端点的位置；

d) 以任一点测定的最大值作为该缺陷的自身高度。

### 8.2.6 多个相邻缺欠的定量

相邻两个或多个缺欠显示（非圆形），其在X轴方向间距小于其中较小的缺欠长度、在Y轴方向间距小于5mm，且在Z轴方向间距小于其中较小的缺欠自身高度时，应作为一个缺欠处理，该缺欠深度、长度及自身高度按如下原则确定：

a) 缺欠深度：以两缺欠深度较小值作为单个缺欠深度；

b) 缺欠波幅：以两个缺欠的波幅大者作为单个缺欠波幅；

c) 缺欠指示长度：两缺欠在X轴投影上的前、后端点间距离；

d) 缺欠自身高度：若两缺欠在X轴投影无重叠，以其中较大的缺欠自身高度作为单个缺欠自身高度；若两缺欠在X轴投影有重叠，则以两缺欠自身高度之和作为单个缺欠自身高度（间距计入）。

## 8.3 缺欠的定性

8.3.1 根据D型或B型显示，结合A、C、S扫描显示，对缺欠的性质进行分析。

8.3.2 依据缺欠的位置、显示图像，确定缺欠的性质。

8.3.3 热熔接头缺陷性质。

- a) 孔洞；
- b) 熔合面缺欠；
- c) 冷焊；
- d) 过焊；
- e) 错边。

8.3.4 电熔接头缺陷性质。

- 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。

## 8.4 缺欠的表征

聚乙烯热熔接头以D型显示和C型显示的图像中缺欠成像尺寸作为缺欠尺寸。聚乙烯电熔接头以B型显示和C型显示的图像中缺欠成像尺寸作为缺欠尺寸。

### 8.4.1 聚乙烯热熔接头缺欠的表征

#### 8.4.1.1 孔洞

孔洞缺欠为体积型缺欠，应表征其长度X、宽度Y和自身高度h。其表征长度X和宽度Y的方法与图5相同，孔洞自身高度h采用热熔接头纵向截面的二维超声波图像中该缺欠显示最大高度表示。

#### 8.4.1.2 熔合面缺欠

熔合面缺欠一般为条形缺欠，主要包括熔合面裂纹和夹杂缺欠。缺欠将其表征为由其外接矩形之长度和宽围成的矩形，如图5所示，缺欠所在的面为聚乙烯热熔接头的熔合面（D显示图像），L为缺欠的长度，h为缺欠的自身高度。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或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，具体定量按照本标准8.2执行。

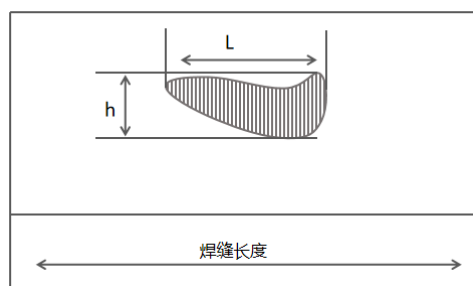


图5 熔合面缺欠的表征

#### 8.4.1.3 冷焊

采用特征线（熔合区边界）之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热熔接头进行检测，获得截面的超声成像图，测得该图像的特征线（熔合区边界）之间的距离 $l$ ；

b) 对待测热熔接头进行检测，获得截面的超声成像图，测得该图像的特征线（熔合区边界）之间的距离 $l'$ ；

c) 将 $l$ 和 $l'$ 代入式(2)，计算热熔接头的冷焊程度 $H$ ：

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

#### 8.4.1.4 过焊

##### 8.4.1.4.1 过焊主要呈现以下特征：

- a) 特征线之间的距离比正常大；
- b) 特征线弯曲或明亮发生变化；
- c) 在接头中容易产生孔洞。

##### 8.4.1.4.2 过焊程度表征：

采用特征线（熔合区边界）之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热熔接头进行检测，获得截面的超声成像图，测得该图像的特征线（熔合区边界）之间的距离 $l$ ；

b) 对待测热熔接头进行检测，获得截面的超声成像图，测得该图像的特征线（熔合区边界）之间的距离 $l'$ ；

c) 将 $l$ 和 $l'$ 代入式(3)，计算热熔接头的过焊程度 $H$ ：

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

#### 8.4.1.5 错边

采用热熔接头熔合区边界处特征线所在深度的差值来表征错边量。

### 8.4.2 聚乙烯电熔接头缺欠的表征

#### 8.4.2.1 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8.4.1.1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。

#### 8.4.2.2 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6所示，图6中缺陷所在的面为聚乙烯电熔接头的熔合面（C显示图像），L表示聚乙烯电熔接头单边熔合区长度。X为轴向的矩形边长，Y为周向的矩形边长。

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。

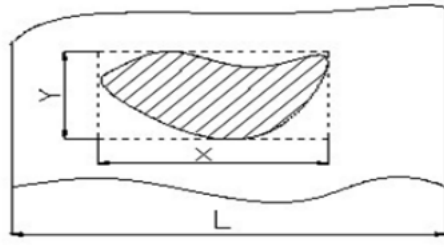
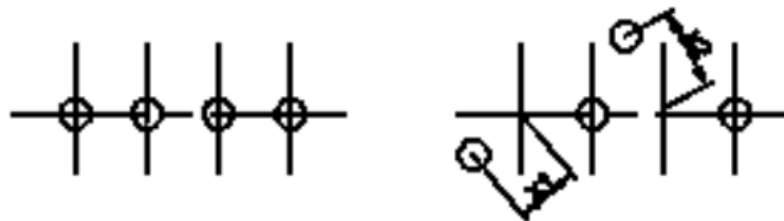


图6 熔接面缺陷的表征

#### 8.4.2.3 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7为聚乙烯电熔接头的轴向剖面图。图7b)中，x1、x2为电阻丝与其正常位置的距离，取所有错位量中的最大值作为电阻丝错位缺陷的计算尺寸，见式(4)

$$x = \max(x_1, x_2) \dots\dots\dots (4)$$



a) 未错位电阻丝位置 b) 错位电阻丝位置

图7 电阻丝错位的表征

#### 8.4.2.4 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(5)计算电熔接头的冷焊程度 $H$

$$H = \left(1 - \frac{l}{l'}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

#### 8.4.2.5 过焊

##### 8.4.2.5.1 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。

##### 8.4.2.5.2 过焊程度表征：

过焊按孔洞、电阻丝错位量和过焊程度来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 $l'$

$$H = \left(\frac{l'}{l} - 1\right) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

#### 8.4.2.6 管材承插不到位

管材承插不到位以单边熔合区的轴向长度 $L$ 来表征其严重程度表示。

### 9 缺欠评定和质量分级

#### 9.1 缺欠质量分级的依据

根据接头中存在的缺欠性质、数量和密切程度，其质量分级可划分为I级、II级、III级。

- a) 判定为裂纹、未熔合等危害性缺陷的，应评为III级；
- b) 最大反射波幅在基准灵敏度以上的缺欠显示，评为III级；
- c) 热熔接头中连贯性孔洞、与冷焊区贯通的孔洞，评为III级；
- d) 电熔接头中相邻电阻丝间有连贯性孔洞、与内冷焊区贯通的孔洞，评为III级；
- e) 电熔接头中相邻电阻丝相互接触的缺陷，评为III级；
- f) 电熔接头中承插不到位缺陷，评为III级。

#### 9.2 热熔焊接接头的缺欠评定

##### 9.2.1 孔洞的质量分级

孔洞缺欠按表6的规定进行分级评定。

表6 孔洞缺欠的质量分级

级别	单个孔洞	组合孔洞
I级	$X/L < 5\%$ 且 $h < 5\%T$	累积尺寸 $X/L < 10\%$ 且 $h < 5\%T$
II级	$X/L < 10\%$ 且 $h < 10\%T$	累积尺寸 $X/L < 15\%$ 且 $h < 10\%T$
III级	大于II级者	
注：X为该缺欠在熔合面周向方向的尺寸，L为热熔接头长度，T为热熔接头管材壁厚，h为孔洞的自身高度。		

##### 9.2.2 熔合面缺欠

熔合面缺欠按表7的规定进行分级评定。



表7 熔合面缺欠的质量分级

质量等级	工件厚度/mm	单个缺欠						多个缺欠
		表面缺欠			埋藏缺陷(欠)			
		长度 $L_{max}$	高度 $h_3$	若 $L > L_{max}$ , 缺欠高度 $h_1$	长度 $L_{max}$	高度 $h_2$	若 $L > L_{max}$ , 缺欠高度 $h_1$	
I级	$6 \leq e \leq 8$	e	1.0	-	e	1.5	1.0	<p>若多个缺欠其各自高度<math>h</math>均为: <math>h_1 \leq h \leq h_2</math>或<math>h_3</math>, 则在任意<math>12t</math>范围内, 且深度在工件厚度40%范围内(最小可为6mm, 但最大不超过30mm), 累积长度不得超过<math>2t</math>且最大值为150mm;</p> <p>对于单个或多个允许的表 面缺欠, 其最大累积长度不得大于整条焊缝长度的5%且最长不得超过200mm。</p>
	$8 \leq e \leq 15$	8	2.0	1.0	8	2.0	1.0	
	$15 \leq e \leq 30$	15	2.5	1.5	15	2.5	1.5	
II级	$6 \leq e \leq 8$	e	1.5	1.0	e	1.5	1.0	<p>若多个缺欠其各自高度<math>h</math>均为: <math>h_1 \leq h \leq h_2</math>或<math>h_3</math>, 则在任意<math>12t</math>范围内, 且深度在工件厚度40%范围内(最小可为6mm, 但最大不超过30mm), 累积长度不得超过<math>3t</math>且最大值为200mm;</p> <p>对于单个或多个允许的表 面缺欠, 其最大累积长度不得大于整条焊缝长度的10%且最长不得超过300mm。</p>
	$8 \leq e \leq 15$	e	2.0	1.0	e	2.0	1.5	
	$15 \leq e \leq 30$	e	2.5	1.5	e	3.0	2.0	
III级	大于 II 级者							

## 9.2.3 冷焊

冷焊缺欠按表8的规定进行分级评定。

表8 冷焊缺欠的质量分级

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

## 9.2.4 过焊

过焊引起孔洞缺欠时, 按9.2.1的规定评定。过焊缺欠按过焊程度进行分级评定时, 以表9的规定进行分级评定。

表9 过焊缺欠的质量分级

级别	过焊程度 $H$
I级	小于20%
II级	小于40%

III级	大于II级者
------	--------

### 9.2.5 错边

错边不应大于管材壁厚的10%;

### 9.2.6 聚乙烯热熔焊焊接接头典型缺欠图谱见资料性附录 A

## 9.3 聚乙烯电熔焊焊接接头缺欠评定

### 9.3.1 孔洞

孔洞缺陷按表10的规定进行分级评定。

表10 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。

### 9.3.2 熔合面夹杂的质量分级

熔合面夹杂缺陷按表11的规定进行分级评定。

表11 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。

### 9.3.3 冷焊

冷焊缺陷按表8的规定进行分级评定。

### 9.3.4 过焊

- 过焊引起孔洞缺陷时，按9.2.1评定
- 过焊引起电阻丝错位时，按9.2.2评定；
- 过焊缺陷按过焊程度进行分级评定时，按表9的规定进行分级评定。

### 9.3.5 电阻丝错位

电阻丝错位缺陷按表12的规定进行分级评定。

### 9.3.6 承插不到位

I、II级电熔接头中不允许存在承插不到位缺陷。

### 9.3.7 聚乙烯电熔焊接接头典型图谱见资料性附录 B

9.4 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。

9.5 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。

## 10 检测记录和报告

10.1 应按照现场操作的实际情况详细记录检测过程的有关信息和数据，至少包括以下内容。

- a) 记录编号；
- b) 工艺规程版次或操作指导书编号；
- c) 检测技术要求：执行的标准和合格级别；
- d) 检测对象：检测对象名称、编号、规格尺寸、材质、检测部位和检测比例、检测时的表面状态、检测时机；
- e) 检测设备和器材：检测设备、探头、楔块、耦合剂、扫查装置、试块名称和规格型号；
- f) 检测工艺参数：扫查灵敏度、激发阵元数量、激发阵元起始位置、扫描方式和扫查方式、探头位置、聚焦深度、角度范围、角度步进、扫查步进、检测前的表面准备和耦合补偿量等；
- g) 检测示意图；
- h) 原始检测数据；
- i) 检测数据的评定结果；
- j) 检测人员；
- k) 检测日期和地点。

10.2 应依据检测记录出具检测报告，至少包括以下内容：

- a) 报告编号；
- b) 检测技术要求：执行的标准和合格级别；
- c) 检测对象：检测对象名称、编号、规格尺寸、材质、检测部位和检测比例、检测时的表面状态、检测时机；
- d) 检测设备和器材：检测设备、探头、楔块、耦合剂、扫查装置、试块名称和规格型号；
- e) 检测工艺参数：扫查灵敏度、激发阵元数量、激发阵元起始位置、扫描方式和扫查方式、探头位置、聚焦深度、角度范围、角度步进、扫查步进、检测前的表面准备和耦合补偿量等；
- f) 检测示意图：检测部位以及所发现的缺陷位置和分布图；
- g) 检测结果和结论；
- h) 编制者和审核者及资质；
- i) 编制日期；

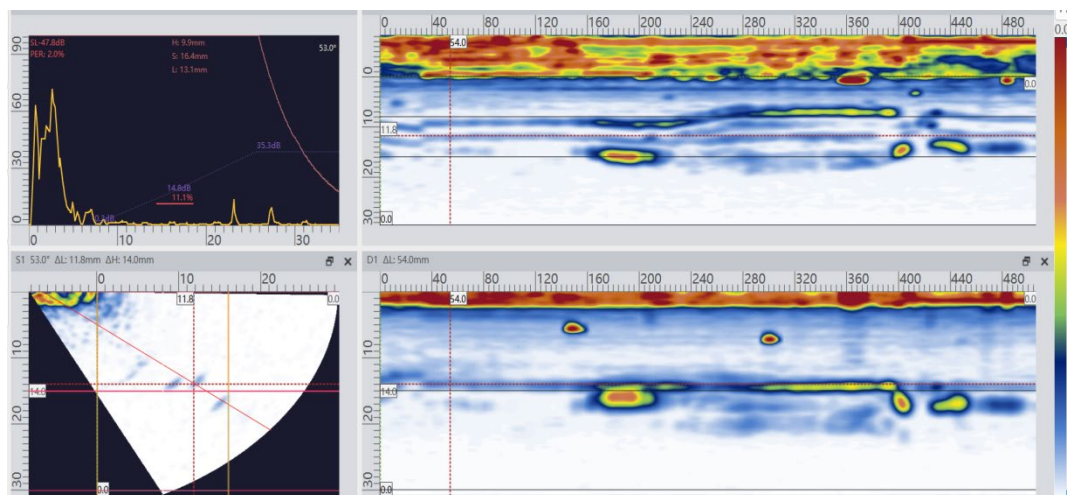
10.3 检测记录和报告保存期限应符合相关法律法规的要求，且不得少于 7 年。

10.4 相控阵检测作业指导书内容详见资料性附录 C

10.5 相控阵检测报告参考表示详见资料性附录 D。

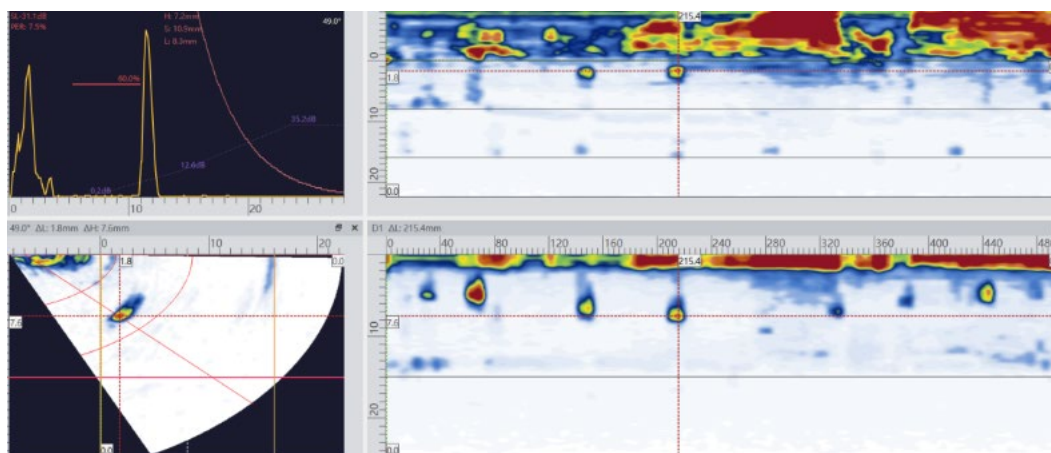
附录 A  
(资料性)  
聚乙烯热熔焊接头典型图谱

A.1 正常焊接

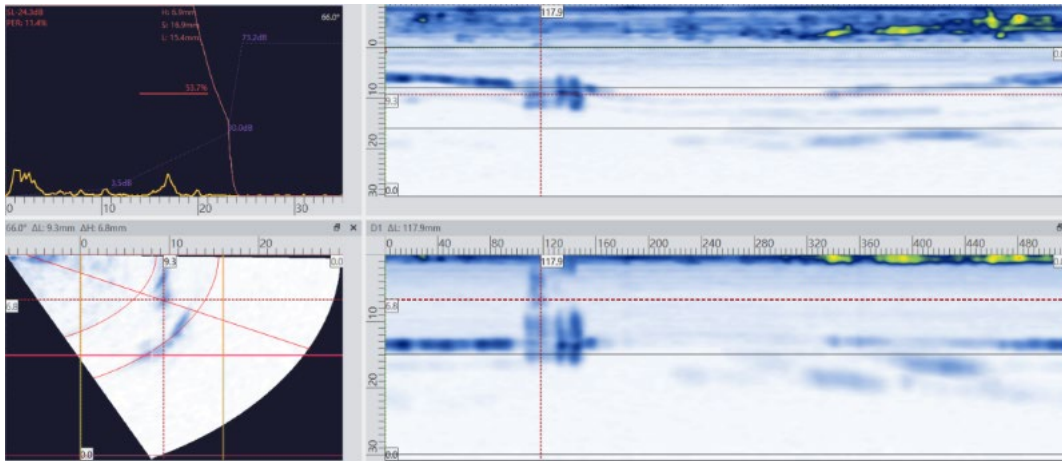


图A.1 正常焊接图谱

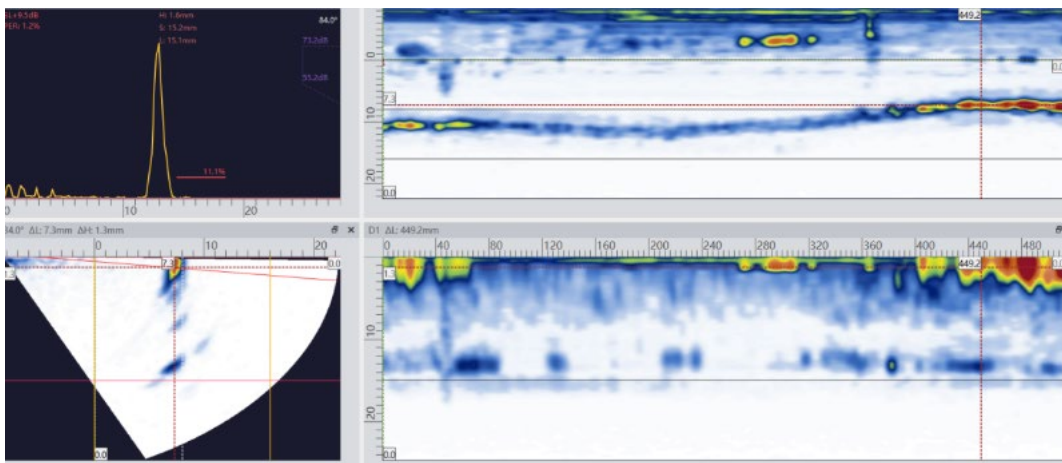
相控阵检测图谱中含人工缺陷孔洞的信号，其余部分为正常焊接工艺图谱特征，特征信号采用C显示中红色十字所在位置处，从C显示中可以测量出焊缝熔合边界（特征线）之间的距离(W1)。



图A.2 气孔

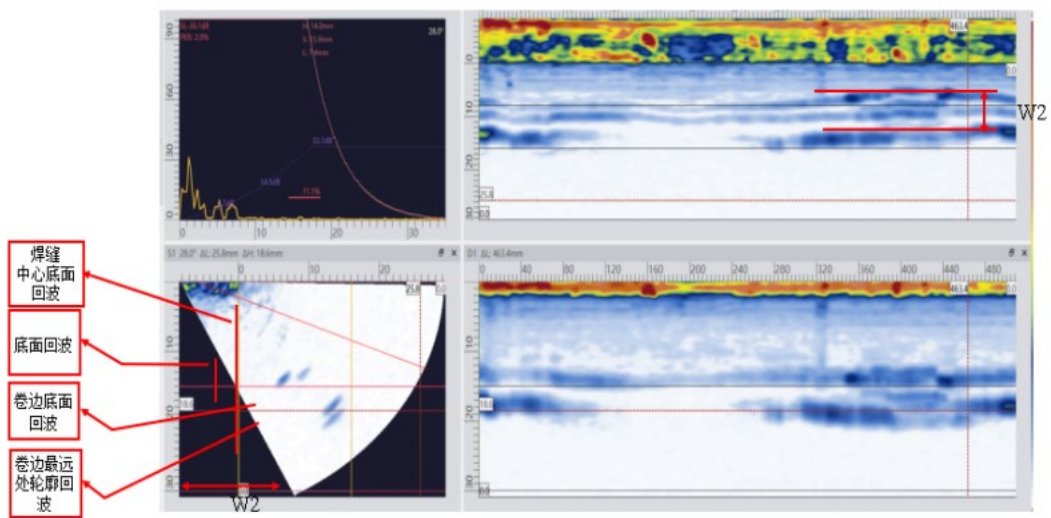


图A.3 夹杂



图A.4 条形缺陷（裂纹等）

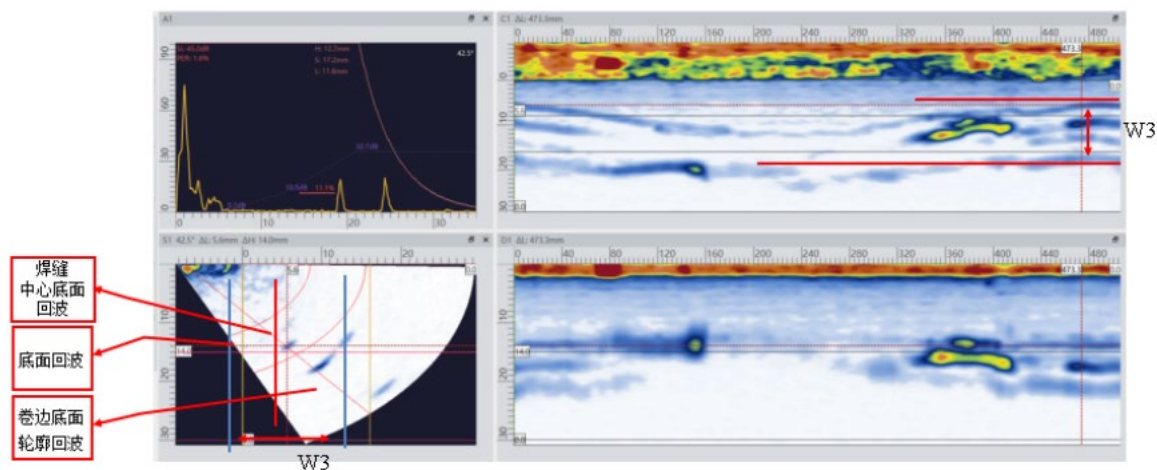
A.2 冷焊



图A.5 冷焊

焊接工艺采用低温 $T=180^{\circ}\text{C}$ ，其他工艺正常实施。从C显示中可以测量出焊缝熔合边界（特征线）之间的距离（W2）。

### A.3 过焊

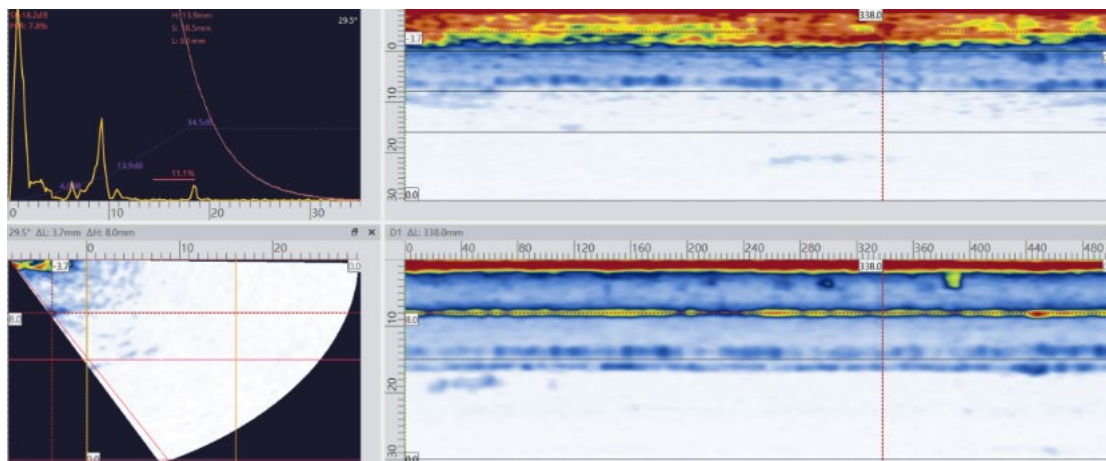


图A.6 过焊

采用高温焊接工艺，其他工艺正常。从C显示中可以测量出焊缝熔合边界（特征线）之间的距离（W3）。

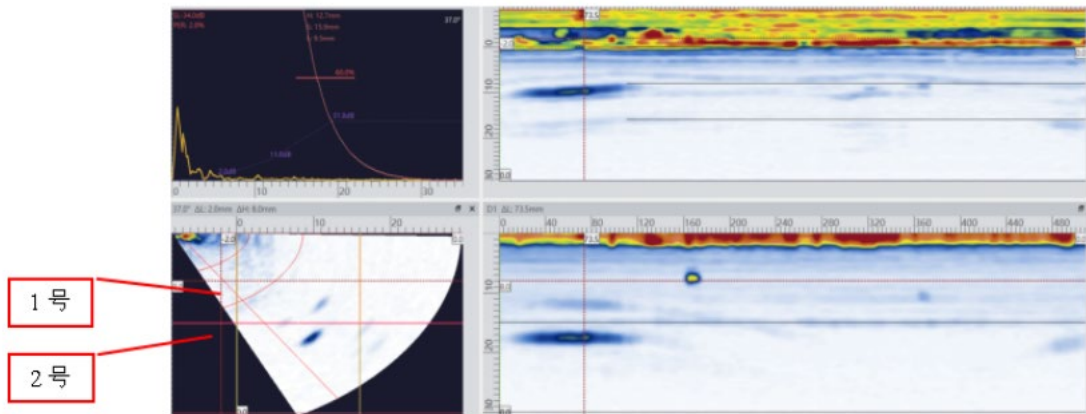
结论：从正常焊接、冷焊和过焊的图谱特征中可以看出，可以通过对热熔焊接的边界熔合线之间的距离来评价冷焊及过焊的程度，其特征表现形式符合 $W3 > W1 > W2$ 的规律。

### A.4 焊缝不对称



图A.7 焊缝不对称

图谱显示特征为在试样深度方向两分之一位置处出现一整条信号。

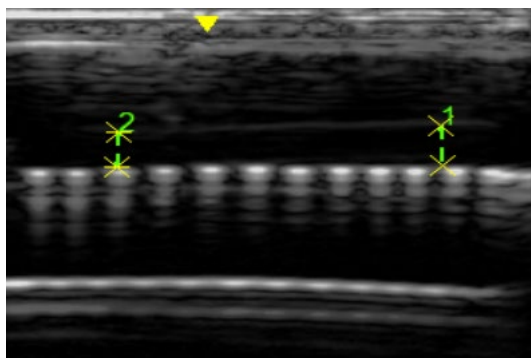


图A.8 错边

图谱显示特征为1号和2号特征线不在同一深度位置。

附 录 B  
(资料性)  
聚乙烯电熔焊接接头特征图谱

B.1 正常焊接



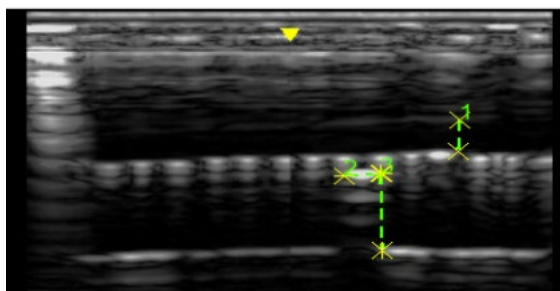
图B.1 正常焊接接头超声图谱

正常焊接电熔接头超声图像电阻丝排列规整，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。

B.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、泥砂夹杂、管材承插处外表面氧化皮未刮等。

B.2.1 熔合面含金属夹杂

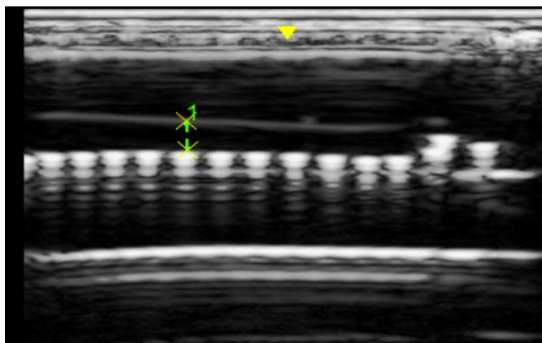


图B.2 含有金属夹杂物的超声图谱

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。

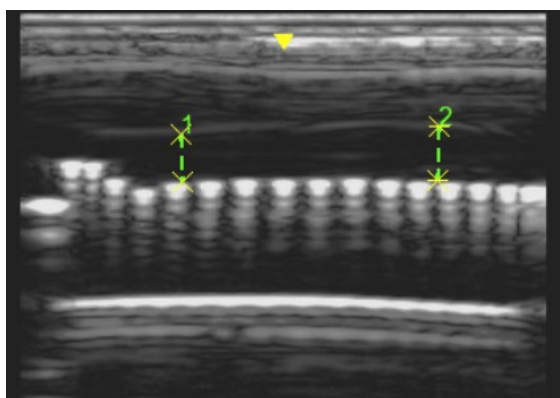


### B. 2. 2 熔合面有非金属夹杂



图B. 3 含有非金属夹杂物的超声图谱

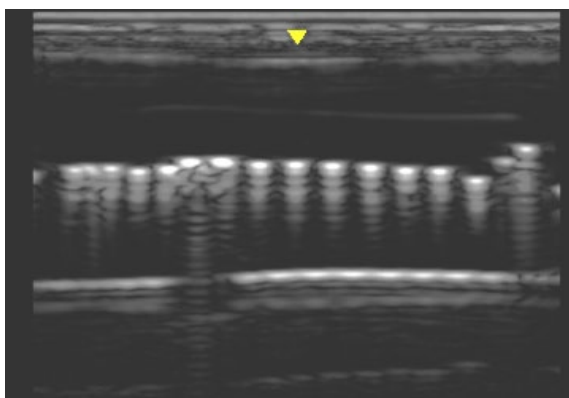
### B. 2. 3 熔合面氧化皮未刮



图B. 4 含有熔合面氧化皮未刮缺陷的超声图谱

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。

### B. 3 电阻线错位



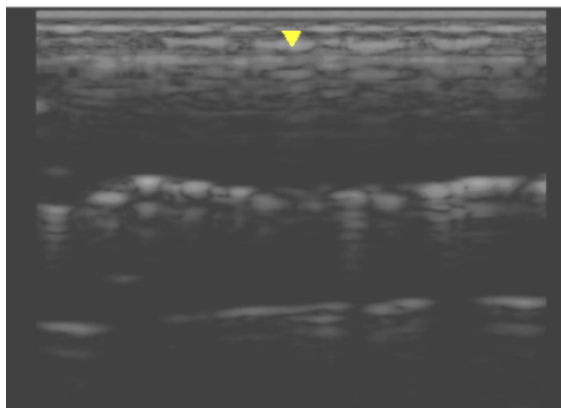
图B. 5 电阻丝错位的超声图谱

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。

## B.4 孔洞

孔洞按出现的位置可分为熔合面孔洞和管材或管件孔洞

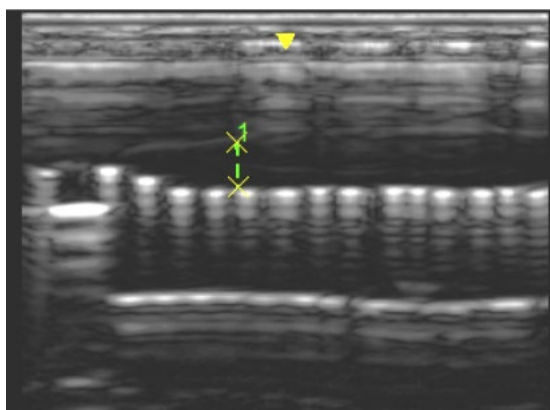
### B.4.1 熔合面孔洞



图B.6 熔合面上含孔洞的超声图谱

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，孔洞也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。

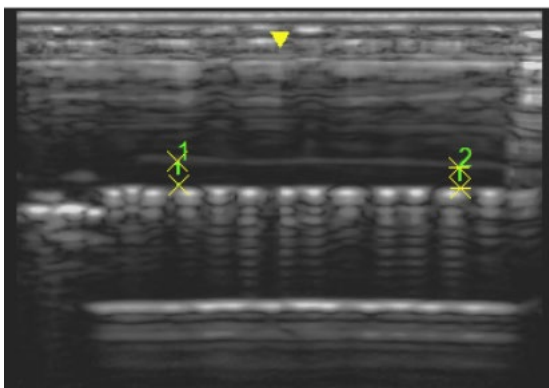
### B.4.2 管材或管件上的孔洞



图B.7 管材上含孔洞的超声图谱

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。

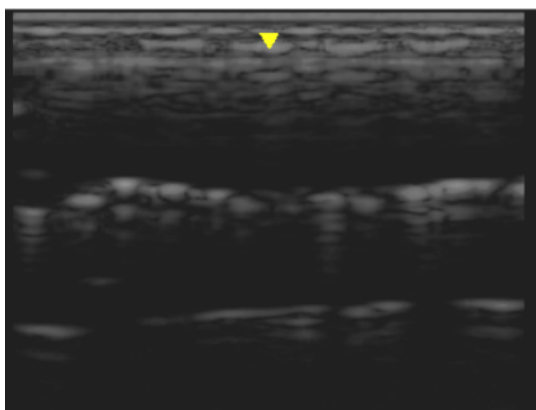
### B.5 冷焊



图B.8 冷焊接头超声图谱

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。

### B.6 过焊



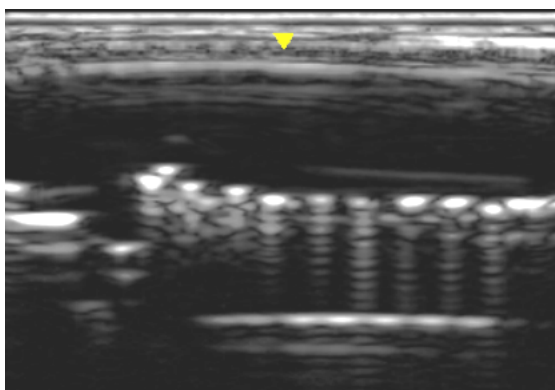
图B.9 过焊接头超声图谱

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。

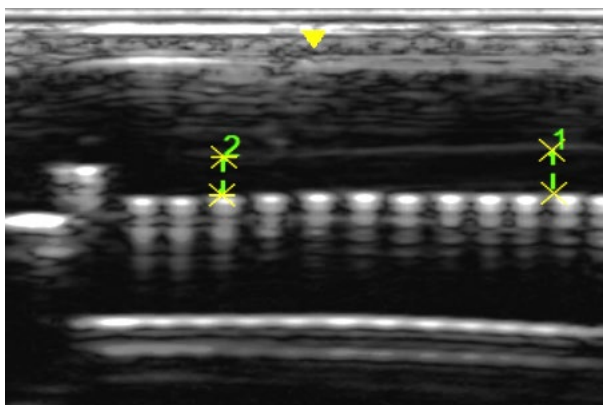
### B.7 管材承插不到位



图B.10 管材承插不到位焊接接头超声图谱

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。

#### B.8 边界信号



图B.11 焊接中的边界信号

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。

附 录 C  
(资料性)  
相控阵检测作业指导书

作业指导书编号：

一、被检件基本情况						
工件名称		工件规格 (mm)				
材质		检测比例				
焊接方法		坡口型式				
检测时机		表面状况				
检测面		焊缝宽度				
工件温度		检测区域宽度				
打磨宽度						
二、检测设备及器材						
仪器型号		仪器编号				
扫查架型号		编码器型号				
探头型号		楔块型号				
检测频率		楔块角度				
检测波形		对比试块				
耦合剂						
三、检测工艺						
检测标准		合格级别				
激发阵元数量		起始晶片				
聚焦类型		阵元孔径				
发射电压		扫描类型				
扫查灵敏度		表面补偿				
角度间距		扫描深度				
重复频率		扫查方式				
扫查步进		信号平均次数				
分区	深度范围 mm	起始角度°	终止角度°	探头中心距 mm	聚焦深度 mm	扫描设置
1						

2						
<p>检测示意图：</p> <p style="text-align: center;">对接焊缝检测示意图(双侧)</p> <p style="text-align: center;"><b>检测程序</b></p> <p>1、检测准备：焊缝两侧打磨宽度不小于 150mm，在此区域应清除焊接飞溅、、油垢及其他杂质。2、设备调试：TCG 曲线设置至少选取三点，最大深度应覆盖所选用跨距。</p> <p>3、位置传感器校准：使扫查装置移动 500mm 时，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%。</p> <p>4、扫查参考线：检测前应在扫查面上画参考线，参考线距焊缝中心线距离的误差为±0.5mm；</p> <p>5、扫查灵敏度：评定线不得低于荧光屏满刻度的 20%；</p> <p>6、扫查速度：最大扫查速度不大于 50mm/S；</p> <p>7、检测次数：从焊接接头双侧进行检测，检测时应保证相控阵声束对检测区域实现至少二次覆盖；</p> <p>8、图谱文件名：焊缝号-两侧扫查的图谱号（-A、-B）-分区号；扫查的起始点和扫查方向应做出明显标识；</p> <p>9、检测前后及检测人员对检测结果有怀疑时，应对检测系统进行复核。</p>						
编制：                                  年    月    日				审核：                                  年    月    日		

附 录 D  
(资料性)  
相控阵超声检测报告

<b>相控阵超声检测报告 (一)</b> 第 1 页 共 2 页				工程名称:  单位工程名称:	
委托单位		报告编号		检件编号	
检件材质		检件名称		检件规格	
检测比例		检测标准		合格级别	
焊接方法		坡口型式		检测时机	
检测面		表面状态		校准试块	
设备型号		仪器编号		编码器型号	
扫查架型号		探头型号		耦合剂	
聚焦类型		检测波型		楔块型号	
扫查方式		焦点深度		扫描类型	
阵元孔径		角度间距		扫描步进	
<p>相控阵超声检测示意图</p>					
检测人: 资格:		审核人: 资格:		检测单位: (公章) 报告日期: 年 月 日	

相控阵超声检测报告（二） 第 2 页 共 2 页				工程名称： 单位工程名称：				
委托单位	公司	报告编号			检件编号			
焊口号	焊工代号	缺陷评定						备注
		缺陷编号	起始点 mm	长度 mm	深度 mm	高度 mm	评定级别	
检测人： 资格：		审核人： 资格：			检测单位：（公章） 报告日期： 年 月 日			



# 《聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法—相控阵超声检测》

## 编制说明

### 1 工作简况

#### 1.1 任务来源

《聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法—相控阵超声检测》团体标准以江苏省特种设备安全监督检验研究院科技项目“高密度聚乙烯燃气管道焊接接头专用超声波成像检测系统研发与应用研究”（KJ21125037）的相关成果为基础，结合江苏省特种设备安全监督检验研究院历年 8000 余公里聚乙烯燃气管道的检测实践经验制定。由中国特种设备检验协会批准立项，立项号 2021027。该标准由中国特种设备检验协会归口管理。

#### 1.2 起草单位

略。

#### 1.3 主要起草人及其所承担工作的简要说明

略。

### 2 编制原则和主要内容

#### 2.1 编制原则

1) 标准的编写格式按国家标准GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写规则》的规定和要求进行编写；

2) 本标准以江苏省特检院科研成果为基础，进行综合凝练，以保证标准的先进水平。是对《压力管道规范 公用管道》GB/T 38942 - 2020 明确提出对聚乙烯燃气管道焊接接头无损检测要求的补充，提出具体的检测方法和判定标准；

3) 以科研成果为基础，充分考虑工程试应用的结果，以保证标准的适用性；

4) 充分考虑我国对聚乙烯燃气管道安全监察的总体要求、我国当代社会价值取向、管道失效模式及特点、我国企业技术、经济、管理水平和人员素质；

5) 为政府安全监察和企业安全管理的提供技术支撑；

6) 满足标准的科学性、先进性、有效性原则，规范我国聚乙烯燃气管道的位置探测方法选择。

#### 2.2 标准主要内容说明

本标准给出聚乙烯燃气管道焊接接头相控阵超声检测方法，由10个章节和4个附录组成，包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、一般要求、检测工艺、检测准备、检测、检测结果评定、缺欠评定和质量分级、检测记录和报告、附录A（聚乙烯热熔焊接接头典型图谱）、附录B（聚乙烯电熔焊接接头特征图谱）、附录C（聚乙烯电熔焊接接头特征图谱）、附录D（相控阵超声检测报告）。

本标准是首次制订，核心的技术内容包括：热熔电熔相控阵检测具体要求、缺陷判定、缺陷标准图谱，这些内容是在江苏省特种设备安全监督检验研究院科技项目“高密度聚乙烯燃气管道焊接接头专用超声波成像检测系统研发与应用研究”（KJ21125037）等的相关研究成果的基础上进行了综合凝练，并在近10000公里的城市燃气管网进行了工程试应用，从而确定的。

### 1) 确定本标准的适用范围

- a) 本标准规定了聚乙烯燃气管道焊接接头的相控阵超声检测方法和质量分级；
- b) 本标准适用于公称外径为 $\geq 63\text{mm}$ 、公称壁厚 6mm-30mm 的聚乙烯燃气管道热熔接头的相控阵超声检测方法和质量分级；
- c) 本标准适用于公称外径为 $\geq 40\text{mm}$ 、公称壁厚为 3.6mm-36.4mm 的聚乙烯燃气管道电熔接头的相控阵超声检测方法和质量分级。

### 2) 一般要求

主要规定了检测人员、检测设备和器材、检测设备的校准、核查、运行核查的基本要求。

### 3) 检测工艺

规定了聚乙烯燃气管道焊接相控阵检测工艺文件、工艺验证等要求。

### 4) 检测准备

给出了聚乙烯燃气管道焊接接头相控阵检测实施前的准备要求。

### 5) 检测

给出了聚乙烯燃气管道焊接接头相控阵检测实施过程中的要求。

### 6) 检测结果的评定

本章解释了缺陷的不同类型和尺寸的测量。

### 7) 缺欠评定和质量分级

本章描述了聚乙烯燃气管道焊接接头的质量分级和不同缺陷的判定准则。

### 8) 检测报告与记录

对记录和报告进行了要求。

## 3 综述报告及预期经济效果

随着聚乙烯(PE)管道在城镇燃气配气系统中被广泛采用以及相关标准规范的不断完善，聚乙烯燃气管道在国内城市管网中迅速推广应用，聚乙烯燃气管道爆管事故也时有发生，城市燃气输送安全隐患更加严重，在役管道的质量安全控制日趋重要。相比于钢制管道，PE 管道材料特殊，检测和维修难度大，一旦发生失效，将造成巨大的经济损失和环境污染，因此聚乙烯管道检验与评价技术研究十分必要。

由于 PE 材料特性与常规金属材料特性区别较大，检测方式和检测结果的显示较常规材料检测有较大区别，目前，聚乙烯管道的检测开展并不广泛，聚乙烯热熔连接、电熔连接焊口接头质量快速、实用的检测方法和合格判定是目前 PE 管道施工的一个瓶颈。以热熔连接为例，目前的检测方法是以目测焊

口焊环的外观来检验其质量,虽然有些问题可以通过焊环的外观发现,但有些内在的问题则无法从表面体现,温度、时间和压力是热熔焊接过程中最重要的三个因素,由于PE管道热熔焊接非常容易受到环境变化和人为操作因素的影响,在世界范围内都没有统一的定值,但在一些使用PE管道较早的国家都形成了一套比较完善和成熟的操作规程和参数设定的计算方法,而在我国很多PE管道工程的施工中,三个重要因素的设定一般由聚乙烯(PE)生产企业提供,所以存在的差异较大。在电熔连接方面,仅靠最终电熔管件上观察孔的顶出与否来判断焊接的质量也是不完全、不确切的。随着超声波相控阵检测技术日益成熟,该项技术已经不仅仅局限于常规的金属材料检测,目前可以解决聚乙烯、玻璃纤维、碳纤维等多种复合材料,采用相控超声成像检测方法,能够检测和显示聚乙烯电熔焊接接头中电阻丝位置分布及热熔管焊接接头中熔合面的未熔合和过烧缺陷等,可综合反映PE管的接头焊接质量。

本标准为了适应国家有关法规、规章中关于聚乙烯燃气管道焊缝无损检测要求和评判依据,提出聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法—超声相控阵检测方法的应用。解决了长期困扰燃气管道政府安全监察、企业安全生产的瓶颈性技术难题,为我国实施科学、合理、经济、有效的安全监管措施,从根本上扭转聚乙烯焊接接头无法检测和评判的被动局面,提供了必不可少的急需技术和方法手段。本标准中的聚乙烯焊接接头检测方法,已成功应用于江苏省、上海市等地城市部分燃气管道的位置检测,为企业掌握所辖管道的焊缝安全评判,提供了科学依据和技术指导,并通过减少焊缝失效破坏几率,降低事故风险。

#### 4 标准水平

目前,与本标准相关的标准为T/CASEI 006-2022《在役聚乙烯燃气管道检验与评价》,标准中对焊接接头检测进行了描述,但不全面,而NB/T47013.15《承压设备无损检测 第15部分:相控阵超声检测》只是对金属、聚乙烯管道电熔接头相控阵超声检测进行了要求,无法与TSG D7004等相关安全技术规范进行有效衔接。本标准给出了聚乙烯燃气管道的焊接接头的要求和评判,是《压力管道定期检验规则——公用管道》(TSG D7004-2010)和团体标准T/CASEI 006-2022的有效补充,是根据我国聚乙烯燃气管道的建设条件和运行管理的工程实际,在对前期研究成果的凝练与整合、工程适用性研究的基础上,充分考虑国内外管道制造、安装、维护、管理、检验水平的差距,充分考虑我国特种设备安全监察的总体要求,与我国的经济水平、社会保障条件以及有关安全技术法规相适宜,是国内外同类方法不能替代的。

#### 5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

《压力管道定期检验规则-公用管道》(TSG D7004-2010)提出了聚乙烯燃气管道位置检测的要求,但未明确方法和要求。针对聚乙烯燃气管道可能出现的焊接缺陷,非常迫切的需要开展聚乙烯燃气管道焊接接头相控阵超声检测方法的研究,制定定期检验标准,解决聚乙烯燃气管道焊缝检测的问题,为聚乙烯燃气管道的安全提供科学的检验方法体系,保障城镇燃气管道的安全运行。本标准是这个安全技术规范的支撑标准,给出了具体明确的聚乙烯燃气管道焊接接头相控阵超声检测方法。

本标准是为适应国家有关法规、规章中关于聚乙烯燃气管道位置检测的要求而制定。

#### 6 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

**7 贯彻团体标准的要求和措施建议**

- 1) 标准发布后，应组织对实施标准的单位和技术人员进行宣贯培训；
- 2) 主管部门对标准的实施情况进行检查，发现问题及时反馈，确保本标准的贯彻实施。

**8 废止现行有关标准的建议**

无。

**9 其他应予说明的事项**

无。

《聚乙烯燃气管道焊接接头检测评价方法—相控阵超声检测》

标准编制工作组