

# 大口径非金属管道电熔接头超声检测与安全评定

## 1 范围

本部分适用于公称直径为40mm~800mm（电熔套筒壁厚4mm~90mm）的聚乙烯管道电熔接头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/T29461《聚乙烯管道电熔接头超声检测》

GB/T29460《含缺陷聚乙烯管道电熔接头安全评定》

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/T294612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使得电熔接头中管材和管件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 一般要求

### 4.1 超声检测人员

4.1.1 从事聚乙烯燃气管道电熔接头的超声检测人员应严格按照《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》的要求取得相应无损检测资格，从事其它管道电熔接头的超声检测人员按 GB/T 9445 要求进行资格鉴定与认证并取得相应等级的证书。取得不同无损检测方法各资格级别的人员，只能从事与该方法和该资格级别相应的无损检测工作，并负相应的技术责任。

4.1.2 超声检测人员应了解聚乙烯管道的制造工艺和焊接工艺并通过聚乙烯管道电熔接头超声检测专业技术培训考试合格取得资格证书后，再经过200个聚乙烯管道电熔接头超声检测的实践具备熟练的操作技能才能独立进行聚乙烯管道电熔接头的超声检测工作。

4.1.3 超声检测人员得到雇主或责任单位的工作授权。

### 4.2 检测工艺文件

4.2.1 检测工艺至少应包括如下内容：

a) 检测准备：包括确定检测区域、探头及楔块的选取和设置、机械扫查及线扫描的选择、探头位置的确定、扫查面的确定、扫查面的准备等；

b) 检测系统的设置和校准。

### 4.2.2 工艺验证试验

4.2.2.1 工艺验证试验在对比试块上进行，将拟采用的检测工艺应用到对比试块上。工艺验证试验结果应确保能够清楚地显示和测量对比试块中的人工反射体。

4.2.2.2 工艺验证试验也可在与被检工件相同材质和规格的电熔接头上进行，电熔接头中的反射体可为制作的焊接缺陷或者是正常焊接接头中分布整齐的金属丝。

### 4.3 检测设备

4.3.1 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 1dB。

4.3.2 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。

4.3.3 采样频率不应小于探头中心频率的 10 倍。

4.3.4 仪器的水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%。

4.3.5 仪器至少应有 A 型、S 型、B 型、C 型等数据的显示和存储功能，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。

4.3.6 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。

4.3.7 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。

#### 4.4 相控阵探头

4.4.1 聚焦探头其会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且与被检测面有良好的配合。

4.4.2 相控阵探头应由多个晶片（阵元）（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。

4.4.3 探头实测中心频率与标称频率间的误差应不大于 10%，探头-6 dB 频带宽度不小于 60%。

4.4.4 同一探头晶片间灵敏度差值不大于±2dB。

#### 4.5 试块

##### 4.5.1 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φ1 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。

##### 4.5.2 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。

#### 4.6 扫查装置

4.6.1 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。

4.6.2 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。

4.6.3 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。

#### 4.7 耦合剂

4.7.1 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。

4.7.2 对表面不平整的焊接接，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。

### 5 具体要求

#### 5.1 检测准备

##### 5.1.1 检测区域

检测区域应包含熔合区宽度加上两侧各5mm的电熔套筒母材。

##### 5.1.2 扫查方式选择

对表面平整的电熔接头，选用平行线扫查+线扫描进行检测，线扫描角度为0°。对表面不平整的电熔接头，如线扫描不能实现检测区域声束覆盖，应辅以不同位置的扇扫描，以实现整个检测区域的声束覆盖。

#### 5.2 探头的选择

5.2.1 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探头。

5.2.2 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。

5.2.3 探头的长度一般应大于电熔接头单边熔接区宽度，其扫描声束的宽度要求覆盖单边电熔接头的检测区域，如不能覆盖，则需要二次或多次的扫查，各扫查之间的重叠至少为扫描声束宽度的10%。探头的晶片长度 $w$ 应小于等于10mm，使探头与管件外圆弧面有良好的耦合。

5.2.4 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1。

表 1 不同管件厚度适用的探头频率

电熔套筒厚度 $e$ /mm	频率 $f$ / MHz
$3 < e \leq 10$	$f \geq 6$
$10 < e \leq 20$	$4 < f < 6$
$20 < e \leq 50$	$2.25 < f \leq 4$
$50 < e \leq 90$	$1 \leq f \leq 2.25$

### 5.3 探头布置及参数设置

5.3.1 采用线扫描或不同位置的扇扫描对焊缝进行覆盖，探头平行于管件轴线，周向移动做平行线扫查（见图1）。

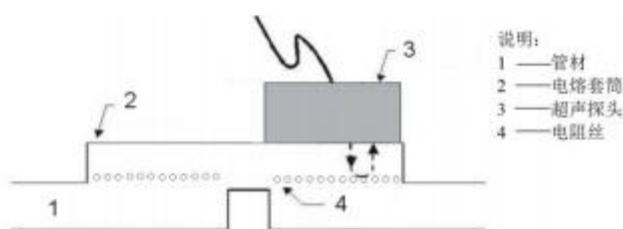


图 1 探头的布置

#### 5.3.2 参数设置

焊缝初始扫查聚焦深度应设置在熔合面外侧1-3mm范围内。

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力时，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。

主动孔径应根据管件厚度选定。不同管件厚度范围适用的主动孔径见表2。

表 2 不同管件厚度适用的主动孔径

电熔套筒厚度 $e$ /mm	主动孔径 $D$ / mm
$3 < e \leq 10$	$5 \leq D \leq 10$

$10 < e \leq 20$	$10 < D \leq 16$
$20 < e \leq 50$	$16 < D \leq 32$
$50 < e \leq 90$	$32 < D \leq 50$

#### 5.4 扫查面准备

##### 5.4.1 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2h后进行检测。

#### 5.4.2 表面清理

接头外观质量应检验合格，电熔套筒的表面应尽量平整、干净，所有影响超声检测的污物等都应予以清除，不影响探头与工件的声耦合。

#### 5.4.3 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。

#### 5.5 耦合剂

5.5.1 选用的耦合剂应在一定的温度范围内保证稳定可靠的检测。

5.5.2 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。

5.5.3 采用耦合剂时，工件的表面温度范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，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。超出该温度范围，应通过实验验证。

#### 5.6 检测系统的设置和校准

5.6.1 校准采用PE- I 试块，采用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。

#### 5.6.2 扫查灵敏度的确定

扫查灵敏度由工艺验证试验确定，一般将声程与管套厚度相等或最接近（声程大于管套厚度）的PE- I 试块侧面钻孔  $\phi 1 \times 25-4\text{dB}$  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。扫查灵敏度也可在模拟试块上进行，一般将金属丝反射体的波高设置为满屏高度的80%~95%，然后调节检测参数至获得的图像有足够的分辨率和灵敏度可鉴别每一根电阻丝。

5.6.3 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。

5.6.4 校准方式是使扫查装置移动一定的距离（不小于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%，最大不超过10mm。

#### 5.7 检测程序

5.7.1 依照操作指导书将检测系统的硬件及软件置于检测状态。

5.7.2 在待检的电熔接头上使用耦合剂。

5.7.3 将探头摆放到要求的位置，沿设计的路径进行扫查。探头移动轨迹偏离与扫查轨迹不能超过3mm。

5.7.4 扫查时应保证扫查速度不大于30mm/s，同时保证耦合效果和满足数据采集的要求。

5.7.5 扫查停止位置应超过起始位置至少20mm；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20mm。

5.7.6 由于电熔管件接线柱阻碍探头的移动，自动扫查时应避开，如不能避开，则在接线柱阻碍探头移动的区域作手工补充扫查。

5.7.7 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。

#### 5.8 检测系统的复核

5.8.1 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4h以上时;

d) 工作结束时。

5.8.2 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3规定执行。

表 3 偏离和纠正

灵敏度	偏离 $\leq 3$ dB	通过软件进行纠正
	偏离 $> 3$ 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 $\leq 1$ mm	不需要采取措施
	偏离 $> 1$ 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

## 6 检测数据的分析

### 6.1 检测数据的有效性评价

6.1.1 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2mm。

6.1.2 若数据无效, 应纠正后重新进行扫查。

### 6.2 缺陷的分析

根据B型显示, 结合A扫描显示, 根据GB/T29461相关规定对缺陷的性质进行分析。

#### 6.2.1 正常焊接

以上内容仅为本文档的试下载部分, 为可阅读页数的一半内容。  
如要下载或阅读全文, 请访问:

<https://d.book118.com/328057072012007006>