

HDPE 管焊接接头的相控阵超声检测

HDPE 管又称为高密度聚乙烯管，属于一种高性能的塑料制品，其质量较小，耐磨性、电绝缘性、韧性及耐寒性较好，且化学稳定性好，耐酸、碱和盐类的腐蚀。因此，**HDPE** 管材广泛应用于给排水、燃气、化工等多个行业，特别是在燃气输送领域有着极为普遍的应用。

HDPE 管主要通过焊接的方式连接，焊接工艺主要有电熔焊接和热熔焊接两种（其焊缝结构示意见图 1, 2）。

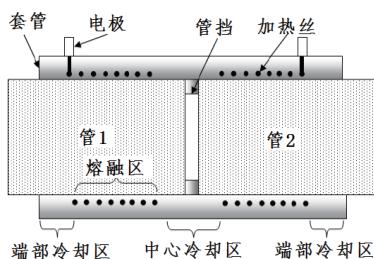


图 1 电熔焊缝结构示意



图 2 热熔焊缝结构示意

电熔焊焊接接头中常见的缺陷主要为冷焊和

过焊；热熔焊接接头中常见的缺陷主要为未熔合和穿孔。针对不同焊接工艺的焊接接头，通常需要选择不同的检测方法。

文章通过对两种不同焊接工艺的焊接接头进行试验，讨论了不同类型焊接接头适应的检测方法及不同参数对检测能力的影响。

1 电熔焊接接头检测

检测电熔焊接接头时，一般选用频率为 **5 MHz** 或 **10 MHz**, **128** 晶片的相控阵超声探头，设置 **0°** 线性法则，扫查套管与母管的熔融区。通过观察套管与母管之间电阻丝的熔合或变形情况以及底波的状态，来判断焊接接头中是否存在过焊或冷焊。

从某电熔焊接接头相控阵超声检测成像结果（见图 3）可以看到，电阻丝的信号与母管的内壁信号均可在相控阵图谱中清晰显示。当焊缝中存在不同类型的缺陷时，电阻丝信号与母管的内壁信号均有可能发生相应变化。

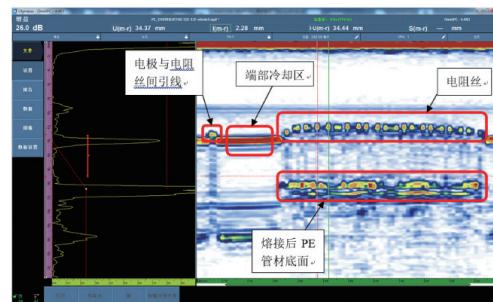


图 3 电熔焊接接头相控阵超声检测成像结果

使用奥林巴斯生产的 OmniScan 系列相控阵探伤仪配合 128 晶片线阵探头对电熔焊焊缝进行检测(见图 4)，发现选择不同的一次激发孔径，或不同的聚焦深度(见图 5)，检测效果也会有很大不同。

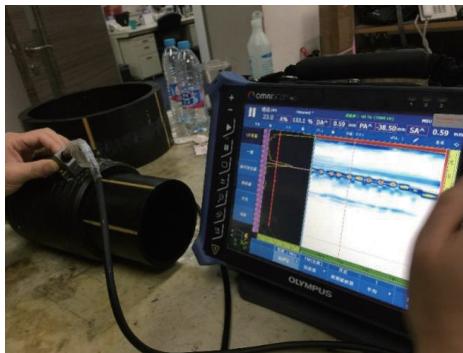


图 4 OmniScan X3 检测 HDPE 电熔焊缝试块

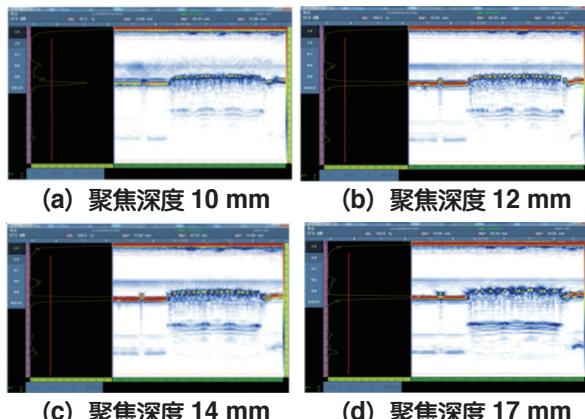


图 5 不同聚焦深度时的电熔焊焊缝相控阵
检测结果

由图 5 可见，电阻丝埋深位于 14 mm 时，设置聚焦深度正好为 14 mm 时，电阻丝的成像貌最为清晰。

设置相同的聚焦深度时，一次激发孔径越大，聚焦效果越好，电阻丝的成像形貌更清晰。激发不同数量晶片时，检测效果也不同(见图 6)。

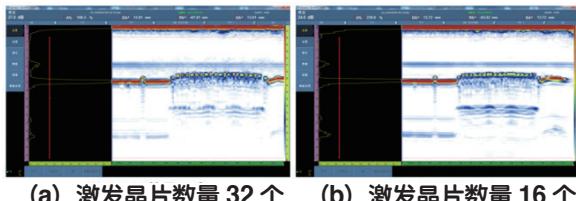


图 6 不同激发晶片数量时的电熔焊
焊缝相控阵检测结果

经过对接头的整体扫查，发现有一处过热 200% 引起的人工缺陷(检测结果见图 7)，即

过热导致电阻丝出现不同程度的移位和变形，尤其是中间部分电阻丝信号显示的移位程度更加明显。

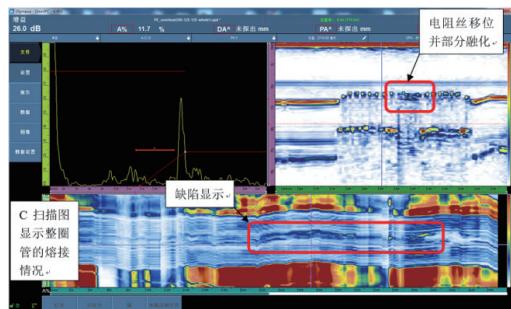


图 7 电熔焊焊缝试块过热引起的缺陷
相控阵检测结果

检测时还检测出一处夹铜片模拟的未熔缺陷，结果如图 8 所示，可清晰看到在电阻丝下方有一条反射信号。该信号为断续的点状信号，这是因为声束受到了在其上方的电阻丝的阻挡，而且下方的信号与上面的电阻丝信号在空间上刚好错位，显示也可印证该说法。

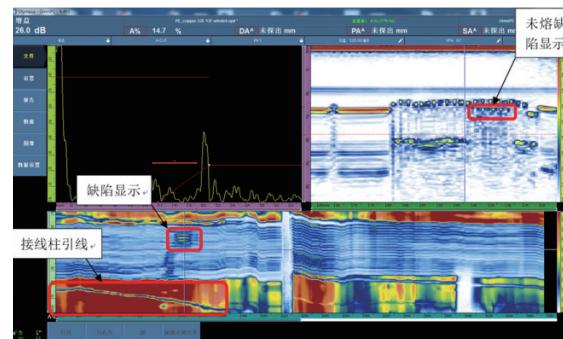


图 8 电熔焊焊缝未熔缺陷相控阵检测结果

检测时，另检测出一处未清除的氧化层。在扇扫显示(见图 9)中可见一些阴影信号。其产生原因是氧化层未被清除而被高温熔化，这些表面氧化物混在熔融的 PE(聚乙烯)管内，形成类似于夹杂的信号。

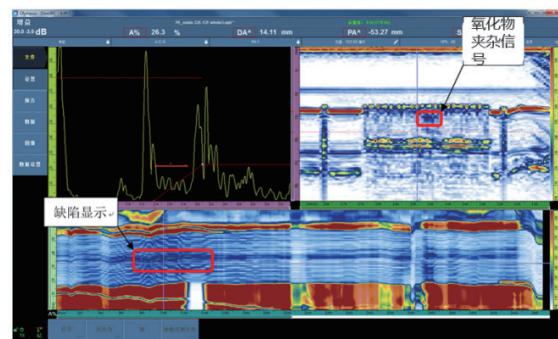
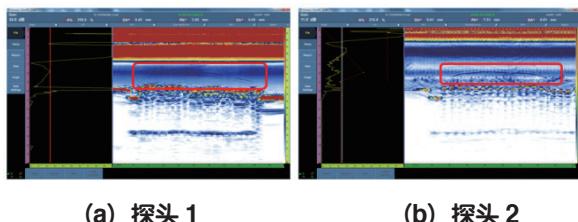


图 9 电熔焊焊缝试块的未清除氧化层相控阵检测结果

一般情况下，检测图像中的特征线与电阻丝的距离与电熔接头焊接时的加热时间有关，因此可以采用特征线与电阻丝之间距离变小和变大的百分比来表征冷焊和过焊的严重程度。在试验过程中发现，扇扫显示中特征线的检出及其形态，会受到许多因素影响，比如套管与母管之间的间隙大小，检测时所选用的探头类型，设置的聚焦深度，一次激发晶片数等。不同探头检测时呈现出的不同特征线如图 10 所示。



(a) 探头 1 (b) 探头 2

图 10 不同探头检测时呈现出的不同特征线

随着相控阵技术的不断发展，全聚焦超声检测技术作为一种新的检测技术，为超声检测提供了更清晰的成像能力。使用奥林巴斯最新款的搭载有全聚焦功能的 OmniScan X3 型检测仪对电熔焊管焊缝试块进行了检测，结果如图 11、12 所示。

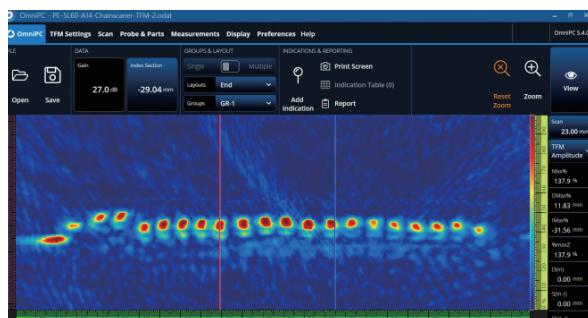


图 11 电熔焊焊缝试块无缺陷位置的全聚焦超声检测结果
(电阻丝清晰可见)

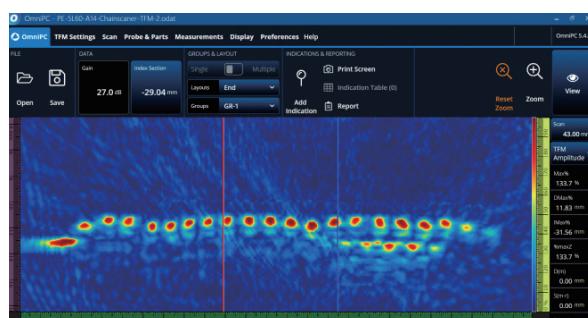


图 12 电熔焊焊缝试块有缺陷位置的全聚焦超声检测结果
(电阻丝下方缺陷清晰可见)

经过对比发现，64 晶片全聚焦方式可获得接

近于 128 晶片相控阵超声检测的成像质量（见图 13）。



(a) 128 晶片相控阵超声检测 (b) 64 晶片全聚焦检测

图 13 不同晶片数时，全聚焦超声检测与相控阵超声检测的成像质量对比

2 热熔焊接接头检测

检测热熔焊接接头时，一般可选用 2.25 MHz, 64 晶片的相控阵超声探头，配合特制的水腔型楔块，设置角度扇扫法则进行扫查（见图 14）。通过观察焊接区域的信号，可判断焊接接头中是否存在未熔合或穿孔。其检测方法类似于传统碳钢管环焊缝的检测。

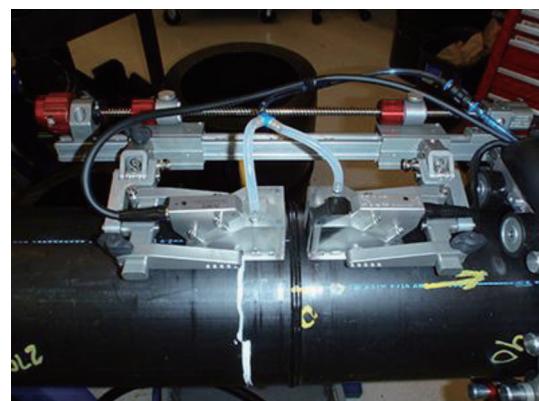


图 14 OmniScan X3 检测 HDPE 热熔焊缝试块

热熔焊缝试块的相控阵检测结果如图 15 所示，其中可见明显的根部未融合缺陷。由于 PE 管热熔焊缝是无坡口的对接焊缝，所以未熔合的缺陷信号显示为垂直方向的显示。

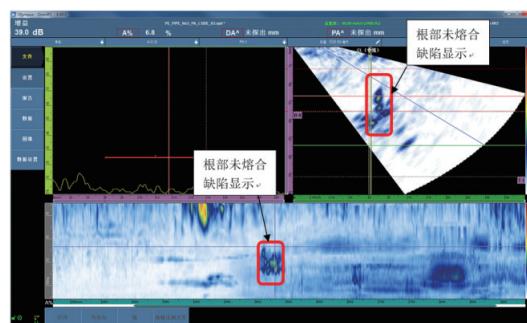


图 15 热熔焊缝试块的根部未熔合缺陷相控阵检测结果

检测时，还发现一处明显的缺陷信号，该信号在深度**B**扫描图像中的显示是贯穿深度方向的，且长度很短（见图16）。

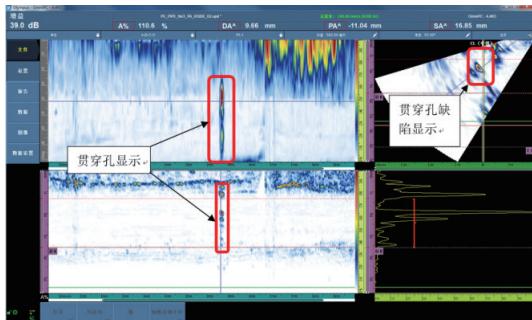


图16 热熔焊焊缝试块的贯穿孔缺陷信号

3 结论

对于电熔焊接的**HDPE**焊缝的检测，使用线

阵探头及**0°**线性相控阵扫查，从检测图像中可以清晰看到电阻丝的信号，并可观察到电阻丝周边的缺陷信号。

使用全聚焦超声技术检测电熔焊接的**HDPE**焊缝，电阻丝的信号会更加清晰明显，表明该技术可成为电熔**PE**焊管的又一有效检测手段。

对于热熔焊接**PE**焊缝的检测，可以使用相控阵扇形扫查的方法检测其内部的缺陷（此时需要使用特殊的专用楔块）。

奥林巴斯（北京）销售服务有限公司 供稿

2021年4月