



钻井平台小径管焊缝PAUT 质量检测应用

杨生贤 陈晓俊 章林寒

【摘要】 首先介绍了相控阵检测PAUT的工作原理，并且根据其技术特点，研究并推广到钻井平台小径管焊缝的检测之中。主要讲述了检测前期的验证对比工作，以及在真实检测过程中所遇到的问题和解决方案。

关键词： 小径管；PAUT检测；焊接缺陷

钻井平台小径管的常用检测方法主要为无损检测五大常规方法中的射线检测和超声波检测。由于射线检测的检测时间较长，且程序繁多，检测效率很低，而平台的管线数量众多，采用射线检测很难满足生产进度需求。超声波检测只能采用实时检测，而且技术人员的个人操作能力对检测影响很大，因此在压力管线上很少采用超声波检测。

通过分析可知，上述两种检测方法很难满足平台小径管检测技术既要具备检测可靠性又要满足生产进度需求，而PAUT（相控阵检测）的技术特点就是检测高效、可靠，完全符合以上两点的需求。

1. PAUT的检测原理

(1) 工作原理 将一压电晶片分割成多个等同的小晶片，激励晶片，每个晶片都可以单独激发，每一个晶片激发时间可以单独控制，产生的球面波在传播过程中波前相互叠加。PAUT的晶片激发（振幅和延时）可以通过

软件控制，从而对波束进行调控，可以聚焦、偏转等。

(2) 缺陷定位 PAUT检测的特点是编码定位，可以通过使用编码器从而对探头移动轨迹进行记录，可以进行数据保存，随时调用查看。

PAUT也是一种脉冲反射式检测方法，因此它的缺陷定位方式也是根据回波显示进行确定的。PAUT的主要扫查方式为S扫（散扫）和E扫（线扫），主要显示方式为A、B、C和S显示。在小径管检测中我们只需采用S扫查方式。

在整个检测过程中，我们可以使用标尺在S显示上对缺陷进行定深和定焊缝截面横向位置，可以在B显示或C显示上测量缺陷扫查轴方向位置，得到缺陷起始点和终点读数。在以上多种显示的结合之下，从而达到缺陷的检出以及测量。

(3) 检测依据 PAUT的缺陷检出前提是检测对象体积全覆盖，而在体积全覆盖的前提下我

们要使得波束尽可能垂直于容易产生缺陷的位置，而采用的S扫查角度为 $40^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，尽可能多的一次波覆盖焊缝体积，从而达到较好的检测效果（见图1）。

2. PAUT的检测系统

(1) 检测设备 完整的PAUT检测设备所涉及到的配件繁多，钻井平台小径管PAUT检测设备如表1所示。

(2) 检测试管 为了验证PAUT的检测可靠性，根据ASME标准的要求，设计了相应

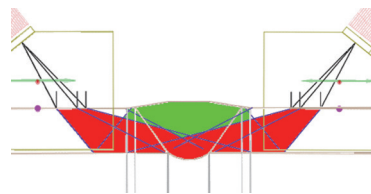


图1 PAUT覆盖模拟

表1 PAUT设备

类型	型号
主机	OMNISCAN—SX
楔块	SA2—N60S—IHC/ SA1—N60S—IHC
探头	5L64A2/10L32A1
编码器	OMNISCAN/自制
扫查架	双轮长轴/链式
试块	专用校准试块

的验证试管(见图2)。其中缺陷分布于上侧壁、侧壁以及根部区域,从而验证PAUT对整个焊缝的检测可靠性。

(3) 检测软件 PAUT的机载计算器可以计算其聚焦法则,能够快速设定聚焦法则。PAUT的模拟软件众多,用于辅助工艺设计,可以很好的展现设计效果,使得检测计划清晰明了。我们一般采用的分析软件为TOMOVIEW,这款软件是和检测设备配套使用,能够很好的对缺陷进行评判和测量。

3. PAUT的工艺认可

(1) 文件资料 PAUT属于新技术的范畴,因此在应用上需要有相关标准的支持,PAUT常用标准:AWS D1.1—2010、ASME CC 2541、ASME CC 2557、ASTM E2491—2008、ASME B31.3—2010、ASME V—2010、ABS。在大量标准的支持下,我们编制了相应的工艺程序文件,用以提交审核。

(2) 试管验证 为了验证检测工艺的可靠性,我们制作了4种管径壁厚验证管,如表2所示。

我们采用射线检测(RT)进行对比分析,其中以273.3mm×15.09mm的管子作

为示例,检测显示如表3所示。PAUT截图和射线检测底片影像如图3~图5所示。由此我们得知,从缺陷位置和缺陷长度方面考虑,PAUT和射线检测结果均能一一对应。

(3) 现场验证 由于试管和现场管的制作过程千差万别,所以具体的PAUT现场

检测效果如何,仍需要进行现场对比验证,现场管参数为141.3mm×30mm,检测结果如图6、图7所示。由此可看出,两种方法均有缺陷显示,返修后缺陷显示消失。现场验证两种方法

表2 验证管参数

管径/mm	88.9	114.3	168.3	273.3
壁厚/mm	15.24	17.12	18.26	15.09

表3 缺陷评判

缺陷编号	深度/mm	PAUT检测长度/mm	RT检测长度/mm	差值/mm
1	3	831~870 (39)	35	+4
2	11.4	616~647 (31)	28	+3
3	4.7	101~121 (20)	18	+2

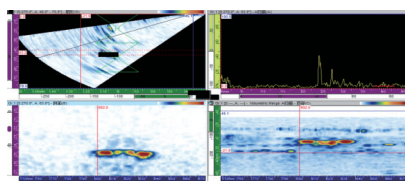


图3 缺陷1的PAUT截图和底片影像

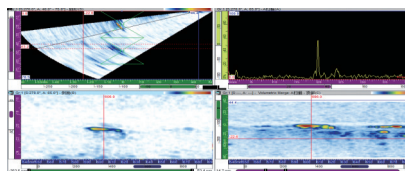


图4 缺陷2的PAUT截图和底片影像

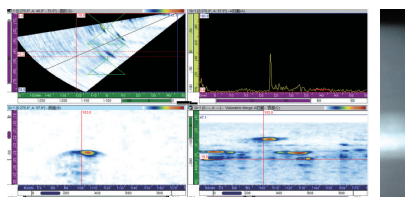


图5 缺陷3的PAUT截图和底片影像

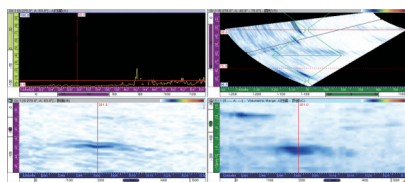


图6 初次PAUT检测和RT检测

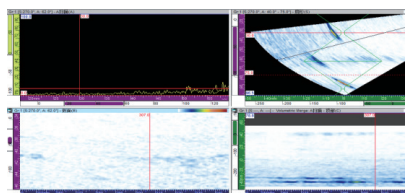


图7 返修后PAUT检测和RT检测

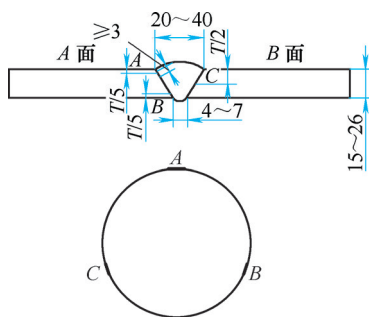


图2 PAUT检测试管设计示意

也可以对应,但由于管线采用伽马射线进行透射,射线底片显示较为模糊,较难评判。

4. PAUT的现场问题和解决方法

(1) 表面处理 在我们的检测工艺中,规定了耦合面粗糙度 $\leq 6.3 \mu\text{m}$,因为表面状况对耦合有着非常大的影响。

裸露表面生锈的管口只需要使用钢丝球进行清理即可。比较麻烦的是有油漆防护的管线,油漆层通常都较厚,因此在检测初期,均采用硬砂轮打磨的方式进行处理,导致管线表面粗糙不平整,采集的数据耦合状况非常差。因此在这种情形下要求施工方先进行初步处理,硬砂轮去除掉一定厚度的油漆层后,再用钢丝球进行刷除。不同表面处理的缺陷显示情况如图8、图9所示。由此可知,表面处理不当会影响到检测结论,因此PAUT检测前需要按照要求进行表面处理。

(2) 耦合方式 常用的耦合剂是化学浆糊,采用涂刷表面的方式进行耦合。PAUT需要使用扫查装置进行数据采集,探头夹持位置有一定的压力,这使得

探头和管线表面贴合较紧。由于管子曲面形状的特点,当用浆糊作为耦合剂时,不能太稀薄,因此会有一定的厚度,这就会阻滞探头的移动,导致数据丢失。所以在小径管检测中,我们采用水耦合的方式。水耦合的优点包括无毒、无腐蚀、来源广泛且水流均匀,很好地解决了以上的问题。不同的耦合方式对比如图10、图11所示。由此可知,回波显示信号基本无差别,因此均可用于检测,但综合考虑之下,喷水耦合最佳。

(3) 位置限制 由于现场管排布紧密,所以存在一定的空间位置限制,而检测时所采用的扫查装置有一定的长度和高度,这对小径管的检测产生了一些局限性。通过表1可以看出,我们购置了多个扫查装置,结合使用可以解决众多现场限位的问题,在遇到周遭区域限制过大的情况下,只能进行拆除管架等操作完成检测。

5. PAUT的技术难点

(1) 管径壁厚 小径管PAUT检测中,由于其检出原理和扫查装置的影响,目前检

测壁厚需 $> 8 \text{ mm}$,直径需 $> 60.3 \text{ mm}$ 。

(2) 数据评判 PAUT是一种脉冲反射式检测方法,因此在遇到结构、焊接方法和材料特性影响时,数据评判较为困难,需要一定的经验积累。

(3) 横向缺陷 小径管检测中,由于横向缺陷只采用一维线性探头进行检测,所以缺少横向检测的能力,依赖于常规超声波检测方法的横向扫查。

6. 结语

PAUT检测采用多角度扫查的模式,提高了对方向不定缺陷的检出概率,相对射线检测减少了多道工序和检测时间。经过一系列的验证,证明采用灵活的扫查装置和编码系统,非常适用于小径管的检测。

通过对钻井平台小径管焊缝相控阵超声波检测技术应用,总结出工艺要点,同时利用检测信息大数据的积累、采集和研究,促进相控阵超声波检测在焊缝检测应用范围的逐步扩展,能够应用到更多的构件和系统之中。

参考文献:

- [1] R/D Tech. Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications [M]. Canada, Olympus NDT, 2004: 190.
- [2] 李衍.小径薄壁管超声相控阵检测[J].无损探伤,2012, 32 (3) .

作者简介: 杨生贤、陈晓俊,上海船厂船舶有限公司;章林寒,中国船级社实业公司。

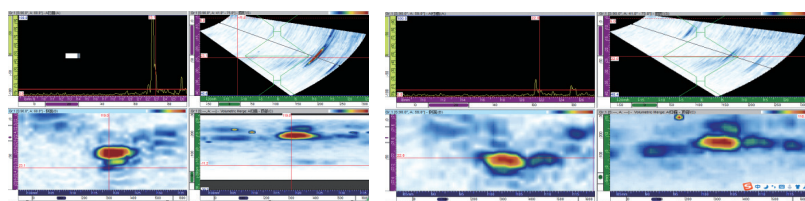


图8 表面处理良好

图9 表面处理较差

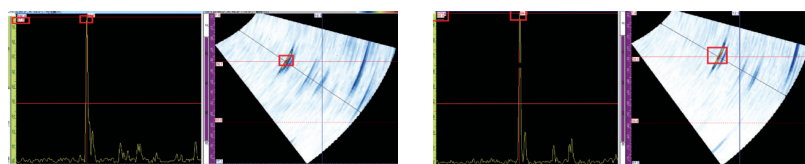


图10 喷水耦合

图11 浆糊耦合

MW 20160409