

孔板流量计壳体焊缝的超声检测缺陷显示

林 彤, 姚 钦, 孙榕光

(福建省特种设备检验研究院, 福州 350008)

摘 要: 因孔板流量计壳体焊缝结构特殊, 其流量计管道短接外形和厚度尺寸变化等因素影响了无损检测方法的应用, 为了解决壳体焊缝缺陷检出和厚度的测量问题, 以及满足检测的要求, 开展了时差衍射法超声检测、全聚焦相控阵超声检测和常规超声检测技术的检测试验, 优化了超声检测方法, 确保了检测的可靠性和准确性。通过检测数据分析, 对不同超声检测方法的缺陷显示和相关焊缝缺陷显示特征进行了总结, 为开展类似的检测活动提供参考。

关键词: 流量计; 焊缝; 缺陷; 超声检测

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2020)01-0013-04

Display of weld defects of orifice flowmeter shell by ultrasound detection

LIN Tong, YAO Qin, SUN Rongguang

(Fujian Special Equipment Inspection Institute, Fuzhou 350008, China)

Abstract: Due to the special weld structure of orifice plate flowmeter shell, the short joint shape of flowmeter pipeline and the change of thickness and size, etc., the application of non-destructive testing technology is affected. In order to solve the problems of defect detection and thickness measurement of shell weld, and to meet the requirements of inspection, the application of time difference diffraction method, full focus phased array ultrasonic testing and conventional ultrasonic testing technology is studied. In order to ensure reliable and accurate detection, we should optimize the selection of ultrasonic detection methods. Through the analysis of test data, the structural display of different ultrasonic testing methods and the display characteristics of related weld defects are collected and summarized, which can provide reference for similar testing activities in the future.

Key words: flowmeter; weld; defect; ultrasonic testing

在电站锅炉的给水装置和供汽装置上装有较多的流量计, 流量计上选用了焊接孔板, 其常见结构如图 1 所示, 壳体焊缝的品质无法保证, 焊接接头大多存在焊缝超标缺陷, 同时存在焊缝厚度不足、结构性应力集中、焊缝内部开裂等问题。

在排查安全隐患时, 由于流量计壳体短节材料为碳钢, 只能采用超声检测技术对壳体焊缝进行全面检测。如今工业超声检测技术发展迅速, 可用方法有常规脉冲反射法超声检测(UT)、超声衍射时差法检测(TOFD)和相控阵超声检测

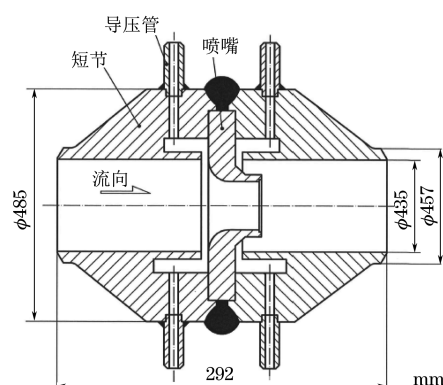


图 1 流量计结构示意图

(PAUT)。结合流量计的外形规格尺寸、焊缝区域的厚度、底部和内部结构、人员技术水平、检测工艺和仪器设备状况等, 综合考虑检测数据可记录、信号扫描显示、缺陷分辨率、可靠性、精准和高效

收稿日期: 2019-06-27

作者简介: 林 彤(1963—), 男, 高级工程师, 主要从事特种设备检验检测工作

通信作者: 林 彤, 411890974@qq.com

等,笔者采用以上几种超声检测方法对其进行检测试验,得出 TOFD 超声检测具有较大技术优势的结论。采用 TOFD 检测时,现场在用流量计壳体焊缝的余高不需要打磨平,可一次性完成焊缝接头区域厚度的精准测量和焊缝根部危害性缺陷的检出。UT 和 PAUT 检测时,均要对焊缝余高进行磨平处理后才能移动探头,使探头覆盖焊缝接头区域进行检测,采用斜探头检测焊缝缺陷,采用直探头测量厚度。另外,全聚焦相控阵超声技术(TFM)与传统相控阵超声检测技术有较大区别,具有技术优势,此方法在检测时同样要去除焊缝余高,但缺陷显示效果最佳,能形成高分辨率、完整的缺陷和结构的回波图形,能同时完成焊接接头的厚度测量和缺陷检测^[1]。

1 检测方法

1.1 超声衍射时差法

TOFD 法采用一发一收探头工作模式,主要利用缺陷端点的衍射波信号检测和测定缺陷的位置及尺寸,该方法广泛用于焊缝检测中,在电站锅炉及管道范围内使用的焊接孔板流量计的焊缝厚度不超过 50 mm,可使用一组探头进行检测,聚焦深度选择与焊缝厚度一致,若未知焊缝厚度时,可选用接管的厚度,其检测示意如图 2 所示。

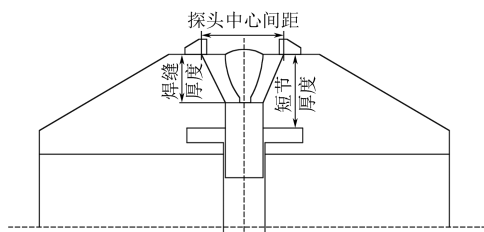


图 2 流量计焊缝 TOFD 检测示意

1.2 相控阵超声检测

相控阵超声检测是利用多压电阵元和延迟控制来激励和接收超声波信号的,发射端的延迟法则控制声场的偏转和聚焦^[2],该检测方法广泛应用于焊缝的检测,常见的扫查方式是将扇形角度范围覆盖焊接接头的检测区域,其检测示意图见图 3。

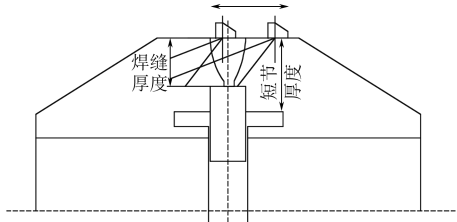


图 3 流量计焊缝的 PAUT 或 UT 检测示意

1.3 全聚焦相控阵超声检测

TFM 方法以全矩阵数据为基础,多阵元相控阵探头依次激励每一个晶片,激发球形波入射至材料中,每一次发射后,材料中不连续的反射回波将同时被所有晶片接收,将检测信号通过后处理聚焦于检测区域中的每一个点上,利用检测区域中每一个点的幅值信息重构出二维图像,可获得高分辨率成像效果,实现缺陷的准确定位及定量分析。流量计的焊缝 TFM 检测示意如图 4 所示,其能一次完成焊缝区域的厚度测量和缺陷检测^[3-4]。

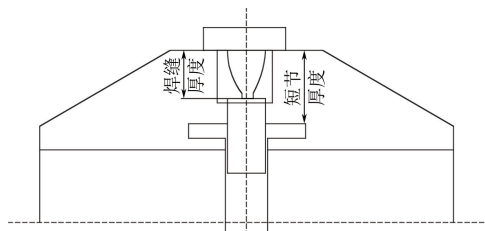


图 4 流量计焊缝的 TFM 检测示意

2 缺陷的模拟仿真

流量计壳体焊缝的缺陷主要位于焊缝根部,缺陷形式一般为未焊透、侧壁未熔合、裂纹、夹渣和气孔等^[5],采用 CIVA 仿真软件对流量计壳体焊缝根部中的常见缺陷进行全聚焦相控阵超声检测,结果如图 5~9 所示。

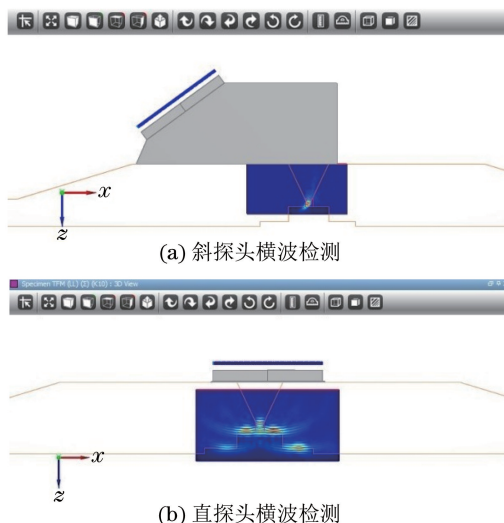


图 5 斜探头和直探头检测未焊透显示(CIVA 仿真)

经过上述缺陷仿真结果的对比可知,斜探头相控阵超声检测效果好于直探头的,尤其是在面状缺陷的显示方面。

3 检测数据分析

3.1 TOFD 检测结构显示

TOFD 检测流量计壳体焊缝具有优势,能有效地

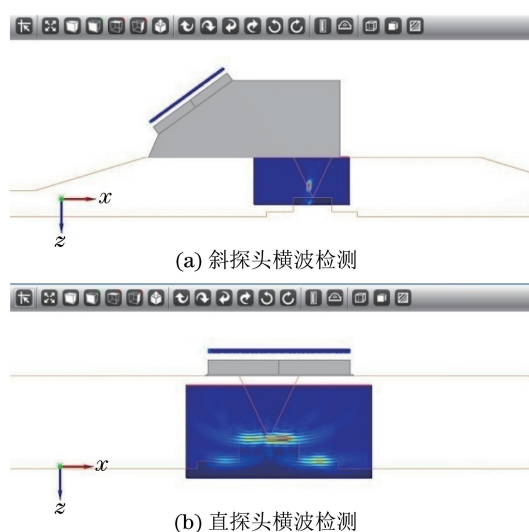


图6 斜探头和直探头检测纵向裂纹显示(CIVA 仿真)

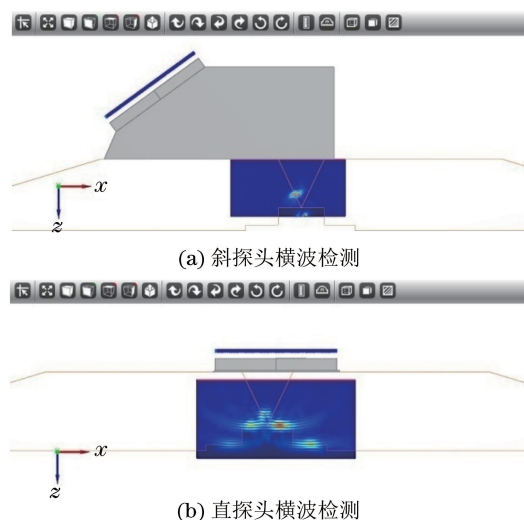


图7 斜探头和直探头检测横向裂纹显示(CIVA 仿真)

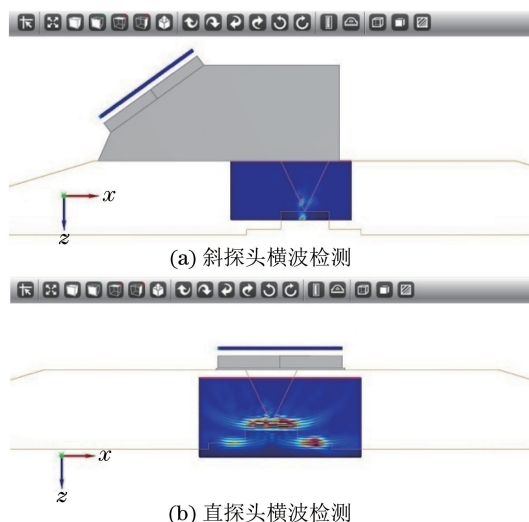


图8 斜探头和直探头检测侧壁未熔合显示(CIVA 仿真)
发现焊缝中的裂纹等缺陷,此法的正常 B 扫描显示具有特点,能明显显示焊缝的底波,能准确测量焊缝的

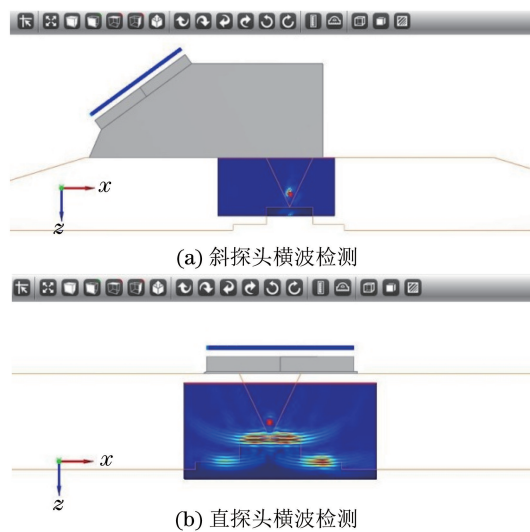


图9 斜探头和直探头检测气孔显示(CIVA 仿真)

厚度,在焊缝厚度较小(如低于标准规定的 12 mm)时,焊缝底波也明显存在,但不能用于缺陷的检测,TOFD 检测 B 扫描显示如图 10 所示。

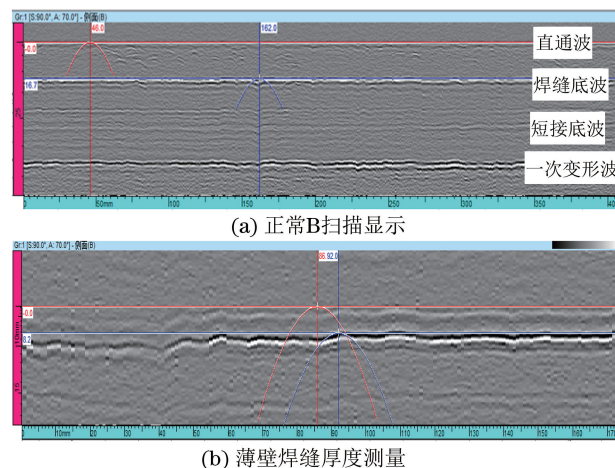


图10 壳体焊缝的 TOFD 检测 B 扫描显示

3.2 TOFD 检测缺陷显示

焊缝根部裂缝的 TOFD 显示如图 11 所示,可见只有裂纹的上端点显示,没有下端点显示,焊接接头部位底波受到影响。

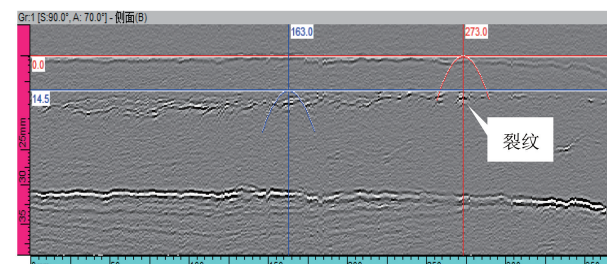


图11 焊缝根部裂缝的 TOFD 显示

焊缝根部未焊透的 TOFD 显示如图 12 所示,上端点出现较直或圆弧状断续信号显示,焊接接头

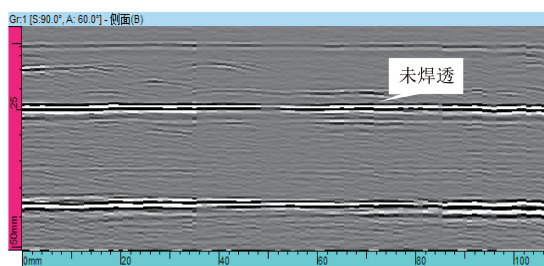
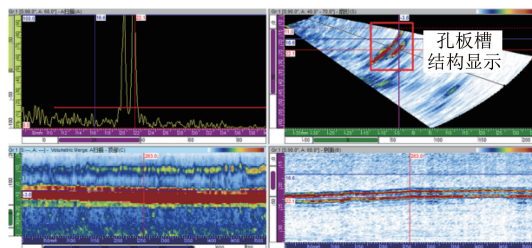


图 12 焊缝根部未焊透的 TOFD 显示

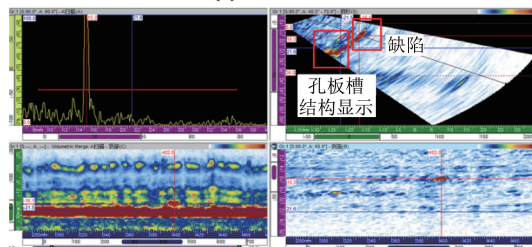
部位底波受到影响。

3.3 相控阵检测结构显示

相控阵超声检测扫查方式是前后移动结合左右移动,以底部凹槽端角回波结构波显示开始为准,移动探头直到其显示消失为止,探头移动到不同位置时的显示如图 13 所示,重点观察 A 扫显示和 S 扇形显示的变化。



(a) 开始显示



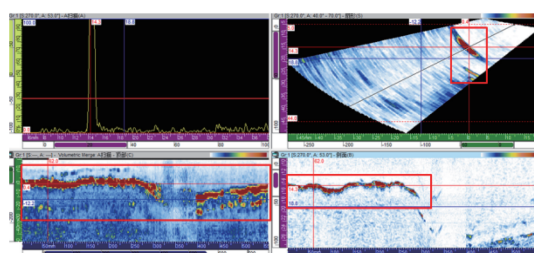
(b) 过程显示

图 13 相控阵超声检测扫描显示

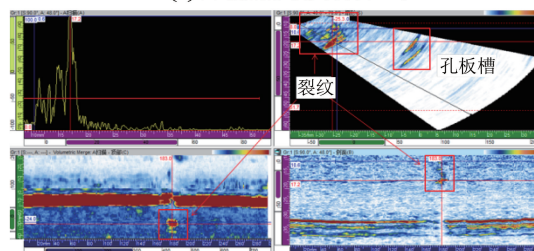
3.4 相控阵检测缺陷显示

相控阵检测焊缝内部及根部上的裂纹显示如图 14 所示,S 形扇扫从 $40^\circ \sim 70^\circ$ 角度范围均有不同程度的显示。

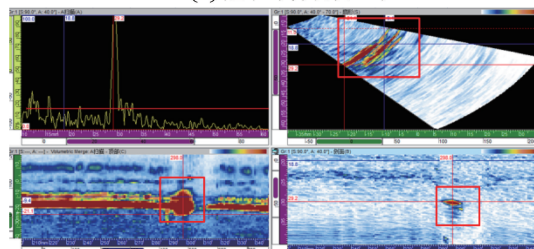
相控阵超声检测壳体焊缝根部未焊透的显示如图 15 所示,S 形扇扫 45° 角度左右时端角反射较强,C 扫描长度显示连续或断续,当深度显示值低于要求的焊缝厚度时就是未焊透。相控阵超声检测判定这种流量计壳体焊缝根部未焊透缺陷有一定的难度,容易与垫板焊缝根部间隙产生的反射回波相混而引起错判,无未焊透时一般没有信号,一旦产生信号需要进一步分析。



(a) 焊缝底部较大裂纹显示



(b) 短节母材裂纹显示



(c) 焊缝根部裂纹显示

图 14 裂纹的相控阵超声检测显示

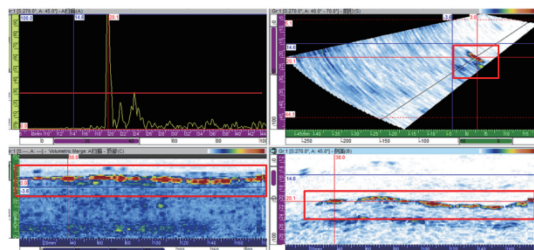


图 15 根部未焊透的相控阵超声检测显示

4 结语

在用的焊接孔板流量计壳体接头的焊缝焊接部位厚度满足标准要求的条件下,首选 TOFD 检测方法较好,检测效率高,能一次完成焊缝缺陷检测和焊缝厚度测量。通过实践应用,认为相控阵超声或常规超声检测方法的选用也是可靠的检测技术,但需要磨平去除焊缝余高,才能保证探头位置的移动以覆盖整个焊缝截面,若将各种超声方法组合起来使用,将获得更加全面的焊缝检测数据。通过模拟仿真检测流量计壳体焊缝缺陷的显示结果进行分析,并对结构进行分析比较,建立起相关图谱,能准确地判断出缺陷性质。

(下转第 36 页)

变采集位置与转速工况下的轴承运行状态再进行识别(见表4)。可发现对测试工况1,2,即转速变为 $900\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时的识别正确率降低至3.5%,而对转速变为 $1\,200\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时的平均识别正确率降低至4.3%,验证了IDBN模型在应对轴承转速工况变化时有较高的识别性能。对测试工况3,即采集位置改变工况下的平均识别正确率为93.2%,相对于训练工况的95.5%的正确率,虽然有一定程度的降低,但仍保持较高的识别准确率,说明当传感器测量位置发生变化时,该模型仍有较好的适应性。IDBN模型在应对采集位置、转速工况变化时展现了较好的识别正确率,说明该模型具有较高的普适性,也证明了该模型在实际工程中有着较大的实用价值。

表4 IDBN模型对其他运行条件下的识别情况

变工况 识别	试验 次数	测试样本 数量	测试样本的平均 识别正确率/%
测试工况1	5	1 000	93.2
测试工况2	5	1 000	92.0
测试工况3	5	1 000	91.2

4 结语

GA-IDBN模型相比于DBN、SVM、BP模型,在对滚动轴承故障声发射信号的识别中可达到较高的准确率;且具有普适性,可实现多通道、不同转速工况下滚动轴承故障的检测与诊断任务,具有较高的识别准确率,对旋转机械设备健康声发射在线监测与故障诊断具有较大的指导意义和实用价值。

同时,深度学习方法摆脱了以往通过复杂时频分析法,并需结合大量专家经验对滚动轴承故障进行诊断的缺点,也摆脱了对人工提取特征的依赖,而只需原始声发射检测信号就可作为GA-IDBN模型的输入样本,增强了对滚动轴承故障诊断的智能化、自适应性和实用化。



(上接第16页)

参考文献:

- [1] 林彤,姚钦.管板与筒体接头相控阵超声检测技术应用[J].无损检测,2018,40(12):31-36.
- [2] 章东,桂杰,周哲海.超声相控阵全聚焦无损检测技术概述[J].声学技术,2018,37(4):320-324.
- [3] 张子健,吴家喜,张小龙,等.压力管道对接焊缝典型

参考文献:

- [1] OCAK H, LOPARO K A. HMM-based fault detection and diagnosis scheme for rolling element bearings[J]. Journal of Vibration and Acoustics, 2004, 127(4): 299-306.
- [2] 喻洋洋,周凤星,严保康.基于LabVIEW的滚动轴承故障诊断系统[J].仪表技术与传感器,2016(3):74-76,85.
- [3] 沈书乾,李海三.储罐声发射检测信号的聚类分析[J].无损检测,2014,36(9):54-58.
- [4] 常丽,赵若君.基于声发射的风机轴承故障诊断研究[J].仪表技术与传感器,2017(9):109-113.
- [5] 李学军,廖传军,褚福磊.适于声发射信号故障特征提取的小波函数[J].机械工程学报,2008,44(3):177-181.
- [6] 郭福平,沈书乾,段志宏,等.基于包络谱分析的滚动轴承故障声发射诊断研究[J].中国测试,2015,41(8):94-98.
- [7] 韩龙.风力齿轮箱轴承故障的AE信号特征提取与诊断方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [8] 李卿,邵华,陈群涛,等.基于独立分量分析的切削声发射源信号分离[J].工具技术,2011,45(6):35-39.
- [9] 赵元喜,胥永刚,高立新,等.基于谐波小波包和BP神经网络的滚动轴承声发射故障模式识别技术[J].振动与冲击,2010,29(10):162-165,257.
- [10] 崔宝珍,王泽兵,潘宏侠.小波分析-模糊聚类法用于滚动轴承故障诊断[J].振动.测试与诊断,2008,28(2):151-154.
- [11] 何沿江,齐明侠,罗红梅.基于ICA和SVM的滚动轴承声发射故障诊断技术[J].振动与冲击,2008,27(3):150-153.
- [12] HINTON G E, SRIVASTAVA N, KRIZHEVSKY A, et al. Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors[J]. Statistics, 2012, 3(4): 212-223.
- [13] 马永杰,云文霞.遗传算法研究进展[J].计算机应用研究,2012,29(4):1202-1210.
- [14] HINTON G E, OSINDERO S, TEH Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527-1554.

缺陷相控阵CIVA仿真与检测[J].无损检测,2019,41(3):45-51.

- [4] 杨晶,赵亮,王希.相控阵和超声衍射时差法在球罐裂缝检测中的应用[J].无损检测,2019,41(1):35-38.
- [5] 周进节,郑阳,张宗健,等.缺陷散射对相控阵超声全聚焦成像的显示影响研究[J].仪器仪表学报,2017,38(2):454-460.