

# 超声相控阵技术结合 Cobra 扫查器 的小径管环焊缝检测

王晓宁

(奥林巴斯(中国)有限公司, 北京 100015)

**摘 要:**介绍了一种利用相控阵超声技术结合专用的 Cobra 扫查器,对小径管环焊缝进行检测的方法。该方法符合 ASME B31 标准,是一种小径管射线检测的完全替代技术。通过试验和客户现场检测应用,该方法可对 21~114 mm 小径管进行环焊缝检测,并可进入狭小空间进行检测。由于其曲面晶片的特性,其检测结果比线性晶片的检测精度更高。对碳钢和不锈钢都可进行检测。检测前可对检测进行模拟,检测后可对检测结果进行精确地分析。

**关键词:**超声相控阵技术;扫查器;小径管环焊缝

中图分类号: TG115. 28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2012)09-0060-04

## Phased Array Inspection with Cobra Scanner for Small Diameter Circumference Welding

WANG Xiao-Ning

(Olympus(China) Co Ltd, Beijing 100015, China)

**Abstract:** This paper is about using phased array ultrasonic testing method with special Cobra scanner to inspect small diameter circumference welding. This method complies with ASME B31 code, and is a kind of complete substitute method of X-ray inspection. After the experiment and on field testing, this method can test small diameter pipe with diameter 21 mm to 114 mm, and can access limit space. Because of the characteristic of curved element probe, curved probe testing result is better than linear probe on accuracy. This method can test both carbon steel and stainless steel. This method can do simulation before testing and can analyze accurately after the testing.

**Keywords:** Ultrasonic phased array technology; Scanner; Small diameter circumference welding

相控阵技术作为无损检测行业的新兴技术,近 20 年来得到了快速的发展。20 世纪 90 年代末,随着复合压电技术、微加工技术、微电子技术和计算技术的发展,相控阵技术日趋成熟,尤其是计算处理能力的增强使得软件功能得到极大提升。

在相控阵技术出现之前,大多数焊缝使用射线技术进行检测,但射线技术有一些比较明显的缺点:对于平行于照射方向的缺陷的检出率较低,无法测量垂直方向尺寸,测量结果受操作人员的主观影响,对环境及操作人员的安全构成潜在危险,检测效率较低等。几十年来,主要的替代方法就是常规超声,

但同样存在测量结果受操作人员的主观影响,测量结果无法记录等问题。而相控阵技术的出现对焊缝检测能力有了很大的提升,新的便携相控阵设备可以使用线扫和扇扫同时对焊缝进行检测<sup>[1]</sup>。相控阵技术除了具有常规超声的所有优点外,还具有以下优点:通过多角度扫描、电子扫描和声束控制可增加覆盖率和检测能力;降低对机械运动和多探头技术的要求;可使用常规超声检测技术标准。

随着相控阵技术的发展,该技术越来越受到重视。在新的 ASME B31 标准中案例 179<sup>[2]</sup> 和 181<sup>[3]</sup> 就要求使用相控阵技术作为射线技术的替代方案来检测小径、薄壁管。由于小径、薄壁管的检测一直是相控阵检测技术的难点,真正能够达到检测要求的设备并不多。

收稿日期: 2011-09-13

作者简介: 王晓宁(1980—),男,硕士,主要从事材料无损检测应用研究。

## 1 系统组成

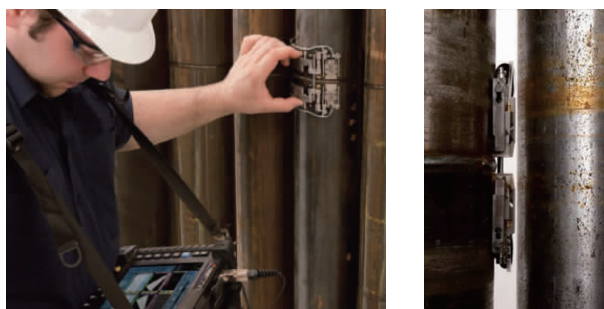
笔者公司基于对小径、薄壁管的检测要求开发了专用的 Cobra 扫查器,结合 Omniscan MX 设备就可以实现这样的检测。Cobra 扫查器相控阵系统由以下单元组成(图 1):扫查器、Omniscan 相控阵探伤仪、CCEV 相控阵探头、楔块、探头转接头、注水系统和配件箱。



图 1 Cobra 系统组成

Cobra 相控阵系统具有以下特点:扫查器可用于直径 0.84~4.5"(21~114 mm)的小径管检测;扫查器上使用的 A15 探头(16 晶片)具有 0.5"(12 mm)的外形尺寸空间,因而可用于空间狭窄情况的检测;弹簧加载的 Cobra 扫查器,使其不仅可以检测铁磁性材料,还可以检测非铁磁性材料。

系统使用相控阵探伤仪和软件实现对小径管对接焊缝的全体积扫查,见图 2。



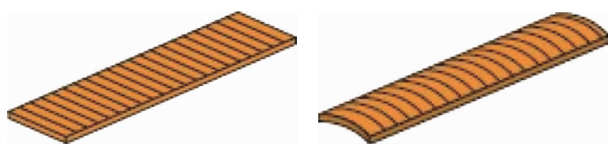
(a) Cobra 扫查器现场扫描

(b) Cobra 扫查器可进入狭窄空间进行检测

图 2 Cobra 扫查小径管环焊缝

## 2 平面与曲面相控阵探头的技术比较

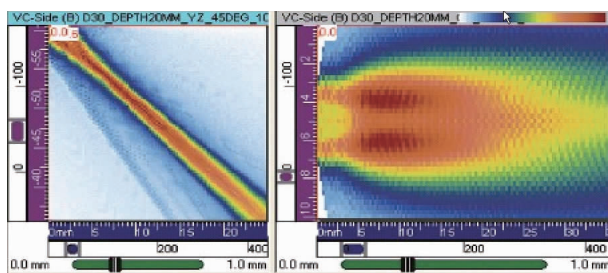
Cobra 专用的 CCEV 探头集合了曲面晶片形成的机械聚焦和晶片矩阵排列形成的电子聚焦,这样可大大提高声束在零件内部的检测分辨率。图 3 为平面和曲面相控阵晶片的示意图,不同类型晶片的声场效果见图 4。由图可见,曲面晶片的声场聚焦



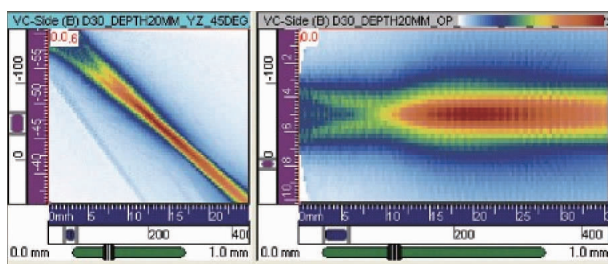
(a) 线性晶片

(b) 曲面晶片

图 3 平面和曲面相控阵晶片示意图



(a) 线性晶片



(b) 曲面晶片

图 4 线性 and 曲面晶片声场模拟图

效果要更加理想。

使用 CCEV 相控阵探头对 70 mm 直径管材上的 1 mm 通孔;对 70 mm 直径管材上外表面 6.9 mm×0.5 mm 的刻槽;对 38 mm 直径管材上外表面 6.6 mm×0.5 mm 的刻槽分别进行检测,检测结果如图 5~7,使用-6 dB 衰减进行测量。

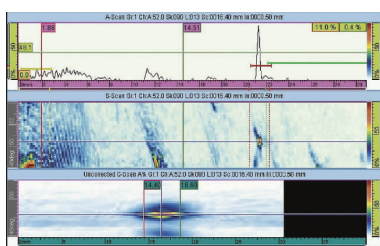
试验可见,曲面相控阵探头的尺寸测量精度更高,更接近真实值。

## 3 Cobra 检测形式及扫查结果

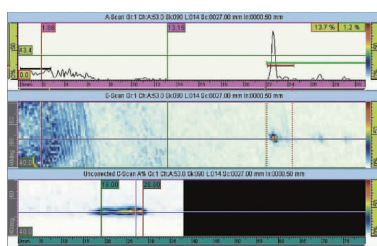
(1) 对于对接环焊缝,可以使用两个探头在焊缝两侧同时进行检测,如图 8(a)所示;而对于管材与法兰的接头处,可以使用单个探头从一侧进行检测,如图 8(b),因而 Cobra 的使用更加灵活。

(2) Cobra 扫查器可扫查 21~114 mm 管径范围的小径管。图 9 为对 25 mm 管径的小径管的扫查结果。

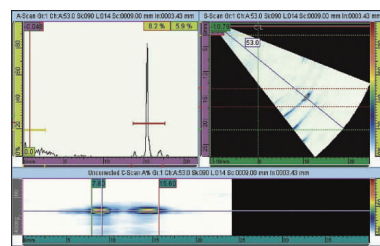
(3) 可以通过专用软件对探头的扫描角度和探头间距在扫描之前进行预设置,如图 10 所示。



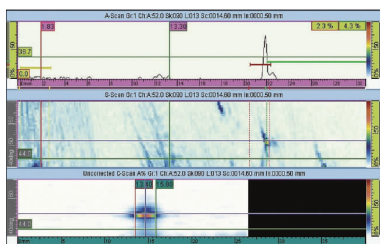
(a) 平面相控阵探头



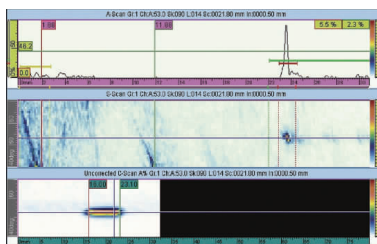
(a) 平面相控阵探头



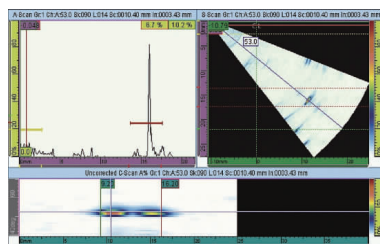
(a) 平面相控阵探头



(b) 曲面相控阵探头



(b) 曲面相控阵探头

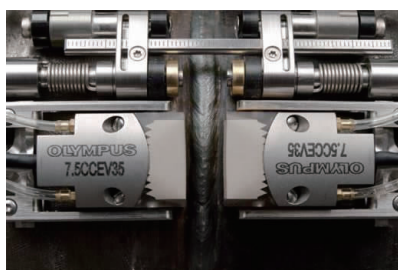


(b) 曲面相控阵探头

图 5 70 mm 直径管材上的  
1 mm 通孔检测结果

图 6 70 mm 直径管材上外表面  
6.9 mm×0.5 mm 的刻槽检测结果

图 7 38 mm 直径管材上外表面  
6.6 mm×0.5 mm 的刻槽检测结果



(a) 使用双侧探头检测对接焊缝



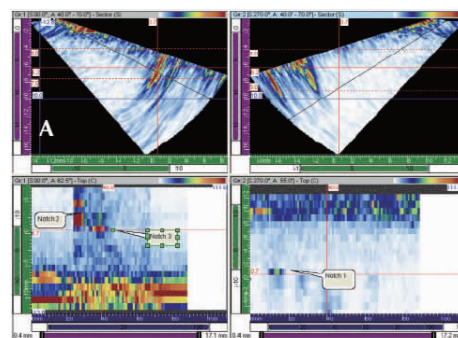
(b) 使用单侧探头检测管与法兰连接部位

图 8 双侧和单侧探头的检测形式

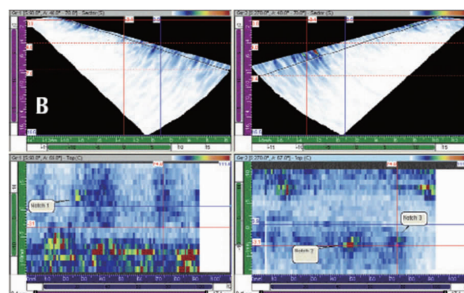
(4) 不同类型的缺陷扫描结果见图 11。缺陷类型的判断需要专业的无损检测人员进行。

## 4 结论

笔者所在公司开发的手动小径管扫查器 Cobra 具有的独特能力有:12 mm 空间高度;检测直径从 21~114 mm 可调;可进行单侧扫描;在碳钢和不锈钢上都可检测。并且,Cobra 使用内部聚焦探头,能



(a) 碳钢材质管材



(b) 不锈钢材质管材

图 9 直径 25 mm 壁厚 3 mm 管材的检测结果

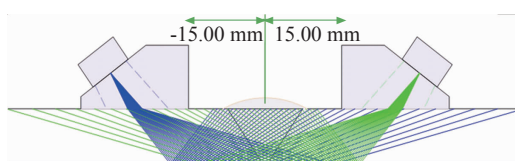
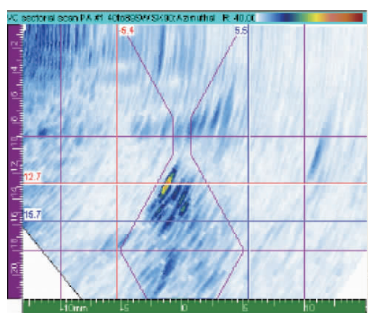
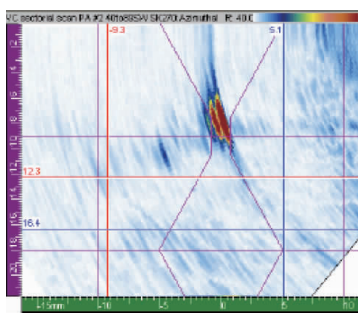


图 10 声束模拟软件可对扫查检测进行预先设计

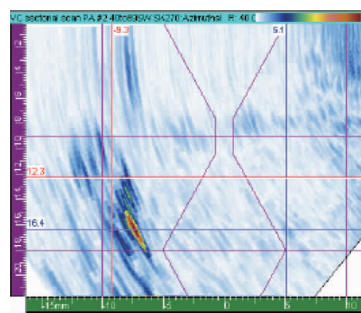




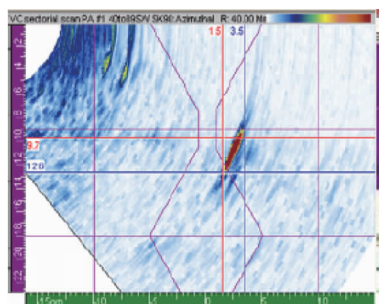
(a) 孔隙



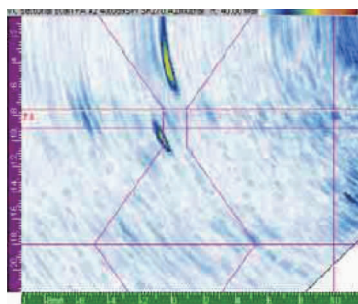
(b) 根部未融合



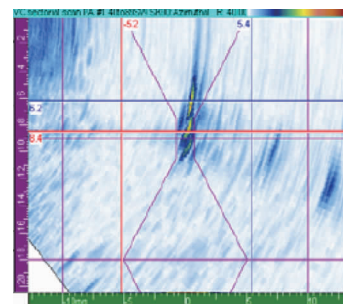
(c) 焊缝边缘裂纹



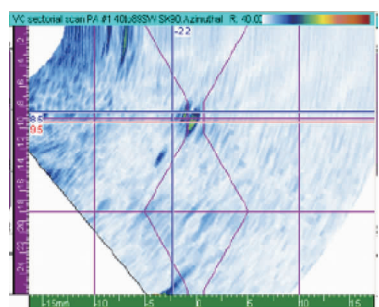
(d) 过熔



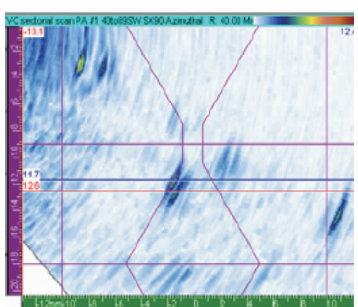
(e) 虫状气孔



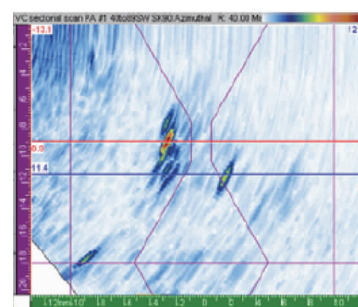
(f) 根部裂纹



(g) 根部凹陷



(h) 钨夹杂



(i) 根部未焊透

图 11 各种类型的缺陷显示

有效改善测量尺寸过大的问题;可使用声束模拟工具对声束路径进行模拟,来进行扫查计划的设置;双侧可同时 A 扫描、S 扫描、C 扫描图像显示;可对缺陷进行测量分析。

#### 参考文献:

[1] ASME B31.3 CC179—2006 Use of Ultrasonic Ex-

(上接第 59 页)

究方向,带动电子线路的研究开发,以进一步提高自动化探伤的检测效率、检测精度和检测稳定性,减小缺陷的误判率。

#### 参考文献:

[1] 张鸿博. 油气输送埋弧焊钢管生产中的无损检测技术[J]. 无损检测, 2006, 28(3): 113—116.

amination in Lieu of Radiography for B31.3 Applications for Materials 1/2 ~ and Less in Wall Thickness [S].

[2] ASME B31.3 CC181—2007 Use of Alternative Ultrasonic Examination Acceptance Criteria[S].

[3] Michael Moles. Phased array inspection of small-diameter pipe welds[J]. Inspection Trends, 2011(1): 1—5.

[2] 常少文. 智能化多通道钢管超声波自动探伤系统的开发与应用[J]. 计算机测量与应用, 2002, 10(6): 358—359, 365.

[3] 周明光, 马海潮. 计算机测试系统原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[4] 赵雅兴. FPGA 原理、设计与应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 1999.

[5] 常少文. 基于虚拟仪器技术的焊管超声波自动探伤系统[J]. 无损检测, 2007, 29(3): 117—120.