

采气树阀门腐蚀缺陷的检测

邓伟林¹,胡 敏¹,冯 强¹,张 雨²

(1.中石油川庆钻探工程公司安全环保质量监督检测研究院,成都 618300;
2.中国核动力研究设计院,成都 610000)

摘要:采气树阀门本体、通道以及密封面在高温、高压、含腐蚀性介质条件下易产生腐蚀失效,采用相控阵超声波A扫描、B扫描、C扫描和S扫描等模式对腐蚀缺陷进行了定性和定量分析。结果表明:利用相控阵超声C扫描可以对阀门本体和通道进行成像检测,得出最小壁厚;相控阵S扫描和C扫描可对阀门密封面的腐蚀进行检测。

关键词:阀门;腐蚀;超声波相控阵;检测精度

中图分类号: TE931; TG115.28

文献标志码: A

文章编号:1000-6656(2017)08-0022-04

Corrosion Failure Inspection of Christmas Tree Valve

DENG Weilin¹, HU Min¹, FENG Qiang¹, ZHANG Yu²

(1.CCDC Security Environmental Protection Quality Supervision and Inspection Institute, Chengdu 618300, China;
2.Nuclear Power Institute of China, Chengdu 610000, China)

Abstract: The body, channel and the sealing surface of valve in Christmas tree are susceptible of corrosion under the condition of high temperatures, high pressures and corrosive medium. The qualitative and quantitative analysis of the corrosion defects was studied using the A scanning, B scanning, C scanning and S scanning of ultrasonic phased array. The results show that the minimum wall thickness of body and channel of valve could be measured by using the C scanning of ultrasonic phased array. S scanning and C scanning of ultrasonic phased array can be used to detect the sealing surface of valve.

Key words: valve; corrosion; ultrasonic phased array; detection precision

采气树阀门的腐蚀及泄漏是各个油气田都要面临的问题,特别是高温、高产、高酸性油气田,某些区块甚至由于井口装置腐蚀导致井口失控、油气井报废等安全事故^[1-3]。塔里木油田牙哈和克拉作业区早期投入使用的采气树均发生过阀门本体腐蚀和穿孔事件。牙哈作业区在抽检过程中发现阀门腐蚀严重井口6口,一般腐蚀井口4口。截至2015年,克拉作业区采气树阀门共发生7次泄漏,阀门的安全性和可靠性面临着巨大的安全挑战。目前国内外对采气树阀门均无成熟的在线检测对策可供借鉴。因此,开展采气树阀门的腐蚀失效分析及在线检测技

术研究,对消除因缺陷引起的安全隐患,保证油气井生产安全具有重要意义。

笔者采用相控阵超声波A扫描、B扫描、C扫描和S扫描等模式对腐蚀缺陷进行了定性和定量分析,结果表明:利用相控阵超声C扫描可以对阀门本体和通道进行成像检测,得出最小壁厚;相控阵S扫描和C扫描可对阀门密封面的腐蚀进行检测。

1 腐蚀缺陷形貌

选取牙哈作业区某单井发生泄漏的阀门为研究对象,将其拆解后对密封面和通道处进行观察,宏观形貌见图1。观察发现,阀门通道内表面存在大量腐蚀沟槽和腐蚀坑,在管体内壁附着一层深棕色腐蚀产物,同时法兰密封面的钢圈槽破损严重。

收稿日期:2016-11-06

作者简介:邓伟林(1988—),男,工程师,副主任,主要从事油气管道及井口装置无损检测方面的研究工作

通信作者:邓伟林,769885092@qq.com



图 1 阀门密封面、通道腐蚀形貌

2 检测试验与现场应用

2.1 检测技术的选取

采气树阀门通常是在返场拆检维修过程中进行静态无损检测和测厚,而本体的内部裂纹、应力

集中危险区及腐蚀等缺陷在常规的无损检测手段下不容易被发现,更无法检测出装置在线使用状态下存在的缺陷或缺陷隐患。因此,常规的无损检测方法在井口装置的评估中仅具有一定的辅助作用。目前,行业内引进了一些先进检测技术,如声发射、金属磁记忆、超声波相控阵对采气树进行在线检测研究。表 1 为三种检测技术的优、缺点对比。

采气井在高压力、高温度、高流速的作业条件下易产生较大的震动噪声、形成较高的缺陷敏感度。根据表 1 中三种检测技术的对比,可明显看出声发射检测技术和金属磁记忆检测技术在阀门的检测上具有一定的局限性。因此,选取超声波相控阵检测技术^[4-7]对阀门通道进行缺陷成像研究。

表 1 三种检测技术的优缺点对比

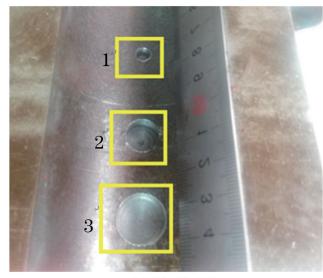
检测技术	优点	缺点
声发射	发现动态缺陷(主要针对裂纹类缺陷)	对环境噪声十分敏感
金属磁记忆	检测应力集中、金属微观缺陷、早期失效和损伤等	缺陷的定量精度差
超声波相控阵	高信噪比、动态聚焦、腐蚀缺陷成像	工艺复杂

2.2 检测试验

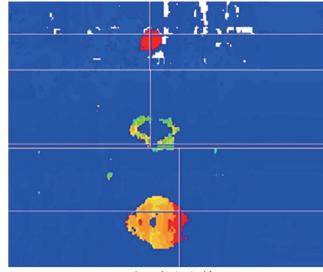
2.2.1 阀门通道腐蚀成像检测

将阀门对半剥开后,在图 2(a)所示的通道(壁厚为 25.00 mm)内壁位置预制缺陷尺寸(直径×深度)分别为 $\phi 6.0 \text{ mm} \times 5.0 \text{ mm}$, $\phi 12.0 \text{ mm} \times 5.0 \text{ mm}$, $\phi 15.0 \text{ mm} \times 5.0 \text{ mm}$ 的三个平底圆孔。采用超声波相控阵仪器对该通道进行 C 扫描检测,结果如图 2(b)所示。

图 2(b)扫查图谱的宽度为通道的实际外表面



(a) 缺陷位置



(b) 扫查图谱

图 2 阀门通道缺陷位置及其扫查图谱

周长,高度为通道的扫查长度。利用定量软件分析后确定缺陷 1 的尺寸(直径×深度)为 $\phi 5.96 \text{ mm} \times 5.24 \text{ mm}$;缺陷 2 的尺寸(直径×深度)为 $\phi 11.46 \text{ mm} \times 4.88 \text{ mm}$;缺陷 3 的尺寸(直径×深度)为 $\phi 14.75 \text{ mm} \times 5.12 \text{ mm}$ 。综合考虑精度的影响,证实检测结果与实际相吻合。

图 3 所示为现场采气树阀门通道相控阵检测部位示意,从图中可看出在阀门通道内壁处有圆形的腐蚀缺陷孔。

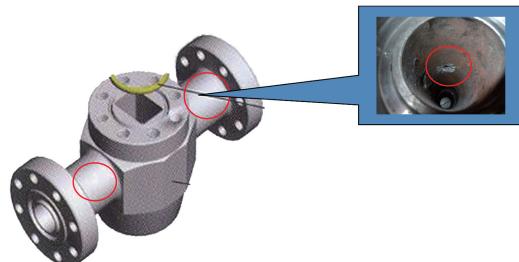


图 3 阀门通道缺陷位置

利用超声波相控阵检测技术对该腐蚀缺陷位置进行包括 A 扫、B 扫、C 扫和 S 扫测,扫查图谱如图 4 所示。其中,A 扫为波形图像,显示波幅强度;B 扫为阀门通道展开后的剖面成像;S 扫即为阀门通道侧视方向厚度成像,红圈范围内凸起部位即为缺陷位置;C 扫为阀门通道展开后俯视方向成像,红色部位为缺陷轮廓,颜色越深,表明剩余壁厚越小。通过分析后,判断缺陷尺寸为长 16.2 mm,宽 1.92 mm。

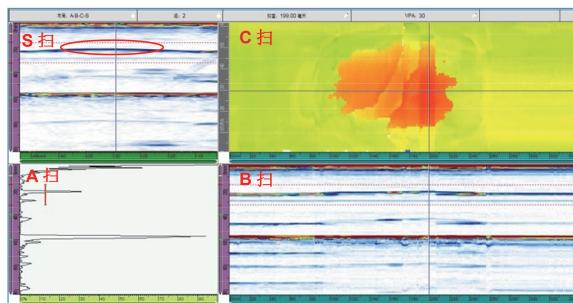


图 4 阀门通道的各个相控阵扫查图谱

2.2.2 阀门本体腐蚀成像检测

图 5 所示为采气树阀门本体的结构图,图中标注的 A 面壁厚为 55.0 mm,在该部件的内部预制尺寸(直径×深度)为 $\phi 5.0 \text{ mm} \times 9.0 \text{ mm}$ 的平底孔缺陷,(长×宽×深)为 $10.0 \text{ mm} \times 10.0 \text{ mm} \times 10.0 \text{ mm}$ 的曲面刻槽缺陷,(长×宽×深)为 $19.0 \text{ mm} \times 19.0 \text{ mm} \times 11.0 \text{ mm}$ 的曲面刻槽缺陷。

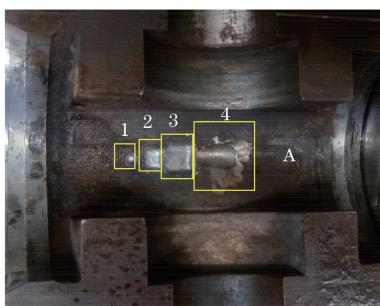


图 5 阀门本体结构与缺陷示意

图 6 为 A 面超声波相控阵扫查图谱,图中颜色越接近蓝色表明壁厚越接近 55.0 mm;颜色越接近红色,表明壁厚越接近 50 mm;黄色部分为壁厚减薄区域,颜色越深,表明该处壁厚减薄得越明显。白色部分为反射波缺失部位,对应结构中的位置为曲面刻槽。由于该处存在曲面,会对入射波有散射作用,探头未能接收到反射波。通过软件进行分析后,确定缺陷 1 的尺寸(直径×深度)为 $\phi 4.96 \text{ mm} \times 8.19 \text{ mm}$;缺陷 2 的尺寸(长×宽×深)为 $9.43 \text{ mm} \times$

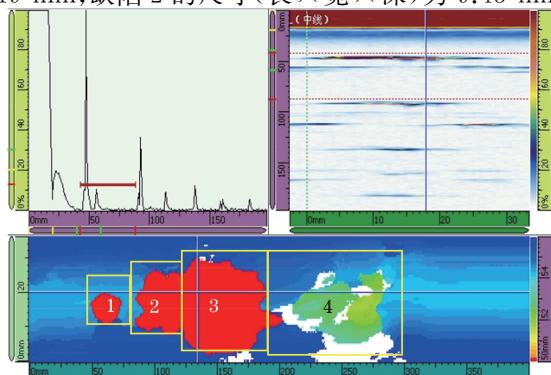


图 6 阀门本体相控阵扫查图谱

$8.19 \text{ mm} \times 10.24 \text{ mm}$;缺陷 3 的尺寸(长×宽×深)为 $19.42 \text{ mm} \times 19.23 \text{ mm} \times 9.85 \text{ mm}$;曲面刻槽的最小剩余壁厚为 51.83 mm ,检测结果与实际相吻合。

2.2.3 法兰密封面腐蚀成像检测

图 7 为阀门法兰密封面缺陷位置示意,在距离法兰端面 2.0 mm 部位加工 4 个 $\phi 2.0 \text{ mm}$ 直径的圆形人工缺陷:1 号缺陷深度 1.0 mm ,2 号缺陷深度 2.0 mm ,3 号缺陷深度 3.0 mm ,4 号缺陷深度 4.0 mm 。使用超声波相控阵斜声速覆盖法对该处阀门法兰密封面进行扫查。



图 7 阀门法兰密封面缺陷位置

图 8 所示为采气树阀门法兰密封面相控阵检测的扫查图谱,从图中可以看出:1 号人工缺陷成像模糊、识别困难;2 号、3 号、4 号人工缺陷均可清晰识别。

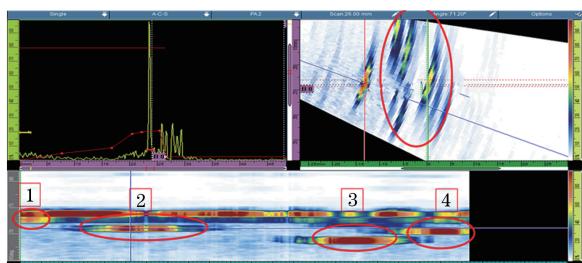


图 8 阀门法兰密封面的相控阵扫查图谱

2.3 检测应用

图 9 所示为现场发生腐蚀阀门与未腐蚀阀门的内壁的形貌图。从图中可以看出:腐蚀阀门的通道内表面存在大量的沟槽和腐蚀坑,内表面呈现出凹凸不平;完好阀门的内表面则呈现出光滑的内表面。

采用超声波相控阵技术对上述阀门进行检测,扫查图谱见图 10。由图可以发现,完好阀门通道的超声波回波在 C 扫图谱中呈现出较为均匀一致的红色区域,波形稳定。相反,腐蚀阀门的通道呈现出杂乱无章的端面回波,并伴随部分回波的缺失。这是由于腐蚀坑底面的不平整对超声波造成了散射现象,导致探头无法接收到回波,在扫查图谱中则表现为波形缺失。

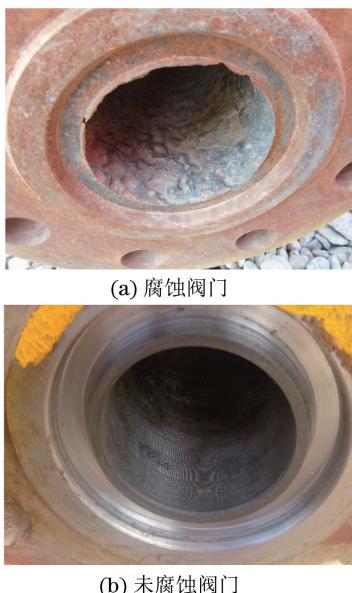


图9 现场腐蚀、未腐蚀阀门内壁形貌

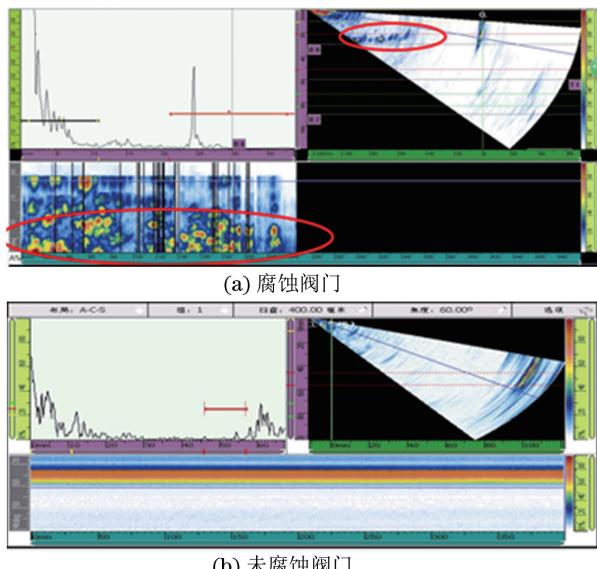


图10 现场腐蚀、未腐蚀阀门的相控阵扫查图谱

3 结论

(1) 超声波相控阵 A 扫描为波形图像,显示波幅强度;B 扫描、S 扫描为工件厚度方向成像,可精确测量工件最小壁厚;C 扫描为扫查平面的俯视成像,用于测算缺陷面积和查找最小壁厚部位。

(2) 完好法兰密封面的回波在 C 扫图谱中较为均匀一致。而发生冲蚀部位产生的回波呈杂乱无章分布,并伴随部分回波的缺失。这是由于冲蚀坑的不平整底面会对超声波造成散射现象,从而导致探头无法接收到回波,在扫查图谱中则表现为波形缺失。

(3) 通过实验室试验和现场验证证实:法兰密封面检测精度为直径 2.0 mm,深度 2.0 mm 的孔。

参考文献:

- [1] 杨刚,李凤强.雅克拉凝析气田采气树构件腐蚀分析与防护措施[J].腐蚀与防护,2012,33(1):69-71.
- [2] 陈志昕,张明益,罗金桓,等.气井采气树腐蚀检测与分析[J].石油,2009,23(10):40-43.
- [3] 陈志昕,栗翠红,谢明政,等.YH23-1-18 气井采气树立管失效分析[J].腐蚀与防护,2006,27(12):648-651.
- [4] 单宝华,喻言,欧进萍.超声相控阵检测技术及其应用[J].无损检测,2004,26(5):235-238.
- [5] 施成龙,师芳芳,张碧星.超声相控阵系统数据传输的关键技术[J].无损检测,2016,38(2):36-39.
- [6] 龙绒蓉,王海涛,郭瑞鹏,等.二维超声相控阵的声场特性[J].无损检测,2015,37(12):1-4.
- [7] 郑阳,郑晖,潘强华,等.国内外相控阵超声检测标准比较与分析[J].无损检测,2016,38(2):56-65.

(上接第 10 页)

- [7] LEE D E, HWANG I, VALENTE C M O, et al. Precision manufacturing process monitoring with acoustic emission [J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2006, 46(2):176-188.
- [8] KAUFMAN F B, THOMPSON D B, BROADIE R E, et al. Chemical-mechanical polishing for fabricating patterned W metal features as chip interconnects [J]. Journal of the Electrochemical

Society, 1991, 138(11): 3460-3465.

- [9] LUO J, DORNFIELD D A. Material removal mechanism in chemical mechanical polishing: theory and modeling[J]. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 2001, 14(2):112-133.
- [10] GUO L, SUBRAMANIAN R S. Mechanical removal in CMP of copper using alumina abrasives [J]. Journal of the Electrochemical Society, 2004, 151(2): 104-108.