

液化石油气储罐缺陷的超声波监测

富 阳

(广东省中山市特种设备检验所, 中山 528400)

摘 要:在役液化石油气储罐硫化物应力腐蚀开裂、氢鼓泡和氢致开裂等缺陷可能会扩展, 需要监控其扩展状况。介绍了针对这些不同类型缺陷的超声波监控方法, 总结了超声波监测过程中所必须注意的要点。

关键词:液化石油气; 氢致开裂硫化物应力腐蚀开裂; 氢鼓泡; 氢致开裂

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2009)02-0129-04

Ultrasonic Inspection of Liquefied Petroleum Gas Vessel

FU Yang

(The Special Equipment Inspection Institute of Zhongshan City, Zhongshan 528400, China)

Abstract: Due to the fact that the defects of liquefied petroleum gas vessel in use, such as sulfide stress corrosion crack, hydrogen blister, hydrogen induced crack and so on, may spread, it was essential to inspect the spreading situation. The ultrasonic inspecting methods to the several defects were introduced, and the key points in inspecting process were summarized.

Keywords: Liquefied petroleum gas; Sulfide stress corrosion crack; Hydrogen blister; Hydrogen induced crack

液化石油气中硫化氢含量偏高时, 储罐内可能存在湿硫化氢环境, 硫化氢与钢材反应生成的氢原子渗透到钢材内部, 产生氢腐蚀。氢腐蚀包括硫化物应力腐蚀开裂(SSCC)、氢鼓泡(HB)、氢致开裂(HIC)和应力导向氢致开裂(SOHIC)四种形式。在液化石油气储罐实际检验中, SSCC, HB 和 HIC 比较常见, 如果发生 SOHIC 后应作重大维修。介绍了常见氢腐蚀缺陷及其它缺陷的超声波监控方法, 总结了超声波监测过程中必须注意的要点。

1 SSCC 超声波监控

液化石油气储罐 SSCC 可通过磁粉检测等方法发现, 通常产生在液化石油气储罐内表面。SSCC 一般应打磨消除^[1], 必要时补焊。保留或打磨、补焊部位需要用超声波监控其扩展状况。为了对发现的

SSCC 进行超声波监控, 应在封罐前在外表面对 SSCC 进行超声波检测, 确定适合的检测方法和检测位置。打磨、补焊部位进行超声波监控时, 在打磨消除裂纹前和打磨或补焊后, 也应在外表面对该部位进行超声波检测。封罐后, 在液化石油气储罐外表面, 用封罐前确定下来的超声波检测方法和位置, 定期对内表面 SSCC 或曾经发生 SSCC 部位及附近区域进行检测。通过监控缺陷的大小、反射波幅等变化, 监控 SSCC 的扩展情况。对于未发生过 SSCC 的储罐, 如果使用单位需要, 可疑部位也可以进行超声波检测和监控。

SSCC 超声波监控可用横波检测, 执行文献[2]附录 B 或关于对接焊接接头章节, 探头可选 K1 单斜探头, 检测频率为 2.5 或 5 MHz, 基准灵敏度按对比试块 V 形槽, 或 CSK-III A 试块 $\phi 1\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 孔调节。SSCC 超声波监控时, 应在液化石油气储罐使用中按一定周期对监控部位检测, 如果发现缺陷则进行记录。每次通过对缺陷的最大反射波幅和指示长度等参数对比, 可以监控缺陷的变化情况。监控时, 各次超声波检测的参数应与首次检测保持

收稿日期: 2008-02-27

作者简介:富 阳(1971—), 男, 高级工程师, 质检局超声波、磁粉和渗透检测Ⅲ级, 主要从事无损检测及特种设备检验方面的工作和研究。

一致,如果发生提高灵敏度等情况应着重记录。

某台液化石油气储罐壁厚 22 mm,监控时使用对比试块,对比试块应与液化石油气储罐厚度相近,声学特性相似。对比试块上开 V 形槽,角度为 60° ,槽深为板厚的 3%,槽的长度为 25 mm。先把探头置于试块有槽的一面,使声束对准槽的宽边,找出第一个全跨距反射的最大波幅,调整仪器,使该反射波的最大波幅为满刻度的 80%,在荧光屏上记录下该信号的位置。移动探头,得到第二个全跨距信号,并找出信号最大反射波幅,记下这一信号幅值点在荧光屏上的位置,将荧光屏上这两个槽反射信号幅值点连成一直线,此即为距离-波幅曲线。扫查时,在液化石油气储罐的外表面上提高 6 dB,以垂直和水平方向进行 100%扫查。当发现缺陷信号时,移动探头,使之能在荧光屏上得到最大反射。对于波幅等于或超过距离-波幅曲线的缺陷显示应记录,移动探头使波幅降到满刻度的 50%,测量其长度,记录缺陷位置、尺寸和反射波幅。

2 HB, HIC 和其它缺陷超声波监控

液化石油气储罐 HB, HIC 和其它缺陷可通过宏观检验或超声波测厚等方法发现,典型氢腐蚀缺陷如图 1 所示。

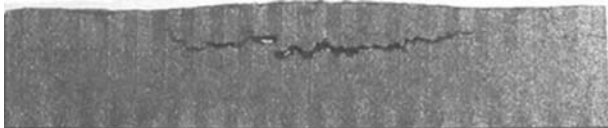


图 1 氢腐蚀缺陷

发现缺陷后,应进行较全面的检验,如超声波检测、金相检验和断层解剖检验等。根据检验结果,若该储罐评为四级^[1],则可以监控使用^[2]。在外表面确定适合的超声波检测方法,在封罐之前对典型缺陷进行超声波检测,并对缺陷的位置、深度、指示长度、指示面积、最大反射波幅和最大反射时底波高度等进行记录。在封罐之后,通过已经确定的超声波检测方法,在液化石油气储罐外表面特定区域,定期对存在缺陷部位及附近进行超声波检测。每次将超声波检测结果与以前各次检测结果进行比较,通过对比缺陷的位置、深度、指示长度、指示面积、最大反射波幅和最大反射时底波高度等参数,可以监控缺陷的扩展情况。监控时,各次超声波检测的参数也应与首次检测保持一致。对于评为五级^[1]并修复合格的储罐,或未发生过 HB 或 HIC 的储罐,如果使用

单位需要,可疑部位也可以进行超声波检测和监控。

HB, HIC 和其它缺陷超声波监控,可用纵波检测,执行文献[3]关于钢板和锻件章节,探头选双晶直探头,基准灵敏度按第一次底波或 $\phi 5\text{mm}$ 平底孔调节。超声波监控时,应在液化石油气储罐使用时,按一定周期对监控部位检测,每次及时记录缺陷扩展情况。监控时,各次超声波检测的参数应与首次检测保持一致,如果发生提高灵敏度等情况,应着重记录。

某台液化石油气储罐壁厚 18 mm,监控时采用 5Z14FG10Z 双晶直探头和 CB I 标准试块。用 CB I 试块 18 mm 厚部位,将第一次底波高度调整到满刻度的 50%,扫查时在液化石油气储罐的外表面上提高 10 dB 作为基准灵敏度,以垂直和水平方向进行 100%扫查。在检测过程中,发现下列三种情况之一或接近三种情况之一时,应记录。① 缺陷第一次反射波(F1)波高大于或等于满刻度的 50%,即 $F1 \geq 50\%$ 。② 当底面第一次反射波(B1)波高未达到满刻度,此时,缺陷第一次反射波(F1)波高与底面第一次反射波(B1)波高之比大于或等于 50%,即 $B1 < 100\%$,而 $F1/B1 \geq 50\%$ 。③ 底面第一次反射波(B1)波高低于满刻度的 50%,即 $B1 < 50\%$ 。

对于①和②,检出缺陷后,应对它的周围进行检测,确定缺陷的延伸。测定缺陷的边界范围、指示长度时,探头的移动方向应与探头的隔声层相垂直,可采用使缺陷波下降到基准灵敏度条件下荧光屏满刻度的 25%,或使缺陷第一次反射波高与底面第一次反射波高之比为 50%。两种方法测得的结果以较严重者为准确。此时,探头中心的移动距离即为缺陷的指示长度,探头中心点即为缺陷的边界点。对于③,确定缺陷的边界范围、指示长度时,确定缺陷的延伸,移动探头,使底面第一次反射波升高到荧光屏满刻度的 50%。此时探头中心移动距离即为缺陷的指示长度,探头中心点即为缺陷的边界点。三种情况都应记录各缺陷的位置、深度、指示长度、指示面积、最大反射波幅和最大反射时底波高度等参数。

3 超声波监控要点

3.1 探头

超声波监控液化石油气储罐时,探头选择比较重要,除了应满足文献[2]要求外,还应针对不同情况选择更合适的探头。在某液化石油气储罐发现缺陷后,笔者用七种不同的直探头对同一位置的某缺陷进行检测。仪器、试块、基准灵敏度、表面补偿、操

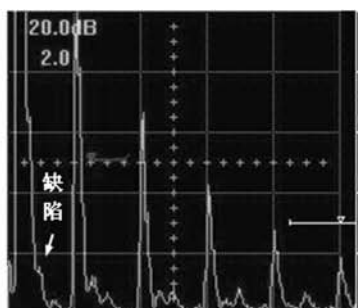


图2 探头1检测结果

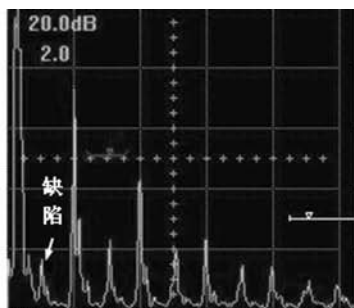


图3 探头2检测结果

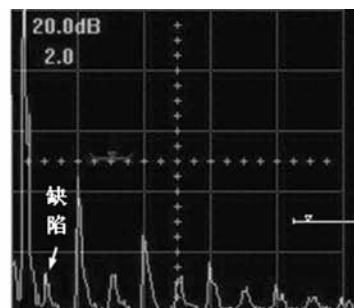


图4 探头3检测结果

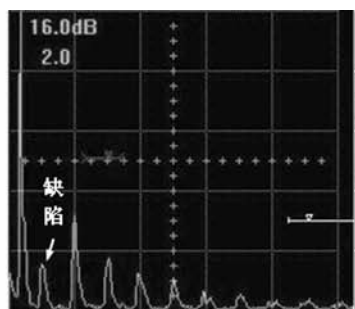


图5 探头4检测结果

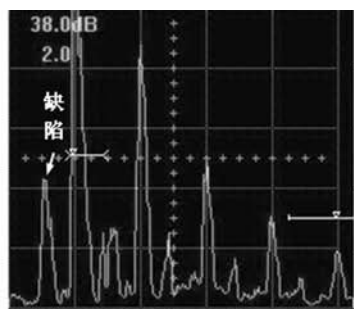


图6 探头5检测结果

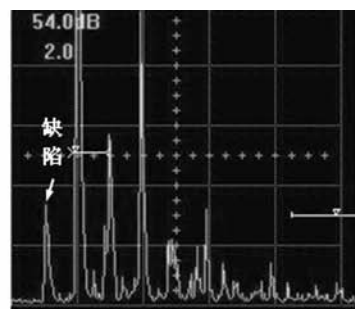


图7 探头6检测结果

作环境等参数完全相同,但检测结果差别很大,如指示长度、指示面积、最大反射波幅、缺陷反射波波高与底波波高之比等差别很大。不同的探头参数见表1,利用各探头对同一缺陷检测结果见图2~8。

表1 直探头参数表

序号	探头型号	类型	频率/MHz	晶片直径/mm	声束交区深度/mm	检测结果
1	2.5Z20N	单晶	2.5	20	—	图2
2	2.5Z14N	单晶	2.5	14	—	图3
3	5Z14N	单晶	5	14	—	图4
4	5Z10N	单晶	5	10	—	图5
5	2.5Z14FG20Z	双晶	2.5	14	20	图6
6	5Z20FG20Z	双晶	5	20	20	图7
7	5Z14FG10Z	双晶	5	14	10	图8

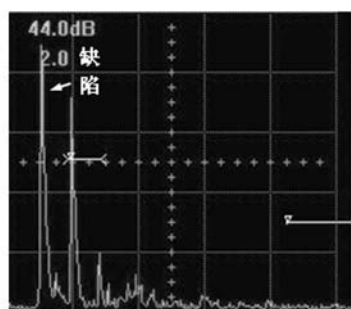


图8 探头7检测结果

从结果可以看出,使用不同探头,同一缺陷的反射波幅差别很大,缺陷反射波波高与底波波高之比也有很大差别。采用单晶直探头有叠加效应,双晶直探头对这类缺陷灵敏度较高。但选择双晶直探头时要注意选择适合的钢中声束交区深度,笔者选用5Z14FG10Z探头作为某液化石油气储罐超声波监控探头。为了防止探头磨损等其它因素干扰,笔者将这一探头作为液化石油气储罐超声波监控专用探头,平时不用于其它检测,保证了不同时期的检测结果的可比性。

3.2 监控记录

利用超声波检测对液化石油气储罐缺陷监控时,监控周期比较长,一般要连续若干年,所以每次检测时应作好监控记录,并长期保存。监控时,可在液化石油气储罐外表面进行超声波检测,并与以前检测结果进行比较,每次检测时不但要详细记录超声波检测的参数,而且要保持多年连续不变,还应对缺陷的位置、深度、指示长度、指示面积、最大反射波幅和最大反射时底波高度等进行记录。一种方法是,将液化石油气储罐外表面特定位置设为坐标零点,沿水平方向和垂直方向建立直角坐标系,如图9所示。该坐标系应有可重复性,每次超声波检测都要使用同一个直角坐标系。发现缺陷后,将缺陷的位置、形状等的纵横坐标数值进行记录。例如 2007

年 12 月 28 日下午,利用 5Z14FG10Z 探头对某液化气站的 3 号液化石油气储罐的北侧封头的可疑部位进行超声波监控,现场如图 9 所示建立直角坐标系,记录最大反射波情况如表 2 所示。

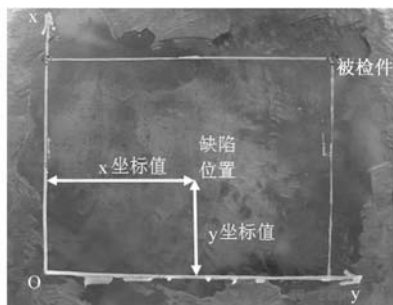


图 9 缺陷位置记录方法

表 2 某次超声波监控记录表

缺陷	x 坐标 /mm	y 坐标 /mm	深度 /mm	长度 /mm	面积 /mm ²	波幅 /(%)	底波高度 /(%)
1	0	115	10.8	12	110	81	43
2	33	82	9.9	6	30	42	59
3	55	130	10.6	13	130	82	42
4	45	140	11.6	8	50	53	54
5	60	15	11.1	7	40	41	60
6	42	48	11.0	6	30	44	58
7	65	88	10.7	7	40	51	56
8	85	106	11.1	9	60	59	51
9	89	65	10.7	11	90	80	44
10	152	54	10.1	7	40	52	55
时间	2007. 12.28	检测 人员:	×××		检测 条件:	与首次检验相 同,无变化	

表 2 中每次超声波检测都应对表中的缺陷进行检测。通过该缺陷的 x 坐标和 y 坐标,即可在图 9 将缺陷唯一定位在钢板上。

3.3 表面处理

液化石油气储罐外表面的粗糙度对超声波检测结果也有影响,粗糙度会影响耦合效果,粗糙度偏高则耦合效果不好,反射回波低,影响监控结果。所以利用超声波检测时,对液化石油气储罐外表面的打磨每次应同一粒度砂纸,以保证每次相同的粗糙度,从而保证不同时期的检测结果可比性。

3.4 耦合剂

利用超声波方法对液化石油气储罐监控时,每次应使用同样的耦合剂。如果耦合剂不同,那么声阻抗差别很大,影响监控结果。此外,检测温度会影响耦合剂的黏度,从而影响耦合层的厚度。操作探头的力度也会影响耦合层的厚度。耦合层的厚度对耦合有较大影响,有时甚至差别 10 多 dB。所以超声波检测时耦合剂的温度、黏度和操作探头的力度都应尽量保持一致,保证不同时期的检测结果有可比性。

3.5 罐内的相

超声波检测时,罐内的液相或气相对超声波的反射有影响,从而影响监控结果。所以利用超声波检测对液化石油气储罐监控时,应保证检测部位每次处于同样的相。液化石油气储罐的液位是经常变动的,检测部位可能有时处于液相,有时处于气相,检测可能需要调整液位,使检测部位每次处于同样的相。

4 结论

硫化物应力腐蚀开裂(SSCC)、氢鼓泡(HB)和氢致开裂(HIC)是液化石油气储罐氢腐蚀的三种常见形式。在液化石油气储罐外表面,可定期对内表面 SSCC 或曾经发生 SSCC 部位及附近区域,进行超声波检测和监控。定为 4 级的 HB, HIC 和其它缺陷或修复合格部位,可按一定周期对 HB, HIC、其它缺陷部位或修复合格部位及附近区域进行超声波检测和监控。未发生过 SSCC, HB, HIC 和其它缺陷储罐,如果需要也可在可疑部位进行检测和监控。监控时可按《压力容器安全技术监察规程》选择超声波检测参数,并应注意探头选择、监控记录、表面处理、耦合剂和罐内的相等监控要点,各次超声波检测的参数应与首次检测一致,每次将超声波检测结果与以前各次检测结果进行比较。通过对比缺陷的位置、深度、指示长度、指示面积、最大反射波幅、最大反射时底波高度等参数,监控缺陷的扩展情况。

参考文献:

- [1] TSG R7001—2004 压力容器定期检验规则[S].
- [2] JB/T 4730.1~6—2005 承压设备无损检测[S].

欢迎网上投稿 网址: www.mat-test.com