

WCF-62钢球罐质量的声发射检测鉴定

劳动部锅炉压力容器检测研究中心

万耀光 刘时风 沈功田 段庆儒

一、前言

众所周知,在新建的球罐投产前,按《压力容器安全监察规程》的规定,要进行耐压试验。耐压试验的压力为设计压力的1.25倍。其目的之一是在高于设计压力的条件下,整体考核焊接质量。通常,只要达到试压的条件都能通过这一试验项目。然而,有一些工程的压力容器的耐压试验项目通过了,但反而引入了“祸端”,因为在耐压试验的过程中有的壳体焊缝开裂并扩展产生了新的裂纹或原有的潜在裂纹进行扩展。在耐压试验过程中产生的裂纹,只要不贯穿,对耐压试验要求的指标不会产生影响,因而,这些新的缺陷往往被忽略了。而投入运行之后,那些由耐压试验引入的裂纹受环境介质的影响,又可能加剧裂纹的扩展,引入了“祸端”。

天津市第一石油化工厂化工分厂,两台200立方米液化石油球形储罐,在第一次开罐全面检验并修复后,仅经过95天的实际运行,又开罐检验时,发现大量的裂纹。经试验研究确认:球罐的裂纹是在 24 kgf/cm^2 水压试验升载过程中产生的并在第二次升压和长时间保压过程中又有新的扩展。

近年来,新建的球罐数量不小,材料也是五花八门,尽管焊缝工艺评定试验良好,但实际施工建成的球罐整体焊缝质量不一定能够达到象焊缝工艺评定试验那样好。大庆年产30万吨乙烯工程中的四台1500立方米乙烯球罐,是1978年从法国CMP公司引进的,其材料为9%Ni钢。第四台(B球)罐于1986年4月进行耐压试验时,当压力达到 30 kg/cm^2

(耐压试验压力为 30.25 kgf/cm^2),发现在罐体上方环缝X光探伤片11号位置泄漏喷雾。由于这一台球罐的耐压试验失败,导致对另外三台(A、C、D球罐)经过耐压试验并且已认定合格的又装好了保冷层的球罐焊缝质量的疑意。经对上述的三台球罐内侧采用超声探伤复验,都发现了严重程度不相同的缺陷。特别是在C球罐的下环缝E C-70号片位有一条90mm长的裂纹。出现这种情况,不但影响了工程进度,而且还要耗费大量的资金进行返修补焊。

有的工程,在耐压试验后,采用磁探复验焊缝总长度的20%。对了解焊缝抗裂本领无疑是有益的,但是不能做到全面的了解。然而声发射(AE)技术能够在耐压试验的过程中,实时地全面了解球罐的焊接质量。也就是说,在耐压试验的当中,对球罐的整体能够一目了然地知道,在哪一条焊缝上什么位置有开裂、裂纹扩展或残余应力释放。如果在耐压试验当中采用声发射技术检测,不但能够防止球罐被打穿,而且还能发现在耐压试验的条件下,活动性裂纹出现的力学条件、位置、及其危害程度。这对提高工程的质量并反馈到工程设计中去,都是有益处的。

声发射技术是一种新兴的无损检验技术,它与常规无损检验的最本质的差异是在动态的条件下,整体一次性的查找活动性(危害程度比较大)缺陷。声发射工作原理是固体材料在受力的条件下,如果有裂纹发生和发展,那末就伴随有声发射信号传播。在固体材料上检测出这种声发射信息并进行声发射源定位及其活

动性的类型识别称为声发射检测技术。

耐压试验声发射监测不需要另外附加更多的条件，完全可以按耐压试验的程序进行，耐压试验结束了，声发射采集数据也完成了。声发射监测本身消耗很少，相对的检验费低廉。特别是现代的声发射检测系统，数据的采集、处理、记录和分析都由计算机控制自动进行，摆脱了人为的因素，而且还可很方便地，保存永久性的记录，这些记录又可以随时提取做事后分析处理并可为下一次检验作参考。

在美国和日本，对于新建的大型球罐在验收试压的过程中，常常采用声发射监测。日本对新建的高强度钢球进行耐压试验时，采用声发射检测从70年代初就开始了。例如，1973年9月19日，新日本制铁公司对一台WEL-TEN 62钢球罐（内径18m、壁厚25mm）水压试验时进行了声发射检测。根据声发射确定的声源，经超声探伤复验，对于NDIS-2401超声波探伤标准不允许存在的缺陷，经返修并复验合格后，作为正式合格产品。

武汉石化厂十台400立方米球型储罐工程中，承建部门忽视了工程质量，“放弃了整个探伤系统的质量控制”致使“焊缝质量等超出规范要求”，在整改过程中，于1978年8月，采用声发射技术对其中的三台进行耐压试验监测，经声发射检测，在超次返修和热处理超温部位没发现有活动缺陷的反映，但在其他部位发现了一批具有活动性的缺陷，经处理后，于1987年11月，投产运行。

江西萍乡钢铁厂，在国内首次采用国产WCF-62钢制造了一台公称容积为200立方米储气球罐。于1988年1月，在耐压试验过程中采用了声发射检测，其目的是对球罐的焊接质量进行整体监测。

二、耐压试验声发射检测程序

1. 被检测球罐参数

球罐母材：WCF-62钢（原调质处理）

力学性能： $\sigma_s = 60 \text{ kgf/mm}^2$ ，

$\sigma_b = 67 \text{ kgf/mm}^2$

焊接接头力学性能： $\sigma_b = 67 \text{ kgf/mm}^2$
(焊后状态)

壁厚：30 mm

公称容积：200 M³

结构：焊接（未经热处理）

设计压力：30kgf/cm²

试压介质：水 (>5℃)

检测设备参数

检测设备：美国PAC产SPARTAN
3000型

检测操作

程序软件：SPP/DAQ、COM、SPP/
DAQ、PRG、SPSETUP

前置放大器：PAC 1200A 40dB

探头：PAC R15（单端）20只

系统门限：50dB

系统总增益：80dB

2. 探头布置

根据球罐的公称容积200立方米，按三角阵列布置20个探头（即20通道）复盖球罐全部表面积。

具体布置如下：在球罐赤道大园上，取一点为第一顶点，再沿该大园转过180°取点为第二顶点。设置三层（或三圈），将通过两顶点和球罐的两极点的大园均分八等份。每一层均布置6个探头（相邻探头间园周角为60°）。一旦第一层探头位置确定之后，第二层探头整体相对第一层探头错开30°，而第三层探头整体相对第二层也错开30°，即与第一层相同。结果是，层与层之间探头形成三角阵列，两顶点与两相邻层也形成阵列，从而，整体球罐的表面被三角阵列所复盖。这些三角阵列中的探头编号如下：第一层为1—6，第二层为7—12，第三层为13—18，第一顶点为19，第二顶点为20。在检测时，按探头的编号通过前置放大器接入主机和扩展箱上的相应编号的通道插座上。图1为在球罐上布置探头的模型。图2为在声发射检测系统中的计算机屏

幕上显示探头的位置及编号。图3为球罐排板图上的探头位置和检测出的声发射源。

3. 耐压试验步骤

图4为耐压试验曲线。声发射检测从18kgf/cm²开始,避开低压阶段氧化皮开裂、脱落及进水激发的噪音信号。

4. 检测结果分析与讨论

图5是压力从18kgf/cm²到37.5kgf/cm²第一次升压和保压检测的时差定位结果。

图6是压力从30.5 kgf/cm²到37.5 kgf/cm²第二次升压和保压检测的时差定位结果。

按ASTM: E569-82 构件受控加载时声发射监测实用标准,定出AE1-AE6六个声发射源,如图5上在圆圈内并标以号码的时差定位显示。而这六个声发射源,在第二次升压时,只有AE1和AE2再次出现,如图6上在圆圈内并标以号码的时差定位显示。

根据屏幕上时差定位显示的声发射源的位置在球罐上找出相应的位置注入模拟信号,再在屏幕上显示的位置与检测时获得的时差定位显示位置完全相同时,这一注入信号点即为在球罐上声发射源的实际位置。

根据上述实测,AE1-AE6六个声发射源在球罐上的实际位置如图3所示。AE1, AE2, AE4为脚柱焊缝,AE3为球壳阶梯

固定支座与母材焊接部位。只有AE5和AE6位于焊缝上。

又根据图6所示的数据进行分析,在第二次升压中,只有AE1和AE2再次出现,说明所在的焊缝仍活动,而AE5和AE6虽然第一次试验出现,但第二次不再出现了,说明AE5和AE6这两个源是非活性源,很可能是残余应力释放,没有缺陷实体存在。

耐压试验后,又进行了磁探复验,特别是对AE5和AE6源的位置复验,未发现缺陷。说明声发射检测和常规复验的结果是符合的。

AE1和AE2在两次试压的过程中都出现了,这很可能是脚柱与球罐焊接的角焊缝有虚焊部位,在打压的过程中,球壳弹性膨胀引起摩擦信号。

三、结论

1. 耐压试验声发射检测获得声发射源六个,记为AE1-AE6。只有AE1和AE2脚柱焊缝部位是属于强活性源,很可能是角焊缝虚焊,打压球壳膨胀摩擦引起的。估计排水后会缓解,在下次检验时作为重点检验部位。

2. 在现场组装焊缝上未发现具有活动性的缺陷,因而可以得出结论:该台球罐现场组装焊缝质量良好。

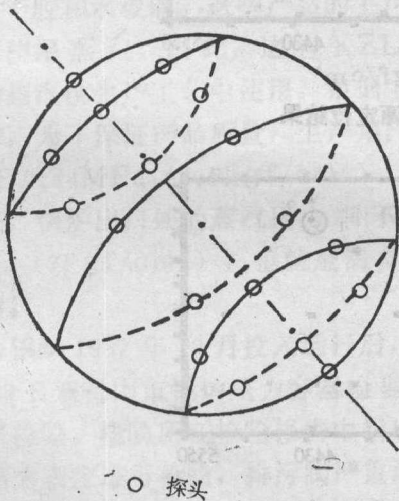


图1 在球罐上布置AE探头的模型

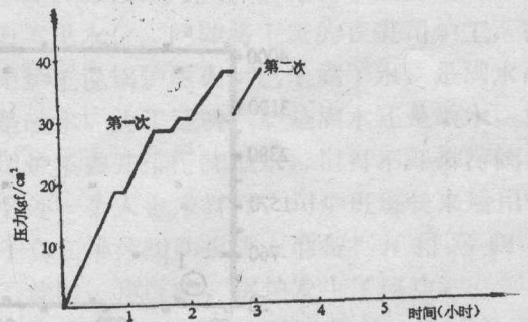


图4 耐压实验曲线

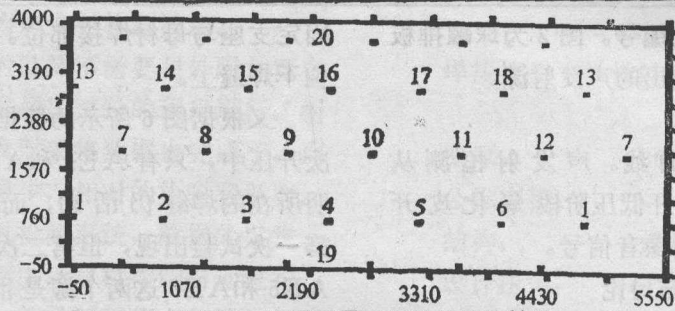


图 2 AE检测系统屏幕显示探头位置和编号

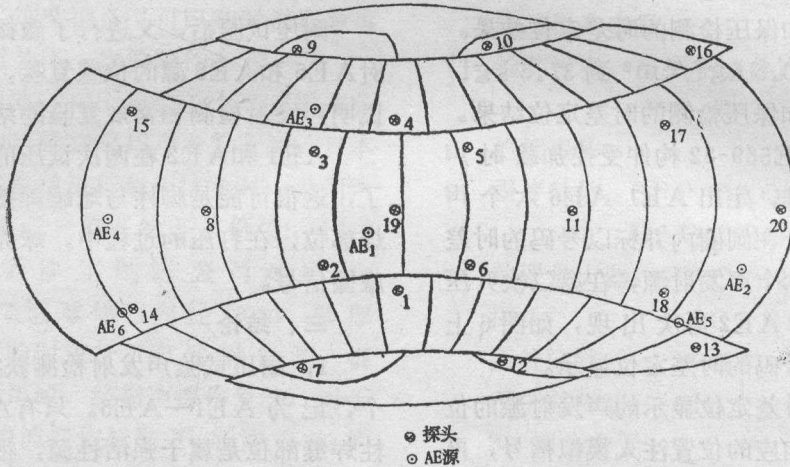


图 3 球罐排板图, AE探头和AE源的位置

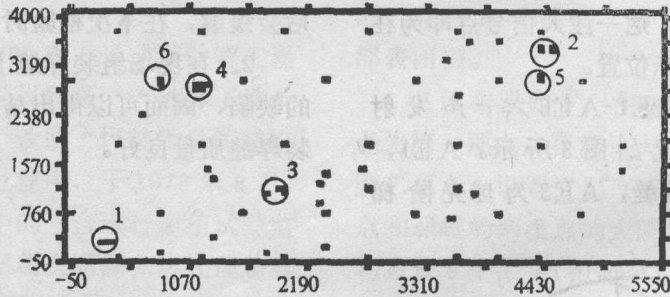


图 5 $P=18\text{Kgf/cm}^2 \sim 37.5\text{Kgf/cm}^2$
第一次升压和保压检测AE源定位结果

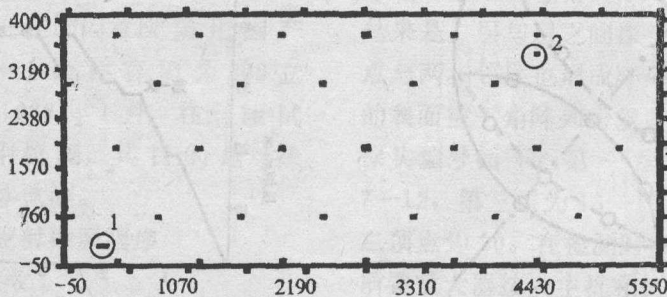


图 6 $P=30.5\text{Kgf/cm}^2 \sim 37.5\text{Kgf/cm}^2$
第二次升压和保压的AE源定位结果