

# 液化石油气钢瓶焊缝质量的声发射检测和评定

AE Test and Evaluation of the Welded Quality of LPG Steel Cylinder

劳动部锅炉压力容器检测研究中心

段庆儒 沈功田 李邦宪 刘时风

保定市锅炉压力容器检验所

郑学实 杨文福 朱志钢

本文介绍一种采用声发射技术,对在用液化石油气钢瓶的焊缝质量和整体进行检测及评定的方法;同时也为使用单通道声发仪,对小型压力容器的声发射检测提供了参考方法。

**关键词:**钢瓶 声发射 检测 评定

## 1 概述

目前,液化石油已经成为我国城镇居民最主要的燃料之一,其盛装容器液化石油气钢瓶亦在我国得到了广泛的使用。据统计,我国拥有液化石油气钢瓶 2100 万只,并且每年以 200 万只的速度增加<sup>[1]</sup>。1995 年第三季度国家技术监督局对国内 12 个省、直辖市 34 个生产厂家的液化石油气钢瓶进行质量抽查表明,产品的合格率仅为 52%<sup>[2]</sup>,其质量实在令人担忧。因此,如何保证新制造的液化石油气钢瓶的质量和在用钢瓶的安全使用,是关系到千家万户的大事,也是监督检验部门非常重要的课题。

由于液化石油气钢瓶体积小、造价低,在实际制造和使用过程中,很难采用高昂的检测技术进行逐只检验。按现行标准,新制造钢瓶的焊缝采用 2% 的 X 射线抽查检验,这样势必造成对一些焊缝缺陷的漏检<sup>[3]</sup>;对于在用钢瓶的定期检验,钢瓶检验站一般采用外观、测厚、测硬、水压、气密等项目进行检验(无 X 射线检验内容),同样也会造成焊缝缺陷的漏检<sup>[4]</sup>。然而,根

据我们的研究结果,射线检验不合格的缺陷并不完全影响钢瓶的正常使用<sup>[5]</sup>。那么,何种性质的缺陷对钢瓶的安全使用影响更大、更具有危险性呢,如何快速、准确地检验出这些危险性更大的缺陷呢?本文作者通过对大量的液化石油气钢瓶在水压试验过程中进行声发射检测所获得的数据进行分析整理,总结出了使钢瓶的焊缝质量和整体评价更加科学、合理的方法。

## 2 试验装置

在试验研究过程中,我们采用美国 PAC 公司的 4610SAM 单通道声发射检测仪,该仪器具有多种信号处理功能,可以设置连续自动或手动检验点 100 个,通过前面板液晶显示和观察试验设置的参数和获取的试验数据,具有打印及与计算机联网功能,将采集的试验数据永久地保存于磁盘之中,还可以设置超标报警。仪器的探头型号为 PAC115I 型,内装 20dB 的前置放大器,带通频率为 100~300kHz;仪器的输出参数为:事件计数,振铃计数或能量计数,RMS(能量均方根电压)及最大振铃计数或最

大能量计数,最大 RMS 值;仪器可设置参数为:固定门槛或浮动门槛,振铃计数或能量计数、系统增益、单一事件触发时间(SCETO)。

试验用钢瓶为 YSP-15 型在用液化石油气瓶,全部为 1985 年前生产的产品,设容积  $0.355\text{m}^3$ ,焊缝内壁有衬垫。实验装置示意图见图 1。

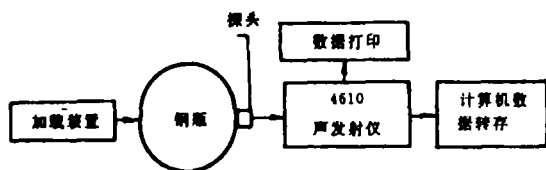


图 1 试验装置示意图

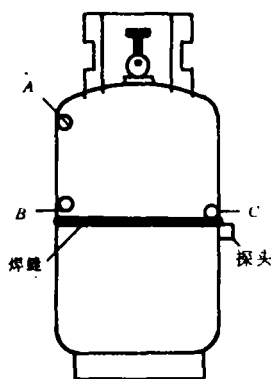


图 2 标定位置示意图

### 3 试验步骤

#### 3.1 钢瓶的准备

试验用钢瓶必须是经过残液、残气回收、瓶壳表面处理,并宏观检验合格的钢瓶。

#### 3.2 声发射检测仪的调试

将探头用真空脂耦合于注满水的钢瓶外壳环焊缝附近约 20mm 左右,对声发射仪数据采集进行调整。其原则是:既要满足仪器的灵敏度要求,以确保不丢失真实的声发射信号;又要避免背景噪音的干扰,保证收集到的声发射信号无噪音<sup>[6]</sup>。

(1)声发射仪参数设置为:

门槛——固定门槛,其电平为 1 伏;

增益设置—— $24\text{dB} < \text{增益} < 74\text{dB}$ (当增益低于此值时不能收到铅笔芯折断的信号;当增

益高于此值时仪器发生自激);

单一事件触发时间(SCETO)- $3000\mu\text{s}$ 。

(2)声发射仪输出参数为:事件计数、最大能量计数、总能量计数。

#### 3.3 标定

以 0.5mmHB 铅笔芯折断为模拟声发射源对仪器进行标定,其结果及标定部位分别见图 2 和表 1。

表 1 模拟源标定结果

增益	部位	事件计数	能量计
55dB	A	1	1450
55dB	B	1	1650
55dB	C	1	1900
40dB	A	1	150
40dB	B	1	160
40dB	C	1	180

#### 3.4 加载程序

由于试验用钢瓶都是经过了长期使用的,因此,我们采用两次水压试验加载,并且以第二次升压和保压声发射数据作为钢瓶的评判依据。加载程序见图 3。

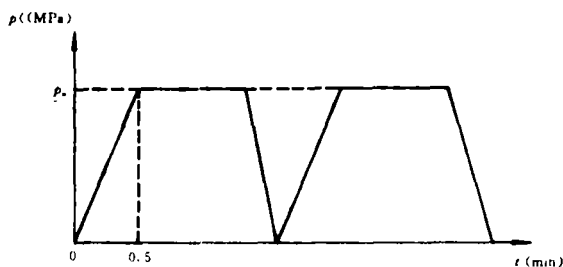


图 3 加载程序图 ( $p_0 = 2.36\text{MPa}$ )

### 4 试验数据分析及结果

试验过程中,共筛选出有效数据 91 组(即 91 只钢瓶的试验数据),根据声发射信号多少,对这 91 组数据进行整理分类,从中选出了 48 只钢瓶进行 100% 的 X 射线检验、19 只钢瓶进行 X 射线抽查,以求得声发射检测结果与 X 射线检验结果的相互关系,声发射及射线检验的部分对照数据见表 2。

通过对采集到的 91 组数据(其中在增益为 40dB 时采集数据有 71 组)进行分析,我们发现大部分钢瓶的第一次升压、保压的声发射信号

是十分丰富的,而且很分散,少则几十,多则几百或上千,这些数据与X射线检验结果没有明显的对应关系。这是由于液化石油气瓶的实际工作压力一般在0.5MPa左右,在升压过程中,当压力超过0.5MPa以后,应力的重新调整和分布导致的局部屈服会产生大量声发射信号;另外,钢瓶的环焊缝内的垫圈与瓶壳内壁之间摩擦或腐蚀物的断裂或破裂也会产生大量的声发射信号。由于升压时间很短,大约只有30s,钢瓶瓶壳的应力重新调整及分布不会在这么短的时间内完成,其滞后效应将波及到第一次保压过程,使第一次保压信号也十分丰富。这一点可以通过数据证实,即第一次升压声发射信号丰富的钢瓶,第一次保压信号也丰富。由于这部分信号数量多、强度大,真实缺陷产生的声发射信号完全被淹没了。因此,无法从第一次升压保压数据中判断出钢瓶结构完整性的好坏。

表2 射线检验第二次水压试验升压及保压声发射检测数据(事件)对照表

序号	升压	保压	焊缝缺陷	序号	升压	保压	焊缝缺陷
1	3	0	小气孔	7	7	1	夹渣
2	0	0	无	8	1	5	未焊透
3	0	0	气孔	9	2	5	大量气孔
4	1	0	无	10	12	7	裂纹
5	0	0	夹渣	11	18	10	夹渣气孔
6	0	1	夹渣	12	25	70	裂纹

表3 在各阶段声发射事件大于5的钢瓶百分比

过程	事件	>5(个事件)
第一次升压		100%
第一次保压		≈75%
第二次升压		≈2%
第二次保压		≈5%

液化石油气钢瓶,经过第一次升压和保压过程,其应力分布已均匀,大部分的腐蚀物已脱落或破裂。因此从表3的结果可以看出,第二次升压和保压过程中,一般不应该有大量的声发射信号产生。

对于表3,需要说明的是,第二次升压产生的声发射事件数大于5的钢瓶百分比小于第二次保压产生的声发射事件数大于5的钢瓶百分

比,其原因仍是由于升压的滞后效应产生的。

那么,第二次升压和保压过程所产生的声发射信号是下述因素引起的:(1)真实的缺陷产生的。如果钢瓶焊缝或热影响区内有裂纹或其它活动的线性缺陷,则在第二次升压过程中继续活动;(2)钢瓶垫圈上存在缺陷产生的;(3)随机的机械或电子噪声引起的;(4)腐蚀物的脱落或破裂。

从声发射检测的角度出发,我们认为第一种和第二种情况对于钢瓶的安全性能有很大的影响,而且是第二次升压和保压过程中主要的声发射信号来源;第三种情况,对于一台经过仔细调试的仪器,这种噪声产生的信号的可能性是很小的;同样,第四种情况经过了第一升压和保压过程后,产生信号的可能性应该也是很小的,而且这两种情况也是不具有重复性。因此,可以用第二次升压和保压信号作为评判钢瓶结构完整性的依据。按这个原则,并对照X射线检验结果,对第二次升压和保压数据进行分析,整理,得出了一统计规律,并且将这些数据划分为四个等级,见表4。按照表4的评判标准,在增益设置为40dB时对71只钢瓶进行分类,其中声发射评为Ⅲ级的钢瓶约占10%,Ⅳ级的钢瓶约占6%。遵照声发射检测原则,并结合液化石油气钢瓶定期检验标准,建议对液化气钢瓶声发射评判为Ⅰ、Ⅱ级的钢瓶其检验周期定为5年,声发射评判为Ⅲ级的钢瓶其检验周期定为2年,声发射评判为Ⅳ级的钢瓶应判废或进行射线检验。

表4 液化石油气钢瓶声发射检测评定表

分类	第二次升压信号	第二次保压信号
I	≤2	0或1
II	不限	0
III	≤5	≤3
IV	≤10	≤9
	>10	≥10

## 5 结论

采用声发射技术,对液化石油气钢瓶在水压试验过程中,逐只进行整体检测,以有效地检测钢瓶严重的焊接缺陷及结构的完整性,为液

化石油气瓶的无损检测提供了一种经济的、简易可行的检测技术,也为其它类型的小型容器声发射检测提供参考。

#### 参考文献

1. 劳动部锅炉压力容器安全监察局编. 气瓶安全监察规程讲析. 中国劳动出版社,1990
2. “关于加强液化石油气瓶制造的质量管理和监督检

- 查工作的通告”. 劳安锅局,1996,23号
3. GB5842-86《液化石油气瓶》
4. GB8334-87《液化石油气钢瓶定期检验与评定》
5. 刘时凤等. 液化石油气小钢瓶声发射无损检测. 1986年日本东京第8届国际声发射会议文集
6. 袁振明等编. 声发射技术及应用. 机械工业出版社,1985