

判误操作,给水系统故障外,司炉劳动强度大。责任心不强,也是一个不可忽视的原因。

三、压力容器重复发生的爆炸事故未受到应有的重视。在一千多万台只压力容器和汽瓶中,“六、五”期间,仅硫化罐、蒸煮锅、消毒锅、煤气发生炉、夹套锅、蒸汽分汽缸、各类钢瓶、空气贮罐、造纸烘缸、反应锅、热水箱十一个品种即占爆炸事故总数的64.8%。其中:气瓶、蒸煮锅、热水箱三个品种占28%。

四、轻工、化工系统事故较多。“六、五”期间,锅炉事故中轻工系统发生的事故占事故总数的25.8%,化工行业占17.6%,两者合计占事故总数的43.4%。压力容器事故中,据1984年、1985年统计,化工系统占事故总数38%,轻工系统占25%,两者合计占事故总数的63%。

综上所述,在“七、五”期间,为了更好地促进生产发展,提高社会效益,做到事故逐年稳步下降,提出以下几点意见供研究参考。

一、领导重视,加强锅炉压力容器的使用

管理工作,提高企业和企业主管部门的管理水平,特别是象轻工、化工、纺织、商业等拥有数量多,事故率高,或力量较薄弱的行业,要总结经验,制定切实可行的规章制度。

二、要贯彻国务院发布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》,狠抓制造和使用两个环节。制造方面要保证产品质量,解决先天性缺陷,对进口设备要把好质量关。使用管理方面,除积极推行锅炉水质处理外,要消灭“死角”,克服薄弱环节,对重复发生的事故,要采取积极有效的措施,对危及安全运行的设备,要监控使用,有计划地做好设备更新工作。

三、加强组织纪律,提高操作人员的责任心和技术水平。在加强组织纪律的同时,要在技术上提高操作人员水平,使操作人员相对固定,安心工作。

四、实行国家监察、行政管理和群众监督的制度,坚持预防为主方针和为基层服务的观点,充分发挥各方面的积极作用,把安全监察和安全管理结合起来,提高设备完好率,保证安全运行。

## 液化石油气小钢瓶声发射无损检测

劳动人事部锅炉压力容器检测研究中心

刘时凤

湖北省劳动人事厅锅炉压力容器检验所

李新成 陈少文 刘建伟 董钳工

湖北省建筑机械厂 陈伟 陈平

### 一、简介

焊接液化石油气小钢瓶(0.355m<sup>3</sup>)的质量检验,按城建部 CJ3-1-80 标准《液化石油气钢瓶》的规定,主要由外观检验;产品数量的2% X射线拍片检验和气密试验;水压试验来完成。在役液化石油气小钢瓶按城建部《在用液化石油气钢瓶判废暂行规定》进行检验。主要也是由外观、气密和水压试验完成。对于钢瓶焊缝质量检验,外观检验只能检查出极端严

重的外表面焊接缺陷,气密和水压试验也只能检测出能造成泄漏的严重焊接缺陷。外观检验、气密和水压试验不能检测出某些内在焊接缺陷。抽取产品数量的2%采用100% X射线拍片检验也难以保证100%钢瓶焊缝质量。大量爆破试验和实际应用经验证明某些按 CJ3-1-80标准 X射线拍片检验不合格的缺陷并不影响钢瓶正常安全使用。因此小钢瓶质量检验需要有一种经济实用能对小钢瓶进行100%无损

检测的方法。X射线拍片由于成本太高而无法实施产品的100%检测。有些人在寻求用自动超声波检测和工业X射线电视来对小钢瓶进行100%焊缝无损检测。我们认为，声发射技术检测金属焊接缺陷已有较成熟的经验，是一种对小钢瓶进行100%无损检测较为理想的方法，笔者于1985年对YSP-10型、YSP-15型液化石油气小钢瓶应用声发射技术的可行性进行了探索，以期能发展出一种适用小钢瓶声发射检测的检测系统，检测步骤和判废判据。

## 二、试验装置和试验步骤

试验用钢瓶材料为中低强度碳素钢和锰钢，牌号有20g、15Mn、16Mn等。设计工作压力16kgf/cm<sup>2</sup>，水压试验压力24kgf/cm<sup>2</sup>。在役钢瓶水压试验压力32kgf/cm<sup>2</sup>，壁厚3mm，

容积0.355m<sup>3</sup>。试验装置方框图见图1。试验用美国Dunegan4103型单通道声发射仪，探头型号D9203A，试验频率窗口95—600KHZ，门槛电平1v，增益79dB。耦合剂用工业黄油。声发射参数选用每秒振铃计数和ASL（平均信号电平）。钢瓶水压加载程序见图2，采用2次循环加载。系统灵敏度标定见表1。声发射保证检出电平为10mv。

对28只液化石油气钢瓶进行了水压爆破试验声发射监测。其中18只试验钢瓶水压爆破试验前进行了X射线检验。试验钢瓶中有未熔合、夹渣、气孔等缺陷。

对99只钢瓶进行了水压试验声发射监测。试验钢瓶中部分进行了X射线拍片检验以验证比较声发射检测结果与X射线拍片检验结果的相互关系。

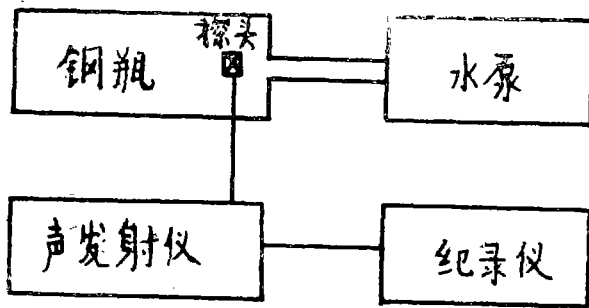


图1 试验装置方框图

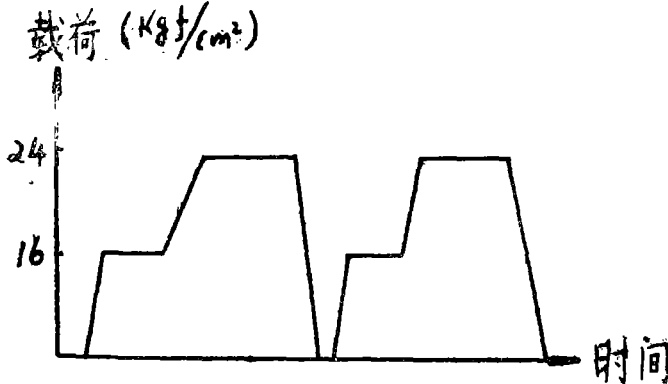


图2 水压试验载荷程序

表1. 灵敏度校定和衰减

	探头100mv输出	探头邻近φ1.5H B铅芯信号	钢瓶最弱铅芯 断信号
计数/秒	100	600	200

### 三、结果与讨论

典型水压试验声发射监测结果有五种类型,见图3a—e:

- a) 第一次保压,第二次升压和第二次保压3个水压载荷循环过程中都无声发射信号;
- b) 仅第二次升压过程有声发射信号,第一次、第二次保压过程均无声发射信号;
- c) 仅第一次保压有声发射信号,第二次升压和保压均无声发射信号;
- d) 第一次保压和第二次升压都有声发射信号,第二次保压无声发射信号;
- e) 第一次保压、第二次升压和保压均有声发射信号。

上述声发射信号是指每秒振铃计数大于100的有意义声发射信号。

从得到的声发射检测结果看,大多数有保压声发射信号的试验钢瓶第一次升压过程中振铃计数率和ASL值较大,因此第一次升压过程的声发射参数值有可能表示钢瓶的完整性。由于可能引起第一次升压过程声发射信号源的机制较复杂,很难用第一次升压过程中声发射信号作为判废依据,实验数据也证明第一次升压过程的声发射信号较分散,有的钢瓶第一次升压有较大振铃计数率和ASL而保压期间无声发射信号,有的钢瓶第一次升压过程声发射信号小,但保压过程声发射信号丰富。

本试验选用振铃计数率和ASL声发射记录参数,试验数据表明,用振铃计数率和ASL值的大小来作判据得到的声发射检测结果与X射线拍片结果和爆破试验结果吻合较差,而根据声发射信号出现时机,即按第一次保压,第二次升压,第二次保压和压力来分类声发射信号,所得到声发射结果与X射线拍片结果和爆破试验结果吻合较好。

综上所述,在127只液化石油气小钢瓶水压试验声发射监测数据基础上,推荐声发射检测小钢瓶判废判据为:

1. d、e类型为不合格钢瓶;

2. b、c类型为可接受,但需进一步用其它无损检验方法验证钢瓶;

3. a类型为合格钢瓶。

按以上声发射检测判据对20只已由X射线拍片检验判废钢瓶进行了水压试验声发射检测。声发射对这20只钢瓶检验结果是:15只为d、e类不合格钢瓶;4只为b、c类可接受需用其它无损检测方法验证钢瓶;1只为合格钢瓶。另外又对10只先经水压试验声发射检测钢瓶进行了X射线拍片验证。6只声发射检测不合格钢瓶中5只X射线拍片也不合格。1只X射线拍片合格;4只声发射检测合格钢瓶中X射线拍片2只合格,2只不合格。声发射检测结果不能与X射线拍片结果一一对应是可以预料的。由于声发射检测是动态检测而X射线拍片是静态检测,必然会有一些X射线拍片不合格缺陷在水压试验载荷下不活动不发展,声发射检测判为合格,同时也会有一些水压试验载荷条件下活动发展声发射检测不合格缺陷由于体积小、取向、位置等原因。如某些裂纹、母材缺陷,X射线拍片不能检出。这种声发射检测结果不能与X射线拍片结果不能一一对应的现象与实验室内焊接缺陷拉伸试验发声监测结果是一致的。上述2个声发射检测合格X射线检验不合格缺陷是小气孔和小夹渣。这种缺陷可能在水压试验载荷条件下不活动。按照工业应用观点,声发射检测小钢瓶是可以被接受的;找出在某载荷条件下活动发展缺陷,保留在某载荷下不活动不发展缺陷。

试验钢瓶有两种焊接结构,缩口式和衬圈式。试验中发现大量声发射检测不合格钢瓶衬圈上存在未熔合、气孔、裂纹等严重焊接缺陷。现行标准未对衬圈上焊接缺陷作任何规定,故这些钢瓶X射线拍片合格。衬圈上严重焊接缺陷在水压试验载荷下开裂、扩展、脱落产生声发射信号。这种衬圈焊接缺陷产生声发射信号与瓶体焊缝缺陷产生声发射信号机制相同。因此如认为衬圈部位焊接缺陷可接受则很难用声发射技术对衬圈式小钢瓶进行无损检测。

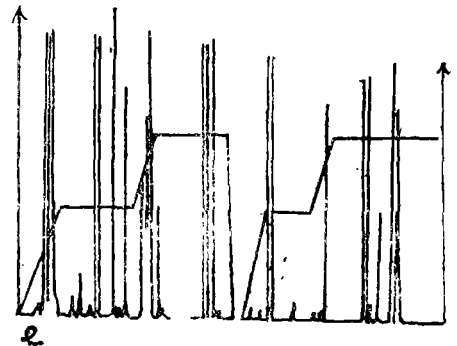
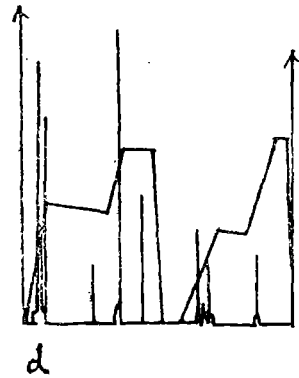
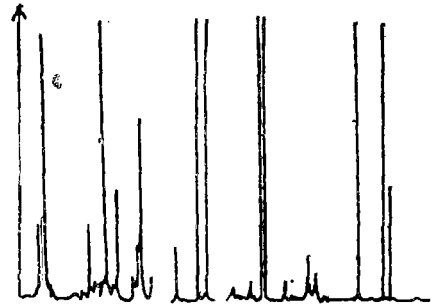
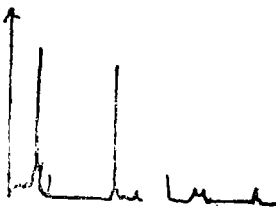
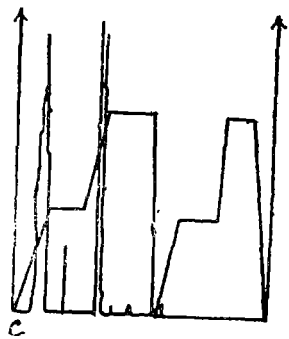
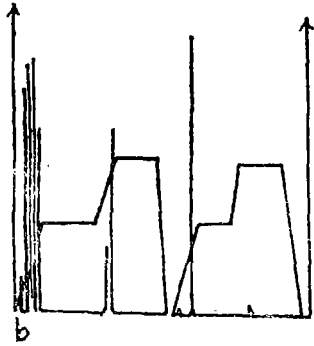
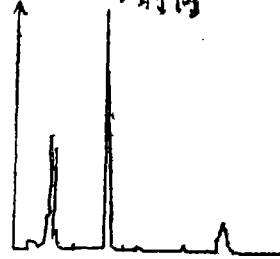
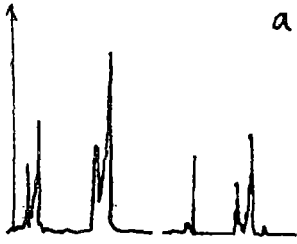
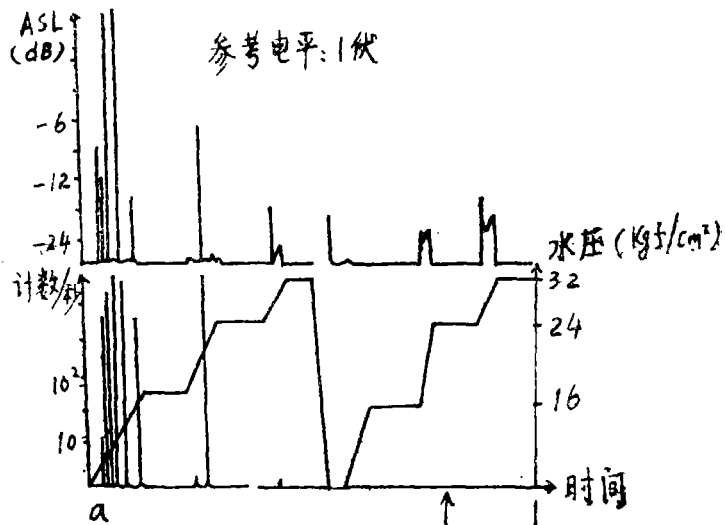


图3a—e 典型水压试验声发射监测记录

考虑液化石油气钢瓶使用中的疲劳、腐蚀效应，衬圈部位严重焊接缺陷必然会在腐蚀疲劳条件下加快发展，最终发展到与之相联的瓶体焊缝，造成该部位破坏。实际上就是不考虑疲劳腐蚀效应，与瓶体焊缝相联的衬圈严重焊接缺陷也会影响瓶体焊缝质量。这一点已从爆破试验数据得到证实。一些钢瓶在衬圈焊接缺陷处形成极短的缺口，仅相当于正常破口的十分之一。这说明衬圈焊接缺陷使瓶体与之相联焊缝区强度降低（在该处形成破口）并使该部位焊缝脆性大大增加（破口小，变形小）。所

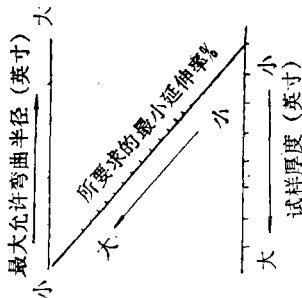
调强度降低可能是衬圈焊接缺陷的应力集中效应。声发射检测可以很灵敏检测出这种衬圈焊接缺陷。

#### 四、结 论

1. 声发射技术能有效检测出小钢瓶中严重焊接缺陷和其它结构缺陷。
2. 通过分析和比较声发射检测结果和 X射线拍片检验结果证明，声发射检测技术是可以用于液化气小钢瓶的质量检验。
3. 提出了适应小钢瓶声发射检测的检测系统、检测方法和判废判据。

（接第13页）

AWS·B4·0-77《焊接机械性能试验方法》标准中列出选择最小弯轴直径的线图（见图三），从图可以看出，随着试验材料延伸率的减小或试样厚度的增加，允许的弯轴直径相应增大。从量的关系上看弯轴直径约为试件厚度的3~4倍，这与美国机械工程师学会ASME标准规定基本是吻合的（ASME规定 $D=4S$ ），



图三、选择最小弯曲半径的线图

西德标准DIN50121T1-1978中列出了钢材对接焊的弯曲伸长率与弯轴直径 $d$ 与试样厚度 $a$ 比值的关系。（见表二）弯曲伸长率随 $d/a$ 值的增大（即弯轴的加粗）而减小。由于表二

比 值 $d/a$	1	2	2.5	3	4	6
弯曲伸长率%	50	33	29	25	20	14

是根据未焊试样的弯曲伸长率与比值 $d/a$ 之间的关系得来的，因此标准规定“不能要求焊接接头试样的弯曲伸长率大于未焊试样的弯曲伸

长率”。表二所列的数据与本文公式①的计算结果是一致的。

#### 四 结论分析及建议

综上所述，我们认为影响焊接试板冷弯裂纹的主要因素有两个

1. 试件表面的缺陷（一般是咬边）所引起的缺口效应，使应力在此集中，在采用已接近材料极限延伸率的试验方法时（ $D=2S$ 弯轴直径），势必引起沿缺陷根部或端部开裂。如果能允许对局部深度不大于0.5mm的咬边缺陷进行焊补磨光后再作弯曲试验。则可大幅度提高20g钢板焊接试件冷弯合格率。

2. 试样弯曲时所选用的弯轴直径：弯轴直径选择的合理与否是影响冷弯裂纹的重要因素之一，从前面公式①的结果可看出 $D=2S$ 要求对20g材料未免过严。适当加大弯轴直径。允许20g钢也采用 $D=3S$ 弯轴直径，就能改变20g钢冷弯合格率反而低于16MnR的不合理象。

至于含C量及焊接规范的影响可以这样认为：只要含C量控制在钢材的技术指标之内对冷弯裂纹的产生不会有明显的影响；合适的焊接规范及严格的工艺规程则是进行产品试板冷弯试验的前提。

以上是我们的几点看法，当然不排除上述因素以外的其它因素，如近表面缺陷、局部硬点等也是引起冷弯裂纹的常见因素。