

50m³贮罐水压试验声发射检测

劳动人事部锅炉压力容器检测研究中心 万耀光 刘时风等*

一、基本情况

本次检测的卧式贮罐，是保定地区液化石油公司的贮油罐；内径2600mm，筒体壁厚16mm，封头壁厚18mm，材料为16Mn。设计压力 $P=16\text{kgf/cm}^2$ ，材料许用应力 $[\sigma]=1730\text{kgf/cm}^2$ 。

该贮罐由原化工部第一设计院设计，河北省安装公司第三工程处施工，于1982年9月4日通过正式技术鉴定后随即投入使用。卧罐制造完工后曾进行过水压试验，（ 20kgf/cm^2 保压20分钟），安装完毕后进行过气密试验（ 16kgf/cm^2 24小时）。

1984年10月对卧罐进行开罐检查时发现，罐体有缺陷。为了确切掌握这种结构卧罐的应力大小及分布和修补后的罐体结构完整性，我们对修补后的罐在打水压的力学条件下进行了声发射检测和电测应力分析。

二、检测过程

采用美国D/E公司3000系列双通道设备作为AE检测系统。每个通道的总增益为86db，门限电平为1v，单端式宽频带（40—300Hz）

探头。现场检测采用的参数和功能为振铃计数率，事件计数—幅度分布和事件计数—定位分布。用折断铅笔芯方法进行模拟试验，确定衰减量和定位精度。测试结果表明：本检测系统具有足够的灵敏度，可以满足现场检测的要求。

为了与声发射检测结果相对照，辅以电测应力分析。电阻片沿罐体环向和纵向成直角测点布置。具体布片位置如图1所示。

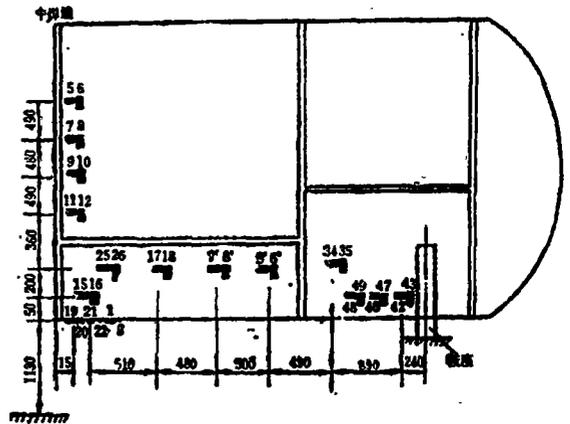


图1 应力测量布片位置

三、检测结果

分次打压（ $0-5\text{kgf/cm}^2$ 、 $0-15\text{kgf/cm}^2$ 、

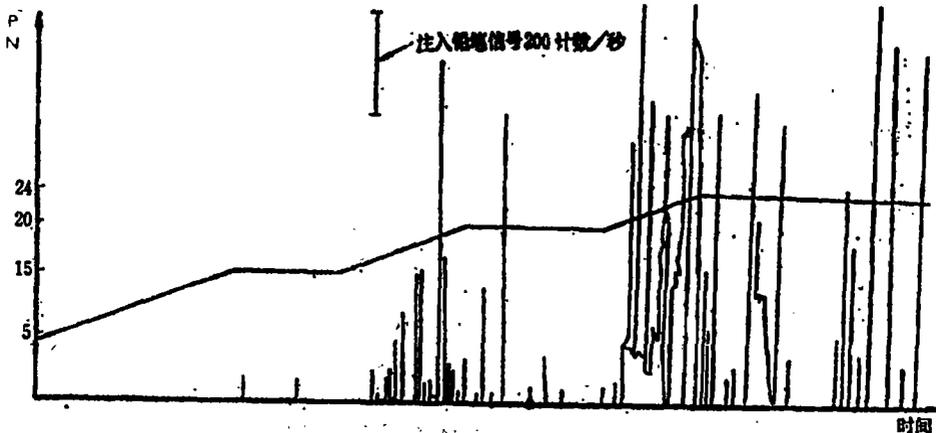


图2 声发射计数率、压力—时间曲线（ $5-24\text{kgf/cm}^2$ ）

*本文作者还有秦平彦、林宏、周金华、刘学玲同志。

5—24kgf/cm²、15~24kgf/cm²)均记录AE振铃计数率及载荷,图2是记录的曲线之一(5—24kgf/cm²)。

在三个不同的受力条件下(0—5kgf/cm², 0—15kgf/cm², 5—20kgf/cm²), AE事件计数—幅度分布检测结果如图3所示。从图3测算的特殊的AE事件计数—幅度分布数据如表1所示。

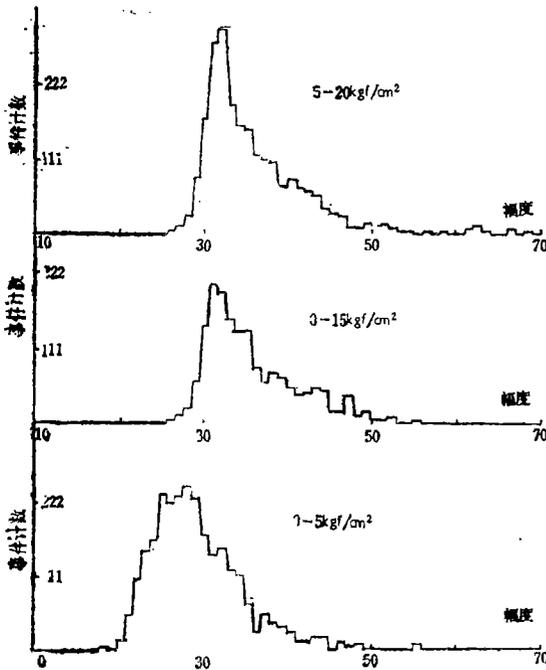


图3 AE事件计数—幅度分布检测结果

表1 特别的AE事件—幅度分布数据

受力条件 (kgf/cm ²)	事件峰值幅 (db)	事件峰值计 数 (次)	最大幅度 (db)	最大幅度 事件数 (次)
0—5	27.0	258	55.9	6
0—15	30.0	223	55.9	6
5—20	32.0	323	68.8	6

电测结果表明,压力与罐体上的应变呈线性关系。当压力为15kgf/cm²时,实测最大应力点在7'和8'点上,最大应力值 $\sigma' = 15.09$ kgf/mm², $\sigma'' = 6.89$ kgf/mm²。按照薄壁筒受内压理论计算 $\sigma' = 15.2$ kgf/mm², $\sigma'' = 7.59$ kgf/mm²。显然实测结果和理论计算相符,而且实测应力值小于许用应力17.30kgf

/mm²。

四、分析与结论

从计数率曲线可以看出(参看图2),在5 kgf/cm²压力下AE信号十分微弱。为5—10kgf/cm²才出现了相当于铅芯信号大小的信号。在10kgf/cm²保压的情况下,不仅信号个数很少,而且大小远于铅芯小信号,这说明在10kgf/cm²以下,AE源活度相当低。在10—15kgf/cm²升压过程中,虽然AE信号较为密集,大小约相当于铅芯信号的3倍,但在15kgf/cm²保压期间随着时间增长,不仅信号个数减少,而且大小也越来越小,最后甚至不再出现信号。特别是在第三次打压的15kgf/cm²保压期间均满足开塞尔效应,这说明压力为15kgf/cm²时罐体的完整性是稳定的。

在15—20kgf/cm²升压过程中,AE信号不仅密集,而且比铅芯信号大一个数量级,保压期间也出现了两个信号。在第四次打压15—20 kgf/cm²仍有大小相当于铅芯信号3倍的信号出现。这个信号是在第二次15—20kgf/cm²升压中产生的,说明在15kgf/cm²以上,罐体已不满足开塞尔效应,这意味着罐体的完整性已不满足。

在20kgf/cm²以上出现密集的大信号,最大的达到9999次/秒。

从事件计数—幅度分布的结果可以看出,0—5kgf/cm²和0—15kgf/cm²两个受力条件下检测到的事件峰值幅度,事件峰值计数,最大幅度,最大幅度计数均相差不多。然而在5—20kgf/cm²条件下上述四个参数均有显著增加。这也说明了在15kgf/cm²以下罐体结构完整性较稳定。而在15—20kgf/cm²条件下结构完整性开始向不稳定方向发展。

事件计数—定位分布分析结果得到,在24kgf/cm²以下AE源是分散的,只有相对座标为55处事件数稍有增加。对照模拟试验可以推出,相对座标55处对应着中间环焊缝,这说明在较高压力下,中间环焊缝处有缺陷活动,这就为以后的探伤提供了参考。(下转91页)

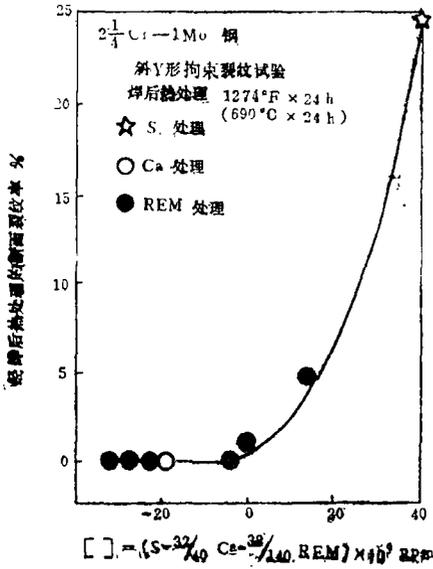


图4 硫当量 [S] 对 2 1/4Cr-1Mo 钢再热裂纹倾向的影响

以得到优良的抗氢腐蚀与抗回火脆性性能，钢中硫含量应降到最低以避免再热裂纹与提高抗氢腐蚀性能；应降低钢中含氮量以提高蠕变断裂应力与抗氢腐蚀性能；钢中应加入钒以提高蠕变断裂应力、高温强度与抗氢腐蚀性能；钢中应加入铌以提高高温强度。添加钒与铌并降低氮与硫的 2 1/4Cr-1Mo 与 3Cr-1Mo 钢均具有优良

国际会议

第八届国际声发射会议

时间：1986年10月21日至24日

地点：日本东京

主办单位：日本无损检测学会、日本声发

(上接35页)

电测的结果也说明，当压力为15kgf/cm²时，罐体的最大应力处应力小于许用应力，证明罐体的强度是适宜的。

综上所述，可以得出结论，15kgf/cm²压力为贮罐的安全压力门坎。将此压力折扣1.5倍得到的10kgf/cm²压力可以视为使用中的压

的性能。表3列出了改进的 2 1/4Cr-1Mo 与 3Cr-1Mo 钢的性能比较。

由表3可见改进的 2 1/4Cr-1Mo 钢的蠕变断裂应力高于改进的 3Cr-1Mo 钢。调整各种元素含量对提高 2 1/4Cr-1Mo 钢抗氢腐蚀性能的影响远比 3Cr-1Mo 钢显著。根据川崎钢铁公司的研究结果，认为 2 1/4Cr-1Mo 钢有较多的制造与使用经验，价格也比 3Cr-1Mo 钢便宜，经改进后的 2 1/4Cr-1Mo 钢的性能并不低于 3Cr-1Mo 钢。因此，建议在高温高压氢介质中选用改进的 2 1/4Cr-1Mo 钢。

表3 改进的 2 1/4Cr-1Mo 与改进的 3Cr-1Mo 钢的性能比较

	改进的 2 1/4Cr-1Mo	改进的 3Cr-1Mo
蠕变韧性	◎	○
抗氢腐蚀性能	○	○
抗再热裂纹倾向	○	○
制造经验	多	少
价格	○	△
技术问题	强度与抗氢腐蚀	强度
对材料总的评价	◎	○

◎很好；○好；△差

(柳)

射委员会

主持人：日本AE委员会委员长、东京大学生产技术研究所山口雄南教授

内容：1. AE技术在评价材料中的应用；2. AE技术在材料构件中应用；3. AE技术机理研究；4. AE技术在压力容器与管道中应用；5. AE技术在其它领域中应用。

会议已邀请中国代表团参加。

(何泽云)

力上限。

本试验结果，经主管劳动部门认可，降压到8kgf/cm² (低于10kgf/cm², 偏于安全) 使用。该容器于85年9月已投入生产运行。运行正常。

参考文献

(1) 刘时风“双通道声发射仪确定球罐上 AE 源位置”《压力容器》1985, No4, P14~15

主要文章摘要

●关于《钢制石油化工压力容器设计规定》 (八五版)中材料现状的说明(一)

在我国压力容器设计和制造中,材料方面的问题始终是大家所关心的。本文将重点介绍近年来我国压力容器用钢方面与《设计规定》密切相关的一些进展情况(不涉及尚未列入《设计规定》的新钢号),以便压力容器设计和制造单位更好地应用《设计规定》。全文分两部分,第一部份介绍碳素钢和低合金结构钢的有关情况。

●温预应力处理对带缺陷钢管爆破压力的影响

温预应力(Warm Prestressing)技术是提高低温抗断阻力的一种有效措施,由于其可对已成形结构、在较一般热处理方法更方便的条件下实施,因此工程实用价值显著,具有重大的经济意义。用温预应力技术提高压力容器低温爆破强度的工作目前尚未见到关于系统实验研究的国内外报导,而压力容器爆破压力的提高对实用结构而言是具有现实意义的。本文旨在对这一课题进行一些初步探索。

●试件型式对COD启裂值及阻力曲线的影响

本文采用卸载剖面法测试了CCT试件和TPB试件的卸载COD阻力曲线及卸载伸张区,并且用弹塑性有限元法计算了两种试件裂纹前方韧带上的应力应变场。试验结果表明,COD启裂值和阻力曲线斜率均依赖于试件型式。CCT试件的断裂阻力比TPB试件的断裂阻力大。两种试件边界条件不同,尖端附近应力应变场也不同,因此导致了断裂阻力的差别。

●50m³贮罐水压试验声发射检测

以双通道声发射技术方法并辅以电测应力分析,在试水压的条件下对50m³液化石油气贮罐(卧式)进行了检测。检测结果表明,采用上述技术,能够确切地评定罐体的结构完整性和强度。

●压力容器分析设计准则

美国ASME锅炉及受压容器规范第Ⅲ卷与第Ⅳ卷2分篇提出了“分析设计”(Design by analysis)

的基本思想与基本法则。它是工程与力学紧密结合的产物,反映了近代工程强度设计的先进水平。

应力分类和应力评定是分析设计的基础。本文从弹塑性力学的观点出发结合工程实际问题着重讨论了(1)应力分类的必要性及理论依据;(2)各类应力的定义、特性及区分方法;(3)应力评定的依据。

本文对ASME规范中的某些观点作了进一步的阐述与评论。

●球形容器的CF-62钢板力学性能的试验研究

本文根据球形容器的性能要求,对国内新研制的大型球罐用屈服强度50kgf/mm²级低焊接冷裂纹敏感性CF-62钢板的力学性能进行了系统的试验研究(包括拉力、系列冲击试验,NDTT、COD、J积分及da/dN测定),并对日本WEL-TEN62CF钢板进行了剖析试验。结果表明,该钢调质板除具有优良的低温韧性外,其应变时效敏感性也较低;钢板经550~610℃保温5小时消除应力热处理后对其力学性能影响不大;该钢的综合性能不仅达到了研制的技术要求,而且与日本WEL-TEN62CF实际钢板性能水平相当,因此本文作者认为,仅从该钢调质板力学性能看,作为屈服强度50kgf/mm²级球形容器的用钢是可行的,并有较大的发展前途。

●压力容器CAD讲座(一)——电脑辅助设计

随着电脑设备的不断改进,以及各种基础支撑和工程应用软件的迅速开发,电脑辅助设计(Computer Aided Design, CAD)系统已在世界范围的各个领域内普遍应用。尤其进入八十年代以来,CAD系统的发展出现了三个令人瞩目的动向。第一是微机型专用CAD系统正在陆续问世;第二是扩大横向联系,形成电脑辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE);第三是加深纵向开发,向智能化攀登。本文拟从我国国情出发,针对容器的设计研究工作,探讨一下开发智能化CAD系统的基本构思及可行途径,借以抛砖引玉,集思广益。