

# 压力容器无损检测

## ——球形储罐的无损检测技术

陈 钢,沈功田

(中国特种设备检测研究中心,北京 100013)

**摘 要:**球形储罐是储存各种气体和液化气体的常用压力容器之一,在石油、化工、冶金和城市燃气供应等方面得到广泛使用。综述了球形储罐在制造、安装和使用过程中不同阶段可能出现的缺陷和分别采用的各种无损检测方法,包括射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测、电磁涡流检测、声发射检测和磁记忆检测等技术。分别介绍了这些无损检测方法的特点。

**关键词:**压力容器;球形储罐;无损检测;综述

中图分类号:TG115.28 文献标识码:A 文章编号:1000-6656(2005)01-0027-06

### Nondestructive Testing of Pressure Vessels : Nondestructive Testing Technique for Spherical Tanks

CHEN Gang, SHEN Gong-tian

(China Special Equipment Inspection and Research Center, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Spherical tank is one of the most widely used pressure vessels for storing gas and liquefied gas. It is extensively used in petroleum, petrochemical industry, metallurgical industry and city gas supply system. The inspection for defects in spherical tank during its fabrication, assembly and usage is reviewed. The applied nondestructive testing (NDT) methods include in radiographic test, ultrasonic test, magnetic particle test, dye penetrant test, eddy current test, acoustic emission test and metal magnetic memory test. The characteristics of these applied NDT methods are also introduced.

**Key words:** Pressure vessel; Spherical tank; Nondestructive testing; Review

压力容器按几何形状分类,有球形容器、圆筒形容器、锥形容器和组合容器等四大类。与其它形状的压力容器相比,球形容器由于其几何形状的中心对称性,因此受力最均匀,在相同的壁厚条件下,球形容器的承载能力最高,反之,在同样的内压条件下,球形容器所需要的壁厚最薄;在相同的容积条件下,球形容器的表面积最小;因此,在储存相同压力和体积物料的条件下,采用球形容器最节约钢材,而且占地面积最小<sup>[1]</sup>。

鉴于球形容器的上述特点,目前国内外主要采用球形储罐来储存各种气体和液化气体,在石油、化工、冶金和城市燃气供应等方面得到广泛使用。最常见的为石化厂的石油液化气和液态乙烯等烯球罐,城市供气的大型天然气和煤气球罐,化肥厂的液

氨球罐,炼钢厂的氧气、氮气和氩气球罐等;最常用的公称容积为 50, 120, 200, 400, 1 000, 2 000, 5 000, 8 000 和 10 000 m<sup>3</sup> 等;国内常用的材料为 20R, 16MnR, 15MnVR 和 15MnVNR 钢,也有许多从日本进口球罐采用的材料为 SPV36,壁厚一般在 20~50mm,30mm 左右的最多。根据 2003 年的统计,我国拥有容积 50m<sup>3</sup> 的球罐 5 800 多台<sup>[2]</sup>。

球形容器的结构由球壳和支座两部分组成,球壳由许多块球瓣组焊而成,球瓣的拼接方式一般有足球式分瓣和橙皮式分瓣两种。国内建造的球形储罐大部分为橙皮式分瓣,通常将球面比照地球分为五部分,即赤道带、南温带、北温带、南极板(即底板)和北极板(即顶板)。支座的形式主要有支柱和裙座两类,一般小型球形容器采用裙座式,>50m<sup>3</sup> 的球罐采用赤道正切支柱式。由于球形储罐的几何尺寸

收稿日期:2004-12-07

2005 年第 27 卷第 1 期 27

很大,再加上运输的限制,其制造过程为先在压力容器制造厂压好球瓣,预焊好支柱,然后运输到现场进行总体组装,因此采用的无损检测方法必须适于现场操作。

球形储罐在使用过程中,内部易受介质的影响,外部易受大气环境的影响,某些情况下可产生应力腐蚀开裂;球罐支柱的角焊缝是应力集中最大的部位,也是在用检验的重点。

本文根据球形储罐制造、安装和使用的特点,综述了在不同阶段采用的无损检测技术的特点。

## 1 球形储罐制造过程中采用的无损检测技术

球形储罐在工厂的制造工艺过程包括球壳钢板的切割及压制成型,人孔、接管和支柱的焊接等;在工厂制造过程中对无损检测的要求为球壳钢板的超声检测,球壳板坡口的磁粉或渗透检测,人孔、接管和支柱焊缝的磁粉或渗透检测;检测标准为 JB 4730—1994《压力容器无损检测》。

对球壳用钢板进行超声检测的主要目的是发现板材在冶炼和轧制过程中产生的白点、裂纹和分层等缺陷。并非所有球壳用钢板都需超声检测,GB 12337—1998《钢制球形储罐》规定,凡符合一定条件的球壳用钢板,必需逐张进行超声检测,即厚度 30mm 的 20R 和 16MnR 钢板。厚度 25mm 的 15MnVR 和 15MnVNR 钢板。厚度 20mm 的 16MnDR 和 09Mn2VDR 钢板。调质状态供货的钢板。上下极板和与支柱连接的赤道板。

钢板超声检测选用纵波直探头,6~20mm 厚的钢板需选用晶片面积 150mm<sup>2</sup> 的 5MHz 双晶直探头,检测用试块为台阶标准试块;20~250mm 厚的钢板需选用的直径为  $\phi 14 \sim 25$ mm 的圆晶片,或面积 200mm<sup>2</sup> 的方晶片 2.5MHz 单晶直探头,检测用试块为  $\phi 5$ mm 平底孔标准试块。钢板的超声检测按 JB 4730 的规定,热轧、正火状态供货的钢板质量等级应不低于 级,调质状态供货的钢板质量等级应不低于 级。

钢板在切割好后,球壳板周边 < 100mm 内应进行 100% 超声检测,检测工艺与上述要求相同。对于标准抗拉强度下限值  $\sigma_b > 540$ MPa 的钢材,气割坡口表面应进行磁粉或渗透检测。另外,还要对人孔、接管和支柱焊缝的表面进行磁粉或渗透检测。

## 2 球形储罐安装过程中采用的无损检测技术

球形储罐在现场的组装方法主要有散装法和球

带组装法等。散装法是在安装基础上安妥支柱,然后将单块或多块组焊好的球瓣进行吊装;球带组合法是先将球瓣在平台上按不同的球带分别组装,并完成纵缝的焊接,然后再将球带组装成整球,焊接环缝。与压力容器制造车间相比,球罐的现场组装采用手工焊,环境条件较差,且焊缝为全位置焊接,容易出现错边、气孔、夹渣、未熔合、未焊透和裂纹等焊接缺陷,因此采用无损检测对焊接质量的控制十分重要。通常对焊缝内部的缺陷采用射线或超声检测方法,对焊缝的表面缺陷采用磁粉或渗透检测方法。

### 2.1 射线与超声检测

GB 12337 标准第 8.6.4.1 规定,凡符合下列条件之一的球壳对接接头,应按图样规定的检测方法,进行 100% 的射线或超声检测,即厚度  $s > 30$ mm 的碳素钢和 16MnR 钢制球罐。厚度  $s > 25$ mm 的 15MnVR 和 15MnVNR 钢制球罐。

材料标准抗拉强度下限值  $\sigma_b > 540$ MPa 的钢制球罐。进行气压试验的球罐。图样注明盛装易燃和毒性为极度危害或高度危害物料的球罐。图样规定须进行 100% 检测的球罐。

对于进行 100% 射线或超声检测的焊接接头,是否采用超声或射线检测进行相互复检,以及复检的长度,由设计者在图样上予以规定。

除上述规定以外的焊接接头,允许作局部射线或超声检测,具体检测方法按图样规定。检测长度不得少于各条焊接接头长度的 20%,而且某些部位必需全部进行检测,即焊缝的交叉部位。嵌入式接管与球壳连接的对接接头。以开孔中心为圆心,1.5 倍开孔直径为半径的圆内所包容的焊接接头。公称直径 250mm 的接管与长颈法兰、接管与接管对接的焊接接头。凡被补强圈、支柱、垫板和内件等所覆盖的焊接接头。

检测标准按 JB 4730 进行,射线照相的质量要求应不低于 AB 级。对 100% 检测的对接接头,检测结果不低于 级为合格;对局部检测的对接接头,检测结果不低于 级为合格。对于 100% 超声检测的对接接头, 级为合格;局部检测的对接接头,不低于 级为合格。

射线检测使用的探伤设备包括 X 射线探伤机和  $\gamma$  射线探伤机,一般 X 射线探伤机适用于厚度 < 50mm 的钢板,<sup>75</sup>Se 源检测厚度范围为 10~40mm,<sup>192</sup>Ir 源检测厚度范围为 20~100mm,<sup>60</sup>Co 源检测厚度范围为 40~200mm。由于球形储罐

结构的特点,射线探伤特别适合采用 $\gamma$ 源,将 $\gamma$ 源放在球罐的中心,一次透照即可完成所有焊缝的检测,效率很高。

超声检测方法适用于母材厚度 $> 8\text{mm}$ ,全焊透熔化焊对接焊缝内部缺陷的检测。采用的仪器为A型脉冲反射式超声波探伤仪,仪器的工作频率范围为 $1\sim 5\text{MHz}$ 。采用的探头一般为 $2\sim 5\text{MHz}$ 频率的K值探头,利用一次反射法在焊缝的单面双侧对整个焊接接头进行检测。当母材厚度 $> 46\text{mm}$ 时,采用双面双侧的直射波检测。对于要求比较高的焊缝,根据实际需要也可将焊缝余高磨平,直接在焊缝上进行检测。检测区域的宽度是焊缝本身加上焊缝两侧各相当于母材厚度30%的一段区域,而且最小为 $10\text{mm}$ 。

## 2.2 磁粉检测与渗透检测

由于球形储罐在现场露天安装焊接,工作条件较差,易出现表面裂纹,因此对重要部位的焊缝,其表面应进行磁粉或渗透检测。GB 12337规定,符合下列条件的部位应按图样规定的方法,进行表面检测,即 嵌入式接管与球壳连接的对接接头表面。

焊补处的表面。 工卡具拆除处的焊迹表面和缺陷修磨处的表面。 支柱与球壳连接处的角焊缝表面。 凡进行100%射线或超声检测的球罐上公称直径 $< \phi 250\text{mm}$ 的接管与长颈法兰、接管与接管对接接头表面。

磁粉或渗透检测前应打磨受检表面至露出金属光泽,并使焊缝与母材平滑过渡。检测标准按JB 4730进行,检测结果I级合格。

## 2.3 耐压试验的声发射检测

球形储罐在制造完成后,最终都要以水或空气为介质进行耐压试验,以考核和确认其安全质量。对一些特殊要求的球形储罐,在水压试验时还需同时进行声发射监测,以检测球形储罐在耐压试验过程中可能出现的缺陷开裂、裂纹萌生与扩展,并对耐压试验过程中球罐的结构完整性进行评价。

声发射检测一般采用多通道声发射仪,探头阵列采用三角时差定位的方式对球形储罐进行整体实时监测,声发射探头之间的间距一般为 $3\sim 5\text{m}$ 。比如,最常见的 $400\text{m}^3$ 球罐需采用18个通道, $1\ 000\text{m}^3$ 球罐需采用26个通道。

由于新安装球罐的水压试验第一次加载,球壳焊接和组装产生的残余应力得到逐步释放,因此声发射信号很丰富,声发射定位源会较均匀地分散在

球壳的各个部位,但在人孔、支柱角焊缝、错边、热处理不均匀和有缺陷开裂的部位等由于应力集中较大,易出现声发射定位源集团。一般为了区分残余应力释放和缺陷开裂引起的声发射信号源,根据金属材料具有的KAISER效应的特性,采用从试验压力降压到设计压力然后第二次升压至试验压力的方法,残余应力释放部位第二次升压时几乎无声发射信号产生,缺陷开裂部位在第二次升压时一般会重复出现声发射定位源信号。声发射检测技术可以确定活性缺陷的具体位置,但要确定声发射源内具体存在什么性质的缺陷,目前还需要采用常规无损检测方法进行复验。

## 3 在用球形储罐检验采用的无损检测技术

为了确保压力容器安全运行,世界各国对压力容器均采用运行期间内的定期检验制度。压力容器在用检验分不停止运行的外部检验和停止运行后的内外部全面检验。外部检验的周期一般为 $1\sim 2\text{a}$ (年),内外部全面检验的周期一般为 $5\sim 10\text{a}$ 。我国政府有关规程规定<sup>[5,6]</sup>,压力容器外部检验的周期为 $1\text{a}$ ,内外部全面检验的周期最长为 $6\text{a}$ 。

对于新投入使用的球形储罐,如使用标准抗拉强度下限值 $\leq 540\text{MPa}$ 的材料制造,投用 $1\text{a}$ 后应当开罐进行全面检验;否则,最长可到投用 $3\text{a}$ 后开罐进行全面检验。球罐的年度检查内容包括使用单位压力容器安全管理情况检查、球罐本体及运行状况检查和安全附件检查等。检查方法以宏观检查为主,必要时进行测厚和腐蚀介质含量测定。如球罐焊缝内已存在超标焊接缺陷,可采用声发射监测的方法来识别这些缺陷是否为活性;如需确定某些高应力集中部位是否存在疲劳损伤,可采用磁记忆检测方法;如需检查球罐外表面是否有疲劳裂纹或应力腐蚀裂纹产生,可采用表面裂纹电磁检测的方法。

在用球罐的开罐全面检验周期一般为 $6\text{a}$ ,但对安全状况等级为1级或2级的球罐,在实测介质对材料腐蚀速率每年低于 $0.1\text{mm}$ 或者内部有热喷涂金属(铝粉或者不锈钢粉)涂层,并通过 $1\sim 2$ 次全面检验确认腐蚀轻微者,开罐全面检验周期最长可以延长至 $12\text{a}$ 。球罐的开罐全面检验的重点是在运行过程中受介质、载荷、温度和环境等因素的影响而产生的腐蚀、冲蚀、应力腐蚀开裂、疲劳开裂和材料劣化等缺陷,因此除宏观检查外,还应包括磁粉检测、渗透检测、超声检测、射线检测和声发射检测等无损

检测方法。由于球罐的检测在其安装使用的现场进行,受检测条件的限制,因此,采用的无损检测方法为适用于现场应用的技术,采用的无损检测仪器均为适用于现场检测的便携式仪器。

目前在用球罐全面检验一般采用常规无损检测方法和声发射检测方法两种模式。常规无损检测方法的模式为,对内外表面焊缝和焊疤部位进行100%磁粉或渗透检测,对接焊缝内部进行20%~100%超声检测,对超声检测发现的内部超标缺陷进行射线检测以确定缺陷的性质,并为返修确定具体部位;这种检测方法一般用于焊缝内部无已知超标缺陷或超标缺陷很少的球罐,但这种检测方法所需的检验时间相对较长。采用声发射检测方法的模式为,球罐停用后首先进行水压试验和声发射检测,然后对声发射检测指定的活性源部位进行表面检测和超声检测复验,并适当扩大表面检测的比例到20%以上,对超声检测发现的内部超标缺陷进行射线检测照相以确定缺陷的性质,并为返修确定具体部位;这种检测方法一般用于已知焊缝内部存在或可能存在大量超标缺陷的球罐,声发射检测可以从大量超标缺陷中识别出活性缺陷进行返修;对于无超标缺陷的球罐,采用此种模式,也可大大缩减开罐检验的时间,减少停产损失。然而,值得提醒的是,对于一些较小的表面裂纹,耐压试验过程中可能不产生声发射定位源信号,因此,声发射检测有时不能发现小的表面裂纹。

### 3.1 表面检测

表面检测方法是在球罐停产进行全面检验中首选的无损检测方法。表面检测的部位为球罐的对接焊缝、角焊缝、工卡具拆除处的焊迹表面等。铁磁性材料对接焊缝的表面一般采用磁粉检测方法,球罐的外部一般采用湿式黑磁粉检测,内部由于照明条件不好,通常采用荧光磁粉检测,角焊缝无法采用磁粉检测时可用渗透检测。非铁磁性材料的表面采用渗透检测,压力容器的内部采用荧光渗透检测,压力容器的外部采用着色渗透检测。

根据多年的检验经验,球罐容易出现表面裂纹的部位主要有工卡具拆除处的焊迹表面、支柱角焊缝、安装时组装的最后一道环焊缝(一般为上极圈环焊缝)的外表面,介质液面部位的焊缝内表面。

### 3.2 电磁涡流表面裂纹检测

焊缝表面裂纹的磁粉或渗透检测都需要将被检焊缝表面事先进行清洁处理,除去表面防腐层或污

垢,因此不适合球罐的在线检测。另外,球罐开罐100%焊缝内外表面的检测发现,80%以上的球罐无任何表面裂纹,即使发现表面裂纹的球罐,一般也是只存在几处表面裂纹,占焊缝总长的1%以下,因此大量的打磨一方面增加了球罐停产检验的时间和费用,另一方面也减小了球罐焊缝部位壳体的壁厚。

采用涡流技术可在不去除表面涂层的情况下探测金属材料的表面裂纹,然而,常规涡流方法只适用于检测表面光滑母材上的裂纹,对焊缝上的裂纹却会因焊缝在高温熔合时产生的铁磁性变化和焊缝表面高低不平而出现杂乱无序的磁干扰而无法检测。针对这些问题,人们研究出基于复平面分析的金属材料焊缝电磁涡流检测技术,在有防腐层时,也可用特殊的点式探头对焊缝表面进行快速扫描检测,而且提离效应对检测结果的影响很小<sup>[7-9]</sup>。

基于复平面分析的电磁涡流表面裂纹检测仪器采用电流扰动磁敏探头的涡流检测技术来检测焊缝的表面裂纹,此方法允许焊缝表面较为粗糙或带有一定厚度的防腐层,因此可用于球罐运行过程中的焊缝外表面裂纹的快速检测,也可用于球罐停产时的全面检验。这时可先采用该方法对焊缝进行快速检测,然后对可疑部位进行磁粉或渗透检测复验,以确定表面裂纹的具体部位和大小。目前市场上销售的仪器可在涂层<0.2mm的情况下,检测灵敏度高于0.5mm深5mm长的表面裂纹;在有2mm涂层的情况下,检测灵敏度高于1mm深5mm长的表面裂纹;该仪器还可对<5mm深的裂纹进行深度测定。

### 3.3 超声检测

在用球罐的全面检验一般采用超声检测方法对接焊缝进行抽查或100%检测,以发现焊缝内部可能出现的疲劳裂纹或已存在的焊接埋藏缺陷,对于不易打开的球罐也可从外部检测球罐焊缝的内表面裂纹,对于球罐外部有保温覆盖层的情况,也可从球罐的内部对焊缝外表面出现的裂纹进行检测,但超声检测方法一般只能发现1mm深5mm长以上的表面裂纹。由于超声波探伤仪体积小、重量轻,十分便于携带和操作,而且与射线相比对人体无害,因此在用球罐检验中得到广泛使用。

目前,对球罐的超声检测中直接发现焊缝内部产生的疲劳裂纹是很少见的,超声检测主要发现的还是球罐安装过程中漏检的气孔、夹渣、未熔合和未焊透等原始焊接缺陷。许多情况下对超标的焊接缺陷采取缺陷安全评定的方法予以保留,而安全评定

需要知道缺陷的长度和自身高度。超声检测方法的特点是可以较精确测出焊缝内缺陷的长度和自身高度,为缺陷的安全评定提供缺陷的几何尺寸数据。新修订的 JB 4730 规定超声检测缺陷自身高度测量方法有缺陷端点衍射波法、端部最大回波法和 6dB 法等,但目前使用测量精度最高的方法是缺陷端点衍射波法,精度达 0.5~1mm。另外,在国外超声检测的 TOFD 法和全息成像法已得到成熟推广应用,这些方法可以对内部缺陷得到更直观和更精确的数据,目前国内也已启动这些方法的研究和应用工作,因此将来这些方法在球罐的定期检测中必将发挥重要作用。

### 3.4 射线检测

对于在用压力容器的全面检验,射线检测方法主要用于板厚 < 12mm 的压力容器对接焊缝内部埋藏缺陷的检测,因为薄板采用超声检测有一定难度,而采用射线检测不需要太高的管电压。由于球形储罐的壁厚一般 > 20mm,适合进行超声检测,因此目前大部分在用球罐的全面检验很少采用射线检测方法。但对于 20 世纪 80 年代前制造安装的球罐,由于当时质量控制不严,许多焊缝内存在大量的超标缺陷,因此全面检验时通常采用射线检测方法。检测时将源放在球罐内部的中心,一次几个小时的透照即可完成 100% 对接焊缝的检测,效率很高。另外,对于超声检测发现的超标缺陷,通常采用射线检测进行复验,以进一步确定这些缺陷的性质和具体部位,为缺陷返修提供依据。

### 3.5 声发射检测

声发射方法用于检测球罐上可能存在的活动性缺陷,也可用于对已知缺陷进行活性评价<sup>[10,11]</sup>。声发射检测不同于其它无损检测方法,必须在检测过程中对球罐进行加载,常用的加载方法为压力容器停止运行后进行的水压或气压试验,也可以直接采用工作介质进行加载。对活动性缺陷的检测是在加载过程中采用多个声发射传感器对球罐的壳体进行整体监测,以发现活性声发射源及其所在部位,然后通过对活性声发射源进行表面和内部缺陷检测,排除干扰源,发现球罐上存在的缺陷。对已知缺陷进行的活性评价是在加载过程中进行声发射监测,如果整个加载过程中在缺陷部位无声发射定位源产生,则认为该缺陷是非活性的,反之,如有大量声发射定位源信号产生,则认为该缺陷是活性的。

通过对特检中心近十几年在现场进行的 100 多

台球罐声发射检验数据的综合分析以及对发现的声发射源进行的常规无损检测复验结果比较,表 1 给出了现场球罐声发射检测可能遇到的各种典型声发射源分类,并描述了这些源产生的部位和机理。

表 1 现场球罐的声发射源汇总

序号	分类名称	产生部位和机理
1	裂纹扩展	焊缝上表面裂纹及内部深埋裂纹的尖端塑性形变钝化和扩展可产生声发射信号
2	焊接缺陷开裂	焊缝内存在的夹渣、未熔合、未焊透等缺陷的开裂和扩展及非金属夹渣物的断裂可产生声发射信号
3	机械摩擦	球罐内部或外部脚手架的碰撞、爬梯及平台支撑垫板等部件均可产生此类声发射信号
4	焊接残余应力释放	对于新安装球罐,首次加压易出现此类信号,对于在用球罐,焊缝返修部位易出现这类声发射源。另外球罐的人孔、支柱和接管等角焊缝部位易产生焊接残余应力和应力集中,在升压过程中应力的重新再分布可产生大量声发射信号
5	泄漏	在气压或水压试验过程中,球罐上接管、法兰、人孔等部位的泄漏,可产生大量的声发射信号
6	腐蚀物剥落	长期使用的球罐,在内外均易产生氧化,有时内部介质腐蚀性严重、外部环境潮湿、酸雨、海风等可产生较严重的腐蚀,在水压试验过程中,这些腐蚀物的破裂剥落过程会产生大量的声发射信号
7	电子噪声	探头信号线和传输电缆线短路、前置放大器自激发等都可产生大量的电子噪声信号

### 3.6 磁记忆检测

金属磁记忆检测技术是俄罗斯杜波夫教授于 20 世纪 90 年代初提出,并于 90 年代后期发展起来的一种检测材料应力集中和疲劳损伤的新的无损检测与诊断方法。金属磁记忆检测的原理是利用铁磁工件在受载工作过程中,在应力和变形区域内产生的磁状态不可逆变化<sup>[12]</sup>。在该区域内发生具有磁致伸缩性质的磁畴组织定向的和不可逆的重新取向,而且这种磁状态的不可逆变化在工作载荷消除后不仅会保留,还与最大作用应力有关系。

磁记忆检测可以发现材料受力后引起的疲劳损伤,甚至导致裂纹缺陷的产生;但目前人们对磁记忆现象的机理了解还不十分清楚,一般与其它无损检测方法配合使用,以防缺陷的漏检。

与电磁涡流检测方法一样,进行磁记忆检测不

需对焊缝表面进行打磨处理,可在带油漆层的情况下直接进行快速扫查检测,因此这种方法也是特别适合于对球罐进行的在线检测。与电磁涡流检测方法不同的是磁记忆检测方法发现的是球罐上存在的高应力集中部位,而往往在这些部位容易产生应力腐蚀开裂和疲劳损伤。对球罐进行检测时,通常采用磁记忆检测仪器对球罐焊缝进行快速扫查,以发现压力容器焊缝上存在的应力峰值部位,然后对这些应力峰值部位进行局部表面磁粉检测和内部超声检测,以发现可能存在的表面裂纹或内部缺陷。

#### 4 结论

无损检测技术在球罐的制造、安装和使用过程中,对保证其质量和安全运行扮演极其重要的角色。对于制造过程,以球壳板的超声波检测方法为主;对于安装过程,以对接焊缝的射线或超声检测方法为主;对于在用过程的定期检验,以表面检测和声发射检测方法为主。另外,电磁涡流检测和磁记忆检测等新技术在在线检测方面已开始得到应用。可以预计,随着新的无损检测技术的发展,必将有一些检测速度更快、灵敏度和可靠性更高、缺陷显示更直观的新方法在球罐的检测中得到应用。

#### 参考文献:

- [1] 李景辰,等. 压力容器基础知识[M]. 北京:劳动人事出版社,1984.
- [2] 郭奎建. 2003年特种设备安全监察统计分析[J]. 中国锅炉压力容器安全,2004,(3):41-44.
- [3] JB 4730—1994,压力容器无损检测[S].
- [4] GB 12337—1998,钢制球形储罐[S].
- [5] 压力容器安全技术监察规程[S],国家质量技术监督局,1999.
- [6] TSG R7001—2004,压力容器定期检验规则[S].
- [7] 李小亭,沈功田. 压力容器无损检测——涡流检测技术[J]. 无损检测,2004,26(8):411-416.
- [8] 刘 凯,沈功田. 带防腐层焊缝疲劳裂纹的快速探伤[J]. 中国锅炉压力容器安全,2004,20(6):29-33.
- [9] 林俊明,张开良,等. 焊缝表面裂纹涡流检测技术[J]. 中国锅炉压力容器安全,2004,20(6):33-36.
- [10] 沈功田,李金海. 压力容器无损检测——声发射检测技术[J]. 无损检测,2004,26(10):523-528.
- [11] 沈功田,段庆儒,李帮宪. 压力容器声发射技术综述[J]. 中国锅炉压力容器安全,2000,16(2):5-9.
- [12] 任吉林,等. 金属磁记忆检测技术[M]. 北京:中国电力出版社,2000.

## 第九届全国无损检测磁粉渗透技术年会征文

全国无损检测学会磁粉渗透专业委员会拟定于2005年10月在陕西省西安市举行第九届全国磁粉渗透检测技术年会。会议期间将举办“迅达”杯优秀论文评选活动,获奖论文将被授予优秀论文证书,并颁发总额为1万元的奖金。磁粉渗透检测技术年会将出版论文集。现向全国征集有关磁粉渗透检测技术的研究论文,欢迎各行业从事磁粉渗透检测技术的人员踊跃参加、积极投稿。

**征文范围:**磁粉与渗透检测的理论和新技术研究、新技术应用研究、技术开发、工艺探讨、国外新技术介绍评价、国内新技术发展综述、检测实践、国内外检测新设备研究与应用、磁粉与渗透检测用新材料研究与应用、磁粉与渗透检测污水处理技术研究、质量控制技术研究、人才培养/培训和标准化工作等。

**投稿要求:**参加此次优秀论文评选的论文须是首次发表。此次征文活动只收论文全文,不收论文摘要。论文用A4纸型版面排版,在论文的题目下面写明作者的姓名、联系电话、单位、地址和邮编。为了保证论文集的出版质量,论文照片应清晰,原则上只收黑白照片,照片电子版本格式为JPEG格式,具体要求请上网查阅,网址:www.biam.ac.cn。

**截稿日期:**2005年8月31日。

**投稿方式:**请将论文通过电子信箱寄到会议秘书处。电子信箱:yang.fu@biam.ac.cn;通信地址:北京81信箱7分箱;邮编:100095;电话:(010)62463367(白天),(010)62969629(晚上),13601365872;传真:(010)62969619;联系人:付洋。

(全国无损检测学会磁粉渗透专业委员会)

欢迎订阅 2005 年度《无损检测》