

以无损检测为主的长管拖车气瓶定期检验方法

中国特种设备检测研究中心

刘三江 李帮宪 王 勇 郑 晖 徐 春 刘德宇

长管拖车气瓶材料为低合金钢,主要盛装压缩天然气,其主要的破坏模式是腐蚀导致瓶壁减薄和湿 H₂S 应力腐蚀产生裂纹。传统的水压试验测量容积残余变形率的方法只适用于薄壁小容积气瓶壁厚普遍减薄的情况,对长管拖车气瓶瓶壁局部减薄和裂纹缺陷,即使情况相当严重,水压试验时也不会出现明显的容积残余变形,水压试验方法不能有效评价长管拖车气瓶的安全性,对定期检验意义不大。因此,对长管拖车气瓶定期检验应采用以 AE、UT、MT 或 PT 等无损检测为主的方法,配合外观检查、厚度和硬度测试,以发现使用过程中产生的局部减薄和裂纹等危险性缺陷为主要目的。

1. 内外部宏观检查

长管拖车气瓶检验周期一般为 5 年,宏观检查是定期检验的重点,分为外部和内部宏观检查。

外部宏观检查必须逐只进行,检查外表面是否存在腐蚀、割伤、凹陷、电弧损伤、鼓泡、火焰损害、裂纹等缺陷。内部宏观检查以表面腐蚀和裂纹为主,由于瓶深口小,最好借助内窥镜进行,在进行整体声发射检测或 100% 超声波检测时,可不进行内部宏观检查。内外部宏观检查应同时辅以壁厚测定或无损检测。

对腐蚀减薄,应测定瓶壁剩余壁厚,根据试验压力下允许的最大瓶壁应力极限值对气瓶进行安全评定,壁厚与瓶壁应力关系如下:

$$t = \frac{D}{2} [1 - \sqrt{(S - 1.3P)/(S + 0.4P)}]$$

D 气瓶外径,mm;

P 水压试验压力,为公称工作压力的 5/3 倍,MPa;

S 水压试验压力下的瓶壁应力,MPa;

t 气瓶壁厚,mm;

因为长管拖车气瓶造价昂贵,对于表面裂纹,应尽量予以消除,测量缺陷处剩余壁厚,按上述方法进行评定,而国外标准则允许裂纹存在,如 CGAC—18—1995 和相关免除令规定气瓶最大允许裂纹尺寸为 2.5mm。其它表面缺陷的处理和评定参照 CBI3004—1999 钢质无缝气瓶定期检验与评定和 CGAC—6—2001 进行。国家质量监督检验检疫总局锅炉压力容器检测研究中心正在开展科技部科技基础性项目“长管拖车定期检验技术与评价方法研究”,定期检验标准可望近期出台。

2. 超声波检测方法

美国运输部(DOT)以发布免除令的方式规定该免除令的申请者在对长管拖车气瓶进行检验时可采用 100% 超声波检测(UT)替代内部宏观检查和水压试验,如颁发给美国 CPI 公司的 DOT—E11916 和颁发给美国 FIBA 公司的 DOT—E10922。超声波检测为自动超声系统,探头为直探头和多个斜探头组成的探头束,保证在径向和周向对气瓶进行 100% 检测,系统用带有人



工缺陷的与待检气瓶同直径、同表面处理和材质状况的气瓶进行校准,人工缺陷为一定面积和深度的面积性缺陷和不同方向一定深度的线性缺陷,用以模拟气瓶的面积性腐蚀、线性腐蚀和裂纹等缺陷。与水压试验相比,100% UT 检测有如下优点:

- 1) 100%对气瓶测厚、径向和周向检测,有针对性的发现气瓶腐蚀减薄、线性腐蚀和应力腐蚀裂纹等危险性缺陷,有效确保安全性;
- 2) 检测技术成熟、可靠;
- 3) 工艺过程简单,检测效率高;
- 4) 无需水压试验,用泵、深井、夹套、干燥等工装,成本低,同时避免水压试验对气瓶内部造成污染。

其不足之处在于不能实现长管拖车气瓶的在线检验,仍然需要拆卸和重装气瓶,不仅可能破坏拖车结构的完整性,还因检验耗时长、工装设备和场地条件投入大等增加成本;影响经济效益;此外,由于气瓶头部结构不规则,壁厚变化大、不均匀,无法进行超声检测,造成检测盲区以至漏检,留下安全隐患;超声波检测对内外表面小缺陷不敏感,必要时应配合表面磁粉、渗透检测(MT、PT),这对防止应力腐蚀破坏有重要意义。

3. 声发射/超声波检测方法

同样,美国运输部(DOT)以免除令的方式规定对长管拖车气瓶进行检验时可采用声发射/超声波检测替代内部宏观检查和水压试验,如 DOT - E 9419 和 DOT—E 9847。气瓶声发射检测是在气瓶加压的过程中进行的,瓶壁材料在加压时产生应变并储存应力应变能,若产生变形或有缺陷扩展,则变形或缺陷处会以弹性波形式释放出应力应变能,此弹性波即为声发射信号。声发射信号和应力、缺陷尺寸之间有如下关系:

$$N = A\pi^2 a^2 (\sigma_p^4 \sigma_w^4)$$

式中: N - 声发射信号计数, A - 常数, σ_w - 工作压力, σ_p - 试验压力, a - 缺陷尺寸

加压时, $(\sigma_p^4 \sigma_w^4) > 0$, 若缺陷扩展, $a > 0$, 则上式中 $N > 0$, 产生声发射信号,通过专门的声发射传感器和仪器,可采集和分析声发射信号,从而检测出缺陷的位置和参数。

声发射技术开始于上世纪 50 年代,至今已发展较为成熟,作为一种常规的无损检测技术广泛应用,并有先进的检测仪器设备,世界各主要国家都制定了针对不同检测对象的技术标准;我国自 70 年代初开始声发射技术研究,在技术方法和仪器设备等方面已达到国际先进水平,在金属压力容器定期检验领域也得到了广泛的应用,积累了丰富的经验,颁布了国家标准 GB/T 18182—2000《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》。对长管拖车气瓶定期检验,早在 1983 年,美国运输部就以免除令的方式规定可以用声发射检测技术代替内部宏观检查和水压试验,有相应的技术标准如 CGAC—18—1995 和 ASTM E1419—00 等,现已成为拖车气瓶定期检验的主要方法,已完成数千只气瓶的定期检验,有效的检出了气瓶存在的缺陷,经声发射检验的气瓶还没有发生事故的报道,实践证明了该项技术进行拖车气瓶定期检验的有效性和可行性。

声发射探头布置于长管拖车气瓶两端,通过前置放大器与主处理器相连,构成检测系统。试验压力一般为工作压力的 1.1 倍,在加压和保压过程中采集、处理和分析声发射信号,确定声发射事件源的部位,对有意义的源用超声波、磁粉或渗透等检测方法进行复验,确定缺陷的性质和大小。其有以下显著优点:

- 1) 能有效发现瓶壁上存在的腐蚀和裂纹等危险性缺陷部位,再进行复验,检验针对性强;
- 2) 可实现多气瓶同时在线检验,除少量需要复验的外,无需拆卸,不破坏拖车整体结构,停产时间短,效率高,很好兼顾了安全性和经济性;



3)与水压试验测量容积残余变形率相比,对场地和工装要求小,检验便捷,成本低;

4)技术成熟可靠。

4. 其它检验项目

除上述检验项目外,还应对长管拖车气瓶进行音响检查,安全装置检查;瓶口螺纹及其附件检查,气体管路检查及其耐压试验,系统的整体气密性试验。此外,在必要的情况下;可以对气瓶进行硬度测试和金相分析,以确认是否存在应力腐蚀及其严重程度,为安全评定提供参考信息。

5. 结语

基于长管拖车气瓶特点,水压试验测量容积残余变形率对其定期检验意义不大,针对性不强,应采取无损检测为主的方法,以发现气瓶危险性缺陷为主要目的,100%超声波检测或声发射/超声波检测是很好的选择,相比较而言,声发射/超声波检测方法更有优势,兼顾了定期检验的安全性和经济性,这也是国外普遍采用的方法,是发展的趋势,建议我国在开展长管拖车定期检验工作时,采用声发射/超声波检测方法。考虑到我国关于长管拖车气瓶定期检验方面的经验不足和长管拖车使用条件、管理水平、气体质量等方面的因素,在采用上述方法替代水压试验测量容积残余变形率进行定期检验时,仍不宜完全取代内部宏观检查和耐压试验,在具备条件的情况下仍应进行内部宏观检查;也可抽取部分气瓶进行耐压试验,或者每间隔一个检验周期进行耐压试验。

以无损检测为主的长管拖车气瓶定期检验方法

作者: [刘三江](#), [李帮宪](#), [王勇](#), [郑晖](#), [徐春](#), [刘德宇](#)

作者单位: [中国特种设备检测研究中心](#)

相似文献(3条)

1. 期刊论文 [长管拖车定期检验流程、遇到的问题及解决方案](#) -中国科技博览2009,“(29)

随着我国天然气、氢气及各种特殊高压气体使用的普及,高压气体运输半挂车(以下简称长管拖车)在各种气体的运输中发挥了越来越重要的作用,长管拖车在全国的保有量也快速上涨,08年达到了将近2000辆.针对以上情况,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局下属的中国特种设备检测研究院制定了<长管拖车定期检验专项要求>作为长管拖车定期检验的依据,中国特种设备检测研究院和石家庄安瑞科气体机械有限公司合作成立了长管拖车检测站(目前有常州站、乌鲁木齐站、西安站、沈阳站),以及石家庄站、上海站(韩国NK).在全国范围内对到期的长管拖车进行全面检验.本文将对长管拖车定期检验的流程和检车过程中遇到的几个问题进行讨论.

2. 期刊论文 [刘三江, 沈功田, 李邦宪, LIU San-jiang, SHEN Gong-tian, LI Bang-xian 压力容器无损检测 --长管拖车气瓶的无损检测技术](#) -无损检测2005, 27(8)

长管拖车是新类型的压力容器,作为一种高效运输工具,在许多领域应用广泛.综述了国内外拖车气瓶在制造和使用过程采用的各种无损检测方法及标准.方法包括超声、磁粉、渗透和声发射检测等.并介绍了各种无损检测方法的特点.

3. 学位论文 [张运强 钢制气瓶声发射特性研究](#) 2007

随着国民经济的飞速发展,集数式气瓶和长管拖车的数量越来越多.由于这些气瓶盛装的介质常含有腐蚀性,易引发气瓶产生应力腐蚀等缺陷.而常规检测手段很难有效识别早期缺陷,因此往往采用声发射检测技术,以弥补传统无损检测的不足,提高缺陷检出率.但对于声发射检测技术,关键需要掌握不同材料产生的声发射信号的特性,并有效识别出缺陷的种类.

本文以压力容器和气瓶的常用材料Q235B、16MnR、30CrMo为研究对象,对它们的拉伸试样和30CrMo气瓶分别在塑性变形、缺口开裂、裂纹扩展时产生的声发射信号进行了测定,并对测定结果进行了小波分析.结果表明,在相同实验条件下,Q235B、16MnR、30CrMo三种材料的拉伸试样,在塑性变形、缺口开裂、裂纹扩展时产生的声发射信号的小波分析能量分布有很大的区别,以此可以区分出不同的材质.同一种材料在塑性变形、缺口开裂、裂纹扩展时产生的声发射信号的小波分析WT最大值相差较大,可以根据这些特点检测出不同的缺陷.

通过对30CrMo气瓶的实际声发射实验研究,并与30CrMo试样拉伸实验结果进行了对比,结果表明,30CrMo气瓶和30CrMo试样的声发射特性小波分析十分相似.所以在对30CrMo气瓶进行声发射特性分析时,可以考虑用30CrMo拉伸试样来代替.

本文的研究结果为小波分析在声发射检测技术中的应用开拓了一个新的研究方向,为今后材料和缺陷的声发射特性数据库的建立奠定了基础.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7005020.aspx

下载时间: 2010年5月31日