

无损检测技术应用于锅炉压力容器检验的技术研究

孟纲亮（阳煤集团寿阳化工有限责任公司，山西 晋中 045400）

摘要：锅炉压力容器使用期间存在特殊环境，忽视维修管理工作，很容易出现安全问题，产生不良影响。对此，相关工作人员应利用无损检测技术定期进行压力容器检验，在确保无损进行的基础上，提高锅炉使用的安全性，提升产品质量水平。

关键词：无损检测；锅炉压力；容器检验

利用无损检测技术检验锅炉压力容器，可以确保安全生产，提高产品质量水平。当前我国在无损检测技术应用方面制定了较多规章制度，但实际使用期间依然需要注意以下几方面问题。

1 无损检测技术概述

随着科学技术的快速发展，各种新型材料开始出现，耐切割与耐高温材料开始取代普通材料，增大了企业的生产成本。对此，大多企业在检测时要求不破坏设备材料，广泛采用无损检测技术。但由于相关工作人员对压力容器与低压锅炉的检验重视程度不够，大多采用简单的检测方法，无法全面检查出锅炉压力容器存在的安全隐患，不但影响了正常使用，也留下了安全隐患。

作为新型技术，无损检测技术属于科技的产物，在当前设备中得到广泛应用。无损检测要求在不破坏容器的基础上，利用先进设备，结合声、光、磁等方面的特点，测试设备表面与内部的性质及运行状态，以了解设备存在的安全问题。无损检测技术可以保持设备的完整性，一旦发现问题可以及时纠正，当前主要采用超声波检测、声法检测、射线检测以及渗透检测等。实际检测期间，工作人员应明确材料及制造方法，以确定最合适的检测模式，期间最为常用的为超声波检测法，通过声波的透射、反射及散射作用，根据性能变化检测材料存在的缺陷，包括金属材料、非金属材料及复合材料等。超声波检测技术具备较强的穿透能力，可以检测厚度较好的设备，且这种方法成本较低，操作流程简单，对周围环境及工作人员的伤害较小，应用范围最为广泛。

2 压力容器安全事故问题的引发因素

在压力容器应用过程中，导致安全事故发生的因素主要集中在两个方面，一是技术因素，压力容器自身的内部结构虽然相对来说比较简单，但是在实际的使用环节中，其内部的各个零部件始终处于较高的受力状态，由于压力容器内部结构的强度比较低，在压力比较大的情况下，其上时间承受较高的压力内部容易出现不同程度的磨损。二是受使用环境的影响。作为特种设备的一种，压力容器通常是在特殊环境下运行，这就使得压力容器不仅需要承受较大的工作压力，同时还可能会在高温、寒冷的生产环境下运行，特殊的生产环境使得压力容器的内部结构出现了不同程度的破坏，这样也可能会导致安全问题发生。此外，我国当前的压力容器在制作

时主要是以焊接的方式将内部各个构件连接在一起的，在焊接之后，虽然也进行了严格的检查，但实际上依然可能有瑕疵存在，比如说，焊接工艺水平有限的情况下，压力容器内部的焊缝位置可能有细小的缺陷，在正常的工作环境下，这种缺陷基本上不会对压力容器产生影响和干扰，但是如果工作环境变得比较恶劣，在高温、高压的环境之下，压力容器内部的焊缝可能会从有缺陷的位置进行扩张，最终导致安全生产的问题发生。

3 锅炉压力容器检验中的无损检测技术

3.1 超声波检测法

锅炉压力容器采用超声波检测法，主要根据超声波在介质传播中，遇到界面会反射，以检测缺陷，此种方法穿透能力强且灵敏度高，检验仪器较轻对人体伤害不大，可以快速检测容器的使用状态或锅炉存在的缺陷，被广泛应用至压力容器、锅炉等安全评定工作中。一般全新安装的压力容器、锅炉或管道会采用超声检测方法，利用X线抽查检验，针对运行或使用的压力容器进行探伤，在部分情况下，X线会受到高空作业与地下作业的影响。对此，已经使用过的压力容器、管线的检验工作较为适合采用超声波检测方法。

3.2 渗透检测法

渗透检验以毛细作用为原理，专门检查表面开口缺陷的设备，在压力容器、管线的检验表面涂抹特质渗透液，使液体渗透至压力容器与管线上肉眼无法看到的裂缝与缺口中，通过显示剂在工件表面显现缺陷部位，保证工作人员了解压力容器存在的开口缺陷，比如疲劳裂纹、晶间腐蚀、焊缝以及应力腐蚀等。渗透检测技术的经济性良好，操作流程简单，可以直观看到检验结果，但仅针对于暴露在压力工件表面的缺陷，无法检测埋藏于表层以下的缺陷。

3.3 磁粉检测法

压力容器与管线大多采用铁磁材料制成，表面或内浅处存在缺陷会导致基体材料不连续，被磁化后，磁力线会出现局部畸变问题，产生漏磁磁场。工作人员在工件表面涂抹磁粉，在合适光照条件下磁粉会被磁场吸附，出现肉眼可见的痕迹，当痕迹位置、形状以及尺度出现不规则连续特点时，表示此处存在缺陷，检验人员可以直观了解缺陷的位置、大小及严重程度等情况。磁粉检验法可以检测出磁体材料表面与近表面的缺陷，并直观

观察到缺陷的大小、位置及形状,不受工件形状与大小的限制,可以重复检验。但磁粉检测法无法检验奥氏体不锈钢材料及其他非磁性材料,当工件表面夹角小于20度或磁化方向与缺陷方向平行时,无法快速准确发现缺陷位置,且无法准确检测表面宽度较大且浅显的缺陷。

3.4 相控阵检测

该检测方法是近些年来发展起来的一项新兴检测技术,相较于传统检测技术来说,这一新兴检测技术的优势更加突出,其主要表现为在探测压力容器是否有损伤时可以进入到更深的部位进行探测,同时精准度比较高,而且其信噪比也更高。其可以采用机械扫描和电子扫描的方式形成完整的图像,然后结合图像对压力容器的内部情况进行分析,找到设备问题原因所在,使得问题的解决更加高效便捷,优化各项问题的处理方式方法。

4 无损检测技术在锅炉压力容器检验中的应用

4.1 锅炉管线焊缝检验

锅炉供热管线长度15.3km,管径377mm,壁厚10mm,使用压力2.0MPa。为了保证管线检验满足规格要求,焊缝质量检验以人工缺陷试件为依据。

一是制作试件,对接长度250mm、壁厚10mm、管径377mm的管道,焊接期间人为发生未焊透、气孔等缺陷。二是准备超声波探伤仪器,根据压力容器无损检验流程,调整仪器,对超声波进行探头射点测试,以1:1比例进行水平扫描,调整距离,制作距离为波幅曲线,在示波屏设置表面粗糙补偿度与曲面补偿度分贝值。三是打磨探测面,新出厂钢材不存在腐蚀问题,无需进行打磨,长期使用的锅炉压力管线已经进行保温与防腐处理,腐蚀程度表情,可以保证表面粗糙度。四是开始检验,探伤检验前,工作人员先对试管进行焊缝检验,之后检验锅炉管道压力,除角焊缝之外对供给对接接头进行检验,发现管线合格率仅为31%,大约一半个接头没有焊透,发现缺陷后开始进行实物解剖试验,存在大量未焊透接头,与表面距离为4~5mm,严重影响着锅炉压力管线的正常运行。

本次检验采用超声波检测方法,无损检查长度15.3km的锅炉压力管道,发现对接接头未焊透问题,充分表明超声波检测方法可以有效检测锅炉压力管线使用情况,可以在压力管线维修与维护工作中得到广泛应用。

4.2 锅炉换热器检验

4.2.1 在用锅炉换热器检验

对锅炉机组在用碳钢材质换热器进行无损检验,换热器在使用期间出现内部泄露问题,停用设备后打开上下管箱,肉眼可见上管板与下管板部位存在较多处腐蚀坑,之后简单使用肥皂泡与氨检测方法详细检查泄露部位,发现基础裂纹,之后利用磁粉检测与下渗透检测技术进行缺陷检验。

在渗透检测期间,将特液体渗透至经过肥皂泡检验法与氨检漏法发现表面裂纹的上管板、下管板等管道中,

渗透至裂纹,检验人员发现换热器管板管子与管板角焊缝均存在裂缝问题。在完成渗透检验后,开始应用磁粉检测方法,在裂纹部位涂抹磁粉,吸附后检查痕迹的尺度、位置及形状,判断管板部位管端角焊缝均存在裂纹。甚至部分裂纹已经向管端与管板等内部延伸。此次锅炉换热器的无损检测基于设备的实际运行情况,可以根据故障情况初步发现缺陷的部位与性质,之后利用磁粉检测与渗透检测方法开展检查工作,全面准确反应锅炉换热器存在的缺陷问题,锁定缺陷根源。结果发现,相较渗透检测技术,磁粉检测技术灵敏度与准确度更高。

4.2.2 生产中锅炉换热器检验

制造中的锅炉管壳换热器出现管道泄露问题时,可以先宏观观察,发现换热器部分管子与管板焊缝存在烧穿孔问题,应焊缝操作不当所致,决定采用超声波检测方法对换热器所有焊缝进行无损检测,以及时发现所有未完全烧穿的孔。

检测期间利用微晶片超声相控阵技术与超高频技术,辅助采用机械传动技术,同步扫描设备,并记录显示数据。扫描期间根据规划路径进行空间扫毛,超声波相控阵检测仪器通过编码器获得探头超声信号,利用计算机处理为3D实时图像,结合设备携带的软件精确测定缺陷的面积、长度、波幅值等。检验期间利用超声相控阵检验管子-管板焊缝,将探头伸入至管口内焊缝区域,开展全方位扫描检查。检验期间探头位于管线中心轴线,超声波进入钢中,通过声束的延迟传播,使所有镜片在相同时间内发射出超声波,给定点形成聚焦声场,沿着管子轴向排列晶片,检验后利用电子线进行扫查,直至整个探头扫描完毕管子。

此实验主要采用超声波相控阵技术无损检验制造中的锅炉换热器,快速准确确定管子角焊缝根部存在的缺陷,以了解压力容器缺陷情况。

5 结束语

本文分析了锅炉压力容器采用无损检测技术情况,指出了磁粉检验、渗透检验以及超声波检验的优势与缺陷,论证了实际检验的方法与效果。实际生产过程中,锅炉机组工作人员应强化监督工作,快速确定压力容器缺陷程度,使其始终处于安全运行状态,增大企业的经济效益。

参考文献:

- [1] 陈荣华, 缪斌. 浅析压力容器检验中无损检测技术的应用[J]. 中国设备工程, 2020(1):137-138.
- [2] 邵彩元. 无损检测技术应用于锅炉压力容器检验的技术研究[J]. 中国设备工程, 2018(2):71-72.

作者简介:

孟纲亮(1990-),男,山西阳泉人,就职于阳煤集团寿阳化工有限责任公司,动力中心主任助理,研究方向为:设备维修管理。