

## 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及预防措施

傅捷 吴银伟

中船重工特种设备有限责任公司, 湖北 武汉 430064

**[摘要]**无损检测技术已广泛应用于所有职业。对设备的检测被称为无损检测技术。在测试过程中,不需要对设备进行预处理以进行测试,也不需要添加其他特别适合对工业生产中的锅炉设备进行测试的测试物质。锅炉和压力容器设备是工业生产的重要组成部分。锅炉压力容器长期处于温度相对较高的运行环境中,锅炉压力容器经常破裂。此时,无损检测技术开始形成。它可以在不损坏锅炉结构的情况下检测锅炉结构的损坏,对锅炉特别是压力管道起着至关重要的作用。本篇文章分析了压力管道无损检测技术的优缺点和原理,并讨论了其在锅炉探伤中的应用,为今后的工作提供指导。

**[关键词]** 锅炉压力容器压力管道检验; 裂纹问题; 预防措施

DOI: 10.33142/ec.v5i8.6558

中图分类号: TK228

文献标识码: A

### Crack Problems and Preventive Measures in Inspection of Pressure Pipes of Boiler Pressure Vessels

FU Jie, WU Yinwei

Special Equipment Co., LTD. CSIC, Wuhan, Hubei, 430064, China

**Abstract:** Nondestructive testing technology has been widely used in all professions. The inspection of equipment is called nondestructive testing technology. During the test process, it is not necessary to pretreat the equipment for testing, and it is not necessary to add other test substances that are particularly suitable for testing boiler equipment in industrial production. Boiler and pressure vessel equipment is an important part of industrial production. The boiler pressure vessel is in a relatively high temperature operating environment for a long time, and the boiler pressure vessel is often broken. At this time, nondestructive testing technology began to take shape. It can detect the damage of the boiler structure without damaging the boiler structure, and plays a vital role in the boiler, especially in the pressure pipe. This paper analyzes the advantages, disadvantages and principles of nondestructive testing technology for pressure pipelines, and discusses its application in boiler flaw detection, providing guidance for future work.

**Keywords:** boiler pressure vessel pressure pipe inspection; crack problem; preventive measures

#### 引言

锅炉的基本功能主要是燃烧燃料产生的热量,为人们的日常生活和工业生产提供足够的热能。在锅炉设备的长期运行过程中,企业必须定期检查锅炉压力容器,以防止安全隐患。采用对锅炉进行日常检测的无损检测技术,可有效提高锅炉运行的安全性。裂纹分析是失效分析的基础。通过裂纹分析,可以识别出裂纹源的位置、传播的方向、裂纹的性质、力的状态和环境条件等信息。

#### 1 锅炉压力容器压力管检验中常见裂纹及产生原因

在锅炉压力容器和压力管道的检查中,最关键的环节是检查管道是否有裂纹,这是影响锅炉设备正常运行的基本内容。如果锅炉长时间连续使用,不注意定期维护和保养,很容易对内部材料造成损坏。如果部分部件老化、腐蚀、损坏,将严重影响内部容器的实际质量。这将进一步影响其正常的工作效率,不能满足工作[7]的需要。不检修连续使用,可能造成较严重的损坏和锅炉损坏,造成安全事故。在这项工作中,工作人员必须科学地总结裂纹的常见类型和造成这些裂纹的原因,并科学地制定预防措施和解决办法。

#### (1) 早期安装过程中的裂纹问题

在以往的锅炉压力管道安装中,引起裂纹的因素可分为两种类型,即材料本身和员工的管道安装行为。如果管道材料存在腐蚀、表面不均匀、耐热性不足等质量问题,则容易造成安全隐患和裂纹。同时,从人为因素的角度来看,由于锅炉企业的不断扩张,相应的压力管线也在逐渐增加。鉴于城市的基本布局,有时在管道安装过程中,也涉及到合理的管道弯曲操作。这项工作的难度相对较高。如果操作人员的工作能力不到位,由于安装和操作不善,很容易导致管道连接出现缝隙。

#### (2) 在使用时出现的裂纹问题

管道安装工作完成后,公司必须定期检查压力管道的运行状态,及时发现管道中的缺口,以解决工作过程中的安全风险。根据实际工作经验,可以发现锅炉压力容器压力管道中最常见的裂纹是疲劳裂纹。疲劳裂纹主要包括腐蚀疲劳裂纹和机械疲劳裂纹两种类型。机械裂纹多发生在管道应力较大的地方,裂纹由小到大,需要员工注意管道的力是否不均匀。造成腐蚀疲劳裂纹形成的原因是原有的疲劳裂纹受到腐蚀介质和交替应力的双重作用,最终导致疲劳裂纹形成腐蚀裂纹。这种裂纹的特点是,随着时间的

推移, 锅炉设备工作频率的增加, 裂纹的长度会逐渐扩大。

## 2 锅炉压力容器压力管道中裂纹检测

由于长期锅炉和压力容器的内部操作和内部连续高温, 如果里面有裂纹, 很容易导致安全生产事故, 如锅炉和压力容器的爆炸, 这将造成损害人类生命和企业财产。因此, 检查锅炉压力管道是非常重要的。无损检测技术在锅炉压力管道中应用广泛, 是目前锅炉压力管道内部检测最常用的有效方法之一。无损检测技术是检测锅炉内部材料和机械设备性能的一种手段。这是检测锅炉压力容器在长期高温运行过程中是否存在安全隐患的重要组成部分, 也是保证锅炉稳定生产和运行的关键。在检测内部管道的压力时, 必须确保锅炉压力容器不会被损坏, 这需要采用无损检测方法。

采用超声波检测方法对锅炉和压力容器进行无损检测。其原理是利用介质传播过程中界面的反射特性来实现缺陷检测。该方法灵敏度高, 穿透力强, 检测效率高。其特点和超声波探伤仪设备具有重量轻、对人体无害、体积小等特点, 如图 1 所示。它可以快速检查压力容器、管道或锅炉的缺陷。目前广泛应用于压力容器、锅炉等领域的安全评价。通常新安装的压力容器、管道或锅炉会使用 x 射线进行随机检查。但是, 对于已经在运行或正在使用的压力容器和管道的检查, 在某些情况下, x 光片可能会受到地下作业和空中作业的限制。因此, 超声波更适合用于已使用的压力容器和管道的检查。

### 2.1 无损检测过程

超声波对缺陷高度和倾角的无损检测可采用终点衍射波法或终点最大波高法进行测量。当在测量过程中找不到终点衍射波或缺陷的最大反射波时, 在图 2 中可采用 6dB 法进行测量。当用 6dB 波测量缺陷本身的高度时, 应适当地修正缺陷高度。

### 2.2 锅炉管道焊接检验

超声波探伤仪的准备工作。本文采用 CTS-26 超声波探伤仪, 测试块采用 CSK-IA、CSK-III A 作为仪器的调试阶段。

抛光检测表面。新交付的钢材无腐蚀, 无需研磨操作。长期使用的锅炉压力管道虽然配有防腐和保温措施, 但仍有一定的腐蚀程度。因此, 在检查阶段应保证表面粗糙度  $Ra=6.3 \mu m$ 。

进行检查。在探伤检查前, 首先对人工试验管道进行焊缝检查, 然后对 15.3km 锅炉压力管道进行检查。检查除角焊缝外的 2642 个对接接头的供应后, 管道合格率为 31.7%, 有 1830 个对接接头根部未穿透, 最严重部分为 150mm。

发现缺陷后, 进行了物理解剖检查, 发现根部确实有大量未穿透的严重缺陷, 距离表面深度 4~5mm。这些缺陷过多的接头不可避免地会严重影响锅炉压力管道的正

常运行。本检测采用超声波检测方法对使用的长度为 15.3km 的锅炉压力管道进行无损检测, 有效发现 1830 对接接头根未穿透, 充分证明超声波检测方法非常适合锅炉压力管道的检测。可广泛应用于锅炉压力管道的日常维护和维护保养中。

### 2.3 使用/生产中的锅炉换热器的检查

对锅炉机组内碳钢壳管换热器进行了无损检测。本批次的规格为气缸 16MnR, 管片 16MnIII, 管 10#, 设计温度为 10/200° C。在换热器使用阶段, 故障表现为内部泄漏。设备停机后, 打开上下管箱, 肉眼观察上下管板上有许多腐蚀坑。为了检查详细的泄漏位置, 首先使用肥皂泡检测方法和氨泄漏检测方法进行检查, 找出裂纹的依据。采用无损检测的探伤技术和磁粉检测技术进行缺陷检测。

在渗透检查阶段, 将特殊液体均匀涂抹在上管板、下管片和所有通过氨泄漏检测和肥皂泡检查方法发现的表面裂纹的管片角焊缝上, 等待特殊液体渗透。在热交换器有缺陷的部分后, 检查员目视发现, 热交换器上管板上约 50% 的管管板角焊缝有裂纹。渗透试验完成后, 进行磁粉检测, 根据氨泄漏检测和肥皂泡检测方法, 将磁粉均匀应用于发现表面裂纹的部位。根据磁粉吸附后的痕迹的规模、形状和位置, 判断了上管板的几乎所有管端角。焊缝有裂纹, 甚至管端角焊缝裂纹部分已延伸到管片内表面和管端。

对于锅炉换热器的无损检测, 首先根据设备的实际运行情况, 即故障性能和初步检测方法, 确定了缺陷的性质和位置。然后进行了穿透探伤和磁粉检测方法用于轮流进行工作, 和检查结果。两种方法的论证可以准确、全面、直观地反映使用中锅炉换热器缺陷的具体情况, 并快速确定缺陷的根本原因。试验结果表明, 磁粉检测比穿透检测具有更高的灵敏度和精度。

### 2.4 生产中锅炉换热器的检查

在锅炉设备生产阶段, 发现制造中的锅炉管壳换热器存在管侧泄漏。目视和宏观观察显示, 热交换器管片焊缝处存在燃烧穿孔。生产团队经过分析, 得出这些管板焊缝的烧孔是由于焊接操作不当造成的。然后决定采用超声波检查对换热器的所有焊缝进行无损检测, 以便及时发现不完整的磨穿孔。

在检查阶段, 该设备采用超高频、微芯片超声波相控阵技术, 辅以机械传动技术, 并采用周向步进电机进行周向扫描。在检查过程中, 将探头延伸到管口的焊缝区域, 进行 360° 的周向扫描检查。在检查阶段, 将探头放置在管道的中心轴上, 超声波基于水进入钢中, 采用延迟法控制声束的传播。使所有透镜发射的超声波同时被传输到某一定点, 并在该点形成聚焦声场。设备布置。台式晶片沿管轴向排列, 检查开始后, 使用电子线进行扫描, 直到整个探针扫描管。

在扫描阶段中, 同时进行记录和显示。在扫描过程中,

根据计划的路径进行空间扫描。超声波相控阵探测器利用编码器获取位置探头获得的超声波信号,通过计算机处理形成三维实时图像,结合设备软件,通过波幅确定缺陷区域的长度。在超声波检验阶段,采用超声波相控阵进行管片焊检验。超声波检测技术可以快速准确地检测锅炉压力容器的缺陷和性能,是锅炉压力容器和管道日常维护的有效手段。

### 2.5 压力管道缺陷等级评定

一级焊缝检验比为 100%,即全检率;二级焊缝检验比为 20%。出厂焊缝按每个焊缝长度计算,检验长度 $\geq 200\text{mm}$ ,焊缝长度小于等于 200mm 时,检查整个焊缝有无缺陷,现场安装焊缝按相同类型的焊缝数量计算,探伤长度 $\geq 200\text{mm}$ ,不小于 1 个焊缝。三级焊缝不需要对内部缺陷进行无损检查。当工厂生产的焊缝长度小于或等于 1000mm 时,每个焊缝为 1。当长度大于 1000mm 时,每 300mm 分为 1 条,每条焊缝为现场安装焊缝为 1 个。抽检焊缝数小于 2%,视批验收合格,故障率大于 5%,抽检加倍,原不合格部位两侧焊缝延长线增加 1 点。所有随机焊不合格率小于或等于 3%的,视批验收合格, $>$ 为 3%的,视批验收不合格。当批次验收不合格时,对批次剩余焊缝进行检验。

### 3 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹预防措施

#### (1) 合理控制压力设备的生产原料和制作过程

锅炉压力容器是生产中极为重要的机械设备,所以在其进行生产之前,必须合理的控制压力设备的生产原料和制作过程。具体来说,可以参照以下几点:

要按照相关的标准,提前对生产原材料进行严格的质量检查。如果发现生产原材料不符合标准或者存在一定的问题,就必须采取各种措施,对生产原材料进行更换或者维修,从而确保锅炉压力容器的质量。其次,在锅炉压力容器进行生产的过程中,必须对生产和制作的每一个环节和具体内容进行严谨的检查和管控,完全依据相关的标准和规定对其进行控制。这主要是由于锅炉压力容器一般处于温度和压力均较高的工作环境,如果工作操作出现失误或者制作工艺不符合相关的标准就会大大提高事故和危险的发生几率。

工艺制造的操作与压力管道是否出现裂纹问题息息相关,错误或者不符合标准的工艺制造的操作不仅会造成压力管道产生一定的损耗,缩短压力管道的使用寿命,而且时间长了就会导致压力管道出现裂纹。所以,我们必须不断的改进操作工艺技术,强化操作标准的审核力度,确保锅炉压力容器在进行生产的整个过程中,每一个环节和制作工艺都符合标准并处于正常的状态,从而减少裂纹问题的发生。

锅炉压力容器技术操作的工作人员的能力对裂纹问题的发生和处理具有重要意义,所以必须采取定期培训等多种方法来增强锅炉压力容器操作人员的专业能力和技

术的熟练程度,积极鼓励和引导操作人员不断的学习,从而提高锅炉压力容器工艺操作的技术水平,增加裂纹问题处理的有效性和处理效率。

#### (2) 设置科学的质量检验程序,强化原材料和设备的检查

由于锅炉压力容器的工作环境较差且存在一定的危险,所以在锅炉压力容器的实际使用过程中,必须对其存在的安全隐患和安全问题予以高度的重视。设置科学的质量检验程序,强化原材料和设备的检查对于锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题的处理和具有积极意义。按照质量检验的相关标准,我们要对原材料、每一个生产环节和压力管道产品等进行仔细的检查,从而对由于部件腐蚀或者机械疲劳导致的裂纹进行及时的处理。而锅炉压力容器压力管道原材料的质量与其成品有着紧密的联系,所以认真负责的对原材料进行质量检验是基础性的工作。另外,在保障原材料质量的同时,还要设置科学的质量检验程序进行检验,重视每一个细小环节,并对相关的质量检验人员的检验行为进行规范,从而实现尽量避免裂纹问题产生的目标。

### 4 结语

本文对锅炉压力容器无损检测技术的应用进行了深入的探讨,详细介绍了在无损检测技术中的超声波检测、渗透检测和磁粉检测等方面的应用。通过实例分析,论证了无损检测技术在锅炉压力容器中的应用方法和效果。在实际生产中,锅炉机组管理者应加强对锅炉压力容器的监督,并根据及时检测缺陷,参照本文提出的无损检测的应用方法,确定压力容器的缺陷,以确保锅炉压力、集装箱始终处于安全稳定的运行状态,为企业带来稳定的经济效益。

#### [参考文献]

- [1]王克刚,王靖虎. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题[J]. 中国设备工程,2022(6):102.
- [2]邢素英. 检验锅炉压力容器常见问题及其应对措施浅析[J]. 化学工程与装备,2019(7):151.
- [3]李波. 锅炉、压力容器、压力管道检验中的裂纹问题及预防[J]. 新型工业化,2022(2):132.
- [4]王守学. 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及预防措施[J]. 建材与装饰,2020(17):113.
- [5]李淳. 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及预防措施[J]. 科技创新与应用,2020(5):105.

作者简介:傅捷(1986.9-)男,武汉大学,工程师,中级职称;吴银伟,男,(1984.5-),武汉理工大学工学硕士,现为中船重工特种设备有限责任公司研发人员,中级工程师。