

锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题分析

程 哲（上海市嘉定区特种设备监督检验所，上海 201800）

摘 要：科学技术不断发展，逐渐提升了工业化生产水平。而在工业生产过程中需要利用锅炉设备，但是一些工作人员不够重视锅炉安全管理工作，导致锅炉在长期使用过程中发生裂纹等问题，影响到设备运行的安全性。因此本文主要分析了锅炉压力容器压力管道检验中的裂缝问题，提出针对性的防护措施，保障锅炉运行的稳定性，避免发生任何安全问题。

关键词：锅炉压力容器；压力管道；检验工作；裂缝问题

为了保障锅炉压力容器运行的稳定性，施工单位需要加强检验锅炉压力管道。因为锅炉压力容器运行过程中存在较多的影响因素，提高了裂缝问题的发生率，一些裂缝在产生的初期尺寸较小，因此很难被工作人员及时发现，但是出现的裂缝会干扰设备正常运行，埋下安全隐患。因此需要规范性的处理裂缝问题，避免影响到锅炉设备的使用寿命。

1 概述锅炉压力容器和压力管道

1.1 压力容器

我国在政策层面不断支持压力容器的生产工作，因此进一步完善了我国压力容器行业，尤其在近些年不断研发出新型的压力容器生产技术。压力容器在实际使用过程中承受较大的压力，同时具备密封性特点，因此在各领域中得到推广利用^[1]。压力容器通常被制造成一种罐体，负责装载气体或者液体，负责为生产工作提供能源，其原材料主要包括容器母材和螺栓以及焊接材料等。

1.2 压力管道

压力管道是压力容器的一部分，在锅炉压力容器运行过程中，压力管道负责对液体或者气体进行运输和分配等。当前锅炉的压力管道主要包括法兰和阀门以及管体等。近些年我国不断完善压力管理装配工艺，有利于保障压力锅炉运行稳定性。压力管道的主要特点如下所示：①系统化特征。不同压力管道之间具有紧密的联系，如果某条管道发生问题，杜宇其他管道将会造成干扰；②构成组件较多，对比其他管道，压力管道中包括较多的支撑件和组成件等，不同材料对质量和技术等方面的要求是不同的；③泄漏点较多。对比压力容器，压力管道的每个阀门部位都可能会发生渗漏问题。

2 锅炉压力容器压力管道常见的裂纹问题

2.1 温度裂纹

因为温度原因引发的裂缝主要是因为温度过高和

过高，如果在低温环境中长期暴露管道，尤其是接触冷凝水和冰水之后，将会引发材料收缩问题，在管道内部不断积累应力，最终加工会突破材料强度值，最终引发裂纹问题^[2]。如果运行环境温度较高，将会引发材料膨胀问题，也会不断积累应力，如果无法均匀的分布应力，也会超过材料强度值，集中应力之后也会产生裂缝问题。

2.2 应力腐蚀裂纹

压力容器长期处于强碱环境，在特定的化学反应条件下，容器会产生明显的电势差异，这是一种典型的应力腐蚀现象。在颗粒的辐照下，应力腐蚀会发生放射状的扩散，从而导致开裂。而从其它方面来看，由于强脆因子的作用，在一些节点处产生了开裂，这种开裂是从里到外的。若操作不当，很容易引发重大的安全事件。此外，在外力作用下，这些裂缝呈放射状，从内部向外蔓延。这就需要工作人员的职业素质高，工作经历多，能根据具体的腐蚀状况，制定有针对性的对策。

2.3 疲劳裂纹

在压力管道中疲劳裂缝发生率比较高，通常是在应力集中的部位出现这类裂缝，在发展的初期通常是出现细小的裂缝，在发展后期将会不断扩大。本文介绍了三种常见的疲劳开裂形式：

2.3.1 机械疲劳开裂

主要发生在叶轮和叶片表面，主要发生在设备表面，呈线性，早期裂纹很小，然后逐渐扩展到内部，并逐渐产生一条很长的裂纹，这些裂纹一般发生在一些有缺陷的地方。机械疲劳开裂通常为直线状，初始区域很小，随著时间的延长，由浅到深，与其它类型的裂纹比较，具有更大的开孔，同时会产生粘着点、胶坑等。由于机械疲劳开裂早期表现不显著，难以被检测，随着使用年限的增长，其缺陷日益突出，需要

对其进行检测和处理^[3]。

2.3.2 热疲劳裂缝

是指在“低抗拉强度”的情况下，由应力引起的、逐步产生的开裂。

2.3.3 腐蚀疲劳裂缝

因为腐蚀和应力的共同影响，随服役年限增长，其扩展范围越来越广，在筒体及车架的管座处产生微小的凹痕，由于其在长时期受腐蚀介质的影响，易发展为腐蚀疲劳开裂。

2.4 蠕变裂纹

由于长时间的高温作用，管道内部会产生诸如蠕变等行为，造成金属构件损伤，局部部位产生变形，严重威胁管线的安全和稳定。蠕变开裂是由于高温、应力等因素引起的，造成了金属构件的损伤，造成了材料的形变，因此分离了材料。管道高温影响区及箱孔桥处易发生蠕变裂纹，这类裂缝具有显著的特点，呈现出之字形，同时具有较大的宽度，多为并行贯通。蠕变开裂发生在中部。蠕变裂口处有许多形状为卵圆形或结晶形状的不规则蠕变空洞，这些空洞与焊接面平行，从外部到内部，沿晶界处不断扩散。

2.5 焊接裂纹

在生产锅炉的过程中并不是一次成型方式，通过焊接不同的金属部件形成完整的设备。如果锅炉的配置设备发生问题，将会对整个整体造成影响。在锅炉生产过程中经常会出现裂纹问题，例如在生产过程中，通过卷制焊接特殊的金属，形成锅炉压力容器和管道等，如果生产人员没有严格把关细节部分，将会产生焊接裂纹问题。出现这一问题，是因为在生产过程中温度差发生极大的改变，将会引发裂纹^[4]。在生产压力管道的时候，因为长期高压和高温的影响，将会引发热裂纹。如果在冷却工序操作不当，将会产生冷却裂纹。

3 锅炉压力容器压力管道检验方法

3.1 直观检查

直观检查指的是检查人员利用放大镜等简单的设备检查锅炉压力容器压力管道的表面，这种方法可以直观地发现管道裂纹问题，有利于工作人员及时发现问题，避免在日后使用过程中发生安全问题。这种方法比较简单，但是也只是检查设备内外表面，无法详细的发现内部裂纹。

3.2 量具检验

这种方法指的是工作人员利用各种工具直接测量锅炉压力容器压力管道的平直度和弧度等数值进行检测，因此确定设备是否发生变形问题，此外可以对设

备磨损凹坑和腐蚀坑等，利用测深长尺进行检测。在测量设备残余厚度的时候，可以用钻孔检测方式。

3.3 无损探伤

无损探伤检测方式在当前工作中的应用率比较高，可以全面检测锅炉压力容器压力管道的内外部，同时不会损坏设备，无损探伤主要工作原理如图1所示：

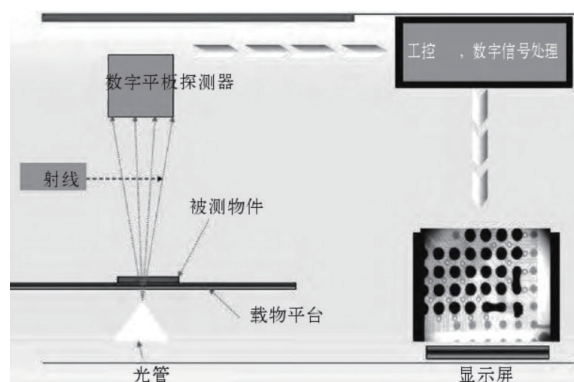


图1 无损探伤工作原理图

3.3.1 超声波检测技术

在实际应用过程中，需要将探头模块安装在压力管道的周围，并且利用环向布置方式，同时需要对探头间距进行控制。如果改变了管道顶部和底部的距离，不利于传输低频超声波，探头可以继续工作，并且开展评估分析工作，引导定位裂纹发生的位置^[5]。利用这项技术的过程中，如果存在裂纹，将会产生应力波，传感器接收应力波之后即可进行分析。这项技术可以实现长距离和实时监测的目的，可以获得精准性的检测结果，尤其适应空间较小的管道，可以优化整体监测结果。

3.3.2 红外成像检测技术

在使用这种技术时，必须利用红外成像器来采集和解析红外辐射能量通过电信号方式获取管道的温度，而且由于管道内的温度与红外辐射能量具有不同的分布情况，因此能够判断出管道中的裂纹。这种方法具有较高的灵敏性，用于管线的裂缝探测，不仅能提高测试的效率，还能帮助工作人员分析设备结构和材质等。温度、时间等因素对热图像探测不会造成负面影响，在使用过程中必须保证管材的形状和热导率的稳定性，在各种类型的裂纹检测中都可以利用。

3.3.3 渗透检测技术

渗透检测技术应用过程比较简单，同时可以优化检测效果，但是利用该技术的过程中会污染管道。在实际应用过程中需要发挥出显像剂的作用，通过检测固体燃料发光情况，将裂纹分布情况显示出来。为了发挥出这项技术的作用，工作人员需要分析管道运行

环境,在可吸收性的材料中不适合利用这种方法。

3.3.4 射线检测技术

当射线通过介质时,其效应会被减弱,并且电阻、介质厚度等多种原因也会对最终检测结果造成影响,尤其是当发生裂缝时,对应的电阻系数也会发生变化,在此部位采用射线探测方法,可以准确地判断出裂缝发生的部位,有利于工作人员进一步分析裂纹情况^[6]。在运用这种方法时,采用X光敏感膜,可迅速获得其射线光强,并对其敏感性进行了分析,从而判断出不同裂缝类型。而测试者只要对薄膜的黑色程度进行分析,就可以知道裂缝的尺寸和面积,再加上X射线薄膜,可以清晰化地呈现出裂纹检测结果。

4 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题预防措施

4.1 规范质量程序

原料的质量检查是一个非常关键的步骤,它对锅炉压力容器的制造品质也有很大的影响,只有严格控制原料的品质,才能从根源上杜绝开裂问题。在选择和运输以及加工原材料的时候,需要提高检测力度,保证原材料符合相应标准之后,再对各个部件进行检查,防止一个微小的部件出现问题,从而影响到整个压力容器的性能。在生产和加工零件的时候,需要完善质量检查方案,根据生产标准控制操作程序,避免因作业问题给锅炉的品质带来不利的影响。另外为了确保检测工作的品质,可以安排第三方组织对检测进行二次检测,规避检测漏洞,通过多次检验,可以及时将安全问题排除。

4.2 做好原材料和零部件检测

在原材料采购过程中,需要严格检测供应商资质,供应商也要根据相应的要求出具质量证书和化学分析报告等。检验原材料的时候,检验人员需要根据相关标准评估原材料的质量。在制造设备的时候,需要根据规定开展焊接和冷热处理工作,保障加工质量符合标准,避免出现裂纹问题。针对锅炉压力容器压力管道,需要落实外观检查和尺寸检查等工作,避免因零部件质量问题引发裂纹^[7]。在检验阶段,检验人员需要详细记录检验数据,同时需要完善质量追溯体系,这样在发现裂纹之后,可以及时确定问题发生的原因。针对投入使用的设备,需要定期落实维护措施,及时处理发现的裂纹等问题,保障整体设备运行的稳定性。

4.3 加强培训生产人员和操作人员

生产人员的工作技能关系到设备质量。生产企业要经常对全体员工组织培训活动,让员工通过不断地

学习,提高自己的品质意识,使所生产出来的产品,都能满足有关的锅炉生产标准。在完成培训后,还要对其所学的知识进行考试,合格后方能正式上岗。建立奖励机制。对实际工作中没有出现质量问题的职工进行表彰,以激励所内职工的工作热情。锅炉在服役期间有着非常严谨的作业程序,但是由于人的操作不当,将会引发设备开裂的问题,因此,在锅炉的服役期间,需要对操作者进行专门的功能培训,使其了解锅炉使用方法,最大限度地减少在作业中的操作错误,以免影响设备的安全和稳定^[8]。同时单位内部也要制定一套严谨的评估制度,以防止由于操作不当造成的锅炉运行中开裂。

4.4 做好锅炉定期检查工作

通过定期巡检锅炉设备,有利于及时处理发现的裂纹问题。工作人员需要结合实际情况完善锅炉检查和保养方案,针对常见的裂纹故障制定应急处理方案,注意详细记录每次检查工作的相应数据,并且需要实现信息归档,方便检验人员在实际工作中参考,同时可以降低裂纹问题的发生率。

5 结束语

本文针对锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题,提出了相应的检测技术和预防措施,可以对于相关工作人员发挥出参考作用,尽量降低裂纹问题的发生率,即使发生问题,也可以在初期采取处理措施,保证整体锅炉设备运行的稳定性。

参考文献:

- [1] 刘兴林. 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及处理措施分析[J]. 中国机械, 2023(29):101-104.
- [2] 李响. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题 and 对策[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(07):118-120.
- [3] 赵维强. 冶金工业炉高压容器压力管道检验中的裂纹问题研究[J]. 中国金属通报, 2023(06):7-9.
- [4] 吴超, 朱承正. 锅炉、压力容器与压力管道裂纹及预防分析[J]. 中国机械, 2023(06):91-95.
- [5] 钱冰, 张树川, 姚新宽. 锅炉和压力容器及压力管道检验中裂纹问题分析[J]. 新型工业化, 2022, 12(07):67-70.
- [6] 陈中伟. 锅炉压力容器压力管道安装监督检验中存在的问题及建议[J]. 石化技术, 2022, 29(02):36-37.
- [7] 韩霄. 压力容器压力管道检验中裂纹问题的解决措施[J]. 化工管理, 2021(31):109-110.
- [8] 张海楠. 在锅炉压力容器压力管道检验中关于裂纹问题的探讨[J]. 中国设备工程, 2021(03):188-189.