

Analysis of Crack Problems in Boiler, Pressure Vessel and Pressure Pipeline Inspection

Guangzhong Zou

Yantai Special Equipment Inspection and Research Institute, Yantai, Shandong, 265600, China

Abstract

The inspection of pressure vessel and pressure pipeline is of great significance to ensuring production safety and personal safety. However, crack problems are more common in the inspection process. Based on this, mainly around the crack problem, analyze the common crack type in pressure vessel and pressure pipe and the cause of the crack, and put forward the effective solution path, mainly including the application of advanced inspection technology, improve the level of inspection personnel skills, strengthening equipment inspection and maintenance, and make raw materials and production management control. This paper discusses an overview of the boiler pressure vessels and pressure pipes, emphasizing the importance of testing the crack problem. Subsequently, the possible causes of cracks in the boiler pressure vessels and pressure pipes are analyzed, and an effective strategy to strengthen the crack inspection is proposed. The safety of boiler pressure vessel and pressure pipe is crucial, so the necessity of crack inspection cannot be ignored.

Keywords

boiler pressure vessel; pressure pipeline; crack inspection

浅析锅炉压力容器压力管道检验的裂纹问题

邹广仲

烟台市特种设备检验研究院, 中国·山东·烟台 265600

摘要

压力容器与压力管道的检验对于保障生产安全和人身安全具有重要意义。然而,在检验过程中裂纹问题较为常见。基于此,主要围绕裂纹问题展开讨论,分析压力容器与压力管道中常见的裂纹类型和造成裂纹的原因,并提出有效的解决路径,主要包括应用先进的检验技术、提高检验人员技能水平、强化设备检验与维护力度以及做好原材料与生产管理控制。论文探讨了锅炉压力容器和压力管道的概述,强调了检验裂纹问题的重要性,随后分析了锅炉压力容器和压力管道裂纹的可能原因,并提出了加强裂纹检验的有效策略。锅炉压力容器和压力管道的安全性至关重要,因此裂纹检验的必要性不容忽视。

关键词

锅炉压力容器; 压力管道; 裂纹检验

1 引言

锅炉压力容器和压力管道在工业生产中扮演着至关重要的角色,它们用于承受高压和高温条件下的流体,如蒸汽或化学物质。因此,它们的安全性和可靠性至关重要。裂纹是可能导致压力容器和管道失效的主要问题之一,因此对裂纹进行定期检验和监测是维护工业设备安全性的关键环节。

2 锅炉压力容器和压力管道的概述

2.1 锅炉压力容器的定义和功能

锅炉压力容器是一种用于储存和产生高压蒸汽或其他压缩气体的装置,通常用于工业、能源生产和加工领域。锅

炉的主要功能之一是将水加热并转化为蒸汽,这种蒸汽可以用于各种应用,如发电、加热、冷却和驱动机械。锅炉压力容器还可以储存高压蒸汽或气体,以备将来使用,有助于平衡能源需求和供应,满足高峰期的需求。它们也可以用于供热系统,如暖气和温水供应,通过将蒸汽或热水输送到建筑物或工业过程中提供所需的热量。蒸汽还可以用于驱动各种类型的机械设备,如涡轮发电机、泵和压缩机,用于生产电力、运输流体和执行各种工业操作。在一些工业过程中,需要高温和高压条件,以促进化学反应或材料处理,锅炉压力容器提供了必要的工作条件^[1]。锅炉压力容器还可以用于热能储存系统,如热能储存电站,这些系统可以在需要时释放储存的热能以产生电力。锅炉压力容器在工业和能源领域发挥着关键的作用,提供了热能和压缩气体的储存、产生和分配,为各种应用提供了重要的能源来源和工作条件,同时也需要受到严格的监管和维护,以确保其安全运行。

【作者简介】邹广仲(1969-),男,中国山东蓬莱人,本科,工程师,从事锅炉压力容器研究。

2.2 压力管道的定义和用途

压力管道是一种专门设计用于输送液体、气体或固体颗粒等在管道内施加一定压力的管道系统。这些管道通常由金属、塑料、复合材料等制成，具有足够的强度和耐压性能，以承受内部介质的压力，同时保持其结构完整性，确保安全运行并防止可能的泄漏或事故。压力管道用于输送水、油、天然气、蒸汽等液体和气体，从油田到加工厂、供水系统到城市家庭，以满足各种生活和工业需求。城市供水系统中的管道是一种压力管道，用于将处理后的饮用水输送到家庭和工业用途，而污水处理厂也使用压力管道将废水排放到适当的处理设施。在化工工业中，各种化学介质需要在管道内以特定的压力和温度条件下进行输送，以供应到不同的生产过程中。发电站中的蒸汽发电需要高压蒸汽通过管道输送到涡轮机以产生电力。在食品和制药工业中，许多液体和气体需要通过高品质的压力管道输送，以确保产品的质量和安全性。

3 锅炉压力容器压力管道检验裂纹问题的重要性

3.1 提高安全性

锅炉、压力容器和压力管道是工业中至关重要的设备，它们通常在高温高压条件下运行，用于生产、加工和输送各种物质，包括蒸汽、气体和液体。这些设备的正常运行对于工业生产至关重要，但如果存在裂纹问题，就会引发严重安全隐患，裂纹问题可能导致设备的突然破裂或泄漏。在高温高压条件下，这种破裂或泄漏可能会伴随着巨大的能量释放，引发火灾、爆炸或者有害气体泄漏。这些事故对设备周围的工作人员构成了严重的生命安全威胁，因为爆炸和火灾可能导致重伤甚至死亡。锅炉、压力容器和压力管道中可能包含有害物质，如化学品或废水。裂纹导致泄漏时，这些有害物质可能会泄漏到周围的环境中，对土壤、水源和空气质量造成污染。这会对生态系统和人类健康产生长期影响，甚至可能引发法律诉讼和巨额环境赔偿。

3.2 提高设备可靠性

锅炉、压力容器和压力管道在工业生产中扮演着至关重要的角色，它们通常在高温高压环境下工作，用于生产、加工和输送各种物质，包括蒸汽、化学品、气体等。因此，对于这些设备的安全性和可靠性至关重要。裂纹问题可能导致设备失效，造成泄漏、爆炸或其他严重事故，威胁工作场所的安全，可能伤害工人或导致生命丧失。因此，定期检验裂纹问题是确保工作场所安全的关键一步。裂纹在高温高压环境下容易扩展，如果不及时检测和修复，将会导致设备失效。设备失效可能会导致生产中断，损害生产计划，并带来高额的维修和更换成本。通过及时发现和处理裂纹问题，可以避免这些不必要的停工和维修成本。预防性维护比紧急维修更经济。定期检验和修复裂纹问题可以避免紧急维修的高

成本，并延长设备的使用寿命，降低设备更换成本^[2]。

3.3 环境保护

锅炉、压力容器和压力管道的裂纹问题在环境保护方面具有极其重要的意义，这些设备通常用于储存、加工或运输具有毒性、腐蚀性或危险性的化学品，如有毒气体、腐蚀性液体或危险废物。如果存在裂纹，有害物质可能会从设备中泄漏出来，直接暴露在环境中。这些物质可能对大气、土壤和水体造成污染，对生态系统产生破坏性影响。裂纹问题可能导致有害物质渗透到土壤中，造成土壤污染。这种污染不仅会对植物生长和土壤质量产生负面影响，还可能通过地下水传播，威胁到饮用水资源的安全性。有害物质进入水体可能会引发水体污染，对水生生态系统和水资源造成危害。有毒物质泄漏对生态系统的影响可能是长期的、广泛的，甚至是不可逆转的。这可能导致野生动植物的死亡、栖息地丧失、生态链断裂和生态平衡的扰乱。生态系统的恢复可能需要数年甚至几十年的时间，如果有有害物质无法有效清除，生态系统可能永久性地受到损害。裂纹问题导致的有害物质泄漏还会对附近社区的人类健康构成威胁。有毒化学物质可能通过空气、水源或食物链进入人体，导致中毒、慢性健康问题甚至致命疾病。因此，及时发现和处理这些问题对保护人类健康至关重要。

4 锅炉压力容器压力管道裂纹原因分析

4.1 材料质量和制造问题

使用不合格或劣质的材料可能包括含有夹杂物、气孔、太多的杂质或结构性问题的金属。这些材料通常具有降低的强度和韧性，容易在工作条件下发生应力集中，从而导致裂纹的出现。

制造过程中的错误或疏忽可能导致裂纹。例如，焊接不当可能导致焊接缺陷，如裂缝、气孔或夹渣，这些缺陷可能成为裂纹的起始点。热处理不当或者金属疲劳也可能在材料中引入应力和裂纹。

4.2 运行条件和操作问题

操作条件超出了锅炉、压力容器或压力管道的设计极限，可能导致应力超载。这种过度应力可能在材料中引发裂纹，尤其是在循环加载或急剧的压力波动下，裂纹可能迅速扩展。操作人员不按照规定的程序运行设备，或者缺乏定期的维护和检查，可能导致设备中存在潜在的问题未被及时发现和修复。这种情况下，材料可能会因时间的推移而发展出裂纹，最终导致设备故障。

4.3 腐蚀和环境因素

腐蚀是金属材料面临的主要威胁之一，它可以由水、化学物质、气体或其他环境因素引发。腐蚀可以削弱材料的强度，形成孔洞或陷阱，这些地方容易集中应力并促使裂纹的出现。外部环境因素也可以对材料产生不利影响，如高温会引起材料的热膨胀，而急剧的冷却则可能导致冷缩。这些

因素可能会导致材料中的应力变化,最终导致裂纹的形成。要预防锅炉、压力容器和压力管道中的裂纹问题,关键在于选择合格的材料、遵循严格的制造标准、维护设备并确保操作符合规范。此外,定期的检查、腐蚀控制和环境监测也是维持设备安全性的关键步骤。当发现裂纹时,必须采取适当的维修措施,以防止其扩展并确保设备的安全运行。

4.4 应力问题

当锅炉、压力容器或压力管道承受外部载荷或内部压力时,会产生弯曲应力。这种应力可以导致结构变形和裂纹的形成,尤其是在设备的关键部位,如焊缝或弯曲部位。内部压力或外部负载可能会导致压力容器或管道壁产生压缩应力,过高的压缩应力可能会使材料变形或发生裂纹。拉伸应力是由外部拉力或内部真空引起的,会导致材料拉伸,如果超出了其强度极限,就会发生裂纹。温度变化可以导致热应力,特别是在锅炉、容器或管道中存在不均匀的温度分布时,这些不均匀的热应力可能会导致材料膨胀或收缩,从而导致裂纹的出现。

焊接是制造这些设备时常用的连接方法,但不适当的焊接过程或焊缝的设计可能会导致焊接应力集中,这些应力可能在设备运行期间引发裂纹。锅炉、容器和管道在长期使用中会受到循环载荷和振动的影响,这可能导致疲劳应力积累。随着时间的推移,这些应力集中区域可能会出现裂纹。化学腐蚀可以削弱材料的强度,从而增加了裂纹的风险。特别是在高温和高压环境下,化学腐蚀可能会导致应力腐蚀裂纹的形成。

5 加强锅炉压力容器压力管道裂纹检验的有效策略

5.1 技术和设备的改进

采用高分辨率的无损检测技术,如超声波检测和X射线检测。超声波检测可以探测到微小的裂纹、腐蚀或疲劳裂纹,并提供关于裂纹深度和位置的精确信息。X射线检测则适用于更厚的壁厚,可以检测到更深的裂纹。引入自动化系统,如机器人检测设备或自动扫描装置,以降低人为错误的风险。这些系统可以根据预定的程序沿着管道或容器表面移

动,并将检测结果传送到计算机进行分析。一旦发现异常,系统可以立即发出警报,减少了人工巡检的不确定性。

5.2 定期维护和监控

制定详细的定期检查和保养计划,包括清洁管道和容器表面以去除腐蚀物质,防止进一步的腐蚀和裂纹扩展。定期更换老化或磨损严重的部件,如密封、阀门和焊缝,以确保设备在设计参数下运行。安装远程监控系统,使用传感器和数据采集装置实时监测压力、温度、流量等参数。如果发现异常,系统将立即发出警报,同时提供操作员和工程师远程访问设备状态的能力,以便他们可以迅速采取行动。定期进行压力测试,确保容器和管道在各种工作条件下都能够承受设计压力^[1]。这些测试可以通过增加内部或外部压力来模拟不同工况,以验证设备的完整性和强度。

5.3 培训和文化建设

提供员工专门的培训,使他们熟悉设备的操作和维护,以及裂纹检测技术。培训不仅包括理论知识,还包括实际操作培训,确保员工能够准确、高效地执行检测和维修任务。建立安全文化,强调员工的责任感和安全意识。鼓励员工主动报告可能的安全隐患,以及提出改进建议。公司领导应该树立榜样,积极支持并参与安全文化的建设。确保遵守适用的国家和地方安全标准和法规。对设备的设计、制造、安装和维护必须符合这些标准,以确保设备的可靠性和安全性。

6 结语

锅炉压力容器和压力管道的裂纹问题是一个复杂的工程挑战,但它们的安全性至关重要。通过定期检验、材料控制、腐蚀监测、负荷管理和温度控制等策略,可以有效降低裂纹问题的风险,确保这些设备的安全运行,从而保护人员的生命和财产,同时维护生产的稳定性和经济效益。

参考文献

- [1] 韩晶.浅析锅炉压力容器压力管道检验的裂纹问题[J].内蒙古石油化工,2016(1):2.
- [2] 邹向勇.浅析锅炉压力容器压力管道检验的裂纹问题[J].商品与质量,2016(50):46.
- [3] 张畅宇.浅析锅炉压力容器压力管道检验的裂纹问题[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(7):3.