

# 锅炉压力容器及管道检验技术

张大鹏, 王海明

大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司, 辽宁大连 116013

**摘要** : 锅炉压力容器及管道检验技术是保证工业生产安全的重要环节。本文介绍了锅炉压力容器及管道的基本结构与特性、检验的主要内容以及检验过程中的注意事项, 并结合案例分析, 旨在提高检验工作的质量和效率, 确保工业生产的安全。

**关键词** : 锅炉; 压力容器; 管道; 检验要点

**中图分类号** : X933

**文献标识码** : A

**文章编码** : 2023050080

## Boiler Pressure Vessel and Piping Inspection Technology

Zhang Dapeng, Wang Haiming

Dalian Boiler Pressure Vessel Inspection and Testing Research Institute Co., LTD., Dalian, Liaoning 116000

**Abstract** : Boiler pressure vessel and piping inspection technology is an important link to ensure the safety of industrial production. This paper introduces the basic structure and characteristics of the boiler pressure vessel and piping, the main content of the inspection and the inspection process of the notes, and combines the case analysis to improve the quality and efficiency of the inspection work and ensure the safety of industrial production.

**Key words** : boiler; pressure vessel; piping; inspection points

## 引言

锅炉压力容器及管道是工业生产中重要的设备, 其安全运行直接关系到企业的生产和员工的生命安全<sup>[1]</sup>。由于锅炉压力容器及管道在使用过程中承受高温、高压、腐蚀等恶劣条件, 易出现各种安全隐患, 因此对其进行定期检验显得尤为重要。

## 一、锅炉压力容器及管道的基本结构与特性

### (一) 容器类型

锅炉压力容器可以根据其用途、结构形式、材料、工作压力、温度等不同因素进行分类<sup>[2-6]</sup>。以下是一些常见的锅炉压力容器类型:

(1) 圆筒形容器: 这是一种常见的锅炉压力容器, 形状为圆筒形, 由底封头、筒体和顶封头构成。

(2) 球形容器: 球形容器是一种具有较大承压能力的圆球形压力容器, 广泛应用于石油化工、食品加工等领域。

(3) 方形和矩形容器: 这些容器的四壁为平面或略有曲率的平面, 结构形式多样, 常用于各种工业炉窑和装置中。

### (二) 结构材料

锅炉压力容器的制造材料对于其性能和质量至关重要。常用的结构材料包括碳钢、低合金钢、不锈钢、钛及钛合金等。在选

择材料时, 需要考虑容器的用途、工作压力和温度、材料的可获得性、成本等因素。

### (三) 工作压力与温度

工作压力和温度是锅炉压力容器的重要参数。工作压力是指在正常工作条件下, 容器内部所能承受的最大压力。温度则是指在正常工作条件下, 容器内部或外部的最高温度。不同的工作压力和温度会对容器的结构形式、材料选择、设计与制造标准等方面产生影响。

### (四) 安全附件

为了确保锅炉压力容器的安全运行, 通常会配备一些安全附件, 如安全阀、爆破片、液位计、温度计等。这些附件对于容器的正常运行和安全保护具有重要作用。

### (五) 热交换器

锅炉压力容器通常会配备热交换器, 以便实现热能的传递和转换。热交换器的主要功能是将热量从一种流体传递到另一种流



体,常见形式包括管式、板式、热管式等。热交换器的性能和效率对于整个锅炉系统的运行和能源利用具有重要影响。

#### (六) 管道连接与布置

锅炉压力容器需要通过管道进行连接和布置,以确保系统的正常运行和安全。管道的连接方式包括焊接、法兰连接、螺纹连接等,布置则需根据系统的工艺要求和空间条件进行合理安排。合理的管道连接与布置有助于提高系统的可靠性和效率。

#### (七) 流体特性

流体特性包括流体的密度、粘度、压缩性等物理性质,以及流体的化学性质,例如腐蚀性、毒性等。这些特性对容器的设计、制造和运行有着重要影响,设计者需要根据流体的特性和工艺要求来选择合适的结构形式和材料。

#### (八) 设计与制造标准

锅炉压力容器的设计与制造需要遵循一系列的标准和规范,以确保其质量和安全性。这些标准包括但不限于 GB150《钢制压力容器》、GB12337《钢制球形储罐》、NB/T47003《铝制焊接容器》、HG20582《钢制焊接压力容器》等。设计和制造标准的遵守有助于提高容器的可靠性、安全性和使用寿命。

## 二、锅炉压力容器及管道检验

### (一) 检验一般规定

(1) 检验周期:锅炉压力容器及管道的检验应按照相关规定进行定期检查,以确保其安全运行。

(2) 检验内容:检验内容包括锅炉压力容器的结构、材料、制造质量、安全附件、管道连接与布置、热交换器性能等。

(3) 检验方法:根据实际情况和检验内容,可采用外观检查、内窥镜检查、压力测试、焊缝无损检测、壁厚测量、无损检测、压力试验等方法进行检验<sup>[7]</sup>。

### (二) 锅炉压力容器检验

(1) 外部检查:对锅炉压力容器的外观、结构、连接等进行检查,以确保其完整性和安全性。

(2) 内窥镜检查:通过内窥镜对容器内部进行检查,以发现裂纹、夹渣、气孔等缺陷。

(3) 压力测试:通过加压试验对容器的承压能力进行检查,以确定其是否满足工作压力的要求。

(4) 焊缝无损检测:采用射线探伤、超声波探伤等方法对焊缝进行无损检测,以发现焊接缺陷。

### (三) 管道检验

(1) 外观检查:对管道的外观、结构、连接等进行检查,以确保其完整性和安全性<sup>[8]</sup>。

(2) 壁厚测量:通过测量工具对管道壁厚进行测量,以确定其是否满足设计要求。

(3) 无损检测:采用射线探伤、超声波探伤等方法对管道进行无损检测,以发现焊接缺陷和其他损伤。

(4) 压力试验:通过加压试验对管道的承压能力进行检查,以确定其是否满足工作压力的要求。

### (四) 安全附件检验

(1) 安全阀校验:对安全阀的开启压力、密封性等进行检查和校验,以确保其灵敏度和可靠性。

(2) 压力表校验:对压力表的准确度进行检查和校验,以确保其测量压力的准确性。

(3) 水位计校验:对水位计的准确度进行检查和校验,以确保其测量水位的准确性。

### (五) 环境条件与设备状态检验

(1) 环境条件记录:记录锅炉压力容器及管道的运行环境条件,如温度、湿度等,以评估其对设备性能的影响<sup>[9]</sup>。

(2) 设备状态检查:对设备的运行状态进行检查,以确定其是否正常运行。

### (六) 人员资质与操作规范检验

(1) 人员资质审查:对操作锅炉压力容器及管道的人员进行资质审查,以确保其具备必要的安全操作知识和技能。

(2) 操作规范检查:对操作人员的操作规范进行检查,以评估其操作是否符合安全规定。

### (七) 报告与记录管理

(1) 检验报告编制:根据检验结果编制检验报告,详细记录检验内容、方法、结果等信息。

(2) 记录管理:建立完善的记录管理制度,对检验结果进行分类整理和保存,以便于后续查询和分析。

### (八) 特殊情况处理

#### 1. 检验计划调整

在检验过程中,可能会遇到需要调整检验计划的情况。这可能包括更改检验流程、修改检验项目或调整检验时间等。在遇到这种情况时,应首先确保检验工作的安全性和可行性。调整计划时,要充分考虑设备状况、安全要求、检验精度等因素,并经过专业人员的评估和批准<sup>[10]</sup>。同时,要对相关人员进行及时通知,确保所有人都了解并遵循新的检验计划。

#### 2. 高温高压操作

在锅炉压力容器及管道检验过程中,有时需要在高温高压环境下进行操作。这增加了操作的危险性和难度。在遇到这种情况时,应采取以下措施:确保操作人员具备相应的专业知识和技能,能够正确操作设备并处理突发情况;对设备进行细致的检查,确保其处于良好的工作状态,防止出现泄漏或其他故障;在操作过程中,应严格遵守相关的安全规定和操作规程,确保人员和设备的安全;在操作完成后,要对设备进行全面的检查和维护,确保其正常运转并防止出现隐患。

#### 3. 危险介质泄漏

在锅炉压力容器及管道检验过程中,可能会遇到危险介质泄漏的情况。这可能包括有毒气体、易燃易爆物质等。在遇到这种情况时,应采取以下措施:立即停止检验操作,迅速撤离现场,并通知相关人员进行处理;采取紧急措施防止泄漏扩大,如关闭阀门、使用吸收材料等;对泄漏现场进行安全评估,确定是否需要通风、照明等辅助措施;在处理完泄漏后,要重新进行安全检查,确保设备和人员安全后再继续检验。



#### 4. 设备故障停机

在锅炉压力容器及管道检验过程中，可能会遇到设备故障停机的情况。这可能是由于机械故障、电气故障或其他原因引起的。在遇到这种情况时，应采取以下措施：立即停止检验操作，切断设备电源，并检查故障原因；在进行故障排除时，要遵循安全操作规程，确保人员和设备的安全；在故障排除后，要对设备进行全面的检查和维护，确保其正常运转并防止出现隐患；在继续进行检验前，要对设备进行安全评估，确保其满足检验要求。

#### 5. 检验人员安全保护

在锅炉压力容器及管道检验过程中，必须始终重视检验人员的安全保护。应采取以下措施：检验人员必须经过专业培训并取得相应的资格证书，熟悉并能正确使用安全设备和工具；在进行检验前，要对设备进行全面的检查，确保其处于安全状态，同时要了解并评估设备的危险性和注意事项；在检验过程中，要严格遵守相关的安全规定和操作规程，不得随意触碰危险部位或进行危险操作；在遇到危险情况时，要及时采取措施保障人员安全，并及时通知相关人员进行处理；在完成检验后，要对设备进行全面的检查和维护，确保其正常运转并防止出现隐患，同时也要对现场进行清理和检查，确保没有留下安全隐患。

### 三、案例分析

#### (一) 设备简介

本次检验的设备为锅炉压力容器及管道系统，主要用于热电厂和工业生产过程中的热能转换。设备的主要组成部分包括锅炉、压力容器和管道。锅炉通过燃烧燃料产生热能，压力容器用于储存和处理高温高压的蒸汽，管道则负责将热能从锅炉输送到压力容器或用户端。

#### (二) 检验标准

本次检验的标准主要依据国家相关法规和行业标准，包括《锅炉压力容器安全监察条例》《压力管道安全技术监察规程》等。同时，也参考了设备制造商提供的相关技术文件和操作手册。

#### (三) 检验流程

检验流程如下：根据设备的运行状况和维修记录，制定详细的检验计划；根据检验计划，准备相应的工具和设备，如检测仪器、防护用品等；对锅炉、压力容器和管道进行外观检查，查看是否存在明显的损伤或异常；使用检测仪器对设备进行无损检测，如超声波检测、射线检测等；对检测结果进行记录和分析，找出存在的问题；根据检测结果出具检验报告，提出改进措施和建议。

#### (四) 检验方法

本次检验采用以下方法：观察设备的外观是否存在裂纹、变形、磨损等现象；采用超声波检测、射线检测等方法，对设备内部进行无损检测；使用测厚仪对设备的壁厚进行测量，检查是否存在减薄现象；在设备运行过程中，对设备的运行参数进行监测和记录。

#### (五) 检验结果

经过检验，发现设备存在以下问题：锅炉内部存在一定程度

的腐蚀和磨损；压力容器的部分焊缝存在裂纹现象；管道连接处存在漏气现象；部分设备的壁厚减薄。

#### (六) 问题分析

问题分析如下：锅炉内部的腐蚀和磨损可能是由于长时间使用和水质问题导致的；压力容器的裂纹可能是由于焊接工艺不当或材料质量问题引起的；管道连接处漏气可能是由于密封材料老化或安装质量问题造成的；部分设备的壁厚减薄可能是由于长期使用和维护不当导致的。

#### (七) 改进措施

针对以上问题，提出以下改进措施：对锅炉内部进行清理和修复，改善水质，加强日常维护和检查；对压力容器进行全面检查，修复裂纹部位，加强焊接工艺控制和材料质量监管；更换管道连接处的密封材料，加强安装质量监管和维护保养；对壁厚减薄的设备进行更换或加强日常维护和检查。同时，加强设备运行过程中的监控和记录，及时发现问题并进行处理。

### 四、总结

锅炉压力容器及管道检验技术是保证工业生产安全的重要环节，其应用范围广泛，涉及多个领域和方面。通过对设备的外观、几何尺寸、材质、内部结构和强度等方面进行检测和评估，可以有效地提高设备的安全性能和质量水平，预防安全事故的发生。同时，加强检验人员的专业素养和技能水平，规范操作流程和标准，也是提高检验工作质量和效率的重要手段。未来随着工业生产的不断发展和技术进步，锅炉压力容器及管道检验技术将会不断得到完善和创新，为工业生产的安全和稳定提供更加可靠的保障。

### 参考文献

- [1] 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(7).
- [2] 陈哲勇. 压力容器检验中无损检测技术的应用 [J]. 中国科技纵横, 2021, (12).
- [3] 姚俊峰. 锅炉和压力容器及压力管道检验中裂纹问题探讨 [J]. 设备管理与维修, 2023, (02):94-95.
- [4] 高聪. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题分析 [J]. 中国设备工程, 2022, (19):158-160.
- [5] 郑于贤. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题 [J]. 化学工程与装备, 2022, (09):270+269.
- [6] 郭素琴. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题研究 [J]. 中国新技术新产品, 2022, (14):79-81.
- [7] 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.
- [8] 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, (06):164-165.
- [9] 赵晓钧. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题研究 [J]. 中国设备工程, 2022, (06):180-181.
- [10] 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.