

# 金属特种设备的检测与维护技术研究

李雨欣

河北省特种设备监督检验研究院承德分院 河北 承德 067000

**摘要:** 金属特种设备因其结构复杂、工作环境恶劣,易产生应力集中,导致断裂、疲劳破坏等问题。本文研究金属特种设备的检测与维护技术,重点探讨无损检测方法如金属磁记忆检测、射线检测、涡流检测等的应用,以及维护策略的制定。旨在通过科学检测与维护,提前发现设备隐患,延长使用寿命,确保设备运行安全,为工业生产提供有力保障。

**关键词:** 金属特种设备;检测;维护技术

引言:金属特种设备在工业生产中扮演着至关重要的角色,其安全性和可靠性直接关系到生产效率和人员安全。随着科技的不断发展,对金属特种设备的检测与维护技术提出了更高要求。本研究旨在深入探讨当前金属特种设备的检测技术和维护策略,分析其优缺点,以期探索出更加高效、智能的检测与维护方法,为金属特种设备的运行安全提供有力保障,促进工业生产的持续健康发展。

## 1 金属特种设备概述

### 1.1 定义与分类

金属特种设备是指那些涉及生命安全、危险性较大的金属制设备,主要包括锅炉、压力容器、电梯和起重机械等主要类型。这些设备在工业生产和日常生活中起着至关重要的作用,但由于其特殊的性能和用途,一旦发生故障或事故,往往会造成严重的人身伤害和财产损失。锅炉是一种利用燃料燃烧或电能等能源,将工质加热到一定温度和压力的特种设备。压力容器则是一种能够承受内部或外部压力,用于储存、运输或处理各种气体的密闭容器。电梯则是一种用于垂直或倾斜角度小于 $15^{\circ}$ 的刚性轨道上,运送乘客或货物的机电设备。起重机械则是一种用于垂直升降或垂直升降并水平移动重物的机电设备,广泛应用于各种工业场合。

### 1.2 金属特种设备的工作原理与结构特点

#### 1.2.1 基本工作原理

(1) 锅炉:通过燃烧燃料或利用电能等能源,将工质(如水)加热到高温高压状态,从而产生蒸汽或热水,用于发电、供暖或工艺过程。(2) 压力容器:利用容器的密闭性和承压能力,储存、运输或处理各种气体,确保气体在特定条件下保持稳定和安全。(3) 电梯:利用曳引系统或液压系统等动力装置,使轿厢在垂直或倾斜轨道上运动,实现乘客或货物的运送。(4) 起

重机械:通过起升机构、运行机构、变幅机构等工作机构的组合运动,完成重物的位移和搬运。

#### 1.2.2 设备结构对安全性和维护的影响

金属特种设备的结构特点对其安全性和维护有着重要影响。例如,锅炉和压力容器的结构必须能够承受高温高压和介质的腐蚀,同时确保其密封性和稳定性。电梯和起重机械的结构则需要保证运动部件的精度和可靠性,以及安全防护装置的完备性。这些结构特点都直接影响到设备的安全性和维护难度。

## 2 金属特种设备的检测技术

### 2.1 无损检测技术(NDT)

(1) 超声检测(UT)。利用超声波在材料中传播时遇到不同界面会产生反射、折射或波型转换的特性,通过接收和处理这些信号来评估材料的内部结构和缺陷。超声检测广泛应用于锅炉、压力容器、管道等金属结构的焊缝、母材及热影响区的缺陷检测。它能够有效检测裂纹、气孔、夹杂物等多种缺陷。优点是检测速度快、定位准确、对人体无害且易于实现自动化;缺点是易受材料表面粗糙度和形状的限制,且对缺陷方向性敏感,可能导致某些缺陷被漏检。(2) 射线检测(RT)。射线检测利用X射线或 $\gamma$ 射线穿透材料,由于材料内部结构的密度和厚度差异,射线在穿透过程中会被不同程度地吸收和散射。通过检测穿透后的射线强度,可以推断出材料内部的结构和缺陷情况。射线检测适用于检测金属特种设备内部的结构和缺陷,如焊缝中的气孔、夹渣等。它特别适用于检测体积型缺陷,如气孔和夹杂物。(3) 磁粉检测(MT)。磁粉检测利用磁场和磁粉的相互作用来检测铁磁性材料表面和近表面的缺陷。当铁磁性材料被磁化后,表面和近表面的缺陷处会产生漏磁场,磁粉在漏磁场的作用下聚集形成可见的磁痕,从而揭示缺陷的位置和形状。磁粉检测主要用于检测铁磁性材料的

表面和近表面缺陷,如裂纹、折叠等。它广泛应用于锅炉、压力容器、管道等金属特种设备的制造和维修过程中<sup>[1]</sup>。(4) 渗透检测(PT)。渗透检测利用含有荧光或着色染料的渗透剂在材料表面的毛细作用下,渗透到表面开口缺陷中。通过清洗去除表面多余的渗透剂后,施加显像剂使缺陷中的渗透剂重新吸附到材料表面形成可见的显示,从而检测缺陷的形貌和分布状态。渗透检测适用于检测各种非多孔性材料的表面开口缺陷,如裂纹、气孔、折叠等。它特别适用于检测金属特种设备表面开口的微小缺陷。(5) 目视检测(VT)。目视检测是最简单且最常用的无损检测方法之一,它利用人的视觉设备直接或间接观察材料表面的状况。目视检测广泛应用于金属特种设备的制造、安装和使用过程中,用于检查表面的裂纹、腐蚀、磨损等缺陷。尽管其检测精度较低,但作为一种快速、直观的检测方法,它在实际应用中具有重要的地位。

## 2.2 其他先进检测技术

(1) 声发射在线检测技术。声发射检测是通过捕捉材料内部快速释放能量的声发射信号,来分析材料的内部缺陷或结构变化。它特别适用于在线监测大型储罐底板的腐蚀情况。声发射在线检测技术能够实时监测储罐底板的腐蚀程度和发展趋势,为储罐的安全运行提供重要保障。(2) 漏磁检测技术。漏磁检测技术利用铁磁材料在磁化后,表面或近表面缺陷会导致磁力线泄漏出材料表面的现象。这些泄漏的磁力线可以被传感器捕捉,从而揭示缺陷的存在。漏磁检测技术尤其适用于对金属管道、储罐等大型设备的在线检测,特别是那些有防腐层覆盖的设备。由于无需清除防腐层,该技术大大提高了检测效率,降低了检测成本。(3) 爬壁机器人自动测厚技术。爬壁机器人自动测厚技术结合了超声波测厚技术和机器人技术。机器人携带超声波测厚仪,能够沿着金属壁面爬行,对设备的壁厚进行连续、准确的测量。该技术特别适用于对大型金属储罐、管道等设备的壁厚进行在线、连续的监测,帮助及时发现壁厚减薄等潜在的安全隐患。(4) 微波无损检测技术。微波无损检测技术利用微波的穿透性和反射性,通过测量微波在金属表面和内壁的反射和透射特性,来评估材料的内部质量和缺陷。微波无损检测技术能够非接触式地检测金属材料的内部缺陷、腐蚀和厚度变化,特别适用于对复杂形状和难以接触的设备进行检测<sup>[2]</sup>。(5) 脉冲涡流检测技术。脉冲涡流检测技术利用电磁感应原理,通过在被测金属中激励脉冲电流,产生瞬态磁场,进而在金属中产生涡流。涡流与金属内部的缺陷相互作用,导致磁场的

变化,这些变化可以被传感器捕捉并用于分析缺陷。脉冲涡流检测技术特别适用于对金属设备的腐蚀检测,特别是那些有保温层覆盖的设备。该技术能够在不破坏保温层的情况下,对金属本体进行腐蚀检测。(6) 超声导波技术。超声导波是一种在固体介质中传播的超声波,它具有传播距离远、衰减小、对缺陷敏感等优点。通过激励超声导波在金属管道中传播,可以检测管道内部的缺陷。超声导波技术特别适用于对长距离、大口径的金属管道进行在线检测,帮助及时发现管道内部的裂纹、腐蚀等潜在缺陷。(7) 便携式光谱仪。便携式光谱仪利用光谱分析原理,通过测量金属材料的发射光谱或吸收光谱,可以确定其元素组成和含量。便携式光谱仪能够现场、快速地对金属材料进行成分分析,帮助判断材料的材质、热处理状态和合金化程度等,为金属特种设备的制造、维修和质量控制提供重要依据。

## 3 金属特种设备的维护技术研究

### 3.1 预防性维护策略

(1) 定期检查与保养。定期检查是确保设备安全的基础。这包括外观检查、功能测试、安全性能测试等多个方面。通过定期检查,可以及时发现设备的磨损、腐蚀、松动等迹象,并进行必要的清洁、润滑、紧固等保养工作。例如,对压力容器进行壁厚测量,确保其在设计压力下的安全性;对锅炉进行热效率测试,确保其燃烧效率和排放达标。同时,建立详细的维护记录,有助于追踪设备状态,为后续维护提供数据支持。(2) 设备状态监测与故障预警。随着物联网、大数据等技术的发展,设备状态监测与故障预警成为可能。通过安装传感器,实时监测设备的振动、温度、压力等关键参数,结合数据分析算法,可以预测设备的健康状况和剩余寿命。一旦检测到异常数据,立即触发预警系统,提醒维护人员采取措施,避免故障发生。这种技术不仅提高了维护效率,还降低了因突发故障导致的损失<sup>[3]</sup>。

### 3.2 维修与更换技术

(1) 损坏部件的维修与更换方法。针对不同类型的损坏,如裂纹、腐蚀、磨损等,需要采取不同的维修方法。对于轻微损坏,如表面裂纹,可以采用焊接、打磨等方法进行修复;对于严重损坏或无法修复的部件,则需要进行更换。在更换过程中,确保新部件与旧部件的兼容性,以及安装过程的精确性至关重要。同时,对维修或更换后的部件进行性能测试,确保其满足设计要求。(2) 新材料与焊接技术在维修中的应用。随着材料科学的发展,新材料如高强度钢、耐腐蚀合金等在金属特种设备维修中得到广泛应用。这些新材料不仅提高了

设备的力学性能,还增强了其耐腐蚀性。在焊接方面,激光焊、搅拌摩擦焊等先进焊接技术不仅提高了焊接质量,还减少了焊接变形和裂纹等缺陷。这些新材料和焊接技术的应用,大大延长了设备的使用寿命,提高了其安全性和可靠性。

### 3.3 设备寿命管理与延长

(1) 基于检测数据的寿命预测。通过分析设备的历史检测数据,结合设备的使用环境、操作方式等因素,可以建立设备的寿命预测模型。该模型能够预测设备的剩余寿命,为制定维护计划和更换策略提供依据。通过定期更新检测数据,不断优化预测模型,提高预测的准确性和可靠性<sup>[4]</sup>。(2) 提高设备耐腐蚀性与抗疲劳性的方法。为提高设备的耐腐蚀性和抗疲劳性,可以采取多种措施。例如,对设备进行表面处理,如喷涂防腐涂料、电镀等,以提高其耐腐蚀性;优化设备设计,减少应力集中,提高材料的利用率;采用先进的热处理工艺,改善材料的微观组织,提高其抗疲劳性能。同时,加强设备的日常维护,及时发现并处理潜在问题,也是延长设备寿命的有效途径。

## 4 金属特种设备检测与维护的挑战与对策

### 4.1 技术挑战

(1) 检测技术的局限性。尽管现代无损检测技术已经取得了显著进步,但仍存在一些局限性。例如,超声检测可能受到材料结构复杂性和缺陷方向性的影响,导致检测灵敏度降低;射线检测可能对人体有害,且对设备几何形状有限制。针对这一挑战,应持续研发和改进检测技术,提高检测精度和效率,同时探索多种检测技术的综合应用,以弥补单一技术的不足。(2) 复杂结构与特殊材料的检测难题。金属特种设备往往具有复杂的结构和采用特殊材料制造,这给检测带来了巨大挑战。复杂结构可能导致检测盲区,而特殊材料可能对某些检测技术不兼容。为解决这一问题,需要开发针对复杂结构和特殊材料的专用检测技术,如采用先进的传感器和数据处理技术,提高检测的全面性和准确性。

### 4.2 人才挑战

(1) 专业检测与维护人才的缺乏。随着金属特种设备行业的发展,对专业检测与维护人才的需求日益增加。然而,目前市场上这类人才相对匮乏,导致检测与

维护工作难以高效开展。为解决这一问题,应加强人才培养力度,通过高等教育、职业培训等方式,培养更多具备专业知识和实践技能的专业人才。(2) 人员培训与技能提升需求。随着技术的不断进步和设备的更新换代,现有检测与维护人员需要不断接受培训和技能提升,以适应新的工作需求。企业应建立完善的培训体系,定期组织内部培训和外部交流,提高人员的专业技能和综合素质。

### 4.3 管理挑战

(1) 检测与维护标准的统一与监管。金属特种设备的检测与维护涉及多个标准和规范,不同地区和部门可能存在差异,给管理带来不便。为解决这一问题,应推动检测与维护标准的统一化,建立全国性的监管体系,确保检测与维护工作的规范性和有效性。(2) 智能化、自动化技术在管理中的应用。随着智能化、自动化技术的快速发展,其在金属特种设备检测与维护管理中的应用日益广泛。然而,如何有效整合这些技术,提高管理效率和准确性,仍是一个挑战。企业应积极探索智能化、自动化技术的应用场景,如利用大数据、物联网等技术,建立智能检测与维护管理系统,实现检测与维护工作的数字化、智能化。

### 结束语

综上所述,金属特种设备的检测与维护技术是确保设备安全运行的关键。本文在分析现有检测技术和维护策略的基础上,提出了一系列创新性的思路和方法。未来,我们期待更多先进的检测技术和维护理念能够不断涌现,共同推动金属特种设备检测与维护技术的发展,为工业生产的安全与高效提供坚实的技术支撑和保障。

### 参考文献

- [1]程炜.金属特种设备的检测与维护技术研究[J].中国金属通报,2023,(11):120-121.
- [2]彭俊,王洋,赵伟.金属特种设备的检测与维护技术分析[J].建筑技术科学,2024,(07):73-74.
- [3]付啸宇.特种设备无损检测技术的应用分析[J].建筑技术科学,2020,(05):50-51.
- [4]厉见霞.金属磁记忆检测技术在特种设备中的应用[J].建筑技术科学,2024,(04):38-39.