

# 承压类特种设备检验中的硬度检测分析

鲁 宁

江苏省特种设备安全监督检验研究院 江苏 南京 211500

**摘要:** 通过深入探讨硬度检测在压力容器中的应用,特别是在热处理后的重要性。硬度作为评估材料力学性能的关键指标,在压力容器制造与运行中占据核心地位。热处理通过改变材料微观结构影响其硬度,而热处理后的硬度检测则确保工艺效果与材料性能的达标。文章强调硬度检测在验证热处理效果、保障设备安全方面的关键作用,并提出检测过程中需注意的事项,为压力容器行业提供重要参考。

**关键词:** 承压类特种设备; 检验; 硬度检测

## 1 承压类特种设备综述

承压类特种设备作为工业生产与日常生活中不可或缺的重要设备,其安全性与稳定性直接关系到人员安全、环境保护及生产效率。这类设备主要包括锅炉、压力容器、压力管道及气瓶等,它们共同特征在于需承受内部或外部流体压力,工作环境复杂多变。锅炉作为能量转换的关键设备,通过燃烧产生蒸汽或热水,广泛应用于供暖、发电及工业生产中;压力容器则广泛应用于石油、化工、制药等领域,用于储存或反应高压介质;压力管道则像动脉般贯穿于各类工业系统,输送气体或液体;而气瓶作为便携式的压力容器,在医疗、科研、消防等领域发挥着重要作用。承压类特种设备的安全管理至关重要,需严格遵守国家相关法律法规,实施定期检验、维护保养及人员培训,以预防事故发生。随着科技进步,智能化监控系统的应用不断提升了设备的安全管理水平,确保了承压类特种设备的安全、高效运行。

## 2 特种设备的特殊性

目前特种设备事故预防手段主要为国家的法定检验和责任主体单位的自检,以及监察机构的不定期抽查。法定检验又分成制造、安装、改造、重大修理、移装时的监督检验和周期性的定期检验。自检可以是检验能力的企业自查或者委托第三方进行检测。上述的检验或者检测可以在一定程度上发现隐患,并通过整改来消除或者降低风险。但是这种模式存在以下几方面的弊端:(1)在特定时段或者出现特殊事件时,风险的动态变化没有被考虑进来。比如某地区的9月份为台风高发期,但是上述的检验检测周期可能避开了这个时间或者事件<sup>[1]</sup>。(2)不同状态下,相同隐患导致事故后果的严重性是不同的。比如正常情况下,电梯的安全装置都是冗余设计的,不太可能出现两种以上安全装置同时失效的情况。但是当电梯使用年限达到15年以上时,很多零

部件都存在老化磨损的情况,需要及时的更换和维修,可能会出现多个零部件同时失效的情况。

## 3 承压类特种设备检验中的硬度检测分析

### 3.1 洛氏硬度测试法

承压类特种设备在检验过程中,硬度检测是一项至关重要的环节,它直接关联到设备材料的强度、耐磨性及使用寿命。洛氏硬度测试法作为常用的硬度检测方法之一,在承压类特种设备检验中发挥着重要作用。洛氏硬度测试法通过特定的压头和试验力,在试样表面产生一个压痕,并根据压痕的深度来评定材料的硬度。这种方法具有操作简单、测量范围广、结果准确可靠等优点,特别适用于大型、重型或不易移动的承压类特种设备。在承压类特种设备检验中,洛氏硬度测试法常用于检测设备的主体材料、焊缝及其热影响区等关键部位的硬度值。通过对比分析测试结果与材料标准或设计要求,可以评估设备材料的性能变化,及时发现潜在的质量问题或安全隐患。洛氏硬度测试法在承压类特种设备检验中具有重要意义,它不仅能够确保设备的安全运行,还能为设备的维护保养和升级改造提供有力的技术支持。

### 3.2 超声波检测技术的应用

承压类特种设备检验中的硬度检测分析,除了传统的机械测试方法外,超声波检测技术也逐渐展现出其独特的优势。超声波检测技术利用超声波在材料中的传播特性,通过测量超声波在材料中的传播速度、衰减或反射等参数,来间接评估材料的硬度状态。在承压类特种设备中,材料的硬度与其内部组织结构、晶粒大小、缺陷分布等密切相关,这些因素都会影响超声波的传播特性,通过超声波检测技术,可以非接触、无损地获取设备材料的硬度信息,避免了传统方法可能带来的破坏性和局限性。超声波检测技术在硬度检测中的应用,不仅

提高检测的效率和准确性，还降低对设备本身的影响。它能够快速扫描设备的整个检测区域，及时发现硬度异常区域，为后续的维护和修复工作提供精准定位。超声波检测技术还具有灵活性高、适应性强等优点，能够适用于不同材质、不同形状和尺寸的承压类特种设备<sup>[2]</sup>。

### 3.3 渗透检测技术

在承压类特种设备检验的硬度检测分析中，虽然渗透检测技术本身并不直接用于硬度的量化测量，但它在检测与硬度变化相关的缺陷方面发挥着重要作用，从而间接辅助硬度评估。渗透检测技术，作为一种非破坏性检测手段，主要利用液体渗透剂对设备表面微小开口缺陷（如裂纹、气孔、夹渣等）的渗透性和显像剂的吸附作用，来揭示这些缺陷的存在。这些缺陷往往与材料的加工质量、热处理状态及使用过程中产生的应力集中、疲劳损伤等因素有关，而这些因素又可能间接影响材料的硬度性能。例如，如果承压类特种设备在制造或运行过程中因应力集中而产生了微裂纹，这些裂纹的存在会削弱材料的承载能力，并可能导致局部硬度发生变化。通过渗透检测技术及时发现并定位这些缺陷，可以指导后续的修复或加固工作，从而保障设备的整体硬度和安全性能。在承压类特种设备检验中，渗透检测技术虽然不是直接用于硬度检测的工具，但它对于发现与硬度变化相关的缺陷、评估设备的整体健康状况以及制定针对性的维护策略具有重要意义。

### 3.4 红外线探伤技术的应用

在承压类特种设备检验的硬度检测分析中，红外线探伤技术虽然不直接测量材料的硬度值，但它却通过检测材料表面的温度分布差异，为评估材料的微观结构和潜在的硬度变化提供了重要的间接信息。红外线探伤技术利用物体表面发射的红外线辐射能量与其温度直接相关的原理，通过红外热像仪捕捉并显示设备表面的温度场分布。当承压类特种设备中存在硬度不均或内部缺陷时，这些区域往往会因为材料性质、应力状态或热传导性能的差异而导致局部温度异常。例如，硬度较低的区域可能更容易发生塑性变形，从而在加载或使用过程中产生局部温升；而内部缺陷（如裂纹、夹杂物）则可能阻碍热量的均匀传递，形成“热点”或“冷斑”。通过红外线探伤技术对这些温度异常区域的检测和分析，可以初步判断设备材料内部是否存在硬度不均或潜在缺陷，并为进一步的硬度检测或结构分析提供线索，该技术还具有非接触、快速、大面积扫描等优点，特别适用于对承压类特种设备进行初步筛查和快速评估<sup>[3]</sup>。

### 3.5 射线检测技术

在承压类特种设备检验的硬度检测分析中，射线检测技术作为一种先进的无损检测方法，扮演着至关重要的角色。该技术通过利用X射线、 $\gamma$ 射线等穿透性强的射线束，对承压类特种设备的内部结构和材质进行非接触式的扫描和检测，从而揭示出与硬度变化密切相关的内部缺陷、组织结构和材料性质等信息。硬度作为材料力学性能的重要指标之一，其变化往往与材料内部的组织结构、相变、缺陷等因素紧密相关。射线检测技术能够穿透设备的外壳，直接观察到材料内部的微观结构，包括晶粒大小、位错密度、析出物分布等，这些信息对于理解材料的硬度特性具有重要意义。通过对比不同区域的射线检测结果，可以分析出材料内部硬度的均匀性、是否存在局部软化或硬化区域，以及这些区域与设备运行状态、应力分布之间的关联。射线检测技术还能有效检测出与硬度变化相关的内部缺陷，如裂纹、气孔、夹杂物等。这些缺陷不仅会降低材料的硬度，还会对设备的整体强度和安全性产生严重影响。通过射线检测，可以精确定位这些缺陷的位置、形状和大小，为后续的修复或更换工作提供重要依据。在射线检测技术的应用过程中，需要特别注意射线的辐射防护和安全操作。同时为了提高检测的准确性和可靠性，还需要结合其他无损检测方法（如超声波检测、磁粉检测等）进行综合分析和判断。射线检测技术在承压类特种设备检验中的硬度检测分析中发挥着不可替代的作用。它不仅能够揭示出材料内部的微观结构和缺陷信息，为评估材料的硬度特性提供重要依据；还能够及时发现并定位与硬度变化相关的潜在问题，为保障设备的安全运行提供有力支持。

## 4 硬度检测在压力容器中的应用

### 4.1 压力容器运行中的硬度检测

硬度检测在压力容器中的应用，尤其是在其运行阶段，是确保设备安全、可靠运行不可或缺的一环。压力容器作为承压类特种设备的重要组成部分，广泛应用于石油、化工、能源、制药等众多领域，其内部承载着高温、高压、腐蚀性介质，工作环境极为恶劣。对压力容器的材质进行定期或不定期的硬度检测，对于及时发现材质劣化、评估设备寿命、预防事故发生具有重要意义。在运行中的压力容器进行硬度检测，主要目的是监测材质在长期使用过程中的性能变化。随着使用时间的增长，压力容器可能会受到介质腐蚀、应力集中、疲劳损伤等多种因素的影响，导致材质硬度发生变化。硬度的降低可能意味着材料强度的减弱，从而增加设备失效的风险。通过硬度检测，可以及时发现这些潜在问题，并采取相应的措施进行处理，如更换部件、调整工艺参

数或加强监测频率等,以确保压力容器的安全运行。硬度检测在压力容器运行中的应用,通常采用便携式硬度计进行现场测试。这种测试方法具有操作简便、结果直观、对设备影响小等优点。测试时,检测人员会在压力容器的关键部位(如焊缝、热影响区、易腐蚀区域等)选取一定数量的测试点,利用硬度计对测试点进行压痕测量,并根据测量结果评估材质的硬度状况。为了更全面地了解材质的性能变化,还可以结合其他无损检测技术(如超声波检测、射线检测等)进行综合分析和判断,硬度检测在压力容器运行中的应用还具有一定的灵活性<sup>[4]</sup>。根据设备的实际运行状况和检测需求,可以制定不同的检测计划和周期。硬度检测在压力容器运行中的应用是确保设备安全、可靠运行的重要手段之一。通过定期或不定期的硬度检测,可以及时发现材质劣化、评估设备寿命、预防事故发生,为压力容器的安全运行提供有力保障。

#### 4.2 压力容器热处理后的硬度检测

硬度检测在压力容器中的应用极为广泛,尤其是在压力容器热处理之后,其重要性更是不言而喻。热处理作为压力容器制造过程中不可或缺的关键环节,通过加热、保温和冷却等工艺手段,旨在改善材料的力学性能、消除焊接残余应力、细化晶粒结构,从而提高压力容器的整体质量和使用寿命。而热处理后的硬度检测,则是验证热处理效果、确保材料性能达到预期要求的重要手段。硬度作为材料力学性能的一个重要指标,与材料的强度、韧性、耐磨性等密切相关。在压力容器热处理过程中,材料的硬度会发生显著变化。例如,退火处理可以降低材料的硬度,提高韧性;淬火处理则可以使材料表面迅速冷却,形成高硬度的马氏体组织,从而提高材料的硬度和耐磨性,热处理后的硬度检测对于评估热处理工艺是否合理、材料性能是否达标具有重要意义。在进行热处理后的硬度检测时,需要严格按照相关标准和规范进行操作<sup>[5]</sup>。首先,应选择具有代表性的检测区域,如焊缝、热影响区、母材等关键部位。其次,采用合适的硬度计进行测量,确保测量结果的准确性和可

靠性。同时还需要注意检测时的环境条件,如温度、湿度等,以避免外界因素对检测结果的影响。通过硬度检测,可以直观地了解压力容器材料在热处理后的硬度变化情况。如果检测结果与预期要求相符,说明热处理工艺合理、材料性能达标;如果检测结果与预期要求存在偏差,则需要进一步分析原因,采取相应的措施进行调整或修复。例如,如果检测发现焊缝区域的硬度过高,可能是由于淬火温度过高或冷却速度过快导致的,此时需要调整热处理工艺参数,降低淬火温度或延长冷却时间,以改善焊缝区域的性能。硬度检测在压力容器热处理后的应用具有重要意义。它不仅验证热处理效果、确保材料性能达到预期要求,还可以为后续的制造工艺和使用维护提供重要参考依据。在压力容器制造和使用过程中,应高度重视热处理后的硬度检测工作,确保压力容器的安全、可靠运行。

#### 结束语

硬度检测作为压力容器质量控制的关键环节,不仅关乎设备的安全运行,也直接影响到生产效率和经济效益。随着技术的不断进步和标准的日益严格,未来硬度检测在压力容器领域的应用将更加广泛和深入。期待通过不断优化检测方法、提高检测精度,为压力容器行业提供更加可靠、高效的技术支持,共同推动行业的持续健康发展。

#### 参考文献

- [1]薛庆,李娟,刘丽梅,陈树芳.特种设备数据集成技术与平台研发[J].信息技术与信息化,2020(12):44-47.
- [2]马琳,宋文彬,马苏苏,苏丹.电梯安装监督检查过程中的问题研究[J].设备管理与维修,2020(24):23-24.
- [3]廖博群.基于化工工艺条件的承压类特种设备检验[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(24):41-43.
- [4]张磊.硬度检测在承压类特种设备检验中的应用[J].设备管理与维修,2021(19):152-153.
- [5]黄维生.承压类特种设备无损探伤技术及运用研究[J].清洗世界,2021,37(08):64-65.