

压力容器和压力管道检测中无损检测技术的应用研究

李 伟 (华阳集团 (山西) 碳基合成材料咨询有限公司, 山西 太原 030021)

摘要: 本研究针对无损检测技术在压力容器和压力管道检验中的应用进行了深入探讨。文章详细剖析了无损检测技术的选用原则及其具体应用, 包括磁粉探伤法、超声波导波法、射线探测法和渗透率测定法等。这些技术在确保压力容器和压力管道的安全性和完整性方面发挥着重要作用。同时, 本文也强调了无损检测技术与破坏性测试的互补性, 以及针对不同材料和缺陷类型选择合适无损检测方法的重要性。通过本研究, 旨在为压力容器和压力管道的安全检测提供更加有效的技术手段, 并推动无损检测技术在相关领域的应用与发展。

关键词: 压力容器; 无损检测; 方法; 标准

0 引言

在当今工业高速发展的时代背景下, 压力容器和压力管道作为工业生产中的核心组成部分, 承载着重要的工艺流程。这些设备常常运行在高压、高温甚至更为严苛的环境中, 因此其安全性和稳定性对于整个工业系统的正常运行至关重要。然而, 由于长期使用和外部环境因素的影响, 压力容器和压力管道可能会出现各种安全隐患, 如磨损、腐蚀、裂纹等, 这些问题若未能及时发现和解决, 将可能对工业生产造成严重的安全威胁。

为了有效预防和减少事故的发生, 无损检测技术在压力容器和压力管道的检测中得到了广泛的应用。无损检测技术能够在不破坏被检测对象的前提下, 通过对其内部结构和性能的有效评估, 及时发现潜在的安全问题。随着该技术的不断进步和应用, 压力容器和压力管道的检测变得更加精准和高效, 从而大大提高了工业生产的安全性。

因此, 本文将专注于探讨无损检测技术在压力容器和压力管道检测中的具体应用。将深入分析不同的无损检测方法, 如磁粉探伤、超声波检测、射线检测等, 并讨论其在实际应用中的优势和局限性。此外, 还将探讨如何根据不同的材料和缺陷类型选择合适的无损检测方法, 以提高检测的准确性和效率。通过本文的研究, 期望能为相关工业领域提供有益的参考和指导, 进一步推动无损检测技术在压力容器和压力管道检测中的应用和发展。

1 浅析压力容器无损检测的标准

1.1 无损检测的必要性

压力容器在使用过程中, 由于受到压力、温度、介质等多种因素的影响, 其材料性能和结构可能会发生变化, 甚至产生缺陷。若不及时发现并处理这些问

题, 可能会导致容器的失效, 甚至引发安全事故。因此, 按照既定的标准对压力容器进行无损检测, 是确保其安全运行的重要措施。

1.2 无损检测的标准

1.2.1 检验周期的确定

确定压力容器的检验周期是一个综合考虑多种因素的过程。首先, 需要明确容器的具体用途, 因为不同的使用场景会对容器的损耗速度和方式产生显著影响。例如, 频繁使用的压力容器相较于偶尔使用的容器, 其检验周期自然应更为频繁。另外, 容器的制造材料也是一个关键因素。不同的材料对压力、温度和介质的反应各不相同。一些高级合金或特种材料可能具有更好的耐腐蚀性和强度, 因此可以延长检验周期。

工作压力和工作温度是决定检验周期的另外两个核心要素。高压和高温环境下, 材料的疲劳和老化速度会加快, 这意味着需要更频繁地进行检验以确保安全。特别是当压力容器内充装的是高腐蚀性介质时, 这种情况下的检验周期应被大大缩短, 以防止因腐蚀导致的潜在泄漏或破裂。为了规范这一过程, 国家和行业制定了一系列相关标准和规范, 例如《固定式压力容器安全技术监察规程》等。这些规程为各类压力容器设定了明确的检验周期, 旨在确保容器的安全、可靠运行。

1.2.2 宏观检查

宏观检查在压力容器的无损检测中占据了举足轻重的地位。这一环节涉及对容器外观、整体结构以及各个关键部件的全面审视。特别是焊缝和法兰连接等关键部位, 任何微小的变形、裂纹或腐蚀都可能是安全隐患的前兆。

除了对容器主体的检查, 其附带的安全附件, 如压力表和安全阀, 也同样重要。这些附件的正常运行

直接关系到容器的安全性能。因此，在宏观检查中，必须对它们进行细致的检查，确保它们处于良好的工作状态。

1.2.3 无损检测

在压力容器的无损检测中，无损检测技术发挥着不可替代的作用。这种技术能够在不破坏容器结构的前提下，探测到容器内部可能存在的缺陷。目前，射线检测、超声波检测、磁粉检测和渗透检测是最常用的几种无损检测方法。这些方法各有优势，可以互补使用，以提高缺陷检测的准确性和全面性。但无论采用哪种方法，检测人员都必须严格按照相关规范进行操作，确保检测结果的可靠性和准确性。

1.2.4 耐压试验

耐压试验是验证压力容器在极端条件下能否保持安全性能的重要环节。在这一测试中，容器的压力会被提升到正常工作压力的1.25至1.5倍，以模拟可能出现的超压情况。在整个试验过程中，检测人员需要密切关注容器的各项性能指标，特别是变形和泄漏等异常情况。只有确保容器在耐压试验中表现稳定，才能对其在实际使用中的安全性有足够的信心。

1.2.5 厚度测量

由于压力容器的壁厚在使用过程中可能会因各种因素而逐渐减薄，因此定期的厚度测量至关重要。这一环节不仅能帮助了解容器的当前状态，还能预测其未来的使用寿命。在进行厚度测量时，应特别关注那些容易受到腐蚀或磨损的区域，如焊缝附近。通过对这些关键部位的精确测量，可以更准确地评估容器的整体性能和安全性。

1.2.6 化学分析和金相检验

对于由特殊材料制成的压力容器，如不锈钢和有色金属，还需要进行更为深入的化学分析和金相检验。这些检验方法能够揭示材料的内部结构和化学成分，从而为提供更全面的性能评估。通过这些专业的分析手段，可以及时发现材料中的潜在问题，如化学成分失衡或组织结构异常，进而采取相应的措施来确保容器的长期稳定运行。

2 压力容器和压力管道无损检测的方法概述

2.1 磁粉探伤法

磁粉探伤法，这一无损检测技术，凭借其独特的原理在工业检测领域占据了重要地位。其工作的基础是磁场感应原理，对于铁磁性材料尤为适用。当这类材料被置于强磁场中时，它们会被磁化。如果材料表

面或接近表面的地方存在某些不连续性，如裂纹、夹渣或其他缺陷，这些不连续的地方就会产生漏磁场。

为了可视化这些漏磁场，检测人员会在材料表面喷洒磁粉或采用悬挂磁粉的方式。在漏磁场的作用下，磁粉会被吸附并聚集在这些不连续处，形成清晰可见的磁痕。这些磁痕就像是缺陷的“指纹”，通过观察它们的形状、大小和位置，专业人员可以准确地判断出缺陷的类型、程度和具体位置。

磁粉探伤法的优点显而易见：它具有高灵敏度，能够捕捉到微小的缺陷；同时，其结果直观明了，便于分析；再者，操作过程相对简便，不需要复杂的设备或技术。正因如此，磁粉探伤法在压力容器、管道等铁磁性材料的无损检测中得到了广泛应用。

2.2 超声波导波法

超声波导波法是另一种高效的无损检测方法。它利用超声波在材料中传播的特性来探测和分析材料的内部结构和缺陷。在实际操作中，检测人员会向被测对象发射超声波，并接收其反射或透射回来的信号。

这些信号中蕴含了丰富的信息，如材料的内部结构、可能存在的缺陷以及材料的力学性能等。在压力容器检测中，超声波导波法展现出了其高精度和高效率的特点。它不仅可以用于检测壁厚、裂纹、腐蚀等缺陷，还能对材料的力学性能进行准确评估。特别是对于厚壁压力容器和复杂结构，超声波导波法更是展现出了其独特的优势。

2.3 射线探测法

射线探测法是一种利用射线穿透能力的无损检测方法。常用的射线包括X射线和 γ 射线。当这些射线穿透被测对象时，它们会与对象的内部结构发生相互作用。不同密度的材料对射线的衰减程度是不同的，通过精确测量和分析射线的衰减情况，可以推断出被测对象的内部结构、可能存在的缺陷以及材料的密度等信息。

在压力容器的检测中，射线探测法主要用于检测焊缝的质量、气孔、夹渣等体积型缺陷，同时还可以用于壁厚的测量。然而，这种方法也存在一定的局限性，即射线对人体有一定的辐射危害。因此，在使用射线探测法时，必须采取严格的安全防护措施，确保操作人员和周边环境的安全。

2.4 渗透率测定法

渗透率测定法，这一方法依赖于液体毛细管作用的原理来进行无损检测。在实际操作中，检测人员会

在被测对象的表面涂抹一种特殊的渗透剂。如果存在裂纹、气孔等不连续处，这些不连续处会导致渗透剂的异常渗透，从而形成可见的迹象。

通过分析这些迹象，可以判断出缺陷的类型和程度等信息。这种方法操作简便，成本相对较低，因此在压力容器等设备的表面缺陷检测中得到了广泛应用。然而，值得注意的是，渗透率测定法只能检测出表面开口的缺陷，对于内部缺陷或闭合性缺陷则无法检测出来。这也是该方法的一个主要局限性。

3 压力容器和压力管道无损检测应注意的问题

3.1 预检前准备工作的重要性

压力容器在各类工业生产中扮演着举足轻重的角色，因此，对其进行定期和全面的检查是确保其安全运行不可或缺的环节。特别是在使用高强度或易开裂的钢材制造的压力容器中，由于材料特性，容器在一定条件下可能会在微观结构上产生裂纹，这些裂纹若不及时发现和处理，将会导致容器失效，甚至引发安全事故。因此，在试验前，检验人员必须对容器的制造材料有深入的了解，认真阅读相关的生产文件和技术资料，特别是要了解材料的成分、机械性能、热处理状态等关键特性。只有这样，才能制定出科学合理的试验方案，确保检验结果的准确性和有效性。

3.2 集装箱检验前的表面处理

在对压力容器进行监控之前，对其表面进行适当地处理是至关重要的。检验人员需要仔细清理接触面上的锈蚀和氧化物，以确保检测结果的准确性。同时，对防腐涂层和容器漆层的护理工作也不容忽视，这不仅保护了容器的外观，还能延长其使用寿命。在检测之前，工作人员还需对焊缝两侧进行细致地打磨处理，以去除可能影响检测结果的其他物质。当打磨至金属光泽出现时，应立即停止打磨工作，以避免对后续的磁粉检测结果造成干扰。

3.3 磁粉探伤中的关键注意事项

磁粉探伤作为无损检测技术中的一种重要方法，在压力容器检验中具有广泛的应用。然而，在进行磁粉探伤时，检验人员需要注意几个关键问题。首先，应保证被测表面任意一条裂纹在反方向上均能形成垂直于其等效磁场的垂向分量，这是增强漏磁场效应的关键。反之，如果采用交叉磁轭固定分段检测，可能会导致被测面产生不同幅值和形状的磁痕，受旋转磁场的影响，各测点的灵敏度会下降，部分检测结果可能会变弱，从而影响检测结果的准确性。

此外，为了保证磁极和检测标志之间存在一定的接触间隙，使交叉磁场能够在检测容器的表面自由移动，检验人员需要保持一定的间距。这个间距必须限定在一个合理的范围内，既不能过大也不能过小。过大的间距会影响检测的灵敏度，而过小的间距则可能导致磁极与容器表面发生摩擦，影响检测结果的准确性。

4 压力容器和压力管道检测无损检测技术的发展趋势

随着科技的不断进步和工业需求的日益增长，无损检测技术也在不断发展与创新。以下是该技术未来的几个重要发展趋势：

4.1 仪器的综合集成技术

最初的压力容器和压力管道无损检测仪器往往只能实现单一的检测功能。然而，随着技术的发展和需求的变化，将多种检测技术结合在一起已成为可能。这种综合集成技术使得一台仪器能够同时实现多种检测手段，大大提高了检测效率和准确性。但值得注意的是，这些检测方法所获得的数据之间应保持独立性，以确保检测结果的客观性和可靠性。

4.2 功能模块的集成技术

功能模块集成技术是在仪器组合集成技术的基础上进一步发展而来的。它将不同检测手段的功能集成到同一个模块中，从而实现了对同一测试项目的比对和精确测量。此外，针对不同监测模式的共性功能，可以构建开放的数字处理信息平台，实现对通用部件如数据处理与信号控制等的有效集成。这种技术不仅提高了测量结果的精度，还有效地控制了测量误差，对推动无损检测技术的可持续发展具有重要意义。

4.3 机电一体化集成技术

随着无损检测技术的不断进步和应用领域的拓展，机电一体化技术也得到了相应的发展。机电一体化集成技术是一种将机电一体化、自动化控制、信息处理和云计算技术相结合的综合技术。这种技术的发展为自动化检测提供了新的可能性和方向。特别是以高新技术为先导的自动化检测技术已成为当前关注的焦点之一。其中，机电一体化集成技术的发展更是推动无损检测技术持续发展的重要方向之一。

5 结束语

目前，压力容器和压力管道无损检测技术已被广泛地应用于压力容器的检测中并取得了显著的成效。这种技术不仅能够实现对压力容器的准确、全面地检

测,而且对设备本身的性能没有任何影响。因此,相关人员应继续深入研究和探索无损检测技术的优势和应用潜力,以更好地满足工业生产对安全性和效率的需求。同时,随着科技的不断发展和创新,相信无损检测技术将在未来发挥更加重要的作用,为推动工业进步和社会发展作出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 邢谭芳,李越,邵玉龙.无损检测技术在压力容器和压力管道中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(14):59-61.
- [2] 程康,王保兴,徐海亮,等.浅析压力容器制造过程中的无损检测质量控制[J].中国质量监管,2023(12):104-105.
- [3] 谢亚武.浅析压力容器规则设计中的开孔补强设计[J].石化技术,2022,29(09):194-196.
- [4] 刘芳,轩福贞.基于ASME标准的高温压力容器

高温疲劳强度设计方法比较[J].压力容器,2017,34(02):14-20.

- [5] 车达.浅析压力容器的耐压试验与泄漏试验[J].化学工程与装备,2016(11):144-145.
- [6] 雷玉兰.新型无损检测技术在压力管道在线检测中的应用研究[J].科技资讯,2012,10(23):1-1.
- [7] 黄启人,杨达,李家兴,冯雪松,孔龙,白学刚.浅析红外热成像检测技术在压力容器和压力管道检测中应用[J].中国设备工程,2019(24):102-103.
- [8] 张路根.《磁记忆诊断技术在锅炉压力容器检测中的应用研究》课题通过国家质检总局鉴定[J].中国锅炉压力容器安全,2004,20(4):12-12.

作者简介:

李伟(1986-),男,山西太原人,汉族,机电一体化大专,过程装备与控制工程助工,研究方向:压力容器检验检测。



消除事故隐患 筑牢安全防线

一帽一戴
安全常在

筑牢安全防线 消除事故隐患

广告