

压力管道在线检测应用新型无损检测技术的分析

莫李珍（广西壮族自治区特种设备检验研究院，广西 百色 533000）

摘要：随着现代工业的发展，压力管道在工业生产和日常生活中扮演着至关重要的角色。然而，由于长期承受高压、高温以及腐蚀性物质的侵蚀，压力管道容易出现各种质量问题，如裂纹、腐蚀和泄漏等。这些问题不仅会影响管道的正常运行，还可能对环境和人身安全构成严重威胁。因此，对压力管道进行在线检测，及时发现并处理潜在的质量问题，是保障工业生产安全的重要措施。本文将对压力管道在线检测中应用的新型无损检测技术进行深入分析，以供参考。

关键词：压力管道；在线检测；新型无损检测技术

无损检测技术作为一种先进的检测手段，因其不破坏被检测对象的特性，被广泛应用于各种设备和产品的质量控制在安全评估中。在压力管道的检测中，新型无损检测技术更是发挥了重要作用。这些技术不仅能够准确快速地发现管道中的缺陷，还能保证检测过程的安全性和可靠性。

1 新型无损检测技术的优势

1.1 高精度检测

新型无损检测技术在压力管道在线检测中的高精度检测能力具有重要意义。以超声导波检测技术为例，它能够检测到毫米级甚至更小的缺陷。通过精确控制导波的传播和接收，准确分析反射信号的特征，如信号的幅值、相位等，从而精确判断缺陷的位置、大小和类型。对于管道内部的微小腐蚀坑、初期裂纹等不易察觉的损伤，都能有效识别。这种高精度检测可避免传统检测方法可能遗漏的微小隐患，为压力管道的安全评估提供极为准确的数据，大大提高了对管道健康状况判断的可靠性。

1.2 高效检测速度

新型无损检测技术在压力管道在线检测方面展现出高效的检测速度。例如相控阵超声检测技术，它通过多个超声换能器的阵列组合，可同时对管道的多个区域进行检测。与传统超声检测逐点检测不同，相控阵超声检测技术能够快速扫描大面积的管道壁面。在长距离的压力管道检测中，这种技术无需像传统检测方法那样设置大量的检测点，大大缩短了检测时间。高效的检测速度不仅减少了对管道正常运行的影响，还能在短时间内对管道网络进行全面检测，及时发现潜在问题，提高了检测工作的整体效率。

1.3 适应复杂环境与安全性高

新型无损检测技术在压力管道在线检测中表现出

对复杂环境的良好适应性与高安全性。在复杂环境方面，如高温、高压、强腐蚀的化工管道环境，电磁超声检测技术无需耦合剂，传感器可直接接触管道表面进行检测，能抵御恶劣环境干扰。对于安全性，新型技术多采用非接触或低辐射方式。像激光超声检测技术，通过激光远距离激发超声波，检测人员无需靠近危险区域。这种适应复杂环境且安全性高的特性，既保障了检测人员安全，又确保了压力管道在各种工况下检测的有效性。

2 新型无损检测技术在压力管道在线检测中的应用

2.1 超声导波检测技术

超声导波检测技术是压力管道在线检测的有效手段。它利用低频超声导波在管道中传播特性，可实现长距离检测。导波能沿着管道轴向传播，单次检测距离可达数十米，这大大减少了检测点数量，提高检测效率。在检测过程中，传感器发射的导波遇到管道中的腐蚀、裂纹等缺陷时，导波的反射、散射信号会发生变化。通过分析这些信号变化，能够确定缺陷的大致位置、类型和相对大小。例如在城市燃气管道检测中，由于管道分布广泛且部分位于地下，超声导波检测技术无需大面积开挖即可快速对管道状况进行初步筛查，对于保障城市燃气供应安全意义重大，同时也能降低检测成本和对周边环境的影响。

2.2 便携式 X 光射线机

便携式 X 光射线机在压力管道在线检测方面有着独特的应用价值。它通过发射 X 射线穿透管道，根据管道内部不同结构和物质对 X 射线吸收程度的差异形成影像。在检测中，它能够清晰显示管道内部的焊缝质量、腐蚀状况等。对于一些难以通过外观检查发现问题的部位，如管道内部的隐藏式焊缝，便携式 X 光射线机可提供直观的影像资料。由于其便携性，可方

便地移动到不同的检测位置，适用于各种复杂的现场环境，如在石油化工企业的小型压力管道检修现场。它可以快速对怀疑有问题的管道区域进行检测，及时发现如管壁减薄、内部异物等缺陷，为管道的安全运行提供及时准确的检测结果，保障生产的正常进行。

2.3 电磁超声检测技术

电磁超声检测技术为压力管道在线检测带来了新的可能。它基于电磁感应原理，在管道表面激发和接收超声波，无需耦合剂，这一特性使其非常适合在线检测。在检测时，传感器与管道表面非接触式的检测方式，避免了对管道表面的污染和损伤，同时也减少了检测准备工作的时间。该技术能够检测管道的多种缺陷，如腐蚀、裂纹等。对于管道壁厚的测量也十分精准，可精确到毫米级别。在电力行业的蒸汽压力管道检测中，电磁超声检测技术能在管道运行状态下快速获取准确的检测数据，有效评估管道的健康状况，确保蒸汽的安全输送，防止因管道故障导致的电力供应中断，保障电力系统的稳定运行。

2.4 激光超声检测技术

激光超声检测技术在压力管道在线检测领域具有独特优势。它利用激光脉冲在管道表面产生超声波，激光束可以远距离传输，所以能够对难以接近的管道部位进行检测。在高温、高压或者危险环境下的压力管道检测中，如核工业中的放射性物质输送管道，激光超声检测技术可以在安全距离外进行操作。这种技术具有很高的空间分辨率，能够检测到管道表面微小的缺陷，像微米级别的裂纹起始点。而且，激光超声检测技术的检测速度较快，能够在短时间内对较大面积的管道进行扫描检测，及时发现潜在的安全隐患，确保压力管道在特殊工况下的安全运行。

2.5 数字射线成像检测技术

数字射线成像检测技术为压力管道在线检测提供了高效的检测方法。与传统射线检测相比，它不再依赖胶片，而是直接将X射线穿透管道后的信号转换为数字图像。在检测过程中，能够快速获取管道内部结构的清晰图像，实时显示检测结果，大大提高了检测效率。对于压力管道中的焊缝缺陷检测，数字射线成像检测技术可以准确地发现诸如气孔、夹渣、未焊透等问题。在化工行业的压力管道检测中，它可以在管道运行期间进行检测，及时发现管道内部因腐蚀或冲刷造成的壁厚减薄等情况，为管道的维护和安全运行提供可靠的依据，同时减少因检测导致的化工生产中

断时间。

3 新型无损检测技术应用可能面临的挑战

3.1 技术更新与适应性挑战

新型无损检测技术的快速发展带来了技术更新迅速的问题。一方面，传统的无损检测技术如超声波、射线等已经在工业生产中广泛应用，但新型技术如红外热成像、激光超声等则需要更高的技术门槛和更复杂的设备支持。这使得一些企业可能难以快速适应新技术，导致技术更新滞后。另一方面，新型无损检测技术往往针对特定的检测对象和缺陷类型，其适用性可能受到限制。例如，某些技术可能更适合检测金属材料的内部缺陷，而对于非金属材料的检测则效果不佳。因此，如何根据检测对象的特性和需求，选择最适合的无损检测技术，成为了一个需要解决的问题。

3.2 成本与效益权衡挑战

新型无损检测技术的应用往往伴随着较高的成本投入。这包括设备购置成本、人员培训成本以及检测过程中的能源消耗等。对于一些小型企业或者对检测要求不高的场合，高昂的成本可能使得新型无损检测技术的应用变得不切实际。同时，新型无损检测技术的效益也需要进行权衡。虽然新技术能够提高检测的准确性和效率，但也可能带来额外的操作复杂性和数据处理需求。因此，在应用新型无损检测技术时，需要综合考虑成本投入与检测效益之间的平衡。

3.3 数据安全与隐私保护挑战

随着新型无损检测技术的广泛应用，大量的检测数据被采集和存储。这些数据不仅包含了被检测对象的详细信息，还可能涉及到企业的商业秘密和个人隐私。因此，如何确保检测数据的安全性和隐私保护成为了一个亟待解决的问题。一方面，需要建立完善的数据安全管理制度和防护措施，防止数据泄露和非法访问。另一方面，也需要加强对检测数据的加密和脱敏处理，以确保数据的隐私性和安全性。然而，这些措施的实施往往需要投入大量的时间和资源，对于一些资源有限的企业来说可能是一个不小的挑战。

4 压力管道在线检测应用新型无损检测技术的保障措施

4.1 人员专业素质保障

新型无损检测技术往往较为复杂，要求检测人员具备较高的专业素质。检测人员需要深入理解各种新型无损检测技术的原理，如电磁超声检测技术基于电磁感应激发和接收超声波的原理等。他们应接受系统

的培训,包括理论知识学习和实践操作训练。在理论学习方面,要掌握物理、材料学等多学科知识与检测技术的交叉内容。实践操作中,要熟悉新型检测设备的操作流程,像便携式 X 光射线机的参数设置、安全操作规范等。同时,要定期对检测人员进行考核,确保他们持续掌握最新的检测技术和标准,以保证在压力管道在线检测中能够准确操作设备、正确分析检测结果,避免因人为因素导致检测失误。

4.2 设备性能与维护保障

新型无损检测设备的性能直接影响检测结果的准确性。对于设备性能,要确保其满足压力管道在线检测的需求。例如,超声导波检测设备的频率范围、检测灵敏度等参数应符合管道检测标准。在设备采购时,要选择质量可靠、技术先进的产品。同时,设备的维护至关重要。建立完善的设备维护制度,定期对设备进行校准和保养。如电磁超声检测设备,要定期检查传感器的性能、电路的稳定性等。对于便携式 X 光射线机,要检查射线源的强度、防护装置的有效性等。设备维护不仅能延长设备使用寿命,还能保证检测数据的可靠性,防止因设备故障而产生错误的检测结果,确保压力管道在线检测工作的顺利进行。

4.3 检测标准与规范保障

完善的检测标准和规范是压力管道在线检测应用新型无损检测技术的重要依据。应根据不同的新型无损检测技术和压力管道的特点制定详细的检测标准。例如,针对激光超声检测技术在不同材质、不同压力等级管道中的应用,明确检测参数的取值范围、缺陷判定的标准等。规范要涵盖检测的各个环节,从检测前的准备工作,如管道表面的清理要求,到检测过程中的操作流程,像超声导波检测时传感器的安装位置和方向,再到检测结果的评定方法。统一的标准和规范有助于提高检测结果的可比性和可信度,使得不同检测机构或人员在进行压力管道在线检测时能够遵循相同的准则,保证检测工作的科学性和严谨性,从而保障压力管道的安全运行。

4.4 数据管理与安全保障

在压力管道在线检测中,新型无损检测技术会产生大量的数据,对这些数据的管理和安全保障不可或缺。建立专门的数据管理系统,对检测数据进行分类存储,例如按照管道的编号、检测时间、检测技术类型等分类。数据存储要确保完整性,不仅包括检测结果数据,还应包含检测过程中的相关参数。同时,要

重视数据的安全性,采用加密技术防止数据泄露和篡改。在数据共享方面,制定严格的权限管理机制,只有经过授权的人员才能访问和使用相关数据。有效的数据管理和安全保障措施有助于对压力管道的历史检测数据进行分析 and 对比,为管道的维护、寿命评估提供依据,也能满足行业监管的要求,保障压力管道检测工作的正常开展。

4.5 技术更新与研发保障

新型无损检测技术处于不断发展之中,为了确保其在压力管道在线检测中的有效性,需要技术更新与研发保障。企业和研究机构应投入资源进行技术研发,关注国际国内最新的无损检测技术发展趋势,如新型传感器技术、更先进的信号处理算法等。鼓励产学研合作,将科研成果转化为实际应用于压力管道在线检测的技术。对于已应用的新型无损检测技术,要持续跟踪其性能,根据实际检测中的问题进行改进。例如,如果发现某种超声导波检测技术在长距离压力管道检测中存在信号衰减过快的问题,就需要通过研发工作来优化设备参数或改进检测方法。技术更新与研发保障能够使新型无损检测技术不断适应压力管道日益复杂的检测需求。

5 结束语

总之,新型无损检测技术在压力管道在线检测中的应用具有深远意义。它突破了传统检测方式的局限,以高精度、高效率、适应复杂环境等优势为压力管道的安全运行提供了更可靠的保障。随着科技的不断发展,新型无损检测技术将持续创新与完善,进一步提升检测的准确性与全面性。

参考文献:

- [1] 高彬,肖培光.在线无损检测技术在压力管道检测中的应用研究[J].中国机械,2024,(06):77-80.
- [2] 赵一国,刘喜平.新型无损检测技术在压力管道在线检测中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(19):175-177+180.
- [3] 王仁生,肖策,蔡欢,等.微波检测技术在压力管道在线检测中的应用研究[J].2023,43(02):180-183.
- [4] 郑学斌.新型无损检测技术在压力管道在线检测中的应用研究[J].内蒙古石油化工,2021,47(05):88-91.
- [5] 徐伟,詹英.分析压力管道的无损检测技术[J].低碳世界,2018,(12):326-327.
- [6] 贺亮.压力管道检验的相关问题分析[J].科技创新导报,2017,14(34):67-68.