

# 基于超声波技术的海油工程管线检测方法研究

刘 景 (中海石油技术检测有限公司深水检测分公司, 广东 湛江 524057)

**摘要:** 随着海洋石油工程的快速发展, 海底管线作为输送石油和天然气的重要通道, 承担着巨大的经济和环境责任。然而由于海底环境的复杂性和管线长期运行的影响, 管线存在着各种潜在的风险和隐患, 如腐蚀、疲劳、裂纹等。因此对海油工程管线进行及时、准确的检测和评估, 对于确保管线的安全运行至关重要。

**关键词:** 超声波技术; 还有工程管线; 检测方法

超声波作为一种无损检测技术, 具有非接触、高分辨率和高灵敏度的特点, 能够对管线内部的缺陷进行准确探测和评估, 它通过发射超声波脉冲并接收回波信号, 利用声波在不同材料中传播速度的差异来检测管线的异常情况。同时超声波技术还可以实现对管线的厚度、壁厚和腐蚀程度等参数的测量, 为管线维护和管理提供了重要的参考依据。

## 1 超声波技术的原理

超声波是一种频率高于人类听觉范围的机械波, 它的产生主要依靠压电效应, 当施加电场作用于某些晶体材料时, 会使得晶体发生微小的形变, 从而产生声波, 这种晶体材料就是压电晶体, 一般常用的压电晶体有石英、锆钛酸铅等, 当电场施加到压电晶体上时, 晶体的形变会产生机械波, 即超声波。这些超声波通过传感器发射出去, 然后在被检测的物体中传播。超声波在物体中传播时会发生反射和散射, 当超声波遇到物体的界面时, 一部分超声波会被反射回来, 一部分则会继续传播, 反射回来的超声波被接收器接收到后, 可以通过计算反射回来的时间和强度来获取有关物体内部结构和性质的信息, 而散射是指超声波在物体中遇到不均匀性质的部分时, 会发生方向的改变, 通过分析散射的情况, 可以得到物体内部的微小结构信息<sup>[1]</sup>。超声波检测设备的工作原理主要包括超声波发射器、接收器和信号处理系统, 超声波发射器通过施加电场作用于压电晶体, 产生超声波并将其发射出去, 接收器则接收到反射回来的超声波, 并将其转化为电信号, 信号处理系统对接收到的电信号进行放大、滤波、数字化等处理, 然后通过计算和图像处理等方式, 将超声波的信息转化为可视化的图像或数据, 供人们进行分析和判断。

## 2 超声波技术在海油工程管线检测中的优势

### 2.1 非接触性检测, 避免对管线造成损伤

超声波技术的非接触性检测使得它能够避免对管

线造成损伤, 在传统的管线检测方法中, 往往需要对管线进行拆卸或者打孔, 以便进行内部检测, 这样的操作无疑会给管线的正常运行带来一定的风险, 甚至可能导致管线的破坏。而超声波技术则可以通过传感器将超声波引入到管线内部进行检测, 完全不需要对管线进行破坏性操作, 这种非接触性的检测方法不仅可以保护管线的完整性, 还可以提高管线的安全性和稳定性。(超声波检测电磁波波谱如图1)

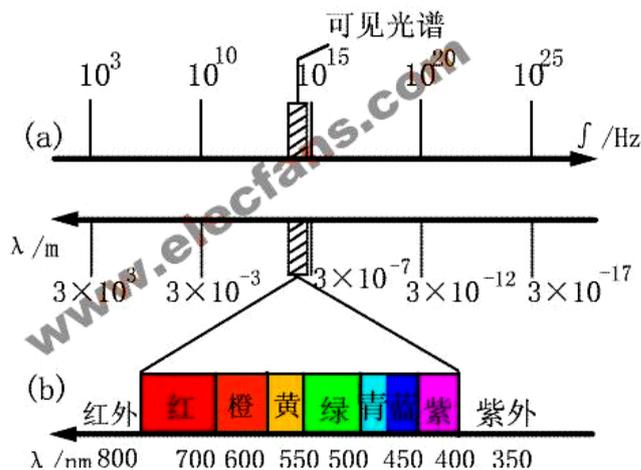


图1 超声波检测电磁波波谱

### 2.2 高精度的检测结果, 准确评估管线的健康状况

超声波技术能够提供高精度的检测结果, 准确评估管线的健康状况, 超声波在管线中传播时会受到管壁的影响, 当遇到管壁的缺陷或者损伤时, 超声波会发生反射、散射等变化。通过分析反射和散射的情况, 可以得到管线内部的缺陷、腐蚀、裂纹等信息, 而且超声波技术具有较高的分辨率, 可以探测到微小的缺陷, 从而及时发现管线的潜在问题, 这样可以帮助工程师准确评估管线的健康状况, 及时采取相应的维修和保养措施, 提高管线的可靠性和寿命<sup>[2]</sup>。

### 2.3 高效的检测速度, 提高工作效率

超声波技术的高效检测速度能够提高工作效率,

传统的管线检测方法往往需要对管线进行人工巡检或使用特定设备进行内部检测，这些方法不仅效率低下，而且费时费力，而超声波技术通过传感器将超声波引入到管线内部进行检测，无需拆卸或打孔，大大节省了时间和人力成本。同时超声波技术可以实现快速扫描和实时监测，能够在较短的时间内完成对管线的全面检测，提高了工作效率，缩短了检测周期。

#### 2.4 可视化的检测报告，便于数据分析和决策制定

超声波技术提供可视化的检测报告，便于数据分析和决策制定，在管线检测过程中，超声波技术可以实时获取管线内部的数据，并将其转化为可视化的报告，这些报告可以清晰地展示管线的健康状况、缺陷位置和尺寸等重要信息。通过对这些数据进行分析，工程师可以全面了解管线的情况，及时发现潜在问题，并制定相应的维修和保养方案，同时可视化的报告还可以方便多方共享和沟通，提高了决策的准确性和效率。

### 3 超声波技术在海油工程管线检测中的应用

#### 3.1 管线壁厚测量

管线的壁厚是决定其承载能力和使用寿命的重要参数，因此对管线壁厚进行准确的测量非常关键，传统的测量方法需要拆除管道进行直接测量，不仅费时费力，而且对管线造成了不必要的破坏。而超声波技术通过将超声波信号发送到管道壁上，并接收反射回来的信号，根据声波的传播时间和强度变化来计算管道的壁厚，这种非接触式的测量方法大大提高了工作效率和安全性。

#### 3.2 管道内部缺陷检测

管道内部的缺陷可能会导致管道的泄漏和破损，对海洋环境和人员安全造成严重威胁，传统的检测方法主要依靠人工巡检和 X 射线检测，但这些方法存在着效率低、成本高和安全隐患大的问题。而超声波技术可以通过超声波探头将信号发送到管道内部，并接收反射回来的信号，根据信号的强度和时间的判断管道内部的缺陷情况<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 管线腐蚀检测

海水中的盐分和氧气会导致管线的腐蚀，进而影响管线的安全性和可靠性。传统的腐蚀检测方法主要依靠人工巡检和化学分析，但这些方法存在着效率低、成本高和检测范围有限的问题，而超声波技术可以通过超声波探头将信号发送到管道表面，并接收反射回来的信号，根据信号的强度和时间的判断管道表面的

腐蚀情况。（海油工程管线如图 2）



图 2 海油工程管线

## 4 基于超声波技术的海油工程管线检测方法

### 4.1 数据采集和处理

超声波技术的管线检测依赖于合适的传感器，因此传感器的选择和布置是非常关键的，在选择传感器时，应考虑到其频率范围、灵敏度和耐用性等因素。一般来说，对于海油工程管线的检测，选择具有高频率和高灵敏度的超声波传感器效果更好，此外传感器的布置也需要根据管线的特点进行合理安排，以确保能够全面覆盖管线表面。数据采集是管线检测的核心环节，需要通过超声波传感器对管线表面进行扫描，获取相关数据，在数据采集过程中，需要确保传感器与管线表面的良好接触，并保持一定的扫描速度和角度，此外为了能够准确记录数据，需要使用专业的数据采集设备，并建立完善的数据记录系统，以便后续的数据处理和分析。

数据处理包括数据清洗、滤波和修正等步骤，需要对采集到的原始数据进行清洗，去除干扰和噪声，可以通过滤波技术对数据进行平滑处理，以消除不必要的波动，根据管线的特点和预设的模型，对数据进行修正，以获得更准确的结果。数据分析是为了从采集到的数据中提取出管线的相关信息，并进行评估和判断，通过对数据进行波形分析、频谱分析和时域分析等方法，可以获取到管线的尺寸、形状、厚度等重要参数。同时还可以通过比对采集到的数据与正常管线数据的差异，来判断管线是否存在缺陷或损伤，并确定相应的处理措施。

### 4.2 缺陷检测和评估

在海油工程管线中，常见的缺陷类型包括腐蚀、裂纹、焊接缺陷等，这些缺陷会对管道的结构强度和

功能性能造成严重的影响,通过超声波技术,我们可以检测到这些缺陷,并分析其特征<sup>[4]</sup>。对于腐蚀缺陷,超声波技术可以通过测量超声波的传播时间和幅度来判断管道壁厚的变化,而裂纹缺陷则可以通过测量超声波的反射和散射来识别,焊接缺陷则可以通过超声波的传播路径和幅度来判断焊缝的质量。在基于超声波技术的缺陷检测中,常用的算法和技术包括超声波传播模拟、信号处理和图像识别等。超声波传播模拟是通过计算机模拟超声波在管道内部传播的过程,以预测和分析缺陷的特征,这种模拟技术可以帮助我们更好地理解超声波在管道中的传播规律,从而提高缺陷的检测准确率。信号处理是指对从传感器接收到的超声波信号进行处理和分析,通过信号处理技术,可以提取出有用的信号特征,如幅度、频率和相位等,从而对缺陷进行检测和识别。图像识别是指将超声波信号转化为图像,并通过图像处理和分析来识别缺陷,这种技术可以将复杂的超声波信号转化为直观的图像,方便操作人员进行缺陷检测和评估。基于超声波技术的缺陷评估和分类是通过检测到的缺陷进行分析和评估,以确定其对管道安全性和可靠性的影响程度。评估缺陷的方法包括定量评估和定性评估,定量评估是通过测量缺陷的尺寸、形态和位置等进行分析,以得出缺陷对管道的影响程度,定性评估则是通过对缺陷的形态、特征和位置等进行描述和分析,以判断缺陷的性质和危害程度。对于不同类型的缺陷,我们可以将其进行分类,以便更好地进行缺陷的管理和维修,常见的分类方法包括按照缺陷的类型、尺寸和位置等进行分类。

#### 4.3 故障预测和预防

故障预测模型是基于超声波技术进行海油工程管线检测的核心,通过对管线进行超声波检测,可以获取管线内部的声波信号,然后利用信号处理算法和模型,对声波信号进行分析和预测,以判断管线是否存在故障风险,常见的故障预测方法包括波形分析、频谱分析、能量分析等。波形分析是通过观察声波信号的形状、振幅和时间变化,来判断管线是否存在异常情况。频谱分析则是将声波信号转化为频域信号,通过分析频谱的特征来判断管线的工作状态,能量分析则是通过计算声波信号的能量分布,来判断管线是否存在能量集中或泄露的情况,这些方法可以相互结合,提高故障预测的准确性和可靠性。除了故障预测模型,故障预防措施和策略也是保障海油工程管线安全的重

要环节,应加强管线的设计和施工质量管理,确保管线的材料和工艺符合标准要求,应定期进行管线的检测和维护,及时发现和处理潜在的故障风险,应加强对海洋环境的监测,及时掌握海洋环境的变化,以预防因外界因素引起的故障。还可以采用远程监测技术,对管线进行实时监控和数据分析,通过远程监测系统,可以实时获取管线的运行状态和工况参数,及时发现异常情况并采取相应的措施,同时还可以利用大数据分析和人工智能技术,对海油工程管线的运行数据进行深入分析,提取有价值的信息,为故障预防提供科学依据。为了实施故障预防措施和策略,需要建立完善的管理体系和操作规程,应加强对海油工程管线的监管和管理,确保故障预防措施的落实,同时还应定期对故障预防措施的实施效果进行评估,通过对管线的故障发生率和维修成本等指标进行监测和分析,可以评估故障预防措施的有效性,并及时调整和改进。

#### 5 结束语

综上所述,基于超声波技术的海油工程管线检测方法在海洋石油开发领域具有重要的应用价值和广阔的发展前景,通过对海油工程管线进行全面、准确的检测,可以及时发现管线存在的问题和隐患,提前采取相应的维修和保护措施,从而确保海洋石油开发的安全和可持续性。此外超声波技术具有非侵入性、高精度、高灵敏度等优点,可以实现对管线内部和外部的全面检测,提高检测效率和准确性,随着科技的不断进步和创新,相信基于超声波技术的海油工程管线检测方法将进一步完善和发展,为海洋石油开发提供更加可靠和有效的技术支持。

#### 参考文献:

- [1] 王春博,贾帅,孔超,孟祥山,边疆,张金勇. 航油管道排流装置固态去耦合器的检测及分析[J]. 化工管理,2023(21):58-61.
- [2] 丁融,韦正鑫,严文东,杨帆,陈友俊,荀卫民. 基于声学检测器的成品油管道内检测技术应用研究[J]. 管道技术与设备,2023(02):12-18.
- [3] 陆树华,唐夏焘,叶宇峰,项智,王锋准. 基于X射线数字成像检测技术的高温导热油管道焊缝缺陷研究[J]. 中国化工装备,2022,24(01):3-5.
- [4] 李明,杨文,牛彻,杜威,杨静. 成品油管道基于内检测的适用性评价与维修决策[J]. 装备环境工程,2021,18(04):43-49.