

石油化工压力管道的破坏和无损检测

陈文明（广东省特种设备检测研究院阳江检测院，广东 阳江 529500）

摘要：石油化工压力管道是石油化工生产过程中承载高温高压液体或气体的管道系统。然而，由于管道运行环境的严酷和高温高压的工作状态，管道可能会发生各种破坏，如内压力过高、腐蚀、焊缝裂纹、疲劳失效等。为了确保管道的安全运行，需要采取有效的措施来预防和管理这些风险。无损检测技术是一种在不破坏被检测物体的前提下，通过各种物理、化学、电子等方法检测压力管道的内部缺陷、裂纹、腐蚀等问题的技术，以及评估管道的健康状况和剩余寿命。因此，本文将对石油化工压力管道的破坏和无损检测进行研究，以期为相关人员提供参考。

关键词：石油化工；压力管道；破坏；无损检测

石油化工是现代工业的重要组成部分，其生产过程中需要大量使用高温高压的液体和气体。石油化工压力管道作为承载这些物质的重要设备，在保障石油化工生产的同时，也面临着巨大的安全风险。管道破坏和事故可能会对人员和环境造成严重的影响，因此需要采取有效的措施来预防和管理这些风险。相关工作人员应该高度重视这一技术，并结合先进施工理念，不断提升该技术的应用水平，以促进石油行业实现进一步健康稳定的发展。

1 石油化工压力管道的破坏问题

1.1 常见的管道破坏类型

1.1.1 疲劳

疲劳是指管道在长期高温高压环境下受到反复载荷作用，导致管道金属材料发生微裂纹，最终形成裂纹破坏的现象。疲劳破坏不易被发现，但一旦发生可能导致管道破裂、泄漏等严重事故。疲劳破坏是由于管道金属材料在受到反复载荷的作用下，经历了多次塑性变形和弹性变形，导致材料内部产生微小的裂纹。这些裂纹可能会扩大、深入管道内部，最终导致管道破坏和事故发生。疲劳破坏的原因包括管道设计不合理、材料质量不良、操作不当等。管道设计不合理可能导致管道在使用中容易受到高应力的作用，从而引起疲劳破坏。材料质量不良也会导致管道容易发生疲劳破坏，因为质量不良的材料可能存在内部缺陷、微观缺陷等问题，容易导致裂纹的产生。操作不当也是疲劳破坏的重要因素之一，如管道过度压力、振动等都可能使管道产生疲劳破坏。

1.1.2 裂纹

裂纹是指管道金属材料表面或内部的裂缝，是石油化工压力管道中最危险的一种破坏类型之一。裂纹

的产生可能由于管道金属材料的强度不足、管道运行环境的影响、制造和安装过程中的缺陷等原因引起。裂纹破坏的危害很大，可能导致管道破坏和事故发生。裂纹破坏可分为静态载荷下的裂纹破坏和动态载荷下的裂纹破坏。静态载荷下的裂纹破坏是指裂纹在静态载荷下扩展，裂纹扩展的速度很慢，通常需要很长时间才会导致管道破坏。而动态载荷下的裂纹破坏则是指裂纹在动态载荷下扩展，裂纹扩展的速度较快，可能会导致管道在短时间内破裂。管道金属材料的强度不足是裂纹产生的一个主要原因，管道在使用过程中可能会受到各种载荷的作用，如果管道金属材料的强度不足，就容易导致管道金属材料表面或内部产生裂纹。此外，管道运行环境的影响也可能导致管道产生裂纹，如管道内介质的化学腐蚀、高温高压等因素都可能导致管道金属材料的疲劳和裂纹产生。

1.1.3 内压力过高

石油化工压力管道的破坏问题之一是内压力过高。在石油化工生产过程中，管道内部输送的介质通常是高温高压、易燃易爆、有毒有害的化学品，如果管道内部压力过高，可能会导致管道破裂或爆炸的现象。

内压力过高可能出现的原因有很多，包括以下几种：①过度充填。管道内介质过度充填，导致管道内部压力升高；②过热。管道内介质过热，导致介质膨胀，管道内部压力升高；③阀门关闭不严。当阀门关闭不严时，管道内部的介质会倾向于向阀门关闭的一侧流动，这会导致管道内部压力升高；④设计不合理。管道的设计不合理可能会导致管道内部的压力过高。

当管道内部压力过高时，可能会发生以下几种破坏情况：①管道破裂。如果管道内部的压力超过了管

道的承载能力，管道壁会发生变形，最终导致管道破裂；②管道爆炸。如果管道内部的介质是易燃易爆的化学品，当管道破裂后，介质可能会与周围环境产生反应，形成爆炸，造成严重的人员伤亡和财产损失；③管道振动。当管道内部的压力过高时，管道壁会发生振动，产生噪音，这种振动可能会导致管道的疲劳和断裂。

1.2 破坏原因分析

1.2.1 材料问题

管道金属材料的质量不良可能导致管道内部存在缺陷、夹杂物等问题，从而影响管道的强度和韧性。此外，材料质量不良还可能导致管道的腐蚀、疲劳等问题。材料质量不良的原因可能包括生产过程中的操作不当、设备老化、材料质量监管不严等。例如，生产过程中的操作不当可能导致管道金属材料中存在夹杂物、气孔、裂纹等问题，从而降低管道的强度和韧性。设备老化也可能导致管道金属材料的质量下降，例如管道金属材料中的碳含量可能会随着设备老化而增加，从而降低管道的韧性。此外，材料质量监管不严也可能导致管道金属材料的质量不良，例如生产厂家可能会采用低质量的原材料进行生产，或者在生产过程中存在掺假等问题。

1.2.2 设计问题

管道设计不合理是导致管道破坏的主要原因之一。管道设计不合理可能导致管道承受的压力、温度等环境因素超出管道材料的承受能力，或者导致管道存在缺陷、夹杂物等问题，从而影响管道的强度和韧性。例如，管道设计中未考虑到管道金属材料的热膨胀系数，可能导致管道在高温环境下发生变形、破裂等问题。管道设计不合理的原因可能包括设计人员的不足、设计标准的缺陷等。例如，设计人员可能缺乏相关经验或知识，导致管道设计存在缺陷；设计标准可能过时或不够完善，没有考虑到新技术和新材料的应用，从而导致管道设计不合理。

1.2.3 施工问题

施工质量问题可能包括管道焊接质量不良、管道材料质量不合格、管道防腐蚀措施不到位等。例如，管道焊接质量不良可能会导致管道存在裂纹、夹杂物等问题，从而影响管道的强度和韧性。同时，管道安装不当可能会导致管道存在变形、应力集中等问题，从而影响管道的强度和韧性。例如，管道安装过程中未考虑管道的热膨胀系数，可能导致管道在高温环境

下产生变形和应力集中。管道安装不当的原因可能包括施工人员的不足、施工过程中存在规范和标准不符等问题。例如，施工人员可能没有考虑到管道的变形和应力情况，导致管道安装不合理；施工过程中可能存在规范和标准不符的情况，导致管道安装不当。

2 石油化工压力管道的无损检测技术

2.1 渗透检测技术

渗透检测的基本原理是利用表面张力和毛细作用原理，将一种可渗透液体浸渍到被检测物体的表面，待其渗透到缺陷处后，用吸附剂吸附在缺陷处，形成可见的缺陷表面液体。这种方法的检测灵敏度较高，能够检测到微小的缺陷。其主要步骤如下：①清洗被检测物体表面，去除表面杂质和污垢；②涂上渗透液，待其渗透到被检测物体表面缺陷处后，在表面形成一层液体薄膜；③清洗去除表面的多余渗透液，但缺陷处的渗透液将被吸附在缺陷表面；④涂上显色剂，使缺陷表面液体显色；⑤对显色后的缺陷进行评估，判断缺陷大小、形状、深度等。需要注意的是，渗透检测只适用于表面缺陷的检测，对于深度较大的缺陷或内部缺陷检测不适用。此外，渗透检测的结果也受到温度、湿度等环境因素的影响。在石油化工压力管道无损检测中，渗透检测可以应用于管道表面的缺陷检测，例如管道的焊接处、管道接头处等，以及管道的阀门、法兰等附属设备的缺陷检测。通过渗透检测，可以及时发现管道表面的缺陷，避免因管道表面缺陷导致的泄露事故，保障生产安全。

2.2 超声波检测技术

超声波检测是利用超声波在物体中传播的特性，通过对超声波的反射、衍射、折射等现象进行分析，判断物体内部的状态和缺陷。在管道无损检测中，超声波检测可以发现管道内部的缺陷、腐蚀、疲劳等问题。超声波检测设备主要由发射探头、接收探头、信号处理器等组成。发射探头通常由压电晶体制成，将电信号转化为超声波信号发射到管道内部。接收探头同样由压电晶体制成，在接收到管道内部的超声波信号后，将其转化为电信号送入信号处理器进行分析和处理。信号处理器通常具有滤波、增益控制、数字化等功能，可以将接收到的信号处理成直观的图像或数据，以便进行分析和评估。超声波检测技术在石油化工压力管道的无损检测中应用广泛，主要包括以下应用：①管道缺陷的检测：超声波检测可以发现管道内部的裂纹、夹杂物、壁厚变化等问题，对管道的铸造、

焊接、疲劳、腐蚀等方面的缺陷进行检测；②管道壁厚的测量：超声波检测可以测量管道的壁厚，并可以检测到管道壁厚的变化情况，以便及时采取措施进行维修和改进；③管道焊接的检测：超声波检测可以检测管道的焊接质量，发现焊接缺陷和问题，确保管道的安全运行；④管道接头的检测：超声波检测可以检测管道接头的质量，发现接头的裂纹、夹杂物等问题，以确保管道的连接质量符合要求；⑤管道定期检测：超声波检测可以对管道进行定期检测，发现管道内部的腐蚀、疲劳等问题，并及时采取措施进行维修和改进，以保障管道的安全运行。

2.3 拓扑射线检测技术

拓扑射线检测技术利用高能射线在管道内部的传播特性，来检测管道内部的缺陷和破损。拓扑射线检测的原理是基于高能射线在管道内部的传播和吸收特性。在拓扑射线检测中，将高能射线通过管道内部，当遇到管道内部的缺陷和破损时，会发生散射和吸收，通过检测散射和吸收的能量和位置等参数，可以确定管道内部的缺陷类型、位置和大小等信息。拓扑射线检测的具体操作流程如下：①预处理；②发送高能射线：在检测过程中，需要向管道内部发送高能射线，通过探测器检测射线通过管道内部时发生的散射和吸收情况，以确定管道内部是否存在缺陷；③探测散射和吸收：高能射线在管道内部遇到缺陷和破损时，会发生散射和吸收，通过检测散射和吸收的能量和位置等参数，可以确定管道内部的缺陷类型、位置和大小等信息；④数据分析。

2.4 磁场检测技术

在管道无损检测中，通常采用磁场激励管道内部产生磁场，然后在管道外部采用磁场探头测量管道内部的磁场分布情况。由于管道内部存在裂纹、夹杂物、磨损等问题，这些问题会对磁场的分布情况产生影响。通过测量磁场的分布情况，可以得到管道内部的信息，如裂纹大小和位置、夹杂物的类型和位置、管道磨损等问题。磁场检测设备主要由磁场激励器、磁场探头和显示器等组成。磁场激励器通常采用电磁线圈或永磁体等，用于产生磁场，激励管道内部产生磁场。磁场探头通常采用霍尔元件或磁阻元件等，用于测量管道内部的磁场分布情况。显示器通常采用荧光屏或数字显示器等，用于显示磁场检测结果。

2.5 红外热像技术

红外热像技术是基于物体热辐射的原理进行的，

它可以实时地测量物体表面的温度分布，并通过热像图像的处理，分析出物体内部的缺陷和问题。在石油化工压力管道的无损检测中，通常采用红外热像技术测量管道表面的温度分布，通过分析热像图像，可以发现管道内部存在的裂纹、腐蚀、磨损等问题。红外热像设备主要由红外热像仪、显示器和分析软件等组成。红外热像仪是红外热像技术的核心设备，它可以实时地测量物体表面的温度分布，并将其转换成热像图像。显示器通常采用荧光屏或数字显示器等，用于显示热像图像。分析软件通常采用计算机软件，用于对热像图像进行处理和分析，以获取管道内部的信息。

3 结论

综上所述，石油化工压力管道的破坏和无损检测问题是一个极其复杂的挑战，需要采取多种措施来预防和有效管理风险。随着石油化工行业的不断发展和管道网络的扩张，保障管道安全运行的重要性也日益凸显。在这个背景下，无损检测技术作为一种关键的技术手段，具有重要的应用前景和发展空间。无损检测技术能够在不破坏管道结构完整性的情况下，通过使用射线、声波、磁场等多种物理手段，检测和评估管道内部的缺陷和破损情况。这种非侵入性的检测方法为石油化工压力管道的安全运行提供了可靠的手段。通过定期进行无损检测，可以及时发现管道中的潜在问题，采取相应的修复和维护措施，从而防止事故的发生。在未来的研究和实践中，需要继续加强技术创新和管理措施的完善，以确保石油化工压力管道的安全运行。

参考文献：

- [1] 马金足, 崔建龙. 化工压力管道的破坏形式及无损检测探究 [J]. 石化技术, 2020, 27(05): 161+164.
- [2] 蒋石锁. 关于石油化工压力管道射线无损检测质量控制 [J]. 中外企业家, 2019(19): 153.
- [3] 袁浩. 石油化工用压力管道的破坏形式及无损检测的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(09): 60-61.
- [4] 李建强. 浅析石油化工压力管道射线无损检测质量控制 [J]. 清洗世界, 2018, 34(12): 20-21.
- [5] 杜俊杰. 石油化工压力管道的破坏和无损检测 [J]. 清洗世界, 2018, 34(12): 75-76.

作者简介：

陈文明 (1979-)，男，汉族，广东阳江人，本科，承压检验室主任，主要研究方向：特种设备检验检测。