

无损检测技术在石油化工建设工程的应用

陈志强

黑龙江省建筑材料工业规划设计研究院，黑龙江 哈尔滨 150080

DOI: 10.61369/ETR.2025420012

摘要：近些年，随着石油化工建设工程产业升级转型稳步推进，无损检测技术在检测工作中所发挥的作用越来越重要。无损检测技术在石油化工建设工程中应用，不仅可以保障检测对象不遭受破坏，保障其完整性，也能够保证检测对象表面或者内部的缺陷可以被精准检测，便于企业针对性制定维修方案，不断提高石油化工建设工程检测质量，为石油化工建设工程安全运行保驾护航。对此，本文首先阐述无损检测技术类型，接着明确无损检测技术在石油化工建设工程的具体应用，以期为相关研究者提供一定的参考与借鉴。

关键词：无损检测技术；石油化工；建设工程；应用

Application of Non-Destructive Testing Technology in Petrochemical Construction Projects

Chen Zhiqiang

Heilongjiang Provincial Research Institute of Building Materials Industry Planning and Design, Harbin, Heilongjiang
150080

Abstract : In recent years, with the steady advancement of industrial upgrading and transformation in petrochemical construction projects, non-destructive testing technology has played an increasingly important role in testing work. The application of non-destructive testing technology in petrochemical construction projects can not only ensure that the tested objects are not damaged and their integrity is maintained, but also enable accurate detection of surface or internal defects of the tested objects. This facilitates enterprises to formulate targeted maintenance plans, continuously improve the testing quality of petrochemical construction projects, and escort the safe operation of petrochemical construction projects. In this regard, this paper first elaborates on the types of non-destructive testing technology, and then clarifies the specific applications of non-destructive testing technology in petrochemical construction projects, hoping to provide certain reference for relevant researchers.

Keywords : non-destructive testing technology; petrochemical; construction projects; application

当前，在石油化工建设工程中，工程质量尤为重要，与石油化工建设工程稳定安全运行息息相关。在以往的检测工作中，工作人员所采用的检测技术很容易破坏检测对象，其后续使用也会受到影响，并且检测结果也不够精确。无损检测技术的应用，能够在检测对象不被破坏的基础上，精确检测对象内部或者表面的缺陷所在，并为石油化工建设工程检测提供全新的解决方案，进而为工程质量的提升提供了有力保障。

一、无损检测技术类型

(一) 射线检测

射线检测是指当射线（ α 射线、 γ 射线）穿透工件时，由于缺陷与工件材料对射线穿透力的衰减程度不同，从而使胶片感光不同，通过暗室处理后形成不同黑度影像的底片，实现对工件材料内部的缺陷和其所在位置的判断评定。射线检测一般用于检测焊缝和铸件中存在的裂纹、气孔等缺陷，但不适用于管材、棒材、锻件的检测。射线检测的优点包括可对缺陷的形状、长度等进行定量描述，检测结果较为精确；可获得工件内部缺陷的直观

图像，检测结果可长期保存。但进行射线检测时，产生的射线辐射也会对人体造成伤害，因此在检测作业时检测人员需做好辐射防护。在石油化工建设工程中，压力管道、压力容器等设备材料检测和施工焊接质量检测多采用 X 射线无损检测方法，实现对裂纹、夹渣、未融合和未焊透等缺陷检测^[1]。

(二) 超声检测

超声检测的工作原理是通过在弹性介质中传播超声波能，经过两种介质界面时会出现折射和反射，由此探测到材料表面或者内部是否存在缺陷。当检测出缺陷时，探头将接收到缺陷处的反射波，而且显示屏上也出现缺陷波，工作人员对波形特征、波幅

等进行深度分析，判断是否出现熔合不良、裂纹以及夹渣等问题。另外，超声检测具备安全性高、价格低廉、检测范围广、灵敏度高以及操作便捷等优势，将该检测技术应用到石油化工建设工程中，除了可以检测高压螺栓、检测锻件潜在的裂纹缺陷之外，也可以检测管道、压力容器是否出现缺陷，而且对接焊缝内部隐藏缺陷也可以被检测出来^[2]。

（三）磁粉检测

在工业领域中磁粉检测这一无损检测技术的应用比较广泛，其工作原理是均匀地在检测工件表面覆盖磁粉，磁化处理检测工件的外部磁场，在这个过程中，如果检测工件近表面或者表面出现缺陷，漏磁场将出现在缺陷处，受磁场异常的影响会聚集以及吸引磁粉，磁痕显示越来越清晰。工作人员要对磁痕显示分布特征、大小以及形态进行细致观察与分析，并与磁场不连续、漏洞等物理现象特性相结合，确定检测工件缺陷的类型。另外，磁粉检测在石油化工工程质量控制中是不可或缺的手段，被应用于检测不同种类铁磁性材料制成的设备构件缺陷，比如，检测开口型缺陷时，磁粉无损检测技术不仅更加可靠，缺陷检测率也比较高，可以保障设备安全运行并延长它的使用寿命^[3]。

（四）渗透检测

渗透检测作为一种重要的无损检测技术，在石油化工建设工程中发挥着独特的作用。它主要利用液体的毛细作用原理，将含有染料或荧光物质的渗透液施加到被检测工件表面，经过一定时间渗透后，去除表面多余的渗透液，再涂上显像剂，在显像剂的作用下，缺陷中的渗透液会被吸附出来，形成可见的缺陷显示。这种方法操作相对简便，对于检测工件表面开口缺陷具有较高的灵敏度，尤其适用于检测一些形状复杂、表面粗糙度要求不高的工件，能够有效发现如裂纹、气孔等细微缺陷，为石油化工建设工程的质量控制提供有力保障^[4]。

二、无损检测技术在石油化工建设工程的具体应用

（一）管道的无损检测技术应用

在石油化工管道中应用无损检测技术，对于保障其实现稳定运行发挥着较为积极的作用。工作人员利用射线检测管道的焊接部位，不仅能清晰地展示潜在缺陷与管道内部结构，也可以利用图像处理技术精确定位管道焊接接头中的各类缺陷，比如，未熔合、裂缝以及气孔等，并针对性制定维修方案，由此确保石油化工管道能够稳定安全地运行^[5]。

另外，工作人员也可以利用磁粉检测石油化工管道的表面，判断其是否存在缺陷。在管道表面均匀覆盖磁粉，通过吸附特性使管道表面的褶皱、裂缝等其他缺乏清晰地呈现在眼前。此外，涡流检测技术也可以运用于管道无损检测中，工作人员通过应用该技术可以检测管道是否被腐蚀及其材质，其工作原理是利用交流电通过线圈产生的磁场，使管道内部的电子被激活，涡流得以形成，工作人员便可根据涡流频率、力量，精准评估石油化工管道的腐蚀程度或其他缺陷。与此同时，工作人员也可以在管道检测中应用电磁超声检测技术，根据超声波的反射与散射情况，准

确了解石油化工管道内部缺陷及其焊接质量。

（二）储罐的无损检测技术应用

储罐作为石油化工建设工程的关键设施，其结构的安全性、完整性尤为重要。为了有效提高储罐的安全性，精准预防潜在的风险，工作人员应结合企业实际情况，针对性利用无损技术全面检测石油化工储罐。同时，工作人员不仅要灵活运用专业设备，也要根据多种物理原理，如，热学、电磁以及声波等，综合评估储罐结构、材料等，确保夹杂物、腐蚀与裂纹等类型缺陷能够被精准识别出来，在这个过程中，工作人员可以根据储罐结构、材质选择与之相适配的检测技术^[6]。

比如，工作人员利用磁粉、超声波等无损检测技术检测金属储罐，其中，磁粉检测是通过磁力作用使缺陷处吸附磁性颗粒，使裂纹之类缺陷的形态、位置直观呈现出来；超声波检测通过对光谱数据反射对物质内部缺陷进行精准定位。工作人员可以利用红外热成像、液态渗透等技术检测非金属储罐，红外热成像检测主要是对储罐表面温度变化进行监测，判断内部缺陷情况，而液态渗透检测借助毛细效应，在细小的裂缝中渗入渗透液，并在图像处理技术的帮助下直观展现缺陷位置^[7]。

（三）泵和阀门的无损检测技术应用

在石油化工管理与传输系统中，泵设备属于核心关键组件，其主要应用振动分析技术、超声波检测技术进行无损检测工作。其中，振动分析技术主要是对运动状态下的泵组所产生振动频谱数据进行实时采集，并与转速、轴承温度等参数相结合，综合评价连接部件紧密度、机械密封性以及轴承磨损情况等，由此综合评价、全面检测泵组的整体运行状态。另外，超声波检测技术通过发射高频声波并接收其反射信号，充分利用了声波在不同介质中的传播特性差异，能够精准识别和定位泵壳体、叶轮组件以及其他关键零部件的内部裂纹、气孔、夹杂物等多种潜在缺陷^[8]。

同时，在组件阀门评估工作中，则主要采用了磁性探伤检测与液体渗透性检测这两种各具特色的检测方法体系。其中，磁性探伤技术特别适用于检测阀门外壳及阀杆等铁磁性材料的表面和近表面缺陷，其检测原理是通过施加磁场使被检部件磁化，当存在破洞或裂纹等缺陷时，会在缺陷区域形成漏磁场，吸引磁性颗粒聚集，从而清晰地显现出缺陷的具体位置、尺寸大小和形态特征。而液体渗透检测则通过特定的显色液体来揭示更为微小的表面开口缺陷。

（四）混凝土的无损检测技术应用

第一，在混凝土检测中冲击回波检测的应用。冲击回波检测技术基于应力波传播原理，通过在混凝土表面施加瞬态冲击产生应力波，利用传感器接收反射波信号并分析其频谱特征，能够精准识别混凝土内部存在的孔洞、分层、脱空等缺陷，同时可有效评估混凝土结构的厚度及弹性模量等关键参数。该技术具有单面测试优势，特别适用于结构复杂或仅单侧可接触的混凝土构件检测^[9]。

第二，超声波检测技术应用于混凝土检测。超声波检测技术通过向混凝土内部发射高频声波并接收反射信号，能够精确识别混凝土内部存在的裂缝、蜂窝、疏松等缺陷类型。该技术利用声

波在不同介质界面处的反射特性，通过分析反射波的传播时间、波幅衰减及波形变化等参数，可有效判断缺陷的位置、深度及严重程度。相较于传统检测方法，超声波检测具有穿透力强、检测精度高、操作便捷等显著优势，尤其适用于大体积混凝土结构的深度检测。在实际工程应用中，该技术可结合多通道采集系统与三维成像技术，实现混凝土内部缺陷的立体化定位与可视化分析，为石油化工建设工程中的设备基础、承重结构等关键混凝土构件的质量评估提供可靠依据^[10]。

第三，红外成像检测技术。红外成像检测技术应用的核心在于观测混凝土内部热能情况，了解混凝土内部热流的分布状态，在评估混凝土质量的过程中，对相关数据进行详细分析，在检测中发现混凝土的质量缺陷，影响了混凝土的热传导速率，改变了

表面的热传导温度，在解析异常图像的过程中，利用红外成像检测技术，深入探明混凝土结构中所存在的具体问题。

三、结语

总而言之，无损检测技术在石油化工建设工程中展现出了强大的应用潜力和实用价值。从管道的精确检测到储罐的全方位评估，从泵和阀门的细致检测到混凝土结构的深入分析，无损检测技术以其非破坏性、高精度和多样化的检测手段，为石油化工建设工程的质量控制和安全运行提供了坚实的技术支撑。未来，随着科技的不断进步和无损检测技术的持续创新，其在石油化工领域的应用将更加广泛和深入，为推动行业的高质量发展贡献更大的力量。

参考文献

- [1] 李绪丰, 罗伟坚, 孙杰, 等. 大型石化装备无损检测技术应用进展 [J]. 无损检测, 2024, 46 (10): 7–12.
- [2] 王兴国, 常宇, 彭贤民, 等. 基于石油化工压力管道射线无损检测质量控制研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (11): 48–50.
- [3] 石美真, 许子豪, 赵建如. 石油化工用压力管道的无损检测技术应用研究 [J]. 锅炉制造, 2024, (03): 53–54+57.
- [4] 万雪帆. 石油化工用压力管道破坏形式分析及其无损检测研究 [J]. 今日制造与升级, 2023, (11): 188–190.
- [5] 孙杰, 王磊, 李绪丰. 高频导波技术在石化设备金属腐蚀检测中的应用 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2023, 40 (02): 35–39.
- [6] 孙杰. 弱磁检测技术在石化管道完整性保障中的应用 [J]. 无损探伤, 2023, 47 (01): 36–39.
- [7] 万有胜. 特种设备检测中无损检测技术的应用 [J]. 大众标准化, 2022, (09): 161–163.
- [8] 庞向荣. 石油化工压力管道的破坏和无损检测 [J]. 石化技术, 2019, 26 (10): 218+174.
- [9] 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.
- [10] 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.