

# 原油储罐无损检测评价技术应用

潘 猛 蒋睿锴

天科泰瑞检测(天津)有限公司 天津 300456

**摘要:** 原油储罐无损检测评价技术对于确保储罐结构完整性和运行安全至关重要。超声检测技术、漏磁检测技术、磁粉检测技术和渗透检测技术是原油储罐无损检测评价中的关键应用。这些技术能够实现对储罐材料缺陷、腐蚀程度和焊缝质量等方面的准确评估。无损检测技术以其非破坏性、高准确性和实时监测等特点,为原油储罐的安全运行提供了有力保障。

**关键词:** 原油储罐; 无损检测; 评价技术

## 引言

原油储罐作为石油工业的重要设施,其结构完整性和运行安全直接关系到生产效率和环境保护。随着储罐使用年限的增长,材料老化、腐蚀和焊缝缺陷等问题日益凸显,对储罐的安全运行构成严重威胁。因此,采用无损检测评价技术对原油储罐进行全面检测,及时发现并处理潜在问题,对于保障储罐安全、延长使用寿命具有重要意义。

### 1 无损检测评价技术的重要性

原油储罐所处的工作环境十分恶劣,多种不利因素相互交织,对其结构完整性构成严重威胁。原油本身是种复杂的混合物,其中的腐蚀性介质如硫化氢、二氧化碳、盐类以及微生物等,会持续作用于储罐内部表面。这些腐蚀性物质与罐体金属发生化学反应,逐渐削弱罐体材料的厚度,形成腐蚀坑洼,严重情况下会贯穿罐体壁,引发原油泄漏事故;原油的储存和运输过程会使储罐承受复杂的应力状况。在充装和排空原油时,液位的变化会导致罐壁承受不同程度的液压压力。温度的波动也会使罐体材料产生热胀冷缩,进而在结构内部引发应力。特别是在罐体的焊缝、转角以及支撑部位等应力集中区域,这些应力会超出材料的承受极限,引发裂纹的产生和扩展。在这种情况下,传统的有损检测方法存在诸多弊端。如通过切割或钻孔获取罐体样本进行检测,会耗费大量的时间和人力成本,且这种侵入式的操作必然会对罐体结构造成破坏。这种破坏会改变罐体的应力分布,加速已有损伤的发展,甚至在检测过程中引发新的安全隐患,如局部结构失稳。而无损检测评价技术的出现为解决这些问题提供了理想的途径。它利用物理原理,像超声检测利用超声波在材料中的传播特性,射线检测依据射线穿透物体后的衰减情况,磁粉检测和渗透检测则分别针对铁磁性材料的漏磁场和材料表面开口缺

陷等。这些技术无需对罐体结构进行破坏,就能深入探测罐体内部和表面的微小变化。它们精确地检测出早期的腐蚀迹象、微小的裂纹,以及其他潜在的结构缺陷,为准确评估罐体的健康状况提供可靠依据。

## 2 原油储罐无损检测评价技术的应用

### 2.1 超声检测技术

原油储罐在长期使用过程中,由于各种因素如腐蚀、应力等,会出现内部缺陷。超声检测技术作为一种无损检测方法,对于评估原油储罐的健康状况具有重要意义。第一,超声检测技术通过脉冲反射法,利用超声波在介质中传播的特性,对原油储罐的内部进行探测。当超声波遇到缺陷时,会产生反射信号,这些信号被接收探头捕捉并转换为电信号,经过电子线路处理后,在终端模型上显示出原油储罐内部的腐蚀情况。第二,超声检测技术可以分析出原油储罐内部是否存在缺陷以及缺陷的深度和大小。通过对反射回来的超声波数据进行处理,得到关于缺陷的具体信息,如位置、形状和尺寸等。结合相应的指标评价体系,根据缺陷的实际状况对原油储罐的质量进行评估。这种评估方法能快速确定故障和缺陷的位置,还能提供关于其严重程度的信息,为后续的维修和保养工作提供依据。第三,超声检测技术具有广泛的应用范围和良好的检测质量。它可以用于原油储罐的定期检查和维修,还在新罐制造过程中进行质量控制。超声检测技术的检测深度较大,能覆盖到储罐内部较深的区域,确保全面评估储罐的健康状况;该技术在使用过程中对人体无害,操作简便,是目前应用最广泛、效果最好的无损检测技术<sup>[1]</sup>。

### 2.2 漏磁检测技术

(1)漏磁检测技术的基本原理在于利用磁性材料在磁场作用下的特性。当磁性材料中存在缺陷时,其磁力线会发生畸变,形成漏磁场。在原油储罐的检测中,检

测人员通过施加强大的磁场,使磁性材料与储罐壁接触。储罐壁存在缺陷,如裂纹、腐蚀坑等,就会导致该处磁力线的变化,形成可检测的漏磁场。检测人员通过分析漏磁场的大小和分布,准确判断储罐缺陷的位置、大小和形状。(2)漏磁检测技术在原油储罐无损检测中具有显著的优势。一方面,其穿透力强,能深入储罐壁内部,发现隐藏的缺陷。另一方面,漏磁检测在检测前无需进行复杂的准备工作,检测过程中检测人员的工作量相对较小,且检测成本较低。这使得漏磁检测技术成为大型原油储罐企业快速、高效进行无损检测的理想选择。(3)漏磁检测技术在原油储罐无损检测中的应用价值不可忽视。通过对储罐壁的漏磁场进行检测和分析,准确评估储罐的完整性、安全性和使用寿命。这有助于企业及时发现并修复储罐的潜在缺陷,防止因储罐泄漏而引发的安全事故;漏磁检测技术还可以为储罐的维修和保养提供有力的技术支持,确保储罐的长期稳定运行。总的来说,漏磁检测技术作为一种高效、精准的无损检测手段,在原油储罐的安全评估与维护中发挥着重要作用。

### 2.3 磁粉检测技术

第一,磁粉检测技术是原油储罐无损检测中的一种重要方法。在检测时,先对原油储罐的表面进行处理,通常是打磨操作,目的是为后续检测创造良好条件。接着在处理后的表面施加磁粉,当储罐表面或近表面存在缺陷时,此处的磁力线会发生畸变。在合适的光照条件下,磁粉会聚集在磁力线畸变区域形成磁痕。检测人员通过观察这些磁痕,就能对原油储罐的质量状况进行评估。第二,磁粉检测技术对于原油储罐表面的裂隙有着出色的检测能力。因为裂隙会干扰磁力线分布,使得磁粉在裂隙处聚集明显,这种特性让检测人员直观地发现储罐表面存在的问题。基于这些观察结果,便能推断原油储罐的质量水平,预测其使用寿命。如罐壁表面检测到较多且长的裂隙磁痕,意味着该区域的结构强度受到影响,储罐的寿命会因这些缺陷而缩短。第三,磁粉检测技术虽然有一定局限性,但仍然不可或缺。其局限性在于检测前要打磨原油储罐表面的腐蚀层,这无疑增加了检测人员的工作量。它能直接、有效地检测出储罐表面的裂隙和其他缺陷,这种优势使其在企业对原油储罐进行无损检测评价过程中占据重要地位。在综合考虑检测成本、效率和准确性的情况下,磁粉检测技术为保障原油储罐安全运行发挥着关键作用<sup>[2]</sup>。

### 2.4 渗透检测技术

渗透检测技术是种用于识别原油储罐表面缺陷的无损检测方法。(1)该技术涉及将一种特殊的渗透液涂覆

在原油储罐的表面。如果存在裂纹或其他开口缺陷,渗透液会渗入这些缺陷中。待储罐表面干燥后,再涂上一层显像剂。显像剂会渗透到之前渗透液进入的缺陷中,并在光照下显现出缺陷的位置和形状。(2)通过分析显像剂在光照下的分布情况,判断原油储罐表面的缺陷类型和分布状态。这种方法对于发现表面裂纹、孔隙等微小缺陷特别有效,因为这些缺陷可能会导致储罐的泄漏或结构弱化。渗透检测技术的操作过程相对繁琐,要精确控制渗透液和显像剂的应用,以及后续的清洗和观察步骤。(3)尽管渗透检测技术对表面缺陷具有较高的灵敏度,但由于其操作复杂、速度慢且试剂成本较高,它在实际应用中的使用范围相对较窄。渗透检测技术是一种重要的无损检测手段,不过它有着一定的局限性。该技术主要适用于检测物体的表面缺陷,如表面的裂纹、孔洞等。它是利用渗透液对这些表面开口缺陷的渗入特性来实现检测的。然而原油储罐内部或者深层的缺陷,由于渗透液无法到达这些部位,所以难以有效探测。实际应用中,渗透检测技术通常会与超声检测、射线检测等其他无损检测技术结合使用,这样能从不同角度对储罐进行检测,从而获得更全面、更准确的评估结果,保障储罐安全。

## 3 无损检测技术的优势

### 3.1 非破坏性

在原油储罐的检测与维护领域,无损检测技术以其独特的非破坏性优势,成为确保储罐安全、延长设备使用寿命的重要手段。第一,无损检测技术的核心在于其“非破坏性”。这意味着在检测过程中,无需对储罐进行切割、打孔或其他形式的破坏性操作。这种非侵入式的检测方式,确保了储罐的结构完整性和功能性不受影响,保证了设备的长期稳定运行。对于大型、复杂的原油储罐而言,这点尤为重要,因为任何形式的破坏性检测都可能对储罐的整体结构造成不可逆的损害。第二,无损检测技术的非破坏性还体现在其对储罐内部介质和环境的影响上。由于无需进行破坏性操作,因此检测过程中不会产生额外的污染物或废弃物,对环境友好;检测过程中也不会对储罐内部存储的原油等介质造成污染或损失,保障了企业的经济利益和安全生产。第三,无损检测技术的非破坏性优势还体现在其检测效率和成本效益上。无需进行破坏性操作,因此检测过程更加快捷、高效;避免了破坏性检测带来的额外修复成本和时间成本,因此无损检测技术在整体上具有更高的成本效益。这使得企业能够更加灵活、高效地安排储罐的检测和维护工作,确保设备的安全性和可靠性。无损检测技

术的非破坏性优势在原油储罐的检测与维护中发挥着重要作用。它确保了储罐的结构完整性和功能性不受影响,对环境友好,且检测效率和成本效益更高。原油储罐的运行过程中,其长期处于复杂恶劣的环境,内部结构易出现各种损伤隐患。而无损检测技术凭借其非侵入性、高精度、多方法综合运用等优势,能高效地发现潜在问题,因此,它已成为原油储罐检测与维护领域不可或缺的重要手段<sup>[3]</sup>。

### 3.2 准确性高

(1) 无损检测技术之所以准确性高,源于其先进的原理和精密的仪器设备。如超声检测技术,通过向原油储罐发射高频超声波,利用超声波在不同介质和缺陷界面的反射、折射、散射等特性来获取信息。超声波波长很短,能对微小的结构变化产生敏感反应。对储罐内部毫米级甚至更小的裂纹、气孔等缺陷,超声波都能精确捕捉到反射信号,准确判断缺陷的位置和大小。(2) 多种无损检测技术相互配合提高了准确性。以射线检测和超声检测相结合为例,射线检测直观地呈现出罐体内部缺陷的二维影像,清晰显示出如夹渣、疏松等体积型缺陷的形态;超声检测则能更准确地确定缺陷在三维空间中的位置和深度。二者结合使用,能避免单一检测方法可能存在的误判情况,使得检测结果更加全面和精准。

(3) 无损检测技术的数据分析方法也为高准确性提供了保障。专业的软件和算法可以对采集到的检测信号进行处理,去除噪声干扰,增强有用信号。通过对大量检测数据的分析和对比,结合已有的缺陷模型和数据库,准确地对检测结果进行评估。无论是储罐壁的微小腐蚀减薄,还是焊缝处的细微裂纹,无损检测技术都能准确地发现,这种高度的准确性有助于在问题萌芽阶段就采取措施,避免缺陷发展,从而保障原油储罐的安全稳定运行<sup>[4]</sup>。

### 3.3 实时监测

无损检测技术在储罐监测中的应用具有显著的优势,尤其在实时监测方面表现突出。(1) 无损检测技术能提供连续、动态的监测数据,这对于及时发现储罐的结构变化和潜在渗漏问题至关重要。通过安装传感器和

使用先进的检测设备,技术人员远程监控储罐的状态,无需直接接触或干扰其正常运行。这种实时监测能力极大地提高了对储罐完整性的掌控,确保了存储物质的安全。(2) 无损检测技术在提高检测效率方面发挥着重要作用。传统的检测方法要停机、排空储罐并进行物理检查,这耗时耗力,还能导致生产中断。无损检测技术在不中断储罐运行的情况下进行,缩短了检测周期,减少了因检测而导致的生产损失。自动化的数据采集和分析系统快速处理大量信息,为决策提供及时支持。(3) 无损检测技术减少了人力资源的消耗。可以实现远程监控和自动化数据分析,对现场操作人员的需求降低。这意味着企业减少对专业技术人员的依赖,降低培训成本和人力成本;减少人员在现场的工作时间也降低了安全风险,保障了员工的生命安全。无损检测技术在储罐监测中的应用提高了检测的效率和准确性,还降低了运营成本和安全风险,是现代工业安全管理中不可或缺的技术手段。

### 结束语

综上所述,原油储罐无损检测评价技术的应用对于确保储罐安全运行至关重要。通过超声检测、漏磁检测、磁粉检测和渗透检测等技术手段,可以实现对储罐材料缺陷、腐蚀程度和焊缝质量等方面的准确评估。无损检测技术的非破坏性、高准确性和实时监测等特点,为原油储罐的安全运行提供了坚实的技术支撑。未来,随着技术的不断进步和创新,无损检测评价技术将在原油储罐检测领域发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1]王恒,赵世佳,郭洪,等.初采原油储罐腐蚀调查与无损检测技术应用[J].石油化工腐蚀与防护,2024,41(4):36-58.
- [2]马金足,崔建龙.在役原油储罐的在线检测技术应用现状[J].石化技术,2020,27(04):5-6.
- [3]韩文礼,蒋林林,刘菁,苏碧煌,王志涛.在役原油储罐的在线检测技术应用现状[J].石油工程建设,2019,45(04):1-4.
- [4]张峙.某终端处理厂原油储罐检测评估[J].涂料工业,2019,49(04):45-47+52.