

无损检测技术在原油储罐中的应用

魏岩磊（中国石油管道局工程有限公司第一分公司，河北 廊坊 065000）

摘要：原油储罐是储存原油的重要设备设施，其安全性与可靠性直接关系到原油能否稳定储存，与原油供应和环境保护密切相关。原油储罐在实际使用过程中，可能会面临腐蚀、裂纹等一系列缺陷，这些问题的存在不仅会直接造成储罐安全性下降，同时还有可能引起原油泄漏问题。无损检测技术能够在不破坏储罐结构的基础上，通过射线检测、漏磁检测等方法，实现对储罐结构的系统性检测。本文将从无损检测技术入手展开分析，介绍了无损检测技术的原理及优势，强调了检测对提高安全性、降低维护成本及延长储罐使用寿命的积极作用，并就其在原油储罐中的具体应用进行进一步的探究，旨在为相关人员提供一定的参考价值。

关键词：无损检测技术；原油储罐；技术应用

0 引言

现阶段，随着社会的不断发展，对能源的需求也持续增长。原油作为重要能源资源，人们对其开发、运输和储存也赋予了更多的关注。原油储罐是石油产业链中不可缺少的重要设备，承担着储存原油的重要任务，但在原油储罐的使用过程中，不可避免的会面临腐蚀、老化等多个方面的问题，这些问题若是无法及时进行识别和处理，势必会给储罐使用的安全性及稳定性等带来不利影响。无损检测技术作为重要检测手段，有着高效、准确的技术优势，使得其在原油储罐检测领域中的应用越发普遍，但如何合理应用无损检测技术，依旧是一项重要课题。因此有必要就无损检测技术在原油储罐中的应用进行深入分析，这对于提高无损检测技术的应用效果而言，有一定的理论支持和实践指导意义。

1 原油储罐的常见缺陷及其影响

原油储罐是用于储存液态原油的重要设施，其结构和组成通常比较复杂，以确保能够安全、有效储存原油。原油储罐通常使用金属材料，在工厂或特定的预制场地对其组件进行预制，在现场采用焊接的方式进行组装。罐体通常呈圆柱形，设置有各种阀门及温度、液位等仪表。原油储罐在实际的使用过程中，由于内部的温度、压力等因素影响，容易产生各种腐蚀问题，导致原油储罐的结构受损，无法满足原油的储存需要，必须要通过检测工作及时明确缺陷所在，进而采取措施对缺陷进行处理。

原油储罐的常见缺陷包括腐蚀、裂纹、变形等问题。其中腐蚀问题是原油储罐的常见问题，储罐内外壁因为与原油及环境接触而发生腐蚀，尤其在接缝、浮顶板等部位较为常见。如浮顶板经常被油气包裹，

在硫化物及水汽的共同作用下，会促使浮顶板发生电化学腐蚀。腐蚀问题的存在会导致储罐结构强度下降，可能会引发原油泄漏问题。裂纹问题主要是由于材料疲劳、应力集中或温度变化而形成，这可能导致罐体失去完整性，引发泄漏，甚至在极端情况下发生爆炸或火灾。变形多是由于内外部压力不均匀所引起，若存在明显的变形问题，可直接通过肉眼进行观察。

2 无损检测技术原理及其在原油储罐中的应用优势

无损检测技术是一种在不损坏或改变被检测物体结构、性质及功能的前提下，实现对被检测对象的检测、评估与分析的一种技术，这种技术被广泛应用于材料与结构的评估方面，在众多行业中均有所应用。无损检测技术根据其技术类型的不同，所应用到的原理各不相同。如超声检测利用超声波在不同密度或弹性材料界面发生的反射现象，通过测量声波传播时间及信号强度，判断材料内部缺陷；漏磁检测则利用了磁力线在缺陷处发生集中或漏磁，通过磁粉状态形成标记，实现对缺陷的观察和评估。

无损检测技术在原油储罐中的应用具有多个方面的优势，其中最大的优势在于其非破坏性的特征，能够在不破坏储罐结构及完整性的情况下，发现潜在的缺陷和损伤，从而及早采取措施进行处理，降低泄漏及爆炸的安全隐患。无损检测技术还具有全面性的特征，对于石油储罐所存在的裂纹、腐蚀等各种缺陷，均可通过无损检测技术获取详细的参数，进而准确对储罐的状态实施评估，基于此制定合理的维修计划，减少不必要的停工检修，降低维护和运营成本。无损检测技术在检测效率上也有一定的优势，随着此种检测技术的日益发展成熟，可联合应用相关先进设备实现快速、准确检测出储罐的缺陷，缩短检测周期，提

高工作效率。

3 无损检测技术在原油储罐中的应用

无损检测技术在原油储罐的维护和检测中具有重要的应用价值，能够在不影响储罐本身结构和功能的情况下，识别出缺陷和潜在的安全隐患。目前常用的无损检测技术包括射线检测技术、超声检测技术、磁粉检测技术、渗透检测技术等。

3.1 射线检测技术

射线检测技术是一种重要的无损检测方法，其通过使用高能射线穿透材料，进而揭示材料内部的缺陷或结构。众所周知，射线的穿透能力较强，而不同材料和结构，由于其密度及厚度上的差异，会使得射线吸收及散射程度呈现差异，当射线穿过被检测物体的时候，裂缝、气孔等缺陷会使得射线传播路径产生变化，从而在数字探测器上形成影像。检测中，射线穿透被检测物体后，接收器记录下射线强度分布，此时缺陷区域通常在影像上表现为暗区，基于对影像暗度的判断，即可实现对储罐缺陷程度的评价。

射线检测技术的检测精度较高，能够很好的反应各种工件的缺陷信息，常被用于焊缝检测、腐蚀检测等方面。尤其是在焊缝检测中，原油储罐通常采用焊接方式连接各部分，在焊接过程中可能会存在夹渣、气孔等问题，通过射线检测可以识别焊接缺陷，确保焊接的可靠性。腐蚀检测中，储罐内部长期储存原油，可能会存在一定的腐蚀问题，射线检测通过对储罐壁厚度的穿透，识别其内部腐蚀程度，进而评估储罐剩余的使用寿命。而对于储罐内部的结构缺陷，如内衬脱落、涂层损伤等，也可通过射线检测进行确定，确保储罐使用的安全性。

射线检测技术在原油储罐中应用时，需要先准备好射线源和成像设备，确保设备处于良好工作状态，并进行必要的校准。考虑到射线有一定的危害性，应做好现场防护。准备工作完成后，对待检测区域表面进行清理，放置射线源，调整射线发射角度，以确保其能够有效穿透检测区域。而后启动射线源发射射线，穿透被检测对象后，在捕捉设备上形成记录影像，通常利用数字化成像设备，可在计算机屏幕上直接观察和分析，明确是否存在缺陷，如焊缝缺陷、腐蚀、裂纹等。

3.2 超声检测技术

超声检测技术主要是利用超声波在材料中的传播特性来实现对内部缺陷的探测，并可用于对材料厚度进行测量。超声检测技术通常使用频率在 20kHz 及以

上的高频声波，通过转化器将其转化为机械波，向被检测对象进行发送。当声波传播遇到界面或缺陷时，会产生部分反射情况，也有部分声波会继续传播。因此通过接收器对回波信号进行接收和转换处理，即可形成波形图，基于此便可进一步分析脉冲波形位置、时间延迟等信息，识别缺陷所处的位置及类型。

超声检测技术有着检测范围广泛、检测深度大的优势，使得其被广泛应用于原油储罐的腐蚀检测中。随着储罐使用时间的增长，储罐壁可能会出现腐蚀或磨损，超声检测可以识别此类问题，如提供腐蚀大小、位置等信息，这对于后期修复和维护非常关键。尤其是对于大型原油储罐而言，超声检测可用于确定缺陷分布情况，为有效修复提供依据。但需要注意的是，超声检测针对平面状腐蚀缺陷的检测较为灵敏，对于线状、点状等腐蚀，检测的灵敏度相对较低，在实际工作中应选取其它合适的检测技术。

超声检测技术在原油储罐中进行应用时，首先应初步检查储罐外观，记录明显的损伤或变形情况，以此评估检测的必要性及范围。确定检测目标，如进行腐蚀检测等，选择合适的检测区域，准备超声检测设备及数据处理系统等，进行必要的设备检测和校验，确保其能够正确测量并记录数据。将换能器设置在待测区域，并以耦合剂进行配合，利用检测仪器记录回波信号，通过分析接收到的回波信号，确定内部缺陷的性质、位置及深度。重点区域可通过多次测量的办法，提高数据的准确性。根据检测结果，可判断储罐腐蚀状态，提出维护建议，包括清理、更换部件或其他措施，提高原油储罐使用的可靠性。

3.3 磁粉检测技术

磁粉检测技术是用于检测金属材料表面及近表面缺陷的一种无损检测方法。其主要基于材料的磁性特征，通过使用细微的磁粉和磁场来显现缺陷位置。原油储罐多采用铁磁性材料，当其处于外部磁场中，材料中的磁畴会产生变化，形成一个磁场。当材料表面存在裂纹、气孔等缺陷时，这些缺陷会打断材料所形成的连续磁场，磁力线在缺陷周边产生变化，形成局部的磁漏。此时通过在检测表面散布细小的磁粉，磁粉就会在磁场作用下，聚集在缺陷的边缘，形成肉眼可见的磁痕，此时通过对聚集磁粉状态、形状的观察，即可判断缺陷的位置、长度及方向等信息。

在原油储罐的维护和检查中，磁粉检测技术有着非常重要的作用。尤其是储罐多为铁磁性材料，并且采用焊接方式进行连接，焊缝是最容易产生缺陷的部

位，如出现裂纹、夹层等缺陷问题。磁粉检测可以有效识别这些缺陷，明确焊缝的完整性及具体性能。此外，储罐在使用过程中可能会受到各种因素的影响，如外力压迫、温度应力等，从而导致其整体框架或者薄壁区域出现裂纹。对于这些问题，也可通过磁粉检测技术来进行检测，从而及时发现相关问题，避免储罐受到更大的损害。

磁粉检测技术在原油储罐中应用时，首先应对被检测区域的表面实施清理，将浮锈、油污等清理干净，以便于更好地观察磁粉状态。根据检查的需求及检测环境，选择合适的磁粉类型，如选择铁氧体粉末或者荧光磁粉等，以方便观察。使用外部磁铁在待检测区域施加磁场，磁场强度应保证可以在缺陷部位产生明显的漏磁现象，使用时应结合现场情况适当进行调整。将磁粉均匀撒布在施有磁场的表面上，观察磁粉在磁场作用下的分布状态，根据磁粉分布情况，识别缺陷位置、长度及性质等，根据缺陷的性质和严重程度，制定相应的后续处理方案。检测完成后，清除剩余的磁粉，保持设备和环境的清洁。

3.4 渗透检测技术

渗透检测是一种用于检测材料表面缺陷的无损检测方式，其通过渗透剂的深入和显影，来识别材料表面裂纹及其他难以观察的微小缺陷。渗透剂是渗透检测技术中使用的重要材料，一般是由含有荧光或显色剂的液体材料配制而成，将其涂布在被检测对象的表面，若是被检测对象存在裂纹、空洞等问题，渗透剂就可沿着缺陷进行渗透，此时基于显影技术的应用，会使得缺陷变得可见，形成明显的图案，便于清晰直观地观察缺陷。

由于渗透检测技术的自身特殊性质，使其较为适合应用在储罐裂缝、裂纹等表面缺陷的检测中，能够准确的测出焊缝裂纹、罐体表面裂纹等缺陷问题。在实际应用该检测技术时，先将渗透剂渗入到缺陷范围内，从而就能有效识别出肉眼难以观察到的潜在缺陷，使得检测人员能够准确掌握缺陷形状、大小及分布位置。尤其是渗透检测技术在应用中，基本无需用到其他设备，使得其在储罐这种非吸收性材料的表面开口缺陷检测中得到了极为广泛的应用。但需要注意的是，渗透检测过程比较缓慢，检测程序相对麻烦，同时渗透剂的成本也比较高，应结合实际情况进行合理选择。

将渗透检测技术应用于原油储罐中，首先需对检测区域进行清洁，去除油污等杂质，确保表面干燥无杂质。而后将选定的渗透剂均匀喷涂到被检测区域的

表面，确保渗透剂能够覆盖整个检测区域。渗透剂需在表面静置一段时间，对此要预留充足的渗透时间，以便于渗透剂能够充分渗透到缺陷之中。待渗透充分后，用清洗剂将储罐表面多余的渗透剂洗去，确保只有渗透至缺陷中的渗透剂残留下来。此时再在被测表面上喷洒显影剂（通常为粉末状），显影剂会吸附到渗透剂渗透的缺陷上，使得缺陷变得清晰可见，在适当的光照条件下，利用放大镜可直接观察到显影后的结果，缺陷位置通常会呈现出清晰的图案，据此即可明确缺陷分布位置。此时仅需将发现的缺陷类型、数量、位置等信息进行详细、准确的记录，即可完成检测工作。

4 结束语

综上所述，在原油储罐的维护与管理中，无损检测技术扮演着不可替代的重要角色。尤其是随着科技的不断发展，无损检测技术越发成熟，这些检测方法不仅能够有效识别和评估储罐结构的完整性，还能及时发现潜在的安全隐患，从而降低事故风险，保障原油储罐的使用安全。在实际应用中，通过选择合适的无损检测技术，能够做到对储罐状态的全面监控和评估，提升运营效率和安全性。未来，随着智能化和自动化技术的发展，无损检测将在原油储罐的管理和保护中发挥更加重要的作用，确保能源使用安全和行业的可持续发展。

参考文献：

- [1] 叶良平. 无损检测技术在常压储罐检验中的应用 [J]. 当代化工研究, 2022(14):88-90.
- [2] 何鑫业, 韩院锋, 杨国洪. 大型常压储罐的无损检测技术探析 [J]. 石化技术, 2021,28(08):54-55.
- [3] 井王存. 无损检测技术在原油储罐中的运用 [J]. 石化技术, 2019,26(02):296.
- [4] 赵春. 浅谈无损检测技术在原油储罐中的应用 [J]. 化工管理, 2018(3):1.
- [5] 赵彦修. 无损检测技术在现役钢制立式焊接常压储罐检验中的应用 [J]. 无损检测, 2014(8):4.
- [6] 陈波. 无损检测技术在大型常压储罐建设中的应用 [J]. 工业, 2020(11):56-58.
- [7] 王勇, 沈功田, 李邦宪, 等. 压力容器无损检测——大型常压储罐的无损检测技术 [J]. 无损检测, 2022,27(9):44-46.

作者简介：

魏岩磊（1983-），男，汉族，黑龙江密山人，本科，工程师，研究方向：油气储运。